

## 第六章 画像センサとデジタル画像処理

1. デジタル画像と写真との違い
2. 画像センサ
  - 画像センサの機能
  - 画像センサ受光部の配列による分類
3. デジタル画像データ
  - 画素における輝度情報
  - 画像における位置情報
4. デジタル画像の幾何変換
5. デジタル画像の再配列
  - 最近隣法
  - 共1次法
  - 3次たたみ込み

### 問題

1. 各種変換式において，変換できる機能（原点移動，拡大縮小，回転等）を挙げなさい．
2. ある地図画像において $n$ 個の基準点を取得することができ，その画像座標は $(u_j, v_j)$ であった．アフィン変換によって位置の計算を行なうとすれば，どのような観測方程式をたて，最少二乗法によって解くか？その過程を式で示しなさい．なお，対応する基準点の地図座標は， $(x_j, y_j)$ とする．
3. ある地図画像において，画像座標から地図座標を求める変換式を立てなさい．

## デジタル画像と写真との違い

### 1. デジタル画像とは？

- 画像とは、もともと写真や絵画、テレビ・映画映像の一般名称である。特にデジタル画像は、コンピュータで取り扱うことのできるものを指す。しかし最近では、断りのない限り画像 = デジタル画像として取り扱われている。
- デジタル画像は、イメージスキャナや、デジタルスチルカメラ等の画像センサによって簡単に取得できる。取得された画像を細かく見ると、画像は小さな格子で区切られた点の集合であることに気付く。一つ一つの点は、画素（ピクセル）と呼ばれる。画素ごとに色や、その明るさの情報が納められているのである。

### 2. デジタルカメラと写真との違い

- 基本的に画像という点では、写真もデジタル画像も同じである。現像や焼き付けといったプロセスを経ないデジタル画像は、リアルタイム計測や遠隔操作によるデータ取得を要求している様々な現場でのニーズが非常に高い。コンピュータの能力も向上し、リアルタイム処理が可能となりつつある。ただ、現状では空間分解能の点で写真に劣ってしまうのが難点である。観測できる最小の単位を分解能と言い、写真の場合はレンズとフィルムの粒状性が、画像の場合はレンズとセンサにおける画素の配置密度が空間分解能に影響する。
- 写真は、フィルムを利用し、現像等の処理をする必要がある。フィルムや現像処理毎に発色は微妙に異なり、色の再現性が極めて悪い。ところがCCDは、いつも同じセンサで画像を取得でき、現像等の処理を必要としない。極めて色の再現性が良いという利点を持つ。
- デジタルカメラの受光部（一般にCCD）は、フィルムに相当する。このデジタルカメラの受光部の面積は、写真に比べて極めて小さい。したがって、小さなレンズで十分まかなえる。普通のコンパクトカメラは、レンズがカメラの中心にあるが、デジタルカメラは、カメラの機能が重視され、ユニークな位置にレンズが配置されている。

## 画像センサ

### 1. 基本的な機能

- 画像を取得するには、光の信号を電気信号に変換し、蓄積する必要がある。その代表的なものがCCD (Charge Couple Device) で、受光部から入ってきた光は、光電変換によって信号電荷に変えられ、蓄積部に高速転送される。CCDは、対象物から放射・反射された電磁波（光も電磁波の一種）を受けて計測する受動型のセンサである。一方、センサ自体がレーザやレーザを照射し、返ってきた電磁波を受けて計測する能動型のセンサも存在する。これらについては、第9章で解説する。

### 2. CCDセンサの配列による分類

- 受光素子は、1個のものから4,000万個以上のものまで様々である。その素子の配列によって以下の3種類に分類できる。

#### + ポイントセンサ

- 受光素子1つのみで画像を取得する。画像化するには、センサを走査することによって、大量の点情報を取得し画像化させる。センサが一つしかないので均質なデータを得ることができる。

#### + リニアアレイセンサ (ラインセンサ)

- 受光素子を横方向の線状に配置したものである。基本的にはセンサを縦方向に走査することによって画像化するが、対象物が移動することによって画像化するものもある。代表的なものにファクシミリやイメージスキャナがある。

#### + マトリクスアレイセンサ (エリアセンサ)

- 受光素子を2次元のマトリクス (格子) 状に配置したものである。したがって走査することなしに一瞬で画像化することができる。代表的なものにデジタルカメラがある。

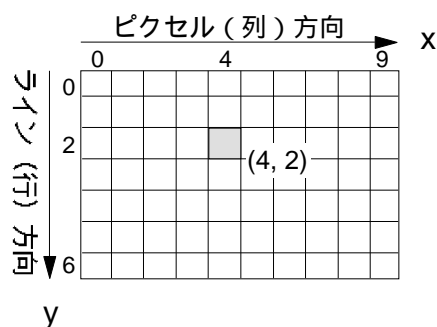
## デジタル画像データ

### 1. 画素における輝度情報

- 各画素には、輝度値（明るさ）が納められている。8bitのデジタルデータの場合、0～255の範囲で輝度を表現できる。一般のデジタルカメラは8bitデータが多いが、計測用のものになれば10bit以上のものがある。
- 光の信号と言ってもX線から赤外線・電波まで様々である。デジタルカメラの場合は、可視光領域の青・緑・赤の3つのチャンネルを持つ。計測用には、目的に応じて近赤外・熱赤外領域等、各種波長のデータの取得が可能である。これについては、第9章で解説する。

### 2. 画像における位置情報

- 画素の位置は行列の番地で示すことができる。例えば下図において、網掛けのしてある画素の位置は、第4ピクセルの第2ライン、或はベクトルで(4, 2)と表現できる。注意しなければならないのは、y軸の方向が数学等で用いられているグラフと逆になっていることである。これはテレビ映像の走査方向（左上から右下に向かって走査）に由来する。



## 各種幾何学的変換式

### 1. ブラックボックス変換

(u, v): 画像座標, (x, y): 地図座標

a,b,c,d,e,f: 変換係数

+ ヘルムート変換

$$u = ax - by + c$$

$$v = bx + ay + d$$

+ アフィン変換

$$u = ax + by + c$$

$$v = dx + ey + f$$

+ 擬似アフィン変換

$$u = a_1 x y + a_2 x + a_3 y + a_4$$

$$v = b_1 x y + b_2 x + b_3 y + b_4$$

+ 多項式変換

$$u = \sum_{i,j} a_{ij} x^{i-1} y^{j-1}$$

$$v = \sum_{i,j} b_{ij} x^{i-1} y^{j-1}$$

### 2. システム変換

- 次章の共線条件式に準ずる

$$u = \frac{-f}{w_p} \quad u_p = -f \frac{a_{11}(X - X_0) + a_{12}(Y - Y_0) + a_{13}(Z - Z_0)}{a_{31}(X - X_0) + a_{32}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)}$$

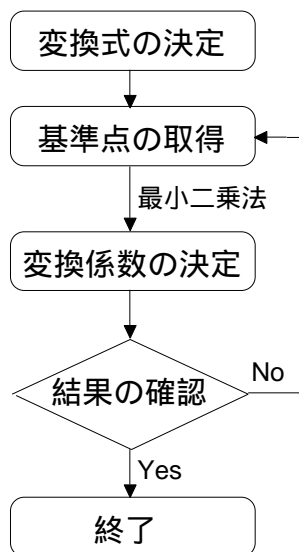
$$v = \frac{-f}{w_p} \quad v_p = -f \frac{a_{21}(X - X_0) + a_{22}(Y - Y_0) + a_{23}(Z - Z_0)}{a_{31}(X - X_0) + a_{32}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)}$$

## 幾何変換の実例

### 1. 地図画像から位置情報を計算する

- 例えば，スキャナによって地図をデジタル化したとする．地図上のある点の位置（地図座標）をこのデジタル地図より求めるには，画像座標より幾何変換の計算をしなければならない．このとき変換式については，先の変換式の中から適切なものを選択する必要がある．
- 次に，変換式の係数を求める．このとき，基準点を利用するのが，最も簡単で現実的である．基準点は，地図画像において地図座標が既知の点を利用する．基準点の画像座標の値と地図座標の値を変換式に代入と，基準点の数だけ変換係数の方程式が成立する．変換係数の数だけ方程式があれば，連立方程式より係数を求めることが可能である．但し，基準点のそれぞれの座標には誤差が含まれているので，多くの基準点を利用し，最小二乗法によって変換係数を求めるのが望ましい．

### 2. 幾何変換の手順



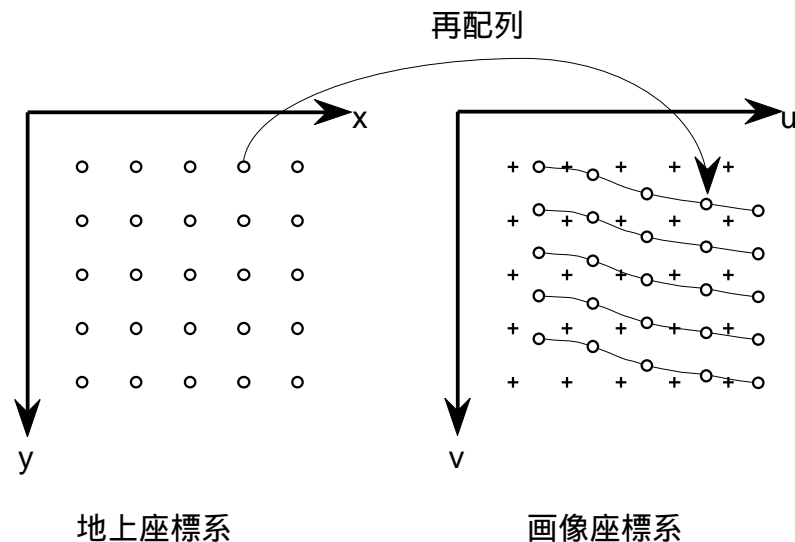
## デジタル画像の再配列

### 1. 再配列 (resampling) とは？

- 幾何変換に基づいて，新たに変換された画像を作ることを再配列と呼ぶ．
- 原画像には様々な歪み（回転等の変形）が含まれている場合があるので，これを補正する目的でも利用される．

### 2. 再配列の実際

- 座標変換において画像座標系から地上座標系への変換が順変換であるが，この変換の場合地上座標の全てのポイントを画像の値で埋めることができないことがある．
- 地上座標系を画像座標系に変換する逆変換を考えてみる．この変換は，地上座標が画像上ではどこに位置するのかを計算する訳である．したがって，全ての地上座標のすべての座標に対して変換可能である．画像を対象とする場合は，この逆変換を一般に用いている（図参照）．



## 最配列の処理法

1. ある地表座標を変換式を用いて変換すると，画像座標は整数とはならず，小数点を含んだ座標となる（前ページの図を参照）．この時，画素値としてどの値を用いるかを考えねばならない．一般に以下に挙げる3手法のどれかを使う．

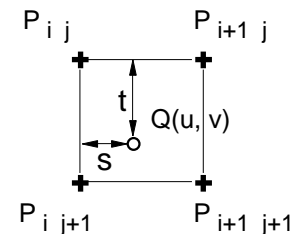
### 2. 最近隣法（Nearest Neighbor）

- 変換後の座標に最も近い画像座標の値を用いる．
- 右図のように，地上座標が $P_{ij}$ から $P_{i+1 j+1}$ に囲まれた $Q(u, v)$ に位置していたとする．この時， $Q(u, v)$ の持つ画素値は次式で表すことができる．

$$Q(u, v) = P_{kl}$$

$$k = [u+0.5], l = [v+0.5]$$

- 画素値を壊さず処理が速いのが利点．



### 3. 共1次内挿法（Bi-Linear）

- 周り4点の画素値を用い線形式により内挿する．
  - 同様に右図の例で $Q(u, v)$ の持つ画素値を式で表すと
- $$Q(u, v) = (1-s)(1-t)(P_{ij}) - (1-s) t (P_{i j+1}) + s (1-t) (P_{i+1 j}) + s t (P_{i+1 j+1})$$
- 画素値は壊れるが，平滑化されスムージングの効果あり．

### 4. 3次たたみ込み法（Cubic Convolution）

- 周り16点の画素値を用い3次たたみ込み関数を用いて内挿．
- $$Q(u, v) \text{の持つ画素値は次式で表すことができる．}$$

$$Q(u, v) = [ f(1+t) \ f(t) \ f(1-t) \ f(2-t) ] \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \\ P_{41} & P_{42} & P_{43} & P_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f(1+s) \\ f(s) \\ f(1-s) \\ f(2-s) \end{bmatrix}$$

$$f(x) = \sin(x) / (x)$$

