

KED 法を用いた地球科学情報の分布推定

KED estimated distribution of Earth Scientific Information

山川純次・海老貴宏・松本宏文 (Junji YAMAKAWA, Takahiro EBI, Hirofumi MATSUMOTO)*

KED, the Kriging with External Drift, is one of the spatial statistical method for estimating some distribution from the discrete spatial sampled data set about the research field. The KED uses the kriging method (Matheron, 1973) with some auxiliary map to minimize the estimated error. The KED procedure was performed by the R-Language (Ihaka and Gentleman, 1996) using some geostatistical libraries. The auxiliary maps required by the KED were prepared by the authors with some GIS applications. The 3-dimensional geographic representations for the estimated distribution were performed by the Google Earth (Google, 2011).

In this report, the KED was applied to some Earth scientific information to show the fundamental scheme of the method.

Keywords: KED, Universal kriging, Regression kriging, R-Language, Google Earth

I. 序論

地球科学分野では位置情報を伴った物性を扱うが、これらは地球科学情報と呼ばれる。地球科学情報の例として微量元素の分布や大気中の汚染物質の分布、鉱物の構造シフトの岩体での分布などがある。通常これらの物性は、対象とするフィールドにおいて離散的に観測されるため、そのフィールド全体に渡る分布は地球統計学(Geostatistics)の手法を使って推定される。地球統計学による空間分布の推定手法には、逆距離加重法 (Inverse Distance Weight, IDW) やクリギング法(Kriging) 等があるが、地球科学分野では観測値の空間自己相関性を考慮した分布推定が行えるクリギング法が多用される。

クリギング法は Matheron (1973) により提唱された手法で、観測値の取り扱い方により通常クリギング(Ordinary kriging) 法と普遍クリギング(Universa Kriging または Kriging with External Drift, KED)法がある。通常クリギング法が観測値の空間自己相関性にのみ着目して推定値を求めるのに対し、KED 法は補助変数マップを用いて通常クリギング法による推定値の分散を最小化することが行われる。つまり KED 法は、注目している物性がサンプリングの位置情報だけでなく、その位置における他の物性とも関連する性質を持っている場合に、比

較的精度の高い推定を行うことが可能になる。

今回、地球科学情報に関して KED 法による分布推定を行い、この手法の有効性の検討を行ったので報告する。

II. データとアプリケーション

データ

KED 法による空間分布推定を行った地球科学情報は岡山市北西部の岡山空港周辺に分布する花崗岩体から分離した石英の構造シフトデータ(Yamakawa, 2011 Private communication)である。花崗岩体の形状抽出と補助変数マップを作成するための数値地質図として 20 万分の 1 日本シームレス地質図 DVD 版(脇田・井川・宝田, 2009)を使用し、数値標高モデルとして国土地理院より提供されている基盤地図情報(数値標高モデル)のうち 10m メッシュのものを使用した。

アプリケーション

Shapefile 形式で提供されている数値地質図の操作には QuantumGIS (QuantumGIS Develop Team, 2011)を使用した。地球統計解析には R (Ihaka and Gentleman,

* 岡山大学理学部地球科学科, 〒700-8530 岡山市北区津島中3-1-1

* Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Okayama University, Okayama 700-8530, Japan

1996)およびそのライブラリを使用した。クリギングにより推定された分布マップは山川・海老・松本(2010)で開発された手法により Google Earth (Google, 2011)を使用して表示した。

III. 結果と議論

まず、通常クリギング法を用いて構造シフトデータの空間補間を行った。図1にバリオグラム、図2に花崗岩体に関して予測した分布とその偏差を示す。

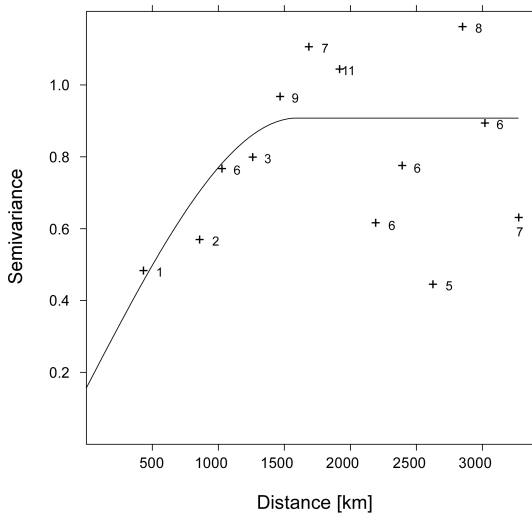


図1. 通常クリギング法によるバリオグラム

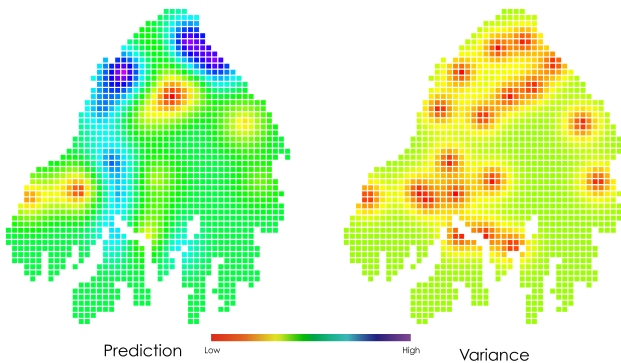


図2. 通常クリギング法による構造シフトの空間分布予測とその分散

この図では推定値の最小値を赤色に、最大値を紫色に割り当ててあり、推定値と分散値を同じスケールで彩色してある。通常クリギング法による空間補間ではサンプリングポイント周辺以外の領域の分散が比較的大きくなって

いることがわかる。

次に KED 法を用いて空間補間を行った。まず、構造シフトと標高および試料採集地点の地質境界からの距離(バッファー距離)の関係を検討したものを図3に示す。

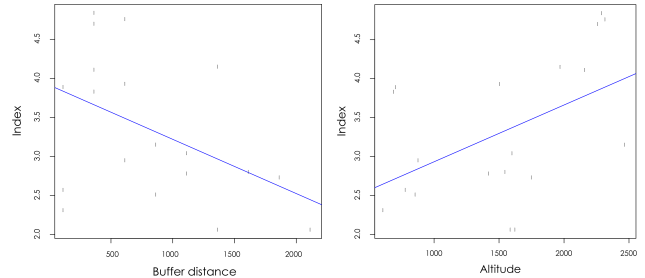


図3. 構造シフトとバッファー距離および標高の関係

その結果、構造シフトはバッファー距離に対して負の相関、標高に対して正の相関が認められた。そこで標高とバッファー距離を補助変量として KED を行い構造シフトの分布とその分散を推定した。その結果を図4に示す。

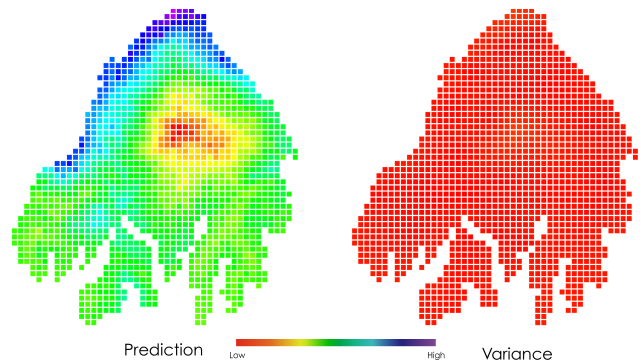


図4. KED法による構造シフトの空間分布予測とその分散

この図も通常クリギングと同じカラースケールで彩色してある。KED 法ではサンプリングポイント以外の領域でも分散が小さくなっていることがわかる。

通常クリギング法と KED 法による予測結果を比較すると、前者がサンプリングポイントでの値を強く反映しており、分布はある程度、観測値から定性的に推定可能となっているのに対し、後者はこれと異なった分布となっていることがわかる。そこで KED 法により推定された分布推定マップを Google Earth によりオーバーレイ表示し定性的に検討した。Google Earth による表示の、南東方向からのスナップショットを図5に示す。

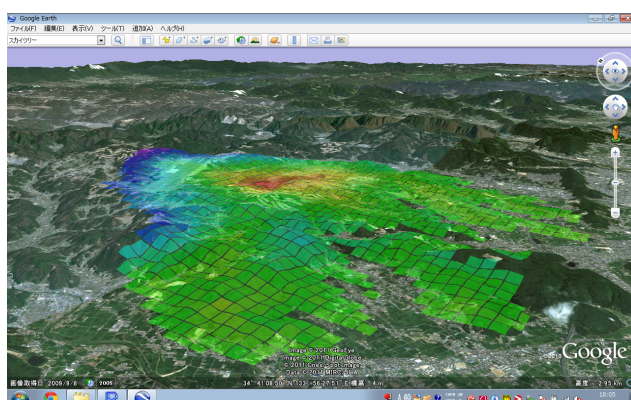


図5. Google Earthで表示した構造シフトの分布推定マップ

Google Earthを使って構造シフトの空間分布推定結果と地形および地表画像を併せて検討すると、岡山空港北側の相対的に標高が高く、岩体の周辺部である領域で構造シフトが高く予測されている点、岩体中央部で相対的に標高が低く、かつバッファー距離が大きい領域すなわち岩体の中心部が低構造シフト領域となっている点などが確認できる。Google Earthによる表示は縮尺の拡大縮小と任意の方位と仰角からの視点が設定可能なため、新たなサンプリング計画を立案する場合やフィールドで推定分布を確認する場合でも有用である。

対象としている物性の空間分布を推定する場合に、クリギングの手法として通常クリギング法とKED法のどちらを用いるかは、目的としている物性と補助変量の相関によって選択する必要がある。しかし地球科学情報は独立

して変化する物性より、地形や植生あるいは他の物性等と相関して変動する物性が多いと予想されるためKED法が適している場合が多いと考えられる。

今後はサンプリングポイントの追加により、クリギング法で推定した分布の実証的検討や推定マップの統計的な精度の向上を図って行きたい。

引用文献

山川純次・海老貴宏・松本宏文(2010)

Google Earth(TM)による地球科学情報の表示
岡山大学地球科学研究報告, 17(1), 25-26

脇田浩二・井川敏恵・宝田晋治(2009)

20万分の1日本シームレス地質図 DVD版, 数値地質図
G-16. 産業技術総合研究所地質調査総合センター

Ihaka, R. and Gentleman, R. (1996)

R: A Language for Data Analysis and Graphics
Journal of Computation and Graphical Statistics, 5(3), 299-314.

Matheron, G (1973)

The intrinsic random functions and their applications
Advances in Applied Probability, 5, 439-468

QuantumGIS Develop Team (2011)

QuantumGIS Geographic Information System
Open Source Geospatial Project.