

水工学オンライン連続講演会

2020/11/25

災害多発時代を生きる -レジリエント社会構築に向けて

東北大学災害科学国際研究所

今村文彦

自分史（自己紹介）

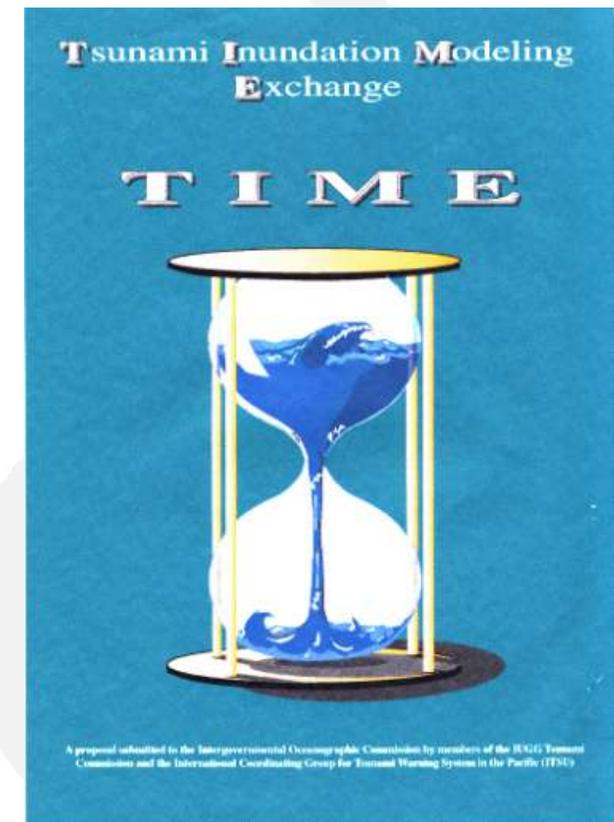
- 山梨県生まれ（海はない）
- 甲府第一高等学校（古いがよい伝統校，強行遠足—105km 歩行）
- 1984年東北大土木卒：温排水の実測研究
 - 1983年日本海中部地震・津波
- 1989年東北大博士修了：津波数値予報の提案
- 1992年津波工学研究分野設立（災害制御研究センター）
- 1990年代：世界の津波災害の現場に
 - 1993年北海道南西沖地震津波
- 1993-95年：アジア工科大学，国際協力
- 2000年代：災害研究・教育の発展，産官学共同
- 2004年スマトラ沖地震・インド洋大津波
- そして，2011年東日本大震災
- 2012年災害科学国際研究所 創設
- 津波工学から津波減災学へ

東北大学での津波研究

- ✓ 数値解析技術の移転
- ✓ 基礎研究から応用研究
- ✓ 現場主義

国際防災の十年IDNDR: 1990年代

- 日本とモロッコが共同提案し、国連総会の満場一致で採択された
- それに呼応し、国際測地学地球物理学連合(IUGG)とユネスコ政府間海洋学委員会(IOC)が、共同で始めた**TIME計画**
- 東北大学の数値計算技術が無償で移転



Intergovernmental
Oceanographic
Commission

Manuals and Guides

35

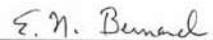


IUGG/IOC TIME PROJECT

NUMERICAL METHOD
OF TSUNAMI SIMULATION
WITH THE LEAP-FROG SCHEME

Tsunami Inundation Modeling Exchange (TIME)

A proposal submitted to the Intergovernmental
Oceanographic Commission by the IUGG Tsunami
Commission and the International Coordination
Group for Tsunami Warning in the Pacific.


E.N. Bernard
Chairman, IUGG Tsunami Commission


R.H. Hagemeyer
Chairman, ITCU

March 31, 1991

東北大学の数値計算手法

TUNAMI Code

(**T**ohoku **U**niversity's **N**umerical
Analysis **M**odel for **I**nundation)

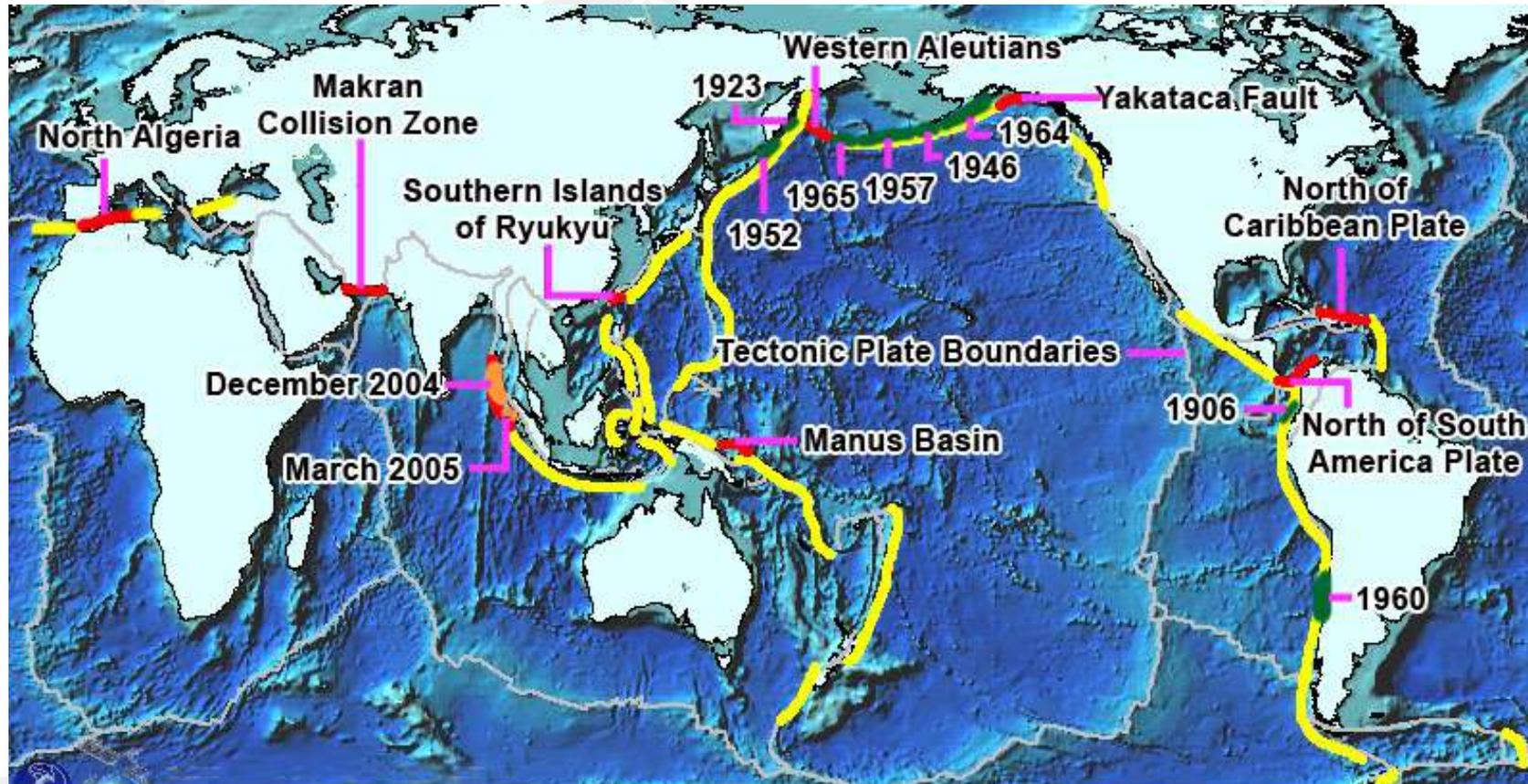
は、ユネスコの標準手法として
世界に普及。

無償移転の3条件

- ① 非営利
- ② TIME計画によるとの明記
- ③ 計算時に問題が生じたときは
東北大と相談して解決

大規模津波の発生源分布

(ITIC)



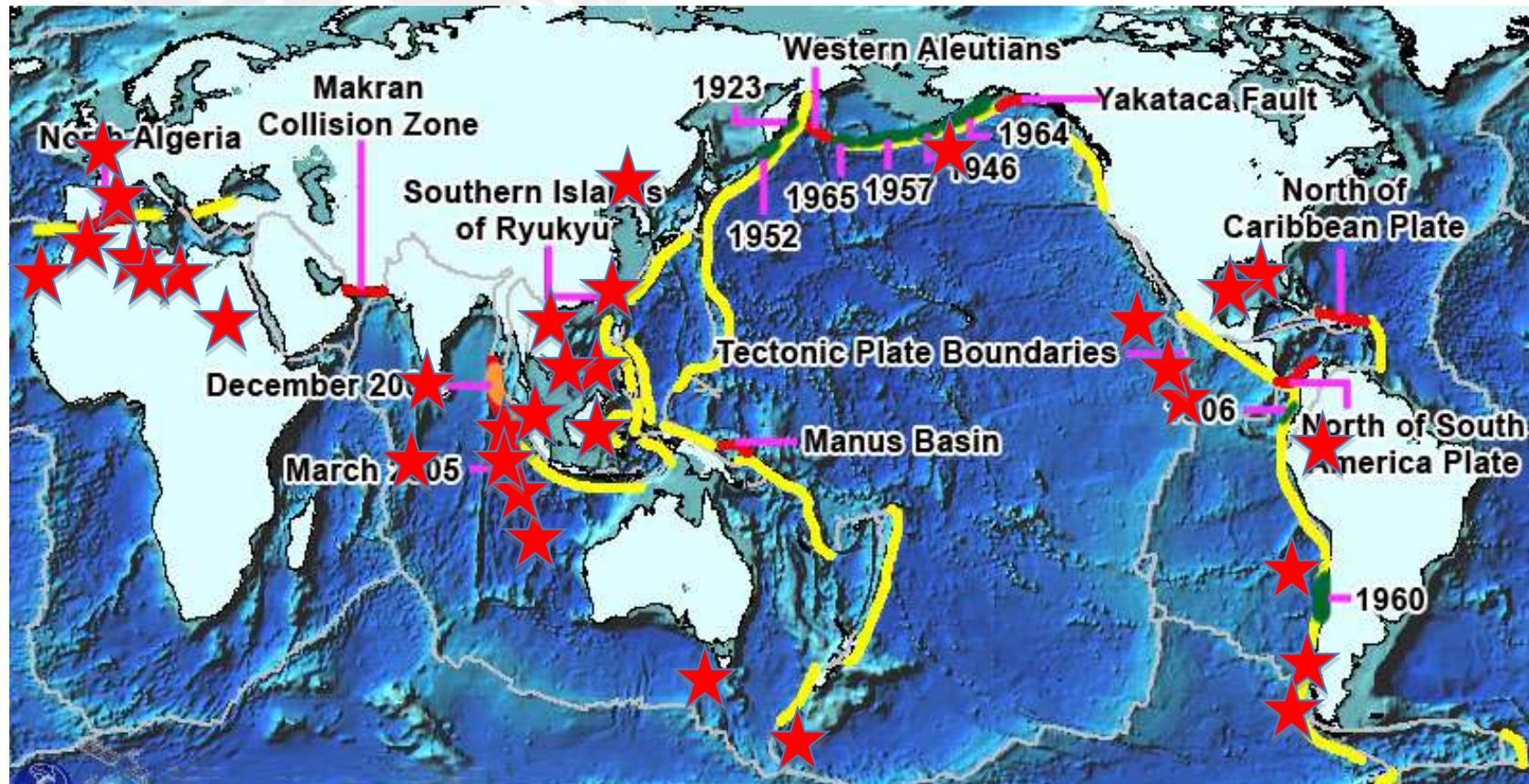
Tsunami Sources:

-  Well-known typical subduction zone
-  Recently suggested slow subduction or collision zones

Earthquakes generating ocean-wide tsunamis:

-  Magnitude greater than 8.5
-  Sumatra-Andaman zone

TUNAMI CODE 移転先の分布 (★)



Tsunami Sources:

- Well-known typical subduction zone
- Recently suggested slow subduction or collision zones

Earthquakes generating ocean-wide tsunamis:

- Magnitude greater than 8.5
- Sumatra-Andaman zone

(2019年現在、24カ国48機関)

東北大学での歴史

- 1911年 東北帝国大学に日下部（物理教室）長岡半太郎の門下
- 1912年 仙台市向山の観象所に地震計を設置
- 1967年 青葉山に地震観測所が移転
- 1974年 附属地震予知観測センター発足
- 1972年 附属耐震構造実験施設，1981年津波防災実験室
- 1978年 宮城県沖地震発生
- 1990年 附属災害制御研究センター発足
- 2003年 連続地震（三陸南，宮城県北部，十勝沖）
- 2004年 スマトラ沖地震・インド洋津波発生
- 2007年 防災科学研究拠点 構想，2011年東日本大震災の発生
- 2012年 災害科学国際研究所 発足

東日本大震災の発生

- ✓ 地元での大被害
- ✓ 研究・研究者のあり方
- ✓ 現場の皆さんに伴に

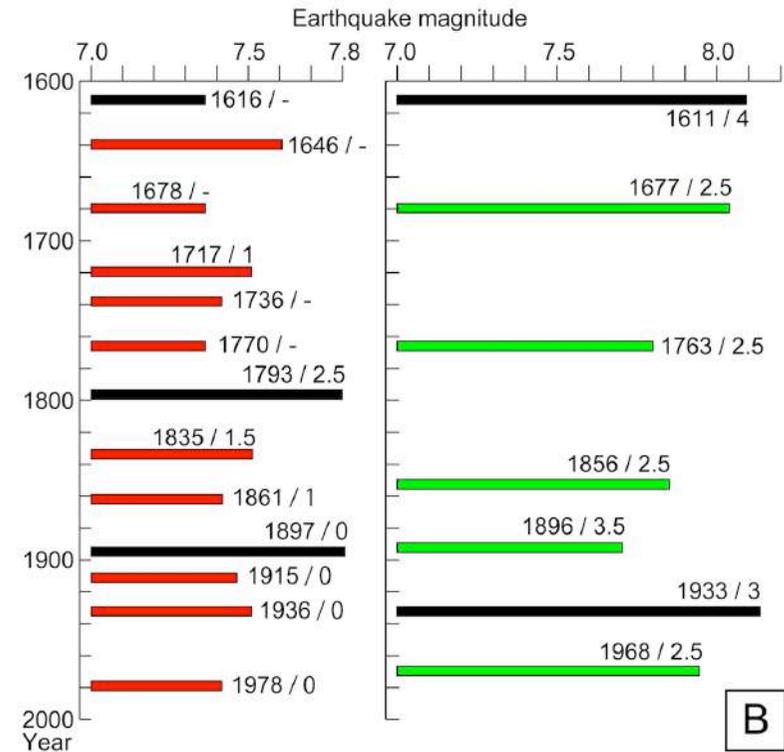
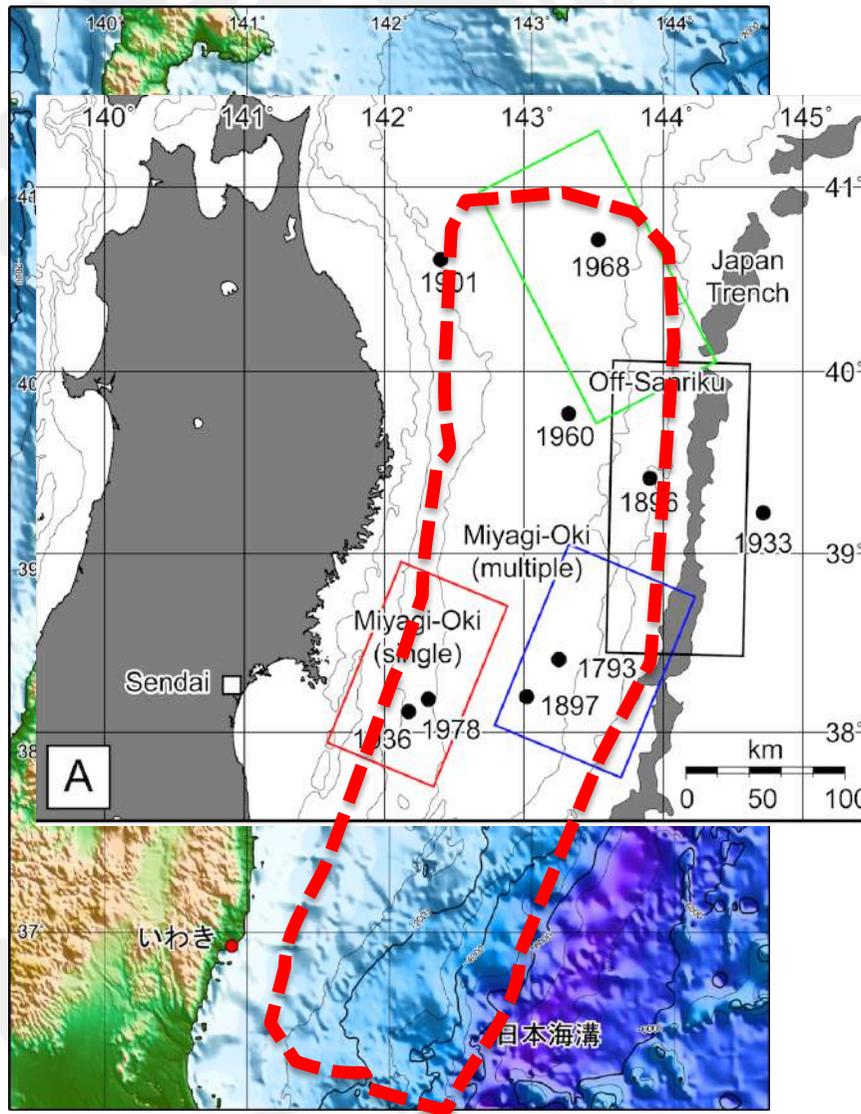
東日本大震災の発生(2011.3.11)

- 巨大地震・巨大津波・火災・原子力発電事故等の複合性
- 複数の自治体にまたがる広域性
- 被災者の意思決定／行動様式の多様性
- ライフライン, 社会システムの麻痺



- 従来の科学技術システムや社会システムの弱点・限界が浮き彫り
- 被災大学として, 「防災科学研究拠点」を発展させ, 学理体系化する必要性

東北地方太平洋沖での地震と津波の発生(過去400年間)



- T.Hatori, Distributions of Seismic Intensity and Tsunami of the 1793 Miyagi Oki Earthquake, Northeastern Japan, *Bulletin of Earthquake Research Institute, University of Tokyo*, **62**, 297-309 (1987).





JAPAN, Miyako : This picture taken by a Miyako City official on March 11, 2011 at 2019年3月1日, NHK首都圏ネットワーク
a tsunami breaching an embankment and flowing into the city of Miyako in Iwate prefecture shortly after a 9.0 magnitude 2019年3月3日, NHKおはよう日本
earthquake hit the region of northern Japan. The official number of dead and missing after the devastating earthquake 2019年3月3日, NHKスペ「黒い津波」
and tsunami that flattened Japan's northeast coast a week ago has topped 16,600, with 6,405 confirmed dead, it was
announced on March 18, 2011. AFP PHOTO / JIJI PRESS

■クレジットAFP ■ソース JIJI PRESS ■作成日 2011-03-11 00:35 +00:00 ■カメラマン JIJI PRESS ■ドキュメント参照
コード Hkg4703442 ■分類タグ CORRECTION - JAPAN - QUAKE

津波の濁流の色，沿岸での瓦礫の色

誘因	素因	影響（拡大要因）	被害
浸水（泥水）	海水（塩分），土砂移動，火災発生	溺死（呼吸困難，津波肺），延焼，海水植物枯	地域崩壊，火災，農業被害 
流れ	漂流物・船舶，土砂，可燃物	破壊，浸食堆積，火災延焼，土砂移動	家屋・施設被害，インフラ被害，環境破壊 
波力	浸水 × 流れ ²	破壊力（破壊増）	家屋・施設被害，インフラ被害 

命を繋いだインフラ(仙台東部道路への避難)



仙台東部道路への避難状況(仙台港北IC付近)
Evacuations to the Sendai-Tobu Road (near the Sendai Port North Interchange)

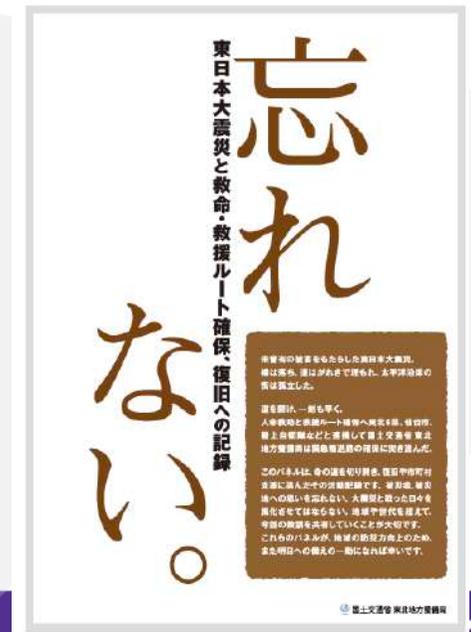


仙台東部道路が内陸の市街地への津波・がれきの流入を抑制
The Sendai-Tobu Road blocked the tsunami and rubble from reaching farther inland.



出典: 東北地方整備局HP

URL: http://infra-archive311.jp/sp_sign/infra.html



新しい津波避難訓練



従来の津波避難訓練を見直し、産官学連携の組織を発足させ、被災地や未災地に対して、新しい避難訓練の紹介・導入し、実施・検証を支援(カケアガレ日本！)

- 2012年に岩沼市東部地域で行われた避難訓練の企画および避難状況調査を実施以来、活動は全国に
- アンケートにより、訓練当日の避難行動と、次の津波における避難手段や避難場所など市民意向を把握。
- 延べ2万人の参加、地域防災計画に反映

1部 津波避難訓練 時間/10時~

津波を想定した避難訓練をおこないます。サイレンや屋外拡声器、エフエムいわぬまから避難情報が流れましたら、下記の避難場所を参考にそれぞれ避難してください。



仙台東部道路の避難階段(震災後新設)を活用した初の訓練を実施

大学・専門家の責任とは・・・？

- どのような役割か？
 - 科学的根拠を出す
 - 情報を提供する
 - 人材育成

- 防潮堤問題など社会問題**にどのような役割を持つか？

- 将来の地域の姿をどのようにして見せるか？

- 国連防災会議での役割？

災害科学国際研究所の発足

- ✓ 災害科学の深化と実践防災学の創生
- ✓ 学際研究はどこまで可能か？
- ✓ 理工人文＋医学

災害科学国際研究所 IRIDeS (イリディス) の設立

- ◇ 2012年4月設置
- ◇ 歴史的・世界的大災害の経験と教訓
- ◇ “低頻度巨大災害”への備えを先導
- ◇ 実践的防災学の創成



災害サイクルに対応した部門・分野の構成

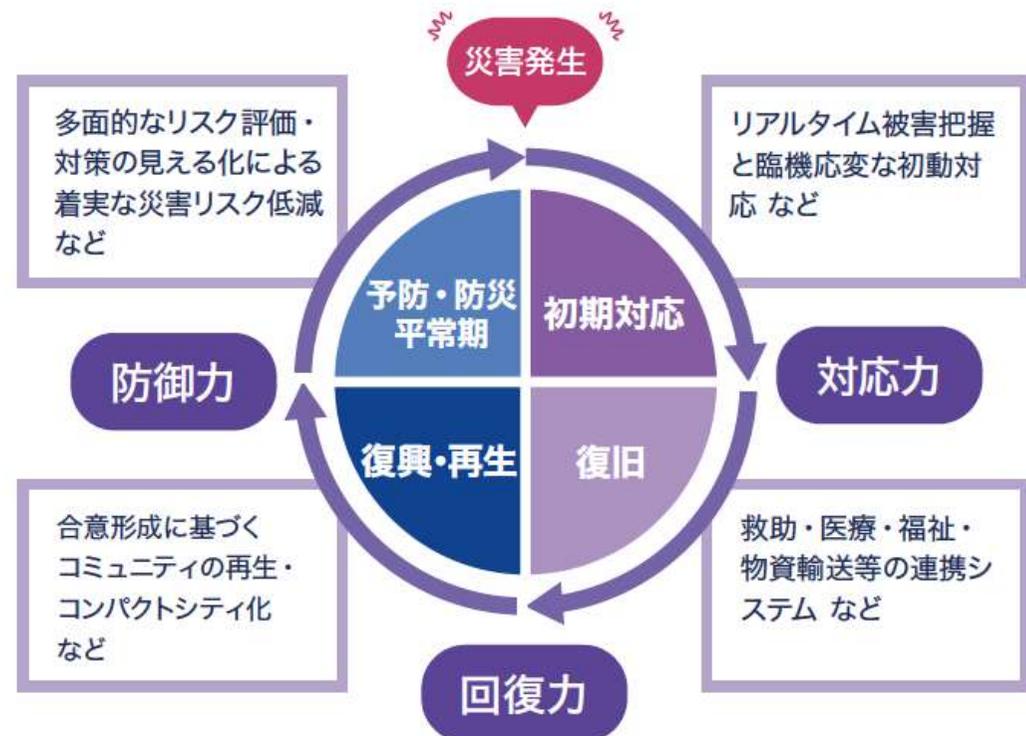


災害対応サイクルの中での災害科学

プロセスにおける事象を
解明し、その教訓を一般
化・統合化する

- ◇自然現象と人工構造物（文明）の違い将来を予測する。
- ◇潜在的なリスクを指摘する。

新しいジャーナルを刊行しながら、
学問として体系化を目指す



災害対応サイクル

津波工学研究室メンバー



研究とは？ 論文を書くとは？

□研究とは以下のプロセスを言う

- リサーチ・クエスチョンをたてる
- 問いかけがオリジナルで興味深い, そして社会的意義を持つことが必要
- 関連文献, 先行研究を読む(どこまで, 誰がやっているのか?)
- 仮説を立て, データを集めて, 検証する
- アウトプットとしてまとめる

□論文とは「研究成果」のアウトプットの1つである

代表的な研究とは, 解かれていない謎や決着のついていない問い・課題を自分で見つけ出し, データ等の証拠を使ってそれに答えること

□リサーチ・クエスチョンが大切である

良い問題を見つけるには時間がかかる. 様々な専門家との議論が大切である. しかし, 選ぶのに時間をかければかけるだけ, 後になって研究にかかる時間を短縮することができる

研究室とは？

□学生，スタッフ，研究員，教員の共通の場

- チームワーク(先輩，後輩)が重要
- お互いに，活動をサポートすることが前提
- 日常の機能はタダでもなく，メンテナンスも必要

□それぞれのノルマをこなすだけでは，発展が見込まれない。

- 積極的に一歩前へ進むこと。知識を深めること。

□人は見ていないようで見ているし，
また，見ているようで見ていない

□大震災を経験した我が国での津波研への期待は？

- 研究だけでなく人材(学生さん)も

津波研 仕事術

- 健康な体と精神を保とう:すべての基本です.
- 朝の始めは, まず挨拶から:コミュニケーションの第一歩.
- 目標と計画がないと, 無駄が多くなる:一日を振り返り, 次への計画を立てよう.
- ノートをつける:メモを残す, 頭を整理する, アイディアを忘れない.
- 忙しいときほど3つのフェイズを忘れない:現在(進行形), 少し先(目標), 将来(目的), これで一步先に行く!
- 瞬間的に集中する:切り替える決まり事をつくる, 例えば, 朝仕事を始める第1行動を決めておく.
- 議論を大切に:いろいろな意見を聞き・出し, 視野を広くする.

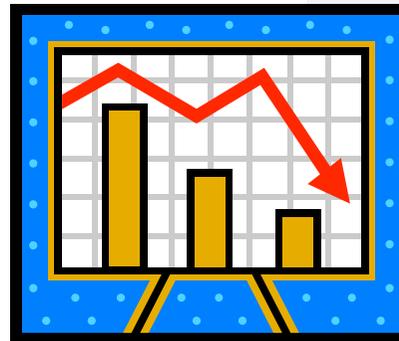
青春のジレンマ

- やることはなんとなく分かっている
- 具体的な方法が思いつかない
- 時間がない, 努力はしているつもり
- 成果が出来ない. 堂々めぐりをしている感じ

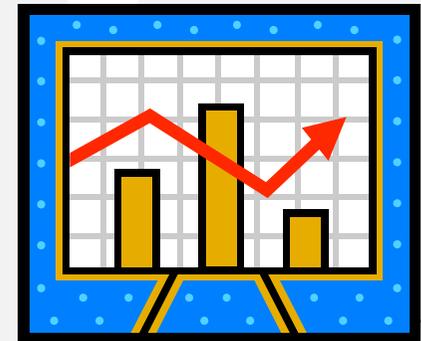


- 面白そうなものやってみる
- 何か結果が出てきてる
- 結果を見る・評価して貰う
→ 課題が見えてくる
- 課題に対して, 具体的に解決の予定・計画を立ててみる
- 実施する, 新たな気づきが……

Which do you like ?



or



将来の災害に備える

- ✓ 産官学の連携
- ✓ 地域での活動を世界に
- ✓ スパコン, IT, AI, ……

産官学共創プロジェクトを開始

2017年11月、**防災に強い持続的なまちづくり**への貢献を目指し発足しました



産官学共創プロジェクト

KAIZEN PROJECT

KAwasaki IImprovement model for regionally customiZed disastEr mitigationN



スマホアプリなどの、ICT活用による津波被害軽減に向けた共同プロジェクト



東北大学
災害科学国際研究所
今村文彦所長



東京大学
地震研究所
古村孝志教授



川崎市
総務企画局
危機管理室



富士通
富士通研究所

川崎から世界へ

四者それぞれの防災技術などを活用し、連携・協力して進めます

<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2019/10/press20191024-01-ICT.html>

http://www.tohoku.ac.jp/japanese/press_20181030_ICT.pdf

<https://b2b-ch.infomart.co.jp/news/detail.page?IMNEWS1=791483>

2011年東北地方
太平洋沖地震

川崎市(東京湾)で懸念 される地震・津波

② 相模トラフ地震
(最大震度7、
津波高2.9m)

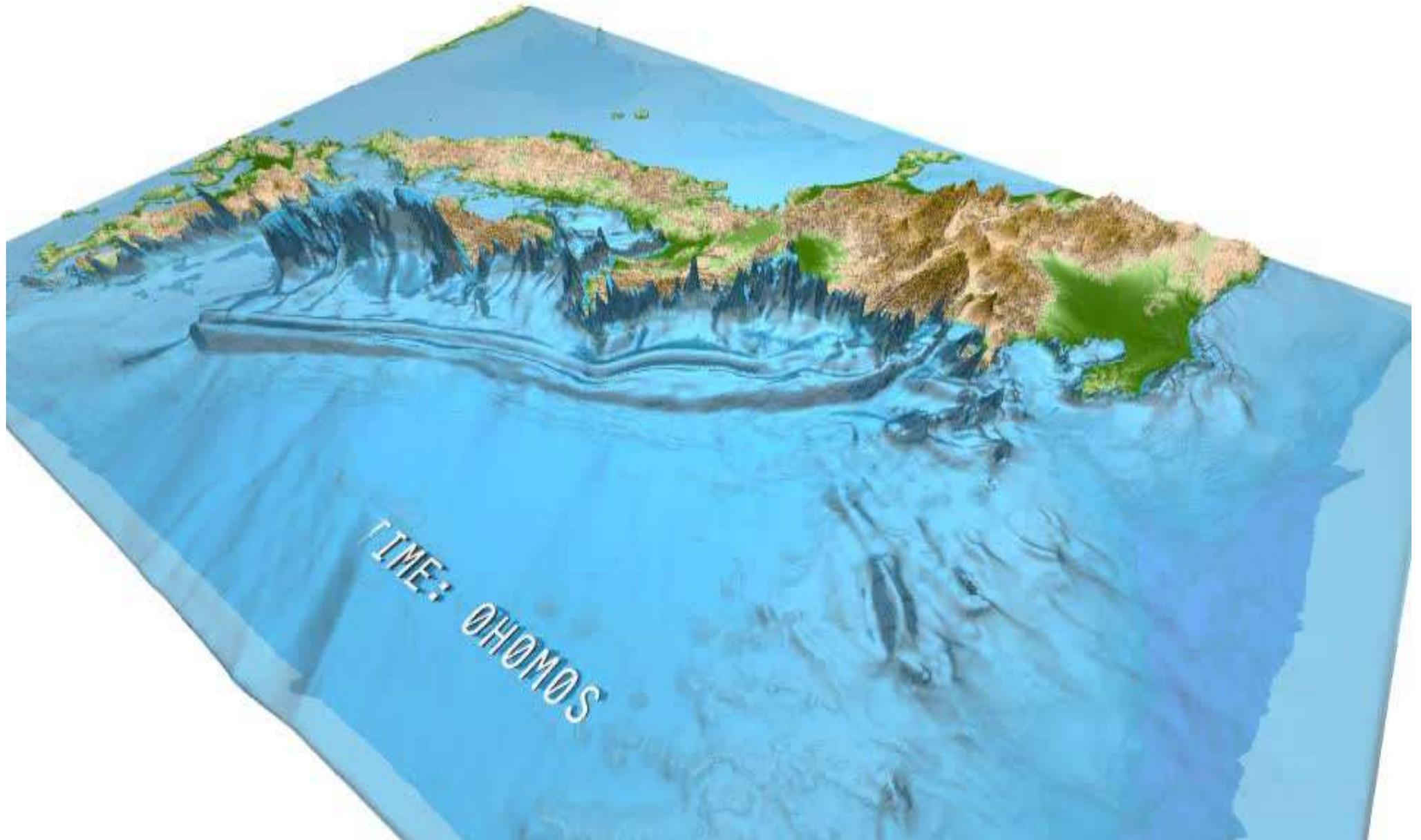
① 南海トラフ地震
(最大震度5強、
津波高3.7m)

- ・1923年大正関東地震(M8.0)
- ・1703年元禄関東地震(M8.2)

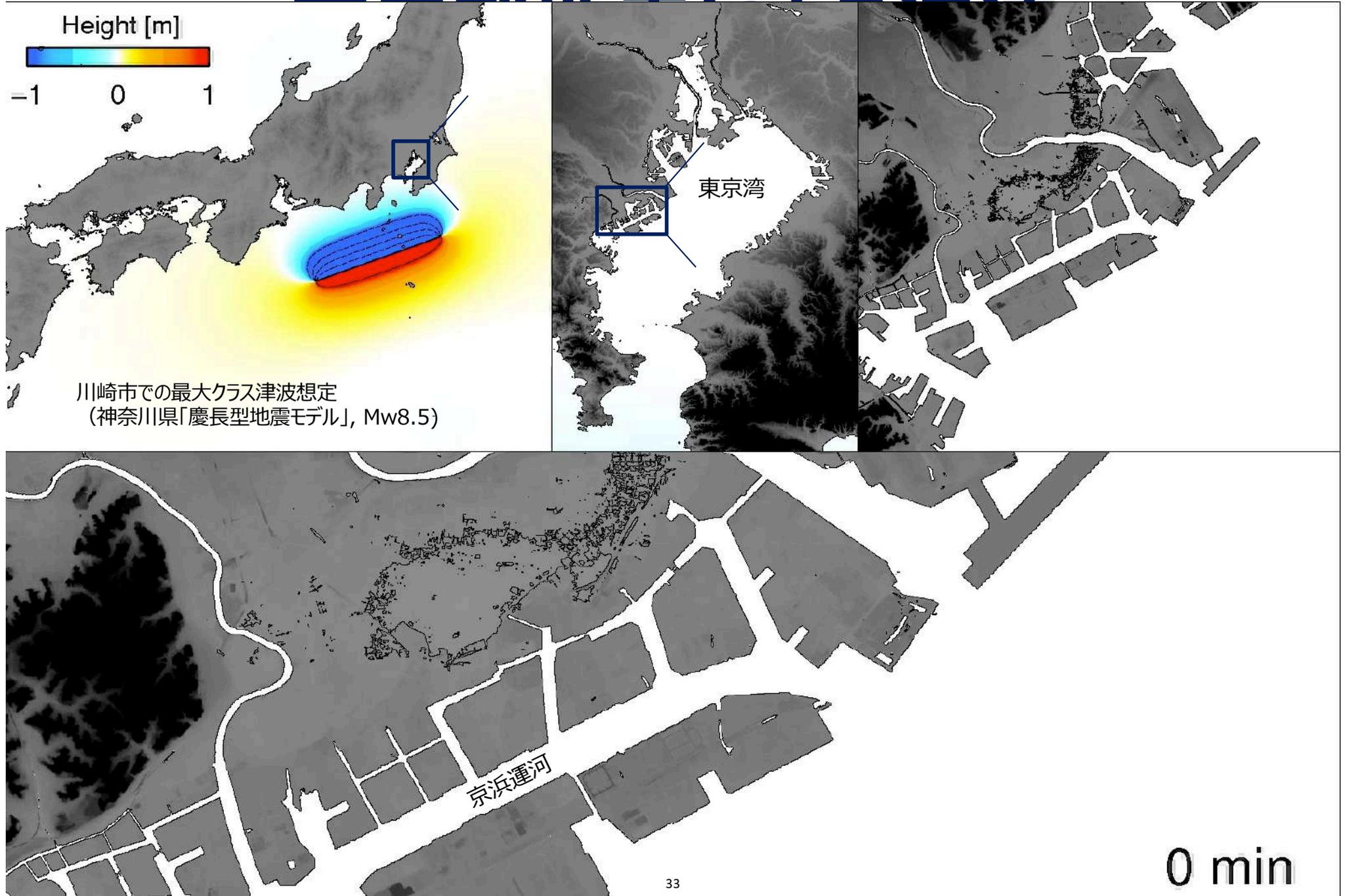
- ・1944年東南海地震(M7.9)
- ・1946年南海地震(M8.0)
- ・1854年安政地震(M8.0)
- ・1707年宝永地震(M8.7)

南海トラフ巨大地震で予想される津波

(東大地震研古村教授作成)



コンピュータシミュレーション



避難を後押しするスマホアプリ

①川崎市役所からの情報

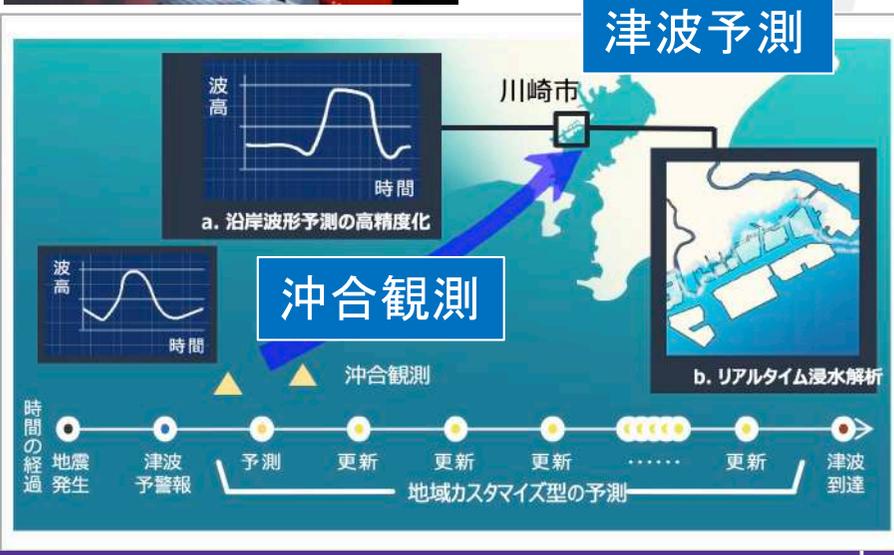
④避難完了人数の情報

スパコンによる津波計算



②現在の浸水可能性を判定するAI

津波予測



③避難経路での避難者からの情報

2018年津波避難訓練行動を見える化



AIを活用し3密リスクを低減する 新型コロナウイルス禍での避難 所運営の実証実験

2020年8月31日，川崎市

川崎臨海部におけるICT活用による津
波被害軽減に向けた共同プロジェクト

狙い

**AIで現状の避難所の状況を把握し、
適切な避難所運営を支援する**

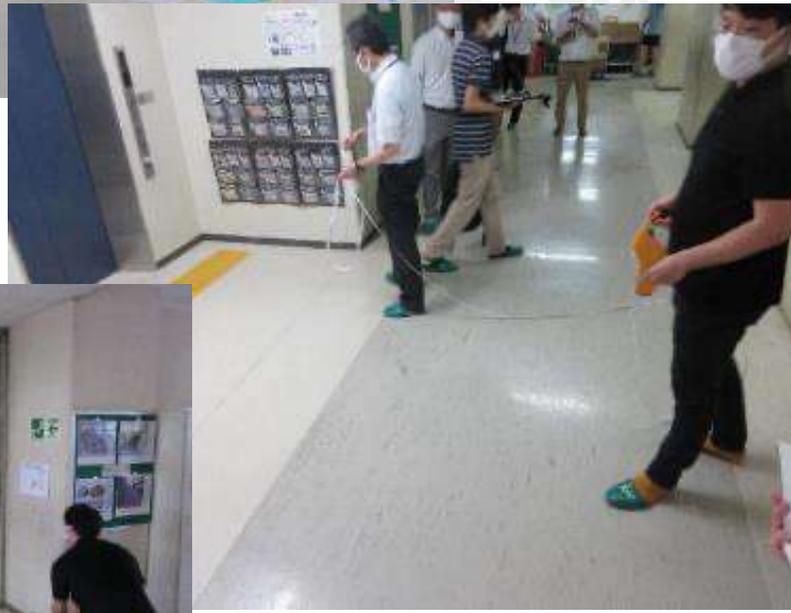
[実証する技術]

1. 現在の人の集まり方をカメラ映像から自動算出し情報を集約するAI
2. 現在の人の集まり方から確率的に感染リスク増加を予測するシミュレーション
3. 大量のシミュレーションを学習し、感染リスク増加をリアルタイムで可視化するAI

感染を考慮した人流シミュレーション



殿町小学校を測量(8/5)



殿町小学校受付係への説明

AIが感染リスク増加を検知すると、アラートが出ます

→「**ソーシャルディスタンスをってください！**」などの呼びかけ対応をお願いします。

殿町小学校で、感染リスク増加中！

避難所	避難者
殿町小学校	12人
中学校A	81人
小学校B	38人

8/28 17:01:43

メッセージボード

AI接触者数予測

避難者数の推移

近隣避難所の写真

避難者数集計

メッセージボード

AI接触者数予測

避難者数の推移

近隣避難所の写真

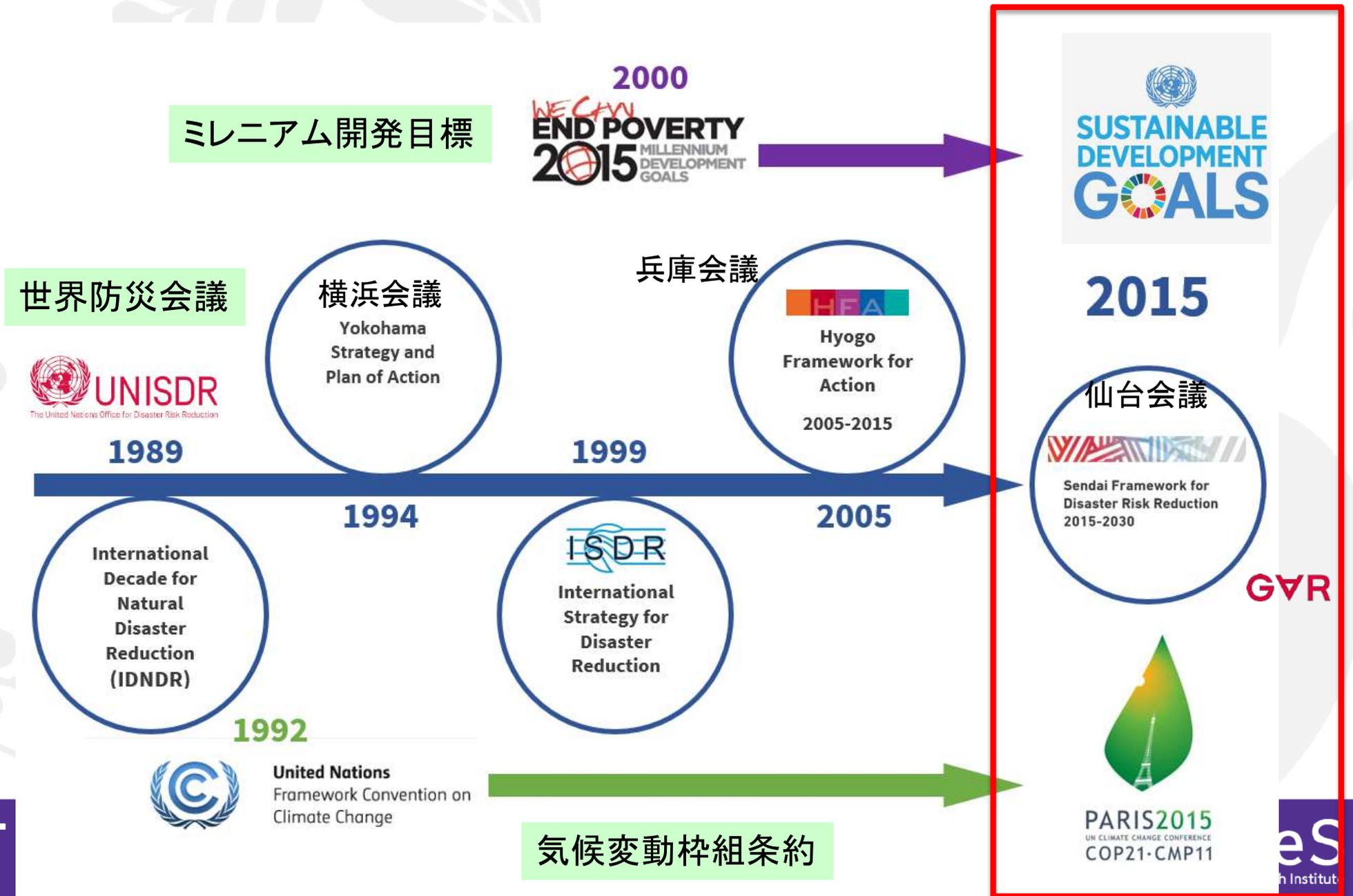
ポストコロナを考える—第27回 産業構造審議会総会

- 「新たな日常」へと適応していくため、「3つの分野」における取組強化と、分野横断的に求められる「レジリエンス」を向上させる；
 1. **医療・健康** —感染症リスクとともに生きる
 - ✓ 医療物資の供給確保、感染症への対応、健康意識の増大・生活変化への対応
 2. **デジタル** —デジタル社会に向けた安全・安心なインフラ整備
 - ✓ 通信回線、送配電網、交通インフラへの次世代化投資の促進
 - ✓ 個人データを利活用するデジタル基盤、プライバシー保護の在り方
 3. **グリーン** —気候変動問題への対応・エネルギー安全保障
 - ✓ 非効率石炭火力のフェードアウト、脱炭素化技術の開発と市場化
 4. **レジリエンス** —国民生活の安全保障、企業・産業の強靱性向上
 - ✓ 避難所の充実、医療物資の供給確保、戦略物資・技術の特定、サプライチェーンの強靱化 投資・技術審査体制の強化

世界での防災の潮流

- ✓ 国連防災世界会議の開催，学の支援
- ✓ 仙台防災枠組
- ✓ 4つの優先行動，7つのグローバルターゲット

2015年国連会議を巡る世界的な動き



兵庫行動枠組から仙台防災枠組へHFA to SFDRR

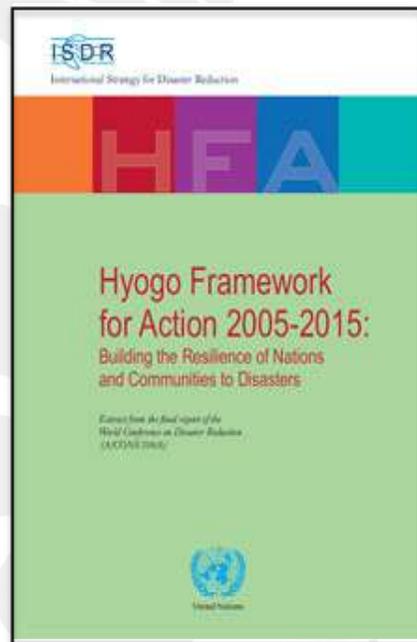


Yokohama Strategy and Plan of Action for a Safer World

(May 1994 @ 1st WCDR)

横浜戦略

防災について世界で
関心を高めましょう



(Jan. 2005 @ 2nd WCDR in Kobe)

兵庫行動枠組防災・

減災への行動を始め
ましょう



(Mar. 2015 @ 3rd WCDR in Sendai)

仙台防災枠組

防災・減災へ具体的な活
動計画・実施へ、
減災目標と指標



7 Global Targets of SFDRR are

	Reduce	Increase
Mortality/ global population 2020-2030 Average vs 2005-2015 Average		Countries with national & local DRR strategies 2020 Value vs 2015 Value
Affected people/ global population 2020-2030 Average vs 2005-2015 Average		International cooperation to developing countries 2020 Value vs 2015 Value
Economic loss/ global GDP 2020-2030 Average vs 2005-2015 Average		Availability and access to multi-hazard early warning systems & disaster risk information and assessments 2020 Value vs 2015 Value
Damage to critical infrastructure & disruption of basic services 2020 Value vs 2015 Value		



第3回国連防災世界会議 結果概要（内閣府）

2015年3月14日（土）～18日（水）に仙台市で開催。

- 187か国の代表、国際機関、NGO等、本体会議に6,500人以上（首脳25名含む閣僚100名以上、国連事務総長、UNDP総裁）、関連事業を含めるとのべ約15万人以上参加。我が国で開催した国連関係の国際会議として最大級。
- 山谷防災担当大臣が議長を務めた。
- 天皇・皇后両陛下がご臨席のもと開会式が行われ、総理が挨拶を述べた。
- 新たな国際的な防災の取組指針である「仙台防災枠組2015 - 2030」を採択
- 総理が「仙台防災協カイニシアティブ」を発表し、今後4年間で計40億ドルの協力の実施及び計4万人の人材育成を行うことを表明。



両陛下御臨席の下の開会式



閉会式後、山谷大臣とワルストロム国連事務総長特別代表（防災担当）

仙台防災枠組の重要な内容

- 防災の目標（ゴール：1）と期待される成果：1
- 多様な参加者の協力（ステークホルダー；多文化理解=>防災に結びつける）
- コミュニティー，国，地域，国際（グローバル）
- そのための手段（優先行動：4）
 - 災害リスク，管理組織（ガバナンス），震災前（投資），震災後（よりよい復興）
- 途中経過の確認・数値指標を（グローバルターゲット：7）



現在の取組（仙台市）

<https://sendai-resilience.jp/sfdrp/>

世界津波の日

http://tsunamibousai.jp/world_tsunami_awareness_day/

高校生サミット in 北海道，和歌山，高知，沖縄



震災の経験と教訓を未来に

震災伝承の取組

我々が伝えたい基本メッセージ

「教訓が、いのちを救う」



備えることで救える“いのち”があることを知ってもらう！

学ぶことで助かる“いのち”があることを知ってもらう！

<https://www.311densho.or.jp>

一般財団法人3.11伝承ロード推進機構

<http://www.311densho.or.jp>



高田松原津波復興祈念公園（東日本大震災津波伝承館を望む）

我々が伝えたい基本メッセージ

備えることで救える“いのち”があったという事実



2度の津波被害を受けて整備された巨大堤防（高さ10m、長さ2,600m）が町民の死亡率を激減させた田老村

明治三陸地震（明治29年）

写真：ウィキペディア「明治三陸地震」より
※宮内省 - 吉川弘文館「明治の日本」



345戸が一軒残らず流され、
人口2,248人のうち
死者・行方不明者は1,867人

死亡率
83%

三陸沖地震（昭和8年）

写真：「時事通信社」より
https://www.jiji.com/jc/v2?id=20100822earthquake_disaster_of_japan_05photo



559戸中500戸が流失、
人口2,773人のうち
死者・行方不明者は911人

死亡率
33%

東日本大震災（平成23年）

写真：「JFたろう 岩手県・田老町漁業協同組合」より
<http://www.masaki-wakame.com/fukkou.html>



1467棟中、全壊は979棟、
人口4,302人のうち
死者・行方不明者は166人

死亡率
4%

出典：流出家屋、人口、死者・行方不明者は「地震津波による田老町の被害」（辻本研究室 5109421 林那須弘）より
辻本研究室：辻本誠（元東京理科大学国際火災科学研究科教授） <http://tsujimoto.sub.jp/pdf/2012hayashi.pdf>

○産学官の連携により、震災伝承をネットワーク化しつつ、被災地の交流促進や地域創生、防災力の強化を図る。

1. 震災伝承ネットワークの運営・伝承ロード形成

- #1 伝承施設等の公募・分類・管理・広報
- #2 伝承ロードの形成
- #3 伝承施設における連携事業の推進

震災伝承施設の募集開始

- 募集対象：東日本大震災に関わる遺構、慰霊碑、モニュメント等の施設
- 募集期間：(第一次募集) H30.12.3～H31.1.31



統一した標章(ピクトグラム)の運用



■案内看板(イメージ)

2. 防災プログラムの基盤形成と開発

- #4 伝承すべき技術や震災遺構等のアーカイブ化
- #5 地域に対する防災教育プログラムの提供
(学校、自治体、企業等向け)
- #6 官民連携における復旧活動の可視化



出典:明治日本の産業革命遺産HP



出典:せんだい3.11メモリアル交流館HP



出典:震災津波伝承施設展示等基本計画

3. 復興に向けた地方創生・地元支援

- #7 地方活性化コンサルティング事業
- #8 一般向けツーリズムのツアー化企画
- #9 国内カンファレンス、国際会議等の開催や支援



地域活性化協議会
(提供:東北国営公園事務所)



出典:三陸ジオパークHP



出典:世界防災フォーラム@社台2017
実行委員会HP

当面の活動方針

3.11伝承ロードの創出・顕在化

東日本大震災の被災地には、被災の実情や教訓を学ぶための遺構や展示施設が数多くあります。その「震災伝承施設」を、マップやピクトグラムを用いた案内標識の整備などにより震災伝承NW協議会等がネットワーク化を図ります。その施設やネットワークを基盤にして、防災や減災、津波などに関する「学び」や「備え」に関する様々な取り組みや事業を行います。

取組
①

震災伝承施設等に関する
情報発信・支援等の充実・強化

取組
②

各拠点を活用した
「防災ツーリズム」の創出

取組
③

各拠点を活用した
防災教育・研修事業の企画検討

3.11伝承ロードの構成施設となる主な震災伝承施設

※施設登録数は3月末現在



震災伝承施設の登録状況（震災伝承ネットワーク協議会による）P.53

【登録施設】

全239施設

(2020年9月末現在)

	小計	第1分類	第2分類	第3分類
青森県	6	3	2	1
岩手県	81	49	16	16
宮城県	118	72	26	20
福島県	34	4	21	9

※震災伝承NW協議会による

各地で整備される震災伝承施設は被災自治体からの応募を通じて、以下に示す3つの形態に分類されます。



第1分類 ★



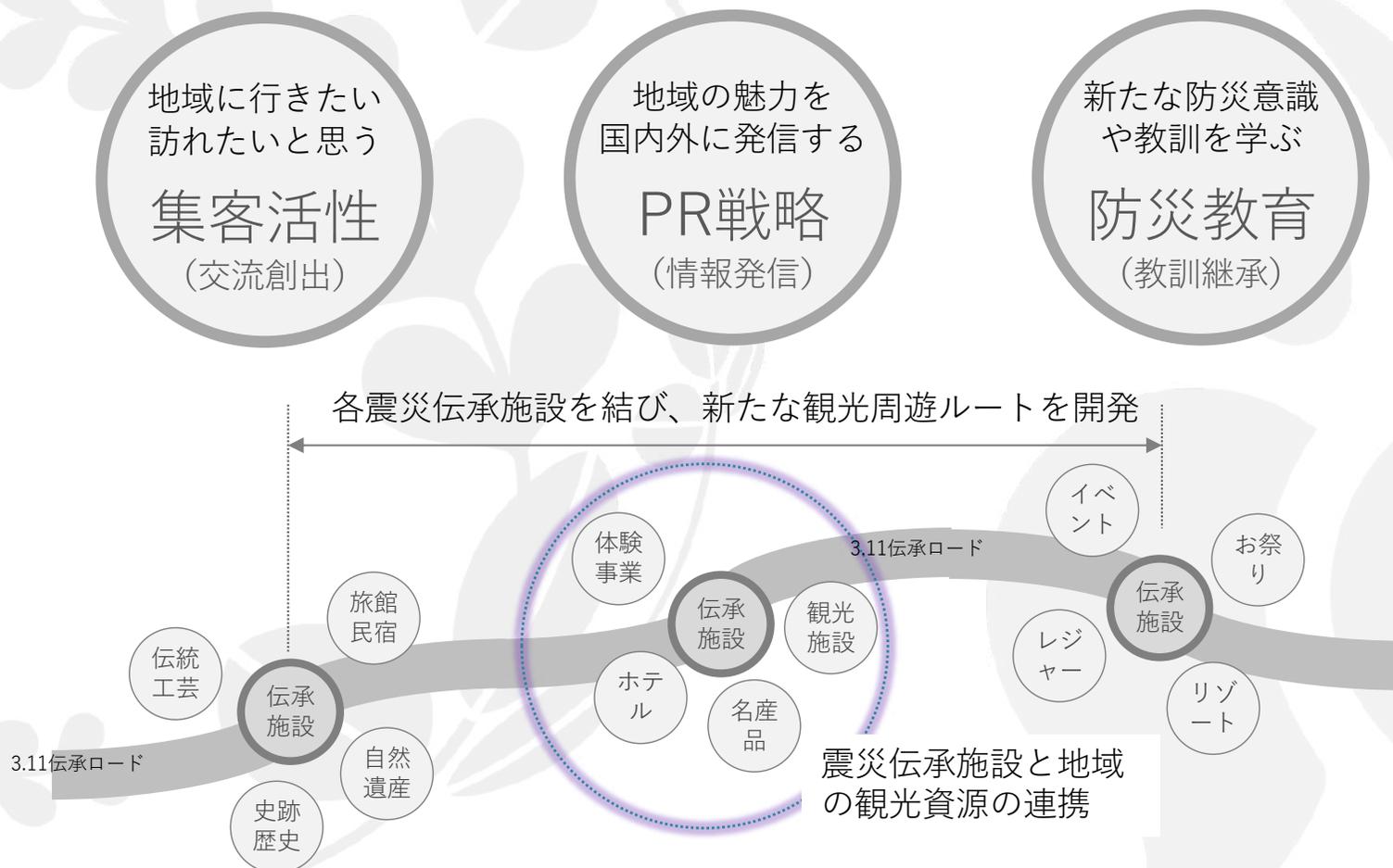
第2分類 ★★



第3分類 ★★★

3.11伝承ロード推進の狙い

施設だけでは出来ない新たな取り組みを地域関係者や地域住民と協業してネットワークを形成し、
真の復興に役立てる地域活力の創出を「3.11伝承ロード」を活用して実現したいと思います。



「伝承ロード」のもつ意味 国内

奥の細道



出典:「奥の細道行脚之図」森川許六画
(天理大学附属天理図書館所蔵)

四国八十八カ所 遍路道



写真:(一社)四国八十八ヶ所霊場会



出典:四国おへんろ.net

津波の脅威

- 低頻度大災害（人的被害が大きい）
 - 一度発生すると広域に影響し，人的被害が大きい
 - 1998～2017年の20年間に（UNISDR11月2日発表）
 - 津波による死者が世界で25万人を超え
 - 家屋流失などの経済損失額が2800億ドル（約31兆7000億円）
- しかし，発生から猶予時間もあり，適切な避難を実施すれば，**人的被害をゼロにすることも可能**

オマケ（１）：価値観，一流とは？

- 一何をもって一流とするかは，人間には決定できない，神様の領域
 - 努力しても一流となるとは限らない。
 - 謙虚に努力すれば二流になれる
 - 一流の意味が分かる人のことを二流という。
 - 一流も二流も分からない人を三流という
- 田村隆一（詩人）語録，千年語録，小学館

オマケ（2）：継続するという事

- 往復48キロ，標高差1300mの獣道を一日も休まず往復する（千日修行）。
 - 精神的肉体的限界の中で，
 - 単純な繰り返しを実践する中で見えたものは？。
 - 辛くなったら別の世界に鞍替えするような生き方では，見えないものがある
-
- 塩沼亮潤さん， WEDGE,2010July
 - 自分自身と山に流れる気のようなものの変化，自分を客観視， 真実を見る

