

## 広域な面的震度情報を対象とした関東における

### リアルタイム地震情報システムに関する研究

#### (その1) 理論

正会員 川名 清三\*1 今北 統夫\*2  
 同 柴山 明寛\*1 佐久間 景子\*3  
 同 久田 嘉章\*4

#### 1. はじめに

1995年1月17日未明に発生した阪神・淡路大震災において、政府による参集・被害状況の把握・情報収集の伝達といった、初動体制の遅れが生じた。それは、都市規模や地域特性によって被害状況の変化の大小が把握しきれなく、震災直後の対策が遅れたのではないかと思われる。そのため、「的確でかつ早急な初動体制の発動の重要性と地域特性を踏まえた地震情報の活用」という問題が浮き彫りにされ、今までの地震防災計画の大きな見直しが必要になった。この教訓を踏まえて、今までの用いられてきた震度情報だけではなく、情報空白期において、積極的および迅速かつ広域な被害予想が必要だと考え、本研究を行う事にした。

本研究の目的はリアルタイム地震情報システムのフィージビリティスタディの一環として、K-NET 強震ネットワーク<sup>1)</sup>の点的な計測震度情報を用いて、面的な計測震度分布を推定する方法を検討した。

#### 2. 推定方法の検討

点的な計測震度から面的な計測震度情報をリアルタイムで推定を行なうために

- ・時刻歴においての計測震度の推定
- ・点的な情報から面的な情報への変換
- ・表層地盤の増幅率の簡易的な計算方法の利用

以上のことを検討した。

##### 速度波形から計測震度の推定

計測震度を算出するためには地表最大速度を求める必要があり、それは経験式(1)から求める<sup>3)</sup>。この経験式は、地震波の周波数領域を限定すると、震度と地表最大速度に相関関係があることを利用するものである。このことを利用してリアルタイムにおいて加速度波形が随時流れてくる情報に対して積分を行い最大速度を検出する。このとき問題になってくるのはノイズの問題だがこれはいくつかのフィルタを使用して除去する。

$$I = 2.02 \log_{10} V + 2.4 \quad (1)$$

ただし、 $V$ : 地表最大速度[kine]、 $I$ : 震度[気象庁計測震度]である。

#### 任意点においての計測震度の推定

面的に計測震度を推定するために任意点を他の既知のデータから近似しなくてはならない。そのため任意点の近似の方法として三角形線形補間法<sup>2)</sup>を用いる。三角形線形補間法とは、三角形に囲まれた任意点(図1, 2)を近似するものであり、簡単な連立方程式を使用し解く方法である。まず、一つの要素(三角形)の頂点を図のように反時計まわりに接点番号を $ijk$ と置き、速度を $u_i, u_j, u_k$ とする。要素の一次式で近似するとすれば、式(2)と表わすことができ、これを3つの要素で連立方程式にすると式(3)になる。

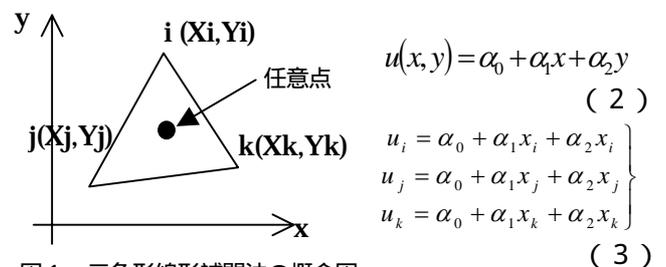


図1 三角形線形補間法の概念図

このときの速度( $u_i, u_j, u_k$ )に代入する値を基盤における最大速度にすることが望ましい。それは表層地盤における地震の揺れは、地形又は標高によって増幅率が大きく変化するのに対して、基盤での地震の揺れは、比較的安定しているためである。しかし、観測点の強震データは地表の最大速度なので、基盤最大速度に直す必要がある。そこで、必要になるのが表層地盤の増幅率である。

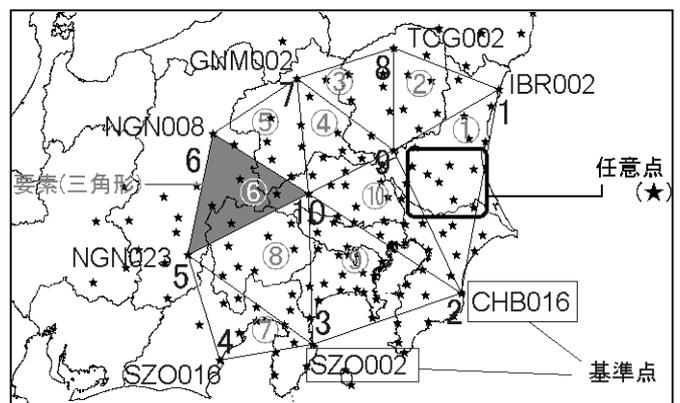


図2 三角形線形補間法適用例

Study on real time earthquake information system for seismic intensity in the Kanoto area

No.1 theory and technical skill for studying

KAWANA Seizou, SHIBAYAMA Akihiro, IMAKITA Norio, SAKUMA Kaiko, HISADA Yoshiaki

## 増幅率

地表最大速度から基盤の最大速度を算出する方法は経験式によって求められる。最大速度増幅率は、表層地盤のS波速度と一定の相関関係にあり、さらに表層地盤のS波速度は、表層地形や標高との一定の関係がある。ここでは、以下の関係式を用いる<sup>3)</sup>。

$$V = W V_f \quad (4)$$

ただし、 $V_f$ :基盤における最大速度[kine]、 $V$ :地表最大速度[kine]、 $W$ :最大速度増幅率となる。

表層地盤の増幅率の算出方法として、2つの方法を試みる。まず、表層地盤及び標高を考慮した増幅率の方法、次に、平均S波速度から増幅率を求める方法の2つである。

### 表層地盤及び標高を考慮した増幅率の方法

この方法は、国土庁の地震被害想定支援マニュアル<sup>3)</sup>を用いて増幅率を求める方法で、表層地盤の中をS波が伝達する速度から基盤最大速度に対する増幅率を推定するものである。基盤最大速度は、表層地盤のS波速度と一定の関係にあり、更に表層地盤のS波速度は、表層地形や標高と一定の相関関係なので、以下の式で表わせる<sup>3)</sup>。

$$\begin{aligned} \log_{10} W &= 1.83 - 0.66 \log_{10} V_s \\ \log_{10} V_s &= a + b \log_{10} H \end{aligned} \quad (5)$$

ただし、 $W$ :最大速度増幅率、 $V_s$ :基盤におけるS波速度[kine]、 $H$ :標高[m](ただし、地形別の上限を超える場合は上限の値を、下限を下回る場合は下限の値を用いる:表1参照)、 $a$ 、 $b$ :地形分類との相関係数(表1)、平均S波速度から増幅率を求める方法

地震動に及ぼす地震の影響と密接に関係する物理量として、地盤のS波速度があり、地表からある深さまでの平均S波速度が地盤の増幅度を予測するための簡便な物理量である。このことを利用して、増幅率を算出する。方法としては、最大速度の増幅度:ARVとし、地盤の平均S波速度(m/s):AVS、標準偏差 $\pm 0.15(100 < AVS < 1500)$ とすると、以下の関係式になる<sup>4)</sup>。

$$\text{Log}_{10} \text{ARV} = 1.98 - 0.71 \cdot \log_{10} \text{AVS}(30) \quad (6)$$

### データベース構築の必要性

広域な面的計測震度を推定するために、地形分類図(山地、台地、扇状地など)観測点データ(経度<sup>5)</sup>、緯度<sup>5)</sup>、標高<sup>6)</sup>、地盤データ(ボーリングデータ<sup>1)</sup>)などの既存データをデジタル化をし、地理情報システム(GIS)を用いて重ね合わせる(図3)。

\*1 工学院大学大学院工学研究科建築学専攻

\*2 株式会社コンピュータシステムエンジニアリング

\*3 株式会社テンダ

\*4 工学院大学助教授、工学博士

表1 地形分類との相関関係及び標高の範囲

地形分類	係数		標高の範囲	
	a	b	下限	上限
山地	2.64	0	-	-
台地	2	0.28	10m	400m
扇状地	1.83	0.36	15m	200m
自然堤防	1.94	0.32	5m	30m
砂州	2.29	0	-	-
谷底平野	2.07	0.15	10m	500m
河道	2.34	0	-	-
埋立地	2.23	0	-	-

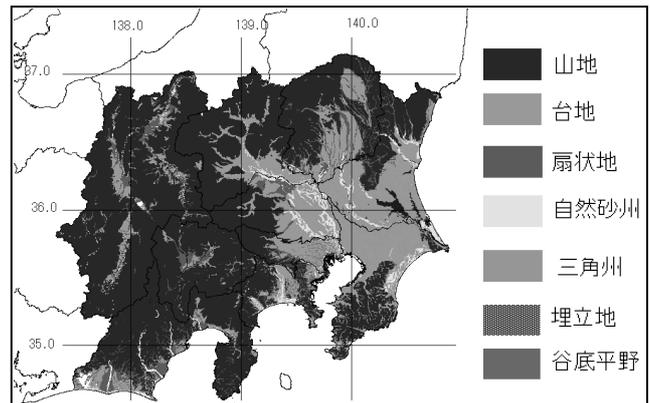


図3 GISによるデータベース化

## 3. おわりに

本報の理論は、すべて経験式から計測震度を求められたものである。これは、地震発生時から初動体制に入る迅速な情報収集が必要であり、それを実行するためにはリアルタイム情報処理を行う問題点を解決しなくてはならない。その問題とは、時刻歴における膨大なデータ量や通信速度、コンピュータの処理能力などのレスポンス問題がある。したがって、できるだけ計算量を減らし、処理量を多くする方法を考えた結果から経験式を用いた。

次報(その2)では、表層地盤の増幅率の簡易的な計算方法の評価及び解析結果を報告する。

### [参考文献]

- 1) 科学技術庁 防災科学研究所「Kyohin Net」
- 2) 三好俊郎、有限要素法入門 改訂版、1996年、発行、培風館
- 3) 国土庁「地震被害想定支援ツール」1999.1.25
- 4) 松岡晶宏、翠川三郎: 国土数値情報を利用した地震情報ハザードの総合的評価、物理探査、vol.48、6
- 5) 土地分類図 1974年、監修: 国土庁土地局国土調査課、発行: 財団法人日本地図センター
- 6) 国土計画調整局・国土地理院: 国土数値情報 発行: 1997.7.1

a graduate school student of kogakuin Univ  
computer system engineering corporation  
Tenda corporation  
an assistant professor of kogakuin Univ, Dr.Eng