

## 地形分類図による表層地盤特性のデータベース化 及び、面的な早期地震動推定への適用

正会員 久保 智弘\*  
同 久田 嘉章\*\*

地形分類図                      デジタルマップ                      表層地盤特性  
早期地震動推定                      距離減衰式                      PS 検層データ

### 1. はじめに

1995年に起きた阪神・淡路大震災では、国や自治体における地震防災対策の様々な問題点が浮き彫りになった。すなわち、事前準備として適切な震源及び地盤情報を考慮した地震被害想定の不備が明らかになり、その結果、地震被害想定の大規模な見直しが行われた。また直後対応としては適切な地震災害情報の把握と、それに基づいた初動体制の遅れという問題も浮き彫りにされた。その結果、国や自治体独自で地震被害想定や地震情報伝達システムの構築がなされてきた<sup>1)</sup>。そういった社会情勢を受け、文部科学省防災科学技術研究所ではリアルタイム地震情報伝達システム(ROSE)<sup>2)</sup>を構築した。著者らはその一部である面的なリアルタイム地震動推定について、全国規模を対象として、震源の即時モデルによる推定と強震観測データ(K-Net)を用いた推定を検討し、その際必要となる表層地盤特性についても検討を行ってきた。その結果、強震観測データを用いた推定方法が安定した推定結果が得られることを確認した<sup>3)</sup>。

本研究では、全国の表層地盤特性について、PS 検層データから計算した増幅率と地形分類図と標高から算出した増幅率の比較を行った。また、東京都を対象とした表層地盤増幅特性については、本研究で作成した全国規模の表層地盤特性のデータベース(500m メッシュ)と現在作成中のデータベース(250m メッシュ)、ボーリングデータをもとに作成された地盤データ(100m メッシュ)を基に表層地盤データの精度についても検討を行った。

### 2. 研究の流れ

はじめに地震動推定の一連の流れは、全国規模の地震動推定を検討するため、内閣府の地震被害想定支援マニュアル(以下マニュアルとする)<sup>4)</sup>を参考とした。

地震動推定方法について、著者らはこれまで、点震源<sup>5)</sup>を用いた距離減衰式による推定方法と強震観測データによる推定方法の2つの方法について K-Net の計測震度を観測値と推定値で比較、検討した。距離減衰式による推定方法は距離減衰式として司・翠川式<sup>6)</sup>を使い、工学基盤面までの最大速度を求め、その点における増幅率を乗じて地表における最大速度とする。強震観測データによる推定方法は最大 50km 以内かつ最大 5 点の観測値( $V_{bi}$ )を用いて、距離( $d_i$ )による重み付けを行い、任意点における最大速度( $V_b$ )を算出し(式(1))、その任意点における増幅率を乗じて地表における最大速度を算出する。

$$V_b = \frac{\sum_{i=1}^s \frac{V_{bi}}{d_i}}{\sum_{i=1}^s \frac{1}{d_i}} \quad (1)$$

本研究では表層地盤特性について検討することから、推定方法は距離減衰式による推定方法を用いた。

その際の表層地盤特性については PS 検層データによる算

出方法<sup>7)</sup>と地形分類図による算出方法<sup>8)</sup>の2つの算出方法による推定結果についても検討した。

ここで、PS 検層データによる算出方法では地表から深さ 30m までの地盤の平均 S 波速度から増幅率を算出する。しかし、K-Net は PS 検層データが 20m までしか達していないので既往の論文<sup>6)</sup>に従い、最下層のデータを 30m まで引き伸ばし使用した。計測震度の算出方法については、観測値の計測震度の算出方法は気象庁の震度の算出方法<sup>9)</sup>を元に算出したもので推定値の計測震度の算出方法はマニュアルにある式を使用した。

### 3. 表層地盤特性のデータベース化について

本研究では、日本地図センター発行の土地分類図(1/20 万, 1/10 万)<sup>9)</sup>を基に作成したデジタルマップと標高から松岡・翠川式により 500m メッシュの速度増幅率を求めデータベースを作成した(図 1(a))。さらに、現在、5 万分の 1 の土地条件図を基にし、500m メッシュのデータベースと同様の方法で、250m メッシュの速度増幅率のデータベースを作成中である(図 1(b))。また、東京都でもボーリングデータをもとに表層地盤特性のマップ<sup>11)</sup>を作成していることから、このデータを用いて、100m メッシュ単位の表層地盤特性のデータベースを作成した(図 1(c))。図 1 の図中の黒印は SK-Net により取りまとめられた東京都と東京消防庁の観測点である。この図から 500m メッシュでは沖積層が厚く、増幅率が高いといわれる下町の増幅率があまり大きくなっていないが、250m メッシュ、100m メッシュと見ていくと増幅率が大きくなっていくのがわかる。

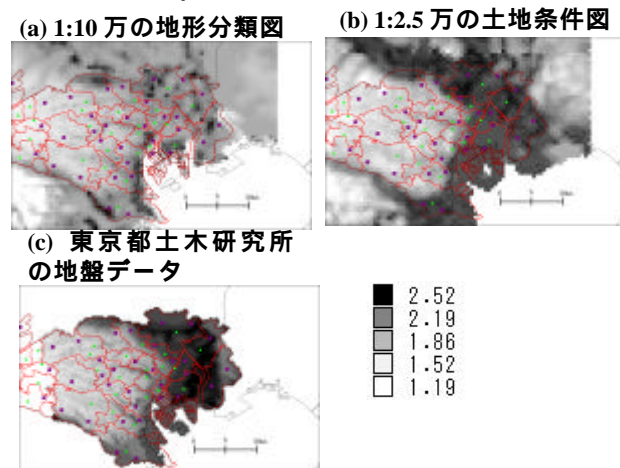


図 1 東京都における速度の増幅度マップ

### 4. 結果と考察

#### 4.1. PS 検層データと地形分類による増幅率の比較

ここでは、強震記録に K-Net を用いて、PS 検層データから計算した増幅率と地形分類から計算した増幅率の比較を行った。表 1 は、本研究で検討した地震を示し、図 2 は表 1 にあ

げた地震の観測震度と距離減衰式による推定震度の相関係数を示す。この図から、表層地盤特性について、PS 検層データによるものが地形分類から算出したものよりも相関が高いことがわかる。次に図 3 は表 1 にあげた地震の推定震度から観測震度を引いた誤差の平均値である。この図から、図 2 と同様、誤差の平均値でも、PS 検層データによるものが地形分類から算出したものよりも誤差が小さいことがわかる。

表 1 本研究で検討した地震

Earthquake	Date	Longitude	Latitude	Depth(km)	Mw	Mima
千葉県東方沖	1996/9/11	141.2	35.6	53	6.1	6.2
鹿児島県北東部地震	1997/3/26	130.4	32	8	6.1	6.5
鹿児島県北東部地震	1997/5/13	130.3	31.9	11	6	6.3
東京湾の地震	1998/8/20	140	35.6	67	5.3	5.4
千葉県北東部地震	2000/6/3	140.8	35.7	50	6.1	5.8
鳥取県西部地震	2000/10/3	133.4	35.3	11	6.6	7.1
芸予地震	2001/3/24	132.7	34.1	50	6.8	6.4
静岡県中部	2001/4/3	138.1	35	35	5.2	5.3
岩手県南部地震	2001/12/2	141.3	39.4	119	6.5	6.3
茨城県南部	2002/7/13	140.1	36	65	4.9	4.8

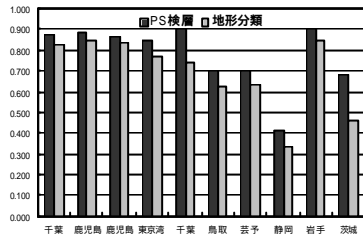


図 2 観測震度と推定震度の相関係数

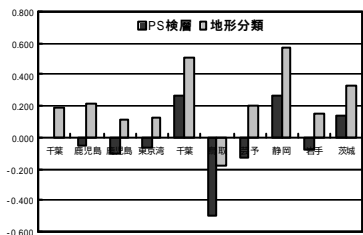


図 3 観測震度と推定震度の誤差の平均値

#### 4.2. 解像度の違う表層地盤特性のデータベースの比較

ここでは、東京都を対象として、3 の表層地盤特性のデータベースを用いて、精度の違う表層地盤特性のデータベースの比較をする。ここで使用する強震観測データは、限られた地域を対象とすることから、K-Net では荒いため、東京都と東京消防庁が管理している計測震度計を用いる。これらの計測震度計は現在、東京大学地震研究所により、SK-Net<sup>12)</sup>として観測データが取りまとめられており、K-Net と同様にインターネットからダウンロードして使うことが可能である。ここで検討する地震は表 1 にある地震のうち、関東地方で発生した千葉県北東部地震と茨城県南部地震の 2 つの地震を用いた。ここでは、表層地盤特性のデータベースにおける精度の違いについて検討することから、推定には距離減衰式を用いた。

図 4 は、精度の違うデータベースにおける、検討した地震の観測震度と推定震度の相関係数及び、推定震度から観測震度を引いた誤差の平均値である。この図から、相関係数では、250m メッシュのものが、他のものより高いが、全体的に低く、誤差の平均値では、あまり差は見られなかった。また、100m メッシュではあまり良い結果が得られなかった。このことから、データベースの精度の違いはあまり見られなかったが、ここで、100m メッシュの速度増幅率は、物理的なデータをも

とに与えた増幅率ではなく、地盤データを沖積層深さで地形分類に置き換えたため、良い結果が得られなかったと考えられ、今後は、強震記録とボーリングデータを用いて地盤ごとの増幅率を求めていく必要があると考えられる。

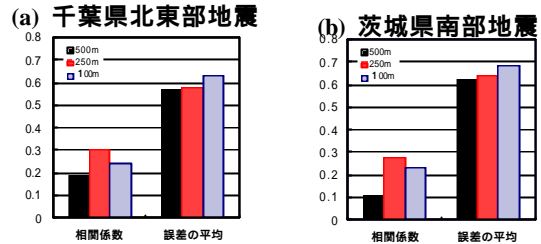


図 4 観測震度と推定震度の相関係数、及び誤差の平均値

5.まとめ  
著者らは、これまで全国を対象とした地震動推定について、独自に表層地盤特性のデータベースを作成し、地震動推定方法と表層地盤特性についての 2 つについて検討を行ってきた。その結果、推定方法は強震観測データによる補間法が距離減衰式による推定方法より安定した結果を示すことを確認した。本研究では早期地震動推定における表層地盤特性について、PS 検層データによる方法と、地形分類と標高による方法の比較検討を行った。その結果、PS 検層データによる方法が地形分類と標高による方法よりも安定した推定結果が得られることがわかった。

次に東京都を対象として、表層地盤特性の精度について、精度の違う 3 つのデータベースについても検討した。その結果、表層地盤特性のデータベースにおける精度の差があまり見られないことから、地形分類と標高による方法から求めた増幅率には限界があることがわかった。

今後は、東京都を対象として、多くの PS 検層データを集め、表層地盤特性について検討していく必要がある。

#### 6. 謝辞

本研究は文部科学省防災科学技術研究所の大井昌弘氏、石田瑞穂氏、藤原広行氏との共同研究「地震動予測地図作成手法の研究」として行われ、また関係者各位に多大なる協力をいただきました。地盤データに関して、国土地理院、東京都土木研究所より提供していただきました。K-Net 及び、SK-Net の強震観測データも使用させていただきました。ここに記して感謝の意を表します。

#### [参考文献]

- 1) 損害保険料率算定会：地震被害想定資料集、平成 10 年 9 月
- 2) 大井昌弘他、リアルタイム地震動推定システムの開発、日本地震学会講演予稿集、2001 年秋季大会
- 3) 久保智弘他、全国地形分類図による表層地盤特性のデータベースを用いた早期地震動推定、第 11 回日本地震工学シンポジウム、
- 4) 内閣府、地震被害想定支援マニュアル、(<http://www8.cao.go.jp/bousai/index.html>)
- 5) 防災科学技術研究所、F-Net 広帯域地震観測網 (<http://www.fnet.bosai.go.jp/index.html>)
- 6) 司 宏俊・翠川三郎、断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式、日本建築学会構造系論文報告集、No. 523, pp63-70, 1999
- 7) 松岡昌志・翠川三郎、国土数値情報を利用した地盤平均 S 波速度の推定、日本建築学会構造系論文報告集、No. 443, pp65-71, 1993
- 8) 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, pp519-529, 1995
- 9) 気象庁監修、震度の算出方法、震度を知る-基礎知識とその応用-、1996
- 10) 土地分類図、監修：国土交通省土地局国土調査課、発行：財団法人日本地図センター
- 11) 小川好、地図ボーリング情報のデータベース化とその地震被害予測への応用
- 12) 首都圏強震動総合ネットワーク-SK-net (<http://www.sknet.eri.u-tokyo.ac.jp/>)

\*ABS コンサルティング・工修

\*\*工学院大学 教授・工博

\*ABS Consulting, M Eng.

\*\* Prof., Kogakuin University, Dr. Eng.