

案件名	気候変動の将来シナリオの予測
派遣専門家	楠昌司
所属機関	気象研究所 気候研究部 第一研究室(気候モデリング)・室長
相手国研究機関	国立宇宙研究所気象研修センター (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climático)

気候変動の将来シナリオの予測

(平成 21 年 11 月 ~ 12 月)

1. 背景

平成 21 年度科学技術研究員派遣事業「気候変動の将来シナリオの予測」では、ブラジル国立宇宙研究所(INPE)／気象予測気候研究センター(CPTEC)から、気象研究所に対し研究者の派遣が要請された。ブラジルだけでなく中南米における気候変動予測、脆弱性の評価が目的である。気象研で実施している 20km 格子全球大気モデルによる地球温暖化予測データをブラジルだけでなく中南米を対象に解析することが目的である。

2. 活動概要

11 月 20 日(金)	ブラジル入国。サンパウロから首都ブラジリアへ移動 国立水庁にて講演
11 月 23 日(月)	ブラジル科学技術庁官房気候変動省庁間委員会議長 Jose MIGUEZ 氏を表敬訪問 JICA ブラジル・ブラジリア事務所で、JICA 職員に対し講演 日本大使館表敬訪問
11 月 24 日(火)	ブラジリアからカショエイラ・パウリスタの CES へ移動
11 月 25 日(水) ~12 月 3 日(木)	データ解析準備
11 月 27 日(金)	サン・ジョゼ・ドス・カンポスの INPE 本部で講演
11 月 30 日(月)	CPTEC の Iracema Fonseca Albuquerque CAVALCANTI 博士と Silvio Nilo FIGUEROA 博士との議論
12 月 4 日(金)	データ解析開始 現在気候実験の水蒸気の水平輸送について、25 年平均の気候値の作成の完了
12 月 7 日(月)	鉛直積分した水蒸気の水平輸送の図の作成
12 月 8 日(火)	鉛直積分した水蒸気の水平輸送から水蒸気の収束量の計算 CPTEC 訪問 CAVALCANTI 博士と Silvio Nilo FIGUEROA 博士との議論
12 月 9 日(水)	850 hPa 面の水蒸気の水平輸送の計算
12 月 10 日(木)	水蒸気輸送の解析 カショエイラ・パウリスタからイグアスへ移動
12 月 11 日(金)	イタイプ・ダムにて講演および視察
12 月 14 日(月)	水蒸気輸送の解析の完了
12 月 15 日(火)	温暖化予測データの解析の完了 CPTEC での講演のための資料作成
12 月 16 日(水)	CPTEC での講演のための資料作成
12 月 17 日(木)	CPTEC での講演のための資料作成
12 月 18 日(金)	カショエイラ・パウリスタの CPTEC 講堂で気象専門家向け講演

3. ブラジリア訪問

INPE/CPTEC 滞在の前に、ブラジリアの関係機関を訪問した。11 月 20 日には、国立水庁を訪問し、講演を行った。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)に対する日本の貢献、革新プログラムの概要、極端現象チームの概要、20km 格子全球大気モデルによる温暖化実験の結果を紹介した。特に、ブラジルの河川流量の変化について詳しく述べた。

11 月 23 日午前中は、ブラジル科学技術庁官房気候変動省庁間委員会議長 Jose MIGUEZ 氏を表敬訪問した。MIGUEZ 氏は、ブラジル国内の気候変動対策のまとめ役であり、今回の科学技術研究員派遣事業の提案者である。また、気候変

動枠組み条約締約国会議(COP/FCCC)のブラジル代表として、コペンハーゲンの COP15 の準備に奔走していた。ブラジルで一番忙しい人といわれているにもかかわらず、時間を割いてくれた。ブラジルでは、今まで英国ハドレー・センターの協力の下に、ブラジルの地球温暖化による気候変化を領域モデルで研究してきた。日本に、すばらしいモデル(20km 全球大気モデル)があることがわかり、温暖化の予測の不確実性を評価するためにも、気象研の協力が必要だという認識である。単独の結果ではなく、いろいろな国のモデルの予測結果を総合的に判断する必要がある。

11 月 23 日午後は、JICA ブラジル・ブラジリア事務所で、JICA 職員に対し講演を行った。内容は、国立水庁での講演と同じだが、日本語で行った。JICA 職員は科学の研究者ではないので、気象学やモデルを知らない一般向けとして、わかりやすさを考慮した。

その後、日本大使館に移動し、宮下参事官、國方公使を表敬訪問した。大使は不在であった。今回のブラジル滞在の目的、意義などを説明した。

4. INPE 本部で講演

11 月 27 日に INPE 本部があるサン・ジョゼ・ドス・カンポスまで、INPE の公用車で 1 時間半かけて移動した。アメリカ間研究所 Inter-American-Institute(IAI)の講堂で講演を行った。

5. CPTEC 訪問

CPTEC の建物を訪問した(写真 1)。短期予報現業室、スーパー・コンピュータ室(写真 2)、長期予報現業室を視察した。視察を終えたあと、Silvio Nilo FIGUEROA 博士,Iracema Fonseca Albuquerque CAVALCANTI 博士とモデルの実験結果について議論した。二人は気象モデルの専門家である。気象研のモデルは、CPTEC のモデルに比べ、低分解能モデルでも南米の降水量分布が非常に良いという。とくに、アマゾンからサンパウロ方面に伸びる南米収束帯の表現が良いらしい。この 2 人の研究分野は、楠の研究分野に最も近い。20km モデル・データに関心を示したので、さっそく複写して渡した。



写真 1 CPTEC 正面玄関



写真 2 スーパー・コンピューター室

6. イタイプ・ダム訪問

12 月 11 日に、イグアス市のイタイプ・ダムを訪問した。世界最大の水力発電所である。気象研では、20km モデルの陸面の流出量を世界河川モデルに与え、流量の将来変化予測を行っている。雨の変化、河川流量の変化など水資源にかかわる講演を行った(写真 3)。その後、ダムの視察を行った(写真 4)。

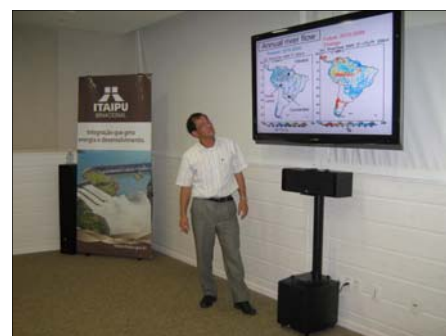


写真 3 イタイプ・ダムでの講演

7. 成果

日本のシナリオモデルの南米における適応にかかる有効性の調査のため、20km 格子の全球大気モデルによる現在気候再現実験 25 年間(1979～2003 年)を中南米における気温や降水量などの観測と比較し、モデルの精度を評価した。また、近未来 25 年間(2015～2039 年)および 21 世紀末 25 年間(2075～2099 年)の予測結果を用い、ブラジルを含む中南米における気温や降水量などの変化を解析した。

CPTEC には英語を話す研究者が極めて少数ではあったものの、研究分野の近い研究者との議論により、CPTEC における研究能力、研究テーマおよび能力強化が必要な部分の把握ができた。



写真 4 イタイプ・ダム訪問の写真です

8. 略語表

CES: Center for Earth system Science 地球システム科学センター

COP: Conference Of Parties 締約国

CPTEC: Centro de Previsao de Tempo e Estudos Climaticos 気象予測気候研究センター

ETA: 領域モデルの名称、略語ではない

FCCC: Framework Convention of Climate Change 気候変動枠組み条約

IAI: Inter-American-Institute アメリカ間研究所

INPE: Instituto Naciaonal de Pesquisas Espaciais 国立宇宙研究所

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change 気候変動に関する政府間パネル

NCEP: National Center for Environmental Protection 米国環境保護センター

案件名	気候変動の将来シナリオの予測
派遣専門家	山敷庸亮
所属機関	京都大学 防災研究所 社会防災研究部門 防災技術政策・准教授
相手国研究機関	国立宇宙研究所気象研修センター (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climaticos)

気候変動の将来シナリオの予測

(平成 22 年 7 月 ~ 8 月)

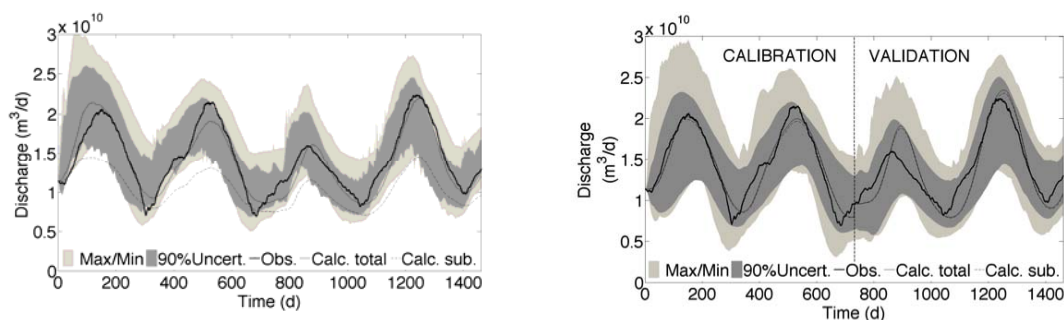
【今回の訪問先】

ブラジル国(サンパウロ州、リオデジャネイロ州、パラナ州、サンタカタリーナ州、ブラジリア市)

- 1) 国立宇宙研究所気象予測気候研究センター-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climaticos (INPE/CPTEC)
- 2) サンパウロ州政府電力水資源局 Departamento de Aguas e Energia Elétrica
- 3) サンパウロ総合大学サンパウロ校 Universidade de São Paulo
- 4) サンパウロ総合大学サンカルロス校 Universidade de São Paulo
- 5) ペトロブラス Petrobras
- 6) フルミネンス連邦大学 Universidade Federal de Fluminense
- 7) アメリカ地球物理学連合(AGU)アメリカ大会 (Foz do Iguaçu)
- 8) サンタカタリーナ連邦大学 Universidade Federal de Santa Catarina
- 9) ブラジル国立水資源機構 Agência Nacional de Aguas
- 10) リオデジャネイロ州の豪雨による土石流/地滑り調査

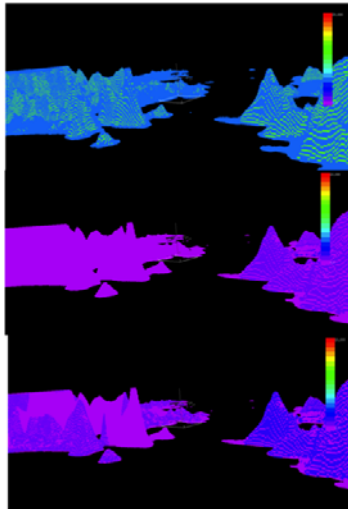
【活動の成果概要】

- 1) INPE のカウンターパートである Jose Marengo 氏が、INPE/CPTEC 所属の大学院生らを通じてデータを利用し、他の GCM(HadGEM)のアウトプットを用いた結果との影響評価比較の研究を進めており、我が国や他の南米諸国における熱烈なる利用状況とは異なるものの、確実に利用していることを確認した。また同時に、連携機関となりうるサンパウロ大学からのデータへのアクセスを可能とした。
- 2) 今回の出張においてはイタイプーダムの緒元の収集と、完成された湖・貯水池気候変動影響評価モデルの INPE メンバーへの技術移転を試み、その情報を提供。3 月に影響評価と移転完了予定である。
- 3) 主要河川における水文モデルを完成、TOPMODEL の各セルでの流速を最適化する Multi-velocity Approach を採用した。また Hydro3D の同河川流域への適用データを準備した。



上図 Multi-velocity approach を用いて計算したアマゾン川の流量の計算値と観測値の比較

- 4) Hydro-Debris3D を Rio de Janeiro およびサンタカタリーナに適用した。気象研究所領域モデルの計算結果と融合する。本モデルを各地で紹介した。



上図 Hydro-debris3D を Rio de Janeiro 市周辺部に適用し、気象研究所領域モデルを用いて計算した降水を適用。脆弱な斜面を算定

- 5) INPE/CPTEC、ブラジル災害軽減研究センター(Centro de Estudos e Pesquisa sobre Redução de Desastres, Referência em Gestão do Conhecimento ,CEPED-RGC)、サンタカタリーナ大学などで我が国における気候変動に対する水災害適用策について講演を行なった。
- 6) AGU Meeting of America にて、INPE/Marengo 氏らの主催したセッション、ポスター発表会場および湖沼セッションにて、出張者らが気象研究所 MRI-GCM を用いた影響評価結果を紹介し、また湖や貯水池に対する影響評価の結果の発表を行なった。同時に AGU 期間中 INPE/CPTEC およびサンパウロ大学関係者と今後の進め方についてミーティングを持った。



AGU にて気象研究所モデル計算結果をデモ



AGU 展示風景



水エネルギー局本部にて Biwa-3D の紹介

【総括】

1) - 6)の TOR について順調な進展を有した。予定していた次回派遣において完成する項目もいくつかあり、また今回の派遣の後に日本において継続が必要な項目もある。そのため現地機関との連絡を密にとり、TOR 進展を続ける予定である。



講義を受けた大学院生らと撮影

案件名	気候変動の将来シナリオの予測
派遣専門家	佐々木秀孝
所属機関	気象庁 気象研究所・主任研究官
相手国研究機関	国立宇宙研究所気象研修センター (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climático)

気候変動の将来シナリオの予測

(平成 23 年 10 月)

1. 活動概要

- 10 月 11 日 USP サンカルロス校にて講演
- 10 月 12 日 祭日、洪水跡見学、講演準備
- 10 月 13 日 サンカルロス校マリオ氏と NHM の利用について打ち合わせ
- 10 月 14 日 サンパウロへ移動
IAGAS において、業務内容の紹介、若手研究者の日本への派遣、NHM の貸与、計算機の利用可能性等についてテルシオ氏と打ち合わせ
- 10 月 15 日 ジョアンペソアへ移動
- 10 月 16 日 ブラジル気象学会・国際気候変動シンポジウム出席
- 10 月 17 日 同上
- 10 月 18 日 ブラジル気象学会・国際気候変動シンポジウムにて、NHMを用いた地球温暖化予測、NHM を利用したリオデジャネイロの豪雨の再現について講演
INPE マレンゴ氏と打ち合わせ
- 10 月 19 日 ブラジリア到着
- 10 月 20 日 大使館、科技庁、JICA ブラジル事務所訪問

2. 活動成果概要

- 1) 本来の目的は、INPE のスーパーコンピュータへ NHM をインストールし、地域気候モデルとして利用方法を指導することであったが、先方の意向によりコンピュータの利用ができなくなり、NHM の利用可能性について各機関の事情を調査した。その結果、USPサンカウロス校はNHMの利用について強く希望しているが、コンピュータの性能上困難であると思われた。IAGAS は人材的にも、計算機能力上も有望であり、かつ NHM の導入についても積極的に考えている。INPE は自国の ETA モデルで地域気候実験をやる予定であり、当面 NHM の利用は考えていないようであったが、この Dr. Chou は NHM に深い興味を示した。その後訪れた科技庁のカルロス氏からは NHM の性能について高い評価を受けた。日本大使館では、ブラジルの科学者を日本へ派遣するブラジル工学系留学プログラムの紹介を受けた。気象研はこのプログラムへ応募し、ブラジルから若手研究者を招待することとした。



サンパウロ大学校内

2) 講演内容

講演は、NHM を用いた地球温暖化予測についてと NHM を利用したリオデジャネイロの豪雨の再現についての2つのテーマについて行った。

3) NHM を用いた地球温暖化予測について

格子間隔 5km の NHRCM を用いて、20 年間の積分を行い日本付近の現在気候の再現実験を行った。その結果年平均地上気温はほとんどの観測点で $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内、年降水量は $\pm 20\%$ 以内の高い精度で現在気候が再現された。図 1 は NHRCM によって再現された月平均気温と月降水量を観測と比較したものである。NHRCM は日本の季節変化をよく再現しており、6 月から 7 月にかけてと 9 月に二度の降水量のピークがあることなども良く再現している。1 時間毎の降水量強度の頻度を見ると、全球モデルでは強い降水の頻度が観測と比べ大幅に減少しているが、NHRCM はそれをよく表している。NHRCM で計算された最大積雪深は観測と比べやや深めに計算しているが、積雪の開始から、ピーク期、融雪期の状態をよく再現している。このように NHRCM を用いたダウンスケーリングは、高い精度で成し遂げられている。このモデルを用い 21 世紀末の日本付近の気候変化予測を行った。その結果、気温は年を通してほぼ 3°C 上昇する。降水は秋には減少する期間もあるが他の季節では増加し、特に 2 月と 8 月の降水量の増加が顕著である。最大積雪深はほとんどの領域で減少するという予測結果が出た。

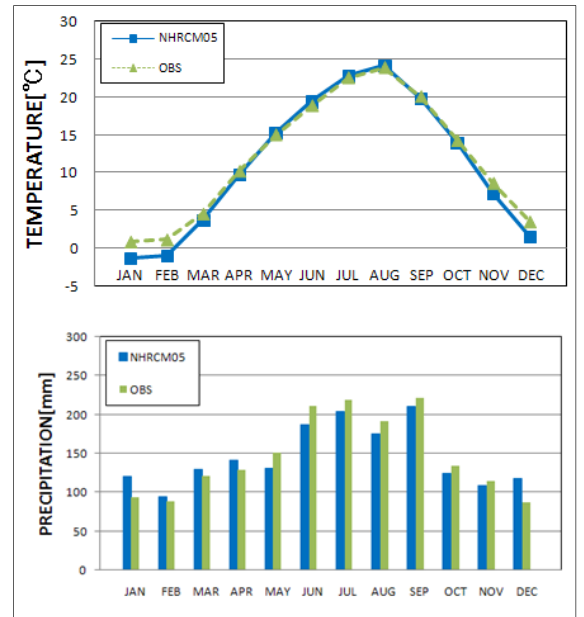


図 1 月平均気温(上)、月平均降水量(下)

4) NHM を利用したりオデジャネイロの豪雨の再現

NHM を用いて 2010 年 4 月に起きた洪水を伴う豪雨の再現実験を行った。図 2 に示したように、JCDAS では再現されない局地的な降水を NHRCM では再現することができた。

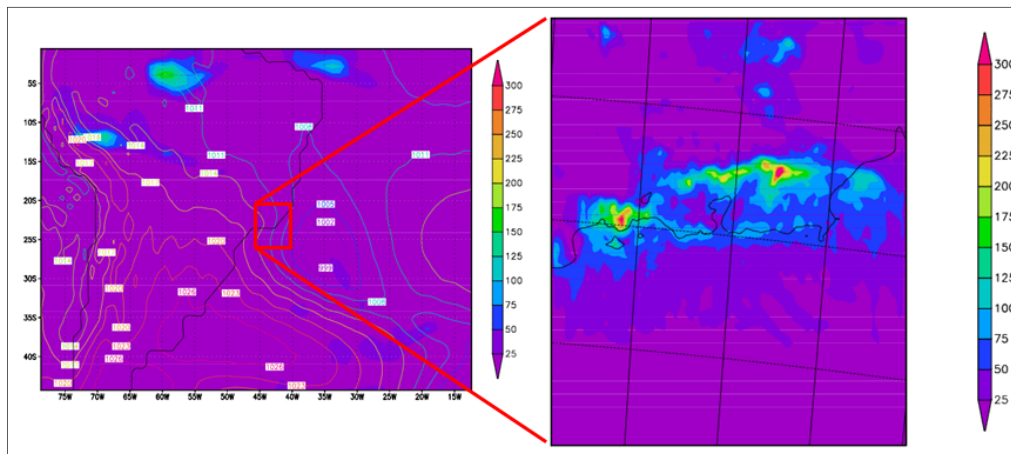


図 2 24 時間降水量分布図。JCDAS(左)、NHRCM(右)

3. 略語

- IA GAS サンパウロ大学大気・宇宙研究所
- INPE 国立宇宙研究所
- JCDAS 気象庁気候同化システム
- NHM 非静力学モデル
- NHRCM 非静力学気候モデル
- USP サンパウロ大学