



# 情報科学を活用した地震調査研究プロジェクト (STAR-Eプロジェクト) 進捗説明資料

令和6年1月16日

文部科学省 研究開発局 地震・防災研究課

## STAR-Eプロジェクト: Seismology Toward Research innovation with data of Earthquake

### 地震調査研究の現状と事業の目的

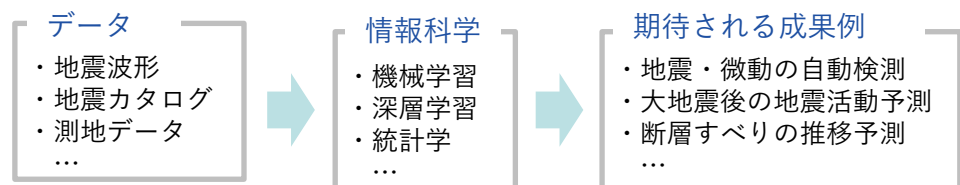
- 地震調査研究推進本部の発足（平成7年）以来、全国稠密な地震計の設置、全国地震動予測地図の作成等、防災に資する調査研究を推進してきている。
- 【地震調査研究の基本計画（第3期目／令和元年5月）】①これまでの地震調査研究の成果により集められた多様かつ大規模なデータが、十分に活用されているとは言えない状況。②地震調査研究の分野においても、IoT・ビッグデータ・AIといった情報科学分野の科学技術を活用することが重要。
- 従来からの地震調査研究に情報科学を採り入れた新たな展開を促進し、地震学に革新的知見をもたらすため、これまで蓄積されてきたデータをもとに、最新の情報科学を活用した調査研究等を行う。その際、地震学の次代を担う若手研究者の育成も視野に、プロジェクト外の研究者への広報・周知を図る。

### 事業概要

#### 情報科学×地震学

情報科学と地震学が融合した研究テーマを公募、蓄積してきた莫大なデータ等を活用した新たな地震調査研究を支援するとともに、「情報科学×地震学」研究分野全体の発展を目指す。

### 情報科学を活用した地震調査研究イメージ



### 採択研究課題 革新的・独創的な研究テーマを掲げた5課題を採択

- 人工知能と自然知能の対話・協働による地震研究の新展開（東京大学）
- 信号処理と機械学習を活用した地震波形ビッグデータ解析による地下断層の探索（産業総合技術研究所）
- データ同化断層すべりモニタリングに向けた測地データ解析の革新（東北大学）
- 地震データの不完全性に対応した地震活動およびそれにともなう揺れの準リアルタイム時空間予測に関する研究開発（防災科学技術研究所）
- 長期から即時までの時空間予測とモニタリングの新展開（統計数理研究所）

### 事業スキーム

委託先機関：大学・国立研究開発法人等  
事業期間：令和3～7年度



委託

大学、国立研究開発法人等

### プロジェクト実施体制

PM：プロジェクトマネージャー  
PO：プロジェクトオフィサー  
TA：テクニカルアドバイザー

#### プロジェクト運営委員会（PM, PO）

…プロジェクト運営方針の決定



研究進捗会  
(PM, PO, TA)

アドバイザーミーティング  
(TA)

採択研究課題の推進

プロジェクト  
ポータル

研究フォーラム  
(外部有識者講演会)

若手研究者向け  
イベント

採択外研究者も含めた支援

「情報科学×地震学」分野全体の発展

### 関連する主な政策文書

「国土強靱化年次計画2022」（R4.6.21 国土強靱化推進本部）  
「地震調査研究の推進について」（R元.5.31 地震調査研究推進本部）

# 情報科学を活用した地震調査研究プロジェクト



- 本プロジェクトは令和3年度から開始し、人力によるデータ解析等では得られない情報や革新的な地震解析・予測手法の開発など、**情報学との連携で従来の地震研究を革新的に発展させるチャレンジングなプロジェクト**として、地震研究のアプローチ変容や、若手研究者の参画促進に寄与。
- 外部有識者によるプロジェクト委員会にて毎年、採択機関の進捗を評価し、今後の研究方針等への意見とりまとめ等を実施。**令和4年度は、採択機関の研究進捗や、成果の進展についてフォローアップを実施**。概ねテーマに沿った進捗が得られており、一部課題は高い成果を創出しているとの意見があった。
- 総じて、**各プロジェクトにおけるサブテーマの課題間連携を更に高めること、より社会応用や実装に向けた対応を進めることなどの指摘**がなされている。

## ◆令和4年度年度の主な成果

JPGPや地震学会、情報科学系の学会等において、STAR-Eプロジェクトを含む「地震学×情報科学」に関連する発表等が行われた（プロジェクトに関する論文創出も進展）。

- ・ 学会等における口頭・ポスター発表（5機関計）：  
161件 うち、国外38件（24%）
- ・ 学会誌・雑誌等における論文掲載（5機関計）：  
39報 うち、国外誌33報（85%）

その他、開発された予測手法を気象庁において利用し、その結果が地震調査委員会に報告されるなど、実用化の観点での成果も創出。

あわせて、STAR-Eプロジェクトの研究者らで、生成系AIの利用に係る意見交換会等を実施。

STAR-Eプロジェクト 第2回研究者・学生向けイベント

全国の参加者と発想力を競ってみませんか？

**地震・測地データ活用アイデアコンテスト**

**情報×地震**

最新鋭で活躍する研究者から講義を受けられるだけでなく、アイデアへのアドバイスももらえます！

参加無料 専門知識不要

参加登録受付 6月28日(水)～8月11日(月)  
アイデアの提出が切 8月22日(火)  
最終審査会(オンライン発表会) 9月24日(日)

主催 情報科学や地震学に関心のある学生、大学生  
後援 5000 (個人又はチームでの申込み)  
主催 文部科学省 (事務局: 1) 財団法人情報科学推進財団  
Eメール: [www.ameet@ip-sc.jp](mailto:www.ameet@ip-sc.jp)  
お問い合わせ 藤川 真樹

イベントの詳細・お申し込みはこちら  
<https://evt-eiimiu20230620.eventcloud.jp.com/top>

★STAR-Eプロジェクトについて  
STAR-Eプロジェクトは、情報科学の発展を促すための地震調査研究を推進するためのプロジェクトです。  
「情報科学×地震学」の分野の発展を促進する重要な取組として、学内外の協力を推進しています。  
ウェブサイト: <https://www.mri.ac.jp/research/infocollaboration/index.html>

第2回研究者・学生向けイベントの実施

STAR-Eプロジェクト 第3回研究フォーラム

～情報科学×地震学で拓く未来と産学共創～

**先進AI技術×企業の地震データ活用**

産学の前ランナーの取組を通して、産学共創で拓く「地震研究のこれから」を考える

オンライン開催  
2023年12月22日(金)  
13:00～15:35

参加費 無料

講演者プロフィール

理化学研究所 岡崎 智久 氏  
■講演タイトル:  
地震 予測 精度 向上 PINN による  
地震予測  
■講演概要:  
物理方程式を解く深層学習による、  
AIによる地震予測の最新研究について  
2023年12月22日(金) 13:00～15:35  
2023年12月22日(金) 13:00～15:35  
2023年12月22日(金) 13:00～15:35

東京がネットワーク株式会社 佐佐木 亮 氏  
■講演タイトル:  
リアルタイム地震予測システム  
の構築と運用  
■講演概要:  
東京がネットワーク株式会社が、  
リアルタイム地震予測システムを  
構築・運用していること、その  
構築に向けた取組について  
2023年12月22日(金) 13:00～15:35  
2023年12月22日(金) 13:00～15:35  
2023年12月22日(金) 13:00～15:35

主催 情報科学、地震調査研究、防災、これら  
の連携に貢献する全ての方  
主催 文部科学省  
事務局 財団法人情報科学推進財団  
事務局 Eメール: [star2021@ip-sc.jp](mailto:star2021@ip-sc.jp)  
期日 2023年12月21日(木) 12:00  
期日 2023年12月21日(木) 12:00

研究フォーラムの開催  
(産学の講演会)

## 個別の課題

## 主な取り組み

## 令和4年度の主な成果

## 外部有識者からの フォローアップコメント

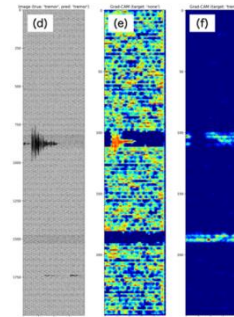
- ◆ 東京大学地震研究所（研究代表者：長尾大道）  
人工知能と自然知能の対話・協働による地震研究の新展開（東京大学）

地球内部の振動現象には、地震以外にも多種多様なものが混在しているが、それらを分類・検出する人工知能技術は、まだ確立されておらず、人間の目によるところが大きい。

- ◆ 人工知能と自然知能の対話・協働による地震超ビッグデータ解析手法の深化
- ◆ 地震・低周波微動検測手法の高度化
- ◆ 地震・微動活動の時空間分布や地球内部構造等のモデリング手法の高度化
- ◆ 地震・微動自動検測 & 自動モデリングシステムの構築
- ◆ 「地震×情報」を担う若手研究者の発掘と育成

- ◆ 研究課題に従事する外国人含む研究員を獲得。定例会の開催によりプロジェクトの進捗管理等を実施。
- ◆ 地震波形信号データ解析について、新たな地震自動検測技術の開発に成功。
- ◆ 地震波形画像データ解析について、機械式地震計の記録から低周波微動を網羅的に検知するニューラルネットワークの開発に成功。等

- ・グループとチーム、プロジェクト構成がしっかりしており、研究体制が整っている。
- ・地震学上の重要な課題を発掘して、学術レベルの高い手法で成果を上げている。
- ・より応用的な研究を進展させるべき。
- ・実用的な環境でロバストな性能が出せるかについて、さらなる検証が重要。



数値実験に基づく微動検出テストにより、微動が判定された結果

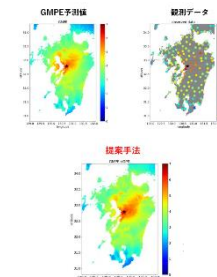
- ◆ 防災科学技術研究所（研究代表者：久保久彦）  
地震データの不完全性に対応した地震活動およびそれにもなう揺れの準リアルタイム時空間予測に関する研究開発

大地震の直後は、平穏時には検知できる揺れが他の揺れに埋没して検知できなくなるため、地震データは不完全であり、それに基づく予測には限界が生じる。

- ◆ 大地震直後の地震カタログの不完全性に対応した地震活動の準リアルタイム予測
- ◆ 観測データの機械学習に基づいた新たな地震動予測アプローチの研究開発

- ◆ ミーティング、研究ディスカッションを重ね、プロジェクト進行を管理。
- ◆ 地震活動予測システムへの多様な地震カタログの適用、推定手法の開発・高度化、機械学習による予測手法の適用可能性の検討等、計画に沿った研究を推進。

- ・2つのテーマについて統合を見据えて成果を上げおり、チームが統率されている。
- ・実際の事例の改良に努めると良い。
- ・準リアルタイム予測の少ないデータを補う手法の取り込みを探索されたい。



左上から時計回りに、従来の手法による予測、観測結果、この研究で提案された予測の震度分布

## 個別の課題

## 主な取り組み

## 令和4年度の主な成果

## 外部有識者からの フォローアップコメント

### ◆東北大学（研究代表者：加納将行）

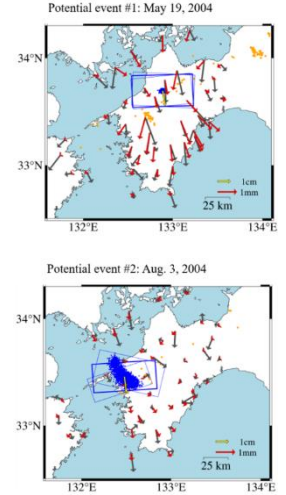
#### データ同化断層すべりモニタリングに向けた測地データ解析の革新

現在の地震観測データに含まれるノイズは、日～週単位での短期の周期だと、断層の動きと同じサイズであり、予測にあたって、ノイズを取り除くのが困難であり、予測手法の高度化が求められる。

- ◆ 統計学・機械学習による地殻変動検知能力の向上
- ◆ 観測ノイズの特性を考慮した状態空間モデルの改良
- ◆ データ同化断層すべりモニタリングの確率

- ◆ 研究項目について、短期的な地殻変動現象の検知能力向上、より正確な断層すべりの推定に向けたデータ解析技術の開発を継続。
- ◆ スパース推定による検出技術について、深層学習手法の開発に着手した。
- ◆ 地殻変動の検知は、物理深層学習の手法開発に着手した。

- ・ 課題の目的に沿った新たな課題が追加されており、プロジェクトが一体感を持って運営されている。
- ・ 物理モデルを用いた深層学習の導入によりオリジナルな研究が進められている。
- ・ 研究中の技術を更に工夫することが必要。
- ・ 深層学習モデルの性質の解析手法にも着手された。



断層すべり推定の例

### ◆統計数理研究所（研究代表者：庄建倉）

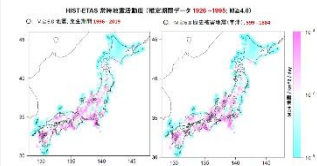
#### 長期から即時までの時空間予測とモニタリングの新展開

地震は地域によって特性のある複雑な現象のために、予測が難しく、地球規模の地震を直接的に解析する手法がない。

- ◆ 日本地域データ解析による地震活動モデリングと方法論の高度化
- ◆ 地震活動の予測システムの構築
- ◆ 予測とモニタリングのための観測網情報統合最適化
- ◆ 情報科学に基づいた即時地震動予測の高度化と高精度化
- ◆ 長期から即時までの時空間地震予測とモニタリングの新展開

- ◆ 球面上、非定常、発振機構を有するなどの多様なETASモデルなどを開発した。特に、非定常ETASモデルは気象庁の解析に利用され、能登地震の評価に用いられている。
- ◆ 連動する大地震に対応した短期確率予測等の評価手法について、内陸の直下型大地震の長期予測手法の開発を達成した。
- ◆ 地震活動や予測情報を利用した解析技術の高度化や、ETASモデルを利用した震源推定の精度向上を実施した。

- ・ ETASモデルの多面的な発展は大きな成果であり、論文も精力的に創出されている。
- ・ 既存のETASモデルを堅実に拡張することにつながっている。
- ・ 各テーマが幅広いため、各課題の研究者が融合を深めて連携を図ることが必要。
- ・ 学術的成果の創出だけでなく、社会応用や実用化につながることを期待する。



100年以上にわたる地震データを用い、常時地震活動度を求めた結果、歴史被害地震の位置分布をよく説明することがわかった。

## 個別の課題

## 主な取り組み

## 令和4年度の主な成果

## 外部有識者からの フォローアップコメント

### ◆産業技術総合研究所（研究代表者：内出崇彦）

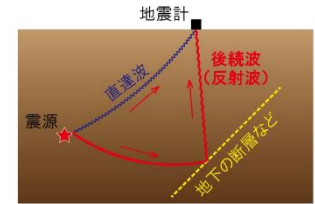
### 信号処理と機械学習を活用した地震波形ビッグデータ解析による地下断層の探索

1995年兵庫県南部地震、2016年熊本地震といった内陸地震は、地下の活断層によって引き起こされる。その予測のためには、地下のどこに、どのような断層が位置しているのかを知ることが重要であるが、深部における断層の形状の手がかりが十分でない。

- ◆インテリジェントな地震波形処理システム（機械学習による地震計異常感知）
- ◆震源分布・震源メカニズム解による断層面形状の決定
- ◆後続波を用いた断層面形状の決定
- ◆情報科学を活用した地震調査研究基盤の構築

- ◆データ品質管理の自動化を目指し、地震計の不具合を独立に推定する手法を開発し、実際の地震データを利用して性能を評価した。
- ◆断層構造推定手法として、2つの新たな手法を開発し、妥当性を検証した。
- ◆ニューラルネットワークによる後続波の自動検出モデルを構築し、実際の地震波を用いて検証し、良好な成果を上げた。

- ・所内の関係部署間で意見交換が定期的に行われていることは重要。
- ・各テーマを研究代表者が統率し、着実に進捗している。
- ・各テーマ間の連携をより強化すべき。
- ・前年度からの進捗がやや少ない。後続波の検出などユニークな研究テーマが挙げられているため、より良い手法などの検討にも期待する。



後続波（反射波・ガイド波等）  
を利用した地下構造の推定