

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25340005

研究課題名(和文) 太陽放射観測による雲・エアロゾルの光学的特性の時空間代表性が気候問題に与える影響

研究課題名(英文) Influence of climate change, temporal and spatial scale of Cloud and Aerosol optical properties by measurements of solar radiation

研究代表者

青木 一真 (Aoki, Kazuma)

富山大学・大学院理工学研究部・教授

研究者番号：90345546

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：雲や大気中に浮遊するエアロゾル粒子の気候影響の評価は、地球観測衛星や数値モデルの地上検証は不可欠である。しかしながら、どれもが時間・空間的に一致するわけではなく、大きく誤差を生じている場合がある。本研究は、高低差3000 m、水平方向100 kmの富山湾を中心とした研究領域において、それらの評価のどこに誤差を与えるか以下の研究を行った。1) 雲・エアロゾルの光学的特性の時空間変動の実態把握、2) 地球観測衛星や数値モデルの地上検証に必要な時間・空間代表性の問題とその解決。その結果、わずかではあるが、エアロゾルの光学的厚さの減少並びに平均値の取り方による検証方法への影響がわかった。

研究成果の概要(英文)：Aerosols and clouds play an important role in the Earth climate change. We provide the information, in this presentation, on the aerosol and cloud optical properties with respect to their temporal and spatial variability in the world. The global distributions of aerosols have been derived from earth observation satellite and have been simulated in numerical model, which assume optical parameters. However, these distributions are difficult to derive because of variability in time and space. Therefore, Aerosol optical properties were investigated using the measurements from ground-based and ship-borne sky radiometer. We started the long-term monitoring of aerosols optical properties since 1990's, by using a sky radiometer. The obtained Aerosol optical properties clearly and slightly showed seasonal and decrease variability. We understand their temporal and spatial variability.

研究分野：環境学

キーワード：雲とエアロゾル 物質循環 地球観測衛星の地上検証

1. 研究開始当初の背景

雲やエアロゾルが気候に及ぼす影響は、様々な研究が進められているが、未だに多くの課題が残されており、次の IPCC レポートのひとつの焦点であった。エアロゾルは、多種多様な物質で構成されており、時間的にも空間的にも変動が大きいという特徴がある。また、エアロゾルが雲核として働くため、日射や降雨・降雪などにまで影響を及ぼす。特に、本観測領域である富山湾は、アジア大陸の風下にあるため、東アジア域の経済活動の発展による人為起源の大気汚染物質や自然起源の黄砂粒子の影響を直接受ける地域である。応募者は、太陽光を利用した大気放射の地上や海洋観測から、雲やエアロゾルの光学的特性の気候影響解明のための研究を進めてきた (e. g. Aoki, 2006, 2008)。地上観測は、衛星観測や数値モデルに比べ、時間分解能やデータ精度が高く定量的なデータを得ることができる。逆に、観測点が限られてくるため、地球全体を見るのが難しく、両方のデータを利用した検証が必要となる。実際にこれらの結果は、国内外の共同研究によって衛星やモデルの検証研究 (e. g. Cambell et al. 2012, Sohn et al. 2007, Takemura et al. 2001) を行ってきた。この研究の基盤は、応募者が長年、大気放射観測ネットワーク「SKYNET」のスカイラジオメーター部門の責任者として、極域から熱帯域まで世界 60 箇所余の観測サイトを国内外の大学や研究機関と連携しながらボランティアベースで管理・運営し研究を進めてきた。

2. 研究の目的

雲や大気中に浮遊するエアロゾルの気候影響の評価をする場合、地球観測衛星や数値モデルの地上検証は不可欠である。しかしながら、どれもが時間・空間的に一致するわけではなく、大きく誤差を生じている場合がある。本研究の目的は、高低差 3000 m、水平方向 100 km の富山湾を中心とした研究領域において、時間・空間代表性が気候影響の評価のどこに誤差を与えるか以下の研究を行う。

- 1) 雲・エアロゾルの光学的特性の時空間変動の実態把握、
- 2) 地球観測衛星や数値モデルの地上検証に必要な時間・空間代表性の問題とその解決。

3. 研究の方法

太陽放射観測による雲・エアロゾルの光学的特性の時空間代表性が気候問題に与える影響について、ふたつに大別し、研究を遂行した(1) 富山、立山、珠洲における雲・エアロゾルの光学的特性の時空間変動の実態把握について。雲・エアロゾルの光学的特性の観測 (Aoki, 2008) は、「SKYNET」のスカイラジオメーター観測網により、広範囲に観測が行われている。本研究では、特に、下図のような 3 次元的に時間・空間変動の観測が出来る富山、立山、珠洲の 3 地点に着目して、大気放射観測等の連続測定を行い、大気汚染物質の高度差測定と季節変化について明らか

にする。本観測は、3 地点とも現在継続中で、データを蓄積中であるため、スムーズな研究遂行が出来る。また、測定精度の向上のためには、光学機器の絶対検定が必要である。このような検定は、大規模な実験室によるものか、高標高 (例えば、ハワイマウナロア山) における観測が必要であり、研究経費が莫大にかかる。そのため、応募者は、2005 年から富山大学の学長裁量経費より、3000 m を有する立山・浄土山の富山大学立山施設において、大気放射の観測及び、検定が出来るシステムを構築 (青木, 2009) した。(2) 地球観測衛星や数値モデルの地上検証に必要な時間・空間代表性の問題とその解決について。地上観測は、地球観測衛星や数値モデルに比べると、時間分解能やデータ精度が高く定量的なデータを得ることができる。特に、地表付近と高標高地域では、エアロゾルの光学的厚さが 1 桁近く違うため、検証を行うにも精度が要求される。本観測領域である富山湾は、人為起源の大気汚染物質や自然起源の黄砂粒子の影響を直接受ける地域なため、この太陽光を利用した大気放射観測から、雲やエアロゾルの光学的特性の気候影響解明の研究を行うのは有効的である (e. g. Aoki, 2006, 2008)。

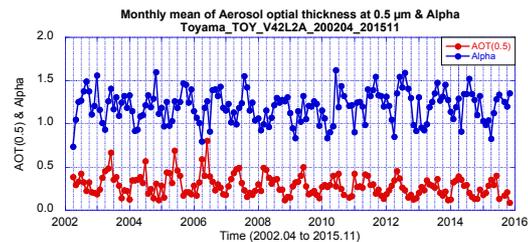


図1 2002年4月～2015年11月までの富山におけるエアロゾルの光学的厚さ (赤: 500 nm) とオングストローム指数 (青) の月平均値の経年変化

4. 研究成果

雲とエアロゾルの光学的特性の時空間変動の実態把握について、本研究期間中ならびに過去の観測の再解析をまとめた結果が図1である。図1は、2002年4月から2015年11月までの富山におけるエアロゾルの光学的厚さ (赤: 500 nm) とオングストローム指数 (青) の月平均値である。光学的厚さは、春に最大で秋、冬と最小となる明瞭な季節変化が見られたが、初夏に最大値をとる年もあった。この原因は、オングストローム指数の結果により、春の最大は自然起源である黄砂粒子の飛来によるものが大きく、初夏に最大となる場合は、人為起源によるエアロゾルの影響が明瞭に示すことが出来た。また、わずかであるが、2005年ぐらいから光学的厚さが減少傾向にあることがわかった。地球観測衛星や数値モデルの地上検証に必要な時間・空間代表性の問題とその解決として、このような結果を比較的観測点に近いところの結果と比較してみると、細かい時間で見ると違いはあるものの、月平均レベルなど少し長い

時間スケールで見ると似た傾向にあることがわかった。これは、衛星や地上観測など測定間隔や雲の影響なので得られるデータ数が限られている中で、さらに詳細な研究が必要であることがわかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

Kawase, H., C. Suzuki, N. N. Ishizaki, F. Uno, H. Iida, K. Aoki (2015), Simulations of Monthly Variation in Snowfall over Complicated Mountainous Areas around Japan's Northern Alps, SOLA, 11, 138-143.

Sugimoto N., A. Shimizu, T. Nishizawa, I. Matsui, Y. Jin, P. Khatri, H. Irie, T. Takamura, K. Aoki, B. Thana (2015), Aerosol characteristics in Phimai, Thailand determined by continuous observation with a polarization sensitive Mie-Raman lidar and a sky radiometer, Environmental Research Letters, 10:065003, doi:10.1088/1748-9326/10/6/065003.

Yasunari, T. J., K.-M. Lau, Sarith P. P. Mahanama, Peter R. Colarco, Arlindo M. da Silva, Teruo Aoki, Kazuma Aoki, Naoto Murao, Sadamu Yamagata, Yuji Kodama, (2014) The Goddard Snow Impurity Module (GOSWIM) for the NASA GEOS-5 Earth System Model: Preliminary Comparisons with Observations in Sapporo, Japan, SOLA, 10, 57-61.

青木一真 (2014)、エアロゾルの光学的特性の推定と雲の影響、低温科学、72, 127-132.

Osada, K., S. Ura, M. Kagawa, M. Mikami, T. Y. Tanaka, S. Matoba, K. Aoki, M. Shinoda, Y. Kurosaki, M. Hayashi, A. Shimizu, and M. Uematsu (2014), Wet and dry deposition of mineral dust particles in Japan: factors related to temporal variation and spatial distribution, Atmos. Chem. Phys., 14, 1107-1121, doi:10.5194/acp-14-1107-2014.

Aoki, K., T. Takemura, K. Kawamoto, and T. Hayasaka (2013), Aerosol climatology over Japan site measured by ground-based sky radiometer, AIP Conf. Proc. 1531, 284-287 (2013); doi: 10.1063/1.4804762.

[学会発表] (計 件)

Aoki, K., : Study of influence of temporal and spatial scale of solar radiation measurements on validation of

GCOM-C/SGLI (Joint PI Workshop of Global Environment Observation Mission 2015: Tokyo 2016. 01. 21)

Aoki, K., : Aerosol optical properties measured by sky radiometer network (The 18th CEReS Sympo, Chiba, 2015. 12. 01)
青木一真 : 立山における山岳大気観測 (第 2 回山岳大気シンポジウム、東京、2015 年 10 月 17 日)

Aoki, K., : Introduction to Mt. Tateyama study (2nd Mt. Tateyama seminar 2015, Toyama, 2015. 10. 09)

Aoki, K., : Validation plan of GCOM-C1/SGLI Satellite Aerosol Optical Properties retrievals form Ground-based and Ship-borne Sky Radiometer (AeroCom2015, Frascati, Italy, 2015. 10. 06)

青木一真、大気・海洋・雪氷・植生融合分野から見た雪氷観測の現場 (雪氷研究大会 : 雪氷水文分科会「山の雪と里との雪~現地観測と大気循環から見える特徴」、松本、2015 年 9 月 14 日)

青木一真、太陽光観測からわかる地球の環境 (GCOM 集中観測・宇宙人材育成プログラムナイトセミナー、苫小牧、2015 年 8 月 18 日)

Aoki, K., : Maritime Aerosol Optical Properties retrievals form Sky Radiometer Measurements (AOGS2015, Singapore, 2015. 8. 6)

Aoki, K., : Validation of GCOM-C1 Satellite Aerosol Optical Properties retrievals form Sky Radiometer Measurements at High latitudes (IUGG2015, Prague, Czech republic, 2015. 6. 28)

Aoki, K., : Validation of Satellite and Model Aerosol Optical Properties Using Sky Radiometer (SNU seminar, Seoul, Korea, 2015. 5. 29)

青木一真、島田互 : 山岳大気・雪氷観測から得られる大気エアロゾルの気候変動影響 (日本気象学会春季大会、つくば、2015 年 5 月 24 日)

Aoki, K., : Optical properties of maritime aerosols over the Arctic ocean measured by ship-borne sky radiometer (ASSW2015, Toyama, 2015. 4. 29)

Aoki, K., : Aerosol optical characteristics measured by solar aureole (Workshop on Current Issues in the Atmospheric Radiation, Tokyo, 2015. 3. 30)

青木一真、高緯度地域における大気エアロゾルの光学的特性 (科研費基盤 (S) 「北極域における積雪汚染と雪氷微生物が温暖化に及ぼす影響」に関する第 5 回ワークショップ、富山、2015 年 3 月 18 日)

青木一真、雲とエアロゾルの太陽放射観測からわかる地球環境科学の研究 (第 1 回 宇宙航空科学技術推進委託費実践的若手宇宙人材育成プログラム:地球観測衛星デー

タの地上検証活動による実践的人材育成スキーム」会合、千葉、2015年2月21日)

青木一真、SKYNET データを利用して得られた雲・エアロゾルの光学的特性から得られる大気エアロゾルの光学的特性(第17回 環境リモートセンシングシンポジウム、千葉、2015年2月20日)

Aoki, K., : Study of influence of temporal and spatial scale of solar radiation measurements on validation of GCOM-C/SGLI (Joint PI Workshop of Global Environment Observation Mission 2014: Tokyo 2015.01.15)

青木一真、中原勇希、三浦和彦、奈佐原顕郎：富士山麓の大気エアロゾルの光学的特性(富士山大気観測2014データ検討会、東京、2014年12月20日)

青木一真：日本における黄砂の光学的特性の時間・空間変動(「風送ダストに関する現状と今後の展開に関する研究集会」、春日、2014年12月11日)

青木一真：陸域生態系観測サイトにおける大気エアロゾルの光学的特性(「統合的な陸域生態系情報の開発」中間報告会、つくば、2014年11月28日)

Aoki, K., : Introduction to SKYNET Sky radiometer measurements of Aerosol Optical Properties (AERONET (GSFC/NASA) Workshop 201, Valladolid, Spain, 2014.10.17)

青木一真：エアロゾルの太陽放射観測からつながる様々な出会いから(第26回日本気象学会夏期特別セミナー「夏の学校2014」、札幌、2014年8月22日)

Aoki, K., : Validation of Satellite and Model Aerosol Optical Properties Using SKYNET Sky Radiometer Measurements (NASA/GSFC seminar, Greenbelt, US, 2014.08.18)

Aoki, K., : Temporal variation of free tropospheric aerosols by using Sky radiometer (Symposium on ACP2014 at Mountain Sites, Steamboat Springs, US, 2014.08.13)

Aoki, K., : Validation of Satellite and Model Aerosol Optical Properties Using SKYNET Sky Radiometer Measurements (NASA/Langley seminar, Hampton, US, 2014.08.08)

青木一真：太陽光を利用したエアロゾルの光学的特性の観測(第19回エアロゾル基礎講座「リモートセンシング技術を用いた大気エアロゾル計測」、つくば、2014年8月5日)

Aoki, K., : Validation Satellite Aerosol Optical Characteristics Retrievals from Ground-based Sky Radiometer Measurements (AOGS2014, Sapporo, Japan, 2014.07.29)

Aoki, K., : Dust aerosol optical properties

measured by sky radiometer (DUST2014, Castellaneta Marina, Italy, 2014.06.04)

青木一真、三浦和彦：エアロゾルの光学的特性の相互比較実験(東京理科大学総合研究機構山岳大気研究部門第3回成果報告会。東京、2014年3月)

青木一真：再生可能エネルギー分野におけるスカイラジオメーター観測データ利用(CREST/TEEDDA会合、東京、2014年2月)

青木一真：スカイラジオメーター観測から得られる大気エアロゾルの光学的特性(第16回 環境リモートセンシングシンポジウム、千葉、2014年2月)

Aoki, K., : Study of influence of temporal and spatial scale of solar radiation measurements on validation of GCOM-C/SGLI (Joint PI Workshop of Global Environment Observation Mission 2013, Tokyo, Japan, 2014.01)

青木一真：太陽放射観測から得られる風送ダストの光学的特性(風送ダストに関する現状と今後の展開に関する研究集会、福岡、2014年1月)

青木一真：富山湾を囲むエアロゾルの太陽放射観測(第19回大気化学討論会、七尾、2013年11月)

Aoki, K., : Aerosol optical properties over the Pen site measurements of Sky radiometer (Synthesis Workshop on the Carbon Budget and Forest Ecosystem in the Asian Monitoring Network - The 20th Anniversary of the Takayama Site -, Takayama, Japan, 2013.10)

Aoki, K., : Aerosol optical characteristics over the Japan Measured by Sky radiometer (AeroCom 2013, Hamburg, Germany, 2013.09)

青木一真：スカイラジオメーター観測の現状と今後の計画(第3回 GCOM-C1 分野共通課題ワークショップ、山梨、2013年9月)

青木一真：再生可能エネルギー研究における太陽放射観測データの利用について(TEEDDA+FS会議、熊本、2013年8月)

Aoki, K., : Aerosol optical characteristics over Arctic Ocean from ship-borne Sky radiometer (DACA-13, Davos, Switzerland, 2013.07)

青木一真：太陽放射観測によるエアロゾルの光学的特性の時間・空間変動が GCOM-C/SGLI の地上検証に与える影響についての研究(GCOM-C1/SGLI 大気検証班キックオフ会合、東京、2013年5月)

青木一真、竹村俊彦：太陽放射観測から得られたエアロゾルの光学的特性の長期変動(日本気象学会春季大会、東京、2013年5月)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0件）

〔その他〕

ホームページ

富山大学青木研究室

http://skyrad.sci.u-toyama.ac.jp/Aoki_1ab/

スカイラジオメーター

<http://skyrad.sci.u-toyama.ac.jp/>

富山大学立山施設

<http://skyrad.sci.u-toyama.ac.jp/Tateyama/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

青木一真 (AOKI KAZUMA)

富山大学大学院理工学研究部（理学）・教授

研究者番号：90345546

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし