

宇宙ライダーを用いた空間内挿による DEM の作成と評価

日大生産工(院)
日大生産工
日大生産工(特任教授)
日大生産工(特任教授)
日大生産工

○野上 裕都
朝香 智仁
岩下 圭之
杉村 俊郎
野中 崇志

1. はじめに

宇宙ライダーとして 2018 年 12 月より、国際宇宙ステーション (ISS) に GEDI (Global Ecosystem Dynamics Investigation) が搭載され、運用されている。GEDI は NASA が運営するミッションの一つで、バイオマス量を推定するため、波形記録式のライダー観測を行うことで、森林樹冠の高さ、樹冠の垂直構造、および標高等を観測している。よって、観測地点の樹木等だけでなく、地盤高も観測できるため、数値表層モデル (DEM) のプロダクト (L3 データ) も生成され、ダウンロードできるようになっている。しかしながら、GEDI の L3 データである全球を対象とした 1km メッシュ DEM は、L2A データをどのようなアルゴリズムによって空間内挿しているか、その内容は公開されていない。

著者らは、L3 データの元データとなる L2A データについて理解することで、L3 データ DEM の空間分解能を 1km メッシュよりも向上させることを最終的な目標に設定している。

本研究では、GEDI の L2A データによって推定された地盤高を用いることで L3 データの 1km メッシュ DEM よりも高分解能の DEM が作成できるか検証することを目的とし、DEM の作成時に用いる空間内挿の最適な手法について定量的な評価を行った。

2. 使用データ

GEDI は ISS の軌道に沿って 1 観測あたり直径 25m のフットプリント円¹⁾で観測されており、データの詳細は観測位置情報(緯度経度情報)及び観測標高、反射強度波形のデータが格納されている。その中で、L2A データは観測

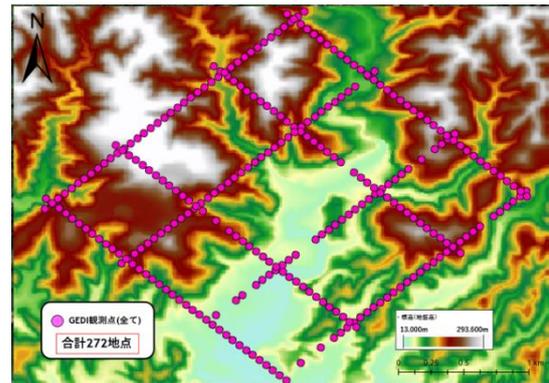


Fig.1 10mDEMと観測地点の位置 (全て)

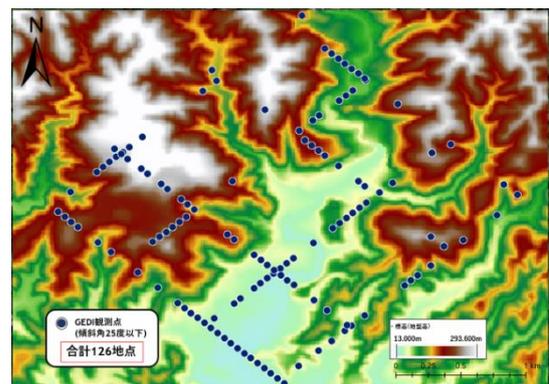


Fig.2 10mDEMと観測地点の位置(傾斜角25度以下)

データをもとに算出した地盤高や表層標高等の高さ情報と各観測地点がテキスト形式でまとめられたものである。しかし、雲などの影響により正確に観測されていないデータや標高解析に使用ができないレーンがあり使用可能なデータを選別する必要がある。観測ルートは南西から北東、北西から南東に抜ける 2 通りあるが、本研究では密集したデータの収集を目的に 2 ルートが重複する地点で使用が可能な条件を満たす千葉県南房総市和田町黒岩周辺を研究対象地域に選定した。

Accuracy Assessment for DEM
by Spatial Interpolation Using the ISS-Loaded LiDAR
Yuto NOGAMI, Tomohito ASAKA, Keishi IWASHITA, Takashi NONAKA and
Toshiro SUGIMURA

3. 解析方法

研究対象地とした地点について、中心点地盤高を記録しているL2Aデータのlowest modeのデータを用いた。その中で、国土数値情報10mメッシュDEMと比較して、対象地域で観測されたGEDIのデータ合計272点を空間内挿する対象点とした(Fig.1)。またGEDIでの観測精度が不安定な急斜面の地点を除くことで精度の良いDEMが生成できるか検証するため、急斜面の地点を除いたものと比較することとした。GEDIのプロダクトから生成される反射強度波形グラフの形状は、斜面勾配25度辺りから正しく観測された場合のグラフ形状が大きく変化するため、閾値を斜面勾配角25度以上の場所を急斜面として扱い、これらの地点を除いた合計126地点のデータも用意した(Fig.2)。

Fig.1およびFig.2に示すポイントに対して、空間内挿の手法であるIDW(Inverse Distance Weighted), Natural Neighbor, Kriging, Splineの4手法を適用し、空間分解能を100mのDEMの生成を行なった。また、本研究では国土数値情報の10mメッシュDEMを空間分解能100mに変換したものを検証データとした。

4. 結果と考察

Table1は、GEDIのL2Aデータを空間内挿したDEMと、検証用の国土数値情報によるDEMから求めた相関係数を示したものである。結果として、検証用のDEMから対象地域で観測されたすべてのポイントを用いたデータから生成したDEMは、さらに斜面勾配25度以上を除いたデータから生成したDEMよりも、どの空間内挿の手法を使用したとしても相関係数が高くなることが分かった。宇宙ライダーの観測精度が低下する崖や急峻な地形部分のデータを除くよりも観測点数を増やして空間内挿を行う方が効果的であった。

また、空間内挿の手法別で考察すると、どちらの場合もKrigingのデータが最も効果的であった。Krigingの手法は主にサンプルの推定精度が低いデータ²⁾に適しているとされている。Krigingは、周囲の計測値を加重して未計測の位置を予測する方法であり、式は以下の式(1.1)で表される³⁾。

$$\hat{Z}(S_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(S_i) \quad (1.1)$$

ここで、 $Z(S_i)$: i 番目の位置における計測値、 λ_i : i 番目の位置における計測値の不明な加重、 S_0 : 予測位置、 N : 計測値の数である。

Table1 空間内挿したDEMと国土数値情報との相関係数

空間内挿の手法	相関係数R (すべての点を含めた場合)	相関係数R (斜面角25度以上を除いた場合)
IDW	0.854	0.806
Natural Neighbor	0.860	0.819
Kriging	0.878	0.837
Spline	0.854	0.794

この計算式はIDWの計算式と基本は変わらないが、IDWの加重 λ_i は観測地点からの予測地点までの距離で決まるのに対して、Krigingは予測位置だけではなく全体的な空間的位置を算出することでより精度の高いデータを作成することができる³⁾。この計算式では計測値の個数に依存しているため、空間内挿に用いるポイントが多いほど、より細かい解析ができる。加えてKrigingでは空間的位置モデルを用いるため、データが多ければ多いほど真値に近いデータを拾い解析を行ってくれる確率が高くなるためKrigingの解析手法が一番、相関係数が高くなったと考えられる。

5. まとめ

本研究では、L2データの地盤高データに基づき、GEDIの観測精度を左右する斜面の観測データの有無の2種類のデータと4種類の空間内挿の最適手法の評価を行った。結果は、斜面で発生する観測誤差を除いた場合よりも、空間内挿に使用するデータの数を増やした場合の方が精度が良く、手法別ではKrigingが一番有用であることが分かった。

今後は空間内挿のDEMの精度を上げるため、最適な分解能のポイントデータの個数やポイント量を担保しつつ斜面などの誤差要因のデータの排除方法を検討していく予定である。

参考文献

- Michelle Hofton, J Bryan Blair. , “Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) for GEDI Transmit and Receive Waveform Processing for L1 and L2 Products”, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD (2019) p.4~36
- 内挿 | ESRI ジャパン 空間解析, <https://www.esri.com/gis-guide/spatial/interpolation/>, (参照 2024-10-11)
- クリギング (Kriging) の仕組み-ArcGIS Pro | ドキュメント, <https://pro.arcgis.com/ja/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-kriging-works.htm>, (参照 2024-10-11)