

(1) 実施機関名：

東京大学地震研究所

(2) 研究課題(または観測項目)名：

大規模数値シミュレーションに基づく広帯域強震動災害の事前・即時予測

(3) 関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(1) 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化

ア. 強震動の事前評価手法

(4) その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

イ. 内陸地震

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(1) 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化

ウ. 大地震による災害リスク評価手法

(2) 地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化

ア. 地震動の即時予測手法

(3) 地震・火山噴火の災害誘因予測を災害情報につなげる研究

地震

4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究

(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明

5 研究を推進するための体制の整備

(2) 総合的研究

ア. 南海トラフ沿いの巨大地震

イ. 首都直下地震

ウ. 千島海溝沿いの巨大地震

(3) 研究基盤の開発・整備

イ. 観測・解析技術の開発

(5) 総合的研究との関連：

南海トラフ沿いの巨大地震

首都直下地震

千島海溝沿いの巨大地震

(6) 平成 30 年度までの関連する研究成果 (または観測実績) の概要 :

1. 長周期地震動の生成メカニズムに関する成果

2011 年東北地方太平洋沖地震における関東平野の長周期地震動の特性と建物応答特性を、強震観測データを用いて評価した。1944 年南海地震の煤書き記録との比較から、日本海溝と南海トラフの巨大地震の長周期地震動の特性を明らかにした。付加体における強い表面波導波効果と、不均質な堆積構造における表面波の Focusing 現象など、長周期地震動生成の特異な物理メカニズムをアレイ信号処理と地震波伝播シミュレーションに基づき定量化した。

2004 年新潟県中越地で観測された、P 波の長周期地震動 (PL 波) や、2015 年小笠原諸島西方沖地震で観測された、S-PL 波による長周期地震動など、被害に結びつく新たな長周期地震動の成因メカニズムを観測データ解析と数値シミュレーションから評価した。P 波直後の早い時刻に到着する大振幅の PL 波を用いて、S 波に後続する表面波 (長周期地震動) の即時予測の可能性を示した。

日本海溝及び南海トラフの地震において、海水とのカップリングにより周期 6 ~ 10 秒の長周期地震動の長い波群の生成メカニズムを観測データ解析とシミュレーションから評価して、長時間継続地震動が建物被害に与える影響を評価した。

2. 広帯域地震動シミュレーションに向けた短波長不均質構造の推定に関する成果

強震動および地震随伴現象 (地殻変動、津波) の事前予測の実現に向け、地殻・マントル (陸域、海域) 不均質地下構造モデルを構築し、陸域・海底地震観測データ解析と地震波伝播シミュレーションを通じて、不均質地殻・マントル構造における短周期地震動の散乱と長周期地震動の増幅現象など、災害発生要因を明確化した。

プレート内部の不均質構造 (低速度の MOW) の存在を、F-net 記録の解析から明らかにし、地震波伝播シミュレーションに基づいて、深発地震が作り出す大加速度かつ長い継続時間を持つ強震動の生成過程を明らかにした。スラブ内部不均質構造 (短波長不均質構造 + MOW) により選択的に導波される、周期 1 秒前後の強震動の特性と、これが構造物や地盤災害に与える影響を示した。

3. 地震動の大規模数値シミュレーションコードの開発に関する成果

日本列島の地下構造モデル (地震本部 JIVSM, J-SHIS モデル) と短波長不均質構造を評価した高分解能地下構造モデルを入力とする、3 次元並列差分法シミュレーションコードを整備し、強震動・長周期地震動の生成メカニズムの研究と事前予測に向けた研究を進めるとともに、ポータルサイト (東大情報基盤センター、GitHub) を通じて研究者コミュニティに広く公開した。

4. 長周期地震動の即時予測に向けた研究

日本列島に展開された強震観測のデータ同化と高速シミュレーションに基づいて、大規模平野での長周期地震動の即時予測を行う準備研究を開始した。2007 年新潟県中越沖地震や 2011 年東北地方太平洋沖地震の K-NET、KiK-net 強震観測データと、東大情報基盤センターのスパコン (Oakforest-PACS) を用いた大規模並列計算により、長周期地震動の即時予測の実現可能性を示した。

(7) 本課題の 5 か年の到達目標 :

大地震による強い揺れの事前予測と災害の軽減に向け、高性能計算機を用いた大規模数値シミュレーションに基づく広帯域 (短周期 ~ 長周期) 強震動の事前評価、及び地震発生時の即時評価の手法開発を進める。2016 年熊本地震や 2013 年パキスタン地震など、近年の強震動研究から明らかにされた、断層ごく近傍長周期地震動 (長周期パルス) や、P 波直後に到来する長周期 P 波 (PL 波) など、強震動被害の原因となる波動現象の最新の知見を取り入れ、首都直下地震等の内陸地震、そして南海トラフ地震等の海溝型地震で想定される、広帯域強震動の事前予測により超高層ビル等の共振被害や、大加

速度かつ長時間の揺れによる斜面崩壊等の災害発生を予測し災害軽減へと繋げる。また、日本列島に展開されている強震観測網と、将来の海域観測の充実を見据え、リアルタイム強震観測データ同化に基づく、長周期地震動の即時予測に向けた基礎研究を進める。

5カ年の重点課題として、(1) 関東平野直下の M7 級プレート境界・内地震による長周期地震動の生成可能性と構造物・地盤災害への影響評価、(2) 近年の高性能パソコンに適合した広帯域強震動シミュレーションコードと高分解能地下構造モデルの開発、(3) 南海・相模トラフ沿い、千島・日本海溝沿いの巨大地震による広帯域強震動の予測とその不確定性の定量化、(4) 海・陸リアルタイム強震観測データ同化に基づく強震動(長周期地震動)の即時予測実験に取り組む。

(8) 本課題の5か年計画の概要：

1. 広帯域地震動評価に向けた強震動成因物理メカニズムの解明【H31～35年】

地表断層により生成する断層ごく近傍長周期パルス(Near-field 項)の生成要件(震源の深さ、規模、断層すべり角)と断層滑り速度と強震動帯域の関係を、1999 台湾集集地震や 1999 年トルコイズミット地震、2016 年熊本地震等の強震観測データを再精査により明確化し、警固断層や上町断層などを対象とした断層ごく近傍強震動の予測を行う。そして、首都圏直下地震として心配される、M7 級のフィリピン海プレート境界・内部の地震の発生に伴う、関東平野での長周期(広帯域)地震動の特性(応答スペクトル強度、震動継続時間等)を評価するために、2013 年パキスタンの地震(M7.7)や 2018 年メキシコオアハカ地震(M7.2)など、関東と地震環境が類似する地震波形データの解析と、1923 年関東地震の余震記録の再解析を進める。そして海溝型 M8 級巨大地震と、大規模平野直下の M7 大地震の強震動の特性と構造物被害への影響を検証する。さらに、南海トラフ地震の長周期地震動の増幅や継続時間の予測の高度化に向け、表面波の増幅と導波に強く影響する、海域の付加体の内部構造(V_s 速度勾配、 Q_s 値等)を既往の反射・屈折法研究の精査と、微動及び自然地震のインターフェロメトリーに基づく構造研究(新規計画における京大防災研究所の研究課題)の成果を統合してモデル化し、2004 年紀伊半島南東沖地震や 2016 年三重県沖地震の強震動シミュレーションにより検証する。

2. 広帯域強震動シミュレーションコードの整備・公開【H31～35年】

強震動災害誘因の事前評価に資する高度なコード開発を進め、オープンコードとして研究者コミュニティに公開することで、観測・シミュレーション統合研究や、データ駆動型研究の強化に貢献する。現行の公開コード(OpenSWPC;Maeda et al., 2017)の改良を進め、海溝型巨大地震の強震動評価に不可欠な海底地形と海水/固体境界条件の組み込み、広域強震動・地殻変動評価のための球殻座標(または準球殻座標)への拡張、巨大地震の長時間継続地震動の評価に不可欠な、長時間ステップ安定計算のための単精度/倍精度混合演算の実現、短波長不均質構造による強い散乱下で安定に機能する、高性能 PML 吸収境界条件と広帯域の減衰(Q)モデルの導入、等を進める。そして、リアルタイム地震観測データ同化の実現に向けた、高速ネットワーク(SINET)接続リアルタイム高速計算機(東大情報基盤センター BDEC 等)への適合をはかる。

3. 長周期地震動の即時予測に向けた基礎研究【H31～34年】

長周期地震動による災害軽減に向けて、将来の強震観測網のリアルタイムデータ配信と、今後の海域観測網の充実を見据え、観測データ同化にもとづく、大規模平野での長周期地震動の即時予測の実現に向けた基礎開発を進める。K-net, KiK-net 等の陸域強震観測データに加え、DONET, S-net 及び今後展開が期待される海域強震観測データ同化に基づく、海溝型巨大地震(南海トラフ地震、日本海溝の地震)の長周期地震動の即時予測を目指すとともに、海域強震観測の必要性・有効性を検討する。即時予測の防災への活用を図るために、耐震工学及び社会心理学の研究者と協働により、予測が必要な物理量(加速度値、応答スペクトル、強震動継続時間など)のとその予測誤差、不確定性を含む防災情報の発信、構造物の応急対応等について、関連分野の研究者との協働による総合的研究を進める。

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

古村孝志・三宅弘恵・武村俊介

他機関との共同研究の有無：有

東京大学大学院情報学環（田中淳・関谷直也） 岡山大学（竹中博士） 弘前大学（前田拓人）

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：東京大学地震研究所 地震・火山噴火予知研究協議会 企画部

電話：03-5841-5787

e-mail：yotikikaku@eri.u-tokyo.ac.jp

URL：https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/YOTIKYO/

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：古村孝志

所属：東京大学地震研究所