大正大学地域構想研究所　第2回防災セミナー
2022年5月9日13:30–16:30

災害をもたらす集中豪雨と線状降水帯の発生メカニズム

熊本県人吉市街の線状降水帯による集中豪雨の被害 ©時事

球磨川

気象庁　気象研究所
台風・災害気象研究部
廣川　康隆
yhirirockawa@mri-jma.go.jp

本日の話題

1. 集中豪雨と線状降水帯とは
2. 線状降水帯発生のしくみ
3. 線状降水帯予測にむけた取り組み

気象庁ホームページ：予報用語より
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/yougo_hp/kousui.html

集中豪雨とは

同じような場所で数時間にわたり強く降り、
100mmから数百mmの雨量をもたらす雨

どちらもはっきり
とした定義はない

気象庁
マスコットキャラクター
はれるん

線状降水帯とは

2000年代ころから使われ
始めた、比較的新しい用語

次々と発生する発達した雨雲（積乱雲）が列をなした、
組織化した積乱雲群によって、数時間にわたってほぼ
同じ場所を通過または停滞することで作り出される、
線状に伸びる長さ50～300km程度、幅20～50km
程度の強い降水をともなう雨域

気象庁ホームページ：予報用語より
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/yougo_hp/kousui.html

集中豪雨とは

同じような場所で数
100mmから数百m

線状降水帯とは

次々と発生する発達
組織化した積乱雲
同じ場所を通過また
線状に伸びる長さ5
程度の強い降水を

昔は気象レーダー
の観測結果は，
手書きしていた

気象庁ホームページ：予報用語より
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/yougo_hp/kousui.html

集中豪雨とは

同じような場所で数時間にわたり強く降り、
100mmから数百mmの雨量をもたらす雨

どちらもはっきりとした定義はない

気象庁
マスコットキャラクター
はれるん

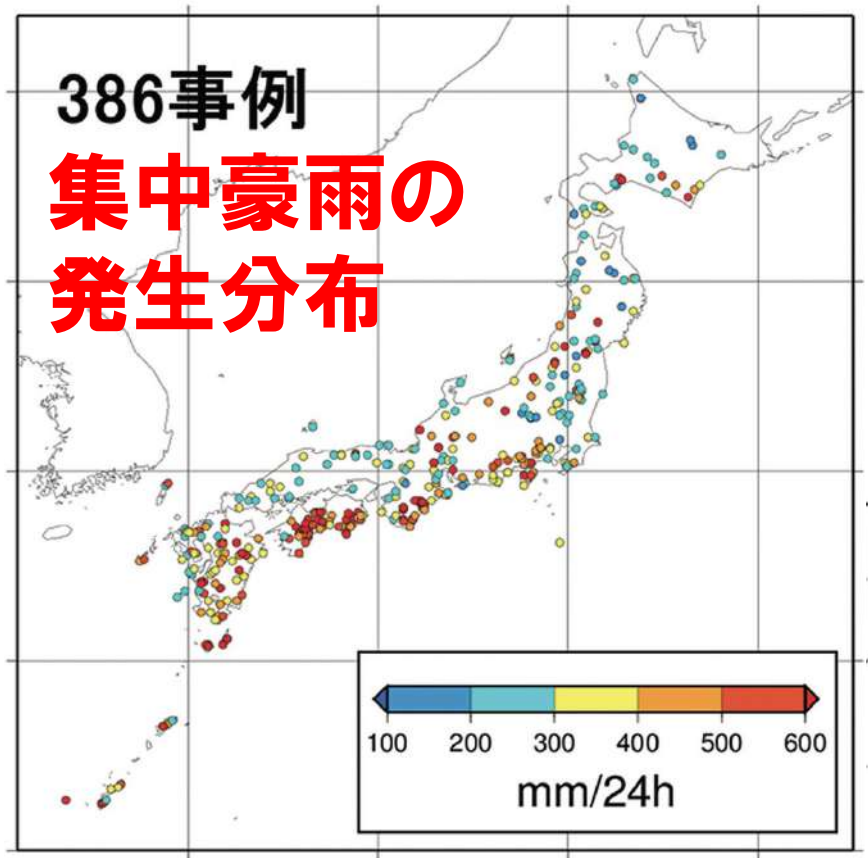
線状降水帯とは

2000年代ころから使われ始めた、比較的新しい用語

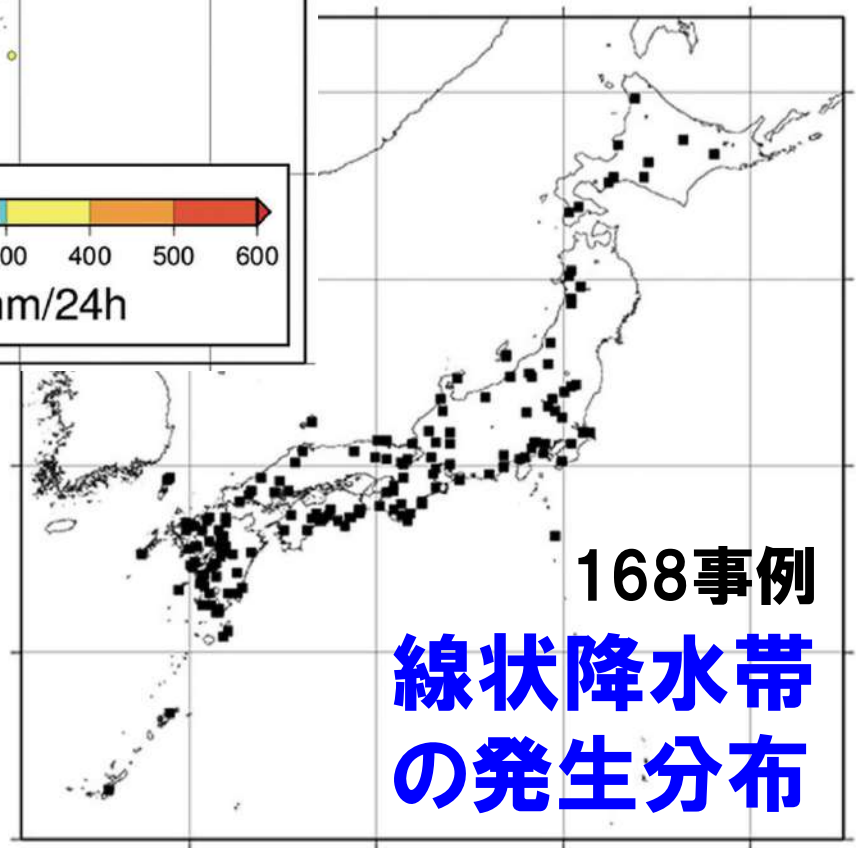
次々と発生する発達した雨雲（積乱雲）が列をなした、
組織化した積乱雲群によって、**数時間にわたってほぼ**
同じ場所を通過または停滞することで作り出される
線状に伸びる長さ50～300km程度、幅
程度の強い降水をともなう雨域

この特徴は名前に含まれていない

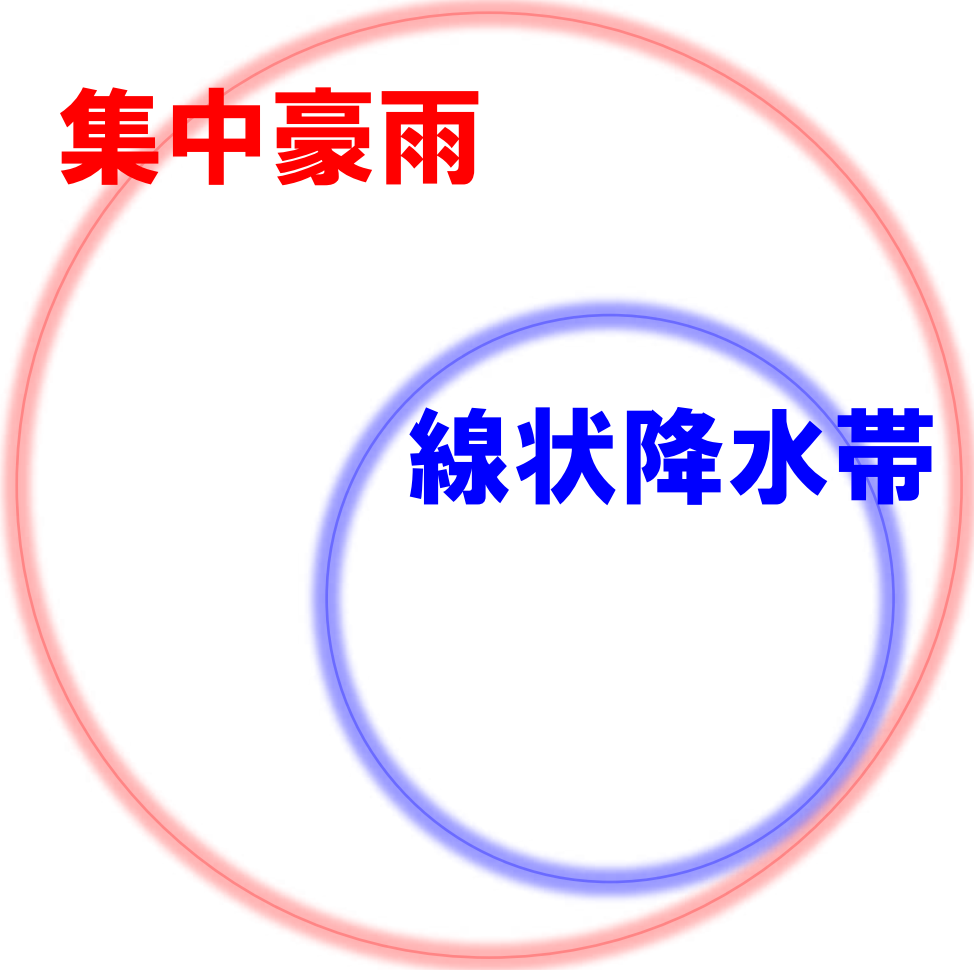
集中豪雨（台風の直接的な影響を除く）の約60％が，線状降水帯による



1995年～2009年
4月～11月の統計



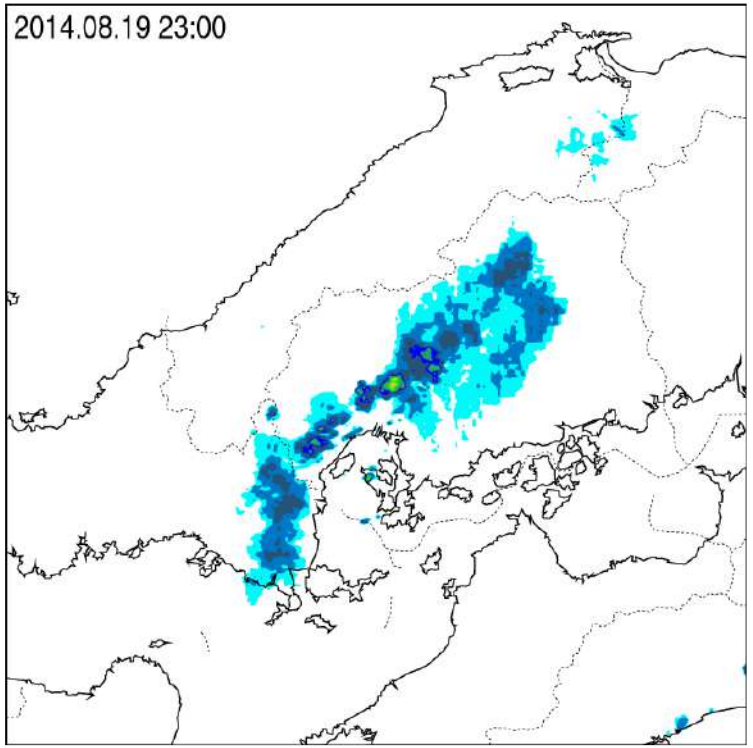
津口・加藤
(2014, *天気*)



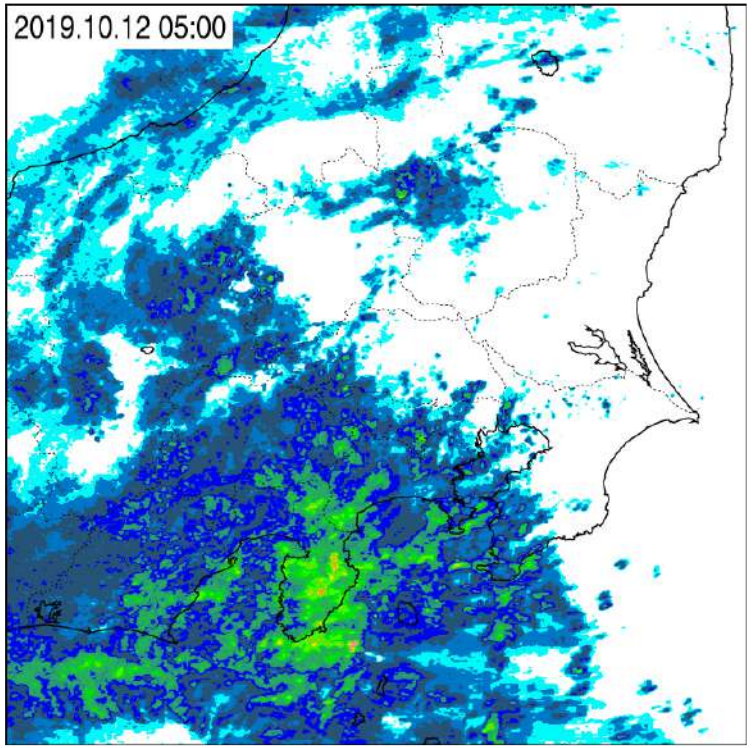
06/28

気象レーダーがとらえた，さまざまな集中豪雨のようす

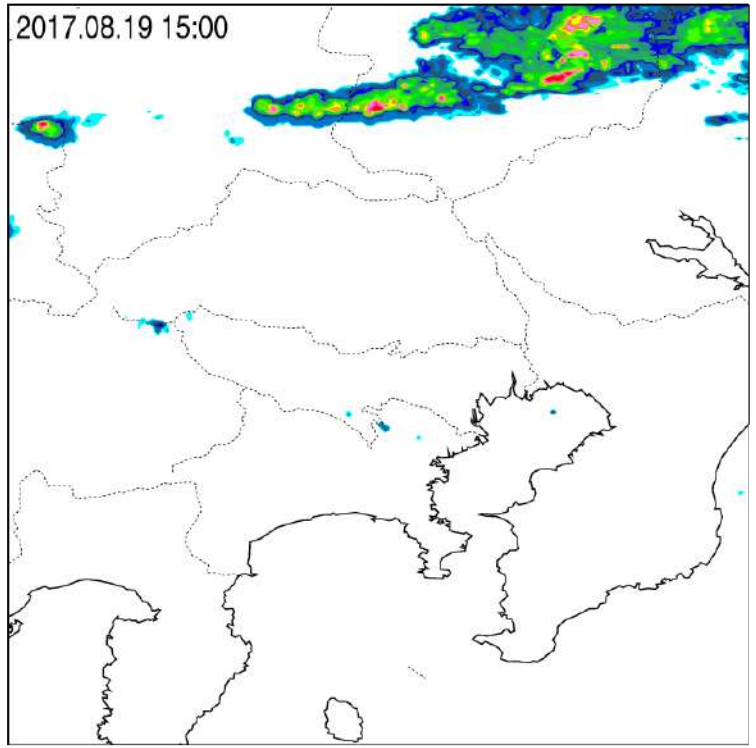
線状降水帯

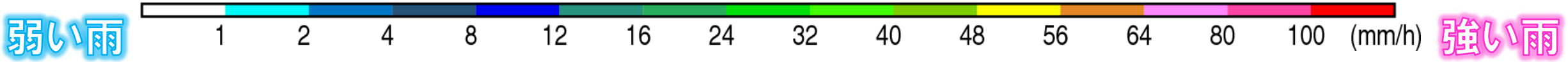


台風



局地的大雨

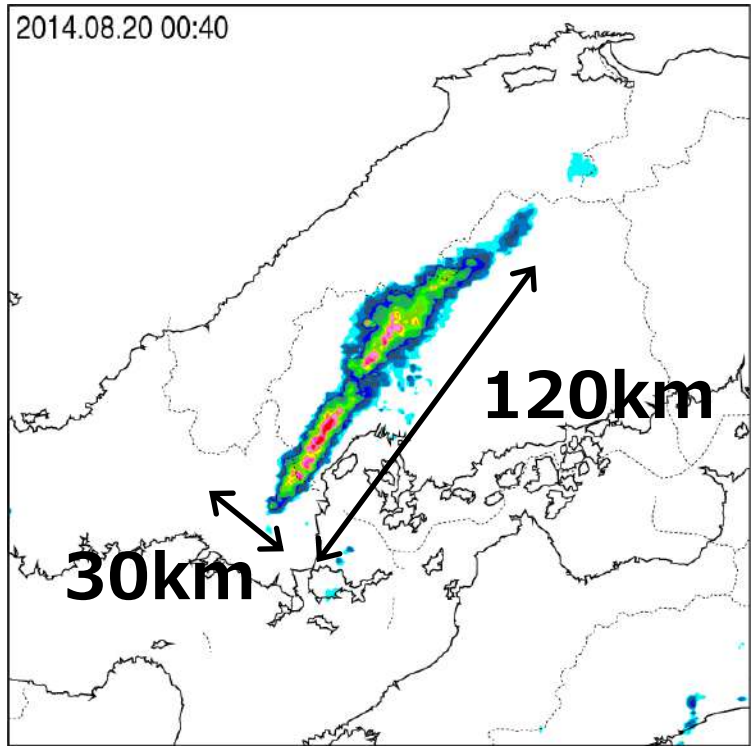




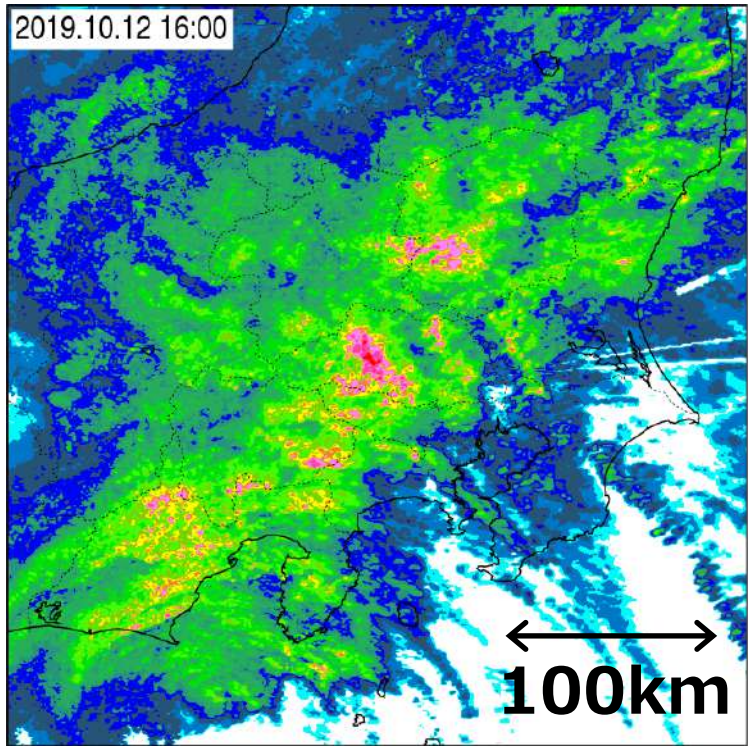
集中豪雨をもたらす雨雲（積乱雲）の形状はさまざま

気象レーダーがとらえた，さまざまな集中豪雨のようす

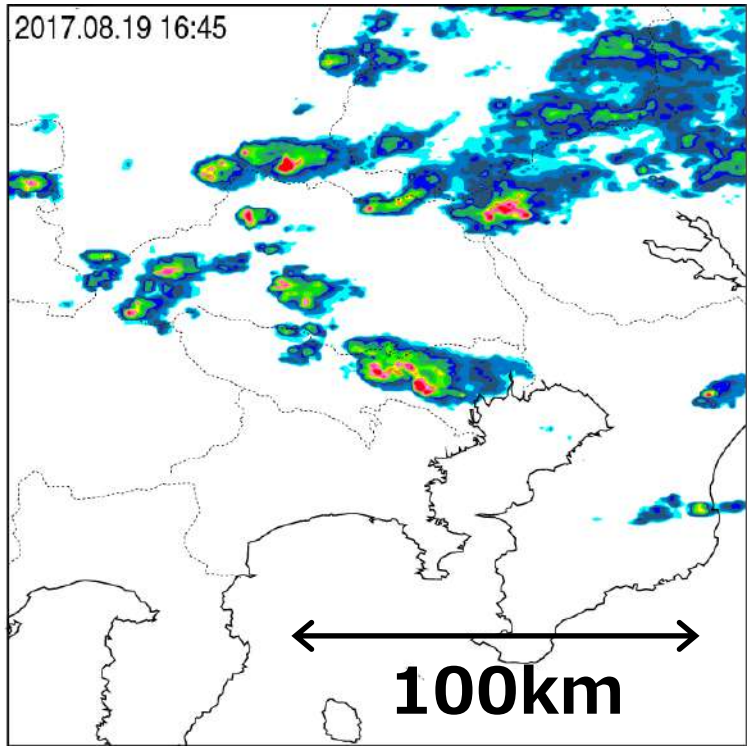
線状降水帯

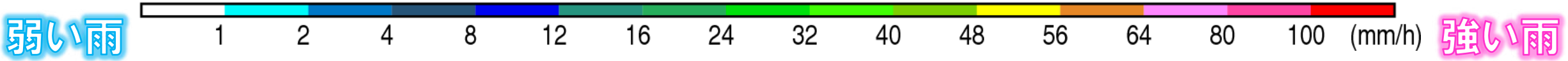


台風



局地的大雨



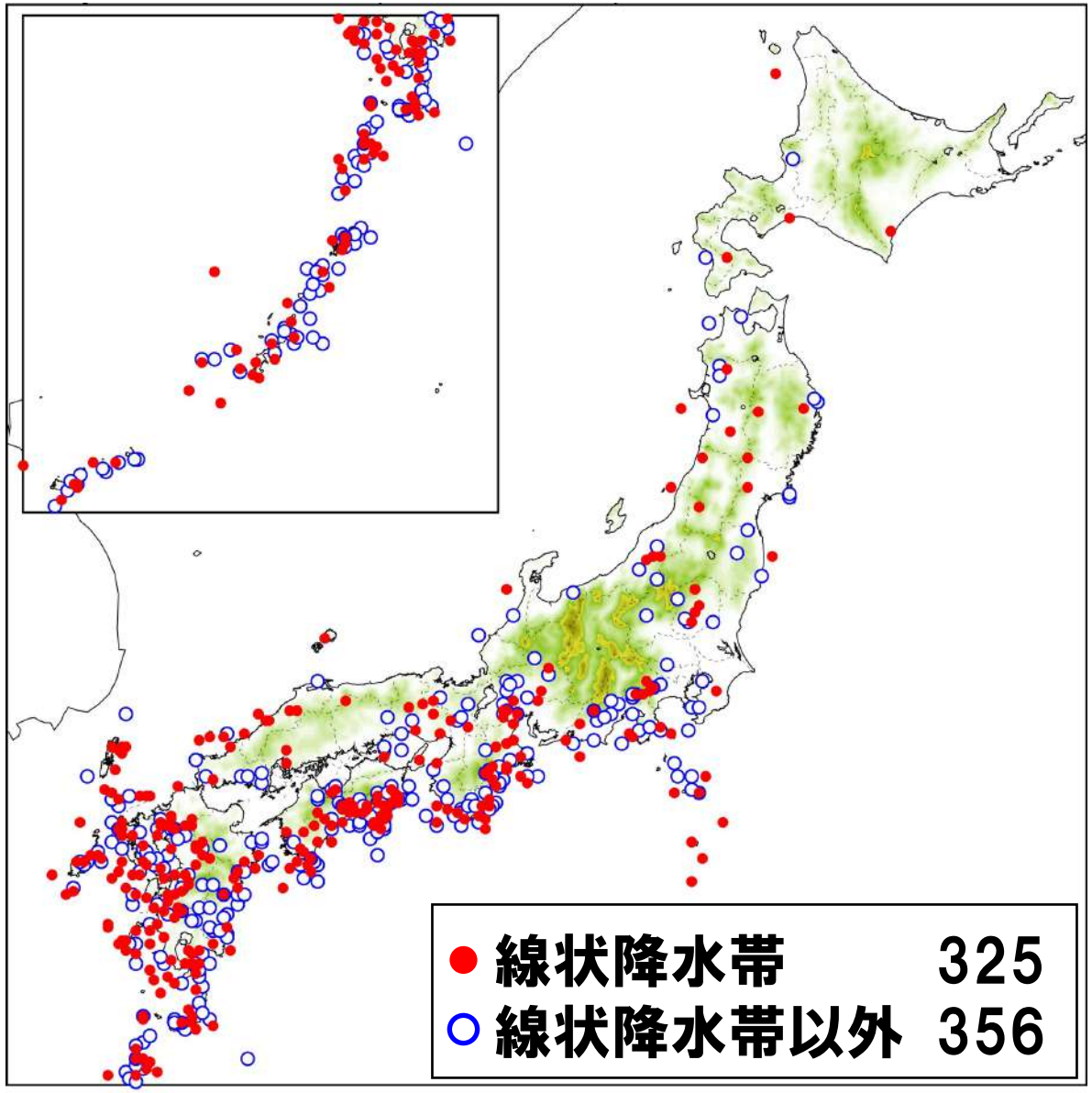


線状の雨雲が
数時間停滞

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？

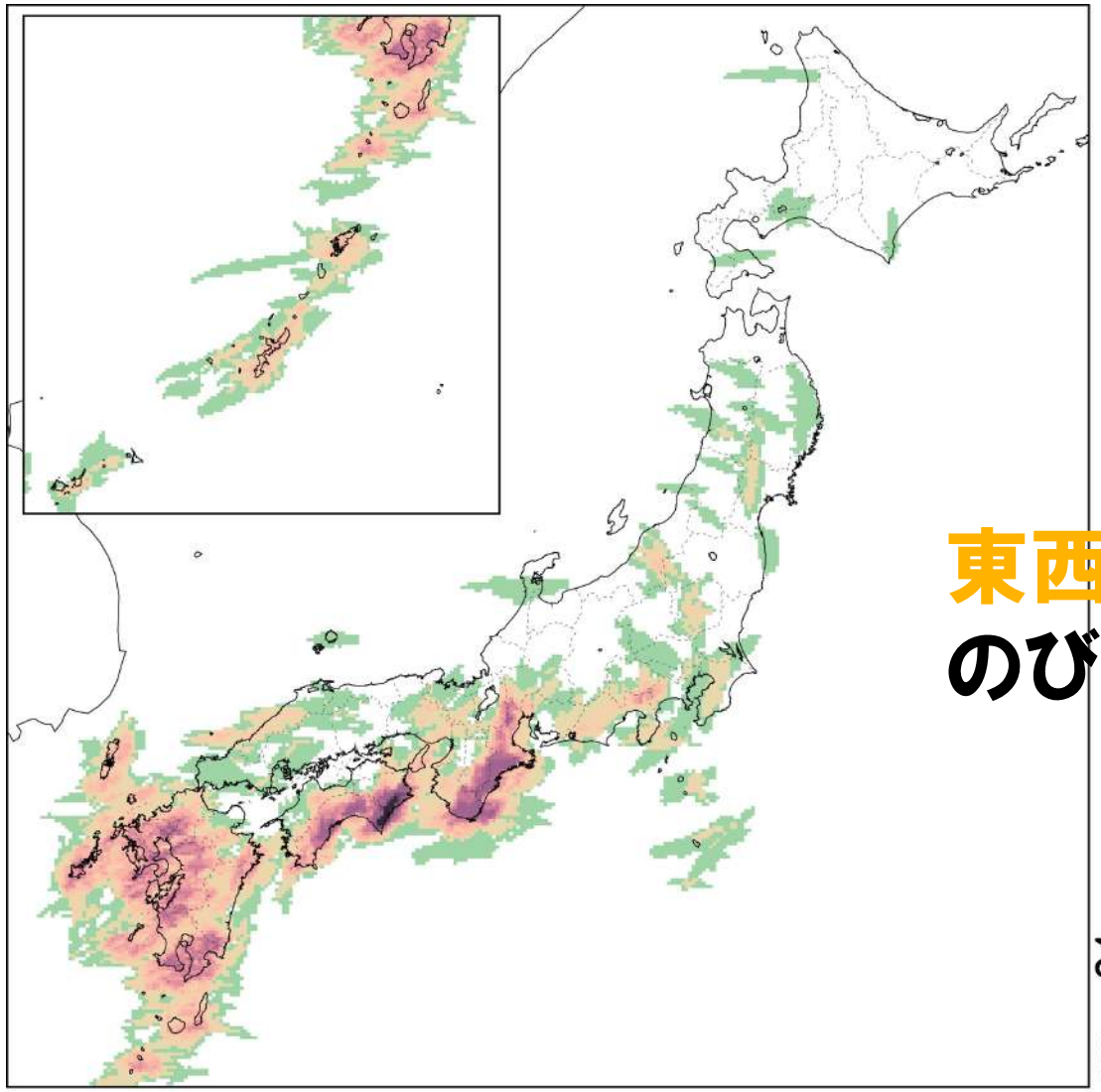


ここでは，3時間150mm以上の雨を集中豪雨と定義．2009年～2020年の4月～11月に発生した集中豪雨の分布

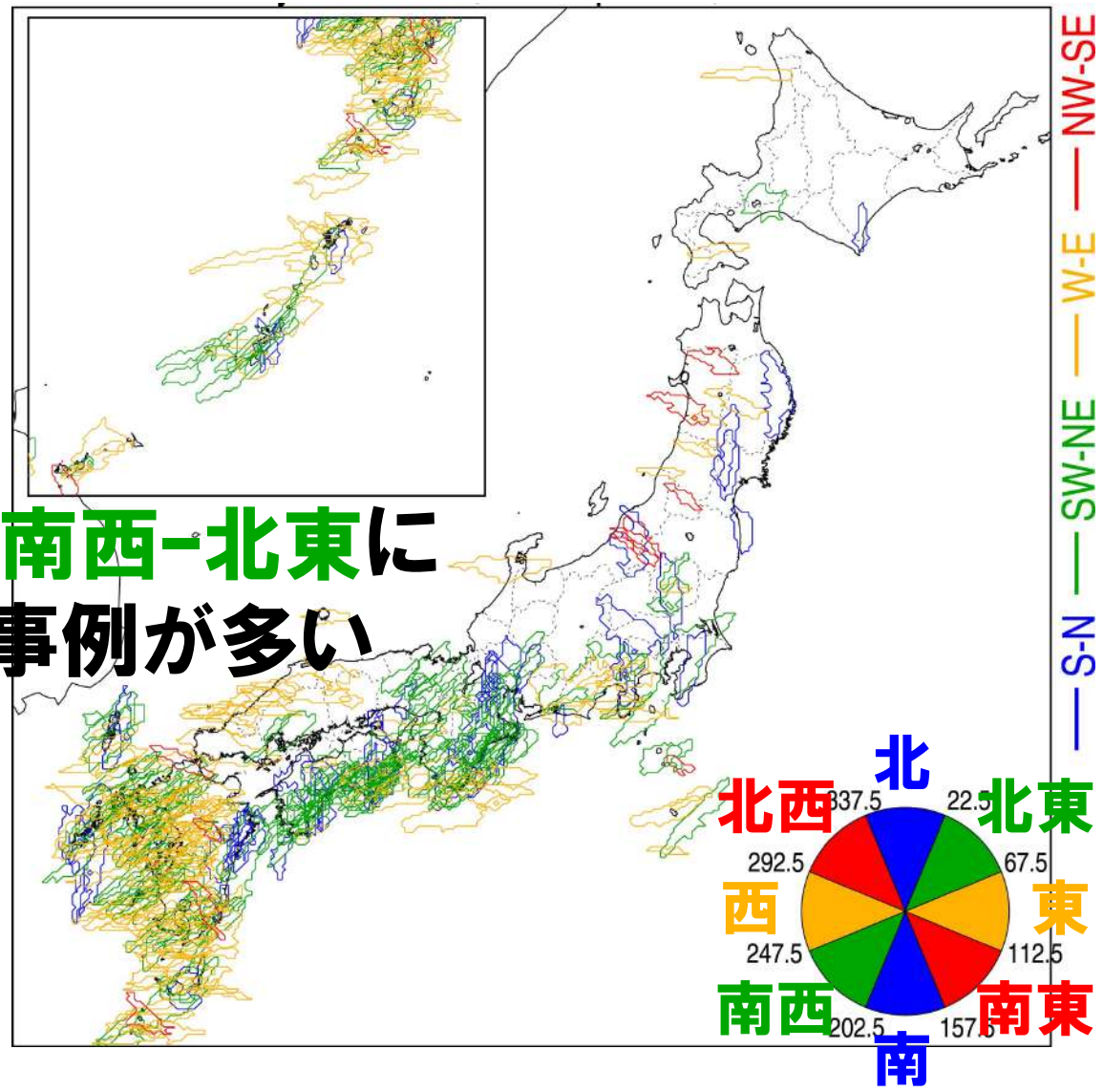
九州や，四国・近畿の太平洋側で集中豪雨が多く発生している
東北や北海道は少ないが，日本全国どこでも発生する可能性がある

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）

線状降水帯325事例の出現分布と形状

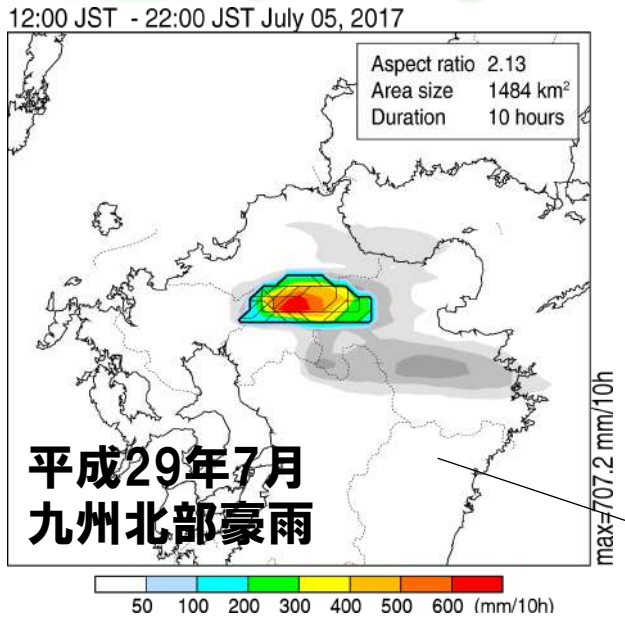


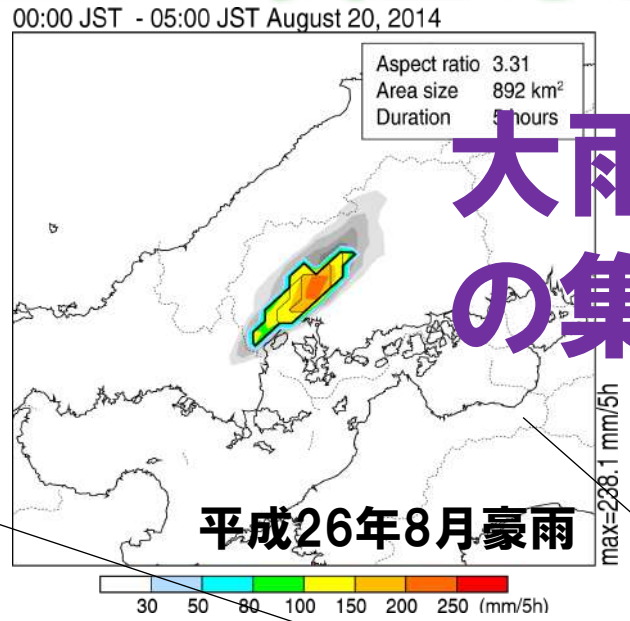
東西や南西-北東に
のびる事例が多い

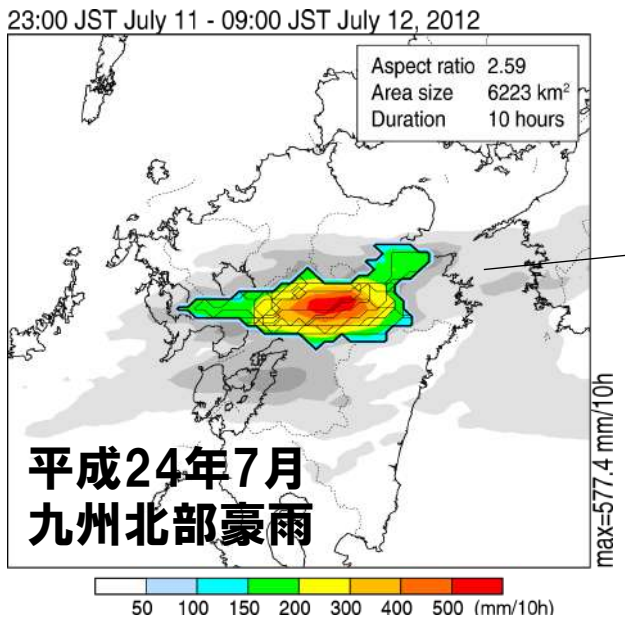


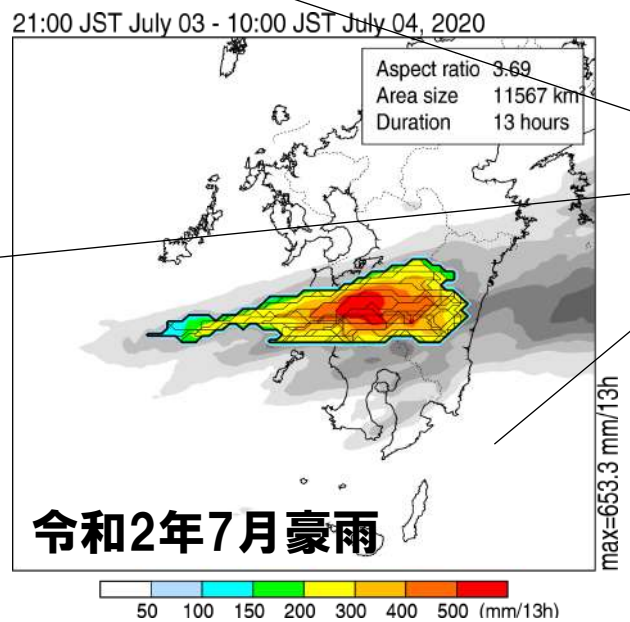
過去10年に生じた典型的な線状降水帯

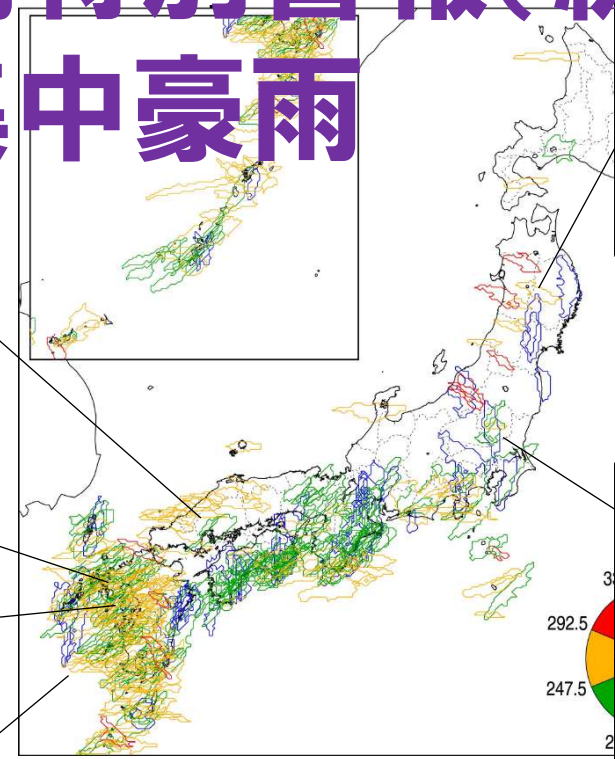
大雨特別警報(級)の集中豪雨

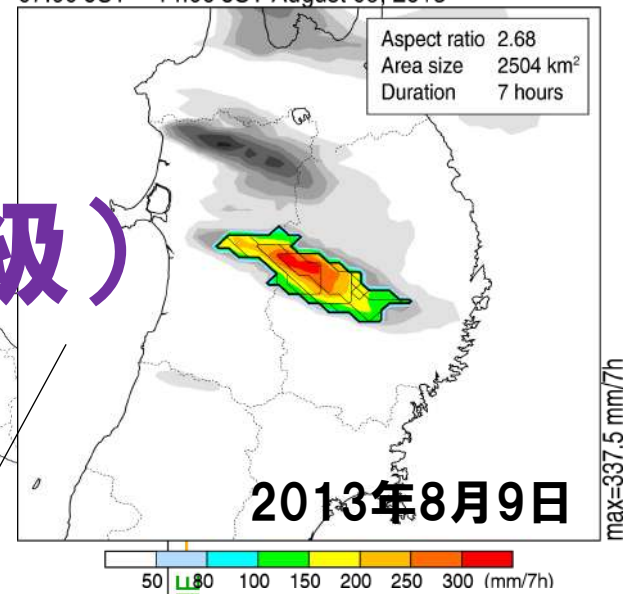




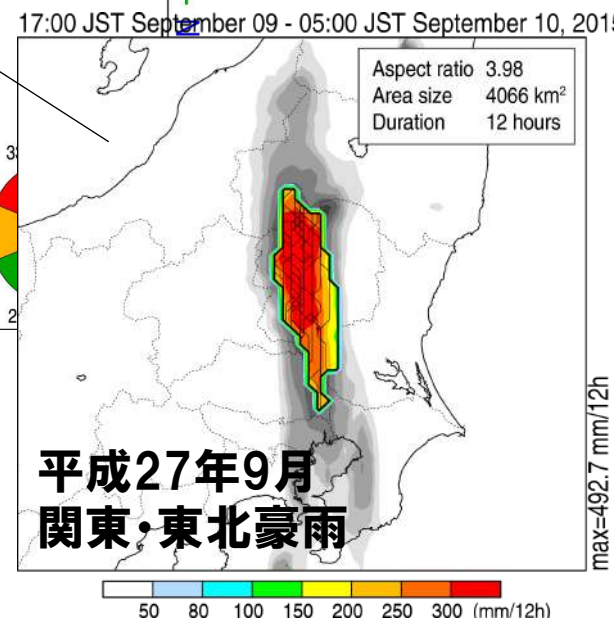






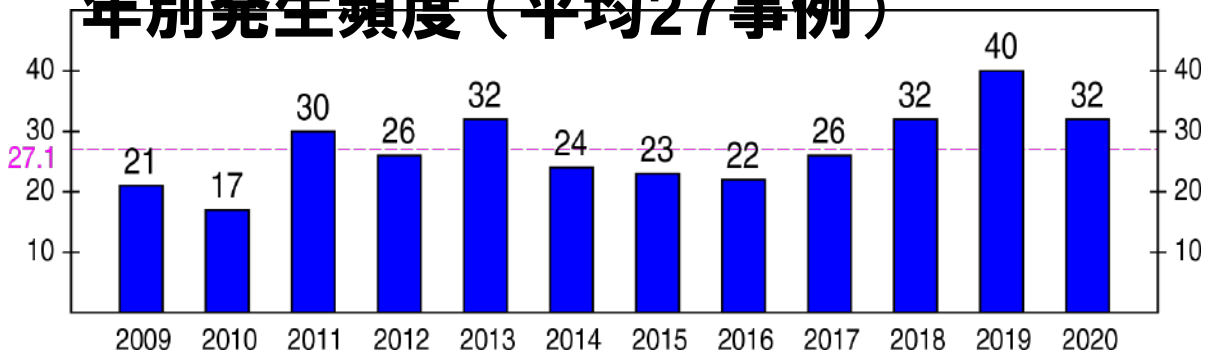


SW-NE

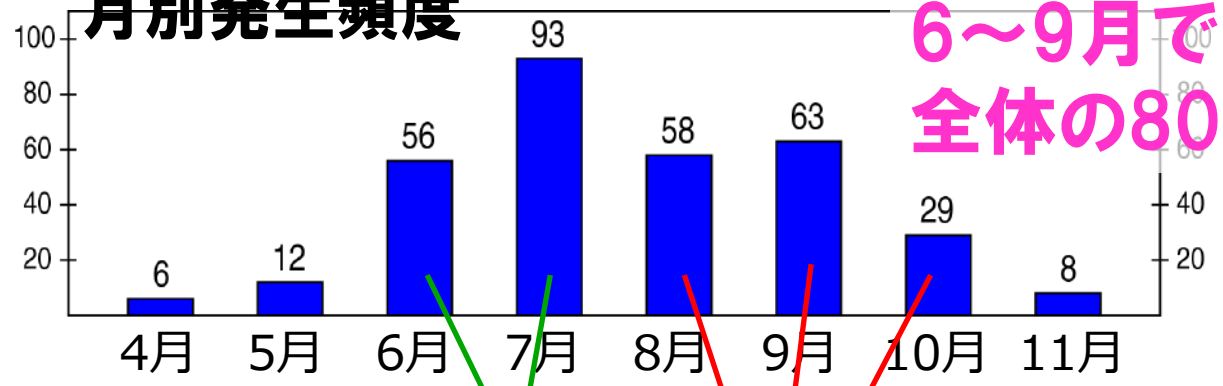


線状降水帯325事例の出現頻度

年別発生頻度（平均27事例）

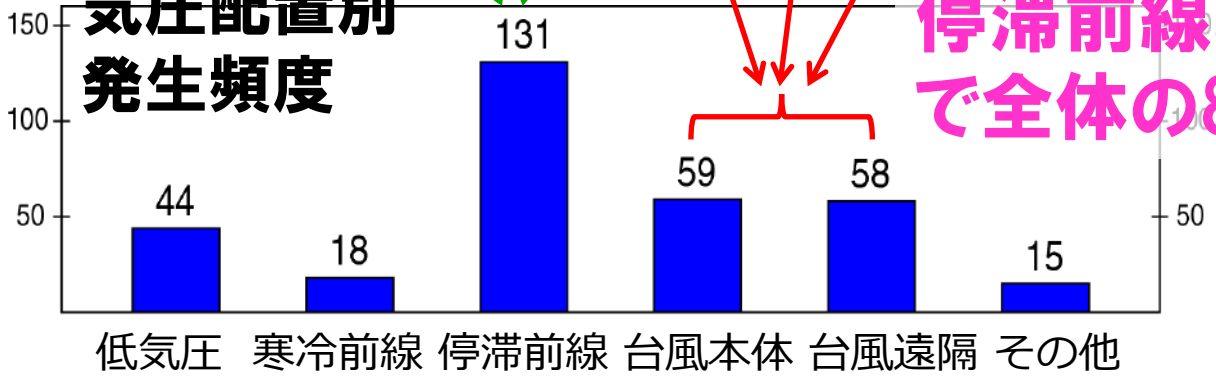


月別発生頻度



6～9月で
全体の80％超

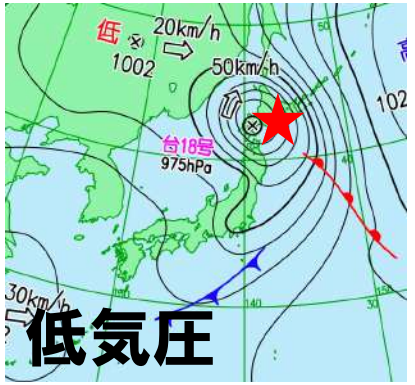
気圧配置別発生頻度

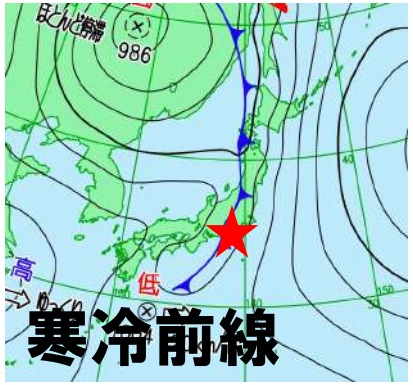


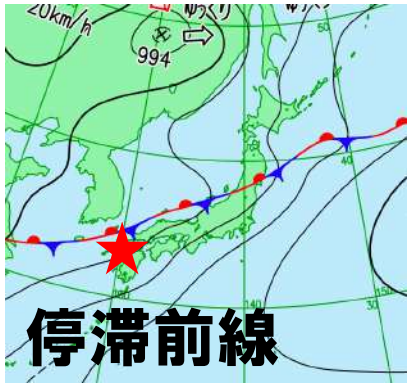
停滞前線と台風
で全体の80％弱

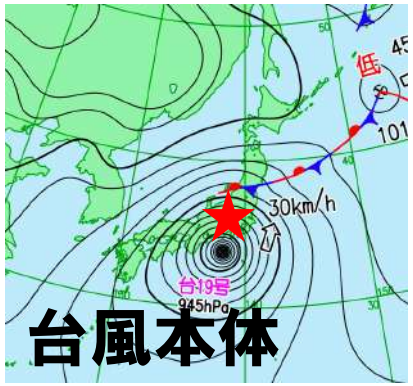
気圧配置の分類

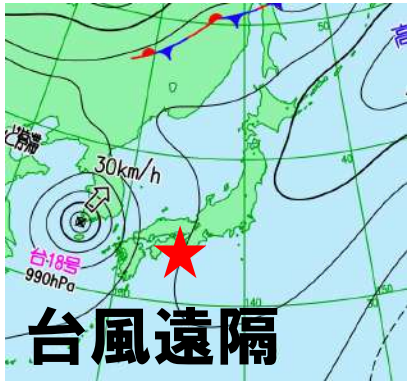
（★は線状降水帯発生位置）







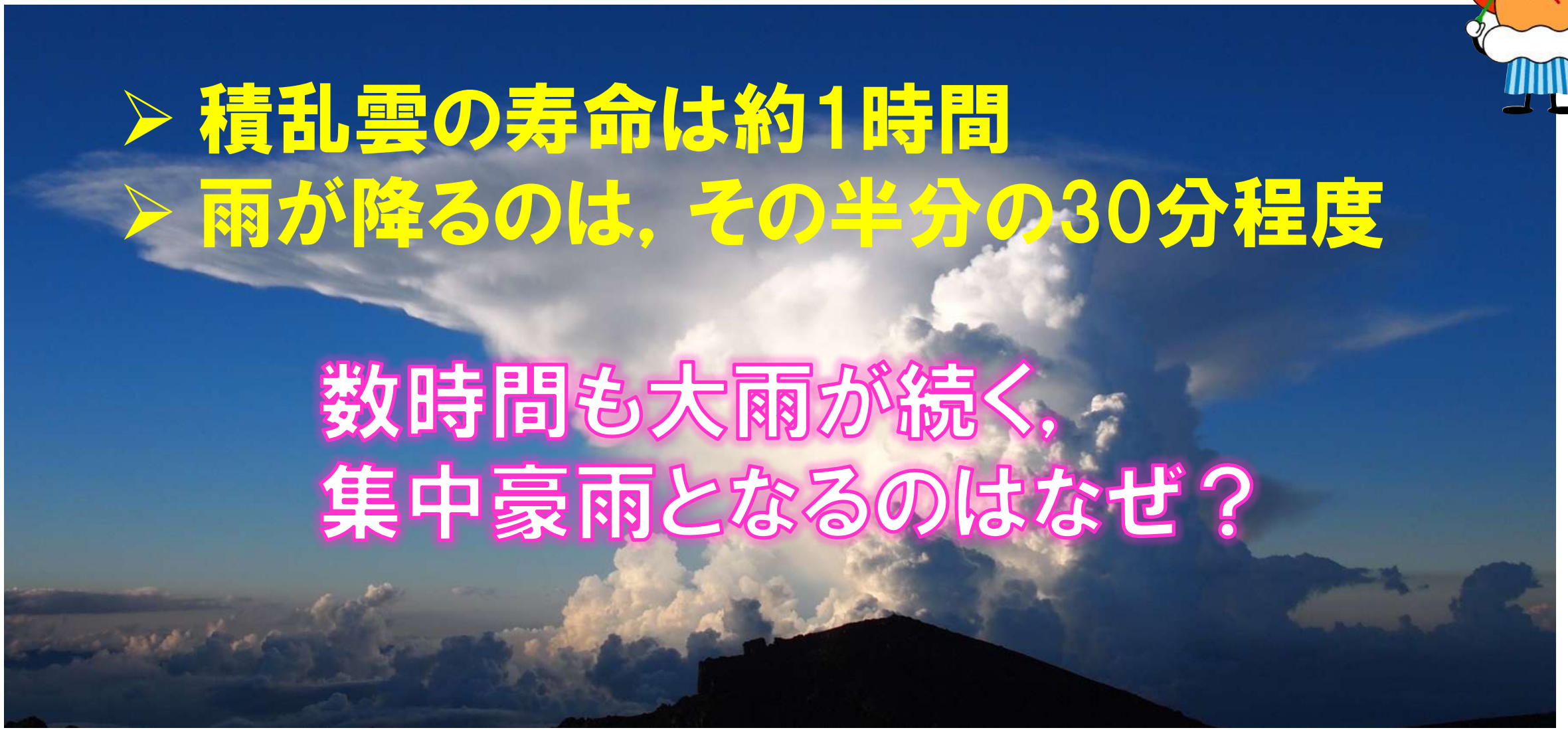




本日の話題

1. 集中豪雨と線状降水帯とは
2. 線状降水帯発生のしくみ
3. 線状降水帯予測にむけた取り組み

大雨をもたらすのは，積乱雲（入道雲）

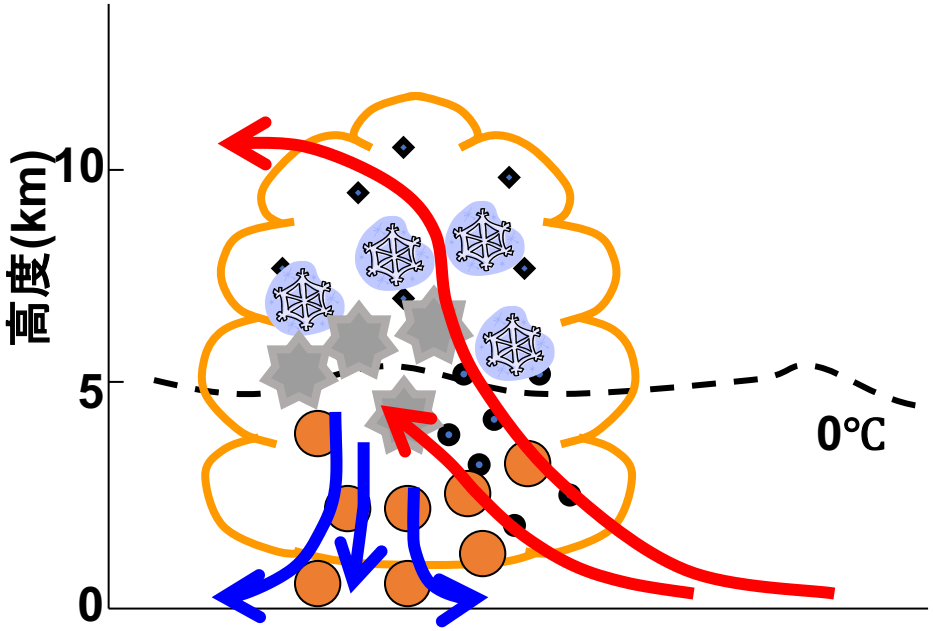


- 積乱雲の寿命は約1時間
- 雨が降るのは，その半分の30分程度

数時間も大雨が続く，
集中豪雨となるのはなぜ？

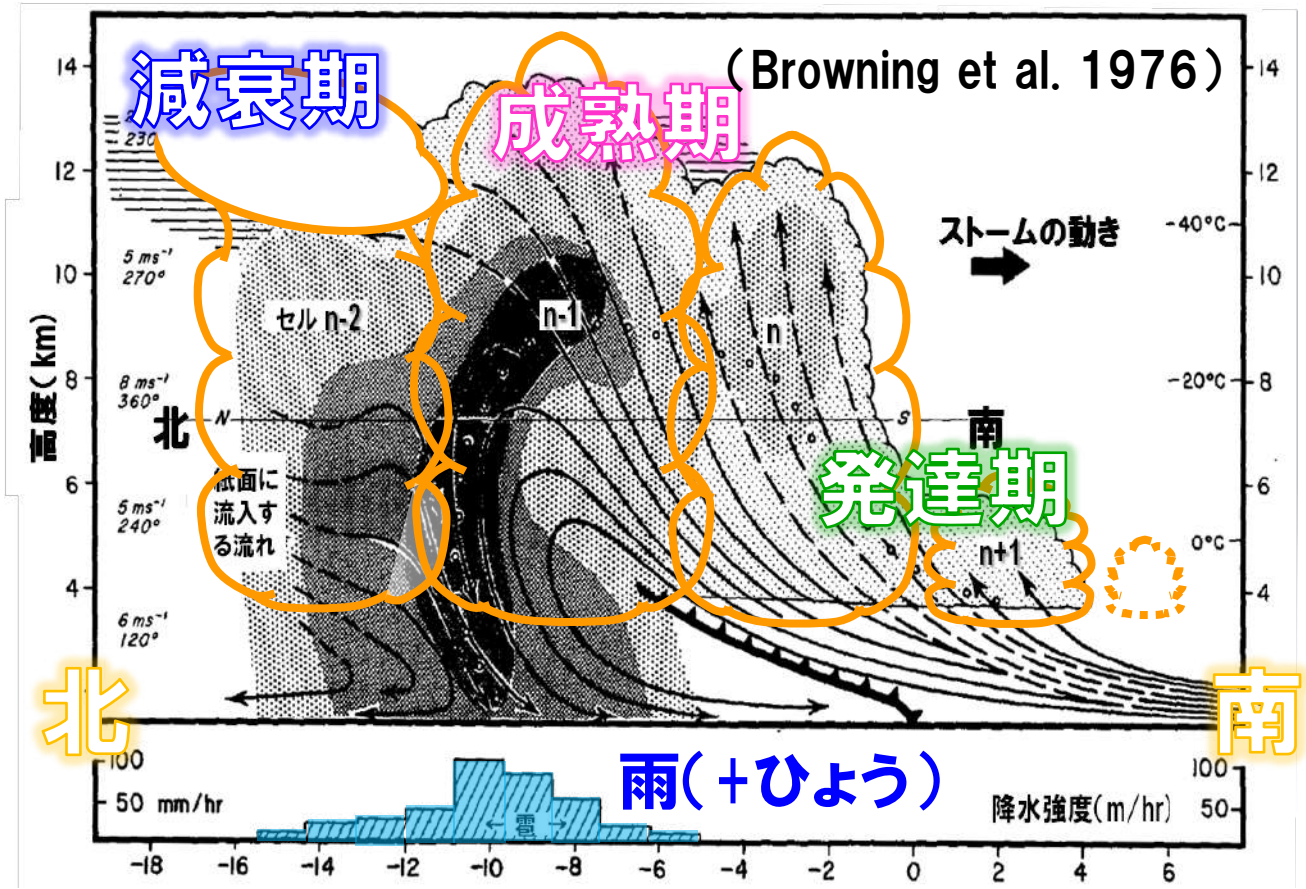
写真提供：荒木 健太郎さん（気象研究所）

ひとつでダメなら，複数だ！



普通の積乱雲
（寿命は約1時間）

複数の積乱雲から
組織化された積乱雲群



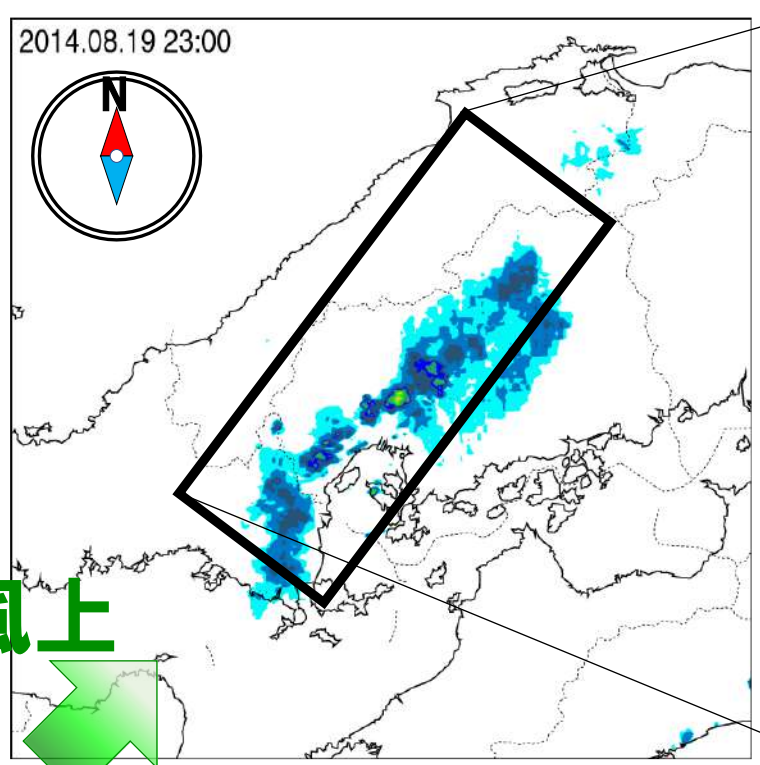
南から新しい積乱雲が繰り返し発生
➔ 積乱雲群は数時間の寿命に

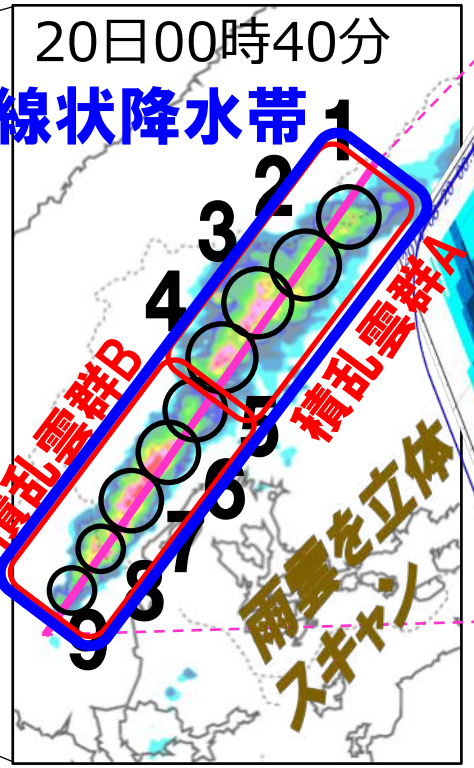
提供：加藤 輝之さん（気象研究所）

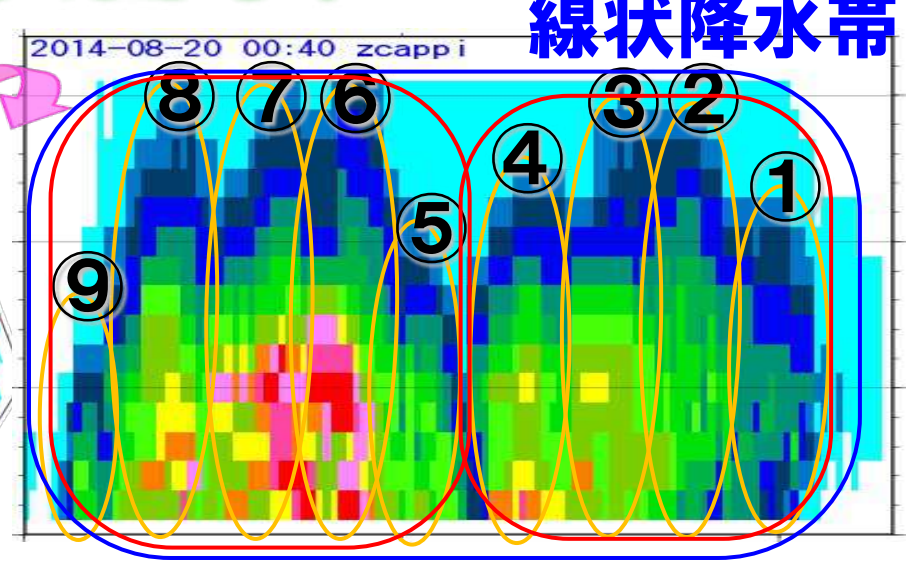
線状降水帯の構造（2014年8月広島市）

提供：加藤 輝之さん
（気象研究所）

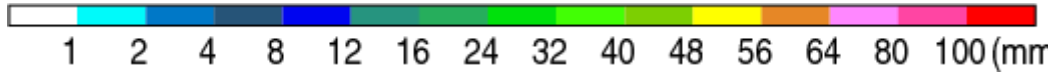
2014年8月19日23:00～20日05:00 の雨雲のようす







風上



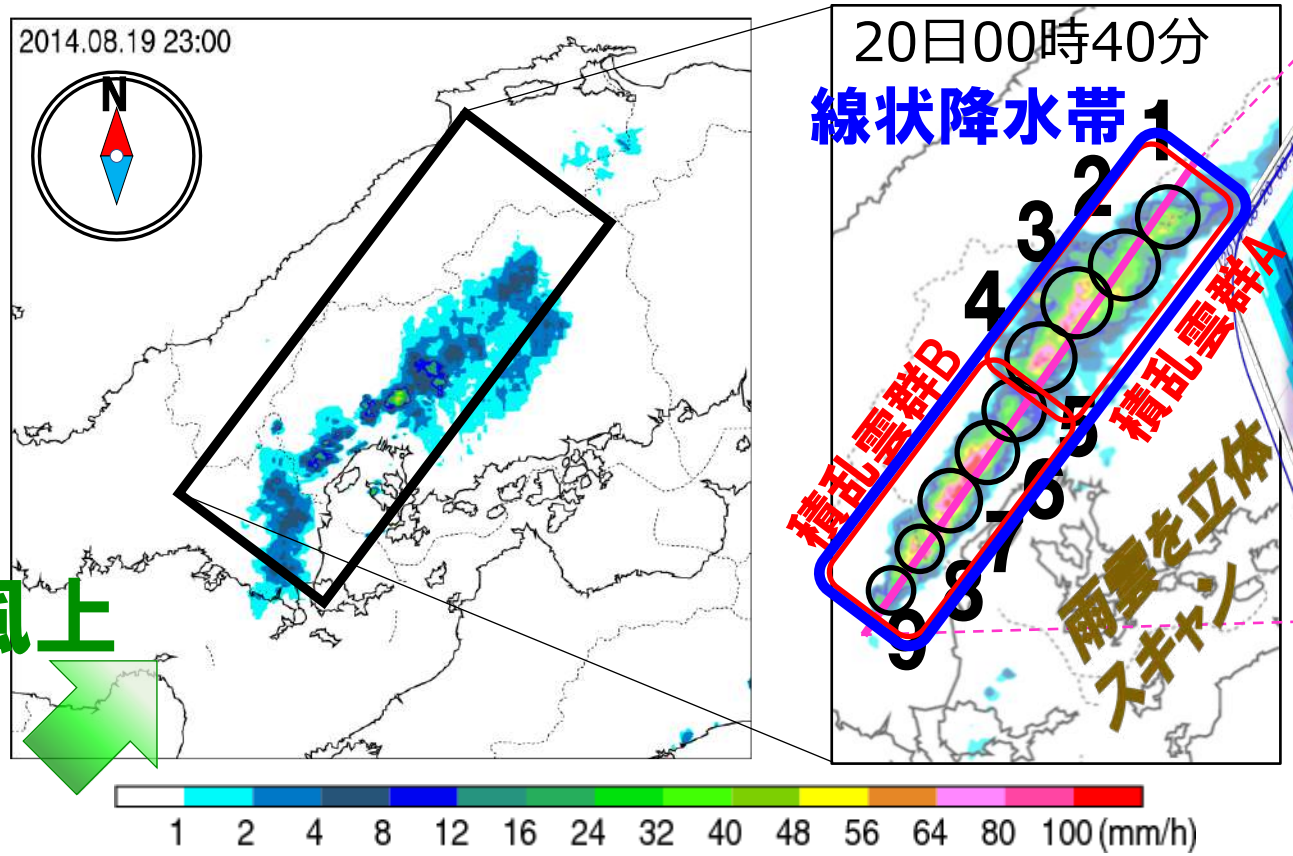
積乱雲が風上で次々と発生し、北東に移動することで線状の雨域を形成

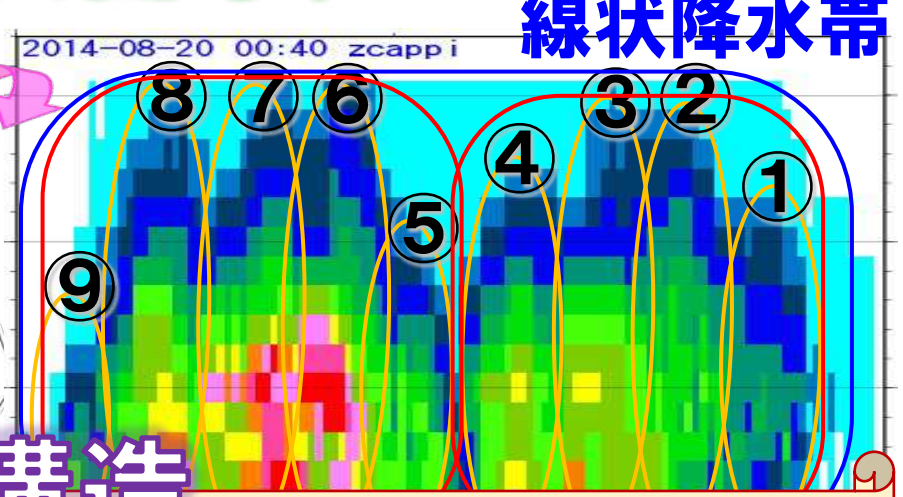
バックビルディング型

線状降水帯の構造（2014年8月広島市）

提供：加藤 輝之さん
（気象研究所）

2014年8月19日23:00～20日05:00 の雨雲のようす



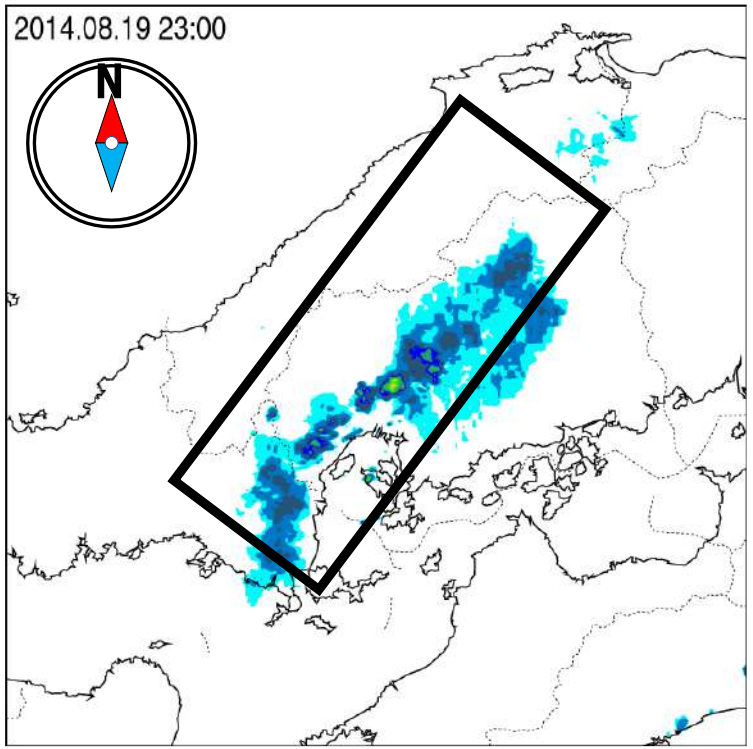


階層構造

積乱雲が風上で次々と発生し、北東に移動することで線状の雨域を形成

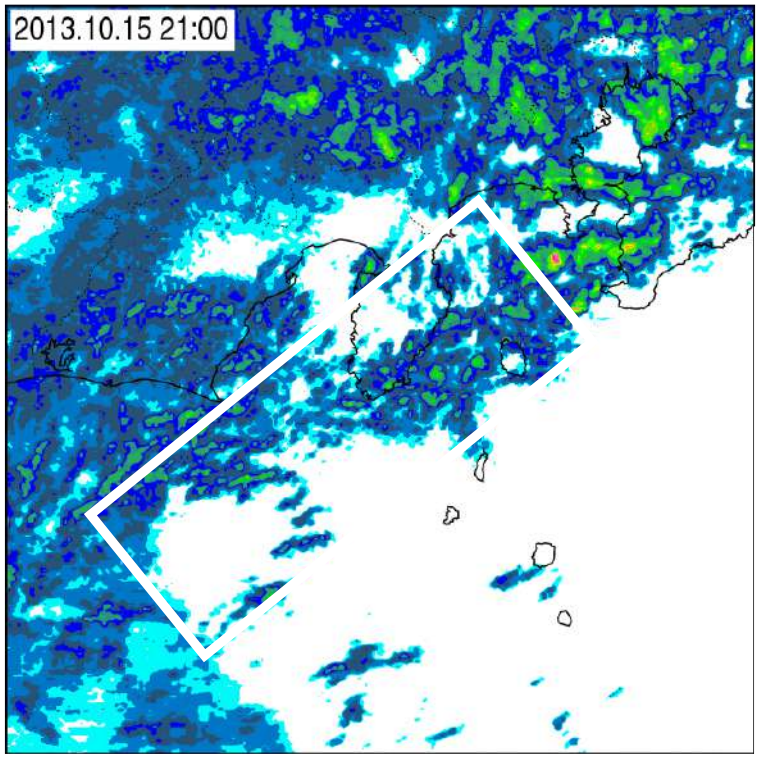
線状降水帯のさまざまな形成過程

バックビルディング型

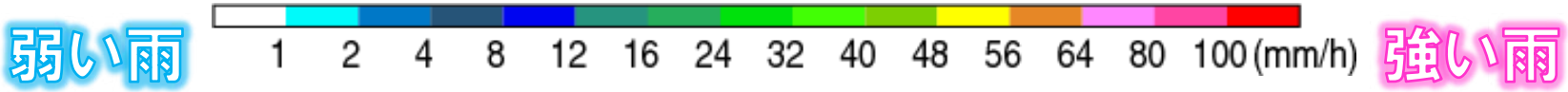


風上側で積乱雲が次々と発生し，数時間持続

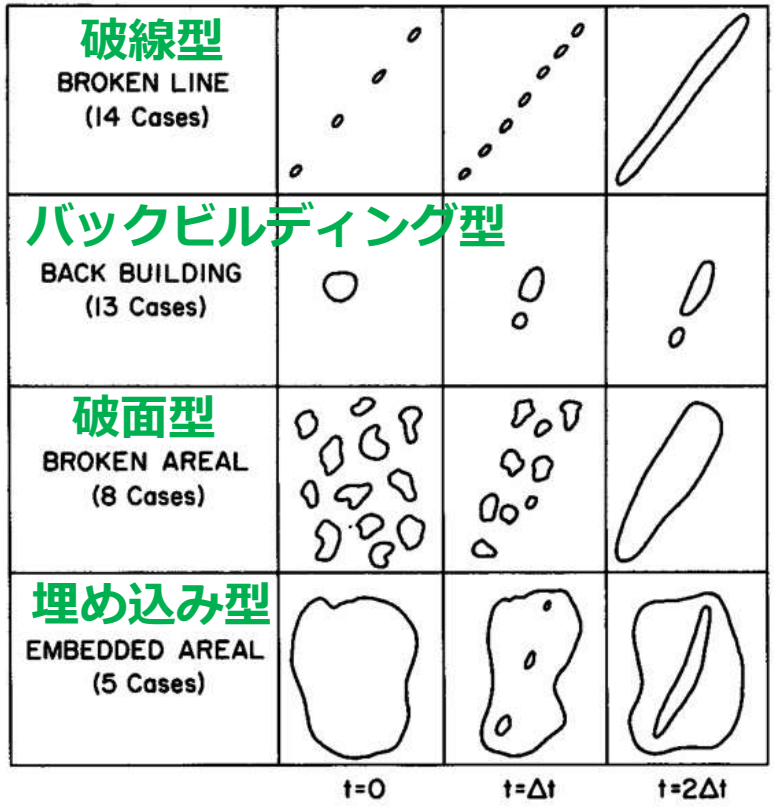
破線型



局地的な前線上で発生した複数の積乱雲により形成



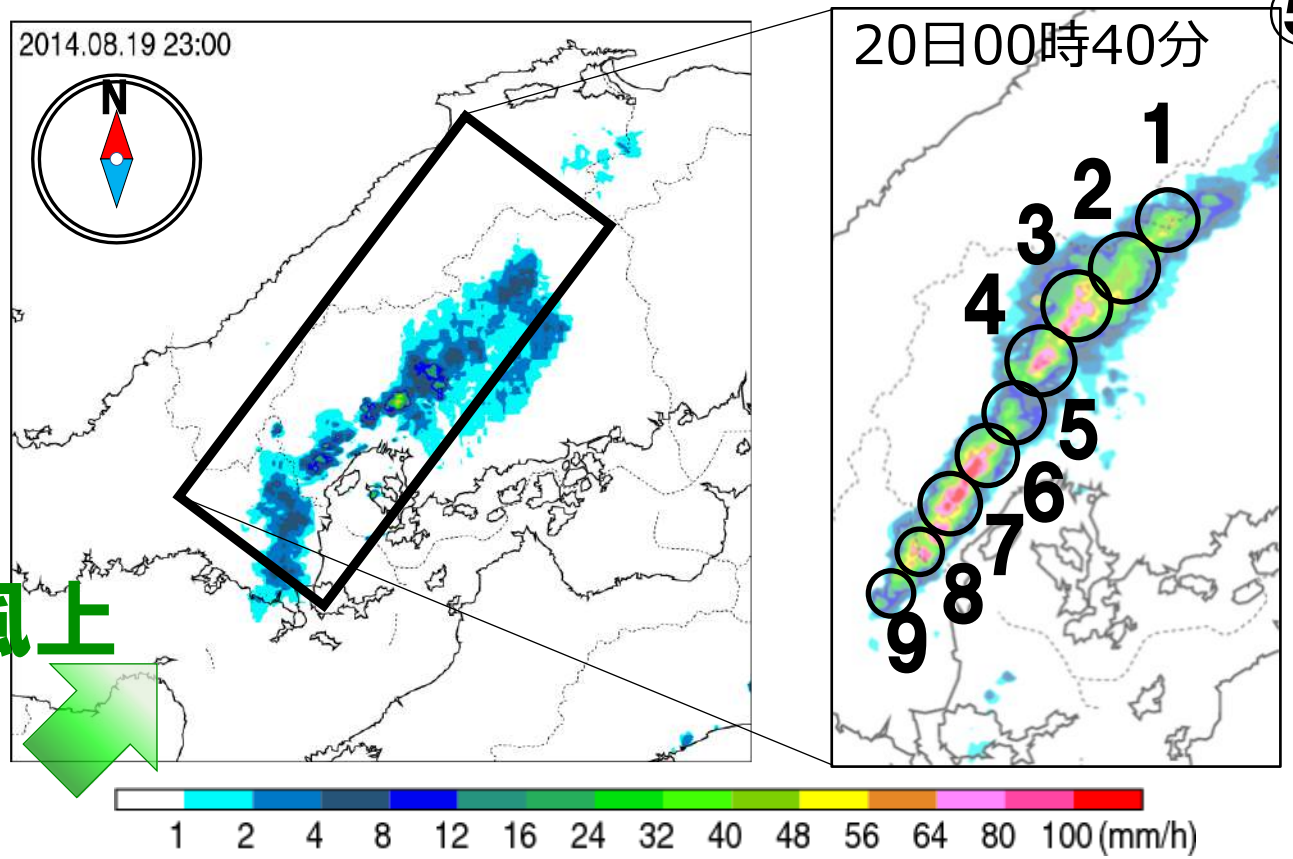
線状降水帯形成の4つのタイプ



（Bluestein and Jain 1985）

1971年～1981年の米国の気象レーダー観測をもとに分類

線状降水帯は，どのように形成するのか



積乱雲が風上で次々と発生し、北東に移動することで線状の雨域を形成

③ 持ち上げられた空気が、さらに上空まで上昇

不安定な大気状態

⑤ 上空の強い風によって、積乱雲が風下へ移動する

④ 大気が湿っている

② 暖かく湿った空気が上空へ持ち上げられる

① 暖かく湿った空気が持続して流れ込む

線状降水帯の形成条件

線状降水帯は，どのように形成するのか

☺ わかっていること

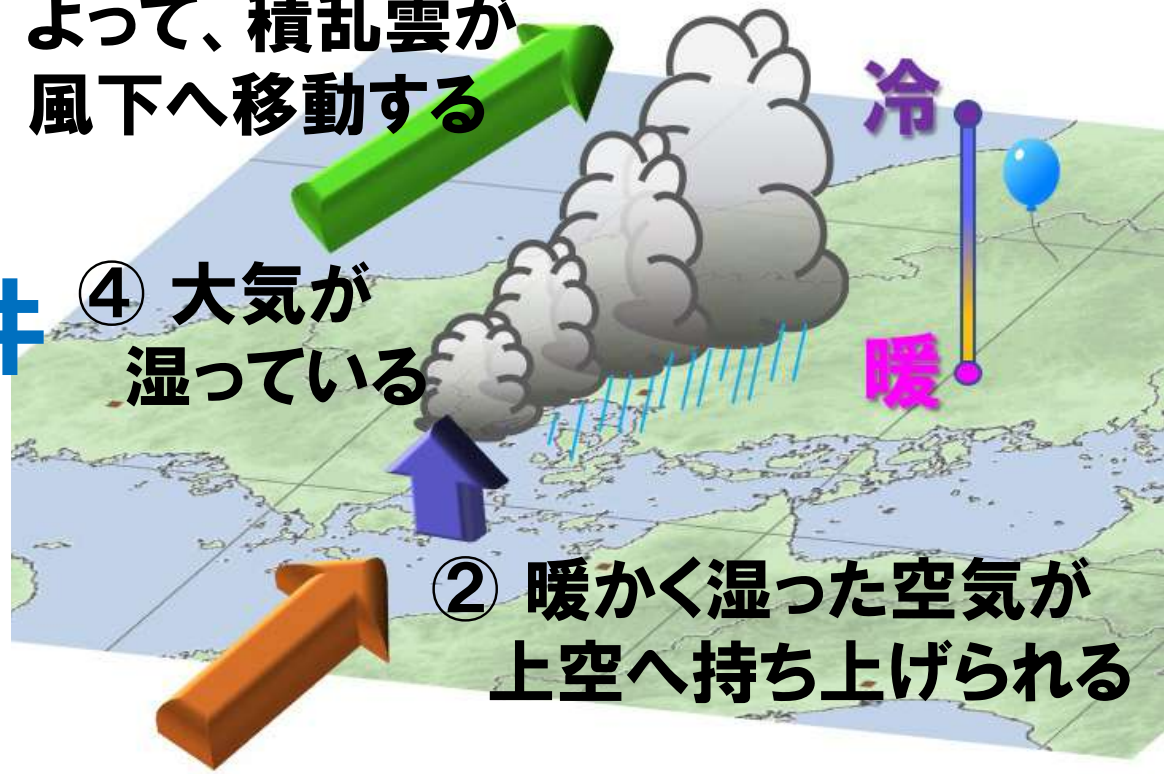
①～⑤の条件が**満たされる**場合に線状降水帯が形成されやすい

⇕ 必要条件≠十分条件

😐 わかっていないこと

①～⑤の条件が、**いつから・どこで・どの程度**満たすことが必要であるかわかっていない

⇒ **的確な予測は難しい**



線状降水帯の形成条件

線状降水帯は，どのように形成するのか

合格

ハンバーグをつくる

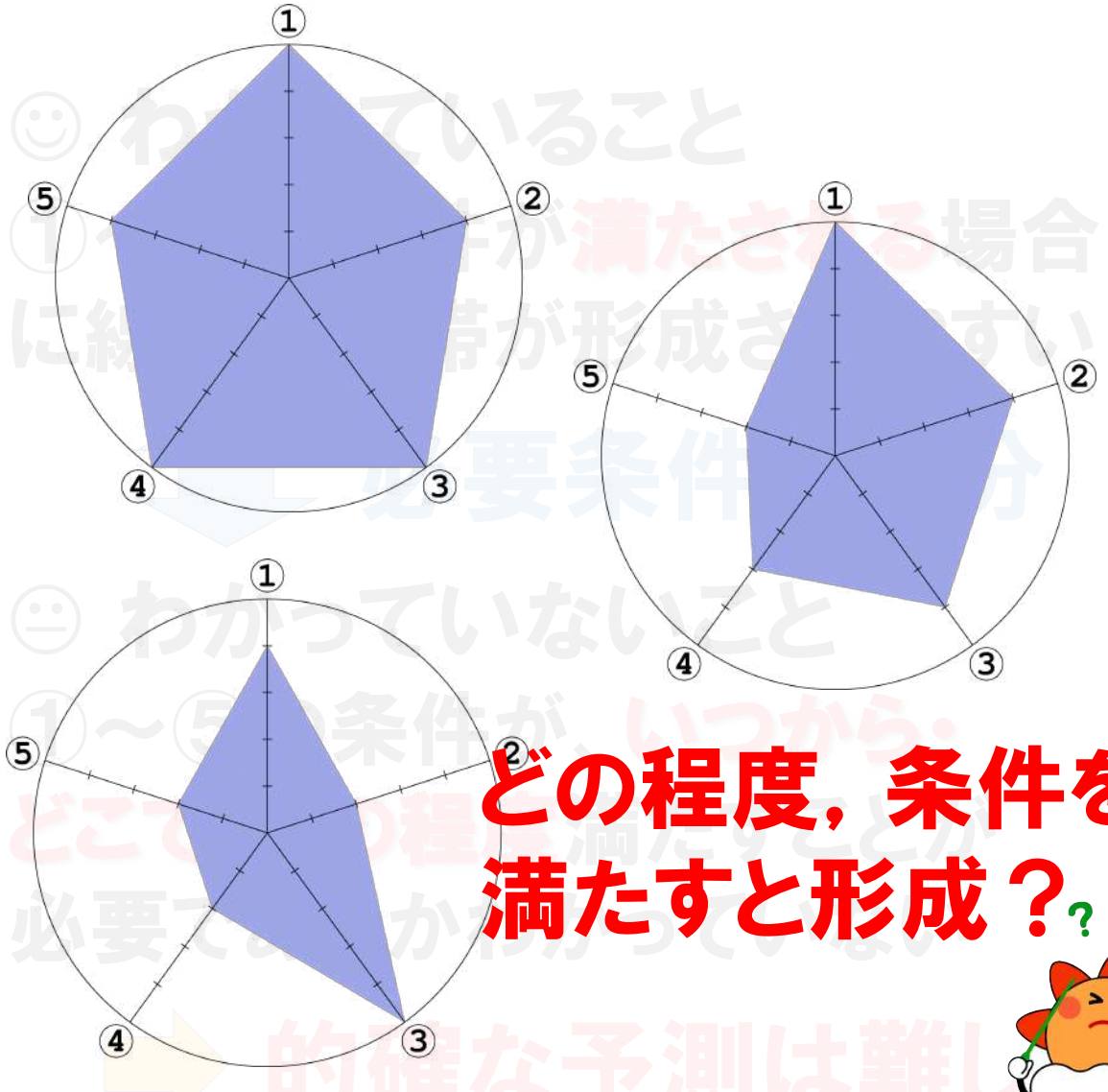
手順は知ってても・・・

できあがりは

千差万別

線状降水帯の形成条件

線状降水帯は，どのように形成するのか

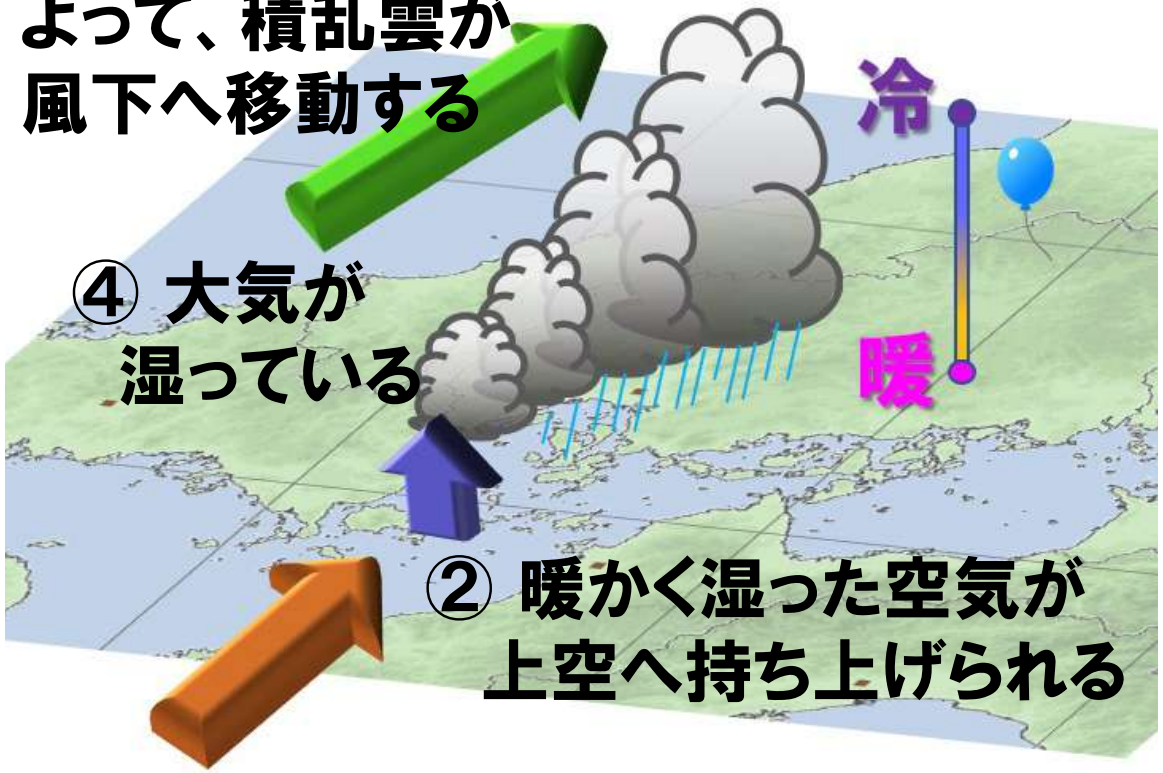


どの程度，条件を満たすと形成？

⑤ 上空の強い風によって、積乱雲が風下へ移動する

③ 持ち上げられた空気が、さらに上空まで上昇

不安定な大気状態



④ 大気が湿っている

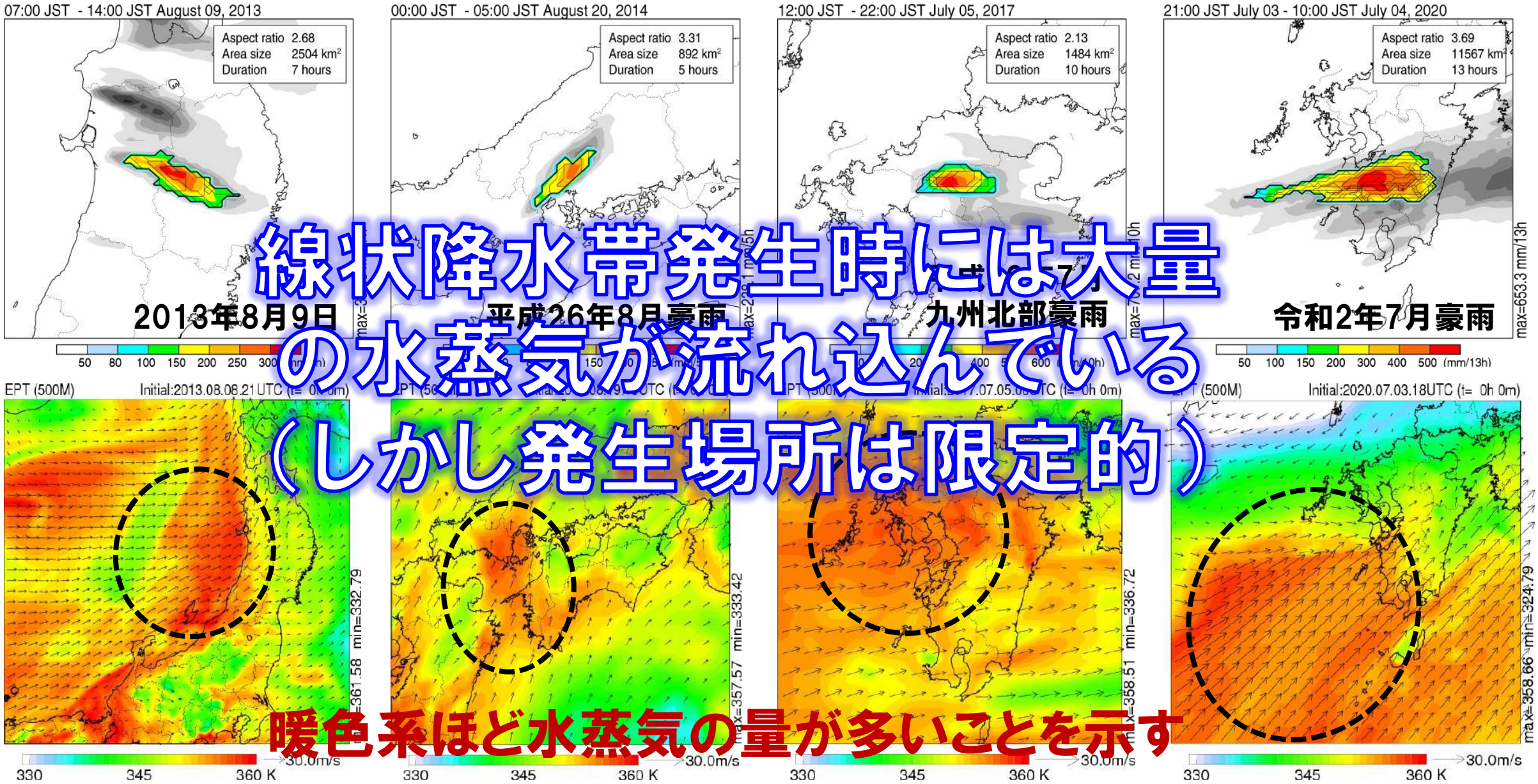
② 暖かく湿った空気が上空へ持ち上げられる

① 暖かく湿った空気が持続して流れ込む

線状降水帯の形成条件

線状降水帯は、どのように形成するのか

水蒸気に着目



線状降水帯発生時には大量の水蒸気が流れ込んでいる（しかし発生場所は限定的）

暖色系ほど水蒸気の量が多いことを示す

本日の話題

1. 集中豪雨と線状降水帯とは
2. 線状降水帯発生のしくみ
3. 線状降水帯予測にむけた取り組み

物理や数学，化学等の知識から大気のふるまいを予想

大雨の要因は積乱雲

写真提供：荒木 健太郎さん（気象研究所）

物理や数学，化学等の知識から大気のふるまいを予想

冷

相変化

氷

水

水蒸気

暖

運動方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+\omega\frac{\partial u}{\partial p}-fv=-\frac{\partial \phi}{\partial x}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+\omega\frac{\partial v}{\partial p}+fu=-\frac{\partial \phi}{\partial y}$$

静水圧平衡の式

$$\frac{\partial \phi}{\partial p}=-\frac{1}{\rho}=\alpha$$

質量保存則

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial \omega}{\partial p}=0$$

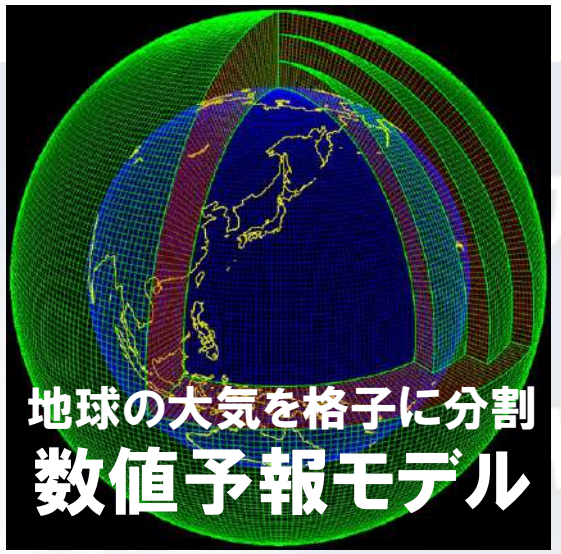
エネルギー保存則

$$\frac{d\theta}{dt}=\frac{\theta}{C_pT}\dot{Q}$$

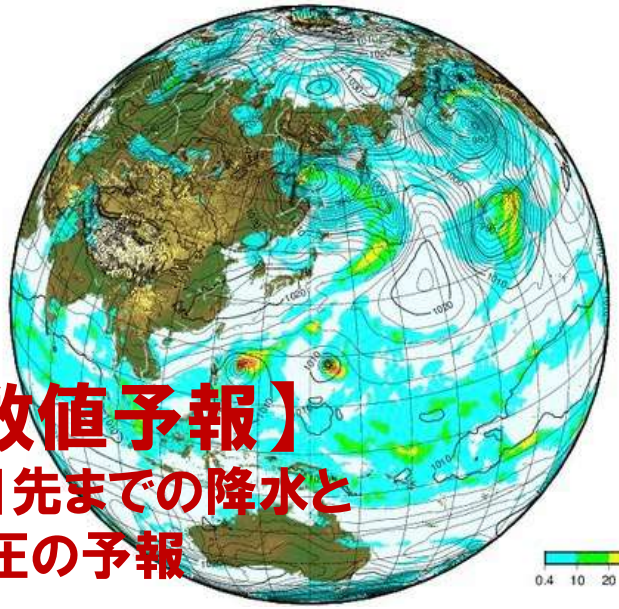
状態方程式

$$\alpha=\frac{\theta R_d}{p}\left(\frac{p}{p_{00}}\right)^{R_d/C_p}$$

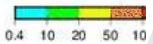
大気の流れを方程式で表現



GSM−TL959L100 2019.11.14.12UTC FT=012



【数値予報】
9日先までの降水と
気圧の予報

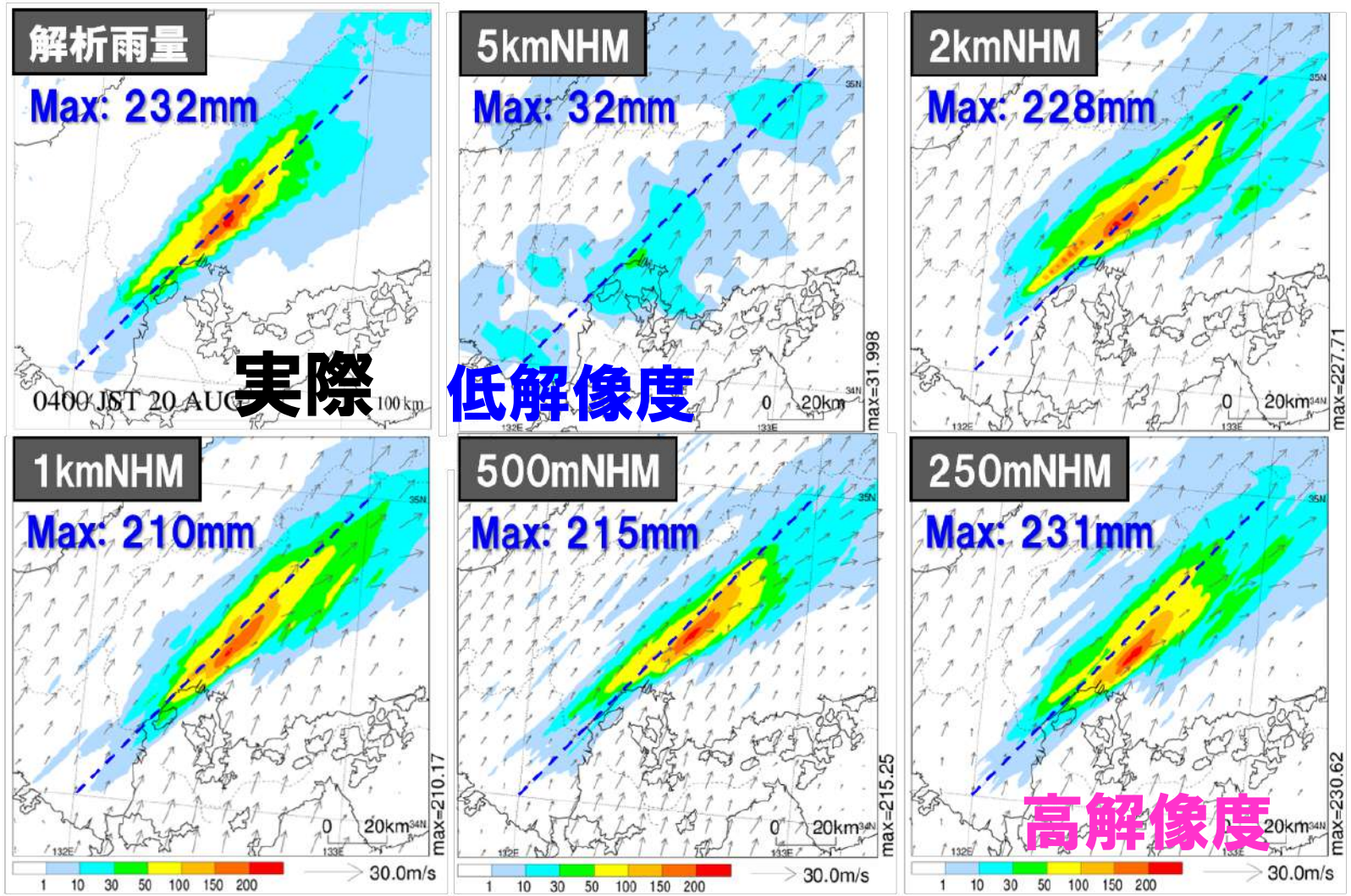


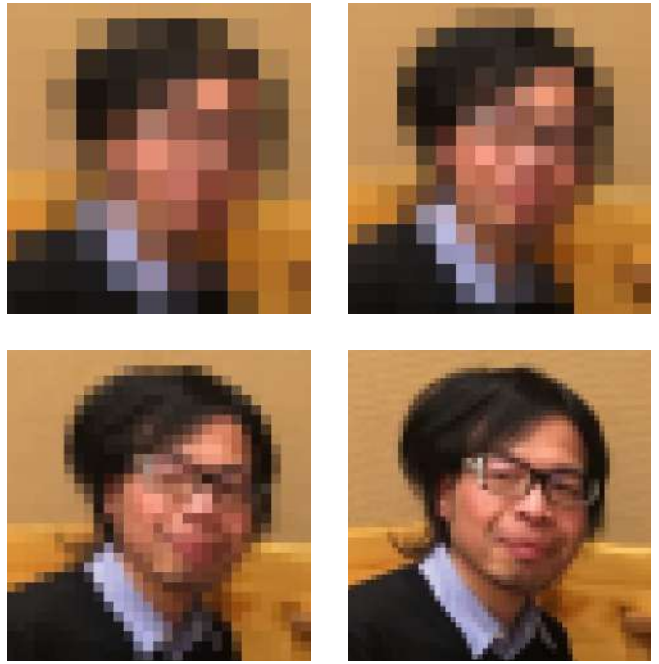
空気の流れ

ん（気象研究所）

線状降水帯は，数値予報モデルで予測できる？

19日18時初期値の結果（20日01-04時の3時間降水量）





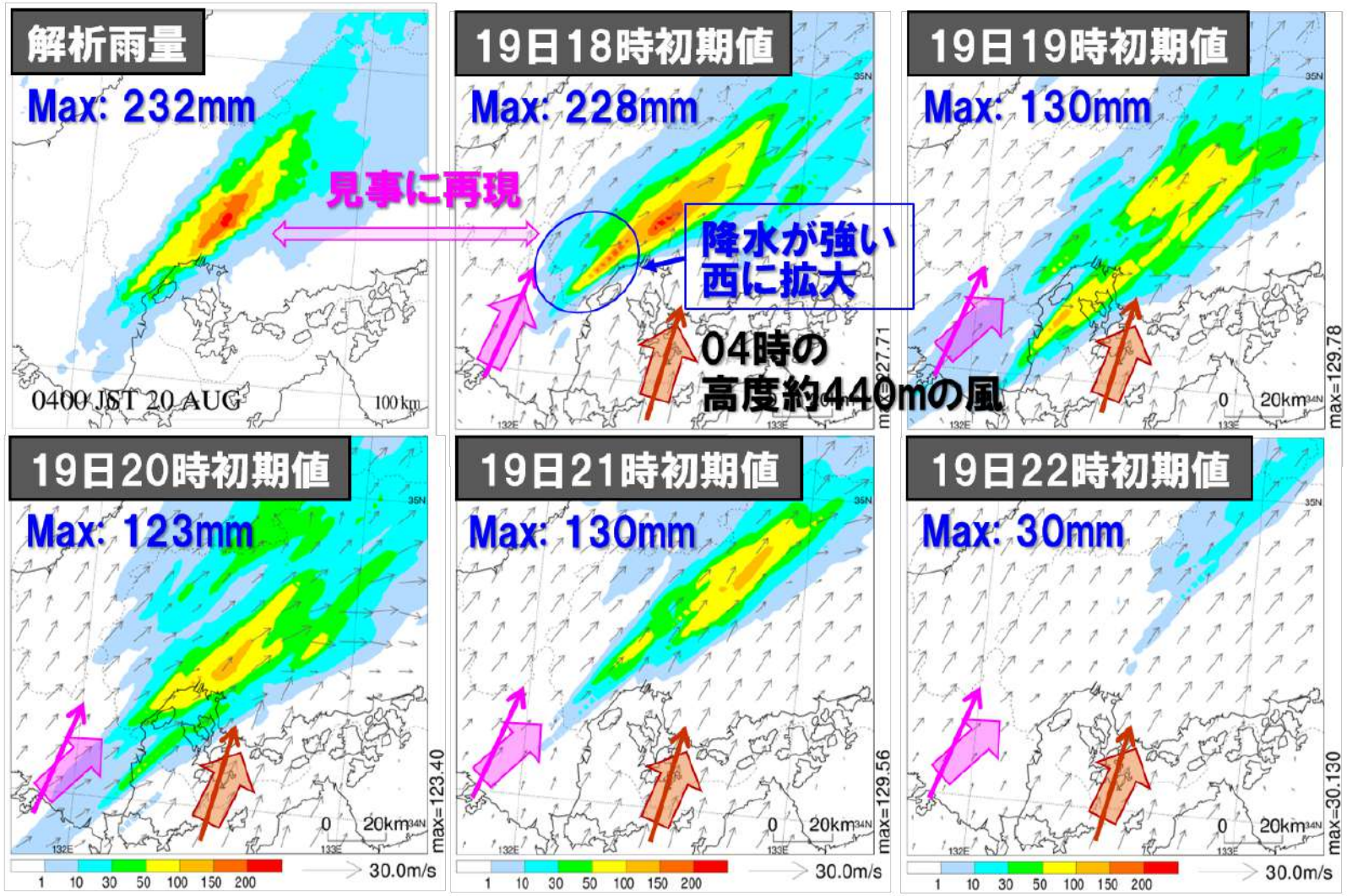
解像度が上がると，現象をより詳細に表現できる

本ケースでは、水平分解能2kmがあれば線状降水帯を予測可能

提供：加藤 輝之さん（気象研究所）

線状降水帯は，数値予報モデルで予測できる？

2kmNHMの結果（20日01-04時の3時間降水量）



しかし水平分解能2kmの数値予報モデルでも，初期値が異なる（計算を始める時刻とそのときの大気条件が異なる）と，線状降水帯をうまく予測できない場合も…

線状降水帯の予測は難しい

流入する下層風の風向や強さで線状降水帯の発生予想位置が異なる

提供：加藤 輝之さん（気象研究所）

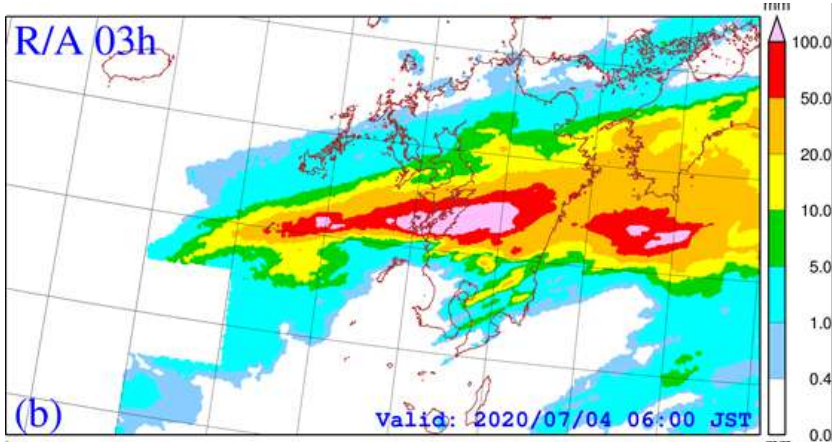
アンサンブル予報※活用への期待

※複数のシナリオを提案可能な予測手法

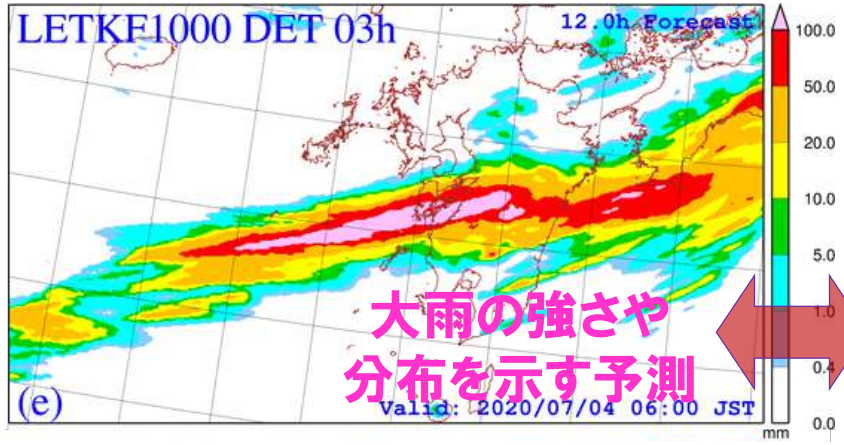
スーパーコンピュータ「富岳」の予測

2020年7月4日に熊本県球磨川流域で発生した線状降水帯

実際の降水分布

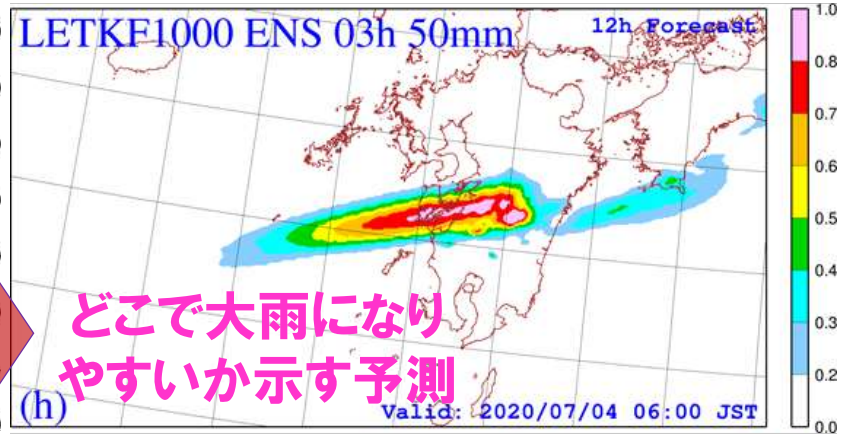


降水予測



大雨の強さや
分布を示す予測

3時間50mm以上の確率予測



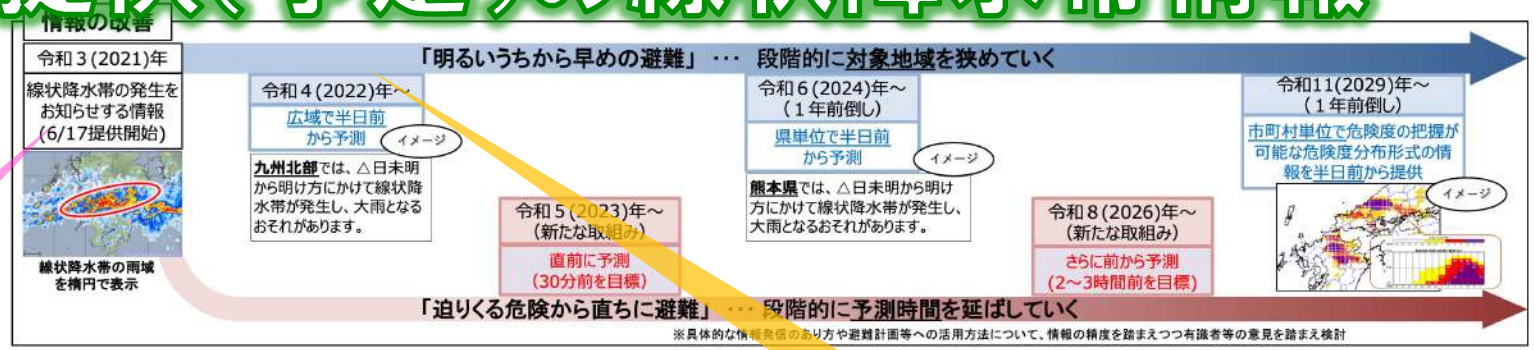
どこで大雨になり
やすいか示す予測

提供：Le Ducさん（東京大学）、川畑 拓矢さん（気象研究所）

スーパーコンピュータ「富岳」で1000通りの予測をすることで，
降水予測は実際の降水分布に近く，大雨の発生確率も予測できる

気象庁提供(予定)の線状降水帯情報

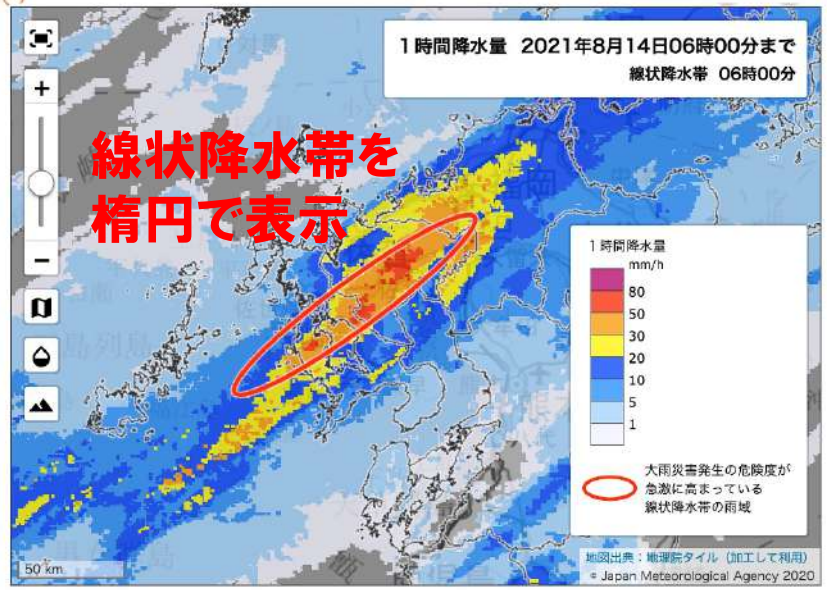
2021年6月21日
運用開始



防災気象情報に関する検討会（第2回）資料より
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/shingikai/kentoukai/bousaikishoujouhou/bousaikishoujouhou_kentoukai.html

顕著な大雨に関する全般気象情報　第３号
令和３年８月１４日０６時０９分　気象庁発表

福岡県、佐賀県、長崎県では、線状降水帯による非常に激しい雨が同じ場所で降り続いています。命に危険が及ぶ土砂災害や洪水による災害発生の危険度が急激に高まっています。



2022年
開始予定

気象情報において線状降水帯の可能性に言及

国土交通省

- 令和４年度から「顕著な大雨に関する気象情報」の発表基準を満たすような線状降水帯による大雨の可能性が高い場合に、「気象情報」において、半日程度前から地方予報区単位等で呼び掛け、情報の充実を図る。　※地方予報区：全国を11ブロックに分けた地域
- 警戒レベル相当情報を補足する解説情報として発表。

大雨に関する○○地方気象情報
○年○月○日○時○分　気象庁発表

<見出し>
○○地方では、線状降水帯が発生する可能性があり、大雨災害発生の危険度が急激に高まるおそれがあります。

<本文>
…（中略）…

［量的予想］
<雨の予想>
○日○時から○日○時までに予想される２４時間降雨量は、いずれも多い所で、
○○県　○ミリ
○○県　○ミリ
○○県　○ミリ
の見込みです。
線状降水帯が発生した場合は、局所的にさらに雨量が増えるおそれがあります。
…（中略）…

［補足事項］
今後発表する防災気象情報に留意してください。
次の「大雨に関する○○地方気象情報」は、○日○時頃に発表する予定です。

大雨が予想される際に発表される気象情報に、線状降水帯発生の可能性に言及するフレーズを挿入

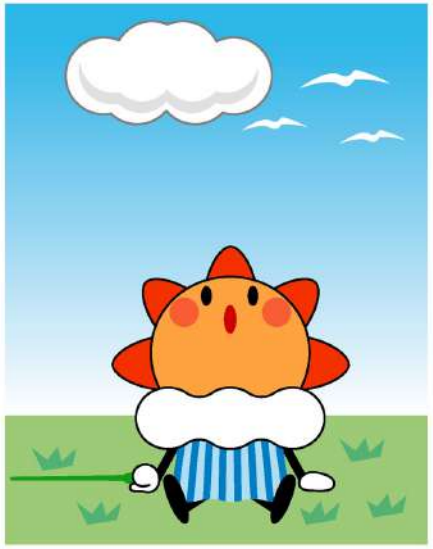
予想雨量と併せて、線状降水帯が発生した場合にはさらに状況が悪くなる可能性があることを伝える

（参考）南岸低気圧による関東の大雪への注意喚起

［防災事項］
関東甲信地方では、１０日から１１日にかけて広い範囲で雪や雨が降り、大雪となる所がある見込みです。予想より気温が低くなった場合には、警報級の大雪となるおそれがあります。
大雪や路面凍結による交通障害に注意・警戒し、電線や樹木への着雪に注意してください。また、ビニールハウスやカーポートの倒壊にも注意してください。

3

まとめ

- 集中豪雨や甚大な災害をもたらす線状降水帯は2000年代頃から使われ始め，近年特に注目されている
- これまでの事例解析研究により線状降水帯の構造や形成過程等は徐々に解明されつつあるが，普遍的な特徴の理解にはまだ達しておらず，事例解析とあわせて統計解析研究を進めることが重要である
- 線状降水帯の特徴解明や予測精度向上にむけて，気象庁では大学研究機関等の協力をいただきつつ，研究や技術開発を進めていく予定である

ご清聴ありがとうございました