

土 木 学 会 論 文 集

第 60 号 ・ 別 冊 (3-2)

天 然 色 航 空 写 真 に 関 す る 研 究

正 員 工 博 丸 安 隆 和
正 員 西 尾 元 充

TRANSACTIONS
OF THE
JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS

No. 60, EXTRA PAPERS (3-2)

EXPERIMENTAL STUDIES ON COLOR AERIAL
PHOTOGRAPHS

*By Dr. Eng., Takakazu Maruyasu, C.E. Member
and Genju Nishio, C.E. Member*

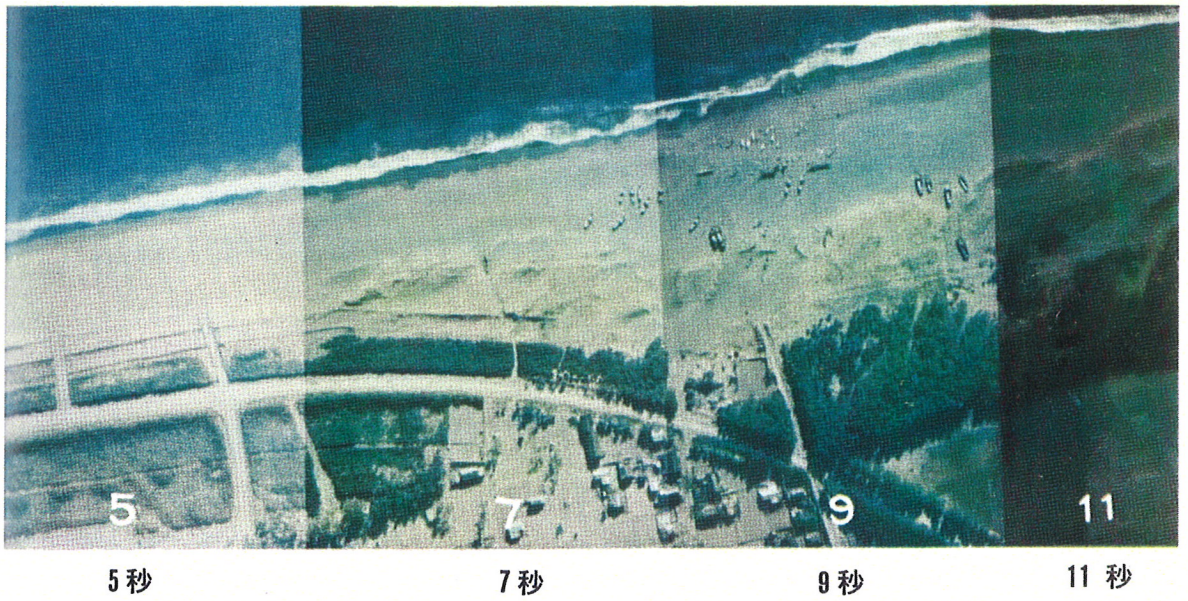
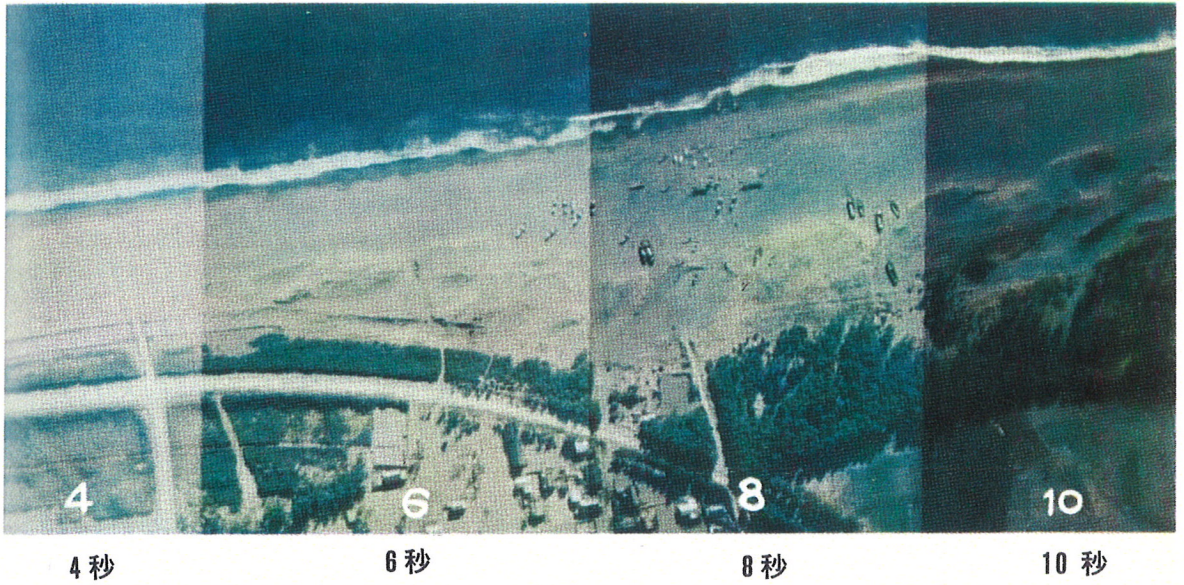


February 1959

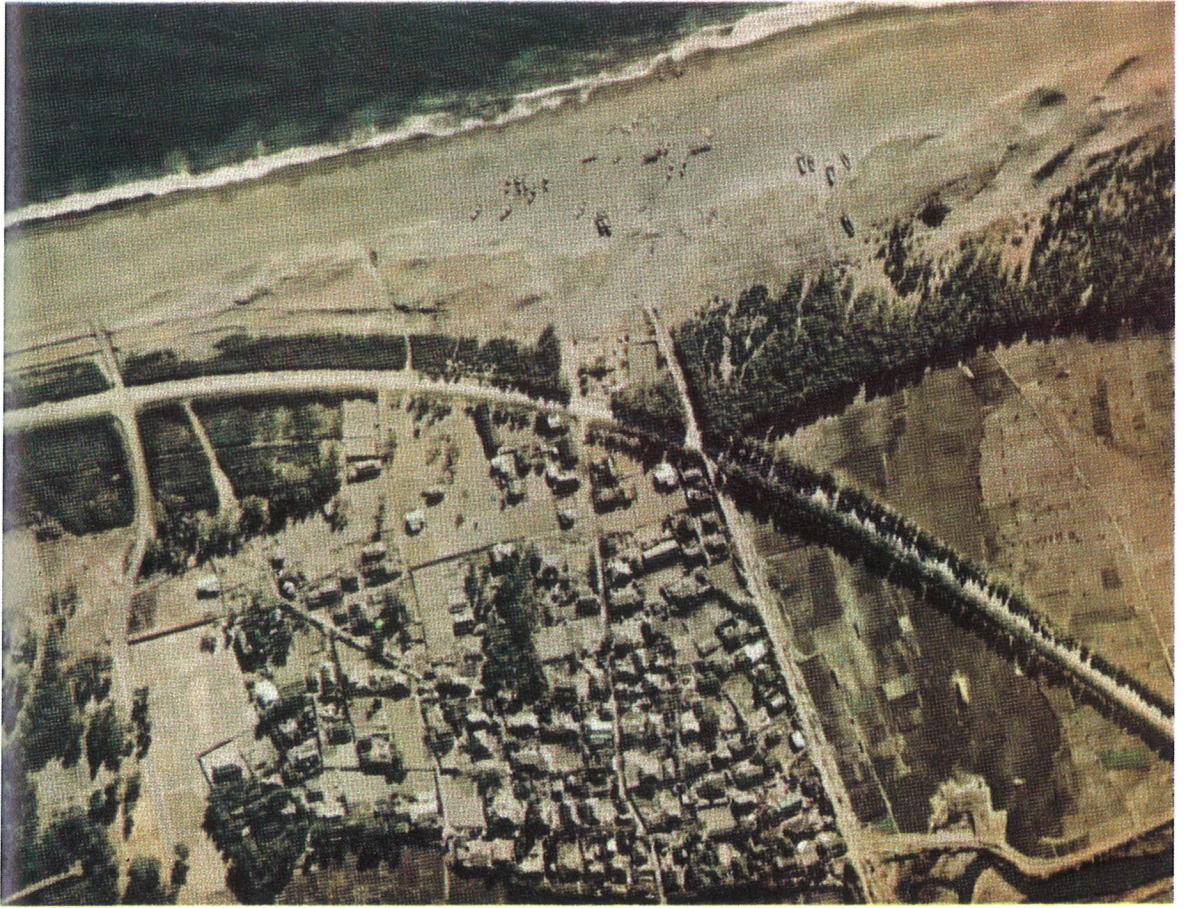
TOKYO JAPAN

昭 和 34 年 2 月

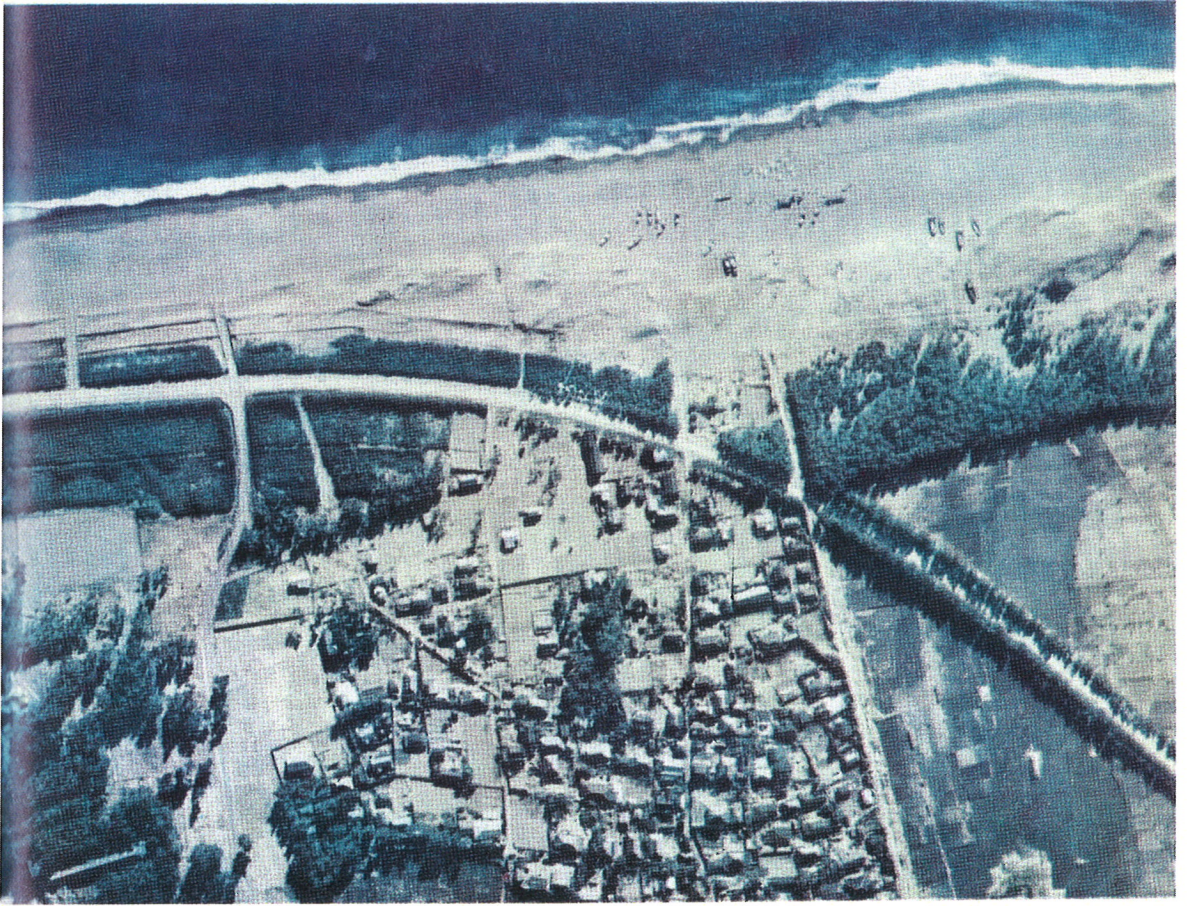
土 木 学 会



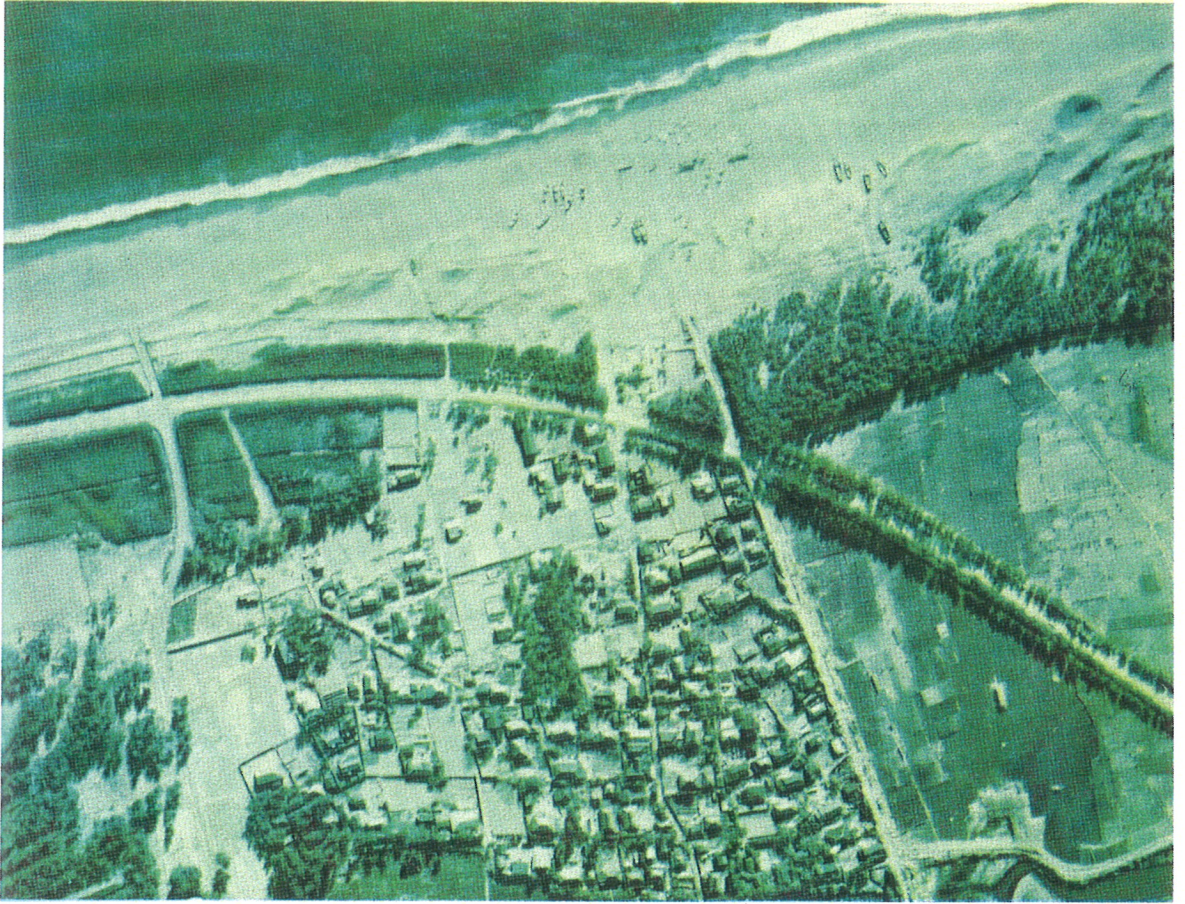
プリントの際に露光時間の差による色調の変化を示す。
これによって露光時間を決定する。
画面内の数字は露光時間を示す。



色調補正の基本を示すための例。
Cyan Filter No. 4 を使用。露光10秒。



色調補正の基本を示すための例。Yellow Filter No. 4 を使用。露光10秒。



色調補正の基本を示すための例。
Magenta Filter No. 4 を使用したものである。
露光10秒



各種のフィルターを組合せて作ったプリントから選択した色調補正の完全と思われるもの
Magenta Filter No.1とCyan Filter No.4を併用。露光8.5秒。



原板の黄色層を減力して作ったプリント。
減力の時間によって色調がこのように変化する。



研究の最終段階における撮影によって得られた比較的正しい色調と思われる写真である。この地区は非常に地氾りの多い所であり、洪水の後のために河が濁っている。

天然色航空写真に関する研究

正員 丸 安 隆 和*
正員 西 尾 元 充**

EXPERIMENTAL STUDIES ON COLOR AERIAL PHOTOGRAPHS

By Dr. Eng., Takakazu Maruyasu, C.E. Member
and Genjū Nishino, C.E. Member

Synopsis : This report concerns experimental studies of color aerial photographs.

In order to establish ground-to-photo color correlations, we have carried on various interesting researchs concerning conditions for exposure, selection of film and filter and printing method.

One of the most difficult problems in color aerial photograph was how compensate the effect of haze and describe correctly the actual ground color conditions on photo print.

Fuji nega color film made by Fuji Film Co. in Japan were mainly used but several other types were also imported and used to compare the characteristics of color conditions between them.

要 旨 天然色写真が、写真上でいろいろなものを観察するのに非常に優れていることはすべての人が認めるところである。特に、地形の細部を写真上で調査、解析しようとする航空写真にあつては、従来の黒白の写真とくらべて、いろいろな点で有効な科学的手段となるであろうことは、誰もが考えることである。

しかし、わが国では天然色航空写真について手をつけた人はなく、外国でもその研究はまだ緒にいたばかりであるらしい。実際に高空から天然色写真をとつたらどのように写るものか、また現在用いられている天然色フィルムの感度その他を考えると、果して調査、研究に役立つような写真がとれるかどうか、ということさえも見当がついていなかった。

この報告は、天然色航空写真について4回の試験撮影を行い、撮影条件と現像、焼付けなどの処理方法について、広範囲な実験研究を行った結果をまとめたものである。この研究によつて、満足すべき色調をもつた天然色航空写真を得るのに必要な諸条件をまとめあげることができた。

さらに、これらの研究をもとにして、地質や森林などの調査に、天然色航空写真の利用の道がどのように発展されて行くかについても、その基本的な考察を加えた。

使用したフィルムは、主として国産ネガポジ方式のものであるが、さらに外国製のフィルムについても、比較検討した。天然色航空写真で、最も困難な問題は Haze の影響を処置する方法、色調を調整するために必要なフィルターの選択などに関することがらである。

目 次

- | | |
|-----------------------|------------------|
| 1. ま え が き | (1) 概 説 |
| 2. 研究作業の概要 | (2) ネガポジ式の利点 |
| 3. 航空写真の撮影に関する基礎的研究 | 4.4 フィルター |
| 3.1 撮影の可能性について | 5. 第2次試験撮影の実施 |
| 3.2 撮影諸元決定のための第1次試験撮影 | 5.1 撮影地区の選定 |
| 4. 使用器材の選定とその理由 | 5.2 撮影の実施とその結果 |
| 4.1 航空写真機 | 5.3 写真処理とプリントの作成 |
| 4.2 使用レンズ | 6. 第3次試験撮影の実施 |
| 4.3 使用フィルム | 7. 第4次試験撮影の実施 |

* 工学博士，東京大学教授，東京大学生産技術研究所

** アジア航空測量KK，調査課

8. 第5次試験撮影の実施
 - 8.1 撮影地区の決定
 - 8.2 撮影実施の状況
 - 8.3 写真の処理とその結果
9. Haze の影響に関する研究
 - 9.1 概 説
 - 9.2 Haze の増加量についての測定
10. 写真の複製に関する研究
 - 10.1 概 要
 - 10.2 天然色原板より白黒印画の作成
 - 10.3 カラーポジフィルムの製作
 - 10.4 ペーパープリントの作成
 - 10.5 色調補正に関する研究事項
 - (1) 色調補正法の原理
 - (2) プリントの実際
 - (3) 適正露光時間の決定法
 - (4) 減力法の実験
 - 10.6 その他の諸作業
 - (1) 引伸印画の作成
 - (2) その他
11. 地図作成およびその他測量への応用
 - 11.1 地図作成への応用
 - 11.2 各種調査への応用
 - 11.3 広地域撮影への方法
12. 写真判読に関する研究
 - 12.1 概 説
 - 12.2 判読用器材の試作
 - 12.3 現地調査の実施とその結果
 - 12.4 第2次現地調査
13. その他の諸問題
 - 13.1 天然色写真の最近の動向と航空写真との関連
 - 13.2 外国における天然色航空写真研究の状況について
 - 13.3 天然色航空写真における写真縮尺に関する問題
 - 13.4 結 び

1. ま え が き

この小論は昭和31, 32年の2カ年にわたって実施した天然色航空写真に関する研究をまとめたものである。一般的に、天然色写真が、いろいろな事物を観察する場合に従来のモノクローム写真と比較して、非常にすぐれた効果のあることはすべての人々が認めるところである。

特に地形や地物の細部を写真画像によつて解析したり、また調査したりする航空写真測量の判読の分野においては、写真が天然色であることは一層大きな効果を発揮するであろうことが想像できる。そのために、欧米においては、今次大戦中に使用され始めた天然色航空写真が、戦後各種の分野において実際に使用されようとする機運が次第に盛んになりつつある事が、いろいろな文献から知ることができる。

しかしながら、わが国の航空写真測量の現状は、一応最新の器材が整備され、本格的な諸作業が実施できるような段階まできたのであるが、いずれもモノクローム写真を対象としたものであつて、その内容も航空写真を撮影し、これから各種の地形図を作るという作業が、ほとんど大部分であり、航空写真の画像の持っている特性を利用して行う各種の調査等は、かなり立ち遅れているといつてよい。特に天然色航空写真に関しては、その利用価値についてはいうまでもなく、撮影の可能性、その方法およびそのための各種の条件の解明、更に写真処理に関する実際的な方法、等の基礎的な問題についてもほとんどの研究がなされていない状態であつた。

幸い文部省科学試験研究費の援助を受けることができたので、これによつてこの分野の基礎的な問題から、広く応用の実際に至るまでの各種の問題について実験的な研究を行うことができた。

これらの研究は広範な科学の分野におよび、非常に多くの専門的な知識を必要とするので、東京大学生産技術研究所、丸安研究室が中心となり、建設省地理調査所、富士写真フィルムKKおよびアジア航空測量KKなどからそれぞれの部門について協力を受け、まとめ上げることができたのである。

この研究の発足に当つては、東大教授 菊池真一郎氏に負うことが大きいことを記して感謝する次第である。

この研究を開始してから現在までの間においてさえも、なお天然色写真に関する新しい研究が発表され、更に各種の新しい製品も市販されるようになった。従つてこれらの応用の一部である天然色航空写真の研究についても、それらのすべてのものについて平行して研究がなされねばならないが、本論文はとりあえず航空測量における特殊性についての基準となるべき事項について特に重点的に研究を行つたのである。従つてこの研究は将来更に研究を進展させて、ゆかねばならないことはいうまでもない。

2. 研究作業の概要

初年度(昭和31年)においては、研究の実施に先立ち数回にわたつて研究会を開いて、研究の方法、順序等に

ついて協議した。その結果

- 2.1 撮影に関する基礎的な資料を得るために試験撮影を行うこと。
- 2.2 この試験撮影の結果によつて、できる限り東京近郊の地区を選んで、本格的な航空写真の撮影を行うこと。
- 2.3 この写真処理に必要な器具および処理方法についての研究を行うこと。
- 2.4 写真を撮影地域に携行して現地調査を行い、応用の実際およびその効果について調査すること。
- 2.5 地形図作成への利用について研究すること。

等を実施することにし、更に第2年度（昭和32年）においては

- 2.6 フィルターの選択による撮影結果の比較を行うこと。
- 2.7 現地での諸作業および図化の際の判読を容易にするためにカラー印画紙にプリントする方法について、実験を行うこと。
- 2.8 外国製の天然色航空フィルムによる比較撮影を実施すること。
- 2.9 実験区域を設定して、撮影から実際的な現地調査までの一貫した研究作業を実施すること。

等の計画案を作り、この順序に従つて研究を進めることにしたのである。

3. 航空写真の撮影に関する基礎的研究

3.1 撮影の可能性について

この研究の発足当時、国内で入手できる天然色感光材料の種類が少なく、またそれらの感光度が低いので、そのまま航空撮影に使用することができるかという疑問があつた。すなわち、現在使用しているパンクロの航空フィルムは感光度 ASA 100 のものであるが、天然色フィルムは約 ASA 10~25 である。航空カメラのレンズの明るさは普通 F 4.5 である。地上で撮影する場合には長い露光をかけることができるが、航空撮影の場合には、写真機をのせた飛行機は高速で飛行しているので、あまり長い露光をすれば画像がボケてしまうのである。従つて露光時間は飛行機の速度と高度および、写真面上で許される最小のボケの量によつて決定されてしまうことになる。

$$(註) \quad 露光時間 \quad T = \frac{0.05}{V} \cdot \frac{H}{f}$$

ただし V = 飛行機の秒速 H = 高度 f = 焦点距離

このような理由から最新の航空カメラのシャッター速度は $1/150$ が最低となつている。感光度の非常に低い天然色フィルムを使つて垂直に撮影した場合、これで十分な効果が得られるかということには大きな疑問があつたのである。そのため、この研究の第一段階として、まず垂直航空写真撮影の可能性を検討する必要がある。

3.2 撮影諸元決定のための第1次試験撮影

一般の航空写真撮影については、すでに豊富な経験と数多くの資料を持つているが、高空からの天然色撮影に際しての適正な露光条件やその他の事柄については確実なデータがない。このため前記のようにまず最初にこれらの諸元についてのデータを得るために第1次の試験撮影を次の方法によつて行つた。

(1)

カ	メ	ラ	ニコン S-II	
レ	ン	ズ	ニッコール $f=135$ mm F1:4	
フ	イ	ル	ム	フジカラーネガフィルム (Em. No. UCN-031-01)
フ	ィ	ル	ター	ワルツ UV フィルター
カ	ラ	ー	チャート	日本色彩研究所製
飛	行	機		D.H. ビーバー (JA 3080)

(2) 撮影区域

調布飛行場——多摩川地区——東京都内——江戸川——下総台地——船橋の一带にわたり約2時間の撮影飛行を行つた。

(3) 撮影飛行高度

最低 500 m から撮影を開始し、以後各 500 m ごとに上昇して 4000 m まで8段階にわたる各高度の撮影を計画したが、実施に際しては最初に 750 m より開始し、1500 m, 2000 m, 2500 m, 3000 m, 3500 m, 4000 m の7段階の各高度で行つた。

(4) 露光条件

実際に使用するアビオタールレンズとできるだけ同じ条件にし、かつ絞りによつて起こる画面の中心と周辺との色彩の変化をも見るために、1:4, 1:5.6, 1:8 の3種類の絞りを使い、シャッター速度は航空写真機と同じ(1/250 sec, 1/150 sec)にしたかつたが、ニコンのシャッター機構から 1/150 sec の代りに 1/125 sec を使用しなければならなかつた。従つて各高度で各6枚宛の垂直写真の撮影が必要となる。

(5) 試験撮影の実施状況

上記の要領によつて、昭和31年9月19日、各高度における各6枚宛の垂直写真と、順光および逆光の場合の斜写真の撮影を併行して行い、なお高度4000mにおいては参考のために1/500 secの露光試験も行った。この撮影飛行に離陸する直前に、同じフィルムでカラーチャートを撮影して基準としたが、これを含めて74枚の撮影を行った。

更に電気露出計による測定を行ったが、この測定値は今回の実験に際しては使用しなかつた。当日の気象状況は、概略次の通りであつた。

天候;曇り, 気流;良好, 温度;地上 +27°C, 上空 +4°C (4000mにて), 風向速;北西の風 4 m,
気圧;1016 m.b.

(6) 撮影の結果について

撮影したフィルムは、直ちに富士フィルムKK研究所において現像し、色補生を行わずプリントしてポジフィルムを作成した。この結果を判定するため研究会を開き映写した画像を検討しながら討議し、次の事項を確認した。

(A) 今回の撮影条件では各高度とも、絞り8, シャッター速度1/250 secが最もよい露光状態を示している。高度4000mで行つた1/500 secの撮影でもそれ程大きな変化は認められなかつた。

(B) 地上での感光度ASA20でも上空では32~50ぐらいの感度を示すことがわかつた。従つて高々度では地上の約4倍ぐらいのシャッター速度で十分である。

(C) 飛行高度が増加するに従つて、散乱光のためコントラストがなくなり、画面が非常にフラットになる。

(D) 高度が高くなるにつれて、画面全体に青味が増加するのが認められる。現像処理、プリントの操作によつて除去することもできるが、撮影時のフィルターの使用について更に研究する必要がある。

(E) 今回の被撮影地区内では赤色がどのように写るかについてはよく判らなかつた。この撮影の結果では土質の分類には不十分であろう。

これらによつて、撮影についての概略のデータを得ることができたので、本格的に航空写真機によつて、航空サイズの天然色フィルムによる撮影を実施することを決定し、これに必要な器材を次のように選定した。

4. 使用器材の選定とその理由

4.1 航空写真機

航空カメラはできる限り高性能の精密測量用写真機を使用することとし、現在国内で使用できる航空カメラのうち、WildのRC-5a型およびRC-8型Fully Automatic Aerial Cameraを使用する。

4.2 使用レンズ

前記の航空カメラは6種類の交換レンズを撮影の目的によつて適宜交換できる方式のもので、この交換レンズは表-1に示す通りである。

表-1

レンズの名称	焦点距離	画 角	画面寸法	そ の 他
アビオタール	21 cm	普通角 (60°)	18 cm×18 cm	} 赤外線写真撮影用
アビオゴン	11.5	広 角 (90°)	"	
"	15	"	23 cm×23 cm	
インフラタール	21	普通角 (60°)	18 cm×18 cm	
インフラゴン	11.5	広 角 (90°)	"	
"	15	"	23 cm×23 cm	

これらのレンズはいずれも解像力が高く、測定に最も影響をおよぼすわい曲収差が最大1/100 mm以下という優れた性能で、かつ周辺光量の減少も少なく、絞りによる焦点面の移動がない、等の特長がある。画角の違いによつてレンズの性能に優劣はないが、特に今回の研究には次の様な理由から、アビオタールレンズを使用するこ

とした。

すなわち、このレンズは他の広角レンズと比較して、その前玉の直径が小さいために、天然色写真撮影に必要な特殊なフィルターの作成が容易であること。またフィルムのサイズが広角に比して小型であるために経済的であること。このフィルムサイズは 19 cm の幅で、欧州で多く使用されている型式であつて、欧州系の航空用天然色フィルムとの比較撮影が容易であること、などがその理由である。

更に航空写真撮影に際しては大気中の諸現象は、いろいろな点で影響を与えるが、天然色撮影を行うときに考慮しなければならない事項は、すべて撮影高度との関数関係を有するものであるし、また写真画像はできる限り大きく鮮鋭であることが望ましいので、焦点距離の長いものの方が有利である。

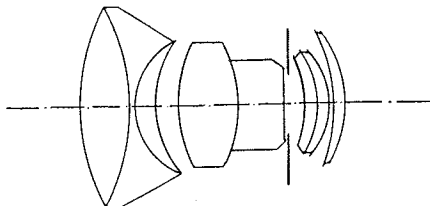
(註) 写真縮尺 $\frac{1}{M} = \frac{f}{H}$

ただし f = レンズの焦点距離

H = 撮影高度

今回使用したアビオタールは現在用いられている測量用航空カメラの中で最も焦点距離の長いレンズである。その光学系を 図-1 に示す。

図-1 アビオタール 21 cm



4.3 使用フィルム

(1) 概説 現在使用されている天然色写真はすべて多層乳剤式の感光材料を使用するものであるが、このフィルムを現像する際に、色彩を表現する色素のもとになる発色材の使用法によつて外式と内式とに分類される。

外式は発色材がフィルムの感光乳剤中に含まれず、現像処理の際に現像液中に含まれていて、3層の各乳剤ごとに反転露光と発色現像を繰り返して天然色画像を作るもので、現在一般に市販されている透明陽画の天然色フィルムはほとんどこの方式である。この方式では現像の処理が複雑で、各フィルムの製造会社がこれを処理しているので使用者が現像処理することはできない。

内式とは発色材が乳剤中に含まれているので、一回の現像液で3層の乳剤が同時に発色現像されるもので、使

表-2

外 式	反転フィルム	1. コダクローム 2. フジカラーフィルム 3. さくら天然色フィルム
内 式	反転フィルム	1. アグファカラーリバーサル 2. アンスコカラー 3. ゲバカラーリバーサル 4. エクタクローム 5. 航空エクタクローム 6. オリエンタルカラーリバーサル
	ネガフィルム	1. アグファカラーネガフィルム 2. イーストマンカラーネガフィルム 3. フジカラーネガフィルム(映画用) 4. フジカラーネガフィルム(ユニバーサル) 5. オリエンタルカラーネガフィルム 6. ユニカラーネガフィルム
	印 画 紙	1. アンスコプリントン 2. アグファカラーペーパー 3. オリエンタルカラーペーパー 4. フジカラーペーパー 5. コニカラーペーパー
	ポジフィルム	1. イーストマンカラーポジフィルム 2. フジカラーポジフィルム

用者側で現像処理を行うことができる。

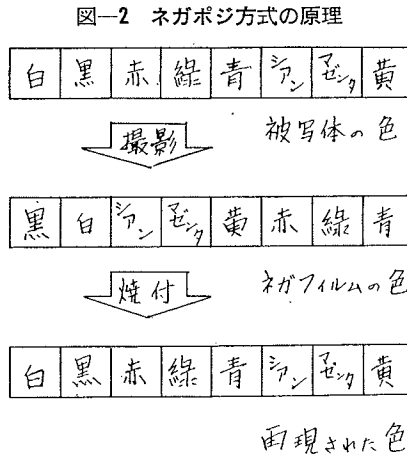
なお現像すると直接被写体の色彩がそのまま透明陽画となつて再現されるリバーサルフィルムと、撮影するとそのフィルムはまず被写体の色彩と反対色のネガフィルムとなり、更にこれから、カラーポジフィルム、およびカラー印画紙にプリントして始めて天然色写真となるネガポジ式とに区別される。外式はすべてリバーサルフィルムで、内式にはリバーサルフィルムとネガポジ式の二種がある。

現在国内で入手できる主な天然色写真材料を前記の区分によつて分類すると表-2の通りである。

これらの性質を考慮すると、自家現像のできる内式のもので、更にネガポジ式が航空測量用として最も適しているといえる。

前項の基礎的な資料を得るための試験撮影に使用したフジカラーネガフィルムはこれに属するものである。

このネガポジ式における色彩再現の過程を図-2で示した。



(2) 航空写真撮影用としてのネガポジ方式がリバーサル方式と比較して有利であると考えられる諸点を列記すると次の通りである。

表-3

区 分	リバーサル方式	ネガポジ方式
撮 影	1. 撮影時の色温度に対して正しいフィルターを選定しなければならない。(撮影が難しい)	1. 紫外線や Haze を吸収するフィルターだけで撮影に際して厳密に色温度を考慮する必要はない。
写 真 処 理	2. 現像処理が複雑である。 3. 外式の場合の現像はフィルムメーカーによつて行われるために、撮影の良否を判断するのに時間がかかる。	2. 現像処理が比較的簡単でやさしい。 3. 自家現像ができる
複 製	4. 複製作業が複雑であり、かつ材料が入手困難で、高価である。 5. 色調調節の範囲が狭い。	4. 容易にカラー印画紙および白黒印画紙にプリントすることができる。経費が安い。 5. 色調の調節が自由にできる。

要するに航空写真測量においては、一枚の原板から多数の複製プリントを必要とする場合が多い。また全撮影地域にわたる索引用の写真も必要であり、これはモノクローム印画紙を使用してプリントすればよい。天然色印画の作成は特に必要な地域に対してだけ行い、他の部分についてはモノクローム印画紙を使用する方が経済的に有利である。これらの点から航空写真測量用としては、ネガポジ方式が最も適した方法であると考え、これを用いることにした。更にこれらの材料を輸入によらないで、できる限り国産品を使用すべきであると考え、ネガポジ式のフジカラーフィルム(ネガおよびポジフィルム)を使用したのである。

これらの写真のできばえを検討するには、欧州およびアメリカの代表的な航空用天然色フィルムとの実際的な比較が必要であるので、ベルギー、ケバルト社の“Gevacolor Reversal Film”およびイーストマンコダック社の“Aero Aktachrome E-2”を購入して比較撮影を行つたが、外国製のフィルムは入手の時期、方法等の都合で2種ともリバーサル方式を採用せざるを得なかつた。

この実験に使用した各フィルムの特性は次の通りで、国産のフジカラーフィルムの性能を図-3で示した。

図-3 フジカラーフィルムの性能

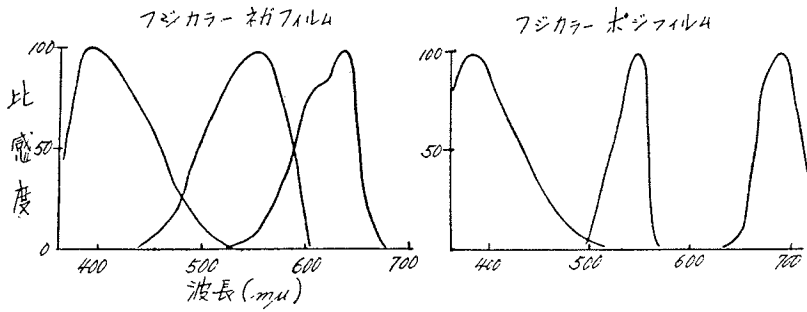


表-4

名 称	感 度	形 式	タイ プ	サイ ズ	処 理	製 造 会 社
Fuji Color	ASA 20	内式ネガ	電灯光用	19 cm 幅	富士フィルムKK 研究所にて実施	富士写真フィルムKK (日本)
Aero Aktachrome	ASA 40	内式反転陽画	昼光用	24 cm 幅を 19 cm に切断	自家現像	イーストマンコダック社 (アメリカ)
Gevacolor	ASA 25	同上	同上	19 cm 幅	同上	ケバルト写真工業KK (ベルギー)

4.4 フィルター

天然色のフィルムは上記の分類のほかに撮影する際の光源の種類によつて、太陽光線のもとで撮影するデイルイトタイプと電灯光のもとで撮影する時のタングステンライトタイプの2種類がある。

モノクロームの撮影の際は撮影時の明るさの変化は、単に露光条件を変えるだけでよいが天然色の撮影の際には、この明るさと共に、光の性質が重大な要素となつてくる。色温度はこの光の性質を表わしたもので単位に °K (ケルビン度) が使用されている。

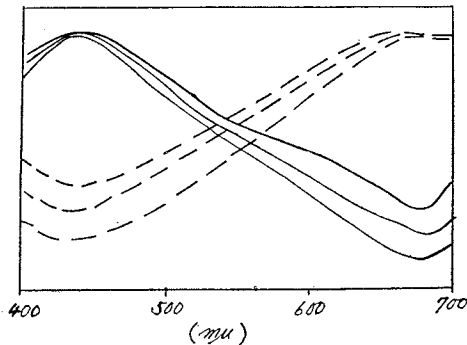
太陽光線は一日を通じて色温度が順次変化するもので、日の出および日没時の色温度は 1500°K~2000°K で、正午で 5500°K~6000°K となる。これに対してタングステン電球は 2500°K~3000°K である。光は色温度が高くなるにつれて青味が増し、低くなる程赤味が強くなる。

デイルイトタイプのフィルムは大体 6000°K の場合の光のもとで撮影した場合に、最も良い状態に色彩を表現するように3層の乳剤のバランスをとつてあるので、撮影時の太陽光の色温度がこの基準とした色温度と違う場合には満足な色彩の再現は望めない。このために撮影の際にレンズから入る光線の色温度を、基準の色温度に合わせるために、上げるか下げるかする必要がある。

この目的のために使用するフィルターを色温度変換フィルターといい、色温度を上げるために使用する青色系統のフィルターと色温度を下げるためのアンバー系統の2種類がある。

図-4 は、この2種のフィルターの代表的なものの性能を示したもので、実線は色温度上昇フィルターを、破線は色温度下降フィルターを示している。

図-4



このように色彩の再現には撮影の際に厳密な色温度の測定が必要であるために、撮影フィルムから直接色彩を再現するリバーサルフィルムは特に撮影がむずかしいことがわかる。

航空写真は太陽角度が 45° 以下の場合に撮影しないのが原則である。この適正時間は大体正午を中心として前後 2 時間位宛であつて平均色温度の時間とはほぼ一致するから、この点については非常に便利であるが、曇り日および上層雲がある場合には色温度が約 $10\,000^\circ\text{K}$ 位まで上昇するからやはり色度変換フィルターが必要になる。

しかしネガポジ式の場合はネガフィルムからプリントする場合に色彩の調節をするから、撮影の際に細かに色温度を測つてそれに適したフィルターを変更する必要はないが、基色とした色温度に合ったフィルムを使うことはいうまでもない。今回の研究に使用したフジカラーネガフィルムはタングステンタイプのものであるから、撮影の際には太陽光線の色温度を下げなければならない。そのために CCA-50 ゼラチンフィルターを使用した。

このほか不必要な紫外線や Haze を吸収するための UV フィルターが必要であるが、レンズの直径が大きいため市販のものがなく特別に製作した。

この大型フィルターの製作に際しては、材質の均一性、平行平面度等の必要な条件には特に留意した。

5. 第2次試験撮影の実施

5.1 撮影地区の選定

航空カメラによる最初の試験撮影を実施するに際して種々検討した結果、八王子市、高尾山、多摩川等を含む一帯の地域を選定した。その理由を列举すると次の通りである。

(1) 高尾山付近の国有林および実験林一帯は、過去数回にわたつて各種の航空カメラを使用した比較撮影が林野庁および日本林業技術協会で行われており、天然色との比較、測定および判読等を行うのに非常に便利であり、なおこれらの実験作業を実施するに際して専門家の意見を聴取することができる。

(2) 基地飛行場が調布飛行場であるために撮影地点に非常に近く、撮影地の気象状況を直接正確に把握することができる。

(3) 森林計画、農地測量、都市計画、河川測量、道路計画、ダム建設、その他各種の建設工事のための調査対照となる変化の多い地形撮影が、全部この一地区に包含されている。

(4) 現地踏査に便利である。

5.2 撮影の実施とその結果

撮影は昭和 31 年 11 月 4 日、D.H. ビーパー機に搭載した RC-8 Fully Automatic Aerial Camera によつて行つた。フィルムは幅 19 cm、長さ 30 m の航空用に作つたフジカラーネガフィルムで、前記の UV フィルターと CCA-50 フィルターを併用した。撮影地域およびコースは図-6 に示す通りで、その詳細を表-5 で示した。

図-5

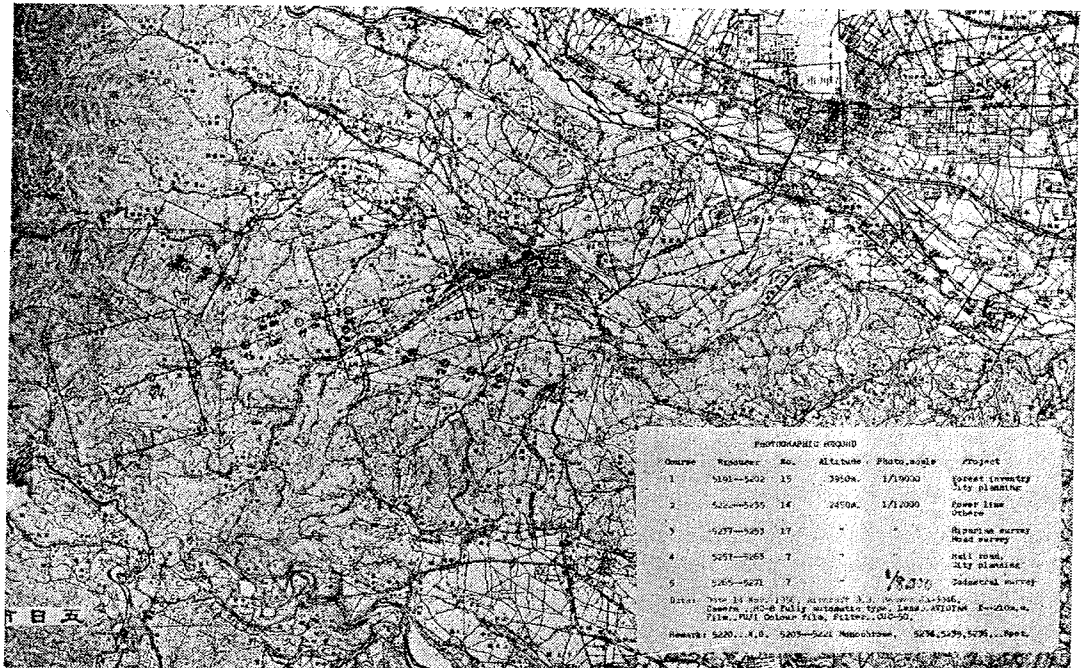


表-5

コース	写真枚数	撮影高度	写真縮尺	地形の状況	使用の目的
1	15枚	4000m	約 1/20000	市街地 農耕地 山地	森林調査用 小縮尺都市計画図用 一般地形図作成用
2	14枚	2500m	約 1/12000	山地 丘陵地	ダムおよび土木工用の 大縮尺図作成用 地質調査用
3	17枚	〃	〃	河川 農耕地	河川測量、農地計画路線測量用、および 大縮尺図地形図用
4	7枚	〃	〃	平地 市街地 鉄道路線 道路	
5	7枚	1500m	約 1/7000	農耕地	地籍測量用 土質調査用
備考	1. 上記のほか試験現像用およびスポット影影を含み総計 74 枚。 2. 1 コースには比較のため同一条件でモノクロームによる影影を実施した。				

5.3 写真処理とプリントの作成

撮影したフィルムは富士フィルム K K 研究所において現像し、この現像ずみのネガフィルムを受領してモノクロームの密着焼のバラ写真を作成して、これによつて撮影結果を点検すると共に標定図を作つた。

これらの資料によつて検討した結果、研究に最も必要な部分についてポジフィルムの調製を富士フィルム K K 研究所に依頼して作成した。すなわち各コースを通じて合計 30 枚のカラーポジのプリントを作つたのであるが、その結果は、当日の天候が撮影に適当な状況でなかつたことや、天候の回復を待つうちに時間が経過して太陽高度が低くなり、更に撮影中に雲が発生して蔭の部分が多くなつた等の原因から画面全体にわたるカラーバランスは十分とはいえない状態であつた。

6. 第3次試験撮影の実施

第2次の撮影に際しては、海岸線および港湾関係の写真は撮影しなかつたので、この補充撮影を第3次に行つた。この撮影は昭和31年12月25日、第2次撮影と全く同一条件のもとに、馬入川河口付近および林野庁で研究中の天城山の一部を撮影した。この地区も調査に必要な部分のみのカラープリントを作成した。この撮影は撮影時刻および天候に恵まれて良好な撮影結果を示すことができた。

7. 第4次試験撮影の実施

最初に行つた小型カメラによる基礎的実験撮影から第2次、第3次撮影の航空カメラによる本格的な試験撮影の各写真のすべてについて、撮影高度の上昇にともなつて、写真面上に青紫色が増加するのが認められた。この現象は大気中における Haze (霧) の影響であつて、UV フィルターではこの影響を完全に吸収することができないことが認められたので、さらに別のフィルターを選定し、これによつてこの障害を除去することを考えた。しかし当時このような目的に使用できる適当なフィルターが国内になかつたので、イーストマンコダック社で新しく発表した Haze Cut Filter, HF-3, HF-4, HF-5 の3枚を購入した。

このフィルターは特に航空用に製作したもので、その性質は図-6で示す通りである。このフィルターによる効果を従来の方法と比較するため、再び小型カメラによつて、表-6に示す要領によつて第4次試験撮影を行うことにした。

この撮影は昭和32年9月24日より28日まで5日間、宇都宮飛行場において実施したが、気象条件が悪く、かつ CCA-50 と HF-3 を併用した写真は各高度の全撮影を完了したが、HF-3 と HF-5 を併用したカメラは、撮影時のカメラの故障のため3000mの高度での写真撮影が不可能であつた。

この撮影の結果、CCA-50 と HF-3 を併用したカメラでの最高々度の3000mにおける写真上での Haze の影響は比較的わづかにでるようであつたが、露出の過不足に原因する色調の変化との間に明確な区別をつけることは数少ない写真から非常に困難であつた。すなわち単に Haze の影響のみでなく、撮影時の大気、露光時間、写真処理等の要素によつて色調の変化の起こる場合も多く、今回の試験だけで結論を下すことはできなかつた。なおこの試験撮影と併行して、比較のため同一地点を赤外線フィルムおよびパネクロフィルムの両方で撮影した。

表-6

カメラ	ニコン S-II 135 mm レンズ付	キヤノン 4Sb 135 mm レンズ付	2台のカメラで同時撮影
フィルター	フジ CCA-50 E-K HF-3	E-K HF-3 HF-5	
絞り	F 4, 5.6, 8	同 右	} 第1次試験撮影と同一条件にて実施
露光	1/125 sec, 1/250 sec	1/100 sec, 1/200 sec	
撮影高度	1 000) 2 000) 3段階 3 000)	同 右	中間の高度を省略

備考：別章写真判読の項で説明するように、天然色航空写真においては小縮尺の写真は効果が薄く無意味であるから、今回の試験撮影では最高高度を 3 000 m としてそれ以上の高度での撮影は略した。

8. 第5次試験撮影の実施

8.1 撮影地区の決定

前記各項の試験撮影の結果より考えて、更に新しく実地試験を選定して最終的な試験撮影を行うと共に、外国製の航空用天然色フィルムとの比較を行い、更にその地区の現地踏査を行い、応用の実際についてより詳細な調査研究を実施するための実験地区の選定を検討していたが、たまたま国鉄飯田線における災害調査および防災計画その他の目的のためにこの地区一帯の航空写真撮影の計画があり、これと同時に天然色航空写真による災害調査の可否についても検討することになった。幸い撮影後の総合的な地上調査およびその地区の大縮尺地形図が作成される等の有利な条件があつて、その効果を一層発揮することができた。

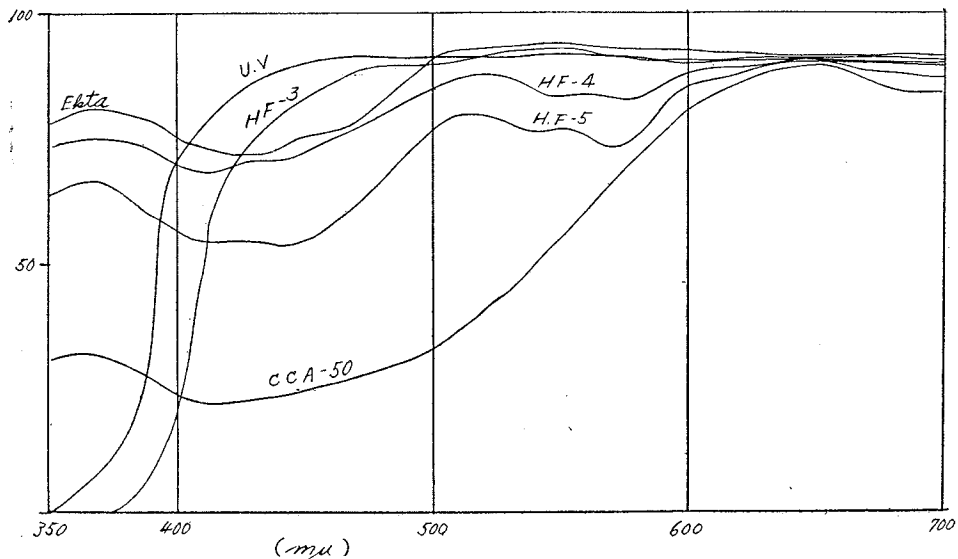
8.2 撮影実施の状況

この地区のモノクロームによる撮影は昭和 32 年 12 月、図化用、調査用の 2 種類の航空写真が撮影された。天然色写真のための撮影は昭和 33 年 2 月にアジア航空測量 K K の器材によつて行つた。すなわち、D.H. ビーパー機と RC-8 Fully Automatic Camera の組合せで、フジカラー、航空用エクタクローム、ケバカラーの 3 種のカラーフィルムによる撮影および小型カメラによる赤外線写真の撮影を行つたのである。これらのフィルムには、それぞれ表-7に示すフィルターを使用したか、その性能は図-6で示す通りである。

表-7

フィルムの種類	使用したフィルターの種類
フジカラーネガフィルム	CCA-50 と UV フィルター
航空エクタクローム	UV フィルターとフィルムに添付の補正フィルター
ケバカラー	UV フィルターのみ

図-6 撮影に使用したフィルターの性能



8.3 写真の処理とその結果

フジカラーフィルムは富士フィルムKK研究所に依頼してネガフィルムの現像およびプリントを作成した。

Aero Aktachrome および Govacolor は自家現像が可能であるから、フィルムと同時に購入したイーストマンコダック社の Processing Kit と、市販の写真薬品の調剤によってアジア航測のラボラトリーにおいて処理した。

各薬液の温度および処理の方法等については、すべてこの Kit に要求されている事柄を厳守した。

Aero Aktachrome は反転陽画フィルム (Color Transparency) であるので、観察するには透過光線によって透してみるために、野外での観察が非常に不便であるから、この陽画フィルムから天然色印画を作るため特にアンスコ、クロームプリントを購入してプリントを作った。リバーサル方式であるプリントの処理は撮影フィルムと全く同様で、第一現像——停止(硬膜)——水洗——第二露光——発色現像——停止——水洗——漂白——水洗——定着——水洗——乾燥の順で行い、1枚のプリントを作成するのに1時間20分を要した。その間の各処理液の温度、処理時間等留意すべき事柄が多く、この点からも大量な処理を必要とする航空写真に対して適当な方法とは考えられず、処理の工程と所要時間が少なく容易なネガポジ式が有利であることを再確認した。

これらの撮影およびプリント作成の結果は、前年度において実施した各試験撮影と比較していずれも優れたカラーバランスで、Haze の影響もなく、十分に所期の目的を果すことができた。

9. Haze の影響に関する研究

9.1 概 説

航空写真の撮影に際して障害となる大気中の諸現象には、雲 (Cloud)、霧 (Mist)、霞靄 (Fog)、煙霧 (Smog)、靄 (Haze) 等がある。

普通のモノクローム写真では、霧か雲および雲の蔭の部分がない時を選んで撮影する。それ以外の現象に対しては、画像の明瞭さはかなり失われかつフラットな調子にはなるが、装置している黄色および濃黄色のフィルターによって大部分が吸収される。ただ山岳地帯で蔭の部分が多く写真判読が困難な所では、時にはこのフラットな調子がかえって有利な場合もある。

このように一般の航空写真では大きな障害とならない現象であつても、天然色航空写真の場合には重大な影響をおよぼすことがあるのである。

特に Haze は、空気中に散在する塵埃その他の固体微粒子が光に対して作用する屈折、反射、廻折等の現象によって現われるもので、波長の短い青色光になるほど多く反射されるため、上空から地上を観察する場合には、高度が低い場合はそれ程感じられないが、高度が上るにつれて地上全面は薄い青色におおわれて見えるのである。

これと同じ理由で高空から天然色写真を撮影する場合には、撮影高度の上昇にともなつて特有の青紫色が画面全体にわたつて次第に濃くなり、写真画面の色調がいちじりしく変化することがわかつた。

天然色航空写真が地上の色彩の変化を写真的に再現し、これによって各種の調査研究を行うものである以上、このような色彩再現上の障害はできる限り排除しなければならない。

前章で説明したように、第一次試験撮影の際に各高度ごとに撮影したフィルムで、高度による色調の変化を調べると明かにこの現象が認められ、この Haze の影響の増加は撮影高度に関係し、従つて Haze 除くには、撮影高度のある段階ごとに適当なフィルターを使用することが必要となるのである。

9.2 Haze の増加量についての測定

撮影飛行高度の変化による Haze の影響の状態を明かにするために、第1次試験撮影のポジプリントフィルム約80枚について同一撮影条件ごとに6組のシリーズに分類し、各フィルムごとに透過光線による色温度の変化を測定した。

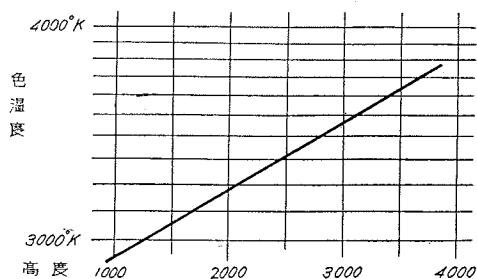
測定は光源に250Wのタングステン電球(色温度2500°K)を使用し、外部からの光線を遮断した暗箱の一方にスリットを作り、この位置に測定フィルムを置き、常に光源——フィルム——測定位置の間隔を一定にしてカラーメーターで測定した。

測定値は各高度ごとにそれぞれ6組のシリーズについての平均値を採用した。この測定の結果は図-7に示す通りである。

この図によつて明かなように、撮影高度4000mまでの範囲内における Haze の増加量は一定の比率をもつて増加することがわかつた。

新しく購入したイーストマンコダック社の Haze Cut Filter による撮影の結果は、前述のように、わずかなが

図-7



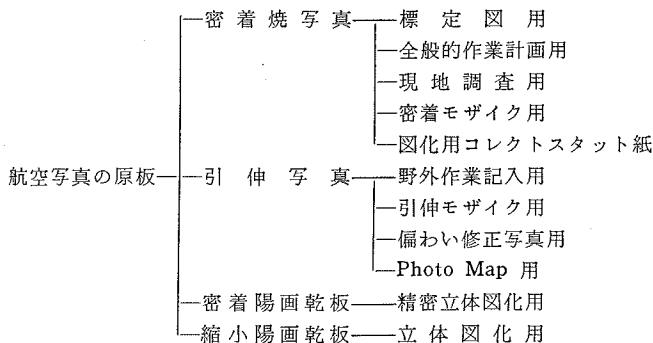
ら Haze の影響を少なくすることが認められたが、更にフィルターの効果についての研究を続ける必要がある。

これらのことを考えると現状では Haze Cut Filter のみを使用して撮影できる撮影高度に限界があり、この制限高度内においてはプリント作成の際に色調補正をすることで実用上支障ないプリントができるものと考えられるのである。

10. 写真の複製に関する研究

10.1 概 要

一般に航空写真の原フィルムから複製される製品は、作業の方式と使用の目的によつて次の各種のものが要求される。



天然色航空写真を単に写真判読用だけでなく、各種の測量目的に本格的に使用するためには、また当然このような各種の複製品を作ることが必要である。もちろんこの場合すべてが天然色のプリントである必要はなく、その目的によつて他の方法がとられるべきで、以下その実際的な各種の方法についての考察を行う。

10.2 天然色原板より白黒印画の作成

ネガポジ式の天然色写真においては、天然色原板より白黒の印画紙にプリントできることはすでに述べたが、この方法でプリントした印画は密着、引伸とも従来の白黒印画紙と比較して、標定用、現地調査用、その他判読用等として実用的に十分使用することができた。

しかし、このプリントに際しては、軟調の印画紙を使い、現像液も軟調のものを使用することが必要である。プリンターおよび引伸機も従来のものをそのまま使用できる。

撮影結果の判定はこの方法による方がはるかに経済的であり、かつそれに要する時間もカラープリントに比べて極めて短時間で終る利点がある。

特に天然色のポジフィルムや印画紙の汚損を防ぐために、索引用として全部の白黒印画紙を作成しておくこと各作業に非常に便利である。

10.3 カラーポジフィルムの製作

今回の研究においては、カラーポジフィルムの作成はすべて富士フィルム K K 研究所によつて作成されたが、いうまでもなく地上の色彩はポジの画像によつて始めて観察することができるのであるから、プリント作成の巧拙が以後の諸作業にはなほ大きく影響をおよぼすことがわかる。従つて露光時間の適正、処理溶液の純度、および温度の保持等を厳密に守らねばならない。

この処理は、発色現像——停止定着（以上全暗黒中で処理）——水洗——漂白、定着——水洗（以上明るい室で処理）の順序で行うために、暗室内の設備もそれに適したように改良すべき点が多い。

このポジフィルムの観察は透過光線によらねばならないので、そのための器材の試作については判読に関する章で説明する通りである。

またフィルムの取り扱いに際しては指紋および擦傷等をうけたように特に注意しなければならない。アメリカにおける実験結果の報告によると、ほとんどリバーサルフィルムのみが使用されているようであるが、野外作業の場合にはポジフィルムを透明なプラスチック製の袋に入れて使用する方法が行われている。

今回の現地作業に際しては、これらの防護の方法を採用しなかつたが、将来は保護膜塗布か保護袋使用等の手段を購ずると共に、湿度の高い日本においては湿気による被害を防止し、写真的品質低下を防ぐ必要があるものと考えらる。

10.4 ペーパープリントの作成

前記のカラーポジフィルムが野外での諸作業、すなわち観察、判読、註記やその他の記号の書き込み等が不便であるので、この欠点をなくすと共に、更に製作時間の短縮と経費の節減をはかるためにペーパープリントの方法を実際に行つた。これは前に述べたように撮影高度の上昇によつて起こる Haze の影響による画面全体にわたる青紫色の色調が、プリントの際にどれだけ消すことができるか、またその際に他の色調にどのような変化をおよぼすか、更にその色調補正を行うことができた場合に各高度によつて調整すべき補正量のデータを得ることなどを実験の目的としたものである。

このためには低い撮影高度の場合と高々度の両方について実験する必要があるので、撮影高度約 1000 m の馬入川地区と撮影高度 4000 m の天城山の両地区を選定した。この地区を選定したのは、撮影時刻、撮影時の気象状況等の撮影条件や原板の状態が数回の実験撮影中で最も理想的なもの認められたためである。

プリントの実験はいずれも密着焼を主として行つたが、色調を補正するためのフィルターを光源と原板の中間に挿入するために、従来から使用していたプリンターを使用することができないので、種々な方法を比較した結果、引伸機の光源を利用する密着方法を採用した。

このために、引伸機の投影光が原板全面をおおう位置まで拡大率を上げて焦点を外し、補正フィルターはオリエンタル写真工業 KK 製のゼラチンフィルターを使用した。焼枠は厚さ 5 mm の磨きガラスで原板および印画紙を挟んで圧定する方法をとつた。圧定の不良によつて起こる焼きボケを防ぐために印画紙の下に厚さ約 3 mm のフェルトを置いたが、この方法でテストピースのプリントに圧定不良による不良品は一枚もなかつた。

10.5 色調補正に関する研究事項

(1) 色調補正法の原理

すでに概要を説明したように、被写体と反対の色彩で表現されたカラーネガフィルムからプリントするカラーの印画紙の構造はフィルムとほとんど同様で、それぞれの色に感ずる三層の乳剤を塗布した多層乳剤式で、露光および発色現象による作用も全く同じである。

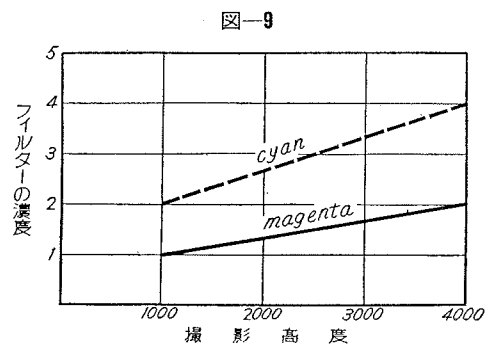
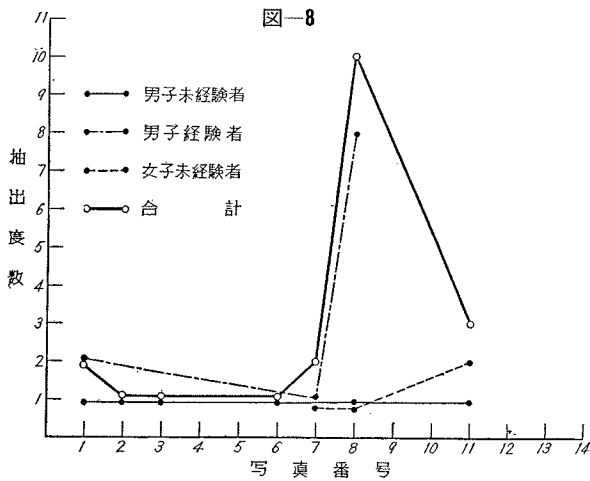
いま、一定の光源を使用してプリントした際に、カラーペーパーの色調が全体に青味が強かつた時は、ネガの画像は逆に黄色が強くなつているから、このネガの黄色が減少されてカラーペーパーに露光されれば、プリントの結果は青味が少ないものになる。この原理から印画上で濃いと思われる色と同じ補正フィルターを使うとその色を薄くすることができる。このためにシアン、マゼンタ、イエローの3色素と同じで、一定の段階で濃度の違つた3色のフィルターを幾枚か組合わせて使用する事でプリントの際に自由に色彩が調節される。

(2) プrintの実際

前記の方法によつてプリントを行いながら完全な色調を再現するように努力するのであるが、最終的な色調を決定することは極めて困難である。なぜなら、撮影の際に上空から観察した場合の記憶は一般に実際より強烈な印象として残るものであるが、その記憶も時日の経過と共に次第に薄れ、プリントの際に数多くのサンプルの中からこれに近いと思われるものを定めることは実際にむずかしいのである。また地上にあつては実際に写真を利用する立場の人々は上空からの観察の経験がなく、地上で部分的に見る色彩と、かなり広い範囲が一枚に写つている航空写真の場合とはさうとう感じが違い、同様に完全な色調を決定する事はこれまたむずかしいのである。従つてプリントに際しては、この誤りを防ぐため、初め数人の航空写真判読の経験者の意見によつて、フィルターの組合わせを種々変えて、ほぼ実際に近いと思われる色彩のプリントを同一原板から作り、数回にわたつてその色彩範囲を縮少し、最後に微細な変化を与えた連続した14枚の同一写真を作成して20人の観察者による意見をまとめてみた。この作業を大縮尺原板と高々度撮影の原板とについて行つた。

この視覚テストを行つた20人の構成は男16人、女4人で、男16人のうち航空写真判読の経験3年以上のもの10人、未経験者6人で、女4人はすべて未経験者であつた。その判定結果は図-8の通りである。

これによつて決定された最も適当と思われるプリントの作成に使用した補正フィルターの濃度と、同様に高々度撮影の原板からのプリントの補正に使用したフィルター濃度との撮影高度に対する相対関係を示したものが図-9である。



撮影時の各種の要素によつて条件が異なるとはいへ、このグラフの示す値によつて今後のプリントの際の補正フィルター使用の基準を示すことができるであろう。

(3) 適正露光時間の決定法

色調を補正する場合は、補正フィルターを変えるごとに、そのフィルター濃度係数に応じて露光時間を増減しなければならないが、これによつて決定される露光時間は 1/10 sec 単位の正確で定めなければならない。実際にプリントの際の 0.5 sec の露光時間の変化は画像の色調にかなりの差があり、テストプリントによつて適正露光時間を決定しても、その後のプリントの際のわずかの露光時間の差によつて同一の印画を作ることがむずかしくなる。焼付時間を一定にするためのタイマーが市販されてはいるが、ほとんど sec 単位の目盛りでありカラープリントには最適といえないので真空放電管を使用したタイマーを試作した。この結果プリントの大量製作にも常に同一調子のプリントを作ることができるようになった。この器具の外観および内部を示したものが図-10である。

図-10 (a)

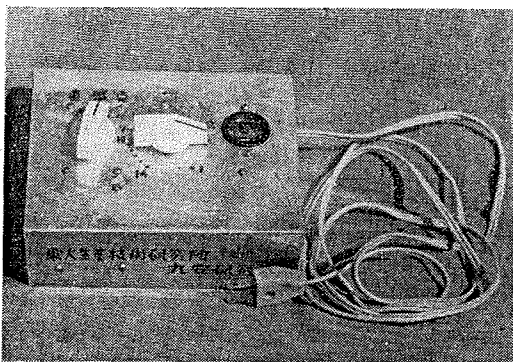
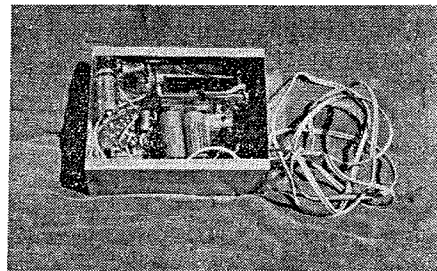


図-10 (b)



(4) 減力法の実験

従来カラーポジフィルムの画像の色調を変えるために、各層の色彩を単独に減力する方法が外国の文献に発表されている。いままでに実験したカラープリントは小型のテストピースであるが、実際の航空写真の原板は大型であるので、単にガラス板による圧定をただけでは、圧定が不十分になり部分的に画像のボケが起こる恐れがある。しかし現在使用している普通のプリンターで大型プリンターでは補正フィルターによる色調調節はできず、更に大量な処理をする場合に実験的な方法を行っているのでは非常に非効率である。このような観点から減力法による方法を考え次の2種類の減力法の実験を行った。

その1はテストプリントの結果予想される色補正量の反対色をネガフィルム上で減力する方法で 口絵写真-7

はこの結果のプリントである。

ネガフィルムを切断して No. 1 は未減力のまま No. 2 は 1 分, No. 3 は 2 分, No. 4 は 4 分, No. 5 は 6 分と, おおの時間を変えて減力し最後にこのフィルムを同時にプリントしたもので, 補正フィルターを使用した場合とはほぼ等しい効果のあることが認められる。

第 2 は大型プリンターを使用してそのまま密着焼のプリントを作り, このプリントから直接不要な色素を減力する方法である。

実験の結果, 減力液は原板に使用した原液のそれぞれ 5 倍, 10 倍液を使用した, シアン減力には 10 倍液が, マゼンタおよびイエローの減力には 5 倍液が適しているようで, 処理時間に応じて相当の効果があることを発見した。この方法は現在まで実験の数が少ないのでまだ色調調節の範囲が狭く, 微細な変化の状況を表わすにはまだ十分ではないが, 更に他の減力法と組み合わせることによって, 航空写真において有効な方法となり得る可能性があるものと考えられる。

10.6 その他の作業

(1) 引伸印画の作成

最適と思われる色調の密着焼の写真を作成後に, 原板の一部を通常の引伸しと同じ方法で 5 倍, 10 倍の引伸印画を作成した。

このテストで 10 倍までの引伸印画のモノクロームおよびカラーフィルムを比較したが, 特にカラープリントの鮮鋭度が劣ることは認められず, 拡大によつて色調の微細な変化が更に明瞭に見られるようになった。このことは航空写真では特に重要である。

全画面の引伸を行うには現在使用されている自動偏歪修正機をそのまま使用する事ができるが, 補正フィルターは投影レンズの絞りを小さくしてその下におかねばならない。

(2) その他

カラーフィルムから立体図化機用のモノクロームの透明陽面乾板 および 縮少陽面乾板等を作ることも可能であるが, これらはいずれも本章の初めに書いた印画焼付と同じである。

11. 地図作成およびその他測量への応用

11.1 地図作成への応用

現在行われている航空写真からの地図製作は, ほとんど立体図化機を使用する方式で, 図解法による地図製作は特殊な部門についてのみ行われている状態であるために, 立体図化機への応用についてのみ調べることにした。

精密立体図化機として知られている, Stereoplanigraph C-8 および Stereoplotting Machine A-8 を実験対照として建設省地理調査所精密図化機室において, 前記 2 種の図化機によつて標定および観察の実験を行った。

標定の方法については特別に問題とする所はないが, 観察の際は図化機の原板を照明する光源がいずれも小型であつて赤味の多い光線の電球であることと, 視準部まで多くの光学系を屈折するために, 画面全部にわたつて黄色が強くなり, 天然色特有の微細な色彩感が失われ, 特に機械図化の際に有利であるという結論は見出せなかつた。

しかし一般に天然色写真は画像の鮮鋭さが悪いといわれるにもかかわらず, 前記 2 種の精密立体図化機の 10 倍および 6 倍の視準倍率で観察した結果では, モノクロームとのいちじるしい差は認められなかつた。これらの結果から図化機に使用する場合はカラーポジフィルムを使用せず, モノクロームプロセスフィルムにプリントして使用し, カラープリントおよびポジフィルムは判読用として使用することが有利のように思われる。

反射立体鏡式の簡易な図化機, 例えばステレオトップのごとく印画紙を使用してその画像を立体観察する場合には, モノクロームと比較して数倍の効果があり, 実際の地形を見るような感じを測図者に与え, 描画, 判読共に正確でかつ測図率も良好である。この機械にはアルミホイルした無伸縮のコレクタット紙を使うのであるが, 現在のカラーペーパーではプリントの前にこの加工をすることが, その作業内容によつては必要となるであろう。

マルチプレックスおよびケルシュプロッターのような余色立体図化機では現在天然色のまま使用することはできず, モノクロームの陽面乾板を使用しなければならないが, 新しい方法によつて天然色の画像を立体視することは可能であり, この方法を利用した図化機については将来更に研究する必要がある。

11.2 各種調査への応用

天然色航空写真を各種の調査に利用することは写真判読上非常に有効である。従つてこの点について実施した実験については 12 章判読に関する章について説明することにした。

11.3 広地域撮影への応用の方法

調査のため撮影地域が狭少な場合は別に問題とする所はないが、広地域の場合にその全部にわたって天然色写真を撮影することは、現在のところ経済的に不可能である。しかし写真判読における天然色写真の絶対有利なことから、広地域を撮影する際に従来のモノクローム撮影と併行して部分的な天然色写真との組み合わせによる撮影を行うことは有利である。

すなわち、従来の広地域における骨幹撮影方式と同様な方法で、数コースごとに天然色による撮影コースを決定し、更に各コースの両端および中間を結ぶ撮影を行い、この写真によつて主要箇所についての標本調査を行い、この結果の資料によつて全地区の解析、推計等を行うことによつて航空写真による調査精度を更に高めることが可能である。

この際の天然色写真の縮尺は、一般撮影の縮尺に拘泥することなく、大縮尺に撮影することが望ましい。

この撮影コースの数、コースの間隔、および最適の縮尺等については、要求される調査の種類と精度によつて決定されるべきもので、更に数多くの実験が必要である。

12. 写真判読に関する研究

12.1 概 説

写真判読 (Photo Interpretation) は航空写真の画像を観察して、その画像の本質を正確に判定するだけでなく、その量的概算もあわせて行い、なお、また総合的判断かまたは一部の特殊な変化によつて、その地区の潜在的な要素を推論することも含んでいる。

そしてこのために使用されている従来のモノクロームの航空写真はすべて白黒の濃淡で表わされ、写真画像が持つている白から黒に至る各種の階調の変化が判読上の唯一の鍵となるものであり、そのほか判読上の諸要素である、形状、蔭、および地域的、地勢的、気候的な各特色等についての研究と慣熟が絶対に必要である。従つて航空写真の判読は専門化され、撮影から最終的な各部門の中で判読の分野の技術者は非常に少なく、かつ急速な養成も不可能であり、このことは航空写真測量の発達において最大の障害となつている。しかし天然色航空写真は、地上の色彩を忠実に再現しているので判読作業が従来と比較して非常に容易になることは大きい効用である。極端にいうならば、初めて航空写真を手にした人でもその内容を読みとることが比較的容易にできるであろう。

12.2 判読用器材の試作

(1) 初年度に作成したプリントは全部ポジフィルムであるために、すべて透過光線によつて観察しなければならない。この目的のために室内でポジ画像を観察するための照明台を試作した。

これは一般の照明機と同じ構造であるが、特に全体を小型にしたもので、木製の箱の中に蛍光灯を入れ、厚ガラスで上部をおおい、このガラス板上に反射立体鏡を整置することができるような装置を持ち、内部からの照明光によつて上部のガラス板上に置いた1対のポジ写真の立体観察を行うものである。内部の照明光は昼光に近いものが適当であると共に、写真処理の際の点検に使用するものと同一であることが望ましい。それで蛍光灯は『FL-20 D-LL』型に統一した。

使用の結果は、写真以外の部分を黒い紙その他でおおいをして、下からの余分の照明光を遮断する方が観察も容易で疲労も少ない。更にこの照明台は地形図の透写用等にも転用することができる。

(2) 野外においては前記の照明台のようなものは使用できないので、太陽光線の反射による携帯用の野外照明台を試作した。

現地調査に使用した結果、曇天で太陽の直射がない時でも明るい立体画像を観察することができて十分に地形その他の調査ができた。試作のため木製にしたために重量が少し重くなつたという不便があるが、軽金属を利用する等の方法によつて、有用に野外の器材として使用することができるものと考えている。これにも反射立体鏡を併用した。図-11はこの反射台を野外で使用している様子である。

(3) カラーペーパーの場合は前記のような器材は全く不要で、モノクローム写真による野外作業と同様、単にポケット立体鏡だけで立体観察ができる。このような利点からも今後はカラーペーパーの使用を安く製作して普及させること考えなければならない。

12.3 現地調査の実施とその結果

初年度に撮影した航空写真についてその効果を確認するために、昭和32年4月11日に現地調査を実施した。この現地調査は第2次試験撮影地域内の中で特に八王子—高尾山付近一帯で、天然色ポジフィルム、比較のためのモノクローム写真および判読用器材、記録用小型カメラ等の器材を携行した。市街、農耕地、山地等の各地

図-11



形について実地踏査した結果次の諸事項を確認した。

(1) 土壌の種類による色調の変化は極めて多様でありかつ微妙で、モノクロームと比較してはるかに効果的である。

(2) モノクローム写真で白く写る地形には次のような多くの場合がある。すなわち、ある種の露岸、枯草の部分、崩壊地、露出した表土、砂地、舗装しない道路、ある種の舗装道路（特に小縮尺の写真において）、コンクリート工作物、雪におおわれた部分等で、これらを写真上で判定することは、専門的知識と長期の練習によつてその大部分が可能であるが、非常にむずかしい技術であり、更に一応現地との照合が必要である。しかし天然色ではなんの苦勞もなく極めて明瞭に区別することができる。

(3) 樹木の種類による色調の変化が明瞭で、針葉樹と広葉樹の区別、更にモノクロームで識別の困難な竹林との区別が容易にできる。

(4) その他農耕地の栽培物も明瞭に区別できる。これらの区別には今後季節ごとに行う数多くの撮影と現地調査を併行して実施しサンプリングを行うことが必要である。

(5) Hazeの影響によつて画面が青紫色を帯びているが、現地で立体観察して対照した結果、観察するだけでは従来のモノクロームの立体像だけを見て来た時と違い、全く地形を再現したという感じが強く、参加者全員が全般的に予想以上に効果的であるという感じを受けた。

(6) 飛行高度が高くなるにつれて、Hazeの影響以外に散乱光の影響も加わり、天然色写真の効果が急激に薄れてくる。その影響は大体2500m位から現われるようである。

(7) 判読の対象によつては、適宜フィルターを交換して撮影を行い、その特殊効果によつて、判読の補助手段とする方法も考えられるが、更に応用事項として将来研究することが必要であろう。

12.4 第2次現地調査

第2年の最後に実施した第5次試験撮影地域である飯田線地区について現地踏査を実施した。この結果については別に報告書に詳細に発表するが、ここにその大要を紹介する。

(1) この現地踏査は3種類の天然色写真と2種類のパンクロ、および赤外線写真の総合的な比較対照しながら調査したもので、この結果については、いままでに述べた以外に新しく次のような事柄を確認した。

(2) 蔭の部分の細部の判読ができる。この地区は南北に走る深い谷で、同時刻に撮影したモノクロームが非常に蔭の部分が多く、この部分のデテールは判読不能であつたにもかかわらず、天然色写真では蔭の部分が多少青味を帯びた程度で実に明細に細部を判読することができた。

(3) 人工構造物の分類が容易である。従来コンクリートと石垣等の区別が明瞭でなかつたが、今回の調査では天然色写真でこの区別をすることが可能なことが判つた。

(4) 崩壊地帯においては地質の違いが明瞭に現われ、地層の状況がよく判つた。

(5) 粉碎された岩石の堆積した処は、写真上で青白い特殊な色に発色していることが認められた。この発色の原因は更に研究する必要があるが、判読上の1つの鍵として記憶する必要がある。

(6) 現地での視察では全く同じように見える水田が、赤外線写真では黒く、天然色写真では青く現われ、周囲の水田と全然違つて写つていたために、詳細に調べたところ、この水田には大きなキレツが発生していることが判つた。

このような特殊な変化のある地形の調査のためには有力な方法として、使用することができるようになるであろう。もちろんこのためには更に多くの実績が必要である。

13. その他の諸問題

13.1 天然色写真の最近の動向と航空写真との関連

最近の一般の天然色写真には、それぞれの目的に応じた性能のものを選択して使用することができるようになった。

この研究を始めた当時は、入手可能な感光材料には制限があり、かつ入手できる内式のフィルムもすべてリバーサルフィルムのみであつた。しかし航空写真測量の特殊性を考えると、ネガポジ方式による撮影法が有利であるとの結論に達した。当時国内で生産されていたネガポジ式のフィルムは小型カメラ用のみであつたが、幸い富士写真フィルム K K で研究中であつた大型のネガカラーフィルムの提供を受けることができ、これによつて航空写真の研究を実施することができて、ここに報告したような成果を収めることができた。

その後アメリカにおいてネガポジ方式の感光材料が発売されたが、これも一般用でまだ航空用のネガカラーフィルムが作られ、実験されたということを見聞かない。またこの製品は日本へは輸入されていない。更に欧州系統のものとして、ゲバルト、アグファ等の製品がある程度使用できるようになつたが、輸入に関する手続その他の関係で大型の航空フィルムの円滑な入手は期待できない状態である。

一方国内においても、これらのフィルムにつづいて新しいネガポジ式のフィルムが発表された。従つて今後はこれらの国産品のフィルムを容易にかつ安価に使用して行くことができるであろう。

これらすべてのフィルムを比較研究することは、この研究ではできなかつたが、今後このような新しい材料の発表と処理方法の改善等によつて、天然色航空写真はより優れた成果を発揮できるようになることは必然である。

これらの新しい感光材料が、この研究期間の最後の時期になつて発表されたことは残念であるが、この研究で最初から目標として進んできた方法が、ようやく一般化されてるようになってきたことは喜ぶべきことであろう。

年とともに改良進歩をつづけるこれらの感光材料を航空写真に利用する研究は一日も停止することなく、今後とも長期にわたる研究が行われなければならない。

13.2 外国における天然色航空写真研究の状況について

ドイツにおいて、戦後一部の地区についての航空写真を天然色写真によつて実施したことが報じられたが、その詳細については現在に至るまでなお不明である。しかしそれはリバーサルフィルムを使用して、直接これを Stereoplanigraph 等の図化機によつて機械図化を試みた程度のものである。このことは Stereoplanigraph の測標が戦前の型式を改良して、光点式とし更にこの光源部に数種の色のフィルターを適宜交換することができる着色式として、この方式が天然色写真の使用に際して非常に有利であることを強調していることからもうかがうことができる。

1956年ストックホルムで開催された第8回国際写真測量学会において、ドイツのツアイス社およびスイスのウイルドの両社によつて天然色のポジフィルムが展示されたことが報告されたが、参加した人の言によると画面全体に青味がかつたフィルムであつたといわれているが細部のデータは不明である。

その後ドイツおよびスイスの両国から来朝した航空測量の技師について、特に航空測量における天然色写真利用の研究について質問したが、いずれも十分な研究は行われていないとのことである。

アメリカにおいては、航空写真測量に利用した2,3の実験例がいままでに発表されているが、いずれもリバーサルフィルムをそのまま各種の研究に使用しているようである。

アメリカ北西林業試験場が実施したパンクロフィルムとカラーフィルムの両方で同時に実施した森林測定の結果についての発表では、両者の間にいちじるしい判読上の優劣の差は認められなかつたといつているが、報告の終りに、この実験に使用したカラーフィルムが初期のものであるために十分な測定精度が出なかつたが、更に改良された場合には測定の精度が優れたものになるであろうと述べている。

また、U.S. Geological Survey が1956年に実施したカラーフィルムによる地質調査においても透明陽画が使用され、現地調査によるサンプリングとの併用によつて、地層の分類、地質および岩石の種類の判別に非常に効果が発揮されたことが学会で報告された。更にアメリカの某民間航空測量会社では、すでに約10万mile²におよぶ天然色航空写真を撮影し、処理のために最適の施設を完備した Laboratory を建設し、民間各社の信頼に応じて各種の調査に利用していることを報じている。特に鉱山関係の調査においては、鉱脈の露頭が鉱石の種類によつて各種の鮮やかな色彩で示されるので容易に発見することができたと伝えている。

これらの状況を総合するとアメリカにおいては、すでに特殊な調査のために、天然色による航空写真が実用に供されようとしているものと考えられる。1957年イーストマンコダック社より発表された新しいネガポジ式の材

料も恐らく航空サイズのものであるようである。

このように諸外国においても航空用の天然色写真の研究はようやく発足し、実用化しようと研究を進めている程度のように思われる。したがってわが国でも今後この実際の応用については更に数多くの実験をつづけ各種の資料を整えることが当然必要であると考えるのである。

13.3 天然色航空写真における写真縮尺に関する問題

現在までに実施した各種の実験的撮影およびその後の各調査の結果によつて、写真縮尺の決定について更に研究すべき若干の問題が残されている。

いうまでもなく、航空写真測量においては写真縮尺の決定は根本的に重要な問題であつて、一般の航空写真測量の場合でも、現在なお多くの研究が行われつつある状態である。したがつて、研究発足後日の浅い天然色写真の場合には、特に写真縮尺に関しての結論を下すことは早急にはできない。しかしながら天然色写真の使途を判読用のみ限定し、図化用にはモノクロームを使用するという前提条件のもとに、最も適当と思われる写真縮尺を考えた場合、ほゞ次のようなことがいえるであろう。

まずこの問題を解決するために、その使用目的ごとに現在使用されている各種の写真縮尺、1/20 000、1/15 000、1/10 000、1/5 000、等に撮影して実験した結果、次のように結論が得られた。現在森林測定に使用されている1/20 000のモノクロームの写真縮尺の場合には、実際に判読作業に使用されているのは2倍に引伸ばした縮尺1/10 000の写真である。天然色写真でも同様で縮尺1/20 000では、全般的分類および観察には使用することができるが細部の測定には適しない。引伸写真の作成は天然色の場合、作業工程および経費の点で不利であるから、初めから一定のより大きい縮尺で撮影する方が有利であると考えられる。一般的な森林測定には、モノクロームと同じく約1/10 000程度の縮尺が適しているようである。

特別に精密な測定をする場合には更に大縮尺のものが望まれるが、これらの縮尺と測定結果との関係については更に林業専門家との共同研究をつづけることが必要であろう。

地質調査の場合においては全般の地質構造を解析するにはモノクロームで1/20 000程度のものが用いられるが、局部的な地質や土質を知るためには大縮尺のものが望ましく、約1/5 000～1/10 000内外の写真縮尺が最適のようである。今回実際に現地調査を行つた飯田線地区に携行した天然色写真は縮尺約1/6 000で全般的には非常に有効であつたが、局部的な観察には更に大縮尺が欲しい時があつた。

しかし、経済的な観点からも考えなければならないので、一応この1/5 000内外を標準とすればよいのではないかと思われる。

これらの諸点から総合的に判断して天然色航空写真の縮尺は最小限度を1/10 000位として、最大限度を経済的観点のほか地形による撮影障害その他をも含めて1/5 000とし、この範囲内での撮影であれば十分有効に利用できると思われる。

しかし、将来各方面への応用について研究し、それぞれの目的に応じた最適の写真縮尺を決定することが必要である。

13.4 結 び

天然色航空写真は写真処理の工程の複雑さを除けば他のすべての点においてモノクローム写真よりすぐれており、特に写真判読上の有利は絶対的なものである。経済性が許せば今後広範囲に使用されるようになるであろう。このために将来さらに研究を進めなければならない事項については、本論文の各章にそれぞれ付記したが、それ以外にも、あらゆる部分についての実験と研究をつづけ、今後逐次発表されるであろう各種の新製品についての新しい方式の研究も併行して行わねばならない。

現在までに実地に応用した例はわずかに1,2の部門についてのみであるが、更にこの応用の範囲を拡大してゆくことが必要で、そのために各部門の専門的立場から再検討することも考えるべきであろう。

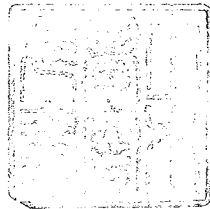
最近航空写真の新しい利用として注目を集めつつある写真地質学における天然色の利用等も大いに期待されるものの一つである。

限られた条件のもとであつたにもかかわらず、天然色航空写真の全般についての研究を実施することができ、一応満足すべき最終成果品を作り出すことができるようになった。この成果品を実際に利用して、その効果を最高に発揮することは各部門の専門家の積極的な利用と研究にともなる以外に方法がない。

本報告書を終るに当つて特にこのことをお願いする次第である。

参 考 文 献

- 1) "Manual of Photogrammetry", The American Society of Photogrammetry. 2nd Edition. 1952.
- 2) G.C. Brock: "Physical Aspect of the Air Photography", 1952.
- 3) O.W. Schulte: "The Use of Panchromatic, Infrared and Color Aerial photography in the Study of Plant Distribution", Photogrammetric Engineering, Dec. 1951.
- 4) Kauffman: "Haze and Color Filters in Aerial Photography", Photogrammetric Engineering, April. 1934.
- 5) Hall R: "The Effect of Haze and High Solar Altitude on the Density of Air Survey Negatives", Photogrammetric Record, Oct. 1954.
- 6) Tupper J.L. & Nelson: "Effect of Atmospheric Haze in Aerial Photography Treated as a Problem in Tone Reproduction", Photogrammetric Engineering, June, 1955.
- 7) Philip A. Laglonder: "A Performance Estimate Comparing Conventional Geologic Mapping with that Accomplished with the Aid of Color Photographs", Photogrammetric Engineering Dec. 1956.
- 8) Hugh T. Onell & William J. Nagel: "An Instrument for Increasing Contrast between a Colored Object and a Different-Colored Background on Color Photographs", Photogrammetric Engineering, March. 1957.
- 9) Robert B. Pole: "The Effect of Photo Scale on the Accuracy of Forestry Measurements", Photogrammetric Engineering, Dec. 1957.
- 10) B.H. Kent: "Experiments in the Use of Color Aerial Photographs for Geologic Study", Photogrammetric Engineering Dec. 1957.
- 11) Eastman Kodak Co: "The Kodak Color Handbook".
- 12) 宮本五郎, 奥沢和夫: "天然色写真", 共立出版 KK, 1957.
- 13) 長口宮吉: "天然色写真", 広川書店, 1953.
- 14) 藤波重次: "高等写真技術", 共立全書, 1956.
- 15) 照明学会編: "照明のデータブック" 第1編 光, オーム社, 1958.
- 16) 森 礼於: "色順応について", 照明学会雑誌, 1958. 3.



昭和34年2月20日 印刷
昭和34年2月25日 発行

土木学会論文集第60号・別冊(3-2)

定価 60円(〒10円)

著者	東京大学生産技術研究所	丸安隆和・西尾元充
編集者	東京都新宿区四谷1丁目	国分正胤
印刷所	東京都港区赤坂溜池5番地	株式会社技報堂

発行所 社団法人 土 木 学 会

東京都新宿区四谷1丁目 電話(35) 5130・5138・5139 振替東京16828番