

地下水位変動を表す「単純モデル」の構造

岐阜大学 工学部 正会員 宇野尚雄
岐阜大学 大学院 学生会員 ○浅岡弘暢

はじめに 岐阜県の大垣市街地を対象として作成された「単純モデル」は、月間降水量1mm/月に対する水位上昇量を係数 a 、日平均揚水量1万t/日に対する水位低下量を係数 b 、月間降水量、日平均揚水量ともに零であるときの地下水位（想定地下水位と呼ぶ）を係数 c とする1次式で表される。これを大垣市街地にある3観測井の中川井、東町井、興文井について示すと式（1a）、式（1b）、式（1c）のようになる¹⁾。

$$\begin{aligned} h &= 0.0005W - 0.053D + 8.296 & (1a) \\ h &= 0.0010W - 0.078D + 6.969 & (1b) \\ h &= 0.0011W - 0.157D + 7.184 & (1c) \end{aligned}$$

ここに、 h は地下水位（m）、 W は月間降雨量（mm/月）、 D は日平均揚水量（万t/日）である。
これによる計算値を実測値と比較すると、かなり良い精度を持つことがわかる。そこで、単純モデルの係数の意味、最適な係数の推定法、係数が水位予測に与える影響を検討することにより、「単純モデル」の構造を明らかにすることが本報告の目的である。

研究方法 係数の試算を行ない、それから求められた係数を単純モデルの係数と比較し、係数の意味、最適な推定法を検討する。

係数 a の試算は次のような方法を用いた。係数 a は、単位雨量に対する水位上昇量という意味を持っているため、水位上昇の要因を貯留係数と降雨浸透率と考えて式（2）から求めた水位上昇量とする。なお、貯留係数と降雨浸透率は、不圧地域、被圧地域で与え方を変えた³⁾。

$$\Delta h = (\lambda r / 1000S) r = \lambda / 1000S \quad (2)$$

ここに、 Δh は水位上昇量（m/月/mm/月）、 r は月間降雨量（mm/月）、 λ は降雨浸透率、 S は貯留係数である。
係数 b は、地盤帯水層定数（特に透水量係数）、対象領域の形状と地点、及び、境界条件に影響されると考えられるので、式（3）の井戸揚水式を用いてこれらの要因による水位低下量とする。

$$s = (2.30Q / 2\pi T) \log_{10}(R/r) \quad (3)$$

ここに、 s は水位低下量（m）、 Q は日平均揚水量（万t/日）、 T は透水量係数（m²/日）、 R は影響圏（m）、 r は観測井から揚水井、または、仮定の注水井までの距離（m）である。

さらに、最小2乗法を用いて、係数 a 、 b 、 c を試算した。このとき、係数 a 、 b 、 c をすべて最小2乗法で求める方法と、単純モデルの係数 c を固定して、係数 a 、 b だけを最小2乗法で求める方法の2つを行なう。

そして、その係数を用いた計算値と実測値と比較することにより、係数が水位予測に与える影響を検討する。
その比較する計算値を求める際に用いた係数の分類は、表-1の（A）～（E）のようである。

表-1 計算値を求める際に用いた係数の分類

パターン	係数 a	係数 b	係数 c
(A)	単純モデルの係数 a	単純モデルの係数 b	単純モデルの係数 c
(B)	式（2）より求めた水位上昇量	単純モデルの係数 b	単純モデルの係数 c
(C)	単純モデルの係数 a	式（3）より求めた水位低下量	単純モデルの係数 c
(D)	最小2乗法より求めた係数 a	最小2乗法より求めた係数 b	最小2乗法より求めた係数 c
(E)	単純モデルの係数 c を固定して 最小2乗法より求めた係数 a	単純モデルの係数 c を固定して 最小2乗法より求めた係数 b	単純モデルの係数 c

結果 式（2）より求めた水位上昇量を単純モデルの係数 a と比較すると、表-2のようになる。これより、係数 a をオーダー的に表現しているが、数倍または数分の1の違いが認められた。

式（3）より求めた水位低下量を単純モデルの係数 b と比較すると、表-3のようになる。これより、式（2）の

結果と同様、係数 b をオーダー的に表現しているが、数倍または数分の1の違いが認められた。

中川井で最小2乗法より求めた係数と単純モデルの係数を比較すると表-4のようになる。これより、単純モデルの係数 c を固定して係数 a 、 b を求める方法は極めてよい一致を示し、係数 c をうまく推定すれば係数 a 、 b は既往のデータから統計的に算出しうることがわかった。なお、東町井、興文井についても同じことがいえる⁴⁾。

実測値と(A)、(B)、(C)、(D)、(E)の5つのパターンより求めたそれぞれの計算値を比較すると、図-1のようになる。これより、中川井で(A)の計算値と(B)の計算値に差がないことから、係数 a の値は水位予測にほとんど影響を与えないことがわかり、東町井で(C)の計算値が(A)の計算値と差があることから、係数 b の値は水位予測に大きな影響を与えることがわかった。なお、興文井についても東町井と同じ傾向が認められた⁴⁾。

表-2 係数 a の比較

観測井	式(2)より求めた水位上昇量 (m/mm/月)	単純モデルの係数 a (m/mm/月)
中川井	0.004	0.0005
東町井	0.005	0.0010
興文井	0.005	0.0011

表-3 係数 b の比較

観測井	式(3)より求めた水位低下量 (m/万t/日)	単純モデルの係数 b (m/万t/日)
中川井	0.066	0.053
東町井	0.035	0.078
興文井	0.114	0.157

表-4 中川井の係数 a 、 b 、 c の比較

パターン	係数 a	係数 b	係数 c
(A)	0.0005	0.053	8.296
(D)	0.0004	0.048	8.208
(E)	0.0004	0.052	8.296

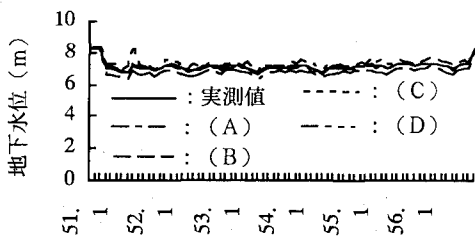


図-1 (a) 中川井における水位変動の比較

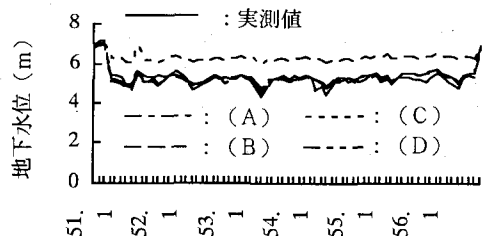


図-1 (b) 東町井における水位変動の比較

おわりに 係数 a は、単位雨量に対する水位上昇量という意味を持っているために、地盤の貯留係数と降雨浸透率が支配的であるように見える。

係数 b は、単位揚水量に対する水位低下量という意味を持っているために、地盤帯水層定数(特に透水量係数)、対象領域の形状と地点、及び、境界条件に影響されると考えられる。

係数 a 、 b の推定法は、単純モデルの係数は、単純モデル作成時に示す方法で決められた係数 c を用いれば、水位と雨量と揚水量の3つのある期間のデータについて最小2乗法を用いて推定すると、単純モデルの係数とほぼ一致し、最良と思われる。

係数 a と b の地下水位に与える影響を比較すると、係数 a の方が比較的鈍感である。係数 c は、補給源の雨量も揚水も零というときの、その地点における平衡水位としての意義を持っている重要な量である。

参考文献 1) 宇野尚雄・宮下高昭・香田明彦：岐阜・大垣の地下水位変動の考察(その2)、第15回土質工学研究発表会講演概要集、1979、pp.1189-1192 2) 宇野尚雄：岐阜・大垣における地下水位変動を表現する「単純モデル」、地下水技術、vol.35、No.2、1993、pp.38-46 3) 宇野尚雄・佐藤健・岸野英人：大垣地下水位変動のシミュレーション(降雨の影響)、第22回土質工学研究発表会講演集、1987、pp.1589-1592 4) 宇野尚雄・浅岡弘暢：「単純モデル」による地下水解析法の考察、第38回土質工学シンポジウム発表論文集、1993、pp.51-54