

名古屋市域のPS検層データに基づく地盤の平均S波速度の推定精度に関する考察

STUDY ON PRECISION OF THE ESTIMATED AVERAGE SHEAR-WAVE VELOCITY BASED ON PS LOGGING DATA IN NAGOYA CITY AREA

高橋広人 — *1 護 雅史 — *2
福和伸夫 — *3

Hirohito TAKAHASHI — *1 Masafumi MORI — *2
Nobuo FUKUWA — *3

キーワード:
平均S波速度, 微地形区分, ボーリング, PS検層, 地域性

Keywords:
Average shear-wave velocity, Geomorphologic classification, Boring data, PS logging data, Regional characteristics

In this paper, precision of the estimated average shear-wave velocity by geomorphologic classification and by boring data is shown based on PS logging data in Nagoya Area. It is shown that estimated precision of average shear-wave velocity based on the geomorphologic classification become at the same level than that of average shear-wave velocity based on boring data, by performing a regression analysis using data in limited area. For estimation of the average shear-wave velocity distribution that integrated geomorphologic classification with boring data, the author propose a method to use estimated precision of average shear-wave velocity for a weighting factor.

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震では、太平洋沿岸部における津波による甚大な被害とともに、広範囲で強い揺れが観測された。将来、発生が懸念される南海トラフの巨大地震でも広域にわたって被害が及ぶことが予想される。地震被害の予測には強震動予測の適切な評価が必要であり、地震動強さに及ぼす地盤特性の評価が重要となる。

地盤特性の評価方法には、地盤モデルを作成し地震応答解析に基づいて求める方法^{例えば、¹⁾}。その他、地質・地形条件と地盤の増幅特性との関係から推定する方法^{例えば、^{2),3),4)}}がある。地形や標高などの地理的情報は都市部・山間部によらず入手できるため、日本全域に適用できる利点がある。翠川・松岡²⁾では国土数値情報に基づく1km×1kmメッシュ単位の地理的情報が用いられたが、若松・他⁵⁾により250m×250mメッシュ単位の地形・地盤分類メッシュマップが整備され、地理的情報の詳細化が図られている。松岡・他⁴⁾は、地理的情報の詳細化により平均S波速度(以下、AVS)の推定誤差が小さくなったことを示している。また、同じ微地形区分でも地域によりAVSの推定式が異なるとの指摘もある^{1),3),6)}。

一方、ボーリングに基づく評価も行われている。清水・他⁷⁾は、都市部において豊富に得られるボーリング資料に基づいて、各ボーリングのAVS及び増幅度を推定し、補間することで面的な地盤特性を推定している。末富・他⁸⁾は、AVSの推定において、微地形区分よりもボーリングによる方が信頼できるとし、微地形に比してボーリングに重みを付けた平均化によりAVS分布の作成手法を提案している。しかしながら、微地形区分によるAVSとボーリングによるAVSの推定精度について比較した例は著者が知る限りない。

本論では、PS検層やボーリングが多数得られている名古屋市域を対象として、微地形区分、ボーリングそれぞれに対してAVSの推定精度について整理し、既往の推定式との比較を交えてAVSの推定精度向上の可能性について考察する。さらに、微地形によるAVSとボーリングによるAVSを統合する方法を提案し、例として名古屋市域のAVSの分布を示す。なお、図1及び図2はカラー頁に示した。

2. 地理的指標の詳細化によるAVSの影響

2.1 詳細地形分類図の作成

若松・他⁵⁾による地形・地盤分類メッシュマップの作成に用いられた土地分類基本調査図(以下、1/5万地形分類図)より大縮尺の地形分類図としては、国土地理院の1/2.5万土地条件図がある。しかし、名古屋市域における1/2.5万土地条件図は昭和40年代に作成されたものであり、名古屋市東部は丘陵地を宅地造成した人工改変地、また名古屋市西部は低地を宅地化した盛土地と分類され^{9)~11)}、原地形が不明である。このため、造成前の地形分類図(以下、詳細地形分類図)を作成した。表1に原地形の微地形判別の目安とした定義を示す。微地形の名称は若松・他⁵⁾に合わせた。

- ①図1に示す破線の東側においては、宅地造成以前の空中写真である旧日本陸軍撮影及び米軍撮影の空中写真写真(撮影縮尺約1/1万)を用いた地形判読により人工改変地から丘陵地、砂礫台地、谷底低地の領域に分類した。なお作図の際には昭和30年代、昭和40年代の都市計画基本図(縮尺1/3000)を基図として用いた。
- ②図1に示す破線の西側においては、1/2.5万土地条件図を基に、表1に示す定義に従い5mDEMや文献^{12),13)}を参考にして盛土地から

¹⁾ 応用地質(株) 博士(工学)
(〒461-8541 名古屋市守山区瀬古東2-907)
²⁾ 名古屋大学減災連携研究センター 特任教授・博士(工学)
³⁾ 名古屋大学減災連携研究センター 教授・工博

¹⁾ OYO Corporation, Dr. Eng.

²⁾ Designated Prof., Disaster Mitigation Research Center, Nagoya Univ., Dr. Eng.

³⁾ Prof., Disaster Mitigation Research Center, Nagoya Univ., Dr. Eng.

後背湿地、海岸低地・三角州、干拓地、埋立地の領域に分類した。
③ため池については、上述の空中写真や迅速測図¹⁴⁾に基づいて形状をデジタル化し、これと現況の都市計画基本図と比較し、ため池を埋めた土地（旧ため池）を判別した。

上記①、②、③の判別結果を組合せて詳細地形分類図とした。図1に詳細地形分類図を示す。

2.2 PS 検層地点の微地形判読

微地形と AVS の関係を調べるために収集した PS 検層データは 499 地点であり、このうち掘進長が 30m 以上である 315 地点のデータを用いた。AVS の算出は、S 波の走時で重みをつけた深さ 30m までの地盤の AVS (AVS30 : 30m を S 波の伝播時間で除した値) とした。図 2 に収集した PS 検層データの分布を AVS30 で色分けして示す。

AVS30 を算出した PS 検層地点の微地形区分は、2.1 にて作成した詳細地形分類図の微地形属性を自動的に抽出し判別した。また、1/5 万地形分類図については松岡・他⁴⁾に倣い、GIS にて PS 検層地点を文献^{15)~18)}と重畳表示して微地形判読を行った。ただし、文献^{15)~18)}による地形分類は昭和 47 年～昭和 61 年に作成されたものであり、名古屋市東部は丘陵地を宅地造成した人工改変地、名古屋市西部は低地を宅地化した盛土地と分類されている。このため、J-SHIS にて公開されている 250m×250m メッシュの微地形区分図¹⁹⁾及び文献¹³⁾に基づいて造成前の地形を推定して判読を行った。

表 2 に、PS 検層地点における詳細地形分類図による微地形区分と 1/5 万地形分類図による微地形区分との対応を示す。表 2 のうち、詳細地形分類図により区分されたデータ数が 15 以上の微地形に着目すると、多くの微地形での中率は 80% 程度であるが、谷底低地は 60% である。これは丘陵地や台地に入り組んで分布する谷底低地の分布を 1/5 万地形分類図では十分に表現できないために誤判定が生じているものと考えられる。本論においては、微地形と AVS30 の関係式は、詳細地形分類図により区分されたデータ数が 15 以上である丘陵地、砂礫台地、谷底低地、後背湿地、海岸低地・三角州、干拓地、埋立地の 7 つの微地形について回帰した。

2.3 微地形と AVS30 の関係

微地形と AVS30 の関係式の回帰においては、標高 Ev (m)、傾斜 Sp、主要河川からの距離 Dr (km)、山地・丘陵地からの距離 Dm (km) の 4 種類の地理的指標を説明変数の候補とした。PS 検層データと地理的指標との関連付けについては、表 3 に示す 2 通りのデータセットを作成した。傾斜 Sp は、南海トラフの巨大地震モデル検討会²⁰⁾（以下、検討会）に倣い、沖村・他²¹⁾の方法に基づいて算出し、正接の値を 1000 倍した。主要河川からの距離 Dr は、データ 1、データ 2 共に国土数値情報の河川流路データを用いたため、微地形判読の違いのみが AVS30 との関係における差異の要因となる。

表 1 原地形の微地形区分の定義

微地形区分	説明
谷底低地	後背湿地より上流部に位置し、約 500m までの幅をもつ谷部。
後背湿地	海岸低地・三角州より上流部に位置し、約 500m 以上の谷幅をもつ、河川の沖積作用によって形成された堆積物からなる。
海岸低地・三角州	河口付近に分布しており、河川の搬出する砂泥堆積物や海水準変動の影響を受けた堆積物で成長した地形。後背湿地との境界標高は約 2m。
干拓地	干潟を潮止め堤で囲み、海水を排除して陸地させた人工的な陸地。主に江戸時代に干拓進む。海岸低地・三角州との境界標高は約 0m。
埋立地	人工的に大量の土砂を海岸に積み上げて造成した土地。明治時代以降に開発された。

表 2 PS 検層地点における詳細地形分類図による微地形区分と 1/5 万地形分類図による微地形区分との対応

		1/5 万地形分類図による微地形区分												計
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
詳細地形分類図による微地形区分	I	35	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
	II	1	68	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	71
	III	2	3	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15
	IV	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	V	0	0	0	0	4	4	1	1	0	0	0	0	10
	VI	0	0	1	0	4	65	0	0	0	0	0	0	70
	VII	0	0	0	0	0	0	16	4	0	0	0	0	20
	VIII	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20
	IX	0	0	0	0	0	0	1	11	45	0	0	0	57
	X	0	0	1	0	0	0	1	0	0	5	0	0	6
	XI	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	XII	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
計		43	72	14	1	8	70	19	36	45	5	0	3	315

I:丘陵地, II:砂礫台地, III:谷底低地, IV:扇状地, V:自然堤防, VI:後背湿地, VII:海岸低地・三角州, VIII:干拓地, IX:埋立地, X:河原, XI:旧ため池盛土, XII:水部

表 3 PS 検層データと地理的指標との関連付け

微地形区分	データ 1	データ 2
	詳細地形分類図により判読した。	1/5 万地形分類図により判読した。
標高 Ev	標高が測量されている PS 検層データは測量値を使用した。測量されていない PS 検層データは 5mDEM 標高より各 PS 検層地点における標高を自動抽出した。	250mDEM 標高より各 PS 検層地点における標高を自動抽出した。
傾斜 Sp	5mDEM 標高より傾斜（正接）を算出し、各 PS 検層地点における 5m×5m メッシュを中心とした 50m 四方の範囲内の 5m×5m メッシュの傾斜の中央値とした。	50mDEM 標高より傾斜（正接）を算出し、各 PS 検層地点における 50m×50m メッシュを中心とした 250m 四方の範囲内の 50m×50m メッシュの傾斜の中央値とした。
主要河川からの距離 Dr	国土数値情報の河川流路データ（1 級・2 級河川）から各 PS 検層地点までの距離を算出した。	同左
山地・丘陵地からの距離 Dm	詳細地形分類図の山地・丘陵地ポリゴンから各 PS 検層地点までの距離を算出した。	250m×250m メッシュの山地・丘陵地メッシュから各 PS 検層地点までの距離を算出した。

図 3 に、微地形区分別の AVS30 と地理的指標との関係を、データ 1 とデータ 2 を比較して示す。図 3 より、傾斜の分布はデータ 2 に比べてデータ 1 の方が大きい。これは、データ 2 の傾斜の算出に用いた 50mDEM は、データ 1 の傾斜の算出に用いた 5mDEM に比べ、平滑化された地形を表現しているためと考えられる。

また、図 3 より、標高、主要河川からの距離、山地・丘陵地からの距離において、データ 1 とデータ 2 の分布に大きな違いは見られない。このことは、地理的指標の詳細化では AVS30 の推定精度は向上しないことを示唆するものである。精度については以降に示す。

データ 1 とデータ 2 に対して、微地形区分別に AVS30 の推定式を多変量解析により求めた。推定式は次の通りとし、各微地形区分に対して説明変数の意味を考慮しつつ、変数減少法に従い、分散分析により回帰式の検定を行うことにより説明変数を選定した。

$$\text{LogAVS30} = a + b\text{LogEv} + c\text{LogSp} + d\text{LogDr} + e\text{LogDm} \pm \sigma \quad (1)$$

ここで、a, b, c, d は回帰係数である。表 4 に、データ 1 及びデータ 2 に対して回帰分析により得られた回帰係数を示す。傾斜は影響が小さく回帰係数 c はいずれの微地形区分も 0 であった。

図 4 に、データ 1、データ 2 に表 4 に示した回帰係数を適用した AVS30 の推定値と実測値の関係をそれぞれ比較して示す。参考として、データ 2 に対して松岡・他⁴⁾、検討会²⁰⁾による回帰係数を適用した AVS30 の推定値と実測値の関係を示した。

データ 1 とデータ 2 では、AVS30 の推定値と実測値の対数標準偏

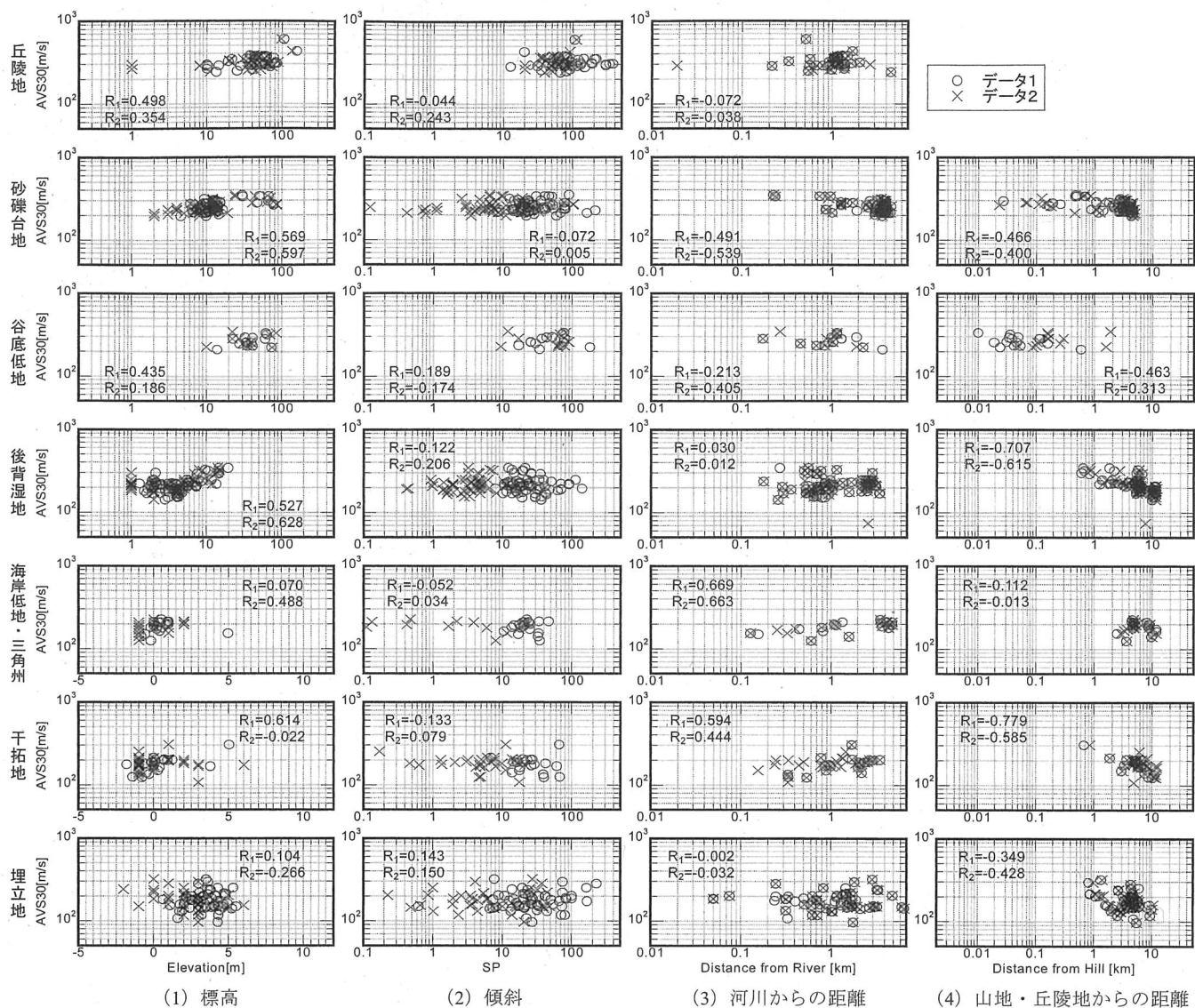


図3 微地形区分別の AVS30 と地理的指標との関係

※R₁はデータ1に対する相関係数, R₂はデータ2に対する相関係数を示す。

表4 多変量解析による AVS30 の推定式の回帰係数

微地形区分		回帰係数					標準偏差 σ	データ 数
		a	b	c	d	e		
I 丘陵地	データ1	2.305	0.125	0.000	0.000	0.000	0.065	38
	データ2	2.410	0.061	0.000	0.000	0.000	0.069	43
II 砂礫台地	データ1	2.252	0.133	0.000	0.000	0.000	0.051	71
	データ2	2.291	0.105	0.000	0.000	0.000	0.051	72
III 谷底低地	データ1	2.343	0.000	0.000	0.000	-0.063	0.053	15
	データ2	2.430	0.000	0.000	0.000	0.000	0.063	14
VI 後背湿地	データ1	2.231	0.162	0.000	0.000	0.000	0.075	70
	データ2	2.270	0.113	0.000	0.000	0.000	0.077	70
VII 海岸低地・三角州	データ1	2.245	0.000	0.000	0.094	0.000	0.053	20
	データ2	2.245	0.000	0.000	0.089	0.000	0.053	19
VIII 干拓地	データ1	2.388	0.000	0.000	0.135	-0.232	0.042	20
	データ2	2.398	0.000	0.000	0.077	-0.196	0.066	36
IX 埋立地	データ1	2.329	0.000	0.000	0.000	-0.150	0.101	57
	データ2	2.344	0.000	0.000	0.000	-0.190	0.102	45

※図11の作成において, IVはIIIの式, Vはデータの平均値, XはVIの式, XIは周囲の微地形に合わせI或はIIの式を適用した。

差はほぼ同等であり推定精度に差異は見られない。これより、微地形に基づく AVS30 の推定において、地理的指標をデータ2以上に詳細にしても精度の向上は期待できないものと考えられる。

また、松岡・他⁴⁾、検討会²⁰⁾による回帰係数による AVS30 の推定

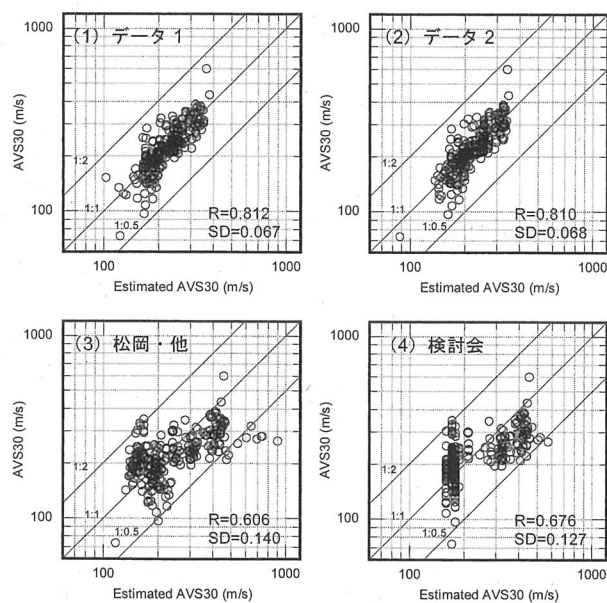


図4 回帰式から推定される AVS30 と実際の AVS30 との関係

値と実測値の対数標準偏差はそれぞれ 0.140, 0.127 であり, データ 1 及びデータ 2 の方が実測値との対応がよい。これは, 地域を限定して回帰したことが要因と考えられる。

3. ボーリング資料の指標に基づく AVS30

3.1 PS 検層データの概要

図 5 に名古屋域における表層地盤の東西地質断面図の一例²²⁾を示す。名古屋域の表層地盤を構成する地層年代は盛土層を含め 8 つに分類される。表 5 に地層年代別・土質別のデータの内訳を示す。

既往の研究では, S 波速度の推定式の説明変数として, 土質区分・地質年代・N 値・出現深度が用いられている(例えば, 23)。図 6 に土質別, 地質年代別の S 波速度の分布を, 図 7 に土質別の N 値と S 波速度の関係を, 図 8 に土質別の出現深度と S 波速度の関係をそれぞれ示す。ここで, N 値は土質柱状図における各土層内における平均 N 値であり, 平均 N 値の算定には貫入量 30cm に相当する換算 N 値を用いた。ただし, 貫入量が 10cm 以下の場合は 10cm とした。また, 出現深度は各土層の中心深度を用いた。

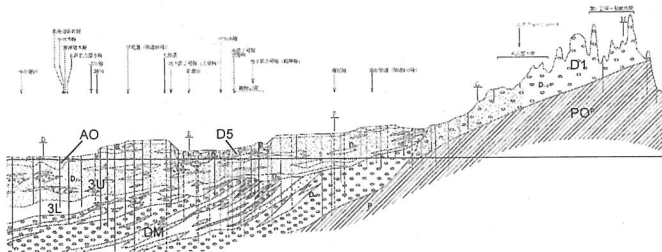


図 5 名古屋域における表層地盤の東西断面の一例²²⁾

表 5 収集した PS 検層データの地層年代別・土質の内訳

	BO	AO	D5	3U	3L	DM	D1	PO	計
粘土	37	195	5	216	227	303	25	266	1274
シルト	41	381	6	400	341	510	2	653	2334
砂	146	734	49	1437	157	827	19	873	4242
砂礫	44	48	235	134	28	764	112	185	1550
その他	0	0	0	0	0	0	0	13	13
計	268	1358	295	2187	753	2404	158	1990	9413

BO:盛土, AO:南陽層, D5:鳥居松礫層・小牧礫層・大曾根層, 3U:熱田層上部, 3L:熱田層下部, DM:海部・弥富層, D1:八事・唐山層, PO:矢田川層

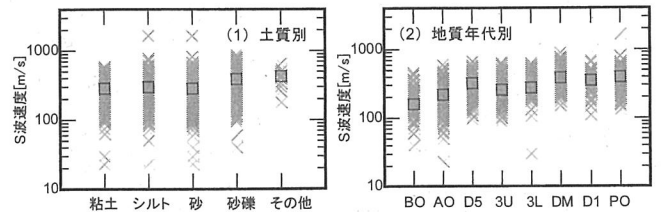


図 6 土質別・地質年代別の S 波速度の比較 ※□は平均値

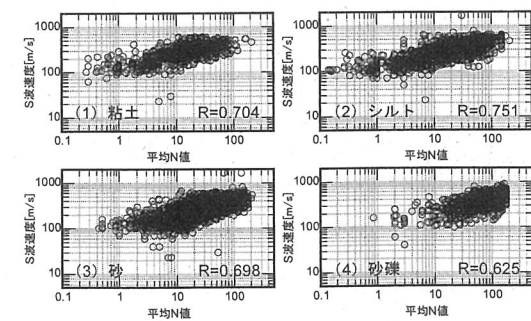


図 7 N 値と S 波速度の関係

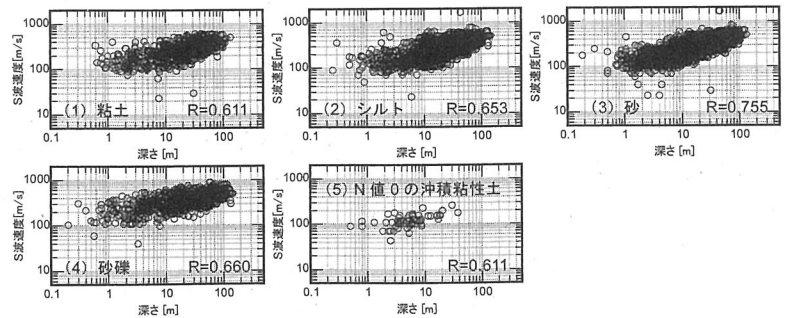


図 8 土層の出現深度と S 波速度の関係

図 6~図 8 より, 収集したデータについても土質区分・地質年代・N 値・出現深度は S 波速度との対応がよいことが確認できる。なお, 沖積層には N 値が 0 となる粘性土層があるが, これを N 値と S 波速度の関係式に適用すると, S 波速度は 0 となってしまう。これを避けるため, N 値 0 の粘性土層については図 8 (5) に示す深さと S 波速度の関係から推定することとした。

3.2 S 波速度の推定式の回帰と考察

S 波速度の推定式は, 次式でモデル化して数量化理論 I 類による回帰分析を行った。

$$\text{Log} V_s = C_0 + C_{Nv} \text{Log} N_v + C_{Dp} \text{Log} D_p + C_{Geo} + C_{Era} \pm \sigma \quad (2)$$

ここで, N_v は土層の平均 N 値, D_p は土層の中心深度 (m), C_0 , C_{Nv} , C_{Dp} , C_{Geo} , C_{Era} は回帰係数である。表 6 に, S 波速度推定式の回帰係数を示す。また, 沖積層の N 値が 0 の粘性土層の S 波速度の推定式は次式 (3) となった。

$$V_s = 79.27 \cdot D_p^{0.225} \quad (3)$$

表 6 S 波速度推定式の回帰係数

回帰係数			10 ^{C_{Geo}}	BO	1.000
10 ^{C₀}		110.35		AO	0.879
C _{Nv}		0.116		D5	1.104
C _{Dp}		0.161		3U	1.038
10 ^{C_{Geo}}	粘土	1.000		3L	1.032
	シルト	0.967	DM	1.155	
	砂	0.946	D1	1.431	
	砂礫	1.066	PO	1.375	
	その他 (亜炭)	0.882	標準偏差 σ		0.098

図 9 に, 得られた回帰係数を適用した S 波速度の推定値と実測値, S 波速度の推定値に基づいて算出した AVS30 を実測値と比較して示す。また, 図 10 に, 本論の PS 検層データに対して中央防災会議¹⁾及び検討会²⁰⁾の S 波速度推定式をそれぞれ適用し, S 波速度の推定値に基づいて算出した AVS30 の推定値と実測値を比較して示す。これらは, それぞれ東海地域, 関東から九州までの地域を対象とした S 波速度推定式である。図 9 (2) と図 10 より, 本論による推定式の方が AVS30 の推定精度がよいことが確認できる。

微地形に基づく AVS30 とボーリングに基づく AVS30 は, 地域を限定した回帰式を作成した場合, 図 4 (1) と図 9 (2) より, 相関係数は微地形の方がやや低い, 対数標準偏差はほぼ同等であることが確認できる。また, 地域を限定した回帰式を作成せず既往の式をそのまま用いる場合, 図 4 (4) と図 10 (2) より, ボーリングに基づ

一方、地盤のS波速度は岩質や堆積した年代、深さが影響すると考えられる。そこで、文献^{22),24)~29)}を参考に日本の三大都市圏について地質層序を整理した。表7に三大都市圏の地質層序の対比を示す。表7より、台地や丘陵地を形成する地層の堆積年代はそれぞれの都市圏で異なっていることが確認できる。これは、各都市圏における平野の形成過程の違いに起因しており、同じ微地形でもAKS30は平野によって異なると考えられる。このため、AKS30推定の地域区分は平野別とすることが適切と考えられるが、詳細な検討は今後の課題としたい。

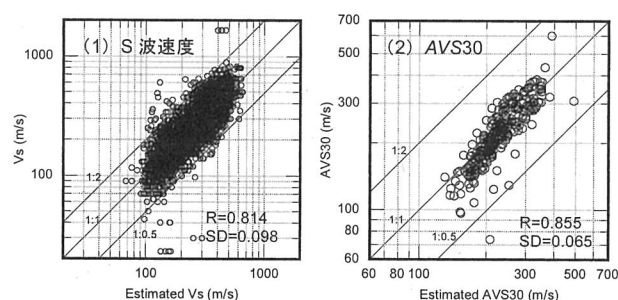


図9 S波速度推定式による推定値と実測値の比較

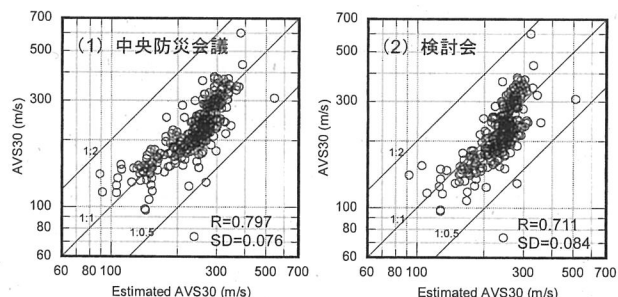


図 10 中央防災会議¹⁾及び検討会²⁰⁾の S 波速度推定式による
AVS30 の推定値と実測値の比較

表 7 日本の三大都市圏の地質層序の対比 ※文献 22), 24)~29) を参考に作成

地質時代 (10 ⁵ 年)	大宮市・周辺域			名古屋・周辺域			東京・周辺域		
	低地	谷地	丘陵	低地	谷地	丘陵	低地	谷地	丘陵
更新世	0.01 縄文基層			0.01 瀬階層			0.01 有馬町群		
更新世	0.02 天満層	伊丹基層		0.02 海城層 第一層			0.02 七号地層	立川口一ノ層	
				0.03 角巻松輪層 大巻層			0.03 溝段段 花津層	武蔵野口一ノ層	立所基層
				0.04 熱田群上部					
	0.1 上町基層			熱田群下部				下町基層 八ノ層	安曇野基層
				第二層群				第三層	
更新世	0.2 播磨黒層・沖谷基層			0.2 海部・沖谷基層			0.2 東京基層		
				0.3 大坂層群上部			0.3 江戸川群		
				0.4 大坂層群下部			0.4 八幡川群		
				0.5 大坂層群最下部			0.5 八幡川群		
				0.6 第三層群 沖谷基層			0.6 上総層群(東京湾米層)		
更新世				0.7 東海層群			0.7 上総層群(北多摩層)		
				0.8 瀬戸群 常陸群			0.8 三浦層群		
中新世				0.9 二ノ層群					
				1.0 三ノ層群					
20				20 瀬戸群群 三ノ層群					

4. 名古屋市域における AVS30 の分布

名古屋市域を対象に50m×50mメッシュ単位のAVS30分布を求める。末富・他⁸⁾は、微地形に基づくAVS30とボーリングに基づくAVS30を重み付け平均により統合したAVS30の分布を求める方法を提案している。しかしながら、重み付け係数は試行錯誤によるものである。そこで、本論では微地形とボーリングを統合するための重み付け係数にAVS30の推定精度を用いた次式を提案する。

$$\overline{AVS} = \frac{AVS_{Chikei}/SD_{Chikei} + AVS_{Boring}/SD_{Boring}}{1/SD_{Chikei} + 1/SD_{Boring}} \quad (4)$$

$\overline{AVS}$ は微地形とボーリングを統合した $AVS30$ 、 AVS_{Chikei} は微地形に基づく $AVS30$ 、 AVS_{Boring} はボーリングに基づく $AVS30$ 、 SD_{Chikei} は微地形に基づく $AVS30$ の推定値と実測値の対数標準偏差、 SD_{Boring} はボーリングに基づく $AVS30$ 推定値と実測値の対数標準偏差である。 AVS_{Boring} は、次式により全メッシュに対して算出した。

$$AVS_{Boring} = \sum_{i=1}^n \frac{AVSi}{r_i^2} / \sum_{i=1}^n \frac{1}{r_i^2} \quad (5)$$

r_i は i 番目に近いボーリングからメッシュ中心までの距離、 AVS_i は i 番目に近いボーリングの $AVS30$ である。ボーリングは対象メッシュと同一微地形区分に該当する地点の内、対象メッシュ外の地点も含めてメッシュ中心から近い順に 5 地点を選択して式 (5) を適用した。

図 11 に表 4 のデータ 1 の回帰係数を詳細地形分類図に適用した *AVS30* の分布を、図 12 に掘進長 30m 以上のボーリング 8691 地点における *AVS30* の分布を、図 13 に微地形とボーリングを統合した *AVS30* の分布を、図 14 に文献²⁴⁾による沖積層基底面標高のコンターを示す。図 13 と図 14 より、名古屋市西部の *AVS30* が 150m/s 未満の領域は、沖積層基底面の標高-10m 以深の領域との対応がよい。また、名古屋市東部の *AVS30* の分布は丘陵地に入り込んでいる谷底低地の分布を反映している。以上より、微地形とボーリングの統合により、それぞれ単独に推定した *AVS30* の分布に比べて、地下構造及び微地形と対応のよい *AVS30* の分布が得られたと考えられる。

5. まとめ

本論では、名古屋市域を対象として地盤の平均 S 波速度を求めるための推定式の精度について整理し、その精度を考慮した地盤の平均 S 波速度分布を示した。以下に得られた知見を示す。

①微地形に基づく *AVS30* の推定において、地理的指標の詳細化による *AVS30* の推定精度の向上は見られない。

②名古屋市域において、微地形に基づく *AVS30* とボーリングに基づく *AVS30* は、対数標準偏差では同程度という結果を得た。このことは地域を限定して回帰することにより、ボーリングに基づく推定精度と同程度まで向上できる可能性があると考えられる。

今後、AVS30 の推定における地域区分の方法について検討を進めていく予定である。

謝辭

本論は、名古屋市「平成 24 年度東海・東南海・南海地震等の被害想定及び防災・減災対策推進のための調査検討」において作成した微地形分類図を用いて実施したものです。また微地形分類図の作成

には応用地質株式会社の太田尚氏のご協力を頂きました。関係者各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 中央防災会議「東南海、南海地震等に関する専門調査会」：東南海、南海地震に関する報告（案），2003. 12.
- 2) 翠川三郎，松岡昌志：国土数値情報を利用した地震ハザードの総合的評価，物理探査，Vol. 48，No. 6，pp. 519-529，1995. 12.
- 3) 藤本一雄，翠川三郎：日本全国を対象とした国土数値情報に基づく地盤の平均 S 波速度分布の推定，日本地震工学会論文集，Vol. 3，No. 3，pp. 13-27，2003.
- 4) 松岡昌志，若松加寿江，藤本一雄，翠川三郎：日本全国地形・地盤分類メッシュマップを利用した地盤の平均 S 波速度分布の推定，土木学会論文集，No. 794/I-72，pp. 239-251，2005. 7.
- 5) 若松加寿江，松岡昌志，久保純子，長谷川浩一，杉浦正美：日本全国地形・地盤分類メッシュマップの構築，土木学会論文集，No. 759/I-67，pp. 213-232，2004. 4.
- 6) Fujimoto, K. and Midorikawa, S. : Ground-Shaking Mapping for A Scenario Earthquake Considering Effects of Geological Conditions - A Case Study for the 1995 Hyogoken Nanbu, Japan Earthquake, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 31, pp. 2103-2120, 2002.
- 7) 清水善久，石田栄介，磯山龍二，山崎文雄，小金丸健一，中山渉：都市ガス供給網のリアルタイム地震防災システム構築及び広域地盤情報の整備と分析・活用，土木学会論文集，No. 738/I-64，pp. 283-296，2003. 7.
- 8) 末富岩雄，石田栄介，福島康宏，磯山龍二，澤田純男：地形分類とボーリングデータの統合処理による地盤増幅度評価と 2004 年新潟県中越地震における地震動分布の推定，日本地震工学会論文集，Vol. 7，No. 3，pp. 1-12，2007.
- 9) 建設省国土地理院：土地条件図「名古屋北部」，1973.
- 10) 建設省国土地理院：土地条件図「名古屋南部」，1973.
- 11) 建設省国土地理院：土地条件図「豊田」，1966.
- 12) 新修名古屋市史編集委員会：新修名古屋市史，第 8 巻，自然編，1997.
- 13) 大矢雅彦：木曾川流域濃尾平野水害地形分類図，総理府資源調査委員会，1956.
- 14) 井関弘太郎：明治・昭和東海都市地図，柏書房，1996. 11.
- 15) 愛知県：土地分類基本調査（縮尺 1/5 万）「桑名・名古屋南部」，1985.
- 16) 愛知県：土地分類基本調査（縮尺 1/5 万）「津島・名古屋北部」，1986.
- 17) 愛知県：土地分類基本調査（縮尺 1/5 万）「岐阜・美濃加茂，瀬戸」，1983.
- 18) 経済企画庁：土地分類基本調査（縮尺 1/5 万）「豊田」，1972.
- 19) 防災科学技術研究所：J-SHIS 地震ハザードステーション，（<http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/>）
- 20) 南海トラフの巨大地震モデル検討会：浅い地盤構造モデルについて，第 15 回会合 資料 2，2012. 3.
- 21) 沖村孝，吉永秀一郎，鳥井良一：地形特性値と地形区分，表土層厚の関係ー仙台入菅谷地区を例としてー，土地造成工学研究施設報告，vol. 9，pp. 19-39，1991. 12.
- 22) 土質工学会中部支部：最新名古屋地盤図，名古屋地盤図出版会，1988.
- 23) 太田裕，後藤典俊：S 波速度を他の土質的諸指標から推定する試み，物理探査，第 29 巻，第 4 号，pp. 31-41，1976. 8.
- 24) 木村敏雄，速水格，吉田鏡男：日本の地質，東京大学出版会，1993.
- 25) 大森昌衛，端山好和，堀口万吉：日本の地質 3 関東地方，共立出版社，1986.
- 26) 中沢圭二，市川浩一郎，市原実：日本の地質 6 近畿地方，共立出版社，1987.
- 27) 貝塚爽平：東京の自然史<増補第二版>，紀伊國屋書店，1979.
- 28) 東京都土木研究所：東京都総合地盤図Ⅱ，1990.
- 29) 吉田史郎：瀬戸内区の発達史 第一・第二瀬戸内海形成期を中心にー，地質調査所月報，Vol. 43，No. 1/2，pp. 43-67，1992. 2.

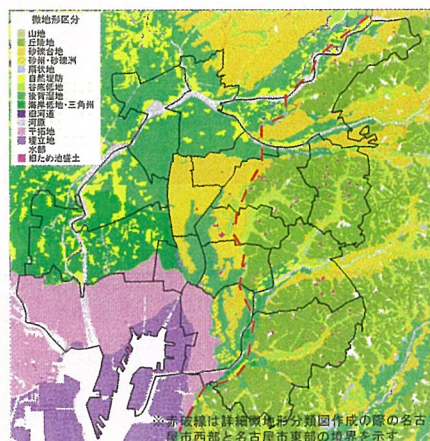


図 1 作成した詳細微地形分類図

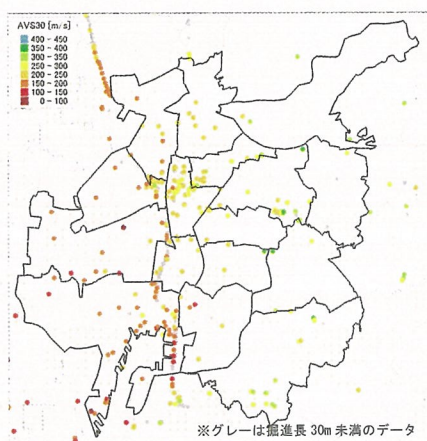


図 2 収集した PS 検層データの分布

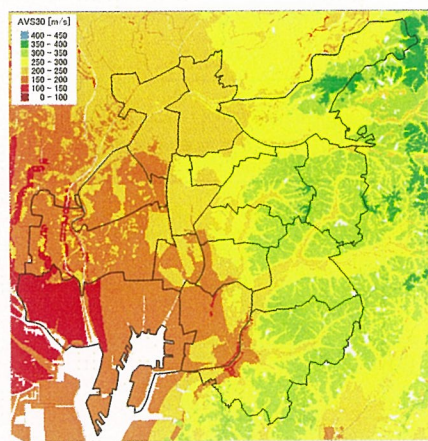


図 11 微地形(データ1)による AVS30 の分布

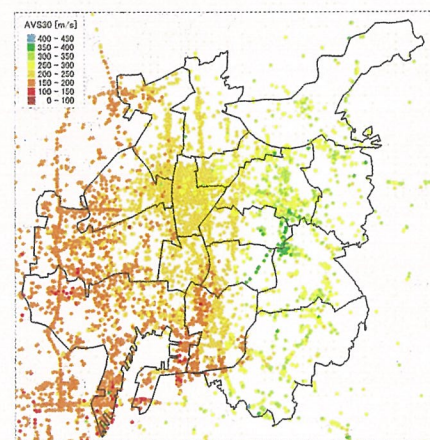


図 12 ボーリングによる AVS30 の分布

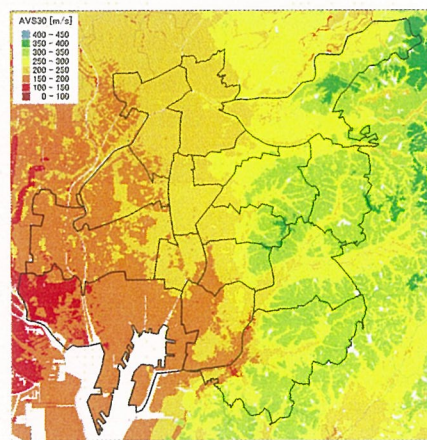


図 13 微地形とボーリングを統合した AVS30 の分布

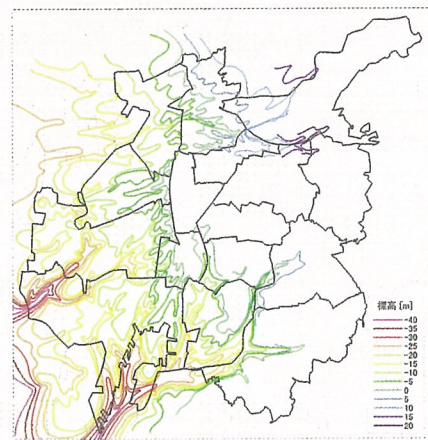


図 14 沖積層基底面標高の等高線図²²⁾

[2014 年 6 月 17 日原稿受理 2014 年 8 月 5 日採用決定]