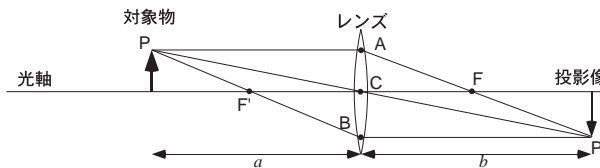


カメラの幾何学 1 (内部標定)

1 レンズの幾何学

画像を得るには、フィルムにしても CCD にしてもレンズが必要になる。レンズとは、光を集めるものと考えて良い。レンズは光の屈折を利用し、平行な光がレンズに対して垂直に入ると、その光は焦点と呼ばれる一点に集まるように設計されている。またレンズに垂直で、レンズの中心を通る線を光軸と呼ばれている。下図は、レンズによって対象物がどのように投影されるかを図に示したものである。対象物から放たれた光のうち、光軸に対して平行なものは A を通り、焦点 F に向かう。レンズの中心 C を通るものは、そのまま直進し、対象物側の焦点 F' を通るものは、B において光軸に対して平行な光となる。投影像は、それらが集まる所で最も明るくなり、この位置がピントのあった位置(合焦)となる。



レンズと対象物との距離を a 、レンズと投影像との距離を b とすると、 PAC と $P'BC$ は相似なので、次式が成り立つ。

$$\frac{AC}{a} = \frac{BC}{b} \quad (1)$$

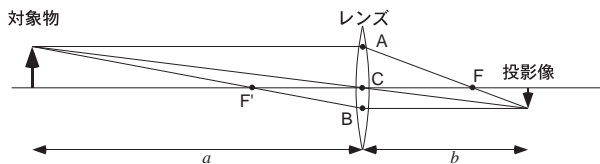
FC 間の距離はレンズの焦点距離で f とすると、 ACF と ABP' も相似なので、次式が成り立つ。

$$\frac{AC}{f} = \frac{AC + BC}{b} \quad (2)$$

この式に先の式から得られる $BC = AC \frac{b}{a}$ を代入し、整理すると、最終的に、以下の式が導かれる。

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad (3)$$

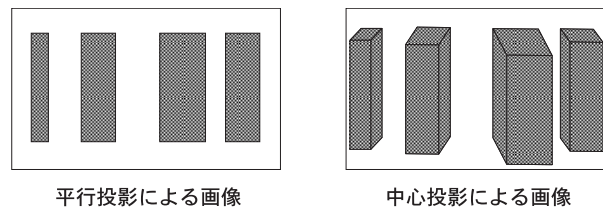
この式は、対象物がレンズから離れると、投影像は焦点に近づくことを意味している。下図はその状況を図に示したものであるが、投影像が焦点に近づいている。



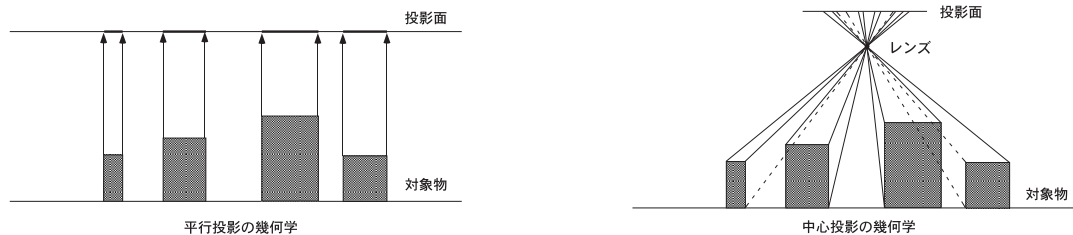
対象物がレンズから十分離れ、無限大と見なせる場合は、 $\frac{1}{a} = 0$ で、 $\frac{1}{f} = \frac{1}{b}$ となり、投影像は焦点に結像される。

2 中心投影

紙地図は、一般に平行投影で描かれている。したがって、下図に示すように高さのあるものであってもその状況は表現出来ない。一方、画像は中心投影であり、立体的に写る。したがって、航空写真等をそのまま地図に利用することは出来ない。



下図は、平行投影と中心投影それぞれの幾何学を模式化したものである。中心投影の場合は、投影面が地上と平行で、かつ対象物の高さが解らなければ計測が困難であることが解る。

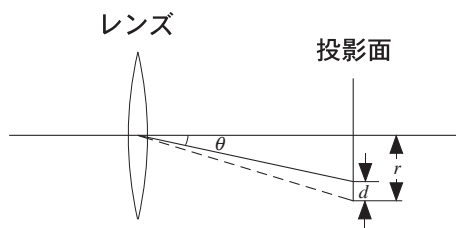


3 内部標定

画像を用いて計測するには、まずカメラ内部にあるレンズの焦点距離、CCDの大きさや、CCDにおける投影中心の位置を知っておく必要がある。カメラを購入すると、説明書にレンズの焦点距離等の情報が載っているが、これらの値を直接使うのでは、高い精度で計測できない。特に投影中心位置はCCDの中心からずれている場合が多い。さらにレンズには画像の中心から離れるに従って歪みが生じている。特にコンパクトタイプのデジタルカメラは歪みが大きい。そこで、これらの正確な値を方眼用紙や立体基準点を用いて求めるが、このことを内部標定と呼んでいる。

3.1 レンズ歪みの補正

レンズ歪みは色々あるが、特に放射方向の歪曲収差が大きい。これは、下図に示すとおり、レンズの中心から離れるに従って、歪みが大きくなる現象である。



放射方向わい曲収差

投影面上のある点において，中心からの距離 r と歪みの量 d との関係は，補正係数を a_1, a_3, a_5, a_7 とすると，以下の多項式で近似できる．

$$d = a_1 r + a_3 r^3 + a_5 r^5 + a_7 r^7 \quad (4)$$