

**A** 領域テーマ 全球規模の気候変動予測と基盤的モデル開発

領域代表：渡部 雅浩（東京大学大気海洋研究所 教授）

| 課 題                                |                          | 代 表 者 |                   |
|------------------------------------|--------------------------|-------|-------------------|
| <b>(i) 地球環境変動予測の向上に資する気候モデル高度化</b> |                          |       |                   |
| a                                  | 近未来気候変動予測と CMIP6 実験の推進   | 建部 洋晶 | 海洋研究開発機構 ユニットリーダー |
| b                                  | 物理プロセスの高度化による気候モデル開発     | 鈴木健太郎 | 東京大学大気海洋研究所 准教授   |
| c                                  | 陸面モデルの高度化                | 芳村 圭  | 東京大学生産技術研究所 准教授   |
| <b>(ii) 気候変動予測の不確実性低減と科学的知見の深化</b> |                          |       |                   |
| a                                  | 気候感度に関する不確実性の理解と低減       | 小倉 知夫 | 国立環境研究所 主任研究員     |
| b                                  | 過去の気候変動・異常気象の要因分析と将来予測   | 渡部 雅浩 | 東京大学大気海洋研究所 教授    |
| c                                  | 全球非静力学モデルによる雲・降水・循環過程の理解 | 野田 暁  | 海洋研究開発機構 ユニットリーダー |

**B** 領域テーマ 炭素循環・気候感度・ティッピング・エレメント等の解明

領域代表：河宮 未知生（海洋研究開発機構 気候モデル高度化研究プロジェクトチーム プロジェクト長）

| 課 題                            |                         | 代 表 者 |                      |
|--------------------------------|-------------------------|-------|----------------------|
| <b>(i) ESM の開発・地球システム解析</b>    |                         |       |                      |
| a                              | ESM 開発・応用               | 羽島 知洋 | 海洋研究開発機構 ユニットリーダー代理  |
| b                              | マルチモデル解析による温度上昇の確率論的評価  | 筒井 純一 | 電力中央研究所環境科学研究所 副研究参事 |
| c                              | ESM 開発環境整備              | 荒川 隆  | 高度情報科学技術研究機構 主任研究員   |
| <b>(ii) 地球-人間システム相互作用</b>      |                         |       |                      |
| a                              | 地球-社会経済システム相互作用         | 立入 郁  | 海洋研究開発機構 ユニットリーダー    |
| b                              | 地球システム-水資源・作物・土地利用モデル結合 | 横畠 徳太 | 国立環境研究所 主任研究員        |
| <b>(iii) テーマ間連携のための技術・事務支援</b> |                         |       |                      |
|                                |                         | 河宮未知生 | 海洋研究開発機構 プロジェクト長     |

**C** 領域テーマ 統合的気候変動予測

領域代表：高藪 出（気象業務支援センター）

| 課 題  |                               | 代 表 者 |                   |
|--|-------------------------------|-------|-------------------|
| <b>(i) 高精度統合型モデルの開発</b>                        |                               |       |                   |
|  |                               | 石井 正好 | 気象業務支援センター        |
| <b>(ii) 汎用シナリオ整備とメカニズム解明</b>                   |                               |       |                   |
| a  | 汎用シナリオ整備と顕著現象変化メカニズム解明        | 仲江川敏之 | 気象業務支援センター        |
| b  | 台風等極端事象の高解像度ダウンスケーリングシミュレーション | 坪木 和久 | 名古屋大学宇宙地球環境研究所 教授 |
| <b>(iii) 高精度気候モデル及び評価結果のアジア・太平洋諸国への展開と国際貢献</b> |                               |       |                   |
|  |                               | 佐々木秀孝 | 気象業務支援センター        |

**D** 領域テーマ 統合的ハザード予測

領域代表：中北 英一（京都大学防災研究所 教授）

| 課 題                                   |  | 代 表 者  |                 |
|---------------------------------------|--|--------|-----------------|
| <b>(i) 極端なハザードの強度と頻度の長期評価</b>         |  |        |                 |
|                                       |  | 森 信人   | 京都大学防災研究所 准教授   |
| <b>(ii) 21世紀末までのシームレスなハザード予測</b>      |  |        |                 |
|                                       |  | 田中 賢治  | 京都大学防災研究所 准教授   |
| <b>(iii) 過去災害のハザード分析と気候変動要因の評価</b>    |  |        |                 |
|                                       |  | 竹見 哲也  | 京都大学防災研究所 准教授   |
| <b>(iv) ハザード評価のアジア・太平洋諸国への展開と国際協力</b> |  |        |                 |
|                                       |  | 立川 康人  | 京都大学工学研究科 教授    |
| <b>(v) 様々な変化を考慮した後悔しない適応戦略</b>        |  |        |                 |
|                                       |  | 多々 納裕一 | 京都大学防災研究所 教授    |
| <b>(vi) バイアス補正法・極値評価技術の開発</b>         |  |        |                 |
|                                       |  | 北野 利一  | 名古屋工業大学工学研究科 教授 |



**TOUGOU**

Integrated Research Program  
for Advancing Climate Models

統合的気候モデル高度化研究プログラム

# 統合的気候モデル高度化研究プログラムについて

ここ数年において、国際社会は気候変動対策で大きな進展を見せています。2015年12月には、国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）が開催され、世界的な平均気温の上昇を産業革命以前に比べて2℃未満に抑えることを目標とし、同時に1.5℃に抑える努力を行うこと、気候変動に対する適応能力を向上させることを掲げた「パリ協定」が採択され、2016年11月4日に発効いたしました。2015年9月の国連サミットで採択された「持続可能な開発目標（SDGs）」においても、2030年に向けた17の目標の一つに気候変動対策が明記されています。また、気候変動に関する最新の科学的知見を評価する「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」も、第6次評価報告書の作成に向けて始動しました。

一方、国内においても気候変動対策が進みつつあります。日本政府は、気候変動の影響による被害を最小化あるいは回避し、持続可能な社会を構築するために、2015年11月に「気候変動の影響への適応計画」を閣議決定しています。このように国内外で気候変動対策の必要性が高まる中、将来を見通し、実効的な対策を進めるためには、最先端の科学技術を駆使した気候変動予測の研究が極めて重要です。加えて、その科学技術をもって気候変動外交における我が国のプレゼンス向上と国内の気候変動対策に引き続き貢献していくことも、我が国の政策上必要なことです。

そこで、当省では、気候変動研究の更なる推進とその成果の社会実装に取り組むべく、「気候変動リスク情報創生プログラム」（平成24～28年度）の成果を発展的に継承しながら、4つの研究領域テーマを連携させた統合的な研究体制を構築し、気候変動メカニズムの解明、気候変動予測モデルの高度化や気候変動がもたらすハザードの研究等に取り組み、高度化させた気候変動予測データセットの整備に挑みます。



PD

住 明正

文部科学省技術参与  
東京大学  
サステナビリティ学  
連携研究機構 特任教授



PO

テーマA・B・C

木本 昌秀

文部科学省技術参与  
東京大学大気海洋研究所  
副所長・教授



PO

テーマD

原澤 英夫

文部科学省技術参与  
国立環境研究所 理事

PD（プログラム・ディレクター）は、事業統括としてプログラムを効率的・効果的に運営し、全体調整を図ります。領域テーマ毎にPO（プログラム・オフィサー）が配置され、研究課題の進捗管理、研究計画の調整等、PDの役割を補佐します。

プログラム・ディレクターからのメッセージ

## 統合プログラムを始めるにあたって

2017年7月の九州北部豪雨に見られるような集中豪雨が発生するなど、全国各地で時間雨量50ミリを越すような豪雨が観測されています。「地球温暖化が進むにつれて強い雨が增加する」という気候モデルの予測が、現実のものとなってきたように感じます。最近では、2015年の国連サミットで採択された「持続的な開発目標（SDGs）」に見られるように、地球温暖化問題を単独で考えるのではなく、他の目標と連携して包括的に対応することが求められています。日本においても、気候変動に対する適応策の推進が図られており、関係府省庁が密接に連携して必要な施策を推進することが求められています。また、不確実性を伴う気候変動の影響に適切に対応するためには、地球温暖化に関する科学的な知見を充実させることが不可欠です。

地球温暖化に関する科学的な知見を与える重要な分野に、気候モデルによる気候変動の理解、将来予測が存在します。日本は、世界に衝撃を与えた地球シミュレータの開発とともに、それをういて気候変動の理解と地球温暖化予測の高度化を継続的に進めてきました。この伝統を引き継ぎ、気候モデルをさらに発展させようとするのが、平成29年度から5年間の予定で始まった「統合的気候モデル高度化研究プログラム」です。

地球シミュレータの開発以降、我々の地球温暖化予測に関する科学的知見は大きく深化しました。気候変動には“自然の揺らぎ”の考慮が不可避でありますが、地球温暖化がどれほど寄与したかを算定する手法が新しく開発され、また、雲の扱いなど気候に影響を与える物理過程に関する取り扱いも大きく進展しました。今では、雲をあらわに表現するような気候モデルが、産業や生態系への影響評価など多様な局面で活用されるようになりました。

本研究プログラムでは、気候モデルをさらに発展させ、社会経済シナリオとの連携を図り、具体的な地域での適応計画に気候モデルの知見を反映することを目的としています。この過程で発せられる社会からの問いに対し真摯に取り組むことが、新しいサイエンスの扉を開くことと考えています。今後のご支援・ご鞭撻をお願いいたします。

PD（プログラム・ディレクター）

住 明正

文部科学省技術参与  
東京大学 サステナビリティ学  
連携研究機構 特任教授

住 明正

領域テーマ

A

全球規模の気候変動予測と  
基盤的モデル開発

東京大学大気海洋研究所

▶領域代表者

渡部 雅浩

（東京大学大気海洋研究所 教授）

領域課題

地球環境変動予測の向上に資する  
気候モデル高度化

気候変動予測の不確実性低減と  
科学的知見の深化

▶参画機関

海洋研究開発機構、国立環境研究所

領域テーマ

B

炭素循環・気候感度・  
ティッピング・エレメント等の解明

海洋研究開発機構

▶領域代表者

河宮 未知生

（海洋研究開発機構  
気候モデル高度化研究プロジェクトチーム プロジェクト長）

領域課題

ESMの開発・地球システム解析

地球 - 人間システム相互作用

テーマ間連携のための技術・事務支援

▶参画機関

電力中央研究所、高度情報科学技術研究機構、  
国立環境研究所

領域テーマ

C

統合的気候変動予測

気象業務支援センター

▶領域代表者

高菟 出

（気象業務支援センター）

領域課題

高精度統合型モデルの開発

汎用シナリオ整備とメカニズム解明

高精度気候モデル及び評価結果の  
アジア・太平洋諸国への展開と国際貢献

▶参画機関

名古屋大学

領域テーマ

D

統合的ハザード予測

京都大学防災研究所

▶領域代表者

中北 英一

（京都大学防災研究所 教授）

領域課題

極端なハザードの強度と頻度の長期評価

21世紀末までのシームレスなハザード予測

過去災害のハザード分析と気候変動要因の評価

ハザード評価のアジア・太平洋諸国への展開と国際協力

様々な変化を考慮した後悔しない適応戦略

バイアス補正法・極値評価技術の開発

▶参画機関

名古屋工業大学、北海道大学、  
農業・食品産業技術総合研究機構、土木研究所

# 気候変動予測の基盤技術を高度化し、 社会の知りたい疑問にわかりやすく答える



▶領域代表者 渡部 雅浩 (東京大学大気海洋研究所 教授)

2015年の気候変動枠組条約締約国会議におけるパリ協定で、産業革命前を基準として世界の平均気温上昇を2℃未満に抑え、さらに1.5℃未満を目指すという目標が明文化されました。そのため、各国で一層の温暖化適応・緩和策が推進されつつあります。そのベースとなる一次情報は、温室効果ガスの将来の排出経路に対する全球的な気候の応答であり、世界の主要な気候モデリングセンターが協力して実施してきた結合モデル相互比較プロジェクト(CMIP)が提供するデータです。

本テーマでは、これまでのプログラムで開発されてきた全球気候モデルを用いて最新の第6次CMIPに積極的に参画するとともに、独自の気候モデルシミュレーションを多数実施することで、近未来の適応・緩和策を策定する上で必要な予測情報を創出します(図1参照)。これらを活用し、近未来気候変動予測、海水位変動、極端

現象、雲・放射過程と気候感度の不確実性といった科学的重点課題への取り組みを加速させ、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第6次報告書にも貢献します。国内外で、異常気象の増加に対する一般社会の関心がさらに高まっており、我々が展開してきたイベントアトリビューション研究を発展させることで、「現在起きている異常気象に対する温暖化の寄与はどのくらいで、それが近未来にどう変わるか?」といった、社会の知りたい疑問にわかりやすく答えを出すような温暖化サイエンスを実施します。

上記の目的達成のためには、地球シミュレータのような計算機が必要なのはもちろんですが、気候モデル自体の性能向上が欠かせません。気候モデリングは基幹的科学技術であり、本テーマでは、気候モデルの表現する雲などの物理過程の高度化と高解像度化、近未来気候予測に必要なデータ同化技術の高度化などを進めます。

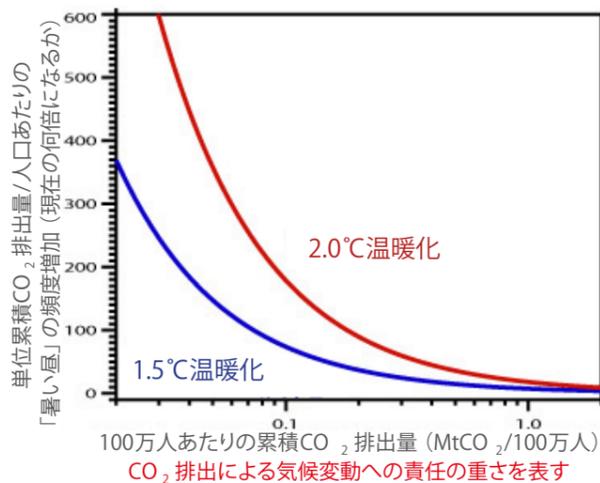


図1:パリ協定の1.5℃、2.0℃目標が達成できた世界での、各国・地域の“CO<sub>2</sub>排出による気候変動への責任の重さを表す指標(横軸)”と“単位責任量あたりの(現在100年に1回の)暑い昼の頻度増加(縦軸)”の関係。仮に世界が公平なら縦軸は一定値になるが、実際は責任の軽い(CO<sub>2</sub>排出量が少ない)国・地域ほど単位責任量に対する暑い昼の増加が大きいという不公平性があります。2.0℃から1.5℃への緩和目標の引き上げは、単に暑い昼の増加を抑えるだけでなく、この不公平性を低減する効果があります。

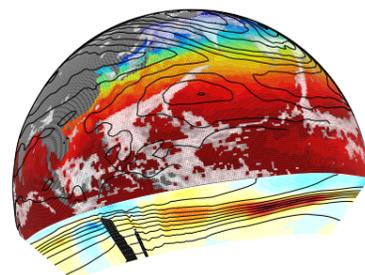


図2:気候モデルMIROC6 全球気候システムモデルは将来気候予測の重要な基盤技術であり、これを高度化することが本テーマAの重要課題の一つです。

# 温暖化抑制目標達成に必要なCO<sub>2</sub>等排出削減量を、 地球システムモデルを高度化し用いて評価する



▶領域代表者 河宮 未知生 (海洋研究開発機構 気候モデル高度化研究プロジェクトチーム プロジェクト長)

IPCCの第5次評価報告書(2013年)は、人為起源二酸化炭素排出の累積量と温暖化による気温上昇がよい比例関係にあることを示しました。この比例関係から、いわゆる2℃目標の達成のためには総排出量をどの程度に抑える必要があるかを見積ることができます。見積られた総排出量のうち、人類は現時点ですでにその3分の2ほどを排出してしまっています。2℃目標、あるいはパリ協定で言及された1.5℃目標の達成が決して容易ではないことが分かりますが、一方で見積りの不確実性も大きく、結局正確な値はどの程度なのかによって温暖化抑制のコストに大変な違いが生じ、将来の社会像は大きく異なってくることが分かってきました。

こうした見積りや不確実性の評価は、生物・化学過程を導入した気候モデル「地球システムモデル」(ESM)によって行われます。

本テーマでは、より精緻な見積りを目指すとともに、気候変動予測において今後重要になるであろう窒素やメタンの循環など新しい生物・化学過程の導入や大気海洋の物理プロセスの改良、人間活動との関係についてESMの高度化を進めています。また、急激な気候変化を避けるために、微小粒子を大気中に散布して太陽光を遮るといった気候の人工制御の有効性の評価にも、ESMによるシミュレーションで取り組みます。さらに南極氷床の崩壊といった、確率は低いものの発生した時の損害が大きな事象についても目配せが必要です。本テーマでは、こうした取り組みから、パリ協定の合意で新しいフェーズに入った気候変動枠組条約等、温暖化の緩和抑制策の道筋づくりに貢献していきます。

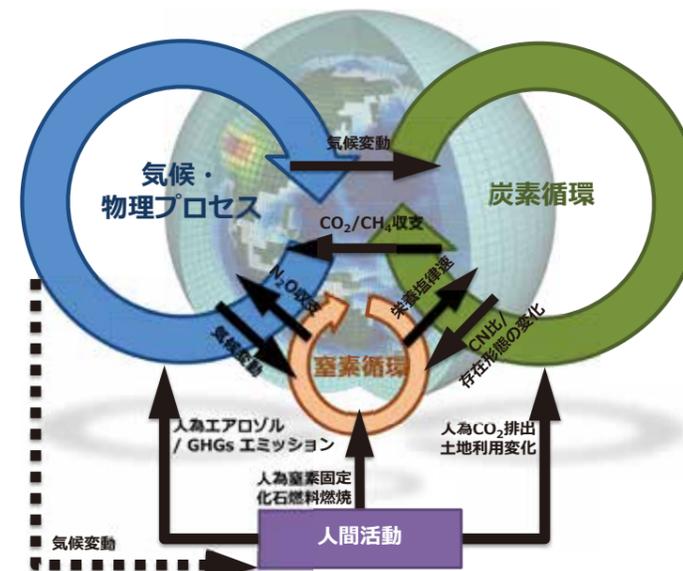


図1:地球システムモデルによる人為起源環境変化予測の概念図 人間のCO<sub>2</sub>排出量や人工的な窒素固定量(大気中の窒素を生物が利用可能なものに変換するプロセス)は増え続けています。これらは気候変動とその予測に関わってくることになるため、窒素循環と炭素循環、さらに気温・降水量の変化と言った物理的な気候変化との相互作用を考慮に入れながら統合的に予測を行うことが重要です。

# 温暖化予測情報を社会に利活用いただくために、 地域ごとの気候変化がなぜ、どのように 生じるのかを明らかにする



▶領域代表者 高薮 出 (気象業務支援センター)

国際的には気候変動予測に関する政府間パネル (IPCC) において、「科学的知見」(WGI) と「温暖化への適応策」(WGII) のより一層強い連携が求められるようになってきています。また、国内的にも地方自治体単位での温暖化適応策策定が求められるようになってきており、そのために様々な温暖化予測情報が求められるようになってきています。

温暖化予測でも昨今関心が高いのは、台風・梅雨期豪雨といった極端な気象の起こりやすさの変化です。本課題では、高解像度・高精度の全球気候モデル・地域気候モデルを活用することにより、地域ごとの気候に大きな影響を及ぼすこれらの極端な気象の変化がなぜ、どのように生じるのかを明らかにすることを目指します。温暖化予測計算のデータは、ユーザーによって社会への様々な影響

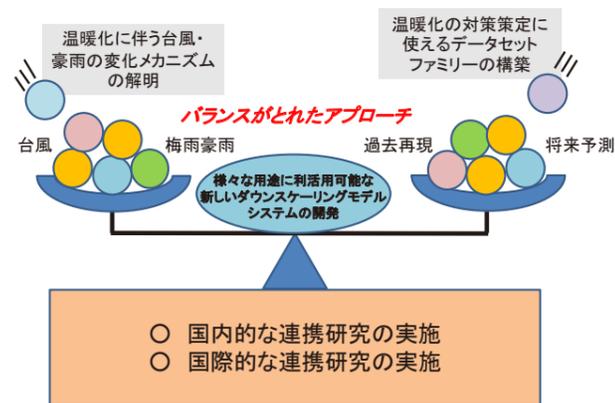


図1：統合的気候変動予測の概念図

本課題の総合的な関係を示す模式図です。温暖化予測の研究で大事なものは、1) 変化メカニズムの解明と2) 利活用可能なデータセットの構築です。この両者についてバランスよく研究を進めていきます。また、気候変動の再現・予測に加えて様々な用途にフレキシブルに対応できるモデルシステムを開発します。これらの成果は、統合プログラム領域テーマDをはじめとする国内研究プロジェクト、また東南アジアをはじめとする脆弱地域である諸外国との連携研究に活かされます。

# 温暖化と自然災害の関連を科学的に示し、 将来どれほど深刻化していくのか、どのように 対応すべきかを明らかにする



▶領域代表者 中北 英一 (京都大学防災研究所 教授)

地球温暖化によって、台風、洪水、土砂災害、川の流れなどは、どう変化するのでしょうか？本研究テーマでは、温暖化と自然災害との関連を科学的に示し、今後どこまで深刻化するのかについて、100年先まで見通すことを目的としました。そのために、2つの解析手法を取り上げています。ひとつは、気候変動が台風や洪水などの自然災害にどの程度の影響を及ぼすかを、確率に基づいて定量的に把握する手法です。もうひとつはスーパー台風など、最大クラスの外力を考慮した最悪シナリオに対する気候変動の影響を評価する手法です。近年、日本のみならず世界の各国で「今まで経験したことのない災害」が頻繁に発生しています。気候変動により、記録にもない最大級の災害がどの程度の被害をもたらすのかを科学的・工学的な面から分析するとともに、経済的な被害まで具体的な数字で把握して、これから必要とされる適切な対応策へ

の基礎情報として提供します。

具体的に、統合的ハザード予測を目指す本テーマは、ハザードの将来変化や社会影響とその科学的根拠を分析することで、後悔しない適応策を準備するのに必要な基礎的で重要な情報・手法を創出することを目指しています。そのために、ハザードモデルの精緻化と融合により深化させることを基にして、後悔しない、手遅れとならない適応戦略のためには何を考慮すべきなのか、何を準備すべきなのかを描きます。また、日本だけではなくアジア諸国を対象にしても必要な適応に資する土台を作っていきます。すなわち、これまで革新プログラム、創生プログラムを通して進めてきた「設計外力の将来変化や最大クラス外力の推定」をベースにした「気象災害・水災害・沿岸災害・リスクへの影響評価」を、統合した新たな側面を進めていきます。

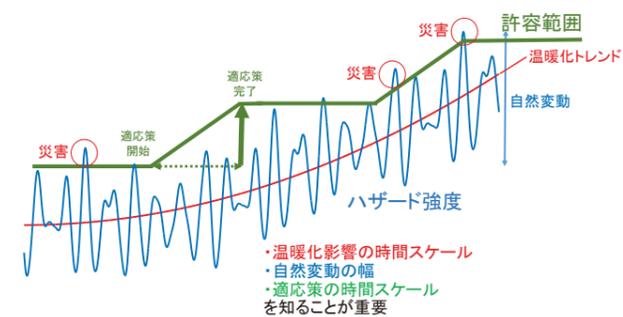


図1：シームレスな影響評価と適応戦略の模式図

領域テーマCの100年シームレス実験等を活用し、現在から21世紀末までに見込まれる気候の連続的な変化の中で、洪水や高潮、水資源、水循環に関連する農業、沿岸域などの様々な影響評価や気候変動適応策を検討します。

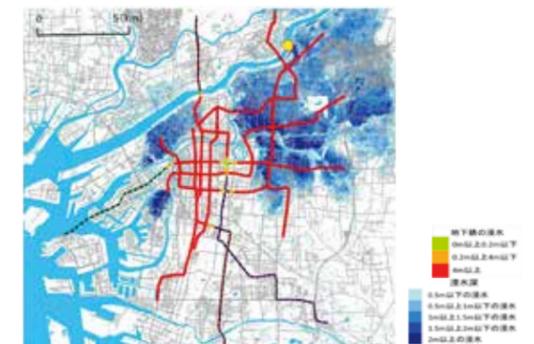


図2：淀川下流域 (大阪市) を対象とした大規模浸水シミュレーションの一例  
大規模洪水が発生した場合の淀川下流域 (大阪市内) での大規模浸水シミュレーションの一例であり、外水によって浸水域が広がるとともに、地下鉄経路を通して浸水域が広がる状況が予測されています。