

35. 適正管理と持続可能な利用にむけた地下水流動場の可視化技術

Visualization Technology on the Groundwater Flow for Appropriate Management and the Sustainable Use

○長谷川 怜思, 緒方 陸, 佐藤 怜, 井川 尚之, 吉田 広人, 鈴木 広美,
佐々木 理弦, 杉江 美織(八千代エンジニアリング)

HASEGAWA Satoshi, OGATA Riku, SATO Rei, IGAWA Naoyuki, YOSHIDA Hirohito, SUZUKI Hiromi,
SASAKI Rio, SUGIE Miori

1. はじめに

2014年に「水循環基本法」が施行され、自治体においても地下水の保全と持続可能な利用を目的に地下水のモニタリングやマネジメントを行う事例が増えている。地下水を含めた水資源の適正管理と持続可能な利用の際には、地下水流動や地域水循環の実態把握・モニタリングが肝要である。しかしながら地下水面等高線の作成には、既存井戸、湧水や地下水観測孔などで一斉測水を実施し、観測水位に基づいて等ポテンシャル線を描く必要があり、一連の作業に膨大な時間と費用を要する。そのため、調査面積が広大である場合や、民地への立ち入りに制限があるような地域では、地下水面等高線を描くことが困難であり、いまだ地下水面の分布すら明らかになっていない地域も存在する。

筆者らはこれらの課題を解決すべく、高解像度のDEMから広域の地下水面分布を、客観的かつ合理的に把握する解析手法の開発をめざし、地下水流動場の可視化を試みてきた^{1)~3)}。ここではその可視化事例について報告する。

2. 水系網接谷面を活用した地下水面分布の推計

長谷川ほか(2020)では、基盤地図情報10mメッシュ標高データの水系網から接谷面図を作成し(図-1)、これを既知の地下水面等高線図と比較することで、地下水面分布と読み替えることが可能か検証を行った。国内複数地域を対象とした検証結果から、水系網接谷

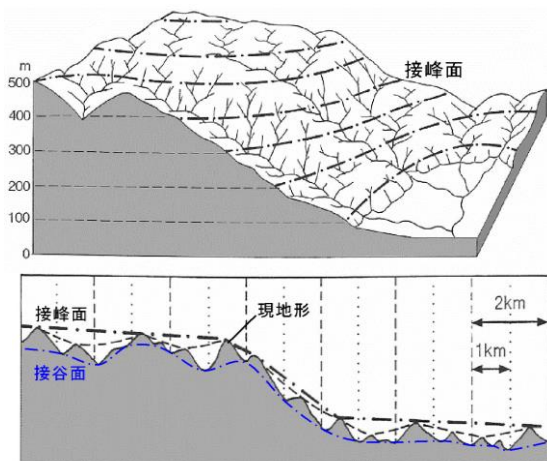


図-1 現地形と接峰面・接谷面との関係⁴⁾

文献より引用の図に一部加筆

面図はいずれの結果とも、既往の地下水面等高線図の形状と概ね調和しており、等高線の間隔(動水勾配)もほぼ一致しているとの結果を得た³⁾。

一方、水系が未発達地域や一部に難透水基盤が露出するような地域には本解析手法が適さないという課題も確認された。

3. 本手法を複数地域に適用するための課題

長谷川ほか(2020)で確立した手法は、水系網を用いた地形解析を前提としており、浸食が及ばない地域や大規模な河道改修が為された地域では、地下水面の推計精度が低下するという弱点を有している。例えば、関東平野の荒川と多摩川に位置する武蔵野台地の様に、江戸時代初期以降に玉川上水をはじめとした上水・農業水利を目的とした人口水路網が張り巡らされた地域では、本手法をそのまま適用することは困難であった。

4. 課題解決に向けた工夫点

武蔵野台地およびその近傍では、段丘崖や台地を刻む谷頭から湧水が認められ、台地上に設けられた浅井戸を対象として、古くから地下水面等高線図が描かれている。特に吉村(1940)や、細野(1978)、角田(1986, 2012)らにより、武蔵野台地およびその近傍における不圧地下水の精緻な地下水面等高線図が描かれている。

地下水位は気象、利水・揚水量や土地被覆の条件等によって絶えず変化するが、地下水面の分布は地形に支配されており、大局的な流動場(上下流方向)は年間を通じて逆転することはないと考えられる^{5)~8)}。

そこで本研究では、地形解析手法による推計精度が低い地域について、既知の地下水面等高線図のデータを参照することで、地下水面等高線図の高精度化ならびにシームレス化を図った。

5. 地域間の繋がりを意識した地下水流動場の可視化

水資源の適正管理と持続可能な利用をめざすには、多種多様なステークホルダーが対等な立場で参画し、協働して課題解決にあたる合意形成の枠組みが必要である。一方で、科学的なファクトを従前のおり示すだけでは、理解不足や認識の違いが生じる可能性があり、そのことが要因で合意形成に至らない場合も多い。そこで本研究では、地下水面等高線図から粒子追跡法

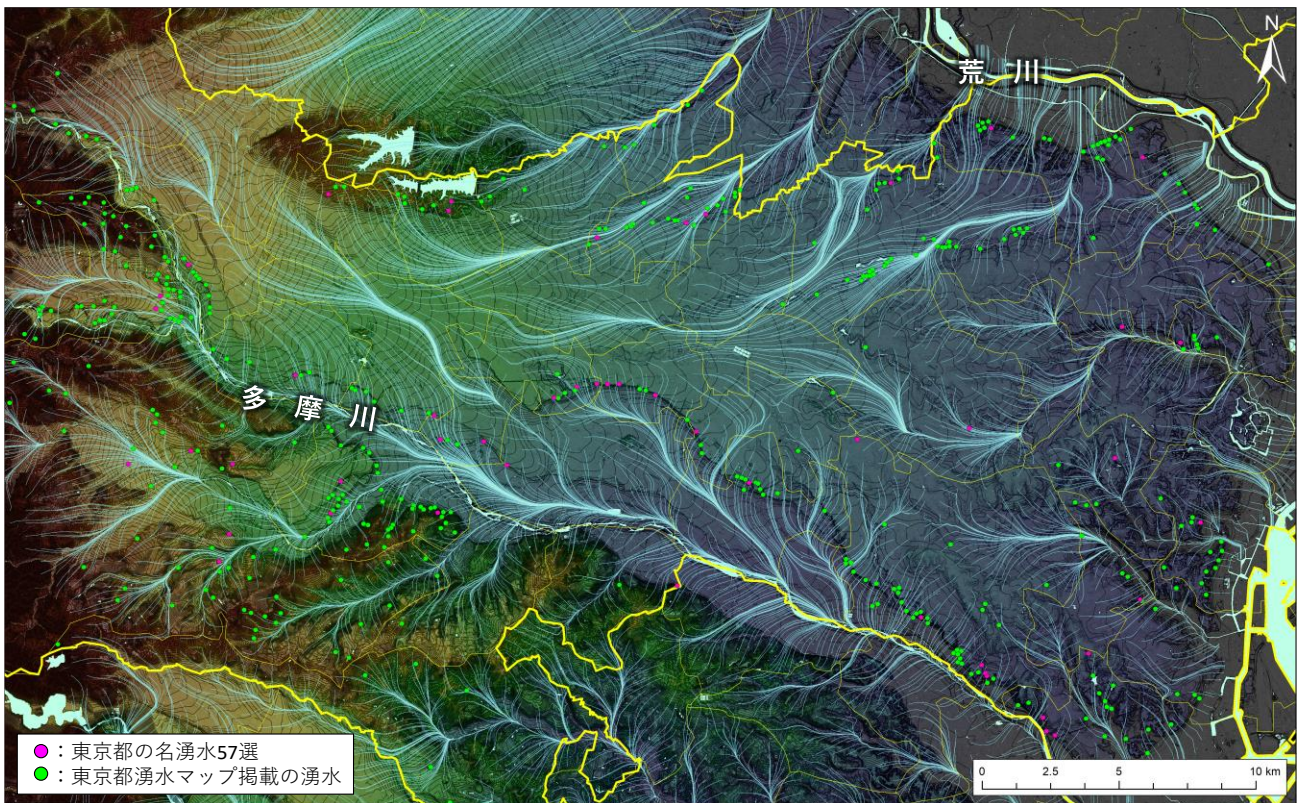


図-2 本研究にて作成した地下水流動場の可視化マップ

吉村信吉 (1940), 細野義純 (1978), 角田清美 (1986, 2012) および長谷川ほか (2020) の手法を用いて作成

により等ポテンシャル線に直交する流線網図を作成し、現地形、地下水面等高線、市町村境界および、既知の湧水地点を重ねた地下水流動場を可視化したマップとして示した (図-2 参照)。

図-2 に示す地下水流線網は、あくまで地下に浸透した水が地下水面に到達した後の流動経路を可視化したものであり、不飽和帯における鉛直浸透までは図化できていない。しかしながら、地下水の主たる流れを流線として表現することで、地下に浸み込んだ水の流動経路と湧水との関係性や、浅層の地下水がやがて河川水へと姿を変えて循環していく様子を、誰もが直観的に理解することができる。

地下水や表流水の流線網を描く手法としては、これまで水循環解析モデルによる浸透流解析が用いられてきた。しかしこの手法では、膨大な時間や費用を要すことに加え、限られた調査結果に基づく水文地質構造の解釈や、現況再現にむけた各種パラメータの設定など、必ずしも地域の実態を正確に再現・予測することはできず、解析結果から得られた地下水面等高線図や地下水・表流水の流線網図には不確実性を含んでいる。

一方、地下水位の観測結果や、地域の現地形に基づいて地下水の流動場を可視化する本手法では、水文地質モデル等の構築過程を経ずに地下水面等高線図や流線網が得られるため、経済的な負担も軽減できる。

6. まとめと今後の展望

本可視化手法は、水循環の実態解明に対して十分な

人員と予算確保が難しい地域でも適用可能であり、地下水流動場の理解や、多様なステークホルダー間における合意形成の場への活用も期待される。

文献

- 1) 長谷川怜思・山本 晃・原 昌成・西山浩平 (2015) : 高解像度 DEM を活用した周辺水環境への施工影響解析, 日本応用地質学会 平成 27 年度 研究発表会講演論文集, pp.175-176
- 2) 長谷川怜思・磯村 敬・吉川修一・富樫 聡・堀内瀬奈・緒方 陸 (2017) : 高解像度 DEM を活用した花崗岩分布域の水文調査事例, 日本応用地質学会 平成 29 年度 研究発表会講演論文集, pp.269-270.
- 3) 長谷川怜思・山本 晃・吉田広人・菊池英明・富樫聡・内田洋平 (2020) : 日本地下水学会 2020 年秋季講演会講演予稿集, pp.36-41.
- 4) 鈴木隆介 (1998) : 建設技術者のための地形図読図入門 第 1 巻 読図の基礎, 古今書院.
- 5) 吉村信吉 (1940) : 武蔵野台地の地下水, 特に宙水・地下水瀑布線・地下水堆と集落発達との関係, 地理教育, vol.32, pp.20-32.
- 6) 細野義純 (1978) : 武蔵野台地の地下水, 「日本の水収支」, pp.174-188. 古今書院
- 7) 角田清美 (1986) : 秋留台地の地形と不圧地下水, 駒澤地理, (22), pp.202-227.
- 8) 角田清美 (2012) : 日野台地の地形と自由地下水, 駒澤地理, (48), pp.47-62.