

危惧される広域複合災害を迎え撃つ

先進科学・技術、地域強靱化ならびに人材育成の視点から

金田義行

香川大学

四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構

JAMSTEC

防災科学技術研究所

2019年2月14日鹿島平和研究所講演

荒海や 佐渡に 横たふ 天の川 松尾芭蕉



海洋／地球と宇宙を繋ぐ句

地震活動と火山フロント

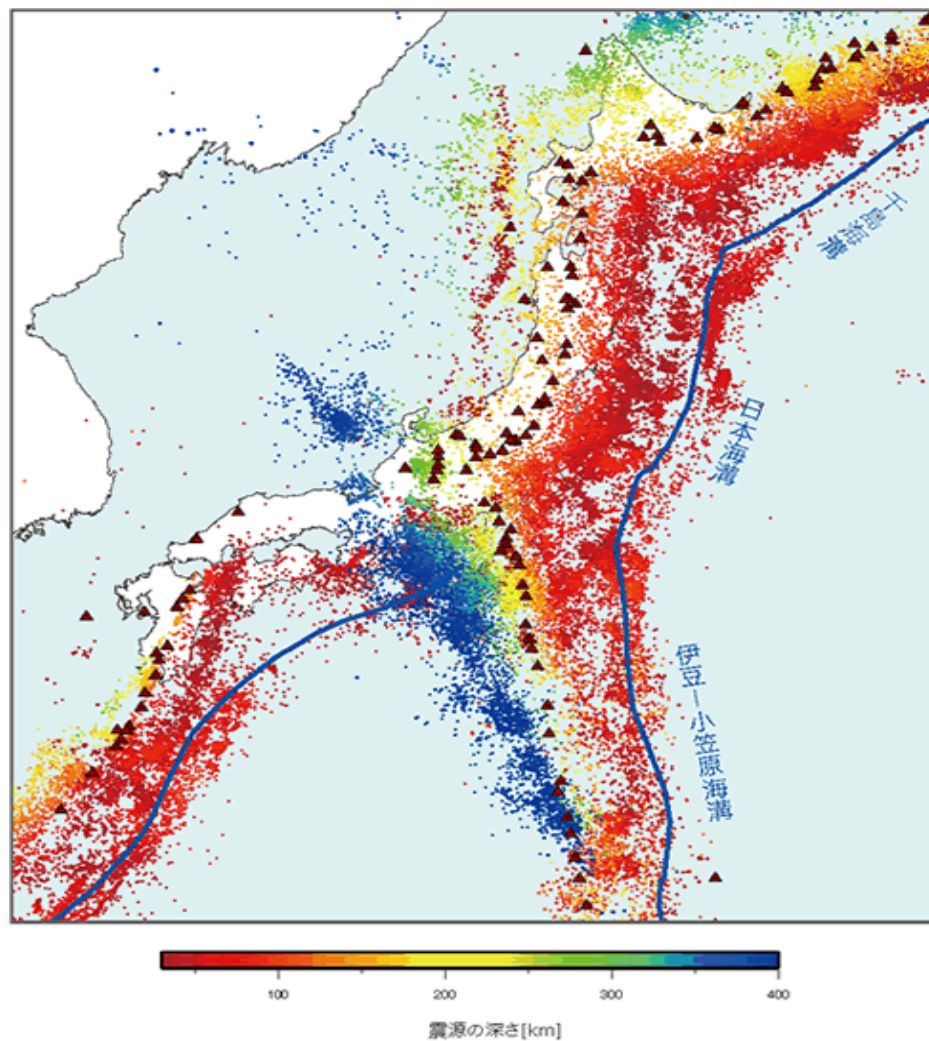
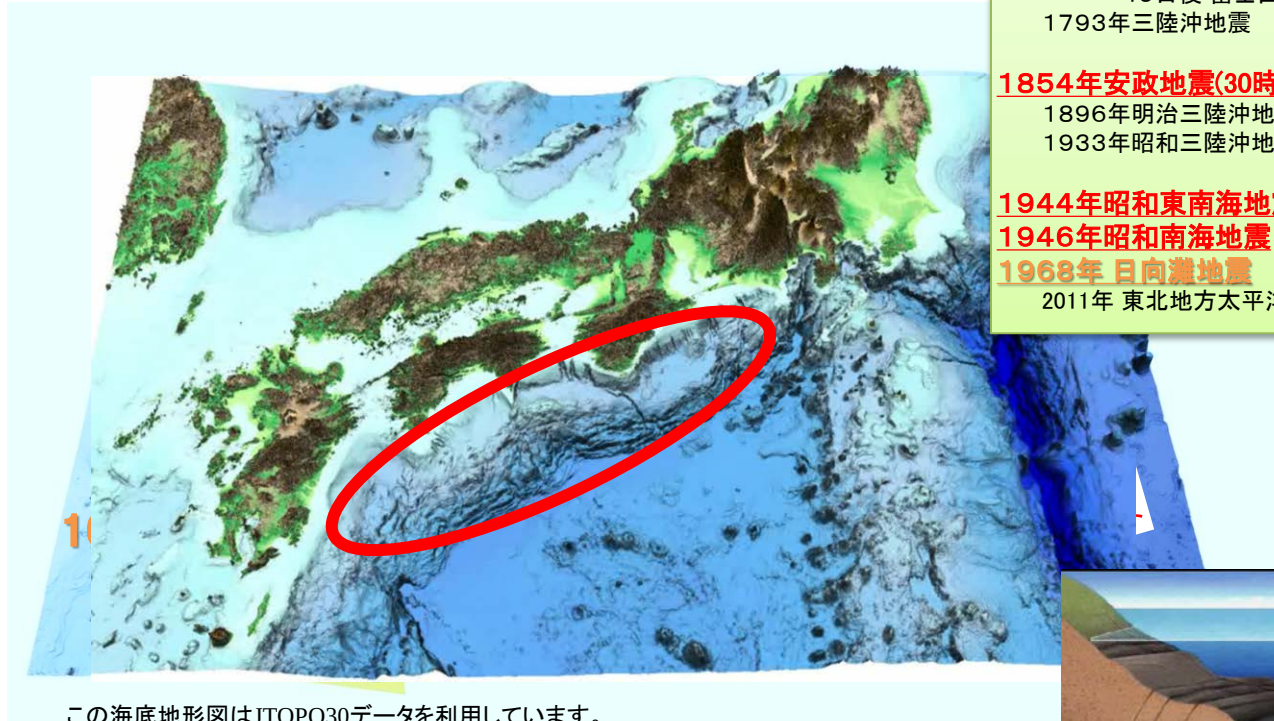


図1 活火山(▲)の分布

活火山は海溝と平行に並んでいる。点は震源を示し、色は震源の深さをあらわす。(気象庁一元化震源)

南海トラフの海底地形と震源域

100年から200年毎に繰り返し起きている巨大地震。



1605年慶長地震

1611年慶長三陸地震

1662年日向灘地震

1707年宝永地震

-49日後 富士山噴火

1793年三陸沖地震

1854年安政地震(30時間後)

1896年明治三陸沖地震

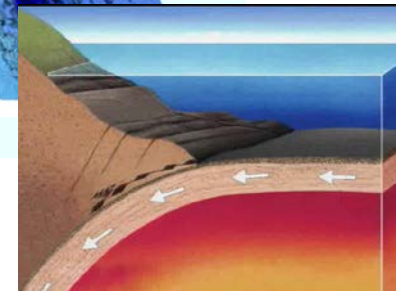
1933年昭和三陸沖地震

1944年昭和東南海地震

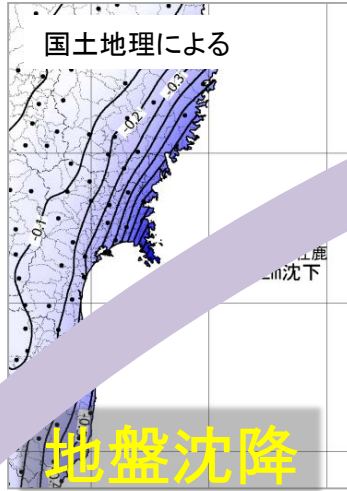
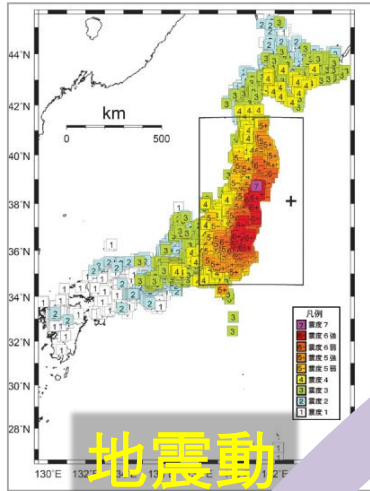
1946年昭和南海地震

1968年 日向灘地震

2011年 東北地方太平洋沖地震



広域複合災害



巨大地震 広域複合災害への備えは不可欠



東日本大震災では倒壊物、漂流物による被害の拡大など、地震・津波の直接被害以外にも、多くの複合災害が発生

過去の誘発地震や誘発噴火の記録

1700年代

- ・1703年 元禄地震
- ・1707年 宝永地震
- ・1707年 富士山噴火

1948年 福井地震 M7.1

49日

過去にも巨大地震に誘発した地震や噴火活動があった事が伺える。

M6.8

地震

地震

18

1943年 鳥取地震 M7.2

1923年 関東地震 M7.9

4年

1944年 東南海地震 M7.9

1900年代

- ・1923年 関東地震
- ・1943年 鳥取地震
- ・1944年 東南海地震
- ・1945年 三河地震
- ・1946年 南海地震
- ・1948年 福井地震

1年

1946年 南海地震 M8.0

1800年代

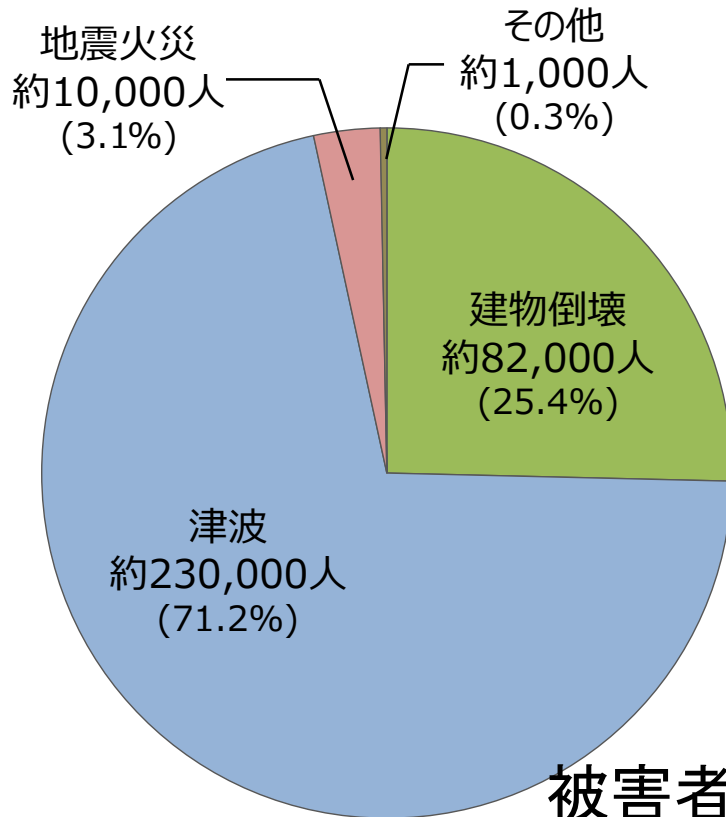
- ・1854年 伊賀上野地震
- ・1854年 安政地震
- ・1855年 安政江戸地震

6

想定地震の人的被害

○南海トラフ巨大地震

想定被害者数 約323,000人

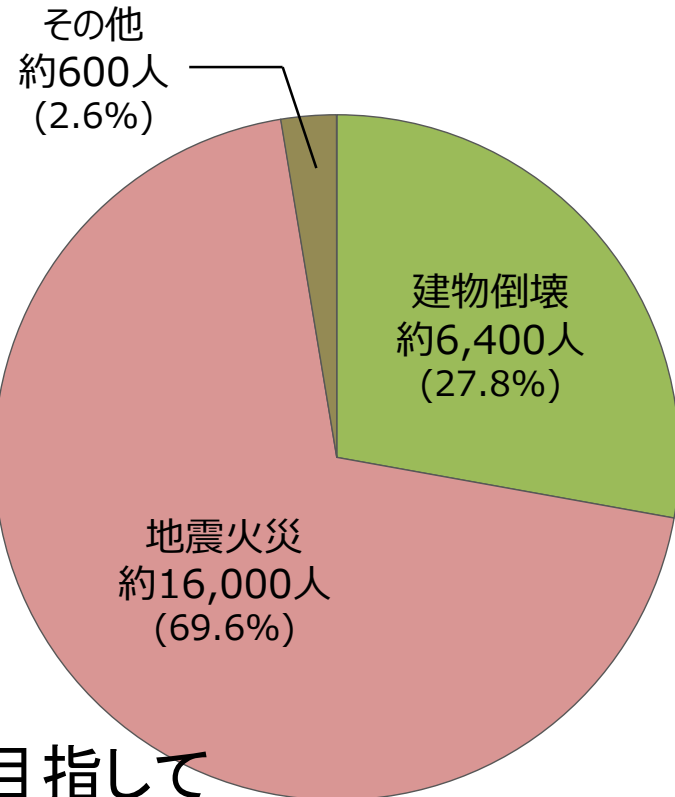


被害者数0を目指して

※想定ケース 冬・深夜, 風速8m/s, 早期避難率低

○首都直下地震(都心南部)

想定被害者数 約23,000人



※想定ケース 冬・夕方, 風速8m/s

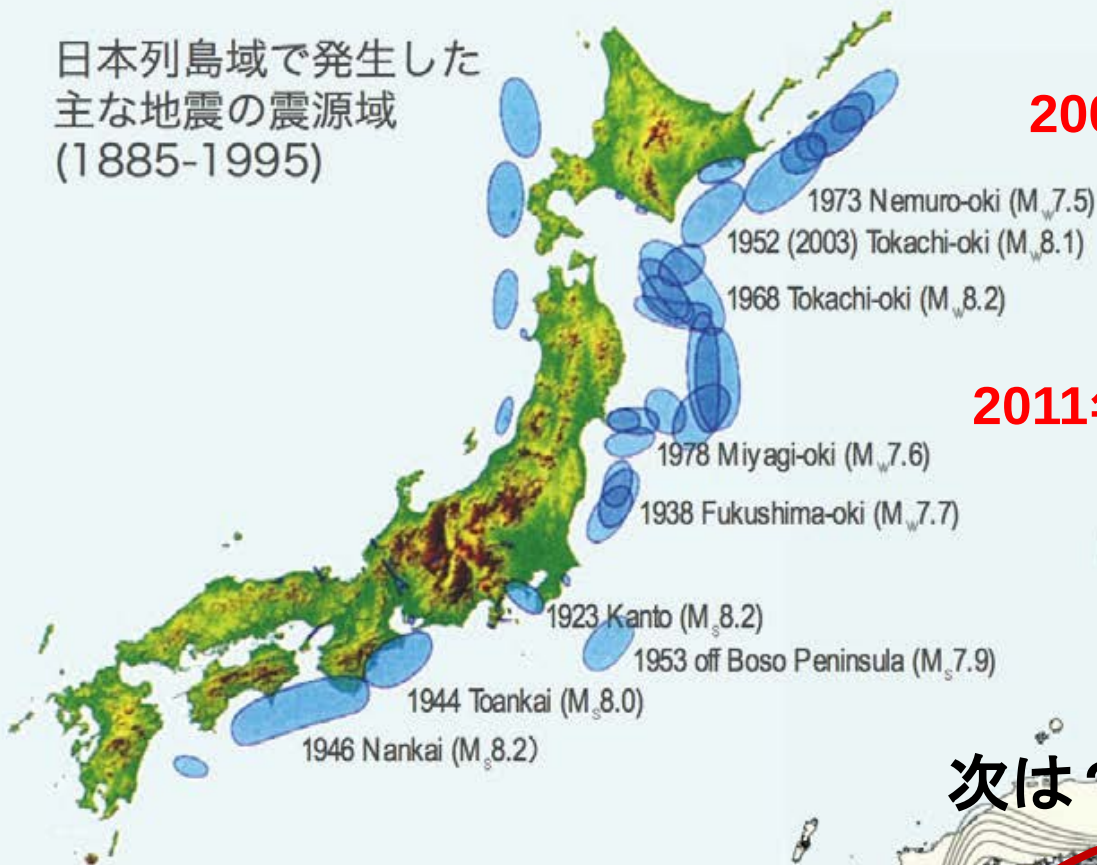
土木学会 20年 1410兆円の被害想定

日本列島周辺域のプレート境界のすべり遅れ速度分布

2-1

GPSデータ(1996-2000)

日本列島域で発生した
主な地震の震源域
(1885-1995)



Earthquake Research Center (1997)

Hashimoto, Noda, Sagiya & Matsu'ura (2009)
Hashimoto, Sagiya & Matsu'ura (2009)
Noda & Matsu'ura (2010)

2003年十勝沖M8.0

North American Plate

2011年東北地方太平洋沖M9.0

Eurasian Plate

次は？

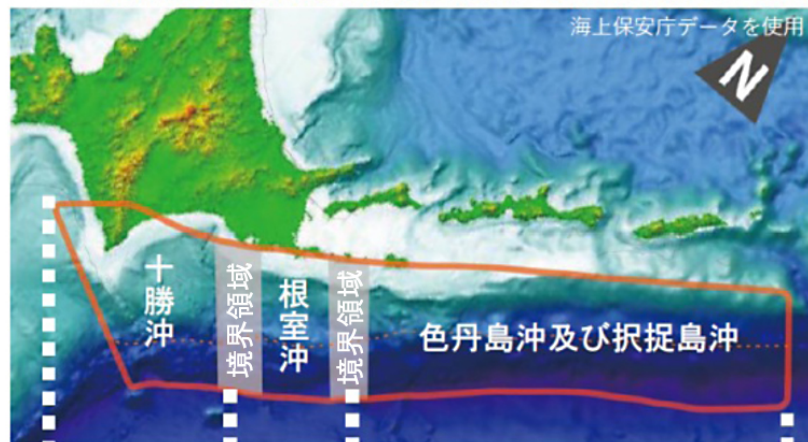
Pacific Plate

Philippine Sea Plate

橋本(2011)

鷺谷威(運動性評価研究最終報告会, 2012)

(今後30年以内の地震発生確率 2018年1月1日時点)



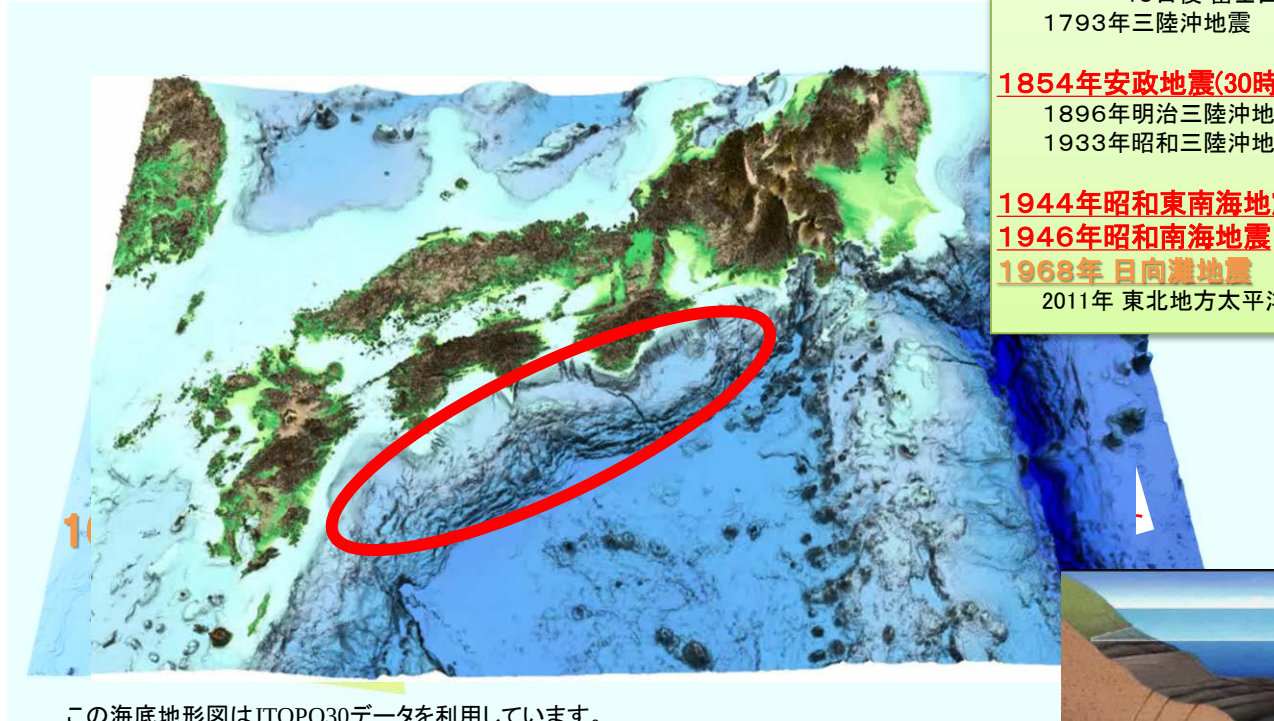
評価対象地震\領域		十勝沖	根室沖	色丹島沖及び択捉島沖
プレート間地震	超巨大地震(17世紀型)	M8.8程度以上 7～40%		
	プレート間巨大地震	M8.0～8.6程度 8%	M7.8～8.5程度 80%程度	M7.7～8.5前後 60%程度
	一回り小さいプレート間地震	M7.0～7.5程度 80%程度		M7.5程度 90%程度
	十勝沖から択捉島沖にかけての海溝寄りのプレート間地震(津波地震等)	Mt8.0程度・50%程度		
プレート内地震	沈み込んだプレート内のやや浅い地震	M8.4前後・30%程度		
	沈み込んだプレート内のやや深い地震	M7.8程度・50%程度		
	海溝軸外側の地震	M8.2前後・確率不明		

【図2】 千島海溝沿いの地震の発生確率 (2018年1月1日を基準とした、30年以内に発生する確率)

©地震調査推進本部地震調査委員会 資料を平田が修正

南海トラフの海底地形と震源域

100年から200年毎に繰り返し起きている巨大地震。



1605年慶長地震

1611年慶長三陸地震

1662年日向灘地震

1707年宝永地震

-49日後 富士山噴火

1793年三陸沖地震

1854年安政地震(30時間後)

1896年明治三陸沖地震

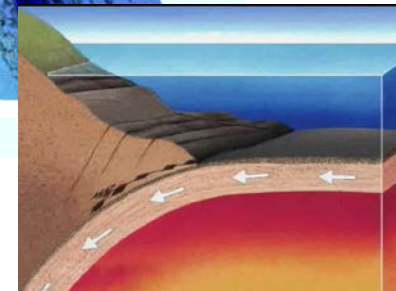
1933年昭和三陸沖地震

1944年昭和東南海地震

1946年昭和南海地震

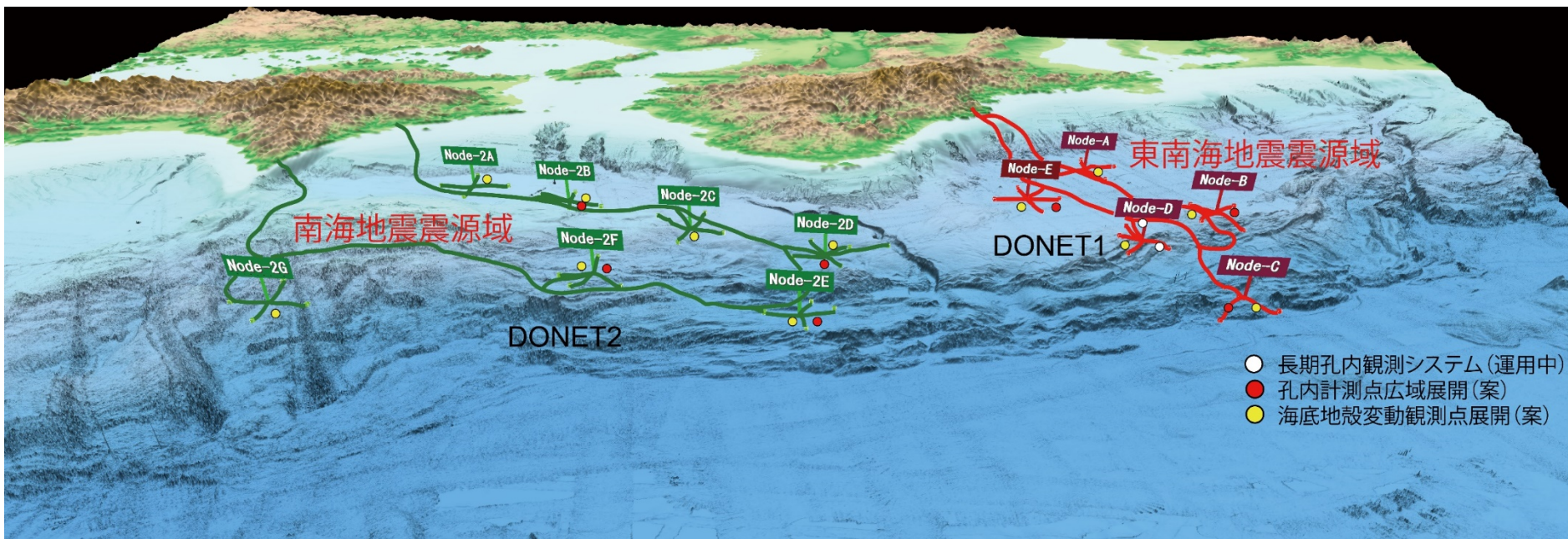
1968年 日向灘地震

2011年 東北地方太平洋沖地震



DONET 展開

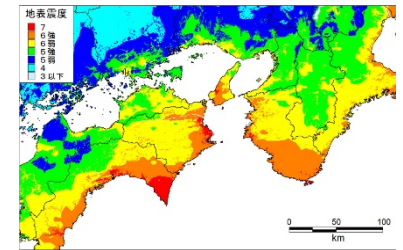
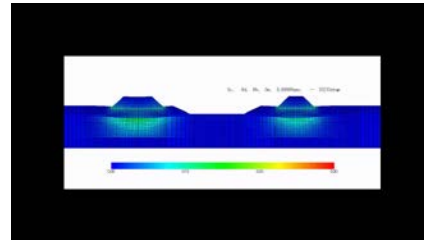
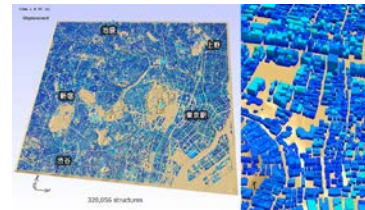
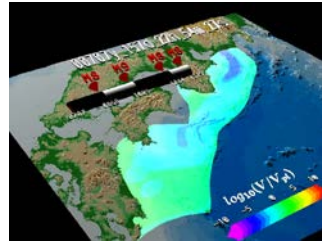
南海トラフにおける地震津波観測監視システム



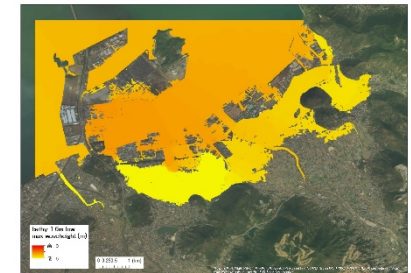
51の海底観測点

災害複合シミュレーション

- 地震動
- 地震被害
- 液状化
- 津波
- 浸水
- 火山噴火
- その他



東側ケース 地表震度_近畿-西国



液状化は避難・救援行動を遅延する

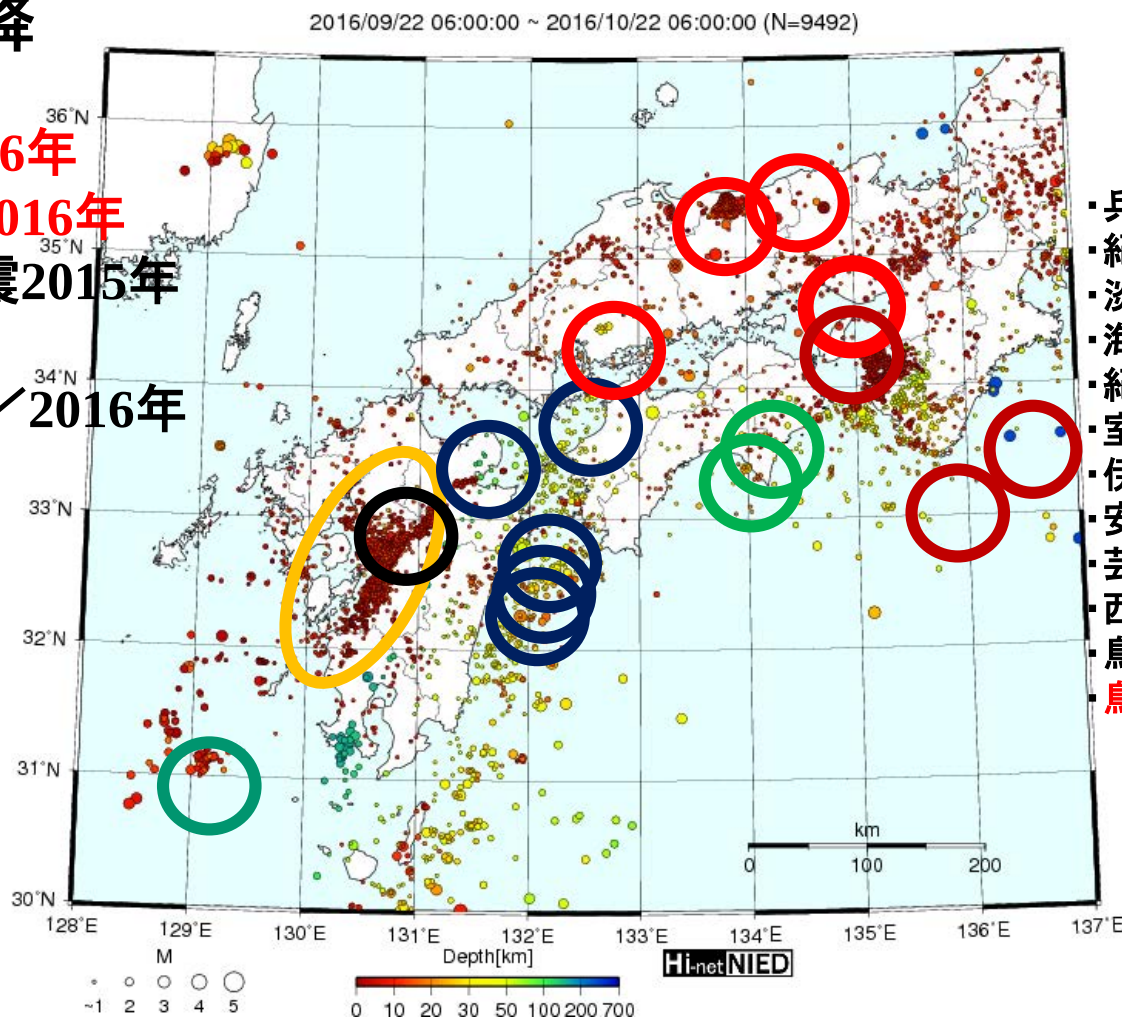
海岸沿いの低地のほとんどで液状化危険度が極めて高いと予測される。
震源からやや離れたでもリスクがある



千葉県我孫子市 HPより

南海トラフを取り巻く 地震活動 1946年以降

- ・熊本地震2016年
- ・阿蘇山噴火2016年
- ・鹿児島沖地震2015年
- ・日向灘地震
1996／1996／2016年



- ・兵庫県南部地震1995年
- ・紀伊半島南東沖地震2004年
- ・淡路島地震 2014年
- ・海陽町の地震 2015年
- ・紀伊半島沖地震 2004年
- ・室戸岬の地震 2016年
- ・伊予灘地震 2014年
- ・安芸灘地震 2014年
- ・芸予地震 2001年
- ・西伊予／大分地震2015年
- ・鳥取県西部地震 2001年
- ・鳥取県中部地震 2016年

南海トラフ巨大地震震源域周辺では多くの地震が発生

「幅を持った」社会システムの構築を

1. 冗長性、代替性を持つた(redundancy)

- ◆どんな状況に至ろうとも対応手段が皆無にならないように、事前に対処方法や仕組みを二重化・三重化
- ◆バックアップオフィスの確保、東日本大震災時の「くしの歯作戦」など

2. 何が起こっても致命的破壊に至らない(robustness)

- ◆一つ一つのシステムが完全に麻痺したり機能不全に陥ったりしない
- ◆地震による大きな揺れがあったとしても瞬間的には倒壊しない

3. 粘り強く復元可能な(resiliency ,tenacity)

- ◆一つ一つの要素が破壊されるプロセスに粘り強さを
- ◆被害の拡大が遅れて進行するように誘導、現象をしなやかに受け流す

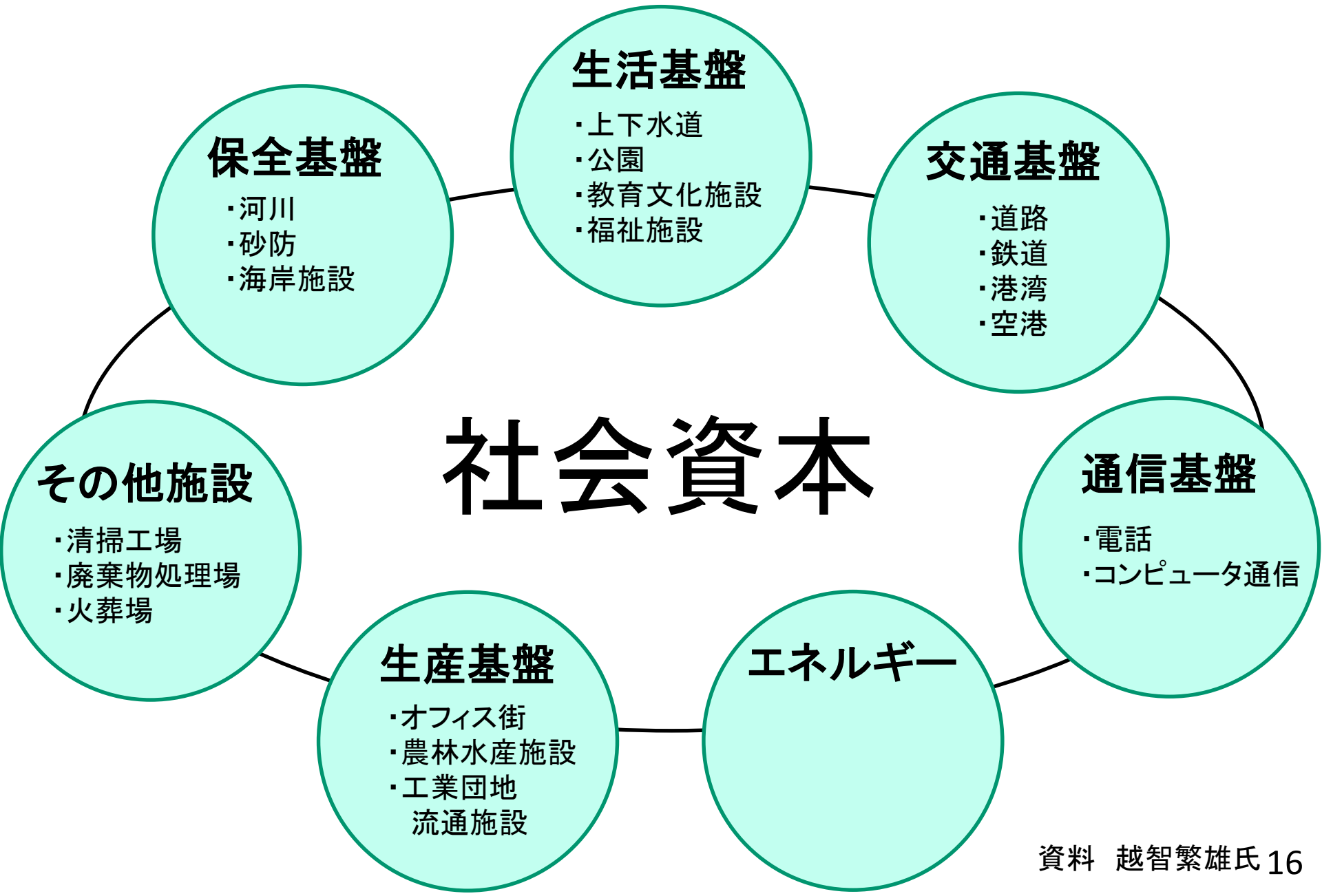
4. 融通が利き順応性を持った(elasticity)

- ◆その時々事態に合わせて柔軟かつ臨機に最善の方法を選択
- ◆平常時からの防災教育等のソフト対策

5. 安全・安心を与えてくれる(securing safety)

→ 「幅を持った」社会システムの構築を

命を守り、便利で豊かな生活を支えている社会資本



今後の減災（横断歩道の横断に例えて）

○左右の確認 → 南海トラフ巨大地震と内陸地震の対応
その前後に想定される風水害も

現在 ○車は止まるとは限らない → 想定外を考慮した対応
スピードから判断 状況の判断力

○なぜ横断歩道を渡るのか → 命を守り、未来社会を目指す
目的があるから

未来



- ・日頃からの教育、啓発と訓練が重要
- ・各県の対応（自助）、各県間連携（共助）
- ・耐震化、家具の転倒防止、街歩き（隠れたリスク探し）
- ・複数の避難場所の確認、未来地域づくり構想
- ・人材育成が急務
- ・高松／香川県／四国の未来人材育成プランの提案・構築

ビッグデータの利活用

- 一般的なビッグデータの利活用は産業界、セキュリティ分野で、かなり進んでいる。
(例えば、コンビニ戦略、自動走行車、顔認証、監視カメラデータ解析、最近では行動認証等)
- 自然現象に関しては、リアルタイム情報量は
気象データ以外は観測点が限定されている事や
事象そのものの頻度が低いため、気象に比較して
膨大なビッグデータではないが、
- 巨大地震、巨大火山は低頻度巨大災害のため
予測と対策が不可欠

AI(人工知能) と データサイエンス

- ・ 互いに束縛された、大量のミクロな状態や挙動の情報からマクロなユニークプロセスを再構築
- ・ 既存のマクロなモデルをもとに大量情報から実践的なマクロプロセスを再構築し、支援システムに実装
- ・ 既存のモデルの想定なしに、有限な次元を仮定して、
- ・ 大量情報から実践的なダイナミクスを再構築し実装

未来地域・社会基盤情報プラットフォーム研究領域

各種情報の統合プラットフォームを構築し、階層的な情報発信システム開発を行ない、研究者、行政、市民、メディア等の異なるコミュニティへ情報発信と減災対策の推進を行う

予測情報に加えビッグデータとしての観測データの高度な可視化・VR化を実現し情報発信することで自然現象理解のリテラシー向上を推進する

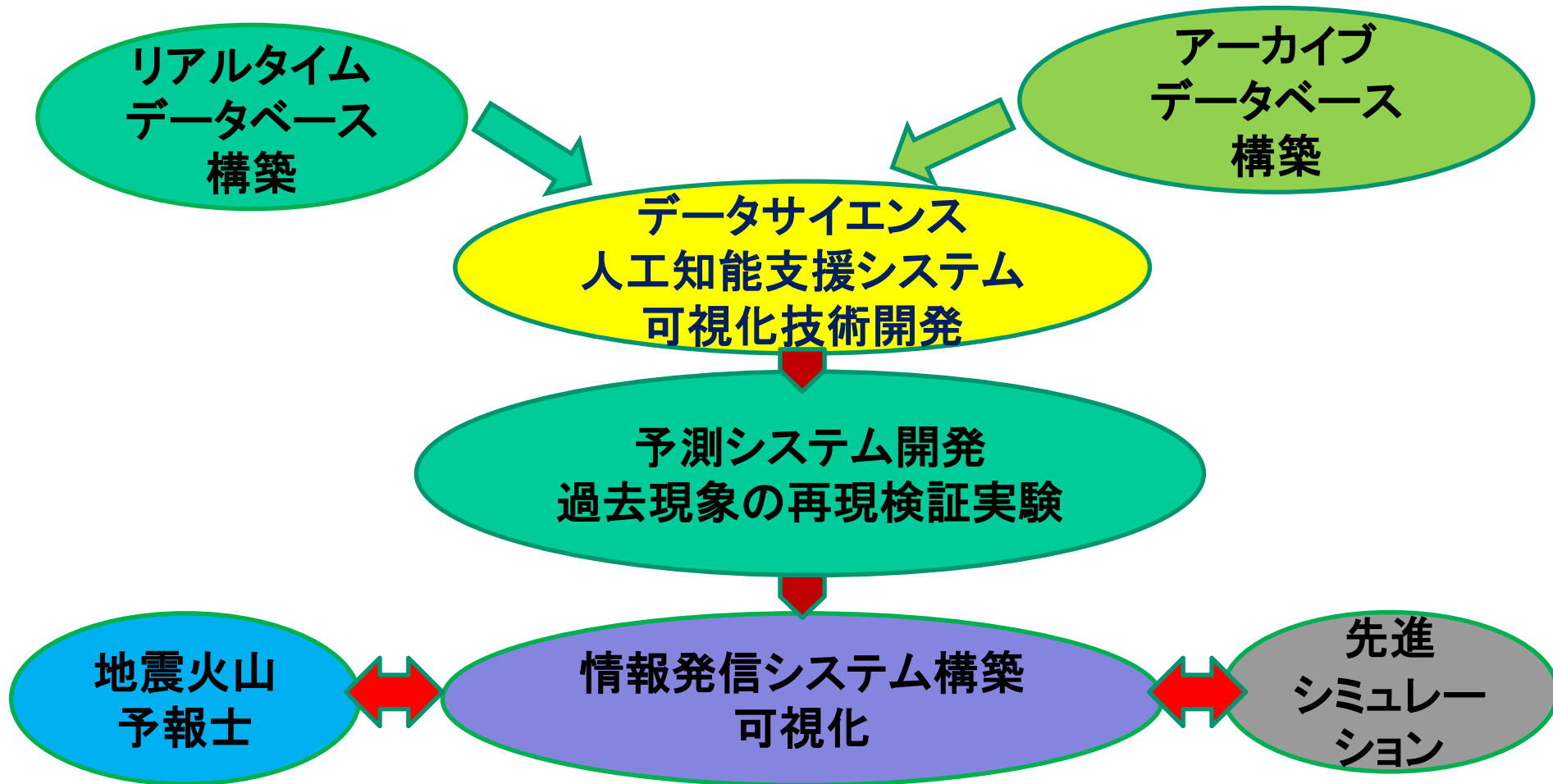
また、本プラットフォームによる未来地域・社会のデザイン提案も行う

今後の南海トラフ巨大地震研究

次世代科学技術を活用したサイバー空間とフィジカル空間の統合

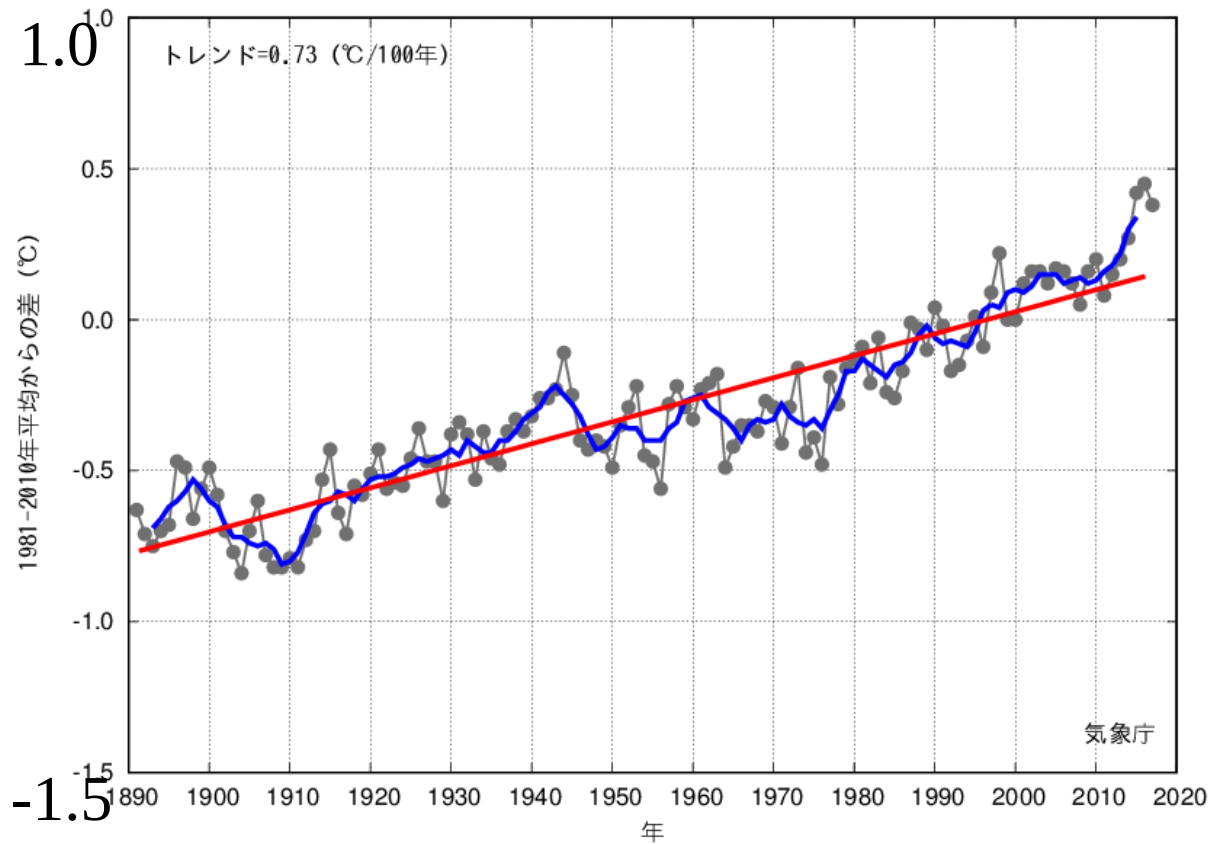
- VR 訓練、VR災害イメージング
- リアルタイム／可視化避難支援情報
- 地震事象の推移予測(災害前、災害時、災害後(短期、長期))
(スパースモデリング／データ同化、次世代先進シミュレーション)
災害前:発生予測、被害予測・社会システム安全性評価、
事前の最適対策の実施、
災害時:被害把握、最適対策の実施
災害後(短期):適切／迅速な被災者支援、被災地域の復興
災害後(長期):地域の強靱化、西日本／日本の強靱化
- 中長期時空間スケールのタイムラインに基づく
 - ・南海トラフ巨大地震＋甚大風水害＋火山災害＋社会環境変化等の複合災害への備え
 - ・次世代科学技術/減災科学/人材育成

新しい地震予測研究体系



温暖化による風水害、干ばつ被害の甚大化
西日本豪災害、広島地すべり災害、ハリケーンカトリーナ災害、
ミャンマー・バングラのサイクロン被害、欧州の熱波被害

世界の年平均気温偏差



1890

2020

地球温暖化と災害

気象庁

減災のための課題

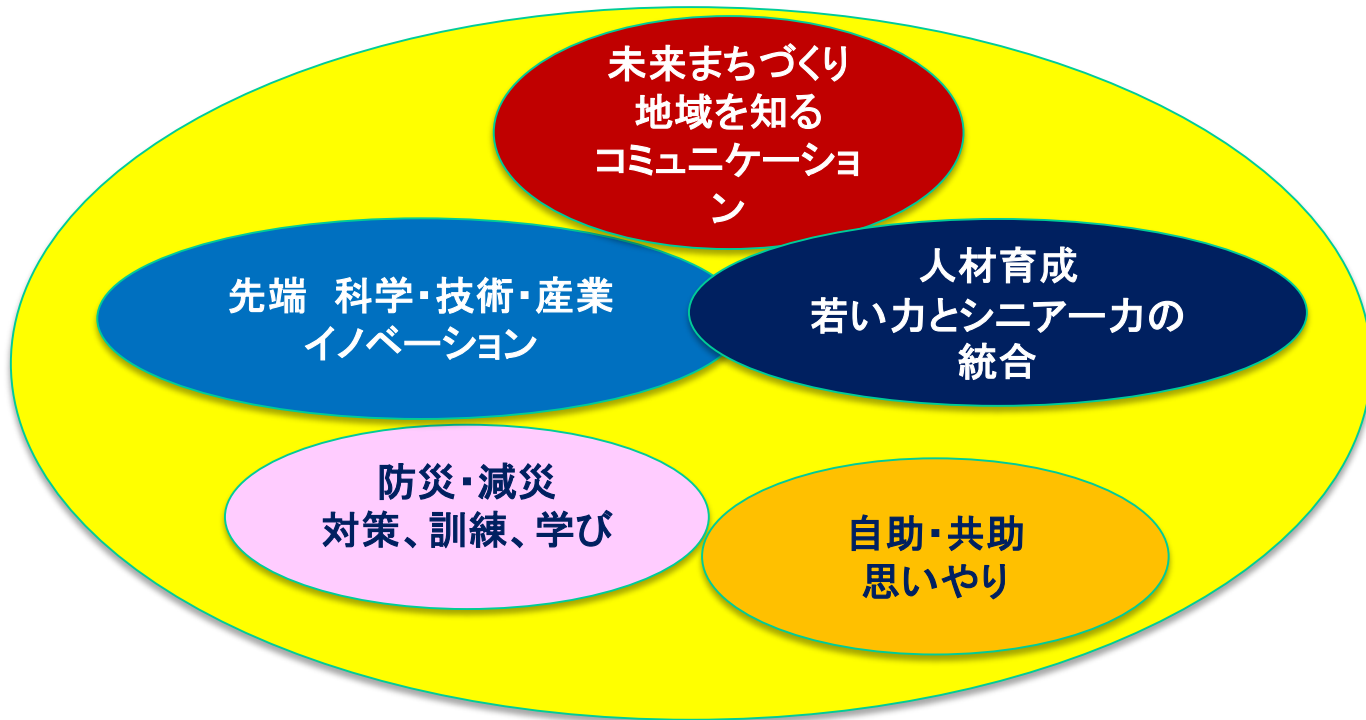
- ・ 事前対策・準備
- ・ 教育・啓蒙活動
- ・ 科学技術開発の推進と実用化
(リアルタイムモニタリング、先進シミュレーション・予測研究、
AI/ロボティクス、VR/AR/MR その他)
- ・ 早期検知システムと迅速・適切な避難行動
- ・ 知識の習得と訓練
- ・ 事前復興計画、未来地域構想の推進
- ・ 人材育成

減災科学の概要

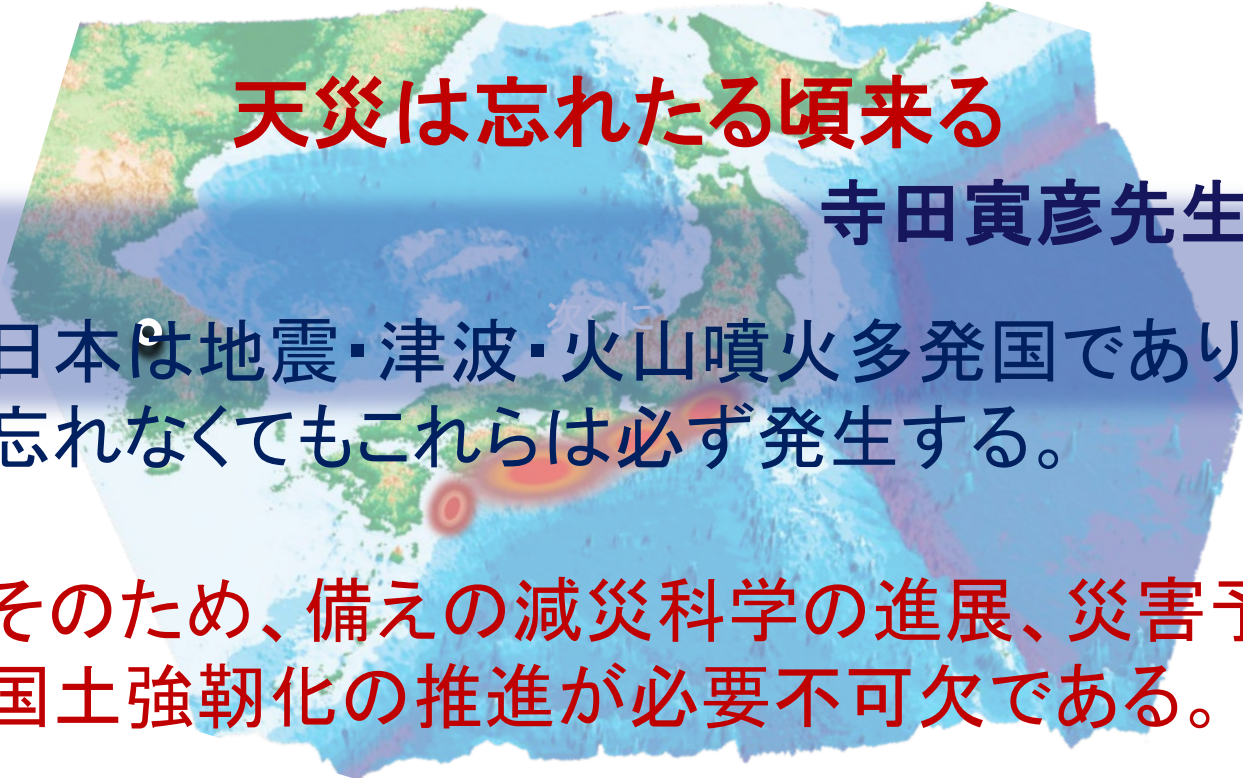


明るい未来社会構想

その中に防災減災がある



明るい未来社会を構築するためには
産学官民の連携と未来構想の共通認識が不可欠です。
オープンサイエンス・オープンイノベーションが重要



天災は忘れたる頃来る

寺田寅彦先生

日本は地震・津波・火山噴火多発国であり、
忘れなくてもこれらは必ず発生する。

そのため、備えの減災科学の進展、災害予測、
国土強靱化の推進が必要不可欠である。