

IV-223 尾瀬湿原を対象とした航空機MSSデータの幾何補正に関する研究

東京理科大学 理工学部 正員 大林成行
 東京理科大学 理工学部 正員 高橋康夫
 東京理科大学 理工学部 O学生員 小沢 洋
 川鉄エンジニアリング（株） 中泉義正

1. はじめに

航空機MSSデータを用いて、湿原を対象とした植生分布等の抽出を行なおうとする場合、現地においても、MSS画像においても、植生等のパターンが極めて細かく、複雑に現われることが多い。そのため、現地調査と対応した植生分布等の抽出を航空機MSSデータから正確に行なうには、高い位置精度が保証される幾何補正が必要となってくる。一方、航空機MSSデータの幾何補正については、従来から数々の補正方法が提案されているが、実際に、位置精度そのものを比較検討した例は少ないといえる。そこで、本研究においては、従来の幾何補正手法を比較・検討することにより、湿原等を対象とした画像解析のように高い位置精度を要求される場合の幾何補正について検討を行なった。本研究で対象とした地域は、高層湿原として知られている尾瀬ヶ原である。

2. 研究の内容

航空機MSSデータに現われる幾何歪の原因の多くは、プラットフォームである航空機の姿勢およびスキャナー特性による歪と観測の対象となる地表面の起伏によって起きるが、本研究では、まず、航空機MSSデータからタンジェント歪およびオーバースキャン歪のシステムに起因する2つの幾何歪を取り除いた後、地上基準点を用いた精密幾何補正を行なった。また、プラットフォームの姿勢に関する歪については、地上基準点の対応から飛行姿勢を推定する解析的標定理論を適用してみた。本研究で比較・検討した幾何補正手法は、表1に示す9つの数学的座標変換式と解析的標定理論に基づく座標変換式の計10個である。

表1 各補正式とその次数と係数の数

補正方法	次数	係数	補正式
① 相似変換（ヘルムート変換）	1	4	$U=aX+bY+c, V=-bX+aY+d$
② アフィン変換	1	6	$U=aX+bY+c, V=dX+eY+f$
③ 疑似アフィン変換（共1次）	1	8	$U=aXY+bX+cY+d, V=eXY+fX+gY+h$
④ 2次多項式	2	12	$U=aX^2+bXY+cY^2+dX+eY+f, V=gX^2+hXY+iY^2+jX+kY+l$
⑤ 3次多項式	3	20	$U=\sum_{i,j=1}^3 a_{ij} X^{i-1} Y^{j-1}, V=\sum_{i,j=1}^3 b_{ij} X^{i-1} Y^{j-1}$
⑥ 5次多項式	5	42	$U=\sum_{i,j=1}^5 a_{ij} X^{i-1} Y^{j-1}, V=\sum_{i,j=1}^5 b_{ij} X^{i-1} Y^{j-1}$
⑦ 2次等角変換	2	6	$U=aX+bY+c(X^2-Y^2)+2dXY+e, V=-bX+aY+2cXY-d(X^2-Y^2)+f$
⑧ 2次射影変換	2	8	$U=(aX+bY+c)/(gX+hY+1), V=(dX+eY+f)/(gX+hY+1)$
⑨ 共3次変換	3	32	$U=a_1 X^3 Y^3 + a_2 X^3 Y^2 + a_3 X^3 Y + \dots + a_{14} Y^2 + a_{15} Y + a_{16}$ $V=b_1 X^3 Y^3 + b_2 X^3 Y^2 + b_3 X^3 Y + \dots + b_{14} Y^2 + b_{15} Y + b_{16}$
⑩ 解析的標定理論による補正式	3	20	$U=aX^2 Y^3 + bX^2 Y^2 + cX^2 Y + dX^2 + eXY^3 + fXY^2$ $+ gXY + hX + iY^3 + jY^2 + kY + l$ $V=mXY^3 + nXY^2 + oXY + pX + qY^3 + rY^2 + sY + t$

①から⑨の手法は、地形の状態を数学的な関数で表わした射影面を想定し、その射影面へ原画像を投影し、補正を行なうものである。地形の起伏によって、画像には幾何歪が生じるが、その画像を、想定した地表面に投影すれば、地形の起伏によって生じた歪と相反する歪が生じ、両方が相殺し合うことで歪が消滅する。これを利用することによって、数学的な関数による地形状態の近似が精度良く行なわれ、歪の補正を行なうことができる。

⑩の解析的標定理論による補正とは、プラットホームの姿勢に起因する歪の補正を行なっており、プラットホームの姿勢を移動要素(X, Y, Z)と回転要素(α, ω, ϕ)に分け、それぞれが及ぼす影響を考え、観測時に生じた歪をある関数で表わすことによって、補正を行なうものである。

3. 各補正式の精度の検討

表2は1982年10月13日から1984年10月24日までの、計4回に渡って、尾瀬湿原を対象に収集した航空機MSSデータの補正精度を示したものである。表中の数値は、地上基準点を利用して各補正式の係数を最小二乗法で求めて解析を行なった後、その補正式の精度をもとめる為、地上基準点周りの残差の標準偏差を画素単位で現わしたものである。

表2の結果をもとに、航空機MSSデータの補正精度について示すとつぎのとおりである。

- 相似変換および2次頭角変換はその性質上、補正精度が低いことがわかる。
- アフィン変換、疑似アフィン変換、2次多項式、2次射影変換の補正精度は地上基準点の周りで2から3ピクセルの範囲に入っている。またこれらの補正式は、地形状態が一様で平面に近い場合には精度の向上が望めるが、起伏の多い地形では精度の向上が期待できず、実用的な補正ができないことが確認できた。
- 3次および5次といった高次多項式および解析的標定理論による補正では、比較的位置精度が良いことがわかる。しかし、5次や共3次のようにあまり次数を高くしたり、係数の項を増やしてもデータの性質上、補正精度にほとんど差がなく、有効な位置精度の向上が望めない事が判明した。
- 10個の補正式の内、①から⑨の補正式のうちの1つと⑩の補正式を組み合わせることで位置精度の向上が期待出来ると考えたが、実際にはそれ程の向上は確認できなかった。

以上のことから、地形の起伏が多い地表面を対象に観測された航空機MSSデータについて、精密幾何補正を行なう場合、解析的標定理論あるいは、3次多項式、共3次変換式といった補正式を使用することが位置精度の向上につながる事が判明した。

表2 各補正式の精度

補正方法	偏 差		補正方法	偏 差	
	X成分	Y成分		X成分	Y成分
相似変換	10.47	5.64	5次多項式	1.23	2.41
アフィン変換	2.80	2.64	2次等角変換	9.66	6.20
疑似アフィン変換	2.78	2.61	2次射影変換	2.84	2.68
2次多項式	2.07	2.62	共3次変換	1.23	1.69
3次多項式	1.38	1.70	解析的標定理論	1.21	1.66

4. おわりに

最後に、本研究は航空機MSSデータの幾何歪の補正精度について検討を進めてきたが、特に精密な位置補正を対象とした補正アルゴリズムについて有益な指標を得ることができた。これにより、今後、航空機MSSデータを利用した画像解析における信頼性の向上に寄与できると考えている。

参考文献 森、岡本、服部；解析的標定理論を利用した航空機MSSデータの幾何学的歪補正およびその実験的検討、写真測量とリモートセンシング, Vol.18 No.2、1979