

Ku バンド SAR 画像の幾何学的歪補正精度について

東京理科大学理工学部 正会員 小島尚人
 空間情報応用研究所 正会員 大林成行
 東京理科大学理工学部 非会員 中井祐輔

(現:株式会社 NTT データ中国)

○東京理科大学理工学部 学生員 館 智士

1. はじめに

火山の噴火、地震や豪雨に伴なう災害時の広域調査では、昼夜全天候観測が可能な合成開口レーダ (SAR : Synthetic Aperture Radar) が利用されている。観測波長帯域として、通常、L、C、Xバンドが用いられるが、高分解能観測を目的として、ここ最近では、航空機搭載 Ku バンド SAR から観測されるデータの利用に期待が寄せられている¹⁾。しかし、マイクロ波の斜め照射観測に伴って、レイオーバーやフォアショートニングといった画像幾何学的歪が内在し、数値地形モデル等を用いてこれらの歪を補正する必要がある。レイオーバーやフォアショートニングが発生しない条件下で観測された SAR 画像でも伸縮歪を避けることができない。

SAR 画像利用者にとって、レイオーバーやフォアショートニングの補正を要する場合と、そうでない場合に分けて補正方法を提示する必要があると言える。後者の場合についても、地上基準点 (GCP : Ground Control Point) を用いた精密幾何補正を通して、どの程度の補正精度を得られるのかについて検証することが求められる。

そこで、本研究では、Ku バンド単周波単偏波 SAR データの利用普及支援を目的として、まず第1にレイオーバーとフォアショートニングが発生しない条件下で観測された Ku バンド SAR 画像の幾何学的歪の補正精度について検討するとともに、「オーバースキャン補正」と「遺伝的アルゴリズムを導入した幾何学的歪補正方法」²⁾とを併用する補正方法を提示し、その実用性を示す。

2. 研究の目的

本研究の目的は以下の3点である。

- ① SAR データに関する幾何学的歪補正精度に関わる既往の研究の現状を整理し、本研究で対象とする幾何学的歪補正アルゴリズムを構築する。
- ② Ku バンド SAR データに対して、オーバースキャン補正を適用し、その効果と有用性を示す。
- ③ 4通りの幾何学的歪補正手法を取り上げ、手法毎に補正精度を検討し、最も有効な手法を示す。

3. 本研究の前提条件

(1) 評価対象領域

評価対象領域の条件は土地被覆の種類が豊富であり、幾何学的歪補正精度を検証する上で必要不可欠な条件を

キーワード：合成開口レーダ、Ku バンド、画像幾何学的歪補正、遺伝的アルゴリズム

持つ領域とした。画質が良好であり、ノイズが少ないため基準点の選定が容易である、埼玉県さいたま市荒川周辺の矩形領域を対象領域として選定した。また、この領域は標高差が少なく、SAR データの問題点であるレイオーバー、フォアショートニングが発生しておらず、精密幾何補正の精度を評価することに適している。

(2) 幾何学的歪補正手法

座標変換式、内挿法としてそれぞれ衛星データの幾何学的歪補正に一般的に用いられるアフィン変換、最近隣内挿法を採用した。対象領域全体を評価するため、基準点セットの他に補正精度を評価するためのチェックポイントセットを設定した。

(3) 検討ケースの設定

本研究では、Ku バンド SAR データの幾何学的歪補正に対して、以下の4ケースの検討ケースを設定し、幾何学的歪補正精度を評価した。

Case-1 : アフィン変換 (対元データ)

Case-2 : GAC アルゴリズム (対元データ)

Case-3 : アフィン変換 (対オーバースキャン補正データ)

Case-4 : GAC アルゴリズム (対オーバースキャン補正データ)

図-1に本研究の検討ケースの概念図を示す。Case-1が従来の幾何学的歪補正である。GAC アルゴリズムとは基準点の選定に遺伝的アルゴリズムを導入した幾何学的歪補正手法であり、特許出願済みである²⁾。オーバースキャン補正データとは元データに対してオーバースキャン補正を実施したデータを指す。

4. オーバースキャン補正

Ku バンド SAR データに対して、従来の手法で幾何学的歪補正を実施しても十分な補正精度が得られないため、本研究ではオーバースキャン補正を施したデータに対して精密幾何学的歪補正を実施した場合の幾何学的歪補正精度を検討した。本研究では2点間の距離から補正率を計算し、間引きとデータ補間の2種類の補正手法を用い

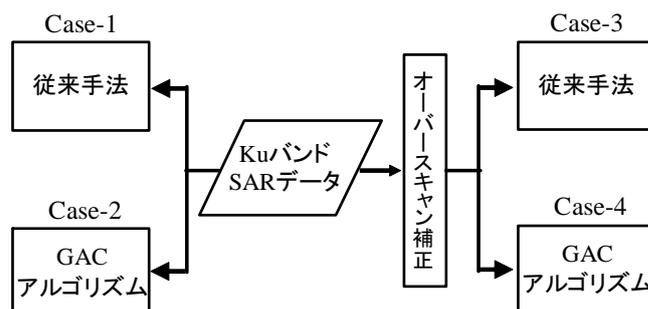
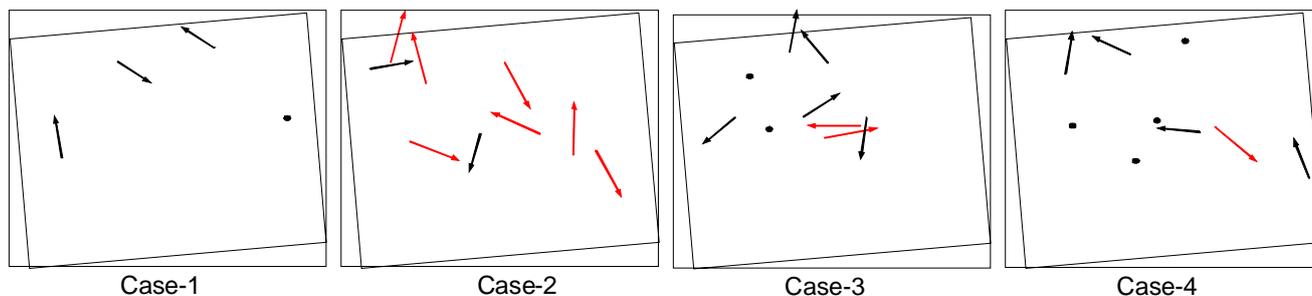


図-1 検討ケース



始点 (GCP : Ground Control Point)
終点 (ICP : Image Control Point)

図-2 検討ケース毎の残差ベクトル図 (基準点セット)

• 0.5pixel以内
→ 0.5~1.0pixel
→ 1.0pixel~

た。その結果、航空機の飛行方向 (アジマス方向) では間引き、マイクロ波の照射方向 (レンジ方向) ではデータ補間による補正処理となった。

5. 幾何学的歪補正の精度評価

Ku バンド SAR データの幾何学的歪補正精度を検証した。基準点とチェックポイントに着目し、幾何学的歪補正精度を評価する。

(1) 基準点セットの評価

図-2に、基準点セットの残差ベクトル図を示す。残差ベクトル図とは GCP を始点、ICP を終点として、選定された基準点の残差をベクトルで表示した図のことである。最終的に選定された基準点数は Case-1 で 4 点、Case-2~ Case-4 では 9 点である。

Case-1 : 閉合差に着目すると Case-1 が最も高い精度となっているが、選定された基準点数が少ないために地形図と重ね合わせると誤差が多く存在している。

Case-2 : 閉合差が一般に許容範囲とされている 1pixel 以上であり、十分な補正精度が得られていない。

Case-3 : 9 点と十分な数の基準点数であり、閉合差が許容範囲内に収まったが、Case-3 の残差ベクトル図を見ると判るように、基準点がエリア左側に偏っているため、エリア全体を評価できていない。

Case-4 : 閉合差が小さく、基準点数に関しても 9 点がエリア全体に分布しているため、Case-4 が最も高い補正精度となった。

(2) チェックポイントセットの評価

図-3に、チェックポイントセットに着目した RMS 誤差、閉合差を検討ケース毎に示す。

Case-1 では、基準点セットの閉合差は小さかったが、チェックポイントセットの閉合差が 10pixel を超えている。これはエリア全体を評価できていない基準点を選定したためと考えられる。

Case-1 と Case-2、Case-3 を比較するとそれぞれの手法により補正精度が向上しているが、いずれの手法でも単独で用いた場合では閉合差が大きく、十分な補正精度が得られていない。Case-4 ではエリア全体を評価した基準点を選定できているため、チェックポイントに着目した評価においても高い補正精度であることが確認できる。

基準点に着目した評価とチェックポイントに着目した評価の両方において Case-4 の閉合差が最も小さいことから、Case-4 が Ku バンド SAR データの幾何学的歪補正

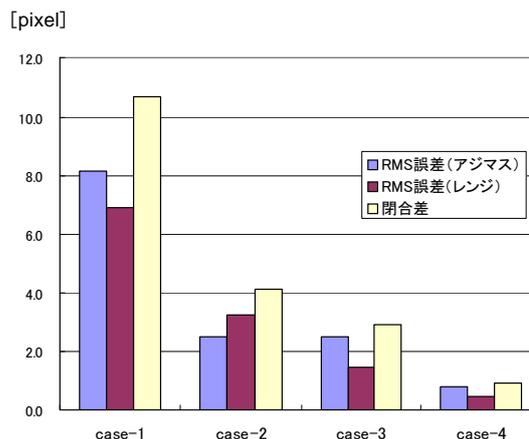


図-3 RMS 誤差と閉合差 (チェックポイント)

に最も有用な手法であると言える。

6. まとめ

本研究の内容は以下の3点にまとめられる。

- ① SAR データに対する幾何学的歪補正精度に関わる既往の研究の現状を整理し、本研究で対象とする Ku バンド SAR データに対する幾何学的歪補正アルゴリズムを組み上げることの意義を明示した。
- ② 座標変換式に基づく幾何学的歪補正の前段階として、オーバースキャン補正を施すことが不可欠であることを示した。
- ③ さらに、オーバースキャン補正後の画像に対して、遺伝的アルゴリズムを導入した幾何学的歪補正アルゴリズム (GAC アルゴリズム) を適用すれば、一般に利用されているアフィン変換に比べて、幾何学的歪補正精度が向上することを示した。

以上、本研究の内容は、単周波単偏波 SAR データの実務での利用普及を目的として、前処理として不可欠となる画像幾何学的歪補正精度について検討したものである。オーバースキャン補正と GAC アルゴリズムの併用処理を通して、高い精度で幾何学的歪補正を実施できることを示した点は、Ku バンド SAR データを実務において活用する上での朗報になるものと考えている。

- 参考文献 1) 大林成行 他: 高精度 Ku バンド SAR 再生画像判読の手引き、3次元空間情報利用・普及推進研究会、pp.45~47、2006年9月。
2) 小島尚人: 画像幾何学的歪補正方法、プログラム、及び画像幾何学的歪補正装置、特願2007-243694、2007年9月。