

液状化リスク評価のための大阪平野における 地下水の3次元分布把握に関する研究

堂脇 拓海*・米澤 剛*・杉本 賢二*

3D Distribution Analysis of Groundwater for Liquefaction Risk Assessment in the Osaka Plain

Takumi DOWAKI*, Go YONEZAWA *and Kenji SUGIMOTO *

*大阪公立大学大学院工学研究科 Graduate School of Engineering, Osaka Metropolitan
University, 3-3-138 Sugimoto Sumiyoshi-ku, Osaka 558-8585, Japan.
E-mail:sr25491d@st.omu.ac.jp

キーワード： 液状化リスク, 地下水位, 数理最適化, 空間解析, 3次元モデリング, 防災

Key words: Liquefaction Risk, Groundwater Level, Mathematical Optimization, Spatial
Analysis, 3D Modeling, Disaster Prevention

1. はじめに

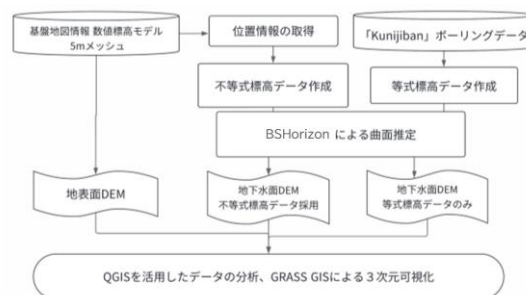
大阪平野は国内有数の地下水貯存地域である。高度経済成長期に過剰な汲み上げが進み、地盤沈下が深刻化した。対策として汲み上げに対する法規制が導入され、地下水位は回復したが、同時に地震時の液状化リスクの増大が指摘されている。

先行研究として、春日井(2023)は250 m メッシュの地盤モデルにより各地層の分布特性、地下水位の深度分布、液状化リスクに関する N 値, PL 値などの指標の分布を可視化し、地下水位低下による地盤沈下量および液状化対策効果の予測を行った。しかしながら、250 m メッシュのモデルでは地下水の分布把握に関して断片的である。液状化は地下水位以深で起こる現象であり、詳細な地下水位把握は液状化リスクを考慮する上で必要不可欠である。

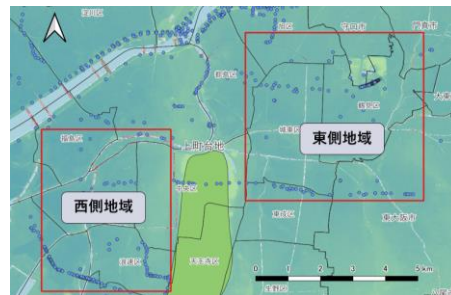
そのため本研究では、地下水面のサーフェスモデルを作成し、地表面の数値標高モデル（以降、DEM）と合わせて表層地盤の3次元モデルの構築を行う。これにより地下水位分布を空間的に把握し防災分野での貢献を目的とする。

2. 研究手法

研究のフローを第1図に示す。本研究では地下水位情報には国土交通省による「Kunijiban」のボーリングデータ、地表面の位置情報およびDEMには国土地理院の提供する「基盤地図情報 数値標高モデル5 m メッシュ」を使用した。ボーリングデータの初期孔内水位が地下水位と強い相関関係があることが示されている（國分ら, 2013）。このため、本研究では初期孔内水位を使用した。研究の対象領域は、先行研究による液状化リスク評価の必要性やデータの分布を考慮して、第2図に示す大阪平野内の2つの領域（東側地域と西側地域）とした。これは大阪平野の地質構造が上町断層を境に東西で大きく異なるためである。



第1図 研究フロー



第2図 研究対象地

3. 曲面推定手法

本研究では Nonogaki *et al.*(2012)の曲面推定プログラム BS-Horizon を用いて地下水面を数値標高モデル (DEM) の形式で作成した。BS-Horizon は双三次スプライン補間と最適化問題の解法の一つである外点ペナルティ関数法を組み合わせた曲面推定手法である。曲面の滑らかさを評価する $J(F)$ とデータの充足度を評価する $R(F)$ を組み合わせた拡大目的関数 $Q(F)$ を(1)式とし、 $Q(F)$ を最小とする最適な曲面 F を最適解とする。ここで、 α は曲面の滑らかさとデー

タ充足度のバランスを調整するパラメータである。

$$Q(F) = J(F) + \alpha R(F) \quad (1)$$

ここで滑らかさを評価する $J(F)$ は、推定する曲面の曲率（第二次導関数）と増減（第一次導関数）により評価され、曲率と増減の重みづけをパラメータにより調節できる。パラメータの設定は、TRAN *et al.* (2017) の研究を参考に調節した。本研究で、この手法を採用したのは制約条件として不等式標高データを採用できるためである。ボーリングデータによる地下水位情報には限りがあり、推定領域内にデータが分布しない空白の領域が多くなってしまう。不等式標高データを用いることで地表面の情報を地下水位よりも高い位置にある測定点として利用することができ、空白領域においても地下水面が地表面より低い位置に推定される長所がある。

4. 研究結果

第3図に推定した地下水面のコンター図、また第4図に西側地域の地下水面を GRASS GIS により3次元で可視化したモデルを示す。コンター図の比較から不等式標高データを採用することで、地下水面が地表面より低い位置に推定される。一方で、データがない領域で鉛直下向きに膨らむ傾向にあることがわかった。滑らかさについて、曲率と増減の重みづけにより、推定曲面の形状に差がみられた。特に西側地域において、曲率に重みを置いて滑らかになるように推定すると地表面に沿って推定される傾向が見られた。

また、液状化リスク評価と地下水面の関係を検討するために不等式標高データを採用した地下水面により算出した深度分布図（第5図）と研究対象範囲における液状化指数分布（第6図）を比較した。西側地域では、地下水位が浅い場所で液状化指数が高くなっているが、東側地域では、液状化指数の高いエリアはまばらに分布し、地下水位が浅い場所でも液状化指数が低い場合があることがわかる。

5. 考察および課題

推定した地下水面と既に明らかにされている大阪平野の堆積状況から、液状化リスクに関する考察を述べる。地下水位が浅い地盤では、間隙水圧が高まり有効応力が低下する。これにより、せん断強さを失い地震時に液状化が起りやすくなるため、液状化と地下水位は密接な関係にある。しかし、 N 値や細粒分含有率など表層地質の物性値も液状化に影響する。春日井 (2023) の構築したモデルから、東側地域において、表層の砂層が西側地域と比較して、薄く堆積し、細粒分を多く含んでいることが明らかにされている。東側地域で、地下水位が浅い場所でも液状化リスクが低く推定されるのは、細粒分が多い砂層の下に、粘土層が堆積しているため透水性が悪く、液状化しづらいためであると考えられる。

本研究では、ボーリングデータの孔内水位から大阪平野の一部を対象に地下水面の推定を行い、地下水面の空間的な分布を可視化した。より詳細に液状化リスクを評価するには地下水位のみならず、地盤の情報を踏まえたモデルの構築が必要であり、本研究の課題といえる。

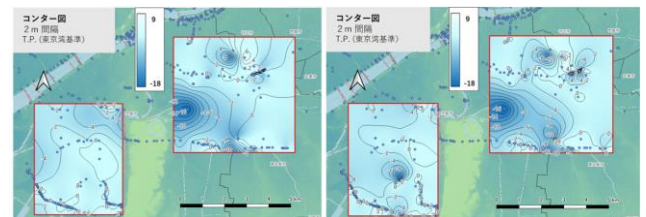
謝辞：本研究は JSPS 科研費 25K04614 の助成を受けたものである。

文 献

春日井麻里(2023)大阪・神戸地域における 250m メッシュ浅層地盤モデルの構築と地下水位低下による地盤沈下量、液状化対策効果の予測、大阪市立大学大学院博士論文。
國分邦紀・石原成幸(2013)地盤情報データを用いた孔内水位と地層厚分布について、平 25.都土木技術支援・人材育成セ

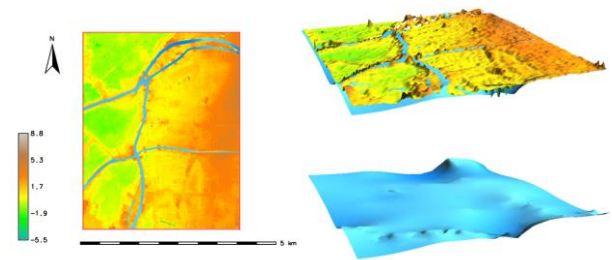
ンター年報。

- Nonogaki, S., Masumoto, S. and Shiono, K. (2012) Gridding of geological surfaces based on equality-inequality constraints from elevation data and trend data. *International Journal of Geoinformatics*, vol.8, no.4, pp.49-60.
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.031-050.
国土地理院(2025). ハザードマップポータルサイト.
<https://disaportal.gsi.go.jp/hazardmap/>



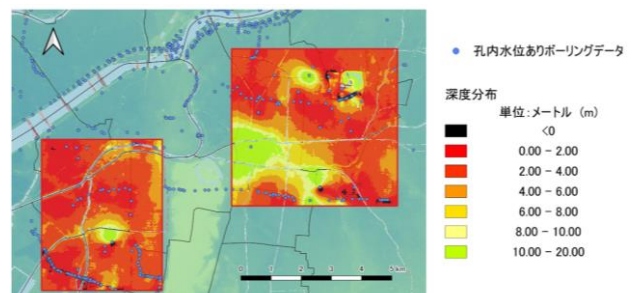
第3図 地下水面のコンター図

左図：等式標高データのみ 右図：不等式標高データ採用

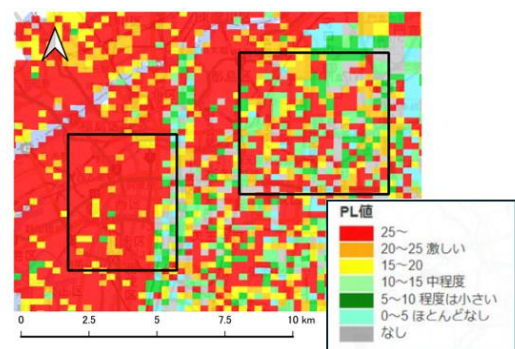


第4図 3次元可視化例（西側地域）

左図：2D表示 ※右図は高さ倍率30倍で表示
右上図：地下水面と地表面 右下図：地下水面のみ表示



第5図 深度分布図



第6図 液状化指数分布
（「ハザードマップポータルサイト」を一部改変）