

DVDをご利用の際は、以下の条件にしたがってご活用ください。

Conditions of Use

1. 個人でご利用の場合(学術研究・教育活動及び私的な利用等)は、ご自由にお使いください。
その際に、出典元を明らかに表示していただくようお願いします。

You may use the DVD without obtaining permission to the extent that your use is for the purpose of academic research, educational activity and/or private use. However, you are required to indicate the sources as below when you use its content(s):

- 全編、ダイジェスト、オープニングおよび地球環境予測に関する動画 例：提供 海洋研究開発機構、
All play/Digest play/Opening/Long-Term Global Change Projection: 提供 JAMSTEC, ©JAMSTEC
- 近未来予測に関する動画 例：提供 東京大学大気海洋研究所、
Near-Term Climate Prediction 提供 AORI, ©AORI
- 極端現象予測に関する動画 例：提供 気象庁気象研究所、
Extreme Event Projection 提供 MRI/JMA, ©MRI/JMA
- 雲解像モデリングに関する動画 例：提供 名古屋大学地球水循環研究センター、
Cloud Modeling 提供 HyARC, ©HyARC
- 海洋微物理過程に関する動画 例：提供 東京大学大学院理学系研究科、
Subgrid-Scale Parameterization in the Ocean Provided by Graduate School of Science,
The University of Tokyo

2. 新聞・テレビ等のメディア、WEBサイト、書籍、商業目的、営利目的等でご利用の場合および
その他お問い合わせについては、以下の各機関へご連絡ください。

If you wish to use any content(s) of the DVD for the media such as newspapers and TV programs, websites, books, commercial purposes and/or other purposes, please be sure to contact the following relevant organization(s) in advance.

- 全編、ダイジェスト、オープニングおよび地球環境予測に関する動画 海洋研究開発機構 事業推進部 TEL:046-867-9242
All play/Digest play/Opening/Long-Term Global Change Projection: Contact point: Research Advancement Division, JAMSTEC Tel: +81-46-867-9242
- 近未来予測に関する動画 東京大学大気海洋研究所 広報室 TEL:04-7136-6430
Near-Term Climate Prediction: Contact point: Public Relations Office, AORI, The University of Tokyo Tel: +81-4-7136-6430
- 極端現象予測に関する動画 気象庁気象研究所 企画室 TEL: 029-853-8535
Extreme Event Projection: Contact point: Office of Planning, MRI/JMA Tel: +81-29-853-8535
- 雲解像モデリングに関する動画 名古屋大学 地球水循環研究センター 気象学研究室 TEL: 052-789-3493
Cloud Modeling: Contact point: HyARC, Nagoya University Tel: +81-52-789-3493
- 海洋微物理過程に関する動画 東京大学大学院理学系研究科・理学部 広報室 TEL: 03-5841-7601
Subgrid-Scale Parameterization in the Ocean: Contact point: Office of Communication, Graduate School of Science,
The University of Tokyo Tel: +81-3-5841-7601
- 21世紀気候変動予測革新プログラムについて 文部科学省研究開発局環境エネルギー課 Tel:03-5253-4111(内4143)
Innovative Program of Climate Change Projection for the 21st Century: Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology-Japan(MEXT) Tel: +81-3-5253-4111 ext.4143



KAKUSHIN

21世紀気候変動予測革新プログラム

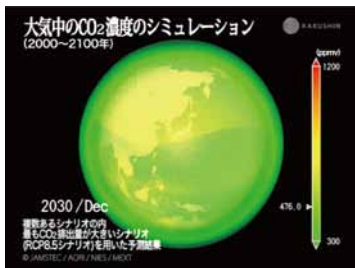
Innovative Program of Climate Change Projection for the 21st Century

研究成果紹介DVD

自然との共生の

知恵を求めて



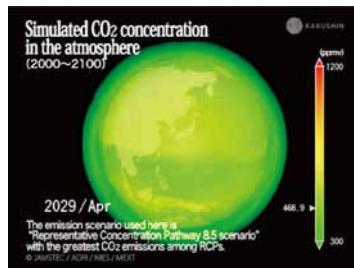


地球環境予測

研究チーム代表機関：海洋研究開発機構

数百年スケールの地球環境予測を行うためには、従来の気候モデルで扱われてきた大気や海洋における物理的プロセスに加え、海陸生態系の物質循環や大気中の化学反応プロセスも必要です。本研究チームでは、これらのプロセスを取り入れた「地球システム統合モデル

(MIROC-ESM)」を構築しました。また長期的予測では、人間の活動とそれに伴う温室効果ガスの排出量(濃度)が将来どのように変化するか、という点も重要です。そこでいくつかの代表的なパターンで構成される将来の温室効果ガスシナリオ(Representative Concentration Pathways, RCPs)を地球システムモデルに適用し、長期的な地球環境予測を行いました。本編では、温室効果ガス排出量が最も大きいシナリオ(RCP8.5)を用いたときのシミュレーション結果を紹介しています。地球システム統合モデルに毎年の人為CO₂排出量をシナリオとして与える(実際には他の温室効果ガスやエアロゾルの排出、土地利用変化も同時に与える)と、大気や海洋、陸や海の生態系が相互に作用しながら将来の大気CO₂濃度が決定され、同時に温暖化・気候変動の様子が描き出されます(00:30~01:02秒)。また、複数のシナリオを用いて予測を行い、各シナリオでどの程度温暖化が進行するのかを調べるとともに、各シナリオを達成するために許容されるCO₂排出量も求めました。予測は不確実性を伴うため、簡略化気候モデルと組み合わせることによりその不確実性の幅も見積もっています(01:20~01:40秒)。さらに、気候変動以外の地球環境の変化も描き出しています。気候変動と同時に大気中の複数のメカニズムが働くと、地表に届く有害紫外線が今後増える可能性があることが示されています(01:02~01:20秒)。

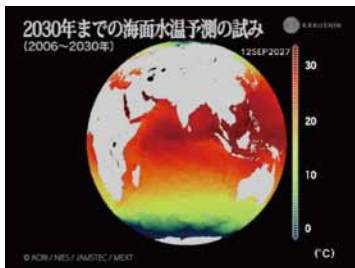


Long-Term Global Change Projection

Research team representative:
Japan Agency for Marine-Earth Science
and Technology (JAMSTEC)

For making projections about long-term global change, it is required to incorporate chemical/biogeochemical processes in a climate model, which consists of physical

processes occurring in atmosphere, oceans, land surface, and sea ice. This is because these chemical/biogeochemical processes are affected by climate change, as well as affect climate. In order to make such projections, we developed an Earth system model (ESM) named "MIROC-ESM" that includes these processes. As the centennial projections for global change are strongly affected by future changes in human activities and anthropogenic emissions, we applied scenarios called "Representative concentration pathways" (RCPs) to the ESM. The movie shows a simulation in which the RCP8.5 scenario with the highest emission of green house gases (GHGs) was applied. Considering annual GHGs/aerosol emissions and land-use changes, CO₂ concentrations and climate changes were simultaneously projected with the subsystems of the Earth including land and ocean ecosystems interactively affecting each other [00'30"-01'02"]. In addition, we investigated the degrees of global warming by applying other scenarios, and analyzed permissible fossil fuel emissions in these scenarios. Furthermore, we assessed the uncertainties of our model in conjunction with another ESM with intermediate complexity [01'20"-01'40"]. Our ESM projected other environmental changes. Considering various atmospheric mechanisms, it is possible that ultraviolet radiation reaching Earth's surface will increase despite the recovery of the Antarctic ozone hole [01'02"-01'20"].

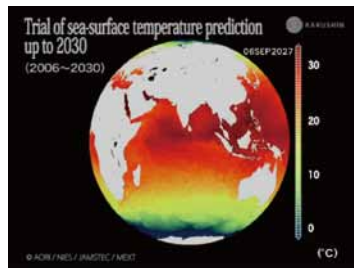


近未来気候予測

研究チーム代表機関: 東京大学大気海洋研究所

これまでの地球温暖化予測では、将来予想される人間の経済活動として幾つかの「シナリオ」を考え、それらによる温室効果ガスの濃度変化を大気海洋結合大循環モデル(気候モデル)に与えることで、将来の地球温暖化にともなう「平均的な」気候変化を予測していました。

これに対して10~20年程度先の気候変動予測である「近未来気候予測」では、このような温室効果ガスによる地球温暖化以外に、10年程度の周期を持つ自然変動(十年規模変動)によっても予測結果が大きく変わるので、予測精度を向上させるために過去の十年規模変動を気候モデルで再現する「初期値化」を行うことが有効です。このような長周期の気候変動には海洋の影響が大きいと考えられているため、過去の観測データを基に海洋の水温と塩分を「データ同化」と呼ばれる手法で気候モデルに与えることにより、初期値化を行いました。我々が開発した気候モデルMIROCを用いた将来の気候予測の精度を検証するために過去の気候について事後予測してみたところ、少なくとも5年程度先までの気温や海面水温は初期値化を用いた予測手法の方が高い精度で予測できることがわかりました。最後の動画は世界でも最高クラスの解像度(大気:約60km、海洋:約25km)を持つ気候モデルを用いた将来の海面水温の予測例で、2006年から2030年までの気候を予測した実験の結果のうち、2027年頃から2030年頃までの予測結果が示されています。このモデルでは黒潮統流や、熱帯太平洋などにおける海の渦が表現されていることがわかります。空間解像度の高いモデルを用いた予測実験の結果は、水災害リスクや農作物・水産資源などの影響や気候変化への対応策を検討するための基礎資料として利用されることが期待されています。

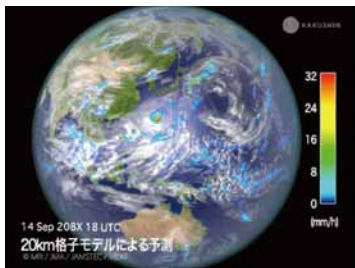


Near-Term Climate Prediction

Research team representative:
Atmosphere and Ocean Research Institute (AORI),
The University of Tokyo

In conventional global-warming projections, long-term future mean climates have been projected using atmosphere-ocean coupled general circulation models (climate models) in which future changes in the greenhouse gas concentrations are based on several

“scenarios” of future economy. On the other hand, in the case of near-term climate prediction for the coming decades, it is effective to initialize a climate model by reproducing decadal time-scale natural variability as well as anthropogenic global warming. Since it is considered that oceans play a significant role in low-frequency climate variability, we have tried to initialize our climate model, named MIROC, by employing a data assimilation method. In this method, ocean temperature and salinity based on data collected for decades are considered for the ocean component. In order to estimate the prediction accuracy of MIROC, hindcasts of the late-20th-century climate are conducted. As a result, the initialization has the advantage that it is possible to predict the climate about 5 years later than that predicted using a conventional climate projection method. The last animated part in the movie is an example of predicting future sea-surface temperature by using a high-resolution version of MIROC, whose horizontal resolution is about 60 km for the atmosphere and about 25 km for oceans. This prediction experiment covers the period from 2006 to 2030, and the animation shows the results for 2027 to 2030. In this model, you can see that ocean jets, such as the Kuroshio and Kuroshio Extension, and ocean mesoscale eddies, such as those in the tropical Pacific, are reproduced. It is expected that the predicted output of our climate models will provide a basis for more quantitative assessment of future water hazards, agricultural harvest, and fishery resources, and for developing more realistic strategies and risk-management options in future.

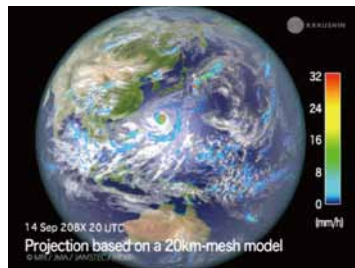


極端現象予測

研究チーム代表機関：気象庁気象研究所

極端現象予測チームでは、地球温暖化研究では従来用いられていなかった水平方向に非常に細かい格子を持つ大気モデル「超高解像度全球大気モデル」を使用し、2030年代および今世紀末の極端な気象現象の予測を行いました。20km格子間隔で地球全体を覆うこの大

気モデルで、台風やハリケーンの変化、梅雨の変化などの予測を行いました。台風や梅雨は水平方向に細かい構造を持っており、その構造を正しく再現するには、非常に高い水平解像度を持つ全球大気モデルが必要です。さらに、この超高解像度全球大気モデルの結果を用いて、日本付近に領域を限定した5km格子間隔の大気モデル「雲システム解像領域気候モデル」、2kmおよび1km格子間隔の大気モデル「雲解像モデル」により、日本における集中豪雨などの予測を行いました。集中豪雨は、局所的に狭い地域に起こることが多く、その再現には日本付近を覆う非常に高い水平解像度を持つ領域モデルが必要です。動画の中で示されているのは、温暖化予測実験の中で21世紀末にみられた台風の一例です。実験から、21世紀末には、北西太平洋域の台風の存在頻度が減少すること、日本などに接近・上陸する台風の平均強度が増大すること等が予測されました。得られた地球温暖化予測実験の結果を用い、日本の土砂災害、洪水・氾濫災害、渇水災害、高潮・高波災害、強風災害の環境変化をその不確実性ととも予測しました。さらに、地球全体と特に危険な地域における洪水災害発生の変化の可能性を予測しました。その他、極端現象予測チームでは、60km格子間隔で地球全体を覆う大気モデルを用い、複数の実験を行うことにより台風や梅雨の温暖化による変化予測の不確実性の見積もりも行っています。



Extreme Event Projection

Research team representative:
 Meteorological Research Institute (MRI),
 Japan Meteorological Agency (JMA)

We have made climate projections for the near future and for the end of the 21st century by using atmospheric models with unprecedented superhigh resolution. The climate change studies were based on a 20-km-mesh global atmospheric general

circulation model; emphasis was placed on extreme events, including tropical cyclones and heavy precipitation during the East Asian summer monsoon season. The multimodel ensemble of sea surface temperatures (SSTs) projected using atmosphere-ocean general circulation models used in the IPCC Fourth Assessment Report (AR4) was used for the input data for the 20-km-mesh global atmospheric general circulation model with the aim of obtaining future climate projections (time-slice experiment). Furthermore, with focus on the local climate change over Japan, 5-, 2-, and 1-km-mesh regional atmospheric models (5-km-mesh cloud-system-resolving regional climate model, 2-km-mesh cloud-resolving model, and 1-km-mesh cloud-resolving model) nested in the global model were used to investigate changes in heavy precipitation. Many reports describing our superhigh-resolution atmospheric models have already been published; these reports are cited in the IPCC AR4 and will be cited in IPCC AR5. The uncertainty associated with the projected climate change was evaluated and quantified using multiple sets of ensemble experiments to provide information on the reliability of the model outcomes. Using data computed on the basis of the model projections, environmental changes that may lead to disasters such as floods, landslides, droughts, storm surges, and strong winds were evaluated for Japan. In addition, the impact of climate change on river planning in Japan was assessed. Furthermore, flood risk assessment was extended to a global scale for collaboration with international projects on disaster mitigation.



雲解像モデリング

研究チーム代表機関:

名古屋大学 地球水循環研究センター

地球温暖化に伴う台風の強度変化－雲解像モデルを用いた温暖化気候における台風のシミュレーション

台風は地球上に発生する大規模な低気圧の一つで、暴風や大雨により日本などのアジア諸

国に大きな災害をもたらすとともに水資源としても重要です。最近の研究で、台風は温暖化に伴って強度を増すことが示されてきていますが、実際にどれくらい強い台風になるのか、それに伴う風速や降水強度はどれくらい強いものになるのかを量的に示すことは重要な問題です。台風は背の高い積乱雲がつくる眼の壁雲とその周辺の降雨帯で構成されています。台風の大規模な渦は、実は台風に比べてはるかに小さい積乱雲の集団によって駆動されているのです。このため台風の強さを量的に予測するためには、積乱雲一つひとつを解像する数値モデルを用いて台風全体をシミュレーションする必要があります。私たちのチームはそのような雲解像モデルを開発し、台風の強度をコントロールする眼と眼の壁雲の詳細な構造を再現することで、台風の強度を量的に予測できるようになりました。また、雲解像モデルを用いて温暖化した地球に発生する台風のシミュレーションを多数行いました。アニメーションはその結果の一例で、温暖化気候で発生した台風が過去に例のない強さを保ったまま日本に接近し、上陸しています。きわめて強い台風のうち、最大地上風速67m/sを超える台風をスーパー台風と呼びます。アニメーションは日本に上陸するスーパー台風の例です。雲解像モデルを用いた実験から、今世紀後半の温暖化気候では多くのスーパー台風が発生し、そのうちのいくつかは強度を保ったまま日本に接近、上陸する可能性があることが示されました。



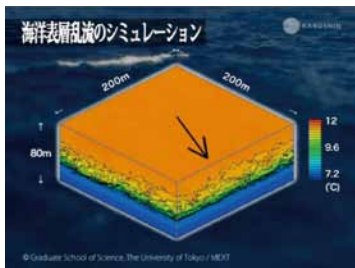
Cloud modeling

Research team representative:

Hydrospheric Atmospheric Research Center (HyARC), Nagoya University

Intensity change of typhoon with climate change: Cloud-resolving simulations of typhoons in the future climate.

Typhoons are undoubtedly the most vigorous and devastating weather systems. How intense will they become in the future global warming climate? This is one of the most challenging atmospheric science problems because they cause severe disasters in the Asian countries including Japan. An increase in typhoon intensity has been demonstrated by studies of historical data. This raises great concern regarding future change in typhoon intensity in the western North Pacific. Typhoons have eye-wall composed by deep convective clouds and spiral rainbands. The large-scale vortex of typhoon is derived by small-scale convective clouds. Consequently, a numerical model which resolves individual convective clouds is necessary to simulate typhoons. We developed a cloud resolving model which can simulate a detailed structure of eye-wall and we can predict typhoon intensity quantitatively. The cloud-resolving model can simulate individual clouds in and around typhoon. By using the model with high resolution, we performed simulation experiments of typhoons in the future climate. The movie shows one of the simulated typhoons and it shows a typhoon in the future climate approaches and makes landfall over Japan with a very strong intensity. An intense typhoon with a maximum surface wind speed which is 67 m/s or larger is called as a super-typhoon. The typhoon in the movie is a super-typhoon. Our results show that many super-typhoons occur in the western North Pacific in the future climate and that some of them approach Japan with keeping the super-typhoon intensity.

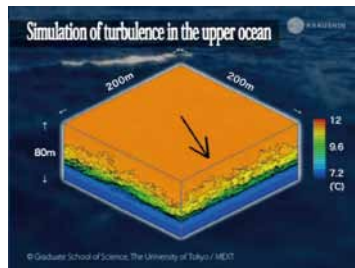


海洋微物理過程

研究チーム代表機関:
東京大学 大学院理学系研究科

海洋表層における乱流混合過程は、高々数mのスケールの現象であるものの、海面温度の制御を通じて気候変動のメカニズムに大きく影響します。従って、その効果を適切にパラメータ化して海洋大循環モデルや大気海洋結合モデルに組み込む必要がありますが、この問題は海洋物理学において未だ発展途上の段階であり、気候変動を理解する上で大きな不確定性をもたらしています。本課題では、まず、Large Eddy Simulation (LES) の手法を用いて海洋表層における乱流過程のシミュレーションを実施し、その結果に基づき、既存の乱流パラメタリゼーションを検証・改良して、高精度な海洋表層混合層モデルを開発しました。本課題が実施したLES数値計算の一例として、台風やハリケーンの通過時を想定した非常に強い風に対する海洋表層混合層の応答の様子を上図に示します。上方の暖かい水と下方の冷たい水が混ざって混合層が次第に厚くなるとともに、表層付近の水温が低下していく過程が詳細に再現されました。このようなLESの結果を用いることにより、海洋混合層モデルの乱流スケールにまで踏み込んだ、詳細な有効性の検証が可能となりました。次に、このバージョンアップした海洋表層混合層モデルを海洋大循環モデルに組み込み、海洋表層混合層の発達過程に関するシミュレーションを行いました。改良した表層混合層モデルを用いた場合には、強い風や海面冷却により引き起こされた海洋表層における乱流の発達が従来の場合よりもさらに顕著になるとともに、海洋表層の温度構造の再現性が著しく向上するという結果が得られました。今回の成果は、次世代の気候変動予測の精度向上に大きく貢献すると期待されます。

Therefore, the accurate parameterization of subgrid-scale ocean processes must be incorporated in ocean general circulation models as well as coupled atmosphere-ocean general circulation models. In the present study, first, we accurately simulated turbulent mixing processes in the upper ocean by using a three-dimensional large eddy simulation (LES) model. As an example of our calculations, the response of the oceanic mixed layer to extremely strong wind forcings, such as travelling typhoons, is shown in the figure above. The LES model clearly demonstrates the turbulent mixing of relatively warm surface water and colder thermocline water, followed by deepening of thermocline, as well as a decrease in the sea-surface temperature. On the basis of the results obtained using LES that directly derive each turbulent quantity, we have assessed and improved the existing parameterization schemes for subgrid-scale ocean processes. The improved parameterization scheme was then incorporated in an ocean general circulation model, and upper ocean simulations have been carried out. The underestimation of the development of mixed layer features (e.g., the decrease in the sea-surface temperature) by the existing parameterization schemes has been suitably corrected using the improved parameterization scheme. Having resolved the ambiguity of the existing parameterization schemes in this way, we can now expect significant improvement in the ability for projecting future climate changes.



Subgrid-Scale Parameterization in the Ocean

Research team representative:
Graduate School of Science,
The University of Tokyo

Subgrid-scale physical processes in the upper ocean with scales up to a few meters play a crucial role in determining the sea-surface temperature, thus controlling air-sea interactions that lead to climate changes.

Therefore, the accurate parameterization of subgrid-scale ocean processes must be incorporated in ocean general circulation models as well as coupled atmosphere-ocean general circulation models. In the present study, first, we accurately simulated turbulent mixing processes in the upper ocean by using a three-dimensional large eddy simulation (LES) model. As an example of our calculations, the response of the oceanic mixed layer to extremely strong wind forcings, such as travelling typhoons, is shown in the figure above. The LES model clearly demonstrates the turbulent mixing of relatively warm surface water and colder thermocline water, followed by deepening of thermocline, as well as a decrease in the sea-surface temperature. On the basis of the results obtained using LES that directly derive each turbulent quantity, we have assessed and improved the existing parameterization schemes for subgrid-scale ocean processes. The improved parameterization scheme was then incorporated in an ocean general circulation model, and upper ocean simulations have been carried out. The underestimation of the development of mixed layer features (e.g., the decrease in the sea-surface temperature) by the existing parameterization schemes has been suitably corrected using the improved parameterization scheme. Having resolved the ambiguity of the existing parameterization schemes in this way, we can now expect significant improvement in the ability for projecting future climate changes.