

## 一軸圧縮強度の空間補間におけるデータベース上の記録データの問題点

大阪大学大学院 学生員 ○工藤俊祐  
 大阪大学大学院 国際会員 小田和広  
 大阪大学大学院 学生員 池田智史  
 大阪大学大学院 国際会員 常田賢一

### 1. はじめに

筆者らはこれまで、大阪湾沿岸地域の沖積粘土層内の物理・力学特性を地盤情報データベース(以下DB)に対しニューラルネットワーク(以下NN)という解析手法を適用することによって空間補間する、すなわち、任意空間地点における地盤情報代表値の推定を行ってきた。そして、その過程を通じ、地盤情報の空間補間に対するNNの適用性について検証するとともに、それらの空間分布の様子をコンピュータ上で3次元的に表現してきた<sup>1)</sup>。ところで、地盤情報DBには、さまざまな土質試験の結果が含まれている。それぞれの試験結果には当然、いわゆる“ばらつき”を含んでいるが、その特性は試験毎に異なっていると考えられる。したがって、地盤情報DBに含まれるデータを活用する際には、その性質を十分に考慮しなくてはならない。本報告では、地盤情報DBに含まれる一軸圧縮強度を用いてその空間分布をNNによって推定する際の問題点と、その原因について考察する。

### 2. ニューラルネットワーク

NNとは人間の脳にある神経細胞(ニューロン)の情報伝達のしくみを数理的にモデル化した情報処理機構である。図-1は本研究で用いたNNの構造を示している。NNは入力層、中間層および出力層という階層状の構造をなしている。本研究の場合、地盤情報の空間補間、すなわち、地盤調査の行われていない地点の地盤情報を推定することを目的としているため、北緯・東経・深度の位置情報を入力項目とし、各種地盤情報を出力項目とする。ただし、圧縮曲線の推定にあたっては、圧密圧力を入力項目に加える。モデルの構築においては入力値と出力値が既知である学習用データをNNに与え、推定値と学習値の誤差が小さくなるように層間の重みを変化させる。これを、学習停止条件である学習回数に達するまで繰り返すことにより最適なモデルが構築される<sup>1)</sup>。

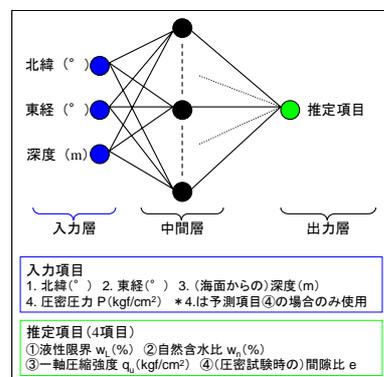


図-1 NNの構造

### 3. 解析手順

本研究では大阪湾において過去に行われた地盤調査の結果のうち、図-2中の青点で示す大阪湾沿岸地域のもの(ボーリング試験本数 5789 本)を用いて解析を行った。推定項目は、自然含水比、液性限界、一軸圧縮強度および圧密試験時の間隙比の4項目である。ボーリングデータとしてはKG-NET 関西圏地盤情報協議会『関西圏地盤情報データベース 2008』を、解析にはSPSS『Clementine Graduate Pack 9.0J』を使用した。以下に解析手順を説明する。

手順1: 地盤情報データベースから今回の解析に耐えうる十分な情報を持ったボーリング調査結果のみを選ぶ。また、今回の解析では沖積粘土層(Ma13層)のみを解析対象とするため、そのデータのみを抽出する。

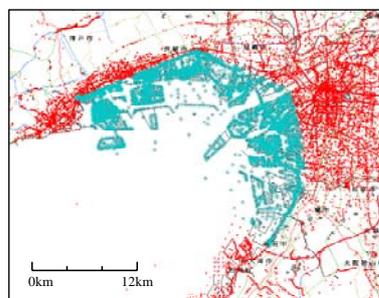


図-2 ボーリング試験位置

手順2: 使用するボーリングデータを位置的にランダムになるように注意しながら7対3の割合で学習用と評価用に分割する。

手順3: 学習用データを用いてNNを構築し、評価用データで精度評価を行う。このとき最適なサンプル率や学習回数を判断し、それらをもとに最適なNNの中間層の構造を決定する。ここでサンプル率とは、NN構築に用いる学習用の試験結果について、NNの過学習<sup>1)</sup>を防ぐために設定することができる、構築に用いる試験結果と、そうでない試験結果の割合である。

手順4: 手順3で検証された最適なNNが出力する推定値と、NNが未学習である評価用の試験結果に含まれる真値との誤差を計算し、推定値の精度評価を行う。

### 4. 解析結果及び考察

表-1は解析手順3で検証された最適なNNモデルを示している。本論文では、相関係数、RMSE(誤差二乗平均平方根)による精度G<sup>2)</sup>、MARE<sup>2)</sup>(絶対平均誤差率)を精度評価手法として用いた。精度Gは、個々の誤差を考慮するRMSEをもとに、集団全体の精度を評価するもので、推定値集団と真値集団の一致の程度を表すことができる。MAREは、個々の推定値と真値との誤差を、真値に対しての百分率で表した誤差率の平均値である。

キーワード ニューラルネットワーク, 一軸圧縮強度, 空間補間

連絡先 〒565-0821 吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻, TEL06-6829-7626

表-1 より、自然含水比、液性限界および圧密試験時の間隙比については、空間補間に対する推定精度は非常に高い。一方、一軸圧縮強度の推定精度はそれに比べかなり低い。ここで、表-2 及び表-3 は、神戸沖地域および大阪沿岸地域における一軸圧縮強度の真値集団の概要と、推定精度を示している。表-2 より、神戸沖地域と大阪湾沿岸地域の一軸圧縮強度の試験結果には地域的な違いによる平均値や標準偏差の大小が生じている。特に、大阪湾沿岸

表-1 最適な NN モデル詳細

	サンプル率	学習回数	中間層のニューロ数		相関係数	精度 G	MARE
			1 層目	2 層目			
自然含水比	80	20,000	34	30	0.849	86.12	12.88
液性限界	90	20,000	27	21	0.810	88.20	9.84
一軸圧縮強度	80	15,000	27	20	0.514	32.93	265.2
間隙比（圧密試験時）	80	20,000	20	31	0.933	88.58	8.70

表-2 解析に用いた一軸圧縮強度の真値集団の概要

	分類	N	n	平均値	標準偏差	最大値	最小値
	評価用	61	2,127	0.558	0.407	1.96	0.005
大阪湾沿岸地域	学習用	4,055	9,126	0.856	0.838	13.40	0.001
	評価用	1,734	3,976	0.526	0.621	5.40	0.003

表-3 一軸圧縮強度の精度評価結果

	相関係数	精度 G	MARE	Success Rates		
				$r < 10$	$10 < r < 15$	$15 < r$
神戸沖地域	0.826	66.76	135.8	24.27	10.87	64.86
大阪湾沿岸地域	0.514	32.93	265.2	8.08	4.00	87.92

地域の学習用データの平均値と標準偏差が極めて大きい。また、学習用・評価用共に最大値は明らかな違いを示しており、大阪沿岸地域におけるそれは神戸沖地域のものよりもかなり大きい。表-3 から神戸沖地域の相関係数は高く、一見高い精度を有しているように見えるが、精度 G は低く、MARE も大きい。特に Success Rates は  $r < 10$  が 24.27% であるのに対し、 $15 < r$  が 64.86% であり、一軸圧縮強度のばらつきが大きく、そのことが精度低下の主原因であることを示唆している。また、神戸沖地域では大阪湾沿岸地域に対して、1本のボーリング試験結果から得られた一軸圧縮強度、すなわち一軸圧縮試験結果が明らかに多いことが分かる。そこで、地盤情報データベースより抽出した一軸圧縮試験結果を詳細に分析した。その結果、双方の地域において、同じ位置情報、すなわち同じ東経、北緯、標高に対して複数の試験結果が存在していることが明らかになった。これはデータベースへの記録がサンプラーベースになっていることに起因している。すなわち、一本のサンプラーから複数のサンプルを抽出し試験をしてサンプラーではなくサンプラーの位置情報が代表値として記録されているためである。そのため、ニューラルネットワークは、同じ入力に対して、複数の真値をもつ試験結果の集団を学習しようとしたため、その構築が適切に行われなかったものと考えられる。

## 5. まとめ

本論文では、地盤情報 DB に NN を適用することにより地盤情報の空間補間を行った。その結果、自然含水比、液性限界、圧密試験時の間隙比を精度良く推定するモデルを構築することができた。しかし一軸圧縮強度については、適切な推定を行うことができなかった。これは、一軸圧縮強度の位置情報がサンプラーベースでデータベースに収録されていることも主原因の一つであると考えられる。

## 参考文献

池田他, 2008, 大阪湾沿岸域の地盤情報の三次元マップに対するニューラルネットワークの適用性, 第 43 回地盤工学研究発表会, pp45-46, 2) 池田他, 2008, 大阪湾沿岸沖積粘土の地盤情報推定のための最適なニューラルネットワークの構造, 平成 20 年度土木学会関西支部年次学術講演会, III-21