

情報検索技術を用いた地震の細密度震度予測方法

泉田 淳[†], 深田 秀実[†], 池田 哲夫[†], 高山 毅[†], 山本 英和[‡]

[†]岩手県立大学ソフトウェア情報学部、[‡]岩手大学工学部

1 はじめに

筆者らは、地震発生直後に細かい地域毎の実際の震度（細密度震度）を予測する方法の研究を行っている。本研究は、地震の波としての性質に注目し、地震の波形と常時微動の波形（2章参照）とが類似している場合は共振現象が発生し、相対的に震度が大きくなるという考えに基づくものであり、震災時の初動活動（警察、消防等による人命救助等の災害活動）における初期被災箇所の特定を、効率的かつ経済的に行うことを目的とする。従来は地震の波としての性質に着目した研究はなかった。今年度は、(1)「地盤の硬軟」と、(2)「常時微動の波形と地震の波形の類似度」とから実震度を計算予測する式を導き、波形の類似度判定手法については文書間類似度判定手法をベースに考案した。また、地震発生後に実震度を予測するシステムの構成を考案し、試作システムの作成を行ったので報告する。

2 先行研究

一部の地域では高精度の地震計を多数設置し、被災箇所の特定制を行っている[1]。高精度の地震計を多数用いるのは確実な方法である。しかしながら、高精度の地震計を多数設置して被災箇所の早期特定を行う事は、設置、保守共に高価である。

従来も常時微動を用いた実震度の研究はあった[2]。常時微動とは、風や波の自然現象の影響から発生する人間には感知困難な揺れの事である。しかし、波としての特性は活かしておらず、周波数毎の波の強さを平均した値と実震度との間に一定の相関があることを示すにとどまっている。

3 提案手法

3.1 細密度震度予測方法の考案

(1)「地盤の硬軟」と、(2)「常時微動の波形と地震の波形との類似度」とが実震度と相関を持つとの考えに基づき、

重回帰分析[3]を用いて分析を行い実震度を表す式を導く事とした。(1)(2)について詳述する。

(1) 地盤の硬軟の指標

地盤の硬軟の指標としては岩手大学工学部で調査を行ったS波速度のデータを用いる。S波速度は数値が大きいと地盤が硬く、逆に数値が小さいと地盤が軟らかいという性質を持つ。

(2) 常時微動の波形と地震の波形の類似度判定手法

地震の波形に関しては地震波の観測点で観測された波形を用いる。

類似度判定手法に関しては、情報検索分野の文書間類似度判定手法（ベクトル空間モデルでの余弦の値による類似度判定法）をベースに考案した。文書間類似度判定手法をベースとしたのは次の理由による。ピーク周波数が近い波同士の余弦計算においては、ピーク周波数付近の積の値が大きくなり、余弦全体の値も大きくなる。

考案した類似度判定手法を以下に示す。地震波と常時微動波のスペクトル解析をFFTで行い、求めたスペクトルを多次元ベクトルとみなし、多次元ベクトル間の余弦の大きさを求め、求めた余弦の値を類似度の大きさとみなす。

3.2 実際の式の導出

式導出には岩手県中部沿岸地震（1987/1/9 発生）の地震波を用いる。実震度としては太田式アンケート震度調査法[4]を用いて岩手大学工学部が調査した盛岡市のアンケート震度を用いる。常時微動波とS波速度のデータは無作為に選んだ盛岡市の14地点のデータを用いる。アンケート震度、1/S波速度、余弦を用いて重回帰分析を行い式を導く。

導出された回帰式は以下の通りである。

$$Y = 3.3741 + 138.4248 \cdot X1 + 0.4811 \cdot X2 \dots \text{(式 1)}$$

Y : アンケート震度

X1 : 1/S波速度

X2 : 余弦

導出式の評価は4章で述べる。

3.3 システム構成

本年度は、地震発生後から電子地図上に表示するまでのシステム構成を考案した。システムの概要は、地震波のデ

An Estimation Method of Detailed Seismic Intensity Distribution Using an Information Retrieval Technique

† J. Izumida, H. Fukada, T. Ikeda, T. Takayama (Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University)

‡ H. Yamamoto (Faculty of Engineering, Iwate University)

ータを入力する事で、常時微動波のデータとの余弦の計算を行い、相対的に震度の大きい箇所の予測を行い、電子地図上に視覚的に表示するというものである。

処理の流れ（図 1）を以下に示す。

- (1) 地震波データの入力
- (2) 地震波データのスペクトル解析（FFT を用いる）
- (3) データベースから常時微動波データを取り出す（常時微動波データはスペクトル解析したものをデータベースに格納しておく事とする。）
- (4) (2)の地震波スペクトルと(3)の常時微動波スペクトルとの余弦を計算し、さらに式 1 を用いて実震度を計算予測する。
- (5) 予測実震度を用いて電子地図上に震度分布の表示を行う。

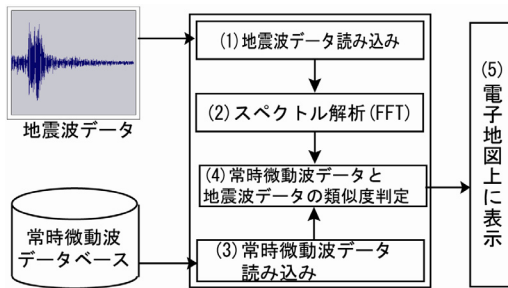


図 1 システム構成図。

4 評価

4.1 実震度計算式の評価

1/S 波速度と余弦の t 検定と寄与率（決定係数）R2 で導出された式 1 の評価を行う。

- (1)地盤の硬軟（1/S 波速度）とアンケート震度の相関
t 検定：2.4774
- (2)常時微動の波形と地震の波形の類似度とアンケート震度の相関
t 検定：1.5165

寄与率（決定係数）R2 は 0.4366 となった。

よって、(1)(2)共に t 値が有意である基準とされる $\sqrt{2}$ 以上となり有効な変数と判定された。

アンケート震度と計算式（式 1 の右辺）との関連を図 2 に示す。

1 つの地震での評価であるが、「地盤の硬軟」と、「常時微動の波形と地震の波形の類似度」とが実震度と相関があるという結論が得られた。このことにより、「地盤の硬軟」と「常時微動波と地震の波形の類似度」を用いた細密度震度予測が可能であるとの見通しが得られたと考える。今後は、以下の方法を用いて式の一般化を行う必要があると考える。

①岩手県中部沿岸地震以外の地震でのデータを基に重回帰分析を行い、式を導く。

②複数の地震で得られた式を基に、より一般化された式を導く。

4.2 試作システム

3.3 で提案したシステムを試作し、実際に動作する事を確認した。

5 結論と今後の課題

地震発生直後における細密度震度の予測方法として、(1)「地盤の硬軟」と、(2)「常時微動の波形と地震の波形の類似度」とから実震度を計算予測する方式を考案した。波形の類似度判定手法は文書間類似度判定手法をベースに考案した。岩手県中部沿岸地震のデータを基に実際の式を導いた結果、統計的に信頼度の高い式が得られた。このことにより提案方式を用いた細密度震度予測が可能であるとの見通しが得られたと考える。

今後の課題としては、以下の 2 項目が挙げられる。

- (i)方式に関しては、岩手県中部沿岸地震を含め、複数の地震データを用いることにより一般化を図る。
- (ii)システムに関しては、震度予測に要する処理時間の評価を行うことと、必要ならば性能改善を行う。

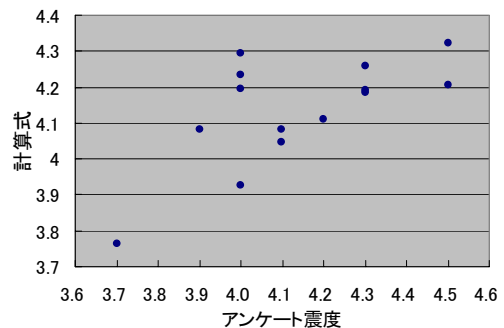


図 2 アンケート震度と計算式の関連。

参考文献

- [1] 鳥居 他，横浜市のリアルタイム地震防災システム，第 10 回日本地震工学シンポジウム論文集，pp.3451-3456，1998.
- [2] 松田 他，アンケート調査による横浜市鶴見区での細密度震度分布の推定，土木学会第 54 回年次講演会講演概要，pp.248-249，1999.
- [3] 奥野 他，多変量解析法（改訂版），日科技連出版社，pp.1-24，1981/4.
- [4] 太田 他，アンケートによる地震時の震度の推定，北海道大学工学部研究報告 Vol.92，pp.117-126，1979.