



極端な豪雨に対する**予測研究**の現状と今後の展望

川畑拓矢（気象研究所）

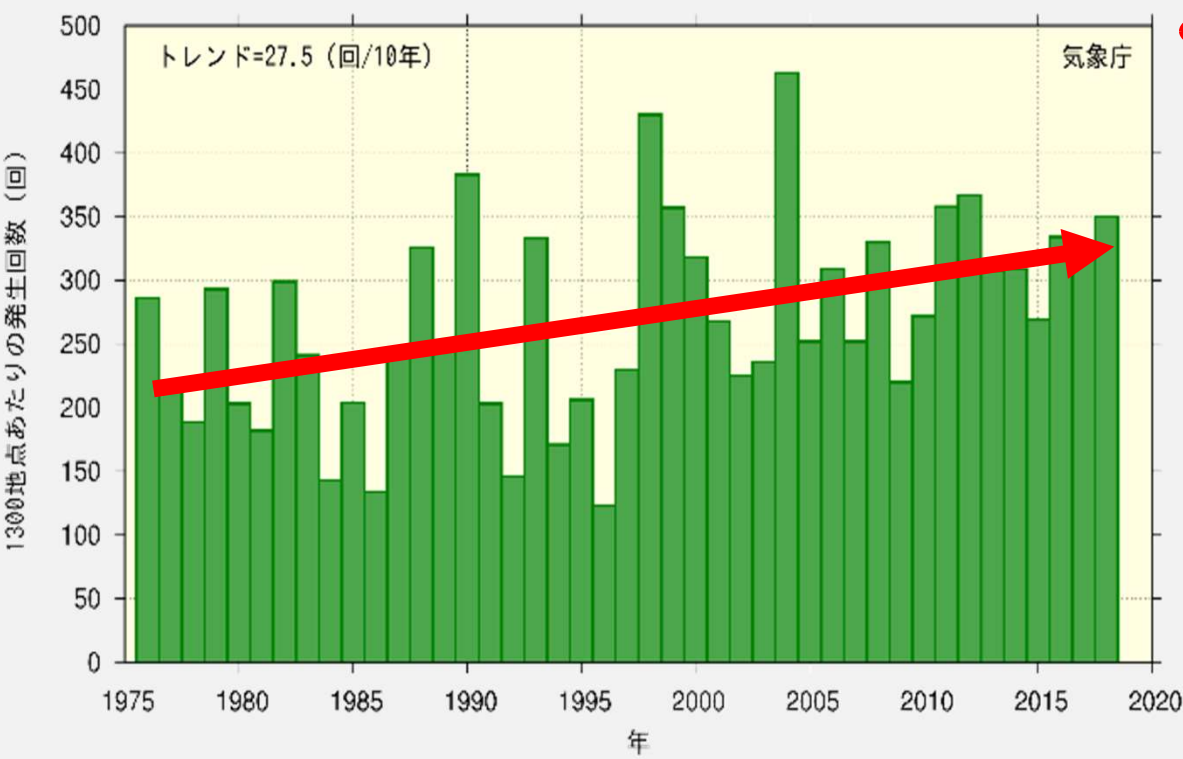


豪雨は増加している

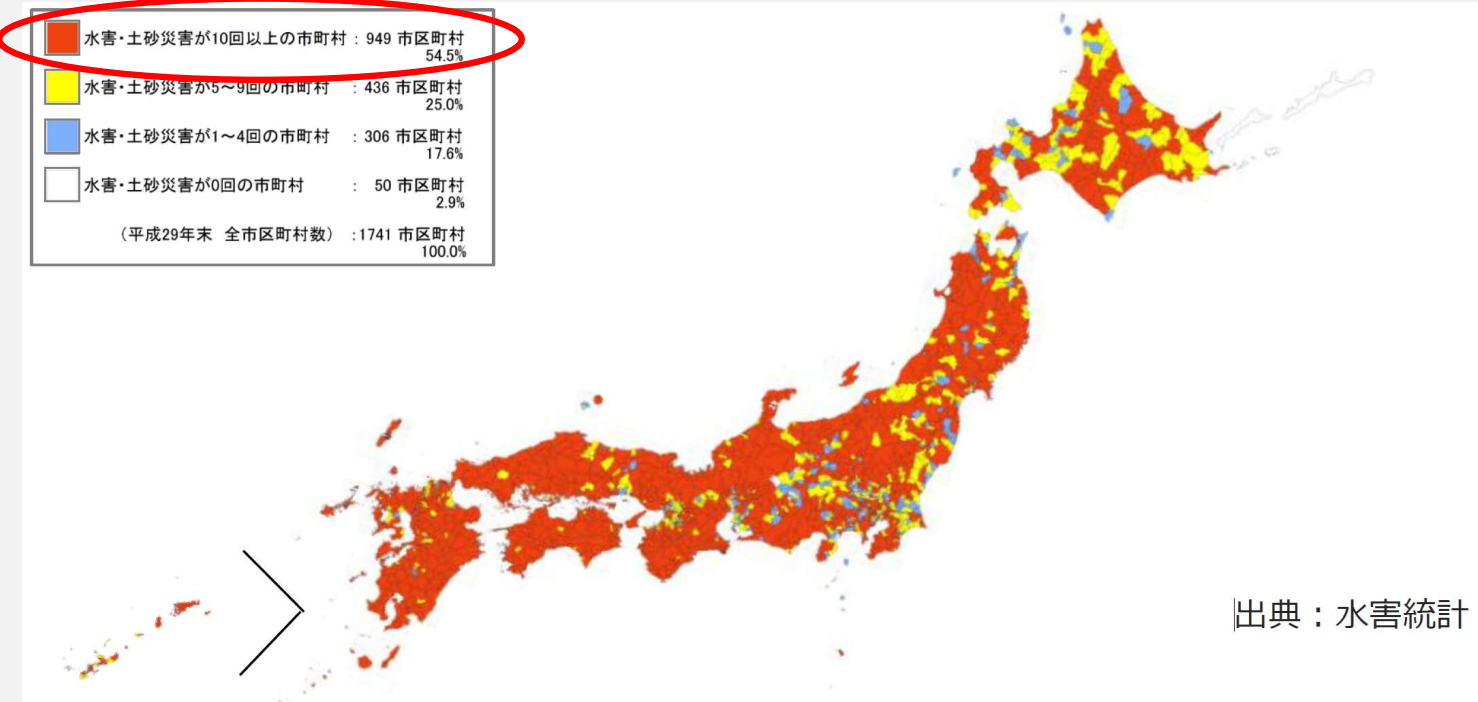
1時間降水量50mm以上（非常に激しい雨）の年間発生回数は増加傾向が明瞭

10年間で水害・土砂災害が発生しなかった市町村はわずか3%！

全国【アメダス】1時間降水量50mm以上の年間発生回数

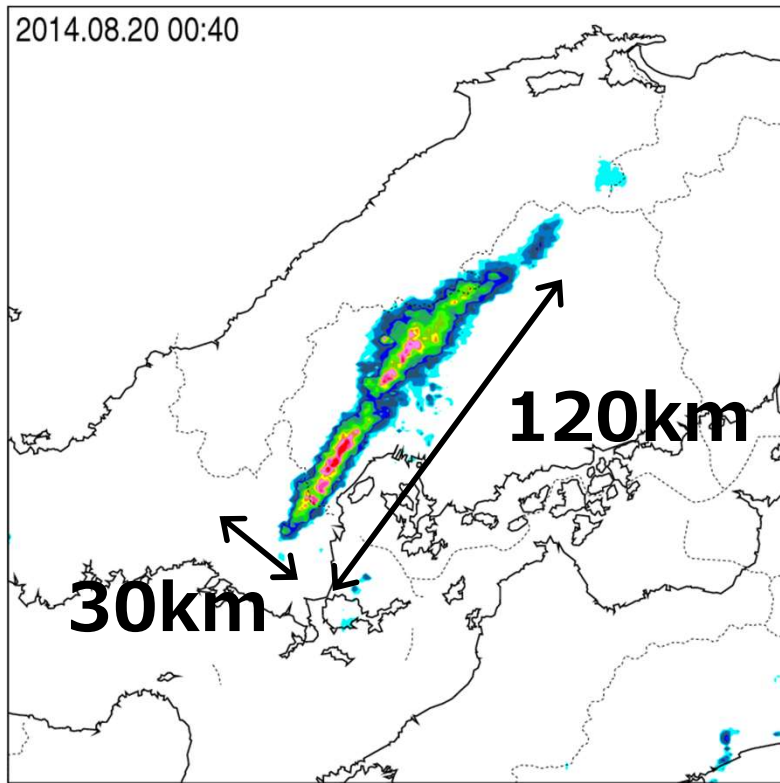


55%の市町村では10回以上発生

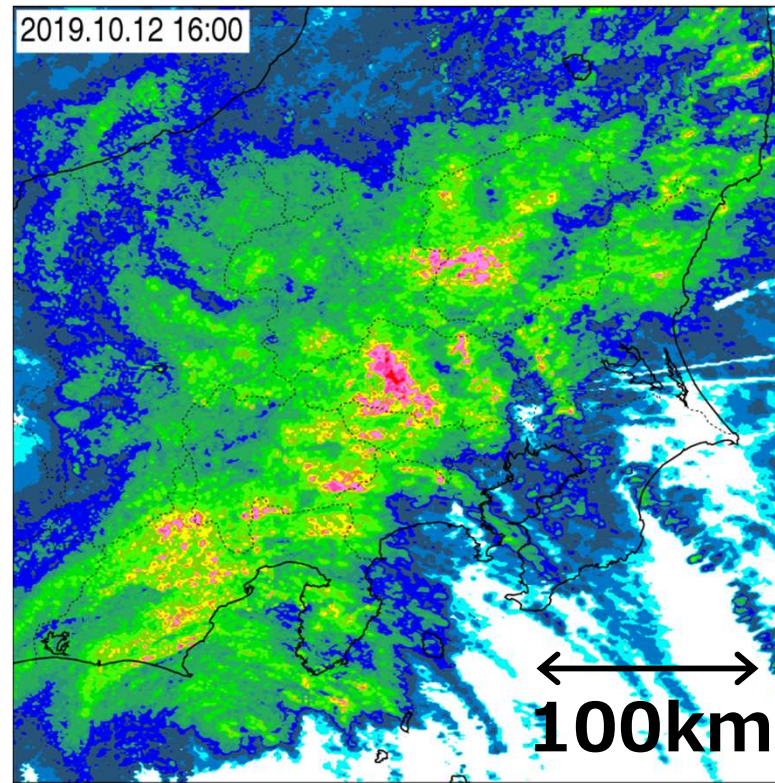


気象レーダーがとらえた、さまざまな集中豪雨のようす

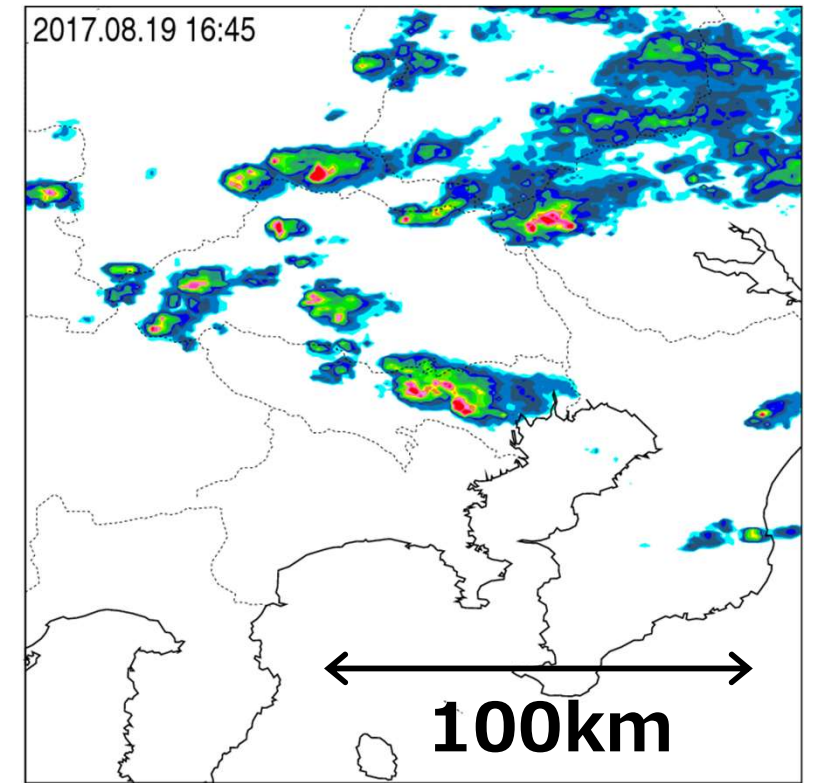
線状降水帯



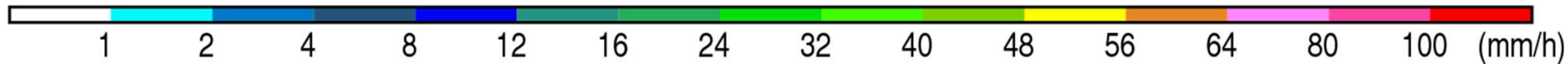
台風



局地的大雨



弱い雨



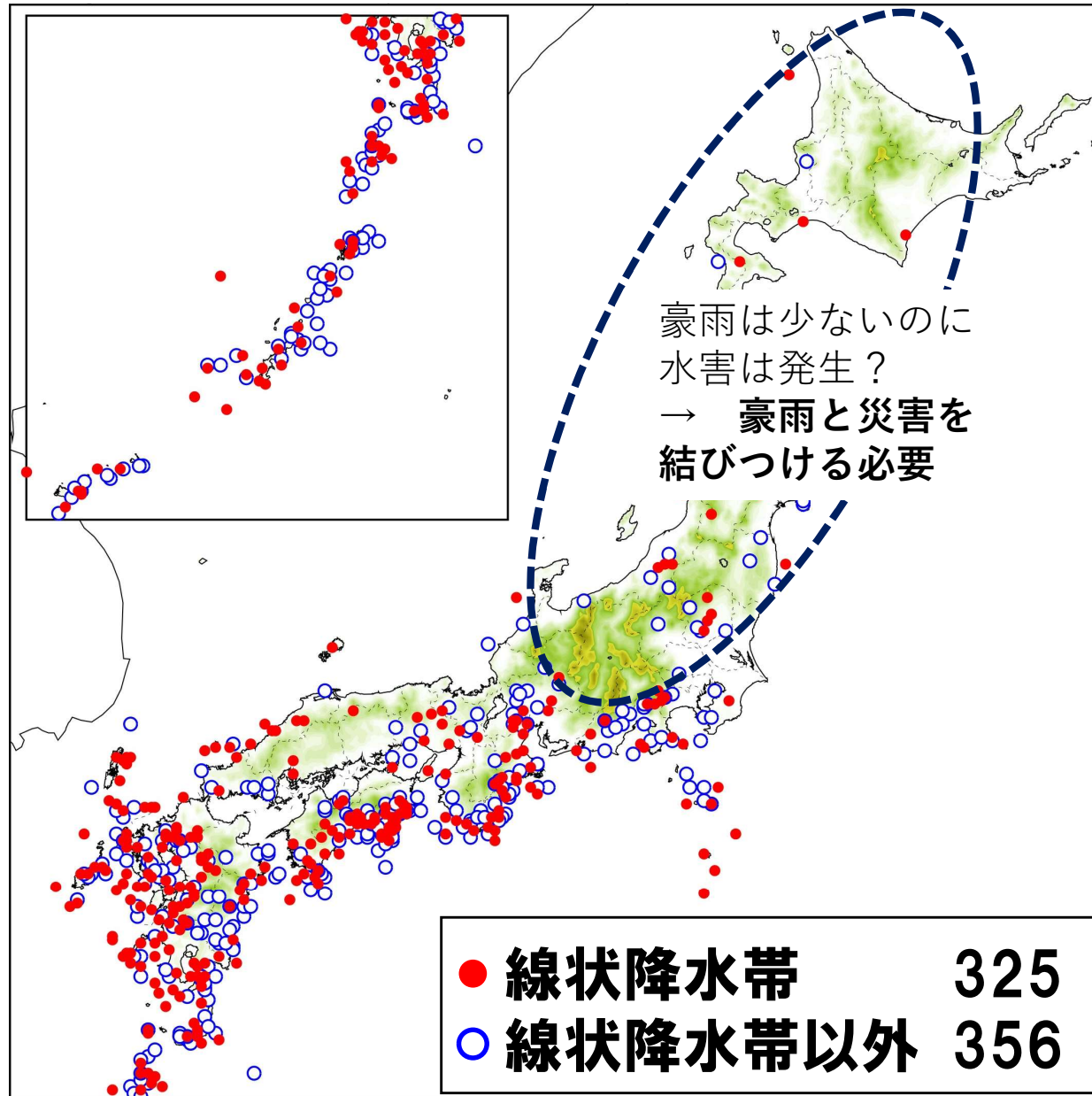
強い雨

線状の雨雲が
数時間停滞

数百kmに広がる
雨雲がゆっくり移動

いろいろな場所で
雨雲が発生・発達

集中豪雨はどこで、どのくらい起きている？



ここでは、**3時間150mm以上**の雨を集中豪雨と定義。2009年～2020年の4月～11月に発生した集中豪雨の分布

九州や、四国・近畿の太平洋側で集中豪雨が多く発生している
東北や北海道は少ないが、日本全国どこでも発生する可能性がある

集中豪雨は**線状降水帯だけでなく、線状降水帯以外でも発生している**
(おおよそ1:1の割合)

数値予報とアンサンブルとカオス

「いま」を
知る
観測

「シミュレーション」と
「観測」を結ぶ
同化

「未来」を予測
シミュレーション

数値予報モデルの
初期値を提供

アメダス、ひまわり、
気象レーダーなど

スパコンで

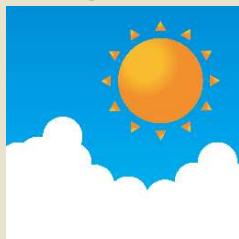


気象災害の確率的な予測を目指して

何時に、
自分の真上に
どれくらい
何%の確率で
降るのか？

単一の予測

午後3時



何時に、
自分の真上に
どれくらいの量の
雨が降るのか？

夕方6時



長時間の予測は不可能

カオスだから



©RIKEN

確率的な予測

朝9時



アンサンブル

モデルで

様々な未来の可能性を確率で表現
→ 比較的長時間の予測が可能

「大アンサンブル」で
「確率」を予測

予測1

予測2

予測3

予測4

予測5

予測6

予測7

予測8

予測10

曇20%

夕方6時
弱い雨50%



やや強い雨20%

予測9



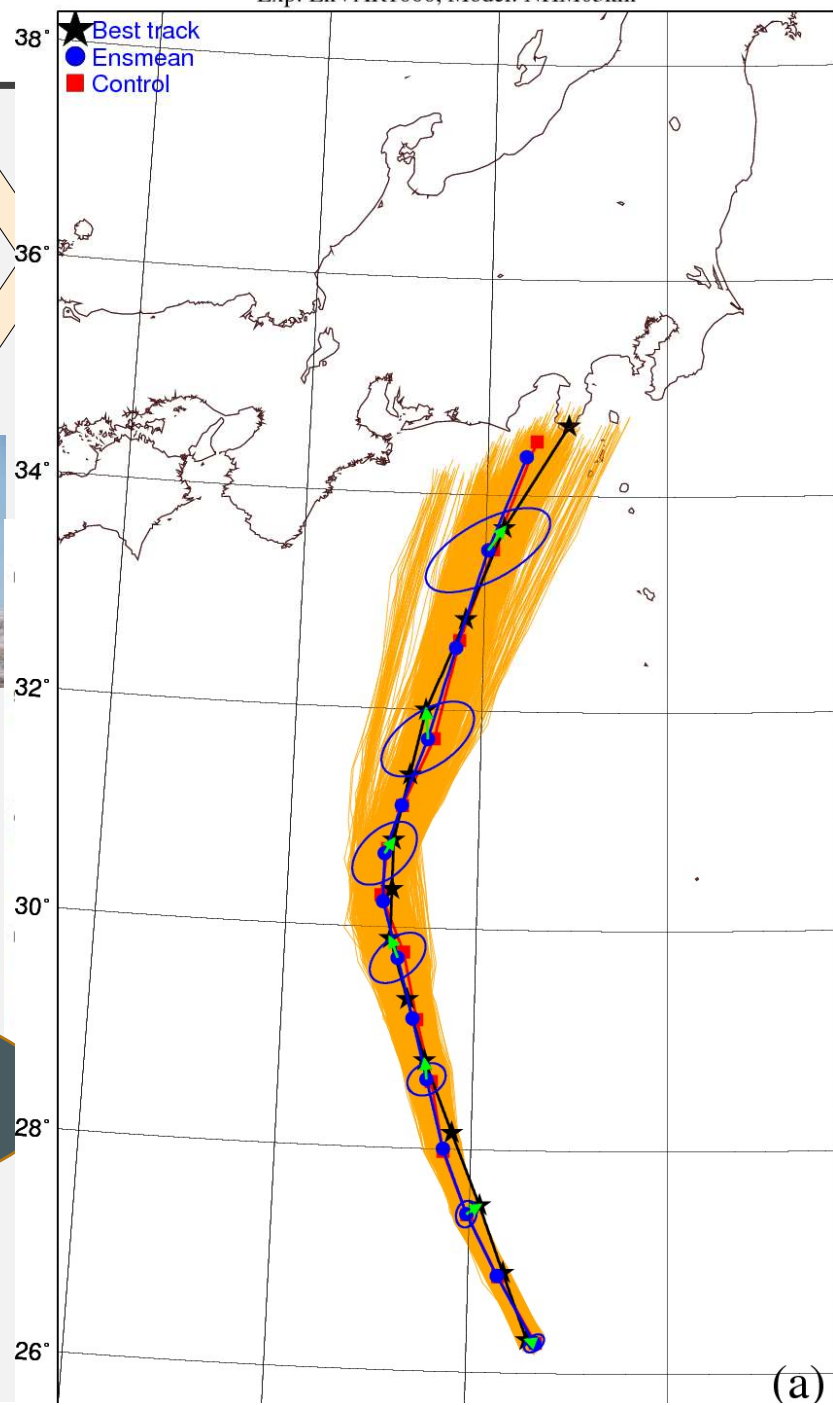
強い雨10%
(線状降水帯など)

ブルとカオス

「未来」を予測
シミュレーション

カオス
大アンサンブル
で確率を予測

Track Forecast
Exp: EnVAR1000, Model: NHM05km

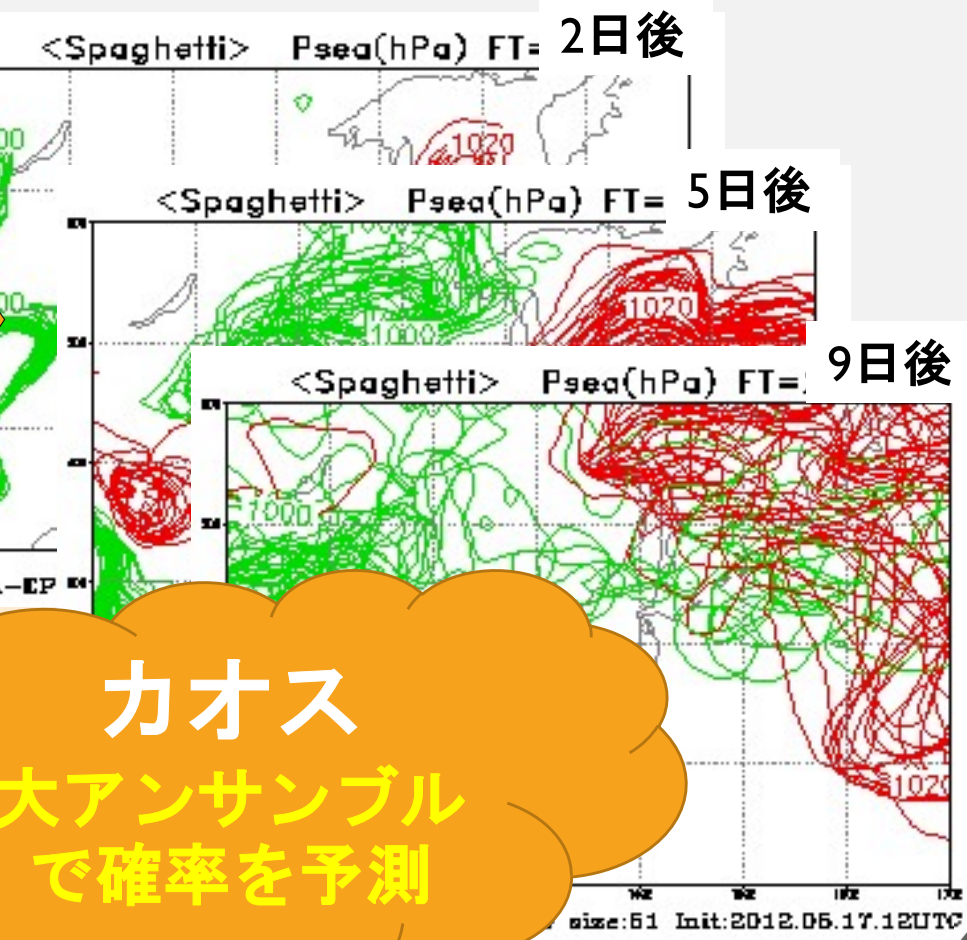


(a)

「いま」を知る
観測

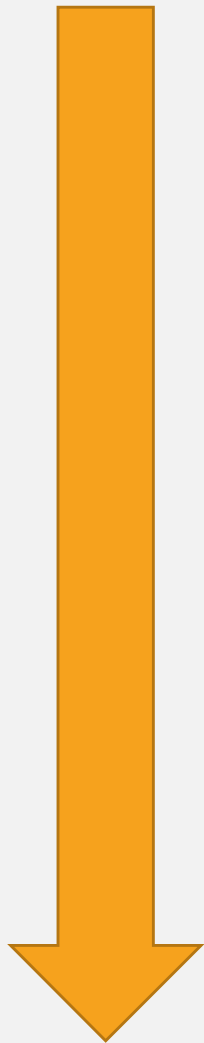
アメダス、ひまわり、
気象レーダーなど

「確率」を予測
アンサンブル



アンサンブル予報によって 得られる付加情報

アンサンブル数

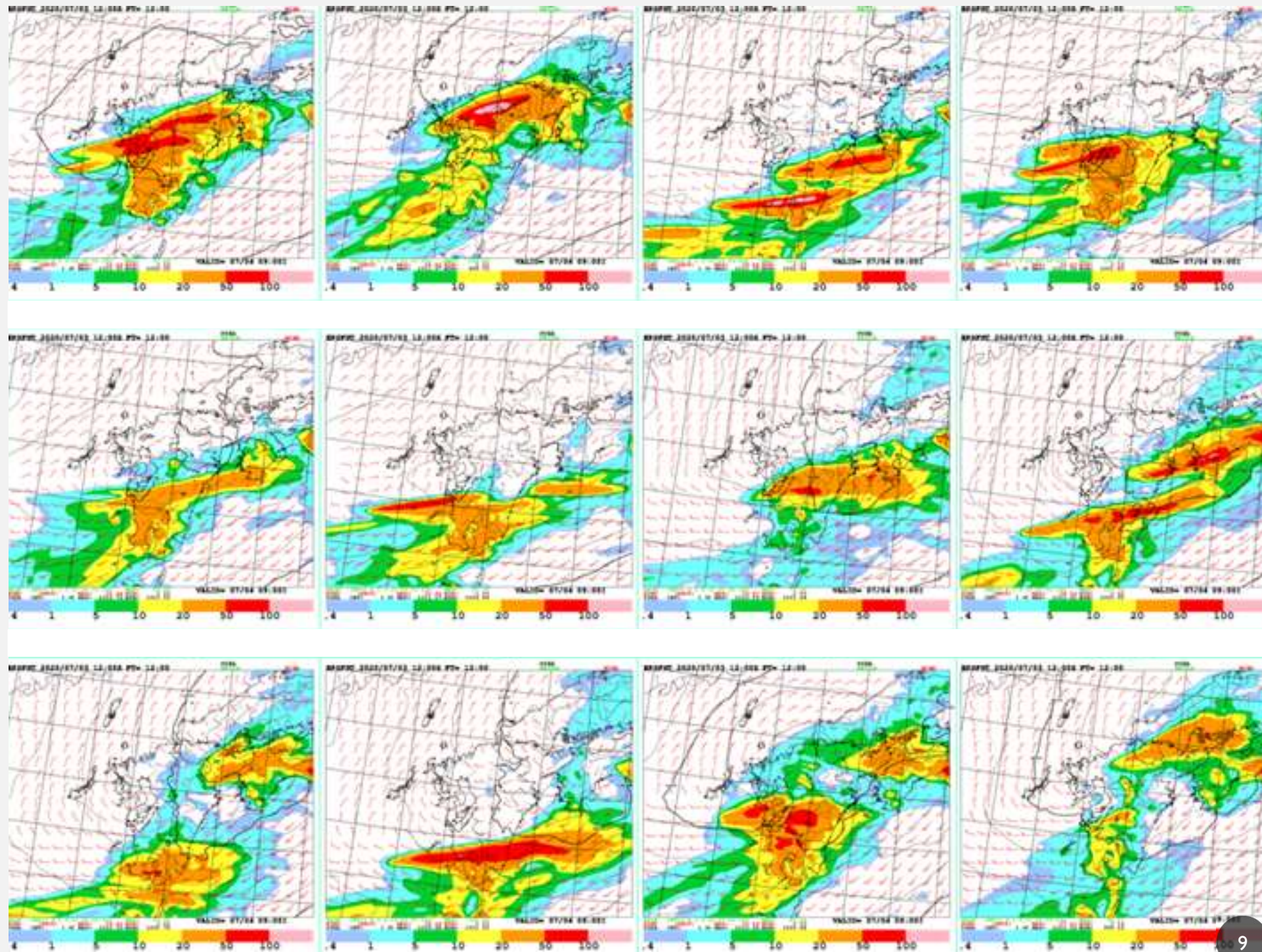


大

- **マルチシナリオ**
複数のシミュレーションがあると様々な場合の想定が可能
(大雨や強風について、起こりうる様々な場所、時間、強さ)
- **信頼度情報**
複数のシミュレーションが似たような予測を行った場合は、これを信頼してよさそう
- **確率予測**
多数のシミュレーションがあるなら、信頼度を確率で表すことが出来る。
(100mm以上の雨が80%の確率)

マルチシナリオ例

- 九州各地の様々な場所に、様々な形の線状降水帯が予測されている。



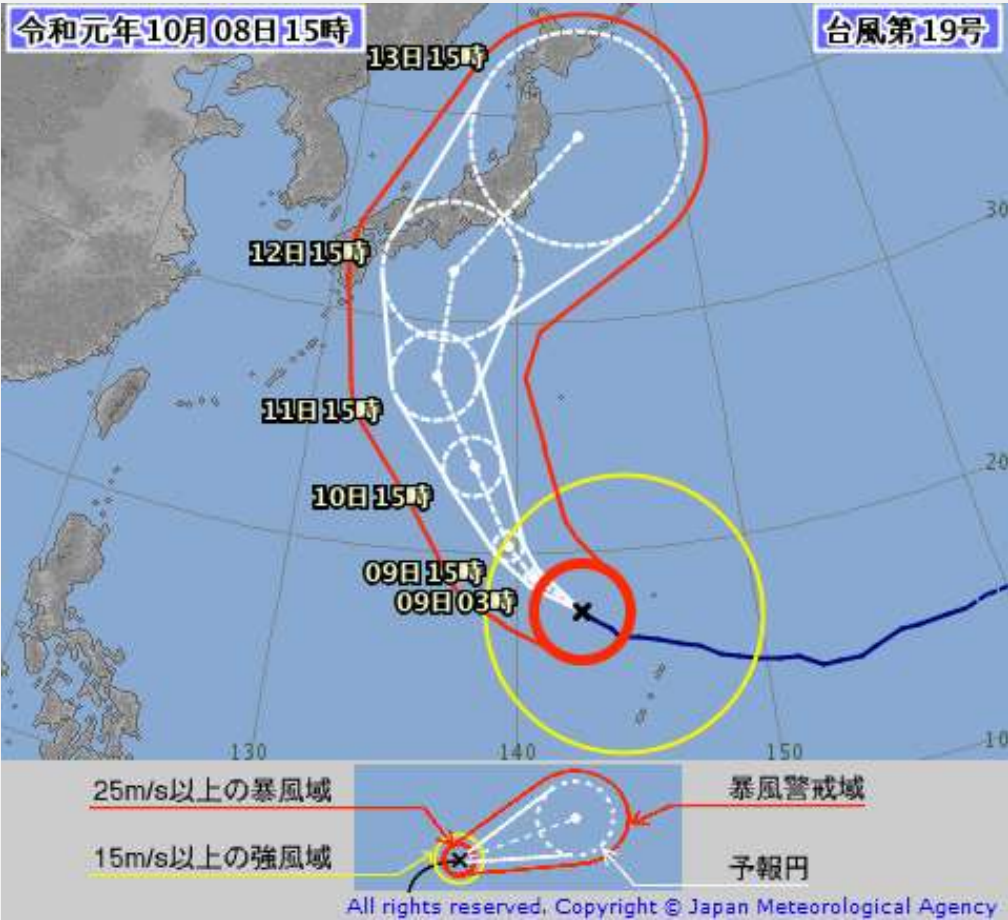
信頼度の利用例

週間予報や台風予報ではアンサンブル情報を利用して、予報の信頼度を付加している

東京	最高(℃)	23	17 (16~20)	19 (17~22)	21 (18~23)	22 (20~25)	23 (20~26)	20 (17~23)
	最低(℃)	12	11 (10~13)	9 (8~11)	9 (7~11)	12 (10~16)	13 (11~15)	10 (8~12)
伊豆諸島 府県天気予報へ		晴時々曇 	曇一時雨 	曇時々晴 	曇時々晴 	曇 	曇 	曇時々晴
降水確率(%)		30/10/10/10	50	30	30	40	40	30
信頼度				A	A	C	C	A

信頼度の各階級の内容

信頼度	内容	検証結果※
A	確度が高い予報 <ul style="list-style-type: none">適中率が明日予報並みに高い降水の有無の予報が翌日に変わる可能性がほとんどない	<ul style="list-style-type: none">降水有無の適中率：平均 88%翌日に降水の有無の予報が変わる割合：平均 1%
B	確度がやや高い予報 <ul style="list-style-type: none">適中率が4日先の予報と同程度降水の有無の予報が翌日に変わる可能性が低い	<ul style="list-style-type: none">降水有無の適中率：平均 73%翌日に降水の有無の予報が変わる割合：平均 6%
C	確度がやや低い予報 <ul style="list-style-type: none">適中率が信頼度Bよりも低いもしくは降水の有無の予報が翌日に変わる可能性が信頼度Bよりも高い	<ul style="list-style-type: none">降水有無の適中率：平均 58%翌日に降水の有無の予報が変わる割合：平均 16%



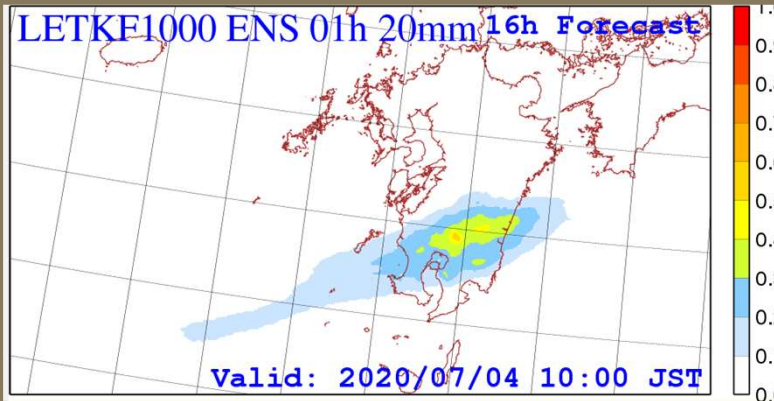
気象庁HPより

1000個の異なった
線状降水帯予測

25個

確率分布

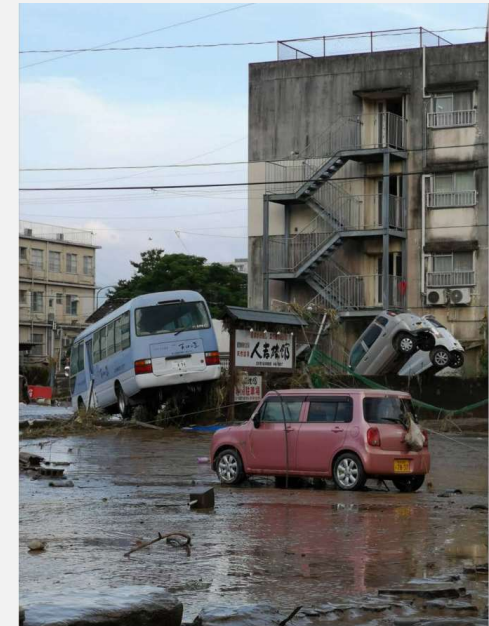
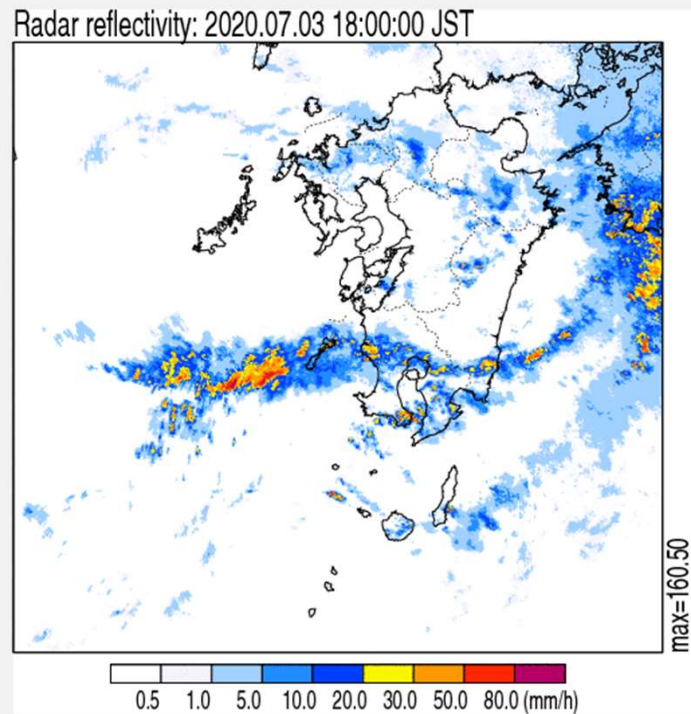
(1時間に20mmを超える)



40個

令和2年7月豪雨 ～球磨川の氾濫～

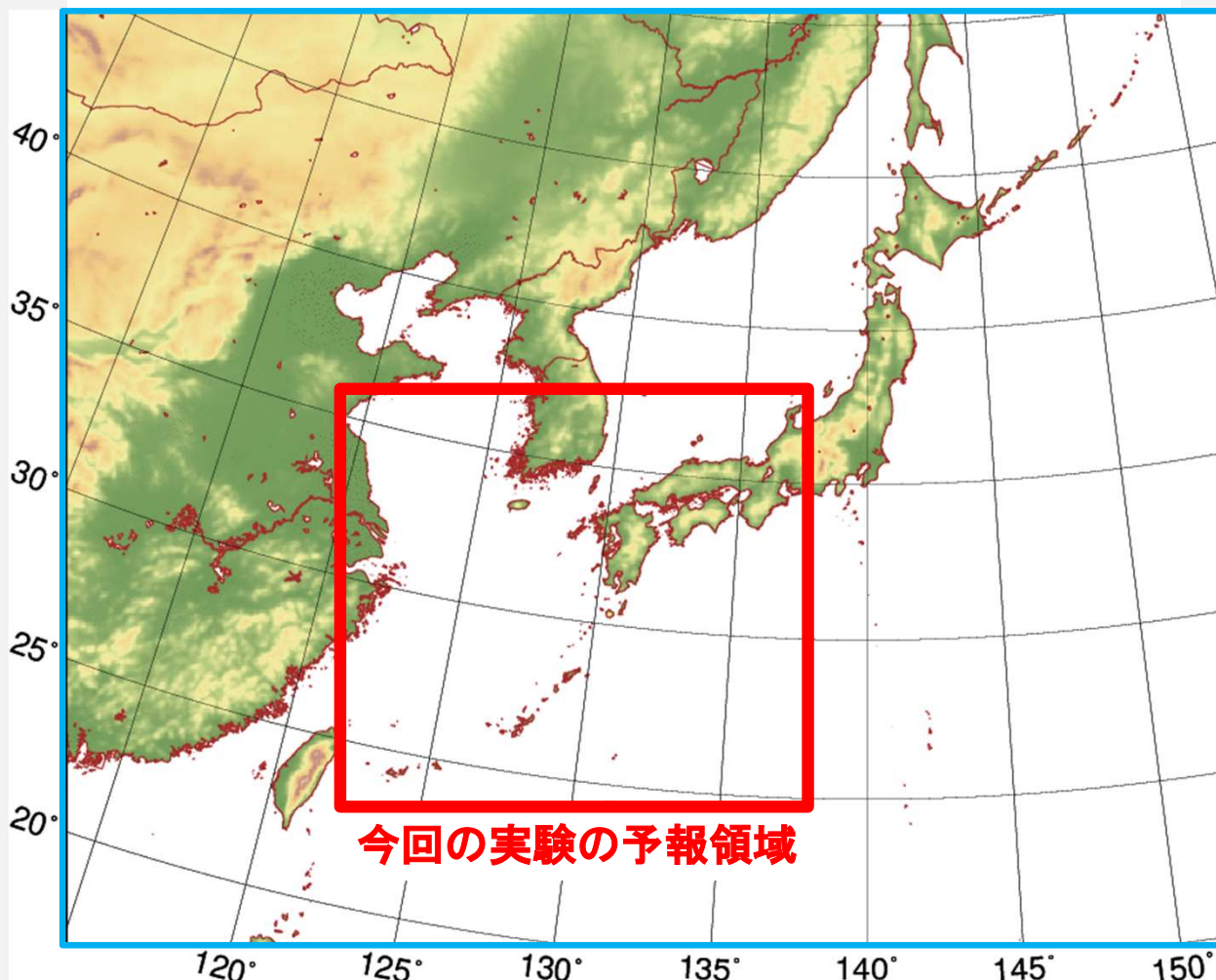
- 線状降水帯による集中豪雨により、7月4日早朝、熊本県球磨川が氾濫。
- 7月31日まで日本各地に被害をもたらした一連の大雨は「令和2年7月豪雨」と名称が定められた。
- 死者84名（令和2年11月2日14時時点内閣府とりまとめ）。
- **線状降水帯の発生数は2009年以降で最多**（Hirockawa et al. 2020）



球磨川浸水状況（7月4日）
国土交通省九州地方整備局

実験設定

メソモデル、メソアンサンブルの予報領域



今回の実験の予報領域

今回の実験 Duc et al. (2021)

初期時刻：7/3 18時（氾濫発生半日前）

領域：左図（赤枠）

解像度：2 km

メンバー数：1000

（メソアンサンブルの50倍）

気象庁メソモデル

初期時刻：7/3 18時

領域：左図全領域

解像度：5 km

気象庁メソアンサンブル

初期時刻：7/3 21時

領域、解像度ともメソモデルと同じ

メンバー数：21

強い降水の長時間の持続を予測

「単一の予測」による降水量予測（7/4 03-06時の前3時間降水量）
観測された線状降水帯
（解析雨量）

今回の実験

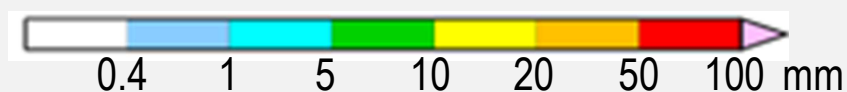
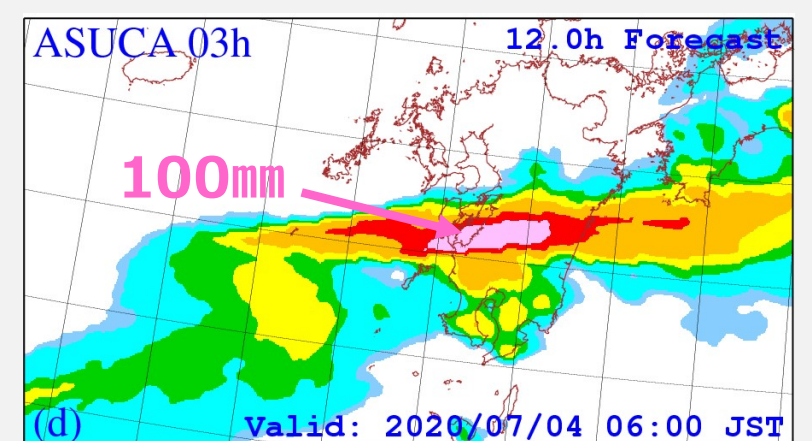
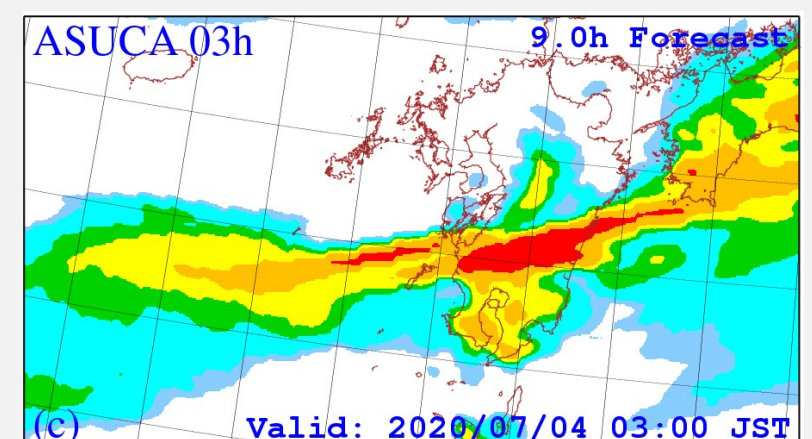
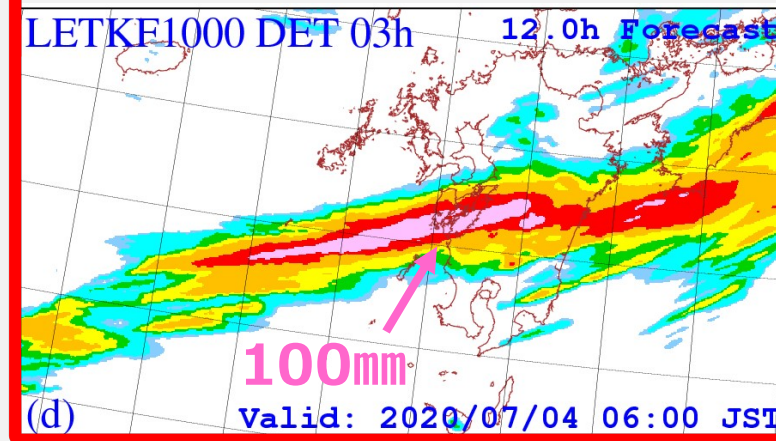
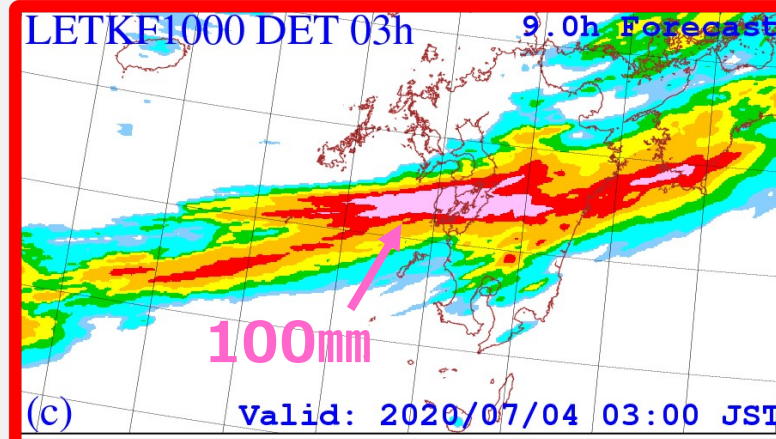
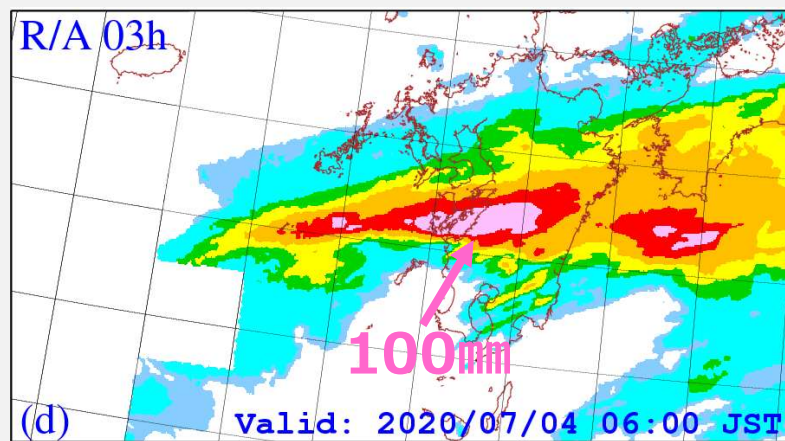
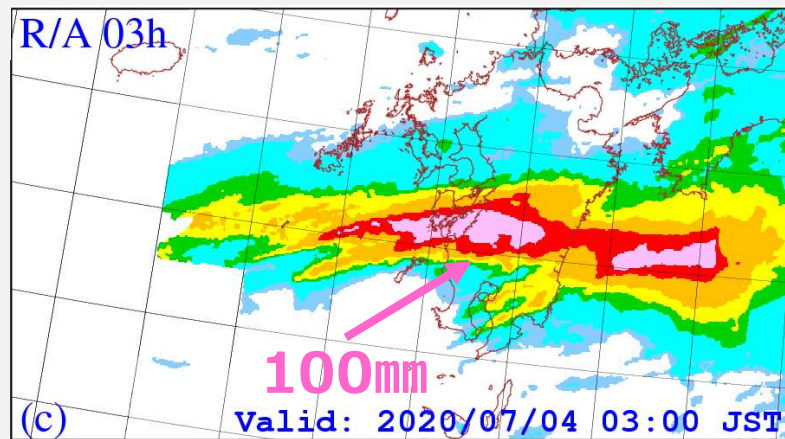
気象庁メソモデル

7/4
0時

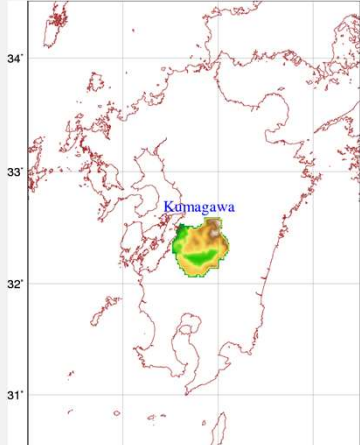
3時

氾濫
発生

6時

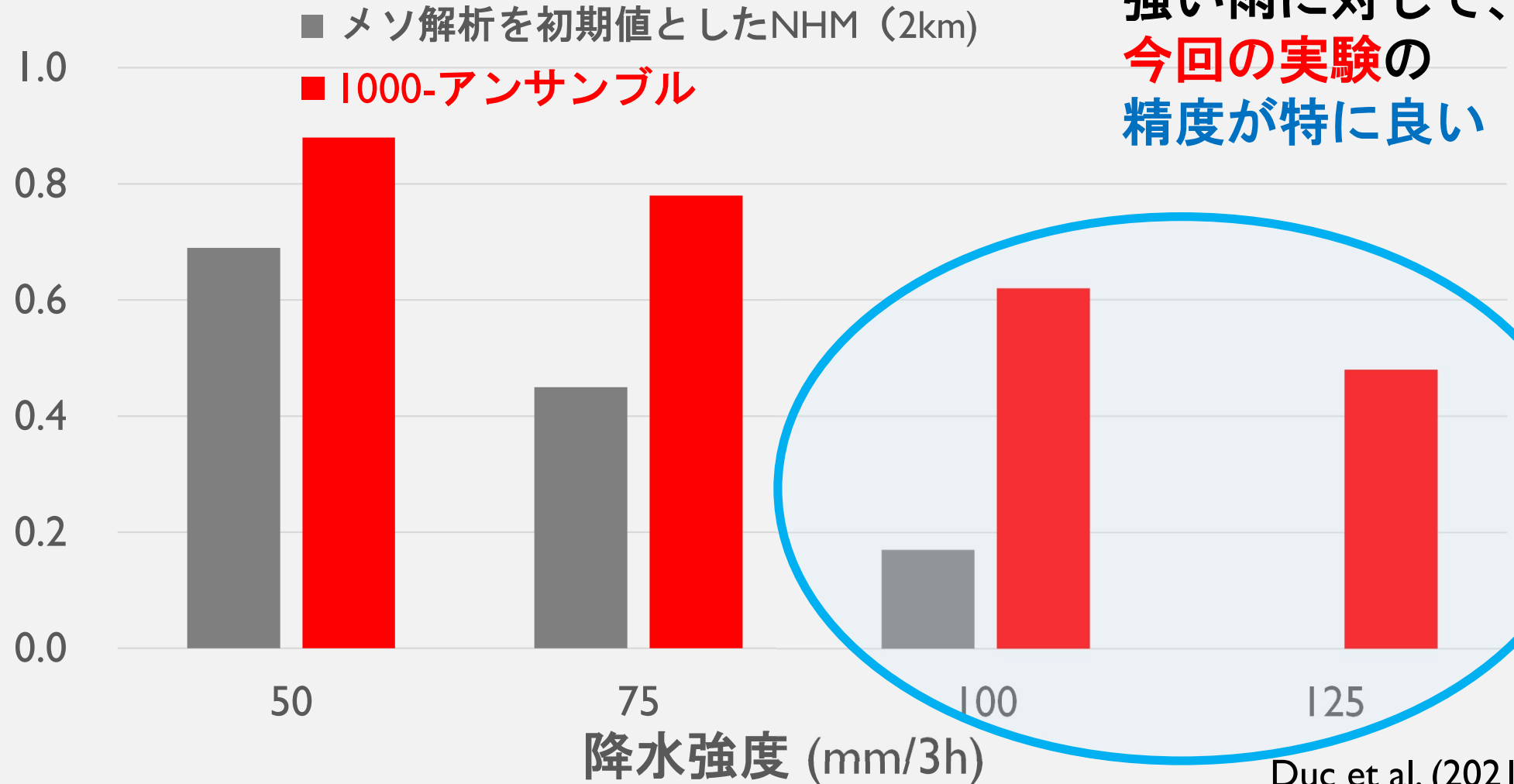


強い雨を精度良く予測



検証領域
(球磨川流域)

予測精度 (FSS; 降水強度毎)



1000メンバーのアンサンブルで確率予測

3時間で50mmを
超える確率
(大雨の目安)

観測された線状降水帯
(解析雨量)

今回の実験
(1000メンバー)

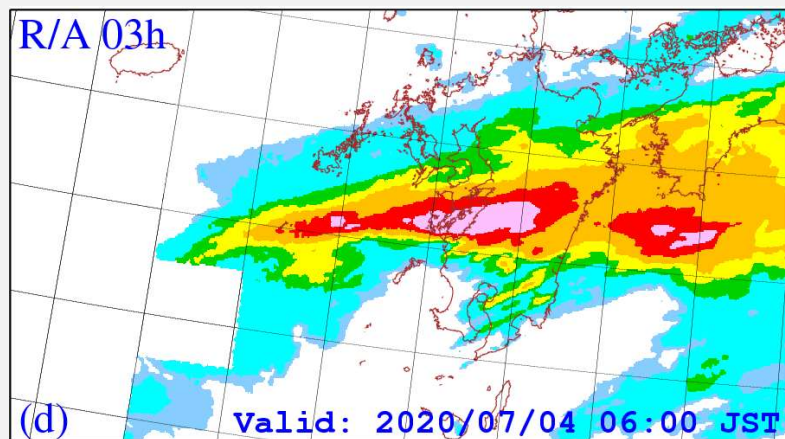
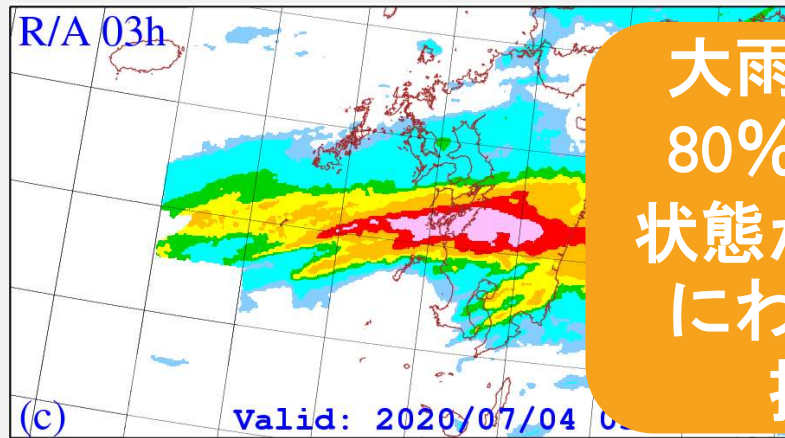
気象庁メソアンサンブル
(21メンバー)

7/4
0時

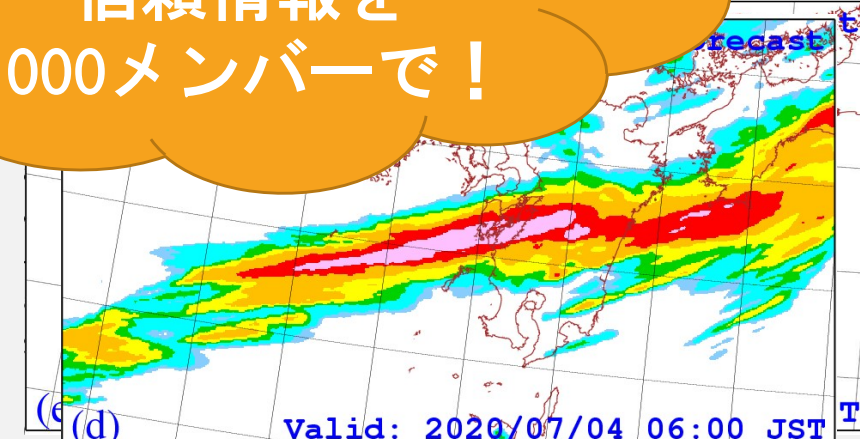
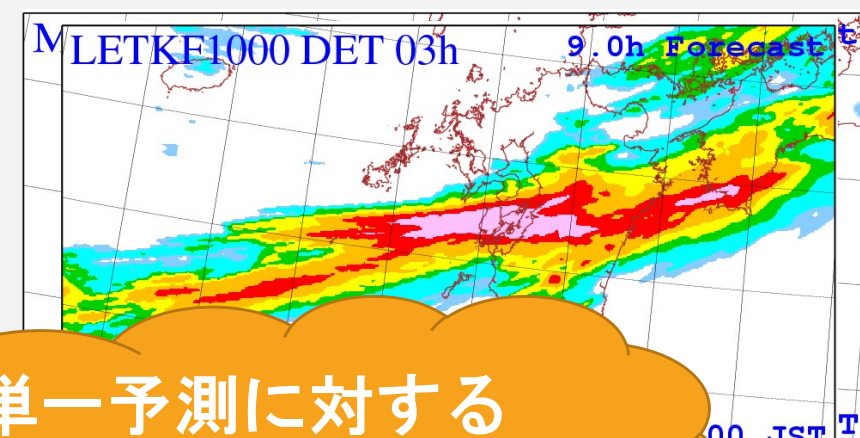
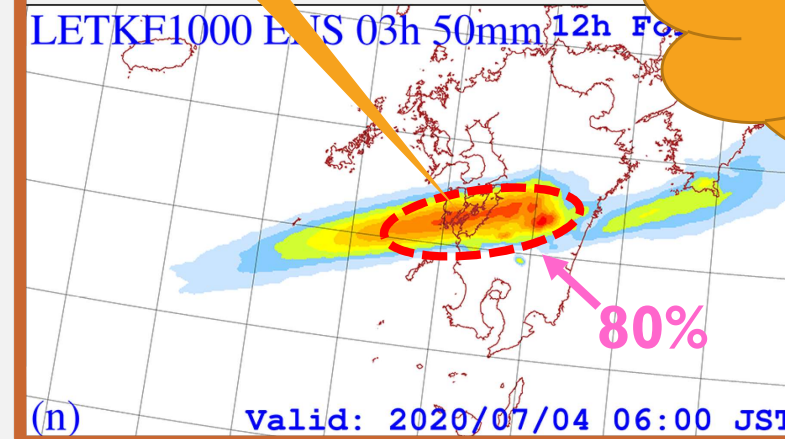
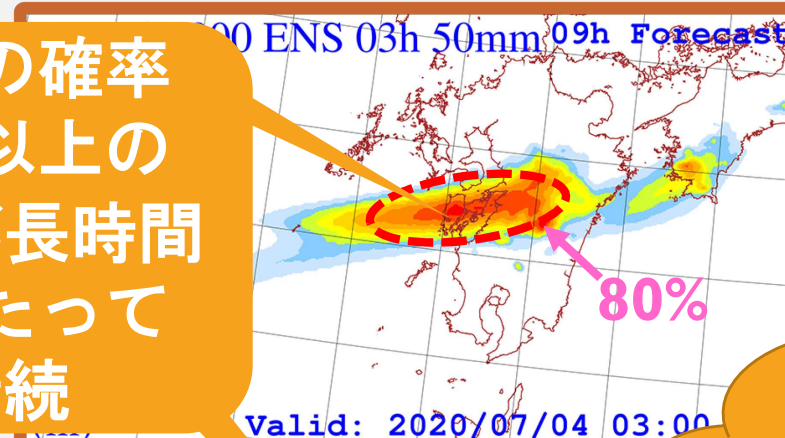
3時

氾濫
発生

6時



大雨の確率
80%以上の
状態が長時間
にわたって
持続



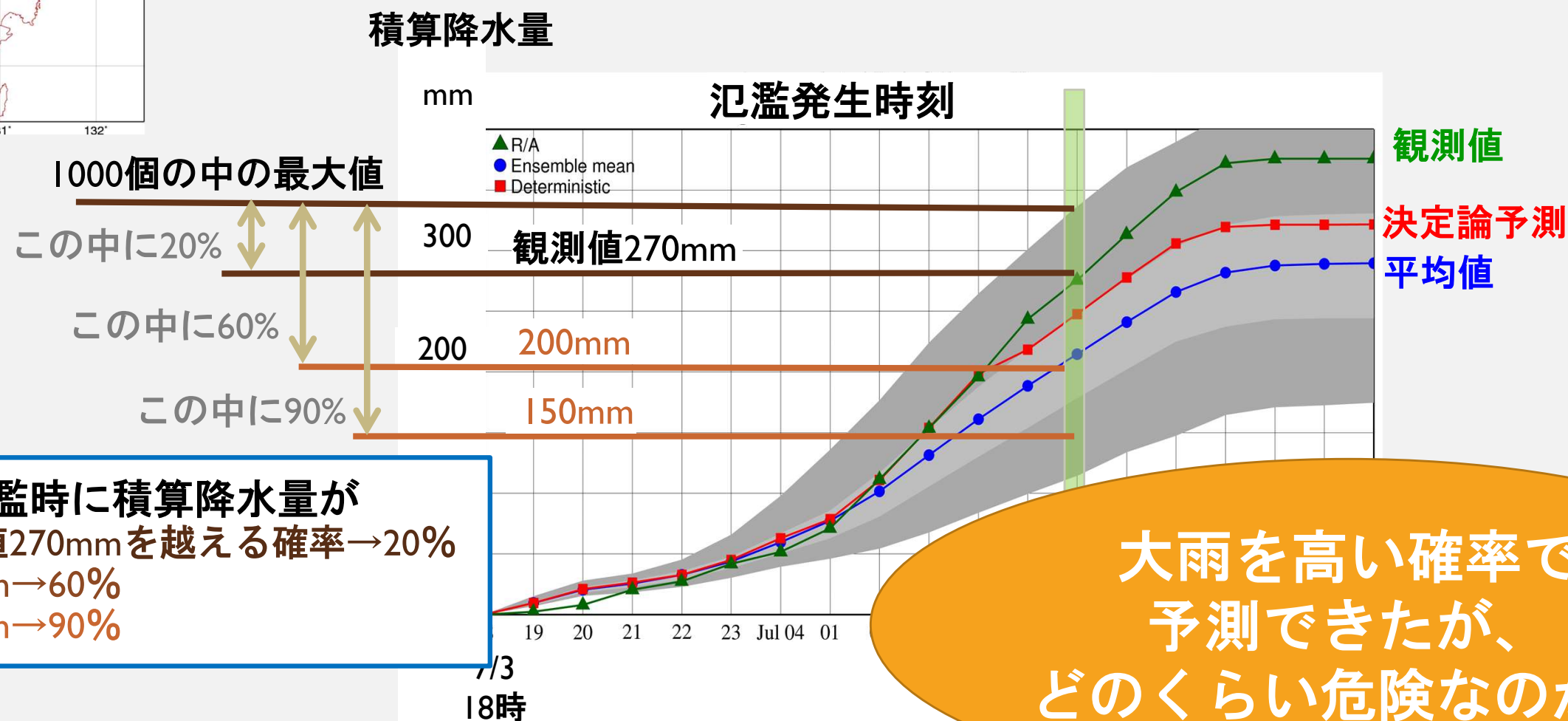
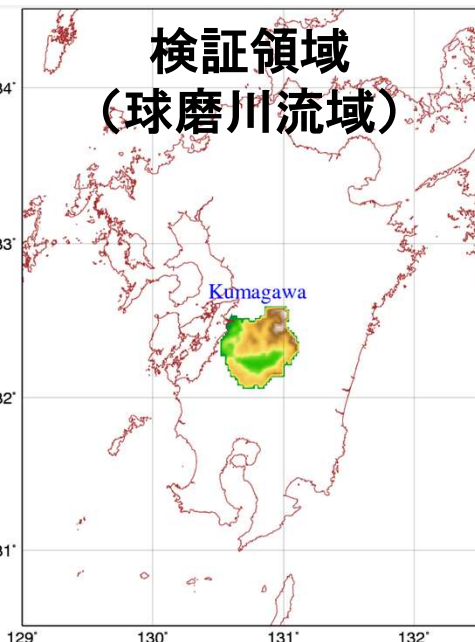
単一予測に対する
信頼情報を
1000メンバーで！

Duc et al. (2021)

Duc et al. (2021)

災害をもたらすほどの大雨の発生確率

災害発生には積算降水量が重要



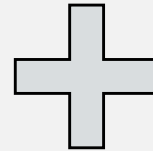
球磨川氾濫時に積算降水量が

- 観測値270mmを越える確率→20%
- 200mm→60%
- 150mm→90%

気象・水文学の協働で災害を予測する

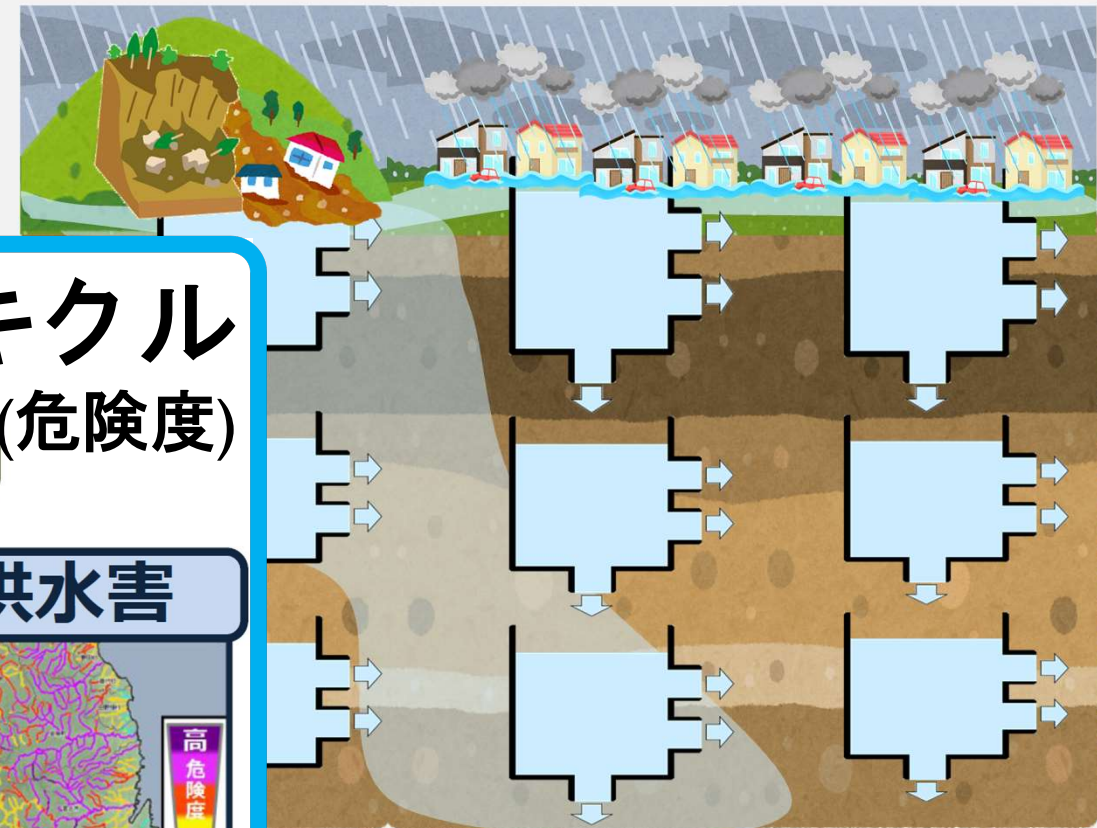
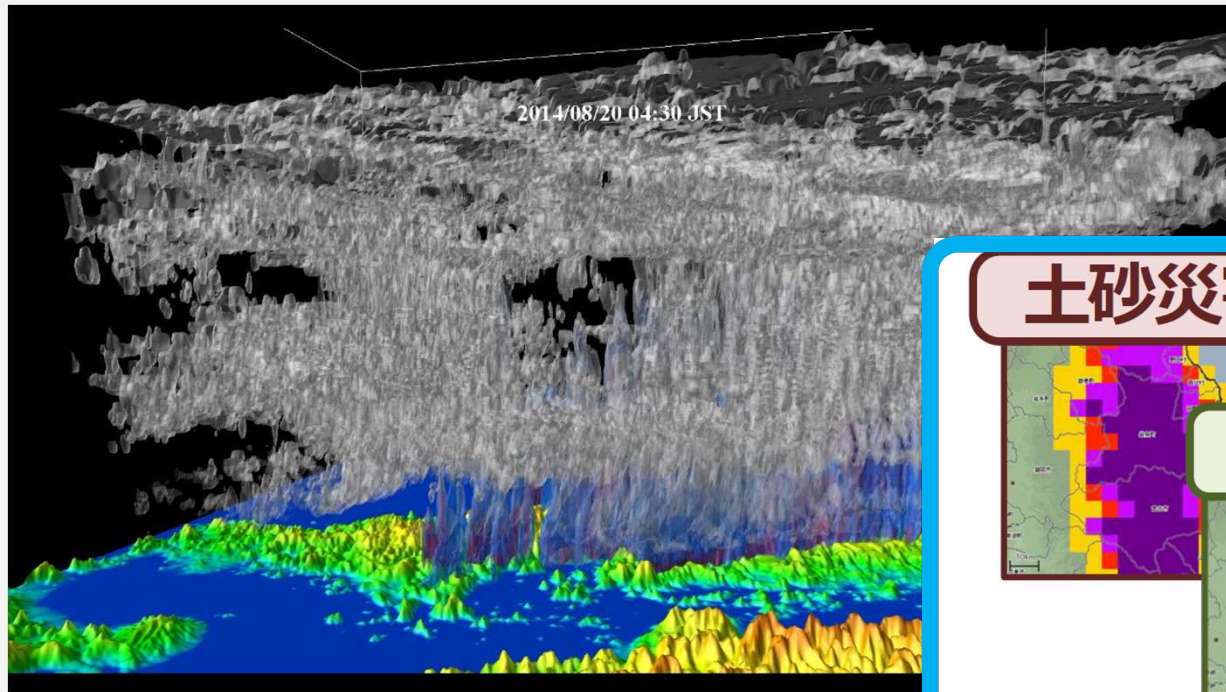
雲や雨を予測する気象モデル

2014年広島豪雨の再現実験（Oizumi et al. 2020）
スーパーコンピュータ「京」で計算

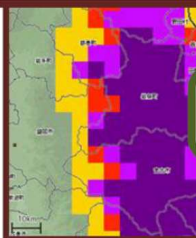


洪水を予測する水文モデル

気象庁土壌雨量、表面雨量、流域雨量指数
(土砂災害) (浸水害) (洪水害)



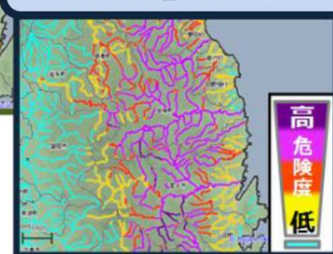
土砂災害



浸水害



洪水害

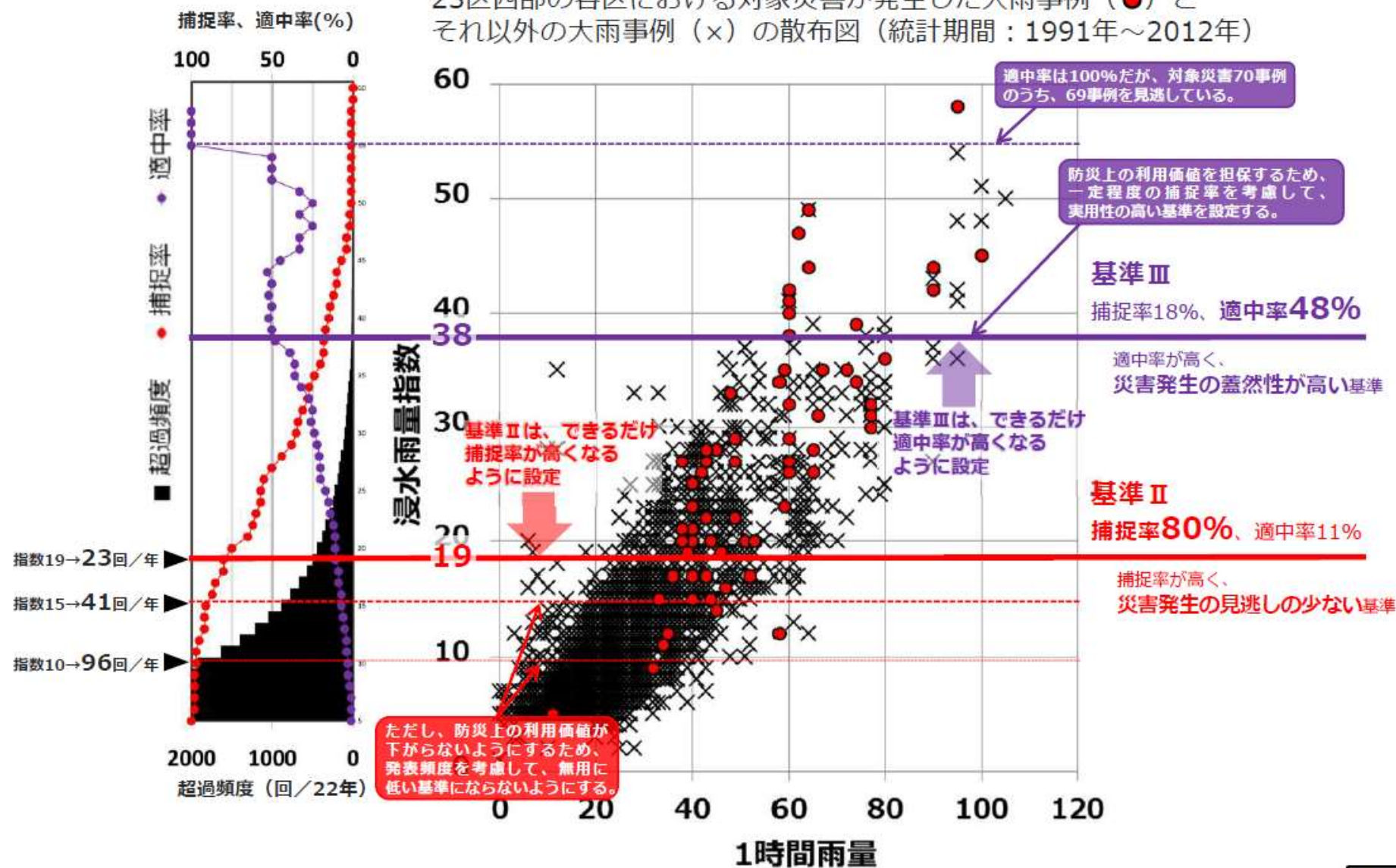


キキクル
(危険度)

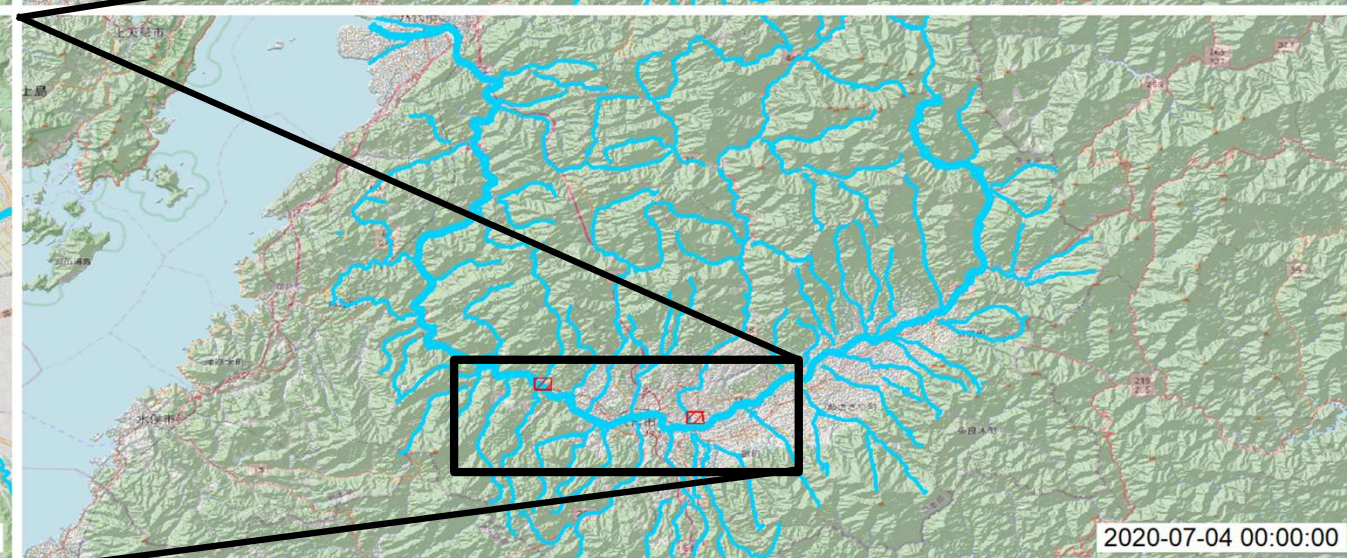
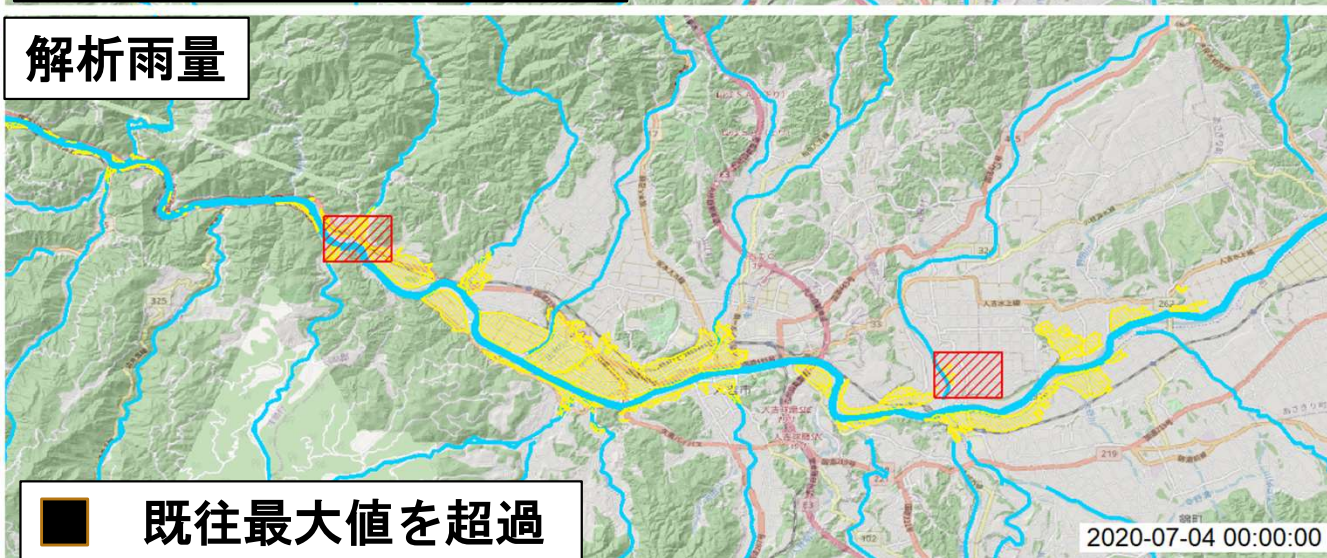
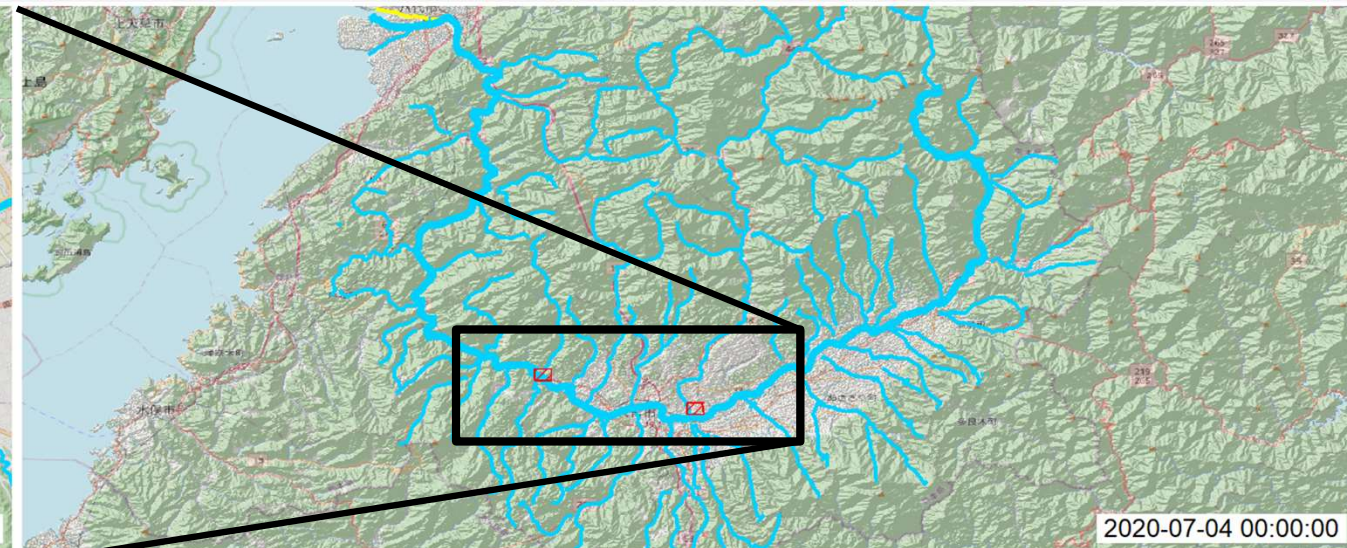
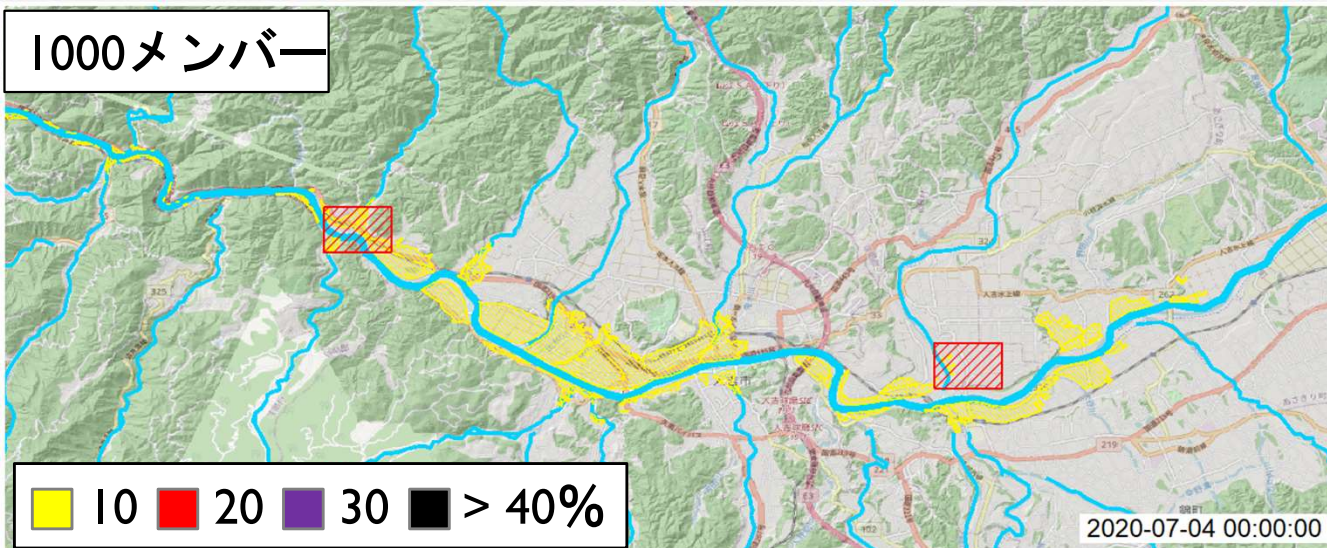
過去災害に基づき
災害リスクを評価

散布図でみる基準Ⅱと基準Ⅲの違い

23区西部の各区における対象災害が発生した大雨事例（●）とそれ以外の大雨事例（×）の散布図（統計期間：1991年～2012年）



1000メンバー 既往最大値の超過確率

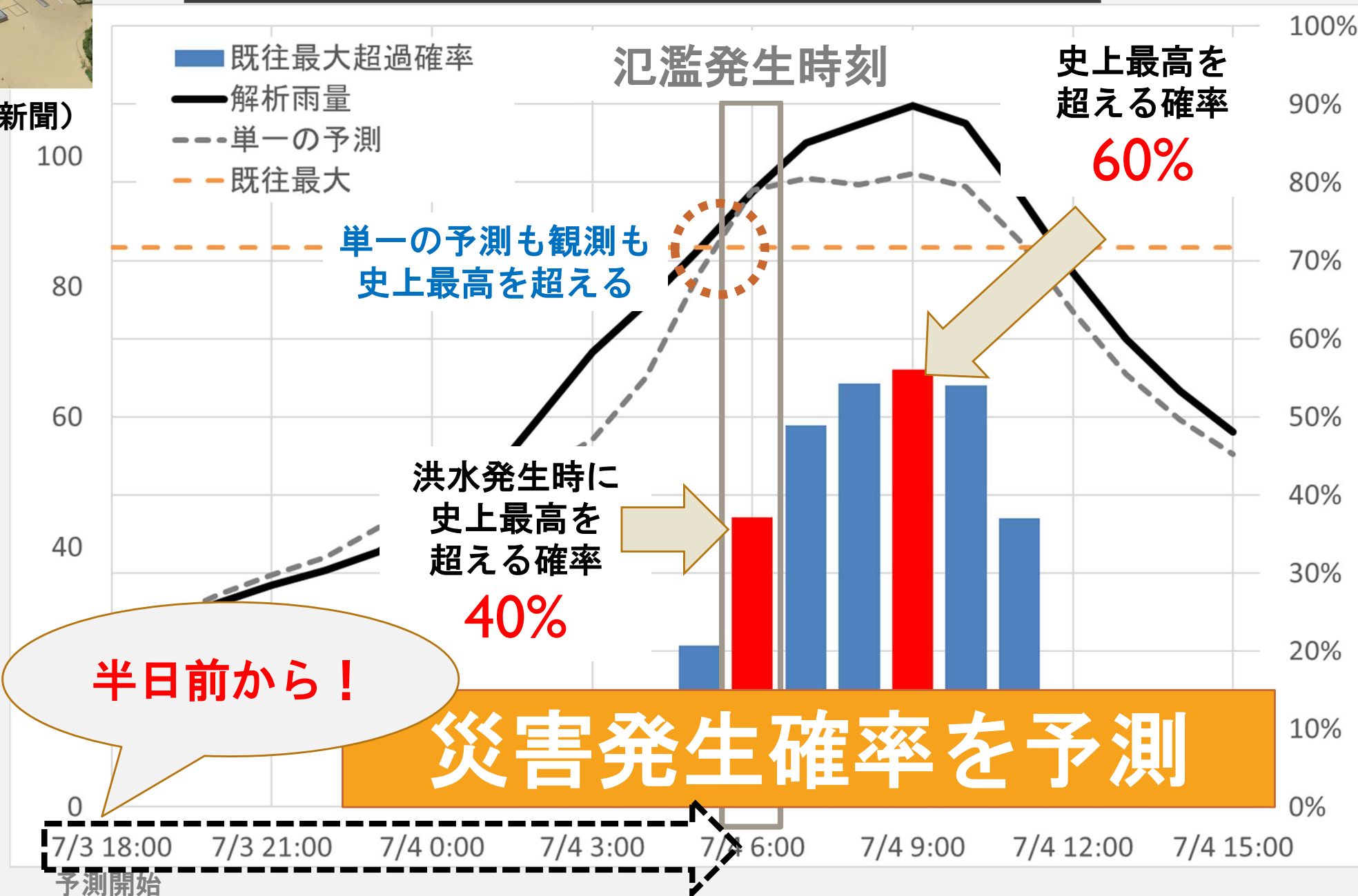


- 予報では早い時間に流域の北部の支流で既往最大値を超過した。
- 球磨川は6時頃には40%以上のメンバーが既往最大値を超過する事を予測した。
- 支流でも、既往最大を超過する予測した。



千寿園 (産経新聞)

流域雨量指数（千寿園）



大泉ほか
(2021)

まとめ

- 7月の球磨川の氾濫を対象に、**半日前からの確率予測**を1000メンバーのアンサンブル予報により実施
 - ✓ 災害をもたらすような**強い雨を高い発生確率**で予測
 - ✓ 流域雨量指数を用いて、**洪水災害の高い発生確率**を予測
- 今後の発展に向けて
 - ✓ 内水氾濫、土砂災害、強風へも対応したい
 - ✓ 確率情報の利用方法の検討

大アンサンブルで気象予測から**災害リスク予測**へ！