

# 高分解能衛星画像のための高精度地上基準点の取得方法

高知工科大学 ○山本高史 宮田剛 高木方隆

## 1. 背景

高分解能衛星画像は既存の地図の更新や GIS データとの重ね合わせが特に期待されている。それゆえ、高分解能衛星画像における高精度幾何補正が必要である。写真測量では幾何補正を行うために多くの対空標識を用いている。しかし高分解能衛星画像で対空標識の利用は期待できない。よって高精度地上基準点 (GCP) とそれに対応する画像基準点 (ICP) の取得は難しい。特に目視による画像基準点 (ICP) の取得は非常に困難である。

## 2. 目的

本研究ではポリゴンデータを用いて高精度 GCP とそれに対応する高精度 ICP の取得手法の確立を目指すものとする。高精度 GCP と ICP はポリゴンデータの重心を用いる。高精度 GCP は GPS 測量のキネマティック測量によってポリゴンデータを得るものとし、高精度 ICP は対応する GCP ポリゴンからシミュレートした画像分類によって得るものとする。

GCP の要求精度は誤差 0.1m 未満とし、ICP の要求精度は誤差 0.1 ピクセル未満とする。

## 3. ポリゴンデータからの重心の計算手法

### 3.1 GCP ポリゴンの場合

GCP ポリゴンデータは GPS 測量のキネマティック測量によって作成される。まずポリゴン内に任意の原点を設定し、原点と観測点を結び三角形を作成する。そして三角形の面積とその三角形の重心からポリゴンの重心を計算する。図 3.1 は観測点と GCP の取得のための三角形分割の例を示している。重心座標は分割された三角形の重心位置より、式 3.1 を用いて計算できる。

$$\begin{aligned} X_g &= X_0 + \frac{\sum_{i=1}^n S_i \times (x_{gi} - X_0)}{\sum_{i=1}^n S_i} \\ Y_g &= Y_0 + \frac{\sum_{i=1}^n S_i \times (y_{gi} - Y_0)}{\sum_{i=1}^n S_i} \end{aligned} \quad \dots \quad \text{式 3.1}$$

(Xg, Yg): 重心座標

(X0, Y0): 任意の原点

(Xgi, Ygi): 各々の三角形の重心

Si: 各々の三角形の面積

n: 三角形の数

算出されたポリゴンの重心を高精度 GCP として用いる。このときキネマティック測量による地上座標の誤差はポリゴンの重心を計算することによって減少すると考えた。

### 3.2 ICP の場合

ICP ポリゴン画像は高分解能衛星画像から抽出を行う。ICP ポリゴン画像の重心を計算するために 2 値化を行った。ICP の重心は、GCP ポリゴン内に含まれる全ての画像座標の平均計算を行うことにより得るものとする。式 3.2 は ICP 取得のための計算式である。

$$\begin{aligned} U_g &= \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{n} \\ V_g &= \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n} \end{aligned} \quad \dots \quad \text{式 3.2}$$

(Ug, Vg): 重心

(Ui, Vi): 画像座標

n: ピクセル数

算出された重心は高精度 ICP として使用する。図 3.2 は ICP 取得のための GCP ポリゴンに対応する画像の例を示している。

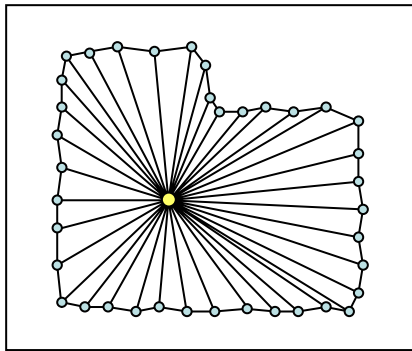


図 3.1 GCP ポリゴンの例

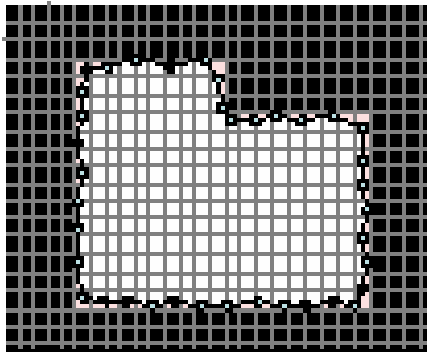


図 3.2 GCP ポリゴンに対応した ICP ポリゴン画像

#### 4. GCP 取得のための提案手法

今回 GCP キネマティック測量によって GCP ポリゴンを得る。なぜならキネマティック測量は時間が掛からないこととポリゴンデータを取得するのが容易だからである。図 4.1 は GCP の精度の検証を行うためのテストエリアを示している。図 4.2 はトータルステーションを用いて作成された検証用 GCP ポリゴンデータである。トータルステーションの精度は±5mm なので GCP 精度を実証するのに十分な精度である。図 4.3 はキネマティック測量によって得られたポリゴンデータを示している。この二つのポリゴンデータの重心を計算することによって比較を行った。表 4.1 は検証結果を示している。誤差 0.1m をもって要求精度を満たす結果となった。



図 4.1 テストエリア

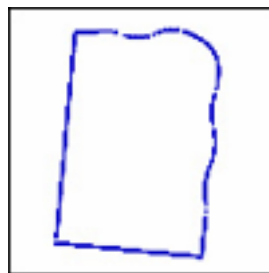


図 4.2 検証用 GCP データ

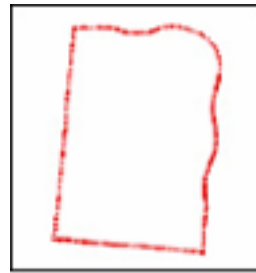


図 4.3 キネマティック測量により得られた GCP データ

表 4.1 検証結果

GCP Error (絶対値)	
x	0.005 m
y	0.025 m
z	0.055 m

### 5. ICP 取得のための提案手法

#### 5.1 シミュレーション画像の作成

高精度 ICP のための重心計算手法の有用性をシミュレーションによって評価する。なぜなら、ICP の精度検証は難しいからである。シミュレーションは以下に示す条件で行った。

- CGP ポリゴンの形
- GCP ポリゴンの高低差
- 衛星画像のオフナディの角度
- 分類誤差

GCP ポリゴンデータから共線条件式を用いた座標変換によってシミュレーション画像を作成する。シミュレーションポリゴン画像の重心を計算し、それを高精度 ICP として用いる。

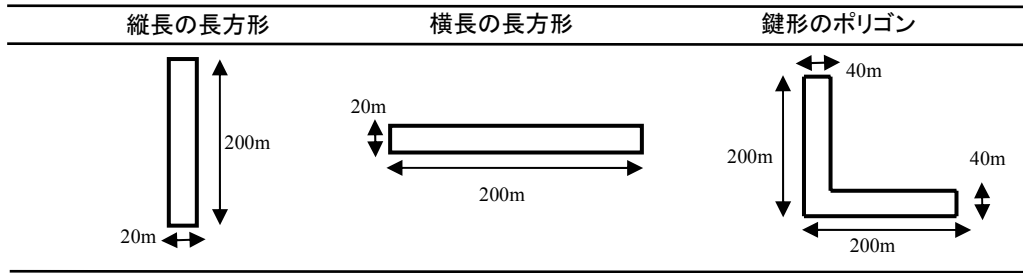
##### 5.1.1 GCP ポリゴンの形

本研究ではシミュレーションを行うために三種類のポリゴンを作成した。表 5.1 はシミュレーションのための GCP ポリゴンの高低差を示している。表 5.2 はシミュレーションのためのポリゴンの形とサイズを示している。

表 5.1 GCP ポリゴンの高低差

Flat	MAX	0 m
Small	MAX	5 m
Middle	MAX	10 m
Large	MAX	20 m

表 5.2 シミュレーションのためのポリゴンの形



### 5.1.2 衛星画像のオフナディアの角度

図 5.1 はシミュレーション画像のためのオフナディアの角度を示している。衛星のパラメータは IKONOS 衛星画像を参考とした。表 5.3 はシミュレートを行うプラットフォームにおける位置と姿勢のパラメータを示している。

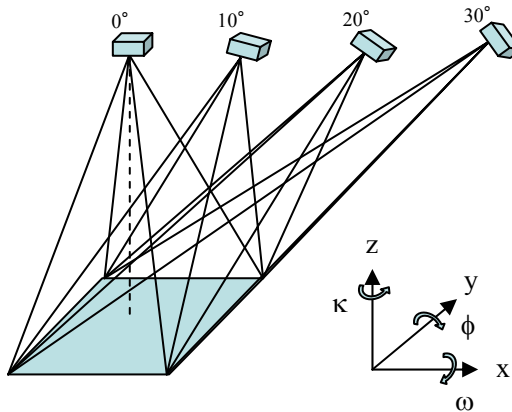


図 5.1 シミュレーション画像のためのオフナディアの角度

表 5.3 プラットフォームのパラメータ

$\omega = 0^\circ$
$\phi = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ (オフナディアの角度)
$\kappa = 8.12^\circ$
$f = 10 \text{ m}$
$X_0$ } センサーの位置
$Y_0$ }
$Z_0 = 680 \text{ km}$
Spacial Resolution is 1m grid
画像サイズ ----- 11866 * 11866 pixel

### 5.1.3 画像分類における推定誤差

図 5.2 は GCP ポリゴンから作成したポリゴン画像にランダム誤差を加える。ランダム誤差は  $\pm 0.5$  ピクセルとする。なぜなら高分解能衛星画像から GCP ポリゴンと対応する ICP ポリゴンを抽出するとき画像分類による誤差が発

生ずるからである。

### 5.2 シミュレートした ICP の検証フロー

図 5.3 は ICP の検証におけるフローを示している。はじめに三種類の形状の GCP ポリゴン ( $X_i, Y_i, Z_i$ ) を作成する。それぞれの GCP ポリゴンデータの重心 ( $X_g, Y_g, Z_g$ ) を計算する。次に作成した GCP ポリゴンデータを共線条件式を用いて画像座標に変換する。画像分類誤差は変換した座標 ( $U^i, V^i$ ) に加える。変換した座標から重心 ( $U^g, V^g$ ) を計算する。最後に GCP ポリゴンから直接計算した重心 ( $U_g, V_g$ ) と ( $U^g, V^g$ ) の比較を行った。

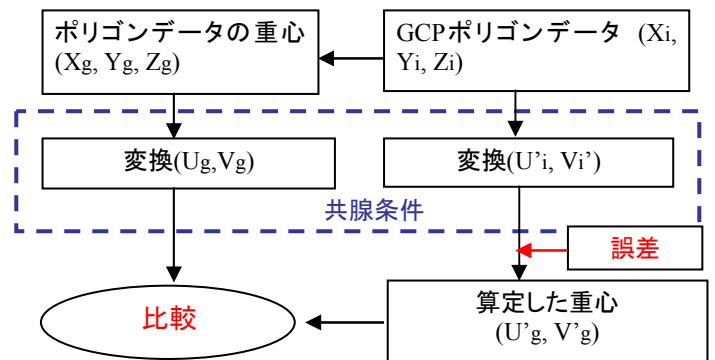


図 5.3 シミュレーションフローチャート

### 5.3 シミュレートした ICP の検証結果

シミュレーション結果は図 5.4 に示した。縦長の長方形の場合はオフナディアの角度が増すごとに“v”成分の誤差が増加する傾向にあった。横長の長方形の場合全ての条件でほぼ要求精度が満たされた結果となった。鍵型の場合は全てのコンディションでほぼ誤差が 0.2 ピクセル未満になった。

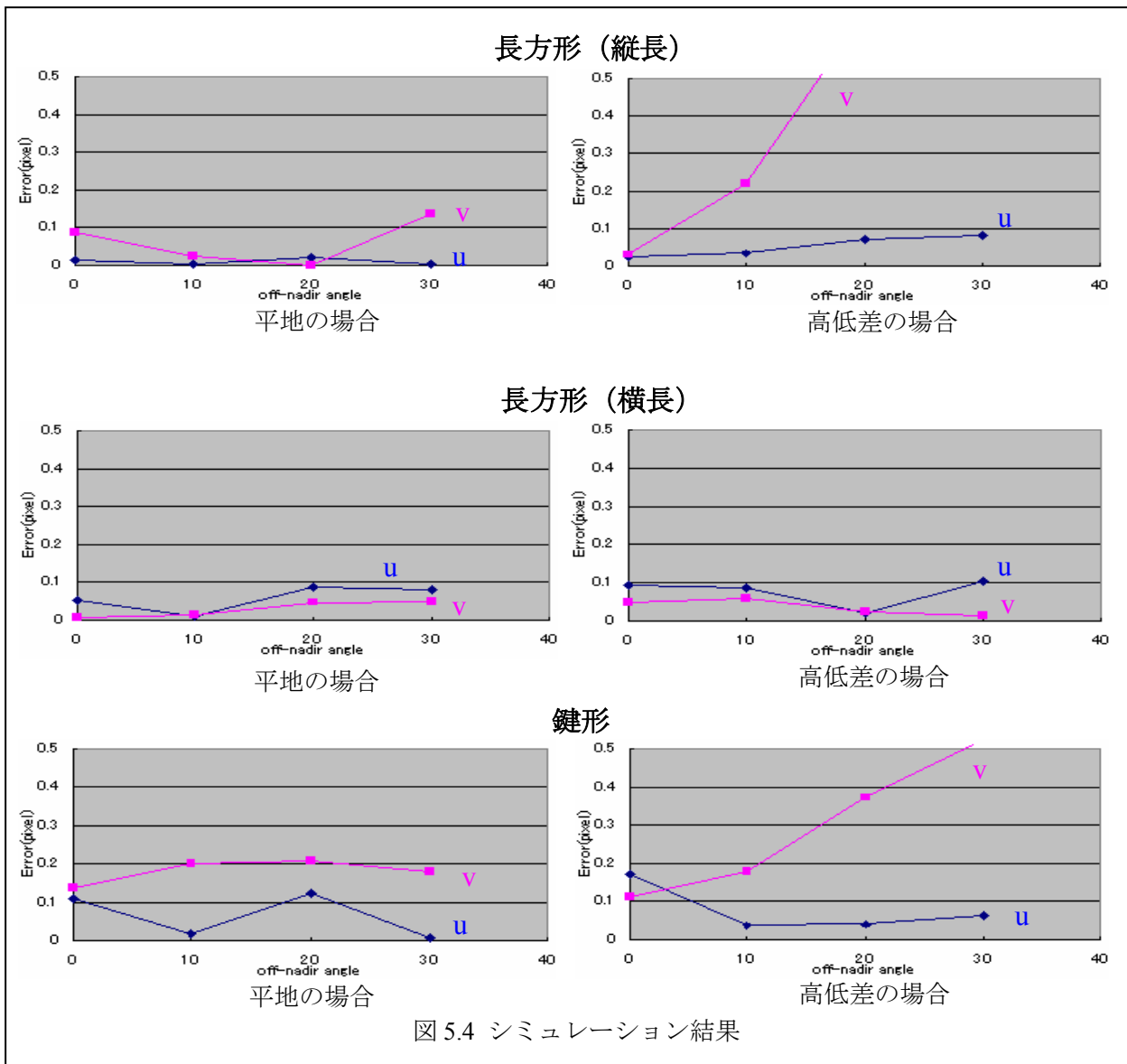


図 5.4 シミュレーション結果

## 6. 考察

本研究では GPS 測量の中のキネマティック測量によって GCP ポリゴンを作成した。そして検証用データによって GCP ポリゴンデータの比較を行った。結果誤差 0.1m 未満となり要求制度を満たすことが出来た。

高精度 ICP のための重心計算手法の有能性をシミュレーションによって評価を行った。シミュレーション結果はポリゴンの形・オフナディアの角度と高低差に依存した。全ての ICP ポリゴンの要求精度を満たすときの条件はオフナディアの角度が 0° と 10° と平地のときであった。

今後の課題はキネマティック測量によって

多くの GCP ポリゴンの取得を行い、取得した GCP ポリゴンと実際の高分解能衛星 ICP ポリゴンを用いて幾何補正を行うことである。

## 7. 参考文献

- 1) 門田 貴江, 高木 方隆,  
“高分解能衛星画像の地上基準点の取得方法” Lecture papers of the 25<sup>th</sup> Asian Conference on Remote Sensing, 2002
- 2) 門田 貴江, 中越 絵里子, 高木 方隆,  
“三次元アフィン変換を用いたイコノス画像の幾何補正” 日本写真測量学会 2002