

I-713

房総半島南東沖地震の観測記録を含む時空間シミュレーション波形の一検証

埼玉大学工学部 正会員 川上英二
 東京ガス 正会員 小野牧夫
 ユニテック 正会員 楊 伸元

1. はじめに

著者らはこれまでに観測記録を含む時空間地震波形をシミュレートする手法として以下の手法を展開している。

- ①二重フーリエ級数を用いる方法^{1) 2)}
- ②不規則確率過程のシミュレーション理論に基づく方法³⁾
- ③多入力線形システム理論に基づく方法⁴⁾
- ④多変数（両側）ARモデルを用いる方法⁵⁾

また、フーリエ係数に関する条件付確率密度関数に基づく方法が亀田・盛川⁶⁾により、Kriging手法に基づく方法が、Vanmarcke, E.H.・Fenton, G.A.⁷⁾、土岐・佐藤・清野・水谷⁸⁾、星谷⁹⁾、星谷・丸山¹⁰⁾によって提案されている。

従来の研究が、主に方法論に重点を置いた研究であったのに対し、本研究では、実際のアレー観測記録に方法を適用し、方法の一つの検証を行っている点に特徴がある。本研究では、一直線上に並ぶアレー観測地点の中の数点の記録を観測波形として選んで、観測地点間の地震波形のシミュレーションを行った。そして、選んだ地点以外の観測波形とシミュレーション波形とを比較し、方法の一つの検証を行った。

2. 観測記録を含む時空間地震波形の条件

地盤の変位を互いに相関を有する複数の確率過程で表す。この時空間確率過程は、次の2つの条件を満足するものと仮定する。

条件(A)： 時空間確率過程と観測波形との 時間に関する自己相関関数（またはパワースペクトル）は一致する。観測波形の自己相関関数と、地震波のみかけの伝播速度、波形の変形の程度（コヒーレンシー）とから、相互相関関数（またはクロススペクトル）を想定する。時空間確率過程の相互相関関数は、想定した相互相関関数に一致する。

条件(B)： 時空間確率過程は、観測地点においては観測波形に厳密に一致する。

3. 数値計算

数値計算には、東京大学生産技術研究所千葉実験所構内において実施されている¹¹⁾ 三次元高密度アレー観測の地震記録を使用する。波形をシミュレートする地点は、P0-P2-C0-P4-P5をつなぐほぼ一直線に並ぶ地点である（図-1）。P0-C0間は210m、C0-P5間は120m、P2、P4はC0から約15mの地点にある。そして、これら5地点の中、観測地点をP0、C0、P5の3地点のみと考え、15m間隔に並ぶ合計23地点での地震波形をシミュレートした。

本研究では、1986年6月24日に観測された房総半島沖地震における加速度記録（地下1m、NS成分）を使用する。定常な強震動の区間（ $t=18\sim 22\text{sec}$ ）を使用し、P0、C0、P5の各点の観測記録を図-2太線で示す。なお、本論文では、③の多入力線形システム理論に基づく方法を用いてシミュレートした結果を示してある。

時空間地震波形をシミュレートするためのクロススペクトルは、3地点（P0、C0、P5）の観測記録のパワースペクトルの平均値を元に想定した。その際、片山、山崎の研究¹¹⁾を参考に、地震波の地表面に沿うみかけの伝播速度 $c=4,000\text{m/sec}$ 、および、波形の変形しやすさの程度を表すパラメーターである変形定数¹⁾

²⁾ $\alpha=2\pi$ を使用した。

シミュレートした時空間地震波形のサンプルを図-2に示す。シミュレーション結果では観測地点(P0、C0、P5)においては観測記録に一致している事がわかる(図-2 太線)。

さらに、シミュレートした時空間地震波形(図-2)から、C0での観測記録と、P2、P4においてシミュレートされた波形を取り出したものを図-3に太線で示す。そして、観測結果(細線)と比較して示してある。シミュレーション結果は確率量であり両者は厳密に一致する必要は無いが、近似的であることがわかる。

謝辞: 本研究では、(財)震災予防協会、強震動アレー観測記録データデース推進委員会/作業部会による強震動アレー観測記録データベース(1992年10月)から東京大学生産技術研究所片山研究室提供のデータを使用しました。

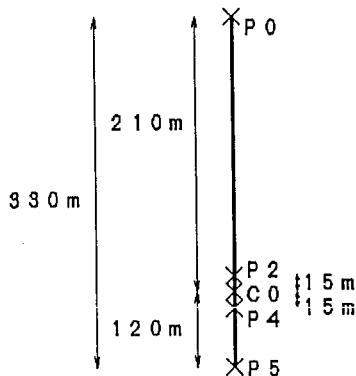


図-1 一直線上に並んだ観測地点

参考文献

- 1) 川上: 土木学会論文集, No.410/1-12, 1989.
- 2) 川上: 第8回日本地震工学シンポジウム, 1990.
- 3) 川上・小野: 土木学会論文集, No.441, 1992.
- 4) 川上・小野: 土木学会論文集, No.489a, 1994.
- 5) 川上・小野: 土木学会論文集, No.489b, 1994.
- 6) Kameda, H. and Morikawa, H.: Probabilistic Engineering Mechanics, Vol.7, 1992.
- 7) Vanmarcke, E.H. and Fenton, G.A.: Structural Safety, Vol.10, 1991.
- 8) 土岐・佐藤・清野・水谷: 土木学会第47回年次学術講演会, I-340, 1991.
- 9) 星谷: 土木学会論文集, No.458/1-22, 1993.
- 10) Hoshiya, M. and Maruyama, O.: ICOSSAR'93, Austria, 1993.
- 11) 片山・山崎: 地震動のアレー観測とデータベース、生研セミナーテキスト、東京大学生産技術研究所, 1990.

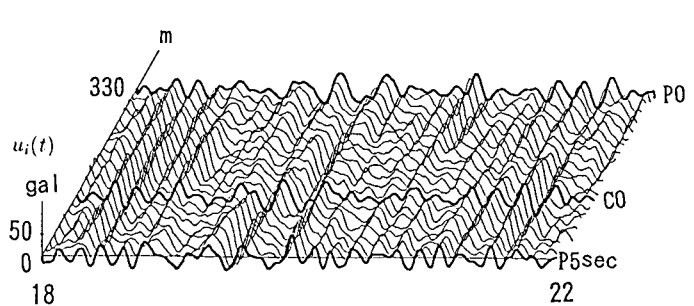


図-2 シミュレートされた時空間関数
($\alpha=1.0 \times 2\pi$, $c=4000\text{m/sec}$)

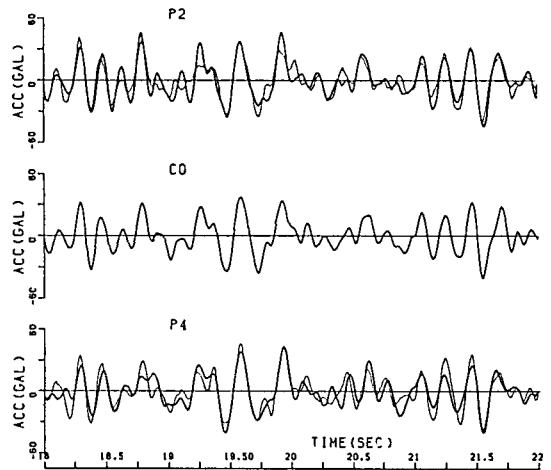


図-3 シミュレーション波形(太線)と観測波形(細線)との比較