

海底地形モニタリングへの最適内挿法の適用に関する基礎的検討

豊橋技術科学大学大学院 学生会員 ○清水翔平
豊橋技術科学大学 正会員 岡辺拓巳
豊橋技術科学大学 正会員 加藤 茂

1. はじめに

漁船の操業データを用いた広域・高頻度な海底地形モニタリング手法では、漁船の航行ルートや操業頻度によって時空間的に不均一な地形情報を取り扱う（岡辺，2010）．通常，空間的な欠測は，周囲の情報を用いて空間的な内挿を行う．しかし，大規模な空間的な欠測は，内挿しきれない領域を生じてしまい，地形データとしての価値を低くしてしまう．

一方で，最適内挿法は気象や海洋分野で用いられており，大規模な欠測の空間補正の手法として有用である．この手法は，過去の統計的性質を用いて現時点の空間補正を行うことから，地形モニタリングにおいて，大量に取得された過去の操業データを有効に用いることができれば有用な内挿手法となる．本研究では最適内挿法を海底地形データの算出に適用し，空間のみの内挿法（kriging 法）との比較や内挿誤差に対する原因を検討する．

2. 使用したデータ

海底地形算出に用いるデータは，静岡県沿岸で操業している複数のシラス漁船から得られる日時，位置，水深のログである．データは2009年～2012年までの4年分を対象とし，1～2週間程度の期間を一つのデータセットとして作成した．図-1は対象領域とした静岡県新居海岸の2012年10月における内挿前の海底地形図である．図中の白塗り部分は船が航行していないため，データが無い．本研究では最適内挿法を適用する第一段階として，図中のA，Bの二断面に対して内挿を試みた．

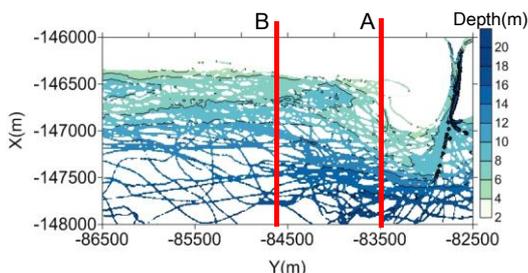


図-1 新居海岸における内挿前の海底地形図

3. 最適内挿法の適用

本研究で用いた最適内挿法の利点は，データの統計的な性質を扱うことで誤差の影響を考慮した内挿ができる点である．最適内挿法による解析値は以下の式で求められる．

$$x_g^a = x_g^b + \sum_{i=1}^n w_{gi} \Delta y_i \quad (1)$$

ここで， x^a は解析値， x^b は第一推定値， w は重み， i は観測点番号 ($i=1, 2, \dots, n$)， g は格子点番号 ($g=1, 2, \dots, m$)， Δy は第一推定値と観測値の差である．最適内挿法では内挿誤差が最小となる推定値を求めため，この式を平均自乗誤差が最小となるように変形すると，次式になる．

$$w_{gi} (\mu_i^b + \mu_i^o \rho_i) = \mu_{gi}^b \quad (2)$$

ここで， μ^b は第一推定値の誤差相関係数， μ^o は観測値の誤差相関係数， ρ は観測誤差標準偏差と第一推定値の誤差標準偏差の比である．最適内挿法では式(2)から重み w を求めるが，そのためには第一推定値と観測値の標準偏差及び相関係数の情報が必要となる．本研究では，第一推定値は，4年間の水深の平均値を用いた．第一推定値の誤差標準偏差は推定値と観測値から求めた．推定値の誤差相関係数 μ_i^b は過去の観測データからの時間的なずれに対する自己相関を求め，その値を用いた．格子点と観測点の誤差相関係数 μ_{gi}^b は加古ら（2003）に従って次式から求めた．

$$\mu_{gi}^b = \exp(-r^2 / c^2) \quad (3)$$

ここで， r は格子間距離， c は影響半径である．本研究では基準とする格子点から岸沖方向にラグを取り，自己相関係数を算出し，これが $\exp(-1)$ となる基準の格子点から最も遠い格子点までの距離を影響半径とした．この影響半径は観測値の誤差標準偏差を用いる際にも利用している．観測誤差の相関係数 μ_i^o は加古ら（2003）と同様に，異なる空間での観測値の

誤差に相関がないと仮定して、同時刻の観測では誤差相関係数は $\mu_i^0=1$ と定めた。

以上の仮定を用いて式(2)から重みを求め、式(1)に代入することで解析値を算出する。

4. 結果と考察

最適内挿法を用いて算出した内挿結果と kriging 法での内挿結果を図-2 に示す。この図から両者の結果は両断面において大まかには一致していることが分かる。それに加えて、最適内挿法による解析結果は過去のデータを扱っていることから、kriging 法では再現できない観測値より外側部分を再現できている。しかし、最適内挿法による解析結果では所々にばらつきがみられる。特に断面 A では岸に近い点でばらつきが多くみられる。図-3 に断面 A における最適内挿法で算出した重みの空間分布を示す。図-3 から断面 A では $X=-147200 \sim -146800$ 付近で算出した重みにばらつきが多くみられることが分かる。このばらつきの原因の一つとして、第一推定値の設定が考えられる。図-4 は、断面 A, B の解析値においてばらつきがみられた点 ($X=-146900$, $X=-147240$) と、断面 B でばらつきがみられなかった点 ($X=-147250$) の観測値の経時変化とその推定値を表したものである。図から解析値にばらつきがある点では、ない場合に比べ、現在の観測値と推定値の差が大きいことが分かる。これは、第一推定値を4年分のデータを平均することで算出したため、現在の観測値と推定値の差が大きくなったことに起因する。こうした要因から、推定値の標準偏差や相関係数に影響を与え、重みにばらつきが生じたと考えられる。今後は、観測値の時間変動から統計的性質をもった第一推定値を仮定して、最適内挿法を適用することでより有用的な内挿が行うことができると考えられる。

5. おわりに

本研究では、海底地形データに対する最適内挿法の適用性に関して検討を行った。その結果、kriging 法では再現できない観測値より外側部分を再現できた。一方で、推定値の設定が重みに大きく影響することが明らかとなった。今後は適切な第一推定値を設定する手法を検討することが課題である。

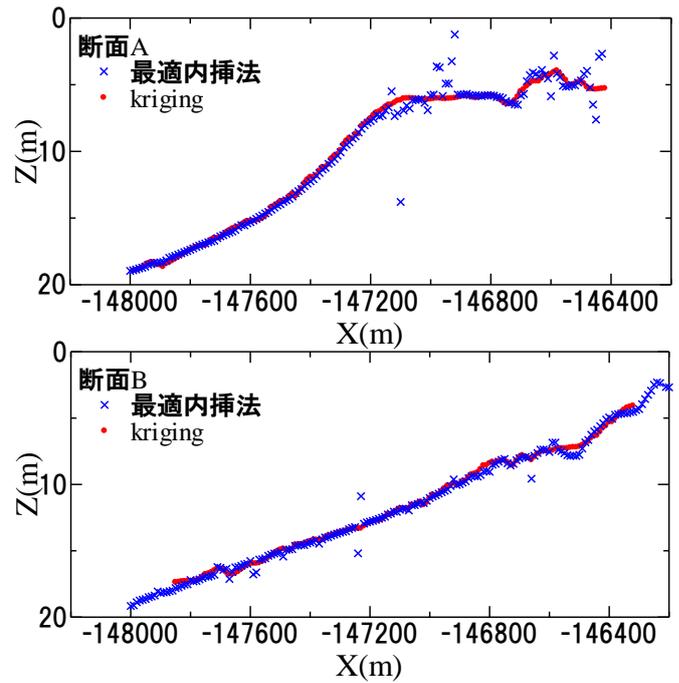


図-2 最適内挿法・kriging 法の内挿結果

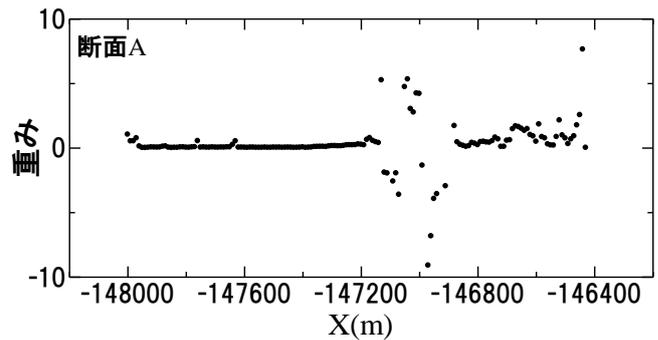


図-3 断面 A ($Y=-83500$) における重み分布

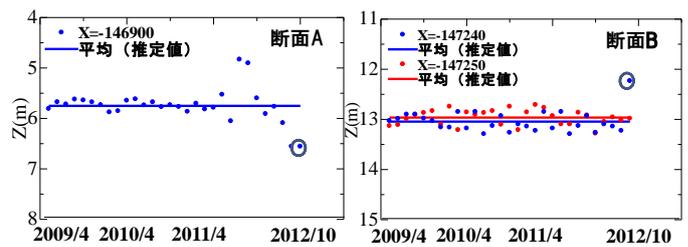


図-4 観測値 (水深) の経時変化と推定値

参考文献

- 岡辺拓巳：広域土砂管理のための沿岸地形モニタリング手法に関する研究，豊橋技術科学大学博士課程論文，2010。
- 加古真一郎・久保田雅久：最適内挿法を用いた ERS-1 人工衛星海上風データの格子化，東海大学紀要海洋学部，第1巻第1号，pp. 1-8，2003。