「地震破壊過程と強震動」計画推進部会長 古村孝志 (東京大学地震研究所)

大地震の破壊過程を詳しく調べることによって、断層面上のアスペリティやその周辺の不均質な 応力降下の分布が得られる。このような情報を蓄積することにより、大地震発生に先立って震源域 における破壊開始点やアスペリティ周辺の応力及び強度に関する特徴を知ることができ、地震発生 場の理解と強震動予測の高度化が大きく進む。こうして、アスペリティの分布やその破壊の繰り返 し及び地震の連動発生条件の理解が進めば、単に地震規模の予測だけでなく、強震動のレベルとそ のバラツキの定量的評価も可能となり、大地震発生による強震動と津波の高精度予測・評価と、災 害軽減に結びつく。これらの知見に基づき、災害軽減に資するためには、大地震発生後速やかに震 源域の広がりを把握して、そして時間経過とともに次々と得られる新しい観測データを取り込んだ 津波予測のリアルタイム化のための手法開発が必要である。

複雑な震源過程により生まれる強震動と津波の予測、そして観測データの逆解析に基づく震源破 壊過程の詳細かつ迅速な推定には、地震波伝播や津波発生伝播に強く影響を与える地盤・地殻・マ ントル構造と海底地形モデルの整備や、強震動、津波観測点の拡充と観測継続など地道な努力の上 に成り立っている。このように観測データ解析とシミュレーション技術の高度化に向けた協調的発 展が欠かせない。

このような観点から、「地震破壊過程と強震動」部会では、三次元地下構造の考慮や、近地強震 記録、遠地実体波波形記録、GPS測地データ、津波波形記録など、複数の地球観測データを用いた 逆解析に基づいた震源過程解析の高度化手法をこれまで開発し、国内外の地震への適用を進めて有 効性の検証を行ってきた。こうして得られたアスペリティの微細構造や、地震のスケール依存性は、 断層面の強度や摩擦特性を知るための重大な手がかりとなるだけでなく、微小地震分布やトモグラ フィー、反射法構造探査結果等の測定・観測データを用いた他の研究成果とあわせて、アスペリテ ィの実体解明と事前推定の可能性が見えてくる。

こうした震源破壊過程研究の進捗とともに、アスペリティ破壊の多様性・不規則性と、これを作 り出す階層構造や複合破壊など、ポスト・アスペリティ仮説の必要性など次の課題も見えてきてい る。

ア.断層面の不均質性と動的破壊特性

(震源の繰り返し破壊とその周期性及び多様性に関する研究)

プレート境界型地震の発生メカニズムとその繰り返し特性、および震源過程の多様性の理解の深 化をめざし、高精度震源決定法や地震波形および測地データを統合的に用いた高精度震源過程イン バージョンなどの解析手法に基づき、大地震のアスペリティ領域の高精度マッピングと、断層周辺 の不均質構造、およびプレート形状との関連の議論が行われた。また、繰り返し地震の周期性とそ の多様性に関する観測研究が実施された。

昨年度に引き続き、岩手県種市沖で発見された中規模(M6程度)のクラスター地震を対象に、1994 年三陸はるか沖地震の最大余震(1995年1月7日M7.2)と、1995年の繰り返し地震(M6.2)との関 係についてより詳細な検討が行われた。三陸はるか沖地震の発生にかかわらず、地震クラスターの 発生間隔が崩されなかった原因は、M7.2最大余震の破壊進行方向が、M6.2地震クラスターの逆方向 に進行したこと(東北大学[課題番号:1211]H21年度成果)に加えて、M7.2最大余震の大きな滑 り域はM6.2地震クラスターと重ならないことが明らかになった(東北大学[課題番号:1211])。 今後、アスペリティの複合破壊や大地震の連動発生条件を考えるためには、アスペリティの位置だ けでなく、その強度やプレート境界の間隙水圧の時間変化と地震後の回復過程の理解が重要である。

宮城県沖では、海底地震観測と陸上観測データの併合処理により、宮城県沖地震の震源域周辺での高分解能の3次元地震波速度構造推定が行われた。これらの微小地震のP波初動の極性と、S波と P波の振幅比を用いて推定された地震のメカニズム解とその周辺の応力場の詳細推定が行われた。 こつをあわせて、プレート間の固着度は、プレート形状の変化による応力の局所的な空間変化と、 プレート周辺の物性(VP/VS比)の違いによる摩擦特性の空間変動で規定されている可能性が議論 された(東北大学[課題番号:1211])。

茨城県沖ではおよそ10年程度の短い間隔でM7級の地震が繰り返し発生しており、地震の繰り返し 性とその多様性の調査のためのデータの蓄積がある。この地震を対象として、昨年度に引き続き 1982年の地震(M7.0)と2008年5月の地震の前震(M6.2)、および本震(M6.8)の3地震を対象と して、経験的グリーン関数法に基づく広帯域強震波形モデリングから3地震の震源パラメータのバ ラツキの調査がおこなわれた。強震波形インバージョンにより求められたアスペリティモデルと強 震動生成域の関係についての詳しい調査の結果、1982年の地震と2008年の地震の本震の強震動生成 域はほぼ等しく(11 km×11 km程度)、かつ二つの領域は半分程度重なるなど、地震の繰り返しが 確認できた。一方、1982年の地震(64 MPa)は2008年の地震の本震(39 MPa)より応力降下量が1.5 倍大きく、また滑り量も大きかった。加えて、強震波形は1982年の地震には初期破壊があったこと を示唆し、さらに2008年の地震は前震の43分後に主破壊(すなわち本震)が起きるなど、二つの地 震の破壊過程の多様性とその原因を今後検討する必要がある(京都大学防災研究所[課題番号: 1812];瀧口・他,2011)。

(断層面の不均質性と動的破壊特性に関する研究)

地震断層破壊の不均質性と中小地震のスケール依存性の理解を深めることは、断層の摩擦や強度、 破壊の素過程の物理の理解を深め、そして大地震の破壊過程の予測の高度化に繋がる。

平成22年度には(本研究成果のとりまとめが行われた2011年3月上旬までには)、大地震が発生 しなかったことから、主として国外の大地震の震源解析に精力をつぎ込み、地震断層破壊の不均質 性に関する知見を集めた。今年度解析を行った国内外の地震は、2010年中国・玉樹地震(M6.9)、 2010年インドネシア・ムタワイ諸島の地震(M7.8)、2010年小笠原諸島の地震(M7.4)、2010年ニ ュージーランド・カンタベリー地震(M7.0)、2010年チリ中部地震(M8.8)、及び2010年八イチ地震 (M7.0)である(東京大学理学部[課題番号:1422]; Pioiata et al., 2010; Yokota et al., 2010; 尹・ほか, 2010)。

パークフィールド地域の微小地震を対象とした地震破壊過程スケーリングの研究に基づく、M2~ M6地震の統一的な地震破壊の成長モデルも完成した(東京大学理学部[課題番号:1503]; Uchida and Ide, 2010)。こうした震源過程の解析事例を増やすことにより、中小地震から巨大地震のスケー リングのみならず、断層破壊におけるsuper-share、あるいはnear-shareの伝播速度を持ち大加速 度を生み出すような地震から、津波地震のように震害を伴わずに大津波を発生させる、ゆっくり破 壊を起こす地震まで、断層破壊現象の多様性とその原因が解き明かされることが期待される。

2009年駿河湾地震の初期破壊過程についても再解析が行われ、今年度新たに自治体震度計ネット ワーク(SK-net)の強震波形データを加えた震源解析により、北東傾斜の断層面の破壊開始から1.3 秒後に、もう一つの南東傾斜の断層面の上盤側に破壊が乗り移ったことが明確となった(九州大学 [課題番号:2204]。震源の詳細解析によりこのような、初期破壊が主破壊から分離して見えるよう になってきており、今後、大地震の初期破壊の成因とその成長の理解に繋がるような知見が多く得 られることが期待される。

震源至近距離の強震観測により震源破壊過程を詳細に捉え、そして震源破壊理論、地震波形解析、 及び室内実験から導かれた仮説を検証する目的で、南アフリカ大深度金鉱山での強震観測もようや く軌道に乗ってきた。今年度は、過去にM7以上の地震を引き起こしたと考えられる断層面上に強震 観測網を整備し、ここにダイナミックレンジが500 Gにもなる3成分の強震計(加速度計)を9台 新規開発・設置して、25 KHzの高サンプルレートで記録を開始した(東京大学地震研究所[課題番 号:1423]; 小笠原・他,2010;Watanabe et al.,2010)。

(リアルタイム震源過程解析)

大地震の震源域の広がりを調べ、そして強震動の分布や今後の余震の推移を予測して地震防災に 生かすために地震発生直後の震源過程解析が求められている。リアルタイムに収集・配信される高 感度地震観測データを震源過程解析に即座に取り込んだ震源解析の自動化による、リアルタイム震 源過程解析に向けた解析システムの整備が昨年度に継続して進められた。

今年度は、防災科研の広帯域観測網(F-net)により即座に求められたモーメントテンソル解を 取り込んで、これを初期条件として強震波形インバージョンに基づく震源過程解析を進めるシステ ムや、曲面断層モデルを用いた震源インバージョン手法の改良などに大きな進展があった。こうし た手法に基づき2008年岩手沿岸北部の地震や2009年駿河湾の地震の再解析が行われ、その有効性が 確認された(防災科研[課題番号:3013]; Aoi et al., 2010; 鈴木・他,2011)。

地震計やひずみ計などの多様な観測データを用いた巨大地震の断層滑り分布を地震発生直後(10~20分)に即座に推定する手法開発が進められた。たとえば、断層破壊過程を即時的にイメージす るための手法として、短周期地震波形エンベロープを用いた震動源の探索手法が新たに開発され、 1994年三陸はるか沖地震や2003年十勝沖地震の震源過程解析からその有効性が示された(気象庁 [課題番号]:7024)。また、日本付近で起きるM7以上の地震に対して、ひずみ計を用いて破壊方向 を推定する手法が検討された(気象庁[課題番号]:7024)。

イ.強震動・津波の生成過程

(津波予測の高度化・リアルタイム化に向けた研究)

津波の即時予測の高度化に向けて、震源近傍の検潮記録や沖合津波計で刻々得られる津波波形を 取り込んで、波源推定の精度を逐次改善する新しい津波予測手法の開発が進められた。釜石沖の2 台の海底ケーブル津波計で記録された2005年宮城県沖地震の津波データを用いて、地震発生から20 分、25分、...、35分後までに得られる観測記録を用いた津波源(海面変動)のインバージョン解析 と沿岸津波予測の精度改善を確認した(北海道大学[課題番号:1006])。また、東北地方太平洋 沿岸の5カ所のGPS波浪計(全国港湾海洋波浪観測網:NOWPHAS)データを震源解析に加えた場合に ついての初期波高の推定精度の向上と沿岸津波の予測精度の向上について、日本海溝のプレート境 界地震を想定した数値実験から確認が行われた(図3 東北大学[課題番号:1212];対馬・他,2010)。 このほか、同様の目的で南海トラフの巨大地震の津波予測のリアルタイム化に向けた予備研究も始 まった(気象研究所[課題番号:7021])。

沖合のNOWPHASで観測した津波振幅から海岸の津波を予測する目的で、近年の津波について

NOWPHASと沿岸の潮位観測記録を用いて、津波第1波の振幅比と到着時間差が行われ、今後の沿岸 津波警報の高度化に向けた基礎研究が開始された(気象研究所[課題番号:7021]、林,2010)。ま た、津波警報の適切な解除に必要となる、津波の減衰過程の研究が進められた。津波の潮位観測記 録を用いて津波の時間減衰の近似関数が検討され、これを用いた津波警報解除の可能性が検討され た(気象研究所[課題番号:7021]、林,2010)。

(強震動予測のための地下構造モデルの構築)

南海トラフの巨大地震による長周期地震動の予測精度の向上を目指して、広帯域地震観測網 (F-net)で記録された長時間(1年間)の脈動データを用いて地震波干渉法に基づく観測点間のグ リーン関数の高精度推定が行われた。屈折・反射法等の物理探査データをもとに構築された既存の 3次元地下構造モデルを用いて差分法により地震波伝播計算が行われ、求められたグリーン関数と の比較から既存の地下構造モデルの有効性が検証された(京都大学防災研究所[課題番号:1813]; 山下・他,2010)。現在の地下構造モデルを初期値として、脈動データの継続解析によりモデルの 高精度化が進むことが期待される。

周期1秒以下の短周期地震動の伝播と散乱に強く影響を与える、スケールが数十~数百メート ル以下の短波長不均質構造の分布を調べるために、Hi-netの3成分地震波形記録を用いて、P波エ ネルギーのTransverse成分への染み出し(EP)の距離依存性と周波数依存性の調査が昨年度に引き 続き行われた。特に今年度は、震源距離150 km以遠でEPが急激に増大する性質を用いて、150 km以 遠で初動となるマントル屈折波(Pn波)が伝わる下部地殻の不均質性強度が、直達P波が伝わる上 部地殻のものより大きいという新たなモデルを提唱し、これを短周期地震波伝播の3次元差分法シ ミュレーションから検証した(東京大学地震研究所[課題番号:1424])。

また、地下数~数十メートルの表層地盤で強く増幅される周期1秒以下の強震動の予測精度の 向上を目指し、全国のK-NET/KiK-net強震観測点で記録された地震波のS波コーダ部分を用いた解 析が行われた。各観測点でのコーダ波の振幅の違いは表層地盤の増幅特性の違いを表すという特徴 (コーダ規格化法)を用いて、全国の各観測点地点における周波数毎のサイト増幅係数が詳しく求 められた。観測データからサイト増幅特性の補正により同心円状の震度距離減衰が求まることから、 従来の手法と比較した有効性の検討が行われた(図4、東京大学地震研究所[課題番号:1424];竹 本・他,2011)。

(強震動と津波の大規模並列計算)

海溝型地震による強震動と地震地殻変動、そして津波の高精度予測と、強震波形と津波波形を統 合的に用いた詳細な震源過程解析の実現に向けて、重力項を持つ運動方程式の3次元差分法計算に 基づき、地震動、水中音波、地殻変動、そして津波を同時に評価することのできる新しい計算コー ドを開発した。複雑な沈み込み帯構造において、周波数帯域の大きく異なる波動現象を高精度に評 価するために、空気(気体)/海水(流体)/海底(固体)の境界条件の高精度化や、広帯域の波 動場に有効なPML吸収境界条件の導入など計算手法の改良を進めた。2004年紀伊半島南東沖の地震 における室戸沖海底ケーブル津波計記録を、地球シミュレータを用いた計算により再現して、観測 との一致から本モデルの有効性を確認した(図5,東京大学地震研究所[課題番号:1424]; Maeda and Furumura, 2011)。このほか、重力は軟弱な表層地盤における強震動の挙動にも寄与する可能 性もあり、強震動予測の高度化に向けて重力を含む弾性体の方程式の計算コードの開発も平行して 進められた(九州大学[課題番号:2205])。 課題と展望

「地震破壊過程と強震動」研究計画の最終目標は、大地震の破壊過程の詳しい理解を通じて、ア スペリティ破壊の繰り返し性とその階層性・連動発生条件を知り、将来の大地震の発生シナリオと これによる強震動・津波の予測に生かすことである。

近年の高密度強震観測データとGPS高サンプリング観測データによる広帯域地震動と地殻変動、 そして海底ケーブル津波計データを併合した広帯域地震動解析により、大地震の震源破壊過程を詳 しく評価して、高周波地震動を放射する場所、そして大きな滑りと地殻変動、そして津波を放射す る場所の共通性/棲み分けに関する議論が開始された。こうしてアスペリティの実体を理解し、地 震の繰り返し性と不規則性を考えた大地震発生のシナリオの明確化への道筋ができつつある。こう した震源解析の成果は本研究課題に止めることなく、たとえば詳細な反射法探査や地震波トモグラ フィーに基づく地下構造調査の最新の研究成果や、微小地震活動と震源メカニズム解析から推定さ れた地下の応力状態との比較、そして地震発生予測シミュレーションとの連携など、他の研究部会 で現在進められている最新の研究成果との照らし合わせと互いのフィードバックの仕組みを作っ て本地震予研究全体の連携強化が必要である。

研究成果の中には、すぐに地震防災に活用できるものも出てきている。たとえば、高密度観測デ ータ解析から求められた表層地盤の増幅特性は、大地震による強震動予測や緊急地震速報による各 地の震度予測の精度向上に直接活用できる。解析技術の実用的活用に向けた技術移転支援の仕組み も必要であろう。環境アセスメントを目的として、地震活動や震源メカニズム解の分布を用いた地 下の応力状態の推定技術や、資源探査を目的とする地震波形を用いた高分解能の地下構造探査など、 地震予知研究以外にも技術移転できるものが多数あるに違いない。

また、沖合津波データの逐次解析によるリアルタイム津波予測の研究は、現在進行中の海底ケー ブル津波計のデータを使うことにより実現の目処が得られている。高度津波予測の実用化に向け高 度機器開発と観測点展開の研究グループと解析研究グループの一層の密な連携が必要である。

地震動予測の高度化には、地下構造モデルと震源モデル、そしてこれらを適切に組み込んだ高分 解能シミュレーション技術の3つの協調的発展にかかっている。特に大規模シミュレーション技術 に関しては、現存の地球シミュレータに加えて、2012年の本格運用に向けて調整中の「京コンピュ ータ」の実現により、いっそうの加速が期待できる。これに向けて、震源破壊過程の詳しい理解と 不均質地下構造モデルの整備を進め、短周期から長周期地震動を含めた広帯域強震動予測の実現に 向けた一層の努力が必要である。

参考文献

- Aoi, S., B. Enescu, W. Suzuki, Y. Asano, K. Obara, T. Kunugi, and K. Shiomi, Stress transfer in the Tokai subduction zone from the 2009 Suruga Bay earthquake in Japan, Nature Geoscience, 3, 496-500, 2010.
- 青木重樹・岡田正実, 三角ダイヤグラムを用いたメカニズムタイプの変化の統計的検出, 地震2, 63, 101-105, 2010.
- 浅野公之・岩田知孝・山下佳穂里,地震動予測用速度構造モデル検証のためのF_net 広帯域連続記録を用い た地震波干渉法による西南日本の地殻速度構造の推定(2),日本地震学会秋季大会,P1-18,2010.

古村孝志, 地球シミュレータによる地震波伝播と強震動シミュレーション, 計算工学, 16, 1, 16-19, 2010.

古村孝志,津波発生伝播の大規模3次元シミュレーション,スーパーコンピューティングニュース,12,1, 43-57,2010.

- Guaman, A. R., Y. Tanioka, T. Kobayashi, H. Latief, and W. Pandoe, Slip distribution of the 2007 Bengkulu earthquake inferred from tsunami waveforms and InSAR data, J. Geophys. Res., 115, B12316, doi:10.1029/2010JB007565, 2010.
- 林 豊・今村文彦・越村俊一,津波減衰過程のトレンドとばらつきの性質の遠地津波予測への活用可能性,土 木学会論文集 B2(海岸工学), B2-66(1), 211-215, 2010.
- 林 豊, GPS 波浪計の長周期波形観測値による沿岸津波換算値を活用した津波即時情報,自然災害科学,29(3), 381-391,2010.
- 岩田知孝・浅野公之・鈴木 亘・三宅弘恵, 震源における短周期地震動生成のモデル化, 第 38 回地盤震動シ ンポジウム論文集, 51-57, 2010.
- Maeda, T., and T. Furumura, An integrated numerical simulation of seismi cwaves, ocean acoustics, and tsunamis, Pure and Applied Geophysics, submitted, 2011.
- Milev, A. M., Y. Yabe, M. Naoi, M. Nakatani, R. J. Durrheim, H. Ogasawara, and C. H. Scholz, 2010, Coseismic and aseismic deformations of the rock mass around deep level mining in South Africa - Joint South African and Japanese study, Abstracts S34B-05 presented at 2010 Fall Meeting, AGU, San Francisco, California, 13-17 Dec. AGU Fall Meeting, 2010.
- 小笠原宏・R. Durrheim・中谷正生・矢部康男・A. Milev・A. Cichowicz・川方裕則・森谷祐一・佐藤隆司・S. Murphy・ A. Ward・G. Morema・M. Kataka・R. Vermeulen・G. van Aswegen・Research Group of SATREPS, 2010, 鉱 山での地震被害低減のための観測研究 - 日本と南アフリカの共同研究, 日本地球惑星科学連合 2010 年大 会予稿集, SSS020-13, 2010.
- Ohta, K., and S. Ide, Precise hypocenter distribution of deep low frequency earthquakes and its relationship to the local geometry of the subducting plate in the Nankai subduction zone, Japan, J. Geophys. Res., 116, B01308, doi:10.1029/2010JB007857, 2011.
- 瀧口正治・浅野公之・岩田知孝,近地強震記録を用いた海溝型繰り返し地震の震源過程の推定と比較-茨城県 沖で1982 年と 2008 年に発生した M7 の地震を対象として-,地震第2輯,63,掲載決定,2011.
- 竹本帝人・古村孝志・前田拓人・野口科子、コーダ規格化法によるサイト増幅特性の推定(4)全国強震観 測網における増幅特性の統一的推定と地表と地中の比較、日本地球惑星科学連合 2011 年大会、発表予定, 2011.
- Takiguchi, M., K. Asano, and T. Iwata, To what extent the repeating earthquakes repeated? Analyses of 1982 and 2008 Ibaraki-ken-oki M7 class earthquakes using strong motion records -, AGU Fall meeting, S43A-2038, 2010.
- 対馬弘晃・平田賢治・林豊・前田憲二・日野亮太・藤本博己・今村文彦・谷岡勇市郎,海底圧力・GPS 波浪 計データによる近地津波予測,日本地震学会講演予稿集,P3-50,2010.
- Uchide, T., and S. Ide, Scaling of earthquake rupture growth in the Parkfield area: Self similar growth and suppression by the finite seismogenic layer, J. Geophys. Res., 115, B11302, doi:10.1029/2009JB007122, 2010.
- Watanabe, T., Y. Yabe, H. Moriya, M. Nakatani, H. Kawakata, and H. Ogasawara, Development of a measurement system of dynamic stress change associated with a 100-m scale faulting in a South African deep gold mine, G-COE Symposium 2010 Dynamic Earth and Heterogeneous Structurem 2010.
- 山下佳穂里・浅野公之・岩田知孝, 地震波干渉法による西日本の地殻速度構造(1)-表面波群速度の推定-, 京都大学防災研究所年報, 53B, 175-180, 2010.



図 1a. 主応力軸とプレート境界のなす角度(_i)。 _iの分布をカラー、プレート境界の深さを細 い実線、アスペリティを太い実線で示す。(左)最大主応力軸(₁)。(右)最小主応力軸(₃)(東北大学[課題番号:1211])。



図 1b. _iとマントルウェッジ内の Vp/Vs 構造の比較。(左) ₁分布。(中) ₃分布(右)マン トルウェッジ内の Vp/Vs 構造 (Yamamoto et al., 2008) (東北大学[課題番号:1211])。



図 2. 被害地震の準リアルタイム震源インバージョン結果 (e.g., Yokota et al., 2010; Poiata et al., 2010)。東から西に向かって、2009 年イタリア・ラクイラ地震 (Mw 6.3)、2010 年中国・ 玉樹地震 (Mw 6.9)、2009 年インドネシア・スマトラ島北部の地震 (Mw 7.6)、2010 年インド ネシア・ムンタワイ諸島の地震 (Mw 7.8)、2009 年インドネシア・Irian Jaya の双子地震 (Mw 7.7, Mw 7.4)、2009 年駿河湾の地震 (Mw 6.5)、2009 年東海道南方沖の地震 (Mw 7.1)、2010 年小笠原諸島の地震 (Mw 7.4)、2009 年ニュージーランド・Fiordland 地震 (Mw 7.8)、2010 年ニュージーランド・カンタベリー地震 (Mw 7.0)、2009 年サモア諸島沖の地震 (Mw 8.1)、2010 年チリ中部地震 (Mw 8.8)、2010 年八イチ地震 (Mw 7.0)。Mw は Global CMT Project による(東 京大学地震研究所[課題番号:1422])。

32 min after the earthquake



図3.津波マグニチュード8.6のプレート境界地震に伴う津波を、現在稼働中の4点の海底水圧計 の波形データを用いて予測することを想定した数値実験における、 地震発生後20分の予測結 果。(a)逆解析で用いた水圧計での観測波形(黒線)と計算波形(赤線)の比較。(b)逆解析によ り推定された初期波高分布。推定量をカラースケールで示した。黒線は仮想観測データ生成時 に与えた初期波高分布を示す。(c),(d)(b)に示した推定波源モデルから計算した予測津波波 形(赤線)と観測津波波形(黒線)の比較。(c)が本州、(d)が北海道の沿岸津波観測点での比較。 (a)、(c)、(d)の緑線は予測を行う時刻を示す。(b)の星印は震央位置を示し、逆解析におけ る空間ダンプ拘束の基準位置として用いた。1と同様の地震津波を、現在稼働中の4点の海底 水圧計と5点のGPS波浪計の波形データを用いて予測することを想定した、地震発生後32分 の予測結果。(東北大学[課題番号:1212])。



図 4. コーダ規格化法により求められた全国の表層地盤(サイト)増幅特性
(a)周波数 0.75 Hz、(b)周波数 6 Hz における、K-NET、 KiK-net 強震観測点毎のサイト増幅
係数。(東京大学地震研究所[課題番号:1424])。



図 5. 2004 年紀伊半島南東沖地震の地震動-津波同時シミュレーション 地震-津波同時シミュレーションにより求められた 2004 年紀伊半島南東沖地震の地震動、水 中音波、地殻変動、津波の伝播の様子(地震発生後 24 秒後、2 分後、12 分後)。地球シミュ レータにより計算。(東京大学地震研究所[課題番号:1424])。