

地球一括計上

課題名	分光日射観測とデータ同化によるエアロゾル・雲の地表面放射収支に与える影響監視に関する研究		
担当研究機関	国土交通省気象庁気象研究所		
研究期間	2014－18年度	合計予算額 (当初予算額 ベース)	98,524千円 (うち2018年度 18,295千円)
研究体制	<p>(1) 地上分光日射観測によるエアロゾル・雲の地表面放射収支への影響監視 (国土交通省気象庁気象研究所)</p> <p>(2) 全球・領域エアロゾル輸送モデルを用いたエアロゾル分布の解明と雲分布再現性の向上 (国土交通省気象庁気象研究所)</p>		
研究概要	<p>1. 研究目的</p> <p>エアロゾルは日射を反射・吸収(直接効果)するほか、雲・氷晶核として働き雲の特性を変える(間接効果)ことにより地表面放射収支に影響を与えるため、気候形成において本質的に重要である。エアロゾル・雲が地表面放射収支に与える影響の定量的な解明は未だなされていないため、気候モデルにおいても十分な精度で再現できておらず気候変動予測における最大の不確定要素となっている。</p> <p>このため、「地球観測の推進戦略」(平成16年12月、総合科学技術会議)においてはアジア・オセアニア域の包括的なエアロゾル・雲に係わる観測の実施の必要性が、「今後10年の我が国の地球観測の実施方針」(平成27年8月、文部科学省)においては気候変動メカニズム解明のために放射過程、雲物理・降水過程を解明する必要性が、それぞれ指摘されている。</p> <p>地表面に到達する日射量の変化は、これまでの10年間で0.5%程度と非常に小さいが、それでも地球規模での気候変動をひき起こす要因の一つとなっている。全日射量のおおまかな監視からは、その変動要因を見出すことは難しく、地表面放射収支の変動要因の解明には、大気の構成成分によって異なる日射波長帯の放射収支へ影響することに着目して、分光日射観測の高精度観測を実施し、その変動特性を解明する必要がある。</p> <p>本研究では、気候変動予測において、最大の不確定要素であるエアロゾル・雲の地表面放射収支に与える影響を、東アジアスケールで定量化する技術を確立し、地球温暖化予測の不確実性の低減に寄与することを目的とする。</p> <p>これらの目的を達成するため、地表面への大気要素(エアロゾル、雲、温室効果ガス等)により変動する地表面日射量の監視を可能にするための精密分光型日射を使用した精密分光日射観測装置を開発し、特徴的な観測点に設置し、分光日射量の監視を行う。また、測定されたデータからエアロゾル・雲の特性の地表面日射への影響を監視できるようにする。地上、衛星観測データを用いて全球・領域エアロゾル輸送モデルを検証することでモデルの改良を行う。さらに、モデルと同化技術を用いて広域のエアロゾル分布を再現すると共に、エアロゾル間接効果過程を含んだエアロゾル輸送モデルを用いて雲分布の再現性向上を目指す。</p> <p>2. 研究方法</p> <p>気候の監視にとって必須項目である地表面日射量の分光測定を連続して精度保持して観測することを可能にし、さらに、観測から得られたデータを使用してエアロゾル輸送モデルと同化技術を用いて広域のエアロゾル分布の解明及び雲分布の再現性を向上させ、エアロゾル・雲の地表面放射収支への影響を監視する技術を確立するために、以下の2つのサブ課題に分けて実施する。</p>		

(1) 地上分光日射観測によるエアロゾル・雲の地表面放射収支への影響監視

波長域350～2550nmで直達日射と散乱日射の測定が可能な精密分光日射観測装置の開発を行う。この開発にあたっては、分光型全天日射計を使用し、温度特性と入射角特性の改良を行う。精度の良い測定を継続して行えるようにするための校正法を開発する。校正法は、Langley法と光源（ランプまたは積分球）を用いた方法を併用し、安定で継続性のある方法の確立を目指す。Langley法のデータを取得するため、1年に1回条件が良いデータが取れかつ補助データの揃っているマウナ・ロア観測所（NOAA：米国海洋大気庁）でデータの取得を行う。2018年度は波長350～2550nmの分光型全天日射計（MS-711、MS-712、MS-713）の開発を引き続き行った。分光型全天日射計とスカイラジオメータの検定は、マウナ・ロア観測所で実施した。分光型全天日射計の検定観測は、露光時間を変えた測定を行うことで露光時間毎に検定定数を決定し、そのデータから露光時間と検出器出力間の線形性の調査を行った。また、2017年度の検定結果と比較し、検定定数の経年変化を調べた。検定を行った基準器スカイラジオメータは、気象研究所の地上放射観測点、また、他のプロジェクトが展開しているスカイラジオメータとの比較観測を行い、検定定数の転写を行った。

分光日射データと既存の測器のデータを基にエアロゾル・雲の地上放射への影響を監視するため、精密分光日射観測装置を観測点（つくば、南鳥島）に設置し、連続観測を開始する。2018年度は、2017年度に開発を進めた防塩機能付き精密分光日射観測装置を南鳥島に設置し、連続観測を開始した。

(2) 全球・領域エアロゾル輸送モデルを用いたエアロゾル分布の解明と雲分布再現性の向上

日射計観測データの検証等のため、エアロゾル輸送モデル（NHM-Chem）を用いた高速なデータ同化システム（2D-Var）の開発を実施した。ひまわり8号から得られるエアロゾル光学的厚さの同化実験を行いデータ同化システムの性能を確認した。このシステムを用いて、全球エアロゾル輸送モデル（MASINGAR mk-2；水平解像度 110km）に米国航空宇宙局（NASA）の衛星センサ（MODIS）から得られたエアロゾル光学的厚さをデータ同化し、2011～2015年までの均質な品質のエアロゾル再解析（JRAero）を作成し、研究者へのデータ公開を開始した。JRAeroは地上観測データと比較して一部の地域や要素を除いて整合性が高いことを確認した（図1）。

東アジア域の詳細なエアロゾル分布を再現するため、領域エアロゾル輸送モデルを開発した。このモデルは目的に応じて3つのエアロゾル表現法が実装されており（図2）、領域気候、大気質、現業予報の目的に対応可能である。この領域エアロゾル輸送モデルを用いた事例解析を実施した。加えて、この領域あるいは全球エアロゾル輸送モデルを適切に評価検証するために気象分野等でよく用いられる質量フラックス法を新たに導入して、エアロゾル等の輸送経路の把握を試みた。

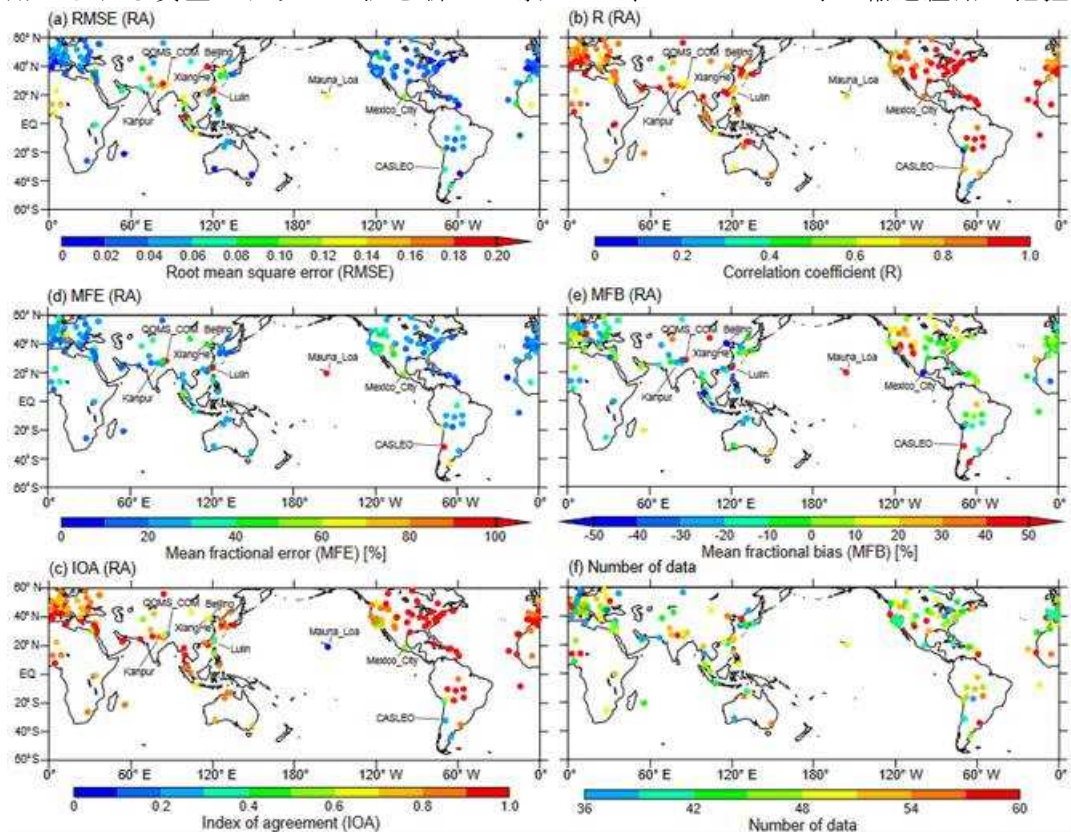


図1：エアロゾル再解析値と地上観測（AERONET）の月平均光学的厚さの統計指標。左上より(a)は根二乗平均誤差（RMSE）、(b)は相関係数（R）、(d)はMean Fractional Error（MFE）、(e)はMean Fractional Bias（MFB）、(c)は一致度（IOA）、(f)はデータ数を示す。

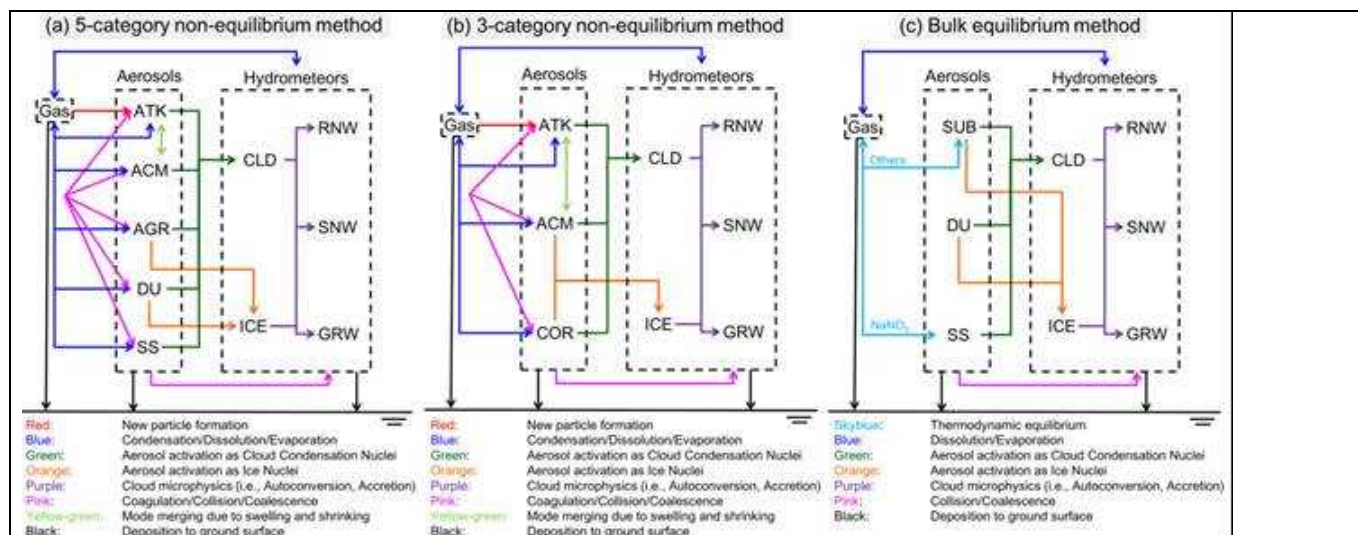


図2：NHM-Chemで考慮されるガス及びエアロゾルの物理・化学素過程。左から、5カテゴリ非平衡法（領域気候予測向け）、3カテゴリ非平衡法（大気質予測向け）、バルク平衡法（現業予報向け）を表す。

3. 結果・考察

(1) 地上分光日射観測によるエアロゾル・雲の地表面放射収支への影響監視

放射計観測網から精度が高く、且つ、均質なデータを得るためには、放射計の検定を定期的に行う必要がある。このため、Langley 検定法によるデータの取得が比較的容易なマウナ・ロア観測所において分光型直達日射計、基準器のスカイラジオメータ及び開発を進めている分光型全天日射計のデータ取得を行った。平成30年度は、2018年10月12日～11月20日の期間に検定観測を実施した(図3)。分光型全天日射計(MS-711N、MS-712、MS-713)の検定結果は、3器種共に水蒸気の吸収帯と感度が低い波長域を除く波長域においては、ほとんどの波長域で1%以下のバラツキで検定定数を決定することができた。なお、分光型全天日射計の検定定数を決定する際の水蒸気による吸収の補正は、基準器スカイラジオメータの940nmチャンネルのデータから推定した。分光型全天日射計と同時に検定観測を行った基準器スカイラジオメータの検定定数のバラツキは、どの波長でも小さく0.7%以内であり、精度良く検定定数を決定することができた。

検定観測時に露光時間を変えた測定を行い、露光時間と検出器出力の間の線形性について調べた。MS-711Nは、50msecと100msecでの検定定数の比は、平均値が0.498(標準偏差0.052)、中央値が0.498であった。MS-712においては、検定定数の比は、20msecと100msecで、平均値が2.000(標準偏差0.002)、50msecと100msecでは、平均値が0.499(標準偏差0.001)であった。これらから、多くの波長域でMS-711Nは0.5%程度で線形性があり、MS-712は0.2%より良い精度で線形性があることが分かった。MS-713においては、露光時間と検出器出力の線形性は、S/Nが悪いため、明確な結論を得ることはできなかった。検定で使用したコリメーションチューブは、内部の光の反射を抑えるため、改良を施した。MS-711N、MS-712、MS-713の2018年度の検定値は、コリメーションチューブ内の反射光を抑えたことにより2017年度の検定値より約1%、約1.5%、約3%程度小さくなったことを確認した。

マウナ・ロア観測所で行った検定観測によって決められた分光型全天日射計の検定定数のバラツキは、感度が低い波長域と強い水蒸気の吸収帯を除いてバラツキ1%以下で検定できることが示された。これによりエアロゾルの光学的厚さは0.01より小さい誤差で推定できる。水蒸気のデータの精度を高めることで、弱い吸収帯であれば小さいバラツキで検定定数を決められる傾向にある。1.4 μ m帯のように強い吸収帯では、検定精度が悪いため、ランプを併用した校正法を考える必要がある。

検定観測時に行った分光型全天日射計の露光時間変更による測定から、MS-711とMS-712はそれぞれ0.5%程度、0.2%より良い精度で線形性があった。MS-713は、S/Nが良くないため線形性の確認は不明であった。MS-711とMS-712の2016年と2017年の検定定数の差は、それぞれ $\pm 1.5\%$ 以内、0.4%程度であった。2015年～2017年はコリメーションチューブ内で反射して検定定数が大きかったことを差し引けば、4年間での経年変化は小さいと思われる。経年変化を正確に把握するには、今後も継続して分光型全天日射計の検定観測を実施し、検定定数を定める測定を行う必要がある。

2014年から2017年の基準器スカイラジオメータの検定定数の経年変化は、4年間で約0.1～2%と変動が非常に小さく安定していた。比較検定観測で決定したつくば、福岡と宮古島設置スカイラジオメータの検定定数の経年変化は、それぞれ約0.4～9%、約0.1～11%、約0.4～6%であった。個々のスカイラジオメータの検定定数は、経年変化が異なっており、検定定数の変化が大きい場合は干渉フィルター

の劣化により11%も変わっている。これは、精度の良い観測を継続するためには、定期的な検定観測が必要であることを示している。

精密分光日射観測装置は、分光型全天日射計による全天日射観測を行い、次に太陽光遮蔽を行うことで散乱光を観測するという動作を繰り返す（間欠動作を行う）直達日射遮蔽装置付き太陽追尾装置とし、この太陽追尾装置に分光型全天日射計を搭載することで精密分光日射観測が可能な装置を開発した。南鳥島での観測を実施するためには、観測機器に付着する海塩粒子による観測値への影響を極力避ける必要がある。このため、分光型全天日射計のガラスドームの清掃を自動化し、ガラスドームへの海塩粒子の付着を防ぐための防塩機能を付属した精密分光日射観測装置を開発した（図4）。開発した精密分光日射観測装置はつくばと南鳥島に設置し、観測を開始した。精密分光日射観測装置による連続観測は順調に行われており（図5）、今後は観測データを蓄積し、データ解析を進めていく必要がある。

気象庁はエアロゾル観測として、2018年度からスカイラジオメータの現業観測を開始した。本研究課題では、スカイラジオメータの検定データ、比較検定データ及び観測データを解析するためのプログラムを提供し、気象庁スカイラジオメータ観測の現業化に貢献した。



図3 マウナ・ロア観測所での検定観測の様子



図4 南鳥島に設置した防塩機能付き精密分光日射観測装置（右）と防塩装置によるドーム清掃（左）

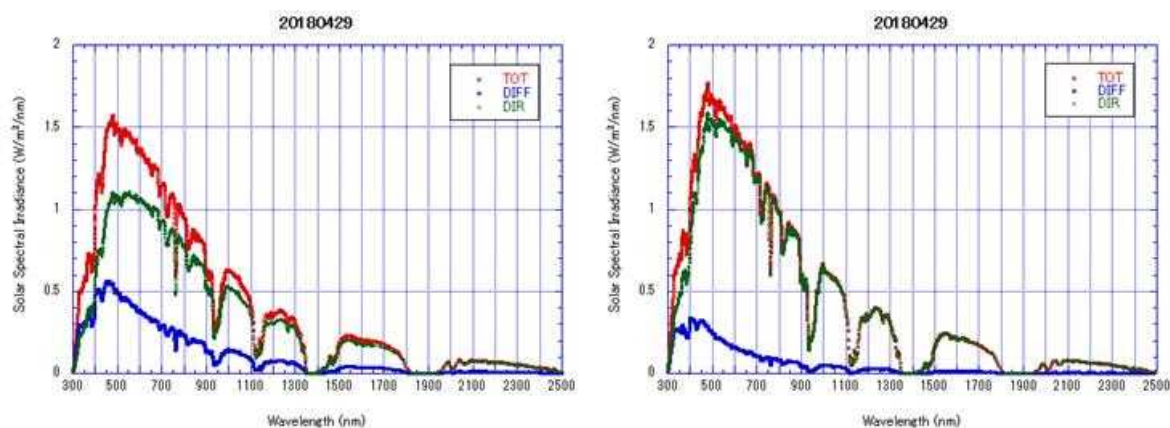


図5 2018年4月29日の精密分光日射観測装置によるつくば（左）と南鳥島（右）の観測例（分光全天日射量（赤）、分光散乱日射（青）、分光直達日射（緑）、つくばは南中時、南鳥島はつくばと同じ大気路程の時間帯）

（2）全球・領域エアロゾル輸送モデルを用いたエアロゾル分布の解明と雲分布再現性の向上

再解析によるエアロゾル光学的厚さ（AOD）の空間分布は、衛星観測による分布と非常によく一致していた（図6）。5年間の平均差の分布（再解析値－モデルフリーラン）は、一般的にデータ同化が中央太平洋のエアロゾル光学的厚さを増加させることを示しており、データ同化を行わない実験では、全球エアロゾル輸送モデルのAODが過少であることを示している。

領域エアロゾル輸送モデルを用いた北京煙霧事例の解析により、エアロゾルの大気濃度は、自身の放射効果（混合層発達抑制）のために約10%高くなっていた。東アジア域でのより広範囲の検証結

果では、エアロゾルの質量、粒径等は観測とよく一致したが、海塩及びダスト濃度は改善の必要性が示唆された。今後はこの両エアロゾル発生過程改良を行っていく予定である。質量フラックス分析法を用いることによって、単に濃度分布図を見るだけでは把握が難しかった物質の輸送経路を容易かつ定量的に把握することができ、観測との比較や情報の効率的な抽出が可能となった(図7)。

本研究で改良した全球エアロゾル輸送モデルが平成29年に気象庁黄砂予測業務において業務化された。本研究で開発した領域化学輸送モデルが平成27年に気象庁大気汚染気象業務において業務化された。本研究で開発したエアロゾルデータ同化システムは令和元年度に気象庁黄砂予測業務において業務化される予定である。

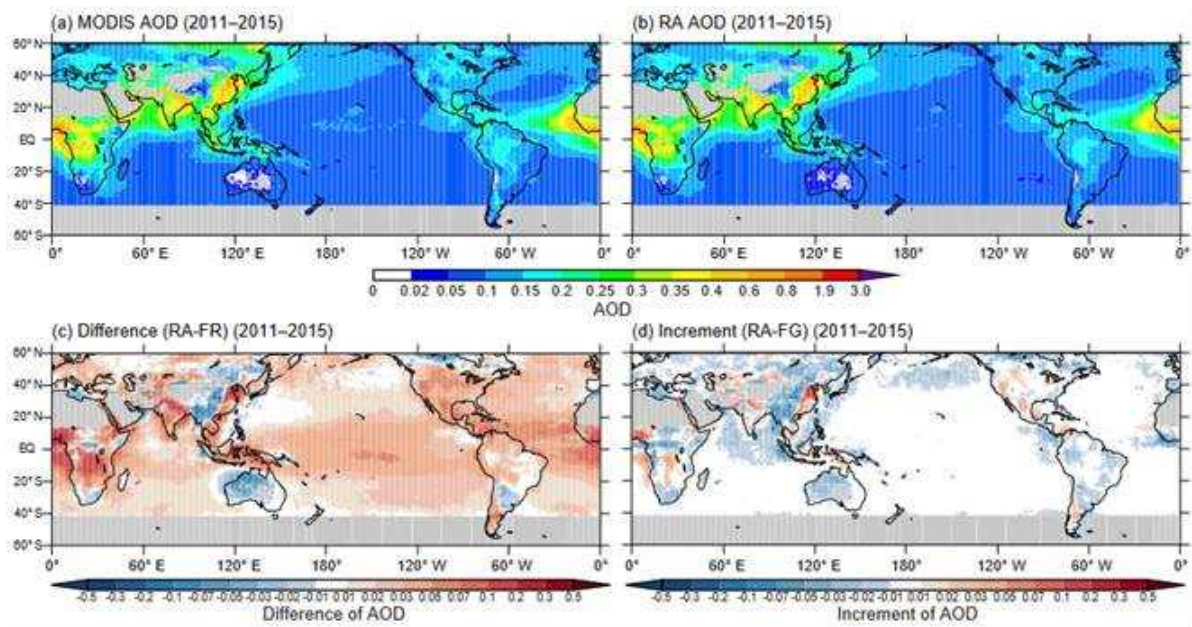


図 6. エアロゾル光学的厚さの全球平均 (2011~2015 年)。(a)は衛星観測を、(b)は再解析値を、(c)は再解析 (RA) とフリーラン (FR) の差を、(d)はデータ同化によるインクリメント (増分) を示す (RA-第一推定値 (FG))。

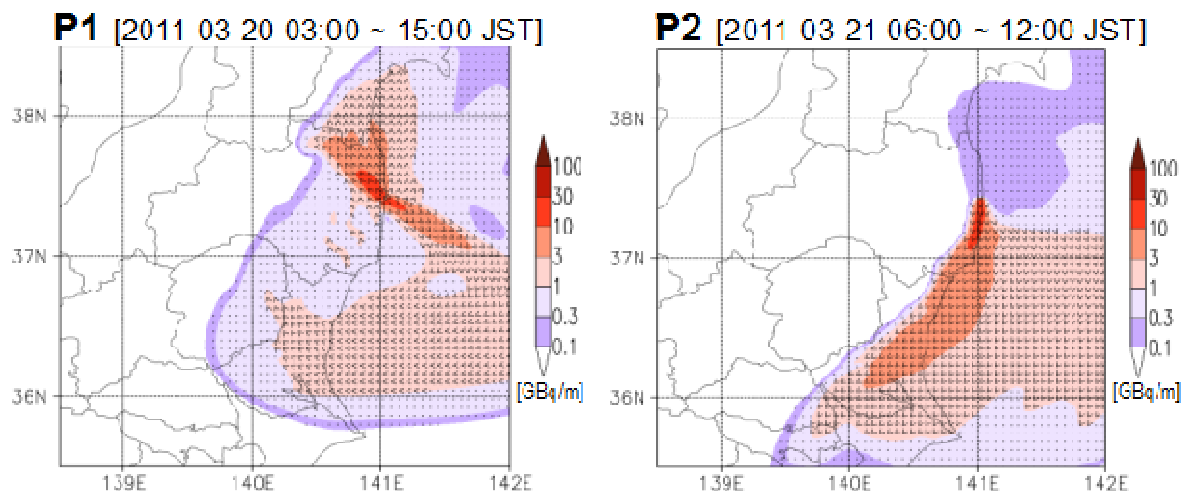


図 7. (左) エアロゾル輸送モデルの計算結果から算出した水平質量フラックス鉛直積分量を 2011 年 3 月 20 日 03 時から 15 時まで時間積分した結果。矢頭はフラックスの方向、コンターは積分量の大きさを表す。(右) 同様に 2011 年 3 月 21 日 06 時から 12 時まで時間積分した結果。黒矢印線はエアロゾルの輸送経路を大まかに示す。質量は 1 ナノグラム = 3kBq で換算してある。

4. 成果

4.1 課題関連イベントの開催

平成 30 年の環境研究シンポジウムにおいて「スマート社会におけるエアロゾル輸送モデル利用の可能性」について発表する等、研究成果の周知・広報に努めた。

4. 2 データ公開・共有の実施

気象庁はエアロゾル観測として、2018年度からスカイラジオメータの現業観測を開始した。本研究課題では、気象庁が実施したマウナ・ロア観測所での検定観測への協力と気象研究所が実施した検定データの共有、取得したデータを解析するためのプログラム提供、また、気象庁が南鳥島設置したスカイラジオメータと気象研究所設置スカイラジオメータのデータ共有を行い、気象庁スカイラジオメータ観測の現業化に貢献した。

気象研究所で実施したスカイラジオメータの比較検定観測には、エアロゾル・雲・放射の観測ネットワーク (SKYNET)、国立環境研究所 GOSAT 検証グループや産業技術総合研究所及びスカイラジオメータ観測を実施している大学などが参加しており、比較検定データの共有を行った。気象研究所で比較検定されたスカイラジオメータは2017年12月に打ち上げられた衛星 GCOM-C の地上検証で使用されており、気象研究所からはつくば、福岡、宮古島の光学的厚さのデータを提供している。また、気象研究所で実施した比較検定に参加した SKYNET や他研究機関のスカイラジオメータのデータは、GCOM-C、GOSAT、GOSAT-2 の地上検証で使われている。

4. 3 論文発表

- 1) Uchiyama, A., 2014: Method to retrieve single scattering properties of aerosols using multi-wavelength scattering and absorption coefficient data measured by integrating nephelometer and absorption photometer. *J. Meteor. Soc. Japan*, 92A, 71-91, doi:10.2151/jmsj.2014-A05.
- 2) Uchiyama, A., A. Yamazaki, R. Kudo, E. Kobayashi, H. Togawa, and D. Uesawa, 2014: Continuous ground-based observation of aerosol optical properties at Tsukuba, Japan: Trend and climatology. *J. Meteor. Soc. Japan*, 92A, 93-108, doi:10.2151/jmsj.2014-A06, doi:10.2151/jmsj.2014-A06.
- 3) Uchiyama, A., A. Yamazaki, and R. Kudo, 2014: Column water vapor retrievals from sky radiometer (POM-02) 940 nm data. *J. Meteor. Soc. Japan*, 92A, 195-203, doi:10.2151/jmsj.2014-A13.
- 4) Khatri, P., T. Takamura, A. Yamazaki, and A. Uchiyama, 2014: Use of 315nm channel data of the sky radiometer to estimate the columnar ozone concentration: A preliminary study. *J. Meteor. Soc. Japan*, 92A, 185-194, doi:10.2151/jmsj.2014-A12.
- 5) Jin, Y., K. Kai, K. Kawai, T. Nagai, T. Sakai, A. Yamazaki, A. Uchiyama, D. Batdorj, N. Sugimoto, and T. Nishizawa, 2014: Ceilometer calibration for retrieval of aerosol optical properties. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, 153(2015)49-56, doi:10.1016/j.jqsrt.2014.10.009.
- 6) Sessions, W.R., J.S. Reid, A. Benedetti, P.R. Colarco, A. da Silva, S. Lu, T. Sekiyama, T.Y. Tanaka, J.M. Baldasano, S. Basart, M.E. Brooks, T.F. Eck, M. Iredell, J.A. Hansen, O.C. Jorba, H.-M.H. Juang, P. Lynch, J.-J. Morcrette, S. Moorthi, J. Mulcahy, Y. Pradhan, M. Razinger, C.B. Sampson, J. Wang, D.L. Westphal, 2015: Development towards a global operational aerosol consensus: basic climatological characteristics of the International Cooperative for Aerosol Prediction Multi-Model Ensemble (ICAP-MME), *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15, 335-362, doi:10.5194/acpd-14-14933-2014.
- 7) Irie, H., T. Nakayama, A. Shimizu, A. Yamazaki, T. Nagai, A. Uchiyama, Y. Zaizen, S. Kagamitani, and Y. Matsumi, 2015: Evaluation of MAX-DOAS aerosol retrievals by coincident observations using CRDS, lidar, and sky radiometer in Tsukuba, Japan, *Atmos. Meas. Tech.*, Vol.8, pp.1013-1054, doi:10.5194/amtd-8-1013-2015.
- 8) Ohyama, H., S. Kawakami, T. Tanaka, I. Morino, O. Uchino, M. Inoue, T. Sakai, T. Nagai, A. Yamazaki, A. Uchiyama, T. Fukamachi, M. Sakashita, T. Kawasaki, T. Akaho, K. Arai, and H. Okumura, 2015: Observations of XCO₂ and XCH₄ with ground-based high-resolution FTS at Saga, Japan and comparisons with GOSAT products, *Atmos. Meas. Tech. Discuss.*, 8, 8257-8294, 2015, doi:10.5194/amtd-8-8257-2015.
- 9) Yumimoto K., H. Murakami, T.Y. Tanaka, T.T. Sekiyama, A. Ogi, and T. Maki, 2015: Forecasting of Asian dust storm that occurred on May 10-13, 2011, using an ensemble-based data assimilation system, *Particology*, doi:10.1016/j.partic.2015.09.001.
- 10) Yumimoto K. and T. Takemura, 2015: Long-term Inverse Modeling of Asian Dust: Inter-annual Variations of Its Emission, Transport, Deposition and Radiative Forcing, *J.*

- Geophys. Res. Atmos., 119, 2015, doi: 10.1002/2014JD022390.
- 11) 鎌田茜, 直江寛明, 池上雅明, 出牛真, 梶野瑞王, 眞木貴史, 2016: 高濃度の光化学オキシダントが大雨領域で観測された事例について, 大気環境学会誌, 51(2), 144-152, 2016.
 - 12) Sekiyama, T. T., K. Yumimoto, T. Y. Tanaka, T. Nagao, M. Kikuchi, and H. Murakami, 2016: Data Assimilation of Himawari-8 Aerosol Observations: Asian Dust Forecast in June 2015, SOLA, 12, 86- 90, doi: 10.2151/sola.2016-020.
 - 13) Yumimoto, K., T. M. Nagao, M. Kikuchi, T. T. Sekiyama, H. Murakami, T. Y. Tanaka, A. Ogi, H. Irie, P. Khatri, H. Okumura, K. Arai, I. Morino, O. Uchino, T. Maki, 2016: Aerosol data assimilation using data from Himawari-8, a next-generation geostationary meteorological satellite, Geophys. Res. Lett., 43, 5886- 5894, doi: 10.1002/2016GL069298.
 - 14) Uchino, O., T. Sakai, T. Izumi, T. Nagai, I. Morino, A. Yamazaki, M. Deushi, K. Yumimoto, T. Maki, T. Y. Tanaka, T. Akaho, H. Okumura, K. Arai T. Nakatsuru, T. Matsunaga, and T. Yokota, 2017: Lidar detection of high concentrations of ozone and aerosol transported from northeastern Asia over Saga, Japan. Atmospheric Chemistry and Physics, 17, 1865-1879.
 - 15) K. Yumimoto, T. Y. Tanaka, N. Oshima, and T. Maki, 2017: JRAero: the Japanese Reanalysis for Aerosol v1.0, Geosci. Model Dev., 10, 3225-3253, doi:10.5194/gmd-10-3225-2017.
 - 16) Ishii, S., P. Baron, M. Aoki, K. Mizutani, M. Yasui, S. Ochiai, A. Sato, Y. Satoh, T. Kubota, D. Sakaizawa, R. Oki, K. Okamoto, T. Ishibashi, T. Y. Tanaka, T. T. Sekiyama, T. Maki, K. Yamashita, T. Nishizawa, M. Satoh, and T. Iwasaki, 2017: Feasibility study for future space-borne coherent Doppler wind lidar. Part 1: Instrumental overview for global wind profile observation, J. Meteor. Soc. Japan, 95, 301- 317, doi: 10.2151/jmsj.2017-017.
 - 17) Kajino, M., H. Ueda, Z. Han, Y. Inomata, H. Kaku, 2017: Synergy between air pollution and urban meteorological changes through aerosol-radiation-diffusion feedback - A case study of Beijing in January 2013, Atmos. Environ. 171, 98-110, doi: 10.1016/j.atmosenv.2017.10.018
 - 18) Uchiyama, A., B. Chen, A. Yamazaki, G. Shi, R. Kudo, C. Nishita-Hara, M. Hayashi, A. Habib, T. Matsunaga, 2018: Aerosol Optical Characteristics in Fukuoka and Beijing Measured by Integrating Nephelometer and Aethalometer: Comparison of Source and Downstream Regions. Journal of the Meteorological Society of Japan, 96, 215-240.
 - 19) Jin Y., N. Sugimoto, A. Shimizu, T. Nishizawa, K. Kai, K. Kawai, A. Yamazaki, M. Sakurai, and H. Wille, 2018: Evaluation of ceilometer attenuated backscattering coefficients for aerosol profile measurement. Journal of Applied Remote Sensing, 12.
 - 20) Uchiyama, A., T. Matsunaga, and A. Yamazaki, 2018: The instrument constant of sky radiometers (POM-02). Part 1: Calibration constant Atmospheric Measurement Techniques, 11, 5363-5388.
 - 21) Uchiyama, A., T. Matsunaga, and A. Yamazaki, 2018: The instrument constant of sky radiometers (POM-02). Part 2: Solid view angle. Atmospheric Measurement Techniques, 11, 5389-5402.
 - 22) Sekiyama, T. T. and T. Iwasaki, 2018: Mass flux analysis of 137Cs plumes emitted from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Tellus B, 70(1), 1- 11, doi: 10.1080/16000889.2018.1507390.
 - 23) Benedetti, A., J. S. Reid, A. Baklanov, S. Basart, O. Boucher, I. M. Brooks, M. Brooks, P. R. Colarco, E. Cuevas, A. da Silva, F. Di Giuseppe, J. Escribano, J. Flemming, N. Huneeus, O. Jorba, S. Kazadzis, S. Kinne, P. Knippertz, P. Laj, J. H. Marsham, L. Menut, L. Mona, T. Popp, P. K. Quinn, S. Rémy, T. T. Sekiyama, T. Tanaka, E. Terradellas, and A. Wiedensohler, 2018: Status and future of Numerical Atmospheric Aerosol Prediction with a focus on data requirements, Atmos. Chem. Phys., 18, 10615- 10643, doi: 10.5194/acp-18-10615-2018.
 - 24) Kajino, M., T. T. Sekiyama, A. Mathieu, I. Korsakissok, R. Pérrillat, D. Quélo, A. Quérel, O. Saunier, K. Adachi, S. Girard, T. Maki, K. Yumimoto, D. Didier, O. Masson, Y. Igarashi, 2018: Lessons learned from atmospheric modeling studies after the Fukushima nuclear accident: Ensemble simulations, data assimilation, elemental process modeling, and inverse modeling, Geochemical Journal 52(2), 85-101, doi:

- 10.2343/geochemj.2.0503.
- 25) 居島 修, 高野 松美, 山崎 明宏, 石田 春磨, 工藤 玲, 2018: 分光放射計用校正装置の開発及び分光放射計の校正精度, 高層気象台彙報, 75, pp.63-76.
 - 26) Kajino, M., T. T. Sekiyama, Y. Igarashi, G. Katata, M. Sawada, K. Adachi, Y. Zaizen, H. Tsuruta, T. Nakajima, 2019: Deposition and dispersion of radio-cesium released due to the Fukushima nuclear accident: Sensitivity to meteorological models and physical modules, *J. Geophys. Res.*, 124(3), 1823-1845, doi: 10.1029/2018JD028998.
 - 27) Kajino, M., M. Deushi, T. T. Sekiyama, N. Oshima, K. Yumimoto, T. Y. Tanaka, J. Ching, A. Hashimoto, T. Yamamoto, M. Ikegami, A. Kamada, M. Miyashita, Y. Inomata, S. Shima, A. Takami, A. Shimizu, S. Hatakeyama, Y. Sadanaga, H. Irie, K. Adachi, Y. Zaizen, Y. Igarashi, H. Ueda, T. Maki and M. Mikami, 2019: NHM-Chem, the Japan Meteorological Agency's regional meteorology - chemistry model: model evaluations toward the consistent predictions of the chemical, physical, and optical properties of aerosols, *J. Meteor. Soc. Japan*, 97(2), doi: 10.2151/jmsj.2019-020.
 - 28) Nishita - Hara, C., M. Hirabayashi, K. Hara, A. Yamazaki, and M. Hayashi, 2019: Dithiothreitol-measured oxidative potential of size-segregated particulate matter in Fukuoka, Japan: effects of Asian dust events. *GeoHealth*. (in press)

4. 4 口頭発表

- 1) 山崎明宏, 内山明博, 福岡でのエアロゾル光学特性観測, 福岡大学「福岡から診る大気環境」研究所設立記念研究会, 2014年6月, 福岡県福岡市
- 2) 内山明博, 山崎明宏, 工藤玲, 石廣玉, 陳彬, 地上でのエアロゾル光学特性の連続観測 (福岡と北京の比較), 日本気象学会 2014年度秋季大会, 2014年10月, 福岡県福岡市
- 3) 山崎明宏, 内山明博, 堀雅裕, 村上浩, 積分球を使ったスカイラジオメータの検定, 日本気象学会 2014年度秋季大会, 2014年10月, 福岡県福岡市
- 4) 眞子直弘, 高村民雄, 久世宏明, プラディーブカトリ, 山崎明宏, SKYNET/スカイラジオメータの立体視野角校正, 日本気象学会 2014年度秋季大会, 2014年10月, 福岡県福岡市
- 5) 眞木貴史, 関山剛, 弓本桂也, 大島長, 出牛真, 直江寛明, 梶野瑞王, 田中泰宙, 小木昭典, 全球エアロゾルモデル (MASINGAR) を用いた気候研究等への活用について, 統合的陸域研究連絡会, 2014年, 福岡
- 6) 弓本桂也, 村上浩, 田中泰宙, 小木昭典, 関山剛, 眞木貴史, 全球エアロゾルモデル MASINGAR を用いた黄砂同化予測システムの開発, 日本気象学会 2014年度秋季大会, 2014年10月, 福岡県福岡市
- 7) Maki, T., T. Y. Tanaka, T. T. Sekiyama, K. Yumimoto and M. Mikami, Modeling Study in JMA/MRI, The 7th Meeting of Working Group (I) for Joint Research on Dust and Sandstorms among Mongolia, China, Korea, and Japan, 2014, 中国西安
- 8) 関山剛, エアロゾルの数値モデルシミュレーションについて, 鳥取大学研究集会「乾地研共同研究の黄砂関連研究の相互関係を確認する会」, 2014年, 鳥取
- 9) 内山明博, 山崎明宏, 工藤玲, 石廣玉, 陳彬, 地上でのエアロゾル光学特性の連続観測 2 (福岡と北京の比較), 日本気象学会 2015年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市
- 10) 泉敏治, 内野修, 酒井哲, 永井智広, 森野勇, 山崎明宏, 弓本桂也, 田中泰宙, 眞木貴史, 赤穂大河, 奥村浩, 新井康平, 松永恒雄, 横田達也, 佐賀の可搬型ライダーで高度 2 km 以下に観測された高濃度オゾンとエアロゾル (2) ミーライダーの解析と全球エアロゾルモデルとの比較, 第 33 回レーザーセンシングシンポジウム, 2015年9月, 東京都大田区
- 11) 泉敏治, 内野修, 酒井哲, 永井智広, 森野勇, 山崎明宏, 弓本桂也, 田中泰宙, 眞木貴史, 赤穂大河, 奥村浩, 新井康平, 松永恒雄, 横田達也, 佐賀のライダーで高度 2 km 以下に観測された高濃度のオゾンとエアロゾル (2) ミーライダーの解析と全球エアロゾルモデルとの比較, 日本気象学会 2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
- 12) Yumimoto, K., Development of a Forecasting and Data Assimilation System for Asian Dust in the Japan Meteorological Agency (JMA), AGU Fall Meeting, 2015, San Francisco, CA, USA
- 13) Yumimoto, K., Aerosol Data Assimilation with the Next Generation Meteorological Satellite (Himawari-8), AGU Fall Meeting, 2015, San Francisco, CA, USA
- 14) Yumimoto, K., Long-term Inverse Modeling of Asian Dust, Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015, Kanazawa, Japan
- 15) 山崎明宏, 石田春磨, 工藤玲, 内山明博, 居島修, 高野松美, 分光型日射計による精密放射

- 観測装置の開発，日本気象学会2016年度春季大会，2016年5月，東京都渋谷区
- 16) 山崎明宏，分光型日射計による精密放射観測装置の開発について，2016年度福岡から診る大気環境研究所研究会，2016年9月，福岡県福岡市
 - 17) 梶野瑞王ほか，中国上空におけるオゾンの増加：モデルシミュレーションと衛星観測の比較，第22回大気化学討論会，2016年，札幌
 - 18) 関山剛，エアロゾル数値モデルと観測データの比較による黄砂発生プロセス理解の深化，2016年，鳥取大学乾燥地研究センター平成28年度共同研究発表会
 - 19) Maki, T., K. Yumimoto, T. Y. Tanaka, T. T. Sekiyama, A. Ogi, T. Kitajima, T. Aoyagi and M. Deushi, Current Asian dust forecasting/monitoring activities of JMA/MRI, International Asian dust and Aerosol Workshop, 2016, Jeju, Korea
 - 20) 内山明博，松永恒雄，山崎明宏，スカイラジオメーター（POM02）の特性（衛星推定エアロゾルプロダクト検証に向けて），日本気象学会2017年度春季大会，2017年5月，東京都
 - 21) 山崎明宏，福岡でのスカイラジオメータ観測，2017年度福岡から診る大気環境研究所研究会，2017年7月，福岡県福岡市
 - 22) 神慶孝，杉本伸夫，清水厚，西澤智明，山崎明宏，河合慶，甲斐憲次，シーロメタ CHM15k の重なり関数補正と信号再校正，日本気象学会2017年度秋季大会，2017年10月，北海道札幌市
 - 23) 高島久洋，原圭一郎，白石浩一，西田千春，林政彦，藤吉康志，吉野彩子，高見昭憲，山崎明宏，局地的な前線にともなう大気組成の短時間変動，第18回大気環境学会九州支部研究発表会，2017年12月，福岡県福岡市
 - 24) Tanaka, T. Y., T. Maki and K. Yumimoto, Near Real Time aerosol forecast experiment with Himawari-8 aerosol product, JPGU and AGU joint meeting, 2017, Makuhari, Japan
 - 25) Yumimoto, K., T. Y. Tanaka and T. Maki, JMA/MRI Aerosol reanalysis Product, JPGU and AGU joint meeting, 2017, Makuhari, Japan
 - 26) 内山明博，松永恒雄，山崎明宏，スカイラジオメーター（POM02）の特性（Part 2）（衛星推定エアロゾルプロダクト検証に向けて），日本気象学会2018年度春季大会，2018年5月，茨城県つくば市
 - 27) 内山明博，塩原匡貴，小林拓，菱田晃介，山崎明宏，江井和則，河井和弘，渡部義明，松永恒雄，改造スカイラジオメーターによる月を光源としたエアロゾル光学的厚さの推定（2），日本気象学会2018年度春季大会，2018年5月，茨城県つくば市
 - 28) 内山明博，塩原匡貴，小林拓，菱田晃介，山崎明宏，神慶孝，西澤智明，江井和則，河井和弘，渡部義明，松永恒雄，改造スカイラジオメーターによる月を光源としたエアロゾル光学的厚さの推定（3），日本気象学会2018年度秋季大会，2018年10月，宮城県仙台市
 - 29) Takashima H., K. Hara, C. Nishita, K. Shiraishi, M. Hayashi, Y. Fujiyoshi, A. Yoshino, A. Takami, A. Yamazaki, Short-term variations in atmospheric constituents associated with local front passage over Fukuoka, an urban area in Japan, observed by a 3-D coherent Doppler lidar and in-situ tracer measurements., 2018 joint 14th iCACGP Quadrennial Symposium and 15th IGAC Science Conference, 2018年9月，香川県高松市
 - 30) Sekiyama, T. T. et al, The Impact of Wind and Concentration Data Assimilation on the Plume Dispersion Simulation in the Lower Troposphere, 15th AOGS annual meeting, 2018, Honolulu, USA
 - 31) Sekiyama, T. T. et al., Operation-Oriented Asian Dust Data Assimilation Using Himawari-8 Aerosol Products, 15th AOGS annual meeting, 2018, Honolulu, USA
 - 32) Sekiyama, T. T. et al., Ensemble dispersion simulation of tropospheric aerosol plumes using a perturbed meteorological reanalysis, 14th-iCACGP/15th-IGAC, 2018, Takamatsu, Japan.
 - 33) Maki, T., T. Y. Tanaka, K. Yumimoto, A. Ogi, T. T. Sekiyama and M. Hosaka, Relationship between dust emission amount and soil moisture content, 9th International Dust Workshop, 2018, Spain
 - 34) Maki, T., T. Y. Tanaka, T. T. Sekiyama, K. Kondo, A. Ogi, A. Saito, S. Yabu and K. Yumimoto, Verification and evaluation of DSS by numerical model and observations, DSS sub-forum for TEMM20, Jun 2018, Suzhou, P. R. C.
 - 35) Sekiyama, T. T. et al., S Simultaneous Data Assimilation of Atmospheric Tracer Concentration and Meteorological Variables, AGU Fall Meeting 2018, 2018, Washington, D. C., USA

- 36) Yamazaki, A. and H. Ishimoto, Provision of validation data for GCOM-C atmosphere product validation from ground radiation measurement network, The Joint PI Meeting of JAXA Earth Observation Missions FY2018, 2019年1月, 東京都
- 37) Khatri P., H. Iwabuchi, T. Hayasaka, H. Irie, T. Takamura, A. Yamazaki, and A. Damiani, Cloud Retrieval from SKYNET Sky Radiometer, 5th INTERNATIONAL SKYNET WORKSHOP, 2019年2月, India, New Delhi
- 38) 関山剛, ライダー観測を利用したエアロゾルデータ同化、その将来性, レーザーセンシング学会第23回大気ライダー研究会, 首都大学東京秋葉原キャンパス, 2019, 東京都千代田区
- 39) 関山剛, 移流拡散シミュレーションにおける衛星観測とデータ同化の役割, 衛星搭載ドップラー風ライダー有識者会議, 2019, NICT大手町会議室, 東京都千代田区