



台風情報(台風5日強度予報を含む)の紹介

2019年3月13日

気象・地震等の情報を扱う事業者等を対象とした講習会

気象庁予報部



1. はじめに
2. 近年の台風予報の改善
 1. 進路予報におけるコンセンサス手法の導入
 2. 予報円の見直し
 3. 強度予報ガイダンスTIFSの導入
3. 台風予報作業手順
4. 台風5日強度予報の運用開始
5. 台風情報利用に際しての留意点

1. はじめに



気象庁の台風情報の主な改善

- 1982年 予報円方式を開始
- 1986年 予報円＋暴風警戒域方式を開始
- 1989年 48時間進路予報開始
- 1997年 72時間進路予報開始
- 1997年 予報円の改善(確率60% → 確率70%)
- 2000年 予報円の改善
- 2001年 48時間強度予報開始
- 2003年 72時間強度予報開始
- 2004年 予報円の改善(平均で約10%縮小)
- 2007年 台風情報の充実(24時間先までの3時間刻みの予報、最大瞬間風速の予報、暴風警戒域全体を囲む線の表示等の開始)
- 2008年 予報円の改善(平均で約15%縮小)
- 2009年 5日進路予報開始
- 2016年 予報円の改善(平均で約20～40%縮小)
- 2019年 5日強度予報開始

2. 近年の台風予報の改善

1. 進路予報におけるコンセンサス手法の導入
2. 予報円の見直し
3. 強度予報ガイダンスTIFSの導入



進路予報精度向上の要因

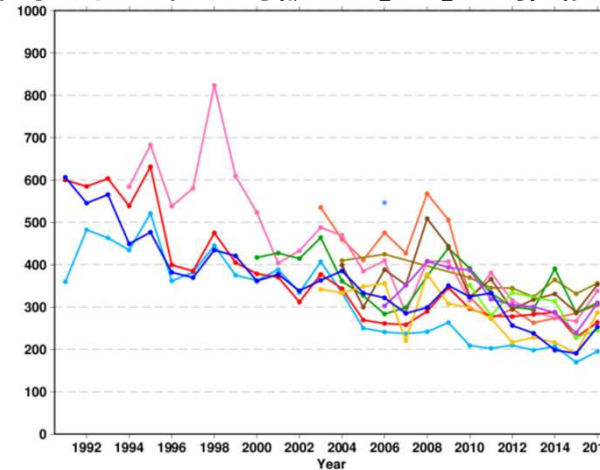
- 数値予報モデルの精度向上

- 台風の特徴に起因する年々の変動があるが、数値予報モデルの改良に伴い、多くの数値予報モデルの誤差が減少傾向。

様々な数値予報モデルによる3日進路予測の年平均誤差 [km] の推移

WMO大気科学委員会および世界気候研究計画合同科学委員会数値実験作業部会第33回会合における講演資料 (http://wgne2018.kishou.go.jp/files/PresentationFiles/1st_09Oct_Tuesday/TC_verification.pptx) から引用

BOM
CPTC
CMA
CMC
DWD
ECMWF
FRN
JMA
KMA
NCEP
NRL
UKMO



- 数値予報モデルの利用手法の改善

- コンセンサス手法の導入

- 複数の数値予報モデルの進路予測結果を用いる手法
- 精度が高く独立性の高い数値予報モデルを活用するのが効果的で、特に長いリードタイムの予測では単独モデルの予測より精度が高くなる

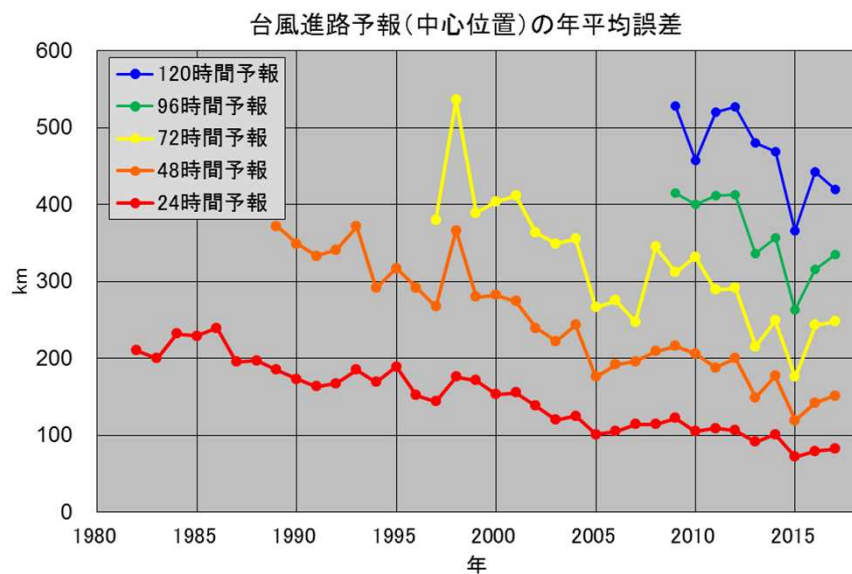
- アンサンブル平均手法の導入

- EPSの各メンバーの予測結果を平均する手法
- 長いリードタイムの予測で、初期値等を変える前のコントロールメンバーよりも精度が良い傾向があるが、高解像度の決定論的数値予報モデルの予測より十分精度が良いとは言えない

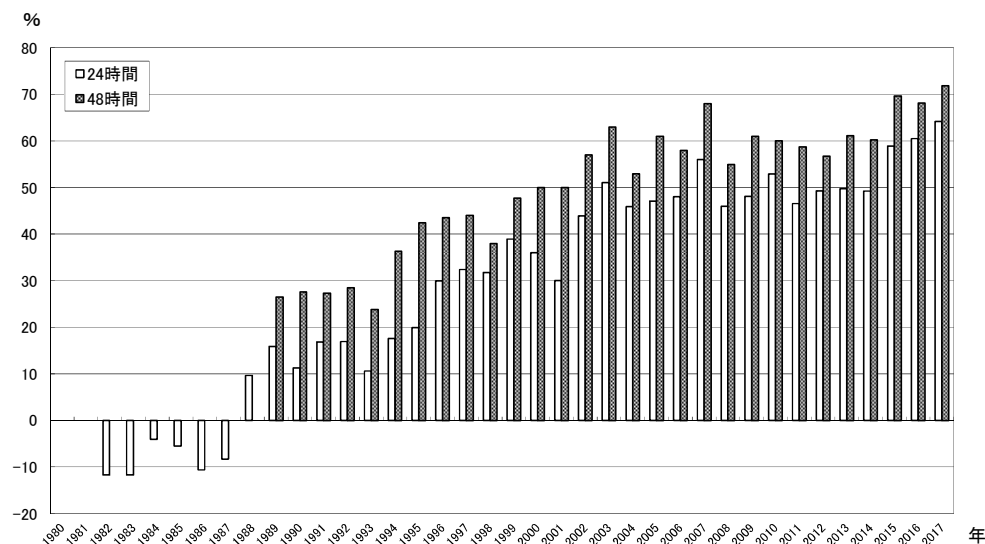


コンセンサス手法の導入とその後の精度

- 当庁では、当庁を含む**主要な4つの数値予報センターの全球モデルを利用したコンセンサス手法を2015年に導入**。
- その結果、2015年の進路予報精度は前年に比べて大きく精度が向上したが、2016年、2017年とやや悪化。
- 進路予報の精度はその年の台風の特徴に起因する年々変動の影響を受けるため、精度向上を確認するためには、それらの影響を除く必要がある。
- 直前の12時間の移動から単純外挿した持続予報からの改善率を見ると、**2015年～2017年は、24、48時間予報ともに改善率が2014年以前の改善率を上回っており、精度向上が確認**できる。



進路予報の年平均誤差の推移



当庁の進路予報の持続予報からの改善率の推移
白色が24時間予報、ハッチが48時間予報を表す。

2. 近年の台風予報の改善

1. 進路予報におけるコンセンサス手法の導入
2. 予報円の見直し
3. 強度予報ガイダンスTIFSの導入

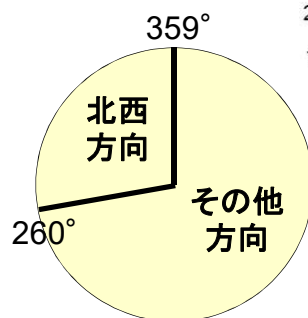


従来の予報円(2016年1月時点)

72時間まで(2008年見直し)

- 2004~2007年の進路予報誤差の70%が入る予報円半径を統計的に算出
- 進行方向・速度による区分毎に設定

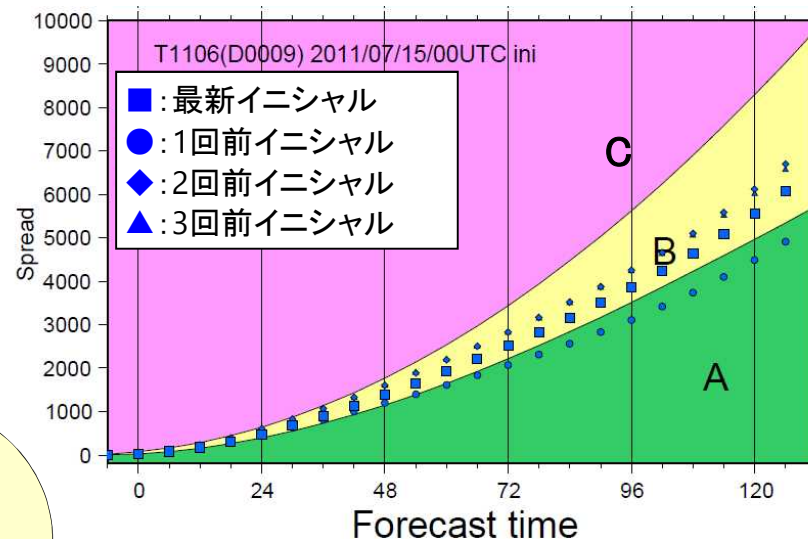
予報時間	進行方向	進行速度		
		≦ 10kt	11 ~ 30kt	31kt ≦
3	全方向	20	20	35
6	全方向	30	30	50
9	全方向	40	40	70
12	全方向	50	50	85
15	北西方向	55	55	95
	その他方向	60	60	
18	北西方向	60	65	110
	その他方向	70	70	
21	北西方向	65	70	120
	その他方向	75	75	
24	北西方向	70	75	130
	その他方向	85	85	
48	北西方向	110	140	210
	その他方向	160	180	
72	北西方向	160	210	325
	その他方向	220	250	



96時間以降(2014年3月見直し)

- 2011~2013年のTEPSの積算スプレッドに基づく信頼度毎に進路予報誤差の70%が入る予報円半径を統計的に算出
- 移動方向・速度による区分を設けず一律に設定

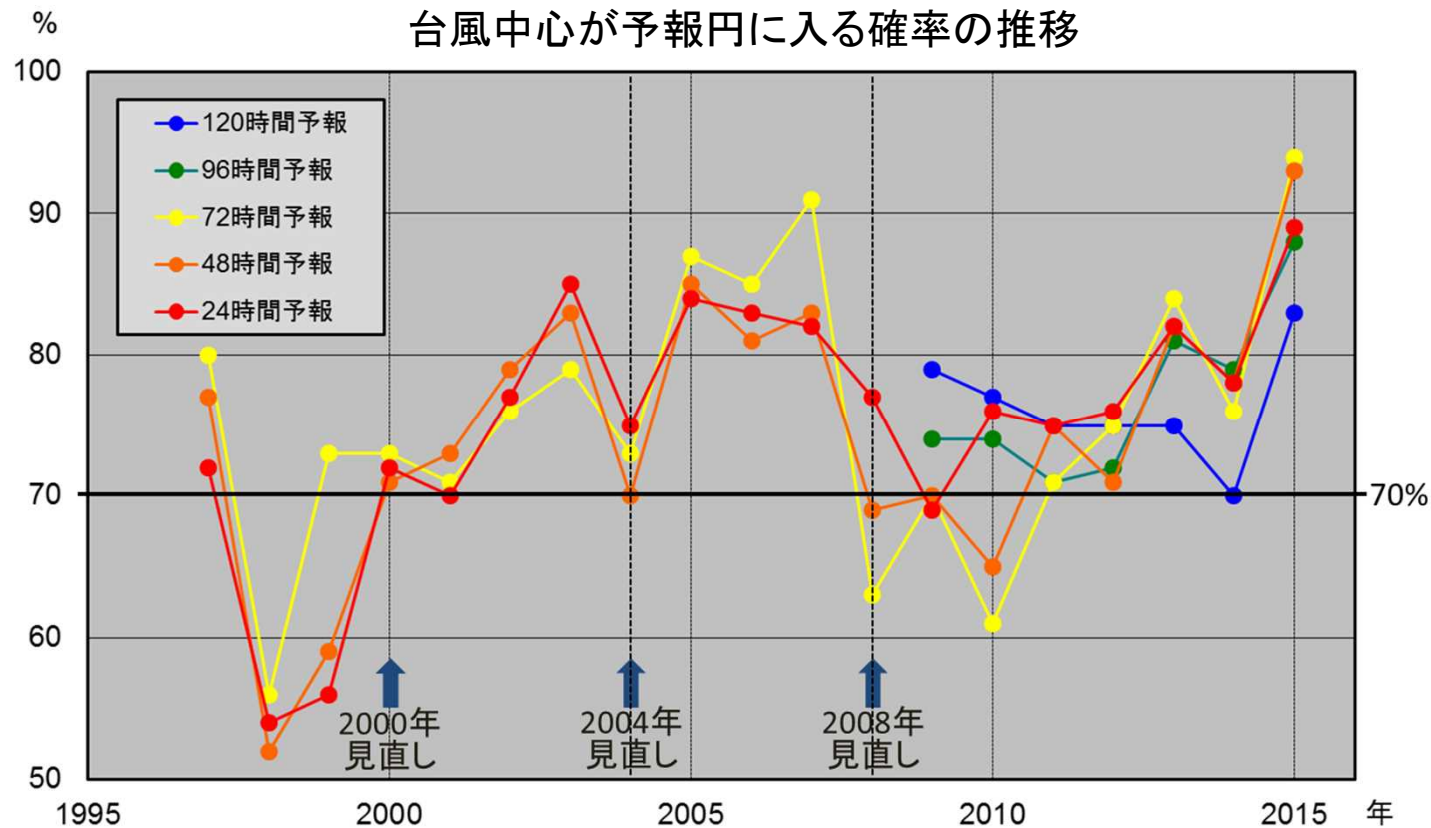
予報時間	A	A'	B	B'	C
96	200	240	280	350	425
120	250	300	375	450	500





2016年の見直し

- 前回の予報円半径の見直しから、数値予報モデルの精度向上や数値予報モデルの利用手法の改善等に伴い進路予報の精度が向上し、**台風中心が予報円に入る確率が70%を大きく超過**。
- このため、**2016年に最新の予報誤差の検証結果を用いて予報円半径の見直しを実施**。





見直し前後の予報円半径(単位:海里)

- 予報円半径は一部の例外を除き概ね20%~40%縮小

見直し前

予報時間	進行方向	進行速度			
		≤10kt	11~30kt	31kt≤	
3	全方向	20	20	35	
6	全方向	30	30	50	
9	全方向	40	40	70	
12	全方向	50	50	85	
15	北西方向	55	55	95	
	その他方向	60	60		
18	北西方向	60	65	110	
	その他方向	70	70		
21	北西方向	65	70	120	
	その他方向	75	75		
24	北西方向	70	75	130	
	その他方向	85	85		
48	北西方向	110	140	210	
	その他方向	160	180		
72	北西方向	160	210	325	
	その他方向	220	250		
予報時間	A	A'	B	B'	C
96	200	240	280	350	425
120	250	300	375	450	500

見直し後

予報時間	進行方向	進行速度		
		≤10kt	11~30kt	31kt≤
3	全方向	15	20	25
6	全方向	20	25	30
9	全方向	25	30	35
12	全方向	30	40	
15	北西方向	35	45	
	その他方向	40	50	
18	北西方向	40	50	
	その他方向	45	60	
21	北西方向	45	55	
	その他方向	50	70	
24	北西方向	50	60	
	その他方向	60	80	
48	北西方向	95	110	
	その他方向	110	150	
72	北西方向	130	140	
	その他方向	170	220	
96	北西方向	170(AB)/240(C)		170(AB)/240(C)
	その他方向	220(AB)/325(B')/425(C)		260(AB)/325(B')/425(C)
120	北西方向	200(AB)/350(C)		200(AB)/350(C)
	その他方向	270(AB)/450(B')/600(C)		325(AB)/450(B')/600(C)

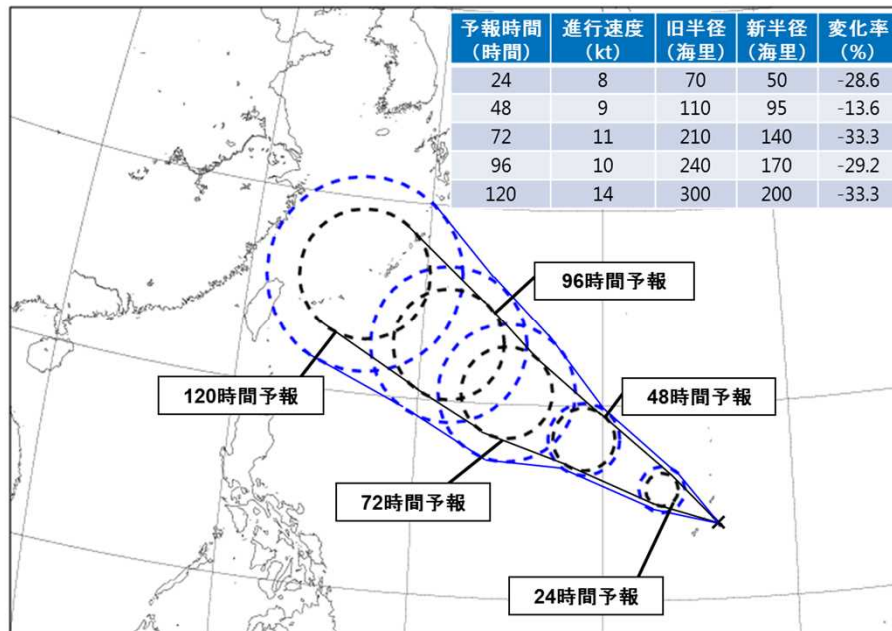
※B':AB、Cのみの場合に半径が急激に変化するのを緩和するため、補完区分として導入



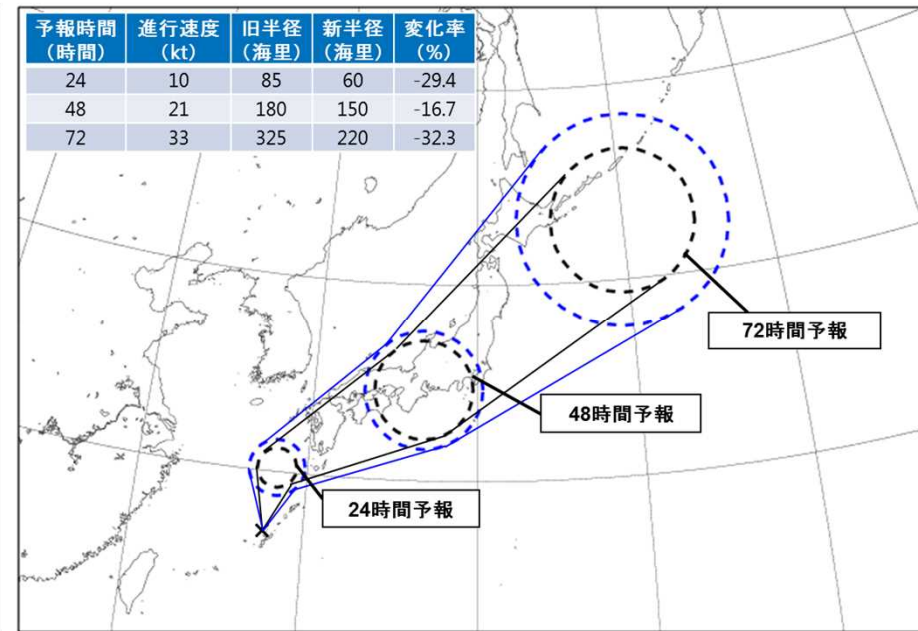
予報円半径の変化例

- 予報円が小さくなることにより、台風に対する備えをより対象地域を限定して行えるようになる。

2015年第9号(2015年7月5日03時)



2014年第19号(2014年10月12日03時)

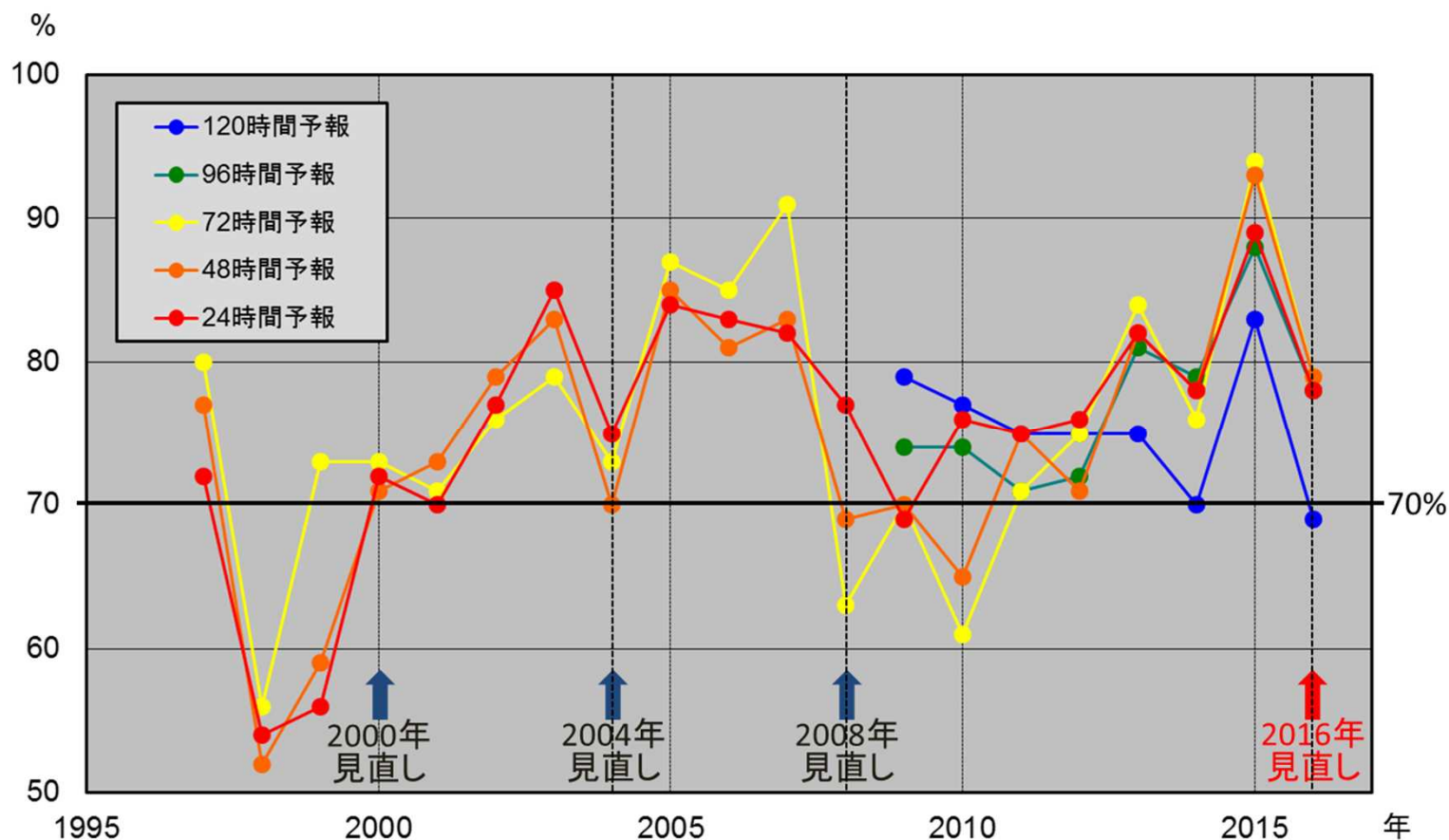


予報円半径の変化例
青色:見直し前、黒色:見直し後



台風中心が予報円に入る確率の推移

- 本見直しは2016年6月から導入され、2016年台風第1号から適用。
- 2016年の台風中心が予報円に入る確率は、本見直しの効果もあり確率が小さくなって70%に近づいており、より適切になっている。





2017年の見直し

- 気象庁では、**2017年1月に**TEPSや他のEPSを統合し、使用する予報モデルと摂動作成手法の改良等を加えた新たなEPSである**全球アンサンブル予報システム(GEPS)の運用を開始**。
- 台風進路予測については、2015年から2016年の期間に対する検証結果において、24時間から120時間の全ての予報時間について**進路予測誤差が小さくなる**など、様々な点で改善。
- 2015年から2016年のGEPSの試験データと同期間のTEPSのデータそれぞれに基づく予報円半径の特性の違いについて調査し、**96、120時間予報の予報円半径をGEPSに基づくものに更新**。
- 本見直しは2017年6月から導入され、2017年台風第3号から適用。

TEPS

予報時間	進行方向	信頼度			
		A	B	B'	C
96	北西方向	170			240
	その他方向	220(≤ 10 kt) 260(11 kt \leq)		325	425
120	北西方向	200			350
	その他方向	270(≤ 10 kt) 325(11 kt \leq)		450	500



GEPS

予報時間	進行方向	信頼度			
		A	B	B'	C
96	北西方向	160		200	240
	その他方向	210(≤ 10 kt) 260(11 kt \leq)		300	350
120	北西方向	200		290	375
	その他方向	290(≤ 10 kt) 350(11 kt \leq)		425	500

※北西方向についても、AB、Cのみの場合に半径が急激に変化するのを緩和するため、補完区分B'を導入。

2. 近年の台風予報の改善

1. 進路予報におけるコンセンサス手法の導入
2. 予報円の見直し
3. 強度予報ガイダンスTIFSの導入



TIFSの概要(1)

- TIFS (Typhoon Intensity Forecasting Scheme based on SHIPS (Statistical Hurricane Intensity Prediction Scheme))
- 台風の強度を、実況値やモデルの予報進路に沿った環境場の値から多重回帰式 (Multiple Linear Regression) を用いて統計的に予報するガイダンス
- 目的変数は初期時刻からの中心気圧Pmin、最大風速Vmaxの変化量
- 予報時間毎、求めるパラメータ毎に、それぞれ回帰式が存在
- ⇒回帰式の数は 22(予報時刻6時間毎132時間先まで) × 2(Pmin、Vmax) = 44個

$$y = a_0 + a_1x_1 + \dots a_Nx_N$$

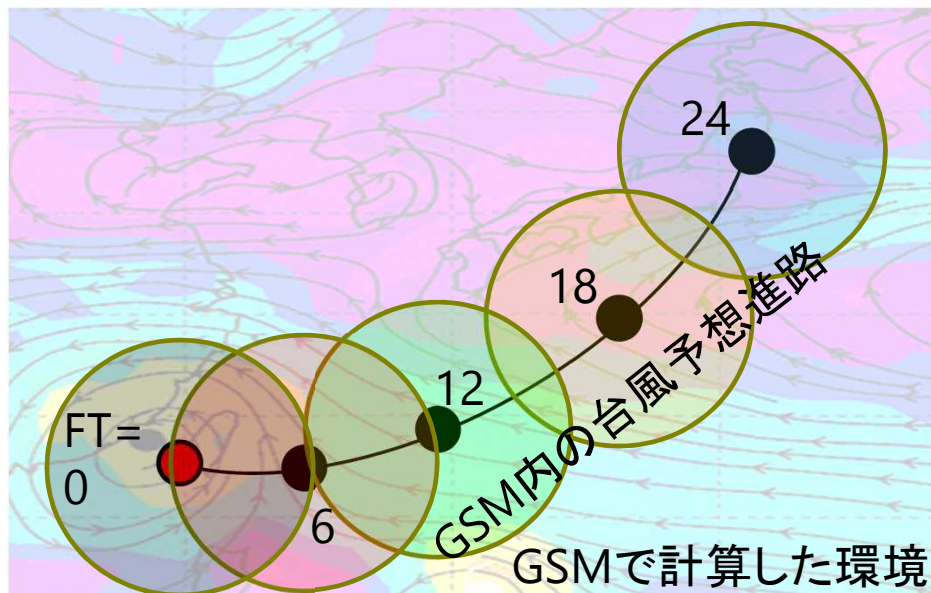
- y : 目的変数: 初期時刻からの強度変化量
($V_{\max_{Ft}} - V_{\max_0}$ または $P_{\min_{Ft}} - P_{\min_0}$)
- x_i : 説明変数
- a_i : 回帰式の係数



TIFSの概要(2)

- 環境場に関する説明変数は、**予報進路に沿った平均値**
⇒ 予想進路上の台風中心から一定の距離で領域平均した**代表値**を求め、
初期時刻から予報対象時刻までの上記の値を平均したものを説明変数とする

例: FT=24の説明変数の作り方



FT=0 FT=6 FT=12 FT=18 FT=24
代表値 代表値 代表値 代表値 代表値
FT=24の説明変数
= FT=0~24の代表値の平均



TIFSの概要(3)

- 使用データと説明変数
 - 解析された台風の実況値
 - 強度の実況値、12h前からの強度変化
 - GSMの解析値・予報値
 - 下層接線風速、鉛直シア、上層発散、上層の気温、下層温度移流、下層の鉛直温度勾配、地表面と環境場の θ_e の差、中層湿度、下層渦度etc
 - 海面水温(SST)の解析値
 - 海洋貯熱量(TCHP)の解析値
 - ひまわり8号衛星データ
 - -30°C 以下領域の割合、輝度温度の標準偏差

台風の実況値

数値予報データ(GSM)

海洋データ(SST・TCHP)

衛星データ(赤外1)



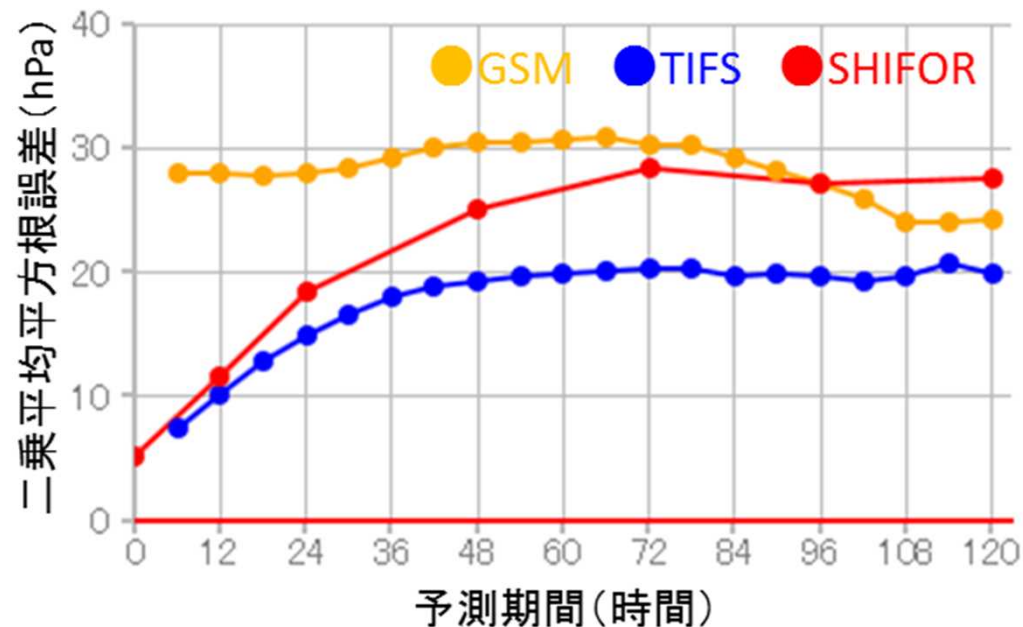
最大風速

中心気圧



TIFSの予測精度(1)

- TIFSの予測精度について、従前より利用してきた全球モデル(GSM)予測値及び気候値を基にした強度予測資料(SHIFOR)と比較する形で検証を行った。2016年の全ての台風についての中心気圧の予測誤差(二乗平均平方根誤差)を図に示す。
- 5日(120時間)先までの予測期間を通じて、TIFSの予測誤差はGSMとSHIFORの予測誤差よりも小さいことがわかる。

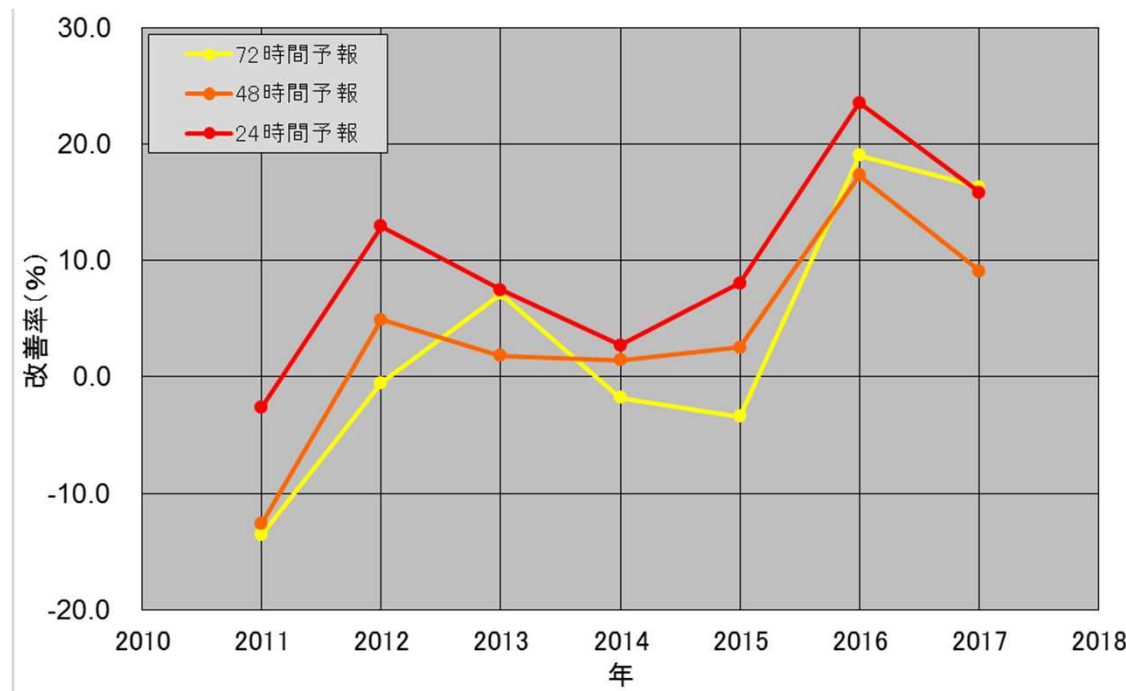


2016年の全台風における強度予測(中心気圧)の年平均誤差(二乗平均平方根誤差)



TIFSの予測精度(2)

- TIFS利用による強度予報への効果を示すために、SHIFORからの強度予報の改善率の経年変化を図に示す。
- TIFSを利用していなかった2011-2015年については平均で約6%(1日予報)、約0%(2日予報)、約-2%(3日予報)程度だった。一方TIFSを試験的に利用した2016-2017年については、平均で約20%(1日予報)、約13%(2日予報)、約18%(3日予報)と大幅に改善していることがわかる。



台風強度予報(中心気圧)の年平均誤差のSHIFORに対する改善率

3. 台風予報作業手順



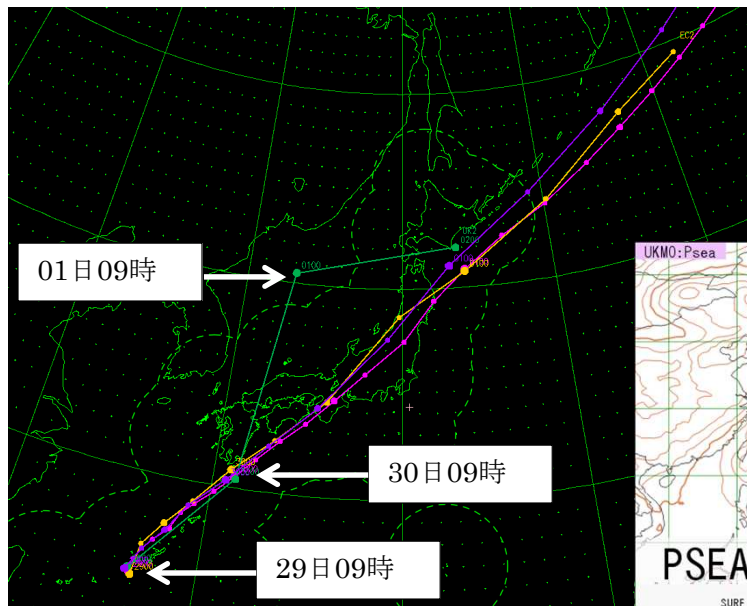
台風予報に用いる手法・モデル

- 各種調査結果に基づき、気象庁では、**台風進路予報に主要4機関の数値予報モデルのコンセンサス手法を主に利用。**
- 2018年現在、以下の数値予報モデルを進路予報に利用。
 - 全球モデル(略称:説明)
 - GSM: 気象庁の全球モデル
 - EC: ECMWFの全球モデル(IFS)
 - UKMO: UKMOの全球モデル(UM)
 - NCEP: NCEPの全球モデル(GFS)
 - 全球EPS(略称:説明)
 - GEPS: 気象庁の全球EPS
 - EC-EPS: ECMWFの全球EPS(ENS)
 - UKMO-EPS: UKMOの全球EPS(MOGREPS)
 - NCEP-EPS: NCEPの全球EPS(GEFS)

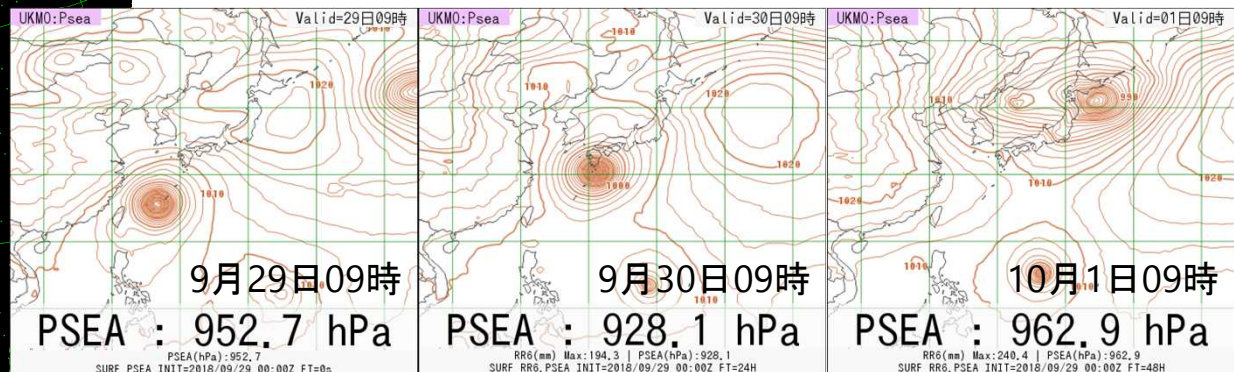


台風予報作業手順(1)

1. 4機関の全球モデルの予測結果から熱帯擾乱の中心位置を追跡(自動処理)。EPSについては、各メンバーの追跡結果を各機関から受け取り、アンサンブル平均のみ自動処理で計算。
2. 4機関の全球モデルの中心位置追跡と実況解析や地上予想天気図を比較し、誤追跡の有無を検討。
3. 誤追跡が明らかな場合は、コンセンサスの対象から除外。なお特定のモデルを除外した場合、必要に応じてコンセンサスメンバーを補充。



2018年台風第24号 2018年9月29日09時の例
UKMO(緑色)の2018年10月1日09時は誤追跡と判断。



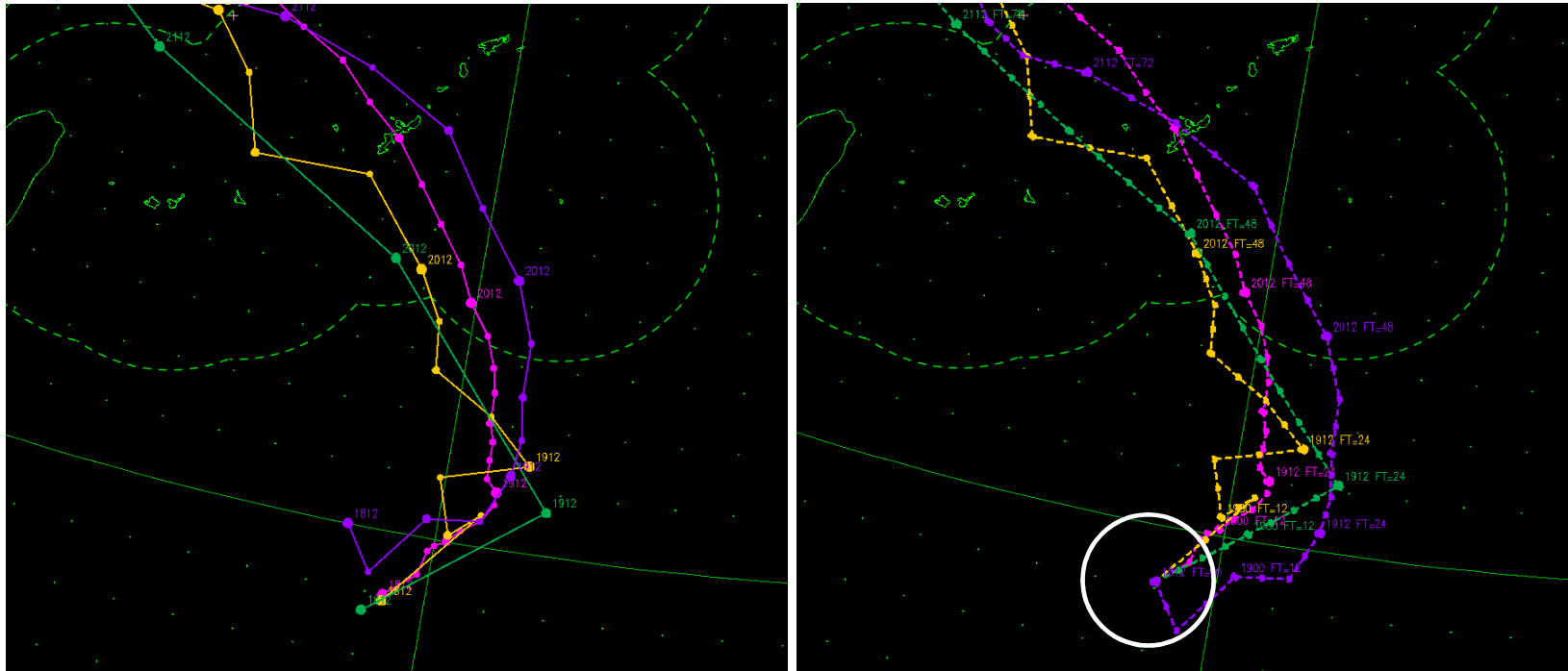
4機関の数値予報モデルによる
進路予測のモニター図の例

UKMOの24時間毎の地上予想天気図



台風予報作業手順(2)

4. コンセンサスに利用する各モデルのデータを初期誤差補正し、そのデータでコンセンサスを計算し、5日先までの予測位置を作成。



2018年台風第10号 解析時刻:2018年7月18日21時

左:各モデルの解析時刻以降の予測位置(09時又は15時初期値)

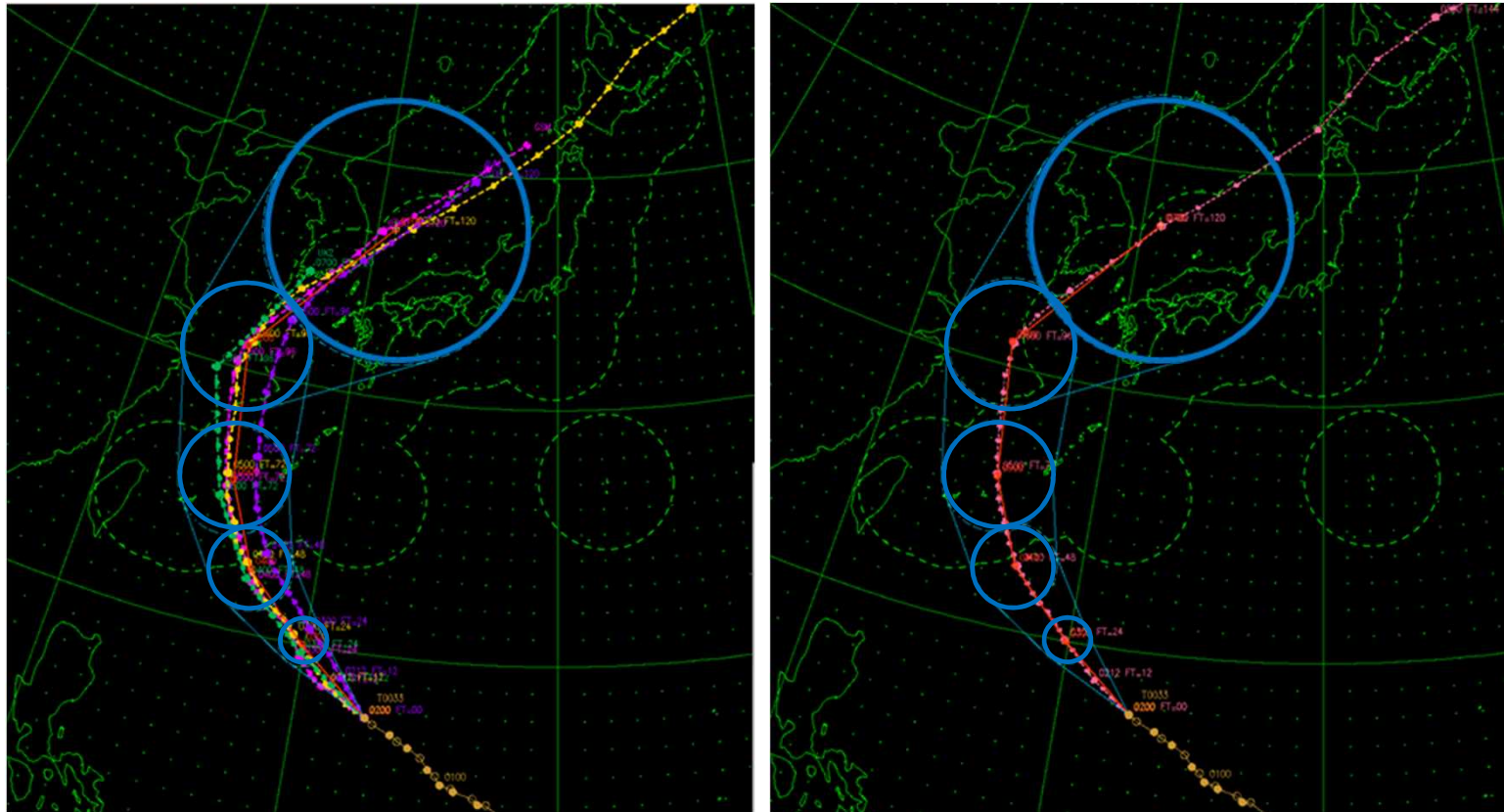
右:実況解析の中心位置で各モデルを初期誤差補正したもの

解析時刻の中心位置を実況位置(○)に補正し、その後を追跡(並行移動)



台風予報作業手順(3)

5. コンセンサスの結果を元に12時間～120時間の予想位置を決定。



2018年台風第25号 解析時刻:2018年10月2日09時

各モデルの予測値表示(左)、コンセンサス予測値表示(右)
青○は各予報時刻の予報円



台風予報作業手順(4)

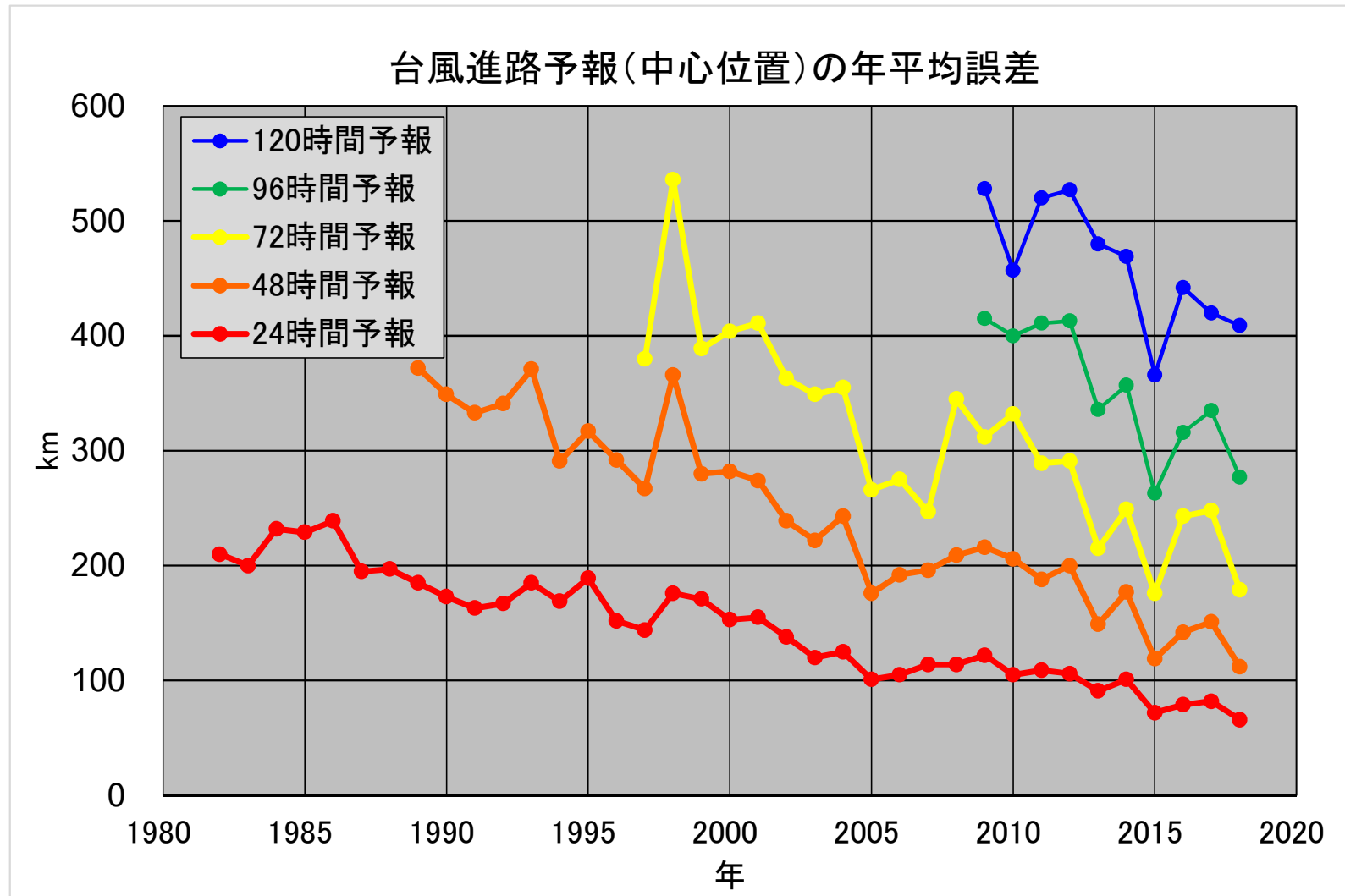
6. 決定した予想位置から、進行方向・速度を計算。
7. 過去の知見や前回の予報を考慮し、予想位置や進行方向・速度の変化が適切であるか検討し、必要に応じて修正。
8. 12～72時間予報までは進行方向・速度を基に統計的手法により、96、120時間予報は、GEPSの積算スプレッドに基づく信頼度と進行方向・速度を元に予報円を計算。96、120時間予報については、各予報時間のGEPSの全メンバーを描画し、予報円に概ね70%程度が入っているかを確認。なお予報円の大きさも、過去の知見や前回の予報を考慮し、その大きさや変化が適切であるか検討し、必要に応じて修正。
9. 強度予報ガイダンス・統計ガイダンス等を基に各進路予報位置での最大風速・最大瞬間風速・中心気圧・暴風域などの強度と擾乱種別(熱帯低気圧化・温帯低気圧化など)を予報。
10. 進路予報(進行方向・速度、予報円など)と強度予報(最大風速・最大瞬間風速・暴風域)を図およびグラフ表示し、予報の連続性などを確認。

→ 最終確認して台風予報として発表



2018年の進路予報誤差

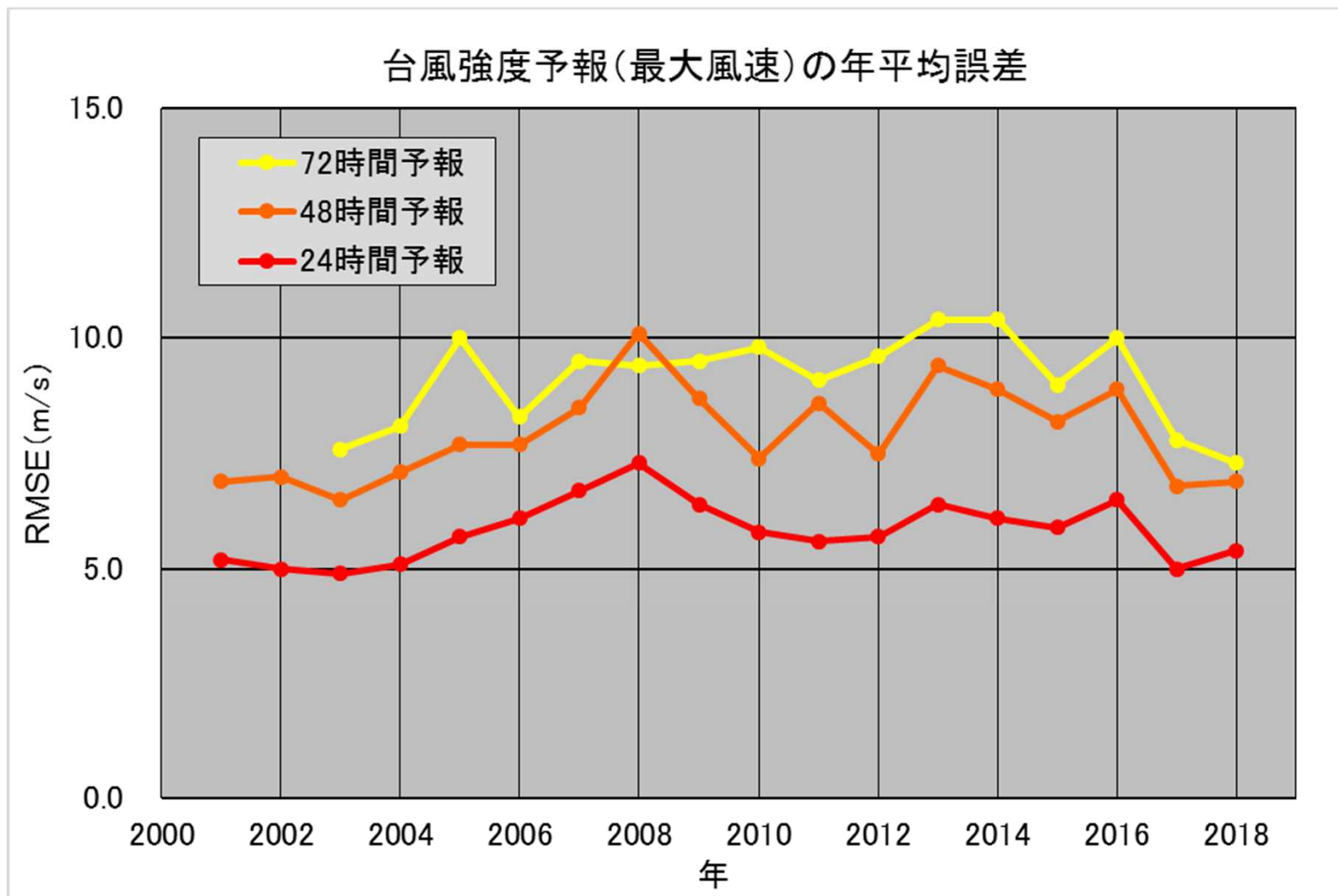
- 2018年の進路予報精度は過去最高レベル。誤差は24時間予報で約70km、72時間予報で約180km、120時間予報で約410km。





2018年の強度予報誤差(最大風速)

- 2018年の強度予報精度は、比較的精度の良かった昨年とほぼ同じ。誤差は24時間予報で5.4m/s、72時間予報で7.3m/s。



4. 台風5日強度予報の運用開始



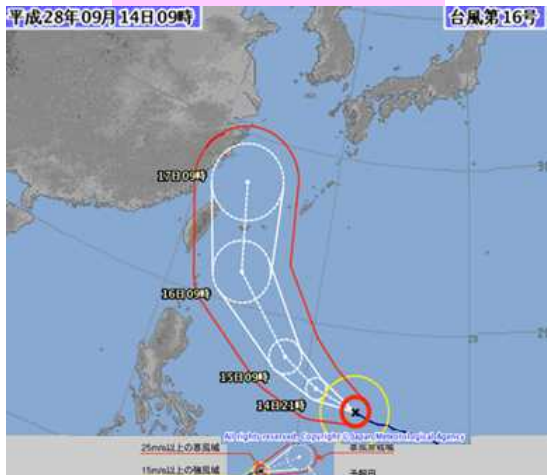
台風5日強度予報の運用開始

- 気象庁では、2018年6月に更新したスーパーコンピュータシステムによる計算能力の向上や、台風の最大風速や中心気圧などの強度をより正確に予測するための技術開発を行ってきた。
- 現在3日先まで発表している台風の強度予報(中心気圧、最大風速・最大瞬間風速、暴風警戒域及び擾乱種別の予報)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日先まで延長する予定。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日先までの進路・強度予報の発表時刻及び発表頻度は、現行の3日先までの進路・強度予報と同じ(解析時刻の約50分後に発表予定)。
- このほか、暴風域に入る確率の5日先までの延長も併せて行う。
- 4日先以降の暴風警戒域等に関する情報の新たな提供により、台風接近時の防災行動計画(タイムライン)に沿った防災関係機関等の対応を、これまでより早い段階からより効果的に支援することが可能となる。



台風5日強度予報の気象庁ホームページ表示イメージ

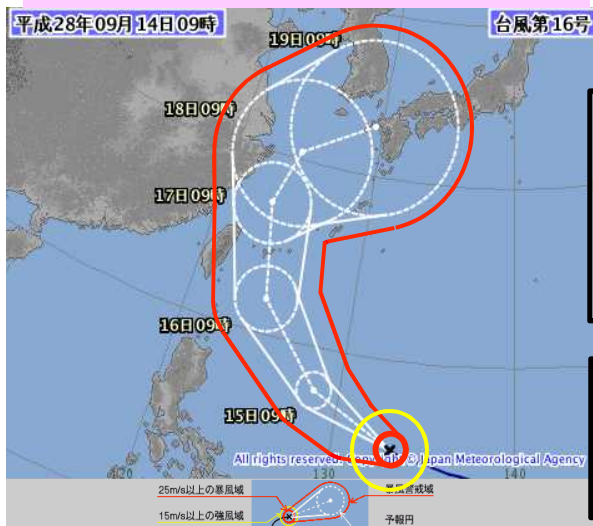
現行の3日強度予報



現行の5日進路予報



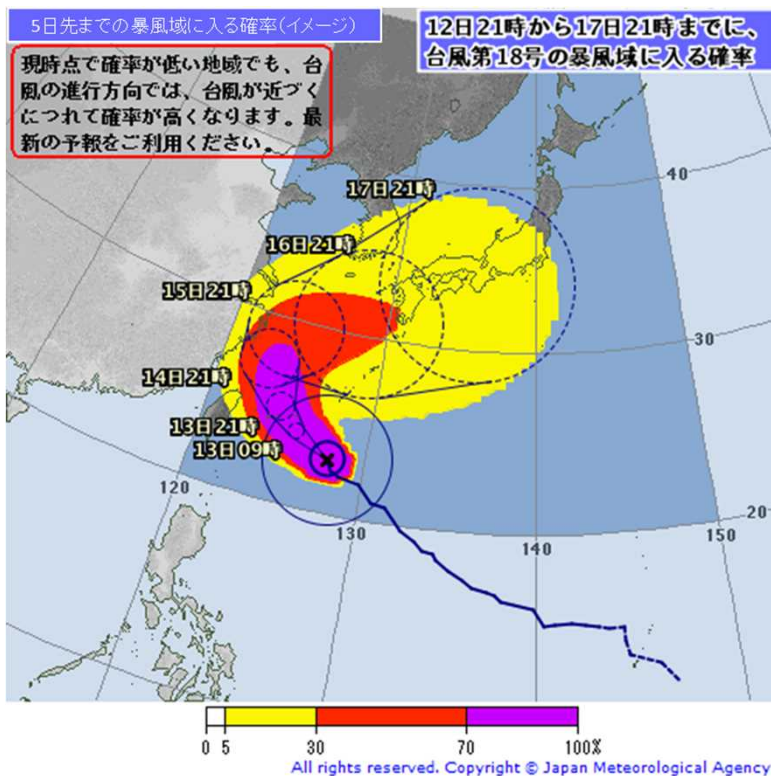
気象庁ホームページの表示イメージ



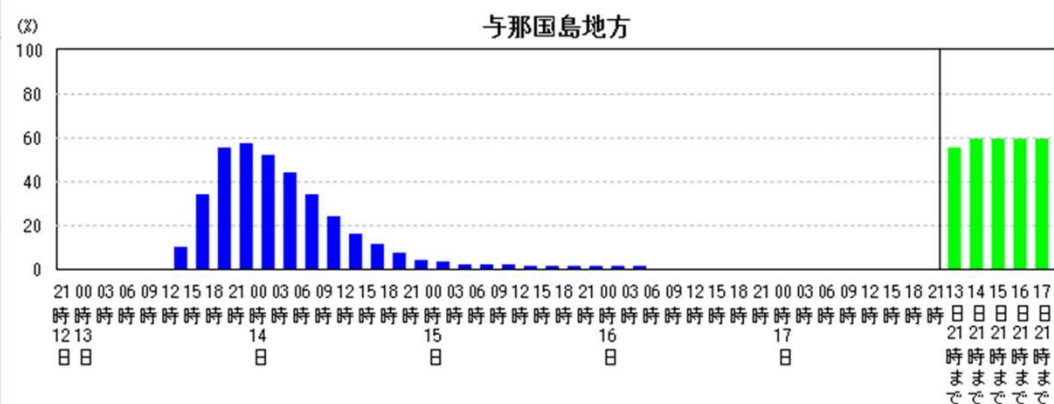
非表示	台風第XX号
台風第XX号 (チャリ)	
平成XX年XX月01日10時20分 発表	
存在地域	東シナ海
予報円の中心	北緯 28度30分(28.5度) 東経 128度30分(128.5度)
進行方向、速さ	北 20km/h(12kt)
中心気圧	950hPa
中心付近の最大風速	45m/s(85kt)
最大瞬間風速	60m/s(120kt)
予報円の半径	410km(220NM)
暴風警戒域	全域 520km(280NM)
〈05日09時の予報〉	
存在地域	西日本
予報円の中心	北緯 33度25分(33.4度) 東経 131度40分(131.7度)
進行方向、速さ	北北東 28km/h(14kt)
中心気圧	950hPa
中心付近の最大風速	45m/s(85kt)
最大瞬間風速	60m/s(120kt)
予報円の半径	480km(260NM)
暴風警戒域	全域 590km(320NM)
〈06日09時の予報〉	
存在地域	日本の東
予報円の中心	北緯 37度50分(37.8度) 東経 143度30分(143.5度)
進行方向、速さ	東北東 50km/h(26kt)
中心気圧	960hPa
中心付近の最大風速	40m/s(75kt)
最大瞬間風速	55m/s(105kt)
予報円の半径	600km(325NM)
暴風警戒域	全域 710km(380NM)

4・5日先に中心気圧、最大風速、最大瞬間風速、暴風警戒域を追加

台風5日強度予報の気象庁ホームページ表示イメージ



台風の暴風域に入る確率(分布図)のイメージ



台風の暴風域に入る確率(地域ごとの時間変化)のイメージ

5. 台風情報利用に際しての留意点



台風情報利用に際しての留意点

- 台風の進路予報は、進路そのものではなく、各予報時刻の台風中心の位置を予想しているため、中心位置を結んだ線が予想進路を示すものではない(転向する場合は顕著)。
- 予報には不確実性があり、それを各予報時刻に台風中心が70%の確率で入る予報円という形で表現している。
- 台風の中心位置が災害の発生する場所とは必ずしも一致しないため、中心位置だけに注目しない。
- 台風進路予報はコンセンサス手法を主に利用しているため、GSMの予測値と発表予報で台風の位置が異なることが多い。日本付近に接近した場合などは、配信しているGSMの予想値をそのまま利用できないことに留意。
- 台風から温帯低気圧に変わっても風速が強くなる場合があるので注意・警戒が必要。

ご清聴ありがとうございました。