

1.はじめに

関東地震は、火災だけでなく地震の揺れそのものも史上稀にみる災害を引き起こした。激震によって倒れた木造家屋の統計から関東地震の全潰率を求め、それをベースに関東全域の震度分布を推定した結果、震源の真上となった神奈川県や千葉県南部でも、震度の大きさは一様でなかった<sup>1)</sup>。こうした揺れの差は、地質構造によるもので、同じ地域で周辺よりも激しく揺れた場所は、比較的新しい時代にできた軟弱な表層地盤で形成されていた。震源から離れた東京の下町や埼玉県東部で大きく揺れたのも同様に軟弱な表層地盤により地震波が増幅されたことによるものである。

こうしたことから、地震被害と地盤の関係が密接であることがわかる。このため、表層地盤の増幅特性を適切に評価し、さらに整備され利用しやすい形で地盤データをデータベース化することが有効である。

そこで、本研究では数多くの地盤データ、PS 検層などの地盤資料が整っている東京都において、公開されているデータを収集・整理し、それを元に地盤データベースを作成、各地質における地盤特性を検討し、増幅特性を評価するのに必要な  $V_s$  (S 波速度) を使用した経験式を提案する。また、本研究の目的として、ボーリングデータなどから得られる N 値などの点情報に基づく推定式ではなく、地質分類を考慮した深度と  $V_s$  の関係性から推定式を提案し、ボーリングデータのない任意の地点でも、面的に地盤速度構造を推定し、評価できるようにする。

最後に、提案する経験式の有効性を示すために、既往の式との比較や常時微動結果などの既存のデータとの比較を行う。

2.データ整備

2.1.地盤データの収集及びデータベースの作成

本研究で使用した地盤データは、東京都土木技術研究所<sup>2)</sup>が公開している PS 検層データ、および国土交通省の首都圏の地盤断面図<sup>3)</sup>を用いた。

PS 検層データは、東京都 23 区および多摩地区東側の 89 地点のデータを用い、データの内容としては、深度、層厚、土質名称、N 値、密度、 $V_p$  (P 波速度)、 $V_s$  などである。地盤断面図は、首都圏を南北方向、東西方向に約 2 km ごとに分割された 57 の地盤断面図である。

本研究において、作成したデータベースと地盤断面図の整理の手法は、次のとおりである。

初めに、PS 検層データと地盤断面図の位置情報を GIS

マッピングする。そして、任意の PS 検層データから近い位置にある地盤断面図を選択する。次に、地盤断面図の画像データから PS 検層データと対応する地質を割り出し、それを PS 検層データに新たなデータとして追加する。最後に、PS 検層データ、地盤断面図、PS 検層データと地盤断面図の位置を、整理し一つにまとめる。以上が作成したデータベースと地盤断面図の整理の手法である。

また、今回の地質の分類には、国土交通省が地盤断面図と共に公開している地質分類表<sup>3)</sup>を使用した。その内容を表 1 に示す。

表 1 使用した地質分類表

地質記号	土質	地層	地質年代	地質記号	土質	地層	地質年代																																																	
Yuc	粘土	上部 有楽町層	完 新世	Tcg	砂礫	礫層	後 期 更 新世																																																	
Yus	砂			Yug	砂礫			Ylc	粘土	Yls	砂	Ylg	砂礫	Nac	粘土	七号地層	後 期 更 新世	Lm	ローム・凝灰質粘土	ローム層	後 期 更 新世	Nas	砂	Ac	粘土	沖積層	中 期 更 新世	bl	ローム・凝灰質粘土	埋没ローム	中 期 更 新世	As	砂	Ag	砂礫	Ed	粘土・砂・砂礫	江戸川層	Al	粘土・砂・砂礫	Toc	粘土	東京層	前 期 更 新世	Tos	砂	Tog	砂礫	東京礫層	Ka	泥岩・砂岩・礫岩	上総層群	前期更新世			
Yug	砂礫			Ylc	粘土			Yls	砂	Ylg	砂礫	Nac	粘土	七号地層	後 期 更 新世			Lm	ローム・凝灰質粘土	ローム層		後 期 更 新世	Nas	砂	Ac			粘土	沖積層	中 期 更 新世		bl	ローム・凝灰質粘土	埋没ローム	中 期 更 新世	As	砂	Ag	砂礫	Ed	粘土・砂・砂礫	江戸川層	Al		粘土・砂・砂礫	Toc	粘土	東京層	前 期 更 新世	Tos	砂	Tog	砂礫	東京礫層	Ka	泥岩・砂岩・礫岩
Ylc	粘土			Yls	砂			Ylg	砂礫	Nac	粘土	七号地層	後 期 更 新世			Lm	ローム・凝灰質粘土	ローム層	後 期 更 新世	Nas	砂		Ac	粘土	沖積層			中 期 更 新世				bl	ローム・凝灰質粘土	埋没ローム		中 期 更 新世	As	砂	Ag	砂礫	Ed	粘土・砂・砂礫	江戸川層		Al	粘土・砂・砂礫	Toc	粘土		東京層	前 期 更 新世	Tos	砂	Tog	砂礫	東京礫層
Yls	砂			Ylg	砂礫			Nac	粘土	七号地層	後 期 更 新世			Lm	ローム・凝灰質粘土	ローム層	後 期 更 新世	Nas		砂	Ac	粘土	沖積層	中 期 更 新世								bl	ローム・凝灰質粘土	埋没ローム			中 期 更 新世	As	砂	Ag	砂礫	Ed	粘土・砂・砂礫	江戸川層	Al	粘土・砂・砂礫	Toc	粘土		東京層		前 期 更 新世	Tos	砂	Tog	砂礫
Ylg	砂礫	Nac	粘土	七号地層	後 期 更 新世	Lm	ローム・凝灰質粘土	ローム層	後 期 更 新世			Nas	砂	Ac	粘土	沖積層		中 期 更 新世	bl	ローム・凝灰質粘土	埋没ローム	中 期 更 新世										As	砂	Ag				砂礫	Ed	粘土・砂・砂礫	江戸川層	Al	粘土・砂・砂礫	Toc	粘土	東京層	前 期 更 新世	Tos	砂	Tog			砂礫	東京礫層	Ka	泥岩・砂岩・礫岩
Nac	粘土	七号地層	後 期 更 新世			Lm	ローム・凝灰質粘土	ローム層		後 期 更 新世																																														
Nas	砂			Ac	粘土	沖積層	中 期 更 新世	bl	ローム・凝灰質粘土		埋没ローム	中 期 更 新世	As	砂	Ag		砂礫		Ed	粘土・砂・砂礫	江戸川層					Al	粘土・砂・砂礫		Toc	粘土	東京層	前 期 更 新世	Tos	砂	Tog			砂礫	東京礫層	Ka	泥岩・砂岩・礫岩	上総層群	前期更新世													
Ac	粘土	沖積層	中 期 更 新世	bl	ローム・凝灰質粘土			埋没ローム	中 期 更 新世																																															
As	砂			Ag	砂礫			Ed		粘土・砂・砂礫	江戸川層		Al	粘土・砂・砂礫	Toc		粘土		東京層	前 期 更 新世	Tos		砂	Tog	砂礫	東京礫層	Ka	泥岩・砂岩・礫岩	上総層群	前期更新世																										
Ag	砂礫			Ed	粘土・砂・砂礫			江戸川層		Al	粘土・砂・砂礫		Toc	粘土	東京層	前 期 更 新世	Tos	砂	Tog		砂礫	東京礫層	Ka	泥岩・砂岩・礫岩	上総層群	前期更新世																														
Ed	粘土・砂・砂礫			江戸川層	Al			粘土・砂・砂礫		Toc	粘土		東京層	前 期 更 新世	Tos		砂	Tog	砂礫		東京礫層	Ka	泥岩・砂岩・礫岩	上総層群	前期更新世																															
Al	粘土・砂・砂礫			Toc	粘土	東京層	前 期 更 新世	Tos		砂	Tog	砂礫	東京礫層		Ka		泥岩・砂岩・礫岩	上総層群	前期更新世																																					
Toc	粘土	東京層	前 期 更 新世																																																					
Tos	砂																																																							
Tog	砂礫	東京礫層																																																						
Ka	泥岩・砂岩・礫岩	上総層群	前期更新世																																																					

2.2.作成したデータベースの比較・検討

今回作成したデータの整合性をとるため、既存資料の値との比較を行った。図 1 は作成したデータベースの地質ごとの  $V_s$  と N 値の平均値と、既存の資料<sup>4)5)6)</sup>から抜粋した  $V_s$  と N 値の値とを比較したものである。図 1 から分かるように、データの平均値は既存の資料の値と近い値を得ることができた。

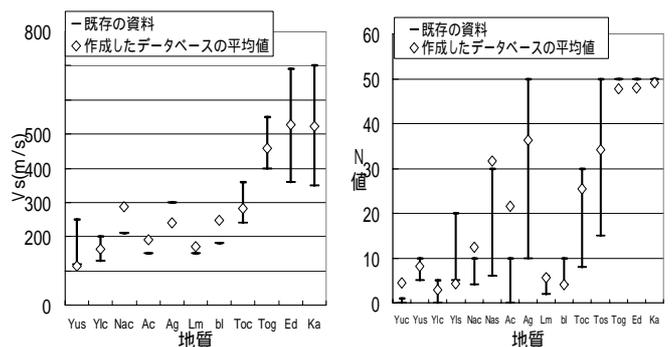


図 1 データベースの地質ごとの  $V_s$ ・N 値の平均と既存の資料の値との比較

3.経験式の提案

作成したデータベースから推定式を提案する(式 3.1)。まず地層の  $V_s$  と深度の依存性を検討し、 $V_s=aH^b$  を満たす回帰式を基本的な形式として作成した。次に各地層において誤差が最小になる係数を求めた。

江戸川層・東京礫層は  $V_s$  と深度の関係性がみられなかったため、平均値を採用した。

また、作成の過程で既往の経験式などを指標に、あまりにもずれたデータはデータベース作成時のエラー値として、あらかじめ除いて作成した。

$$V_s = 78.649H^{0.417} \quad (3.1)$$

0.65	有楽町層(砂・砂礫) 有楽町層(粘土) 七号・沖積層(砂・砂礫) 七号・沖積層(粘土) 礫層 ローム層 東京層 上総層
0.5	
0.839	
0.624	
1.436	
0.873	
1.088	
1.143	

東京礫層： $V_s=454(m/s)$ 、江戸川層： $V_s=492(m/s)$

#### 4. 提案した推定式の検討

##### 4.1 既往の式との比較

今回提案する推定式の精度をみるため、既往の式<sup>7)</sup>との比較を行った。図2・3は今井式、太田・後藤式、正木式および今回提案する推定式から求めた推定  $V_s$  の正解値からのばらつきを比較したものである。

また図中の括弧内に、(推定  $V_s$  - 実測  $V_s$ )/実測  $V_s$  の絶対値からばらつきを数値で評価した。0 に近いほどばらつきは小さいことを表す。

その結果、深度・地質年代の2つのみをパラメータとしている本研究の提案式から求めた推定値は、N値・深度・土質分類・地質年代の4つをパラメータとしている太田・後藤式や正木式から求めた推定値と比較すると、やはりばらつきは大きくなるものの、全体的な傾向としては良い結果が得られたと言える。

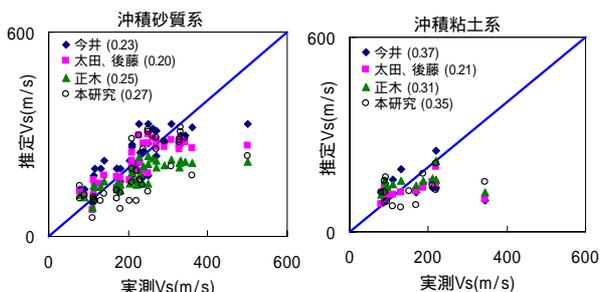


図2 推定  $V_s$  の正解値からのばらつきの比較(沖積層)

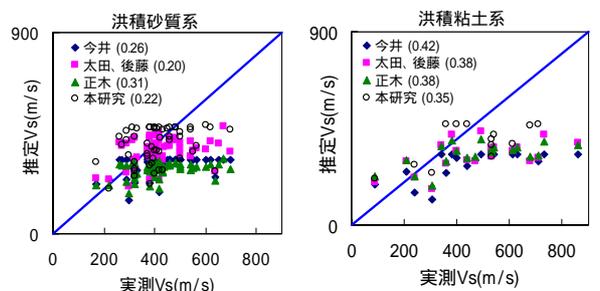


図3 推定  $V_s$  の正解値からのばらつきの比較(沖積層)

##### 4.2 卓越周期の検討

最後に推定式を使用して作成した地盤モデルを  $V_s=400(m/s)$  を基盤として解析し、増幅率と卓越周期を求

めた。その解析結果から求められた各地点の卓越周期と、大町らによる東京都区部の常時微動から推定した地盤の卓越周期の分布マップ<sup>8)</sup>とを照らし合わせ比較した(図4)。その結果、本研究で得られた卓越周期のデータは、数は少ないものの大町らの分布マップと近い傾向がみられた。

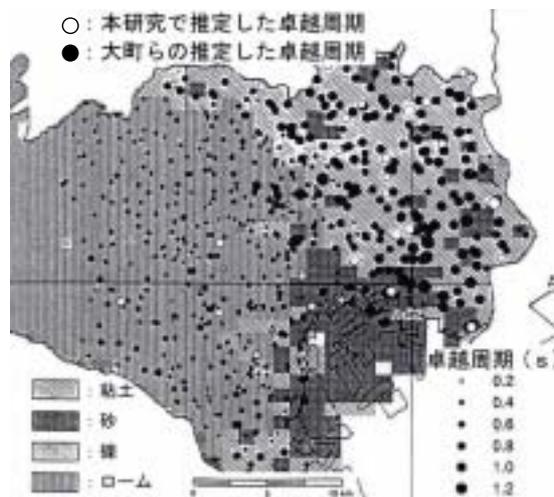


図4 大町らの地盤の卓越周期の分布マップと本研究で推定した卓越周期の比較

#### 5. まとめ

これまで、N値を用いた  $V_s$  の推定に関する研究は数多く行われてきているが、ボーリングデータからの  $V_s$  の推定では点情報しか得ることができない。それに対し、断面図を使用した深度をパラメータとする  $V_s$  の推定式であれば面的に用いることができる。

そこで本研究では、東京都を対象に深度と  $V_s$  の関係について検討を行い、地質分類を考慮した  $V_s$  の推定式を提案した。

提案した推定式の精度をみるため、既往の式との比較を行った結果、N値などのパラメータを与えていないことから太田・後藤式や正木式に比べるとやや精度は落ちるものの、 $V_s$  を推定するには耐えうる精度があることを確認することができた。

今後、地盤を補完して推定するなど、精度をさらにもっと上げる必要がある。また、地盤速度構造を面的に評価できる推定式を提案できたことにより、地盤増幅率の3次元マップの作成などにもつながるものとなった。

##### 【謝辞】

本研究において客員研究員の久保智弘氏には多くの時間と労力をさいいた熱心なご指導・ご協力をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

##### 【参考文献】

- 1) 武村雅之：関東大震災 大東京の揺れを知る、鹿島出版会
- 2) 東京都土木技術研究所：http://www.doken.metro.tokyo.jp/
- 3) 国土交通省による国土調査のページ：http://tochi.mlit.go.jp/tockok/index.htm
- 4) 社団法人地盤工学会：地盤工学会、『東京の地盤』ジオテクノート
- 5) N値の話編集委員会編著：N値の話、理工図書
- 6) 東京都：平成9年直下型被害想定資料集第1巻
- 7) 福和伸夫・他：GISを用いた既存地盤資料を活用した都市域の動的な地盤モデル構築日本建築学会技術報告集第9号、pp249-254,1999
- 8) 大町達夫・他：常時微動の水平動と上下動のスペクトル比を用いる地盤周期推定法の改良と適用土木学会論文集No.489、pp251-260,1994.4