

釧路湿原の地下水位分布の推定

Estimation of ground-water distribution in Kushiro shitsugen wetland

室蘭工業大学大学院	○学生員	福士 陽子 (Yoko Fukushi)
室蘭工業大学大学院	学生員	和田 麻衣子 (Maiko Wada)
室蘭工業大学	フェロー	藤間 聡 (Satoshi Tohma)

1. はじめに

近年、釧路湿原では、宅地開発、農地造成をはじめとする社会経済活動の急激な拡大の影響により、過去50年間で湿原面積の約2割が消失した。また、河川の直線化や森林伐採などに伴う湿原への土砂や栄養塩類の流入により、湿原植生はヨシ群落からハンノキ林へと急激に変化し、湿原生態系の劣化が進行している。そのため、この湿原環境に影響を与える要因についての調査、研究を行い、保全・再生していくための取り組みを早急に行う必要がある。

本研究では、湿原の保全に関して最も重要な要因の一つであると考えられる地下水に着目し、限られた地下水位の観測データのみを用いて非観測地点の地下水位を合理的に推定し、地下水位の空間分布を把握することを目的とする。

2. 釧路湿原の特性

釧路湿原は、図-1に示すように、北海道釧路市の北約5kmに位置する総面積18,290haの日本で最も広い湿原である。この広大な湿原は、国の天然記念物に指定されているタンチョウなどの希少動物を含む、多種多様な野生生物の生息の場となっている。こうした湿原としての価値が認められ、1980年には我が国初のラムサール条約登録湿地に、また1987年には国立公園に指定された。さらに、湿原は、保水・浄化機能、洪水調節機能、地域気候を緩和する機能など、人間にとっても重要な役割を果たし、地域の人々にさまざまな恵みをもたらしてきた。このように、釧路湿原は、野生生物の生息地として世界的に重要であり、人間の生活・活動にとっても多くの利益をもたらす貴重な自然資源である。

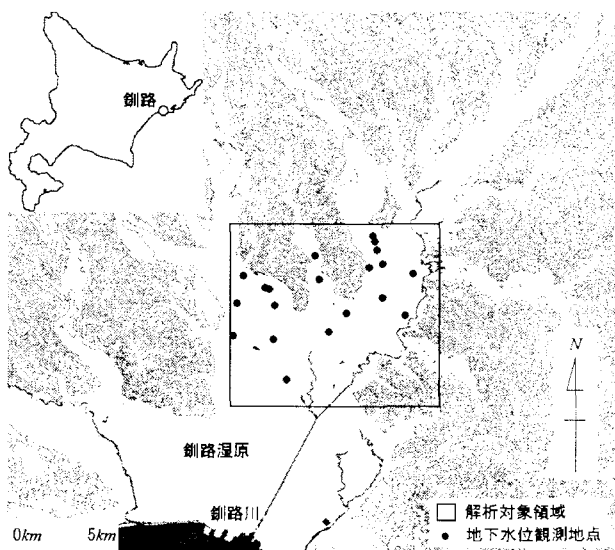


図-1 釧路湿原の位置および地下水位観測地点

3. 解析方法

本研究では、観測期間中の地下水位データをカルマンフィルタの平滑化手法によって誤差処理し、得られた値をその地点における観測値とする。次に、AIC（赤池情報量基準）を用いた多項式により平均地下水位 m を、クリギング法により地下水位変動量 z をそれぞれ推定し、(1)式により非観測地点における地下水位 h を求める¹⁾。

$$h(x, y, t) = m(x, y) + z(x, y, t) \quad (1)$$

ここに、 x, y ：平面位置座標、 t ：時間とする。

それぞれの手法についての詳細を以下に述べる。

3.1 観測地下水位の平滑化

本解析における結果の信頼性は、地下水位の観測精度に支配される。観測誤差が大きい場合には、推定する地下水位が最適値に収束しない可能性が生ずる。従って、カルマンフィルタの平滑化手法を用いて観測誤差を統計的に処理し、この誤差に起因する推定精度の低下を防ぐ。

3.2 平均地下水位の推定

平均地下水位 m は、解析対象領域内で空間的トレンドを有するものとして、平面位置座標 x, y の多項式(2)式によって近似する。

$$m(x, y) = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2 + \dots + a_{k-2}x^2y^{n-2} + a_{k-1}xy^{n-1} + a_ky^n \quad (2)$$

ここに、 a_i ：トレンド多項式の係数、 k ：トレンド項数、 n ：多項式の次数とする。

3.3 地下水位変動量の推定

任意の非観測地点 X_0 における地下水位変動量 z は、下記の(3)式の線形回帰式により推定する。同式における重み係数 λ_0^i は、(4)、(5)式および(6)式を用いて推定する。(4)式における $\gamma(d)$ は、二点間における状態変数の差の分散を定義する指標であり、バリオグラムと呼ばれる²⁾。

$$z^*(X_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_0^i z(X_i) \quad (3)$$

$$\gamma(d) = \frac{1}{2N(d)} \sum_{i=1}^{N(d)} [z(X_i + d) - z(X_i)]^2 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^N \lambda_0^i \gamma(X_i - X_j) = \gamma(X_i - X_0) \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^N \lambda_0^i = 1 \quad (i = 1, \dots, N) \quad (6)$$

ここに、 $z^*(X_0)$ ：非観測地点 X_0 における地下水位変動量の推定値、 $z(X_i)$ ：観測地点 X_i における地下水位変動量の観

測値, $\lambda_0^i : z(X_i)$ の重み係数, d : 非観測地点と観測地点との距離, $\gamma(d)$: バリオグラム, $N(d)$: 観測点数を示す。

4. 解析対象期間

本研究では、図-1に示す湿原の中心部を解析対象領域とする。同図の20地点において、2001年12月20日から2002年1月10日までの22日間に観測された地下水位のデータについてカルマンフィルタによる誤差処理を行い、得られた値を用いて地下水位の空間分布の推定を行った。

5. 解析結果

平均地下水位 m は、観測値との残差平方和、AIC および分布状況の妥当性から、(2)式におけるトレンド次数を $n=3$ 次、トレンド項数 $k=10$ として各係数 a_i を決定し、推定を行った。

地下水位変動量 z は、観測バリオグラムを求めるため、観測地点間の距離を 1.3km 刻みで階級分けを行い、階級内平均距離および観測バリオグラムを算出した。得られたバリオグラムの結果を図-2に示す。実線は、観測バリオグラムから目視により定式化した理論バリオグラムである。同図から、距離約 10km まで直線的相関が認められるため、推定する地点から半径 5km の円内に存在する観測点の値のみを(5)式に適用し、地下水位変動量の推定を行った。

以上の考察により求めた平均地下水位と地下水位変動量を用いて(1)式から推定した地下水位の等高線と観測地下水位を図-3に示す。同図より、観測点が密な部分については、観測地下水位と解析による推定地下水位が概ね一致しており、良好な再現性を有していることが認められる。また、北海道開発局による2002年1月1日の地下水位等高線図を図-4に示す。図-3および図-4を比較すると、等高線の配置はほぼ一致しており、解析結果が妥当なものであると考えられる。しかし、解析対象領域の南東部においては観測点が存在しないため、地形的に起こり得ないと考えられる水位上昇が見られる。また、観測点の配置が疎である部分で観測値と推定値の差が大きいことが確認された。したがって、解析対象領域の南東部や推定精度の低い観測点の付近に新たな観測点を配置し、観測データを得ることにより、解析精度はさらに向上するものと考えられる。

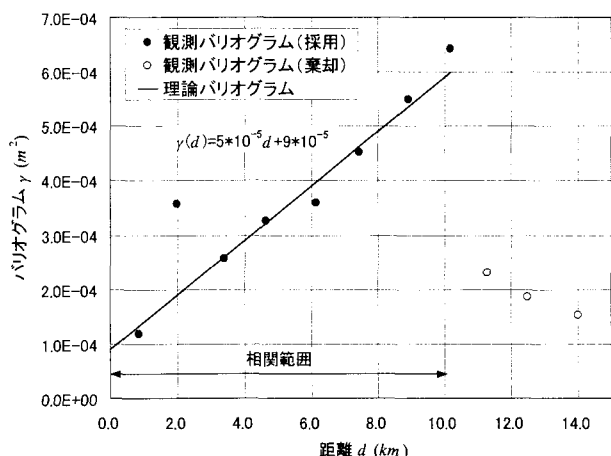


図-2 地下水位変動量のバリオグラム

6. おわりに

本研究では、限られた地下水位の観測データのみを用いて、解析対象領域内における地下水位の空間分布の推定を行った。その結果、解析による地下水位の空間分布が概ね実現象を再現していることが認められた。

しかし、観測データが存在しない南東部においては妥当な結果が得られず、また、観測点が疎な部分についても推定精度が低いことが確認された。したがって、その付近の観測データを得ることにより、さらに有用な地下水位の分布状況を把握することができ、本解析結果が湿原の保全を行う上での重要な指標となり得ると考えられる。

今後はさらに解析を進め、透水係数や流向・流速などの地下水に関するパラメータを求め、湿原域における地下水流動特性を明らかにする予定である。

謝辞 本研究を遂行するにあたり、釧路湿原地下水位データを提供していただいた国土交通省北海道開発局建設部河川計画課の関係各位に対し、ここに記して深謝致します。

参考文献

- 1) 藤間聡, 中田満洋: 空間分布構造を有する透水係数の統計的推定法, 日本地下水学会会誌, 第28巻第1号, pp.15-24, 1986.
- 2) Ghislain de Marsily: Quantitative Hydrogeology, ACADEMIC PRESS, pp.284-337, 1986.

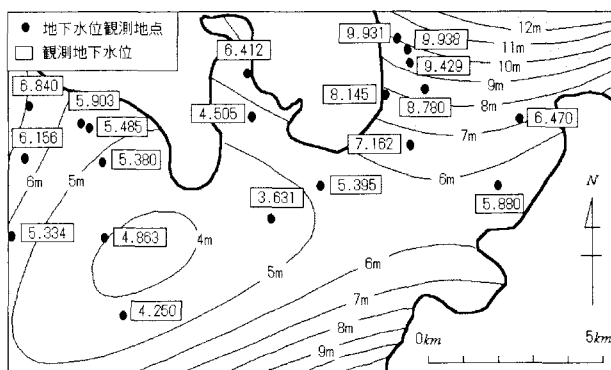


図-3 計算地下水位等高線および観測地下水位 (2002年1月1日)

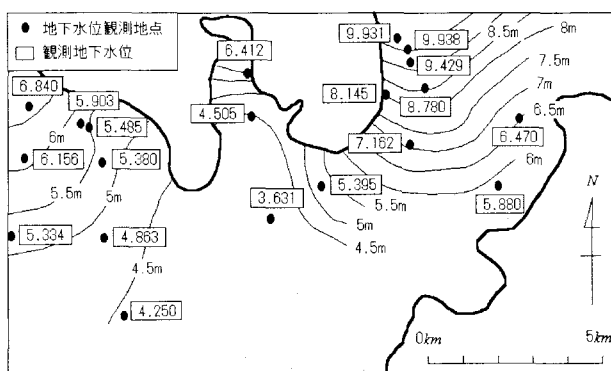


図-4 観測値に基づく地下水位等高線図 (2002年1月1日, 北海道開発局提供)