

高分解能衛星画像のための ベクトル型基準点の構築

学籍番号 1100392 氏名 國友 達也

高知工科大学 工学部 社会システム工学科

高分解能衛星画像のためのベクトル型基準点の構築を行った。ベクトル型基準点とは、衛星画像上で認識できる道路等の形状をマッチング手法により基準点として用いるものである。マッチングには GPS 測量によって取得した平面直角座標より作成した画像と高分解能衛星画像 ALOS PRISM を使用し、それぞれの対応点を取得した。香美市周辺で、交差点、カーブそれぞれ5点のベクトル型基準点を用意し、PRISM 画像の厳密幾何補正モデルである RPC モデルを用いて検証を行った結果、精度は、0.5pixel 前後となった。1pixel 未満の精度であったことから、道路の形状を用いたベクトル型基準点は、高分解能衛星画像の幾何補正に利用可能であるといえる。

Key Words : 衛星画像, 幾何補正, ベクトル型基準点

1. 序論

1.1. 背景

2008 年より小島, 田内によって進められてきた高分解能衛星画像 ALOS PRISM / AVNIR- に利用可能な基準点データベース¹⁾の構築は、現在、四国全域で 562 点整備され、その空間分布は、およそ 7Km ~ 15Km である(図 1.1)。

しかし、PRISM 画像の厳密補正モデルである RPC モデルを用いた場合、RMSE(平均二乗誤差)は、 U, V 座標とも分解能 2.5m を超える誤差である²⁾。

その原因は、山間部に地上基準点取得のための地物(図 1.2)が不足しており、衛星画像上では明瞭でない交差点、橋であっても、地上基準点として利用していることが挙げられる。さらに、従来の点を用いた基準点は、道路の中心を目測で定め、地上基準点座標を取得すること、目視によって画像基準点座標を取得すること、などから誤差が大きくなると考えられ、これ以上の精度向上が難しいと考えられる。

従来の交差点の中心や港の角などの点以外の基準点形式として、田畑やプール等の多角形状の地物を用いて画像処理により対応点を

求めるポリゴン型基準点³⁾が挙げられる。しかし、山間部には、田畑やプール等の多角形状の地物が少ないという問題がある。

そこで山間部にも豊富に存在する道路の形状を用いて、画像処理手法により対応点を自動取得するベクトル型基準点を作成することにより、山間部の基準点不足の補填、基準点データベースの精度向上が期待できる。



図 1.1. 基準点データベース



図 1.2. 従来の基準点取得地物例

1.2. 目的

本研究の目的は、高分解能衛星画像の幾何補正に用いる基準点として、衛星画像上で周辺の地物との判別が容易である道路の特徴的形状をマッチング手法によって取得するベクトル型基準点を作成し、画像処理による基準点取得の自動化を実現することである。

2. ベクトル型地上基準点と衛星画像のマッチング手法

ベクトル型基準点は、地上座標情報を有した画像と衛星画像を用いて最小二乗マッチングにより、同一のポイントの座標を取得するというものである。

最小二乗マッチングは、マッチング元となる XY 画像とマッチングさせる UV 画像を用い、UV 画像を濃度変換・幾何変換により XY 画像に逐次近似させながら、最も近似した時のパラメータを保存し、対応点の探索を図る手法である⁴⁾。

本研究の最小二乗マッチングでは、250m × 250m の狭領域を対象とすることから、幾何変換には affine 変換(式 2)を用いることとした。

$$\begin{cases} X = a_1U + a_2V + a_3 \\ Y = a_4U + a_5V + a_6 \end{cases} \quad (\text{式 2})$$

$a_1 \sim a_6$: 変換係数

本研究では、地上座標を有した画像を XY 画像、衛星画像を UV 画像として、最小二乗マッチングを行う。

3. シミュレーションによる検討

3.1. マッチング画像の作成

最小二乗マッチングを用いたベクトル型基準点の作成に際し、実際の衛星画像を使用

する前に仮想画像を用いたシミュレーションにより、従来手法との比較を行った。

まず、十字、カーブ状の地物を画像上に作成し、地上の道路として仮定する。本研究では、十字のもの、カーブ状のものを用意し、それぞれ、**Intersection**、**Curve** と呼ぶ。

XY 画像は、仮想地上画像上の道路の外郭の座標を取得し、その座標を無地画像にプロットすることにより作成する。マッチングが正確に行われているか判断しやすくするために仮想地上画像を 10° 回転させた状態で座標取得を行う(図 3.1)。

UV 画像は、仮想地上画像の分解能を 2.5m まで下げ、仮想 PRISM 画像とすることで作成した(図 3.1)。

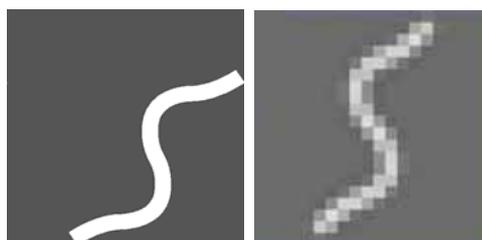


図 3.1. Curve XY 画像(左), 仮想 PRISM 画像(右)

3.2. マッチング結果

本研究では、道幅を 3m ~ 15m まで 5 段階に分けて画像を作成し、マッチングを行った。

道幅 9m の場合のマッチングの仮定を図 3.2 に示す。

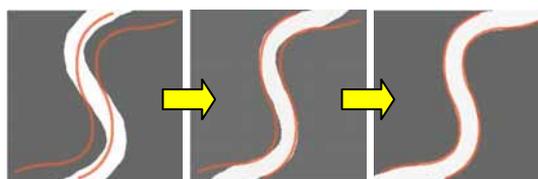


図 3.2. Curve UV 画像の変形過程

(XY 画像の形状を赤線でプロット)

5段階の U, V 座標の RMSE を表 3.1 に示す。Intersection, Curve とともに 0.02m 以内の精度であるという結果になった。

表 3.1. 最小二乗マッチングを用いた場合の RMSE (m)

	U	V
Intersection	0.020	0.016
Curve	0.017	0.015

3.3. 従来手法との比較

仮想 PRISM 画像における対応座標を目視により取得しマッチング手法との比較を行った。目視の値は、10 人の試験結果の平均とし、マッチングと同様 5段階の U, V 座標の RMSE を表 3.2 に示す。

この結果、RMSE は、Intersection で実距離 0.19m、Curve で 0.34m となった。シュミレーション結果より、目視を用いる従来手法よりも最小二乗マッチングを用いた手法の方が、より高精度な基準点取得が期待できる。

表 3.2. 目視を用いた場合の RMSE (m)

	U	V
Intersection	0.121	0.154
Curve	0.184	0.293

4. ベクトル型基準点の構築

実際のベクトル型基準点作成においては、地上座標は、VRS-GPS 測量によって平面直角座標を取得し、取得した座標を基にして、XY 画像を作成した(図 4.1)。

UV 画像は、PRISM 画像のコントラストを強調し、必要な道路以外の部分を消去することによって作成した(図 4.1)。

以上の処理によって、用意した XY 画像、

UV 画像から最小二乗マッチングにより、対応座標を取得した。

本来ならば基準点の不足している山間部で選点を行うべきであるが、本研究はベクトル型基準点の精度検証を主目的としているので、Intersection, Curve とともに基準点取得が容易である平野部にて 5箇所ずつ選点した。

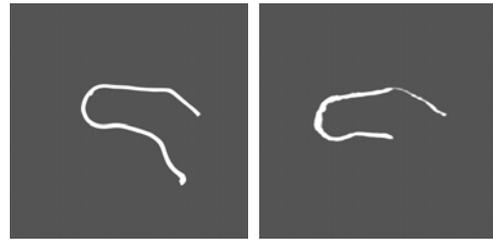


図 4.1. Curve XY 画像(左), UV 画像(右)の例

5. 精度検証

5.1. RPC モデル

RPC モデルは、RESTEC によって提供されている PRISM 画像の厳密補正モデルであり、規格化係数を含め、計 90 の変換係数で構成されている(式 5)。

$$\begin{cases} U = \frac{a_1x^3 + a_2y^3 + a_3z^3 + \dots + a_{20}}{b_1x^3 + b_2y^3 + b_3z^3 + \dots + b_{20}} \\ V = \frac{c_1x^3 + c_2y^3 + c_3z^3 + \dots + c_{20}}{d_1x^3 + d_2y^3 + d_3z^3 + \dots + d_{20}} \end{cases} \quad (\text{式 5})$$

U, V : 画像座標

x, y, z : 地上基準点座標

a, b, c, d : 変換係数

RPC モデルは、系統的な誤差を持っているため、5 点の基準点座標を用いて、バイアス補正を行う必要がある。使用した PRISM 画像に従来の基準点、本研究で使用した Intersection, Curve の点をプロットしたものを図 5 に示す。

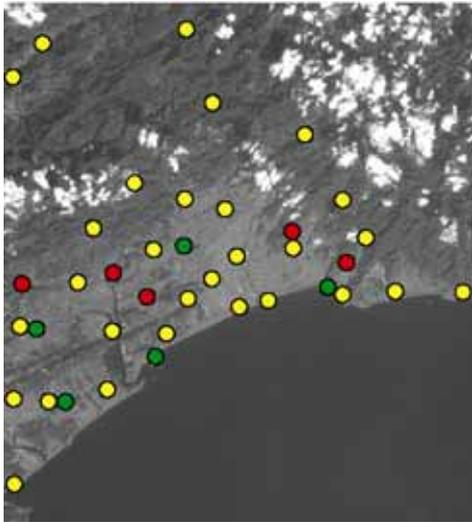


図 5. 使用 PRISM 画像

(黄：従来の基準点 緑：Intersection 赤：Curve)

5.2. 検証結果

バイアス補正には、従来の基準点を用い、補正された RPC モデルによって、Intersection, Curve それぞれ 5 箇所の座標の誤差を求め、その RMSE を用いて精度検証を行った。

RPC モデルは、一般的に厳密な補正モデルであるとされているが、その精度は正確に公開されていない。そのため、使用 PRISM 画像上に存在する従来の基準点 29 点の配置バランスの良い組み合わせ 2100 通りを用いてバイアス補正を行い、その中から、バイアス補正時の RMSE が U, V 座標とも 1.0pixel 以下のものだけを用い、Intersection, Curve の RMSE を算出した。

条件によって絞られた組み合わせは 37 通りであった。その時の Intersection, Curve の RMSE を表 5.2 に示す。Intersection の RMSE は、1.880m, Curve の RMSE は、1.585m であり、どちらも 0.5pixel 前後の精度であるという結果が出た。

表 5.2. 最小二乗マッチングを用いた場合の

RMSE (pixel)

	U	V	実距離(m)
Intersection	0.572	0.488	1.880
Curve	0.535	0.340	1.585

6. 考察

高分解能衛星画像の幾何補正のためのベクトル型基準点の精度検証を行った。結果、ベクトル型基準点は十分、幾何補正用基準点として利用可能であることが分かった。

これにより、基準点取得の自動化を実現することができた。

今後は、山間部にて、ベクトル型基準点の作成を行っていく予定である。

7. 参考文献

- 1) 田内雅也 高木方隆, 高分解能衛星画像のための基準点データベース構築, 高知工科大学 高木研究室, 2008 年
- 2) Mitsuhiro KOJIMA・Kyaw Sann OO and Masataka TAKAGI, Establishment of Ground Control Points Database For Satellite Remote Sensing and the Evaluation, Proceedings of the 30th Asian Conference on Remote Sensing, Beijing CHINA, ST12-5, 2009
- 3) 宮田剛 高木方隆, ポリゴンの図心を基準点に用いた高精度幾何補正手法の確立, 高知工科大学 高木研究室, 2005 年
- 4) 石田圭佑 高木方隆, ALOS PRISM 画像を用いた三方向視による三次元計測手法開発, 高知工科大学 高木研究室, 2008 年