

○細川 直史* 座間 信作* 伊藤 陽介** 星 仰***
 * 消防研究所 ** 高松工業高等専門学校 *** 茨城大学

1. はじめに

地震による被害を防止・軽減するためには、事前にそれらの災害危険度を評価し、その結果を消防計画や都市計画に反映させることが必要である。地震被害想定はその代表的なものであり、被害想定の実施のためには建物や人口の分布とともに面的な地盤特性の把握が必要である。地盤調査の代替として、国土数値情報や土地条件図の利用が考えられるが、国土数値情報は1kmメッシュデータで詳細であるとはいえず、土地条件図は現在のところ日本の一部しか整備されておらず、デジタル化もされていないのが現状である。本稿では、リモートセンシングによって得られる土地被覆情報と標高データを用い、地震動推定に利用可能な地形情報を得ることを目的とした教師あり地形分類手法を提案する。神戸・西宮を解析領域として、提案手法によって得られる地形分類結果を地盤特性として地震動推定を行い、1995兵庫県南部地震の観測記録と比較することで地形分類結果の有用性を示す。

2. 解析データと地形分類手法

提案する地形分類手法の手順を図1に示す。リモートセンシングデータから(1)土地被覆情報を求め、そして、標高データから求められる(2)標高、(3)傾斜量、(4)傾斜量変換点の分布密度を加えて特徴量とし、再度教師あり分類を行い地形分類結果を得る。土地被覆情報は、1993年3月23日にLandsat 5号により観測されたTMデータにより、ニューラルネットワークの一種である自己組織化マップ(SOM:Self-Organizing Map)¹⁾とカウンタープロパゲーション(Counter Propagation)による教師あり分類手法を用いて作成した。分類項目は1)道路・岸壁、2)人工構造物、3)森林、4)小植生、5)裸地、6)海域の6つとした。標高データは国土地理院発行の「数値地図50mメッシュ(標高)」とし、これから求められる傾斜量、傾斜量変換点の分布密度を特徴量として用いる。傾斜量 θ は、式(1)で示される e を中心とする 3×3 の領域の平均的な傾斜として、式(2)により得られる。

$$M = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\tan \theta = \frac{\sqrt{(a+d+g-c-f-i)^2 + (a+b+c-g-h-i)^2}}{6D} \quad (2)$$

ここで、式(1)の要素は標高、式(2)の D はグリッド間隔である。傾斜量の変換点は斜面の勾配が変化する点であり、式(3)のLaplacian オペレータを利用して得られる。

$$L = 4e - (b + d + f + h) \quad (3)$$

式(3)において正の出力があった画素に1を、負の値の画素には0を与えて2値画像を作成し、それに 21×21 の一様重み線形フィルタを適用することで、傾斜量変換点の分布密度を求める。分類する地形の種類は、予め行ったヒストグラム解析により、山地、段丘、扇状地、盛土地の4種の地形を対象とする。土地条件図を参考に解析領域から教師データを抽出し、4つの特徴量を用いてSOMによる教師あり分類を適用した。

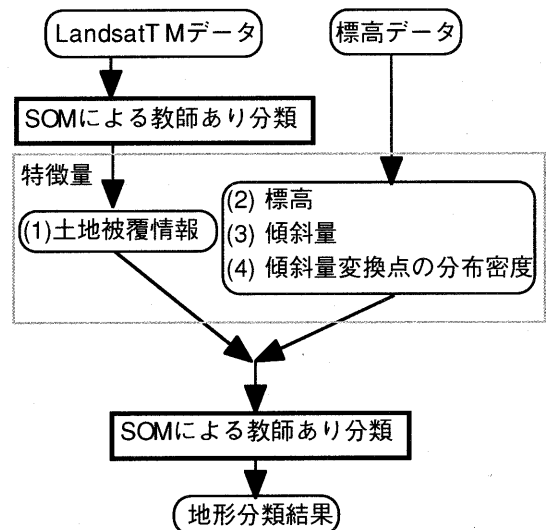


図1 提案手法のブロック図

Landform Classification Method Using Self-Organizing Map and Its Application to Ground motion Estimation.

Masafumi Hosokawa*, Shinsaku Zama*, Yosuke Ito**, Takashi Hoshi***

*National Research Institute of Fire and Disaster, 3-14-1 Nakahara, Mitaka, Tokyo 181-8633 Japan

**Takamatsu National College of Technology, 355 Chokushi-cho, Takamatsu 761-8058 Japan

***Ibaraki University, 4-12-1 Nakanarusawa, Hitachi, Ibaraki 316-8511 Japan

3. 分類結果

表1は提案手法を用いた場合における特徴量の組み合わせによる地形分類の精度を示す。標高データから求めた3つの特徴量と土地被覆情報をあわせたケース1の分類精度が最も優れていた。図2はケース1における解析領域の地形分類結果を示している。標高データが整備されていないポートアイランド南側と六甲アイランドの一部などの埋立地の抽出では、リモートセンシングのリアルタイム性が活かされた結果が得られた。

表1 地形分類の精度

ケース	特徴量の組み合わせ				分類精度 (%)				
	標高	傾斜量	変換点の密度	土地被覆情報	山地	台地・段丘	扇状地性低地	埋立地	平均
1	○	○	○	○	92.92	60.85	67.90	86.06	76.93
2	○	○	○	-	92.43	55.29	69.60	86.49	75.95
3	○	○	-	○	92.77	62.89	56.34	88.11	75.03
4	○	-	○	○	88.22	60.63	67.04	85.74	75.41
5	-	○	○	○	91.49	61.10	65.11	85.98	75.92
6	○	○	-	-	92.38	58.92	60.45	87.40	74.79
7	○	-	○	-	88.29	58.70	60.18	87.43	73.65
8	○	-	-	○	90.21	61.13	64.70	78.56	73.65
9	-	○	○	-	84.71	58.30	68.91	86.70	74.66
10	-	○	-	○	92.59	61.23	54.44	87.51	73.94
11	-	-	○	○	88.10	41.84	67.89	86.05	70.97

4. 地震動想定

地震動の強さを評価する方法として、本稿では断層震源を仮定し、断層からの最短距離を用いた距離減衰式である式(4)を採用する²⁾。

$$\log V_h = b - \log(X + c) - 0.002X$$

$$c = 0.0164 \cdot 10^{0.382M_w} \quad (4)$$

$$b = 0.52M_w - 0.918$$

ここで、 V_h は硬質地盤での最大速度、 M_w はモーメントマグニチュード、 X は断層震源からの最短距離(km)である。地表地盤の影響を考慮した最大速度 V_{max} は式(5)に基づき、 V_h と増幅度 R を掛け合わせることで得られる。

$$V_{max} = V_h \cdot R \quad (5)$$

地盤の増幅度 R は次式によって与えられる³⁾。

$$\log R = 1.98 - 0.71 \log V_s$$

$$\log V_s = a + b \log h + c \log D \quad (6)$$

ここで、 h 、 D は標高と主要河川からの距離(km)、 a 、 b 、 c は国土数値情報の微地形分類等から決まる値である。図3は地形分類結果から求めた V_{max} の分布、図4は V_{max} の予測値と観測値の関係である。これらは、簡略化されたモデルを用いているに関わらず、おおむね良好な結果が得られたと考えられる。

5. おわりに

SOMによる地形分類手法を提案し、それに増幅度を仮定することで地震動推定に適用した。今後は、予測された地震動をもとに被害想定を行う予定である。

参考文献

- 1) T. Kohonen, Self-Organizing Maps, Springer-Verlag, New York, 1995.
- 2) 司宏俊, 翠川三郎, 松岡昌志: 兵庫県南部地震を含む日本のデータに基づく最大地動加速度・速度の距離減衰式の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.185-186, 1996.
- 3) 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報告集, No.443, pp.65-71, 1993.



図2 地形分類の結果

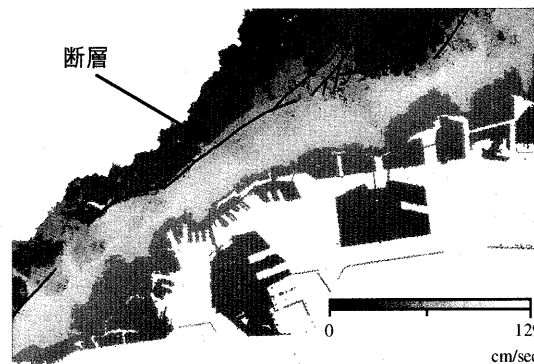


図3 推定最大速度の分布

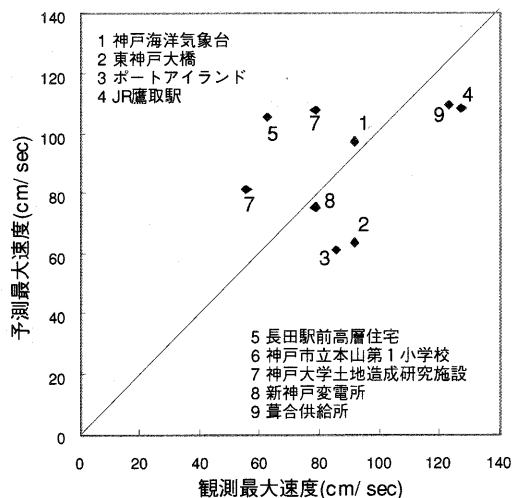


図4 最大速度における観測値と予測値の関係