Kriging に基づく空間補間を利用した津波浸水高分布の推定

防衛大学校　学生会員　○青木　　希
防衛大学校　　正会員　　鴫原　良典

1. 背景と目的

大規模な津波災害が発生しうる我が国において，特に陸上域の津波被災状況を把握することは防災対策上重要である．従来，津波被災後には現地調査が行われ，建物等に残された浸水痕跡を測量することにより津波浸水高・遡上高として観測データを取得する．しかしながら，痕跡が発見できない等の理由によりその分布には空間的な偏りが存在するため，一般に観測データのみから津波被災地域全体の浸水の特徴を理解することは困難である．

そこで本研究では，現地調査による津波浸水高の観測データから Kriging に基づく空間補間を利用することにより，浸水範囲全体の連続的な津波浸水高分布を作成することを試みた．

2. 手法

本研究で対象とした解析領域と津波イベントは 2011 年東北津波の仙台平野とし，陸域で観測された 218 点のデータ[1)]を用いた（**図-1**）．Kriging はデータの空間的自己相関を考慮した統計的モデルに基づいて内挿補間を実施する手法[2)]である．本研究では，最も一般的に使用される Ordinary Kriging を採用した．これは式(1)のように未知点での物理量 Z_{OK} を複数の観測値の加重平均で求める．

$$z_{OK} = \sum_{k=1}^{n} \omega_k z_k \qquad (1)$$

ここで n は観測地点数，Z は観測値，ωは Kriging 係数である．

Kriging 係数はバリオグラムを設定することにより求めることができる．具体的には，観測点間の距離と観測値の差の二乗（γ）を全ての組み合わせについてプロットしたバリオグラムクラウド（**図-2**）を求め，横軸を一定間隔のラグ（Δh）で分割し，その各区間でデータを平均化した経験バリオグラムを求める．そして，理論バリオグラムとして近似曲線を決定する．最終的には得られたモデルパラメ

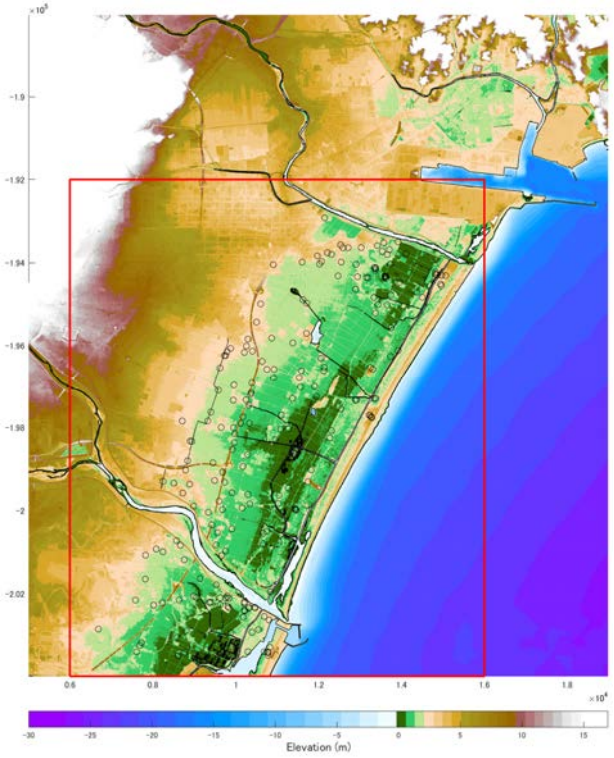


図-1　解析対象領域（図中の赤枠内）

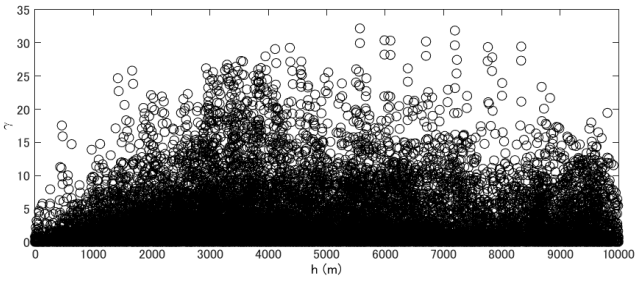


図-2　バリオグラムクラウド

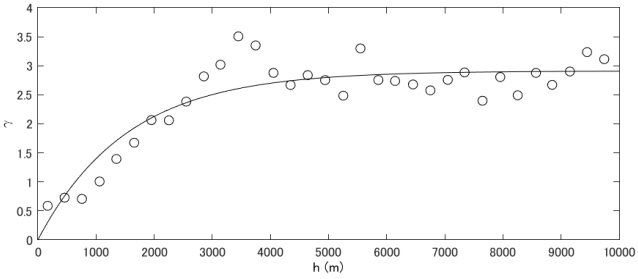


図-3　経験バリオグラムおよび指数モデルによる理論バリオグラムの推定結果（Δh=300m）

キーワード　津波浸水高，空間補間，Kriging，バリオグラム
連絡先　〒239-8686　横須賀市走水 1-10-20　防衛大学校建設環境工学科　TEL. 046-841-3810 E-mail：shigi@nda.ac.jp

ータを利用し，空間解像度 5m で Ordinary Kriging による空間補間を実施した．

3. 結果と考察

3.1 バリオグラムの推定

前述の方法に基づき，ラグΔh と数種類の関数形の組み合わせにより理論バリオグラムを複数作成し，それらを赤池情報量基準（AIC）で比較した．その結果, 本研究で取り扱う問題に対する最適なモデルとして，以下の指数モデルを選択した．

$$\gamma(h) = b + (c-b)\left[1-\exp\left(-\frac{h}{a}\right)\right] \qquad (2)$$

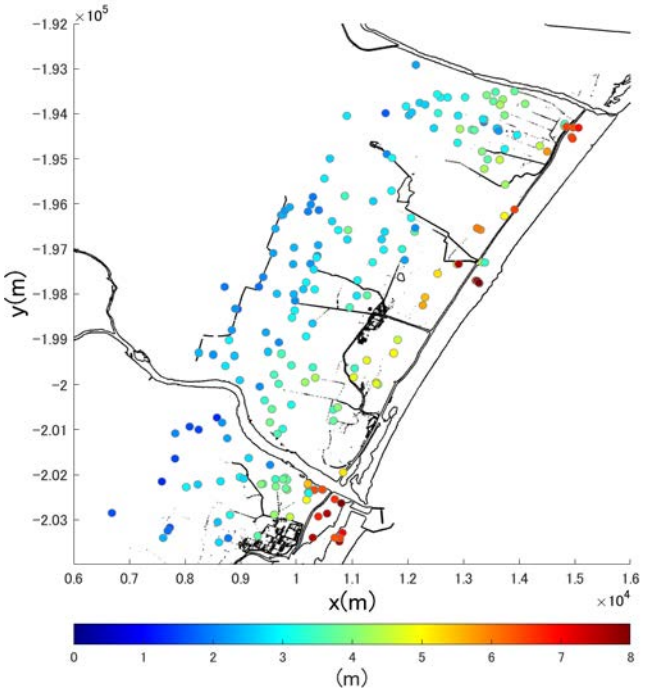
フィッティングによる推定結果を**図**−3 に示す．ナゲット $b = 0$ と固定すると， Δh = 300m（現地調査の平均的なサンプリング間隔に相当する．図-4 を参照）とした場合，a = 1527（レンジ 3a=4581），c = 2.911（シル）が得られる．

3.2 Ordinary Kriging による空間補間の結果

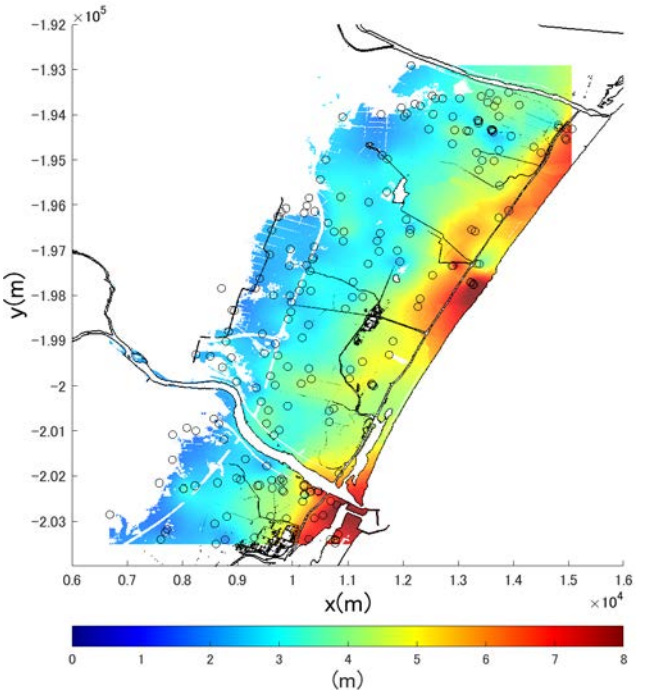
指数モデル（Δh = 300m）の場合における，Ordinary Kriging の空間補間により作成された津波浸水高分布を図-5 に示す．なお，ここでは浸水深（地盤高を基準とした津波の深さ）が 0 以上となる箇所のみを色付けしている．結果として，**図**−4 において観測データが十分に得られていない部分が，周辺の観測データによって補間されることで連続的な空間分布として得られていることがわかる．津波浸水高の大きさは沿岸部から内陸部にかけて減衰する様子が見られる．ただし，沿岸で部分的に周辺よりも低めの値になった個所が見られ，現状の観測データのみでは再現性が不十分な可能性がある．今後，Kriging による補間をする過程で同時に得られる推定誤差分散から補間推定精度を評価し，最適な解を探す必要がある．

4. 結論

本研究では，離散的な津波浸水高の観測データから Kriging に基づく空間補間を利用することにより，連続的な津波浸水高分布を作成する手法を提案した．今回は平野部に対して検討したが，リアス式海岸等に代表される他の地形にも適用することで手法の妥当性をさらに検証する必要がある．



図−4 現地調査による 2011 年東北津波・仙台平野の津波浸水高の観測データ [2)]



図−5 観測データ（**図**−4）から Kriging 法の空間補間により作成された津波浸水高分布

参考文献

1) 多田毅，野中小百合，宮田喜壽(2018)：痕跡調査結果に基づく津波遡上解析のための遡上高・浸水高データベースの作成，土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 74, No. 4, pp. 451-456.

2) 阪田義隆(2021)：クリギング入門－空間データ推定の確率論的アプローチ―，コロナ社.