

資料 2
(第58回 R5. 1. 20)

プロジェクトの目的と概要

平田 直

国立研究開発法人防災科学技術研究所 参与
東京大学地震研究所 名誉教授

背景

首都圏は、都市機能・人口が集中、政治・社会・
経済・文化活動の中核、わが国の頭脳



災害に対する脆弱性を内在する首都圏



マグニチュード (M) 7 程度の首都圏の大地震

比較的頻度の高い中規模地震

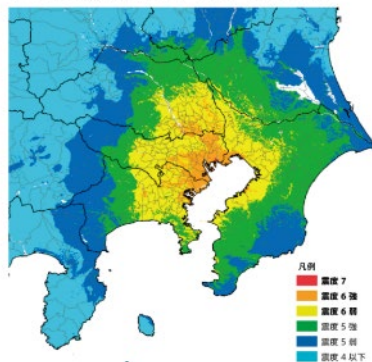
⇒備えを充実させることの重要性を決して看過できない

・直近の震度5強でもいまだ社会は混乱

- ✓ 令和3年(2021年)10月の千葉県北西部の地震 (M5.9) 最大震度5強
- ✓ 平成30年(2018年)6月の大阪府北部の地震 (M6.1) 最大震度6弱

・プロジェクト開始後に発生した様々な災害も調査・検証の対象として、
アジャイルな研究推進

震度6弱以上の面積
1都3県の約30% (約4,500km²)

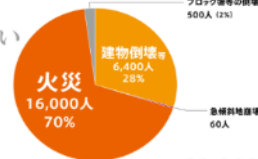


首都直下地震対策ワーキンググループ最終報告
(平成25年：内閣府・中央防災会議)

経済被害
想定額試算 **95兆円**

■ 都心南部直下地震(冬・夕方)による死者数・被害

逃げ感い

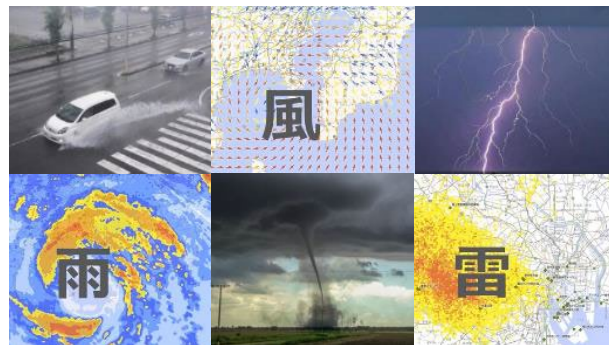


死者 最大約 23,000人
 負傷者 最大約 123,000人
 避難者 最大約 (震災2週間後) 7,200,000人
 全壊・全焼失 610,000棟

甚大な人的・物的・
経済的被害



マルチ
ハザード



・地震中心で始めたが、気象災害などマルチハザードを守備範囲とした

◆プロジェクトの目的

社会の対応力（社会科学）・予測力(地震学)・予防力（耐震工学）の向上に貢献し、安全・安心を確保してレジリエントな社会を構築する手法を開発。

学際的な
学術研究

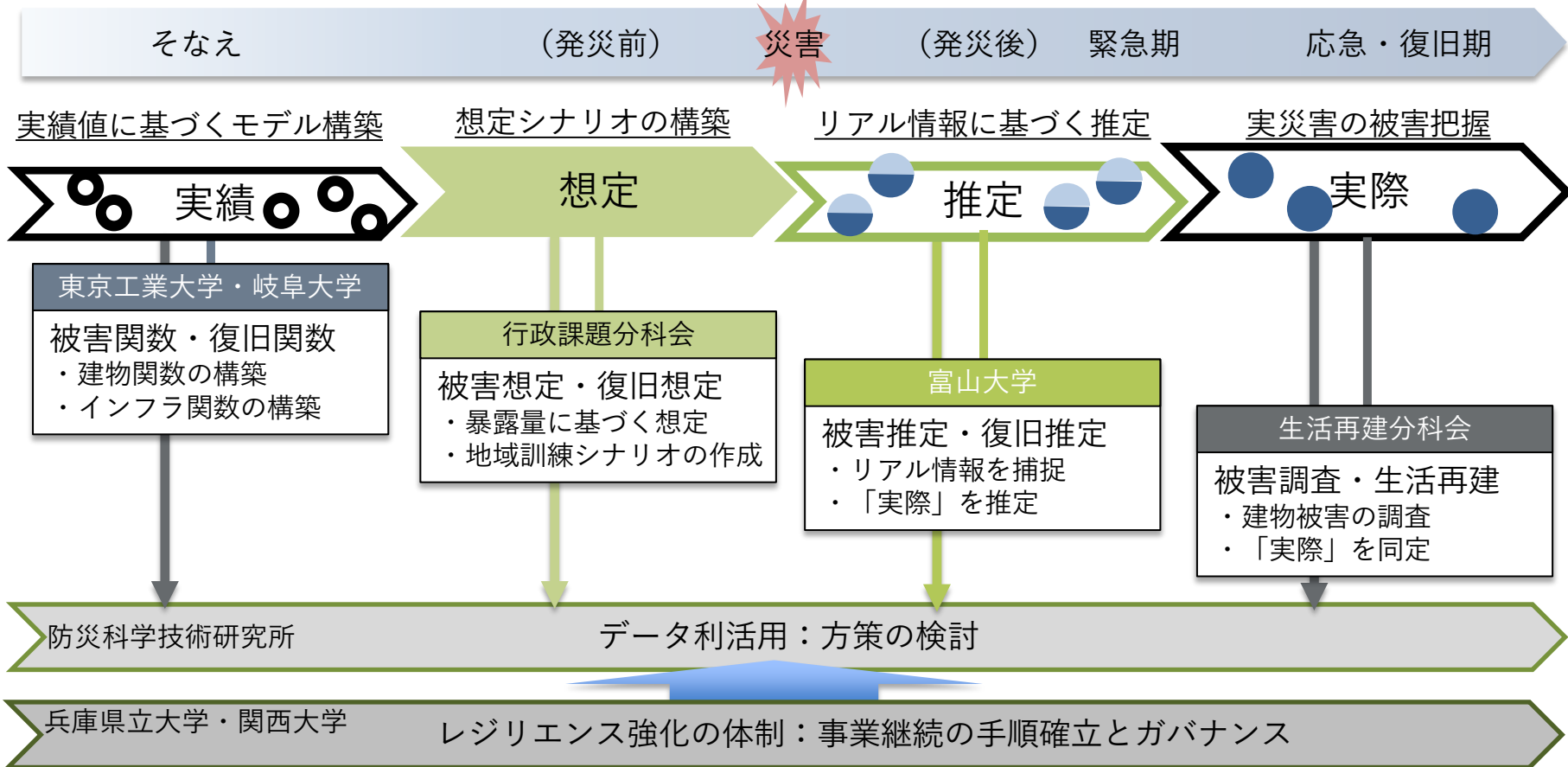


◆新しい試み

産官学民が保有するデータを統合的に利活用し、
新知見を生み出す仕組みとして「データ利活用協議会（デ活）」を組織し、
その運用を通じ研究開発・社会実証を行う。



首都圏を中心としたレジリエンス総合力向上に資するデータ利活用に向けた連携体制の構築



官民連携による超高密度地震動観測データの収集・整備

マルチデータインテグレーションシステム

(1) 官民連携超高密度観測データ収集

首都圏地震観測網
高密度観測網の
安定運用、データ収集



基盤的地震観測網



MeSO-net

民間データ



感震ブレーカー



(2) c. スマートフォンによる 揺れ観測技術の開発

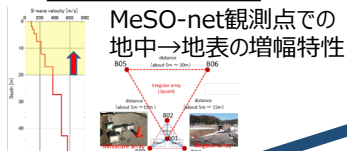


スマホ
地震計

(2) マルチデータインテグレーションシステム開発の検討

大量かつ様々な品質の地震データを統合し、首都圏の揺れの様子を高解像度で把握するための技術開発

(2) b. MeSO-net観測点における 地表地震記録の推定

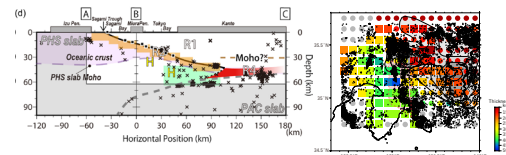


(2) d. MeSO-net観測点～サテライト観測点群間の 揺れデータ伝送技術の開発



高密度観測を可能にする
データ伝送技術開発

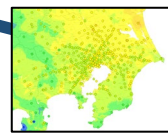
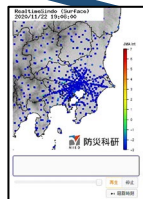
(2) e. 首都圏における過去/将来の地震像の解明



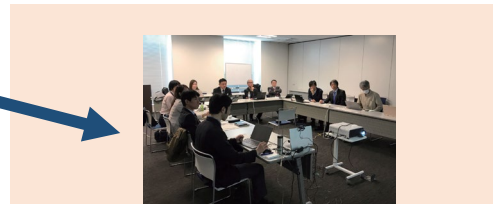
プレート構造モデルの高度化等

(2) a. マルチデータインテグレーション システムに関する技術開発

- 多種の地震観測データの統合
- 詳細な地震動情報の配信



↑ 詳細震度分布
← 首都圏版強震モニタ



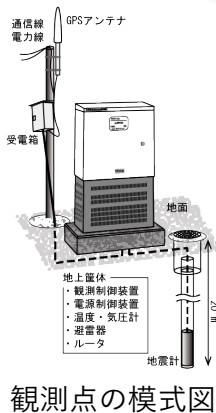
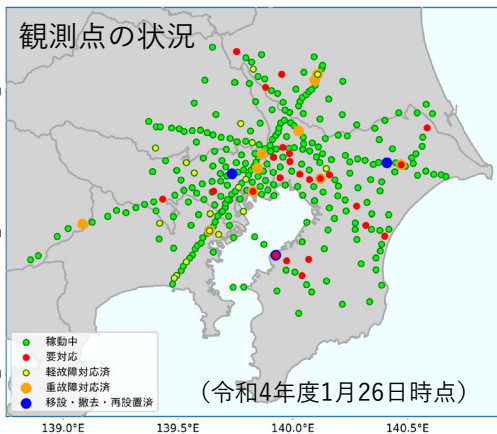
利活用方法の検討

(1) 官民連携超高密度観測データ収集

◆ 目的 MeSO-netの安定運用による首都圏の高密度地震観測データの収集

観測施設の維持管理

データ公開

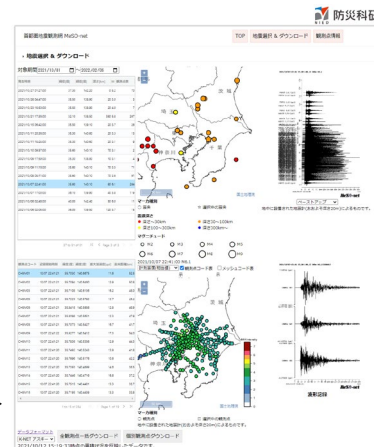


観測データの受信システムを新たに防災科研に構築し、全てのMeSO-netの地震観測データを、MOWLASと同様に誰でもが使える形で公開

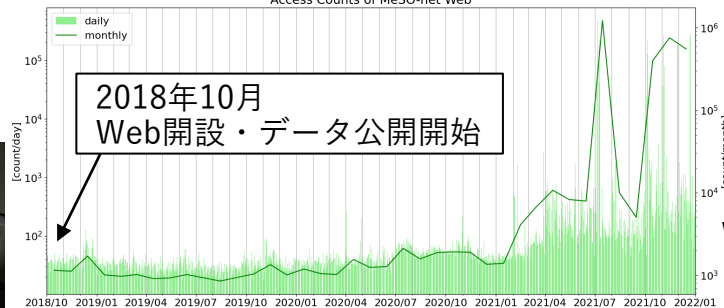


← MeSO-netのホームページ

波形データ公開ページ



Access Counts of MeSO-net Web



東京湾内の第二海堡での保守作業



風の塔観測点



(2) a. マルチデータインテグレーションシステムに関する技術開発

◆ 目的 MeSO-netから収集する高密度な地震観測データに加えて、MOWLASおよび民間企業等の保有する大量かつ様々な品質の地震データを有機的に統合するマルチデータインテグレーションシステムを開発する。このシステムにより、大地震発生直後の首都圏における揺れの様子を超高解像度で把握可能にするとともに、その情報を配信するための技術開発を行う。

観測

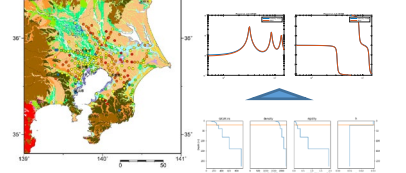
データ前処理

統合データ管理

配信

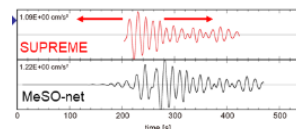


MeSO-netにおける地表地震動の推定
震度増分の利用 地盤構造モデルによる補正



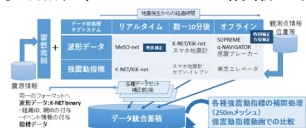
リアルタイムで様々な地震動指標を推定可能に

時刻・方位補正

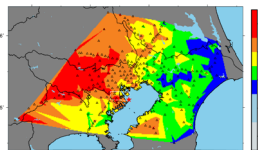


MOWLAS・MeSO-netを基準とした民間データの補正

地震波形、強震動指標データを震源情報に基づき管理
観測点位置などのメタ情報の管理



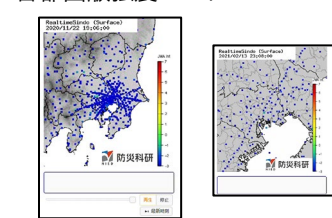
首都直下地震の地震動シミュレーション



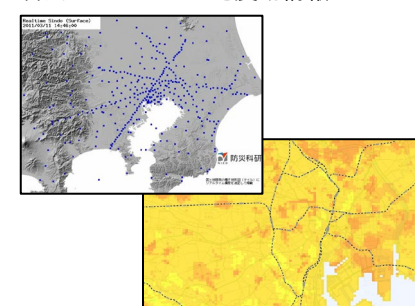
システムの自動化



首都圏版強震モニタ



官民データによる地震動情報

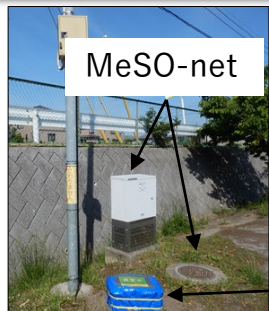


試験配信

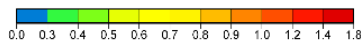
(2) b MeSO-net観測点における地表地震記録の推定

◆ 目的 MeSO-netの地中地震計データから地表の揺れを高精度に予測するため、各観測点での地表における臨時地震観測や微動観測により、地盤増幅特性の評価やS波速度構造の推定を行う

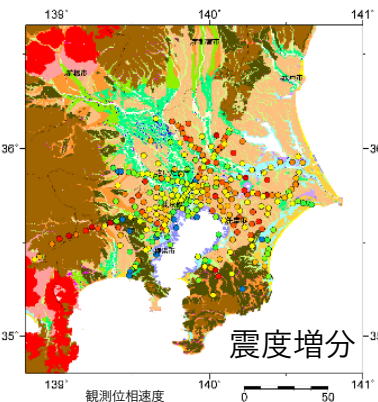
地表での臨時地震観測



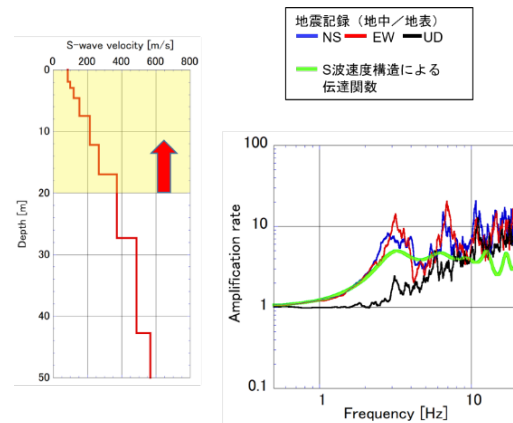
272点で臨時地震観測を実施し、地中→地表の震度増分及びスペクトル増幅率を検討



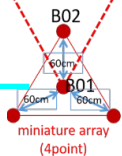
臨時観測用地震計



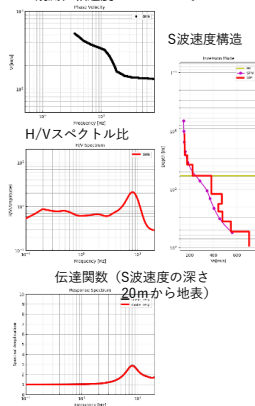
地中→地表の増幅特性と微動観測記録からS波速度構造モデルをチューニング



微動アレイ観測



293点で微動アレイ観測を実施し、S波速度構造を推定

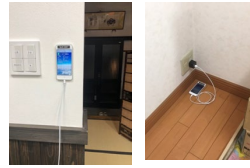


MeSO-netによる地中における観測波形データから防災上重要な地表相当の地震動をリアルタイムに推定可能になった。

(2) c スマートフォンによる揺れ観測技術の開発 (個人が保有する機器によるデータ)

◆ 目的 MEMS加速度センサ内蔵のスマート端末 (スマホ地震計) から大量の「揺れ」のデータを取得し、他のセンサ群と協調して首都圏内の揺れを超高密度で把握可能にする

ユーザー募集



設置例

データ収集

観測データはクラウド上で収集
→インテグレーションシステムへ



←2021年10月
千葉県北西部の地震 (165点)

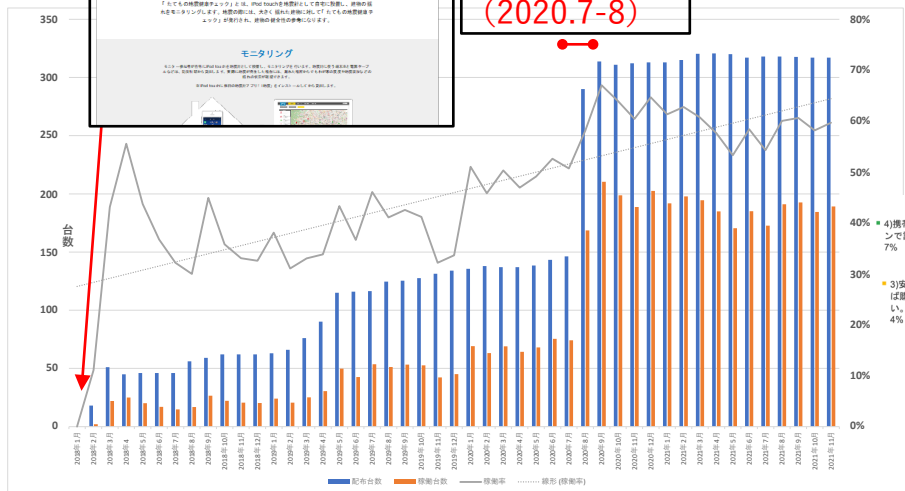
設置器具開発

サブプロcと連携した加震実験での検証等により開発

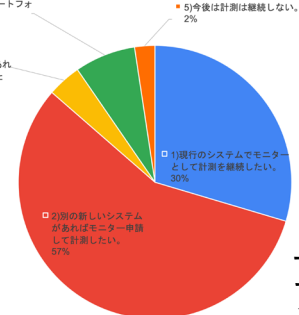


強震モニタでの
ユーザー募集
(2020.7-8)

ユーザー数: 300名以上
稼働率: 6割以上



Q.本プロジェクト終了後の地震測定についてお聞かせください。



ユーザーへのアンケート調査 9割以上が観測継続を希望

(2) d. MeSO-net観測点～衛星観測点群間の揺れデータ伝送技術の開発

◆ 目的 超高密度での地震観測の実現に必要なMeSO-net観測点をハブとする衛星観測点用の揺れデータ伝送技術を開発し、マルチデータインテグレーションシステムへデータ統合

2017年

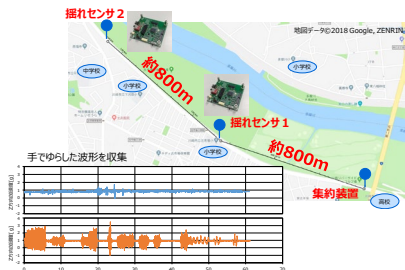
無線機の試作
・実環境での観測開始

2018年

無線機の改良
・実環境での観測拡大

2019年

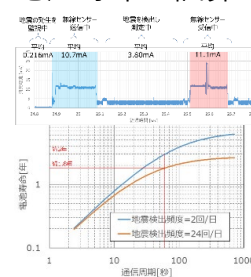
無線機の電池寿命試算
・実環境での観測拡大



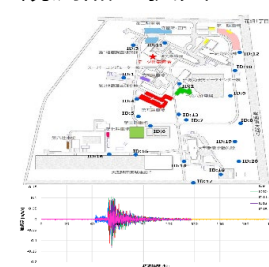
低雑音センサ搭載の無線機を試作 東大での実環境観測



電池寿命の試算



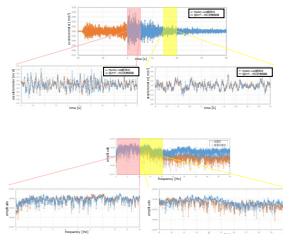
観測点の拡大



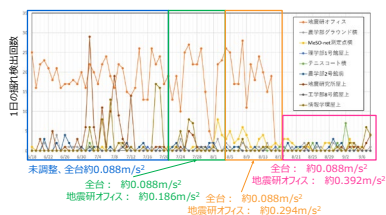
2020年

観測波形データの妥当性評価
・誤検出低減

収集波形の妥当性評価

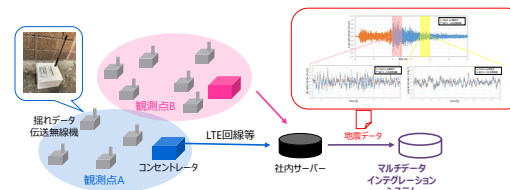


誤検出低減



2021年

100台規模の観測網構築
・データ統合



観測点の構築

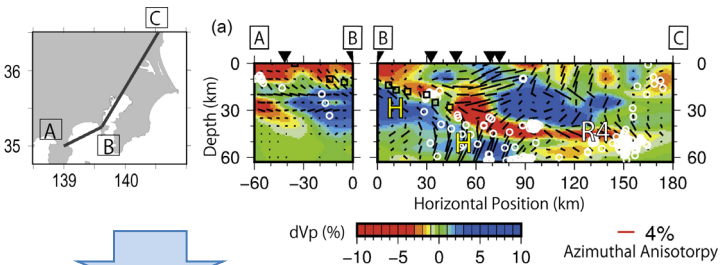


(2) e. 首都圏における過去/将来の地震像の解明

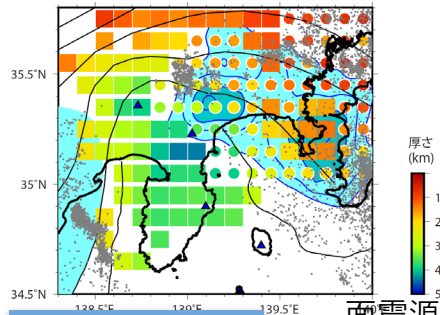
◆ 目的 首都圏における地震ハザード評価に資するため、過去～現在の地震像の解明

地下構造

地震波速度異方性構造の特徴と
解釈



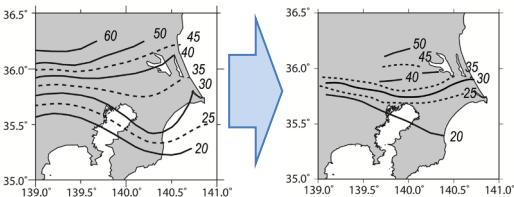
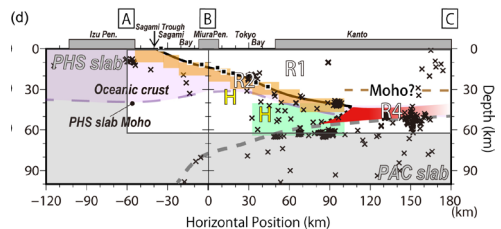
伊豆衝突帯での地殻の厚さ分布



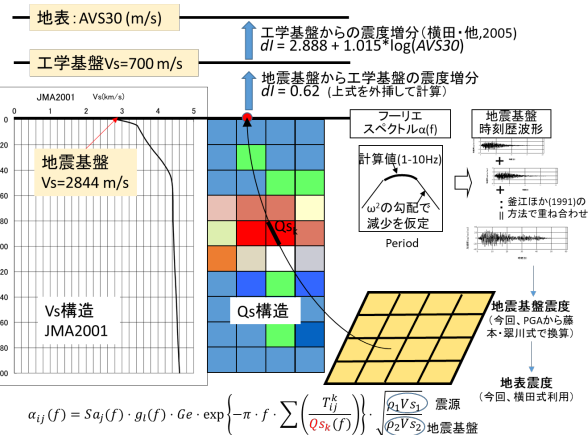
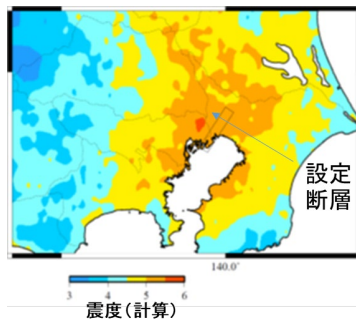
大正関東地震のアスペリティ等と
地殻の厚さを比較・検証
→アスペティは地殻の厚さの比較的薄い
領域に対応

地震動予測

面震源を考慮したアルゴリズム (プロトタイプ) 開発



既往モデルに対して
プレート上面が浅い
こと等を解明

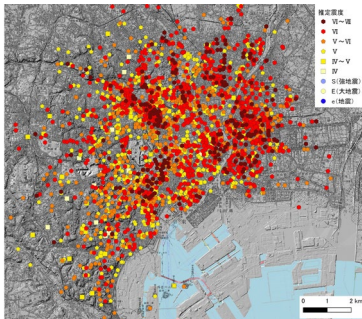
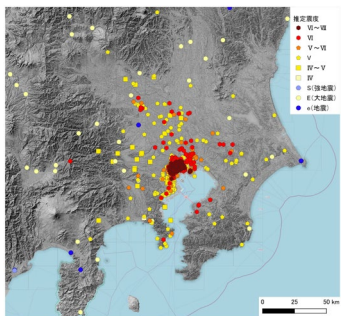


(2) e. 首都圏における過去/将来の地震像の解明

◆ 目的 首都圏における地震ハザード評価に資するため、過去～現在の地震像の解明

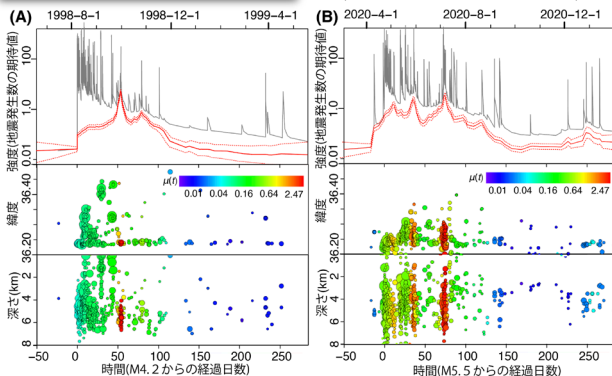
歴史地震

1855年安政江戸地震の
震度分布DBの構築



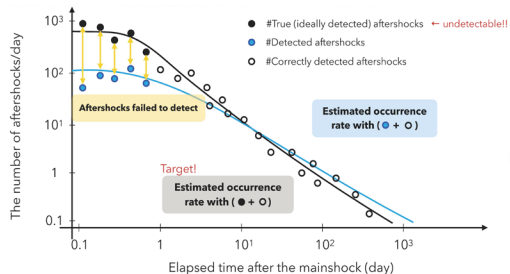
地震活動予測

2020年長野県中部での群発地震活動解析
(1998年との比較)



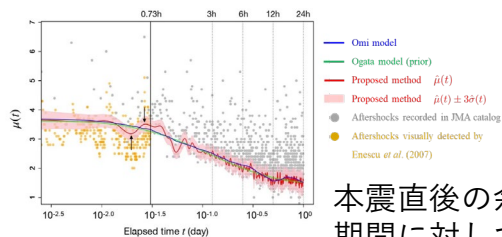
非定常ETASモデルにより
常時地震活動の時間変化を推定

ガウス過程回帰に基づく余震発生頻度予測



余震検出確率 $\pi(t, M)$

$$\pi(t, M) = \frac{1}{\sqrt{2\pi s^2}} \int_{-\infty}^M \exp\left\{-\frac{(x - \mu(t))^2}{2s^2}\right\} dx$$



本震直後の余震の検出が困難な
期間に対して余震検出確率を推定



震度推定値を得るための臨時観測

非構造部材を含む構造物の崩壊余裕度に関するデータ収集・整備

<目的>
センサ・情報技術の活用による、迅速な建物被災度・余裕度判定、機能維持・損失判定の枠組み確立を目指す。

実大実物試験体の
Eーディフェンス実験

損傷～崩壊までの
データ収集

非構造部材をも含む、崩壊余裕度あるいは継続使用可否の即時判定に資するデータを収集・整備／それらを活用した判定法・枠組みの提示。

FY2018

木造：
一般住宅



内装、基礎の地盤・埋設配管までを初めて現実にとって再現した3層の耐震と免震住宅のデータを収集／住宅のセンサデータと崩壊までの挙動を関連付けて、広域被害・危険度判定法を提案。

FY2019

RC造：
災害拠点



本震後の躯体損傷レベルを即時評価し、本震後に耐えられる余震の規模を明示する技術を確立／この手法は、現地調査なしでの被災度自動判定にも適用可能／設備・非構造部材に関する損傷レベル即時評価のための基礎データを取得。

FY2020

S造：
医療施設



耐力に余裕がある病院施設の十分な崩壊余裕度を確認／天井・間仕切壁・屋上水槽・天井内配管、各種高機能設備の挙動データを取得し、病院機能の低下度を評価／設計レベルの地震動下でも困難と判定された医療行為の継続性について、迅速な状況評価のための定量的指標と閾値を同定。

FY2021

室内空間の
機能維持実験



室内空間の機能維持：躯体損傷が無くても、家具什器の散乱は機能維持を不可能にする。画像を含む室内の挙動データを収集。室内損傷被害の検証方法の指針、被害対策法、被害センシング手法を提案。

サブb策定の入力地震動をサブcの加振実験で利用

木造・RC造・S造共通：初めて、中小～大地震までの挙動を、同種の無線加速度センサ・層間変位センサによってデータ収集。

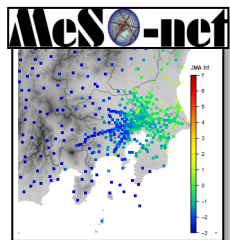
プロジェクト実施：平成29年度(2017年度)～令和3年度(2021年度)

①2017→②2018→③2019→④2020→⑤2021

データ利活用協議会、サブプロジェクト(a)(b)(c)の推進、これらの有機的連携を通じたデータ収集・整備により、**産官学民一体の総合的な事業継続と災害対応、個の防災行動等に役立つ社会実装を実現する**

レジリエンス総合力向上に資する
データ利活用に向けた連携体制
の構築

sub a 「対応力の
向上を目指す」
社会科学分野



sub b 「予測力の
向上を目指す」
理学分野

デ活
データ利活用協議会
Data use and application council for Resilience

sub c 「予防力の
向上を目指す」
工学分野

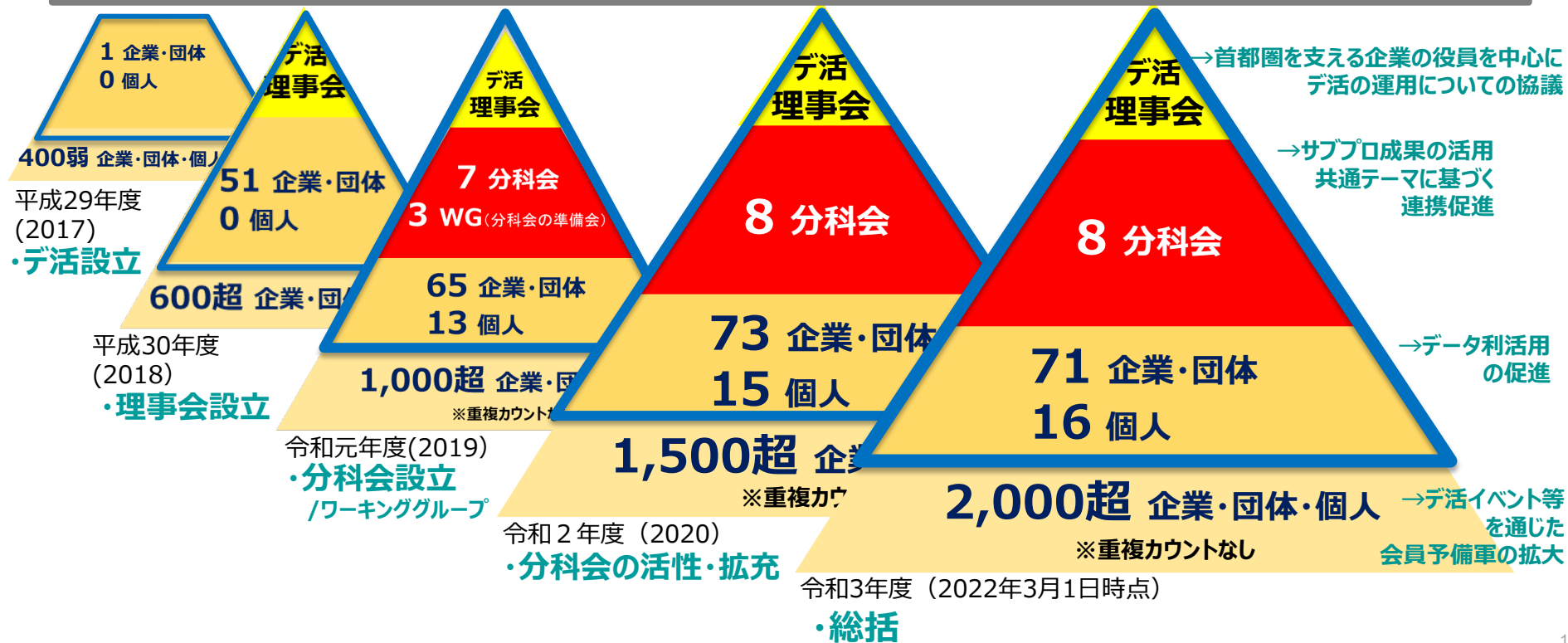


官民連携による超高密度地震観測
データの収集・整備

非構造部材を含む構造物の崩壊余裕度
に関するデータ収集・整備

データ活用協議会の活動レビュー

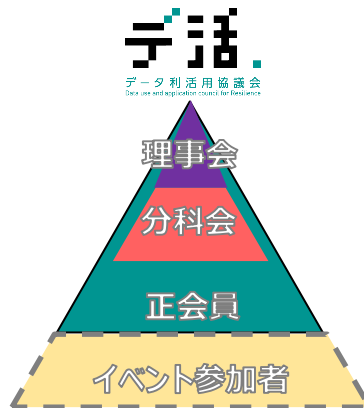
- ▶ 公開イベント（年4回：デ活シンポ+年次成果報告会）により、リピーターや関心が高い層は年々増加した。
- ▶ 特に、具体的なデータ利用・提供、フィールドトライアルをさせていただける組織・団体とは、「分科会」等で研究活動に組み込み、深く掘り下げてきた。



デ活のマネジメント：産官学民の連携に向けたデ活の戦略

ONLINE公開シンポ等（オープン戦略）

→Webサイトや公開イベントを通じた情報発信等により、
データ利活用の促進



分科会活動（セミオープン戦略）

→サブプロ成果の活用
専門的・個別的な議論、連携促進



- 民間企業（ライフライン、通信、交通等）や地方公共団体、関係機関と連携し、情報の利活用手法の開発を目指す
- After COVID-19も見据えたレジリエンス向上のあり方、広域で時間の制約を超えた状況認識・意思決定

首都直下地震に備えて
ここまでの「原発市民」のデータ活用



プロジェクトおよびデ活が果たした役割

地域や組織の共通価値の醸成、および科学的根拠に基づいたイノベーションへの寄与

- **社会を取り巻く状況の変化がある中で、先駆的な取り組みとして布石を投じた。**

- SDGs等におけるレジリエンス
- デジタル庁等に関係機関の間でのデータ連携促進

⇒ 3つの学術的な研究分野と企業・行政組織、非営利団体などの民間組織の防災へのニーズを融合する試みが徐々に地域のステークホルダーに受け入れられてきた。

- **主たる対象とした地震災害：具体的な防災対応に結びつける研究を推進した。**

- 首都圏に約300地点に設置・維持されている地震観測網（MeSO-net）
- 多数の簡易地震計のデータを用いた迅速な地震時の揺れの把握、など
- EDF実験を防災科研として今後も継続

⇒ 予測・予防、応急対応、復旧・復興の各過程において科学的な知見に基づいた意思決定や合意形成の具体事例を提示できた。

- **地震以外のリスク：関連事業と連動し視野を拡大：防災科研の研究として継続。**

- 気象災害軽減コンソーシアム：NIED発の産学官の連携において1年先行していた取り組み
- 内閣府PRISM事業：本プロジェクト他へのアドオン施策

⇒ シンポジウムを中心に、民間データの利活用について協議・検討できた。

生きる、を支える科学技術



防災科研