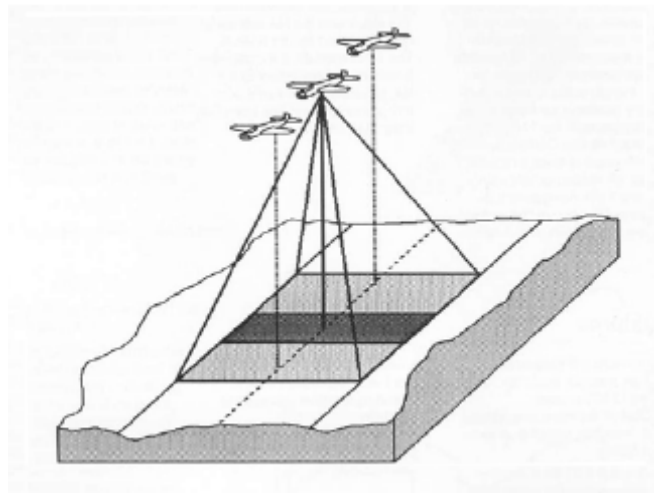


Dierk Hobbie

Die Entwicklung
photogrammetrischer Verfahren und Instrumente
bei Carl Zeiss in Oberkochen

カールツァイス・オーバーコッヘンにおける
写真測量法および機材の開発



München 2010

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission beim Verlag C. H. Beck

Dierk Hobbie

Die Entwicklung
photogrammetrischer Verfahren und Instrumente
bei Carl Zeiss in Oberkochen

カールツァイス・オーバーコッヘンにおける
写真測量法および機材の開発

München 2010

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission beim Verlag C. H. Beck

Adresse der Deutschen Geodätischen Kommission:

Deutsche Geodätischer Kommission
Alfos-Goppel-strasse 11 · D – 80539 München
Telefon (089) 23031-1113 · Telefax (089) 23031- 1283/-1100
E-mail homik@dgfi.badw.de · <http://dgk.badw.de>

Adresse des Autors:

Dr. Dierk Hobbie
Fliederweg 7 · D-89551 Königsbronn
e-mail dierk.hobbie@T-online.de

Dank

Für die Übersetzung und Bearbeitung dieser Japanischen Ausgabe
der Publikation DGK - E 30
“Die Entwicklung photogrammetrischer Verfahren und Instrumente
bei CARL ZEISS in Oberkochen”

möchte ich meinem lieben Kollegen und Freund seit 40 Jahren,
Nobuaki Horie
grossen Dank sagen.

謝 辞

私はこの DGK- E 30
『カールツァイス・オーバーコッヘンにおける
写真測量法および機材の開発』
の日本語版の出版に際し
翻訳と編集の労をとった

40 年以上の大事な仲間であり友人の
堀江延韶に感謝します。

@ 2010 Deutsche Geodätischen Kommission, München

Alle Rechte vorbehalten. Ohne Genehmigung der Herausgeber ist es auch nicht gestattet,
die Veröffentlichung oder Teile daraus auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie) zur vervielfältigen

目 次

1.	はじめに	5
2.	第二次世界大戦前の歴史	5
3.	オーバーコッペンでの再建	6
4.	再出発	7
4. 1	立体鏡と簡易地図修正器	7
4. 2	ラディアルスロットテッドテンプレート	8
4. 3	写真処理機材	8
4. 4	一級図化機ステレオプラニグラフ	9
5.	新機材の製造	11
5. 1	三級図化機ステレオトップ	11
5. 2	偏位修正機 SEG	12
5. 3	TOPAR 4/210 付き航空カメラ RMK 21/18	15
5. 4	PLEOGON 5.6/153 付き航空カメラ RMK 15/23	16
5. 5	高度差計スタトスコープ S2c	17
5. 6	精密倍率変換機レダクター	17
6.	1956 年以降の開発機材	18
7.	航空カメラ	18
7. 1	A特性付きの RMK シリーズ	19
7. 2	超広角カメラ RMK A 8.5/23	20
7. 3	カメラ制御装置	21
7. 4	人工衛星搭載用 RMK A カメラ	23
7. 5	像ぶれの補正	25
7. 6	RMK TOP とジャイロ架台 T-AS	26
7. 7	写真撮影ナビゲーション制御装置 T-Flight	29
7. 8	デジタル航空カメラ DMC	30
7. 9	カメラのキャリブレーション	33
8.	偏位修正機とオルソフォト機材	34
8. 1	正射投影機オルソプロジェクタ GIGAS ZEISS(GZ1)	35
8. 2	GZ1 における光学的な内挿装置	38
8. 3	GZ1 における地形標高の作図	38
8. 4	ITEK 製コレレータ EC 5	40
8. 5	簡易正射投影器オルソ 3 プロジェクタ	41
8. 6	精密正射投影機オルソコンプ Z2	42
8. 7	自動 DTM データ収集プログラム HIFI	45
8. 8	オルソフォト作成プログラム PHODIS-OP	45
9.	コンパレータと点刻機	46
9. 1	座標記録装置	46
9. 2	精密ステレオコンパレータ PSK	52
9. 3	精密モノコンパレータ PK 1	55

9. 4	点刻機	56
10.	アナログ図化機と付属品	58
10. 1	1960 - 1963 年間の試作機の開発	59
10. 2	余色図化機ダブルプロジェクタ DP	61
10. 3	一級図化機プラニマート	63
10. 4	二級図化機プラニカート	66
10. 5	二級B図化機プラニトップ	67
10. 6	グラフィックの図化	69
10. 7	グラフィックデータの記録	75
11.	解析図化機	79
11. 1	簡易解析図化機ステレオコード	80
11. 2	解析図化機プラニコンプ C100	82
11. 3	解析図化機プラニコンプ C シリーズ	87
11. 4	解析図化機 “ZIP” - ZEISS-INTERGRAPH プロジェクト	89
11. 5	解析図化機プラニコンプPシリーズ	90
12.	スキャナとデジタルマッピング	95
12. 1	空中写真用精密スキャナ PHOTOSCAN	95
12. 2	空中写真用精密スキャナ SCAI	97
12. 3	デジタル写真測量システム PHODIS	98
13.	地上写真測量	102
13. 1	地上写真測量カメラ	102
13. 2	地上写真測量図化機テラグラフ	103
13. 3	そのほかの機材	104
14.	特殊機材	105
14. 1	衛星測定カメラ	105
14. 2	ステレオレントゲン測定機 StR	107
14. 3	目視検査機 VITEST	107
14. 4	測地データ作図機 GEOS-1	108
15.	リモートセンシングと偵察機材	109
15. 1	偵察カメラ KRb および TRb	109
15. 2	モジュール式偵察カメラ KS-153	113
15. 3	リモートセンシング機器	114
16.	オーバーコッペンでの写真測量とその共同開発者	116
16. 1	写真測量部門の人員	116
16. 2	特許登録および出版物	117
16. 3	そのほかの活動	118
16. 4	共同開発者と部門	118
16. 5	将来への展望	121
17.	参考文献	123

1. はじめに

1909年ドイツ写真測量学会および1910年国際写真測量学会の誕生により、組織的な写真測量業界は100年前に遡ることができる。それはイエナのCARL ZEISSの写真測量法および機材の開発と密接な関係があり、特にイエナのZEISSの“バケーションコース”で最終的にドイツ写真測量学会が発足した。さらにすでに1850年代に最初の計測写真とステレオ写真測定装置が使われていることもあり、ZEISSは20世紀の初頭に写真測量法の改善に着目し、そして1909年から毎年あるいは2年毎にバケーションコース(あとで写真測量週間に改名)で実作業について討議され、そしてそれらを参考にして改善していた(JUNG 1960)。

第二次世界大戦後、CARL ZEISSもドイツと同様に2つに分割された。1945年2月アメリカはヤルタ協定によりベルリンの一部とイエナのあるチューリンゲン地方を交換してロシアに移譲することを同意し、1945年6月にZEISSの首脳陣(最も重要な人々と資料)をバーデン・ブリュッテンブルグ州のアメリカの占領地へ避難させた。

ロシアは1945年10月から“第2グループ”を追放し、そして大部分の製品資料をロシアに持ち帰った(HERMANN 1998)。1948年あるいは1949年よりZEISSの写真測量の専門家は西側(後の財団法人CARL ZEISS, OBERKOCHEN)そして東側(国有企業VEB CARL ZEISS JENA)で作業を再開した。1989年のドイツ統合により、両方のZEISS社も再び統合された(SCHREINER et.al.2006)。経済的な理由により、オーバーコッヘンとイエナの写真測量部門は1995年末に統合され、そして1999年4月からアメリカ合衆国、アラバマ州、ハンツビルのINTERGRAPH社との合併会社Z/I Imagingとなった。その後CARL ZEISSは合併会社“Z/I Imaging”の40%の債券を最終的に2002年9月30日にINTERGRAPHへ委譲し、写真測量から完全に撤退し、現在では非常に要求の多い構成品(特に航空写真レンズ)の納品とキャリブレーション作業を実施している。以下はオーバーコッヘンにあるCARL ZEISSの写真測量法と機材の開発について述べる。

2. 第二次世界大戦前の歴史

写真測量とCARL ZEISS社の両方の開始は1850年にさかのぼれる。フランスでは1851年にAIME LAUSSE DATが“Iconometrie”という名称で地形図作成目的のための立体写真測定機を開発し、そして1859年には“Metrophotographie”と呼ばれていた。ドイツでは、1858年にALBRECHT MEYDENBAÜRが教会を撮影するために最初の写真測量用カメラを計画した(SCHWIDEF SKY 1963)。さらに気球からの最初の撮影はパリの写真師GASPARD-FELIX TOURNACHON 通称NADARが1858年に行い、そしてこれが航空写真の出発点となった。

機械工CARL FRIEDRICH ZEISS(1816-1888)は1846年初頭にイエナの彼の工場に職業的なそして科学的な教育機関を設立し、そして数十年間に及ぶ顕微鏡の製造と日常の改良で豊富な経験を蓄積した(HELLMUTH et. al.1996)。ZEISSは1888年までは新しい販売分野には手を出さなかった。PAUL RUDOLFは写真レンズを開発し、そしてそれは写真測量で数年後大きな意味を持つものであった。CARL PULFRICH(1858-1927)は1890年以後、新しい光学測定機部門で特に屈折計とコンパレータを開発した。立体観察と測定のための野外観察器が提案され、そして1901年にPULFRICHがCARL ZEISS製の最初の写真測量機材として座標と視差測定のためのステレオコンパレータを開発した。ステレオコンパレータの連続的な改良、そしてたとえば写真経緯儀と固定基線のステレオカメラのよう

な適切な撮影装置以外に、基礎的な写真測量用機材も開発した。1909年に図化作業のための最初の立体図化機としてEDUARD VON ORELによるステレオオートグラフを第1回の“バケーションコース”で発表し、そしてドイツ写真測量学会の設立をヨーロッパの業界に知らせた。その後この地上写真の図化のためのオートグラフが開発され、そして1945年に小型オートグラフC/3として提供された。PULFRICHとWALTER BAUERSFELD(1879-1959)の考案および写真経緯儀の原理にもとづいて、1918年に斜めの航空写真の立体図化のためにステレオプラニグラフC/1を開発し、1921年に販売を開始しそして1937年から続機としてC/5型が納品された。

航空機と飛行船の目覚ましい開発により、1911年以後多くの気球カメラと航空カメラが開発され、1922年には最初の精密な航空測量カメラRMK C/1が発表された。たとえば高度差計、ナビゲーション補助装置のようないろいろな付属品および1933年にはROBERT RICHTER(1886-1956)による広角レンズの開発により、第2次世界大戦まで完全なRMK Pシリーズが製造された。

そのほかの重要な機材は偏位修正機であった。1921年に偏位修正機を開発後、1924年に自動焦点調整付きの偏位修正機C/2を開発した。1939年にC/8a型はSEG IVに改名された。最終的にレンズ式立体鏡および反射式立体鏡

(すでに 1902 年から)、描画鉛筆付き視差測定桿および簡易地図修正器(両器とも 1934 年から)、余色式図化機マルチプレックス(1933)そしてラディアルトリアングレータ(1940)のようなほかの機材が製造され、第二次世界大戦後のオーバーコッヘンでの企業の再建に大いなる貢献をもたらした。

PULFRICH の死去後、1930 年に OTTO VON GRUBER (1884-1942) は新たに写真測量部門を作り上げた。彼はすでに 1922 年以來3年間 CARL ZEISS の社員として測量機開発部門に勤務していた。彼が 1926-1930 年にシュツットガルト大学測地学の教授である間は ZEISS と密接な関係が保たれていた。

CARL ZEISS は、5年前にドレスデンに設立されていた AEROTOPOGRAPH 有限会社を 1931 年に買収し、イエナに持ち分 50% の ZEISS AEROTOPOGRAPH (ZA)

有限会社を新設した。EDUARD OSKAR MESSTER (1893-1982) は REINHARD HUGERSHOFF により開発された機材を販売する写真測量機材の競合者の HEIDE 社を管理し、そのあとで ZA 社の販売およびサービス部門の責任者として、そして CARL ZEISS の写真測量部門の製造政策に深く関与した (WALTER 2000)。機材はほとんど ZEISS 工場で製造された。1932 年以來 WALTER BRUCKLACHER (1910-1995) の開発部門の同僚であった KURT SCHWIDEFSKY (1905 -1986) が、OTTO VON GRUBER の死去により後任の開発事業部長となった。

終戦後、1945 年 6 月末にアメリカ軍による強制疎開で BAUERSFELD, MESSTER, SCHWIDEFSKY, RICHTER, BRUCKLACHER を含む家族と一緒に 81 名の ZEISS と 3 名の ZEISS AEROTOPOGRAPH の同僚がイエナから退去した。BRUCKLACHER は丁度軍隊から帰還していた。

3. オーバーコッヘンでの再建

イエナの ZEISS の首脳陣の事前調査は、ミュンヘンの DECKEL, STEINBFIL および LINHOFF 社の工場設備も、シュツットガルトの ZEISS IKON のカメラ工場も破壊されており適さないことが判明したため、1945 年 6 月 24 日の夜に ZEISS 社員と家族を乗せた米軍のトラックはブレンツ河畔のハイデンハイムに到着した。ここで家族は警察学校に数日間宿泊し、その後町および郊外の個人宅に寄宿することを命令された。ZEISS AEROTOPOGRAPH の MESSTER と BRUCKLACHER は、6 月 30 日にロシアに明け渡す前の最後の輸送車で出発し、MESSTER はミュンヘン方向に出発した。

周辺のエスリンゲン、シュベールビツシュグミュントそしてイーメンシュタットの放棄された工場を視察した後で、オーバーコッヘンにある LEITZ 社の数年来放棄されたままのメッサーシュミット航空機製造の古い工場を使うことを決定した。ここはある程度歓迎され、郡および町の援助承諾が与えられ、そして家族のそれ以上の引っ越しが不必要であったため、オーバーコッヘンに最終決定された。結局はシュベールビツシュの東アルプスの森におおわれた丘陵地が、離れた故郷のイエナに非常に類似していた。勤務した ZEISS 社員の最初の労働成果は、4ヶ月後に“光学的な修理部門”を許可されたことであった。戦前にイエナの CARL ZEISS の下請けであったハイデンハイムの機械製造会社 PILTZ から借り受けた工作機械を使っていろいろな光学機械を製造し、そして最初の収入を得た。



図3. 1: 1950 年のオーバーコッヘン

1946 年 7 月 14 日にバーデン・ブリュテンブルグ州の経済省はアメリカ軍司令部の命令で“CARL ZEISS, Werk Oberkochen”としての製造認可した。主な共同経営者は、ハイデンハイムの CARL ZEISS 財団で、1946 年 10 月 4 日に定款の作成と 1946 年 10 月 30 日に登記 (“OPTON Optische Werke Oberkochen GmbH”、1947 年 1 月 31 日より ZEISS-OPTON) が認可された。

これにより、いくつかの持ち出した資料を使って最初の機材の復元が開始された。1947 年 7 月には最初の反射式立体鏡が完成した。写真測量製品の再建は、1949 年が最初であった。

すでに 1950 年には、避難した ZEISS 社員のまだわずかだが一戸建てとバラックの社宅、および工場の敷地内の複数の建物によりオーバーコッヘン町の景色が一変した(図3. 1)。

4. 再出発

1946年には、ミュンヘン在住の EDUARD OSKAR MESSTER はリヒテンシュタインのパスポートを使って再び ZEISS AEROTOPOGRAPH のために海外訪問を開始した。彼は 1948 年スウェーデンの国際写真測量会議に唯一のドイツ人として参加し、世界中の写真測量の専門家達と古い関係を回復した(BARING 1963)。会議終了後、彼は写真測量機材の製造の再開を決意しそして 1949/1950 年冬にオーバーコッヘンの同僚たちに“新しい構造のステレオプラニグラフの再建と製造”についての連続生産を要請した(WEIMANN 1952)。この再出発の後で KURT SCHWIDEFSKY が 1951 年6月から(1960 年カールスルーエの教授職に就任するまで)オーバーコッヘンの写真測量事業部の技術責任者となった。彼は以前は 1947 年からベツラーにある ZEISS の子会社 HENSOLDT 社の科学部門の責任者として勤務し、そしてそこで既に新しい偏位修正機の開発を開始していた。

ミュンヘンの ZEISS AEROTOPOGRAPH と CARL ZEISS の近くのバラックで簡単な機材を設計し、そして製造はミュンヘン、ベツラーそしてベルリンの小さな会社へ発注した。このときには特にいろいろな反射鏡、ラディアルセクター、フィルム現像およびフィルム乾燥のような写真処理機そして写真焼き付け機の製造では、対応する戦前のモデルを手本とした。

4. 1 立体鏡と簡易地図修正器

立体観察のためには、最初に6×13 cmまでの写真サイズとテスト写真付きのレンズ式立体鏡 TS4 を製作し、1950 年以来全部で約 80,000 個販売した。類似の小型の“ブリッジ式立体鏡”はそれほど多く受け入れられなかったが、1959 年から 1971 年まで製造された(図4. 1)。航空写真の完全な印画紙のための最初の立体鏡として、1953 年に製造された反射式立体鏡 OV、さらに 1939 年製のイエナのステレオパントメータの後続機の描画装置付き視差測定桿(図4. 2)もそれほど好評ではなかった。1965 年以後の反射式立体鏡 N2は、TS4と同様に大好評であり、大量生産されそして拡大接眼鏡と視差測定桿付きの拡張された形で販売した(図4. 3)。

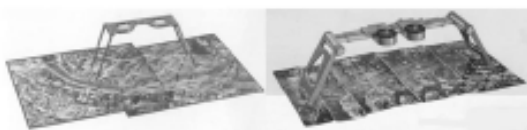


図4. 1: レンズ式立体鏡 TS4 とブリッジ式立体鏡

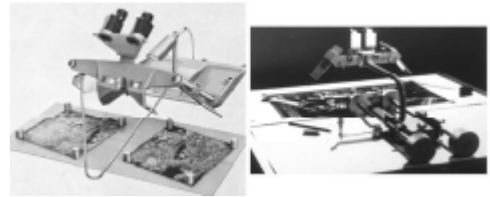


図4. 2: 反射式立体鏡 OV と描画具付き視差測定桿

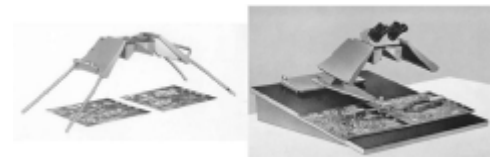


図4. 3: 反射式立体鏡、右3倍の接眼鏡、視差測定桿 SMM および傾斜机付き

この反射式立体鏡は下請け会社で製造し、そして成功したモデルはほとんど改造されることなくほぼ 50 年間世界中に納品された。この反射式立体鏡の若干の詳細は取扱書と特許で保護されていた(ZEISS AEROTOPOGRAPH 1954 & SONN-BERGER 1954e)。

1953 年以来、市場に提供された簡単な地図修正のために、実際の航空写真と図化するシートとを単眼観察そして光学的な移写付きの簡易地図修正器 LUZ は非常に好評で、1980 年代の製造中止までに 3,000 台以上販売した(図4. 4)。

1967 年、オーバーコッヘンの写真測量事業部では簡易地図修正器のステレオバージョンを考案した(図4. 5)。この開発は実施されたが、試作品作成までであった。

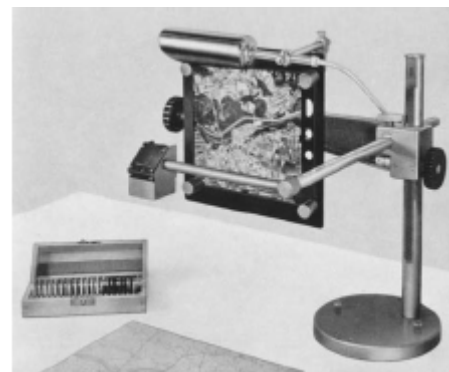


図4. 4: 簡易地図修正器 LUZ

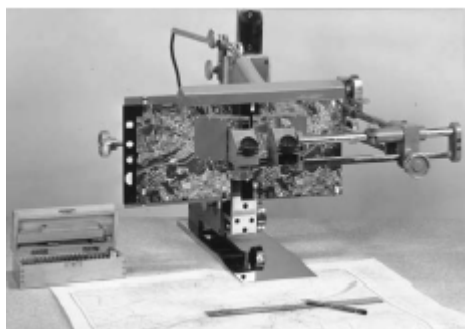


図4. 5:ステレオ LUZ(試作品 1967)

4.2 ラディアルスロットテッドテンプレート

放射三角測量のために、1951年にラディアルセクターRSI(図4.6)を発表した。これは1945年にイエナで製造していた2段式のラディアルテンプレートC/3に相当するため戦争中にも行われていたが、1964年にドイツ特許庁に特許申請を更新した(SCHWIDEFSKY 1954a & 1954b)。上段に三角測量する航空写真の密着焼きを装着するのに対して、下段の展開シートを0.5~1.5倍(写真サイズ23cm×23cmのとき)あるいは2倍まで(写真サイズ18cm×18cmのとき)縮尺を変更して放射方向にスロット(溝)を切る。このため上段の密着焼きは破損されることはない。

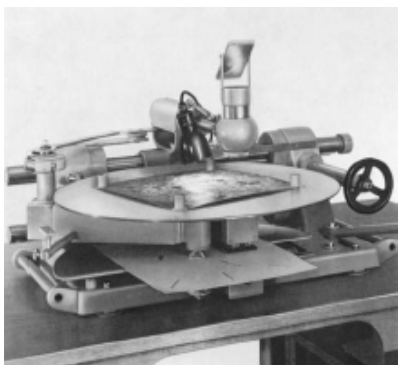


図4. 6:ラディアルセクターRSI

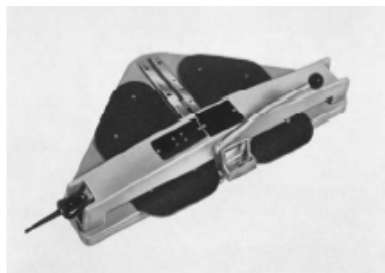


図4. 7:ラディアルセクターRS II

縮尺1:1の写真コピーを直接作業に使用するために、既にイエナで1941年に開発した写真テンプレートC/1を見本とした簡易版のラディアルセクターRS IIを1955年に製作し

た。両方のモデルは1970年代の中ごろまでそれぞれ125および230台納品された。

4.3 写真処理機材

航空フィルムの現像および乾燥のための機材そして密着機も、1937年にイエナのZEISS AEROTOPOGRAPHの製品リストに既にあった。同様に1953年以後、3つの作業サンプルで新たに開発したフィルム現像機FE120(図4.8)を特許登録し(ZEISS AEROTOPOGRAPH 1953a, 1953b & 1953c)、そして1958年には小型の電動式のフィルム乾燥機TG24(図4.9)を製造した。これらの機材は1980年代の製造中止まで全部で750および550台以上納品された。より大きな現像センターおよびカラーフィルムが増加しても、離れた写真撮影作業では夜間に写真のテストあるいは最終的なフィルムの品質をチェックするために、この現場使用が可能な写真処理装置が使用された。

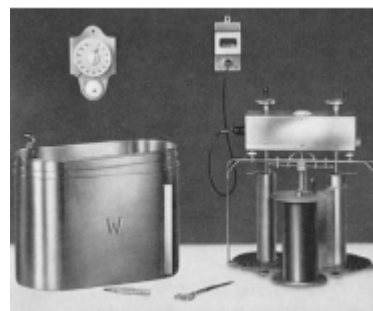


図4. 8:フィルム現像機FE120

このほか、1959年オーバーコッヘンの写真測量事業部から航空フィルムの写真処理のための作業サンプルとして写真材料上に記録の書き込み用の“ライトペン”が登録されたが(ZEISS 1959)、製品化されなかった。

1954年以後ベルリンで製造されていた非常に成功した密着機KG30(図4.10)が発売され、そして全部で約1,000台販売した。

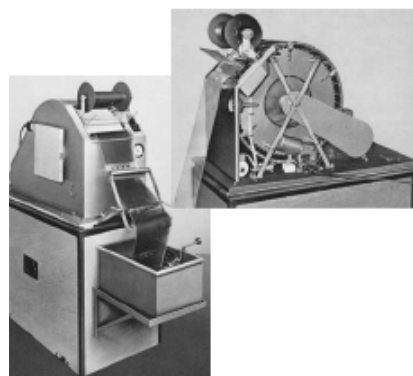


図4. 9:フィルム乾燥機TG 24



図4. 10: 密着機 KG30

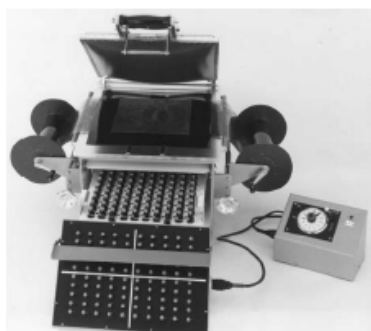


図4. 11: KG30 の“Kaleda”ボックス(1971)

1971年に製造した10×10個の合計100個の切替ランプからなる特別な照明ボックス(図4. 11)は、当時アメリカ製の高価な自動駆動のダッキング機と同様に部分的なコントラストの調整が可能であった。この“引き出し”ボックスは残念ながら製品化されなかった。

最後にミュンヘンのZEISS AEROTOPOGRAPHで最初に開発され、そして後にオーバーコッヘンの写真測量事業部で面倒を見た検定および判読用製品としてロールフィルムの検査用のライトボックスがあり、反射式立体鏡と同様に外注会社で製造した。図4. 12は後のモデルである。軍用の多種類の連続したフィルムの比較用の判読装置については、ここでは省略する。



図4. 12: ライトボックス L3(1985)

4. 4 一級図化機ステレオプラニグラフ

非常に多くの困難な課題は、オーバーコッヘンでイエナ時代のステレオプラニグラフを再建することであった。主観的な光学式投影原理(図4. 13)の厳密解法によるこの万能の1級の立体図化機は、既に1918年にPULFRICHによって草案が作られ、そして1920年WALTER BAUERSFELDによるシャープな結像のために光学的な前置系(図4. 20)

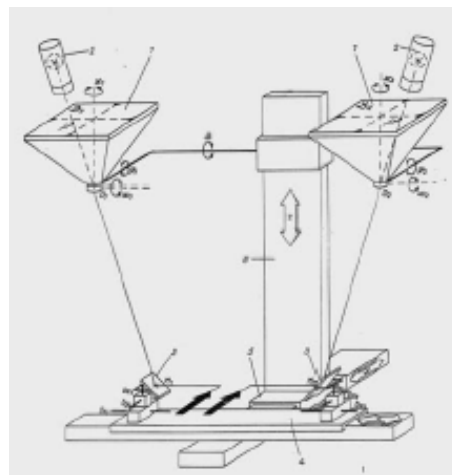


図4. 13: ステレオプラニグラフの構造図：“光学式投影法”

の発明により、1年後にステレオプラニグラフ C1として製造された。この図化機は毎年改良され、1937年からはイエナからの最後のバージョンのC/5(図4. 15)、1945年には考案されていたC/6はもはや出荷できなかった。1949/1950年冬、ZEISS AEROTOPOGRAPHは当時のオーバーコッヘンのZEISS OPTONに再建しそして同時に大部分を改良したステレオプラニグラフの戦後初の製造を開始した。約2,600図面化されたそして5,000個の部品からなる精密・光学機械は、オーバーコッヘンにはまったく図面と組立資料はなかった。いくつかの構想の後で、1台の



C/5ををUS\$5,000で買い戻した。この図化機は1944年にイエナで製造され、そして貨物用の潜水艦で日本へ出荷されたが、マイン河で輸送貨物が沈没したものであった。船荷梱包された図化機は、1945年に引き上げられそして半官半民の会社から買い戻した(BARING 1963)。

図4. 14: BAUERSFELDによるシャープな結像のための前置系レンズ

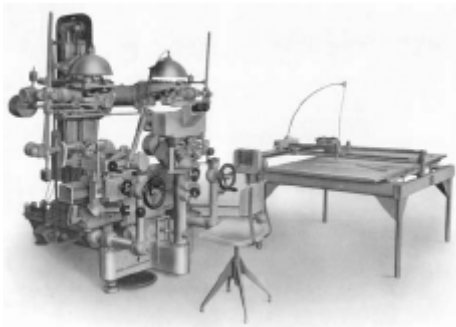


図4. 15: 描画機付きのステレオプラニグラフ C5(1937)

イエナで組み立てそして現在はオーバーコッヘンの経営陣になっているBAUERSFELDが手助けし、さらに1912年イエナのZEISSに就職しそして1921年から写真測量機材およびステレオプラニグラフの製造工程のいろいろな部分で働いていた工場の責任者 KURT WOLF が組み立てた。WOLF は 1949 年オーバーコッヘンに到着し、そして写真測量の工場“MJ6”(図4. 16)を統率した。豊富な図化機の作業経験、それぞれの検定および新しい製造法を組み合わせ、そして既に1年前にケルンの測地週間で予告されていたステレオプラニグラフ C7を(ミュンヘンで最初の)第21回写真測量週間で紹介した(SCHWIDEFSKY 1950)。従来の C5 との重要な変更箇所は次のとおりであった:

- ・ 写真サイズは 24cm × 24cm まで(以前は 18 cm × 24 cm)
- ・ ディストーション補正のための補正板
- ・ 形、色および明るさを変えられる光点マークとしての測標マーク(今までは黒い測標)
- ・ コーティングされた光学系
- ・ Z方向の粗動(高山地での図化のために)
- ・ フィート単位のいろいろな標高読み取り
- ・ 高い精度の測定と読み取り



図4. 16: 写真測量機材の製造・組み立て工場 MJ6 でステレオプラニグラフの大量生産(1952)

最初の顧客からカタログでは飛行高度の 0.02%の到達可能な高さの精度が、2倍以上悪かったことを非難された。既に1年後の 1952 年9月には構造上同じだが(図4. 17)、改良されたステレオプラニグラフ C8 がワシントンの第7回国際写真測量会議で紹介された(HOFMANN 1953)。C7 と比較すると、異なる焦点距離のための万能写真保持器、改良された読取カウンタ、さらに特許出願された座標印字器(ZEISS AEROTOPOGRAPH 1951)が開発された(図4. 18)。この座標印字器は困難なそして不確実な座標の読み取りと記録を印字できるようにした。このとき x と y 座標は機械縮尺の 0.01mm 単位そして z 座標は 13 種類の縮尺で高度値(メートルとフィート)を直接収集することができた。

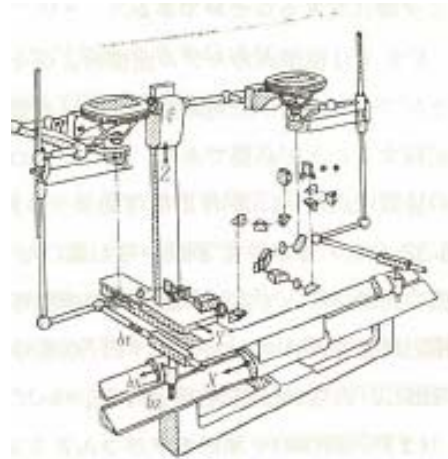


図4. 17: C7とC8の略図

C8(図4. 19)の重要な図化機パラメータは次のとおりである:

- ・ mm単位のカメラの焦点距離 / 写真サイズ:
100 / 140 ~ 610 / 240 × 240
- ・ ファイ: -20 ~ +30 グラード
- ・ オメガ: -10 ~ +10 グラード
- ・ カッパ: ±400 グラード
- ・ 共通のオメガ: -20 ~ +60 グラード
- ・ bx: -290mm ~ +310mm
- ・ by: ±30mm
- ・ bz: ±20mm
- ・ x: ±275mm
- ・ y: -425mm ~ +275mm
- ・ z: 170mm ~ 605mm

1974 年までに 144 台のステレオプラニグラフ C7 と C8 (MEIER1986)、戦前のモデル 150 台(BRUCKLACHER 1952)、合計約 300 台の“1級の万能立体図化機”が 50 年以上の期間に製造された。



図4. 18: C8用の座標印字器

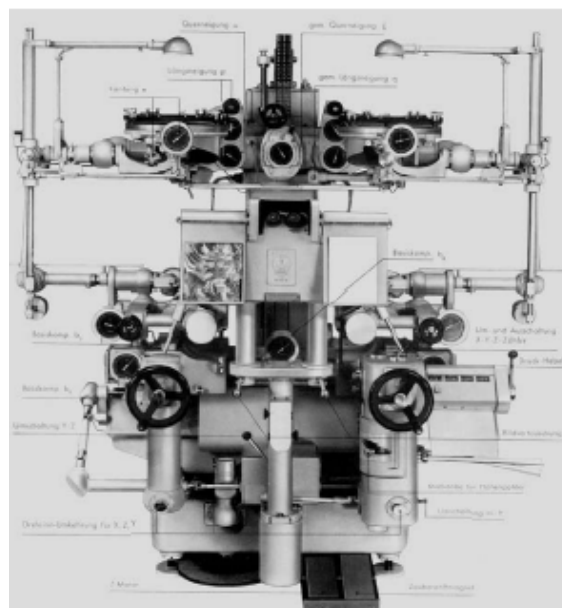


図4. 19: ステレオプラニグラフ C8 (1952)

5. 新しく製造された機材

イエナの戦前のモデル C/5 の復元版として 1949 年にステレオプラニグラフ C7 をそしてすぐ後に C8 を大幅に改善した。それと同時に 1950 年には新機材の製造も開始した。1951 年ミュンヘンで戦後初めての写真測量週間に偏位修正機 SEG V (C7 と前述の小型機材とともに)、1952 年ワシントンの第 7 回国際写真測量会議では 3 級図化機ステレオトップおよび新しい航空カメラのレンズ、そして 1953 年パリの第 8 回測量会議では新しい航空カメラを紹介した。

視差測定桿が追加された (MONDON 1959a)。

5. 1 三級図化機ステレオトップ

世界中の顧客から 1 級の立体図化機のほかに、中小縮尺 (1:25000 ~ 1:100000) の簡易式図化機の要望があった。中心投影の写真のずれによるモデル誤差を少なくするために簡単な計算機構の測定桿 (簡単な図化の可能性つきの反射式立体鏡として) を拡張する考えで、1952 年のワシントン会議で展示したステレオトップ (図 5. 1) の試作機を生産に加えた (HOFFMANN 1953 & BRUCKLACHER 1954)。2 つの平坦な、機械的な駆動機構により、中心投影の位置のずれと高さの誤差 (図 5. 2) を近似解法で実現することで、最終的なモデルの変形を少なくした。図 5. 3 と 5. 4 はイエナでの軍事的な照準儀の経験と機械的な計算器を組み合わせることで、設計者 HEINRICH SONNBERGER が開発した計算機構の調整ネジを示している (DEKER 1956 と 1959)。後の測定検査法として決まった方法による高さの精度は、かなり上昇できることがわかった (KUPFER 1957a & 1957b)。1959 年には補助器具として

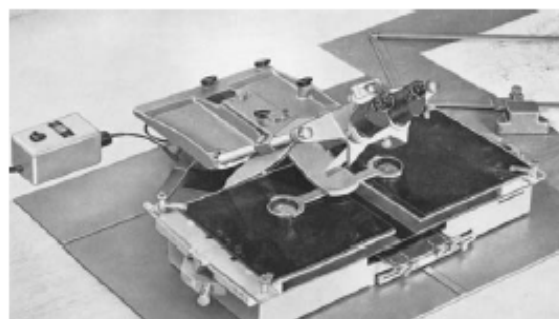


図5. 1: ガラス乾板付きのステレオトップ (1953)

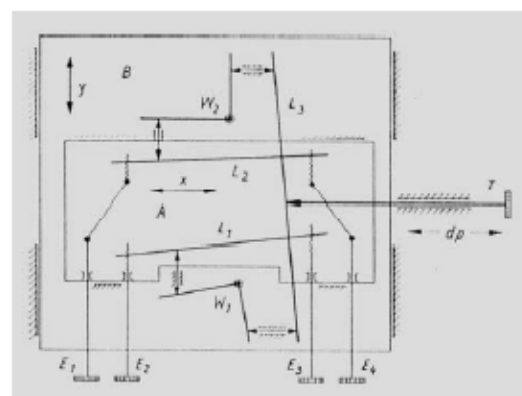


図5. 2: 調整ネジ E1~E4 付きのステレオトップのモデル計算器の略図 (SCHWIDEFSKY 1963)

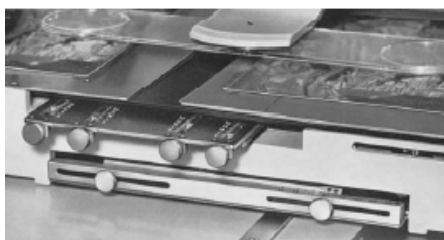


図5. 3:モデル計算器 I の調整ネジ E1~E4 および位置の計算器 IIa

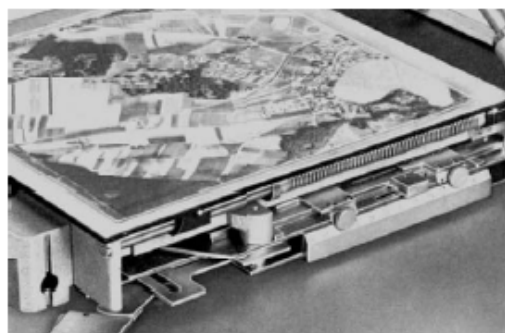


図5. 4:背後の位置の計算器 IIb



図5. 5:ステレオトップ用の視差測定桿

ステレオトップのための簡素化された計算器の解法についての特許の報告は、もはや効果はなかった(DEKER 1953 & 1954, SONNBERGER 1954f)。1976年まではステレオトップは3級の立体図化機として 840 台販売された。そして1980年には、LANDSAT 写真の図化について適した図化機であることが報告された(CLERICI など 1980)。計算機構はないが視差ねじと描画用/パントグラフ付きの簡易版として、写真判読と簡単な作図作業のために、1957年に外注のステレオプレットがありそして1986年までに600台以上が販売された(図5. 6)。



図5. 6:ステレオプレット(1957)

5.2 偏位修正機 SEG

イエナでは既に1924年以来、SEG という名称で自動焦点調整付きの偏位修正機を、そして1939年には最後の完成品の SEG I を C/9 として、同時に軽量の、運搬可能なバージョン SEG IV を開発および製造していた。その後1950年に予告し、そして1952年に販売開始したオーバーコッペン製 SEG V (その後 SEG 5 に変更)は、SCHWIDEFSKY がベツラーで開発していた完全にそして特許で保護された偏位修正機(HOFMANN 1953)である(図5. 7)。

以前のモデルとは倍率範囲の拡大、 $200 \mu\text{m}$ から $50 \mu\text{m}$ に減ったディストーションと改善された照明装置付きの新しいレンズ、垂直の光軸、5つの自由度の中で3つのセットなど、レンズ架台の高さの変更による倍率および両方の投影機の傾きが新しくなった。

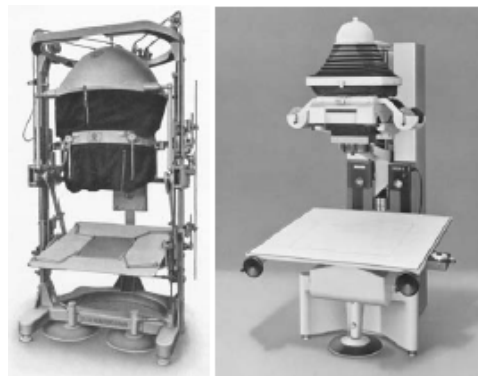


図5. 7:自動焦点付きの偏位修正機 SEG I(1937) および SEG 5(1972 の状態)

傾斜した写真を偏位修正するときにシャープな画像を得るためには、光軸の外側はシャインフルーグの条件(消失点の条件)を使って、常に光軸の距離の条件としてニュートンのレンズの公式を満たす必要がある(図5. 8)。SEG 5 ではレンズ架台に対して写真架台がモータ駆動(M)で変えられる。このとき特許の切替スイッチ(SD)により距離のずれ Δb は制御カーブ(SK)で補正される。

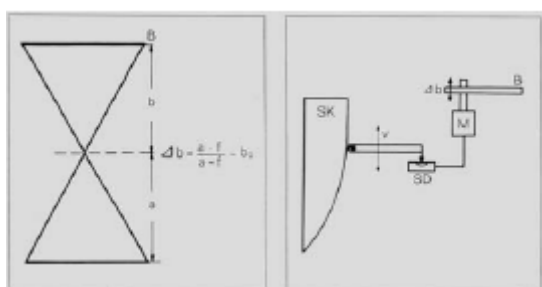


図5. 8: ニュートンの距離の条件と制御

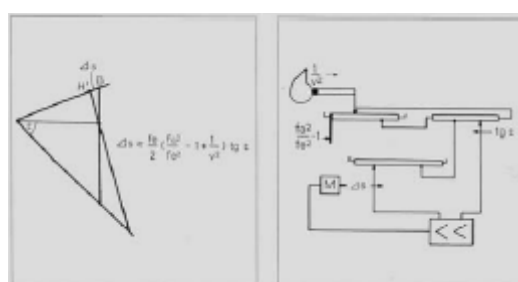


図5. 10: 消失点の条件と制御

シャインプルークの条件により写真面、レンズ面および投影面は直線で交差しなければならない(図5. 9)。これは球上に設置した投影机と2軸に傾斜可能な写真面を対応するようにハンドルで傾けることが必要で、機械支柱の厳密な機械空間的なカム、いわゆるカーペンチールのインベゾールで実現される。

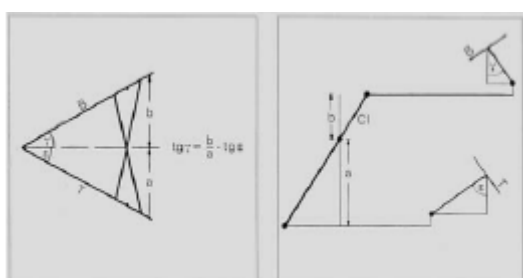


図5. 9: シャインプルークの条件および制御



図5. 11: SEG 5 のためのアナログ式消失点計算器



図5. 12: SEG 5 のための電氣的な消失点のずれ

正しい偏位修正のための幾何的な条件として、写真と地図の間の投影関係すなわち消失点条件を満たさなければならない(図5. 10)。SEG 5で最初に実現された自動的な消失点の調整は、本体の台座で機械・電氣的に計算される(図5. 11)写真のずれ Δs として実現され(EBNER 1966)、そして写真架台を電動で制御する(図5. 12)。

図5. 13はSEGのさまざまな機能の略図である。4つの有効な表面つきの特別に開発されたフレネルレンズコンデンサーで、照明装置もコンパクトにできた。これらはアクリルガラスの中を非常に細かく円形状に溝を付けることで特別に仕上げた光学的なツールを作り上げた(図5. 14)。その後の一般的なオーバーヘッドプロジェクタは、類似の単一面のレンズを使っているが、これらは要望も少なく高価なディスク記録法で製造された。この“フレネルレンズコンデンサー”は写真架台の上に精密に取り付けられており、倍率の変化によりコンデンサーと照明装置の間隔を変化させる制御が必要であった。

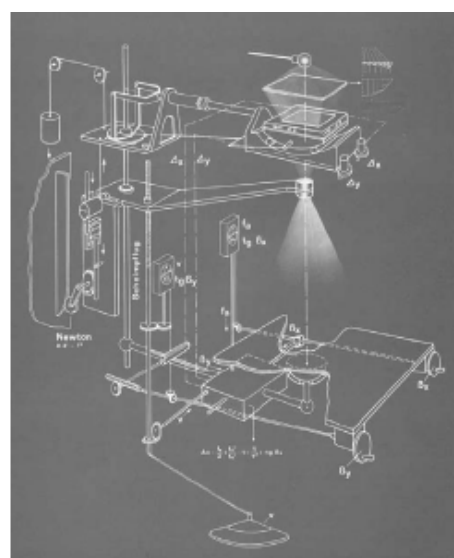


図5. 13: SEG 5 の概略図

投影用レンズとして倍率範囲 0.5 ~ 6.5倍のために新しくトポゴン V 6.3/180 を計算し、そしてタイマー経由で自動的な露光制御のために内部に赤フィルターを組み込んだ。

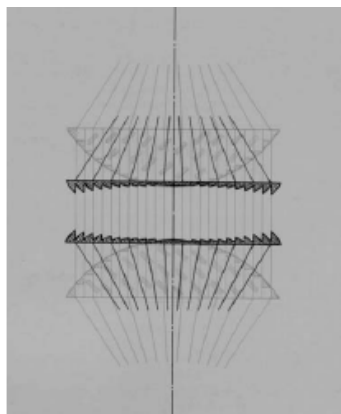


図5. 14: 小型・軽量化のためのフレネルレンズ
コンデンサー(概略図)

SEG 5 の仕様は次のとおり:

- ・ 倍率: 0.5 ~ 6.5 倍
- ・ ネガサイズ: 30 cm × 30 cm まで
写真サイズ: 23 cm × 23 cm まで
- ・ 投影机サイズ: 1 m × 1 m まで
- ・ 投影机最大傾斜角: ± 14 グラード
- ・ 投影レンズ: トポゴン V 6.3/180
- ・ 露出絞り: 6.3/9/12.5/18/25/36/50
- ・ フレネルレンズコンデンサー40 cm × 40 cm
- ・ 光源: 水銀灯 HQA 125 W
- ・ 完全自動の自動焦点調整機構
- ・ 完全自動の消失点条件の制御

SEG 5 の主要な特注品は格子複写装置(図5. 15)と印画紙吸着装置(図5. 16)がある。



図5. 15: 格子複写装置(50cm×50cm)

1963 年には、ドイツ陸軍地形図部隊のために偏位修正機の車載版 SEG Vb を製造した。制限された車高のために倍率範囲は3. 5倍に制限され、そして投影面は面光源を装備した。その後この光源は冷却付きの 4,000W 版を製造した(図5. 17)。

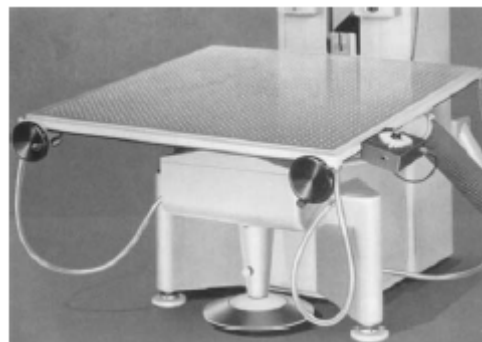


図5. 16: 印画紙吸着装置

1972 年にはレンズをトポゴン V2 6.3/180 に改良し、そして投影品質を向上させるために開放絞りを f/12.5 から f/9 を使用できるようにし、1979 年にはレンズをさらに改良しそして口径は f/5.6、一連の絞りは 5.6/8/11/16 に変更した。

最終的に 1977 年にはシュツットガルトの写真測量週間で新しい SEG 6 を発表した(HOBBIE 1977a)。原理的な構造と機械の可動範囲は従来どおりであるが、製造と新しい構成品の高騰を抑えるために最良の構造と電気系を採用した。特に全部の電気系は背後に“リュックサック”方式にひとまとめにし(図5. 18)、そして光源の制御を改善した。



図5. 17: 車載用偏位修正機 SEG Vb

吸着機(現在白い投影面)も標準とした。新しいのは足盤で稼動および停止可能な特注の電動式の倍率設定であった。図5. 18 は既に 1976 年に SEG 5 で紹介した数値的な標定装置 OCS 1 も示している。それは斜線法でラインの長さにより投影された基準点の位置測定、記録装置 DIREC 1、接続されたパソコン HP 9815 と標定プログラムから構成される(HOBBIE 1976b)。倍率と投影面の傾きのセット値が空間的な後方交会法で直接計算される。



図5. 18: 支柱に取り付けたエレクトリックと標定装置
OCS 1 付き SEG 6

SEG 6 と OCS 1 の開発は、連邦政府の研究・技術省のための“自動偏位修正”の要求によるものであった(HOBBIE 1979a)。

エレクトロニクスとコンピュータの進歩により、1985 年には DIREC 2 と HP 85 B 付きの OCS 2 を製造した(FAUST 1985)。1年前には特注品として、2000W のハロゲンランプとフィルターセットにより無段階にカラー補正の露光が可能な DURST 製のカラーヘッド CLS 2000(図5. 19)を取り付けた(FAUST 1984)。この SEG 6 C はカラー作業専用の偏位修正機であった。



図5. 19: SEG 6に取り付けた DURST 製カラーヘッド CLS 2000

SEG V、SEG 5 および SEG 6 は世界中に納品されそして第2次世界大戦後に最も購入された偏位修正機であった。全部で約400台、戦前のSEGとの合計では約700台が納品された。

5. 3 TOPAR 4/210 つき航空カメラ RMK 21/18

イエナでは1932年以来、最初に写真サイズ18 cm × 18 cmの普通角カメラとしてレンズが ORTHOMETER 4.5/210 付きの航空カメラ RMK P 21(図5. 20)そして1936年から広角カメラ RMK P 10(図5. 21)、さらに写真サイズが30 cm × 30 cmの P 20/3030 が非常に多く製造された。さらに1938年には交換レンズ $f = 21$ cm と $f = 10$ cm 付きの航空カメラ HS 1818 が製造された。P21 が回転盤シャッターで露出時間 $1/75$ sec ~ $1/150$ sec が可能であったのに対して、TOPOGON 6.3/100 あるいは6.3/200 付きの広角カメラはそれぞれ円盤シャッターにより $1/25$ sec ~ $1/200$ sec の露光が可能であった。フィルムは平坦な背面板に圧搾空気あるいは吸着空気ですべて固定されていた。

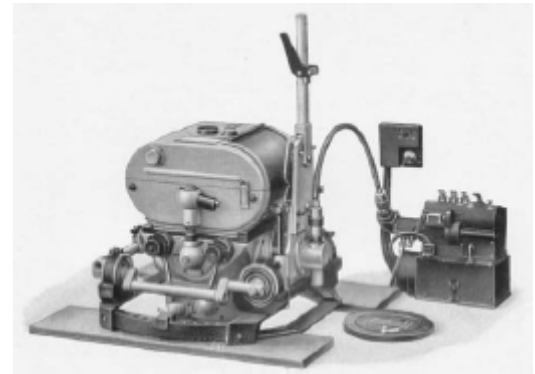


図5. 20: 普通角カメラ RMK P 21(1932)

敗戦後、撮影飛行のすべての申請は最初は非常に厳しかったが、1952年の初頭にはヘッセン州の最初の地籍整理に対する許可により緩和された。オーバーコッペンでの開発は継続されそして完全に新しい航空カメラが計画された。1952年には写真サイズ18 cm × 18 cmのための新しい普通角レンズ TOPAR 4/210(図5. 22)が発表され(RICHTER 1952)、そしてワシントンでの会議では達成された品質を示すためにTOPARとORTHOMETERの大縮尺の比較写真を展示した。比較可能な地上解像度に関しては、2倍の飛行高度そしてこれにより4倍の撮影範囲が可能であった。これは従来のスケールでは最大のディストーションが4 μmのTOPARは実質上無収差であった。

1年後の1953年秋パリの第8回国際測量会議には、完全に新型のRMK 21/18(図5. 23)を10倍に拡大したスライドを展示した(N.N. 1953)。補助的にゆっくり回転するブレードと高速ブレード付きの新しい連続回転する回転盤シャッターAEROTOP(図5. 24)は露出作業のために特許申請され(SONNBERGER 1954c)そして90%のシャッター効率で $1/100$ sec ~ $1/1000$ sec の露出時間が可能であった。



図5. 21: 広角カメラ RMK P 10(1936)

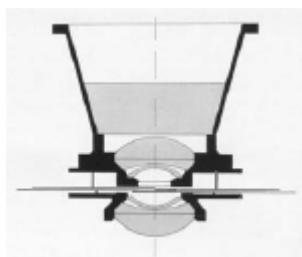


図5. 22: TOPAR 1:4,
f= 21cm の断面(1952)



図5. 23: 間隔調整器 IRU 付きの RMK 21/18

さらに新型のフィルムマガジンの細部も特許申請された (ZEISS 1954a、SONNBERGER 1954b & 1955、SONNBERGER et al. 1954)。その中のフィルムは吸着されるため適切に平坦化され、そして露光漏れの危険性は軽減された。フィルムは 60 m の代わりに 120 m が収納された (BRUCKLACHER 1954)。同様に特許化された間隔調整器 IRU はオーバーラップを連続的に 20 ~ 90% セットでき、そしてカメラとは離して取り付けができる (図5. 25)。最後に補助撮影のための照明装置も新しくなりそして特許登録された (SONNBERGER 1954a)。

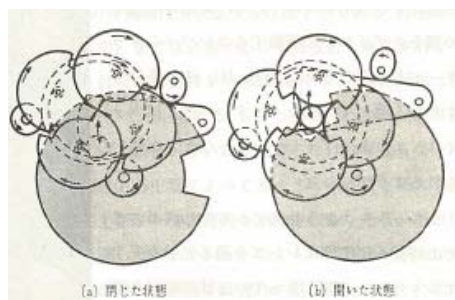


図5. 24: 回転盤シャッター AEROTOP (略図)



図5. 25: 間隔調整器 IRU

RMK 21/18 は 1956 年には大きな基線比率で広いモデル範囲を撮影するために、特別なカメラ架台つきの収束カメラ 2 × RMK 21/18 も開発した (BRUCKLACHER 1956 & ACKERMANN 1956)。しかしながら、このカメラは当時すこしづつ先行のアメリカの写真サイズ 23 cm × 23 cm (9" × 9") に変更されていった。

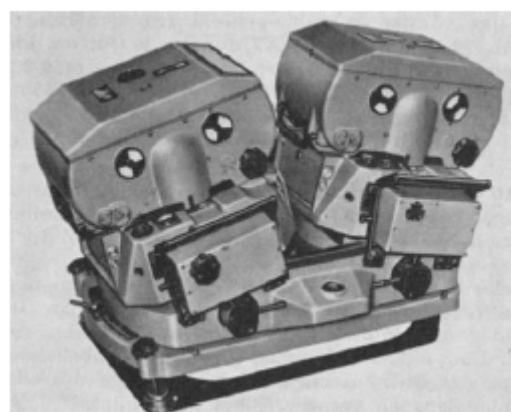


図5. 26: 収束カメラ 2 × RMK 21/18(1956)

5. 4 PLEOGON 5.6/153 つき航空カメラ RMK 15/23

既に 1953 年には、RMK 21/18 の前にアメリカで導入された写真サイズ 9" × 9" に対応する新しい航空カメラのための新しい広角レンズは開発していた。1932 年に開発していた TOPOGON から写真の平坦化、周辺光量および色収

差の補正に関して大幅に補正された広角レンズ PLEOGON 1:5.6 を 1955 年に開発した (RICHTER 1955& SCHWIDEFSKY 1956a)。

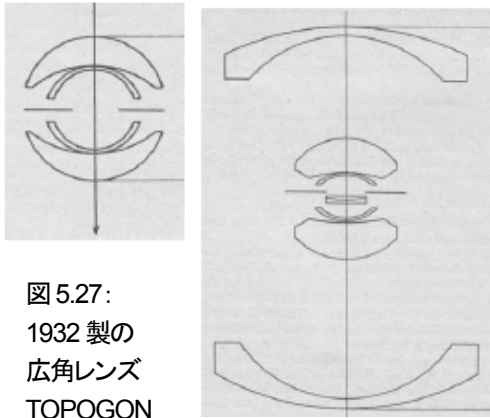


図 5.27:
1932 製の
広角レンズ
TOPOGON

図5. 28: PLEOGON 5.6/153

1956 年ストックホルムで開催された第8回写真測量国際会議で、初めて新しい航空カメラ RMK 15/23 (図5. 29) のためのディストーションが $5 \mu\text{m}$ の PLEOGON 5.6/153 (1938 年製の RMK HS 1818 の広角レンズ TOPOGON 6.3/100 は $50 \mu\text{m}$) を紹介した。これにより RMK 15/23 は最初は RMK 21/18 で証明された同じ構成部品と同じ付属品、そしてほぼ 35 年間製造されてきた基本構造は変わらないが、多くの細部の変更および補充が行われた写真サイズ $23 \text{ cm} \times 23 \text{ cm}$ のオーバーコッヘン製の非常に成功した RMK シリーズの最初のモデルである。スイスの競合者はまず最初にガラス乾板使用のカメラであったのに対して、オーバーコッヘンでは非常に多くの検査後、最終的にフィルムを使用することができた (BRUCKLACHER et al. 1956 と AHREND 1957)。

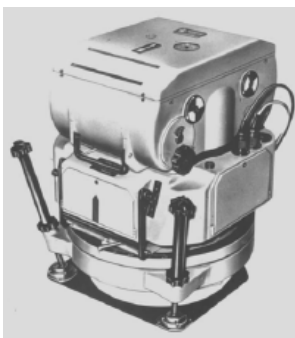


図5. 29: 航空カメラ RMK 15/23 (1956)

5. 5 高度差計スタスコープ S2c

さらに 1956 年のストックホルムでは、空中三角測量のために価値のある補助情報でわずかな高度差を気圧で測定する新しいスタスコープを紹介した (MEIER 1956)。このと

き U 字管で静力学的な外気圧の変化を電気容量として捉え、そしてカウンタの位置を操縦士に伝えそして写真の補助記録装置に写し込む。温度の影響を遮断するために、気圧のガラス容器は氷水を満たした魔法瓶の中に收容されている (図5. 30)。写真撮影で測定された高度差の精度は、 $1 \sim 2 \text{ m}$ であった。



図5. 30: スタスコープ S2c (1956)

5. 6 レダクター

オーバーコッヘンでは 1956 年に精密縮小機レダクターを開発した (図5. 31)。



図5. 31: レダクター (1956)

写真面および電動で巻き取られるフィルムマガジンのために最も使用されるサイズは $23 \text{ cm} \times 23 \text{ cm}$ であり、機械で可能な倍率範囲は $0.18 \sim 5.5$ 倍であった。実質上無収差の標準レンズ TOPAR 8/200 は、多くの場合変換倍率は $0.65 \sim 1.55$ 倍で充分であった。レンズ架台とフィルムマガジンの位置のセットは、 0.01 mm の証明された目盛りで実施した。大きなディストーション付きの航空写真を補正するときは、特別に用意されていた球面補正板を納品していた (SCHWIDEFSKY 1956b)。

写真サイズが $23 \text{ cm} \times 23 \text{ cm}$ へと増えていく航空カメラの標準化によりそして立体図化のために $85/88 \text{ mm}$ 、 153 mm および 305 mm の優勢を占めた撮影カメラの焦点距離により、1970 年ごろに姿を消した。

6. 1956 年以降の新開発機材

オーバーコッペンで再出発後、2～3年間に既に3級図化機ステレオトップ、視差測定桿、ラディアルセクターIとII、偏位修正機 SEG Vそして1級図化機ステレオプラニグラフ C7およびC8を発表した。再建後7年後の1956年夏にストックホルムで開催された第8回国際写真測量会議では、オーバーコッペンの CARL ZEISS、ミュンヘンの ZEISS AEROTOPOGRAPH から供給された写真処理機材のほかに前述した新製品ステレオトップ、構成品付きの航空カメラ RMK 21/18と RMK 15/23、さらに完成したレダクターを展示した(HOFMANN 1956)。翌年からは写真測量機材の日常の技術的な近代化および多くの新しい顧客の要望による新しい開発に多くの時間を費やすことを開始した。より良く理解するために、1957年～2002年(インターグラフ社へ完全に譲渡した年)の45年間のオーバーコッペンの写真測量機材の開発の多種類のそして豊富な開発結果は、多くの章に分けてある。

このため、過去の数十年の重複している技術段階は次のように分割することができる:

- ・ 1957 - 1980 機械的・電氣的な時代
- ・ 1973 - 1987 電子的:コンピュータ支援の時代
- ・ 1984 - 2002 デジタルの時代

優先した開発状況と技術について従来の区分を適用すると、オーバーコッペンにおける写真測量機材の戦後の開発はおよ次のようになる:

- ・ 1948 - 1951 再出発
- ・ 1952 - 1956 再生
- ・ 1957 - 1973 アナログ機材
- ・ 1974 - 1987 解析システム
- ・ 1988 - 2002 デジタルシステム

いろいろな段階でそれぞれの対比可能な作業のための機

材を説明するには、ここでは上記の区別は適していないため、一連の機材を作業単位に簡単に区別し、そして部分的にいろいろな技術段階で一括して記述する。作業分割は図6.1にもとづいて区分した。

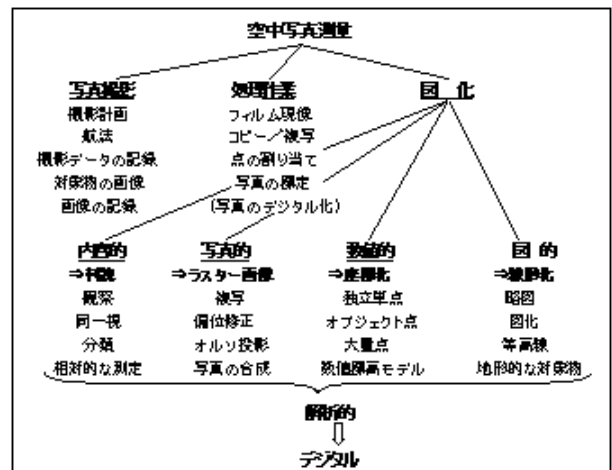


図6.1: 空中写真測量の作業段階

機材の多様性に関しては数量および経済的な成功を優先する以外に、空中写真測量(7章から12章)、地形および対象物測定のための地上写真測量(13章)、非地形の特別な作業(14章)、さらにリモートセンシングとも言われている民間および軍部のリモートセンシング(15章)がある。実用上興味のある空中写真測量は、写真撮影(7章)、処理作業そして図化作業にもとづいて作業段階を区分した。

さらに図化では内容的、写真的な作業(8章)、数値的な作業(9章)そして簡単なグラフィックな作業(10章)に細分した。解析図化機とデジタル図化機はシステム構成上多くの作業が明らかにソフトウェアで処理されるため、11章と12章で別々に説明する。他方では最近のオーバーコッペンにおける写真処理用と主題的な作業のためのいくつかの開発は特定の章ではなく、途中のどこかで紹介している。

7. 写真撮影

空中写真測量法は航空カメラで始まり、そしてその後の作業品質の可能性に対する重要な要素である。このため CARL ZEISS オーバーコッペン(CZO)は再建後数十年間そして成功裏の戦前の伝統を継承し、そして1950年～1955年に前述した航空カメラシリーズ RMK を新しく製造しそして多くの性能の向上を提供した。豊富な労働により CZO と ZEISS AEROTOPOGRAPH の科学者は、その後写

真の品質に関する撮影飛行とその影響について当時ほぼ毎年ミュンヘンで開催されていた写真測量週間で定期的に講演し、専門誌に掲載した(BRUCKLACHER 1957, MEIER 1960a, SCHWIDEFSKY 1960a & 1960b)。特にコントラスト伝達関数(CT 関数)とコントラストの向上に打ち込んだ。最終的には、いわゆる“A特性”という新しいレンズの生産に導かれた。

7. 1 A特性付きのRMK シリーズ

科学的な調査では対応する感度の航空フィルムを使用すると、より大きな被写体コントラストを作り上げそしてこれにより植生範囲でより良い写真判読を得るために、赤外領域でグリーンの葉のより詳細な区別ができた。従来の大部分の約 400 nm ~ 700 nm の波長域のパンクロフィルム以外に、今後赤外線膜面(900 nm まで)に対する関心が増えることを考慮した。このため PLEOGON 5.6/153 について波長 435 nm ~ 700 nm 間の最小の色彩的な長さの間隔だけでなく、800 nm の赤外まで焦点距離を変えることがないようにレンズの計算を変更した(図7. 1)。

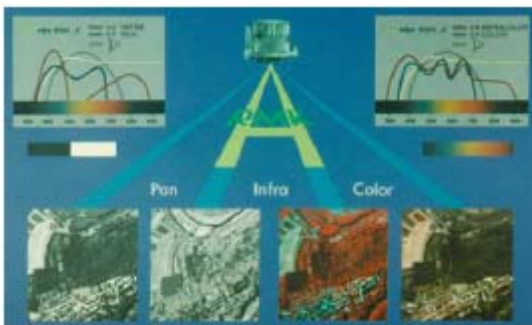


図7. 1: 赤外およびカラーフィルムのためにも補正された色消し航空写真用レンズ

この色消し補正を“A特性”と命名した。1960 年に最初に WOLFGANG ROOS と RUDOLF WINZER が広角レンズ PLEOGON A 5.6/153 を製作し、1962 年に RMKA 15/23 (図7. 2)に組み込まれた(MEIER 1962)。



図7. 2: カメラ架台 AS II と IRU、操縦士表示器付きの RMKA 15/23

その後、長焦点レンズ TOPAR A 5.6/305、翌年普通角レンズ TOPARON A 4/210、狭角レンズ TELIKON A 6.3/610 にA特性付きで製造し(図7. 3)、そしてそれぞれ RMKA A 30/23、RMKA A 21/23、RMKA A 60/23(図7. 4)を 1964 年までに次々と納品された(MEIER 1964b)。

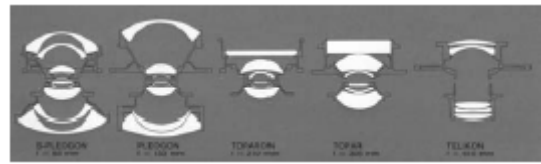


図7. 3: RMKA シリーズのレンズコーン、この図には RMKA 8.5/23 用の S-PLEOGON まで

最後に 1963 年までに両方の主要な焦点距離 15 cm と 30 cm の特許化された格子マーク付きの RMK AR 15/23 および RMK AR 30/23 も製造した(MEIER 1964d)。この格子付きカメラは非常に高い測定精度の要求により製造されたが、莫大な測定経費のためにほとんど要求はなかった。

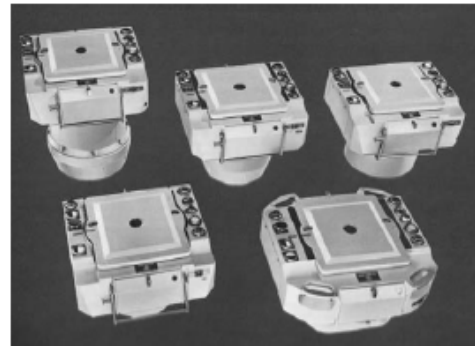


図7. 4: RMKA シリーズのレンズコーン、この図には 1968 年公表した RMKA 8.5/23 も含まれている

すべてのカメラ本体(コーン)は、水平規正と偏流調整が可能な傾斜補正できるカメラ架台 AS II(図7. 2)に取り付けられた。すべてのカメラ本体に装着可能な 120 m パフオレートなしのフィルム用のフィルムマガジン FK 24/120 はフィルム移動中には持ち上げられる圧定板、フィルム輸送表示、マーキング具、遮光板が装備され、このため撮影飛行中に迅速にそして容易に別のマガジンと交換することができた。フィルム輸送、圧定板の持ち上げとフィルムの吸着はカメラ本体の中の電動モーターおよび真空ポンプで行われるため、マガジンにはどのような電気的な問題も生じなかった。

開発時には、頑丈性と温度変化に対する安定性を証明するために、レンズとカメラ本体は $-50^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ の詳細な温度、遠心分離機で 12 g まで加速し、最大加速度 $4 \sim 8 \text{ g}$ で周波数域 $4 \sim 3,000 \text{ Hz}$ の中で振動台(図7. 5)に設置し、さらに 12 g の衝撃を 70 cm の高度から加えた(MEIER 1964a)。

RMK A シリーズのすべてのカメラ本体には、同じ補助記録装置が装備されている(図7. 7)。写真番号カウンタのそばに高度計あるいはスタスコープの目盛り、円形気泡、時

計とメモ板がある。ツァイス製RMKの特徴である中央の指標マークは自然の被写体光で露光され、その後特別な要求および特にアメリカの業界の要望による補助的な四隅の指標マークを取り付け、そして同様にキャリブレーションも行っていった。

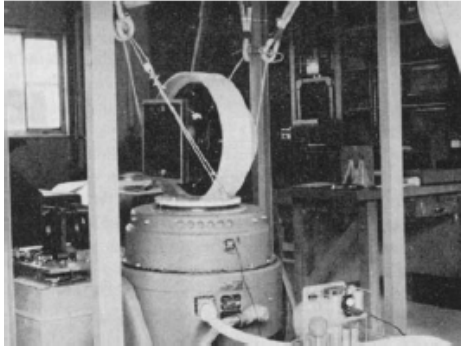


図7. 5:RMK のレンズコーンを乗せた振動台

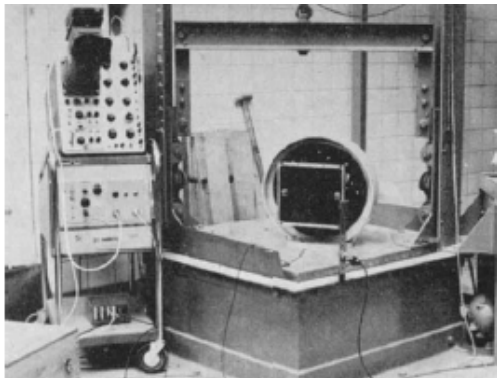


図7. 6:RMK のレンズコーンを乗せた落下試験台



図7. 7:RMKA シリーズの補助記録装置

いろいろな応用のためにRMK シリーズでは、フィルターA (440 nm のとき半分の透過率)からフィルターK(700 nm)までのエッジフィルターを用意している。最も重要なフィルターB(480 nm, “黄色フィルター”)とD(535 nm, “橙色フィルター”)は、それぞれ標準組み合わせに含まれていた。

前述したようにカメラ本体も細部が常に後で改善されている周辺機器も、それぞれ次の連続生産で組み込まれた。これは修正された計算の可能性そしてたとえばカラー写真 (MEIER 1967) のような拡大された要求により、次に示すように広角レンズ PLEOGON は完全に特別なレンズを製造した:

- 1955: PLEOGON 5.6/153
- 1960: PLEOGON A 5.6/153
- 1965: PLEOGON A1 5.6/153
- 1968: PLEOGON A2 5.6/153
- 1971: PLEOGON A 4/153
- 1974: PLEOGON A2 4/153
- 1988: PLEOGON A3 4/153

7. 2 超広角航空カメラ RMK A 8.5/23

既に 1962 年のミュンヘンでの写真測量週間で、特に開発途上国でわずかな居住地のためにすぐに縮尺1:25,000から1:100,000の地形図作成、そして使用可能な写真撮影機の高度制限があるときには好都合な、十分な小縮尺で撮影するために、いわゆる超広角カメラについて討議された。従来の超広角カメラでの問題は、高い撮影高度で強いもやがあるときに大きな画角による光量低下であった。

このため Zeiss は RMK シリーズの中に超広角カメラを加えることを決定した。既にイエナ時代には RICHTER が 1941 年に、写真の端でも必要な明るさは充分だが、かなりのディストーションがある画角 148° の PLEON 8/7.25 を計算していた。1945 年まで大部分の北アフリカを写真測量的に図化するために使っていた判読用カメラ Rb 7/18 の PLEON レンズは、専用の変換機でディストーションを補正していた。1967 年 ROOS と WINZER は画角 125° 、口径1:4、ディストーション $7\mu\text{m}$ (以前の $30\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ の代わりに) と驚くべき性能の S-PLEOGON A 4/85 を設計した。

大きな画角のときに Cos^4 による問題の光量低下は、四隅での値が平均の明るさの約6%だけであった。このため、1946 年の ROSSINOV の対応する特許は、大きな画角 α による入射瞳 (図7. 8) の拡大により、光量低下 $\text{cos}^3 \alpha$ に対応する25%におさまった。RMK A 8.5/23 (MEIER 1968) の光量低下は中央の透過率に対する33%のアンチビグネットフィルターにより大幅に少なくなり、問題がなくなったことを 1968 年のローザンヌでの会議で公表した。このフィルターはカラー写真でも好評であった (MOTTWEILER et al. 1969)。

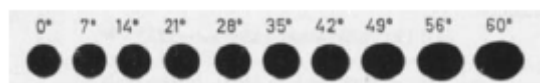


図7. 8:画角に依存する S-PLEOGON 4/85 の入射瞳

最後に絞り1:4あるいは1:8の光の効率は89%と92%に高められ、このカメラのシャッター速度範囲は 1/100 ~ 1/1000 sec から 1/50 sec ~ 1/500 sec に変更した。こ

れは原則的に高い飛行高度のためで、そしてこれによりわずかな像のぶれは問題ではなかった。

この超広角カメラは極端な画角のため航空機で低く取り付けられる必要があるため、通常の RMK カメラコーンもアダプターで取り付けることができる特別なカメラ架台 AS V(図7.9)を製造した。



図7. 9:カメラ架台 AS V 付きの超広角カメラ
RMK A 8.5/23

7.3 カメラ制御装置

1953年と1956年に ZEISS RMK 21/18 と ZEISS RMK 15/23 を発表以後、最初は間隔調整器 IRU でカメラ本体と自動的なシャッターリリースを制御した。このため撮影士はカメラのスイッチオン、カメラと IRU の偏流角を調整し、そしてつねに IRU の曇りガラス上に投影された駆動チェーンの速度と地上とを同調させた。ナビゲーションは最初は操縦士が行った。

いろいろな航空機でこのシステムの経験はナビゲーションと操作の補助機材の要望が高まったため、1964年最初の RMK シリーズの完成により、オペレータが目によるナビゲーションを可能にするために、そしてある距離でたとえば副操縦士の席から密な比率でカメラを制御するために、新しいナビゲーション用望遠鏡とリモートコントロール装置を製造した(MEIER 1964a)。ナビゲーション望遠鏡 NT 1(図7.10)は広角レンズ(画角 90°)が取り付けられ、その光軸は前後に 40° 変えられる。これにより視野は水平方向で 5° から垂直方向で 5° まで観察できた。望遠鏡筒の高さは円形気泡で水平化でき、そして偏流調整と横方向あるいは背後方向の観察のために完全に回転できた。カメラ用の目盛板は鉛直点、広角および普通角写真のためのコース軸と横方向のコース範囲を示す。

既に簡易式リモートコントロール装置 FS 1 により、撮影士がカメラの近くにいないときには回転つまみでセットする IRU の偏流調整量はカメラ架台のサーボモータに転送される。リモートコントロール装置 FS 2(図7.11)は、航空機の

任意の場所から RMK の大切な操作と制御ができる。

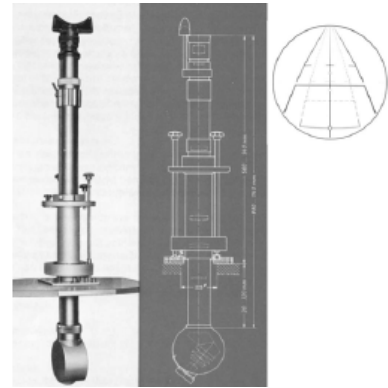


図7. 10:ナビゲーション望遠鏡 NT 1(1964)

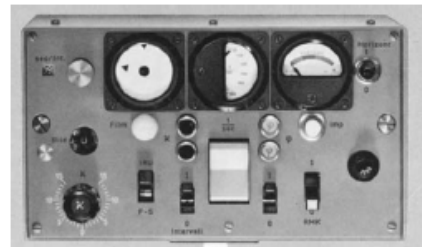


図7. 11:リモートコントロール装置 FS 2 の制御
パネル(1964)

- ・ 感度 0.5° で $\pm 5^\circ$ の範囲内で変化する飛行機の傾きを自動調整のためにカメラの水平化(ϕ)と(ω)
- ・ 感度 0.3° で $\pm 15^\circ$ の範囲内で偏流(κ)と最大 $1^\circ/\text{sec}$ の速度でセット
- ・ 露出時間を $1/100 \sim 1/1000 \text{ sec}$ の範囲内でセット
- ・ 事前設定した $2 \sim 60 \text{ sec}$ 間の撮影間隔で、あるいは間隔調整器 IRU 連続撮影による自動的な露出のリリースおよびピンホール撮影
- ・ 露出時間、露出点、フィルム圧定のための真空、フィルム送り、撮影番号のリモートコントロールおよび偏流(κ)と水平化(ϕ)と(ω)の駆動

強調したいのは、白い円盤(制御パネルの左側)による露出点の表示が、操縦士が次の露出の前に飛行補正のための時間を持つることである。

1973年 IRU を改良して NS 1 とし、そして事前にセットした焦点距離 f と希望のオーバーラップ p を別個にした制御ボックスの間隔制御コンピュータ ICC(図7.12)にセットし、角速度 v/h の信号を露出のリリース信号に変え、そしてカメラのシャッターに転送する RMK 制御のための新しいバージョンを開発した。この改良された構成は NS 1 のかわりに新型のナビゲーション望遠鏡 NT 2 でも、オーバーラップ調整機能(実際の絞りと露出時間のための制御表示以外

に)を組み込み、そして望遠鏡の視野の中に入り込むようにした(図7. 13)。



図7. 12:間隔調整コンピュータ ICC とナビゲーションセンサーNS 1 によるカメラの制御(1973)

1968 年以後 ZEISS は露出計 EMI 1 を開発した。このために、RMK の下部の穴に取り扱いが簡単な露出計の高感度のフォトダイオードを取り付けた。これは撮影士がフィルム感度、フィルター係数そして適切な露出時間とから求められた絞りを手でセットしなければならなかった。瞬間的な光量の比率に依存するこの絞りのセットの自動化は、1972 年に EMI 2 で実現した(MEIER 1972b)。画角 70° のセンサーはレンズ横の穴に直接取り付け、フィルム感度のセットとフィルター係数をカメラレンズの横のエレクトロニクスに直結した(図7. 14)。図7. 15 に対応する略図を示した。実際の露出時間は回転盤シャッターのタコジェネレータに直接転送された。

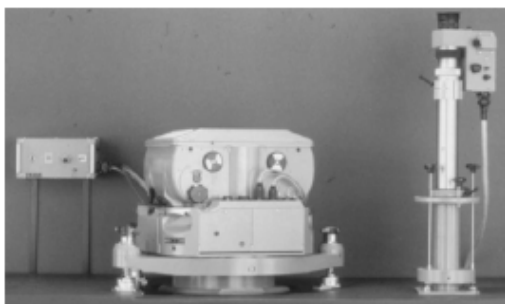


図7. 13:間隔調整コンピュータ ICC とナビゲーション望遠鏡 NT 2 付きの RMK A 8.5/23(1973)

1976 年最終的に ZEISS は、EMI 2 に最初に許容の像ぶれ (LORCH 1976) を考慮して露出時間をセットできる特許登録された自動露出計 EMI 3 を開発した(FELLE 1974a と 1974b)。カメラ本体の中の EMI 電子ボックスにセットするのは、実際の絞りと露出時間のセットであるのに対して、露出不足/露出オーバーの制御ランプそして像ぶれ許容の超過の表示は、たとえば NT 2 のようなナビゲーション装置で観察できた(図7. 16)。

EMI 3 での制御は最初は適切な絞りの範囲だけが制御され、最長可能な露出時間に到達したときに、はじめてセットした像ぶれの制限値のために完全な絞りの範囲も使われる。特別なときには、自動はオフにすることもできそして手動のセットを行うこともできた。

ヘルシンキでの 1976 年の国際会議で EMI 3 を公表したときに、オーバーラップの制御と偏流調整も自動化する自動ナビゲーション装置 NA を既に開発していた。1977 年に発表したこの新しいナビゲーション装置は、その間に開発されたリモート制御装置 CCON/NM、たとえばナビゲーションセンサー NS 1 あるいはナビゲーション望遠鏡 NT 2(ときには付属品)の代わりに、使うことができた(図7. 17)。NA 制御で手による作業と切り替えは、原則として NT 2 の近くに取り付けた CCON/NM 装置(図7. 18)で行われた (LORCH 1877)。

これによりナビゲータは同時にカメラを制御することができた。図7. 19 は NA で測定された偏流の電動の制御 (DCON)、さらに既に公表されそして顧客に多く採用されていた自動の水平化装置 HCON、慣性航法装置を制御する代表的な配置を示している。NA は NS 1 と同様の大きさであるため、NS1 を設置する場所に、あるいは操作要素がないため別の場所に取り付けるすることもできた。

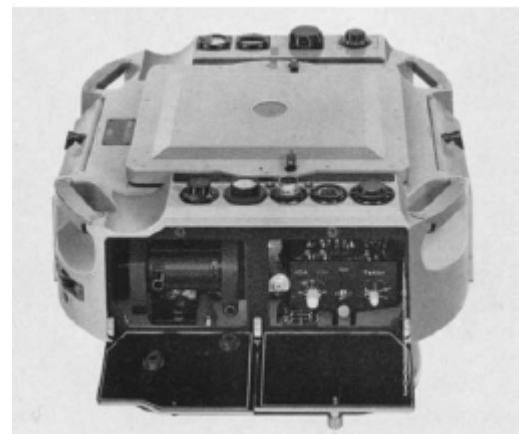


図7. 14:RMK A 15/23 の中に組み込まれた露出計 (1972)

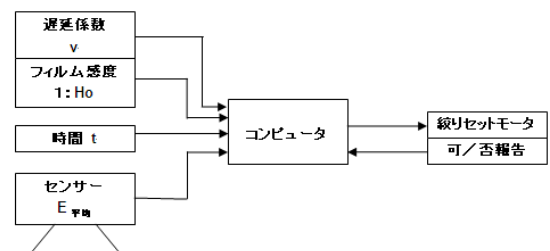


図7. 15:EMI 2 による自動露出制御の略図

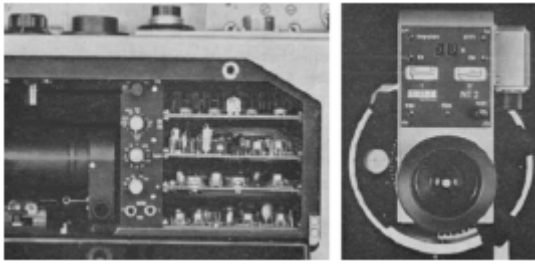


図7. 16:露出計 EMI 3とナビゲーション望遠鏡 NT2での表示

自動ナビゲーション装置 NA の特許登録された光学的な測定原理 (PRINZ et al. 1976) は、観察視野の中で移動する地形を2つのお互いに垂直の駆動要素で測定するシリンダーレンズのシステムから構成されている。2つのお互いに平行なダイオードアレーは、移動方向に対して垂直に取り付けられている。この両方のアレー上を同じ構造物が通過する時間差からその速度成分を求めた。飛行機に平行に調整するときには v/h 値と偏流角を測定し、そして制御装置 CCON と DCON に転送された。撮影飛行で含まれているほかのすべての誤差の影響は、この自動ナビゲーション装置はオーバーラップの精度 $\pm 2.5\%$ と偏流角の $\pm 1.5^\circ$ であり、手動の制御では不可能な精度であった。

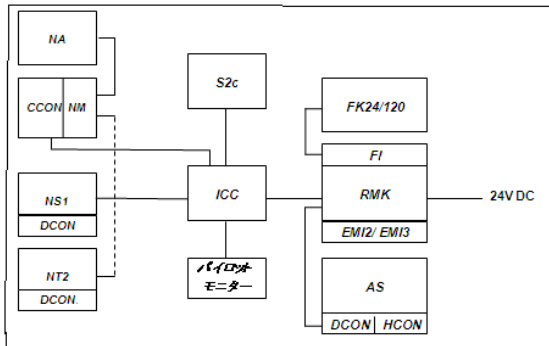


図7. 17: いろいろなカメラ制御の略図

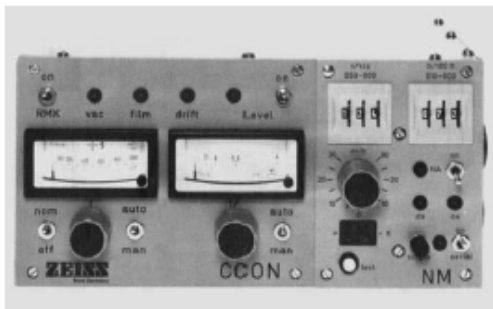


図7. 18: カメラ制御パネル CCON (1976)

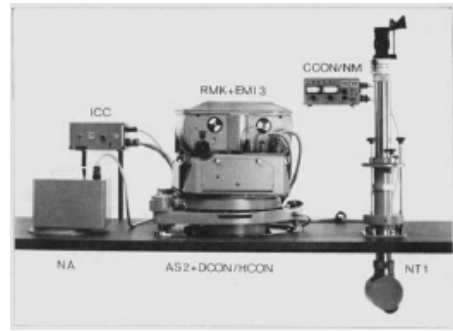


図7. 19: 自動ナビゲーション装置 NA および NT 1 付きのカメラ構成

民用の利用のために日増しに多くなる手頃な慣性航法装置の導入要望のために、RMK 写真の補助記録装置に航法データ (緯度、経度、標高、縦傾、横傾、方位角) の露出を考案した。このために 1980 年にデータ表示システム DAS を開発した (MEIER 1980)。図7. 20 は慣性航法装置 LTN-72 あるいは LTN-76 をベースにして自動的な慣性飛行が可能な LITTON 製慣性航法装置 PICS のデータ (撮影場所、撮影方向、時間) を示している (BRULAND 1981)。



図7. 20: RMK 用 DAS の補助記録 (1980)

7. 4 人工衛星搭載用カメラ RMK A

1972 年アメリカが最初に民用のリモートセンシング用衛星 LANDSAT を打ち上げて以来、ドイツの地球科学者もドイツ国内でリモートセンシングプログラムを実施することを望んだ。この目的の1つは将来衛星による汎用の地球観測システムに参加することであった。1974 年ドイツ研究・技術省がこの要望を受け入れたことで、成立に参加していたヨーロッパ宇宙観測機構にとっても計測カメラの実験 (図7. 21) を提案した (SCHROEDER 1977)。



図7. 21: SPACELAB ミッションのための計測カメラロゴ

1977年、ヨーロッパ宇宙機構 ESA は、開発中の SPACELAB のために宇宙装置用 ZEISS 航空カメラを改造することを要望した (SCHROEDER 1977)。これらの写真が直接的に写真測量図化機で解析ができるため、1980年と1982年に予定されている SPACELAB の打ち上げで、中小縮尺範囲で地図作成的な問題を解決する衛星画像という論文を発表した (LORCH 1979)。ドイツ航空・宇宙研究所 DFVLR は、高々度撮影で RMK A 30/23 と RMK A60/23 のそれぞれでフィルター／フィルムの組み合わせの推奨値を検定し (SCHROEDER 1979)、そして ZEISS は DFVLR の要望に MESSERSCHMITT-BOLKOW-BLOHM と共同で『実験による設定』を作り上げた。連続生産している RMK A 30/23 の必要な改造は、大部分は SPACELAB のインターフェースの電気的な適合性と機械的なカメラ本体の重量の減少であった。図7. 22 は飛行のために準備された構成品を示している。SPACELAB へのカメラの取り付けは、参加している宇宙企業の MBB-ERNO 社で行われた (図7. 23)。

飛行は度重なる延期後、最終的に1983年11月28日～12月8日まで250 km の高度で実施された。開始時期が北半球では不都合な季節中にもかかわらず、2つのフィルムマガジン FK 24/120 に組み込まれていた赤外カラーと白黒フィルムを使っておおよそ1,000枚の写真が撮影され、そしてそ100箇所の“主要な評価機関”で処理された (KONECNY 1984)。このほぼ通常のそして実作業で実証された航空測量カメラが飛行中に発生した操作上の問題は、リモート診断とオーバーコッペンからのヘルプ指示で除去できた。



図7. 22:カメラ本体(1)、フィルムマガジン(2)、トランク入りの2台目のマガジン(3)、ケース入りのフィルター(4)、リモート制御装置(5)、カメラケース(6)



図7. 23 :SPACELAB ミッションに RMK A15/23 の組み込み

図7. 24:に示す非常にきれいな写真は1985年のツァイスレンダーで使われた。

不運にも、年間の撮影状態の良い時期に新しい像ぶれ補正(7. 5章を参照)を使って2回目の予定された撮影は、チャレンジャーの大惨事のために行われなかった。

残念ながら1986年1月に発生したチャレンジャーの事故より予定されていた最良の季節での再飛行は行われず、そしてその間に開発していた像ぶれの補正(7. 5章を参照)はもはや搭載されることはなかった。



図7. 24: 1983年11月28日~12月8日の Spacelab 飛行で KODAK 赤外からフィルム上に ZEISS RMK A 30/23(測量カメラ)で撮影されたアフリカホーン(写真著作権: ESA/DFVLR)

7.5 像ぶれの補正

既に1970年代の中ごろには、大手の写真測量機材製造会社の航空測量カメラは幾何精度と写真品質について非常に高い性能状態に達しており、この水準をさらに高める必要があるかどうかを検討していた(MEIER 1975a, 1975 bと1980)。その結果非常に大きな残留している障害要因として像のぶれ(図7. 25)を補正することに努めた。特に実際の写真撮影で非常に明確な品質の向上の見込みが開発者に動機を与えた(図7. 26)。

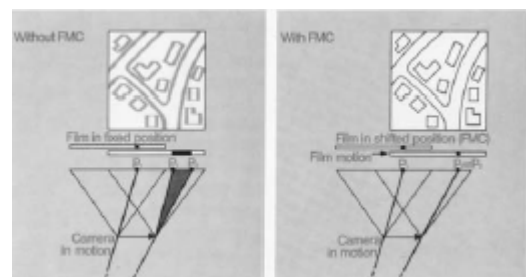


図7. 25: 像ぶれ補正の原理

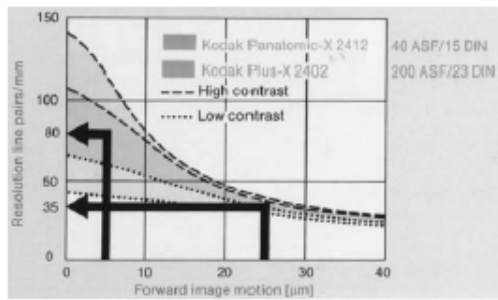


図7. 26: 空中写真で像ぶれの補正による最終的な品質の向上

1982年に最初の提供者のCARL ZEISS JENA社が新しい航空カメラ LMK に像ぶれの調整を導入後、CARL ZEISS Oberkochen も対応する努力を集中し、そして1984年に開催されたリオデジャネイロの写真測量とリモートセンシング国際会議で、像ぶれ補正付きの改造されたフィルムマガジンを公表した(HOBBIE 1984b)。露出時にフィルムの移動にかかわらず幾何的な精度を減らすことができず(MEIER 1985b)、さらに確実なそして正確なフィルムの移動のための制御可能な技術的な解決策があるかどうか長期の研究で実証した。

この結果、フィルムマガジン FK 24/120 を土台にして像ぶれ補正付きのマガジンとして CC 24 を開発した。この CC 24 は補助的な制御モジュール CC Con により RMK システムと完全互換であった(図7. 17)。CC Con は制御装置 ICC(図7. 28)にあり、そしていくつかの制御要素は FMC(像ぶれの補正)のオン/オフの切り替えとカメラの焦点距離のセットであった。これと ICC からの v/h 値により必要な写真のぶれを決めることができた。可能な移動速度は CC 24 では最大 30 mm/sec であり、最長の露出時間が 1/100 sec のときには、露出の 0.3 mm の間にずらす必要があった(MEIER 1984)。

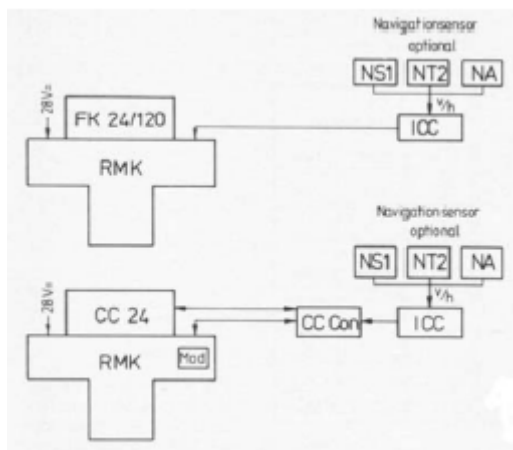


図7. 27: FK 24/120 と CC 24 の構成図

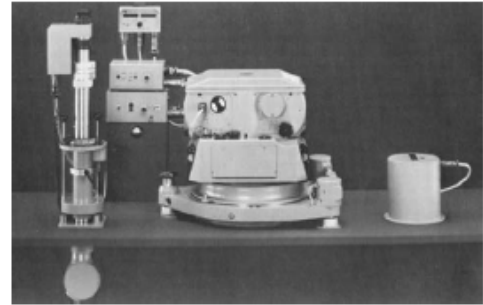


図7. 28: 像ぶれの補正のために CC24, CC Con, ICC, NA, NT 2 つきの RMK 構成

特に大写真縮尺で著しい品質の向上が見られたため(LORCH 1986)、像ぶれの補正はすぐに対応する写真撮影仕様書の基本構成に組み入れられた。1987年には航空カメラの3番目の提供者のWILD HeerbruggもRC 20に、この補正を組み込んだ。

7.6 RMK TOP と ジャイロ架台 T-AS

撮影レンズの連続的な修正、自動ナビゲーション装置さらに像ぶれの補正により、航空カメラの大幅な品質の向上は達成されたので、ZEISS ではさらなる性能向上の追加の可能性に努力した。これは航空測量カメラの完全な製造のためであり、そして1989年RMK TOPの試作機を完成させた(ZÜGGE 1989)。結果として実証済の基本構成とシステム構成は維持されたが、電気部分はマイクロプロセッサ制御とコンピュータ主体の操作(“制御パネル”)に切り替えられた。85 mm から 605 mm までの撮影焦点距離の従来カメラを、要望の多い広角カメラと普通角カメラの 153 mm と 305 mm だけに制限した。

新しい RMK TOP の主な仕様は次のとおり:

- ・ さらに改善が加えられた PLEOGON A3 4/153 と TOPAR A3 5.6/305 レンズ
- ・ 露出時間と絞りの優れた制御により写真品質の自動的な最適化
- ・ “パルス化された”シャッターとして現在は回転盤シャッター
- ・ 内蔵されたフィルターシリンダー
- ・ プログラム可能な補助記録装置と発光式の指標マーク
- ・ 改善された FMC 付きのフィルムマガジン T-MC
- ・ 新しいジャイロ架台 T-AS
- ・ 新しい集中式のマイクロプロセッサ制御装置 T-CU
- ・ 集中操作・制御装置として新しい数値ターミナル T-TL
- ・ NT 2 の改良版として調整可能なナビゲーション望遠鏡 T-NT

図7. 29 は個々のシステム構成品の構成図、図7. 30 は代表的な組み込み図を示している。集中式の制御装置 T-CU はマイクロプロセッサ制御のと駆動装置の大部分の制御が含まれ、そして簡素化された広角と普通角写真の両方の制御を行う。豊富な BITE 機能(テスター)は信頼性を高め、そして必要時にはユーザーターミナル T-TL 上に詳細な誤差を報告する。キーボード、ソフトウェアで定義されたプログラムキーと大視野の、高解像力の LCD ディスプレイは集中的な操作とシステムの監視ができる。カメラコーンとマガジンの交換以外、カメラ自体は操作も読み取りも行わないように製造されている。ターミナルはオペレータが便利のようにナビゲーション望遠鏡に取り付ける。新しい T-NT は従来の NT 2 を少しだけ改良したが、ターミナルへの誤差の報告は連続鎖線の点滅で知らせている。従来のナビゲーション装置 NS 1, NT 1, NT 2, および NA は RMK TOP でも使用できるが、NA はその後で内蔵された T-NA モジュールに置き換えられた。図7. 29 はたとえば位置のデータの記録(特に GPS)と外部データの取り込みのためのインターフェースを示しており、ナビゲーションそして後処理のためにターミナルで記録ができる。

新しいカメラ本体 RMK TOP 15 と RMK TOP 30 では、従来回転盤と炭素ブラシのような摩擦板を摩擦フリーの部品に交換された。必要に応じて従来のカメラ架台 AS 2 と AS 5、フィルムマガジン CC 24 と FK 24/120 は両方のカメラで使用できることに注目された。現在標準品の自動ナビゲーション装置 T-NA のセンサーは、以前と同様にレンズの傍に配置した(図7. 31)。

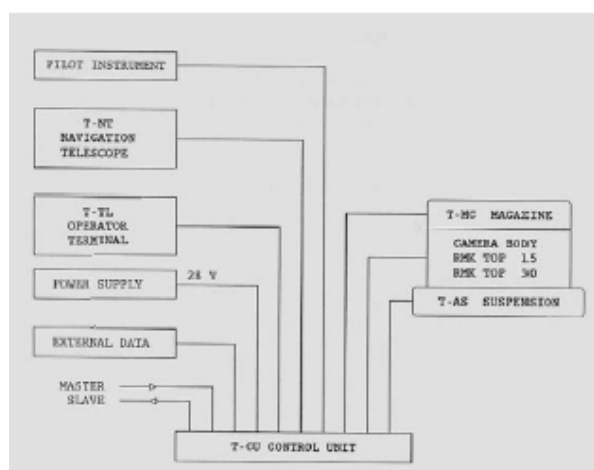


図7. 29: RMK TOP の構成図(1989)



図7. 30: フィルムマガジン T-MC, ジャイロ架台 T-AS, 制御装置 T-CU, 制御パネル T-TL およびナビゲーション望遠鏡 NT 2 つきの RMK TOP の構成



図7. 31: RMK TOP レンズコーンの傍に自動ナビゲーション装置用のセンサーヘッド

従来の RMK レンズの PLEOGON A2 4/152 および TOPAR A2 5.6/305 の画像の性能は現状と同じだが、新しい PLEOGON A3 と TOPAR A3 レンズの性能はさらにもう一段向上させた(図7. 32)。中心から離れた場所の周波数では面積に重さをかけた平均変調伝送関数 AWAM の上昇は、高い解像度フィルムを使うときには大きな意味がある。そのため、納品される RMK TOP 15 は写真の四隅まで上昇した写真の品質を示し、そして航空写真用フィルムの KODAK PANATOMIC X を使ったときの面積に重さをかけた平均解像度(AWAR)は完全にオープンした口径で定期的に 100 LP/mm であった(そしてアメリカの地質調査所で厳密に検定されても)(LORCH 1991 と 1992)。

RMK TOP レンズで新しいものはレンズ中心の近くあり、制御ターミナルから制御される内部のフィルターシリンダーも新しく、電動でセットできる光彩絞りである(図7. 33)。カメラには標準ではフィルター-KL(透明)、A2(靄)B(イエロー)、D(オレンジ)という4種類の内部フィルターが用意されてい

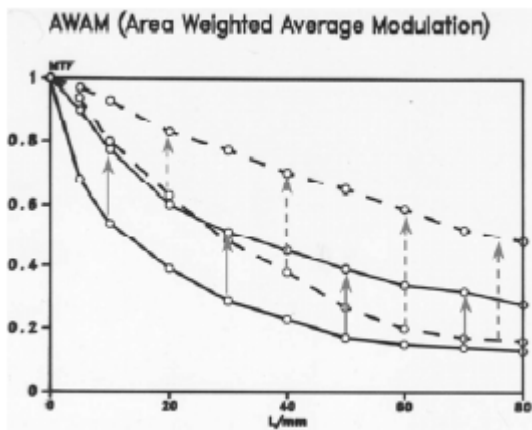


図7. 32: 絞り4と絞り5. 6(破線)でA2に対する PLEOGON A3の品質の向上

る。RMK TOP のために回転盤シャッターは“パルス”シャッターに改造されそして特許化された(FELLE et al. 1988)。このスタート/ストップ駆動の長所は、50 msec という“露光”シグナルと実際にシャッターが開く中間時間の間が 50 msec という一定のトリガー時間であり、そしてこれにより露光が一定に行われる。特に、この一定の時間はたとえば地図の中心位置での撮影のような非常に正確な撮影ができる。航空カメラで今まで一般的に使っていた常に回転しているシャッターの場合には回転速度の遅れがあり、そしてこれにより選んだ露出時間に依存するため不規則となり1 sec までの長さとなる。中心時間のために作成されたシグナルは今までのように後の処理(たとえばGPSおよびナビゲーションデータと一緒に)のために記録あるいはアウトプットされるばかりでなく、現在は番号がつけられている8個の指標マークの露光にも使われている。図7. 34 は新しい補助記録装置を示して。写真の隅にある4桁の写真番号と会社のロゴ以外に、新しいマガジン T-MC を使うときには、圧定板の番号と像ぶれ(FMC)に対応する線も露光される。最後に今までは高度計、円形気泡、時計カメラデータおよびメモ板のようなアナログ式の補助記録装置が新しいプログラム可能な2×48桁の数字のディスプレイに置き換えられ、そしてすべての関連したプロジェクトの情報とそのほかのシステムデータを露光できる(図7. 35)。例題は会社の駐車場が空である 1996年10月26日土曜日の13:40 CARL ZEISS のオーバーコッペン工場を示している。

フィルムマガジン T-MC は実証済みの CC24 をさらに改良し、補正速度を 64 mm/sec に2倍に拡大された。現在では、微分圧定センサーの助けによりフィルム吸着の真空ターミナル上で制御でき、フィルム送りの電氣的にキャッチされそしてそこに報告される。

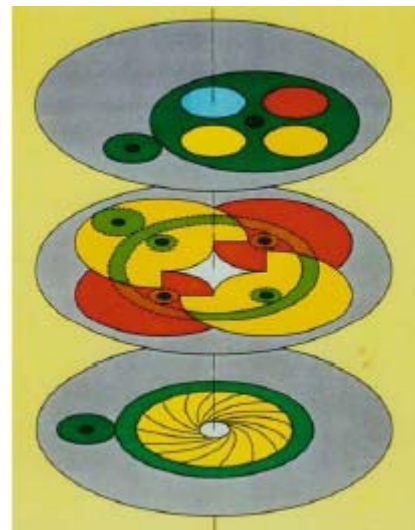


図7. 33: 内蔵式のフィルターシリンダー、回転盤シャッターと光彩絞りの略図

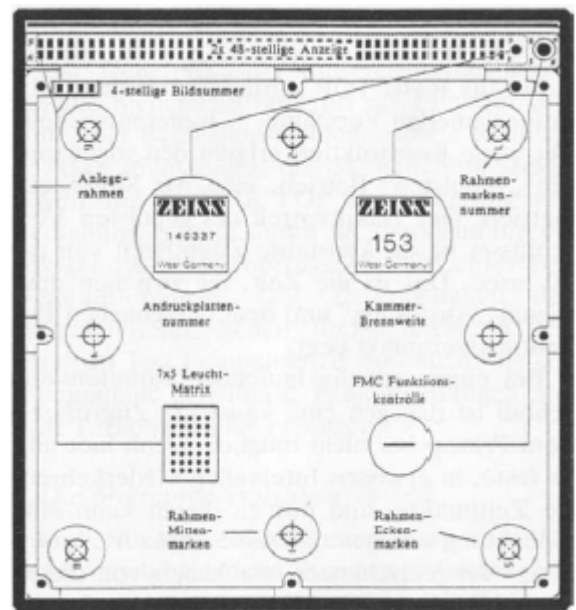


図7. 34: RMK TOP の補助記録装置の略図

最後に新製品としてジャイロ架台 T-AS がある。現在ではこれにより偶発的な航空機の傾きに起因する像のぶれも大部分が補正されるため、長い露出時間と不都合な照明のときでも写真撮影が可能となった。この T-AS の影響を本来の値の約3%まで減少できそして同時にカメラの垂直方向の整準を約0.5°の精度で行うことができた。それぞれの瞬間的な角度設定はそれぞれの写真に記録されるため、高精度のGPS測定ときにはアンテナからの偏心量と投影中心を考慮することができる。



図7.35: 補助記録装置付きの RMK TOP 空中写真

T-AS はその後で RMK TOP 15 と RMK TOP 30 と一緒に使うだけでなく、Jena で開発された ZEISS LMK 2000、さらに他社製の航空機およびヘリコプター用の架台としても使われた。1996 年 T-AS はたとえば容易に前置フィルターを交換できるように傾き方向を変更、あるいは調整範囲を 2.5° あるいは 5° に変更した(図7.36)。



図7.36: RMK TOP 付き T-AS 用の傾斜装置

既に航空カメラで述べたように、納品された一連の RMK TOP はそれぞれ環境テストを実施した。図7.37 は冷凍室で RMK TOP 15 のテスト状況を示している。



図7.37: 冷凍室内の RMK TOP

第二次世界大戦後50年間で、オーバーコッヘンにある CARL ZEISS から全部で 800 台販売され、その中で全体の約75%の600台は広角カメラであった。戦前のイエナ時代の航空カメラと判読カメラの合計が 1,760 台であったので、総合計で 2,500 台のカメラが民用に製造された。それ以外にイエナの ZEISS の航空カメラはドイツ統一時には約 6,000 台販売されていた。

7.7 写真撮影用ナビゲーション装置 T-FLIGHT

1989年に公表した RMK TOP のコンピュータ支援の操作と制御のための決定は、撮影準備と飛行データの記録の処理を容易にするために、操作ターミナル T-TL を事務所で社内のネットワークを使って接続することであった。この撮影管理は、1991年完成しそして T-TL と命名した。プログラムシステムはミュンヘンの MAPS GEOSYSTEMS 社と共同開発しそして検証した。それには次の機能が含まれていた:

- ・ 写真撮影計画 T-PLAN
- ・ 写真撮影のナビゲーション、カメラ制御および自動的なデータ取得 T-NAV
- ・ 写真撮影レポート T-REP

このそれぞれの機能は、お互いに独自で作業しそして単独のプログラムとして使用できるいろいろなソフトウェアモジュールによって稼働できた(LORCH 1991 と 1992)。

T-PLAN は原則的にはグラフィックターミナル付きの社内のコンピュータにプログラム AutoCAD で、写真撮影の計画を行った。これにより写真撮影パラメータが決定されそして記録された。撮影範囲を設定し、グラフィック表現を行い、測地座標の撮影地域の座標をナビゲーションで必要な WGS84 座標系に変換して撮影計画を作り上げ、そして撮影コースの最初と最後の撮影点(そして必要なそのほかの撮影箇所)の関連パラメータを変換データで記録させた。

T-NAV は撮影機のナビゲーションコンピュータのためのプログラムモジュールである。これは RMK TOP の制御装置 T-CU と GPS 発信器をはずけインタフェースで接続するだけでなく、ナビゲータに現状の概観についての表示さらに飛行の通常の情報と一緒に操縦士用ディスプレイも供給した(図7. 38)。T-NAV は GPS の助けにより決まった位置であるいは一定の間隔で露出を行い、GPS データは後で正確な処理のために保存しそして RMK TOP の露光のそれぞれの撮影位置の座標を転送した。T-REP は最後に事務所で保存された写真撮影データ(GPS と高度計を含む)の処理と通常のレポート、グラフィックな撮影位置の一覧とデータ表の作成に使用した。図7. 39 は RMK-TOP と T-FLIGHT のさまざまなハードウェアとソフトウェアの一覧を示している。



図7. 38 :ナビゲータ用のタッチスクリーン付きナビゲーションコンピュータ T-NC と操縦士ディスプレイ

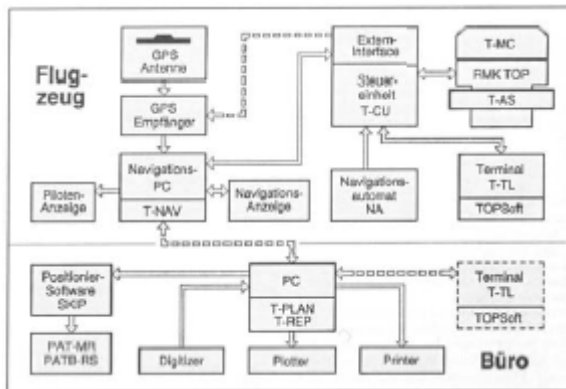


図7. 39: 撮影管理システム T-FLIGHT の略図

最後に PATB-RS および PATM-MR のような空中三角測量プログラムで投影中心の付加観測値を代入できるように、RMKの位置は撮影中にディファレンシャル GPS 測定値から INPHO GmbH の SKIP プログラムで後処理して非常に高精度で撮影点を定めることができた。

7. 8 デジタル航空カメラ DMC

1989 年、コンピュータ制御のフィルムカメラ RMK TOP を公表した同じ時期に、徐々にデジタル画像処理の導入が始まったため、ZEISS は既に撮影済みの写真からデジタル化するための最初の空中写真用スキャナも発表した(12 章を参照)。このため、1990 年の最初からさまざまな作業に対する将来のデジタルカメラについての研究とコンセプト作業を、特許登録(CLAUS et al. 1991a & 1991b)と最初の試作品を作るために開始した(CLAUS 1995)。いくつかの重要な顧客も既に開始しているため、デジタル航空カメラと呼ばれていた(THOM et al. 1993)。1996 年のウィーンでの国際会議で、ZEISS は試作品として4個のレンズ、高価なデジタルカメラのための RMK 用架台のアダプターを公表した。詳細な市場調査の結果はその後一部で発表され(MEIER 1999)、そして構造の考察(HINZ 1997)は 1996 年開発プロジェクト”デジタル航空カメラ”のスタートの号砲によるものであった。部分的にしか使用できなかったが、次々と発明が行われた(TEUCHERT 1997, CLAUS et al. 1998, TEUCHERT et al. 2000, HÜLL et al. 2000)。

INTERGRAPH 社との既に今までの密接な協力にもとづいて、大きな画像データの記録と管理の検証についての検証を開始した。そして 1999 年4月1日にオーバーコッペンで合併会社 Z/I Imaging の公式な業務開始により、当時最も重要な開発プロジェクトを同じ従業員でそして CARL ZEISS の参加していた部門との密接な共同開発を続行した。1999 年9月にシュツットガルトの写真測量週間で、”デジタルモジュールカメラ DMC”のあらゆる主要な点についてのコンセプトと構成を紹介した(HINZ 1999)。集中的な開発作業により、2000 年7月のアムステルダムでの写真測量とリモートセンシング国際会議で試作機を紹介することができた(HINZ et al. 2000, HEIER et al. 2000, SCHROEDER 2000)。数か月後にはテスト撮影が実施され(HEIER et al. 2002)、2002 年の最初には完成した DMC システムで実験場の写真撮影が実施され、そして測定により期待された高い品質が証明されたことで連続製造が開始された。

DMCはRMKAシステムと互換性があるので、顧客は追加の”デジタルカメラコーン”として使うことができる。図7. 40 はジャイロ架台 T-AS 付きの DMC を示す。



図7.40:カールツァイスとインターグラフの合併会社
Z/I Imaging 製デジタル航空カメラ DMC

DMC の光学系は ZEISS イエナ工場が開発し、そして完成させた口径1:4と焦点距離 120 mm の高性能レンズ付きの4台のカメラでパンクロ画像範囲を、さらにカラーチャンネル用として口径1:4と焦点距離 25 mm の別個な4個のレンズから構成されている。両方のカメラコーンはそれぞれレンズと CCD チップの一体型である。この4台のパンクロカメラはサイズが 7 K × 4 K のセンサー(図7.42)、カラーチャンネルはそれぞれ 3 K × 2 K チップと対応するカラーフィルターとで構成されている。CCDセンサーはアイントホーフェンの PHILIPS 社で製造した高い光学的充填率の高感度のフルフレームセンサーを組み込んだ(HINZ et al. 2000)。それは 12 μm × 12 μm ピクセルサイズであり、航空写真フィルムは6~7ビット以下であるのに対して、12ビットの高いダイナミック範囲を所有している。図7.43 は極端なオブジェクトのコントラストの例で、たとえば1月に高い建造物の影の部分を示している(オーバーコッヘンの ZEISS 工場の写真)。



図7.41:パンクロチャンネル(左)とカラーチャンネル(右)
のカメラコーン

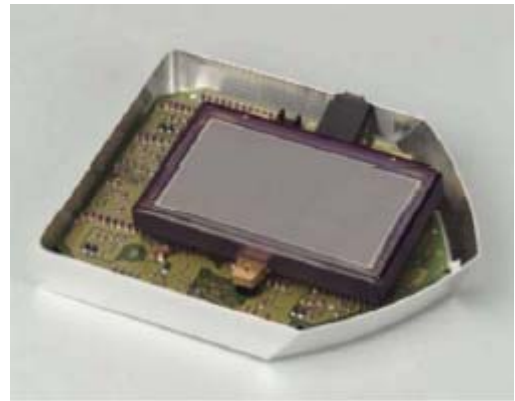


図7.42 :7 K × 4 K の CCD センサーマトリックス



図7.43 :フィルムに対する CCD テクノロジー(10ビットの例)のダイナミック範囲の例題

CCD のアキテクチャはチップの四隅で高い読取比で記録できる。CCD 制御のために、サイクルシグナルを作成するセンサーのエレクトロニクスとデジタルのシグナルアウトプットの切替回路は、最良のシグナル・ノイズ比率を保証するために CCD のケースに直接取り付けられた(HINZ et al. 2000)。すべてのレンズには内蔵された電子・機械的なシャッターシステム(1/50 sec – 1/300 sec)が組み込まれ、そして同時にシャッターが切られる。CCD エレクトロニクスは像ぶれの補正のために“時間遅延機構(TDI)”を駆動させることで、大縮尺撮影では5 cm 以上の地上解像度が得られる。

4台のパンクロカメラは大きな撮影範囲を得るために、お互いが収束している。共通の写真範囲での画像接合とリサンプリングにより、合成処理で幾何品質に対する通常の状態を完全に満たす 13,824 × 7,680 ピクセルの中心投影画像を作成する(TANG et al. 2000)。これにより撮影方向の直角方向の画角は 69.3° となり、従来の広角航空カメラ RMK TOP 15 に相当する。4台のカラー用カメラはすべて並行にそして垂直に組み込まれ、そして対応する幾何精度がわずかでもその短い焦点距離でほぼ同じ地上範囲をカバーしている。

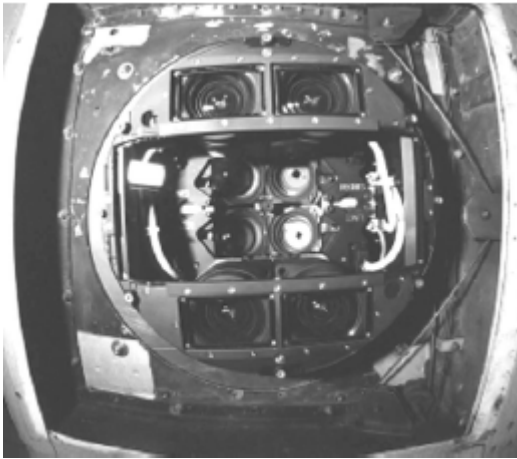


図7.44 : DMC のレンズ構成のビュー: 中央に4台のパンクロカメラそして外側にレッド、グリーン、ブルー、赤外用の4台のマルチスペクトルカメラ

図7.44 は内側に4台のパンクロそして外側に4台のマルチスペクトルカメラが取り付けられた DMC の下側を示し、図7.45 はレンズ付きのレンズホルダーを示し、図7.46 は完全なカメラのエレクトロニクス部分を示している。図7.47 は航空機での配置を示している。写真撮影中に DMC を操作するジャイロ架台と撮影管理システム付きの本当の DMC 以外は、画像の記録装置と写真撮影の同調の品質チェックのためのディスプレイである。

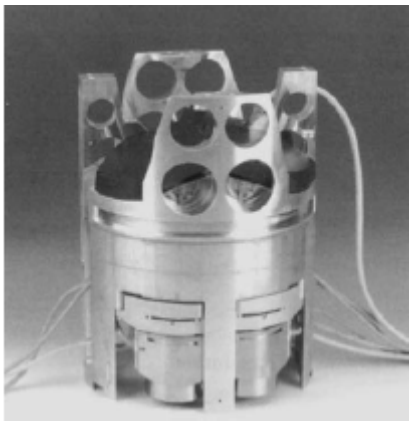


図7.45 : レンズ付きのレンズ取り付け枠

各 146 GB 容量のために2つのケース付きの大容量記録装置は(図7.48)、合計で3個搭載された。合計の露出画像が 272 MB のデータ量とすると、全部で 2,000 画像が記録されることになる。データ記録装置の連続的な開発により、固定ディスク記録装置は、その後コンパクトな容積と重量が軽い、頑丈なソリッドステートディスク SSD に置き換えられた。



図7.46 : DMC のレンズとエレクトロニクス(外枠なし)

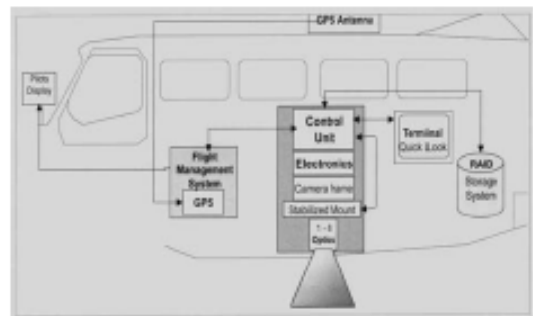


図7.47 : 航空機内の DMC のシステム構成



図7.48 : 第1世代の DMC 用記録装置: 各 146 GB 容量のために2個の大容量データ記録装置 MDR

着陸後、記録装置のカートリッジは事務所にあるいは飛行場のワークステーションで読み取り、そして処理された撮影済みのセンサーデータをチェックする。DMC 画像データ用合成処理ソフトウェアは、次の章で説明する (HEIER 2001):

- ・ 欠落したピクセルの削除を含むラディオメトリックな補正(ゲイン/オフセット)によるすべてのカメラの個々のオリジナル画像の正規化(レベル1)、補正格子あるいはキャリブレーションパラメータがあるときには、必要に応じて幾何補正 →レベル1a
- ・ パンクロのレベル1a 画像を中心投影画像へ変換および合成によりバーチャル画像の作成 → レベル2
- ・ カラー画像の作成(R+G+B)およびカラー合成の実施(レベル2の画像+カラー画像)
- ・ GPS/INS 測定値と接合してジオレファレンス画像の作成

この時間がかかる作業工程は並行処理および自動化を行うことができる。

2002 年末(そして Z/I IMAGING から CARL ZEISS の完全な撤退により)、DMC は連続生産が開始された。それ以降多くの顧客が非常に多くの実作業を行った。多くの専門的な検証および実作業の経験レポートからの結論は、基線/高度の比率が狭いにもかかわらず DMC は RMK TOP の幾何精度を凌駕し、より良い画像の品質 – 不具合な光量とコントラスト比率のときでも – さらに迅速な使用と簡単な合成処理作業が完全な効果を発揮する。この間、デジタル航空カメラは写真測量用航空カメラの製品の製造を中止に導いたが、実作業での利用および規則的な保守およびキャリブレーションの要求は終了したわけではない。

7.9 カメラのキャリブレーション

航空カメラのキャリブレーションは工場からの最初の出荷だけでなく、航空カメラのオーバーホールおよびカメラの幾何特性の詳細な検査についても行われる。RMK のキャリブレーションについての測定作業は、1960 年の国際写真測量学会の要望を基準として CARL ZEISS の写真測量事業部の開発部門で実施し、物理研究所 (PTB) 委託の認可済みのドイツキャリブレーションセンター(DKD)としてオーバーコッヘンの ZEISS にある独立した中央検査部門で認定している。

両方の重要な、品質決定の特徴は、中心投影の撮影幾何のパラメータと精度、さらに写真的な画像に品質についての報告である (MEIER 1970b & 1970c)。結果はテストレポート(キャリブレーションレポート)として完成され、そしてカメラの納品と一緒に提供される(図7. 49)。

幾何特性と画像の評価は、固定された撮影レンズの焦点面枠と指標マーク付きの頑丈なカメラ本体で定義される。画像の評価は解像度の写真的な決定のために巡回

コリメータで求める(図7. 50)。これを使って暗室で 7° 毎の角度で写真面に置いた写真乾板上に3ラインのテストチャートを投影する。このテスト構成はそれぞれ放射方向と接線方向で高コントラストのラインペアと階段状のライン幅からなり、照明はすべて4ラジアンで行われる。顕微鏡を使って露光された写真乾板上で微細な解像されたオブジェクトが見えるかどうかを測定する。結果としていろいろな画角に対する mm 毎のラインペア一本数(Lp / mm)として放射方向と接線方向の解像度を曲線で、さらに個々の面積の重さの値を”平均の”解像度として AWAR 値をレポートに記載する。



図7. 49 :CARL ZEISS オーバーコッヘンの PTB 認証のカメラ検定のキャリブレーションレポート(カメラ本体)



図7. 50 :CARL ZEISS オーバーコッヘンで解像度測定用コリメータ

写真面の指標マークの座標値も写真的な照明で指標マークの中心点が再現されるように最終的な測定値を求める。

測定カメラの内部的な幾何精度の決定は、ゴニオメータ(図7. 51)による光学的な測定で行う。このためには写真面で格子間隔10 mmの精密格子板を中心規正し、レンズを通して精密セオドライを使って4方向の写真対角線を測定する。数学的な後方交合法で有効な撮影焦点距離(カメラ定数)、対称主点に対する真角と実際角の間の差から生じるディストーションを追加的に四方向すべての平均値としてキャリブレーションレポートに記載する。そのほか精密測定で対称主点からの相対的な位置、指標マークの中心点とオートコリメーション点を提供する。最後にキャリブレーションレポートには、カメラに属する取り付けフィルター面の平行度が5孤秒以内、使用するフィルムマガジンの圧定板の平坦性が0.010 mmであることが証明されている。

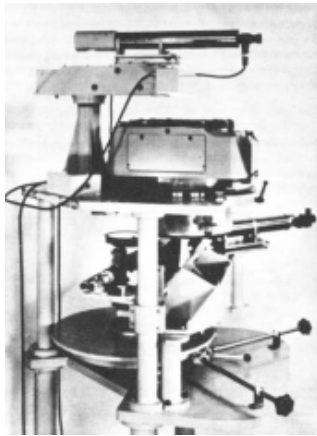


図7. 51 :CARL ZEISS オーバーコッヘンのディストーション計測用ゴニオメータ

7. 8章に記述した8台の単独のカメラから構成される ZI IMAGING 製のデジタル航空カメラ DMC は、このキャリブレーション法を使用した(HEIER et al. 2002)。最初に前述した方法と同じように、個々のカメラコーンの幾何精度をキ

ャリブレーションする。DMC にすべてのカメラコーンを組み込み後、テスト撮影とキャリブレーション撮影を行う。その後空中三角測量でオーバーラップしている範囲(図7. 52 でマークされている)にある多くのタイポイントについて既知のマッチング法を使ってすべての個々のカメラ本体に対する相対的な位置を求める。

最後に述べておきたいことは、不都合な天候からの航空カメラと操作を保護し、そして高々度の作業を行うために顧客仕様にもとづくオーバーコッヘンの CARL ZEISS 製の光学的な航空機の圧定ガラス板を様々な撮影飛行機のために製造したことである。これはレンズの前にフィルターを取り付けるのと同様に、ガラスの平面性が約 5孤秒さらに直径が 350 mm 以上、厚さが 40 mm 以上でなければならなかった。これによりガラス板は非常に高価な光学製品である。厚さがあるにもかかわらず、温度差と気圧差によるディストーションに対するわずかなゆがみの影響があり、そして原則として無視した(MEIER 1972c & 1978a)。

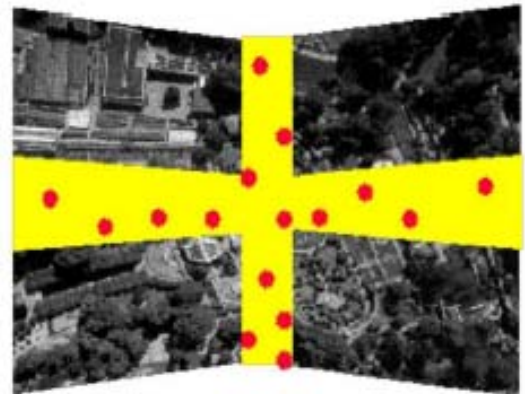


図7. 52 :タイポイントで DMC のパンクロカメラ本体の相対的なキャリブレーション

8. 偏位修正機とオルソフォト機材

個々の空中写真の偏位修正は座標の測定およびステレオペアで線分によるグラフィックな図化の前に、写真のスケッチそして写真モザイクに対する幾何的に正確な位置の情報を得ることが最初に行う方法である。1898 年 THEODOR SCHEIMPFLUG が地域単位の変換についての方法を開発し、これにより偏位修正の基礎がかたまりそして 1903 年に写真の中心投影作図機の特許登録した。ZEISS の ERNST ABBE が既に 1890 年に平坦地の図化で関与していたが、自動焦点付きの偏位修正機 C/2 は 1924 年に初めて開発した。そして1年後には有名な“蒸気ハンマー”C/3 が製造された。オーバーコッヘンでは、

1951 年に完全に新しい偏位修正機を開発し、そして SEG V と命名した。既に5. 2章で記述したように後続モデル SEG 6 を 1977 年に公表し、1980 年末で連続生産を中止し、そして 1984 年にオーバーコッヘンでの偏位修正機の部品の生産を終了した。

起伏地における位置の誤差を部分毎に少なくするために(図8. 1)、微分偏位修正についての構想は 1916 年と 1917 年に A.HORN が特許登録している。1929 年には OTTO LACMANN が“起伏地における偏位修正機”の試作機を公表した。第2次大戦後、RUSSELL BEAN がアメリカ

でオルソフォトスコープを開発したが、1960 年からオーバーコッペンに勤務中にこのテーマに携わっていた。それはフランクフルトの元応用測地研究所長の ERWIN GIGAS の功績であり、CARL ZEISS と一緒に作業を行った。今まで知られていた方法ではステレオモデルの高さの位置と写真フィルム上で対応する画像部分の投影を 1 台の機材で行っていたのに対して、ZEISS はこれらの 2 つの機能を異なった 2 種類の機材で行うことに決定した(図8. 2)。



図8. 1: 偏位修正(左)、微分偏位修正(中)そして理想的な偏位修正(右)による中心投影への変換

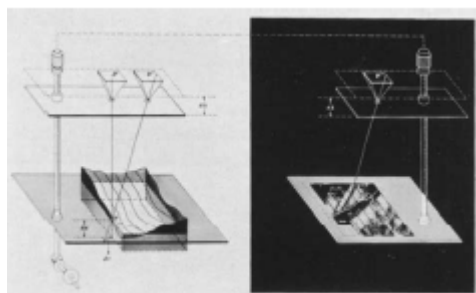


図8. 2: "オブジェクト式の光学的な投影"による微分偏位修正の制御略図

8. 1 オルソプロジェクタ GIGAS ZEISS(GZ 1)

CARL ZEISS 製の新しい“オルソフォトスコープ GIGAS-ZEISS”は、最初に 1963 年カールスルーエの写真測量週間で発表され (SPENNEMANN 1963)、そしてオルソプロジェクタ GZ 1 の試作機が 1964 年のリスボンでの国際写真測量会議で展示された (AHREND et al. 1964)。

オルソプロジェクタ GZ 1 はステレオプラニグラフ C8 の実証された構成部品すなわち写真保持器、BEÜRSFELD による光学的な自動焦点調整機構と方向が変化する照明系から構成されている。本体に取り付けられているすべての部分は、高さ方向に移動する(図8. 3)。

光学系と照明装置を動かす機械的なアームは、y スキャニング方向にメアンダー状に動きそして x 前方方向にステップするスキャニング用スリットカートリッジに接続されている。写真保持器に写真を挿入そして ϕ 、 ω と κ をセットした後で、写真架台は遮光カーテンで閉じる。

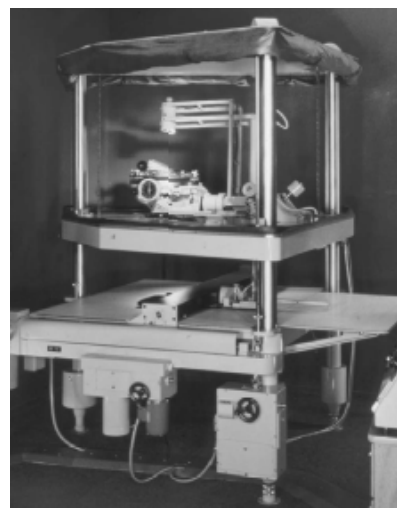


図8. 3: オルソプロジェクタ GZ 1(1964)

オルソプロジェクタは、感光フィルムシートを下のテーブル上に置かなければならないので暗室に設置した。その当時競合の機材と比べて GZ 1 の特別な利点は、全体の倍率範囲で画像の鮮明度を保証する自動焦点機構があり、非常に明るい照明でカラーオルソフォトの生産が可能であった。カラーオルソフォトは立体観察が余色フィルターを使っているオンラインのシステムでは、不可能であった。

オルソプロジェクタ GZ 1 の重要なパラメータは以下のとおりであった:

- 230 mm x 230 mm 画像サイズのための焦点距離: 標準が 153 mm、特注品が 210 mm と 305 mm。特注品としてステレオプラニグラフ C8 のために焦点距離範囲が 100 mm と 210 mm 間のいろいろな焦点距離の 180 mm x 180 mm 画像フォーマット用写真架台
- 写真の角度: ϕ 、 ω はそれぞれ ± 10 グラード、 $\kappa = \pm 400$ グラード
- 投影図テーブルのサイズ: $> 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$
- 有効な投影範囲: $x = 750 \text{ mm}$ 、 $y = 880 \text{ mm}$
- z 範囲: 335 mm ~ 620 mm、すなわち 2,2 倍 ~ 4,0 倍、倍率範囲は $c = 153 \text{ mm}$ のとき
- スリットの長さ(X方向のステップ幅): 標準は 4 mm、特注は 8 mm と 2 mm、(スリット幅: 1 mm)
- オルソフォト縮尺でのスキャニング速度: 2.5 mm/sec と 10.0 mm/sec の間。歯車交換で変更可
- 一定速度のシンクロモータ
- 精密なステップのための高性能な切り替えシステム

超広角写真は広角の写真架台の中に挿入された。これはアフィン変換をしそして斜め写真のときには、位置と高さの誤差がでる(図8. .4)。しかしながら、カメラ軸が通常鉛直

方向に対して2~3グレード以内であり、そして地形の高低差が撮影高度の5%以内のとき、さらに超広角のプロジェクトのときには小写真縮尺であるため、それはx, y精度には影響を及ぼさないであろう(HOBBIE 1969a)。

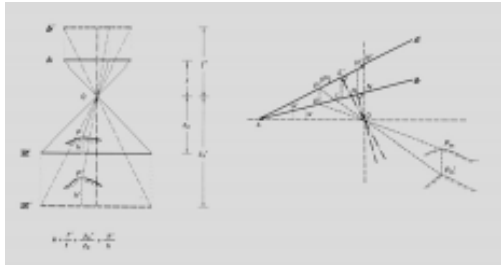


図8.4: アフィン投影、垂直写真および斜め写真

長焦点の写真($f = 30 \text{ cm}$)も同じ方法で15 cmの写真保持器に装着するが、倍率範囲は2倍になる。変形量はモデルの圧縮のために超広角カメラの場合よりも少なかった。これを行うときにはzドライブにそれぞれ歯車をセットすることが必要であった。

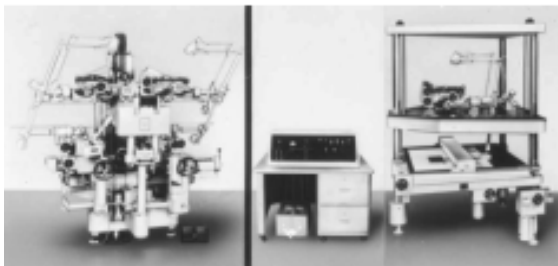


図8.5: 直結式のステレオプラニグラフC8とオルソプロジェクタGZ1(制御パネル付き)

ステレオプラニグラフC8に直結したオルソプロジェクタGZ1は、リスボン会議で発表した(図8.5)。このGZ1は交換歯車で決められた一定のyスピードのサーボモーターで駆動された。xの位置決めは $1\sim 2\mu\text{m}$ の精度であった。メアンダー状のスキヤニングはサーボモーターで図化機に転送され、そしてそれは両方の機材を異なった部屋に置くことができた。固定子と通常のモーターに類似しているローターからなるシンクロは、同一の回転(図8.6)を起し、最初のシンクロの機械的に発生した回転を電氣的に2番目の回転に転送する。同様に図化機でオペレーターによる手動の高さの変化はGZ1のz軸に転送された。

この分離の多くの利点は、間もなくオンラインのモードのときの利害関係を解決した。正射投影機GZ1のオフラインのバージョンのためのこの新しい、そして特許を取られたZEISS方式(MONDON 1963)の利点は次のとおり:

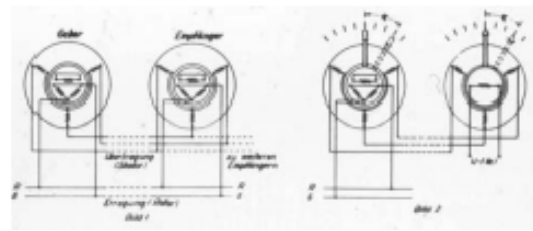


図8.6: 同調接続の機能図

すべての“オンライン”駆動のオルソフォト作成機の欠点は、オペレーターが平坦地でも丘陵地でも選んだ同じ速度で作業しなければならなかったことでした。エラーが修正されない上、いずれにしても最初から再スタートしなければならず、休憩はコースの終了箇所で行うだけでした。そのため、ZEISSは1964年に第一歩として立体的に測定された地形の断面を黒塗りガラス板上に彫ることで保存され、2番目のステップでGZ1の投影距離を制御するオフラインモードが準備中であることを公表した(図8.7)。

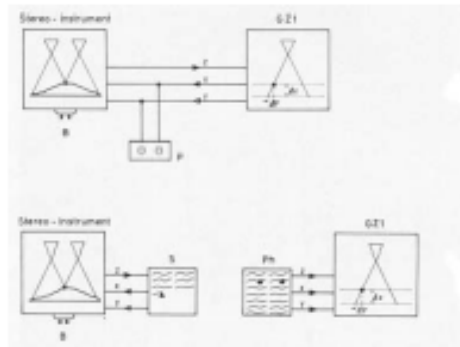


図8.7: 正射投影から独立した断面の記録
(オンライン(上):オフライン(下))

- GZ1では最高スピードでオルソ投影は可能だが、地形に対して適切なスピードに調整して断面測定は、停止あるいは中断も可能である。
- プロファイリングのエラーは間違った場所に容易に戻して特別なインクでそれを修正し、そしてプロファイリングをその場所から再スタートする。
- アナログ図化機で標定と断面の測定がオルソプロジェクタで早い標定と自動的な投影より時間がかかるため、1台のGZ1は数台のアナログ図化機で対処することができた。
- アナログ図化機で手作業の断面作成時間が増えないで、(特許の)断面の内挿と非常に狭いスキヤニングステップは不一致が起こることは少ないため非常に良い地形の近似化ができる。
- 保存されていた断面は、主要な地形変更が起きていなければ、新しい写真撮影をして後の地図修正のために再利用ができた(SCHMIDT-FALKENBERG et al. 1969, ARCH et al. 1974)。

1964年に最初に発表されたが、地形断面をガラス板に彫るための記録装置 SG 1 としてのこれらの地形断面の読取を完了されるための読取装置 LG 1 が完成したのは 1967 年であった。図8. 8は新しい図化機プラニマート D 2(10. 3章)に接続した SG 1を示している。調整可能な方向のスキニングスピードそして図化機(D2あるいはC8あるいは任意のスピンドル駆動の図化機)で $\Delta x=2, 4$ または8 mm のいずれかのステップは SG 1をモーターで動かし、そしてスピンドルで接続されたアナログ図化機に転送された。オペレータの手動での高さの変化は記録装置に転送されるが、縮尺は1:5までに縮小される。それは2本の回転している針で交互に連続した地形断面を黒い覆われたガラス板に彫った。これらのガラス板は長さが 104 mm のそれぞれの最大 80 本の断面を彫ることができた(図8. 9)。

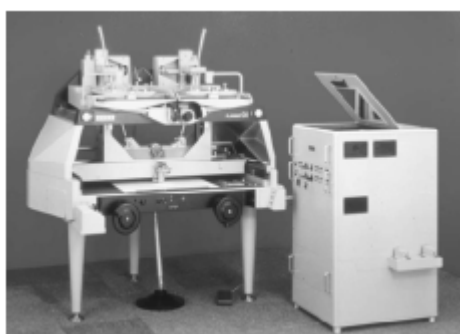


図8. 8: 記録装置 SG 1 付きのプラニマート D 2 (1967)

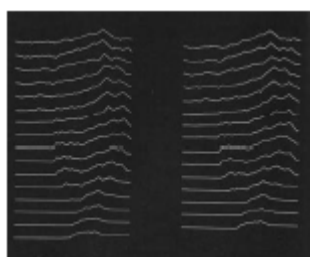


図8. 9: 断面記録板の状態(一部分)

読取装置 LG 1 はオルソプロジェクタ GZ 1 での一連の正射投影をプログラムで制御した(図8. 10)。GZ 1 の精密なステップ送りシステムは、LG 1 から電氣的に制御される。オルソプロジェクタのスキニングスピードは、GZ 1 のサーボモーターが 50 Hz / 60 Hz の周波数により 10 mm/sec あるいは 12 mm / sec でスピンドルに転送され、1 / 10 に減らされる。GZ 1 での Z モーターの動きは同じ方法で転送されるが、モーターは LG 1 から制御した。彫りこまれた断面の高さの変化は歯車交換により5倍あるいは 10 倍に拡大することができた。

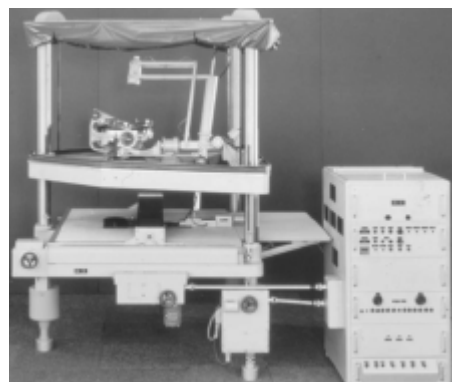


図8. 10: 読取装置 LG 1 付きのオルソプロジェクタ GZ 1

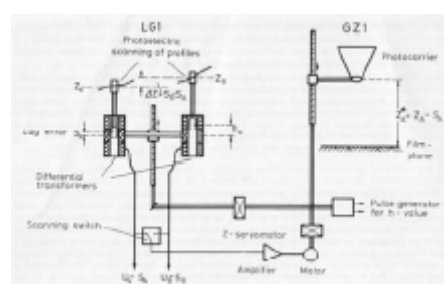


図8. 11: LG 1における断面読み取り原理図

LG 1で2つの連続した断面の同時の光電感知原理そして GZ 1 への転送は、図8. 11 に示した。一度に1つだけの断面で Z の制御に使う。最大の読み取り長さが 100 mm の保存されている最大 80 本の断面によって、1つの記録板でカバーされる最終的なオルソフォトのサイズは5倍あるいは10倍の拡大で $X=632$ mm(最大の8 mmスリット幅で 79 個の断面の記録)および $Y=500$ あるいは 1000 mm である。X 方向でフルの航空写真を使うときには、図化機で連続のステレオモデルを断面測定するために通常では2枚の記録板が必要となり、投影中に最初の記録板のスキニングが終わると次の板を挿入するでしょう。

図8. 11と図8. 12 は非常に大きい画角のときオルソフォトにギャップおよび不一致が起こるスキャン範囲の端で、丘陵地の地形の近似化について説明している。このトラブルを避けるために、LG 1は平行した隣接する断面を読むことができるようにした。これらの断面間の特許を取った電氣的な内挿(MONDON 1963)は、不一致を減らすために非常に小さいスキニング幅にオリジナルのステップ幅を細分することができた。内挿値 1/2, 1/3 そして 1/6 により、小さなスリットとステップ幅が選ばれ、そして自動的なスキニングのために必要な余分の時間を了承しなければならなかった。

8.2 GZ 1のための光学的な内挿装置

1969年 ZEISS はこの延長された投影時間とこのような不一致を避けるために、GZ 1のための光学的な内挿装置 O-INT を公表した。

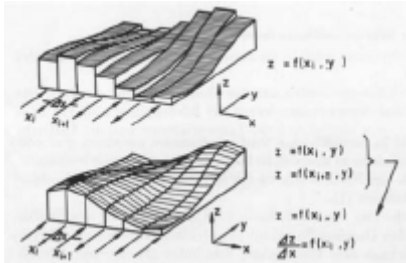


図8. 12: 地形近似化の品質

スキャン範囲の端で完全な不一致を避けるため、画像は直接水平なフィルムに投影する代わりにスキャンするスリットの位置を、地形の傾斜の縦断面を定義する傾いた地表に投影しなければならなかった。解決すべき問題はこのような傾いた投影面を作成し、そして次にフィルムまで画像を厳密に垂直に転送することである。ZEISS は、この問題を平行した渦巻状のガラスファイバー(図8. 13)の光学リングを使って解決した。このファイバーリングはクロム仕上げのスリットマスクを含んでいる平行平面のファイバープレートに取り付けられ、そして2つの隣接する断面から導かれた部分的な断面の傾斜にもとづいてサーボドライブで回転させた。

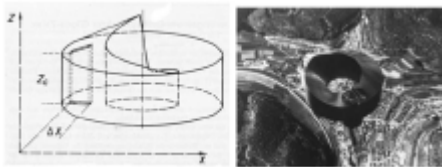


図8. 13: ファイバーオプティックスのリングによる光学的な内挿

よく知られてたファイバー光学の照明の誘導とは逆に、このファイバー光学プレートの $6\mu\text{m}$ 幅のファイバーはお互いに非常に正確に平行に配列され、この小さなファイバーの直径によりオルソフォトのために80本対/mm以上が十分に達成された(HOBBIE 1969b)。リングの最大の縦断面の傾斜は 35° で、まれにあるこれ以上の傾斜は完全に補正することはできないが 35° で改善はみられた。リングの駆動はモーターとポテンシオメータで構成されている(図8. 14)。

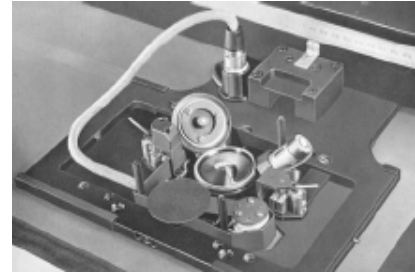


図8. 14 : 光学的な内挿装置と回転するシャッター付きのGZ 1(カバーなし)



図8. 15 : 光学的な内挿による画像の改良点(不一致ありとなしの切り出し)

図8. 15は地形斜面上に沿った道路をO-INTを使った改良を示している。GZ 1のこのユニークなそして特許を取った特徴(MONDON 1965)は、ZEISS製のこのオルソプロジェクトの標準的な付属品になった。

8.3 GZ 1による地形標高の作図

スキャンされた地形モデルを表しているオルソフォト作成の副産物として“ドロップされた点”と“ドロップされた線分”について、1958年にアメリカのレポートがあった。この考えによれば、GZ 1のためのドロップラインのアタッチメントHS(“高さの平行線”)が開発され、そして特許を取られた(MONDON et al. 1966)。ドロップラインのアタッチメントHSを使って別にフィルムシートを取り付けるために投影テーブルを拡張し、その上で追加の投影ヘッドがシンボル回転ディスクの部分的な画像を作り出す(図8. 16)。この回転ディスクは交換歯車UHSとシンクロDHS経由でZスピンドルに接続した(MEIER 1966a)。結果は選択された高度間隔でスキャンの動きに沿った直線でした。隣接するスキャン幅の変更との組み合わせによって、等高線が手作業で得ることができた(図8. 17)。

3年後、前に記述した光学的な内挿装置 O-INT と一緒に、電子式等高線発生器HLZを紹介した(FELLE et al. 1969)。この特許登録した方法により(FELLE et al. 1966)、等高線レベルを定義したGZ 1のZスピンドルにエンコーダを取り付けた。スリットの2つの端のモデルの高さ z_A と z_B は、LG 1の2つのスキャンヘッドから電圧として使った(図8. 11)。既知のスキャン幅を計算して、傾斜の出発位置も使用した。

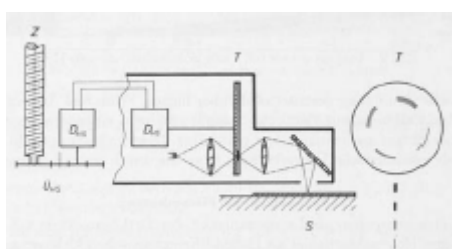


図8. 16 :ドロップラインアタッチメントHSの略図

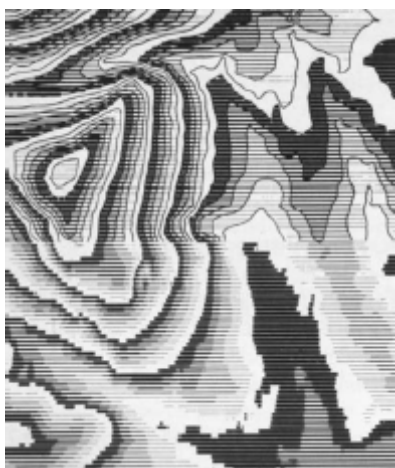


図8. 17 :HS 付きGZ 1でアウトプットしたドロップライン、一部手作業で作図した等高線

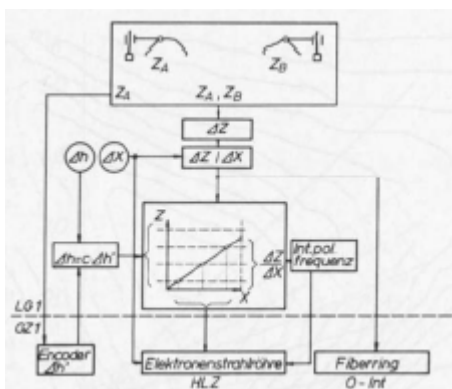


図8. 18 :O-INT と電子等高線発生器HLZの制御シグナルを生成する略図

この傾斜値とエンコーダで設定した z 目盛りの比較が小さなブラウン管のチューブに導かれ、等高線の位置にだけ斑点が投影された。スキヤニングスリット以外がマスクされているスクリーンは、光学的にフィルム上に投影された(図8. 20)。斑点の調整は投影ヘッドを開いた後で3 cm のスクリーンで行うことができた。

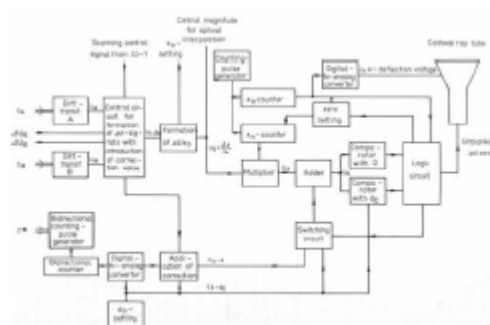


図8. 19 :電子等高線発生器HLZの略図

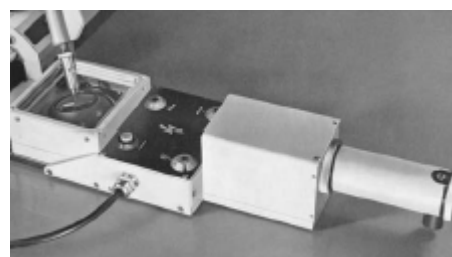


図8. 20 :電子等高線発生器HLZの投影ヘッド

HLZ 制御装置と必要なパラメータセットボタンは、LG 1 (図8. 10)の最下段の引き出しに用意されている。オペレータは作業を始める前に、オルソフォトの縮尺、スキヤニング幅 Δx と等高線間隔 Δz をセットしなければならない。メートルあるいはフィートでもっともよく使われる高度間隔は、6つの標準的なステップ 0.4 / 0.5 / 0.625 / 0.8 / 1.0 / 1.25 mm である(MEIER 1970f)。すべての2番目、4番目あるいは5番目の等高線が強調することができた(図8. 21)。

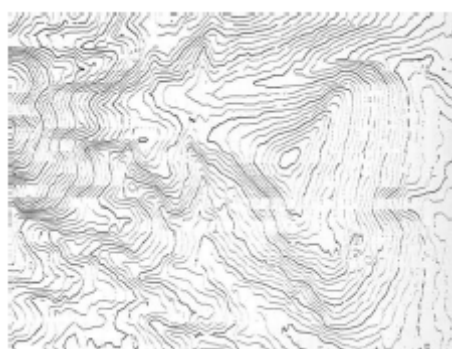


図8. 21 :GZ 1のHLZ 等高線地図の一部

この副産物の幾何的な、そしてグラフィカルな品質は手作業で描かれた等高線の精度とは一致しなかったが、多くの顧客のためにこれらの等高線図は空き地そして未開発の地域では最も歓迎された(HOBBIE 1970a)。

1982年までに据え付けたオルソプロジェクタ GIGAS-ZEISS の約2/3の 60 台以上は、一般に3台の図化機で作成した断面を1台のGZ 1で処理するオフラインモードで

あった。この構成は特に高い需要と巨大な生産量のある顧客のために貴重なツールと大きな成功をもたらした。多くのユーザーはそれらの経験すなわち精度 (MEIER 1966b, ACKERMANN et al. 1969, SCHNEIDER 1969, NEUBAUER 1969a & 1969b)、応用作業(WINKELMANN 1969, KERSTING 1969, STROBEL 1969)、そして効率 (MEIER 1970d, BRUCKLACHER 1970a, FORSELL 1969)の報告があった。

8. 4 ITEK 製のコレレータ EC 5

オルソプロジェクタ GZ 1のコンセプト作業について 1964年にリスボンの国際会議でオフラインのバージョンを紹介するときには、オルソフォト作成のための手動の地形断面測定はたとえオフラインでも退屈なそして骨の折れる作業であったことは、すでに明らかであった。そのため、正に最初から必要な高さの情報の自動作成をすることに対する興味が生じ、そして 1959年に発表された”自動図化機”という GILBERT HOBROUGHの発明、そして 1960年に STEREO MATの発表に奨励された。同じくリスボンでヘルブルックの WILDは、トロントの HUNTING Co.とニューヨークの AUTOMETRIC Corp から STEREO MATのために改造した B8 AUTOGRAPHを展示した。

そのため、オーバーコッヘンの CARL ZEISSはアメリカの ITEK Corporationと一緒に、ZEISSから新しく紹介したプラニマート(10. 3章を参照)のために自動ステレオコレレータを開発することを目標にした(1967)。ITEKはすでに自動ステレオビューワーARESの開発で経験があった。1968年のローザヌの国際写真測量会議で、プラニマート D2に取り付けた電子コレレータ EC 5を紹介した (BRUCKLACHER 1968 & DOHLER 1968)。GZ 1制御のための記録装置 SG 1で、断面の自動的なオフライン記録を実演した(図8. 22)。



図8. 22 : 記録装置 SG 1と ITEK 製の電子スキャニング装置 EC 5 付プラニマート

手動の断面収集モードでメアンダ状の平面的な移動は SG 1で制御されたが、高さの変化は電子スキャニング装置 EC

5のモータ駆動で制御された。プラニマートの光学系の左と右に接続された2つの測標が対応する写真細部をスキャンした(図8. 23)。

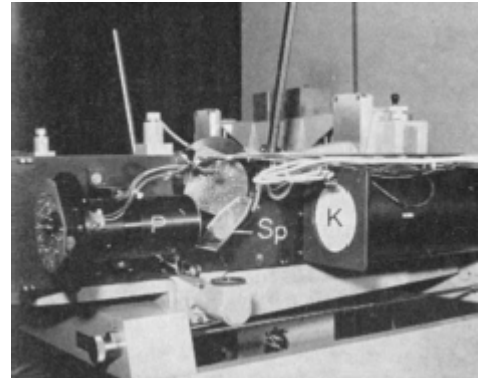


図8. 23 : プラニマートの右写真保持器に電子スキャニング装置 EC 5

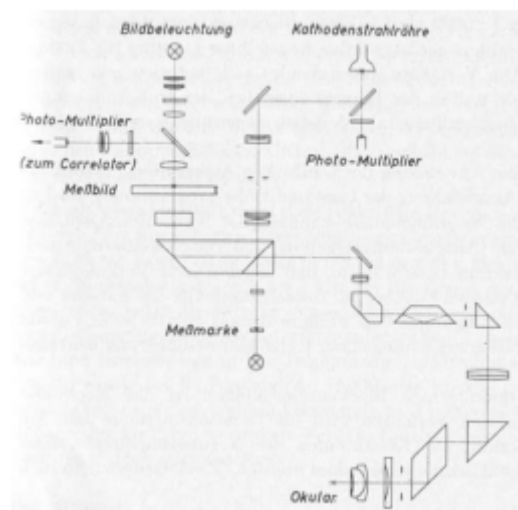


図8. 24 : 電子スキャニング装置 EC 5 付きのプラニマートの光学系の概略図

図8. 24 にプラニマートのための光学系はブラウン管に作成する測標マークとダイクロックミラーによる光線感知のフォトマルチプライヤーとの接続を示している。この配置により、オペレータは双眼レンズで自動相関処理を見ることができた。

ブラウン管のいつもの不安定性を減らすために、空中写真のスキャンラスタ画像は 10 の係数で縮小された。ブラウン管の近くの追加的なフォトマルチプライヤーは、測標マークの一定の明るさを制御した。これらのスキャンラスタは菱形面のような形であった(図8. 25)。信号処理はプラニマートの左側にあるコレレータキャビネットに収容されているエレクトロニクスで行った(図8. 22)。

画像情報で調整されたビデオ信号を相関する前に、 x と y 方向の長さの差そして x と y 視差に対する x と y スキューゆがみから生じるディストーションについて補正した。 x 視差はZサーボモーターで実行すべき高さの変化を決める(HARDY et al. 1969)。図8. 27 は EC 5 のエレクトロニクスの略図を示している。

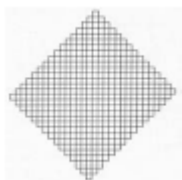


図8. 25 : EC5つのスキャンパターンの形

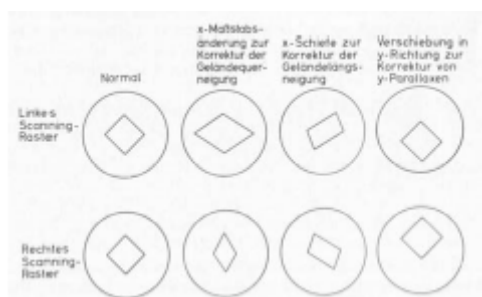


図8. 26 : ステレオ画像と適合するためのスキャンングパターンの遠近画法のディストーション

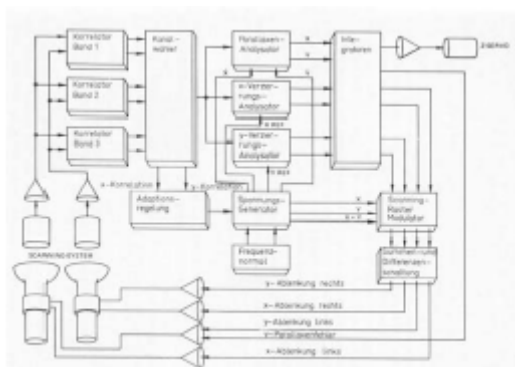


図8. 27 : EC5のエレクトロニクスの略図

ITEK コレレータは、たとえばモデルの標定中に x 視差を削除するために(オペレータがそれぞれの標定要素で y 視差を取り除くのにに対して)、あるいは標定されたステレオモデルを移動中に測標マークを地面に保持するために、オペレータが手作業の準備作業で使うこともできる。しかしながら主要な用途はもちろん自動的な断面測定である。スキャンング中に、画像のきめが乏しいときに周知のコレレータですべて起こりうる相関がロスするときには、SG 1 のアクティブな針は自動的に持ち上げられそして失敗した相関の場所は線マークがプラニマートの内部描画台に書き込ま

れるでしょう。このようにしてオペレータは作業すべき場所を知り、そして自動的なスキャンの後で手作業でこの相関のギャップを埋める。

コレレータ EC 5 の精度はプラニマートの格子精度で決めるため、原理上の視差は $\pm 3 \mu\text{m}$ が得られたはずである。当時の空中写真画像の典型的な解像度は 25 LP/mm 以下であったので、対象物の最良の解像度は $20 \mu\text{m}$ 程度であったはずである。コレレータ EC 5 の点の測定および断面の測定でも、オペレータの手作業の精度は高さで飛行高度の 0.1 ‰(格子板)そして 0.2 ~ 0.3 ‰(実作業)がテストで得られた(HARDY 1970)。1960 年代 ~ 1980 年代のほかに開発されたアナログ図化機の中では、ITEK 製の画像コレレータ EC 5 は6台程度の実績しか得られなかった。自動的な画像相関についてのオーバーコッヘンの CARL ZEISS のそのほかの開発は、11. 3章の InduSURF を参照されたし。

8.5 簡易正射投影機オルソ 3 プロジェクト

1968 年のローザンヌ会議では、オーバーコッヘンの ZEISS は、最高級のオルソソフト機材として ITEK コレレータは展示しなかったが、3カ月後に廉価版のオルソー3プロジェクト(O-3-P)を展示した。オルソー3プロジェクト(O-3-P)は、1967 年の写真測量週間で発表したダブルプロジェクト DP 1(10. 2章を参照)の背後に第3のプロジェクトを追加した機材である(図8. 28)。



図8. 28 : オルソー3プロジェクト

前面の2つプロジェクトと同じ構造で、左のステレオ画像のコピーを装着したこの3番目のプロジェクトは、スキャンング中に地形高度の変化にもとづいて上下に動くZ支柱に取り付けた。xy 駆動部の先端にはステレオモデル部分を移動する光点マークの測標付きの小さな投影器とフィルムをカーテンの下に設置する背後の投影面に露出スリットが取り付けられている。前面に全部のステレオ画像がフレネル

コンデンサで照明され、反射鏡と球面のダブルコンデンサーにより空冷のハロゲンランプからの第3の投影器の照明はスリットマスク上でピント調整されていた。倍率範囲はピントの深さによって制限されていた(HOBBIE 1970b)。

オルソ3-プロジェクトの主なパラメータは次のとおり:

- ・ 倍率範囲: 2.5倍(特注は2.0倍)。
- ・ 焦点距離: 153 mm。
- ・ 有効な画像フォーマット: 140 mm x 230 mm。
- ・ 有効なアウトプットフォーマット: $x = 580$ mm、 $y = 980$ mm。
- ・ 傾きの角度: $\phi = \pm 6$ グラード、 $\omega = \pm 6$ グラード、 $\kappa = \pm 6$ グラード。
- ・ 共通の ϕ : $\eta = \pm 6$ グラード。
- ・ b_x : 130 mm - 325 mm。
- ・ 露出スリット: 標準は1mm x 4 mmと1mm x 2 mm。
- ・ スキャンスピードは 1,7/3,3/5,2 and 10 mm/sec。
- ・ ほかの仕様データは DP 1 を参照。

その基本的な構造原理のより、オルソ3-プロジェクトは主にトレーニングのためそして単純なオルソフォト生産のためであったが、ダブルプロジェクト DP 2 として使うこともできた。オルソ3-プロジェクトは1971年~1980年でオーバーコッヘンの ZEISS のために ベッツラーの HENSOLDT で生産された。世界中に約50セットが納品された。

8.6 精密正射投影機オルソコンプ Z2

1971年に GZ 1システムとその修正の基本的な開発が終了したとき、この開発の後継については既に最初の考えが社内でも論じられていました。研究はますます人気が高いオルソフォトマップそしてその生産の基本的な問題を扱った。

一般的な調査結果は自分の博士論文に含みそして発表され(HOBBIE 1973)、さらに討議と論文は写真測量業界にも提供された(HOBBIE 1974 & 1975a)。1970年代の初期に、間もなくデジタルプロセスコンピュータがリアルタイムな反応を必要としている複雑な操作のオンライン制御のために使うのに十分であることも明らかになった。

最大可能な画像の品質を達成するためには、GZ 1の後続機はもはや“客観的な光学式の投影法”を使うべきでなく、“光学的な画像変換”(図8.29)を採用するべきであると決定された。“光学的な画像変換”の原理は、カナダのバンクーバーの HOBROUGH 製の GESTALT PHOTO

MAPPER で使われ(1970年に発表)、あまりにも高価でありそして品質の可能性が非常に少ないと思われた。1968年に紹介されたイタリアのローマにある OMI 社で発表した OP/C は、光学的な画像変換で本当に最初の機材であり、そしてオフラインの機材であったが、それは1:1投影縮尺に限定され、そしてただ解析図化機 AP/C だけと一緒に使うことができた。

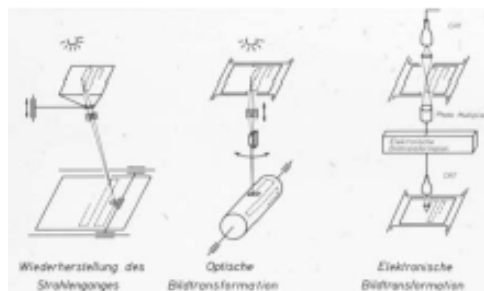


図8.29:オルソプロジェクトのいろいろな機能原理

1974年にコーブレンツのドイツ連邦防衛技術・調達庁 BWB は、大型フォーマットの光学的なオルソプリンター LFOOP の可能性がある共同開発を論じるために CARL ZEISS オーバーコッヘンとアメリカのミネソタ州サウスフィールドの BENDIX (UUNO V HELAVA がそのとき使っていた)との間で協議を行ったが、これらの協議は成功しなかった。

さらに ZEISS は新しいオルソプロジェクトの作業を中断し、そしてこれがより大きな経済的な成功を約束するように思われた解析図化機の開発に集中した。1976年にはこれはプラニコンプ C100の衝撃的な初公開に導いた(11.2章を参照)。C100の生産を開始した後に、ドイツ連邦防衛技術・調達庁 BWB の注文でオルソプロジェクトの開発を再開した。開発はパートナー無しで次の3年後に完了された。

1980年2月12日に契約で開発された UNIPRINT は顧客に発表され、受け入れられ、そしてエウスキルヘンの陸軍測地局に直ちに納品されました。UNIPRINT は250 mm x 500 mmの有効画像フォーマットで特別な作業のために使用されました。そのほかの多くの機能は数ヶ月後に完成し、そして1980年ハンブルグの国際写真測量会議で初めてオルソコンプ Z2として展示された(図8.30)。UNIPRINT としてオルソコンプ Z2のための共通の開発ゴールは次のとおりでした:

- ・ 高い幾何的な、光学式の、そして写真の品質。
- ・ 高い生産性、。
- ・ インプットとアウトプットフォーマットに関して高い融通性。

- ・ いろいろなフォーマットでの地形モデルデータの直接使用。
- ・ ネットワークシステムで統合化される能力。
- ・ コンピュータ知識が必要ない簡単な取り扱い。

オルソコンプ Z2 は、そのころまでオルソフォト生産のために優位を占めているシステムであった GZ 1における長期の経験にもとづいて製造された(FAUST 1980 & HOBBIÉ et al. 1981)。その光学式変換は図8. 31に、そして図8. 32には光学的な構成品の配置を示している。ドラム回転(y)でメアンダー状のスキャンング、そしてドラムに対する平行な移動(x)により、露出スリットの中心位置は外部標定データを使って転送される。画像架台の移動は内部標定データを使って計算され、そしてサーボモータで実施された。



図8. 30 :オルソプロジェクターZ2

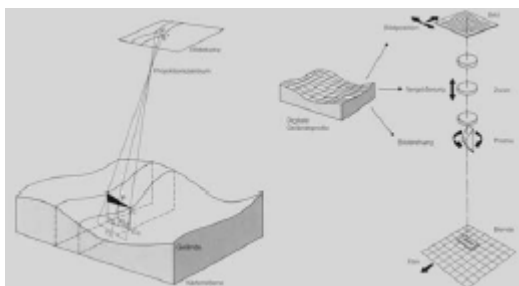


図8. 31 : オルソコンプ Z2 中の光学的な変換

ほかの数学的なパラメータの縮尺とスリット画像の回転は、露出スリットの両端を標定と局所的な地形の標高データを使って画像架台に変換することで求められ、そして次にサーボ制御のズームレンズとドーププリズムで実行される。光学的な拡大については、照明系の2番目のズームレンズを移動する。モーター駆動の階調度により、光量の輝度はフィルムスピードと選んだスキャンングスピードそして画像の平均の濃度によって調整された。この画像濃度を測定する露出計は、図8. 32には示されていない。

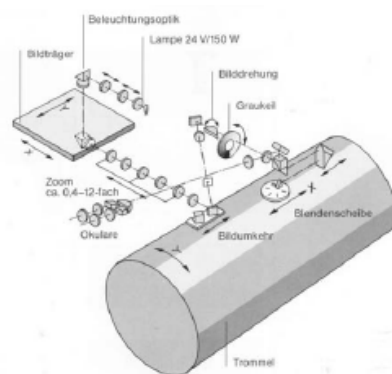


図8. 32 : Z2 光学系の略図

標準構成の交換可能な露出スリットの回転テーブルは、2、4、8、16 mmのスリットマスク(すべてのスリット幅)は0.2 mmであった。さらに内部定位と外部定位のための指標マークと基準点を測定するために、投影された画像を5倍に拡大できる直径0.04 mmの測標マークで小さな白い投影面が用意されていた。

オルソコンプ Z2 の主なパラメータは次のとおりでした:

- ・ 倍率範囲: 0.4 ~ 12倍
- ・ 有効画像サイズ: 240 mm x 240 mm
- ・ 有効可能なアウトプットサイズ: x = 1,000 mm, y = 900 mm
- ・ 最大のフィルムサイズ: x = 1,050 mm, y = 1,040 mm
- ・ 画像架台の位置決め精: 0.001 mm
- ・ スリット架台の位置決め精度: 0.001 mm
- ・ 切り替え精度(ドラム面での): 0.0025 mm
- ・ スリットのサイズ: 標準は0.2 mm x 2、4、8、16 mm
- ・ スキャンングスピード: 5、10、20、30、40、50 mm/sec
- ・ 光源: ハロゲンランプ 24 V/ 150 W

Z2 のための制御コンピュータは、ZEISS が1976年以來プラニコン C100 のために使っていた類似の構成の HEWLETT-PACKARD 製のミニコンピュータ HP 1000であった。このコンピュータはオルソプロジェクタが最高のそして絶対的な優先度を指定でき、リアルタイムのオペレーティング・システム(最初は RTE II)で稼働していた(図8. 33)。

このコンピュータは背景モードで追加のプログラム作業を実行するのに十分速かった。ターミナル、プリンター、磁気テープドライブが装備されそしてほかのコンピュータとネットワーク接続が可能な、HP 1000/RTE システムはフルスケールのコンピュータワークステーションであった。ご存知のように HP 1000 を含むコンピュータの能力は数年間で非常に速くなった。



図8. 33 :コンピュータシステム HP 1000 付きのオルソコン
プ Z2

GZ 1のときに暗室が必要とされたが、Z2 の作業部屋は写真フィルムシートの装着あるいは取り外しのためにだけ暗くするだけでした。競合品と較べるとオルソコンプ Z2 が優れている1つ特徴は、事前の変換あるいは特定の画像にリンクした特別な基準点を計算する必要がなく測地座標で地形断面を使うことができたということでした。容易な、そしてユーザー主体の取り扱いがプラニコンプ C100 のレイアウトに従って、そして専用の制御ボックス(図8. 34)も使ったことが注目すべき点であった。4つの回転つまみでステップ幅、スキャニング速度、階調度をセットし、ジョイスティックで画像のサイズを選び、フィルム用のドラム、ズームレンズあるいはドーププリズムを指定した。



図8. 34 :オルソコンプ Z2 の制御ボックス

プラニコンプ C100 のときと同様に、yes/no そして類いの決定さらに次のようないつもの一連の作業のために最も重要なプログラム機能を直接的にスタートさせるボタンのために"Repeat" および"Continue" ボタンがあった(FAUST 1981):

- PARAMETER : 第一歩として標定のための周知のデータ、シートの四隅、断面データのためのメモリーのアドレスなどは、代入するか、あるいはファイルから読み込まれることか、あるいは前の稼働から変化していないときには、確認することが必要である。
- ORIENT : 少なくとも2つの画像の測標マークは写真保持器上で画像の位置を決めるために測定し(内部標定)、そしてまだ使用していないときには、絶対標定のためのパラメータは基準点を測定して決定した。
- DENSITY : ジョイスティックを使って移動することで特定

の画像位置で画像の濃度の測定、そして値の読み取りと保存さらにコンピューターミナル上に表示した平均値と測定値の最終的なチェック作業。

- SCAN : スキャニング方向で 0.1 mm 以下の絶対的なダイナミック精度でフィルムの焼き付け(スキャニングの最後で 5 mm のスタート/終了の範囲を除く)。
- PRINT : 特許(HOBBIE 1980 & ZEISS 1980)を取った方法で、選んだ位置に記号とシンボルを点滅させることで名称と図式の焼き付け(図8. 35)。
- LIST : 作業レポートの表示および印字。.

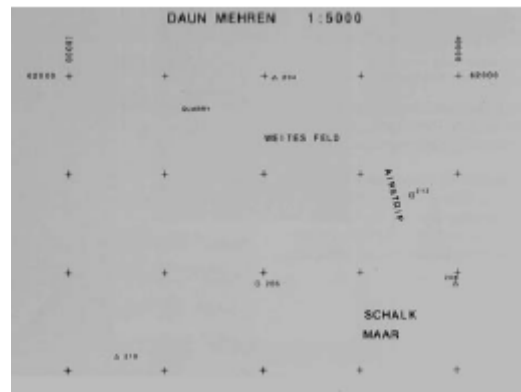


図8. 35:オルソコンプ Z2 におけるテキストそしてシンボルのアウトプット

これらの基本的なプログラム機能のほかに、次の追加のプログラムは最初から利用可能であった:

- GEFIO : Z 2 で使ったデータの読み取り、構成および書き込み。
- PREPA : 必要なときに、PARAMETER で代入する次の作業のためにパラメータの準備。
- SNUFI : 使われるための断面データの分析。
- HIFI-P : デジタルの地形モデルを生み出すための、そして地形断面を得るための特注プログラム(8. 7章を参照)。
- HIFI-PS : ステレオオルソフォトのステレオ用画像を作成するために"パートナー断面"を計算するための拡張オプション付きの HIFI P(8. 7章を参照)。

その後にはもっと多くのサポートプログラムが利用でき(FAUST 1984)、そして多くのユーザーが独自の必要条件のためにプログラム機能を開発し、そしてほかのZ2 のユーザーとこれらを共有した。オルソコンプでオルソフォト生産のために必要としたデジタル断面データを作成する特別な方法は、ノルドライン・ベストファーレン州で、そしてほかの場所でも実現した。以前は地図修正のために使われていた GIGAS-ZEISS システムのアナログ方式の断面記録

板は、読取装置 LG 1 のを使ってデジタル化された (ELLENBECK et al. 1981 & TONNESSEN et al. 1981)。Z 2 は HEWLETT PACKARD 製のネットワーク製品の DS/1000 製品をベースにして写真測量用のコンピュータネットワーク (図8. 36) でその作業部分に取り込んだ (ELLENBECK 1983)。

要約するとオルソコンプ Z 2 は、生産性を 10 倍向上させ (5倍迅速そして最大のスキヤニング幅が2倍)、そして改善された画像およびカラー品質 (非常に良い光学系、狭いスリット幅と非常に正確な位置決め) でオルソプロジェクタ GZ 1 の成功を継承した。非常に高い処理能力とプロファイリングのための“標準撮影の”地形データの使用は、多くの顧客に大きな経済効果をもたらした。



図8. 36: ノースライン・ウエストファーレン州測量局における写真測量の生産ネットワーク

1980 年 ~ 1990 年代の初期の間に、オルソフォト生産のために非常に良いデジタル法 (8. 8章と 12. 3章を参照) が最高水準になったときでも、約 50 台のオルソコンプ Z 2 が世界中に納品された。

8. 7 自動 DTM データ収集プログラム HIFI

1980 年ハンブルグ会議で、HEINRICH EBNER が紹介した HIFI (“有限要素による高さの内挿”) という名称のデジタル標高モデルを計算するためのプログラムシステムを Z 2 に導入した。ZEISS は既に数年前からミュンヘン工業大学に資金援助を行い、このミュンヘンにおける EBNER と彼のチームの開発をサポートしていた (EBNER et al. 1980b, EBNER 1981, FAUST 1985)。第一歩としての基本的なモジュール HIFI-P は共線および共面の有限要素に

よる内挿で、数値標高モデル (DHM) を異なった広いデータセットから計算した。この DHM から直接 Z2 を制御するための地形断面が得られた。特注のプログラムモジュールによって、HIFI は等高線図、鳥かん図そして土量計算のようなほかのプログラムを作成することができた (図8. 37)。特別なパッケージは、前述したようにステレオオルソフォトのためのステレオメイトを作成するために“パートナー断面”の計算であった (EBNER 1981, CLERICI 1983)。ステレオオルソフォトは、1980 年代の初期に集中的に普及し、そして少数の顧客へ納品された。

HIFI ソフトウェアパッケージは、特注の製品としてそしてほかの写真測量用機材と一緒にオーバーコッヘンの CARL ZEISS から供給された。

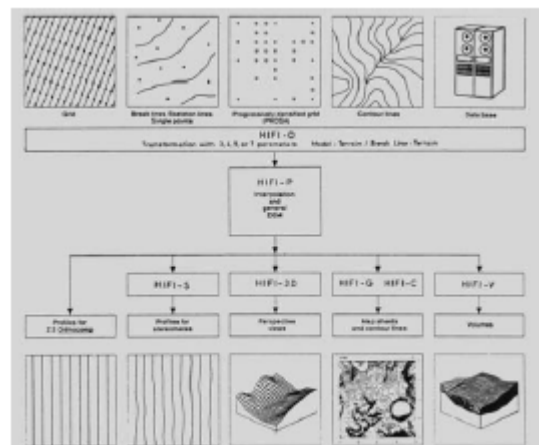


図8. 37 : HIFI のプログラム構造

8. 8 オルソフォト作成プログラム PHODIS-OP

1970 年代には、デジタル画像の処理は大学の研究課題であった。初期は遅い単点スキヤナで航空写真をデジタル化することで、デジタルオルソフォトを計算する最初の実験は成功しており、そして 1975 年には KREILING そして 1979 年には KEATING と KONECNY によって報告された。CARL ZEISS オーバーコッヘンは、1987 年にデジタル製品の方法と可能性についての調査を開始し、アメリカのアラバマ州ハンツビルの INTERGRAPH との共同作業の合意により、高性能な空中写真用スキヤナの共同開発を実施した (12. 1章を参照)。このときには、INTERGRAPH との間のもう一つの性についての調査を開始し、アメリカのアラバマ州ハンツビルとの合意により、高い性能な空中写真用スキヤナの共同開発を実施した (12. 1章を参照)。このときには、INTERGRAPH との間のもう一つのプロジェクトも成功裏に終了した (11. 4章を参照)。

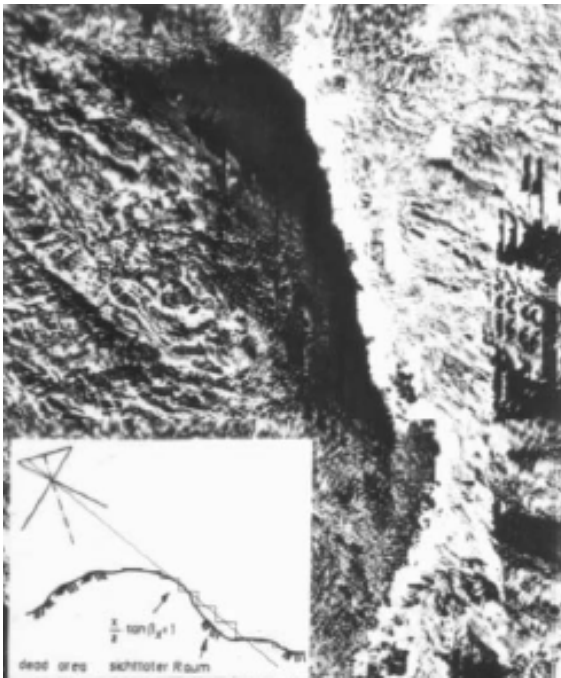


図8. 38 : オルソフォト生産で見えない地域

ZEISS は 1991 年のシュツットガルトでの写真測量週間でプロジェクト名称“写真測量用画像処理システム PHIPS”でデジタル画像処理により進行中の開発について報告した(MAYR 1991)。主要なゴールとして、以前の光学・解析的な手法に対してデジタル手段によるオルソフォト作成を言及した。構想の1つは大きい画角で急な勾配によって引き起こされた見えない部分で二重画像をもたらし、山岳地域でいわゆる“死角の範囲”を避けることであった。高い建物と

橋梁の“平坦化”は、後に“トゥルーオルソフォト”と呼ばれ、地形と異なった高さでオブジェクトの位置の修正によって避けられるはずである。この開発は 1992 年8月のワシントン DC の第17回国際写真測量とリモートセンシング会議で PHODIS (写真測量的な画像処理システム)としてその試作機が展示された。

1992 年 11 月にオーバーコッヘンで国内のドイツのユーザーのための企業内のワークショップでそして 1993 年の写真測量週間で、PHODIS がデジタルオルソフォト生産の強力なツールであることを報告し(Kresse 1993)、そのワークフローと結果を図8. 39 に示した。すでに開発中の可能性の限界全体が説明されていたため、オーバーコッヘンの CARL ZEISS は PHODIS をデジタル写真測量のための包括的な一連のソフトウェアに拡張した(12. 3章を参照)。

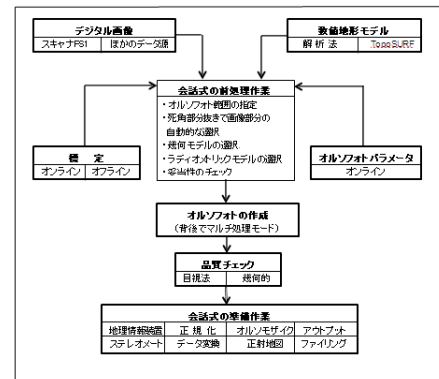


図8. 39 : PHODIS-OPによるデジタルオルソフォト生産の作業ステップ

9. コンパレータと点刻機

計測用のステレオ写真測量法の第一歩は、1901 年に PULFRICH のステレオコンパレータであった。その後改善されそしてそれらは測定法とバーニヤの目盛で、座標と視差の読み取りが可能な機材に改造された。その後、座標カウンタと視差測定ねじが導入され、将来のアナログ図化機の原型となった。しかしながらこれらすべての装置では値を読み取り、そして紙に記録されなければならなかった。

機械式の記録が 1950 年に始まったことで、数値的な写真測量が特に空中三角測量と地籍目的のための作業が広く使われるようになった。機械的な、そして後に電気的なそして電子的な記録装置は、最初に(改善された)ステレオとモノコンパレータでそして次にステレオ図化機で使われた。空中三角測量のためには、追加の点刻機が必要とされた。

9.1 座標記録装置

1952 年に ZEISS はステレオプラニグラフ C8(4. 4章を参照)のために“座標点刻器”と呼ばれる座標記録装置を発表した。レバーを下に押すことで、座標カウンタの印字歯車が1枚の印刷紙上に印字された(SCHWIDEFSKY 1952)。5年後のミュンヘンでの測地距離測定の第3回の国際会議で、ZEISS はパンチテープあるいはパンチカードのいずれかにコンピュータと同じフォーマットで記録することができた(SCHWIDEFSKY 1958)。

図9. 1は座標の表示とコーディング装置から構成されるC8のためのエコマート(後にエコマート I と呼ばれた)の磁気カウンタを示す。アナログからデジタルへの変換は、偏心した車輪の1回転の間にそれぞれが1回転の 1/10 に相当する 10 個の電気接点に触れた機械的なレバーで行わ

れた。

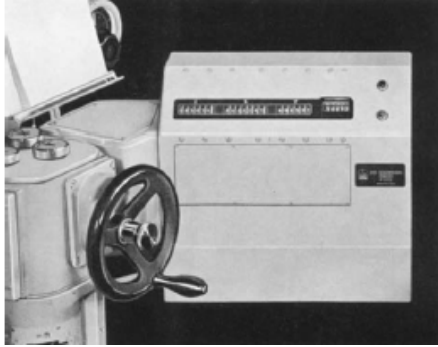


図9. 1:ステレオプラニグラフ C8 のためのエコ
マート I(1957)

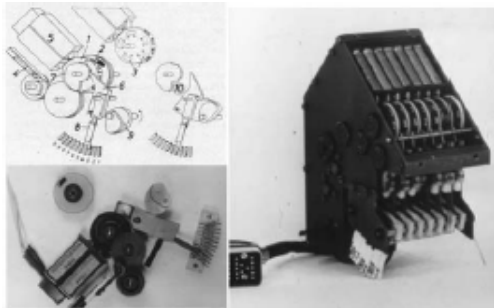


図9. 2:エコマート1の磁気カウンタと換算装置

1桁と7桁の x 座標の数値カウンタ装置の変換は、図9. 2 に示した。C8 での表示と座標の記録は 0.01 mm 単位で z , x , y の順番であった。 y と z の桁は表示されそして空中三角測量のための長いコースモデルのときには $n \times 7$ 桁でした。4番目のウィンドウには任意の記録に自動的に増える4桁の点番号が表示され、そして1つのコード桁を手作業で加えることができた。



図9. 3:エコマート 1のための数値キーボード付きの
自動タイプライター

磁気カウンタはケーブルで自動のタイプライターに接続されていた(図9. 3)。エコマートで2つのボタンのどちらか1つを押すことで、記録は黒かあるいは赤のリボンのどちら

かで印刷された。磁気カウンタは次の記録が1秒以内に準備ができたが、タイプライターは24桁すべてを印刷するためにおよそ8秒を必要とした。この自動のタイプライターには、実行の順番を定義する機械的なピンで容易に交換可能なプログラミングボードが取り付けることができた(図9. 4)。

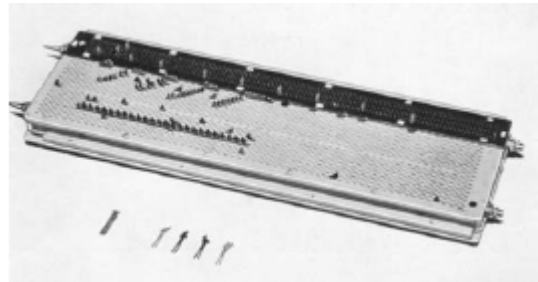


図9. 4:自動のタイプライターのプログラミングボード

アウトプットフォーマットはオペレータが次の方法で修正することができた:座標値の記録順序とスペース、“余白”の桁、磁気装置から連続番号を変更するためにキーボードから個々の点番号の追加(図9. 3)。

1957年に唯一の読取可能なアウトプット装置は、テレプリンターで広く使われた5チャンネルコードのテープパンチャーであった(図9. 5)。しかし、電子計算業界は間もなくパンチカードが使えるようになった。1967年以降はエコマート I のための新しい数値キーボードが非常に快適な点のインプットのために製造された(図9. 6)。

図9. 5:
エコマート I
のための紙テ
ープパンチ



図9. 6:エコマート I
のためにナンバ
ーリング装置
のモデル 2
(1967年ごろ)

1960年に、エコマート I を接続した C8 用に追加の地形断面測定装置が発表された(図9. 7)。測標マークは選択可能な方位角と調整可能な速度で地形断面に沿って移動することができた。いわゆるブレイクラインを選択可能な増加分量で自動的にあるいは手作業で記録できた(SCHWIDEFSKY et al. 1958)。

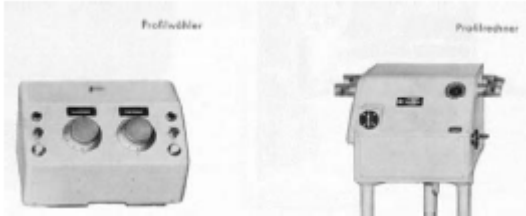


図9. 7:ステレオプラニグラフ C8 のための地形断面測定装置

測定された地形断面は、座標展開機で図化でき、そしてエコマート I の座標は座標展開機の観察ツールを使って既存の地図からデジタイズできた。パンチカードに記録された点も、オフラインで自動的に図化できた(10. 6章を参照)。

1960年には、新しい精密ステレオコンパレータ PSK と一緒に使う4つの座標を処理するために改良された一連のアウトプット付きのエコマート II (9. 2章を参照)を紹介した。

1960年代の後半は、エレクトロニクス素晴らしい大きな進歩は、オーバーコッペンにエコマートの古いリレー回路を新しいトランジスタ技術で置き換えることを強いた。1970年9月にミュンヘンの第2部会のシンポジウムで新製品のエコマート 11 を発表し、そして1971年のカールスルーエの写真測量週間で展示した(SCHWEBEL 1971 & 1973a)。図9. 8はプラニマート D2 に点番号入力装置、自動タイプライターそして紙テープパンチと一緒にエコマート 11 の電子キャビネットを示す。



図9. 8:プラニマート D2 で IBM 製自動タイプライターと紙テープパンチ付きのエコマート 11 (1971)

座標の最小読取については、増加分量パルス検出技術が

16 KHz までの数値周波数を選んだ。標準のデバイスとして光電的なロータリーエンコーダを選んだ(図9. 9)。プラニマートの x と y では座標原点を失わないフリーハンド駆動が使われた(図9. 10)。



図9. 9:エコマート 11 用の連続増加のロータリーエンコーダ

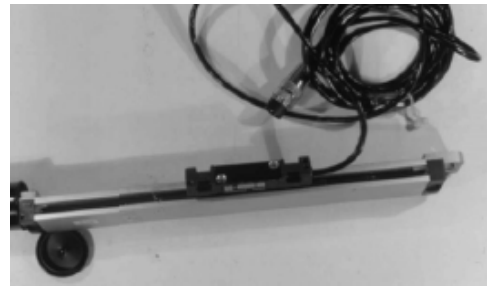


図9. 10 :エコマート 11 用の連続増加のリニヤールエンコーダ

ステレオ図化機では、座標表示そして選んだ座標方向と出発値と一緒に最小読取単位 0.001 mm の6桁の記録が必要である。

当時、記録装置は、IBM 製自動タイプライター(毎秒 15 文字)、OLYMPIA 製テープパンチ(5~8チャンネル、毎秒 20 文字)、IBM 製カートパンチ(毎秒 10 文字)あるいは最大で毎秒 1,000 文字の磁気テープドライブであった(図9. 11)。数値キーボードは増加分量付きで自動的にあるいは4あるいは 12 桁の番号そして小数点用キーパッド付きの数値キーボードモデル1あるいは2で別々に代入した(図9. 12)。

C8の地形断面装置付きのエコマート I と比較すると、エコマート 11 は非常に多くのフレキシブルな自動記録、たとえば選択可能な座標の増加分量の間隔 0.1 / 0.2 / 1.0 / 2.0 / 2.5 / 5.0 / 10.0 mm あるいは 0.1 と 9.9 秒の時間間隔ができる。追加のモーター駆動の半自動測定装置 DTM 1 (図9. 12)で、地形断面は任意の方位角で測定できる。地形断面と地形断面の内部の連続点は、01 と 50 mm のどこでもセットできる。移動速度は0~10 mm/secの間で連続

的に変えられる。特別な“断続”モードでは、遅い速度で次の記録位置から事前設定された距離で選んだ。断続モードでは、システムを自動的に次の位置で停止させた。測定範囲は通常のようにモデル座標で定義された。



図9. 11 : 磁気テープドライブ付きのエコマート 11

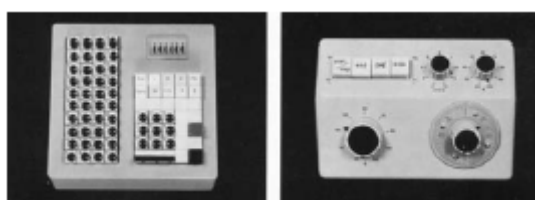


図9. 12 : 数値キーボードモデル1とDTMパネル

プラニマートでは描画机上に(通常展開シートを固定するために使った)磁気付きの金属定規を配置し、測定すべき範囲を定義する別の簡単な方法を使った。描画針が金属定規に触れると、システムは次の地形断面に移動するかどうか質問をした(図9. 13)。完全自動の地形断面測定は、ITEK製のコレレータ EC5 に DTM 2(DTM 1 の改良版)を取り付けて行った。

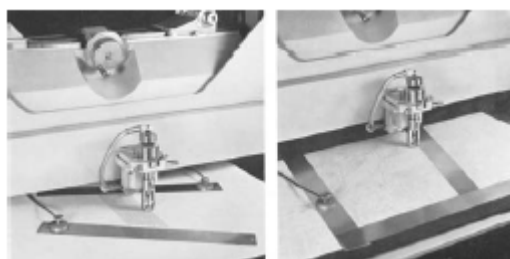


図9. 13 : プラニマートでDTMの測定範囲の設定

1971年にエコマート 11 と並行して、再改良された精密ステレオコンパレータ PSK 用のエコマート 12 を発表した。この3つのモデル座標 x, y, z は4つの画像座標 x_1, y_1, x_2, y_2 に置き換えられ、そして連続増加分の記録の可能性は削除した(9. 2章を参照)。

5年後の電子的な構成品の小型化により、エコマート 12 はコンパクトなディスク装置付きの装置として発表した(図9. 14)。

この開発は“デジタル技術”という題目でドイツ連邦研究技術省が援助した(SCHWEBEL 1979b)。増加する市販のデスクトップコンピュータに接続する必要があるため、この新しい装置は以前のように(オフラインで)記録を管理するためだけでなく、リアルタイムに(オンラインで)記録された座標と点番号を転送することができた(SCHWEBEL 1976b & 1979b)。エコマート 12 は、最小読取単位 0.01 mm で4つの6桁の座標まで選択可能なカウント方向付きのカウント増加パルスを使って記録された。ステレオ図化機に接続するときには、 x, y, z のかに基線要素“by”が記録できた。



図9. 14 : エコマート 12(1976)

12桁の点番号は、部分的に番号のインデックスあるいは小数点のキーパッドからそれぞれを代入するために使うことができた。オフラインモードでは最大のアウトプット比率は 1,000/sec であった。アウトプット装置として IBM 製自動タイプライター、IBM 製カードパンチ、FACIT 製紙テープパンチそして PERTEC 製あるいは KENNEDY 製のバッファ付きの磁気テープドライブをサポートしていた。以前のようにテキストのような追加情報はタイプライター経由で代入できた。記録は事前設定された(座標、距離あるいは時間のような)増加分量を手作業でボタンあるいはフットスイッチでして/あるいは自動的に行えた。アウトプットフォーマットはそれぞれ 64 プログラムステップの最大4つのプログラムまで組み込めるプログラム可能なリード・オン・メモリ(PROM, 図9. 15)で制御した。

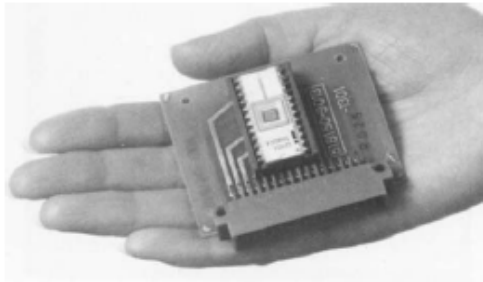


図9. 15 : エコマート 12 用のプログラム可能な制御チップ (PROM)

デスクトップあるいはミニコンピュータにリアルタイムで接続されているオンラインモードでは、エコマート 12 からコンピュータまで座標値、点番号そして特別なテキストばかりでなく、エコマートはオペレータのために表示したコンピュータから変換された座標値と点あるいはコード番号も受け取りそして／あるいは記録した。さらにコンピュータプログラムは追加的なボタンを使ってエコマート 12 からスタートすることができた(図9. 16 の右側)。



図9. 16 : 追加的なプログラムボタン付きのエコマート 12 と HP9825 デスクコンピュータ

データ交換はハンドシェイク原理を使ってデスクトップコンピュータで制御された。コマンド桁 c ($c = 0 \sim 9$) をエコマートに送り、次のインプットあるいはアウトプットメッセージで変換するデータのタイプとフォーマットを決める。この原理はエコマート 12 から座標読取、それらの変換及び返送、さらにプログラムボタンを押す待機のためにリアルタイムループの例を使って図9. 17 で説明する。

1971 年にエコマート 11 のための DTM 1 と同様に、1979 年にエコマート 12 のために地形断面測定のための DTM 3 を発表した (SCHWEBEL et al. 1979e)。それはプラニマートあるいはプラニカートを x および y 方向に駆動する

ためのデジタル制御のサーボモーター、ボタン付きの電子制御装置と地形断面測定中に使用されるボタン付きのリモートコントロール装置から構成されている(図9. 18)。オペレータが地上に測標マークを維持する間に、決めた方位角で地形断面に沿って平面位置の動き(現在は 0.01 グラード以上の精度)は自動的に制御される。現在の非常に万能的な増加分量の記録システムは、いろいろな種類のスキニングパターンを使うことができる(図9. 19)。現在の最大の移動速度は 25 mm/sec で、測定中の最大速度は 10 mm/sec である。ミスをしたときには、現在の地形断面測定は、後でその地形断面の測定を繰り返すために簡単にマークを付けることができる。

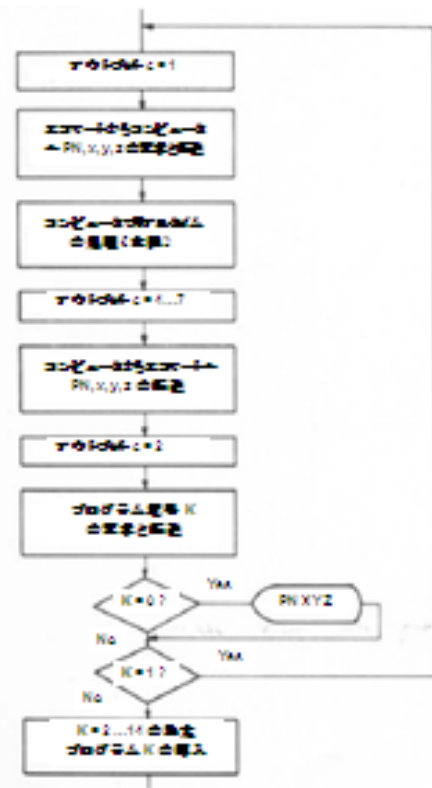


図9. 17: エコマートをデスクトップコンピュータと接続

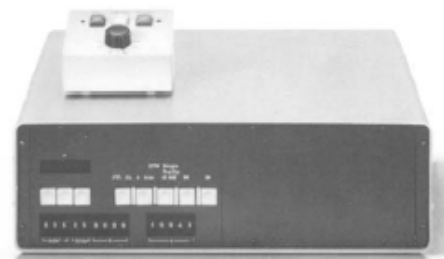


図9. 18 : リモートコントロール付きの DTM 3 制御装置 (1979)

方法	格子	制限	
x, y の平面格子、 Δy を測定		デジタル方式 地形断面の長さ l 地形断面の数 n	
i, q の平面格子 Δi を測定		金属定規でアナログ的に測定	
高さの格子 Δh を測定		作業モード: メアノダ一枚の測定 連続測定	
時間の格子 Δt を測定		一方方向の測定 パターン	

図9. 19 : DTM 3 の地形断面測定モード

座標記録用のエコマートシリーズは 1957 年以来 CARL ZEISS オーバーコッペンで提供され、コンピュータが組み込まれ、処理速度と記録の可能性が進化した解析図化機と一緒に出現したことにより、1980 年代に製造中止した。ZEISS 全体で約 300 システムが納品された。

1970 年に第2世代のエコマート 11 を発表したすぐ後に、接続するデスクトップに座標だけそしてすぐに変換可能な非常に簡単なシステムの開発が目された。当時、ZEISS はレントゲン写真用のステレオコンパレータ(14. 2章を参照)を開発しており、拡張されたバージョン SIR 3 では座標 x, y, p_x をコンピュータへ転送することができた (MEIER 1971)。この作業のために ZEISS はエンコーダパルスをカウントし、ニキシー管で3つの座標を表示しそしてフットスイッチを押すとこれらの座標を HEWLETT-PACKARD 製のデスクコンピュータへ転送する簡易電子装置を開発した。これらの生の座標はコンピュータに代入されたパラメータを使って後処理された。

この装置を改造して簡易座標記録装置 DIREC 1 を作成し、そして 1975 年、シュツットガルトでの写真測量週間で発表した (SCHWEBEL 1975b)。DIREC 1 は SIR 3 の構成だけでなく、アナログ図化機用のコンピュータ支援の標定およびデータ収集のため (10. 7章)、そして簡易解析図化機ステレオコード G2 (11. 1章) への接続用としても使われた。翌年には偏位修正機 SEG 5 ((10. 7章) の標定システム OCS 1 のために使用可能になった。図9. 20 はフットスイッチなしの座標表示とプログラムボタン付きの DIREC 1 を示している。

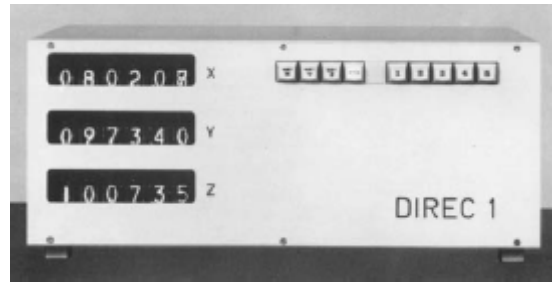


図9. 20 : 簡易座標記録装置 DIREC 1

図9. 21 の機能図は DIREC 1 のステレオコード G 2 パーティションを示している (HOBBIE 1975b)。データ部分はエンコーダ x, y と p_x (ステレオコードのとき) あるいは z (アナログ図化機) のパルスをカウントし、そして対応するボタンで "1000" (マイナス値を避けるため) にリセットできる6桁のニキシー管で数値を表示できる。

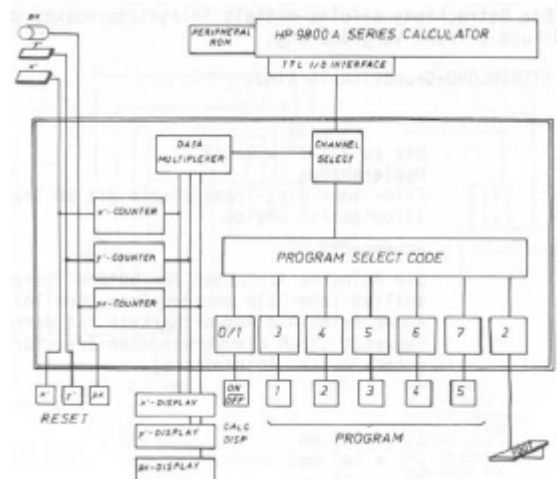


図9. 21 : デスクトップコンピュータ HP 9800 A 付きのステレオコード G2 のための DIREC 1 の機能図

座標値はマルチプレクサーと通常のインターフェース経由でコンピュータに転送された。DIREC のプログラム部分ではフットスイッチをあるいは5個のプログラムボタンの1つを押して、コンピュータで周期的に読み取りそして次にソフトウェア固有の操作を行う記録装置に特定のボタンコードを代入する。DIREC 1 のコンピュータポートは、HEWLETT PACKARD 製の HP9800 シリーズのすべてのデスクトップコンピュータへ HP I/O インターフェースで直接接続されるように設定されていた。若干の改造後、HP あるいは DEC 製のミニコンピュータにも接続することができた。

1981 年に2種類の再改造した DIREC バージョンを発表した。4つの座標の表示と転送のために、DIREC 12 は更新されたステレオコード G3 (図9. 22) で y 視差の追加的な

処理のために作成した(11. 1章を参照)。しかしながら、この装置は4つの座標の表示はできるが、表示ができない DIREC 2(図9. 23)が経済的であり、そしてほとんどの場合顧客のニーズには充分であったため、成功しなかった。座標の連続的な表示ができなく、プログラムの選択がより強力なコンピュータへ移行すべきであったため、DIREC 2の左側の設定はフットスイッチとオン/オフ機能だけであった。

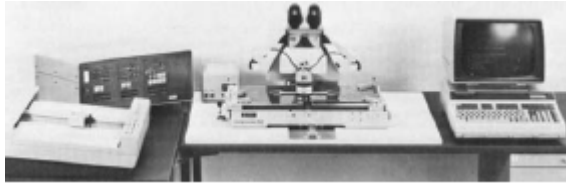


図9. 22 :ステレオコード G3と DIREC 12(1981)



図9. 23 :座標記録装置 DIREC 2(1981)

簡易化された DIREC 2 は、CARL ZEISS オーバーコッヘンが単独の座標収集とコンピュータ接続のために開発した自己生産のほぼ最後のものでは、最後のものとしては、1990 年ごろ CARL ZEISS 製の写真測量用地図作成装置 PHOCUS に PA ステーションとしてアナログ図化機に組み込むための DIREC P を作製した。DIREC P は2つの RS232 インタフェースが3つのエンコーダ、ダブルのフットスイッチそして PHOCUS ワークステーションの HP 1000 あるいは VAX コンピュータに接続する PC ボードをベースにした小型のインタフェースボックスであった。この段階では、PC ボードはデータ通信だけでなく、座標の増加分量の記録を制御した。

9. 2 精密ステレオコンパレータ PSK

再出発作業が 1950 年代の半ばで完了したとき、オーバーコッヘンは良く知られていた戦前のイエナのステレオコンパレータを再び作成することを計画した。電子的なデータ処理の進歩により、コンピュータで読取可能な形での自動的なデータ記録は、企業の要求事項と同じであった。1957 年ミュンヘンで開催された第3回測地的な距離測定国際会議で、CARL ZEISS はステレオプラニグラフ C8 のためのエコ

マートを発表だけではなく、新しいステレオコンパレータのコンセプトも報告した。

1960 年ロンドンの国際写真測量会議では、新しく開発された精密ステレオコンパレータ PSK を展示した(図9. 24)。写真座標 x_1, y_1, x_2, y_2 のためには、2年前にステレオプラニグラフ C8 のためのエコマート I を改造したエコマート II を使った(9. 1章を参照)。3つから4つの座標への改造と別の形の座標読取に合わせるために、同じ記録用の周辺装置すなわちプログラム可能なボード付きの自動タイプライター、紙テープパンチおよびカードパンチを使った。

測定原理については、オーバーコッヘンは温度に敏感なガイドねじを避けそして厳密なアップのコンパレータの原理を維持するために、画像架台として高性能な格子板をベースにした格子タイプの測定を用いることに決定した(SCHWIDEFISKY 1960)。図9. 25 は x 方向に水平に移動する水地区的に配置された画像架台付きの PSK の開いた右側を示している。画像架台の背後には、光学的な観察駆動系の傾きが不変のペンタプリズムが y 方向に上下に動く。



図9. 24 :エコマート II 付きの精密ステレオコンパレータ PSK(1960)

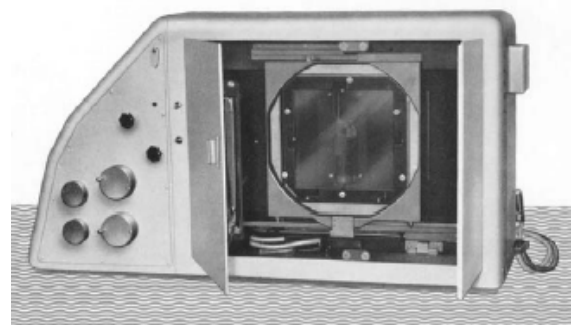


図9. 25 :PSK の写真架台と制御つまみ

写真架台(24 cm × 24 cm)は測定範囲が 23 cm × 23 cm であり、そして写真側に格子間隔 10 mm の非常に高精度で刻み込まれた正方形の格子板であるため、格子板と

測定される画像の膜面は直接密着させた(図9. 26)。測定するときにはオペレータはまず立体的に直径 25 μm の黒い測標マークと画像点を一致させる。次に両眼観察でステレオペアのそれぞれの画像を別々に 10 mm 格子付きの x と y の直接目盛で測定する。

したがって、測定される座標値は粗動部分と微動部分で行われる:粗動部分として写真架台とプリズムの移動を mm 単位でカウントし、そして精密部分として最小読取単位 0.001 mm で比率 1:30 のバーニヤの移動量を測定する(図9. 27)。後続モデルの PSK 2 では、0.1 mm が写真架台の移動から得られた(図9. 26)。合致原理と粗微動収集法は特許で保護された(SCHWIDEFSKY 1957 & Utz 1957)。

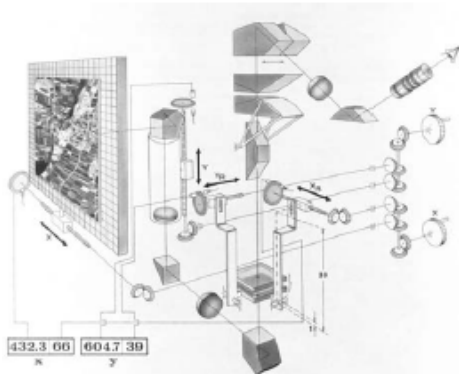


図9. 26 :PSK 2 の機能的な略図

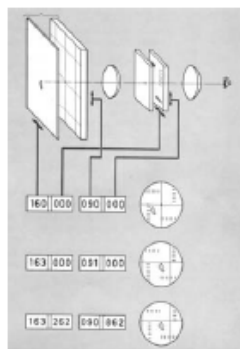


図9. 27 :PSK 2 での座標値作成

立体的に測標マークで画像点を測定するときには、刻み込まれた 10 mm 格子は透過光線による照明ではほとんど見えないため、測定の邪魔にはならない。反射光線による照明による測定モードに切り替わると、格子ははっきりと見えるようになりそして画像は極端に灰色化された(図9. 28)。

観測モード“立体視”、“左接眼視”そして“右接眼視”、そして空中三角測量のモデル接続のための“正立体視”、“逆立体視”間のコンピュータ制御の切り替えは、便利な観測のための別の目的であった。この光学的なプリズム駆動部の切

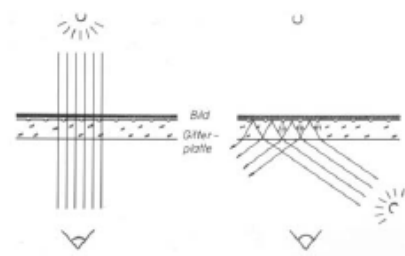


図9. 28 :PSK での照明の切替

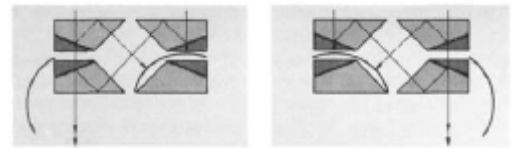


図9. 29 :PSK における観測モード

り替えは分光プリズムとモータ駆動の遮光カバーで可能となった(図9. 29)。ZEISS はこの観測要求のためにいくつかの方法の特許登録したが、この1つだけを採用した(ROOS et al. 1949 & ROOS 1967)。

PSK の前面のボタンを押すことで、次の測定作業は観測系の自動的な設定と駆動要素の接続である。一連の作業は PSK の背後にあるリレー制御でプログラムされている(図9. 30)。着脱可能な接眼鏡は観測視野が直径 15 mm の観察倍率は8倍、12 倍あるいは 16 倍であった。画像の回転はドーププリズムで行った。接眼鏡の隣には、作業が処理されると自動的に増える1桁と4桁の番号付きの点番号表示があった。接眼鏡の下には、6桁の写真座標を示す表示があった。接眼鏡の上には、小さな移動可能な電球で背後から概略位置を照明する左写真の密着を取り付けることができた。

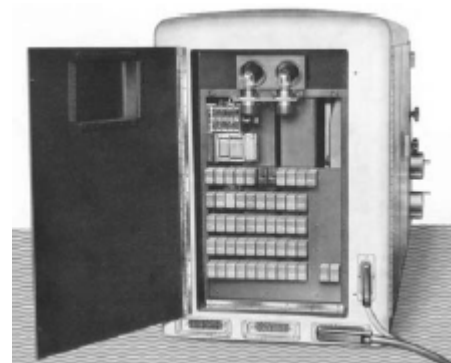


図9. 30 :PSK のリレーによるプログラム制御

x 移動のためのすべてのハンドルは PSK の左側に、y 移動のためのすべてのハンドルは PSK の右側に配置した。背後の大きなハンドルは両方の画像を一緒に(5倍の粗動)、そして背後の小さいハンドルは右写真の視差調整に使われた。オペレータはモータ駆動の自動的な概略調整後、小さいハンドルを使って左と右写真の両方で 10 mm 格子で x と y 方向のバーニヤ目盛と一致させた。それ以外の設定要素は、光量を変えるポテンシオメータとネガあるいはポジの使用による光学的な回路の切り替えレバーであった。安全理由のために、いずれのプログラム段階でも必要なハンドルだけが可動できた。それぞれの点の測定の最後の作業は、画像点あるいは測標マークの記録のために記録ボタンを押すことであった。

このコンパクトなそして防塵の自動化されたそして便利な操作、エアコンを使わなくても高精度が得られることにより、ZEISS 製のステレオコンパレータ PSK は非常に多くつかわれた。機材を発表した当時、ハノーバー工業大学は今後の改良を行うために(WUNDERLICH 1962 & SCHÜRER 1964) 全体的なテスト結果を提供した(LEHMANN 1960b)。これらの研究は $\pm 0.8 \mu\text{m}$ の非常に高い点精度、 $\pm 1 \sim 2 \mu\text{m}$ という優れた絶対精度(当時の航空写真の可能な精度を凌駕した)、ステレオプラニグラフ C8 のような1級のステレオ図化機による点の測定より経済的な利点を確認された。

カールスルーエ工業大学で特別な写真アダプターは小さいフォーマットの地上写真およびロールフィルムの非常に容易な取り扱いと装着ができ、さらに密な点群の最良の測定方法を作成した(DÖHLER 1969)。

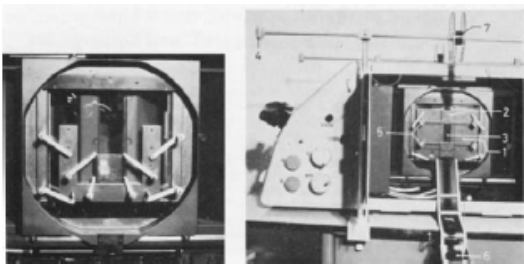


図9.31 : 小さい画像フォーマット用アダプター(DÖHLER より)

高精度の要求をベースにして、PSK のモノコンパレータバージョン PEK は天文学者の要求に回答した機材である。1つのシステムはローマのパチカンにある天文台に納品され、その後の PEK は衛星測地部門でも使われた(SEEGER 1970)。PEK の特別版にはコーディマツ(10.6章を参照)からのヒントを使って測定する星座の自動的な位置決めのために追加的な鑽孔されたカードリーダーが装

備された(図9.32)。



図9.32 : カードパンチャーとカードパンチャーからの事前位置決め付きの精密モノコンパレータ PEK

1970年にアナログ図化機用の電子的なエコマート 11 はリレー制御のエコマート I に置き換えたときに、PSK を新しい技術に適合させる必要があった。これには大きな再改造が必要となり、1971年のカールスルーエでの第33回写真測量週間でエコマート 21 付きの精密ステレオコンパレータ PSK 2 を発表した(HOBBIE 1971)。その後、精密モノコンパレータ PEK 2 としてモノコンパレータも発表した(SCHWEBEL 1973b)。エコマート 21 は技術的にはエコマート 11(9.1章を参照)とほとんど同じであったが、ここでは再度記述しない。図9.33はエコマート 11 およびエコマート 12 用の最大の点番号代入装置”数値キーボード2”を示す。

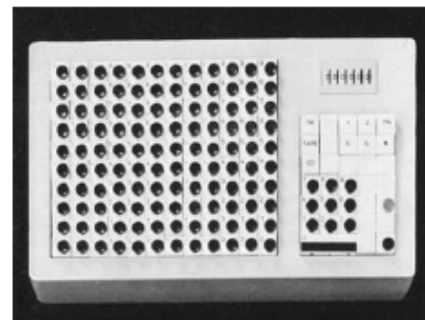


図9.33: エコマート 11 と 21 用の数値キーボード2



図9.34 : 数値キーボード2、自動タイプライターと紙テープパンチ付き PSK 2(1971)

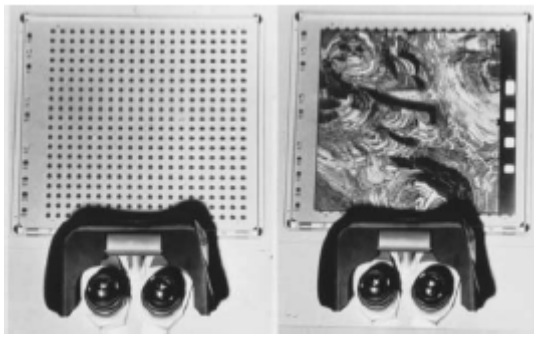


図9.35 :PSK2における位置の表示

PSK 2(図9.34)は測定原理は同じであり構造は下記のとおりであるが以前のPSK 1よりいくつかの重要な利点を保持していた:

- ・ 位置の表示は前面に移動するライトの代わりに一連の豆ランプがあり(図9.35)、そして面はネガからポジに変更するときに逆転した。実際の測定作業では表示されたが、座標表示はエコマート 21 に転送された。
- ・ 測定範囲は最大の写真サイズ 290 mm × 290 mm により 250 mm × 250 mm まで拡大された。
- ・ ガイドねじによる粗動は読取単位と約 $\pm 5 \mu\text{m}$ の精度が得られるように改良され、その結果微動測定の必要時間が短縮された。
- ・ 格子間隔が 10mm から 5 mm にそして合致のためのバーニヤの間隔が 1 mm から 0.1 mm に変更になったことで、非常に狭い範囲だけとなったことで自動化された粗動合致が不必要となった。
- ・ 簡単な粗動/微動は保証されつつ、プログラムの作業段階で両画像あるいは測定バーニヤのいずれかを x と y のいずれかのハンドルと一緒に動かせる。
- ・ エコマート 11 キャビネットの引き出しの中にあるプログラミングボード(PSK 1 の背後のリレー回路の代わりに)を使って容易にプログラム作成およびプログラム制御のための、そして2つの用意されたプログラムの迅速な変更が可能な切替スイッチ。
- ・ 次のプログラム作業はオペレータが手をハンドルに付けたままにできるフットスイッチで実施可能になった。

PSK 製造の 25 年間に、ZEISS は PSK 1 と PSK 2 の両機を合計で約 90 システムを納品した。1980 年代の初期に、ステレオコンパレータはわずかに精度は劣るがテストされそして実証済みの解析図化機にマーケットを渡したが、事前の位置決めおよび予備計算と調整からの迅速なフィードバックのような多くの利点があった(STARK 1977b)。

9.3 精密モノコンパレータ PK 1

1932 年イェナ時代の ZEISS の天文部門は、写真測量目的にも使った非常の高精度の単写真の座標測定用の機材を発表していた。前述したように、1960 年にオーバーコッヘンは主に天文および測地作業のためにも、精密ステレオコンパレータ PSK をモノコンパレータ PEK に改良した。特にアングロサクソン諸国では、1970 年代はモノコンパレータを使っていた。ステレオコンパレータに対するこれらの機械の主な異議は、安価なことと初心者でも非常に簡単に使えたことであった。ドイツの顧客はモノコンパレータの操作は誰でも簡単にできすぎるとクレームをつけていた。

しかしながらこの利点は画像を点刻して測定する準備作業が増大するため、部分的には問題外であった。アメリカ、フランスそして後ではスイスの競合会社は新しくモノコンパレータの開発をスタートしたため、オーバーコッヘンは継続することを決定し、そして 1976 年ヘルシンキの国際会議で精密モノコンパレータ PK 1 を以前に記述したエコマート 12 と共に発表した(SCHWEBEL 1976b)。

PK 1(図9.36)は卓上型の機材である。測定範囲は 240 mm × 240 mm であったが、最大の使用可能な写真サイズは 280 mm × 360 mm であった。

着脱可能な接眼鏡は倍率が 5 倍、12 倍、20 倍あるいは 30 倍のいずれかといろいろな種類の測標マークを使うことができた。ユニークな特徴はフリーハンドガイドであった。半球状のキャロットはこの”機械的なマウス”を傾けることで非常に高い感度と精密なセットが可能であった(KRASTEL 1975b)。

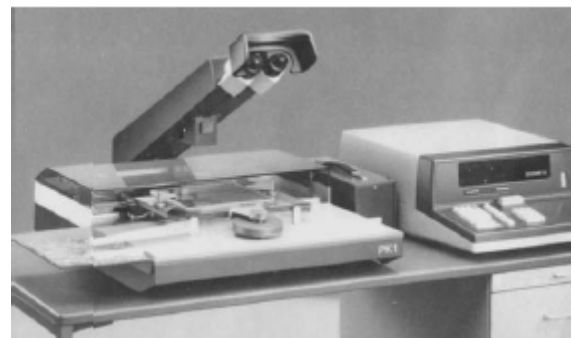


図9.36 :エコマート 12 付きの精密モノコンパレータ PK 1

PSK と同様に PK 1 はアッペのコンパレータの原理を厳密に順守し、そして温度変化には影響されなかった。このため非常に高精度なガラス製基準目盛を選んだが、新しいそして特許登録された方法を使った。二次元の長さの測定原

理は図9. 37 に示した(SCHWEBEL 1975c)。観測された測定点(5)で交差する2つのリニヤー目盛(3)は、架台の直角ガイドのためにも使っていた。バーニヤ目盛(2)は全体の架台部までリニヤー目盛と一緒に拡張され、相関が可能ないようにモアレ効果を作り出した。”±1.5 μm 以内”の絶対精度は達成できた(SEEGER et al. 1979)。1 μm から 0.5 μm までの基本的な読取単位の再調整で、PK 1 の精度は約±1 μm まで向上した(SCHWEBEL 1979 c & 1980b)。

PK 1 は、解析図化機が両方の機械制御と測定サポートのためにミニコンピュータを使用するために既に画期的になったときに発表した。そのためモノコンパレータをサポートするためにデスクトップあるいはミニコンピュータも使うために、画期的であるように思われた。1978 年オーバーコッヘンは特定のコンピュータ上で可動するか、あるいは解析図化機のコンピュータに追加的にロードするようなコンピュータプログラムによる、アナログ図化機およびコンパレータのような”非解析図化機”をサポートするハードウェアとソフトウェアについての一般的なコンセプトを作り上げた。

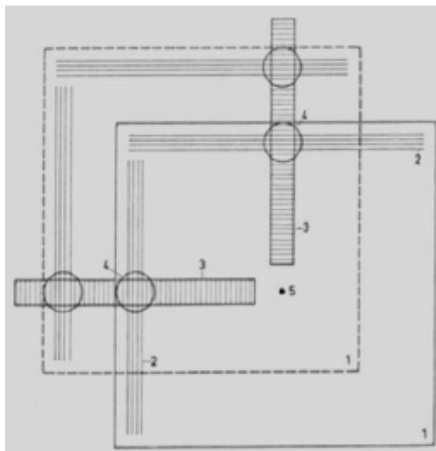


図9. 37 :PK 1 の測定原理

1979 年9月の写真測量週間で、ZEISS は顧客に6カ月前に納品した PK-AS バージョンを含む AS プログラムシステムを発表した(HOBBIE 1979b)。AS プログラムとその特徴については、10. 7章に記述した。

デスクトップあるいはリアルタイムの適当なミニコンピュータに強力なエコマート 12 の代わりに、DIREC 1 を接続することは可能である。点番号の代入あるいはソフトウェアの処理のために、デスクトップコンピュータあるいはミニコンピュータの CRT ターミナルを使用する(図9. 18)。コンピュータによる支援は PK 1 ではわずかであったため、ほかの目的のために使うことができた(たとえば ZEISS 製プラニコンのコンピュータ)。



図9. 38 :DIREC 1 および HEWLETT PACKARD 製ミニコンピュータの CRT ターミナル付きの PK 1

それにもかかわらず、デスクトップコンピュータから PK 1 をサポートする基本プログラムは、CAMAC(コンピュータ支援のモノコンパレータ測定の英語の略語)としても提供されている(SCHWEBEL 1979d)。このソフトウェアは、ステレオコンパレータによる測定のオフライン処理のために作成された PRO プログラムをベースにして修士論文の一部としてシュツットガルト大学で開発された(SAILE 1980)。CAMOC はデスクトップコンピュータ HP 9825 と HP9835 付きの PK1 とエコマート 12 でモノコンパレータのオンライン測定をサポートした。それはエコマート 12 から点番号と写真架台座標をデスクトップコンピュータへ転送した。このときフィルム伸縮、レンズのディストーションおよび地球のわん曲収差を考慮する内部標定、オーバーラップしている範囲内の同一点が同じ点番号により隣接写真で確認、残存視差付きの相互標定、反復誤差の補正、ブロック空中三角測量のためにファイルへあるいは周辺装置へ写真あるいはモデル座標のアウトプットの作業が行われた。

解析図化機の出現でまもなくステレオコンパレータおよびモノコンパレータは製造中止となったが、それまでに 40 台以上の PK 1 を納品した。

9. 4 点刻機

写真測量でモノコンパレータとステレオコンパレータは、主に空中三角測量のために使われていた。画像の接続のために人工的なタイポイントが乏しい粒子の地域では必要であったため、点刻機を必要とした。1939 年のイエナ時代の ZEISS は、ステレオパントメータのために刻印する付属品を発表した。刻印すべき位置の中央に点刻した小さな穴付きの金属リングをセンターリングした後で、マークされた穴を針を使って点刻した。1943 年には電気的な点刻原理について特許をとったが、生産されなかった(HESS 1951)。1960 年オーバーコッヘンが PSK を発表したときには、再

び点刻機が必要となった。

いくつかの試作をした後で、マーク機 MK が自然の点のために考案されたばかりでなく、人工点を刻印するため点刻機 KS と隣接写真に既にマークされた人工点を移写するためのセンターリング装置 ES を製造した(BRUCKLACHER 1961)。

MK(図9. 39)はセンターリング装置付きの長方形の金属フレーム(ガラス乾板上にマークをセット)、と両側へのマーキング装置(回転する針)から構成された。両方の装置を膜面上におろしたときには同じ位置になった。点をセンターリングした後で、直径 1 mm の円形マークが作られた。点刻装置 KS(デルフトにある ITC トレーニングセンターの DONGELMANS の提案による)は、アクリルのガラス乾板の下側にマークする直径 0.2 mm の小さな鋼球を所有している。鋼球はガラス乾板にマークをつけ、そしてばね仕掛けの小さなハンマーを使って点刻する(図 9. 40)。結果は直径が約 0.1 mm の円形の穴が膜面につく。

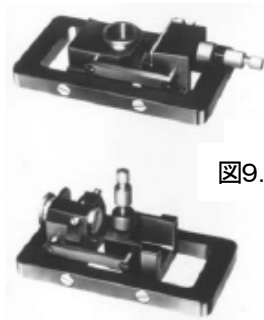


図9. 39 :マーク装置 MK(1960)

ステレオパートナーへ点を移写するときには、センターリング装置 ES を使う(図9. 40)。2つのネジで移写すべき点をリングマークを使ってセンターリングした後で、点マークに置き換える。次にKSは立体鏡のもとで立体観測してステレオパートナー上の正しい位置に点刻する(図9. 41)。



図9. 40 :点刻装置 KS とセット装置 ES(1961)

これらの標準ツールの精度は約 $\pm 5 \sim \pm 7 \mu\text{m}$ であった。1960年代の後半にはいくつかの競合会社は観測倍率と高い精度の非常に強力な点刻機を提供したが、CARL ZEISS オーバーコッヘンは高レベルの点刻機を発表するのに約

10年かかった。しかしながら、1979年シュツットガルトでの写真測量週間で、点刻機 PM 1 を発表した(図9. 42)。



図9. 41 :立体鏡下で点刻点の移写



図9. 42 :点刻機 PM 1(1979)

最新のコンパレータと最高級の解析図化機の高精度を経験していることで、空中三角測量の結果は点の移写の品質が全体的な精度のために非常に重要であり、そしてそれにより測定精度に影響を及ぼすことを承知していた。このため、点刻機 PM 1 はモノコンパレータ PK 1 と同様に位置の精度として $\pm 1 \mu\text{m}$ をめざした(SCHWEBEL 1979d)。

選んだ構造原理は、直接観察で架台上の両方の写真のフリーハンドの概略の位置決めができることであった。フットスイッチに連動した馬蹄形のアームで架台上の画像を固定した後で(図9. 43)、架台は一緒にあるいは微動設定のための $\pm 15 \text{ mm}$ まで移動することができた。

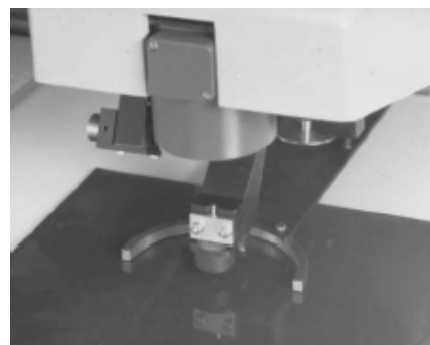


図9. 43 :PM1 の画像の固定と点刻ヘッド

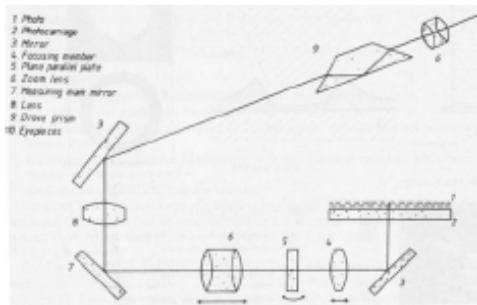


図9.44 :PM1 の光学的な略図

図9.44 は光学的な設定を示している。画像の回転のためには接続可能なドーププリズム($0^\circ \sim 360^\circ$)付きの観測光学系が光学鏡頭の中に取り付けられているため、測定光学系は頑丈な本体ケースに固定されている。測定光学系には測標マーク(黒点または光点)、ズーム倍率(6.5倍~26倍)、測標マークを点刻位置にセンターリングするための傾斜可能な平行平面の光学プレート、そして膜面側へのピント調整が含まれている。

人工的なマークは膜面に対して押しつけられそして2秒間最高 150°C まで暖められた針で点刻される。これは CARL ZEISS オーバーコッペンが 1951年に新しい特許のために使ったものと、1943年からイエナで前述した発明とほとんど同じのものであった。熱せられた針は膜面を溶かしそして黒いリングの中に光点が刻印される(図9.45)。この技術は暗い場所および明るい場所でマークが明確に見ることができる(図9.45)。 $40\mu\text{m} \sim 200\mu\text{m}$ までのいろいろな針の直径が使用できる。回転するフェルトペンをを使う追加的な色付きのリングマークは小さなマークの容易な確認ができる。

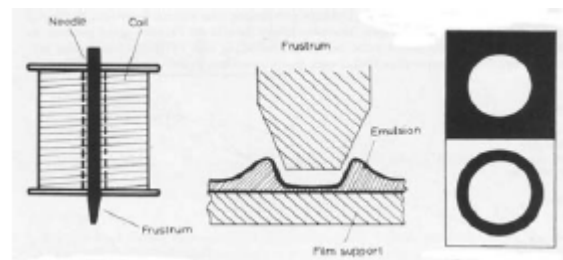


図9.45 :PM1 の点刻原理

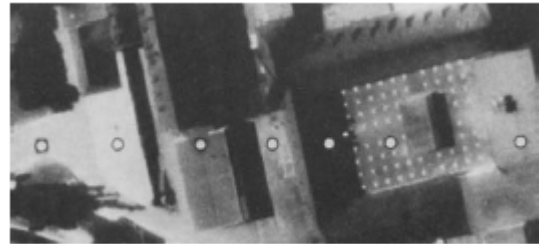


図9.46 :PM1による点刻サンプル

PM1を使ってはっきりと確認できる点のための点刻精度は、 $\pm 3\mu\text{m}$ がそれぞれの研究者によって証明された(SIGLE 1981)。

1979年PM1を紹介したときには、写真測量の業界はすでに点刻および移写の機材が飽和状態であった。さらにデジタルで記録する画像位置によるいわゆるデジタル点刻付きの解析図化機が、この機材を時代遅れにした。しかしながら1980年~1990年の間で30台以上のPM1を販売した。

10. アナログ図化機と付属品

1951年に再スタートすることで、オーバーコッペンの CARL ZEISS は復元した一級のアナログ図化機ステレオプラニグラフC7、そして間もなくC8を主に大縮尺の精密図化とコース空中三角測量に使うために製造した。翌年には、小縮尺および中縮尺の図化のために新しく三級図化機ステレオトップを開発した。ヘルブルックの WILD 社は ZEISS のような第二次世界大戦の被害はなく、この競合会社は1949年に一級図化機としてオートグラフA7、そして翌年にはA8を開発した。WILD製のオートグラフA8は業界で支持された2級図化機であり、そして特に開発途上の国々では中縮尺と大縮尺の地形図作成の迅速な需要を満たすために多くの台数が納品された。

この急増する需要のために、ほかの競合会社は間もなく適

切な図化機を製造した。すなわち1947年にはKELSHプロッター(アメリカ)、1950年にはSOM(フランス)製のPOVILLIERSによるステレオトポグラフD、1952年にはイタリアのGALILEO社のSANTONIIによるステレオシムプレックスIIIとOMI製のNISTRINIによるフォトステレオグラフモデルベータ、1954年にはロンドンのHILGER & WATTS製のTHOMPSON-WATTSプロッターモデル1、1955/1956年にはソビエトからROMANOWSKIによるステレオプロジェクト SPR-2、DROBYSCHEWによるステレオグラフSD。ZEISSオーバーコッペンへの圧力は1958年にはWILD製のB8、1960年にはアーラウのKERN製のPG2さらにイエナがステレオメトログラフを開発したことでさらに高まった。

1948 年以来オーバーコッヘンは主に機械の戦前のモデルの復元と製造(4および5章を参照)に携わっていたが、設計者はそれらの競合会社の活動を注意深く観察し、そして独自の2級図化機の計画を開始した。その当時、CARL ZEISS オーバーコッヘンの組織的な構造が弱かったため、ソリューションに対する開発は3つの異なった部門でそれぞれが継続されたそして特許登録された異なった方法で行っていた。

ステレオプラニグラフの発明者そして現在はオーバーコッヘンの役員であった BAÜRSFELD は今だ光学的な投影法を好み、そして拡張した C8 の別のモデルに集中していた (BAUERSFELD et al. 1953b)。SONNBERGER の機械設計部門では、軍事目的のための機械的な計算器による彼のイエナの経験をベースにした機械的な歯車による解放を開発した (SONNBERGER 1954f)。若い工学博士 AHREND の写真測量開発研究室では電気的なアナログ計算と“光学的なロッド”すなわちスペースロッドのような光の回路による両方を開発チームでは考えていた (PENNING et al. 1959 & AHREND 1961)。それらの結果をベースにした試作機を製造し、そして1960年と1962年に“ステレオプラニグラフ C9”以外は公表された (1959年にBAUERSFELDの死去)。

10. 1 1960 - 1963 年間の試作機の開発

1960年にロンドンで開催された第9回写真測量国際会議に、CARL ZEISS オーバーコッヘンは2台の新しいアナログ図化機プラニトップとエアロマツを発表した。



図 10. 1: 電気的な計算器付きのプラニトップ E (1960)

このプラニトップ E (1973年のプラニトップ F2とは別製品、10.5章を参照)は3級図化機ステレオトップを改造し、そしてより高い精度を目的とした。それは特許化された(機械的の代わりに)電気的なアナログ計算器を採用したことでステレオトップとは別製品であった (AHREND 1958)。図 10. 1はプラニトップ Fを示す。図 10. 2は5つの必要な計算(モデルの平坦化、高度計算、x と y 方向の位置の補正、高さの視差)の1つに対する電気回路の略図を示した。

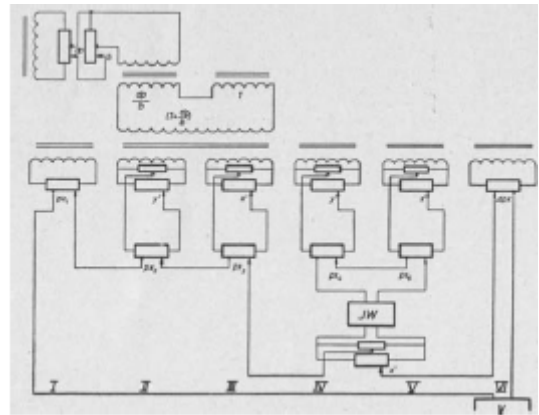


図 10. 2: モデル平坦化のための回路図

SEG のアナログ的で電気的な消失点条件計算器の良好な経験(1952年以来)をベースにして、そして1958年にまだアナログ的で電子的な計算器も使っていた HELAVA の最初の解析図化機の考えにより、ZEISS は機械が大縮尺図化のために使うことができることを意味するステレオトップと比べてよりかかない精度を期待した (AHREND 1960a)。ハノーバー大学での試験では、ドイツ基本図 1:5,000 の要求には達していることを確認した (LEHMANN 1960a)。しかしながら、はっきりとした高さの視差にもかかわらず、高度の直読、測標マークへの改良、観測光学系とパンタグラフさらに標定手順がステレオトップと同様に相変わらず正規の方法ではなく、測標マークの移動が画像の移動で行われるため、モデル空間の代わりに右の画像空間が主体であり、近似解法の継続的な使用が変更される写真の傾きで精度にも影響されるというようないくつかの問題点があった。その結果としてプラニトップ E は製造されなかった。

プラニトップ E と並行して、CARL ZEISS は超広角写真も処理できるように製造された2級図化機エアロマツを公表した。

図 10. 3はハンドルの近くに標定要素の配置、左側に (PSK と同様に) 密着写真で位置の表示、右側に高度高度カウンタさらに本体の上に描画面を示している。高度と図化縮尺は交換歯車で選べるようにした。

ステレオモデルの作成は機械の中で特許登録された、いわゆる光学的なスペースロッドにより行われた (PENNING et al. 1959 & AHREND 1961)。モデル点は光源により、それぞれの投影中心はピンホールでそして画像点はフォトセルで再現された (図 10. 4)。この4つに分けられたフォトセルは光線を中心規正できそしてどんなずれも検出できたため、それぞれの画像を移動させて補正した (AHREND 1960a)。相互標定のためには画像架台は絶対標定のためにモデル架台が傾けられた。

ZEISS 技術者が光学的なスペースロッドを使った意図は、モデルの経済的な作成と機械的なスペースロッドのゆがみと摩耗によるモデルの変形を避けることであった。実際に電氣的な制御システムは非常に複雑になり、そして費用がかかりさらに得られた精度は不十分であった。このため、プラントップ E と同様に 1960 年のロンドン会議で試作機を発表後まもなく中止した。1956 年には KERN は断念したエアロマットと同じコンセプトを発表していた。



図 10. 3: 2級図化機エアロマット(1960)

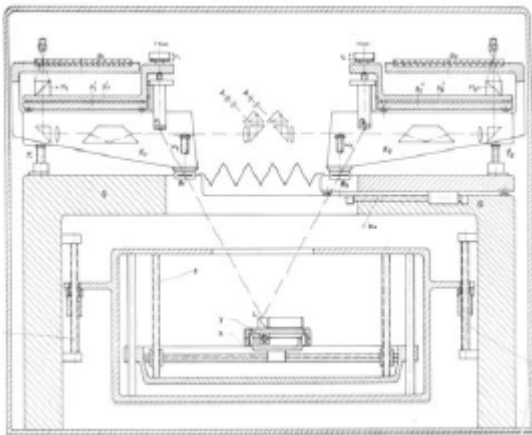


図 10. 4: エアロマットの光学的なスペースロッド

オーバーコッヘンの ZEISS は WILD の図化機オートグラフでは成功裏に使っていた機械的なスペースロッドについての湧き上がる疑問を、速やかに社内の考えにもとづく別の解決策を実現するために第3の試みに導いた。既に前述したように計算のために(ステレオトップのように)機械的な歯車による経験をベースにして、SONNBERGER の設計構想がズプラグラフとして実行されそして 1962 年にワシントン D.C の“マーチ会議”(現在の ASPRS の春季会議)に展示された(図 10. 5)。

この図化機は(超広角を含む)生の航空写真を非常に高い精度で図化することができ、そして空中三角測量も使用で

きる(TRAGER 1962)。ステレオコンパレータとしての使用も可能であった。画像とモデル間の投影関係を計算することで、写真架台はコンパレータと同様のクラスライドの方式で作り上げられた。図 10. 6 はズプラグラフの機械的な計算器グループを使うために書かれた機械的な公式である。図 10. 7 は歯車の略図と概要を示し、図 10. 8 はそれぞれのそしてズプラグラフを予想よりはるかに高価にした非常に多くの機械的な歯車とカルダンシャフトの概観を示している。高精度という要求は格子板での測定から座標精度は $\pm 3 \mu\text{m}$ で確認されたが、試作機は1台だけ製造されそしてアメリカ政府の役所に販売されられそしてそれは数年間成功裏に使われた。



図 10. 5: ズプラグラフ(1963)

この一連の失敗は 1962 年～1964 年にミュンヘンの ZEISS AEROTOPOGRAPH の OTTO HOFMANN によってなぜか広がった。以前に彼は 1954 年からイエナで写真測量的な図化機のマネジャーであった。彼はミュンヘンで機械的なアフィン図化機のコセプトを記述していたが、当時 ZA の CARL ZEISS オーバーコッヘンへの統合が既に進行中であり、そして HOFMANN は ZA を去りオットブルンの MBB に就職した。

$$m = x \cdot \text{tg} \varphi + y \cdot \text{tg} \omega$$

$$\alpha = \sqrt{\text{tg}^2 \varphi + \text{tg}^2 \omega + 1}$$

$$K = \frac{z - (x \cdot \text{tg} \varphi + y \cdot \text{tg} \omega) \cdot [1 - \sqrt{\text{tg}^2 \varphi + \text{tg}^2 \omega + 1}]}{\sqrt{\text{tg}^2 \varphi + \text{tg}^2 \omega + 1}}$$

$$x' = \frac{f}{z \cdot K - m} \cdot x + \text{tg} \varphi \cdot \frac{2z + K - m}{1 + \alpha}$$

$$y' = \frac{f}{z \cdot K - m} \cdot y + \text{tg} \omega \cdot \frac{2z + K - m}{1 + \alpha}$$

図 10. 6: ズプラグラフの数式

その間、競合会社による ZEISS への圧力が、ほかの新しいアナログ図化機モデルの出現で増大した。1963 年と 1964 年に THOMPSON-WATTS の図化機モデル 2、GALILEO 製のステレオカルトグラフモデル V とステレオシンプレックス II、さらに SOM 製のプレサ 224 が紹介された。1965/1966 年にイエナがステレオトリゴマートとステレオメトログラフと続いた。このためオーバーコッペンでは最終的に、1954 年に既に BAUERSFELD によって既に提案されそして特許登録されていた機械的なスペースロッドを採用しそしてそれを設計構想で使用することを決定した(ZEISS 1954b)。結果としてプラニマートが 1963 年～1966 年に開発された(10.3章を参照)。

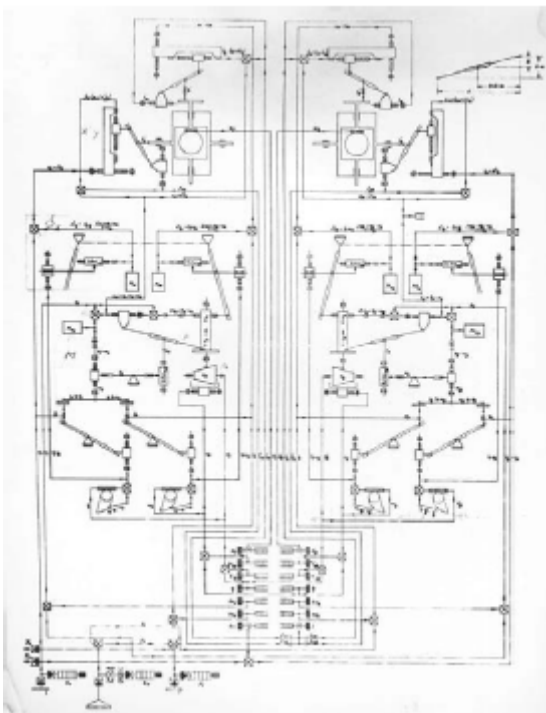


図 10.7:ズプラグラフの歯車の略図

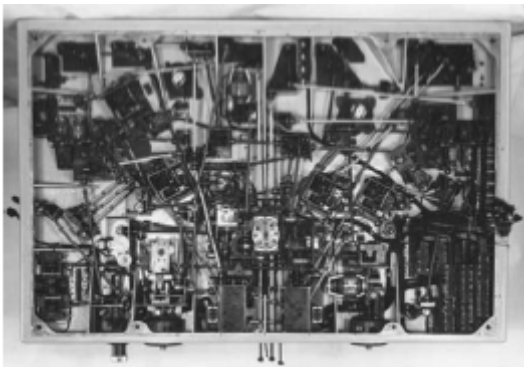


図 10.8:ズプラグラフの底部の歯車の概観

10.2 余色図化機ダブルプロジェクタ DP

1947 年以降、ケルシュプロッタはアメリカで汎用図化機になった。このステレオ図化機は 1915 年 GASSER によって特許登録された“光学投影法”の原理にもとづき、そしてオリジナルフォーマットの写真を使った。それは縮小したフォーマットを使ったイエナの ZEISS 製のマルチプレックスを含むいろいろな製造会社から、いくつかの戦前の機材の移行につながった。

1951 年、オーバーコッペンにはケルシュプロッターと同様にフルサイズの写真を使うことができるが、モデルの拡大が 5 倍の代わりに 2 倍～3 倍のデュプレックスという名称のダブルプロジェクタの試作機を完成していた。次に必要な狭い基線長は投影方向を拡散することで実現した(図 10.9)。当時、何かの理由で、この開発といくつかの関連したそして同様の特許使用は続行されなかった(SONNBERGER 1951, ZEISS 1953 & AHREND 1959)。



図 10.9:デュプレックス(1951)

プラニマートの開発が一段落した後で、1965 年オーバーコッペンは 2 級のステレオ図化機としてダブルプロジェクタの開発を再開した。注目すべき推進力はドイツのノルドライン・ウェストファーレン州の測量局が 1:25,000 の地形図の修正のために簡単な図化機を探していた。この図化機はステレオモデルと地図を直接視覚的に比較でき、そしてステレオトップよりも高精度であった(KRAUSS 1967)。

ダブルプロジェクタ DP1 は 1967 年の写真測量週間で初めて公表された(AHREND et al. 1968)。DP1 の特性はポジフィルムとネガフィルムの 60%オーバーラップのモデルだけを投影するために、非対称の写真保持器であった(図 10.10)。写真保持器は ϕ 方向と ω 方向に傾けられ、そして z 架台上の基線桿に取り付けられ、足盤で上下方向の移動

ができた。基線桿を回転して写真保持器の基線長を変更した。写真の回転角 κ を調整するときには、プロジェクタの写真保持器を回転した。高度値はZ 架台の小さなスクリーンで交換可能なガラス縮尺から読み取った。縮尺は標準として1:5,000、1:10,000、1:25,000、特注として1:12,000、1:24,000、1:36,000 であった。ほかの縮尺は特注品として納品することができた。交換可能な投影レンズによるモデルの拡大は、地形図の修正のために通常の写真縮尺に合致されるため、焦点深度の範囲は20%でほとんどの場合充分であった。全体のモデル範囲はZEISS製の偏位修正機SEGと同様のフレネルレンズコンデンサーで照明され、そして画像の分離については、余色原理は最適なレッドとグリーンフィルターを使った余色原理で行った(図10.11)。モデルの評価のために、ステレオモデルは本体テーブル上の白黒の地図に直接投影するかあるいは傾斜可能な、光点マークの測標、上下可能な作図具付きの小さな移動可能な描画台に投影される。

1969年、DP1の改造版が製造されそしてDP1bとして特殊車での車載使用のためにドイツ陸軍地形部隊に納品された(図10.12)。



図 10.10 :ダブルプロジェクタ DP1(1967)

DP1の使用パラメータは次のとおりであった:

- ・ 焦点距離: 153 mm
- ・ 画像サイズ: 230 mm × 230 mm(140 × 230 が使用可能)
- ・ ファイ: ±6 グラード
- ・ オメガ: ±6 グラード
- ・ カッパ: ±16 グラード
- ・ 共通のファイ: ±6 グラード
- ・ 基線長 bx: 130 mm ~ 325 mm

- ・ 倍率: 2.5 倍 (特注の投影レンズで2.0 倍と1.6 倍)
- ・ 焦点深度: 最高±20% (レンズ絞り1:22 ~ 1:80)
- ・ Z 範囲: 本体描画機 250 mm ~ 620 mm
測標台 170 mm ~ 540 mm
- ・ 本体描画機のサイズ: 600 mm × 800 mm
- ・ 小さい測標台のサイズ: 120 mm
- ・ 測標マークの直径(光量調整が可能): 0.4 mm

拡大倍率2.5倍で格子モデルの測定により、図化精度は平面位置が±0.12 mm、高さが飛行高度の±0.15%であり、ケルシュプロッタの倍率5倍と同じであった(SCHWIDEFSKY 1964)。

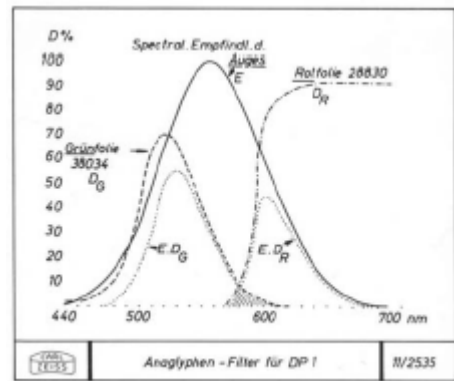


図 10.11 :余色フィルターの分光特性



図 10.12 :ダブルプロジェクタ DP1の車載版 DP1b
(左:輸送時、右:使用時)

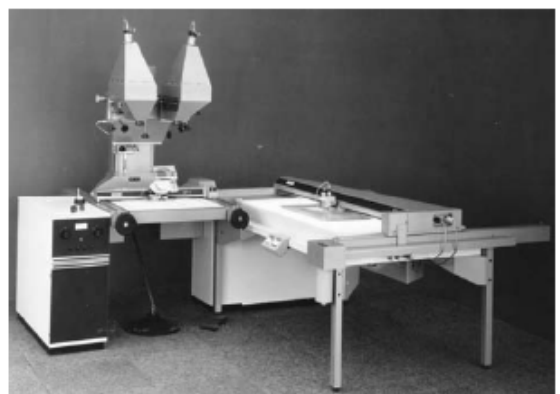


図 10.13 :外付け描画機 EZ3 付きの DP3(1969)

1969年にはDP2とDP3の構成を発表した。DP2では小さな測標台が追加的なXY方向駆動システムに取り付けられ、そしてハンドルで動かすことができる。XとY座標は最小読取単位0.1mmで機械的なカウンタから読み取ることができた。DP3(図10.13)はシンクロモータと交換歯車經由で外付け描画機EZ3をDP2に取り付けたものである(10.6章を参照)。

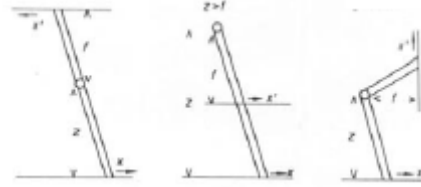
すべてのステレオ図化機に対する潜在的な誤差因、特に1922年にPULFRICHが既に検査しそして記述しているいわゆる“フェルツチ効果”でダブルプロジェクタを使うときに図特に危険性がある。この現象はダイナミックな測定中に基線方向に平行なとき、すなわちX方向への等高線の図化あるいは地形断面測定のとくに生じることがある。理由は左右の照明が同じでないときに、暗いほうの画像が人間の脳に数1/100秒遅く到達するという人間の潜在的な観察システムによる。そのため仮定のx視差と測標マークをx方向に動かすと地形の対して上に見えたり、あるいは沈んで見える。オペレータは等高線作図中に方向が変わりそして等高線を間違えることが起こる。地形断面の測定中には間違ったz動作が地形断面の高度をミスすることになる。図化精度に対する波及効果は、平面で0.5mmあるいは高さは飛行高度の0.3%以上ある(HOBBIE 1972)。照明の必要な本当の均一性はXハンドルで往復しそして測標マークを観察することで容易に求めることができる。一様でない照明は測標マークの存在に影響を及ぼすため、左画像あるいは右画像のランプを調整して一様にしなければならない。

1980年代の中ごろには、簡易式の正射投影機オルソ-3-プロジェクタおよび外付け描画機EZ3とEZ4(10.6章)を製造していたZEISSの子会社のベツラーにあるHENSOLDTで約200台のダブルプロジェクタを組み立てた。

10.3 一級図化機プラニマート

1960年と1962年のプロジェクトを失敗後(10.1章を参照)、オーバーコッヘンは機械的なスペースロッドの原理を使うことに専念した。(たとえばWILDのオートグラフシリーズで使っているような“両腕式”のロッドとは異なり、ZEISSはすでにBAÜRSFELDが提唱した独自の特許登録された構造ではなく(ZEISS 1954b)、“片腕式”のロッドを使う改造版を使った。このタイプはスペースロッドが短くそして固定された投影カルダンと移動する写真架台との間で課せられる負荷がないため、ゆがみに対して非常に強固である。別の利点は焦点距離の設定が簡単な構造である。図10.14は“両腕式”と“片腕式”そして後のプラニトップのために説

明する“クランク式”のロッドの原理を示している(10.5章を参照)。



10.14 :さまざまな機械式ガイドロッドの構造;
左:両腕式、中:片腕式、右:クランク式

1964年夏、適当な外部描画機付きアナログ図化機の最終的なコンセプトの木製の実物大のモックアップを作製した(図10.15)。詳細なテストと改善を行った後(AHREND 1964b & 1966b)、新しいZEISS製プラニマートと描画機EZ2(10.6を参照)の技術的に完全な試作機を、1967年にカールスルーエで開催された写真測量週間で公表した(図10.16)。



図10.15 :プラニマートと描画機EZ2の木製のモックアップ(1964)

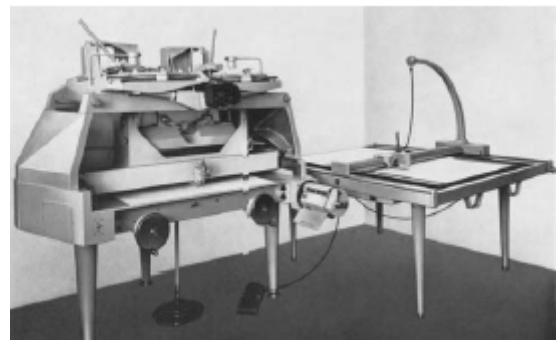


図10.16 :プラニマートと描画機EZ2(1967)

プラニマートD2の顕著な特徴は、モデル架台の下にあるサイズが1,200mm×1,100mmの内部描画面であった。描画ペーパーは磁気ラバーシート上に薄い金属性の定規で固定できた。上部の縦横方向のガイドで、傾斜可能な写真架台は3点で保持された。これらには、写真架台の

XY方向のガイドレールと偏心した投影カルダンのための機械的なアームが取り付けられていた。機械的なアームはセットされた焦点距離により高さの調整ができた(図 10. 17)。写真架台のピボットは前面のバーに偏心して取り付けられており、そして光学的な観察系はこれらのピボットを経由して導かれていた。1960年にGOUDSWAARDの発見にもとづいて、これは経験的な相互標定が非常に速やかに収束した。

規正された焦点距離の連続的な設定は広角および超広角写真のために84 mm ~ 218 mmか、カルダンを移動後、普通角と長焦点写真のために180 mm ~ 308 mmという128 mmの範囲をセットできた(後継機のプラニマート D3では全体の範囲を三段階に分割された)。

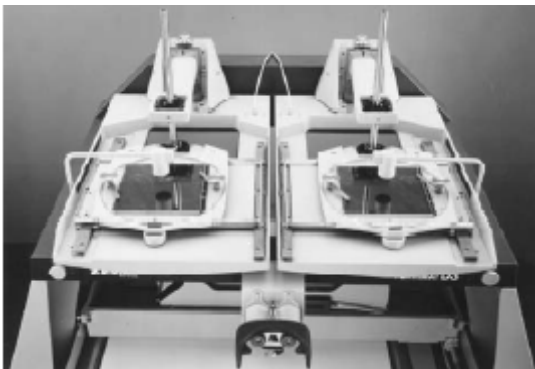


図 10. 17 : 写真架台と投影カルダン

機械的なスペースロッドは、いわゆる“ツァイスの平行四辺形”を使用するために基線長 b_x で完全に離れていた。これは非常に狭い基線成分 b_x が使用でき、 b_y 、 b_z で相互標定を簡素化するために使えるという利点がある。さらに絶対的なモデルの平坦化のために共通の ϕ を使わなくてもよかった。

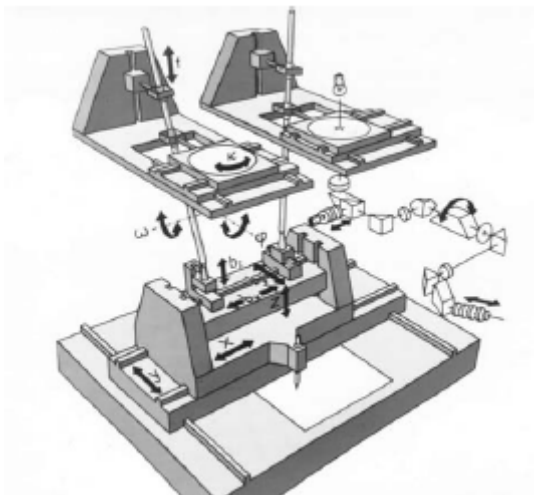


図 10. 18 : プラニマートの構造原理

b_y と b_z による相互標定は通常の連続的な“ κ_1 、 κ_2 、 ϕ_1 、 ϕ_2 、 ω_1 ”でグラーバー一点で y 視差の除去を手作業で行うばかりでなく、“ b_y 、 κ_2 、 b_z 、 ϕ_2 、 ω_1 ”による改善されたそして迅速な収束を行うことができた。

プラニマートでは観測光学系が移動するのではなく写真架台が移動し(ω 設定による1つの鏡の傾きを除く)、そして光学系は写真架台のカルダンに渡された。これは光学的な構造を簡素化しそして非常に高い観察品質が得られた。観測倍率は8倍、観測視野は31 mmであった。画像の回転はドーププリズムで行われそして直径が $40 \mu\text{m}$ の測標マークは明るさが調整可能な光点マークであった。

写真架台には非常に高精度な9個の格子マークが刻み込まれているため、機械のキャリブレーションで特別な格子板が不必要だけでなく、空中三角測量のために投影中心の座標を測定するための簡単なそして特許登録された方法も可能であった(BRUCKLACHER 1970b)。特注品としての非球面の補正板はカメラのディストーションを削除するために納品することができた。

モデル架台の x と y には、非常に高い精度を得るためのもとなる高さと平面方向の移動のために特殊鋼のレールで移動できた。広い一次の y 架台はブレを除くために精密なスピンドルで移動した。ハンドルは、位置の変化を粗動(ハンドルの1回転で10 mm)と微動(2mm)に切り替えられた。さらに標準でフリーハンド操作が装備されていたので、たとえば迅速なモデル標定のときに、さらに内部描画面で図化するとき使用できた。このためレバーを使ってスピンドルナットの接続をフリーにできた。これは既に1959年に特許登録されている(MONDON 1959b & 1959c)特別なロールナットで可能になった(図 10. 19 と図 10. 20)。このロールナットはワイヤー巻きのスピンドル(硬くした金属ワイヤーをスピンドルネジのピッチに埋め込んだ)上を熱および摩耗なしで移動した。

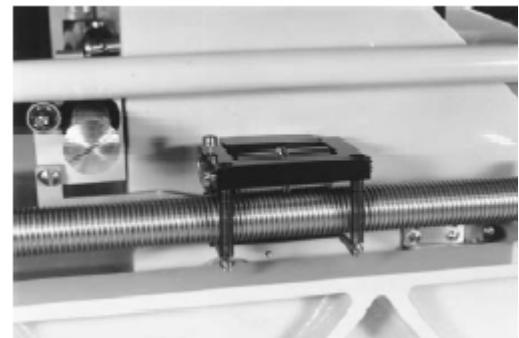


図 10. 19 : モデル架台のロールナットとワイヤースピンドル

Z架台は2本の丸いバーでガイドされ、そしてお互いに変換チェーンに接続されている4本のZスピンドルで足盤で稼働される。光学的な地球のわん曲収差の補正装置は中小縮尺の図化のために使用できる。これは高さの設定とZガイドネジの間の小さな補正をy座標だけに行った。x方向への影響は、y方向への影響に対してモデルのサイズが小さかったため1/4であるため無視された(図10.21)。

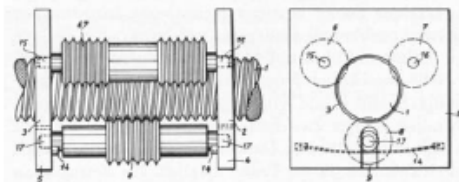


図10.20 : スプリング負荷のロールナットの原理

1969年、投影カルダンのための特別な特注のアームがたとえば地上測量カメラ TMK6 のような地上写真の計測を行うために、焦点距離が84 mm 以下の使用が可能のように改造された(図10.22)。

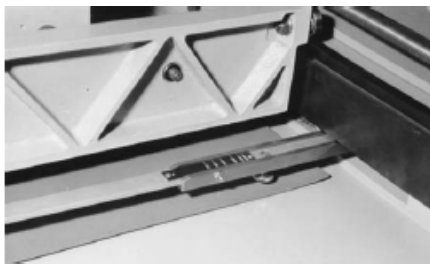


図10.21 : 地球のわん曲収差の設定



図10.22 : (地上写真の)焦点距離84 mm 以下の使用のための特注の投影カルダン

プラニマート D2 そして後の D3 の主な仕様は次のとおりであった:

- ・ 焦点距離: 84 mm ~ 305 mm
- ・ 写真サイズ: 230 mm × 230 mm まで
- ・ ファイ、オメガ: ±5.5 グラード
- ・ カッパ: ±400 グラード、(D3: ±20 グラード)
- ・ bx: 0 mm ~ +340 mm

- ・ by: ±17 mm
- ・ bz: ±42 mm
- ・ x: 415 mm (D3: 460 mm)
- ・ y: 700 mm
- ・ z: C + 40 mm ~ c + 310 mm (c = 規正された焦点距離)
- ・ 観測視野: 31 mm、観測倍率8倍のとき

格子測定で求められたプラニマートの精度は、写真縮尺での平面位置x, yは±5 μm、独立単点の高さは飛行高度の±0.04%であった(AHREND 1967a)。独立モデル法による空中三角測量の結果、従来の1級図化機の精度であることが確認された(EBNER et al. 1970)。空中三角測量のためには、投影中心の座標を写真架台上に刻み込まれた格子マークを使って以前に述べた交会法によるか、あるいはロッドに磁石で固定した円形レベルを使ってスペースロッドの位置を垂直にし、そしてロッドの次に規正されたリングマークとのZ値の差を求めるとどちらかの方法で決めた。

プラニマートは独立モデルによる空中三角測量のほかに、数値地形モデルの測定と精密図化のために使用された。座標読取は最小読取単位0.01 mmのC8で使っていた座標記録装置の座標カウンタあるいはエコマートで可能であった。メートルあるいはフィートの交換歯車での高さの値の直接的な読み取りは、通常モデル縮尺で可能であった。オルソフォト作成のための地形断面の自動的な測定は、ITEK製コレレータEC 5が使用可能であった(8.4章を参照)。以前の半自動の(1:500 ~ 1:10,000)大縮尺図化作業の注目すべきサンプルは、1969年以来4台のプラニマートに磁気テープ装置と図化のために自動製図機付きで使っていたカナダのオンタリオ州通信輸送局であった(MCLEOD 1973)。

1970年プラニマートは少し改造され、別のカラーに塗られそして名称をプラニマート D2 とした。図10.23はデジタルマッピングのためにエコマート 12、デスクトップコンピュータと磁気テープ装置付きのプラニマート D2 を示す。



図10.23 : エコマート 12 と HP9825 付きのプラニマート D2

1980 年から価格低下目的のために再改造後わずかに範囲を変更してモデル D3 として納品した(図 10. 24)。サポート目的のために概観を特殊鋼にすることで(プランカートと同様な)、重量が軽くして安価になった。内部描画面はライトテーブルとし、そして外付けの描画機 E22 の機械的な接続を中止した。EZ4 あるいは EZ3 は後でオフラインの図化でデジタルのためにエンコーダを既に使っていたため、シンクロ経由で接続した。x、yのためにロータリーエンコーダの代わりにリニヤーエンコーダを使うことで、フリーハンドのガイドが測標マークとエンコーダ間の関係を壊すことなく使用できた。

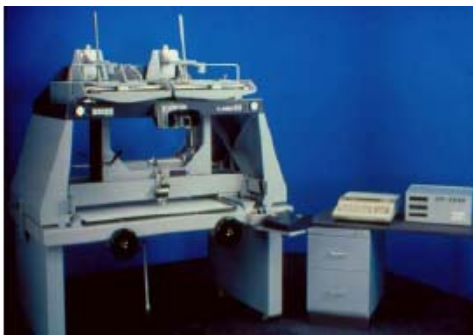


図 10. 24 : プラニマート D3(1980)

1980 年末までに、約 200 台のプラニマートが納品された。図 10. 25 は 1970 年代のプラニマート組み立て室を示している。



図 10. 25 : プラニマート D2 と E22 の生産

10. 4 二級図化機プランカート

ほとんどすべての航空写真のための万能のそして非常に精密なステレオ図化機としてプランカートの速やかな受け入れにより、ZEISS は図化目的に限定した、安価なそしてまだ多くの図化要求についてより優位性を保持するために改良版を製造することに決定した。

徹底的な価値の分析および専用のデザインにより、主に縮

尺 1:5,000 ~ 10,000 が中心のすべての図化作業のための最適な図化機として、1971 年の写真測量週間でプランカート E2 を発表した(SCHWEBEL 1972)。プランマート D2 と比べると、プランカート E2 は 650 の設計した部品に対して 300 だけ、1,700 の製造した構成部品に対して 1,050 で構成されている。これが D2 の費用のわずか 60%の生産費用になり、そして重量は D2 のわずか 47%に軽減された。プランカートは素晴らしい出発をもたらした(図 10. 26)そして 1990 年の製造中止までに約 200 セット販売された。

片腕式のスペースロッド、投影中心と写真架台のカルダンの偏心、3 点支持の写真架台、写真架台とモデル架台の移動と内部描画面(現在はわずかに小さくして照明された)プランカートの構造原理はプランカートでも継続された。規正された焦点距離は次の 1 つにセットできた: 87, 115, 153, 210 あるいは 305 mm(それぞれ ± 3 mm)。観測倍率は 6 倍、観測視野は 30 mm そして測標マークの直径は 80 μ mを採用した。

1974 年にはプランカートはさらに最適化されそしてより費用対効果を高めそして名称を E3 にしたが、主な仕様パラメータはほとんど変更しなかった:

- mm 単位の焦点距離: 87, 115, 153, 210, 305(それぞれ ± 3)
- 写真サイズ: 230 mm \times 230 mm まで
- ファイ、オメガ: ± 5.5 グラード
- カッパ: ± 400 グラード、(E3: ± 20 グラード)
- bx : 0 mm ~ +370 mm
- by : ± 17 mm
- bz : ± 42 mm
- x : 460 mm
- y : 700 mm
- z : c+40 mm ~ c+390 mm (c=規正された焦点距離)
- 観測倍率: 31 mm(6倍) (E3: 26 mm(8倍))



図 10. 26 : サザンプトンの英国測量局における描画機 E23 付きのプランカート E2(1973)

格子測定からのプラニカートの精度は、写真縮尺で平面位置が $\pm 6 \mu\text{m}$ 、高さが飛行高度の $\pm 0.06 \%$ (単独設定に対する平均座標誤差)であった。そのためD2とD3と比べて平面位置の精度が2倍そして高さが1.5倍悪かったが、これはまだグラフィックの図化の要求精度を満たしていた。

内部描画面上での図化およびスクライブのためにプラニマートとプラニカートの両方は、フットスイッチでさまざまな描画ツール付きの調整可能なそして照明された描画装置 ZZ 3(後に ZZ 4)を装備していた。モデルに対する大きな拡大のためには、外付けの描画機 EZ3 あるいは EZ4 を使うことができた(図 10. 27)。エンコーダを取り付けそしてエコマートあるいは DIREC で迅速な記録、コンピュータ支援の図化、あるいは接続したデスクトップあるいはミニコンピュータへのデータ転送も可能であった(図 10. 28)。

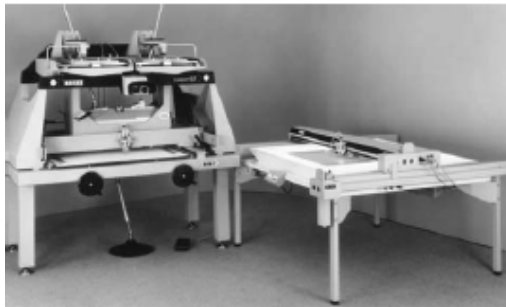


図 10. 27 : 描画機 EZ4 付きのプラニカート E3



図 10. 28 : DIREC 2 と CRT ターミナル付きのプラニカート E3

10.5 二級B図化機プラニトップ

プラニマート(1967)とプラニカート(1971)に成功裏に業界に発表したとき、WILD ヘルブルックも 1971 年に中小図化縮尺のための成功裏のフリーハンドのガイド付きのステレオマッパー-B8 の改良版として B8S を発表した。これにより CARL ZEISS オーバーコッヘンは、これらの作業そしてまだ販売されていた安価なステレオトップのための後継機を

開発することを決定した。プラニマート/プラニカートの設計経験をベースにして、厳密解法の図化機を計画した。さらに安価でスペースロッドの代わりに xz および xy 平面のために平坦な定規(イエナのトポカルトと同様な)、あるいは VAN DEN HOUT からの提案にもとづく”クランク式のスペースロッド”によくないつかの設計案をチェックした。これらの解法は写真架台を傾斜される必要を避け、そしてそのため VAN DEN HOUT は投影カルダンでそれぞれのクランクでの ϕ と ω をスペースロッドに導入することを提案した(図 10. 29)。しかしながらテスト失敗後、機械設計者は新しいプラニトップFのためにプラニマートとプラニカートのような旧式の機械的なスペースロッドを決定した(1960 年のプラニトップEとは異なる、10. 1 章を参照)。

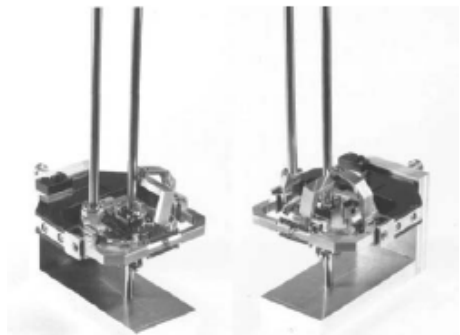


図 10. 29 : “クランク式スペースロッド”の機能モデル

通常では写真縮尺と図化縮尺との間の非常に少ない拡大が要求される中小縮尺の図化のために、機械は費用をさらに抑えるために非常に小型機を設計することができた。このため新しいステレオ図化機の拡大範囲を 0.5 ~ 1.5 倍にした。これはオーバーコッヘンでは以前に採用された片腕式のロッドでは不可能であった(図 10. 30)。最終的なプラニトップFの構造原理は図 10. 31 に示した。

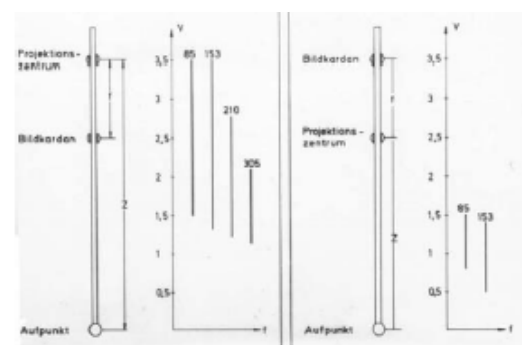


図 10. 30 : プラニカートとプラニトップでのモデルの拡大

機械的な両方のスペースロッドは、ツァイスの平行四辺形をお互いに維持するためにモデル架台の球状の支点に取

り付けられている。この支点はbxとbz方向に動かせる。消失した by 設定の代わりに、写真は回転角 κ で回転しなければならなかった。図 10. 32は金属製のチューブ上を動きそして照明されている内部描画面に触れない、フリーハンドガイドのモデル架台を示している。高さの値は 15 倍の拡大鏡で交換可能なZ縮尺目盛から読み取る。モデル架台の 2 つのハンドグリップはの間には、微動調整のZ回転リングと片側には電動の粗動と微動の切り替えスイッチがある。

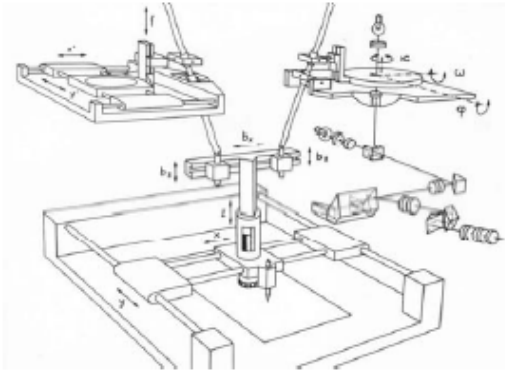


図 10. 31 : プラニトップ F の構造原理



図 10. 32 : プラニトップ F2 — フリーハンドガイドのモデル架台

等高線の図化および連続的な線分図化中の測標マークのスムーズな移動のために、オペレータはモデル架台を前方に押したときにわずかな抵抗を感じる。このため調整可能な摩擦ブレーキを利用できる。大きな画角のときにおこるガイドロッドの傾きは、ガイドロッドの調整で補正できる。

プラニトップ F2 は 56kg の重量(プラニカートの 1/10)と 210 の設計されたそして 520 の製造部品の卓上型のステレオ図化機である。最初に 1973 年にシュツットガルトの写真測量週間で(SCHWEBEL 1973c)で、写真から図化が 1.4 倍 ($c=153\text{ mm}$)と 1.5 倍 ($c=85\text{ mm}$)以上拡大できるポラーパントグラフ PP2 付きで公表した(図 10. 33)。モデルとパントグラフ間の拡大は、交換歯車で決められる(図 10. 34)。

1979 年 10 月にわずかに改善されたプラニトップ F3 が完成したが、1980 年まで展示されなかった。主な改造点は減らしたパントグラフにより達成された追加的なそしてより精密な微動、そして特注の地球のわん曲収差の補正装置であった(図 10. 36)。

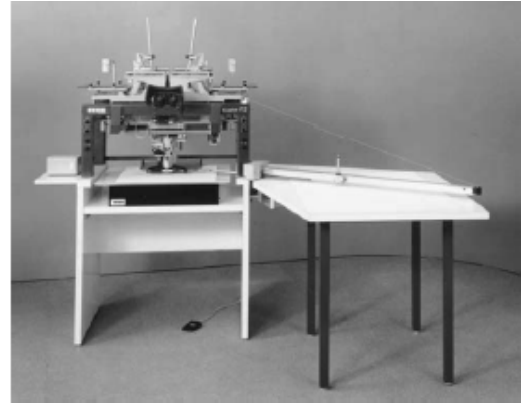


図 10. 33 : パントグラフ PP2 付きプラニトップ F2

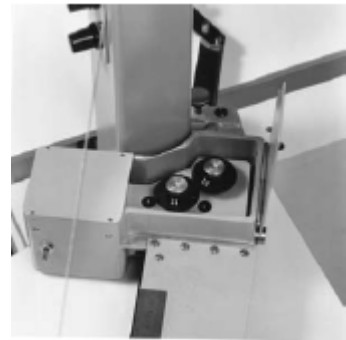


図 34: パントグラフ PP²用の交換歯車

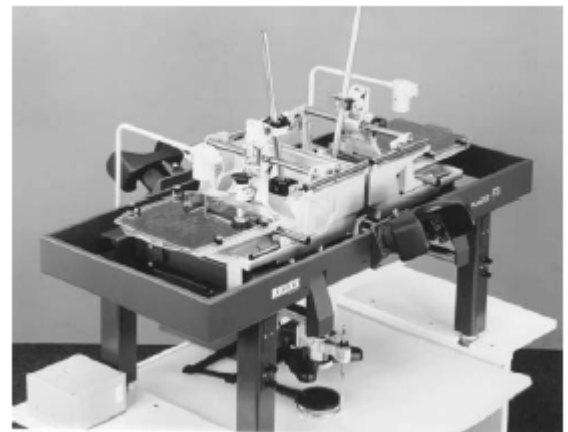


図 10. 35 : 新しいフリーハンド付きのプラニトップ F3

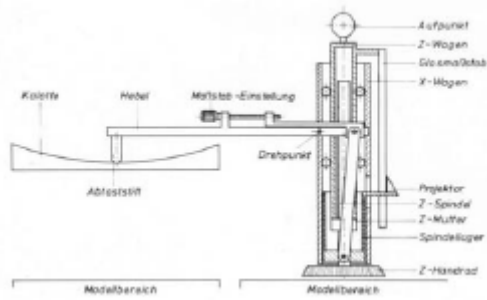


図 10.36 : 特注の地球のわん曲補正の原理

プラニトップ F2/F3 の主な仕様パラメータは次のとおりであった:

- ・ mm 単位の焦点距離: 87,153(それぞれ ± 3)
- ・ 写真サイズ: 230 mm \times 230 mm まで
- ・ ファイ、オメガ: ± 5.5 グラード
- ・ カッパ: ± 15 グラード
- ・ bx : 40 mm \sim + 150 mm
- ・ bz₁ : ± 15 mm
- ・ bz₂ : ± 15 mm
- ・ x : 240 mm
- ・ y : 320 mm
- ・ z : 60 mm \sim 240 mm ($\Delta z = 110$ mm)
- ・ 倍率: 0.8 倍 \sim 1.4 倍(焦点距離 87 mm では 0.5 倍 \sim 1.5 倍)
- ・ 観測倍率: 30 mm(6倍)

シュツットガルト大学の詳細な調査は、すべて写真縮尺に対する結果であった(STARK 1977a)。格子測定では、平面位置は $\pm 9 \mu\text{m}$ そして高さは飛行高度の $\pm 0.06\%$ 、実証された広角の空中写真を使って実験場のモデル測定では、平面位置は $\pm 12 \mu\text{m}$ そして高さは飛行高度の $\pm 0.11\%$ であった。超広角写真では平面位置が $\pm 14 \mu\text{m}$ そして高さは飛行高度の $\pm 0.19\%$ であった。

1980 年代の末に、ZEISS がこれらのすべてのステレオ図化機を製造中止にしたときには、約 100 台のプラニトップを納品していた。プラニトップ F2 の開発は”地形図作成用図化機”という名称でドイツ連邦研究技術省が支援した図化機であった(SCHWEBEL 1979a)。

10.6 グラフィックの図化

1920 年代より単独の外づけ描画機は主に鉛筆によるグラフィックな図化のために、初期のステレオ図化機と接続して使われていた。4.4章の図4.15 は、ステレオプラニグラフ C5 と一緒に戦前の最後の座標展開機の1つを示してい

る。1951 年オーバーコッヘンがステレオプラニグラフ C7 と一緒に精密座標展開機 Z2 を発表するときに、1951 年にこの描画機をほとんどコピーした。Z2 は 1960 年代の最後までほとんど変わることなく製造された(図 10.37)。

座標展開機 Z2 の主な仕様は次のとおりであった:

- ・ cm 単位の使用可能なサイズ/全体のサイズ: 120 \times 120/120 \times 150
- ・ 位置決め: 5 mm ピッチの精密なスピンドル
- ・ 最小座標読取単位: 定規: 0.1 mm、照明付きカウンタ: 0.02 mm
- ・ 交換歯車: 標準で 5:1 \sim 1:5 の 25 種類
- ・ ユニバーサルジョイントで接続

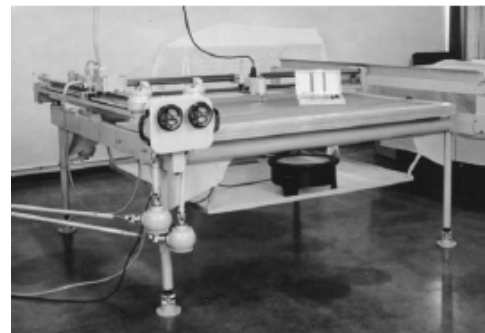


図 10.37 : 座標展開機 Z2(1965 年の写真)

調整ねじ、アップ用磁石およびいくつかのツール付きの描画装置のいくつかの詳細な設計はデザインあるいは特許登録で保護されていた(WOLF 1953、ZEISS 1958a & 1958b)。

ステレオプラニグラフおよびエコマートによる地形断面測定のためには(すなわち道路工事あるいは露天鉱山のための容積の決定)、座標展開機 Z2 は観測装置(図 10.38)と C8 と Z2 の間に特許登録された断面測定装置 PR を取り付けることができた(SCHWIDEFSKY et al. 1968)。



図 10.38: 座標展開機 Z2 用の 10 倍の観測装置

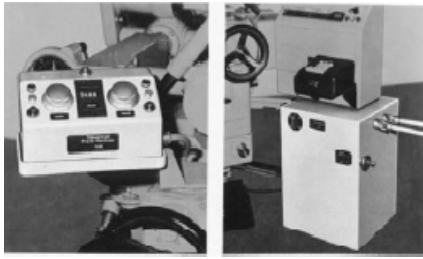


図 10. 39 : C8 側で地形断面の設定そして C8 と Z2 のモータ駆動間に地形断面用歯車ボックス

ロンドンで開催された第 9 回国際写真測量会議で、CARL ZEISS オーバーコッヘンは自動座標展開機コーディマートを発表した(SCHWIDEFSKY et al. 1960)。図 10. 41 はパンチカードリーダーと Z2 で既に使用されていた印字装置 ST 付きの自動座標展開機を示している。

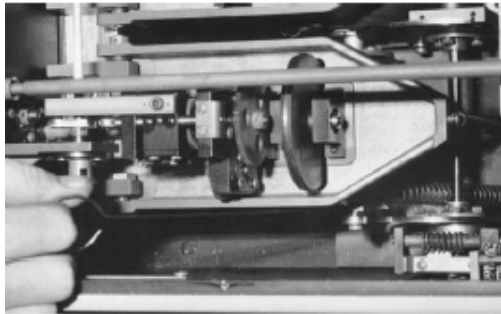


図 10. 40 : 座標展開機のための特注の地形断面装置用歯車ボックス

印字装置による線分、図式と数値は自動的にパンチカードからの作図コマンドと座標値を読み取って作図した(図 10. 42)。最大の x, y 移動速度は 25 mm/sec であった。1969 年、読取装置はグラフィカルな地図をデジタイズできるように追加された。デジタイズされる点はハンドルと展開機上の観測装置を使って設定され、そして点番号あるいはコードを代入後パンチカードに記録が行われた(図 10. 43)。しかしながら、優れた構造ではないが、安価でそして取り扱いが簡単な大型フォーマットのデジタイズタブレットがすぐに業界に出現した。



図 10. 41 : 印字装置とカードリーダー付きのコーディマト

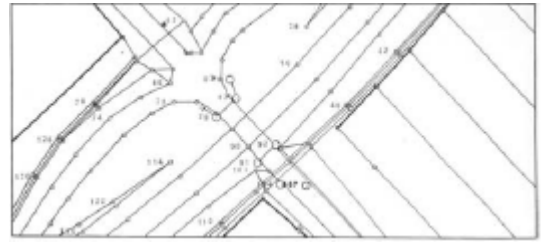


図 10. 42 : コーディマトでの地図作成(一部分)

1967 年に、新しいプラニマート D2 と一緒に図紙を固定するために(D2 の内部描画面と同様に)、磁気シート付きの新しい次の仕様の外付けの描画機 E22 も発表した(図 10. 44):



図 10. 44 : 外付け描画機 E22 (試作機 1966)

- ・ cm 単位の描画範囲: 120 × 120
- ・ 座標値の読み取りは不可能
- ・ 交換歯車: 6:1 ~ 0.66:1 間の標準で 15 種類
- ・ 短いユニバーサルジョイントで接続
- ・ 電動式で描画具の上下制御装置 Z22 あるいはスクライブシートのためにスクライブ針の追加的な回転付きの Z21

翌年には断面測定装置が追加された(図 10. 45)。

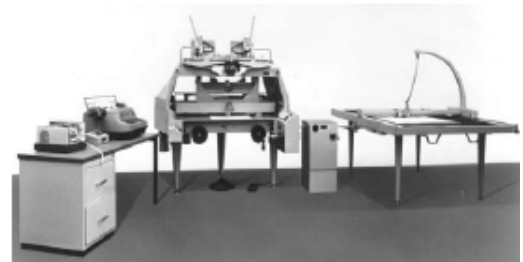


図 10. 45 : D2 と E22 付きの断面測定装置

1968 年に描画範囲が 80 cm × 80 cm までの E22 の簡易版としての E23 は実現されなかった。その代わりに 1969 年には照明付きの描画範囲が 80 cm × 120 cm お

よび 120 cm × 120 cm の外付け描画機 EZ3 と EZ4 を発表した。ダブルプロジェクタおよびオルソ3プロジェクタと同様に、これらはベツラーにある ZEISS の子会社 HENSOLDT で開発されそして製造された。シンクロモータでステレオ図化機と接続することで、設置位置は非常に便利になった。EZ3 は DP3 と一緒に図 10. 13 にそしてプラニカートと一緒に図 10. 26 に示されている。図 10. 46 は EZ4 を独立した描画機として示した。EZ3 と EZ4 はプラニカートとプラニカートと一緒に使うためにしばしば選ばれ、そして両機とも標準で 8:1 ~ 1:2 の間で 17 種類の交換歯車が用意されていた。描画装置 ZZ2 はさらに ZZ3 に改良されていた。そして 1977 年にはオペレータの席から図化状態を容易にチェックするために特注の TV カメラとモニターが追加された(図 10. 47)。

ZEISS 製の意外なそしてまれな開発は、図化のために必要な正確に回転してもずれない鉛筆あるいは芯を保証する精密な鉛筆削りであった(図 10. 48)。

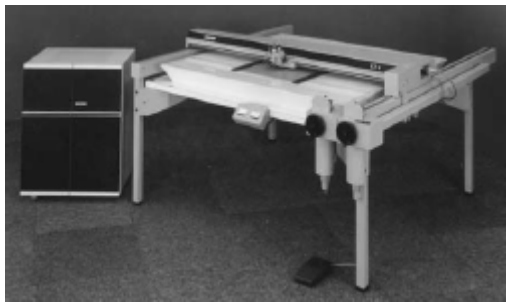


図 10. 46 : 描画機 EZ4 (1969)

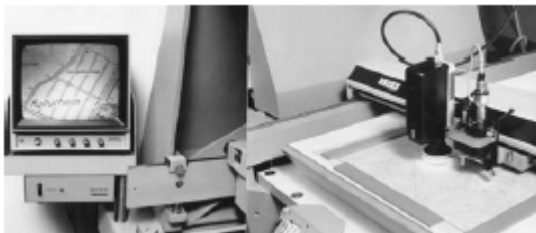


図 10. 47 : TV モニター付き EZ4 (1977)

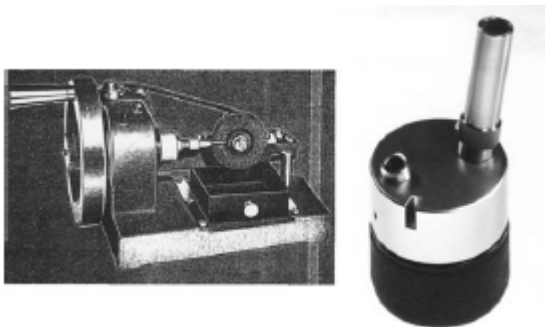


図 10. 48: 精密鉛筆削り

1970 年以降の電子工学とマイクロプロセッサの迅速な進化は座標値の記録だけでなく(9. 1 章を参照)、新しいプロセッサ制御の描画機を作り出した。CARL ZEISS オーバーコッペンでは、1975 年に新しいデジタル描画機 DZ5 を紹介した(SCHWEBEL 1975a)。そして 1976 年にプラニコンプ C100 と一緒に使うために DZ6 として改造版を発表した(11. 2 章を参照)。DZ5 と DZ6 は EZ4 と同じように見え、そして 120 cm × 120 cm の照明付きの描画範囲である(図 10. 49)。描画装置は最小読取単位 0.01 mm のそしてプロセッサ制御で最大速度 100 mm/sec のサーボモータで駆動するが、たとえば標定のためにジョイスティックを使って手作業で動かすこともできた。



図 10. 49 : デジタル描画機 DZ5 (1975)

DZ5 は ZEISS 製のステレオ図化機プラニカート、プラニカートとプラニカートで使うために製造されたが、連続増加量のエンコーダで他社製のどのステレオ図化機でも使用できた。標準的な作業モード F (連続) では、描画装置は直接の線分の図化のために測標マークの動きに追従した。モデルから作図への拡張は、DZ5 の制御ボックスの数値カウンタでセットできた(図 10. 50)。



図 10. 50 : ベクトル図化制御付きの DZ5 制御ボックス

Pモード(位置決め)は描画機で制御ボックスの6桁のスイッチに座標値を代入して、点の直接プロットが可能であった。さらにGモード(直線)ではプロセッサが直線の図化ばかりでなく、ポリゴン(すなわち土地区分)、長方形(すなわち建造物)あるいは十字のプロットについても制御できた。DZ5のマイクロプロセッサは、コンピュータから標準的なインタフェース経由でペン制御の信号と一緒に座標値を受け取ることができ、そして任意の使用可能な作図ソフトウェアのためのアウトプット装置としても使うことができた。ZEISSから提供されたこれらのソフトウェアの1つは、デスクトップコンピュータ用のCASPプログラムであった(10.7章を参照)。

マイクロプロセッサ技術の進化を完全利用するために、ZEISSは5年後にDZ7を発表した(LORCH et al. 1980)。この開発は一部分ドイツ連邦研究技術省の支援があった(BOTTINGER et al. 1981)。注目すべき特徴は既に数社の競合会社では実現していた描画面を 0° (水平)から 70° (図10.51)まで電動で傾斜可能なことであった。



図 10.51 : プラニトップ F3 とデジタル描画機 DZ7(1980)

デジタル描画機 DZ7 の主な仕様は次のとおりであった:

- cm 単位の使用可能なサイズ/全体のサイズ: 93 × 119/100 × 120
- 最小座標読取単位: 0.01 mm
- ステレオ図化機で直接図化のためにモデルと地図の拡大比: 9:1 ~ 1:9
- 作図速度は 70 mm/sec、110 mm/sec、210 mm/sec (作図の品質に依存)
- 破線のために最大 30Hz の下降比付きの鉛筆、ボールペン、インクペンそしてスクライブ針のための3本用と TV モニター付きの描画装置

DZ7 にはお互いに拡張可能な3機種が用意されていた:

- DZ7-A: ロータリーあるいはリニヤーエンコーダからパルスを受けることでアナログ図化機で写真測量的な、マイクロプロセッサ制御のオンライン図化
- DZ7-P: C100 プログラムによるオフライン図化を含むパラレルの IEC インタフェース経由で接続されている解析図化機プラニコン C100 で写真測量的なオンライン図化(11.2章を参照)
- DZ7-C: 特に HEWKETT PACKARD 製デスクトップあるいはミニコンピュータ上で稼働させるソフトウェアおよびシリアル RS232C(V24) インタフェース経由で接続したグラフィカルの測地作業のための CARL ZEISS 製 GEOS プログラム(14.4章参照)によるオフラインの図化

(DZ7-P および DZ7-C を)コンピュータに接続するときには、作図機のプログラムは図 10.52 で示したようなプログラム言語にもとづくものでなければならない。図 10.53 はマイクロコンピュータ機能の代表的な例を示して



図 10.52 : DZ7 マイクロプロセッサの作図コマンド例

DZ7 での図化をコンピュータプログラムで容易に作成するために、グラフィックなサブルーチンすなわち特にデスクトップコンピュータ HP8533/45 のための BASIC 言語、ZEISS で使ったミニコンピュータ HP1000 を含むミニコンピュータのための FORTRAN IV を提供した(LORCH et al. 1980)。翌年には FORTRAN IV ライブラリは DZ7 だけのものではなく、HP-GL 言語を使っている HEWLETT PACKARD 製プロッター HP 9872、HP 7225、HP7580 および HP 7875、さらにいわゆる”エスケープ”シーケンシャルを使っているグラフィックターミナル HP 2648、HP2647、HP2623 のために GRAPH F1 という名称のパッケージに拡張した(HOBBIE 1983)。

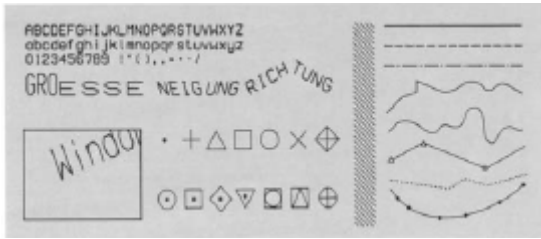


図 10.53 :DZ7 マイクロプロセッサの作図機能

1985 年には”ASCII 汎用作図コマンド”でプロットファイルを作成する可能性が追加された(2 文字のコマンドは 0.01 mm 単位の整数値としての xy 座標の後に代入 (HOBBIE1985)。

DZ7 をアナログ図化機に接続して使うときには (DZ7-A)、拡張されたマイクロプロセッサの機能付きの DZ5 と類似の制御ボックスを使った(図 10.54)

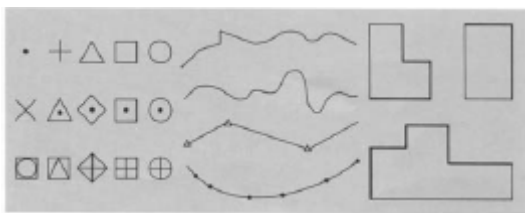


図 10.54 :DZ7-Aによるオンラインの図化

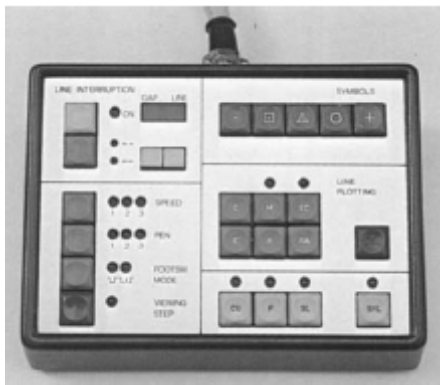


図 10.55 :オンライン図化用の DZ7 制御ボックス

CARL ZEISS オーバーコッヘンは 1976 年 ~ 1986 年の期間で DZ5, DZ6, DZ7 全体で 200 台納品した。この台数は一方では非常に多くの競合会社が同程度の描画機を提供しており、他方では経験していた写真測量用図化の手順がコンピュータ/ソフトウェア開発をベースにした範例とずれがあったため予想外であった。今後ますます図化情報が最初にコンピュータスクリーン上でチェックされそしてデジタルで保存され、そして最終成果の前にデータの一部分が地図専門家で編集されそして最後にコンピュータあるいはグラフィックス業界のプロッターでオフライン図化される。

1980 年代に研究開発の出費が、すべての写真測量製品の供給元に対して異常に増加した。これはコンピュータ化のためにソフトウェアの複雑さが増しそして解析からデジタルの移行のためでした。他方、写真測量の業界は成長せずそしてこれはより大きい会社は協力について考慮し、そしていくつかの比較的小さい会社(例えば、アールにある KERN)は取引を停止することを考えることを強いた。協力することについての意図は 1 つの供給者が製品の完全な範囲を開発する必要がないが、選択された項目を交換し、そして共有するというものでした。オーバーコッヘンとヘルブルックとの間のこの相互の関係を共有した後で、協力することに同意した。Carl ZEISS は描画機 DZ7 のそれ以上の開発を止め、そして今後 WILD ヘルブルック製の類似製品を販売することを決定した。不幸にも、WILD は同意した ZEISS 製品を売る取り決めの一部を果たさなかった。これは恐らく自社の一時的な困難のためであった。1985 年以後、ZEISS は WILD 製のアビオタブ TA2 と TA10 を ZEISS カラーのプラニタブ T102 と T110(図 10.56)という名称で対応するサブルーチン GRAPH 2 と一緒に販売した。1995 年までにおよそ 60 台販売した。



図 10.56 :プラニタブ T102 と T110

1988 年頃、オーバーコッヘンの写真測量開発部門は一時的にラスタープロッターの開発を考慮した。以前に記述したベクトル地図だけではなく、写真地図の強力なオフラインの作図についての傾向をチェックし、オルソコンプ Z2 による経験およびリモートセンシングのための調査をベースにして、アウトプットスキャナとして巨大なフィルムドラムを立案した(15.3章を参照)。特許を取った構想を使って(FELLE 1986 & SCHERLE 1990)、音響光学変調器(AOM)と高速回転ポリゴンミラー付きのアルゴンレーザーは、シアン、マゼンタ、イエローとブラックのカラー印刷のために連続的にパンクロフィルム上に生産する。この”R9”プロジェクトはオルソコンプのためにさらにデジタル描画機のための後継機で、そして将来のデジタル写真測量のためのアウトプット装置であった。しかしながら早い時期にこのプロジェクトは 1992 年に中止になり、そしてベルギーの BARCO 製の確立された製品を勧告されそして提案された(図 10.57)。

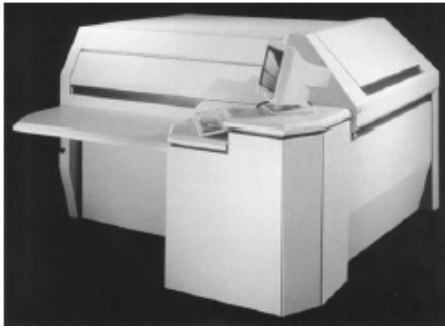


図 10. 57 :BARCO製ラスタープロッタ BG3000(1993)

コンピュータ産業のドメインになっているグラフィックなアウトプットは、図 10. 58 に示し、そしてそこでHP プロッターはプラニカートE3に接続しそしてグラフィックスは2台のCRTターミナルでも表示した。これらの1台がプラニカート E3の左側に付けられるスーパーインポーズのためのモニターである。この高解像度のベクトルスクリーンは、ZEISS が 1984 年の国際写真測量会議で発表したビデオマップの部品である。左の立体写真と一緒に測定されたグラフィックスのスーパーインポジションは、測定の精度、正当性および完全性を単眼でチェックすることができる(図 10. 59)。ここではその機能をグラ

フィックなアウトプット装置と一緒に説明するが、その主な課題は 10. 7 章で説明されるがグラフィック情報の収集をデジタルな形でサポートすることである。



図 10. 58 :グラフィックなスーパーインポジションと HP 7580 プロッターを使ってソフトウェア支援の図化を行うプラニカート E3(1984)

ビデオマップは最初に(SAILE 1984)に書かれ、詳細な説明は(UFFENKAMP 1986)に記載されている。図 10. 60 はビデオマップの制御装置(右側)と電源装置付きのグラフィックモニターHP 1336S を示している。モニターは非常に高い画像の安定性と解像度のベクタースクリーンである。使用したスクリーンのサイズは 80 mm × 80

mm、そして表示されたライン幅は 0.1 mm である。プラニカートあるいはプラニコンプの視野の中に 2.8 倍に縮小したグラフィックスオーバーレイはサイズが 25 mm × 25 mm になり、そして線分、図式およびテキストの線分の幅は 40 μm の測標の直径と同じであった。



図 10. 59 :ステレオ図化機の視野の中で航空写真とビデオマップのグラフィックスのスーパーインポジション

モデルの中を動くときにスクリーン上の画像はわずかに同時移動ではなく、視野の中に静止するのがわずかに遅れた。



図 10. 60 :制御装置とベクタースクリーン付きのビデオマップ(1984)

画像とグラフィックスの連続的な正確なマッチングは、2つの計算的な手段で保証された。最初に、新しく収集したグラフィックデータはモデル縮尺から中心投影のそして左側の写真の縮尺に変換しなければならなかった。次に、表示するウィンドウについての情報は全体のデータセットから読み取り、そして視覚的な遅れなしでスクリーンをリアルタイムに動かさなければならなかった。これを行うためにはモニターはリフレッシュ比 100Hz を使い、そして追加の表示メモリーは全体のデータセット付きの表示メモリーと表示されたウィンドウ付きのモニターの間で使った(図 10. 61)。画

像縮尺で 32 mm × 32 mm をカバーすることで、表示メモリは表示されたウィンドウよりわずかに大きくなり、そのため移動中にグラフィックスメモリーだけから、そして次に 1 ~ 3 秒毎に更新しなければならなかった。グラフィックスメモリーは写真縮尺で 500 mm × 500 mm の範囲を解像度 0.032 mm でカバーした。

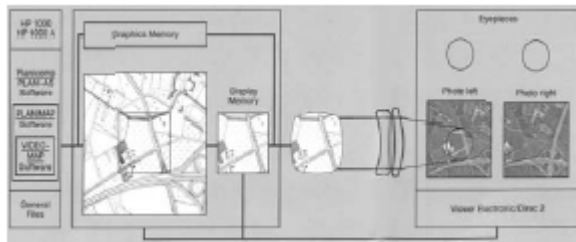


図 10. 61 :ビデオマップ機能についての略図

実際にスーパーインポジションは地形的なフィーチャーと数値地形モデルのデータ収集をチェックするだけでなく (REINHARDT 1986)、現状のデータファイルからの”古い”グラフィック情報とステレオモデルの”現在の”情報を比較するために使われた。作業は地図の修正あるいは地籍図の一筆界の境界線あるいはステレオモデルで作業現場の地形のような情報をスーパーインポーズした。

1988 年京都会議で、1 年前に公表した新しい解析図化機プラニコン P シリーズの特注品としてステレオのスーパーインポーズ装置を発表した(11. 5 章を参照)。最後に 1993 年にプラニコン P3 および P33 のためのビデオマップ 33 が使用可能になった (ROTH 1993)。この経済的な後継機はビデオマップ用の制御装置としてグラフィックコプロセッサ付きの PC486(60 Hz)基板と MS-DOS オペレーティングシステムをベースにした。それは 1,024 × 1,280 ピクセル、0.02mm のドットサイズと 1/4 に縮小されたモノクロのラスターモニターを使った。1995 年までに全部で 250 台のビデオマップシステムが納品された。以前の製品を加えると 300 台以上を販売した。

ZEISS とアメリカのアラバマ州ハンツビルの INTERGRAPH の最初の接触は、1981 年春 ZEISS 製のステレオ図化機と INTERGRAPH 製の対話式の地図作成ソフトウェア IGDS を接続するための今後の共同作業についての討議であった。その後、これは最初にオンラインのデータ収集のために 1982 年秋に実現したプラニカート E3 への INTERGRAPH のワークステーションの接続ばかりでなく (HOBBIE 1983 & 1984a)、追加の INTERGRAPH 製モニターへのスーパーインポジションのための光学的な接続が行われた(図 10. 62)。前述したビデオマップが 1984 年夏まで準備できなかったのに対して、1983 年にはプラニ

カート C120 への接続ができた(11. 3 章を参照)。



図 10. 62 :スーパーインポジション付きのプラニカート E3 と INTERGRAPH ワークステーション (1982)

ステレオ図化機でグラフィックなスーパーインポーズのためのこれらの 2 つの解法の記述は、既にここで記述したグラフィックなアウトプットから次の章で書くグラフィックデータの収集までの橋渡しである。

10. 7 グラフィックデータの記録

既に記述したように、1970 年代の初期の電子工学そしてマイクロコンピュータの急速な進化は、写真測量的な図化に考え方の変化をもたらした。以前は描画机上の直接図化はアナログ図がオリジナルであったのに対して、今やグラフィックの情報はデジタル化できそして図化あるいは表示のためにだけ必要なグラフィックデータセットとして編集および保存するためにコンピュータへ転送される(マスターファイル)。9. 1 章で前述したように空中三角測量データおよび数値地形モデルの測定のために本来開発されたエコマートそして DIREC のような数値的な記録装置は、今も地形図の図化で使われている。マイクロプロセッサとコンピュータはここで記述する専用のソフトウェアそしていくつかの特別なハードウェア構成により、グラフィックデータの収集が新しい応用範囲で非常にフレキシブルなそして強力なものになった。

CARL ZEISS オーバーコッヘンは 1975 年の写真測量週間で、アナログ図化機のために直線、建造物と図式の自動的な図化用のデジタル描画機 DZ5、幾何的なデータの測定と HP プロッター上でグラフィックデータのアウトプット付きの簡易解析図化機ステレオコード G2(11. 1 章)、さらにアナログ図化機用の”コンピュータ支援の図化”のための CASP プログラムのようなコンピュータ支援のいくつかの新製品を発表した(10. 6 章)。CASP は EGON DORRER が卒業後 ZEISS の代わりに、1972 年にエコマート 12 ある

いは DIREC 1 付きのプラニマート、プラニカートそしてプラニトップで数値的なそしてグラフィックの図化用に開発したソフトウェアであった(DORRER 1972)。そのときには最新のディスクコンピュータ HP 9810 のための簡単なコンピュータ固有の言語でかかれ、そして、制限されたメモリー容量のために5つのプログラムモジュールに分けられ、その1つの DYNRECORD は次のようにグラフィック図化に使われた:

- STATRECORD :リアルタイムの座標変換、独立単点の記録、点番号の代入そしてリアルタイムの面積測定
- DYNRECORD :リアルタイムの座標変換、独立単点の記録、動的な記録とオブジェクトコードの作成
- LISTMANIPUL :点リストのチェックと修正
- ABSOR-1 :絶対標定とモデルから測地座標へリアルタイムの変換のための変換パラメータの計算
- ABSOR-2 :絶対標定とプラニマート、プラニカートあるいはプラニトップでの手作業のモデル標定用の標定パラメータのアウトプット

1970 年以来、HEWLETT PACKARD あるいは WANG から提供されていたデスクトップコンピュータと比べて、1976 年にプラニコンプ C100(11. 2章)のための HEWLETT PACKARD 製のミニコンピュータは非常に強力であった。リアルタイムのミニコンピュータ HP21 MX からコンピュータシリーズ HP1000 への変更により、プロセッサのスピードは C100 制御のそばで最低でも1人の追加的なオペレータのオンラインサポートができるようになった。

プラニコンプの開発中に得られたソフトウェア開発をベースにして、オーバーコッヘンの写真測量部門はプログラム言語フォトラン IV で AS プログラムシステムを開発した(HOBBIE 1979b)。1979 年に最初に発売になりそして詳細が書かれたモノコンパレータ PK1 用の PK-AS、対象の欠落で完成しなかった精密ステレオコンパレータ PSK2 のための PSK-AS そしてプラニマート、プラニカート、プラニトップさらにほかの任意なアナログ図化機のために 1981 年に発表された PLANI-AS のような3つの異なるパッケージが用意された。

図 10. 63 は、PLANI-AS でオンラインのデータ収集のために準備されたアナログ図化機用のシステム構成である。

周辺装置付きのミニコンピュータ、ソフトウェアとデータファイルはさらに 1 台のプラニコンプ、あるいは数台のアナログ図化機を余分に制御するための空き容量がある。次にこれらのミニコンピュータの制限されたコアメモリーのため、プログラムはセグメント化しなければならなかったが(図 10.

64)、すべてのモジュールは共通のデータ領域でアクセスされた。

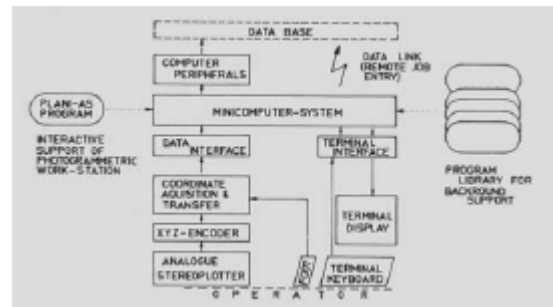


図 10. 63 :PLANI-AS ソフトウェア付きのアナログ図化機のシステム構成

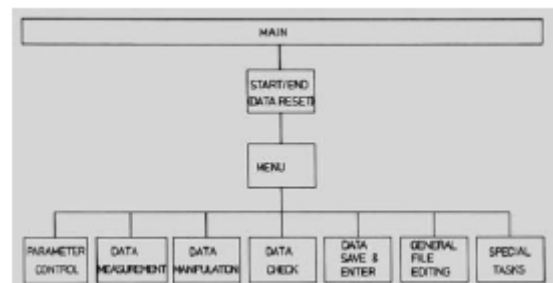


図 10. 64 :AS ソフトウェアのプログラムの構造(1979)

AS プログラムのユーザーインターフェースはメニュー構造で、メニューコマンドはニューモニック規則にもとづいて3文字から構成された(図 10. 65)。選ぶ機能により、コマンドはコンピュータターミナルで代入するか(図 10. 66)、個々の点を測定するときには点あるいは図式番号、増分記録のときのデルタ値あるいは動的な線分の図化のスムージング品質のための係数のような付加パラメータにもとづいた。

PLANI-AS は次の作業をサポートした:

- 座標測定の収集、保存、チェック、変換、記録とアウトプット、さらに測地座標も
- 変化するおよび固定した要素による便利な点のナンバリング
- 大量点の個々のおよび増加分量の記録
- 測定のグラフィカルなプロトコル(ロギング)
- 距離、角度、面積、容積のような地形データの測定
- 基準点管理による絶対標定と ZEISS 製そして他社製のアナログ図化機のために標定要素の計算
- 格子測定を使って基準面のあるいは垂直位置で機械的なスペースロッドを使って直接測定による空中三角測量の投影中心の決定
- ステレオ図化機のキャリブレーション

PLANIMAP	PLANIMAP	PLANIMAP	PLANIMAP	PLANIMAP	PLANIMAP	PLANIMAP
SPRINT	ST	STP	...	...	...	...
DISPLAY	DP	---	...	...	...	---
DELETE	DL	---	...	...	...	---
HELP	HL	---	...	...	...	---
REVERSE	RV	---	...	...	...	---
LIST	LI	---	...	...	...	---
CLEAR	CL	---	...	...	...	---
SAVE	SA	---	...	...	...	---
RECALL	RE	---	...	...	...	---

図 10.65 : PLANIMAP ソフトウェアのコマンドセット



図 10.66 : プラニマートで PLANIMAP 用の CRT ターミナル

1981年に発表された PLANIMAP によるグラフィックなデータ収集の可能性は、まだかなりの制限があった。しかしながら 1983年にその後続ソフトウェアの PLANIMAP は、アナログ図化機でデジタルマッピングのためのシステムとして Carl ZEISS オーバーコッペンで公表した(HOBBIE 1983 & SAILE 1984)。

INTERGRAPH 製の IGDS システムによる対話式のマッピング方法のほかに、オーバーコッペンはリアルタイムのインターフェイス経由で自社製の完全な方法を提供できた。図 10.67 はミニコンピュータ HP 1000A をベースにした PLANIMAP のシステム構成である。このリアルタイムコンピュータは非常に強力であったため、プラニコンプだけではなく ZEISS 製エンコーダを装備した任意のアナログ図化機と DIREC 経由で、さらに 1985 年以後、グラフィックな資料を収集するために追加的な二次元のデジタイズステーションも使うことができた(図 10.68)。

図 10.67 はプラニコンプでは B83 作図データの記録、アナログ図化機では PLANIMAP そして二次元のデジタイザ ARISTO GRID(システム 100 あるいは 200)のためには、新しい DIGI-AS という 3つのグラフィックデータの収集プログラムがある。DIGI-AS は PLANIMAP の二次元平面を主体

とした改良版である(HOBBIE 1985)。3つのすべてのプログラムは、データを機械とは別個の均一のグラフィックコードで記録される。編集の可能性を含む操作およびいろいろな機能も同じであった。価値のある特徴は、既に保存されている点および線分の正確な接続のための“スナップ”機能であった。

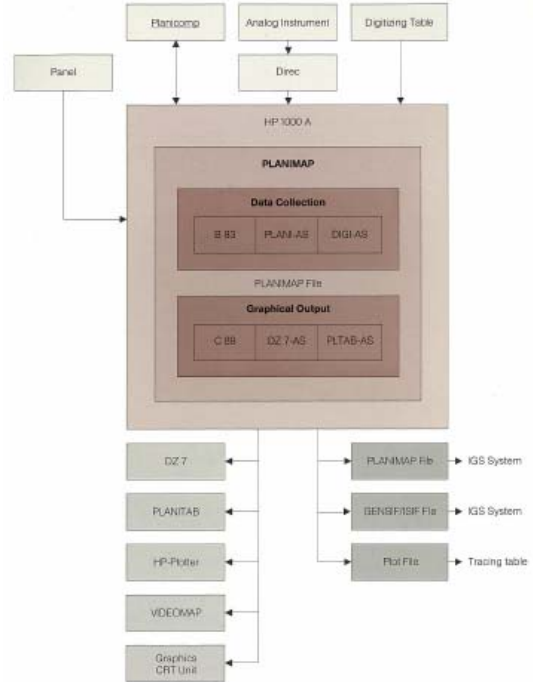


図 10.67 : PLANIMAP のシステム構成(1983)

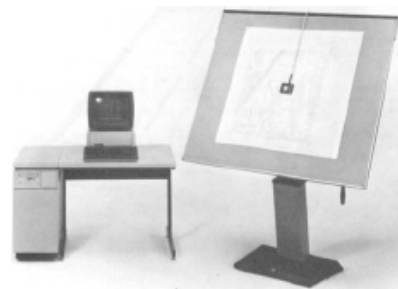


図 10.68 : DIGI-AS 付きの二次元デジタイザ(1983)

すぐにあるいはその後のグラフィック表示とアウトプットのためには、ZEISS 製のデジタル描画機 DZ 7 そして HEWLETT PACKARD 製のプロッターとモニターをサポートしている前述したルーチンライブラリ GRAPH F1 を使用した。1985 年以降に拡張した GRAPH F2 は LEICA 製のアビオタブと技術的に同一の ZEISS 製のプラニタブ T102/T110 テーブル、TEKTRONIX および SIGMEX 製の高解像度のグラフィックターミナルもサポートした。ほかのシステムへのデータ転送については、いくつかのフォーマット変換のために従来のルーチンが使用できた。オフラインモードの図化では、プラニコンプでは C089 デジタルマッ

ピングプログラムあるいはプログラム DZ 7-AS あるいは PLANITAB-AS をサポートした。これらのオフラインプログラムは展開シートの準備そして与えられたコードで決まっている個々の図式を作り上げるためにも使用された。

PLANIMAP プログラムの簡単なそして迅速な操作のため、プログラム可能な操作パネルは、1985 年に発表された(図 10. 69)。PLANIMAP プログラムは有効な機能の説明と一緒に交換可能なマスクにオーバーレーされた 53 個のタイプライターキーボードのようなタッチパッドを使用した。コマンドあるいは事前設定されたマクロコマンドは、コマンドにキーインして移動させなければならなかった。このソフトキーパッドとスーパーインポジションによる迅速な点検のためのビデオマップ、さらにスナップ機能そしてほかの強力な機能を使うことで、グラフィックデータの写真測量的な収集は現在では最高のものになった。



図 10. 69 : プログラム可能な PLANIMAP ユーザーパネル(1985)

1985 年に将来の写真測量用開発についての丸秘の ZEISS プロジェクト VISOR が提案された。決められた最終目的は、市販の二次元のデジタイザーで線分フィーチャーの精密なデジタイズ作業を簡単にすることであった。二次元のカーソルに取り付けた光学的なマトリックスセンサーが、カーソルの中心と測定する(ラフに描かれた)線分の間の任意のずれを求めることができるため、補正値を計算しそしてカーソル位置に追加される。これは非常に早くそして線分の描画にそれほど集中しなくてもよかった。不運にもこのユニークな方法は当時最高レベルのさらに高い優先度のプロジェクトがあったため、中止した。これらのプロジェクトは後で記述した。

コンピュータ支援の写真測量的な図化のための PLANI-AS と PLANIMAP での豊富な経験をベースにして、1つの一体型のプログラムシステムの中に地図作成の編集と管理の

- coordinates - points of footprint.
- planimetry - geom. footprint of chimney.
- part of object - chimney.
- object - industrial building.
- object class - buildings.
- area - location.
- project - Topographic Map 1: 10000.

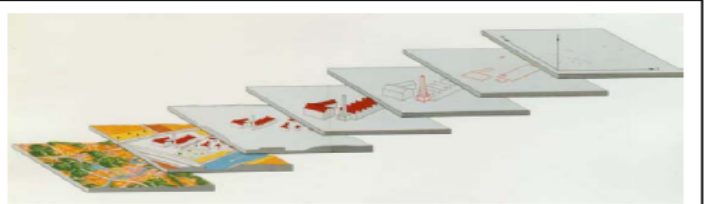


図 10. 71 : PHOCUS のデータ構造 (1987)

後処理を組み込む興味が生じた。1980 年の初めにオーバーコッヘンの写真測量用ソフトウェア開発チームが拡張されたときには、プラニコンシリーズの進行中の改造と並行して新しいそして万能的な写真測量・地図作成ソフトウェアを開発することを決定した。特別な要求は関連する以前の ZEISS 製品との互換性とユーザーグループの既存の生産環境に速やかに組み込まれる能力であった。1987 年春に、CARL ZEISS オーバーコッヘンは新しい解析図化機プラニコンPシリーズと一緒に万能的な写真測量と地図作成のソフトウェアシステム PHOCUS を発表した (HOBBIE 1987a & 1987b, MENKE 1987a & 1987b)。P シリーズについては 11. 5 章に記述した。

PHOCUS は写真測量的なステレオモデルでのデータ収集をサポートするだけでなく、以前の PLANIMAP で行えたが多くの供給者製のデジタイザーも使用可能な既存の地図のデジタイズもサポートした。測地的な測定と計算も組み込まれた。ソフトウェアの属性の順番は逆にした。以前の図化プログラムは C100 ソフトウェアに組み込まれたのに対して、プラニコンPシリーズのようなデジタイズ装置のプログラムが PHOCUS で移動した(図 10. 70)。

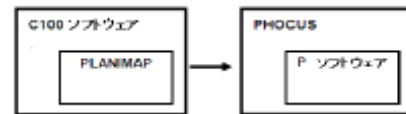


図 10. 70 : PHOCUS のプログラムの構造(1987)

地形的なデータを写真測量的に作成するときに特定の目的あるいは地図縮尺のためのグラフィックデータとして保存するだけでも価値があるため、オブジェクト主体の属性データのフォーマットが PHOCUS の中に組み込まれた。図 10. 71 は(それぞれ 1 つの例題と一緒に)7 つの属性レベルを示している。

オブジェクト主体のデータ構造は、地形上のオブジェクトをどのように表現するかをここで決定するコード表および図式表を交換することでデータの表現のじんそくなして容易な変更ができる。同じデータは今や個となった地図縮尺あるいは地図の種類のために使うことができ(図 10. 72)、あるいは異なる表示あるいはプロッター(すなわちビデオマップと描画機)で別の形で表示することができる。



図 10.72 :別の図式表示による PHOCUS データ

まもなく PHOCUS は特に写真測量的な生産ばかりでなく、高価値の、強力なそして広い作図ツールとして認められた。フレキシブルな幾何的な、主題的なそしてトポロジカルなデータ収集、データの変数、管理、保存およびアウトプット、ユーザーインターフェースに関してユーザーの適切な処理、言語とヘルプ機能そして多くのワークステーションからプロジェクトの同時処理のような多くの万能的な機能のため、今日でもまだ多くのユーザーが使っている。代表的な非写真測量的なワークステーションは、地図の二次元のデジタル化のための PHOCUS PD と編集とデータ管理のための PHOCUS PE であった(図 10.73)。



図 10.73 :PHOCUS のデジタル化ステーション PD と編集ステーション PE

図 10.74 は PHOCUS でサポートされている作業を示している。1991 年から PHOCUS は DIREC P を使う PHOCUS PA としてアナログ図化機上に組み込まれている(9.1 章を参照)。

PHOCUS は 1990 年半ばまで連続的に拡張された(MENKE 1989, BRAUN 1989, MENKE 1991, SAILE 1992, ROTH 1993, MENKE 1994, SCHWEBEL 1994)。1989 年以来地図作成の交換フォーマットに関する

初期の調査の後で(MENKE 1985)、既存の顧客の環境との交換は PHOCUS フォーマットの PHODAT から次のシステムに変換することでサポートした:たとえば ISIF(INTERGRAPH)、DXF(AUTODESK 製の AutoCAD)、SICAD そして DIGSY(SIEMENS)、ARC/INFO(ESRI)、MOSS(MCDONNELL DOUGLAS)、EDBS(ドイツ測量管理団体)および ISOK(スウェーデン測量局)である。

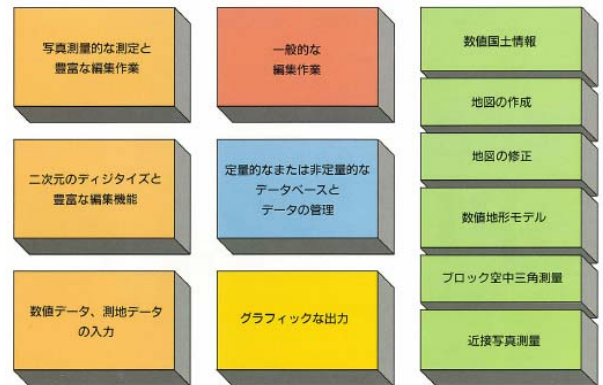


図 10.74 :PHOCUS の応用作業

PHOCUS を開始するときには、(プラニコンと同様に) HEWLETT PACKARD 製リアルタイムのオペレーティングシステム RTE 付きの HP 1000 コンピュータで開発を行ったのに対して、1990 年以降は DIGITAL EQUIPMENT 製のオペレーティングシステム VMS 付きの VAX あるいは ALPHA のようなワークステーションコンピュータを使った。1993 年からは SILICON GRAPHICS 製の UNIX ワークステーションも紹介した。1992 年には属性を保存するために ORACLE 製リレーショナルデータベースと SQL スタンダードが組み込まれ、そして完全な地理情報システムがリリースされた。

PHOCUS リビジョン5と6は 1993 年後の非常に多くのそれ以上の改善と拡張を提供した。1993 年以後、PHOCUS は ZEISS 製の新しいデジタル図化機 PHODIS ST で使うことができた(12.3 章を参照)。

最初の 10 年間で、350 PHOCUS ライセンスを納品した。

11. 解析図化機

写真測量用ステレオ図化機で、写真とモデルの関係を光学式投影法あるいは機械的なスペースロッドのようなアナログ的な方法で再現できないが、コンピュータの中の数学的な公式で再現できるときには、それは”解析図化機”と呼ばれる。解析図化機の考えは 1958 年に UUNO V. HELAVA

が初めて発表し、1961 年に特許登録された。当時彼はアメリカのミシガン州サウスフィールドの BENDIX 社に勤務しており、1960 年にイタリアの OMI から光学系と機械の供給を受け、軍部のために最初の解析図化機を開発した。最初の試作品では、初期のデジタルコンピュータのスピードが

遅いため、電気的なアナログプロセッサを使用した。1970年代の半ばまでのスピードでは、対応時間と簡便性についてユーザーを満足させるにはアナログ図化機と比べて解析図化機にとっては不十分であった。このため CARL ZEISS オーバーコッペンではその間に使用可能なデスクトップコンピュータで、最初に近似解法による調査を開始した。

11.1 簡易解析図化機ステレオコード

1971年 ZEISS は、座標記録とモデル座標と計算された距離、角度、容積をデスクトップコンピュータへの転送をサポートするレントゲン写真用ステレオコンパレータ StR3 を発表した(14.2章を参照)。同時に航空写真の計測のために類似の装置が北アメリカのいくつかの研究所で製造し、中でも BENDIX では ROBERT B. FORREST が”画像空間の図化機”コンセプトを開発した。オーバーコッペンは当時連続生産されていた簡易図化機ステレオトップをベースにした類似の解放を実現することを決定し、そして 1975 年にステレオコード G2 として発表した(HOBBIE 1975b)。

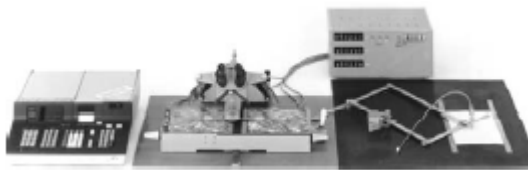


図 11. 1: コンピュータ HP9810 付きのステレオコード G2(1975)

図 11. 1の G2 の試作機は選んだ倍率で左写真のジオメトリが図化できるパントグラフ、そして新しい DIREC 1(9.1章を参照)そして HEWLETT PACKARD 製の最新のデスクトップコンピュータ HP 9810 付きで示している。”本体”と呼ばれる基本装置では両方の写真架台がステレオトップと同様に動くが、現在ではレバーのようなジョイスティックで微動調整ができた(図 11. 2)。右側の写真架台は左画像に対してy視差(左)とx視差(右)のつまみねじを使って相対的に動かされ、後で接続されたロータリーエンコーダ(図 11. 3)でデジタル化された。

x' と y' のためにリニヤーエンコーダは基本装置の写真架台と基板(図 11. 4)に取り付けられ、そしてセンサーが取り付けられている中間架台のガイドレールのように使われた。

基本装置の主な仕様は次のとおりであった:

- 写真材料: 密着焼き、ポジおよびネガフィルムと乾板の

ときには特注品の照明装置 SD 付き

- 測定範囲: x' , y' = 240 mm, $p_x = \pm 25$ mm
- 最小読取単位: 0.01 mm
- 精度: $\sigma_{x'}$, $\sigma_{y'}$ = ± 0.02 mm, σ_{p_x} = ± 0.01 mm
- y視差の範囲: ± 15 mm
- 観測倍率: 1倍、接眼鏡で3倍あるいは6倍
- 測標マーク: 直径 0.10 mm, 0.18 mm あるいは 0.28 mm 付きの黒あるいは赤

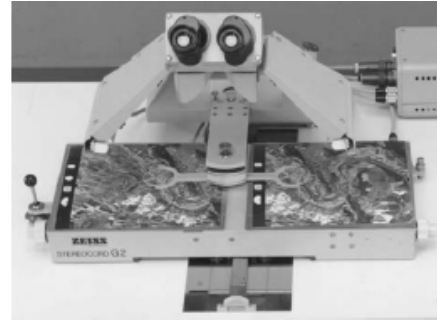


図 11. 2: ステレオコード G2 の基本装置

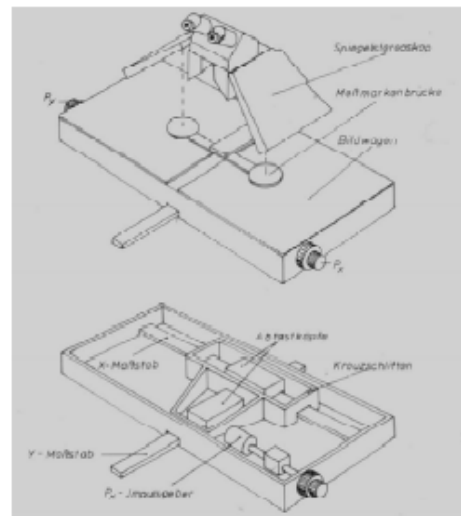


図 11. 3: ステレオコード G2 の機械的な構造

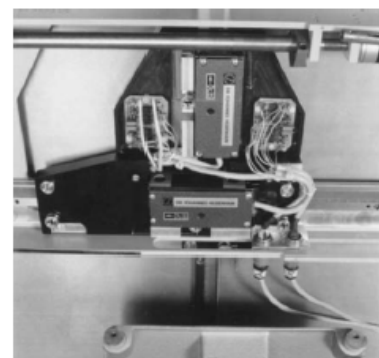


図 11. 4: リニヤーエンコーダ付きの G2 の中間架台 (背後からのビュー)

システム構成は図 11. 5で示すように基本装置、電子座標カウンタ、フットスイッチ、プログラムボタン付きの記録装置 DIREC 1そしてデスクトップコンピュータであった。

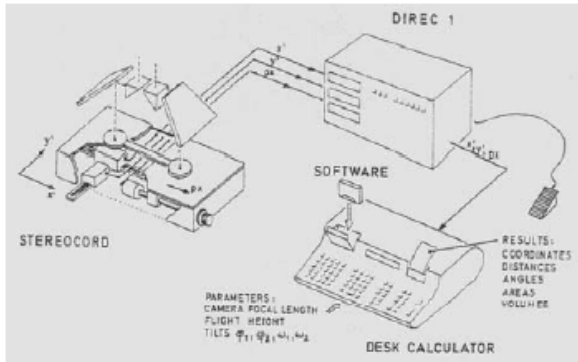


図 11. 5:DIREC 1とHP9815A 付きのステレオコード G2 のシステム構成

最初に使ったデスクトップコンピュータ HP 9810 は画像座標を読み取り、そして毎秒5~10 回モデル座標を計算することができた。しかしながらこのモデルはまだ計算中かあるいは表示中で、両方を同時に表示できなかったため毎秒1 回に減らされた。限界のあるプロセッサのスピードにより、モデル座標はべつの近似方程式で計算された。もっとも簡単な形の COORD A は地上の標高差だけを補正し、COORD C(図 11. 6)は写真の傾きを余分に補正した。(傾きが3 ~ 4 グラードそして飛行高度に 10%の変化で)画像縮尺で平面位置が 0.1 ~ 0.2 mm そして高さが撮影高度の 0.7 ~ 2.0%であることにより、G2 はステレオトブより良かった。

まもなくステレオコードの可能性は迅速なコンピュータで拡大した(図 11. 7)。三角関数付きの HP 9815は精度を2倍良くする新しい計算プログラム COORD D を作成することができた。HANS MOHL は 1977 年に標定と測定プログラムを新しくした COORD D を開発した(MOHL 1980)。

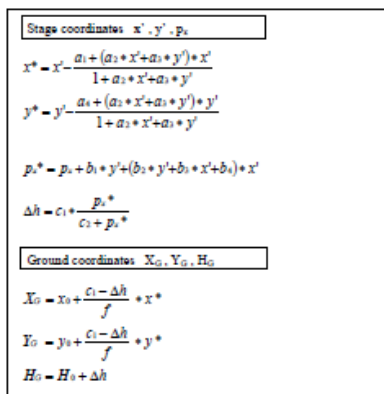


図 11. 6:G2 のリアルタイム計算(COORD C) (1975)

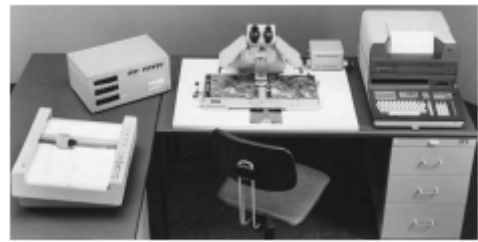


図 11. 7:HP9830 と HP プロッター付きの G2(1977)

1981 年に新しい記録装置 DIREC 2 あるいは DIREC 12 そしてデスクトップコンピュータ HP 9830 あるいは HP 85 と一緒に再設計されたモデルとしてステレオコード G3 の納品が開始された(MOHL 1981)。わずかに改良された基本装置はステレオ判読機から 現在ではy 視差もデジタイズされるフルスケールのステレオコードに更新することができた。DIREC 12 は最高4 つの座標値まで表示できるのに対して、DIRC 2 は座標のカウントと転送だけに(もはや表示は不可能)縮小された。

最初には写真判読のための座標、距離、角度および面積の決定に制限があった作業用のソフトウェアは(FAUST 1975)、今や容積の計算(FINKE et al. 1977)、グラフィックな図化(JORDAN et al. 1981 & MOHL 1989)、地球科学(SCHWEBEL 1983 & 1984)さらに地上写真(MOHL 1985)のプログラムが含まれた。非常に特別な利用は 85 mm ~ 915 mm のいろいろな焦点距離で、第二次世界大戦以後の古い偵察写真で不発弾を調査するために使われた。

図 11. 8はステレオコードの作業用ソフトウェアの構造を示している。

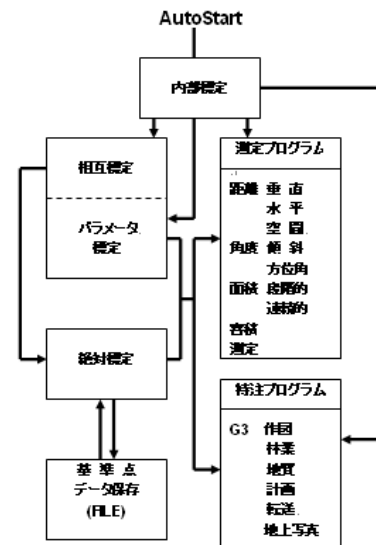


図 11. 8:ステレオコード作業ソフトウェアの構造



図 11. 9: IBM-PC 付きのステレオコード G3(1987)

通常の動向にもとずいて 1987 年の写真測量週間では、IBM 製の新しいパーソナルコンピュータと一緒に使った(図 11. 9)。1996 年までに ZEISS 製ステレオコードは全部で約 140 台納品された。“貧者の解析図化機”として主題目的の写真測量分野で標準機となり、“ステレオコード”の名称は、ほかに画像空間用図化機と呼ばれるカテゴリ名称としてしばしば使われた(KONECNY 1977)。

11. 2 解析図化機プラニコンプ C100

1971 年カナダのニュー・ブラウンズビックの GOTTFRIED KONECNY が、ハノーバー工業大学に招かれたとき、彼はその写真測量研究所の OMI 製の AP/C-3、いわゆる“Helava”プロッターを持ち込んだ。しかしながら、IBM 1130 コンピュータ付きのこの解析図化機では、写真測量用の製品はまだ無理であった。オーバーコッペンでは、この時代にはステレオコードの試作機ばかりでなく、迅速に測定データを処理するために当時の研究室のコンピュータの処理能力の性能の向上を取り扱っていた。そして 1973 年 12 月にステレオコードとは別に、“Helava”タイプの解析図化機も開発することを決定した。

科学的な研究室のコンピュータそしてソフトウェアの開発による経験がまだ制限されていたため、最初は共同開発を考えた。このときには、前述したように BENDIX 社を当時の従業員の UUNOV と一緒に訪問した。HELAVA は 1974 年にドイツおよびアメリカの測量局のための用意した提案書づくりに没頭していた。いずれにしても共同での解析図化機開発は、いろいろなコンセプトおよび財政上の前提事項が一致しなかった。同じ理由により、イェナ時代の ZEISS そしてミュンヘンの ZEISS AEROTOPOGRAPH の当時の同僚の OTTO HOFMANN との協力も、1972 年のオッタワで開催された ISP 会議で MBB 社の同僚 OTTOBRUNN が紹介したハイブリッドの写真測量用アフィン図化機のコンセプトが、その装置のデジタル処理用コンピュータによるものであったため断念した。

最終的に実用的な要求に対して自分たちの知識と開発チ

ームを信じて、この開発を CARL ZEISS だけで実施することに決定した。試作機を 1979 年に作成すると最初に予定していたコンピュータ制御のオルソプロジェクターを棚上げし、1974 年 9 月に徹底的な機械的なそして電子的な構造と一緒に開始した。徹底的なラストパートで 1976 年 3 月には試作機のシステム構成が完成し(図 11. 10)、4 月 20 日には機械で絶対標定とモデル接合が最初に完成し、1976 年 7 月 12 日にはヘルシンキの ISP 会議で公式に発表した(MEIER 1976a)。展示レポートによれば、プラニコンプは注目され、そして簡便な操作性と問題のない機能が優れた“スター”であった(KREISLING 1976)。



図 11. 10 : プラニコンプ C100 - テレックスターミナル付きの試作機(1976 年 4 月)

ソフトウェアの開発では最初は ZEISS の共通のコンピュータセンターがカードリーダー入力だけであり、そして試作機の最初に実験ではダイアログはテレックス用ターミナル経由だけが可能であったのに対して、会議のために市販の新しい数値的なターミナルが間に合いそして納品に使うことができた(図 11. 11)。



図 11. 11 : プラニコンプ C100 - 初期の構成

初期の構成、すなわち写真架台を平面上に左右に分けたコンパクトな基本装置(“ビューワー”)、ZEISS の電子制御装置(写真架台のサーボ駆動のための 2 つの電子制御装置)、交換可能な磁気ディスク付きの HEWLETT PACKARD 製のミニコンピュータ HP 21 MX、特注の周辺装置用の 2 つのコンピュータキャビネット(たとえば、テープパンチャー、磁気テープ装置)、プリンター付きの CRT ターミナルそして

オンラインおよびオフライン図化用のデジタル描画機 DZ 6 がそのまま採用された (HOBBIE 1976b)。

基本装置はオペレータがアクリルガラスで上から見える x , y 方向に移動する2つの写真架台、そして観察用の固体倍率の接眼レンズから構成されている。本体の前には、両方のハンドル付きの独立した操作パネル (“パネル”) が固定されている。本体の仕様は次のとおりであった:

- ・ 測定範囲: $x', y' = 240 \text{ mm}$
- ・ 測定分解能: 0.001 mm
- ・ 測定精度: 格子測定で
 $\sigma x', \sigma y' = \pm 0.003 \text{ mm}$ 、観察倍率による
- ・ 観察倍率: 8倍と 16 倍の接眼鏡
- ・ 観察視野: 8倍で 30 mm
- ・ 画像の旋回: ドーププリズムで ± 100 グラード
- ・ 測標マーク: 直径 0.040 mm つきの黒点と照度調整可能な光点マーク
- ・ 写真の観察: 正立体視、逆立体視、左接眼鏡、右接眼鏡; 手動およびコンピュータ制御

透過光では黒くそして横からの照明のときには、光点マ

ークとして見える革新的なそして特許の測標マークは、光路の一部にある半透明のプリズムの斜面上に楕円のクローム面から構成されている (KRASTEL 1975a)。

精密な写真架台 (図 11. 12) は PLANIMAT のときと同様に、平坦なガイドレールと 1 mm ピッチの精密スピンドルと実証されたロールナットで移動する。1回転が $1,000$ パルスの回転エンコーダと高性能の直流モーター (図 11. 13) は、非常に高精度なそして迅速な位置決めのためにフィードバック制御システムを作り出している。

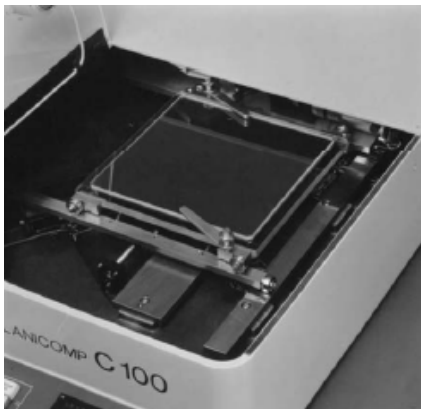


図 11. 12 : プラニコン C100 の正方形の写真架台

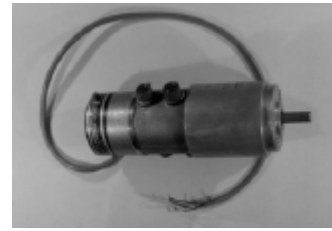


図 11. 13 : 写真架台駆動用の直流モータ

可動範囲の限界は内部の数値的な限界値、中間の電気的なスイッチそして外部的なばね付きの機械的な停止具という3段階の停止システムで行った。写真架台には、機械のキャリブレーションのために 90 mm 間隔の9点の格子点と測定する写真の概略位置のためのマークがつけられた。写真の便利な装着のために、写真架台は開閉可能なアクリルガラスのもとに移動できる。

オペレータが実作業で解析図化機の受け入れは、アナログ図化機と同様に遅れないハンドルおよび写真架台の動きの接続に依存した。このため、現在位置に対応する変換を毎秒最低でも 25 回できれば 40 回計算し、その結果をサーボモーターに与えてそして写真架台を移動させた。さらに接続した描画機をそれに対応して制御するために、そしてモデル位置を記録目的のために測地座標に変換した。図 11. 14 はリアルタイムに行われるこの換算の略図、図 11. 15 は対応する数学的な公式、図 11. 16 は操作パネルの座標カウンタを示す。

このリアルタイムの制御のすべての座標変換は、ミニコンピュータ HP 21 MX で毎秒 50 回実施された。写真測量における効果的な高い計算精度は 10^5 から 10^6 (20 ビットに相当) を保証するために、追加のフローティングポイント・ハードウェア付きのこの 16 ビットコンピュータでは追加的な計算時間を稼働させなければならなかった。残りの時間は、制御、測定そして計算機能付きのプログラムを使用できた。

このコンピュータの特徴はリアルタイムな制御が可能であったため、リアルタイムのオペレーティングシステム RTE II はインタラプトシグナルで外づけの周辺装置を停止でき、そして決められている絶対優先度付きのコンピュータルーチンをスタートすることができた (BAECK 1977)。当初は研究室での処理のために考えていたこのプログラム機能は、コンピュータ言語 (アセンブラ) で書かれた “ループ” プログラムをすべて 20 msec 毎に正確にスタートされ、そして高性能なサーボモーターと接続させて写真架台を遅れがなくさらに均一に可動されることを保証した。

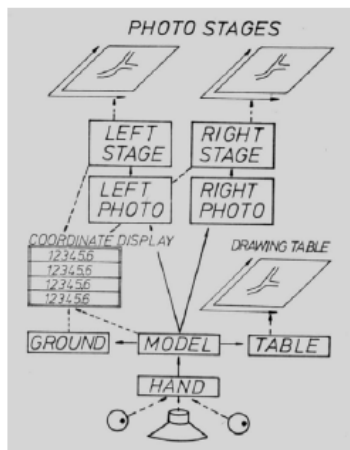


図 11. 14 :リアルタイム制御(ループ)の略図

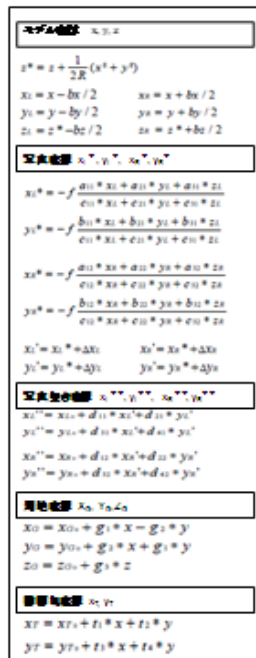


図 11. 15 :PLANICOMP C100におけるリアルタイムな換算

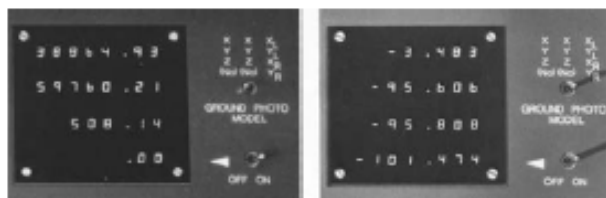


図 11. 16 :C100 の操作パネルにおける切り替え可能な写真架台、モデルあるいは測地座標の表示

このためミニコンピュータのためのプランコンプ C100の制御およびインターフェースエレクトロニクスは、最高のそして絶対優先度つきの周辺装置であった。第一に、架台位置の変化と(いろいろな変換から得られた)新しい表示値は、各周期のためのこのインターフェース経路で迅速な実行のため

に、次の周期に対するハンドル、足盤およびジョイスティックからの新しい値がコンピュータへ転送される前に受け取られた。フットスイッチあるいは任意のパネル制御キーの実行は、二番目の低い優先度経路でそのほかのステータスおよびスイッチ情報と一緒にコンピュータへ転送された。さらにデュアルのディスクドライブ(1つは着脱可能なディスクカートリッジ)付きのコンピュータは、ユーザーターミナルそしてデータ記録および印字のためのそのほかの特注の周辺機器を可動させた(図 11. 17)。

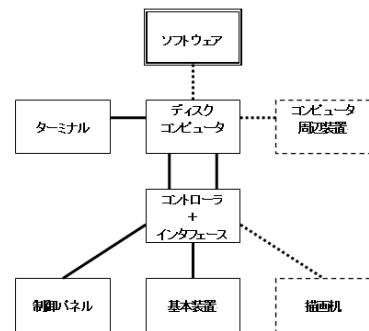


図 11. 17 :C 100 のハードウェア構成

測標マークを動かすためのハンドルと足盤のほかに、左ハンドルの隣の制御パネルにある x, y 方向に迅速に動かすためのジョイスティックおよびプロフィール測定のためのスピード制御つまみが使用された(図 11. 18)。ハンドルおよび観測光学系のステータスは切り替えができ、そして右ハンドル上の照明ボタンでチェックできた(しかしソフトウェアでも変更可能)。ハンドルはソフトウェア経路で内部標定のためにそしていろいろなモード(すなわち左、右あるいは左右)で直接架台にあるいはバーチャルなモデル空間そして異なったモード(空中写真、地上写真、断面測定)のいずれかで接続された。接眼鏡左/右と(正/逆)立体観察は非常に便利であり、そして既に精密コンパレータ PSK と同じであった(図 11. 19)。



図 11. 18 :プランコンプ C100 の制御パネル

制御パネルの中央には測定作業中にオペレータがコンピュータターミナルをオン/オフする必要がないようにプログラム制御であった。図 11. 20 は内部、相互、絶対および描

画機の標定のために最もよく使われ、さらにレベルAおよびBプログラムのための呼び出しボタン、プログラム内で最も大切な変更を決めるための切り替えスイッチ、要求される決断に対する Yes/No ボタン、そして重要なプログラムのステータス表示と選んだプログラムをスタートするための“EXECUTE”ボタンを示す。

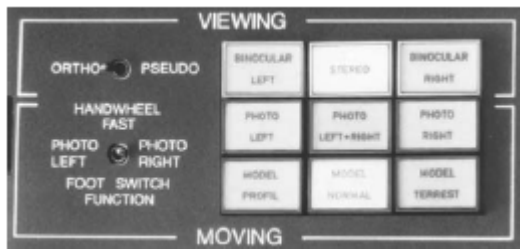


図 11.19 : 観察と駆動のための制御要素

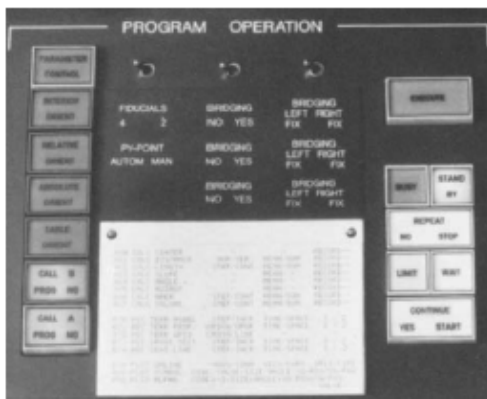


図 11.20 : C100 ユーザーパネルのプログラム制御

この中央部分の右側のキー(図 11.21)は、記録、移動そしてエディットのような点に関する作業、画像あるいは地上の位置の適用、そして点番号あるいはプログラム番号の入力のためのものである。それはプラニコン C100 が便利に製造されそして CARL ZEISS オーバーコッペン製のこの解析図化機の良好な評判そして迅速なさらに優れた評価を得るために、できるだけコンピュータ処理のためのバックグラウンドの必要部分を専用の制御パネルで機能的なそして正確に用意された取り扱いを目標とした。

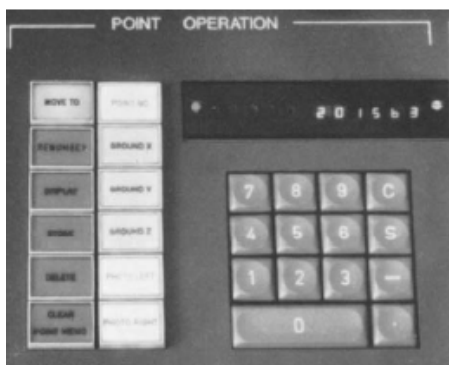


図 11.21 : 点の測定/エディットのための制御要素

便利に使用するためのそのほかの大切な要因は、次のようなソフトウェアの構造であった(図 11.22): 架台の動きの絶対的なそして迅速な優先度の”Loop”制御、“Panel”プログラムで代入したユーザーコマンドの迅速な実行、ほかのすべてのプログラム機能を駆動時間が短い作業優先度(レベルA)、対話式(オンライン)の測定プログラム(レベルB)、そしてブロック調整、数値地形モデルの処理あるいはオフライン図化のようなバックグラウンドのプログラム(レベルC)にグループ分けすることであった。

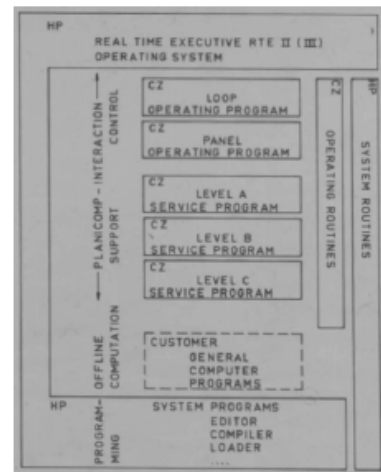


図 11.22 : RTE II 内部の C100 ソフトウェアの構造

1976年には非常に制限されていたメモリーサイズが、少なくともプログラマーにとって幾分遅いコンピュータ速度よりも大きな問題であった。メモリーのタイプはコアメモリーから半導体モジュールに丁度変更され、そして C100 の初公開後に HP 製のミニコンピュータの最大可能な駆動メモリーサイズが 24~32K バイトに拡張された。デュアル磁気ディスクドライブの全体の容量は、4.9 M バイトであり、固体ディスクと着脱ディスクカートリッジで共有されていた。今日のパソコンは最低でも 100,000 倍のメモリーを所有し、そしてさらに 1,000 倍安い。

当時はプログラミング時間の大部分が消費したメモリーの管理に注意が必要であった。オペレーティングシステム RTE II、“Loop”プログラムと共有するすべての共通データブロックは、いつでも駆動メモリーに存在していなければならなかった。残りの容量はすべての作業プログラム間で共有しなければならず、単独のプログラムを完全に収容するためでも完全に不十分であった。このため標定作業、測定そしてすべてのオフライン作業の大部分のプログラムは、セグメント化しなければならなかった。メモリー使用の一般的な状態は図 11.23 に示した。オペレーティングシステム RTE II によるすべての駆動ソフトウェア、C100 関連のプログラムそして機能的なデータセットは固体ディスクにバック

アップし、そして着脱可能なディスクは作業に関する測定のために使った。

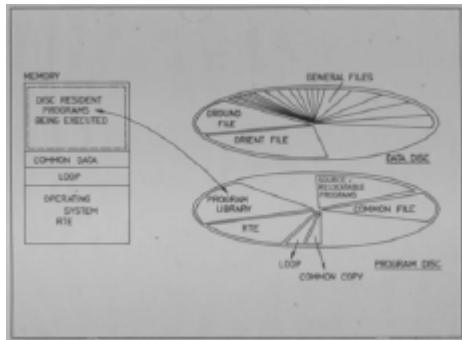


図 11. 23 :コンピュータ HP 21 MX でのデータ構造

1976 年、ヘルシンキでプラニコン C100 の展示でソフトウェアは、非常に高い信頼性が得られ、斜め写真のステレオモデルを使って旅行者のミュンヘンの市内観光ツアーを実施した。翌年には標定とデータ管理、空中三角測量の測定とコースの調整計算、等高線、縦横断面あるいは格子による高さの測定、距離、面積、容積の測定、グラフィックの図化そして機材のテストとキャリブレーションのためのすべての必要なそして使用可能なプログラムを組み込むことで作業プログラムの数は 40 から 75(図 11. 24)に増やされた(HOBBIE 1977b)。

2 台の試作機での経験をベースにして、1977 年の写真測量週間では信頼性と精度に対する要求は完全に満たしたことを報告した。写真架台上の 3 × 3 格子マークによるキャリブレーションからオンライン補正の使用により、プラニコンは ZEISS 製のモノコンパレータおよびステレオコンパレータよりまだ少し劣っていたが、空中三角測量測定のスピードと快適性は注目に値するため(STARK 1977b)、この作業について十分に受け入れられることとなった。

このため、オンラインの空中三角測量のためのサポート(HOBBIE 1978)は、すなわち独立モデルのブロック調整 PAT-M 43(後で PAT-MR)およびバンドル調整 PAT-B(後で PAT-BR)のための特注品として C 100 の HP21 MX コンピュータ上に有名な”シュツットガルトプログラム”を組み込むことで拡張された(KLEIN 1977 & 1978)。1980 年から有限要素による相関を使って標高モデルの計算および等高線と地形断面のための特注プログラム HIFI(既に 8. 7 章に記述した)も使用可能になった(EBNER et al. 1980b)。

1979 年には HEWLETT PACKARD は、オペレーティングシステム RTE IV のリアルタイムの計算速度とメモリー容量を大幅に改善したコンピュータシリーズ HP1000 システムを開発した(HOBBIE 1979c)。現在、C100 ミニコンピュータは追加的なダイアログを使うことができるようになった(図 11. 25)。耕地整

- B 2 内蔵標定(測定および計算)
- B 3 相互標定(測定および計算)
- B 4 絶対標定(測定および計算)
- B 5 描測機標定(測定および計算)
- A 6 手動の標定(測定および計算)
- A 8 パラメータ移動/パラメータの編集
- A 9 移動(与点への移動)
- A 10 記録(現在位置の記録)
- A 11 表示(記録された点の表示)
- A 12 記憶(現在位置を記憶)
- A 13 消去(記録された点の消去)
- A 14 点メモリーの消去(すべての種類の点を消去)
- A 20 英語のモデルデータのリスト(英語の標定レポート)
- A 21 ドイツ語のモデルデータのリスト(ドイツ語の標定レポート)
- A 22 フランス語のモデルデータのリスト(フランス語の標定レポート)
- A 23 スペイン語のモデルデータのリスト(スペイン語の標定レポート)
- A 24 測地基準のリスト(実際の基準点のリスト)
- A 25 写真基準のリスト(実際の画像基準のリスト)
- A 26 カメラデータのリスト(測地のカメラデータのリスト)
- A 27 変換データのリスト(変換/パラメータのリスト)
- A 28 キャリブレーションデータのリスト(機械のキャリブレーションのレポート)
- A 29 プログラムライブラリーのリスト(使用可能なプログラムのリスト)
- A 30 標定ファイルのリスト(記憶されているすべての標定データのリスト)
- A 31 標定ファイルの消去(記憶されているすべての標定データの消去)
- A 32 標定データの保存(現在の標定データの保存)
- A 33 標定データの代入(記憶されている標定データの代入)
- A 34 標定データの記録(標定データの取り出し)
- A 35 標定データの読取(標定データの取り込み)
- A 36 標定データの変換(アナログ図化機のための標定データ)
- A 40 地上ファイルのリスト(記憶されているすべての基準点データのリスト)
- A 41 地上ファイルの消去(記憶されているすべての基準点データの消去)
- A 42-A 44 現在の地上データの保存、代入、記録
- A 45 地上データの読取(基準点の取り込み)
- A 46 地上データの検出(距離を使って基準点の検出)
- A 50 ジェネラルファイルのリスト(記憶されている測定値のリスト)
- A 51 ジェネラルファイルの消去(記憶されている測定値の消去)
- A 52 ジェネラルデータの転送(記憶されている測定値のコピー)
- A 54 ジェネラルデータの記録(記憶されている測定値の取り出し)
- A 55 ジェネラルデータの読取(記憶されている測定値の取り込み)
- A 56 ジェネラルデータのエディット(記憶されている測定値のエディット)
- A 57 ATX データの転送(空中三角測量測定値のコピー)
- A 58 ATD データの保存(モデル調整データの保存)
- A 59 ATM データの保存(モデル調整データの保存)
- A 60 中心位置の計算(平均値の計算)
- A 61 距離の計算(水平と垂直距離の計算)
- A 62 長さの計算(移動距離の計算)
- A 63 斜面の計算(垂直角の計算)
- A 64 角度の計算(空間角の計算)
- A 65 方位角の計算(水平角の計算)
- A 66 面積の計算(面積の計算)
- A 67 容積の計算(容積の計算)
- A 68 分数(記憶されたデータの統計値を計算)
- B 70 地形モデルの記録(平均値の計算)
- B 71 地形断面の記録(地形断面の測定)
- B 72 地形格子の記録(格子測定)
- B 73 縦横断面の記録(縦横断面の測定)
- B 80 オンライン図化(点および線分の測定)
- A 81 オンライン図化(点および線分の測定)
- A 82 オンライン図化(点および線分の測定)
- C 85 オンライン図化(点および線分の測定)
- C 86 オンライン図化(点および線分の測定)
- C 87 オンライン図化(点および線分の測定)
- A 90 コモンファイルのリスト(記憶されているシステムデータのリスト)
- A 91-A 95 システムデータの消去、保存、代入、記録、取り込み
- A 96 コモンデータのセット(システムデータのリセット)
- A 97 コモンデータのリスト(現在のシステムデータのリスト)
- B 98 C100 キャリブレーション(格子測定と調整計算)
- C 99 機能テスト(システムの半自動のテスト)
- C 101 点の補正(保存されている点データの編集)
- C 105 コースの調整計算(コース調整のオフラインの計算)

図 11. 24 :C100 ユーザープログラム(1977 年当時)

局”の特別な要求により、2 台のプラニコン C100 を 1 台のコンピュータ HP 1000F で稼働させることに成功した (ZIPPELIUS 1979)。

その間に多くの公立の機関、企業および学術団体の多くの顧客は、C100 を使って非常にプラスの経験を得た (STRERATH 1979, ROSE 1979 & EBNER 1979)。CARL ZEISS オーバーコッペンから解析図化機を公表してから 4 年後、多岐にわたる作業に対して使われることで円熟した機材だけでなく (HOBBIE 1980a)、最新のそして非常に信頼性の高い機械として認知されました。ソフトウェアが任意の機材のために約 100 個の紙テープロールからロードしなければならないときの最初の苦難は、無くなりました。途中には構造上の測定により本体の精度は 25 点格子によるキャリブレーションをベースにすると、すべての納品されたプラニコン C100 の平均として決定された精度は、x, y 方向で $\pm 2 \mu\text{m}$ に上昇した。

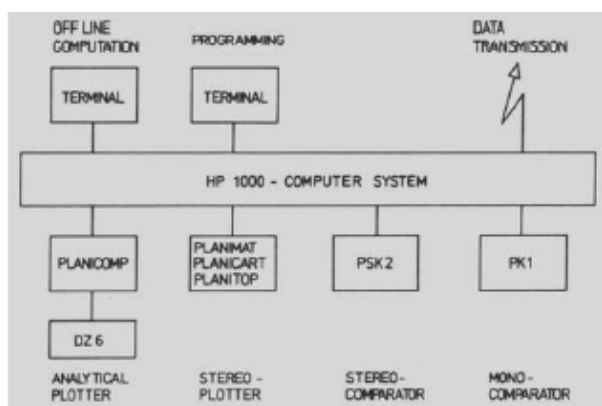


図 11. 25 : HP1000 ミニコンピュータのマルチ使用

C100 の現在の機能性をチェックするために、オペレータはプログラム化されたテスト作業を使うことができた。サービスマンは HP コンピュータをエミュレートする特別なテスト装置 (図 11. 26) を使って、ZEISS の制御用エレクトロニクスとの正しいやり取りを確認することができた (HOBBIE 1980b)。

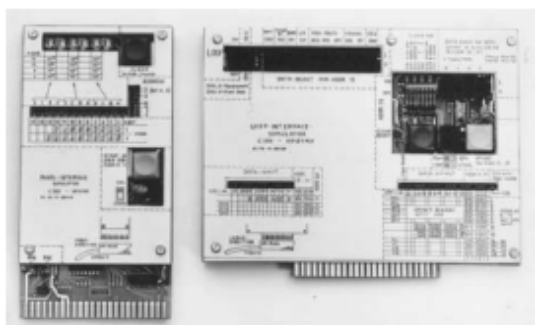


図 11. 26 : C100 制御エレクトロニクス用テストツール

11.3 解析図化機プラニコン C シリーズ

数年経過後、プラニコン C100 はさらに改良されそしてユーザーからの勧告と要望さらにコンピュータの進化を利用して広範囲なプラニコンシリーズに拡張した。1983 年、観測倍率が 7.5 倍 ~ 30 倍のズームレンズ付きの改良された C100 の基本装置が公表され、そしてフィラメントランプはハロゲンランプに置き換えられた。今や着脱可能になった 8 倍の接眼鏡を 16 倍の接眼鏡と置き換えることで、倍率範囲は 15 倍 ~ 60 倍に変更することができ、観測分解能は 100 lp/mm に強調された (RUEDENAUER 1983 & HOBBIE et al. 1984c)。

両方の観測系には、以前に述べたグラフィックなスーパーインポジション (すなわちビデオマップ、10. 6 章を参照)、あるいは CCD カメラで視野の中で画像をデジタイズするための光学的な出入口も用意された。1983 年夏、この光学的な出入口は、INTERGRAPH 製ステレオデジタイザーにプラニコンを接続するとき、スーパーインポーズのために INTERGRAPH 製モニターも使用した (図 11. 27)。1982 年プラニカートと INTERGRAPH システム間のオンラインの設置が公表され (10. 6 章を参照)、さらに同年には、オフラインで測定されたデータを ZEISS 製ステレオ図化機から後処理のために ISIF (インターグラフ標準変換フォーマット) で IGDS (インターアクティブ・グラフィックデザインシステム) に渡すことができた。



図 11. 27 : プラニコン C100 と INTERGRAPH 製ステレオデジタイザー用ワークステーションとスーパーインポジション (1983)

INTERGRAPH システムへのオンライン接続は、現在の測標マークの位置へ転送、要求された位置への移動、独立単点の測定、線分および地形断面の描画、C100 操作パネルで INTERGRAPH ソフトキーの使用そして大きなデータセットの交換のような次の機能付きの対話式のやり取りと測定のために新しい B プログラム インターグラフデータの記録で可能であった (HOBBIE 1983 & 1984a)。

1983 年には HP1000A シリーズのいろいろな新しいコンピュータ構成がモデル A600、A700、A900 と一緒に提供された (MICRO 26、27、29 として市販)。これらの種類と 2 つ

の基本装置の組み合わせで、ハードウェアの能力、ソフトウェアの数と価格により、いくつかの標準パッケージを使用可能となった:

- ・ C100 / C110 : HP 1000 A900 付きのズーム光学系付き基本装置
- ・ C120 : HP 1000 A700 付きのズーム光学系付き基本装置
- ・ C130 : HP 1000 A600 付きの標準的な基本装置

2年後には、C130 をさらに簡素化した装置付きの C140 を追加した(SCHWEBEL 1985)。最高のセットは以前の外観と同じようにみえ(図 11. 28)、そして“図化システム”あるいは“図化ステーション”と呼ばれ、経済的な“ワークホース”としてエレクトロニクスとコンピュータラックを基本装置の下のキャビネットに組み込めるようにした(図 11. 29)。



図 11. 28 : HP1000 A700 コンピュータ付きのプラニコンプ C120



図 11. 29 : キャビネットドアなしの HP1000 A600 コンピュータ付きのプラニコンプ C140

1985 年以降は HEWLETT HACKARD 社からの改善された RTE A オペレーティングシステムを使い、そしてデジタル描画機プラニタブにプラニコンプを接続することができた。これによりプラニコンプ C100 シリーズに対するハードウェアの開発はほとんど完成した。

多くの重要なソフトウェアの改善は開発パートナーおよび顧客によって作成され、そしてこれらのいくつかのものは ZEISS でサポートあるいは ZEISS から納品された。言及していないものには 1980 年以来ハノーバー工業大学製のバンドルブロック調整用の BLUH があり、そして 1986 年以後宇宙からの SPOT 画像を C100 で評価することができたバンドルブロック調整プログラム BINGO がある(KONECNY

et al. 1987)。1983 年にはボン大学が付加情報を使って近接写真のステレオペアーのワンステップ絶対標定のような C007 バンドル標定が完成した。そしてボン大学製の(非計測用)地上カメラの格子補正のためにプログラム B198 拡張されたキャリブレーションもある。

高度モデルの収集のための階層的なサンプリングの有意義な方法は、ハノーバー大学における博士論文の話題であり(RÜDENAÜR 1980)、その後 ZEISS のサポートによりミュンヘン工業大学による PROSA プログラムとして C100 に組み込まれた(REINHARDT 1983 & REINHARDT et al. 1989)。PROSA は HIPI による後処理のために測定作業を最小化する間に、近似地形をダイナミックに処理するためにプラニコンプにとって理想的な測定ツールであった。アメリカのユーザー(オハイオ州メントールの KUCERA INTERNATIONAL)は、プラニコンプのために“高速道路設計パッケージ”を開発し、そしてアメリカの仕様にもとづいて必要な測定、計算および図化を管理した。

シュツットガルト大学ではプラニコンプ C100 を 1983 年に浜松フォトニクス製の 2 個の CCD カメラ(図 11. 30 と図 11. 31)付きで購入し、243 × 256 ピクセル(画像縮尺で 20 μm のピクセルサイズ付き)による画像をデジタイズし、そして HP1000 コンピュータに毎秒 60 回読み込んだ(GUELCH 1984 & 1985)。これは C100 でオンライン使用のデジタル画像相関による以前の大学の研究も実施した(ACKERMANN 1983)。それ以後の成功裏の開発は VOLKSWAGEN AG と CARL ZEISS が援助した。1986 年の秋に、ポルフスブルグに 2 台目のシステムを車体デザインの自動測定のために使う操縦士顧客のために納品した(SCHWE 1987)。このハードとソフトウェアの構成は INDUSURF という名称で ZEISS から発売され、そして数社の自動車メーカーに販売された。カメラシステムに関連した重要な部品は、なめらかな車体の表面を画像相関するために使用可能な写真を得る目的で ZEISS 製ステレオカメラ SMK 40(13. 1 章を参照)のために新しく開発した斑点投影機であった(図 11. 32)。



図 11. 30 : デジタル画像相関付きのプラニコンプ C100

解析図化機C100のために記述されたこのデジタル画像評価の方法は、特許登録された (ACKERMANN et al. 1984)。

1968年にCARL ZEISS オーバーコッヘンがプラニマート付きのITEK製コレレータEC5を発表後、1985年にこのINDUSURFにより図化機でコンピュータ制御のオンラインの画像相関を再び実現した。1968年には新しいソリューションの数システムを販売した。これらの2つの実現したソリューションの途中には、ZEISSは一時ハノーバー工業大学のRASTARプロジェクト(KONECNY et al. 1980 & PAPE 1983)の1つの後援者であり、主に招待科学者のGILBERT L. HOBROUGHにより駆動されたが、1983年に中止された。

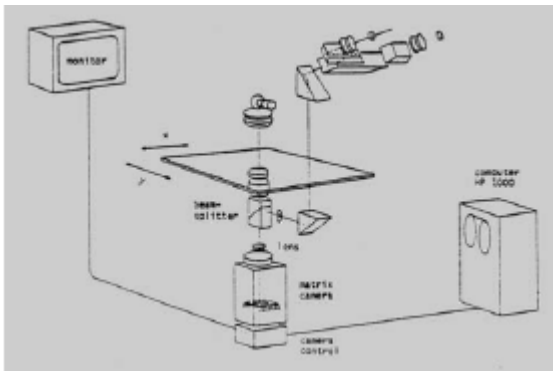


図 11. 31 : CCD カメラ付きの C100 の光学的な略図

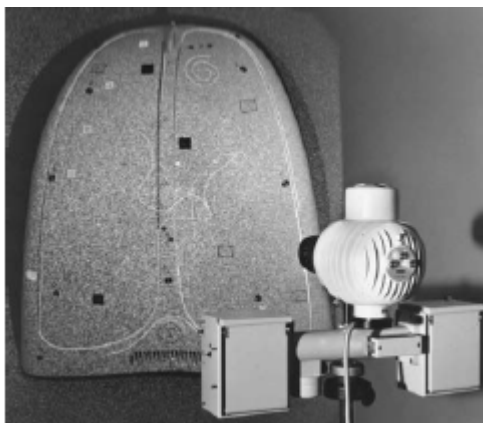


図 11. 32 : INDUSURF で使用するために斑点投影機つきのステレオカメラ SMK 40

11. 4 “ZIP” ZEISS-INTERGRAPH プロジェクト

1981年以來アメリカのアラバマ州ハンツビルのINTERGRAPHとの共同プロジェクトについての相談は、以前に記述したINTERGRAPH製のステレオデジタルユーザーワークステーションとZEISS製のステレオ図化機プラニカートE3と解析図化機プラニコンプC120との間の接続が

翌年に完成した。この協力により1983年末にINTERGRAPHは、新しい解析図化機の共同開発に興味を示し、グラフィカルなワークステーションに組み込まれ、さらに1つのアメリカ政府機関の特別な要求のためにも準備した。当時オーバーコッヘンは既に新しい“C200”開発の前段階であり、そして魅力的な提案された“CAP”を実施することが直ちに可能となった。そして数回の討議と詳細な説明の後に、対象のエンドユーザーも含めて、1984年7月にZEISSはスイスの小さな競合会社に対して契約を勝ち取った。

非常に納期が厳しく大量の注文は、写真測量機材の製造と部品調達の間部門にとって大きな挑戦であった。しかしながら、12カ月後には、最初の機械をINTERGRAPHにZIP“ZEISS- INTERGRAPH PROJECT”という名称で納品した(図 11. 33)。



図 11. 33 : 1985年7月“ZIP”一号機の納品

1985年7月から1988年末までに合計320台のZIP装置が納品された。これはZEISS独自の月産10台のプラニコンプのほか、INTERGRAPHのための製造をこなさなければならなかった。これはオーバーコッヘンにCARL ZEISSのすべての解析図化機の別の組み立て工場で実施した(図 11. 34)。図 11. 35は組み立て中の未完成の本体を示している。本体の全体のサイズを定義する非常に大きな架台部分を見ることができる。



図 11. 34 : CARL ZEISS オーバーコッヘン工場の解析図化機組み立てホール(1986)



図 11. 35 :ZIP 基本装置の内側の状態

主な解析図化機 ZIP の光学的なそして機械的な仕様は次のとおりであった(HOBBIE 1986) :

- ・ 測定範囲: $x'=330$ mm、 $y'=240$ mm
- ・ 最小読取単位: 0.001 mm
- ・ コンピュータ制御による正立体視／逆立体視／左および右観察の切替
- ・ 画像および測標マークの照明:コンピュータ制御
- ・ 画像の回転:ドーププリズム 360°、コンピュータ制御
- ・ 観測倍率: 10 倍 ~ 40 倍、コンピュータ制御
- ・ 測標マークの直径: 10 ~ 70 μ m、コンピュータ制御
- ・ 観察分解能:200LP/mm
- ・ 15 インチのラスタースクリーン表示のための光学的なインタフェース

通常でない大きな測定範囲は、アメリカのマサチューセッツ州、レキシントンの ITEK 製の大型フォーマットカメラ LFC の 9"× 18"(230 mm ×460 mm) の 60%のエンドラップのステレオモデルが設定可能な超大型サイズの画像フォーマットであった。

ZEISS は基本装置単体の光学系、機械系とエレクトロニクスであったのに対し、INTERGRAPH は基本的な保守構造、カバーおよび作業台、スーパーインポーズ用モニター、さらにすべてのコンピュータのハードウェアとソフトウェア付きのシステムを完成させた。特に重視されたのは、ほとんどすべての身長オペレータが快適に調整できるように人間工学についてであった(図 11. 36)。

これを達成するためにはスーパーインポジション用スクリーンと卓上の描画面付きの全体の基本装置が、モータ駆動で上下できた。これは IMA "INTERMAP_ANALYTIC" という名称で、1986 年に業界に公表した ZIP の商用版の標準的な特徴でもあった(図 11. 37)。



図 11. 36 :ステレオ図化機での人間工学:身長の変化



図 11. 37 :INTERGRAPH 製解析図化機 IMA(1987)

IMA は 1988 年京都での国際会議で、完全に地理情報システムが組み込まれた解析図化機として展示された。同じ会議に、ZEISS はほかの機材と一緒に、光学系、機械系そして基本装置の基本的なエレクトロニクスに非常に類似したその“兄弟機”、プラニコン P1 を公表した(図 11. 37)。

11.5 プラニコンPシリーズ

既に 1983 年に開始した最高級のプラニコン C100 の後続機として新しい解析図化機“C200”の前準備段階中に、HELAVA タイプの新しい“ワークホース”として廉価版の解析図化機についても討議していた。ZIP プロジェクトが始まりそして“C200”の技術的なコンセプトを 1985 年の夏に決定したときに、廉価版は作業タイトルが“C150”および“G3”で C100/C140 ラインとステレオコード G3 の両方を設計した。すべて 3 つの開発は 1987 年 3 月のオーバーコッペンでの社内会議で、10. 7 章で既に記述した写真測量と地図作成ソフトウェア PHOCUS と一緒に P1, P2, P3 からなるプラニコン P シリーズとして始めて発表した(図 11. 38)。外部への発表はボルチモアでの 4 月に開催された“アメリカ写真測量学会議”と 9 月のシュツットガルトでの写真測量週間であった(HOBBIE 1987a & 1987b, SAILE 1987a & 1987b)。



図 11. 38 :プラニコン P シリーズと PHOCUS のためのロゴ(1987)

ZEISS 製のプラニコンPシリーズ(図 11. 39)の基本装置は、写真架台のサイズを含むハードウェアは INTERGRAPH 製の IMA と同じであった。これは大型フォーマットカメラ LFC の 60%のエンドラップ分の 230 mm × 460 mm(9"× 18")のステレオモデルを設定することができるだけでなく、衛星からのロシアの 30 cm × 30 cm 画像の測定(90°回転したとき)、あるいは標準的な 230 mm × 230 mm (9"× 9")フォーマットの 2 つの連続したステレオモデルの並行的な設定、あるいは近接写真測量で使われているような非常に小さいフォーマットのいくつかのステレオモデルも可能であった。P1 と IMA の光学系は非常に類似しているが、いくつかのパラメータおよびスーパーインポジションのための光学的な出入口によって異なっていた。ZEISS は C100 で実証されたように測標マークを中間的な画像面にスーパーインポーズすることを選んだ(図 11. 41)のに対して、IMA は光学的なズームとドーププリズムの回転のコンピュータ制御の動きとあわせるために、電子的なズームと回転を必要とする接眼鏡で観測可能な中間画像にスーパーインポーズした。



図 11. 39: CARL ZEISS 製プラニコン P1

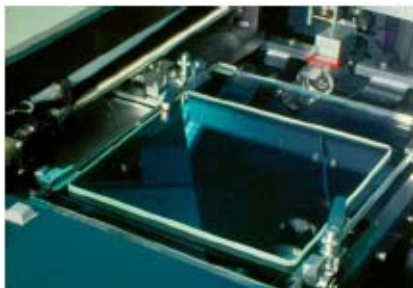


図 11. 40 : プラニコン P1 の写真架台

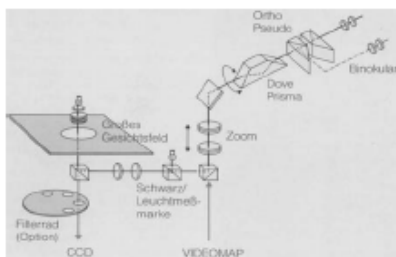


図 11. 41 : プラニコン P1 の光学系の略図(右側)

プラニコン P1 の仕様は次のとおりであった:

- ・ 測定範囲: $x'=330$ cm, $y'=240$ mm
- ・ 測定分解能: 0.001 mm
- ・ 精度: $\sigma_{x,y}=\pm 0.002$ μ m
- ・ 測標マーク: 直径 30 μ m (特注の 60 μ m) 同黒点と調整可能な光点マーク
- ・ 視野角: 5 倍の拡大で 40 mm
- ・ 観測解像度: 最高 120 Lp/mm
- ・ 画像の回転: ドーププリズム、360°
- ・ 観測状態: 正立体視、逆立体視、左接眼鏡、右接眼鏡、手動およびコンピュータ制御
- ・ 接眼鏡の高さ: テーブル上 475 mm ~ 535 mm 間を手で変更
- ・ 画像のインプットおよびアウトプットのための光学的なインタフェース

P1 の特別な特徴はサイズが 800 mm × 400 mm の組み込まれている最小読取単位 0.025 mm のデジタルタブレット付きの大きな卓上の作業範囲であり、その上に CRT ターミナルを十分設置できる。このデジタイザ用の通常のカーソルの代わりに、新しく開発された P カーソルを使っている(図 11. 42)。この”P カーソル”は測標の便利なフリーハンド移動が可能だが、P カーソル上の x 方向と y 方向は 4 つのボタンそして z 方向は前面の 2 つのボタンで粗動を、そして z 方向の微動は回転つまみで行うことができる。さらに P カーソル上の追加的な 5 つのソフトキーは、それぞれの作業にとって最も重要な制御コマンドをプログラムすることができる。移動制御のほかに、取り付けられている十字マーク付きの P カーソルは、(標定されている)地図あるいは密着上で点をあわせるため、メニューシート上に用意されているコマンドを指定するためあるいは任意のグラフィックオーバーレイから細部をデジタイズすることができる。この P カーソルの便利な特徴は、フリーハンド移動の特許登録された連続的な追尾である(HANSSSEN et al. 1983)。

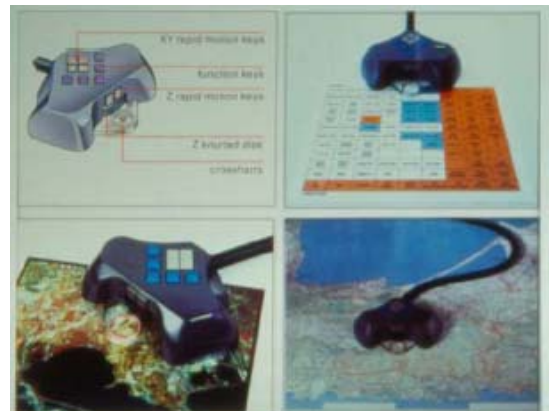


図 11. 42 : P カーソルとその使用

線分の追尾のためには遅い動きすなわち微動そしてスピードを早くすると画像縮尺に対する比率が大きくなる(図 11. 43)。もちろん、ハンドル、足盤およびフットスイッチは通常に用に使うことができる。

原理的にはプラニコンプ P2 は、C100 にエレクトロニクス、ソフトウェアそして P シリーズの操作を組み込んだ解析図化機である(図 11. 44)。以前に C100 シリーズで使っていた専用の制御パネルは、既に PLANIMAP ソフトウェアで使っていたプログラム可能なソフトキーパッドが置ける木製のボードに変更された。使用可能な空間は P カーソルを使うためになくなった。ZEISS は 1989 年以降変換キットを提供し、そして多くの顧客の要求で数十台 C100 から P2 へ更新された(SCHWEBEL 1994)。

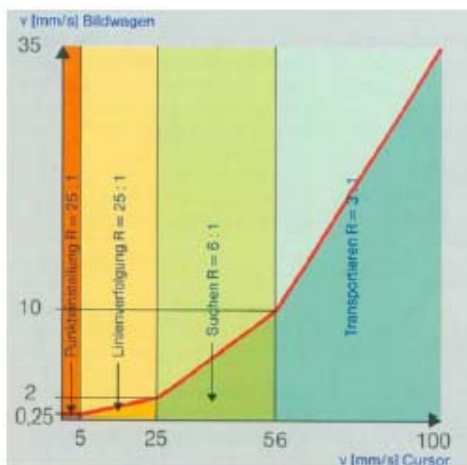


図 11. 43 : P カーソル 連続的な感度変化



図 11. 44 : プラニコンプ P2(1987)

プラニコンプ P2の仕様は次のとおりであった:

- ・ 測定範囲: $x'=240$ cm, $y'=240$ mm
- ・ 測定分解能: 0.001 mm
- ・ 精度: $\sigma_{x, y}=\pm 0.002$ μ m
- ・ 測標マーク: 直径 40 μ m (特注の 20 μ m)
同じ黒点と調整可能な光点マーク

- ・ 観測解像度: 7.5 倍 ~ 30 倍、別々に調整可能
- ・ 観測視野: 7.5 倍で 26 mm
- ・ 観測解像度: 最高 120 Lp/mm
- ・ 画像の回転: ドーププリズム、 $\pm 105^\circ$
- ・ 観測状態: 正立体視、逆立体視、左接眼鏡、右接眼鏡、
手動およびコンピュータ制御
- ・ 接眼鏡の高さ: 固定
- ・ 画像のインプットおよびアウトプットのための光学的な
インタフェース

プラニコンプ P3の基本装置は完全に新しい構造である(図 11. 45)。この卓上機の非常にコンパクトなサイズは、x方向で通常の 240 mm \times 240 mm 架台の移動範囲をオーバーラップすることで達成される(図 11. 46)。このそして簡単な光学系の設計(図 11. 47)は逆立体視("外基線")ができないが、最高 100%までのオーバーラップが可能である。P3 は光学的なインプットとアウトプット用の出入口もある。人間工学的な特徴は本体装置の電動式の高度調整があり、テーブル上の接眼鏡の垂直距離をあわせることができる。



図 11. 45 : プラニコンプ P3(1987)

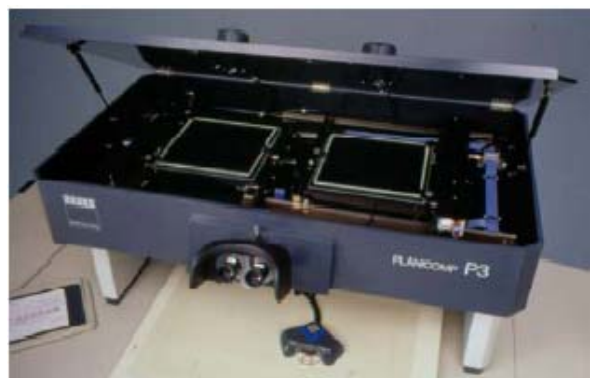


図 11. 46 : プラニコンプ P3の写真架台

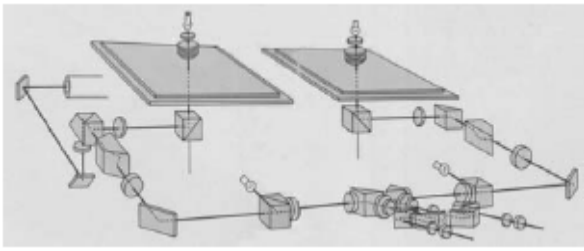


図 11.47 : プラニコン P3 の光学系の略図

P3 はサイズが 594 mm × 420 mm のデジタイズタブレットで解像度が 0.025 mm の P カーソルと一緒にいつでも使用できる。トレーニングおよび困難な判読作業のための特注の複式接眼鏡は図 11.48 に示した。



図 11.48 : 2 人で観測可能なプラニコン P3

プラニコン P3 の仕様は次のとおりであった：

- ・ 測定範囲: $x'=240$ cm, $y'=240$ mm、使用可能な画像サイズ: 270 mm × 270 mm
- ・ 測定分解能: 0.001 mm
- ・ 精度: $\sigma_{x,y} = \pm 0.003$ μ m
- ・ 測標マーク: 直径 72 μ m (特注の 36 μ m)
同じ黒点と調整可能な光点マーク
- ・ 観測解像度: 5 倍 ~ 20 倍
- ・ 観測視野: 5 倍で 40 mm
- ・ 観測解像度: 最高 100 Lp/mm
- ・ 画像の回転: ドーププリズム、 $\pm 25^\circ$
- ・ 観測状態: 正立体視のみ
- ・ 接眼鏡の高さ: テーブル上 440 mm ~ 570 mm の間をモータ駆動で調整可能
- ・ 画像のインプットおよびアウトプットのための光学的なインタフェース

非常のコンパクトなプラニコン P3 は写真測量的な生産の要求が主要な作業目的となったことで、非常にポピュラーで非常に便利なワークホースとして生産後 20 年以上の今

日でも多くの顧客が現在も使われている。そのすでに妥当な価格にもかかわらず、1992 年にはさらにスリム化されたプラニコン P33 を提供した。追加的な価格の減少は電動の高さの調整をテーブル上の接眼鏡の高さを 510 mm あるいは 560 mm を選択することで、さらに光学的なズームを 6 倍、10 倍あるいは 16 倍の倍率変換に置き換えそして光点の測標マークだけが使用できるようにすることで実現させた。その光学系の製造でさらに節約が可能な観察解像度を 80 LP/mm から通常の航空写真では充分な 60 Lp/mm に変えた。

1992 年の ISPRS ワシントン会議では、プラニコン P3 の更新版として“P25”が発表された。この図化機は特許登録された正立体視／逆立体視／接眼鏡の切り替え (FAUST et al. 1992)、電動のズーム倍率の変更と測標マークの直径(両側が別個)そしてそのほかわずかに広げた範囲であった。さらにワシントンでは CARL ZEISS の援助でボン大学が開発した CCD カメラ付きの PC ベースの SCAN プログラムを発表した (SAILE 1992)。

全部で 3 種類のプラニコン P シリーズのエレクトロニクスは、ほとんど同じであった。制御エレクトロニクスは C100 で使ったプリント基板の 2 倍のサイズであった。モータ駆動の強力なエレクトロニクスと一緒に 3 つの引き出しを 1 つの引き出しに組み込まれた (図 11.49)。

演算コプロセッサ 8087 付きの INTEL 製マイクロプロセッサ 8086 をベースにしたプラニコン P シリーズの“P プロセッサ”は、自動的にリアルタイムの計算、増加分量の記録とオペレータのコマンドを処理した。ファームウェアは PASCAL 言語で書かれ、そして作業状況の監視、駆動要素からのインプットの読取、画像架台の必要な移動量の計算とサーボ装置へのアウトプット、オペレータコマンドの使用、個々のそして連続的な記録とワークステーションコンピュータとの通信のようなすべての周辺機器中心のリアルタイム処理を管理した。この通信のためにマイクロプロセッサは、約 50 コマンドの資料化されたセットにより IEC あるいは RS232 インタフェース経由で処理した。これはプラニコン P シリーズのホストあるいはワークステーションコンピュータとして C のコンピュータでも可能であった。ユーザーは、P シリーズの最初に主に ZEISS で使った HP1000 コンピュータだけに制限されなかった。経験のあるプログラマーはこれらのコマンドにより、FORTRAN 言語で書かれたプログラムライブラリを使うことで、プラニコン P シリーズを ZEISS 製の P ソフトウェアおよび PHOCUS を使わないで独自のユーザープログラムで使うことができた。



図 11. 49: Pシリーズの制御ボックスのプリント基板

PHOCUS(10. 7章を参照)に組み込まれているPソフトウェアの主な仕様は次のとおりであった:

- ・ Pプロセッサ、コンピュータ周辺装置そしてアウトプット装置との交信でプラニコンPを制御および処理するためのPHOCUS基本ソフトウェア
- ・ 基本的な管理そして編集機能でオブジェクト主体のそして構造化されたデータベース
- ・ ステレオモデルの便利なそして快適な内部標定、相互標定そして絶対標定
- ・ 航空カメラ、標定パラメータ、基準点、キャリブレーションデータそしてそのほかのパラメータのためのデータファイルに関する取り込み、管理、編集そして報告
- ・ オブジェクトコード表を使ったオブジェクトの記録、個々の記録モードでの測定、自動的に既知点との接続
- ・ 多くのそして快適な編集作業
- ・ 図化シートの準備とグラフィックなアウトプット
- ・ 空中三角測量のための多くの測定機能
- ・ 数値高度モデルのための多くの測定機能

PHOCUS付きのPシリーズの可能なシステム構成は図11. 50に示してある。

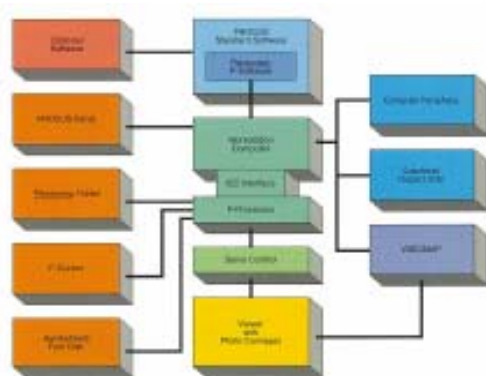


図 11. 50 :PシリーズとPHOCUSのシステム構成

1989年以降、ZEISSはHEWLETT PACKARD製のオペレーティングシステムRTEのHP1000シリーズのミニコン

ピュータとマイクロコンピュータのほかに、DIGITAL EQUIPMENT CORPORATION(DEC)製のオペレーティングシステムVMSのVAXステーションとマイクロVAXを使用可能にした。1992年にはオペレーティングシステムUNIXベースのDECステーション、SILICON GRAPHICS製のグラフィックスコンピュータ、も使用可能になった。

オペレーティングシステムMS-DOSのIBMパーソナルコンピュータの性能の向上と成功により、PCを解析図化機で使用する興味がわいてきた。1988年のISPRS京都會議で紹介し、1989年のボルチモアのASPRS會議でPCベースのプラニコンP3を発表した(図11. 51)。アメリカのコロンバスにあるオハイオ州立大学のこの構成のために、大学はP-CAP標定ソフトウェアを開発した(SCHENK et al. 1989 & SAILE 1989)。



図 11. 51 :PCベースのP-CAPプログラム付きプラニコンP3(1989)

その写真測量的なプロジェクトとモデル管理およびその標定機能のすべてを含んでいるP-CAPは、既にオペレーティングシステムWINDOWSで稼働していた。通常の標定は内部標定、相互標定そして絶対標定の3段階であった。P-CAPはPプロセッサとの交信を管理し、そしてすべての測定および修正機能のためにPカーソルをサポートしていたので、PソフトウェアとPHOCUSと非常に類似した操作であった。

写真からモデルへの変換のための標定パラメータの計算後、設定されたPHOREXフォーマットでASCIIファイルに保存された。このデータはサードパーティがプログラム作成した対話式の作業のためにあるいはほかのステレオ図化機で利用できた。1991年の初頭にラスターによるDHMデータ収集あるいは地形断面測定そして空中三角測量測定のためのいくつかのプログラム機能を追加した。製造後10年間でP-CAP用に300以上のライセンスが与えられた。

PC ベースのプラニコン P3 は図化および GIS/LIS システムのためのオブジェクトデータの収集のためのワークホースとして特に使用された。そのため既に PHOCUS とのデータの互換性は次のシステムのためにいわゆる“ドライバー”によって PC 版のためにも作成された:

- ・ AUTODESK 製 AutoCAD
- ・ INTERGRAPH 製 MICROSTATION PC (1995 年以後、再びアメリカ・ペンシルバニア州エックストンの BENTLEY 製)
- ・ ESRI 製 pcARC/INFO

1993 年には ZEISS は 1985 年以來 MIKE KITAIF によりアメリカで開発されていた PC 版の CADMAP を独占的に提供した (ROTH 1993)。当時、CADMAP は既に北アメリカの写真測量会社では十分に使われていた。1994 年当時 CADMAP のポピュラーなそして優秀な機能の多くは、MICROSTATION ドライバー(あるいは MICROSTATIN 5 のための CADMAP/dgn)そして AutoCAD ドライバー(ある

いは AutoCAD 12 のための CADMAP.dwg) の完成のより前述のプログラムと対応していた (SCHWEBEL 1994)。1997 年にはプラニコン P シリーズのための別のデバイスドライバーが、写真測量的なデータ収集用の地理情報システム ALK-GIAP にオンライン接続するために追加された (KRESSE 1997)。ALK-GIAP はドイツの公共機関で使用していた。1993 年以來プラニコン P3 へ接続する前述のようないわゆるサードパーティの GIS/CAD システムは、ビデオマップ 30 によるグラフィックのスーパーインポジションを使用した (MENKE 1994)。

プラニコン P シリーズは非常のポピュラーであり、そして業界で最も販売された解析図化機シリーズであり、合計で 700 台以上が販売された。特にワークホースの P3 および P33 は非常に需要が多くそして販売の 90% を占めていた。以前の C100 の製造と INTERGRAPH のための特注の ZIP 版と合計するとオーバーコッヘンの CARL ZEISS は合計で 1,300 台の解析図化機を製造した。

12. スキャナとデジタルマッピング

1990 年代の初頭以來、學術団体では既に 20 年間デジタル航空画像の計測的な測定が写真測量の実作業で使用する方法について研究していた。シュツットガルト大学では 1984 年にデジタル画像相関を使った工業製品の表面の自動測定のために、プラニコン C100 に CARL ZEISS で製品化した INDUSURF (11. 3 章を参照) をで組み込んだ。しかしながら、ステレオ図化機に組み込むすべての相関方法は、視野の中で画像の小さい一部分だけがオンライン使用のために使われていた。

オフラインの画像処理に対する全体画像のデジタル化のために、オーバーコッヘンでは 1986 年に写真測量用のスキャナの事前開発を開始し、そして 1989 年に ZEISS と INTERGRAPH でスキャナの共同開発した (12. 1 章)。1995 年に発表した後続モデルは、CARL ZEISS オーバーコッヘンの完全な自前の開発であった (12. 2 章)。

1980 年代の最初に ZEISS の共同研究部門はデジタル画像の収集の方法、そして ZEISS のいろいろな画像処理と測定方法に対する可能性をチェックするための処理方法を継続して調査した。高解像度画像の処理に関する発見は、1989 年に写真測量週間で説明した (GROSSDORF 1989)。この当時、写真測量生産部門は最初の写真測量用スキャナだけでなく、1991 年まで公表しなかったデジタル化した航空写真画像の写真測量的な評価のためのプログラムパ

ッケージも発表した (12. 3 章)

12. 1 空中写真用精密スキャナ PHOTOSCAN

1986 年以來ドイツの自動車業界で INDUSURF とプラニコン C100 の成功により、全体のデジタル画像とステレオモデルの自動処理が特定の写真測量用作業の間もなく適用されることが明らかになった。このため、オーバーコッヘンは全部の航空写真のデジタル化と記録に対する最初の研究を開始した (FELLE 1986 & FAUST et al. 1986)。共同開発の解析図化機 ZIP プロジェクトについての INTERGRAPH との成功裏の共同作業により、INTERGRAPH も航空写真スキャナの開発の着手の準備ができていたことが明らかになった。そこで両社はこのプロジェクトも共同で実施し、そして最終的な完成品を INTERGRAPH と ZEISS の両方で販売する契約を締結した。仕様に対する両社の討議および同意により、光学系、機械系とエレクトロニクス付きのスキャナのハードウェアは ZEISS が開発し、そしてコンピュータのハードウェアおよび作業プログラムとデータ管理ソフトウェアは INTERGRAPH が開発した。



図 12. 1: INTERGRAPH ワークステーション付き
フォトスキャン PS1

結果として PHOTOSCAN PS1 が 1989 年写真測量週間で紹介され (FAUST 1989)、そして 1990 年半ばから製品が納品された。図 12. 1には左側が ZEISS カラーのスクナ装置そして右側が大型のグラフィックスクリーン付きの INTERGRAPH 製 INTERSERVE ワークステーションシリーズ 6000 を示している。

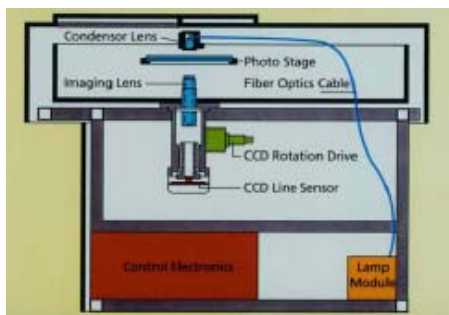


図 12. 2: フォトスキャン PS1 構造原理

写真架台として、プラニコンと同様な x, y 平行駆動系の充分に実証されたコンセプトを選んだ。照明による熱の影響を避けるために、離れた位置にハロゲンランプを置いたファイバー光学ガイドを選択した。画像の投影レンズは無収差であり、そしてピクセルサイズ $7.5 \mu\text{m}$ の 2,048 ピクセルの CCD ラインセンサーを使用した (図 12. 2)。ラインセンサーは画像座標系にスキャニング方向を直接的に平行にするために、サーボモータで ± 10 グラードまで回転することができた。この特許登録された原理により (KRASTEL et al. 1989)、内部標定のための最初のリサンプリング作業は回避することができた (図 12. 3)。100 ワットのハロゲンランプと広い口径のコンデンサーは、CCD センサーの 30 mm/sec の最高スキャニング速度で画像の明るさに対して十分な光量であると考えられた。レッド、グリーン、ブルーとホワイト光のための 4 つの位置があるフィルターリングが連続的なカラーのスキャニングを可能にした (図 12. 4)。

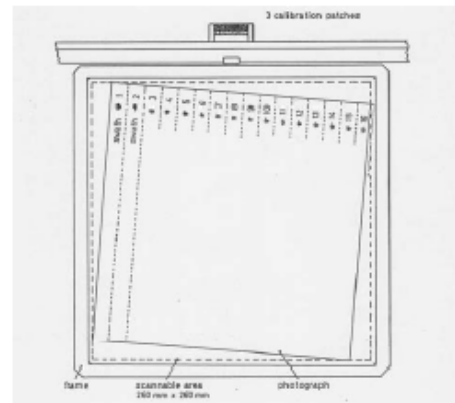


図 12. 3: フォトスキャン PS1 のスキャンパターン

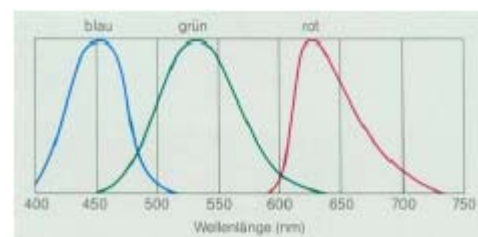


図 12. 4: PS1 でのカラー分光

フォトスキャン PS1 の主な仕様は次のとおり:

- ・ スキャン範囲: $260 \text{ mm} \times 260 \text{ mm}$
- ・ 幾何的な解像度: 0.001 mm
- ・ 幾何精度: $\sigma_{x'} , \sigma_{y'} = \pm 0.002 \text{ mm}$
- ・ ピクセルサイズ: $7.5, 15, 30, 60, 120 \mu\text{m}$
- ・ CCD センサー: $1 \times 2,048$ ピクセル
- ・ スキャン幅: 15.36 mm
- ・ スキャン方向調整範囲: ± 10 グラード
- ・ ラジオメトリックな解像度: 8ビット
- ・ カラー スキャニング: 連続が可能
- ・ フィルターリング: レッド、グリーン、ブルー、ホワイト
- ・ 照明: コンデンサー付きハロゲンランプ 100W
- ・ スキャンスピード: 最大 30 mm/sec
- ・ データ比率: 最大 2 メガピクセル/sec

INTERGRAPH で開発したフォトスキャン PS1 のための基本ソフトウェアは次の機能をサポートした:

- ・ スキャナの調整とキャリブレーション
- ・ 設定可能なスキャン範囲とスキャン方向 (内部標定)
- ・ クイックスキャンで画像のオーバービュー
- ・ 選んだ解像度で選んだ範囲のデジタルイズ
- ・ 大容量記録装置にスキャンされた画像データの保存
- ・ スクリーン上にスキャンした画像データの表示
- ・ ネットワークあるいはデータメディア経由で画像データの取り出し

PS1のためのコンピュータ構成は、共通のグラフィックワークステーションのために常に INTERGRAPH 製 CLIPPER、RISC プロセッサと追加的なグラフィックプロセッサが供給された。提供された試作品と生産されたほぼ 1 年後の PS1 の間は、プロセッサのスピードは 3 倍そしてメモリー容量の増加は 10 倍であった。全部で 120 台のフォトスキャン PS1 が ZEISS で製造された。

12. 2 空中写真用精密スキャナ SCAI

フォトスキャン PS1 の経験をベースにして、オーバーコッヘンは 1995 年の写真測量週間に後続モデル(図 12. 5)として SCAI(Scanner with Autowinder Interface)を発表した(MEHLO 1995)。特注品のオートワインダー付きのスキャナ(図 12. 6および図 12. 7)は完全な航空フィルムの完全自動のデジタイズのために製造された。スキャナ本体とオートワインダーの両方は、特許とデザインで保護された(MEHLÖt al. 1994 & KRASTEL et al. 1995)。特別な調整手順も特許登録された(FAUST et al. 1992)。



図 12. 5: コンピュータターミナル付きの SCAI 試作機



図 12. 6: ロールフィルム用付属品付きのスキャナ SCAI



図 12. 7: SCAI ロールフィルム用付属品(オートワインダー)

オートワインダーの中にサーボ駆動のフィルム送りは、フィルム上で選んだどの単独の画像でも迅速なアクセスが可能な 1 m/sec で移動できた。フィルム長さを測定する電子カウンタは 3 mm の精度で位置決めできた。フィルム送りの間は、カバーガラスプレートと検出用のローラーはフィルム上の傷を避けるためにモーターで持ち上げた。

スキャン作業中、画像は写真架台に固定されそしてスキャン用レンズは架台の下をメアンダー状に移動された。光学系は照明、ミラー光学系の形でディストーションフリーそして CCD モジュールのためのファーバーレンズの光路誘導装置を動かす二次の架台の取り付けられた。レッド、グリーン、ブルー付きのカラーフィルターは 1 回でカラーキャンができた。散乱照明の原理(図 12. 9)はスキャンされたピクセルを邪魔するフィルム上の傷およびほこりを避けた。

精密スキャナ SCAI の主な仕様は次のとおり:

- ・ スキャン範囲: 250 mm × 275 mm
- ・ 幾何的な解像度: 0.001 mm
- ・ 幾何精度: $\sigma_{x'}$, $\sigma_{y'}$ = \pm 0.002 mm
- ・ ピクセルサイズ: 7, 14, 28, 56, 112, 224 μ m

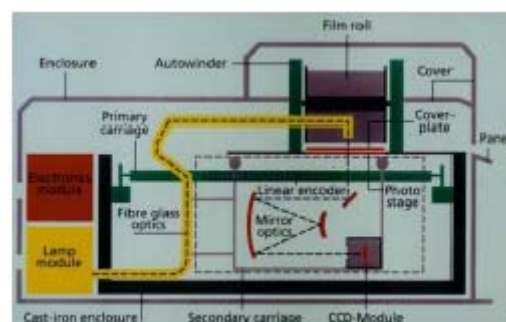


図 12. 8: 精密スキャナ SCAI の構造原理

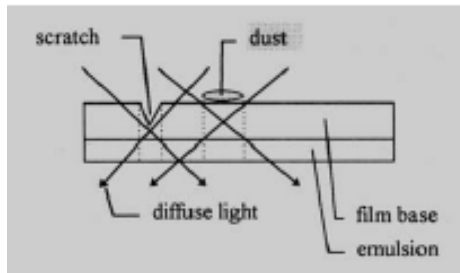


図 12. 9: 精密スキャナ SCAI の散乱照明の原理

- ・ CCD センサー: 3 × 5,632 ピクセル
- ・ スキャン幅: 39.424 mm
- ・ ラジオメトリックな解像度: 10 ビット
- ・ カラースキャン: 平行
- ・ 照明: 250 W (後で 150 W) ハロゲンランプ、散乱光
- ・ スキャンスピード: 最大 50 mm/sec
- ・ データ比率: 最大 4 メガピクセル/sec

制御装置はスキャナ本体の中に組み込まれ、そしてモーター駆動部、A/D 変換付き CCD 駆動部、作業制御、データ転送とユーザー手引きのためにグラフィックワークステーションに接続するための SCSI-2 インタフェースから構成された。

精密スキャナ SCAI の開発と並行して、ZEISS はスキャナモジュール PHODIS SC として数年前に発表した写真測量用デジタル画像処理システム PHODIS(12. 3 章を参照)を拡張した。この方法により SCAI は SILICON GRAPHICS 製のグラフィックコンピュータで稼動する PHODIS 作業環境に組み込まれた(図 12. 10)。

PHODIS SC は次のスキャン機能から構成されている (ROTH 1996 & VOGELSSANG 1997):

- ・ 224 μm でクイックスキャンで画像のオーバービュー(約 1 分)
- ・ 幾何的なそしてラジオメトリックなスキャンパラメータの取り込み
- ・ 設定ファイル、データフォーマットそして自動的な後処理作業のインプット
- ・ 設定ファイル、データフォーマットそして自動的な後処理作業のインプット
- ・ 選んだ解像度で選んだ範囲のデジタイズ(14 μm で航空写真画像をスキャンするために約 8 分)
- ・ 画像ピラミッドの作成
- ・ 自動的な内部標定
- ・ 大容量記録装置へスキャンした画像データの保存
- ・ フィルム送り、画像の選択と位置決めのためのオートワインダー機能

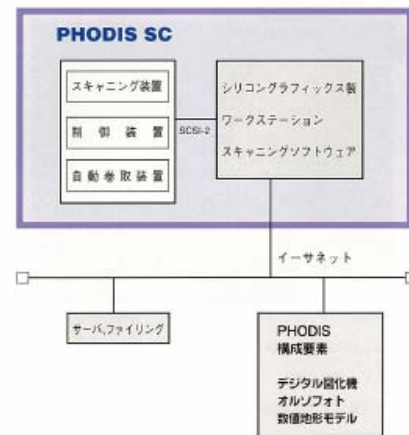


図 12. 10 : PHODIS SC システム構成

優れた協力の継続が行われているため(特に解析図化機 ZIP と精密スキャナ PS1)、INTERGRAPH は SCAI を ÖM 製品として受け取りそしてそれを PHOTOSCAN TD(その後 PHOTOSCAN 2000, 2001 そして 2002 という名称)として INTERGRAPH 製ワークステーション TDZ 2000 と独自の AUTOSCAN ソフトウェア付きでそれを販売することを決定した(図 12. 11)。



図 12. 11: PHOTOSCAN TD(1996)

1999 年 ZEISS/INTERGRAPH の合併会社 Z/I IMAGING のスタートによって、SCAI 装置をベースにした 200 台以上のスキャナが納品され、そして製造中止までに合計 320 台以上が出荷された。

SCAI は生物学の領域では汎用機であった。分子生物学者のために、それは精度のロスがなくフィルム上の電子顕微鏡画像をデジタイズするための最初の安全な方法であった。

12. 3 デジタル写真測量システム PHODIS

CARL ZEISS は、1991 年の写真測量週間で写真測量による画像処理システム PHIPS の開発についての情報を公表した(MAYR 1991)。最初の目的はフォトスキャン PS1 でデジタイズした航空写真画像の最初の作業をデジタルで処理

してオルソフォトを作成すること、そして強力なオルソコンプ Z2 の代替えするためにより多くのフレキシブルなツールを作成することでもあった。1992 年に“PHOtogrammetric Digital Image Processing System” の略語 PHODIS に改名した(図 12. 12)。1993 年からそれ以外の写真測量的なプログラムは連続的に追加した。



図 12. 12 :PHODIS のロゴ

PHODIS はオペレーティングシステム UNIX の強力なコンピュータで使うために設計され、そして最初に SILICON GRAPHICS 製グラフィックワークステーションに組み込んだ。ソフトウェア、データフォーマットそしてネットワークとの互換性は、共通の基準にもとづいてほとんど全部を開発した。

最初から品質管理に関する立体測定のための基本的なプログラムは、液晶シャッターを使う特別な立体観測で実施するために組み込んだ。

オルソフォト生産の自動化を進めるために、数値標高モデル(DHM)の自動作成のために特注の TOPOSURF は 1991 年 PHIPS の最初に記述した。TOPOSURF はシュツットガルト大学におけるフィーチャーベースのマッチングの研究(KRZYSTEK 1991)、およびプラニコン C100 のための INDUSURF(11. 3章を参照)として ZEISS で市販した近接写真のステレオペアの自動測定のために以前に開発したシュツットガルトの INPHO 製の MATCH-T とほとんど類似のものであった。

図 12. 13 は 1992 年から PHODIS OP という名称の PHODIS ソフトウェアのデジタルオルソフォト作成のワークフローを示している(MAYR 1992)。微分的に偏位修正される写真は、フォトスキャン PS1 あるいは SCAI でスキャンあるいはほかのシステムから取り込むことができる。DHM は PHODIS の中で TOPOSURF で自動的に作成されるか、あるいは解析図化機で測定することができる。それはほかのシステムからも取り込むことができる。標定データはワークステーションで決定するか、あるいはほかのソースから取り込むことができる。ZEISS 製品(たとえば PHOCUS あるいは P CAP 付きのプラニコン)のなかでのやり取りのために、互換のデータフォーマット PHOREX が作成された(KRESSE 1993)。

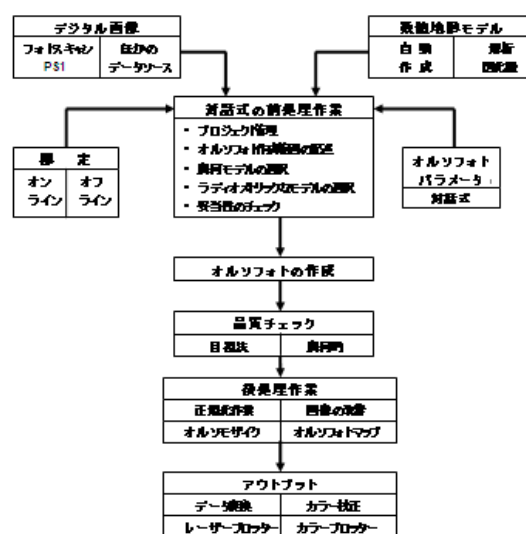


図 12. 13 :PHODIS OP のワークフロー

プロジェクトの付加的なパラメータを代入後、自動的な正射投影がスタートし、次に品質チェック、後処理作業(たとえばモザイク、マップシートの準備)そしてアウトプットに継続される。1996 年以来、オルソビスタプログラムが明るさとカラーに関するモザイク境界線で、スムーズな均一性を得るための特注品として提供した。このソフトウェアはアメリカのコロラド州パーカーにある STELLACORE 社で開発された。1993 年、PHODIS OP で立体的な測定のための基本的な可能性がフルスケールのデジタル図化機に拡張され、そして PHODIS ST として発表された(MAYR 1993)。グラフィックターミナルの解像度は、アナログ図化機における両眼観測より劣るという事実があるため、立体観測のためのモニターは主に立体モデルの表示のために使われた。2番目のモニターはユーザーとのやり取りのために追加された(図 12. 14)。



図 12. 14 :ステレオワークステーション PHODIS ST

ワークステーション PHODIS ST の主な制御要素は、プラニコン Pシリーズの P カーソルから導かれた類似の P マウスであった。一つの相違点は市販のデジタイズ用タブレットのためのニーズを避けるために、初期のコンピュータマ

ウスと同様に平面的な動きを検出するためにトラックボールであった。2つの付加的なボタンは、オペレータがほかのプログラムボタンの設定を速やかに変更するためのものであった。Pマウスと液晶シャッター付きの立体眼鏡は図12.15に示した。



図 12. 15 :Pカーソルと立体メガネ付きの PHODIS ST

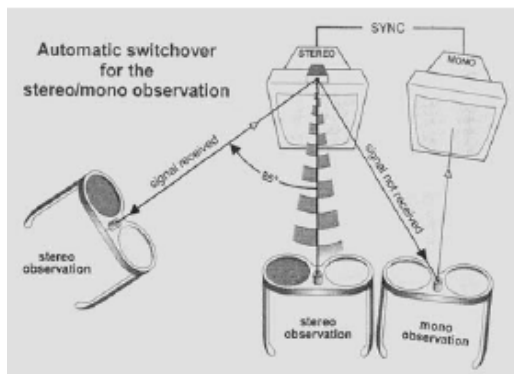


図 12. 16 :PHODIS - 立体観測の機能的な原理

図 12. 16 は同調の原理と市販にステレオメガネの制御を説明している。シャッター機能のユニークなそして特許登録されたシャッター機能の特徴は、ステレオスクリーンを見ないときにはオフになる(DOERSTEL et al. 1993)。これは2番目のモニターをあるいはそのほかの場所をみるときには、液晶シャッターが交互のかすむ効果を避けることができる。異なった表示モードで2つの隣接しているモニターの使用に関する2つ目の登録された発明品は、もはや適用されなかった(MEHL0 1994)。

最初はプロセッサとインタフェースの制限されたスピードのためモニター上の立体モデルの表示は、“画像を固定 - 測標マークの移動”のコンセプトを使った。これはスクリーンの限界に接近すると、大きな画像の更新が必要であった。この原理は経済的な PHODIS ST30 版で使用し、コンピュータの性能が向上したときには非常に快適な“画像を移動 - 測標マークは固定”は PHODIS ST10 で使用した。アナ

ログ図化機および解析図化機を使用している写真測量のオペレータは、後者の方法を好んだ。

図 12. 17 にワークステーション PHODIS ST の一般的な構成を示した。記述したハードウェア以外に、主に基本的な機能、標定と作業プログラム付きのソフトウェアは ZEISS 製のこのデジタル図化機の性能を定義する。

PHODIS のプロジェクト、測定したデータの保存と変換、画像処理作業、ヘルプ機能と標定プログラムの標準的なソフトウェアパッケージは、オペレーティングシステム UNIX で書かれている。立体モデルの内部と相互標定は自動的な指標認識と標定点のフィーチャーベースのマッチングで実行された。ZEISS 製の基本的な作業プログラムとして、PHOCUSとCADMAPをベースにしたのは、提供されるインタフェースを使ってたとえば AutoCAD および MicroStation と同様にほかの CAD および GIS システムに合わせることができるためである(DOERSTEL et al. 1994)。

PHODIS は最初は中心投影カメラのジオメトリのために設計されたが、その後 SPOT および 3 ラインセンサーカメラ MOMS-02、HRSC および WAOSS のようなほかの撮影幾何も使えるようになった(DOERSTEL et al. 1996 & BRAUN 1997)。

PHODIS ST の簡易版はいわゆる単写真画像図化のための PHODIS M(最初は PHODIS MO して PHODIS PM とも呼んでいた)である。単写真画像図化はデジタルオルソ画像のような単一の画像上で点とベクトル点の測定である。

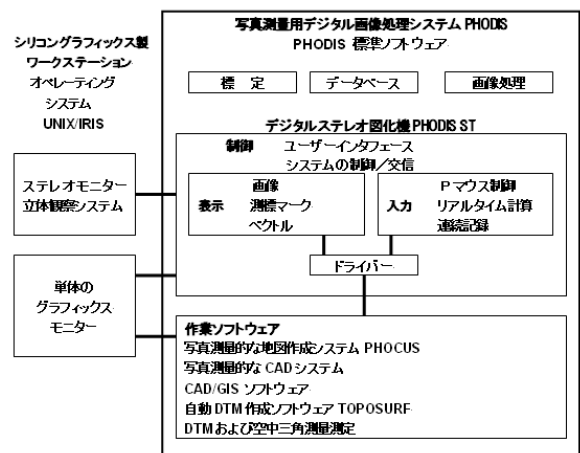


図 12. 17 :ステレオワークステーション PHODIS ST の構造

1995年 PHODIS OP の中で数値標高モデル DHM モジュールは、数値地形モデルの作成のために単独の製品 PHODIS TS になった(DOERSTEL 1995)。そのワークフローは立体モデル、データの準備、TOPOSURF による自動測定、結果のチェック作業、編集とアウトプットからなる(図 12.18)。

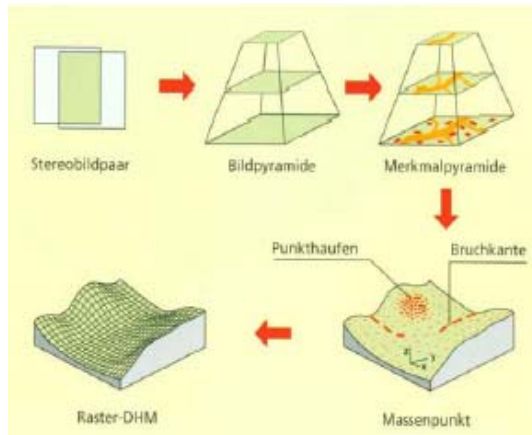


図 12.18 :PHODIS ST のワークフロー

1995年には新しい写真測量用精密スキャナ SCAI は、既に12.2章で記述したように PHODIS SC ソフトウェアによって ZEISS 製のデジタル写真測量グループに取り込まれた。1998年には、このモジュールは最初のそして PHODIS プログラムの中で Windows NT に組み込まれた唯一のものであった。

最後に、1995年の写真測量週間で自動空中三角測量パッケージが追加されたことで、PHODIS ソフトウェアパッケージが完成した(MAYR 1995)。PHODIS AT は撮影コースと写真がフレキシブルな配置の非常に大きなプロジェクトの処理、そしてタイポイントの精密な自動決定のために設計されていた。ワークフローはブロックの準備、測定、調整計算と後処理作業から次のように構成された:

- デジタイズされた画像の配置、カメラデータ、撮影データと基準点、ブロックのオーバービューの作成とサブブロックへの分割、一定のチェック作業、画像ピラミッドの構築そして自動あるいは手動の内部標定(まだ行われていないときには)によるブロックの準備作業
- 自動的なブロックの構築およびオペレータは1つの写真だけで点の正確な位置決めによりタイポイントを追加するために(システムは後ですべての接続の精密測定を自動的に行わなければならないので)すべての画像でタイポイントの検出、および不明瞭地域のプログラム支援の点の発生のためのブロックの測定
- PAT B、BINGO、BLUH あるいはほかのバンドルブロッ

クプログラムのような市販のプログラムの1つブロック調整計算

- 結果の表示、粗大誤差の点検と必要に応じて再測定、画像標定データの計算、基準点座標とアナログ図化機のための標定パラメータによるブロックの後処理作業

自動的な空中三角測量の主要な部分はタイポイントの自動的な決定と測定である。PHODIS AT は、ミュンヘン工業大学の自動相互標定についての研究そして次にミュンヘンの LIANG TANG による ZEISS のために作成されたプログラムをベースにした(TANG et al. 1994)。PHODIS AT による非常に良好な経験をベースにして(BRAUN et al. 1996 & HARTFIEL 1997)、このソフトウェアは1998年後の INTERGRAPH の AEGIS にも組み込まれた(DOERSTEL 1999 & DOERSTEL et al. 2001)。

1995年には ZEISS は PHODIS をデジタル写真測量のフルスケールのシステムに作り上げた(MAYR et al. 1996):

- PHODIS BASE :データ管理、インタフェースなど、画像の自動的な内部と相互標定を含む標準的なプログラム
- PHODIS SC :単写真および完全な航空フィルムの自動的なスキャニング
- PHODIS AT :自動的な空中三角測量
- PHODIS ST :さまざまな自動的な測定機能付きのデジタル図化機
- PHODIS TS :数値標高モデルの自動作成
- PHODIS OP :オルソフォトおよびオルソフォトマップの自動的な微分偏位修正と作成
- PHODIS M :単写真画像図化のための会話方式のワークステーション

このリストは、特にオペレータを仰天させそして退屈な作業に対して20世紀末に写真測量の広範囲な自動化の状態と度合いを詳細にまとめた(BRAUN 1997 & MAYR 1997)。これは将来説明的な課題に集中すべきでしょう。

ZEISS/INTERGRAPH の合弁会社 Z/I IMAGING の設立により、1999までに PHODIS は既に200ライセンス以上が納品され、ワークステーションの数は非常に多かった。Z/I も PHODIS 製品を最初は販売していた。

13. 地上写真測量

ZEISS が 1901 年にイエナで写真測量を始めたときの最初の目的は地上作業であった:PULFRICH は最初のステレオコンパレータを、そして 5 年後に計測用のステレオカメラと専用のステレオコンパレータとしてステレオメータを開発した。その後、1934 年にイエナの ZEISS AEROTOPOGRAPH は、6 cm × 9 cm のフィルムサイズあるいは乾板サイズで、焦点距離が 55 mm の普通角レンズ TESSAR 付きの立体写真測量用ステレオカメラ DK 40 と DK 120 を発表した。1955 年、オーバーコッヘンは新しいステレオカメラと専用の図化機を開発することを決定し、ドイツ警察部門と密接な接触を行った。最初の目的の一つは、夜間および悪天候でも交通事故の調査のために警察部門の非写真測量の専門家によって容易に取り扱いができることであった。

13.1 地上写真測量カメラ

ZEISS 製計測用ステレオカメラの試作機による経験についての最初のレポートは、1959 年にエッセンで開催された第 2 回交通警察国際会議で発表された。しかしながら広角計測用ステレオカメラ SMK 120(図 13. 1)、専用図化機のテラグラフ(13. 2章を参照)は 1960 年 9 月のロンドンでの国際写真測量会議で発表され(HOTHMER 1960)、さらに発表時期の詳細な記載はドイツ写真測量学会誌“Bildmessung und Luftbildwesen”に書かれている(MEIER 1960b)。

SMK 40 も 1960 年に発表されたが、1962 年まで展示されなかった。SMK 120 が交通事故現場の撮影ばかりでなく、建築および地質学のために最適であったのに対して、120cm の代わりに 40 cm の固定式の基線長の SMK 40 は犯罪現場の資料作成および牧畜の研究が最適な対象であった(BERLING 1969a & 1969b)。

SMK 120 と SMK 40 の主なパラメータ次のとおり:

- ・ 基線長: 120 cm あるいは 40 cm
- ・ 乾板サイズ: 9 cm × 12 cm (市販のカセットと交換可能); (画像の端に保持データ)
- ・ 画像サイズ: 8 cm × 10 cm
- ・ レンズ: 焦点距離 60 mm の TOPOGON と固体絞り 1:11
- ・ シャッター: COMPUR 1/400 sec ~ 1 sec
- ・ 被写体距離: 約 6 m ~ 25 m(SMK 120) あるいは 約 2.5 m ~ 10 m(SMK 40)

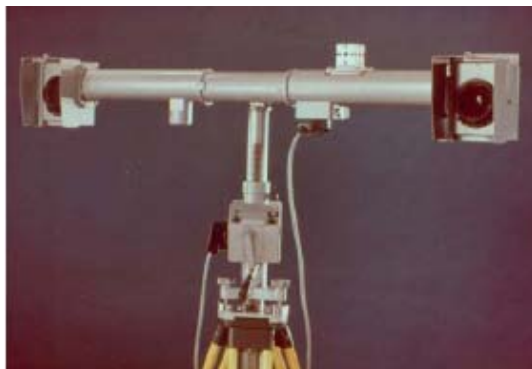


図 13. 1: 計測用ステレオカメラ SMK 120(1960)

特に建築および記念建造物の保護のためには (BRUCKLACHER 1972)、斜め撮影(±30, ±70 グラード)、垂直基線長(±100 グラード)あるいは室内作業のために同調するストロボ装置のような広い範囲の付属品を使うことができた(図 13. 2)。



図 13. 2: 付属品付きの SMK 120 と SMK 40

1984 年には、プラニコン C100 上で INDUSURF パッケージで撮影される車体を測定するために使われた SMK 40 用の付属品として斑点模様投影器が製造された(図 13. 3)。

SMK120 の特別版としてたとえば 25 m 以上の大きなオブジェクトを撮影するために、ユーザーが自由に基線長を設定できる単カメラ(TMK)も発表された。計測用地上カメラ

TMK 6 の仕様データは、焦点距離 60 mm の TOPOGON 広角レンズを含み SMK とほとんど同じであった。大縮尺作業のために、標定のための追加的な標識として 2 つの撮影位置間の高低差を補正するための傾斜アダプターが使われた(図 13. 4)。代表的な作業は構造地質学的なデータの収集あるいは地質学におけるほかの課題(ADLER et al. 1970)そしてダム建設であった(BRUCKLACHER 1967a)。



図 13. 3: 斑点模様投影器付きの SMK 40

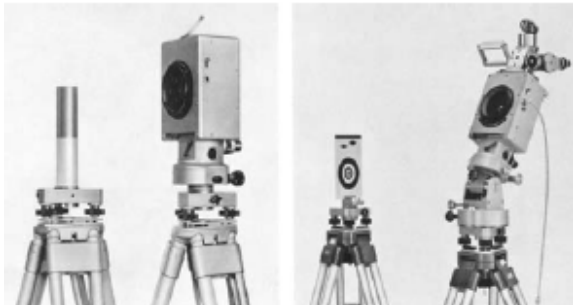


図 13. 4: 付属品付きの TMK 6

1972 年のオッタワの国際写真測量会議では、ステレオタール 8/120 レンズと絞り 1:8、1:11、1:16 以外は TMK 6 と同じ TMK 12 を発表した。長い焦点距離のこのバージョンは、ある特定の作業でしばしば必要となる非常に長い撮影距離を 1:10 以上の大きな画像縮尺で撮影することができた。大縮尺とは図化機のオペレータが非常にスムーズに線分を描画することができた(BRUCKLACHER 1972)。

1962 年から 1980 年代の半ばまでに 100 台の TMK(TMK 6 が 80%)と 140 台の SMK(3/4 が SMK 120)が販売された。解析図化機が簡単にそしてハッセルブラッドあるいはローライのような企業から安価な市販のプロ用のカメラで撮影した写真を使って十分な精度が達成されるため、当時ほとんどの写真測量機材の製造者は計測用の地上カメラの製造を中止した。

13.2 地上写真測量図化機テラグラフ

イエナの ZEISS が戦前の地上測量カメラのために専用のステレオ図化機として“クラインオートグラフ”を提供したように、オーバーコッヘンも特にステレオカメラ SMK 120 と SMK 40 のために新しいステレオ図化機を開発した。1911 年の V. OREL のステレオオートグラフの実証されたコンセプトを選び、そしてステレオ基線に直角な平行軸の標準撮影に限定した(MEIER 1960)。この CARL ZEISS オーバーコッヘン製の地上写真測量用図化機はテラグラフと命名された。この図化機はステレオカメラ SMK 120 と一緒に、1960 年のロンドンでの国際写真測量会議で発表された。1963 年～1984 年の間に、合計 35 台が納品された。

傾斜した独特の形の描画機は機械的なガイドレールによるものであった(図 13. 5)。図 13. 6 の左側は機械的なガイドレールの配置を、そして右側は交差を行う原理を示している。写真乾板のための保持器は、回転中心が投影中心を表し、平面で交差する 2 本の直線状のガイドレールに接続されている。

図化縮尺は規正された焦点距離を表すレバーの交点から投影距離を表す画像点までの距離の関係で決定された。両方のハンドルでガイドレールが動かすと x と p_x 方向に写真架台がシフトし、そして x と y 方向に描画ペンをシフトした。足盤による高さ(z)の移動は、接眼鏡を移動することなく高さのガイドレール経路で画像に対して観察光学系をシフトさせた。テラグラフの前面の傾斜した描画面は磁気シート張りであった(後でプラニマート D2 と描画機 EZ2 でも使用)。このため、オペレータは金属定規で固定された描画シートを直接見ることができた。



図 13. 5: テラグラフ(1960)

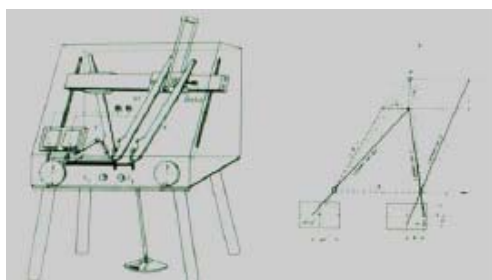


図 13. 6: テラグラフの構造原理

テラグラフの主な仕様は次のとおり:

- ・ 画像フォーマット: 9 cm × 12 cm(縦型サイズ)、
使用サイズは8 cm × 10 cm
- ・ 焦点距離: 52 mm - 67 mm
- ・ モデル基線長: 0 mm - 50 mm
- ・ 観測倍率: 6 倍
- ・ 観察視野: 直径 15 mm
- ・ 測標の直径: 0.1 mm
- ・ モデル範囲: $x = \pm 250$ mm
 $y = 60$ mm - 610 mm
- ・ 描画面のサイズ: 50 cm × 60 cm
- ・ z 視差の範囲: 写真位置間の重要な高さを補正する
ために ± 4 mm
- ・ 高さの縮尺: 1: 10, 1: 15, 1: 20, 1: 25, 1: 30, 1: 40
1: 50, 1: 75

焦点距離の設定と高さの読みはハンドル間にあるカウンタで行った。テラグラフでたとえば TMK 12 のモデル縮尺のように約 60 mm 以外の焦点距離の写真を使うときには、係数2で縮小するアフィンモデルで測定しなければならなかった。1964 年に接続できた外部描画機EZ2で図化するときには、この縮小は2:1の歯車比で補正できた。さらにテラグラフは 1964 年以来、± 30 グラードあるいは±70 グラードの斜め写真を測定するために特注の傾斜換算装置 NR を使った。図 13. 7は(左側に)描画機EZ2にスピンドルで接続できる機械的な傾斜換算装置 NR を示している。右の図は描画機EZ3との電気的な接続を示している。1972 年には万能的な傾斜換算装置 UNR が追加された(図 13. 8)。

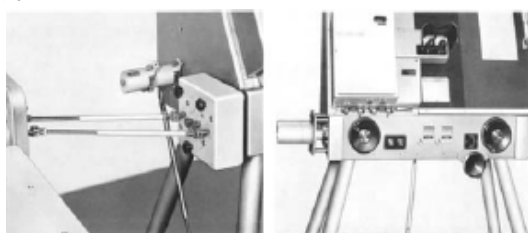


図 13. 7: 描画機EZ2(左)との機械的な接続およびEZ3(右)との電気的な接続のための傾斜換算装置 NR

ユーザーが設定した角度 ω だけ傾斜させた万能傾斜換算装置 UNR 付きの描画機 EZ2、EZ3 あるいは EZ4 での描画面は、次の公式で求められた:

$$\begin{aligned} x &= x', \\ y &= y' \cdot \cos \omega - z' \cdot \sin \omega, \\ z &= z' \cdot \cos \omega + y' \cdot \sin \omega. \end{aligned}$$

万能傾斜換算装置 UNR はシンクロモータでテラグラフだけでなく、既に 1969 年以降には開発された特別な投影中心アームの形をした地上写真用付属品(図 10. 22)をプランニングにも接続できた。これは非常に短い焦点距離のカメラによる写真を図化することができた。



図 13. 8: テラグラフに取り付けた万能傾斜換算装置 UNR

13. 3 そのほかの機材

ここで記述した小型の特別な偏位修正器は、地上写真測量で唯一の専用の小型偏位修正器 KEG30 である(図 13. 9)。それは 1970 年に 30 グラード傾斜したたとえば建物のファサードの写真を偏位修正のために開発された。9 cm × 12 cm のフォーマットの写真は、13 cm × 18 cm の写真乾板に露出され、次にたとえば偏位修正機 SEG 5 で拡大あるいは詳細な偏位修正できる(BRUCKLACHER 1972)。しかしながら、KEG30 の興味は低かった。

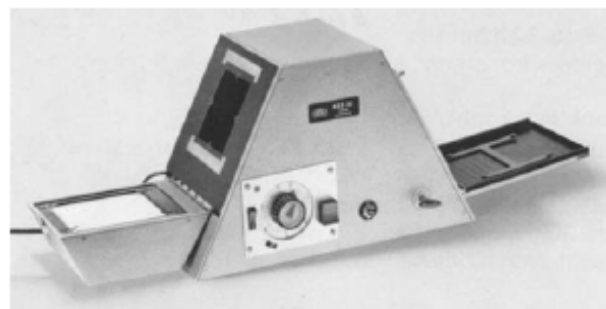


図 13. 9: 30 グラードのガラス乾板のための小型偏位修正器 KEG30(1970)

ZEISS オーバーコッヘンも地上写真測量の機材は大きな経済的な需要はなく、1970 年代前半の絶頂期で、ZEISS の写真測量販売での地上写真測量機材の占有率は

5%以下であり、そして第二次世界大戦後のすべての販売の全体の占有率は1%以下であった。

14. 特殊機材

この章は非写真測量業界で使用するために航空カメラそして図化機についての写真測量の知識を使って、1960 年代と1970 年代における写真測量製品の開発チームの活動を記述する。一方では衛星測地学のための計測用カメラ、他方ではレントゲン写真の立体測定と工業製品のステレオを利用する迅速なチェックである。最後に1970 年代末から測地的な測定処理のプログラムパッケージを作成するために、ソフトウェア技術者の取得した経験を使った試験がある。これらの大部分が不成功の試験により、オーバーコッヘンは写真測量とリモートセンシングに集中した。

品した非常に大きな口径1:2の BMK 46/18/1:2 を開発した。BMK 46/18 は画像サイズが 18 cm × 18 cm そして 31° の画角で非常に高解像度の低ディストーションのアストロトパール 2/460 レンズを装備した。A特性には特別な課題のために衛星を照明するために使ったルビーレーザーの波長 640 nm を含めた(SCHWEBEL 1970)。

14. 1 衛星カメラ BMK

1950 年代に最初の地球衛星によって、衛星軌道のより正確な測定と解析についての地球の測地・物理学的な計測に対する興味が起こった。軌道測定の一つの方法は、特殊なカメラ(たとえば BAKER-NUNN カメラと WILD 製の実証された BC 4)による衛星測地学であった。CARL ZEISS は1953 年に製品化した RMK 21/18 を使って、地球ではなく空を観察する高解像度のカメラを設計することをスタートした。1958 年に経緯儀架台式の数台の衛星カメラ BMK 21/18(図 14. 1)をアメリカのシステムハウスのために製造し、次にシャッター制御のためのエレクトロニクスと必要な精密時刻測定装置を追加した。

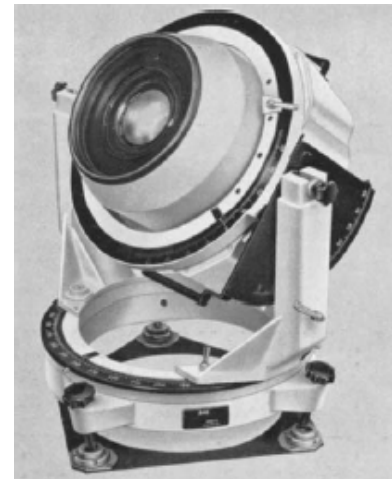


図 14. 1: 衛星カメラ BMK 21/18(1958)

1964 年に RMK のための A 特性つきの新しいレンズが設計され、そして原則的にそれらは BMK のためにも使うことができた。1962 年には焦点距離 30 cm のトパールそして 60 cm のテリコンのほかにもトパール 46 が開発された。ZEISS 天文部門製の極頂(パララクティクス)架台を使って(それはコーデ式反射望遠鏡のために使用していた)、BMK は必要に応じて赤道に対して定位できそして地球の回転に同調して追跡できた(AHREND 1964a)。最終的に極頂(パララクティクス)架台用の BMK A 30/23 が1964 年リスボン会議で展示された(図 14. 2)。

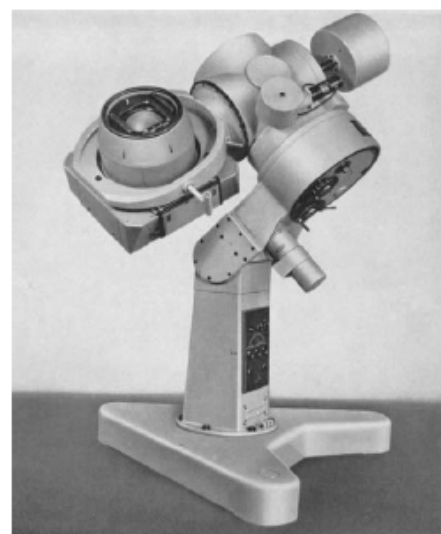


図 14. 2: BMK 30/23 (1964)

1960 年代では、ダイナミックな衛星測地のために使用可能な衛星はそれほど光を反射しなかった。このため、衛星カメラの興味は大きな口径と長い焦点距離の要求が生じたため、オーバーコッヘンは1969 年ベルリン工業大学へ、1971 年にボン大学そして1972 年に台湾の台南大学へ納

図 14. 3は恒星軌道のための経緯儀架台、および解像度 0.02 msec の精密時刻測定装置 ZMS2 を含む制御キャビネット付きの BMK 46/18 を示している。6 枚のガラス乾板

の容量付きの自動乾板交換装置と衛星の軌道(図 14. 4)を中断するための断続的なシャッターが特別な特徴であった。これらの3台のBMK 46/18を納品後すぐにさらに長い焦点距離が要求され、そして1972年のオッタワの国際写真測量会議では19°の画角とアストロトパール2/750レンズを装備したBMK 75/18/1:2.5を発表した(図 14. 5)。1973年の写真測量週間では、写真測量用エレクトロニクス開発長のKARL FELLEは、この新しいカメラについて短いレポートを公表した。BMK 75/18はミュンヘン工業大学の”特別研究課題:衛星測地学”のために1975年バイエルン州ベツェルにある測地観測所とオーストリアのグラーツ工業大学に納品した。BMKはそれ以後開発を中止して製造しなかった。

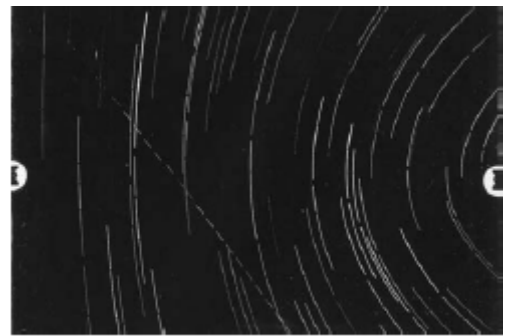


図 14. 4:衛星通過のBMK写真

図 14. 6はBMK 46/18とBMK 75/18の電氣的な構造を示している。



図 14. 5:制御装置ZMS3付きのBMK 75/18(1972)



図 14. 3:制御キャビネットつきBMK 46/18(1969)

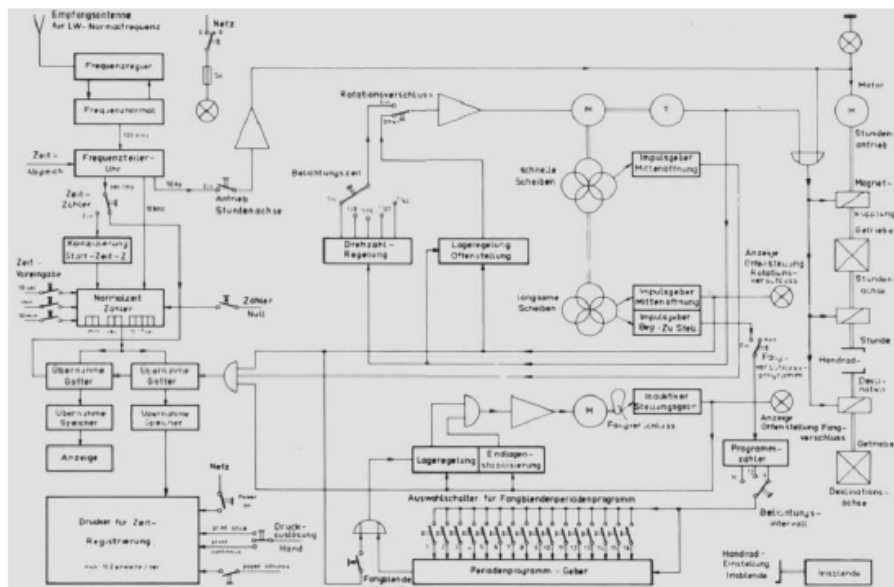


図 14. 6:BMK 46/18とBMK 75/18の電氣的な略図

14. 2 ステレオレントゲン測定機 StR

1960年代、アーヘン工業大学のRWTHはレントゲン写真を使って立体図化に関するいくつかの研究を行っていた。1968年、RWTHはこのようなステレオ図化機を作り上げるために、CARL ZEISS オーバーコッヘンを説得することに成功した。過去1917年にPULFRICHは立体的なレントゲン画像のために“三次元測定機”(図14.7)を開発していた。レントゲン画像の測定経験のあるデュセルドルフ大学産婦人科の主任教授H. GREUELをコンサルタントとして、最初の設計を開始した。DEVILLE(図14.8)によるコンセプトはアーヘンのグループによって提案され、まもなく取り扱いが面倒でそして精度の悪いものが出来上がった。

長年生産されているステレオプレットのコンセプトをベースにして、コンパレータの原理を採用しそして1971年の写真測量週間で“レントゲンステレオ測定機 StR”を発表した(MEIER 1971 & 1973a)。基本装置は40 cm × 40 cmの画像サイズと3つの構成で提供する準備がされた。本体は1倍の大型立体鏡あるいは3倍の接眼鏡(両側から2人が観測するために)を使って3倍の観測倍率であった。このバージョンをStR1と命名されていた。

調整可能な照明、目盛および副尺付きの測標マーク投影器を追加することで、距離、角度あるいはほかの定量的な値を手動で計算するために最終読取単位0.1 mmで画像座標 x_1 , y_1 と視差 px を読み取ることができた(StR2)。これらの値はStR3では連続増加のエンコーダーで電子装置でカウントされそして接続したデスクトップコンピュータに転送された(図14.9)。

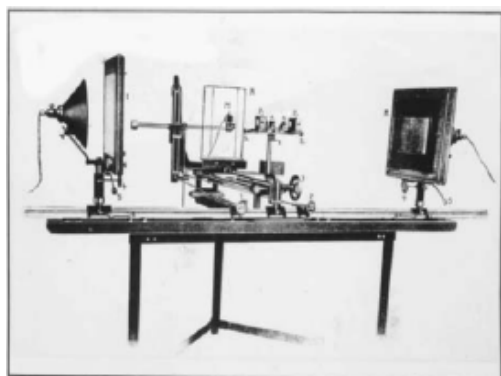


図14.7: PULFRICHによるレントゲン写真用図化機 (1918)

デスクトップコンピュータ HP 9800(後でHP9810)に接続、エンコーダの連続的な増加分量の記録と座標表示と(フットスイッチによる)転送するため電子的なカウント装置を作製した。これが後でDIREC 1装置になった(9.1章を参照)。

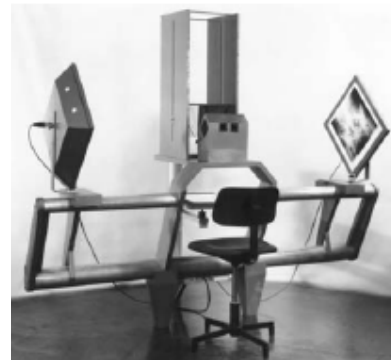


図14.8: DEVILLEによるレントゲンステレオコンパレータ(機能モデル)



図14.9: ZEISS 製ステレオレントゲン測定機 StR3 (1971)

距離、角度あるいは容積値は、これらの相対的な座標の測定値から簡単に計算することができた。フィルムとレントゲン管の焦点間の距離および管のずれ(基線長)の標準的なパラメータは、測定前に代入しておく必要があった。オブジェクトが画像空間にあることが通常の写真測量用画像とは異なる。すなわちレントゲンの場合、光源と画像面の間に画像空間があることを意味する。

医学専門家でも十分に理解ができた優れた構造とStR3の構成にもかかわらず、そしてゲッティンゲン大学のようなほかのパーティーが同時に類似の開発を発表したが、ステレオ写真測量はレントゲン診断(第二次世界大戦前の時と同様に)を突破できなかった。外科医は外科用メスで人体を直接的に検診して診察することを好んでいる。1972年~1979年でわずか18セットが販売された。

14.3 目視検査機 VITEST

1976年の目視検査目的のVITEST(図14.10)の開発も失敗した。立体観測は三次元的な立体感、バーチャルの三次

元モデル、さらに2つの画像の1つで部分的な画像の異常を正確に判断できる。この効果は同じように見えるオブジェクトの画像間の差を検出するために使うことができる。このため、この原理はマスターと作成されたプリント基板の相違のような製造された平坦な製品を比較するのに非常に適している。立体観測の代わりにマスターと試験物の交互の接眼鏡の観察の迅速な切替はフリッカリングによって違いを示す。

特許登録されたデザイン(SEEH 1975)、ズーム光学系(3倍～17倍の選択が可能)そしてカラーカメラから構成された VITEST はモニター上にマスターと試験物を表示してチェックで北。架台上のマスターと試験物を位置決めし、そして明るさを調整後、フリッカリングを使って検索するために架台を微動で移動できた。

このプロジェクトは SIEMENS で始められたが、1979年～1983年でわずか15台が納品された。



図 14.10 : 目視検査機 VITEST(1976)

14.4 測地データ作図機 GEOS-1

1970年代にオーバーコッヘンの写真測量開発研究室は、コンピュータプログラミングについての多くの専門知識を蓄えた。これをベースにしてデジタル描画機 DZ7 の利用範囲を拡大するために、1980年5月に“測地的な測定および作図システム”GEOS-1を開発しそして発表した。測地的な測定の処理そしてアウトプットのためのツールボックスとして、最初にエスリンゲン技術アカデミでそして数カ月後にピースバーデンの測地会議で“測量技術の自動化された方法”という講習会を開催した(SCHWEBEL et al. 1980)。

特に GEOS-1 はトータルステーション(たとえば CARL ZEISS オーバーコッヘンの ELTA 2)の測定値の編集と処理そしてデスクトップコンピュータ HP 9845 B と ZEISS 製のデジタル描画機 DZ7 のための広範囲なソフトウェア機能をサポートした(図 14.11)。トータルステーションとコンピュータ間の両方向のデータ交換のために、現場測定機のソリッドステートメモリー MEM は DAC 読取ステーション(図 14.11 でコンピュータの左側に)挿入した。GEOS ソフトウェアはプログラム言語 BASIC で書かれ、そして資料化されたプログラムインタフェースは追加された個々の機能について説明されている。



図 14.11 : 測地データ作図機 GEOS-1(1980)

GEOS-1 の主なプログラム機能は次のとおり:

- ・ 測地計算のための豊富なそして快適なプログラムパッケージ GAP
- ・ 平面と高さの調整により大縮尺のトータルステーション測定値の自動的な評価のためのプログラムパッケージ TANA(シュツットガルト大学LOTHAR GRUENDIGが開発)
- ・ 作図データの処理のために迅速なアクセスが可能な関連したデータベース DACA
- ・ 測地的な作図プログラム MAP

この開発は 1978年8月～1981年6月までドイツ連邦研究技術省で助成された(BOETTINGER et al. 1981)。GEOS-1 は、特に大型コンピュータシステムのない小規模の測量事務所で現場と最終結果の間のデータフローの管理を目的としていた。これは写真測量業界を目的としなかったため、ここでは詳細は述べない。継続開発と市場調査も写真測量部門自身のプロジェクト開発のため、まもなく中止された。

15. リモートセンシングと偵察機材

操縦できる飛行船および航空機の出現により、1909年イェナの CARL ZEISS は間もなく改良されたバージョンに後続する最初の気球カメラを製造した。焦点距離が 120 cm までのハンドカメラは、第一次世界大戦中に定期的に偵察目的のために使われていた。1920年頃は最初の計測用の航空測量カメラ RMK の開発と並行して、偵察と判読目的の多くのカメラが焦点距離 300 cm までの三脚上に据え付ける地上用のテレカメラと一緒に設計された。1931年製の 13 cm × 18 cm のハンドカメラ HK 19 は、フィルムマガジンあるいは交換可能な写真乾

板のカセットを使うことができた。垂直の架台も使用可能であった。第二次世界大戦では偵察カメラとして使うために、数千台のカメラが製造された。この時期に、ドレスデーンの ZEISS IKON の子会社で、ハンドカメラ HKS が生産された。さらに 1941年に超広角レンズプレオンレンズ付きの“小型連続撮影カメラ”RMK S6/7”と“偵察カメラ”Rb 7/18 が開発された。

CARL ZEISS オーバーコッヘンが 1965年に偵察目的のカメラの開発を開始したときには、長年にわたる会社の伝統を振り返ることができた。1961年以後オーバーコッヘンはアメリカの FAIRCHILD 社の偵察カメラの保守に対する契約により、この課題のための戦後の要求を精通することになった。1967年に RMKA シリーズが新しい超広角カメラで完成することにより、既に有能なカメラ開発チームは動き出していた。

その後偵察関係の活動は別の研究室と部門に統合されたが、常に同じ販売部門でありオーバーコッヘンの写真測量作業と多くの主題的なそして人員の重複により、最終的な製品はこの資料に含めた。偵察カメラは民間のリモートセンシングのためのセンサーを作り出すためにわずかな改良をすることで成功した(15. 3章)。

15. 1 偵察カメラ KRb および TRb

初期の偵察は長い焦点距離で長距離の写真画像だけが要求されていたのに対して、高速のジェット機を使って低空で撮影コースに沿って広範囲をカバーする広角カメラについての要求もあった。最初のパノラマカメラはアメリカで中心投影的にそしてダイナミックにゆがんだ画像を作成する回転ミラー付きであった。アメリカの CHICAGO AERIAL INDUSTRIES が 1960年代の初期に数台のレンズ付きの偵察カメラ KA-63A を公表したときには、CARL ZEISS オーバーコッヘンも同じ焦点距離の拡散したレンズ群による

コンセプトを提案していた。レンズは撮影コースの両側方向の全体の画角が 143° をカバーするので、撮影コースの直角方向は 6 回分の範囲をカバーすることになる(図 15. 1)。

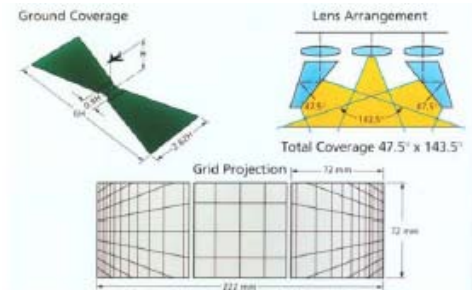


図 15. 1: KRb 8/24 の画像収集の略図(レンズ 3 個)

1968年、最初の大きな注文を貰うために3つのレンズ付きの“小型連続撮影カメラ”KRb 8/24C の試作機を豊富なテストを行った後で重要な顧客に公表した。偵察カメラ KRb 8/24C はカナダの CANADAIR の無人航空機(USV、その後“無人機”)のために設計され、そして直径 33 cm に合致させた。翌年中にどれも外観は同じだが(図 15. 2、そして図 15. 3)、改良したカメラバージョン(KRb 8/24D、KRb 8/24 Dm そして KRb 8/24F)について数台の注文を貰った。その後、KRb 8/24E モデルと“3レンズ付き KS-153A”は、大きさがそれほど制限されないジェット戦闘機に対応した。これらのカメラの外観は異なっている(15. 2章を参照)。

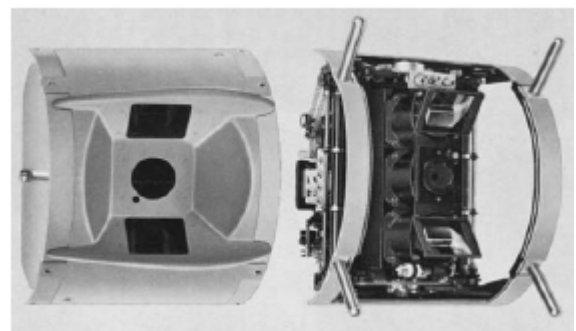


図 15. 2: 偵察カメラ KRb 8/24 C (1968)



図 15. 3: 偵察カメラ KRb 8/24 F (1989)

CARL ZEISS 製の偵察カメラは特許登録された低高度で関数化されている真の角度の像ぶれ補正によって区別されるだけでなく(PRINZ 1984)、非常に高いサイクル比と同調させた電子的なフラッシュ光によりあるいはフラッシュカートリッジを打ち出して夜間撮影に対応できる。主なその後の改良はサイクル比率、v/h 比率とフィルムマガジンの容量の増加であった。

たとえば KRb 8/24 C そして KRb 8/24 E の主なパラメータは次のとおり:

- ・ レンズ: 3× ツァイストパール AS2/80
- ・ 焦点距離: 80 mm
- ・ レンズの絞り範囲: 1:2 ~ 1:16
- ・ レンズ間の傾き: 47.5°
- ・ 角度範囲: 飛行コース方向と直角方向は 48°、飛行コースの直角方向は合計 143°
- ・ 各画像の画像サイズ: 71.5 mm × 71.5 mm
- ・ シャッタースピード: 1/150 ~ 1/2,000 sec
- ・ フィルター: オレンジ(ZEISS D)とイエロー(ZEISS B)
- ・ サイクル比: 毎秒最大4フレーム
[KRb 8/24E: 毎秒最大5フレーム]
- ・ 像ぶれの補正: フィルムを移動、全体のフォーマットで補正された真の角度
- ・ 最大の v/h 比: 1.4 ラジアン/sec; [KRb 8/24 E: 3.6 ラジアン/sec]
- ・ フィルム幅: 9.5" (240 mm)
- ・ フィルム容量: 50 ft(15 m); [KRb 8/24 E: 2.5 ミルベースの小さいカートリッジで 167 ft(74 m)、大きなカートリッジのときはその 2.5 倍]
- ・ サイズ: 330 × 330 × 264 mm ;[KRb 8/24 E: 422 × 443 × 504 mm]
- ・ 重量: 11.6 kg ;[KRb 8/24 E: 50 kg]

通常民用の写真撮影で使われるフィルムベースの厚さ 0.1 mm(4 ミルのベース)の航空フィルムのほかに、偵察カメラでは 0.06 mm(2.5 ミルのベース)の非常に薄いフィルムが多く使われている。カメラとフィルムマガジンの容量が非常に厳しいときにはこれが必要である。これらの薄いフィルムはフィルム移動中での非常にダイナミックなストレスを減らすために特別に測定することが必要であった(PRINZ 1975 & TULL et al. 1989)。サイズと重量に関して極端に厳重な制限内の強力な、事前にプログラムされそしてリモート制御のマルチ画像カメラを製造する必要性は、機械的なそしてエレクトロニクス的设计者に対する多くの頭痛の種である挑戦課題であった(15. 4)。

偵察用戦闘機に取り付けた偵察用の RHb 8/24 Dm ポッドとほぼ同じ大きさであった。さらにその後の要求はより操作が簡単なそして迅速な修理と交換サービスのためのモジュール式構造が要求された(図 15. 5)。

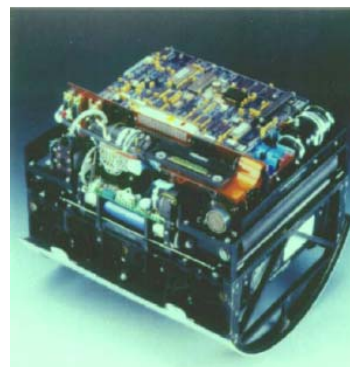


図 15. 4: カバーを外した偵察カメラ RKb 8/24 Dm

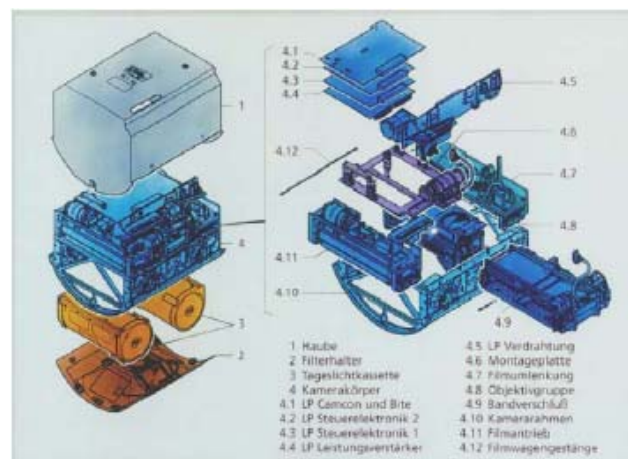


図 15. 5: 偵察カメラ KRb 8/24 の組み立て図

軍部の顧客は準備 OK のカメラばかりでなく、その操作のツール、テスト機とチェック機、長期間をカバーする豊富な予備部品のキット、詳細な教育とプログラムのトレーニングを要望される。図 15. 6 左上は、“一体型のテスト装置(BITTE)”として撮影中にも現状とエラーメッセージを提供でき、そして左下には地上でカメラの操作と設定されている制御システムと偵察カメラ KRb 8/24 E 用をシミュレータするカメラテストセットを示している。図の右側は、スタート/ストップ機能と日中と夜間作業との切り替えをサポートするメインの撮影制御パネル(上)と操縦士のための簡素化されたバージョン(下)を示している。



図 15. 6: KRb 8/24 用のテストセットと制御パネル

カナダ空軍の無人機のために製造した KRb 8/24C はユーザーによって KA-105A と改名され(北アメリカの軍組織で使用するとき命名されたラベリングによる)、そして 1969 年から 1975 年の間にいくつかの NATO メンバーに納品された。このカメラは ZEISS からマルチスペクトルカメラ MUK(15. 3 章を参照)と一緒に 1972 年のオットワでの国際写真測量会議で一般に発表され。1978 年~1982 年に拡張された無人機のためにさらに開発された KRb 8/24 D の 10 台が納品された。CARL ZEISS オーバーコッヘンから偵察カメラの純粋な民用レポートの一つは、1982 年 8 月にサンディエゴで航空機搭載の偵察カメラについての SPIE 会議であった(DREYER 1986)。

飛行方向の両側の水平から水平までの範囲を完全にカバーする戦闘機用のカメラの要求が、1970 年代の中頃に起きてきた。光学的な要求について ZEISS 社内の研究で画像フォーマットがそれぞれ 40 mm × 50 mm の 5 個のレンズのアーレイを勧告した(図 15. 7)。1976 年に偵察カメラ KRb 6/24 の試作機の製造を開始した。図 15. 8は飛行方向の直角方向の両側 182.7° でテスト撮影した ZEISS オーバーコッヘンの周囲の一部である。

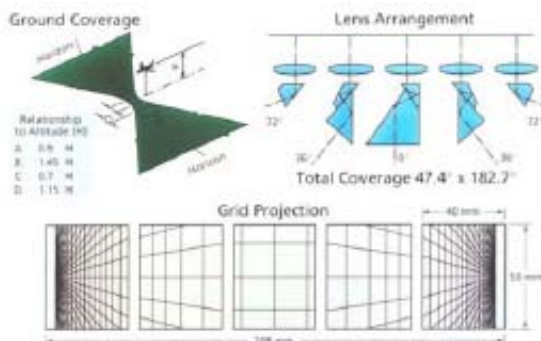


図 15. 7: KRb 6/24 の撮影画像の略図(ペンタレンズ)

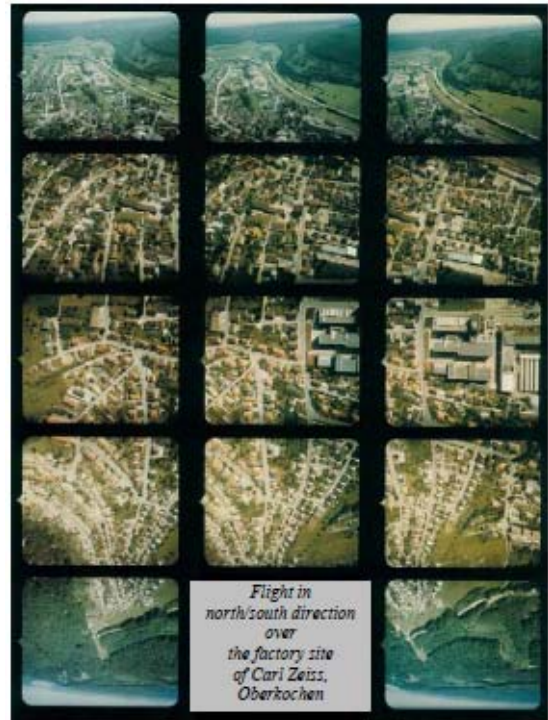


図 15. 8: KRb 6/24 のサンプル画像(ペンタレンズ)

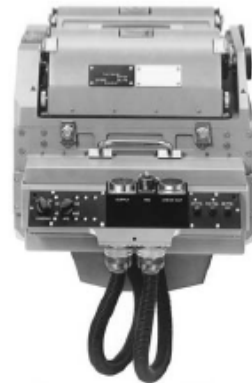


図 15. 9: 偵察カメラ KRb 6/24 (KA-106A)(1979)

偵察カメラ KRb 6/24 試作機および後の製品カメラ KA-106A(図 15. 9)の主な仕様は次のとおり:

- ・ レンズ: 5× ツァイストパール AS2/57
- ・ 焦点距離: 57 mm
- ・ レンズの絞り範囲: 1:2 ~ 1:16
- ・ レンズ間の傾き: 36.0°
- ・ 角度範囲: 飛行コース方向は 47.4 ° ;直角方向は 38.7° 、飛行コースの直角方向は合計 182.7°
- ・ 各画像の画像サイズ: 50 mm × 40 mm
- ・ シャッタースピード: 1/150 ~ 1/2,000 sec
- ・ フィルター: オレンジ(ZEISS D)とイエロー(ZEISS B)
- ・ サイクル比: 毎秒最大6フレーム
[KA-106A:毎秒最大7フレーム]

- ・ 像ぶれの補正: フィルムを移動、全体のフォーマットで補正された真の角度
- ・ 最大の v/h比: 2.0 ラジアン/sec; [KA-106A: 5.0 ラジアン/sec]
- ・ フィルム幅: 9.5" (240 mm)
- ・ フィルム容量: 242 ft(74 m); [KA-106A: 4 ミルベースで 167 ft(51 m)あるいは小さいカートリッジで 2.5 ミルベースで 242 ft(74 m)、大きなカートリッジのときはその 2.5 倍]
- ・ サイズ: 326 × 390 × 442 mm ;[KA-106A: 492 × 390 × 504 mm]
- ・ 重量: 35 kg ;[KA-106A: 50 kg]

偵察カメラ KRb 6/24 と並行して、1976 年に”テレレンズ付き連続撮影カメラ”TRb 60/24 の開発を開始した。それについて 1979 年に偵察カメラの完全シリーズのテレレンズ TRb 60/24、3 レンズの KRb 8/24E そして5レンズ KRb 6/24を製造した。作業名称SRB 8/7という非常にコンパクトな”監視カメラ”の追加的なコンセプトは、実現されなかった。主な特徴は飛行方向の 180° の角度範囲、真の角度の像ブレ補正と焦点距離 80 mm であった。

1979年～1984年この偵察カメラシリーズのなかから75台、すなわちカナダ軍にKRb 8/24 E(KA-107A)、ドイツ海軍のロッキードスターファイター(RF-104G)の偵察用バージョンKRb 6/24(KA-106A)そして戦闘機RF-104GとMRCA(後の名称TORNADO)のためのTRb 60/24(KA-108A)が納品された。

テレレンズ付きの偵察カメラTRb 60/24の主な特徴は断光路回路による撮影回転レンズであるので(図 15. 10、飛行方向に沿って取り付けられているとき)カメラは左右の水平方向の間の直下を撮影できる(図 15. 11)。TRb の高い機械的な改良解法を満足するさせることはできた(PRINZ 1980)。



図 15. 10 : 製造された回転可能なテレレンズ付きの偵察カメラ KS-153A/610 mm バージョン

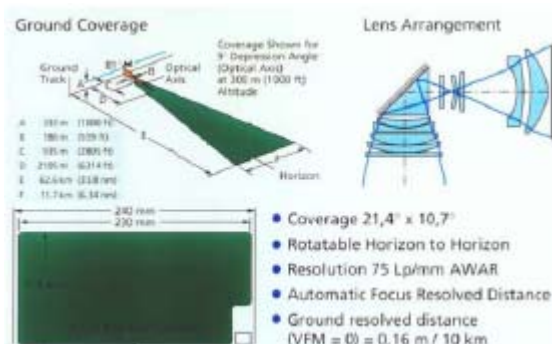


図 15. 11 : TRb 60/24 と KS-153 A/610 mm の略図

以前の TRb 60/24(KA-108A)と後の KS-153A/610 mm の主な仕様は次のとおり:

- ・ レンズ: ツァイステリコン A 4/610 [KS-153A: テリコン A1 4/610]
- ・ 焦点距離: 612 mm; [KS-153A: 610 mm]
- ・ 飛行中の回転範囲: -90° ~ +90°
- ・ 角度範囲: 飛行コース方向は 10.7° ; 直角方向は 21.4°
- ・ 画像サイズ: 115 mm × 213 mm; [KS-153A: 115 mm × 230 mm]
- ・ シャッタースピード: 最大 1/1,000 sec; [KS-153A: 1/150 ~ 1/2,000 sec まで]
- ・ フィルター: イエロー(ZEISS B)
- ・ 最大サイクル比: 毎秒4フレーム
- ・ 像ぶれの補正: フィルムを移動、全体のフォーマットで補正された真の角度
- ・ 最大の v/h比: 公表せず; [KS-153A: 7.87 ラジアン/sec、緯度方向のオーバーラップ、あるいは垂直方向の視角については少ない]
- ・ フィルム幅: 9.5" (240 mm)
- ・ フィルム容量: 250 ft(75 m); [KS-153A: 4 ミルベースで 125 ft(38 m)あるいは小さいカートリッジで 2.5 ミルベースで 200 ft(61 m)、大きなカートリッジのときはその 2.5 倍]
- ・ サイズ: 736 × 417 × 400 mm ; [大きなフィルムマガジン付き KS-153A: 883 × 427 × 491 mm]
- ・ 重量: 非公表 ; [KS-153A: 110 kg]

1984年にはKS-153/619 mmのために著しく改良したレンズとしてテリコン A1 4/610、KRb 8/24 Eの新しい3レンズとしてツァイスSトパール A1 2/80 そしてKA-106のツァイスSトパール A2 2/57 を発表した。さらに像ブレを補正するためにフィルムの可能な移動速度を570 mm/sec(5レンズ)、800 mm/sec(3レンズ)そして1,300 mm/sec(テレレンズ)と倍にした。そしてテストおよびチェック目的の装置もされに強化しそして一部分自動化した(図 15. 12)。



図 15. 12: 自動テスト装置 LM-230A 付きの KS-153A

1984 年のこれらの強化により全部で3種類の偵察カメラは、軍使用 US シリーズの中に KS-153A として採用された。その後 MCDONELL DOUGLAS 製の偵察用航空機 RF-4B のための US 海軍に、そして TORNADO の偵察バージョンのために大量の KS-153A/610 mm(テレレンズ)がイタリアとドイツ空軍に納品された。

15. 2 モジュール式偵察カメラ KS-153

前述の納品後間もなく、航空写真特別システム部門は、“KS-153”に統合されたモジュール偵察カメラを作成するためにこれらの3種類のカメラをわずかに再設計するためにスタートした。3種類の以前のカメラバージョンのこのモジュールシリーズの構成品の製造セットとして(図 15. 13)、3レンズ、5レンズあるいはテレレンズのレンズコーンと共有された部品を組み合わせて組み立てることができるようにした(図 15. 14)。



図 15. 13 : 偵察カメラシステム KS-153 モジュールのシステム構成部品 (1994)



図 15. 14 : 3レンズと5レンズ構成の KS-153

3種類のすべての性能パラメータはほとんど変化することがなかった。新しいそして特許登録されたものは、組み込んだ露出計機能付きの電子的なビューファインダーであった(RAASCH 1996)。これらのカメラシステムは CARL ZEISS オーバーコッペンで偵察カメラの最新のそして最高レベルを表し、そしてドイツ空軍の TORNADO の偵察用ポッドのための注文であった(図 15. 16)。

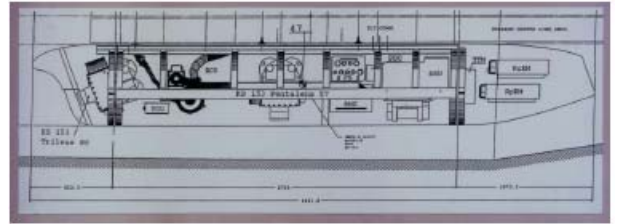


図 15. 15 : 3レンズと5レンズ構成の KS-153 付きの偵察用ポッドの機内

この偵察用ポッドのために KS153 の 3レンズ 80 mm と 5レンズ 54 mm の 2 種類のカメラが、1990 年代に数ダース納品された。ポッドの中に 57 mm の 3レンズは 21° 前視方向に向けて取り付けられた。80 mm の 5レンズは垂直視で中央に取り付けられた。さらに HONEYWELL 製のサーマルスキャナが搭載された(N. N. 1999)。図 15. 16 はこのような偵察用ポッドの保守を示している。



図 15. 16 : TORNADO の”偵察用ポッド”の保守

これらが災害調査あるいは行方不明者の捜索のような民間の緊急の場合に使用されたことで、数年間これらの偵察用ポッドがたびたび新聞に記述された。ZEISS 製のこれらの偵察用カメラの主な特徴の一つは、写真測量的な測定に使用できることであった。一つ考えられることはこの構造の中で使用されているスリットシャッターと迅速な移動による像ブレの補正は、画像の数学的な中心投影を妨げられることかもしれない。しかしながら、1979 年ミュンヘン工業大学で、これらのカメラからの写真が適切な標準的な写真測量的な測定値を提供できることを公表しそして評価された(EBNER et al. 1980a)。

15.3 リモートセンシング機器

最初の偵察カメラ KRb 8/24C の開発中に、リモートセンシング特に生物学的なそして農業的な作業について増加する討論に関して、オーバーコッヘンの写真測量専門家は判読目的の民用カメラバージョンの設計について討議した。結果としてマルチスペクトルカメラ MUK 8/24



図 15.17 :RMK 用架台にアダプター付きの ZEISS 製マルチスペクトルカメラ MUK 8/24(1972)

の試作機(図 15.17)が連続生産中の KRb 8/24C と一緒に、1972 年のオッタワでの国際写真測量学会で公表された。MUK 8/24 には 3 つのレンズを並行して配置しそして 3 つの異なるフィルターを取り付けた。

マルチスペクトルカメラ MUK 8/24 の主な仕様は次のとおり:

- ・ レンズ: 3個のツァイストパール A S2/80、並行配置の直下視
- ・ A特性: パンクロフィルム、赤外フィルム、カラーフィルムとカラー赤外フィルム
- ・ 焦点距離: 80 mm
- ・ 絞りの範囲: 1:2 ~ 1:16
- ・ フィルター: 標準としてグリーン、イエローオレンジ、レッド、赤外
- ・ 画角: 48° (対角線方向 64°)
- ・ 画像サイズ: 71.5 mm × 71.5 mm
- ・ シャッタースピード: 1/100 ~ 1/2,000 sec.
- ・ サイクル比: 段階的に 0.25 ~ 3 sec、最大 毎秒4フレーム
- ・ フィルム幅: 9.5" (240 mm)
- ・ フィルム容量: 0.1 mm ベースで 20 m
- ・ サイズ: 340 × 270 × 250 mm
- ・ 重量: 12 kg(フィルムを含む)

適切な飛行方向のオーバーラップにより、連続画像は立体的に評価されそして標準的な測定のために使用できた。

MUK 8/24 の試作機を使って 1972 年~1974 年にいろいろな作業の機能性とフィルターの組み合わせの利用性を最良化するためにいくつかの顧客と一緒にテスト撮影を行った。この開発と以下に記述するストリップカメラの開発は、1972 年 11 月~1978 年 12 月までのドイツ連邦研究技術省の助成を受けそして最終的なレポートを提出した(MEIER 1979)。

3個のレンズのマルチスペクトルカメラ MUK 8/24 と並行して、ストリップカメラ SK2 の機能モデルを開発した(図 15.18)。このカメラは画像平面の前に狭いスリットと撮影コース直角に定位されたこのカメラは、フィルム上に飛行した地形の連続画像を撮影する。このためスリットの背後のフィルムは投影された画像の像ブレと同じスピードで動かさなければならなかった。

この構造は、前進方向の像ブレの補正のために相対的に基本の機械的な原理を v/h シグナルで処理した。たとえば 1/15 sec のような長い露出時間のときでも、シャープな画像が作成された。画像幾何は飛行コースの直角方向は中心投影そして飛行方向は平行投影であり、ラインスキャナと同じであった。

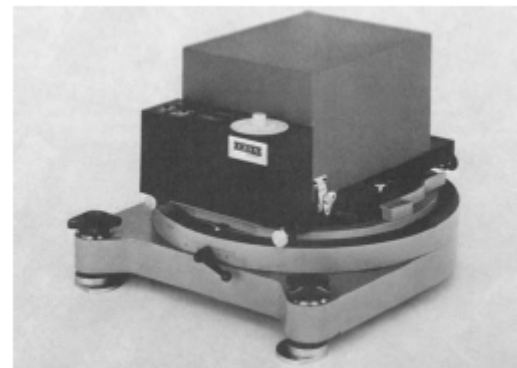


図 15.18 :RMK 用カメラ架台 AS II に取り付けられた ZEISS 製のストリップカメラ SK2 (1973)

マルチスペクトルカメラ MUK 8/24 の主な仕様は次のとおりである:

- ・ レンズ: ツァイスビオゴン 4.5/53、交換可能、たとえば ツァイス UV ゾナー 4.3/105
- ・ 焦点距離: 53 mm あるいは 105 mm
- ・ 絞りの範囲: 1:4.5(あるいは1:4.3) ~ 1:32
- ・ 画角: 95° あるいは 57°
- ・ 画像サイズ: 115 mm
- ・ シャッタースピード(スリットシャッターの幅): 0.1、0.2 あるいは 0.4 mm
- ・ サイクル比: 段階的に 0.25 ~ 3 sec、最大 毎秒4フ

レーム

- ・ 最大の v/h 比: 0.019 ~ 0.70 rad/sec、[UV-ゾナー: 0.010 ~ 0.035 rad/sec]
- ・ フィルムスピード: 1 ~ 10 mm/sec および 5 ~ 37 mm/sec という2つの範囲をそれぞれ 24 段階で選択可能
- ・ フィルム幅: 5" (127 mm)
- ・ フィルム容量: 60 m の Estar Thin Base(3 ミルベース)

1973年～1976年に顧客と一緒に MUK 8/24 のいくつかのテスト撮影の1つでマイクロウェーブセンサーと並行してストリップカメラ SK2 の機能モデルで実施した。しかしながらラインスキャナと同様に、航空機の傾きと特別な目的のための判読を邪魔するゆがみを補正できなかった。飛行機の傾きはジャイロ架台を使って補正できるが、リモートセンシング目的のための MUK 8/24 と SK2 の両方の開発は断念した。この決定は一方では航空カメラの研究開発の専門家がほかに緊急のそして多くの約束しているプロジェクトで忙しかったこと、他方ではリモートセンシングのために最適な写真カメラの潜在的な市場がサービスをベースにした光電的なセンサーおよび衛星の進捗状態が充分とは思われなかったためである(FAUST 1977)。

1971/1972年、オーバーコッヘンの研究開発チームは地形測定のための航空機搭載のレーザースキャナ、すなわち今日では良く知られた航空レーザの研究経験用に開発しそしてテストし(REICHE 1973, KÖHLER 1983)、そして1976年頃に MIRAS と呼ばれる赤外スキャナについての研究を行った。しかしながら業界はこれらの準備ができていないと思えないため、これらのプロジェクトも中止した。1990年頃、航空特殊システムの開発チームがふたたびリモートセンシング課題を取り上げた。このときには RMKTOP が製造を始めそして電子・光学的な技術が良好な進化が行われ、そしてまもなくリモートセンシング分野そして後に計測用デジタル航空カメラが押し寄せてきた(7.8章のDMCを参照)。

このため1991年の秋にプロジェクトマネジャーの転出と共にオーバーコッヘンの ZEO(電子・光学有限会社、CARL ZEISS の姉妹会社)に渡した"EO 研究"をスタートした。ZEISS の長い歴史の軍事目的のための光学システム部門は一時的にほかのパートナーと合併したが、その後 100% 子会社の CARL ZEISS OPTRONICS 有限会社として復帰した ZEO に移行した。このときから写真測量と地上測量製品部門のそれらの軍事的な活動は "ÖS-UB" 光学電子システム"という販売部門に統合された。

このため以前の写真測量専門家で管理した EO 研究からの成果品である電子光学カメラシステム VOS 60 は、この資料の中に含まれるでしょう。研究とカメラの両方は 1995年の写真測量週間で報告された(CLAUS 1995)。



図 15. 19 : デジタルカラービデオ観測システム VOS-60

電子光学カメラ VOS 60(図 15. 19)は焦点距離 60 mm のツァイスレンズとレッド、グリーンとブルーのために $3 \times 6,000$ ピクセル付きの CCD ラインセンサー、制御エレクトロニクスそして飛行中の観測のためのモニターから構成されている。VOS 60 (Video Sensor Open Skies) は、冷戦末に軍事行動と解体の航空監視のためのオープンスカイ協定(1992年にヘルシンキで署名された)で初めて利用された。この協定によりドイツ空軍は東ドイツ空軍から受け取ったツポレフ TU 154M 航空機に次のような特殊装置付きの監視用航空機に改造した:

- ・ イエナの CARL ZEISS 製の特殊フィルターとジャイロ架台付きで、焦点距離 152 mm、画像サイズ 228 mm \times 228 mm、画角 90° そして必要な地上解像度 30 cm の写真測量的な利用(認識、確認と規正)のために垂直と斜め観察付きの3台の航空カメラ LMK 2015
- ・ $3 \times 6,000$ ピクセル、画角 60°、低空飛行専用のセンサー(LMK と評価支援のために検出、リアルタイムな観察、ビューファインダー付きの3台のオーバーコッヘンの CARL ZEISS 製の電子光学カメラ VOS-60
- ・ 焦点距離 300 mm、画像サイズ 118 mm \times 748 mm、画角 20° \times 143°、自動露出制御と回転するレンズ付きのロシアの ZENITH 製の1台のパノラマカメラ A84(ラインスキャナの補助、発見と地図)

図 15. 20 は航空機 TU 154M と3台の航空測量カメラ LMK の取り付けを示している。3台の見えない VOS 60 は LMK に並行して配置されている。残念ながら、この航空機は

1997年9月13日の南大西洋上空で悲劇的な空中衝突で墜落しそしてそれ以後代替機は製造されなかった。

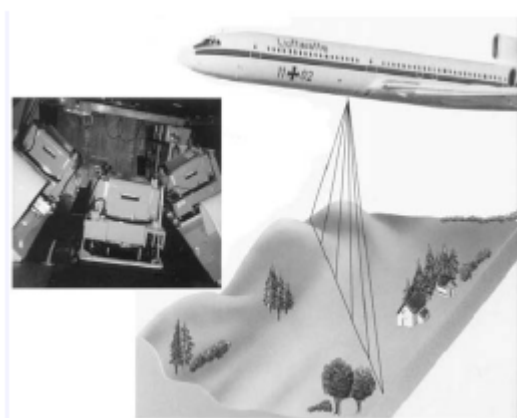


図 15. 20 :VOS-60/LMKによるオープンスカイのコンセプト(1994)

1996年、ZEISSは民用使用のためにVOS 80Cを紹介し

た(図 15. 21)。VOS 60との唯一の違いは焦点距離が(60 mmの代わりに)80 mmのツァイスプランナー2.8/80を使ったことであった。再びKODAK製の3 × 6,000ピクセルと12 μmのピクセルサイズのCCD検出器を使ったため、飛行コースの直角方向の画角範囲は48.5°であった。ほかのレンズが必要なきには、使用することができた。このシステムはCARL ZEISS OPTRONICS 株式会社でも手に入れることができるため、ここではそれ以上のことは述べないことにした。



図 15. 21 :VOS-80 C のシステム構成

16. オーバーコッペンでの写真測量とその共同開発者

オーバーコッペンにおける写真測量法と機材の開発についての資料を完成させるために、ここで一般的な性能と結果のような研究開発の活動を記述するのにいくつかのコメントを追加したい。

16. 1 ZEISS 写真測量部門の人員

毎年、オーバーコッペンのCARL ZEISSでは50,000～60,000人時間が写真測量における研究と開発に携わっていた。この数字は記録を開始した1950年代の半ばから1980年代末までほとんど同じであった。これは30人～40人のフルタイムの作業とほぼ同じである。偵察カメラの契約した開発の結果については、この数には含まなかった。1990年代には、ハードウェア作業の減少により毎年の人時間は30,000に減った。

10年前には、すべての研究開発費の80%は必要とされたハードウェアを作成するために直接的に費やされた。機械的な設計作業に約40%、エレクトロニクス設計に10%、そして試作品の製造に25%であった。さらに15%は研究とコンセプト作業、プロジェクトの管理と実験のための写真測量研究部門のメンバーが費やした。中央計算センターの平均2～3人の科学者の写真測量機材のための作業の大部分は、航空カメラのレンズの絶え間ない改善を行った。1970年代の解析図化機への移行の開始により、写真測量研究部門とエレクトロニクス研究部門の占有率は機械の機

械的な部品の数が少なくなるのに対して、ソフトウェアのプログラミング、プリント基板の増加、そのあとでマイクロプロセッサが増えた。1990年代ではすべての人時の約2/3はソフトウェアとファームウェアのプログラミングに関するものであった。

オーバーコッペンを再開後、約20年間は技術管理部門が写真測量ビジネスのすべての構想に対して全責任があり、そしてどの機材を開発するか、構造をどうするかさらにはどのような外観かを科学者の責任者と一緒に無制限に決定することができた。1970年ごろZEISSの役員会は社内のすべての開発作業のためにコンピュータベースの計画システム“Epla”を導入した。現在、プロジェクトのために必要とする人時は暫定的な予算を作成しそして必要とするリソースにもとづいて割り当てられる。

毎月の経費と予算からの差は増加する経費を認識させ、そして労働規律はプロジェクトの実行ばかりでなく、予定されている考えを選択させることになる。結果として写真測量の“プレーン”は3～4年ごとに周期的に顧客、業界と販売の同僚と研究開発の従業員の収集したプロジェクト提案について討議され、そして評価された戦略上の秘密会議により判定された。開発経費と予想されたプロジェクトの販売可能性の概算は成功の可能性をランクづけした。実際にこの手順は、1970年代の後半からオーバーコッペンのZEISSの写真測量の繁栄のための主な理由であった。

通常、常におよそ2~4のメインのプロジェクトとおよそ4~8の非常に小さい開発課題が準備中でした。非常に小さいものは将来の機材のための研究と開発の前準備であったが、コンパクトな装置、付属品あるいは製造ラインの項目のための改良であった。これらの非常に小さい作業の持続時間は数カ月~2年までに及んだ。メインのプロジェクトは、複雑さにより2年~4年(最大)であった。

機材の意識的なレイアウトで増加する経費と新しい技術の強力な使用例は、50年間にわたる最初の1級のステレオ図化機の開発である。1952年にステレオプラニグラフ C8が2,600の異なった(設計された)そして5,000個の製造された部品で構成されたのに対して、プラニマート D2(1967)は設計されたものは650そして製造された部品は1,700であった。これはC8と比べてより高い精度でそしてたいの応用作業、同等の万能性でも価格は1/3が可能であった。あるいは換言すると1975年にステレオプラニグラフ C8を生産すると生活と給料の高騰にもかかわらず(1962年以降の200%アップ)、プラニマート D2の3倍の経費が必要となったでしょう。そのため写真測量的な“プレミアムワークホース”は光学系と精密なメカニックに対して150%の工業物価指数以下でも維持することができた。

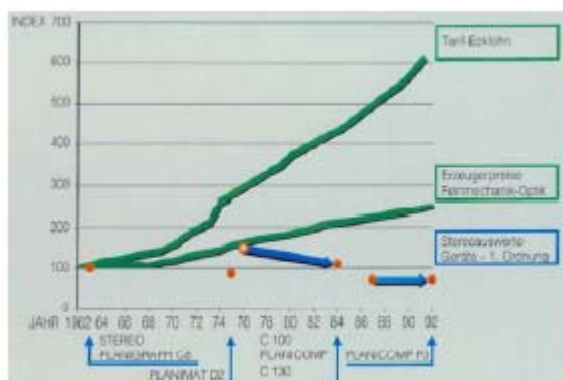


図 16. 1: ZEISS 製ステレオ図化機の製造経費

ZEISS は解析図化機プラニコンプ C100 を販売するときには、最初は C100 のためのミニコンピュータとその周辺装置は非常に高価であったが、この価格レベルはほとんど一定に保つことができた(プラニコンプ C100 は460の製造部品だけで構成された)。しかしながら、コンピュータの価格を除くと状況は非常に良好になった。1987年のプラニコンプ P3のときにはこの基本レベルは継続的なインフレにもかかわらず、そして推定された C8の価格に関して1/7であった。

16.2 特許登録および出版物

オーバーコッヘンでの開発作業は非常の多くのペーパーワークも必要であった。研究所の社員は機能的な仕様書、プロジェクトの提案書、会議及び進捗状態のレポート、製造資料とテスト手順を書き、そしてユーザーとサービス説明書のための基本的なインプットも提供しなければならなかった。ときには特許登録の記述も準備し、そしてしばしば技術的なそして科学的な出版物を論文およびポスターの形で定期的に、そして会議のために書かなければならなかった。1949年~2000年の間に約100の特許と登録意匠が CARL ZEISS のオーバーコッヘンの写真測量の開発のために提出され(登録意匠は15%)、そして大部分が認可された。これらの約1/3が図化機そして1/4がカメラについてであった。100の構想の約2/3が実際に製造された機材に関するものであった。これらの発明を保護するために、しばしばメインの競合会社の生産国(すなわちスイス)そして重要な市場(通常では最低でもアメリカ合衆国)にも登録された。これらの申請書類を含めると全体数は300以上を越した。

印刷された技術論文および登録された特許は以前の章までの関連した開発と一緒に既リストアップした。さらにいくつかのオーバービューたとえば完全な製品グループの一覧は数年間にわたって出版した(特に AHREND 1966a, 1967b & 1969, MEIER 1966c, 1969, 1976a, 1976b, 1978b & 1989, HOBBIE 1981a & 1984b, SCHWEBEL 1980a)。オーバーコッヘンの写真測量専門家も一般的な科学的なそして技術的な論文を特定の機材について間接的に、たとえば光学的な問題(ROOS 1950 & 1952, SCHWIDEFSKY 1952b)、航空測量、空中三角測量、偏位修正あるいは土地分合における作業の概要(BRUCKLACHER 1949, 1950, 1955, 1962 & 1967b, MEIER 1958, 1064c, 1970a & 1972a)、そして一般的な技術的な進化(HOBBIE 1977d & 1999, MEIER 1970e, 1987 & 2002, SCHWEBEL 1991 & 1999)についても出版された。

約350の初稿が最初の50年間に印刷されそしてそのほとんどは特許および意匠作業と一緒に17章の参考文献にリストアップした。これらの論文のいくつかは英語でもそしてこの期間の前半分ではスペイン語とフランス語でも印刷された。いくつかのものは(わずかに修正してあるいは更新して)再度出版されたことで、技術的な/科学的な論文の合計数は約700に及んだ。注目すべきことは、ZEISS から定期的な ZPF(ドイツ写真測量・リモートセンシング学会)の特集号を中国語で1990年5月の国際写真測量学会第三部会の武漢シンポジウムで寄贈した(HOBBIE 1990)。

開発部門の社員はしばしばパンフレットおよびカタログのための技術的なそして製品に関する情報を提供した。50年間に販売そしてマーケティンググループは1964年以前のZEISS AEROTOPOGRAPHから250そしてCARL ZEISSから750、合計1,000種類の印刷物が出版された。これらの大部分は最も大切な英語でそしてスペイン語とフランス語でも出版された。日本では重要な論文とパンフレットは1960年代の後半から勤務した写真測量の専門家であり、そしてZEISSのベテラン社員の堀江延韶が翻訳した後に日本語で印刷された。そのほかの資料としては最初はスライドとポスター、その後オーバーヘッドシートさらに最近ではパワーポイントを作成した。

資料と更新についてのそのほかの多様性は社名あるいは会社のロゴの変更による。1964年以前は写真測量のマーケティングと販売はZEISS AEROTOPOGRAPHで行い、すべてのペーパーワークはそのログを使って外部で出版していた。その後、機材を含むすべての資料は納品先の国によってZEISSあるいはOPTONのどちらかでオーバーコッヘンのロゴを使って行わなければならなかった。VEB CARL ZEISS JENAとの名称の縄張り争いの結果として、CARL ZEISS オーバーコッヘンは東ブロックの決まった国々では“OPTON Feintechnik GmbH”という名称を使わなければならなかった。政治的な再統合により“West Germany”は再び“Germany”になり、イエナとオーバーコッヘンの再統合と世界中の生産サイトでZEISSの成長する世界規模の拡大は最終的に“Germany”に到着した(図16.2)



図16.2: ZEISS AEROTOPOGRAPHとCARL ZEISSのロゴ

16.3 そのほかの活動

前述した製品関連のペーパーワークのほかに“Zeiss 写真測量専門家”はこの資料の範囲外であるが、しばしば国内のそして国際的な会議で専門的な講演とポスターセッションで貢献を与えた。外部的な問題についての検査官あるいはコンサルタントとして、国際写真測量学会の作業部会(ドイツの写真測量学会の会員として)における関与、国内の会社の技術強化のためのそして除外すべきノウハウの転

送に対する講師のようなことがある。しかしながら、たとえばシュツットガルト大学、ミュンヘン工業大学とハノーバー大学のような大学との個別の科学者のつながりは何年にも及んでいる。これはMAIER、SCHWEBELそしてHOBBIEが名誉教授に任命されるという結果になった。

退職後の少数のZEISS従業員は活発に支援し、そして部分的に写真測量の標準化を実現させた(MEIER 1971)。これはドイツ工業規格DIN 18716“写真測量とリモートセンシング”(MEIER 1994 & 1995)そしてドイツ工業規格DIN 18740“写真測量製品”という結果になった。

さらに多くの一般的な記載は、精密機械と光学系(現在はドイツハイテク中型サイズの工業協会SPECTRARIS)についてのF&O団体の測地グループへの参加のような協会への一時的な作業がある。さらに暫定的に測地、写真測量そして地図作成の領域で私的な企業の作業のためのドイツの協会GEOKARTへの参加がある。この参加の理由は、例えば国連の地域的な地図作成会議へのドイツ代表団の構成員のような国際的な活動を支援することであった(Hobbie 1993b, 1994 & 1997)。言いたいのは個人的な専門的な経験とオーバーコッヘンのCARL ZEISSの社内的な技術強化プログラムをベースにして、測量学生の専門的な教育のための必要条件についてコメントすることもあった(Hobbie 1989, 1998 & 2002)。

さらにオーバーコッヘンの科学的な写真測量そして測地的な作業の大切なスピノフはCARL ZEISS オーバーコッヘンで1968年に設立されたCARL PULFRICH賞がある(KÜHN 1969)。1969年以来、この賞はほとんど同じ部分で“写真測量専門家”と“測量技術者”に与えられていた(MEIER 1985b)。写真測量のビジネスがINTERGRAPHとの合併会社Z/I Imagingに移行したため(そして地上測量のビジネスが別のパートナーに譲渡されたことにより)、現在はCARL PULFRICH賞はINTERGRAPHによって管理され、そして定期的に写真測量週間で与えられている。

16.4 共同開発者と部門

最初にこれは写真測量機材と方法の技術的なそして科学的なアスペクトの記録であるが、写真測量のソリューションの作成および製造そしてこれらの成功に対して最終判断した科学者と技術者をここで記述する。

第4章で詳細に記述したように、EDUARID OSKAR MESSTERとWALTER BAUERSFELDはオーバーコッヘンで写真測量の活動の再開を開始した。MESSTERは1946年から彼の戦前の国際的な顧客網を再設定し、ミュン

ヘンに ZEISS AEROTOPOGRAPH を復興し、そして 1949/1950 の冬にオーバーコッヘンの ZEISS-OPTON にステレオプラニグラフを発注した。次に BAUERSFELD は 1920 年以来このステレオ図化機の従来のイェナバージョンの“父”であり、そしてオーバーコッヘンで 4 人の取締役の 1 人としてこのプロジェクトを発展させた。そのため、MESSSTER および BAUERSFELD は 1948 年～1951 年間の再建段階の水先案内人であった。

1947 年にオーバーコッヘンから科学的な役員としてベツツラーにある ZEISS の子会社 HENSOLDT & SOHNE AG へ派遣されていた KURT SCHWIDEFSKY が 1951 年 6 月に復帰し、そして新たに設立された写真測量部門の技術管理事業部長に就任した。彼はベツツラーの役員時代に写真測量的な活動(たとえば戦前に開発した偏位修正機の新しいモデル)を続行していた。復職して数カ月後の 1951 年 9 月のミュンヘンでの戦後初の写真測量週間で、ステレオプラニグラフ C7 を偏位修正機 SEG V、3 級図化機ステレオトップそして放射空中三角測量機ラジアルセクターと一緒に発表した。GÜNTER WEIMANN はその直前に写真測量部門に入社したが、3 年半後に ZEISS を辞めた。

WALTER BRUCKLACHER は ZEISSAEROTOPOGRAPH(ZA)の戦後の復興後、まもなく技術部門で活動していた。ROLF HERMINGHAUS と HERMANN DEKER は ZA に 1951 年と 1952 年に入社しそして前者は 1954 年に技術マネジャーになった。1959 年に HERMINGHAUS の死亡により、DEKER がその座に就任した。BRUCKLACHER と DEKER はオーバーコッヘンの会社の目のバラックに写真測量部門との技術的な連絡事務所を設置した。1954 年～ 1958 年には、FRIEDRICH ACKERMANN もオーバーコッヘン事務所の ZA 科学者であった。革新的な設計の採用は 1951 年にイェナからオーバーコッヘンに来た HEINRICH SONNBERGER による。5 章に記述した“再出発時代”(1952 年～ 1956 年)の戦前の構想に対する新しい設計の第二段階については、特に SCHWIDEFSKY、BRUCKLACHER、DEKER の尽力の結果であった。

1953 年～1957 年には大学から写真測量部門へ、後ですべて管理部門の責任者に就任した MARTIN AHREND(1953 年)、HANS-KARSTEN MEIER(1955 年、ミュンヘン工業大学で研究助手の後)そして GÜNTER DREYER(1957 年)という 3 人の若い測量専門家が入社した。1956 年には HERBERT MONDON がイェナから来てそして特に興味深い技術的なソリューションをオルソプロジェクター GZ1 の開発に提供したが、不幸にも 1967 年に死亡した。

1960 年代中ごろに始められた新しいプロジェクトの数により、写真測量の開発のために実作業的な必要条件の知識のある多くの測量技師の雇用を必要とした。HEINRICH EBNER はわずか 2 年間だけ写真測量部門で勤務後、1966 年末にシュツットガルト工業大学に籍を移した。そのため 1968 年 4 月に DIERK HOBBIE と REINER SCHWEBEL は写真測量の開発実験室で作業を開始し、そして 12 ヶ月後には WINFRIED LORCH が入社した。後の 2 人は最初に助手として作業し、そして次にシュツットガルト工業大学で博士の学位を受けた。SCHWEBEL と HOBBIE は新たに設立された開発研究室の“写真測量研究室 1”(室長: MEIER)と“写真測量研究室 2”(室長: BRUCKLACHER)で民用使用のための航空カメラと図化システムに参加した。LORCH そして 1972 年以降は HANS - WOLFGANG FAUST が偵察カメラが主なトピックの“写真測量研究室 3”(室長: DREYER)に参加した。1960 年 4 月に SCHWIDEFSKY がカールスルーエ工業大学の教授として招聘されたときには、AHREND が“写真測量部門技術責任者”の後継者となり、その後 1966 年には地上測量機材と写真測量機材の技術責任者になった。この立場は実際全体的なビジネスの責任を持つことになった。1968 年 11 月に AHREND は経営者委員会の特別代表者として初めて指定され、そしてメンバーになった数カ月後に MEIER が彼の後継者になった。

1950 年半ばから 1970 年の半ばまでオーバーコッヘンでアナログ図化機と航空および偵察用カメラの段階を作り上げたことは AHREND と MEIER の卓越した利点である。1970 年代の最初に DREYER、SCHWEBEL と HOBBIE から重要な助言もあった。ZEISS AEROTOPOGRAPH は 1963 年～1965 年の間に CARL ZEISS オーバーコッヘンの中に着実に統合化された。30 年間の協力合意が終了後、ミュンヘン事務所は閉じられた。しかしながらオーバーコッヘンへの以前の ZA のプロジェクトに対する影響は、OTT HOFMANN が 1962 年～1964 年にミュンヘンの ZA に雇用されたが、あまり重要ではなかった。

オーバーコッヘンでは 1970 年代の最初の半分の間に半導体エレクトロニクス、マイクロプロセッサとデスクトップコンピュータの新しい可能性については“解析的な段階”を開始していた。アナログ図化機と地上写真装置に関してすべての開発活動を終了させ、そして 1975 年に BRUCKLACHER の引退で、開発研究室(MEIER)の後にまもなく“写真測量”(MEIER のすぐ後に写真測量研究室 1 の室長であった SCHWEBEL が室長)と“航空写真用特別システム”(室長は DREYER)の開発部門の中に再編成された。

広範囲のソフトウェアプログラムそして多くのコンピュータ装置付きのプラニコンP C100は、ZEISS社員にとっても顧客にとっても新しい世界でした。C100と最初の変化しているコンピュータ世界の圧倒的な成功を理解するために、システムの組み込みと専門的な顧客管理の新しい部門の必要性が明白になった。この部門は写真測量研究室、組立工場、サービス技術者、マーケティングと顧客の間を接続する必要があった。SCHWEBELは写真測量部門の中にこのような新しい部門“システム技術”の実行と管理を監督し、そしてまだ存在しているアナログ機材の顧客にこれらの新しい複雑なシステムへの移行を助言することを定めた。HOBBIEは1982年3月に写真測量部門のための管理責任を引き継いだ。

新しい解析的な装置およびアナログ図化機とコンパレータのデータ収集をサポートするソフトウェアに対する要求は、コンピュータのプログラミングの知識のある多くの測量技術者の雇用を要求した。これらの数名の方々は会社が手を引く2002年まで勤務された。オーバーコッペンの写真測量部門で勤務された方々の名前と期間は次のとおりである：JOHANNES SAILE(1980-1993), JOSEF BRAUN(1981-1998), HELMUT RUEDENAUER(1981-1985), ENRICO CLERICI(1981-1985), KURT MENKE(1983-1994), MICHAEL CLAUS(1984-1991)、その後特別な光学システムでセンサープロジェクトに参加、会社の研究開発部門へ転籍)、VOLKER UFFENKAMP(1984-1990), WOLFGANG KRESSE(1985-1995), ERWIN KRUCK(1987-1993), CHRISTOPH DOERSTEL(1989-), PHILIPP WILL-KOMM(1989-1993), WERNER MAYR(1990-1997), ZOLTAN POTH(1990-)。さらに数学者と情報科学者チームは HEINZ SPRONGL(1975-1989), WALTER LEIDEL(1981-) と RASMUS DEBITSCH(1994-1998 & 2001-)である。

1980年の初めから HANS-KARSTEN MEIER と 1961年以後 CARL ZEISS で 1961年以後地上測量部門のいろいろな立場で勤務していた測量技術者の KARL-HEINZ VOGELは、ビジネスユニット“測地と写真測量”の全体的な専門的なそして経営責任を共有し、1981年に“測量全般”と名称が変更された。MEIERが1986年早期退職を決定後、VOGELは同時に生産部門(PB)“地上測量”、“写真測量”、“特殊システム”に組織化された測量全般事業部(V-GB)の営業責任者になった。生産部門“写真測量”(PB)の責任者は DIERK HOBBIE になった。翌年、写真測量の開発部門は KURT MENKE に引き渡された。VOGELは1991年にビジネスグループ(UB)の“光学・電子システム”(ÖS-UB)の総支配人に昇進した。HOBBIEは測量全般事業部(V-GB)の責任者になった。WINFRIED LORCH,

HANS-WOLFGANG FAUST, JOHANNES SAILE そして JOSEF BRAUN からの重要な助言にもとづいて、特にオーバーコッペンを“解析の段階へ”導いたのは HOBBIE である。

この変更で1991年に MENKE が 生産部門“写真測量”の総支配人に任命され、そして WERNER MAYR は 1992年に開発部門の責任者になった。CHRISTOPH DOERSTEL はデジタル写真測量の早い段階に重要な貢献をしました。1991年より生産部門“特殊システム”は、この領域で既にプロジェクトマネージャーとして責任者の RUDOLF SPILLER によって管理された。彼の前任者の DREYER は、KARL-HEINZ FRIEDRICH が一時期責任を果たしていたが1988年に引退していた。

イエナとの再統合という難しい何年が経過後、CARL ZEISS オーバーコッペンの新しい経営者委員会は、1995年に両方の場所でそれぞれのビジネス分野を統合することを決定した。その後生産部門“写真測量”はオーバーコッペンに、そして生産部門“地上測量”は今や100%子会社の CARL ZEISS イエナ有限会社に集中された。1995年12月から、HOBBIE は生産部門“写真測量”を“図化グループ”(Phm-A) (グループ長: MAYR)、“センサーシステムグループ”(Phm-A) (グループ長: SPILLER)そして“営業とマーケティンググループ”(Phm-A) (グループ長: HANS-JOACHIM HELLMEIER)から構成される組織を作り上げた(図 16. 3)。

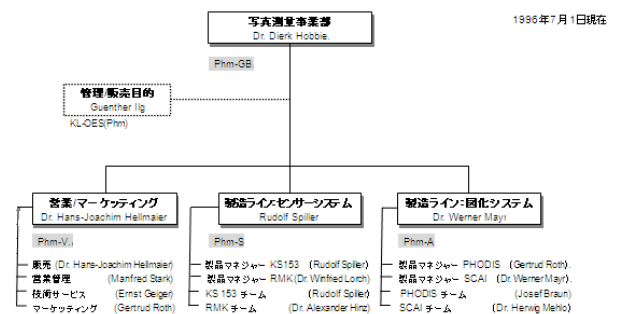


図 16. 3: 生産部門“写真測量”の組織図(1996)

1998年の初めに生産部門“写真測量”のためのパートナーの検索(次の章を参照)が、成功する可能性が大きくなった。それは INTERGRAPH との合併会社 Z/I IMAGING GmbH のオーバーコッペン側のマネージャー、さらに最高執行責任者(COO)でありそしてハンツビルの Z/I IMAGING 株式会社の2人のジェネラルマネージャーの1人(ZEISSが撤退するまで)である SPILLER に写真測量事業部長の席を渡したことであった。

CARL ZEISS オーバーコッペンで写真測量の製品開発の大きい成功は、写真測量研究室でそして特に次の部門の前述のマネジャー、科学者と技術者エンジニアの素晴らしさだけではなく、多くのほかのエンジニア、技術者と労働者によるものである：

- ・ **光学設計のための数学部門**
 (1956年にROBERT RICHTERの死去により、すでに1935年からイエナでRICHTERと一緒に働いており、写真測量のレンズとほかの光学系の責任者であったWOLFGANG ROOS、1973年彼の退職後、最初にHANS LAHRESそして1977年からHANSFRIED ZÜGGE)。
- ・ **機械設計グループ**
 (初期から協力部門のこのグループは、その後写真測量の一部門に取り込まれ、そして機械的なそして電気的な設計に関して責任があり、そして1960年代はHANS UTZそして1968年からHEINZ KRASTELが管理した)。
- ・ **エレクトロニクスの設計グループと実験室**
 (初期から協力部門のこのグループはその後写真測量の一部門に取り込まれ、そしてエレクトロニクスの設計そして試作機の製造と検査、ファームウェアのプログラミングに関して責任があり、1961年に設立以来KARL FELLEそして1990年の彼の退職後はHERWIG MEHLOが管理した)。
- ・ **写真測量のための組立部門(MJ6)**
 (この部門は1990年代以外は写真測量の一部門であり、製造した機材の精度と信頼性のために重要であり、1949年から1956年の退職までイエナのZEISSに1921年入社しそして1921年に写真測量に携わったKURT WOLF、そして1956年から29年間HANS STROBACHが管理した)。

少なくとも25年間写真測量に奉仕しそして全体のオーバーコッペン時代の半分以上を費やした測量技術者、科学者そして技術マネジャーたちをここで再度名前を記載する：BRUCKLACHER, DREYER, FAUST, FELLE, HOBBIE, KRASTEL, LORCH, MEIER, ROOS, SCHWEBEL, STROBACHそしてUTZ。

このような部門と人々のリストさえ不完全なままである。サービスと販売／マーケティング、ほかのビジネスとZEISSの共同作業部門の非常に多くのZEISSの従業員、外部のパートナー、学界、業界の顧客そして私的な企業が”オー

バーコッペンでの写真測量の50年間”の成功に貢献されました。すべての皆様、どうもありがとうございました。

16. 5 将来の展望

オーバーコッペンのCARL ZEISSで写真測量の開発のについてのこの資料は、作成された機材と方法の多様性と素晴らしさを証明した。しかしながら、1990年代初期から画像の撮影と画像処理により魅力的なデジタルの将来への到来は明白であった。そのため、将来は写真測量、リモートセンシングそして偵察のための機材における光学的、そして機械的な部分が最小になり、そしてそのソフトウェアとコンピュータ技術が支配するであろうことが明らかになった。CARL ZEISSの企業戦略のためにこれは写真測量のビジネス部門が、測量機械による測地ビジネスのように、適切なパートナーの助けを借りていっそう柔軟な、そして適切な環境に移されるべきであることを意味した。

この企業決定に対する背景は、ZEISSの再統一の結果として生じた構造的な、そして経済的な困難性でした。1991年オーバーコッペンは現在以前の東ヨーロッパのマーケットが落ち込んでいる間に、重複しているビジネス部門の大部分を所有しているCARL ZEISS JENA GmbHのメインビジネスに対する完全な責務を再調査した。そのため1995年にZEISSは強い成長が見込まれる市場だけに集中することを決定した。これらは医療部門、顕微鏡、半導体チップ生産機のための大量のレンズ系、工業計測機そしてプラネタリウム、スペクトルレンズ、写真そしてデジタルカメラのためのレンズ、携帯電話とウェブカメラのような今後の一般消費材であった。これはイエナでのいくつかの選択された写真測量そして地上測量の作業が1993年に中止させることを意味した(HOBBIE 1991a, 1991b, 1992, 1993a & HOBBIE et al. 1993)。

第一に1981年以来長期のパートナーのINTERGRAPHに1994年～1997年の間に、より密接な協力のための自発的意志を確認するために秘密裡に連絡が取られた。サンディエゴのGDE SYSTEMS INCとシュツットガルトのINPHOのような写真測量のソフトウェアにおける専門的知識を持っている会社に連絡が取られたがこれらの協議は失敗に終わり、そしてサンディエゴのLH Systems (GDE SYSTEMS INCとヘルブルックのLEICA GEOSYSTEMS AGの共同の会社)と交渉し、1998年2月に予備的合意書(LOI)に速やかに導いた。最終目的はZEISSがLH SYSTEMSの3分の1の所有者になった後でそのビジネスを持ち込み、そして“カメラサポートセンター”の重要な役割を果たし、そしてデジタルカメラの今後の開発の管理および制御を引き継ぐことでした(WALKER 1998

& ZEISS 1998)。この意図はヨーロッパ連合の独占禁止委員会の反対を論破することができなかったため、1998年11月に断念されなければなりません。

INTERGRAPH との協議がすぐに再開され、そしてそれぞれが 60%と 40%を所有している株主として CARL ZEISS とアメリカ合衆国アラバマ州ハンツビルの INTERGRAPH とで、1998年12月に予備的合意書(LOI)を締結し、そして1999年5月15日に Z/I IMAGING 株式会社を設立した。1999年4月1日に ZEISS の写真測量事業部は、オーバーコッヘンの Z/I IMAGING 有限会社に完全に移行された。Z/I IMAGING 有限会社は Z/I IMAGING 株式会社の 100%の子会社であったが、2002年までオーバーコッヘンの ZEISS 工場内に残った(図 15. 4)。Z/I IMAGING 有限会社は写真測量のハードウェア、特にデジタル航空カメラの開発のための写真測量のハードウェア、そしてヨーロッパおよびほかの指定された地域で写真測量そして偵察のための既存のプログラム全体に関する販売とサービスに関して責任をそのまま引き継いだ(SPILLER 1999)。



図16. 4 :2000年にオーバーコッヘンの
CARL ZEISS 工場内に設立

1995年の ZEISS の戦略にもとづいて所有していたこの合併会社の 40%の株を 2002年9月30日に INTERGRAPH に販売し、そして写真測量の分野から撤退した。しかしながら、Zeiss は高レベルの構成品(たとえば航空カメラのレンズ)、撮影カメラのサービスを Z/I IMAGING に供給し、そしてまだ使用中の ZEISS 製も写真測量製品に対するサポートサービスを提供し続けた。現在、オーバーコッヘンにあった Z/I チームは新たに事務所を賃借し、事務所と技術センターのワークショップを隣町のアーレンに引っ越しました。これによりオーバーコッヘンでの写真測量の戦後 50年以上の成功裡の歴史は終了となった。数人の ZEISS 前従業員は Z/I IMAGING のロゴのもとに、この伝統を確実に継承している(図 16. 5)。



図 16. 5 :Z/I Imaging のロゴ

17. 参考文献

略語説明:

- AVN Allgemeine Vermessungs-Nachrichten. Zeitschrift fuer alle Bereiche des Vermessungswesens, Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe.
- BuL Bildmessung und Luftbildwesen. Organ der Deutschen Gesellschaft fuer Photogrammetrie, Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe.
- DGK Deutsche Geodaetische Kommission, Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kommission beim Verlag C. H. Beck, Muenchen.
- NaKaVerm Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Verlag des Instituts fuer Angewandte Geodaesie, Frankfurt a. M.
- PFG PFG – Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation. Organ der Deutschen Gesellschaft fuer Photogrammetrie und Fernerkundung e. V., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Naegle u. Obermiller), Stuttgart.
- VR Vermessungswesen und Raumordnung (bis 1972: Vermessungstechnische Rundschau). Ferd. Duemmlers Verlag, Bonn.
- ZfV ZfV – Zeitschrift fuer Geodaesie, Geoinformation und Landmanagement (bis 1972: Zeitschrift fuer Vermessungswesen), Wissner-verlag, Augsburg.
- ZPF ZPF – Zeitschrift fuer photogrammetrie und Fernerkundung (frueher BuL). Organ der deutschen Gesellschaft fuer Photogrammetrie und Fernerkundung, Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe.
- ACKERMANN, FRIEDRICH (1956): *Zur rechnerischen Orientierung von Konvergenzaufnahmen*. BuL, 1956, Sonderheft zum VIII. Internationalen Kongress fuer Photogrammetrie in Stockholm, S. 24ff.
- ACKERMANN, FRIEDRICH & BETTIN, ROLF(1969): *Ueberpruefung einer grossmassstaebigen Orthophotokarte*. BuL., 1969, Heft 5, S. 186-191.
- ACKERMANN, FRIEDRICH(1983): *High Precision Digital Image Correlation*. Vortraege der 39. Photogrammetrischen Wochen 1983, Schriftenreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1984, Heft 9, S. 231-243.
- ACKERMANN, FRIEDRICH, FELLE, KARL & HOBBIE, DIERK(1984): *Computer-controlled evaluation of aerial stereo images*. United States Patent Office, US 4 669 048, Anmeldung vom 14.09.1984.
- ACKERMANN, FRIEDRICH (1985): *Digitale Bildverarbeitung in der photogrammetrischen Stereoauswertung*. Vortraege der 40. Photogrammetrischen Woche 1985, Schriftenreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1986, Heft 11, S. 61-67.
- ADLER, RUDOLF, BERLING, DIETRICH, BODECHTEL, JOHANN & VIETEN, WILFRIED (1970): *Anwendung der photogrammetrie zur Erfassung tektonischer Daten*. Clausthaler Tektonische Hefte, Verlag Ellen Pilger, Clausthal-Zellerfeld, Heft10, Juni 1970, S. 337-358.
- AHREND, MARTIN(1957): *Zur Wahl des Schichttraegers bei Luftaufnahmen*. DGK, Muenchen 1957, Reihe C, Nr. 23.
- AHREND, MARTIN (1958): *Stereoskopisches Auswertegeraet*. Eidgenoessischen Amt fuer geistiges Eigentum. CH 377 545, Anmeldung vom 21.07.1959 (Deutsche Anmeldung vom 26.07.1958).
- AHREND, MARTIN(1959): *Photogrammetrisches Doppelprojektionsgeraet*. Deutsches Patentamt, DE 1 105 623, Anmeldung vom 06.03.1959.
- AHREND, MARTIN(1960a): *Elektrische Analogierechner in der Photogrammetrie and eine neue Loesung: Das PLANITOP*. BuL, 1960, heft 3, S. 134-147.
- AHREND, MARTIN(1960b): *Der AEROMAT, ein neues Kartiergeraet II. Ordnung mot optischem Prinzip und photoelektrischer Nachsteuerung*. BuL., 1960, Heft 3, S. 166-174.

- AHREND, MARTIN(1964a): *Hilfsmittel fuer die ballistische Geodaesie*. BuL, 1964, Heft 2, S. 61-65.
- AHREND, MARTIN (1964b): *Ueber die Abhaengigkeit des w-Ueberkorrekturfaktors von der Anordnung der Kammerkardane*. BuL, 1964, Heft 3, S.101-105.
- AHREND, MARTIN, BRUCKLACHER, WALTER, MEIER HANS-KARSTEN & UTZ, HANS (1964): *Der Orthoprojektor GIGAS-ZEISS*. BuL, 1964, Heft 3, S. 153-160.
- AHREND, MARTIN (1966a): *Aerial Survey cameras*. Zeiss-Information, 14. Jahrgang, Heft 59, Januar 1966, S. 7-14.
- AHREND, MARTIN (1966b): *Analyse photogrammetrischer Fehler*. Zeiss-Mitteilungen, 4. band, 5. Heft, S. 62-100, Gustav Fischer verlag, Stuttgart, 1966.
- AHREND, MARTIN (1967a): *Der Planimat, eine neues photogrammetrisches Geraet II. Ordnung*. BuL, 1967, Heft 5, S. 193-205.
- AHREND, MARTIN(1967b): *Rectifiers and Orthoprojection Equipment*. Zeiss-Information, 15. Jahrgang, Heft 66, Oktober 1967, S. 130-143.
- AHREND, MARTIN, DREYER, GUENTHER (1968): *Der Doppelprojektor DP1, ein Stereokartiergeraet der Ordnung IIb*. BuL, 1968, Heft 1, S. 16-22.
- AHREND, MARTIN (1969): *Photogrammetric Plotting Machines for Map Production and Determination of Coordinates*. Zeiss-Information, 17. Jahrgang, Heft 71, Juni 1969, S. 17-29.
- ARCH, I & PAPE, ERWIN(1974): *Zur Wiederverwendung von Speicherplatten beim Orthoprojektor GZ1*. BuL, 1974, Heft 1, S. 19-21.
- BAECK, ERNST (1977): *Digital computers for photogrammetric process control - present state and future development of their technology*. Vortraege der 36. Photogrammetrischen Woche 1977, Schriftenreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1977, Heft 4, S. 103-110.(In Deutsch: *Digitalrechner fuer photogrammetrische Prozesssteuerung am Beispiel des Minirechners HP 21 MX*. BuL, 1977, Heft 6, S. 169-175).
- BARING, RICHARD (1963): *E. O. MESSTER siebzig Jahre*. BuL, 1963, Sonderheft November 1963, S. 124-138.
- BAUERSFELD, WALTER & SONNBERGER, HEINRICH (1953b): *Um das Projektionszentrum eines Messbilders in einem photogrammetrischen Auswertegeraet allseitig drehbares optisches System*.Deutsches Patentamt, DE 1 082 058, Anmeldung vom 04.03.1953.
- BERLING, DIETRICH (1969a): *Polizeiphotogrammetrie*. Technik im Dienste der Polizei, Steintor-Verlag Hamburg GmbH, 1969, S. 65-69.
- BERLING, DIETRICH(1969b): *Use of Photogrammetry in Collision Investigation*. Presented paper at the Collision Investigation Methodology Symposium, Warrenton/VA, USA, 24.-28.08.1969. Printed by Cooper-Trent/Keuffel & Esser Co., Arlington/VA.
- BOETTINGER, WOLF-ULRICH, GRUENDER,LOTHAR, LORCH, WINFRIED & SCHWEBEL, REINER(1981): *Digitales Kartiersystem*. Bundesministerium fuer Forschung und Technologie, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben 13 N 5090, August 1981.
- BRAUN, JOSEF(1989): *Current status of the PHOCUS Development*. Vortraege der 42. Photogrammetrischen Woche 1989, Schriftenreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1989, Heft 13, S.41-55.
- BRAUN, JOSEF, TANG, LIANG & DEBITSCH RASMUS (1996): *PHODIS AT – An Automated System of Aerial Triangulation*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXI, Part B2, 1996, S. 32-37.
- BRAUN, JOSEF(1997): *Automated Photogrammetry with PHODIS*. Photogrammetric Week '97, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 1997, S. 33-40, ISBN 3-87907-317-1.
- BRUCKLACHER WALTER (1949): *Raumbildplan, der aus einer mehrzahl von Raumbildern Zusammengesetzt*

ist. Deutsches Patentamt, DE 0 850 2237, Anmeldung vom 01.11.1949.

BRUCKLACHER WALTER (1950): *Der „gefugte“ Raum-bildplan*. AVN, 1950, Nr.3, S. 61-67, (vereinigt mit BuL, Heft 1, S. 13-19).

BRUCKLACHER WALTER (1952): *Der STEREO-PLANIGRAPH C7*. ZEISS-OPTON Werkszeitung, Heft 1, 1952, S.14-15.

BRUCKLACHER WALTER (1954): *Geraete-Entwicklung bei ZEISS-AEROTOPOGRAPH von 1949-1954*. VR, 17. Jahrgang, Heft 1 und 2, (In Englisch: *New Developments in the Field of Instrument Design at the ZEISS-AEROTOPOGRAPH from 1949 to 1954*. Photogrammetric Engineering, 1954, S. 642-651).

BRUCKLACHER WALTER (1955): *Luftphotogrammetrische Vermessung der Flurbereinigung Bergen*. Schriftenreihe fuer Flurbereinigung, Lengerich/Wesfalen, 1955.

BRUCKLACHER WALTER (1956): *Gesichtspunkte zur Verwendung der Konvergenzkammer 2 X RMK 21/18 von ZEISS-AEROTOPOGRAPH*. BuL, 1956, Sonderheft zum VIII. Internationalen Kongress fuer Photogrammetrie in Stockholm, S. 38-46.

BRUCKLACHER WALTER & LUEDER, WOLFGANG (1956): *Untersuchung ueber die Schrumpfung von Messfilmen und photographischem Plattenmaterial*. DGK, Muenchen 1956, Reihe B, Nr. 31, ISBN 3 7696 84303

BRUCKLACHER WALTER (1957): *Beitrag zur Planung, Vorbereitung und Durchfuehrung photogrammetrischer Bildfluege*. DGK, Muenchen 1957, Reihe C, Nr. 25.

BRUCKLACHER WALTER (1961): *Geraete zur Markierung natuerlicher und zur Herstellung kuenstlicher Punkte bei der Bildvorbereitung fuer die Aerotriangulation*. BuL, 1961, Heft 1, S. 15-20.

BRUCKLACHER WALTER(1962): *Zur Korrektur des Einflusses der Erdkruemmung bei der Bestimmung von Punkthoehen mittels Aerotriangulation*. BuL, 1962, Heft 4, S. 194-197.

BRUCKLACHER WALTER (1967a): *Terrestrische Photogrammetrie fuer Talsperrenplanung*. BuL, 1967, Heft 1, S. 22-28.

BRUCKLACHER WALTER (1967b): *Rationalisierung der Kartenherstellung durch Umstellung auf Photokarten*. Kartographische Nachrichten, 1967, No.4.

BRUCKLACHER WALTER (1968): *Automatische Orthoprojektorsteuerung durch Planimat mit Korrelator*. BuL, 1968, Heft 2, S. 117-120.

BRUCKLACHER WALTER (1970a): *Zur Frage des optimal Bildmassstabes bei der Herstellung von Orthophotokarten*. BuL, 1970, heft 3, S. 188-193.

BRUCKLACHER WALTER (1970b): *Photogrammetrisches Auswertegeraet*. Eidgenoessisches Amt fuer geistiges Eigentum, CH 524 810, Anmeldung vom 28. 05.1971 (Deutsche Anmeldung vom 11.06.1970).

BRUCKLACHER WALTER (1972): *Denkmalschutz und Photogrammetrie – Ein Geraetekonzept fuer die Architektur-Photogrammetrie*. Db-Deutsche BauZeitung, 1972, Heft 12.

BRULAND, R. V.(1981): *Integrated Air Survey Navigation*. Vortraege der 38. Photogrammetrischen Woche 1981, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1982, Heft 8, S. 59-72.

CLAUS, MICHAEL, RAASCH, MICHAEL, NOLTING JUERGEN & DUCHATEAU RUEDIGER (1991a): *Vorrichtung und verfahren zur dreidimensionalen Fernerkundung*. Europaeisches Patentamt, EP 0 548 526, Anmeldung vom 13.11.1992(Deutsche Anmeldung vom 15.11.1991).

CLAUS, MICHAEL, RAASCH, MICHAEL, NOLTING JUERGEN & DUCHATEAU RUEDIGER (1991b): *Optische Detektoranordnung*. Europaeisches Patentamt, EP 0 549 907, Anmeldung vom 02.12.1992 (Deutsche Anmeldung vom 21.12.1991).

CLAUS, MICHAEL (1995): *Demands on Electro-optical Cameras for Sensing and Mapping*. Photogrammetric Week'95, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 1995, S. 37-44, ISBN 3-87907-277-9.

- CLAUS, MICHAEL & ESSWEIN, KARL-HEINZ (1998): Vorrichtung und verfahren zur electronischen Bildstabilisierung. Europaeisches Patentamt, EP 0 948 197, Anmeldung vom 09.03.1999 (Deutsche Anmeldung vom 03.04.1998).
- CLERICI ENRICO & HARLEY LAN (1980): *Two Methods of plotting from LANDSAT Imagery using analogue instruments*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXIII, 1980, Part B3, S. 117-124.
- CLERICI ENRICO (1983): *The Production or Stereorthophotos with Analytical Orthoprojection*. Vortraege der 39. photogrammetrischen Woche 1983, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1984, Heft 9, S. 153-157.
- DEKER, HERMANN (1953): *Einrichtung fuer die stereoskopische Auswertung angenaehert nadirwaerts aufgenommener Luftbilder*. Eidgenoessisches Amt fuer geistiges Eigentum, CH 324 717, Anmeldung vom 29.05.1954 (Deutsche Anmeldung 13.06.1953).
- DEKER, HERMANN (1954): *Geraet fuer die stereoskopische Auswertung von Luftbildern*. Eidgenoessisches Amt fuer geistiges Eigentum, CH 332 176, Anmeldung vom 27.01.1955 (Deutsche Anmeldung 08.03.1954).
- DEKER, HERMANN (1956): *Theorie und Praxis des STEREO TOP*. BuL, 1956, Heft 2, S. 56-67.
- DEKER, HERMANN (1959): *Rechengetriebe in neueren photogrammetrischen Stereoauswertegeraeten*. Dissertation, 1959, Technische Universitaet Stuttgart.
- DEKER, HERMANN (1962): *Problems und Erfolge der Automation in der Photogrammetrie*. BuL, 1962, Sonderheft, S. 113-122.
- DOEHLER, MANFRED (1968): *Ausstellungsbericht zum XI. Internationalen Kongress fuer Photogrammetrie Lausanne, 1968*. BuL, 1968, Heft 4, S. 222-233.
- DOEHLER, MANFRED (1969): *Bild-Adapter fuer kleine Formate zum praezisions-Stereokomparator ZEISS PSK*. BuL, 1969, Heft 1, S. 14-15.
- DOERSTEL, CHRISTOPH, MAYER, WERNER & MENKE, KURT (1994): *Shutterbrille*. Deutsches Patentamt, DE 4 331 715, Anmeldung vom 17.09.1993.
- DOERSTEL, CHRISTOPH & WILLKOMM, PHILIPP (1994): *HODIS ST Digital Stereoplotter – Automating Photogrammetric Operations and Workstation Design*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXX, 1994, part 3/1, S. 188-193.
- DOERSTEL, CHRISTOPH (1995): *PHODIS Innovations*. Photogrammetric Week'95, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 1995, S. 5-10, ISBN 3-87907-277-9.
- DOERSTEL, CHRISTOPH & OHLHOFF, TIMM (1996): *Processing and Display of Three-Line-Imagery at a Digital Photogrammetric Workstation*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXI, Part B2, 1996, S. 72-77.
- DOERSTEL, CHRISTOPH (1999): *Perspectives for Aerial triangulation offered by Z/I Imaging*. Photogrammetric Week'99. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 1999, S. 205-210, ISBN 3-87907-340-6.
- DOERSTEL, CHRISTOPH, TANG, LIANG & MADANI, MOSTAFA (2001): *Automatic Aerial Triangulation Software of Z/I Imaging*. Photogrammetric Week'01. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 2001, S. 177-181, ISBN 3-87907-359-7.
- DORRER, EGON (1975): *Rechnergestuetzte Stereokartierung – Aufgaben, Rechenprogramm, Erfahrungen*. Vortraege der 35. Photogrammetrischen Woche 1975. Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1976, Heft 2, S. 181-192.
- DREYER, GUENTHER (1986): *Multilens cameras for high velocity/low altitude photoreconnaissance*. Optical Engineering, 1986, November, Vol. 25, No.11, S.1253-1260.
- EBNER, HEINRICH (1966): *Zum Problem der Bild Verschiebung am Entzerrungsgeraet SEG V. ZEISS*. Mitteilungen, 4. Band, 2. Heft, S. 98-100, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1966.

- EBNER, HEINRICH & WAGNER, W. (1970): *Aero-triangulation mit unabhängigen Modellen am Planimat von ZEISS – eine Geraeteuntersuchung*. BuL, 1970, Heft 4, S. 249-257.
- EBNER, HEINRICH (1979): *Experience with ZEISS C-100 PLANICOMP analytical stereoplotting system in training and research*. Vortraege der 37. Photogrammetrischen Woche 1979. Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, Heft 6, 1979, S. 79-84.
- EBNER, HEINRICH & STEPHANI, MANFRED (1980a): *A Mathematical model for the reconstruction of objects using a multilens camera with a focal plane shutter and FMC*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, Part B3, 1980, S. 178-192.
- EBNER, HEINRICH, HOFMANN-WELLENHOF, BERNHARD, REISS, PETER & STEIDLER, FRANZ (1980b): *Ein Minicomputer-Programmsystem fuer Hoeheninterpolation mit finiten Elementen*. ZfV, 1980, S. 215-225.
- EBNER, HEINRICH (1981): *Erfahrungen mit dem Programmpaket HIFI*. Vortraege der 38. Photogrammetrischen Woche 1981. Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1982, Heft 8, S. 157-164.
- ELLENBECK, KARL HEIKO & TOENNESSEN, KARL (1981): *Datengewinnung fuer die analytische Orthoprojektion durch Digitalumsetzung der GZ 1-Speicherplatten*. BuL, 1981, Heft 1, S. 1-7.
- ELLENBECK, KARL HEIKO (1983): *Analytisch Photogrammetrisches Verbundsystem des Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen*. Vortraege der 39. Photogrammetrischen Woche 1983. Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1984, Heft 9, S. 69-76.
- FAUST, HANS-WOLFGANG (1975): *Das STEREO CORD G2 – Seine Anwendung in der messenden Luftbild Interpretation*. Vortraege der 35. Photogrammetrischen Woche 1975. Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1976, Heft 2, S. 267-274.
- FAUST, HANS-WOLFGANG (1977): *Remote sensors*. Vortraege der 36. Photogrammetrischen Woche 1977. Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1977, Heft 4, S. 169-186.
- FAUST, HANS-WOLFGANG (1980): *ORTHOCOMP Z2, the analytical orthoprojector from Carl Zeiss, Oberkochen*. BuL., 1980, heft 4, S. 110-118.
- FAUST, HANS-WOLFGANG (1981): *The Program System for the ZEISS Z-2 ORTHOCOMP*. Vortraege der 38. Photogrammetrischen Woche 1981. Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1982, Heft 8, S. 25-30.
- FAUST, HANS-WOLFGANG (1984): *Methods and Instruments for the production of photo Maps*. BuL, 1984, Heft 3a, S. 187-194.
- FAUST, HANS-WOLFGANG (1985): *Development in Photogrammetric Plotting*. Vortraege der 40. Photogrammetrischen Woche 1985. Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1986, Heft 11, S. 41-47.
- FAUST, HANS-WOLFGANG & N.,N.(1986): *Verfahren zur Datenaufnahme mittels Detektorarrays und Vorrichtungen zur Durchfuehrung der verfahren*. Deutsches Patentamt, DE 3 630 739, Anmeldung vom 20.09.1986.
- FAUST, HANS-WOLFGANG (1989): *Digization of Photogrammetric Images*. Vortraege der 42. Photogrammetrischen Woche 1989. Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1989, Heft 13, S. 69-78. (In Deutsch: *Digitalisierung photogrammetrischer Bilder*, ZPF, 1990, Heft 1, S. 6-11).
- FAUST, HANS-WOLFGANG & KRASTEL, HEINZ (1991): *Optisches System in stereoskopischen Strahlengängen*. Deutsches Patentamt, DE 4 140 368, Anmeldung vom 07.12.1991.
- FAUST, HANS-WOLFGANG & MAYR, WERNER (1992): *Justierverfahren fuer die Datenaufnahme mit eigenem Detektorarray*. Deutsches Patentamt, DE 4 239 104, Anmeldung vom 20.11.1992.

- FELLE, GARL & MONDON, HERBERT (1966): *Verfahren und Einrichtung zur automatischen Herstellung eines Schichtlinienplanes*. Deutsches Patentamt, DE 1 548 562, Anmeldung vom 07.10.1966.
- FELLE, KARL & ROESEL, WOLFGANG (1969): *Automatische Erzeugung von Hoehenschichtlinien bei der Herstellung von Orthophotos*. BuL, 1969, Heft 5, S.227-234.
- FELLE, KARK (1974a): *Anordnungen zur automatischen Steuerung der Belichtungszeit bei Reihenbildkameras mit Ueberdeckungsregelung*. Deutsches Patentamt, DE 2 403 862, Anmeldung vom 28.01.1974.
- FELLE, KARK(1974b): *Einrichtung zur Belichtungsregelung*. Deutsches Patentamt, DE 2 403 863, Anmeldung vom 28.01.1974.
- FELLE, KARK(1986): *Verfahren und Einrichtung zur optischen Bildaufzeichnung*. Deutsches Patentamt, DE 3 814 261, Anmeldung vom 26.04.1986.
- FELLE, KARK & KRASTEL, HEINZ (1988): *Verschluss fuer eine photogrammetrischen Aufnahmekamera*. Europaeisches Patentamt, EP 0 368 039, Anmeldung vom 17.10.1989.(Deutsche Anmeldung vom 05.11.1988).
- FINKE, HERBERT & FAUST, HANS-WOLFGANG (1977): *STEREOCORD G2, Anwendung in der Planungs-Praxis*. VR, 1977, Heft 5, S. 225-241.
- FORSELL, MATS (1969): *Ein wirtschaftlicher Massstabsbereich bei Orthoprojektion mit Speicher-verfahren*. BuL, 1969, Heft 5, S. 215-218.
- GROSSKOPF, RUDOLF (1989): *Digital processing of high definition images*. Vortraege der 42. Photogrammetrischen Woche 1989. Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1989, Heft 13, S. 169-185.
- GUELCH, EBERHARD (1984): *Geometric calibration of two CCD-cameras used for digital image correlation on the PLANICOMP C100*. International Archives of Photogrammetry and remote Sensing, Vol. XXV, 1984, Part A 3, S. 363-372.
- GUELCH, EBERHARD (1985): *Instrumental realisation and calibration of digital correlation with the PLANICOMP*. Vortraege der 40. Photogrammetrische Woche 1985. Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1986, Heft 11, S. 91-107.
- HANSEN, ADALBERT & SCHWARTZ, JUERGEN (1983): *Anordnung zur Steuerung einer Bewegung*. Deutsches Patentamt, DE 3 330 476, Anmeldung vom 24.08.1983.
- HARDY, JOHN, JOHNSTON, RONALD & GODFREY, JOHN (1969): *Ein elektronischer Korrelator fuer den Planimat*. ZEISS-Mitteilungen, 5. Band, 3. Heft, S. 127-145, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1969.
- HARDY, JOHN, W.(1970): *Automatic Stereoplotting with the EC5/Planimat*. BuL, 1970, heft 1, S. 62-68.
- HARTFIEL, PAUL, (1997): *Higher performance with automated aerial triangulation*. Photogrammetric Week'97, Herbert Wichmann Verlag. Heidelberg, 1997, S. 109-113, ISBN 3-87907-317-1.
- HEIER, HELMUT, (1999): *Applications and market for digital airborne cameras*. Photogrammetric Week'99, Herbert Wichmann Verlag. Heidelberg, 1999, S. 43-49, ISBN 3-87907-340-6.
- HEIER, HELMUT & LAUENROTH, GERHARD, (2000): *A Digital Airborne Camera System for Photogrammetry and Thematic Applications*. Publikationen der Deutschen Gesellschaft fuer Photogrammetrie und Fernerkundung, 2000, Band 8, S. 95-101, ISBN 0942-2870.
- HEIER, HELMUT (2001): *Deploying DMC in today's workflow*. Photogrammetric Week'01, Herbert Wichmann Verlag. Heidelberg, 2001, S. 35-45, ISBN 3-87907-359-7.
- HEIER, HELMUT, KIEFER, MICHAEL & ZEITLER, WOLFGANG (2002): *Calibration of the Digital Modular camera*. XXII FIG International Congress, 2002, Washington DC, Proceedings Technical program, TS 5.12 Calibration of Survey Equipment.
- HEIER, HELMUT & HINZ, ALEXANDER (2002): *Results from the Digital Modular camera*. XXII FIG International

- Congress, 2002, Washington DC, *Proceedings Technical program, TS 5.12 Calibration of Survey Equipment.*
- HELLMUTH, EDITH & MUEHLFRIEDEL, WOLFGANG (1996): *CARL ZEISS 1846-1905 - Vom Atelier fuer Mechnik zum fuehrenden Unternehmen des optischen Geraetebaus.* Böhlau Verlag, Weimar-Koeln-Wien, 1996, ISBN 3-412-05696-0.
- HERMANN, ARMIN (1989): *Nur der Name war geblieben – Die abenteuerliche Geschichte der Firma CARL ZEISS.* Deutsche Verlag-Anstalt, Stuttgart, 1989. ISBN 3-421-06515-2.
- HESS, GUSTAV (1951): *Einrichtung zum Markieren von Bildpunkten auf einer photographischen Schicht.* Deutsches Patentamt, DE 0 901 499, Anmeldung vom 15.07.1951 (Erstmeldung vom 12.03.1943).
- HINZ, ALEXANDER (1997): *Design Concepts for Digital photogrammetric Cameras.* Photogrammetric Week'97, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 1997, S. 43-48, ISBN 3-87907-317-1.
- HINZ, ALEXANDER (1999): *The Z/I IMAGING Digital Airborne Camera System.* Photogrammetric Week'99, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 1999, S. 109-115, ISBN 3-87907-340-6.
- HINZ, ALEXANDER, DOERSTEL, CHRISTOPH & HEIER, HELMUT (2000): *Digital Modular Camera: System Concept and Data Processing Workflow.* International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, 2000. (In Deutsch: *DMC – Digital Modular camera: Systemkonzept und Ablauf der datenverarbeitung.* PFG, 2001, Heft 3, S. 189-198).
- HINZ, ALEXANDER, DOERSTEL, CHRISTOPH & HEIER, HELMUT (2001): *DMC – The Digital Sensor Technology of Z/I IMAGING* Photogrammetric Week '01, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 2001, S. 93-103, ISBN 3-87907-359-7.
- HOBBIE, DIERK (1969a): *Affinverfahren in der Orthoprojektion.* ZEISS-Mitteilungen, 5. band, 3. Heft, S. 146-155, Gustav Fischer verlag, Stuttgart 1969.
- HOBBIE, DIERK (1969b): *Instrumentelle Neuerungen am Orthoprojektor GIGAS-ZEISS.* BuL, 1969, Heft 5, S. 219-226.
- HOBBIE, DIERK (1970a): *Hoehenauswertung in Orthoprojektoren.* Presented Paper zum Internationalen Symposium der Kommission der IGP, München 1970, BuL, 1971, Heft 1, S. 29-36.
- HOBBIE, DIERK (1970b): *Possibilities and Methods of Orthophoto Production.* Paper submitted by the federal Republic of Germany to the sixth United Nations Regional Cartographic Conference for Asia and Far East, Teheran Juni 1970. (In deutsch: *Moeglichkeiten und Verfahren der Orthophoto-Herstellung, dargestellt am ZEISS-Orthoprojektor-System.* VR, 1971, Heft 2, S. 41-50 und Heft 3, S. 105-112).
- HOBBIE, DIERK (1971): *Der Praecisions Stereo-komparator PSK 2 mit elektronischer Registrieranlage Ecomat 21.* Vortrag zur 33. Photogrammetrischen Woche an der Universitaet Stuttgart 1971 (Unveroeffentliches Manuskript).
- HOBBIE, DIERK (1972): *Einige messungen zum Einfluss des Fertsch-Effektes auf den stereoskopischen Hoehen-Einstellfehler.* Festschrift zum 65. Geburtstag von Prof. Dr. -Ing. habil, GERHARD LEHMANN, Institut fuer Photogrammetrie und Ingenieur-vermessungen, Technische Universitaet, Hannover, 1972, S. 91-110.
- HOBBIE, DIERK (1973): *Zur Verfahrensdisposition bei differentieller Entzerrung von photogrammetrischen Luftbildern.* Dissertation 1973, DGK, Reihe C, Nr. 197, Muenchen 1974 ISBN 3 7696 9253 5, (Autorreferat in BuL, 1974, Heft 2, S. 64-64).
- HOBBIE, DIERK (1974): *Orthophoto Project Planning.* Photogrammetric Engineering, Vol. 40, 1974, S. 967-984. (In Deutsch: *Die Projektparameter bei differentieller Entzerrung.* Presented Paper zum Symposium der Kommission IV der IGP, Paris, September 1974, International Archives of Photogrammetry, Vol. XX, 1974)
- HOBBIE, DIERK (1975a): *Weitere Hinweise zur Bildflugplanung fuer Orthophoto-Projekte.* BuL, 1975, Heft 6, S. 212-217.

- HOBBIE, DIERK (1975b): *Das ZEISS STEREOCORD G2, ein einfaches Stereomessgeraet fuer rechnergestuetzte Auswertungen. Vortraege der 35. Photogrammetrischen Woche 1975. Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1976, Heft 2, S. 37-52. (In Englisch: The ZEISS G-2 STEREOCORD, a simple stereoplotter for Computer supported plotting. The Photogrammetric Record, 8(47), April 1976, S. 563-582).*
- HOBBIE, DIERK (1976a): *Numerische Einpassung am Entzerrungsgeraet SEG 5 mit der Orientierungs Einrichtung ZEISS OCS 1. Bul, 1976, Heft 4, S. 164-168.*
- HOBBIE, DIERK (1976b): *PLANICOMP C100, das analytische Auswertesystem von CARL ZEISS, Oberkochen. Presented paper der Kommission II zum IGP-Kongress, Helsinki, 1976, Vol. XXI Internat. Archive of Photogrammetry. (In Englisch: C-100 PLANICOMP, the Analytical Stereoplotting System from CARL ZEISS, Oberkochen. Photogrammetric Engineering, Vol. 43, 1977, No.11, S. 1377-1390).*
- HOBBIE, DIERK (1977a): *The ZEISS SEG 6 Rectifier. Vortraege der 36. Photogrammetrischen Woche 1977. Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1977, Heft 4, S. 13-18. (In Deutsch: Das ZEISS Entzerrungsgeraet SEG 6. Bul, 1978, Heft 1, S. 16-20.*
- HOBBIE, DIERK (1977b): *Configuration and performance features of the C-100 PLANICOMP analytical plotting system. Vortraege der 36. Photogrammetrischen Woche 1977, Schriftreihen des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1977, Heft 4, S. 81-102.*
- HOBBIE, DIERK (1977c): *Results and Experience of 18 month's work with the C-100 PLANICOMP. Vortraege der 36. Photogrammetrischen Woche 1977, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1977, Heft 4, S. 111-118. (In Deutsch: Ergebnisse und Erfahrungen aus 1 1/2 jaehriger Arbeit mit PLANICOMP C100. Bul, 1977, Heft 6, S. 175-182).*
- HOBBIE, DIERK (1977d): *Der Einfluss von Elektronik und datenverarbeitung auf dem photogrammetrischen Instrumentenbau. Festschrift zur Emeritierung von o. Prof. Dr. techn. FRITZ LOESCHNER am 30.09.1977, Veroeffentlichung des Geodaetischen Instituts der Rheinisch Westfaelischen Technischen Hochschule Aachen, 1977, Nr. 23.*
- HOBBIE, DIERK (1978): *On-line aerial triangulation with the PLANICOMP C100. NaKaVern, Reihe II, Nr. 36, Frankfurt, 1978, S. 141-149.*
- HOBBIE, DIERK (1979a): *Automatische Entzerrung. Bundesministerium fuer Forschung und Technologie, Forschungsbericht T 79-129, "Neue Geraete fuer Geodaesie und Photogrammetrie", Teil III A, Dezember 1979.*
- HOBBIE, DIERK (1979b): *Interactive Acquisition and editing of photogrammetric Data with the ZEISS AS Program system for Minicomputers. Vortraege der 37. Photogrammetrischen Woche 1979, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1980, Heft 6, S. 47-56 (In Deutsch: Interaktive Erfassung und Aufbereitung photogrammetrischer Daten mit dem ZEISS AS Programm system fuer Minicomputer. Bul, 1980, Heft 2, S. 57-67).*
- HOBBIE, DIERK (1980a): *Die Bedeutung des ZEISS PLANICOMP fuer photogrammetrische Praxis. Presented Paper der Kommission IV zum IGP-Kongress, Hamburg, 1980. Vol. XXIII, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1980.*
- HOBBIE, DIERK (1980b): *Testprozeduren fuer das PLANICOMP C100. Presented Paper der Kommission II zum IGP-Kongress, Hamburg, 1980. Vol. XXIII, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1980.*
- HOBBIE, DIERK (1981a): *The Integrated photogrammetric Plotting System from Zeiss. Presented Paper zum ACSM/ASP Annual Meeting der American society of Photogrammetry, Washington DC, Februar 1981.*
- HOBBIE, DIERK (1981b): *The PLANI-AS Program of computerized acquisition of photogrammetric data. Vortraege der 38. Photogrammetrischen Woche 1981, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1982, Heft 8, S. 15-24.*

- HOBBIE, DIERK & FAUST, HANS-WOLFGANG (1981): Z-2 ORTHOCOMP, the New High performance Equipment from Zeiss. Presented paper zum ACSM/ASP Annual Meeting der American society of Photogrammetry, Washington DC, Februar 1981. (Auch in Photogrammetric Engineering, Vol. 49, 1983, No. 5, S. 635-640)
- HOBBIE, DIERK (1983): *Extended graphical plotting with the PLANICOMP*. Vortraege der 39. Photogrammetrischen Woche 1983, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1984, Heft 9, S. 17-26. (In Deutsch: *Weiterentwickelte Graphik zum PLANICOMP*. BuL, 1984, Heft 1, S.50-58).
- HOBBIE, DIERK (1984a): *PLANICOMP-INTERGRAPH Interfaces*. Invited paper zum INTERGRAPH-Seminar, Barcelona, 29./30. Maerz 1984.
- HOBBIE, DIERK (1984b): *The ZEISS Line of photogrammetric Systems*. BuL, 1984, Heft 3a, S. 134-142.
- HOBBIE, DIERK (1984c): *The ZEISS PLANICOMP Family: A user-oriented solution to practical requirements*. BuL, 1984, Heft 3a, S. 163-171.
- HOBBIE, DIERK (1985): *Progress in Digital Mapping Instruments Design*. Vortraege der 40. Photogrammetrischen Woche 1985, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1986, Heft 11, S. 13-20. (In Deutsch: *Forschritte im Instrumentenbau fuer digitale kartierung*. BuL, 1986, S. 55-62).
- HOBBIE, DIERK (1986): *Latest Upgrades to Analytical Stereoplotters from Zeiss OBERKOCHEN*. Presented Paper zum Symposium der Kommission II der IGPF, Baltimore, 1986. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1986, Vol. XXVI, Part 2, 1983, S. 548-555.
- HOBBIE, DIERK (1987a): *PHOCUS und PLANICOMP P-Serie*. BuL, 1987, Heft 3, S. 71-76.
- HOBBIE, DIERK (1987b): *Introduction into the new product generation from ZEISS: P-Series PLANICOMP/PHOCUS*. Vortraege der 41. Photogrammetrischen Woche 1987, Schriftreihe des Instituts fuer Photo-
- grammetrie der Universitaet Stuttgart, 1987, Heft 12, S. 21-24.
- HOBBIE, DIERK (1989): Gedanken zur wissenschaftlichen Ausbildung in der Photogrammetrie. Festschrift FRIEDRICH ACKERMANN zum 60. Geburtstag. Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1989, Heft 14. S. 99-109).
- HOBBIE, DIERK (1990): *Main points of photogrammetric development at OPTON FEINTECHNIK GmbH, Oberkochen*. ZPF, 1990, Sonderheft 1 in chinesischer sprache, S. 17-20.
- HOBBIE, DIERK (1991b): *Eine gemeinsam Zukunft fuer ZEISS in Jena and Oberkochen*. VR, Dezember 1991, Heft 8, S. 421-424.
- HOBBIE, DIERK (1992): *Die Zukunft von ZEISS in Jena und Oberkochen*. AVN, 1992, Heft 3, S. 139-141.
- HOBBIE, DIERK (1993a): *The reunification of CARL ZEISS in Jena and Oberkochen*. Photogrammetric Record, 14(81), April 1993, S. 419-424.
- HOBBIE, DIERK (1993b): *GEOKART – Empresas alemanas de geodesia cartografia y sus actividades a nivel internacional*. Fifth United nations Regional Cartographic Conference for the Americas, New York, January 1993, E/Conf. 86/1, Working paper No. 27.
- HOBBIE, DIERK & MEIER, HANS-KARSTEN (1993): *Past and future of the ZEISS enterprises in Jena and Oberkochen*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 48, No.4, 1993, S.12-16.
- HOBBIE, DIERK (1994): *International Projects of the German GEOKART Enterprises*. Thirteenth United Nations Regional Cartographic Conference for Asia and Pacific, Beijing, May 1994, E/Conf. 87/Inf.34.
- HOBBIE, DIERK (1997): The contribution of Germany to the Technical Corporation in Mapping and GIS. Fourteenth United Nations Regional Cartographic Conference for Asia and Pacific, Bangkok, February 1997, E/Conf. 89/Inf.15.

- HOBBIE, DIERK (1998): Notwendige Studienplan-Aktualisierung des Universitaeren Vermessungs Studiums. VR, Oktober 1998, Heft 7, S. 363-371.
- HOBBIE, DIERK (1999): Ein Jahrhundert photogrammetrischen Instrumentenbaus. Festschrift fuer Prof. Dr.-Ing. HEINRICH EBNER zum 60. Geburtstag. Lehrstuhl fuer Photogrammetrie und Fernerkundung, Technische Universitaet, Muenchen, 1999, S. 121-131.
- HOBBIE, DIERK (2002): *Das Berufsbild des Geodaeten im Wandel der Zeit und die Auswirkungen auf die Ingenieur-ausbildung*. Festschrift 150 Jahre geodaetisches Instituts der Technischer Universitaet Dresden, 2002, Heft 2 der Schriftreihe des Geodaetischen Instituts, Dresden, 2003.
- HOFMANN, WALTER (1953): *Die photogrammetrische Ausstellung. Ausstellungsbericht zum VII. Internationalen Kongress fuer Photogrammetrie, Washington DC, 1952*. AVN, 1953, Sonderheft 1 von BuL, S. 28-32.
- HOFMANN, WALTER (1956): *Die photogrammetrische Ausstellung. Ausstellungsbericht zum VIII. Internationalen Kongress fuer Photogrammetrie, Stockholm, 1956*. BuL, Heft 4, S. 231-238.
- HOTHMER, JUERGEN (1960): *Ausstellungsbericht zum IX. Internationalen Kongress fuer Photogrammetrie, London, 1960*. BuL, 1960, Heft 4, S. 231-138.
- HUELL, JOHANN & TRUNZ, MICHAEL (2000): Kamera-system mit mindestens zwei ersten und zwittern Kameras. Deutsches Patentamt, DE 10 034 601, Anmeldung vom 14.07.2000.
- JORDAN, E. & KRESSE, WOLFGANG (1981): *Die Computer-gestuerzte quantitative Luftbildauswertung mit dem ZEISS STEREOCORD und seinen Peripherie-geraeten zur Rationalisierung der feldforschungen in der Geowissenschaften*. Erdkunde 35, 1981, S. 232-231.
- JUNG, RUDOLF (1960): *Zur Entwicklungsgeschichte der Photogrammetrie in Deutschland unter Beruecksichtigung des internationalen Fortschritts*. BuL, 1960, Heft 1, S. 23-41.
- KERSTING, R. (1969): *Erfahrungen mit dem Orthoprojektor GZ 1 in der Landeskulturverwaltung Rheinland-Pfalz*. BuL, 1969, Heft 5, S. 192-196.
- KLEIN, HERMANN (1977): *Aerotriangulation with PLANICOMP C-100 and the Stuttgart programs*. Vortraege der 36. Photogrammetrischen Woche 1977, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1977, Heft 4, S. 119-124.
- KLEIN, HERMANN (1978): *Block-Adjustment Programs for Minocomputers*. NaKaVern, Reihe II, Nr. 36, Frankfurt, 1978, S. 151-161.
- KOEHLER, HORST (1983): *30 Jahre Forschung und Entwicklung im ZEISS Werk Oberkochen*. Herausgeber CARL ZEISS Oberkochen, 1983, Band 1, S. 79-82.
- KONECNY, GOTTFRIED (1977): *Analytische Auswertegeraete – Zielsetzung, Entwicklung und technische Realisierung*. Vortraege der 36. Photogrammetrischen Woche 1977, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1977, Heft 4, S. 51-80.
- KONECNY, GOTTFRIED (1979): *Das Europaeische Weltraum-Fernerkundungs-Programm*. Vortraege der 37. Photogrammetrischen Woche 1979, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1979, Heft 6, S. 179-196.
- KONECNY, GOTTFRIED & PAPE, DIETMAR (1980): *Correlation techniques and devices*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXIII, 1980, Part B 11, S. 31-50.
- KONECNY, GOTTFRIED (1984): *The photogrammetric camera Experiment on Spacelab 1*. BuL, 1984, Heft 3a, S. 195-200.
- KONECNY, GOTTFRIED, LOHMANN, PETER, ENGEL H. & KRUCK ERWIN (1987): *Evaluation of SPOT imagery on analytical photogrammetric instrument*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 53(9), 1987, S. 1223-1230.
- KRASTEL, HEINZ (1975a): *Optische Messeinrichtung mit einer im Strahlengang angeordneten Messmarke*.

- Eidgenoessisches Amt fuer geistiges Eigentum, CH 592 891, Anmeldung vom 21.05.1976 (Deutsche Anmeldung vom 05.02.1975).
- KRASTEL, HEINZ (1975b): Vorrichtung zum Verschieben eines Messschritts relativ zur Grundplatte. Eidgenoessisches Amt fuer geistiges Eigentum, CH 597 587, Anmeldung vom 14.06.1976 (Deutsche Anmeldung vom 05.09.1975).
- KRASTEL, HEINZ, FELLE, KARL, HOBBIE DIERK, FAUST, HANS-WOLFGANG, KAISER, RICHARD J., KUEHLTHAU, ROBERT L., PINARD, ALWARD J. & WYLIE GARY D. (1989): *Verfahren zur Datenaufnahme mittels eines, mindestens eine Detektorzeile enthaltenden Detektorarrays und Vorrichtung zur Durchfuehrung des Verfahrens*. Europaeisches Patentamt, EP 0 417 625, Anmeldung vom 05.09.1990 (Deutsche Anmeldung vom 11.09.1989).
- KRASTEL, HEINZ & PREIS, KARL-HEINZ (1995): *Roll Film Flat Bed Scanner*. United States Patent Office, US Des. 412 520, Anmeldung vom 03.08.1995 (Deutsche Geschmacksmuster Anmeldung vom 03.02.1995).
- KRAUSS, GEORG (1967): *Laufendhaltung von Topographischen Karten – Probleme und Ewrfahrungen*. BuL, 1976, Heft4., S. 225-234.
- KREILING, WALTER (1976): *Die Instrumentenausstellung (Bericht vom ISP-Kongress in Helsinki)*. BuL, 1976, Heft 4, S. 2327-244.
- KRESS, WOLFGANG (1993): *Digital orthophoto production with PHODIS*. Photogrammetric Week'93, Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe, 1993, S. 11-15, ISBN 3-87907-255-8.
- KRESS, WOLFGANG (1997): *Kopplung von PLANICOMP und ALK-GIAP – Technik und Anwendungen*. PFG, 1997, Heft 4, S. 253-258.
- KRESS, WOLFGANG & SCHWEBEL, REINER (2001): *Statusbericht ueber Stand und Planung der Internationalen und nationalen Standards fuer Photogrammetrie und Fernerkundung*. Publikationen der Deutschen Gesellschaft fuer Photogrammetrie und Fernerkundung, 2001, band 10, S. 51-62, ISBN 0942-2870.
- KRZYTEK, PETER (1979): *Fully Automatic Measurement of Digital Elevation Models with MATCH-T*. Vortraege der 43. Photogrammetrischen Woche 1991, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1991, Heft 15, S. 203-214.
- KUEHN, GERHARD (1969): *CARL-PULFRICH-Preis*. BuL, 1969, Heft 2, S. 67-68.
- KUPFER, GUENTER (1957a): *Zur Hoehenauswertung am STEREOTOP*. BuL, 1957, Heft 3, S. 87-93.
- KUPFER, GUENTER (1957b): *Basisverbesserung am STEREOTOP*. BuL, 1957, Heft 4, S. 118-120.
- LEHMANN, GERHARD (1960a): *Versuchsauswertungen am PLANITOP*. BuL, 1960, Heft 3, S. 175-182.
- LEHMANN, GERHARD (1960b): *Probmessungen am ZEISS Praezisions-Stereokomparator*. ZfV, 1960, Heft 12, S. 473-478.
- LORCH, WINFRIED (1976): *Belichtungsautomatik bei ZEISS-Reihenmesskammern*. BuL, 1976, Heft 5, S. 158-164.
- LORCH, WINFRIED (1977): *The NA automatic navigation meter – a module of the ZEISS RMK control system for automatic overlap and drift control*. Vortraege der 36. Photogrammetrischen Woche 1977, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1977, Heft 4, S. 5-11. (In Deutsch : *Der Navigationsautomat NA – Ein Baustein des ZEISS RNK-steuerungssystems zur automatischen Ueberdeckungs- und Abtrift-sreuerung*. BuL, 1978, Heft 1, S. 20-25).
- LORCH, WINFRIED (1979): *ZEISS Reihenmesskammer RMKA 30/23 im Spacelab*. ZEISS-Information, 24. Jahrgang, Heft 89, S. 54, Dezember 1979.
- LORCH, WINFRIED & SCHWEBEL, REINER (1980): *Ein Digitalzeichentisch fuer die graphische photogrammetrische Auswertung*. International Archives of Phogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXIII, 1980, Part B2, S. 128-138.
- LORCH, WINFRIED (1986): *The RMK Aerial Camera System : Performance of Aerial Photography with*

- Foward Motion Compensation*. Presented paper zum Symposium der Kommission I der ISPRS, Stuttgart 1986. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXVI, 1986, S. 363-366.
- LORCH, WINFRIED (1991): *RMK Top Aerial Camera System*. Vortraege der 43. Photogrammetrischen Woche 1991, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1991, Heft 15, S. 25-86.
- LORCH, WINFRIED (1992): *ZEISS RMK TOP – erweiterte Moeglichkeiten eines Luftbild-aufnahme-systems*. ZPF, 1992, Heft 1, S. 19-24.
- MAYR, WERNER (1991): *PHIPS – A New Tool for Digital Photogrammetry*. Vortraege der 43. Photogrammetrischen Woche 1991, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1991, Heft 15, S. 31-35.
- MAYR, WERNER (1992): *Das Photogrammetrische Bildverarbeitungssystem von CARL ZEISS*. ZPF, 1992, Heft 1, S. 13-18.
- MAYR, WERNER (1993): *Photogrammetric digital image processing at CARL ZEISS*. Photogrammetric Week'93, Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe, 1993, S. 137-142, ISBN 3-87907-255-8.
- MAYR, WERNER (1995): *Aspect of Automatic Aero-triangulation*. Photogrammetric Week'95, Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe, 1995, S. 225-234, ISBN 3-87907-277-9.
- MAYR, WERNER & DOERSTEL, CHRISTPH (1996): *PHODIS – Digital Photogrammetry from CARL ZEISS*. ZPF, 1996, Heft 4, S. 130-139.
- MAYR, WERNER (1997): *Bemerkungen zum Potential Digitaler Photogrammetrischer Systeme*. PFG, 1997, Heft 6, S. 347-357.
- MCLEOD, M. H. (1973): *Halbautomatische gross Massstäbige kartierung beim Ontario Ministry of Transportation and Communication*. BuL, 1973, Heft 6, S. 212-218.
- MEHLO, HERWIG (1994): *Vorrichtung mit mindestens zwei benachbart aufgestellten Bildschrim-Monitoren mit unterschiedlichem Display-Modus und Verfahren zu deren Betrieb*. Deutsches Patentamt, DE 4 417 664, Anmeldung vom 20.05.1994.
- MEHLO, HERWIG, PREIS, KARL-HEINZ & RAASCH, MICHAEL (1994): *Vorrichtung zum scannenden Digitalisieren von Bildvorlagen sowie verfahren zu deren Betrieb*. Deutsches Patentamt, DE 19 544 178, Anmeldung vom 28.11.1995.(Innere Prioritaet vom 29.11.1994).
- MEHLO, HERWIG (1995): *Photogrammetric scanners*. Photogrammetric Week'95, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 1995, S.11-17, ISBN 3-87907-277-9.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1956): *Ein neues Statoskop mit elektrischen registrierung*, BuL, 1956, Sonderheft zum VIII. Internationalen Kongress fuer Photogrammetrie in Stockholm, S. 60-69.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1958): *Vereinfachte Ausgleichung von Aerotriangulation auf der Grundlage eines Passpunkteschemas*. Zfv, 1958, S. 145-149.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1960a): *Diskussion der Bewegungsunschärfe bei Luftbildern mit Hilfe der Kontrastuebertragungsfunktion*. BuL, 1960, Heft 2, S. 65-77.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1960b): *Stereomesskammer, Terrastrische Messkammer und TERRAGRAPH, eine neue Geraetkombination fuer den terrestrischen Normalfall*. BuL, 1960, Heft 3, S. 147-155.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1962): *Ueber die Benutzung von Infrarotemulsionen in der Photogrammetrie*. BuL, 1962, Heft 2, S. 27-37.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1964a): *Erfahrungen bei Entwicklung und Bau von Luftbilgeraete*. BuL, 1964, Heft 1, S. 19-28.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1964b): *Untersuchungen zur Wahl des Bildwinkels und Bildformats von Luftbildkammern*. BuL, 1964, Heft 3, S. 83-92. (In English:

Angular Field and Negative Size. Photogrammetric Engineering, 1966, S. 126-135).

MEIER, HANS-KARSTEN (1964c): *Ueber die Bezugsflaechen photogrammetrische bestimmter Hoehen. ZfV*, 1964, Heft 4, S. 113-118.

MEIER, HANS-KARSTEN (1964d): *Reseau-Anordnung in Reihenmesskammern. Deutsches Patentamt, DE 1 279 342, Anmeldung vom 11.07.1964.*

MEIER, HANS-KARSTEN (1966a): *Art und Genauigkeit der Hoehendarstellung im Orthoprojektor GIGAS-ZEISS. BuL*. 1966, S. 65-69.

MEIER, HANS-KARSTEN (1966b): *Theorie und Praxis des Orthoprojektors GIGAS-ZEISS. ZEISS-Mitteilung*, 4. Band, 2. Heft, S. 79-98, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1966.

MEIER, HANS-KARSTEN (1966c): *Ueber die instrumentelle Entwicklung fuer die Bildmessung. Beitrag in der Artikelreihe "Forschung und Entwicklung im CARL-ZEISS-Werk"*, Neue Zuericher Zeitung, Beilage Technik, 1966, 30. November, 7. Und 28. Dezember, S. 26-29.

MEIER, HANS-KARSTEN (1967): *Farbtreue Luftbilder? BuL*, 1967, Heft 5, S. 206-214.

MEIER, HANS-KARSTEN (1968): *ZEISS – RMKA 8.523, die neue 125°- Uebeweitwinkelkammer. BuL*, 1968, Heft 2, S. 100-106.

MEIER, HANS-KARSTEN (1969): *Die Entwicklung im photogrammetrischen Instrumentenbau waehrend der letzten 30 Jahre, dargestellt am Beispiel der ZEISS-Geraete. ZEISS-Mitteilungen*, 5.Band, 3. Heft, S. 105-127, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1969.

MEIER, HANS-KARSTEN (1970a): *Modellvorstellungen zur Luftbild-Aufnahmedisposition und ihre Vergleich mit praktischen Ergebnissen. BuL*, 1970, Heft 1, S. 50-62.

MEIER, HANS-KARSTEN (1970b): *Pruefung und Kalibrierung von Messkammern. Veroeffentlichung des Geodaetischen Instituts der Rheinisch-Westfaelischen Technische Hochschule Aachen, Nr. 15, 1970.*

MEIER, HANS-KARSTEN (1970c): *Le chambres de prise de vues modernes CARL ZEISS Oberkoche – Leur contrrole et leur etalonnage. Bulletin No. 39 de la Societe Francaise de Photogrammetrie*, Juli 1970.

MEIER, HANS-KARSTEN (1970d): *Orthoprojection Systems and their Practical Potential, Presented Paper at Fourth National Survey Conference, Durban, July 1970.*

MEIER, HANS-KARSTEN (1970e): *Gewinnung und Nutzung der geometrischen Information aerophotogrammetrischer Messbilder. Photographie und Film in Industrie und Technik III*, Verlag Dr. Othmar Helwich Damstadt 1970, S. 240-246.

MEIER, HANS-KARSTEN (1970f): *Weiterentwicklung des elektronischen Hoehenschichtlinienzeichners HLZ zum Orthoprojektor GIGAS-ZEISS. BuL*, 1970, Heft 6, S. 355-357.

MEIER, HANS-KARSTEN (1971): *Der StereoRoentgen-Komparator StR 1-3. BuL*, 1971, Heft 3, S. 131-133.

MEIER, HANS-KARSTEN (1972a): *Zur Filmplanlage in Luftbildkammer. BuL*, 1972, Heft 1, S. 56-63.

MEIER, HANS-KARSTEN (1972b): *Belichtungsautomatik fuer Luftbildkammern. BuL*, 1972, Heft 3, S. 134-143.

MEIER, HANS-KARSTEN (1972c): *Ueber den Einfluss von Flugzeug-Abschlussglaesern auf die Verzeichnung von Luftbildkammern. Festschrift zum 65. Geburtstag von Prof. Dr.-Ing. Habil. GERHARD LEHMANN, Institut fuer Photogrammetrie und Ingenieurvermessungen, Technische Universitaet Hannover, 1972, S. 111-121.*

MEIER, HANS-KARSTEN (1973a): *STR 1-3 Stereoplotting System for X-Ray Photography. ZEISS-Information*, 19. Jahrgang, Heft 79, S.76, Mai 1973.

MEIER, HANS-KARSTEN (1973b): *E 2 PLANICART. ZEISS-Information*, 19. Jahrgang, Heft 79, S.77, Mai 1973.

- MEIER, HANS-KARSTEN (1975a): *Ueber den Einfluss der Umweltbedingungen auf die Verzeichnung von Luftbildkammer*. BuL, 1975, Heft 2, S. 69-73.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1975b): *Ueber die Geometrische Genauigkeit von Luftbildkammern*. Vortraege der 35. Photogrammetrischen Woche 1975, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1976, Heft 2, S. 89-103.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1976a): *Neues von CARL ZEISS, Oberkochen zur Unterstuetzung und Steuerung photogrammetrischer Auswertungen durch Rechner*. BuL, 1976, Heft 4, S. 140-146.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1977): *Sollten im Photogrammetrischen Instrumentenbau groessere Anstrengungen zur Standardisierungen unternommen werden?* BuL, 1977, Heft 5, S. 160-161.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1978a): *Verzeichnung, kammerkonstante und Fokussierung von Luftbildkammern unter dem Einfluss bildflugspezifischer Umweltbedingungen*. BuL, 1978, Heft 6, S. 193-198.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1978b): *25 Jahre Bau Photogrammetrischer Instrumente in Oberkochen*. ZEISS-Information, 24. Jahrgang, Heft 88, 1978/79, S. 26.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1979): *Multispektralkammer ZEISS-MUK 8/24 und Streifenkammer ZEISS-SK 2*. Bundesministerium fuer Forschung und Technologie, Forschungsbericht T 79-129, "Neue Geraete fuer Geodaesie und Photogrammetrie", Teil II, Dezember 1979.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1980): *Ueber den gegenwaertigen Stand aerophotogrammetrischen Aufnahmesysteme*. BuL, 1984, Heft 3a, S. 143-152.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1985a): *Der CARL ULFRICH Preis*. Festschrift zum 60. Geburtstag von Professor GERHARD EICHHOF, Technische Hochschule Darmstadt, 1985.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1985b): *Image Quality Improvement by Forward Motion Compensation*. Vortraege der 40. Photogrammetrischen Woche 1985, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1986, Heft 11, S. 197-206.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1986): *Photogrammetrischer Instrumentenbau bei CAR ZEISS. Unveroeffentliches Manuskript, Carl Zeiss, Oberkochen, 1986*.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1987): *Gedanken zur Entwicklung photogrammetrischer Instrumente*. Vortrag anlässlich der Verabschiedung von Dr. ERWIN PAPE am 26.06.1987 in Bonn-Bad Godesberg., Nachrichten aus dem oeffentlichen Vermessungswesen Nordrhein-Westfalen, NOEV NRW, 1/1988. S. 3-7
- MEIER, HANS-KARSTEN (1989): *Photogrammetrische Instrumente – Die Entwicklung der photogrammetrischen Instrumente bei CARL ZEISS Oberkochen von 1945 bis 1985*. Auszug des Kapitels 7.7 aus "30 Jahre Forschung und Entwicklung im ZEISS WERK Oberkochen" als Sonderdruck, CARL ZEISS Oberkochen, 1989, 91 Seiten.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1994): *DIN-Norm 18716: Photogrammetrie und Fernerkundung*. ZPF, 1994, Heft 2, S. 80-81.
- MEIER, HANS-KARSTEN (1995): *Neue DIN-Norm 18716 fuer "Photogrammetrie und Fernerkundung"!* ZPF, 1995, heft 6, S. 239-244.
- MEIER, HANS-KARSTEN (2002): *DR. MAX GASSERS Beitrag zur analogen Photogrammetrie unter Beruecksichtigung seiner Patente und deren Bewertung*. PFG, 2002, Heft 2, S. 125-134.
- MENKE, KURT (1985): *Review of Standards for cartographic data exchange*. Vortraege der 40. Photogrammetrischen Woche 1985, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1986, Heft 11, S.197-206.
- MENKE, KURT (1987a): *PHOCUS – Das neue universelle photogrammetrische und kartographische System von CARL ZEISS, Oberkochen*. BuL, 1987, Heft 3, S. 83-91.
- MENKE, KURT (1987b): *Production and revision of topographic maps with PHOCUS*. Vortraege der 41. Photogrammetrischen Woche 1987, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1988, Heft 12, S. 207-216.

- Photogrammetrischen Woche 1987, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1987, Heft 12, S.153-160.
- MENKE, KURT (1989): *PHOCUS – Concept and Perspectives*. Vortraege der 42. Photogrammetrischen Woche 1989, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1989, Heft 13, S.153-163.
- MENKE, KURT (1991): *PHOCUS for cartographic Applications*. Vortraege der 43. Photogrammetrischen Woche 1991, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1991, Heft 15, S.115-121.
- MENKE, KURT (1994): *Vorstellung neuer Produkte von CARL ZEISS zur Photogrammetrischen Woche 1993*. ZPF, 1994, Heft 1, S. 15-19.
- MOHL, HANS (1980): *Conception and accuracy of the program system for the STEREOCORD G 2*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vo. XXIII, 1980, Part B2, S. 177-186.
- MOHL, HANS (1981): *The STEREOCORD G3*. Vortraege der 38. Photogrammetrischen Woche 1981, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1982, Heft 8, S.7-14. (In Deutsch: *Das STEREOCORD G 3*, BuL, 1982, Heft 1, S. 7-15.)
- MOHL, HANS (1985): *STEREOCORD G3 TERRESTRIAL ein universelles System fuer die terrestrische Photogrammetrie*. Presented Paper zur Wissenschaftlich-technischen Jahrestagung der DGPF, Berlin, 1985.
- MOHL, HANS & TAUBER, HERBERT (1987): *Detection of unexploded bombs of World War II by quantitative interpretation of reconnaissance photographs*. Vortraege der 41. Photogrammetrischen Woche 1987, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1987, Heft 12, S.253-259.
- MOHL, HANS (1989): *G3 GRAPHIC, eine eigenstaendiges Kartiersystem mittlerer Genauigkeit fuer Luftbildinterpretation und technische Photogrammetrie*. Festschrift FRIEDRICH ACKERMANN zum 60. Geburtstag, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1989, Heft 14, S.199-213.
- MONDON, HERBERT (1959a): *Ein neuer Parallaxenrechner zur Aufloesung der aero-photogrammetrischen Hoehenformel*. BuL, 1959, Heft 3, S. 86-91.
- MONDON, HERBERT (1959b): *Screw drive for measuring instruments*. United State Patent Office, US 3004 445, Anmeldung vom 14.10.1960 (Deutsche Anmeldung vom 14.10.1959).
- MONDON, HERBERT (1959c): *Reibunggetriebe zur Umwandlung einer Drehbewegung in eine Vorschubbewegung*. Deutsches Patentamt, DE 1 140 320, Anmeldung vom 16.10.1959.
- MONDON, HERBERT (1963): *Verfahren zur herstellung eines differentiell entzerrten orthogonalen Bildplanes von raeumlichen Objektiven und Anordnung zur Durchgefuehrung des verfahrens*. Deutsches Patentamt, DE 1 184 626, Anmeldung vom 08.08.1963.
- MONDON, HERBERT & DREYER, GUENTHER (1966): *Verfahren und Einrichtung zur automatischen Herstellung eines Schichtlinienplanes*. Eidgenoessisches Amt fuer geistiges Eigentum, CH 491 363, Anmeldung 13.02.1967 (Deutsche Anmeldung vom 07.10.1966).
- MOTTWEILER, JAKOB, MEIER, HANS-KARSTEN & EICHINGER, RODOLF (1969): *Filter in einer Luftkammer*. Eidgenoessisches Amt fuer geistiges Eigentum, CH 524 832, Anmeldung 16.10.1970 (Deutsche Anmeldung vom 31.12.1969).
- N.N. (1953): *Einige Streiflicher ueber die Ausstellung photogrammetrischer Geräte des 8. Internationalen Geometer-Kongress 28.8.-6.9.1953*. AVN, 1953, Nr. 12, S. 304-306, (vereinigt mit BuL, Heft 4, S. 132-134).
- N.N. (1999): *GAF Recce Pod – german Air Force Reconnaissance Pod*. Aerospace, 1999, Heft 4, S. 87.
- NEUBAUER, H. G. (1969a): *Eine Genauigkeitsuntersuchung des Orthoprojektors GIGAS-ZEISS*. NaKaVerm, Reihe I, Band 42, S. 5-76, Frankfurt 1969.

- NEUBAUER, H. G. (1969b): *Die Gelaendeneigungen und ihre Einfluss auf die Lagefehler der differentiellen Entzerrung*. BuL, 1969, Heft 5, S. 179-182.
- PAPE, DIETMAR (1983): *Der digitale Bildkorrelator RASTAR – Konzept und Ergebnisse*. Vortraege der 39. Photogrammetrischen Woche 1983, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1984, Heft 9, S.195-204.
- PENNING, KURT & AHREND, MARTIN (1959): *Photogrammetrisches Kartiergeraet mit lichtelektrischer Nachlaufsteuerung*. Eidgenoessisches Amt fuer geistiges Eigentum, CH 381 870, Anmeldung 22.01.1960 (Deutsche Anmeldung vom 31.01.1959).
- PRINZ, REINHARD (1975): *Reihenbildkamera*. Deutsches Patentamt, DE 2 542 031, Anmeldung vom 20.09.1975.
- PRINZ, REINHARD & FELLE, KARL (1976): *Verfahren und Vorrichtung zur Messung der Geschwindigkeit einer Bildstruktur*. Eidgenoessisches Amt fuer geistiges Eigentum, CH 616 508, Anmeldung 18.05.1977 (Deutsche Anmeldung vom 14.08.1976).
- PRINZ, REINHARD (1980): *Vorrichtung zur verstellung zeier spielfrei im gewindeeingriff befindlicher Teile*. Deutsches Patentamt, DE 3 030 549, Anmeldung vom 13.08.1980.
- PRINZ, REINHARD (1984): *Verfahren und Vorrichtung zum Ausgleich der Bildwanderung bei einer Luftbildkammer*. Europaeisches Patentamt, EP 0 123 271, Anmeldung vom 18.04.1984.(Deutsche Anmeldung Vom 20.04.1983).
- RAASCH, MICHAEL (1996): *Kamera mit elektronischem Sucher*. Deutsches Patentamt, DE 19 603 064, Anmeldung vom 29.01.1996.
- REICHE, SIEGFRIED (1973): *Prpjektabtastung und Bildaufzeichnung mit Lasern*. Optik, 37, 1973, S. 50-60.
- REINHARDT, WOLFGANG (1983): *A Proguram for Progressive Sampling for the ZEISS PLANICOMP*. Vortraege der 39. Photogrammetrischen Woche 1983, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1984, Heft 9, S.83-90.
- REINHARDT, WOLFGANG (1986): *Optical super-Imposition of stereo model ang graphical information as A tool for DEM quality control*. Simposium der Kommission IV der IGP, Edinburgh, 1986. International Archives of Photogrammetry, Vol. XXVI.
- REINHARDT, WOLFGANG & HOESSLER RAINER (1989): *Interactive generation of digital train models*. Vortraege der 42. Photogrammetrischen Woche 1989, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1989, Heft 13, S.129-139.
- RICHTER, ROBERT (1952): *TOPAR 1:4, f=210 mm fuer 18 cm x 18 cm Luftbildkamas*. AVN, 1952, Nr. 9, S. 219 ff.(vereinigt mit BuL, Heft 3, S. 71 ff.).
- RICHTER, ROBERT (1955): *Die Entstehung und Ver-vollkommnung des TOPOGON*. BuL, 1955, Heft 4, S. 95-101.
- ROSS, WOLFGANG & SAUER, EDGAR (1949): *Optisches Geraet, insbesondere Stereo-Photogrammetrisches Auswertegeraet*. Deutsches Patentamt, DE 0 820 215, Anmeldung vom 19.10.1949.
- ROSS, WOLFGANG (1950): *Ueber die Difinition des Bildhauptpunktes und der Aufnahmeachse*. AVN, 1950, Nr. 10, S. 235-243 (vereinigt mit BuL, Heft 3, S. 51-59).
- ROSS, WOLFGANG (1952): *Ueber die Difinition der photogrammetrischen Grundbegriffe*. AVN, 1952, Nr. 3 S. 53-66 (vereinigt mit BuL, Heft 1, S. 5-18).
- ROSS, WOLFGANG (1957): *Binokulares optisches Geraet*. Deutsches Patentamt, DE 1 048 047, Anmeldung vom 09.08.1957.
- ROSE, W. (1979): *Practical experience with analytical plotters in a civil engineering company*. Vortraege der 37. Photogrammetrischen Woche 1979, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1979, Heft 6, S.75-78.
- ROTH, GERTRUD (1993): *Innovations and upgrades for analytical stereoplottting*. Photogrammetric Week ,93, Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe, 1993, S. 17-20, ISBN 3-87907-255-8.

- ROTH, GERTRUD (1996): *Auality features of a State-of-the-Art, High Performance Photogrammetric Scanning System PHODIS SC*. International Archives of Photogrammetry and remote Sensing. Vol. XXXI, Part B2, 1996.
- RUEDENAUER, HELMUT (1980): *Analytische Plotterbestimmung in Digitalen Hoehenmodellen*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXIII, 1980, Part B 11, S. 74-81.
- RUEDENAUER, HELMUT (1983): The PLANICOMP Family, Characteristics and Innovation. Vortaege der 39. Photogrammetrischen Woche 1983, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1984 Heft 9, S.5-16.(In Deutsch: *Die PLANICOMP Familie, Merkmale und Neuerungen*. BuL, 1984, heft 1, S. 40-49).
- SAILE, JOHANNES (1980): *Rechnergestuetzte Auswertung mit dem ZEISS Monokomparator PK 1*. Diplomarbeit am Institut fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1980.
- SAILE, JOHANNES (1984): *Graphical Plotting with the ZEISS PLANIMAP System*. BuL, 1984, Heft 3a, S. 179-186.
- SAILE, JOHANNES (1987a): *PLANICOMP P-Serie – Die neue ergonomische und intelligente PLANICOMP Familie von CARL ZEISS, Oberkochen*. BuL, 1987, Heft 3, S. 76-83.
- SAILE, JOHANNES (1987b): *Performance data of the P-Series PLANICOMP*. Vortraege der 41. Photogrammetrischen Woche 1987, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, Heft 12, 1987, S. 25-29.
- SAILE, JOHANNES (1989): *P-CAP, the PC Software for P-Series PLANICOMP*. Vortraege der 42. Photogrammetrischen Woche 1989, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, Heft 13, 1989, S. 57-68.(In Deutch: *P-CAP, die PC-Software fuer die PLANICOMP P-Serie*, ZPF, 1990, Heft 2, S. 54058).
- SAILE, JOHANNES (1992): *Photogrammetric data acquisition with the PLANICOMP for CAD, AM/FM and GIS/LIS systems*. Presented paper zum XV ISPRS Congress, Washington DC. 1992, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXIX, 1992.
- SHENK, ANTON & TOTH, CHARLES (1989): *A PC-based Version of the PLANICOMP Analytical Plotter*. Technical Papers 1989 ASPRS/ACSM Annual Convention, Baltimore, 1989, Volime 1, S. 10-18.
- SCHELE, WINFRIED (1990): *Verfahren und Vorrichtungen zum punktweisen optischen ueberstreichen einer Vorlage*. Europaeisches Patentamt, EP 0 456 110, Anmeldung vom 02.05.1991 (Deutsche Anmeldung vom 09.05.1990).
- SCHWEWE, HEINRICH (1987): *Automatic photogrammetric car-body measurement*. Vortraege der 41. Photogrammetrischen Woche 1987, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, Heft 12, 1987, S. 47-55. (In Deutsch: *Automatische photogrammetrischer Karosserie-vermessung*. BuL, 1988, Heft 1, S. 16-24).
- SCHMIDT-FALKENBERG, HEIN & OLACH, R. (1969): *Ueber die Wiederverwendung von gespeicherten Gelaendeprofilen zur herstellung von Orthophotos aus Luftbildern nachfolgender Bildfluege*. BuL, 1969, Heft 6, S. 281-285.
- SCHNEIDER, HELMUT (1969): *Experimentalle Untersuchungen ueber den Abtastfehler bei der Orthoprojektion*. BuL, 1969, Heft 5, S. 209-214.
- SCHOELER, HORST H. (2006): *Ueber die Aktivitaeten auf dem gebiet der Photogrammetrie und des Baues von Bildmessungen im Jenaer ZEISS Werk in der zeiten Haelfte des 20. Jahrhunderts*. DGK, Muenchen 2006, Reihe E, Heft Nr. 27, ISSN 0065-5341, ISBN 3 7696 9670 0.
- SCHREINER, KATHARINA, GATTNAR, KLAUS-DIETER & SKOLUDEK, HORST (2006): *CARL ZEISS – Ost und West – Geschichte einer Wiedervereinigung*. Quartus-verlag, Bucha bei Jena, 2006, ISBN 3-936455-48-1.

- SCHROEDER, MANFRED (1977): Das erdwissenschaftliche Flugzeugmessprogramm (FMP) der Bundesrepublik Deutschland. Vortraege der 36. Photogrammetrischen Woche 1977, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1977, Heft 4, S. 215-228
- SCHROEDER, MANFRED (1979): *Aufloesungstests mit Reihenkamern aus grosser Flughoehe*. Vortraeg der 37. Photogrammetrischen Woche 1979, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1980, Heft 6, S. 215-234.
- SCHROEDER, MANFRED (2000): *Bericht über die Mommision I: "Sensoren, Plattformen und Bilder" anlaesslich der 19. Kongresses der Internationalen gesellschaft fuer Photogrammetrie und Fernerkundung vom 16. Bis 23. Juli 2000 in Amsterdam*. PFG, 2000, Heft 6, S. 428-430.
- SCHUERER, KARL (1964): *Temperatur- und Aufstellungseinflüsse beim Praezisions-Stereokomparator PSK von ZEISS*. BuL, 1964, Heft 3, S. 166-173.
- SCHUMANN, RUDOLF (1986): *Die Entwicklung der photogrammetrischen Geraeten in Jena von der Jahrhundertwende bis zum Jahr 1945. Band VXIII, Kompendium Photogrammetrie*, Akadem. Verlagsges Geest & Portig, LEIPZIG 1986, ISSN 0232-6280, ISBN 3-321-00005-9.
- SCHWEBEL, REINER (1970): *Das Ballistische Messkammersystem BMK 46/18/1.2*. BuL, 1970, Heft 2, S. 135-144.
- SCHWEBEL, REINER (1971): *Neue Instrumente zur Digitalisierung von photogrammetrischen Modellen*. BuL, 1971, Heft 1, S. 48-54.
- SCHWEBEL, REINER (1972): *PLANICART E 2 –eine neues Stereokartiergeraet*. BuL, 1972, Heft 1, S. 41-46.
- SCHWEBEL, REINER (1973a): *Ecomat 11 Electronic Recording Unit*. ZEISS-Information, 19. Jahrgang, Heft79, S. 77, Mai 1973.
- SCHWEBEL, REINER (1973b): *PSK 2 Precision Stereocomparator*. ZEISS-Information, 19. Jahrgang, Heft79, S. 78, Mai 1973.
- SCHWEBEL, REINER (1973c): *Das topographische Kartiergeraet PLANITOP F 2*. BuL, 1973, Heft 6, S. 234-240.
- SCHWEBEL, REINER (1975a): *Der Digital-Zeichentisch DZ 5*. Vortraege der 35. Photogrammetrischen Woche 1975, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1976, Heft 2, S. 25-35. (Auch in BuL, 1976, Heft 1, S. 23-29).
- SCHWEBEL, REINER (1975b): *Rechnergestuetzte Stereoauswertung – Instrumentelle Möglichkeiten und Voraussetzung*. Vortraege der 35. Photogrammetrischen Woche 1975, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1976, Heft 2, S. 171-180.
- SCHWEBEL, REINER (1975c): *Vorrichtung zum Messen oder Einstellen von zweridimensionalen Lagekoordinaten*. Deutsches Patentamt, DE 2 521 618, Anmeldung vom 15.05.1975.
- SCHWEBEL, REINER (1976a): *Der neue Präzisionskomparator PK 1*. BuL, 1976, Heft 4, S. 147-151.
- SCHWEBEL, REINER (1976b): *Das neue photogrammetrische Datenerfassungs- und Uebertragungssystem Ecomat 12*. BuL, 1976, Heft 4, S. 151-158.
- SCHWEBEL, REINER (1979a): *Topographische kartiergeraet*. Bundesministerium fuer Forschung und Technologie, Forschungsbericht T 79-129, „Neue Geraete fuer Geodaesie und photogrammetrie“, Teil III B, Dezember 1979.
- SCHWEBEL, REINER (1979b): *Digitaltechnik*. Bundesministerium fuer Forschung und Technologie, Forschungsbericht T 79-129, „Neue Geraete fuer Geodaesie und Photogrammetrie“, Teil III C, Dezember 1979.
- SCHWEBEL, REINER (1979c): *Die Genauigkeit des praezisionskomparator PK 1*. ZfV, 1979, Heft 4, S. 157-165.

- SCHWEBEL, REINER (1979d): *PM-1, Point Transfer Instrument, a new module in ZEISS System for Analytical photogrammetry*. Vortraege der 37. Photogrammetrischen Woche 1979, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1980, Heft 6, S. 37-46. (In Deutsch: Das Punktmarkiergeraet PM 1. BuL, 1980, Heft 1, S. 5-14).
- SCHWEBEL, REINER & GOETTSCHE, VOLKER (1979e): *DTM-3 Measurement System for Planimat and PLANICART*. Vortraege der 37. Photogrammetrischen Woche 1979, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1980, Heft 6, S. 37-46.
- SCHWEBEL, REINER, LORCH, WINFRIED & BOETTINGER, WOLF-ULRICH (1980): *PM-1, Eine integriertes geodaetisches Auswerte- und kartiersystem. Zusammenfassung der Vortraege zum Lehrgang „Automatisierte Verfahren in der vermessungstechnik“ an der Technischen Akademie Esslingen, 29.-30. Mai 1980*.
- SCHWEBEL, REINER (1980a): *Die photogrammetrischen Auswertesysteme von CARL ZEISS*. Presented paper zum Internationalen ISP Kongress, Hamburg, 1980, Kommission II. International Archives of Photogrammetry and remote Sensing, Vol. XXIII, 1980.
- SCHWEBEL, REINER (1980b): *Anwendung neuartiger praezisionssysteme auf den bau photogrammetrischer Komparatoren*. Bundesministerium fuer Forschung und Technologie, Forschungsbericht T 80-134, Dezember 1980.
- SCHWEBEL, REINER (1981): *The DZ 7 Digital Tracing table for photogrammetric and geodetic mapping*. Vortraege der 38. Photogrammetrischen Woche 1981, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1982, Heft 8, S. 31-41.
- SCHWEBEL, REINER (1983): *The Extended performance Range of the G-3 STEREOCORD*. Vortraege der 39. Photogrammetrischen Woche 1983, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1984, Heft 9, S. 27-38. (In Deutsch: *Das erweiterter Leistungesspektrum des ZEISS STEREOCORD G 3*. BuL, 1984, Heft 1, S. 59-68).
- SCHWEBEL, REINER & MOHL, HANS (1984): *The ZEISS STEREOCORD G for manifold measuring and interpretation applications*. BuL, 1984, heft 3a, S. 153-162.
- SCHWEBEL, REINER (1985): *Aspects of system Technology in photogrammetric systems*. Vortraege der 40. Photogrammetrischen Woche 1985, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1986, Heft 11, S. 46-60. (In Deutsch: *Systematische Gesichtspunkte bei photogrammetrischen Auswertegeraeten*, BuL, 1986, S. 62-70).
- SCHWEBEL, REINER (1991): *Training concept for software oriented products*. Vortraege der 43. Photogrammetrischen Woche 1991, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1991, Heft 15, S. 37-41.
- SCHWEBEL, REINER (1994): *Upgrading von Stereo plotern durch CARL ZEISS*. Presented paper zum Symposium der Kommission II der ISPRS, Ottawa, 1994.
- SCHWEBEL, REINER (1999): *A/D-Wandlung – Die instrumentelle Entwicklung der Photogrammetrie*. Festschrift fuer Prof. Dr.-Ing. HEINRICH EBNER zum 60. Geburtstag, Lehrstuhl fuer Photogrammetrie und Fernerkundung, technische Universitaet, Muenchen, 1999, S. 291-296.
- SCHWEBEL, REINER (2001): *Qualitaetssicherung fuer Bildflug und analoges Luftbild durch neue DIN-Norm*. PFG, 2001 Heft 1, S. 39-44.
- SCHWEBEL, REINER (2002a): *DIN Norm – Entwurf fuer digitale Orthophotos*. PFG, 2002, Heft 4, S. 304-305.
- SCHWEBEL, REINER (2002b): *Deutsche Normung in Photogrammetrie und Fernerkundung aus der Sicht von DIN*. Publikationen fuer Photogrammetrie und Fernerkundung, 2002, Band 11, S. 285-293.
- SCHWIDEFSKY, KURT (1950): *Die Entwicklung der photogrammetrischen Instrumente in Deutschland seit 1938*. AVN, 1950, Nr. 12, Seite 289-306, (vereinigt mit BuL, Heft 4, S. 81-98).

- SCHWIDEFSKY, KURT (1952a): *Neues ueber deutsche photogrammetrische Instrumente*. AVN, 19520, Nr. 9, Seite 207-219, (vereinigt mit BuL, Heft 3, S. 59-71).
- SCHWIDEFSKY, KURT (1952b): *Optische Probleme der Photogrammetrie*. OPTIK, 9, 1952, S. 433-435.
- SCHWIDEFSKY, KURT (1953): *Verbesserungen und Neuentwicklungen bei den Geraeten fuer Photogrammetrie*. ZEISS Werkzeitschrift, 1, Jahrgang, Heft 10, 1953, S. 96.
- SCHWIDEFSKY, KURT, HESS, GUSTAV & SANDER, WILLY (1954a): *Vorrichtung zur Herstellung von Schablonen fuer die Verknuepfung von durch Reihenaufnahmen gewonnenen Gelaendebildern*. Deutsches Patentamt, DE 0 924 289, Anmeldung vom 15.07.1954 (Erstanmeldung vom 04.08.1944).
- SCHWIDEFSKY, KURT, GULDBRANSEN, HENRY & SANDER, WILLY (1954b): *Vorrichtung zur Herstellung von Schablonen fuer die Verknuepfung von durch Reihenaufnahmen gewonnenen Gelaendebildern*. Deutsches Patentamt, DE 0 939 713, Anmeldung vom 23.12.1954 (Erstanmeldung vom 13.08.1941).
- SCHWIDEFSKY, KURT (1956a): *Zur Charakteristik der neuen ZEISS-Objektiv fuer Luftaufnahmen*. BuL, 1956, Sonderheft zum Internationalen Kongress fuer Photogrammetrie in Stockholm, S. 47-59.
- SCHWIDEFSKY, KURT (1956b): *Ein neues Hilfsgeraet fuer die photographische Umformung von Messbildern: der REDUKTOR*. Sonderheft zum Internationalen Kongress fuer Photogrammetrie in Stockholm, S. 70-73
- SCHWIDEFSKY, KURT (1957): *Einrichtung zum Messen der Koordinaten von Messpunkten in einer durchscheinenden, ebenen, in Richtung der Koordinaten verschiebbaren Vorlage*. Eidgenoessisches Amt fuer geistiges Eigentum, CH 363 163, Anmeldung 12.08.1958 (Deutsche Anmeldung vom 20.08.1957).
- SCHWIDEFSKY, KURT (1958): *Neue Hilfsmittel der numerischen Photogrammetrie*. DGK, Muenchen, 1958, Reihe A, Nr. 28/III, Kreissl M. (Hrsg.) "Geodaetische Streckenmessung", S. 5-22, ISBN 3 7696 8119 3 (In Englisch und modifiziert: *New aids for numerical photogrammetry*. Photogrammetria, Vo. XIV, 1957/58, S. 1-15)
- SCHWIDEFSKY, KURT, & UTZ, HANS (1958): *Stereoskopisches Auswertgeraet mit Mitteln zur Erfassung von Profilen*. Deutsches Patentamt, DE 1 234 035, Anmeldung vom 09.10.1958.
- SCHWIDEFSKY, KURT (1960a): *Ueber die bei Luftaufnahmen wirksame Beleuchtung*. BuL, 1960, Heft 1, S. 46-62.
- SCHWIDEFSKY, KURT (1960b): *Kontrast-Uebertragungs-Funktionen zur Bewertung der Bildguete in der Photogrammetrie*. BuL, 1960, Heft 2, S. 86-101.
- SCHWIDEFSKY, KURT (1960c): *Ein neuer Praezisions-Stereokomparator*. BuL, 1960, Heft 3, S. 124-134.
- SCHWIDEFSKY, KURT & BRUCKLACHER WALTER (1960): *Bauelemente zur automatischen Kartierung*. BuL, 1960, Heft 3, S. 156-165.
- SCHWIDEFSKY, KURT (1963): *Grundriss der Photogrammetrie*. 6. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, 1963, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart.
- SCHWIDEFSKY, KURT (1964): *Zur leistung einfacher Doppelprojektoren*. BuL, 1964, Heft 3, S. 137-144.
- SEEGER, GUENTER & WISSEL, HELMUT (1979): *Erfahrungen mit dem Praezisionsmonokomparator ZEISS PK 1*. ZfV, 1979, Heft 4, S. 166-170.
- SEEGER, HERMANN (1970): *Erfahrungen mit dem Praezisions-Einbildkomparator PEK bei der Ausmessung optischer Satellitenbilder*. BuL, 1970, heft 2, S. 111-121.
- SEEH, JOSEF (1975): *Leiterplatten-Pruefgeraet*. Deutsches patentamt, DE 2 530 750, Anmeldung vom 10.07.1975.
- SIGLE, MANFRED (1981): *Experomental Investigation on Point Transfer. der Photogrammetrie*. Vortraege der 38. Photogrammetrischen Woche 1981, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1982, Heft 8, S. 209-224.

- SONNBERGER, HEINRICH (1951): Wechselblende fuer die Raumbildarstellung nach dem Zeitfolgeverfahren. Deutsches Patentamt, DE 0 866 905, Anmeldung vom 12.05.1951.
- SONNBERGER, HEINRICH (1953a): Vergroesserungsgeraet, insbesondere Entzerrungsgeraet. Deutsches Patentamt, DE 0 941 962, Anmeldung vom 15.04.1953
- SONNBERGER, HEINRICH (1953b): *Photographisches Vergroesserungsgeraet*. Deutsches Patentamt, DE 0 951 189, Anmeldung vom 16.04.1953.
- SONNBERGER, HEINRICH & UTZ, HANS (1954): *Entzerrungsgeraet*. Deutsches Patentamt, DE 0 963 921, Anmeldung vom 03.01.1954.
- SONNBERGER, HEINRICH (1954a): *Einrichtung zum Belichten von Hilfsabbildungen*. Deutsches Patentamt, DE 1 016 552, Anmeldung vom 26.08.1954.
- SONNBERGER, HEINRICH (1954b): *Rollfilmkameras, insbesondere fuer die Aufnahme von Luftbildern*. Deutsches Patentamt, DE 0 960 690, Anmeldung vom 27.08.1954.
- SONNBERGER, HEINRICH (1954c): *kamera, insbesondere Luftbildkamwera*. Deutsches Patentamt, DE 1 009 916, Anmeldung vom 13.09.1954.
- SONNBERGER, HEINRICH (1954d): *Ueber-Deckungs-regler*. Deutsches Patentamt, DE 1 009 916, Anmeldung vom 21.09.1953.
- SONNBERGER, HEINRICH (1954e): *Spiegelstereoskop fure die Auswertung von Luftbildern*. Eidgenoessisches Amt fuer geistiges Eigentum, CH 324 743, Anmeldung vom 10.01.1955 (Deutsche Anmeldung vom 24.02.1954).
- SONNBERGER, HEINRICH (1954f): *Stereoskopisches Auswertegeraet mit bewegbarem Bildtraeger*. Eidgenoessisches Amt fuer geistiges Eigentum, CH 327 333, Anmeldung vom 14.01.1955 (Deutsche Anmeldung vom 20.02.1954).
- SONNBERGER, HEINRICH (1955): *Filmtransportvorrichtung fuer Reihenbildkameras*. Deutsches Patentamt, DE 0 960 603, Anmeldung vom 03.02.1955.
- SONNBERGER, HEINRICH & SCHWIDEFSKY, KURT (1954f): *Luftbildkamera*. Eidgenoessisches Amt fuer geistiges Eigentum, CH 331 242, Anmeldung vom 18.05.1955 (Deutsche Anmeldung vom 13.09.1954).
- SPENNMANN, R. (1963): *Bericht ueber 9. photogrammetrische Wochen 1963*. BuL, 1963, Heft 4, S. 206-209.
- SPILLER, RODOLF (1999): *Z/I IMAGING: A New System provider for photogrammetry and GIS*. *Photogrammetric Week'99*, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 1999, S. 34-41, ISBN 3-87907 -340-6.
- STARK, EBERHARD (1977a): *Experimental investigation with ZEISS PLANITOP F2*. Vortraege der 36. Photogrammetrischen Woche 1977, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1977, Heft 4, S. 19-27.
- STARK, EBERHARD (1977b): *Results of comparative aerial triangulation with PLANICOMP, Mono- and Stereokomparator*. Proceeding of the 36. Photogrammetric Week 1977, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1977, Heft 4, S. 125-140.
- STRERATH, MARTIN (1979): *Practical experience with analytical plotters in state survey organizations*. Proceeding of the 37. Photogrammetric Week 1979, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1979, Heft 6, S. 69-73.
- STROBEL, ERICH (1969): *Erfahrungen mit dem Orthophoto bei der Fortfuehrung der Topographischen Karte 1: 25000*. BuL, 1969, Heft 5, S. 197-202.
- TANG, LIANG & HEIPKE, CHRISTIAN (1994): *An Automatic Procedure for the Relative Orientation of Aerial images*. Proceeding of the 3rd International Colloquim of LESMARS on Integration, Automation and Intelligence in Photogrammetry, Remote Sensing and GIS, 1994, S. 49-58.
- TANG, LIANG, DOERSTEL, CHRISTPH, JACOBSEN, KARSTEN, HEIPKE, CHRISTIAN & HINZ, ALEXANDER (2000): *Geometric accuracy Potential of*

- the Digital Modular Camera*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, 2000.
- TEUCHERT, WOLF-DIETER (1997): *Photogrammetrische Kamera*. Deutsches Patentamt, DE 19 714 396, Anmeldung vom 08.04.1977.
- TEUCHERT, WOLF-DIETER & HINZ, ALEXANDER (2000): *Kamera, insbesondere Luftbildkamera*. Deutsches Patentamt, DE 10 017 415, Anmeldung vom 07.04.2000.
- THOM, CHRISTIAN & JURVILLIER, ISABELLE (1993): *Experience with a digital aerial camera at Institutut Geographique national (France)*. Photogrammetric Week'93, Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe, 1993, S. 73-84. ISBN 3-87907-255-8.
- TOENNESSEN, KARL & ELLENBECK, KARL HEIKO (1981): *Datengewinnung, Datenaufbereitung und Datenverwendung für den ORTHOCOMP 22*. Proceeding of the 38. Photogrammetric Week 1981, Schriftenreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1982, Heft 8, S. 134-156.
- TRAEGER, HERBERT (1962): *Der SUPRAGRAPH*. BuL, 1963, Sonderheft November 1963, S. 139-147. (In Englisch: *The SUPRAGRAPH – A New Maximum Precision Plotter with mechanical Analog Computers*. Presented paper at the 28th Annual Meeting of the American Society for Photogrammetry in Washington, D. C., march 1962. Photogrammetric Engineering, 1963, S. 174-184).
- TULL, BERNHARD & PUSCH, HANS-DIETER (1989): *Riemenantrieb*. Europaeisches Patentamt, EO 0 403 818, Anmeldung vom 23.09.1990 (Deutsch Anmeldung vom 21.06.1989).
- UFFENKAMP, VOLKER (1986): *Improvement of digital mapping with graphics image superimposition*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vo. XXVI, 1986, Part 3/2, S. 665-671.
- UTZ, HANS (1957): *Zaehlwerk fuer rasche Zehlenfolge*. Deutsches Patentamt, DE 1 115 061, Anmeldung vom 07.09.1957.
- VOGELSSANG, ULRICH (1997): *Automated Photogrammetry with PHODIS*. Photogrammetric Week'97, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 1997, S. 25-31, ISBN 3-87907-317-1.
- WALTER, ROLF (2000): *ZEISS 1905-1945*. Boehlau Verlag, Koeln-Weimar-Wien, 2000, ISBN 3-412-11906-5.
- WEIMANN, GUENTER (1952): *Der STEREO-PLANIGRAPH – Ein Musterbeispiel unserer heutigen Leistungsfahigkeit*. ZEISS-OPTON Werkszeitung, Heft 6, Juli 1952, S. 66.
- WILLKOMM, PHILIPP & DOERSTEL CHRISTOPF (1995): *Digitaler Stereoplotter PHODIS ST – Workstation design und Automatisierung photogrammetrischer Arbeitgaenge*. ZPF, 1995, Heft 1, S. 16-23.
- WINKELMANN, GERHARD (1969): *Erfahrungen bei der Herstellung von Orthophotokarten*. BuL, 1969, Heft 5, S. 163-186.
- WOLF, KURT (1953): *Zeichenvorrichtung, insbesondere fuer Auswertegeräte von Luftbildern*. Deutsches Patentamt, DE 0 950 500, Anmeldung vom 28.11.1953.
- WUNDERLICH, WERNER (1962): *Erfahrungen mit dem Präzisions-Stereokomparator von ZEISS-AEROTOPOGRAPH*. BuL, 1962, Sonderheft, S. 122-132.
- ZEISS (1953): *Geraet zum Auswerten oder Entzerren von Luftbildern*. Deutsches Patentamt, DGM 1 735 857, Anmeldung vom 29.08.1953.
- ZEISS (1954a): *Luftbildkamera*. Deutsches Patentamt, DGM 1 711 278, Anmeldung vom 26.08.1954.
- ZEISS (1954b): *Geraet fuer die stereoskopische Auswertung von Luftbildern*. Deutsches Patentamt, DGM 1 767 221, Anmeldung vom 14.09.1954.
- ZEISS (1958a): *Zeichenvorrichtung fuer Auswertegeraete*. Deutsches Patentamt, DGM 1 778 788, Anmeldung vom 04.10.1958.
- ZEISS (1958b): *Vorrichtung zum Anspitzen der Minen einer Zeichenvorrichtung*. Deutsches Patentamt, DGM 1 778 514, Anmeldung vom 07.10.1958.

- ZEISS (1959): Schreibgeraet zum Beschriften von photographischem Material. Deutsches Patentamt, DGM 1 791 518, Anmeldung vom 28.04.1959.
- ZEISS (1980): Orthophotokartiergeraet. Deutsches Patentamt, DGM 8 033 473, Anmeldung vom 17.12.1980.
- ZEISS (1998): *CARL ZEISS beteiligt sich an US-Firma*. PFG, 1998, Heft 2, S. 121-122.
- ZEISS-AEROTOPOGRAPH (1951): *Vorrichtung zum registrieren der Messwerte bei Bildmessgeraeten*. Eidgenoessisches Amt fuer geistiges Eigentum, CH 304 066, Anmeldung vom 04.08.1952 (Deutsche Anmeldung vom 18.08.1951).
- ZEISS-AEROTOPOGRAPH (1953a): *Spule fuer Entwicklungsgeraet fuer Filmbaender*. Deutsches Patentamt, DGM 1 663 739, Anmeldung vom 20.07.1953.
- ZEISS-AEROTOPOGRAPH (1953b): *Vorrichtung zum selbsttaetigen Umschalten des Antriebs der Spulen*. Deutsches Patentamt, DGM 1 682 533. Anmeldung vom 20.07.1953.
- ZEISS-AEROTOPOGRAPH(1953c): *Vorrichtung zum Antrieb der Spulen eines Entwicklungsgeraetes fuer Filmbaender*. Deutsches Patentamt, DGM 1 683 397. Anmeldung vom 20.07.1953.
- ZEISS-AEROTOPOGRAPH(1954): *Sterteoskop*. Deutsches Patentamt, DGM 1 686 660, Anmeldung vom 15.10.1954.
- ZIPPELIUS, KURT (1979): *Neue Anwendungen analytischer Auswertegeraete in der Flurbereinigung*. Vortraege der 37. Photogrammetrischen Woche 1979, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1979, Heft 6, S. 85-98.
- ZUGGE, HANNFRIED (1989): *RMK TOP – The new Aerial Survey Camera System from CARL ZEISS, Oberkochen*. Vortraege der 42. Photogrammetrischen Woche 1989, Schriftreihe des Instituts fuer Photogrammetrie der Universitaet Stuttgart, 1989, Heft 13, S. 79-86. (In Deutsch: *RMK TOP – das neue Luftbildkammersystem von CARL ZEISS, Oberkochen*. ZPF, 1990, Heft 2, S. 49-53)