

東京工業大学 学生員 若菜弘之
 東京工業大学 正員 吉田 裕
 日本舗道 正員 澤 正

1. まえがき 本研究は、一つの實地震加速度記録を対象とし非定常パワースペクトル分析を行ない、得られたスペクトル特性から地震波形を再構成し、その再現性について検討を試みたものである。ここで計算した非定常パワースペクトルは、原波形を帯域フィルタ¹⁾に通し、得られた部分周波数帯域波形より求められた"時間方向に取り出したパワースペクトル"であり、前回²⁾に定義したものである。また実記録として、1940年 El Centro 記録の N-S 成分を用いた。

2. 解析方法 実記録 $\bar{x}(t)$ を対数軸で等間隔にとった 24 の周波数領域と残された低周波領域、高周波領域の成分の波形に分離し、それを $x_i(t)$ ($i=1 \sim 24$) とする(式(1)及び表-1参照)。図-1 に $\bar{x}(t)$ 、図-2 に $x_3(t) \sim x_{25}(t)$ を示す。

$$\bar{x}(t) = \sum_{i=1}^{25} x_i(t) \quad (1)$$

次に、両側の周波数帯を除いた 24 本の分離した波形を 2 乗し、その中心線を求め各周波数帯の周波数幅 $\Delta\omega_i$ で割り単位周波数当たりのパワ-の時間的変化を表わす曲線として非定常パワースペクトル $G_i(\omega, t)$

$$G_i(\omega, t) = k \cdot \text{Centerline} \{x_i^2(t) / \Delta\omega_i\} \quad (i=2 \sim 25) \quad (2)$$

を求める。中心線の計算は、2 乗波形を Low-Pass フィルタに通し求めることができる。また係数 k はフィルタの特性から得られる定数で、これにより原波形のパワ-は各スペクトルに保存され、次式を満たす。

$$\int_0^T \bar{x}^2(t) dt = \int_0^T \sum_{i=2}^{25} G_i(\omega, t) d\omega dt \quad (3)$$

図-3 に $G_3(\omega, t) \sim G_{15}(\omega, t)$ を示す。

各周波数帯の波形は、振幅を時間の関数として $a_i(t)$ を定義すると、各周波数帯の中心周波数 ω_i を用いて

$$x_i(t) \cong a_i \sin(\omega_i t + \varphi_i) \quad (i=2 \sim 25) \quad (4)$$

と近似でき、先に得られた非定常パワースペクトル $G_i(\omega, t)$ と次の関係をもつ。

$$G_i(\omega, t) \cdot \Delta\omega_i \cong \frac{1}{2} a_i^2(t) \quad (i=2 \sim 25) \quad (5)$$

ここで各波のパワ-の保存だけに注目し、位相角については今後の検討事項として、本解析では $\varphi_i=0$ を与え各周波数成分の波 $x_i'(t)$ を(4)、(5)式より構成すると、 $x_i'(t)$ は(6)式で与えられる。これら 24 本の波を加えて再構成波形 $\bar{x}'(t)$ が計算できる。(6)式 図-4 に $x_3'(t) \sim x_{15}'(t)$ 、図-5 に $\bar{x}'(t)$ を示す。

$$x_i'(t) = \sqrt{2 G_i(\omega, t) \Delta\omega_i} \sin \omega_i t \quad (i=2 \sim 25) \quad (6)$$

$$\bar{x}'(t) = \sum_{i=2}^{25} x_i'(t) \quad (7)$$

3. 結果及び考察 再構成波形に対し 2 乗平均をとるとパワ-が保存されていることが確認された。また最大値のオー-ガもほぼあっている。図-6 は、再構成波形を再び周波数領域に分離した図であり、図-2 に対応する。各成分の波の特性をかなりとらえていると思われる。図-7、図-8 は、原波形と再構成波形の規準化加速度応答スペクトルを計算したものである。これによると、本手法ではスペクトル特性を多少平坦にするものの、ほぼ原波形の特性を失わずに再現していると考えられる。

4. あとがき 本研究は、実地震波のサンプルについて本手法の妥当性を調べたもので、これにより原波形の特性を失わずに波を再構成できることが確認された。現在サンプル数を増やし、地盤条件や η -チュードなど他の要因を考慮して本解析を行ない、総合的な設計地震波を構成する方法について研究を進めている。

[参考文献] 1) 吉田、岡山; マトリクス法によるデジタルフィルタのアルゴリズムと地震加速度波形の積分計算への応用, JSSC 第 9 回大会 非線形構造解析法論文集(1975)
 2) 吉田、増田、佐竹; 地震加速度記録の非定常パワースペクトルに関する考察, 土木学会年次学会講義集(1976) 3) 龜田; 強震地震動の非定常パワースペクトルの算出法に関する考察, 土木学会論文報告集(1975) 4) 星谷、千葉、草野; 地震加速度波の非定常特性とシミュレーション, 土木学会論文報告集(1976)

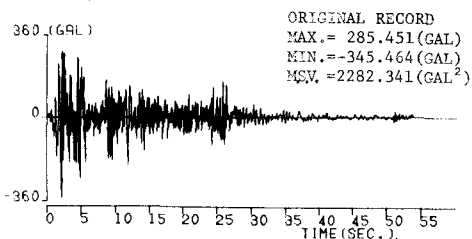


図-1 EL CENTRO 1940 N-S 原波形 $\ddot{x}(t)$

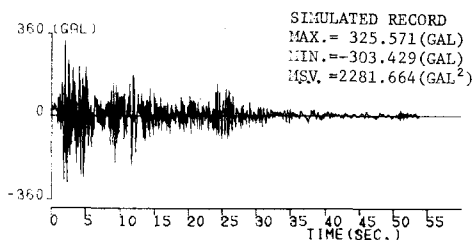


図-5 EL CENTRO 1940 N-S 再構成波形 $\ddot{x}'(t)$

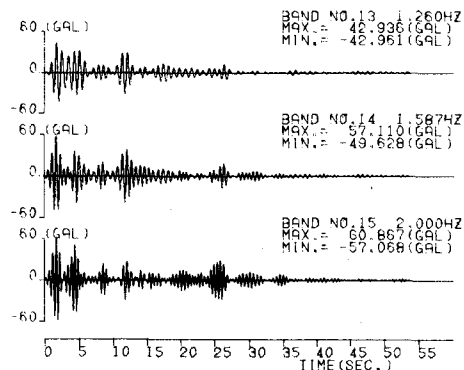


図-2 部分周波数帯に分離された原波形 $\ddot{x}_i(t)$

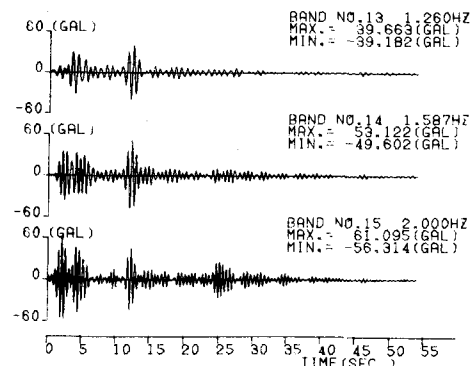


図-6 部分周波数帯に分離された再構成波形

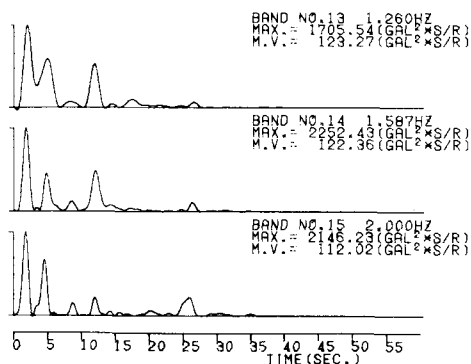


図-3 時間方向に取り出した非定常パワースペクトル $G_i(\omega, t)$
 (図は最大値で規準化してある)

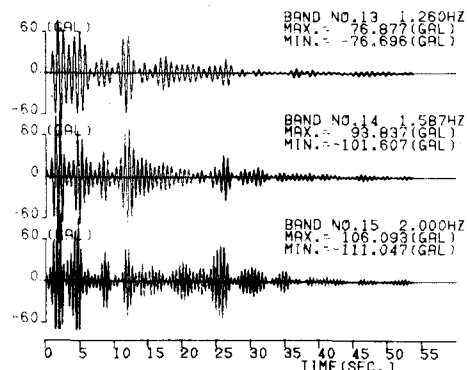


図-4 各周波数帯の再構成波形 $\ddot{x}'_i(t)$

BAND NO.	f_l (Hz)	f_c (Hz)	f_u (Hz)
1			0.088
2	0.088	0.099	0.111
3	0.111	0.125	0.140
...	...	...	...
13	1.122	1.260	1.414
14	1.414	1.587	1.782
15	1.782	2.000	2.245
...	...	...	...
24	14.254	16.000	17.959
25	17.959	20.159	22.627
26	22.627		

表-1 各部分周波数領域の下限、中心、上限周波数。

本解析では約0.1~20 Hzの領域を対象としている。

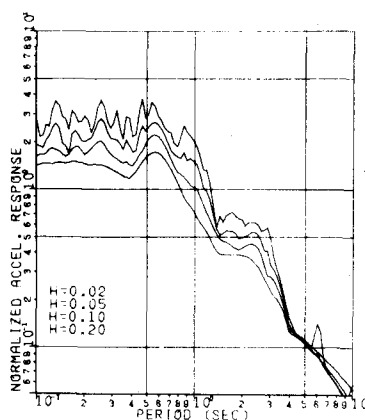


図-7 原波形の規準化加速度応答スペクトル

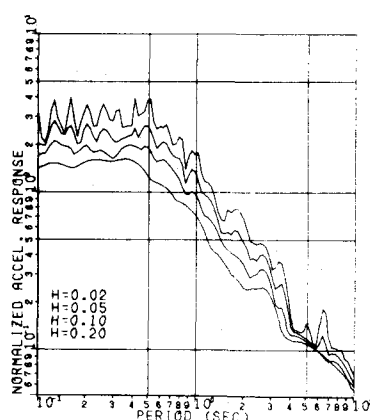


図-8 再構成波形の規準化加速度応答スペクトル