

3.6 三次元地震動データベースの整備

既存強震動を対象としたデータベースの構築を行うとともに、三次元強震動波形推定に関する研究を併せて行い、E-ディフェンスを利用する実験研究に使用する入力地震動の提供を目的として、三次元地震動データベースを整備する。

既存の強震動としては、国内外の記録を対象としてその属性に関する資料を収集、整理しデータベースシステムを構築する。その中から、E-ディフェンスの加震特性に配慮し、これを利用する実験研究用の入力地震動データベースにまとめる。また、具体的に大都市圏地域を含む特定サイトを対象として将来予測される大地震の三次元強震動波形推定を行い、併せてデータベースに含め、その過程で、三次元強震動波形推定のための手法整備も実施し、最終的には、データベース構築と三次元強震動波形推定で得られるこれらの知見に基づき、三次元地震動作成・選定機能をもつデータベースとして仕上げる。

検討項目としては

- (1) 統計的手法による大地震強震波形の予測及び三次元データベース化に関する研究
- (2) 三次元地震動データベースの構築に関する研究
- (3) 三次元強震動波形推定に関する研究

とし、(2)及び(3)の成果を踏まえて、(1)で E-ディフェンスを利用する実験研究に使用する三次元地震動データベースとしてまとめる。

3.6.1 統計的手法による大地震強震動波形の予測及び三次元地震動データベース化に関する研究

目 次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 5カ年の年次実施計画
- (e) 平成14年度業務目的

(2) 平成14年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
- (c) 業務の成果
 - 1) 文献調査結果
 - 2) 観測記録の再現性に関する予備的検討
 - 3) 三次元地震動データベース化
- (d) 結論ならびに今後の課題
- (e) 引用文献
- (f) 成果の論文発表・口頭発表等
- (g) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

(3) 平成15年度業務計画案

- (a) 業務計画
- (b) 実施方法
- (c) 目標とする成果

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 統計的手法による大地震強震動波形の予測及び三次元地震動データベース化に関する研究

(b) 担当者

所 属	役 職	氏 名
独立行政法人 防災科学技術研究所 特定プロジェクトセンター	プロジェクト ディレクター 特別研究員	佐藤 正義 小鹿 文方

(c) 業務の目的

E-ディフェンスを利用する実験研究に使用する三次元地震動データベースの整備を行うことを目的とする。サブテーマとして実施し構築されるデータベースを用いて、統計的手法による波形予測も行い、同じくサブテーマとして実施する三次元強震動波形推定研究での予測波形と併せてデータベース化し、三次元地震動作成・選定機能をもつデータベースとして仕上げる。

(d) 5カ年の年次実施計画

1) 平成 14 年度：

統計的手法による大地震動波形予測のため、波形合成法の手法検討として文献調査を実施し、特定サイトの強震動予測を試みる。また、三次元地震動データベース化では、平行して実施されるサブテーマとの整合性を考慮し E-ディフェンス用として必要項目を検討する。

2) 平成 15 年度：

波形合成法の手法検討としては、各種機関の模擬地震動作成手法について三次元地震動の観点から整理と評価を行う。合わせて、サブテーマで実施中のデータベース構築の研究から収集された強震記録に基づき、振幅と位相スペクトルの各成分間の差異評価を統計解析により行い三次元地震動の統計的予測手法の要素を構築する。三次元地震動データベース化では、E-ディフェンスへの導入のため、構築が進行中のデータベースとのインターフェイスシステムの検討を行う。

3) 平成 16 年度：

前年度の統計解析に基づき、収集強震記録による三次元地震動の統計解析を実施し、予測手法を構築し、サブテーマとして別手法で推定された強震動波形との比較評価を行い、プロットタイプとして強震動波形の推定を行う。また、三次元地震動データベース化では、サブテーマで拡充されたデータベースに対して、E-ディフェンスとのインターフェイスを考慮したプロットタイプデータシステムとして構築する。

4) 平成 17 年度 :

三次元地震動データベースの改善・データの増強を図り、三次元地震動作成・選定機能を持つデータベースとして整備する。併せて、E-ディフェンスでの推奨三次元強震動波形の提示を行う。

5) 平成 18 年度 :

三次元地震動データベースの改良(性能、データ)を図り、完成させると共に、強震動研究一般に利用できる形態を検討する。

(2) 平成 14 年度の成果

(a) 業務の要約

統計的波形合成法の手法検討では、まず 3 次元の人工地震波を作成するための文献調査を行い、概要をまとめた。具体的には、各成分間の振幅スペクトルの関係、および振幅スペクトルと位相スペクトルを関係づける Wiener-Lee 変換に関する文献を取り上げた。調査した文献からは、ほぼ 2Hz より低周波数領域における水平加速度フーリエスペクトルは断層破壊伝播の方向性や震源のラディエーション特性を反映していること、Wiener-Lee 変換を適応した 1979Imperial Valley 地震の解析では、本震記録に再現性はないが余震記録は十分再現できることが確認された。次に、特定サイトの強震動予測では、大地震による強震動記録を対象とする解析に先立ち、一例として 2000 年鳥取県西部地震の 10 月 8 日余震記録(水平 2 成分:美保関観測点)を用い、その振幅スペクトルから位相スペクトルを Wiener-Lee 変換により求め、観測記録の再現性に関する検討を行なった。その結果、1979Imperial Valley 地震の場合とは異なり、2Hz より低振動数の地震動は、フーリエ振幅スペクトルの情報のみから原波形がよく再現できるが、5~6 Hz より高振動数の地震動はランダム性が強く、フーリエ振幅スペクトルの情報のみから原波形は十分に再現出来ないことが分かった。これらのことから、本研究では 3 次元的な振幅スペクトル間関係とともに位相スペクトルの特性把握が重要な課題であることが分かった。

また、三次元地震動データベース化では、3.6.2 以降の研究項目との整合性を考慮して、3.6 の構成を定め、全体計画概要とした。

(b) 業務の実施方法

統計的波形合成法により 3 次元(水平 2 成分、上下 1 成分)の人工地震波を作成するためには、3 次元の振幅スペクトルと 3 次元の位相スペクトルが必要である。最近の強震動予測では、長周期地震動は確定的な取扱いとし、短周期地震動はランダム性が強いことに配慮した手法が用いられる。統計的波形合成法の手法検討では、これらに着目した文献調査を行う。地震動のランダム性の有無と強く関連する研究として、強震動パルスに関する Somerville et al. (1997) の研究、および放射特性に関する佐藤 (2002) と Matsushima and Sato (2002) の研究を整理した。また、最小位相推移関数のフーリエ振幅スペクトルとフーリエ位相スペクトルを関係づける Wiener-Lee 変換を地震記録に適用した壇・他

(1987) の研究を整理する。

特定サイトの強震動予測では、大地震による強震記録を対象とする解析に先立ち、小地震の把握特性のため、佐藤 (2002) や Matsushima and Sato (2002) がラディエーションパターンの分析に用いた 2000 年鳥取県西部地震の 10 月 8 日の余震の SMNH10 (美保関) における加速度記録 (地中の Radial 成分) に対し、Wiener-Lee 変換を適用し、フーリエ振幅スペクトルの情報のみから原波形がどの程度再現できるかを調べる。

(c) 業務の成果

1) 文献調査結果

文献の調査整理にはつぎのように概要をまとめた。

Somerville et al. (1997) は、断層破壊伝播の方向性が、地震動の振幅と継続時間に与える影響の度合いを定量的に調べた。解析に用いた地震記録は、表 1 に示す 21 地震である。

表 1 検討に用いた地震 (Somerville et al., 1997)

TABLE 3. Earthquakes analyzed for development of models of fault-normal to average horizontal ratio, spatial variation in average horizontal response spectra, and spatial variation in strong motion duration					
Earthquake	Date	Moment Magnitude	Mechanism	Strike	Dip
Long Beach	3/10/33	6.5	SS	315	80
Imperial Valley	5/19/40	6.9	SS	143	90
Kern County	7/21/52	7.4	RV	073	67
Parkfield	6/27/66	6.1	SS	317	90
Koyna	12/10/67	6.3	SS	016	67
San Fernando	2/9/71	6.6	TH	290	50
Gazli	5/17/76	6.8	RV	54	40
Santa Barbara	8/13/78	6.0	RV	295	30
Tabas	9/16/78	7.4	TH	330	25
Imperial Valley	10/15/79	6.5	SS	143	90
Coalinga	5/2/83	6.4	RV	297	64
Morgan Hill	4/24/84	6.2	SS	154	90
Nahanni	12/23/85	6.8	TH	175	25
North Palm Springs	7/8/86	6.0	OB	287	46
Whittier Narrows	10/1/87	6.0	TH	280	30
Superstition Hills B	11/24/87	6.6	SS	127	90
Loma Prieta	10/17/89	7.0	OB	128	70
Erzincan, Turkey	3/13/92	6.7	SS	300	86
Landers	6/28/92	7.3	SS	1	90
Northridge	1/17/94	6.7	TH	122	40
Kobe	1/17/95	6.9	SS	050	85

1. Components are rotated to the strike of the fault segment to which the station is closest. Strikes used (north to south) are 321, 332, 326, 351 and 325.

図 1 は、断層破壊伝播の方向性の影響を受けて、加速度応答スペクトルが変化することを示したもので、横ずれ断層のときのものである。図 2 は、同じく、縦ずれ断層のときのものであり、両図とも、断層破壊伝播の方向性の影響は約 0.6 秒より長い周期領域で見られることがわかる。これは、約 0.6 秒より短い周期領域では、地震動の位相スペクトルは、強いランダム性を有していることを示している。

工学的に重要な短周期領域の強震動評価には、経験的グリーン関数法や統計的グリー

ン関数法などの半経験的手法が、また、広帯域強震動評価には、短周期地震動を半経験的手法、周期 1~3 秒程度以上の長周期地震動を理論的手法で評価し、これらを時間領域で足しあわせるハイブリッド法が有効であると考えられている。しかし、一般的な中・低層の建築物の地震による被害に大きな影響を与える周期 1 秒前後の地震動評価には、まだ、いくつかの問題が残されている。この原因のひとつとして、周期 1 秒前後の地震動は、コヒーレントな性質がある長周期地震動とランダムな性質がある短周期地震動の中間的な性質をもっていることが挙げられる。

この中間的な性質を反映させるため、半経験的手法やハイブリッド法を適用する際に、ラディエーションパターンの周波数依存性をモデル化して補正する手法が提案されているものの、それらの手法は観測記録に基づく定量的なモデルとはなっていない。そこで、佐藤 (2002) は、2000 年 10 月 6 日に発生した鳥取県西部地震 ($M_j 7.3$) とその 35 の余震の KiK-net 強震記録を用いて、ラディエーションパターンの周波数依存性の経験的モデル化を行っている。

具体的には、地盤増幅の影響を第一義的に取り除くため強震記録の Transverse 成分に対する Radial 成分のフーリエスペクトル比 R/T を対象とし、5 つの狭周波数帯域につ

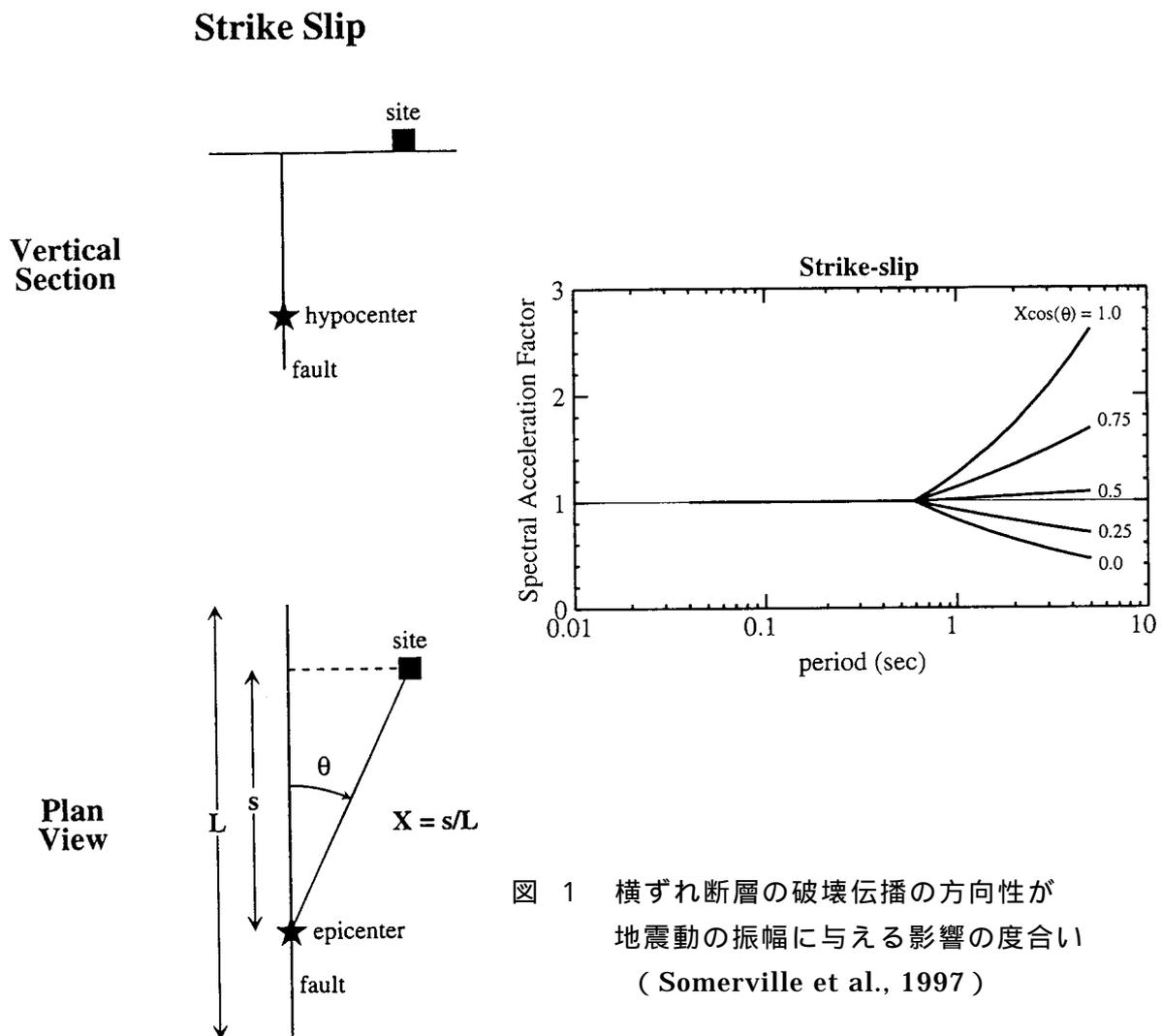


図 1 横ずれ断層の破壊伝播の方向性が地震動の振幅に与える影響の度合い (Somerville et al., 1997)

Dip Slip

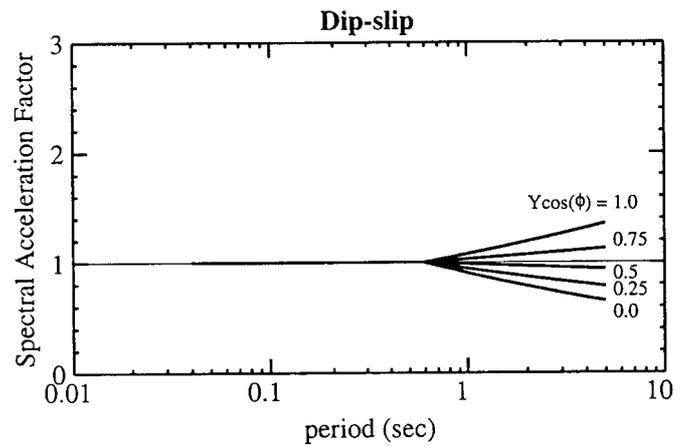
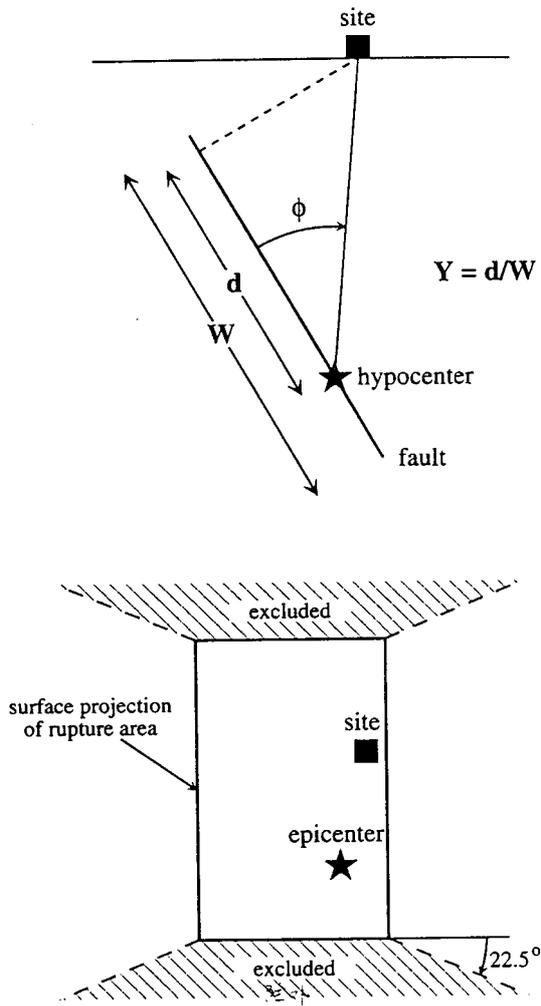


図2 縦ずれ断層の破壊伝播の方向性が地震動振幅に与える影響の度合い (Somerville et al., 1997)

いて検討している。観測の R/T との比較のため、理論の R/T (以後観測の R/T と区別のため、理論 R/T を R/T_t と記す) を Freesia のメカニズム解を用いた点震源を仮定し、想定した地下構造に対して周波数波数積分法により計算した波形から、S 波部分を切り出して求めた。図3の左図には、余震の観測 R/T (5つの狭周波数帯域) に対する理論 R/T_t (0.5~1.5Hzの周波数帯域) の関係とそれぞれのフィッティング曲線を示す。フィッティングのためのモデル化は次式にて行い、図には $X=25\text{km}$ (実線) と $X=100\text{km}$ (点線) のケースを示している。

$$\log R/T = \frac{\exp(-X/c) \log R/T_t}{1 + b \log R/T_t} \quad (1)$$

図3の右図は、本震の観測 R/T と理論 R/T_t の関係 (対比の周波数帯域は余震の場合と同じ) に余震でのフィッティング曲線を重ね描いたものである。理論の $|\log R/T_t|$ が大きい場合、観測の $|\log R/T|$ は頭打ちすること、余震データから導出されたこのモデル式は本震の観測 R/T と理論 R/T_t の関係もよく説明できることがわかる。

表 2、図 4 には、余震記録から推定された回帰係数を示す。 c は高周波数ほど小さくなる。 $\exp(-X/c)$ は、 X によらず、1.4Hz 以下ではほぼ 1、6Hz でほぼ 0 となる。この間の周波数では、 X が小さいほど $\exp(-X/c)$ は大きい。 $10^{\exp(-X/c)/b}$ は、高周波数領域で 1 に近づき、6Hz でほぼ 1 となる。この経験的モデルは、ラディエーションパターンあるいは観測 R/T に以下のような特徴がある。すなわち、ラディエーションパターンは、近距離を除いて 3Hz で等方的な特性が強くなり、6Hz では距離によらず完全に等方化する。また、理論の $|\log R/Tt|$ が小さい場合、約 2Hz 以下では観測 R/T は理論 R/Tt とほぼ一致する。さらに、観測 R/T の距離依存性については、2~5Hz の範囲では X が大きくなるほど観測 R/T はより低周波数から等方化する傾向がある。

表 2 推定パラメータ及び誤差(佐藤, 2002)

周波数範囲 Hz	中心周波数 Hz	b	$\log c$	ERR
0.5~1.5	0.87	-1.53	11.01	0.264
1.0~2.0	1.41	-2.19	16.01	0.232
1.0~3.0	1.73	-3.61	2.61	0.206
2.0~4.0	2.83	-4.94	1.53	0.197
3.0~5.0	3.87	-1.53	1.1	0.193
4.0~6.0	4.90	-1.63	1.17	0.196
5.0~7.0	5.92	-2.31	0.91	0.200

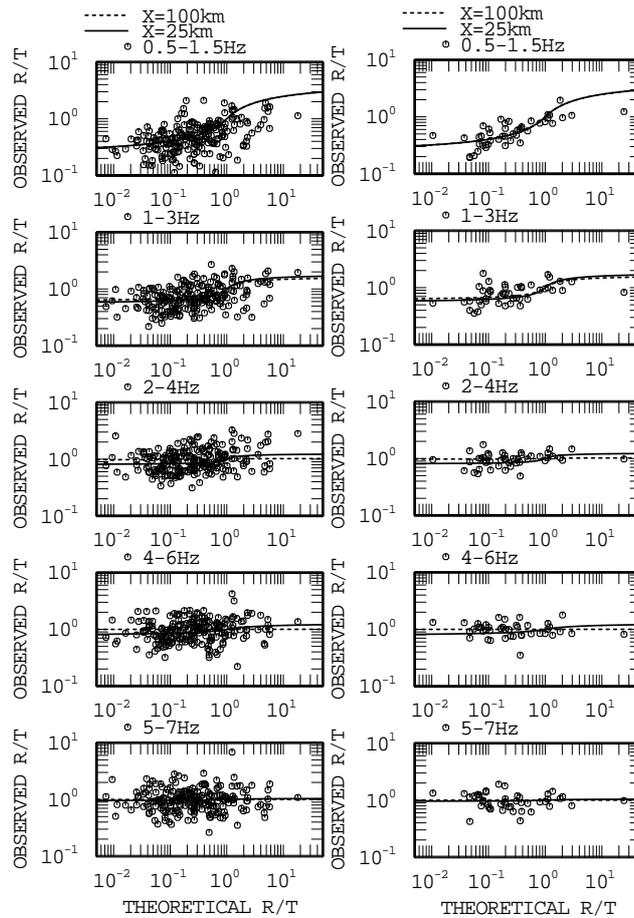


図3 0.5 ~ 1.5Hz の理論 R/T に対する各狭周波数帯域の観測 R/T の関係 (線は回帰直線、佐藤,2002)

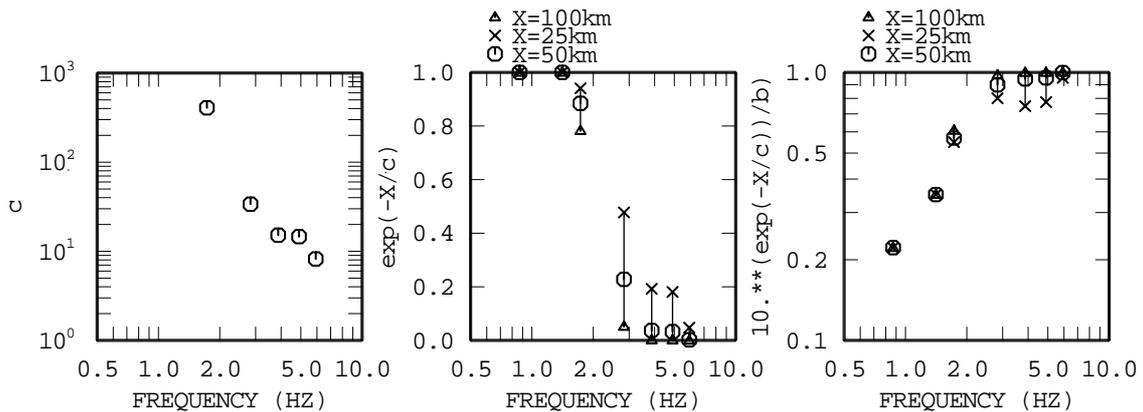


図4 中心周波数と c 、 $\exp(-X/c)$ 、 $10 \exp(-X/c)/b$ の関係 (佐藤, 2002)
(中心周波数 0.87Hz、1.41Hz の c は 10^3 より大)

Matsushima and Sato (2002) は、一般的な中・低層の建築物の被害に大きな影響を与える周期 1 秒前後の地震動の性質を調べるために、地震動を特徴づけているものの 1

つとして、同様にラディエーションパターン特性に着目して検討を行っている。この場合は、特に時刻歴波形の振幅に着目し周期・時間依存性について検討している。対象とした地震は、鳥取県西部地震の最大余震（2000年10月8日20:51, M_J 5.5）で、観測記録としては、KiK-net 強震記録を用いている。まず、図5に示す全観測点について、速度波形のフーリエスペクトルの Radial 成分と Transverse 成分の比(R/T)を求め、観測波形のS波主要動を説明できるように推定した表3に示す SMNH10(美保関)での水平成層構造と震源パラメータを用いて周波数波数積分法により求めた理論波形による R/T との比較を周波数ごとに行い、ラディエーションパターン特性の周波数依存性についての検討を行っている。結果として、2Hz よりも低周波数域では観測と理論が良く一致し、2Hz よりも高周波数域になると両者の差が顕著になり、10Hz になると観測は等方的になるため両者の差は明瞭となることを示し、既往の研究と調和的な結果が得られている。次に、狭帯域フィルターをかけた観測波形と理論波形について、それぞれ Radial 成分と Transverse 成分の振幅の比を求め、水平面内でのオービット形状を描画し、両者を比較することによりラディエーションパターンの周期・時間依存性を検討している。地表観測波形と理論波形をS波の立ち上がり時間を規準としてその前後の時間区間を1秒おきに前後0.5秒ずつコサインテーパをつけ1秒間ずつ切り出し、それぞれの時間区間において中心周期0.1~2秒の間で変化させた狭帯域フィルターをかけR/Tを求めている。図6に各中心周期におけるR/Tとオービット形状を示す。観測波形の震動方向は周期0.2~0.5秒を遷移域としてより長周期域では方向性が顕著に現れ、より短周期域では等方的となる結果となっている。理論波形はS波主要動部の周期0.5~2秒でR/T及びオービット形状が観測波形のそれと良く一致している。

表3 理論波形の計算に用いた水平成層構造
(Matsushima and Sato, 2002)

Table 1 Flat-layered velocity model estimated at SMNH10

Layer	Thickness (km)	Vp (km/s)	Vs (km/s)	ρ (g/cm ³)	Qp	Qs
1	0.004	1.300	0.500	1.70	100	50
2	0.010	1.840	0.960	1.80	100	50
3	0.126	3.220	1.270	1.90	100	50
4	0.160	3.840	1.570	1.95	100	50
5	0.300	4.000	2.350	2.00	200	100
6	3.400	4.300	2.850	2.00	200	100
7	4.920	5.800	3.200	2.70	500	270
8	1.580	5.800	3.200	2.70	500	270
9	14.50	6.600	3.820	2.80	800	400
10	-	8.000	4.620	3.10	1000	500

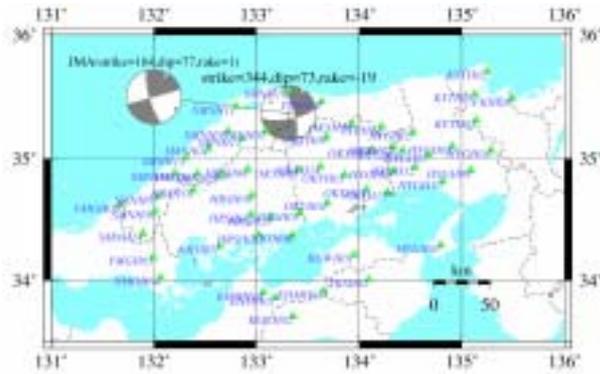


Fig. 1 Observation sites of KiK-net used in this study and two source mechanisms by JMA (left) and this study (right) for the October 8, 2000 aftershock (M_j 5.5, 8.92km depth) of the Tottori-ken Seibu earthquake of 2000.

図5 解析の対象とした鳥取県西部地震の最大余震の震央位置と KiK-net 観測点位置(Matsushima and Sato, 2002)

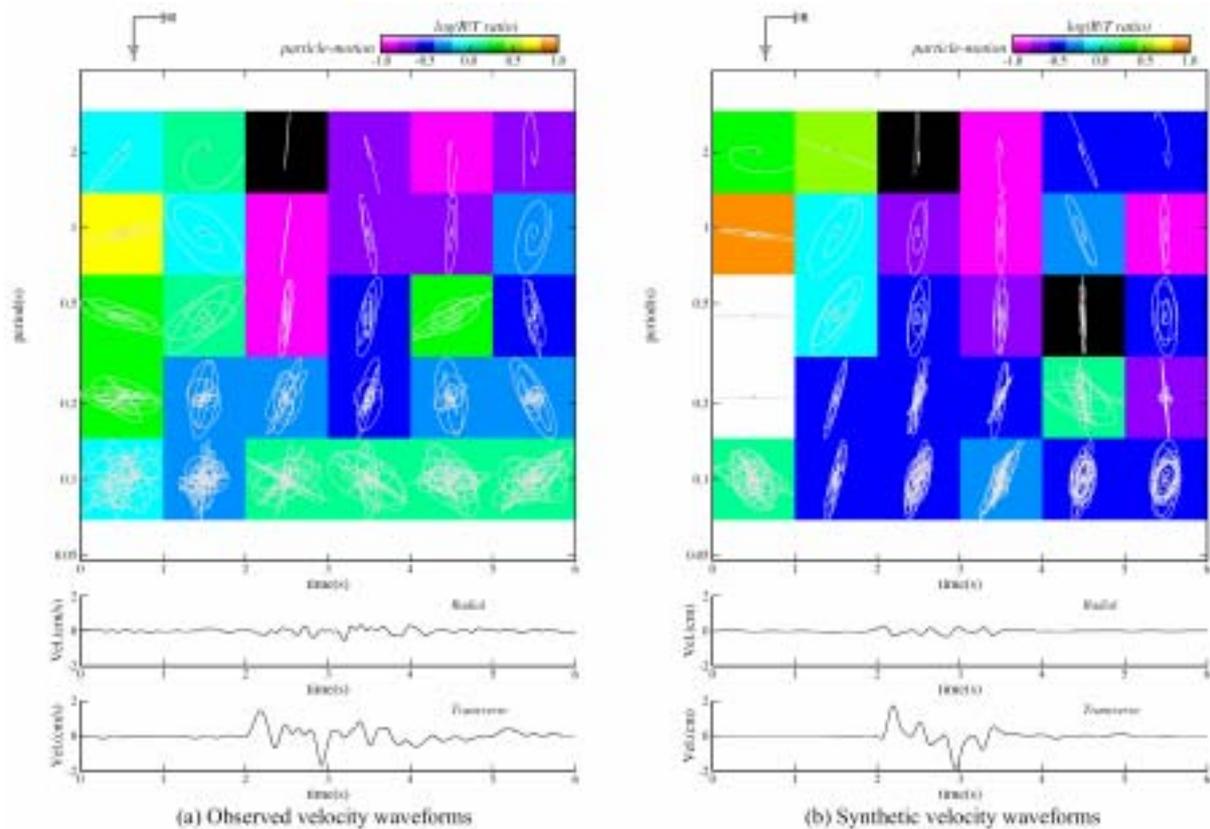
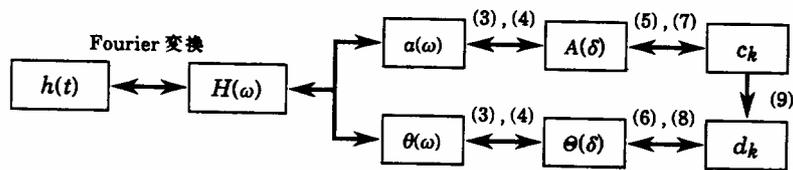


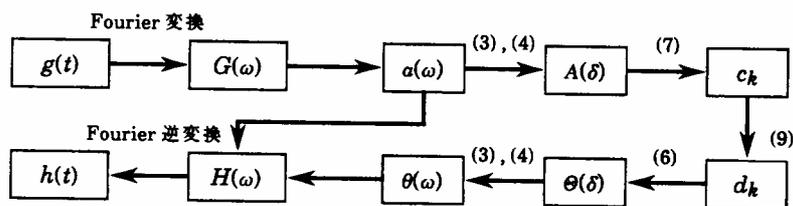
Fig. 5 Ratios of amplitudes of radial and transverse components (R/T) and orbit in the horizontal plane

図6 Radial 成分と Transverse 成分の振幅比(R/T)と水平面内のオービット形状の比較
(Matsushima and Sato, 2002)

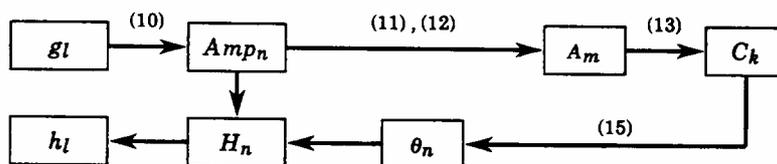
壇・他 (1987) は、最小位相推移関数のフーリエ振幅とフーリエ位相との関係を表す Wiener-Lee 変換の近似式を導き、それを用いて地震動波形のフーリエ振幅からフーリエ位相を推定し、原波形の再現を試みた。図 7 には、最小位相推移関数と Wiener-Lee 変換の関係、最小位相推移関数の推定方法、および離散化データの最小位相推移関数列の推定方法を示す。図 8 および図 9 には、1979 年 Imperial Valley 地震の本震と余震の加速度記録とこれらの記録のフーリエ振幅から推定された最小位相推移関数の例を示す。これらの図より、本震記録では、原波形の再現は困難であったが、余震記録では、原波形の再現は良好であったことが示されている。



図—1 最小位相推移関数 $h(t)$ と Wiener-Lee 変換



図—2 最小位相推移関数 $h(t)$ の推定



図—3 最小位相推移列 h_l の推定

図 7 最小位相推移関数の推定方法 (壇・他, 1987)

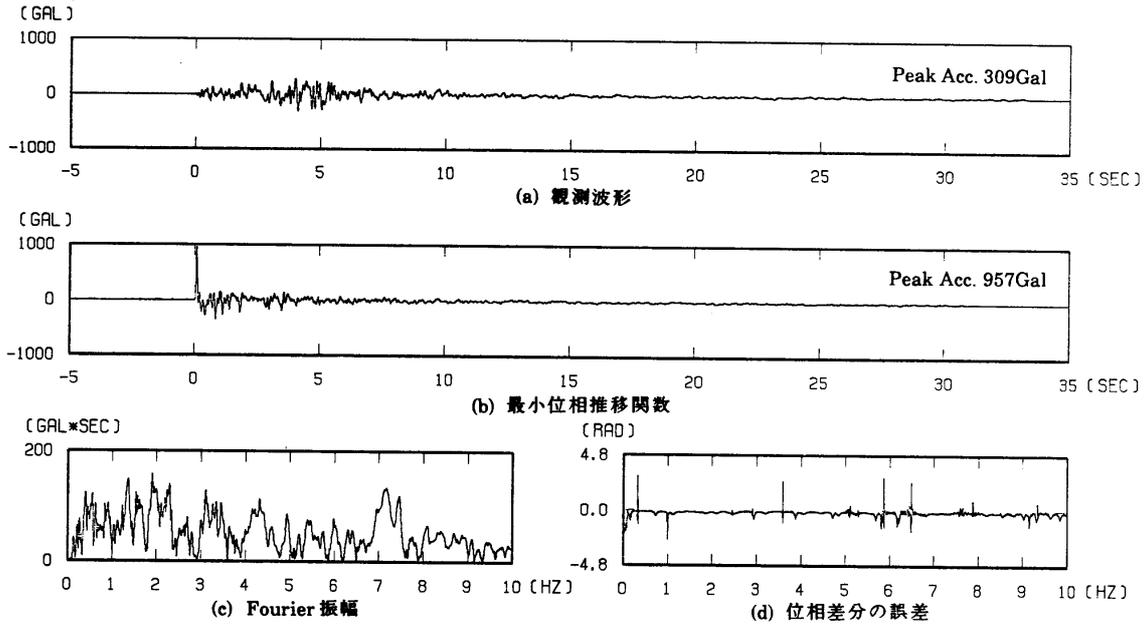


図-8 1979年Imperial Valley地震の本震 ($M_L=6.6$) のEl Centro Array No.2 (140°) における加速度波形

図8 1979年Imperial Valley地震の加速度記録と推定された最小位相推移関数の例 (壇・他, 1987)

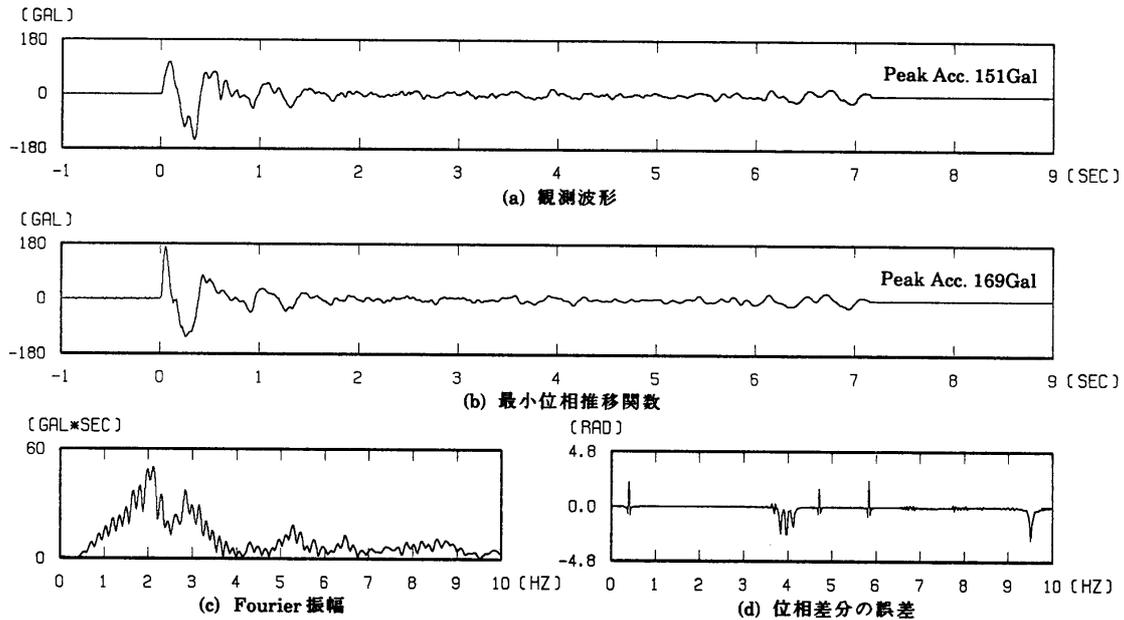


図-10 1979年Imperial Valley地震の余震 ($M_L=5.2$) のEl Centro Array No.2 (140°) における加速度波形

図9 1979年Imperial Valley地震の余震の加速度記録と推定された最小位相推移関数の例 (壇・他, 1987)

2) 観測記録の再現性に関する予備的検討

特定サイトの強震動予測では、大地震による強震記録を対象とする解析に先立ち、小地震の把握特性のため佐藤 (2002) や Matsushima and Sato (2002) がラディエーションパターンの分析に用いた 2000 年鳥取県西部地震の 10 月 8 日の余震の SMNH10

(美保関)における加速度記録(地中の Radial 成分)に対し、Wiener-Lee 変換を適用し、フーリエ振幅スペクトルの情報のみから原波形がどの程度再現できるかを調べた。

図 10 は、加速度波形にそのまま Wiener-Lee 変換を適用した場合の解析結果、図 11 ~ 図 13 は、それぞれ、0.5-2 Hz (中心振動数 1 Hz)、1-4 Hz (中心振動数 2 Hz)、2.5-10 Hz (中心振動数 5 Hz) のコサイン型の帯域フィルターをかけた場合について適応した解析結果である。原記録と波形再現性に相当する最小位相推移関数との相互相関関数の最大値は、加速度波形をそのまま用いた場合 0.626、0.5-2 Hz (中心振動数 1 Hz) のコサイン型の帯域フィルターをかけた場合 0.969、1-4 Hz (中心振動数 2 Hz) のコサイン型の帯域フィルターをかけた場合 0.834、2.5-10 Hz (中心振動数 5 Hz) のコサイン型の帯域フィルターをかけた場合 0.552 となった。1979 Imperial Valley 地震の場合とは異なり、2 Hz より低振動数の地震動は、フーリエ振幅スペクトルの情報のみから原波形がよく再現できるが、5~6 Hz より高振動数の地震動はランダム性が強く、フーリエ振幅スペクトルの情報のみから原波形は十分に再現出来ないことが分かった。

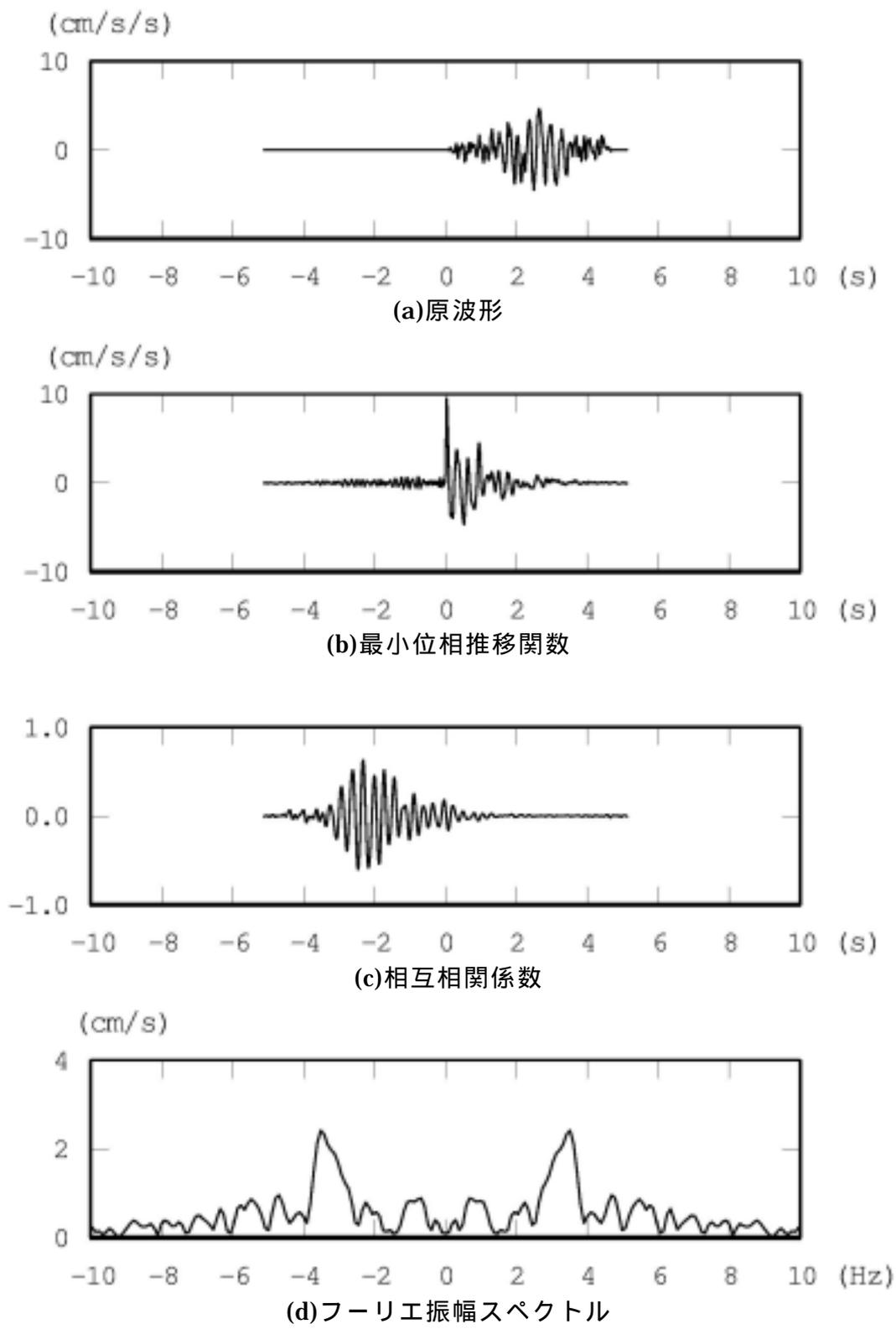


図 10 2000 年鳥取県西部地震の 10 月 8 日の余震記録の解析結果

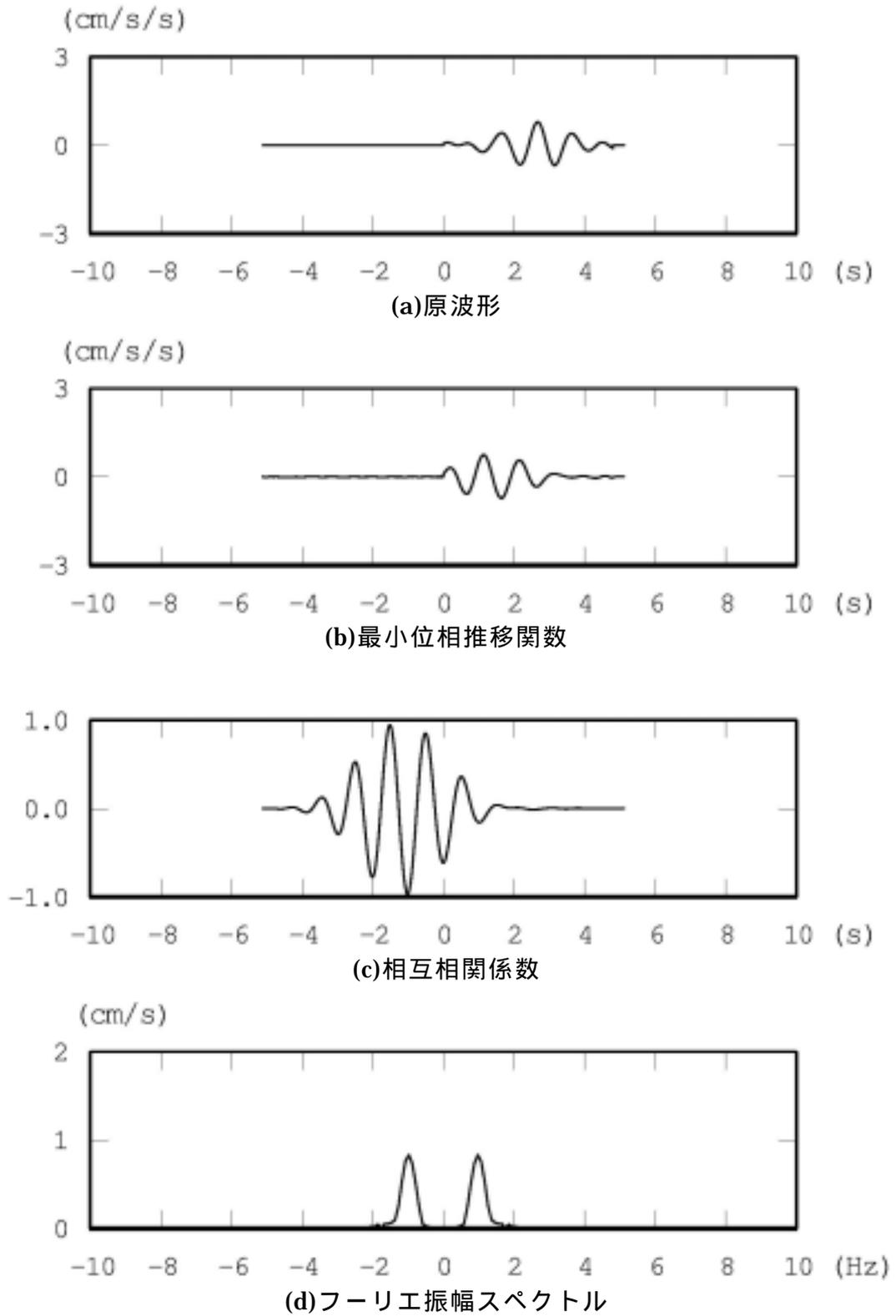


図 1 1 2000 年鳥取県西部地震の 10 月 8 日の余震記録 (0.5-2Hz) の解析結果

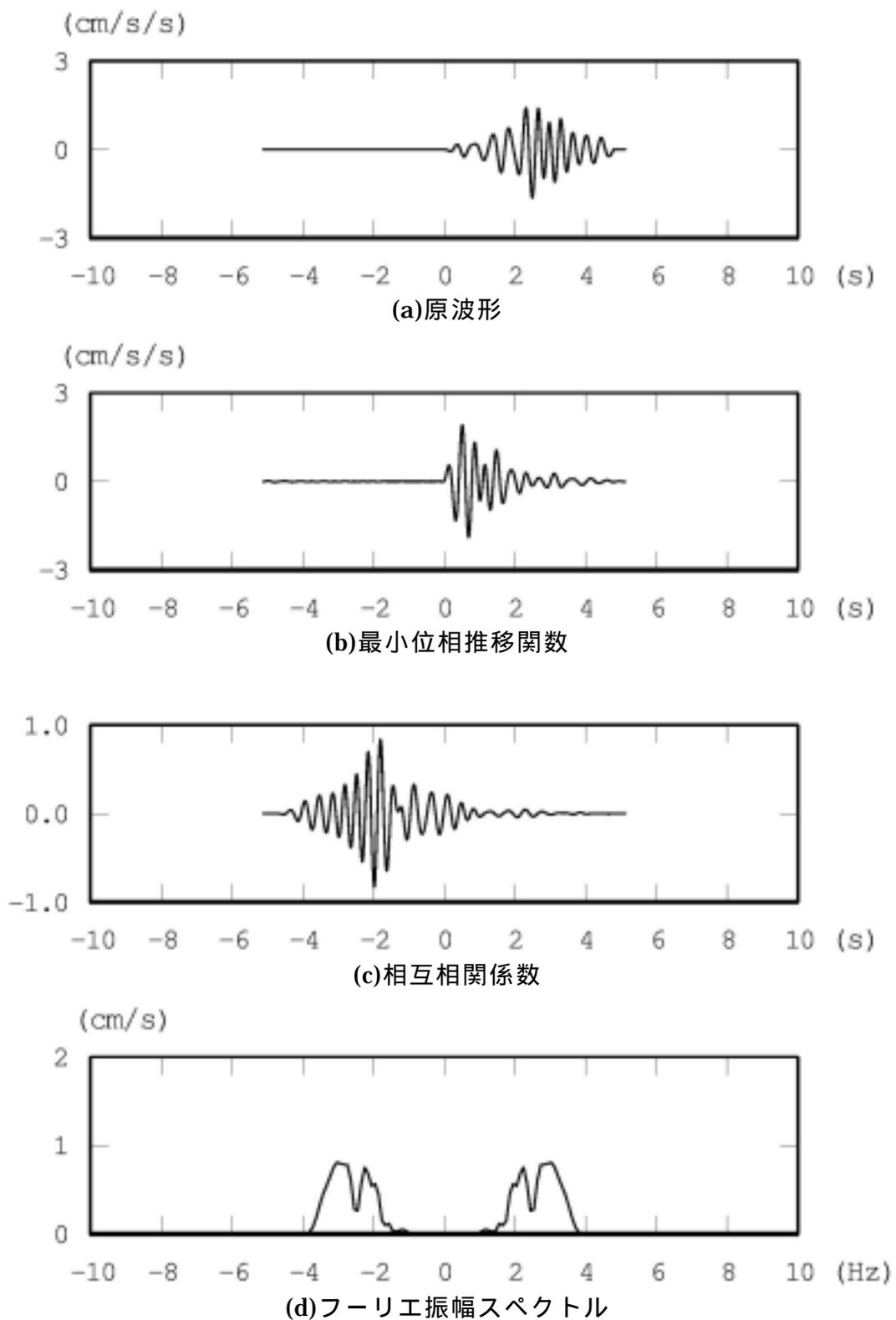


図 1 2 2000 年鳥取県西部地震の 10 月 8 日の余震記録(1-4Hz)の解析結果

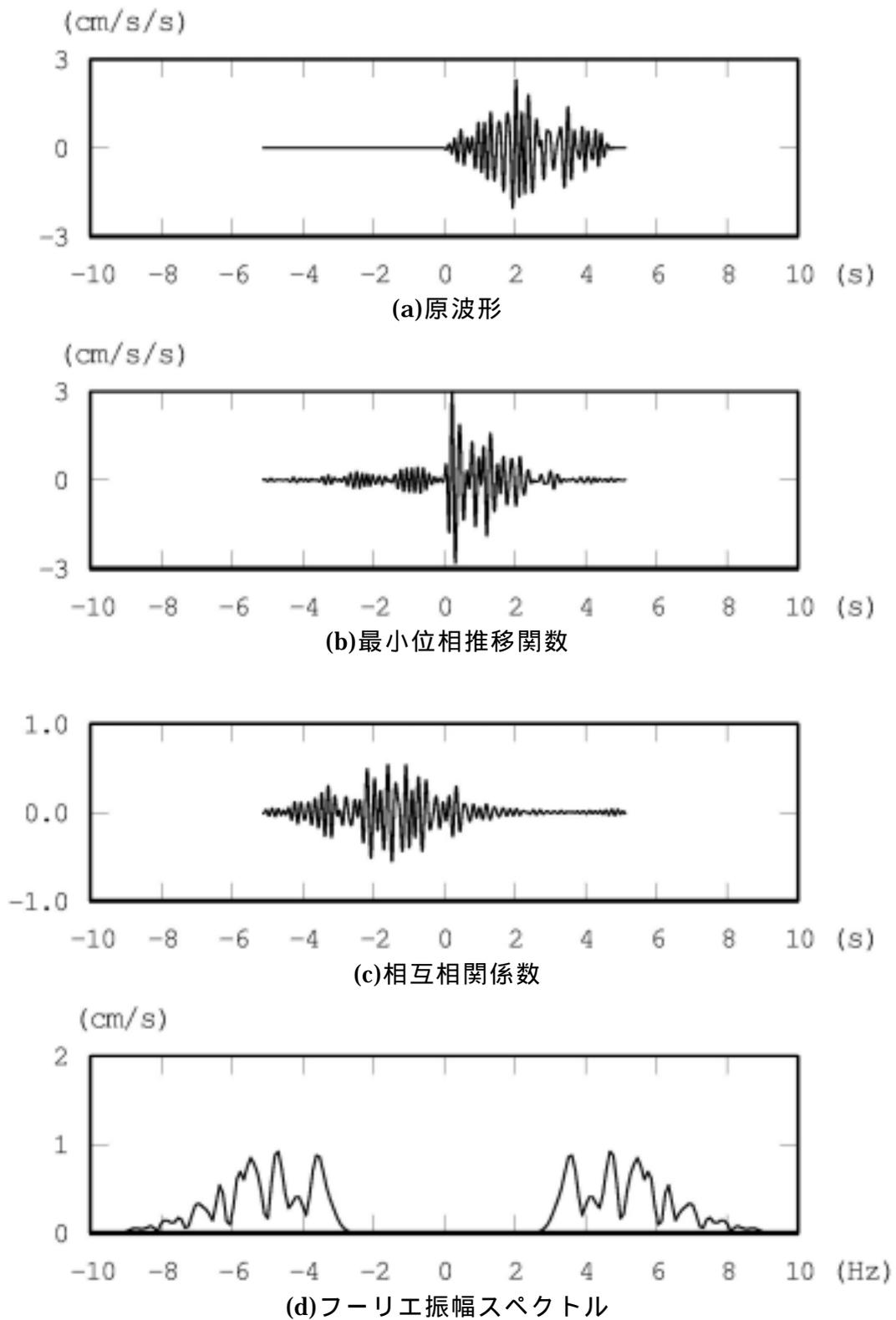


図 1 3 2000 年鳥取県西部地震の 10 月 8 日の余震記録(2.5-10Hz)の解析結果

3) 三次元地震動データベース化

三次元地震動データベース化では、「3.6.2 三次元地震動データベースの構築に関する研究」が総括的にすべてのデータを含むものに仕上げる方向で進める方針となったことから、E-ディフェンスの性能との整合性に配慮したインターフェイスシステム機能をもつデータベースの必要性があることが分かった。

(d) 結論ならびに今後の課題

本業務では、はじめに、地震動のランダム性の有無と強く関連する研究として、強震動パルスに関する Somerville et al. (1997) の研究、および放射特性に関する佐藤 (2002) と Matsushima and Sato (2002) の研究を整理した。その結果、Somerville et al. (1997) の研究からは、周期約 0.6 秒より短い領域で、地震動の位相スペクトルは、強いランダム性を有していることがわかった。また、佐藤 (2002) や Matsushima and Sato (2002) からは、5~6 Hz より高振動数の地震動はランダム性が強いことがわかった。ついで、最小位相推移関数のフーリエ振幅スペクトルとフーリエ位相スペクトルを関係づける Wiener-Lee 変換を地震記録に適用した壇・他 (1987) の研究を整理した。その結果、フーリエ振幅スペクトルの変化がはげしくない中小地震の観測記録は、最小位相推移関数とみなせることがわかった。

また、2000 年鳥取県西部地震の 10 月 8 日の余震の SMNH10 (美保関) における加速度記録 (地中の Radial 成分) に対し、Wiener-Lee 変換を適用し、フーリエ振幅スペクトルの情報のみから原波形がどの程度再現できるかを調べた。その結果、2 Hz より低振動数の地震動は、フーリエ振幅スペクトルの情報のみから原波形がよく再現できること、5~6 Hz より高振動数の地震動はランダム性が強く、フーリエ振幅スペクトルの情報のみから原波形は再現できないことがわかった。

今年度は、三次元地震動データベース化の全体構成検討を実施し、波形予測手法に対しては、水平 2 成分間の振幅スペクトルの評価や振幅スペクトルと位相スペクトルとの関係に着目した検討を実施した。今後の検討課題としては、以下の点が挙げられる。

- 1) 各機関や研究者グループの提唱する模擬地震動作成手法の三次元地震動の観点からの整理評価
- 2) 振幅と位相スペクトルの成分間差異評価
- 3) 収集強震記録に基づく統計解析
- 4) E-ディフェンスへの導入すべきデータベースのインターフェイスシステムの検討

(e) 引用文献

- 1) Paul G. Somerville, Nancy F. Smith, Robert W. Graves, and Norman A. Abrahamson (1997): Modification of empirical strong ground motion attenuation relations to include the amplitude and duration effects of rupture directivity, *Seismological Research Letters*, Vol. 68, No. 1, pp. 199-222.
- 2) 佐藤智美 (2002): Kik-net 強震記録に基づく鳥取県西部地震とその余震のラディエーションパターン及び f_{max} の評価, 日本建築学会構造系論文集, 第 556 号, pp. 25-34.

- 3) Shinichi Matsushima and Toshiaki Sato (2002): Frequency, distance, and time dependence of radiation pattern characteristics of strong motions, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, pp. 551-554.
- 4) 壇一男・渡辺孝英・神田順 (1987): Wiener-Lee 変換を用いて地震動波形の Fourier 振幅から原波形を再現する試み, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 379 号, pp. 15-25.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 論文発表

著者	題名	発表先	発表年月日
なし			

2) 口頭発表、その他

発表者	題名	発表先、主催、発表場所	発表年月日
なし			

(g) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

名称	機能
なし	

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 15 年度業務計画案

(a) 業務計画

統計的手法による大地震強震動波形の予測のための波形合成法の手法検討としては、各種機関の模擬地震動作成手法について三次元地震動の観点から整理と評価を行う。合わせて、サブテーマで実施中のデータベース構築の研究から収集された強震記録に基づき、振幅と位相スペクトルの各成分間の差異評価を統計解析により行い三次元地震動の統計的予測手法の要素を構築する。三次元地震動データベース化では、E-ディフェンスへの導入のため、構築が進行中のデータベースとのインターフェイスシステムの検討を行う。

(b) 実施方法

1) 波形合成法の手法検討

- ・ 各機関や研究者グループの提唱する模擬地震動作成手法の三次元地震動の観点からの整理評価
- ・ 振幅と位相スペクトルの成分間差異評価（説明変数と回帰係数の抽出）
- ・ 収集強震記録に基づく統計解析

2) 三次元地震動データベース化

- ・ E-ディフェンスへの導入すべきデータベースのインターフェイスシステムの検討

(c) 目標とする成果

- 1) 三次元地震動の観点から各種の模擬地震動作成手法の現状の技術評価と改善項目の抽出
- 2) 振幅と位相スペクトルの成分間差異評価に基づく地震動推定のための統計的手法の構築
- 3) E-ディフェンスでのデータベースインターフェイスシステムの骨子の構築