

機関番号：33903

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20310106

研究課題名(和文) 最近の被害地震の観測記録に基づく強震動予測レシピの検証とその改良

研究課題名(英文) Verification and modification of recipe for predicting strong ground motion from recent disastrous earthquakes

研究代表者

入倉 孝次郎 (IRIKURA KOJIRO)

愛知工業大学・工学部・教授

研究者番号：10027253

研究成果の概要(和文): 近年発生した被害地震をターゲットに震源インバージョンやフォワードモデリングを実施し、得られた震源モデルに基づき「レシピ」の検証を行った。その結果、長周期強震動を生成するアスペリティ領域内に、短周期強震動生成領域を設定するマルチアスペリティのモデル化を示唆する結果が得られた。

研究成果の概要(英文): We verified recipe for predicting strong ground motion using inversion results and forward modeling from recent disastrous earthquakes. These results suggest a multiple scale asperity model, which is composed of short period strong ground motion generation area within long period motion generation area (asperity).

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
2009年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2010年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
総計	11,900,000	3,570,000	15,470,000

研究分野：強震動地震学

科研費の分科・細目：複合新領域、社会・安全システム科学、自然災害科学

キーワード：自然災害、地震、防災、強震動

1. 研究開始当初の背景

1995年阪神・淡路大震災を契機に設置された地震調査研究推進本部の主導でGPS、高感度・広帯域地震計など観測網の整備、活断層調査などからなる基盤的調査観測計画が策定され、強震動観測を含む基盤的調査観測が実施された。そして、基盤的調査観測により得られるデータ解析に基づき、地震発生の可能性の長期評価、震源断層の破壊による強震動評価、などの研究が推進されてきた。2005年3月には、阪神・淡路大震災後10年間の研究成果のまとめとして、「全国を概観する地震動予測地図(地震調査委員会, 2005)」が発表された。同地図は、ある一定の期間内に、ある地域が強い地震動に見舞わ

れる可能性について確率等を用いて示す「確率的地震動予測地図」と、ある特定の地震が発生したとき、ある地域がどの程度の揺れに見舞われるかを示す「震源断層を特定した地震動予測地図」の2つのタイプの地図で構成される。特に「震源断層を特定した地震動予測地図」は世界に先駆けて日本のものがはじめてである。

震源を特定した強震動予測は、強震動記録を用いた震源インバージョンにより推定された断層震源パラメータに基づいて行われる。強震動の評価に必要なとされる断層パラメータは申請者らの開発した強震動予測「レシピ」に基づいて推定されている(入倉・三宅, 2001)。

このレシピの基になったデータは1995年兵

庫県南部地震を除くとすべて米国カルフォルニアの地震の強震動記録を用いた解析結果であった。1995年阪神・淡路大震災の後、日本においても強震動観測網の整備・充実が図られ、マグニチュード5以上の地震が起これば、研究者により直ちに強震動記録を用いた震源インバージョンがなされるようになり、毎年少しずつ震源インバージョン結果が蓄積されることとなった。その結果、「レシピ」に基づく巨視的および微視的断層パラメータが強震動予測に有効なことが確かめられ、地震調査委員会が行う「震源を特定した地震動予測」で用いられてきた。

「レシピ」に基づいて強震動予測を行う際、個々の地震ごとの評価結果は、過去の地震の歴史が知られているところでは予測震度マップと過去の被害分布の比較による検証を行い、過去の地震被害など歴史資料が無いところでは経験的距離減衰式との比較による検証が行われてきた。「レシピ」は、上記のように有効性を確かめながら用いられてきたが、これらはいわば間接的な検証に過ぎず、有効性の範囲など定量的な検証にはなっていない。

2. 研究の目的

本研究は、地形・地質学的な活断層調査や歴史地震調査により地震発生の可能性が高いと評価される特定の断層に地震が発生したときに、生成・伝播する地震動を予測するために開発された強震動予測「レシピ」を、最近発生した国内外の被害地震の観測記録に基づいてその有効性を検証し、新たな「レシピ」の提案を行うことを目的としている。特に、2007年新潟県中越沖地震による柏崎刈羽原子力発電所に見られるような重要構造物の被害を再発しないようにするためには、活褶曲地域などにおける震源を特定しにくい地震にも対応可能な「レシピ」の構築も狙いとする。

3. 研究の方法

本研究は、5つの課題からなる。課題1.内外の最近の被害地震に関して震源断層など強震動関連資料の収集、課題2.周期依存型震源インバージョンを用いた断層破壊過程の解明、課題3.震源、伝播経路、サイト特性のモデル化および地震動計算手法の検討、課題4.構造物被害に関する強震動指標の解明、課題5.「レシピ」の検証およびその改良、である。

最近の被害を引き起こす地震は必ずしも事前に想定された断層に発生していない(2000年鳥取県西部地震、2005年福岡県西方沖地震、2007年中越沖地震など)。このため、震源を予め特定しにくい場合に被害軽減のための強震動評価はどのようにすべきか、などの検討が必要である。課題1ではこのような観点からの近年発生した被害地震の資料の収集を行う。また、強震動評価のためのアスペリティの抽出は強震動記録を用いた波形インバージョン解析結果に基づいてなされてきた。しかしながら、これらの結果は遠地震記録等を用いたインバージョン結果によるすべり分布とは必ずしも一致しない。理由

の1つはすべり分布の周波数依存性にあると考えられる。このため課題2では、強震動予測のためのアスペリティ評価を種々のデータを活用するために、周波数依存性を考慮したインバージョンあるいはフォワードモデリングを行い、震源過程とそれらの結果の関係を解明する。課題3では震源過程の解析結果に基づいて震源のモデル化と同時に波動伝播特性およびサイト特性の評価手法の検討により、より信頼性のある地震動計算手法の高度化を狙いとする。さらに強震動予測結果を構造物被害の軽減に生かすには、構造物の破壊に関する適切な強震動の指標が必要とされる。課題4では過去の地震で構造物被害が起こった建物と被害がなかった建物で強震動に対する挙動を比較検討して構造物被害軽減のための強震動の指標を推定する。

以上の課題1~4の検討結果に基づいて、課題5では地震動災害軽減のための新たな「レシピ」の提案をまとめる。

4. 研究成果

課題1.最近の被害地震に関して震源断層など強震動関連資料の収集

強震動予測において、はじめに巨視的パラメータの設定が重要となる。その際、断層幅については、微小地震の深さ分布に基づく場合が多い。特に地表に断層が現れない「特定しにくい地震の地震動」を策定する際、断層幅は地震規模を決める重要なパラメータとなる。ここでは、近年発生した被害地震について、本震発生前の地震活動(事前活動)、本震時の断層破壊範囲(震源インバージョン結果)、余震活動について比較を行った。対象としたのは、2000年鳥取県西部地震(Mw6.6)、2004年新潟県中越沖地震(Mw6.6)、2005年福岡県西方沖地震(Mw6.6)、2007年能登半島地震(Mw6.7)、2007年新潟県中越沖地震(Mw6.6)、2008年岩手宮城内陸地震(Mw6.9)、である。図1は2000年鳥取県西部地震の解析例である。いずれの地震についても、微小地震活動に基づくD10(震源の深さ累積頻度が10%となる深さ)、D90(震源の深さ累積頻度が90%となる深さ)の深さから地震発生層を評価する場合、断層下端についてはD90と概ね良好な結果となるものの、上端についてはD10では深めに(地震規模が過小評価側)設定される傾向がみられ、地震発生層設定に関しての注意点が示唆される。

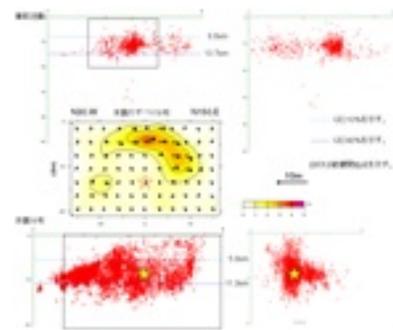


図1(上)2000年鳥取県西部地震における地震発生以前のこの地域における微小地震の深さ分布(南北および東西断面)、(中)震源インバー

ジョン結果。(下)余震の深さ分布(断層走向および直交方向断面)[岸本(2010):内陸地震の地震発生域の深さ分布について(鳥取大学工学部卒業論文)]

課題2. 周期依存型震源インバージョンを用いた断層破壊過程の解明

ここではEGFに準じた方法を用い(例えば、野津・他、2009)短周期(約0.3秒前後)域をターゲットとする震源インバージョンを実施した。対象とした地震は、課題1で用いた6地震である。次に、波形インバージョン結果を参考に特性化震源モデルを構築し、強震動予測レシピの検証を行った。

図2は2000年鳥取県西部地震を対象として作成した特性化震源モデル例である。この地震の背景領域を含めた地震モーメントは 8.62×10^{18} Nmと推定されており(F-net)Somerville et al.(1999)による地震規模と断層面積の経験的な関係からはその面積は394km²となる。この結果、鳥取県西部地震の断層面全体に占めるアスペリティ領域は13%となった。各地震による平均のアスペリティ面積は全断層面積の約10%であり、既往の結果(約22%)と異なる。

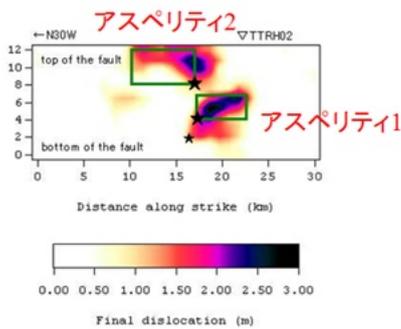


図2 2000年鳥取県西部地震の特性化震源モデル

一方、2008年中国四川地震(Mw7.9)を対象にKurahashi and Irikura(2010)によるEGFを用いたフォワードモデリングに基づき特性化震源モデルの再構築を行った。その際、主に1Hz以下の低周波数成分も評価するため、理論的手法による計算も実施している。構築された震源モデルを図3に、地震モーメントとアスペリティ面積のスケールリング則との比較図を図4に示す。四川地震の強震動生成領域は既往のスケールリング則のばらつきの範囲内であるが、平均に対して若干小さい結果となっている。

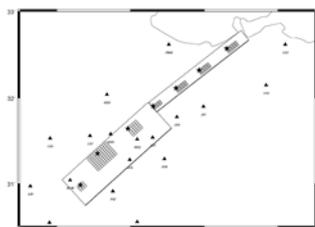


図3 再構築した2008年四川地震の震源モデル

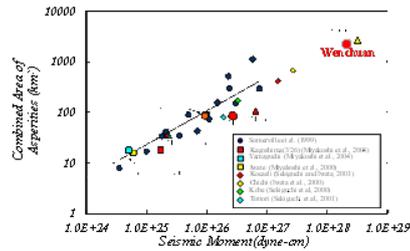


図4 地震モーメントvsアスペリティ面積のスケールリング(赤丸:四川地震)

課題3. 震源、伝播経路、サイト特性のモデル化および地震動計算手法の検討

2004年北海道留萌支庁南部で発生した地震(Mj6.1:以下、留萌地震)を対象にMaeda and Sasatani(2009)による経験的グリーン関数法を用いた強震動評価結果に従い、約1000galを観測したHKD020において理論的手法を用いて強震動評価を行った。彼らによればHKD020は比較的硬質な地盤上に位置し、サイト増幅特性はほとんどないと報告されており、観測地震動には震源特性が大きく影響していると予想された。強震動評価の結果、図5で示すように留萌地震では周波数約5Hzまで放射特性を考慮すると観測地震動をよく説明できることが分かった。通常、放射特性は周波数約1Hz以上で等方的になると考えられているが(例えば、釜江・他、1990)震源近傍ではより高周波数まで放射特性の効果があることが示唆された。また、HKD020の1次元地盤構造モデルを仮定し、3次元差分法を用いた面的強震動評価を実施した結果、図6で示すように領域は狭いが、破壊伝播特性からHKD020の東側に100cm/sを越える大きな強震動域が見れることが示された。

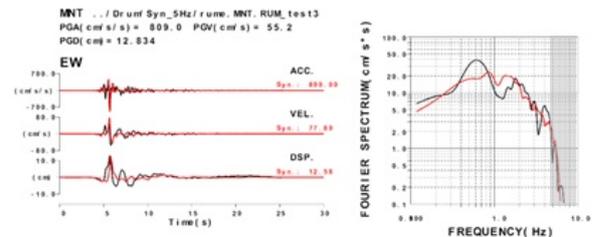


図5 HKD020における計算波形(赤)と観測波形(黒)の比較

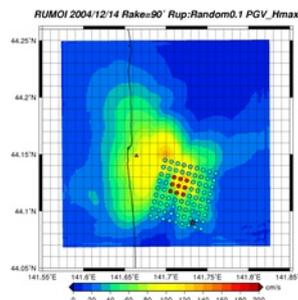


図6 2004年留萌地震における計算PGVの面的分布(:HKD020)

課題4. 構造物被害に関する強震動指標の解明

地震動と被害の関係を検討するためには、詳細な地震動分布と被害分布が必要となる。Onishi and Hayashi (2008)では1995年兵庫県南部地震の詳細地震動シミュレーション結果(松島・川瀬, 2000)と自治体による罹災調査データ(罹災証明)に基づく建物被害分布の比較から、構造物被害に相関する物理量について考察している。図7に減衰5%の速度応答スペクトルを1.0~3.0秒の平均速度応答スペクトルに基づく fragility curve と実際の被害率(実数および平均と標準偏差)の相関を示す。彼らの結果から、地震動指標として、木造家屋の場合には減衰5%の「速度応答スペクトル」を1.0~3.0秒の範囲で平均した値と全壊および半壊に関する fragility curve の相関が良いことが示されている。

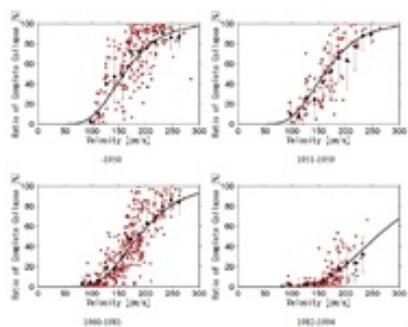
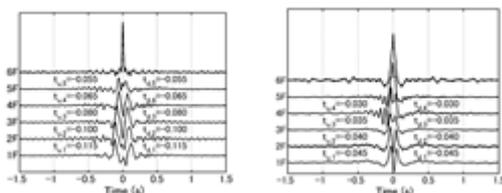


図7 周期1.0~3.0秒の平均速度応答スペクトルと被害率の相関例(木造家屋)
(Onishi and Hayashi, 2008)

また、建物上部構造の応答特性や耐震性能等を検討するためには、建物内のS波伝播速度を測定することも重要である。ここでは建物の強震動指標の検討のため、微動観測を実施し、deconvolution法を用いて2008年中国四川地震(Mw7.9)において半壊したレンガ造建物(住宅A)と健全な建物(住宅C)のS波の伝播速度を評価した。図8にdeconvolution法を用いて得られる各階の上昇波、下降波の例を示す。また、表1に平均S波伝播速度を示す。その結果、平均S波伝播速度は健全な建物より半分以下に低下することを確認した(表1参照)。



住宅A(半壊) 住宅C(健全)
図8 微動観測による deconvolved wave の例
(建物長軸方向)

表1 住宅AとCの1階から6階までのS波平均伝播速度の例

住宅	\bar{c} (m/s)	
	長軸	短軸
A(半壊)	146	258
C(健全)	376	376

課題5 「レシピ」の検証およびその改良

強震動予測において、はじめに巨視的パラメータの設定が重要となるが、そのパラメータの一つである断層幅については、微小地震の深さ分布に基づく場合が多い。ここでは、近年発生した被害地震について、本震発生前の地震活動(事前活動)本震時の断層破壊範囲(震源インバージョン結果)余震活動について比較を行った。その結果、微小地震活動に基づくD10、D90の深さから地震発生層を評価する場合、断層上端についてD10では深めに(地震規模が過小評価)設定される傾向がみられた。特に断層上端の設定は予測地震動に大きな影響を与えることから、対象サイト周辺の微小地震分布を注意深くみるとともに、物理探査等を活用し、物性値(地震波速度や密度)と微小地震活動との対応を含めた検討が必要と考える。

Somerville et al. (1999)の経験的相似則は主に周期1秒以上の観測波形をターゲットにした震源インバージョン結果に基づいている。しかしながら、本研究による周期1秒以下の帯域をターゲットとした震源インバージョンの結果から、これまで考えられていた全断層面積に対するアスペリティ面積の割合(約22%)に比べて、約半分程度(約10%)であることが示された。この結果から、短周期を生成する領域はこれまでの経験的な結果に比べて小さいことが示唆される。一方で、四川地震(Mw7.9)を対象とした周期1秒以上の長周期を含む広帯域のフォワードモデリングからは、これまでの強震動予測「レシピ」の基となる経験的相似則と調和的な結果が示されている。「レシピ」において、長周期強震動の生成領域と短周期生成領域はほぼ同じであると考えられてきたが、本研究成果から長周期強震動を生成するアスペリティ領域の大きさはこれまで通りである一方、短周期強震動を生成する領域(SMGA)はそのアスペリティ領域に含まれる、いわゆる、マルチ・アスペリティモデルの必要性が示唆された。

また、2004年留萌地震(Mj6.1)における理論的な強震動評価から放射特性が周波数約5Hzまで現れていることが示された。事例は少ないが、震源近傍域において周波数5Hz程度までの高周波数側まで放射特性が現れる可能性が示唆された。このため、放射特性と破壊伝播特性から震源近傍で大きな地震動が計算されており、震源近傍におけるハイブリッド合成の遷移周波数帯域について今後、検討を進めるべきと考える。

(引用文献)
Kurahashi, S., K. Irikura, Characterized source model for simulating strong ground motions during the 2008 Wenchuan earthquake, Bull. Seism. Soc. Am.100, 2010, 2450-2475.

Maeda, T. and T. Sasatani, Strong ground motions from an Mj 6.1 inland crustal earthquake in Hokkaido, Japan: the 2004 Rumoi earthquake, Earth Planets Space, 61, 2009, 689-701.

野津厚,長尾毅,山田雅行,経験的サイト増幅・

位相特性を考慮した強震動評価手法の改良 - 因果性を満足する地震波の生成 -, 土木学会論文集 A, Vol.65, 2009, 808-813
Onishi, Y. and Y. Hayashi, Fragility curves for wooden houses considering aged deterioration of the earthquake resistance, 14WCEE, 2008, CD-ROM.
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, 2001, 849-875.
Somerville, P. G., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith and A. Kowada, Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion, Seismological. Research. Letters., 70, 1999, 59-80.
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(M7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, 1990, 57-70.
松島信一・川瀬博、1995年兵庫県南部地震の複数アスペリティモデルの提案とそれによる強震動シミュレーション, 日本建築学会構造系論文集, 534, 2000, 33-40.
5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)
〔雑誌論文〕(計 11件)
Irikura, K. and H. Miyake, Recipe for predicting strong ground motion from crustal earthquake scenarios, Pure and Applied Geophysics, 査読有, Vol.168, 2011, 85-104.
香川敬生、広域応力場を反映した断層モデルによる確率的地震ハザード評価の試み、第13回日本地震工学シンポジウム論文集、査読無、13巻、2010、PS2-Fri-58。
王欣、正木和明、入倉孝次郎、四川地震の被害地における建物常時微動観測および被害建物の応答特性の抽出、第13回日本地震工学シンポジウム論文集、査読無、13巻、2010、G027-Thu-PM-3。
入倉孝次郎、倉橋奨、長大な活断層に発生する地震に対する強震動予測のためのレシピの高度化、第13回日本地震工学シンポジウム論文集、査読無、13巻、2010、G029-Fri-AM-1。
秦吉弥、一井康二、野津厚、古川愛子、常田賢一、経験的サイト増幅・位相特性を考慮した2009年駿河湾の地震における東名高速道路盛土崩落地点での地震動の推定、土木学会論文集 A、査読有、66巻、2010、673-690。
秦吉弥、一井康二、村田晶、野津厚、宮島昌克、経験的サイト増幅・位相特性を考慮した線状構造物における地震動の推定とその応用 - 2007年能登半島地震での道路被災を例に -, 土木学会論文集 A、査読有、66

巻、2010、799-815。
野津厚、非破壊伝播方向におけるやや短周期パルスへの特性化震源モデルの適用に関する研究 - 2007年新潟県中越沖地震を例に -, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学)、査読有、66巻、2010、40-51。
香川敬生、断層モデルとの比較に基づく震源破壊進行を考慮した経験的距離減衰特性の補正について、土木学会地震工学論文集、査読有、30巻、2009、59-64。
野津厚、長尾毅、山田雅行、経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震動評価手法の改良 - 因果性を満足する地震波の生成 -, 土木学会論文集 A、査読有、65巻、2009、808-813。
Nozu, A., Rupture process of the 2007 Chuetsu-oki, Niigata, Japan earthquake - waveform inversion using empirical Green's functions, Earth Planets Space, 査読有, Vol.60, 2008, 1169-1176。
Nozu, A., Rupture process of the 2007 Noto Hanto earthquake: waveform inversion using empirical Green's function, Earth Planets Space, 査読有, Vol.60, 2008, 1029-1034。

〔学会発表〕(計 23件)

Irikura, K. and S. Kurahashi, Recipe for predicting strong ground motions for inland mega fault earthquakes, The 2001 Bhuj Earthquake and Advances in Earthquake Science, 2011年1月, Gandhinagar (インド)
Irikura, K. and S. Kurahashi, Evaluation of strong ground motions from future large crustal earthquakes for seismic safety of nuclear power plants, The 8th ASC General Assembly (ASC2010), 2010年11月、Hanoi (ベトナム)
宮腰研、西村利光、倉橋奨、入倉孝次郎、釜江克宏、近年発生した被害地震の特性化震源モデルに基づく面的強震動評価、日本地震学会2010年秋季大会、2010年10月、広島
入倉孝次郎、松元康広、司宏俊、内陸地殻内地震の特性化震源モデルの高度化 短周期レベルと地震モーメントの関係、日本地震学会2010年秋季大会、2010年10月、広島
宮腰研、前田宜浩、笹谷務、釜江克宏、入倉孝次郎、2004年留萌地震(Mj6.1)におけるHKD020の大振幅地震動の生成メカニズム、日本地球惑星科学連合2010年大会、2010年5月、千葉
石田勇介、伊藤圭、野口竜也、香川敬生、常時微動観測による鳥取平野湖山池周辺の地盤構造推定、日本地球惑星科学連合2010年大会、2010年5月、千葉
倉橋奨、入倉孝次郎、宮腰研、2009年駿河湾の震源の強震動シミュレーションと震源

モデルの構築および浜岡原子力発電所における強震動の特徴、日本地球惑星科学連合 2010 年大会、2010 年 5 月、千葉

入倉孝次郎、倉橋奨、正木和明、直下地震や巨大地震に有効な緊急地震速報の高度化をめざして、日本地球惑星科学連合 2010 年大会、2010 年 5 月、千葉

Irikura, K., A recipe for microzoning aimed to earthquake disaster prevention, The 9th International Workshop on Seismic Microzoning and Risk Reduction (9th IWSMRR), 2010 年 2 月, Cuernavaca(メキシコ)

倉橋奨、入倉孝次郎、宮腰研、近地強震記録を用いた 2009 年駿河湾を震源とする地震の震源モデルの構築と強震動シミュレーション、日本地震工学会・大会-2009、2009 年 11 月、東京

倉橋奨、入倉孝次郎、宮腰研、正木和明、2009 年駿河湾を震源とする地震の震源モデルの構築と波形シミュレーション、日本地震学会 2009 年秋季大会、2009 年 10 月、京都

入倉孝次郎、倉橋奨、長大断層地震のための強震動予測レシピ - 四川大地震の強震動記録による検証 -、日本地震学会 2009 年秋季大会、2009 年 10 月、京都

Kagawa, T., Study on probabilistic earthquake hazard analysis applying the fault rupture model, The 10th International Conference on Structural Safety and Reliability (10th ICOSSAR), 2009 年 9 月、大阪

Irikura, K., K. Miyakoshi, S. Kurahashi, A. Petukhin, Y. Yamamoto, K. Kamae, and H. Kawabe, Best-fit source model for simulating strong ground motions from the 2007 Niigata-ken Chuetsu-oki earthquake, 日本地球惑星科学連合 2009 年大会、2009 年 5 月、千葉

Kagawa, T., Conditions of fault rupture and site location that generate damaging pulse waves, 6th International Conference on Urban Earthquake Engineering, 2009 年 3 月、京都

香川敬生、長周期パルス波が卓越する条件、上町断層帯による想定地震に対する建物の耐震設計を考える (日本建築学会近畿支部シンポジウム)、2009 年 1 月、大阪

倉橋奨、正木和明、入倉孝次郎、2008 年岩手・宮城内陸地震の震源モデルの構築と波形シミュレーション、日本地震工学会・大会-2008、2008 年 11 月、仙台

入倉孝次郎、倉橋奨、2008 年岩手・宮城内陸地震の震源モデルと強震動 - なぜ 400 ガルの強震動が生成されたのか? -、日本活断層学会 2008 年度秋季学術大会、2008 年 11 月、東京

Irikura, K., S. Kurahashi and K. Miyakoshi, Applicability of strong

motion prediction recipe for recent disastrous earthquakes, The 7th General Assembly of Asian Seismological Commission and The 2008 Fall meeting of Seismological Society of Japan、2008 年 11 月、つくば

宮腰研、倉橋奨、入倉孝次郎、2007 年新潟県中越沖地震の震源モデルに関するレビュー、The 7th General Assembly of Asian Seismological Commission and The 2008 Fall meeting of Seismological Society of Japan、2008 年 11 月、つくば

21 Kagawa, T. and K. Irikura, Concept and aspect of the killer pulse due to earthquake fault rupture, International Symposium on Structures under Earthquake Impact and Blast Loading, 2008 年 10 月、大阪

22 Irikura, K. and S. Kurahashi, Validity of strong motion prediction recipe for inland-crust earthquakes, 14th World Conference on Earthquake Engineering, 2008 年 10 月、北京(中国)

23 Kurahashi, S. K. Masaki and K. Irikura, Phase-dependent site effects empirically estimated, 14th World Conference on Earthquake Engineering, 2008 年 10 月、北京(中国)

〔図書〕(計 1 件)

野津厚・他、土木学会 構造工学委員会 土木構造物共通示方書 (作用・荷重) 策定小委員会、(社)土木学会、土木構造物共通示方書 (作用・荷重)、2010 年、197

6. 研究組織

(1) 研究代表者

入倉 孝次郎 (IRIKURA KOJIRO)

愛知工業大学・工学部・教授

研究者番号：1 0 0 2 7 2 5 3

(2) 研究分担者

香川 敬生 (KAGAWA TAKAO)

鳥取大学・工学研究科・教授

研究者番号：5 0 4 5 0 9 1 1

宮腰 研 (MIYAKOSHI KEN)

(財)地域地盤環境研究所・地球科学研究部門

地震防災グループ・グループリーダー

研究者番号：8 0 4 5 0 9 1 4

野津 厚 (NODU ATUSHI)

(独)港湾空港技術研究所・地盤構造部・主任研究官

研究者番号：6 0 3 7 1 7 7 0

(3) 連携研究者

()

研究者番号：