



気候の未来
予測への挑戦

2014.Sep

S O U S E I N E W S L E T T E R



第2号発刊によせて ①

気候変動リスク情報創生プログラムについて ②

FEATURE01

「これは温暖化のせいですか？」

異常気象の要因に迫る ③

FEATURE02

災害をもたらしうる気象現象を^{あぶ}炙り出す ⑤

SOUSEI NEWS ⑦

SOUSEI
NEWS
LETTER

No.2



文部科学省

第2号発刊によせて

国際社会は地球温暖化の対策として緩和策、すなわち二酸化炭素などの温室効果気体の排出を抑制する努力をつづけています。最近では緩和策と並んで適応策について議論されることも多くなりました。地球温暖化で激化するとされる猛暑や台風、豪雨などに対し、河川などの治水機能や都市機能、住環境などを改善するなどにより、それらによる被害を軽減しようとする対策です。

「気候変動リスク情報創生プログラム」は、気候変動予測の基盤技術をさらに向上させ、極端な集中豪雨などが起きる確率の予測、もたらされる被害のリスク評価などを行うことを最大のミッションにしています。

創生プログラムの成果はIPCC第5次報告書の作成にも大きく貢献しています。また今後、国内外で検討されると予想される適応策の立案にも役立つ予測情報も創生され、社会に向けて発信されつつあります。

今回のニュースレターの第2号では、本プログラムを構成する4つのテーマのうち、テーマA(直面する地球環境変動の予測と診断)およびテーマC(気候変動リスク情報の基盤技術開発)における研究内容や研究チーム等についての説明を中心に、最新の成果も交えてご紹介をしていきます。



プログラム・オフィサー
文部科学省技術参与
木村 富士男

気候変動リスク情報創生プログラムについて



本プログラムは2012年度に始まり、5年間続けられます。具体的な研究は「A.直面する地球環境変動の予測と診断」、「B.安定化目標値設定に資する気候変動予測」、「C.気候変動リスク情報の基盤技術開発」、「D.課題対応型の精密な影響評価」の4つの研究領域テーマに分かれて進められ、さらに「E.気候変動研究の推進・連携体制の構築」が上記4テーマ間の連携促進と技術面、事務処理面での支援を担当します。

研究領域テーマの構成

本プログラムにおける研究は、重層的な構造になっています。テーマAは本プログラムの根幹となる基盤モデルそのものの強化・高性能化、テーマBは基盤モデルに大気海洋の化学過程や生物活動などの要素を加えたより詳細な地球システムモデルの開発と気候安定化の目標値の検討、テーマCは基盤モデルの応用による詳細な予測情報の創出と極端な気象現象に関する「想定しうるシナリオ」の作成、テーマDは、基盤モデルによる結果を用いた自然災害や水資源の変化予測、生態系・生物多様性に対する影響評価を行います。これらを通し、本プログラム全体として、適応策や緩和抑制策に向けたリスク予測や評価の実現を目指します。

創生プログラムの先にあるもの

本プログラムでは、水資源や生物多様性、防災、経済などの専門家(テーマD)が、気候モデルの専門家(テーマA-C)と協力し、シミュレーションによる気候予測データを活用した気候変動の影響評価に取り組んでいます。さらにテーマCでは、米国、ベトナム、フィリピンなど海外を含むプログラム外からの要望にも応え、予測データを提供しています。社会経済シナリオ開発、影響評価、気候モデル開発それぞれに携わる研究者が一堂に会する情報交換の枠組みである「シナリオイニシアティブ」(テーマB担当)のもとでの社会経済分野との連携や、平成27年度を目途にした政府による適応政策の検討への協力など、予測データに基づいた持続可能な社会の構築といった大きな目標へ向けた具体的な取り組みも継続しています。また研究者の間では、2013年発行のIPCC第5次評価報告書以後の気候変動予測の国際的枠組みに関する検討がすでに始まっています。この枠組みは第6期結合モデル相互比較プロジェクト(CMIP6)と呼ばれ、今後IPCCから第6次評価報告書が発行されることになれば、CMIP6で得られた成果が大きく取り上げられることが予想されます。CMIP6で議論の対象となっている気候感度やジオエンジニアリング、極端現象などの話題のほとんどは本プログラムで取り組みが進んでいる課題です。今後、本プログラムの成果や、それを引き継ぐ研究者たちの活動が、CMIP6への日本からの貢献の多くの部分を支えることになるでしょう。



「これは温暖化のせいですか？」 異常気象の要因に迫る



FEATURE

01

テーマA【取材協力】

- ・塩 竈 秀 夫 [国立環境研究所]
- ・森 正 人 [東京大学大気海洋研究所]
- ・今田 由紀子 [気象庁気象研究所]



FEATURE 01

2013年の夏、日本各地で驚異的な集中豪雨が発生し、また最高気温の国内記録が更新されました。一方で2014年の冬には、関東甲信地方を中心に、記録的な大雪に見舞われました。

過去に類を見ない豪雨・猛暑・干ばつなどの異常気象に対して、「これは地球温暖化が原因なのだろうか?」という疑問は多くの人が抱くところでしょう。しかし、産業革命前の歴史記録からも明らかのように、異常気象は地球温暖化の影響がなくても何らかの確率で発生します。そのため個別の異常気象イベントが、地球温暖化の影響“だけ”で発生したと言うことは、原理的にできません。

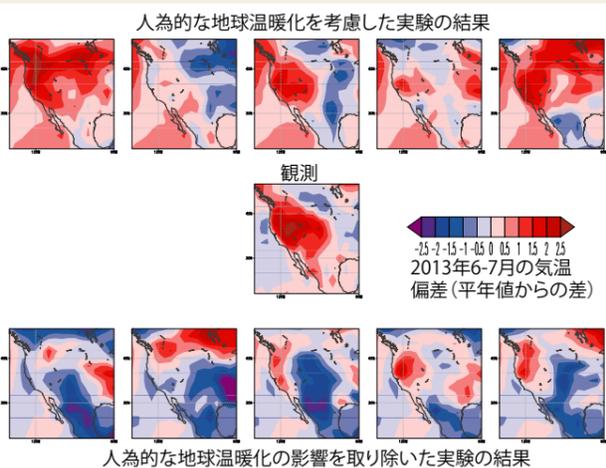
ですが最近になって、地球温暖化が近年の異常気象イベントの発生確率をどの程度変化させていたか、という評価を行うことができるようになってきました。この研究はイベント・アトリビューション(異常気象の要因分析)と呼ばれ、気候変動研究の新しい分野として注目され始めています。今回は、イベント・アトリビューションの手法や研究成果について紹介します。

自然のゆらぎと地球温暖化の影響を、シミュレーションで見極める

イベント・アトリビューションの手法を説明する前に、まずはなぜ個別の異常気象イベントの原因が地球温暖化だと断定するのが難しいかを説明しておきましょう。地球の気温や大気の流れは、地球温暖化の影響にかかわらず、日々変動して(ゆらいで)います。これを内部変動といいます。内部変動は数日単位の周期の短いものもあれば、年単位、もしくは数十年単位におよぶ長いスパンのものもあります。例年より暑い夏や寒い冬、干ばつや豪雨が、この自然の「ゆらぎ」として生じた可能性もあり、例えばある年が猛暑だったからといって、地球温暖化のせいであると断定することは難しいのです。

イベント・アトリビューションは、自然の「ゆらぎ」として発生した異常気象の発生確率を、地球温暖化がどの程度変えていたのかを見積もる手法と言えます。イベント・アトリビューションを行う際には「MIROC」※という、スーパーコンピュータ上の擬似地球に大気の流れや温度等を再現する気候モデルを用います。太陽活動や火山活動に加え、温室効果ガスや

※MIROC…火山活動などによって排出される微粒子や温室効果ガスの濃度、太陽活動のデータ等を入力することで、大気や海洋の温度や流れを物理法則から計算することができる、全球気候モデル。イベント・アトリビューションでは、上記のデータに加え、ある年の観測もしくは仮想の海面水温と海水のデータを入力することでそれらの入力データに対応した大気の流れを再現することができる。未来の温室効果ガスの濃度を仮定すれば、その条件下での将来気候を予測することもできる。



2013年6,7月に米国南部は厳しい熱波に襲われました(中段の図)。人為的な地球温暖化を考慮した100例の実験(上段に5例を表示)では、ゆらぎの影響でそれぞれ異なる気温偏差パターンが生じるものの、いくつかの例で観測されたような強度の熱波が現れます。一方、人為的な温暖化の影響を取り除いた100例の実験(下段に5例を表示)では、観測されたような強い熱波は発生しませんでした。このイベントに関しては、人為的な温暖化が異常気象の発生確率を増加させたことと評価されました。



塩 竈 秀 夫

大気汚染物質の濃度などの「人為的な地球温暖化の影響」を含んだデータをMIROCに与えて再現した異常気象の発生確率と、それらの入力データから「人為的な地球温暖化の影響」のみを差し引いて計算した異常気象の発生確率の2通りを比較します。両者にある程度の差が見られれば、地球温暖化が異常気象の発生確率に影響した、と推定できるわけです。

この手法を用いて近年の異常気象イベントを分析したところ、例えば2013年の日本の猛暑は、地球温暖化により発生確率が数倍にまで増加していました。2010年に発生した南アマゾンの干ばつについても、海面水温の内部変動および地球温暖化が発生確率を高めていたことがわかりました。また、同年のロシアの猛暑も地球温暖化により若干発生しやすくなっていたという分析結果が得られました。その一方で、2012年の九州での豪雨には地球温暖化の影響は少なかった可能性が示されています。これらの分析結果から、地球温暖化が一部の異常気象イベントの発生確率を増加させているが、必ずしも全ての異常気象イベントに影響が見られるわけではないことがわかりました。

なおこれらの分析は、MIROCに与えるデータにおいて「人為的な地球温暖化の影響」をどのように見積もるかによって結果に差がでてしまうという課題があり、今後はより不確実性を低減していく必要があります。イベント・アトリビューションは新しい分野の研究だけに、分析や評価の手法が確立されていないという難しさもあるのです。



森 正 人

人々の関心にこたえる イベント・アトリビューション研究

人為的な地球温暖化は、すでにいくつかの異常気象の発生確率に影響を与えていることが分かってきました。このまま地球温暖化が進行すると、異常気象イベントの発生確率がさらに変化することが予測されています。例えば、現在すでに地球温暖化によって寒い日が減り暑い日が増えている可能性は高く、今後その傾向はさらに強まるのがほぼ確実だと考えられています。

これまでも、地球温暖化によって100年後の異常気象がどのように変わるのかという将来予測の結果を、報道等で目にする機会はあったかと思いますが、将来予測はこれからの地球温暖化対策を考える上で重要ですが、一方で人々は将来の問題よりも、今現在の問題により強い関心をもつものです。イベント・アトリビューションの研究を進めることで、人々が異常気象イベントに遭遇した際に抱く「これは地球温暖化が原因なのだろうか?」という疑問に科学的に答えられるようにしていきます。それによって、将来の地球温暖化に関する対策に対しても、人々が目を向けられるようなきっかけになればと考えています。過去を分析することが将来に役立つ、そんな可能性を秘めた新しい研究として、イベント・アトリビューションは今後のさらなる進展が期待されています。



今田 由紀子



RESEARCHER RESEARCHER 研究者紹介

木本 昌秀 Masahide Kimoto

テーマA 領域代表 東京大学大気海洋研究所 副所長・教授

磨きあげた気候予測システムが、研究の屋台骨となる!

テーマAは、気候変動の仕組みや、予測値(気候感度)になぜ幅が出るのかを研究しています。それらを調べるには、大気や海洋の変動をコンピュータ上で表現した全球気候モデルや、そこに観測データを融合した最新の予測システムが必要です。研究の基盤となるこのようなシステムを、自分たちの手でつくり、磨きあげてゆくことが大切なのです。



社会に役立つ成果や今後の展開

- 1 異常気象の要因を分析することで、国や各自治体、国民が地球温暖化対策をどのように行っていくかを考えるきっかけになります。
- 2 この研究で得られた成果は、IPCCの第5次評価報告書にも数多く引用され、気候変動予測に欠かせない重要な基礎データとして評価を受けています。
- 3 今後は農業や洪水など、より身近な損害や被害に対する人間活動の影響を調べていくことも検討しています。



災害をもたらす気象現象を炙り出す

FEATURE 02



テーマC【取材協力】
水田亮 [気象庁気象研究所]
村田昭彦 [気象庁気象研究所]
金田幸恵 [名古屋大学]

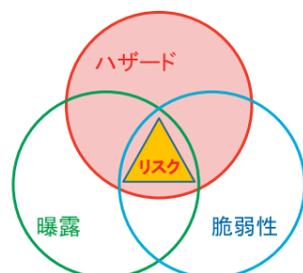
FEATURE

02

近年、世界各国で気候変動の影響を分析したり、対策を考えたりする取り組みが計画・実施されるようになってきています。しかし、これらを行う上で重要な、地域ごとの詳細な気候情報の創出は遅れているのが現状です。気候変動により余儀なくされる生活の変化や突発的な気象災害など、気候変動が人類に与える影響の危険性や不確実性(リスク)を評価するにはまず、危険事象(ハザード)、すなわち生活の変化や災害をもたらすような極端な気象現象が将来どの程度の頻度で発生するのかという情報が必要不可欠です。その上で、人々の営みがそこにあるのか(曝露)、そこでの生活基盤は影響を受けやすいかどうか(脆弱性)を加味することで、気候変動のリスク分析を行えるのです。

テーマCでは、将来に日本とその周辺域で起こるハザードの発生確率の情報を、地球シミュレータ上での気候シミュレーションによって構築することを目指しています。この構築された膨大な量の将来気候データに含まれるハザード情報を集めることで、テーマDが主に実施している、気候変動がもたらす様々なリスクの評価に役立てることができそうです。

今回は、テーマCの領域課題(ii)「高度利活用(影響評価研究等)を支える標準的気候シナリオの整備」から、a~cの3つのサブ課題を通して、地球規模や日本域、そして最も影響が大きい気象ハザードの1つである台風、という異なるスケールで見たハザード情報創出の一端をご紹介します。



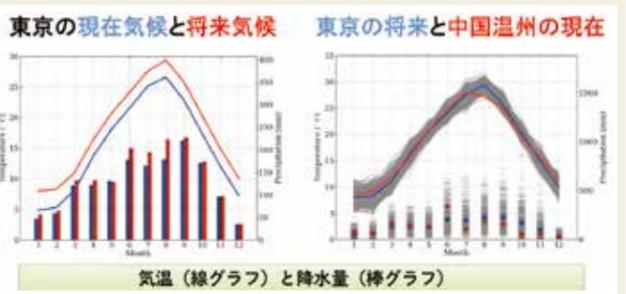
テーマCではこの「ハザード」の部分の研究している

サブ課題a

気候変動についての予測情報の信頼性を評価する

本研究チームでは、将来の気候変動についての予測情報が、どの程度信頼できるのかを評価するための方法を開発しています。具体的には、地球シミュレータ上で大気の流れや雲・雨、海面水温の変化などを再現して、将来の気候をシミュレーションします。そして、地球温暖化の進行度や海面水温の分布など、様々な条件を変えて再現した結果にどれくらい幅が出るかを分析して、予測情報の信頼性を数値で表すことを目指しています。

アジアを中心としたモンスーン地域の将来の気候変化を分析した結果では、21世紀末にかけて、日本を含む東アジアの降水量と降水強度が増えることがわかりました。東アジアの降水増加率はほかのモンスーン地域に比べて大きく(特に短期間の降水強度の増加率が大きく)増加の確実性も高いことがわかっています。また、ハワイ付近を通過する熱帯低気圧は増すと予測されています。これはハワイの南東側で発生した熱帯低気圧が衰えないままハワイまで到達しやすくなったためと考えられます。その他、21世紀末の東京の気候は、約2000キロ南西に位置する中国・温州市周辺のような高温多湿の気候に近くなる確率が高いことが予想されるなどの結果が得られました。



これらの成果は、日本の将来のリスク評価に大きく役立つ可能性を秘めています。将来予測の信頼性の精度をさらに高めるべく、引き続き研究を進めていきます。

サブ課題b

発生数は少ないが、影響が大きい気象現象の詳細な情報を創る

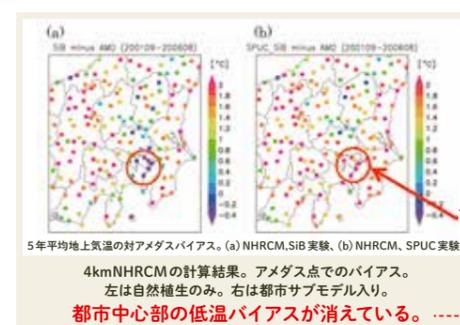
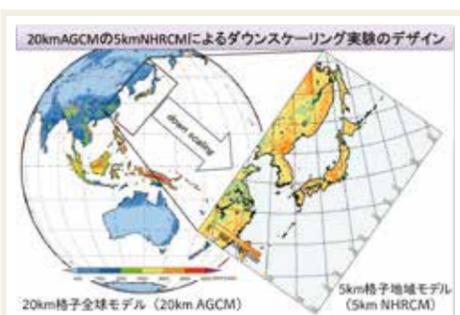
リスクを評価するには、起こる頻度は低いが影響の大きい、豪雨や熱波などの極端な気象現象、気象ハザードの情報を得ることが有効です。しかし低頻度の気象現象は発生数が少ないことから、サンプルを抽出するためには長期にわたる気候シミュレーションが必要になります。

そこで本研究チームでは、まずは今ある技術を使ってこのような低頻度事象の情報提供を目指すことにしました。20km程度の格子間隔で地球全体の気候の変化を再現/予測する全球気候モデルを地球シミュレータ上で動作させ、現在気候25年、将来気候25年のデータセットを作成しました。この全球を覆うデータから、さらに地域スケールまで範囲を絞り込み、5kmの格子間隔

でその地域特有の気象をシミュレーションする地域気候モデルを動作させるという、高解像度化(ダウンスケーリング)システムを地球シミュレータ上に構築しました。この5km格子地域気候モデルは現在も動作中であり、地形効果で局所的に発生する豪雨やフェーン現象などで引き起こされる顕著な高温といった低頻度事象の情報が



村田 昭彦



5年平均地上気温の対AM2.5バイアス。(a) NHRCM, SIB実験。(b) NHRCM, SPUC実験。
4kmNHRCMの計算結果。アメダス点でのバイアス。
左は自然植生のみ。右は都市サブモデル入り。
都市中心部の低温バイアスが消えている。

の改良にも取り組んでいます。全球気候モデルに海洋の影響を取り込んだところ、従来よりも熱帯低気圧の発生数が減少したほか、雲の発生条件を改良することによって、中緯度・高緯度の雲の分布が改善され、これまで多くのモデルでは再現できなかった南極海周辺の雲の分布が、実際の観測値に近づくといった成果が得られました。

地域気候モデルについては、積雲による対流発生効果をより現実的に改良することで特に日本の南西地方の降水量の再現性が著しく向上することや、関東地方のように都市化が大きい地域においては、都市特有の熱環境を計算することができる新しい都市サブモデルを使うことで地上気温分布の再現性が良くなること、などを確認することができました。

創生プログラムの前半2年間では、日本域で5km四方を1マスとする地域気候モデルによる高解像度気候シミュレーションが完了しました。しかし、人々の生活空間に及ぼす気候変動のリスクを評価するためには、より細かな解像度での情報が求められているのが現状です。このため、後半3年間では、先に示した改良に加え、最終格子間隔を2kmにまで高解像度化したモデルシステムを使って気候再現と将来気候予測を行っていき、局地的な気象現象、災害を引き起こす可能性のある顕著事象を精度よく捉えることを目指します。

サブ課題c

台風の進路だけでなく、強さを高い精度で予測する!

台風は毎年のように人間社会に甚大な影響をもたらす、警戒すべき気象ハザードのひとつです。その進路予測精度は年々向上していますが、強度の予測はほとんど向上しておらず、防災の観点から



RESEARCHER 研究者紹介

高薮 出 Izuru Takayabu

テーマC 領域代表
気象庁気象研究所 環境・応用気象部 第二研究室 室長

テーマCの役割は、各テーマをつなぐ翻訳者

テーマCでは、テーマA・Bで扱う基礎的な温暖化予測情報を、テーマDで扱う温暖化の影響評価にいかせるよう、情報の橋渡し・翻訳を行っています。今後も各研究グループと良好なコミュニケーションをとり、効果的に研究を進めていきます。

順次蓄積されています。

それと並行して、より信頼性の高い結果を得ることができるよう、全球気候モデル

信頼性の高いハザード情報の提供が求められているところです。この問題を受け、本研究チームでは、地球温暖化の影響もふまえ、起こりうる台風の最大強度の推定に取り組んでいます。

台風の強度を推定するには、雲の生成といった大気中のプロセスをより正確に表すことが不可欠なのはもちろんですが、本研究では台風の発達過程における海洋との相互作用をシミュレーションに加味することもとても重要だと考えています。コンピュータ上で大気と海洋を結合して台風を再現したところ、大気・海洋の相互作用を考慮する場合としない場合とでは、台風の進路は同じでも、場合によっては強度に10hPa以上の差が出るわかりました。また、相互作用を考慮してシミュレーションを行った台風と実際の台風とを比較したところ、2010年の台風13号(MEGI)については進路や眼の大きさ、急発達具合などがよく再現されていることが示されました。



金田 幸恵

将来気候での台風の最大強度推定については、2km四方を1マスとして雲の内部構造を再現するモデルを使って、最大強度を予測しました。その結果、従来の20km四方を1マスとしたモデルの予測最大強度や理論上可能な最大強度よりも予測最大強度の将来変化がより大きくなる結果が出ました。

今後は、最近に発生した強い台風について調べるとともに、過去の大きな被害をもたらした台風についての分析を進め、強度予測や発達のプロセスについても理解を深めていく予定です。



CReSSでシミュレートされた将来の非常に強い台風(暴風中心気圧860hPa)

社会に役立つ成果や今後の展開

- 1 本研究で得られたデータは国内外の研究所に提供され、防災だけでなく、農業や産業の将来予測にも役立てることができそうです。
- 2 研究がさらに進展し、日本の都市部の気温や降水などの詳細なデータが得られれば、各都市の住みやすさや熱中症のなりやすさなどを算出することも可能です。
- 3 将来的には桜前線を予測したり、この先数十年間の気温や気候の予測情報をもとに都市計画を立てたりするなど、私たちの身近な生活にも成果を還元していける可能性を秘めています。

FEATURE 02

まとめ

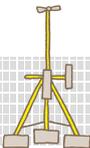
精密なハザード情報が、災害から日本を守る礎となる!

今回紹介した3つのサブ課題の研究が進むことで、より信頼性の高い、あるいは信頼性の幅の情報も含まれた、将来気候下での気象ハザード情報を提供できるようになります。

この気象ハザード情報を基礎としつつ、人々の生活形態、地域インフラの整備、農産物の気候特性、といった相補的な情報と組

み合わせることで、より精密なリスク評

価が可能となります。その成果は国や地方自治体において、災害などへの将来に向けた対策を講じる際に極めて重要な情報になるでしょう。テーマCで創出する気象ハザード情報と対をなす、影響評価、災害リスク評価については、目下、創生プログラムの他のテーマにおいて活発に研究がなされているところです。テーマ間の緊密な連携を深め、気候変動リスク情報の創生という本プログラムの目的達成を目指します。



2014年11月20日

SOUSEI NEWS

ニュース

□ テーマ A

会議報告: 雲フィードバックに関するモデル相互比較プロジェクト(CFMIP)

気候モデルによる将来の予測値には幅がありますが、その要因として重要である雲の振る舞いについてモデル間で比較・検証する国際プロジェクトがCFMIPです。CFMIPミーティング2014が7月にオランダで開催され、日本からはテーマAを中心に11名が参加しました。会議では、雲フィードバックと気候感度、大気循環や降水量変動とそのモデル間のばらつきに関する研究や、特定のプロセスに特化した理想化実験に関する研究報告が行われたほか、次期結合モデル相互比較プロジェクト(CMIP6)に向けた新しい相互比較実験に関する議論が交わされました。また、WCRP Grand Challengeで今後取り組むべき課題についても検討が行われました。



CFMIP 会議で講演する小倉知夫サブ課題代表

□ テーマ C

第13回 領域スペクトルモデル(RSM) ワークショップ開催!

11月25日(火)から29日(土)にかけて創生テーマCで開発を進めている領域スペクトルモデル(RSM)の研究開発報告会およびユーザー講習会を行います。11月26日(水)午前中には、同時開催中の創生国際ワークショップの一部として、「領域スケールでの気候変動リスク予測に向けた挑戦」というテーマで共同プレナリーセッションを開催します。RSMはいくつかの国での現業気象予報モデルとして用いられているほか、大気海洋結合、同位体輸送など領域気候予測モデルとして特色のある発展を遂げています。開発草創期から今日までの開発者が一堂に会して最新の研究発表を行うほか、新規ユーザーへの講習を行いますのでぜひご参加ください。詳しくは<http://rsm-workshop.wikispaces.com/RSM2014>をご覧ください。



今年は創生プログラムの国際ワークショップとリンクさせ、共同プレナリーセッションを開催する予定です。

2012年に開催されたRSMワークショップの様子

□ テーマ B

会議報告: IBBI国際ワークショップ

2014年4月にドイツのリンベルグ城で開催された、Interdisciplinary Biomass Burning Initiative (IBBI) 国際ワークショップに参加しました。植生燃焼は様々な汚染物質や微粒子を大気中に放出するため、気候変動や健康への影響が懸念されています。しかし、気候変動による山火事の大惨事などのリスク情報を数値実験で正確に予測することは極めて困難です。そこで、IBBIはIGAC/iLEAPS/WMOの共催による植生燃焼に関する分野横断的な研究を促進するために立ち上げられたプロジェクトです。このような国際プロジェクトと連携しながら、テーマBでは地球システムモデルに組み込まれる大気化学と生物活動の関わりを取り扱うための要素モデルを開発しています。


 国際ワークショップ会場のリンベルグ城
マックス・プランク協会が所有するリンベルグ城は、その研究所の主催するミーティング等に用いられています。

□ テーマ D

AOGS 11th Annual Meeting で影響評価セッションを開催しました。

自然災害、水資源、生態系の分野で精密な影響評価を目標としているテーマDでは、北海道札幌市で開催された、AOGS 11th Annual Meeting (2014年7月28日~8月1日)において「Climate Change Impact Assessment on Water-related Disaster among Korea, Taiwan, and Japan」(Session Code: HS16)のセッションを開催し、アジア各国からの多数の研究者たちに向けて自然災害影響評価を中心として創生プロの研究成果を紹介しました。また、このセッションでは、京都大学防災研究所や気象研究所と活発な研究交流を行っている台湾のNCDR (National Science and Technology Center for Disaster Reduction)から、革新プロおよび創生プロの温暖化予測データを活用した水災害影響評価に関する研究成果が発表され、両国の研究者の間で有意義な議論が行われました。



AOGS 影響評価セッション 会議風景