

埼玉大学理工学部 正会員 ○ 佐藤邦明
 " " 学生員 大塚孝雄

はじめに

地下水の運動・地盤沈下・地震予知などに関連し、地下水位の観測が各所で活発的になり、重要視されていることは周知のことである。地下水観測は水文観測の一環としてのみならず、地盤水理学的諸問題の解決にも不可欠な情報を与えてくれる。特に、地下水資源の利水計画を考える場合基礎資料となるものであり、phreatic level の変動解析とその要因分析はさらに一歩前進した知見を与えるものとなる。こうしたことから、筆者らは埼玉県と共同で実施している管頭下地下水位観測の変動の主成分分析を試み、深層地下水への降雨の影響を量的に評価したので報告する。

1. 観測の状況

埼玉県では図-1のように10カ所に25本の地盤沈下・地下水位観測井が特に沈下の著しい県南部に設置されている。図中番号1は和光観測所(1本、管の深さD=400m)、2, 川口(3, D=100、43、200m)、3, 草加(1, D=561m)、4, 戸田(2, D=250、150m)、5, 浦和(2, D=150、250m)、6, 越谷(1, D=600m)、7, 大宮(1, D=700m)、8, 岩槻(1, D=250m)、9, 久喜(1, D=350m)、10, 鴻巣(1, D=400m)である。

埼玉県では昭和35年から地盤沈下の観測を始めており、このころから沈下が目立ち始めたものといえる。埼玉県の沈下はその拡がりにおいてもまた量においてもわが国で好ましからざる沈下地域の一つと考えてもよからう。

埼玉県は浦和を中心に関東平野でも最も地下水に恵まれた地域で、今日でも水使用量の大半を地下水に依存している。したがって、沈下も劇甚でありその対策が急がれている。

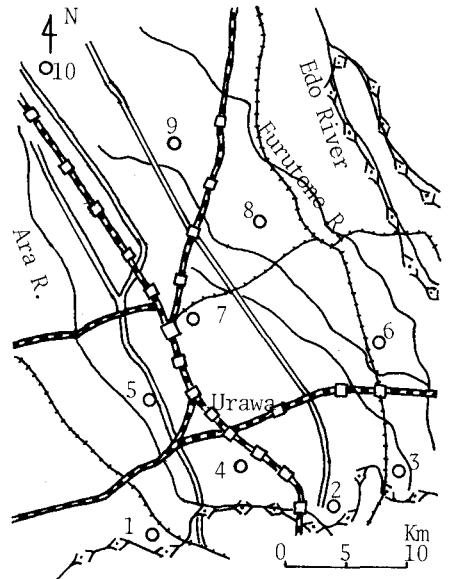


図-1 観測井の位置

2. 地下水変動に關与する要因分析

地盤沈下が地下水の変動と重要な関係をもつことはよく知られた事実である。そういったことから観測井の管頭下地下水位と沈下の関係がしばしば注目されるが、ここで特に地下水変動の要因(気象的、水文、人的、地質的)の中で降雨、気圧との関係を考えてみる。これら諸量の関係を量的に評価するため主成分分析によつた。主成分分析はつぎのように計算され、その結果の意義づけを行なうものである。

いま、P種の変量 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$, $P \geq 2$ のN組のデータ $(X_{1\lambda}, X_{2\lambda}, X_{3\lambda}, \dots, X_{p\lambda}), \lambda=1, 2, 3, \dots, N$ があるとする。そこで、P種の変量の一次結合の關係式(1)を式(2)の下でつぎの条件下で決める。その

$$Z_\alpha = \sum_{k=1}^P L_{\alpha k} X_k, \quad \alpha=1, 2, 3, \dots, m, \quad (1) \quad \sum_{k=1}^P L_{\alpha k}^2 = 1, \quad (2)$$

条件とは、第一主成分 Z_1 の分散が最大であり、第 α 主成分 Z_α は $Z_1, Z_2, \dots, Z_{\alpha-1}$ と無関係で分散が最大である。このようにP個の変量を $m < P$ の新変量で表わす。具体的に、計算はつぎのようにすればよい。

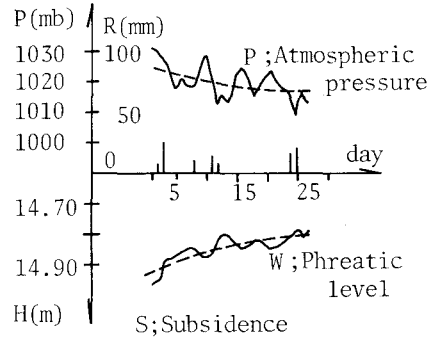
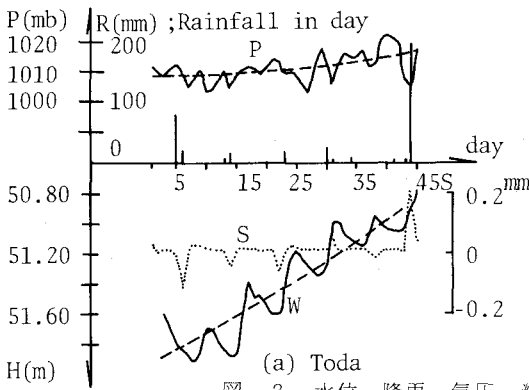


図-2 水位・降雨・気圧・沈下の実測結果の例

表-1 主成分分析

Observation point	Principal co.	Proportion %	Factor loading			Eigen vector			Eigen-value
			X ₁ (P)	X ₂ (H)	X ₃ (R)	X ₁ (P)	X ₂ (H)	X ₃ (R)	
S.49.2.1- N=27days Urawa D=250m	Z ₁	59.3%	-0.873	-0.615	0.798	-0.655	-0.461	0.599	1.777
	Z ₂	27.3	-0.128	-0.762	0.447	-0.141	-0.841	0.493	0.821
	Z ₃	13.4	—	—	—	—	—	—	0.401
S.50.4.22- N=23days Wako D=400m	Z ₁	60.3	0.948	0.939	0.164	0.705	0.698	0.122	1.809
	Z ₂	33.2	-0.006	-0.115	0.991	-0.006	-0.115	0.993	0.995
	Z ₃	6.5	—	—	—	—	—	—	0.197
S.50.4.22- N=27days Koshigaya D=600m	Z ₁	63.4	0.907	0.991	-0.309	0.658	0.719	-0.224	1.899
	Z ₂	31.9	0.233	0.091	0.943	0.238	0.093	0.965	0.956
	Z ₃	4.6	—	—	—	—	—	—	0.139
S.49.9.1- N=45days Kawaguchi D=200m	Z ₁	45.9	0.834	0.055	-0.822	0.711	0.047	-0.701	1.376
	Z ₂	34.3	0.164	0.977	0.223	0.161	0.962	0.220	1.031
	Z ₃	19.8	—	—	—	—	—	—	0.593
S.48.9.1- N=212days Kōnosu D=400m	Z ₁	41.4	0.604	0.787	-0.506	0.543	0.706	-0.455	1.240
	Z ₂	33.3	0.647	-0.001	0.761	0.647	-0.001	0.763	0.997
	Z ₃	25.3	0.411	-0.544	-0.355	0.472	-0.624	-0.407	0.761
S.49.2.1- N=28days Toda D=250m	Z ₁	49.2	0.657	0.865	-0.544	0.541	0.712	-0.448	1.475
	Z ₂	30.1	0.032	-0.719	-0.620	0.034	-0.757	-0.653	0.902
	Z ₃	20.7	0.432	0.150	0.643	0.547	0.190	0.815	0.623

式(3)のように相関行列 R を計算し、 R の固有方程式(4)より固有値 $\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \dots$ を求め、それに

$$R = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1p} \\ r_{12} & 1 & \dots & r_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{1p} & r_{2p} & \dots & 1 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

$$a_{ij} = \sum_{\lambda=1}^N (X_{i\lambda} - \bar{X}_i)(X_{j\lambda} - \bar{X}_j), \quad |R - \lambda I| = 0, \quad (4)$$

$$\bar{X}_i = \frac{1}{N} \sum_{\lambda=1}^N X_{i\lambda}, \quad \sigma_{ij} = \frac{a_{ij}}{N-1}, \quad r_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sqrt{\sigma_{ii}\sigma_{jj}}}$$

I ; Unit matrix

対応する固有ベクトルを $(R - \lambda_\alpha I) L_\alpha = 0, L_\alpha \cdot L_\alpha = 1, (L_\alpha; \text{転置ベクトル})$ より決めればよい。実際には寄与率 $C_\alpha = \lambda_\alpha / \sum \lambda_\alpha$ の累積値が約80%まで主成分を求め、因子負荷量 $\gamma_{\alpha j} = \sqrt{\lambda_\alpha} L_{\alpha j}$ で主成分との相関を判断すればよい。図-2は実測結果の二例を示したもので、表-1は6カ所の観測結果を計算したもので、概して管頭下地下水位と気圧との関係が強いという傾向を示している。