

自動オルソ化に向けた空中写真の新しい高精度測位アルゴリズムの提案

米川雅士

A High-Accuracy Positioning Algorithm for Automated Orthophoto.

Abstract: Aerial photography has been the foundation data of GIS. In order to use aerial photography, orthophoto is required. Orthophoto is created by human manually. Time and cost are incurred for implementing orthophoto. This paper focuses on this issue/This presentation focuses on this issue. The solution to the problem is by automating orthophoto. Frequent data update of orthophoto is implemented. As a result, the use of GIS applications will be broadened. In this research, a method using high-accuracy positioning algorithm is proposed for realizing automated orthophoto.

Keywords: オルソ画像 (orthophoto), GPS (Global Positioning System), ラジコンヘリコプター (radio control helicopter)

1. はじめに

総務省の調査によると、日本における 2011 年時点でのパソコン普及率は 77.3%, インターネットの普及率は 86.0%と発表されている。(総務省・情報通信政策局, 2012) 20 年前にはパソコン, インターネットなどの単語すら一般的には知られていない状況から, 現在ではインフラストラクチャの基幹技術から一般生活での娯楽まで, 様々な用途で利用される技術となっている. このような将来を見越し, 日本では 2000 年に IT 基本戦略(内閣府・IT 戦略会議, 2000) が政府から発表されている. また, この IT 基本戦略を基に 2001 年には各省庁・民間企業・研究機関が一体となり日本が IT 国家を目指す政策として e-Japan 戦略(内閣府・IT 戦略会議, 2001) が制定された. この中の重点政策分野の一つに「超高速ネットワークインフラ整備及び競争政策」があり, この中

に国民への GIS (Geographic Interface System) を利用した情報共有と提供が記述されている. これに伴い 2010 年までには全都道府県に GIS を導入された. 周知のように GIS には 300 以上の評価・解析・分析ができ, そのために様々な入力情報が必要となる. しかし, この基準となるデータが古かったり, 様々な規格で作成されているなど素人に扱えるシステムではなかったため, 多くの都道府県ではデータ入力に予算をかけ企業に依頼した. また, 情報には有効なお期限があるが, 予算・作業者の能力の問題で 5 年前のデータを使い続けている都道府県もある.

著者は GIS の有効活用を考えた時に, 基本となる情報を最新の状態で維持すること, また簡単且つ低コストで可能ならば, 災害時・防犯など急を要する場面など GIS の用途が今以上に広がると考えられる.

よって, GIS の中で最も重要なデータの一つである空中写真に注目した. 空中写真の 1 ショットは小さいため人間が目で確認しつつ手で加工と修正を行なっているのが実情である. また, 近

年便利なツールが開発されてきたが、まだ殆どの部分は人間が手作業で行なっている。

よって、著者はGISで利用できる簡単かつ低コストな空中写真取得を目的とする。これはラジコンヘリコプターと一眼レフカメラで撮影した空中写真を高精度な測位情報とラジコンヘリコプターの軌跡モデル、空中写真の連続撮影により補正する。最終的には、このデータを基に自動オルソ化に向けて研究を行うものである。

2. 空中写真

2.1 空中写真の取得

空中写真の取得方法は大きく分けて、以下の3種類が考えられる。それぞれに利点と欠点があり、利用者は自分の目的に合わせて利用している。

(1) 人工衛星による取得

Google MAP の一般化もあり、宇宙ビジネスの一つとして近年注目を集めている技術である。LandSat や ALOS が有名だが人工衛星から地上の写真を取得し、大地震や津波などの災害監視、環境汚染、先進国の野焼き監視まで様々な用途に用いられるが、画像解像度を上げるために低軌道を飛行するため、地球周回衛星となり撮影場所になかなか移動できない。宇宙からの撮影なので雲があると撮影ができない。打ち上げ・運用に費用が嵩むため価格が高い。宇宙からの撮影なので解像度が低いなどの問題点もある。

(2) セスナ、ヘリコプターによる取得

空中写真の取得に最も古くから利用されている技術で、河川や遺跡など大きな物や直接触れることができない物の測量、土砂崩れなどによる危険な場所の災害地指定、学校などの記念行事など幅広い用途で用いられている。しかし、価格の面を考えると飛行場からの距離にもよる

が3つの空中写真取得方法の中では最も高価なものとなる。また、セスナ、ヘリコプターを利用するため天候に左右されるという欠点もある。しかし、近年は価格を抑えるためにラジコンによる空撮業者も増えてきているため、価格の面だけは改善されつつある。

(3) 企業・国土地理院による取得

人工衛星による空中写真を販売している企業は撮影依頼があった場所のみを撮影しているわけではなく、24時間365日撮影し続けている。この撮影し続けている空中写真を安い金額で購入し、購入希望者に指定されたエリアの空中写真を販売する企業からの購入が可能である。また、撮影時期が古く解像度も粗いが国土地理院 国土政策局のサービスで空中写真を無料で取得することも可能である。本取得方法は撮影に細かな注文を付けることは出来ず、地図の作成、イベントの展示物、統計データなどに利用される。

2.2 空中写真の撮影

カメラのレンズは凸レンズのため心射投影となり写真周辺部で写真が歪む。また撮影された物体の標高差により縮尺がことなり、空中写真を地図のように真上から投影したかのように扱うことは出来ない。そのため、計算によりこれら歪みを除去し、平射投影に変換した空中写真で、地図と同様に利用することが可能なオルソ化写真に変換する必要がある。

2.3 オルソ化処理

通常オルソ化処理は1組のステレオペア写真からDEM（地形モデル）を作成し、その標高値データであるDEMと空中写真からオルソ画像を算出する。オルソ化処理を行うソフトウェアも様々なものが販売されている。処理作業は難しく人が時間をかけて作業しているのが実情である。

日本国内の場合国土地理院から「数値地図 50

mメッシュ標高」が公開（国土交通省・国土地理院, 2012）されており, このデータを利用すれば, オルソ化処理のDEM工程が非常に簡略化できる.

3. 研究機材

本研究は簡単かつ低コストで空中写真の取得と結合を目的としているため, 効果な機材は利用しない. よって, 本研究に利用した機材を表-1に記述する.

表- 1 研究機材

メーカー	名称	備考
JR プロポ	GSR260Z	ラジコン ヘリコプター
Nikon	PENTAX K-5	一眼レフ カメラ
Ublox	EVK-CK	GPS 受信機
トータルフィット	SCM-5	ジンバル

4. 提案手法

一眼レフカメラで撮影した写真に付加される位置情報を高精度化し, 1 回の撮影で取得した複数枚の空中写真を重ね合わせることが可能なようにするため, まずラジコンヘリコプターから撮影した空中写真の測位精度について調査した. 調査結果として, 速度と測位精度の関係を高度毎に確認し図- 1 に記述する.

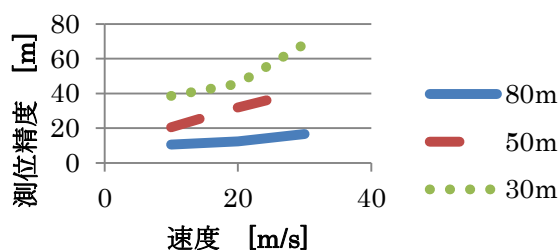


図- 1 速度と測位精度の関係

なお, 確認した高度は80m, 50m, 30mであり, 測位精度は2drmで表している.

図- 1 から各高度における変化量は右上がりに

なっていることがわかる. これは速度が低く, 高度が高い方が測位精度が良くなる傾向にある. この特徴をモデル化するため多変量解析を1次方程式を元を実施する. また, 基本となるモデルは一般的に測位アルゴリズムに利用されている最小二乗法に重みを付けた式でモデル化をおこなう. 衛星を利用した測位における最小二乗法の利用方法については一般的な本に記載されているのでここでは説明を省く事とする.

重みは受信機から衛星を見た場合, 衛星の位置によって擬似距離の精度が悪い衛星がある. 最小二乗法ではこの擬似距離精度が悪い衛星は利用せずに測位を行うが, その場合に測位に必要な4機の衛星を確保できない場合が多くなるという問題が生じる. このような場合に入力値として測位に使う重みを含めて利用する考え方が重み付き最小二乗法である. 重みは測位結果の誤差共分散 σ_i に反比例するので, この誤差共分散に多変量解析で求めた高度 h と速度の補正項を加えたモデルを構築する. 測位は行列を使って計算するため, 次のような重み行列 W を定義する.

$$W = \begin{bmatrix} w_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & w_2 & & 0 \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & w_N \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1/9.58h\sigma_1^2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1/9.58h\sigma_2^2 & & 0 \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1/9.58h\sigma_N^2 \end{bmatrix}$$

この重み行列を利用して最小二乗法に重み付けをして, 誤差の期待値が最も小さくなるように解を求めるには

$$\Delta \vec{x} = (G^T W G)^{-1} G^T W \Delta \vec{r}$$

で求めることができる. よって, 測位結果補正值 $\Delta \vec{x}$ を定められ, これにより $\Delta \vec{x}$ の補正值を最初に求めた測位結果から引けば真実らしい測位結果

を得ることができる。

5. 研究結果

提案手法で補正したラジコンヘリコプターの測位精度を図- 2 に記述する。

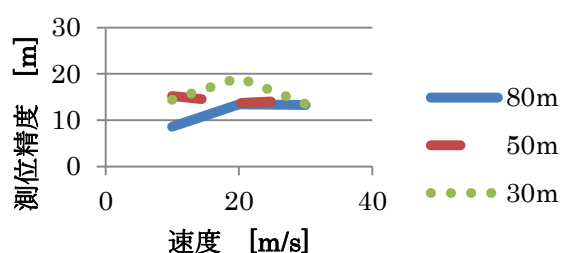


図- 2 補正後の速度と測位精度の関係

提案手法を用いて推定した全ての空中写真の測位精度は向上した。高度 80m で時速 10km の測位精度に至っては 10m 以下の結果を得ることができた。また、各高度での測位精度を確認しても表- 2 のような結果を得た。

表- 2 各高度での測位精度

高度	測位精度
30[m]	11. 8[m]
50[m]	14. 4[m]
80[m]	15. 7[m]

6. おわりに

提案週報を用いた測位アルゴリズムを利用すれば、高速移動体においても高精度な測位結果を得ることが可能である。また、全ての高度においても測位精度の平均値を計算した結果 14. 0[m] で、一般的な測位結果の平均精度 31. 8[m] と比べても格段に高精度に測位が行えている。また、空中写真取得の際に高度差によるばらつきが極端に小さくなったことにより、撮影対象である地表面の標高差によるバラつきが抑えることが可能となる。本提案手法は細かな高度設定を行えないラジ

コンヘリコプターにおいても大変有用な方法であるといえる。

最後にカメラの撮影範囲についても確認を行う。今回利用した NIKON PENTAX K-5 は焦点距離を 12[mm] に設定したので各高度での空中写真の縦と横の撮影範囲を表- 3 に記述する。本提案手法を用いれば、取得した空中写真の中に真の測位点があることが分かる。

表- 3 撮影範囲一覧

高度	縦の撮影エリア	横の撮影エリア
30[m]	15.9[m]	22.5[m]
50[m]	26.7[m]	37.5[m]
80[m]	42.7[m]	60[m]

謝辞

本研究は公益財団法人 JR 西日本あんしん社会財団の研究助成金によって研究を行なう事ができました。また、奈良産業大学 地域公共学総合研究所 竹山 理教授に情報提供や研究の場を与えていただきました。このような研究の機会を与えて下さったことに謝意を表したい。

参考文献

総務省・情報通信政策局 (2012) 「通信利用動向調査報告書」

〈http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/pdf/HR200300_001.pdf〉 (2012 年 8 月確認)

内閣府・IT 戦略会議 (2001) 「IT 基本戦略」

〈<http://www.kantei.go.jp/jp/it/goudoukaigi/dai6/pdfs/6siryou2.pdf>〉 (2012 年 8 月確認)

内閣府・IT 戦略会議 (2001) 「e-japan 戦略」

〈http://www.kantei.go.jp/jp/it/network/dai1/pdfs/s5_2.pdf〉 (2012 年 8 月確認)

国土交通省・国土地理院 (2012)

〈<http://www.gsi.go.jp/geoinfo/dmap/dem50m-index.html>〉 (2012 年 8 月確認)