

画像処理の基礎ーデジタル画像とは何かー

Hydrology and Cryosphere - Windows Internet Explorer

http://dbx.cr.chiba-u.jp/

Hydrology and Cryosphere

Hydrology & Geography

- [トップ](#)
- [ニュース](#)
- [メンバー](#)
- [2008年度成果](#)
 - [近畿論文リスト](#)
 - [グローバルとローカルの理解](#)
- [講義・ゼミ・勉強](#)
 - [ゼミ・輪読会等の予定](#)
- [巡検・フィールド体験](#)
- [研究課題](#)
- [教育方針](#)
- [リンク](#)

[データベース](#)

〒263-8522
千葉県稲毛区弥生町1-33
千葉大学CEReS

毎年実施している表記の研修で使った資料を掲載しますので、リモートセンシングの勉強にお役立てください。

講義資料

(資料を掲載しますが、著作物を含んでいますので、復習のためだけに使ってください)

- [序論](#)
- [リモートセンシングの利点](#)
- [センサーとプラットフォーム](#)
- [電磁波の基礎](#)
- [画像処理の基礎](#)
- [地理情報システムの基礎](#)

実習

- [手順](#)

実習はWindowsを使い、[MIRINKids](#)を使用しました。これは市販されている衛星画像解析ソフトウェア-MIRIN-のサブセット版で、書籍を購入すると付録としてついてきます。MIRINKidsは入門者にもわかりやすく、研修に最適なソフトウェアでした。

- 今回の実習で使用した教材です。MIRINKidsで表示できる形式に変換してあります。

http://dbx.cr.chiba-u.jp/edu/rs_kenshu/

デジタル画像とは？

物体から反射(放射)された光(電磁波)の
大きさ(明るさ)を

0~1023(1024段階:10ビット)

0~ 255(256段階: 8ビット)

0~ 127(128段階: 7ビット)

0~ 63(64段階: 6ビット)

等の整数値で表したもの

注1)人間の眼が濃淡を判別する能力は64
階調が限界と言われている

注2)ビットとは数字を2進数で表したときの
桁数



| 10進数 | 2進数 | 16進数 |
|------|----------|------|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |
| 2 | 10 | 2 |
| 3 | 11 | 3 |
| 4 | 100 | 4 |
| 5 | 101 | 5 |
| 6 | 110 | 6 |
| 7 | 111 | 7 |
| 8 | 1000 | 8 |
| 9 | 1001 | 9 |
| 10 | 1010 | A |
| 11 | 1011 | B |
| 12 | 1100 | C |
| 13 | 1101 | D |
| 14 | 1110 | E |
| 15 | 1111 | F |
| 16 | 10000 | 1F |
| | | |
| 255 | 11111111 | FF |

コンピューターによる数値の表し方

1バイト整数

2バイト整数

4バイト整数

4バイト実数

注) 1バイトは8ビット

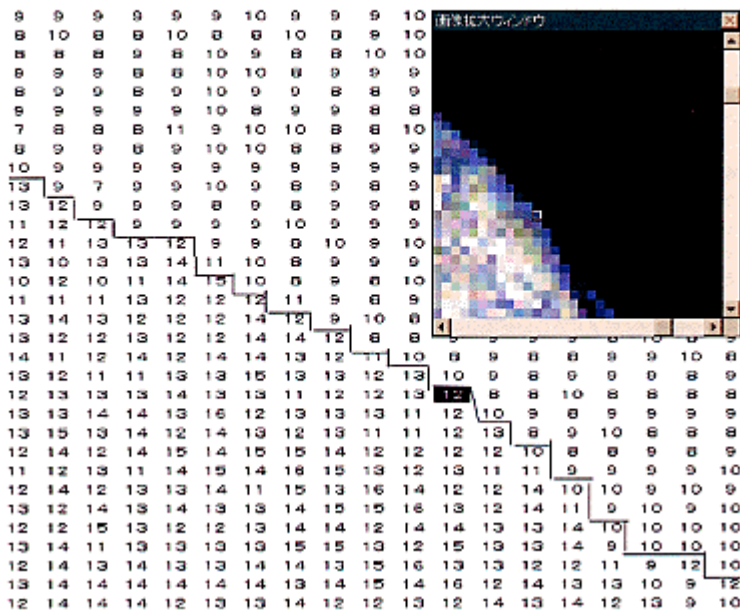


図5 デジタルデータの例
このデータは、図6の衛星観測値を示しており、10進法の値で表されている。図中の線は緯経線で、右が南緯左が経線を示しこれを境に値が急変している。

単画像は輝度値の2次元配列

整数値が入っている

スプレッドシート(表計算ソフトウェア)と同じで、バンド数分のシートがあると考えれば良い

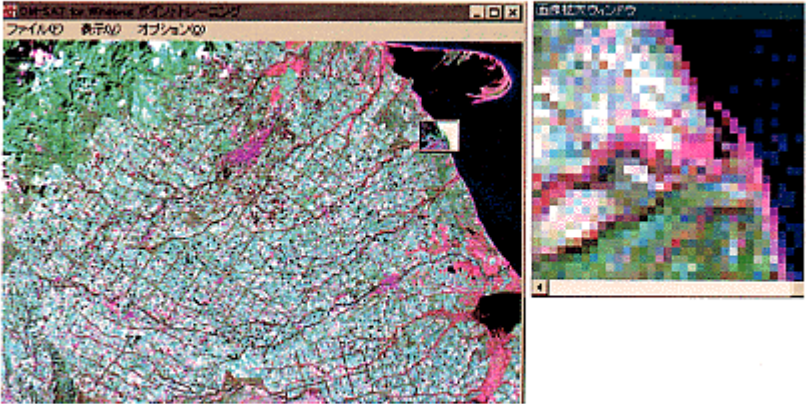
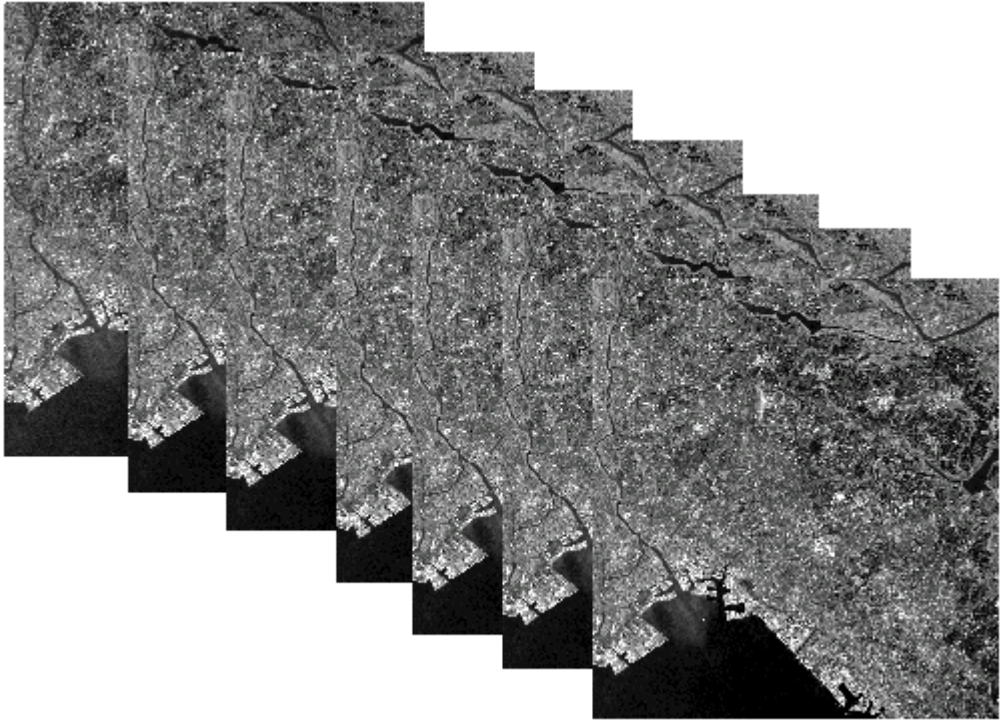


図6 北海道網走地方のMSS画像(58×46kmの範囲)
1981年11月5日の観測率2のMSS画像。画像の右上が町付野、右下が気連湖にあたる。中央部の格子状模様の道路である。リモートセンシング画像はタイル絵のようなもので、画像を拡大していくと最後には四角形の集合になる。右側のウィンドウは、衛星観測値を拡大したもので、一つの四角形をピクセル(画素)という。



デジタル値 (DN: Digital Number) と観測輝度値の関係

- ・ 衛星で観測される電磁波のエネルギーの単位は

mW/cm²sr (単位面積、単位立体角あたりのエネルギー)

- ・ 小数を実数で表すとひとつの数字に4バイト必要だが、実際にはそれだけの精度がない。そこで、絶対放射輝度を整数に変換

$$DN = \text{gain} \times R + \text{offset}$$

ここで、R : 絶対放射輝度、
DN : 画像データのデジタル値、
gain : ゲイン、
offset : オフセット

- ・ データのサイズを減らすことができる

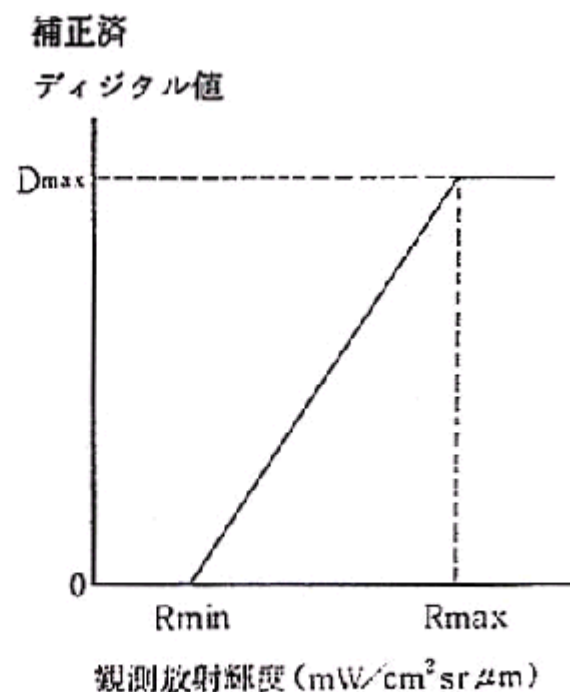


表 6-1-1 ランドサットMSSの最大・最小放射輝度

(単位: mW/cm^2sr)

| バンド | ランドサット 2号 | | ランドサット 3号 | | ランドサット 4号 | | ランドサット 5号 | | バンド幅 (μm) |
|-----|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|---------------------|
| | Rmin | Rmax | Rmin | Rmax | Rmin | Rmax | Rmin | Rmax | |
| 4 | 0.08 | 2.63 | 0.04 | 2.50 | 0.04 | 2.38 | 0.04 | 2.38 | 0.1 |
| 5 | 0.06 | 1.76 | 0.03 | 2.00 | 0.04 | 1.64 | 0.04 | 1.64 | 0.1 |
| 6 | 0.06 | 1.52 | 0.03 | 1.65 | 0.05 | 1.42 | 0.05 | 1.42 | 0.1 |
| 7 | 0.11 | 3.91 | 0.03 | 4.50 | 0.12 | 3.49 | 0.12 | 3.49 | 0.3 |

(ただしローゲイン値を示す)。

- ・ 前ページの関係は次式で表すことができる

$$R = V / D_{max} \times (R_{max} - R_{min}) + R_{min}$$

ここで、V：画像に記録されているデジタル値 (DN)

R：そのDNに対応する絶対放射輝度

R_{max} , R_{min} ：センサーの最大および最小放射輝度

D_{max} ：TMの場合255 (8ビット)、MSSの場合127 (7ビット)

画像から読みとったDNを上式に代入すると観測絶対放射輝度を得る

なぜ、Dmaxの値が異なるの？

TM(MSS)は反射輝度を0～255(127)の256(128)段階で記録する様に設計されているから

TMの熱赤外バンド(バンド6)は？

TMの熱バンド(バンド6)のデータにおける放射輝度R (mW/cm²・sr・μm)と絶対温度T (K)の関係は、

$$R = 5.1292 \times 10^{-5} T^2 - 1.7651 \times 10^{-2} T + 1.6023 \quad (6-2)$$

により与えられる。デジタル値0に対応する温度は200 K, 255に対応する温度は340 Kである。

表 6-1-2 ランドサット5号TMの最大・最小放射輝度

(単位mw/cm²sr)

| バンド | R _{min} | R _{max} | バンド幅(μm) |
|-----|------------------|------------------|----------|
| 1 | -0.0099 | 1.004 | 0.066 |
| 2 | -0.0227 | 2.404 | 0.081 |
| 3 | -0.0083 | 1.410 | 0.069 |
| 4 | -0.0194 | 2.660 | 0.129 |
| 5 | -0.00799 | 0.5873 | 0.216 |
| 7 | -0.00375 | 0.3595 | 0.250 |
| 6 | 0.1534 | 1.896 | 1.239 |

- ・画像は輝度に対応する整数が格納された2次元配列がバンド数重なったもの

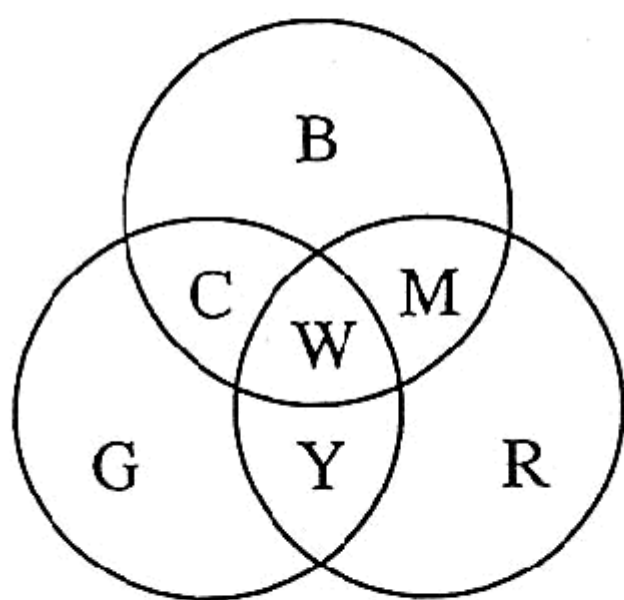
| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 1 | 12 | 10 | 6 | 3 | 4 | 5 | 4 | |
| 2 | 13 | 12 | 7 | 6 | 4 | 5 | 6 | |
| 3 | 14 | 13 | 12 | 8 | 5 | 3 | 5 | |
| 4 | 12 | 14 | 13 | 12 | 3 | 4 | 3 | |
| 5 | 11 | 12 | 14 | 13 | 12 | 5 | 6 | |
| 6 | 23 | 11 | 12 | 14 | 13 | 12 | 7 | |
| 7 | 24 | 23 | 11 | 12 | 14 | 13 | 12 | |
| 8 | 23 | 24 | 23 | 11 | 12 | 14 | 13 | |
| 9 | 25 | 23 | 24 | 23 | 11 | 12 | 14 | |
| 10 | 34 | 25 | 23 | 24 | 23 | 11 | 12 | |
| 11 | 22 | 34 | 25 | 23 | 24 | 23 | 11 | |
| 12 | 26 | 22 | 34 | 25 | 23 | 24 | 23 | |
| 13 | 12 | 26 | 22 | 34 | 25 | 23 | 24 | |
| 14 | 11 | 12 | 26 | 22 | 34 | 25 | 23 | |

- ・このスプレッドシートはA~Fの6つのバンドを持つ画像データの一部を表している
- ・この値の組み合わせを用いて画像解析を行う
- ・絶対放射輝度に変換してする場合もあるし(例えば、熱収支や反射率の研究)、DNのまま解析する場合もある(例えば、分類)

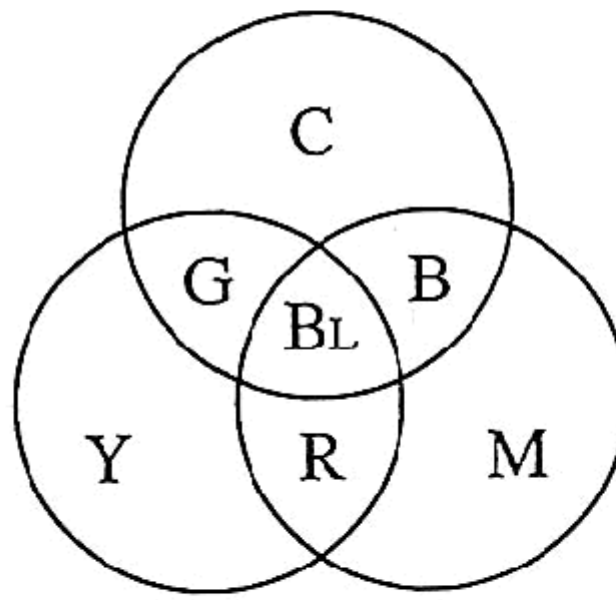
・どのようにして画像表示を行うか

● 衛星データは観測波長帯に対応するバンドを複数持つ

● 一方、コンピュータではR(赤)G(緑)B(青)の3つのプレーンに明るさを割り当てて発色を行う



(a)加法混色



(b)減法混色

B: 青
G: 緑
R: 赤
C: シアン
M: マゼンタ
Y: イエロー
W: 白
BL: 黒

図10.4.1 カラー合成の方法



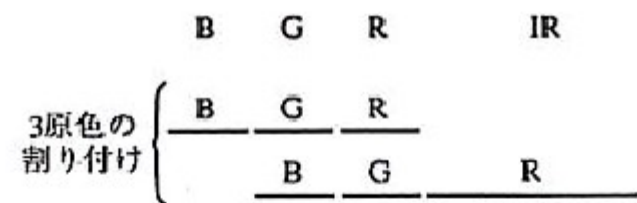
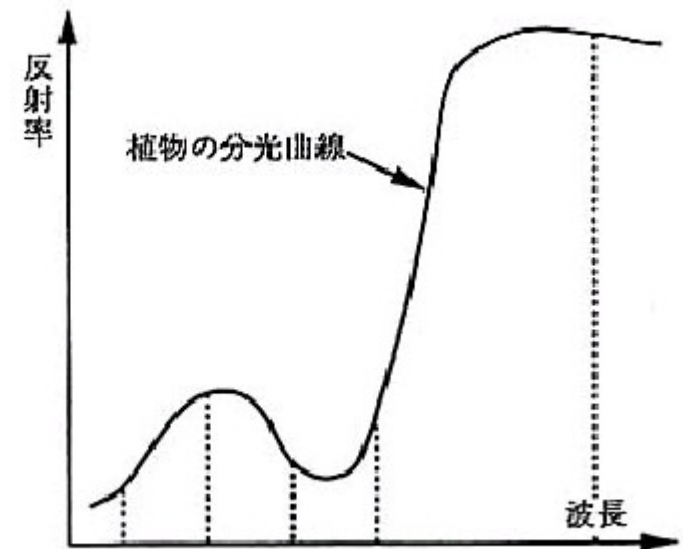
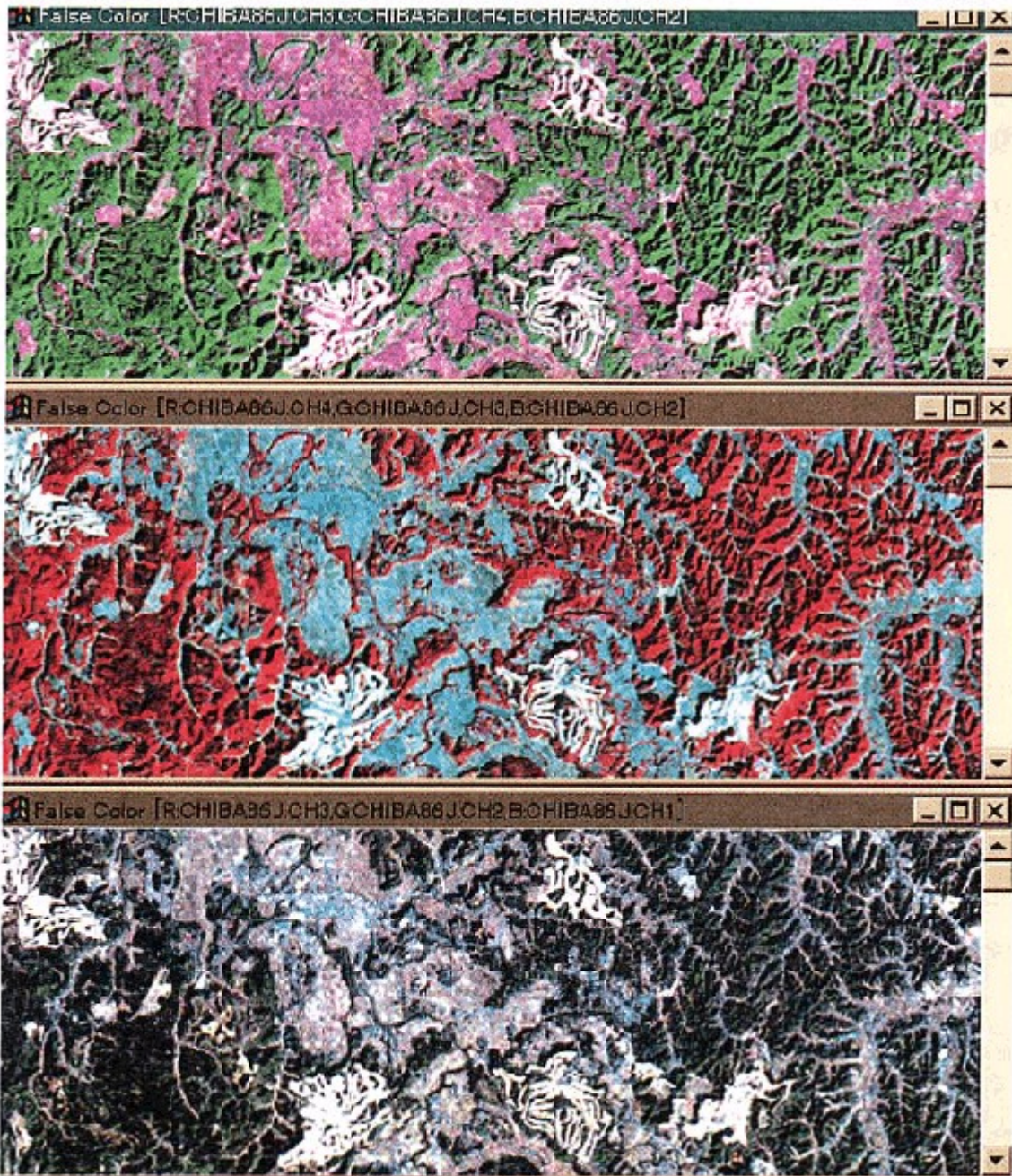
- ・白黒写真で、青、緑、赤のフィルターを装着して撮影（左列）

- ・単純に足し合わせると一般の白黒写真（右上）になる

- ・RGBのフィルターを通して合成するとカラー写真になる（右下）

- ・フィルムでは近赤外まで撮影することができる（右中）

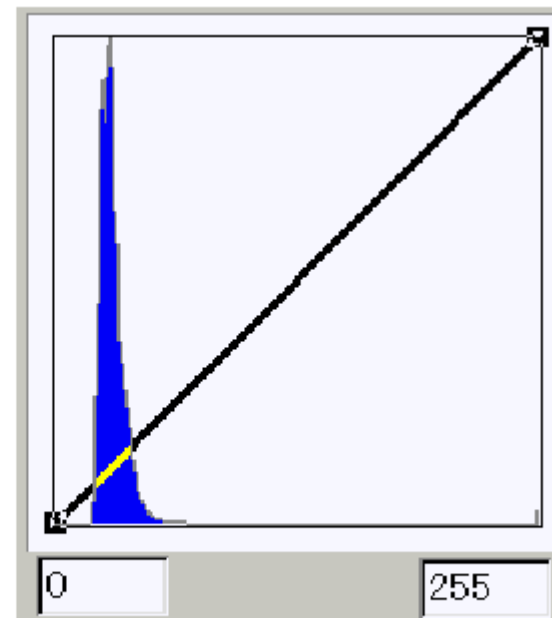
- ・では、近赤外が入ったらどのように合成するの？



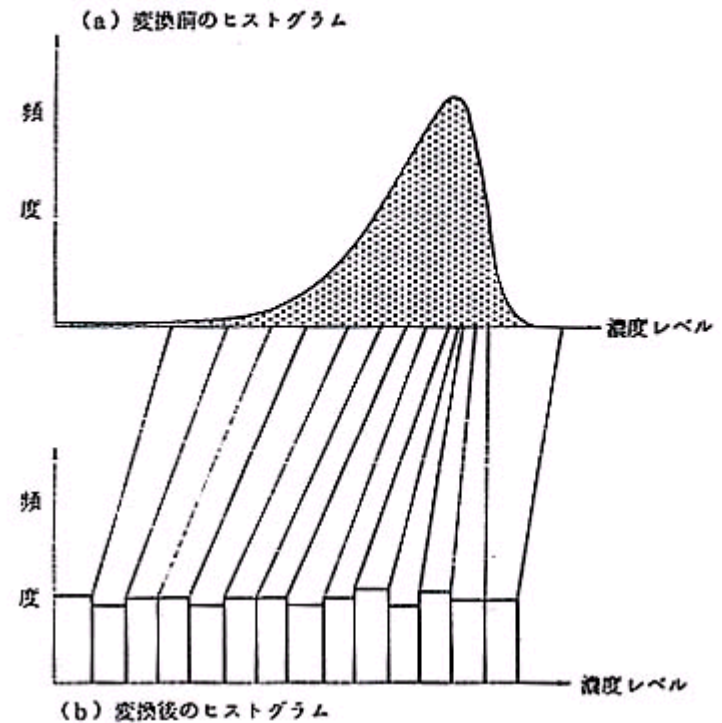
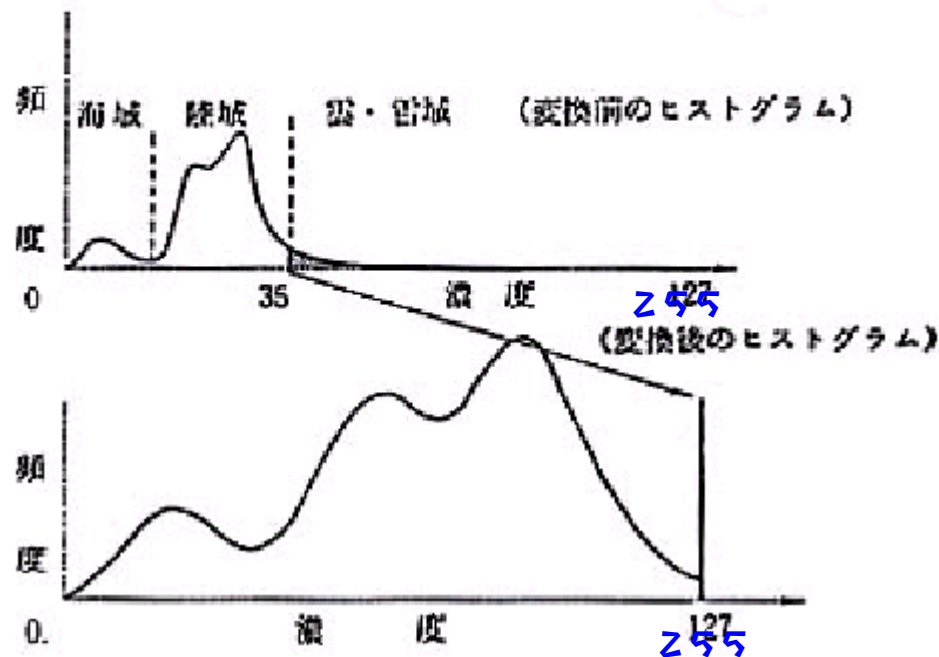
植生は近赤外の光を強く反射

近赤外バンドを赤に割り当てる組み合わせはフォールスカラーと呼ばれ、植生が赤く表現される

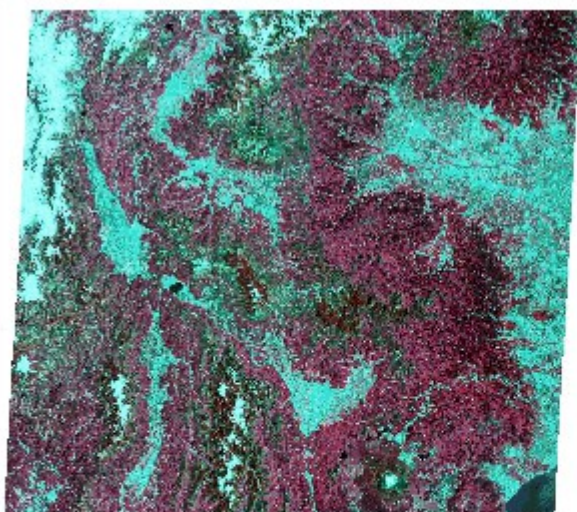
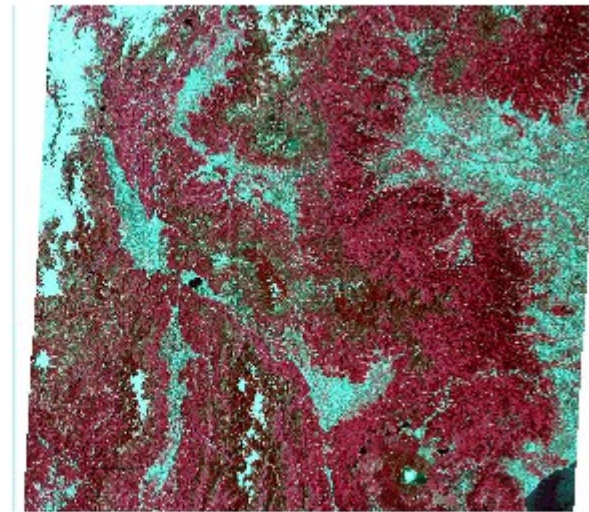
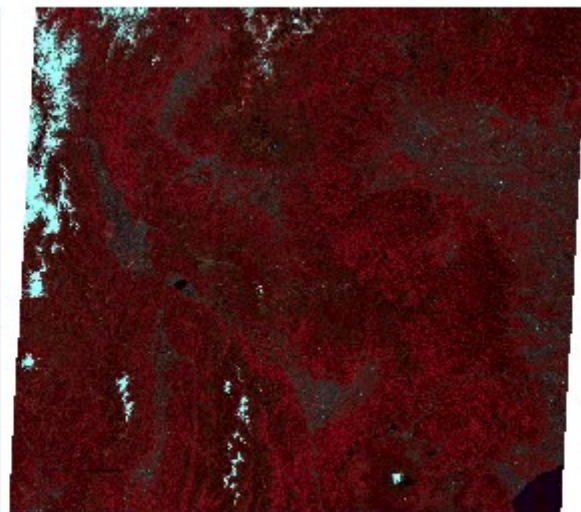
- ・画像データはレンジ全体の値を持つとは限らない
右はある画像のヒストグラムだが、0～255のレンジの一部を占めるにすぎない
- ・明るい雪氷や沙漠から暗い熱帯林や海までを対象にしているから
- ・そこで、ヒストグラムを変換して、レンジいっぱいになるようにすると見やすい画像になる



- 1) 線型変換: 画像データの最大値、最小値を0、255に割り当てる
- 2) 平均・標準偏差方式: 画像のヒストグラムで $\pm 3\sigma$ (標準偏差)を最小・最大値に割り当てる
- 3) ヒストグラム平滑化方式: ヒストグラムをフラットにする。すなわち、0～255の各輝度段階に含まれる画素の数が同じになるように変換
- 4) その他の方式



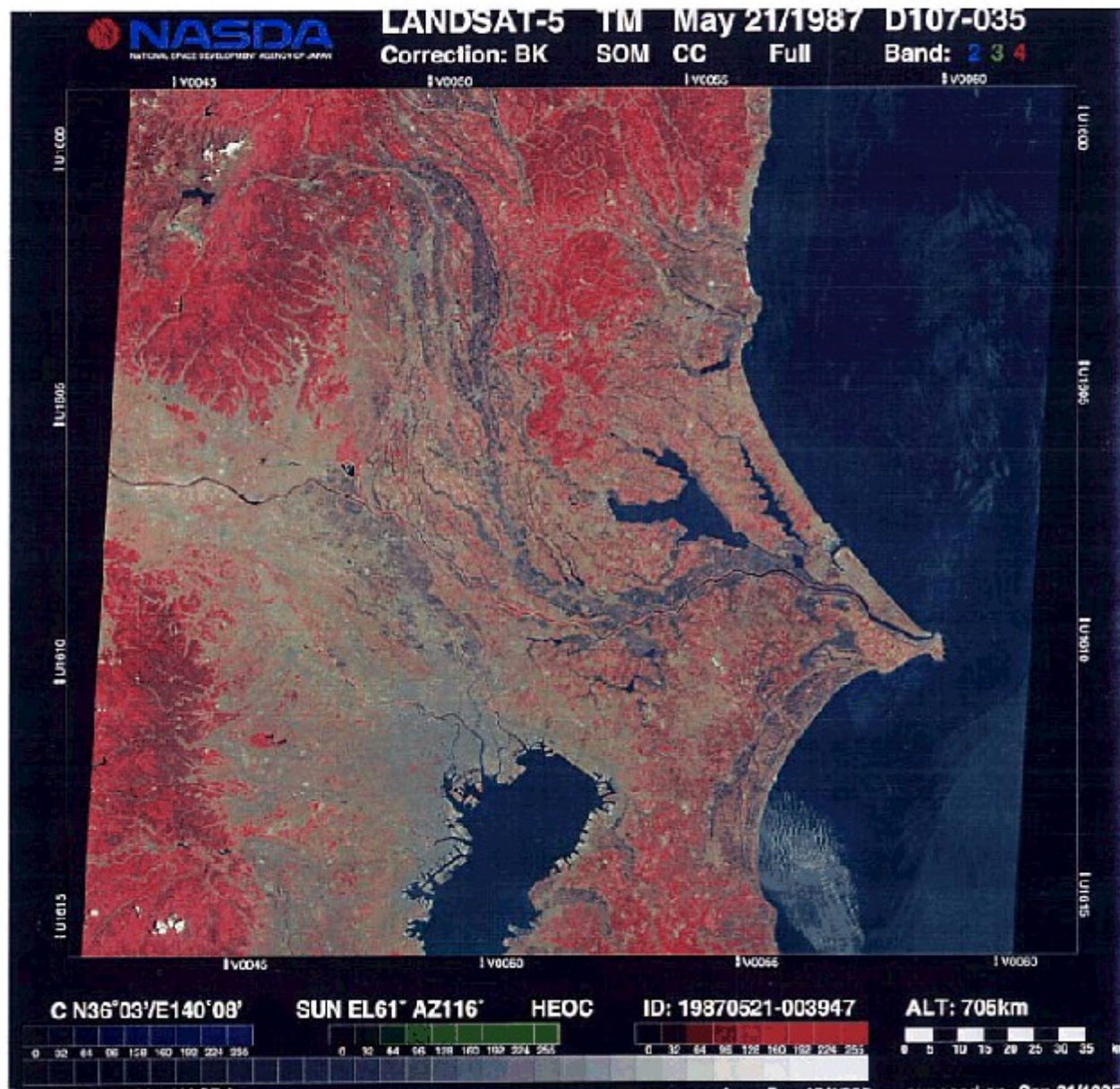
- ・線型変換(左)ではDNの最小値と最大値の間を0、255に割り当てる
- ・ヒストグラム平滑化(右)では0~255のDNの各段階に同じ数の画素が入るようにヒストグラムを変換する
- ・これをストレッチングと呼ぶ



- ・フォールスカラー画像をストレッチなしで表示(上左)すると暗い
- ・自動で最小値、最大値を抽出してストレッチしたらあまり変わらなかった(上中)
- ・そこで、対話的にレンジを指定したら左上のように見やすくなった(上右)
- ・ヒストグラム平滑化では左下の様になった

色合いは相対的なもの、いかようにも変えることができる

画像処理の基礎 —幾何補正—

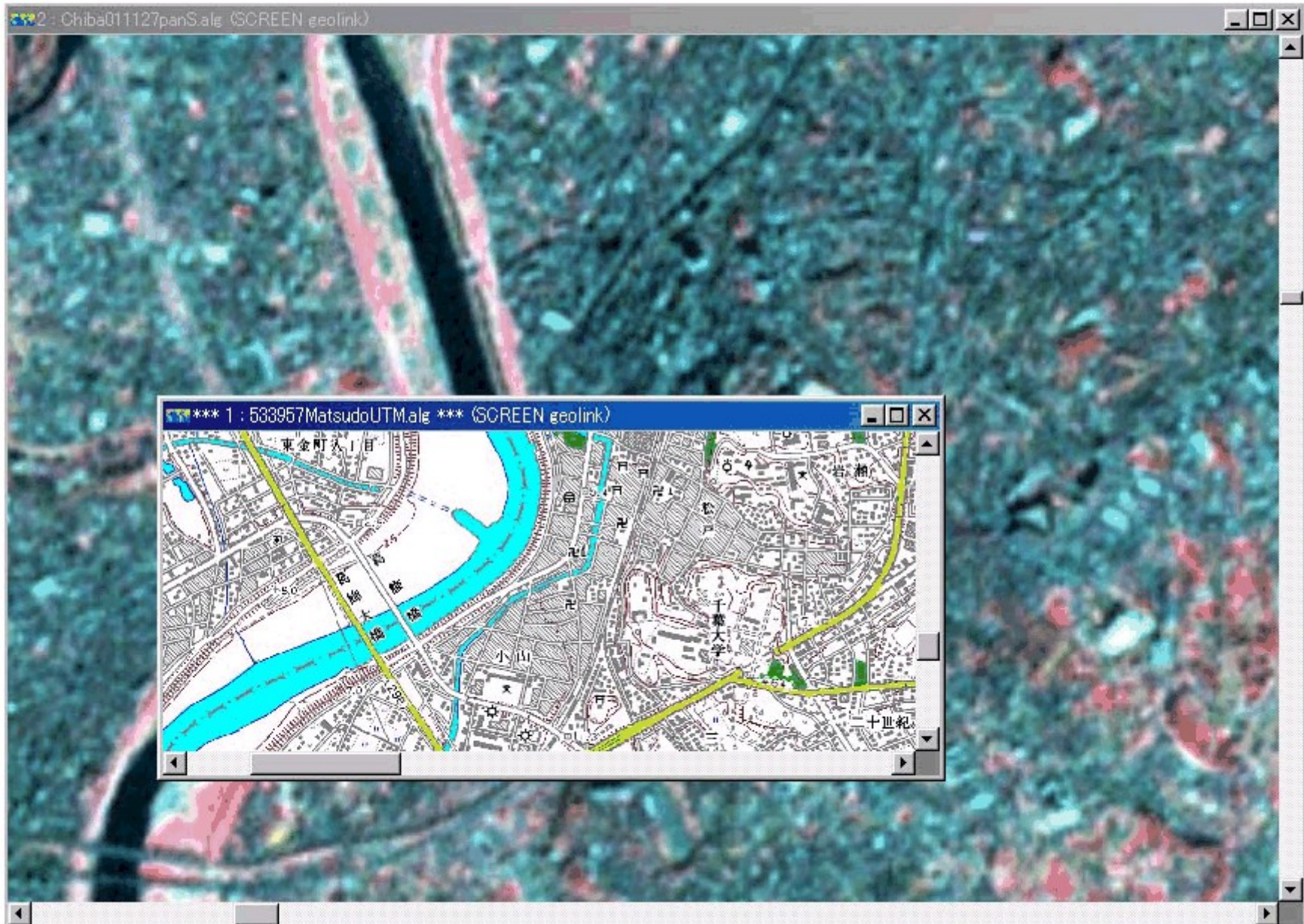


・衛星画像を地図と重ね合わせる(緯度・経度に対応付ける)と、様々な情報と同時に解析が可能となる(→GIS)

・では、一般に入手できる画像はそのままでは地図と重ね合わせられないのか？

・左のTM画像で北はどちら？

1:25,000地形図と重ね合わせた画像



衛星画像を購入するときは以下の3つの選択をする

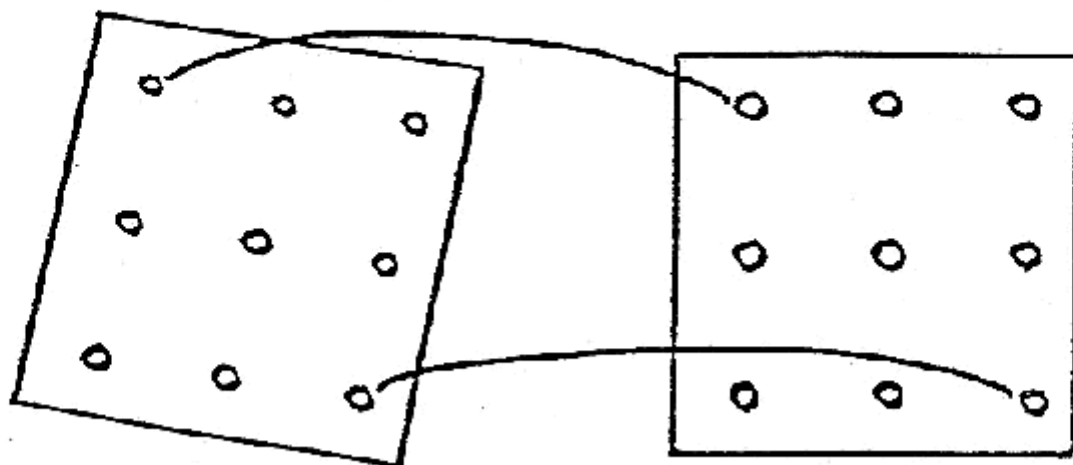
- ・未補正
- ・バルク補正
- ・精密補正

バルク補正: 衛星画像の幾何学的歪みをセンサーのプラットフォームである衛星の位置、姿勢、地球の幾何学的なモデル、およびセンサーの幾何学的特性データを用いて系統的に補正する方法

精密補正: GCP (Ground Control Point: 地上基準点) を用いて、その位置情報 (緯度・経度) と画素との対応付けによって地図と同じ座標系に変換する方法

リモートセンシング画像

対応点 (地上基準点、GCP) の座標を求める



地図あるいは画像

GCPは海岸線、交差点、ダム、橋、等の画像、地図双方で容易に認識可能な対象を選ぶ

多項式モデルによる幾何補正

- ・幾何補正には画像から地図、画像から画像への補正がある
- ・画像の座標はライン・ピクセル、地図の座標は緯度・経度(直交座標では原点からの距離)

手順

- 1) 地上基準点(GCP)の選定
- 2) GCPの座標決定
- 3) 幾何補正式の選定
- 4) 最小自乗法による多項式の係数の決定
- 5) 多項式による画像の再配列

- 1) 地上基準点(GCP)の選定
- 2) GCPの座標決定

- ・画像及び地図(画像)の両方で明確に識別できる点を選ぶ
- ・なるべく人工的なものが良い
- ・補正画像を得る範囲内でできる限り均一に



GCP選択中

・右の画像では京葉工業地帯の棧橋を選択している

・画像から地図への変換なので、5, 6列目の画像座標は画像の左上を(0, 0)とする座標

・同じ地点の緯度、経度が7, 8列目

・10列目は変換誤差

1) Start | 2) Polyomial Setup | 3) GCP Setup | 4) GCP Edit | 5) Rectify

| | | | | | | | | |
|----|----|------|---------|---------|--------------|---------------|------|------|
| 13 | On | Edit | 3696.81 | 7241.17 | 36:35:11.57N | 140:22:36.28E | 0.00 | 0.27 |
| 14 | On | Edit | 527.43 | 2692.32 | 36:14:49.9N | 139:16:32.09E | 0.00 | 0.48 |
| 15 | On | Edit | 1412.55 | 5930.31 | 35:23:19.3N | 139:22:40.19E | 0.00 | 0.45 |
| 16 | On | Edit | 2922.36 | 5899.47 | 35:13:46.27N | 139:50:46.06E | 0.00 | 0.39 |
| 17 | On | Edit | 1991.72 | 2903.17 | 36:7:45.73N | 139:43:17.01E | 0.00 | 0.51 |
| 18 | On | Edit | 4716.50 | 4772.86 | 35:31:55.38N | 140:27:47.88E | 0.00 | 0.68 |
| 19 | On | Edit | 3881.81 | 3909.22 | 35:47:20.95N | 140:15:12.04E | 0.00 | 0.53 |
| 20 | On | Edit | 3312.46 | 5267.69 | 35:28:17.9N | 140:04.98E | 0.00 | 0.05 |
| 21 | On | Edit | 3371.72 | 4598.78 | 35:33:16.79N | 140:3:24.78E | 0.00 | 0.50 |
| 22 | On | Edit | 1299.96 | 4482.37 | 35:45:37.38N | 139:25:14.37E | 0.00 | 0.40 |
| 23 | On | Edit | 2567.90 | 4329.61 | 35:44:35.54N | 139:49:21.62E | 0.00 | 0.39 |
| 24 | On | Edit | 3893.82 | 1851.11 | 36:13:32.04N | 140:22:26.04E | 0.00 | 0.27 |
| 25 | On | Edit | 4550.08 | 3320.53 | 35:54:15.18N | 140:29:38.56E | 0.00 | 0.37 |
| 26 | On | Edit | 1007.75 | 1547.17 | 36:23:50.09N | 139:44:10.20E | 0.00 | 0.56 |

Display

- Grid
- Errors
- x 10
- Auto zoom
- RMS order

Save Close Cancel

3) 幾何補正式の選定

画像 (x, y) → 地図座標 (X, Y) の変換には 1, 2, 3 次の多項式を用いる

一般式

$$x = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} X_{i-1} Y_{j-1} \quad y = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij} X_{i-1} Y_{j-1}$$

1 次式の例 (アフィン変換)

$$x = a_1 X + a_2 Y + a_3$$
$$y = b_1 X + b_2 Y + b_3$$



- ・アフィン変換 移動、拡大、縮小、反転、せん断、回転
- ・アフィン変換では直線は直線へ変換、直線上の点の比は保存される、線分の平行性は保存される

例えば、

$$\text{移動} \quad [x \ y \ 1] \begin{vmatrix} | & 1 & 0 & 0 & | \\ | & 0 & 1 & 0 & | \\ | & t_x & t_y & 1 & | \end{vmatrix} = [X \ Y \ 1]$$

$$\text{回転} \quad [x \ y \ 1] \begin{vmatrix} | & \cos \theta & \sin \theta & 0 & | \\ | & -\sin \theta & \cos \theta & 0 & | \\ | & 0 & 0 & 1 & | \end{vmatrix} = [X \ Y \ 1]$$

その他の変換マトリクスを組み合わせて、アフィン変換マトリクスを決定する

- ・ バルク補正画像に対しては1次式でも十分な補正ができる
- ・ 未補正画像では一般に3次程度の多項式が必要
- ・ (なるべく低次の多項式がよい)



4) 最小自乗法による多項式の係数の決定 (通常はアプリケーションに任せればよい)

ランドサット(x,y)→地図座標(X,Y)の変換式を以下のように決める(アフィン変換)

$$X=ax+cy+e$$

$$Y=bx+dy+f$$

複数のGCPの組を選択する

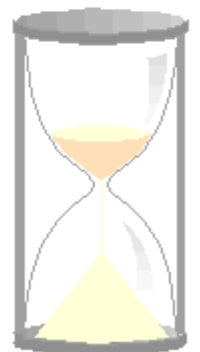
$$(x_1, y_1) : (X_1, Y_1)$$

$$(x_2, y_2) : (X_2, Y_2)$$

| |

$$(x_n, y_n) : (X_n, Y_n)$$

この組み合わせに最もフィットするa~fの値を求める



残差の二乗和をとる

$$\sum_{i=1}^n \{X_i - (ax_i + cy_i + e)\}^2$$

$$\sum_{i=1}^n \{Y_i - (bx_i + dy_i + f)\}^2$$



- ・ 係数 $a \sim f$ を変数として、それぞれ偏微分して0とおくと、係数を求める連立方程式ができあがる
- ・ すなわち、“極値を求める問題”で、残差を最小化する $a \sim f$ の値を求める問題となる

では、GCPの個数はいくつ必要か？

多項式モデルの係数の数は次数を n とすると $(n+1)^2$

1次式では4(アフィン変換では3)

2次式では9

3次式では16

最小二乗法により係数を決定する場合には最低上記の2~3倍のGCPが必要である



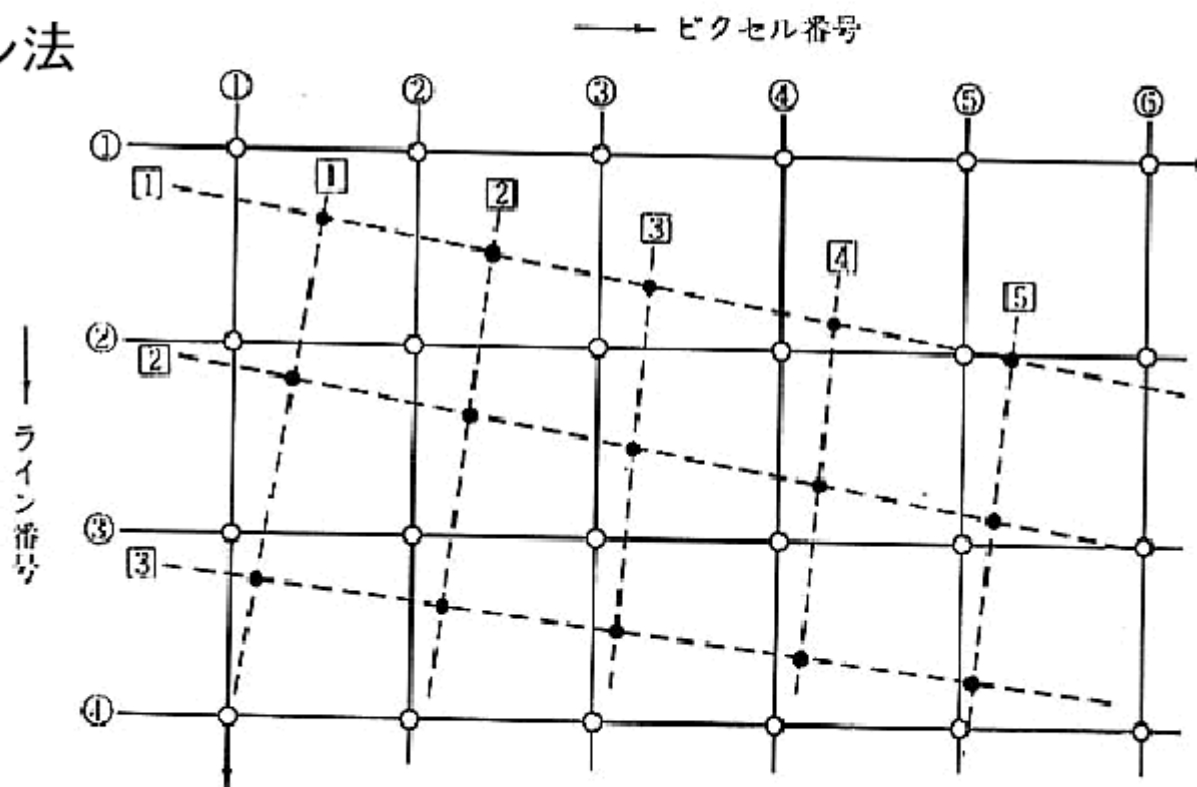
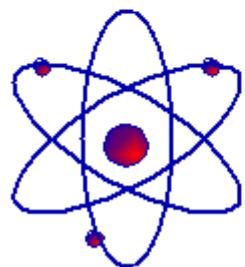
5) 多項式による画像の最配列(リサンプリング)

・ピクセル番号とライン番号という整数座標系で表される画素の並びが原画像と補正画像で一致しないので、最配列する必要がある

i) ニアレストネイバー法

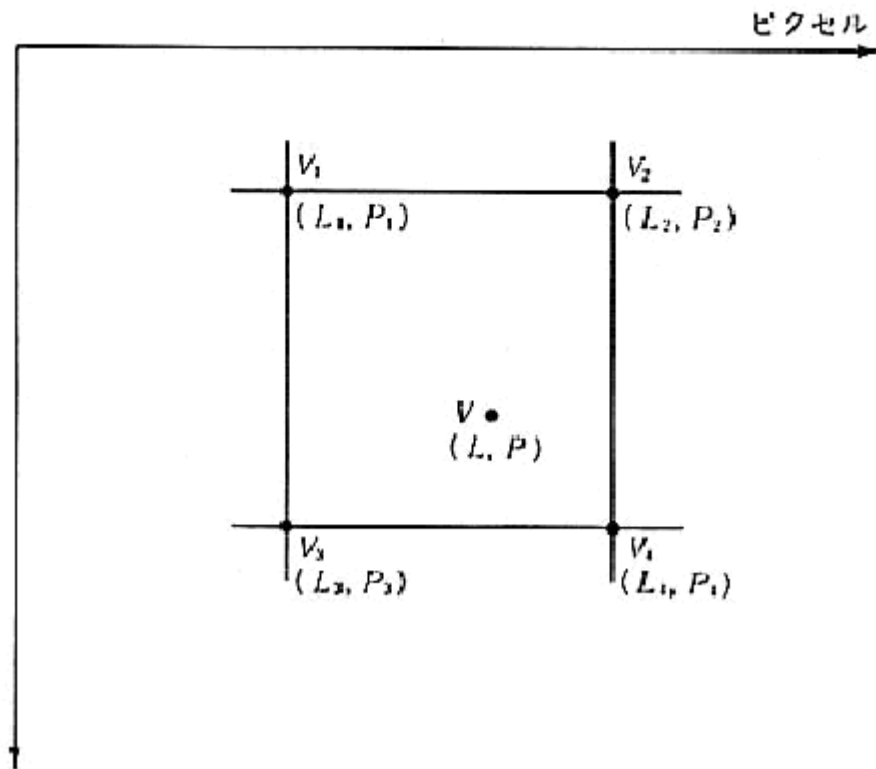
ii) バイリニア法

iii) キュービックコンボリューション法



①, ②……原画像のピクセル, ライン番号

①, ②……補正画像のピクセル, ライン番号



ニアレストネイバー法

- ・V点には一番近いV4点の値が入る
- ・観測反射輝度に対応するDNの値を壊さない
- ・DNを用いて分類を行う場合は不可

バイリニア法

- ・V点には近傍4点の値が距離に応じて重み付けされた値が入る
- ・元のDNを壊す
- ・地形のように、ほぼ連続的に変化する物理量の場合はこの方法で良い

変換後の座標…………… (L, P)
 変換後の座標での値…………… V
 近傍4点の座標…………… (L_i, P_i)
 近傍4点の座標での値…………… V_i

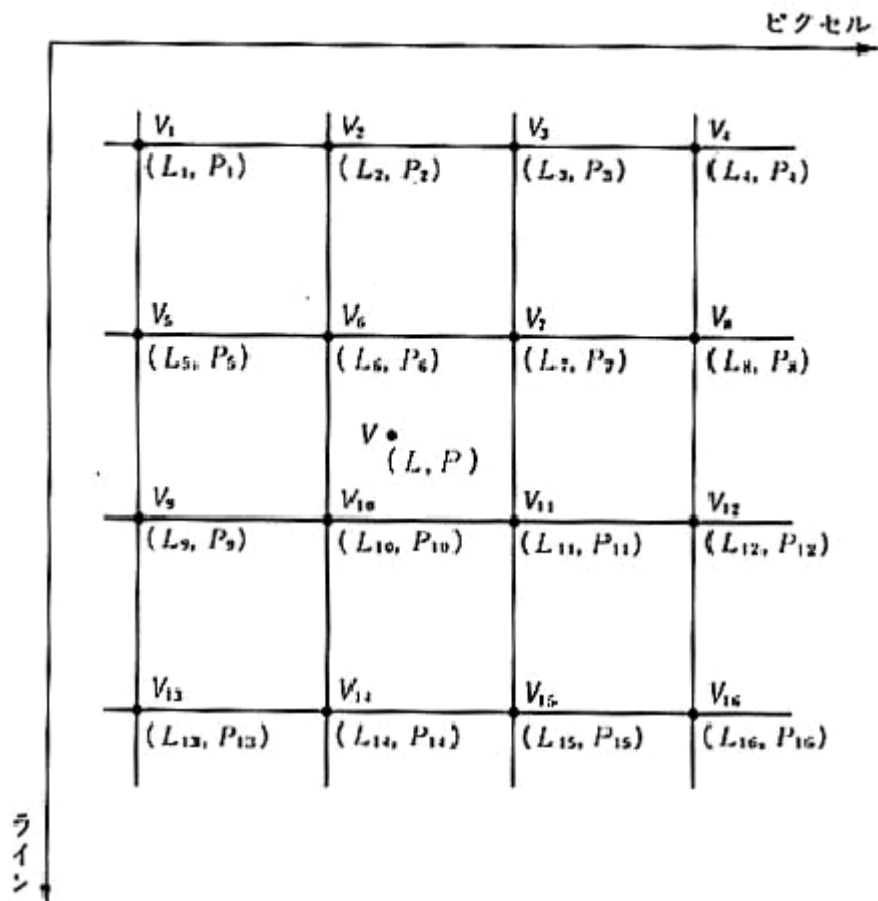
〈ニアレストネイバー〉

$$V = V_i (D_i = \min)$$

D_i : (L, P) と (L_i, P_i) の距離

〈バイリニア〉

$$\begin{aligned}
 V = & V_1 \times |(L_1 - L) \times (P_1 - P)| \\
 & + V_2 \times |(L_2 - L) \times (P_2 - P)| \\
 & + V_3 \times |(L_2 - L) \times (P_1 - P)| \\
 & + V_4 \times |(L_1 - L) \times (P_2 - P)|
 \end{aligned}$$



キュービックコンボリューション法

- ・近傍16点の値に関数を当てはめてV点の値を内挿する
- ・鮮明な画像となるため、黙視判読用の画像作成に適する
- ・DNを壊す

リサンプリング方法の特徴を理解して、適切な方法を選択すべし

$$V = \sum_{n=1}^{16} \left\{ \frac{\sin \pi (L_n - L)}{\pi (L_n - L)} \times \frac{\sin \pi (P_n - P)}{\pi (P_n - P)} \times V_n \right\}$$

ただし、

$$\sum_{n=1}^{16} \left\{ \frac{\sin \pi (L_n - L)}{\pi (L_n - L)} \times \frac{\sin \pi (P_n - P)}{\pi (P_n - P)} \right\} = 1$$

(注) 上記の関数の代わりに下の3次関数もよく用いられる、

$$f(x) = \begin{cases} 1 - 2|x|^2 + |x|^3 & (0 \leq |x| < 1) \\ 4 - 8|x| + 5|x|^2 - |x|^3 & (1 \leq |x| < 2) \\ 0 & (|x| \geq 2) \end{cases}$$

$$x = L_n - L \text{ or } P_n - P (n=1 \sim 16)$$

図法

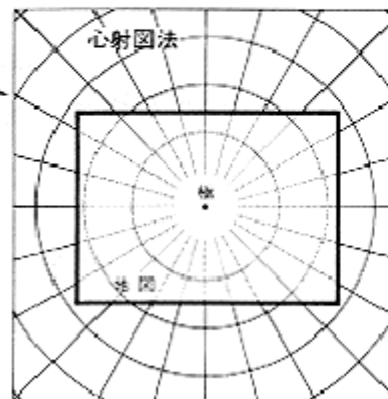
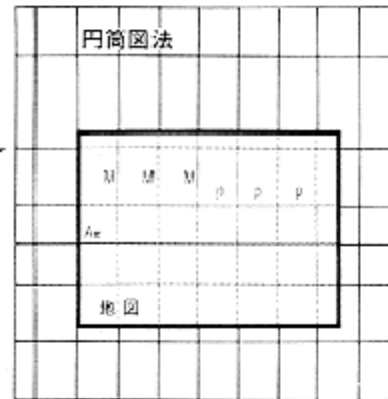
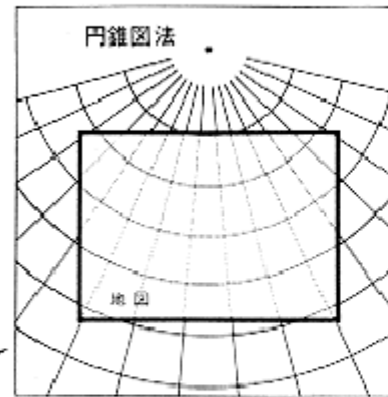
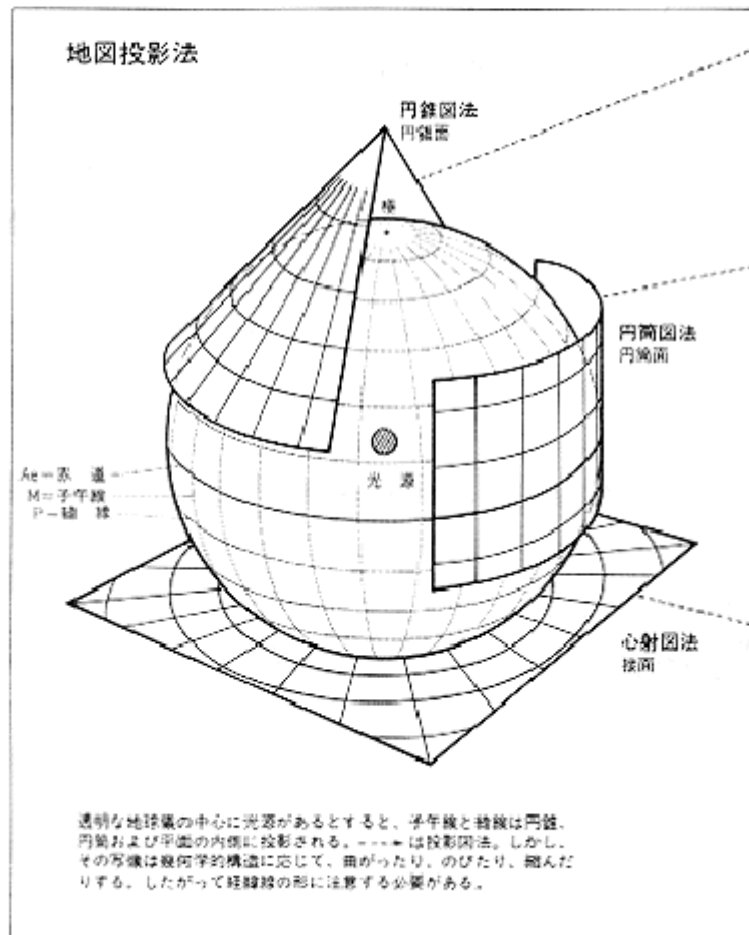
地図と重ね合わせるためには、使おうとしている地図と同じ図法に変換する必要がある

国土地理院発行の地形図はどの図法を使用しているか

| 地図の種類 | 図法 |
|----------------|---------------|
| 1/2,500国土基本図 | 平面直角座標系 |
| 1/5,000国土基本図 | 平面直角座標系 |
| 1/10,000地形図 | UTM |
| 1/25,000地形図 | UTM |
| 1/50,000地形図 | UTM |
| 1/200,000地勢図 | UTM、北海道は多面体図法 |
| 1/500,000地方図 | 正角割円錐図法 |
| 1/1,000,000国際図 | 正角割円錐図法 |
| 1/3,000,000日本図 | 斜軸正角割円錐図法 |

いろいろな図法

【主な図法について、図例でその特徴を説明をします】



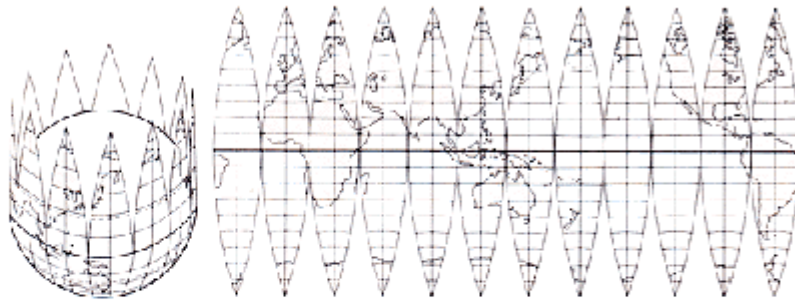
円錐図法

円筒図法

心射図法

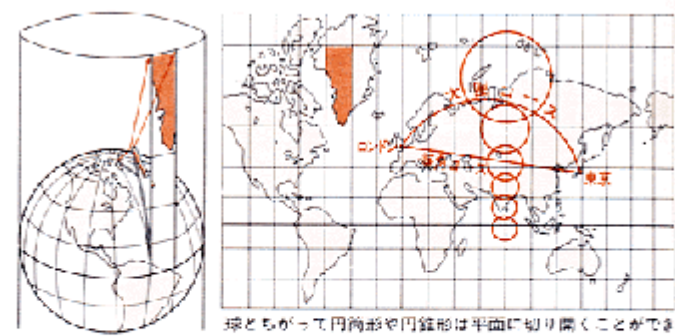
地図投影法

①地球儀を切り開く (多円錐図法)



地球儀を切り開いてみよう。まるで地球を平らな地図にしようとするとき、切り目ができてしまう。そのため、切れ目のない地図にしたときには、面積・形・距離・方位を同時に正しく表現することはできない。そこで、目的に応じて面積や距離などをなるべく正しく表せる地図が、いろいろな方法でつくられている。

②円筒を使って平面にする(円筒図法) 回メルカトル図法

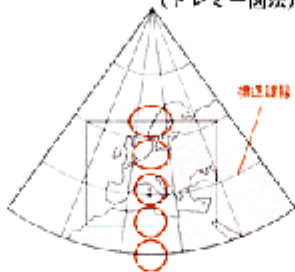


球とちがって円筒形や円錐形は平面に切り開くことができる。円筒を使って地球を切り開いたものにメルカトル図法がある。円筒図法は地球に1本の緯線で接するか、または2本の緯線で交わる円筒面に投影した図法。これらの緯線(標準緯線)を離れるにつれてひずみが大きくなる。

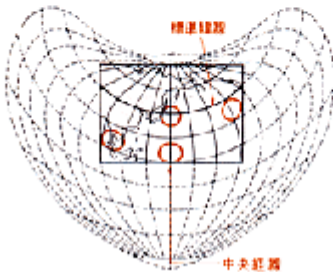
③円錐を使って平面にする(円錐図法)



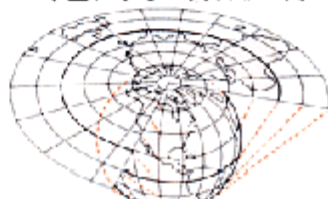
a) 正距円錐図法 (トレミー図法)



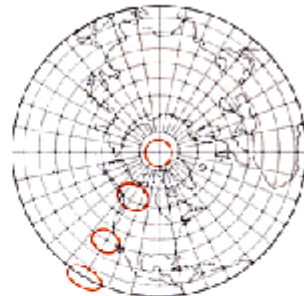
b) ボンヌ図法



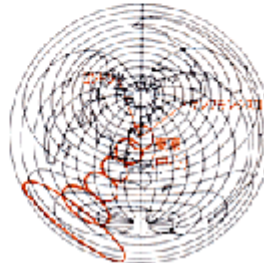
④平板を使って方位図法(平面図法)



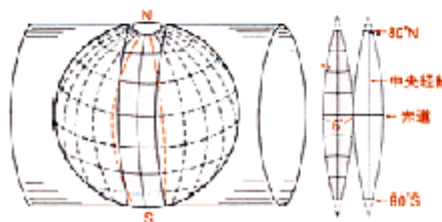
a) ランペルト正積方位図法



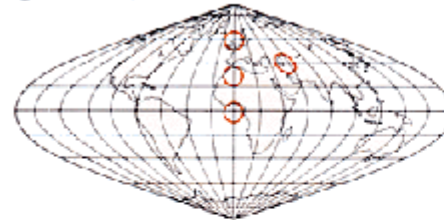
b) 正距方位図法



b) ユニバーサル横メルカトル(UTM)図法

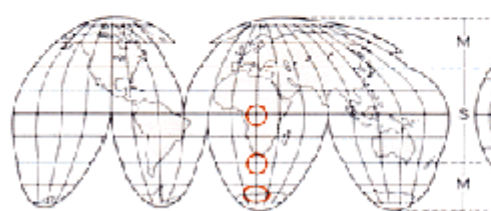


⑤楕円筒図法



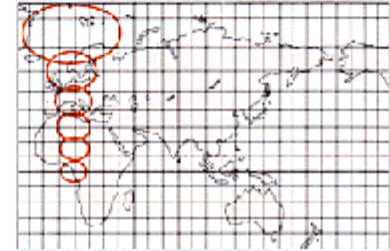
回 サンソン図法

⑥その他の図法



★M: モルワイデ図法 S: サンソン図法

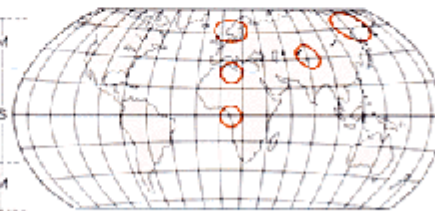
回 ミラー図法



回 モルワイデ図法



回 ヴィンケル図法



円錐図法: 地球と1本の緯線で接するか、または2本の緯線で交わる円錐面に投影した図法。
方位図法: 図の中心から各地点への方角が正しく示される。平面図法とも呼ばれる。

UTM(Universal Transverse Mercator's)図法とは

- ・国土地理院の中縮尺地形図で採用(昭和35年以降)

大縮尺・小縮尺

- ・赤道と経線の交点を原点とした直行座標系

経度差 6° を単位として、全世界を60のゾーンに分けて表現

東京付近はUTM54帯



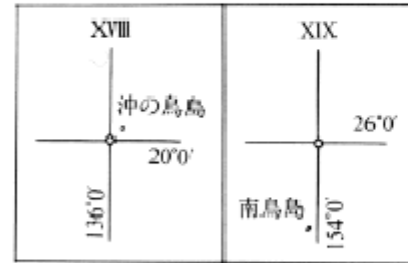
図 9.4.17 UTM 座標系⁷⁾

1. 投影はユニバーサル横メルカトル図法、座標帯は第54帯、中央子午線は東経 141°
2. 図郭に付した短線は経緯度差1分ごとの目盛
3. 高さの基準は東京湾の平均海面
4. 等高線の間隔は20メートル
5. 磁針方位は西偏約 $6^{\circ}30'$ (昭和58年)
6. 図式は昭和40年式(昭和44年加除訂正)1:50,000地形図図式

1:50000 佐倉図幅からコピー

平面直角座標系とは

- ・UTMとほぼ同じだが、原点を日本国内の19カ所に設定した座標系
- ・国土基本図を始め、公共測量図のほとんどはこの座標系を基準としている



実線が経緯線
破線が直角座標

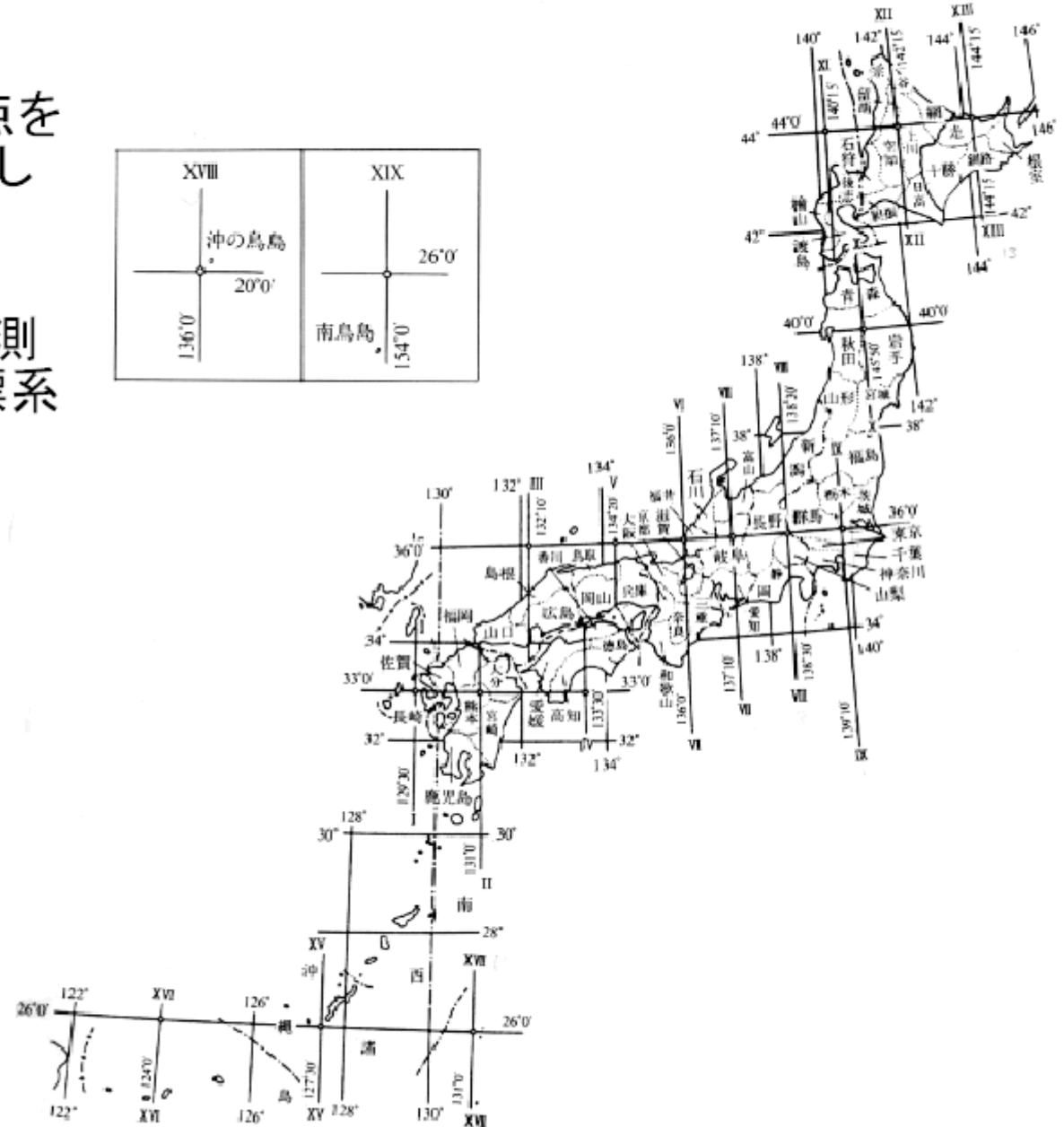
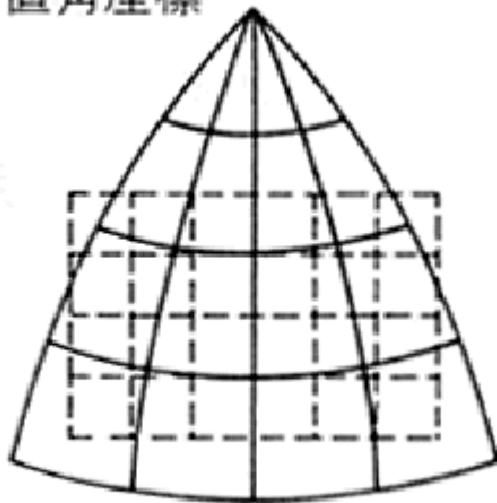
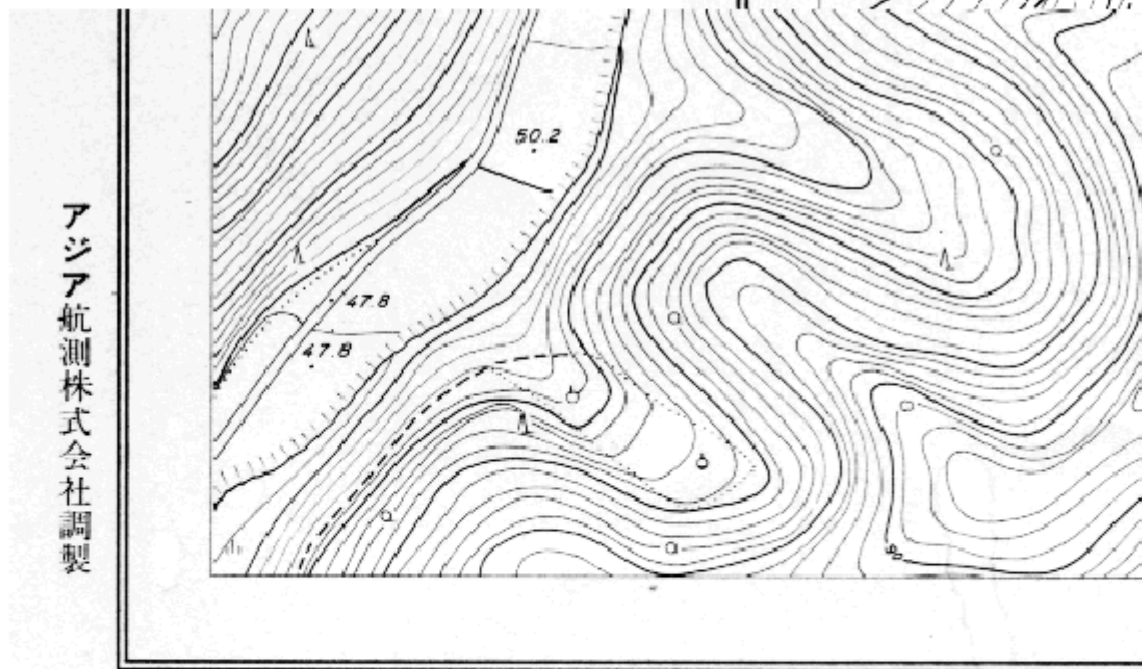
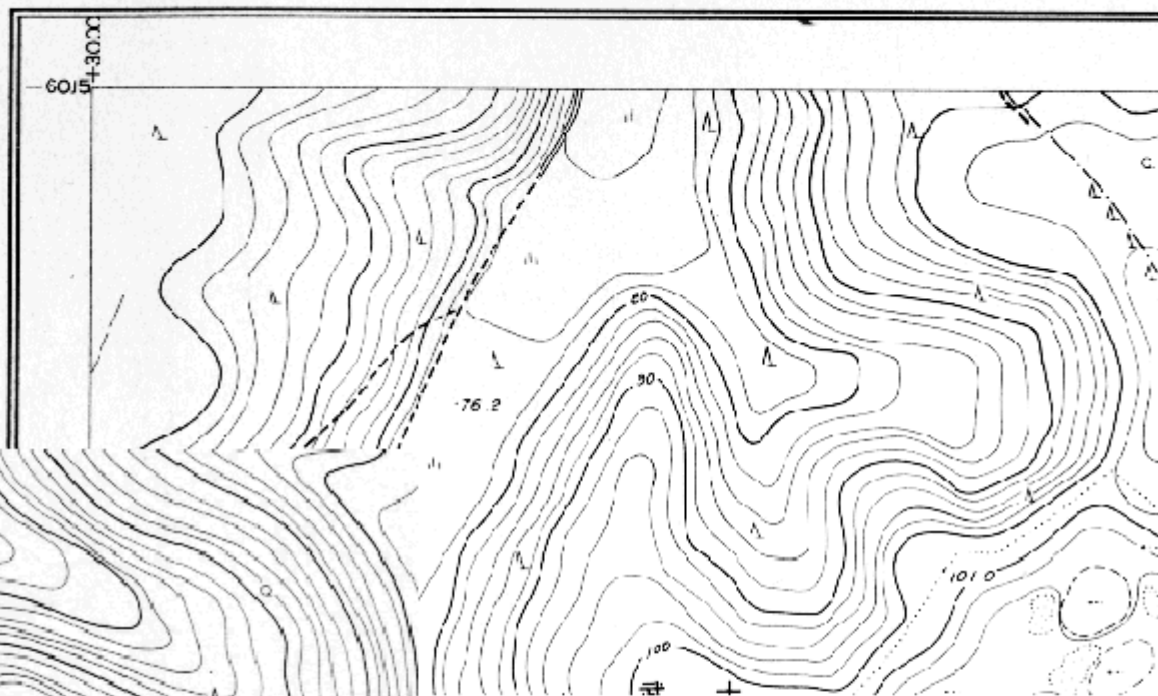


図 9.4.16 平面直角座標系⁷⁾

基本図

左上隅の座標は基準点からの距離を表す

1 : 2,500 地形図



第9系という表記から原点の位置がわかる

第9系の原点は取手付近

昭和60年 8月 1 : 2,500 既成図を使用

座標系 第9系
等高線 2m 間隔

リモートセンシング画像による地表面被覆分類

人間が目で画像を見て分類する基準は

- 色 →リモートセンシング画像では色による分類を行う
- 模様
- 形

分類の目的は土地被覆を判別することである

土地利用:人間の利用目的から見た地表面の属性 (*Land use*)

例:飛行場、道路
耕地

土地被覆:地表面の物理的属性 (*Land cover*)

例:アスファルト、コンクリート
土壌

分類の方法

①教師付き分類

- ・分類したい項目であることが確実な領域を選び出す
(教師＝トレーニングエリア)
- ・任意の画素が、どのトレーニングエリアに近いのか、を統計的に選択する

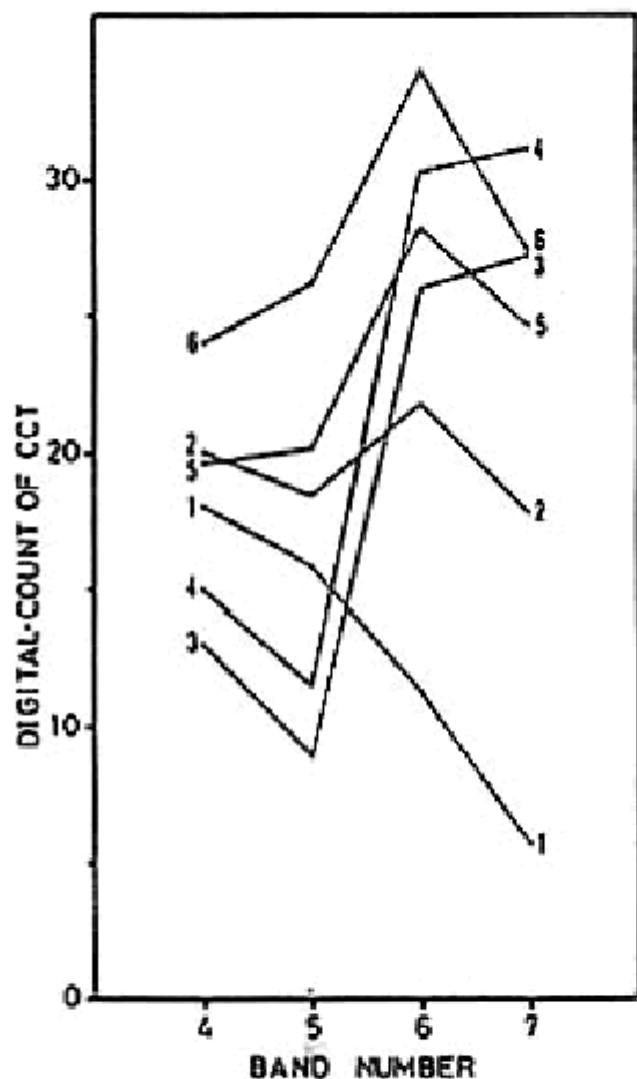
②教師なし分類

分光反射特性(DNの値のままでよい)が似ている画素を自動的にグループ化する

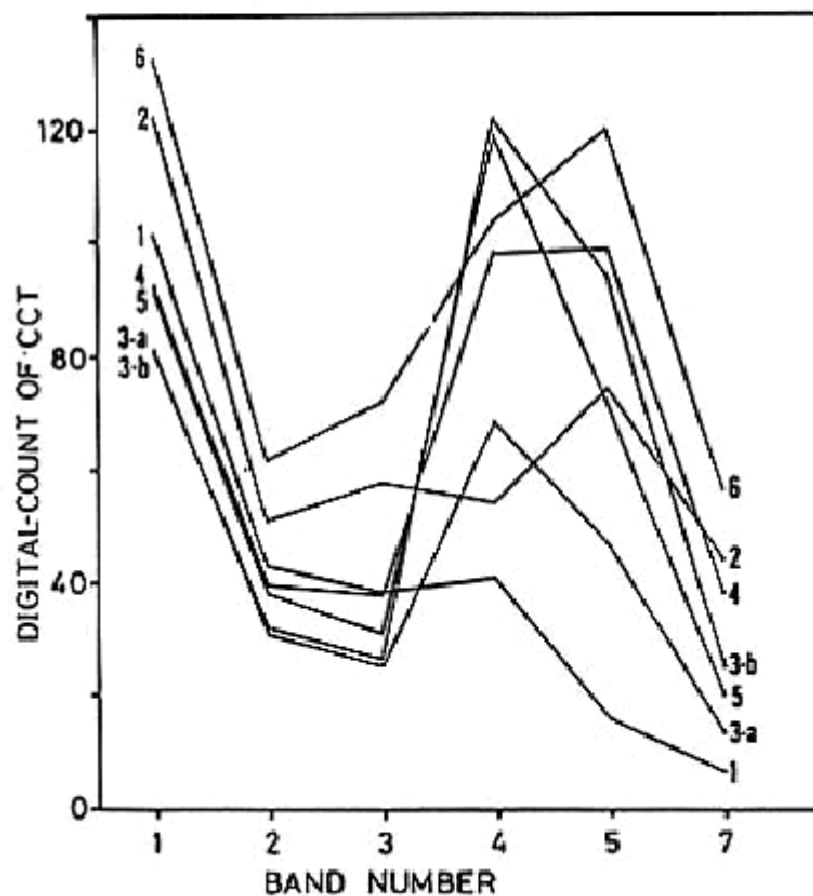
→クラスタ分類

・代表的な土地被覆に対するDNによる分光特性

・任意の画素はどれに近いか？



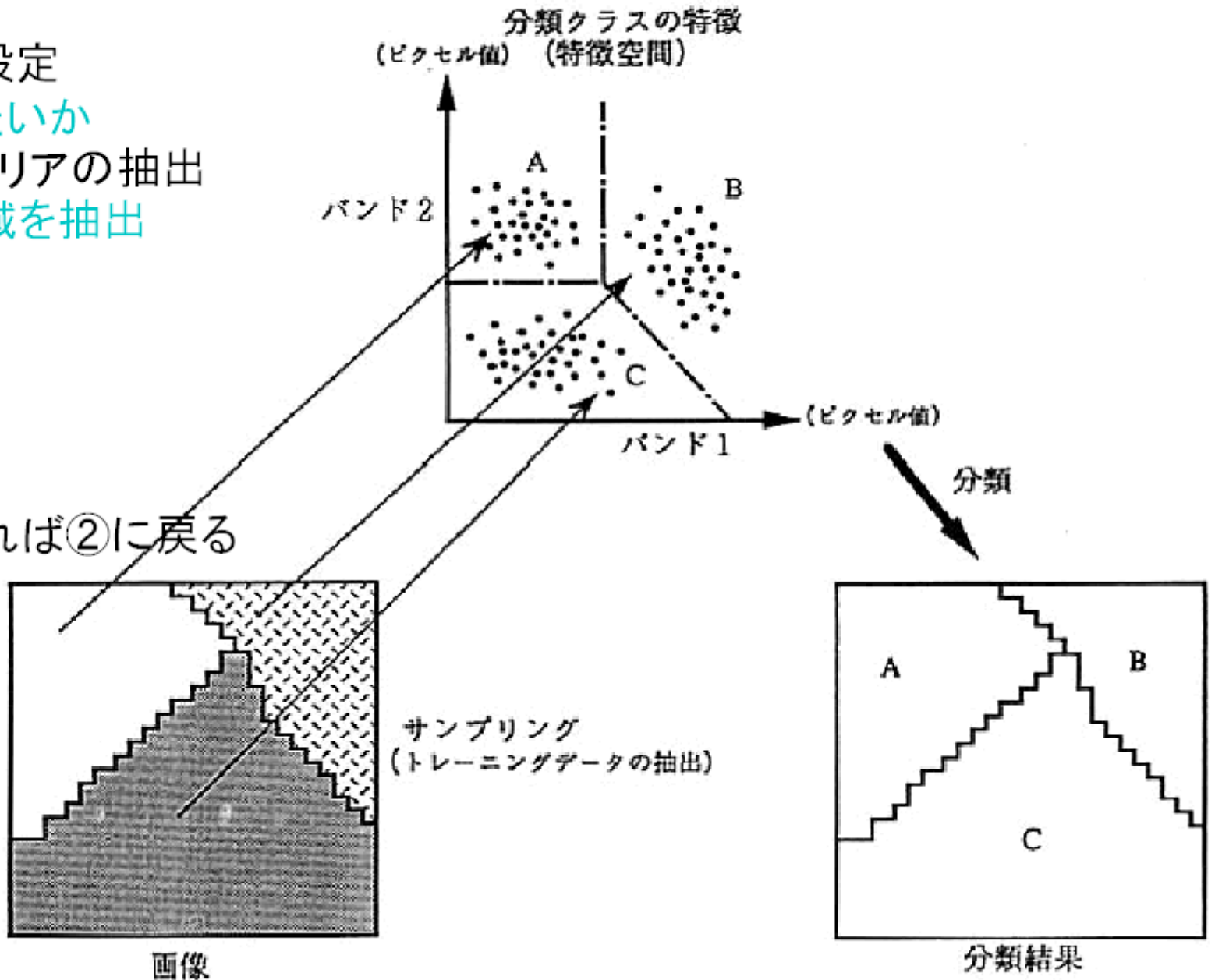
第3図 各種地表面の分光特性 (MS Sデータ)
 (1:水域, 2:都市域, 3:森林, 4:畑地, 5:水田, 6:荒地)



第4図 各種地表面の分光特性 (TMデータ)
 (1:水域, 2:都市域, 3-a:針葉樹, 3-b:広葉樹, 4:畑, 5:水田, 6:水田, 6:荒地, 7:裸地)

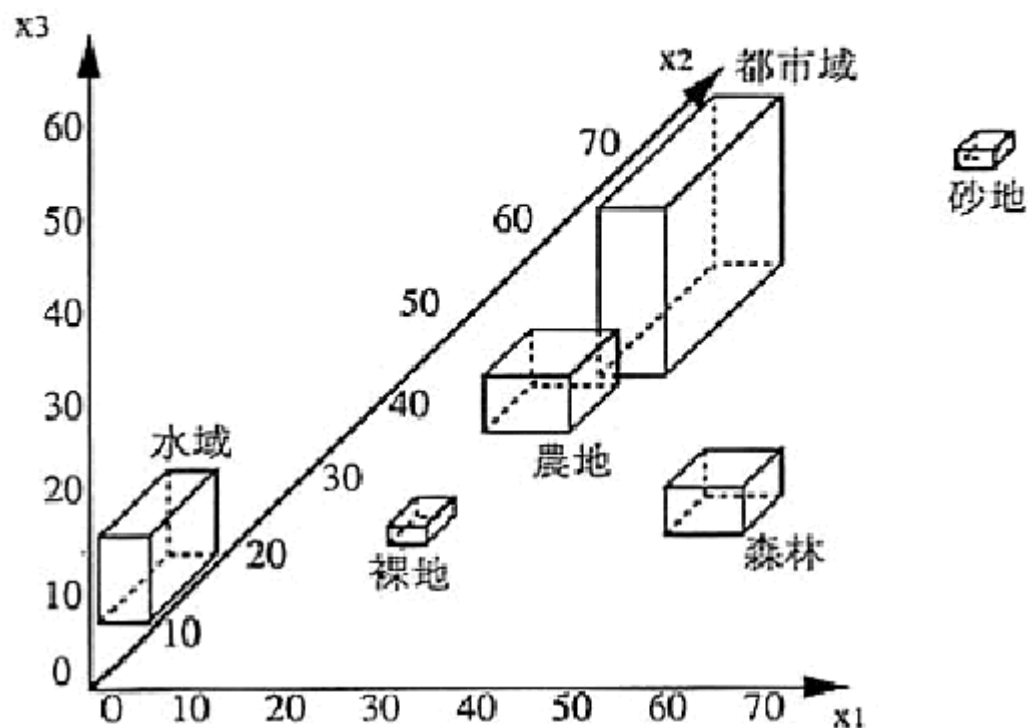
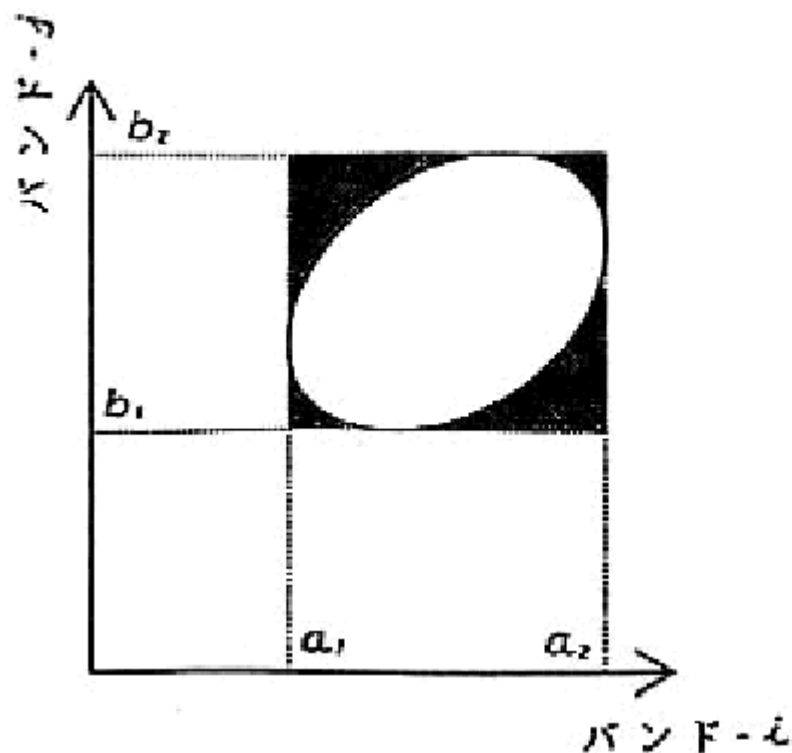
教師付き分類の手順

- ① 分類クラスの設定
↓ 何に分類したいか
- ② トレーニングエリアの抽出
↓ 典型的な領域を抽出
- ③ 統計量の計算
- ↓
- ④ 分類
- ↓
- ⑤ 結果の検討
↓ 結果が悪ければ②に戻る
- ②



トレーニングエリアを抽出した後、アプリケーションは任意の画素がどのトレーニングエリアに最も近いかを判定

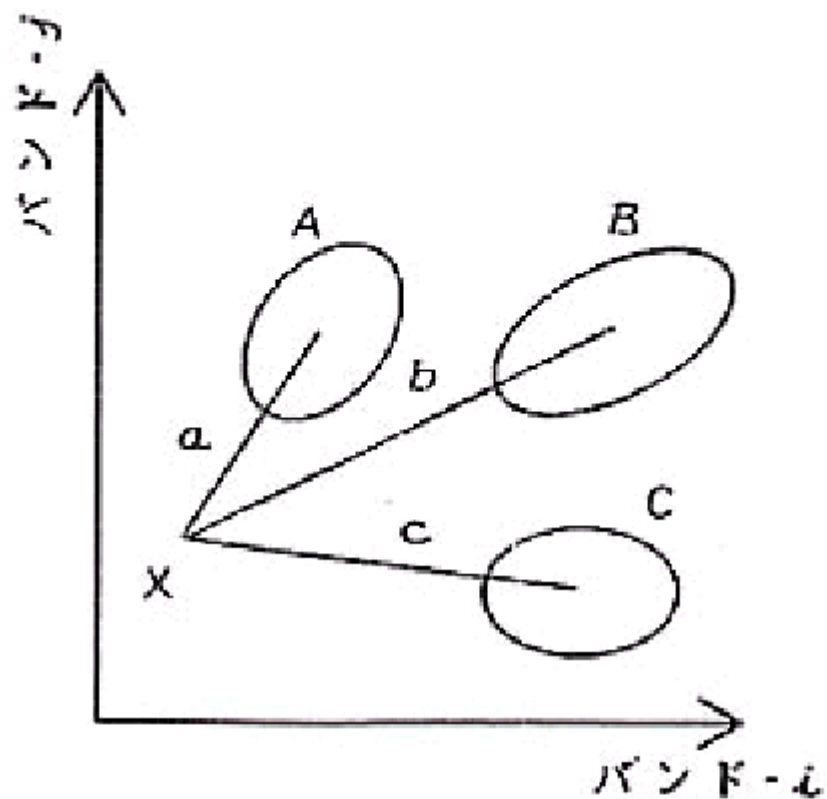
- a. マルチレベルスライス法
- b. デシジョンツリー法
- c. 最短距離法
- d. 最尤法
- e. その他



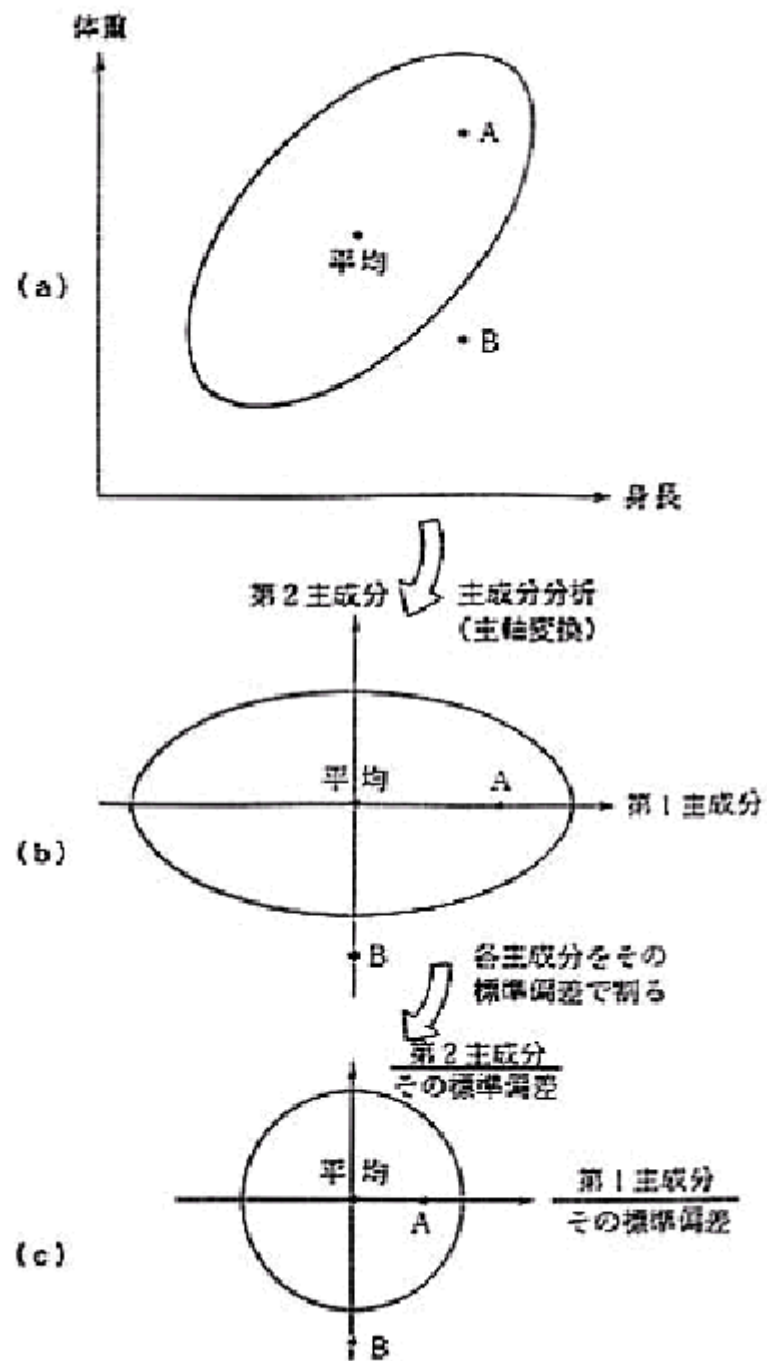
・2次元の場合(左)トレーニングエリアのデータがバンドiは $a_1 \sim a_2$ の間、バンドjでは $b_1 \sim b_2$ の間に入るとき、任意の画素が矩形の範囲に入ったら、同じ分類項目と判定

・3次元の場合(右)も同じ

・どのようにして、“近さ”を判定するか？



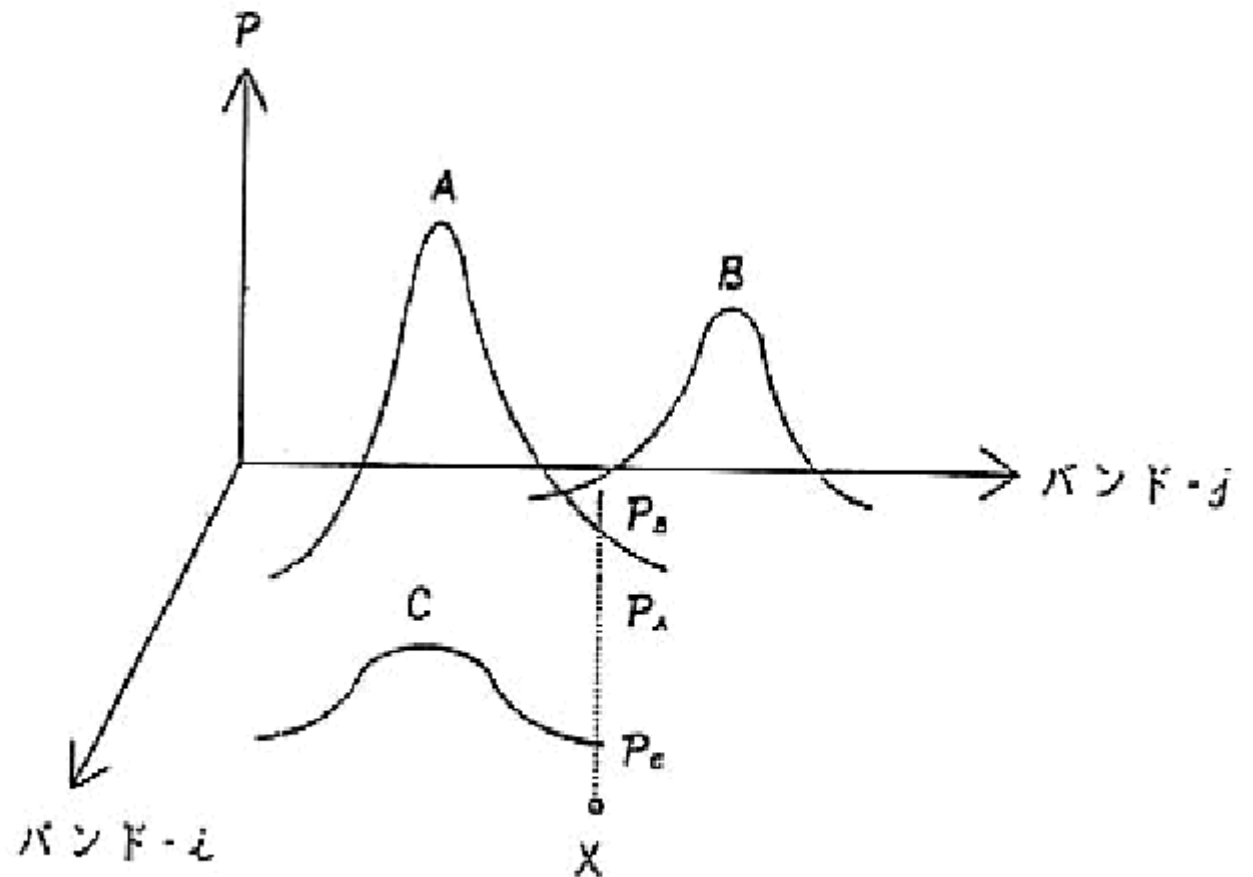
ユークリッド距離とマハラノビスの距離



最尤法

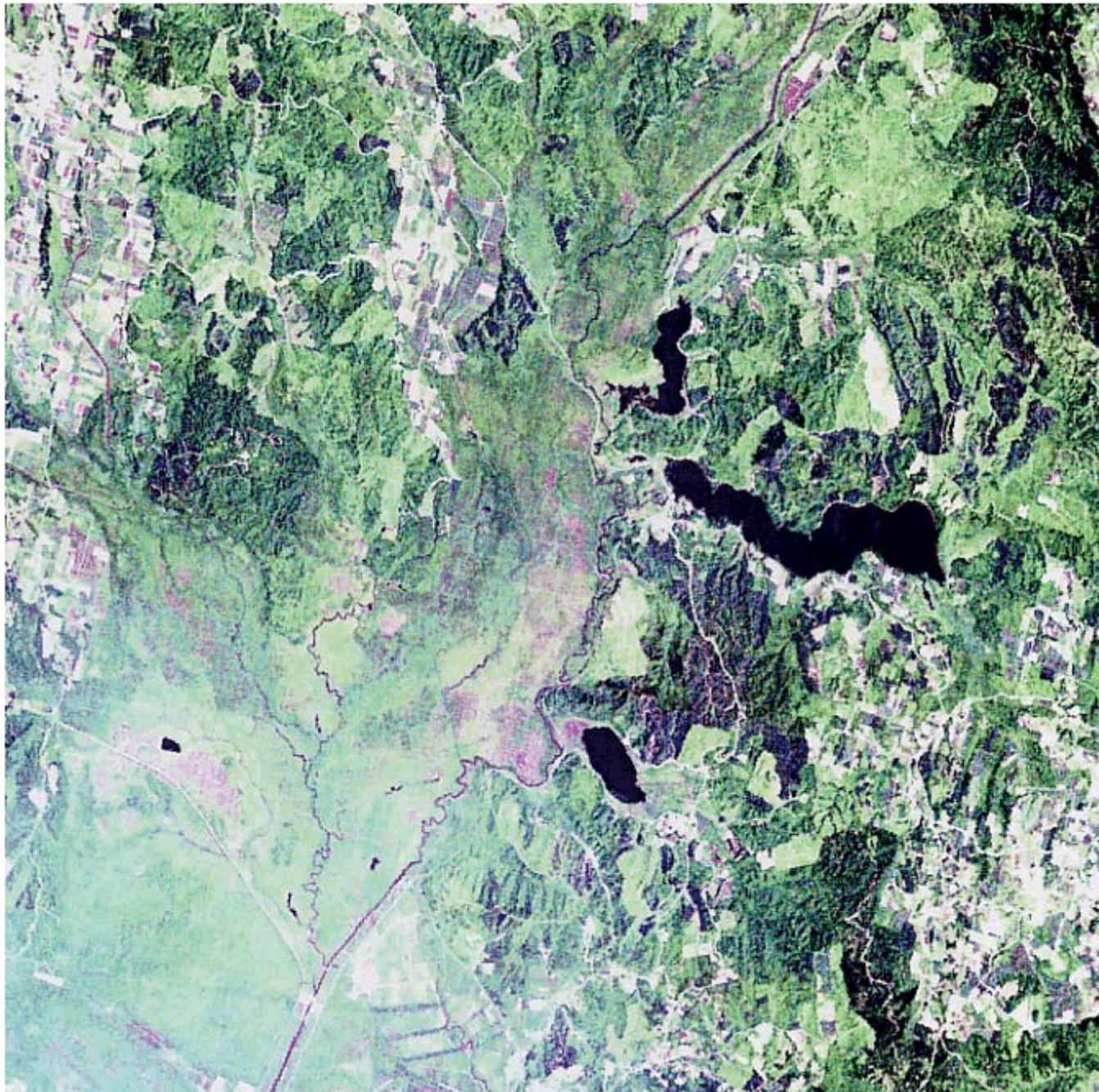
各分類クラスに対する画素データの尤度(likelihood)を求め、尤度最大のクラスにその画素を分類する方法

尤度とは、ある画素が観測されたときに、それがある分類クラスから得られたものである確率



教師なし分類

- ・各画素のデータに基づき、クラスタリングなどの手法により、比較的等質と考えられるグループに機械的に分割し、それぞれを分類クラスとする方法
- ・得られた分類クラスの意味づけができた場合、教師なし分類で得られたクラスを教師(トレーニングエリア)として、教師付き分類を行うこともある

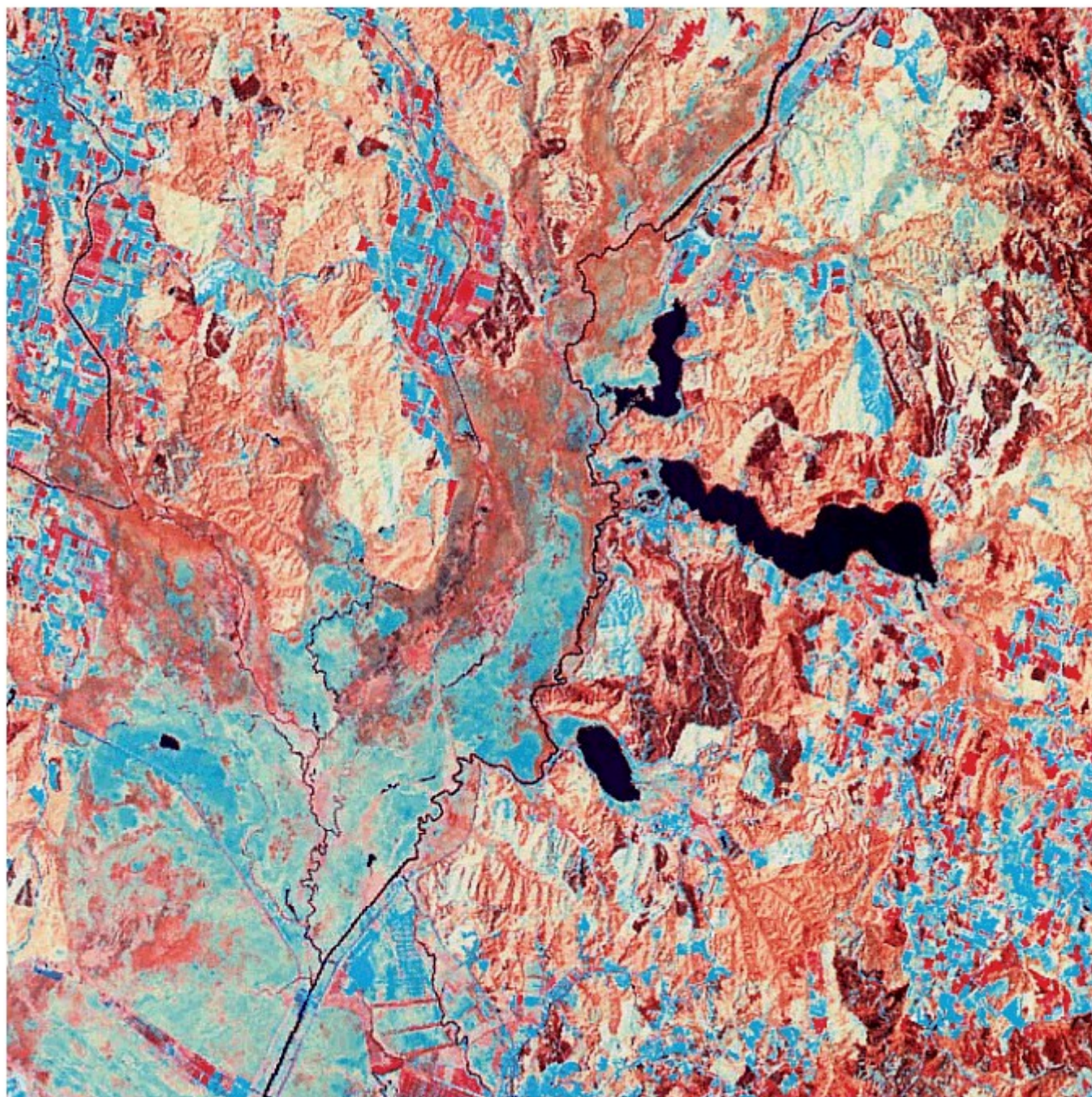


釧路湿原のTM画像

BGR=123でカラー表示したので、ナチュラル・カラー表示

波長が短いと大気の影響を受けやすいので、湿原の部分が若干かすんでいる

湿原の中の色合いの違いは湿原植生の違いを表している



BGR=754でカラー
合成

よって、眼には見えない
赤外線によるカラー
合成

湿原内のパターンがよく
見える

ということは、赤外部
まで使うことによって
精度の良い湿原植生
の分類ができる

| No. | 項目 | 説明 |
|-----|------------------------------------|---|
| 1 | 水面 Open Water | 湖沼の中央などで、水深があり水生植物が生育していない。 |
| 2 | 水生植物 Aquatic Plant | 湖沼の周辺部や小河川に沿った部分、小池などミツガシワやコウホネ、マコモなど抽水植物が生育している浅い水域に相当。 |
| 3 | ミスゴケ 1 Sphagnum 1 | 高層湿原地域の中心部で、発達したミスゴケ湿地に相当している。 |
| 4 | ミスゴケ 2 Sphagnum 2 | 高層湿原地域の周辺部に相当している。ミスゴケによる湿地であるが、中層湿原的になり、ヨシがやや多くなっていると考えられる。 |
| 5 | ヨシ 1 Phragmites 1 | 高層湿原地域の外側を取り巻いている。スゲやヨシとともにミスゴケ類も生育する中層湿原地域に相当。 |
| 6 | ヨシ 2 Phragmites 2 | ヨシが優先する低層湿原に相当。 |
| 7 | ヨシ 3 Phragmites 3 | 比較的乾燥しており、ノガリヤスが生育していると考えられる。 |
| 8 | スゲ 1 Carex 1 | 高層湿原からスゲに移行する部分。スゲとミスゴケ。 |
| 9 | スゲ 2 Carex 2 | スゲが優先する低層湿原に相当。 |
| 10 | スゲ 3 Carex 3 | 湿原内だけでなく、牧草地や耕地に相当する場所にもある。湿原内ではスゲが優先し、ヤチボウズが発達している場所に相当していると考えられる。 |
| 11 | ハンノキ 1 Alnus 1 | 2m以下のハンノキの低木が生育している湿地に相当。ヒザキシモツゲなども生育していると考えられる。 |
| 12 | ハンノキ 2 Alnus 2 | 5m以上のハンノキが生育しているが、樹冠は閉じていない地域に相当する。 |
| 13 | ハンノキ 3 Alnus 3 | 5m以上のハンノキが密生していて、樹冠が閉じている。 |
| 14 | 落葉広葉樹林 Deciduous Trees | ミズナラを主とした落葉広葉樹林に相当。湿原内はヤナギ類が生育していると考えられる。 |
| 15 | カラマツ植林 Larix | カラマツの植林地。 |
| 16 | 伐採後草地 Cutover Forest | 落葉広葉樹を伐採した後、放置してある場所か、放牧している場所に相当。ササやノガリヤスなどイネ科草本と、2m以下のミズナラ萌芽などの低木と考えられる。湿原内では、ヒザキシモツゲなど低木が生育していると考えられる。 |
| 17 | 市街地・裸地 Town, Bare Soil | 住宅や街路など建築物や道路により構成される地域。および石切場等の裸地。 |
| 18 | 草地・耕地 1 Grassland Plowland 1 | 牧草地や耕作地に相当。湿原内には存在しない。 |
| 19 | 草地・耕地 2 Grassland Plowland 2 | 牧草地や耕作地に相当するが、湿原内にも道路や河川に沿って存在する。 |
| 20 | その他・草地 Others | その他の項目。ほとんどが牧草地や耕作地に相当。 |

まず、どのような分類を行いたい
か、を決定する(分類クラスの決定)

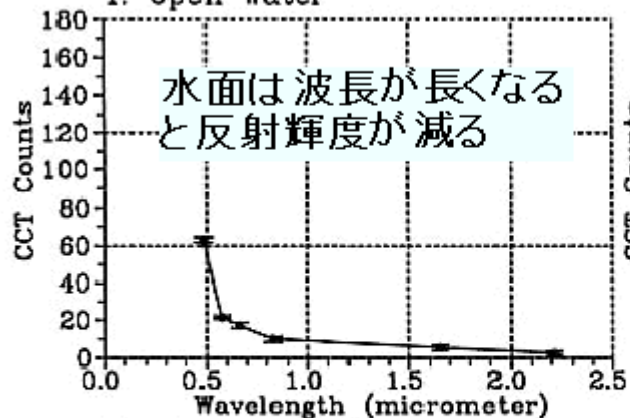
湿原の分類であるから、まずは水面
および浮き草を含む水生植物

次に、高層湿原から低層湿原(湿
潤から乾燥)を代表するミスゴケ、
ヨシ、スゲ

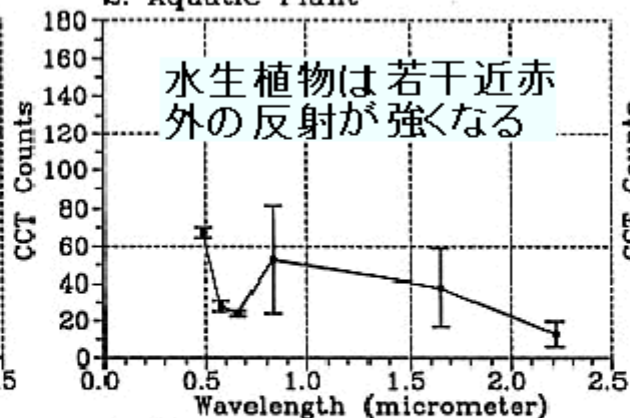
さらに、湿原の中の乾燥化した部
分に立地するハンノキ

最後は、湿原周辺部の被覆を選定
する

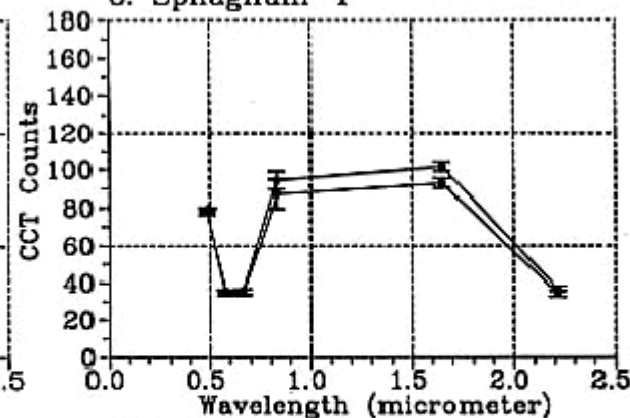
1. Open Water



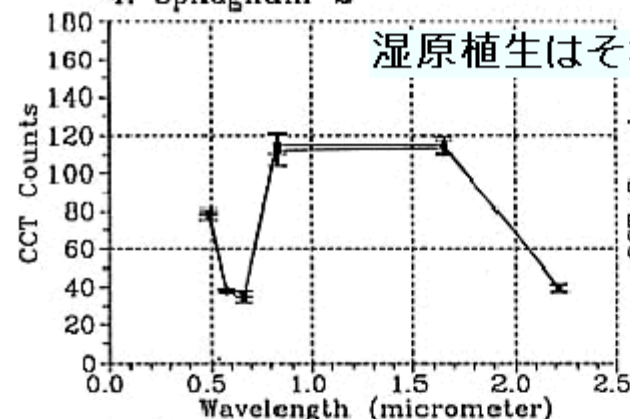
2. Aquatic Plant



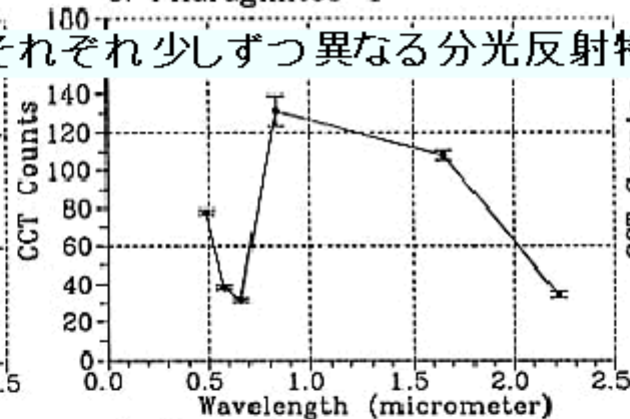
3. Sphagnum-1



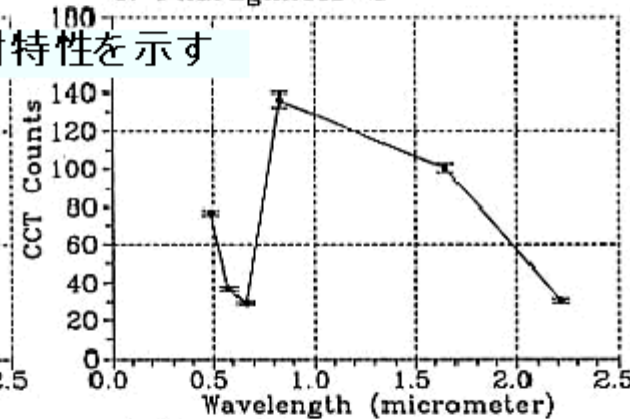
4. Sphagnum-2



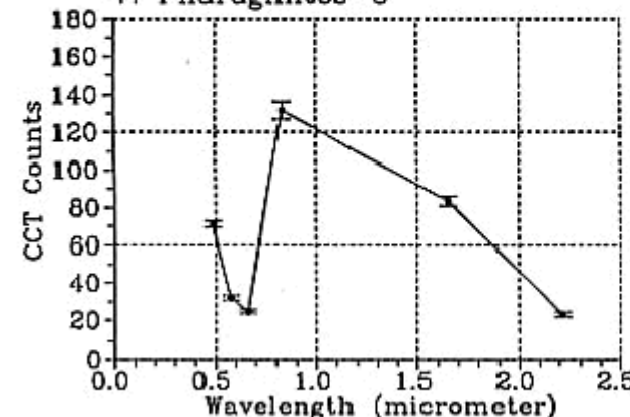
5. Phragmites-1



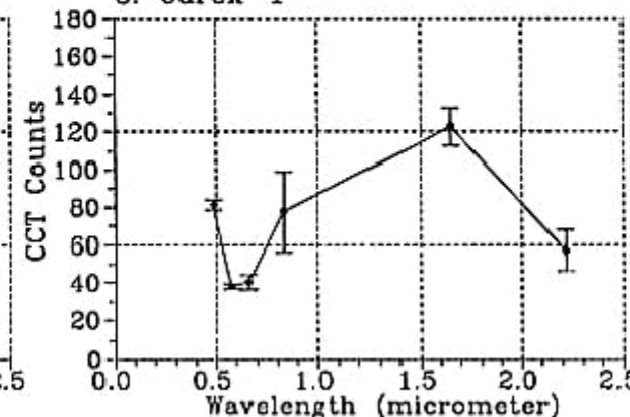
6. Phragmites-2



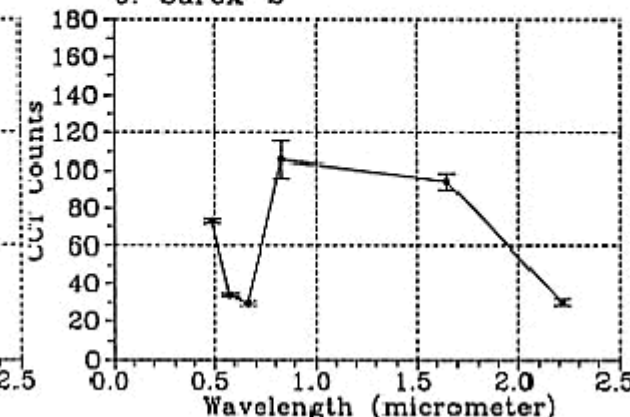
7. Phragmites-3

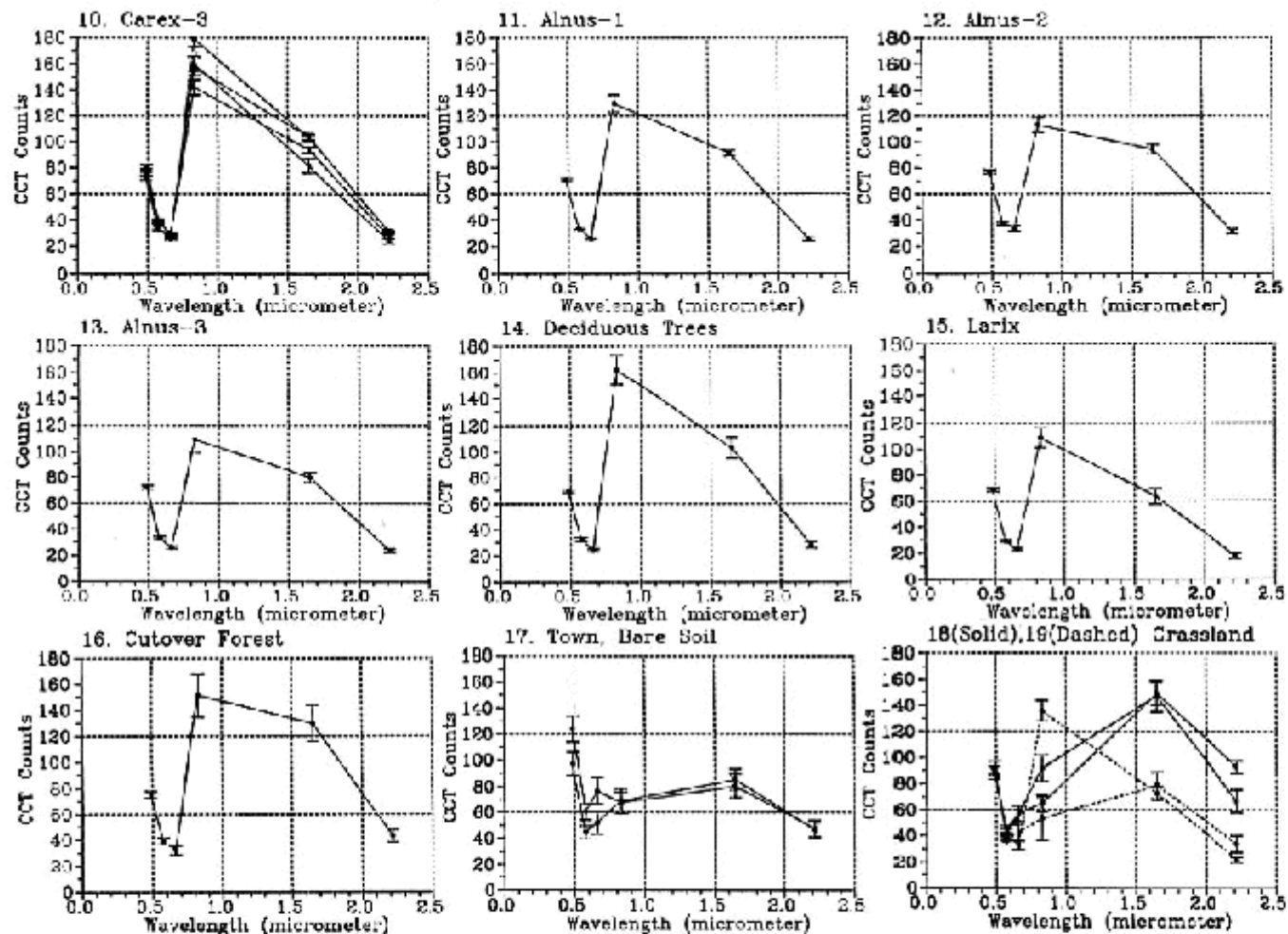


8. Carex-1

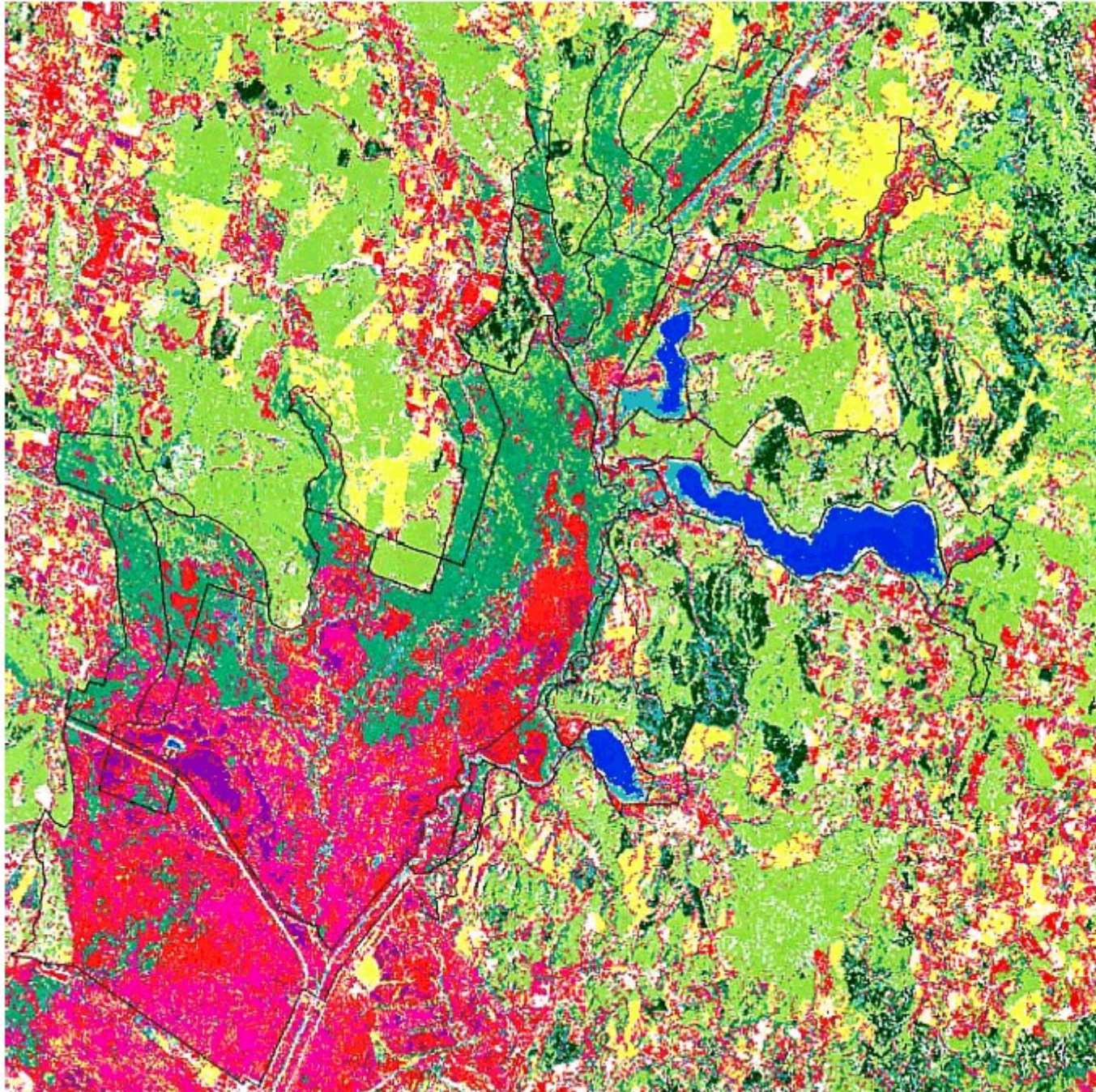


9. Carex-2



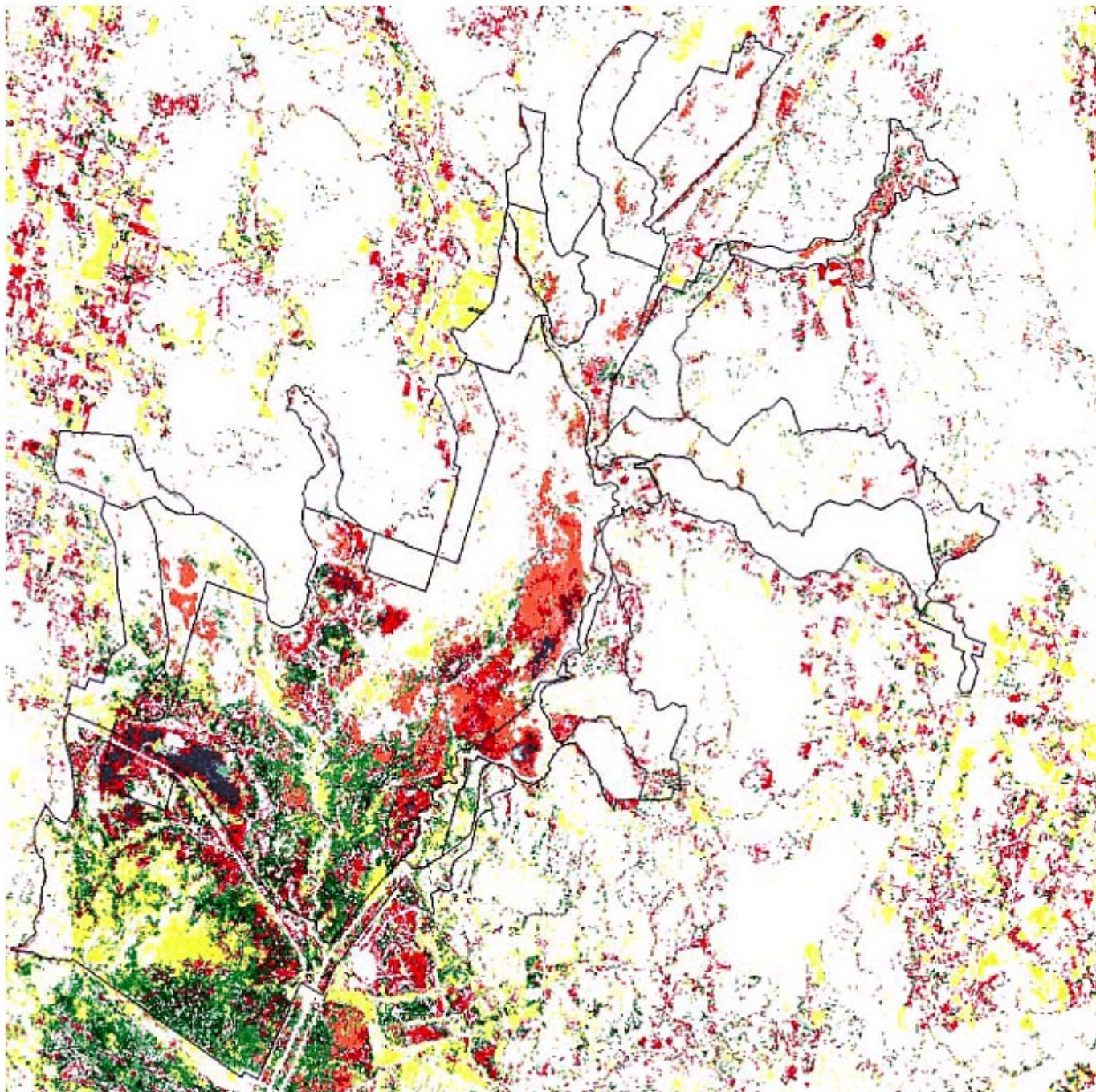


後は、任意の画素がどれに一番似ているのかをコンピューターに判定させる



分類結果

TMを使ったので空間
分解は30mの植生
分類図である



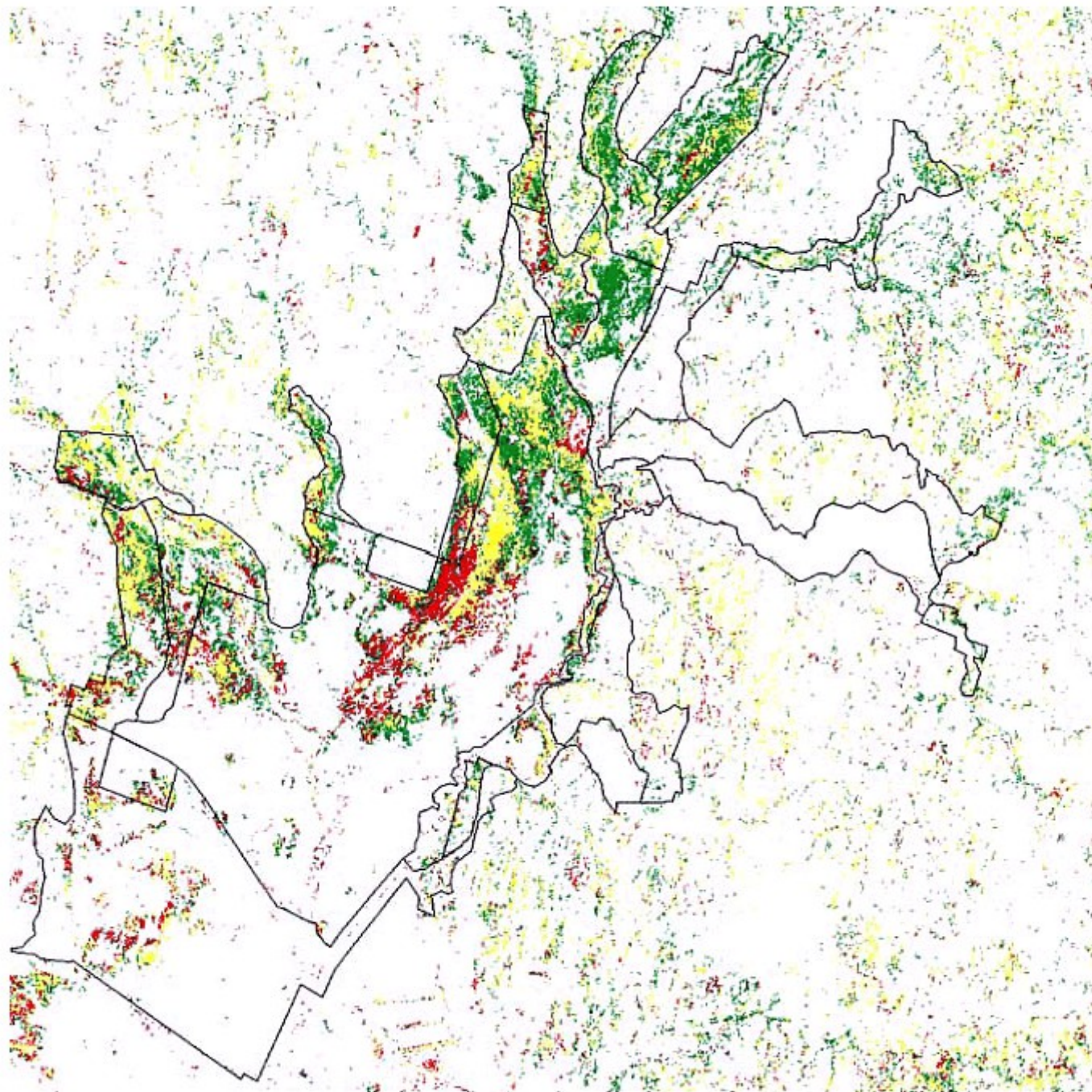
ミズゴケ、スゲ、ヨシ
の分布

青っぽい部分がミズ
ゴケの分布する高層
湿原

黒線で示した自然保
護区の範囲の外にも
湿原植生が？

これは、“色”だけで見
ているので、他の草
本、穀物と区別が付
かなかったため

一般に、教師付き分
類による分類精度は
60～80%程度か？
(もちろん、100%も
あり得る)



ハンノキの分布

湿原の上流側に分布

これは、農地開発により土砂が流れ込んだため、湿地の乾燥化が進んだためと言われている