

3.6.3 三次元強震動波形の推定に関する研究

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 ヶ年の年次実施計画
- (e) 平成 15 年度業務目的

(2) 平成 15 年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
 - 1) 三次元強震動推定手法の構築
 - 2) 濃尾平野における検証
 - 3) 大阪平野における補足
- (c) 業務の成果
 - 1) 三次元強震動推定手法の構築
 - 2) 濃尾平野における検証
 - 3) 大阪平野における補足
- (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 16 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 三次元強震動波形の推定に関する研究

(b) 担当者

所 属	役 職	氏 名	メールアドレス
京都大学防災研究所 地震災害研究部門強震動地震学分野	所長 (教授)	入倉孝次郎	irikura@egmdpri01. dpri.kyoto-u.ac.jp

(c) 業務の目的

将来大地震を引き起こす可能性の高い活断層や海溝域に震源断層を想定し、都市を対象としたサイトにおける三次元強震動を推定する方法を構築すると共に強震動の試算を行い、3.6.2 で検討される三次元強震動データベースに大地震による強震動波形を提供する。

(d) 5 カ年の年次実施計画

1)平成14年度：

三次元強震動波形の推定手法に関する調査と大阪平野を対象とした推定手法の検討を行う。

大阪平野を対象とした強震動計算条件の収集・整理を行う。

大阪平野を対象とした三次元強震動波形の推定を行う。

2)平成15年度：

濃尾平野を対象とする三次元強震動波形の推定手法を検討する。

濃尾平野を対象とした強震動計算条件の収集・整理を行う。

濃尾平野を対象とした三次元強震動波形の推定を行う。

大阪平野を対象とした三次元強震動波形の推定を補足する。

3)平成16年度：

関東平野を対象とする三次元強震動波形の推定手法を検討する。

関東平野を対象とした強震動計算条件の収集・整理を行う。

関東平野を対象とした三次元強震動波形の推定を行う。

大阪平野・濃尾平野を対象とした三次元強震動波形の推定を補足する。

三次元強震動波形を三次元強震動データベースに反映する。

4)平成17年度：

震動台限界加振性能を考慮した3次元限界地震動波形の推定を行う。

三次元強震動波形推定法プログラムのデータベースへの導入と手法解説マニュアルを整備する。

5)平成18年度：

総合評価を行う。

全体のまとめを行う。

(e) 平成 15 年度業務目的

1) 三次元強震動波形推定手法の検討

震源近傍域に発生した中小地震の記録が存在するときは経験的グリーン関数法、適当な記録がないときは統計的グリーン関数法および 3 次元有限差分法を組み合わせたハイブリッド法など、対象地震断層・サイトの組み合わせに最適の推定手法が選定されることになる。これらの各手法について、3 次元地震動を評価することを前提に、対象とする濃尾平野地域の条件に最適な方法論の調査検討を行い、適用条件などをとりまとめる。

2) 濃尾平野における検証

上記計算手法に基づき、濃尾平野内の地盤構造（表層および深層）が既知の対象サイトにおいて、内陸活断層・プレート境界の 2 タイプの既往地震を選定し、シミュレーション結果と観測波形あるいは震度の比較を行い、上記計算手法の妥当性を検証する。

3) 大阪平野における補足

平成 14 年度に実施した大阪平野における計算・検証結果について、新たに得られた知見に基づいた補足検討を実施する。

(2)平成 15 年度の成果

(a) 業務の要約

平成 15 年度は次の各項目を実施した。

1) 三次元強震動推定手法の構築

濃尾平野における検証に用いる手法として経験的グリーン関数法を、大阪平野における補足検討に用いる手法としては 3 次元差分法と統計的グリーン関数法によるハイブリッド法を選定した。

2) 濃尾平野における検証

濃尾平野における検証のために、内陸活断層・プレート境界の 2 タイプの既往地震からシミュレーションに適した地震を選択し、震源断層モデルの構築と検証に利用できる観測波形、震度分布などの情報を収集した。次に、対象地震の三次元強震動波形を経験的グリーン関数法によってシミュレーションし、観測事例を用いた検証を行った。

3) 大阪平野における補足

大阪平野における補足検討に用いる手法として、3 次元差分法と統計的グリーン関数法によるハイブリッド法を選定し、南海・東南海地震による大阪平野部におけるシミュレーションを実施した。

(b) 業務の実施方法

1) 三次元強震動推定手法の構築

平成 14 年度に実施した各種計算手法のレビューに基づき、大阪平野におけるシミュレーションに適した手法について検討した。

a) 強震動波形計算手法の概要

強震動波形計算手法の考え方についての整理を行った。

b) 適用手法の検討

a)で整理した手法について、濃尾平野および大阪平野におけるシミュレーションに適した手法について検討した。

2) 濃尾平野における検証

a) 濃尾平野の地盤構造

濃尾平野において強震動シミュレーションを実施する際に必要となる深層地盤構造に関する情報を収集した。

b) 内陸活断層地震

濃尾平野に影響を及ぼした内陸活断層地震から対象地震を選定し、既往知見に基づいてその震源破壊モデルを設定し、強震動シミュレーションを実施した。また、観測震度との比較・検証を行った。

c) プレート境界地震

濃尾平野に影響を及ぼしたプレート境界地震から対象地震を選定し、既往知見に基づいてその震源破壊モデルを設定し、強震動シミュレーションを実施した。また、観測震度との比較・検証を行った。

3) 大阪平野における補足

a) プレート境界地震

平成 14 年度に実施した 1707 年宝永地震について、新たな知見に基づいてハイブリッド法によるシミュレーションを実施し、推定震度との比較・検証を行った。

(c) 業務の成果

1) 三次元強震動推定手法の構築

a) 強震動波形計算手法の概要

平成 14 年度に検討した、各種計算手法の特徴を以下にまとめる。

経験的グリーン関数法

対象断層系において小地震の観測記録が得られていれば、それを経験的に得られたグリーン関数と考えて合成に用いることができる [例えば、Irikura(1986)]。観測記録にはモデルでは表現し得ない情報が含まれていることが有利である。しかし、地震波放射やサイト応答の方位依存性の要素断層毎の評価が困難な点と、予測に適した小地震記録が大地震の前に得られることが少ないことが欠点となる。

統計的グリーン関数法

人工的に生成した小地震記録を合成する手法[釜江・他(1990)]であり、乱数時系列に震源理論によるスペクトル特性を持たせたものが震源波形として用いられる[Boore(1983)]。これに伝播経路特性とサイト増幅特性を加味することで対象サイトにおける地震動を生成する。この手法では要素断層毎に異なる地震波放射やサイト応答の方位依存性を考慮できる点が強みとなる。ただし、距離による地震動継続時間の増大のモデル化や高周波遮断特

性 ($f_{\max}$) など高精度化のために検討すべき課題も多い。

3次元差分法

3次元差分法は地盤構造を格子状にモデル化し、そこに3次元地盤構造を割り当て、その上で震源格子に力を加えた場合の波動の伝播を逐次追跡し、モデル全体の地震動を計算してゆく手法である [例えば、Graves(1996)]。その際、断層面の破壊進行の効果も震源格子群の逐次破壊として表現することができ、震源破壊から地盤応答までをトータルに計算することが可能である。ただし、モデル化の限界および計算機能力の限界（実用的な範囲で）から、現状での実用的な計算では周期1秒程度に対応するよりも長い波長の計算にしか対応できない。

ハイブリッド法

長周期に強いが短周期が計算できない3次元差分法と、原理的には広い周期帯の計算が可能だが3次元効果や地震波放射の方位性の影響が大きい長周期で不利となる統計的グリーン関数法の利点を活かし、3次元差分法の長周期帯域と統計的グリーン関数法の短周期帯域とをお互いが相補するようにハイブリッド合成することによって広い周期帯域で有効な地震動を予測する手法である [例えば、Kamae et al.(1998)、Sato et al.(1999)]。

b) 適用手法の検討

大阪平野は濃尾平野と同様に地盤構造情報が比較的多いサイトである。したがって、～ のいずれの手法も適用が可能である。適切な観測記録が得られておれば の経験的グリーン関法が利用可能であり、詳細な地盤構造モデルを用いた のハイブリッド法の適用も可能である。状況に応じて使い分ければ良い。ここでは、濃尾平野における検証に用いる手法として経験的グリーン関数法を、大阪平野における補足検討に用いる手法としては3次元差分法と統計的グリーン関数法によるハイブリッド法を用いた。

2) 濃尾平野における検証

a) 濃尾平野の地盤構造

濃尾平野を対象として、既往地盤構造モデル（表層および深層）の収集を実施した。また、愛知県設計用入力地震動研究協議会（図 1 参照）では、以下の対象断層について、名古屋市内の代表的 9 サイトにおける強震動評価を実施しており、その結果を DB に取り込むことも本研究の選択肢のひとつとして想定される。（図 2，3 参照）

- ・ 想定東海地震（東海 + 東南海）
- ・ 想定濃尾平野西縁断層地震（養老 + 桑名）
- ・ 想定伊勢湾地震（伊勢湾断層）
- ・ 想定猿投山北断層地震（猿投山北断層）
- ・ 想定名古屋市浅部直下地震（M6.5）

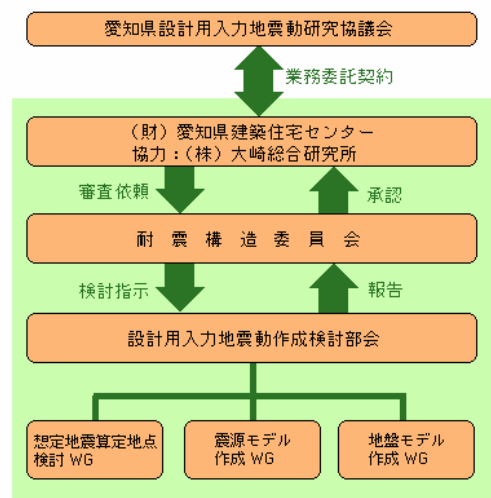
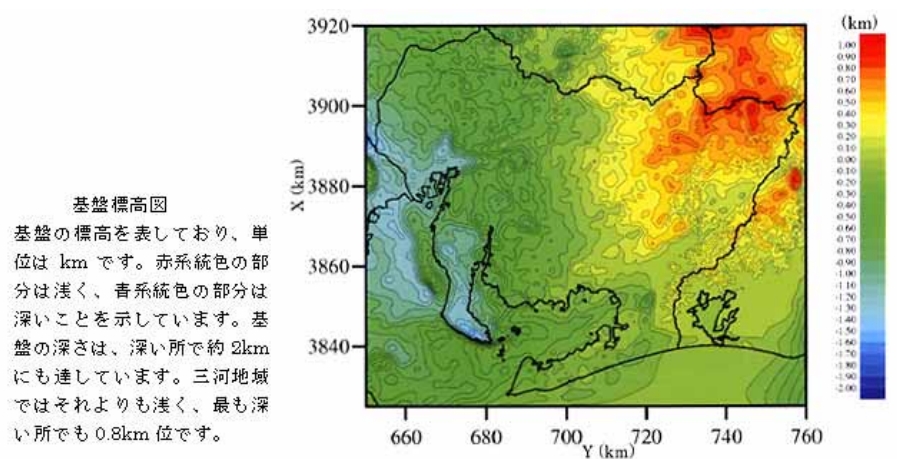


図 1 愛知県設計用入力地震動研究協議会の構成



図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図 25000（行政界・海岸線）及び数値地図 50m メッシュ（標高）を使用したものである。（承認番号 平 14 総使、第 4 号）

図 2 愛知県域の基盤岩標高

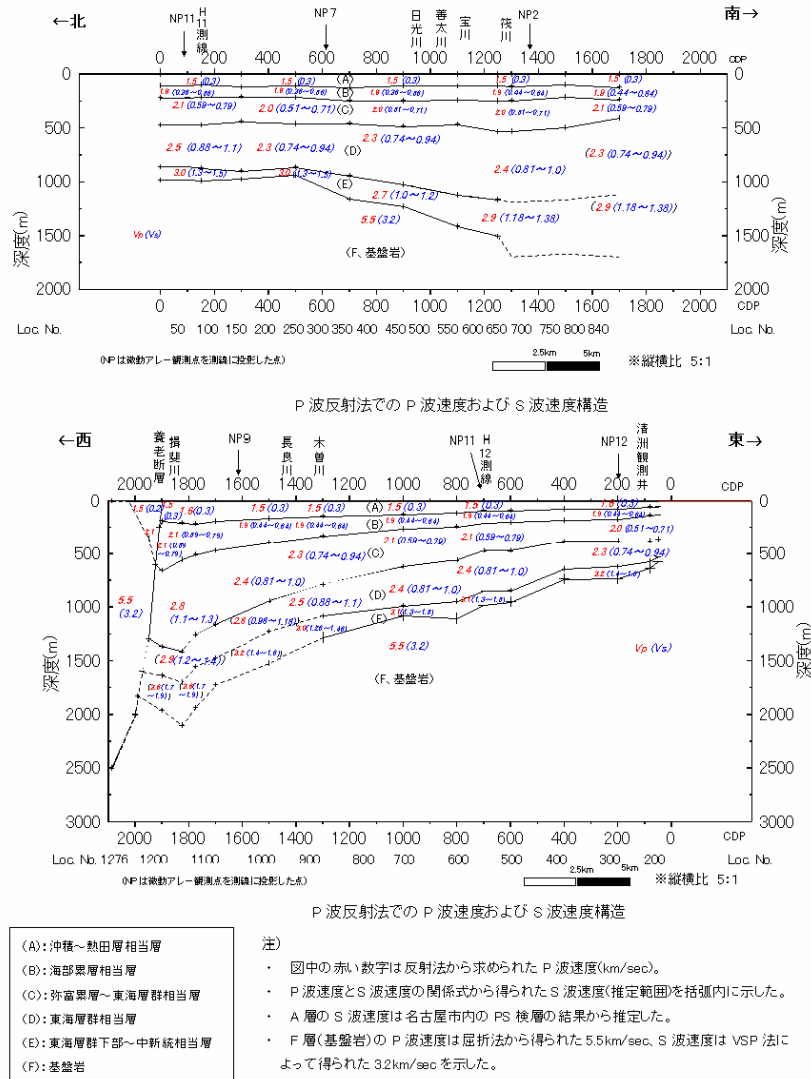


図3 濃尾平野の深部地盤構造と物性

b) 内陸活断層地震

濃尾平野に大きな影響を及ぼした既往の内陸活断層地震として、1891 年濃尾地震と 1945 年三河地震を対象地震として選定した。

濃尾地震

濃尾地震に関して詳細な非一様震源断層破壊モデルは得られていないものの、断層位置とすべり量を特定したモデルは図 4 に示すように存在する [Mikumo and Ando(1976)]。ただし、このうちセグメント は図 5 に示す被害分布 [村松(1976)] から設定されたものである、しかし、堆積層の影響が大きいと考えられること、および近年の地下構造調査で断層が確認されていないことを考慮し、ここではセグメント を割愛した。このため、対象地震のモーメントは $1.33 \times 10^{20} \text{N} \cdot \text{m}$ となる。今回、これに図 6 の変位量の情報 [村松(1976)] を考慮し、図 7 および表 1 に示す特性化震源モデルを設定した。ここでは、2 段階の合成を想定している。

計算にあたっては、2001 年 10 月 25 日に発生した M3.7 の地震を用いる。この地震のモ

ーメントはF-NETにより $1.5 \times 10^{14} \text{ N} \cdot \text{m}$ と推定されている。周辺の硬質サイト (GIF026) の記録を用いて応力降下量を 1.66MPa と推定した (図 8)。その際、10Hz 付近の増幅が表層地盤の影響と考えられるため、これを除いて評価をおこなっている。

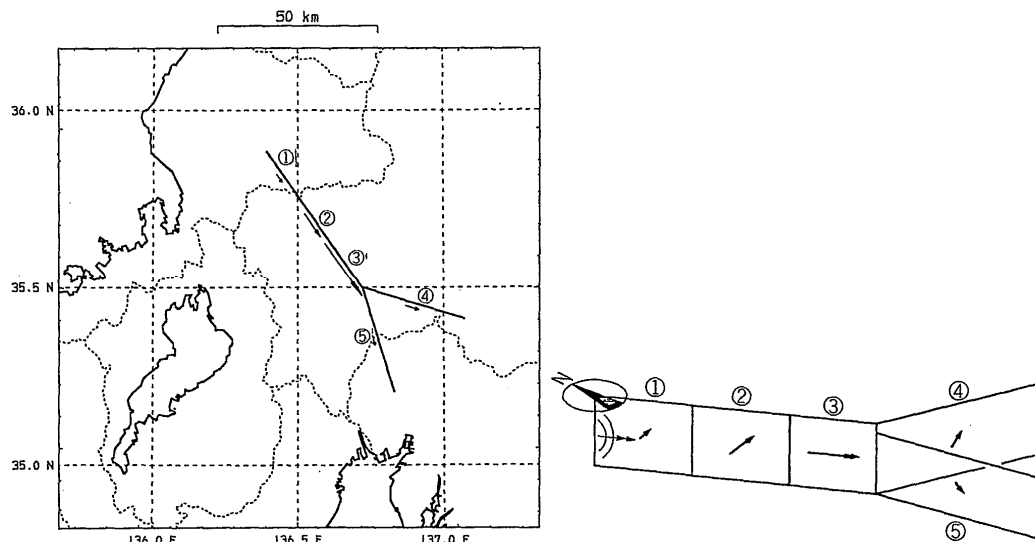


図 4 Mikumo and Ando(1976)の断層モデル



図 5 濃尾地震の被害率分布

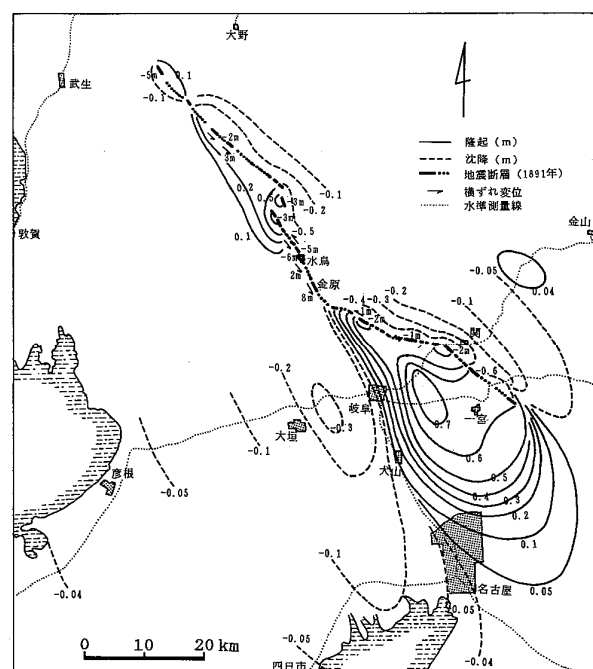


図 6 濃尾地震による垂直変動

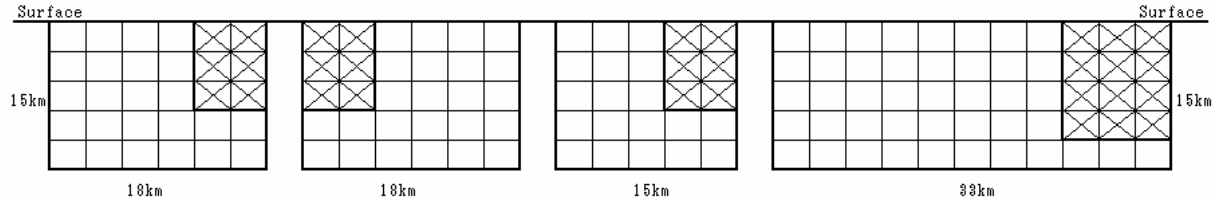
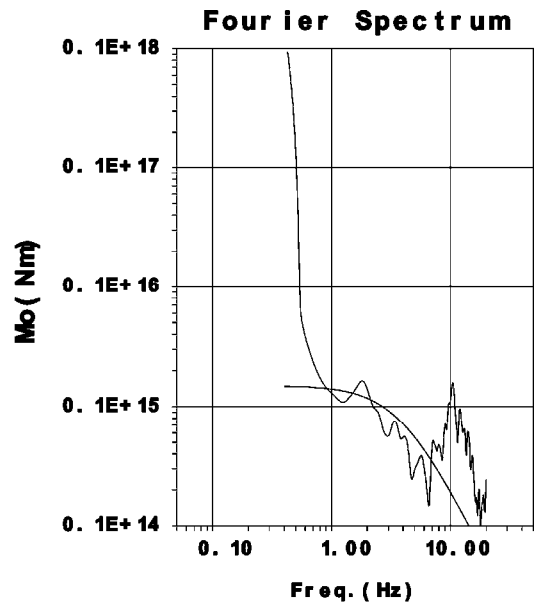
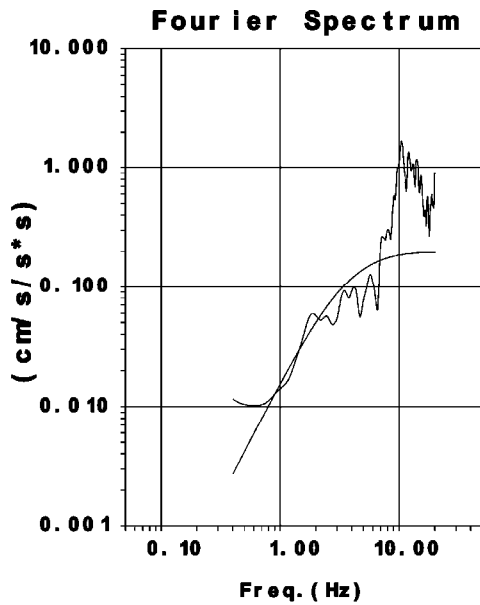


図7 濃尾地震で設定した非一様すべりモデル

表1 濃尾地震をシミュレーションするための合成パラメーター

	濃尾地震							
	セグメント1		セグメント2		セグメント3		セグメント4	
	アスベリティ	背景領域	アスベリティ	背景領域	アスベリティ	背景領域	アスベリティ	背景領域
面積	54km ²	216km ²	54km ²	216km ²	54km ²	171km ²	108km ²	387km ²
地震モーメント	$5.0 \times 10^{18} \text{ N}\cdot\text{m}$	$6.0 \times 10^{18} \text{ N}\cdot\text{m}$	$1.5 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$1.9 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$2.3 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$2.8 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$1.6 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$2.1 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$
応力降下量	2.73MPa	0.55MPa	8.18MPa	1.64MPa	17.7MPa	3.55MPa	3.64MPa	0.73MPa
立ち上がり時間	2.23s	2.23s	2.23s	2.23s	2.23s	2.23s	2.23s	2.23s
要素断層の大きさ	3km × 3km							
重ね合わせパラメーター	NL	2	2	2	2	19	3	43
	NW	3	3	24	3		4	
	ND	2.4	2.4	4.9	2.4	4.4	3.5	6.6
小地震の地震モーメント	$1.5 \times 10^{14} \text{ N}\cdot\text{m}$							
小地震の応力降下量	1.68MPa							
要素地震（中間地震） 重ね合わせパラメーター	NL	11	11	10	10	10	10	10
	NW	11	11	10	10	10	10	10
	ND	11.7	11.6	10.3	10	10.4	11.6	11.3
	C	1.64	4.93	0.93	10.68	2.14	2.19	0.44



$M_0 (\text{N}\cdot\text{m}) = 0.15 \text{E}+15$ $F_c (\text{Hz}) = 3.82$
 Stress Drop (bar) = 16.6 Minimum Error = 2.204
 Fitting Range (Hz) = 0.40 - 20.00

図8 K-NET の GIF026 サイトにおけるスペクトル・フィッティング

対象サイトは濃尾平野において比較的堆積層の厚い K-NET の AIC003 (津島) サイトとした。想定断層と対象サイト、用いた要素地震の震央位置を図 9 に示す。また、計算波形を図 10 に示す。図 5 に示した詳細被害率に併記されているサイト周辺の震度は 5.5 ~ 6 であり、計算結果はこれと対応したものとなっている。

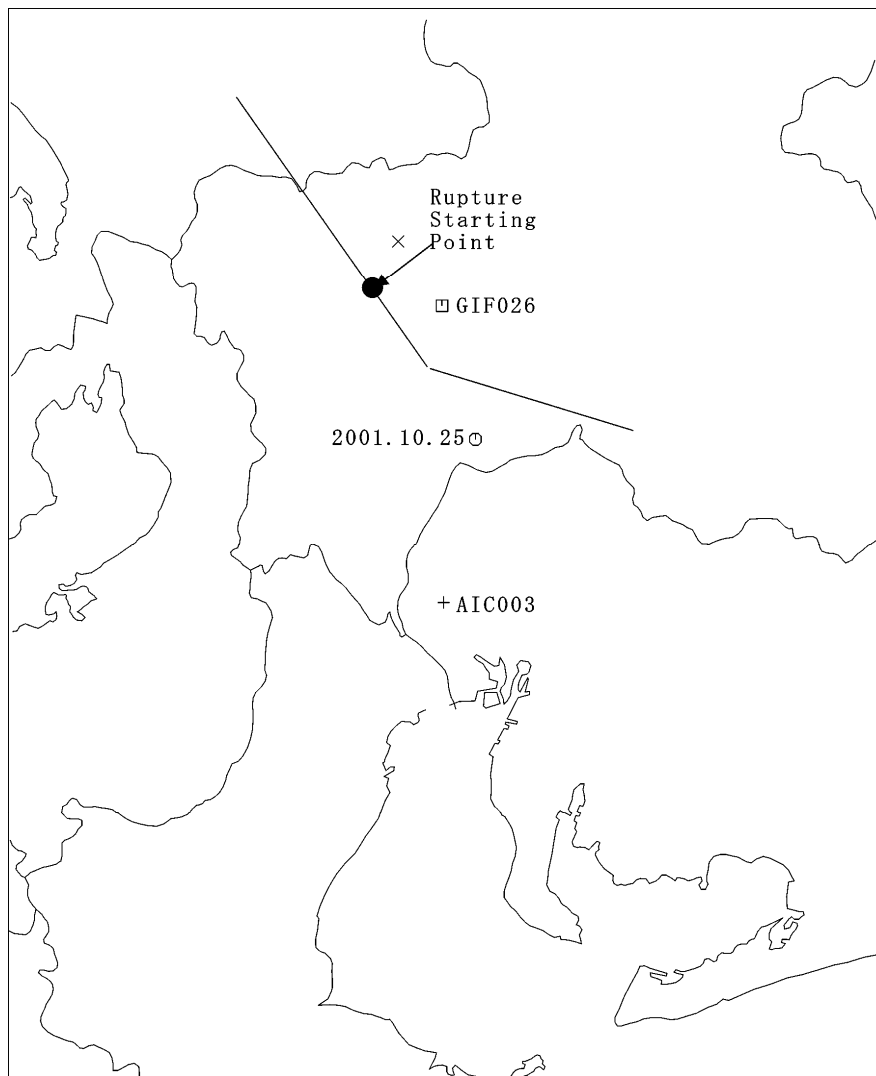


図 9 濃尾地震の想定断層と対象サイト

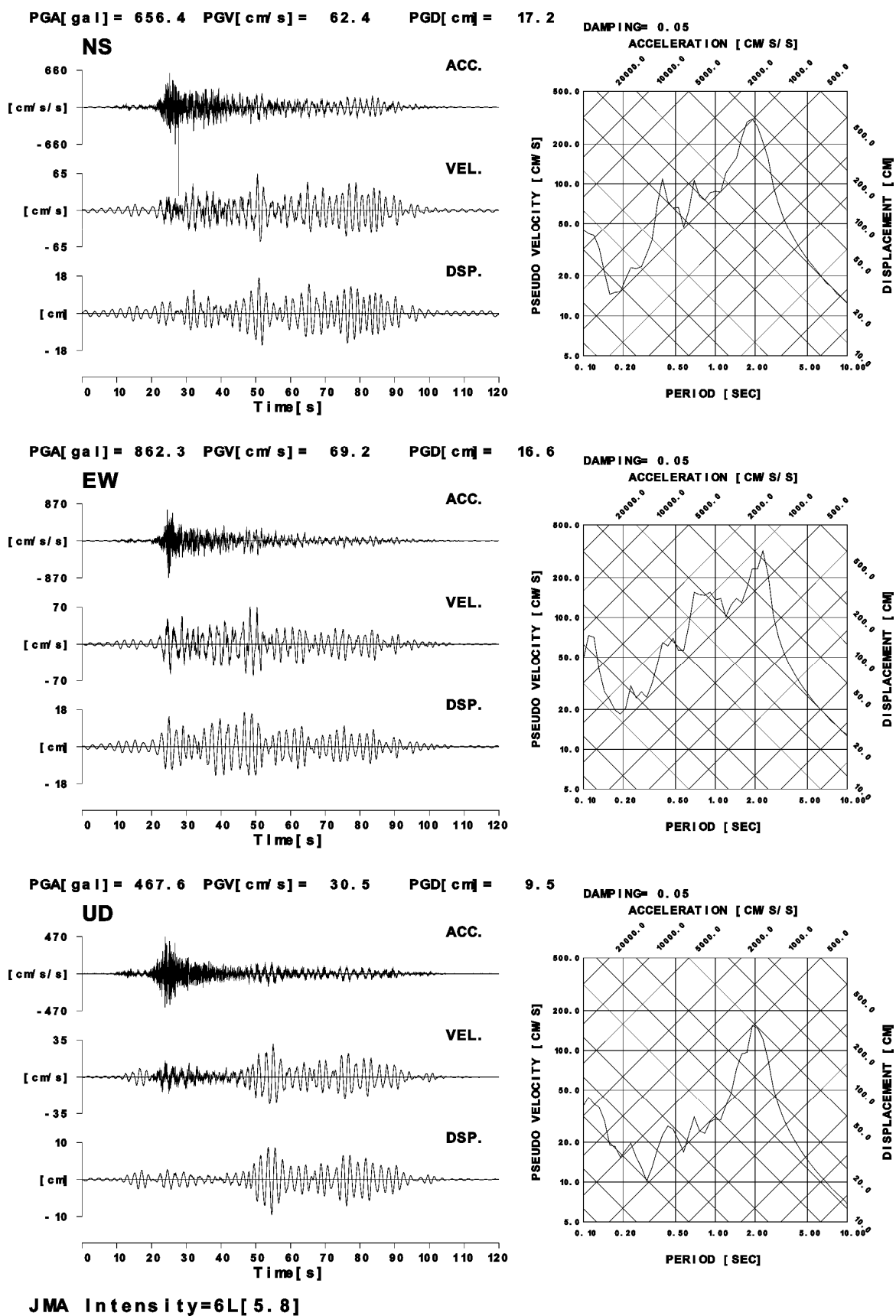


図 10 濃尾地震による AIC003 (津島) の想定地震動

）三河地震

三河地震についても詳細な非一様震源断層破壊モデルは得られていない。近年、被害分布から非一様すべりモデルを設定しようとの試みも行われているが、ここでは図 11 に示す一様破壊モデル [Ando(1974)] に基づいて特性化震源モデルを設定した。ただし、同モデルがアスペリティ部に対応するものとし、図 12 の変位量の情報 [飯田(1978)] を参照しつつ、より大きな断層面を設定した。対象地震のモーメントは $1.5 \times 10^{18} \text{N} \cdot \text{m}$ のままとした。図 13 に設定断層、アスペリティ配置、および関連するサイトの情報を示す。また、表 3 には地震動合成計算に必要なパラメータを示す。ここでも、2 段階の合成を想定している。なお、図 14 に震度分布 [飯田(1978)] を示す。

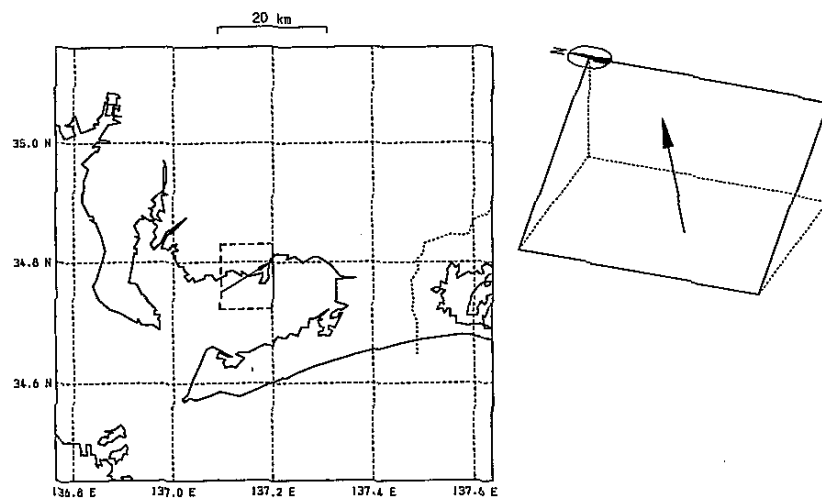


図 11 Ando(1974)の断層モデル

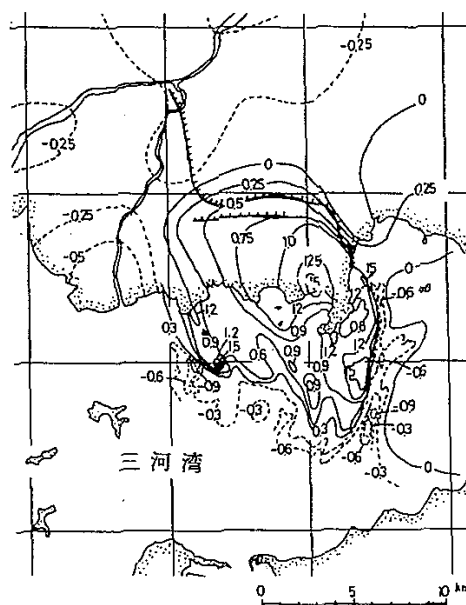


図 12 三河地震による垂直変動

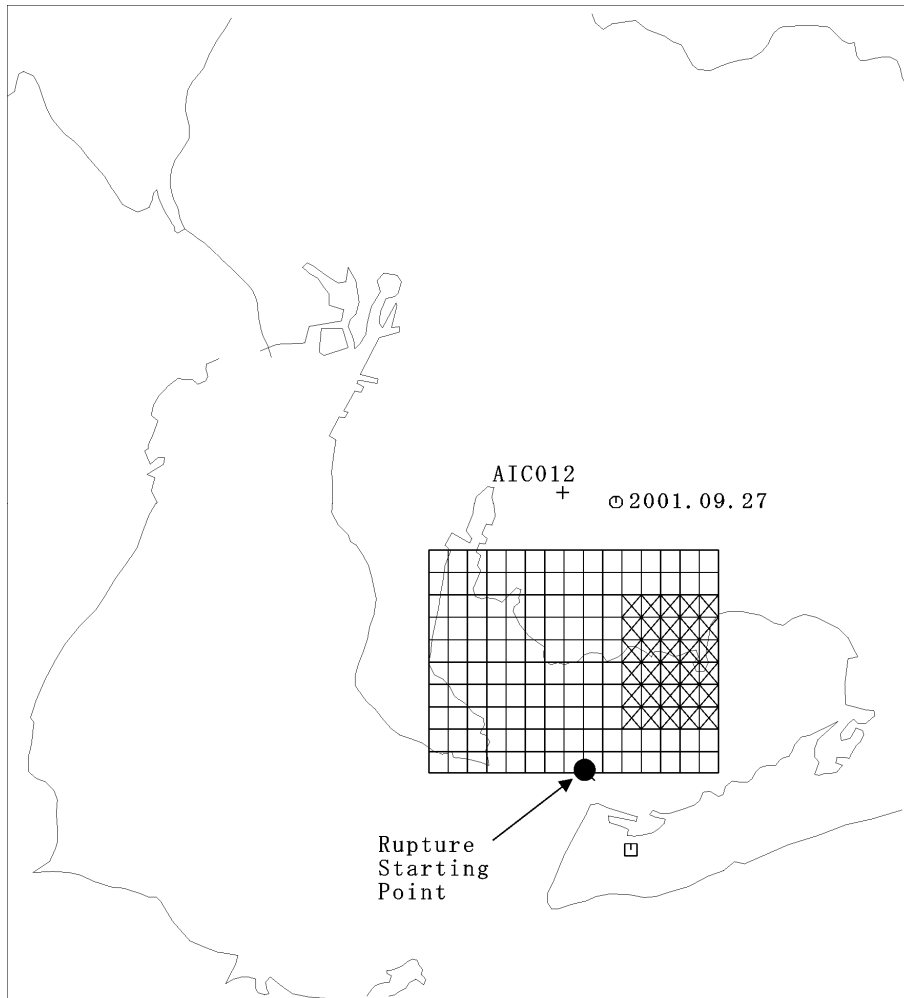


図 13 三河地震の想定断層と対象サイト

表 2 三河地震をシミュレーションするための合成パラメーター

		三河地震	
		アスペリティ	背景領域
面積		120km ²	480km ²
地震モーメント		$3.5 \times 10^{18} \text{N} \cdot \text{m}$	$5.2 \times 10^{18} \text{N} \cdot \text{m}$
応力降下量		7.2MPa	1.44MPa
立ち上がり時間		0.90s	0.90s
要素断層の大きさ		2km × 2km	
重ね合わせパラメーター	NL	6	120
	NW	5	
	ND	5.5	11
小地震の地震モーメント		$2.25 \times 10^{15} \text{N} \cdot \text{m}$	
小地震の応力降下量		6.1MPa	
要素地震（中間地震） 重ね合わせパラメーター	NL	2	2
	NW	2	2
	ND	2	2
	C	1.18	0.22

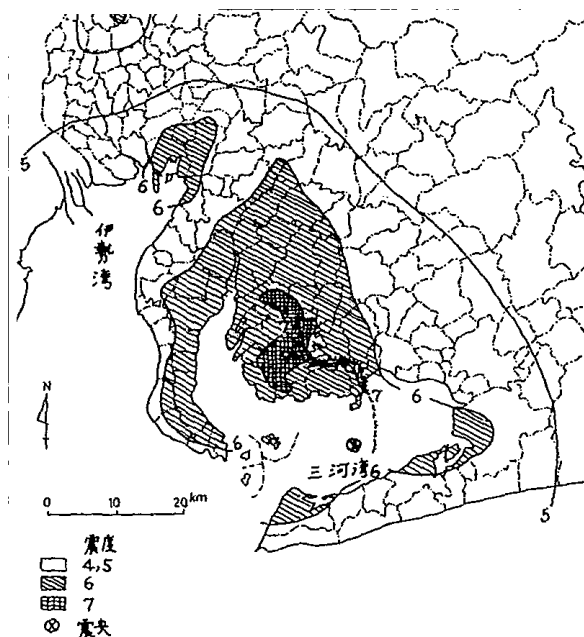


図 14 三河地震による震度分布

要素小地震としては、2001 年 9 月 27 日に発生した M4.3 の地震を用いる。この地震のモーメントは F-NET により $2.25 \times 10^{15} \text{N} \cdot \text{m}$ と推定されている。周辺の硬質サイト (AIC018) の記録を用いて応力降下量を 6.1MPa と推定した (図 15)。

対象サイトは震源に近い K-NET の AIC012 (安城) サイトとした。計算波形を図 16 に示す。図 14 に示した推定震度分布からは震度 6 程度が想定され、ほぼそれに対応した地震動となっている。

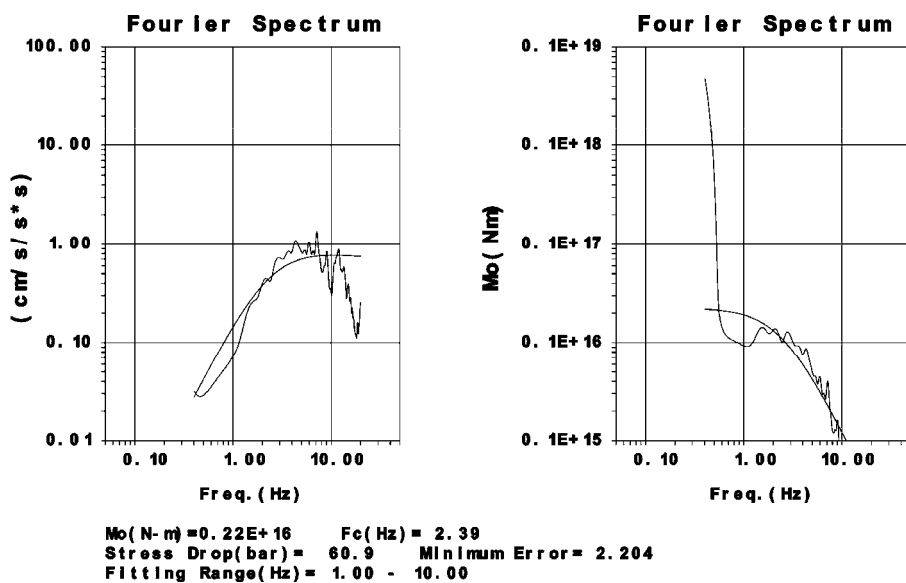
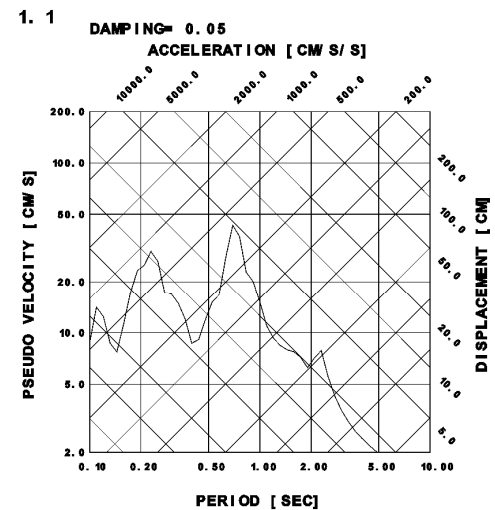
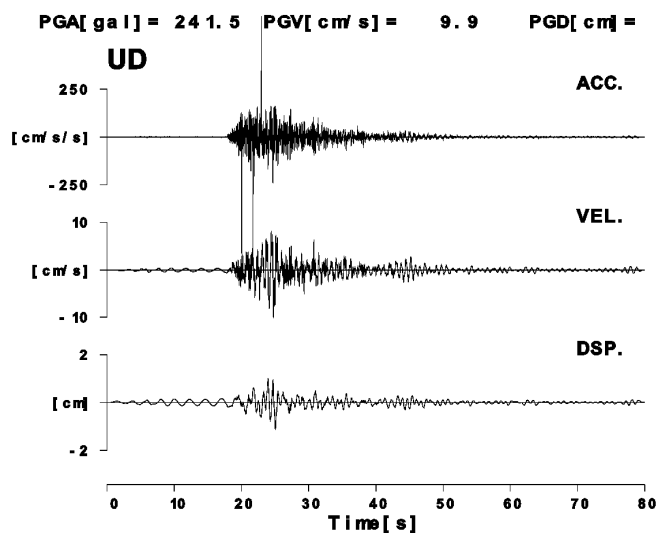
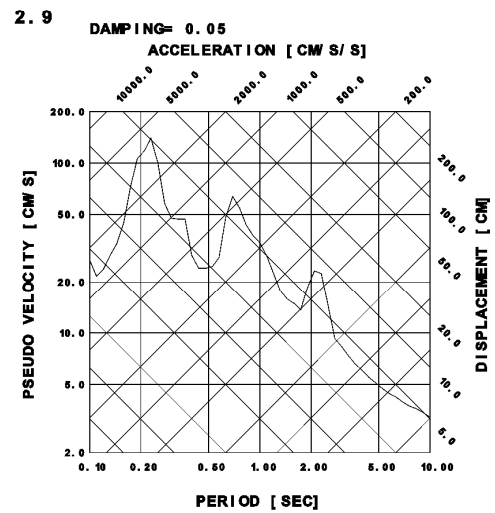
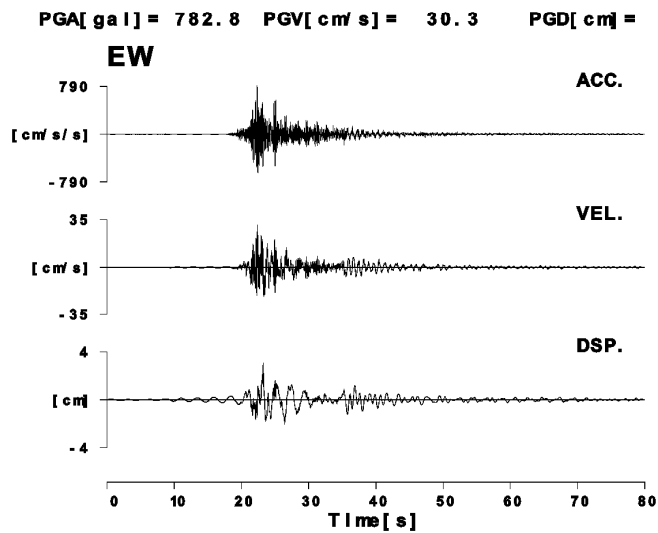
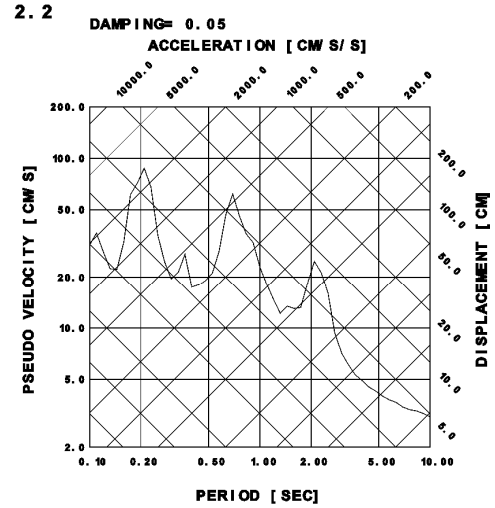
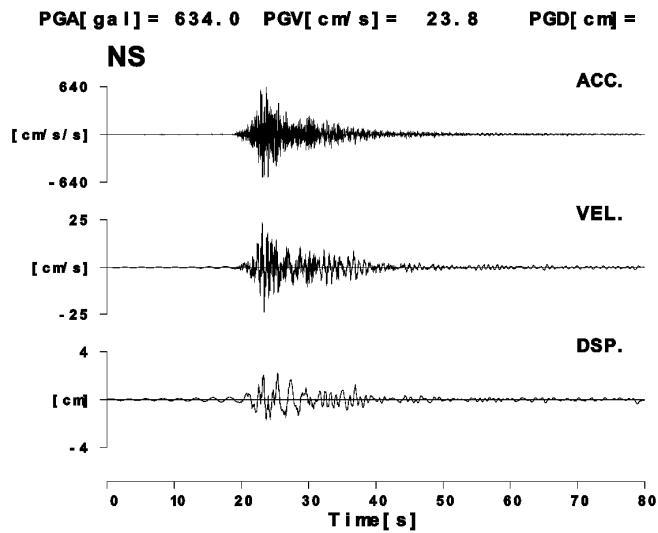


図 15 K-NET の AIC018 サイトにおけるスペクトル・フィッティング



JMA Intensity=6L[5.7]

図 16 三河地震による AIC012 (安城) の想定地震動

c) プレート境界地震

濃尾平野に大きな影響を及ぼした既往のプレート境界地震は、約 150 年周期で繰り返している南海・東南海地震で代表され、特に東南海地震の影響が大きいと考えられる。ここでは、平成 14 年度に大阪平野を対象に実施した 1707 年宝永地震（南海・東南海連動）のうち、東南海地震部を対象地震として選定した。対象断層と計算パラメーターを図 17 および表 3 に示す。

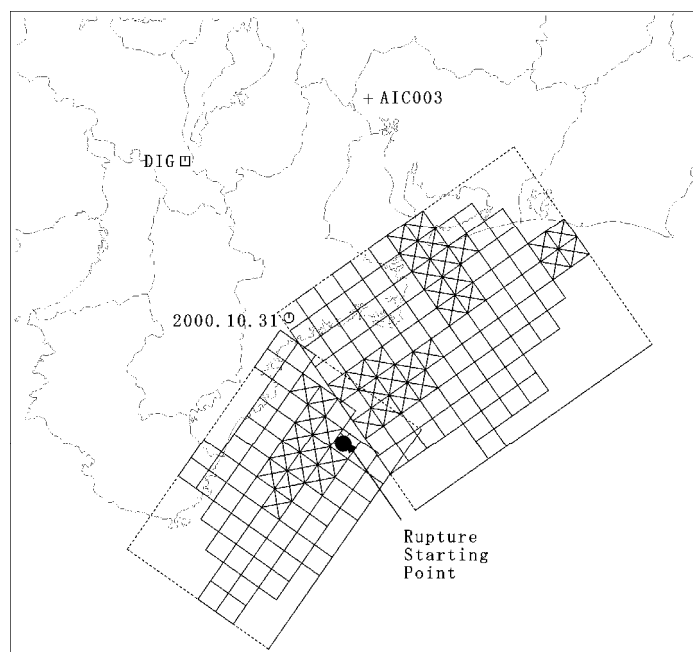


図 17 東南海地震の想定断層と対象サイト

表 3 東南海地震をシミュレーションするための合成パラメーター

	東南海地震	
	アスペリティ部	背景領域
地震モーメント	$9.8 \times 10^{18} \text{N} \cdot \text{m}$	$9.3 \times 10^{17} \text{N} \cdot \text{m}$
応力降下量	22.4MPa	2.2MPa
立ち上がり時間	6.1s	6.1s
要素断層の大きさ	10km × 10km	
小地震の地震モーメント	$2.1 \times 10^{17} \text{N} \cdot \text{m}$	
小地震の応力降下量	16.7MPa	
要素地震（中間地震） 重ね合わせパラメーター	NL	3
	NW	3
	ND	3.63
	C	1.34

要素小地震としては、2000 年 10 月 31 日に発生した M5.5 の地震を用いる。平成 14 年度には関西地震観測研究協議会醍醐サイトサイト(DIG)の記録を用いて地震モーメント($2.1 \times 10^{17} \text{N} \cdot \text{m}$)と応力降下量(16.7MPa)が見積もられている。

対象サイトは濃尾平野において比較的堆積層の厚い K-NET の AIC003 (津島) サイトとした。計算波形を図 18 に示す。既往の東南海地震における名古屋地域の震度は 5 ～ 6 と考えられているので、ほぼそれに対応した結果となっている。

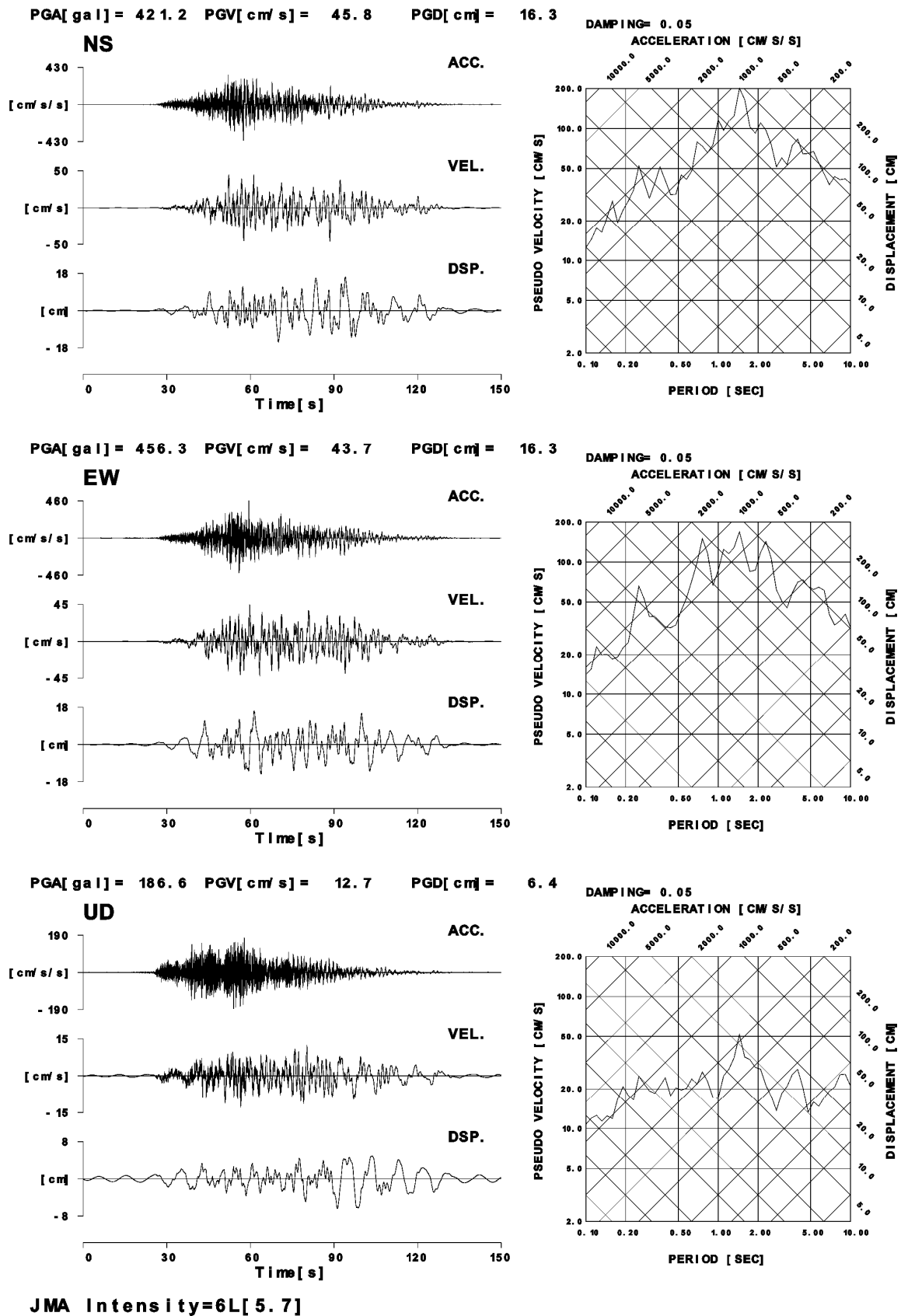


図 18 東南海地震による AIC003 (津島) の想定地震動

3) 大阪平野における補足

a) プレート境界地震

平成 14 年度に実施した大阪平野におけるプレート境界型地震について、3 次元地盤構造モデルを反映した 3 次元差分法と統計的グリーン関数法によるハイブリッド法が実施されているので〔趙・他(2003)、鶴来・他(2003)〕その結果に準じた補足検討を実施した。震源破壊モデルは平成 14 年度と同様に中央防災会議の設定に準拠した。想定震源モデルを図 19 に示す。また、仮定した大阪平野の地盤構造（基盤岩深度）を図 20 に示す。

3 次元差分計算によって得られた大阪平野内の最大速度分布を図 21 に示す。基盤岩深度の深いところほど大きな地震動となる傾向が見える。

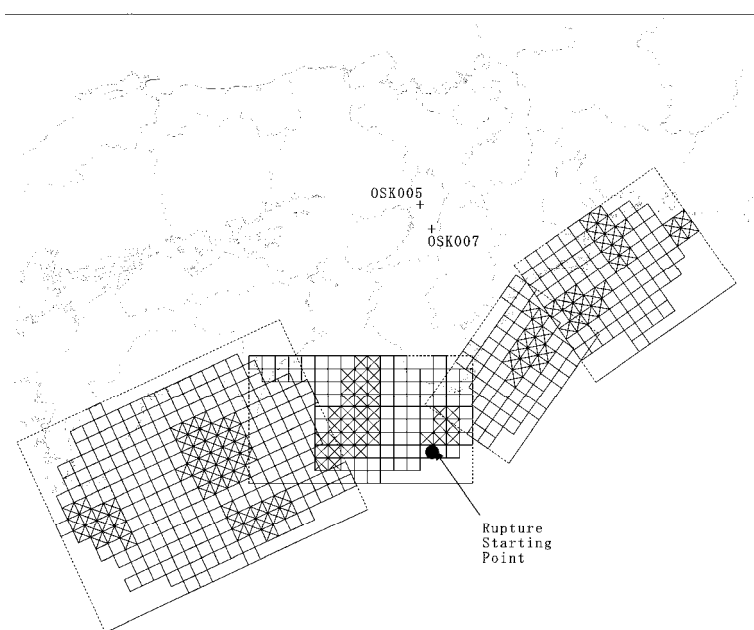


図 19 中央防災会議による南海・東南海地震を 4 枚の矩形断層でモデル化したもの

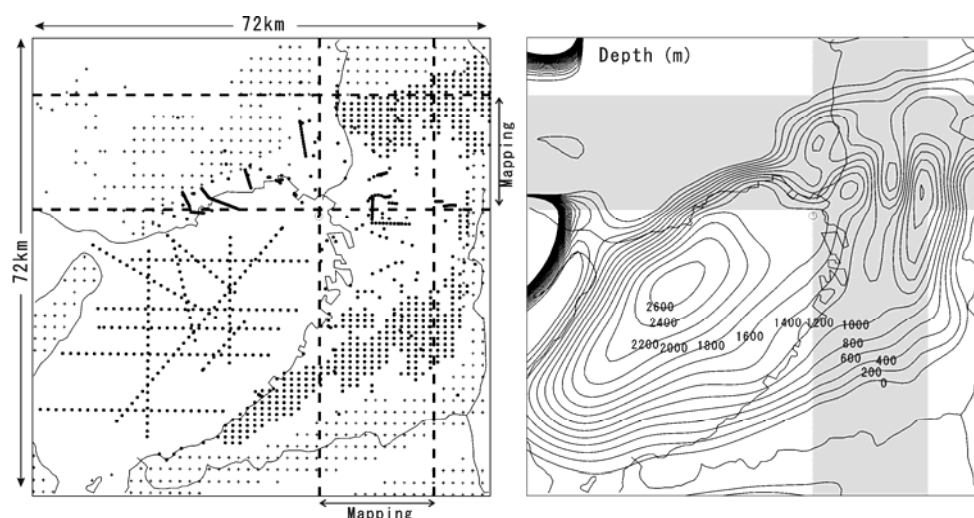


図 20 大阪平野の基盤岩深度分布モデル（左）と用いた調査点（右）

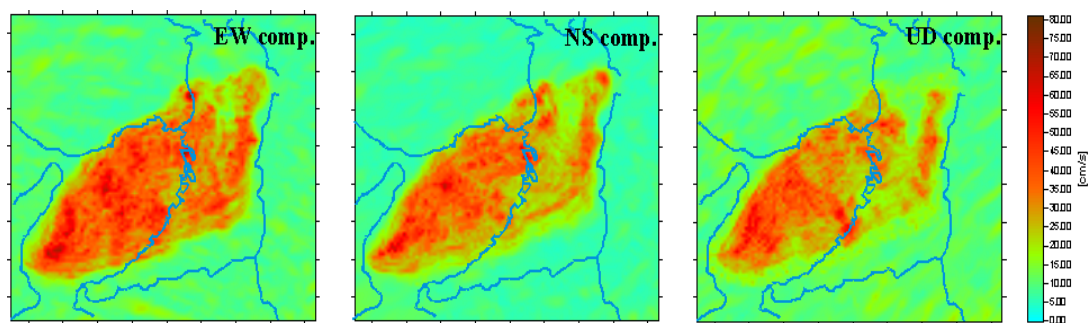


図 21 3次元差分法による大阪平野の最大速度分布

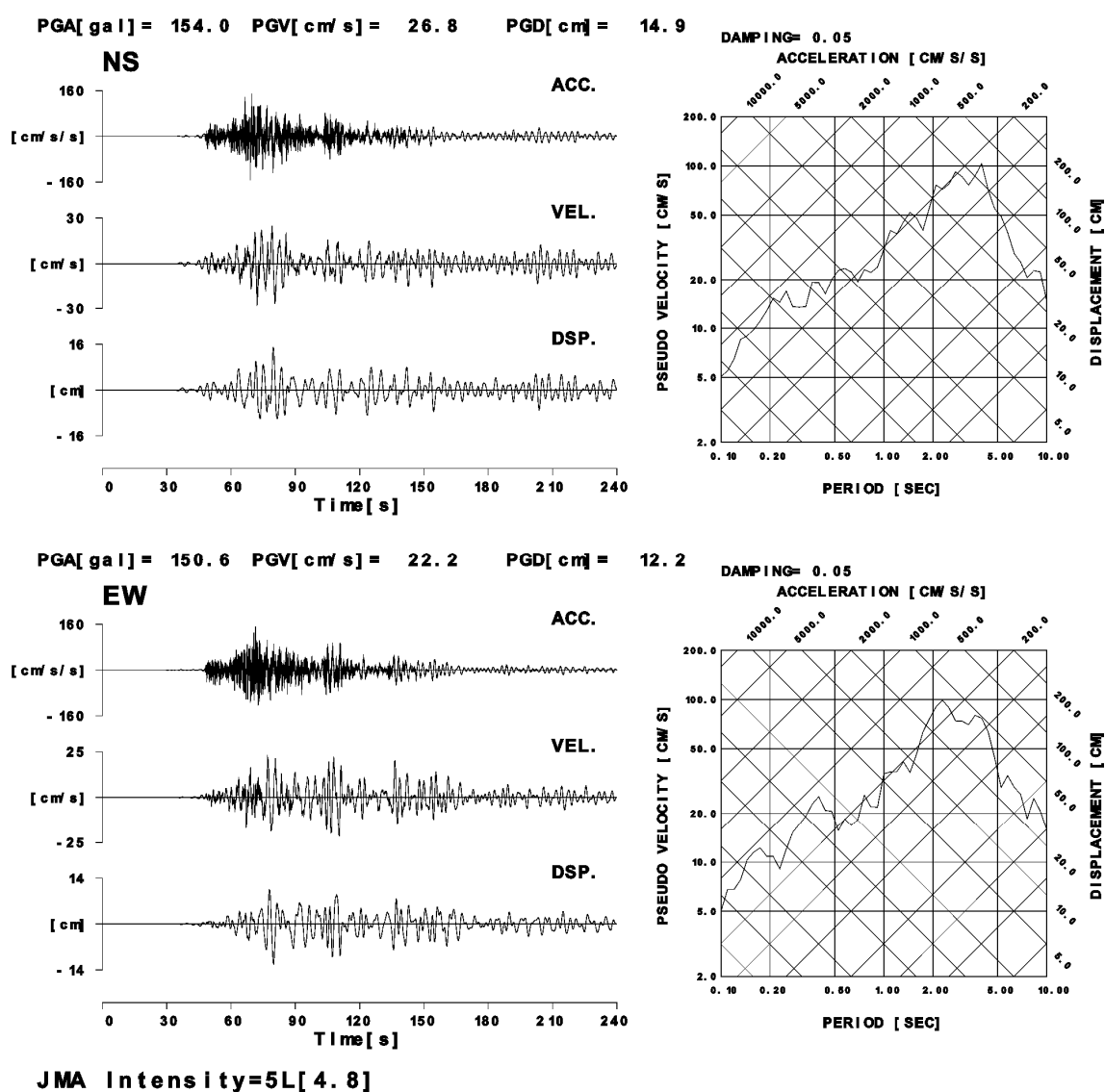


図 22 OSK005 (大阪市) で合成された南海・東南海地震波

(d) 結論ならびに今後の課題

1) 結論

既往の三次元強震動波形計算手法を調査し、濃尾平野における 1891 年濃尾地震および 1945 年三河地震（内陸活断層地震）、東南海地震（プレート境界地震）適用する手法として経験的グリーン関数法を採用した。また、大阪平野における東南海・南海地震の補足計算のための手法としてハイブリッド法を採用した。

濃尾平野におい実施されている地盤構造調査および地震動予測の情報収集をおこなった。

1891 年濃尾地震（内陸活断層地震）について名古屋市域の三次元強震動波形を推定し、当時の震度と矛盾しない結果を得た。

1945 年三河地震（内陸活断層地震）について安城市域の三次元強震動波形を推定し、当時の震度と矛盾しない結果を得た。

東南海地震（プレート境界地震）について名古屋市域の三次元強震動波形を推定し、昭和東南海地震による震度と矛盾しない結果を得た。

東南海・南海地震（プレート境界地震）について大阪平野の強震動波形をハイブリッド法を用いて計算し、既往地震による震度および経験的グリーン関数法を用いた昨年度の結果と矛盾しない結果を得た。

得られた強震動波形は、地域の地震環境を反映した地震動として、三次元震動台への入力地震動として用いることができる。

2) 課題

経験的グリーン関数法を用いた内陸活断層地震およびプレート境界地震による評価では、用いた小地震のメカニズムが対象とする地震と異なっており、その地震も断層面のごく一部を代表したものであり、断層面全体で変化する方位角を反映してはいない。観測波形・スペクトルは妥当と考えられるものの、メカニズムや方位角の影響が大きい長周期帯域において、3次元差分法を反映したハイブリッド法を用いた検証をおこなっておくことが望ましい。

非常に大きい地震動の得られたサイトにおいては、非線形地盤応答に関する補正を実施しておくことが望ましい。

(e) 引用文献

- 1) Ando, M.: Faulting in the Mikawa Earthquake of 1945, Tectonophysics, 22, 173-186, 1974.
- 2) Boore, D. M.: Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismological models of the radiation spectra, Bulletin of the Seismological Society of America, 73, 1865-1894, 1983.
- 3) Graves, R. W. : Simulating Seismic Wave Propagation in 3D Elastic Media Using Staggered-Grid Finite Differences, Bull. Seism. Soc. Am., 86, 1091-1106, 1996.
- 4) 飯田 汲事：昭和 20 年 1 月 13 日三河地震の震害と震度分布，愛知県防災会議地震部会，1978.
- 5) Irikura, K.: Prediction of strong acceleration motion using empirical Green's

function, 7th Jpn. Earthq. Eng. Symp., 63-104, 1986.

- 6) 入倉孝次郎, 三宅弘恵: シナリオ地震の強震動予測, 地学雑誌, 110, 849-875, 2001.
- 7) 釜江克宏, 入倉孝次郎, 福和保長: 地域的な震源スケーリング則を用いた大地震 (M 7 級) のための設計用地震動予測, 日本建築学会構造系論文集, 416, 57-70, 1990.
- 8) Kamae, K., K. Irikura and A. Pitarka, 1998, A technique for simulating strong ground motion using hybrid Green's function, Bull. Seism. Soc. Am., 88, 357-367, 1998.
- 9) Mikumo, K. and M. Ando: A search into the faulting mechanism of the 1891 great Nobi earthquake, J. Phys. Earth, 24, 63-87, 1976.
- 10) 宮腰研, 香川敬生, 趙伯明, 徳林宗孝, 澤田純男: 大阪堆積盆地における深部地盤構造のモデル化 (その3), 第25回地震工学研究発表会, 185-188, 1999.
- 11) 村松郁栄: 根尾谷断層と濃尾地震, 地質学論集, 12, 117-127, 1976.
- 12) Sato, T., R. W. Graves and P. G. Somerville: Three-Dimensional Finite-Difference Simulations of Long-Period Strong Motions in the Tokyo Metropolitan Area, Bulletin of the Seismological Society of America, 89, 579-607, 1999.
- 13) Somerville, P.G., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith and A. Kowada: Characterizing earthquake slip models for the prediction of strong ground motion, Seismological Research Letters, 70, 59-80, 1999.
- 14) 鶴来雅人, 田居優, 入倉孝次郎, 古和田明: 経験的サイト増幅特性評価手法に関する検討, 地震2, 50, 215-227, 1997.
- 15) 鶴来雅人, 趙伯明, 香川敬生: 大阪盆地を対象とした南海・東南海地震の地震動シミュレーション (2) - ハイブリッド法による広帯域地震動 -, 地震工学論文集, 土木学会, CD-ROM, 2003.
- 16) 宇佐美龍夫: 新編日本被害地震総覧, 東京大学出版会, 1985.
- 17) 趙伯明, 鶴来雅人, 香川敬生: 大阪盆地を対象とした南海・東南海地震の地震動シミュレーション (1) - 3次元差分法による長周期地震動 -, 地震工学論文集, 土木学会, CD-ROM, 2003.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

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	なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 16 年度業務計画案

(a) 業務計画

1) 三次元強震動推定手法の構築

震源近傍域に発生した中小地震の記録が存在するときは経験的グリーン関数法、適当な記録がないときは統計的グリーン関数法および 3 次元有限差分法を組み合わせたハイブリッド法など、対象地震断層・サイトの組み合わせに最適の推定手法が選定されることになる。これらの各手法について、特に上下動を含む 3 次元地震動を評価することを前提に、対象地域の条件に最適な方法論の調査検討をおこない、適用条件などをとりまとめる。

2) 関東平野における検証

上記計算手法に基づき、関東平野内の地盤構造（表層および深層）が既知の対象サイトにおいて、内陸活断層・プレート境界の 2 タイプの既往地震を選定し、シミュレーション結果と観測波形あるいは震度の比較をおこない、上記計算手法の妥当性を検証する。

3) 大阪平野・濃尾平野における補足

平成 15 度実施した大阪平野・濃尾平野における計算・検証結果について、新たに得られた知見に基づいた補足検討を実施する。

(b) 実施方法

1) 関東平野（大阪平野・濃尾平野）において、内陸活断層地震・プレート境界地震を対象とした三次元強震動シミュレーションを実施することを前提に、地盤構造（表層および深層）・地震観測記録（経験的グリーン関数となり得るもの）の収集・調査検討を実施する。

2) 得られた地盤構造・地震観測記録の制約の中で、三次元強震動シミュレーションに最も適した計算手法を選択する。

3) 上記条件で三次元強震動シミュレーションを実施し、対象サイトに適した三次元強震動波形を推定する。

(c) 目標とする成果

関東平野において、内陸活断層地震・プレート境界地震による三次元強震動波形を推定する。また、大阪平野・濃尾平野における三次元強震動波形のより高精度化を図る。

