

## 経済被害に関する防災科研の取り組み

# 地震による直接被害額のリアルタイム状況把握

### トピック

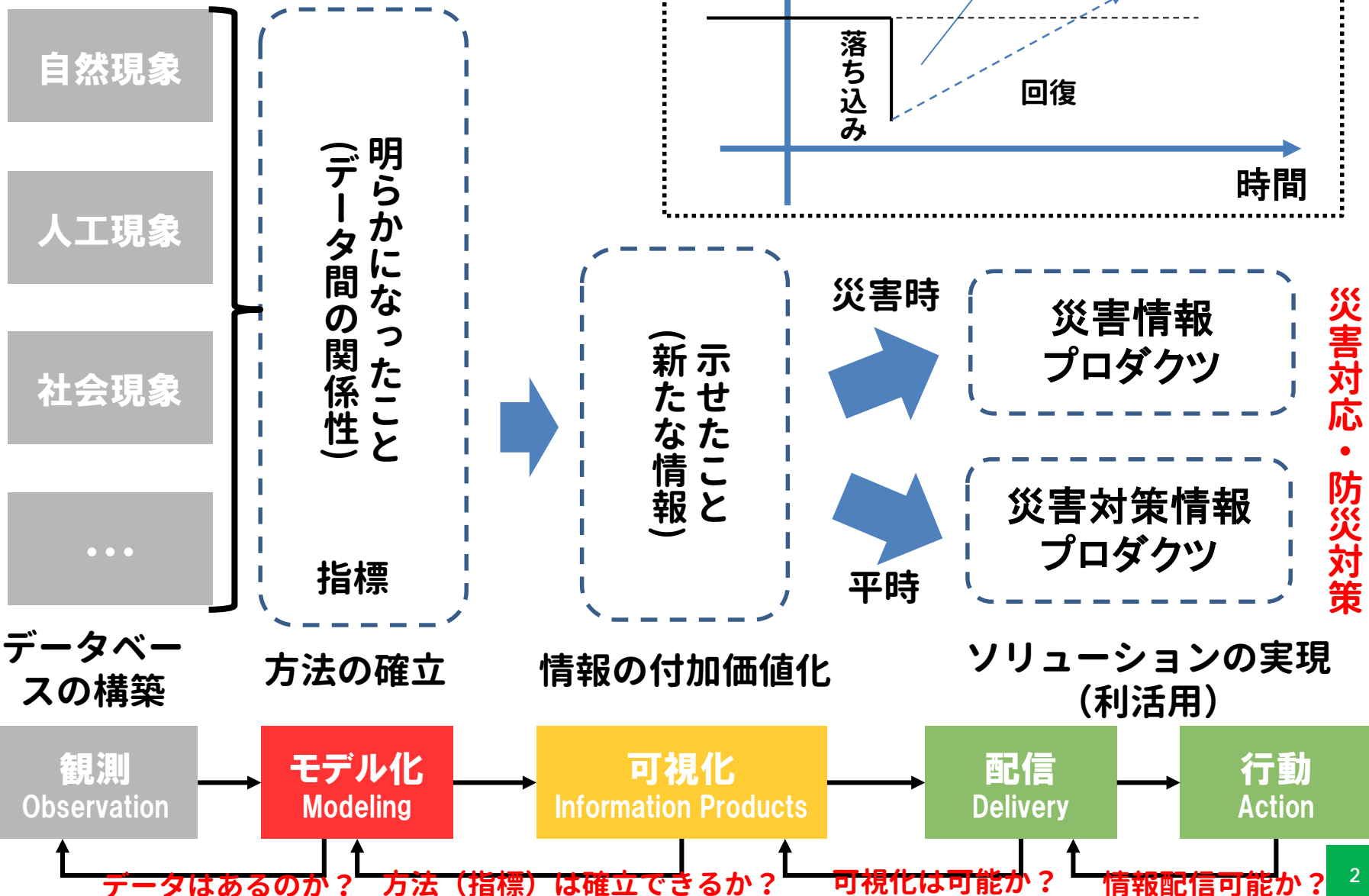
- 研究の背景と狙い
- アプローチ
- 推計方法と按分方法
- 熊本地震への適用と検証
- 適用例（実災害や想定情報）
  - 大阪北部地震と北海道胆振（いぶり）東部地震の速報
  - 南海トラフ地震被害（愛知県）の試算
- 問い合わせ担当者

防災科学技術研究所

崔 青林・中村 洋光・藤原 広行

# アプローチ

## ■ 適用例（地震による直接被害額）



# 直接被害額の状況把握技術 (推計方法×按分方法)

人命救助・被災者支援 (最優先)

大規模実態調査に基づいた  
直接被害額の推計・積算  
(最終確定値@年単位)

資本ストック量と損壊率に着目し  
た直接被害額の推計モデル  
(推計値@月単位)

※ある程度の実態調査・積算が必要で、時  
間がかかる。

按分方法  
分布の可視化  
(250mメッシュ)

速報値

地震

## 推計モデルの研究例 (速報値)

- ・人的被害と経済被害の関係に着目した直接被害額の推計モデル (速報値@東日本大震災の場合は40日)
- ・ストック量と地域の最大震度に着目した直接被害額の推計モデル (速報値@災害直後~1か月)
- ・ストック量に倒壊率をかけることで試算する方法 (速報値@災害直後~1か月)



※災害情報の流通環境の改善。  
※基盤プラットフォーム構想。

精密性 × 即時性 × 分布の可視化

推計方法

即時性

情報空白期の対策

## <2016年熊本地震>

4月14日前震 (最大震度7)

4月16日本震 (最大震度7)

5月27日内閣府推計値：2兆4千億円~4兆6千億円

9月14日熊本県推計値：3兆7850億円

(災害特性×社会特性)

250mメッシュ分布図 ←この形  
(災害情報プロダクト)

# 地震災害の連鎖

地域経済のレジリエンス  
(落ち込みと回復)

自然環境 (理学)

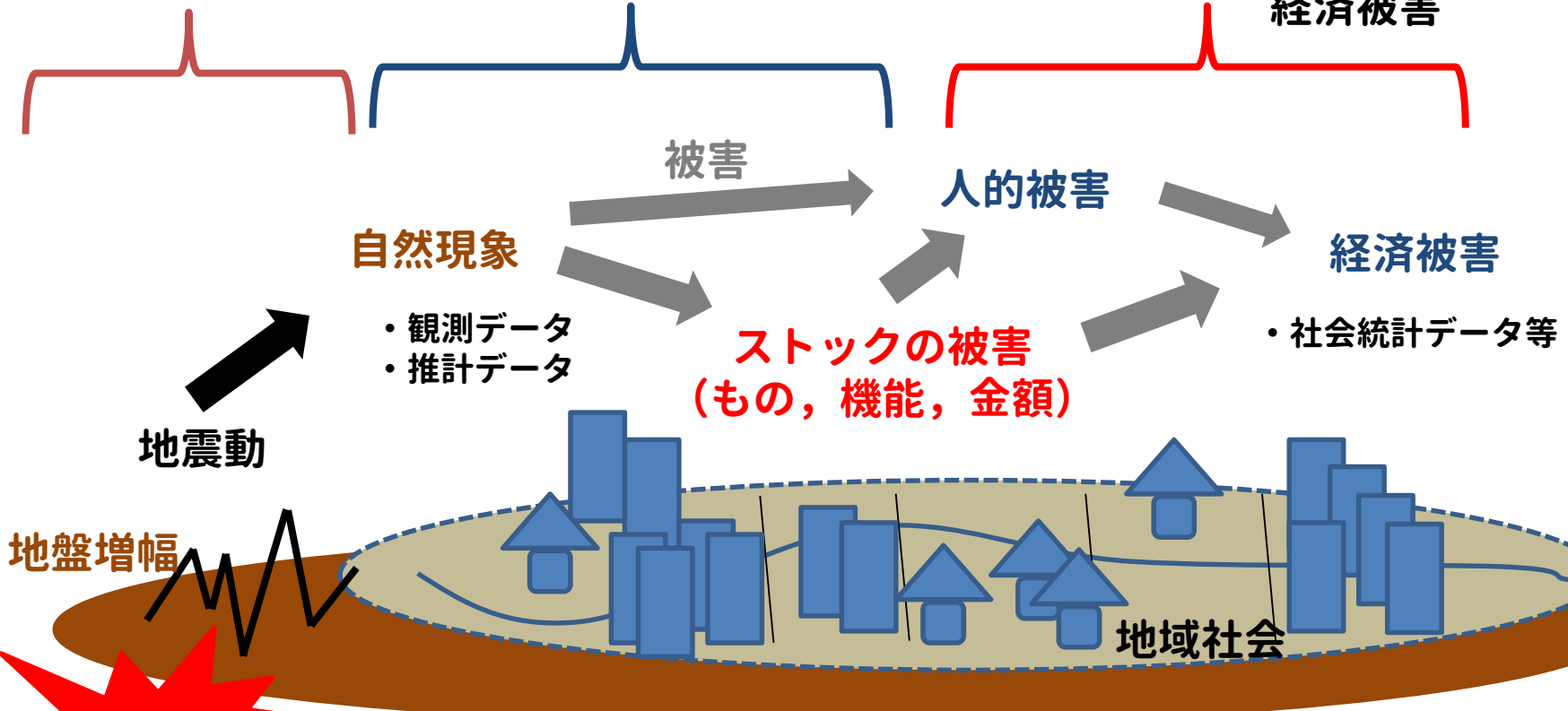
例) 震度階級

人工環境 (工学)

例) 倒壊棟数

社会環境 (社会科学)

例) 人的被害,  
経済被害



地域経済のレジリエンスとは、「自然災害に見舞われた経済が迅速に生産活動を復旧することのできる復元力」※

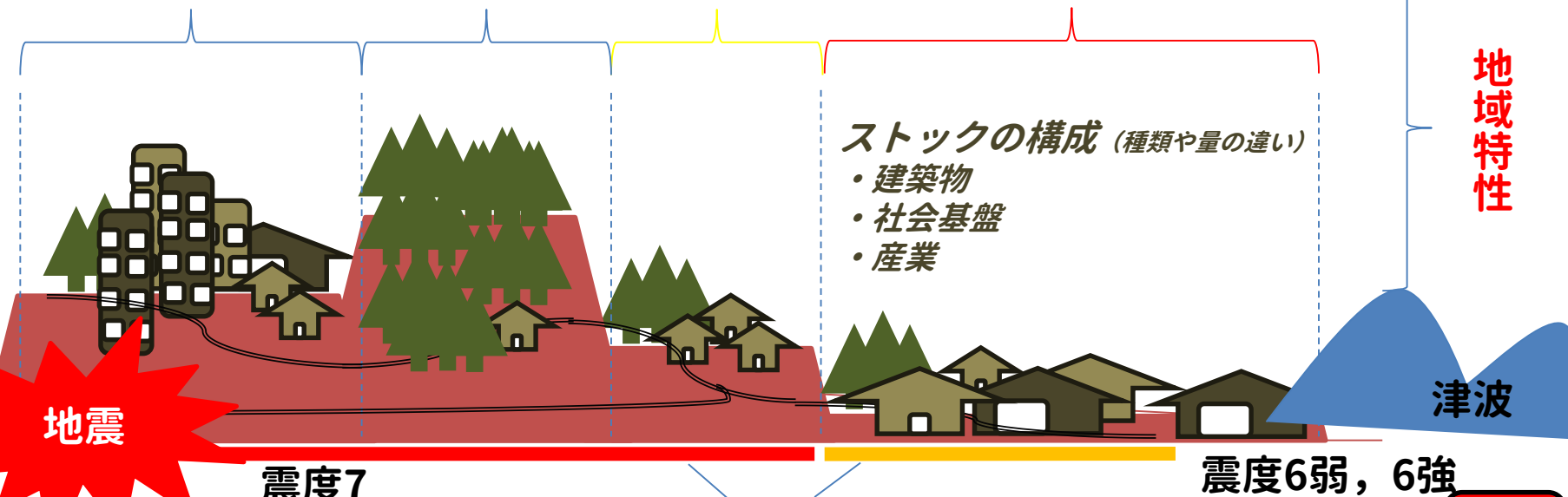
※Adam Rose:Economic resilience to natural and man-made disasters: Multidisciplinary origins and contextual dimensions, Environmental Hazards, Vol.7, No.4, pp.383-398, 2007

# リアルタイム性を有する推計方法



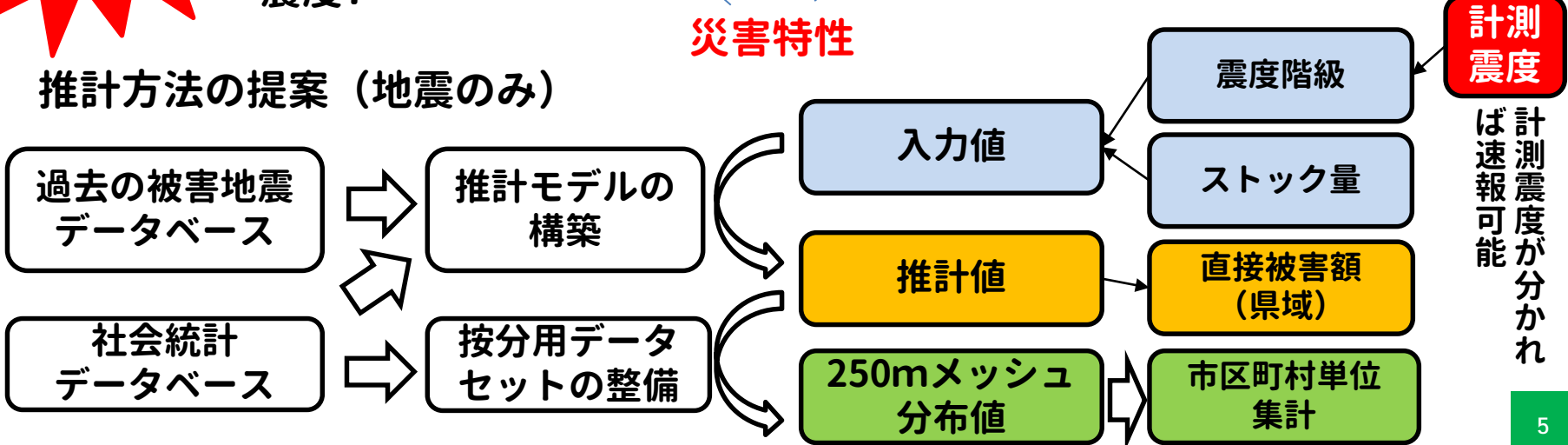
## ■ (災害特性 × 地域特性) の可能性

奥地エリア 中間部エリア 高台エリア 海岸エリア



### 災害特性

### 推計方法の提案 (地震のみ)



計測震度

計測震度が分れば速報可能

# 地震による直接被害額の推計

## ■ 被害推定

種別, 年代別  
建物棟数

被害関数

人工環境 (工学)

建物被害棟数

人口

被害関数

人的被害

間接被害

- ・生産活動への影響
- ・消費活動への影響
- ・負の波及効果
- ・など

経済的被害

社会環境 (社会科学)

実態調査等に基づく積算

本研究

ストック被害  
の額

直接被害額

- ・観測データ
- ・推計データ

経済的ストック(民力)

直接被害

社会統計データ等

自然環境  
(理学)

地震動分布



250mメッシュ  
@日本全国600万メッシュ

地震

地盤増幅

地域社会

被害推定, リスク評価

強震連続観測震度情報

# 直接被害額推計の即時性・正確性の要件

精確性 ↑

即時性 →

大規模実態調査に基づいた  
直接被害額の推計  
(最終確定値@1年以上)

## モデルの構築 (過去DB)

- 直接被害額
- 資本ストック量
- 震度階級

資本ストック量と損壊率に着目  
した直接被害額の推計モデル  
(予測値@1か月~1年)

※ある程度の実態調査が必要

速報値

※被災当時の  
データ

モデルの構築

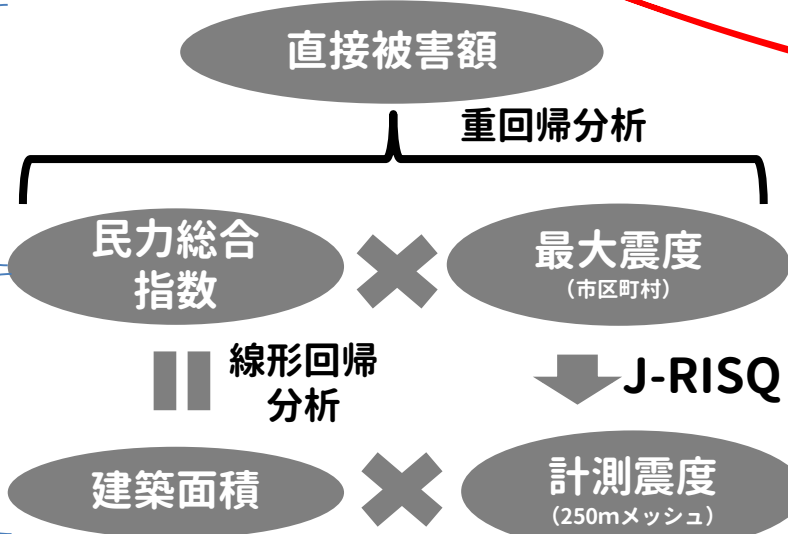
DBの遡及

## 推計方法

- DB構築
  - 利活用の検討
- ## 按分技術
- 按分因子
  - 按分DB

## <研究のあらすじ>

推計方法  
按分技術



現時点の資本ストック  
量データベース (DB)

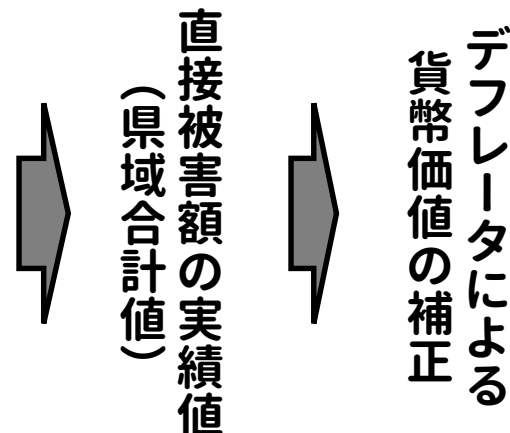
計測震度を用いる。

# データベース項目

DB構築における遡及処理が必要

## ■ 直接被害額の構成（3階層8項目）

直接被害額の階層構造			内容
大項目	中項目	小項目	
直接被害額	建築物	建築物	住家、非住家、県営住宅・公営住宅
	社会基盤	都市施設	砂防、海岸、公園などの流通関係以外の土木施設
		流通関係	道路、橋梁、鉄道、港湾、漁港、空港、駅など
		ライフライン	電力、上下水、ガス、通信関係
		医療衛生設備	医療関係、衛生関係
		その他	他に分類されない被害
	産業	農林水産業	農業、林業、水産業関係、関連施設も含む
		商工関係	工業、商業、観光業、関連施設も含む

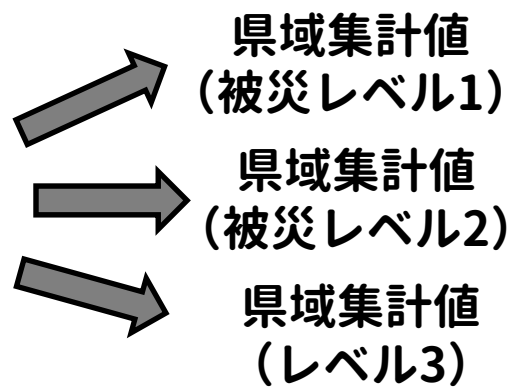


## ■ 震度階級別の資本ストック量の集計値

被災市町村の  
民力総合指数

設定被災 レベル	震度階級		対応とする計測震度
	1995年まで	1996年以降	
1	震度7	震度7	6.5以上
2	震度6	震度6強 震度6弱	5.5以上, 6.5未満
3	震度5	震度5強 震度5弱	4.5以上, 5.5未満

※被災市町村の最大震度



民力指数（民力総合指数）とは、経済社会活動において、各地域の生産、消費、文化、暮らしなどの分野にわたって国民が持っている総合的な力を表すものである。ちなみに、日本全国を10万とした場合、熊本県の民力指数合計は1,563である。



# 地震災害データベースの構成

## ■ 1964年新潟地震からの20被災地震37都道府県事例から20事例を抽出 (20/37)

地震名 ※被害地震ではないもの	対象都道府県	市町村民力総合指数の合計値 (10万比)			直接被害額(千円) ※2011年現在価値
		$\Sigma Se1$	$\Sigma Se2$	$\Sigma Se3$	
昭和53年(1978年) 宮城県沖地震	宮城県	0.0	0.0	270.6	296,978,820
昭和59年(1984年) 長野県西部地震	長野県	0.0	4.2	0.0	44,418,148
平成5年(1993年) 釧路沖地震	北海道	0.0	122.5	135.6	44,737,117
平成7年(1995年) 兵庫県南部地震	兵庫県	1,300.6	44.0	77.2	8,447,411,379
鹿児島県北西部地震※	鹿児島県	0.0	113.5	92.6	20,593,353
平成12年(2000年) 鳥取県西部地震	鳥取県	0.0	183.1	123.4	52,418,892
	島根県	0.0	0.0	339.8	7,725,208
平成13年(2001年) 芸予地震	広島県	0.0	201.2	1,642.2	4,192,431
三陸南地震※	岩手県	0.0	269.6	745.1	10,876,829
	宮城県	0.0	208.5	837.8	5,098,918
宮城県北部連続地震※	宮城県	0.0	336.4	257.4	59,436,328
平成16年(2004年) 新潟県中越地震	新潟県	241.3	151.4	647.0	2,780,838,156
平成19年(2007年) 能登半島沖地震	石川県	0.0	198.9	106.7	334,042,887
平成19年(2007年) 新潟県中越沖地震	新潟県	0.0	565.5	424.9	1,438,930,363
平成20年(2008年) 岩手・宮城内陸地震	岩手県	0.0	117.5	231.8	28,503,762
	宮城県	0.0	169.3	956.2	116,079,632
	秋田県	0.0	0.0	266.9	2,556,849
平成23年(2011年) 東北地方太平洋沖地震	栃木県	0.0	764.6	820.1	674,175,730
	新潟県	0.0	0.0	56.7	29,072,490
	長野県	0.0	0.0	88.6	17,035,459

40年以前から20例(県域のデータ)

←1978年

津波の影響がない  
0.5m以下

民力総合指数の遡  
及範囲内

直接被害額の  
価値統一

説明変数 $\Sigma M_1$ ,  $\Sigma M_2$ ,  $\Sigma M_3$ の全組み合わせで回帰分析を行う。

# 重回帰分析による推計モデルの構築

## ■ 県域直接被害額と被災レベル別の民力指数の関係を特定

表 回帰分析の統計量

モデル	変量数	R2乗	RMSE	AIC	Cp
Se1、Se2、Se3	3	0.9696	3.68E+08	855.570	4.0000
Se1、Se2	2	0.9693	3.59E+08	852.175	2.1800
Se1、Se3	2	0.9552	4.34E+08	859.693	9.5634
Se2、Se3	2	0.0166	2.03E+09	921.487	503.6921
Se1	1	0.9544	4.26E+08	856.904	8.0118
Se3	1	0.0162	1.98E+09	918.328	501.8983
Se2	1	0.0010	1.99E+09	918.634	509.8738

$$Ye = 41.9 + 65.9 \times \Sigma M_1 + 12.1 \times \Sigma M_2 \quad (1)$$

ただし Ye:地震による直接被害額 (億円)

a:常数項

$\Sigma M_1$ : 被災市町村の民力総合指数の集計値  
(被災レベル1)

$\Sigma M_2$ : 被災市町村の民力総合指数の集計値  
(被災レベル2)

※ $\Sigma M_1$ ,  $\Sigma M_2$ を説明変数とする重回帰モデルを採用した。

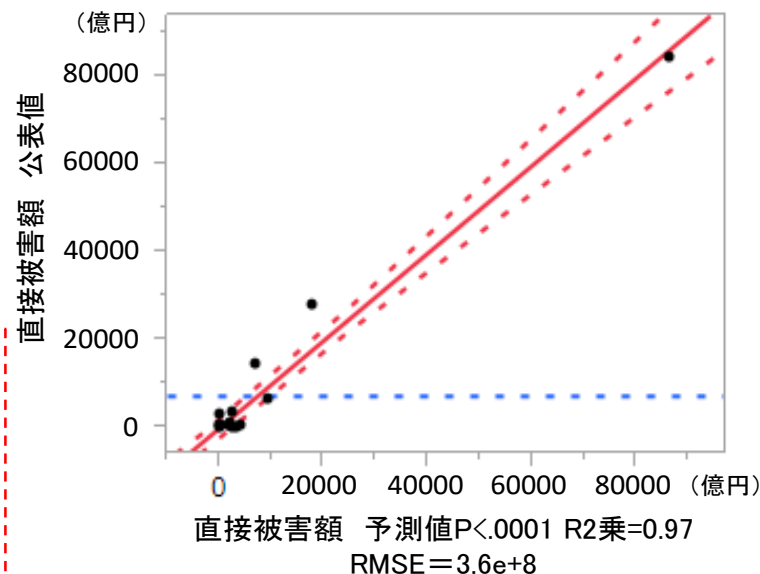


図 実測値と予測値のプロット図

# 按分技術

## ■ 民力指数と建築面積の関係 市区町村単位で線形回帰分析

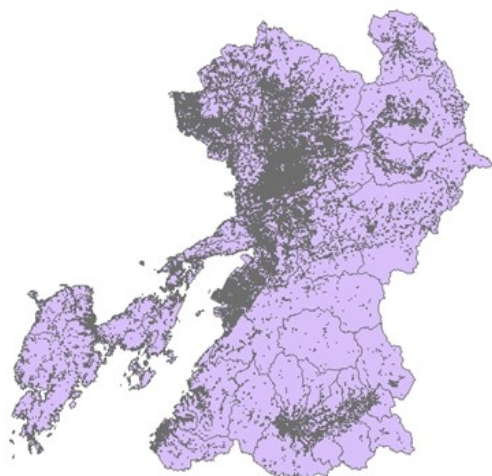


図 熊本県建物外周線データ  
(基盤地図情報)

市区町村単位に集計

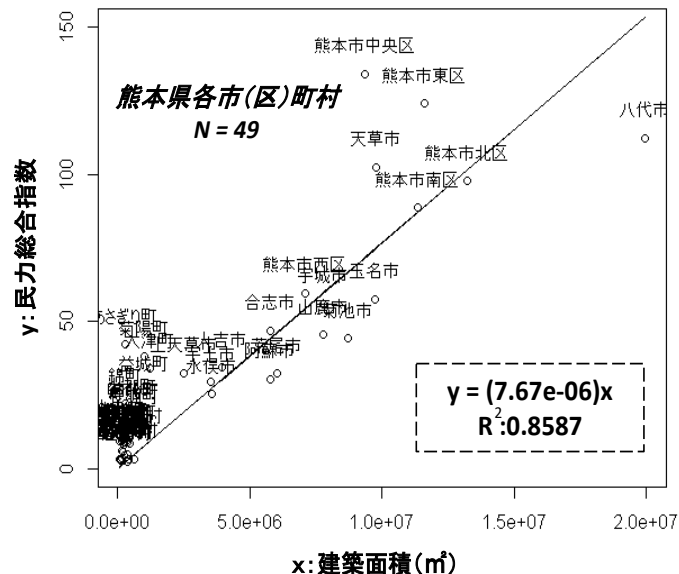


図 建築面積と民力指数の関係  
(熊本県)

表 民力指数の構成 (市区町村単位)

基本指数 (6指標)	①人口, ②世帯数, ③民営総事業所数, ④県民所得, ⑤国税徴収決定済額, ⑥地方税収入額
産業活動指数 (6指標)	⑦農業算出額, ⑧林業算出額, ⑨水産業算出額 (漁業総量+水産加工生産量), ⑩工場総数, ⑪工業製品年間出荷額, ⑫就業者総数
消費指数 (6指標)	⑬商店年間販売額, ⑭電灯年間使用量, ⑮預貯金残高総額, ⑯公共機関からの受注工事額, ⑰新設着工住宅数, ⑱乗用車総保有台数
文化指数 (6指標)	⑲教育費総額, ⑳書籍雑誌年間小売販売額, ㉑新聞布数, ㉒図書館数, ㉓ブロードバンドサービス契約数, ㉔携帯電話契約数
暮らし指数 (6指数)	㉕コンビニエンスストア数, ㉖保育所数, ㉗公民館数, ㉘都市公園面積, ㉙病院数, ㉚刑法犯認知件数

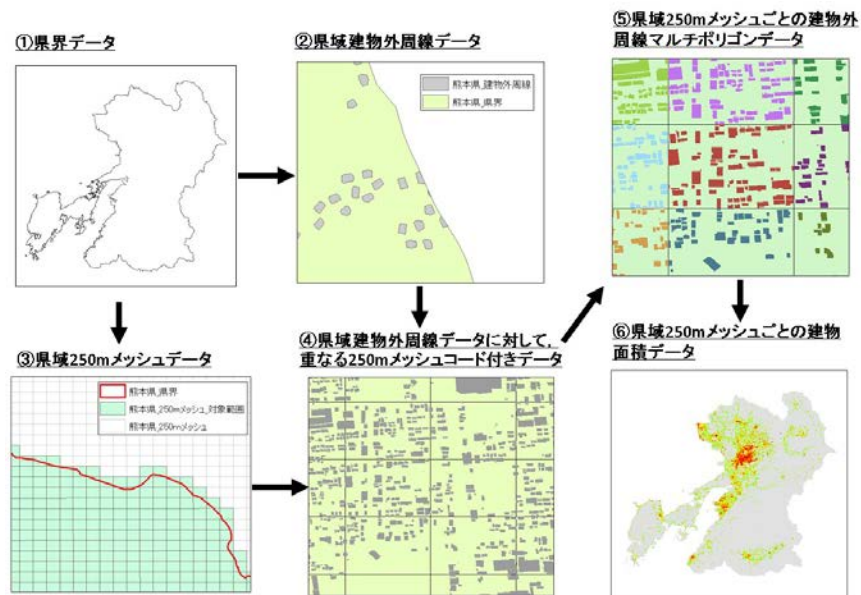
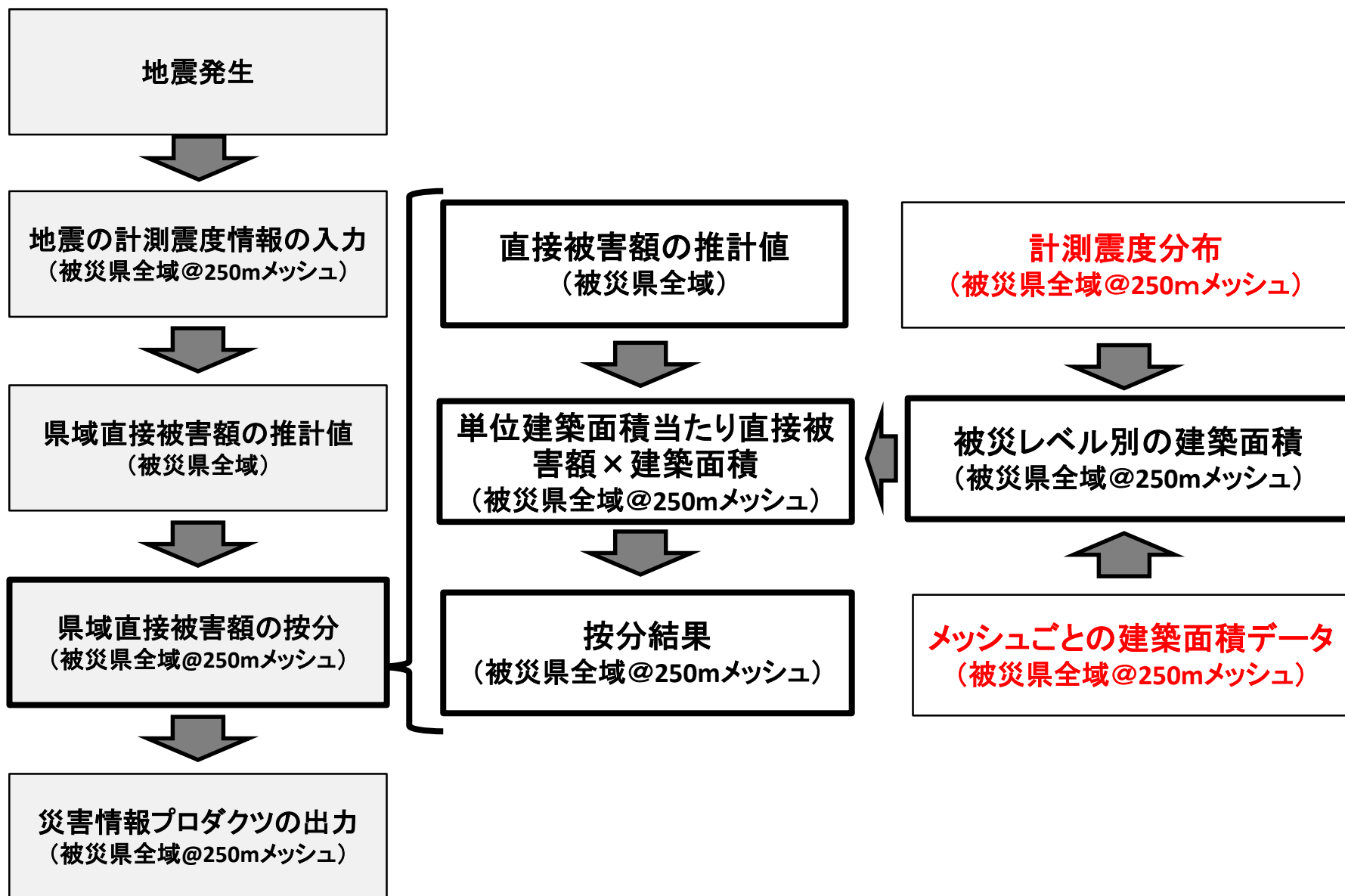


図 按分用建築面積データの作成フロー  
(熊本県を例として)

# リアルタイム状況把握（地震による直接被害額）



# 平成28年熊本地震への適用

計測震度分布  
(被災県全域@250mメッシュ)

## ■ 震度階級



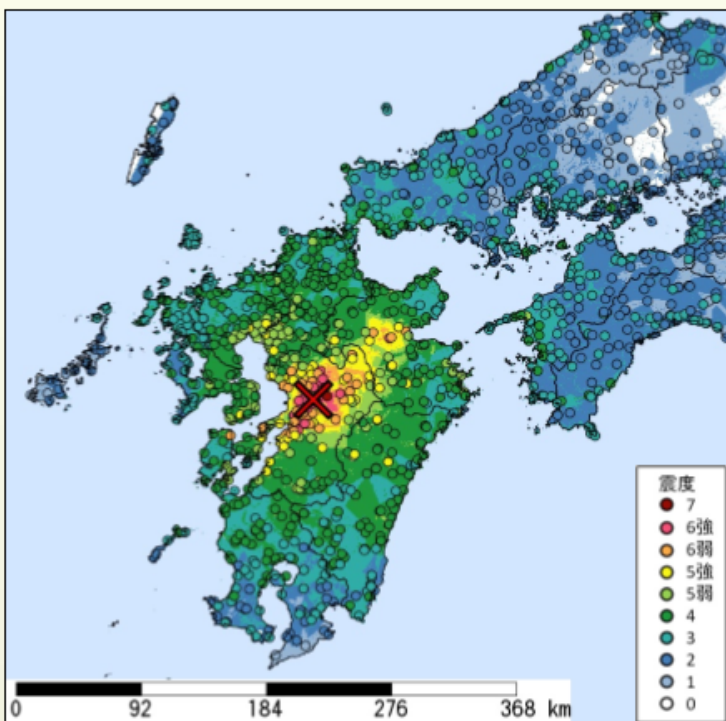
2016/04/21 18:01:50発表 (Ver.9 最終報)



M 7.1, 震源地:熊本県熊本地方, 深さ約10km, 2016/04/16 01:25頃発生 (気象庁発表)

震度の分布

最大観測震度7(\*)



解析開始時点(2016/04/21 18:00:42)で収集されている防災科研K-NET, KIK-net, 気象庁, 地方公共団体震度計の計測震度データを利用。(\*)気象庁発表の情報と一致しない場合がある。一部正式な震度観測点ではない観測点を含む。暫定的な震度値を含む。丸印は観測、塗りつぶしは推定データ。×印は震央位置。他の図表も同様。

主要都市の推定震度

(都市の最大観測震度と人口を考慮して掲載)

最大(*) 観測震度	推定震度頻度分布 1 2 3 4 5-5+6-6+7	市区町村名	全人口: 夜間 (人)	震央距離 (km)
7		熊本県上益城郡益城町	32,000	1
7		熊本県阿蘇郡西原村	6,600	10
6強		熊本県菊池市	50,000	19
6強		熊本県合志市	56,000	9
6強		熊本県宇城市	62,000	20
6強		熊本県熊本市東区	190,000	3
6強		熊本県熊本市中央区	180,000	8
6強		熊本県熊本市西区	92,000	14
6弱		熊本県熊本市南区	120,000	14
6弱		熊本県熊本市北区	140,000	15
6弱		熊本県玉名市	69,000	26
6弱		熊本県八代市	130,000	37
6弱		大分県別府市	120,000	84
6弱		熊本県天草市	88,000	68
5強		福岡県久留米市	300,000	63
5強		佐賀県佐賀市	240,000	69
5弱		大分県大分市	470,000	89
5弱		福岡県福岡市南区	250,000	91
4		鹿児島県鹿児島市	600,000	135
4		愛媛県松山市	520,000	216

最大観測震度は、各市区町村内で観測された最大震度。観測された計測震度を250mメッシュで補間し、市区町村ごとに推定震度頻度分布を作成した。報開発時刻が9:00-18:59のとき昼間人口、19:00-8:59のとき夜間人口を示し、平成22年国勢調査、平成21年経済センサス-基礎調査等のリンクによる地域メッシュ統計を二桁精度になるよう四捨五入した。震央距離は震央から各市区町村中心部までの距離。

※熊本地震本震  
(J-RISQ 地震速報 最終報)

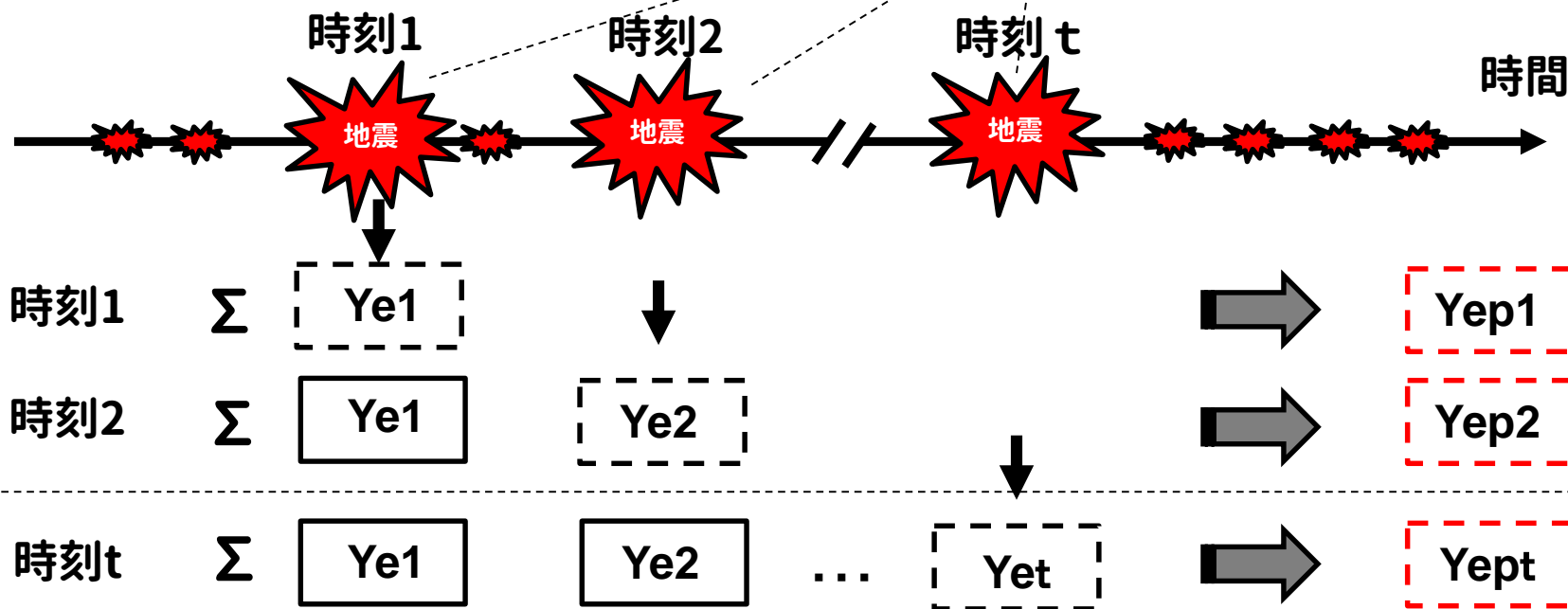
# 平成28年熊本地震への適用（推計方法）

## ■ 平成28年熊本地震の特徴

- » 4月14日21時26分の前震，さらに4月16日のもっと規模が大きい本震で震度7を記録したなど，**強い揺れが連続的に発生**したことが特徴と言える。

## ■ 推計モデルの利活用（例）

最大計測震度6弱以上の  
前震・本震・余震



Yep1 : t時点の県域の直接被害額の推計値（t時点までの集計値）

# 平成28年熊本地震への適用（推計結果）

- 震度6弱以上を記録した前震・本震と余震による各市町村の震度階級情報※1を用いた**熊本県域の直接被害額の推計額が、およそ41,000億円規模**と見積もられた。
- 平成28年熊本地震を事例とした場合、熊本県域で見積もられた直接被害額の規模感が、**本震の4月16日に速報値を公開できた**※2。

※1：J-RISQの計測震度情報を用いた。

※2：リアルタイム性は、強震観測網（K-NET, KiK-NET）が被災されないことが前提である。

表 平成28年熊本地震の推計結果

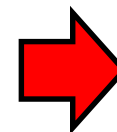
トリガ-時刻	$\Sigma M_1$	$\Sigma M_2$	Yet (億円)	Ye ( Yetの累積値 億円)	
2016/4/14 21:26	21.6	652.3	9358.17	9358.17	
2016/4/15 0:03	0.0	592.4	7209.94	16568.11	
2016/4/16 1:25	26.1	1202.7	16314.56	32882.67	
2016/4/16 1:44	0.0	524.9	6393.19	39275.86	
2016/4/16 1:53	0.0	72.7	921.57	40197.43	
2016/4/16 3:56	0.0	30.6	412.16	40609.59	
2016/4/16 9:48	0.0	43.7	570.67	41180.26	
2016/4/18 20:42	0.0	30.6	412.16	41592.42	

参考値：

内閣府の推計値：24,000～46,000億円（2016年5月27日公表）・・・1か月後、2兆円幅の推計値

熊本県の推計値：9月14日時点37,850億円（2016年9月28日公表）・・・6か月後、熊本県の推計値

250mメッシュ分布図



# 平成28年熊本地震への適用（按分・再集計）

計測震度分布  
(被災県全域@250mメッシュ)

2016年熊本地震

1兆6314億円 (9月14日熊本地震本震の推計値)

按分結果  
(被災県全域@250mメッシュ)

メッシュごとの建物面積データ  
(被災県全域@250mメッシュ)

市区町村別集計

熊本県域直接被害額推計値の按分結果

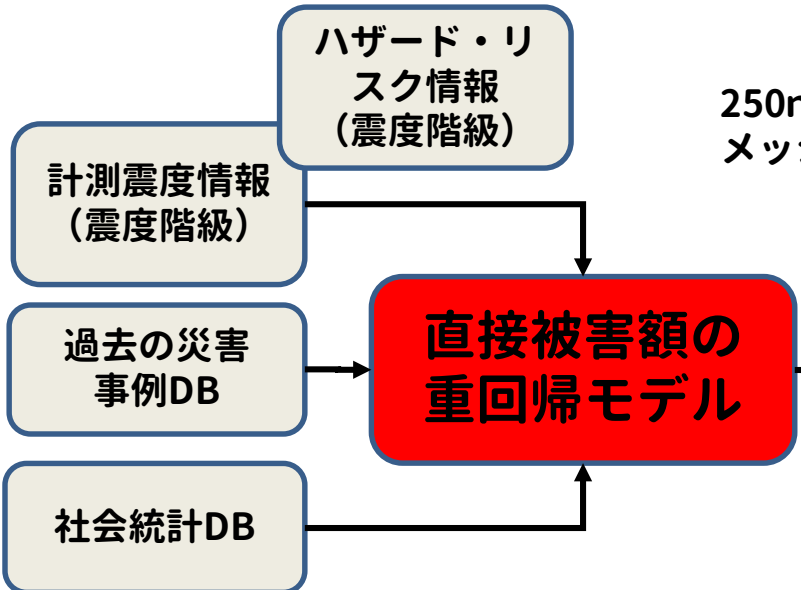
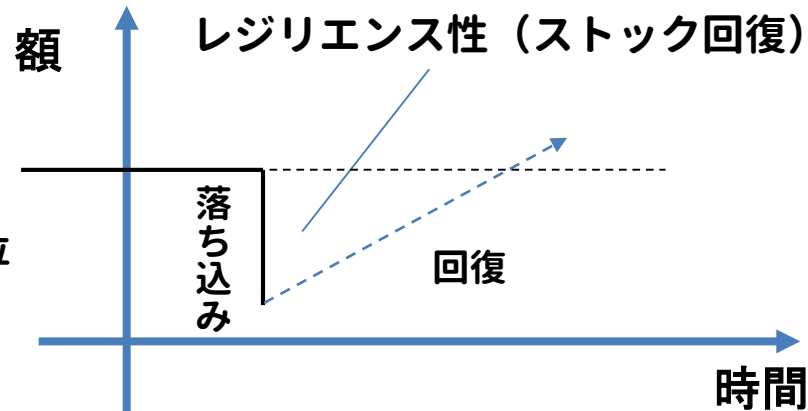
- 1千万未満
- 1千万以上, 1億未満
- 1億以上, 10億未満
- 10億以上, 100億未満
- 100億以上, 1000億未満

表 熊本県各市(区)町村別集計値

市(区)町村	集計(億円)	市(区)町村	集計(億円)
熊本市中央区	1509.9	玉東町	41.1
熊本市東区	1880.5	和水町	74.0
熊本市西区	967.6	大津町	799.2
熊本市南区	1832.9	菊陽町	629.1
熊本市北区	1911.5	南小国町	7.7
八代市	181.0	小国町	14.0
玉名市	351.1	産山村	25.8
山鹿市	5.4	高森町	13.8
菊池市	1233.0	西原村	152.7
宇土市	517.8	南阿蘇村	244.4
上天草市	29.8	御船町	327.3
宇城市	1063.3	嘉島町	207.7
阿蘇市	630.9	益城町	329.0
天草市	3.6	甲佐町	116.1
合志市	898.7	山都町	146.5
美里町	111.6	氷川町	57.7



# まとめ



推計値  
(直接被害額)

災害時  
災害情報  
プロダクツ

按分技術  
(250mメッシュ化)

対策情報  
プロダクツ

回復量  
(予算×工期)

平時

日本全国を10万とした場合、市町村の力を指数化したもの(M)

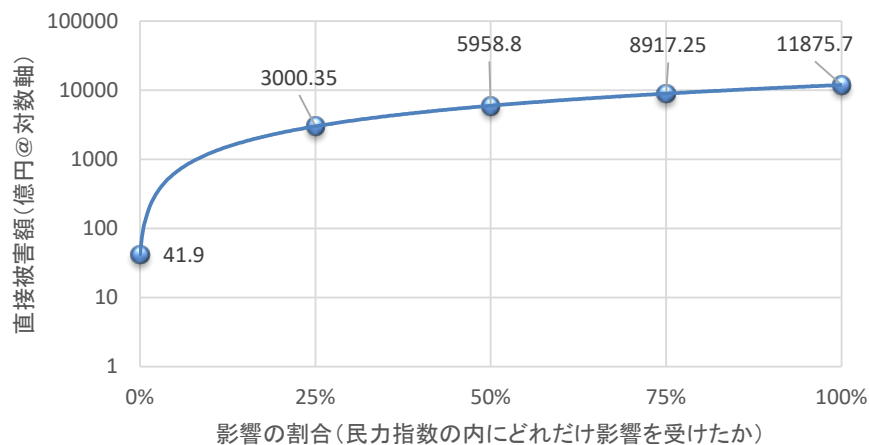


- ・基本指数(6指標)
- ・産業活動指数(6指標)
- ・消費指数(6指標)
- ・文化指数(6指標)
- ・暮らし指数(6指標)



# 平成30年地震災害への適用（大阪府，北海道）

直接被害額の推計グラフ(大阪府@大阪地震)



影響の割合 (民力指数の内にどれだけ影響を受けたか)

注：震度別の影響割合の適用も可能

図 平成30年6月大阪北部地震（速報）

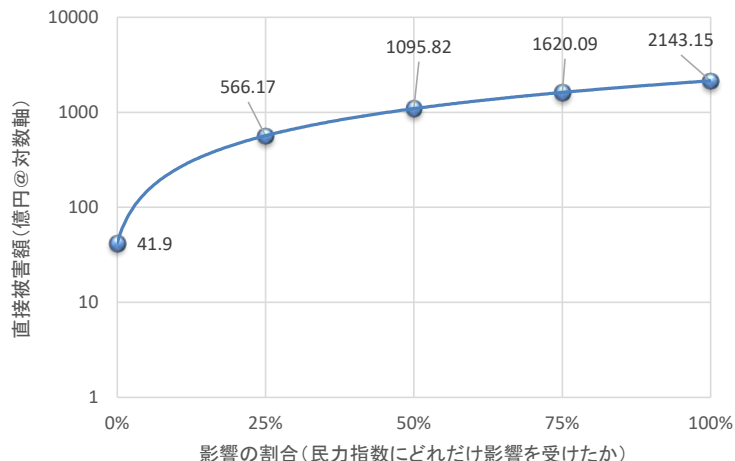
表 推計結果（最大値）

対象地震	大阪府最大震度別市町村(民力総合指数)			Ye (億円)
	ΣM1	ΣM2		
	7	6強	6弱	
地震 (6/18)	-	-	大阪府大阪市北区 (248.3) 大阪府高槻市 (194) 大阪府枚方市 (233) 大阪府茨木市 (187.5) 大阪府箕面市 (79.9)	11875.7
2018/06/18 07:58頃発生 (気象庁発表)				
(計:0)				(計:978.0)

※産経VEISQ地震速報 (Ver.7 最終報) 2018/06/18 8:05

2018/06/18 08:10:35発表

直接被害額の推計グラフ(北海道@北海道胆振東部地震)



影響の割合 (民力指数にどれだけ影響を受けたか)

注：震度別の影響割合の適用も可能

図 平成30年9月北海道胆振東部地震（速報）

表 推計結果（最大値）

対象地震	北海道最大震度別市町村(民力総合指数)			Ye (億円)
	ΣM1	ΣM2		
	7	6強	6弱	
地震 (9/06)	北海道厚真町 (4) 北海道安平町 (8.9)※	北海道むかわ町 (8.8)	日高町 (15) 栗山町 (11.7) 北海道千歳市 (67.9)※	2143.15
(計:12.9)				(計:103.4)

※ 発災当日の気象庁公表分

2018/09/06 03:08頃発生 (気象庁発表)

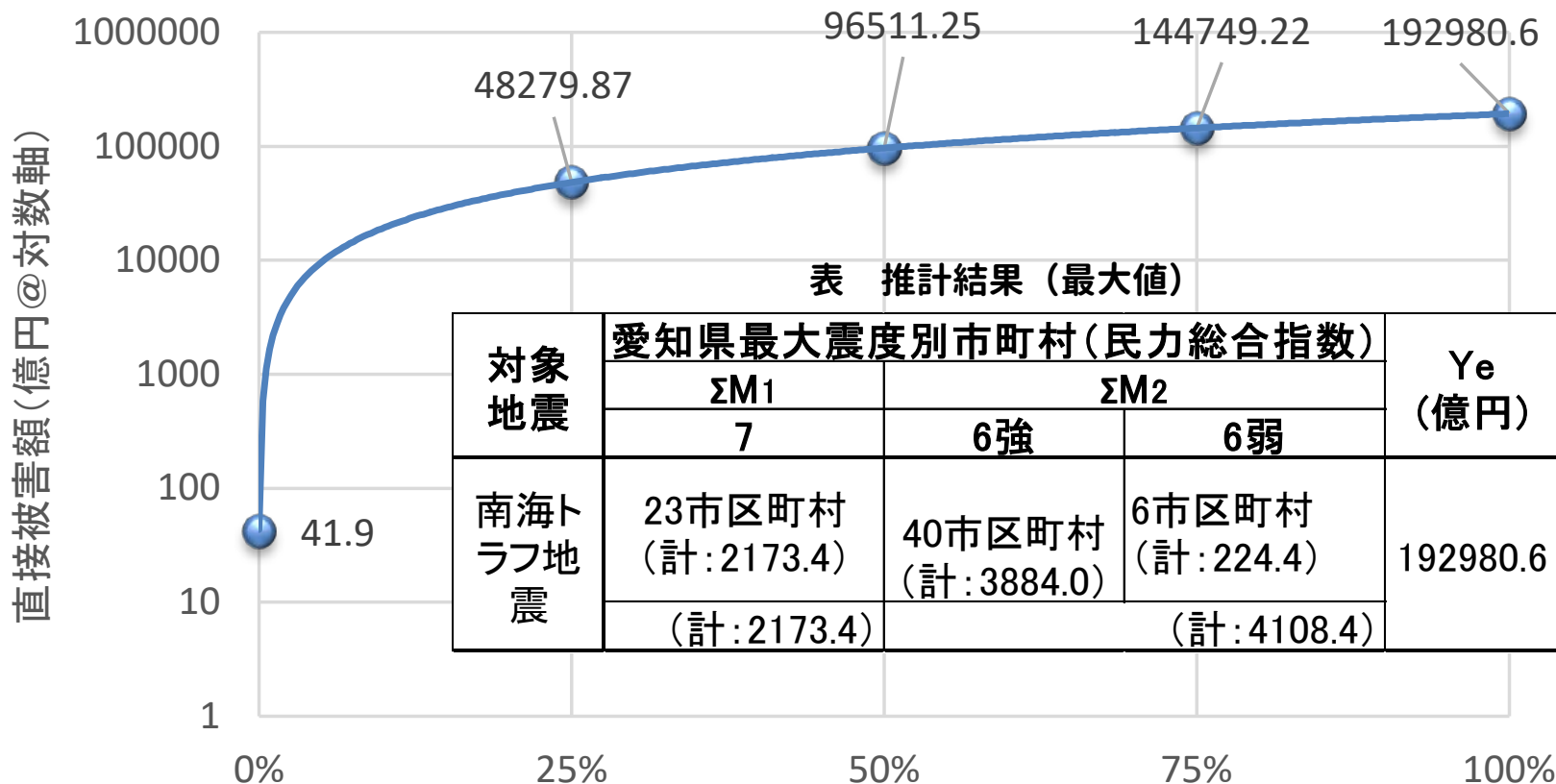
※J-RISQ 地震速報 (Ver.7 最終報)

2018/09/10 21:04:31発表

# 南海トラフ地震想定への適用（愛知県）

## 直接被害額の推計グラフ (愛知県@南海トラフ地震被害想定)

地震のみの場合



影響の度合い(民力指数の内にどれだけ影響を受けたか)

注：震度別の影響割合の適用も可能

南海トラフ地震の被害想定（愛知県の直接被害額（最悪ケース）：30兆円※トータル（地震+津波））

[http://www.asahi.com/special/nankai\\_trough/](http://www.asahi.com/special/nankai_trough/)

# お問い合わせ担当者



名古屋工業大学大学院修了.博士（工学）.立命館大学歴史都市防災研究所専門研究員等を経て,2013年9月に防災科学技術研究所入所.現在,社会防災システム研究部門特別研究員.

研究分野：自然災害科学・防災学，経済・政策科学，社会システム工学・安全システム

## 活動の概要：

社会工学の立場から災害対応や地域防災対策の支援技術を研究している。地域の防災活動・災害対応を効果的に展開するためのより良い社会環境や仕組みの実現を目指している。

また、仕事の合間を縫って小原流いけばなの師範資格の取得（平成29年6月現在，初等科終了）に奮闘中。二児の父。中国大連出身。

## 参考文献

Qinglin Cui, Mingji Cui, Toshihisa Toyoda, and Hitoshi Taniguchi: Simple Estimation Method for the 2016 Kumamoto Earthquake's Direct Damage Amount, Journal of Disaster Research, Vol.12), pp.656-668, 2017

崔青林・花島誠人・佐伯琢磨・佐野浩彬・中村洋光・臼田裕一郎：地震による直接被害額のリアルタイム状況把握技術-2016年熊本地震をケーススタディーとして-(印刷中)，地域安全学会論文集 No.33, 2018.

(予定) 崔青林・豊田利久・中村洋光・臼田裕一郎・藤原広行：2018年大阪北部地震による大阪府の直接被害額の推計（速報），第37回日本自然災害学会学術講演会，2018.10.

<https://sites.google.com/site/cuiqinglin0607/>

連絡先や論文  
読HPなど  
より詳細の情報  
はこちら↓↓↓

