

Division of Climate System Research, Department of Climate System Modeling, Climate System Modeling Section

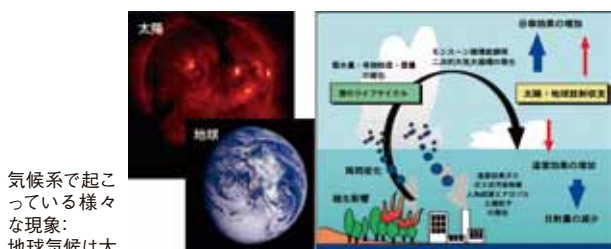
本分野では、気候システムモデルの開発・改良、そこに組み込まれる物理化学過程のモデル化に取り組んでいます。また、開発・改良されたモデルを用いて過去・現在・将来の気候変動に関連した研究を行っています。

惑星としての地球の気候は、太陽からの放射エネルギーと地球から放出される赤外放射のバランスで決定されます。従って、気候形成の理解には、大気構造と放射の相互作用、それが引き起こす大循環の様相を理解することが重要です。また、これらの相互作用が引き起こす過去・現在・未来における気候変動、特に日射や温室効果ガスの増加による気候変動を理解する必要があります。このような観点から、本分野では気候モデリングを用いて、気候研究を行っています。大気海洋に加えて氷床や植生、海洋物質循環等を含めた地球システムにおけるエネルギー・水蒸気・物質・運動量のやり取りに注目しています。

古気候研究においては、過去の気候環境を再現しその変動メカニズムを明らかにする研究を行っています。特に、コンピューターシミュレーションの手法を用いて地球史上の過去の気候の再現が重要な研究課題です。これらの研究によって、現在、我々が生きている時代の気候状態がどれほど普遍的なのか、それとも特異なのかを知ることができます。将来予測に使用される気候システムモデルの検証もめざしています。

現在の主な研究テーマ

- 地球気候における温室効果の役割
- 全球炭素循環のモデリング
- 氷期・間氷期サイクルのシミュレーションとメカニズムの解明
- 古気候を利用した気候感度の推定
- 将来の海水準予測とその不確実性
- 大気・植生の相互作用
- 大気・海洋・氷床の相互作用
- 南極・北極の全球気候における役割



気候系で起こっている様々な現象:

地球気候は太陽放射エネルギーと地球が放出する地球放射エネルギーによってコントロールされている。自然起源や人間活動によって放出される微量気体やエアロゾルによって放射収支が変化し、さらに気候が変化する

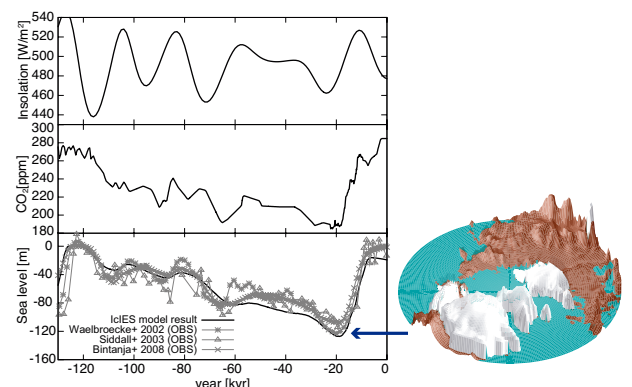
Various phenomena in the climate system: The earth's climate is controlled by a balance between solar and terrestrial radiative energy fluxes. Climate is changed by perturbation in the earth radiation budget caused by trace gases and aerosols emitted from natural and anthropogenic sources

This section carries out studies for developing and improving global climate models and physical-chemical modules to be implemented in these models. These models are used to study the climate of the past, present, and future. The earth's climate is controlled by the balance between solar and earth radiation energies. It is, therefore, important to understand interactions between the earth-atmosphere system and radiation, and to understand the consequent effect on circulation. It is essential to understand past, present and future climate changes involving these interactions, particularly those associated with the changes in solar radiation and increasing amount of greenhouse gases. Research is conducted through climate modeling of the earth's system. We investigate the exchange of energy, matter, moisture and momentum between climate and other components, such as ice sheet, terrestrial ecosystem and ocean biogeochemical cycle.

The paleoclimate research aims to reproduce past climate states and to understand the mechanisms of their changes. We attempt to simulate the past climate using numerical models. Studies provide information about the extent of the uniqueness of the current climate conditions and help evaluate climate system models that are used for projections of the future climate.

Ongoing Research Themes

- Role of greenhouse in the earth's climate
- Global carbon cycle modeling
- Simulation of glacial-interglacial cycles and investigation of their mechanisms
- Estimation of the climate sensitivity based on the climate of the past
- Future projection of sea level rise and evaluation of its uncertainty
- Interaction between atmosphere and terrestrial vegetation
- Interaction between atmosphere, ocean and ice sheets
- Role of the Antarctic and Arctic on the global climate



過去約12万年前からの最終氷期サイクルにおける、日射、二酸化炭素濃度、海水準の変化 (OBS: 観測, IclES: シミュレーション) とモデルにより再現された最終氷期最盛期の氷床の鳥瞰図

Changes in insolation, carbon dioxide concentration, and sea level during the last glacial cycle starting around 120,000 years ago (OBS : observations, IclES: model), and simulated ice sheet distribution at the last glacial maximum



ABE-OUCHI, A.

准教授 Associate Professor 阿部 彩子 ABE-OUCHI, Ayako

Division of Climate System Research,  
Department of Climate System Modeling, Atmospheric System Modeling Section

地球環境の現象解明や将来予測のためにはコンピュータシミュレーションは不可欠であり、我々の研究グループでは、地球規模から地域レベルに至る様々なスケールの大気環境モデルの開発を行っています。また、そのモデルを用いて大気中での様々な気象現象、大気汚染や気候変動の問題を研究しています。一方、人工衛星や地上観測のデータの取得、解析なども行い、モデルと組み合わせて総合的に大気環境を研究しています。

現在の主な研究テーマ

●対流圏・成層圏の気象力学

対流圏や成層圏に生起する様々な気象現象と、より大きな気候場との相互作用プロセスについて考察します。梅雨前線や熱帯収束帯、それらに伴うメソ擾乱と気候との相互作用の解明も目指します。また、夏季・冬季モンスーン等を対象とした気象力学的な研究も行っています。

●化学気候モデルをもちいた研究

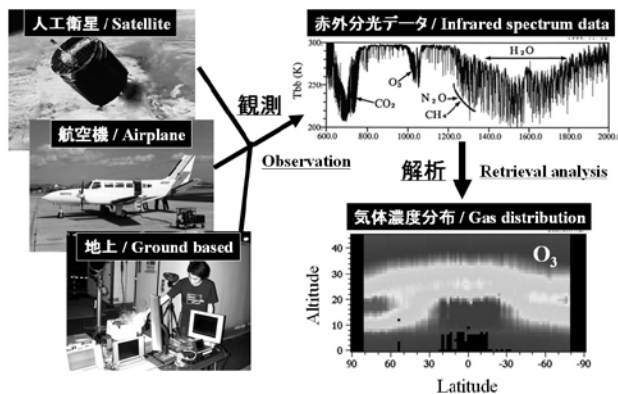
大気中の化学過程と気候との関係について研究しています。特に、対流圏物質輸送とオゾン等の大気汚染の考察、化学気候モデルを用いたオゾンホール将来予測実験などを行っています。

●人工衛星開発支援とデータ解析

地球環境観測用の人工衛星開発支援と併せ、観測データの解析手法を開発しています。また、実際の観測データの解析を行い、温室効果気体の循環に関する研究を行っています。

●数値シミュレーションによる温室効果気体の収支解析

二酸化炭素やメタンなどの温室効果気体を対象とした物質循環モデルの開発と、そのモデルを用いた発生源、吸収源の推定に関する研究を行っています。

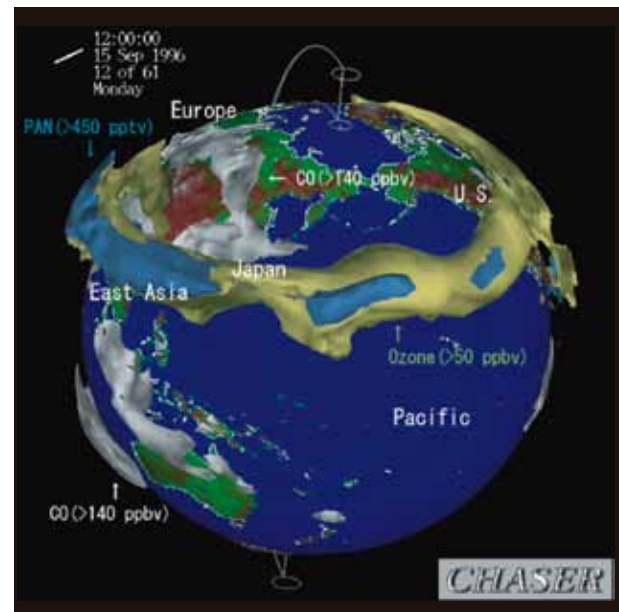


観測データ解析におけるデータフローの概念図  
Schematic depicting data flow in observational data analysis

Computer simulation is an important tool for investigating the global environment and predicting its future climate. Our research group has been developing numerical models simulating atmospheric phenomena with scales varying from regional to global. Observation and data analyses are also an important part of our research. Our mission is to understand the atmospheric environment comprehensively through the combination of observations and computer simulations.

Ongoing Research Themes

- Dynamic Meteorology:** Studies of meteorological phenomena, including generation mechanisms and climate variations of meso-scale disturbances interacting with climate.
- Chemical climate models studies:** Research into atmospheric chemical processes interacting with climate using chemical climate models. Important examples are ozone-hole prediction and air pollution problems.
- Remote sensing of the atmospheric environment:** Development of new algorithms for analyzing satellite data to study the atmospheric environment. Furthermore, we develop ground-based remote sensing techniques using infrared radiation.
- Simulation studies on the greenhouse gas budget:** Numerical simulations of greenhouse gases such as carbon dioxide and methane, and source/sink inversion analyses of gases using chemical transport models.



化学気候モデルでシミュレートされた全球的大気汚染  
Global atmospheric air pollution simulated by a chemical climate model



TAKAHASHI, M.



IMASU, R.

教授 Professor 高橋 正明  
TAKAHASHI, Masaaki  
准教授 Associate Professor 今須 良一  
IMASU, Ryoichi

Division of Climate System Research,  
Department of Climate System Modeling, Ocean System Modeling Section

海洋と大気の間では気候を形作る上で重要な熱・水や二酸化炭素などの物質が常に交換されており、それらは海洋中に大量に蓄えられ、海流によって輸送されます。そうした海洋の作用は、日や年という短い時間スケールの気候変動を穏やかにする一方、十年や百年という長い時間スケールの気候変動を引き起こします。特に長い時間スケールを持つ気候変動において、全球規模の海洋循環による熱や溶存物質の輸送は重要な役割を果たしますが、海洋観測には多くの困難が伴うため、その実態には不明な部分が多く残されています。限られた観測データをもとに海洋大循環の実態を解き明かすために、あるいは将来の海洋・気候の変動を予測するために、海洋大循環の数値モデリングは今や欠かせない研究手段となっています。

一方、モデリングの道具である数値海洋モデルも未だ完全なものではありません。海洋システムモデリング分野では、海洋モデリングのための数値モデルを開発しながら、様々な時間・空間スケールを持つ海洋現象にそれを適用し、あるいはそれを大気など他の気候システム要素のモデルと結合した気候モデルを用い、海洋そのものと海洋が気候において果たす役割を解き明かすための研究を行っています。

現在の主な研究テーマ

●海洋大循環のモデリング

海洋大循環は、乱流混合などのミクロな物理現象と、海洋全体の熱収支などのマクロな側面の両方にコントロールされます。その両方の視点から、海洋大循環のコントロールメカニズムを解き明かす研究を行っています。

●極域海洋プロセスのモデリング

海洋深層循環の起点となる深層水形成は、主に極域海洋のごく限られた領域で生じます。海氷過程など、そこで重要となる特有の海洋プロセスの詳細なモデリングを通して、深層水形成に重点を置いた研究を進めています。

●古海洋モデリング

海洋深層循環の変化は、過去の大規模気候変動と密接に関連していることが知られています。現在とは異なる気候状態がどのように実現されたのか、そのメカニズムを調べるための研究を行っています。

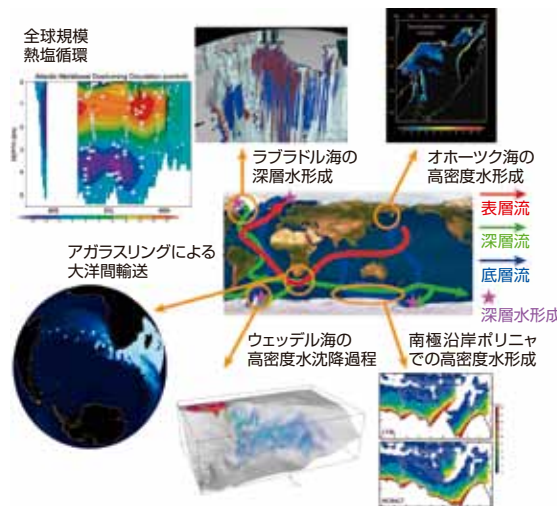
●海洋物質循環モデリング

海洋中に存在する様々な物質の輸送や状態変化は、気候や生態系のあり方を決める重要な要素です。そうした要素をモデリングに取り込み、海洋物質循環の実態を解き明かすための研究を行っています。

The ocean stores and transports a vast amount of heat and various dissolved substances, whose exchange with the atmosphere plays an important role in controlling the climate. There still remain many unknown aspects in the ocean as its observation is difficult. Numerical modeling is now becoming an indispensable method to study the ocean. Our group investigates various oceanic phenomena and their influences on the climate by developing and applying numerical models of the ocean.

Ongoing Research Themes

- Ocean general circulation modeling: The ocean general circulation is controlled by both microscopic physical processes and the macroscopic budget of heat and substances. We are striving for revealing the controlling mechanisms of the general circulation of the ocean from both perspectives.
- Polar ocean process modeling: Deep water formation, which is the starting point of the oceanic deep circulation, is a highly localized phenomenon in the polar oceans. We place a special emphasis on the processes peculiar to the polar oceans.
- Palaeo-ocean modeling: Past drastic changes of the climate are known to be closely linked to those of the oceanic deep circulation. We are investigating the mechanisms by which such different states of the climate were caused.
- Biogeochemical cycle modeling: Transport and state transition of various substances in the ocean are essential factors controlling the state of the climate and ecosystem. We are studying the ocean biogeochemical cycles by introducing such factors into the modeling.



海洋大循環とそれに関わる局所現象のモデリング例  
Examples for modeling of the ocean general circulation and various associated localized phenomena.



HASUMI, H.



OKA, A.

教授  
Professor  
HASUMI, Hiroyasu  
准教授  
Associate Professor  
岡 顕  
OKA, Akira

Division of Climate System Research,

Department of Climate Variability Research,

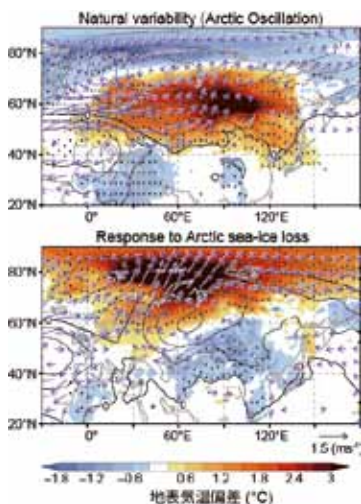
Climate Variability Research Section

気候システムモデルによるシミュレーションと人工衛星などから得られる観測データを組み合わせて、さまざまな時間空間スケールの気候変動現象を理解するための研究を行います。その目的のために、気候モデルの持つ不確実性を観測データによって評価検証することでモデルの信頼性を向上させるとともに、改良されたモデルを用いて、エルニーニョやマッデン・ジュリアン振動などの気候システム変動の解析研究や年々～数十年先の気候変動予測の研究を行います。また、このような気候予測において特に大きな不確実要因である雲の気候影響に関する研究を行います。

気候変動のよりよい予測のためには変動メカニズムのよりよい理解が不可欠です。気候のコンピュータモデルによる数値実験はメカニズム解明の有力な手段となりますが、その信頼性の確保のためには、モデルに含まれる不確実性をひとつひとつ取り除いていく必要があります。そのために、急速に進歩しつつある様々な衛星観測によるデータを複合的に利用して、現在の気候モデルにおいて特に不確実性の大きい雲プロセスの姿を調べ、そのモデル表現を見直していきます。このような観測データとモデルの有機的な組み合わせによって、気候システム研究系で開発された気候モデルの精度を向上させ、異常気象をもたらす季節～年々の自然変動や、人為要因による地球温暖化などさまざまなスケールの気候変動現象のメカニズム解明に挑んでいます。

現在の主な研究テーマ

- 異常天候の要因解明
- 十年規模の自然変動を含む近未来気候変動予測
- 衛星観測データを用いた雲微物理過程の研究
- 気候モデルにおける雲プロセスの検証と改良

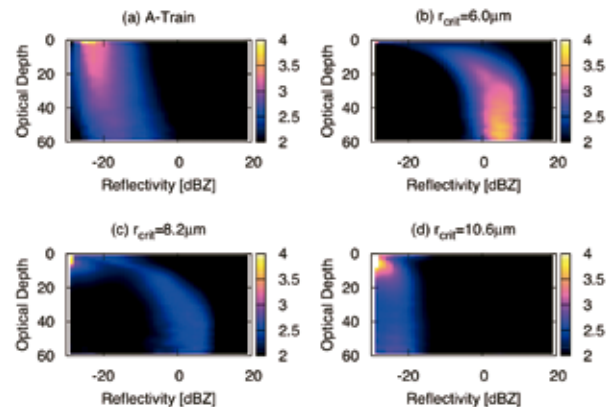


冬季ユーラシアの自然変動(上)と北極海の海水の減少に伴う変化(下)パターン  
Spatial patterns of year-to-year natural variability (top) and change due to the recent Arctic sea-ice reduction (bottom) for the Eurasian winter climate.

The overarching goal of our research is to obtain better understandings of climate variability operating on various spatial and temporal scales with a combined use of climate models and available observations. To this end, we exploit satellite observations to evaluate fundamental uncertainty in climate models and to improve their representations of key processes, particularly cloud processes that are still highly uncertain in state-of-the-art climate models. The models thus improved will then be used to study climate variability, including ENSO and MJO, and to predict interannual to interdecadal variabilities. Given that numerical experiments are a powerful tool to unravel the mechanisms behind the climate variability, climate models used for that purpose should be validated with observations. We address fundamental uncertainties in the models, particularly those of cloud processes, with a novel use of emerging satellite observations in an attempt to offer unprecedented, process-based constraints on model physics. Through such a synergy between satellite observations and the climate model developed at Division of Climate System Research, we intend to advance our capability of modeling climate variability ranging from seasonal to interannual scales, as well as global warming due to human activities. Such a progress in climate modeling will enhance our understandings of climate variability, leading to more reliable climate projection.

Ongoing Research Themes

- Studies on anomalous weather and low-frequency atmospheric variability
- Decadal prediction of climate variability and change
- Satellite-based studies on cloud microphysical processes
- Evaluation and improvement of cloud processes in climate models



雲の鉛直構造を衛星観測(左上)と、3つの異なる雲の仮定にもとづく気候モデルの結果(それ以外)と比較したもの。このような比較により、どの仮定がもっともらしいかを推定できる

Vertical microphysical structures of clouds obtained from satellite observations (a) and from climate model results based on three different cloud assumptions (b, c and d). Such comparisons enable us to constrain uncertain model physics.



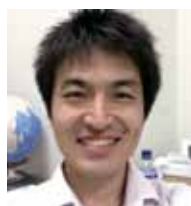
KIMOTO, M.



SUZUKI, K.



MORI, M.



MIYAKAWA, T.

教授 Professor 木本 昌秀 KIMOTO, Masahide  
准教授 Associate Professor 鈴木 健太郎 SUZUKI, Kentaroh  
特任助教 Project Research Associate 森 正人 MORI, Masato  
特任助教(兼) Project Research Associate (兼) 宮川 知己 MIYAKAWA, Tomoki

Division of Climate System Research,  
Department of Climate Variability Research, Comprehensive Climate Data Analysis Section

地球の気候形成には、雲・雨・海水・水蒸気と様々な形態の水が重要な役割を果たしています。水の介在によって、雲粒の生成からエルニーニョまで時間空間スケールの異なるいろいろな現象が互いに影響し合います。本分野では、その複雑な気候システムの形成と変動の仕組みをひも解くため、最新の人工衛星によるリモートセンシングデータなどの地球規模の観測データと気候モデルとを用いて研究しています。

青い地球を覆う雲は地表面を冷やす効果も暖める効果も持っています。熱帯の積雲対流は海面から上空に熱エネルギーを持ち上げます。地球規模のエネルギー循環の鍵を握る雲降水システムの役割を定量化するには、衛星観測データが有効です。エルニーニョや10年規模変動など、さまざまな時間スケールの大気海洋結合系変動について、生成・維持機構を調べ予測可能性を解明するには、気候モデルが有用です。温暖化などの気候変化に伴い、それらがいかに変化するかを推定することも、モデル実験の重要な課題です。また、社会的に影響の大きい異常気象について、北極振動などその背景にある大気循環の力学過程を、気候モデル・力学モデル・予報データなどを用いて解明することも目指します。

現在の主な研究テーマ

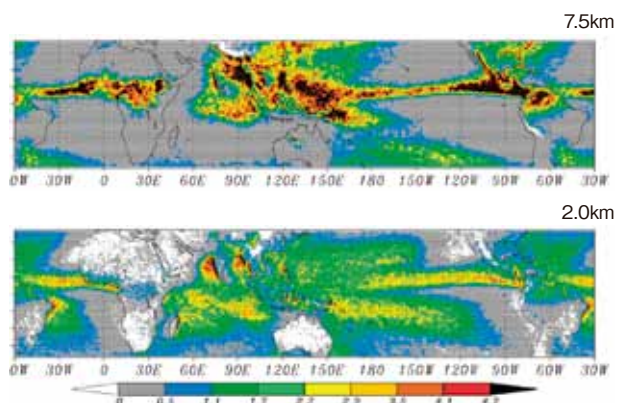
- 衛星観測データを用いた雲降水システムの解析
- 熱帯気象が気候形成に果たす役割の解明
- 気候モデルを用いた気候変化および気候変動の研究
- 異常気象の力学的研究

Various forms of water such as clouds, rain, sea, and vapor, play crucial roles in the formation of the Earth's climate. Through the agent of water, various phenomena with different spatial and temporal scales, from the formation of cloud droplets to El Niño, interact with each other. In the Comprehensive Climate Data Analysis Section, we utilize state-of-the-art satellite remote sensing data and climate models, in order to reveal the structure of such intricate aspects of Earth's climate.

Clouds have both warming and cooling effects of the earth surface. Cumulus convection in the tropics lifts the energy from the earth surface to the upper air. We use the satellite remote sensing data to quantify the roles of cloud and precipitation systems in the formation of the earth climate. We extensively use a global climate model called MIROC, developed in our division, for exploring mechanisms of natural climate variability such as El Niño and decadal variability. MIROC can also be used to evaluate future changes in the properties of these natural phenomena in response to increasing greenhouse gases. Moreover, dynamical processes responsible for the large-scale circulation variability such as the Arctic Oscillation/ North Atlantic Oscillation are examined by means of climate models, dynamical models, and operational forecast data.

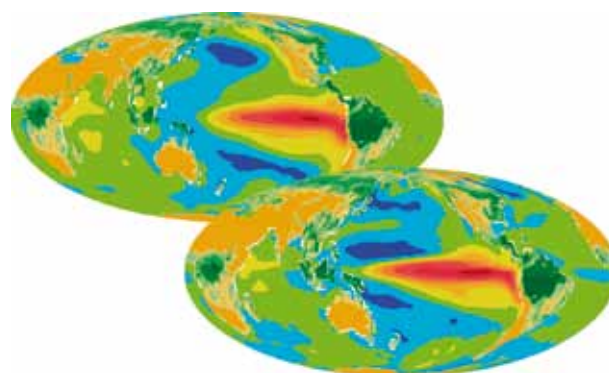
Ongoing Research Themes

- Satellite data analysis of cloud and precipitation systems
- Roles of tropical multi-scale interactions in climate formation
- Climate modeling for understanding climate change and climate variability
- Dynamics of weather variability



熱帯降雨観測計画 (TRMM) 衛星データから推定した大気上層・下層の積雲対流加熱分布。大気循環と結びついている

Upper and lower tropospheric cumulus convective heating estimated with TRMM satellite data. This is closely linked to the large-scale atmospheric circulation



エルニーニョに伴う海面水温の年平均偏差。(上) 観測値、(下) 気候モデル MIROCの結果。再現性が非常に高い

Anomalies in sea surface temperature associated with El Niño based on (top) observations and (bottom) the climate model MIROC



TAKAYABU, Y. N.



WATANABE, M.

教授  
Professor

准教授  
Associate Professor

高数 縁  
TAKAYABU, Yukari N.

渡部 雅浩  
WATANABE, Masahiro

## Division of Climate System Research,

Department of Climate Variability Research, Climate and Hydrology Research Section

地球水循環は、気候変動によって大きな影響を受け、人類にとって最も大きな影響を及ぼします。本分野は、地球上の水循環を幅広く捉え、様々な角度からのアプローチでそのメカニズムを解明し、社会への貢献を目指しています。特に「水の安定同位体比」という指標を用いて、地球水循環と気候との関係性を明らかにする研究に注力し、さまざまな数値モデルや衛星データを用いた研究を行っています。

水の中の水素安定同位体比 (D/H) 或いは酸素安定同位体比 ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  または  $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) は、地球上において時間的・空間的な大きな偏りを持って分布しているため、私たちはそれらを観察することによって水を区別することが可能となります。また水の安定同位体比は水が相変化する際に特徴的に変化するため、相変化を伴って輸送される地球表面及び大気中の水の循環を逆推定する有力な材料となります。当分野では、この水同位体比の特徴を大循環モデルに組み込むことによって、複雑な地球水循環システムにおける水の動きを詳細に追跡しています。同時に、東京大学生産技術研究所とも連携し、そちらに設置された同位体比分析計等を用いて地球上様々な場所での雨や地表水、水蒸気等を採取し、観測しています。さらに、人工衛星や地上に設置した分光分析計を用いて、水蒸気の安定同位体比の空間分布と時間変化を観測しています。

## 現在の主な研究テーマ

## ●水の安定同位体比を用いた地球水循環システム解明

観測データの解析とモデリングによって、様々な状態の水の同位体比と地球水循環システムの関係性について研究しています。

## ●河川モデル・地表面モデルを用いた陸面水・エネルギー循環に関する研究

地表面並びに河川を持つ、地球水循環システムにおける物理的役割や人間活動や生態系との相互影響について、主にモデリングを利用して研究しています。

## ●力学的ダウンスケーリング手法に関する研究

領域気候モデルや大気大循環モデルを用い、粗い大気情報を細かい解像度までダウンスケーリングする手法の開発に携わっています。

## ●衛星から観測された水蒸気同位体比のデータ同化に関する研究

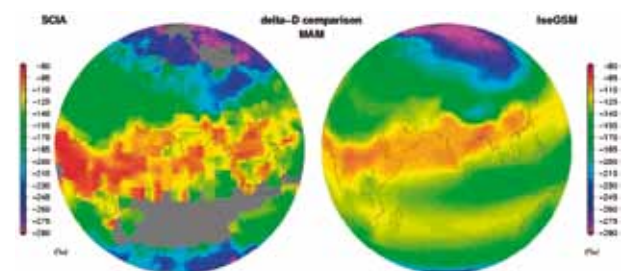
人工衛星に搭載した赤外分光センサーを用いた水蒸気同位体比観測値と、同位体大気大循環モデルによる予報値とデータ同化する手法を構築しています。

Climate and Hydrology Research Section focuses on various interdisciplinary areas, including global and regional meteorology, land surface and atmospheric hydrology, and paleoclimatology, all of which are bridged by natural isotopic tracers. The main thrust of our effort is toward better understanding of the Earth's climate system. This is explored both by utilizing additional information obtained from isotopic records and by developing models that simulate the observed processes.

Since stable oxygen and hydrogen isotope ratios in water (D/H,  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) are sensitive to phase changes of water during circulation, geographic and temporal variations of the isotopic ratios emerge in water vapor and precipitation. Therefore, researchers can study atmospheric vapor cycling processes at various scales, such as large-scale transport and in-cloud processes by using isotopic information in precipitation and vapor. In this section, by incorporating the isotopes into global and regional climate models, the relationship between atmospheric and land surface processes and isotopic information in water vapor and precipitation has been intensively studied.

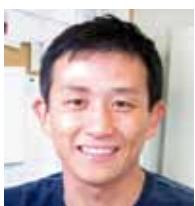
## Ongoing Research Themes

- Study on processes of Earth's hydrological cycle with stable water isotopes
- Study on terrestrial hydrological cycles and development of river and land surface models
- Dynamical downscaling and development of a Regional Earth System Model
- Data assimilation, particularly for stable water isotopes with the ensemble Kalman filter



水蒸気柱の平均同位体比 ( $\delta\text{D}$ ) の季節平均気候値に関する、人工衛星 Envisat に搭載した分光分析計 SCIAMACHY による観測値 (左) と同位体大循環モデル IsoGSM による推定値 (右)

Comparison of MAM climatology of water vapor isotope ratio ( $\delta\text{D}$ ) between remote sensing observation with SCIAMACHY/Envisat (left) and model estimation with IsoGSM (right)



YOSHIMURA, K.

准教授 Associate Professor 芳村 圭 YOSHIMURA, Kei