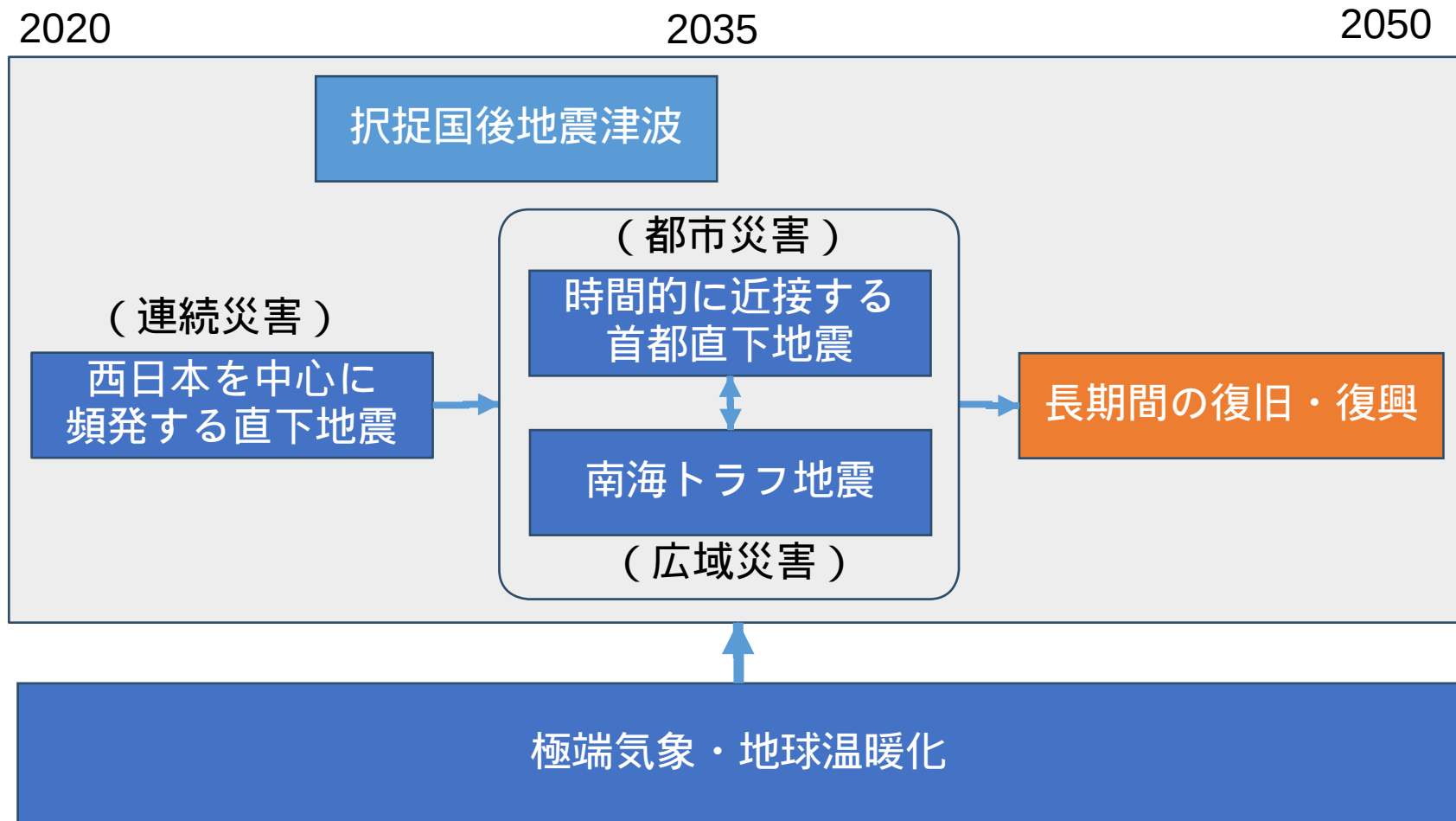


来るべき国難災害をのり切るための 衛星利用

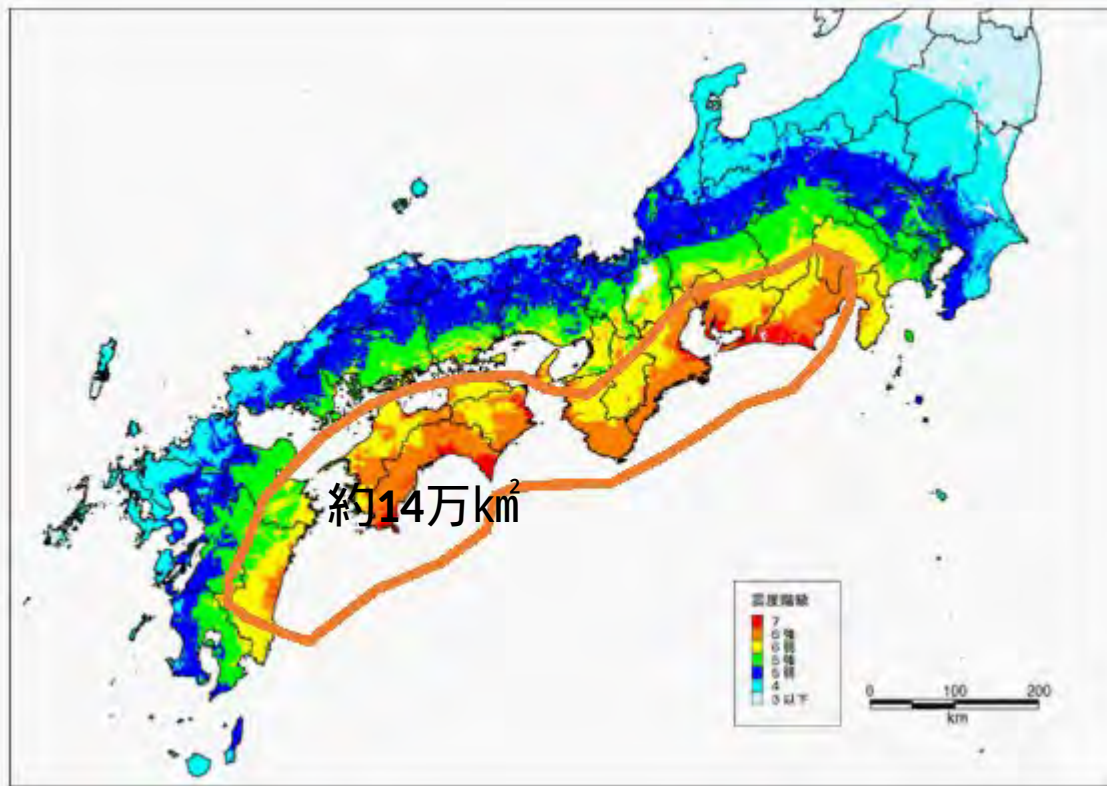
国立研究開発法人
防災科学技術研究所
林 春男

21世紀前半の国難災害とその後の苦境



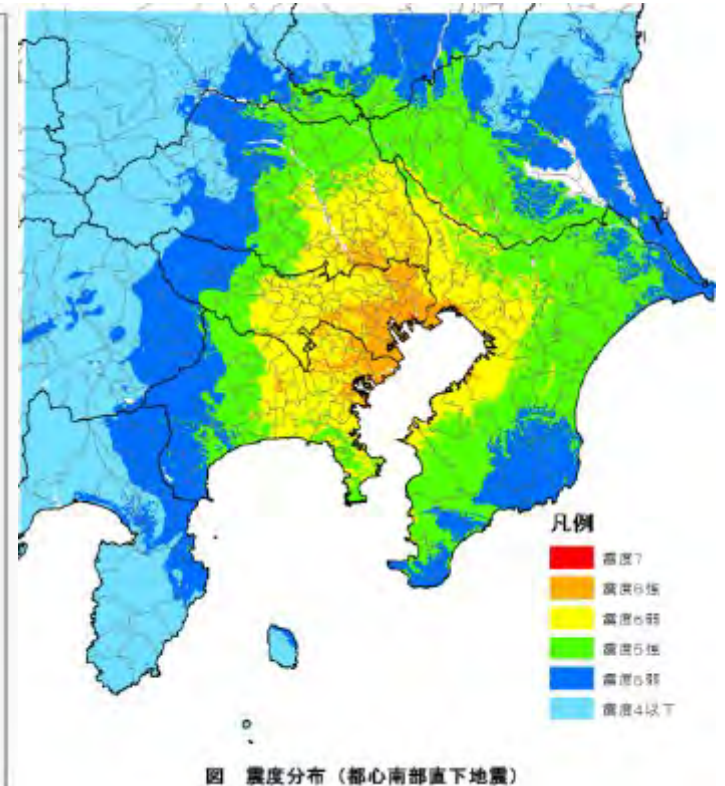
予想される国難災害

南海トラフ地震



Mw=9.0
死者 32万人
被害額 220兆円

首都直下地震



Mw=7.3
死者 4,930 ~ 22,460人
被害総額 95兆円

国難災害：従来とは比較にならない規模の被害

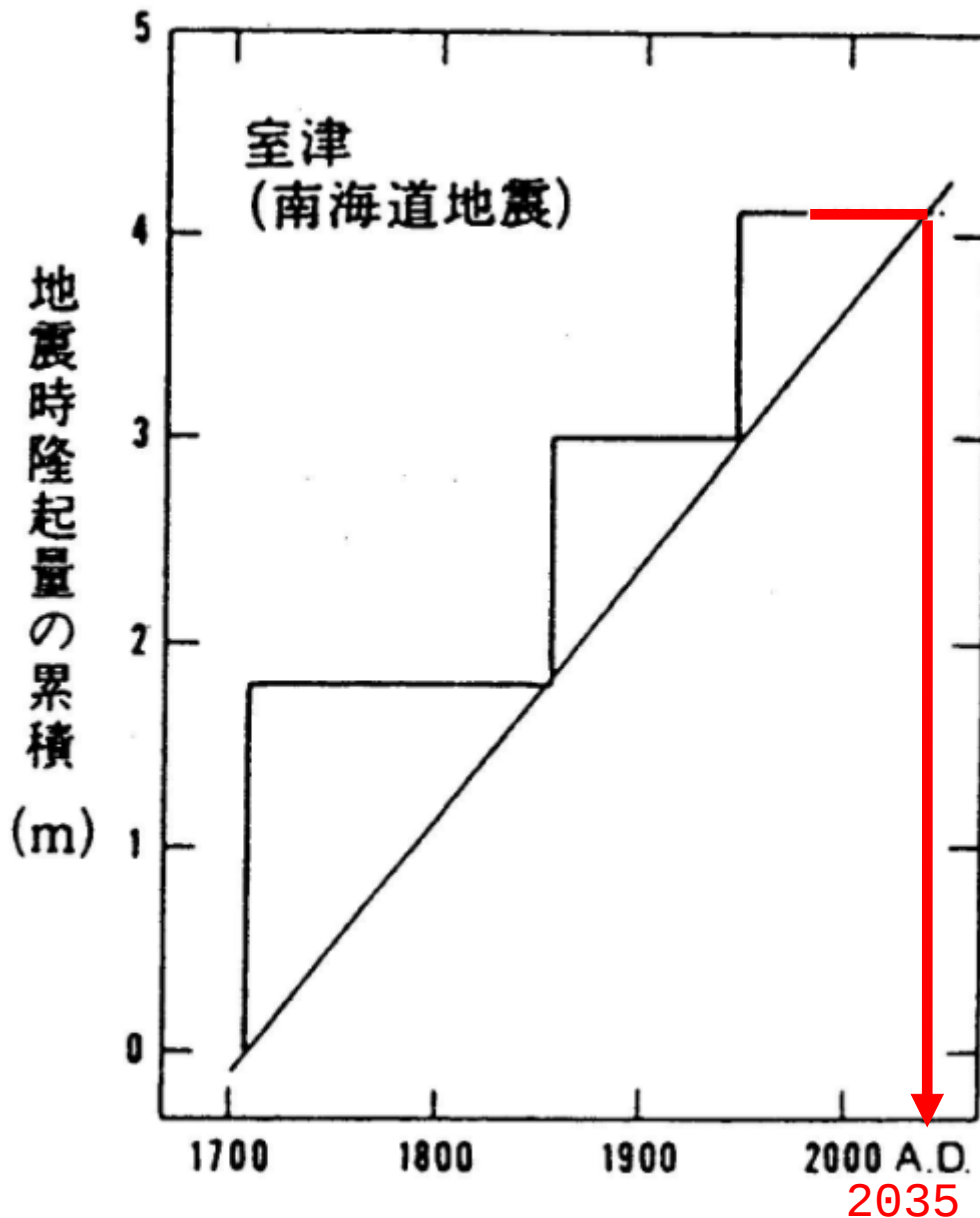
地震	南海トラフ		首都直下		東日本 大震災 2011	阪神淡路 大震災 1995
	2012 (L2)	2003 (L1)	2013	2005		
マグニチュード	M9.0	M 8.7	M7.3	M 7.3	M 9.0	M 7.3
死者/行方不明者	80,000 - 320,000	24,000	5,000 - 22,500	11,000	19,294	6,434
負傷者	257,000 - 623,000	300,000	90,000 - 120,000	240,000	6,100	44,000
建物倒壊	627,000 - 1,346,000	450,000		200,000	126,500	105,000
建物焼失	50,000 - 750,000	90,000	38,000 - 412,000	650,000	---	7,400
避難者（最大）	----	6,000,000	7,200,000	7,500,000	480,000	320,000
直接被害額（兆円）	220	81	95	112	17	10

次の発生時期を 予測する

室津港の累積隆起 (島崎・中田, 1980)

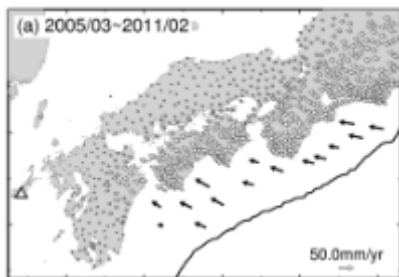
- 時間予測モデルがfit
- 地震規模から次の地震の発生時期が予測可能

2035±10

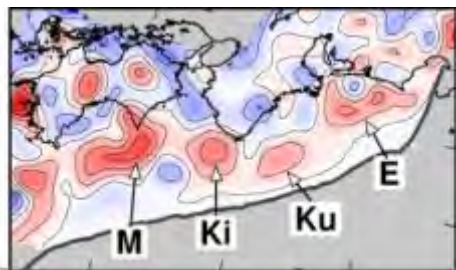


南海トラフで起こりうる10の地震破壊のシナリオ

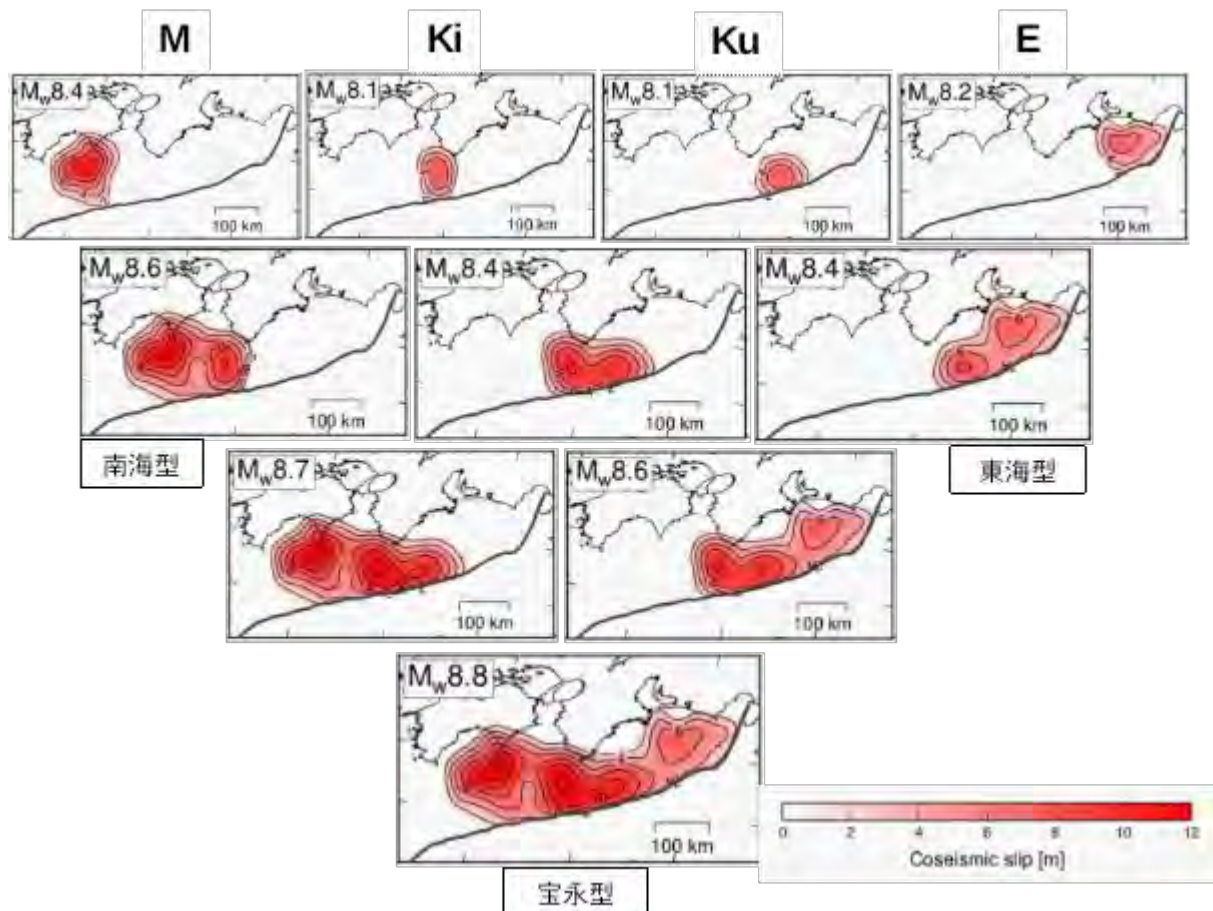
プレート間固着による地殻変動をGNSSにより観測



プレート境界での応力の蓄積（赤）を推定



局所的なひずみの高まりM, Ki, Ku, Eにおいて発生する地震を予測



Noda et al. (2020 EGU)

防災と衛星の関係

- 衛星はRemote Sensing技術のひとつ
 - Drone / Helicopter / Airplane / Satellite
- 防災が衛星に求めるスペック
 - 撮影範囲/Coverage
 - 時間分解能/Temporal resolution
 - 空間分解能/Spatial resolution
- 衛星の防災利用の2つの形
 - 定点観測型
 - 機動観測型

衛星はRemote Sensing技術のひとつ 周期的に同じ場所を広範囲に撮れる

Satellite

Helicopter / Airplane

Drone



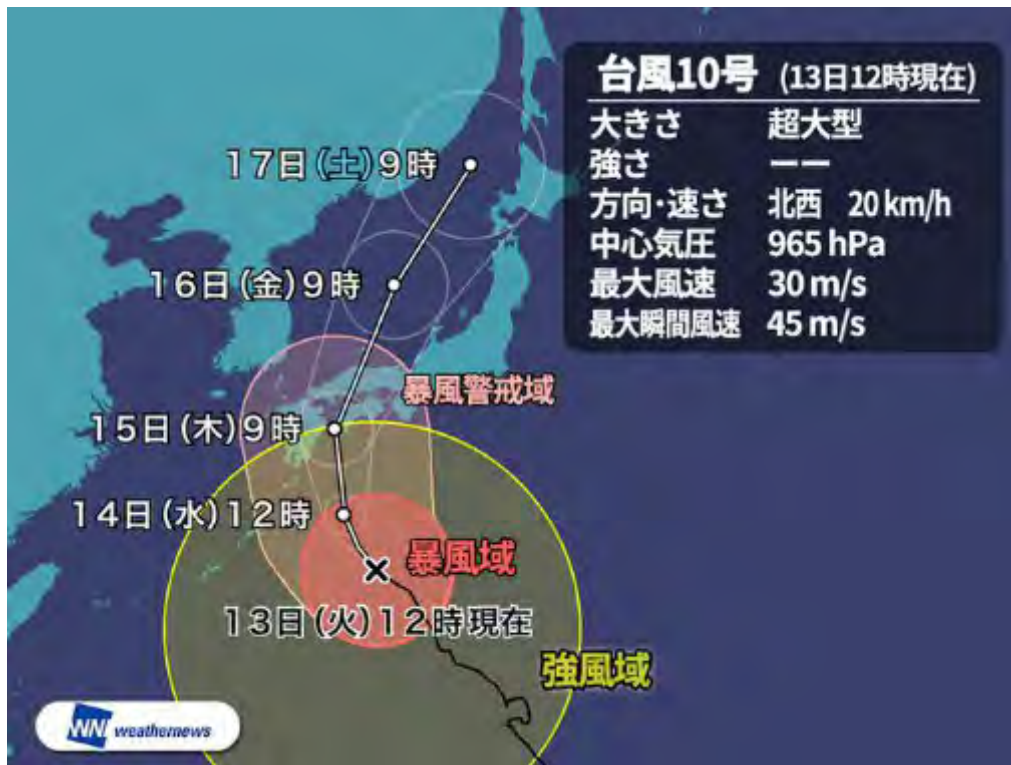
https://www.researchgate.net/publication/329801746_Mini-UAV-based_Remote_Sensing_Techniques_Applications_and_Prospectives

わが国を襲う自然災害のスケール感

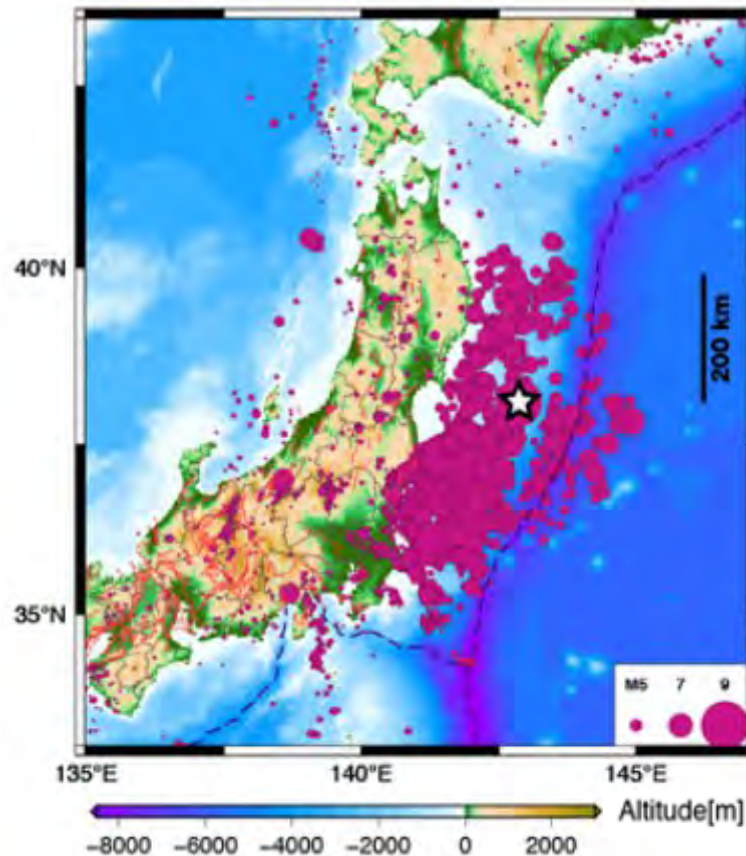
超大型台風といわれる台風1910号の暴風圏は600km
M9.0の東北地方太平洋沖地震の震源域も600km

2019.08.13 台風10号

2011.03.11 東北地方太平洋沖地震



<https://weathernews.jp/s/topics/201908/130195/>



<https://unit.aist.go.jp/ievg/report/jishin/tohoku/gaiyo.html>

台風は大きさと強さの組み合わせで表現

強さの階級分け 大きさの階級分け

大きさ	強風域（風速15m/s以上の強い風が吹いているか、地形の影響などが無い場合に吹く可能性のある範囲）の半径で表します。
強さ	最大風速 で表します。

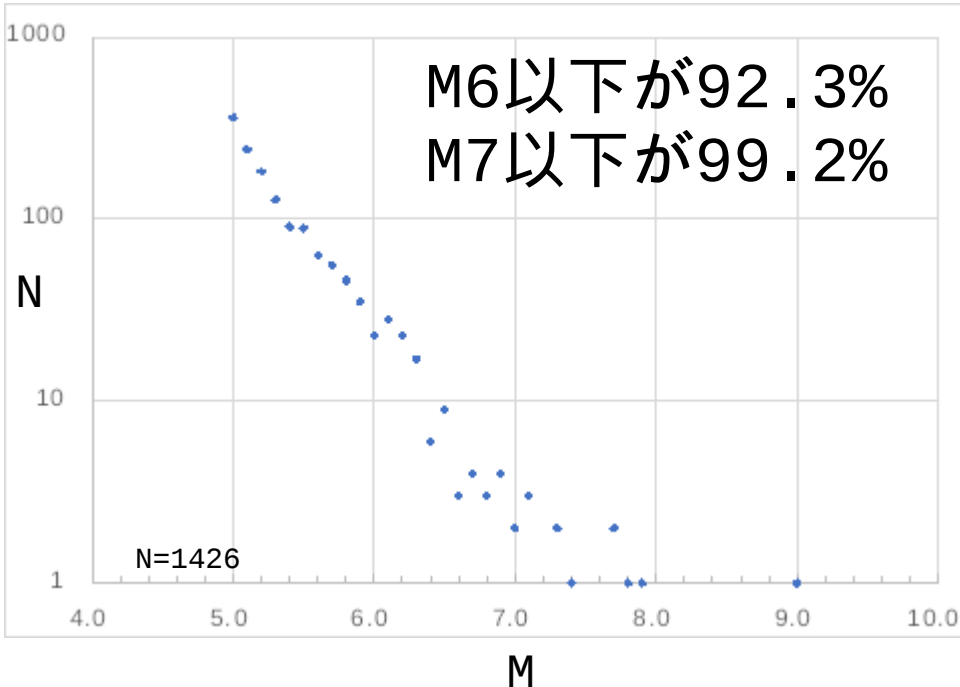
階級	最大風速
強い	33m/s以上 ~ 44m/s未満
非常に強い	44m/s以上 ~ 54m/s未満
猛烈な	54m/s以上

階級	強風域の半径
大型（大きい）	500km以上 ~ 800km未満
超大型（非常に大きい）	800km以上

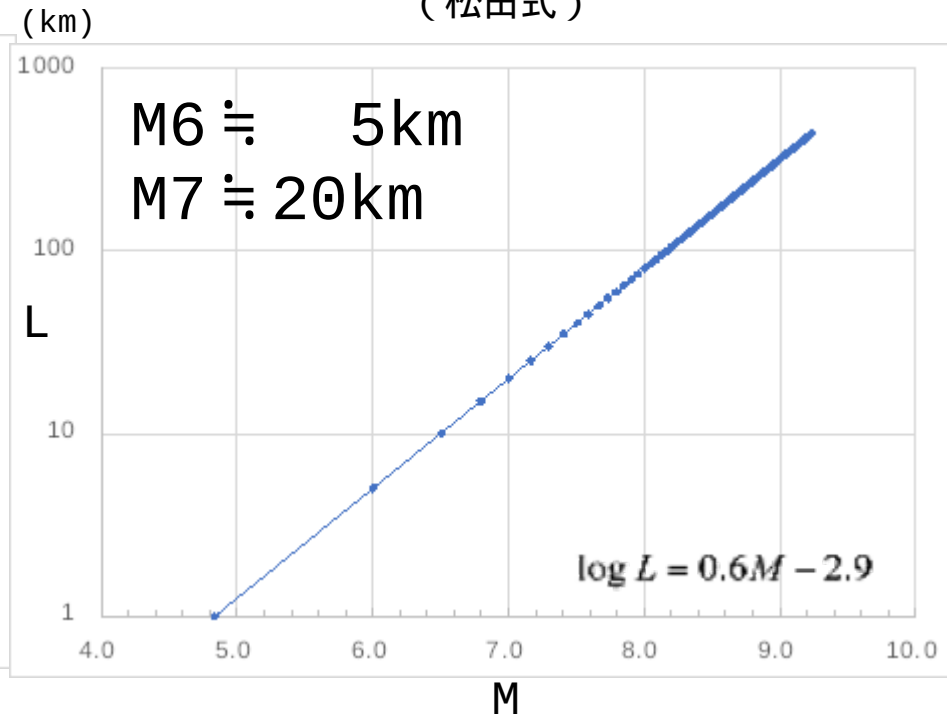
大規模地震災害はめったに起きない

M6は1年に1回、M7は10年に1回、M8は100年に1回

マグニチュード (M) と地震の数 (N)
(グーテンベルグ・リヒターの法則)



断層の長さ (L) とマグニチュード (M)
(松田式)



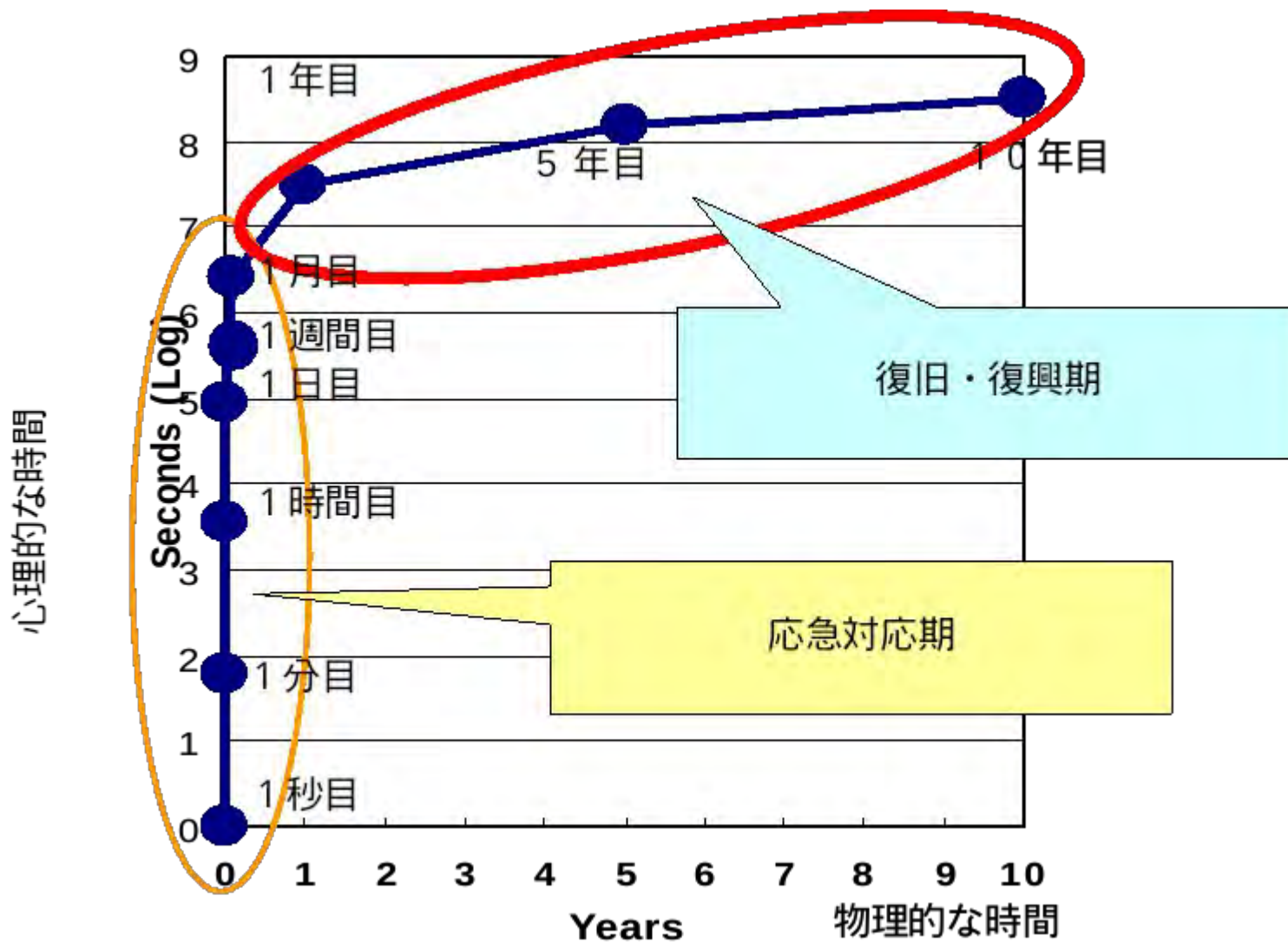
2010年～2015年の間に日本付近(北緯25°～50°、東経125°～150°)で起きた地震のマグニチュード(M)と回数(N)のデータ

<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>

日本の内陸部に発生した地震14個のデータから得られたもので、提唱者の名前をとって「松田式」と呼ばれる。

災害発生後の心理的時間と物理的時間

最初の1週間が勝負



どの程度の時間分解能が必要か

災害発生時における政府の初動対応

緊急参集チーム参集基準
(自然災害時)

- ・東京23区内で震度5強以上の地震発生時
- ・その他の地域で震度6弱以上の地震発生時
- ・津波警報(大津波)発表時

首都直下型等大規模地震発生時(震度6強)には、

参集方法:全閣僚は、利用可能なあらゆる手段を用いて速やかに参集

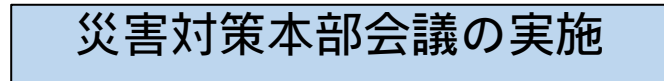
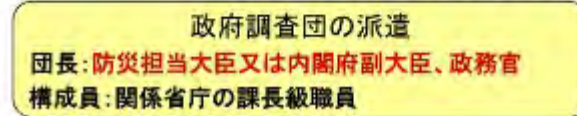
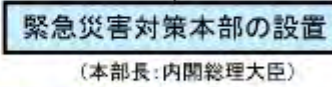
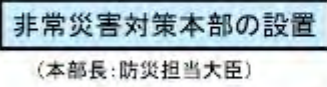
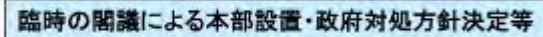
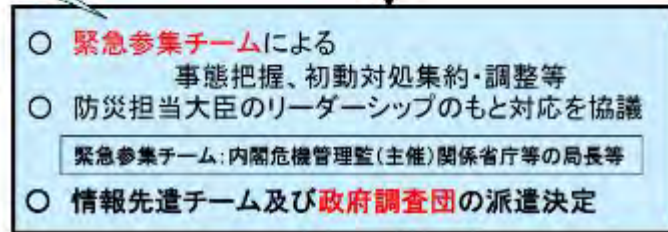
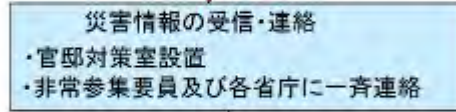
- ①官邸(危機管理センター)
- ②内閣府(中央合同庁舎)
- ③防衛省(中央指揮所)
- ④立川広域防災基地(災害対策本部予備施設)



平成28年熊本地震非対本部会議
(安倍内閣総理大臣出席)

平成29年7月九州北部豪雨に係る現地調査

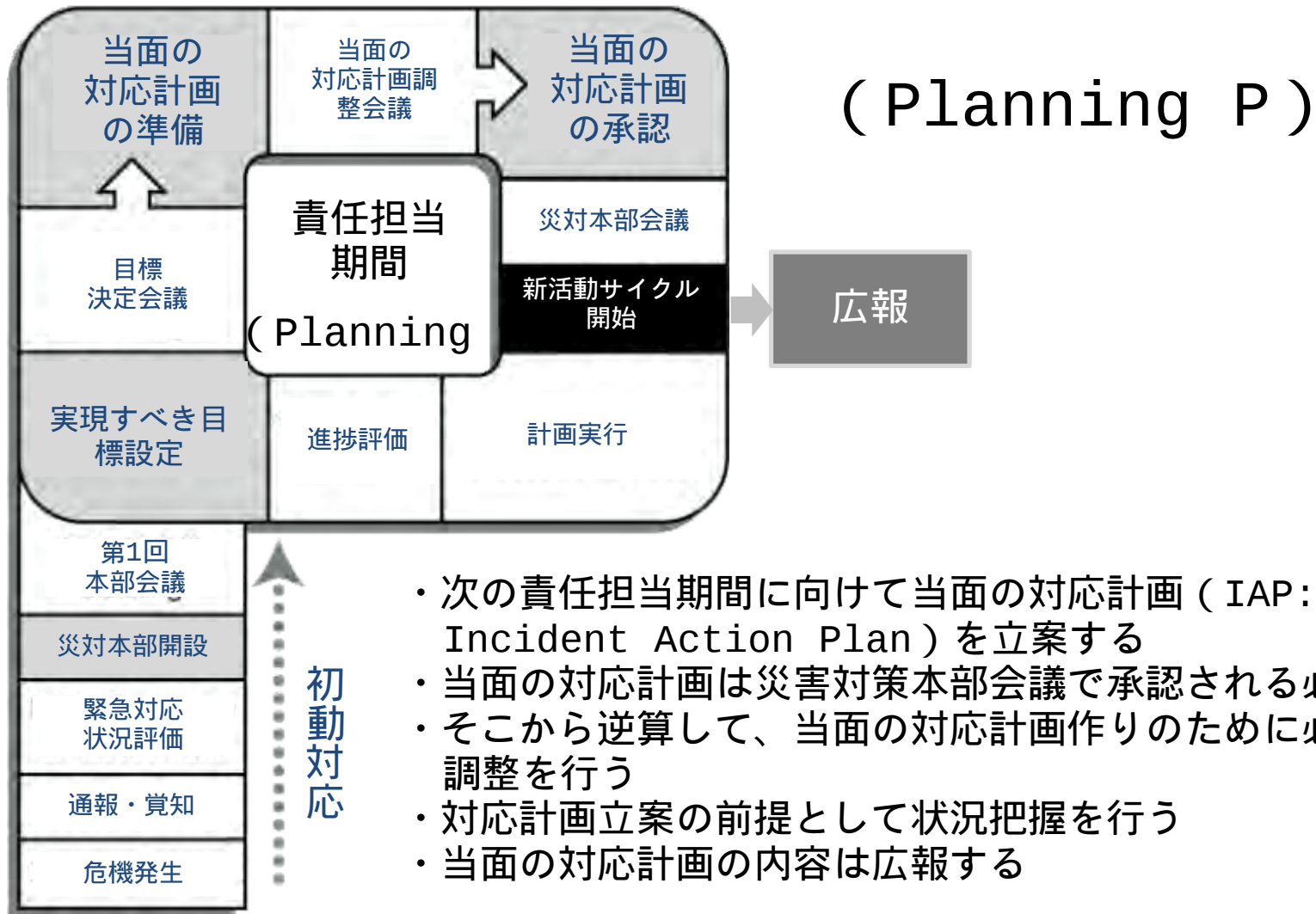
内閣府防災資料



2時間

ニーズ:
このタイミングで被災状況がわかる情報が欲しい

責任担当期間の同期による 連携した災害対策活動の実現

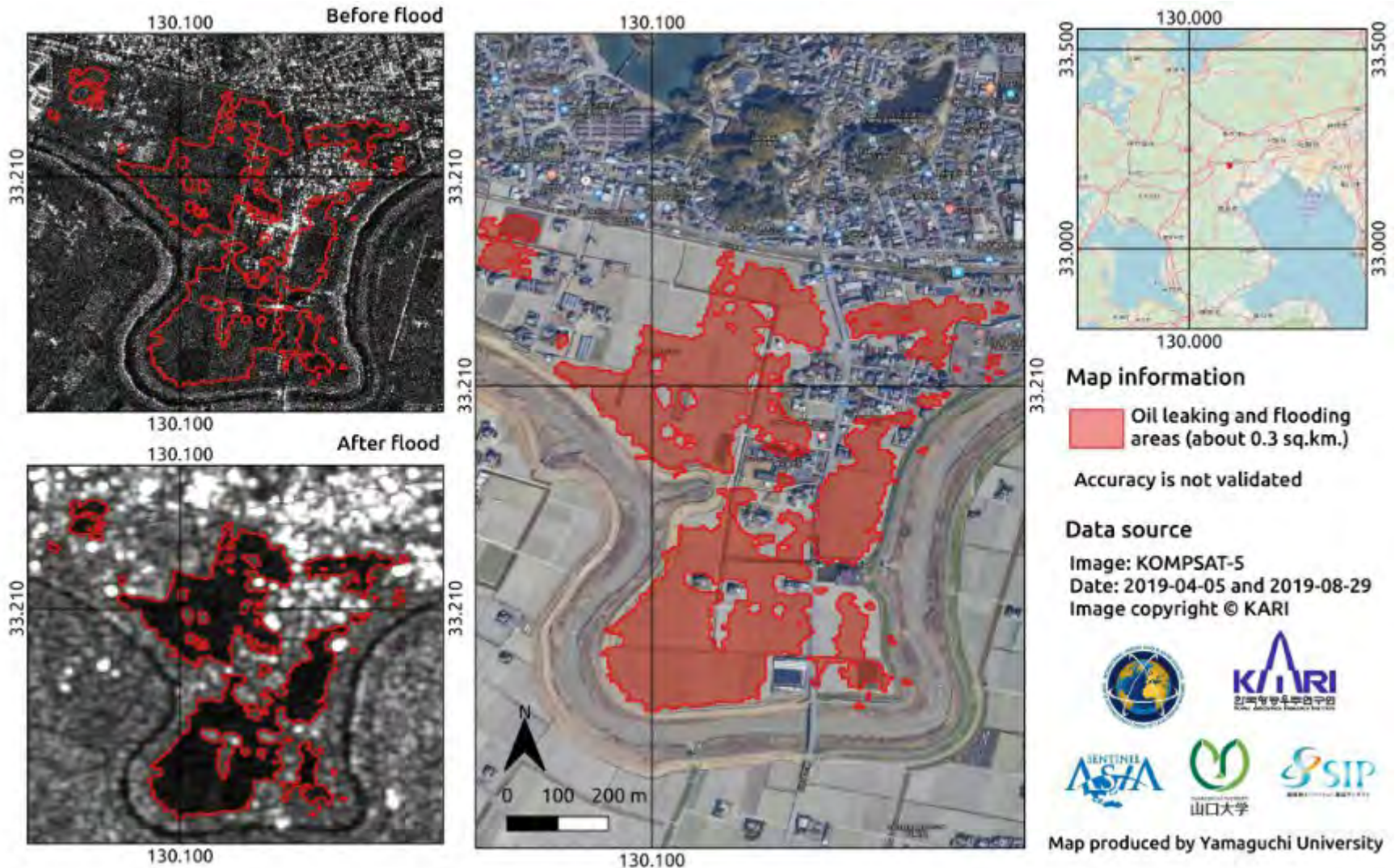


責任担当期間とは (Operational Period)

- Planning Pの1サイクルの長さ
- 当面の体制で業務を遂行する期間
- 指揮者が期間の長さとは開始時刻を決定する
- 災害発生当初は一般に12時間
 - とくに救命救助活動が継続している期間は連続業務
 - 2交代制を採用すると、連続活動が可能になる
- その後の応急対応期は、一般に1日単位
 - 夜間は休息する、土日はない
- 復旧・復興期は、一般に1週間単位
 - 週末は休息する
- 責任担当期間を設定しないと、連携のとれた対応は不可能
- 責任担当期間の長さとは開始時刻の決定は指揮者の役割

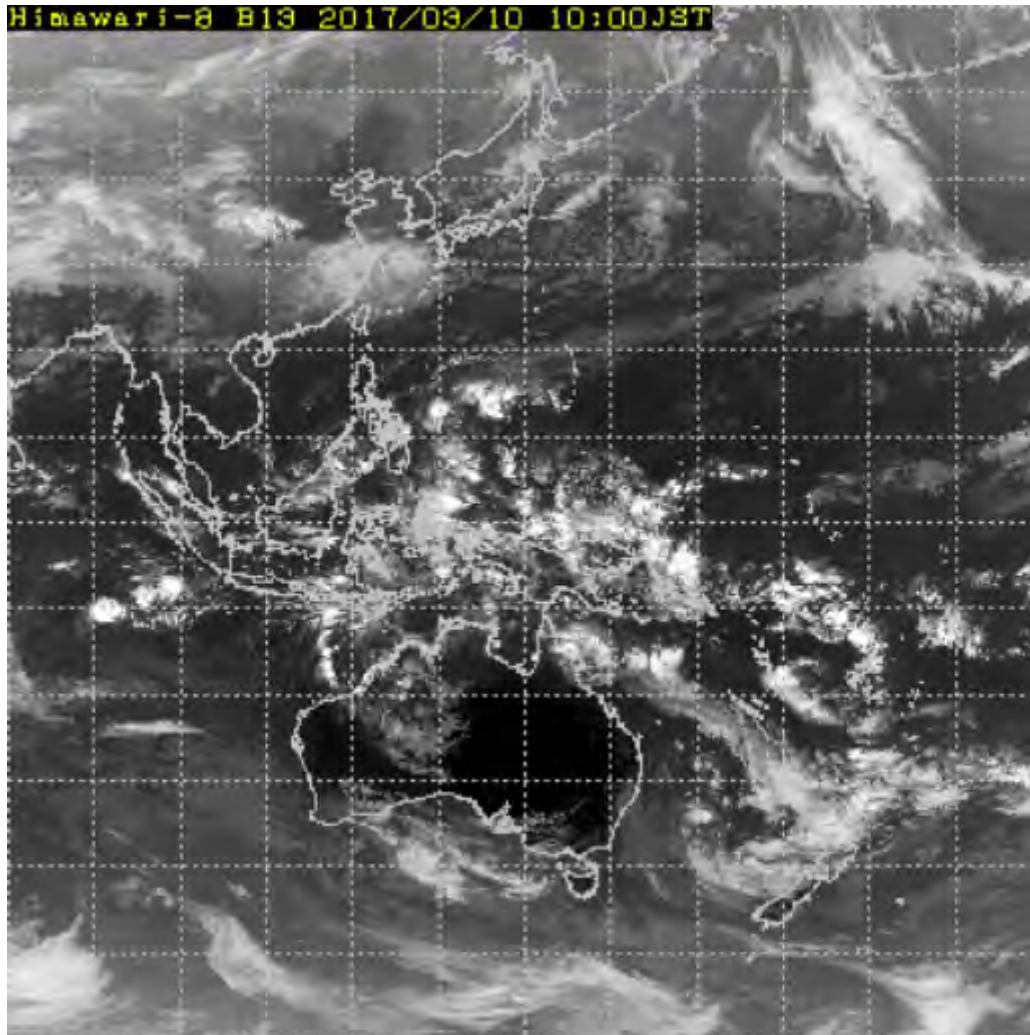
空間分解能：SARによるオイル流出域の可視化

2019年8月下旬の九州北部における大雨



定点観測 1 : 静止気象衛星を使った広域の気象観測

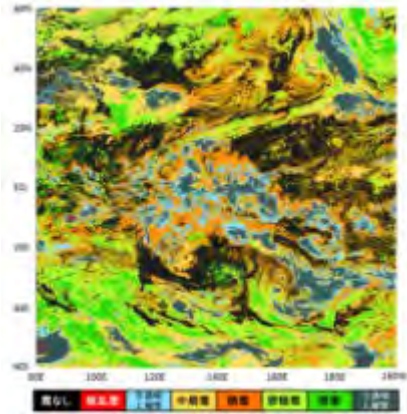
気象衛星ひまわり8・9号



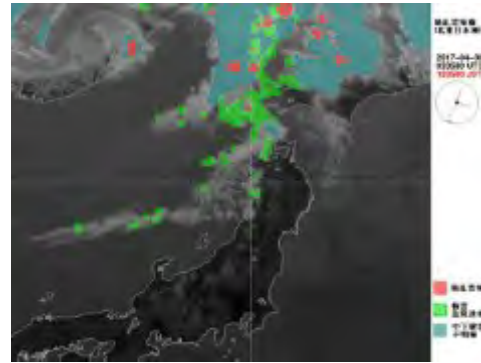
- 高分解能雲情報
- 積雲急発達プロダクト
- 強雨ポテンシャル域画像
- 海面水温
- 推計気象分布
- エーロゾルの光学的厚さ
- 大気追跡風
- 晴天輝度温度

40年の歴史

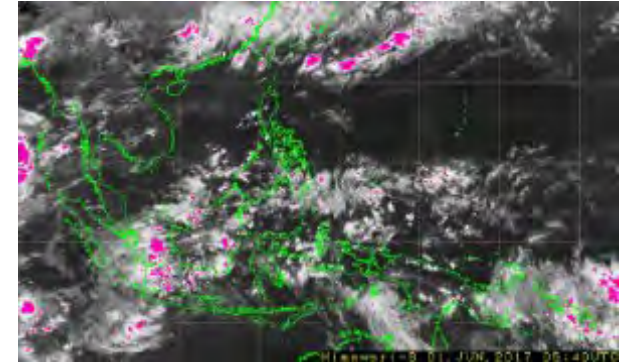
高分解能雲情報



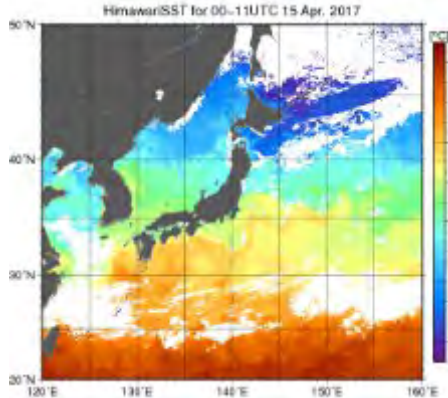
積雲急発達プロダクト



強雨ポテンシャル域画像



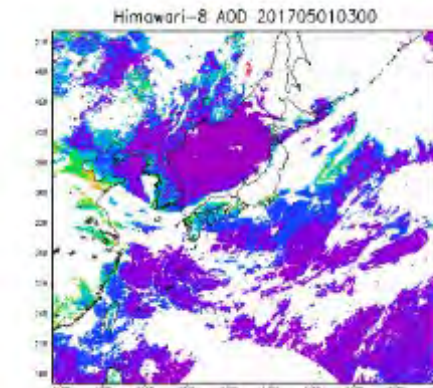
海面水温



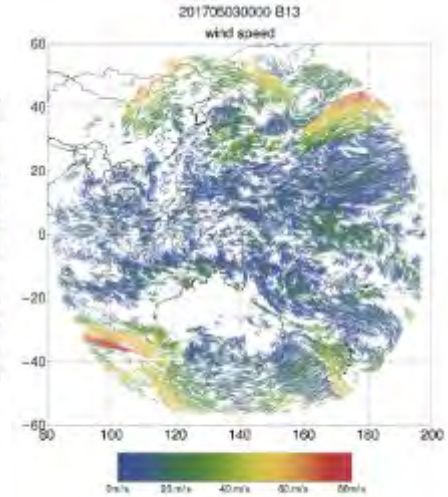
推計気象分布



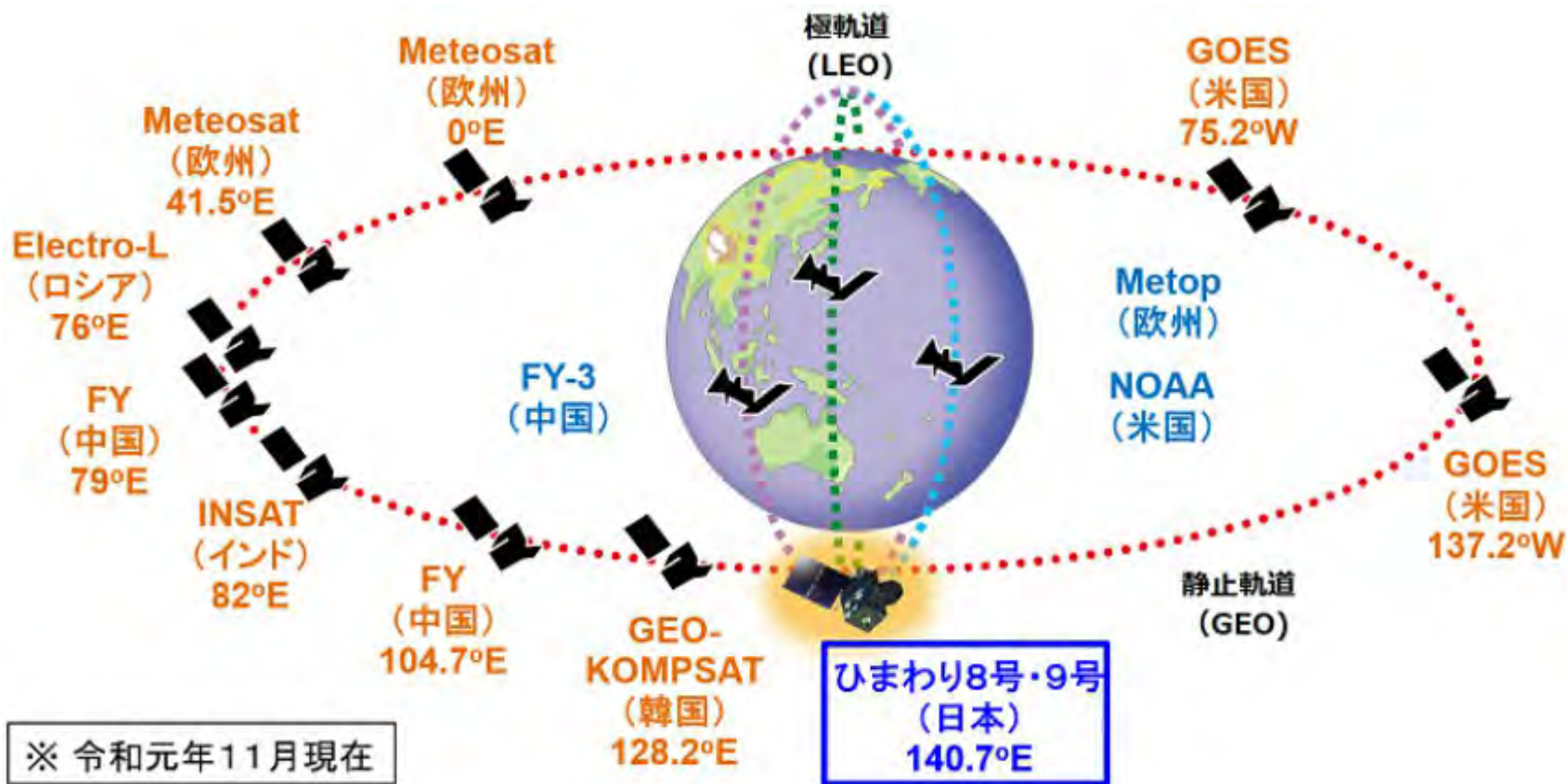
エアロゾルの光学的厚さ



大気追跡風



世界気象衛星観測網



https://www.data.jma.go.jp/sat_info/himawari/role.html

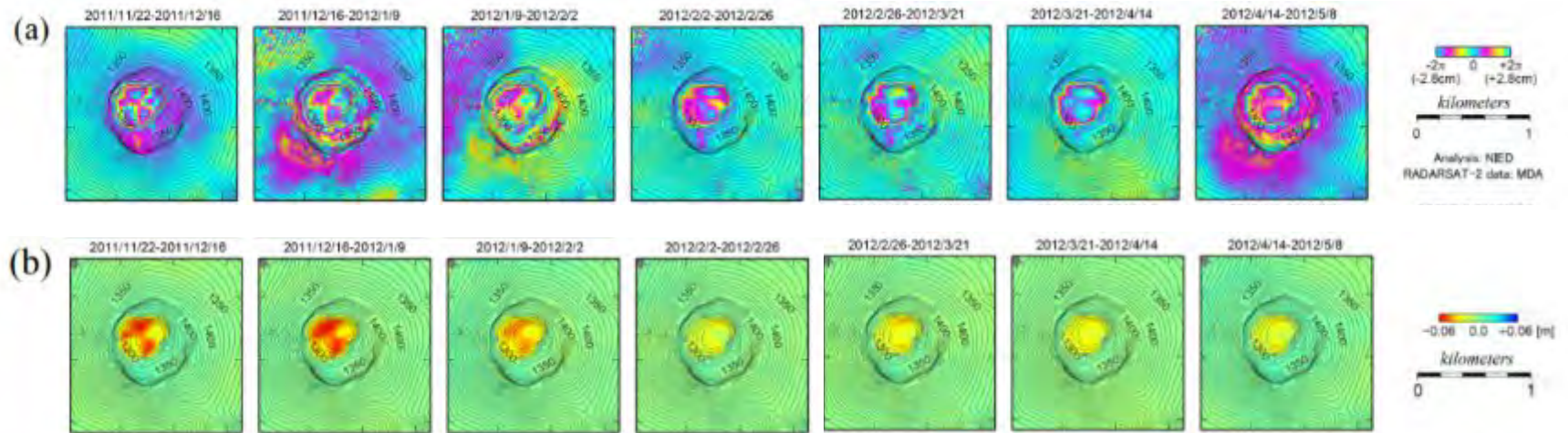
定点観測 2 : レーダ衛星 Sentinel-1によるモニタリング



東京大学六川教授提供

定点観測 3 : In-SAR

昼夜・雲の存在を問わず大地の変化を周期的にとらえる
霧島山に関する RADARSAT-2/InSAR 解析結果
火山噴火予知連絡会会報 第 112 号



第 2 図 (a) RADARSAT-2 干渉画像の新燃岳火口周辺の拡大図。(b) SBAS 法により推定されたスラントレンジ変化。画像の上に示す日付は、各画像が示す地殻変動の期間を示す。

Fig. 2 (a) Enlarged RADARSAT-2 interferograms around the Shinmoe-dake crater. (b) Time series of slant-range change estimated from SBAS analysis. Attached dates indicate the period for crustal deformation that the image shows.

防災科研がめざす新しい火山研究の方向性

○火山観測による111火山切迫度評価

111火山を対象とし、既存定常観測網・リモートセンシング、さらに、機動観測を効果的に活用し、高度な切迫度評価を実現する

○現状の定常観測...火山学的な活動度中心で貧弱

地震計：50火山（気象庁常時観測対象+V-net）

GNSS：約100火山（国土地理院監視対象+V-net）

衛星InSAR：14日ごと周回

定常解析各火山年1回（国土地理院等）



○定常観測網とリモートセンシングの活用

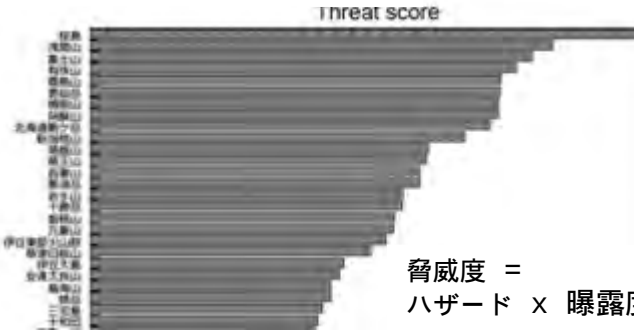
GNSS稠密観測による火山下歪分布の推定

衛星InSAR解析のDB化と時空間分解能向上

JVDNシステムによる一元化と研究リソース提供

○機動観測による切迫度評価手法開発

地震稠密観測による火山下速度構造の時空間イメージ化



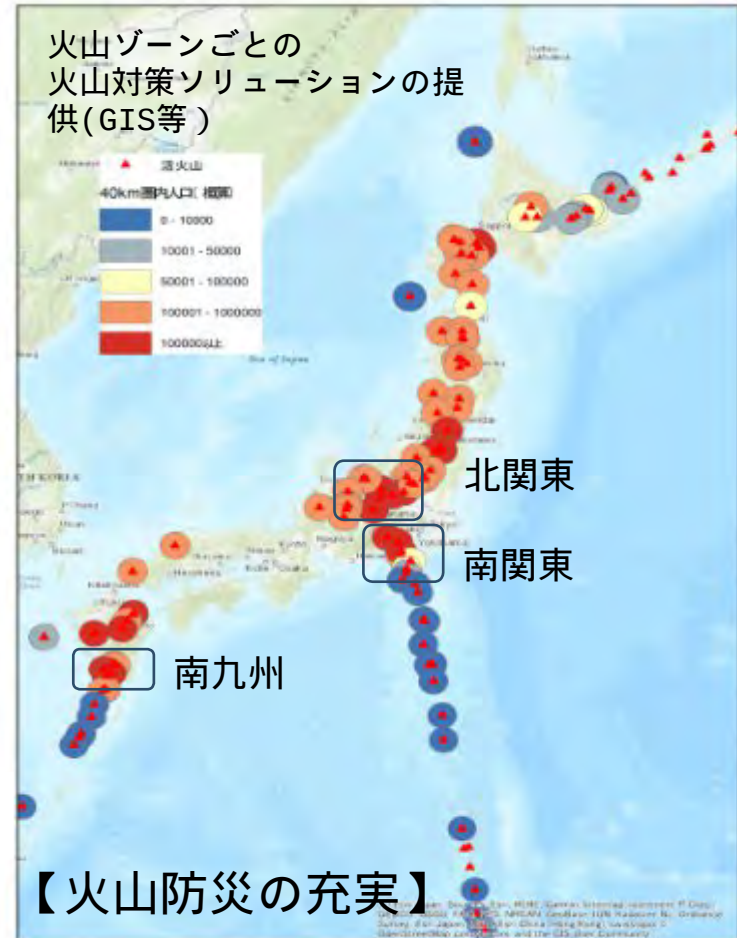
【火山学の発展】

脅威度と切迫度から

火山ゾーンの研究対象優先度を決定

○火山脅威度に基づく火山対策手法開発

111火山を対象とし、脅威度から“火山ゾーン”を定義・ランキングし、火山防災対策の充実化を図る



【火山防災の充実】

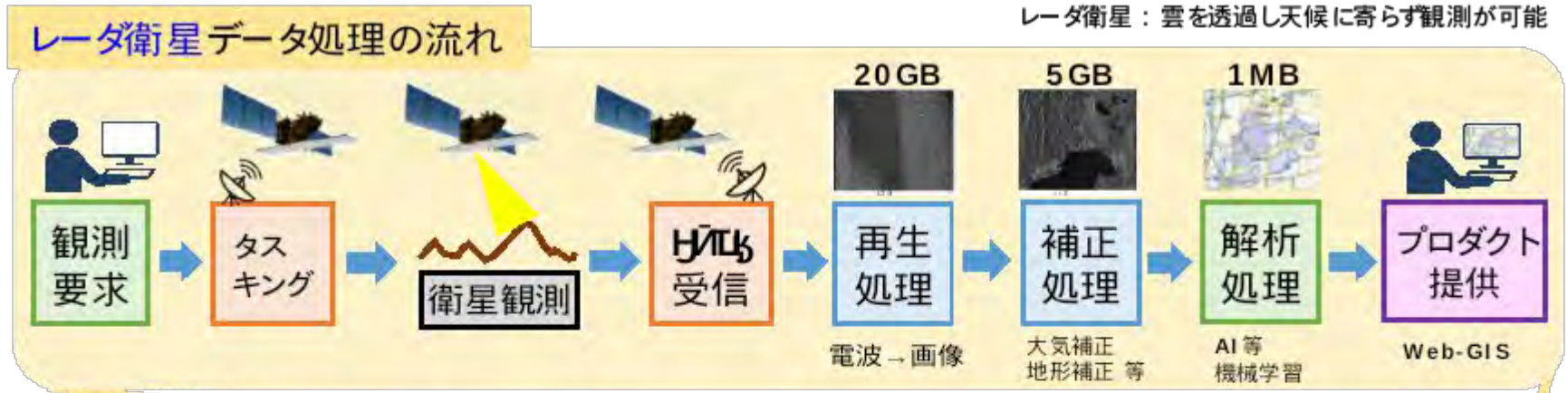
機動型観測

災害はいつ・どこで起きるかわからない

どこで起きても、すぐに状況がわかる必要性
昼夜・天候に左右されない：SARが有力

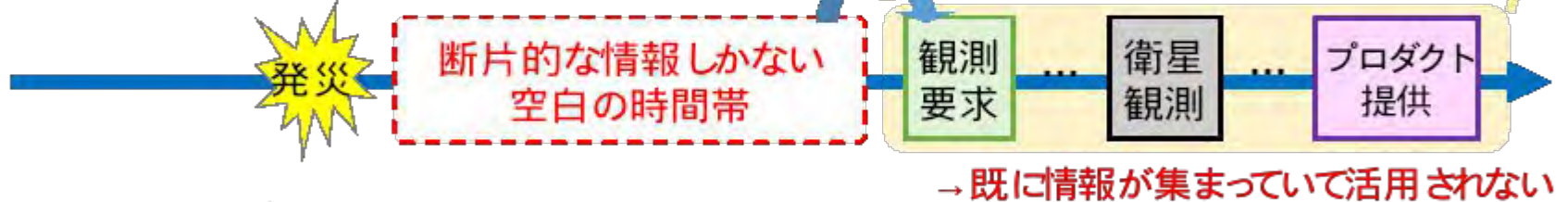
Triggering/Selectingの重要性
One Stop System構想

レーダ衛星：雲を透過し天候に寄らず観測が可能



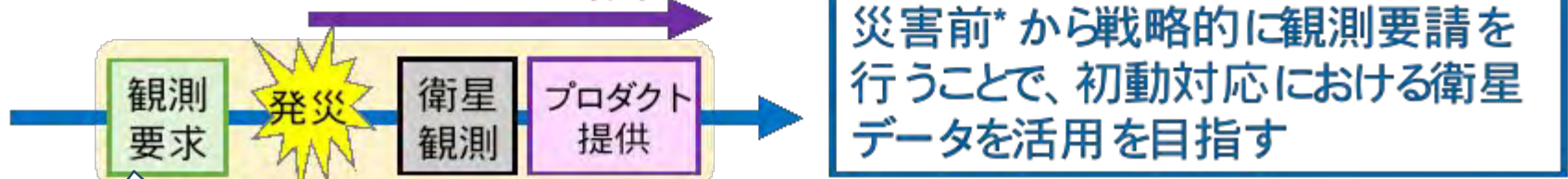
● 従来の衛星データ利用

断片的な情報に基づき



● 目指す衛星データ利用

一定の条件下で **2時間**



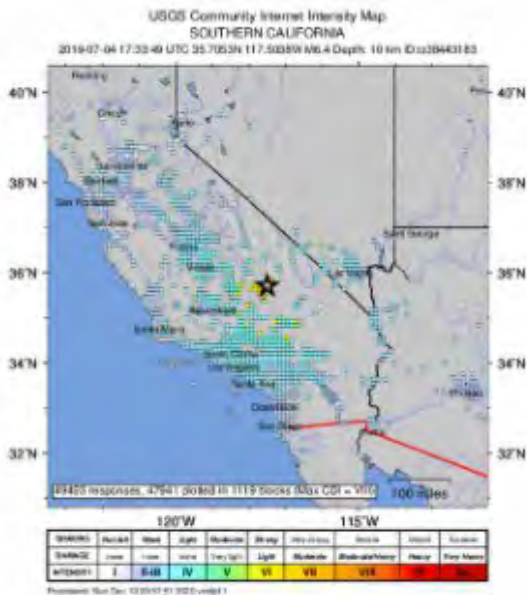
* 地震の場合は発災直後

Triggering
Selecting

One stop System 構想



M 6.4 - Ridgecrest Earthquake Sequence
2019-07-04 17:33:49(UTC) 35.705°N 117.504°W 10.5km depth



CNN: 米カリフォルニア州の地震、衛星画像で巨大地割れを確認:Planet Dove
2019.07.09 Tue posted at 12:30 JST

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35139656.html>



機動観測により衛星を活用するための3つのポイント

1 観測・予測情報

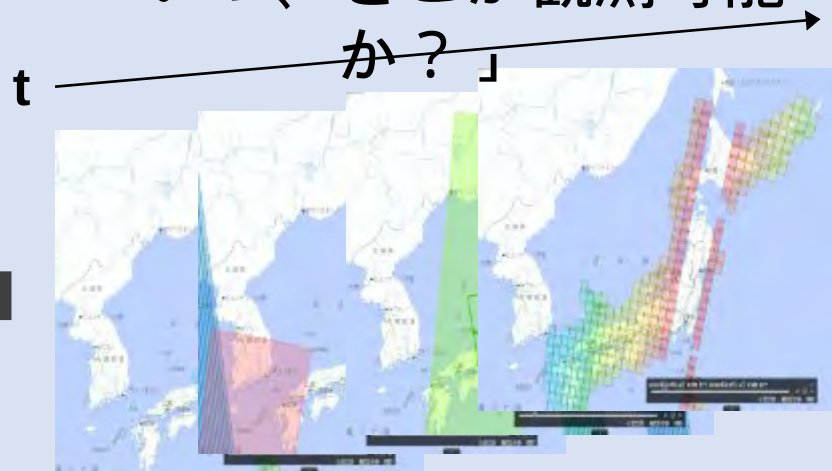
「いつ、どこが危険か？」



→ 観測・予測情報の活用

2 衛星観測可能エリア

「いつ、どこが観測可能か？」



→ 衛星観測可能エリアの活用



3 災害時の衛星観測戦略

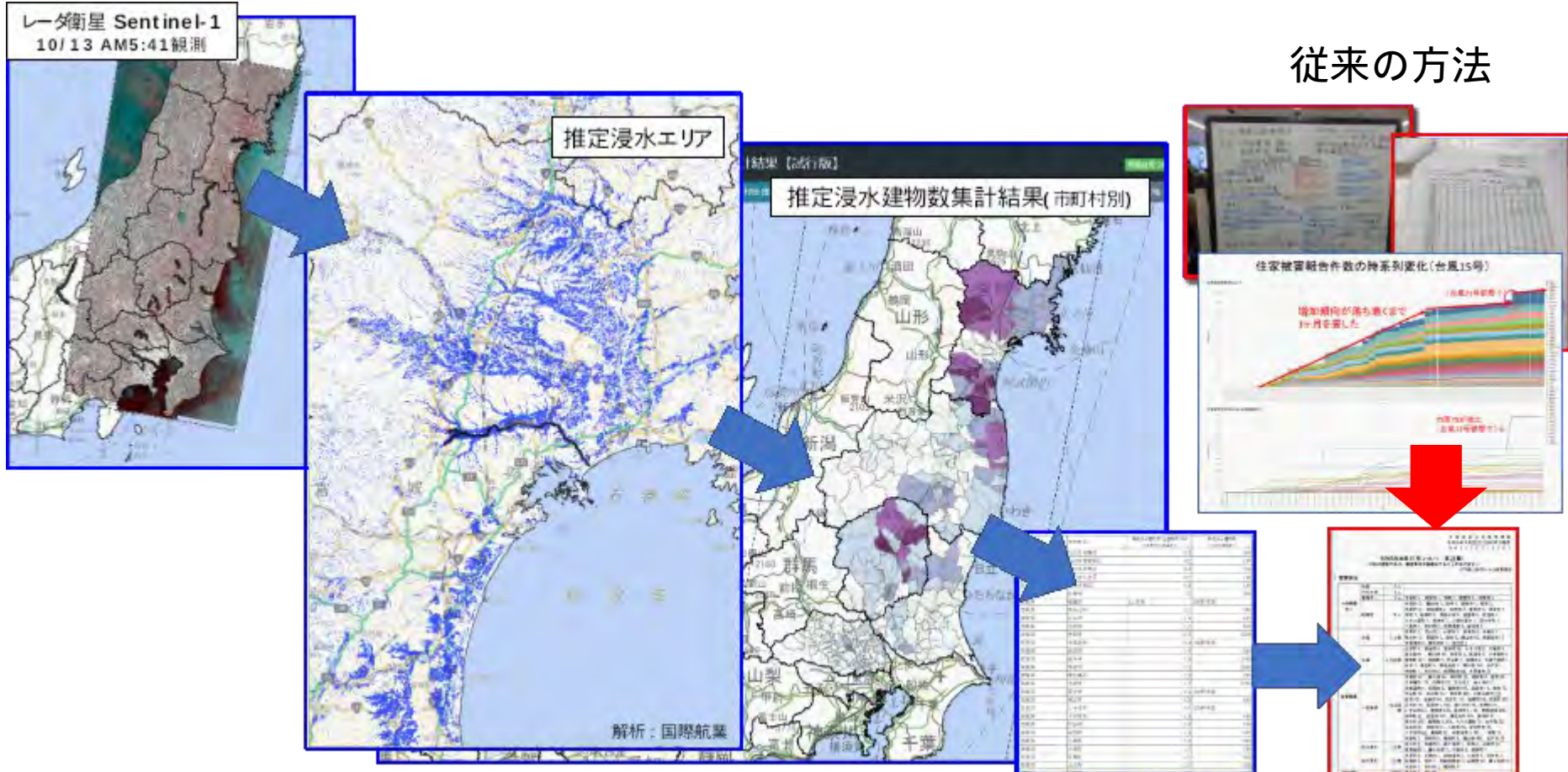
「いつ・どこの被災エリアを衛星が観測すべきか？」

緊急観測を依頼

実災害での試行成功

2019年台風19号 災害発生直後の最適なタイミングと範囲で撮像

国際災害チャーターとの連携



従来の方法

衛星画像から被害推定解析を行い、広域被災状況把握が可能なプロダクツを提供