広域地盤沈下地域における地盤沈下量の信頼性を考慮した空間分布推定

茨城大学　学生会員　○鈴木久美子
茨城大学　正会員　村上　哲
茨城大学　フェロー　安原　一哉
茨城大学　正会員　小峯　秀雄

１．はじめに

関東平野北部地域では,地下水揚水による広域的な地盤沈下が生じている.対象領域の観測結果によれば沈下量は近年緩やかになってきてはいるものの,依然として年間 2～3 ㎝沈下している地域がある[1].この地域では約 1300 地点の地盤沈下量を,1976 年から過去 25 年にわたって観測し,現状把握に利用されている.現状あるいは将来における地盤沈下の把握には,既知の地点の沈下量から対象領域全体にわたる,その分布推定によって行なわれるが,推定値の推定精度に関する検討は行なわれていない.これらの推定値の信頼性を評価することは,これらの情報や他の情報と重ね合わせて防災,あるいは環境保全のためのハザードマップを作成するうえで極めて重要である.

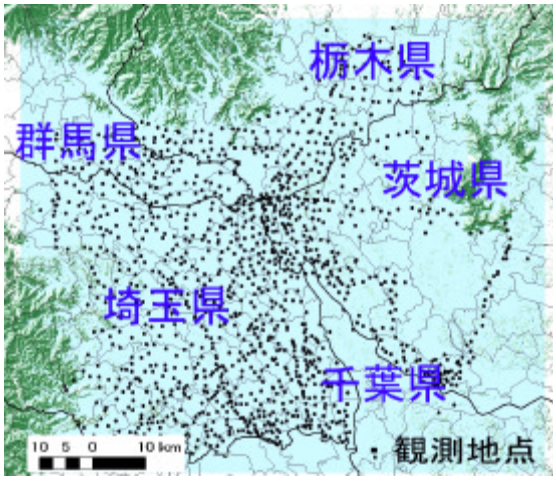

図１　対象領域と地盤沈下観測点

そこで本研究では,2000 年までに得られた地盤沈下量の観測データを用いて,既存のデータを用いた空間補間法の適用および,その信頼性を考慮した地盤沈下マップを作成し，その適用性の検討を行った.

２．地盤統計学を用いた空間補間法

空間的に分布するある量について,既知データから未知の量を推定する方法の１つに地盤統計学にもとづくクリギングによる推定手法[2]がある.クリギングによる推定値 $\hat{Z}(\mathbf{r}_0)$ は既知データ $\mathbf{Z}(\mathbf{r})$ の加重平均線形和として次式で表される.

$$\hat{Z}(\mathbf{r}_0) = l^T \mathbf{Z}(\mathbf{r}) \quad (1)$$

ここに, l は重み係数ベクトルである.今,期待値と分散の既知であるデータが与えられている場合,クリギングによる最もよい推定が推定誤差分散を最小化すると考え重み係数を決定する。本研究で用いた具体的な手法は参考文献 3)を参照していただきたい。

３．観測データを用いた地盤沈下量の空間補間法とその適用

推定された沈下量の空間的な信頼性を調べるために，観測点から１点を除き，その他の観測データを用いて, 除いた１点のデータを推定することで, 空間補間法の適用性を検討した. 結果は図 2 に示すように, 1360 点のうち 10 点(全体の 1.06%にあたる)で，得られた標準偏差よりも，観測値と推定値の差が大きく現れた. すなわち，これらの地点では想定していた誤差よりも大きな誤差が現れていることがわかる．誤差が大きく生じた 10 点については，地下水の揚水によって生じる広域的な地盤沈下の他に，局所的な沈下が生じてい

広域地盤沈下地域,空間解析,空間相関,信頼性評価,GIS,
連絡先　〒316-0033　茨城県日立市中成沢町 4-12-1　茨城大学工学部防災・環境地盤工学研究室　ＴＥＬ0294-38-5177

ることが考えられる．これは，観測点付近で外的要因（造成・道路工事等）による外力が与えられたため生じる沈下で，局所的な一部地域に限られて生じるため，周囲の沈下とは相関をもたない．そのため，周囲の沈下と相関がなく，今回用いた手法による空間補間によって周囲の観測点から推定することは出来ないため誤差が大きく現れたと考えられる．その他に，周囲に充分な観測点が配置されていないことが考えられる．以上のことを考えると，得られた推定値はほぼ誤差範囲内に収まっており，広域的な地盤沈下マップの作成においては，本手法を用いた空間補間法は十分適用可能であると判断できる．

以上の距離相関を考慮して，クリギングによる空間補間を行い，各期間における地盤沈下量の推定値とその推定標準誤差を求め，地盤沈下マップを作成した．図３はそのマップの一例である．この図に示すように，沈下量の推定値と推定標準偏差を同時に示すことで，信頼性を考慮した地盤沈下量マップを作成することができる．

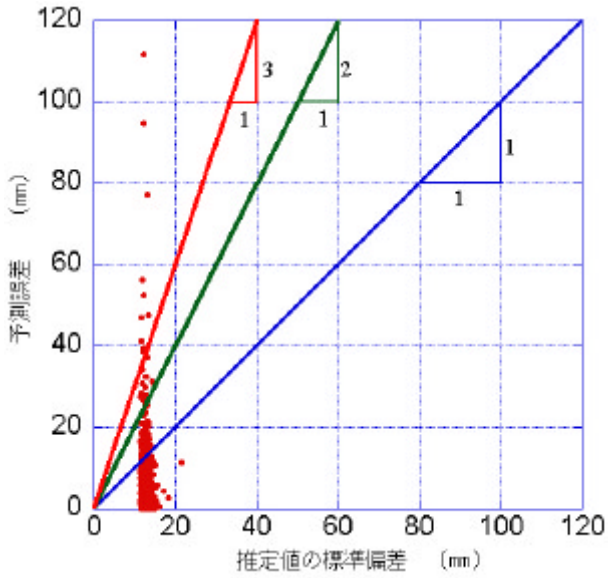

図２　適用性の検討結果

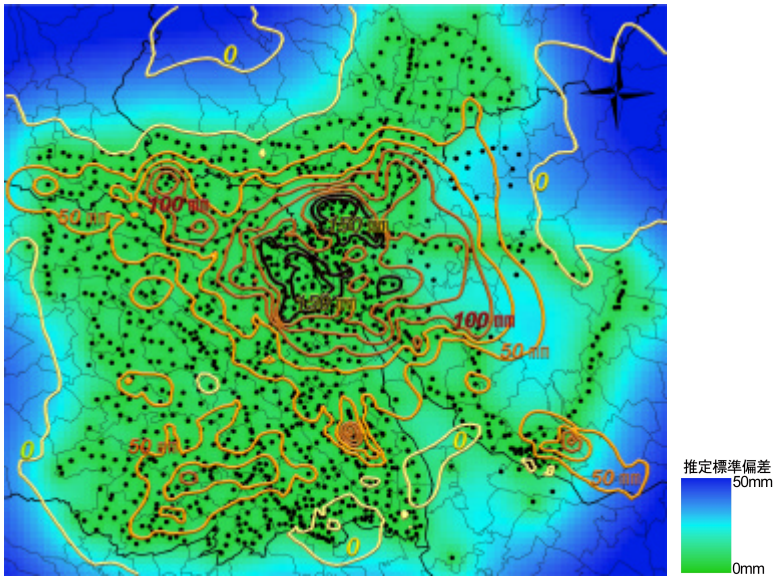

図３　地盤沈下分布の推定結果

（1991-1995 における沈下分布図．コンターは沈下量（mm）．濃淡は標準偏差の分布）

５．結論

本研究により得られた知見は以下の通りである．

(1)　広域地盤沈下地域における地盤沈下量の空間分布推定には、クリギングの適用が可能である．

(2)　クリギングによる空間分布推定の適用性の検討を行った結果，得られた予測誤差が標準偏差よりも大きく外れた地点は 10 点(全体の 1.06%)であった．この結果より，広域的な地盤沈下に適用が可能であることが分かった．

(3)　地盤沈下量と空間分布における推定誤差を同時に表示することで，信頼性を考慮した地盤沈下量マップを作成できることが分かった．

(4)　より精度の高い空間分布推定を行うために，分布推定誤差が大きい地域について，観測地点を増設することが望ましいことが分かった．

《参考文献》

1)Murakami,S., Yasuhara,K. and Mochizuki,N. : An Observational Prediction of Land Subsidence for a GIS-aided Monitoring System of Groundwater Level, Lowland Technology International Vol.4 No.1,pp.46-61,2002

2)間瀬茂,武田純：クリギング－地球統計学,データサイエンス⑦　空間データモデリング－空間統計学の応用,共立出版株式会社,pp.135-166,2001

3)鈴木久美子,村上哲,安原一哉,小峯秀雄:地盤沈下地域におけるセミバリオグラムを用いた地盤沈下量の空間相関，第 38 回地盤工学研究発表会,秋田市,2003.7