

地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究

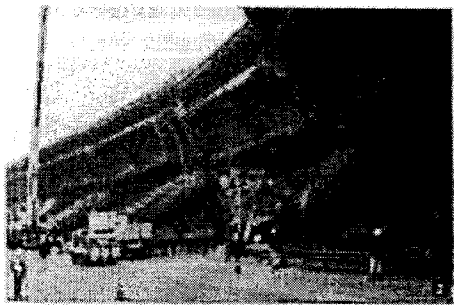
1. 研究概要

研究代表者：入倉孝次郎（京都大学）他 6 機関

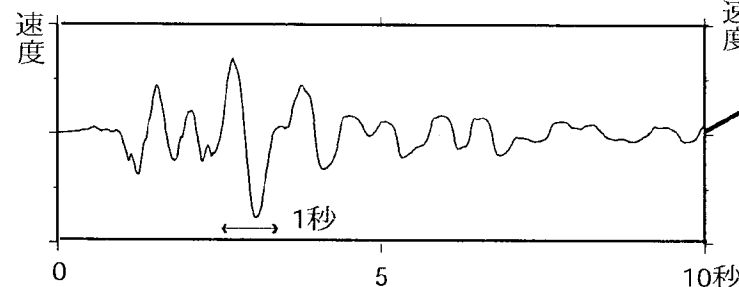
研究の概要・目標	諸外国等の現状	研究進展・成果がもたらす利点
1. 何をを目指しているのか 地震災害軽減のため、構造物の被害に直結する周期 1 秒前後のやや短周期域を含む広い周期帯域で強震動を高精度に予測するための震源像を、高精度化された地震波伝播特性に基いて確立し、さらにその新しい震源像と定量的伝播特性モデルを統合化した強震動予測・被害予測のための方法論（強震動予測マスターモデル）を構築することを目指す。 これにより、地域で想定された地震に対して、現実に近い地震動および被害を予測することが可能となり、地域の防災計画や構造物の耐震調査等に大きく貢献することが期待される。 1 年後の目標 ●強震動予測・被害予測に必要な新しい震源像の確立 3 年後の目標 ●統合化された強震動予測・被害予測の方法論の確立 2. 何を研究しているのか ●Ⅰ期（分析的研究） ・新しい震源像を抽出するための強震動評価法の開発 ・より高精度な地震波伝播特性評価法の開発 ・被害に直結する強震動を励起する不均質震源特性の抽出 ●Ⅱ期（統合的研究） ・予測に必要な震源特性・伝播特性モデル化手法の確立 ・それら要素技術の連携に基づく統合化された強震動予測・被害予測の方法論の提案と検証 3. 何が新しいのか 既往の強震動予測手法では十分表現できなかった 1 秒を中心とするやや短周期帯域を含む広い周期帯域の強震動を定量的に予測できる震源のモデル化の方法を提案すること、そして強震動に与える震源特性および地震波伝播特性の影響を定量的に評価する手法を統合化し、観測データなどで検証された高精度の強震動予測マスターモデルを構築すること。	1. 現状 強震動予測の精度向上を目指して、従来の経験式に基づく予測手法に加えて、理論的な強震動予測手法が用いられるようになりつつある。理論的予測は地震波伝播特性が的確に評価されているならば極めてよく現実を再現する。しかしながら、こうした理論的予測手法の有効周期範囲は周期数秒以上の長周期域に限られ、構造物の被害に決定的に重要な、周期 1 秒を中心とするやや短周期域（周期 0.5 秒～2 秒）では、その震源特性の評価においても地震波伝播特性の評価においても予測モデルを確立するには未だ研究が十分でなく、定量的な予測が困難な状況にある。 2. 我が国の水準 強震動予測に必要な地下構造の推定手法、経験的グリーン関数に基づく強震動評価手法等については世界をリードしている。理論的強震動計算手法についても国際的に評価の高い研究がなされている。また構造物の被害にはやや短周期域強震動の特性が重要であるとの共通認識が確立しつつあるが、それを踏まえた被害予測手法は確立していない。	1. 世界との水準の関係 内陸の活断層を震源とする大地震の震源近傍の強震動記録は、米国では 1970 年代から得られており、強震動予測にとって重要な震源過程の先端的な研究が行われてきた。日本では、1995 年兵庫県南部地震の後、震源過程の研究は大きく進歩し始めたところである。本課題で提案している強震動予測マスターモデルの構築は、強震動予測研究を加速させ、国際的にトップレベルの研究成果を与えるものとして期待される。 2. 波及効果 本研究で開発される強震動予測マスターモデルにより、地震の震源、地下構造、グリーン関数、予測強震動など広範囲の情報共有・統合化に関する方法論が整備される。これらは、地震防災施策の立案や構造物の耐震診断の高度化など地震工学分野での応用のみならず、震源のより詳細な破壊過程の解明にも有効であり、地震発生の中・長期的評価にも貢献すると考えられる。

現状の問題点：地震動災害に直結する、 やや短周期に着目した広帯域での強震動が予測できない

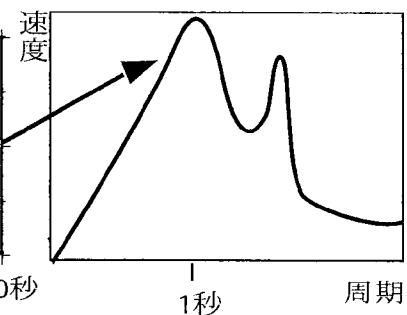
震源近傍やや短周期強震動
の破壊力



神戸震源近傍観測波

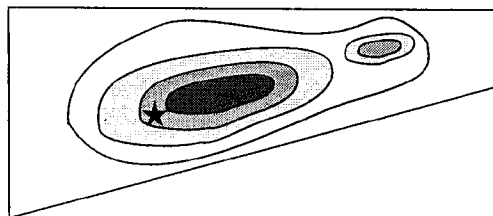


周期と揺れの関係



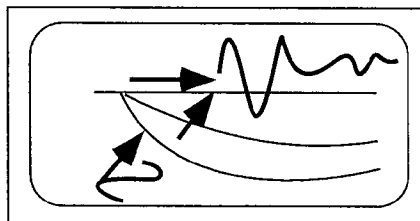
具体的内容：

(1) 震源特性の抽出に関する研究



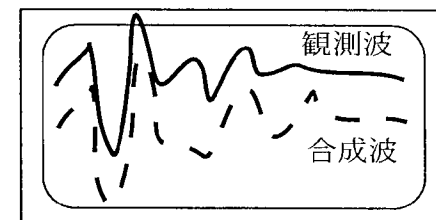
目標：やや短周期を含む広帯域強震動
予測に必要な不均質震源特性の抽出

(2) 地震波伝播特性に高精度化に関する研究



目標：実用的グリーン関数
データバンクの構築

(3) 強震動評価法に関する研究



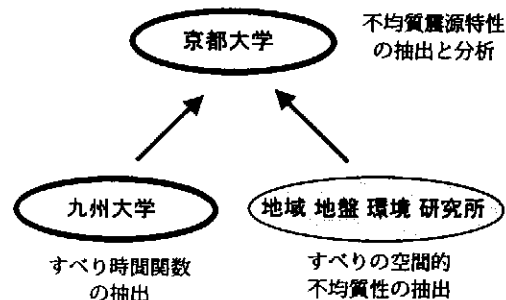
目標：やや短周期を含む
広帯域強震動予測法の確立

強震動予測・被害予測に必要な新しい震源像の確立

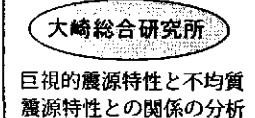
「地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究」(第I期)の研究体制

(1) 震源特性の抽出に関する研究

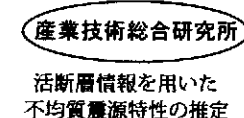
■観測記録と地震波伝播特性に基づく不均質震源特性の抽出に関する研究



■巨視的震源情報と不均質震源特性との関係に関する研究

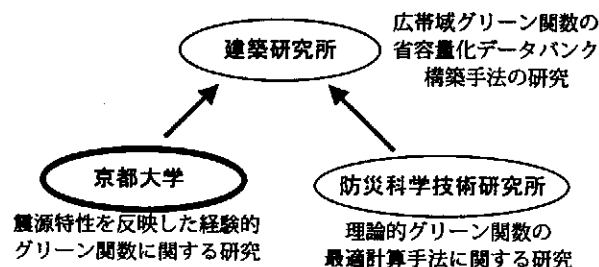


■活断層情報と不均質震源特性との関係に関する研究

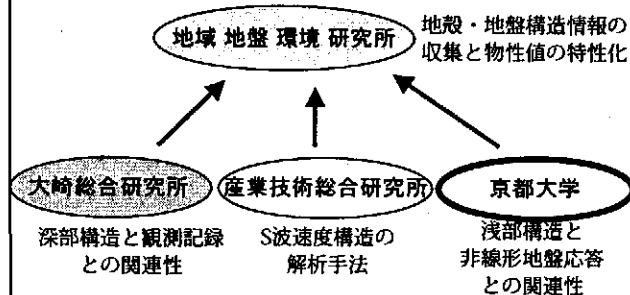


(2) 地震波伝播特性の高精度化に関する研究

■グリーン関数の計算手法とグリーン関数データバンク構築手法の研究

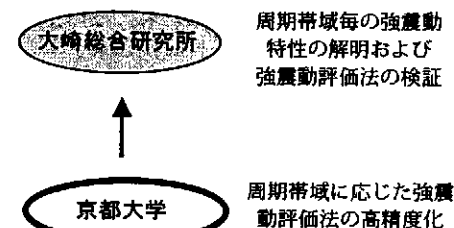


■強震動評価に用いる地下構造の物性値に関する研究

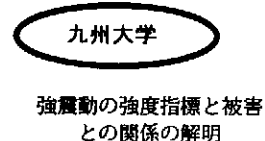


(3) 強震動評価法に関する研究

■やや短周期を含む広帯域強震動の基本特性に着目した強震動評価法に関する研究



■被害データに基づく強震動評価に関する研究



強震動予測・被害予測に必要な新しい震源像の確立

2. 所要経費一覧

単位 (千円)

研究項目	研究担当機関	研究担当者	所要経費			
1. 震源特性の抽出に関する研究			平成12年度	平成13年度	平成14年度	合計
■ 観測記録と地震波伝播特性に基づく不均質震源特性の抽出に関する研究	京都大学	岩田知孝	18,755	6,372	5,051	30,178
	九州大学	川瀬博	3,542	4,561	4,279	12,382
	(財)地域地盤環境研究所	宮腰研	6,449	15,444	9,327	31,220
■ 巨視的震源情報と不均質震源特性との関係に関する研究	㈱大崎総合研究所	石井透	17,159	32,630	28,006	77,795
■ 活断層情報と不均質震源特性との関係に関する研究	(独)産業総合技術研究所	杉山雄一	625	3,645	1,959	6,229
2. 地震波伝播特性の高精度化に関する研究						
■ グリーン関数の研究手法とグリーン関数データバンク構築手法の研究	京都大学	釜江克宏	12,369	2,973	2,937	18,279
	(独)建築研究所	横井俊明	24,859	14,677	6,677	46,213
	(独)防災科学研究所	藤原弘行	23,617	13,925	7,152	44,694
■ 強震動評価に用いる地下構造の物性値に関する研究	京都大学	澤田純男	8,216	753	841	9,810
	㈱大崎総合研究所	佐藤智美	9,206	19,591	15,286	44,083
	(財)地域地盤環境研究所	香川敬生	20,785	43,721	37,697	102,203
	(独)産業総合技術研究所	横倉隆伸	6,536	8,432	2,790	17,758
3. 強震動評価法に関する研究						
■ やや短周期を含む広帯域強震動の基本特性に着目した強震動評価法に関する研究	京都大学	入倉孝次郎	11,028	3,624	5,215	19,867
	㈱大崎総合研究所	佐藤俊明	30,749	55,186	49,138	135,073
■ 被害データに基づく強震動評価法に関する研究	九州大学	清家規	21,143	10,473	11,162	42,778
研究運営費	文部科学省研究開発局		346	346	520	1,212
合計			215,384	236,353	188,037	639,774

3. 研究成果の概要

課題名（研究代表者）：地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究
（入倉孝次郎）

【研究目標の概要】

地震災害軽減のためには、構造物の被害に直結する周期1秒前後のやや短周期域を含む広い周期帯域で強震動を高精度に予測することが必要である。そのために第1期では、地震波伝播特性の高精度モデル化、それに基づく震源特性の抽出、および強震動評価法のプロトタイプの構築を行う。第II期においてはそれらの分析的な研究成果をもとにして、新しい震源モデルと定量的伝播特性モデルを統合化した強震動予測・被害予測のための方法論（強震動予測マスターモデル）を構築することを目指している。

第1期においては、「強震動予測・被害予測のために必要な新しい震源像の確立」、「情報の多寡に応じた精度で地下構造と伝播特性をモデル化する手法の確立」、「周期帯域に応じた強震動特性の解明と強震動評価法の高精度化ならびに被害と強震動との関係の確立」を3つのサブテーマとして連携を図りながら研究を推進する。

サブテーマ1：震源特性の抽出に関する研究

－強震動予測・被害予測のために必要な新しい震源像の確立－

地震動情報と強震動評価手法、および高精度化された地震波伝播特性のモデル化手法を基に、特に構造物被害に直結するやや短周期域の強震動を再現できる、より正確な震源像を構築するための研究を行う。精度の高い地震波伝播特性評価法にもとづいて、既往の強震動予測手法では十分表現できなかった1秒を中心とするやや短周期帯域の強震動を倍／半分の精度で定量的に予測できる不均質震源のモデル化に供することのできる新しい震源像を提案する。また、このやや短周期帯域に着目した震源特性とこれまでの地震研究で蓄積されてきた、より長周期域を支配する巨視的震源情報や活断層情報との関連を分析し、両者の対応関係について検討して震源モデル設定の高精度化の可能性を探る。

サブテーマ2：地震波伝播特性の高精度化に関する研究

－情報の多寡に応じた精度で地下構造と伝播特性をモデル化する手法の確立－

与えられる情報量に応じた精度を持った信頼できる地下構造のモデル化手法の構築と、それに基づく高度なグリーン関数計算手法および計算結果の効率的な格納手法の適用が、その精度の向上のために必須である。これらの実現のため、周期1秒を中心とするやや短周期域において観測記録を倍／半分の精度で説明することを目指し、地下構造探査記録や地震観測記録から地下構造情報を抽出する要素技術を開発し、それらの情報をとりまとめてグリーン関数の計算に用いる地下構造および物性値を情報の多寡に応じてモデル化する手法を構築するための研究を実施する。同時に、地下構造情報の多寡に応じた最適な精度で理論的グリーン関数を効率的に計算する手法を開発し、全国規模の地震観測網記録に震源特性の評価を反映して特性化した経験的グリーン関数を強震動予測に活用する手法を開発するための研究を実施する。これら理論的・経験的グリーン関数および地下構造情報を系統的に整理し、広帯域グリーン関数の省容量化データバンク、地下構造の省容量化モデルを構築する手法の研究をおこなう。

サブテーマ3：強震動評価法に関する研究

－周期帯域に応じた強震動特性の解明と強震動評価法の高精度化ならびに被害と強震動と関係の確立－

地震被害に直結する周期1秒を中心とするやや短周期を含む広帯域強震動の基本特性に

着目した強震動評価法の高精度化ならびに被害と強震動との関係の確立を目指し、強震動および被害に関する現象分析とこれら予測方法論のプロトタイプの提案を行うという観点から、以下に示す目標を設定する。地震波振幅の方位依存性等の周期特性に着目して、地震動の確定的現象とランダム現象が交叉する遷移周期帯域を明らかにする。また、震源・地震波伝播モデルに基づく周期帯域に応じた強震動評価法の高精度化をはかり、観測された強震動を倍／半分の範囲内で予測できるようにする。これまで地動の単一の強度指標（例えば最大加速度）と関連づけられてきた構造物被害と強震動特性との関係において、被害とより高い相関のある強度指標の組み合わせを見出し、強震動から被害を推定する方法を提案する。

【研究成果の概要】

強震動予測・被害予測の観点にたった強震動予測のための震源像確立のために、強震動評価手法、被害予測手法の高精度化、地震波伝播特性の高精度モデル化を行い、それらに従い、特に構造物被害に直結するやや短周期域の強震動を再現できる、より正確な震源像を構築するための分析を行った。これらに基づき強震動予測および被害予測の方法論のプロトタイプの提案を行った。

サブテーマ1：震源特性の抽出に関する研究

－強震動予測・被害予測のために必要な新しい震源像の確立－

高精度化された地震波伝播特性の評価法に基づき、強震記録を用いた震源のモデリングを行い、やや短周期域に影響を及ぼす不均質震源特性としてのアスペリティサイズ、破壊伝播様式、アスペリティにおけるすべり速度時間関数の推定を行い、それらの特性について整理した。広帯域震源モデルの構築に必要な運動学的断層モデルから断層上の動力学パラメータを推定した。また、巨視的断層パラメータと不均質震源特性パラメータの関係および活断層情報と不均質断層パラメータの関係についての検討を行った。

1秒を中心としたやや短周期域を含む広帯域の震源のモデル化に必要な不均質震源特性として、アスペリティサイズの自己相似関係やアスペリティ内の最大すべり速度や応力降下量の定量化に成功するとともに、各震源モデルパラメータのスケージング則についての知見を得た。また、地表地震断層情報と震源断層浅部のすべり量分布の対応から、活断層情報を用いた想定地震の震源モデルパラメータ設定方法に関する基礎的な考え方を提案した。

サブテーマ2：地震波伝播特性の高精度化に関する研究

－情報の多寡に応じた精度で地下構造と伝播特性をモデル化する手法の確立－

情報の多寡に応じた精度で地下構造をモデル化する手法および強震動計算に必要な物性値を最適にモデル化する手法を提案し、大阪平野に適用することで周期1秒以上の帯域において観測記録を倍／半分の精度で表現することができた。モデル化に必要な地下構造情報を精度良く与えるため、ボーリング孔中と地表の観測記録からS波速度と地盤減衰(Q値)を評価する手法、反射法データからP-S変換波を抽出してS波速度構造を把握する手法を開発した。また、非線形地盤応答を考慮すべき浅部地盤について、等価線形解析手法を従来よりも大きなひずみ領域まで適用することを可能とした。

このように設定した地下構造モデルの精度に応じたグリーン関数を与えるため、低周波数域の理論的グリーン関数計算法の先端的なプログラムの開発を行った。また、高周波数域の経験的グリーン関数法を震源特性によって特性化した上で利用するシステムを開発したことにより、広い周波数帯域に活用できるグリーン関数の設定手法を提案した。このようなグリーン関数は震源とサイトの組み合わせによって膨大な容量となるが、組み合わせ数を軽減する近似および近似関数のモデル化により、格納量および計算量を大幅に軽減に成

功した。

サブテーマ3：強震動評価法に関する研究

－周期帯域に応じた強震動特性の解明と強震動評価法の高精度化ならびに被害と強震動との関係の確立－

被害に直結するやや短周期帯域を含む広帯域強震動の基本特性ならびに強震動と被害との関係について分析的研究に基づき定量化をはかるとともに、第11期に向けて、強震動予測・被害予測の方法論のプロトタイプの提案を行った。

地震波振幅の方位依存性の遷移周期帯域が0.2秒から1秒前後の間にあること、やや短周期帯域では地震波振幅がゼロとなる節が明瞭にはみられないことを明らかにし、その経験的なモデルを提案し、強震動評価法のやや短周期帯域における高精度化の方向性を得た。強震動予測の方法論のプロトタイプとして、震源の不均質性と動力学的震源モデルを考慮した震源のモデル化手法を内陸地殻内地震と海溝型巨大地震に対してそれぞれ提案し、実地震による検証を行った。

兵庫県南部地震の被害率をターゲットにRC造・木造・鉄骨造ごとの非線形数値建物群モデルを同定し、それを用いて最も相関の高い計測震度あるいは最大速度×最大加速度を強度指標とした被害関数を提案した。また、被害関数の高精度化に向けて地域性等に関する検討も行った。

本研究によってなされた分析的研究により、やや短周期域を含む強震動を倍半分の精度で推定できる不均質震源特性の抽出と震源モデル高精度化、地震波伝播特性モデルの高精度化と強震動予測のための実用的グリーン関数構築法、強震動評価方法の高精度化をはかり、強震動予測と被害予測の方法論のプロトタイプを提案した。これらを踏まえて、第11期において新しい震源モデルと定量的伝播特性モデルを統合化した強震動予測・被害予測のための方法論（強震動予測マスターモデル）の構築を進めることが可能と考えられる。

4. 研究成果公表等の状況

課題名（研究代表者）：地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究
（入倉孝次郎）

【研究成果発表等】

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合 計
国内	1 6（2 2）件	3 1 件	9 0 件	1 3 7（2 2）件
国外	1 4（3）件	4 件	2 9 件	4 7（3）件
合計	3 0（2 5）件	3 5 件	1 1 9 件	1 8 4（2 5）件

（注：括弧内は投稿中の論文）

【特許出願等】 0 件

【受賞等】 0 件

【主要雑誌への研究成果発表】

Journal	Impact Factor	サブテーマ 1	サブテーマ 2	サブテーマ 3	合計
Bull. Seism. Soc. Am.	1.231	1	1	1	3
Earth Planets and Space	0.689	1			1
Geophys. J. Int.	1.366	2			2
Geophys. Res. Lett.	2.516	1		4	5
Soil Dynamics and Earthquake Engineering	0.492		1		1
日本建築学会構造系論文集		2		8	10
活断層・古地震研究報告		3			3
地学雑誌				2	2
主要雑誌小計		10	2	15	27
発表論文合計		29	10	26	65

【主な原著論文による発表の内訳】

1) 国内〔発表題名、発表者名、発表誌名等（雑誌名、巻、号、頁、年等）〕

(計 38 件)

- 1) 1997 年鹿児島県北西部地震におけるやや短周期域の震源モデル, 宮腰研, PETUKHIN Anatoly, 岩田知孝, 関口春子, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, 2002 (投稿中)
- 2) K-net データから抽出した地震動の統計的性質とそれを用いた波形合成用グリーン関数の生成, 伊藤茂郎・久原寛之・川瀬博, 日本建築学会構造系論文集, 543, 37-44, 2001 年 5 月.
- 3) 福岡市における三次元地下構造を考慮したハイブリッド法による広周期帯域強震動予測, 中道悟・川瀬博, 日本建築学会構造系論文集, 560, 2002 年 10 月 (印刷中).
- 4) 矩形パッチ震源モデルによる理論波形と観測波形の比較に基づいたすべり速度関数の抽出と震源域の強震動特性, 川瀬博・松尾秀典・齊藤悠輔, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, 2002 年 11 月 (投稿中).
- 5) K-NET データによるサイト特性と理論増幅特性の比較に基づいた S 波速度構造の推定とそれを用いた強震動シミュレーション, 松尾秀典・川瀬博, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, 2002 年 11 月 (投稿中).
- 6) 2000 年鳥取県西部地震の震源過程と震源域強震動, 岩田知孝・関口春子, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, 2002 (投稿中).
- 7) アスぺリティモデルに基づく強震動予測のための震源モデルの特性化手法, 壇一男・佐藤俊明・入倉孝次郎, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, 2002 (投稿中).
- 8) 強震動予測のためのプレート沈み込み帯沿い地震の不均質すべりモデルの特性抽出, Paul G. Somerville・佐藤俊明・石井透・Nancy F. Collins・壇一男・藤原広行, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, 2002 (投稿中).
- 9) 強震動予測のための特性化震源モデルにおけるアスぺリティの実効応力と断層タイプおよび深さとの経験的關係, 壇一男・渡辺基史・宮腰淳一, 日本建築学会構造系論文集, 2002 (投稿中).
- 10) 2000 年鳥取県西部地震の断層モデル, 堀川晴央・関口春子・岩田知孝・杉山雄一, 活断層・古地震研究報告, no. 1, 27-40, 2001.
- 11) 車籠埔断層の活動性及び集集地震時変位量と台湾西部のアクティブテクトニクスに関する研究, 杉山雄一・李元希・関口春子・宍倉正展・太田陽子・吾妻崇・苅谷愛彦・渡辺満久・斎藤英二・渡辺和明・佐々木俊法, 活断層・古地震研究報告, no. 1, 301-313, 2001.
- 12) 1999 年台湾・集集地震のやや長周期 (2-20 秒) 震源過程, 関口春子・岩田知孝, 活断層・古地震研究報告, no. 1, 315-324, 2001.
- 13) Green 関数の省容量化データバンク構築手法, 横井俊明・藤原広行, 第 11 回日本地震工学シンポジウム (投稿中)
- 14) 経験的グリーン関数法を用いた 2000 年鳥取県西部地震の震源のモデル化と強震動シミュレーション, 池田隆明, 釜江克宏, 三輪滋, 入倉孝次郎, 日本建築学会構造系論文集 (投稿中).
- 15) 3 次元動弾性解析のためのボクセル有限要素法, 藤原広行・藤枝忠臣, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, 2002 (投稿中).
- 16) 情報の多寡に応じた強震動評価のための地盤構造モデルの作成法—大阪平野を例として—, 香川敬生・趙伯明・宮腰研・赤澤隆士, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, 2002 (投稿中).
- 17) 大阪堆積盆地モデルの高精度化及びその応用 —2000 年鳥取県西部地震(MJMA7.3)の強震動シミュレーション—, 趙伯明・香川敬生, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, 2002 (投稿中).
- 18) PS 変換波を利用した反射法における静補正の問題, 加野直巳・横倉隆伸・衣笠善博, 物理探査, 2002 (投稿中).
- 19) 拡張ベイズ法を用い時間領域で同定された表層地盤の減衰特性, 中村晋・澤田純男・吉田望・末富岩雄, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, 2002 (投稿中).
- 20) 強震時における減衰の周波数依存性の扱いに関する一考察, 末富岩雄・吉田望・澤田純男, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, 2002 (投稿中).
- 21) 周波数領域での地盤材料の地盤の非線形地震応答解析法の提案, 中村晋・吉田望, 土木学会論文集 (投稿中).
- 22) 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, 佐藤智美, 日本建築学会構造系論文集, No. 556, 25-34, 2002.6.

- 23) Frequency, distance, and time dependence of radiation pattern characteristics of strong motions, Matsushima, S. and T. Sa to, The Eleventh Japan Earthquake Engineering Symposium, 2002 (投稿中)。
- 24) シナリオ地震の強震動予測, 入倉孝次郎・三宅弘恵, 地学雑誌, Vol.110, No.6, pp.849-875, 2001.
- 25) 1945 年三河地震 ($M_j=6.8$) 時の強震動の再現, 入江紀嘉・福元俊一・釜江克宏, 日本建築学会構造系論文集, 2002 (印刷中)。
- 26) 強震動予測のための修正レシビとその検証, 入倉孝次郎・三宅弘恵・岩田知孝・釜江克宏, 川辺秀憲, 第 11 回日本地震工学シンポジウム論文集, 2002 (投稿中)。
- 27) トルコ・コジャエリ、台湾・集集地震の震源の特性化と強震動シミュレーション, 釜江克宏・入倉孝次郎, 第 11 回日本地震工学シンポジウム論文集, 2002 (投稿中)。
- 28) ハイブリッド法による 2000 年鳥取県西部地震の強震動シミュレーション, 池田隆明・釜江克宏・三輪滋・入倉孝次郎, 第 11 回日本地震工学シンポジウム論文集, 2002 (投稿中)。
- 29) 統計的グリーン関数法による強震動予測法の検証と仮想福岡地震への適用, 伊藤茂郎・川瀬博, 日本建築学会構造系論文集, 第 540 号, 57-64, 2001 年 2 月。
- 30) 建物被害データと再現強震動による RC 造構造物群の被害予測モデル, 長戸健一郎・川瀬博, 日本建築学会構造系論文集, 第 544 号, 31-37, 2001 年 6 月。
- 31) 2000 年鳥取県西部地震の地震動強さの評価, 林康裕・北原昭男・平山貴之・鈴木祥之, 日本建築学会構造系論文集, 第 548 号, 35-41, 2001 年 10 月。
- 32) 建物の地震被害の予測とその軽減への展望, 川瀬博, 地学雑誌, 特集号「地震災害を考える-予測と対策」, Vol.111, No.6, 885-899, 2001 年 12 月。
- 33) RC 造建物の地震応答解析結果に基づく被害関数構築に関する研究, 増田有周・長戸健一郎・川瀬博, 日本建築学会構造系論文集, 第 552 号, 2002 年 2 月。
- 34) 2001 年芸予地震における木造家屋被害の分析, 林康裕・鈴木祥之・後藤正美・小嶋伸仁, 日本建築学会構造系論文集, 第 556 号, 35-42, 2002 年 6 月。
- 35) 鉄骨造建物群の被害予測モデル, 長戸健一郎・川瀬博, 都市・建築学紀要, 九州大学人間環境学研究院都市・建築学部門, No.2, 41-48, 2002 年 7 月。
- 36) RC 造建物の地震応答解析結果に基づく被害関数構築に関する研究, 増田有周・長戸健一郎・川瀬博, 日本建築学会構造系論文集, 第 558 号, 101-107, 2002 年 8 月。
- 37) 観測被害統計と非線形応答解析に基づく木造建物群被害予測モデルの構築と観測強震動への適用, 長戸健一郎・川瀬博, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, 2002 年 11 月 (投稿中)。
- 38) 観測記録に基づく京都市域の地震動特性に関する研究, 森井雄史・林康裕・鈴木祥之, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, 2002 年 11 月 (投稿中)。

2) 国外 [発表題名、発表者名、発表誌名等 (雑誌名、巻、号、頁、年 等)] (計 17 件)

- 1) A multidomain approach of the Fourier pseudospectral method using discontinuous grid for elastic wave modeling, Wang, Y. and H. Takenaka, Earth, Planets and Space, 53, 149-158, 2001.
- 2) The rupture process of the $M_J=7.2$ 1995 Hyogo-ken Nanbu (Kobe) earthquake deduced from S-wave polarization analysis, Bouin, M.-P., Cocco, M., Cultrera, G., Sekiguchi, H. and Irikura, K, Geophys. J. Int., 143, 521-544, 2000
- 3) Estimation of rupture propagation direction and strong motion generation area from azimuth and distance dependence of source amplitude spectra, Miyake, H., T. Iwata, and K. Irikura, Geophys. Res. Lett., 28, 2727-2730, 2001.
- 4) Rupture process of the 1999 Kocaeli, Turkey, earthquake estimated from strong motion waveforms, Sekiguchi, H. and T. Iwata, Bulletin of the Seismological Society of America, 92, 300-311, 2002.
- 5) Source inversion for estimating continuous slip distribution on the fault - Introduction of Green's functions convolved with a correction function to give moving dislocation effects in subfaults -, Sekiguchi, H., K. Irikura and T. Iwata, Geophys. J. Int., 150,

377-391, 2002.

- 6) Characteristics of source models for shallow intraslab earthquakes using strong motion data and focal depth dependence of stress drop on asperity, Asano, K., T. Iwata, and K. Irikura, submitted to *Geophys. Res. Lett.*, 2002.
- 7) Displacements and segmentation of the surface fault, 1999 Chi-Chi, Taiwan, earthquake, Lee, Y.-H., Wu, W.-Y., Sugiyama, Y., Azuma, T. and Kariya, Y., *Journal of Structural Geology* (submitted).
- 8) Coseismic slip in great subduction zone earthquakes - its relationship to subduction erosion and subsidence of the forearc, Wells, R., Blakely, R., Sugiyama, Y. and Scholl, D., *Journal of Geophysical Research* (submitted).
- 9) Boundary shape waveform inversion for estimating the depth of three dimensional basin structures, Aoi, S., *BSSA 2002 (印刷中)*.
- 10) Equivalent linear method considering frequency dependent characteristics of stiffness and damping, Yoshida, N., Kobayashi, S., Suetomi, I and Miura, K., *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 22, No. 3, pp. 205-222, 2002.
- 11) A method of the separation of source and site effects and the apparent Q structure from strong motion data, Petukhin, Anatoly and Kojiro Irikura, *Geophysical Research Letters*, 27, 3429-3432, 2000.
- 12) Estimation of dynamic rupture parameters from the radiated seismic energy and apparent stress, Pulido N. and K. Irikura, *Geophysical Research Letters*, 27, 3429-3432, 2000.
- 13) The Importance of the Dynamic Source Effects on Strong Ground Motion During the 1999 Chi-Chi, Taiwan, Earthquake: Brief Interpretation of the Damage Distribution on Buildings, Dalguer L.A., Irikura K., Riera J. and Chiu H.C., *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 91, 1112-1127, 2001.
- 14) Fault Dynamic Rupture Simulation of the Hypocenter area of the Thrust Fault of the 1999 Chi-Chi (Taiwan) Earthquake, Dalguer L.A., Irikura K., Riera J. and Chiu H.C., *Geophysical Research Letters*, April 1, vol. 28, no. 7, pages 1327-1330, 2001.
- 15) Achievements of strong motion seismology in 20th century and its future directions, Irikura, K., *Proceedings of Symposium in Honor of Takuji Kobori "Earthquake Engineering in the next millennium"*, 37-45, 2001.
- 16) Recipe for estimating strong ground motions from active fault earthquakes, Irikura, K., "Seismotectonics in Convergent Plate Boundary" (TERRAPUB), 45-55, 2002.
- 17) Distribution of Dynamic and Static Stress Changes during 2000 Tottori (Japan) Earthquake: Brief Interpretation of the Earthquake Sequences; Foreshocks, Mainshock and Aftershocks, Dalguer, L. A., K. Irikura, W. Zhang and J. Riera, *Geophysical Research Letters*, 2002 (In press).