

陸域観測衛星ALOS光学センサの バンド間ミスレジストレーション

佐治 裕^{*} , 大前 洸人^{**}

Band-to-band Misregistration for Optical Sensor Data of Japanese Land Observing Satellite ALOS

Hiroshi Saji, Hiroto Omae

Abstract - A single scene acquired by optical sensor on Japanese land observing satellite ALOS was utilized for assessing band-to-band misregistration. The AVNIR-2 sensor has 4 spectral bands in the range of visible and near infrared band. The data utilized is raw optical data at level 1A correction which means no geometrical and optical correction had been done. The scene for evaluation covers Tokyo and its vicinity area. At first, visual examination for each band data as a monochrome image on a digital display was performed. No significant geometric imperfections were observed. Pseudocolor display using three band data shows no significant misregistration neither line and column direction. Three narrow strips of data near the west, middle and east of the scene were selected for one dimensional correlation tests to determine registration errors. Subpixel accuracy in locating the correlation peak was achieved by curve fitting and utilizing the peak of the fitted curve. Band4 data was not employed for the test because it shows poor correlation to other band data. Estimated mean absolute value of registration errors was less than 0.25 pixel.

Key words:satellite imagery, optical sensor, curve fitting, ALOS, AVNIR-2

1. はじめに

2006年1月24日に我国の陸域観測衛星ALOS(だいち)が打ち上げられ、地表の観測データを送信している。この衛星に搭載されている各種のセンサのうち、可視近赤外放射計(AVNIR-2)は同一の地点について4つのバンドの可視光から近赤外領域の分光データを取得している。このとき、センサの配列や人工衛星の動き、地球の自転などによって異なった波長のバンド間のデータについて位置ずれを生ずる。このような位置ずれをトラック方向について1画素未満のレベルでの推定を最小二乗法を用いておこなった。使用したデータは処理レベル1Aの2006年5月21日に東京周辺で

観測されたデータである。目視による検査では各バンドのデータに目立った幾何学的な欠陥は見られなかった。また、数画素にわたる大きな位置ずれも見受けられなかった。センサの配置により、隣り合ったセンサが約6ライン異なった位置のデータを与えるので、画素1つおきにデータを取り出し、検出を行った。ただし、バンド4については二次元の小領域について対応する位置での他のバンドとのデータ間で相関係数が低かった。このためバンド4については位置ずれの検出を行わなかった。他の3つのバンドのデータを用いて相互にトラック方向についての1画素未満の位置ずれの推定を各ラインについて行ったところ、絶対値の平均で0.25画素未満の位置ずれが見られた。位置ずれのライン方向での変化の傾向は見られず、1シーン中の西部、中央部、東部においても目立った傾向の違いはなかった。

*釧路高専電子工学科

**長岡科学技術大学電気電子情報工学課程

2. 可視近赤外放射計 AVNIR - の概要

ALOS には PRISM (立体視センサ), AVNIR-2 (可視近赤外放射計), PALSAR (合成開口レーダ) の 3 つのセンサが搭載されている。AVNIR-2 は直下視で 10m の精度で幅 10km の直下観測域, 8 ビットの量子化データを与える。観測波長帯は表 1 の様になっており, ほぼ赤青緑の帯域と近赤外領域となっている。ディテクタ数は 1 バンドあたり 7000 である。表 1 に AVNIR-2 の観測波長帯を示す¹⁾。

表 1 AVNIR-2 の観測波長帯

バンド	観測波長帯
1	0.42 ~ 0.50 μ m
2	0.52 ~ 0.60 μ m
3	0.61 ~ 0.69 μ m
4	0.76 ~ 0.89 μ m

3. 使用データ

位置合わせ誤差の検出に使用したデータは 2006 年 5 月 21 日に取得した東京都およびその周辺を観測域とした 1 シーンである。雲量は 0 である。観測中心は北緯 35.892°, 東経 140.033°, 画像の北西端は北緯 36.356°, 東経 139.236, 南東端は北緯 35.435°, 東経 140.719° である。

データは CD で供給され, 4 つのバンドに対して個別のファイルとなっている。1 バンドあたりのデータは 7200 ピクセル \times 8001 ラインである。ただし, 1 ラインはヘッダとなっており, 1 ライン 7100 ピクセル中両側各 100 ピクセルは空白となっている。したがって, データとしては 7000 ピクセル \times 8000 ラインとなる。データの補正レベルは A1 である。つまり, ラジオメトリックおよび幾何学的な補正を受けていない。観測データのうち, 可視光の 3 つのバンドを使用して疑似カラー表示を行った。ここで, バンド 4 を赤, バンド 3 を緑, バンド 2 を青で表示した。これを図 1 に示す。図 1 の水平方向がライン方向, 垂直方向がトラック方向である。図 1 にはトラック方向の位置ずれを調べるのに使用した領域の両側を白線で示している。幾何学的な補正をおこなっていないため, 衛星の移動中の地球の自転によって下に行くにしたがって実際には 1 ライン中のピクセルは右に移動して表示する必要がある。ここではその様な補正はおこなわずに表示している。次に 4 つのバンドをそれぞれ白黒画像として

表示をおこなった。その結果, 4 つのバンドの画像にはいずれも目立った幾何学的な欠陥は見られなかった。4 バンド中の 3 つのバンドを使用して疑似カラー表示を行い, 画面を拡大して目視によって位置ずれの確認を行ったが, いずれの組み合わせについても目立った位置ずれは検知されなかった。

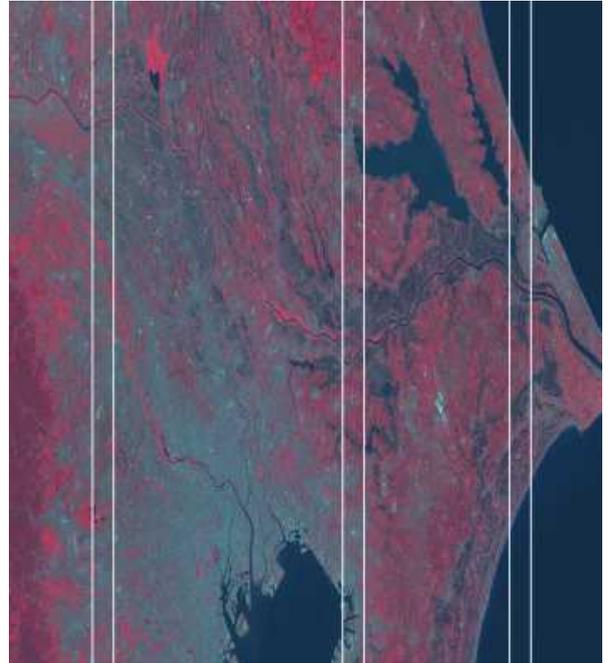


図 1 フルシーン画像

3. 位置ずれの推定

2 つのバンドの内, 一方を参照用のバンド (reference), もう一方を検査用のバンド (registrant) とする。図 1 の様に 2 つのバンドの対応する領域を取り出し, 参照用のバンドのデータを相関係数を計算しながら移動させる。相関係数が最大となる時, 2 つのバンドの間で位置合わせが行われた事になる。

中央部から左に cs , 下に ls 画素参照用のバンドのデータを移動させた時に相関係数が最大となるならば, 検査用のバンドのデータは右に cs , 上に ls 画素ずれている事になる。

本研究では図 1 に示した部分の中で画面の上部, 中部, 下部において画素単位の位置ずれがあるかどうか調べた。また, 水平方向の 1 画素未満の位置ずれの推定を行い, 位置ずれの垂直方向への変化を調べた。

画素単位での位置ずれを調べるために図 1 に示す領域中で 128×128 の参照用の領域を取り出し, 上下, 左右にそれぞれ 8 画素付加した 144×144 の検査用バ

ンドの窓の中で相関係数を計算しながら移動し、最大値を与える位置を求めて画素単位の位置ずれを求めた。

西部と中央部では上部（1000 ラインから）、中央部（4000 ラインから）と下部（6000 ラインから）で行い、東部では中央部でチェックをおこなった。バンド4を除いて、いずれの部分においても画素単位での位置ずれは確認されなかった。バンド4では他の3バンドについて相関係数の値が小さく、計算上は大きな位置ずれがあることになった。このため、バンド4については位置ずれの推定を行わない事とした。

ライン方向の1画素未満の位置ずれの推定は以下の様にして行う²⁾。まず、検査用バンドからライン方向に128画素のデータを取り出す。次に対応する位置の参照用のバンドから左右にそれぞれ8画素加えた144点のデータを取り出す。参照用バンドのデータを相関係数を計算しながら左右に移動する。

この相関係数列に最小二乗法による曲線のあてはめを行い、1画素未満の位置ずれを推定する。参照用のデータを1画素ずつシフトして計算した相関係数を y_i とし、 x_i は-8から8までとする。この1組のデータに対して n 次の多項式近似を行う。

$$y = \sum_{k=0}^n a_k x^k \quad (1)$$

係数 a_k は最小二乗法によって決定する。

4次式の場合、ピーク位置は

$$s = -\frac{a_4}{4a_3} \quad (2)$$

となる。

ただし、相関係数の最大値が0.6未満の場合は計算を行わない。また、位置ずれが4画素以上の場合にはデータとして採用しない。

バンド1～バンド3のデータの奇数画素と偶数画素について相互に各ラインについてトラック方向の1画素未満の位置ずれを4次曲線を用いて推定した。推定は1シーン中の西部（500画素目から）、中部（2000画素目から）、東部（3000画素目から）で幅128画素の細い帯状の部分で行い、トラック方向の位置ずれを各ライン毎に求めた。これらの領域は図1に白線で挟まれた縦長の細い帯状の部分として表示している。

ただし、東部では上部と下部が海域となっている。このため、データの変動が少なく、相関係数の計算に

適さない。そこで、東部では海域を避けて1400ラインから6000ラインの間で計算を行う事とした。

4. 結果

バンド2を基準としてバンド1のデータとの位置ずれを奇数画素中央部の領域で求め、ラインに対してプロットしたものを図2に示す。+の符号はバンド1のデータが右（東）にずれていることに対応する。1画素以上の位置ずれが数カ所で見られるが、ほとんどが1画素未満となっている。また、0画素を中心としてほぼ対称となっており、ラインによる変動に特定の傾向は見られない。計算は8000ライン中7996ラインでおこなわれているので、相関係数が0.6以下または位置ずれが4以上の部分は4ラインと少ない。偶数画素についても同様の結果を示した。

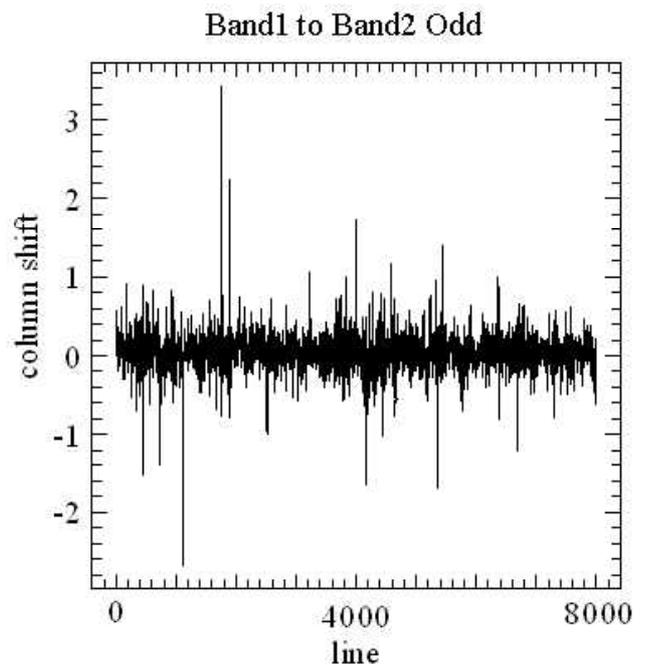


図2 トラック方向の位置ずれのラインによる変化

1シーン中の西部と中央部では7700ライン以上で位置ずれの計算が行われた。また、ライン位置による位置ずれの変動に特定の傾向は見られなかった。東部では計算の対象とした4600ライン中で計算を行えなかったのは10ライン未満である。ただし、陸上部でも霞ヶ浦などの水域が存在するため、データの変動に乏しく、相関係数が小さくなるので位置ずれの計算値が大きくなる部分も存在する。

表2にバンド2に対するバンド1とバンド3の位置ずれ

の平均値を，表3に絶対値の平均を示す．また表4にはバンド1とバンド3の間の位置ずれを示す．

表2 バンド2に対する位置ずれ(平均値)

		西部		中央部		東部	
		奇数	偶数	奇数	偶数	奇数	偶数
バンド1	平均	0.050	0.043	0.046	0.042	0.075	0.076
	標準偏差	0.188	0.186	0.193	0.192	0.653	0.661
バンド3	平均	0.117	0.110	0.119	0.107	0.063	0.059
	標準偏差	0.322	0.313	0.303	0.308	0.674	0.691

表3 バンド2に対する位置ずれ(絶対値平均)

		西部		中央部		東部	
		奇数	偶数	奇数	偶数	奇数	偶数
バンド1		0.137	0.135	0.143	0.143	0.175	0.179
バンド3		0.249	0.241	0.241	0.243	0.216	0.216

表4 バンド3のバンド1に対する位置ずれ

		西部		中央部		東部	
		奇数	偶数	奇数	偶数	奇数	偶数
バンド3-1	平均	0.062	0.056	0.058	0.049	-0.081	-0.016
	標準偏差	0.266	0.263	0.246	0.247	0.691	0.679
	絶対値平均	0.197	0.195	0.187	0.184	0.186	0.185

奇数画素のバンド1に対しては絶対値の平均が0.24未満である．奇数画素平均は0に近く，ほとんど0を中心として対称となっていることを意味している．偶数画素についても同様である．バンド3についてはバンド1の場合よりも位置ずれがやや大きくなっている．バンド3については偶数画素，奇数画素いずれについても絶対値の平均が0.24から0.26の範囲にあり，位置ずれはやや大きい．バンド1と3については絶対値平均が0.18から0.24の範囲であった．

バンド1からバンド3について，いずれの組み合わせについても奇数画素と偶数画素の間で位置ずれの傾向にほとんど変化は見られなかった．

5.まとめ

陸域観測衛星 ALOS の光学センサ AVNIR のバンド間のライン方向への1画素未満の位置ずれを相関係数列を最小二乗法によって4次多項式で近似し，そのピーク位置によって求めた．隣り合ったセンサが6ライン程度異なった位置のデータを与えるため，1つ

おきに画素を取り出し奇数画素，偶数画素としてバンド間のトラック方向への1画素未満の位置ずれの検出を行った．位置ずれは奇数画素，偶数画素ともに同様の傾向を示した．バンド4のデータは他のバンドのデータとの相関係数が小さいため，テストから除外した．

1シーン中の東部では海水面が多いために陸域に相当する部分に限って計算を試みた．その結果，西部と中央部の位置ずれとほぼ同様の傾向を示した．西部と中央部では位置ずれはバンド2とバンド3の間でやや大きい，バンド1に対してバンド2とバンド3の位置ずれの絶対値平均は西部と中央部で0.2画素未満と小さかった．

資源観測衛星 JERS-1 の光学センサ OPS-1 のバンド1についての位置ずれの平均はいずれも0.2以上となっており³⁾，これに比べると AVNIR は位置ずれが小さい．また，OPS-1 ではトラック方向で位置ずれがシフトする傾向が見られたが，AVNIR ではそのような傾向は見られなかった．

陸域においては各バンド間での位置ずれは小さかったが，1画素以上の位置ずれを示す部分が数箇所見られた．河川や湖沼などの反射特性の変化に乏しい部分であると推定される．今後，そのような個所の性質について検討を加えるとともに，2次元で1画素未満の位置ずれを評価する所存である．

文献

- 1)ALOS 処理プロダクトフォーマット説明書 AVNIR-2 編,宇宙開発機構地球観測研究センター(2006.10)
- 2)Anuta, P. F. : Digital registration of multispectral video imagery., Soc. Photo-Optical Instrum. Eng. J., vol. 7, pp. 168-175(1969)
- 3)佐治:多重分光画像のバンド間の位置ずれについて, 釧路工業高等専門学校紀要,pp.37-40(1998.12)