

## IV-115 衛星リモートセンシングデータの幾何学的歪補正処理の問題点と評価指標に関する考察

東京理科大学 正会員 大林 成行

東京理科大学 正会員 小島 尚人

○東京理科大学 学生員 中村 靖雄

本田技研研究所（株） 藁科 誠

1.はじめに 衛星リモートセンシングデータにはプラットフォームの姿勢やセンサの特性などに起因する幾何学的歪が内在しており、この幾何学的歪を補正することは衛星リモートセンシングデータの画像処理／解析上必要不可欠である。一般ユーザはシステム補正済みの画像データを購入して、それに非系統的補正（精密幾何補正）を施すことによって幾何学的歪の補正精度を高めるといった手順を実施する。最近では、地上分解能20mという高分解能のSPOT・HRVデータが入手できるようになり、より精度の高い幾何学的歪の補正処理が必要とされるようになってきた。本研究では、このような背景を踏まえて精密幾何補正段階における衛星リモートセンシングデータの幾何学的歪の補正精度を評価する際の問題点整理と評価指標について考察を行ったものである。

2.研究の目的 本研究の目的を列举すると次の2点となる。

①衛星リモートセンシングデータに内在する幾何学的歪の補正、特に精密幾何補正処理を行う際に問題となる事柄について列举整理する。

②①で整理した問題点を基に、幾何学的歪の補正精度の評価指標の適用方法や画像全体にわたって幾何学的歪の補正精度を向上させるような処理プロセスについて考察する。

3.幾何学的歪の補正処理の問題点について

(1)地上基準点と画像基準点の選定の問題 精密幾何補正処理では、基準となる地図座標系（本研究ではUTM座標系）の地上基準点（GCP：Ground Control Point）と補正対象となる画像上の基準点（ICP：Image Control Point）によって構成される複数の基準点セットから最小自乗法によって座標変換式の係数を決定する。この時、GCPに対応する画像上のICPとして一般には道路交差点や橋梁端部、比較的規模の大きい構造物の角等を選定するが、ICPが画像上で明瞭に識別できず、基準点セットが画像上のある箇所に偏ってしまうことがよく問題とされる。基準点セットを均一に設定でき、画像全体としての幾何学的歪の補正精度が保障できるような処理プロセスと評価方法が必要となる。

(2)幾何学的歪補正精度の評価指標の問題 幾何学的歪の補正精度の評価指標は、一般に基準点セットの座標変換式へのあてはまり精度として表-1の式(1)と式(2)で表されるカラム及びライン方向のRMS誤差と、さらにこの両方向を考慮した式(3)の閉合差が用いられている。「自由度を考慮する場合」とは基準点セットのみに着目するもので、いわゆる統計学というサンプル集合に対する精度指標である。「自由度を考慮しない場合」は、画像全体の画素の並びが基準となる地図座標系に対して、どの程度整合性をもって変換、再配列されているのかを評価するもので統計学という母集団推定値である。本検討では、図-1の横軸上に示すように8種類の座標変換式と代表的な3種類の衛星データ（HRV、TM、MESSR）につ

表-1 幾何学的歪補正精度の評価指標

$$\textcircled{1} \text{自由度を考慮するRMS誤差} : \text{RMS}_2(k) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (U_{ik} - u_{ik})^2}{(n-r)}} \quad \cdots (1)$$

$$\textcircled{2} \text{自由度を考慮しないRMS誤差} : \text{RMS}_1(k) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (U_{ik} - u_{ik})^2}{n}} \quad \cdots (2)$$

$k$  :  $k=1$ はカラム方向、 $k=2$ はライン方向

$U_{ik}$  : 座標変換式によって変換された画像基準点の座標値

$u_{ik}$  : GCPの座標値

$n$  : 基準点セットの数

$r$  : 設定する座標変換式の係数の数

$n-r$  : 自由度

$$\textcircled{3} \text{閉合差} \quad E_f = \sqrt{\text{RMS}_f(1)^2 + \text{RMS}_f(2)^2} \quad \cdots (3)$$

$f$  :  $f=1$ は自由度を考慮する場合

$f=2$ は自由度を考慮しない場合

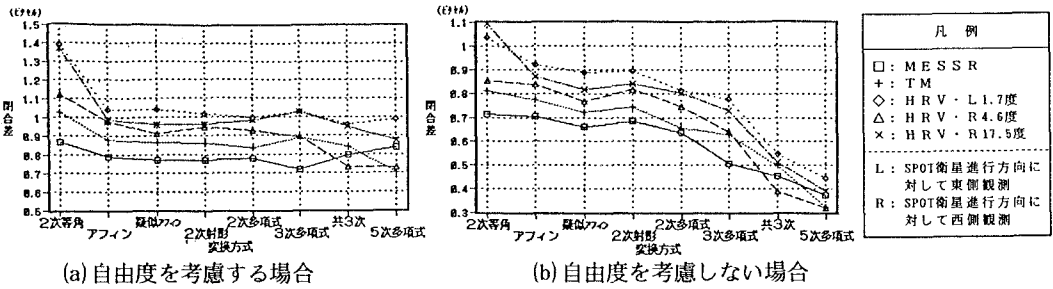


図-1 閉合差の算出結果

いて「自由度を考慮する場合」と「考慮しない場合」の閉合差を算出した。なお、HRVデータについては、比較のために標高補正の影響のない範囲内でオフナディア角1.7度、4.6度（これらは準直下観測と言われている）及び17.5度（斜め観測データ）の3種類のHRVデータを採用した。図-1から判るように自由度を考慮しない場合、高次多項式になるに従っていずれの衛星データ

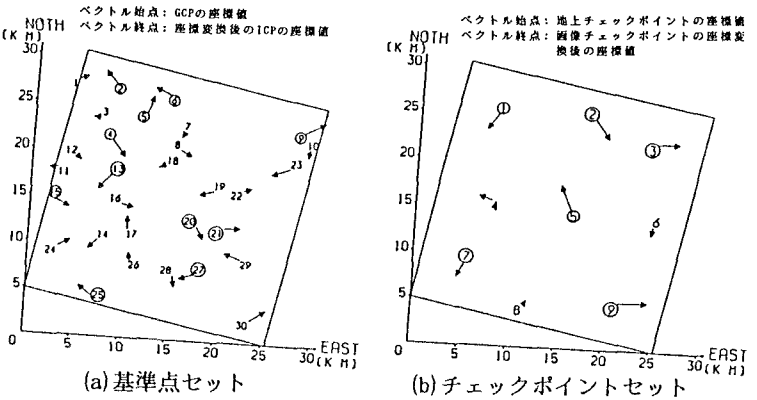


図-2 残差ベクトル（HRVデータ・1.1.7度、○: 残差ベクトルの単位長さ10m）

においても閉合差は小さくなる傾向を示す。特に共3次、5次多項式の閉合差は小さく、基準点セットの座標変換式への「あてはまり精度」はかなり高い。一方、自由度を考慮する場合には2次多項式を除いて閉合差は0.7～1.1ピクセルの範囲内に落ち着く傾向にあり、自由度を考慮しない場合に比べて安全側の値を示す。このことから画像全体にわたる幾何学的歪の補正精度を捉える上で、自由度を考慮するRMS誤差を用いる方が適切であることがわかる。

(3) 基準点セット周辺以外の画像領域の幾何学的歪補正精度の問題 幾何学的歪の補正精度を評価する場合には、一般に前述したRMS誤差や閉合差を適用する。しかし、図-2に示す基準点セットの残差ベクトルとそれ以外に設定したチェックポイントセット（9点）の残差ベクトルを見るとわかるように、たとえ閉合差が1ピクセル以内であったとしてもチェックポイントセットでは、1ピクセルを上回る点（図中○印）が現れることもある。対応策として1ピクセルを上回ったチェックポイントセットの周りにさらに基準点セットを設定することにより、画像全体として幾何学的歪の補正精度を向上させるような処理が必要となる。

4. まとめ 最近の衛星データの利用動向を見ると、利用目的によってはピクセル単位の「ずれ」が問題となる非常に精度の高い画像処理／解析結果を求められることもある。このような場合には、基準点セットの残差から算出される母集団推定値としての閉合差が許容範囲内に収まっていることのみから、幾何学的歪の補正精度が保障されると判断することは危険側の評価となる。基準点セットとチェックポイントセットの残差を相互に比較し、本研究で示したような残差ベクトルから「残差の量と方向性」を捉えつつ、より最適な基準点セットを取捨選択、追加するといった処理プロセスを設定することが望まれる。

【参考文献】 1) 大林成行、小島尚人：MESSR、TM、HRVデータの画像処理／解析手法別の比較評価（I）、宇宙開発事業団・東京理科大学共同研究報告書、A4版219頁、1990年3月