

情報科学を活用した地震活動・地震動 評価技術の高度化 (STAR-E NEXT)

研究代表者：長尾 大道（東京大学地震研究所）

代表機関：東京大学（地震研究所・工学系・総合文化・史料編纂所）

参加機関：防災科学技術研究所，京都大学，産業技術総合研究所
統計数理研究所，大阪大学，東京科学大学
北海道大学，弘前大学，海洋研究開発機構

協力機関：気象庁気象研究所，国土地理院，九州大学，滋賀大学
国立科学博物館，国立情報学研究所，国立歴史民俗博物館，他



**Seismology Toward Research
innovation for Earthquake
evaluation with EXacT data**



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO



生きる、を支える科学技術



防災科研



大阪大学



北海道大学
HOKKAIDO UNIVERSITY

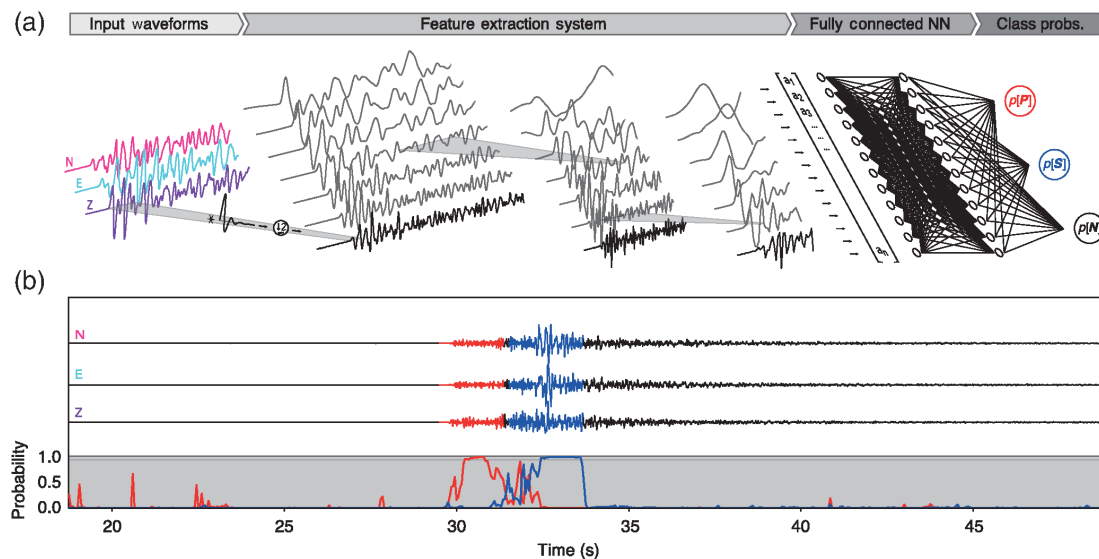


「情報×地震」分野の幕開け

2006年 深層学習が登場し、以降GPGPUの普及・機械学習ライブラリの充実が図られる

2017年 Ponanzaが将棋の名人を、AlphaGoが囲碁の世界ランキング1位を破る

2018年 深層学習に基づく地震波検測手法 Generalized Phase Detection (GPD)法が発表される



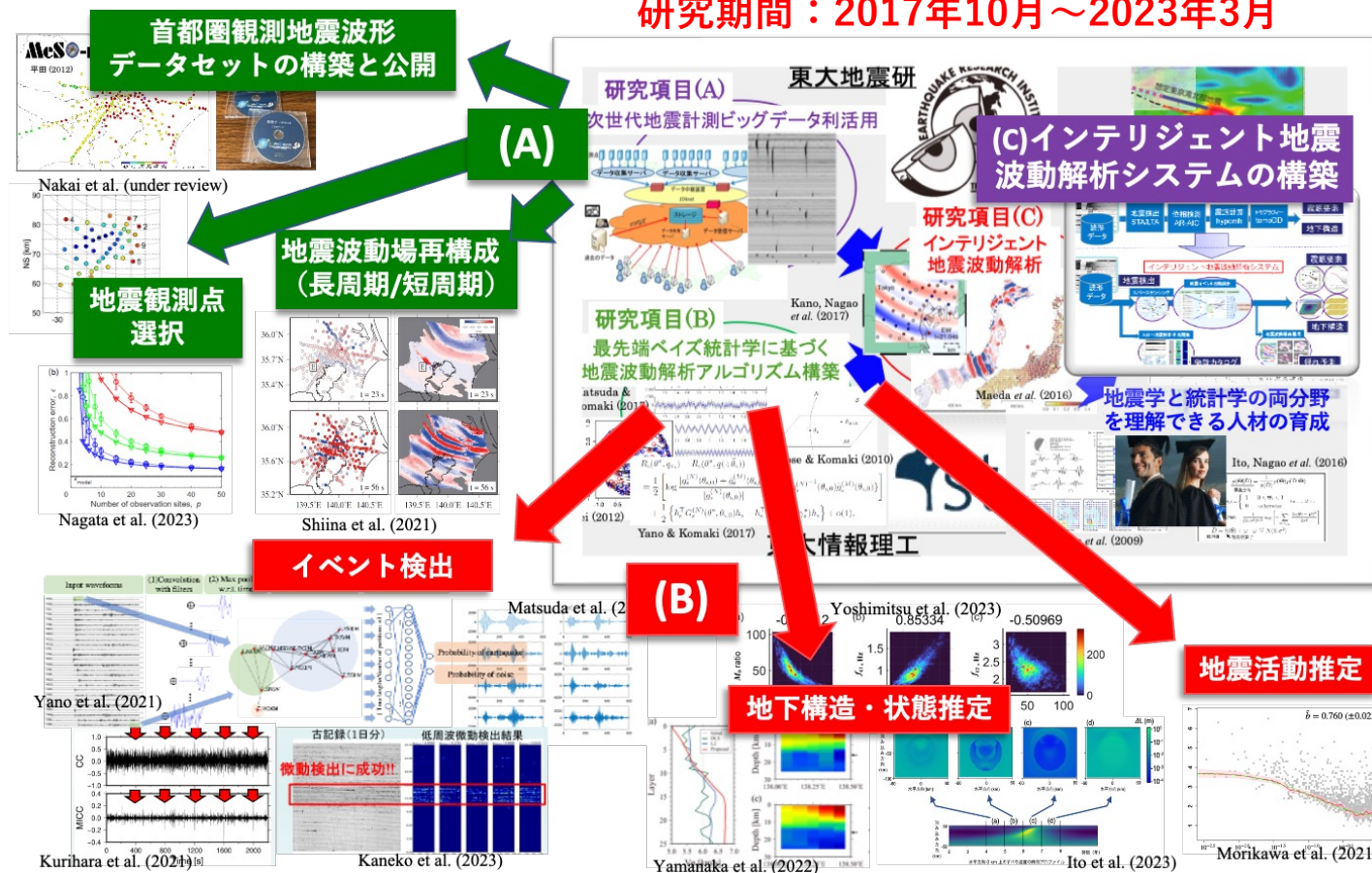
Ross *et al.* (2018)



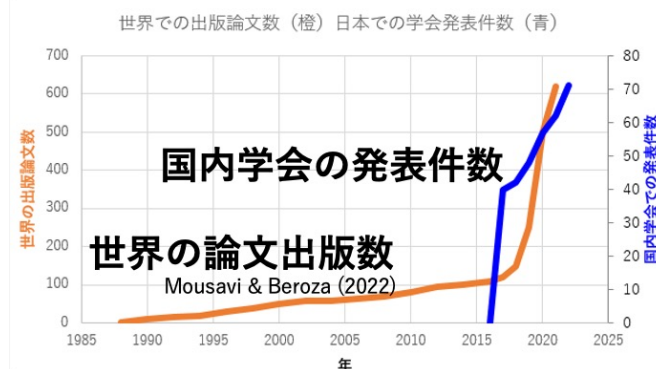
次世代地震計測と最先端ベイズ統計学との融合によるインテリジェント地震波動解析

研究代表者：平田直（東京大学） 主たる共同研究者：駒木文保（東京大学）・野々村拓（東北大学）

研究期間：2017年10月～2023年3月



「情報×地震」に関する世界での論文出版数と国内学会における発表



世界の出版論文数がCRESTの研究期間である2017～2022年にかけて約4倍に急増。

国内学会発表件数も、2017年から増加傾向。
＝「情報×地震」元年

地震学と情報科学の融合分野を牽引

世界の潮流を機敏にとらえ、日本の地震学×情報科学の研究の先駆的役割を果たすとともに、この分野を牽引した。

文部科学省「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)

情報科学を活用した地震調査研究プロジェクト

令和3年度予算額(案) 152百万円(新規)



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。
- 【令和元年5月に策定された第3期目となる地震調査研究の基本計画】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にあることや、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。
- 従来の調査研究に新たな視点を展開するため、これまで蓄積されてきたデータをもとに、IoT、AI、ビッグデータといった情報科学分野の科学技術を活用した調査研究等を行う。

事業概要

情報科学と地震学が融合した研究テーマを公募・支援し、これまで蓄積してきた莫大な地震計データ等を活用した新たな地震調査研究のアプローチの一つとする。

情報科学×地震学の研究テーマ例

<手法>

Automation
観測データ(過去及び今後)のノイズとの分離を機械学習で実施することにより、地震の高精度な特定を実施
※緊急地震速報等への貢献の可能性有

Modeling(Simulation)
地震の伝播、複数観測データ種による地震発生・伝播モデルを作成し、シミュレーションを実施

<テーマ例>

地震後の余震活動について
空間的予測への進展

新たな観測技術の導入を見据えた観測点配置の最適化

地震波、地殻変動等による
統合的な地震評価

期待する成果例

地震後の余震活動の予測

地震予測はこれまで困難であったが、余震活動について、情報科学の活用により余震発生場所、時間、規模の予測の現が可能。

最適な観測点配置の割り出し

これまで全国均一に配置・観測していた観測点を情報科学の活用により、地震像を正確に把握するための最適な観測点配置の割り出しが可能。
※光ケーブルセンシング、光格子時計、量子等の新たな科学技術の導入も見据える。

異観測種の統合的な地震評価の導入

これまで観測種(地震波、地殻変動等)毎に専門家による分析を行っていたが、情報科学の活用によりデータ間の関係性などに関する統合的な分析が可能。

上記取組の基礎となるデータベースの整備、情報科学と地震学のネットワーク強化

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

STAR-E
NEXT

- ✓ 開発した手法の社会実装を含む拡大展開
- ✓ 次世代型「情報×地震」技術の新規開発

研究期間：2021～2025年度

研究課題①(東京大学地震研究所 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

研究課題②(産業技術総合研究所 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

研究課題③(東北大学 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

研究課題④(防災科学技術研究所 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とま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

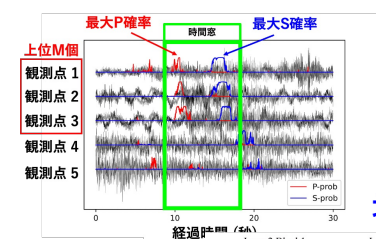
研究課題⑤(統計数理研究所 庄建倉)
長期から即時までの時空間地震予測とモニタリングの新展開

第42回気象分科会「文部科学省STAR-E NEXTプロジェクトの紹介」(東大地震研 長尾大道)

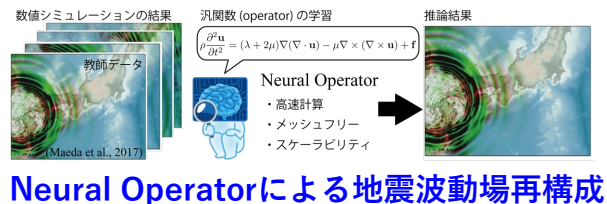


東大課題SYNTHA-Seis 研究実施項目

[A-1] 人工知能 × 波形信号

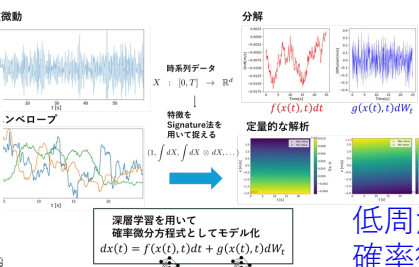
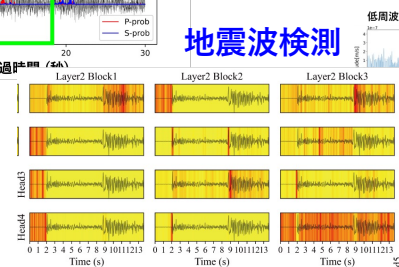


複数観測点からの地震波検出手法



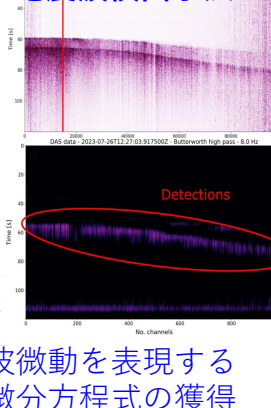
Neural Operatorによる地震波動場再構成

地震波検測



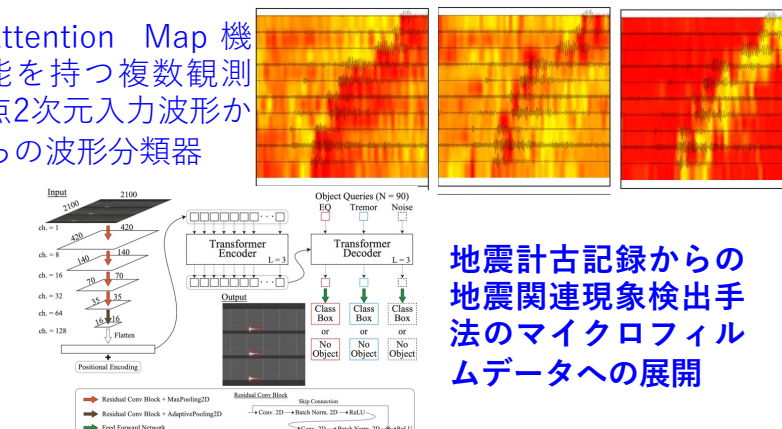
低周波微動を表現する確率微分方程式の獲得

DASデータからの地震波検出手法



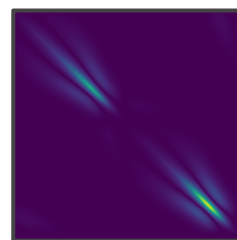
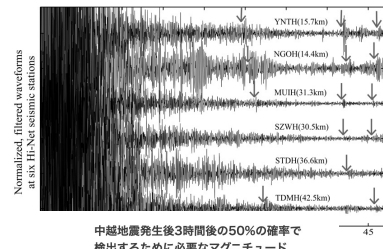
[A-2] 人工知能 × 波形画像

Attention Map 機能を持つ複数観測点2次元入力波形からの波形分類器

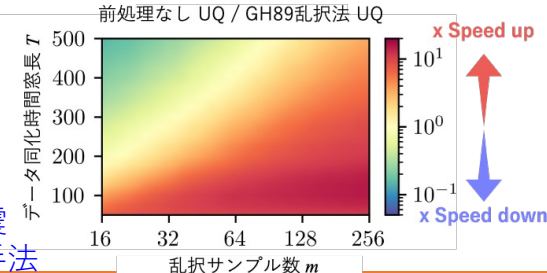
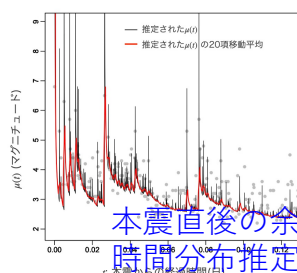
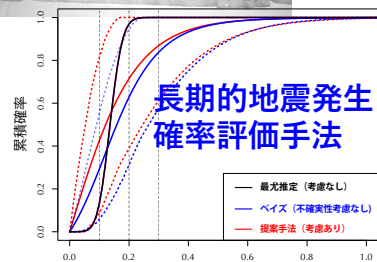


地震計古記録からの地震関連現象検出手法のマイクロフィルムデータへの展開

[B-1] 自然知能 × 波形信号

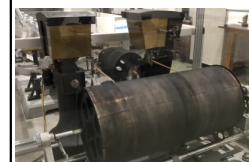
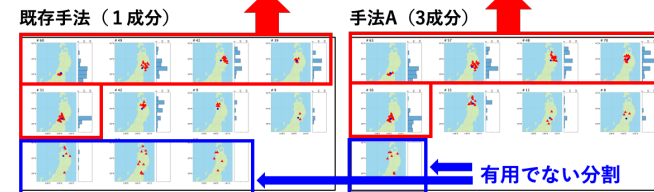


地震波動場データ同化アルゴリズム

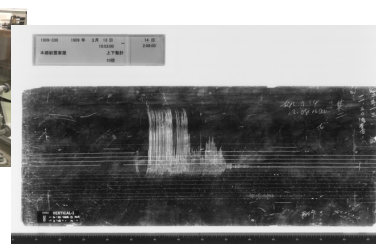


[B-2] 自然知能 × 波形画像 共通した分割 (Jaccard index > 0.5)

観測点選択手法

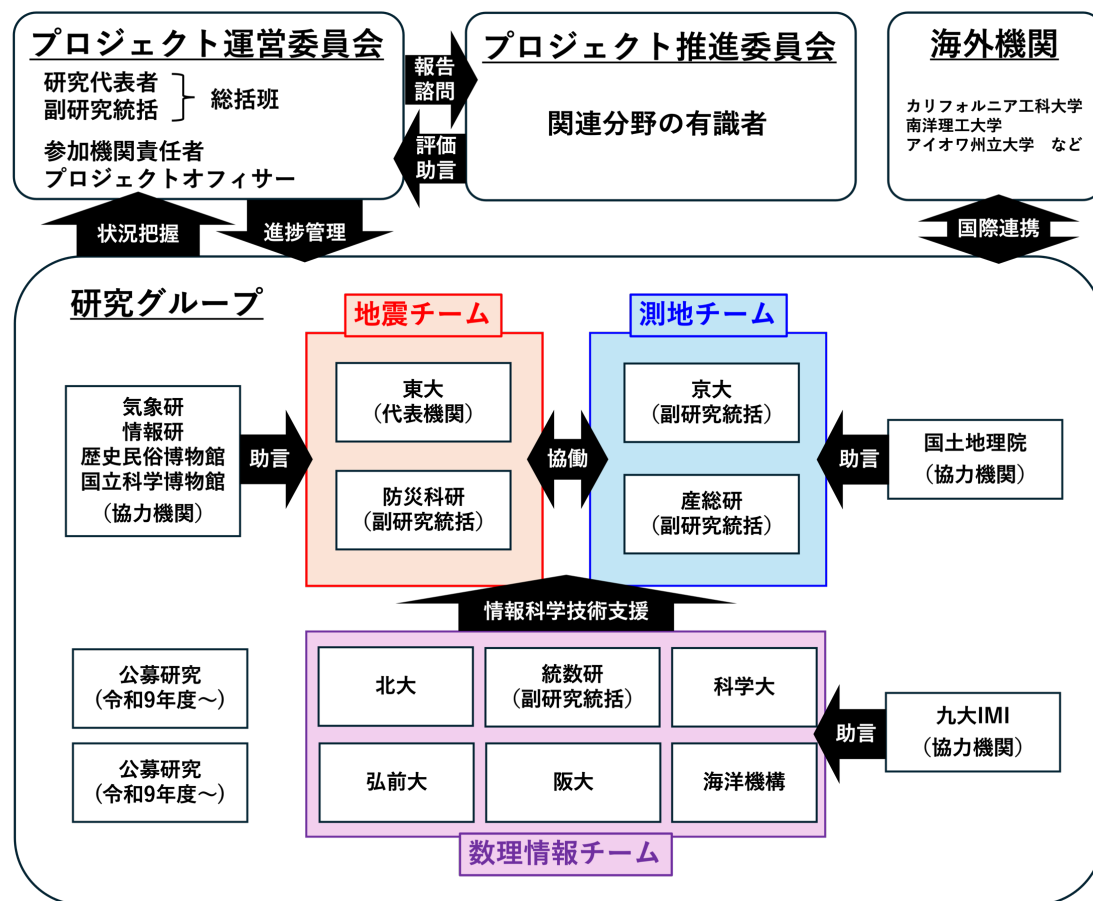


荻原式地震計



マイクロフィルムに収録された煤書き地震波形記録の画像化

STAR-E NEXTプロジェクト研究実施体制



国内10機関以上から100名規模の研究者が参画

研究代表者

長尾大道 (東京大学地震研究所)

副研究統括

久保久彦 (防災科学技術研究所)

※定例会担当

加納将行 (京都大学防災研究所)

※若手研究者合同勉強会担当

今西和俊 (産業技術総合研究所)

※地震調査委員会連携担当

矢野恵佑 (統計数理研究所)

※学会セッション企画戦略担当

参加機関責任者

寺田吉壺 (大阪大学基礎工学研究科)

宮武勇登 (大阪大学D3センター)

宮本崇 (東京科学大学)

直井誠 (北海道大学)

平野史朗 (弘前大学)

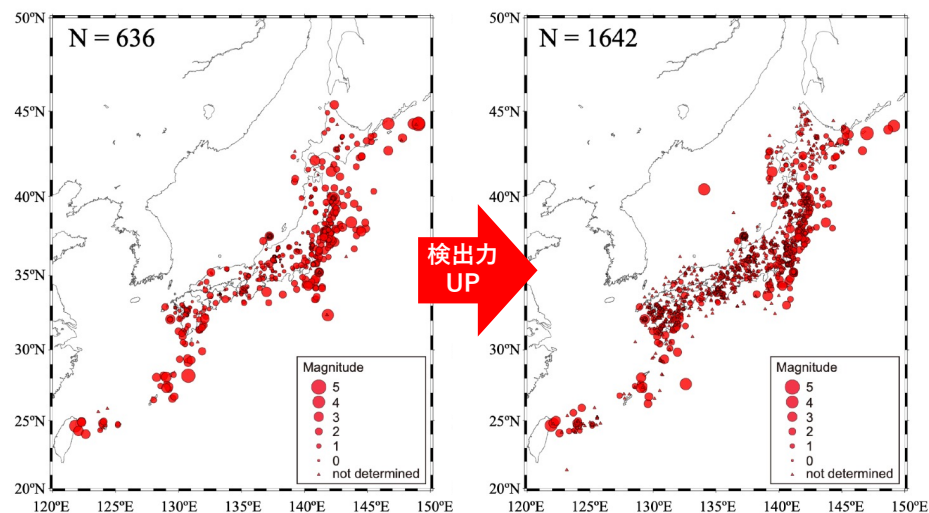
縣亮一郎 (海洋研究開発機構)

研究項目①：地震・スロー地震のイベントカタログ作成技術の高度化

日本のデータで再訓練したPhaseNetWC (Naoi *et al.*, 2024)

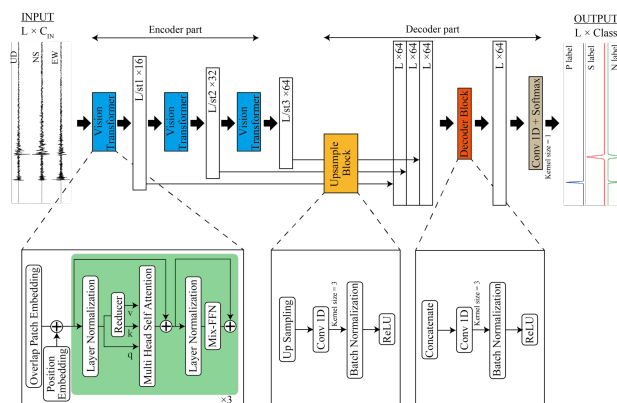
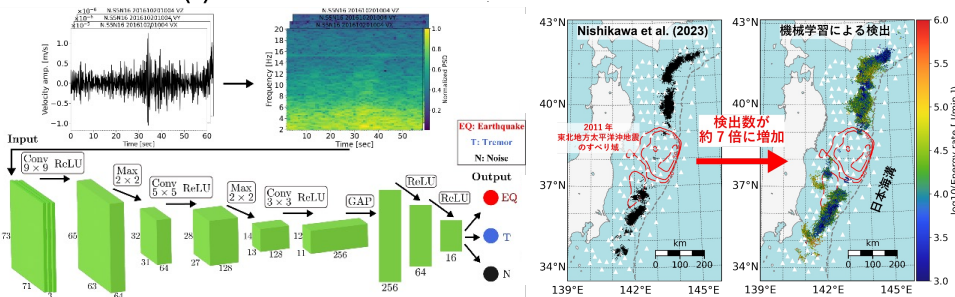
一元化震源カタログ

深層学習によるカタログ

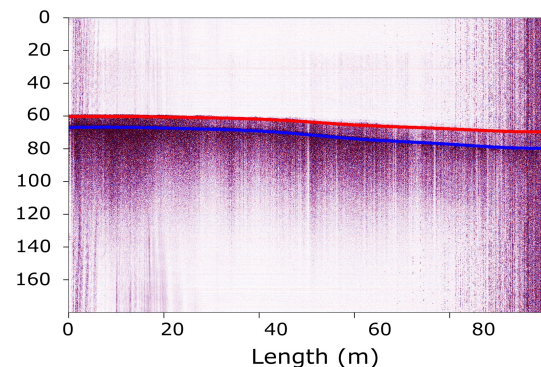


機械学習による微動検出技術 (Sagae *et al.*, 2025)

(1) DiET model

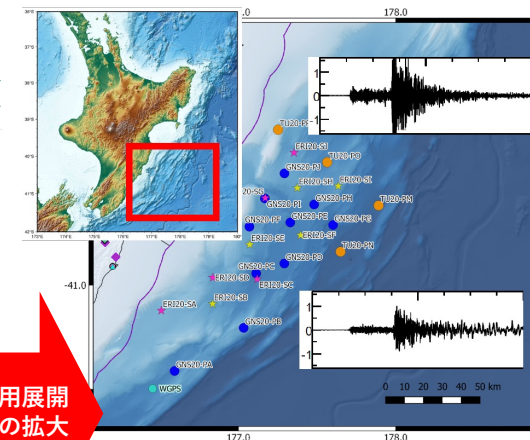


日本発の地震波検出深層学習モデル SegPhase (Katoh, Nagao *et al.*, 2025)

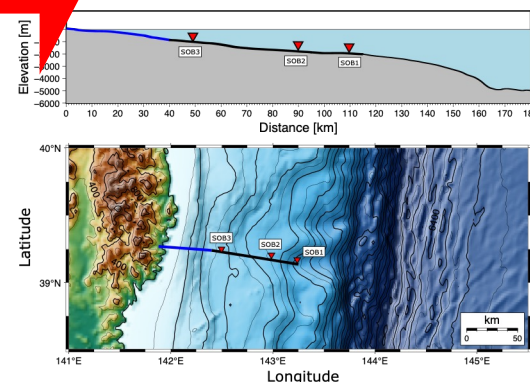


DASデータからの地震波検出 Gerardo Mendo, Nagao *et al.*, in revision

海域観測 (Mochizuki *et al.*, 2022)



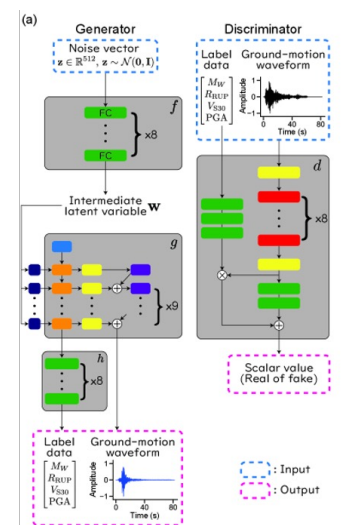
応用展開
先の拡大



DAS観測 (Shinohara *et al.*, 2022)

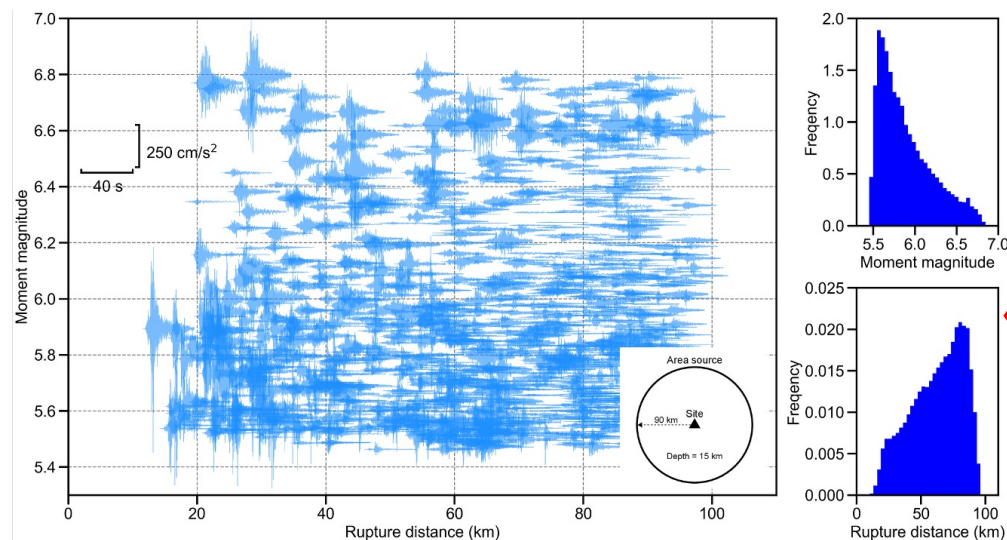
研究項目⑤：被害予測に向けた地震動伝播予測技術の開発

深層生成モデルを用いた地震動生成モデルと確率論的地震動ハザード評価



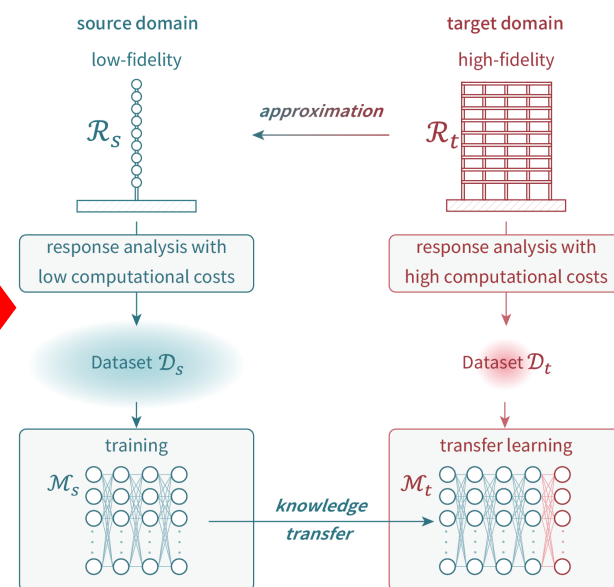
StyleGAN2のDNNアーキテクチャ

Matsumoto *et al.* (2024, 2025)



領域震源に対する地震動ハザード評価結果の例

転移学習を用いた高忠実度地震応答解析モデルのサロゲートモデル構築



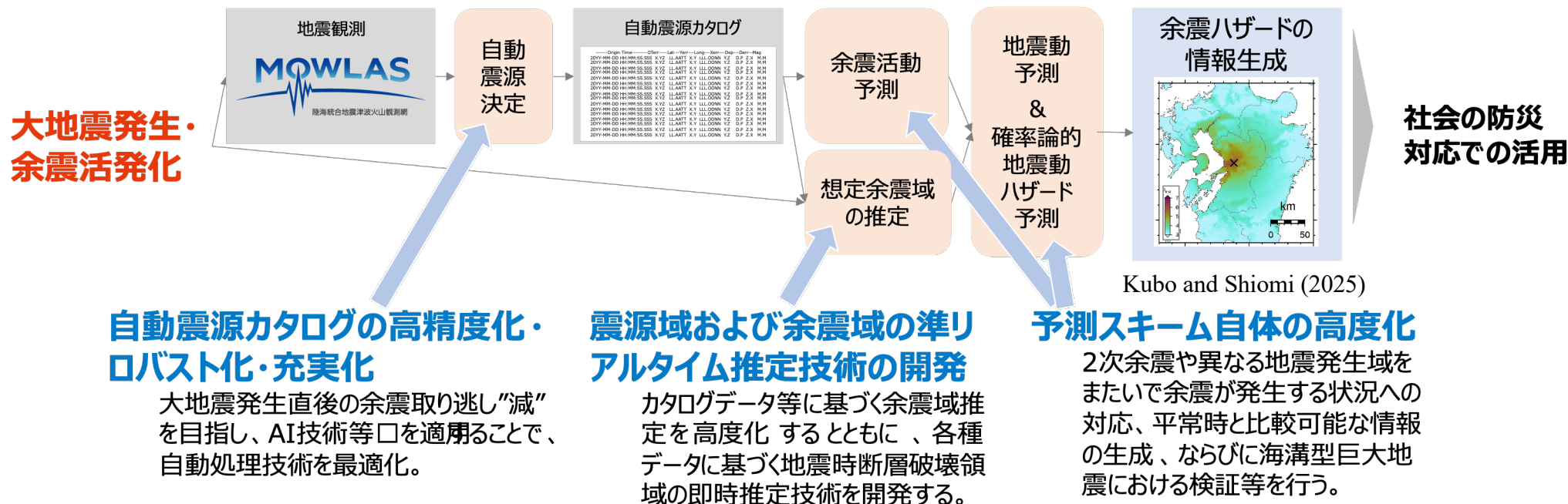
Ishikawa *et al.* (2024, 2025)

建物・各種構造物の被害調査データとの相互利活用



研究項目②：大地震の影響を考慮した地震活動および地震ハザードの短中長期評価の高度化

● 大地震発生後の高雑音データを用いた余震ハザード評価の高度化・迅速化

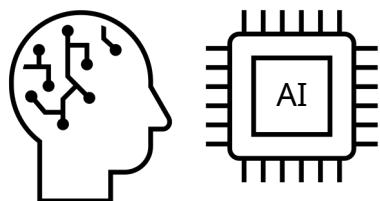


● 地震発生確率の長期評価指標

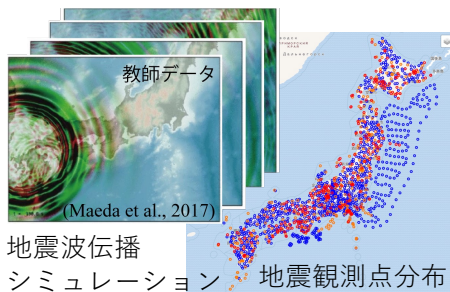
- ✓ 現在の南海地震の発生確率の評価では、室津港の隆起量データのみを用いた解析を行っている。
- ✓ 他地域の隆起量データなど、複数データを統合可能な統計モデルによる地震発生確率の長期評価手法を開発
確率評価に伴う不確実性を5～10%低減させることを目指す。

先端AI技術の活用による気象庁の情報・プロダクトの高度化の例

先端AI技術



利活用



地震データ・モデル

固体地球科学分野への貢献

～日本の地域特性も考慮～

特にSTAR-E NEXTプロジェクトの成果として期待されるもの

地震・微動・地殻変動の
自動検出

大地震前後の地震活動の
予測の迅速化

観測データの品質管理

地震動伝播予測の高度化

津波伝播予測の迅速化、減衰過程予測の改善

多項目観測を統合した多面的な地震・
火山活動の迅速な把握、推移予測

カメラ画像等の解析による迅速な火山活動の把握

情報・プロダクトの高度化の例

地震・火山活動の状況を
迅速に可視化し提供

地震・火山活動評価の高度化・
見通しの早期の提供

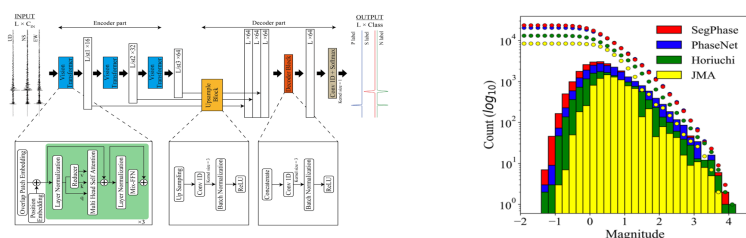
住民や関係機関等の的確な
防災対応・防災行動へ寄与



【課題】大地震直後に地震活動を迅速に把握することは、今後の活動の見通しを予測する上で重要である。
一方、大地震直後には、大地震による揺れや多発する余震活動により地震活動の検知漏れが多く、
余震の確率評価を行うための震源データとしての完全性に問題がある。

STAR-E・STAR-E NEXTプロジェクトによる 固体地球科学分野への貢献の一例

地震波検測深層学習モデル SegPhase【Kato, Nagao et al., 2025】

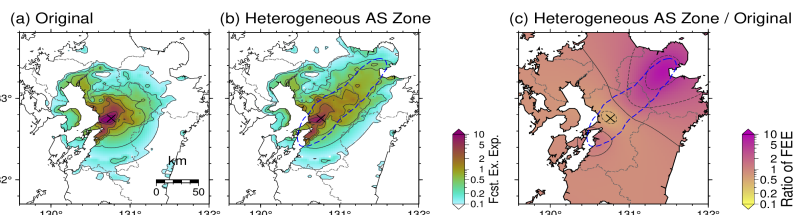


○走時検出の精度と地震の検出能力が向上
→大地震発生直後の地震検知能力向上に伴い、**早期に地震活動特徴を把握**

地震カタログの不完全性を考慮した余震活動予測

2016年熊本地震本震への適用 【Kubo & Shiomi, 2025】

地震発生から6時間後から1日間の予測超過期待値（震度4以上）の比較



○**大地震発生後数時間以内**の余震ハザード予測の可能性

情報・プロダクトの高度化の例

Before

令和8年熊本地震の例（7月28日16時27分発生）

【気象庁】地震発生から一週間後に地震活動の見通しを評価・発表
（一週間経過前は過去事例等に基づく**ほぼ定型的な注意の呼びかけ**）

この地域では過去に、大地震発生から1週間程度の間に同程度の地震が続発した事例があることから、揺れの強かった地域では、地震発生から1週間程度、最大震度7程度の地震に注意してください。

「令和8年熊本地震」
地震発生確率の状況（8月4日00時現在）

地震発生確率（起点日時 8月4日00時）

確率の対象とする震度	地震発生当初との比較	平常時との比較
最大震度5強程度以上※1	1/5程度	80倍程度

地震発生

ほぼ定型の呼び掛け
（発生から1週間）

地震活動の見通しを評価・発表（1週間後以降）

After

【気象庁】

早期からよりきめ細かな地震活動の見通しを評価・発表

【行政、民間等】

地震発生確率を基にした行動決定

（例：救助行動目安、避難期間目安）

地震発生

地震活動の見通しを**早期から発表**、より**きめ細かい内容**へ

まとめ

- 近年のAIをはじめとする情報科学技術の発展に伴い、2018年頃から世界的に急速に拡大してきた「情報×地震」が分野として確立しつつある。
- わが国の「情報×地震」分野の発展に、JST CREST（2017～2022年度）や文科省STAR-Eプロジェクト（2021～2025年度）といった大型プロジェクトが大きく寄与してきた。これらのプロジェクトでは、地震学と情報科学・統計科学・数理科学の専門家の本格的な人的ネットワークを構築したことが特筆すべき点である。
- **STAR-Eプロジェクトの後継として発足したSTAR-E NEXTプロジェクト（2026～2030年度）は、前プロジェクトで開発した「情報×地震」手法群のさらなる深化と、気象庁等の現業機関へ展開していくミッションを担っている。**