地球環境研究センターニュース

スーパーコンピュータ利用研究報告会では、各課題の研究成果について、
参加者と報告者の間で活発な質疑応答が行われました

2019年4月号　［Vol.30 No.1］ 通巻第340号

AGU Fall Meeting 2018参加報告ー米国での地球物理学会創設100周年を目前にしてー

地球環境研究センター 気候モデリング・解析研究室 主席研究員 中島英彰

計算で挑む環境研究–シミュレーションが広げる可能性 [4] 日本スケールから地球スケールを“シームレス”に取り扱う大気汚染シミュレーション

地域環境研究センター 大気環境モデリング研究室 主任研究員 五藤大輔

平成30年度スーパーコンピュータ利用研究報告会を開催しました

地球環境研究センター 研究支援係

【新刊図書・雑誌】UNEP Report “Air Pollution in Asia and the Pacific: Science-based Solutions”

地球環境研究センター 気候変動リスク評価研究室 主任研究員 田中克政
地球環境戦略研究機関 リサーチリーダー Eric Zusman

UNEP Report “Air Pollution in Asia and the Pacific: Science-based Solutions”

Katsumasa Tanaka
Senior Researcher at the Center for Global Environmental Research,
National Institute for Environmental Studies
Eric Zusman
Research Leader at the Institute for Global Environmental Strategies

2019年4月号 ［Vol.30 No.1］ 通巻第340号 201904_340001

AGU Fall Meeting 2018参加報告

ー米国での地球物理学会創設100周年を目前にしてー

地球環境研究センター 気候モデリング・解析研究室 主席研究員 **中島英彰**

1. はじめに

米国地球物理学連合（American Geophysical Union: AGU）は、1919年に米国国立研究協議会（National Research Council）によって創設された学会で、米国科学アカデミー（National Academy of Sciences）加盟の学会として50年以上活動してきた。1972年からは非営利法人組織となっている。「米国」の名を冠してはいるが、実際には現在137ヶ国、60,000人の構成員を持つ、地球物理学分野では世界最大の国際学会である。2018年は、ちょうどAGUの最初の創設から99年がたち、翌年創設100周年を迎える記念すべき年であった。

AGUは、地球物理学分野では世界で最も権威のある科学雑誌の1つであるJournal of Geophysical Research (JGR) やGeophysical Research Letters (GRL)、Review of Geophysics (RG) をはじめとする数々の科学雑誌を刊行してきており、これらの雑誌に筆頭著者として学術論文を掲載することが出来れば、地球物理学者として一人前だと評価される目安にもなっている。

AGUが主催する国際会議として最大であるのが、毎年12月初旬に開催される秋季大会（Fall Meeting）である。AGUは、かつては春にもSpring Meetingも毎年開催していたが、現在では春季大会は行われていない。その代わり、世界の地球物理学者達の多くは、春には毎年5月にウィーンで開催される欧州地球科学連合大会（European Geosciences Union: EGU）に出席し、秋にはAGUに出席するのが恒例となっている。また、特定のテーマを絞った会議として、Chapman Conferenceという規模の小さな会議も随時開催している。

私が初めてAGUの会議に出席したのは、大学院博士課程を修了し、名古屋大学の助手に採用された直後、1993年5月に米国東海岸・メリーランド州のボルチモアで開催されたAGU Spring Meetingであった。それから早や25年以上の年月が経過したことになる。当時はSpring Meetingは米国東海岸のどこか（ボストン、ボルチモア、ワシントンD.C.等）、Fall Meetingは米国西海岸サンフランシスコのMoscone Centerで開催されるのが通例であった。ちなみに、このMoscone Centerは、1995年のアメリカ映画「ザ・インターネット」の舞台にもなっていた、世界的に有名な国際会議場である。ところが、Moscone Centerが施設の老朽化による建て替えを理由に、2017年から2年間使えないこととなった。そこで急遽AGUのFall Meetingが2017年はルイジアナ州・ニューオーリンズで、2018年は首都・ワシントンD.C.で開催されることとなった。

写真1　会場となったWalter E. Washington Convention Centerの内部

2. AGU Fall Meeting 2018の概要

12月10日〜14日に開催された今回のAGU Fall Meetingには、26,000人ほどの参加者があったようだ。私が1990年代に参加していたころは6,000〜7,000人規模であったと記憶しているので、この25年間で参加者の規模が4倍にも拡大したことになる。その要因の一つは、中国や韓国、その他アジア諸国からの参加者の増加と思われる。日本からの参加者数は、残念ながら当時と比べてそんなに変化しておらず、ここにも最近新聞などでしばしば取り上げられているような、日本の科学の国際的な地位低下傾向が見て取れる。会議のプログラムは、以下のような30程の分野に分かれ、それぞれの分野に属するセッションが数多く開催されている（カッコ内は、筆者による分野名の仮訳）。ちなみに、この中で下線付き太字で示してあるのは、私がAGUに参加し始めた頃から存在していた分野であり、最近の分野の細分化傾向が見て取れる。

1) Atmospheric and Space Electricity（大気・空間電気学）

2) Atmospheric Sciences（大気科学）

3) Biogeosciences（生物地球科学）

4) Cryosphere（雪氷科学）

5) Earth and Planetary Surface Processes（地球惑星表面プロセス）

6) Earth and Space Science Informatics（地球宇宙情報科学）

7) Education（教育）

8) Geodesy（測地学）

9) GeoHealth（地球健康学）

10) Geomagnetism, Paleomagnetism, and Electromagnetism（地磁気・古地磁気・地球電磁気学）

11) Global Environmental Change（地球環境変化）

12) Hydrology（水文学）

13) Mineral and Rock Physics（鉱物岩石物理学）

14) Natural Hazards（自然災害）

15) Near Surface Geophysics（表層地球物理学）

16) Nonlinear Geophysics（非線形地球物理学）

17) Ocean Sciences（海洋学）

18) Paleoceanography and Paleoclimatology（古海洋・古気候学）

19) Planetary Sciences（惑星科学）

20) Public Affair（公共問題）

21) Seismology（地震学）

22) Societal Impacts and Policy Sciences（社会影響・政策科学）

23) Space Physics and Aeronomy (SPA)-Aeronomy（超高層物理学：大気物理）

24) SPA-Magnetospheric Physics（超高層物理学：磁気圏物理）

25) SPA-Solar and Heliospheric Physics（超高層物理学：太陽圏物理）

26) Study of Earth's Deep Interior（地球深部科学）

27) Tectonophysics（地殻物理学）

28) Town Hall（タウンホール公開講座）

29) Union（共通分野）

30) Volcanology, Geochemistry and Petrology（**火山学**・地球化学・岩石学）

それぞれのセッションでは、通常2日間に渡って口頭発表とポスター発表が行われ、その分野の最新の情報交換と議論が行われる。AGUの特徴の一つに、ポスター発表スペースの広さが挙げられる。1人あたりにあてがわれるのは畳1畳が横になったほどのポスターボードであり、そこにそれぞれA0やB0横サイズの綺麗なポスターを張り付けて議論を行う。ポスターもまる1日掲載可能であり、午前（8:00–12:00）か午後（14:00–18:00）の4時間がまるまるポスター発表時間として割り当てられている。ただし、コアタイムとして最低1〜2時間発表したのちは、他の人のポスターも十分見られるように配慮されている。また、通常の学会発表の他に、著名な研究者による1時間程度のLectureも行われる。以下に、今回の発表のなかで私が特に注目したLectureと招待講演内容について報告する。

写真2 Exhibition Hallの中にあった、AGU100周年をあしらった花のディスプレー

3. Paul Newman氏によるCharney Lecture

会議2日目の火曜日11:20から、数値予報の分野で著名な功績を残した米国の気象学者Jule G. Charneyを記念したCharney Lectureで、NASA Goddard研究所のPaul Newman氏による "Atmospheric chemistry from space: past, present, and future" という講義形式の発表が行われた。Newman氏はオゾン層研究の世界的な権威であり、ちょうど今年2019年2月に公開された、4年に1回発行されている世界気象機関（WMO）の2018年版オゾンアセスメントレポートの共同編集長も務めている。Newman氏の講義では、V-2ロケットからNASAの人工衛星による地球観測に発展していく歴史と、オゾン層研究の関連、オゾン層の現状と将来の気候変動による影響などについて、包括的な発表がなされた。特に、1957〜1958年にかけて行われた「世界地球観測年（International Geophysical Year: IGY）」に

関連して、1957年に当時のソ連がスプートニク衛星を打ち上げた後に、米国も1959年にVanguard-2衛星を打ち上げて、1960年からは後の気象衛星につながるTIROS-1衛星を打ち上げ、衛星からの地球観測を本格的に開始した歴史について報告した。1970年にはPaul Crutzenが超音速旅客機が成層圏で放出するNOxによるオゾン破壊の危険性について指摘し、1974年にはMario MolinaやSherwood Rowlandがフロン（CFC）によるオゾン層の破壊について警告した。そして、1985年に実際に日英の研究者が、南極上空のオゾンホールをそれぞれ独立に発見した。その後、NASAの人工衛星TOMSデータの再解析の結果、TOMSでもオゾンホールが観測されていたことが明らかとなった。研究の結果は1987年のモントリオール議定書につながり、1995年にはCrutzen、Molina、Rowlandの3名がノーベル化学賞を受賞することにつながった。それから、各国の人工衛星によるオゾン層の継続的なモニタリングが続けられている。さらに、将来の気候変動に伴うオゾン層の将来予測に関しても、その回復量が温室効果ガスの量によって大幅に異なるという最新の予測結果が述べられた。

翌日の水曜日には、間もなく公開される2018年版WMOオゾンアセスメントレポートの概要が、筆頭共同編集長であるNOAAのDavid Fahey氏らによって紹介された。なお、このアセスメントレポートは、2019年2月6日に、NOAA/ESRLの以下のページから公開され、取得可能である。（https://www.esrl.noaa.gov/csd/assessments/ozone/2018/）

写真3 ポスター会場にやって来た、Charney Lectureを行ったNASAのPaul Newman氏とともに

4. Stephen Montzka氏によるCFC-11に関する発表

会議3日目の水曜日の午後、A32A: Atmospheric Trace Species in the Stratosphere: Distribution, Trends, Variability, and Processes Related to Stratospheric Ozone and Climate IIというセッションで、NOAA/ESRLのSteve Montzka氏が “Towards a further understanding of the magnitude and underlying cause for the recent increase in global CFC-11 emission” というタイトルの招待講演を行った。その内容は、2018年5月にNatureに発表された、2013年以降のアジアからのCFC-11の（モントリオール議定書の国際条約に反する）違法排出の増加を報告した論文の続報であった。このNature論文では、2014–2016年のCFC-11の全世界での排出量が、2002–2012年の値に比べて減らないどころか毎年13Gg増えてきていると報告されている。それが今回の発表では2017年の最新の推計値が示され、それは予測による値より40Ggも高い値となっていると報告された。また、論文の中では、ハワイ・マウナロア島での観測データからのインバース計算により、CFC-11の放出は東アジアのどこからかであると推計している。本発表ではさらに、最近のNew York Times紙やEnvironmental Investigation Agency (EIA) の報告書をもとに、最近の中国におけるCFC-11の違法放出の現状が報告された。そして、このままCFC-11の放出が続くと、オゾン層の回復が7〜20年遅れる可能性があると警告し、今後のさらなるCFC-11の全球的なモニタリングの重要性が強調された。しかし、Nature論文が発表された2018年5月以降、CFC-11の排出が減少し始めた可能性についても報告があった。

ちなみに、私もこのセッションのポスターで、“Long-term observations of CFC-11, CFC-12, HCFC-22, HCFC-142b, and HFC-23 from ground-based FTIR at Syowa Station, Rikubetsu, and Tsukuba, Japan since 1995” というタイトルで発表を行った。特に、最近のCFC-11のアジアでの違法放出に興味を持つ人たちが聞きに来てくれ、今後引き続き情報交換をしようということになった。また、2019年3月にオーストリアのウィーンでCFC-11に関する会議を開催するということで、その想定される内容に関する情報交換なども行ってきた。やはり、AGUは参加者層が厚く、細かいトピックでも興味を持っている人が何人かはいるのだということを実感した。

写真4　WMOオゾンアセスメントレポート筆頭共同編集長のDavid Fahey氏とともに。Fahey氏とは、私が名古屋大学に在籍していた1990年代からの知り合いで、お互いの近況報告を行った

5. おわりに

例年のサンフランシスコではなく東海岸・ワシントンD.C.で開催されたAGU Fall Meetingではあったが、サンフランシスコとは違った会場で行われたことに新鮮味があった。しかも、会議の初日に今後の開催方針に関するアナウンスがあって驚いた。それによると、2019年と2020年は、Moscone Centerの改修後ということでサンフランシスコで開催予定であるが、その後は開催場所をローテーションするとのことである。3年後の2021年は2017年に開催されたニューオーリンズ、2022年はAGUとしては初めての開催となるシカゴ、2023年はサンフランシスコ、2024年はワシントンD.C.、2025年はニューオーリンズ、2026年はサンフランシスコだそうである。これは、40年以上ずっとサンフランシスコでFall Meetingを開催してきたAGUにとっては、大きな方針変換である。どうやら、Moscone Centerの改修のおかげで、AGUの事務局はFall Meetingが米国の他の都市でも開催可能であることに気付いたものと思われる。

開催地を選ぶ基準として、AGUは以下の点を考慮したと述べている。

- その都市への移動コストとホテルの値段（確かに、最近のサンフランシスコのホテルの宿泊価格は、昔と比べてうなぎ登り的に高くなってきていた）
- 大きな国際会議場の存在と、十分な数のホテルの客室数
- 市内や空港への、公共交通手段による移動のしやすさ
- 国際会議場の、市中心部やレストラン街などとの近さ
- 市や国際会議場、ホテル等のサステナビリティー・プログラムの有無（確かに、今回の会議場では、プラスチックの容器も、すべて生分解性のものが使われていた）
- 会議を開催する際のトータルコスト（サンフランシスコのMoscone Centerの賃料は、実は他の国際会議場と比

べて相当高いのかもしれない！？）

会議に参加する参加者にとっても、全米の何ヶ所かを回るのは、公平性の観点からもふさわしいものかもしれない。我々海外からの参加者にとっても、ニューオーリンズ以外へは日本から直通便も飛んでいて、いろんな都市を訪れるのは、新鮮味があって良いことかもしれない。私個人的には、まだこれまでに訪れたことがないシカゴでの会議に参加するのが楽しみである。また、2019年の末にAGU 100年祭（Centennial）大会が行われる予定の、改装となったサンフランシスコのMoscone Centerを訪れ、また世界中の研究者仲間と再会してDiscussionするのを、今から心待ちにしている。

地球環境研究センターニュース3月号に「 AGU出張報告 最近の人工衛星を用いた大気微量成分の研究動向」（地球環境研究センター 衛星観測研究室 特別研究員 染谷有）を掲載しています。

＊AGU Fall Meetingに関するこれまでの記事は以下からご覧いただけます。

- 平野高司「AGU2001年度秋季大会報告ー炭素循環と陸上生態系に関する研究の動向についてー」2002年2月号
- AGU (American Geophysical Union) Fall Meeting 2005参加報告
  - 梁乃申「陸域炭素循環に関する発表と研究の動向」2006年2月号
  - 江口菜穂・吉田幸生「GOSATプロジェクト研究発表」2006年2月号
  - 勝本正之・森範勝「ブース展示報告」 2006年2月号
- 井上誠「AGU Fall Meeting 2011参加報告ー航空機と衛星リモートセンシングによる大気観測の動向ー」2012年2月号
- 大森裕子・工藤慎治「さまざまな分野の垣根を越えた研究者同士の交流を体験して」2013年2月号
- 野田響「陸域生態系リモートセンシングの動向ーAGU Fall Meeting参加報告」2015年3月号
- 廣田渚郎「AGU (American Geophysical Union) Fall Meeting 2016参加報告 [1] Madden Julian Oscillationに関する研究の動向」2017年3月号
- 平田竜一「AGU (American Geophysical Union) Fall Meeting 2016参加報告 [2] 20年目を迎えたフラックスネットワークとビッグデータ時代」2017年3月号
- 髙木宏志「AGU (American Geophysical Union) Fall Meeting 2016参加報告 [3] 2基の人工衛星による温室効果ガスの全球観測が導くこれからの温暖化研究」2017年4月号

2019年4月号 ［Vol.30 No.1］ 通巻第340号 201904_340002

計算で挑む環境研究–シミュレーションが広げる可能性

4 日本スケールから地球スケールを“シームレス”に取り扱う大気汚染シミュレーション

地域環境研究センター 大気環境モデリング研究室 主任研究員 **五藤大輔**

計算で挑む環境研究—**シミュレーションが広げる可能性** 一覧ページへ ▸

現在、コンピュータシミュレーションは環境研究を支える重要な研究方法となっています。天気予報や災害の予測など、私たちの日常生活と深く関係していることもあります。

シミュレーション研究の内容は多岐にわたり、日々進歩しています。このシリーズでは、環境研究におけるシミュレーション研究の多様性や重要性を紹介いたします。

---

1. 大気汚染のシミュレーションとは？

私は、大気汚染のシミュレーションをしています。ニュースに出てくる言葉でいうと、PM2.5（エアロゾルの一部）、黄砂、オキシダントなど空気中に含まれる微量な物質を研究の対象にしています。例えば、これらの物質が「日本付近の空気」の中にどのぐらい存在しているか（空気中の濃度がどれくらいか）をシミュレーションによって推定しています。また、大気汚染のシミュレーションは、PM2.5が「地球の気候変動」にどの程度の影響を与えるか、ということを推定する際にも使われます。「日本付近の空気」と「地球の気候変動」の話は、全然違うことのように思われるかもしれません。しかし、大気汚染は、大気環境と気候変動の両方に影響を与えています。そこで、私はこの両方の影響に注目したシミュレーションを行っています。

「日本付近の空気」の大気汚染シミュレーションを行う際には、特定のある領域のみを計算対象とする「領域シミュレーション」を行います（図1b）。シミュレーションの対象領域内を高い解像度（5kmから20kmのグリッドサイズ）で計算します。ただし、コンピュータの計算能力には限界があるので、高解像度計算のためには、シミュレーションの領域の広さを小さくする工夫をします。高解像度で計算すると、都市部での人間活動から発生した大気汚染物質をきちんと取り扱うことができ、より現実に近い大気汚染の分布を計算することできます。なお、大気汚染物質はシミュレーションの対象領域外からも流入するので、対象領域外は先に計算をしておき、これを境界データとして与えることで、領域シミュレーションを行います。地域環境研究センターで運用している大気汚染予測システムVENUS（http://venus.nies.go.jp/）は、このような方法によって大気汚染のシミュレーションを行なっています。

一方、「地球の気候変動」の大気汚染シミュレーションには、地球全体を計算対象とする「全球シミュレーション」を行います（図1a）。領域シミュレーションに比べて、計算する範囲が広いので、コンピュータの計算能力に限界がある状況下では、粗い解像度（50kmから300km）のシミュレーションしかできません。しかし、地球全体の影響を推定する場合には、粗い解像度であっても、大気汚染が気候への影響を与えるメカニズムを評価することが可能です。具体的にいうと、大気汚染物質であるエアロゾルは、太陽光を吸収する成分と吸収しない成分があり、凝結核となって雲を生成しています（図2）。これにより、放射フラックスを変化させ、気候に影響を及ぼします。これまでのシミュレーション研究によって、エアロゾルの存在は、全体としては地球を冷やす効果があることがわかっています。エアロゾルが地球の気温にどれほどの影響を与えるのか、というようなエアロゾルの気候への具体的な見積もりは、その不確実性が年々減少しています。しかし、雲に関するシミュレーションには課題が未だ多く残されており、大気汚染と雲の関係性に関しては未だ不確実な部分が多いのが現状です。

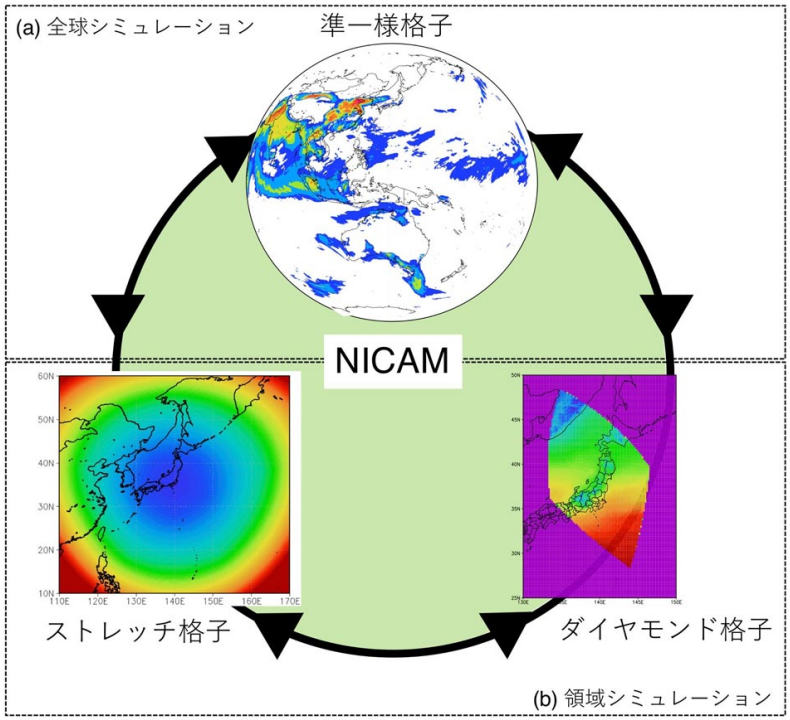

図1 NICAM-Chemのモデル改良サイクルの模式図。NICAMは (a) 全球シミュレーションで示した準一様格子によって地球全体の大気の流れをシミュレーションすることができます。同時に格子を変換することによって、(b) 領域シミュレーションを行うこともでき、領域シミュレーションには、ストレッチ格子（Tomita, 2008）とダイヤモンド格子（Uchida et al., 2017）の2つの異なる格子システムが存在します。全ての格子において、大気汚染物質の計算を担うプログラムは共通のものを利用できるので、どれか1つの格子系で改良されたプログラムは、別の格子系でも適用することが可能です

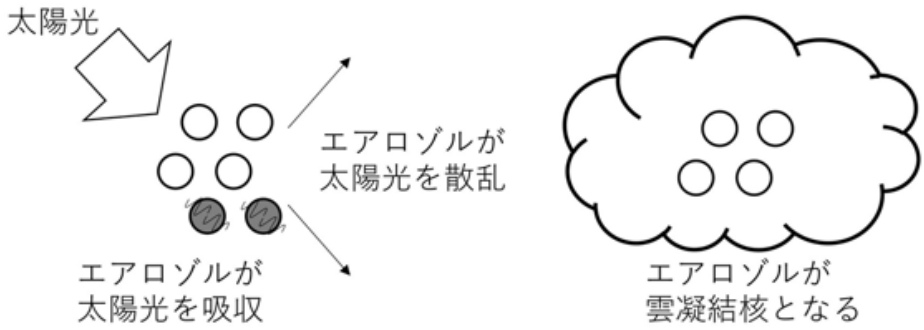

図2 大気汚染物質であるエアロゾルは、光を吸収する成分（黒色の丸）と吸収しない成分（白色の丸）があり、太陽からの光を散乱・吸収することで、太陽からの放射フラックスを変化させます。また右図で示したように、吸湿性のあるエアロゾルは雲凝結核となることができ、雲の微物理特性も変化させています。このように、エアロゾルは放射・雲を介して、気候変動にも影響を及ぼす物質です

2. 領域（日本スケール）から全球（地球スケール）をシームレスに（空間的に繋ぎ目がなく、スムーズに）に取り扱う大気汚染シミュレーション

1で挙げた領域シミュレーションと全球シミュレーションは、それぞれ異なる数値モデルを用いており、その目的や使い方もはっきり分けられ、別々に開発・改良されてきました。しかし、近年は状況が変わっており、双方を同時に取り扱うことができる数値モデルが開発されました。その1つが、私たちのチームで開発しているNICAM-Chem（Goto et al., 2018）という大気汚染物質輸送シミュレーションモデルです。母体の数値モデルは非静力学正20面体格子大気モデル（NICAM; Tomita and Satoh, 2004; Satoh et al., 2008; 2014）です。

図3には、NICAM-Chemでシミュレーションしたエアロゾルの全球分布を示しています（Sato et al., 2016）。最高性能のスーパーコンピュータの1つである理化学研究所の京コンピュータを使って、解像度が3.5kmの超高解像度シミュレーションを行いました。地球スケールで計算をした全球シミュレーションですが、「日本付近の空気」を計算する領域シミュレーションと同程度の細かい解像度で計算できました（全球高解像度シミュレーション）。その結果、人間活動が盛んな都市域やバイオマス燃焼が起こっている世界中のさまざまな地域でのエアロゾル分布を細かく再現することができました。また、空間スケールが数十kmの雲も再現できています。このような高解像度でシミュレーションができたことは、非常に大きな進歩です。

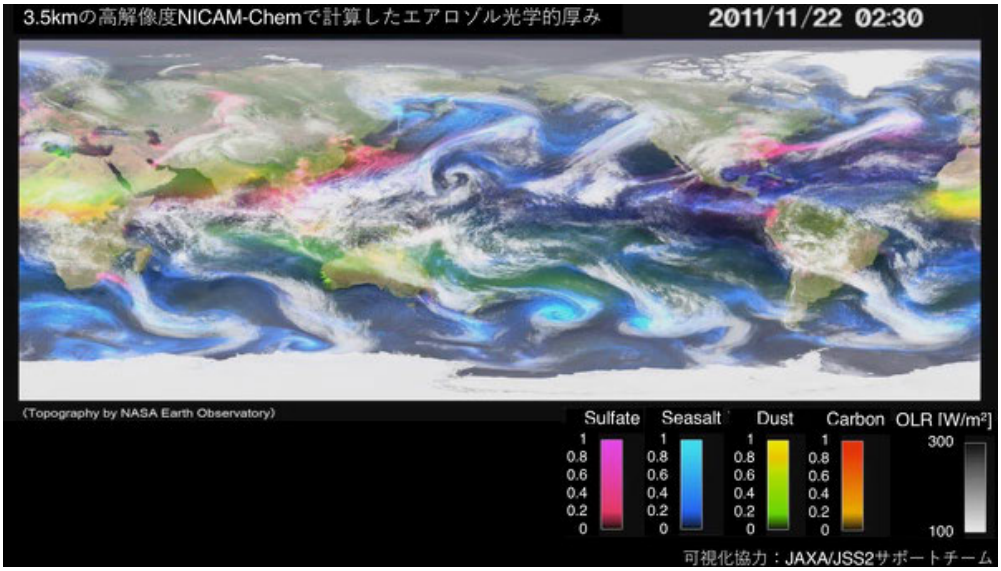

図3 全球3.5kmの高解像度グリッドのNICAM-Chemで計算をしたエアロゾル光学的厚みと雲の分布（Sato et al., 2016）。理化学研究所の京コンピュータを使って、シミュレーションしました。エアロゾルのシミュレーションとしては、世界最高解像度レベルの結果になります。色の違いが異なる物質の違いを示しており、地球上には複数のエアロゾルが混ざり合って存在していることがわかります

このような高解像度の計算は、京コンピュータのような大規模なシステムを使って初めて実現できた大掛かりなものです。しかし、スーパーコンピュータが非常に発展してきたとはいえ、誰もが京コンピュータのような超大型スーパーコンピュータを自由に使える訳ではありません。また、このシミュレーション結果には改良の余地があり、より現実に近い大気汚染の分布を再現できるシミュレーションを行うために、更に何十回もの試行錯誤の計算が必要です。そこで、本文のタイトルに “シームレスに” と書いた通り、NICAMの特異なグリッドシステムが威力を発揮します。

図1aにあるように、NICAMは全球シミュレーション可能な数値モデルですが、図1bの左に示したように、ストレッチ格子法（Tomita, 2008）を用いることで、特定領域のみ解像度を細かくして、部分的に高解像度シミュレーションができる可変的なグリッドを採用しています。この可変的なグリッドの採用により、超大型のスーパーコンピュータによる全球高解像度シミュレーションではなく、通常のスーパーコンピュータによる領域シミュレーションでも、モデル改良のための試行錯誤を行うことができます。

もう少し具体的に述べます。図1bにおける領域シミュレーションで試行錯誤をして、大気汚染シミュレーションの改良を目指し、大気汚染物質を取り扱うプログラムの修正をしたとします。NICAM-Chemの場合、全球高解像度シミュレーションも領域シミュレーションも、大気汚染物質の計算を担うプログラムは共通なので、領域シミュレーションで修正した式をそのまま全球高解像度シミュレーションに適用できます。同時に、全球高解像度シミュレーションを行うことで、領域シミュレーションだけでは発見できなかった問題点を見出すこともできます。例えば、領域によって卓越するエアロゾルの種類が異なるため、ある領域においてシミュレーション結果が改良できても、他の領域では改良されたかはわからないからです。モデルを更に改良して、その後、領域シミュレーションを再度行い、より高度なレベルで大気汚染シミュレーションの改良を行うことが可能となります。NICAM-Chemを用いれば、日本国内といった領域から全球まで、異なる空間スケールをスムーズに（“シームレスに”）扱うことができます。そして、このような開発サイクルを回し続けることで、モデルの継続的な改良を効率的に行うことが可能となります。このようなモデルシステムは世界でも稀なもので、私たちのチームではこのシステムを生かし、モデル改良を続け、より良いものにしていきたいと思います。

3. まとめ

大気汚染物質シミュレーションは、世界中の様々な数値モデルによってなされており、小倉 (2018) でも述べられたような国際モデル相互比較も行われています。しかし、大気汚染のシミュレーションには不確実な部分が未だ多くあります。NICAM-Chemは他のモデルでは実現できない高解像度のシミュレーション結果を提供し、他のモデルで推定された値との差を議論することができます。このようなことが新しい問題点の発見に繋がります。私たちのチームは、世界中のモデルを組み合わせた中から共通点・相違点を明確にすることで、大気汚染物質の理解を深めて、より不確実性が小さい精度の高いシミュレーションを目指しています。

参考文献

Goto D., Nakajima T., Dai T., Yashiro H., Sato Y., Suzuki K., Uchida J., Misawa S., Yonemoto R., Trieu T.T.N., Tomita H., Satoh M. (2018) Multi-scale Simulations of Atmospheric Pollutants Using a Non-hydrostatic Icosahedral Atmospheric Model. In: Vadrevu K., Ohara T., Justice C. (eds) Land-Atmospheric Research Applications in South and Southeast Asia. Springer Remote Sensing/Photogrammetry. Springer, Cham.

Sato Y., Miura H., Yashiro H., Goto D., Takemura T., Tomita H., Nakajima T. (2016) Unrealistically pristine air in the Arctic produced by current global scale models,Scientific Reports,6, 26561, doi:10.1038/resp26561.

Satoh M., Matsuno T., Tomita H., Miura H., Nasuno T., Iga S. (2008) Nonhydrostatic icosahedral atmospheric model (NICAM) for global cloud resolving simulations. Journal of Computational Physics 227, 3486-3514. doi:10.1016/j.jcp.2007.02.006.

Satoh M., Tomita H., Yashiro H., Miura H., Kodama C., Seiki T., Noda A.T., Yamada Y., Goto D., Sawada M., Miyoshi T., Niwa Y., Hara M., Ohno T., Iga S., Arakawa T., Inoue T., Kubokawa H. (2014) The non-hydrostatic icosahedral atmospheric model: description and development. Progress in Earth and Planetary Science 1, 18-49. doi:10.1186/s40645-014-0018-1.

Tomita, H. (2008) A stretched grid on a sphere by new grid transformation, J. Meteorol. Soc. Jpn., 86A, 107-119.

Tomita, H. Satoh, M. (2004) A new dynamical framework of nonhy- drostatic global model using the icosahedral grid, Fluid Dyn. Res., 34, 357-400.

Uchida J., Mori M., Hara M., Satoh M., Goto D., Kataoka T., Suzuki K., Nakajima T. (2017) Impact of lateral boundary errors on the simulation of clouds with a non-hydrostatic regional climate model, Monthly Weather Review, doi:10.1175/MWR-D-17-0158.1, 145, 12, 5059-5082.

小倉 (2018) 「気候予測シミュレーションにおけるモデル間相互比較の役割」、計算で挑む環境研究ーシミュレーションが広げる可能性、2019年1月号

2019年4月号 ［Vol.30 No.1］ 通巻第340号 201904_340003

平成30年度スーパーコンピュータ利用研究報告会を開催しました

地球環境研究センター 研究支援係

地球環境研究センター（以下、センター）は、平成30年12月26日（水）に国立環境研究所（以下、研究所）地球温暖化研究棟交流会議室で平成30年度スーパーコンピュータ利用研究報告会（以下、報告会）を開催した。研究所では、将来の気候変動予測や炭素循環モデル等の研究開発、膨大なデータを扱う衛星データ解析、その他の基礎研究などを支援する目的で、スーパーコンピュータ（以下、スパコン）を所内に整備・運用し、所内外の環境研究者に計算資源を提供し、スパコンがなければ実現できない研究成果を生み出してきた。

研究所では、スパコンの利用・運用方針などを審議する「スーパーコンピュータ研究利用専門委員会」（以下、専門委員会）を設置し、所内外のスパコン利用希望ユーザーから申請された研究課題について、専門委員会の意見を踏まえ、スパコン研究利用の可否を判定している。利用が認められたユーザーには、年に一度の報告会（当報告会）で報告が求められる。

報告は、毎年、所内及び所外利用の課題代表者（またはその代理）によって行われる。今回は、所内課題6、所外課題4、合計10課題について最新の研究成果が報告された。成果報告に対する質問やコメントも活発で、今後の展望に関する議論なども行われ、研究におけるスパコンの重要性が確認された。

報告された研究内容は、温暖化予測モデルの気候感度の外部因子依存性やその時間変化、東アジア域の過去の大気汚染対策効果のシミュレーションやエアロゾルの将来予測、オゾン層将来予測モデルの開発とオゾン量の温室効果ガス濃度依存性の解析、全球スケールの陸域モデルの開発と将来予測実験、沿岸海洋長期環境予測モデルを用いた瀬戸内海域の水温や塩分のシミュレーション、温室効果ガス観測技術衛星GOSATおよびGOSAT-2衛星による二酸化炭素やエアロゾル量の解析のためのシミュレーション、NICAMモデルと衛星観測データによる雲降水システムの研究、等々多岐にわたった。例年と同様に、専門委員会委員および参加者からの活発な質疑応答があり、さまざまな立場からの貴重な意見により、スパコン利用をさらに発展させ、環境研究を進める機会とすることができた。

当日報告された内容の詳細については、センターのウェブサイト（http://www.cger.nies.go.jp/ja/activities/supporting/supercomputer/index.html）を参照されたい。上記サイトには、過去の報告会における発表内容に関する情報が掲載されている（平成30年度分も近日中に掲載予定。ただし、発表者の意向により一部掲載されない情報もある）。

各課題の研究成果について、参加者と報告者の間で活発な質疑応答が行われた

2019年4月号 ［Vol.30 No.1］ 通巻第340号 201904_340004

新刊図書・雑誌

UNEP Report “Air Pollution in Asia and the Pacific: Science-based Solutions”

地球環境研究センター 気候変動リスク評価研究室 主任研究員 **田中克政**
地球環境戦略研究機関 リサーチリーダー **Eric Zusman**

田中が第1章セクション3「Air quality and climate」のリードオーサーを、Zusmanが第3章「Closing the Implementation Gap: Bringing Clean Air to the Region」のコーディネイティングリードオーサー務めたUNEP報告書 “Air Pollution in Asia and the Pacific: Science-based Solutions” が公表されました。

http://www.ccacoalition.org/en/resources/air-pollution-asia-and-pacific-science-based-solutions

アジア・太平洋地域における大気汚染の科学的解決策

世界の人口の約92%が、現在、世界保健機関（WHO）が定める大気質指針値を上回るレベルの大気汚染にさらされています。国連環境計画（UNEP）、アジア太平洋クリーン・エア・パートナーシップ（APCAP）、気候と大気浄化の国際パートナーシップ（CCAC）のもとで、日本とアジアの研究機関からの研究者を含む100名以上が参加し、アジア・太平洋地域における大気汚染問題への対処方法について、政策担当者に提案するためのレポートの作成にあたりました。232ページに及ぶ本レポート「アジア・太平洋地域における大気汚染の科学的解決策」は、2019年1月に公表されました。

本レポートは3つの章で構成されています。第1章は、PM2.5や地上オゾンなどの大気汚染やそれと人の健康影響、気候変動、農業、生態系、持続可能な開発目標（SDGs）などとの関係、アジア・太平洋地域の大気汚染に関する科学的な情報を提供しています。セクション3「大気質と気候」では、大気質と気候変動との関連について解説しています。また、第1章の「なぜアジア・太平洋地域の大気汚染に対処するために行動が必要なのか」という検討から、第2章のモデルシナリオによる解決策の提案へと展開していきます。第2章では、国際応用システム分析研究所（IIASA・オーストリア）で開発された大気汚染に関する統合アセスメントモデル（GAINSモデル）などを用いて定量的な分析を行い、大気汚染を防止する25の方策（図参照）を提案しました。これらは、長期的には比較的低い社会的コストで、SDGsのほかの目標達成とともに、2030年までにアジアに住む10億人がWHOの基準を満たす大気を享受することを可能にするものです。25の方策のなかには、アジア・太平洋地域の多くの地域で従来から進められているものもありますが、発電所における排出削減制御や自動車の排ガス規制など、さらに強化していく必要がある取り組みも含まれています。また、この地域のほとんどで現時点では大気汚染防止策に含まれていないものや、国あるいは国際的な基準に従った大気質レベルへ改善するための次の段階の方策も提案しています。たとえば、森林火災や泥炭地火災、国際輸送、窒素肥料の投入への方策です。さらに、開発を優先的な目的としつつ、大気環境の改善につながる手法として、汚染物質を排出しない調理方法や暖房、再生可能エネルギーによる発電の促進なども含まれています。最終の第3章では、25の方策がアジア・太平洋地域でこれまでどのように実施されてきたかというケーススタディを紹介しています。そのなかで、この方策を実施することは簡単ではなく成果が約束されたものでもないことが強調されています。25の方策の実施にあたっては、現行の政策にコンプライアンスを導入し、優先的なセクターへ資金調達ができ、さまざまなステークホルダーや機関が協働して、政策決定のいろいろな段階で取り組む必要があるため、政府系機関が果たす役割は大きくなっていくでしょう。

図　大気汚染を防止する25の方策（9つのカテゴリーに分けて提案している）

＊英語版も掲載しています。

2019年4月号 ［Vol.30 No.1］ 通巻第340号 201904_340004-en

UNEP Report “Air Pollution in Asia and the Pacific: Science-based Solutions”

Katsumasa Tanaka
Senior Researcher at the Center for Global Environmental Research,
National Institute for Environmental Studies

Eric Zusman
Research Leader at the Institute for Global Environmental Strategies

About 92 percent of the global population are currently exposed to the levels of air pollution in excess of the World Health Organization (WHO) Air Quality Guideline values. Under the auspices of the United Nations Environment Programme (UNEP), Asia Pacific Clean Air Partnership (APCAP), and Climate and Clean Air Coalition (CCAC), more than 100 researchers, including many affiliated with Japanese and Asian institutes, jointly contributed to a report that would offer policymakers recommendations on how to tackle air pollution issues in Asia and the Pacific. This effort resulted in a publication of the 232-page report in January 2019, entitled “Air Pollution in Asia and the Pacific: Science-based Solutions.”

This new UNEP report consists of three chapters. The first chapter provides scientific background on air pollution in Asia and the Pacific, such as the current state of exposure to air pollutants (for example, PM2.5 and ground-level ozone) and their relation to human health, climate change, agriculture, ecosystems, and the Sustainable Development Goals (SDGs). This chapter makes a case for “why decisive action is needed to combat air pollution in Asia and the Pacific”, setting a stage for the next chapter where modelling scenarios help identify solutions. The quantitative analysis draws upon the Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies (GAINS) model, developed at the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) in Austria, and a suite of additional models. The results of the modelling show *there exist 25 clean air measures* (see Figure) that could allow 1 billion people in Asia to enjoy air quality conforming to the WHO Air Quality Guideline values in 2030, as well as other SDGs, while requiring relatively small social costs in the long-run. Several of these measures are conventional measures that have been already adopted in many parts of this region, but their implementation needs to be strengthened (for example, post combustion controls at power plants and improved emission standards for vehicles). These measures also include next-stage measures that are not yet part of clean air policies in most of this region and are needed to improve air quality levels in accordance with national and international standards (for example, prevention of forest and peatland fires, international shipping, and nitrogen fertilizer application). There are further measures targeted primarily toward development priorities but also offering means of improving air quality (for example, clean cooking and heating and more renewables for power generation). The third and final chapter presents a series of case studies that demonstrate how the 25 measures have been implemented in Asia and the Pacific. It further underlines that implementation is neither easy nor guaranteed. Frequently it will require enhancing the capacity of government agencies to gain compliance with existing policies, enable finance to flow to priority sectors, and work across different stakeholders, agencies, and levels of decision-making.

Reference

UNEP (2019) Air Pollution in Asia and the Pacific: Science-based Solutions
http://www.ccacoalition.org/en/resources/air-pollution-asia-and-pacific-science-based-solutions

Figure

25 CLEAN AIR MEASURES

INDUSTRY

- Post combustion controls
- Industrial process emission standards
- Energy efficiency standards
- Brick kilns control

TRANSPORT

- Improved emission standards
- Inspection & maintenance
- Electric vehicles
- Public & active transport
- International shipping
- Dust control

AGRICULTURE

- Crop residue management
- Livestock manure management
- Nitrogen fertilizer application
- Intermittent aeration of continuously flooded paddies

FOREST AND PEATLAND FIRES

- Improved forest, land and water management, and fire prevention strategies

RESIDENTIAL COOKING, HEATING & LIGHTING

- Clean cooking and heating
- Energy efficiency for households

POWER GENERATION

- Renewables for electricity generation and phase-out of least efficient power plants

WASTE

- Residential waste burning control
- Solid waste management
- Waste water management

SOLVENTS, OIL AND GAS

- Solvent use and refineries
- Recovery of petroleum gas; stop routine flaring; leakage control
- Pre-mining recovery of coal mine gas

COOLING AGENTS (HFC)

- Ensure full compliance with the Kigali amendment

UN environment

CLIMATE & CLEAN AIR COALITION

Asia Pacific Clean Air Partnership

Based on Air Pollution in Asia Pacific: Science Based Solutions (2018)