

日本全国地形・地盤分類メッシュマップにおける微地形区分と地盤増幅特性との関係

松岡昌志¹・若松加寿江²

¹防災科学技術研究所 地震防災フロンティア研究センター 副チームリーダー
(〒651-0073 神戸市中央区脇浜海岸通1-5-2)

E-mail:matsuoka@edm.bosai.go.jp

²東京大学 生産技術研究所 研究員 (〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)

E-mail:wakamatu@iis.u-tokyo.ac.jp

著者らは行政区域を越えた広い地域に対する統一的ハザード評価のための地盤参照データとして、日本全国地形・地盤分類メッシュマップを構築してきた。本報ではこのマップの地盤震動評価への適用性を検証するために、メッシュマップに用いた微地形分類と気象庁の全国77箇所の87型地震計の観測記録から得られた地点係数（地盤増幅度）との関係を調べた。さらに、国土数値情報での地形分類および大西らで提案されている地形・表層地質による分類とも比較を行い、メッシュマップでの微地形区分が地盤増幅特性の評価により適当であることを示した。

Key Words : *Japan Engineering Geomorphologic Classification Map, Geomorphologic unit, Site amplification factor, Station coefficient, JMA-87-type accelerometer*

1. はじめに

東南海・南海地震の発生が危惧され、行政区域を越えた広い地域に対して統一的に地震危険度を評価するシステムの必要性が高まってきている。著者らの研究グループは、広い地域に対して各種ハザード評価を可能とする災害システムのための地盤参照データベースをめざし、基準地域メッシュ（約1km四方）に基づく日本全国地形・地盤分類メッシュマップを構築してきた¹⁾。このメッシュマップの特長は、既存の全国版データベース²⁾⁻⁴⁾の原図⁵⁾において各都道府県で不統一であった地形分類基準を全国で統一したことにより、行政区域を越えた評価にも容易に利用できること、さらに、より大縮尺の地形図等を用いて微地形判読を行っていることから、地形境界等の空間的分類精度が向上している点である。

地震ハザードのうち、地震動強さに影響を及ぼす地盤特性の評価は最も重要な課題のひとつである。一般的に、地盤の増幅特性の正確な評価には地盤のS波速度構造などの詳細な地盤情報が必要であるが、対象地域が広域な場合、このような地盤モデルに基づく解析的な方法を用いるには多大な困難を伴い現実的ではない。そこで、簡便な方法として、微地形区分等から地盤の平均的なS波速度を推定する⁶⁾、あるいは微地形区分から直接的に増幅特性を推定す

る⁷⁾⁻¹⁰⁾ことにより、地形分類や表層地質などの情報を用いて広域での増幅度分布が推定されてきた。

以上の背景から、本研究ではメッシュマップの地盤増幅特性評価への適用性を示すために、メッシュマップで提案した微地形分類と強震記録の解析から得られた地点係数との関係を検討した。

2. 距離減衰式の地点係数

Molas and Yamazaki¹¹⁾および Shabestari and Yamazaki¹²⁾は、気象庁87型強震計による1,020の地震による3,990組の観測記録を用いて、最大加速度、最大速度、計測震度や応答スペクトルについての距離減衰式を構築し、さらに、観測地点全体の平均的な揺れやすさに対する対象地点での相対的な揺れやすさ（地点係数）を算出している。用いた記録はマグニチュード4.0以上の地震によるもので、水平2成分がともに1.0Gal以上のものが選択されており、1993年釧路沖地震、1993年北海道南西沖地震、1994年北海道東方沖地震、1994年三陸はるか沖地震、1995年兵庫県南部地震などの最近の被害地震が含まれている。

本研究では、強震観測点の増幅特性の指標として、最大加速度、最大速度、速度応答スペクトルの距離

表-1 メッシュマップによる地形分類，国土数値情報による地形分類，大西ら⁹⁾による地形分類と表層地質の組み合わせによる分類

メッシュマップによる分類		国土数値情報に基づく分類	大西らによる分類
W1 山地	W11 扇状地	N1 山地	O1 山地
W2 山麓地	W12 自然堤防	N2 火山地	O2 火山山麓地
W3 丘陵	W13 後背湿地	N3 台地・段丘	O3 丘陵地
W4 火山地	W14 旧河道	N4 低地一般面	O4 岩石台地
W5 火山山麓地	W15 三角州・海岸低地	N5 低地上の微高地	O5 砂礫台地
W6 火山性丘陵	W16 砂州・砂礫州	N6 埋立地・干拓地	O6 火山灰台地
W7 岩石台地	W17 砂丘		O7 扇状地性低地
W8 砂礫質台地	W18 干拓地		O8 三角州性低地(砂まじり)
W9 ローム台地	W19 埋立地		O9 三角州性低地(泥・粘土)
W10 谷底低地			O10 砂州・砂丘
			O11 埋立地

減衰式における地点係数を用いた。77観測点の観測点名と地点係数は論文^{9)・12)}に示されている。

3. 微地形分類と地点係数との関係

まず、77観測点の微地形区分を、メッシュマップの基データである縮尺1/5万地形分類図等より求めた。次に、最大加速度，最大速度および速度応答スペクトルの距離減衰式における地点係数を，各観測点の微地形区分ごとにグループ分けをし，微地形区分ごとの地点係数のばらつき具合（分散）を求めた。表-1にメッシュマップによる地形分類を国土数値情報（DNL）による分類，大西らによる分類と共に示す。なお，国土数値情報の地形分類基準は各都道府県で異なるため，全国的に適用する場合には微地形を統合せざるを得ない。したがって，分類数が他と比較して少なくなる。以降で示すグラフでは，簡略のため上記の3種類の分類方法による微地形区分名を表-1に示す記号で表記する。なお，メッシュマップ，国土数値情報および大西らの分類による微地形区分は，それぞれの分類基準が異なるため，名称が同一でも等質であるとは限らない。

図-1に最大速度の地点係数について微地形区分ごとの分散を示す。地点係数の分散を求めるに際して，地点係数が特異となっている「松代」「網代」「稚内」の3地点は除外した^{9)・10)}。また，メッシュマップによる分類では，「火山地」と「砂丘」に属する観測点がそれぞれ1地点のみであるため，分散は求めている。

国土数値情報による分類では，ほとんどの地形区分で分散が大きい。これは，前述の理由で複数の微地形区分を統合して用いたことによるものと考えられる。メッシュマップにおける低地地形（後背湿地W13，三角州・海岸低地W15，砂州・砂礫州W16）における分散は他の分類による低地地形での分散よりも全体的にやや小さくなっている。しかし，メッシュマップ，大西らのいずれの分類方法でも，ローム台地(W9)，砂礫質台地(W8)，扇状地(W11)，火山灰台

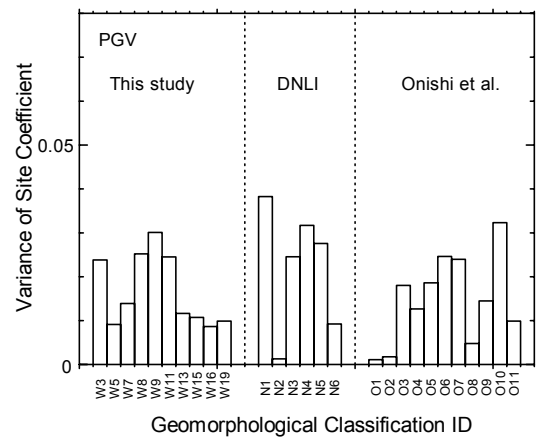


図-1 最大速度の地点係数の微地形区分ごとの分散

地(O6)，砂礫台地(O5)，扇状地性低地(O7)の分散がやや大きい。一口に台地・段丘や扇状地と言っても，平野の中にあり沖積低地に接しているもの，山地や丘陵の縁辺に形成されているものなど，その形成されている位置が様々である。このため隣接する微地形区分の影響が顕れたものと推察される。

図-2～図-4に速度応答スペクトルの地点係数の微地形または地形・表層地質区分ごとの分散を示す。0.1秒付近の周期帯ではいずれの分類でも分散が大きくなっているが，地震動評価に重要といわれる約1秒前後の周期帯¹³⁾では，図-2に示す本研究による分類の微地形区分ごとの分散は他の分類（図-3，図-4）に比べてまとまっており，その値も比較的小さい。これはメッシュマップによる分類が妥当であることを示唆している。

図-5に微地形区分ごとの地点係数の平均値を推定値とした場合のデータ全体についての推定誤差の分散を，最大加速度，最大速度および速度応答スペクトルについて示す。国土数値情報による分類は，他の2つの分類方法を凌いで誤差分散が大きい。これは，前述のように複数の微地形区分を統合して用いたことによると思われる。これに対して，メッシュマップと大西らの分類は，1/5万の地形分類図を用

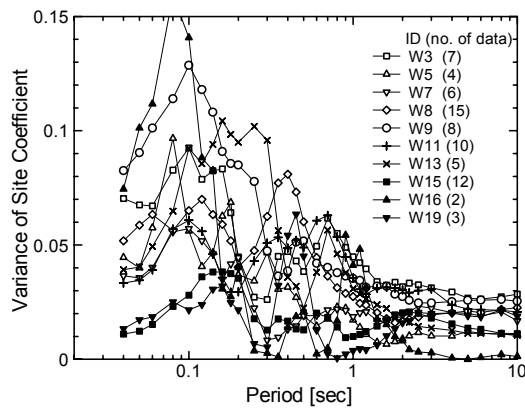


図-2 速度応答スペクトルの地点係数のメッシュマップによる微地形区分ごとの分散

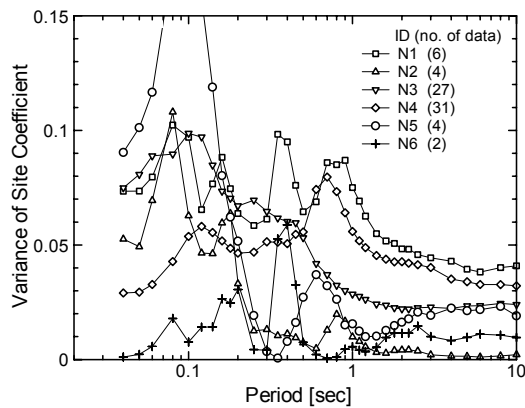


図-3 速度応答スペクトルの地点係数の国土数値情報に基づく微地形区分ごとの分散

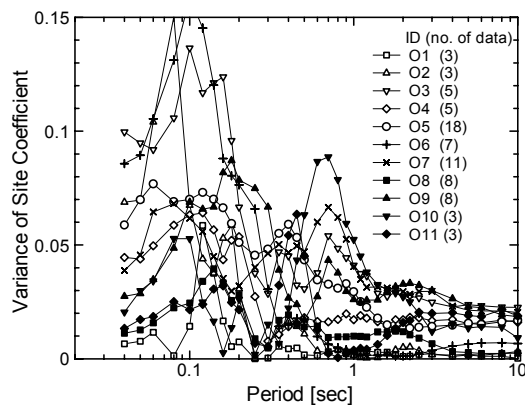


図-4 速度応答スペクトルの地点係数の大西ら⁹⁾による地形・表層地質区分ごとの分散

いて詳細に分類したため誤差分散が小さくまとまったものと考えられる。

メッシュマップによる分類と大西らの分類を比べると、最大加速度、最大速度、応答スペクトルそれぞれにおいて、両者はほぼ同程度の推定精度があるとみなせる。しかし、詳細にみると、応答スペクトルの地点係数の誤差分散は0.2秒より短周期側では本研究の分類の方が小さいが、これより長周期側で

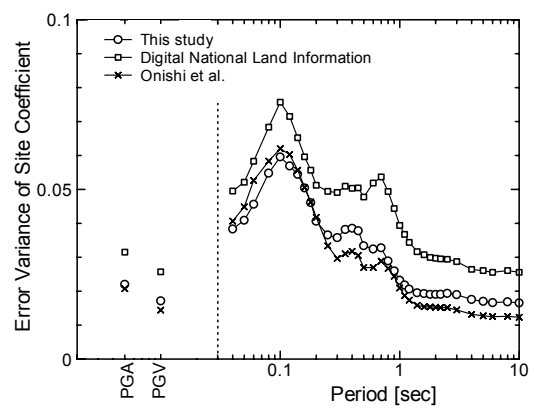


図-5 最大加速度(PGA)、最大速度(PGV)および速度応答スペクトルの地点係数のデータ全体の誤差分散

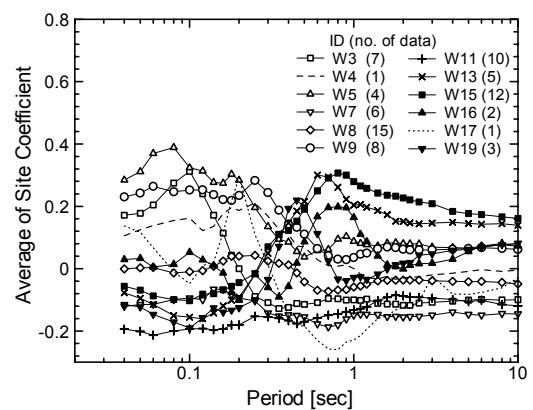


図-6 メッシュマップでの微地形区分ごとの速度応答スペクトルの地点係数

は大西らによる分類の方が誤差分散が小さくなっている。これは、大西らの分類では、三角州性低地の分類を「砂まじり」、「泥・粘土」などの表層地質分類を加味して細分類をしたことにより、ばらつきが抑えられていること、また、火山灰台地(O6)のように比較的データ数が多いにもかかわらず分散が小さいものがある場合には、データ全体としての推定誤差を小さくする方向に強く働くことがあげられる。

図-5に示されるように、大西らの分類は気象庁77観測点における分類精度そのものは良好である。しかしながら、国土数値情報の地形分類データと表層地質データを利用することを前提に提案されたものである。この分類を広域に適用した場合、国土数値情報の原図⁹⁾のもつ不具合（地形分類基準の不統一や小縮尺原図に起因する低い空間分解能）により、増幅特性が適正に評価できるとは言い難い。

図-6にはメッシュマップによる微地形区分ごとの速度応答スペクトルの地点係数を示す。山地や台地では周期0.3秒以下の範囲で地点係数の値が大きく、低地では逆に0.3秒以上で値が大きい。この傾向は既往の研究^{10),14)}ともおおむね一致する。

以上を総合すると、本研究で構築した日本全国地

形・地質分類メッシュマップは、その地形分類基準が大西らの分類同様、地点係数に基づく地盤の増幅度評価に適していること、また、国土数値情報などを用いた既存の方法^{3),4),6),10)}とは異なり、全国の地形地盤が統一基準で分類されていることから、対象地域に関わらず、均等均質な地盤増幅特性の評価が可能になると考えられる。

4. 結論

日本全国の地形地盤を、統一的に分類して構築した日本全国地形・地盤分類メッシュマップの地盤増幅特性評価への適用性を検証するために、全国の87型強震計の観測記録を用いて構築された距離減衰式に基づく地点係数とメッシュマップによる微地形区分との関係を調べた。その結果、微地形区分ごとの地点係数には有意な傾向が認められ、地震動評価に重要といわれる約1秒前後の周期帯でのばらつきが小さいことを確認した。したがって、提案した地形分類基準は地震動評価に適用でき、従来の方法に比べて均等均質な精度で評価できる可能性が示された。

しかし、77地点という限られたデータに基づいているため、評価ができなかった微地形区分もある。今後は、より多くの地盤情報を収集し、すべての微地形区分ごとの増幅特性を明らかにすることで、地盤増幅度の推定精度の向上および日本全国増幅度マップを構築することが必要と考えている。

謝辞：本研究は平成15年度科学研究費補助金(課題番号:15510155)、平成14年度兵庫県ヒューマンケア研究助成、平成15年度福武財団研究助成によった。

参考文献

- 1) 若松加寿江, 松岡昌志, 久保純子, 長谷川浩一, 杉浦正美: 全国地形・地盤デジタルマップの構築とK-NET, KiK-net観測点の微地形特性, 第11回日本地震工学シンポジウム, pp. 47-52, 2002.
- 2) 国土庁計画・調整局: 国土情報シリーズ8, 国土数値情

報(改訂版), 大蔵印刷局, 1992.

- 3) 座間信作, 細川直史: 簡易型地震被害想定システムの開発, 消防研究所報告, Vol. 82, pp. 26-33, 1996.
- 4) 久保智宏, 久田嘉章, 柴山明寛, 大井昌弘, 石田瑞穂, 藤原広行, 中山圭子: 全国地形分類図による表層地盤特性のデータベース化, および, 面的な早期地震動推定への適用, 地震2, Vol. 56, No. 1, pp. 21-37, 2003.
- 5) 経済企画庁総合開発局: 土地分類図(全47巻), 1967~1978.
- 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. 9, pp. 519-529, 1995.
- 7) 西阪理永, 福和伸夫, 荒川政知, 銭 傑: 国土数値情報を活用した地盤増幅度と地震動の予測, 第2回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp. 341-344, 1997.
- 8) 福和伸夫, 荒川政知, 西阪理永: 国土数値情報を活用した地震時地盤増幅度の推定, 構造工学論文集, Vol. 44B, pp. 77-84, 1998.
- 9) 大西淳一, 山崎文雄, 若松加寿江: 気象庁地震記録に基づく地点増幅特性と地形分類との関係, 土木学会論文集 No. 626/I-48, pp. 79-91, 1999.
- 10) 山内洋志, 山崎文雄, 若松加寿江, Khosrow T. Shabestari: 応答スペクトルの距離減衰式に基づく地点増幅特性と地形・表層地質分類との関係, 土木学会論文集, No. 682/I-56, pp. 195-205, 2001.
- 11) Molas, G.L. and Yamazaki, F.: Attenuation of Earthquake Ground Motion in Japan Including Deep Focus Events, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 85, No. 5, pp. 1343-1358, 1995.
- 12) Shabestari, K.T. and Yamazaki, F.: Attenuation of JMA Intensity Based on JMA-87-Type Accelerometer Records, 第2回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp. 153-156, 1997.
- 13) 川瀬 博: 強震動特性と地下構造—兵庫県南部地震における震災帯の生成メカニズム—, 第26回地盤震動シンポジウム, pp. 9-20, 1998.
- 14) 翠川三郎, 作川孝一: 1987年千葉県東方沖地震の地震動応答スペクトルにみられる地盤特性の評価, 日本建築学会構造系論文報告集, No. 447, pp. 31-37, 1993.

(2003.10.10 受付)

RELATIONSHIP BETWEEN SITE AMPLIFICATION CHARACTERISTICS AND GEOMORPHOLOGIC CONDITIONS OF “JAPAN ENGINEERING GEOMORPHOLOGIC CLASSIFICATION MAP”

Masashi MATSUOKA and Kazue WAKAMATSU

We study a nationwide site amplification zonation using Japan Engineering Geomorphologic Classification Map which was developed as a nationwide GIS-based map containing the attributes of geomorphologic unit in approximately 390,000 grid cells of 1 x 1 km each in size across the country. We investigate the relationship between our proposed geomorphologic classification system at every unit and the site amplification factors (PGA, PGV, and the response spectra) of 77 JMA sites countrywide, determined from 3,990 strong motion records by previous studies. Then, we calculate the average and variance of the site amplification factors at every geomorphologic unit. Our new geomorphologic classification system shows a smaller variance at each unit compared with previous classifications.