

標本調査を目的とした林型の 図化に関する研究

中 島 巖⁽¹⁾

ま え が き

土地利用の合理化と、天然資源の適切な経営に対する計画は、できるかぎり詳細な、そして新しい資料によらなければ発展を期待することはできない。

これに対して、航空写真が最も正確な現状の資料を広く、また短期間のうちに提供することができる利点をもつことについては疑いがない。現在世界各国において、いろいろの調査部門で航空写真の利用される範囲と量は急速に増加してきている。過去においても写真の利用価値は常に認められ、その発展が期待されていたが、飛行機や機械設備をはじめとしてその利用条件は今日ほど恵まれたものではなかつた。高度に発達をみた図化の部門に加えて、写真像の解析に基づく直接的な写真応用分野の進歩が最近における利用の拡大と多目的化をもたらしたのである。すなわち、地表面に存在する事物の写真像による分析とそれによる量および質的な推定の応用である。

林業部門にあつても、現在その開発に、また経営に多かれ少なかれ航空写真を利用しない国はないといふことができる。そしてその最も大きい部分を占めるものの一つには、面積図および地形図に森林資源の内容の分類を加味した林業用図面の作成があり、それに基づく野外調査への直接利用がある。

写真の利用方途からみて、林業の形態を大別すれば開発林業と集約林業に分けることができるといえる。第二次大戦以前における林業に対する事業的な写真利用は、そのほとんどが従来計画的な林業経営の行なわれていなかった広面積林地を対象とするもの、すなわち前者であり、今日にあつても旧植民地およびその他の新興国地域の開発に広く実施され、第二次大戦後いつそうの進歩をみせている。一方後者、すなわち欧州各国を主体とする既往から計画的な林業経営が実施され、森林資源の高度な利用が期待される地域における写真の応用は、経営のいつそうの集約化と近代化を期待させるものであり、限られた労力、経費の条件において、より有効な調査資料を得ようとするものである。

この部門はすでに 19 世紀末から、主としてドイツにおいて理論的に、また試験的な研究が繰り返され、実務への応用が進められてきたが、最近これが飛躍的な発達をみつつあるのは第二次大戦以後における写真光学、航空写真の機械ならびに資材の著しい進歩と、広く一般産業からの要請に基づくものである。この部門には今後いつそうの広汎な発展が予期されるとともに、なお解決を要する幾多の問題を含んでいる。

著者は 1958 年 12 月から 1959 年 10 月まで森林航空写真応用の研究を進めるため、国際航測研修所 (International Training Center for Aerial Survey. オランダ、デルフト所在) に滞在し、その間に、スイス連邦、ベルン州山林局の依頼による同国森林に対する標本調査の実施と、それにともなう林型分類

(1) 経営部経済科測定研究室員

図の作成方法の研究をスイス国立林業試験場との連携のもとに実施した。本報告は上記集約林業に対する写真応用の諸問題の一端、ならびに森林調査に対する一手法を示すものである。

なお本研究の実施は I. T. C. 森林部長 Dr. A. D. BOON, スイス国立林業試験場長 Prof. A. KURTH の全般的事項に対する指導と助言, およびスイス国立林業試験場 Dr. P. SCHMID, Dr. GROWNA, ベルン州山林局 Stadt Forestmeister Dr. H. RIS の各氏の協力を得たものである。また本論文の要旨は Dr. BOON によつて I. T. C. publication B. 4, (1960) に発表した。

§ 1. スイス経済林における林型区分図の作製

1—1 概況

スイス経済林は原則として全林毎木調査が実施されている。得られる資料は胸高直径 16 cm 以上の全立木についての輪尺による直径測定値であり、地域別林分材積表を適用することにより林分材積を求める。したがつて地域全体の総材積はその積上げ値により求められる。

この方法によつては、対象とする調査林分全体の材積をうることはできるが、各林型別による材積の配分状況や、その位置的配置の資料をうるためには、目的に応じた林型分類図に基づく調査を行なわねばならない。そしてこの林型分類図の作成は、航空写真の利用によらなければ効果的に行なうことができない。

従来スイス森林においては航空写真の利用は、教育目的以外に一部の山岳地帯の保安林について行なわれ、また 1958 年に Orsieres 国有林において試験目的のために実施せられたにとどまり、集約的な経済林の経営に応用せられたことはなかつた。スイス林業にあつてはなぜ今日まで、写真利用がそれほど行なわれず、普遍化しなかつたのであろうか。その第一の原因は、同国の経済林が他の、たとえばドイツ、スエーデンを主とする欧州諸国の経済林に比べて全く林況を異にしたものであつたからである。すなわち、過去長期間にわたつて行なわれてきた小面積択伐による独特の更新作業の結果、森林は多数の小面積の林分により構成され、しかも各林分は林齢、林相ともにきわめて区々な様相を呈しているので、皆伐作業が現在最も一般的な作業法である他の諸国の林地にくらべて、写真の判読利用を非常に困難としていたのである。

しかしながら、この写真利用に困難をもたらしているその原因自体がかえつて今日スイス森林の林型図化の作業に、写真の応用を不可欠とするものとなつたのである。

そしてこの林型分類図の精度は、今後の森林調査において、全林毎木法に代わつて全面的におこなわれるであろう森林の標本調査の効率に、根本的な影響を及ぼすものである。

1—2 調査地の林況

研究対象地としたベルン州有林は、ベルン市を中心として約 10 km の半径内に位置し、アーレ河(Aare)によつて両断される起伏する河岸段丘にある。下層は塊状の砂岩で、上面は堆積土および洪積層礫である。標高は海拔 600 m から 800 m の間にあり、西部の森林の標高は 550 m から 650 m で、河岸に面した部分は急斜面をなす。道路網は非常によく発達し、木材需要の増大にともなつて、木材の価額は急激に上昇をつづけており、この森林の ha あたり年収益は 1957 年において Fr. 61.-であつた。

調査した州有林の総面積は 3,024 ha であり、それは下記の各団地に分かれている。

Spielwald	248
Bremgartenwald	618
Könizbergwald	229
Gurtenwald	42
Grauholz	162
Sädelbachwald	205
Kleine Wälder	138
Engewälder	105
計	3,024 ha

1—3 撮影と写真条件

調査森林は数個の群に分かれて散在しているので、全林分を等間隔平行航路線で撮影することはできなかった。経費上の問題もあるが多くの団地は単一航路による撮影で被覆され、大面積の団地のみが2～3航路により撮影された。

撮影方向は東西を原則とし、特別な配列をなしている団地についてのみ西南から東北へ方向を取った。全航路の数は16、全写真枚数は103枚である。

カメラは Wild RC 5, 焦点距離 151 mm, インフラゴレンズ, 赤外線フィルム, 赤色フィルター併用, 縮尺約 1/10,000, Kel-O-Watt 焼付。

写真性能はきわめて良好で調査目的に十分な効果を示した。

1—4 林況の概要

この地方においては欧州トウヒ (*Spruce, Picea excelsa*) が優勢木であるが、標高が高くなればややその数を減ずる。ストロブ松 (*Pinus strobus*) とダグラス・ファー (*Pseudotsuga Douglassi*) は生産材として重要であり、造林木の大半を占める。また欧州カラマツならびに日本カラマツの成長も良好である。広葉樹の優勢木はブナであるがこれも標高が高くなるにしたがい減少する。

これらは典型的なスイス森林の状態を示している。

生産材の比率から見た各樹種の構成は下記のようなものである。

針 葉 樹		広 葉 樹	
モミ	} 66.9%	ブナ	13.6%
欧州トウヒ		カシ	0.7%
ダグラスファー		その他	1.3%
マツ	6.3%		
ストロブマツ	2.4%		
欧州および日本カラマツ	0.7%		
その他	8.1%		
計	84.4%		15.6%

生産材は用材 54 %, 小丸太材 8 %, 薪炭材 38 % である。

1—5 林型分類

林型の分類は平均樹高とその構成を基準とし、樹種は針、広のみに分類した。すなわち適用した分類系

は、

A. 樹種構成記号

針葉樹林 (C) 広葉樹林 (H) 混交林 (M)

針葉樹または広葉樹の樹冠占有比率 80 %以上のものを純林とし、20~80 %のものを混交林とした。

B. 樹高階

幼齡林 0~10 m (Y)

若齡林 10~20 m (S)

壯齡林 1. 20~25 m (B₁)

〃 2. 25~30 m (B₂)

老齡林 30 m 以上 (O)

C. 樹冠密度階

老齡林は樹冠被覆度 50 %以上 (O₁) と 50 %以下 (O₂) の 2 層に分ける。50 %以下の林型は下段に更新が進展していることを原則とする。

上記を取りまとめれば下記の各林型となる。

	針葉樹	広葉樹	混交林
若齡林	C S	H S	M S
壯齡林 1.	C B ₁	H B ₁	M B ₁
〃 2.	C B ₂	H B ₂	M B ₂
老齡林 1.	C O ₁	H O ₁	M O ₁
老齡林 2.	C O ₂	H O ₂	M O ₂
幼齡林	Y		

すなわち、16 の型である。

最少の区画面積は 1/4 ha とした。

1-6 写真判読の方法

写真判読は像のコントラスト、色調、感触の差、また樹冠の配置と型、平均樹高の相違を測定して行ない、主として反射立体鏡により拡大レンズを使用して実施した。

各林型の判読境界線は赤および青インキで写真上に Rapidograph OO* で記入し、それぞれ上記の記号を記入した。樹冠像の相違は分類にきわめて有効であり、特に針葉樹にあつてはほとんど完全に行ないうる。

判読作業の実施に先だつて他のスイス森林の判読例写真の観察練習により、スイス森林の林況の予備知識をうることを計った。この作業には Old-Delft 双視立体鏡による 2 人の同時観察が非常に有効であつた。

林型界の判読に先だち 1/25,000 地形図を参照して対象林分の境界線を写真上に記入した。

1-7 細部移写

判読した林型境界線を 1/5,000 および 1/7,500 の透明板面積図 (Transparent planimetric map. マ

* 写真用万年筆細線用

イラーベースによる)に移写した。この作業には Zeiss Sketchmaster を用いた。

最初この線は鉛筆で記入し、後に点線でインキ記入した。この図面から現地検討用の図を複製した。

写真判読とこの作業の工程にのべ 63 人日を要した。

1-8 現地検討

現地検討は判読境界線の位置および判読林型の確認に必要であり、この作業によつて、内業における誤りを除くこと、また同時に撮影時以後の森林状態の変化を調査し補正することができる。

現地検討は2名1組となり、1名は判読図をもつて調査路線を指示し、特に検討すべき点に誘導する。他のものは写真を持ち判読を実施する。そして現地において問題点についての討論を行ない決定をする。

更新、植林等の幼齢林は、写真上で見誤り、また見落とされやすく、同時に最も時の経過による変化の多いものであるので、注意深く検討しなければならない。

1-9 最終図の作製

現地検討によつて訂正、補正せられた部分は、図の原紙上に移写、補筆を行なう。場合によつてはそのために新しい写真上に再判読による新境界線を作製しなければならない。

この判読結果はいうまでもなく、現地検討の結果とそれ以前の判読結果と、注意深く比較される。以前の判読境界線は変更の必要が認められないときには、原図はそのまま有効である。

最終原図の作製が終われば、それを複製し、各林型別に色分け彩色を行なう。彩色はカラー鉛筆で行なわれ、その後この効果を増すためと脱色を除くためにプラスチック液の吹き付けを行なつた。

§ 2. 現地検討実施前後の判読結果の比較

調査地のうち特に典型的なスイス経済林の状態を示す1団地 Bremgartenwald (618 ha) を選び、現地検討実施前後の結果を比較することにより写真判読の精度を検討した。

比較は現地検討実施前と後の2枚の林型区分原図の同一林型面積を点格子法によつて測定し、この数値の比較を行なつた。使用した点格子は1 ha あたり 16 個の点をもつもので、1点あたり 0.0625 ha を代表するものである。区分林型の面積の標準誤差は1~3 ha の間にあることを目標とした。

この2つの異なつた林型図の比較は次ページの表に示すようである。

この表において、

Aは現地検討前の各林型面積と百分率。

Bは “ 後 ”

CはAとBの差。

Dは現地検討により判読林型に変化を生じなかつた部分の面積と百分率。

EはAとDの差(Aのうちで誤読された面積)。

FはBとDの差(Bのうちで誤読された面積)。

表に示された結果から下記の結果が知られた。判読境界線の位置はほとんどが正確で、ことに樹種区分間においては正確である。針葉樹と広葉樹の区別は特に明りようである。混交林にあつては正確な境界線が誤られている場合があつた。小面積の更新地、植栽地の幼齢林は、ときには上層木の樹冠に被覆されて見落とされる場合を生じており、また伐採造林や樹高成長により最も大きな変化を撮影時から調査時までの間に生じていた。

	A		B		C		D		E	F
	ha	%	ha	%	+	-	ha	%	ha	ha
針 葉 樹 C										
若 齡 林 CS	7.3	1.1	7.1	1.1	0.2	—	6.2	87	1.2	0.9
壯 齡 林 1 CB ₁	28.6	4.4	34.8	5.0	—	6.2	27.1	78	1.5	7.7
2 CB ₂	92.2	14.2	69.9	11.3	22.3	—	66.5	95	25.7	3.4
老 齡 林 1 CO ₁	119.5	18.4	123.5	17.7	—	4.0	101.5	82	18.0	22.0
2 CO ₂	27.3	4.2	46.0	7.9	—	18.7	26.3	57	1.0	19.7
計	274.9	42.3	281.3	43.0	—	6.4	227.6	81	47.3	53.7
広 葉 樹 H										
若 齡 林 HS	32.9	3.1	40.1	5.8	—	7.2	27.5	68	5.4	12.6
壯 齡 林 1 HB ₁	41.8	6.4	37.5	5.8	4.3	—	32.9	88	8.9	4.6
2 HB ₂	51.6	8.0	27.3	4.2	24.3	—	23.8	87	27.8	3.5
老 齡 林 1 HO ₁	7.6	1.2	31.4	5.2	—	23.5	7.5	24	0.4	23.9
2 HO ₂	7.8	1.2	8.5	1.3	—	0.7	7.5	88	0.3	1.0
計	142.0	21.9	144.8	22.3	—	-2.8	99.2	68	42.8	45.6
混 交 林 M										
若 齡 林 MS	6.3	1.0	3.8	0.6	2.5	—	3.7	97	2.6	0.1
壯 齡 林 1 MB ₁	12.3	1.9	14.9	2.3	—	2.6	9.4	63	2.9	5.5
2 MB ₂	51.6	8.0	21.9	3.4	30.0	—	17.0	78	34.9	4.9
老 齡 林 1 MO ₁	42.9	6.6	50.2	7.7	—	7.3	34.2	68	8.7	16.0
2 MO ₂	27.9	4.3	26.2	4.0	1.7	—	20.4	79	7.5	5.8
計	141.3	21.9	117.0	18.0	24.3	—	84.7	72	56.6	32.3
幼 齡 林 Y	36.0	5.6	52.3	8.5	—	16.3	30.8	56	5.2	21.5
未立木地	23.8	8.3	22.6	8.2	—	1.2	22.6	100	1.2	—
総 計	618.0	100.	618.0	100.	—	—	464.9	73	153.1	153.1

同一の林型のうちでは、正確な樹高級の確定に誤りを生じた部分がある。

これらの誤読はそのほとんどは隣接林型級との誤読である（F行参照）。特に針葉樹の老齡林型2と広葉樹の老齡林型1は大きな相違を示した。

この2林型について特に誤読の内容分析を行なった。

A. 針葉樹 老齡林型2

（E行から）1.03 ha が他の林型を誤読していた。その内容はY (0.58 ha), MO₂ (0.15 ha), MB₂ (0.24 ha), CB₁ (0.06 ha) である。

（F行から）19.7 ha が下記の林型に誤読されていた。

	CO ₁	CB ₂	CB ₁	MO ₂	MO ₁	MB ₂	HB ₂	Y	計
ha	13.7	1.6	0.2	2.0	1.0	0.8	0.2	0.2	19.7
%	69	8	1	10	5	4	1	1	100

B. 広葉樹 老齡林型1

（E行から）0.1 ha が HB₁ と HO₁ を誤読していた。

（F行から）23.7 ha が下記の林型に誤読されていた。

	HB ₂	HB ₁	MO ₁	MB ₂	CB ₂	CO ₁	計
ha	14.1	3.1	0.3	5.7	0.5	0.2	23.7
%	59	13	1	24	2	1	100

これらの結果は、写真判読による林型の確認は、特にその林型がひとつの型から次の型に漸次変化して

ゆく時には困難な場合があることを示している。特に樹高階による区分について、その境界線を確定し得ない場合を生ずる。すなわち、この区分は単なる平均樹高のみでなく、樹冠密度、成長、下部更新もこれに関連しており、現地検討の際にもしばしば議論の生じた問題である。そしてこれはまた造林作業や森林経営の方法にも大いに左右される事項である。写真判読にあたって、判読者が実施以前にその現地を踏査し、その状況を知ることはこの点からも必要で望ましいことである。

このような複雑な森林にあつては完全な 100 % の現地検討をしなければならぬことをこの結果は示している。

§ 3. スイス経済林に対する標本調査法

3-1 概要

前に記したとおり、スイス経済林に対しては標本調査法が大規模に行なわれたことはなく、経済林に対しては 100 % 毎木調査が行なわれてきた。

最近にいたり、全スイス森林地帯に対し、標本調査法を導入することが強く要望されるにいたつてきた。それはこの方法によつて、正確な資料を、迅速に、そして限られた経費と労力によつて求めうる可能性が認められてきたからである。

3-2 標本調査計画の概略

スイス経済林に対する標本調査計画の実施にあたり、スイス西南部の Orsieres 地方の森林はまず第一段階として、その生産手段と経営状態によつて下記のように分類された。

生産級 1 路網が完備し、集約な経営によつて継続的に材の生産を目的とする林分。

生産級 2 地型が急峻で索道によつて材の搬出が行なわれ、前者よりも長い輪伐期を必要とする林分。

生産級 3 牧畜による被害、高地または地形的な条件から疎放な経営が行なわれ、路網の不十分な林分。

生産級 4 自家用または部落用薪炭材の生産を目的とするもの。

山岳林 保安林。

各生産級はそれぞれ次の経営目的により細分された。

Cl 1 継続して材の生産を維持し、現在の林分構造に変化を期待せぬ林分。

〃 2 継続して生産は維持するが、将来現在の林分構造を変化せしめる可能性のある林分。

〃 3 将来現在の林分構造を変える予定のもの。

〃 4 皆伐作業を実施するもの。

〃 5 山岳林に編入するもの。

これらの分類にしたがつてそれぞれ調査の期待精度を下記のように決定した。

	総材積	成長量
Cl 1	± 5	±10
〃 2	± 7	±15
〃 3	±10	±20
〃 4	± 5	±10

この調査実施に要する林型区分図の適正縮尺は 1/10,000 および 1/5,000 であり Photo-plane (写真

図)も同一縮尺とした。

プロットの形状は円形とし、その大きさは齢級に従い変更することとし、その半径を下記に決定した。

プロット半径 1プロットに対するサンプリングha

林型群1	幼齢および若齢林型	3.35 m	0.35 ha
〃 2	壮齢林型	6.63 m	1.38 ha
〃 3	老齢林型	13.26 m	5.5 ha

立木材積の計算には地方林分材積表を使用し、プロット位置は林型図上に方眼線を引きその交点を当てた。その数は1haあたり1プロットであり、プロット間隔は100mごとである。

3—3 調査の準備

下記の調査準備を立案した。

1. 写真判読による林型区分図の作製。
2. 地型の変化に応じた局部偏歪修正による Photo-plane (写真図) の作製。
3. 林型区分図上でのプロット位置の決定とその Photo-plane 上への移写。
4. 点格子法による各層面積の決定。

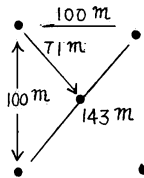
ホールソートカードの準備。

正確なプロット抽出率は要求される精度により異なる。これはまた対象林分の構造により異なる。

またプロット抽出率はプロット間隔により異なるので、その間隔を変えることによりこれを変更する。すなわち下記のようなのである。

1haあたりプロット数	プロット間隔
1	100 m
1/2	143 m
2	71 m

このような方法の利点は、調査にあたって抽出率を随時変更しうる点にある。すなわち下記のような配置となる。



3—4 現地調査の実施

現地調査は下記の段階により実施することとした。

1. プロット原点の設定 この作業はコンパスと測鎖により正確な原点位置を定める。
2. プロット半径の決定 林型ごとに選定した半径を採用。
3. 材積調査の実施。

4. Bremgartenwald の適用例

Bremgartenwald の林分構造については先にあげた表のB行で知られた。この林分は生産級1に属

し 1 ha あたり 1 プロットの比率が適用される。この抽出率に従った各層のプロット数は下記のようにである。

	若齢林型	壮齢林型	老齢林型	計
針葉樹	15	105	170	290
広葉樹	40	65	40	145
混交林	10	35	75	120
幼齢林	50			50
計				605

5. 結 び

写真判読による林型分類図に基づいた標本抽出調査の実施結果、ならびに最終的な経済的な効果については、本報告において取り上げることができない。しかし対象とする林分面積が過少なものでないかぎり写真の利用が森林調査の正確度を高め、より集約な資料を与えるものであることは明らかである。

林型分類図の作成に関しても、もし写真を使用せぬとすれば、たとえそれが不可能でないとしても同じ精度のものを作製するには非常に多くの労力と日時を要し、ほとんど不可能に近い。そして森林の構成状態が複雑であればあるほど、また経営が集約であるほどますます写真応用の必然性は増加する。

ただし写真利用の成果は、現地検討の作業と密接に関連するものであり、その精度はこの組合せによつてのみ十分な効果を上げうる。

また現地作業の実施にあたって、判読結果の検討と同時に適切な目標物の刺針を実施することは、移写作業の精度と能率をますものである。原図上へ判読細部の移写を行なうにあたっては、スケッチマスターまたは投影器等の簡易な器材が有効であり、より精度の高い機械類（たとえば Stereo-top など）を使用する必要性は少ない。

なおこの調査に使用した赤外線写真の性能と縮尺は、きわめて満足すべきものであつた。

文 献

- 1) ADAMS, T.: Essentials of aerial surveying and photo-interpretation. New York, (1944)
- 2) BAUMANN, H.: Forstliche Luftbild-Interpretation. Band 2, Tunbingen, (1958)
- 3) EARLDEY, A. J.: Aerial Photographs; their Use and Interpretation. New York, (1942)
- 4) HART, C. A.: Air photography applied to surveying. New York, (1940)
- 5) Ch. XII: Manual of Photogrammetry. Washington, (1952)
- 6) SMITH, H. T. V.: Aerial Photographs in Forestry. (1943)
- 7) SPURR, S. H.: Aerial Photographs in Forestry. (1948)
- 8) SPURR, S. H.: Forest Inventory. (1948)
- 9) Burgerliches Forstamt Bern.: Jahresbericht 1956~1958.
- 10) Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen.: Arbeitsbericht über die Aufnahmen und deren Auswertung für den W. P. Orsieres Zürich. (1958)
- 11) Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen.: Forsteinrichtung Orsieres Zürich. (1958)

Forest Type-mapping in Combination with a Forest Sampling Project

Iwao NAKAJIMA

(Résumé)

The application of aerial photographs for forestry purpose has been considered as highly important for forest management in recent times, and their frequency in forest surveys has been increasing year by year in every country of the world.

However, there are many problems still to be solved if we are to get the forest data more accurately and more efficiently by the use of air-photos at the intensive forest area as in many European countries or Japan.

In this report, the author describes and gives an example of forest survey method in which the use of aerial photographs for such intensive forestry purpose has been made.

The author was at the International Training Center for Aerial Survey in Delft, the Netherlands, from Dec. 1958 to Nov. 1959 for studying the application of air-photos in forestry. During that time the author carried out researches in forest type-mapping in combination with a forest sampling project for intensive Swiss forest with closed contact of "Burgerliches Forstamt Bern" and "Anstalt für das Forstliche Versuchswesen, Zürich" under the guidance of Dr. D. A. BOON (I. T. C.) and Prof. A. KURTH (Sweitz).

The main part of this report consisting of the author's final report for I. T. C. 1959 and a part of this description has been published by Dr. BOON as an I. T. C. publication B4. 1960.

1. Forest type-mapping in Switzerland

1.1. General remarks

The normal way in which forestry inventory in Switzerland was made, was by making a 100% cruise.

The total volume of a certain forest tract can be obtained by addition of the individual values.

By using this method a total estimate of the timber volume for a certain forest part can be obtained, but no information is available of the distribution of this total volume over the different forest types. Such information can be obtained only from a forest type-map and the preparation of such a type-map is possible in an efficient way only by using aerial photographs.

The reason why the application of aerial photographs has so far not been very popular in Swiss forestry, can be found in the fact that forest conditions in Switzerland are rather complicated as a result of particular regeneration systems (improvement felling systems). As such systems have been applied over a long period of time in Switzerland, this resulted in unevenaged stands, with a high degree of mixture, whereas the type units are relatively small; therefore the result is quite different from that in other European countries, where the clearcutting system is still the most popular one.

Although by these facts the application of aerial photographs is rather difficult, this typical forest condition in Switzerland is the reason, and without the application of aerial

photographs type mapping work is hardly possible. Taking further into consideration that there is a tendency to switch over from the 100% cruise system towards sampling methods, by which only a small fraction of the total area has to be measured, it will be realized how important the construction of a good type map must be as a base for an efficient sampling system.

1.2. Local condition of the surveyed forests

The Community forests of Bern, in which this fieldwork was done, are situated in the surroundings of Bern, within a radius of 10 km from the centre of this city. The forests are situated upon an undulating plateau crossed by the river Aare.

The mean elevation of these parts varies between 600 and 800 m above sea-level. In the western parts the forests are situated at an altitude of about 550 to 650 m, with steep escarpments towards the river. The total area of the Community forests is 3,329 ha, and from this total area 3,024 ha was surveyed.

1.3. The flight plan and photographic qualities

As the individual forest tracts are scattered over the whole region with some occasional groups, it was not possible to cover the whole region with a complete coverage of flight lines upon equal distances and in the same direction. The flight plan was made in such a way, that most of the forest tracts were covered by one single strip. Only in some larger tracts were more adjoining strips situated.

The direction of the flight lines was in general east-west, but in some cases, depending upon the particular boundary situation, the direction of the flight lines was south-west to north-east.

The whole region was covered by 16 runs and a total of 103 exposures. Photographs were made with a Wild RC 5 camera, focal length of 151 mm and with infrared film (infragon + red filter). The date of exposure was 6 and 14 June 1958. The quality of the photographs was quite sufficient for interpretation purposes; in particular the tone differentiation between the coniferous species and the hardwoods was quite apparent.

1.4. General composition of the forest

In this region Spruce is the prevailing tree species, but with a slight decrease towards the higher elevations. White Pine (*Pinus strobus*) and Douglas Fir (*Pseudotsuga Douglasii*) are important for timber production as these species attain exceptionally large dimensions, whereas the Larch also shows good growing conditions. The hardwoods are predominantly composed of Beech, which also show a decrease in the higher parts. Further, the total appearance of the forest is typical for Swiss forest conditions as already mentioned.

1.5. Classification of forest types

The classification of forest types was based upon average stand height and its composition. The differentiation of the forest composition was only based upon the difference between Coniferous trees and Hardwoods. By using this method the following classification system was obtained:

A. According to forest composition

aa. Coniferous (C)

bb. Hardwoods (H)

cc. Mixtures (M)

Over 80 % of coniferous or hardwoods in the crown canopy was classified as pure, whereas a participation of 20~80 % of one of these groups was classified as

mixture.

B. According to stand height

- aa. Young stands 0~10 m
- bb. Immature 10~20 m
- cc. Pole timber 1 20~25 m
- dd. Pole timber 2 25~30 m
- ee. Full timber over 30 m

C. According to crown density

Within the full timber group a sub-differentiation was made according to the crown density. The following 2 density classes were indicated:

- aa. Over 50%
- bb. Under 50%, indicated as open, mostly old stands where the natural regeneration already was coming in.

This method of type classification results in the following system;

Young (Y)

	Coniferous	Hardwoods	Mixture
Immature	CS	HS	MS
Pole timber 1	CB 1	HB 1	MB 1
Pole timber 2	CB 2	HB 2	MB 2
Full timber 1	CO 1	HO 1	MO 1
Full timber 2	CO 2	HO 2	MO 2

or in total 16 different types.

The minimum area to be differentiated is $1/4$ ha.

1.6. Method of photo interpretation

The interpretation of the photographs was done by observation of differences in contrast, tone and texture; by determining special features in crown distribution and crown shape and by measuring differences in the average stand height. This work was done under the mirror stereoscope using binocular enlargement.

The boundaries of each type were marked with red and blue ink upon the photographs using a Rapidograph OO, whereas each type area was indicated with the corresponding type symbols as referred to above. The different crown images proved to be very useful as a classification indicator, especially in the coniferous stands.

Before starting with the interpretation of the Bern region, the tract boundaries had to be indicated upon the air photographs by comparing the boundary situation indicated upon the topographic map 1: 25,000.

1.7. Transfer of detail

The definite type boundaries obtained by interpretation were transferred upon transparent planimetric maps, with scales varying between 1: 5,000 and 1: 7,500. For this purpose the Zeiss Sketchmaster was used. From these annotated maps lightprints were made to be used in the field.

This work and the preceding photo interpretation had to be carried out by 3 persons in the time of 3 weeks.

1.8. Field-check

This work was necessary to check the boundary location and the identification of the different types in the terrain. By doing this work, possible misinterpretations made during

the office work were established and also possible changes in the forest composition after the photos are made, were indicated.

Young stands had to be studied carefully, because sometimes they were not clearly visible upon the photographs as the individual areas were mostly very small. Further, since the moment of exposure, one year passed before the field-check was made, so there was a big chance that since that time new plantations were made which were not present at the moment of exposure.

1.9. Construction of the final map

The corrections made during the field-check, after returning to the office, were transferred to the original transparent maps. If necessary a new interpretation was made upon a duplicate set of photographs. The result of this interpretation was compared with the field-check and with the former interpretations before the field-check was made.

After the final map was completed, it was printed using light printing, and afterwards each print was colored to get a good overall impression of the distribution of types within the different areas. Coloring was done with color pencil and afterwards the maps were sprayed with a plastic liquid.

2. Comparison of interpretation results before and after field-check

To compare interpretation results before and after field-checking, the forest of Bremgartenwald was taken as an example. This was done because Bremgartenwald is rather complicated in its composition as a result of intensive management procedures in the past, and therefore a good example of interpretation difficulties typical for the Swiss forests.

The comparison was made by dot counting of 2 different type-maps of the same area, one prepared before the field-check and the other after the field-check.

For this purpose a dot grid was used with 16 dots per *ha*.

The results of these 2 different area determinations are given in table (p. 166). In this table the following indications are used:

A : Type area before field-check.

B : Type area after field-check.

C : Difference between A and B.

D : Part of type area in which the interpretation result conformed to the situation after the field-check.

E : Difference between A and D.

F : Difference between B and D.

From the results of comparison indicated in this table, the following conclusions can be made. The situation of the type boundaries was in general correct; this was especially true for the boundaries between the different forest compositions. In particular the differences between the coniferous groups and the hardwoods were always clearly visible in the photographs. For the mixtures sometimes errors in the exact boundary location were made. Young stands were sometimes overlooked in the photographs, as they were obscured by the crowns of the overcovering trees; furthermore, a part of the young stands were made after the time the exposure was made.

Within the same composition class mistakes were often made in the exact height class indication. These misinterpretations were in general not more than one class interval (see for instance the records under column F).

Especially the coniferous full timber 2 group and that of hardwood full timber show large differences.

For that reason a special analysis of the misinterpretations was made for these 2 special groups.

These result are shown in p. 166. This is an indication that under rather complicated forest conditions, as was demonstrated by the Bremgartenwald, it is absolutely necessary to make a 100% field-check.

3. Sampling methods applied in the Swiss forests

3.1. General remarks

As already mentioned, so far sampling methods had never been applied in Swiss forestry on a large scale.

However, the necessity to introduce sampling methods in all Swiss forest regions is in recent times strongly recommended, as by such methods there will be a larger possibility of getting accurate information in shorter time, and with a limited amount of cost and labor. For that reason the local Forest Service of the Community forests of Bern was highly interested in the application possibilities of sampling work within this forest region.

3.2. General design for a sampling survey

To get better information about the general design for a sampling scheme under Swiss forest conditions, reference could be made to the sampling methods applied in Orsieres, situated in the south-west part of Switzerland.

Depending upon local topographic conditions, it is sometimes advisable to divide the forest region into different production classes. For the forests of Orsieres 5 production classes could be indicated:

As management procedures to be applied in these different production classes could not be simillar in actual practice, the following systems are indicated for the different classes:

- Cl. I Managed under sustained yield conditions, with no change in the type composition.
- Cl. II Managed as under I but with a possibility that the forest composition is apt to change in the future.
- Cl. III Forests with possible chance for production in the future.
- Cl. IV Forests to be converted by clear felling systems.
- Mont. For. Not influenced by exploitation.

Based upon these differences in management procedures, also different standards of accuracy in the computation of these forests had to be applied:

The most appropriate scale for type-map construction for such a sampling survey is 1: 10,000 or 1: 5,000. The scale for the photoplan should be equal. Based upon the type-map, different height classes can be differentiated. As it will be advisable to take smaller plot areas in the younger classes then in the older ones, the following plot radias are indicated for the different type groups:

		Plot radius in <i>m</i>	Sampling % for 1 plot per <i>ha</i>
Type group 1	Young and immature stands	3.35	0.35
Type group 2	Pole timber stands	6.63	1.38
Type group 3	Full timber stands	13.26	5.5

For the calculation of the standing timber volume local tables are used; the position of

the plots is located upon the type-map by a systematic latticework system. One plot per *ha* corresponds with a distance between the plots of 100 *m* in a square coordinate system.

3.3. Preparation of a working plan

To be able to carry out the survey in a systematic order the following working plan was prepared:

- 1) Construction of the type-map based upon interpretation of aerial photographs.
- 2) Construction of photoplans by making an assembly of partial rectifications of the air photos according to the slope direction.
- 3) Location of sample plots upon the map after the correct sampling intensity is determined (distance between the sample plots). Each sample plot location has to be transferred from the type-map towards the photoplan, for a better location in the terrain.
- 4) The determination of the surface of individual type-areas by dot grid counting; then the resulting area estimates are marked upon the punch cards for further computational work.

As the sampling intensity is determined by the distance between the plots in a squared lattice system, it will be advisable to select such values for distances that correspond with simple figures for the number of plots per *ha*.

3.4. Execution of the fieldwork

The execution of the field work can be divided into the following stages.

- 1) Location of the sample plots in the field. This is obtained by determining the plot centres by pacing off and using a compass for the exact bearing. Under difficult terrain conditions, where pacing off the distances between succeeding plot centres is hardly possible, the use of the annotated photoplan can be very handy.
- 2) Determination of the plot-radius (different radius for different type groups), and measurement of the timber volume for each plot.

4. Application of sampling in the Bremgartenwald

The type composition of the Bremgartenwald is already demonstrated in the table discussed in Chapter 4 in the "B" column. As this forest tract belongs to Production Class I, a sampling intensity of one sample per *ha* can be taken. Based upon this sampling intensity and the individual type areas the Numbers of plots can be prepared as table (p. 169).

5. Conclusion

Although it was not possible to start with actual sampling based upon the type mapping work made with the Swiss photographs, it will be clear that the usefulness of aerial photographs for forest inventory work is undoubted. In such cases, in which the area of the individual forest tracts is not too small, the application of sampling seems absolutely justified.

In the matter of preparation of the type-map, it will also be clear that the same amount of information with the same accuracy means much more extra time, cost and labor, when only terrestrial methods are applied. Moreover, it could be ascertained that taking into consideration the rather intensive management systems and complicated composition of the Swiss forests, the application of aerial photography was absolutely necessary to obtain better information about the local distribution of the different forest types.

In connection with the photo interpretation it was absolutely necessary to combine this work with a field-check afterwards to get accurate mapping results. Only in combination

with this fieldcheck will the application of aerial photographs give the most efficient results. Nevertheless, the interpretation results without field-check proved to be exact for a large part of the area, which means less time to spend in the field for rectification.

For the transfer of the type-boundaries from the photographs to the map, the Zeiss Sketchmaster proved to be the most appropriate instrument, as the mapping accuracy obtained by this method could be considered as adequate.

Finally it can be remarked that the quality and the scale of the photographs used for the type-mapping work proved to be sufficient for this purpose.