

I-10

アレー観測システムによる地震動記録の内挿に関する検証

東北工業大学 正会員 ○ 神山 眞
々 々 松川忠司

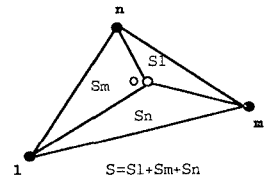
1 はじめに

サイスミックゾーニングを進める場合、各点で得られる様々な地震動パラメータを面的情報として拡張する必要が生じる。すなわち、地震動情報の点から面への拡張問題がサイスミックゾーニング構築の主要な課題の一つとなっている。特に、アレー観測からゾーニングするとき、一般には予算の制約から観測点の密度に限界が存在するので、観測点での地震動の知見をいかに面的情報として敷衍するかは、地震計配置とともに重要な問題である。これは、広義の内挿問題であるが、これまで多くの試みがなされている。これらの既往の研究の大半は確率統計手法に立脚したものである¹⁾。一方、地震動記録そのものの内挿に絞った場合、確定論的に記録を内挿することも求められる。これに関して、最近、川上ら²⁾は周波数領域での重み付き相乗平均を用いた確定論的な地震動記録の内挿法を提案している。彼らの手法は長周期帯域からなる速度記録に適用され、その妥当性が検討されているが、加速度記録への応用に関しては、空間的なエイリアジング誤差の問題がからむことから、十分に吟味されていない。本文は著者らがすすめているアレー観測システム（Small-Titan）の加速度記録を用いて川上らの内挿法について検討したものである。

2 地震動記録の内挿法

いま、図—1において三角形の各頂点 l, m, n の観測点で加速度記録が得られたとき、三角形内の任意の点 o における加速度記録を幾何学的条件のみから内挿する問題を考える。このとき、各頂点の記録をフーリエ変換して、構成される各三角形の面積を重みとして相乗平均すれば、点 o の記録のフーリエ変換は次式で与えられる²⁾。

$$F_o(\omega) = |F_l(\omega)|^{S_l/S} |F_m(\omega)|^{S_m/S} |F_n(\omega)|^{S_n/S} \times e^{i[\phi_l(\omega) + (\phi_m(\omega) - \phi_l(\omega))S_m/S + (\phi_n(\omega) - \phi_l(\omega))S_n/S]} \quad (1)$$



図—1 内挿のための観測点配置

ここに、 $|F_i(\omega)|$ 、 $\phi_i(\omega)$ は i 観測点のフーリエ変換の絶対値、位相。

式（1）は任意点のフーリエスペクトルの振幅スペクトルが三角形面積の相乗平均、位相スペクトルが相加平均でそれぞれ内挿されることを意味している。このとき、振幅スペクトルは一意に決定されるが、位相は一般に高価関数なので一意に決定できない。川上らはこの困難を克服するため、各点間の波動の伝播速度を考慮して、式（1）で各点の位相差を表す項を一意に与えられるように拘束する方法を提案している²⁾。そのため、彼らは各点の記録の相互相関係数が最大となる時刻を利用することを試みている。しかし、加速度記録を対象とした著者らの内挿の試みによると観測点間の距離が大きくなると、相互相関に明確な最大が存在しなくなる傾向がある。そこで、ここでは、加速度記録にローパスフィルターを掛け、長周期帯域のみを有する加速度記録に変換して、それを対象に相互相関を求め、その最大の時刻を用いて、位相差を拘束することとした。ローパスフィルターのカットオフ周期は種々の値を試みたが、以下では、一律に周期1.0秒の結果を紹介する。

式（1）は純粋に幾何学的な条件のみから記録を内挿するものであり、地震動を大きく支配する各点のローカルサイトの効果を導入するものでない。また、幾何学的には三角形という形状で、線形の内挿関数を仮定しているので、一般の内挿法からすれば、精度の点で問題も含んでいる。しかし、簡易な方法であり、リアルタイムに記録を内挿する目的には捨てがたい魅力をもっている。そこで、本研究では最初のステップとして、この方法がどの程度まで加速度記録を内挿できるかを検証することにした。

3 アレー観測システム Small-Titan による記録への応用例

図—2はアレー観測システム Small-Titan の観測点配置を示したものである。このシステムは仙台市圏を対象に強震加速度記録のリアルタイム取得を目的として設置されたものであり、1998年6月より観測体制に入っている。これまで何らかの形で記録が得られている地震の数は60を越えている。このうち、1998年9月15日に起きた仙台市直下

を震源とする地震 ($M=5.0$) は全観測点でアレー記録が得られており、その最大加速度は455ガルに達している。ここでは、この地震による代表的な観測点での内挿加速度記録と実測加速度記録の比較を以下に例示する。図—2に示されているように、3観測点 S-10(TITF)、S-12(SIKO)、S-15(MOGA)は観測点 S-13(RENB)を内包する形で三角形を構成している。そこで、これら三角形の頂点に位置する観測点の記録から観測点 S-13(RENB)の加速度記録を上記の内挿法で求め、これを実測の加速度記録と比較してみる。図—3はこの比較を EW、UD の2成分について示したものである。ここで上のトレースが実測、下のトレースが内挿により推定された加速度記録を示している。この比較をみると、両成分とも内挿波形は実測波形を比較的良好に再現していることがわかる。特に、この地震の記録ではEW成分がNS成分、UD成分より大きな振幅を有するが、この特徴が内挿波でもよく表現されている。一方、図—4、5は同様な比較を主要動のスペクトルについて示した結果である。この比較でも内挿された記録のスペクトルは実測記録のスペクトルとよく対応している。

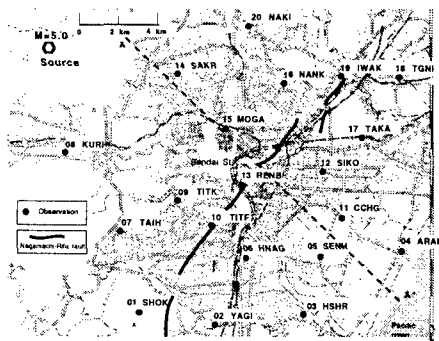
4 まとめ

幾何学的条件のみから確定論的に加速度記録を内挿する方法の検証をアレー観測システム Small-Titan による記録を対象に試みた。ここでの観測システムの観測点間距離では加速度記録がそこそこに内挿できることがわかった。ただし、加速度記録は震源の条件などによりかなり変動するので、さらに多くの条件の地震による記録を用いて検討を継続する必要がある。また、加速度記録はローカルサイト効果の影響を強く受けるので、このようなローカルサイトの効果を導入することも今後の継続課題である。

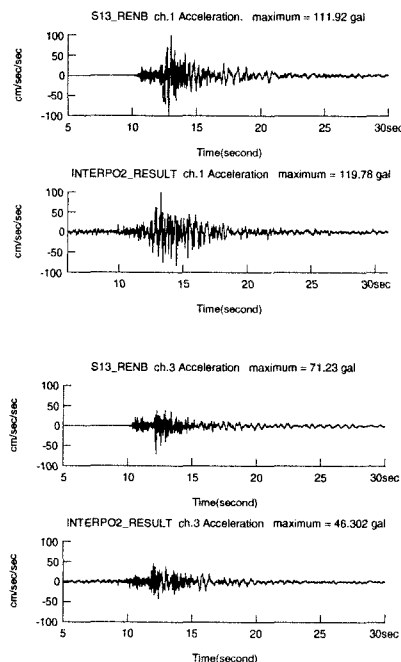
(参考文献)

1) H.Thrainsson and A.S.Kiremidjian, Spatial interpolation of earthquake ground motion, Proc. of 11th European Conference on Earthquake Engineering, CD-ROM Vol. pp.1~9

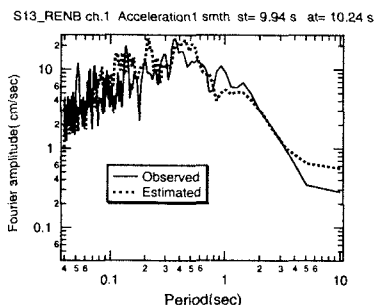
2) 川上英二、茂木秀則、佐藤誠一、周波数領域での重み付き相乗平均を用いた地震波の内挿方法、第10回日本地震工学シンポジウム論文集、Vol.1、pp.953~958



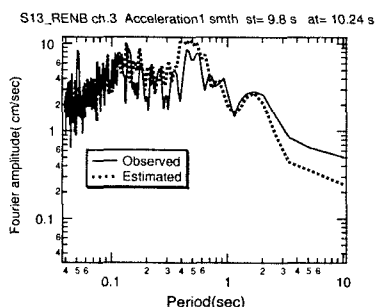
図—2 Small-Titanの観測点配置



図—3 EW、UD成分の波形内挿の比較



図—4 EW成分のスペクトル比較



図—5 UD成分のスペクトル比較