

参加報告

東京大学大気海洋研究所 阿部彩子、木本昌秀

1. はじめに

2014年9月8~10日に、International Space Sciences (スイス・ベルン)において、WCRP および IPCC による、標記ワークショップが開催された。本ワークショップの目的は、IPCC AR5 作成を通じて明らかになった WCRP の研究における重要な課題と将来の方向性について、WCRP リーダーと IPCC 著者との対話、議論を行うことである。出席者は、約 80 名 (うち日本からは 3 名が出席した。WG1 関連からは、氷床および古気候モデル研究から阿部彩子 (WG1 第 5 章 LA)、近未来予測モデル研究から木本昌秀 (WG1 第 11 章 LA) の他、WG2 CLA の沖 大幹 (WG2 第 3 章 CLA) が出席した)。ワークショップは、全体討論とグループ討論で構成された。筆者らは、全体討論及びグループ討論 (BOG1, 3, 4, 8) に出席した。

2. 会合概要および所感

【全体討論】

セッション 1 : IPCC WGI AR5: Emerging Themes and Key Uncertainties

- Uncertainties, regional climate change, decadal (近未来予測), carbon cycle, aerosols……等、各課題の洗い出しが行われた。

セッション 2 : WCRP Grand Challenges (GCs): Strategies to Address Key Uncertainties

- i. Clouds, Circulation and Climate Sensitivity
- ii. Changes in Cryosphere
- iii. Climate Extremes
- iv. Regional Climate Information
- v. Regional Sea-level Rise
- vi. Water Availability

- WCRP が数年前から重点的に推進している上記 6 つの GCs (グランド・チャレンジ/研究課題) の現状と展望に関して発表が行われた。全般にまだ抽象的な段階で、アプローチの具体性が不足している印象を受けた。i は比較的進んでいる (日本からも渡部雅浩 (東京大学大気海洋研究所) が task team に参加している)。

セッション 3 : Impacts, Risk Assessment and Scenario Development

- WG2, 3 の研究者から、気候変動の影響・リスク (WG2) とシナリオ開発 (WG3) に関する 2 つの発表があった。
- 前者の発表の中で「stakeholder のための science が必要」的なメッセージが含まれていたが、これに対しては、WCRP (WG1) コミュニティが反発する空気を感じた。一方で、気候研究 (WCRP/WG1) 側としては、既に stakeholder のニーズも踏まえて研究活動を行ってきているし、すぐに“結果”が出る研究ばかりとは限らない。気候研究側の課題というよりは、むしろ、影響・適応 (WG2) 研究側の取り組むべき問題ではないか、というのが、率直な感想である。気候研究から影響・適応研究側のニーズに対応したデータ提供するには、その手法の議論を含めた WG 間の対話は今後も必要である。
- 後者の ScenarioMIP (※ 1) の発表には、全球気候モデル (GCM) の研究センターの研究者たちから、強い反発があった。新しいシナリオでわざわざ GCM を使った多くの実験をする必要があるのか疑問視する声があがった。大して違いのない大量のシナリオ実験に資源を浪費するより、科学的な課題の解決を優先すべきではないかと懸念している。

(※ 1) ScenarioMIP (Scenario Model Intercomparison Project) : これまで WG1~3 はそれぞれ個別に動いていたものを新シナリオプロセスでは WG1~3 の整合性を高めようという動きがある。本格的な影響評価のためには、各社会経済パス (SSP) の基準状態と、各 SSP の条件での異なる緩和 (RCP の放射強制力) レベルの気候シナリオが必要という考えの下で、複数の SSP と複数の RCP の掛け算 (SSP-RCP マトリックス) で多数のシナリオを出し、気候計算のモデル間相互比較を行うものが ScenarioMIP。

## 【グループ討論 (BOG)】

以下のトピックごとに 10 名程度の Breakout Group (BOG) に分かれて、議論を行った。木本は、BOG-1 と 8、阿部は、BOG-3 と 4 を中心に出席した。BOG-1~6 は、GCs に対応したトピック。GCs の 6 つに加え、BOG-7 と BOG-8 は、GCs に準ずる重要性が認識された研究テーマとなっている。

- BOG-1: Clouds, Circulation and Climate Sensitivity (木本)
- BOG-2: Climate extremes
- BOG-3: Regional Sea Level Rise (阿部)
- BOG-4: Changes in Cryosphere (阿部)
- BOG-5: Regional Climate Information
- BOG-6: Water Availability (沖)
- BOG-7: Biogeochemical, Aerosols, Atmospheric Chemistry Aspects
- BOG-8: Decadal Timescale Quantification: Attribution and Prediction (木本)

## 【総論】

- 気候研究(WCRP/WG1)に求められていることは「種々の不確実性の低減」であり、そのために何をするか、という基調は、BOG1~8 の全項目に共通して見られた。全般には、各 BOG の課題の再確認が行われた。今やっていることにブレはないという印象が強かった。

(補足情報) IPCC が一般に紹介される時は、わかったこと、確実性が増したことが強調されるが、本文にはまだわからないこと、課題が多く書かれている。WCRP でも、これまでの成果は著しいが、まだまだやるべきことは山積である、との意識が強い。現在気候におけるモデルの成績が将来の不確実性にどう関係するかは、大きな課題の一つである。WCRP では、やるべきことはやっているのだから、Future Earth といった新しい研究の考え方の動きがあることは理解するが、ベースとなる気候研究の方向性を考え直すような風潮は一切ない。

- 温暖化関連の影響評価のためには、温度上昇ではなく、水環境、海水準、極域雪氷、大気汚染、気象の極端現象など、多岐にわたる見通について誤差も含めた定量的評価が必要不可欠と強調された。
- Cross-WG coordination の重要性が確認された。
- 複数の BOG で 20th Century Earth System Reanalysis(※2)の必要性が指摘され、全体会合でも議論が行われた。今後具体化か。

(※2) 20th Century Earth System Reanalysis: 炭素循環等を含んだ地球システムモデルに、できる限りの観測データを同化して、過去 100 年以上 (20 世紀) の気候現象の再解析を行う。

- 観測システム充実の重要性も確認された。
- WG1 はこれまで不確実性 (可能性や確信度) も含めてアトラス (全球または地域的な傾向を示す図) なども作成して具体的な「数字」 (例: 温度、降水量) を出してきているが、WG2 や WG3 がその数字を活かすところまで行っていない点が話題になった。次回の IPCC レポート (AR6?) を作成するのであれば、WG1 が大量に出してきた情報を定性的な表現からより定量的 (例: 順位) な科学的知見にして活かしてほしいということが、AR5 WG1 共同議長の Thomas Stocker 氏から述べられた。

## 【個別の BOG における動向】

- BOG-1 では、現象を解析する人とモデル開発者の間を science でより強く結んで進めてゆく必要が強調された。また、次から次へと来る CMIP, IPCC のためにモデルを調整するだけでなく、自由な発想にもとづくモデル開発も許容することの重要性が確認された。
- WCRP では、最高決議機関である合同科学委員会 (JSC: Joint Scientific Committee) の下に Modeling Advisory Council (MAC) が 2011 年末に設置され、各 modeling プロジェクト間の連携・調整を行うこととなった。そこでは、モデルユーザーの爆発的な増加に反して、モデル開発者が一部では絶滅危惧種ともいわれるほど基盤が弱まりつつあることへ危機感が強く、summer school、workshop、各種会議での modeling section 充実、若手への褒賞設置など、開発者への支援を強化すべく動いている。
- 複数の BOG で、現在気候におけるモデルのパフォーマンスが将来予測の不確実性とどのようにかわっているのか、それを把握しきれていないことが重要な課題であると再確認された。強制と自然変動の不確実性低減の重要性も随所で確認された。

- BOG-8 では、(過去事例も含む) ハイエイタスの解明・アトリビューション、現事例の予測の重要性が強調された。今後 Decadal を追加的に GC にしてはどうかという発言もあった。
- BOG-2 では、プロセスレベルでの極端現象の評価が不十分であること、対流の表現など高解像度モデルの必要性、が重要課題として挙げられた。
- BOG-6 では、陸面過程モデリングの引き続き発展、降水等データの充実が確認され、人為要因を考慮する必要性にも言及された。

(補足情報)次期国際比較実験 CMIP6 では、22 の課題別比較実験が計画されている。そのうち Detection/Attribution では、国立環境研究所の塩竈秀夫主任研究員が steering member となっている。その他 10 の課題で日本人モデル研究者が様々な形でメンバーとなり、企画段階から参画している。

- BOG-3 と 4 では、短期的 (2100 年まで) な対策のためだけではなく、長期的影響/対策のための長期的 (1000~2000 年後) な見通しや後戻りのきかない現象 (ティッピング・ポイント) 把握のため、長期的監視とモデルの高度化 (※3) が強調された。特に、極域の地上観測と衛星観測 (※4) を強化していくことの重要性が議論された。この WG1 による長期的な気候予測研究の見通しが、WG2 や WG3 にとっても必要なことを話し合った上で、21 世紀の政策立案/決定にとって大事であることを確認した。なお、ここでの議論を踏まえて、阿部に対して WCRP BOG の Sea level Change のサブテーマのとりまとめの一人になるよう依頼があった。

(※3)古気候の研究を通じて、海洋やアイスコアから採取・分析した氷河期の日射量や二酸化炭素濃度のデータから過去の気候変動を把握し、それをモデルシミュレーションで再現することで、モデルの評価や修正・改善が可能となる。このような過程を通じて高度化されたモデルが、気候変動をより信頼できる形で予測する上では重要となる。当該 BODs でも、気候モデルの開発および長期的数値実験をする必要性について議論が行われた。

(※4)雪氷を含む極域は、太陽光を反射することで冷却効果がある地域だけに、気候変動進行の“シグナル”が非常に大きいと言われる。従ってこの極域の地上観測と衛星観測を強化していくことの重要性とともに、気候モデルの開発および長期的数値実験をする必要性について議論した。

- 古気候分野の研究者は、AR5 の古気候の章(第 8 章)の CLA の Valerie Masson-Delmotte と阿部の 2 名のみでの参加であったため、同分野のエキスパートとしての意見を求められることが多かった。阿部は、自身が Science Steering Committee メンバーを務めている国際プロジェクト PMIP(※5)のこれまでの成果や、氷床と Sea level の研究の国際的現状 (※6)を説明し、さらに WGCM/CMIP への参画も提案している新しい ISMIP(※7)についても Science Steering Committee メンバーとして状況説明を行った。

(※5) PMIP(The Paleoclimate Modelling Intercomparison Project):古気候モデリング比較プロジェクト。2 万年前の最終氷期最盛期や 6 千年前の縄文時代の温暖化な時期、そして、過去 1000 年について、CMIP に提出したのと同じモデルで再現実験、国際比較され、IPCC AR5 でもモデル検証 (Chapter 5, 9, 10) などに使われたり、気候変化メカニズム理解の基本に資した (PMIP3 site and wiki <http://pmip3.lsce.ipsl.fr>)。PMIP を応用/発展させて、Abe-Ouchi et al (2013, Nature) で氷河期の欧米地域の氷河の広がり再現の成功や、二酸化炭素濃度 (の低さ) と氷河期との関係性を突き止めたこと等が成果として知られる。

(※6)現在進行中の気候変動の理解に資するとして、現在の間氷期と類似していると考えられている最終間氷期 (12 万 7000 年前から 11 万年前) の南極や北極・グリーンランドの氷床がどのような条件下 (例: 温度や日射量) でどのように (例: スピードや場所) 融解し、その結果、どのように海面水位が上昇するのかについて国際的に連携してモデル研究を行っている。

(※7) ISMIP(Ice Sheet Model Intercomparison Project): WCRP のコア・プロジェクトの 1 つである CliC (The Climate and Cryosphere project) の下で新たに立ち上がった氷床モデル比較プロジェクト。現在、グリーンランドの氷床の融解をモデルが再現しきれていないことが指摘される (観測結果と比較するとモデルより実際のほうが融解速度が早い) 中で、このプロジェクトにより世界の海面水位の上昇を引き起こす氷床の融解のメカニズムやティッピング・ポイント (排出量や温度) の解明への貢献等を目指す。