

地球規模課題対応国際科学技術協力

(環境・エネルギー研究分野「気候変動の適応又は緩和に資する研究」領域)

気候変動予測とアフリカ南部における応用

(南アフリカ)

平成 23 年度実施報告書

代表者：山形 俊男

(独)海洋研究開発機構・アプリケーションラボ ラボヘッド

<平成 21 年度採択>

1. プロジェクト全体の実施の概要

アフリカ南部は、自然に強く依存した生産形態をとっており、気候変動リスクに対して極めて脆弱である。異常気象に伴う被害を軽減するため、南アフリカ共和国では、大気海洋結合モデルに基づいた気候変動予測技術の向上が喫緊の課題となっている。そこで、本プロジェクトでは、アフリカ南部における環境問題に適用可能な季節気候予測システムの能力の強化を目指す。

アフリカ南部の気候変動現象の予測を行うためには、まず現象の理解が不可欠である。そこで、アフリカ南部の降水に大きな影響を与える南インド洋と南大西洋の亜熱帯ダイポールモード現象、及び、ベンゲラ・ニーニョ現象(南半球のアフリカ西岸で発生する気候変動現象)の発生・減衰メカニズムの研究を行い、その詳細を明らかにした。また、ベンゲラ・ニーニョ現象の励起海域でもある大西洋赤道域の海面水温の平均場を大気海洋結合モデルによって再現することに世界で初めて成功した。この成果は、本プロジェクトで行う高解像度大気海洋結合モデル(SINTEX-F)による広域季節予測の精度を大きく向上させるものである。

高解像度大気海洋結合モデル(SINTEX-F)による広域予測を引き続き、毎月行い、1年先までの季節予報を海洋研究開発機構のホームページで公開している。特に、今まで予測が難しいとされてきた中緯度の気候変動現象(亜熱帯ダイポールモード現象)の予測に世界で初めて成功した。また、この広域予測結果をアフリカ南部にダウンスケールするために必要な領域大気モデル Weather Research and Forecast (WRF) の再現性を観測データとの比較により検証した。実際に、2011年7月から12月までの SINTEX-F モデルの予報結果をダウンスケールし、降雨量と地表面温度の空間分布を高い精度で再現した。さらに、地球シミュレータを使い、西ケープ州をターゲットとしたシームレス・ダウンスケーリングのためのモデル開発を引き続き行い、西ケープ州のワインの生育に重要な霧の再現に成功した。また、ダウンスケーリングの事例として、超高解像度大気海洋カップルモデル(MSSG)を用いて、超高解像度の気候海洋結合シミュレーションを実施し、台風の発生が捉えられることを検証した。

日本側研究参画者によるカウンターパートへの技術移転も領域大気モデル(WRF)がプレトリア大学に移植され、中解像度大気海洋結合モデル(UTCM)が南アフリカ科学産業技術研究所(CSIR)に移植される等、順調に行われた。

2. 研究グループ別の実施内容

(1)「亜熱帯ダイポールモード現象のメカニズムと予測可能性」グループ

①研究のねらい

アフリカ南部の降水に大きな影響を与える気候変動現象の予測を行うためには、まず現象の理解が不可欠である。そこで、本グループでは、亜熱帯ダイポールモード現象等の気候変動現象の発生・減衰メカニズム、及び長期変動メカニズムを解明する。また、これらのアフリカ南部への影響についても明らかにする。

②研究実施方法

- 1-1 南インド洋と南大西洋の亜熱帯ダイポールモード現象の発生と減衰メカニズムを観測データと海洋大循環モデルの解析により明らかにする。他の気候変動モード(南極環状モードなど)との関係を検証する。
- 1-2 南インド洋と南大西洋の亜熱帯ダイポールモード現象の(アフリカ南部の気候への)影響を調べる。また、Agulhas と Benguela のシステムへの影響についても検証する。さらに、イベントによる違いも検証する。
- 1-3 IPCC が使った約 20 のモデルについて、亜熱帯ダイポールモード現象の再現性を、観測データとの比較を通して検証する。
- 1-4 上記の結合モデルによる亜熱帯ダイポールモード現象のアフリカ南部の気候への影響の再現性を、観測データとの比較を通して検証する。
- 1-5 再現性の良い結合モデルを選び、亜熱帯ダイポールモード現象の自然変動と地球温暖化に伴う長期変動の様子と、そのメカニズムを明らかにする。
- 1-6 これまでに高解像度大気海洋結合モデル(SINTEX-F)で行われた 1982 年から現在までのアンサンブル予測実験結果の詳細な解析を行い、亜熱帯ダイポールモード現象の影響を受けるアフリカ南部の降水量と気温がどのくらいの先行時間をもって予測できるのかを明らかにする。
- 1-7 亜熱帯ダイポールモード現象の、イベントごとの予測精度の違いの原因を究明する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

観測データと海洋大循環モデルの解析により、南インド洋の亜熱帯ダイポールモード現象の新しい発生メカニズムを提唱することに成功した。また、亜熱帯ダイポールモード現象に伴う海面水温偏差の位置の違いにより、アフリカ南部への影響が異なることも明らかにした。この成果は論文にまとめて、Climate Dynamics に出版した。次に、南大西洋の亜熱帯ダイポールモード現象についても同様の解析を行い、新しい発生・減衰メカニズムを提唱することに成功した。この研究成果は、論文にまとめて、Journal of Climate に出版した。さらに、SINTEX-F1 の解析を行い、上記の新しいメカニズムを検証した。また、2 つの亜熱帯ダイポールモード現象のアフリカ南部への相対的な重要性を調べたところ、南大西洋の亜熱帯ダイポールモード現象の影響の方が強いことを明らかにした。これらの研究成果も論文にまとめて投稿したところ、Journal of Climate に受理された。以上は、活動 1-1 と 1-2 に対応する。

活動 1-3、1-4、1-5 については、IPCC が使った約 20 のモデルデータを入手し、アフリカ南部の降水の季節変動の再現性を観測データとの比較を通して検証した。また、亜熱帯ダイポールモード現象の再現性とそのアフリカ南部の気候への影響の再現性を観測データとの比較を通して検証すると同時に、再現性の向上に関する提言を行った。以上の研究成果を論文にまとめて投稿したところ、Climate Dynamics に受理された。また、亜熱帯ダイポールモード現象の発生周期が、最近、短くなり、約 2 年となっていることもウェーブレット解析の結果から示した。活動 1-6、1-7 については、1982 年から現在までのアンサンブル予測実験結果の解析を行い、南インド洋と南大西洋の亜熱帯ダイポールモード現象とも 1-2 季節先行して予測できることを示した。また、イベントごとの予測精度の違いを調べたところ、エルニーニョ現象やインド洋熱帯域のダイ

ポールモード現象と同時に発生する亜熱帯ダイポールモード現象の方が、予測可能性の高いことも明らかにした。以上の成果は、論文にまとめ、Climate Dynamics に投稿した。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

国際誌に投稿した論文を提供するとともに、南アフリカ共和国側研究者にその詳細を説明した。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

先行研究では、南インド洋の亜熱帯高気圧であるマスカリン高気圧の強化と南偏による風系の変化により、潜熱偏差が生じ、亜熱帯ダイポールモード現象が発生するとされてきたため、未解明のマスカリン高気圧の強化と南偏のメカニズムを調べる予定であった。しかし、本プロジェクトの平成 21 年度の研究により、潜熱偏差により直接、海面水温偏差が形成されるのではなく、潜熱偏差により混合層厚偏差が生じ、短波放射に対する感度が変わることによって、形成されることが新たにわかった。南大西洋の亜熱帯ダイポールモード現象についても、先行研究では潜熱偏差の重要性が示唆されているが、南インド洋の現象と同様に混合層厚偏差による短波放射に対する感度の違いが重要かどうかをまず調べる必要があると考え、平成 22 年度にその研究を行ったところ、南大西洋の亜熱帯ダイポールモード現象も南インド洋の亜熱帯ダイポールモード現象と同様のメカニズムによって発生することが明らかになった。

(2)「季節予測とダウンスケーリング」グループ

①研究のねらい

大気海洋結合モデルを用いた地球規模の気候変動予測とアフリカ南部(特に、リンポポ州と西ケープ州)にダウンスケーリングした異常気象予測を連携させ、異常気象の影響の軽減に貢献する。

②研究実施方法

- 2-1 地球シミュレータで、SINTEX-F モデルによるアンサンブル予測実験を毎月行い、1年先までの季節気候を予測する。南ア側の既存のモデル(WRF/C-CAM)がリンポポ州の高解像シミュレーションのために再構築される。この既存のモデルの結果は、SINTEX-F の結果との比較に使われる。
- 2-2 リンポポ州における降雨パターン、さらには亜熱帯ダイポールモード現象と全球の海面水温がリンポポ州の降雨に与える影響について研究される。
- 2-3 WRF と C-CAM モデルがより大きなコンピュータ(ケープタウンにあるCHPC)にロードされ、リンポポ州における初めての季節予報シミュレーションが行われる。このシステムは、毎月はじめに日常的に運用されることを目的に設計される。大気海洋結合モデルの結果によって強制された WRF、PRECIS(英国のハドレーセンターで開発され、南アで用いられている領域大気モデル)、伸縮可能なグリッドを持つ大循環モデルのシミュレーションが、複数モデルによる季節予報解析の枠組みに含まれる。
- 2-4 比較として、既存の統計的ダウンスケーリング手法が適用される。
- 2-5 地球シミュレータを使い、西ケープ州をターゲットとしたシームレス・ダウンスケーリングのためのモデル開発を行う。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

地球シミュレータで SINTEX-F1 モデルによるアンサンブル予測実験を毎月行い、1年先までの季節予報を行い、ラニーニャ現象の予報に成功した(活動 2-1 に対応)。この広域予報結果は海洋研究開発機構のホームページで公開している。領域気象モデル(WRF)を以下の 2 つの段階に分けて再構築した。1) WRF モデルを海洋混合層モデルと結合してモデル実験を行い、結果を論文にとりまとめ、Climate Dynamics に出版した。2) WRF モデルを用いて南アフリカ共和国の気候の再現性に関する感度実験を行った。このよう

にして構築したモデルを使って 2011 年 7 月から 12 月までの SINTEX-F モデルの予報結果をダウンスケールし、降雨量と地表面温度の空間分布を高い精度で再現した(活動 2-1 と活動 2-2 に対応)。この結果はプレトリア大学におけるシンポジウムで発表した。個別の現象に関しては、WRF モデルを用いて Tropical Temperate Trough を再現し、国際学会において発表すると共に、南アフリカ共和国における 2010 年と 2011 年の豪雨を再現し、その結果を南アフリカ共和国大気科学学会で発表した(活動 2-2 に対応)。プレトリア大学の Rautenbach 教授と共同で同大学に導入された計算機を用い、2009 年 12 月から 2010 年 2 月にかけて南アフリカ共和国で観測された気象イベントを再現した(活動 2-3 に対応)。この結果はプレトリア大のシンポジウムにおいて発表した。さらに、地球シミュレータを用いた西ケープ州をターゲットとしたシームレス・ダウンスケールングのためのモデル開発を引き続き行い、大気海洋結合モデルを使用して、超高解像度シミュレーションが可能であることを示すとともに、大気海洋相互作用を詳細にとらえられるようになった。(活動 2-5 に対応)。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

領域大気モデル(WRF)が、2010 年 8 月 18 日に日本側研究参画者の Jayanthi V. Ratnam によって、南アフリカ側研究参画機関のプレトリア大学に移植された。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)特になし。

(3)「大気海洋結合モデルの高精度化」グループ

①研究のねらい

本研究で使用する高解像度大気海洋結合モデル(SINTEX-F1)や IPCC が使用した大気海洋結合モデルには、雲や降水過程等のパラメタリゼーション(サブグリッド・スケールの現象の影響をパラメータを用いてモデル化すること)に大きな不確定性が残る。そこで、大循環モデルを用いた感度実験を通して、大気海洋結合モデルを高精度化させ、早期予測システムの精度を向上させる。

②研究実施方法

3-1 南アフリカの CCAM(等角立方体格子を用いた大気モデル)と海洋モデルを結合させた大気海洋結合モデル と CAM-EULAG(非静水圧の大気モデル)と海洋モデルを結合させた大気海洋結合モデル、及び 3 つのバージョンの UTCM(東京大学で開発した中解像度大気海洋結合モデル)が共通の実験で比較される。また、観測データとの比較を通して検証される。

3-2 上記の 3 つの大気海洋結合モデルを用いて、アフリカ南部の経年変動と気候変動モード(例えば、インド洋ダイポールモード現象、エルニーニョ/南方振動、南極振動、南極環状モード等)との関係を調べる。

3-3 観測データよりアルベドの季節変動を調べる。

3-4 陸面強制(特に、植生、アルベド、土壌水分について)の役割が 3 つの大気海洋結合モデルによって調べられる。

3-5 UTCM が南アフリカ側共和国の研究者に提供される。

3-6 異なる大気海洋結合モデルの積雲対流パラメタリゼーション・スキームが比較される。また、観測データとの比較を通して評価する。

3-7 以上の結果より、なにが海面水温を決定するかを考察する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

東京大学で開発された UTCM モデルにおいて、積雲対流のパラメタリゼーションのみを変えて3つの実験を行ったところ、その内の1つ(Kuo (1974)を使用した実験)で、大西洋赤道域の年平均海面水温の東西勾配の再現に世界で初めて成功した。実験結果を詳細に比較したところ、3つの要素が冷舌の発達において重要であることが明らかとなった。この新たな知見は、広域予測に用いる SINTEX-F モデルの精度向上につながる可能性がある。この成果は、Journal of Geophysical Research に出版した。また、南アフリカの CCAM (等角立方体格子を用いた大気モデル)と CAM-EULAG (非静水圧の大気モデル)、及び3つのバージョンの UTCM で行う共通の実験を行った。具体的には、1982年から2008年までの海面水温、海氷分布の観測データを用いて、大気大循環モデルを駆動する実験を各モデルにつき、5 ケースを行った。現在、解析結果を論文にまとめているところである。以上は、活動3-1、3-2、3-6に対応する。また、陸面強制が大西洋赤道域の年平均海面水温の東西勾配の再現に重要であることも明らかとなり、この研究成果を投稿したところ、Climate Dynamics に受理された。以上は、活動3-4に対応する。活動3-3については、観測データよりアルベドの季節変動を調べ、これをモデルで再現する重要性が明らかとなった。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

東京大学で開発された UTCM モデルが、2010年8月18日に日本側研究参画者の東塚知己によって、南アフリカ共和国側研究参画機関の南アフリカ科学産業技術研究所(CSIR)に移植された。その後、2011年8月24日に季節予報を行えるバージョンにアップグレードした。また、このモデルが、2011年3月9日に東塚知己によって、ケープタウン大学の研究者に提供された。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)特になし。

(4)「早期予報システムの改良」グループ

①研究のねらい

2009年には第三回世界気候会議が開かれ、地球温暖化に伴うと考えられている気候変動の変調と極端現象が大きな社会・経済的な被害を人類社会に及ぼしている事を受け、気候変動予測の結果を、様々な社会活動における被害や災害を軽減するための応用研究に結びつける事と、その結果得られる有効なデータ配信のサービスの重要性が確認された。本研究課題の中のサブテーマとしての応用研究「早期予測システムの改良」は、まさに、この様な世界的な動きとシンクロする応用研究活動を、アフリカ南部という具体的な地域において行う事をねらいとするものである。

②研究実施方法

- 4-1 これまでの SINTEX-F で試みられた再現実験結果を活用して、気候変動予測からの影響を評価する。
- 4-2 活動2-1により得られた予測結果を、プロジェクトのウェブサイトで公開し、上記予測結果をアップデートするシステムも(同時に)構築する。
- 4-3 活動2-2で得られた地域予測結果を、ウェブサイトやその他のメディアで公開し、予測結果をアップデートするシステムを構築する。
- 4-4 気候変動予測の変数を組み入れ、最終出力に必要なとされる形に変換する数理サブ・モデルをシステムの一部として構築する。
- 4-5 上記の成果を組入れ、現在ある早期予測システムを強化する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

予測システムの改良とは、現行の季節予測手法の改良と同義であり、それと共に現行の南アのデータ配

信の形態や予測情報の翻訳の可能なひな形を示す事が本サブテーマの目的である。トータルな意味におけるシステムの改良は、本④の活動のみならず、②、③とも関係するが、④関連の主な活動は、南ア側において現在同時並行で進んでいる「マルチモデル予測システム」の開発に、SINTEX-F のデータを取り込む事である。今年度は、それを行う為に、SINTEX-F の過去再現実験のデータを南ア側に提供し、南アフリカ共和国側もデータの取り込みと、そのデータの応用研究への活用を目的としたダウンスケーリングの準備活動に入った。また、これらの活動と並行し、日本側の他のグループとの連携のもと、SATREPS のプロジェクト活動全般を発信する為のウェブサイトの構築作業も進めた。このサイトは、予測結果を発信する為のキーとなる拠点である。以上が、活動 4-3 までに対応するものである。活動 4-4 については、予測データの社会的な活用を目指す第一ステップとして、エンドユーザーとして農業分野における作物モデルを念頭に置き、南アフリカ共和国側の研究者だけではなく、主に SATREPS 主催のシンポジウムに招待した日本や欧州の研究者とも交流し、応用研究の促進を目指した。南アフリカ共和国側でもこれまで構築した季節予測システムの既存のデータを穀物予測に適用する試験的統計解析を行ったが、日本側の具体的な活動として、季節予測システムから出力される様々なデータのバイアスを補正するために、データの種類に依存しない汎用的なバイアス補正法を開発し、その検証を南アフリカ共和国だけでなく、東南アジアやオーストラリア等の地点でも行い、良好な結果を得た。この新たな補正法の有効性は、日本の農業関係者からも注目され、2012 年 3 月には、3 年に一度開かれる(独)農業環境技術研究所の気象環境研究会から招待を受け、講演を行った。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

今年度にはカウンターパートへの技術移転は、行われなかった。(上記で説明したように、SINTEX-F モデルのデータの移転/転送は来年度はじめからの予定)

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

2010 年 12 月のシンポジウムおよびミーティングにおいて、「早期予測システム」のデータの配信形態について活発な議論があった。この配信形態については、全体計画の中での具体的な目標として挙げられてはいないものの、データ活用の一側面としては重要なものであるので、南アフリカ側の内部事情が許す範囲において、何ができるのかを模索するワークショップを年度内に開催する方向で調整したが、南アフリカ共和国側の諸事情のため、実際の開催は年度を超えた 2011 年 4 月となった。

(5)「研究者ネットワークの構築」グループ

①研究のねらい

南部アフリカ地域において気候変動に関連する研究者のネットワークを構築する。このことを通して、南部アフリカ地域における気候変動予測精度を向上させ、アフリカ南部社会の持続的な成長に貢献することを目指す。

②研究実施方法

- 5-1 国際イベント(シンポジウム等)を毎年1回開催する。
- 5-2 両国の研究者が参加する技術的なワークショップやセミナーを開催する。
- 5-3 両国の優秀な研究者が、本課題に参加することを奨励する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

年に1回、国際シンポジウム等の国際イベントを開催することになっているが、本課題で主催したものは、以下の通りである(活動 5-1)。

【平成 21 年度】

- ・ 2009 年 12 月 3 日に両国の研究者(南アフリカ共和国側からは、6名の研究者)が参加する JAMSTEC アプリケーションラボ 国際シンポジウム-南アフリカにおける気候変動と亜熱帯海洋の役割-を東京(女性と仕事の未来館)にて開催した。南アフリカ共和国だけでなく、他のアフリカの国(ジンバブエ、ケニア)からも講演者を招聘した。講演要旨をまとめた proceedings を出版した。

【平成 22 年度】

- ・ 2010 年 8 月 20 日に南アフリカ共和国プレトリアの科学技術省にて、本課題のキックオフ・シンポジウムを開催した。
- ・ 2010 年 12 月 2 日～3 日にユネスコ政府間海洋学委員会(IOC)創設 50 周年シンポジウム「気候変化と変動におけるインド洋と太平洋の役割」を国連大学にて開催した。講演要旨をまとめた proceedings を出版した。
- ・ SATREPS 国際シンポジウム「気候予測と社会のための気候情報」を 2010 年 12 月 16 日～18 日に会津大学にて開催した。

【平成 23 年度】

- ・ 2011 年 8 月 19 日に一般市民向けの公開講座『季節気候: 私たちは何を予測できるのか?』を南アフリカ科学技術省内で開催した。

(<http://www-aos.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~tozuka/SATREPS/pdf/PublicLecture08192011.pdf>)

- ・ 2011 年 8 月 22, 23 日に国際シンポジウム『気候変動予測とアフリカ南部における応用』を南アフリカ共和国のプレトリア大学で開催し、3 年間のプロジェクトの中間地点までに得られた研究成果を両国の研究参加者が発表した。

(<http://www-aos.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~tozuka/SATREPS/pdf/symposium08222011.pdf>)

- ・ 2011 年 10 月 20, 21 日に SATREPS シンポジウム『アフリカ南部における気候変動予測とその応用』を東京大学にて開催した。3 年間のプロジェクトの中間地点までに得られた研究成果を両国の研究参加者が発表した。南アフリカ共和国側の研究者を 11 名招聘した。また、社会実装までの道筋についても討論が行われた。

以上の講演や議論を通して、今後、研究を進めて行く上での貴重な指針を得ることができた。

両国の研究者が参加するワークショップやセミナーも年に1回、開催することになっているが、本課題で主催したものは、以下の通りである(活動 5-2)。

【平成 21 年度】

- ・ 2009 年 12 月 4 日に海洋研究開発機構横浜研究所内において、JAMSTEC アプリケーションラボ 国際ワークショップ-インド洋と大西洋における気候変動-を開催した。講演要旨をまとめた proceedings を出版した。

【平成 22 年度】

- ・ 2010 年 8 月 25 日に南アフリカ共和国ケープタウンの西ケープ大学にて、国際ワークショップ「季節変動と経年変動」を開催した。
- ・ 2011 年 2 月 20 日から 3 月 10 日まで南アフリカ共和国のプレトリア大学、西ケープタウン大学、ローズ大学、南アフリカ気象局にて日本側研究参加者が集中講義を行うとともに、南アフリカ共和国の研究者や学生と議論ならびに情報交換を行った。

【平成 23 年度】

- 2011 年 4 月 5, 6 日に南アフリカ共和国プレトリアで行われた季節予報情報の伝達に関するワークショップに日本側研究参画者も 2 名参加し、講演を行った。
- 2011 年 8 月 25 日に SATREPS ワークショップ をリンポポ大学で開催した (<http://www-aos.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~tozuka/SATREPS/pdf/workshop08252011.pdf>)。現地の農家も参加し、どのような季節予報情報を必要としているかなど、農業分野への応用について有益な話し合いも行われた。
- 2011 年 8 月 25 日に日本-南アフリカ海洋力学ワークショップをケープタウン大学で開催した (<http://ma-re.uct.ac.za/2011/08/south-africa-japan-satreps-workshop-on-ocean-dynamics/>)。
- 南アフリカ共和国側から 7 名を招聘し、理解者協力者との連携促進するためのワークショップを 2012 年 2 月 22 日に海洋研究開発機構で開催した。
- 日本側研究参画者 3 名による集中講義を 2011 年 10 月 8 日～10 月 23 日に East London と Eastern Cape にて開講した。
- 2012 年 2 月下旬～3 月上旬にかけて、日本側研究参画者 4 名による集中講義を南アフリカ共和国で行った。

以上により、南部アフリカ地域において気候変動に関連する研究者のネットワークの構築を推進することができている(活動 5-3)。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

国際シンポジウム、ワークショップの際の講演や議論、その際に出版された proceedings を通して、気候変動予測技術情報が交換された。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

2011 年 10 月 6 日に独立行政法人科学技術振興機構(JST)、世界銀行情報センター(PIC 東京)共催写真パネル展&コーヒーアワーで日本側研究参画者の高橋桂子が講演をした。また、2011 年 10 月 14 日に中川正春文部科学大臣が視察にいらっしゃった際には、本課題の説明を日本側研究参画者 2 名(東塚知己、佐久間弘文)と南アフリカ共和国側研究参画者 1 名(Willem A. Landman)から行った。詳細については、Friends of SATREPS の以下のページを参照:<https://fos.jst.go.jp/communityTopic/932>。

3. 成果発表等**(1) 原著論文発表**

① 本年度発表総数:

出版済論文:国内 1 件、国際 6 件

印刷中論文:国内 0 件、国際 5 件

投稿中論文:国内 0 件、国際 2 件

② 本プロジェクト期間累積件数

出版済論文:国内 1 件、国際 22 件

③ 論文詳細情報

出版済

- Wang, B., J.-Y. Lee, I.-S. Kang, J. Shukla, C.-K. Park, A. Kumar, J. Schemm, S. Cocke, J.-S. Kug, J.-J. Luo, T. Zhou, B. Wang, X. Fu, W.-T. Yun, O. Alves, E. K. Jin, J. Kinter, B. Kirtman, T. Krishnamurti, N. C. Lau,

- W. Lau, P. Liu, P. Pegion, T. Rosati, S. Schubert, W. Stern, M. Suarez, and T. Yamagata, 2008: Advance and prospectus of seasonal prediction: assessment of the APCC/CliPAS 14-model ensemble retrospective seasonal prediction (1980–2004). *Climate Dynamics*, 33, 93–117.
- Rao, S. A., J.-J. Luo, S. K. Behera, and T. Yamagata, 2009: Generation and termination of Indian Ocean Dipole events in 2003, 2006 and 2007. *Climate Dynamics*, 33, 751–767.
 - Nakamura N., H. Kayanne, H. Iijima, T. R. McClanahan, S. Behera, and T. Yamagata, 2009: Mode shift in the Indian Ocean climate under global warming stress. *Geophysical Research Letters*, 36, L23708, doi:10.1029/2009GL040590.
 - Doi, T., T. Tozuka, and T. Yamagata, 2010: The Atlantic Meridional Mode and its coupled variability with the Guinea Dome. *Journal of Climate*, 23, 455–475.
 - Luo, J.-J., R. Zhang, S. Behera, Y. Masumoto, F.-F. Jin, R. Lukas and T. Yamagata, 2010: Interaction between El Niño and extreme Indian Ocean Dipole. *Journal of Climate*, 23, 726–742.
 - Luo, J.-J., 2010: Indian Ocean Dipole [in “State of the climate in 2009”]. *Bulletin of American Meteorological Society*, 91, S103–S105.
 - Izumo, T., J. Vialard, M. Lengaigne, S. Masson, S. Cravatte, C.B. Montegut, J.-J. Luo, S. K. Behera, and T. Yamagata, 2010: Role of Indian Ocean in extending El Niño predictability. *Nature Geoscience*, 3, 168–172.
 - Lee, J.-Y., B. Wang, I.-S. Kang, J. Shukla, A. Kumar, J.-S. Kug, J. K. E. Schemm, J.-J. Luo, T. Yamagata, X. Fu, O. Alves, B. Stern, T. Rosati, and C.-K. Park, 2010: How are seasonal prediction skills related to models’ performance on mean state and annual cycle? *Climate Dynamics*, 35, 267–283.
 - Morioka, Y., T. Tozuka, and T. Yamagata, 2010: Climate variability in the southern Indian Ocean as revealed by self-organizing maps. *Climate Dynamics*, 35, 1059–1072.
 - Masumoto, Y., 2010: Sharing results of a high-resolution ocean general circulation model under multi-discipline framework – A review of OFES activities –. *Ocean Dynamics*, 60, 633–652.
 - 田口文明、野中正見, 2010: 海面水温前線, *天気*, 57, 423–425.
 - Izumo, T., S. Masson, J. Vialard, C. de Boyer Montegut, S. K. Behera, G. Madec, K. Takahashi, and T. Yamagata, 2010: Low and high frequency Madden-Julian oscillations in austral summer: Interannual variations. *Climate Dynamics*, 35, 669–683.
 - Behera, S. K., and T. Yamagata, 2010: Imprint of the El Niño Modoki on decadal sea level changes. *Geophysical Research Letters*, 37, L23702, doi:10.1029/2010GL045936.
 - Richter, I., S. K. Behera, Y. Masumoto, B. Taguchi, N. Komori, and T. Yamagata, 2010: On the triggering of Benguela Niños: Remote equatorial versus local influences. *Geophysical Research Letters*, 37, L20604, doi:10.1029/2010GL044461.
 - Aiki, H., J. P. Matthews, and K.G. Lamb, 2011: Modeling and energetics of tidally generated wave trains in the Lombok Strait: Impact of the Indonesian Throughflow. *Journal of Geophysical Research*, 116, C03023, doi:10.1029/2010JC006589.
 - Luo, J.-J., S. K. Behea, Y. Masumoto, and T. Yamagata, 2011: Impact of Global Ocean Surface Warming on Seasonal – to – Interannual Climate Prediction. *J. Climate*. 24, 1626–1646.
 - Morioka, Y., T. Tozuka, and T. Yamagata, 2011: On the growth and decay of the subtropical dipole mode in the South Atlantic. *Journal of Climate*, 24, 5538–5554.

- Nakamura, M., 2012: Impacts of SST anomalies in the Agulhas Current System on the regional climate variability. *Journal of Climate*, 25, 1213–1229.
- Nagura, M., and M. J. McPhaden, 2012: The dynamics of wind-driven intraseasonal variability in the equatorial Indian Ocean. *Journal of Geophysical Research*, 117, C02001, doi:10.1029/2011JC007405.
- Beal, L., W. P. M. De Ruijter, A. Biastoch, R. Zahn, and SCOR/WCRP/IAPSO Working Group 136 (M. Cronin, J. Hermes, J. Lutjeharms, G. Quartly, T. Tozuka, S. Baker–Yeboah, T. Bornman, P. Cipollini, H. Dijkstra, I. Hall, W. Park, F. Peeters, P. Penven, H. Ridderinkhof, J. Zinke), 2011: On the role of the Agulhas system in ocean circulation and climate. *Nature*, 472, 429–436.
- Tozuka, T., T. Doi, T. Miyasaka, N. Keenlyside, and T. Yamagata, 2011: Key factors in simulating the equatorial Atlantic zonal sea surface temperature gradient in a coupled general circulation model. *Journal of Geophysical Research*, 116, C06010, doi:10.1029/2010JC006717.
- Yokoi, T., T. Tozuka, and T. Yamagata, 2012: Seasonal and interannual variations of the SST above the Seychelles Dome. *Journal of Climate*, 25, 800–814.

印刷中

- Kataoka, T., T. Tozuka, Y. Masumoto and T. Yamagata, 2011: The Indian Ocean subtropical dipole mode simulated in the CMIP3 models. *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-011-1271-2.
- Morioka, Y., T. Tozuka, S. Masson, P. Terray, J.-J. Luo, and T. Yamagata, 2012: Subtropical dipole modes simulated in a coupled general circulation model. *Journal of Climate*.
- Richter, I., S.-P. Xie, A. T. Wittenberg, and Y. Masumoto, 2011: Tropical Atlantic biases and their relation to surface wind stress and terrestrial precipitation. *Climate Dynamics*, doi: 10.1007/s00382-011-1038-9.
- Ratnam J.V., S.K. Behera, Y. Masumoto, K. Takahashi and T. Yamagata, 2011: A simple regional coupled model experiment for summer-time climate simulation over southern Africa. *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-011-1190-2.
- Ratnam, J. V., S. K. Behera, Y. Masumoto, K. Takahashi, and T. Yamagata, 2011: Anomalous climatic conditions associated with the El Nino Modoki during boreal of 2009. *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00362-011-1108-z.

投稿中

- Ratna, S.B., S. Behera, J. Venkata Ratnam, K. Takahashi, and T. Yamagata, 2012: An objective approach to identify the tropical temperate troughs over southern Africa and the adjoining southwest Indian Ocean. submitted to *Climate Dynamics*.
- Sasaki, W., K.J. Richards, J.-J. Luo, Role of vertical mixing originating from small vertical scale structures above and within the equatorial thermocline in an OGCM, submitted to *Ocean Modelling*.

(2) 特許出願

- ① 本年度特許出願内訳 (国内 0 件、海外 0 件、特許出願した発明数 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数 (国内 0 件、海外 0 件)

4. プロジェクト実施体制

(1) 「亜熱帯ダイポールモード現象のメカニズムと予測可能性」グループ

- ① 研究グループリーダー: Swadhin K. Behera ((独)海洋研究開発機構・チームリーダー)

②研究項目

- 1-1 南インド洋と南大西洋の亜熱帯ダイポールモード現象の発生と減衰メカニズムを観測データと海洋大循環モデルの解析により明らかにする。他の気候変動モード(南極環状モードなど)との関係を検証する。
- 1-2 南インド洋と南大西洋の亜熱帯ダイポールモード現象の(アフリカ南部の気候への)影響を調べる。また、Agulhas とBenguela のシステムへの影響についても検証する。さらに、イベントによる違いも検証する。
- 1-3 IPCC が使った約20 のモデルについて、亜熱帯ダイポールモード現象の再現性を、観測データとの比較を通して検証する。
- 1-4 上記の結合モデルによる亜熱帯ダイポールモード現象のアフリカ南部の気候への影響の再現性を、観測データとの比較を通して検証する。
- 1-5 再現性の良い結合モデルを選び、亜熱帯ダイポールモード現象の自然変動と地球温暖化に伴う長期的変動の様子と、そのメカニズムを明らかにする。
- 1-6 これまでに高解像度大気海洋結合モデル(SINTEX-F)で行われた1982年から現在までのアンサンブル予測実験結果の詳細な解析を行い、亜熱帯ダイポールモード現象の影響を受けるアフリカ南部の降水量と気温がどのくらいの先行時間をもって予測できるのかを明らかにする。
- 1-7 亜熱帯ダイポールモード現象の、イベントごとの予測精度の違いの原因を究明する。

(2)「季節予測とダウンスケーリング」グループ(研究題目)

①研究グループリーダー: 高橋 桂子 ((独)海洋研究開発機構・ラボヘッド代理)

②研究項目

- 2-1 地球シミュレータで、SINTEX-F モデルによるアンサンブル予測実験を毎月行い、1年先までの季節気候を予測する。南ア側の既存のモデル(WRF/C-CAM)がリンポポ州の高解像シミュレーションのために再構築される。この既存のモデルの結果は、SINTEX-F の結果との比較に使われる。
- 2-2 リンポポ州における降雨パターン、さらには亜熱帯ダイポールモード現象と全球の海面水温がリンポポ州の降雨に与える影響について研究される。
- 2-3 WRF とC-CAM モデルがより大きなコンピュータ(ケープタウンにあるCHPC)にロードされ、リンポポ州における初めての季節予報シミュレーションが行われる。このシステムは、毎月はじめに日常的に運用されることを目的に設計される。大気海洋結合モデルの結果によって強制されたWRF、PRECIS(英国のハドレーセンターで開発され、南アで用いられている領域大気モデル)、伸縮可能なグリッドを持つ大循環モデルのシミュレーションが、複数モデルによる季節予報解析の枠組みに含まれる。
- 2-4 比較として、既存の統計的ダウンスケーリング手法が適用される。
- 2-5 地球シミュレータを使い、西ケープ州をターゲットとしたシームレス・ダウンスケーリングのためのモデル開発を行う。

(3)「大気海洋結合モデルの高精度化」グループ(研究題目)

①研究グループリーダー: 山形 俊男 ((独)海洋研究開発機構・ラボヘッド)

②研究項目

- 3-1 南アフリカのCCAM(等角立方体格子を用いた大気モデル)と海洋モデルを結合させた大気海洋結合モデル とCAM-EULAG(非静水圧の大気モデル)と海洋モデルを結合させた大気海洋結合モデル、

及び3つのバージョンのUTCM(東京大学で開発した中解像度大気海洋結合モデル)が共通の実験で比較される。また、観測データとの比較を通して検証される。

3-2 上記の3つの大気海洋結合モデルを用いて、アフリカ南部の経年変動と気候変動モード(例えば、インド洋ダイポールモード現象、エルニーニョ/南方振動、南極振動、南極環状モード等)との関係を調べる。

3-3 観測データよりアルベドの季節変動を調べる。

3-4 陸面強制(特に、植生、アルベド、土壌水分について)の役割が3つの大気海洋結合モデルによって調べられる。

3-5 UTCM が南アフリカ側共和国の研究者に提供される。

3-6 異なる大気海洋結合モデルの積雲対流パラメタリゼーション・スキームが比較される。また、観測データとの比較を通して評価する。

3-7 以上の結果より、何が海面水温を決定するかを考察する。

(4)「早期予報システムの改良」グループ(研究題目)

①研究グループリーダー: 佐久間 弘文 ((独)海洋研究開発機構・チームリーダー)

②研究項目

4-1 これまでのSINTEX-F で試みられた再現実験結果を活用して、気候変動予測からの影響を評価する。

4-2 活動2-1 により得られた予測結果を、プロジェクトのウェブサイトで公開し、予測結果をアップデートするシステムも(同時に)構築する。

4-3 活動2-2 で得られた地域予測結果を、ウェブサイトやその他のメディアで公開し、予測結果をアップデートするシステムを構築する。

4-4 気候変動予測の変数を組み入れ、最終出力に必要とされる形に変換する数理サブ・モデルをシステムの一部として構築する。

4-5 上記の成果を組入れ、既存の早期予測システムを強化する。

(5)「研究者のネットワーク構築」グループ(研究題目)

①研究グループリーダー: 山形 俊男 ((独)海洋研究開発機構・ラボヘッド)

②研究項目

5-1 国際イベント(シンポジウム等)を毎年1回開催する。

5-2 両国の研究者が参加する技術的なワークショップやセミナーを開催する。

5-3 両国の優秀な研究者が、本課題に参加することを奨励する。

以上