

災害科学国際研究所シンポジウム 「東日本大震災から10年とこれから」 災害研設立後の実績と今後10年（理学・工学）

2021年3月7日（日）

仙台国際センター 展示棟1階3B

災害科学国際研究所
教授・所長補佐 寺田賢二郎

理学・工学系



＜理学系＞

災害理学研究部門

- 海底地殻変動研究分野
- 長期地殻変形・地質構造研究分野
- 活断層研究分野
- 地震メカニズム研究分野
- 火山ハザード研究分野
- 宙空災害研究分野
- 気象・海洋災害研究分野

＜工学系＞

災害リスク研究部門

- 地域地震災害研究分野
- 津波工学研究分野
- 環境変動リスク研究分野
- 広域被害把握研究分野
- 最適減災技術研究分野
- 低頻度リスク評価研究分野

地域・都市再生研究部門

- 計算安全工学研究分野
- 災害対応ロボティクス研究分野



災害評価・低減研究部門

地震津波リスク評価（東京海上日動）
寄附研究部門

都市直下地震災害（応用地質）
寄附研究部門

災害理学研究部門



部門長：遠田 晋次 教授

(7研究分野)

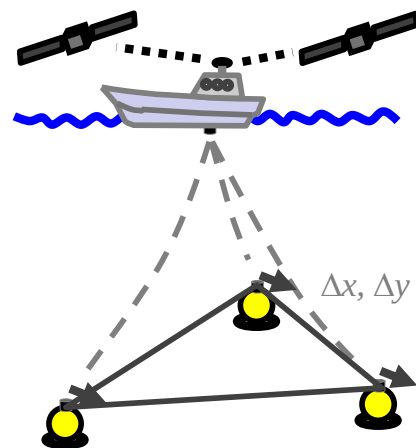
- 海底地殻変動研究分野
 - 木戸 元之 教授 (兼任先 理学研究科)
 - 日野 亮太 教授 (本務先 理学研究科)
 - 福島 洋 准教授 (兼任先 理学研究科)
- 長期地殻変形・地質構造研究分野
 - 武藤 潤 准教授 (本務先 理学研究科)
 - 高橋 尚志 助教
- 活断層研究分野
 - 遠田 晋次 教授 (兼任先 理学研究科)
 - 石澤 堯史 助教 (兼任先 理学研究科)
- 地震メカニズム研究分野
 - 趙 大鵬 教授 (本務先 理学研究科)
 - 岡田 知己 准教授 (本務先 理学研究科)
 - 内田 直希 准教授 (本務先 理学研究科)
- 火山ハザード研究分野
 - 三浦 哲 教授 (本務先 理学研究科)
 - 山本 希 准教授 (本務先 理学研究科)
 - 市來 雅啓 助教 (本務先 理学研究科)
- 宙空災害研究分野
 - 小原 隆博 教授 (本務先 理学研究科)
 - 三澤 浩昭 准教授 (本務先 理学研究科)
 - 土屋 史紀 准教授 (本務先 理学研究科)
- 気象・海洋災害研究分野
 - 須賀 利雄 教授 (本務先 理学研究科)
 - 山崎 剛 教授 (本務先 理学研究科)

海底地殻変動研究分野

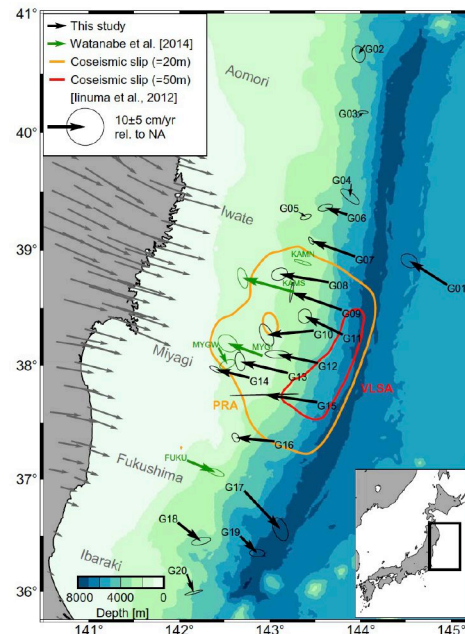
木戸 元之 教授

これまでの10年

2011年の東北沖地震後の余効変動場を
毎年の海底地殻変動観測により把握し、
巨大地震サイクルの重要な部分を解明



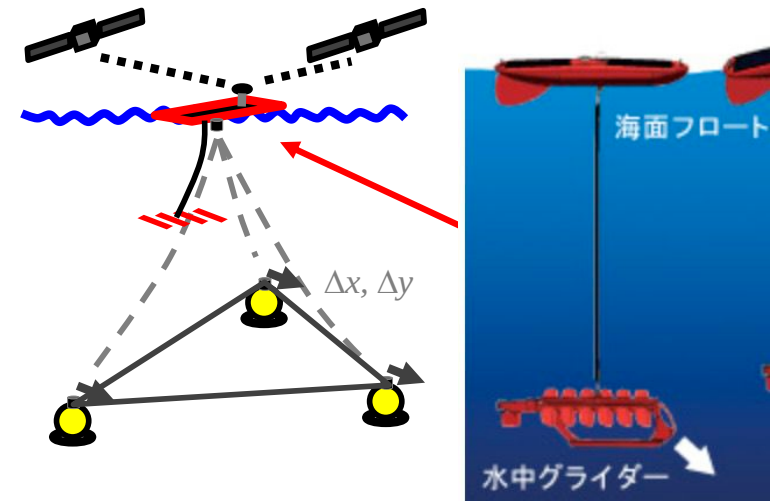
船舶を用いた
人海戦術による観測



地震後の海底の動き(Tomita et al., 2017)

これからの10年

巨大地震のトリガーのなり得る
スロー地震 (= 時間変化する現象) を
高頻度自動観測によって
リアルタイムでモニタリング可能に



自動観測システムによる
高頻度観測
リアルタイムデータ伝送

海底地殻変動研究分野

福島 洋 准教授

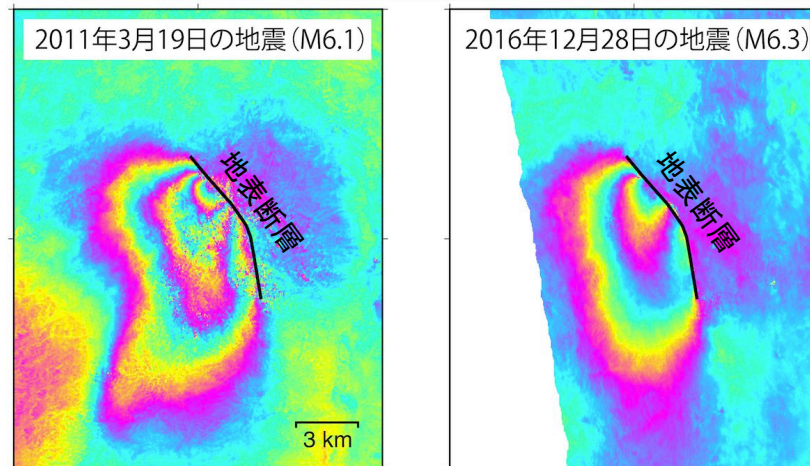
衛星レーダ画像解析による地殻の変形計測手法
と地震発生メカニズム等の研究

これまでの10年

地震による変動の詳細把握

→ 多種多様な地震の発生様式の発見

2011年東北沖地震後、茨城県北部でわずか6年弱という超短期
間で繰り返した地震による変動



(福島ほか, 2018年 *Nature Geoscience*誌掲載)

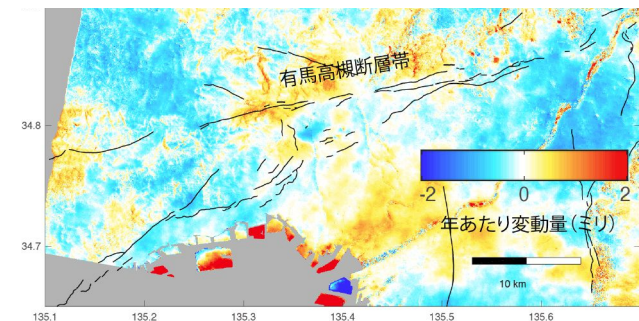


「だいち2号」© JAXA

これからの10年

ミリ精度の変形計測技術

→ 平時からの断層監視へ



昔は断層は急激にすべる（＝地震）か安定して受動的にすべるかの二択しかないとされていたが、最近は中間的なもの（自発的に少し速めにすべるが揺れを生じさせるほどは速くない）が結構あるということがわかってきた。少し速くなったりすると地震発生の確率が高まっているのではないかというようなことが地震学のホットトピックの一つとなっている。

活断層研究分野

遠田晋次教授・石澤亮史助教

内陸地震の長期予測と被害軽減

●この10年

2016年熊本地震, 2014年長野県北部地震などの調査を通じて, 活断層から引き起こされる内陸地震のマグニチュード, 発生頻度・確率, 直上構造物被害につながる変位(ずれ)などの予測手法向上への寄与

●これからの10年

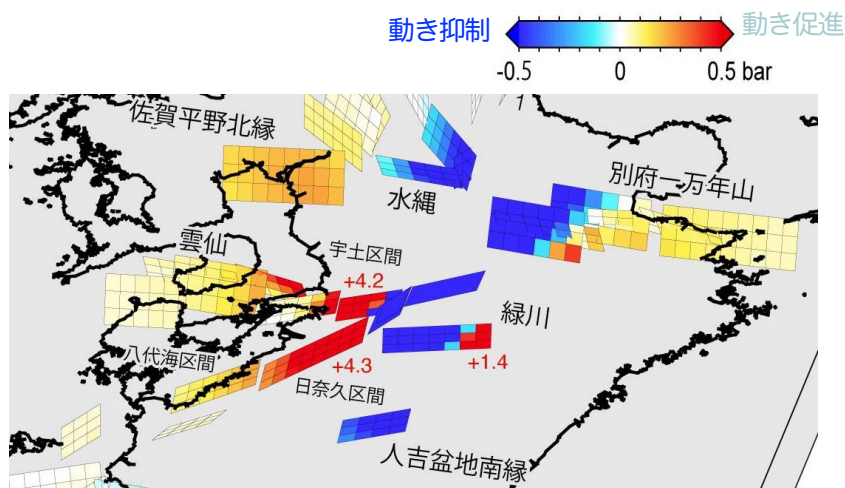
地質学的長期評価と直近の地殻変動, 地震活動と融合した現実的な予測へ



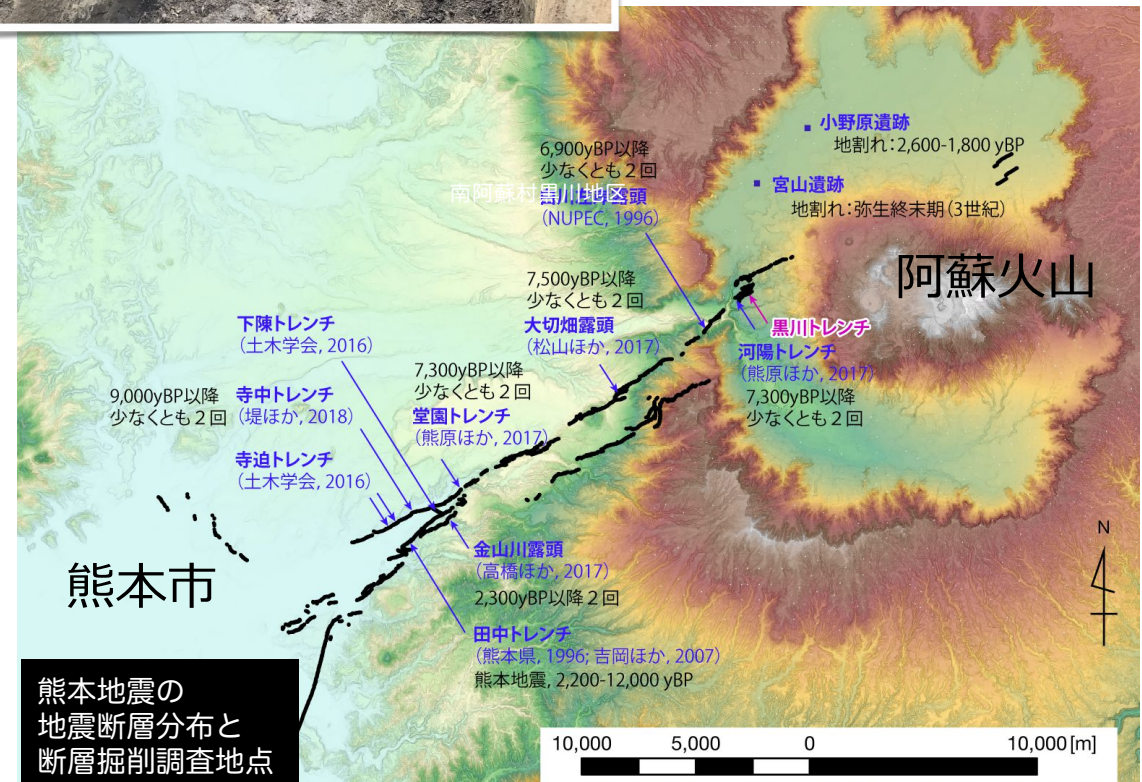
2013年地震本部評価
活動間隔は8,100~26,000年、
最後の活動が約6,900年前~
2,200年前(従前) ほぼ0%



当分野ほかの研究成果
平均活動間隔は 2,000-4,000年
最後の活動は2,000年前



熊本地震による周辺活断層への影響



熊本地震の
地震断層分布と
断層掘削調査地点

災害リスク研究部門



部門長：五十子 幸樹 教授

(6研究分野)

- 地域地震災害研究分野
 - 大野 晋 准教授（兼任先 工学研究科）
 - 榎田 竜太 准教授
 - 源栄 正人 シニア研究員（本務先 工学研究科、兼任先 工学研究科）
- 津波工学研究分野
 - 今村 文彦 教授（兼任先 工学研究科）
 - サッパシー アナワット 准教授（兼任先 工学研究科）
 - 門廻 充侍 助教
 - 岩崎 智哉 特任教授（客員）
 - 呉 文 繡 特任教授（客員）（本務先 国際航業株式会社）
 - 大石 裕介 特任准教授（客員）
 - ヌイン デビット 特任准教授（客員）
- 環境変動リスク研究分野
 - 越村 俊一 教授（兼任先 工学研究科）（兼務）
 - 有働 恵子 准教授（兼任先 工学研究科）
 - 橋本 雅和 助教（兼任先 工学研究科）
- 広域被害把握研究分野
 - 越村 俊一 教授（兼任先 工学研究科）
 - 佐藤 源之 教授（本務先 東北アジア研究センター、兼任先 環境科学研究科）
 - マス エリック 准教授（兼任先 工学研究科、タフ・サイバーフィジカルAI研究センター）
 - 太田 雄策 准教授（本務先 理学研究科）
 - 村嶋 陽一 特任教授（客員）
- 最適減災技術研究分野
 - 五十子 幸樹 教授（兼任先 工学研究科）
 - 郭 佳 助教
- 低頻度リスク評価研究分野
 - 菅原 大助 准教授

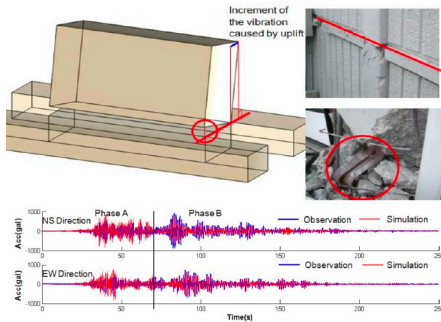
地域地震災害研究分野

大野 晋 准教授
榎田 竜太 准教授

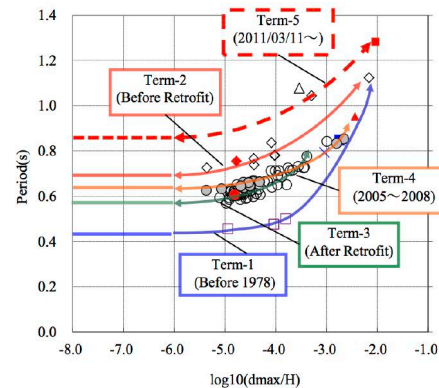
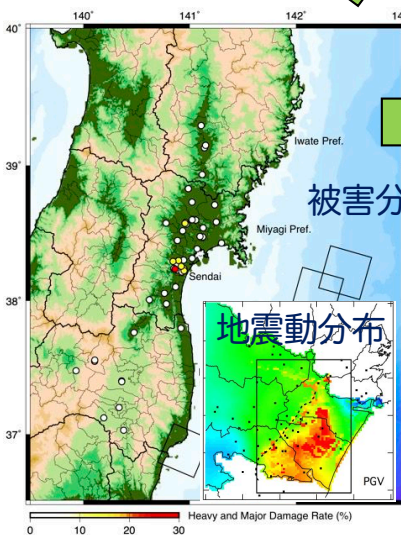


この10年の歩み

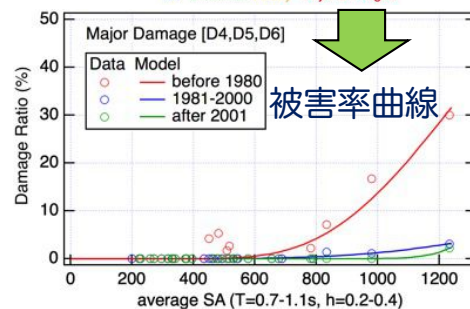
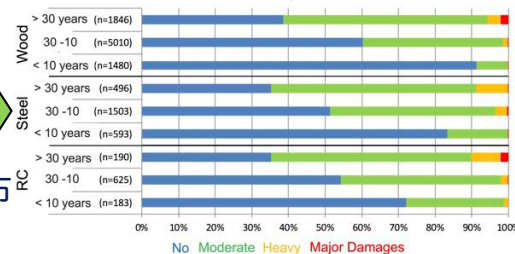
- ・建物振動被害の調査と被災要因解明
- ・地震動特性解明と被害との関係解明
- ・構造物の損傷検知手法の開発



被災建物の分析



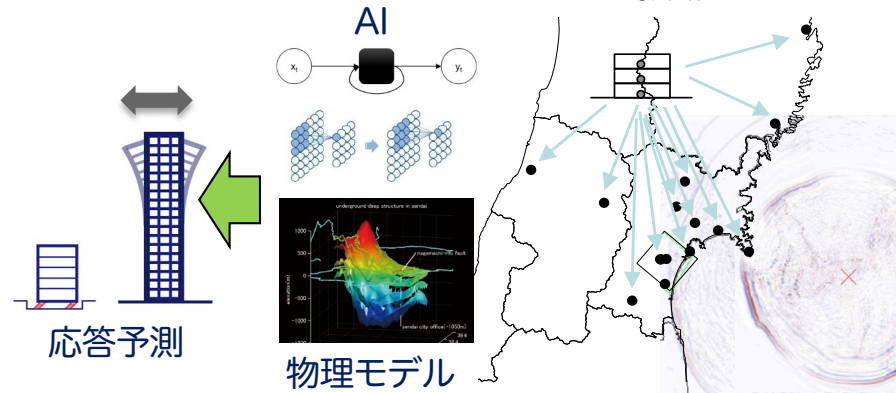
被災による建物剛性変化



これからの10年

- ・高密度観測+物理モデル/機械学習による地震動と建物応答の即時予測
- ・無線技術による損傷検知手法の実用化
- ・大構造物を対象とした振動実験技術の高度化

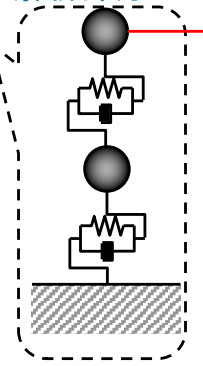
リアルタイム振動モニタリング



地震動→建物応答即時予測

数値解析部分

振動実験部分



リアルタイムサブストラクチャ振動台実験

津波工学研究分野

今村文彦 教授・サッパシー アナワット 准・門廻 充侍 助教

「この10年間の業績」

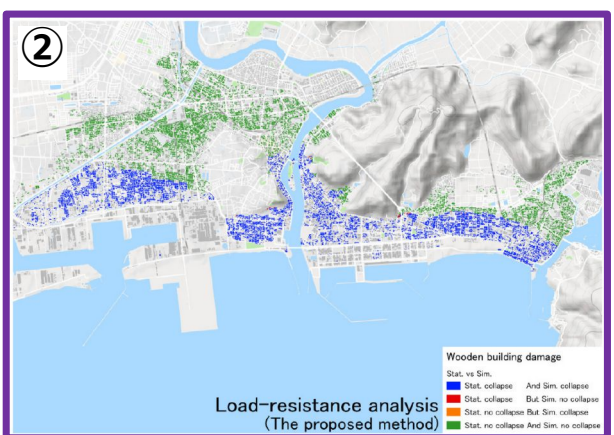
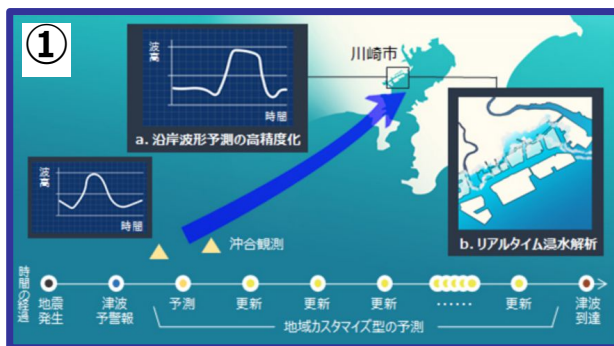
受賞：25件（防災功労者内閣総理大臣表彰、
濱口梧陵国際賞（国土交通省大臣賞）、中曽根康弘賞等）
査読付き論文（国内/国際）：77件 / 83件



「これまで」：東日本大震災からの教訓から、確率論的津波リスク定量化、多重防御対策による津波減災効果の検討、被災データによる津波被害関数の構築等の研究

「これから」：主な研究テーマ（学際研究及びより実践的な研究成果で貢献）

- ①産学官連携におけるICT活用による津波被害軽減「連携先：富士通、東京大学、川崎市」
- ②高精度な津波被害予測技術及び複合・連鎖災害によるリスク評価「連携先：UCL等」
- ③東日本大震災の犠牲者情報分析による災害からの生存科学の構築「連携先：宮城県警察本部」
- ④国連機関・「世界津波の日」による研究成果の国際的な発信「連携先：UNDRR、UNDP等」



- ①高速かつ高精度な津波浸水、津波避難シミュレーション技術による地域カスタマイズ型の津波予測・津波事前対策
- ②津波数値解析、建物耐力を考慮した新たな建物被害予測
- ③各自治体の気温と低体温症の空間分布
- ④全世界津波ハザード評価、コロナ禍の津波避難ガイドライン

環境変動リスク研究分野

有働 恵子 准教授
橋本 雅和 助教



衛星画像を用いた海岸線自動抽出による2011年の津波被害・回復過程の把握

円の大きさは2011年の津波による砂浜の侵食量を示し、青色が回復割合を示す。
被災直後は回復が認められた場所もあったが、多くの場所で侵食後も回復していない。

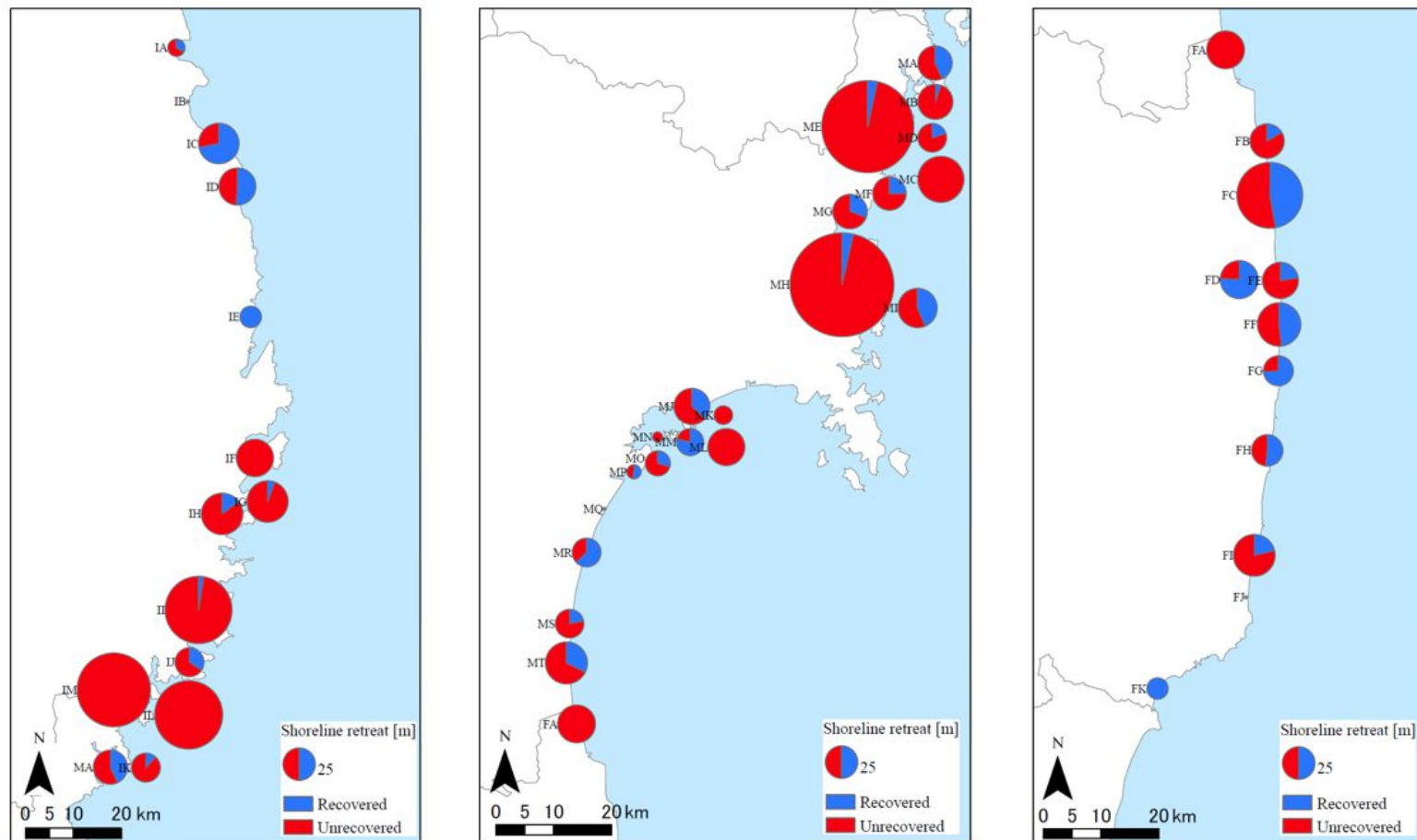


Fig 5. Shoreline retreat due to the tsunami and its recovery after four years in (a) Iwate, (b) Miyagi, and (c) Fukushima prefectures.

- 海岸線においては、津波リスクだけでなく、台風等による高潮・高波リスクと絶えず接している。将来の気候変動に伴う海面上昇や台風の巨大化により、我が国の沿岸環境も厳しさを増すことが懸念される。様々な沿岸災害リスクに備えつつも、防災・環境・利用のバランスの取れた沿岸管理を行っていくことが重要である。
- これまでにえられた知見を活用しながら適切な沿岸管理のための技術開発を行っていく。

広域被害把握研究分野

越村 俊一 教授
マス エリック 准教授

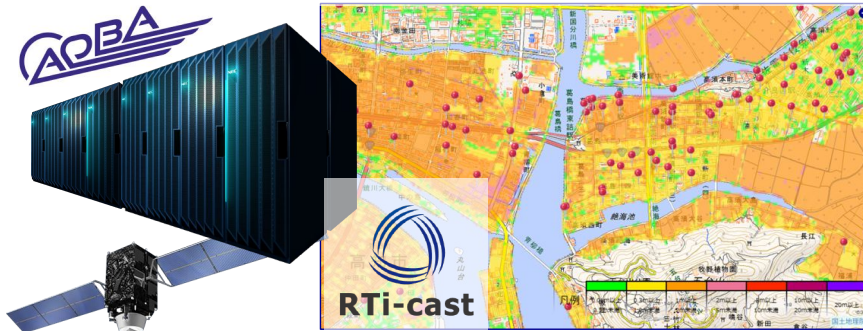


震災から10年で実現したこと

1. リアルタイム津波浸水被害予測システム 3. 災害曝露人口の推定と避難行動

トリプル・テン・チャレンジ(10-10-10)

- 10分以内の津波発生予測, 10分以内の浸水被害予測を10mメッシュで実現。
- 東北大学発ベンチャー・RTi-cast設立. 予測サービスの開始(国, 自治体, 民間企業)

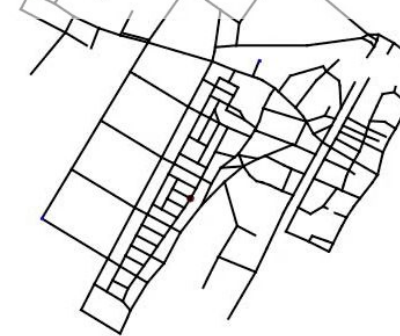


人流データの災害科学への活用

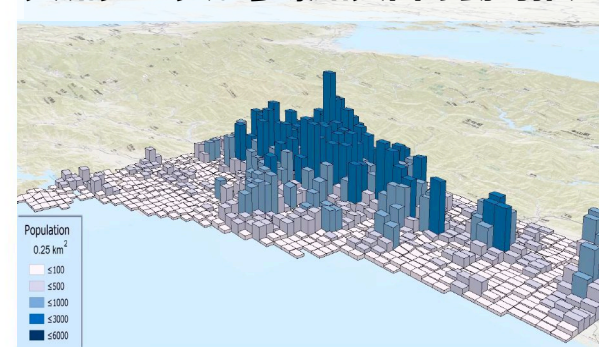
- 強化学習による避難行動最適化
- コロナ禍での避難所運営



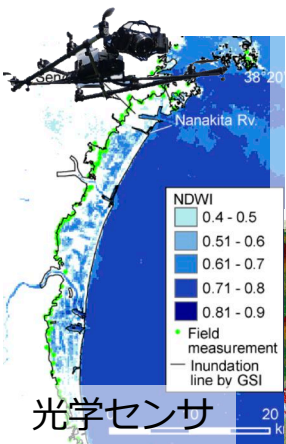
強化学習による避難最適化



人流データから曝露人口の動的推定

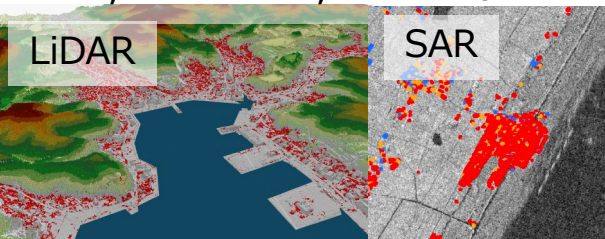


2. リモートセンシングによる広域被害把握



機械学習・深層学習の進展

- 多様なセンサデータの分析による被災地のモニタリング (浸水域, 建物被害, 瓦礫量)



これからの挑戦ーリアルタイム災害科学の創成

災害ジオインフォマティクス分野へと改組

- 災害を生き延びる・回復するを支援するための, センシング・予測の深化 (限られた時間, 圧倒的不確実性下での生存戦略)
- 分野融合によるリアルタイム災害科学の学理の追求
- 生き延びるための社会対応の最適化 (リアルタイム予測情報を活用した避難モビリティの可能性追求)

最適減災技術研究分野

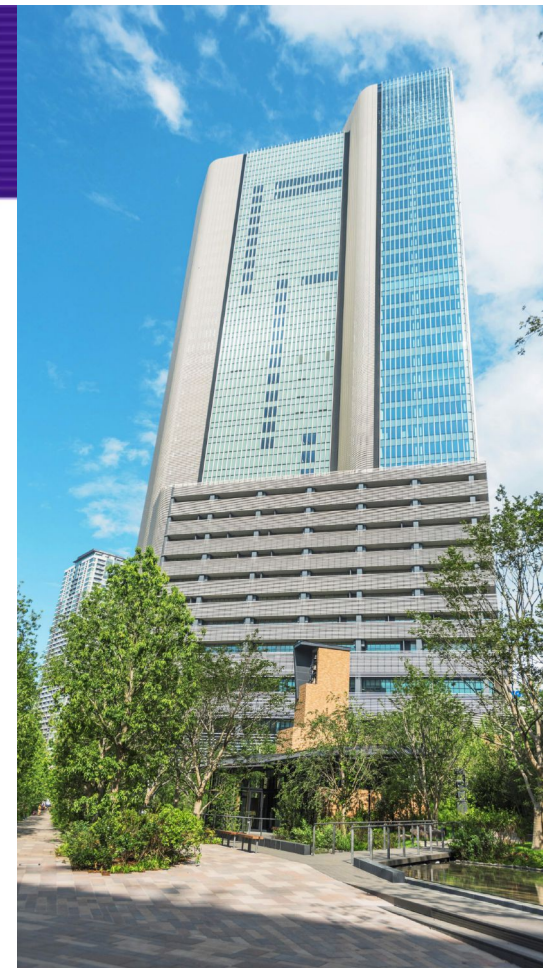
五十子 幸樹 教授 ・ 郭 佳 助教

この10年の歩み

- 長周期地震動対策のための、新しい制御理論・技術の研究開発と社会実装への取り組み
- コンパクトな同調振り子システムを開発し、実際の超高層建物に採用（産学連携）
- 耐震工学国際ワークショップの主催・共催による国際連携醸成と若手育成

これからの10年

- 構造物の高耐震化へ向けた対策メニューの充実
 - 構造制御理論再構築 = 長周期構造物制御のための複素減衰理論
 - 産学連携により①長周期構造物の高耐震化を実現，②建築構造物から土木構造物への更なる展開
- 国際連携(日米・日中)・若手育成の継続と強化

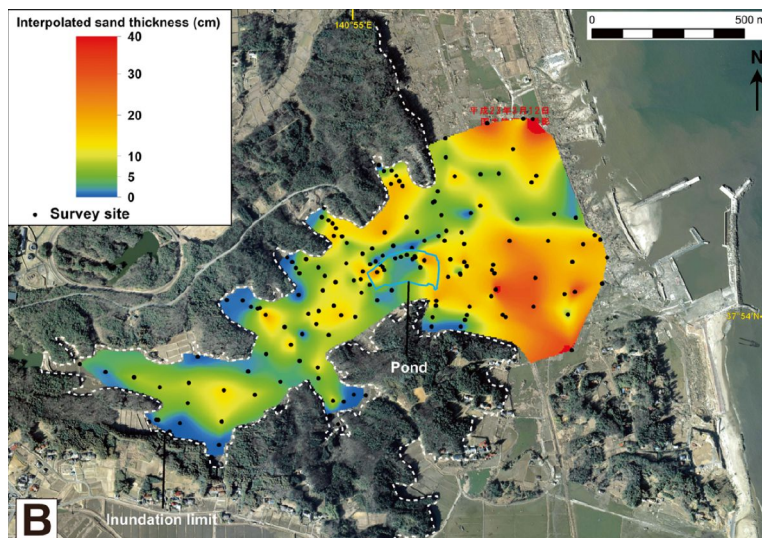


低頻度リスク評価研究分野

菅原 大助 准教授

この10年の歩み

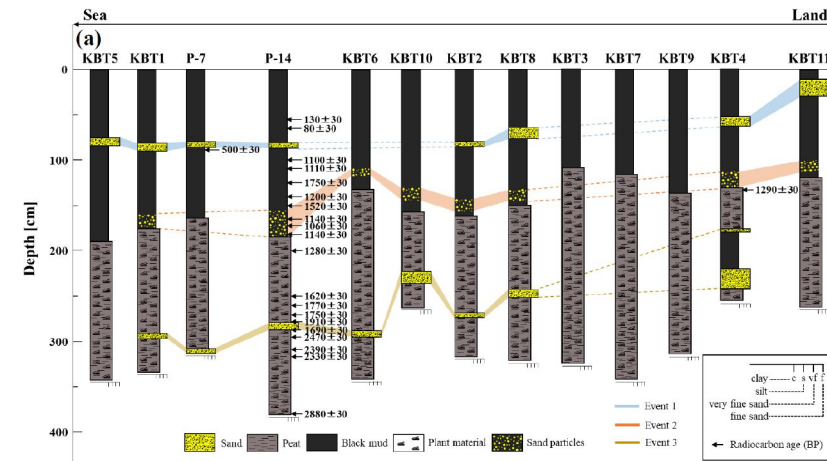
東日本大震災の津波堆積物の継続的な調査研究を通じて得た多くの知見を基に、国内外の研究者と連携して古地震・古津波の履歴（発生時期、規模）を解明する研究を推進した



- 山元町磯浜における東日本大震災の津波堆積物の厚さの分布（Abe et al., 2020）。
- 高密度のデータを取得し、谷沿いの津波堆積物の特徴と形成過程を明らかにした。古津波堆積物の調査研究に活用できる知見になると考えられる。

これからの10年

フィールド調査（地質学）によるデータ収集・分析と数値計算（津波工学）による解析・可視化をより一層発展させるとともに、生物学、人類学、考古学、歴史学といった他分野との更なる連携を図り、世界をリードする古地震・古津波研究を目指す



- 千葉県銚子市で発見された1677年延宝房総沖地震およびそれ以前の時代の津波堆積物（Higaki et al., accepted）。
- 延宝房総沖津波を含め、過去約3000年間で3回の津波が調査地点に堆積物を形成させたことを明らかにした。日本海溝南部の古地震・古津波履歴の解明に貢献する成果である。

地域・都市再生研究部門



部門長：村尾 修 教授

(2研究分野)

- 計算安全工学研究分野
 - 寺田 賢二郎 教授（兼任先 工学研究科）
 - 溝口 敦子 教授（兼任先 名城大学理工学部（クロスアポイントメント））
 - 森口 周二 准教授（兼任先 工学研究科）
 - 野村 怜佳 助教
 - 山口 裕矢 助手
 - 櫻庭 雅明 特任教授（客員）
- 災害対応ロボティクス研究分野
 - 田所 諭 教授
(本務先 情報科学研究科／タフ・サイバーフィジカルAI研究センター)

計算安全工学研究分野

寺田 賢二郎 教授／溝口敦子教授
森口 周二 准教授
野村 怜佳 助教／山口 裕矢 助手



実用性

見える化

広域性

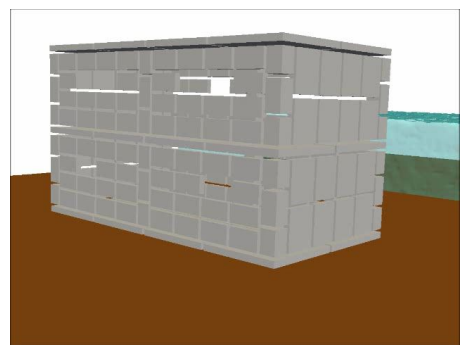
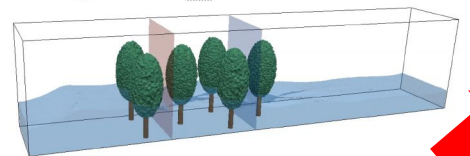
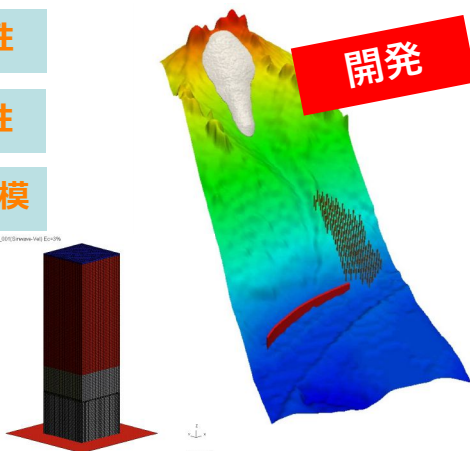
複合性

計算規模

手法・モデリングの開発

- 複合現象に対する表現
- 破壊領域の表現
- 高精細・大規模化

開発



実災害を対象とした適用・検証

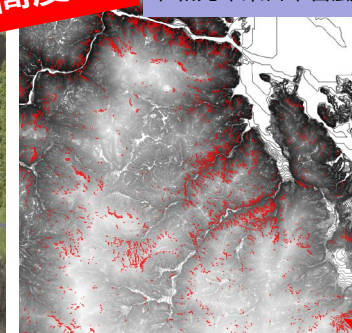
- 変形レベルに依存しない統一解法
- 広域大規模シミュレーション
- 確率論・データサイエンスとの融合

検証・高度化

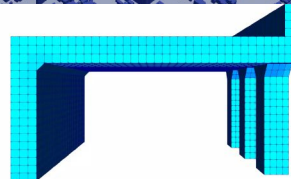
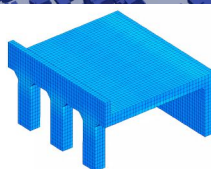
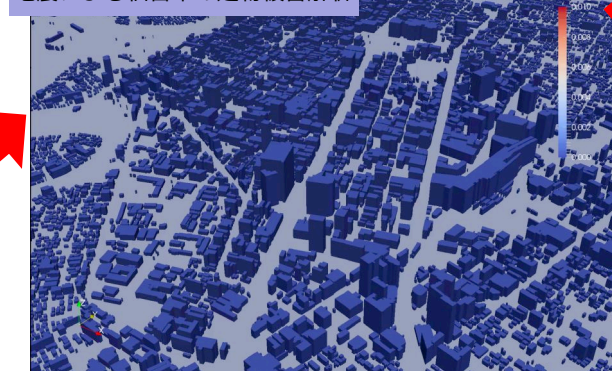
2016年熊本地震



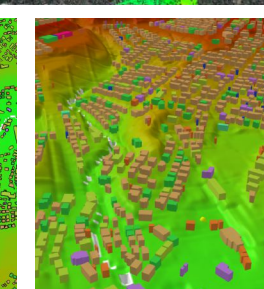
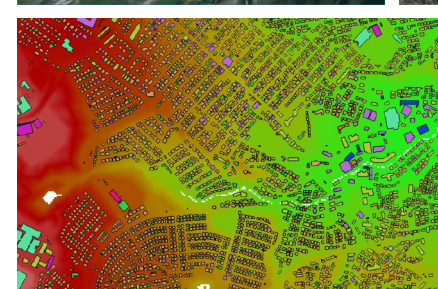
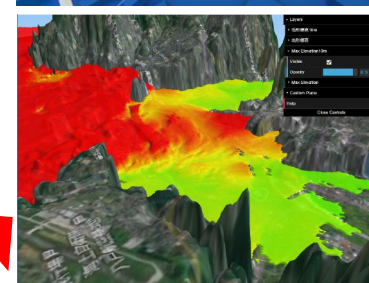
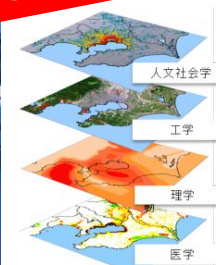
令和元年東日本台風



地震による仙台市の建物被害解析



社会実装



X-GIS : eXtended Geographic Information System

サイバー空間上での災害リスク評価・予測

- X-GISを基軸とする評価プラットフォーム
- 観測データに基づく即時予測・リスク評価
- 都市のレジリエンスデザインの意思決定ツールとしての数値シミュレーション

スパコン／計算機環境性能

2011
PFLOPS

これまでの10年

2021
EFLOPS

これからの10年

2031
ZFLOPS

寄附研究部門



(2研究部門)

- 地震津波リスク評価（東京海上日動）寄附研究部門
 - 今村 文彦 教授（兼任先 工学研究科）（兼務）
 - 山下 啓 准教授
 - サッパシー アナワット 准教授（兼任先 工学研究科）（兼務）
 - 内田 典子 助教
 - 宮本 龍 助手
 - 保田 真理 プロジェクト講師
 - 武田真一 学術研究員（教授）
- 都市直下地震災害（応用地質）寄附研究部門
 - 遠田 晋次 教授（兼任先 理学研究科）（兼務）
 - 吉見 瑤子 助手
 - 乗松 君衣 助手
 - 岡田 真介 特任准教授（客員）（兼任先 理学研究科）

地震津波リスク評価（東京海上日動） 寄附研究部門

今村文彦 教授・サッパシー アナワット 准教授・山下啓 准教授・内田典子 助教
宮本龍 助手・保田真理 プロジェクト講師・武田真一 学術研究員（教授）



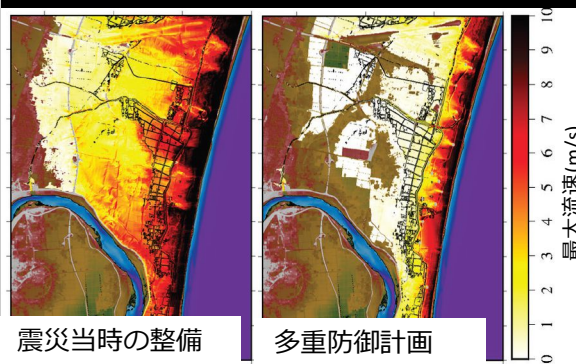
この10年の歩み

津波による土砂移動の実態を解明



東日本大震災・気仙沼湾での
津波・土砂移動・船舶漂流の解析

海岸林の津波減災効果を検証



多重防御有無による最大流速の違い（東日本大震災・岩沼市の例）

防災教育の実践と深化

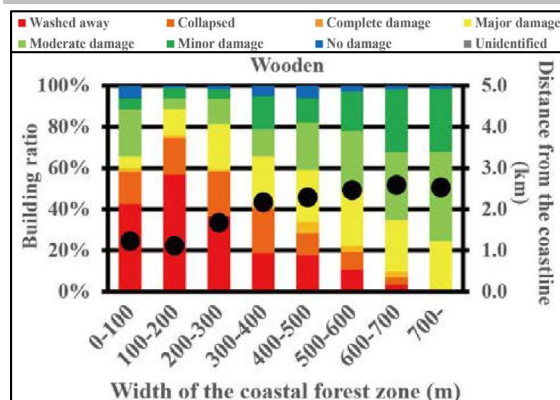


- 国内外での防災出前授業の実践
- 防災教育にアクティブラーニングを導入し深化



これからの10年

Eco-DRRの効果の実証



建物の津波被災度に与える
海岸林の影響を定量化

防災啓発および教育の支援・推進

地域の啓発や学校防災教育を
より効果的に支援し、結プロジェクトと連携した出前授業
やHPでの発信を行う。



地産地防を踏まえた防災ISOの推進

仙台防災枠組の下に我が国での
防災・減災の概念や活動
（地産地防）を国際標準化す
る中で性能や
規格を提案、
新しい防災産業創造を目指
している。



都市直下地震災害（応用地質） 寄附研究部門

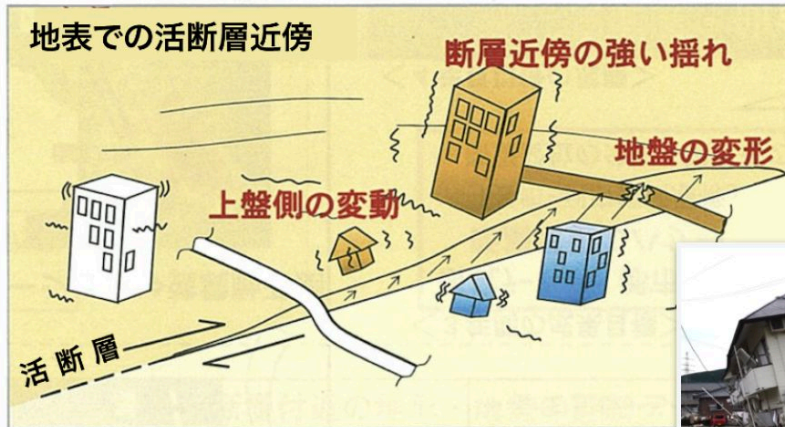
（2019年11月～）



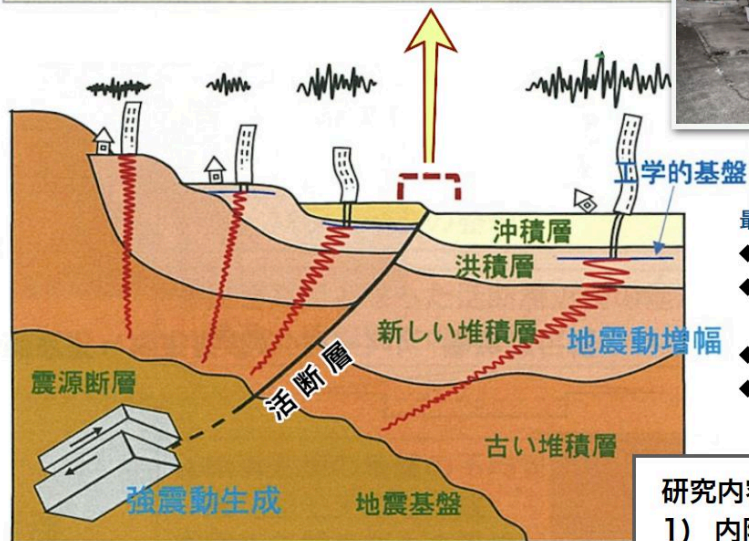
遠田 晋次 教授

吉見 瑤子 助手・乗松 君衣 助手

岡田 真介 特任准教授（客員）

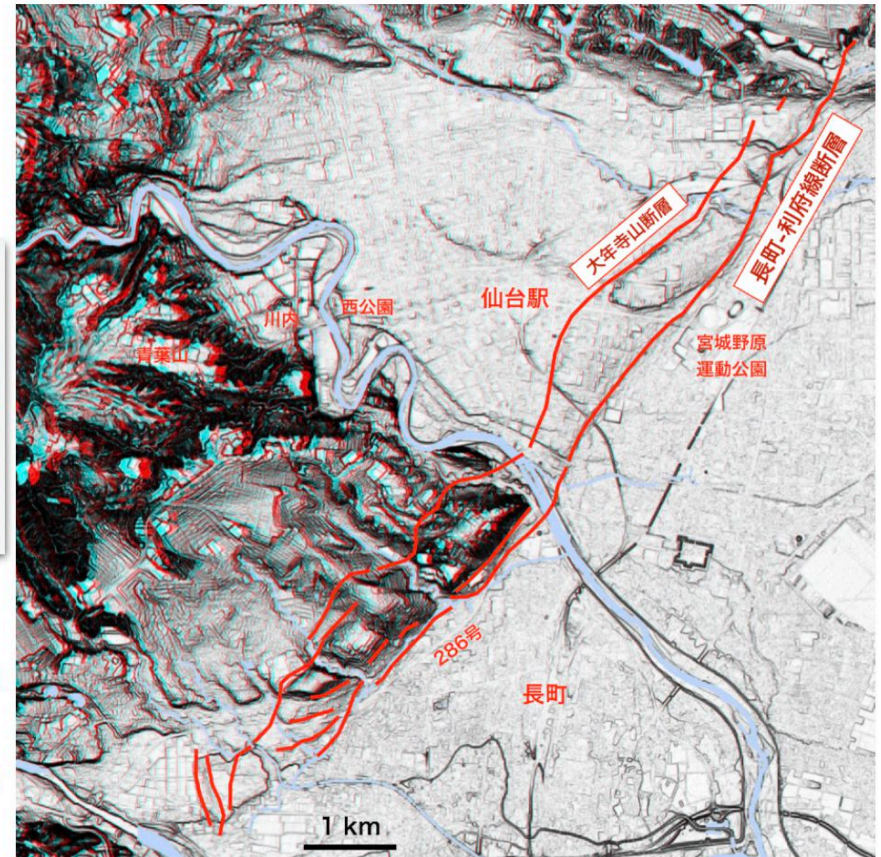


熊本地震での断層変位（ズレ）による建造物の被害（南阿蘇村河陽） ▼



最近の国内の顕著な内陸地震

- ◆ 2019年山形県沖の地震 (M6.7)
- ◆ 2018年北海道胆振東部地震 (M6.7)
- ◆ 2018年大阪府北部地震 (M6.1)
- ◆ 2016年熊本地震 (M7.3)



研究内容

- 1) 内陸地震被害データベース構築
- 2) 強震動シミュレーションによる地震被害再現
- 3) 都市の詳細ハザードポテンシャル・被害予測
- 4) 震源断層・地盤モデル化手法の開発

仙台市を横切る長町ー利府線断層帯へ適用

同断層帯では、断層変位（ズレ）だけではなく最大幅200mにわたって地表が傾く「撓曲」現象も懸念されている。詳細かつ現実的な強震動・断層変位予測を被害想定に反映させ、合理的な減災計画などについて宮城県・仙台市にも働きかける