

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

第99巻 第2号 2021年4月号 目次と要旨

瀬戸心太・井口俊夫・Robert MENEGHINI・阿波加 純・久保田拓志・正木岳志・高橋暢宏：全球降水観測計画二周波降水レーダ（GPM/DPR）の降水強度推定アルゴリズム ^{†,1}	205-237
Matthew H. HITCHMAN・余田成男・Peter H. HAYNES・Vinay KUMAR・Susann TEGT-MEIER：成層圏準2年周期振動の熱帯・亜熱帯域上部対流圏・下部成層圏への直接的な影響に関する観測的歴史 ^{†, #}	239-267
Hong Wen JIAN・Wei-Ting CHEN・Peng-Jen CHEN・Chien-Ming WU・Kristen L. RASMUSSEN：TRMM 降水レーダによって観測されたアジア-オーストラリアモンスーン域における総観規模に影響された極端降水システム ¹	269-285
山下陽介・滝川雅之・五藤大輔・八代 尚・佐藤正樹・金谷有剛・竹谷文一・宮川拓真：9月の発達した低気圧によるシベリアから北極域への黒色炭素エアロゾル輸送に対するモデル分解能の影響 [†]	287-308
Naveen CHANDRA・Prabir K. PATRA・Jagat S. H. BISHT・伊藤昭彦・梅澤 拓・三枝信子・森本真司・青木周司・Greet JANSSENS-MAENHOUT・藤田 遼・滝川雅之・渡辺真吾・齋藤尚子・Josep G. CANADELL：石油・ガス、炭鉱、畜産部門からの排出による過去30年間のメタン濃度の増加 [†]	309-337
竹村和人・榎本 剛・向川 均：2016年8月後半におけるアジアジェットのスラッシュ及びロソビー波の碎波に伴うモンスーントラフ強化の予測可能性 [†]	339-356
関 庚夕・坪木和久・吉岡真由美・諸田雪江・金田幸恵：日本の近畿地方で発生する線状降水帯の形成メカニズム—2015年9月1日の事例研究— [†]	357-377
清木達也：GPM-DPR 衛星観測データを用いた雹の準全球三次元分布の検出 ^{†,1}	379-402
柴田清孝・佐井彩乃：日本列島における地表の水蒸気と気温の1880年代から100年以上の長期のトレンドと変動について [†]	403-422
Victorien De MEYER・Rémy ROCA：衛星観測に基づく熱帯海洋上の極端日降水における熱力学的スケーリング ¹	423-436
Shipra JAIN・Rattana CHHIN・Ruth M. DOHERTY・Saroj K. MISHRA・余田成男：モデルチェンジの気候感度への影響を診断する新たなグラフ手法 [†]	437-448
前田修平・竹村和人・小林ちあき：ユーラシアパターンに伴う惑星波の変調 ^{†,*}	449-458
竹村和人・向川 均：緩和予報実験による2016年8月後半のモンスーントラフ強化の予測可能性評価 [†]	459-472
澤田壮弘・上野健一：温帯低気圧に伴う冬季の多降水事例に関する GPM プロダクトと流跡線による解析 ^{†,1}	473-496

[†] 和文要旨掲載論文

* 要報と質疑

レビュー論文

¹ 特集号「GPM」

² 気象集誌・SOLA 合同特別号「海大陸研究強化年：YMC」

Peter VOELGER・Peter DALIN：準定在的で非常に長い極域成層圏雲層境界の事例研究*	497-504
Lujia FENG・Tengfei ZHANG・Tieh-Yong KOH・Emma M. HILL：特定の年のモンスーン変動と温帯乾燥空気侵入に関するインドネシア・スマトラ島 GPS 網比較観測 ^{†,2}	505-536
Tsung-Han LI・Yuqing WANG：熱帯低気圧の発達における境界層力学の役割 Part I：海面抵抗係数に対する感度	537-554
Tsung-Han LI・Yuqing WANG：熱帯低気圧の発達における境界層力学の役割 Part II：初期渦の構造に対する感度	555-573
学会誌「天気」の論文・解説リスト (2021年1月号・2月号)	575
英文レター誌 SOLA の論文リスト (2021年1-40, A1-28)	576
気象集誌次号掲載予定論文リスト	577

.◇.◇.◇.

瀬戸心太・井口俊夫・Robert MENEGHINI・阿波加 純・久保田拓志・正木岳志・高橋暢宏：全球降水観測計画二周波降水レーダ (GPM/DPR) の降水強度推定アルゴリズム

Seto, S., T. Iguchi, R. Meneghini, J. Awaka, T. Kubota, T. Masaki, and N. Takahashi: The precipitation rate retrieval algorithms for the GPM Dual-frequency Precipitation Radar

全球降水観測 (GPM) 計画主衛星搭載二周波降水レーダ (DPR) の降水強度推定アルゴリズムを開発した。DPR は、Ku 帯レーダ (KuPR; 13.6GHz) および Ka 帯レーダ (KaPR; 35.5GHz) から構成される。KuPR アルゴリズムは、熱帯降雨観測衛星 (TRMM) 搭載の降雨レーダ (PR) のアルゴリズムと同様であるが、降水強度 R と質量重み付き平均粒径 D_m の関係 (R - D_m 関係) を、減衰係数 k と有効レーダ反射因子 Z_e の関係 (k - Z_e 関係) の代わりに使用している。 R - D_m 関係は、KaPR アルゴリズムおよび二周波アルゴリズムにも使用できる。一周波アルゴリズムおよび二周波

アルゴリズムともに、 R - D_m 関係の修正係数 ε に暫定値を仮定した前進法によりプロファイルを推定し、その結果を評価して最適な ε を選択する。二周波アルゴリズムの利点は、 ε の決定のために二周波表面参照法および ZfKa 法 (KaPR の減衰補正反射強度 Z_r を用いる手法) を用いること、および KuPR または KaPR の観測を選択的に利用できることである。また本論文では、 R - D_m 関係と散乱テーブルの導出およびビーム内非一様性補正手法を詳細に説明している。さらに、アルゴリズムの出力結果を統計的に解析し、各アルゴリズムの特性を示している。

Matthew H. HITCHMAN・余田成男・Peter H. HAYNES・Vinay KUMAR・Susann TEGTMEIER：成層圏準2年周期振動の熱帯・亜熱帯域上部対流圏・下部成層圏への直接的な影響に関する観測的歴史

Hitchman, M. H., S. Yoden, P. H. Haynes, V. Kumar, and S. Tegtmeier: An observational history of the direct influence of the stratospheric quasi-biennial oscillation on the tropical and subtropical upper troposphere and lower stratosphere

成層圏準2年周期振動 (QBO) が熱帯・亜熱帯の上部対流圏・下部成層圏 (UTLS) に与える影響に関する観測的研究の歴史をレビューする。観測解析能力の段階に応じて、その展開を順次説明する。QBO の西風

(W) と東風 (E) の位相は下部成層圏の帯状風によって定義される。1960~1978年の間には、ラジオゾンデ観測データで UTLS の QBO 変調が示され、QBO W 位相時に熱帯では暖かい偏差、南緯30度と北緯30度付

近では冷たい偏差であることが明らかにされた。このことは、熱帯と亜熱帯間のコヒーレントで逆位相的な応答を予言していた QBO に伴う平均子午面循環 (MMC) の理論と一致していた。1978~1994年の間には、人工衛星によるエアロゾルと気温の観測により、QBO MMC の存在が確認された。1994年~2001年の間には、全球データセットにより、対流圏界面温度の帯状平均 QBO 変動の解析が可能となった。そして、2001年には、1958~2000年の42年間の全球 NCEP 再解析により、圏界面温度、気圧、帯状風の QBO W-E 位相差の季節的・地理的な違いが明らかにされた。今では、38年間の MERRA-2データと40年間の ERA-Interim データによる最新の更新により、季節的・地理的変動

をより完全に把握することができる。

熱帯の QBO 変動幅は、圏界面の気温は約0.5~2 K、高度は約100~300m、気圧は約1~3 hPa であり、QBO E 位相時に、特に北半球の冬から春にかけて、寒く、高くなる。QBO 温度シグナルは、深い対流が多い地域で大きくなる傾向がある。南半球亜熱帯の QBO シグナルは南半球の冬に強まる。QBO W 位相時には、亜熱帯の偏西風ジェットが発達する一方で Walker 循環は弱くなり、特に北半球の春には弱くなる。ERA-Interim のデータを用いて、気温、帯状風、MMC の帯状平均 QBO 偏差の新しい気候学を提示する。QBO E 位相は UTLS での静的安定度と帯状風シアアの両方を低下させることで対流を促進させる可能性がある。

山下陽介・滝川雅之・五藤大輔・八代 尚・佐藤正樹・金谷有剛・竹谷文一・宮川拓真：9月の発達した低気圧によるシベリアから北極域への黒色炭素エアロゾル輸送に対するモデル分解能の影響

Yamashita, Y., M. Takigawa, D. Goto, H. Yashiro, M. Satoh, Y. Kanaya, F. Taketani, and T. Miyakawa: Effect of model resolution on black carbon transport from Siberia to the Arctic associated with the well-developed low-pressure systems in September

黒色炭素 (BC) 等のエアロゾル大気中輸送は、太陽放射の吸収/散乱、降水や雪氷/海水被覆に影響し、特に北極のような人間活動が活発ではない場所で変化をもたらす。本研究では、9月の発達した低気圧に伴うシベリアから北極域への BC 輸送シミュレーションの解像度依存性を、非静力学正20面体大気モデル (NICAM) - 全球エアロゾル輸送モデル (SPRINTARS) の高分解能 (約56km) および低分解能 (約220km) の計算により評価した。本研究で着目した低気圧は大きな水平スケール (約2000km) を持ち、東アジアからシベリアを経て北極域に至る輸送経路上に、発達した中心気圧低下を配していた。近年で最も発達した低気圧イベントの事例解析では、日本の海洋地球研究船「みらい」で2016年9月26~27日に観測された

ベーリング海の高濃度 BC 域が、2016年9月27~28日にかけて低気圧中心と寒冷前線の後面、および温暖前線の前面の上昇流域においてフィラメント状の構造で北極域へ移動した。2015~2018年の9月に発達した低気圧イベントの合成図解析では、高濃度 BC 域は低気圧中心の東側に位置し、これは低気圧中心と北側/東側域の上昇流と関連していることが示された。上昇流最大となる領域は水平スケールが小さいため、水平解像度約220kmの実験では十分に再現されなかった。本研究では、発達した低気圧により9月における北極域への BC 輸送が増大することを確認した。輸送モデルの結果は、発達した低気圧による北極域への物質輸送が、高分解能 (約56km) の計算では低分解能 (約220km) の計算よりも増大することを示した。

Naveen CHANDRA・Prabir K. PATRA・Jagat S. H. BISHT・伊藤昭彦・梅澤 拓・三枝信子・森本真司・青木周司・Greet JANSSENS-MAENHOUT・藤田 遼・滝川雅之・渡辺真吾・齋藤尚子・Josep G. CANADELL：石油・ガス、炭鉱、畜産部門からの排出による過去30年間のメタン濃度の増加

Chandra, N., P. K. Patra, J. S. H. Bisht, A. Ito, T. Umezawa, N. Saigusa, S. Morimoto, S. Aoki, G. Janssens-Maenhout, R. Fujita, M. Takigawa, S. Watanabe, N. Saitoh, and J. G. Canadell: Emissions from the oil and gas sectors, coal mining and ruminant farming drive methane growth over the past three decades

メタン(CH₄)は主要な温室効果気体の一つであり、対流圏および成層圏における化学過程にも重要な役割を果たしている。気候変動および大気汚染に関するCH₄の影響は非常に大きい。過去30年間のCH₄濃度増加率や経年変動の要因については、未だ科学的な確証が得られていない。本研究は、十分に検証された化学輸送モデルを用いて、1988年から2016年の期間を対象に大気中CH₄濃度をシミュレートし、逆解析によって地域別CH₄排出量を推定した。まず、標準実験としてOHラジカルの季節変動のみを考慮し、大気中CH₄濃度の観測データを用いた逆解法モデル、排出インベントリ、湿地モデル、およびδ¹³C-CH₄のボックスモデルを用いた解析を行ったところ、1988年以降におけるヨーロッパとロシアでのCH₄排出量の減少が示された。特に、石油・天然ガス採掘と畜産由来の排出量の減少が1990年代のCH₄増加率の減少に寄与していることが明らかとなった。その後、2000年代初頭には大気中CH₄濃度が準定常状態になった。2007年からはCH₄

濃度は再び増加に転じたが、これは主に中国の炭鉱からの排出量の増加と熱帯域での畜産の拡大によるものと推定された。OHラジカルの年々変動を考慮した感度実験を行ったところ、逆解析による中高緯度域からのCH₄排出推定量はOHラジカルの年々変動には影響されないことが示された。さらに、我々は全球的なCH₄排出量が低緯度側へシフトしたと熱帯域でのOHラジカルによるCH₄消失の増加が相殺したことによって、南半球熱帯域と北半球高緯度域の間のCH₄濃度の勾配は1988–2016年の間にわたってほとんど変化していなかったことを明らかにした。このような排出地域の南北方向のシフトは、衛星によるCH₄カラム観測の全球分布からも確認された。今回の解析期間には、北極域を含めて地球温暖化によるCH₄排出量の増加は確認できなかった。これらの解析結果は、気候変動の緩和へ向けた効果的な排出削減策を行う上で重要な排出部門を特定することに貢献できると思われる。

竹村和人・榎本 剛・向川 均：2016年8月後半におけるアジアジェットのスラッシュ及びロスビー波の碎波に伴うモンスーントラフ強化の予測可能性

Takemura, K., T. Enomoto, and H. Mukougawa: Predictability of enhanced monsoon trough related to the meandered Asian jet and consequent Rossby wave breaking in late August 2016

2016年8月下旬に日本の南海上の対流圏下層で発達した、大規模な低気圧を伴うモンスーントラフの予測可能性を調べた。このモンスーントラフはアジアジェットのスラッシュ、及びそれに伴う日本の東海上でのロスビー波の碎波と関連する上層での高渦位大気の南西方向への侵入によって強化されたことが分かった。気象庁現業1か月アンサンブル予報は、予測初期1週間においてロスビー波の碎波の強度を過小に予測し、モンスーントラフの強化を予測できなかった。アンサンブル特異ベクトル法に基づく簡易予報感度解析の結果、

ベーリング海やアジアジェット入口付近にあった初期摂動は、効率的に成長しながら日本の南海上に向かって伝播し、モンスーントラフを強化する摂動の最大化に寄与していることが分かった。日本の南海上に向かって伝播する摂動の時間発展は、予測期間におけるアンサンブルスプレッドの時間発展と対応していた。簡易予報感度解析より得られた初期摂動を与えた再予報実験を行った結果、摂動を与えた実験では、摂動を与えなかった実験と比べて日本の南海上でのモンスーントラフの強化がより明瞭となり、簡易予報感度解析

の結果と整合していた。これらの結果は、ロスビー波の砕波及びアジアジェット入口付近における初期摂動

が、2016年8月後半に強化したモンスーントラフの予測可能性に大きく寄与したことを示している。

関 庚夕・坪木和久・吉岡真由美・諸田雪江・金田幸恵：日本の近畿地方で発生する線状降水帯の形成メカニズム—2015年9月1日の事例研究—

Min, K.-S., K. Tsuboki, M. K. Yoshioka, Y. Moroda, and S. Kanada: Formation mechanism of a stationary line-shaped precipitation system in the Kinki district, Japan—Case study on 1 September 2015 event—

停滞性の線状降水帯とはメソ対流系の1つのタイプで、日本の暖候期における典型的な豪雨をもたらす気象システムである。西日本の近畿地方はこの線状降水帯が発生しやすい地域の一つとして知られているが、その形成プロセスの複雑さのため、この領域のそれらの形成メカニズムは十分にあきらかにされていない。本研究では、観測データと高解像度数値実験を用いて、2015年9月1日に発生した線状降水帯を調べた。

また、地形効果や初期値時間に関する感度実験も行った。観測データから、線状降水帯の期間、下層は非常に湿潤であることが示された。線状降水帯の形成期間には、近畿地方の中層は南西風が卓越していた。また、線状降水帯の形成には寒冷前線やメソスケール低気圧

が伴っていなかった。これらは本事例の線状降水帯の形成には必要条件ではないことが示された。

数値シミュレーションを用いた再現実験の結果、紀伊水道から流入する温暖湿潤な南南西風と西風の下層収束によって線状降水帯が形成されていることが分かった。淡路島の北で新しい対流セルが発生し、そのセルが中層の南西風によって北東方向に移動した。このセル形成プロセスが繰り返されることで線状降水帯が形成された。線状降水帯の形成地域の地形効果についての感度実験の結果、本事例の線状降水帯の形成には地形が重要でないことが示された。地形は線状降水帯の位置を変更し得る。

清木達也：GPM-DPR 衛星観測データを用いた雹の準全球三次元分布の検出

Seiki, T.: Near-global three-dimensional hail signals detected by using GPM-DPR observations

本研究では全球降水観測計画主衛星 (GPM) に搭載された二周波降水レーダー (DPR) を利用して雹の三次元分布を全球規模で検出する手法を提案した。雹の検出には Ku 帯におけるレーダー反射因子 (ZKu) に加え、Ku 帯と Ka 帯のレーダー反射因子の比率 (DFR)、そして再解析データから得られる気温分布を利用した。検証には地上レーダーの粒子種判別プロダクトを利用した。本研究では、雹粒子が雨との衝突によって急速に成長する事に着目し、二粒子衝突モデルによって雹の成長を特徴づけられると仮定した。ここで、本研究で取り扱う雹は Ku 帯と Ka 帯の散乱特性に基づいて定義されており、一般的に定義される雹の他に高密度の霰や小さい凍結雨滴を含んでいる事が考えられる。

まず初めに、降雹の一事例を基に ZKu と DFR の散布図の特徴を抽出したところ、二粒子衝突モデルに

則った成長曲線は雹の分布をよく捉えられることが分かった。気温に依存して雹の密度が変化する事から、本研究では五つの温度帯で雹を検出するための ZKu と DFR の閾値を定義した。この閾値を用いて地上レーダーと GPM-DPR がマッチングする74の雹事例を抽出し、雹の検出精度を検証した。この検証を通じて、本研究では雹の誤検出を低減する融解雪除去フィルター及び雨除去フィルターを提案した。これら雹閾値と誤検出除去フィルターを準全球観測データに適用したところ、雹は陸上と海上の収束帯に広く存在することが分かった。特に海洋上の雹は凍結高度付近に薄く (厚さ1500m 以下) 広く存在しており、その存在は従来の地上レーダー網では見逃されていたことが示唆された。最後に、凍結高度付近の薄い雹層を除去するフィルターを追加したところ、特に陸上の雹を伴う深い対流を選択的に捉えられた。

柴田清孝・佐井彩乃：日本列島における地表の水蒸気と気温の1880年代から100年以上の長期のトレンドと変動について

Shibata, K., and A. Sai: Long-term trends and variations in surface humidity and temperature in the Japanese archipelago over 100 years from 1880s

気象庁によってアーカイブされた1880年代からの日本の地表気象データを水蒸気と温度の長期トレンドと長期変動に焦点を当てて解析した。ほとんどの地点において、年平均気温のトレンドは統計的に有意な $1.0\sim 2.5^{\circ}\text{C century}^{-1}$ の昇温を示した。年平均相対湿度のトレンドは有意に $-2\sim -12\%$ century^{-1} の減少であり、季節変動は小さかった。一方、年平均混合比のトレンドは気温や相対湿度のトレンドとは異なった空間パターンを示し、3つのタイプに分かれていた：有意な正、有意な負、トレンドなし。有意に負の $-0.2\sim -0.3\text{g kg}^{-1}\text{ century}^{-1}$ のトレンド領域は本州の太平洋側にあり、中部東北から四国を通り東部九州に達している。有意に正の $0.2\sim 0.4\text{g kg}^{-1}\text{ century}^{-1}$ のトレンド領域は北海道、西日本の日本海側、西部九州、沖

繩に分布している。これらの空間パターンは、冬季の離島を除いて、他の季節でも同様である。経験直交関数 (EOF) 解析の結果、年平均の気温と相対湿度のトレンドは空間的にはほぼ一様かつ持続的である昇温と乾燥を表す気温と相対湿度のそれぞれの EOF-1 で説明可能であった。これに対し、年平均混合比のトレンドは EOF-2 とほぼ一致していた。ただし、EOF-2 の寄与 14% は EOF-1 の 49% よりかなり小さい。1960 年から 2018 年までの近年の期間における混合比と気温のトレンドは 1880 年代からのより長期間のトレンドと大きく異なっていた。年平均混合比のトレンドは平均で $0.0\text{g kg}^{-1}\text{ century}^{-1}$ から $0.5\text{g kg}^{-1}\text{ century}^{-1}$ へと増加し、年平均気温のトレンドは $1.5^{\circ}\text{C century}^{-1}$ から $2.5^{\circ}\text{C century}^{-1}$ へと増加していた。

Shipra JAIN・Rattana CHHIN・Ruth M. DOHERTY・Saroj K. MISHRA・余田成男：モデルチェンジの気候感度への影響を診断する新たなグラフ手法

Jain, S., R. Chhin, R. M. Doherty, S. K. Mishra, and S. Yoden: A new graphical method to diagnose the impacts of model changes on climate sensitivity

平衡気候感度 (ECS) は、気候モデルシミュレーションにおいて CO_2 の 2 倍または 4 倍増による全球平均地表気温の変化として定義される。この指標は気候予測の不確実性を示すのに用いられ、したがって、モデルチェンジの ECS への影響は気候モデル開発コミュニティにとって大きな興味対象である。本論文では、ECS、気候強制、および、フィードバックに対するモデルチェンジの影響を一つの図で示す、新たなグラフ手法を提案する。それはグレゴリーの線形回帰法に基づいている。この可視化手法を用いれば、(a) モデルチェンジや新モデル過程導入が地球温暖化を増幅させるか、減衰させるか、影響しないか、を定量化し、(b) ECS、気候強制、および、フィードバックが何%変化するか、を見積り、そして、(c) 影響評価の不確実性の程度を定量化できる。ここでは、相互作用する大気化学過程を入れるか入れないかに関する気候感度実験

を実例として、この手法の有効性を実証する。同じ実験 (例えば、相互作用する大気化学過程か、定められた値の化学成分量を使うか、の比較実験) に対して、複数のモデルの応答を同時に評価するという複数モデル評価において、この手法は有効であり、モデルの相互比較と結果の理解が容易になる。また、第五次結合モデル相互比較プロジェクトのような多数モデル比較の枠組みで、多数モデル平均 (または、ある 1 つのベンチマーク・モデル) に対して各モデルの ECS、気候強制、および、フィードバックのばらつき度合いを調べることが、この手法により如何に容易になるかを例示する。さらに、一つのモデルを用いた多数アンサンブルシミュレーションにおいて、個々のアンサンブル・メンバーのばらつきを調べるのにもこの手法が有用である。

前田修平・竹村和人・小林ちあき：ユーラシアパターンに伴う惑星波の変調

Maeda, S., K. Takemura, and C. Kobayashi: Planetary wave modulations associated with the Eurasian teleconnection pattern

本研究では、ユーラシアパターン—ユーラシア北部において冬季に卓越するテレコネクションパターン—に関連する惑星波の変調を、JRA-55を使用した合成図分析により解析し、波—平均流相互作用を含むユーラシアパターンの力学的メカニズムを明らかにする。

平年偏差の点からは、ユーラシアパターンは、北ヨーロッパ、中西部シベリア、および日本に作用中心を持つ、等価順圧な鉛直構造をした定常ロスビー波型のテレコネクションとして知られている。一方、帯状平均からのずれの観点では、ユーラシアパターンは、東アジアの冬季モンスーンに関連する惑星波の活動度を変調する。

強化された東アジア冬季モンスーンに対応するユーラシアパターンの正位相では、対流圏のユーラシア中部から北太平洋において東方・上方に伝播する惑星波が平年より強まる。この惑星波の強化には、東アジアにおける帯状平均から擾乱への傾圧エネルギー変換が寄与する。強化され東方・上方に伝播した惑星波は、上部対流圏で収束し、それにより中高緯度の直接循環偏差と、中緯度下部対流圏への寒気流出を引き起こす。これらの結果は、ユーラシアパターンは主に惑星波の活動に関する全球的な力学モードの1つであることを示す。

竹村和人・向川 均：緩和予報実験による2016年8月後半のモンスーントラフ強化の予測可能性評価

Takemura, K., and H. Mukougawa: Relaxation experiments for predictability assessment of enhanced monsoon trough in late August 2016

2016年8月後半に、ユーラシア大陸上でのロスビー波束伝播及びそれに伴う日本の東海上における高気圧性のロスビー波の砕波に伴って、モンスーントラフが日本の南海上で強化した。本研究では、このモンスーントラフ強化の予測可能性を、大気大循環モデルを用いた緩和予報実験の手法により評価した。緩和予報実験では、日本の東海上の砕波域、ユーラシア大陸上の波束伝播域、及び両領域の計3つの領域における対流圏上層のモデル予測値を再解析値にナッジングした。モンスーントラフの強化は、気象庁現業1か月アンサンブル予報では予測されなかったが、緩和予報実験ではその再現性が向上した。また、ナッジングを行わない予報実験結果との比較より、緩和予報実験ではユー

ラシア大陸上での波束伝播の強化や日本の東海上での砕波の強化が再現され、対流圏上層でのロスビー波の増幅が高渦位大気の南西方向すなわち日本の南東海上への侵入を促進することにより、モンスーントラフ強化の再現性が向上することが分かった。さらに、緩和予報実験の結果より、主に日本の東海上の砕波域及びユーラシア大陸上の波束伝播域における予報誤差の改善が、モンスーントラフ強化の予測可能性を向上させることが示された。一方、これら2つの領域が予測可能性向上をもたらす相対的な寄与率は、先行研究においてアンサンブル予報を用いた簡易予報感度解析から得られた値と整合的であった。

澤田壮弘・上野健一：温帯低気圧に伴う冬季の多降水事例に関する GPM プロダクトと流跡線による解析

Sawada, M., and K. Ueno: Heavy winter precipitation events with extratropical cyclone diagnosed by GPM products and trajectory analysis

気象庁137地点の2日積算降水量を使い、2014-2019年寒候期における多降水事例を選出した。全球降水観測 (GPM) 主衛星に搭載された二周波降水レーダー (DPR) のプロダクトおよびヨーロッパ中期予報センター再解析データを使用した流跡線解析により、閉塞過程の温帯低気圧構造が多降水を引き起こす仕組みを解析した。多降水についての上位の事例のほとんどは温帯低気圧により発生し、その多くが成熟段階であった。上位50事例の中から、3つの南岸低気圧を抽出し、メソスケールの降水系と気流系の関係を集中的に診断した。多降水が発生した観測地点における時間降水量変化は、基本的にウォームコンベアーベルト (WCB)、

コールドコンベアーベルト (CCB)、ドライイントルージョン (DI) の組み合わせの影響を受けていた。低気圧中心の東側に広がる層状降水域は CCB 上の下層 WCB と上層 WCB から構成され、低気圧中心付近の対流性降水域は WCB 上に上層からの DI を伴い、線状降水帯の形成とともに地上で強い降水強度をもたらした。対流性の降水活動は、停滞性の層状降水域上空に上層 WCB として湿潤な大気を移流させる働きを担った。さらに、DPR プロダクトは、低気圧中心の後面に延びる雲域 (クラウドヘッド) での背の高い層状降水、中層 (地上付近) での潜熱開放 (吸収)、及び低気圧の発達を可能にする CCB に沿った渦位増加を確認した。

Lujia FENG・Tengfei ZHANG・Tieh-Yong KOH・Emma M. HILL：特定の年のモンスーン変動と温帯乾燥空気侵入に関するインドネシア・スマトラ島 GPS 網比較観測

Feng, L., T. Zhang, T.-Y. Koh, and E. M. Hill: Selected years of monsoon variations and extratropical dry-air intrusions compared with the Sumatran GPS Array observations in Indonesia

地殻変動・地震研究が主目的のインドネシア・スマトラ島の GPS (全球測位) 網データを用い、経年変動が強くなかった年の北半球夏季の可降水量 (PWV) 季節内変動について調べる。殆どの研究が他の気象データを援用して GPS 信号遅延情報から PWV を求めているのに対して、本研究では気象データを用いずに PWV 変動を表すものとして、通常の測地精度解析過程で推定される天頂湿潤遅延量 (ZWD) 時系列を用いる。ZWD 時空間場を回転 EOF (経験的直交関数) 解析し、最も主要な2成分の仕組を、時間差がある場合とない場合の線形回帰を用いて調べる。その結果、2008、2016、2017年夏季毎日の ZWD の季節内変動は南アジア夏季モンスーンに支配され、さらに南半球中

緯度ロスビー波に伴う乾いた空気の侵入に影響されており、南アジアモンスーン強化と乾いた空気の侵入の両方が、北半球夏季のスマトラ島の乾燥をもたらす。また、南アジアと西部北太平洋の両モンスーンの季節内スケールの関係も示唆される。すなわち南アジアモンスーンが強いとき、東部インド洋上の大気に水蒸気が供給され、これが西部北太平洋モンスーンにも注入される。また、南部海大陸上の PWV が南半球中緯度東進ロスビー波の活動に伴って変調される熱帯-温帯テレコネクションも確認できる。これらの事例は、大気中の水蒸気の季節内変動を支配する諸過程に関して、各地の連続運用 GPS (cGPS) 網が有用であることを実証するものである。