

# 地球規模課題対応国際科学技術協力 (SATREPS)

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

(南アフリカ共和国)

## 終了報告書

期間 平成22年4月－平成25年3月

代表者氏名：山形 俊男

(独立行政法人海洋研究開発機構 アプリケーションラボ所長)

## § 1. プロジェクト実施の概要

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(以降「南ア」)では大気海洋結合大循環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した。

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、IPCC が用いた最先端の大気海洋結合モデルの結果を用いて、亜熱帯ダイポールモード現象、アフリカ南部の降水の季節変動、およびインド洋熱帯域南西部のセーシェルドームの再現性を調べた。さらに、不確定性の大きい積雲対流のパラメタリゼーションに注目して大気海洋結合モデルの開発を行い、大西洋赤道域の海面水温の平均場を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。さらに、南アの複数のモデルと日本側の大気海洋結合モデルを同じ条件で駆動して性能を比較し、再現性の向上に必要な要因を特定した。

これらの現象の把握および大気海洋結合モデルの開発と並行して、SINTEX-F による広域予測を毎月行い、1 年先までの季節予報をホームページで公開した。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。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)を再構成し、ダウンスケール結果を観測データとの比較により検証した。具体的には、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・ダウンスケールリングのためのモデル開発を行い、西ケープ州のブドウの生育に重要な霧の再現に成功した。

これらの成果をふまえ、これまで南アで行われてきた旧いタイプの予測手法を先端的な大気海洋結合モデルによるアンサンブル予測に移行させる試みを行った。SINTEX-F モデルの予測データを南アのアンサンブル結合モデル予測システムに組み込むため、SINTEX-F の予測実験のデータを日本側から南ア側に提供した。広域予測結果ならびにダウンスケールされた地域予測結果を配信するウェブサイトを構築すると共に、予測データの直接的な社会応用に向け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汎用的な手法を開発した。

これらの研究成果に加えて、日本及び南ア双方の研究参加者が参加する 11 の国際シンポジウムと 7 の国際ワークショップを開催すると共に、日本側研究者 14 名が南ア各地の大学で集中講義を行い、南ア側研究者 17 名が日本で研修を行った。日本側研究参加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)のプレトリア大学への移植、中解像度大気海洋結合モデル(UTCM)の南ア科学産業技術研究所(CSIR)およびプレトリア大学への移植等、順調に行われた。

## § 2. プロジェクト構想(および構想計画に対する達成状況)

### (1)当初のプロジェクト構想

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した。本プロジェクトは5つのグループに分かれて進められた。グループ1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。グループ2は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。グループ3は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。グループ4は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、予測結果を配信するサービスの改良を行う。グループ5は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。

### (2)新たに追加・修正など変更したプロジェクト構想

グループ1で亜熱帯ダイポールモードのメカニズムを調べる際、当初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のメカニズムを調べる予定であった。これは先行研究では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である。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、海面水温偏差が形成されることが新たに分かった。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。

グループ3では、東京大学で開発された中解像度大気海洋結合モデル(UTCM)を南ア側に提供することになっていたが、南ア側研究者の要望に応え、新たに季節予報を行えるバージョンにアップグレードし、インストール作業も行った。南ア側の研究者が、独自に使用できるよう、使用方法を解説するとともに、使用方法をまとめたテクニカル・レポートを手渡した。

グループ4に関しては、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。南ア側の内部事情が許す範囲において何が出来るのかを模索するワークショップを2010年度内に開催する方向で調整したが、南ア側の諸事情のため、実際の開催は年度を超えた2011年4月となった。ACCESSの全面的協力を得て、「Seasonal forecasting information dissemination workshop」が4月に開催され、そこで季節予測が持つ可能性と予測データの配信についての今後の在り方が検討された。後日、ACCESSの統括マネジャーのNeville Sweijd博士も述べているように、このワークショップはそれまで南ア内ではバラバラであった季節予測の研究活動を、今後の社会的活用を視野に入れたより包括的な活動へと発展させるというモーメンタムを南アの各機関が始めて共有したという点において、単なる科学研究という事を超える大きなプロジェクトの成果であったと言える。



### § 3. プロジェクト実施体制・投入実績

#### 3. 1. プロジェクト実施体制

※注意 下表における「種別」欄の○印等は、各々、以下の通り。

○：研究代表者又は主たる共同研究者

\*：SATREPS 研究費(委託費も含む)により人件費を支出した者

#### (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研究参加者

##### 【日本側】

種別	氏名	所属	役職	参加時期
○	Behera, K. Swadhin	海洋研究開発機構	チームリーダー	2009. 6. 1～2013. 3. 31
	東塚 知己	東京大学	准教授	2009. 6. 1～2013. 3. 31
	Jing-Jia Luo	海洋研究開発機構	主任研究員	2009. 6. 1～2011. 12. 31
	Richter, Ingo	海洋研究開発機構	研究員	2009. 6. 1～2013. 3. 31
※	名倉 元樹	海洋研究開発機構	特任研究員	2010. 10. 1～2013. 3. 31
	Takeshi Izumo	東京大学	特任助教	2010. 10. 1～2011. 12. 31
※	佐々木 亘	海洋研究開発機構	ポストドクトラル研究員	2010. 10. 1～2013. 3. 31
	土井 威志	海洋研究開発機構	研究員	2012. 5. 1～2013. 3. 31
	袁 潮霞	海洋研究開発機構	ポストドクトラル研究員	2012. 7. 1～2013. 3. 31

##### 【相手国側】

種別	氏名	所属	役職	参加時期
○	Dr. Mathieu Rouault	University of Cape Town	Senior Scientist	2010.4.1～2013.3.31
	Dr. Juliet Hermes	South African Environmental Observation Network	Senior Scientist	2010.4.1～2013.3.31
	Prof. Chris Reason	University of Cape Town	Professor	2010.4.1～2013.3.31
	Dr. Francois Engelbrecht	Council for Scientific and Industrial Research	Senior Scientist	2010.4.1～2013.3.31
	Dr. Hailey Macintosh	Council for Scientific and Industrial Research	Scientist	2010.4.1～2013.3.31
	Dr. Francois Dufois	University of Cape Town	Scientist	2010.4.1～2013.3.31
	Dr. Nicolas Fauchereau	University of Cape Town	Scientist	2010.4.1～2013.3.31
	Mr. Michael Kent	University of Cape Town	Scientist	2010.4.1～2013.3.31

種別	氏名	所属	役職	参加時期
	Mr. Patrick Vianello	University of Cape Town	Scientist	2010.4.1～2013.3.31

## ②研究項目

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)「季節予測とダウンスケーリング」グループ

## ①研究参加者

## 【日本側】

種別	氏名	所属	役職	参加時期
○	高橋 桂子	海洋研究開発機構	プログラムディレクター	2009.6.1～2013.3.31
	Behera, K. Swadhin	海洋研究開発機構	チームリーダー	2009.6.1～2013.3.31
	升本 順夫	海洋研究開発機構	プログラムディレクター	2009.6.1～2013.3.31
	山敷 庸亮	海洋研究開発機構	招聘主任研究員	2009.6.1～2013.3.31
	大西 領	海洋研究開発機構	研究員	2009.6.1～2013.3.31
	杉村 剛	海洋研究開発機構	研究員	2009.6.1～2012.3.31
	馬場 雄也	海洋研究開発機構	研究員	2009.6.1～2013.3.31
	木田 新一郎	海洋研究開発機構	研究員	2009.6.1～2013.3.31
	Jayanthi V. Ratnam	海洋研究開発機構	研究員	2009.6.1～2013.3.31
※	Satyaban B. Ratna,	海洋研究開発機構	ポストドクトラル研究員	2010.11.1～2013.3.31

## 【相手国側】

種別	氏名	所属	役職	参加時期
○	Prof. Hannes Rautenbach	University of Pretoria	Professor	2010.4.1～2013.3.31
	Dr. Willem Landman	Council for Scientific and Industrial Research	Senior Scientist	2010.4.1～2013.3.31
	Prof. Bruce Hewitson	University of Cape Town	Professor	2010.4.1～2013.3.31
	Dr. Mark Tadross	University of Cape Town	Scientist	2010.4.1～2013.3.31
	Dr. Babatunde Abiodun	University of Cape Town	Scientist	2010.4.1～2013.3.31
	Mr. Robert Maisha	South African Weather Service	Scientist	2010.4.1～2013.3.31
	Dr. Joel Botai	University of Pretoria	Scientist	2010.4.1～2013.3.31

種別	氏名	所属	役職	参加時期
	Dr. Chris Lennard	University of Cape Town	Senior Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Dr. Tando Ndarana	South African Weather Service	Senior Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31

## ②研究項目

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。

## (3)「大気海洋結合モデルの高精度化」グループ

## ①研究参加者

## 【日本側】

種別	氏名	所属	役職	参加時期
	山形 俊男	海洋研究開発機構	アプリケーションラボ所長	2009. 6. 1～2013. 3. 31
○	東塚 知己	東京大学	准教授	2009. 6. 1～2013. 3. 31
	Takeshi Izumo	東京大学	特任助教	2009. 6. 1～2012. 3. 31
※	Oettli, Pascal	東京大学	特任助教	2010. 10. 1～2013. 3. 31
	守山 純子	東京大学 海洋研究開発機構	嘱託	2010. 4. 1～2012. 6. 30 2012. 7. 1～2013. 3. 31
	森岡 優志	東京大学	大学院生	2009. 6. 1～2012. 3. 31
	森岡 優志	海洋研究開発機構	JSPS 外来研究員	2012. 4. 1～2013. 3. 31

## 【相手国側】

種別	氏名	所属	役職	参加時期
	Prof. George Philander	Applied Center for Climate & Earth Systems Science (ACCESS)	Professor	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Dr. Willem Landman	Council for Scientific and Industrial Research	Senior Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Dr. Babatunde Abiodun	University of Cape Town	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
○	Dr. Francois Engelbrecht	Council for Scientific and Industrial Research	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Ms. Mary-Jane Bopape	Council for Scientific and Industrial Research	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Prof. Chris Reason	University of Cape Town	Professor	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Prof. Bruce Hewitson	University of	Professor	2010. 4. 1～2013. 3. 31

種別	氏名	所属	役職	参加時期
		Cape Town		
	Dr. Chris Lennard	University of Cape Town	Senior Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Dr. Mathieu Rouault	University of Cape Town	Senior Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Mr. Asmerom Beraki	South African Weather Service	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Mr. Kamoru Lawal	South African Weather Service	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Mr. David Ogier	South African Weather Service	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Dr. Natalie Burls	University of Pretoria	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31

## ②研究項目

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。

## (4)「早期予報システムの改良」グループ

## ①研究参加者

## 【日本側】

種別	氏名	所属	役職	参加時期
○	佐久間 弘文	海洋研究開発機構	チームリーダー	2009. 6. 1～2013. 3. 31
	宮澤 泰正	海洋研究開発機構	チームリーダー	2009. 6. 1～2013. 3. 31
	野中 正見	海洋研究開発機構	チームリーダー	2009. 6. 1～2013. 3. 31
	中村 元隆	海洋研究開発機構	主任研究員	2009. 6. 1～2013. 3. 31
	Varlamov, Sergey	海洋研究開発機構	主任研究員	2009. 6. 1～2013. 3. 31
	相木 秀則	海洋研究開発機構	研究員	2009. 6. 1～2013. 3. 31
	高谷 康太郎	海洋研究開発機構	研究員	2009. 6. 1～2013. 3. 31
	美山 透	海洋研究開発機構	研究員	2009. 6. 1～2013. 3. 31
	田村 仁	海洋研究開発機構	研究員	2009. 6. 1～2013. 3. 31
	章 若潮	海洋研究開発機構	技術研究主任	2009. 6. 1～2013. 3. 31

## 【相手国側】

種別	氏名	所属	役職	参加時期
	Prof. Hannes Rautenbach	University of Pretoria	Professor	2010. 4. 1～2013. 3. 31
○	Dr. Willem Landman	Council for Scientific and Industrial Research	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Mr. Chris Jack	Council for Scientific and	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31

種別	氏名	所属	役職	参加時期
		Industrial Research		
	Dr. Emma Archer	Council for Scientific and Industrial Research	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Dr. Peter Johnston	University of Cape Town	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Dr. Sepo Hachigonta	University of Cape Town	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Mr. Terry Newby	Agricultural Research Council	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Dr. Jane Olwoch	University of Pretoria	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Ms. Chritien Engelbrecht	Agricultural Research Council	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Dr. Makomo Matlou	University of Pretoria	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Mr. Asmerom Beraki	South African Weather Service	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Mr. Jacobus Olivier	South African Weather Service	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Dr. Hamisai Hamandawana	Agricultural Research Council	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Dr. Nhlonipho Nhlabatsi	South African Weather Service	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Mr. Derick Vermaak	South African Weather Service	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Mr. Fagmie De Fries	South African Weather Service	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Dr. Johan Malherbe	South African Weather Service	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Dr. Mxolisi Shongwe	South African Weather Service	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	De. Mokhele Moeletsi	Agricultural Research Council	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Mr. Obed Phahlane	Agricultural Research Council	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Mr. Chris Kaempffer	Agricultural Research Council	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Dr. Gugu Zuma-Netshiukhw	Agricultural Research Council	Scientist	2010. 4. 1～2013. 3. 31

## ②研究項目

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。

(5)「研究者ネットワークの構築」グループ

①研究参加者

【日本側】

種別	氏名	所属	役職	参加時期
○	山形 俊男	海洋研究開発機構	アプリケーションラボ所長	2009. 6. 1～2013. 3. 31
	若土 正暁	北海道大学	名誉教授	2011. 4. 1～2013. 3. 31
	池田 元美	海洋研究開発機構	特任上席研究員	2010. 7. 1～2013. 3. 31
	宮本 直子	海洋研究開発機構	特任事務副主任	2009. 6. 1～2013. 3. 31
	全研究参加者			2009. 6. 1～2013. 3. 31

【相手国側】

種別	氏名	所属	役職	参加時期
○	Dr. Jimmy Adegoke	The Council for Scientific and Industrial Research (CSIR)	Director	2010. 4. 1～2011. 12. 31
	Dr. Neville Sweijd	Applied Center for Climate & Earth Systems Science (ACCESS)	Operation Manager	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	Prof. George Philander	Princeton University	Professor	2010. 4. 1～2013. 3. 31
	All members			2010. 4. 1～2013. 3. 31

②研究項目

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。

## § 4. プロジェクト実施内容及び成果

### 4.0 プロジェクト全体

#### (1) グループを統合した全体の成果

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した。これまでのこの種の応用研究を簡単に振り返ってみると、天気予報より長期の季節予報の難しさが主な原因で、応用研究に用いられる気候データは過去のデータを統計処理したものが殆どであると言える。しかし、大気海洋結合モデルによる力学的手法に基づく気候変動予測研究がここ 10 年で大きく進展した事と、温暖化による気候変動パターンの変調の為に過去の統計データがあまり役に立たないという 2 つの事実に基づき、本プロジェクトでは、ダウンスケーリング手法も含め、力学的手法を中心に応用研究を展開して行く方針をとった。従来、南アにおける応用研究で用いられていた季節予測モデルはインド洋の海面水温と南ア東部の降水量とを結びつける統計的なモデルであり、本研究で提案している大気海洋結合モデルと力学的ダウンスケーリングを組み合わせた手法とは大きく異なる。本研究で用いる大気海洋結合モデル SINTEX-F は熱帯インド洋における重要な気候変動モードであるインド洋ダイポールの予測に世界で初めて成功したモデルであり、そのような意味において季節予測の先端を行く力学モデルである。予測精度が何よりも重要となる応用研究において、このような先端的なモデルを応用研究に結びつける事は世界的にも大きなインパクトを与えるものであると言える。

具体的には本プロジェクトは 5 つのグループに分かれて進められた。気候変動現象のメカニズムの理解を目指すグループ 1、広域季節予測の実施とその南ア領域へのダウンスケールを行うグループ 2、大気海洋結合モデルの改良を行うグループ 3、得られた予測結果を配信するシステムの改良を行うグループ 4、および研究者間のネットワーク構築を行うグループ 5 である。

まず、南アへの影響が大きい気候変動現象のメカニズムの解明が行われた。南インド洋と南大西洋の亜熱帯ダイポールモードの成長と減衰のメカニズムの解明、熱帯大西洋のベンゲラ・ニーニョ現象のメカニズムの解明、およびこれらの現象の南アの降水への影響の評価が数値モデルおよび観測データを用いて行われた(グループ 1)。さらに、IPCC が用いた 20 ないし 30 の最先端の大気海洋結合モデルのアウトプットを用い、亜熱帯ダイポールモード、アフリカ南部の降水の季節変動、およびインド洋南西部のセーシェルドームの再現性を調べた(グループ 1)。大気海洋結合モデルにおいてこれらの現象の再現が妨げられている要因の 1 つは従来の大気海洋結合モデルが熱帯大西洋の海面水温の平均場を再現できないことであった。そこで東京大学で開発された UTCM モデルを用いて積雲対流のパラメタリゼーションへの感度実験を行い、世界で初めて熱帯大西洋の海面水温の平均場の再現に成功すると共に、再現に必要な要因を特定した(グループ 3)。また南アの複数の大循環モデルと日本側の大循環モデルを同じ条件で駆動し性能比較を行うことで再現性の向上に必要な要因を特定した(グループ 3)。これらのモデル開発と並行して、世界最先端の性能を持つ SINTEX-F モデルを用いて季節予報を毎月行い、結果をホームページで公開した(グループ 2)。SINTEX-F のアンサンブル予測実験結果の解析を行い、SINTEX-F モデルが亜熱帯ダイポールモード現象を 1-2 季節先行して予測できることを確認した(グループ 1)。これは今まで難しいとされてきた中緯度の気候変動現象の予測に成功した世界初の例であり、SINTEX-F が南アの季節予報に関して高い性能を持っていることを示している。この SINTEX-F による広域予測結果を領域気象モデル WRF を用いて南ア領域にダウンスケールした(グループ 2)。具体的には、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が高い精度で再現できることを示した。また、観測データの解析及び大気大循環モデルを用いた実験によって、Tropical Temperature Trough (以下、TTT) 等南アの気象現象とエルニーニョやエルニーニョもどきなどの気候変動との関連性を調べ、南アの気象現象の予測可能性を議論した(グループ 2)。さらに、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い、大気海洋結合モデルを使用して超高解像度のシミュレーションが可能であることを示し、台風や西ケープ州の霧の再現、リンポボ州 Mariepskop における複雑形状地形上の詳細な風況場を再現できることを明らかにした。(グループ 2)。

これらの成果をふまえ、これまで南アで行われてきた旧いタイプの予測手法を先端的な大気海

洋結合モデルによるアンサンブル予測に移行させる試みを行った。SINTEX-F モデルの予測データを南アの新たに開発しつつあるアンサンブル結合モデル予測システムに組み込むため、SINTEX-F の過去再現実験のデータを日本側から南ア側に提供し、南ア側が応用研究への活用を目的とした準備活動に入った(グループ 4)。広域予測結果ならびにダウンスケールされた地域予測結果を配信するウェブサイトを構築し、早期予報システムを改良した(グループ 4)。予測データの直接的な応用利用に向けて、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汎用的な手法を開発した(グループ 4)。

人的交流としては、日本及び南ア双方の研究参加者が参加する 11 の国際シンポジウムと 7 のワークショップを開催すると共に、日本側研究者 14 名が南ア各地の大学で集中講義を行い、南ア側研究者 17 名が研修生として日本で研修を行った(グループ 5)。日本側研究参加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)のプレトリア大学への移植、中解像度大気海洋結合モデル(UTCM)の南ア科学産業技術研究所(CSIR)およびプレトリア大学への移植等、順調に行われた。

## (2)今後期待される効果

本課題では、アフリカ南部の異常気象予測を行ってきたが、こうして蓄積された中高緯度の異常気象予測のノウハウは、南アと赤道を挟んでほぼ同じ緯度帯にある日本の異常気象予測技術の向上にも貢献することが期待される。また、数年先までの短期気候変動予測の実用化による新しいソフト産業(気候データ・サービス)の創成にもつながることが期待される。

本課題は、海外で活躍できる日本人人材の育成にも貢献した。東京大学大学院理学系研究科の大学院生として本課題に携わった森岡優志は、「アフリカ南部の気候に影響を及ぼす亜熱帯ダイポールモードの形成と減衰のメカニズム」に関する博士論文をまとめ、博士(理学)を取得した。卒業後、ポスドク研究員になり、来年度は、海外でポスドク研究員として研究を行う予定である。修士課程から実質的に参画した片岡崇人は博士課程に進学し、本研究で着目したインド洋の亜熱帯高気圧の変動とオーストラリア大陸西岸における顕著な大気海洋変動の関係について新しい知見を得て、学位論文に発展させる予定である。今後、本プロジェクトのレガシーを生かしてゆくことが期待される。

本課題で得られた知見や開発された手法は、他地域に展開することも可能で、例えば、南米へ応用することが可能である。南米とアフリカ南部は、1)共に海が多い南半球に位置しており、地形性の複雑な気候の影響を受けにくいいため、北半球に比べれば数値シミュレーションを行うことが容易である、2)南大西洋や南太平洋にも亜熱帯ダイポールモードに類似した現象が存在しており、気候変動モードのメカニズムも良く似ていることが既に分かっている、3)どちらも発展途上国が多く、季節予測が現地の農業等に与える影響が大きい、などの共通点がある。このため本課題と類似のプロジェクトを南米に展開することによって成果が得られる可能性が高い。また、アンゴラ等アフリカ南部他地域への展開も同様の理由で可能であると考えられる。

## 4.1 「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(JAMSTEC、東京大学)

### (1)研究実施内容及び成果

#### ①概要

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と同時に、これらのアフリカ南部への影響についても明らかにした。また、亜熱帯ダイポールモード現象の予測可能性の評価も行い、初めて中緯度の気候変動現象の予測に成功したことを示した。

#### 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、アガラス域とベンゲラ域から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 実施内容と成果

#### 【1-1】

亜熱帯ダイポールモード現象は、南インド洋と南大西洋に発生する気候変動現象で、その正(負)の現象が発生すると、各海盆の南西部で平年よりも海面水温が高く(低く)なり、北東部で平年よりも海面水温が低く(高く)なる。本課題の開始前には、正の亜熱帯ダイポールモード現象は、亜熱帯高気圧の強化と南偏による風系の変化により、南西部では蒸発による冷却(=潜熱放出)が弱まり、北東部では蒸発による冷却が強まるために発生すると広く受け入れられていた。しかし、先行研究では、海洋表層の混合層厚が季節・経年変動するにも関わらず、混合層厚を一定とした熱収支解析を行っていたため、メカニズムが正しく理解されていない可能性が考えられた。そこで、本課題で、混合層厚の変動を考慮に入れた熱収支解析を行ったところ、潜熱放出では、海面水温偏差(海面水温の平年からのずれ)を定量的に説明できないことが判明した。そして、さらに詳細な解析を続けた結果、新しい発生メカニズムを提唱するに至った。具体的には、まず、亜熱帯高気圧の変動により、南西部(北東部)に正(負)の潜熱偏差が現れる。すると、南西部(北東部)の混合層が異常に薄く(厚く)なり、太陽からの短波放射により混合層が暖まりやすく(暖まりにくく)なる。その結果、南西部(北東部)に正(負)の海面水温偏差が成長し、正の亜熱帯ダイポールモード現象が発達する。その後、南西部(北東部)に負(正)の潜熱・長波放射偏差が現れるため、海面水温偏差は減衰する。また、混合層内の海水温度とその直下の温度差も大きく(小さく)なるため、エントレインメント(混合層への下層の冷たい水の取り込み)による冷却効果が増大(減少)し、海面水温偏差の減衰に寄与する。以上の結果は、当初の研究計画で予定していた観測データと海洋大循環モデルの解析に加えて、大気海洋結合モデルの結果の解析に基づいている。これらは、アフリカ南部に異常気象を引き起こす原因の 1 つである亜熱帯ダイポールモード現象の理解を進める上で貴重な発見である。上記の研究成果は論文#10, #18, #29 で出版された。さらに、大気海洋結合モデル(UTCM)を用いた感度実験により他の気候変動モードとの関係について調べたところ、エルニーニョ/南方振動や南極周極波動等の他の気候変動現象が、亜熱帯高気圧の経年変動に影響を与えることによって、亜熱帯ダイポールモード現象を発生させていることが明らかになり、論文#47 で成果を発表した。

#### 【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た。その結果、正の亜熱帯ダイポールモード現象が発生すると、アフリカ南部の降水が増加し、負の亜熱帯ダイポールモード現象が発生すると、アフリカ南部の降水が減少

する傾向にあることが明らかとなった。さらに、この影響が海面水温偏差の現れる位置に依存することも明らかになった。具体的には、海面水温偏差がアフリカ大陸に近い時の方が影響も大きく現れた。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が明らかになった。以上の成果は、論文#10, #18, #29 で出版された。

亜熱帯ダイポールモード現象以外の気候変動現象の影響についても研究を行った。エルニーニョ現象とエルニーニョもどき現象のアフリカ南部への影響の違い、インド洋と大西洋の気候変動の影響等について得られた研究成果を論文#2, #8, #13, #14, #16, #21, #24, #25, #26, #28, #32, #39, #48、投稿中論文#1, #4 で発表した。ベンゲラ・ニーニョ現象の発生についても、亜熱帯高気圧の変動が、アフリカ西岸に沿って吹く風の強さを変えることによって、影響を与えていることを明らかにした。この研究成果は、論文#15, #36 で出版された。アガラス域については、南ア側研究者とも協力して、インド洋の温暖化が南インド洋と南アの近海に与える影響を調べた。ここ数十年でインド洋熱帯域の海面水温は上昇し、降雨量が増加したため、熱帯域と亜熱帯域の気圧差が増加し、風系が強化されることで、南インド洋の亜熱帯循環の強化とアガラス海流の温暖化が生じていることがわかった。これらの研究成果は、論文#3, #12, #20, #22, #33, #34, #35、印刷中論文#3、投稿中論文#2, #3 にまとめられている。

#### 【1-3,1-4】

IPCC 第4次レポートで使用された約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(亜熱帯高気圧の変動を再現することが重要)を行った。例えば、亜熱帯ダイポールモード現象の再現性については、海面水温偏差パターンの相関係数で評価したところ、平均0.65であった。本課題で使用した高解像度大気海洋結合モデル(SINTEX-F)では、相関係数が0.88あり、本モデルの性能の高さも明らかとなった。以上の成果を論文#37 で出版した。

本課題開始当初は予定していなかったが、アフリカ南部に甚大な被害をもたらすサイクロンの発生場所でもあるインド洋熱帯域南西部のセーシェルドームの再現性をIPCC 第5次レポートで使用される約30の結合モデルデータによって調べた。その結果、インドモンスーンからオーストラリアモンスーンに遷移する際に発生する赤道インド洋上の西風を再現することが重要であることが分かった。この成果は論文#49 で出版した。

#### 【1-5】

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ために、まず、観測データの解析を行った。その結果、亜熱帯ダイポールモード現象の振幅が、近年、減少傾向にあることが明らかになった。そこで、このトレンドが、自然変動の一部なのか、地球温暖化に伴う変化なのかを明らかにするためにIPCC で使用されている結合モデル実験の内、産業革命前の二酸化炭素濃度を使用した実験と二酸化炭素濃度が1%ずつ増加する実験の結果を解析した。しかし、ほぼ全てのモデルで、亜熱帯ダイポールモード現象の振幅の違いは見られなかった。また、亜熱帯ダイポールモード現象の発生周期についても調べたところ、最近、周期が短くなり、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された。以上の成果は、論文#52 にまとめられている。

本課題を通して、南アの降雨量の観測データを入手することができたので、上記の大気海洋結合モデルの解析に加えて、観測データの解析からも自然変動と地球温暖化に伴う長期変動の関係について南ア側研究者と共同で調べた。特に、南アのいくつかの地方における極端現象の10年規模変動に関する研究を行い、極端現象の10年規模変動が地球温暖化に関連した気候変動モードのトレンドに関連があることを発見した。また、エルニ

ーニョやラニーニャの 10 年規模変動も南半球夏季に発生する極端現象の発生頻度に関連があることも示唆された。以上の成果を論文#54、投稿中論文#3 にまとめた。

#### 【1-6,1-7】

これまでに行われた高解像度大気海洋結合モデル(SINTEX-F)による 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、予測可能性の評価を行った。季節予報の研究分野では、一般的に予測精度が相関係数で 0.6 以上ある場合に、予測可能であるとされており、本課題でもこの国際的な基準を採用することにした。亜熱帯ダイポールモード現象は、1 月に最も発達することから、何ヶ月前から 1 月の亜熱帯ダイポールモード現象の状態を相関係数 0.6 以上で予測できるかを調べたところ、南インド洋については、2ヶ月前の 11 月から予測でき、南大西洋については、5ヶ月前の 8 月から予測できることが示された。これは今まで難しいとされてきた中緯度の気候変動現象の予測に成功した世界初の例であり、このグループで得た成果の中でも特に価値の高い成果である。また、イベントごとの予測精度の違いを調べた。実施方法 1-1 で、エルニーニョ現象が亜熱帯高気圧に変動をもたらし、亜熱帯ダイポールモード現象を引き起こすことが明らかになっていたので、エルニーニョ現象と同時に発生した場合とそうでない場合の予測精度の違いを調べた。その結果、エルニーニョ現象と同時に発生した 1997-98 年の南インド洋と南大西洋の亜熱帯ダイポールモード現象については、6ヶ月前の 7 月から両海盆の現象が予測できる等、エルニーニョ現象と同時に発生した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なった。さらに、アフリカ南部における降水量の予測精度の評価も行い、10 月開始の予測で夏季の降水量を相関係数 0.68 で予測できることが明らかとなった。以上の成果を論文#52 にまとめた。

本グループの指標は、3 本の論文が国際誌に受理されることであったが、30 本の論文が出版され、1 本の論文が印刷中、4 本の論文が投稿中であるので、論文数では、約 10 倍の成果を挙げたことになる。カウンターパートへの技術移転としては、国際誌に投稿した論文を提供するとともに、南ア側研究者にその詳細を説明した。

#### (2)研究成果の今後期待される効果

本課題で亜熱帯ダイポールモード現象の発生メカニズムを解明したが、これにより、他の気候変動現象のメカニズムの理解も深まることが期待される。また、世界で初めて中緯度の気候変動現象の予測に成功したことにより、今後、多くの国々の研究機関が同様のチャレンジを行い、中緯度の気候変動予測研究が活性化されることが予想される。その結果、中緯度で発生する異常気象をより正確に予測することができるようになり、異常気象の影響を軽減できることが期待される。さらに、IPCC で用いたモデルを解析して得られた知見は、IPCC による地球温暖化予想にも貢献することが期待される。

## 4.2 「季節予測とダウンスケーリング」グループ(JAMSTEC)

### (1)研究実施内容及び成果

#### ① 概要

大気海洋結合モデルを用いた地球規模の気候変動予測を行うと同時に、その予測結果を領域モデルによりアフリカ南部(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。

#### 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)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 モデルがより大きなコンピューターにロードされ、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 モデルのシミュレーション結果が、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、西ケープ州およびリンポポ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 実施内容と成果

#### 【2-1】

全球規模の季節予測は、多くの国の現業機関や研究機関で行われるようになってきたが、本課題で広域気候予測に用いる高解像度大気海洋結合モデル (SINTEX-F) の熱帯域における予測精度は世界一である。この SINTEX-F モデルによる広域予測実験を地球シミュレータで毎月実施し、1 年先までの季節予報を行った。2010-2011 年にかけて発生したラニーニャ現象の予報に成功する等、大きな成功を収めている。この広域予測結果は、「早期予報システムの改良」グループの活動の一環として、ホームページで公開している。SINTEX-F モデルや季節予報については、論文#1, #6, #7, #9, #11, #17, #40, #41, #42, #43, #44, #50 として、出版されている。

#### 【2-2】

TTT (Tropical Temperate Trough) はリンポポ州を含む南アにおける夏季降水量の大部分をもたらす気象現象である。この TTT の発生を特定する指標を作成し、極端現象に関する解析を行った。その結果、熱帯太平洋で発生するエルニーニョ・南方振動現象 (ENSO) と南アにおける TTT の発生数との間に有意な関連を発見した。ラニーニャが発生した年には TTT の発生が多くなる一方で、エルニーニョの発生年には TTT が少ないことが分かった。これは ENSO の影響で南アの大气の平均場が変化し、TTT の発生数に影響を与えるためである。この結果は ENSO の予測に基づき TTT の発生数を予測できることを示唆している。以上の結果を論文#46 に取りまとめ、出版した。

さらに、エルニーニョとエルニーニョもどきが南アの降雨に与える影響を調べた。従来型のエルニーニョ現象では主に赤道太平洋東部の海面水温が上昇するのに対し、エルニーニョもどき現象では赤道太平洋中央部の海面水温が上昇する。近年の研究は地球温暖化に伴ってエルニーニョもどきの発生頻度が増えていることを指摘しており、エルニーニョもどきに関する研究は気候変化への対応を考察する上で重要である。南アへの影響に関しては、従来型のエルニーニョは南アに干ばつをもたらすことが知られている。一方、エルニーニョもどきの場合には南アに深刻な干ばつは発生せず、むしろ降雨量が増加する地方がある。この差異の原因を観測データの解析と大気大循環モデルによる数値実験によって調べた。その結果、エルニーニョが発生した年には南大西洋の亜熱帯高気圧がアフリカ大陸南部へ張り出し降雨の発生を抑制していることが分かった。高気圧の張り出しはエルニーニョもどきの年には顕著ではなく、平常通りの降雨が発生し得る。以上の成果は、投稿中論文#2 にまとめられている。

#### 【2-3】

本課題で開始した大気海洋結合モデルによる広域気候予測結果を領域モデルに取り入れたアフリカ南部におけるダウンスケーリングは、世界初めての取り組みである。このダウンスケーリングに必要な領域気象モデル (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たモデル実験の実施、2) WRF モデルを

用いて南アの気候の再現性に関する感度実験の実施。このようにして構築した領域モデルを使って 2011 年 12 月から 2012 年 2 月までの SINTEX-F モデルの予測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。個別の現象に関しては、WRF モデルを用いて大気再解析データをダウンスケールすることで周期の短い気象現象を再現し、メカニズムを調べた。また、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 月にかけて南アで観測された気象イベントを再現した。WRF モデルの結果は、本課題で設置された自動気象観測装置によっても検証された。以上の成果は、論文#19、印刷中論文#2、投稿中論文#5 にまとめられている。

#### 【2-4】

既存の統計的ダウンスケーリング手法(model output statistics (MOS))を適用し、その予測スキルを評価した。夏季降水量の予測精度を地域ごとに評価したところ、高い地域で相関係数 0.6、低い地域で相関係数 0.2 であった。これは、4.1 に記載した高解像度大気海洋結合モデル(SINTEX-F)の精度よりも低く、SINTEX-F の優位性が確認された。この成果は、論文#4 として出版されている。

#### 【2-5】

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・ダウンスケーリングのためのモデル開発を行い、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捉えることに成功した。このシームレス・ダウンスケーリングのモデルにより、世界で初めて南ア西ケープ州の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、リンボポ州 Mariepskop における複雑形状地形上の詳細な風況場を再現できることを明らかにするとともに、超高解像度大気海洋結合モデル(MSSG)を用いて大気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。モザンビークチャンネル領域における大気海洋結合作用が、台風の進路よりもむしろ台風の発生と発達に影響を与えることがわかった。また、超高解像度の SINTEX-F を用いた熱帯低気圧の再現が可能であることを示し、SINTEX-F から MSSG へのシームレスシミュレーションが実質的に可能であることを示した。これらのモデルの成果は、論文#30, #45 で発表している。

カウンターパートへの技術移転の状況としては、WRF モデルの鉛直 23 層、水平解像度 30km、対象領域 8°E-102°E, 40°S-3°S のバージョンを日本側研究参画者の Jayanthi. V. Ratnam がプレトリア大学の JICA によって供与された計算機に 2010 年 8 月 18 日に移植し、モデルのセットアップ等の補助を行った。本グループの指標の 1 つとしては、少なくとも 1 本の論文が国際誌に受理されることであったが、17 本の論文が既に受理されている。また、もう 1 つの指標である季節予測情報の公開も「早期予報システムの改良」グループと共同で行った。

#### (2)研究成果の今後期待される効果

南アの農家のほとんどはダムや灌漑設備に頼らない零細農家で、降雨に頼って農業を営んでいる。水管理施設を持たない彼らにとって降雨の不足は収穫物の品質の低下に直結する。このような状況に対し、SINTEX-F を用いた季節予測とそのダウンスケールの結果に基づき干ばつを予測し、対策を取ることで、農作物の品質や収量が落ちるリスクを軽減できる可能性がある。日本側研究者が南アの零細農家を訪問した際には、季節予測結果が南アで配信されることを心待ちにする声が聞かれた。

#### 4.3 「大気海洋結合モデルの高精度化」グループ(東京大学)

##### (1)研究実施内容及び成果

###### ① 概要

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た。

###### ② 研究実施方法

- 3-1 南ア側と日本側の大循環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 つの大循環モデルを用いて、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、南極周極波動、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(東京大学で開発した中解像度大気海洋結合モデル)が南ア側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。

###### ③ 実施内容と成果

###### 【3-1】

南ア側の 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、東京大学の大気大循環モデル FrAM の 3 つのバージョンで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ケース行った。モデル結果を解析し、観測データとの比較を行ったところ、雨季の開始時期のシミュレーションが特に難しく、その原因は、南インド洋の亜熱帯高気圧の強さと位置に大きな影響を与える西太平洋熱帯域の上昇流のモデル・バイアスにあることが明らかとなった。定量的には、パラメタリゼーションの改良等により、アフリカ南部の各月の降水パターンの再現性については、相関係数で最大 0.45 から 0.8 への改善が見られた。これは、信頼区間 90%で統計的に有意な精度の改善になる。以上の研究成果は、論文#27, #53 で発表されている。

###### 【3-2】

アフリカ南部の経年変動に影響を与える気候変動モードの内、特にエルニーニョ/南方振動について、詳細にモデル結果を解析し、関係を調べた。その結果、エルニーニョ/南方振動は、アフリカ南部の夏季の降水の大部分をもたらす熱帯-温帯トラフの現れる場所や頻度に影響を与えていることが明らかとなった。具体的には、エルニーニョ現象が発生すると、熱帯-温帯トラフの出現頻度は減少し、出現場所も北へずれるため、南アは乾燥傾向になるのに対し、ラニーニャ現象が発生すると、熱帯-温帯トラフの出現頻度は増大し、出現場所も南へずれるため、南アは多雨傾向になることがわかった。以上の研究は、両国の研究者が共同で行い、その成果は、論文#53 にまとめられている。

**【3-3】**

観測では大西洋赤道域の年平均海面水温は東部よりも西部の方が暖かいが、既存の全ての大気海洋結合モデルではこの平均場を再現することができなかった。これが多くの結合モデルで大西洋赤道域の主要な気候変動モードである大西洋ニーニョの再現や予測ができない一因となっている。また、大西洋赤道域はアフリカ南部の気候にも影響を与えるベンゲラ・ニーニョの発生海域でもあり、大西洋赤道域の平均場を再現することはアフリカ南部の気候変動の予測を行う上でも重要な課題である。このモデル・バイアスを改善する一環として、観測データよりアルベド(太陽からの入射光に対する反射光の比)の季節変動を調べ、これをモデルで再現することが、重要であることが明らかとなった。そして、大気海洋結合モデルの実験により、特に、南米北部(アマゾン)のアルベドが、アフリカ南部の気候に影響を与える大西洋赤道域の海面水温をより現実的に再現するために、重要であることが示された。具体的には、海面水温のバイアスが、上記により、最大 0.5°C 改善した。以上の研究成果は、論文#31 として出版された。

**【3-4】**

大気海洋結合モデル内のアルベド、土壌水分を変えた感度実験を行い、特に大西洋赤道域の大気循環、海面水温への影響を調べた。その結果、例えば、コンゴ盆地のアルベドと土壌水分を増加させると、地表気温が 4°C 下がることにより、大西洋赤道域の海面水温がより現実的に再現できるようになることなどが明らかになった。具体的には、海面水温のバイアスが、最大 2°C 改善した。この研究成果は、論文#31 として出版された。

**【3-5】**

カウンターパートへの技術移転の一環として、東京大学で開発された中解像度大気海洋結合モデル(UTCM)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、南ア側研究参画機関の南ア科学産業技術研究所(CSIR)に移植された。移植先は、本課題を通して JICA が CSIR に供与したクラスター計算機である。その後、当初の予定にはなかったが、南ア側研究者の要望に応え、季節予報を行えるバージョンにアップグレードし、2011年8月24日に移植した。この季節予報モデルの使用方法をまとめたマニュアルも作成し、南ア側研究者に手渡した。以上の技術移転は、南ア側研究参画者から高く評価され、2011年10月6日、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「人工地球で南アの農業が変わる」に中川文部科学大臣(当時)が視察に来られた際、南ア側研究参画者から直接、謝意が伝えられた。また、実施方法 1-1 に用いられた CAM-EULAG を改良する際の参考にするため、UTCM 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、さらに、JICA がプレトリア大学に供与したワークステーションにも UTCM が 2012年6月6日にインストールされた。なお、このモデルを用いた季節予報で、南ア気象局の Cobus Olivier が博士課程の研究を行うことになっており、日本側研究参画者の東塚知己が副指導教員として指導にあたることになっている。この指導を通してプロジェクト終了後のフォローアップが行われる予定である。

**【3-6】**

上記で述べた大西洋赤道域のモデル・バイアスを改善するための研究が数多く行われてきたが、様々な結合モデルの比較に基づいていたため主要な原因を突き止めるに至っていなかった部分もあった。そこで、本課題において、東京大学で開発された UTCM モデルを用い、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。1) 北半球の春の南米北部における降水の極大:この降水域に風が収束するため、このスキームを用いた実験では大西洋赤道域において赤道湧昇を引き起こす現実的な東風が吹いていた。従来多くの結合モデルではこの降水が過小評価されて

いた。2) 大西洋の熱帯収束帯の位置: 多くの結合モデルにおいて、大西洋の熱帯収束帯が南半球にまで移動してしまうのに対し、このスキームを用いた実験では、観測と同様に北半球に位置していた。その結果赤道域では南東貿易風が吹き、冷舌の発達が進められていた。3) 西アフリカ・モンスーンに伴うアフリカ沿岸を吹く南風: 南半球で沿岸湧昇を引き起こし、これが移流やロスビー波によって西へと広がっていく。従来の多くの結合モデルでは、この南風の強度が観測の半分以下であったのに対し、このスキームを用いた実験では観測された強度とほぼ同等であった。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だけでなく、国内外の大気海洋結合モデルの精度の向上に貢献する可能性がある。それぞれのモデルには、それぞれのモデル固有のバイアスが存在するので、他のモデルについても同様の解析を行ったところ、上記の結果が検証された。以上の研究成果は、論文#5, #23, #51 で出版された。

### 【3-7】

以上の結果より、課題開始時に比べて、海面水温の決定に重要なプロセスが明らかになった。

本グループの指標としては、1 本以上の論文が国際誌に受理されることであったが、既に 6 本の論文が出版済みである。また、3-5 で述べたように、カウンターパートへの技術移転の一環として、東京大学で開発された中解像度大気海洋結合モデル (UTCM) の移植作業も行われた。

#### (2) 研究成果の今後期待される効果

本グループでは、大気海洋結合モデルの高精度化を行うために、複数のモデルで様々な感度実験を行った。こうして得られた知見は、季節予報に用いられる大気海洋結合モデル (本課題で使用している高解像度大気海洋結合モデル (SINTEX-F) のみならず、他の大気海洋結合モデルも含む) の高精度化に役立ち、予測精度のさらなる向上につながる事が期待される。また、南ア側の研究参画機関に季節予報の行える大気海洋結合モデルを移植したことから、本課題の終了後も南ア側が独自に季節予報を行うことが期待される。本課題によって精度の向上した季節予報は、世界各地で発生する異常気象の影響を軽減するために重要な貢献をするものと思われる。

## 4. 4 「早期予報システムの改良」グループ (JAMSTEC)

### (1) 研究実施内容及び成果

#### ① 概要

2009 年には第 3 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ことを受け、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ことと、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。本グループの研究活動は、まさに、このよう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ことを狙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 上記の成果を組み入れ、現在ある早期予測システムを強化する。

### ③ 実施内容と成果

#### 【4-1】

気候変動予測からの影響の評価は、「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」グループと「季節予測とダウンスケーリング」グループと共同で行ったため、その成果については、4.1 と 4.2 に記載されている。特に、これまでに SINTEX-F で行われた予測実験の結果に model output statistics (MOS)を適用し、過去の予測について評価を行った結果については、印刷中論文#1 で報告されている。

#### 【4-2】

活動 2-1 により得られた予測結果を、以下のウェブサイト

- <http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/seasonal/outlook.html>
- <http://www.sarva.org.za/>
- <http://www.gfcsa.net/csir.html>

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した。2 番目の South African Risk and Vulnerability Atlas (SARVA)は、南ア気象局 (SAWS) を通して、South African Development Community (SADC)全体に現在予測データを配信しているシステムである。

#### 【4-3】

地域予測結果についても以下のウェブサイト

- <http://www.gfcsa.net/csag.html>

で公開されており、予測結果をアップデートするシステムが構築されている。

#### 【4-4】

予測データの社会的な活用を目指す第 1 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の利用者を念頭に置き、南ア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、応用研究の促進を行ってきた。南ア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。

また、応用研究の一環として、SINTEX-F の予測データと統計モデルを用いて、南ア側と共同で作物収量や河川流量の予測を行い、その予測精度を相対動作特性スコア(正しく予測できた割合等から算出でき、スコアが 0.50 以上の場合、予測精度があると言える)によって評価した。南ア北東部の灌漑設備がない場所でのトウモロコシの収量予測を 11 月から行った場合、平年以上の収量については 0.68、平年以下の収量については 0.65 のスコアが得られ、予測能力が認められた。一方、河川流量については、平年以上の流量については 0.77、平年以下の流量については 0.60 のスコアが得られ、こちらも予測能力が認められた。以上の成果は、印刷中論文#1 にまとめられている。

## 【4-5】

グループの主目標は、世界の気候に大きな影響を及ぼすエルニーニョやインド洋ダイポールモードの予測において非常に優れた性能を持つ高解像度大気海洋結合モデル(SINTEX-F)の予測データを、南アのアンサンブル結合モデル予測システムに組み込むことにより、予測性能を強化することである。それを行うために、SINTEX-F の予測実験の結果を南ア側に提供し、南ア側もデータの取り込みを行った。

以上の成果を組み入れ、現存の早期予測システムを強化した。本報告書の末尾に付録「開発された早期予測システムの概要と先駆ける応用研究例」が添付されている。この報告書の作成は、本グループの指標の 1 つである。また、実施方法 4-1 と 4-2 を行ったことにより、予測結果にアクセスできるようになったので、本グループのもう 1 つの指標である「強化されたシステムへのアクセスが確立される」も達成された。

## (2)研究成果の今後期待される効果

§1 における本プロジェクト実施の概要の冒頭に記されている様に、アフリカ南部は、旱魃や洪水等の被害といった気候変動リスクに対して脆弱な地域である。加えて、近年においては、極端現象が世界で多発する傾向が見られ、2012 年の東南アジア地域におけるフィリピンでの洪水や、また米国における熱波の影響による作物生産への大打撃は新聞紙上でも大きく取り上げられた最新のニュースである。この様な状況下にあつて、本プロジェクト研究はアフリカ南部の気候に影響を与えるインド洋、大西洋における大気・海洋相互作用の先端的基礎研究から、その予測の現場における南ア気象局が行う現行の予測モデルの改良や、更にはその予測データを用いた作物モデルの予測や洪水予測モデルの先駆ける研究を含む幅広い研究活動を並列的に推進させ、季節予測の改善並びにその応用の幅を大きく拡大したと言える。この成果は、正に顕著現象が増加する地球環境下にあつて、早期予測システムが社会に対して果たすべきその役割の可能性を大きく高めたと言える。

現在も本課題の予測システム改善の成果としての社会的活用の 1 つとして、①リンポポ州のトウモロコシ生産の予測、②リンポポ州やコマチ貯水池を含む南アの主な河川流量の季節予測、③南アにとっても重要なエルニーニョの指数についての予測情報発信の準備が行われている。これは、SINTEX-F の予測データに model output statistics (MOS)を適用し、2012-2013 年の南半球の夏季を対象にして最初のリアルタイムの予測を行い、その結果を SARVA で発表するための準備である(付録参照のこと)。

社会実装されれば、農業分野・感染症対策・水管理に好影響を与えることが期待される。農業は南アの重要な産業の 1 つであり、農作物の苗を植える春に、夏から秋にかけての降水量がわかれば、苗の間隔を変えることによって秋により多くの収穫が得られる。このような社会応用を行うためには、長期予報のデータを単に農家に知らせるのではなく、稲作全体に関わる農業マネジメントの一つとして気象・気候データを位置づけ、各要素間の関係を調べる調査研究を行い、その成果を一つのシステムにまとめあげて、総合的な農業マネジメントを行うことが求められる。このようなシステムの構築は、今後、農業気象を含めた農業研究者との協同によりなされるべきであろう。感染症対策に関しては、本課題が特に対象としているリンポポ州では降水量の多い年にマラリアがより多く発生する。またリンポポ州には野生動物が保護されていることで有名なクルーガー国立公園があり、前もって降水量がわかれば対策が取りやすくなる。その結果、観光産業にもプラスになるであろう。水管理に関しては、南アではオレンジ川やヴァール川の上流にダムがあり、水量の管理に季節予報が用いられている。より正確な季節予報により、小雨傾向が予測される時は放水量を減らす等、適切な水管理をすることができる。

## 4.5 「研究者ネットワークの構築」(JAMSTEC、東京大学)

## (1) 研究実施内容及び成果

## ① 概要

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した。

## 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 実施内容と成果

## 【5-1】

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(実施方法5-1)、本課題で主催したものは、以下の通りである。

## 【平成21年度】

- 2009年12月3日に両国の研究者(南ア側からは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。
- 2010年12月16日-18日に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日-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日-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。
- 2011年12月3日に国際シンポジウム「気候変化モデルのテストとしての気候変動」をダーバンで開催した。これは、ダーバンで行われたCOP17のサイドイベントとして、行われた。

## 【平成24年度】

- 2012年4月11日-13日に国際シンポジウム「気候変動に関する国際シンポジウム -

基礎的研究から応用利用まで」を東京大学にて開催し、プロジェクトの成果が発表された。講演要旨をまとめた proceedings を出版した。

- 2012年10月17日－18日にSATREPS Semifinal Symposium をプレトリアで開催した。南ア側で開催される最終シンポジウムで、両国の研究者が、本課題で得られた研究成果を発表した。
- 2013年2月28日に、SATREPS シンポジウム「変化する惑星に生きる-シミュレーションで切り拓く未来の地球」を品川のココヨホールにて開催予定。3年間のプロジェクトの研究成果を両国の研究参加者が発表する予定。講演要旨をまとめた proceedings も出版準備中である。

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。

#### 【5-2】

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。

##### 【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日まで南アのプレトリア大学、西ケープタウン大学、ローズ大学、南ア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日－6日に南ア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加者も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/>)
- 日本側研究参加者3名による集中講義を2011年10月8日－10月23日にイーストロンドン、ケープタウン、プレトリアにて開講した。
- 南ア側から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。
- 2012年3月5日－15日にかけて、日本側研究参加者4名による集中講義を南アで行った。

##### 【平成24年度】

- 2012年8月22日－9月4日に、日本側研究参加者4名による集中講義を南アリチャーズベイで行った。
- 2013年3月1日に、若手研究者を中心にワークショップを海洋研究開発機構にて開催する予定である。

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た。

## 【5-3】

プロジェクト実施体制の表からも明らかのように、本課題には、両国の多くの研究者が参加した。

本グループの指標は、国際シンポジウム、ワークショップ／セミナーをそれぞれ年 1 回ずつ行うことであったが、上記のように、それ以上の回数が開催された。カウンターパートへの技術移転の状況としては、上記の国際シンポジウム、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。

## (2)研究成果の今後期待される効果

本課題によって構築された気候変動に関連する研究者のネットワークは、今後もアフリカ南部における気候変動研究において、中心的な役割を果たすことが期待される。南ア側研究者は、本課題の重要な成果の 1 つとして、南ア内の研究者同士の交流が深まり結び付きが強くなったことを挙げている。具体的な研究テーマを研究する「グループ」の形成はなされていないが、個々の研究者間では研究交流が活発化しており、こうして構築された研究者ネットワークは本課題終了後も継続される。実際、プレトリア大学の Rautenbach 教授からは、本課題終了後も、実り多い共同研究を継続したいということで、日本側のポスドクを雇用したいという申し入れがあった。また、本課題のレガシーのもと、気候予測の感染症分野への応用についてプロジェクトを立ち上げるべく、これまでの共同研究者に両国の医学関係者を加えて話し合いが始まっており、これに本課題参画者も積極的に協力している。

本課題の日本側研究参画者が行った集中講義を受講した南アの学生は、気候変動分野を含む様々な分野で活躍することが期待される。また、本課題での共同研究や交流を通して、特に、両国の若手の研究参画者の間には、共同研究者以上の深い結びつきが生まれた。このような関係は、今後、数十年にわたって続き、両国の研究者が今後も協力しながら、気候変動研究分野において貢献していくことが期待される。

## § 5. 成果発表等(2013年3月26日現在)

## (1)原著論文発表

出版済論文: 国内(和文)誌 1 件、国際(欧文)誌 53 件  
 印刷中論文: 国内(和文)誌 0 件、国際(欧文)誌 3 件  
 投稿中論文: 国内(和文)誌 0 件、国際(欧文)誌 5 件

## 出版済

1. Wang, B., J.-Y. Lee, I.-S. Kang, J. Shukla, C.-K. Park, A. Kumar, J. Schemm, S. Cocks, 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. 【グループ 2】
2. 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. 【グループ 1】
3. 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. 【グループ 1】
4. Landman, W. A., M.-J. Kgatuke, M. Mbedzi, A. Beraki, A. Bartman, and A. du Piesanie, 2009: Performance comparison of some dynamical and empirical downscaling methods for South Africa from a seasonal climate modelling perspective. *International Journal of Climatology*, 29, 1535-1549. 【グループ 2】
5. 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. 【グループ 3】
6. 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. 【グループ 2】
7. Luo, J.-J., 2010: Indian Ocean Dipole [in "State of the climate in 2009"]. *Bulletin of American Meteorological Society*, 91, S103-S105. 【グループ 2】
8. 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. 【グループ 1】
9. 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. 【グループ 2】
10. 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. 【グループ 1】
11. 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. 【グループ 2】
12. 田口文明、野中正見, 2010: 海面水温前線, *天気*, 57, 423-425. 【グループ 1】
13. 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. 【グループ 1】
14. 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. 【グループ 1】

15. 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. 【グループ 1】
16. 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. 【グループ 1】
17. Luo, J.-J., S. K. Behera, Y. Masumoto, and T. Yamagata, 2011: Impact of global ocean surface warming on seasonal-to-interannual climate prediction. *Journal of Climate*, 24, 1626-1646. 【グループ 2】
18. 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. 【グループ 1】
19. Ratnam J.V., S.K. Behera, Y. Masumoto, K. Takahashi, and T. Yamagata, 2012: A simple regional coupled model experiment for summer-time climate simulation over southern Africa. *Climate Dynamics*, 39, 2207-2217. 【グループ 2】
20. Nakamura, M., 2012: Impacts of SST anomalies in the Agulhas Current System on the regional climate variability. *Journal of Climate*, 25, 1213-1229. 【グループ 1】
21. 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. 【グループ 1】
22. 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. 【グループ 1】
23. 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. 【グループ 3】
24. Behera, S., and T. Yamagata, 2011: Dynamics of the Indian and Pacific Oceans, Chapter 4 of *Environmental Hazards: The Fluid Mechanics and Geophysics of Extreme Events*, 99-131. 【グループ 1】
25. Luo, J.-J., 2011: Ocean dynamics not required? *Nature*, 477, 544-546. 【グループ 1】
26. Phillipon, N., M. Rouault, Y. Richard, and A. Favre, 2011: The influence of ENSO on winter rainfall in South Africa. *International Journal of Climatology*, 32, 2333-2347. 【グループ 1】
27. Engelbrecht, F. A., W. A. Landman, C. J. Engelbrecht, S. Landman, M. M. Bopape, B. Roux, J. L. McGregor, and M. Thatcher, 2011: Multi-scale climate modelling over southern Africa using a variable-resolution global model. *Water SA*, 37, 647-658. 【グループ 3】
28. 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. 【グループ 1】
29. 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*, 25, 4029-4047. 【グループ 1】
30. Onishi, R., and K. Takahashi, 2012: A warm-bin--cold-bulk hybrid cloud microphysical model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 69, 1474-1497. 【グループ 2】
31. Richter, I., S.-P. Xie, A.T. Wittenberg, and Y. Masumoto, 2012: Tropical Atlantic biases and their relation to surface wind stress and terrestrial precipitation. *Climate Dynamics*, 38, 985-1001. 【グループ 3】
32. Ratnam, J. V., S. K. Behera, Y. Masumoto, K. Takahashi, and T. Yamagata, 2012: Anomalous climatic conditions associated with the El Niño Modoki during boreal winter of 2009. *Climate*

- Dynamics, 39, 227-238. 【グループ 1】
33. Rouault, M., S. S. Roy, and R. C. Balling (2012), The diurnal cycle of rainfall in South Africa in the austral summer. *International Journal of Climatology*, doi: 10.1002/joc.3451. 【グループ 1】
  34. Backeberg, B. C., P. Penven, and M. Rouault, 2012: Impact of intensified Indian Ocean winds on mesoscale variability in the Agulhas system. *Nature Climate Change*, 2, 608-612. 【グループ 1】
  35. Dufois, F., and M. Rouault, 2012: Sea surface temperature in False Bay (South Africa): Towards a better understanding of its seasonal and interannual variability. *Continental Shelf Research*, 43, 24-35. 【グループ 1】
  36. Rouault, M., 2012: Bi-annual intrusion of tropical water in the northern Benguela upwelling. *Geophysical Research Letters*, 39, L12606, doi:10.1029/2012GL052099. 【グループ 1】
  37. Kataoka, T., T. Tozuka, Y. Masumoto, and T. Yamagata, 2012: The Indian Ocean subtropical dipole mode simulated in the CMIP3 models. *Climate Dynamics*, 39, 1385-1399. 【グループ 1】
  38. Dufois, F., P. Penven, C. Whittle, and J. Veicht, 2012: On the warm nearshore bias in Pathfinder monthly SST products over eastern boundary upwelling system. *Ocean Modelling*, 47, 113-118. 【グループ 1】
  39. Richter, I., S. K. Behera, Y. Masumoto, B. Taguchi, H. Sasaki, and T. Yamagata, 2012: A new type of interannual variability in the equatorial Atlantic, *Nature Geoscience*, 6, 43-47. 【グループ 1】
  40. Manatsa, D., L. Uganai, C. Gadzirai, and S. K. Behera, 2012: An innovative tailored seasonal rainfall forecasting production in Zimbabwe. *Natural Hazard*, 64, 1187-1207. 【グループ 2】
  41. Sasaki, W., K. J. Richards, and J.-J. Luo, 2012: Role of vertical mixing originating from small vertical scale structures above and within the equatorial thermocline in an OGCM. *Ocean Modelling*, 57-58, 29-42. 【グループ 2】
  42. Shongwe M.E., M. Rouault, B. C. Hewitson, B. J. Garanganga, A. Beraki, L. N. Ntsangwane, S. Behera, and B. Pohl, 2012: Climate related activities within The Southern African Development Community (SADC) region, *CLIVAR Exchanges*, 60, 23-23. 【グループ 2】
  43. Landman, W. A., and A. Beraki, 2012: Multi-model forecast skill for mid-summer rainfall over southern Africa. *International Journal of Climatology*, 32, 303-314. 【グループ 2】
  44. Landman, W. A., D. DeWitt, D.-E. Lee, A. Beraki, and D. Lötter, 2012: Seasonal rainfall prediction skill over South Africa: One- versus two-tiered forecasting systems. *Weather and Forecasting*, 27, 489-501. 【グループ 2】
  45. Sasaki, W., J.-J. Luo, and S. Masson, 2012, Tropical cyclone simulation in a high-resolution atmosphere-ocean coupled general circulation model, Chapter 9 in "Cyclones: Formation, Triggers and Control", K. Oouchi and H. Fudeyasu, eds., Nova Science Publishers, New York. 【グループ 2】
  46. Ratna, S. B., J. V. Ratnam, S. K. Behera, K. Takahashi, and T. Yamagata, 2012: An index for tropical temperate troughs over southern Africa. *Climate Dynamics*, doi: 10.1007/s00382-012-1540-8. 【グループ 2】
  47. Morioka, Y., T. Tozuka, and T. Yamagata, 2012: How is the Indian Ocean subtropical dipole excited? *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-012-1584-9. 【グループ 1】
  48. Manatsa, D., S. Barnabas, and S. K. Behera, 2012: Shifts in IOD and their impacts on association with East Africa rainfall. *Theoretical and Applied Climatology*, doi: 10.1007/s00704-012-0610-5. 【グループ 1】
  49. Nagura, M., W. Sasaki, T. Tozuka, J.-J. Luo, S. K. Behera, and T. Yamagata, 2012: Longitudinal biases in the Seychelles Dome simulated by 34 ocean-atmosphere coupled general circulation models. *Journal of Geophysical Research*, doi:10.1029/2012JC008352.

## 【グループ 1】

50. Sasaki, W., K. J. Richards, and J.-J. Luo, 2012: Impact of vertical mixing induced by small vertical scale structures above and within the equatorial thermocline on the tropical Pacific in a CGCM. *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-012-1593-8. 【グループ 2】
51. Richter, I., S.-P. Xie, S. Behera, T. Doi, and Y. Masumoto, 2012: Equatorial Atlantic variability and its relation to mean state biases in CMIP5. *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-012-1624-5. 【グループ 3】
52. Yuan, C., T. Tozuka, J.-J. Luo, and T. Yamagata, 2013: Predictability of the Subtropical Dipole Modes in a coupled ocean-atmosphere model. *Climate Dynamics*, in press. 【グループ 1】
53. Tozuka, T., B. J. Abiodun, and F. A. Engelbrecht, 2013: Impacts of convection schemes on simulating tropical-temperate troughs over southern Africa. *Climate Dynamics*, doi: 10.1007/s00382-013-1738-4. 【グループ 3】
54. Engelbrecht, C. J., F. A. Engelbrecht, and L. L. Dyson, 2013: High-resolution model-projected changes in mid-tropospheric closed lows and extreme rainfall events over southern Africa. *International Journal of Climatology*, 33, 173-187. 【グループ 1】

## 印刷中

1. Malherbe, J., W. A. Landman, C. Oliver, H. Sakuma, and J.-J. Luo, 2013: Seasonal forecasts of the SINTEX-F coupled model applied to maize yield and streamflow estimates over north-eastern South Africa. *Meteorological Applications*, in press. 【グループ 4】
2. Ratnam J. V., S. K. Behera, S. Ratna, H. Rautenbach, C. Lennard, J.-J. Luo, Y. Masumoto, K. Takahashi, and T. Yamagata, 2013: Dynamical downscaling of austral summer climate forecasts over southern Africa using a simple regional coupled model. *Journal of Climate*, in press. 【グループ 2】
3. Cronin, M., T. Tozuka, A. Biastoch, J. Durgadoo, and L. Beal, 2013: Prevalence of strong bottom currents in the Greater Agulhas System. *Geophysical Research Letters*, in press. 【グループ 1】

## 投稿中

1. Ratnam, J. V., S. K. Behera, Y. Masumoto, and T. Yamagata: Tropical Pacific influences on the austral summer precipitation of southern Africa. Submitted to *Climate Dynamics*. 【グループ 1】
2. Rouault, M., and S. Behera: Ocean atmosphere trend in the Indian Ocean. Submitted to *Climate Dynamics*. 【グループ 1】
3. Behera, S. K., J. V. Ratnam, M. Rouault, K. Takahashi, and T. Yamagata: Decadal variations of extreme rainfall events over South Africa. Submitted to *Journal of Climate*. 【グループ 1】
4. Sasaki, W., T. Doi, K. J. Richards, and Y. Masumoto: ENSO influence on the equatorial Atlantic through the Walker circulation in a CGCM. Submitted to *Journal of Climate*. 【グループ 1】
5. Ratna S, B., J. V. Ratnam, S. K. Behera, C.J.deW. Rautenbach, T. Ndarana, K. Takahashi, and T. Yamagata: Performance assessment of three convective parameterization schemes in WRF for downscaling summer rainfall over South Africa, Submitted to *Climate Dynamics*. 【グループ 2】

## (2) 研修コースや開発されたマニュアル等

## ① 研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数

2011年10月-11月、2012年2月、2012年8月の3度にわたって、気候変動研究及び数値シ

ミュレーションに関する議論、および数値モデルの出力の供与を目的として南ア研究者および学生計 21 名の研修を行い、全員修了した。

② 開発したテキスト・マニュアル類

- 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」(2009年12月3日開催)の Proceedings
- 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」(2009年12月4日開催)の Proceedings
- 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」(2010年12月2日-3日開催)の Proceedings
- JAMSTEC アプリケーションラボ 国際シンポジウム「気候変動に関する国際シンポジウム - 基礎研究から応用まで」(2012年4月11日-13日開催)の Proceedings
- SATREPS シンポジウム「変化する惑星に生きる-シミュレーションで切り拓く未来の地球」(2013年2月28日)の Proceedings
- 大気海洋結合モデル (UTCM) による季節予報について解説したマニュアル

(3) その他の著作物 (総説、書籍など)

① 詳細情報

- J.-J. Luo, 佐々木 亘, S .K. Behera, 山形 俊男, 2009: 数値モデルを用いた季節予測、INNOVATION NEWS、11 巻、6-7.

(4) 国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 1 件、国際会議 19 件)

1. 山形俊男 (APL/JAMSTEC)、地球シミュレータが見た異常気象と気候変動 - 持続可能な社会の形成に向けて -、会津 IT サマーフォーラム 2009、会津大学、2009年9月。
2. Behera, S. K. (APL/RIGC/JAMSTEC), Climate variability and coastal security, UNITAR Series on Sea and Human Security Workshop, Hiroshima, Sep. 2009.
3. Takahashi, K. (JAMSTEC), Multi-scale multi-physics seamless simulation for weather and climate prediction on the Earth Simulator, 2nd German-Japanese Workshop on Computational Mechanics, Yokohama, Mar. 2010.
4. Behera, S. K. (JAMSTEC), The unusual El Niño of 2009, APCC Annual Symposium, Busan, South Korea, Jun. 2010.
5. Luo, J.-J. (JAMSTEC), Interaction between El Niño and extreme Indian Ocean Dipole, 2010 Western Pacific Geophysics Meeting, Taipei, Jun. 2010.
6. Izumo, T. (The University of Tokyo), Influence of the Indian Ocean Dipole on following year's El Niño, 2010 Western Pacific Geophysics Meeting, Taipei, Jun. 2010.
7. Yamagata, T. (JAMSTEC), Climate change, variation and sustainable green energy, Renewable Energy 2010, Yokohama, Jun. 2010.
8. Behera, S. K. (JAMSTEC), Recent progresses in climate predictions of the Indo-Pacific sector, Workshop on Climate Science and Emerging Issues in Asia, IIT, Delhi, India, Jul. 2010.
9. Behera, S. K. (JAMSTEC), Changing climate in Indo-Pacific sector, Asia Oceania Geosciences Society 2010, Jul. 2010.
10. Behera, S. K. (JAMSTEC), Recent progresses in climate predictions of the Indian Ocean sector, CLIVAR WGSIP Panel Meeting, Buenos Aires, Argentina, Jul. 2010.
11. Behera, S. K. (JAMSTEC), Climate variability and coastal security, UNITAR Series on Sea and Human Security Workshop, UNU, Japan, Sep. 2010.
12. Yamagata, T. (JAMSTEC), Thoughts on climate problems for more appropriate adaptation measures, STS forum 7th Annual Meeting, Kyoto, Oct. 2010.
13. Yamagata, T. (JAMSTEC), Climate variations and their impact on society, India-Japan

- Symposium on Emerging Technologies, Indian Embassy, Oct. 2010.
14. Tozuka, T. (The University of Tokyo), Interannual variations of the Seychelles Dome, 10th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Noumea, New Caledonia, Apr. 2012.
  15. Yamagata, T. (JAMSTEC), Predictability of the Subtropical Dipole Modes in the Atlantic and Indian Oceans (4th International workshop on Modeling the Ocean, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Yokohama, May 2012.
  16. Doi, T. (JAMSTEC), Seasonal forecast by SINTEX-F. CMCC-LOCEAN Meeting, Bologna, Italy, Nov. 2012.
  17. Nagura, M. (JAMSTEC), The dynamics of wind-driven intraseasonal variability in the equatorial Indian Ocean. AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, Dec. 2012.
  18. Tozuka, T. (The University of Tokyo), Variability of the Seychelles Dome and its possible connection to the Madden-Julian Oscillation, AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, Dec. 2012.
  19. Yamagata, T. (JAMSTEC), Impact of the Indian Ocean Dipole on climate variations in the southern part of the Eurasian Continent. AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, Dec. 2012.
  20. Doi, T. (JAMSTEC), Attribution and impacts of warm SST biases over the eastern coastal Pacific and Atlantic in the coupled model SINTEX-F, AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, Dec. 2012.

② 口頭発表 (国内会議 19 件、国際会議 128 件)

1. 森岡優志(東京大学)、南インド洋の亜熱帯ダイポールモード現象がアフリカ南部の降水量に及ぼす影響、2009 年度日本海洋学会春季大会、東京大学、2009 年 4 月。
2. 東塚知己(東京大学)、気候変動予測とアフリカ南部における応用、2009 年度日本海洋学会秋季大会シンポジウム「陸域と海洋の相互作用-海から陸・陸から海へ」、京都大学、2009 年 9 月。
3. Behera, S. K. (APL/RIGC/JAMSTEC), Roles of oceans in Indo-Pacific climate variations, 2009 年度日本海洋学会秋季大会シンポジウム「陸域と海洋の相互作用-海から陸・陸から海へ」、京都大学、2009 年 9 月。
4. Luo, J.-J. (JAMSTEC), Seasonal-to-interannual Climate Prediction Using the SINTEX-F CGCM: ENSO and IOD predictions, 2009 年度日本海洋学会秋季大会シンポジウム「陸域と海洋の相互作用-海から陸・陸から海へ」、京都大学、2009 年 9 月。
5. 森岡優志(東京大学)、南インド洋亜熱帯ダイポールモードに伴う混合層水温偏差の形成機構、京都大学、2009 年 9 月。
6. Behera, S. K. (JAMSTEC), Climate variations related to Indo-Pacific Oceans, University of Tokyo-KAIST Joint Symposium, Kashiwa, Oct. 2009.
7. 森岡優志(東京大学)、Climate variability in the southern Indian Ocean as revealed by self-organizing maps, GCOE コロキウム, 箱根, Nov. 2009.
8. Yamagata, T. (JAMSTEC), Thoughts on climate problems and introduction of a new Japan-Republic of South Africa bilateral project, Symposium on Climate Variations in Southern Africa and Roles of Subtropical Oceans, Tokyo, Dec. 2009.
9. Takahashi, K. (JAMSTEC), Ultra-high resolution climate model development for societal applications using the Earth Simulator, Symposium on Climate Variations in Southern Africa and Roles of Subtropical Oceans, Tokyo, Dec. 2009.
10. Sakuma, H. (JAMSTEC), On the aims of our climate application researches and the present status of domestic and international collaborations, Symposium on Climate Variations in Southern Africa and Roles of Subtropical Oceans, Tokyo, Dec. 2009.
11. Behera, B. (JAMSTEC), The Indian Ocean influence on the climate variations of southern Africa, Symposium on Climate Variations in Southern Africa and Roles of Subtropical Oceans,

- Tokyo, Dec. 2009.
12. Luo, J.-J. (JAMSTEC), Seasonal-to-interannual climate prediction using SINTEX-F numerical model: ENSO, IOD and their impacts, Symposium on Climate Variations in Southern Africa and Roles of Subtropical Oceans, Tokyo, Dec. 2009.
  13. Tozuka, T. (University of Tokyo), Climate simulations in the University of Tokyo Coupled Model, Symposium on Climate Variations in Southern Africa and Roles of Subtropical Oceans, Tokyo, Dec. 2009.
  14. Richter, I. (JAMSTEC), On the link between warm events in equatorial and southeast Atlantic warm events as inferred from model simulations and observations, Workshop on Climate Variations in Indo-Atlantic Oceans, Yokohama, Dec. 2009.
  15. Ratnam, J. V. (JAMSTEC), Response of Indian monsoon to sea surface temperature anomalies over different regions of Pacific, Workshop on Climate Variations in Indo-Atlantic Oceans, Yokohama, Dec. 2009.
  16. Kida, S. (JAMSTEC), Ocean, atmosphere and land interactions around Maritime Continent, Workshop on Climate Variations in Indo-Atlantic Oceans, Yokohama, Dec. 2009.
  17. Morioka, Y. (University of Tokyo), Climate variability in the southern Indian Ocean as revealed by self-organizing maps, Workshop on Climate Variations in Indo-Atlantic Oceans, Yokohama, Dec. 2009.
  18. Onishi, R. (JAMSTEC), Spectral-bin cloud microphysics scheme in MSSG and its applications, 2nd OFES international workshop and ESC-IPRC joint workshop on Computationally-intensive modeling of the climate system, Honolulu, USA, Dec. 2009.
  19. Morioka, Y. (University of Tokyo), Climate variability in the southern Indian Ocean as revealed by self-organizing maps, 2009 AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, Dec. 2009.
  20. 東塚知己 (東京大学)、大気海洋結合モデルによる大西洋赤道域の海面水温の再現性、2010年度日本海洋学会春季大会、東京海洋大学、2010年3月。
  21. 森岡優志 (東京大学)、南大西洋亜熱帯ダイポールモードの形成機構、2010年度日本海洋学会春季大会、東京海洋大学、2010年3月。
  22. Tozuka, T. (University of Tokyo), Impact of Indo-Pacific Climate Variations on Different Scale Processes, 日本地球惑星科学連合 2010年大会、幕張、2010年5月。
  23. Behera, S. K. (JAMSTEC), Indian Ocean Subtropical Dipole Mode and Its Influence on the Southern African Region, 日本地球惑星科学連合 2010年大会、幕張、2010年5月。
  24. Masumoto, Y. (JAMSTEC), Simulated oceanic evolutions associated with the 2006 Indian Ocean Dipole event, 2010 Western Pacific Geophysics Meeting, Taipei, Jun. 2010.
  25. Luo, J.-J. (JAMSTEC), Influence of Indian Ocean Dipole on ENSO, AGU 2010 Meeting of The Americas, Iguassu Falls, Brazil, Aug. 2010.
  26. Yamagata, T. (JAMSTEC), Climate Prediction and its Rich Application, South Africa-Japan SATREPS Kick-Off Symposium, Pretoria, Republic of South Africa, Aug. 2010.
  27. Behera, S. (JAMSTEC), Challenges in Climate Predictions of Southern Africa, South Africa-Japan SATREPS Kick-Off Symposium, Pretoria, Republic of South Africa, Aug. 2010.
  28. Tozuka, T. (University of Tokyo), Indian Ocean Subtropical Dipole Mode and its influence of the Southern African Region in coupled models, South Africa-Japan SATREPS Kick-Off Symposium, Pretoria, Republic of South Africa, Aug. 2010.
  29. Luo, J.-J. (JAMSTEC), Climate predictions using SINTEX-F CGCM: ENSO, IOD and South Africa, South Africa-Japan SATREPS Kick-Off Symposium, Pretoria, Republic of South Africa, Aug. 2010.
  30. Masumoto, Y. (JAMSTEC), Seamless simulation of climate variations and its application to South African region, South Africa-Japan SATREPS Kick-Off Symposium, Pretoria, Republic of South Africa, Aug. 2010.
  31. Sakuma, H. (JAMSTEC), New activity in APL: Large-scale crop model development and its

- potential application to SATREPS South Africa project, South Africa–Japan SATREPS Kick-Off Symposium, Pretoria, Republic of South Africa, Aug. 2010.
32. Masumoto, Y. (JAMSTEC), The Indian Ocean climate variability, SATREPS Workshop on Seasonal and Inter-Annual Climate Variability, Cape Town, Republic of South Africa, Aug. 2010.
  33. Behera, S. (JAMSTEC), Major drivers for South African climate variations, SATREPS Workshop on Seasonal and Inter-Annual Climate Variability, Cape Town, Republic of South Africa, Aug. 2010.
  34. Richter, I. (JAMSTEC), Local and remote triggers of Benguela Nino, SATREPS Workshop on Seasonal and Inter-Annual Climate Variability, Cape Town, Republic of South Africa, Aug. 2010.
  35. Izumo, T. (The University of Tokyo), Influence of the Indian Ocean Dipole on following year's El Nino and its impacts, SATREPS Workshop on Seasonal and Inter-Annual Climate Variability, Cape Town, Republic of South Africa, Aug. 2010.
  36. Kida, S. (JAMSTEC), Seasonal and inter-annual sea surface temperature variability over the Indonesian Seas, SATREPS Workshop on Seasonal and Inter-Annual Climate Variability, Cape Town, Republic of South Africa, Aug. 2010.
  37. Varlamov, S. M. (JAMSTEC), Web-based climate prediction data delivery and analysis tools for the end-users and researchers, SATREPS Workshop on Seasonal and Inter-Annual Climate Variability, Cape Town, Republic of South Africa, Aug. 2010.
  38. Takahashi, K. (JAMSTEC), Seamless simulation of climate variations and its application to South African region, SATREPS Workshop on Seasonal and Inter-Annual Climate Variability, Cape Town, Republic of South Africa, Aug. 2010.
  39. Luo, J.-J. (JAMSTEC), Interaction between El Niño and extreme Indian Ocean Dipole, SATREPS Workshop on Seasonal and Inter-Annual Climate Variability, Cape Town, Republic of South Africa, Aug. 25, 2010.
  40. Tozuka, T. (The University of Tokyo), Indian Ocean Subtropical Dipole Mode and its influence on the Southern African Region in UTM, SATREPS Workshop on Seasonal and Inter-Annual Climate Variability, Cape Town, Republic of South Africa, Aug. 2010.
  41. Ratnam, J. V. (JAMSTEC), Influence of Subtropical Indian Ocean Dipole on the regional climate of South Africa, SATREPS Workshop on Seasonal and Inter-Annual Climate Variability, Cape Town, Republic of South Africa, Aug. 2010.
  42. Onishi, R. (JAMSTEC), High-resolution cloud simulation using the MSSG, SATREPS Workshop on Seasonal and Inter-Annual Climate Variability, Cape Town, Republic of South Africa, Aug. 2010.
  43. Ikeda, M. (JAMSTEC), Let's learn together how we develop our capacity toward sustainable world, SATREPS Workshop on Seasonal and Inter-Annual Climate Variability, Cape Town, Republic of South Africa, Aug. 2010.
  44. 片岡崇人(東京大学)、CMIP3 モデルで再現された南インド洋亜熱帯ダイポールモード現象、2010 年度日本海洋学会秋季大会、網走、2010 年 9 月。
  45. 森岡優志(東京大学)、南大西洋亜熱帯ダイポールモードの減衰機構、2010 年度日本海洋学会秋季大会、網走、2010 年 9 月。
  46. 佐々木亘(JAMSTEC)、パラメタライズされた鉛直微細構造の熱帯太平洋への影響、2010 年度日本海洋学会秋季大会、網走、2010 年 9 月。
  47. Morioka, Y. (The University of Tokyo), The generation of the subtropical dipole mode in the South Atlantic, 2010 SASAS conference, Bloemfontein, South Africa, Sep. 2010.
  48. Sasaki, W. (JAMSTEC), Impact of parameterized interleaving process on the Pacific equatorial undercurrent and amplitude of tropical interannual variability in a CGCM, 2010 SASAS conference, Bloemfontein, South Africa, Sep. 2010.

49. Ratnam, J. V. (JAMSTEC), Influence of the Subtropical Indian Ocean Dipole on the regional climate of South Africa, 2010 SASAS conference, Bloemfontein, South Africa, Sep. 2010.
50. Richter, I. (JAMSTEC), On the triggering of Benguela Niños - equatorial vs. local forcing, 17th Conference on Air Sea Interaction, Annapolis, Maryland, USA, Sep. 2010.
51. Nonaka, M. (JAMSTEC), Internal variability of the Kuroshio Extension Current in OFES North Pacific regional model: a preliminary result, 3rd OFES Workshop, JAMSTEC, Yokohama, Nov. 2010.
52. Tozuka, T. (The University of Tokyo), Indian Ocean Subtropical Dipole Mode and its influence on the Agulhas Current, 3rd OFES Workshop, JAMSTEC, Yokohama, Nov. 2010.
53. Masumoto, Y. (JAMSTEC), Simulated oceanic evolutions associated with the 2006 Indian Ocean Dipole event, 3rd OFES Workshop, JAMSTEC, Yokohama, Nov. 2010.
54. Kida, S. (JAMSTEC), The impact of the Indonesian Throughflow and tidal mixing on the SST over the Indonesian Seas, 3rd OFES Workshop, JAMSTEC, Yokohama, Nov. 2010.
55. Aiki, H. (JAMSTEC), The combined pressure and potential energy flux in the global ocean, 3rd OFES Workshop, JAMSTEC, Yokohama, Nov. 2010.
56. Morioka, Y. (The University of Tokyo), The generation of the Subtropical Dipole Mode in the South Atlantic, Mini-Workshop on Seasonal to Interannual Climate Variations, Tokyo, Nov. 2010.
57. Kataoka, T. (The University of Tokyo), Indian Ocean Subtropical Dipole Mode simulated in the CMIP3 models, Mini-Workshop on Seasonal to Interannual Climate Variations, Tokyo, Nov. 2010.
58. Oettli, P. (The University of Tokyo), Vaal-Orange Region: Relationships between monthly rainfall, sea-surface temperatures and atmospheric circulation for the period 1970-1999, Mini-Workshop on Seasonal to Interannual Climate Variations, Tokyo, Nov. 2010.
59. Izumo, T. (The University of Tokyo), Influence of the Indian Ocean Dipole on following year's El Niño: Mechanisms, interactions and interdecadal stability, Mini-Workshop on Seasonal to Interannual Climate Variations, Tokyo, Nov. 2010.
60. Tozuka, T. (The University of Tokyo), Role of the South China Sea Throughflow in the global climate system, Mini-Workshop on Seasonal to Interannual Climate Variations, Tokyo, Nov. 2010.
61. Behera, S. (JAMSTEC), ENSO, ENSO Modoki, IOD and SIOD impacts on SA rainfall, SATREPS Workshop on Climate Variations and Predictions for Southern Africa, Tokyo, Dec. 2010.
62. Tozuka, T. (The University of Tokyo), Tropical and extratropical influences on SA climate, SATREPS Workshop on Climate Variations and Predictions for Southern Africa, Tokyo, Dec. 2010.
63. Izumo, T. (The University of Tokyo), Tropical and extratropical influences on SA climate, SATREPS Workshop on Climate Variations and Predictions for Southern Africa, Tokyo, Dec. 2010.
64. Morioka, Y. (The University of Tokyo), SIOD and SAOD variations and impacts on SA, SATREPS Workshop on Climate Variations and Predictions for Southern Africa, Tokyo, Dec. 2010.
65. Richter, I. (JAMSTEC), Benguela Nino and its impacts, SATREPS Workshop on Climate Variations and Predictions for Southern Africa, Tokyo, Dec. 2010.
66. Kataoka, T. (The University of Tokyo), SIOD and SAOD in CMIP3 results, SATREPS Workshop on Climate Variations and Predictions for Southern Africa, Tokyo, Dec. 2010.
67. Nagura, M. (JAMSTEC), Impact of IT on SAOD and SA rainfall, SATREPS Workshop on Climate Variations and Predictions for Southern Africa, Tokyo, Dec. 2010.
68. Kida, S. (JAMSTEC), IT variations in high resolution ocean models, SATREPS Workshop on

- Climate Variations and Predictions for Southern Africa, Tokyo, Dec. 2010.
69. Aiki, H. (JAMSTEC), IT variations in high resolution ocean models, SATREPS Workshop on Climate Variations and Predictions for Southern Africa, Tokyo, Dec. 2010.
  70. Luo, J.-J. (JAMSTEC), SINTEX-F1 predictions of SIOD and SAOD, SATREPS Workshop on Climate Variations and Predictions for Southern Africa, Tokyo, Dec. 2010.
  71. Sasaki, W. (JAMSTEC), Present status of SINTEX-F2 developments and some results, SATREPS Workshop on Climate Variations and Predictions for Southern Africa, Tokyo, Dec. 2010.
  72. Ratnam, J. (JAMSTEC), Downscaling experiments and plans, SATREPS Workshop on Climate Variations and Predictions for Southern Africa, Tokyo, Dec. 2010.
  73. Ratna, S. (JAMSTEC), Plans for downscaling of SINTEX-F1 predictions, SATREPS Workshop on Climate Variations and Predictions for Southern Africa, Tokyo, Dec. 2010.
  74. Tozuka, T. (The University of Tokyo), UTCM model development status and plans for predictions, SATREPS Workshop on Climate Variations and Predictions for Southern Africa, Tokyo, Dec. 2010.
  75. Morioka, Y. (The University of Tokyo), SIOD and SAOD in UTCM, SATREPS Workshop on Climate Variations and Predictions for Southern Africa, Tokyo, Dec. 2010.
  76. Oettli, P. (The University of Tokyo), Plans for developing crop models for SA, SATREPS Workshop on Climate Variations and Predictions for Southern Africa, Tokyo, Dec. 2010.
  77. Sakuma, H. (The University of Tokyo), Plans for developing early warning system for SA, SATREPS Workshop on Climate Variations and Predictions for Southern Africa, Tokyo, Dec. 2010.
  78. Yamagata, T. (JAMSTEC), Ocean-related climate variability and extreme weather events, International Symposium "Roles of the Indo-Pacific Oceans in Climate Change and Variability in Commemoration of the 50th Anniversary of IOC/UNESCO", United Nations University, Dec. 2010.
  79. Masumoto, Y. (JAMSTEC), Climate variability in the tropical Pacific Ocean, International Symposium "Roles of the Indo-Pacific Oceans in Climate Change and Variability in Commemoration of the 50th Anniversary of IOC/UNESCO", United Nations University, Dec. 2010.
  80. Behera, S. (JAMSTEC), The Indian Ocean research: Past, present and future, International Symposium "Roles of the Indo-Pacific Oceans in Climate Change and Variability in Commemoration of the 50th Anniversary of IOC/UNESCO", United Nations University, Dec. 2010.
  81. Tozuka, T. (The University of Tokyo), Subtropical Dipole Mode and its influence on the Southern African Region, International Symposium "Roles of the Indo-Pacific Oceans in Climate Change and Variability in Commemoration of the 50th Anniversary of IOC/UNESCO", United Nations University, Dec. 2010.
  82. Takahashi, K. (JAMSTEC), Toward forecasting regional weather/climate with ultra high resolution downscaling, International Symposium "Roles of the Indo-Pacific Oceans in Climate Change and Variability in Commemoration of the 50th Anniversary of IOC/UNESCO", United Nations University, Dec. 2010.
  83. Luo, J.-J. (JAMSTEC), Successful predictions of the Indian Ocean climate, International Symposium "Roles of the Indo-Pacific Oceans in Climate Change and Variability in Commemoration of the 50th Anniversary of IOC/UNESCO", United Nations University, Dec. 2010.
  84. Yamagata, T. (JAMSTEC/The University of Tokyo), Climate and society, SATREPS Symposium on climate prediction and information for the society, The University of Aizu, Dec. 2010.

85. Luo, J.-J. (JAMSTEC), Predictions of the ENSO/IOD and beyond using SINTEX-F1, SATREPS Symposium on climate prediction and information for the society, The University of Aizu, Dec. 2010.
86. Takahashi, K., and Y. Baba (JAMSTEC), Dynamical downscaling of weather phenomena over South Africa, SATREPS Symposium on climate prediction and information for the society, The University of Aizu, Dec. 2010.
87. Ratnam, J. (JAMSTEC), Inter-comparison of regional models for the simulation of precipitation over South Africa during austral summer, SATREPS Symposium on climate prediction and information for the society, The University of Aizu, Dec. 2010.
88. Ratna, S. (JAMSTEC), Downscaling of a weather event over South Africa using WRF model, SATREPS Symposium on climate prediction and information for the society, The University of Aizu, Dec. 2010.
89. Sasaki, W. (JAMSTEC), Role of small vertical-scale mixing in tropical Pacific, SATREPS Symposium on climate prediction and information for the society, The University of Aizu, Dec. 2010.
90. Masumoto, Y. (JAMSTEC), IndoOS: Present status and some science highlights, SATREPS Symposium on climate prediction and information for the society, The University of Aizu, Dec. 2010.
91. Yokoi, T. (The University of Tokyo), Seasonal and interannual variations of the SST above the Seychelles Dome, SATREPS Symposium on climate prediction and information for the society, The University of Aizu, Dec. 2010.
92. Behera, S. (JAMSTEC), Tropical and subtropical climate impacts on South African rainfall variations, SATREPS Symposium on climate prediction and information for the society, The University of Aizu, Dec. 2010.
93. Tozuka, T. (The University of Tokyo), Toward Realistic Simulation of the Equatorial Atlantic Zonal SST Gradient in a CGCM, SATREPS Symposium on climate prediction and information for the society, The University of Aizu, Dec. 2010.
94. Izumo, T. (The University of Tokyo), IOD role in El Nino Triggering: Mechanisms, Interactions and Impacts on African rainfall, SATREPS Symposium on climate prediction and information for the society, The University of Aizu, Dec. 2010.
95. Nagura, M. (JAMSTEC), Role of Indonesian Throughflow in Subtropical Indian Ocean Variations, SATREPS Symposium on climate prediction and information for the society, The University of Aizu, Dec. 2010.
96. Morioka, Y. (The University of Tokyo), SISD and SASD Variations in SINTEX-F1 Model Simulations, SATREPS Symposium on climate prediction and information for the society, The University of Aizu, Dec. 2010.
97. Sakuma, H. (JAMSTEC), Climate Information for the Crop Modeling in South Africa, SATREPS Symposium on climate prediction and information for the society, The University of Aizu, Dec. 2010.
98. Oettli, P. (The University of Tokyo), Role of Climate Simulation in Crop Modeling of West Africa, SATREPS Symposium on climate prediction and information for the society, The University of Aizu, Dec. 2010.
99. Varlamov, S. (JAMSTEC), Development of Climate Informatics for the Societal Applications, SATREPS Symposium on climate prediction and information for the society, The University of Aizu, Dec. 2010.
100. Richter, I. (JAMSTEC), On the role of along-shore wind anomalies in the development of Benguela Niños, AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, Dec. 2010
101. Izumo T. (The University of Tokyo), Influence of the Indian Ocean Dipole on following El Niño: mechanisms, interactions and interdecadal stability, 2011Yonsei CTL - AORI - Hanyang EMS

- KORDI Joint winter workshop on Climate Change and Variability, Gangwondo, Korea, Feb. 2011.
102. Morioka, Y. (The University of Tokyo): Generation mechanism of the subtropical dipole modes simulated in a coupled general circulation model, Mini-workshop on Simulation and Prediction of Climate Modes Influencing the Southern African Region, The University of Tokyo, Mar. 2011.
103. Tozuka, T. (The University of Tokyo): Key factors in simulating the equatorial Atlantic zonal SST gradient in UTCM, Mini-workshop on Simulation and Prediction of Climate Modes Influencing the Southern African Region, The University of Tokyo, Mar. 2011.
104. Oettli, P. (The University of Tokyo): Spatio-temporal structures of monthly OLR over the tropical region as revealed by a self-organizing map, Mini-workshop on Simulation and Prediction of Climate Modes Influencing the Southern African Region, The University of Tokyo, Mar. 2011.
105. 森岡優志(東京大学)、大気海洋結合モデルで再現された亜熱帯ダイポールモードの形成機構、日本海洋学会春季大会、千葉、2011年3月。
106. Richter, I. (JAMSTEC), Relationship of SST biases to winds and terrestrial precipitation, Workshop on Coupled Ocean-Atmosphere-Land Processes in the Tropical Atlantic, Miami, USA, Mar. 2011.
107. Ratna, S. B. (JAMSTEC), Extreme weather events associated with tropical-extra tropical interaction over southern Africa and its temporal evolution, International Symposium on Climate Variations: From Basic Research to Rich Applications, The University of Tokyo, Apr. 2012.
108. Nagura, M. (JAMSTEC), The dynamics of wind-driven intraseasonal variability in the equatorial Indian Ocean, International Symposium on Climate Variations: From Basic Research to Rich Applications, The University of Tokyo, Apr. 2012.
109. Tozuka, T. (The University of Tokyo), Interannual variations of the sea surface temperature above the Seychelles Dome, International Symposium on Climate Variations: From Basic Research to Rich Applications, Tokyo, Apr. 2012.
110. Yamagata, T. (JAMSTEC), Impacts of the Indian Ocean Dipole on climate variations of the southern part of Eurasian Continent. International Symposium on Climate Variations: From Basic Research to Rich Applications, The University of Tokyo, Apr. 2012.
111. 山形俊男(JAMSTEC)、大気の流れと海の流れが織り成す気候変動(日本機械学会 流体工学部門講習会「自然現象の流れ:風・粒子拡散・海流」日本機械学会 信濃町煉瓦館, 2012年4月24日)
112. Ratna, S. B. (JAMSTEC), Seasonal simulation of heavy rainfall events over southern Africa using a high-resolution regional model: sensitivity to cumulus parameterization schemes, The 10th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography (10ICSHMO). The Tjibaou Cultural Center, Nouméa, New Caledonia, Apr. 2012.
113. Oettli Pascal (The University of Tokyo), Spatial patterns of intraseasonal OLR anomalies, as revealed by a self-organizing map. Influence on southern Africa rainfall. The 10th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography (10ICSHMO). The Tjibaou Cultural Center, Nouméa, New Caledonia, Apr. 2012.
114. Yamagata, T. (JAMSTEC), Using cutting edge science to understand climate variation and its impact on society, 13th Meeting ICSU Regional Committee Meeting, Kuala Lumpur, Apr. 2012.
115. Richter, I. (JAMSTEC), Two types of Atlantic Niños: ENSO-like vs. off-equatorially forced events, EGU General Assembly, Vienna, Austria, Apr. 2012.
116. Richter, I. (JAMSTEC), A new perspective on the weak relationship between ENSO and Atlantic Niños, Japan Geoscience Union Meeting 2012, Makuhari, May 2012.

117. Morioka, Y. (JAMSTEC), On triggering mechanisms of the Indian Ocean subtropical dipole, Japan Geoscience Union Meeting 2012, Makuhari, May 24 2012.
118. Ratna, S. B. (JAMSTEC), Influence of La Nina on extreme rainfall over southern Africa associated with tropical temperate troughs, Japan Geoscience Union Meeting 2012, Makuhari, May 2012.
119. Nagura, M. (JAMSTEC), The dynamics of wind-driven intraseasonal variability in the equatorial Indian Ocean, Japan Geoscience Union Meeting 2012, Makuhari, May 2012.
120. Tozuka, T. (The University of Tokyo), Interannual variations of the sea surface temperature above the Seychelles Dome, Japan Geoscience Union Meeting 2012, Makuhari, May 2012.
121. Kataoka, T. (The University of Tokyo), On a mechanism of the Indian Ocean subtropical dipole mode simulated in the CMIP3 models, Japan Geoscience Union Meeting 2012, Makuhari, May 2012.
122. Oettli Pascal (The University of Tokyo), Spatial patterns of intraseasonal OLR anomalies, as revealed by a self-organizing map. Japan Geoscience Union Meeting 2012, Makuhari, May 2012.
123. Yamagata, T. (JAMSTEC), Impacts of the Indian Ocean Dipole on climate variations of the southern part of Eurasian Continent, Japan Geoscience Union Meeting 2012, Makuhari, May 2012.
124. Yamagata, T. (JAMSTEC), Predictability of the Subtropical Dipole Modes in the Atlantic and Indian Oceans. Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Pretoria, Republic of South Africa, Jul. 2012.
125. 山形俊男 (JAMSTEC)、大気海洋の流れの予測に向けた研究の歴史と社会展開、海洋政策研究財団第1回セミナー、日本財団、2012年7月。
126. 山形俊男 (JAMSTEC)、地球気候変動の今ーアプリケーションラボの挑戦ー (地球環境未来都市研究会設立記念シンポジウムー地球環境未来都市をデザインするー、横浜開港記念会館講堂、2012年7月。
127. 山形俊男 (JAMSTEC)、宇宙分野と海洋分野の連携、第11回国家経営勉強会、(株)PHP研究所、2012年8月。
128. Yamagata, T. (JAMSTEC), Predictability of interannual variability. Symposium on Five Controversies in Climate Science, Princeton University, USA, Sep. 2012.
129. Richter, I. (JAMSTEC), Interannual variability in the equatorial Atlantic: CMIP5 simulations vs. observations, Tropical Atlantic Variability Meeting / PIRATA-17 Meeting, Kiel, Germany, Sep. 2012.
130. 森岡優志 (JAMSTEC), 南太平洋の亜熱帯ダイポールの形成機構, 日本海洋学会秋季大会, 静岡, 2012年9月。
131. 名倉元樹 (JAMSTEC) 34の大気海洋結合モデルにおけるセーシェルドームの東西位置, 2012年度日本海洋学会秋季大会, 東海大学(静岡県静岡市), 2012年9月14日-16日。
132. Morioka, Y. (JAMSTEC), How is the Indian Ocean subtropical dipole excited?, 2012 SASAS Conference, Cape Town, Republic of South Africa, Sep. 2012.
133. Ratna, S. B. (JAMSTEC), Downscaling extreme summer season rainfall over South Africa using the high resolution WRF model, 2012 SASAS Conference, Cape Town, Republic of South Africa, Sep. 2012.
134. 山形俊男 (JAMSTEC)、気候変動と農業、日本学術会議第4回農業環境工学分科会、2012年10月
135. Ratna, S. B. (JAMSTEC), Simulation of extreme seasonal climate over South Africa using the high resolution Weather Research and Forecasting (WRF) model, AGU Chapman Conference on "The Agulhas System and its Role in Changing Ocean Circulation, Climate, and Marine Ecosystems", Stellenbosch, Republic of South Africa, Oct 2012.
136. Morioka, Y. (JAMSTEC), How to generate the Indian Ocean subtropical dipole in a coupled

- GCM, AGU Chapman Conference on "The Agulhas System and its Role in Changing Ocean Circulation, Climate, and Marine Ecosystems", Stellenbosch, Republic of South Africa, Oct 2012.
137. Nonaka M. (JAMSTEC), Upper ocean heat content, SST, and surface heat flux in midlatitude oceanic frontal zones, AGU Chapman Conference on "The Agulhas System and its Role in Changing Ocean Circulation, Climate, and Marine Ecosystems", Stellenbosch, Republic of South Africa, Oct 2012.
  138. Nagura, M. (JAMSTEC), Dynamics of the Seychelles Dome simulated by 34 ocean-atmosphere coupled general circulation models, AGU Chapman Conference on "The Agulhas System and its Role in Changing Ocean Circulation, Climate, and Marine Ecosystems", Stellenbosch, Republic of South Africa, Oct. 2012.
  139. Kataoka, T. (The University of Tokyo), Skills of CMIP3 models in simulating Indian Ocean Subtropical Dipole and its influence on the Southern African Region, SATREPS Semifinal Symposium, Pretoria, Republic of South Africa, Oct. 2012.
  140. Morioka, Y. (JAMSTEC), How is the Indian Ocean subtropical dipole excited? SATREPS Semifinal Symposium, Pretoria, Republic of South Africa, Oct. 2012.
  141. Nagura, M. (JAMSTEC), Longitudinal Biases in the Seychelles Dome simulated by 35 ocean-atmosphere coupled general circulation models, SATREPS Semifinal Symposium, Pretoria, Republic of South Africa, Oct. 2012.
  142. Yuan, C. (JAMSTEC), Seasonal prediction of South African summer precipitation, SATREPS Semifinal Symposium, Pretoria, Republic of South Africa, Oct. 2012.
  143. Richter, I. (JAMSTEC), An assessment of tropical Atlantic climate and interannual variability in CMIP5, SATREPS Semifinal Symposium, Pretoria, Republic of South Africa, Oct. 2012.
  144. Ratna, S. B. (JAMSTEC), An index for tropical temperate troughs over southern Africa. SATREPS Semifinal Symposium, Pretoria, Republic of South Africa, Oct. 2012.
  145. Oettli, P. (The University of Tokyo), The Self organizing map, a new approach to apprehend the effect of the Madden-Julian Oscillation on the intraseasonal variability of rainfall in the Southern-African Region, SATREPS Semifinal Symposium, Pretoria, Republic of South Africa, Oct. 2012.
  146. Nagura, M. (JAMSTEC), Longitudinal biases in the Seychelles Dome simulated by 34 ocean-atmosphere coupled general circulation models, AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, Dec. 2012.
  147. Richter, I. (JAMSTEC), "Equatorial Atlantic variability and its relation to mean state biases in CMIP5", AGU Fall Meeting, San Francisco, California, USA, Dec. 2012.

③ ポスター発表 (国内会議 4 件、国際会議 6 件)

1. 森岡優志 (東京大学)、Climate Variability in the Southern Indian Ocean as revealed by self-organizing maps, GCOE キックオフ会議、東京工業大学、2009 年 11 月 14 日.
2. Morioka, Y. (The University of Tokyo), Climate variability in the southern Indian Ocean as revealed by self-organizing maps, 2010 Ocean Sciences Meeting, Portland, USA, Feb. 2010.
3. 佐々木亘 (JAMSTEC), 熱帯の水温躍層における流速の鉛直微細構造が果たす役割, 日本海洋学会春季大会, 千葉, 2011 年 3 月.
4. 名倉元樹 (JAMSTEC), ENSO サイクルの停滞に関する研究 ~1998 年から 2002 年までの事例解析~, 日本地球惑星科学連合 2012 年度連合大会, 千葉幕張, 2012 年 5 月.
5. 佐々木亘 (JAMSTEC) エルニーニョとブラジル北東部の降水の関係に対する熱帯大西洋の役割, 2012 年度日本海洋学会秋季大会, 静岡, 2012 年 9 月.
6. Yuan, C. (JAMSTEC), Predictability of the Subtropical Dipole Modes in a coupled ocean-atmosphere model, AGU Chapman Conference on "The Agulhas System and its Role in Changing Ocean Circulation, Climate, and Marine Ecosystems", Stellenbosch, Republic of

- South Africa, Oct. 2012.
7. Kataoka, T. (The University of Tokyo), A mechanism of the Indian Ocean subtropical dipole mode simulated in the CMIP3 models, AGU Chapman Conference on "The Agulhas System and its Role in Changing Ocean Circulation, Climate, and Marine Ecosystems", Stellenbosch, Republic of South Africa, Oct. 2012.
  8. Tozuka, T. (The University of Tokyo), Interannual variations of the Seychelles Dome and its possible influence on the upstream of the Agulhas Current, AGU Chapman Conference on "The Agulhas System and its Role in Changing Ocean Circulation, Climate, and Marine Ecosystems", Stellenbosch, Republic of South Africa, Oct. 2012.
  9. Sasaki, W. (JAMSTEC), Role of tropical Atlantic SST on the relationship between ENSO and precipitation over the Atlantic ITCZ, AGU Fall Meeting, San Francisco, Dec 2012.
  10. Tozuka, T. (The University of Tokyo), Toward realistic simulation of the southern African rainfall in an AGCM, AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, Dec. 2012.

## (5)知財出願

①国内出願 (0 件)  
特になし

②海外出願 (0 件)  
特になし

③その他の知的財産権  
特になし

## (6)受賞・報道等

## ① 受賞

- 羅京佳:平成 23 年度科学技術分野 文部科学大臣表彰若手科学者賞(2011 年 4 月 20 日)
- Babatunde J. Abiodun: WCRP Open Science Conference 最優秀発表賞(2011 年 10 月 28 日)

## ② マスコミ(新聞・TV等)報道(プレス発表をした場合にはその概要もお書き下さい。)

- 2009 年 11 月 10 日に 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-(2009 年 12 月 3 日開催)に関するプレス・リリースを行った。(詳細は、ホームページを参照:  
[http://www.jamstec.go.jp/j/about/press\\_release/20091110/](http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20091110/)。)
- 読売新聞夕刊「ニホンを元気にする研究:異常気象予測で減災」(2010 年 7 月 1 日)
- NHK ワールドワイド(2011 年 12 月 6 日 PM8:00)
- BS1 ワールドウェブトゥナイト(2011 年 12 月 6 日 PM10:00)
- JCN Network に「U. of Tokyo Professor Uses a New Supercomputer Model to Accurately Predict 2012 Seasonal Climate Patterns」というタイトルで本課題が紹介された。  
<http://www.jpancorp.net/press-release/24809/u.-of-tokyo-professor-uses-a-new-supercomputer-model-to-accurately-predict-2012-seasonal-climate-patterns> (2012 年 1 月 31 日)

## ③ その他

- 南ア側研究参画機関のプレトリア大学のホームページで紹介  
(<http://web.up.ac.za/default.asp?ipkCategoryID=3523&ArticleID=5450>)
- JST Science News 「今年の猛暑をスーパーコンピュータで予測」
- 南ア側研究参画機関の南ア環境観測ネットワークのニューズレターで紹介  
(<http://www.saeon.ac.za/enewsletter/archives/2011/february2011/doc09>)
- JST 事業成果ホームページで本課題が紹介される

「南アフリカの異常気象の解明・予測に成功」  
(<http://www.jst.go.jp/seika/seika9.html>)

- 南ア Applied Center for Climate and Earth Systems Science (ACCESS) が本課題を紹介するビデオを作成
- 文部科学省平成 22 年度版科学技術白書 (Pg.16) で本課題が紹介される。
- 『文部科学広報』【平成 24 年 7 月号】にて、特集「世界と一体化した国際活動の戦略的展開」に SATREPS 関連の記事に本課題が紹介される  
(<http://www.koho2.mext.go.jp/152/>)

#### (7) 成果展開事例

##### ① 実用化に向けての展開

本課題の予測システム改善の成果としての社会的活用の 1 つとして、①リンポポ州のトウモロコシ生産の予測、②リンポポ州やコマチ貯水池を含む南アの主な河川流量の季節予測、③南アにとっても重要なエルニーニョの指数についての予測情報発信の準備が行われている。この予測結果は、SARVA で発表されることになっている。

また、2012 年 10 月に行われた本課題最後の合同調整委員会において、南アの現業官庁である気象局が、実用化のイニシアチブを取ることが確認され、議事録にも記載された。

##### ② 社会実装(研究成果の社会還元)への展開活動

特になし

## § 6. プロジェクト期間中の主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

① “ワークショップ、シンポジウム、小中高での特別授業、地域での講演、研究機関の一般公開での講演、その他チーム内ミーティング（主なもの）を行った場合、月日、名称、場所、参加人数、目的や内容などを記入。”

年月日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの 招聘者数)	概要
2009年 12月3日	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—	東京都・女性と仕事の未来館(日本)	120人 (相手国からの招聘者数は、6人)	アフリカ南部に異常気象や極端現象をもたらす気候変動現象のメカニズムの解明とその予測に向けた研究をされている方々に講演していただくとともに関連のある産業界等の方々との意見交換を行い、本プロジェクトの今後の方向性の検討に役立てる。
2009年 12月4日	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—	神奈川県・(独)海洋研究開発機構 横浜研究所 三好記念講堂(日本)	50人 (相手国からの招聘者数は、6人)	アフリカ南部に異常気象や極端現象をもたらすインド洋と大西洋の気候変動現象に関する研究を行っている研究者に講演を行っていただくことにより、本プロジェクトの今後の方向性の検討に役立てる。
2010年 8月20日	キックオフ・シンポジウム	プレトリア(南ア)	70人	本課題のキックオフ・シンポジウムを南アの科学技術省内で開催した。
2010年 8月25日	国際ワークショップ「季節変動と経年変動」	ケープタウン(南ア)	60人	アフリカ南部の季節変動やアフリカ南部に影響を与える経年変動に関する研究発表を行うと同時に、討論を行うことにより、本プロジェクトの今後の方向性の検討に役立てる。
2010年 12月2日 -12月3日	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」	国連大学(日本)	350人 (相手国からの招聘者数は、6人)	地球規模課題対応国際科学技術協力事業の課題「短期気候変動励起源地域における海陸観測網最適化と高精度降雨予測」と合同で、両課題の研究結果の発表を行った。
2010年12月 16日-18日	国際シンポジウム「気候予測と社会のための気候情報」	会津大学(日本)	50人 (相手国からの招聘者数は、2人)	気候予測と予測情報の伝達に関する研究発表を行うと同時に、討論を行うことにより、本プロジェクトの今後の方向性の検討に役立てる。
2011年 2月20日 -3月10日	SATREPS レクチャーシリーズ	プレトリア大学、西ケープタウン大学、ローズ大学、南ア気象局(南ア)	80人	日本側研究参加者による集中講義が行われた。

2011年4月 5日-6日	季節予報情報の伝達に 関するワークショップ	プレトリア (南ア)	40人	本課題で得られた季節予報情報を いかにして伝達するかについて議 論が行われた。
2011年 8月19日	公開講座『季節気候: 私たちは何を予測でき るのか?』	プレトリア (南ア)	18人	南アの一般市民向けに季節予報に 関する講演を両国の研究者が行っ た。
2011年8月 22日-23日	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』	プレトリア (南ア)	50人	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 究参画者が発表した。
2011年 8月25日	SATREPS ワークショップ	リンポポ(南 ア)	15人	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	日本-南ア海洋力学ワ ークショップ	ケープタウ ン(南ア)	20人	本課題で行われている研究の内、 海洋物理に関する研究成果につい ての発表、議論が行われた。
2011年 10月6日	独立行政法人科学技術 振興機構、世界銀行情 報センター共催の写真 パネル展	東京 (日本)	40人	写真パネル展&コーヒアワーで 日本側研究参画者が講演を行っ た。
2011年 10月14日	独立行政法人科学技術 振興機構、世界銀行情 報センター共催の写真 パネル展	東京 (日本)		中川正春文部科学大臣が視察の 際、本課題の説明を日本側参画者 2名と南ア側1名が 行った。
2011年10月 10日-11日	SATREPS レクチャーシ リーズ ワークショップ	イーストロ ンドン(南ア)	50人	日本側研究者によるレクチャーシ リーズを行った。
2011年10月 13日-14日	SATREPS レクチャーシ リーズ ワークショップ	ケープタウ ン(南ア)	55人	日本側研究者によるレクチャーシ リーズを行った。
2011年10月 17日-20日	SATREPS レクチャーシ リーズ ワークショップ	プレトリア (南ア)	76人	日本側研究者によるレクチャーシ リーズを行った。
2011年10月 20日-21日	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』	東京大学 (日本)	60人	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 究参画者が発表した。南ア側の研 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。
2011年 12月3日	国際シンポジウム『気候 変化モデルのテストと してのアフリカの気候変 動』	ダーバン (南ア)	50人	南アのダーバンで行われた COP17のサイドイベントとして行わ れた。
2012年 2月23日	SATREPS ワークショップ 『気候・天気予報とアフ リカ南部における応用』	(独)海洋研 究開発機構 東京事務所 (日本)	30人	理解者・協力者促進を目的として、 南アから若手研究者7名を招聘し、 ワークショップを開催した。
2012年3月 5日-15日	SATREPS 日本側研究 参画者による集中講義	ケープタウ ン、イース トロンドン、 グラハムズ タ	30人	日本側研究者によるレクチャーシ リーズを行った。

		ウン、プレトリア(南ア)		
2012年4月11日-13日	International Symposium on Climate Variations: From Basic Research to Rich Applications	東京大学(日本)	129人	これまでの気候変動研究を振り返り、気候変動についての我々の理解の現状を把握し、解決すべき問題点や今後の研究の方向性を探るための議論を行った。初日はAPLが推進している「SATREPS-南ア」プロジェクトのシンポジウムとし、南部アフリカ域の気候変動を中心に議論が行われた。
2012年8月22日-9月4日	SATREPS 日本側研究参画者による集中講義	リチャーズベイ(南ア)	50人	日本側研究者によるレクチャーシリーズを行った。
2012年10月17日-18日	SATREPS Semifinal Symposium	プレトリア(南ア)	30人	南アで開催される最終シンポジウムで、本課題で得られた研究成果を発表した。
2013年2月28日	APL-SATREPS シンポジウム「変化する惑星に生きる～シミュレーションで切り拓く未来の地球～」	コクヨホール(日本)	182人	前半部では、本課題で得られた成果の最終報告を各グループのリーダーが行い、後半部では、シミュレーションが切り拓く「未来の地球」について紹介する。
2013年3月1日	ワークショップ	東京大学(日本)	25人	グループリーダー以外の研究参画者が本課題で得られた成果の最終報告を行う。

② 合同調整委員会開催記録  
(開催日、出席者、議題、協議概要等)

年月日	出席者	議題	概要
2010年8月10日	南ア側 11名 日本側 13名	THE FIRST JOINT COORDINATING COMMITTEE	
2011年8月19日	南ア側 09名 日本側 18名	THE SECOND JOINT COORDINATING COMMITTEE	
2012年10月18日	南ア側 11名 日本側 11名	THE THIRD JOINT COORDINATING COMMITTEE	

## § 7. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など

### (1) 共同研究全体

- 研究プロジェクトの促進のために、相手国側研究者や類似の研究を行っている第三国の研究者を招聘し、シンポジウムとワークショップを開催した。
- メールやテレビ会議等でマスタープランに関する議論を行ってから詳細研究計画策定調査に臨んだが、相手国側研究者の多くはマスタープランに目を通しておらず、詳細研究計画策定調査の最後に両国が合意したミニッツに含まれていたマスタープランに対して、帰国後、相手国側研究者から再修正を求められた。このようなことが起こらないようにするためにも詳細研究計画策定調査の前に日本側の中心的研究者が相手国側を訪問し、マスタープランに関する事前の打合せを行っておくことが必要だと感じられた。
- 本課題の推進には、現業官庁(気象局等)との協力が欠かせない。そこで、昨年度の詳細研究計画策定調査の時には会うことのできなかつた現業官庁関係者をキックオフ・シンポジウムに招聘し、本課題について話し合いを行った。
- プロジェクトの成果等をより効率的に伝達するために、本課題のホームページを新たに開設した。また、Friends of SATREPS も積極的に活用するようにした。

### (2) 「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

- 日本側と南ア側の研究グループは、これまで個別にアフリカ南部の気候に大きな影響を及ぼす気候変動現象や海洋変動の研究を別々に行ってきた。本課題を通して、南ア側が行ってきた観測や領域モデリングによるシミュレーションと日本側が主に行ってきた世界最高水準の高解像度大気海洋結合モデルによる大規模シミュレーションを融合することによって、より一層の成果を挙げられることができた。

### (3) 「季節予測とダウンスケーリング」グループ

- 対象地域に対するダウンスケーリングによる季節予測および気象予測は、現地における観測データと予測結果を、研究開発の各段階において、比較、検証、解析し、その結果をモデル開発および観測状況へ迅速にフィードバックすることが研究開発の滞りない進展に必要不可欠である。したがって、現地における観測システムを把握するグループとの密接な情報交換による研究開発の展開が必要であり、その認識を共有することで、現地に適応した予測モデル、および予測システムの構築ができた。
- ダウンスケーリング予測の検証に用いる自動気象観測装置の設置については、設置場所の選定、維持・管理、盗難や野生動物による破壊の防止等について考える必要がある。既に設置済みの観測装置を最大限に活用する配置を考案し、設置時には特別な柵や設置場所の厳選により盗難や破壊のリスクを軽減した。
- 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. Ratnum によって南ア側研究参画機関のプレトリア大学に移植された。南ア側研究者が独自に使用できるように今後もサポートを続けていく予定である。

### (4) 「大気海洋結合モデルの高精度化」グループ

- 詳細研究計画策定調査の際に、相手国側研究者が使用している計算機(スパコン)を視察することができた。これにより、相手国側の計算機能力を把握することができ、大気海洋結合モデルを導入する際の貴重な指針を得ることができた。
- 東京大学で開発された中解像度大気海洋結合モデル(UTCM)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、南ア側研究参画機関の CSIR に移植された。南アを訪問する前に、実際にインストールする計算機の詳細を聞く等、綿密にメールで打合せを行ったため、半日の作業でインストールすることに成功した。南ア側研究者が独自に使用できるように今後もサポートを続けていく予定である。

(5)「早期予報システムの改良」グループ

- 特に研究の応用という側面では、複数の分野の研究者が絡み、更には彼らが属している機関どうしの微妙な関係が存在するために、短時間でコンセンサスを得る事が難しい状況となっている。特に、今回の3年という期間で限られたプロジェクトでは、国家的な視点での防災が絡む様な予測結果を、社会へ発信する事は当初想像していた以上に時間のかかる課題であるという事を再認識している状況である。その様な状況の中にあって、当初大きな困難を感じていたが、予測データの有効利用を目的としたワークショップが一つのきっかけとなり、各機関間の協力が徐々に深まっていった。

(6)「研究者ネットワークの構築」グループ

- 本課題主催のイベントには、日本と南アの多くの研究者が参加した。また、南ア大気科学学会には2010年から毎年研究参画者数名が参加し、講演を行った。このような活動によって研究者ネットワークの構築が推進された。
- 集中講義は日本側研究参画者の技術や研究内容を南ア側の研究者や学生に分かりやすく伝えるという点で有意義であった。それによって今までプロジェクトに関与していなかった研究者とも知り合うことができ、共同研究の可能性も広がったと考えられる。また、南ア側の研究者や学生の教育レベルは日本側と比べて遜色ないものの、大気と海洋の力学の専門家が少ない。他分野の研究者や学生にも理解できるように発表を構成すべきである。

## § 8. 結び

本プロジェクトは気候変動リスクに脆弱なアフリカ南部において、大気海洋結合大循環モデルによる中緯度における世界初の季節予測とそのダウンスケーリング情報を展開し、異常気象による被害を軽減するシステムの能力強化を目指したものである。1) 異常気象を引き起こす原因となる気候変動現象を解明できたこと、2) 中緯度の気候変動予測可能性を世界で初めて示すことができたこと、3) 南ア 기상局の協力により、気候変動予測情報を社会展開することが可能になったこと、4) 現地研究者による自動気象観測装置を用いた現場検証と導入したコンピューターにより、大気海洋大循環モデルによる予測実験が開始されたこと、5) 農業(トウモロコシの収穫予測)、河川流量予測、感染症への応用など、気候変動予測情報の更なる発展が見えてきたことなど、本プロジェクトの本来の目標を十分達成しただけでなく、次の広範な展開も見えてきたと確信している。本プロジェクトを通して現地の機関間連携がよくなったことで感謝されたが、これは望外の喜びであった。

現地での集中講義、シンポジウム、ワークショップ、また日本での研修、シンポジウムも数多く開催され、若手、シニアを問わず両国研究者間に緊密な連携がなされるようになったのは今後に向けた大きな財産である。既に本プロジェクト終了後の自発的な交流計画も生まれている。計画期間中に東京大学で2名(日本人学生と中国人留学生)の大学院生が学位を取得し、現地から1名が論博制度を活用して留学中である。未来につながるプロジェクトになったのは研究代表者として嬉しい。このような素晴らしい SATREPS プロジェクトが数年の一期計画で終了せざるを得ないのはとても残念である。さらなる次元を目指せるような発展形の計画も可能になるようなプログラムが準備されているとよいのではないだろうか。本プロジェクトは南アを対象としたが、気候変動予測情報は地政学的な情報の基盤となるものであり、世界各国で展開されている環境保全や人の健康に関係する、多くの SATREPS 計画に貢献できるのではないかと考える。



集合写真



会議風景



自動気象観測装置 (供与機材)



シンポジウム



南アの大学生への集中講義



モデルのインストール作業

以上

### § 9. PDM の変遷 (該当する場合)

(当初 PDM から終了までのすべての改訂 PDM および PDM 改訂経緯の解説)  
該当無し

## 【付録】

## 開発された早期予測システムの概要と先駆ける応用研究例

グループ4の主目的は、力学的季節予測モデルの出力を新しく開発する早期警戒システム(EWS)の入力として取り込み、EWS をルーチンベースで稼働する事である。南アフリカ共和国(南ア)における既存の季節予測モデルは、予測業務や研究を行っている世界の先端的機関から導入された複数のモデルから成るものであり、今回の SATREPS プロジェクトにより、このモデル群に日本からのモデルが加わり、新システムが構築される。新予測システムを中核とする新 EWS とは、予測システムのモデル出力を、予測業界で長らく知見として蓄えられた通称 MOS (Model Output Statistics) と呼ばれる統計的手法でモデル出力のバイアスを取り除き、一般社会へ気候情報を発信するシステムの事である。その重要性から、これまでも SADC (南部アフリカ開発共同体) 地域の降雨量と気温の予測は既存の EWS から発信されていたが、本プロジェクトの貢献として、SINTEX-F が加わった事により、世界の気候変動にとっての重要な海域である熱帯太平洋と南アにとって特に重要な南西インド洋域の海面温度予測が新システムの出力に加わった事は大きな特徴である。この新要素に加え、プロジェクトの最終段階で、予測データを用いて今後展開されるであろう応用研究の先駆ける試みとして、作物(トウモロコシ)収量と河川流量予測に関する検証も行ったので、以下に、新システムの概要と共に、応用研究の基礎的検証についても報告する。

### The multi-model seasonal forecasting system for SADC under development in South Africa

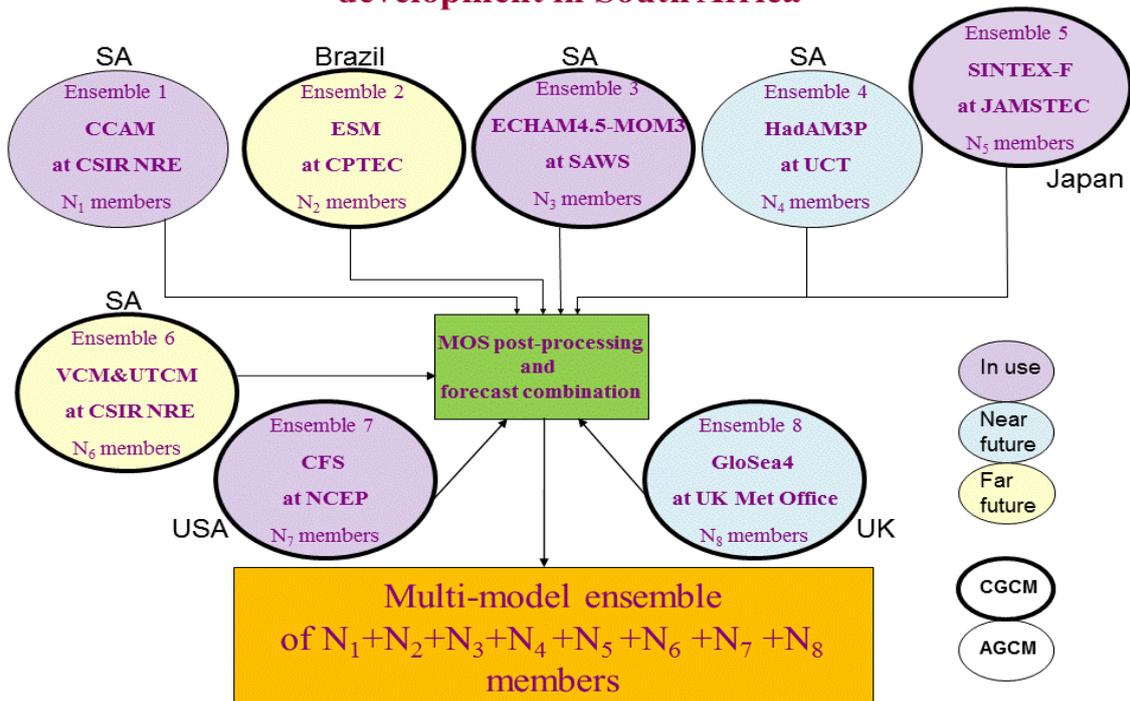
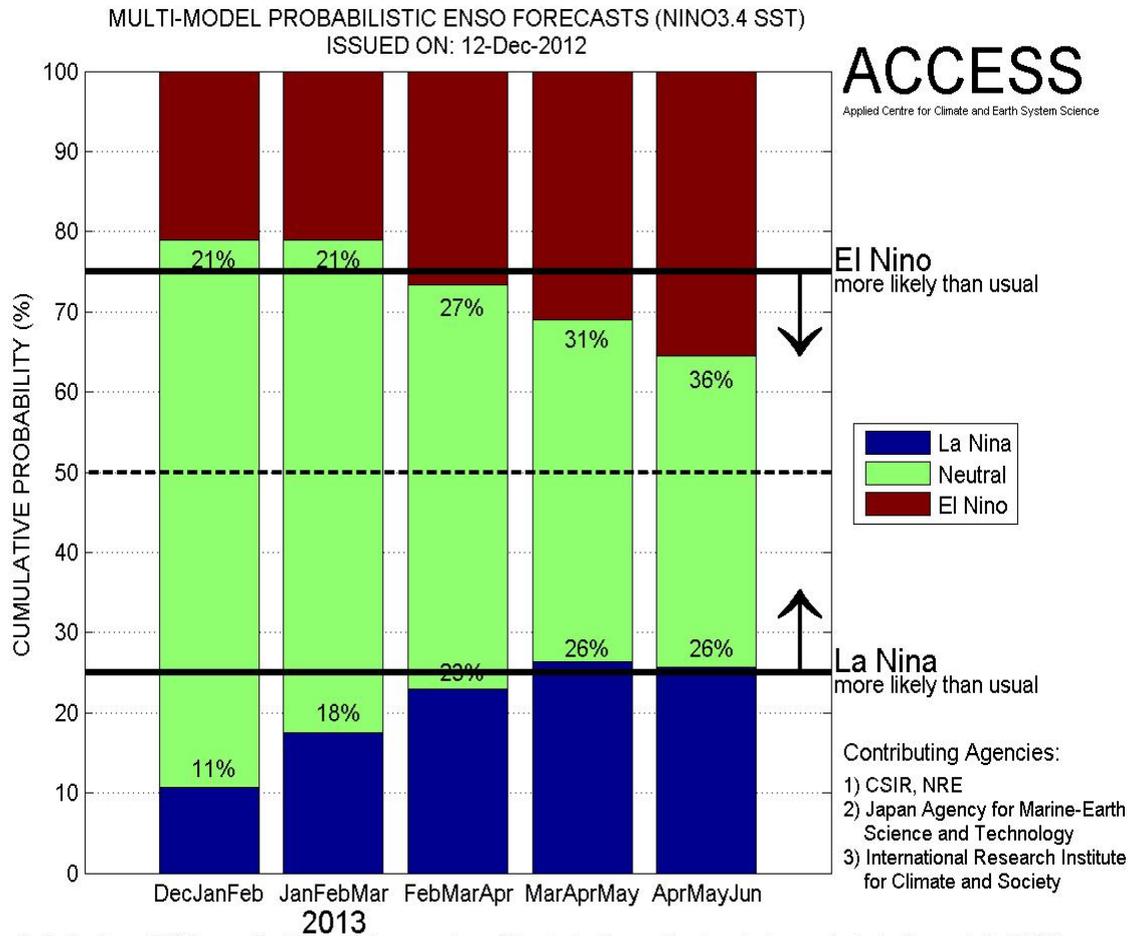


図1: 南アで開発中の複数モデルによる予測システム概略図

南アの季節予測モデルは、どこの機関でも行っている複数モデルの出力を重ね合わせモデル誤差を軽減する手法を採用している。この複数モデルの構成を図1に示す。右上にある SINTEX-F モデルが本プロジェクトで導入されたものである。海面水温予測においては、途上国における気候情報の活用を支援するという目的で設立されたコロンビア大学地球研の気候予測研究所 (IRI) のデータライブラリーからのデータを使用して、SINTEX-F の予測誤差を抑える統計処理をしたデータを最終データとしたものを出力している。この海面水温予測を行う目的は、次の二つである。1) 南アの大気モデルを駆動するための下部境界条件を得る。2) Nino3.4 や南西インド洋という気候変動予測において重要な海域での予

測を与える。これらの予測は SADC を対象地域とする South African Risk and Vulnerability Atlas (SARVA) に発表され、予測は毎月更新される。昨年の 12 月に発表されたエルニーニョ予測の 1 例を図 2 に示す。右下には本プロジェクトに日本側から参画した海洋機構の名前が記されている。



To find out how ENSO may affect the rainfall over southern Africa during the months ahead, please refer to the forecasts for SADC:  
[http://rava.qsens.net/themes/climate\\_template/](http://rava.qsens.net/themes/climate_template/)

図2:2012 年に発表された確率的エルニーニョ予測。赤色、青色、緑色がそれぞれエルニーニョ、ラニーニャ、中立示している。例えば、赤色が 75%ラインを超えて下へ張り出した場合は、エルニーニョが起る確率が高くなった事を示している。

新システムによる海面温度予測(全球並びに重要な海域の予測)は月の第2週目に行われる。複数モデルによる予測システムの出力は、上述した IRI の“気候予測ツール”を用いて、まず統計的手法でバイアスを除き、その後重ね合わせを行う。このツールを用いて行われた旧システムの検証は SARVA のサイトで見る事ができる。新システムに関しては、これまでに行った SINTEX-F の出力を用いた 2, 3 の検証をサイトに置いた。

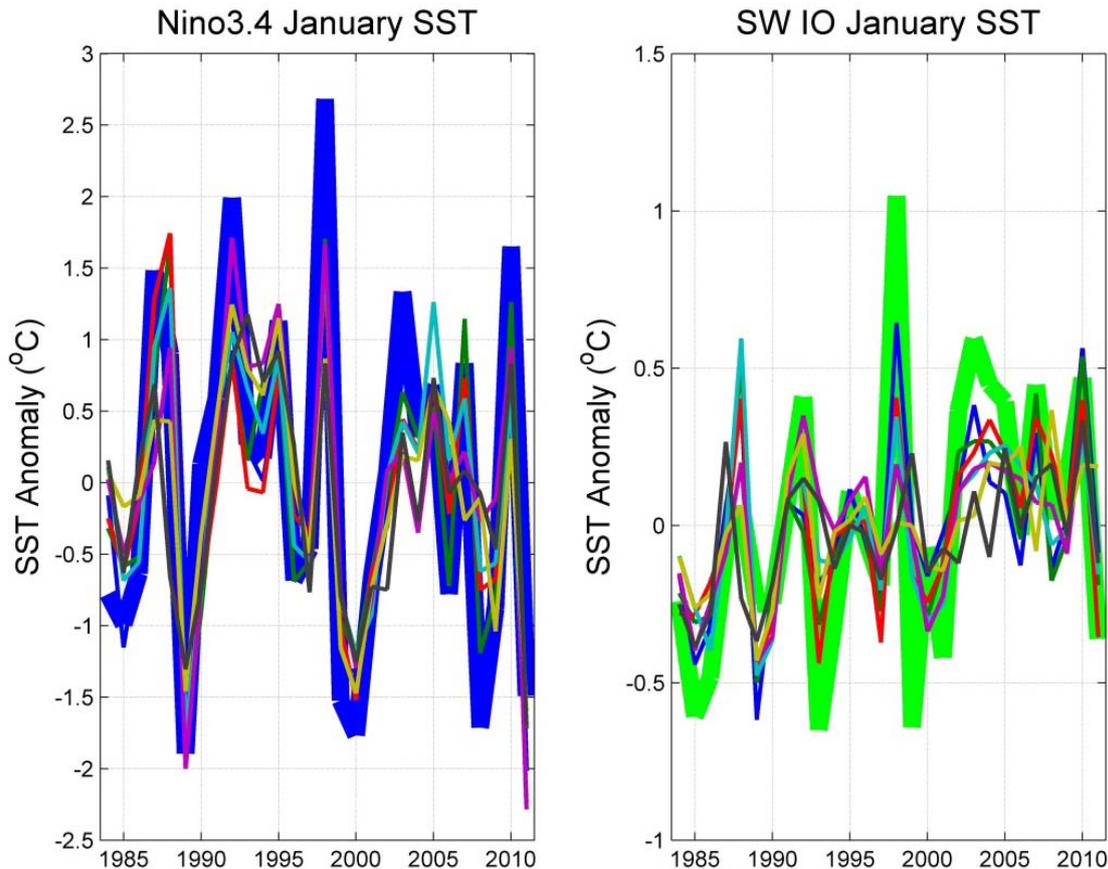


図3: 太平洋 Nino3.4 域と南西インド洋におけるバイアス補正された SINTEX-F による海面温度偏差の過去再現値と観測との比較図。左図 Nino3.4 の太い青線と右の図の太い緑線は、それぞれ 1984 年から 2011 年にかけての1月の偏差で、細い線は7か月に予測された過去再現値である。

上図3は、Nino3.4と南西インド洋(5° S to 20° S; 55° E to 80° E)の気候予測上重要な海域における SINTEX-F の補正された過去再現値である。海面温度偏差を対象とし、過去のデータを用いて7か月予測を模倣した実験結果を観測値と共に示したものであり、高い予測可能性が見取れる。

予測データを用いた応用研究については、統計的ダウンスケーリングを SINTEX-F の予測結果に適用して、リンポポ州におけるトウモロコシの収量予測と、リンポポ州を含む南アの東北部の積算された河川流量予測を行った。MOS と呼ばれるモデル出力統計に必要な入力値として、1996 年から 2011 年に亘 16 年間における 12 月、1 月、2 月の 850hPa の高度場を与え検証を行い、なかなかの予測可能性がある事が示され、その詳しい報告は Malherbe (2012)等によって論文発表された。この成功は、今後のより進んだ作物生育モデルによる収穫量予測への先駆的研究として位置付けられるものである。図4は、確率予測の評価の為に Mason と Graham によって導入された ROC(relative operating characteristic) と呼ばれるスコアで示した穀物(トウモロコシ)収量(左)と河川流量(右)に関する1か月予測の検証図である。ROC スコアとは、確率予測を、「当たり」と「外れ」という「二値の判断」に翻訳する為に導入されたスコアである。まず「当たり」、「外れ」を定量的に定義する為に必要な閾値を設定して、それに基づき、ある期間で行われた予測の成功率(hit rate)と不成功率(false-alarm rate)を図に点としてプロットする。次に、閾値を色々変えて同様のプロットを行う。その結果は、複数の点の集まりになるが、それらを不成功率を横軸に、成功率を縦軸とした座標に、0%~100%で規格化された閾値を範囲にプロットしたものが、図4で示されるダイアグラムである。ROC スコアとは、点を繋いで得られる折れ線の下側に来る領域の面積で定義される量で、一般的にこの折れ線が対角線の上に来る場合はスコアは 0.5 以上となり、その様な場合、予測は「当たり」、「外れ」の確率が半分半分になるランダム予測よりは価値がある事になる。この例では、「平年値より高い」、「平年値より低い」という二つの分類の両者に対して、収量予測と河川流量のスコアは 0.5 以上となっている。

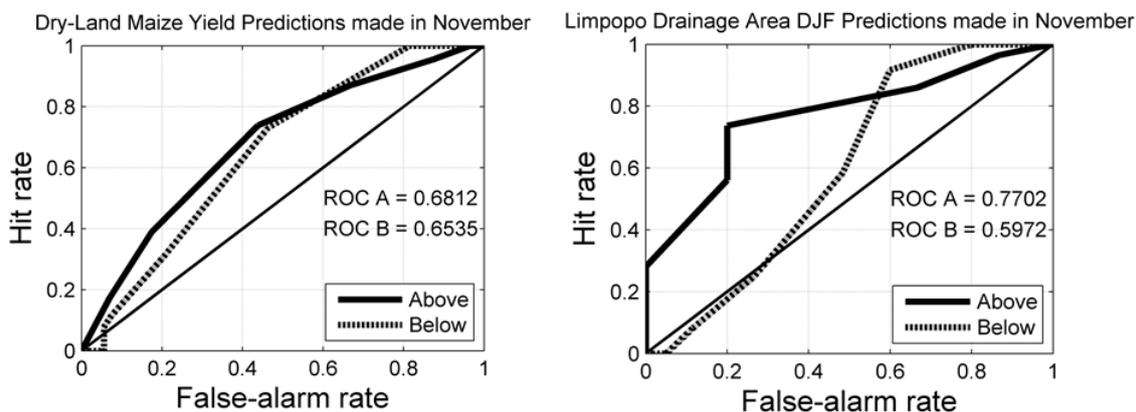


図4:16 年間のデータを使用して得られた、南アにおけるトウモロコシ収量(左)と河川流量(右)予測に関するROCスコア。Aは平年値より上、Bは平年値より下を表す。

エルニーニョ予測やインド洋南西部の海面温度予測は、この両者が南アの気候に大きな影響を及ぼす為非常に重要なものである。海面温度予測情報に加え、それを穀物収量予測や洪水の発生等に関する確率的予測に翻訳する事は、社会活動における意思決定にとって価値ある情報である。以上で説明した成果は、SINTEX-Fの予測結果を用いて、本プロジェクトで改良・開発した予測システムが、そのような価値ある情報を成功裏に作り出す事ができる事を示したものである。