

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 20 日現在

機関番号：34425

研究種目：若手研究（A）

研究期間：2009-2011

課題番号：21686048

研究課題名（和文） 衛星画像を用いた 3 次元地形図の作成と地物の判読に関する研究

研究課題名（英文） A Study for 3D Topographic Mapping and Interpretation Characteristics from Satellite Images

研究代表者

北川 悦司（KITAGAWA ETSUJI）

阪南大学・経営情報学部・准教授

研究者番号：70411684

研究成果の概要（和文）：

近年の技術進歩により、人工衛星の画像を用いた 3 次元計測が、航空写真に代わる手法として注目されている。しかし、現在は、いくつかの問題や課題があるため、実務レベルには達していない。そこで、本研究では、人工衛星を利用した 3 次元地形図の作成と、地物の判読手法の構築を目的とし、実験を行った。その結果、光学衛星を利用することで、3 次元地形図を作成できることがわかった。また、レーダ衛星を利用することで、地物の判読が可能であることがわかった。

研究成果の概要（英文）：

Recently, technology for producing 3D model space from satellite is paid to attention as a technique that takes the place of photogrammetry. But it is known that it lacks stability rather than photogrammetry. Then, this research tried 3D topographic mapping and interpretation characteristics from satellite images. As a result, we were able to obtain the good result.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2010年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2011年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
総計	11,100,000	3,330,000	14,430,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学 ・ 土木計画学・交通工学

キーワード：衛星画像、リモートセンシング、写真測量、RPC モデル、DLT モデル、3 次元地形図、地物の判読

1. 研究開始当初の背景

近年、人工衛星に搭載されるセンサの技術

開発が進み、地上分解能 1m未満の人工衛星画像が入手可能となっている。衛星画像は、

広範囲な地域を一度に撮影でき、また、地上分解能によっては地物の判読性も十分に可能であることから、地図作成だけでなく様々な分野における活用が期待できる。特に、1999年9月に地上分解能約1mの地球観測衛星 IKONOS が打ち上げられて以降、ステレオ画像も取得できることから、衛星画像を用いた3次元空間情報を抽出する手法が、既存の写真測量に代わる地形図作成手法として注目が高まった。さらに、2007年9月には、地上分解能0.45mのWorld View-1の打ち上げに成功した。また、2008年9月には、地上分解能0.41mのGeoEye-1の打ち上げに成功した。地上分解能0.5m以下の衛星画像を利用すれば理論的には1/2500以下(分解能(m)×5000分の1)の地形図が作成可能とされている。しかし、現在は、いくつかの問題や課題があるため、国内、国外を見渡しても事例、実験レベルの研究・調査しか行われておらず、実務レベルには達していない。また、衛星を利用した地物の判読(地形図を道路や河川、建物などに分類)は、土木・建築の分野などにおいて非常にニーズが高いにもかかわらず、海外の湿地帯や海洋の判読といった広大で単調な地物の事例のみに留まっている。そのため、「第一六四回 衆第三九号 地理空間情報活用推進基本法案」に「衛星測位に係る研究開発の推進等」が記載されている。

2. 研究の目的

本研究では、次の内容の実現を目的とした。

(1) 3次元地形図作成手法の開発

現在の写真測量技術を応用することで、1/2500以下の3次元地形図の作成に必要な3次元計測手法の開発を目的とする。

(2) 異なる衛星のフュージョン手法の開発

衛星には、回帰周期や天候の問題により、必要な箇所が中々撮影できないという問題がある。この問題を解決するために、異なる衛星画像を重ね合わせる手法(フュージョン手法)を開発する。具体的には、異なる衛星のステレオ画像を用いた3次元計測の実現を目的とする。

(3) 地物の判読手法の開発

光学やレーダといった複数の衛星画像を重ね合わせることで、地物の判読を実現する。具体的には、オブジェクトの種類毎に取得可能な情報などを整理することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、上記3つの目標を実現するために、次のような方法で研究を行った。

(1) 3次元地形図作成手法の開発

既存の航空写真で利用されていた手法や、衛星画像と一緒に販売されているRPCモデルなどを利用した手法を開発し、3次元計測の実験を行った。衛星は、GeoEye-1、Worldview-1、KOMPSATの3つを利用した。

(2) 異なる衛星のフュージョン手法の開発

3次元計測の精度が高かったRPCモデルを利用して、異なる衛星(GeoEye-1、Worldview-1)を用いた3次元計測の実験を行った。また、衛星画像をフュージョンするために、RPCモデルを利用した簡易オルソ化手法を構築した。

(3) 地物の判読手法の開発

代表的なレーダ衛星のRADARSAT-2で撮影した画像を様々な組み合わせ(異なる解像度や時期など)で重ね合わせて実験を行った。画像は、2008年4月23日(解像度3m)、2011年5月2日(解像度3m)、2011年9月23日(解像度1m)、2012年1月21日(解像度1m)に、同じ位置と角度で撮影された物を利用した。

4. 研究成果

(1) 3次元地形図作成手法の開発

まず、航空写真で利用されていた中心投影モデル、DLTモデル、バンドルモデルの3つの手法について検討を行った。これらの手法は、衛星画像がライン画像となっているため、既存の一般的な手法を用いた結果、精度は得られなかった。そのため、中心投影モデルについては、著者が既研究で開発したGAを用いた手法を適用した結果、緯度と経度については一般的な手法より遥かに精度が向上したが実用レベルまでの精度は得られなかった。また、DLTモデルは、ライン画像に対応するためにモデル式に補正量を追加したDLT付加モデルを適用した結果、GeoEye-1とWorldview-1において、1m程度の誤差で3次元座標を取得できた。バンドル法については、基準点の数が膨大に必要となるため、実用的ではなかった。

次に、衛星画像から配布されているパラメータを用いるRPCモデルについて検討した。基準点を必要としない一般的なモデルでは、GeoEye-1とWorldview-1において誤差が1~2m程度とまずまずの精度が得られた。さらに、基準点を用いたシフト・ドリフト補正を行ったRPC付加モデルでは、地上分解能程度の誤差となり、かなり高精度で3次元座標を抽出できた。

(2) 異なる衛星のフュージョン手法の開発

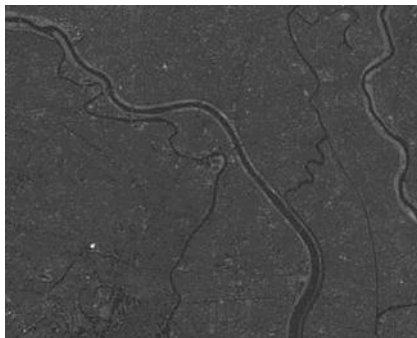
① 異なる衛星画像を用いた3次元計測

上記の実証実験より、3次元計測の精度が高かったRPCモデルとRPC付加モデルを利用して、異なる衛星（GeoEye-1、Worldview-1）を用いた3次元計測の実験を行った。利用した衛星画像の撮影データを表1に示す。また、利用した衛星画像を図1に示す。

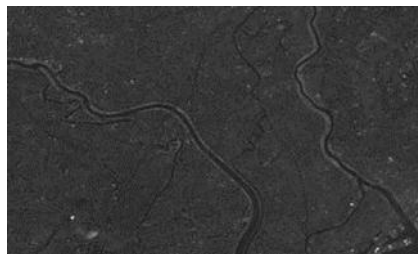
RPCモデルとは、画像と被写体を直接的に変換するモデルである。RPCモデルを解くためには、World View-1やGeoEye-1などの衛星画像と共に提供される80個のパラメータが必要である。また、RPC付加モデルとは、衛星画像上に一定のバイアス誤差が発生しているのに着目し、RPCモデルに平行移動量を付加したモデルである。平行移動量を求めるためには、1点以上の基準点が必要である。

表1 衛星画像の撮影データ

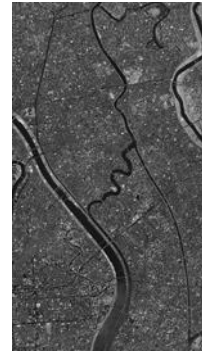
	画像1	画像2	画像3
衛星名	World View-1	World View-1	GeoEye-1
地上分解能 (直下)	0.45m	0.45m	0.41m
	※0.5mにサンプリングされた画像を利用		
画像撮影日	2007/12/14	2007/12/18	2009/3/19
画像サイズ(縦)	27892pixel	21228pixel	27116pixel
画像サイズ(横)	34571pixel	35180pixel	15398pixel
撮影場所	東京都荒川区近辺		



画像1



画像2



画像3

図1 利用した衛星画像(3枚)

本実験では、図2のような円形に近い地点の中心をGPSで2時間計測した12点を検証点とし、RPCモデル(基準点なし)とRPC付加モデル(12点の内1点を基準点とした)の算出結果と比較した。GPS測量との比較結果を表2に示す。



図2 検証点

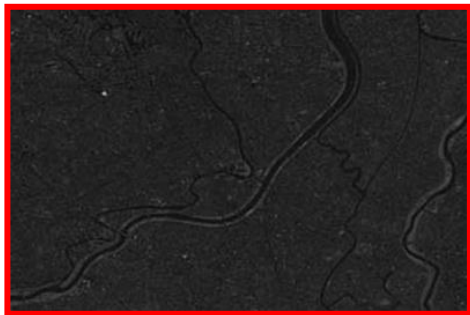
表2 計測結果

		平均誤差(単位:m)		
		X	Y	Z
画像1-2	RPCモデル	0.66	1.16	4.51
	RPC付加モデル	0.91	0.58	2.08
画像1-3	RPCモデル	1.43	0.54	4.61
	RPC付加モデル	0.56	0.56	1.14
画像2-3	RPCモデル	2.08	0.96	2.94
	RPC付加モデル	0.36	0.82	1.91

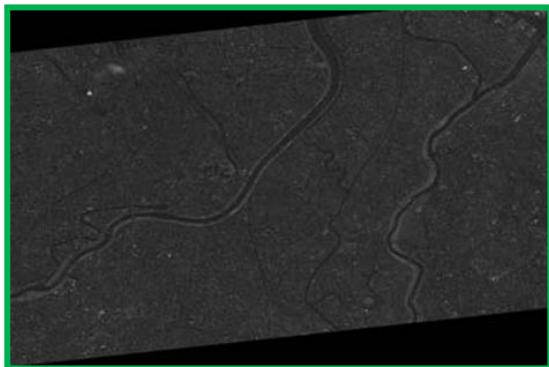
表2の計測結果が示すように、同一の衛星を用いた計測(画像1-2)及び異なる衛星を用いた計測(画像1-3, 2-3)の両方において、数m以内の誤差で3次元計測ができた。特に、基準点を与えたRPC付加モデルでは、直下の地上分解能程度の誤差で計測できた。この精度については、対応点の取得時の人為的誤差があることや、直下撮影でないため地上分解能が0.5m以上あることを考慮すると、高精度の計測ができたと言える。

②衛星画像のフュージョン手法

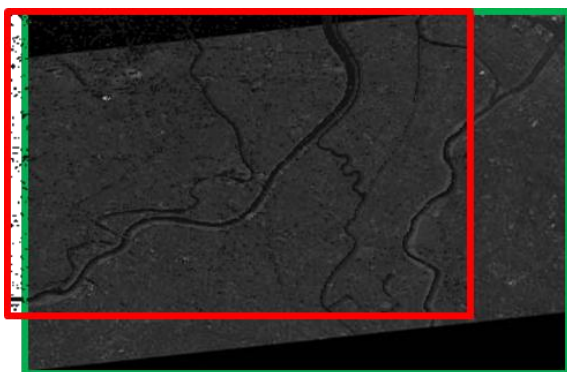
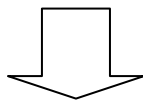
本研究では、異なる位置から撮影された衛星画像に対して、RPC モデルを利用して簡単に重ね合わせる手法を構築した。従来は、異なる画像を重ね合わせる場合、多くの基準点を必要とした。しかし、本手法では、RPC モデルの情報を利用することで、基準点なしでオルソ化できる。そのため、地形図作成やモニタリングなど、様々な用途での利用が期待される。図 1 の画像 1 と画像 2 を本手法でオルソ化し、重ね合わせた結果を図 3 に示す。図 3 からは、基準点を利用せずとも、高精度に重ね合わせることができていることを確認できる。



画像 1 をオルソ化した画像



画像 2 をオルソ化した画像



画像 1 を透過して重ね合わせた画像
図 3 フュージョン（重ね合わせ）結果

(3) 地物の判読手法の開発

研究内容としては、代表的なレーダ衛星の RADARSAT-2 で撮影した画像を様々な組み合わせ（異なる解像度や時期など）で重ね合わせることで、レーダ衛星を用いた地物の判読で何ができて何ができないのかを明確にした。

①河川について

2011 年 9 月に発生した台風 15 号の影響で 9 月に撮影した画像では江戸川が氾濫していた。その画像を 5 月や 1 月の画像と重ね合わせることで氾濫箇所やその領域などを把握できた。その他、溜池や海などの水に関する地物については、非常によく違いを把握できることがわかった。このことにより、災害時の状況把握などに衛星画像が十分に利用できることがわかった。レーダ衛星で抽出できた江戸川の氾濫画像を図 4 に示す。



2011 年 5 月 2 日



2011 年 9 月 23 日

図 4 河川（江戸川）の抽出部分画像

②道路について

道路は基本的に平面であるため、重ね合わせた場合黒くなる。そのため、ある程度の抽出は可能であることがわかった。また、新しいバイパスなどの大きな道路が作成された箇所などは抽出することができた。しかし、交通量が多い道路などは、車がゴミデータとなっているため、上手く抽出できない場合も多かった。このことにより、既存道路の変化量抽出などは難しいが、新規に作成された道路などを抽出できるため、衛星画像が地図の更新などに利用できることがわかった。レーダ衛星で抽出できた作成段階の道路の画像を図 5 に示す。



2011年5月2日



2011年9月23日
図5 道路の抽出部分画像

③建物について

建物に大きな変化(ビルが建設されたなど)があった場合は、かなりの確率で抽出できることがわかった。しかし、植栽や移動物体などの変化で差分が抽出されるため、地図更新という面においてはゴミデータをどのように取り除くかが非常に重要であることがわかった。このことにより、衛星画像上の変化を建物と判断できれば、地図の作成や更新など様々な分野で利用できることがわかった。レーダ衛星で抽出できた建物の変化箇所を図6に示す。



2011年5月2日



2011年9月23日



2012年1月21日
図6 建物の抽出部分画像

④光学衛星との重ね合わせについて

光学衛星とレーダ衛星をオルソ化することで、まずまずの精度で重ね合わせることが可能であることがわかった。このことにより、レーダ衛星で差分が出た個所を光学衛星で3次元計測することで地図の作成や更新などに十分利用できることがわかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

- ①北川悦司、村木広和、異なる衛星画像を用いた3次元計測、第27回ファジィシステムシンポジウム講演論文集、日本知能情報ファジィ学会、査読なし、2011年、pp. 1071-1072
- ②北川悦司、村木広和、衛星画像を用いた3次元計測、第26回ファジィシステムシンポジウム講演論文集、日本知能情報ファジィ学会、査読なし、2010年、pp. 884-885
- ③北川悦司、写真測量技術の衛星画像への適用に関する研究、第25回ファジィシステムシンポジウム講演論文集、日本知能情報

ファジィ学会、査読なし、2009年、2p

〔学会発表〕（計3件）

- ①北川悦司、異なる衛星画像を用いた3次元計測、日本知能情報ファジィ学会第27回ファジィシステムシンポジウム、2011年9月14日、福井大学
- ②北川悦司、衛星画像を用いた3次元計測、日本知能情報ファジィ学会第26回ファジィシステムシンポジウム、2010年9月14日、広島大学
- ③北川悦司、衛星画像を利用した3次元空間情報の抽出に関する研究、日本知能情報ファジィ学会、第25回ファジィシステムシンポジウム、2009年7月14日、筑波大学

〔その他〕（計1件）

- ①北川先生の3D講座－3Dってどうやってできるの？3Dを体験・作成してみよう！－、平成23年度ひらめき☆ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ～KAKENHI、2011年8月5日
<http://www.hannan-u.ac.jp/lifelong/mrf4300000esz2.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北川 悦司 (KITAGAWA ETSUJI)
阪南大学・経営情報学部・准教授
研究者番号：70411684