

主成分分析を用いた名古屋地盤の地域特性について

九州工業大学工学部 正 会 員 清水恵助 永瀬英生 廣岡明彦
 九州工業大学大学院 学生会員 清水亨一
 九州工業大学工学部 学生会員 ○三浦 隆

1. 研究目的

濃尾平野はわが国の代表的な沖積平野であり、地質学的にみて最も新しい地層である沖積層は、強度が非常に弱く変形しやすい軟弱地盤で、圧密沈下、液状化などといった問題を抱えている。そこで本研究では、地盤工学会中部支部の名古屋地盤データバンク研究委員会が所有する「最新名古屋地盤図資料編データベース」をもとに、各土質試験結果等の要素を用いて主成分分析を行い、地域別の特性を調べることを目的としている。

2. 対象地域の概要

今回の対象地域としたのは、図1に灰色で示したA、B、Cの3地区である。名古屋市西部に位置するこれら3地区には、広く沖積層が分布しており、また庄内川も縦断している。用いたデータ数としてA(以下Lo_A)が57本、B(Lo_B)が61本、C(Lo_C)が47本である。今回の分析にあたっては有効なデータのT.P.-10m付近の試料を対象としている。

3. 主成分分析とは^{1),2)}

主成分分析とは、相関関係にあるいくつかの要因を合成して、いくつかの成分にし、その総合力や特性を求める方法である。

本研究では、種々の土質試験で得られた実測値 X_j を用いて主成分 Z_k を検討していく。因子負荷量 r_{kj} は主成分 Z_k と変数 X_j との相関の強さを表しており、これにより主成分 Z_k の意味を解釈することができる。それらは式1で表される。

累積寄与率 C_k 、 X_j に対する寄与率 ν_j は、各主成分、変数がデータの変動の説明にどれだけ貢献しているかを表す指標に用いられる。それらは式2、式3で表される。

最終的に、地域別の評価としては固有ベクトルと変数 X_j から主成分得点をそれぞれ算出している。それらは式4で表される。

また、各変数 X_j は単位の影響を取り除くために標準化したデータを用い、固有値1以上の主成分を有効なものとしている。図2には簡単な計算手順を示している。

$$r_{kj} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_k}} \cdot a_{kj} \quad (\text{式1}), \quad C_k = \frac{\text{第}k\text{主成分までの分散の和}}{\text{全分散の和}} \quad (\text{式2})$$

$$\nu_j = \frac{\sum_{k=1}^T (r_{kj})^2}{\sum_{k=1}^T \lambda_k} \quad (\text{式3}), \quad Z_k = a_{k1}X_1 + a_{k2}X_2 + \dots + a_{kj}X_j \quad (\text{式4})$$

λ_k : 固有値 a_{kj} : 固有ベクトル

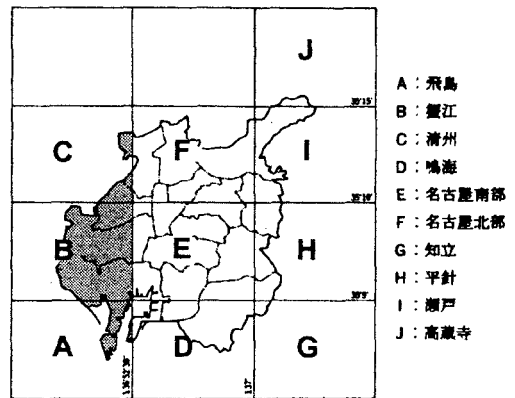


図1 名古屋市のメッシュ図

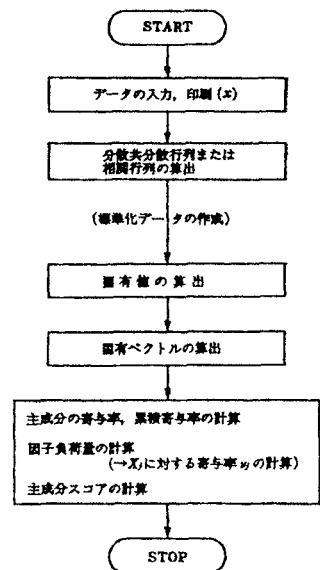


図2 主成分分析の計算手順

4. 結果と考察³⁾

今回は8つの変量のもと分析を行う。 X_1 を標準貫入試験によるN値、 X_2 を粘土分含有率Pc、 X_3 を細粒分含有率Pf、 X_4 を塑性指数Ip、 X_5 を自然含水比wn、 X_6 を一軸圧縮強さqu、 X_7 を圧密降伏応力pc、 X_8 を圧縮指数Ccとする。

固有値、固有ベクトル、因子負荷量、寄与率を $X_1 \sim X_8$ において算出したものを表1に示す。主成分 Z_1 において因子負荷量を見てみると、 $X_2 \sim X_5$ が非常に高い正の相関関係にあり、これは物理特性に依存していることを意味している。主成分 Z_2 においては、 X_8 が他変量と比較すると高い相関を得ていることから圧縮性を意味する指標と解釈できる。主成分 Z_3 においては、固有値が1以下となっているため考慮しない。

表2は各変量を標準化したデータと主成分得点を示している。主成分得点の算出式は次の通りである。

$$\begin{aligned} Z_1 &= -0.360X_1 + 0.363X_2 + 0.353X_3 + 0.379X_4 + 0.351X_5 \\ &\quad - 0.360X_6 - 0.376X_7 - 0.277X_8 \\ Z_2 &= -0.311X_1 + 0.292X_2 - 0.357X_3 + 0.109X_4 - 0.370X_5 \\ &\quad - 0.315X_6 - 0.163X_7 + 0.645X_8 \end{aligned}$$

第1主成分において得点を見てみると、Lo_Aが最も高く、次いでLo_B、Lo_Cとなっている。統計学的に見ると、地盤の物理特性における依存度は海側に面しているLo_Aが大きく、Lo_B、Lo_Cと内陸部に向かうにつれて小さくなっており、ボーリングデータから作成した既存のグラフから読み取れる傾向の裏付けとなっている。つまり、河川供給による堆積物の相違が反映され、このような結果になったものと考えられる。第2主成分も同様に見てみると、圧縮性はLo_Aが大きく、次いでLo_C、Lo_Bとなっている。しかし、表1から見てとれるように、固有値、寄与率が第1主成分と比較しても低いいため、この主成分の信頼度は低いと思われる。

今後は変量数、対象地域を増やしていくことで分析結果の精度を上げ、より詳細な特徴を見出すことを課題として研究を進めていきたい。

表1 主成分分析の結果

Z_k	Z_1	Z_2	Z_3	
λ_k	6.856	1.142	0.002	
C_k	0.857	1.000	1.000	
固有ベクトル	X_1	-0.360	-0.311	0.388
	X_2	0.363	0.292	0.515
	X_3	0.353	-0.357	-0.326
	X_4	0.379	0.109	-0.007
	X_5	0.351	-0.370	0.591
	X_6	-0.360	-0.315	0.270
	X_7	-0.376	-0.163	-0.063
	X_8	-0.277	0.645	0.229
因子負荷量	X_1	-0.943	-0.333	0.018
	X_2	0.950	0.313	0.024
	X_3	0.925	-0.381	-0.015
	X_4	0.993	0.117	0.000
	X_5	0.918	-0.395	0.027
	X_6	-0.941	-0.337	0.012
	X_7	-0.985	-0.174	-0.003
	X_8	-0.725	0.689	0.010
Xに対する寄与率	X_1	0.889	1.000	1.000
	X_2	0.903	1.000	1.000
	X_3	0.856	1.000	1.000
	X_4	0.986	1.000	1.000
	X_5	0.843	0.999	0.999
	X_6	0.885	0.999	0.999
	X_7	0.970	1.000	1.000
	X_8	0.526	1.000	1.000

表2 主成分得点計算の結果

	N値		Pc		Pf		Ip		wn	
Lo	X_1	標準化	X_2	標準化	X_3	標準化	X_4	標準化	X_5	標準化
A	3	-1.16	21.56	1.146	59.46	0.329	22.95	0.957	41.72	0.307
B	6	-0.12	17.51	0.145	64.53	1.027	21.36	0.424	44.14	1.042
C	10	1.279	11.7	-1.29	47.22	-1.36	15.98	-1.38	36.27	-1.35
平均	6.333	0	16.92	0	57.07	0	20.1	0	40.71	0
分散	8.222	1	16.38	1	52.8	1	8.895	1	10.83	1
STD	2.867	1	4.047	1	7.266	1	2.982	1	3.291	1

	qu		pc		Cc		第1主成分		第2主成分	
Lo	X_6	標準化	X_7	標準化	X_8	標準化	得点	標準化	得点	標準化
A	0.488	-1.17	1.466	-1.01	0.628	0.19	2.17	0.828	1.225	1.145
B	0.72	-0.11	1.506	-0.35	0.528	-1.31	1.515	0.578	-1.38	-1.29
C	1.024	1.276	1.608	1.36	0.69	1.119	-3.68	-1.41	0.156	0.146
平均	0.744	0	1.527	0	0.615	0	0	0	0	0
分散	0.048	1	0.004	1	0.004	1	6.86	1	1.143	1
STD	0.219	1	0.06	1	0.067	1	2.619	1	1.069	1

【参考文献】

1) 樽木 武、渡辺 義則：土木計画数字1

森北出版株式会社

2) 杉山幸一、千葉芳彦、吉岡 茂：応用

多変量解析 株式会社インフォーマー

シヨンスイエンス

3) 原口正行：EXCELを使った多変量解

析

<http://isweb18.infoseek.co.jp/school/ig>

ucchi24/