

I-620

形状補間関数による地震動の推定について

舞鶴工業高等専門学校 正 高谷 富也

神戸大学 工学部 正 高田 至郎

1. まえがき

本研究は、都市部およびその周辺地域に分散して設置されている加速度計、速度計および震度計といった地震観測用機器による実測データから任意地点における地震動を推定する一手法を提案するものである。推定手法における地震動の増幅特性については、マイクロゾーニング技法に用いられている地盤パラメータ¹⁾を用いる。これにより、点データの地震動記録値が面データに拡張されるため、限られた地震動記録よりある地域全体の地震動分布を推定することができる。最近では、テレメータ装置により地震直後1分以内に地震記録データが、事業所および公的機関に送られてくるため²⁾、本手法を用いれば、地震後直ちに都市部およびその周辺地域の加速度、速度および震度階分布などを推定することが可能である。

2. 推定法の概要

本研究で提案する地震動の推定手法は、有限要素法や境界要素法に用いられている形状補間関数³⁾を用いて行うものである。すなわち、図-1に示す4地点の最大加速度値が与えられている場合、補間関数を用いれば、式(1)より容易に任意地点における最大加速度 A_{max} が求められる。

$$A_{max}(\xi, \eta) = N_1(\xi, \eta) A_1 + N_2(\xi, \eta) A_2 + N_3(\xi, \eta) A_3 + N_4(\xi, \eta) A_4$$

$$= \sum_{i=1}^4 N_i(\xi, \eta) A_i \quad (-1 \leq \xi \leq 1, -1 \leq \eta \leq 1) \quad \dots\dots(1)$$

ここに、 $N_1(\xi, \eta) = 0.25\xi\eta(1-\xi)(1-\eta)$,
 $N_2(\xi, \eta) = -0.25\xi\eta(1+\xi)(1-\eta)$,
 $N_3(\xi, \eta) = 0.25\xi\eta(1+\xi)(1+\eta)$,
 $N_4(\xi, \eta) = -0.25\xi\eta(1-\xi)(1+\eta)$

また、 $A_i(i=1\sim 4)$ は*i*番目の観測地点における最大加速度値である。

ところで、観測機器が図-1に示すようにちょうど正方形の4点上に設置されていることはないため、上述の推定法を任意形状の4節点四辺形に対する推定法に修正する必要がある。

いま、図-2の全体座標系に示すような四辺形面上に4箇所の観測地点が存在するものとする。このとき、式(1)を用いた加速度値の推定を行うためには、4箇所の観測地点と同図の局所座標系あるいは図-1に示す4節点の位置との写像を考えればよいことがわかる。すなわち、全体座標系における (x, y) という地点が局所座標系の (ξ, η) の点に相当することがわかれば、式(1)より容易に (x, y) における最大加速度値が推定できる。局所座標系 (ξ, η) と全体座標系 (x, y) の間には次式に示す関係がある。

$$x = \sum_{i=1}^4 N_i(\xi, \eta) x_i, \quad y = \sum_{i=1}^4 N_i(\xi, \eta) y_i \quad \dots\dots(2)$$

ここに、 x_i, y_i はそれぞれ*i*番目の観測地点の*x*座標値および*y*座標値である。

ところで、同じ地震波に対しても地盤条件の違い、すなわち地盤の良し悪しによって観測される加速度値は異なるため、上述の加速度推定手法は、加速度の観測地点および推定地点が同一の地盤に対してのみ使用

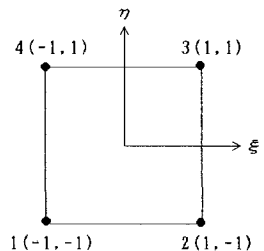


図-1 4箇所の加速度観測地点

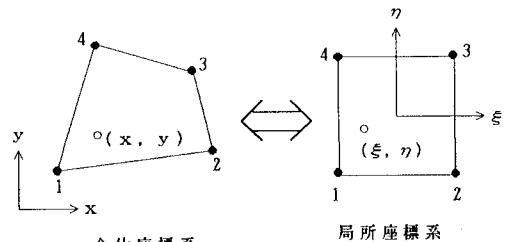


図-2 全体座標系と局所座標系

でき、異なる地盤への適用はできない。このため、本研究では、加速度推定地点のボーリング資料より、N 値の深さ方向分布を求め、地盤パラメータ¹⁾ Snを用いて、地震動加速度に対する補正係数（地盤増幅率に相当するもの）CA (Sn) を求め、地盤の最大加速度 Amaxを次式より算定する。

$$\left. \begin{aligned} CA(Sn) &= 2.09^{Sn} \quad (Sn < 0.6) \\ &= 1.56 \quad (0.6 \leq Sn < 1.0) \end{aligned} \right\} \dots\dots(3)$$

$$A_{max} = \sum_{i=1}^4 N_i(\xi, \eta) A_i \times \frac{CA(Sn)}{CA(Sn)_i} \dots\dots(4)$$

なお、ボーリング資料のない地点のCA (Sn) は、表-1 に示す地盤種別毎のCA (Sn) の平均値を用いる。

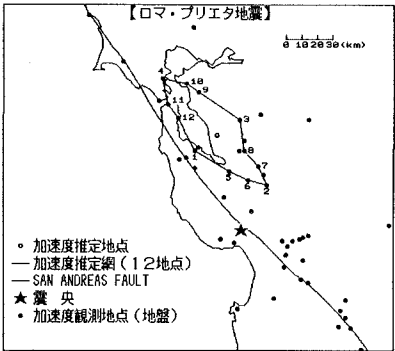
表-1 CA (Sn) の平均値⁴⁾

	CA (Sn) 値
第1種地盤	0.7142
第2種地盤	0.8704
第3種地盤	1.0516
第4種地盤	1.0516

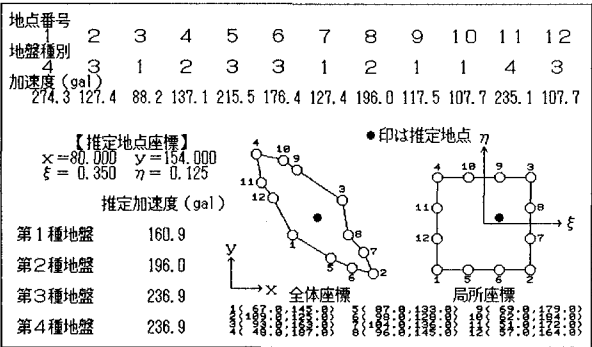
3. 推定法の適用例

本研究では4節点四辺形要素に対する補間関数を用いた加速度の推定方法について説明したが、ここでは、12節点四辺形要素に対する補間関数を用いた加速度の推定結果を示めす。なお、紙面の都合上、12節点四辺形要素に対する補間関数の詳細は文献3)に譲る。また、推定地点の地盤種別により加速度の値が異なるため、推定地点における地盤が第1種から第4種地盤である場合について、表-1 に示す地震動加速度に対する補正係数CA (Sn) の値を用いて推定した加速度の値を表示する。

図-3 は、1989年10月17日に起きたロマブリエタ地震（M=7.1）に対して地盤上で観測された12箇所⁵⁾の加速度観測記録⁵⁾を用いて、任意地点の地盤種別毎の加速度の推定結果を示したものである。なお、実際に観測された最大加速度の値は156.8galである。



(a) 加速度推定網（12箇所）



(b) (x, y) 入力

図-3 加速度の推定結果（12節点）

4. あとがき

本研究は、加速度計による観測データから、任意地点における加速度を推定する一手法を提案し、観測地点で得られた最大加速度の値から任意地点における加速度を地盤種別毎に推定した。その結果、点データとして得られる地震動の値が、提案した方法を用いることにより面データに変換することができた。なお、本研究では、加速度計の観測記録を用いた任意地点における加速度の推定手法について述べたが、加速度計および震度計などの観測記録を用いた加速度の推定も容易にできる。

参考文献

- 1) Kameda, H., M. Sugito and H. Goto : " Microzonation and Simulation of Spatially Correlated Earthquake Motions", Proc. Third International Microzonation Conference, Vol.III, pp.1463-1474, June 28-July 1, Seattle, 1982.
- 2) 高田至郎、笹倉真一：平成2年度土木学会関西支部年次学術講演会概要集、I-91、1990。
- 3) 鷲津久一郎、宮本 博、山田嘉昭、山本善之、川井忠彦：有限要素法ハンドブック I、培風館、1981。
- 4) 高田至郎：神戸市域における水道、ガス供給施設の地震耐久度調査、1985。
- 5) 亀田弘行：1989年ロマブリエタ地震によるサンフランシスコ湾岸地域の被害に関する調査研究、重点領域「自然災害」総合研究班、1990。