

だいち衛星画像の精密幾何補正の自動化と精度の評価

Full automation of precise geometric correction of ALOS Satellite Images and their accuracy assessment

○佐々木純¹・丹波澄雄²・飯倉善和²

Jun Sasaki, Sumio Tanba, Yoshikazu Iikura

Abstract : Precise geometric correction with ortho-rectification is the most basic step of satellite image processing. As the correction needs strict formulation of satellite target geometry as well as identification of ground control points on the map and the image, the automation has been regarded as difficult to perform. This paper shows not only the methodology (the optimization method) but also actual implementation of automated procedures of geometric correction. We are applying the developed software to the ALOS satellite images provided by RESTEC to analyze the East Japan Great Earthquake Disaster. The estimated dislocations at grid area are statistically analyzed to show their bias and dispersion which are useful to evaluate the product.

Keywords : ortho-rectification, optimization method, full scene.

1.はじめに

衛星画像を地図と重ね合わせて付加価値を高めるためには、精密な幾何補正が不可欠である。これには、衛星の取得方法に起因する位置ズレの補正を、地図上の基準点 (DEM) とあわせこむ精密補正と同時に行なう必要がある。光学センサの場合にはオルソ補正、合成開口レーダの場合には倒れ込み補正がこれにあたる。

著者らは、システム補正後の衛星画像に対するオルソ補正¹⁾や倒れ込み補正²⁾の簡便な方式を提案するとともに、数値標高モデルを利用したシミュレーション画像を参照画像として面相関法により精密補正を行う方法 (最適化法)³⁾を提案してきた。

この度の東日本大震災にあたり、RESTEC よりシステム補正後 (レベル 1B2G&レベル 1.5) の ALOS 災害観測データ (CEOS フォーマット) がインターネットを通して無償で配布された。著者らは、これら (世界測地系に地図投影 geocoded された衛星画像)⁴⁾ をより付加価値の高いデータとするために、最適化法を適用して精密な幾何補正を行なっている。この補正では、同時に複数の地点において推定した位置ズレから、幾何補正の精度を評価できる。

本論文では、これらの処理の自動化について検討するとともに、これまでに処理したデータの精度と改善すべき課題について報告する。

2. DEMデータベースの作成

提供された衛星画像 (1シーン) は AVNIR2 で約 80MB/BAND、PRISM で 700MB、PALSAR で 300MB である。これらをオルソ処理するには、数

値標高モデルが必要となる。処理の精度を上げるためには、実数単精度で処理しようとする必要があり、フルシーンでは 10GB に近いのメモリーが必要となる。そこで、10kmx10km の単位で処理を行なうことにより、メモリーの使用を押さえることにした。国土地理院より提供されている基盤地図 10m メッシュ (標高) から、UTM 座標系上で 10kmx10km を単位とした単精度実数値の GEOTIFF ファイルを作成した⁵⁾。その範囲を Fig.1 に示す。ファイルの名称は kiban??-??F.tif とした。最初の?? は DEM の左下の 10kmr 単位とした x 座標と y 座標である。データベースとしては環境省から提供されている現存植生図も同じラスタ形式で保存している。

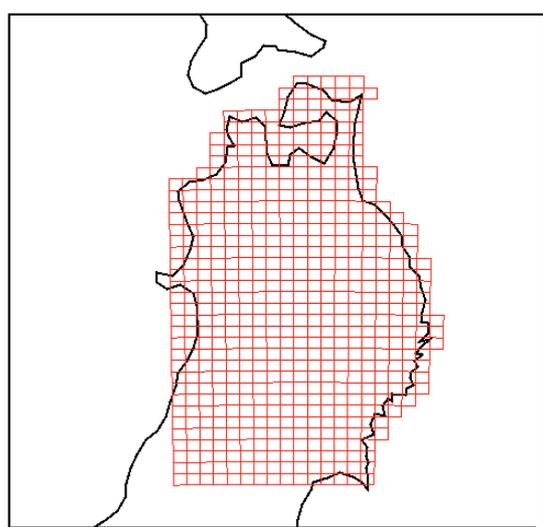


Fig. 1 Area coverage of DEM

3. シーン毎の位置ズレの推定

衛星画像の一つののシーンは、複数の 10km の格子面で覆われる。これら一つ一つの格子面にたいして、DEM を入力し、最適化法を用いて位置ズレ

¹学生会員 弘前大学大学院理工学研究科

²正会員 弘前大学大学院理工学研究科

(所在地 〒036-8561 青森県弘前市文京町3)

(連絡先 Tel; 0172-39-3682、E-mail; iikura@cc.hirosaki-u.ac.jp)

を推定することができる。

ただし、レベル 1B2G の画像の周辺には、衛星データは記録されずに 0 が入っている。また、水域や市街地あるいは雲の領域は陰影のシミュレーション画像には反映されないため、最適化法に悪い影響を与える。これを避けるため、AVNIR2 では植生指標を用いてマスク画像を作成した。PRISM や PALSAR では、ジオイド高が海面より 10 m 以下で輝度値が極端に高い場所や低い画素を面相関の計算から除外した。

幾何補正画像は全体の整合性を保つために、一組の位置ズレのパラメータ (x と y) を利用した。各格子面で得られた複数の推定値を一組の値に決定するため、平均値を用いたが、その際、以下の基準に適合するデータを除外した。

- (1) 相関係数(0.15)の低い値をもつ格子面
- (2) 利用した画素数が少ない格子面
- (3) 最急降下法で収束しなかった格子面
- (4) 最急降下法で 3 回で収束した格子面
(相関係数に変化が見られない)

Fig.2 に幾何補正後の衛星画像(PALSAR)に格子面および位置ズレの平均からのズレを矢印で表した。図中の円は、ズレが 10 m を示している。この図の場合、利用した格子面は 19 であり、矢印のない海域などは評価から除外している。ほとんどの格子面で誤差が 10 m 以内に収まっている。また、空間的な偏りも少ない。ちなみに位置ズレの平均値は x 方向に 18.7m、y 方向に-9.6m、標準偏差はそれぞれ、7.5m と 3.6m であった。これらの値が変換後の画像に添付することは、利用する側への重要な情報となると考えられる。

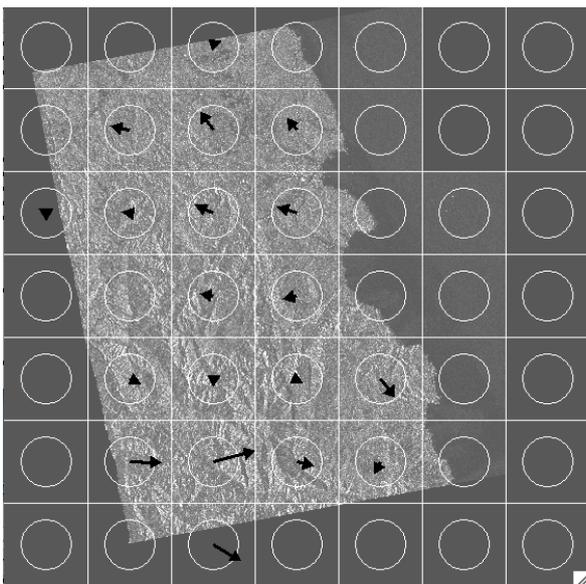


Fig. 2 Corrected Palsar Image and deviation of estimated dislocation from mean values

4. 自動化のための手順と構造

処理は各センサー毎に行なっているが、自動化のための手順と構造はほぼ同じである

一つののシーン毎に一つのフォルダーを作成した。フォルダーの名前は以下のように設定した。

AVNYYYYMMDD???? : AVNIR_2 の場合

PRMYYYYYMMDD???? : PRISM の場合

PALYYYYMMDD???? : PALSAR の場合

????はフレーム番号で、ファイル名が IMG-01-ALAV2A232952810-O1B2G_U の場合に 2810 となる。YYYYMMDD は撮影日である。このフォルダの下に DATA というフォルダを作成し、解凍したデータを納めた。AVNIR の場合には以下のような構造になる。

AVN201092810

DATA

summary.txt

VOL-ALAV2A232952810-O1B2G_U

TRL-ALAV2A232952810-O1B2G_U

LED-ALAV2A232952810-O1B2G_U

IMG-04-ALAV2A232952810-O1B2G_U

IMG-03-ALAV2A232952810-O1B2G_U

IMG-02-ALAV2A232952810-O1B2G_U

IMG-01-ALAV2A232952810-O1B2G_U

これにたいして、以下のようなスクリプトを UNIX 環境で実行した。

```
set fname=`ls | grep AVN`
foreach fdir ($fname)
  echo $fdir > name.txt
  pushd $fdir
  ls DATA | grep LED lawk -F- '{print $2}' >> name.txt
  idl ./convertG_auto.txt > record.txt < name.txt
  idl ./compositeG.txt < name.txt
  rm BAND1 Band2 BAND3 BAND4
  popd
end
```

このスクリプトにより、AVN がつくフォルダーについて、DATA フォルダのリーダファイルからファイル名の共通部分 (例では ALAV2A232952810) を抜き出し、プログラム (convertGauto.txt) で利用する。プログラムには IDL 言語⁹⁾を用い、スクリプトに記載するようなバッチ処理を行なった。必要な結果、利用したパラメータや位置ズレの推定値などは標準出力し、それを

record.txt に記録している。また、各格子面毎に幾何補正した結果を BAND1~BAND4 のフォルダーに geotif 形式で保存する。以下に出力の例を示す。

*** START ***

DATE: 2011-04-12

TIME: 21:44:45

シーンセンタ情報

	572705.48	4439849.9	6400.00
	5600.00	0.0000000	
ファイルサイズ	12800	11200	
空間分解能	6.25000	6.25000	
ポインティング角	34.3000		
直下点の位置	490535.82	91573.493	
カバーする領域	53	61	
	440	447	

*** Main Processing ***

DATE: 2011-04-12

TIME: 21:44:55

../TIFF2/kiban53_442F.tif

104 -NaN -1.00 -1.00 997044

../TIFF2/kiban53_443F.tif

55 -0.04648 20.85 -14.12 999481

../TIFF2/kiban53_444F.tif

47 -0.20587 16.00 -8.05 999835

../TIFF2/kiban53_445F.tif

58 -0.12611 16.85 -9.81 995489

../TIFF2/kiban53_446F.tif

54 -0.08793 19.81 -10.56 998919

次の compositeG.txt は、各バンド毎に格子面のファイルを合成してフルシーンの画像にするプログラムである。このスクリプトを実行すると以下のようにフォルダの中味が変化する。

AVN201092810

DATA

AVN201092810_B1.tif

AVN201092810_B1.tif

AVN201092810_B1.tif

AVN201092810_B1.tif

record.txt

name.txt

5. 評価結果

これまで処理した画像とその位置ズレを Table 1 から Table 3 に示す。AVNIR-2 の場合、約半分のシーンにまだ良い結果が得られていない。ただし、ポインティングを行なった場合でも比較的妥当な結果が得られているシーンがあるため、基本的なアルゴリズムに問題があるとは思われない。異常値に白湯される傾向が大きいため、頑健な推定法

を用いることにより解決が可能と考えられる。

PALSAR については 20110321 のデータに対して推定値が全く得られていない。この原因は、位置ズレの大きさが 1000m を越えてしまい、最適化の探索領域から外れてしまったことが原因であることを突き止めた。

PRISM については、2010 年 6 月 9 日のみしか処理していないが、かなり良い結果が得られている。

処理は MacPro (2.8GHz Quad-Core Intel Xeon) で行なった。メモリは 10GB を搭載している。処理に要した時間 (1 シーン) は、AVNIR2 で約 40 分で、PALSAR で約 20 分、PRISM で約 1 時間である。

6. 今後の課題

処理が正常に行なわれない理由には、(1) 雲が多すぎて最適化法によるマッチングがうまくいかない場合、(2) 元の画像自体の画像の歪みが大きい場合、(3) 異常値に平均値が大きく影響される場合等が考えられる、これらについて順次解析をすすめ、より安定した動作が可能になるように改善する予定である。

高速で全自動で衛星画像の処理ができることはこのシステムの大きなメリットであると考えられる。できれば提供されている総てのデータを幾何補正して公開したいと考えている。

【参考文献】

- 1) 飯倉善和：「だいち」の光学センサーの幾何的な精度の評価、日本写真測量学会秋季学術講演会予稿集、pp.88-86、2008
- 2) 飯倉善和：PALSAR レベル 1.5 データの倒れ込み補正と幾何的な精度の評価、日本リモートセンシング学会 評価・標準化研究会 資料、2010 (<http://gosei.mech.hirosaki-u.ac.jp/~rssj/>)
- 3) 飯倉善和：数値標高モデルを用いたランドサット TM 画像の幾何補正の最適化、日本リモートセンシング学会誌、Vol.22. No.2 ,pp.189-195, 2002
- 4) 飯倉善和：世界測地系に地図投影されたランドサット ETM+画像のオルソ補正、日本リモートセンシング学会誌、Vol.26. No.4 ,pp.304-308, 2006
- 5) 飯倉善和：数値標高モデルの投影変換に用いる内挿法の評価、日本リモートセンシング学会誌、Vol.21. No.2 ,pp.150-157, 2001
- 6) 飯倉善和：IDL と 3 次元画像処理入門-パソコンで作れる鳥瞰図-、共立出版、2007

謝辞：本研究で利用した ALOS データを無償提供して頂いた(独)宇宙航空研究開発機構及び(財)リモート・センシング技術センターに感謝致します。

Table 1 Accuracy assessment of AVNIR-2

date	frame	effective zone	Xmean (m)	X-stdev (m)	Ymean (m)	Y-stdev (m)	Pointing Angle
20100609	2800	12	6.9	27.5	-27.5	41.8	0°
	2810	11	6.0	16.0	-15.2	5.3	0°
	2820	9	15.8	6.8	-16.0	5.5	0°
20101106	2800	28	12.3	3.5	-23.1	3.8	0°
	2810	33	8.9	4.2	-21.8	3.8	0°
20110310	2770	15	62.0	7.5	99.0	11.7	30°
	2780	27	-66.3	67.3	71.0	115.6	30°
	2790	10	-76.3	111.8	-0.1	180.6	30°
	2800	30	-42.2	280.7	92.4	284.0	30°
20110314	2800	18	26.7	6.3	7.3	4.1	-23°
	2810	29	21.4	41.8	16.4	25.0	-23°
	2820	36	373.3	196.7	-69.5	88.3	-23°
	2830	47	17.4	3.8	8.6	3.8	-23°

Table 2 Accuracy assessment of PALSAR

date	frame	effective zone	Xmean (m)	X-stdev (m)	Ymean (m)	Y-stdev (m)	Off Nadir Angle
20100826	770	11	16.0	4.8	-10.3	4.6	34.3°
	780	25	17.1	5.1	-9.5	3.9	34.3°
	790	19	18.7	7.5	-9.6	3.6	34.3°
	800	7	14.4	2.1	-8.6	2.2	34.3°
	810	6	10.2	4.9	-4.3	4.4	34.3°
	820	3	13.8	0.7	-1.1	4.3	34.3°
20110319	2790	6	-1.4	7.6	70.7	5.3	14.0°
	2800	28	-30.8	20.4	71.1	14.5	14.0°
	2810	39	-44.9	37.5	70.2	15.1	14.0°
	2820	36	-17.2	20.8	71.6	17.2	14.0°
20110321	2810	0	NaN	NaN	NaN	NaN	34.3°
	2820	0	NaN	NaN	NaN	NaN	34.3°
	2830	0	NaN	NaN	NaN	NaN	34.3°
	2840	0	NaN	NaN	NaN	NaN	34.3°
	2850	0	NaN	NaN	NaN	NaN	34.3°

Table 3 Accuracy assessment of PRISM

date	frame	effective zone	Xmean (m)	X-stdev (m)	Ymean (m)	Y-stdev (m)
20100609	2780	13	15.9	29.2	-16.0	13.2
	2785	22	8.9	4.2	-9.4	4.6
	2790	28	6.8	3.9	-10.4	3.7
	2795	21	3.2	5.6	-12.5	6.0
	2800	25	8.4	5.8	-11.7	5.4
	2805	22	7.1	5.1	-9.0	6.6
	2810	23	3.5	14.0	-6.7	4.4
	2815	19	7.4	3.8	-9.2	3.8
	2820	9	6.8	3.1	-6.9	3.2