

I - 4

常時微動特性によるローカルサイト特性を利用した地震動の内挿に関する考察

東北工業大学 正会員 ○松川 忠司
東北工業大学 正会員 神山 眞
(株)ドービー建設・東北支店 正会員 荘司 雄一

1 はじめに

仙台市圏における地域地震防災システム構築の一環に資する観点から、本大学では図-1 に示すように仙台市圏 20 箇所にオンライン・デジタル強震計をアレー配置し、リアルタイム強震観測システム Small-Titan にて 24 時間体制で地震観測を実施している。既に仙台市でも 1978 年宮城県沖地震から 23 年経過しており、政府の地震調査研究推進本部地震調査委員会は今後 20 年程度以内（2020 年頃まで）に宮城県牡鹿半島の東方域を震源とする地震が約 80% の確率で発生すると発表した。さらに長町-利府構造線に起因した内陸直下型地震が発生する可能性についての報告もされている。以上からも Small-Titan の有用性が認められるが、地震計設置地点が 20 箇所とはいえ仙台市圏をくまなく網羅するためにはまだまだ足りないのが現状とも言える。このように、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。このようなことから、これまで著者らは地震と常時微動の解析結果を比較し、地震計を設置していない地域、すなわち地震観測の空白地域を常時微動で補える可能性についての考察¹⁾を試みてきた。本報告ではそれを更に一歩進め、アレー観測システム Small-Titan の加速度記録を用いた内挿法について検討を試みる。一般に用いられている内挿法は純粋な幾何学条件のみによる方法であるが、内挿には観測点のローカルサイト特性が大きな影響を及ぼすことから、ここでは常時微動 H/V スペクトルを導入した内挿法について予備的な考察を行った結果について報告する。

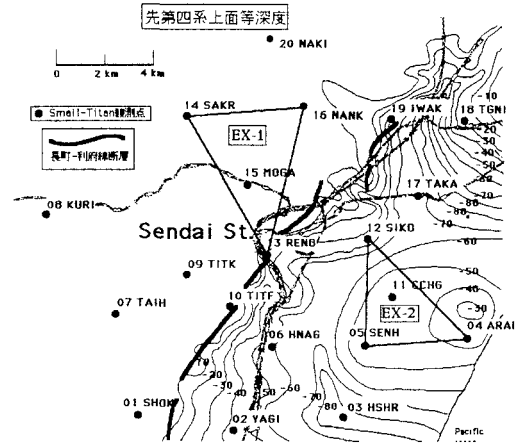


図-1.Small-Titan 観測点及び内挿観測点の例

2 地震動内挿の方法

2.1 幾何学的内挿法

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的な地震動記録の内挿法を式（1）に示す。

いま、図-2 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。

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

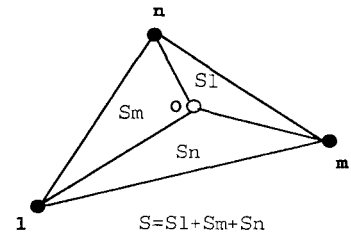


図-2.内挿のための観測点配置

ここに、 $|F_l(\omega)|$ 、 $\varphi_l(\omega)$ は l 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。

2.2 常時微動H/Vスペクトルを導入した内挿法

川上の方法では o 点のローカルサイト特性は一切含まれていない。そこで、これを考慮するため、神山は次のように提案している。

三角形の頂点および o 点で常時微動を測定して、それらの観測点の H/V 振幅スペクトルを $G_n(\omega)$ ($n=i, j, k, o$) とする。このような H/V スペクトルから以下のステップで o 点の記録を内挿する。

(1) $G_i(\omega)$, $G_j(\omega)$, $G_k(\omega)$ に関して三角形 S_i , S_j , S_k の重み付き相乗平均公式を適用して、重み付き相乗平均 $G_{av}(\omega)$ を求める。

(2) $A_o(\omega)$ を $A_o(\omega) \frac{G_o(\omega)}{G_{av}(\omega)}$ と修正する。

(3) $G_{av}(\omega)$, $G_o(\omega)$ のそれぞれの位相特性は最小位相推移関数で表現されると仮定して、次のように位相特性を求める。

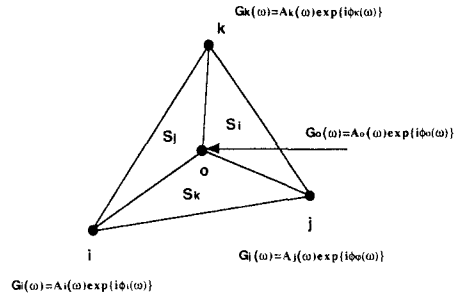
$$\phi_{av}^h(\omega) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\ln(G_{av}(y))}{\omega - y} dy \quad (2)$$

$$\phi_o^h(\omega) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\ln(G_o(y))}{\omega - y} dy \quad (3)$$

(4) $\phi_o(\omega)$ を $\phi_o(\omega) - \phi_{av}^h(\omega) + \phi_o^h(\omega)$ と修正する。

(5) 次を逆変換して点 o の時間記録 $f_o(t)$ を求める。

$$A_o(\omega) \frac{G_o(\omega)}{G_{av}(\omega)} e^{i(\phi_o(\omega) - \phi_{av}^h(\omega) + \phi_o^h(\omega))} \quad (4)$$



$$S = S_i + S_j + S_k$$

図-3.微動H/V スペクトルを導入した内挿図

3 解析結果および考察

Small-Titan 全観測点で観測された 23 地震について種々三角形を設定して解析を行ったが、ここでは図-1 に示した三角形 EX-1, EX-2 について、2000 年 3 月 20 日 6 時 26 分仙台湾を震源とする $M_j=5.4$ 、深さ 80km の地震について前項式(1)および式(4)を適用した結果を図-4、図-5 に示す。両図とも波形は水平動加速度 E-W 成分で、上から実測波形(Observed)、幾何学的手法による内挿波形(Estimated_1)、常時微動 H/V スペクトルを導入した内挿波形(Estimated_2:micro)を示している。また、求められた波形の周期特性をみるためにそれぞれのフーリエスペクトルが一緒に示されている。EX-1 は洪積台地、EX-2 は沖積低地に位置する観測点であるが、両者とも加速度波形振幅は実測値よりも内挿波形の方が小さいものの、常時微動 H/V スペクトルを導入した内挿法の方が幾何学的手法による内挿法よりも波形、周期特性の両面から改善されていることがわかる。

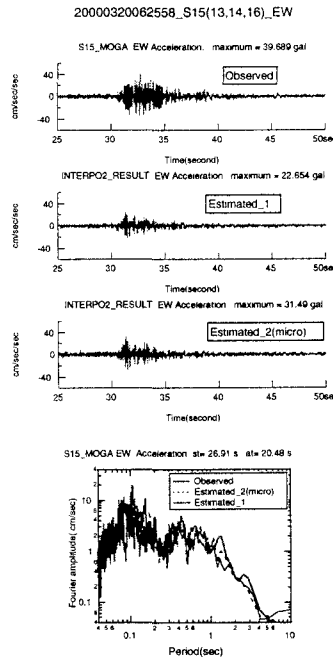


図-4.実測記録と内挿記録の例 (EX-1)

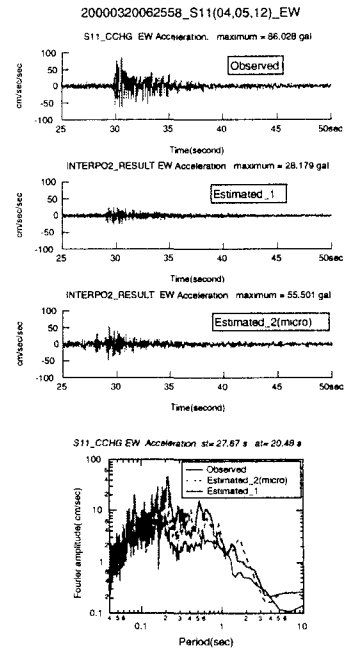


図-5.実測記録と内挿記録の例 (EX-2)