

不等式標高データを活用するための 曲面推定プログラムBS-Horizonの改良(その1)

升本 眞二*・根本 達也*・野々垣 進**・ベンカテッシュ ラガワン***

Improvement of the Surface Estimation Program BS-Horizon for Utilization of Inequality Elevation Data (Part 1)

Shinji MASUMOTO*, Tatsuya NEMOTO*
Susumu NONOGAKI** and Venkatesh RAGHAVAN***

* 大阪市立大学大学院理学研究科 Graduate School of Science, Osaka City University, 3-3-138
Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka 558-8585, Japan. E-mail: masumoto@sci.osaka-cu.ac.jp

** 国立研究開発法人産業技術総合研究所 Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced
Industrial Science and Technology, Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan

*** 大阪市立大学大学院工学研究科 Graduate School of Engineering, Osaka City University,
3-3-138 Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka 558-8585, Japan

キーワード：曲面推定, BS-Horizon, 地質境界面, 地形面, 不等式標高データ

Key words : Surface estimation, BS-Horizon, Geologic boundary surface,
Topographic surface, Inequality elevation data

1. はじめに

曲面がこの位置よりも上(あるいは下)にあることを示す不等式標高データは、曲面の位置を示す等式標高データと同様に重要である。ボーリングデータの最下部の標高は不等式標高データであり、3次元モデリングの際の地質境界面推定に一般的に利用されている。地形図の等高線間の不等式標高データは、地形図から地形面を推定する際の基本となる情報である。不等式標高データを活用して曲面を推定するプログラムにBS-Horizon(野々垣ほか, 2008)がある。しかし、BS-Horizonは計算やパラメータの決定に多くの時間と手間がかかるという問題がある。Nonogaki *et al.* (2017)は計算時間の短縮、塩野ほか(2001)やTran *et al.* (2017)はパラメータ等の関係を述べた。本研究ではこれらを発展させ、問題を解決するためのその1として、プログラム改良に向けた検討結果について述べる。

2. プログラム改良のための検討

BS-Horizonは3次B-スプラインにより表現した曲面を塩野ほか(2001)による拡大目的関数に適用した曲面推定プログラムである。不等式標高データを用いる場合は、最適な曲面は外点ペナルティ関数法にもとづいて決定する。第1図(a)に示すようにデータの充足度 R と面の滑らかさ J のバランスを調整するペナルティ α を増加させながら反復計算を行う。推定結果の曲面も第2図のように変化する。このために α を決定する作業と反復計算のための時間がかかる。

2.1 反復計算回数の削減

反復計算の回数を減らすための工夫として、結果の変化を評価する指標 C を追加した。 C は反復計算の前後の推定

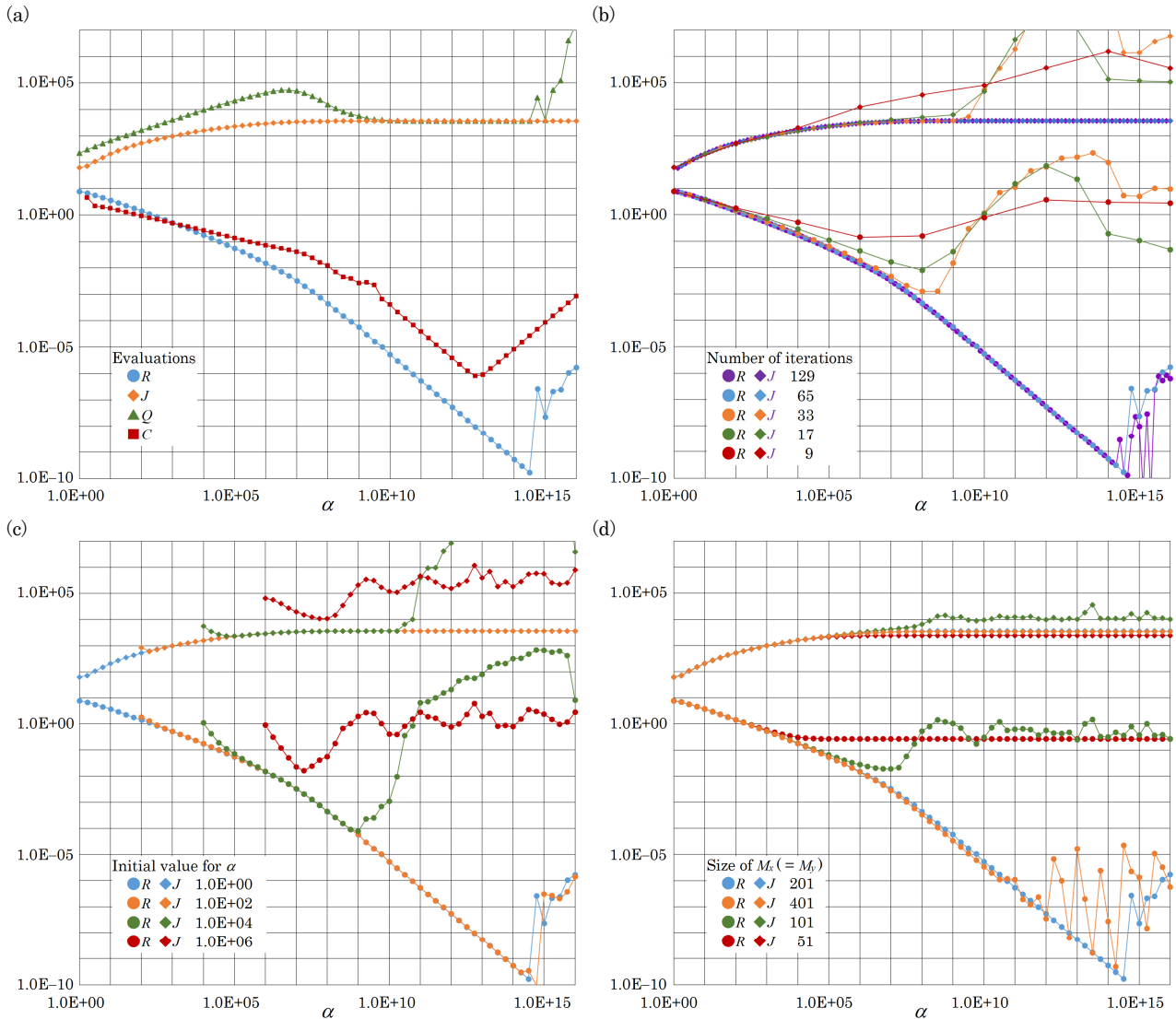
結果(格子データ)の差の2乗平均の平方根で表す。第1図(a)に示したように、 C はデータの充足度 R と同様に α の増加に伴い減少する。 R と C を用いることで出力結果を可視化せずに評価でき、必要以上の計算を止めることが可能となる。 α の増加分に対応する反復計算の回数(第1図(b)), α の初期値(第1図(c)), およびスプラインの格子数であり、計算時間に直接影響する M_x (ここでは、 $=M_y$: 第1図(d))についても検討した。反復計算の回数は、必要以上に大きくしても R は変わらない。 α の初期値は1ではなく100でも良い。 $M_x = 401$ は $M_x = 201$ の約13倍の計算時間を要するが、 R はほとんど変わらない。これらから、不必要な計算を行わなくても良いことがわかる。

2.2 並列化による計算時間の短縮

マルチコアCPUとOpenMPを用いてスレッド並列化が行われていたBS-Horizonをもとに、連立方程式の解法を改良した。また、GPGPUとOpenACCを用いた並列化により高速化を試みた。これらにより数倍程度に速度は改善されが、大幅な計算時間の短縮はできていない。GPGPUをより有効利用するために、連立方程式を圧縮せずに解く方法も検討したが、GPGPUとCPU間のメモリの転送に時間がかかるために改善は見られなかった。

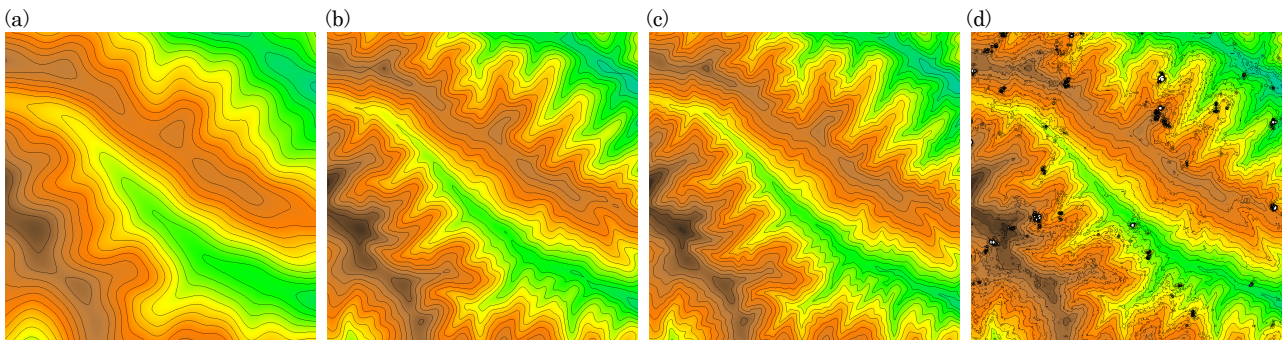
3. おわりに

本研究の最終目標は、不等式標高データを用いた曲面推定を自動的かつ高速に実現することである。ここで述べた反復計算回数の削減は計算時間と直結するため、効果が期待できる。今後、多様なデータでの比較など、詳細な検討が必要である。なお、本研究はJSPS科研費16K00158の助成を受けたものである。



第1図 不等式標高データを用いた曲面推定時の α と R, J 等の関係

(a) $M_x = 201$ の際の α と R, J, Q および C の変化, (b) $M_x = 201$ の際の $\alpha=1.0 \sim 1.0 \times 10^{16}$ 間の反復計算の回数の違いによる R と J の変化, (c) $M_x = 201$ の際の α の初期値の違いによる R と J の変化, (d) M_x の違いによる R と J の変化.



第2図 曲面推定結果の表示例 ($M_x = M_y = 201$, $\alpha=1.0 \sim 1.0 \times 10^{20}$ 間, 反復計算回数 81)
(a) $\alpha = 1.0$, (b) $\alpha = 1.0 \times 10^3$, (c) $\alpha = 1.0 \times 10^{10}$, (d) $\alpha = 1.0 \times 10^{20}$.

文 献

野々垣進・升本眞二・塩野清治 (2008) 3次B-スプラインを用いた地層境界面の推定. 情報地質, vol.19, no.2, pp.61-77.
Nonogaki S., Masumoto S. and Nemoto T. (2017) High-speed Gridding System for Geological Surfaces using Multi-threading Technology. *International Journal of Geoinformatics*, vol.13, no.1, pp.1-10.

塩野清治・能美洋介・升本眞二・坂本正徳 (2001) Horizon2000: 等式・不等式制約条件や傾斜データを活用した地層境界面推定プログラムの改良. 情報地質, vol.12, no.4, pp.229-249.
Tran T. A., Masumoto S., Raghavan V., Nonogaki S., Yonezawa G. and Nemoto T. (2017) Evaluating Parameters for BS-Horizon Surface Generation using Elevation Data. *Geoinformatics*, vol.28, no.2, pp.31-50.