

レイリー波の位相速度から地盤の平均 S 波速度 を直接推定する方法の提案

紺野克昭¹・片岡俊一²

¹正会員 工博 芝浦工業大学講師 工学部土木工学科 (〒108-8548 港区芝浦 3-9-14)

²正会員 工博 清水建設(株) 技術研究所 (〒135-8530 江東区越中島 3-4-17)

深さ 30m までの平均 S 波速度 V_{s30} と地盤の増幅倍率にはよい相関があることが指摘されている。通常、 V_{s30} の算出には PS 検層データが用いられる。本研究では、アレイ微動観測からレイリー波の位相速度を求めることを前提に、この位相速度から V_{s30} を直接推定する方法を提案している。本提案方法は、波長 35~40m のレイリー波の位相速度は V_{s30} とほぼ等しい、とするものである。東京都、神奈川県内の 85 地点の地盤モデルを使用して、数値実験的に本提案方法の妥当性を示している。

Key Words: Rayleigh wave, phase velocity, average S-wave velocity of ground, amplification factor, array observation of microtremors

1. はじめに

地域の地震防災対策を合理的に進める上で、地震動評価は非常に重要である。この地震動評価として最も一般的な方法は、断層を想定し、次に、この断層に対し距離減衰式を用いて基盤における加速度あるいは速度の最大振幅値を推定し、この最大振幅値に地盤による増幅倍率を乗じて各地点での最大振幅値を推定するというものであろう。したがって、この方法では、各地点での地盤による増幅倍率を推定しておくことが必要となる。この増幅倍率を求める方法として、深さ 30m までの地盤の平均 S 波速度(以下、 V_{s30} と呼ぶ)が有効であることが指摘されている^{1)~4)}。 V_{s30} の定義には、走時で重み付けする方法と層厚で重み付けする方法の 2 つがあり、本研究では前者の方法を採用している。以下にこの定義式を示す。

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{H_i}{V_{s_i}}} \quad (1a)$$

$$30 = \sum_{i=1}^N H_i \quad (1b)$$

ここで、 N は深さ 30m までの層数、 H_i 、 V_{s_i} はそれぞれ i 層での層厚、S 波速度である。Midorikawa et al³⁾ は 1987 年千葉県東方沖地震で地震記録が得られている 173 観測点のうち S 波速度構造が知られている 47 地点について式(1)で定義された V_{s30} と増幅倍率との関係を調べている。その結果、以下の経験式を得ている³⁾。

$$\log A = 1.83 - 0.66 \log V_{s30} \pm 0.16 \quad (2)$$

(100 < V_{s30} < 1500)

ここで、土の後の数値は標準偏差を、 A は増幅倍率を示しており、増幅倍率は基準の地盤での最大速度振幅値に対する任意の地盤での最大振幅値の比で定義される。ここでいう基準の地盤とは第三紀ないしそれ以前の丘陵地(V_{s30} が 600m/s 程度)である。式(2)の相関係数は 0.81 を示しており、 V_{s30} の有用性を指摘している。したがって、何らかの方法で V_{s30} を推定できれば、式(2)より増幅倍率を求めることができ、 V_{s30} を用いたサイズミックマイクロゾネーション⁴⁾を行うことが可能となる。

V_{s30} を推定する方法は、① S 波速度検層の結果に

基づく方法, ②N 値と土質柱状図に基づく方法, ③標高, 地形・地質に基づく方法⁹⁾の3分類される。

②の方法は, 土質毎に提案されているN 値とS 波速度の経験式^{例えば⁶⁾}を用いてS 波速度を求め, これより V_{s30} を推定する方法である。しかし, 一般にN 値とS 波速度との関係にはばらつきが小さくなく⁷⁾, 高い精度は期待できない。一方, 標高, 地形・地質が数値化^{8), 9)}されていれば, ③の方法を用いることにより, 広範囲かつ簡単に V_{s30} の空間分布を推定することができる。しかし, ③の方法でも, 標高や地形・地質から間接的に V_{s30} を求めため, 高い精度は期待できない。したがって, より精度の高い V_{s30} を得るにはS 波速度検層が必要となる。

S 波速度検層には, 屈折法^{例えば¹⁰⁾}, ダウンホール法^{例えば¹⁰⁾}, 表面波探査法^{例えば¹¹⁾}などがある。板たたく法に代表される屈折法は, S 波の直達波と屈折波の走時曲線からS 波速度構造を推定する方法で比較的簡単に実施することができる。しかし, 屈折波を利用することから, 深い地下構造を求めるには測線長を長くする必要があること, それに対応して加振力を大きくする必要があること等の欠点がある。ダウンホール法は高い検層精度を期待できるが, その実施には多額の費用がかかる。一方, 表面波探査法の代表的な方法として, アレイ微動観測に基づく方法¹²⁾がある。この方法では, 始めに, 微動に含まれている表面波の位相速度を求める。次に, この観測位相速度からS 波速度構造を求める。その際には, 観測位相速度から直接求める方法^{13), 14)}と逆解析により求める方法¹²⁾の2つがある。前者は, あくまでも概略的な地下構造の推定であり, 高い精度は望めない¹⁴⁾。一方, 後者は, 位相速度から地下構造を求める際に非線形の逆解析を行うため, 逆解析の際に解の一意性や初期値依存性などの問題^{例えば¹⁵⁾}が残る。しかし, 表面波探査法は地表面にセンサーを設置して, 地盤内を伝播している表面波を測定するだけなので, コストはボーリングを伴う方法に比べてかなり低くなる。そこで, 本論文では, S 波速度構造の推定を行わず, 観測位相速度から V_{s30} を直接推定する方法を新たに提案する。

2. レイリー波の位相速度から V_{s30} を直接求める方法

著者の一人はS 波速度構造から基本モードレイリー波の位相速度を求める近似計算法を提案し, 良好な結果を示している¹⁴⁾。これによれば, レイリー波の疑似位相速度は, 以下の式から求めることができる。

$$C_Q(T) = D/T(D) \quad (3a)$$

$$T(D) = \int_0^D \frac{dz}{V_s(z)} \quad (3b)$$

ここで, C_Q はレイリー波の疑似位相速度を表し, $T(D)$ は式(3b)で定義される地表面から深さ D までの鉛直S 波の走時で, $V_s(z)$ は深さ z でのS 波速度である。式(3a)の右辺は深さ D までの平均S 波速度を表しており, レイリー波の位相速度と平均S 波速度には密接な関係があることを示している。

次に, この近似計算法に基づいて, レイリー波の位相速度から V_{s30} を直接求めることを試みる。周期 T でのレイリー波の理論位相速度を $C(T)$, 波長を $\lambda(T)$ とおくと, これらは $C = \lambda/T$ の関係にある。式(3a)はこの関係式と同じ形にあるので, 深さ D は波長 λ に対応していることになる。近似計算法は, $C(T) = C_Q(T)$ とするものであるので, この場合, 深さ D と波長 λ は同じ値となる。ここで, C_Q を深さ D の関数とし, 同様に C を波長の関数とすると, $C(T) = C_Q(T)$ は $C(\lambda) = C_Q(D)$ と置き換えられる。したがって, 式(3a)は次のように書き直せる。

$$C(\lambda) = D/T(D) \quad (4a)$$

$$\lambda = D \quad (4b)$$

V_{s30} は式(4a)の右辺に $D=30\text{m}$ を代入した値であるので, 式(4)から V_{s30} は次のように求めることができる。

$$V_{s30} = C(30) \quad (5)$$

ただし, この式は式(3)の疑似位相速度が理論位相速度をよく近似していることを前提としているが, 実際は地盤モデルや波長によってこの近似度は変化する。

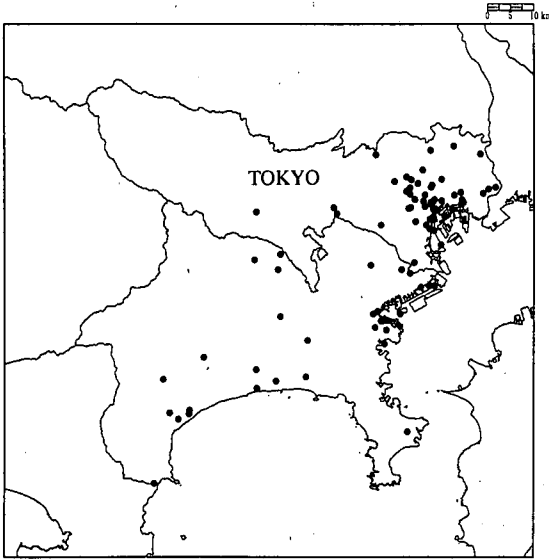


図-1 地盤モデル作成に使用した 85 地点の PS・密度検層の位置

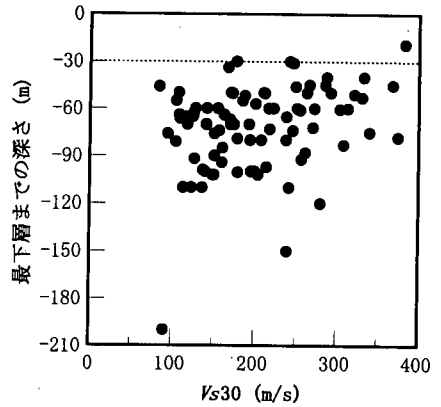


図-2 85地点のVs30と最下層までの深さの関係

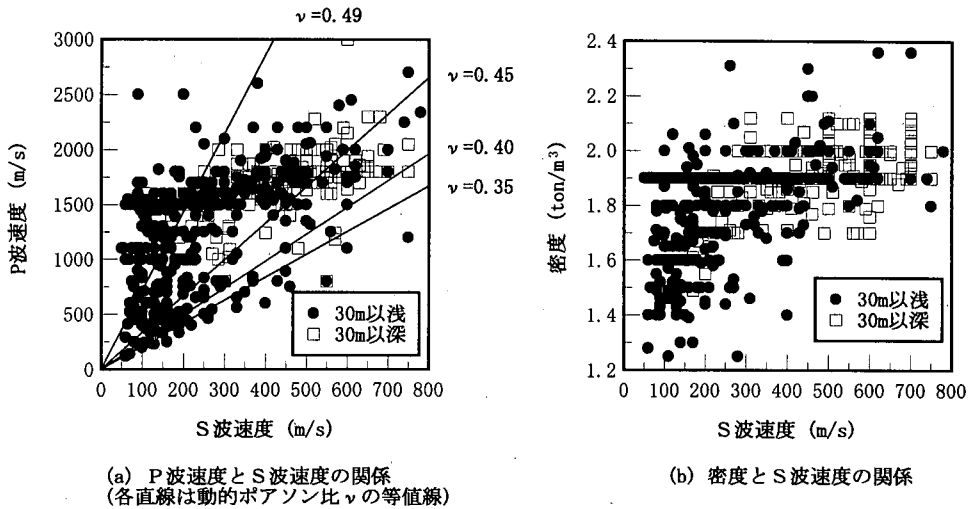


図-3 数値実験で用いた地盤モデルにおけるP波速度、密度とS波速度の関係

る¹⁴⁾。そこで、本研究では、現実的な地盤モデルを用いて波長30mの他にいくつかの波長に対するレイリー波の位相速度 $C(\lambda)$ と V_{s30} との関係を数値実験的に調べている。

(1) V_{s30} と $C(\lambda)$ の関係

a) 地盤モデル

今回の数値実験に用いた地盤モデルは、図-1に示す東京都、神奈川県内で得られた85地点のPS・密

度検層結果を基に作成している。これらのPS検層での最下層のS波速度は280~1000m/sであるので、今回は、全地盤モデルにおいて最下層のS波速度が700m/sとなるように地盤モデルを作成した。例えば、PS検層の最下層のS波速度が280m/sであれば、この層の下に順次300, 400, 500, 600m/sの層を10mごとに加え、最下層を700m/sとした。一方、PS検層の最下層のS波速度が700m/sより速い場合は、最初に700m/sを越えた層を地盤モデルの最下層とし

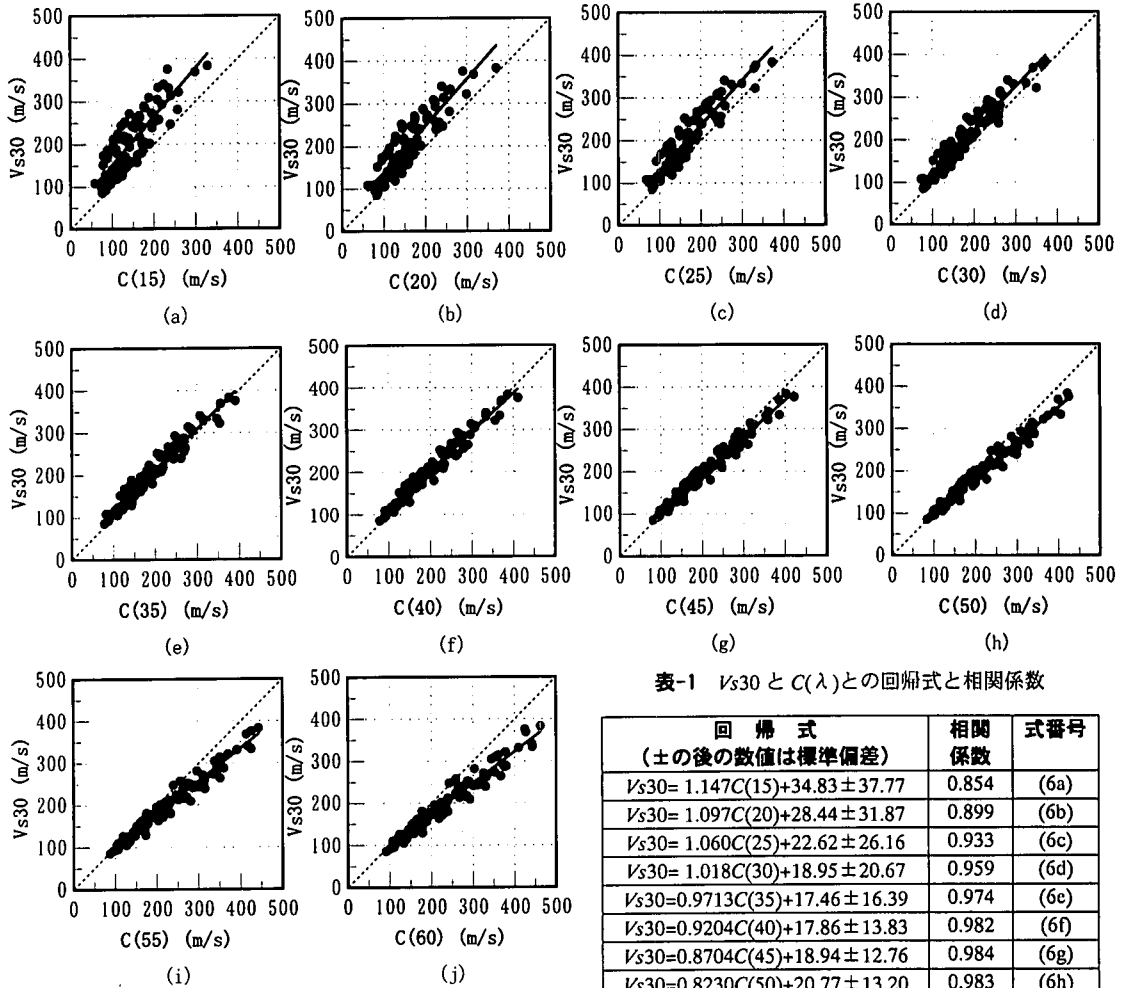


図-4 各波長入における基本モードレイリー波の位相速度 $C(\lambda)$ と V_{s30} の関係 (太線は回帰式を示している)

表-1 V_{s30} と $C(\lambda)$ との回帰式と相関係数

回 帰 式 (±の後の数値は標準偏差)	相 関 係 数	式番号
$V_{s30}=1.147C(15)+34.83 \pm 37.77$	0.854	(6a)
$V_{s30}=1.097C(20)+28.44 \pm 31.87$	0.899	(6b)
$V_{s30}=1.060C(25)+22.62 \pm 26.16$	0.933	(6c)
$V_{s30}=1.018C(30)+18.95 \pm 20.67$	0.959	(6d)
$V_{s30}=0.9713C(35)+17.46 \pm 16.39$	0.974	(6e)
$V_{s30}=0.9204C(40)+17.86 \pm 13.83$	0.982	(6f)
$V_{s30}=0.8704C(45)+18.94 \pm 12.76$	0.984	(6g)
$V_{s30}=0.8230C(50)+20.77 \pm 13.20$	0.983	(6h)
$V_{s30}=0.7835C(55)+21.80 \pm 14.50$	0.980	(6i)
$V_{s30}=0.7474C(60)+22.83 \pm 16.19$	0.975	(6j)

た。

使用した地盤モデルの特性を表すものとして 85 地点の V_{s30} と最下層までの深さの関係を図-2 に示す。図中の破線は深さ 30m の線である。ほとんどの地点で最下層までの深さが 30m 以上あり、 V_{s30} は 80~390m/s の範囲にあることが分かる。次に、P 波速度、密度と S 波速度の関係を図-3 に示す。図では深度 30m より浅い層と深い層の結果を印を変えて表示してあり、深い層での S 波速度は速い傾向にあることが分かる。S 波速度と P 波速度、密度にはある程度の相関が見られる。また、図-3(a)には動的ポアソン比の等値線が示してあり、大部分の層で動的ポアソン比は 0.45 以上と大きいことが分かる。

一般に、レイリー波の位相速度は S 波速度に強く依存しているが、P 波速度や密度によっても変化する¹⁶⁾。したがって、以下で得られる V_{s30} と $C(\lambda)$ の関係は、現時点では、図-2、-3 のような特性を持つ地盤に限定されるべきであろう。地盤の特性は地域により異なるため、今回の対象地域以外に今回提案する方法を適用する場合は、改めて V_{s30} と $C(\lambda)$ の関係を調べる必要もあろう。

b) 数値実験の結果・考察

今回検討した波長 λ は 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60m である。図-4 に各波長における V_{s30} と $C(\lambda)$ の関係を示す。図から波長 35, 40m における位相速

度と V_s30 は、ほぼ等しいことが見て取れる。図中の太線は V_s30 と $C(\lambda)$ を直線回帰したものである。各波長における回帰式、相関係数を表-1 に示す。なお、回帰式の土の後の数値は標準偏差を示している。波長により回帰係数は変わるが、何れの波長においても高い相関が見られる。85 地点の地盤モデルは比較的複雑であるにも関わらず、 V_s30 と $C(\lambda)$ の関係がほぼ線形関係にあることは、非常に興味深い。

ここで、最も単純な地盤モデルである半無限体における V_s30 と $C(\lambda)$ の関係を考えてみる。半無限体では、 $C(\lambda)$ は波長に関わらず一定となり、 V_s30 と $C(\lambda)$ の関係は動的ポアソン比で決まる¹⁶⁾。例えば、動的ポアソン比が 0.25 の場合には $C(\lambda) = 0.92V_s30$ となり、動的ポアソン比が大きくなるにつれて、 $C(\lambda)$ は V_s30 に近づき、動的ポアソン比が 0.499 の場合には $C(\lambda) = 0.96V_s30$ となる。したがって、半無限体においても V_s30 と $C(\lambda)$ は近い値を示す。

次に、 V_s30 と $C(\lambda)$ とに高い相関が見られる理由について考える。基本モードレイリー波の各波長での位相速度は、各波長での振幅分布の大きい領域内の S 波速度に大きく依存していると考えられる¹⁶⁾。そこで、各波長におけるレイリー波の水平成分と鉛直成分の振幅分布を 85 地点全て重ね描きしたものを図-5 に示す。なお、各振幅分布は、地盤内の最大振幅で正規化して表示してある。図から $\lambda = 15\text{m}$ の場合ほとんどの地点で振幅分布の大きい領域は表層 15m 程度内にある。このため、 $C(15)$ は V_s30 より小さい値を示しており、両者の相関は他の波長の場合に比べ小さくなっている。一方、 $\lambda = 40\text{m}$ での振幅分布は深さ 30m までの領域で振幅分布が大きい傾向にあり、このため V_s30 と $C(40)$ がほぼ等しくなっていると考えられる。なお、例えば図-5(e) には一つだけ 30m 以深に大きな振幅を持つ領域が見られる。この領域付近は、S 波速度が上下の層に比べて遅くなっており、このため振幅が大きくなっている¹⁶⁾と考えられる。しかし、この場合でも $V_s30 = 110\text{m/s}$ に対して $C(35) = 111\text{m/s}$ という値を示しており、両者はほぼ等しくなっている。

以上、検討した波長においては、レイリー波の振幅分布の大きい領域は地表面から 15~40m 程度なので、このため V_s30 と $C(\lambda)$ との相関が見られたと考えられる。

(2) V_s30 の推定方法

a) 第一近似的な方法

アレイ微動観測からレイリー波の各波長における位相速度 $C(\lambda)$ が求めれば、表-1 の回帰式を用いて V_s30 を推定することができる。しかし、表-1 はあくまでも数値実験により得られた関係式であり、また、実際の微動アレイ観測から推定される $C(\lambda)$ には観測誤差が含まれていることを考えると、 V_s30 は第一近似的には次式を用いて推定できるであろう。

$$V_s30 \approx C(35) \text{ or } C(40) \quad (7)$$

b) 任意の波長における位相速度から推定する方法

微動アレイ記録から表面波の位相速度を算出する方法である周波数-波数解析(F-K)法¹⁷⁾と空間自己相関(SPAC)法¹⁸⁾は、任意の波長に対して $C(\lambda)$ を算出することはできない。また、 $C(35)$ や $C(40)$ と 1~2 個の標本値で V_s30 を推定するには信頼性の面で不安が残る。そこで、任意の波長に対して V_s30 を推定する手順を考えてみた。以下、これについて述べる。

表-1 から回帰係数、標準偏差は波長によって異なることが分かる。そこで、任意の波長における回帰式を以下のように仮定する。

$$V_s30 = a(\lambda)C(\lambda) + b(\lambda) \pm \sigma(\lambda) \quad (8)$$

ここで、 $a(\lambda)$ 、 $b(\lambda)$ は回帰係数、 $\sigma(\lambda)$ は標準偏差である。図-6 に $\lambda = 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60\text{m}$ における $a(\lambda)$ 、 $b(\lambda)$ 、 $\sigma(\lambda)$ を示す。図から $a(\lambda)$ と λ は線形関係にあり、 $b(\lambda)$ 、 $\sigma(\lambda)$ は比較的滑らかな曲線関係となっていることが分かる。そこで、 $a(\lambda)$ 、 $b(\lambda)$ 、 $\sigma(\lambda)$ をそれぞれ線形、3次曲線、2次曲線で回帰した。その結果を以下に示す。なお、 $b(\lambda)$ においては 3次曲線で回帰しているため、特に適用範囲 ($15\text{m} \leq \lambda \leq 60\text{m}$) には注意する必要がある。図-6 中にはそれぞれの回帰結果が示してある。

$$a(\lambda) = -0.00905\lambda + 1.28 \quad (9a)$$

$$b(\lambda) = -0.000546\lambda^3 + 0.0839\lambda^2 - 3.98\lambda + 78.1 \quad (9b)$$

$$\sigma(\lambda) = 0.0236\lambda^2 - 2.26\lambda + 67.2 \quad (9c) \\ (15 \leq \lambda \leq 60)$$

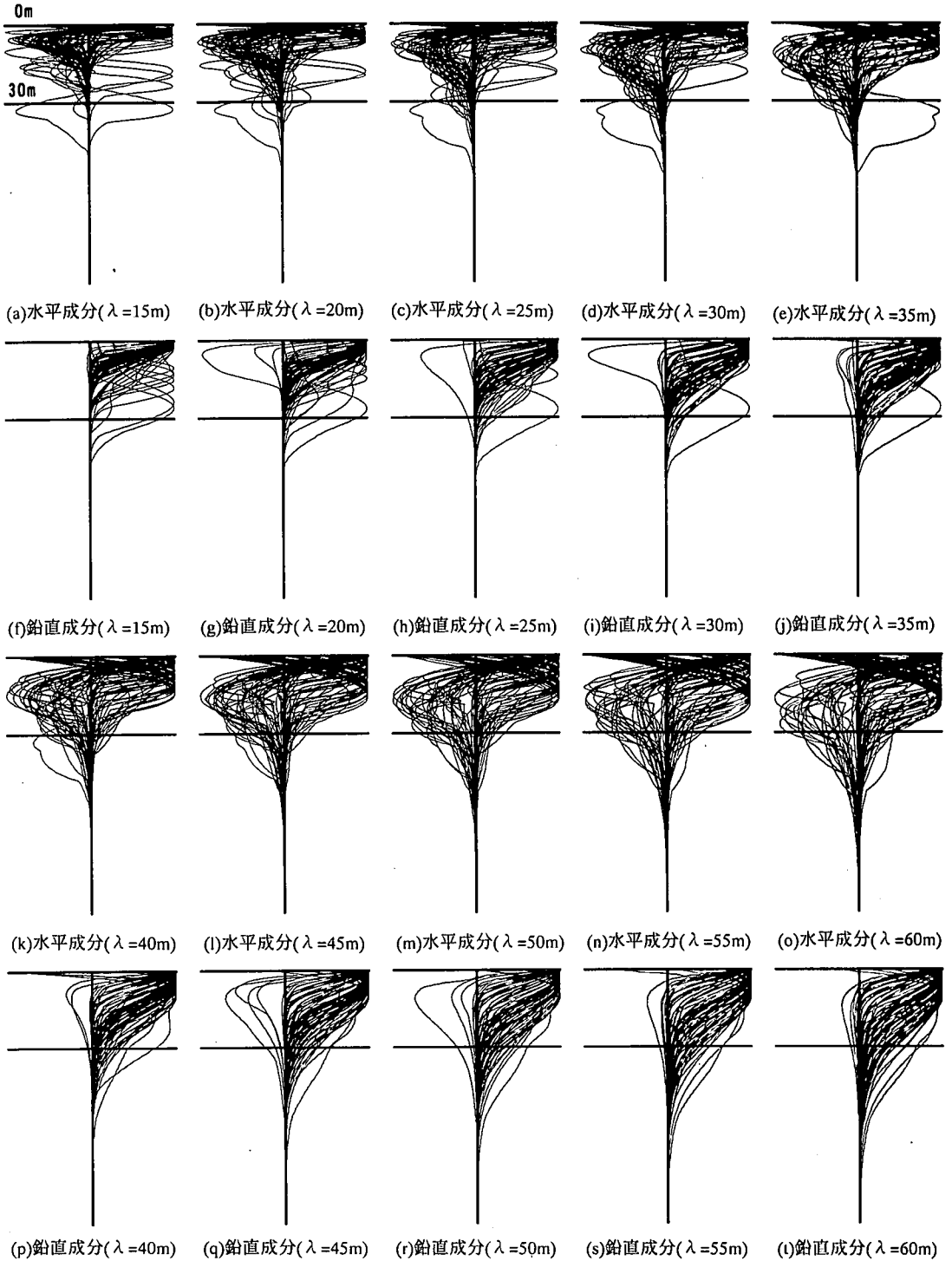


図-5 85地点の各波長における基本モードレイリー波の振幅分布
(振幅は地盤内の最大値で正規化してある)

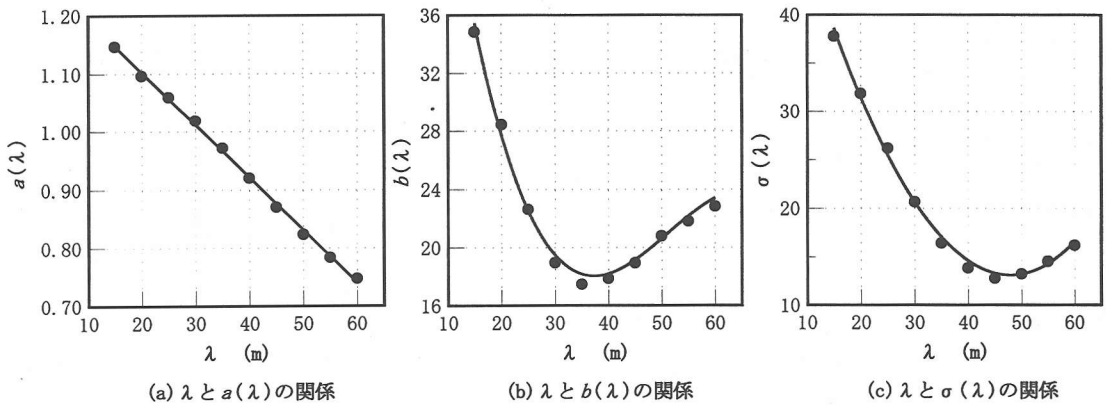


図-6 各波長λにおける回帰係数 $a(\lambda)$, $b(\lambda)$ と標準偏差 $\sigma(\lambda)$ とそれぞれの回帰曲線

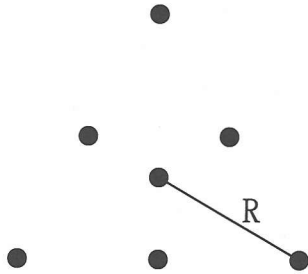


図-7 正3角形アレイ (●印は上下成分センサー)

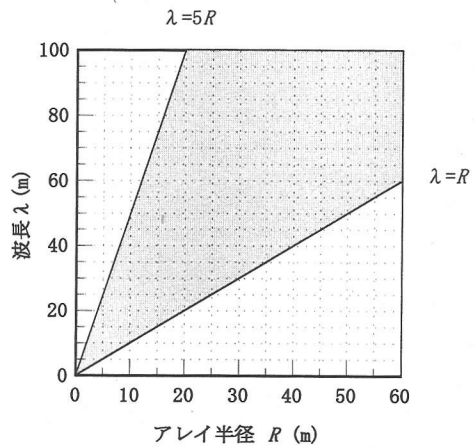


図-8 アレイ半径と観測可能な波長の関係 (灰色の部分が観測可能な領域)

したがって、式(8), (9)を用いることによって、15～60mの任意の波長における $C(\lambda)$ から $Vs30$ を求めることができる。

以上、 $Vs30$ を推定するための2つの方法を提案した。しかし、式(7)や式(8), (9)の回帰式は図-1に示した関東平野内の85地点の地盤モデルから得られた結果である。したがって、例えば大阪平野などの他地域でもこれらの方法が適用できるかどうか、今後検討する必要がある。

(3) アレイ半径と観測波長範囲について

本提案方法を適用するには、微動のアレイ観測を行い、微動の上下動成分に含まれているレイリー波の位相速度を抽出する必要がある。このアレイ微動

観測におけるアレイサイズは、観測場所の確保や観測の労力の軽減と絡んでくるので、重要な検討課題となる。そこで、ここではアレイサイズと観測できるレイリー波の波長の関係について検討する。

宮腰¹⁹⁾は図-7に示した正3角形アレイに対し、推定可能なレイリー波位相速度の波長範囲を数値シミュレーションと微動の実測を通して検討している。図-7中の R をアレイ半径と呼ぶと、このアレイ半径 R に対し、SPAC法およびF-K法での推定可能な波長範囲は以下の通りである¹⁹⁾。

$$\text{SPAC法: } R \leq \lambda \leq 10R \quad (10a)$$

$$\text{F-K法: } \sqrt{3}R/2 \leq \lambda \leq 5R \quad (10b)$$

アレイ微動記録に SPAC 法と F-K 法の両者を適用すれば、位相速度の推定に関する信頼性は増すと考えられる。式(10)から両手法を満足する波長範囲は以下の通りである。

$$R \leq \lambda \leq 5R \quad (11)$$

式(11)の領域を図示すると図-8 のようになる。例えば、アレイ半径 20m のアレイ微動観測では、波長 20~100m のレイリー波の位相速度が推定可能である。また、アレイ半径 5m では、推定可能な波長範囲は 5~25m であるが、今回提案した V_{s30} の推定方法は適用可能である。アレイ半径 5~20m 程度のアレイであれば、小・中学校、高校、大学などの校庭や公園、空き地、駐車場などで展開可能であり、多くの観測点を得ることが可能である。したがって、本提案方法は、サイスミック・マイクロゾネーションのための一手法として有効であると考えられる。

3. 結 論

表層 30m の平均 S 波速度 V_{s30} からその地盤における地震動最大振幅値の増幅倍率を推定できることが指摘されている^{1)~4)}。通常、この V_{s30} を算出するには、PS 検層が必要であるが、その実施は容易ではない。本論文では、東京都、神奈川県内の計 85 地点の地盤モデルを用いて V_{s30} と基本モードレイリー波の位相速度の関係を調べ、この位相速度から V_{s30} を簡単に推定する方法を新たに提案した。レイリー波の位相速度は微動のアレイ観測から推定することができるので、本提案方法のサイスミック・マイクロゾネーションへの応用が期待できる。本研究の結果を列挙すると、次の通りである。

- 1) 波長 $\lambda=15\sim 60\text{m}$ における基本モードレイリー波の位相速度 $C(\lambda)$ と V_{s30} は、非常に高い相関を示す。
- 2) 波長 $\lambda=15\sim 60\text{m}$ における基本モードレイリー波の振幅分布の大きい領域は、表層 15~40m 程度にあるので、これにより V_{s30} と $C(\lambda)$ とに高い相関が見られたと考えられる。

- 3) 波長 $\lambda=35, 40\text{m}$ における基本モードレイリー波の位相速度 $C(35), C(40)$ は、第一近似的に V_{s30} と見なせる。
- 4) 任意の波長 ($15\text{m} \leq \lambda \leq 60\text{m}$) における基本モードレイリー波の位相速度より V_{s30} を推定する式(8), (9)を提案した。
- 5) アレイ半径 5~20m 程度の比較的小規模なアレイ微動観測で V_{s30} が推定できることを指摘した。

今後の課題として、他の地域の地盤データについても同様の数値実験を行うことにより本提案方法の一般性を検討することや地下構造が既知な地点においてアレイ微動観測を行い、波長 15~60m におけるレイリー波の位相速度の推定精度や得られた位相速度に本提案方法を適用することにより本方法の実用性を検討することなどが挙げられる。

謝辞：理化学研究所地震防災フロンティア研究センター 松岡昌志博士には平均 S 波速度、増幅倍率などについてご教示を賜りました。記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Borcherdt, R., Wentworth, C. M., Janssen, A, Fumal, T.E. and Gibbs, J.: Methodology for predictive GIS mapping of special study zones for strong ground shaking in the San Francisco Bay region, CA, Procs. Fourth Int. Conf. Seismic Zonation, Vol.3, pp.545-552, 1991.
- 2) 翠川三郎, 松岡昌志, 作川孝一: 1987 年千葉県東方沖地震の最大加速度・最大速度にみられる地盤特性の評価, 日本建築学会構造系論文集, No.442, pp.71-78, 1992.
- 3) Midorikawa, S., Matsuoka, M. and Sakugawa, K.: Site effects on strong-motion records observed during the 1987 chiba-ken-toho-oki, Japan earthquake, Ninth Japan Earthquake Engineering Symposium, Vol.3, pp.85-90, 1994.
- 4) 地震による地盤災害に関するゾーニングマニュアル編集委員会: 地震による地盤災害に関するゾーニングマニュアル, 地盤工学会, 1998.
- 5) 松岡昌志, 翠川三郎: 国土数値情報を利用した地盤の平均 S 波速度の推定, 日本建築学会構造系論文集, No.443, pp.65-71, 1993.
- 6) Ohta, Y. and Goto, N.: Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristics soil indexes, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 6, pp.167-187, 1978.
- 7) 土岐憲三: 構造物の耐震解析, 技報堂出版, 1981.

- 8) 国土庁計画調整局・国土地理院: 国土数値情報(改訂版), 国土情報シリーズ 8, 大蔵印刷局, 1992.
- 9) 国土地理院: 数値地図 50mメッシュ(標高), (財)日本地図センター, 1997.
- 10) 佐々宏一, 芦田謙, 菅野強: 建設・防災技術者のための物理探査, 森北出版, 1993.
- 11) Tokimatsu, K.: Geotechnical site characterization using surface waves, First International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, IS-TOKYO '95, pp.1-36, 1995
- 12) Horike, M.: Inversion of phase velocity of long-period microtremors to the S-wave-velocity structure down to the basement in urbanized area, J. Phys. Earth, 33, pp.59-96, 1985.
- 13) Ballard, R.F. and Jr.: Determination of soil shear moduli at depth by in situ vibratory techniques, U.S. Army Waterways Experiment Station, 1964.
- 14) 紺野克昭: レイリー波の分散曲線の近似計算法の提案と地下構造推定への応用, 土木学会論文集, I -41, pp.89-105, 1997.
- 15) 奈良浩一, 佐藤泰司: システム工学の数理手法, コロナ社, 1996.
- 16) 佐藤泰夫: 弾性波動論, 岩波書店, 1978.
- 17) Capon, J.: High-resolution frequency-wavenumber spectrum analysis, Proceedings, IEEE, 57(8), pp.1408-1418, 1969.
- 18) Aki, K.: Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors, Bulletin, Earthq. Res. Inst., 35, 415-456, 1957.
- 19) 宮腰研: 微動探査による表面波位相速度推定の基礎的研究, 北海道大学学位論文, 1995.

(1999. 6. 30 受付)

AN ESTIMATING METHOD FOR THE AVERAGE S-WAVE VELOCITY OF GROUND FROM THE PHASE VELOCITY OF RAYLEIGH WAVE

Katsuaki KONNO and Shun'ichi KATAOKA

There is a good correlation between the time-weighted average S-wave velocity, V_s30 from surface to a depth of 30 m and the amplification factor for peak velocity. The V_s30 usually is estimated from PS logging. A newly proposed method for estimating V_s30 uses a phase velocity of the Rayleigh wave obtained from the array observation of microtremors. This method bases on the phenomenon that the V_s30 is nearly equal to the phase velocity at a wavelength of 35 to 40m. In this paper, we compare the exact V_s30 and estimated V_s30 by our method at 85 sites around Tokyo. Results from calculations show that the proposed method is applicable. Furthermore, we point out that we can estimate the phase velocity at a wavelength of 35 m to 40 m, using a small array.