

令和 6 年 5 月 26 日現在

機関番号：12601

研究種目：学術変革領域研究(B)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H05729

研究課題名（和文）気候モデルMIROCの雲解像モデル化による第6世代規格への挑戦

研究課題名（英文）Updating MIROC toward a global cloud-resolving model

研究代表者

三浦 裕亮（Miura, Hiroaki）

東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・准教授

研究者番号：70415991

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 29,300,000円

研究成果の概要（和文）：気候モデルMIROCを基盤とする第6世代GCM開発、および、全球雲解像モデルNICAMの気候計算支援を実施した。放射モデルMstrnXをMstrn11にアップデートしてMIROCに実装し、水惑星実験で大気場の表現を検証した。雲微物理の方程式を気候モデルの解像度に融合させる手法としてスーパーパラメタリゼーションを研究した。MIROCに雲解像モデルSCALE-RMを埋め込んで2層化したSP-MIROCを開発し、全球平均場や赤道波の表現の改善を確認した。MIROCによる大気海洋高解像度実験を実施し、その有効性を示した。正20面体格子のマルチグリッド構造を活用するプログラムMMICSを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

雲微物理の方程式を解き、雲を直接表現できる第6世代GCMは、時空間解像度が高く、信頼度の高い気候シミュレーションを実現し、気候研究を変革すると期待されます。本計画研究では、「気候変動に関する政府間パネル」に貢献する気候モデルMIROCの高度化と、全球雲解像モデルNICAMの気候モデル化支援を行いました。MIROCの各要素（放射モデルMstrn等）を改良し、さらに、SCALE-RMをMIROCに融合させる新モデルを開発してその有効性を確認しました。マルチスケールモデルが気候という複雑系の物理の表現の枠組みとして有効な可能性が浮上したため、マルチスケール気候モデルに向けた基礎研究を実施しました。

研究成果の概要（英文）：We proceeded development of a 6th generation GCM based on the climate model MIROC and provided supports for a climate simulation by the global cloud-resolving model NICAM. The radiation model MstrnX was updated to Mstrn11 and implemented in MIROC, and the representation of atmospheric fields was verified in aqua-planet experiments. We studied the superparameterization approach to merge cloud microphysics equations with climate model resolution and developed a two-layered SP-MIROC by embedding a cloud-resolving model SCALE-RM into MIROC. Improved representation of global mean fields and equatorial waves was verified. Higher resolution atmosphere-ocean coupled simulations were conducted to demonstrate usefulness of those simulations. A program package MMICS to utilize the multigrid structure of icosahedral mesh were developed.

研究分野：気象学、大気物理学

キーワード：第6世代GCM MIROC 放射モデル Mstrn11 スーパーパラメタリゼーション SP-MIROC 正20面体格子 MMICS

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 気候モデル MIROC(Model for Interdisciplinary Research on Climate)の名称は、東京大学の旧・気候システム研究センター(現・大気海洋研究所)のパンフレットに掲載されていた弥勒菩薩の写真に由来する。地球環境問題が国際的に大きな課題として認識されるようになった1990年代に新しい気候モデルとして開発が始まり、2002年に稼働を開始した地球シミュレータを利用するなどして、海洋研究開発機構や国立環境研究所との共同研究によって急速に発展・複雑化した。現在では、気候研究推進の最大の国際組織である「世界気候研究計画」の結合モデル相互比較プロジェクトへの多数の気候予測シミュレーションの提供などにより、「気候変動に関する政府間パネル」の報告書にも日本を代表して貢献する気候モデルとなっている。その他にも国連が推進する持続可能な開発目標(SDGs)や国際学術会議や日本学術会議が推進するFuture Earthプロジェクトへも貢献しており、欠く事のできない世界レベルの研究ツールである。

(2) 一方で、MIROCを含む各国の全球気候モデル(Global Climate Model; GCM)は、その開発初期から雲の表現に大きな問題を抱え、解決出来ないまま2020年を迎えている。GCMの水平メッシュサイズは現在でも数10kmより大きく、個々の雲の存在を判別できない(図1左)。そのため、メッシュの内側で生起する雲・乱流現象や雲-放射・雲-エアロゾル相互作用の効果をメッシュ平均場に反映させるために、様々なパラメタリゼーションが研究されてきた。パラメタリゼーションでは、多数の渦からなる乱流場や群れをなす多数の積乱雲がメッシュ平均場に与える力学的・熱的影響を半理論的・半経験的に方程式を立てて数値的に解析する。しかし、台風や雲の放射影響など、雲-降水プロセスが本質的に重要な現象の再現性は不十分なままである。

(3) 架空の雲の効果推定がGCMの進歩と信頼性を律速する様は、「雲パラメタリゼーションのデッドロック」と呼ばれてきた。この問題の解決に向けた代表的研究は、日本が推進してきた全球雲解像モデルNICAMと、全米科学財団(NSF)がScience and Technology Centersプロジェクトの1つに選定したCenter for Multiscale Modeling of Atmospheric Processesである。前者は雲微物理の方程式を数値解析して雲の時間変化を陽に表現する雲解像モデルを地球全体で用いる手法で、全球を細かいメッシュで覆うため計算コストが膨大になる。後者は雲解像モデルをGCMの各格子の内側に埋込んでパラメタリゼーションを代用する手法で、計算コストは全球雲解像モデルの100分の1程度と見積もられる

2. 研究の目的

(1) 研究領域「DNA 気候学への挑戦」では、第6世代GCM構築のプランAとして雲解像モデルNICAMの気候モデル化を設定した。本計画研究の目的の一つは、このプランAに沿ってNICAMの長期積分化を支援することである。エネルギー収支を保った状態で長期の現実的シミュレーションを遂行するための知見を共有し、NICAMの気候モデル化を手助けする。

(2) もう一つの目的は、世界の潮流に逆行するプランBを設定し、プランAとの接合を計ることである。エネルギー収支と長い時間スケールの現象の再現性が信頼できる現状のMIROCからスタートし、モンスーン循環などの再現性を担保しつつ段階的に高解像度化して、雲微物理の表現を融合する。また、雲の表現の高解像度化に対応するべく放射モデルの高度化に取り組む。

3. 研究の方法

(1) 一つ目の目的のため、NICAM班や検証班と定期的にミーティングやセミナーを行い、気候計算についての知見を共有する。また、検証班の要請に応じた比較実験や検証実験を行う。

(2) 二つ目の目的のため、モデルの高度化研究に取り組む。MIROCによる高解像度長期シミュレーションを実施し、高解像度計算の利点を検証する。水平・鉛直解像度の変化に応じて雲の表現が変わるため、地球のエネルギー収支を司る大気放射を現実的に表現するために、大気放射モデルMstrnX(Sekiguchi and Nakajima 2008, JQSRT)を改良する。雲微物理の直接表現と気候シミュレーションの時空間解像度のスケールギャップを埋めるための手法を模索する。

4. 研究成果

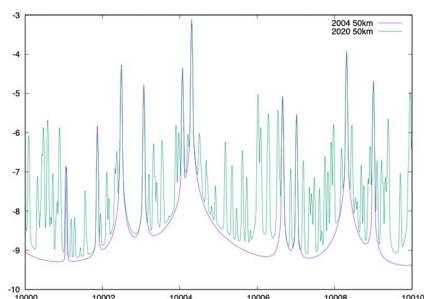


図1: HITRAN2004と2020の吸収係数の波数分布の比較。

(1) 放射伝達モデルMstrnXをアップデートし、Mstrn11を開発した。放射伝達モデルの比較研究において、MstrnXには地表面短波放射の入射過剰の問題があることが分かっていた。Mstrn11では、気体吸収線データベースのHITRAN2020へのアップデート(図1)や水蒸気の取り扱いを工夫することでその問題を解決した。Mstrn11を気候モデルに実装した際にMstrnXと比較して大気モデルがどのように変化するかが検証するため、Mstrn11をMIROCに実装し、新旧放射伝達モデルを用いた水惑星実験を行なってモデルが表現する大気状態の変化を調べた。

(2) 鉛直層数の設定として標準のL81を採用し、Mstrn11が実装されたMIROC6を用いて実験を行ったところ、モデルが発散してしまった。この振る舞いの

原因が、気圧-気温の二変数空間のデータベースとして与えられる吸収係数の与えられた二変数

空間の範囲外への外挿にあることを特定し、鉛直層を工夫して安定な計算を可能にした。

(3) 新旧放射スキームによる計算結果を比較したところ、Mstrn11 を用いた場合に地表面短波放射の入射量が減少していた。気候モデルで用いた場合でも地表面での短波放射の入射過剰が緩和されると期待できる。SST の分布が現実に近い設定の実験では double-ITCZ 傾向の緩和が確認できたが、SST 勾配が現実と比較して大きい設定の場合には同様の結果は得られなかった。質量流線関数で評価したハドレー循環は約 11% 弱体化しており、潜熱加熱の局所性が弱まったことや、対流圏上層で渦運動量輸送および熱力学的強制力が弱まっていることと整合的であった。

(4) 雲微物理の方程式が表現する時空間スケールと気候モデルが表現する時空間スケールには大きなスケールギャップがあるため、雲微物理の方程式を気候モデル中で直接に用いることは許されず、二つの表現を融合する何らかの物理的表現方法が必要である。そこで、雲解像モデル SCALE-RM を MIROC の各鉛直カラムに埋め込むスーパーパラメタリゼーションを研究した。1つ1つの GCM カラムを独立したものとして扱わず、複数の GCM カラムを束ねて雲解像モデルと組み合わせるブロックワイズカプリングを考案し、スーパーパラメタリゼーションを用いる SP-MIROC を開発した (Yamazaki and Miura 2024, JAMES)。

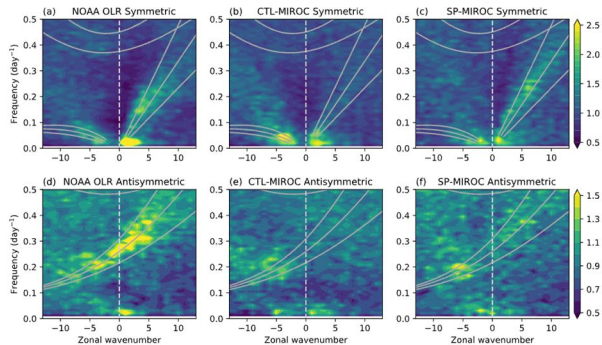


図 2：外向き長波放射の赤道対称（上）・反対称（下）成分の時空間スペクトルの比較。（左）観測的データ、（中）標準の MIROC、（右）SP-MIROC。

境界流同期現象と名付けた (Kohyama et al. 2021, Science)。境界流同期現象は、大気のジェット気流の南北移動と関連していることが分かった。概念モデルと MIROC によるシミュレーションで、境界流同期現象が海盆間の大気海洋結合モードであることを確かめた。境界流同期現象は、通常の解像度の MIROC では再現できず、高解像度の MIROC では再現することができる。このことは、西岸境界流のような小さいスケールの現象を再現する上で、モデルの高解像度化が直接に有効であることを示している。

(7) バレンツ・カラ海における冬の海氷密度の減少は、大気への熱放出の増加を通じて気候に大きな影響を与えると考えられている。しかし、過去のバレンツ・カラ海の水氷密度の減少率は、結合モデル相互比較プロジェクトの気候モデルの大部分において過小評価されていた。メキシコ湾流域の海面水温変動を観測によって制約した場合に、気候モデルシミュレーションが 1970-2017 年のバレンツ・カラ海氷密度の傾向を再現できることを示した。気候モデル相互比較プロジェクトのアンサンブルでは、海面水温と海面水温の線形トレンドは高い相関を示し、メキシコ湾流の海面水温上昇の外部強制成分は、強制されたバレンツ・カラの海面水温トレンドの最大 56% を説明することが示唆された (Yamagami et al. 2022, Nature Communi.)。

(8) 総括班が主催する全球雲解像気候学セミナーで、ノルウェーの研究チームが複数の気候モデルを同期させるスーパーモデリングと呼ばれる手法を紹介した。その際に、気候モデルと全球雲解像モデルを同期させるハイパーモデリングを開発することで、両モデルを直接に融合できるのではないかと着想した。SP-MIROC のような多階層化の方向の研究と、ハイパーモデリングのような階層の異なるモデル同期の方向の研究とは、最終的に多重階層モデルにおける確率表現の形に収束すると考えることができる。そこで、正 20 面体格子の多重階層構造を利用するためのプログラム整備に取り組んだ。物質の保存を満たしながらの内外挿やマルチグリッド法によるポアソン解法を大規模計算機で並列計算するプログラムを開発した。

<引用文献>

Sekiguchi, M., and T. Nakajima, 2008: A k-distribution-based radiation code and its computation optimization for an atmospheric general circulation model. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.*, 109, 2779-2793. DOI: 10.1016/j.jqsrt.2008.07.013

Yamazaki, K., & H. Miura, 2024: Reproducibility of equatorial Kelvin waves in a superparameterized MIROC: 1. Implementation and verification of blockwise-coupled SP-MIROC. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 16, e2023MS003836. DOI: 10.1029/2023MS003836

Kohyama, T., Y. Yamagami, H. Miura, et al., 2021: The Gulf Stream and Kuroshio Current are synchronized. *Science*, 374, 341-346, DOI: 10.1126/science.abh3295

Yamagami, Y., et al., 2022: Barents-Kara sea-ice decline attributed to surface warming in the Gulf Stream. *Nat. Commun.*, 13, 3767. DOI: 10.1038/s41467-022-31117-6

(5) 4×4 バンドル SP-MIROC は、降水の水平パターンと頻度分布、および標準的な MIROC6 では過小評価されていた赤道ケルビン波の現実的な振幅を再現することに成功した (図 2)。SP-MIROC ではトップヘビー加熱により赤道ケルビン波の振幅増幅が可能であった。4×4 バンドル SP-MIROC と非バンドル SP-MIROC のパワースペクトルを比較すると、ダイナミック変数の実効分解能はブロックワイズ技術によって劣化していないことが示された。

(6) 観測的データの解析からメキシコ湾流と黒潮に沿った海面水温の 10 年スケールの同期現象を発見し、境

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 22件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 22件）

1. 著者名 Miura Hiroaki, Suematsu Tamaki, Kawai Yuta, Yamagami Yoko, Takasuka Daisuke, Takano Yuki, Hung Ching-Shu, Yamazaki Kazuya, Kodama Chihiro, Kajikawa Yoshiyuki, Masumoto Yukio	4. 巻 104
2. 論文標題 Asymptotic Matching between Weather and Climate Models	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Bulletin of the American Meteorological Society	6. 最初と最後の頁 E2308 ~ E2315
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/BAMS-D-22-0128.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamazaki K., Miura H.	4. 巻 16
2. 論文標題 Reproducibility of Equatorial Kelvin Waves in a Superparameterized MIROC: 1. Implementation and Verification of Blockwise Coupled SP MIROC	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Advances in Modeling Earth Systems	6. 最初と最後の頁 e2023MS003837
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023MS003836	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takano Y. H., Kodama C., Miura H.	4. 巻 51
2. 論文標題 Diagnostic Method for Atmosphere-Ocean Coupling Over Tropical Oceans at the Sub-Seasonal Timescale	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2023GL106837
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023GL106837	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Willson Justin L., and Coauthors	4. 巻 17
2. 論文標題 DCMIP2016: the tropical cyclone test case	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Geoscientific Model Development	6. 最初と最後の頁 2493 ~ 2507
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/gmd-17-2493-2024	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ong Chia Rui, Koike Makoto, Hashino Tempei, Miura Hiroaki	4. 巻 81
2. 論文標題 Responses of Simulated Arctic Mixed-Phase Clouds to Parameterized Ice Particle Shape	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of the Atmospheric Sciences	6. 最初と最後の頁 125 ~ 152
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JAS-D-23-0015.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takasuka Daisuke, Kodama Chihiro, Suematsu Tamaki, Ohno Tomoki, Yamada Yohei, Seiki Tatsuya, Yashiro Hisashi, Nakano Masuo, Miura Hiroaki, Noda Akira T., Nasuno Tomoe, Miyakawa Tomoki, Masunaga Ryusuke	4. 巻 16
2. 論文標題 How Can We Improve the Seamless Representation of Climatological Statistics and Weather Toward Reliable Global K Scale Climate Simulations?	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Advances in Modeling Earth Systems	6. 最初と最後の頁 e2023MS003701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023MS003701	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Huang Jin-De, Hung Ching-Shu, Wu Chien-Ming, Miura Hiroaki	4. 巻 80
2. 論文標題 Convective Variabilities Leading to Different Pathways of Convective Self-Aggregation in Two Cloud-Resolving Models	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the Atmospheric Sciences	6. 最初と最後の頁 2041 ~ 2055
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JAS-D-22-0250.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Masahiro, Iwakiri Tomoki, Dong Yue, Kang Sarah M.	4. 巻 50
2. 論文標題 Two Competing Drivers of the Recent Walker Circulation Trend	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2023GL105332
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023GL105332	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hirata Ken, Sekiguchi Miho, Sato Yousuke, Inatsu Masaru	4. 巻 19
2. 論文標題 Biases in Shortwave Three-Dimensional Radiative Transfer Calculations for High-Resolution Numerical Models	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 50 ~ 56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.2023-007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takasuka Daisuke, Kohyama Tsubasa, Miura Hiroaki, Suematsu Tamaki	4. 巻 48
2. 論文標題 MJO Initiation Triggered by Amplification of Upper Tropospheric Dry Mixed Rossby Gravity Waves	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2021GL094239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021GL094239	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hung Ching Shu, Miura Hiroaki	4. 巻 48
2. 論文標題 Ensemble of Radiative Convective Equilibrium Simulations Near the Aggregated and Scattered Boundary	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2021GL095279
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021GL095279	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kohyama Tsubasa, Suematsu Tamaki, Miura Hiroaki, Takasuka Daisuke	4. 巻 126
2. 論文標題 A Wall Like Sharp Downward Branch of the Walker Circulation Above the Western Indian Ocean	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2021JD034650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JD034650	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamazaki Kazuya, Miura Hiroaki	4. 巻 78
2. 論文標題 On the formation mechanism of cirrus banding: radiosonde observations, numerical simulations, and stability analyses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Atmospheric Sciences	6. 最初と最後の頁 3477 ~ 3502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JAS-D-20-0356.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kohyama Tsubasa, Yamagami Yoko, Miura Hiroaki, Kido Shoichiro, Tatebe Hiroaki, Watanabe Masahiro	4. 巻 374
2. 論文標題 The Gulf Stream and Kuroshio Current are synchronized	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 341 ~ 346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.abh3295	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kohyama Tsubasa, Miura Hiroaki, Kido Shoichiro	4. 巻 17
2. 論文標題 Intensive Variability Extraction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 246 ~ 250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.2021-043	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ota Yoshifumi, Sekiguchi Miho, Sato Yousuke	4. 巻 17
2. 論文標題 Spatial-Scale Characteristics of a Three-Dimensional Cloud-Resolving Solar Radiation Budget Based on Monte Carlo Radiative Transfer Simulations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 228 ~ 233
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.2021-040	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ong Chia Rui, Miura Hiroaki, Koike Makoto	4. 巻 78
2. 論文標題 The Terminal Velocity of Axisymmetric Cloud Drops and Raindrops Evaluated by the Immersed Boundary Method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Atmospheric Sciences	6. 最初と最後の頁 1129 ~ 1146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/jas-d-20-0161.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kodama Chihiro, Ohno Tomoki, Seiki Tatsuya, Yashiro Hisashi, Noda Akira T., Nakano Masuo, Yamada Yohei, Roh Woosub, Satoh Masaki, Nitta Tomoko, Goto Daisuke, Miura Hiroaki, Nasuno Tomoe, Miyakawa Tomoki, Chen Ying-Wen, Sugi Masato	4. 巻 14
2. 論文標題 The Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model for CMIP6 HighResMIP simulations (NICAM16-S): experimental design, model description, and impacts of model updates	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geoscientific Model Development	6. 最初と最後の頁 795 ~ 820
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/gmd-14-795-2021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Wing Allison A., et al.	4. 巻 12
2. 論文標題 Clouds and Convective Self Aggregation in a Multimodel Ensemble of Radiative Convective Equilibrium Simulations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Advances in Modeling Earth Systems	6. 最初と最後の頁 1-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020ms002138	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yanase Tomoro, Nishizawa Seiya, Miura Hiroaki, Takemi Tetsuya, Tomita Hirofumi	4. 巻 47
2. 論文標題 New Critical Length for the Onset of Self Aggregation of Moist Convection	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020GL088763	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamagami Yoko, Watanabe Masahiro, Mori Masato, Ono Jun	4. 巻 13
2. 論文標題 Barents-Kara sea-ice decline attributed to surface warming in the Gulf Stream	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 e2022GL098628
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-022-31117-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamazaki K., Miura H.	4. 巻 16
2. 論文標題 Reproducibility of Equatorial Kelvin Waves in a Super Parameterized MIROC: 2. Linear Stability Analysis of In Model Kelvin Waves	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Advances in Modeling Earth Systems	6. 最初と最後の頁 e2023MS003837
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023MS003837	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計47件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 16件)

1. 発表者名 Hiroaki Miura
2. 発表標題 Ongoing progresses of DNA Climate Science Project
3. 学会等名 DNA (Deep Numerical Analysis) Climate Science Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦裕亮
2. 発表標題 正20面体格子へのポアソンソルバーの実装
3. 学会等名 2021年度気象学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦裕亮
2. 発表標題 気候モデルMIROCの高度化研究：進捗と目標
3. 学会等名 第2回雲解像気候学ワークショップ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神野拓哉
2. 発表標題 シャノンの情報エントロピーを用いた雲の自己組織化の定量解析：放射対流平衡実験における結果
3. 学会等名 大気海洋力学セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神野拓哉
2. 発表標題 放射対流平衡実験における積雲対流強度の頻度分布
3. 学会等名 第7回マッデン・ジュリアン振動研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神野拓哉
2. 発表標題 放射対流平衡における積雲対流のカノニカルアンサンブルの枠組みに基づく統計的解析
3. 学会等名 第一回挑戦的モデル班研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takuya Jinno
2. 発表標題 Statistical Analysis of Cumulus Convection in Radiative-Convective Equilibrium Based on Canonical Ensemble Framework
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山崎一哉
2. 発表標題 MIROCへのスーパーパラメタリゼーションの実装と初期評価
3. 学会等名 気象学会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山崎一哉
2. 発表標題 ひまわり8号におけるRGB合成画像の高解像度化
3. 学会等名 気象学会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山崎一哉
2. 発表標題 MIROCスーパーパラメタリゼーションでのMJ0の再現性
3. 学会等名 第7回マッデン・ジュリアン振動研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ching-Shu Hung
2. 発表標題 Self-Aggregation of Clouds in Convection-Permitting Simulations
3. 学会等名 大気水圏科学研究集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ching-Shu Hung
2. 発表標題 Ensemble of RCE Simulations near the Sharp Marginal Transition Zone between Aggregated and Scattered Regimes
3. 学会等名 Workshop on the Self-Aggregation of Clouds under the Radiative-Convective Equilibrium (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ching-Shu Hung
2. 発表標題 Convective Self-Aggregation under Imposed Large-Scale Upward Motion
3. 学会等名 大気海洋力学セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ching-Shu Hung
2. 発表標題 Ensemble of Radiative-Convective Equilibrium Simulations near the Marginal Boundary between Aggregated and Scattered Regimes
3. 学会等名 2021 American Geophysical Union Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ching-Shu Hung
2. 発表標題 A study on the key processes controlling the self-aggregation of clouds in convection-permitting simulations
3. 学会等名 第7回マッデン・ジュリアン振動研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ching-Shu Hung
2. 発表標題 The different pathways to self-aggregation between SCALE and VVM
3. 学会等名 JpGU Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mamiko Terada
2. 発表標題 A Numerical Study on the Diurnal Variation of Precipitation Bands Observed around the West Coast of Sumatra Island
3. 学会等名 JpGU Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大野梨野花
2. 発表標題 ハドレー循環の南北幅と海洋亜熱帯前線の位置の関係についての予備調査
3. 学会等名 非線形力学セミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大野梨野花
2. 発表標題 気候変化に対するハドレー循環と海洋熱輸送の応答についての予備調査
3. 学会等名 第7回マッデン・ジュリアン振動研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤優花
2. 発表標題 湿潤絶対不安定(MAUL)に着目した線状降水帯の形成要因の考察
3. 学会等名 大気海洋力学セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤優花
2. 発表標題 線状降水帯の発生条件に関する研究の予備調査
3. 学会等名 第7回マッデン・ジュリアン振動研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺田真未子, 三浦裕亮, 横井覚
2. 発表標題 スマトラ島西岸付近で観測された降水域の日周変動に関する数値的研究
3. 学会等名 日本気象学会2021年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Maniko Terada, Hiroaki Miura, Satoru Yokoi
2. 発表標題 A Numerical Study on the Diurnal Variation of Precipitation Bands Observed around the West Coast of Sumatra Island
3. 学会等名 JpGU Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺田真未子, 三浦裕亮
2. 発表標題 スマトラ島西岸で発生した降水日周期の数値実験
3. 学会等名 日本気象学会2020年度春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ching-Shu Hung, Hiroaki Miura
2. 発表標題 Gravity wave response to convective heating and its importance to understanding the weak temperature gradient approximation and its limitation
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ching-Shu Hung, Hiroaki Miura, Jin De Huang, Chien Ming Wu
2. 発表標題 Convective self-aggregation in radiative-convective equilibrium: a comparison study between SCALE and VVM
3. 学会等名 第1回雲解像気候学ワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎一哉, 三浦裕亮
2. 発表標題 トランスバースラインの観測的および理論的研究
3. 学会等名 気象学会2020年度春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎一哉, 三浦裕亮
2. 発表標題 台風に伴う巻雲バンドの数値的および理論的研究
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎一哉
2. 発表標題 スーパーパラメタリゼーションの実装と改良
3. 学会等名 第1回雲解像気候学 ワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Jinno, T., and H. Miura
2. 発表標題 Theoretical and Statistical Analysis of Deep Convection Based on Canonical Ensemble Framework
3. 学会等名 American Geophysical Union 2020 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 神野拓哉, 三浦裕亮
2. 発表標題 カノニカル分布の枠組みに基づく3次元放射対流平衡システムの統計的解析
3. 学会等名 第1回雲解像気候学ワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Suematsu, T., C. Kodama, H. Yashiro, T. Yanase, H. Miura, T. Miyakawa, M. Satoh
2. 発表標題 Dependence of the reproducibility of the MJO convection on differences in the surface flux conditions in NICAM
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Suematsu, T., T. Yanase, H. Miura, M. Satoh
2. 発表標題 A consecutive development of MJO events in the 2018-2019 winter season reproduced by a three-month SST-forced experiment with NICAM
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Suematsu, T., T. Yanase, H. Miura
2. 発表標題 Tuning NICAM for reproducibility of the Madden-Julian Oscillation
3. 学会等名 第12回熱帯気象研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦裕亮
2. 発表標題 正20面体格子における異なる解像度間の3次精度リマッピング
3. 学会等名 2020年度NICAM開発者会議
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yamagami, Y., M. Watanabe, M. Mori, J. Ono
2. 発表標題 Barents-Kara sea-ice decrease attributed to sea surface warming in the Gulf Stream region
3. 学会等名 Ocean Sciences Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山上遥航, 渡部雅浩, 森正人, 小野純
2. 発表標題 バレンツ-カラ海の海水減少トレンドを駆動するガルフス トリーム域の昇温
3. 学会等名 2021年度日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yamagami, Y., M. Watanabe, M. Mori, J. Ono
2. 発表標題 Barents-Kara sea-ice decrease caused by sea surface warming in the Gulf Stream
3. 学会等名 WCRP workshop on attribution of multi-annual to decadal changes in the climate system (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関口 美保, 栗原 礼子, 眞子 直弘, 高木 征弘, 佐川 英夫, 松田 佳久
2. 発表標題 金星大気対応広帯域放射伝達モデルMstrn-Venusの開発 (その2)
3. 学会等名 日本気象学会2021年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関口 美保, 石 崇, 橋本 真喜子, 中島 映至
2. 発表標題 気候変動観測衛星『しきさい』の観測データを用いたエアロゾルと海色の同時推定法の解析と検証
3. 学会等名 日本気象学会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sekiguchi, M., M. Hashimoto, H. Takenaka, C. Shi, and T. Nakajima
2. 発表標題 Simultaneous retrieval of aerosols and ocean color parameters using GCOM-C/SGLI data
3. 学会等名 JpGU Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sekiguchi, M., R. Kurihara, N. Manago, M. Takagi, H. Sagawa, and Y. Matsuda
2. 発表標題 A development of a broadband radiative transfer model "Mstrn-Venus" for Venus atmosphere
3. 学会等名 JpGU Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 陽祐, 稲津 將, 勝山 祐太, 丹治星河, 近藤 誠
2. 発表標題 気象モデルSCALEを用いた北海道を対象とした降雪研究
3. 学会等名 雪氷研究大会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山上遥航, 渡部雅浩, 森正人, 小野 純
2. 発表標題 CMIP6モデルにおけるバレンツ-カラ海の海水減少とガルフストリーム域の昇温との関係
3. 学会等名 JpGU Meeting 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山上遥航, 鈴木立郎, 建部洋晶
2. 発表標題 渦解像海洋大循環モデルにおける西インド沿岸域での海面高度変動
3. 学会等名 2022年度日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山上遥航, 渡部雅浩, 森正人, 小野純
2. 発表標題 メキシコ湾流の昇温とバレンツ-カラ海の海水減少
3. 学会等名 日本気象学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yamagami, Y., M. Watanabe, M. Mori, J. Ono
2. 発表標題 Surface Warming in the Gulf Stream Region Explains Barents-Kara Sea-Ice Decrease
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

DNA気候学 https://dna-climate.org/

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	関口 美保 (Sekiguchi Miho) (00377079)	東京海洋大学・学術研究院・教授 (12614)	
研究分担者	佐藤 陽祐 (Sato Yosuke) (10633505)	北海道大学・理学研究院・准教授 (10101)	
研究分担者	山上 遥航 (Yamagami Yoko) (40869905)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(環境変動予測研究センター)・研究員 (82706)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	渡部 雅浩 (Watanabe Masahiro) (70344497)	東京大学・大気海洋研究所・教授 (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計4件

国際研究集会 Workshop on the self-aggregation of clouds under the radiative-convective equilibrium	開催年 2022年～2022年
国際研究集会 DNA Climate Science Meeting	開催年 2022年～2022年
国際研究集会 UTokyo-NTU mini-Workshop	開催年 2022年～2022年
国際研究集会 NTU-UTokyo Workshop on Atmospheric Convection	開催年 2023年～2023年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
その他の国・地域	National Taiwan University		