

画像センサと座標変換

1 画像センサ

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、メモリ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、センサ自体がレーダやレーザを照射し、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。受光素子は、1 個のものから 1000 万個以上のものまで様々である。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。センサ自体が動く必要があるが、少ない素子で高解像度を実現できる特徴を持つ。

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。

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、プロ用のものになれば 10bit 以上のものもある。

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。

2 座標変換

画像等における座標 (u, v) を地上等の別の座標 (x, y) に変換することを座標変換という。座標変換の関数 f_x, f_y を使って式で表すとすると、以下のように表現できる。

$$\begin{cases} x = f_x(u, v) \\ y = f_y(u, v) \end{cases} \quad (1)$$

様々な関数が考えられるが、目的に応じて適した変換式を適用する必要がある。

2.1 ヘルマート変換

ヘルマート変換は、原点移動、回転、縮尺を任意に変換することが出来る。変換係数を a, b, c, d とすると、以下の式で表現できる。

$$\begin{cases} x &= au - bv + c \\ y &= bu + av + d \end{cases} \quad (2)$$

ここで、変換係数 c, d は、原点移動を表し、縮尺は $\sqrt{a^2 + b^2}$ となる。この変換は、スキャナ等で画像化された地図を地上座標に変換する際等に利用できる。

2.2 アフィン変換

アフィン変換は、原点移動、回転、縮尺の他にスキューを任意に変換することが出来る。変換係数を a, b, c, d, e, f とすると、以下の式で表現できる。

$$\begin{cases} x &= au + bv + c \\ y &= du + ev + f \end{cases} \quad (3)$$

この変換は、スキャナ等で画像化された地図を地上座標に変換する際等に利用できる。この変換は、人工衛星画像のうち、衛星の直下を狭い範囲で画像化しているデータを地上座標に変換する際等に利用できる。

2.3 二次元射影変換

二次元射影変換は、平面に配置されている物体をデジタルカメラ等で画像化されたデータを変換することが出来る。変換係数を a_1, a_2, \dots, a_8 とすると、以下の式で表現できる。

$$\begin{cases} u &= \frac{a_1x + a_2y + a_3}{a_7x + a_8y + 1} \\ v &= \frac{a_4x + a_5y + a_6}{a_7x + a_8y + 1} \end{cases} \quad (4)$$

2.4 三次元射影変換

三次元射影変換は、三次元に配置されている物体をデジタルカメラ等で画像化されたデータを変換することが出来る。変換係数を a_1, a_2, \dots, a_{11} とすると、以下の式で表現できる。

$$\begin{cases} u &= \frac{a_1x + a_2y + a_3z + a_4}{a_9x + a_{10}y + a_{11}z + 1} \\ v &= \frac{a_5x + a_6y + a_7z + a_8}{a_9x + a_{10}y + a_{11}z + 1} \end{cases} \quad (5)$$

厳密な変換式は、後に詳述するが、上式を用いて簡便な変換が可能である。

3 座標変換の実際

実際に画像データに座標変換を適用したい場合、変換式における変換係数を求める必要がある。そのためには基準点データが必要になる。地上基準点とは、あらかじめ地上での座標の値が解っている点 (x_i, y_i) のことを言う。それらの点が画像上に投影されている場合、対応する画像座標 (u_i, v_i) が存在し、これを画像基準点という。これら、地上座標と画像座標を一組とするデータセットを基準点データという。これらの基準点データを変換式に代入すると、基準点の数だけ変換係数を変数とする方程式が立てられる。それらの方程式を連立させれば、変換係数が求められる。

例えば、アフィン変換の変換式を導く場合、一つの変換式において3つの変換係数があるため、少なくとも3つの基準点データが必要になる。3つを越える数の基準点を利用して変換係数を導くには、最小二乗法を利用して解く。