

全国を概観する リアルタイム地震被害推定システムの開発

防災科学技術研究所
中村洋光

謝辞

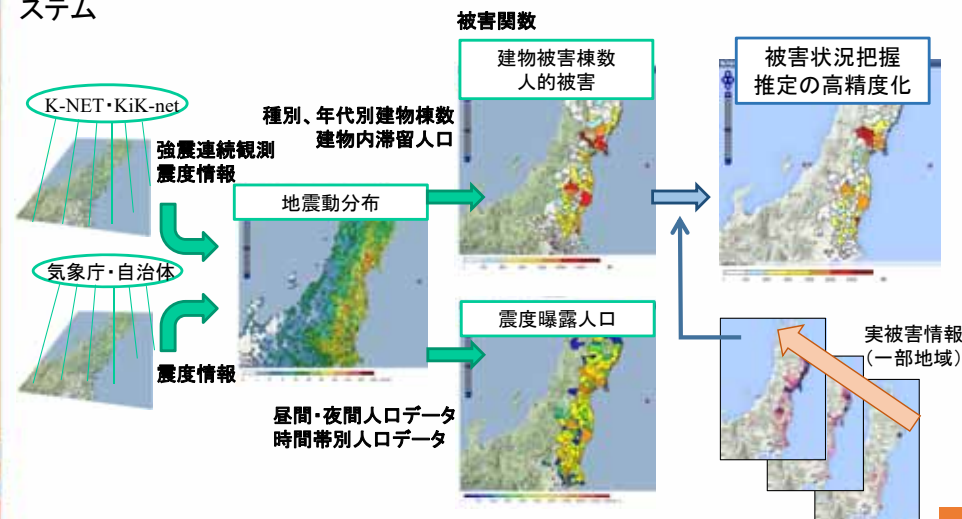
本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）によって実施されました。なお、リアルタイム被害推定で用いている地方公共団体及び気象庁の震度データは気象庁より提供して頂いたものです。



SIP防災研究開発項目⑤ >>>>> 災害情報収集システム及びリアルタイム被害推定システムの研究開発

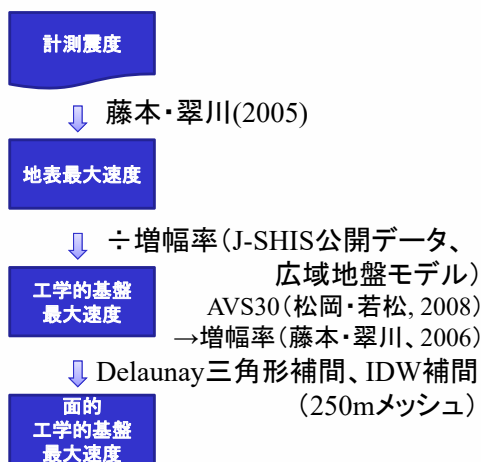
地震動による被害を対象とした全国を概観する リアルタイム被害推定・状況把握システムの開発

地震災害発生直後の初動対応の意思決定支援等に資することを目的として、広域にわたる災害が発生した場合でも被害全体をリアルタイムに推定、状況を把握することで概観でき、詳細レベルでも活用可能な情報の提供を目指したシステム



2

地震動から建物被害推定までの流れ

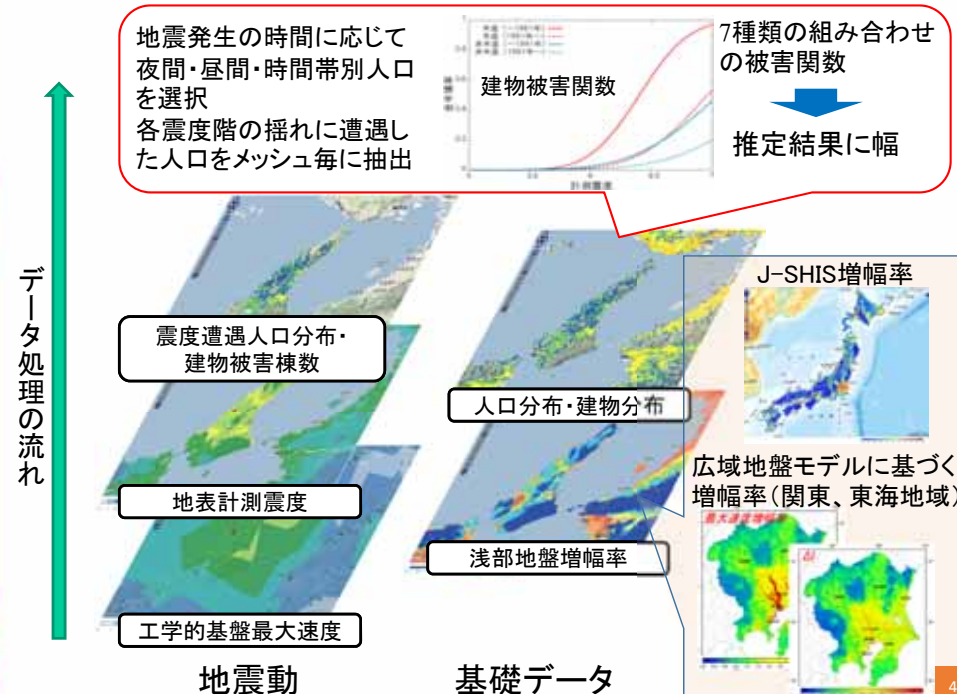


工学的基盤最大速度

地震動

3

地震動から建物被害推定までの流れ



地震動

基礎データ

4

地震被害推定のための全国建物モデルの構築の流れ

東日本大震災後の状況が反映された地図データ等を用いて、全国約56,000,000棟を対象として、250m四方のメッシュに分割したエリア毎に、建物構造分類や建築年等の被害推定に必要な属性を持つ全国規模の建物モデルを構築する。

東日本大震災の津波の影響

建物の年代別残存棟数を固定資産概要調書の年次区分表を用いて年代別の残存棟数の推定を行う。

全国250mメッシュ
【木造分類データ】

全国250mメッシュ
【非木造分類データ】

地図データ等

全国不動産物件情報、170万棟以上の建物構造情報を用いて、木造・非木造分類精度を高める。

全国
不動産物件情報

全国建物モデルの構築
250mメッシュデータ
(位置、建物種別、年代、階数等)

木造建物

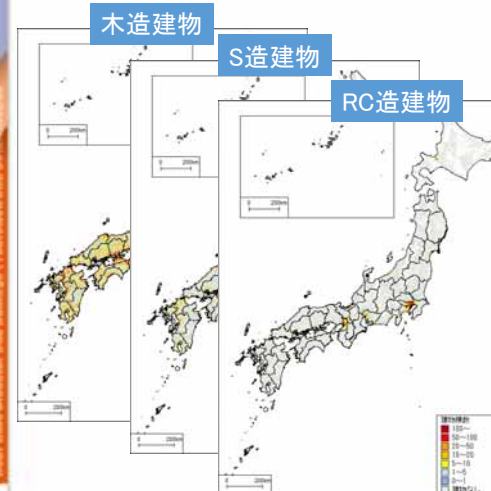
S造建物

RC造建物

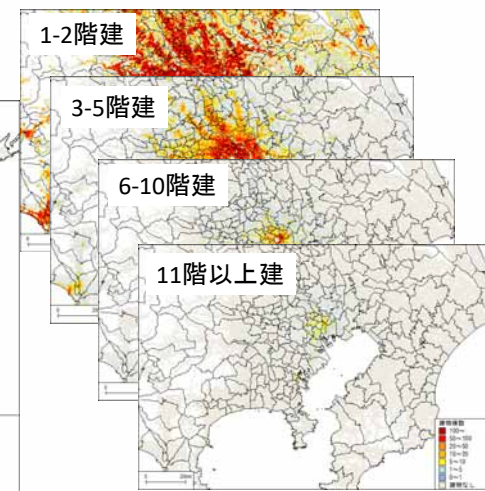
5

構築した建物棟数分布の例

構造種別毎の棟数分布



階数毎の棟数分布



6

被害推定のための全国を対象とした人口モデルの構築

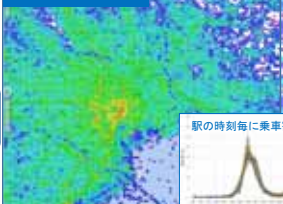
国勢調査、経済センサス基礎調査(地域メッシュ統計)等の統計データを基本とし、GPSの位置情報による時間帯毎の滞留人口を考慮した250mメッシュ毎の平日・休日別の被害推定に必要な人口モデル(建物内滞留・流動人口モデル)を構築した。

人口モデルデータ

③ 流動人口

【主な利用データ】
GPS位置情報
商業・事業所系集積情報
駅別乗降客数情報

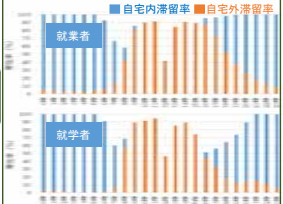
GPS位置情報



商業・事業所系集積情報



就業・就学者の自宅内・外滞留率(社会基本調査)



時刻毎における勤務中の外出率(パーソナリティ調査)



② 自宅外滞留人口

【主な利用データ】
国勢調査経済センサス基礎調査
社会生活基本調査
勤労統計調査、パーソナリティ調査
学校就学者数情報等

① 自宅内滞留人口

【主な利用データ】
国勢調査

国勢調査:
(平日): 非労働者人口(15歳以上人口、但し学生は除外) 完全失業者(15歳以上人口)0~2歳人口
(休日): 非労働者人口(15歳以上人口) 完全失業者(15歳以上人口)0~14歳人口
第2次産業就業者

7

時々刻々変化する人口分布をモデル化

4時



8

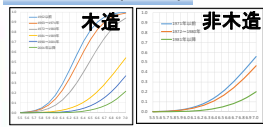
建物被害・人的被害関数

◆ 7種類の建物被害手法と、2種類の人的被害手法をシステムで推定できるようにした。

建物被害の推定

震度、最大速度、速度応答を説明変数とする被害関数の7種類で推定する。

中央防災(2012)



堀江(2004).村尾・山崎(2002)

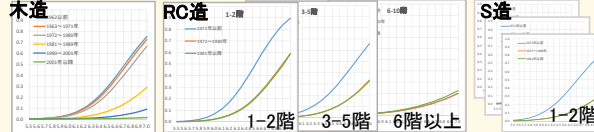
堀江(2004).村尾・山崎(2000)

村尾・山崎(2002) 中央防災(2004)

翠川ほか(2011)

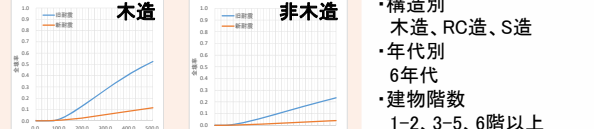
佐伯ほか(2016)

建物構造特性を考慮した被害関数
⇒RC造・S造は、建物階数別に被害関数を作成



清水ほか(2016)

建物構造特性を考慮した被害関数



建物データは、以下で分類

- ・構造別
木造、RC造、S造
- ・年代別
6年代
- ・建物階数
1-2、3-5、6階以上

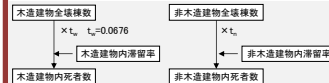
人的被害の推定

平日・休日、月・1時間毎の滞留人口モデルを使用し、人的被害を推定する。

中央防災(2012)

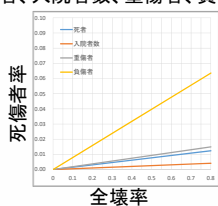
- ・死者、重傷者、負傷者、自力脱出困難者、建物による避難者数

死者数の算出手法



佐伯ほか(2001)

- ・死者、入院者数、重傷者、負傷者

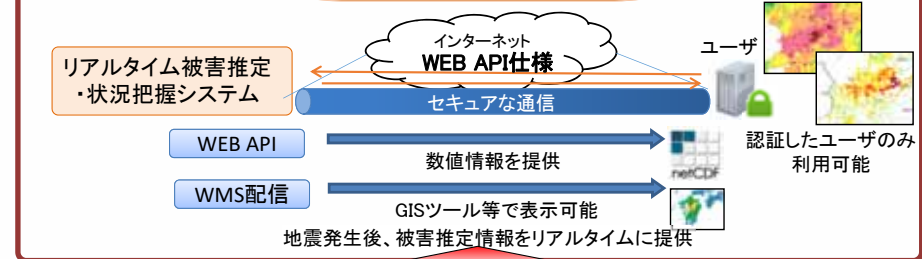


9

被害推定情報の提供(WEB API、WMS)

リアルタイム被害推定・状況把握システムより、各種地震動分布、震度曝露人口、建物被害推定結果(全壊、全半壊棟数)、人的被害推定結果を、WEB APIを用い、2次利用可能な数値データとして提供する。

WEB API、WMSによる情報提供



地震被害推定情報(地震動分布、建物被害、人的被害)

提供データ

地震動分布		震度曝露人口	建物被害	人的被害
地表	震度	5弱以上、5強以上、6弱以上、6強以上	全壊・全半壊棟数	死者、重傷者、負傷者、避難者等
	最大速度	× 昼間・夜間・発生時	× 構造物 × 年代等	
	最大加速度			
	SI値			
工学的基盤	最大速度			
	最大加速度			

建物被害は、建物周期を考慮した被害関数等を追加し、7種類の手法による推定結果を提供する。
人的被害は、中央防災(2012)等の手法による被害結果を提供する。

震度曝露人口	建物被害	人的被害
250mメッシュ 都道府県別 市区町村別	250mメッシュ 都道府県別 市区町村別	250mメッシュ 都道府県別 市区町村別

10

民間企業等への展開の可能性

国立研究開発法人の位置づけでは、民間や個人レベルのニーズに応えるサービスを実施することには限界がある。国研にはできないきめ細かなサービスを実現するための場をつくれませんか？

シーズ

防災科学技術研究所

リアルタイム被害推定

対象:全国
250mメッシュ

建物被害

人的被害

震度曝露人口

地震動分布

その他の(非公開)推定情報

種々のデータベース

実験コンソーシアム

防災情報配信機関
(配信・利活用促進)

- ・コンソーシアムの運営・管理
- ・ユーザーやニーズの発掘
- ・サーバー・データの管理

テストフィールドの提供

地震被害推定情報

ニーズ

民間企業

- BCP、CSR
- 顧客対応
- サプライチェーン
-

自治体

- 避難所設営
- 安否確認
- 救援物資
-

研究機関

- 被害推定
- 複合災害
- ハザード・リスク評価
-

Ect.

11

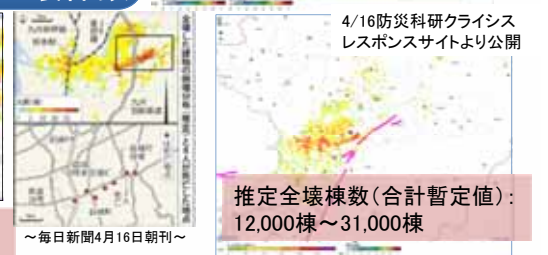
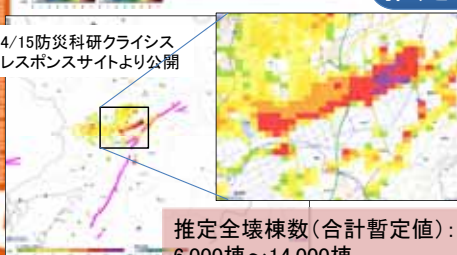
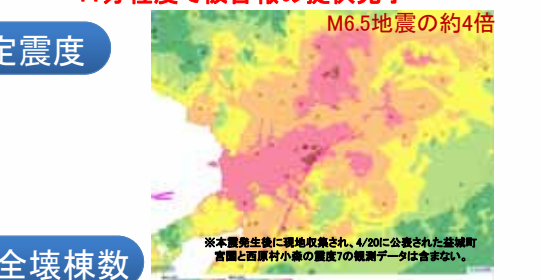
2016年熊本地震への対応

4/14 前震:M6.5地震

4/16 本震:M7.3地震

地震発生から29秒後から情報発信を開始し、
10分程度で被害報の提供完了

地震発生後29秒後から情報発信を開始し、
11分程度で被害報の提供完了



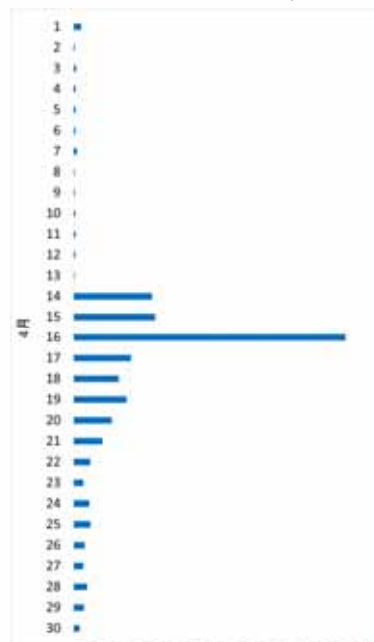
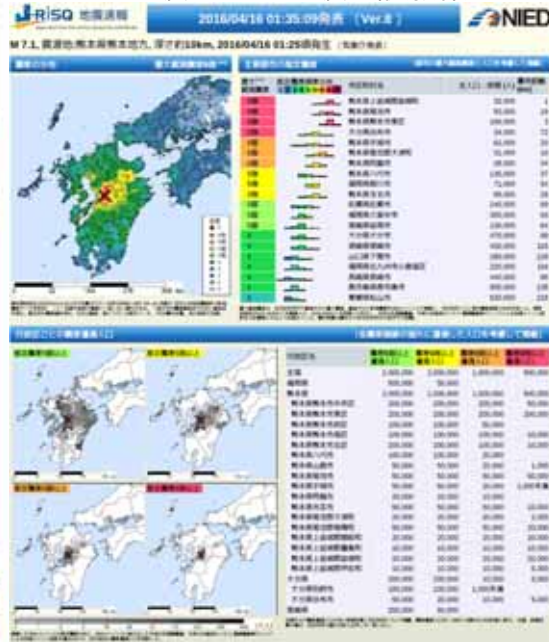
※推定に前の地震の影響は考慮していない。

12

J-RISQ地震速報へのアクセス急増

M7.3地震のJ-RISQ地震速報(抜粋)

日別のアクセス数

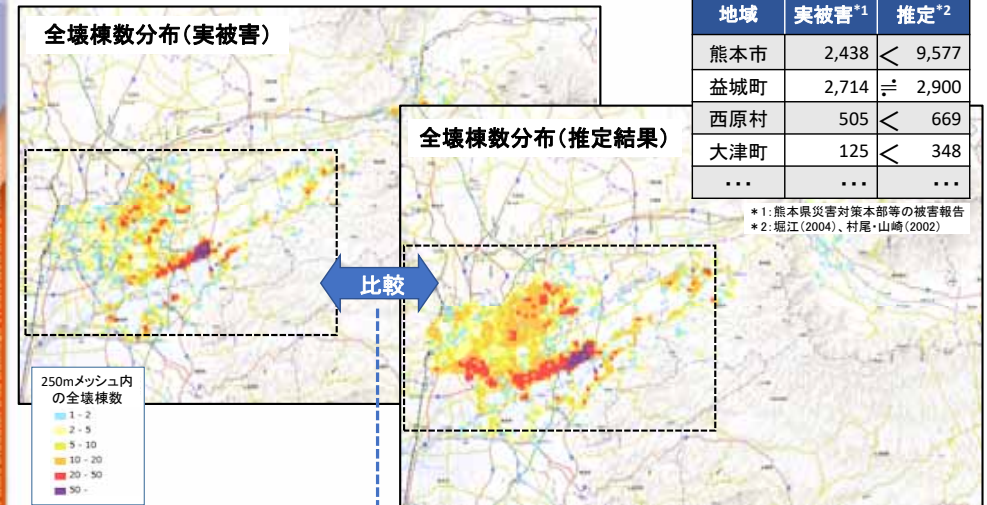


13

実建物被害と推定建物被害の分布の比較

▼空中写真による被害判読を元に被害分布図を作成

建物の実被害と推定の比較の一例(棟数)



- ・定性的な建物被害の空間分布は、実際の被害状況と整合していた。
- ・被害レベルの評価が過大傾向にある。

14

熊本地震におけるリアルタイム被害推定の成果と課題

- ・リアルタイム地震被害推定システムにより、暫定的な結果であるが、**地震発生後10分程度で建物被害棟数分布を推定**することができた。
- ・推定で得た益城町の定性的な被害の空間分布は、これまで報告されている実際の被害状況と整合していた。一方で、**建物被害推定数は過大**なものとなっていた。



- 建物等の**被害の全容を把握**するための調査
- 調査結果に基づく被害推定結果の**精度検証と精度向上のための改良**

- ・熊本地震では大きな前震、本震、その後の活発な地震活動により、**立て続く強震動で建物の強度が低下**し、建物被害が発生した可能性も指摘されている。
- ・現行のシステムではそのような建物強度の変化を考慮していない。



- 連続して発生する地震の強震動による**建物の強度変化を考慮した被害推定手法**の検討

15

熊本地震の被害を踏まえた即時被害推定技術の高度化

概要

- 熊本地震による建物等の被害に関するデータ収集及びデータベース化に基づくシステムの高度化
- 繰り返し地震に対する住宅を中心とした中低層の建物被害予測手法の開発



16

航空写真による建物被害の判読

航空写真による建物被害の判読は、前震及び本震後に撮影された垂直写真及び斜め写真により、被害建物を目視抽出するとともに、建物被害の程度をレベル1～4の4段階に判別する。また、被害建物の目視抽出に際して、建物高さの差分データとブルーシート解析データを利用する。

航空写真判読方法

垂直写真と斜め写真の目視判読



建物高さ差分データ



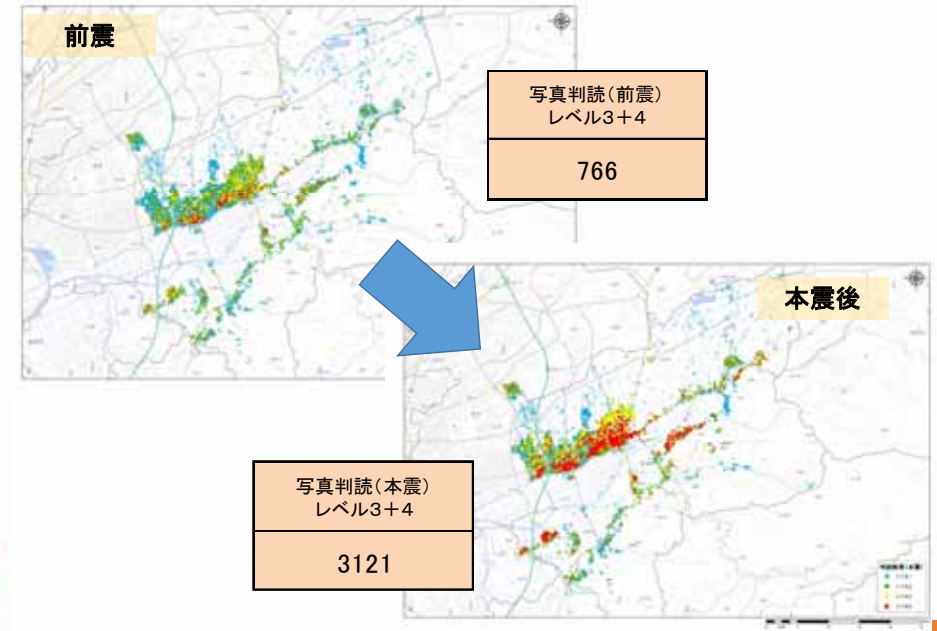
ブルーシート解析データ



被害区分	被害程度
レベル1	なし、あるいは判読できない軽微な被害
レベル2 (被害小)	屋根瓦の一部が落下している、壁面に亀裂がある。 
レベル3 (被害中)	壁面が落下したり、屋根瓦の大半が落下している。 
レベル4 (被害大)	建物が完全に倒壊、1階や2階が倒壊。  

17

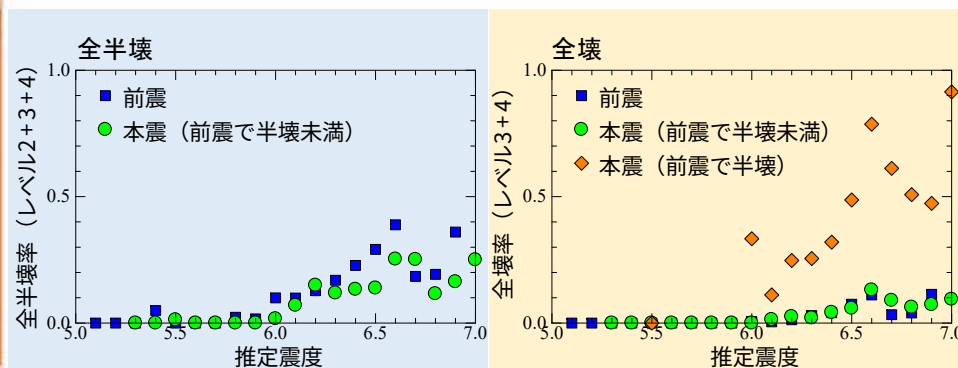
益城町における前震と本震後の建物被害分布の比較



18

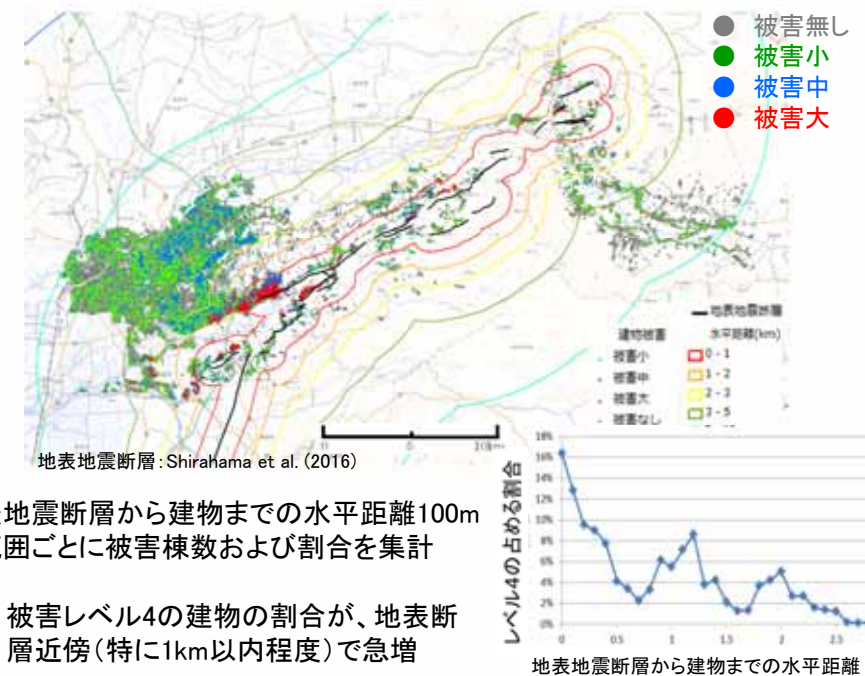
繰り返し揺れによる影響

- 前震で半壊程度の被害を生じた住宅が本震を受けたとき、同程度の揺れでも全壊率が大きく上昇した。(◆)
- 前震で半壊未満の住宅では、揺れと被害率の関係が前震と大きく変化していない。(■と●の比較)



19

地表地震断層からの距離と被害の関係



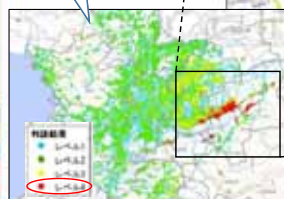
20

益城町における被害大建物の破壊形態の詳細判読

益城町において、航空写真判読により被害大(レベル4)と識別された建物を対象に、ヘリ撮斜め写真等により破壊形態のさらに詳細な判読を実施中

→ 地表地震断層極近傍での建物被害の状況の把握

熊本地震発災後すぐに撮影された益城町及び熊本市の航空写真を用いて、100人以上の技術者が突貫作業で3日かけ、1棟単位で約30万棟の建物被害状況を目視判読を行った。(人海戦術)



21

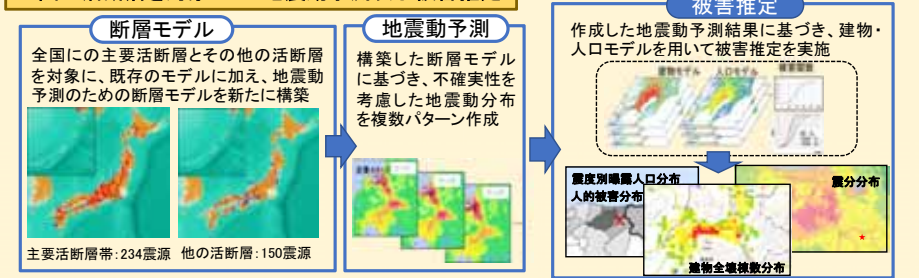
自治体等の防災対策検討に向けた機能の付加

概要

全国の活断層それぞれに対して複数のシナリオを設定(約1000ケース)して被害推定を実施し、災害対応・防災対策検討に資する情報を整備



全国の活断層を対象とした地震動予測及び被害推定



22

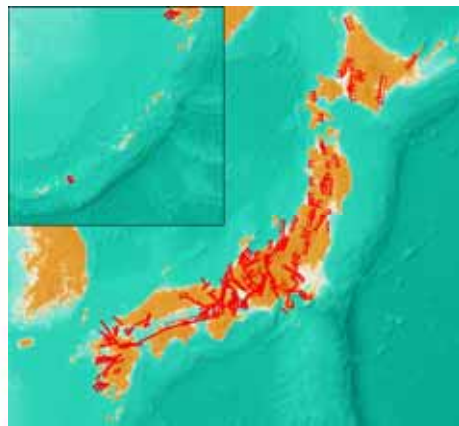
全国の活断層を対象とした被害推定

主要活断層帯およびその他の活断層(計384震源)を対象とした地震動予測を実施

- 新たな断層モデルの設定...熊本地震の知見を生かし地表断層と整合するモデル
- その他の活断層への断層傾斜角の設定
- 隣接断層との連動や、断層傾斜角の不確実性を考慮した地震動予測
- 地震動のパラツキを考慮した地震動予測...距離依存のパラツキの検討

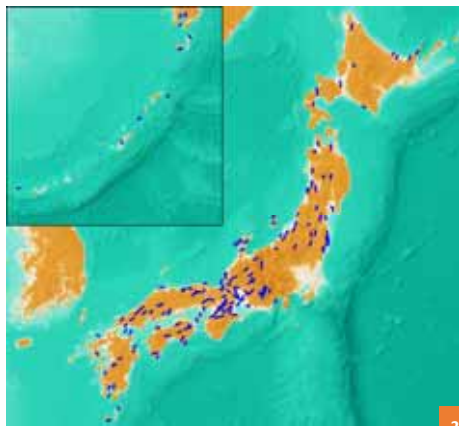
主要活断層帯

- 234震源



その他の活断層

- 150震源



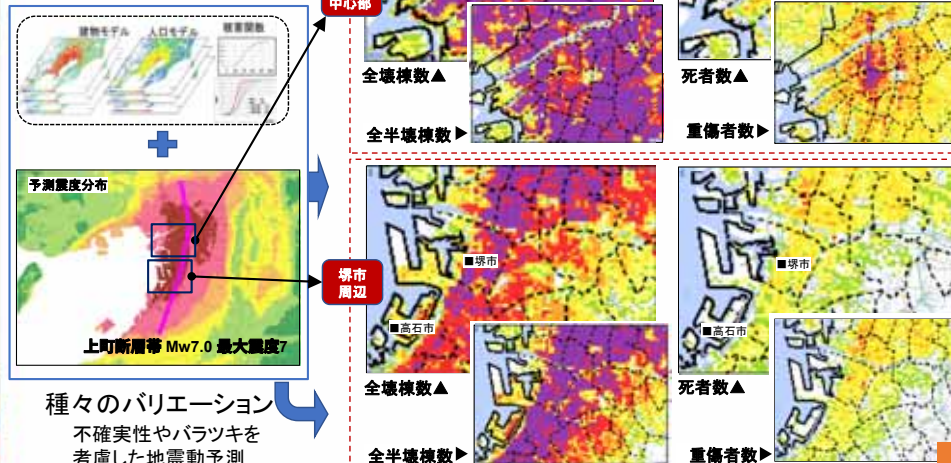
23

全国の活断層を対象とした被害推定

■実際の被害推定結果の一例

作成した地震動予測結果に基づき、建物・人口モデルを用いて被害推定を実施

- 行政の災害対応拠点、避難計画、隣接地域との連携の検討
- 企業のサプライチェーンを考慮したBCPや防災拠点の検討



種々のバリエーション

不確実性やパラツキを考慮した地震動予測

24