



# 台風予報と高潮予測 ～予測技術の最新動向と将来展望～

伊勢湾台風60年シンポジウム

令和元年9月14日

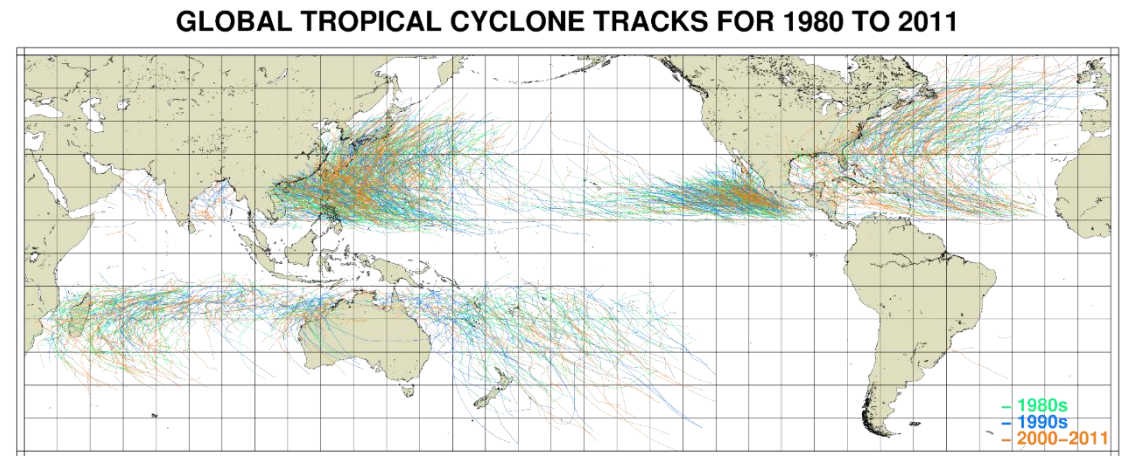
気象庁予報部数値予報課長 室井ちあし

# 概要

- 「台風」について
- 1959年(昭和34年)の伊勢湾台風
- 気象観測・予測技術の、特に「平成」を通じての発展
- 今後の予測技術展望

# 台風について

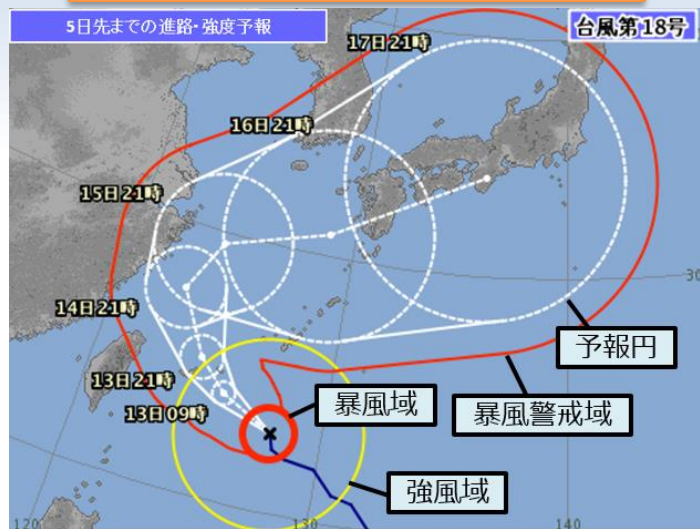
- 台風とは
  - 熱帯や亜熱帯の海上で発生する低気圧を「熱帯低気圧」と呼ぶ
  - このうち北西太平洋または南シナ海に存在し、なおかつ最大風速（10分間平均）がおよそ17m/s以上のものを「台風」と呼ぶ
  - 熱帯低気圧は地球上の他の海域でも発生するが、この北西太平洋・南シナ海は特に発生が多く、我が国は影響を受けやすい



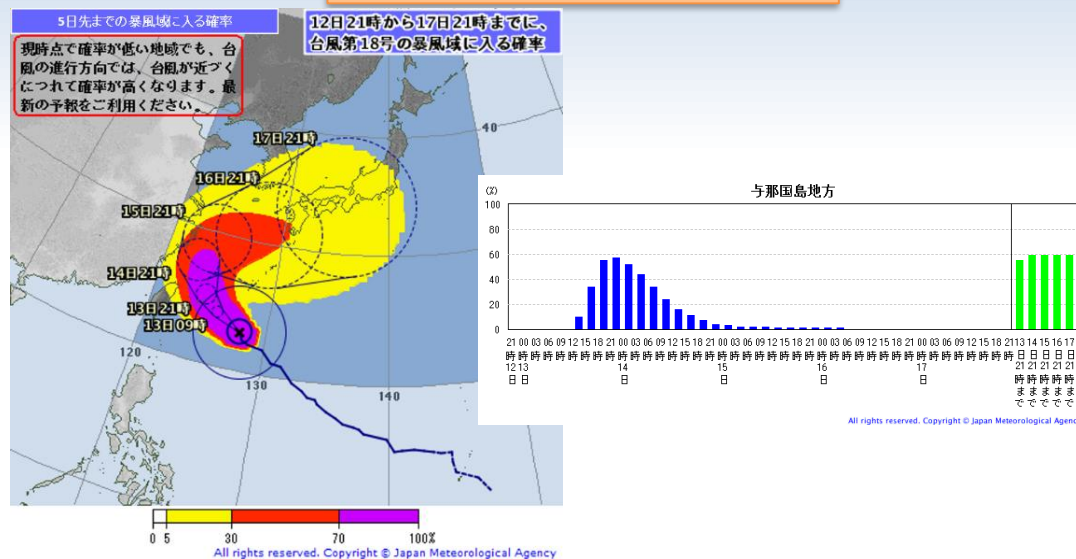
Knapp, K. R., M. C. Kruk, D. H. Levinson, H. J. Diamond, and C. J. Neumann (2010)

# 気象庁が発表する台風情報の種類

## 実況と5日先までの予報



## 暴風域に入る確率



# 台風の平年値（発生数、接近数、上陸数）

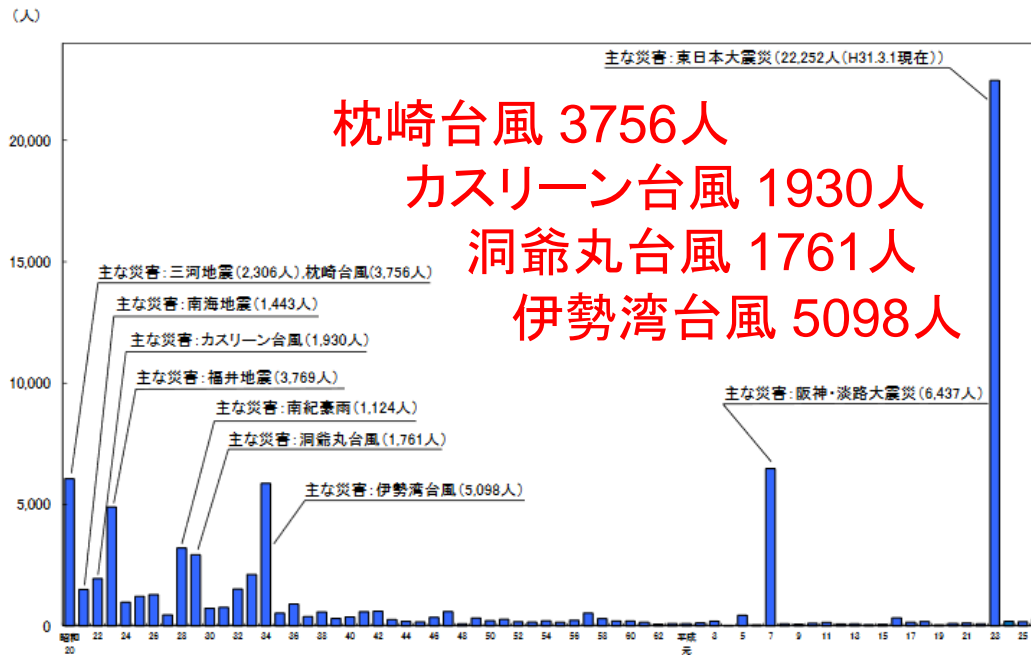
- 平年値は、1981年～2010年の30年平均
- 「接近」は台風が国内のいずれかの気象官署等から300km以内に入った場合
- 「上陸」は台風が北海道、本州、四国、九州の海岸線に達した場合

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
発生数	0.3	0.1	0.3	0.6	1.1	1.7	3.6	5.9	4.8	3.6	2.3	1.2	25.6
接近数				0.2	0.6	0.8	2.1	3.4	2.9	1.5	0.6	0.1	11.4
上陸数					0.0	0.2	0.5	0.9	0.8	0.2	0.0		2.7
関東甲信地方 への接近数					0.0	0.2	0.4	0.9	1.1	0.6	0.0		3.1
東海地方への 接近数					0.0	0.2	0.5	1.0	1.0	0.5	0.0		3.3
沖縄地方への 接近数				0.0	0.4	0.6	1.4	2.2	1.7	0.9	0.3	0.1	7.4

月別に全国で見ると8月の接近数が多いが、  
地方ごとに見ると関東甲信地方では9月の接近数が最も多い

# 過去には、台風によって多くの犠牲者や多大な損害

自然災害における死者・行方不明者数(1945年～2018年)



(防災白書 令和元年度版)

[http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/pdf/R1\\_fuzokusiryu.pdf](http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/pdf/R1_fuzokusiryu.pdf)

- 1959年の伊勢湾台風では、台風による災害では最多となる5000人を越える死者・行方不明者
- 最近では、2004年の台風第23号、2011年の台風第12号により、それぞれ98名の死者・行方不明者
- 風水害等による保険金の支払額の高額上位10件のうち、8件が台風による被害
- 昨年の台風第21号、第24号でも甚大な被害がもたらされた

## 風水災等による保険金の支払い

過去の支払保険金(災害例)

順位	災害名	地域	年月日	支払保険金(単位:億円)			
				火災・新種	自動車	海上	合計
1	平成30年台風21号	大阪・京都・兵庫等	2018年9月3日～5日	9,363	780	535	10,678
2	平成3年台風19号	全国	1991年9月26日～28日	5,225	269	185	5,680
3	平成16年台風18号	全国	2004年9月4日～8日	3,564	259	51	3,874
4	平成26年2月雪害	関東中心	2014年2月	2,984	241	—	3,224
5	平成11年台風18号	熊本・山口・福岡等	1999年9月21日～25日	2,847	212	88	3,147
6	平成30年台風24号	東京・神奈川・静岡等	2018年9月28日～10月1日	2,946	115	—	3,061
7	平成30年7月豪雨	岡山・広島・愛媛等	2018年6月28日～7月8日	1,673	283	—	1,956
8	平成27年台風15号	全国	2015年8月24日～26日	1,561	81	—	1,642
9	平成10年台風7号	近畿中心	1998年9月22日	1,514	61	24	1,599
10	平成16年台風23号	西日本	2004年10月20日	1,112	179	89	1,380

一般社団法人 日本損害保険協会調べ

※千万円単位で四捨五入を行い、算出しています。

※そのため、各項目を合算した値と合計欄の値が一致しないことがあります。

(一般社団法人 日本損害保険協会)

[http://www.sonpo.or.jp/news/statistics/disaster/pdf/index/c\\_fusuigai.pdf](http://www.sonpo.or.jp/news/statistics/disaster/pdf/index/c_fusuigai.pdf)

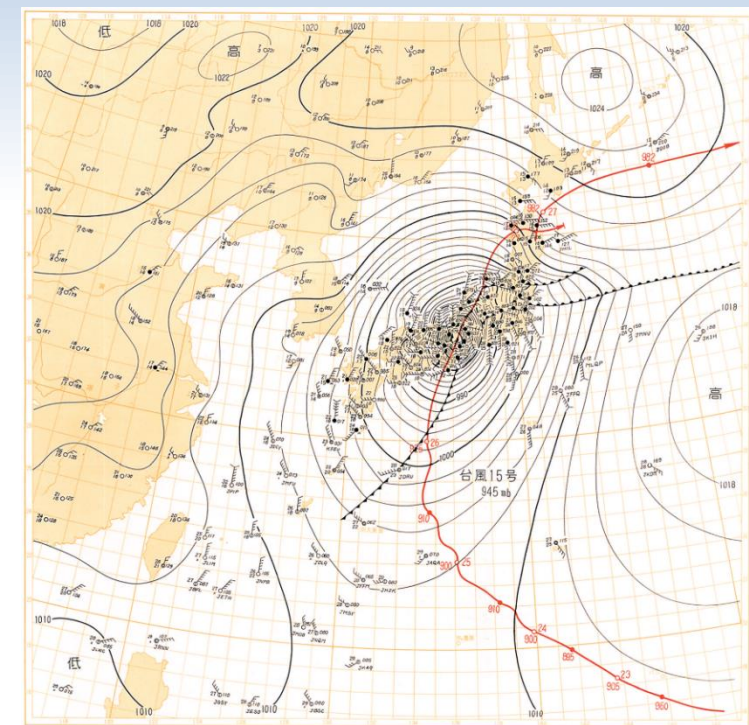


# 伊勢湾台風

## (昭和34年(1959年)台風第15号)

- 1959年(昭和34年)9月26日～27日
- 猛烈に発達し、非常に広い暴風域を伴った
  - 急発達 24時間で91 hPa
  - 記録的な暴風 伊良湖(愛知県)で最大風速45.4m/s
  - 急加速 時速65km(26日21時すぎ)
- 甚大な高潮被害
  - 紀伊半島沿岸一帯と伊勢湾沿岸に集中
    - 台風の位置関係で、吸い上げ効果、吹き寄せ効果とも大
  - 死者・行方不明者 5098人、負傷者3万8921人、家屋全半壊14万9187棟(消防白書)、台風による死者・行方不明者は最大
- 1962年災害対策基本法が制定
- 市町村が避難勧告、避難指示を発出する日本の防災の枠組みの形成  
→ 「伊勢湾台風は台風防災の原点」

1959年9月26日21時の  
地上天気図と台風経路



# 当時の対応

- 不意打ちの台風ではなかった
  - 台風発生翌朝の朝刊に防災上の注意を喚起する記事
  - 台風進路予報は的確、ほぼ予想通りのコースで、早い時期から上陸が確実視
  - 25日夕方のニュースに間に合うよう台風情報第1号発表
  - 25日午後に関係省庁・報道機関等に対する説明会実施
- 高潮の規模が想定を上回った
  - 26日21時すぎに最大、4.8mの護岸堤防を越える

日本気象学会2006年秋季大会シンポジウム「台風  
防災の原点：伊勢湾台風から50年」(村松)より



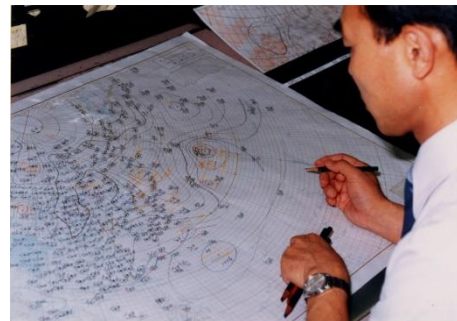
# 当時の気象庁

- 1952年 気象業務法成立
- 1955年ごろ 高層観測精度向上、気象レーダー全国展開
- 1956年 「中央気象台」から「気象庁」へ
- 1959年6月 スーパーコンピュータシステム導入
- 1959年9月 伊勢湾台風
- 1964年 富士山レーダー運用開始

昭和の終わり頃の天気予報作業

天気図解析

基本的手書き・・・



予報会報

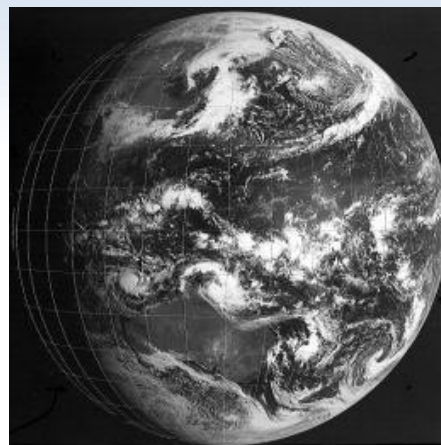
予報官が  
たくさん・・・



# 気象衛星

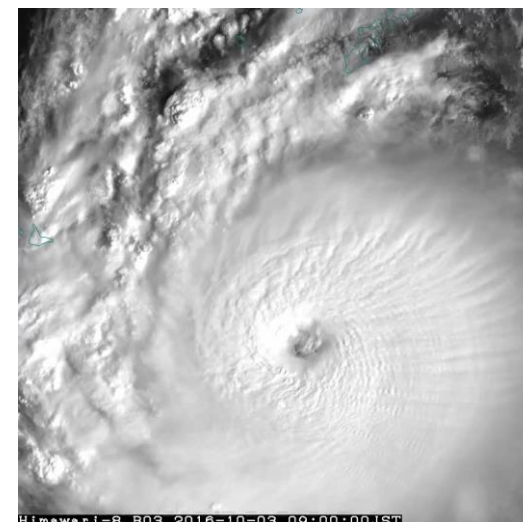
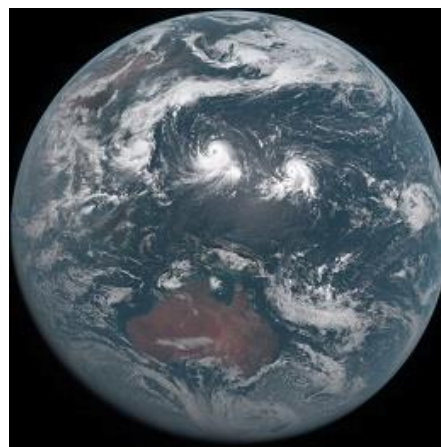
- 初代ひまわり 1978年 運用開始

- 観測頻度：3時間毎（全球）
- 空間分解能
  - 1.25km（可視）、5km（赤外）



- ひまわり8号 2015年 運用開始

- 観測頻度：10分毎（全球）
- 空間分解能
  - 0.5km（可視B03）、1km（可視B01, B02）
  - 1km（近赤）、2km（赤外）

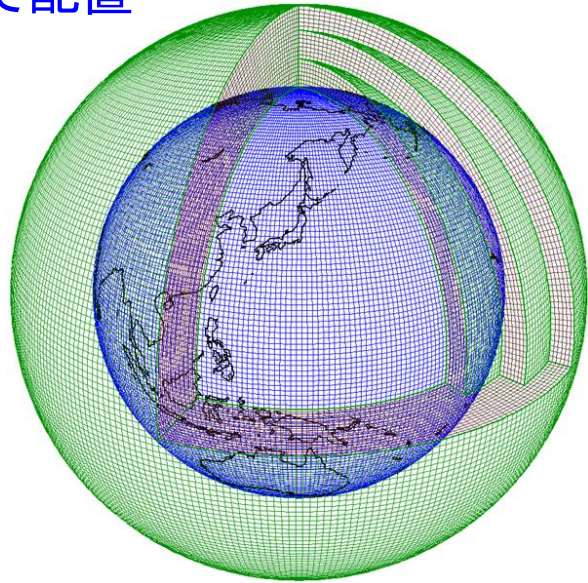


いわば「白黒テレビがカラーの4K・8Kテレビに進歩した」

# スーパーコンピュータを利用した数値予報モデル

計算機上に構築された仮想の大気・海洋・陸面。ある時刻の状態を、物理法則に従って時間発展させて、未来の状態を数値解として計算する。

- 実際には連続している大気を、計算機上では格子点に離散化して配置



- 物理法則(支配方程式)に従い、各格子点における大気状態を表す各種物理量(ここでは気温や風など)の時間変化を計算

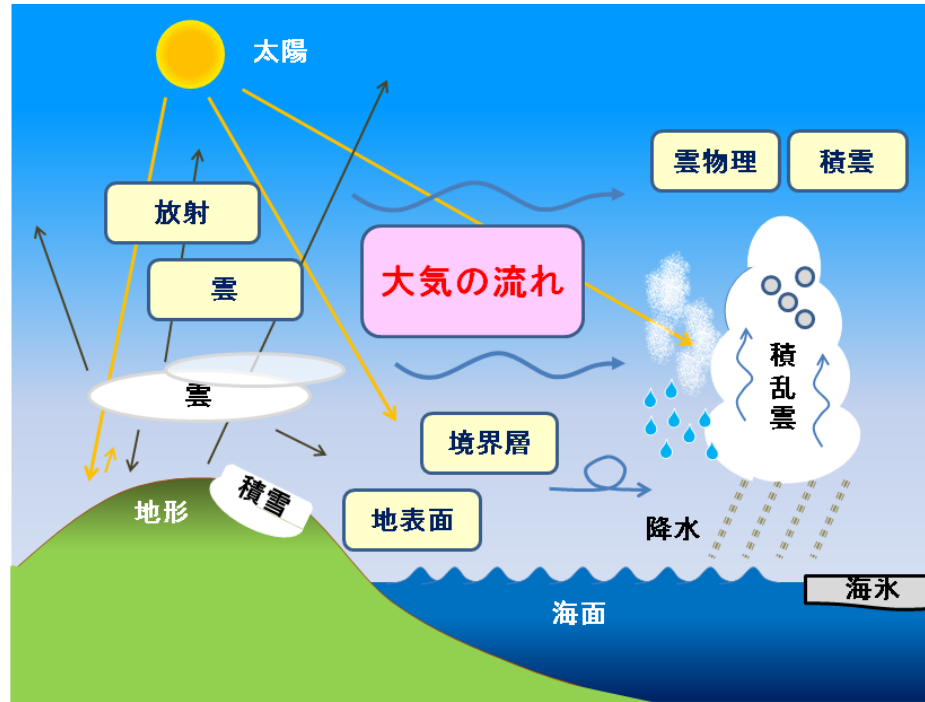
支配方程式

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = F$$

離散化された支配方程式

$$\phi_{t+\Delta t} = \phi_t + F_t \Delta t$$

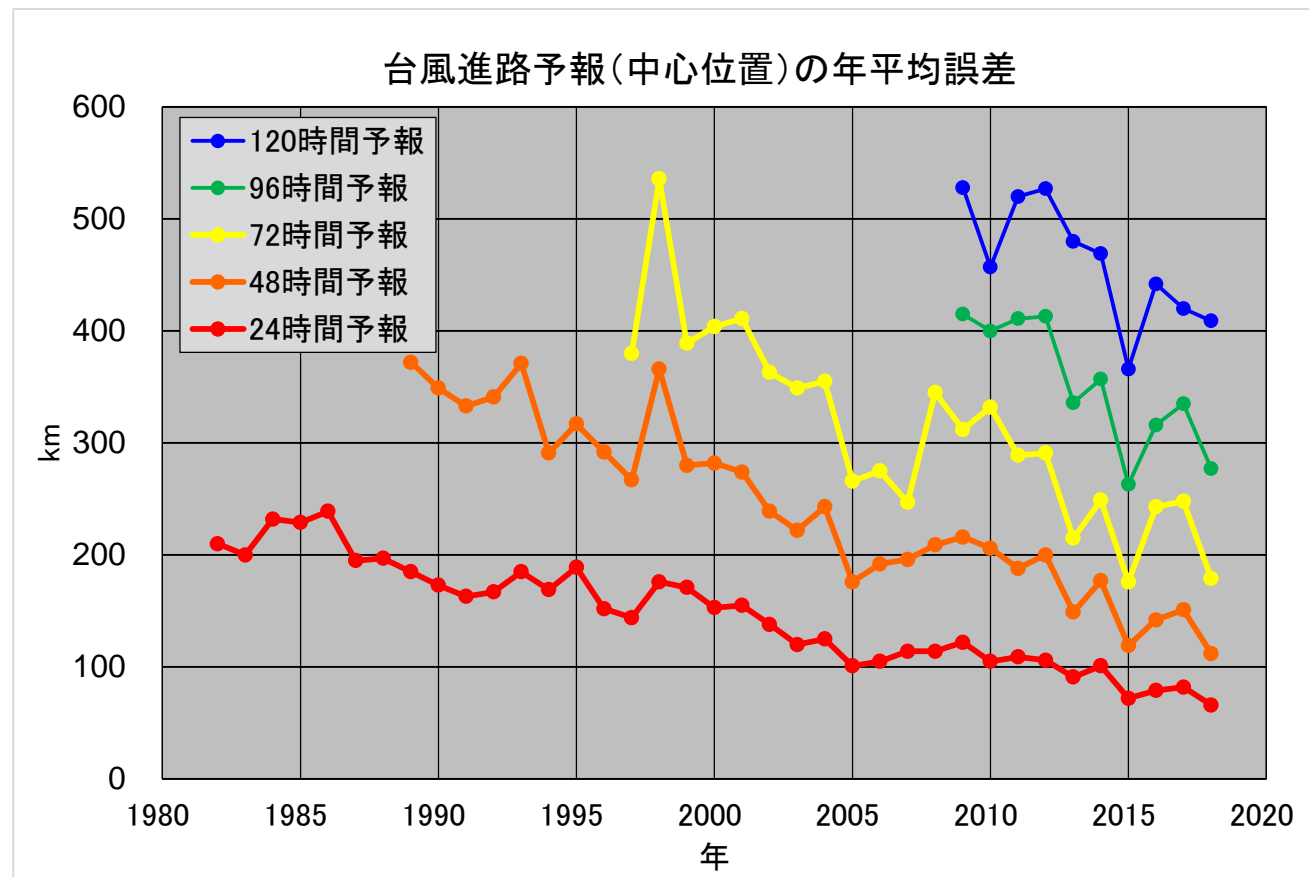
未来の値 ある時刻の値



第10世代スーパーコンピュータシステム  
Cray社(& Hitachi) XC50

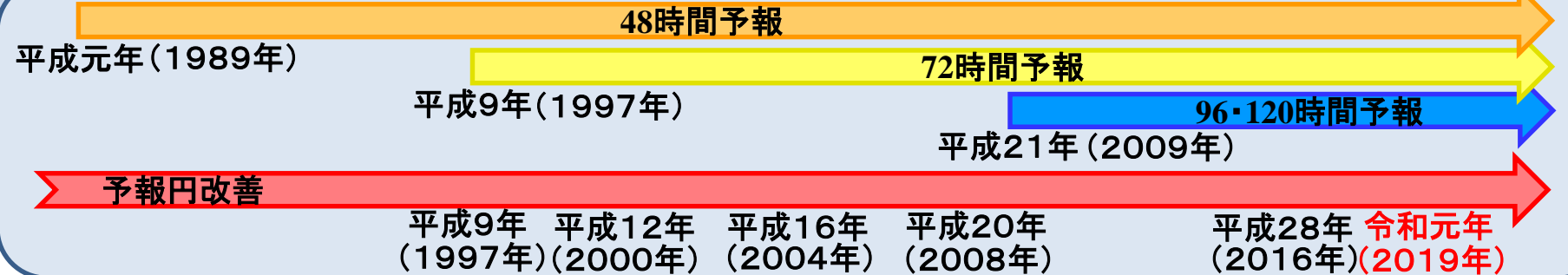
# 進路予報(中心位置)精度の経年変化

- 数値予報モデルの改良や数値予報モデルの利用手法の改善等により、進路予報の精度は着実に向上
- 2018年の進路予報精度は過去最高レベル  
誤差は24時間予報で約70km、72時間予報で約180km、120時間予報で約410km

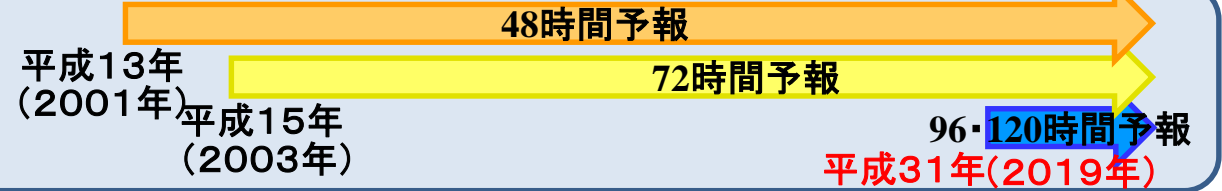


# 気象庁の台風予報の主な改善

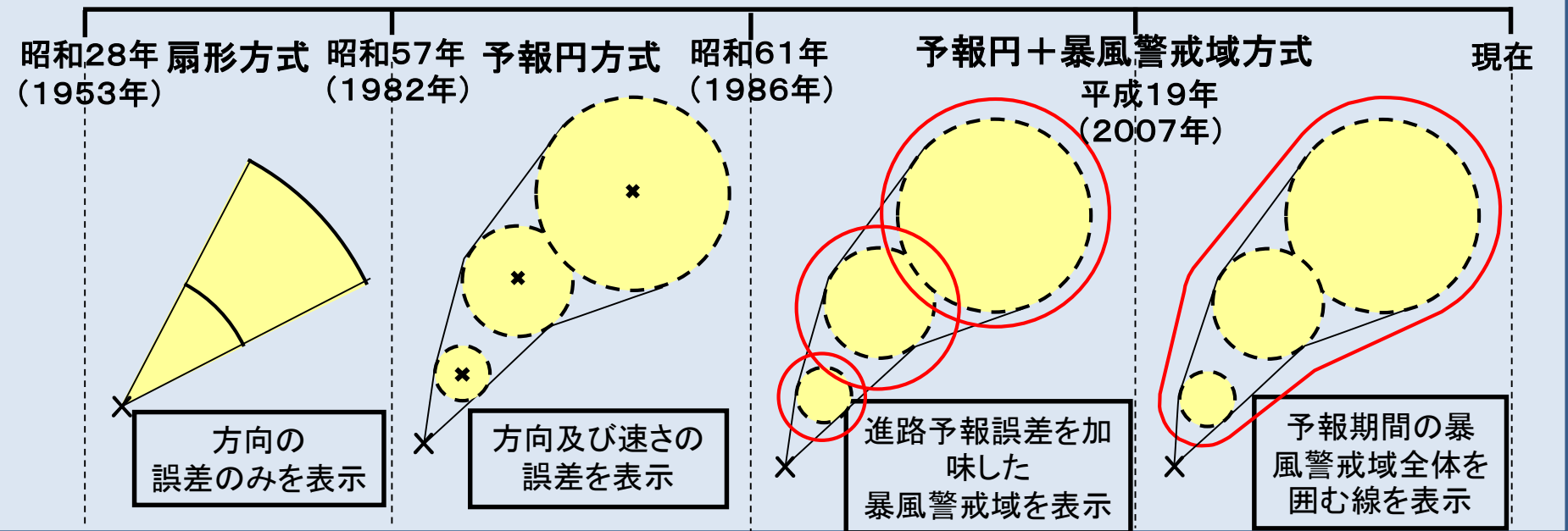
## 進路予報・予報円



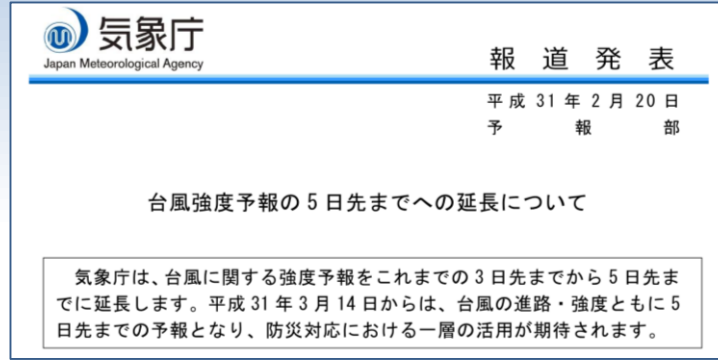
## 強度予報



## 表示方法

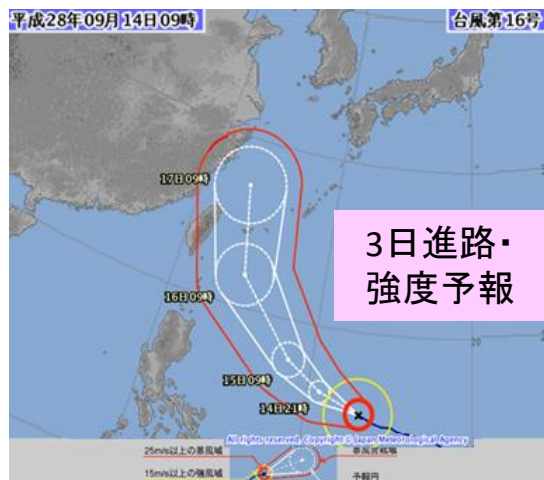


# 台風強度予報の改善と予報期間延長(今年3月実施)

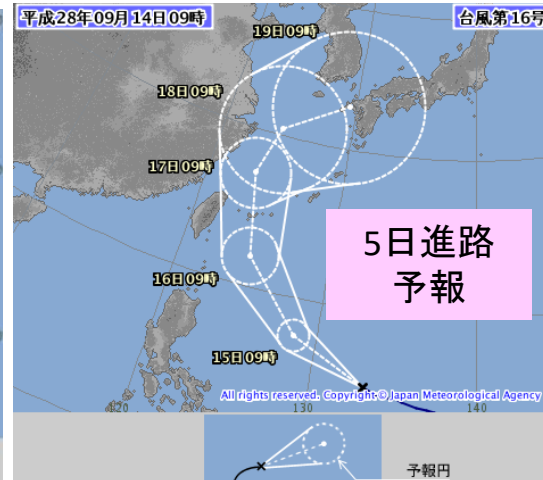


平成31年2月20日気象庁予報部報道発表「台風強度予報の5日先までへの延長について」

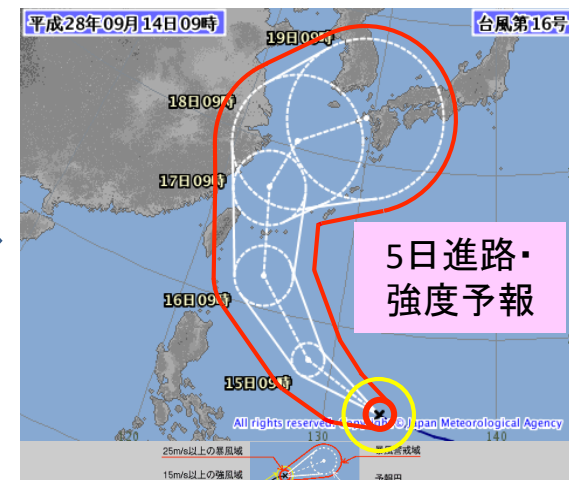
- 3日先まで発表している台風の強度予報を2019年3月14日12時(日本時間)以降、最初に発生した台風から5日先まで延長する。これにより、台風予報は進路・強度ともに5日先までとなる。
- 5日先までの予報の発表時間がこれまでより短くなる(解析時刻の約90分後⇒約50分後)。



解析時刻の約50分後に発表

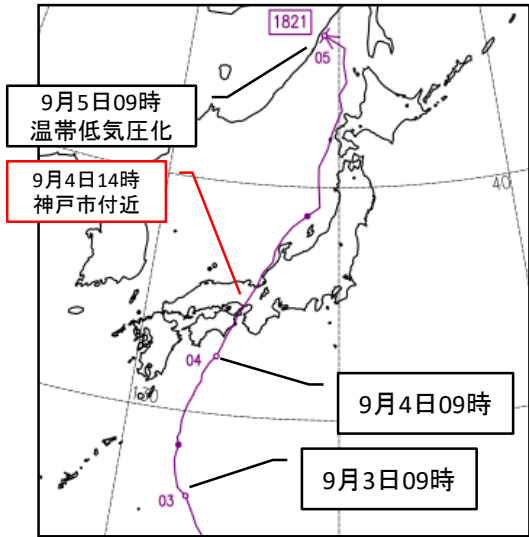


解析時刻の約90分後に発表

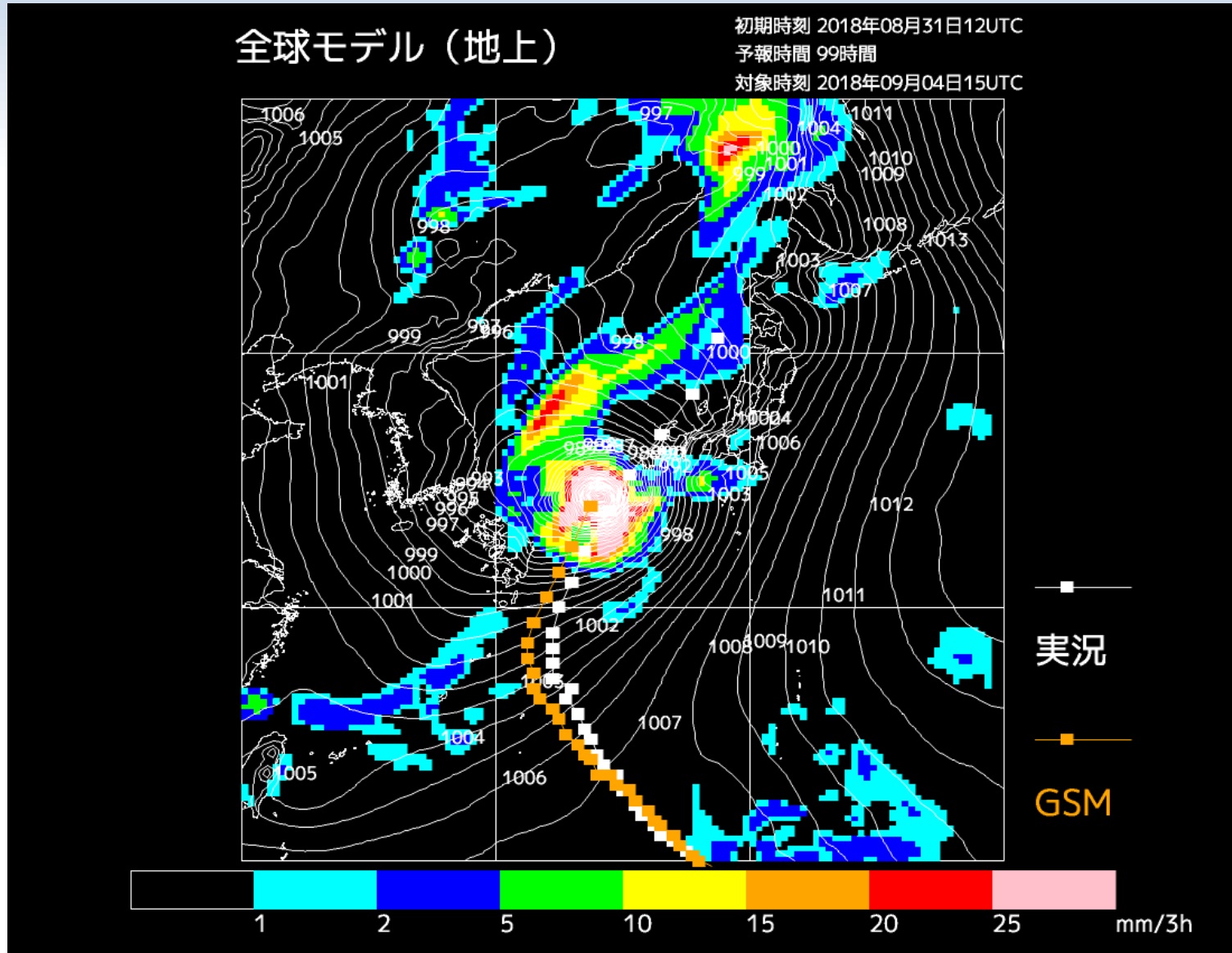


解析時刻の約50分後に発表

# 平成30年台風第21号の予報例(全球モデル)



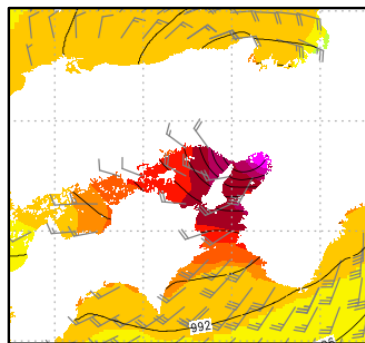
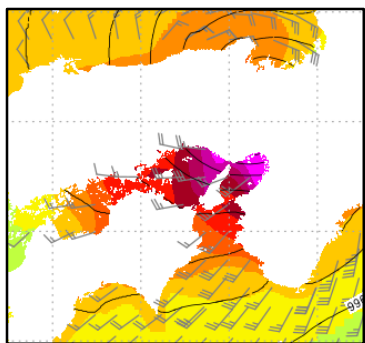
台風第21号の進路  
(速報)



# 高潮モデルによる平成30年台風第21号事例の予測

## 高潮モデル

- 日本域においては詳細（沿岸部1km）な予測を39時間先まで実施（3時間毎）

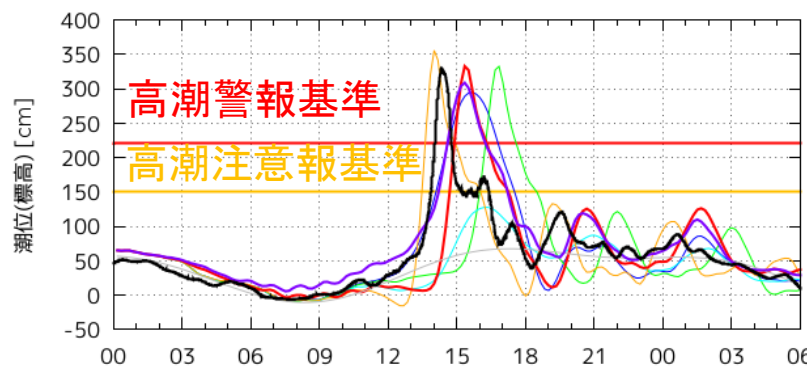
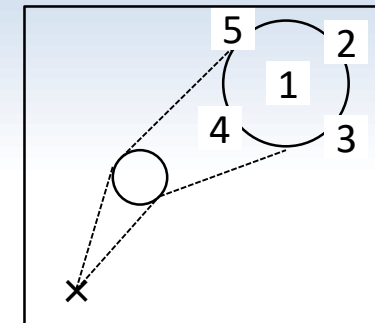


高潮モデル**予測**潮位偏差（9月4日15時）  
（9月4日00時初期値）

**実際**の潮位偏差（9月4日14時）  
（モデル推定値）

大阪湾での潮位偏差の分布はよく予想されている。

- 台風がある場合、5事例（5コース）の高潮予測を追加実施
  - ✓ 予報円中心（1）；予報円周上（2：最速、3：右端、4：最遅、5：左端）
  - ✓ 進路予報の不確実性を考慮する取扱い



- 実測潮位
- MSM
- 天文潮位
- 1: 予報円の中心
- 2: 予報円の最も速い
- 3: 予報円の最も右側
- 4: 予報円の最も遅い
- 5: 予報円の最も左側

大阪での潮位 予測は9月4日00時初期値（6コース）

- 高潮予測は台風予報に敏感であり、不確実性がある。
- 予報及び警報業務もこれらを考慮して行っている。



# 交通政策審議会気象分科会の提言

- 平成30年8月に「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」が提言としてとりまとめられた
  - 平成30年1月の第24回気象分科会より審議
- 観測・予測精度向上のための技術開発、気象情報・データの利活用促進及びこれらを「車の両輪」とする防災対応・支援の推進等について、取組を進める



新野分科会長（右）から気象庁長官へ提言の手交



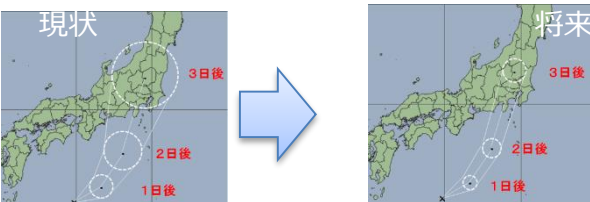
気象分科会において5回にわたり審議

# 2030年に向けた数値予報技術の重点目標

## その成果イメージと計画

**台風 (広域避難に資する)**

台風の進路予測誤差を大幅に改善  
3日程度前から雨量を精度良く予測

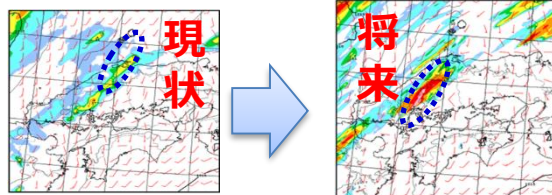


現状 → 将来

台風進路予測改善のイメージ

**集中豪雨 (早め早めの防災対応等に直結)**

半日程度前から線状降水帯の発生と停滞を予測  
することにより、大雨を精度良く予測

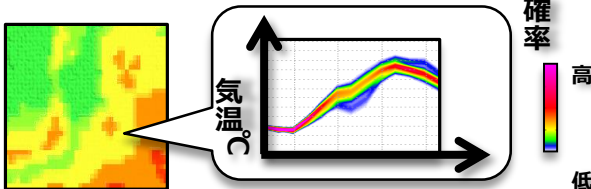


現状 → 将来

線状降水帯による  
大雨の予測精度向上のイメージ

**社会経済活動への貢献 (気候リスク低減、生産性向上に資する)**

社会的に影響の大きい顕著現象  
を1か月先まで精度良く予測



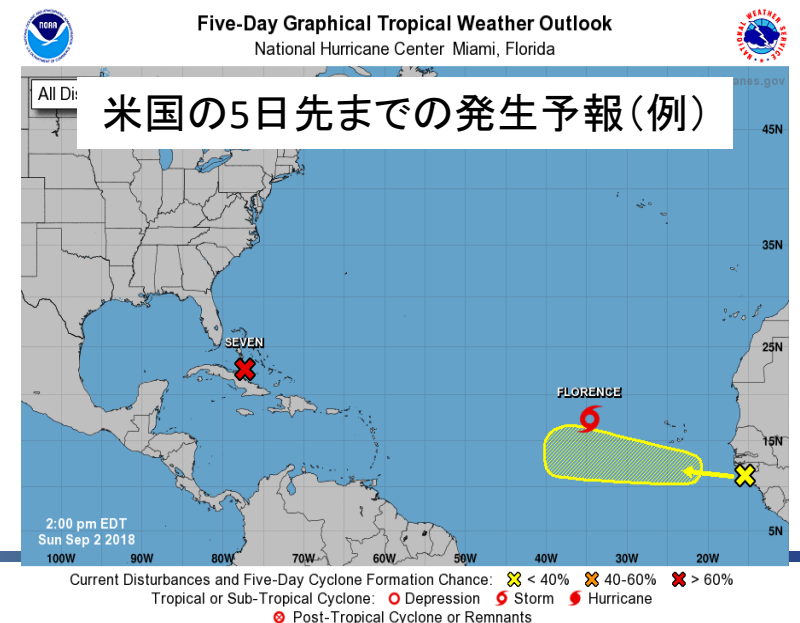
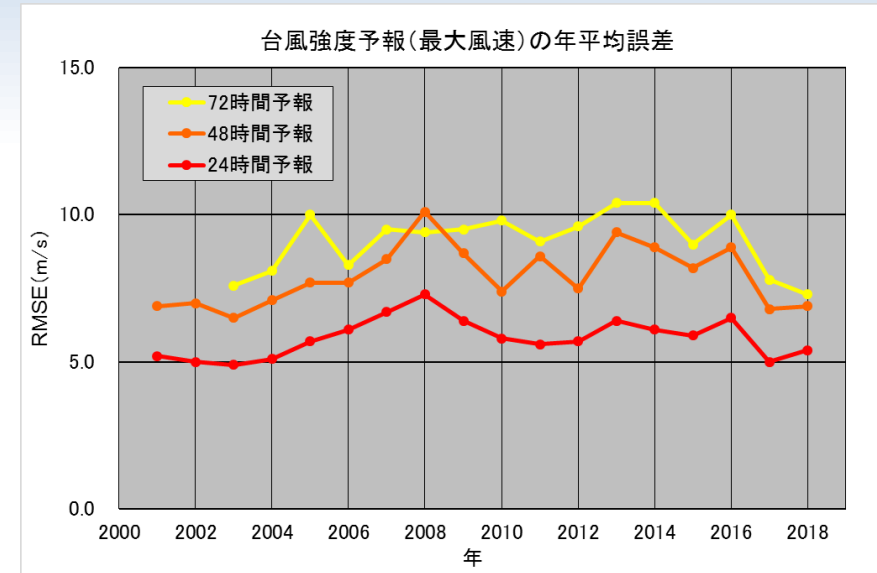
確率 高 低

高分解能かつ確度の高い確率予測  
メッシュデータ (イメージ)

	2020	2025頃	2030
<b>豪雨 防災</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メソアンサンブル予報システムの運用</li> <li>・局地モデルにおけるデータ同化手法の高度化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・局地モデルを1km以下に高解像度化、積乱雲に関する諸過程の改良</li> <li>・局地アンサンブル予報システムの開発</li> <li>・局地モデルにおける観測ピクデータの利用</li> </ul>	集中豪雨発生前に、明る いうちからの避難等、早 期の警戒・避難を実現
<b>台風 防災</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全球モデルの高解像度化、物理過程改良</li> <li>・メソモデルの物理過程改良</li> <li>・全球、メソモデルにおける衛星データの全天候 利用手法開発</li> <li>・全球、メソモデルにおけるデータ同化手法の高 度化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最適な階層的モデル・システム</li> <li>・全球モデルを10km以下へ高解像度化、高解像 度に適した新しい物理過程の開発</li> <li>・全球、メソモデルにおける観測ピクデータの 更なる利用</li> <li>・AI技術を活用したモデル開発</li> </ul>	大規模災害に備えた広域 避難・対応に資する数日 先予測の高精度化
<b>社会 経済 活動 への 貢献</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大気・海洋結合モデルの高解像度化、物理過程 改良</li> <li>・海況モデルの高解像度化、物理過程改良</li> <li>・化学輸送モデルの高度化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・階層的地球システムモデルの開発、海洋モデル の更なる高解像度化</li> <li>・陸、海洋、海氷、エアロソールなど地球システム データ同化の高度化</li> </ul>	生産・流通計画の最適化 等に資する高精度な気 象・気候予測を実現
<b>温暖化 への 適応策</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新しい温暖化予測地球システムモデルの開発</li> <li>・高解像度地域気候モデルの開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最新の研究成果を踏まえた地球システムモデル、 地域気候モデルの高度化</li> </ul>	「わが町」の地球温暖化 予測により、国や自治体 等の適応策策定に貢献

# 台風解析・予測の課題

- **台風監視能力の強化、及び解析精度向上**
  - 各種観測データの新規利用、及び利用手法の高度化
- **進路予報精度向上**
  - 数値予報の精度向上、及び利用手法の高度化
  - 予報の信頼度の表現方法の改善(予報円の改善)
- **強度予報精度向上**
  - 数値予報の精度向上、及び統計モデルの改良
  - 急発達の予測精度の改善
  - 強風域の予測情報の追加
- **高潮予測精度向上**
  - 高潮モデルの改良
  - 進路予報の影響を受けやすい(不確実性の扱い)
- **発生予報**
  - 5日先程度までの発生可能性情報の提供に向けた検討・開発



# まとめ

- 我が国は台風災害を受けやすい地域にある
- 伊勢湾台風は、決して不意打ちの台風ではなかったが、高潮被害が甚大。「台風防災の原点」
- 60年で気象観測・予測技術は飛躍的に進歩し精度向上を達成し、防災気象情報改善、防災体制が充実、台風災害による犠牲者数は激減
- しかしながら、都市部への人口集中、地下空間利用の広がり、浸水被害に対する脆弱性も見られるほか、温暖化の影響で発達する台風が増加するという研究もあり、高潮に対する備えが必要
- 気象庁は今後も、大学等と連携して、更なる予報精度向上を目指した技術開発を進めて行く