

(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：

（和文）首都直下地震

（英文）Tokyo metropolitan earthquakes

(3) 関連の深い建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(2) 首都直下地震

(4) その他関連する建議の項目：

(5) 令和5年度までの関連する研究成果（または観測実績）の概要：

本計画は、9つのサブテーマから構成される。サブテーマ毎に研究成果の概要を記述する。

**1. 稠密地震観測に基づく首都圏南部における上盤構造の解明**

レーザ関数解析と地震波速度構造によって伊豆衝突帯から神奈川県周辺部のモホ面の深度分布を明らかにした (Abe et al. 2023)。地下構造や地殻変動に関する先行研究の成果を整理し、伊豆衝突帯、特に伊豆半島東部から相模湾にかけてのテクトニクスモデルを考案し、西相模湾断裂モデルの妥当性などを検討した (本多・他 2023)。

**2. MeSO-net等で収録された地震波形データを用いた地震活動・不均質構造の解明**

茨城県南西部の地震クラスター（フィリピン海プレート上）について、MeSO-net観測点を用いてS波減衰の時間変化を推定した。その結果、スロースリップに伴ってS波減衰が一時的に大きくなることを明らかにした。この時間変化はプレート境界からの排水により減衰が大きくなったことに起因すると解釈した (Ito and Nakajima 2023)。さらに、2011年東北地方太平洋沖地震発生直後の余震活動に対してMeSO-net観測点を用いたマッチドフィルター解析を実施することで、余震域の南部への拡大に加えて、三陸沖ではプレート境界深部から浅部への余震域の拡大を見出した。

**3. 測地データを用いたプレート境界すべりの時間発展の解明**

GNSSデータを用いて、房総半島沖で1996年から2018年までに発生した6個のスロースリップイベントを解析し、プレート境界すべりの時空間変化を明らかにした (Fukuda et al. 2018)。その結果、2002年・2007年・2011年のイベント時のすべり速度の時空間発展は、他のイベントに比べて有意に速いことが分かり、イベント毎の多様性を定量的に示した。

**4. 電磁気探査に基づく茨城県西部における比抵抗構造・流体分布の解明**

広帯域MT法観測を様々な地域で実施し、地下の流体分布と地震活動との関係性について知見を積み重ねてきた (Uyeshima et al. 2005; Usui et al. 2021)。さらに、ネットワークMT法観測を主導し、スラブに起因する地殻深部の流体分布を明らかにした (Hata et al. 2015; Usui et al. 2021)。また、広帯域MT法とネットワークMT法の統合解析コードを開発し、地震発生域の地殻から上部マントルに至る比抵抗構造のイメージングに成功した (Usui et al. 2021)。

**5. 関東地震にともなう長期的な地殻変動の解明**

新規研究

**6. 地震史料を用いた地震発生履歴の解明**

関東地方における地震史料に記された1855年安政江戸地震の余震活動を再検討し、複数の余震の規模を推定した。さらに、余震の活動度を過去の事例と比較することで、安政江戸地震の震源について検討をおこなった。

## 7. 首都直下地震の強震動予測

新規研究

## 8. 東京湾周辺の浅層メタンガスと断層調査

新規研究

## 9. 都市の防災力向上

首都直下地震発生時の地震動予測を高度化するために、谷根千および上野周辺において稠密地震観測を実施し、現代の地震観測で得られる知見と史料の分析結果との対比を行った。観測点ごとの卓越周波数や振幅の違いが明瞭に見られ、その違いは過去の地震による建物被害の記述の地域差と概ね対応した。一方で、建物被害の分布は、建物の築年数・建築手法の違いなどにも依存し、地盤応答の地域差だけに起因する訳ではないことを示した。

### (6) 本課題の5か年の到達目標：

歴史地震及び現在の地震活動、震源域の時空間的状态の把握を通して、想定される地震のメカニズムや発生確率を現状よりも高い精度で推定し、地震動のシミュレーション等を通じて、地震が発生した場合の災害誘因を予測する。また、地盤、建物、都市インフラを考慮した被害想定根拠を提示する。さらに、過去の地震災害の事例から得られる復旧に関する知見の分析や、災害時における情報共有・伝達の最適化に関する研究に取り組み、都市の防災力向上に貢献する。以下にサブテーマ毎の到達目標を記す。

#### 1. 稠密地震観測に基づく首都圏南部における上盤構造の解明

1923年大正関東地震の破壊域と推定されている丹沢東部から房総半島下にかけてのフィリピン海プレートの形状、プレート境界面近傍の不均質構造、上盤側の構造に関する知見は限られている。そこで、丹沢東部から三浦半島を経て房総半島に至る領域に地震観測網を構築し、地震発生域における構造の特徴やプレート境界すべり特性を規定する構造要因を把握することで首都直下地震発生域についての知見を得る。

#### 2. MeSO-net等で収録された地震波形データを用いた地震活動・不均質構造の解明

MeSO-net等の関東地方に整備されている地震観測網で取得される波形データを用いて、地震活動の時空間発展を詳細に把握するとともに、三次元地震波速度・減衰構造を推定し、過去のM7クラスの地震の震源域の構造不均質を精査し、大地震の発生ポテンシャルが高い領域を明らかにする。

#### 3. 測地データを用いたプレート境界すべりの時間発展の解明

GNSSデータに基づき関東地方の現在の地殻変動を明らかにする。また、房総半島沖のスロースリップイベントを解析し、すべりの時間発展のメカニズムや同期して発生する地震活動との関係を明らかにする。

#### 4. 電磁気探査に基づく茨城県西部における比抵抗構造・流体分布の解明

フィリピン海プレート上面におけるスロースリップにより上盤内への排水が示唆されている茨城県南西部の地震クラスターを対象に、3次元電気比抵抗構造を明らかにし、地下流体と地震活動との関係を明らかにする。特に、地震クラスター直上において1年以上の連続観測を実施することで、地下流体の上盤内への移動を捉えることを試みる。

#### 5. 関東地震にともなう長期的な地殻変動の解明

首都圏では相模トラフを震源とする巨大地震が繰り返し発生してきた。一方、大正・元禄関東地震およびそれより前に発生した関東地震に伴う地殻変動やその震源断層像は十分に把握されていない。そ

ここで、三浦半島沿岸を中心に隆起痕跡について変動地形調査・解析を行い、過去の関東地震による地殻変動や三浦半島活断層群等との関係を明らかにする。

## 6. 地震史料を用いた地震発生履歴の解明

関東地方における地震史料を活用して、対象地域の歴史地震の被害分布や有感分布を把握し、長期予測の高度化や地震活動の活発化に関する新たな知見を得ることを目的とする。また、過去の地震災害の事例から得られる復旧状況を分析する。

## 7. 首都直下地震の強震動予測

地震動のシミュレーション等を通じて、地震が発生した場合の揺れを予測する。特に、海溝型地震の発生頻度分布に着目した確率論的な地震ハザード評価を行い、大地震のみならず中小地震の特性を最大限生かした強震動予測を行う。

## 8. 東京湾周辺の浅層メタンガスと断層調査

東京湾周辺では建設工事などの際にメタンガスが噴出する事故が多数発生している。また、関東大震災の火災の激甚化に地震動による堆積層中のメタンガス噴出が関係しているとの指摘もなされている。そこで、荒川などの河川や舞浜沖などの東京湾北部域において反射法地震探査・魚群探知機調査を実施し、堆積層中のメタンガス層や噴出状況、メタンガスの移動経路と考えられる断層位置を推定する。さらに湧出するメタンガスを採取し組成分析からガスの起源を明らかにする。

## 9. 都市の防災力向上

災害時における情報共有・伝達の最適化に関する研究に取り組み、都市の防災力向上を目指す。具体的には、情報伝達手法の開発や避難経路の推定、構造物の健全性判定、災害対応訓練を実施することで、防災リテラシーの向上に資する

### (7) 本課題の5か年計画の概要：

サブテーマ毎に研究を進めながら、それぞれで得られた研究成果を共有し、サブテーマ間の連携により到達目標に掲げる総合的な研究を推進する。以下にサブテーマ毎の5か年計画を記す。

#### 1. 稠密地震観測に基づく首都圏南部における上盤構造の解明

令和6～7年度においては、1923年大正関東地震の破壊域直上にあたる丹沢東部から三浦半島にかけての地域と房総半島南部および東部に臨時地震観測点を設置する。令和8～10年度においては、臨時地震観測点を維持し、定常的な地震活動の把握を行う。新規取得地震観測データと既存地震観測データを用い、地震波トモグラフィ解析、地震波干渉法解析、レシーバ関数解析等の地震学的手法を適応することで、首都圏南部における上盤側の地下構造や、沈み込むフィリピン海プレートの形状、プレート境界面近傍の不均質構造を明らかにする。得られるプレート構造モデルを地震活動度や発震機構解、大正関東地震時の滑り量分布等と比較し、地震発生域における構造の特徴やプレート境界すべり特性を規定する構造要因を把握する。また地震活動を用いて1923年大正関東地震の大すべり域と房総スロースリップ発生域付近の応力状態の時間変化を推定するための基礎データを得る。

#### 2. MeSO-net等で収録された地震波形データを用いた地震活動・不均質構造の解明

令和6～8年度においては、MeSO-net等の関東地方で収録された地震波形データを用いて、房総スロースリップ域の地震活動に対してマッチドフィルター解析を行い、地震活動の時空間発展の特徴を理解する。また、気象庁震源を参照しながら、MeSO-net波形に対して機械学習を用いたP波・S波読み取りを行い、三次元地震波速度構造を推定する。その際、既存のプレートモデルを考慮した場合としない場合、グリッド間隔の違いが結果に与える影響なども評価する。令和9～10年度においては、地震活動解析と地震波減衰構造の推定を継続し、過去の大地震が発生した場所の構造的特徴を理解する。他の地域で得られている構造的特徴も参考にし、大地震の発生ポテンシャルが高い領域を絞り込む。

#### 3. 測地データを用いたプレート境界すべりの時間発展の解明

令和6～10年度においては、GNSSデータを用いて関東地方の変位速度や歪速度の時空間分布等を推定

し、その結果を基に地殻変動の特徴を検討する。房総半島沖のスロースリップイベントにおけるすべりの時空間変化を推定する。その結果や過去のイベントに対して既に得られている推定結果を基に、すべりの時間発展のメカニズムや同期して発生する地震活動との関係を検討する。

#### 4. 電磁気探査に基づく茨城県西部における比抵抗構造・流体分布の解明

令和6年度においては、既に茨城県で実施されたネットワークMT観測の時系列データの確認と整理を実施するとともに、長期MT観測点の土地選定を進める。令和7～8年度においては、茨城県南西部の地震クラスター直上に長期MT法観測点を設置し、約1.5年間にわたる連続観測を行う。また、既存ネットワークMT観測時系列データを整理する。令和9年度においては、広帯域MT法観測の時系列データから応答関数を推定する。その後、推定した応答関数から比抵抗構造及びその時間変化を調べる。また、ネットワークMT法観測の時系列データから主に深部を対象とした3次元比抵抗構造を推定する。令和10年度においては、広帯域MT法観測データとネットワークMT法観測データを統合解析し、地殻浅部から沈み込みPHSスラブまでのより信頼性の高い3次元比抵抗構造および流体分布を推定する。

#### 5. 関東地震にともなう長期的な地殻変動の解明

令和6～9年度においては、主に三浦半島周辺の岩石海岸の踏査を行い、過去の地盤の隆起を記録した生物遺骸や離水海岸地形を認定するとともに、GNSS測量および航空レーザー測量によるDEMを活用した変動地形解析により、地殻変動の分布パターンを明らかにする。また、採取した生物遺骸試料について放射性炭素同位体年代測定を行い、隆起をもたらした地震の発生年代を推定する。令和10年度においては、主に三浦半島周辺の成果と房総半島など周辺地域の既往研究を融合することで、過去の関東地震の発生時期・震源断層像を推定する。

#### 6. 地震史料を用いた地震発生履歴の解明

江戸（東京）を中心に関東地方において地震史料を収集し、分析する。既存の地震史料データベースに史料情報を追加、修正する。日記史料を活用するなどして、江戸・東京周辺で発生する中小の地震のカタログを整備する。また、地震活動の長期的な時空間変化や大地震の余震の発生状況を明らかにする。江戸に被害のあった歴史地震について地震像を再検討し、その推定精度の向上をはかる。さらに、前計画までに観測された過去の地震被害地点での地震波形記録を活用し、浅部地盤構造や深部プレート構造が地震波形に与える影響を考慮した上で、史料の被害記述と揺れの強さとの関係の定量化を進める。令和6～7年度においては、1923年大正関東地震や1855年安政江戸地震に注目する。令和8～9年度においては江戸時代を通じた被害地震を、令和10年度においては明治期の地震を対象とする。

#### 7. 首都直下地震の強震動予測

令和6～7年度においては、本研究グループから提案される首都直下において想定される震源断層モデルに基づいて、関東地方の揺れの事前予測分布を簡便法によって計算する。令和8～10年度においては、研究期間前半で行った簡便法による強震動予測を、詳細法による強震動予測に高度化し、首都直下地震における震源起因要素と構造起因要素を定量化する。さらに、震源断層モデルの更新状況をみながら揺れの事前予測分布をアップデートする。

#### 8. 東京湾周辺の浅層メタンガスと断層調査

令和6～8年度においては、新造された東京海洋大学練習艇での音響調査機器の性能評価を行うとともに、東京湾での音響調査を実施し、調査範囲の広域化を進める。又、ガス層の時間変化の有無について検討する。令和9～10年度においては、東京湾に流入する河川において音響調査を行う。また、噴出するガスの採取・成分分析を行い、東京湾内および周辺でのメタンガス層の分布について取りまとめる。

#### 9. 都市の防災力向上

令和6年度においては、それぞれの立場（住民、働く人、自治体職員等）で、発災時および発災後に必要な情報は何か、その情報を得るためにはどんな問題があるのか、など現状の様々な課題を整理する。令和7年度においては、発災時および発災後の安全行動に役立つ情報とは何かを明らかにする。停電や通信断の状況下でも、それらの情報が得られる手段を開発する。令和8年度においては、地域に設置されたセンサーからデータを取得し、安全行動に役立つ地域危険度マップを作製する。令和9年度に

おいては、多種類のセンサーを地域に配置することでデータを取得し、そのデータを基にした最適な安全行動を推定する。令和10年度においては、多種類のセンサーによるデータを共有・伝達させ、それらのデータから推定した情報を利用した安全行動実験を行う。

(8) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

加藤愛太郎（東京大学地震研究所）、三宅弘恵（東京大学地震研究所）、上嶋誠（東京大学地震研究所）、五十嵐俊博（東京大学地震研究所）、石山達也（東京大学地震研究所）、加納靖之（東京大学地震研究所）、蔵下英司（東京大学地震研究所）、中川茂樹（東京大学地震研究所）、福田淳一（東京大学地震研究所）、臼井嘉哉（東京大学地震研究所）、大邑潤三（東京大学地震研究所）、竹尾明子（東京大学地震研究所）、酒井慎一（東京大学大学院情報学環）、関谷直也（東京大学大学院情報学環）、中島淳一（東京科学大学理学院）、雨澤勇太（産業技術総合研究所）、中東和夫（東京海洋大学学術研究院）、古山精史朗（東京海洋大学学術研究院）、津村紀子（千葉大学）、井ノ口宗成（立命館大学）、本多亮（温泉地学研究所）、宍倉正展（産業技術総合研究所）、齋藤竜彦（防災科学技術研究所）、気象庁、国土地理院  
他機関との共同研究の有無：無

(9) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：  
電話：  
e-mail：  
URL：

(10) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：加藤愛太郎  
所属：東京大学地震研究所