

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 27 日現在

機関番号：32617

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23701031

研究課題名(和文) 航空機レーザー計測データを用いたプロセスベース型地形シミュレーションモデルの構築

研究課題名(英文) Development of process-based LEMs using Air-borne laser mapping data

研究代表者

田中 靖 (Tanaka, Yasushi)

駒澤大学・文学部・教授

研究者番号：80348888

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：航空機レーザー測量(LiDAR)による高解像度の数値標高モデル(DEM)を初期条件として用いることができる、汎用性が高くシンプルなプロセスベース型の地形シミュレーションモデル(LEM)の構築に取り組み、その性能を評価するために日本の現実地形への適用を行った。開発したLEMは、約100平方キロメートルの流域を対象として、空間解像度25m程度のDEMを初期条件として用いた場合には、現在の地形学の知識に照らしてある程度信頼できるシミュレーションを行うことができた。一方で、より高解像度のDEMを初期条件とするLEMを構築するには、流域処理アルゴリズムの問題を解決すべきであることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：I tackled development of versatility- and simplicity-conscious process-based landscape evolution models (LEM) which can use fine resolution digital elevation models (DEM) by Air-borne laser mapping as initial condition data, and applied them to actual topography in Japan to evaluate their performance. The developed LEMs returned good results comparing with previous Japanese geomorphological studies in case of using about 25 meter resolution DEM for around 100 square kilo-meter drainage area. On the other hand, it was revealed that we should solve flow-routing algorithm problems to carry out the simulation by using more high-resolution DEM.

研究分野：地理学

キーワード：LEMs DEM GTL シミュレーション 海水準変動 拡散係数 地形計測

1. 研究開始当初の背景

2010年当時、航空機レーザー測量(LiDAR)による1~5m程度の解像度を持つ数値標高モデル(DEM)を地形解析に用いることが可能になりつつあり、このデータを地形学や地理学の視点から有効に活用することが求められていた。しかし、当時の日本では詳細な地図作成の段階に留まっていた。

高解像度DEMによって大きな発展を遂げる可能性の高い研究分野の一つに、DEMを初期条件として用いる地形発達シミュレーションモデル(LEMs)の構築がある。この種の研究は欧米では盛んに行われており、現在では例えば、SIBERIA (Willgoose et al, 1991), DELIM (Howard, 1994), GOLEM (Tucker & Slingerland, 1994)などといったコンピュータシミュレーションプログラムが地形学者の間で共有され、研究の発展に寄与している。また日本でも、例えば野上(2011)に代表される研究の積み重ねがあった。

一方でこれらのモデルは、様々な問題によりLiDAR-DEMを初期条件として使用することが出来ないことが分かっていた。

2. 研究の目的

以上の状況を鑑みて本研究では、LiDAR-DEMを用いたLEMsの構築を通して、これまでの地形学で「分かったこと/分かかっていないこと」を定量的に整理することを目的とした。そのための具体的な目的として、以下の三つを柱に研究を進めた。

第一は、LiDAR-DEMに適した地形変化シミュレーションモデルのたたき台を構築し、ソースプログラムなどと共に公開することである。

しかし、入力データの空間解像度、スケール、各種パラメータの係数(例えば、拡散係数、後退係数、隆起速度、崩壊発生の規模・頻度など)の兼ね合いから、そのままでは妥当な計算結果が得られないことが多い。したがって、これらの条件をこれまでの地形学の研究成果を基に検討し、得られたこれら係数の地域性を明らかにすることが、第二の目的である。

第三の目的は、よりよいモデルを構築するための、地形理論およびアルゴリズムの検討である。いったんたたき台となるモデルを作ることができれば、その結果から現在のモデルでは不十分な点が自ずとあぶり出されてくる。それを解決するためにどうするか、理論および技術の両側面から問題を整理し、次の研究へつなげていく。

3. 研究の方法

LEMsは、これまでの地形学の研究成果である地形変化を表現する数式とその変化速度を決めるパラメータの集合体である。したがって、まず既往研究のレビューにより、本研究に適した個々の地形変化モデルの選択とパラメータの検討を行なった。

次に、プログラミングによりプロトタイプとしてのLEMsを作成した。プログラミング言語には、汎用性を計算速度のバランスを考慮してCおよびC++を用い、計算結果の図化やアニメーションの作成にはGMTおよびMatlabを用いた。また、初期データの作成および調整には、ArcGISに組み込まれているラスターデータ処理機能を一部用いている。

結果の検証方法はこの研究における重要な問題の一つであるが、本研究ではそれに対する一つのアイデアとして、シミュレーションを行う地域を福島県の海岸線および高知県室戸半島付近に発達する海成段丘を対象とした。これらの地域の地形は、広域的な地殻変動と全球的な氷河性海水準変動の結果形成されたものであると考えられており、これまでの研究成果から、将来の地形についてある程度予測が可能であると考えられる。そこで、この予測と計算結果を比較した。また、得られた地形の地形計測を行い、その統計的な分布から、現在の地形に照らして適切な結果であるかも検証した。

4. 研究成果

LiDAR-DEMを初期条件として用いるLEMsは、プロセスベースでの構築にはまだ理論的・技術的な問題が多く存在するため、まず中解像度(10~50m正方形グリッド)でのモデル構築を行った。

プロトタイプとしてのこのLEMsでは、これまでの地形プロセス学の研究成果をベースとして、隆起・沈降、河川の土砂運搬による侵食、斜面における土砂移動、および波浪に伴う海岸線での海食について、年単位で計算することにより地形変化を再現することができる(図1)。

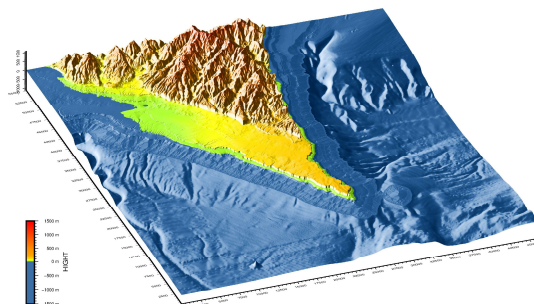


図1 本研究で構築したLEMsを用いて高知県室戸半島南端の地形変化を予測した例。この図は、一つのシナリオを決めた時の約12万年後の地形を表現している。パラメータや結果の評価等に関する詳細は、後述の研究成果の雑誌論文のや学会発表のなどを参照。原図は動画。

構築したLEMsを福島県楢葉町周辺および高知県室戸半島周辺の海岸地域の地形に適用し、氷期間氷期サイクルの1周期~2周期に相当する期間の地形変化を計算した結果、陸域での流路変化や、隆起に伴って離

水する海成段丘などがある程度再現できそうであることが確認できた。そこで、入力パラメータを変化させて地形変化の違いを細かに観察したところ、既往研究と整合的な結果が得られるところと、発達史地形学における考え方と矛盾するとみなすこともできるような結果の両方が指摘できることが分かった。

構築した LEMs は、前述のように主な地形変化営力が全て組み込まれているので、現実の地形を対象として総合的な視点から地形の意味を再検討することを可能にした。このような研究例は国際的に見ても多くはなく、改善すべき点を多く内包しているといえ本研究における一つの大きな成果と言えるであろう。

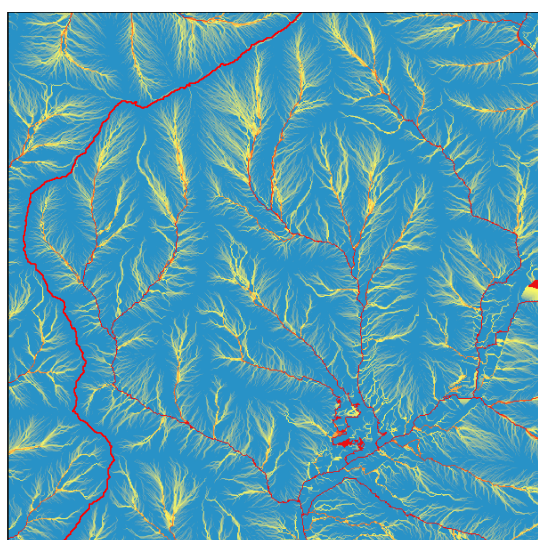
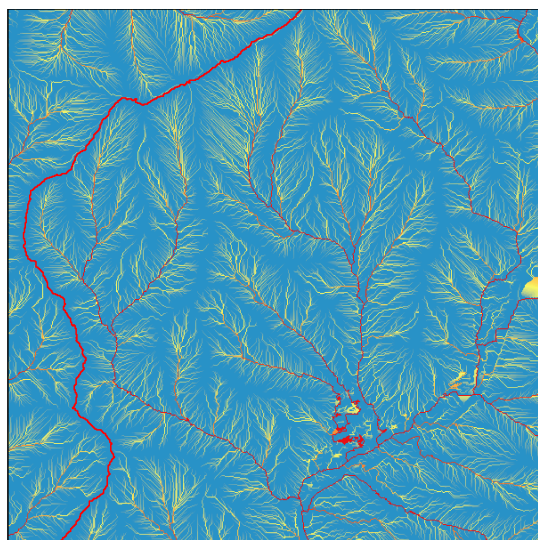


図2 LiDAR による 1m 解像度の DEM から上流域面積を評価した図の例。上図よりも下図の方法が理想的であるが、計算時間等の問題により本研究の LEMs には組み込んでいない。学会発表のより。

次のステップとして、この LEMs を用いて、初期条件とする DEM の解像度と適切な（目標とする）予測期間に関する検討を行った。その結果、約 100 平方キロメートルの流域を対象として、空間解像度 25m 程度の DEM を初期条件として用いた場合には、現在の地形学の知識に照らしてある程度信頼できるシミュレーションを行うことができることが分かってきた。

しかし、この LEMs を LiDAR-DEM を初期条件として用いるには、計算方法、計算速度、そして結果の評価方法と全ての点において課題が多いことが具体的に明らかとなってきた。特に大きな問題はプログラム中の河川の流路構築アルゴリズムの問題であり、この問題を解決しなければ LiDAR-DEM によるシミュレーションはほぼ不可能であることが明らかとなった（図2）。

そこで、これらデータの高解像度化に伴う課題の整理を行うとともに、大きな問題のいくつかを考慮せずに済む条件やフィールドを設定して研究を進めた。具体的には、山口県防府市の山地流域、高知県室戸岬周辺および房総半島南部の海成段丘地形を対象として、一次元(断面)と二次元での両方の LEMs を構築し、これらの結果を比較しながら研究を進めた。この成果の公表を本科研費実施期間中に行うことはできなかったが、今後速やかに発表する予定である。

<引用文献>

Willgoose, G. R., Bras, R. L. and Rodoriguez-Iturbe, I. A physically based coupled network growth and hillslope evolution model, *Water Resource Research*, **27**, 1991, 1671-1684.

Howard, A. D. A detached limited model for drainage basin evolution, *Water Resource Research*, **30**, 1994, 2261-2285.

Tucker, G. E. and Slingerland, R. L. Erosional dynamics, flexural isostasy, and long-lived escarpments: A numerical modeling study, *Journal of Geophysical Research*, **99**, 1994, 12229-12243.

野上道男, 地形発達シミュレーションの枠組みと実行例, *地学雑誌*, **120**, 2011, 486-501.

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 1件)

井上 信・田中 靖, グリッド型地形発達シミュレーションモデルの現実地形への適用. *地形*, 査読有, 34(2), 2013, 147-165.

〔学会発表〕(計 8件)

田中 靖・井上 信・上野真実・隈元 崇,
地形発達シミュレーションモデルの高度化に向けた解決すべき課題の定量評価
室戸半島の海成段丘を事例として .

2014 年日本地理学会秋季学術大会, 2014
年 9 月 20 日 ~ 2014 年 9 月 21 日, 富山大学
(富山県・富山市).

八反地 剛・高橋大地・土志田正二・田中
靖, 山口県防府市剣川流域における豪雨前後の
流路発生地点の変動 . 日本地形学連合
2014 年秋季大会, 2014 年 10 月 11 日 ~ 2014
年 10 月 12 日, 奈良大学(奈良県・奈良市).

井上 信・田中 靖, 数値計算を用いた隆
起様式と海成段丘の形態に関する検討 . 平成
26 年度日本応用地質学会研究発表大会,
2014 年 10 月 29 日 ~ 2014 年 10 月 30 日,
九州大学(福岡県・福岡市).

田中 靖, 高解像度 LiDAR-DEM を用いて上
流域面積を決定する方法の問題点 . 日本地
形学連合 2013 年秋季大会, 2013 年 9 月 13
日 ~ 2013 年 9 月 15 日, 東北学院大学(宮
城県・仙台市).

山下久美子・八反地 剛・田中 靖・土志
田正二・柳場さつき, 花崗岩および花崗閃
緑岩斜面における表層崩壊の発生条件 . 平成
21 年度山口県防府市土石流災害の事
例 . 日本地形学連合 2013 年秋季大会, 2013
年 9 月 13 日 ~ 2013 年 9 月 15 日, 東北学
院大学(宮城県・仙台市).

田中 靖・井上 信, 地形発達シミュレ
ーションモデルによる海岸域における地形
変化の再現 . 2013 年日本地理学会春季学
術大会, 2013 年 3 月 29 日 ~ 2013 年 3 月
30 日, 立正大学(埼玉県・熊谷市).

井上 信・田中 靖, グリッド型地形発達
シミュレーションモデルの構築と実在す
る地形への適用 . 日本地球惑星科学連合
2012 年大会, 2012 年 5 月 20 日 ~ 2012 年 5
月 25 日, 幕張メッセ(千葉県・幕張市).

井上 信・田中 靖, 現実の地形を対象と
する流域地形発達シミュレーションモデル
の構築とその実用性の検討 . 日本地形学
連合 2011 年秋季大会, 2011 年 9 月 2 日 ~
2011 年 9 月 3 日, 金沢大学(石川県・金
沢市).

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

田中靖ホームページ

<http://www.komazawa-u.ac.jp/~yasushi/>

(本研究成果の一部を公開している)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 靖 (Tanaka, Yasushi)

駒澤大学・文学部地理学科・教授

研究者番号: 80348888

(2) 研究分担者

なし。

(3) 連携研究者

なし。