

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25年 6月10日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22760384

研究課題名（和文）

公共的利益に資する科学技術分野への貢献を目指した全球数値標高モデルの体系的整備

研究課題名（英文）

Development of global digital elevation model dataset for public social benefit

研究代表者

竹内 渉 (TAKEUCHI WATARU)

東京大学・生産技術研究所・准教授

研究者番号：50451878

研究成果の概要（和文）：

本研究は、写真測量(ステレオ観測)、地形図、干渉 SAR、航空機レーザー測量といった互いに補完的な性質を有する技術を複合的に利用することにより、数値表面モデル(DSM)と数値地形モデル(DTM)とを厳密に区別し、全球の数値標高モデル(DEM)を体系的に整備することを目的に実施された。3年間という短い実施期間を考慮し、1) 補完的な役割を果たす衛星ステレオ観測と干渉合成開口レーダーの長所を最大限に生かし DSM から DTM を作成するアルゴリズムを開発する、2) 植生に対して高い貫通力を持つ L バンドを搭載する世界で唯一の日本の衛星 ALOS PALSAR の干渉合成開口レーダーを活用する、3) 公共的利益に資する科学技術分野への利用に資するために全球データセットを体系的に整備して国際的な流通を目指す、の3点を目標に研究を行った。その結果、当初予定していた全球での DTM データセットの他に、建物の構造分布図、森林や農地のバイオマス分布図などのデータセットが副次的に整い、炭素循環、大気環境、都市防災、など、公共的利益分野における、利用主体型の科学技術研究に資するデータセットの利用体制が整った。

研究成果の概要（英文）：

This research is to develop a global digital terrain model (DTM) and digital surface model (DSM) by using photogrammetry, topography, interferometric synthetic aperture radar (InSAR), airborne LiDAR technologies. Since a project period is only three years, we focused on the three components including 1) development of an algorithm to differentiate between DSM and DTM from photogrammetry and InSAR measurements, 2) apply ALOS PALSAR data for vegetation monitoring which is the only one space borne L band measurement, 3) prepare a global dataset available to public use. As a result, a bunch of dataset are ready to prepared including global DTM, building structure map, biomass map in forest and cropland. All of those dataset are expected to serve for a solution oriented scientific research including carbon cycle, atmospheric environment and urban study.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

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：測量・リモートセンシング、DSM, DTM, LiDAR, InSAR, 写真測量

1. 研究開始当初の背景

数値標高モデルは、地表面地形のデジタル表現であり、地震による地殻変動の検出、水流や雪崩、立体地図の作成、三次元可視化、重力の計測における地形補正、地形学や自然地理学における地形分析など幅広い用途を持つ、重要な国土基盤情報の一つである。多くの国の地図作成機関は、独自に数値標高モデルを作成しているが、安全保障上公にできない、高価格である、作成範囲が自国に限られている、などの問題から利用には制限がある。全球を対象とした公共的利益分野における、利用主体型の科学技術研究を進めるためには、自由に利用可能なデータセットの整備が不可欠である。我が国が世界を主導する、「地球観測に関する政府間会合」(GEO)でも、数値標高モデルを重要なプラットフォームと位置づけ、データセットの作成を強く要請している。

全世界を網羅した数値標高モデルは、米国地質調査所(USGS)が公開する GTOPO30 と呼ばれる無料のデータセットが唯一利用可能で、長らく広く使用されてきたが、品質はまちまちで、一部の地域で質の悪さが指摘されていた。これを受けて、2000年に、日本の宇宙飛行士 毛利衛氏らによる活躍により、Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)が遂行され、干渉合成開口レーダー(InSAR)によって観測されたデータが処理され、2003年に米国航空宇宙局(NASA)より数値標高モデル SRTM3として公開された。また、1999年に始まった日米共同事業衛星 Terra ASTER では、ステレオ観測機能を生かした写真測量によって100万シーンが処理され、2009年に日本の経済産業省と NASAより数値標高モデル ASTER GDEM の公開が始まった。

数値標高モデル(DEM)を厳密に定義すると、森林などの植生、建築物、橋などの土木構造物を含めた地球の表面を表現した数値表面モデル(DSM)と、それらを取り除いた地表そのものを表現した数値地形モデル(DTM)とに区分される。景観や可視化シミュレーションなどの一般向け用途には DSM と DTM を区別する必要はない。一方で、地震による地殻変動の検出、水流や雪崩、重力の計測における地形補正、地形学や自然地理学における地形分析など、公共的利益に資する科学技術分野では DSM と DTM の厳密な区分が要求される。従来の GTOPO30 と比較すると大きく精度が向上しているが、全球で利用可能な ASTER GDEM と SRTM3 は DSM

と DTM の厳密な区分はなされず、正確な利用がないがしろにされているのが現状である。

数値標高モデルを作成する手法には、写真測量(ステレオ観測)、地形図、干渉 SAR、航空機レーザー測量、地上測量があり、それぞれに長所と短所がある。衛星ステレオ観測による ASTER GDEM は、地球の表面を撮影しており DSM に最も近い値を与えていると考えられるが、類似したテクスチャの連続する地域では画像間の標定が困難で信頼性に欠け、モンスーンなど雲の多い地域ではデータの欠損が生じる。宇宙からの干渉 SAR 観測による SRTM3 は、マイクロ波を利用しているため、ある程度の植生貫通力で地上の情報 DTM を与えるが、貫通力に乏しい構造物や裸地などでは地表面の情報 DSM を与えるため、DSM と DTM が混在していると考えられる。また雲や水蒸気の影響をほとんど受けず夜間でも観測可能であるが、起伏の非常に険しいところではレーダーを照射できないため、データの欠損が生じる。

2. 研究の目的

本研究は、写真測量(ステレオ観測)、地形図、干渉 SAR、航空機レーザー測量といった互いに補完的な性質を有する技術を複合的に利用することにより、数値表面モデル(DSM)と数値地形モデル(DTM)とを厳密に区別し、全球の数値標高モデル(DEM)を体系的に整備することを目的とする。

3年間という短い実施期間を考慮し、次の3点に焦点を絞り技術開発を行う。

1) 補完的な役割を果たす衛星ステレオ観測と干渉合成開口レーダーの長所を最大限に生かし DSM から DTM を作成するアルゴリズムを開発する、

2) 植生に対して高い貫通力を持つ Lバンドを搭載する世界で唯一の日本の衛星 ALOS PALSAR の干渉合成開口レーダーを活用する

3) 公共的利益に資する科学技術分野への利用に資するために全球データセットを体系的に整備して国際的な流通を目指す。

3. 研究の方法

本研究では全球レベルでのデータセットの体系的整備を目指すため、費用対効果と現実的な時間制約を考慮して、宇宙からの観測情報を主に活用する。まず、地形図を参考にしながら ASTER GDEM と SRTM3 の空間分

特性解析を行う。次に、土地被覆分類図と全球人口分布図から得られる地球表面の情報を参考にしながら、DSM から DTM を作成するためのアルゴリズムを開発する。最後に、SRTM より波長の長い L バンド干渉 SAR 観測が可能な ALOS PALSAR と衛星・航空機レーザー測量を用いて妥当性の検討を行い、全球数値標高モデルデータセットの再構築を行う。中期的展望を見据えたデータセットの構築と国際的流通を目指し、3 年間という短い実施期間を考慮し以下の 3 点に特に集中して開発を行う。

[補完的な役割を果たす既存技術の長所を最大限に生かす]

地球の表面を撮影し DSM に最も近い値を与えている衛星ステレオ観測 ASTER GDEM と、全天候型観測が可能で植生貫通能力のある干渉 SAR 観測 SRTM3 を DTM として補完的に組み合わせることにより、DSM から DTM を作成するためのアルゴリズムを開発する。

[世界で唯一の衛星搭載 L バンド干渉合成開口レーダーを活用する]

SRTM データセットは C バンド(6cm)を用いているが、植生に対してより高い貫通力を持つ L バンド(24cm)を搭載し、世界で唯一の日本の衛星 ALOS PALSAR の干渉合成開口レーダーを活用することで、密度の高い森林域での DSM, DTM 作成精度の向上を目指す。

[全球データセットを体系的に整備して国際的な流通を目指す]

航空機レーザー測量を用いれば空間分解能が高いデータセットを作成可能だが、広い観測範囲を確保することは費用対効果の観点から現実性に乏しい。科学技術分野の利用に資するためには、全世界で均質なデータセットを体系的に整備することが重要である。

全球数値標高モデルの整備状況は、公共的利益に資する科学技術分野への貢献という観点からは、まだ途上段階にある。我が国が他国に先駆けて、実務利用者が真に欲している信頼性の高い情報を世界に向けて発信することは、国土基盤情報の形成に大きく寄与する。

4. 研究成果

本研究の成果は、a) 地形図を参考にした ASTER GDEM と SRTM3 の空間分特性解析、b) 土地被覆分類図と人口分布図を参考にした DSM から DTM 作成アルゴリズムの開発、c) L バンド干渉合成開口レーダーと衛星・航空機レーザー測量を用いた妥当性の検討の 3 つに分けられる。

[空間分布特性解析]

平成 22 年度 前半の半年間は、日本の国土地理院と米国の地質調査所から得られる地形図を元に、ASTER GDEM と SRTM3 から DSM と DTM を区分するための空間分布特性解析を行った。

[DTM 作成アルゴリズムの開発]

平成 22 年度 後半の半年間は、全球土地被覆分類図と人口分布図から得られた情報を元に、DEM から DTM を作成するアルゴリズムを開発した。

[DTM 作成アルゴリズムの検討と改良]

平成 23 年度 前半の半年間は、衛星・航空機レーザー測量から得られた情報と比較することにより、特に地形の急峻な地域、森林、都市などでのアルゴリズムの妥当性を検討し改良を加えた。

[L バンド干渉合成開口レーダー処理の検討と改良]

平成 23 年度 後半の半年間は、衛星・航空機レーザー測量から得られた情報と比較することにより、L バンド干渉合成開口レーダー処理妥当性の検討と改良を行った。

[L バンド干渉合成開口レーダーデータ処理]

平成 24 年度 前半の半年間は、ASTER GDEM と SRTM3 を組み合わせても十分な情報が得られない地域を絞り込み、L バンド干渉合成開口レーダーによるデータ処理を行った。

[全球データセットの再構築]

平成 24 年度 後半の半年間は、アルゴリズム改良の最終調整を行ったのち、全球を網羅的にデータセットを再構築するためのデータ処理を行った。

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) Preesan Rakwatin, Nicolas Longepe, Osamu Isoguchi, Masanobu Shimada, Yumiko Uryu and Wataru Takeuchi. Mapping tropical forest using ALOS PALSAR 50m resolution data with multiscale texture analysis. International Journal of Remote Sensing, 33(24), 2012, 7727-7746, 査読有
DOI:10.1080/01431161.2012.701349.
- (2) Ram Avtar, Haruo Sawada, Wataru Takeuchi, G. Singh, 2011. Characterization of Forests and

Deforestation in Cambodia Using ALOS/PALSAR Observation. Geocarto Internation, 2, 119-137, 2011. DOI:10.1080/10106049.2011.626081, 査読有

- (3) Yoshiki Yamagata, Wataru Takeuchi, Hasi Bagan, Akihiko Ito and Minako Adachi, 2010. Forest carbon mapping using remote sensed disturbance history in Borneo. IEEE Earthzine, Sep. 21, 2010. 査読有 (online).

〔学会発表〕(計7件)

- (1) Chandima N Subasinghe, Wataru Takeuchi and Lal Samarakoon, 2012. Identify seasonal changes using DEM generated by SAR Interferometry: A case study in Osh province Kyrgyzstan. 第21回生研フォーラム「広域の環境・災害リスク情報の収集と利用」: 東京大学生産技術研究所(東京都目黒区), 2012/03/12.
- (2) Chandima N. Subashinghe and Wataru Takeuchi, 2012. Watershed based above ground biomass and carbon stock estimation using remotely sensed data in Sri Lanka. 33rd Asian conference on remote sensing (ACRS): Patthaya, Thailand, Nov. 28, 2012.
- (3) Wataru Takeuchi, Dien Vu Tien, Lam Dao Nguyen, An Ngoc Van and Kyaw San Oo, 2012. Above ground biomass mapping of mangrove forest in Vietnam by ALOS PALSAR polarimetric measurements. 33rd Asian conference on remote sensing (ACRS): Patthaya, Thailand, Nov. 28, 2012.
- (4) Wataru Takeuchi, Dien Vu Tien, Vu Tan Phuong, An Ngoc Van and Kyaw San Oo, 2011. Above ground biomass mapping of mangrove forest in Quang Ninh province of Vietnam by ALOS PALSAR polarimetric measurements. 32nd Asian conference on remote sensing (ACRS): Taipei, Taiwan, 2011 Oct. 4.
- (5) Ryotaro Takeda and Wataru Takeuchi, 2011. Generating DTM from ASTER GDEM product using wavelets. 32nd Asian conference on remote sensing (ACRS): Taipei, Taiwan, 2011 Oct. 4.
- (6) 竹田亮太郎, 竹内渉, 2011. ウェーブレットによるDEMからのDTM抽出手法の提案. 日本リモートセンシング学会 第50回学術講演会: 日本大学(東京都世田谷区), 2011/05/26.
- (7) 長田幹, 竹内渉, 2011. グローバルメガシティにおける都市開発と空間的構造の分析に関する研究. 第20回生研フォー

ラム「広域の環境・災害リスク情報の収集と利用」: 東京大学生産技術研究所(東京都目黒区), 2011/03/11.

〔その他〕

ホームページ等

<http://wtlab.iis.u-tokyo.ac.jp/~wataru/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹内 渉 (TAKEUCHI WATARU)

東京大学・生産技術研究所・准教授

研究者番号: 50451878