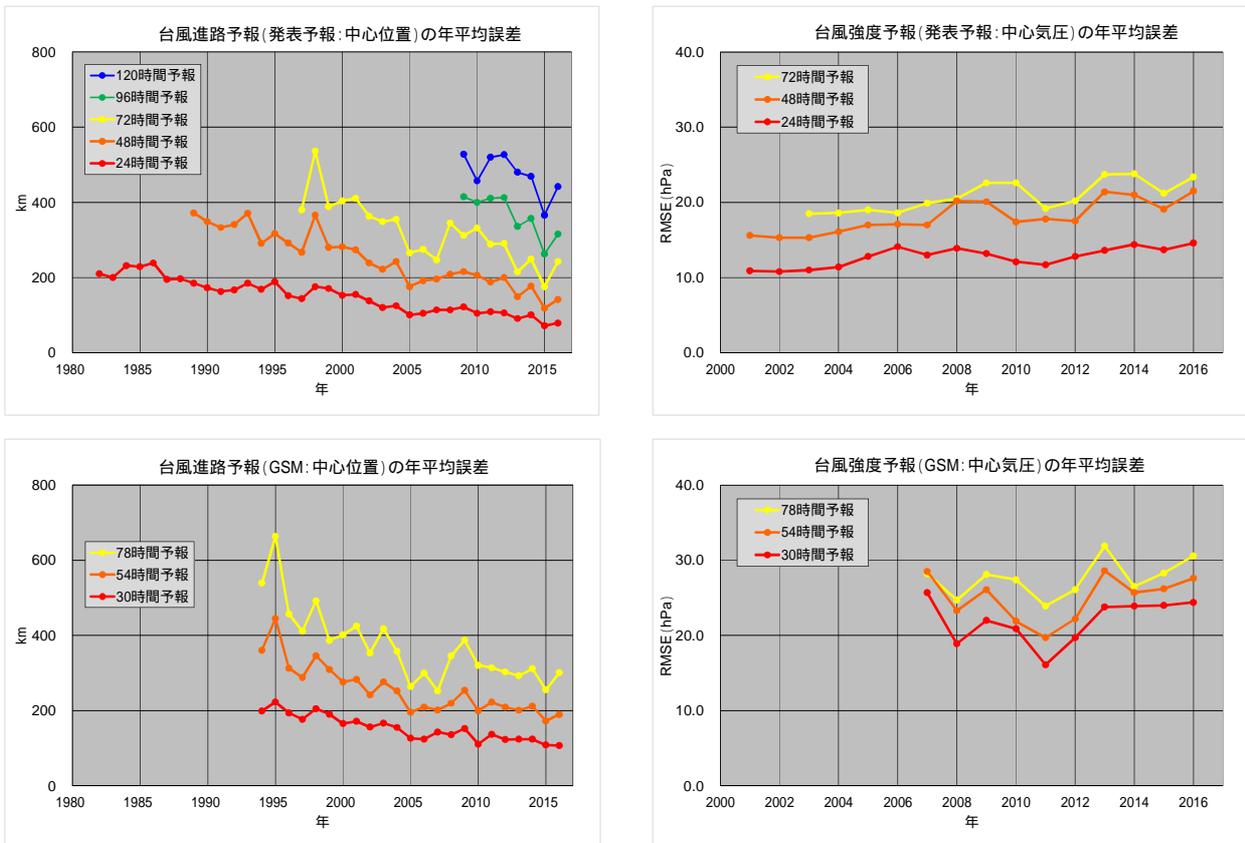


## 第2章 台風強度予報ガイダンスの開発

### 2.1 はじめに

気象庁では北西太平洋内にある台風に対し、全球モデルGSM (Global Spectral Model) 等の数値予報モデルの結果やドボラック解析の発達曲線から予想されるCI数、統計的な資料等を用いて、5日先までの進路予報と3日先までの強度予報を実施している(気象庁予報部 1990)。近年、台風による災害の防止・軽減のため、タイムラインを考慮した効果的な防災対応への支援として、強度予報の精度向上と5日先までの予報時間の延長が必要となっている。当庁の台風の予報精度については、第2.1.1図にあるように発表予報およびGSMともに進路予報の精度は年々向上しているのに対し、強度予報の精度は横ばいとなっている。一方、台風の発達メカニズムの解明が進むとともに数値予報技術等が進歩しており、最新の知見を取り入れることで、より長いリードタイムで台風の強度を予測することが可能となりつつある。また、当庁は世界気象機関(WMO)の枠組みのもと、北西太平洋の熱帯低気圧に関する地区特別気象センター(RSMC)に指名されており、台風予報をリアルタイムで提供するなど、アジア太平洋の国や地域が行う熱帯低気圧の解析や予報への支援を行っている。当庁以外のRSMCではすでに5日先までの強度予報を実施しており、特に米国では熱帯低気圧の強度予報のためにガイダンスを開発・利用している。DeMaria et al. (2014)によれば、その予測精度は年々向上しているとされる。当庁がRSMCとして我が国を含む北西太平洋域の台風災害の防止・軽減に引き続き主導的な役割を果たすためにも、責任領域内での5日先強度予報の現業化が不可欠となっている。



第2.1.1図

台風の進路予報(中心位置の予報)(左、単位: km)と強度予報(中心気圧の予報)(右、単位: hPa)の年平均誤差  
上段が発表予報、下段がGSMに対する結果。

\*別所 康太郎(気象庁予報部予報課アジア太平洋気象防災センター)

このような状況を踏まえ、気象庁では台風予報・解析技術の高度化を図るために平成 27 年度より予報部および気象研究所を中心にプロジェクトチームを設置し、その活動の一環として台風の 5 日先強度予報に必要なガイダンス等を開発し、平成 30 年度末より現業化する予定としている。

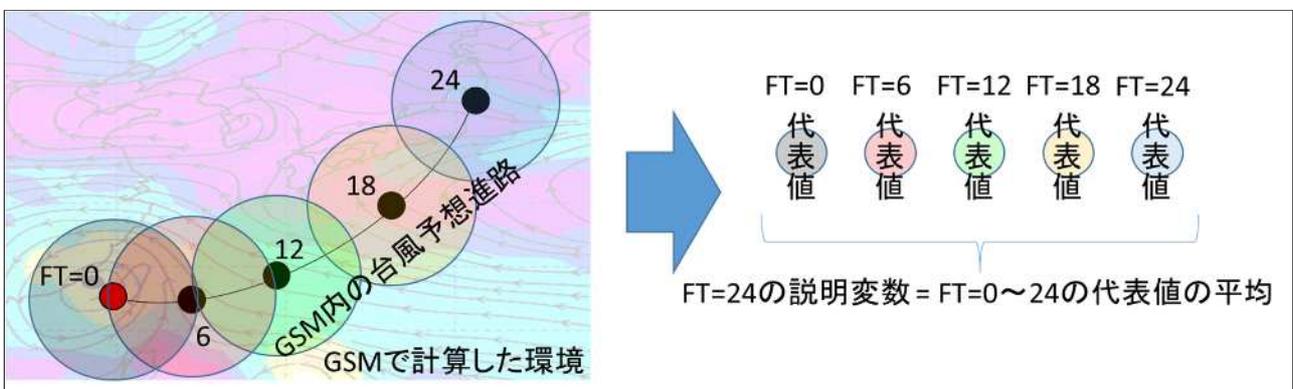
5 日先強度予報の現業化のためには、各種のガイダンスの開発・導入や、その利用方法の検討、数値予報モデルの予報時間の延長、各種システムの整備や運用手法の確立が求められる。プロジェクトチームでは、強度予報に実績のある種々のガイダンスを調査・検討した結果、米国で開発され、米国海洋大気庁のハリケーンセンターでも強度予報に利用されているガイダンスの 1 つである SHIPS (Statistical Hurricane Intensity Prediction System; DeMaria and Kaplan 1994, 1999; DeMaria et al. 2005)を導入・試験運用することとした。SHIPS は、熱帯低気圧の解析値や数値予報モデルから算出した台風周辺の環境の値、海面水温データや気象衛星の観測データなどを元にして、統計的に熱帯低気圧の強度変化を予測するハリケーン強度予報ガイダンスであり、数値予報モデルにより力学的に予測したデータを入力値として、統計的に求めた計算式から熱帯低気圧の強度を予測するため、統計力学モデルとも呼ばれる。

SHIPS の当庁への導入にあたっては、米国の DeMaria 博士らをはじめとする SHIPS 開発関係者の協力のもと、気象研究所台風研究部で当庁の GSM や各種データを用いて、当庁のシステムに合うようあらためて研究開発が行われた。例えば、元の SHIPS では台風の強度として最大風速しか予測しないが、気象研究所では、最大風速に加えて中心気圧も予測するよう新たに開発を行った。その上で、気象研究所で新たに開発した台風強度予報ガイダンス SHIPS を予報部予報課にて現業システムに組み込むとともに、その試験運用・精度評価を行った。また、SHIPS の試験運用にあたっては、5 日先の強度予報ガイダンスに必要なデータとして、予報部数値予報課にて 0、6、18 時 (UTC(協定世界時) : 以下本章における時刻は UTC で表示する。) 初期時刻の GSM の予報時間を試験的に 84 時間から 132 時間に延長した (12 時初期時刻の GSM は、従来 264 時間予報を行っている)。

本章では、SHIPS の概要を示すとともに、その精度検証結果の一部を紹介する。

## 2.2 台風強度予報ガイダンス SHIPS の概要

台風強度予報ガイダンス SHIPS は、線形重回帰式を用いた統計的手法を用いており、予報対象時刻の台風の強度を予報初期時刻からの変化量として算出する。入力データとなる説明変数は、台風の実況解析値や GSM による台風周辺の大気環境の解析値・予報値、海洋環境の解析値、ひまわり 8 号の赤外輝度温度などの観測データなどである。また、出力データの目的変数となる台風の強度は、中心気圧と最大風速であり、それぞれを予報対象時刻毎に別々の回帰式で計算している。第 2.2.1 図に例を示したように、環境の値については、



第 2.2.1 図 SHIPS における予報対象時刻毎の説明変数の作り方の模式図  
予報対象時刻が FT=24 の場合の例。

GSM で予想した台風の進路に沿ったものを平均化した値を用いており、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予報時刻毎に求め、初期時刻から予報対象時刻までの代表値を平均したものを、その予報対象時刻の説明変数としている。

SHIPS で台風強度を算出するために使用している元のデータと、それらから計算される主な説明変数（括弧内、以下、環境パラメーター）は以下のとおりである。

- ・台風の実況解析値（強度の実況値、12 時間前からの強度変化）
- ・GSM の解析値・予報値  
（下層接線風速、水平風の鉛直シア、上層発散、上層の気温、下層温度移流、  
下層の鉛直温度勾配、地表面と各層の相当温位の差、中層湿度、下層渦度、等）
- ・海面水温の解析値（最大到達可能強度）
- ・海洋貯熱量（Ocean Heat Content: OHC もしくは Tropical Cyclone Heat Potential: TCHP、小出ほか 2015）の解析値
- ・ひまわり 8 号の観測データ  
（赤外画像(B13、波長 10.4  $\mu\text{m}$ )の輝度温度で-30 以下領域の割合、輝度温度の標準偏差)

SHIPS の計算に用いる重回帰式の係数の作成にあたっては、2000 年から 2012 年までの気象庁作成の台風のベストトラックデータと JRA-55 (Kobayashi et al. 2015) データ、JRA-55 の境界条件として使われている海面水温 (COBE-SST) データ (Ishii et al. 2005)、地球環境・海洋部海洋気象課海洋気象情報室作成の TCHP データ、歴代の静止気象衛星の赤外輝度温度データを利用している。なおベストトラックデータには、対象とする台風の最大風速が 34kt 未満であった熱帯低気圧の期間や、温帯低気圧化が完了し台風が温帯低気圧となった期間も含まれているが、SHIPS の係数作成には、最大風速が 34kt 以上の台風である期間のみを用いている。

SHIPS は GSM の予報出力時間に合わせて計算されており、0、6、12、18 時の初期時刻毎に台風の強度予測を行う。SHIPS は台風強度の予報初期時刻からの変化量を被説明変数として出力するだけでなく、予報時刻毎の説明変数である環境パラメーターや、予報に対する各環境パラメーターの寄与も出力する。これにより予報官は、SHIPS による強度予測の根拠を把握することが可能となるため、より明確な根拠に基づいた予報を行ったり、予報と実況に相違が見られた場合には、その変化を定量的に見積もった上での予報シナリオの変更を行うことができる。SHIPS の予測結果例を第 2.2.2 図に示す。

# SHIPS予測因子モニター 2017/6/27更新

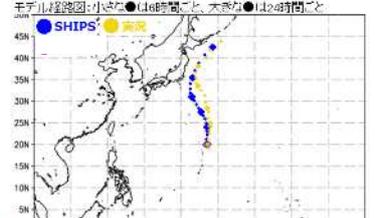
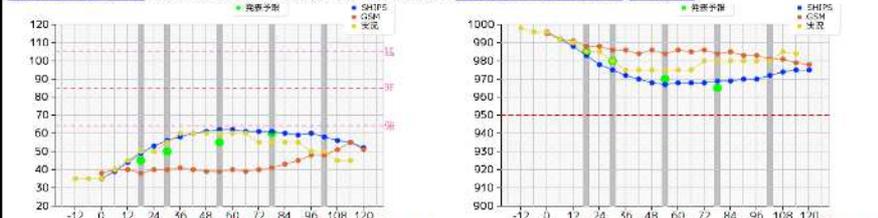
更新時刻に注意: 00Z初期値→0045時、06Z初期値→0845時、12Z初期値→1610時、18Z初期値→2145時

★TC番号 201608(11605 OMAIS) ★グラフ描画要素の選択  
 SHIPS  GSM  
 実況

★初期値 201608050000

表示

TC番号08 台風番号11605 名前OMAIS 初期値2016/8/5/00Z 読み込みファイル名 (201608201608050000\_ships.txt (中間ファイル))



最大風速(K)						風速のピーク 時刻 2016/08/07/06/UTC (FT-54)						中心気圧(hPa)						気圧のピーク 967hPa 時刻 2016/08/07/06/UTC (FT-54)					
時刻	FT	実況	GSM	SHIPS	発生に寄与	衰弱に寄与	時刻	FT	実況	GSM	SHIPS	発生に寄与	衰弱に寄与	時刻	FT	実況	GSM	SHIPS	発生に寄与	衰弱に寄与			
2016080500	0	35	38	35	32	36	2016080600	0	985	985	986	985	984	2016080700	0	992	992	992	994	発生に寄与	衰弱に寄与		
2016080506	6	40	40	39			2016080606	6	982	982	982	982	984	2016080706	6	990	991	988	992	発生に寄与	衰弱に寄与		

## SHIPS予報官検用テキストhtml版

前回初期値との差分を見る

TC番号01 初期値201608050000 ships.txt

予報対象日時	05日 00Z	05日 06Z	05日 12Z	05日 18Z	06日 00Z	06日 06Z	06日 12Z	06日 18Z	07日 00Z	07日 06Z	07日 12Z	07日 18Z	08日 00Z	08日 06Z	08日 12Z	08日 18Z	09日 00Z	09日 06Z	09日 12Z	09日 18Z	10日 00Z
緯度	20.0	21.2	22.2	23.0	24.0	25.0	25.9	26.7	27.6	28.5	29.3	30.2	31.1	32.0	33.0	34.2	35.6	37.2	38.9	40.8	42.7
経度	147.3	147.0	147.1	147.1	147.2	147.0	146.9	146.7	146.5	144.9	144.1	143.5	142.9	142.5	142.0	142.5	143.1	143.8	144.0	146.4	148.5
SST	30.7	30.6	30.5	30.1	29.3	28.8	28.7	28.4	28.2	28.1	28.1	27.7	27.6	27.6	27.8	27.8	27.2	27.2	26.3	21.1	18.1
OHC	125	122	121	85	44	39	45	48	50	25	27	18	14	26	33	32	35	10	0	0	0
鉛直シア	5	9	11	8	9	10	11	11	5	7	9	10	9	9	10	10	5	12	17	21	31
鉛直シア方向	106	92	105	112	86	73	78	79	56	41	38	44	33	29	27	41	28	15	35	30	20
中層深層	07	05	04	07	08	07	06	05	05	03	03	03	02	02	02	02	02	02	02	02	02
上層発散	1.22	1.21	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
GSM風速	40	40	39	40	40	41	39	39	39	40	39	39	40	41	43	45	48	48	51	55	51
GSM気圧	992	991	988	983	978	986	986	984	980	984	988	986	988	989	989	983	983	981	981	979	978
降後との距離km	1822	1698	1589	1507	1411	1303	1196	1094	977	881	748	631	519	409	317	237	116	241	290	283	232
指向風高hPa		667																			
初期時刻との風速差		4	9	14	18	21	23	25	28	27	27	26	26	26	25	24	25	23	21	20	17
初期時刻との気圧差		-4	-8	-13	-18	-21	-24	-26	-28	-29	-29	-28	-28	-27	-27	-26	-24	-24	-22	-21	-21
最大風速kt	98	99	98	98	98	98	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
中心気圧hPa	998	992	988	983	978	983	978	970	968	967	968	968	968	969	969	970	970	972	974	975	975
最大風速kt(NO LAND)		39	44	49	53	56	58	60	61	62	62	61	61	61	60	59	59	58	58	55	52
中心気圧hPa(NO LAND)		992	988	983	978	975	972	970	968	967	968	968	968	969	969	970	970	972	974	975	975
SST寄与の和	0.7	0.4	-0.4	-1.4	-2.2	-2.7	-2.8	-3.2	-2.3	-1.4	-0.8	-0.2	0.6	1	2	2.5	3.6	5.1	5.8	6.4	
OHC寄与の和	1	3.3	3.8	3.3	3.6	3.7	3.6	2.8	1.9	0.8	-0.4	-1	-1.5	-1.5	-2.7	-3.5	-4.4	-5.1	-5.4		
シア寄与の和	0.9	1.3	2.9	3.4	3.8	4	4.3	4.2	4.1	4.2	4.3	4.2	4.4	4.4	4.3	4.5	4.7	4.1	3.6	1.7	
東西移動成分	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	
中層湿差	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.0	-0.3	-1.0	-1.4	-1.6	-1.7	-1.8	-1.9	-1.4	-1.4	-1.3	-1.1		
上層発散	0.4	0.8	0.8	1.0	1.3	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	
初期風速の差	3.8	7.1	10.1	12.8	14.2	15.0	15.2	17.3	17.2	17.3	17.0	17.8	18.2	18.0	19.7	19.9	18.2	16.3	14.8	14.7	

●モデル出力の色の中心は台風の発達に連った領域であることを、青色は台風の発達に連った領域であることを示す。

●SHIPS寄与率(0以上は赤、-0以下は青)に着色している。

●前回初期値との差分に示しては0以上は赤、-0以下は青に着色している(差絶対値100km以上のみ)。

## 第2.2.2図 SHIPSの予測結果の例

台風毎・モデルの初期値毎のSHIPSとGSMの強度予測値と実況値のグラフと台風経路図(上段)および予報対象時刻毎の強度予測結果と環境パラメーター等(下段)。

## 2.3 SHIPSの精度検証結果

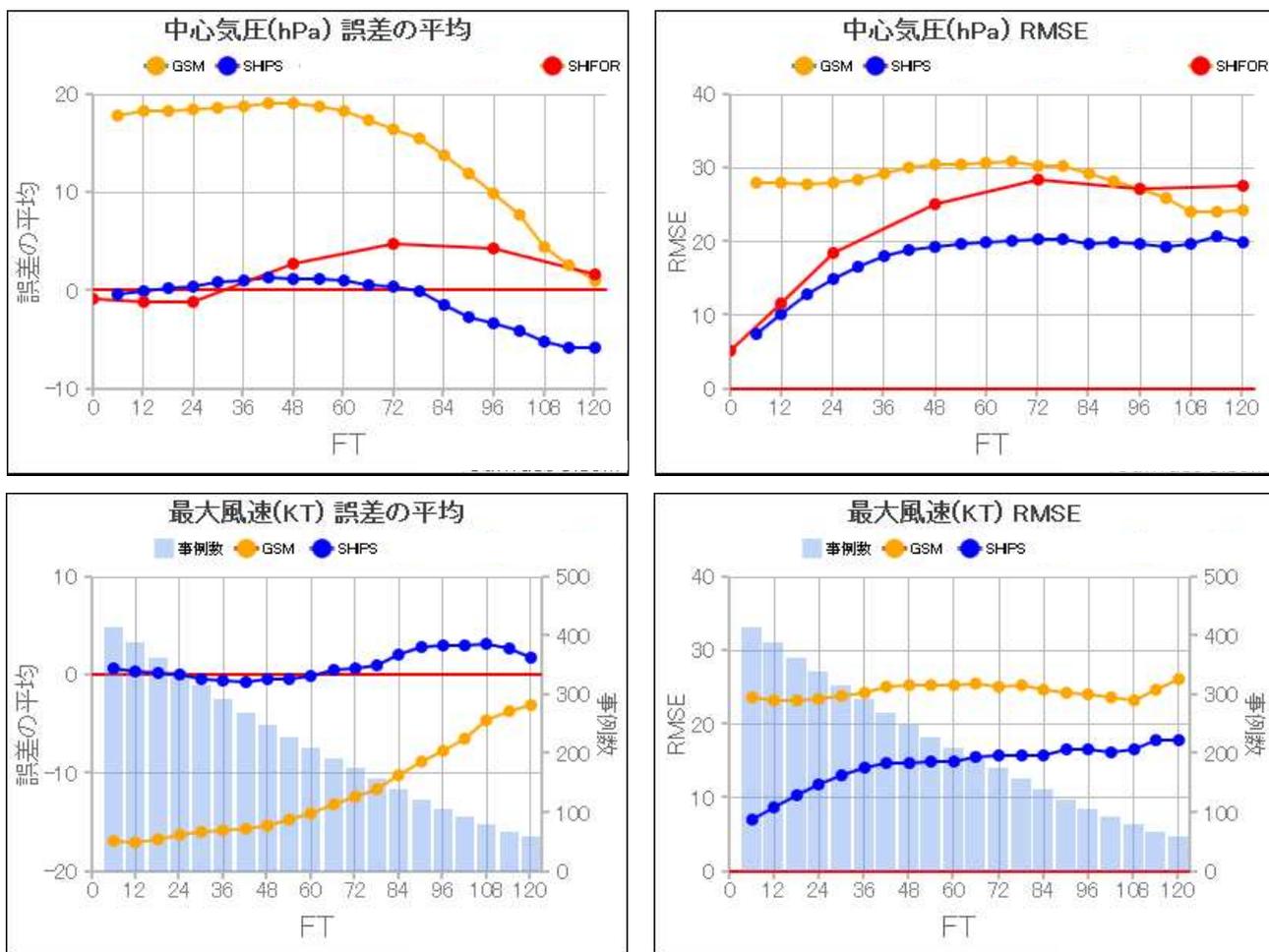
### 2.3.1 2016年の精度検証結果

2016年に発生した台風第1号から台風第26号までの全台風のベストトラックデータを用いて、SHIPSの予測精度を検証した。各台風の検証期間は、台風が発生してから、消滅する（熱帯低気圧または温帯低気圧になる）直前までである。また、比較のためGSMとSHIFOR（Statistical Hurricane Intensity Forecast；台風の気候値強度予報モデル、ただし中心気圧の検証のみ。Jarvinen and Neumann 1979、Knaff et al. 2003）の予測精度についてもあわせて求めた。なお、台風のベストトラックにおいては、中心気圧は、990hPa以上は2hPa単位、990hPa未満は5hPa単位、風速は5kt単位で解析されていることに留意する必要がある。

第2.3.1図は、台風の中心気圧と最大風速をFT（予報時間、以下同じ）=6からFT=120まで予測した結果の誤差の平均（バイアス）と2乗平均平方根誤差（Root Mean Square Error: RMSE）である。SHIPSによる中心気圧のバイアスは、FT=6からFT=78までほぼ0であり、その後徐々に負に拡大し、FT=120で-6hPa程度である。これは途中の傾向は異なるもののSHIFORのバイアスと同程度である。一方、GSMのバイアスはFT=120に近づくにつれてほぼ0になるものの、FT=6からFT=72まで17hPaから19hPa程度であり、SHIPSやSHIFORのバイアスの3倍程度の大きさである。また、SHIPSによる中心気圧の予測のRMSEは予測開始時に7.5hPaほどで、その後、ほぼ20hPaに収束している。SHIFORのRMSEも同様の傾向だが、28hPa程度に収束しており、SHIPSの方が8hPa程度小さい。一方、GSMのRMSEは期間を通して30hPa前後であり、SHIPSに比べて大きい。

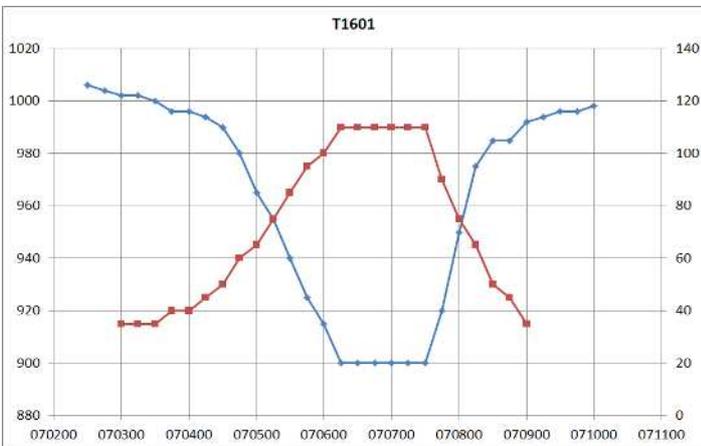
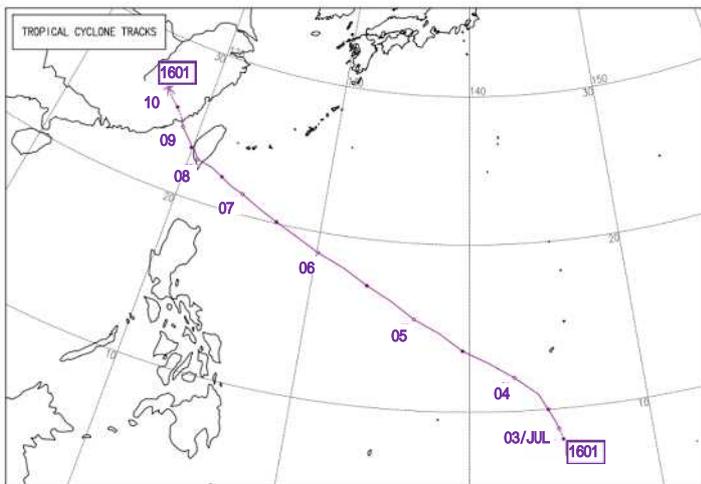
SHIPSによる最大風速の予測のバイアスは、ほぼ0であり、大きくても3kt程度である。一方、GSMのバイアスは予測開始時に-17kt程度で、徐々に小さくなり、FT=120では-3ktとなるが、SHIPSとの違いは大きい。また、SHIPSによる最大風速の予測のRMSEは、予測開始時の7kt程度から徐々に大きくなるが、FT=120でも18kt程度である。一方、GSMのRMSEは、ほぼ25kt前後であり、ここでもSHIPSのRMSEに比べて大きいことがわかる。

本検証により、SHIPSによる中心気圧と最大風速の予測を利用することで、GSMやSHIFORの予測を利用するよりも、平均的には予報精度が著しく改善されることがわかった。以下の2.3.2項から2.3.4項では、個別の台風の事例を取り上げ、いろいろな局面におけるSHIPSの特徴的な振る舞いについて述べる。



第2.3.1図 2016年の全台風における強度予測結果(上段:中心気圧、下段:最大風速)の誤差の平均(左)とRMSE(右) 中心気圧の単位はhPa、最大風速の単位はkt。黄色線はGSMの予測値、青線はSHIPSの予測値、赤線はSHIFORの予測値(中心気圧のみ)。最大風速図の薄青棒のグラフは事例数。

## 2.3.2 平成28年(2016年)台風第1号の事例



**第2.3.2図 台風第1号の経路図(上図)と強度変化図(下図)**  
 経路図の内、紫色の線が台風経路、四角で囲った番号は台風番号。経路上の印は傍に記した日の0時、印は12時の位置で、|は消滅を示す。経路の実線は台風、破線は熱帯あるいは温帯低気圧の期間を示す。強度変化図の青線は中心気圧(hPa、左軸)、赤線は最大風速(kt、右軸)。横軸は月・日・時刻(0時)を2桁ずつ表示。

台風第1号(ニパルタック)は、2016年7月2日12時にカロリン諸島周辺で熱帯低気圧として発生し、3日0時に台風になった(第2.3.2図)。台風第1号は進路をほぼ北西もしくは北北西に取りつつ、4日0時頃より急発達し、5日0時には強い台風となった。急発達はその後継続し、同日6時には中心気圧95hPa、最大風速は75ktであったが、6日6時には900hPa、110ktと24時間で中心気圧が55hPa発達し、これがピークの値であった。台風第1号は7日12時まで同じ強度を維持し、その後は急激に強度を落としつつ、台湾島の南部を通過し、中国南部に上陸、熱帯低気圧となって10日6時に消滅した。

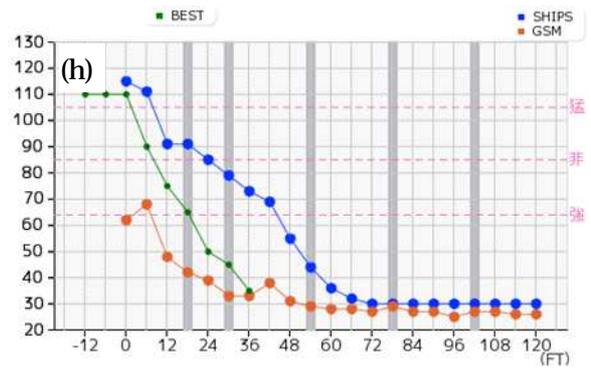
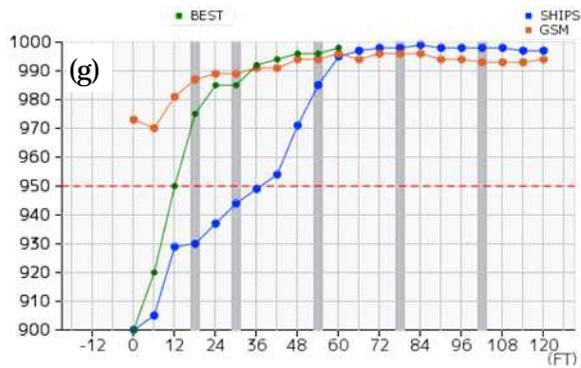
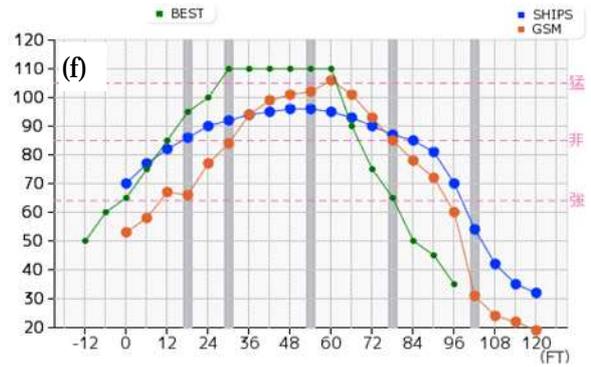
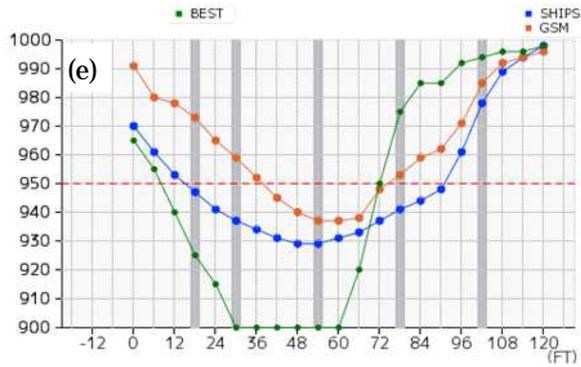
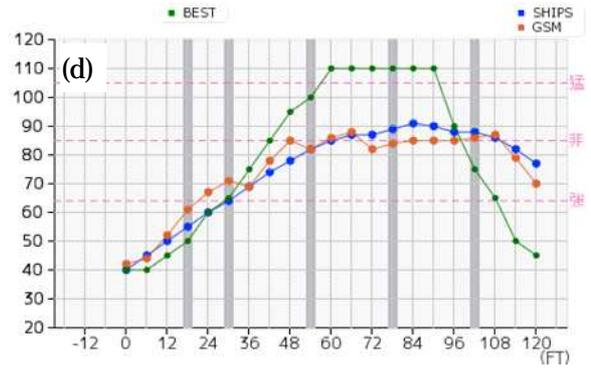
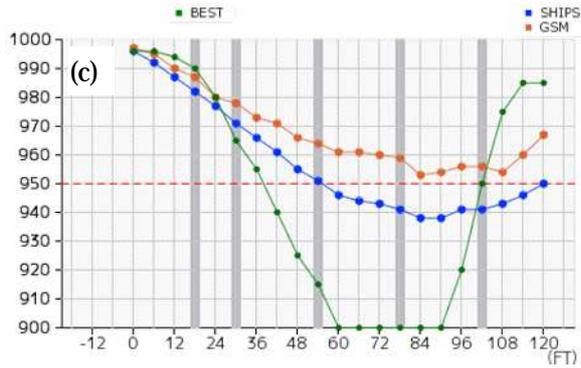
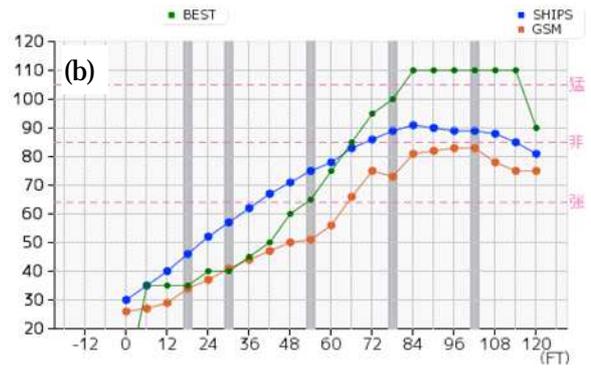
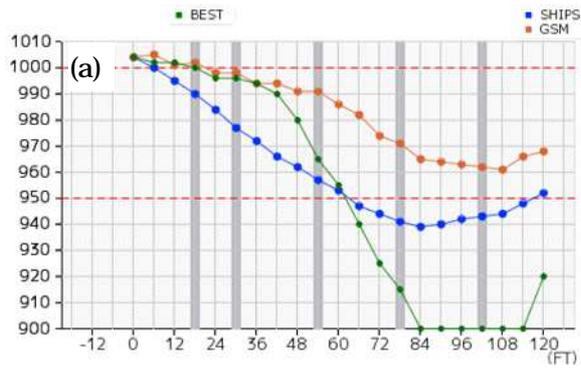
熱帯低気圧としての発生期である2日18時を初期値とする、SHIPSとGSMの強度予測の結果を第2.3.3図(a)と(b)に示す。GSMはFT=36まではベストトラック解析の強度をよく予測しているが、その後はかなり弱めに予測し、台風の強度がピークに達するFT=84では中心気圧で65hPaプラス、最大風速で29ktマイナスとなった。一方、SHIPSはGSMとは異なり、台風の発達期に相当するFT=60までは強度を強めに予測する一方、FT=84では中心気圧で39hPaプラス、最大風速で19ktマイナスと、GSMに比べると差は小さいものの、ピーク時の強度は弱めに予測していた。このように発生期の台風を初期値とするSHIPSには

台風の発生期から発達期にかけて、台風を過発達させる予測を行う傾向が総じて見られた。2.2節で述べたようにSHIPSの重回帰式の係数を算出する際、熱帯低気圧の期間については統計に用いていない。このため、発生期における台風強度の予測には過発達させる傾向があり、この時期におけるSHIPSの予測には注意を払う必要がある。

台風第1号が急発達を開始する直前の3日18時を初期値とするSHIPSとGSMの強度予測の結果を第2.3.3図(c)と(d)に示す。SHIPSとGSMは、最大風速については同様の予測傾向を示しているが、中心気圧はSHIPSの方がFT=60では15hPa程度、解析に近い予測をしている。SHIPSは、FT=30頃までは解析の強度をよく予測しており、24時間で台風の中心気圧が30hPa低下する程度の目先の急発達は、比較的予測できていたことがわかる。一方、それ以後の解析におけるさらなる急発達についてはまったく予測が追いついておらず、FT=60では中心気圧で46hPaプラス、最大風速で25ktマイナスと、予測は大幅に弱めであった。SHIPSのこの傾向は台風第1号がさらに急発達する直前の5日0時を初期値とする予測でも同様であった(第2.3.3図(e)と(f))。

同予測で SHIPS の強度予測が極大に達する FT=48 においても、解析に比べて中心気圧で 29hPa プラス、最大風速で 14kt マイナスと、第 2.3.3 図(c)と(d)の 3 日 18 時を初期値とする強度予測に比べれば改善されたが、依然として大幅に弱めに予測していた。今回の事例のように 24 時間で 30hPa を大きく上回るような気圧の低下量を伴うような急発達については、SHIPS では予測が難しいことがわかった。この理由として、SHIPS は、予報時間毎の環境の値を台風の進路に沿って足し合わせて平均したものを、当該予報時間の説明変数として算出しているため、台風周辺の急激な環境の変化に対応しきれないためと考えられる。また、そもそも SHIPS は、統計モデルとして平均的な台風の盛衰をモデル化しているため、平均よりも小さめあるいは大きめの強度の変化を示す台風に対しては、実況よりも大きめあるいは小さめの強度の変化を予測する傾向があることにも留意する必要がある。

一方、台風第 1 号の強度が解析で減少し始める 7 日 12 時を初期値とする SHIPS の強度予測を第 2.3.3 図(g)と(h)に示す。解析では、台風は急激にその強度を減少させているが、SHIPS の強度予測は追従できず、中国大陸上陸直前の 9 日 0 時に相当する FT=36 では、解析に比べて中心気圧で 43hPa マイナス、最大風速で 38kt プラスと、強度予測は大幅に強めであった。このように、強度の急激な減少についても、SHIPS では予測が難しい事例が多く見られた。これは急発達の予測が難しいことと同様の理由によると考えられる。

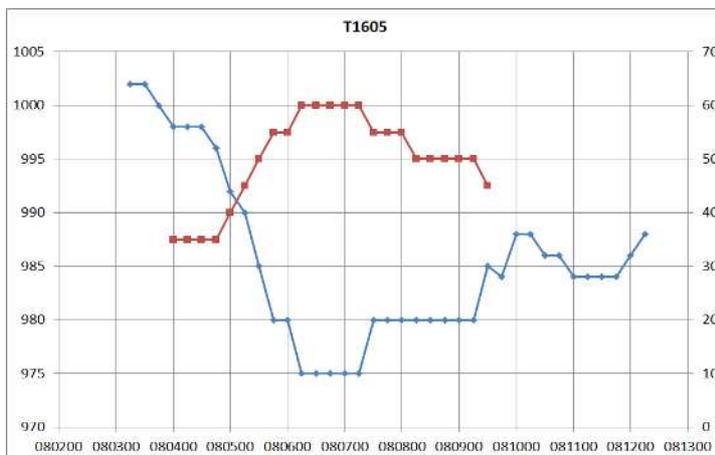
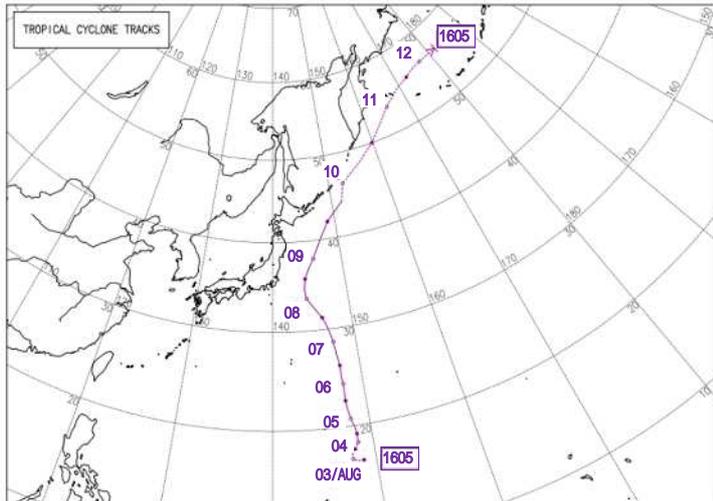


**第2.3.3図 台風第1号におけるSHIPSとGSMの強度予測結果**

中心気圧 (左列、a、c、e、g、単位：hPa) と最大風速 (右列、b、d、f、h、単位：kt)、(a)と(b)：初期値7月2日18時、(c)と(d)：初期値同3日18時、(e)と(f)：初期値同5日0時、(g)と(h)：初期値同7日12時。緑線がベストトラックの解析値、青線はSHIPSの予測値、オレンジ線はGSMの予測値。

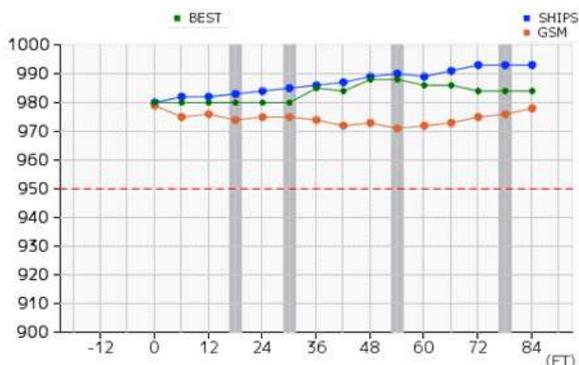
### 2.3.3 平成28年(2016年)台風第5号の事例

台風第5号(オーミス)は、2016年8月2日12時に北マリアナ諸島の東方海域で熱帯低気圧として発生し、4日0時に台風になった(第2.3.4図)。台風第5号はほぼ北に進路を取りつつ発達を続け、6日6時には中心気圧975hPa、最大風速は60ktに達した。台風第5号はしばらく同じ強度を維持していたが、次第に衰弱し、9日18時に北海道の東方沖で温帯低気圧となった後、そのまま北東進して12日6時にRSMCの責任領域外に出た。



第2.3.4図 台風第5号の経路図(上図)と強度変化図(下図)

図の説明は第2.3.2図と同様。



第2.3.5図 台風第5号におけるSHIPSとGSMの強度予測結果

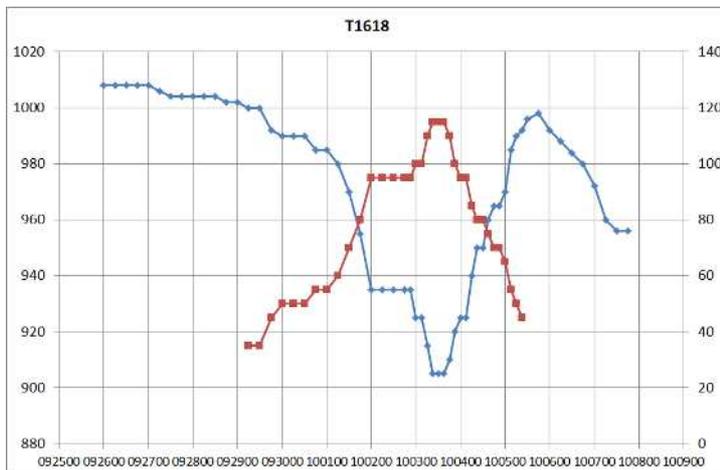
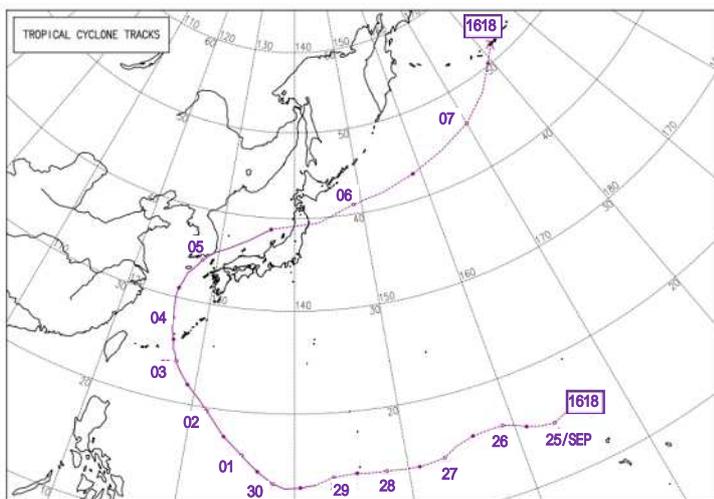
初期値8月8日0時。中心気圧(単位:hPa)のみ。温帯低気圧になった期間では最大風速をベストトラックデータに含めないため、最大風速の図は省略。図の説明は第2.3.3図と同様。

第2.3.5図は、台風第5号の8日0時を初期値とするSHIPSとGSMの強度予測の結果である。ベストトラック解析では、FT=30以降、台風の中心気圧は上昇しFT=42で温帯低気圧となっていた。GSMでは、FT=30以降、中心気圧が低下する予想となっているのに対し、SHIPSを見ると、中心気圧の上昇という温帯低気圧化過程に伴う中心気圧の変化をおおむね予測しているのがわかる。FT=48以降、解析では、台風は温帯低気圧として再発達するのに対し、SHIPSでは衰弱すると予測しており、SHIPSの予測は逆の傾向となっていた。2.2節で述べたように、SHIPSでは台風から温帯低気圧に変わった後の期間については重回帰式を求める際に考慮していない。このため、この事例のように台風が温帯低気圧になったと考えられるタイミング以降、特に温帯低気圧として再発達することが予測されるような事例では、その強度の予測にSHIPSを用いるのは、適当でないと考えられる。

### 2.3.4 平成28年(2016年)台風第18号の事例

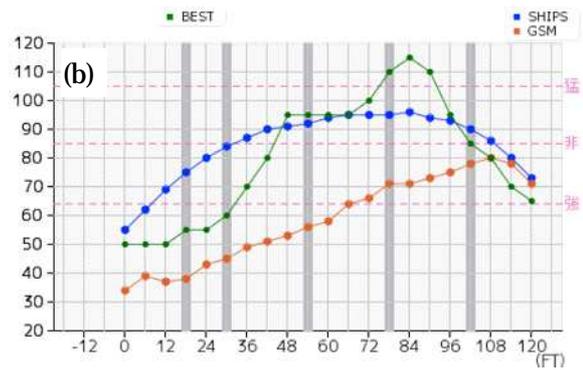
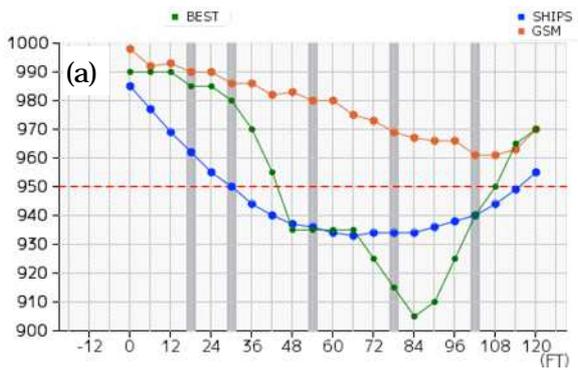
台風第18号(チャバ)は、2016年9月24日18時にウェーク島の南西海域で熱帯低気圧として発生し、29日6時に台風になった(第2.3.6図)。台風第18号は太平洋高気圧の南から西の縁辺を大きく時計回りに移動しつつ徐々に発達を続け、10月1日12時にはフィリピンの東の海上で最大風速が70ktとなった。台風第18号は、3日9時にはその強度のピークに達し、沖縄本島の南西海上で中心気圧905hPa、最大風速115ktになった。その後、東シナ海から日本海に進んだ台風は、5日12時に能登半島沖で温帯低気圧になり、そのまま東北地方を横断して、さらに東に進み7日18時にRSMCの責任領域外に出た。

9月30日0時を初期値とする台風第18号に対するSHIPSとGSMの強度予測の結果を第2.3.7図(a)と(b)に示す。初期値における強度はSHIPSとベストトラック解析でほぼ同じである。その後、FT=48頃までは、SHIPSではほぼ単調にその強度が強くなると予測していたのに対し、実際の強度は、当初、SHIPSの予測ほど



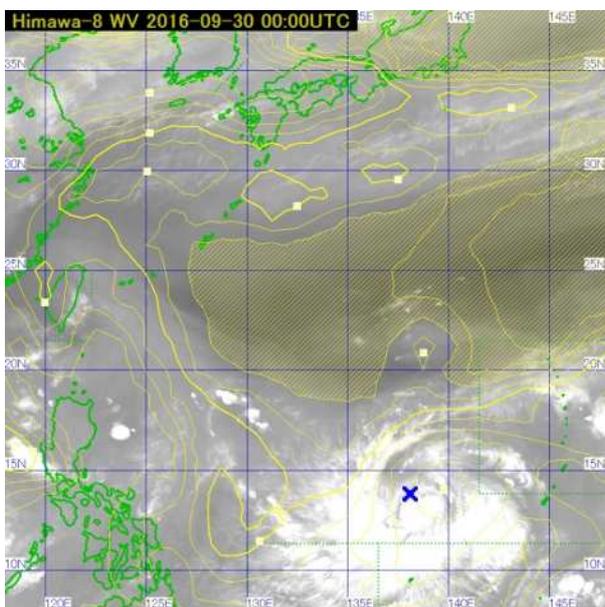
第2.3.6図 台風第18号の経路図(上図)と強度変化図(下図)  
図の説明は図2.3.2と同様。

には強くならず、FT=30以降に急速に強度が増していった。第2.3.8図は、30日0時のひまわり8号による水蒸気画像(B10、波長7.3 $\mu$ m)とGSMの500hPa面における湿度の解析値である。B10は450~550hPa付近に感度のピークがあり、中層の水蒸気の多寡を示す。本図より、台風の進行方向の前面に水蒸気画像にて暗域として観測される明瞭な上層の乾燥域が広がっていることが確認できる。500hPa面の湿度分布を見ると、同暗域はおおむね湿度30%以下の乾燥した領域に対応していることがわかる。台風はこの進行方向前面に存在した乾燥気塊を台風本体に取り込むことになり対流活動が抑制されたため、FT=0からFT=30にかけて台風第18号の発達が抑えられたと考えられる。このように、台風の周辺に乾燥域が存在している場合、実際には台風の強度に発達傾向が見られないにも関わらず、SHIPSの強度予測が発達傾向を示す事例が他にも見られた。これらの事例より、SHIPSの予測では、台風進行方向前面の中層から上層の乾燥域が、台風の強度に及ぼす負の影響があまり反映されないという傾向があることがわかった。



第 2.3.7 図 台風第 18 号における SHIPS と GSM の強度予測結果

中心気圧 (a、単位：hPa) と最大風速 (b、単位：kt)、初期値 9 月 30 日 0 時。図の説明は第 2.3.3 図と同様。



第 2.3.8 図 9 月 30 日 0 時のひまわり 8 号による台風第 18 号の水蒸気画像 (B10、白黒) と同時刻の GSM の 500hPa 面における湿度 (%) の解析値 (黄等値線)

図中湿度が 30% 以下の領域をハッチしている。青い×印は台風中心の位置。

## 2.4 まとめ

平成 28 年度より台風強度予報ガイダンス SHIPS を予報課にて試験運用し、その平均的な挙動と様々な局面における特徴的な振る舞いを調査した。その結果、SHIPS による台風の強度予測は、全体として GSM の予測よりも精度がよいことがわかった。その一方、SHIPS には、発生期には過発達のバイアスがあることや、過度の急発達や急衰弱をうまく予測できないこと、温帯低気圧化後の再発達の予測の利用には適さないなど、その利用上注意すべき点がいくつかあることも明らかになった。SHIPS は今後当庁における台風強度予報のための基本的な資料となる見込みであり、平成 30 年度からの本運用に向けて引き続き精度検証を続けるとともに、そのよりよい利用方法や留意点などをさらに調査する予定である。

また、SHIPS は GSM で予測された台風の進路に沿って計算される。GSM の予測進路と発表予報の進路が異なる場合、特に上陸や通過などに対応するため、説明変数として発表予報進路に沿った環境の値を入力できるように SHIPS を改良することも将来の課題として挙げられる。さらに、SHIPS は予測開始時 (FT=0) の台風の強度と FT=0 からの変化量に大きく依存することもわかっている。このため、あらかじめ、予測開始時における様々な台風の強度を想定した予測を何通りか作成しておき、実況解析した台風強度に合わせて最適な予測をその中から選ぶということも考えられる。SHIPS の利用は当庁では始まったばかりである。今後も改良を続けることで、SHIPS を用いた台風強度予測の精度を向上させていきたい。

## 参考文献

- DeMaria, M., and J. Kaplan, 1994: A statistical hurricane intensity prediction scheme (SHIPS) for the Atlantic basin. *Wea. Forecasting*, 9, 209-220.
- DeMaria, M., and J. Kaplan, 1999: An updated statistical hurricane intensity prediction scheme (SHIPS) for the Atlantic and eastern North Pacific basins. *Wea. Forecasting*, 14, 326-337.
- DeMaria, M., M. Mainelli, L. K. Shay, J. A. Knaff, and J. Kaplan, 2005: Further improvement to the Statistical Hurricane Intensity Prediction Scheme (SHIPS). *Wea. Forecasting*, 20, 531-543.
- DeMaria, M., C. R. Sampson, J. A. Knaff, and K. D. Musgrave, 2014: Is tropical cyclone intensity guidance improving? *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 95, 387-398.
- Ishii, M., A. Shouji, S. Sugimoto, and T. Matsumoto, 2005: Objective analyses of sea-surface temperature and marine meteorological variables for the 20th century using ICOADS and the KOBE collection. *Int. J. Climatol.*, 25, 865-879.
- Jarvinen, B. R., and C. J. Neumann, 1979: Statistical forecasts of tropical cyclone intensity for the North Atlantic basin. NOAA Tech. Memo. NWS NHC-10, 22 pp.
- 気象庁予報部, 1990: 予報作業指針 - 台風予報 - . 気象庁, 150 pp.
- Knaff, J. A., M. DeMaria, C. R. Sampson, and J. M. Gross, 2003: Statistical, 5-day tropical cyclone intensity forecasts derived from climatology and persistence. *Wea. Forecasting*, 18, 80-92.
- Kobayashi, S., Y. Ota, Y. Harada, A. Ebata, M. Moriya, H. Onoda, K. Onogi, H. Kamahori, C. Kobayashi, H. Endo, K. Miyaoka, and K. Takahashi, 2015: The JRA-55 Reanalysis: General specifications and basic characteristics. *J. Meteor. Soc. Japan*, 93, 5-48.
- 小出直久, 和田章義, 檜垣将和, 2015: 台風強度予報作業における海洋貯熱量情報の利用. 平成27年度予報技術研修テキスト, 気象庁予報部, 137-159.