

1. 緒言

リモートセンシングでは従来精密な幾何学が問題となることは非常にまれであった。しかしながら、リモートセンシングで得られた新しい情報と地図に追加する場合とか、また被写体の時系列的特性を調査する場合等には映像の幾何学が非常に重要である。そこで、ここではリモートセンシングにおいて得られた映像の幾何学を従来の写真の幾何学と対比させながら考察してみることにする。

リモートセンシングの幾何学は、航空機から小区域を撮影する場合と人工衛星からの映像のように広範囲をカバーする場合とに分けて考えるのが普通である。前者は従来の写真測量の場合と同様、直交直線座標系を用いて解析することができるが、後者では地図投影の歪との関係を考慮する必要がある、てかなり複雑になる。ここでは、前者のみを対象とすることにす。また、リモートセンシングでは種々の撮影方式が考えられるが、そのうち最も重要なマルクスベクトルスキャナーによる映像(MSS映像)について考えることにする。

MSS映像の幾何学を解析する場合、直列開光されたストリップカメラ、パノラマカメラを用いて撮影された写真の幾何学が非常に役立つ。そこで、これらの写真の幾何学を基礎にしてMSS映像の幾何学を考察してみることにするが、まずMSS映像の投影関係を調べ、つぎにその厳密な検定論にふれることにする。

2. MSS映像の投影関係

まず、マルクスベクトルスキャナーの内部検定要素が既知であると仮定し、使用する座標系として図-1のような右手座標系(X, Y, Z)を考えることにする。外部検定要素の定義は ω, φ, κ とそれぞれX, Y, Z軸のまわりの回転とし、回転の正方向は右ねじが座標軸の向きに進むときの回転方向とする。かつ、回転の順序は φ, ω, κ の順とし、回転軸は回転要素 φ, ω, κ の回転とともに変化していくものとする。また、平行移動量 X_0, Y_0, Z_0 は座標軸方向と正方向とする。

MSS映像について、1本のスキャンラインの操作の間スキャナーの外部検定要素は一定であり、MSS映像はX方向にはストリップ写真とまたY方向には(同時に撮影されたと仮定した)パノラマ写真と同じ幾何学的性質と持っているものと仮定する。

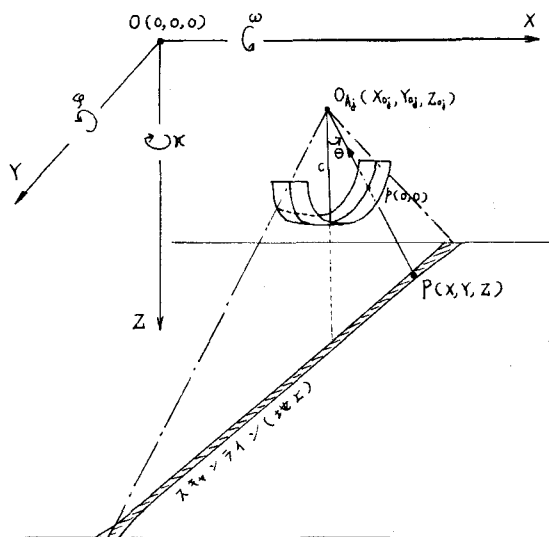


図-1: MSS映像の投影関係

以上のような仮定のもとで、1画素について投影方程式を立てると、

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ c \end{pmatrix} = m \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} (D_y, D_x, D_z)^T \begin{pmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

となる。ここに、 θ はスキャン角、 m は縮尺を表わし、 D_y, D_x, D_z は φ, ω, κ に対する回転行列である。

また、添字 i はスキャンライン番号を示している。いま、式(1)を変形すると、

$$\begin{pmatrix} 0 \\ -c \cdot \tan \theta \\ c \end{pmatrix} = m' (D_{g_j} D_{\theta_j} D_{x_j})^T \begin{pmatrix} X - X_{0j} \\ Y - Y_{0j} \\ Z - Z_{0j} \end{pmatrix} \quad \dots \dots \dots (2)$$

が得られ、これはスキャンラインについての投影方程式である。\$(D_{g_j} D_{\theta_j} D_{x_j})^T\$ の要素を \$dm_{ij}\$ で表わすことにすると、collinearity equations は、

$$\left. \begin{aligned} x' = 0 &= \frac{dm_{1j}(X - X_{0j}) + dm_{2j}(Y - Y_{0j}) + dm_{3j}(Z - Z_{0j})}{dm_{4j}(X - X_{0j}) + dm_{5j}(Y - Y_{0j}) + dm_{6j}(Z - Z_{0j})} c \\ y' = -c \cdot \tan \theta &= \frac{dm_{1j}(X - X_{0j}) + dm_{2j}(Y - Y_{0j}) + dm_{3j}(Z - Z_{0j})}{dm_{4j}(X - X_{0j}) + dm_{5j}(Y - Y_{0j}) + dm_{6j}(Z - Z_{0j})} c \end{aligned} \right\} \quad \dots \dots \dots (3)$$

のようになる。

3. MSS 映像の標定論

MSS 映像の投影関係がわかれば、その標定法を考察することが出来る。この場合最も重要なことは、たとえ1本のスキャンライン上でスキャナーの外部標定要素が一定であると仮定しても、数学的には各スキャンラインごとの外部標定要素を一義的に決定できないということである。そこで、スキャンラインと接触したストリップを対象として標定問題と考えることにし、各スキャンラインごとの外部標定要素の変動と時間の関数で表わし、この関数の係数を求めることにより各スキャンラインに対する外部標定要素を決定するという方法が通常とされる。各スキャンラインごとの外部標定要素の変動を表わす関数として既に種々のものが提案されているが、ランダム変動の理論を利用してこの関数形を決めるのが最も適当であろう。

いま、MSS 撮影でステレオ撮影を実施した場合を想定してみよう。このような場合は単撮影の場合の観測方程式の他に対応する2本の光線の交会条件を新たに付加条件として利用できる。そして、この交会条件は基準点以外の点に対しても使用できるので、基準点数の減少、および各スキャンラインごとの外部標定要素の変動量の最適決定等に効果が大きいであろう。

4. 考察

マルチスペクトルスキャナーを用いてとられたMSS映像について、その内部標定要素を定義してみよう。まず、カメラの画面距離にあたる要素 \$c\$ であるが、MSS 映像では \$y = -c \cdot \theta\$ としてとられているわけであるから、\$c\$ の値は各スキャナーについて原理的に既知とできるとは必ずしもである。ところが、通常はこの \$c\$ の値はMSS写真の縮尺と平均飛行高度から計算される場合が多く、このようにして求めた \$c\$ は測量用カメラの画面距離の決定精度に比べてかなり精度の悪い値となる。つぎに、空中写真の主点位置にあたる要素についてであるが、スキャン角が0のときの位置が既知であれば非常に好都合である。しかし通常スキャナーはこのようにキャリブレーションされていないのでMSS写真の写真縁(鮮明であると仮定)を基準にして決定しなければならずこの場合も位置決定精度がかなり劣悪となる。

MSS 写真の内部標定要素と以上のよう定義したが、MSS 写真の標定問題では、

- 1) 内部標定要素の決定精度が劣悪なこと、
- 2) 各スキャンラインごとの外部標定要素の変動量のモデル化が困難であること、
- 3) 1本のスキャンラインの映像がストリップ写真の1本のスリットの場合のように完全には中心投影像ではないこと、
- 4) スキャン角 \$\theta\$ の角速度の不均衡性がかなり考えられること、

等の理由で、種々の困難が予想される。しかし今後このような難点と克服してゆけば、MSS 映像のより有効な利用が期待できよう。