

リモートセンシングにおける写真

一條 敏明 (オリエンタル写真工業㈱) 松野 久也 (環境地質部)

はじめに

わが国において はじめて 従来の空中写真測量を拡大して 今日のリモートセンシングの概念で扱えたのは 西尾元充 (1964) であろう。しかし その具体的な研究は いくつかの分野において すでに開始され (MURUYASU et al. 1971) つつあった。その1つの例として 地質調査所における地熱探査および火山調査への応用を目的とした 熱赤外線映像技術に関する 先行的な研究が挙げられる (MATSUNO et al. 1969/70)。

しかしながら リモートセンシング技術が 現在のよう な形で広く一般に理解され かつ活発な研究が行なわれるようになったのは 1970年代に入ってしばらく経ってからのことである。すなわち 1972年7月 LANDSAT (旧名ERTS) 1号の成功によって 国連ベースで その収録データの応用の可能性の追求が開始されるようになったのがそのきっかけである。

そして現在では 従来の写真方式のシステムにもまして 電子方式のシステムが数多く各機関によって競争して導入され 折からのコンピュータ ブームと結びついて そのデータ処理—とくにデジタル処理—についての検討が一方的といえる位旺盛に行なわれつつある。このような状態を作り出した原因の1つに 人工衛星からのマルチスペクトル観察と そのデータのコンピュータによる解析に対する過大な期待があるものと考えられ 決して健全な姿ではない。

リモートセンシング データが地球表面からの電磁波 輻射エネルギー強度分布の面的記録であるという点から 空中写真はリモートセンシングの源であり その重要な方式の1つであることは今後も変わらないであろう。したがって写真方式を抜きにし あるいはこの過程を経ることなく リモートセンシングを論じることは不可能である。写真方式 電子方式ともにそれぞれ優れた特徴をもっている。これは センシング (データ収集) システムだけではなく データ処理システムにおいても同様である。したがって両者の特徴を組合せたシステムが真に現実的である。

筆者らは これまでに数多くのリモートセンシングに関する研究ならびにそれが応用されたプロジェクトに関係し 主として写真処理の面から種々の検討を行なって

来た。この過程において 写真および写真処理のメリットを明らかにすると同時にその限界 さらには電子方式のそれらが優れた点についても検討して来た。例えば 日本鉱業会における「リモートセンシング利用技術の基礎研究」において 空中写真の地質判読技術 すなわち写真地質学的手法 (松野:1967) を適用するだけで LANDSAT 映像データから 地質・鉱物資源探査のため必要なしかも本質的な情報が効果的に抽出できることを体験した (構造解析小委員会:1976)。このためのデータ処理としては 最小限の写真処理だけで充分である。そして この場合現在リモートセンシングのデータ処理の本命であるかのように考えられている コンピュータによるデジタル処理に遙かに優る方法である。一方 標準地形図に編集された他の調査手段による地質および地球物理情報と LANDSAT データから抽出された地質情報の総合的な解析のためには 予め LANDSAT データについて幾何学的補正・地図投影変換を始めとする前処理が重要であることを痛感させられた。そしてこのためには コンピュータによる これらの前処理を含めた CCT からの画像出力システムが不可欠であるという考えに到達している。

以上から リモートセンシングにおける写真ならびに写真処理技術の位置付けと その現状さらに将来の課題などについて 総括的に報告を試みる次第である。

1 写真感光材料の現状

リモートセンシングにおける写真を考える場合 センシング機能としての写真とイメージング機能としての写真に分類することができる。通常 写真感光材料はこの両方の機能をかねそなえている。しかし 一つの感光材料に両方の性能を同時に追求するには限度があり 普通は センシング感光材料 (撮影感材) とイメージング感光材料 (複写感材) に分けて研究開発されているのが現状である。

1-1 センシング機能としての写真感光材料

リモートセンシング方式には 写真方式と電子方式とが考えられる。写真方式では センサーシステムとしてカメラとフィルムおよびフィルター等の組み合わせが用

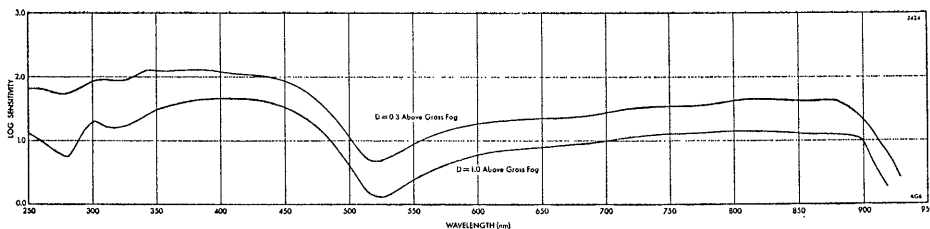


図1
白黒赤外航空フ
イルムの分光感
度(E・K2, 424)

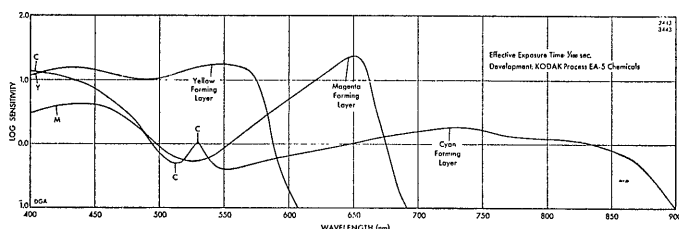


図3 カラー赤外航空フィルムの分光感度 (E・K 2, 443 3, 443)

いられ これらによって ある波長領域の二次元画像を比較的容易に得ることができるので 空中写真測量に長い歴史があり かつ現在ではリモートセンシングのセンサーシステムとしても盛んに利用されている。電子方式においては 信号の検出とイメージングとは明確に分離されているのが普通であり また比較的複雑で大型の装置を必要とする。これらはカメラ等ではカバーできないスペクトル領域までを対象とするセンサーの開発の結果 最近盛んに利用されるようになった新しい方式であって 入力信号を一次元の電気信号に変換するものである。いずれにせよ センサーとしては高い感度 広いスペクトルレンジ 高い分解能 速い検出スピード等が要求されるのである。

現在最も広く利用されている銀塩感光材料は 感度階調 解像性 画像の安定性 可視全域をカバーする分光感度等の諸性能をバランスによく備えている。これらの要素の一つ一つをとりあげれば 銀塩感光材料よりすぐれている系もある。例えば 解像性のすぐれた感光材料としては ほかにジアゾ材料 フォトクロミック材料 感光性樹脂があるが これらの感度は 高解像力銀塩感光材料に比べて2~3桁低い。この点 銀塩感光材料は他の感光材料あるいはセンサーには見られない特徴をもっているといえる。

現在市販されている銀塩感光材料の中で最も感度の高いものは白黒フィルムであり イーストマン コダック社の Royal X Pan では ASA 感度 1,250 同じく Hi Speed Recording Film 2,485 は ASA 感度 1,250 である。銀塩感光材料は 増感現像処理によって感度を上げることができ 2,485 は ASA 10,000 位まで増感することができるといわれている。この辺が 現在の写

真感光材料の感度の实用限界と考えられる。

カラーフィルムでは ASA 80~100 が標準的な感度であるが カラーリバーサルフィルムでは比較的高感度のものが開発されており ASA 200~500 位までのものがある。カラーフィルムでは 白黒フィルムと違って 多層塗布された乳剤層による散乱や 色補正のためのマスキング層による吸収等によって光の効率が低下し 感度は低くならざるをえない。

次に銀塩感光材料の感光波長域であるが 銀塩感光材料の本来の感光波長域は 約 500nm 以下の短波長である。しかし 色素増感により感光波長域を拡大することができる。現在技術的には 1,200nm 位の近赤外域まで感光域を拡大することができるが 実的には 950 nm 位が限度であろう。又 短波長域では 普通の銀塩感光材料で 300nm 位までの感度をもっている。300 nm 以下になると ハロゲン銀のバインダーとして使用されているゼラチン層を少なくした特殊感材シューマンフィルム等を使用することによって波長域を拡大することができる。しかし 200nm 以下では真空中で撮影しないと効果がない。通常の光学ガラスレンズの透過限界が 300nm 前後であることを考慮すると 短波長の实用限界は 300nm 位であろう。

次に写真感光材料の解像力であるが 銀塩感光材料の一般的性質として 感度を上げると相対的に解像力が低下する傾向がある。銀塩感光材料においては 特に高感度を要求する場合は 解像力を或る程度犠牲にして高感度材料を使用し 更に増感現像処理をすることができる。又高解像力低感度フィルムを使用し 更に微粒子現像処理をほどこすことによって 目標の解像力をうることもできる。航空撮影用高感度フィルムでは 白黒で解像力は 100本/mm前後 高解像力フィルムで 500本/mm位である。(表1)

1-2 イメージング機能としての写真感光材料
写真方式は電子方式と違って センサー自体が二次元

表1 イーストマン・コダック社製 航空用フィルム 感度・解像力比較

品名	感度	解像力 本/mm	
		* 1,000:1	** 1.6:1
トライ-X エアログラフィック 2,403	640	80	20
ハイ デイフィニション エアリアル 3,414	8	630	250
エアロカラー ネガタイプ 2,445	100	80	40

(注) 感度 コダック社の航空フィルム用感度表示方法による。
* 被写体コントラストが 1,000:1の場合
** " " 1.6:1 "

平行記録センサーであるため センシングと同時にイメージングを完了する。しかし 入力する映像信号は使用する光学系と感光材料によって瞬間的にイメージとして固定されてしまうが 必ずしも入力信号を忠実に記録しているとは限らない。

写真のイメージング特性は 使用する感光材料 使用条件及び現像処理条件によって決まる。その特性は“特性曲線”によって大体あらわすことができる。

特性曲線は 感光材料に照射された露光量に対応する感光材料の黒化濃度の関係を示すもので 理想的には入射光量の全域にわたって比例した濃度がえられることである。しかし 通常の航空用撮影感光材料においては入射光量に比例して忠実に濃度再現ができる被写体の輝度域には限度がある。従って被写体の輝度差がこれ以上の場合 または露光操作が不適当なために 露光域が特性曲線上の最適露光域を逸脱した場合には 被写体の明るい部分または暗い部分の濃度再現性が低下もしくは不能になる。また 銀塩感光材料は広い感光波長域をもっているといっても 波長域全体にわたってフラットな感度をもっているわけではない。いずれにしても写真のイメージング特性を考えた場合 その精度には限度があり 一度センシングされた映像データを正確に補正することは困難である。

次にイメージング専用(複写用)感材としては 撮影感光材料の複製用 電子方式センシングシステムの画像出力用等が考えられるが 撮影感光材料とは違って感度より解像力 現像処理性能等が要求される。

画像記録用としての感光材料は高い記録密度をもっている。撮影用感光材料の解像力数10本に対し高解像力マイクロフィルムは1,000本位である。ジアゾフィルムで1,000本以上 感光性樹脂で2,000本以上等非常に高い解像力がえられる。これに比較するとビジコンやCRTの解像力は問題にならない。(表2)

1-3 写真現像処理の現状

画像処理システムとしては光学的処理 電気的処理

表2 各種感光材料の解像力比較
(本/mm 被写体コントラスト1,000:1)

	感光材料の種類	解像力
撮影用	高解像力航空用白黒フィルム	300 ~ 500
	高感度航空用白黒フィルム	50 ~ 80
	中感度航空用白黒フィルム	50 ~ 100
	航空用カラーフィルム	50 ~ 80
	高解像力白黒マイクロフィルム	400 ~ 600
	高感度白黒マイクロフィルム	200 ~ 400
	超高解像力白黒マイクロフィルム	1,000
	カラーマイクロフィルム	80 ~ 120
デュープ用	航空用白黒フィルム	100 ~ 120
	航空用微粒子白黒フィルム	300 ~ 320
	カラーデュープフィルム	100 ~ 120
	高解像力白黒デュープマイクロフィルム	1,000
	カラーマイクロフィルム	500
	高感度ジアゾフィルム	1,000 ~
	低感度ジアゾフィルム	1,000 ~
	感光性樹脂	1,000 ~

機械的処理等があるが 写真画像処理は光学的処理に入る。実際にはニーズによってこれら2つの処理方式が組み合わされているのが普通である。将来は 各々の特徴を組み合わせたより合理的な画像処理システムが開発されて行くと思われる。

写真画像処理についての方法を分類すると 表3のようになる。

現在広く使用されているハロゲン銀感光材料は 適当な現像処理と組み合わせることによって感度 調子 解像力等の感光材料にはないバランスのとれた性能をうることができる。しかし 現像処理の複雑さ 処理時間が長いという欠点をともなうので これらの欠点を除くため 特に処理ステップの省略 高温処理による時間の短縮 湿式現像処理から乾式処理への変換等の対策が考案されてきたのである。

A 普通感光材料の迅速処理

現像処理や定着処理の時間の短縮は 強力処理液や高温処理によって達成できるが これをスムーズにおこなうために最近 は 乳剤の薄膜化 高温現像カブリ防止 支持体のポリエステルベース化 ポリエチレンラミネート紙の採用等の諸技術がシステムとして開発されてきた。現在 メレイフィルムや製版用フィルムでは90秒で乾燥まで完了できるようになった。また カラーペーパー処理では 処理工程の短縮化が計られ 白黒と同じ2浴処理の実用化も近い。

表3 写 真 画 像 処 理 方 式

分 類	方 式	プ ロ セ ス	例
銀塩写真法	普通処理法 一浴現像法 安定化処理法 拡散転写法 色素転写法 プリントアウト 熱現像法 フォトソルビリゼーション	現像→定着→水洗→乾燥 現像・定着→(水洗)→乾燥 現像→安定化 現像・転写 現像→前処理→転写 光現像 熱現像 定着→露光→現像→水洗→乾燥	クイックペーパー ポラロイド ベリファックス オシログラフDVタイプ ドライシルバー
ジアゾプロセス	ジアゾ カルパー	現像(湿式 乾式 熱) 熱現像	コピー用材料 マイクロ複写材料
フォトポリマープロセス	光重合 光架橋 光分解	露光→現像→染色	フォトレジスト
電子写真法	ゼログラフィ エレクトロファックス	帯電→露光→粉末現像→転写→定着 帯電→露光→粉末現像→定着	

B 直接ポジ感光材料

通常の写真処理方式では ネガ像処理プロセスとポジ像処理プロセスに分れており 最終的に必要なポジ像をうるためには 多くの処理ステップと時間が必要である。この二つの処理プロセスを同時に処理し 直接ポジ像をうる方法も考えられてきた。その一つがリバーサルフィルムによる反転現像処理であり 白黒とカラーがあるが 特に白黒においては高温処理による迅速処理が実用化している。

次に拡散転写法による方法で ポラロイド写真に代表されるものである。拡散転写法では ハロゲン化銀乳剤を塗布したネガ材とコロイド銀 コロイド硫化銀のような現像核になる物質を塗布したポジ材が用いられる。

ネガ材に露光をあたえた後 現像剤に接触させ たちにネガ紙をポジ紙の乳剤面に重ね合わせると ネガ紙中の未露光部のハロゲン化銀が現像剤中のハイポによって溶解され ポジ紙に拡散し そこでコロイド銀と接触して還元されて銀画像を形成する。カラーの場合も処理方法は白黒と同じであるが内容は異なっている。

C 安定化処理法

乳剤層中に現像剤が添加されている感光材料を使用し露光後アルカリ現像液で数秒処理し 次にチオシアン酸アンモニウムを主成分とする安定液で同じく数秒処理して完了する。このシステムは 非常に簡単なプロセスのために手軽に迅速に処理することができる。しかし画像の保存性が悪いのでごく限られた分野で利用されて

いるに過ぎない。

D 光現像方式

完全に乾式処理によって現像する方法の一つで めんどうな処理液の管理が不要であることが特徴である。しかし 画像品質においては通常の湿式処理の銀塩感光材料には及ばない。

その現像プロセスは 感光材料に高照度短時間露光をあたえることによって潜像を形成させ その後 低照度全面露光による光現像をおこない 約10秒で画像化させるものである。しかし光現像によって処理するために光による画像の不安定性があるが 安定化処理をほどこすことによって保存性を数段向上させることができる。現像処理が非常に単純であり 従って処理装置がコンパクトにできるので 電子式画像処理装置の出力用 またはモニター用として装置に組込むことができるであろう。

E 熱安定化光現像方式

この感光材料は 光現像型感光材料をベースにして それに熱安定化を組み合わせたもので 感度が高く一般複写感光材料に近い特性をもっている。そのプロセスは 画像露光 ($50\sim 100\text{erg/cm}^2$) の後 熱安定化 ($2\sim 4$ 秒/ $220^\circ\sim 240^\circ\text{C}$) をほどこし 最後に光現像 (約 $10^7\sim 10^9\text{erg/cm}^2$) して完了する。なお 各々の処理時間は数秒で 全処理時間は10秒内外である。解像力は高く 500本/mm 位あるが 最大濃度は一般感光材料程ないことと色調が青みががっていることが欠点である。ビデオ出力用としての開発が可能であろう。

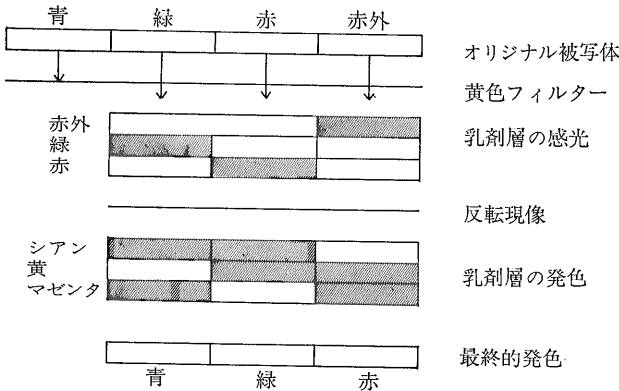


図3 カラー赤外フィルムの発色構造

F 熱現像方式

この感光材料は ベヘン酸銀の結晶格子の一部にハロゲン化銀を置換し 還元剤としてヒドロキノンを混合し ポリビニールブテラル中に分散塗布する。臭化銀が光分解銀となり これが触媒となって露光後 120°C位に加熱するとベヘン酸銀が置換され可視像が得られる。現像時間は数秒で完了する。感度 色調 解像力など一般感材なみの性能をもっており 写真複製用ビデオ出力用としての利用が期待される。

2 リモートセンシングにおける 画像処理としての写真

リモートセンシング技術が有効に利用されるためには総合情報処理システムとして データ収集 データ処理 データ管理及び データ利用の各分野が有機的に結合し 各々の分野の技術が効果的に開発されることが重要であろう。このような中での写真の役割を考えた場合 各分野で写真に対する要望も違い 感光材料や処理機材の選択が必要になってくる。

2-1 データ収集としての写真

センシングとしての写真方式は 白黒空中写真(パンクロ写真 赤外線写真 紫外線写真) カラー空中写真(リアルカラー写真 赤外フォーカスカラー写真)及びマルチスペクトル写真に分類できる。

空中写真に使用される感光材料として要求される性能としては 感度 スペクトルレンジ 幾何学的精度 画像の安定性等が挙げられる。感度の向上は対地相対速度を上げることができ データ収集のスピード化に役立つ。又解像力のアップは高高度からの撮影 すなわちカバー範囲を拡大し データ収集の能率向上を計ることができる。しかし銀塩感光材料の一般的性質として感度と解像力は相反する傾向にあり 使用目的によって

感光材料を選択しているのが現状である。幾何学的精度は一般写真以上に要求される。一方写真フィルムは普通 プラスチックベースにゼラチンからなる感光乳剤層が塗布されており 本質的に違った2層からなっている。従って 環境条件 経時等により各々違った影響をうけるので 寸法変化の状態は複雑になる。寸法変化は おもに温度 湿度によって大きく影響される。次に航空撮影用フィルムの例をあげる。

A 白黒赤外航空用フィルム

感光波長域を近赤外域まで拡大することによって 空中のヘイズの影響を少なくし 分解能をアップすることができ かつ情報量は大幅に増大する。現在の赤外線フィルムの感光波長域は 近紫外から近赤外までのびているので 適当なフィルターを使用することによって各種の利用方法が考えられる。普通にはヘイズカットし かつ近赤外域を利用するために 黄～赤のフィルターを使用し 500nm 以上の波長域で撮影する。また このタイプのフィルムはマルチバンドカメラ用感光材料として欠くことができない。しかし 赤外フィルムは 緑光域(500~550nm)の感度が大幅におちる傾向があるので 赤外フィルムだけによる分割撮影より パンクロフィルムとの組合せ撮影の方が合理的であろう。ただし この場合 撮影カメラが複雑になることはさげなければならぬ。

B カラー赤外航空フィルム

カラー赤外航空フィルムは フォールスカラー発色タイプのリバーサルフィルムである。スペクトル感度が植生の反射レスポンスのピーク近くまでのびているので 植生調査にはシングルレンズカメラによって比較的容易に経済的に利用できる感光材料である。しかし 植生等の対象物体からの反射スペクトル分布は季節によっても変化するので その都度分光反射率の差を最大限に表現する波長域を選択できることが必要であるが 赤外カラーフィルムでは 常に固定したスペクトル域で撮影せざるをえないという制約がある。

C マルチスペクトル写真

マルチスペクトル写真(図4)は マルチバンドカメラ(図4a)と白黒赤外フィルムとの組合せによって波長別に同一シーンを分け撮りする方法であり 通常は4バンドに分割される。すなわち 1バンド(青色光400~500nm) 2バンド(緑色光500~600) 3バンド(赤色光(600~700) 4バンド(近赤外光700~900)の白黒画像をつくる(図4b)。

観測対象物の識別や特性評価能力は 白黒写真より普通のカラー写真や赤外カラー写真などを利用することによって飛躍的に向上する。従って 従来からリモートセンシングに利用され これらの感光材料の感度アップ 解像力の向上など性能の改善が図られてきた。しかし 近年リモートセンシングの有力手段としてマルチスペクトル写真方式によるカラー合成写真の利用が注目されるようになってきた(図4 c d)。その利点をあげると大体次のようになる。

A 一つの支持体に三つの感光層を塗布したカラーフィルムでは 分光感度や発色特性によって再現しうる範囲には限界があり 被写体の分光学的再現はできない。これを特性のよい白黒フィルムに適当なフィルターを使用して分解撮影することにより改善することができる。性能的に一種類の白黒フィルムで全波長域をカバーできない場合は2種類の感光材料を使い分けることもできる。図5は二つの被写体の実際の分光感度曲線と撮影済みのカラーフィルムの画像を測定したスペクトル曲線の比較を示している。a 曲線は被写体のスペクトル反射 b 曲線は撮影済のカラー

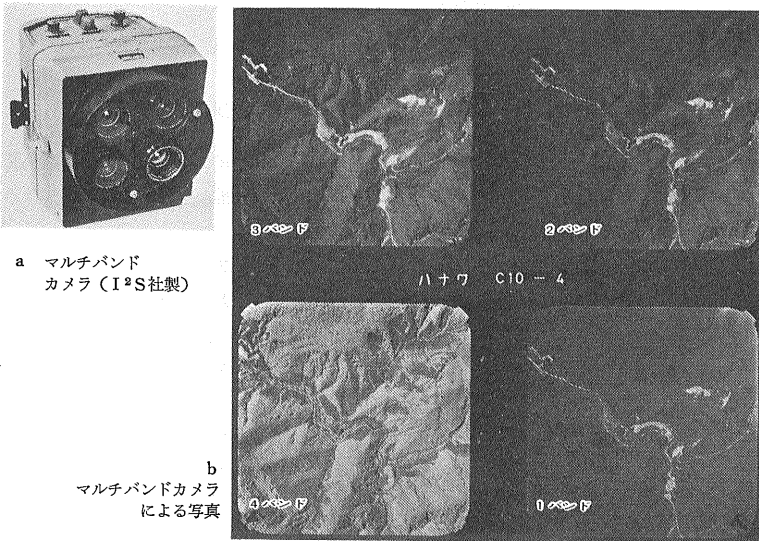
一透明フィルムでの透過スペクトルである。 両曲線に差があることがわかる。

B カラーフィルム上では カラー画像は撮影条件によって固定されてしまい 写真解析者は色彩表現の変更 強調分離などを試みることは困難である。 カラーフィルムを 青緑 赤のフィルターによって白黒フィルム上に分解撮影し調整の上再度カラー合成することが考えられるが もとのカラーフィルムに含まれているスペクトルエラーは改善できない。

C 始めからマルチスペクトル撮影されたものは色分解がより正確にできる。 また撮影目的によって各種のフィルターを選択することができ スペクトルの分割の数 範囲をかえることができる。 さらに 識別効果をあげるため カラー合成に当って各バンドの組み合わせと発色方法を種々かえることができる。

D 撮影に白黒フィルムを使用するため カラーフィルムより感度 解像力のすぐれた感光材料を使用することができる。 また 撮影や現像処理による画像品質の多少のバラツキは デュープ処理工程によって比較的容易に補正することができる。 逆に デュープ処理工程によって特定バンドのコントラスト調整をおこない部分的な強調処理をおこなうというようにもできる。

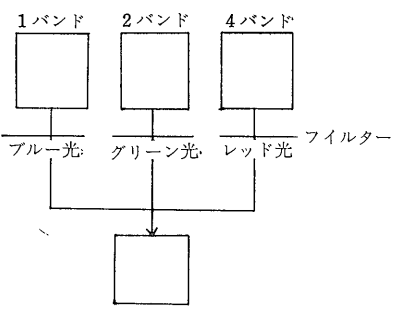
E 原データが白黒フィルムなので 現像処理と保管が適切であれば 保存は半永久的であり データの長期にわたる蓄積が可能である。 そして必要に応じて何時でも新鮮な合成カラー写真を再現することができる。 これに反し カラーフィルムの保存性は白黒フィルムに比べて悪く 一度変色したカラーフィルムからもとの色彩を再生することは不可能である。



a マルチバンドカメラ (I* S社製)

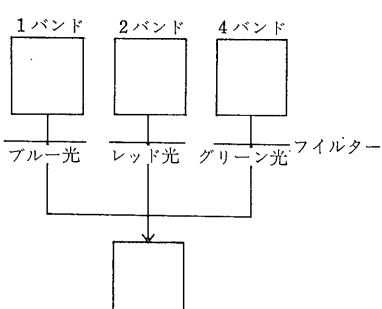
b マルチバンドカメラによる写真

C フォールスタイブカラー合成



カラー合成写真 (フォールスタイブ)

d ナチュラルタイプカラー合成



カラー合成写真 (ナチュラルタイプ)

図4 マルチバンド写真方式

マルチスペクトル写真の利点は以上の通りであるが 処理工程数の増加によるアクセスタイムの増大はさげられない。この改善のためには カラー合成を含めた処理システムの機械化を図る必要がある。

2-2 データ処理としての写真電子方式にせよ写真方式にせよ センシングされた映像データは 保管や利用の目的に応じて各種の処理がなされる。電

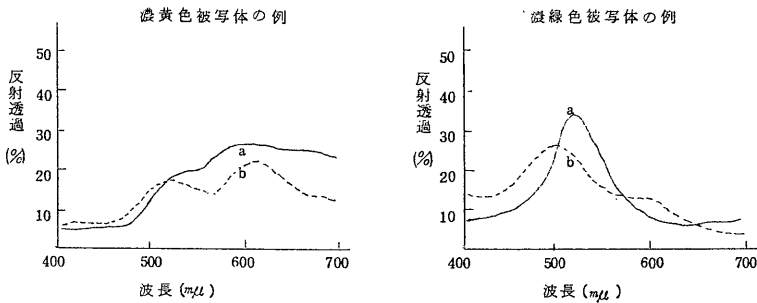


図5 分光感度曲線
 a 曲線：被写体のスペクトル反射 b 曲線：撮影ずみのカラー透明フィルムの透過スペクトル

子方式においては 二次元の画像として出力する場合はドット・プリンター インクジェットプリンターなど非写真方式画像出力装置の開発もおこなわれているが 高品質の画像出力としては 高解像力画像記録装置と感光材料の組合せが必要になる。写真方式の場合は センシング自体が画像記録であるが 更に利用目的に応じた利用しやすい画像に再加工する必要が生じる。高解像力画像記録方式として代表的な電子ビーム記録とレーザービーム記録について述べる。

A 電子ビーム記録装置と記録材料

光ビームの微小化には 通常ガラス質からなるレンズ系の使用が必要条件である。レンズ系の解像力には設計の精度と光の回折現象とによる限界があり 紫外光可視光の波長(0.2~0.7 μ m)より大きくなると考えられる。一方電子ビームの場合は 0.5 μ mのビームスポットは比較的容易にえられ0.1 μ mまで実用化しているといわれる。電子ビームの第二の特徴であるエネルギーの集中性は 記録速度と記録感材の選択性について有利である。制御性は 電子ビームの方がレーザービームより現状では有利である。電子ビーム装置は 高速・高密度記録の点で電気信号から画像へのコンバーターとして非常に有効であるが 高精度のビームは高真空中でしかえられないという欠点をもっている。従って装置が大規模になることはさげられない。

電子ビーム記録用銀塩感材は 光記録用銀塩感材と基本的には同じであるが 乳剤の電子ビームに対する感度は光による場合と相違し 加速電圧 電流密度(衝撃電子数)に左右される。電子ビーム用感材に対して要求される特性としては 高解像度をうるために 用いられるビームの直径に近い乳剤膜厚にすること 感度上昇のため乳剤中のハロゲン化銀の含有量を高くすること 表面帯電の除去対策をほどこす などが考えられ 電子ビーム特性に合った感光材料の選択が必要になってくる。NASA の LANDSAT システムでは 電子ビーム記録

装置を使用し フィルムとしては コダック社から試験発売されている SO-438 を使用している。

B レーザービーム記録装置と感光材料

レーザービーム記録装置は 電子ビーム記録装置に比較して 小型にできること 画面サイズを原理的には大きくできるなど

の特徴があり 電子ビーム装置にかわって実用化されつつある。記録材料の面から考えると レーザービームはインテンシティが大きいこと 大気中でも微小ビームがえられることが大きな利点となる。従って銀塩感光材料以外の高解像力低感度感材の使用も可能である。レーザービームを使用する利点として

- (1) 輝度に関係なく高い分解能がえられる。
- (2) 各波長のスペクトルがせまいので色の分離がよく高純度がえられる。
- (3) 走査のリニアリティが高められる。
- (4) 正確な色合せができる。
- (5) 低感度 微粒子の記録材料が使える。

などがあげられる。リモートセンシングの画像記録装置として白黒用 カラー用の両面からの開発が望まれる。

3 リモートセンシングにおけるデータ管理としての写真

リモートセンシング情報処理システムの一つの特徴は入力され 蓄積される情報量が極めて大きくなることである。また リモートセンシングによって収集されるデータの使用目的は多方面にわたり その各々の利用分野が必要とするであろうデータの種類 仕様の要求は多様化することは当然予想されるところである。

映像データの記録形態は 磁気テープに代表される電子的記録と写真感光材料による光学的記録に大別できる。記録媒体としての磁気テープと写真感光材料の特徴を比較すると 大体次のようになる。

写真感光材料は磁気テープに比較して画像情報収容能力が非常に大きい。LANDSAT データについて両者を比較してみても 1シーン 4バンド分の映像データは 写真では70mmバルクフィルム4枚に記録されるが磁気テープでは 1,600BPI 2,400 フィート4巻の CCT になる。原データは 3,240画素 \times 2,340スキャンラインでありこれがエレクトロンビームレコーダーで70mmフィルムに記録される。3,240画素に相当するバルク

フィルムの画面サイズが約55mmであるから単純にフィルムの必要解像力を計算しても60~70本/mm位であろう。従って階調再現性のよい高解像力フィルムと解像性のよいデュープ光学系が開発されれば更に画面サイズを縮小することができる。

日本列島及びその沿岸地域だけのデータ収集を考えてみるとそのカバーするシーンを100シーンとして年間約2,000シーンとなる(18日に1回年間20回として)。これはCCTでは8,000巻になる。これに対してフィルム8,000枚は厚手のフィルム(7mil位)を使用しかつ包装材料を考慮しても大した保管スペースはいらない。従って後者の方が記録媒体コストおよび管理コストは非常に安くなる。しかしながら写真方式は感光材料の性能的バラツキ及び現像処理のバラツキのために定量的処理が困難であるという欠点もある。とくに写真によるコピーは世代をへるにしたがって解像力の低下濃度データのバラツキによる非線形歪などによる画像品質の劣化がおこりその補正復元はむずかしい。磁気テープによるコピーではデータの劣化は起きない。

リモートセンシングにおいては大量の画像を処理するのでその処理速度と処理コストは大きな問題である。例えばLANDSATデータの70mmフィルム1枚の画像でも8メガバイト近くのデータ処理になり大量処理のためには高速の専用電子計算機が必要になる。これに対し写真方式では画像の利用目的や形体さえ定まればそれに対応した経済的な大量生産システムを組むことができる。

4 リモートセンシングにおける写真の役割

センサーとしての写真方式と電子方式の現状と将来を考えると信号検出感度については実際のニーズからみてあまり差はない。感光波長域はリモートセンシング技術上重要なファクターであるが写真感光材料には限界があり100~1,200nm位が限界であろう。映像データ収集面からみると写真方式は機動性と経済性において電子方式にない特徴をもっている。

反面消去再生使用ができないという欠点のため遠隔操作には限界があり運用は航空機など有人プラットフォームに限られる。電子方式はLANDSATシステムにみられるように遠隔操作による大規模な反復映像収集システムを組むことができる。映像データの管理面及び利用面から考えると写真方式は画像の解像力感度階調性などの総合特性のバランスの良さ多量複製保管の簡易性経済性が特徴となる。

リモートセンシングにおいては電子方式と写真方式の各々の特質を生かした総合データ処理システムとして確

立することが課題といえる。

おわりに

リモートセンシング技術自体多くの分野の技術を必要としかつその対象分野は極めて広く変化に富んでおりセンサーだけあるいはデータ処理だけを見ても決して単純なものではなくいろいろな技術の支援なくしては達成できない。したがってリモートセンシング技術の確立はセンサーセンサー搭載機データ通信手段データ処理さらに空中および宇宙空間からの調査を支援する巨大なシステムなどの総合化によって始めて達成されるのである。ここで日本の現状をみると部分々々については精緻な研究あるいは検討がなされているがこれらの集約あるいはシステム化に対する努力において欠けるところがある。筆者らはリモートセンシングにおける写真という面からそのメリットデメリットを考察してみた。各々異った技術分野の総合によってデメリットがカバーされ均整のとれたシステムが完成されることを望むものである。

写真および写真処理技法自体の中にもいろいろ解決されなければならないものもありそれぞれ具体的な問題もいくつかある。例えばカラー合成の自動機械化濃度バラツキの少ない感材と処理技術の開発写真解析専用感光材料の開発などでありこれらについてはその解決に努力しており結果については別に稿を改めて報告したい。

参 考 文 献

- 地質構造解析小委員会(代表者 星野一男): LANSAT/ERTS映像データによる地質構造解析 地質ニュース No. 264 p. 1~17
- MARUYASU, K. et al. (1971): Remote Sensing in Japan, Proc. of the 7th Internat. Symp. on Remote Sensing of Environment p. 223~230
- MATSUO, K. et al. (1969/70): On IR Imagery and Its Application to the Mapping of Geothermal Distributions. Photogrammetria Vol. 25 p. 517~530
- 松野久也他(1975): ERTS映像による地質構造解析—エッジ強調処理(edge enhancement)技法の応用 地質ニュース No. 245 p. 1~13
- 松野久也(1976): 写真地質(第2版) 実業公報社 284 p.
- 松野久也・丸山欽洋(1976): テーマ(主題)抽出写真処理技法 地質ニュース No. 258 p. 1~7
- 日本情報開発協会(1974): 環境問題への新しい試み—ERTSデータの利用によるアプローチ '74 第三集 p. 10~16
- 日本産業技術振興協会(1975): リモートセンシング産業(騰写) 西尾元充(1964): 空からはかる 技報堂 201 p.
- Ross, D. S. (1973): マルチスペクトラル写真撮影の実際 映像情報 p. 16~17