

全国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法への適応

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  
リアルタイム地震動推定                      距離減衰式                      K-Net

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、地震被害想定的大幅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。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>1)</sup>を構築した。本研究はその一部である面的リアルタイム地震動推定について、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した。

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>2)</sup>を参考とした。

地震動推定方法については、点震源<sup>3)</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>4)</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。強震観測データを用いた推定方法は最大50km以内かつ最大5点の観測値(V<sub>bi</sub>)を用いて、距離(d<sub>i</sub>)による重み付けを行い、任意点における最大速度(V<sub>b</sub>)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。その際の表層地盤特性についてはボーリングデータによる算出方法<sup>5)</sup>(以下 boring)と地形分類図による算出方法<sup>6)</sup>(以下 soil-type)の2つの算出方法による推定結果についても検討した。対象とした地震は過去に関東平野で発生した地震とし、Table.1は対象とした地震情報<sup>3)</sup>を示す。

ここで、ボーリング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はボーリングデータが20mまでしか達していないので既往の論文<sup>4)</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>7)</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。

Table.1 本研究で対象とした地震動

| Earthquake         | Date      | Longitude | Latitude | Depth(km) | Mw  | Mjma |
|--------------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----|------|
| Tokyo bay          | 1998/8/29 | 140       | 35.6     | 67        | 5.3 | 5.4  |
| Chiba Northeastern | 2000/6/3  | 140.8     | 35.7     | 50        | 6.1 | 5.8  |

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

3. 表層地盤特性のデータベース化について

日本地図センター発行の土地分類図(1/20万, 1/10万)<sup>8)</sup>をGISソフトによりデジタル化し(Fig.1)、これをもとに500mメッシュの代表点の地形と標高<sup>9)</sup>を求め、マニュアルの式を参考に増幅率を算出し、データベース化を行った(Fig.2)。Fig.3は本研究室で作成した500mメッシュの地形分類図(点)と既存のデータとして国土数値情報1kmメッシュ<sup>10)</sup>の地形分類図(メッシュ)を比較したものである。この図から、本研究で作成した地形分類図は既存のデータベースよりも微細な地形分類を表していることがわかる。

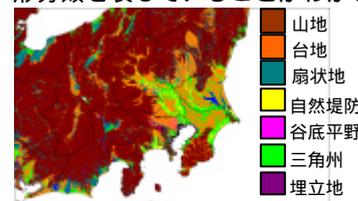


Fig.1. デジタル化した地形分類図(関東地方)

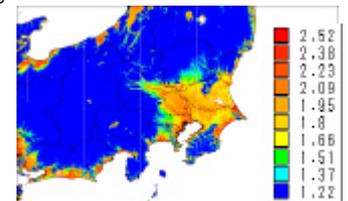


Fig.2. 本研究で作成した500mメッシュ単位の表層地盤特性図(関東地方)

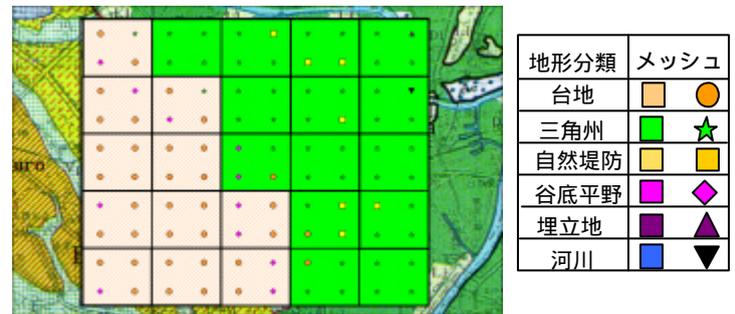


Fig.3 本研究で作成した500mメッシュの表層地盤特性図と国土数値情報1kmメッシュ(東京都荒川区周辺)

4. 結果と考察

a. 距離減衰式による推定結果

距離減衰式は司・翠川式を使い、断層のタイプは1998年東京湾の地震については震源深さが67kmと深いため、プレート内地震とし、2000年千葉県北東部地震については震源深さが50kmで関東平野下のプレート構造では、地殻内、プレート間地震、プレート内地震のいずれの可能性もあるが、ここでは推定値が安全側に評価されるようにプレート内地震とした。

Fig.4 は縦軸に観測された計測震度をと、横軸に推定した計測震度をとったもので、対角線が正解値である。この図より、表層地盤特性をボーリングデータから評価したものが最もよい結果を示していることがわかる。また、東京湾の地震では正解値に近いのに対し、千葉県北東部地震では推定結果が過大評価となっていることがわかる。Fig.5 は推定震度と観測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と標準偏差を表したものである。この結果からも同様にボーリングデータによる算出結果が地形分類図による算出結果よりも精度が高いことがわかる。

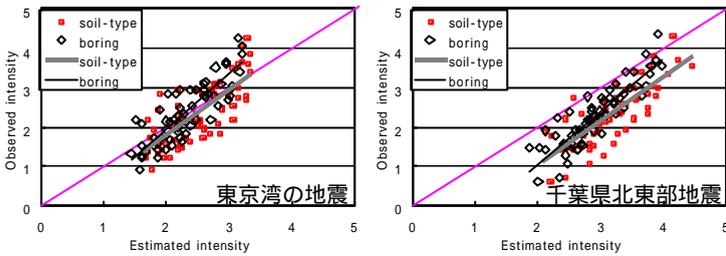


Fig.4 距離減衰式による推定震度と観測震度の比較。

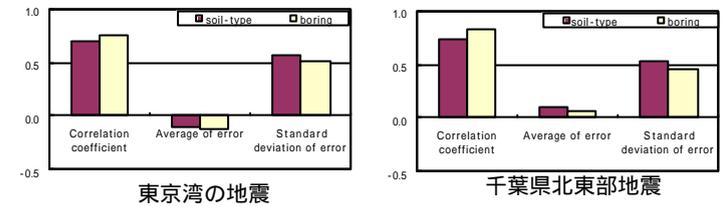


Fig.5 距離減衰式による推定震度と観測震度の相関係数と誤差の平均値、標準偏差

**b. 強震観測データによる推定結果**

Fig.6 は Fig.4 と同様に縦軸に観測された計測震度をと、横軸に推定した計測震度をと、対角線は正解値である。この図から表層地盤特性にあまり依存せず、推定結果の回帰直線が対角線に近いことから、安定した推定結果が得られることがわかる。さらに距離減衰式による推定結果(Fig.4)とも比較すると強震観測データによる推定結果は震源特性に依存しないことから検討した 2 つの地震において安定した結果が得られることがわかる。次に Fig.7 は Fig.5 と同様、相関係数、誤差の平均値、及び標準偏差を示す。この図から距離減衰式による推定結果と同様にボーリングデータによる算出方法が地形分類図による算出方法よりも精度が高いことが確認できる。また、推定方法においても強震観測データによる推定方法が距離減衰式による推定方法よりも精度が高く安定した結果が得られた。

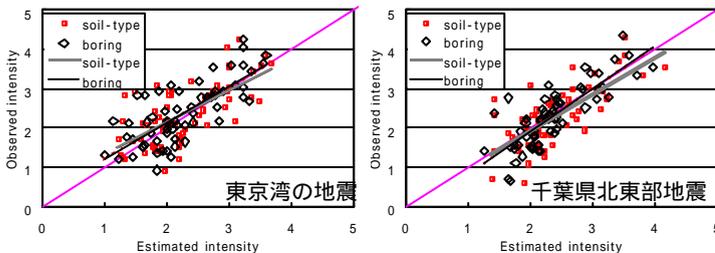


Fig.6 強震観測データによる推定震度と観測震度の比較。

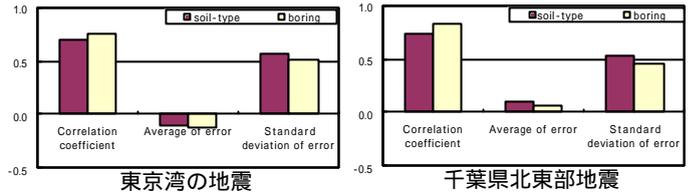


Fig.7 強震観測データによる推定震度と観測震度の相関係数と誤差の平均値、標準偏差

**5.まとめ**

本研究は広域な地域を対象に、地震直後の即時的地震動推定を行うことを前提として、表層地盤特性を考慮した地震動推定を行い、関東平野を対象に実際に観測された強震記録との比較から精度を検討した。まず表層地盤特性のデータベースについては、本研究で作成した全国規模の 500m メッシュの地形分類図と国土数値情報 1km メッシュによる地形分類図と比べると、ここで作成した地域分類図は谷底平野など微細に入り組んだ地形も評価でき、より解像度の高いデータベースとなっていることを確認した。次に地震動推定法については、強震動データによる推定結果は距離減衰式のように震源データや伝播特性の精度に依存しないため、安定かつ良好な結果を示すことが確認された。従って地震直後の即時地震動推定を行う場合、まず震源情報を得られた段階で距離減衰式による暫定的な地震動推定を行い、強震動データが得られた段階で順次強震データによる推定結果に置き換えて行くことが有効であると考えられる。特に地震発生後しばらくは、被害の甚大な地域からは強震動データが入手できない可能性があるため、距離減衰式による推定結果も有効に活用すべきである。

**7. 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として行われ、また卒業生の今北 統夫氏、佐久間景子氏、近藤寿氏、関係者各位に多大なる協力をいただきました。K-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): 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
- 2): 内閣府、地震被害想定支援マニュアル (<http://www8.cao.go.jp/bousai/index.html>)
- 3): 防災科学技術研究所、FREESIA network 広帯域地震観測網 (<http://argent.geo.bosai.go.jp/freesia/index.html>)
- 4): 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
- 5): 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
- 6): 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
- 7): 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
- 8): 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
- 9): 数値地図 250m メッシュ (標高)、刊行: 国土地理院、販売元: 財団法人日本地図センター、1997
- 10): 数値地図情報 KS-156-1、複製頒布: 財団法人日本地図センター、1992

\*工学院大学大学院工学研究科建築学専攻

\*\*工学院大学 助教授・工博

\*Graduate school, Kogakuin University

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