

日本気象学会誌 気象集誌
(Journal of the Meteorological Society of Japan)

第88巻 第3号 2010年6月 目次と要旨

論文

- 奥田智洋・遠峰菊郎・菅原広史：霧中における一時的な視程回復と急速な視程変化のメカニズム
.....243-261
- 筒井純一：海面および上空の人為的昇温による日本に接近する熱帯低気圧の潜在強度の変化
.....263-284
- 民田晴也・古澤文江・佐藤晋介・中村健治：C帯降雨レーダによる亜熱帯の島上の
大気境界層観測と雲解像モデルによる解釈285-312
- 柴田有紀子・川村隆一・初鹿宏壯：北陸地方のフェーン発生の要因となる盛夏期の
大規模循環の役割313-324
- 坂崎貴俊・藤原正智：日本上空の下部対流圏の風の日変動 Part I：局地的気象監視システム
(WINDAS) を用いた観測結果325-347
- 坂崎貴俊・藤原正智：日本上空の下部対流圏の風の日変動 Part II：気象庁メソ解析データ
および4種類のグローバル再解析データを用いた解析349-372
- 木下武也・富川喜弘・佐藤 薫：プリミティブ方程式系における3次元残差循環と
波活動度フラックスについて373-394
- Weijun ZHU・Tim LI・Xiouhua FU・Jing-Jia LUO：北半球夏季の季節内振動に対する
海洋大陸の影響395-407
- 西村耕司・原田知幸・佐藤 亨：アンテナ間相互結合補償型アダプティブアレイ技術を用いた
マルチスタティックレーダーによる小規模3次元風速場の観測409-424

ミャンマーサイクロン特集

- 序文 i-ii

論文

- 横井 覚・高藪 縁：サイクロン Nargis 発生時における環境場および外的要因について425-435
- 山田広幸・茂木耕作・吉崎正憲：ベンガル湾上の独特な環境風のもとで発達したサイクロン
Nargis (2008) の特異な進路と急発達の特徴437-453
- 國井 勝・小司禎教・上野 充・斉藤和雄：ミャンマーサイクロン Nargis の
メソスケールデータ同化455-474
- 菊地一佳・王 斌：2つの熱帯季節内振動モードに関連した北インド洋の台風発生475-496
- 柳瀬 亘・谷口 博・佐藤正樹：サイクロン・ナルギス (2008) の発生に関する環境場と
予測可能性497-519
- 黒田 徹・斉藤和雄・國井 勝・高野洋雄：ミャンマーサイクロン Nargis と高潮の
数値シミュレーション その1：非静力学モデルを用いた予報実験と
高潮シミュレーション521-545

齊藤和雄・黒田 徹・國井 勝・高野洋雄：ミャンマーサイクロン Nargis と高潮の 数値シミュレーション その2：アンサンブル予報	547-570
谷口 博・柳瀬 亘・佐藤正樹：全球雲システム解像モデルによるサイクロン Nargis の アンサンブルシミュレーション—マッデンジュリアン振動による サイクロン発生の変調	571-591
学会誌「天気」の論文・解説リスト（2010年3月号・4月号）	593
英文レター誌 SOLA の論文リスト（2010年021-064）	594
気象集誌次号掲載予定論文リスト	595

.....◇.....◇.....◇.....◇.....

奥田智洋・遠峰菊郎・菅原広史：霧中における一時的な視程回復と急速な視程変化のメカニズム

Tomohiro OKUDA, Kikuro TOMINE, and Hirofumi SUGAWARA : Mechanisms of Temporary Improvement and Rapid Changes of Visibility in Fogs

本研究では、東北地方、青森県六ヶ所村で、視程変動をもたらすメカニズムを理解するため、視程が一時的に回復した場合と急速に変化した場合の周囲の環境を観測した。六ヶ所村は、海霧が頻繁に観測されていることで知られている。霧層内の液水量と粒径分布のプロファイルは係留熱気球を使用し、直接撮影法を用いて観測した。観測結果から2006年7月10日の一時的な視程回復は、対流性の下降流が地表付近より全水量

の少ない気塊を地表に輸送した結果であるように思われる。また、2006年7月24日の急速な視程変化は、Kelvin-Helmholtz 波による混合に関連しているように思われる。境界層内における液水量の比較的少ない上層気塊との混合は、最初に視程回復をもたらした。次に、この混合による霧層内の上昇流域では上空に濃い霧が形成されていたことが推察され、この濃い霧からの霧粒の沈降が地上視程悪化をもたらしている。

筒井純一：海面および上空の人為的昇温による日本に接近する熱帯低気圧の潜在強度の変化

Junichi TSUTSUI : Changes in Potential Intensity of Tropical Cyclones Approaching Japan due to Anthropogenic Warming in Sea Surface and Upper-Air Temperatures

日本に接近・上陸する熱帯低気圧の地球温暖化による強度変化について、Holland (1997) の理論モデルに基づいて調査した。この理論モデルでは、与えられた上空の気温プロファイルとその下の海面水温 (SST) に対し、熱帯低気圧の最大潜在強度 (MPI) が中心海面気圧の下限值として計算される。本研究では、現状の環境に JRA-25 長期再解析の気候値を用い、その気候値に、CMIP3 マルチモデル気候実験から導出される温度偏差を加えて、温暖化した環境を作成した。熱帯大気では、対流圏上層に向かって温暖化の偏差が拡大する傾向があり、SST 上昇による台風の強大化は、上空のより大きな昇温によって幾分か抑制される。本研究では、昇温構造のモデル間の違いを考慮して、MPI の変化に関する不確実性の幅を評価

した。現状気候の MPI と SST の関係は、モデルの重要なパラメーターである壁雲下の相対湿度を88%に設定することで、西部北太平洋の既往最低海面気圧と整合する。1°C の SST 上昇による平均的な MPI の変化は、-6.7hPa [-0.6 ~ -12.0hPa] である。ここで、負の変化は強大化を意味し、括弧内の数値範囲は、昇温構造の不確実性を反映している。相対湿度パラメーターの可能性の高い範囲として88±2%を仮定すると、MPI の変化の誤差は15%程度と見積られる。地表気圧降下の変化率は、0.5°C、1.0°C、および2.0°C の SST 上昇に対して、それぞれ3.6%、8.4%、および19%であり、観測や数値シミュレーションに基づく既往研究と基本的に類似する。温暖化による強大化は、低緯度の強い熱帯低気圧の方が顕著

であるが、比較的高緯度の日本の本土に近いところでは、熱帯低気圧の発達に適する海域や季節が、温暖化によって拡大する傾向が示唆される。

民田晴也・古澤文江・佐藤晋介・中村健治：C帯降雨レーダによる亜熱帯の島上の大気境界層観測と雲解像モデルによる解釈

Haruya MINDA, Fumie A. FURUZAWA, Shinsuke SATOH, and Kenji NAKAMURA : Convective Boundary Layer above a Subtropical Island Observed by C-Band Radar and Interpretation Using a Cloud Resolving Model

夏季晴天下の沖縄島の大気境界層の発達と雲発生を調べるため、2005年7月上旬にC帯偏波降雨レーダー(COBRA)とラジオゾンデによる集中観測を行った。ゾンデは最下層大気の温位、水蒸気混合比に日周変化を示した。COBRAは観測レンジ10km以内に晴天エコーを観測し、そのエコー高度は日周変化を示した。晴天エコーの起源と沖縄島の大気境界層構造を調べるため、高空間分解能の雲解像モデルを用いて沖縄島の下層大気の再現を、顕著なロール雲と線状に並ぶ積雲を観測した二つの事例に対し行った。地形効果を切り分けるため、標高を与えたモデルに加え、平坦な沖縄島を仮定した再現実験も行った。その結果、

数値モデルが再現したレーダエコー分布は観測晴天エコー分布と良く一致し、晴天エコーは雲そして水蒸気収束域の大気屈折率変動に起因することを確認した。モデル内の大気境界層発達は晴天エコー高度の日周変化と良い一致を示し、COBRAが大気境界層の高度を観測する有用なツールであることを確認した。数値モデルでは、日射により加熱された沖縄島がロール対流を生み、島上空に収束帯を形成した。そして、地形で持ち上げられたロール対流に海陸風が吹き込む場所で顕著なロール雲と積雲の発生を示した。二つの事例解析の比較から、風向が沖縄島の湿った大気境界層構造、雲発生を特徴付けることを示唆した。

柴田有紀子・川村隆一・初鹿宏壮：北陸地方のフェーン発生要因となる盛夏期の大規模循環の役割

Yukiko SHIBATA, Ryuichi KAWAMURA, and Hiroaki HATSUSHIKA : Role of Large-Scale Circulation in Triggering Foehns in the Hokuriku District of Japan during Midsummer

日本版長期再解析データ及び気象庁気候データ同化システムのデータを用いて、中部日本の日本海側に位置する、北陸地方の盛夏期に発生するフェーンと大規模循環場との関係を調べた。フェーン・イベントは熱帯低気圧(TC)起源のフェーンと温帯低気圧(EC)起源のフェーンの2種類に分類された。TC型フェーンは、台風と台風が励起する対流圏下層のテレコネクション・パターン(PJパターン)の複合によって発生する。PJパターンの卓越に伴い、日本東方で北太平洋高気圧が局所的に強化され、その強化が今度は台風経路の西偏をもたらす。局所的に強化された高気圧

の西縁に沿って台風が北進することで中部日本を挟む東西気圧傾度が増大し、フェーンの発生をもたらす。対照的に、アジアジェットに沿う対流圏上層のテレコネクションはEC型フェーン発生の主要な要因の一つとして作用する。上層の導波管を通して東へ伝播する定在ロスビー波束は、北太平洋高気圧の西方への発達を促すのみならず、高緯度から赤道方向への高渦位の移流をもたらすことによって日本海周辺の温帯低気圧の発達を促進している。両者の発達は日本付近の下層の北西-南東方向の気圧傾度の強化に必要であり、フェーン発生の好適な条件を生み出している。

坂崎貴俊・藤原正智：日本上空の下部対流圏の風の日変動 Part I：局地的気象監視システム (WINDAS) を用いた観測結果

Takatoshi SAKAZAKI and Masatomo FUJIWARA : Diurnal Variations in Lower-Tropospheric Wind over Japan Part I: Observational Results Using the Wind Profiler Network and Data Acquisition System (WINDAS)

日本の局地的気象監視システム (WINDAS: 気象庁のウィンドプロファイラネットワーク)、および AMeDAS のデータ (全国31地点; 2002年4月–2008年3月) を用いて、日本上空の下部対流圏における風の日変動を調べた。調和成分としての一日周期、半日周期成分を抽出して各成分の特徴を明らかにし、それらを支配する力学プロセスを各高度・各季節ごとに調べた。まず、日本の主要4島の一日周期成分について調べた。地表面付近では、年間を通じて局地循環が卓越していた。高度1–3 km では、局地循環の反流が年間を通じて支配的であるが、季節によっては他の擾乱が反流に重なることで、振幅が春 ($\sim 0.5\text{ms}^{-1}$) と秋 ($\sim 0.6\text{ms}^{-1}$) に2回の極大をとることがわかっ

た。高度3–5 km の冬–春には、中間規模波が卓越しており、これが2月に振幅極大をつくりだしていた。高度3–5 km の夏–秋には、大気潮汐と考えられる空間スケールの大きい一日周期成分が卓越していた。また、南西諸島における一日周期成分は、下部対流圏全域にわたって年間を通じて主要4島で見られたものと異なる特徴を示していた。一方、半日周期成分については、高度1 km より上空では大気潮汐 (うち、migrating 成分) の影響が支配的であり、高度1 km 以下では局地循環の影響が大きかった。下部対流圏の大気潮汐の振幅は、夏に極大 ($\sim 0.4\text{ms}^{-1}$)、冬に極小 ($\sim 0.2\text{ms}^{-1}$) を示すこともわかった。

坂崎貴俊・藤原正智：日本上空の下部対流圏の風の日変動 Part II：気象庁メソ解析データおよび4種類のグローバル再解析データを用いた解析

Takatoshi SAKAZAKI and Masatomo FUJIWARA : Diurnal Variations in Lower-Tropospheric Wind over Japan Part II: Analysis of Japan Meteorological Agency Mesoscale Analysis Data and Four Global Reanalysis Data Sets

Part I で明らかにした観測結果に基づき、下部対流圏の風の日変動成分を支配する力学プロセスを気象庁のメソ解析データ (MANAL) および4種類のグローバル再解析データ (JRA25/JCDAS, ERA-Interim, NCEP1, NCEP2) を用いて調べた。これらのデータセットのうち、MANAL と JRA25 は WINDAS で観測された下部対流圏の風を、日変動成分 (一日、半日周期成分) を含めてよく再現していた。一日周期成分について、高度1–3 km では、位相速度 $10\text{--}15\text{ms}^{-1}$ で東進する直径 $\sim 700\text{km}$ 程度の渦 (一日周期東進渦: DEEs) が、年間を通じて日本海および太平洋上

に存在することが明らかになった。これら DEEs に伴う風と局地循環の反流が重なることによって、春と秋に日本上空で、一日周期成分の振幅が極大をとることがわかった。再解析データの解析により、高度3–5 km の領域では、冬–春にかけて、対流圏界面付近に極大をもつ中間規模波が一日周期成分を支配していることがわかった。一方、夏–秋には、東西波数10以下で定義される大気潮汐が支配的であった。また、南西諸島の一日周期成分は、下部対流圏全域にわたり、大気潮汐によって支配されていることがわかった。

木下武也・富川喜弘・佐藤 薫：プリミティブ方程式系における3次元残差循環と波活動度フラックスについて

Takenari KINOSHITA, Yoshihiro TOMIKAWA, and Kaoru SATO: On the Three-Dimensional Residual Mean Circulation and Wave Activity Flux of the Primitive Equations

変形オイラー平均 (TEM) 系は、子午面断面における物質循環 (残差循環) と波活動を議論するのに有用である。TEM 系を3次元に拡張する研究はいくつか行われてきたが、準地衡流近似を仮定するなど、限界があった。最近 Miyahara は、TEM 系を3次元に拡張し、重力波にも適用可能な波活動度フラックスと残差循環の導出を行った。しかし、東西方向の運動方程式の移流項に残差循環とオイラー平均流が混在すること、3次元残差循環が質量保存を満たさないことの2つの問題を含んでいた。本研究では、これらの問題を解決し、より物質輸送の評価に適した定式化をプリミティブ方程式系に対して行った。本研究で求めた3次元残差循環はオイラー平均流とストークスドリフトの和に一致すること、また、本研究で求めた3次元波

活動度フラックスが、TEM 系の2次元波活動度 (Eliassen-Palm) フラックスと同様に、形状抵抗に対応することも確認できた。この波活動度フラックスには平均場のシアを含む項が存在する。その物理的意味を考察したところ、シア流中のシアによって生じる風速偏差に起因する運動量フラックスであることがわかった。最後に、3次元残差循環を用いたトレーサーの輸送方程式を導出した。これらを用いて、化学気候モデルデータからオゾンの3次元輸送に関する簡単な事例解析を行ったところ、コリオリパラメータとストークスドリフトの南北成分の積が波活動度フラックスの収束発散とバランスしているなど新たな知見が得られた。

Weijun ZHU・Tim LI・Xiuhua FU・Jing-Jia LUO：北半球夏季の季節内振動に対する海洋大陸の影響

Weijun ZHU, Tim LI, Xiuhua FU, and Jing-Jia LUO: Influence of the Maritime Continent on the Boreal Summer Intraseasonal Oscillation

インド洋-西太平洋域の夏季季節内振動の伝播特性に対する海洋大陸の影響を、高解像度 (T159) の大気大循環モデルを用いて調べた。モデル内で海洋大陸を除去した場合に生じる違いはアジアモンスーン域 (65°E-160°E) における北進の弱化であることが、有限領域波数-振動数スペクトル解析から示された。また、有意性は低いものの、赤道に沿った東進の強化も見出された。モデルの平均場と季節内振動の鉛直構造

を診断すると、北進の弱化は主に背景場の東風シア、下層南風、および水蒸気南北勾配の減少により生じたことがわかった。これらはすべて、季節内振動の対流中心まわりの渦度および水蒸気場の南北非対称を弱めるように働く。東進の強化は、海洋大陸における局所的な水蒸気および湿潤静的エネルギーの増大に関連する平均的な対流活動の強化によるとみられる。

西村耕司・原田知幸・佐藤 亨：アンテナ間相互結合補償型アダプティブアレイ技術を用いたマルチスタティックレーダーによる小規模3次元風速場の観測

Koji NISHIMURA, Tomoyuki HARADA, and Toru SATO: Multistatic Radar Observation of a Fine-Scale 3D Wind Field with Coupling-Compensated Adaptive Technique

3次元風速場の精密観測のためには、大型大気レーダーの受信を多地点で行うマルチスタティック観測法が有用である。既存のレーダーに小規模な受信アレイを付加しマルチスタティック化する場合、受信アレイ

において適切な指向性利得を確保するため、デジタルビーム走査、適応クラッタ抑圧といったアレイ信号処理によるビーム制御技術の導入が不可欠である。一般に、これらのアレイ信号処理を行うためには、空間

方向と信号位相を対応付けるための、各アンテナの3次元位置および受信機固有位相などのパラメータが必要となる。しかし、適応クラック抑圧アルゴリズムはこれらのパラメータの誤差に大変敏感であり、アンテナ間相互結合や大地の導電率など信号位相に影響を与える未知の要素が原因となり大気エコーに対し抑圧的に動作することがある。そこで、観測されるいくつかの方向の比較的強い大気エコーから空間方向と位相を不確定要素込みで対応付ける位相マッピング関数を作

成し、正確なビーム制御を実現する手法を開発した。これにより安定な受信信号が合成可能になり、正確なドップラー速度の推定が可能となった。2005年12月に実施された赤道大気レーダー（インドネシア）を利用したマルチスタティックによる下部対流圏観測のデータに適用したところ、500m程度の水平スケールをもつ風速場の空間変動が解析された。また、3次元風速場の高速な非直交正弦波展開のアルゴリズムを用いて、場を複数の摂動成分に分解する試みを行った。

横井 覚・高藪 縁：サイクロン Nargis 発生時における環境場および外的要因について

Satoru YOKOI and Yukari N. TAKAYABU: Environmental and External Factors in the Genesis of Tropical Cyclone Nargis in April 2008 over the Bay of Bengal

サイクロン Nargis は2008年4月下旬にベンガル湾中西部で発生し、ミャンマー沿岸地域に甚大な被害を与えた。その発生直前における発生地点付近の大規模環境場は、概ねサイクロンの発生に好ましい状況であった。対流圏下層には低気圧性の循環が見られ、水平風の鉛直シアは十分弱かった。これらは、同時期の平年値では見られない2008年の特徴であるといえる。海面水温や大気の大気熱力学プロファイルは平年と同様、発生に好環境であった。一方、対流圏中層の湿度は発生の日前までは発生に適しているとは言えないほど

低かったが、その後急速に増加して発生直前には好環境となった。Nargisの発生を引き起こした大気擾乱は発生地点に向かって吹き込んだ対流圏下層の東風サージであるといえる。その先端では水平収束と活発な対流活動が生じ、これが中層の湿度の上昇と共に低気圧性循環の強化に貢献し、Nargisの発生につながったと考えられる。東風サージは、ユーラシア大陸東岸を巡って南下してきたコールドサージによりもたらされたものであり、これは4月のコールドサージに典型的な特徴である。

山田広幸・茂木耕作・吉崎正憲：ベンガル湾上の独特な環境風のもとで発達したサイクロン Nargis (2008) の特異な進路と急発達の特徴

Hiroyuki YAMADA, Qoosaku MOTOKI, and Masanori YOSHIZAKI: The Unusual Track and Rapid Intensification of Cyclone Nargis in 2008 under a Characteristic Environmental Flow over the Bay of Bengal

2008年のサイクロン Nargis (ナルギス) は、ミャンマーに記録的な自然災害をもたらした。本研究では観測データと再解析データを用いて、Nargisの経路と強度変化、そして環境場の特徴を述べる。Nargisの経路は、ベンガル湾上を東に転向してミャンマーに達するもので、これは過去30年間の経路データにおいて珍しいものだった。その一方、似たような経路でミャンマーに上陸する数少ないサイクロンが、Nargisと同じ季節(4月)に発生していたことがわかった。これらの事例は、上陸する直前に急発達する点においても、Nargisと類似していた。Nargisの構造は、進路が変化する前後において顕著に変化していた

ことが、衛星マイクロ波データを用いた解析からわかった。このため、進路と構造の変化に係る対流圏中層の流れに着目した再解析データの解析を行った。ベンガル湾の北側では、チベット高原の南縁で沈降を伴う、乾いた亜熱帯ジェットが対流圏中層に卓越していた。そこから南へ分流する乾いた流れがNargisの中心に入り込み、進路を北から東向きに変えるとともに、中心付近の対流活動を一時的に弱めていた。この乾いた中層の流れは、転向後にサイクロンの南を迂回する流れに変わり、サイクロン中心付近の鉛直シアを弱めることで、対流雲の再発達とサイクロンの急発達をもたらしていた。このようなサイクロン

の南を迂回する中層の流れは、同じ季節にミャンマーに上陸した過去の事例の環境場においても解析され、Nargisと同様の急発達シナリオが当てはまると考えられた。これらの結果は、春季のベンガル湾におい

て、サイクロンの経路と発達を決定づける要因として、対流圏中層の流れが重要であることを示唆している。

國井 勝・小司禎教・上野 充・斉藤和雄：ミャンマーサイクロン Nargis のメソスケールデータ同化
Masaru KUNII, Yoshinori SHOJI, Mitsuru UENO, and Kazuo SAITO : Mesoscale Data Assimilation of Myanmar Cyclone Nargis

熱帯域におけるメソ同化システムを構築し、サイクロン Nargis の同化実験を行った。また、ベンガル湾における台風ポーガスの作成手法を開発し、そのインパクトについての調査も行った。中緯度向けに開発された気象庁の静力メソ4次元変分法同化システムを、熱帯域で動作するよう改良を行った。このシステムの制御変数で考慮されている地衡風バランスは赤道付近では成立しないため、緯度に応じた地衡風バランス成分を統計的に算出し、非地衡風バランス成分の回帰係数に対する重み関数を決定した。データ同化期間および台風ポーガスのインパクトを調査するため、2008年4月30日12UTCを解析時刻とする6つの同化実験を行った。これらメソ同化システムによる解析値(MANAL)を、気象庁全球解析(GANAL)、RSMCニューデリーによるベストトラック、及びインド国立海洋情報センターによる解析と比較した。GANALでは、サイクロン周辺の可降水量は65mm以下であったのに対し、MANALではサイクロンの東側に60mm以上の領域がより広範囲に広がって

り、さらに中心付近は70mm以上であった。中心気圧も台風ポーガスの改良により改善が見られたが、台風ポーガスを用いない同化期間24時間の実験(MA24)では過小評価となった。同化期間のうち初めの12時間でベンガル湾に十分な衛星観測データが存在しなかったことが、原因として挙げられる。GANAL、MANALを初期値とした予報実験を行い、両者の比較を行った。GANALでは実際の進路よりも早く、そのため経路誤差は比較的大きかったが、MANALではこれを改善することができた。これはGANAL、MANALでの上層の風速場の違いに起因するものと考えられる。MANALではサイクロンの強度推移も再現できたが、MA24では初期値で十分な強度が表現されなかったため、その後の予報場で発達は再現されなかった。いくつかの予報ではサイクロンの北進バイアスが顕著であった。ベータ効果との関連とともに、台風中心周辺の降水パターンの違いによる予測経路への影響が示唆される。

菊地一佳・王 斌：2つの熱帯季節内振動モードに関連した北インド洋の台風発生

Kazuyoshi KIKUCHI and Bin WANG : Formation of Nargis (2008) and Tropical Cyclones in the Northern Indian Ocean Associated with Tropical Intraseasonal Oscillation

北インド洋では、大部分の台風の発生(～60%)が顕著な季節内振動(ISO)に関連して起こっている。ナルギスは典型的な例である。本論文では30年間(1979–2008)のデータを用い、台風発生とISOの関係を調べた。北インド洋における台風は、台風発生に対する環境場が好都合となる季節の変わり目に主に起こるので、2種類のISOモードを客観的及び定量的に定義し、それらと台風の発生に関連を調べた。北半球夏季季節内振動(BSISO)は北半球夏季の、マッ

デンジュリアン振動(MJO)は北半球冬季の典型的な季節内振動を表現する。顕著なISOに関連した台風発生のうち、70%以上が北進するBSISOモードと、30%未満が東進するMJOとに関連して起こっていることが分かった。BSISOモードは主に5–7月と9–11月の、MJOモードは11–12月の台風発生に影響を与えている。構造及びライフサイクルの顕著な違いにより、BSISOモードとMJOモードでは台風発生に関する影響の及ぼし方が異なる。BSISOモー

ドでは、その湿潤な位相が北インド洋を覆っている時に台風発生が促進される。一方 MJO モードでは、関連した対流活動がマレイ半島を超え、インド洋が乾燥位相の時に台風発生が促される。BSISO モードは環境場の変調を通して台風発生を促進するが、MJO モードは環境場の変調では台風発生を促進しない。最も重要な特徴は、2つの ISO モードともに総観規模擾乱を供給することによって台風発生を促すことである。これらの初期擾乱は台風発生のおおむね6日前まで遡る事が出来る。BSISO によって供給された初

期擾乱は、赤道上的対流活動及び西風バーストの北に出来る低気圧性擾乱である。一方、MJO によるそれは MJO に伴う対流活動の本体から切り離された対流と結合したロスビー波である。北インド洋での台風の発生、強度及び移動の季節変化は台風発生の可能性を決める環境場、指向流、最大到達強度によって説明される。ここで示した結果は、2種類の ISO モード、特に BSISO を監視することによって、北インド洋の台風発生の有益な中期予報を提供できる可能性を示唆している。

柳瀬 亘・谷口 博・佐藤正樹：サイクロン・ナルギス (2008) の発生に関する環境場と予測可能性
Wataru YANASE, Hiroshi TANIGUCHI, and Masaki SATOH: Environmental Modulation and Numerical Predictability Associated with the Genesis of Tropical Cyclone Nargis (2008)

2008年4月下旬にベンガル湾に発生したサイクロン・ナルギスは、ミャンマーに上陸して甚大な被害を及ぼした。ナルギスが発生した環境場について再解析データと雲システム解像モデルを用いて調べた。再解析データでは4月中旬から5月上旬にかけてベンガル湾で西風域が北上していた。この北上はアジアモンスーンの季節進行と夏季の季節内振動との重ね合わせで説明される。環境場が変化するタイミングは、ナルギスが気候学的に早い時期に発生したと総合的であった。熱帯低気圧の発生しやすい環境場を示す指標である genesis potential もこの時期に高かった。genesis potential の解析は、弱い鉛直シアと高い下層渦

度がナルギスの発生に都合の良い環境場であったことを示していた。雲システム解像モデルを用いたシミュレーションでは、2008年4月下旬に熱帯低気圧が発生する可能性が高いことを再現できた。モデルは西風域の北上などの環境場の変化を再現していた一方で、ナルギス発生の正確な位置の再現に関しては大きな初期値依存性を示した。2008年の海面水温偏差の影響は小さいことが確認されたので、ベンガル湾の夏季モンスーン開始時期の環境場におけるサイクロン発生の起こりやすさに関しては、雲システムを解像する大気モデルを用いて予報できることが期待される。

黒田 徹・斉藤和雄・國井 勝・高野洋雄：ミャンマーサイクロン Nargis と高潮の数値シミュレーション その1：非静力学モデルを用いた予報実験と高潮シミュレーション
Tohru KURODA, Kazuo SAITO, Masaru KUNII, and Nadao KOHNO: Numerical Simulations of Myanmar Cyclone Nargis and the Associated Storm Surge Part 1: Forecast Experiment with a Nonhydrostatic Model and Simulation of Storm Surge

気象庁非静力学モデル (NHM) とプリンストン海洋モデル (POM) を用いて、2008年ミャンマーサイクロンナルギス (Nargis) とこれに関連する高潮について数値シミュレーションを行った。気象庁全球解析と現業全球予報はナルギスの強度を過小評価しているが、これらのデータを使った水平解像度10kmのNHMダウンスケール実験は、より適切にナルギスの発達を再現した。ナルギスの急発達に対する水相過

程、海面水温、水平解像度についての感度実験を行った。水相を考慮しない Warm-Rain 実験では、ナルギスはより早く発達し目の半径は増大した。ベンガル湾に存在していた海面水温の高温偏差がナルギスの急発達につながったこと、およびナルギスの事例では少なくとも29度より高い海面水温が必要であったことが本実験において示された。水平解像度5kmのシミュレーションでは、サイクロンはより際立った発達を示

し、968hPaの中心気圧に達した。GSM 予報値を利用した POM での実験では高潮は表現されなかったが、NHM 予報値を使用したシミュレーションでは3m以上の高潮が予測された。サイクロンの強い海上風によって、アングマン海に面するミャンマー南部

の河口部において高潮が生じた。これらの結果は、メソスケールモデルによるダウンスケール実験と海洋モデルの適用によって、ナルギスによる高潮がその上陸の2日前には予測できたことを示している。

齊藤和雄・黒田 徹・國井 勝・高野洋雄：ミャンマーサイクロン Nargis と高潮の数値シミュレーション その2：アンサンブル予報

Kazuo SAITO, Tohru KURODA, Masaru KUNII, and Nadao KOHNO : Numerical Simulation of Myanmar Cyclone Nargis and the Associated Storm Surge Part 2 : Ensemble Prediction

気象庁の高解像度全球解析と全球予報を初期値と境界値に用いる気象庁週間アンサンブル予報からの摂動を初期値と境界値の摂動に用いるメソアンサンブル予報システムを開発し、サイクロン Nargis の数値シミュレーションに適用した。水平解像度10kmの気象庁非静力学モデルにより、Nargis の発達と上陸に伴う高潮が適度なアンサンブルスプレッドをもって再現された。

初期値摂動のみを与えたアンサンブル予報では、予報されたサイクロンの中心位置は東北東に長軸の向きを持つ楕円の範囲に分布し、Nargis のケースでは進路予報は進行方向に誤差が拡大しやすい傾向があることが示唆された。アンサンブル平均場の最低地表気圧の位置は、コントロールランよりもベストトラックに近く、またアンサンブル平均の RMSE 誤差は全ての予報変数でコントロールランよりも小さくなった。しかしながら、アンサンブルスプレッドは予報期間の後半で減少する傾向を見せ、サイクロン中心位置のばらつきは側面境界摂動なしでは進路予報誤差の大きさに比べて十分ではなかった。

初期値摂動に加えて側面境界摂動を導入すると、サイクロン中心位置のばらつきと中心気圧は42時間の予報で約50%増大した。アンサンブル平均場の最低地表気圧の位置は西に移動し、進路予報の誤差が減少した。アンサンブル平均の RMSE 誤差は側面境界摂動なしのアンサンブル予報よりもさらに小さくなった。

プリンストン海洋モデルを用いた高潮のアンサンブル予報を行った。気象庁の全球アンサンブル予報による地表風と海面気圧を入力データとして与えた実験では、最大のアンサンブルメンバーでも予想された最大潮位は0.6m以下であった。NHMによるメソアンサンブル予報による海洋モデルのシミュレーションではミャンマー南部に約4mの高潮が予報され、最大潮位のタイミングは予報時間で33時間から56時間と大きな拡がりを示した。アンサンブル平均を海洋モデルの入力データとして用いると、RMSE 誤差では精度が良いにもかかわらず、最大潮位は1.5mに留まった。この結果は、メソアンサンブル予報の防災への適用においては、アンサンブル平均よりも各メンバーで表されるシナリオがより重要であることを示している。

谷口 博・柳瀬 亘・佐藤正樹：全球雲システム解像モデルによるサイクロン Nargis のアンサンブルシミュレーション—マッデンジュリアン振動によるサイクロン発生の変調

Hiroshi TANIGUCHI, Wataru YANASE, and Masaki SATOH : Ensemble Simulation of Cyclone Nargis by a Global Cloud-System-Resolving Model -- Modulation of Cyclogenesis by the Madden-Julian Oscillation

季節内振動に伴う擾乱がサイクロンの発生に及ぼす影響を調べるため、14km格子サイズの正二十面体格子非静力学大気モデル (NICAM) を用いて、サイクロン Nargis のアンサンブルシミュレーションを実施した。観測データの解析から、サイクロン Nargis

は、下層東西風、雲活動の活発な領域、降水帯、の北上が赤道から緯度20度までのベンガル湾上で見られる時期に発生していたことが分かった。この期間は、マッデンジュリアン振動に伴う活発な対流域がベンガル湾を通過し、海洋大陸上にある時期にあたる。アン

サンプル実験でも、下層東西風、外向き長波放射、降水帯の北進イベントが良く再現されていた。得られたサイクロンは、これらの北進イベントに伴ってマッデンジュリアン振動に伴う活発な対流域が海洋大陸付近にある時に発生していることが示された。サイクロン Nargis の発生に関与する初期擾乱は、モンスーンオンセット後の西風バーストの通過に伴い形成されており、その初期擾乱が種となってサイクロンが発生して

いることも実験により再現することが出来た。しかしながら、モンスーンオンセットやそれに伴う北進イベントが明瞭に再現出来ないメンバーでは、ベンガル湾での熱帯低気圧発生は見られなかった。また、サイクロンの生成に関与する初期擾乱の形成には、マレーシア北部のクラ地峡を越える東風の存在が重要であることも示唆された。