

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
研究期間：2006-2008
課題番号：18510017
研究課題名（和文） 複合センサデータを用いた大気粒子光学特性導出法の精密化と評価
研究課題名（英文） Improved aerosol retrieval based on multi-sensor data
研究代表者
佐野 到 (SANO ITARU)
近畿大学・理工学部・准教授
研究者番号：10247950

研究成果の概要：

複合センサ（ADEOS-II/GLI及びPOLDER）データを用いた大気粒子特性の導出を行った。GLIによる近紫外、可視波長データを利用し、炭素性エアロゾル識別を実施、エアロゾル種別を考慮した上で偏光情報により光学的厚さなどのエアロゾル特性を導出した。また、エアロゾル輸送モデルによる計算結果を併用したデータ解析も試みた。以上の結果、エアロゾル種の違いによる導出精度悪化を低減することができた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,000,000	0	2,000,000
2007年度	800,000	240,000	1,040,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	480,000	4,080,000

研究分野：大気リモートセンシング

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：エアロゾル，リモートセンシング，ADEOS，POLDER，GLI，AERONET

1. 研究開始当初の背景

エアロゾルによる放射への直接効果，間接効果評価において誤差低減が求められている．誤差低減への一歩として，大気エアロゾルに関する光学，微物理，化学特性を知る必要がある．近年，AERONET に代表される 20 年近い地上放射計測の結果，世界各地におけるエアロゾル特性が判明し始めた．また，AVHRR, POLDER, MODIS センサプロダクトに代表される衛星からのエアロゾル導出結果より，その大まかな分布状況が知られるようになってきた．しかしながら複雑なエアロゾル故，衛星からのエアロゾル特性導出誤差が未だ大きく，その精度向上が必要である．

2. 研究の目的

本研究では複合センサデータを用いた大気粒子特性導出手法技術の開発を行う．特にエアロゾル光学特性として，重要な光学的厚さに焦点を絞り，導出誤差の低減を目指す．また，同時に衛星からの識別が難しかった森林火災（バイオマス）エアロゾル種別の同定も行う．近年発達しているエアロゾル輸送モデルによる計算結果を衛星リモートセンシングに利用し，将来的な高次解析への足がかりを得る．

3. 研究の方法

本研究では，既の実績のある偏光情報を用いた大気粒子情報推定をベースとして不足している吸収性エアロゾルである炭素系（バイオマス燃焼系由来）種別情報を加える．そのため，まずモデル粒子を仮定し，各波長における散乱特性を調べる．その結果，近赤外 2 波長では識別が難しいバイオマス燃焼由来粒子は紫外領域における明瞭な吸収の存在が確認できた．ところが，可視波長でも短波長（ $0.4 \mu\text{m}$ ）ではその吸収量が弱い．それゆえこれらの比を用いることで，バイオマス燃焼系由来粒子の識別が可能であることが考えられる．実際に衛星で取得された衛星データでこの事実を検証したのが図 1 である．図は 2003 年 5 月 18～21 日において ADEOS-2（みどり 2 号）搭載 GLI センサにより取得された画像を示しており，波長 0.40 と $0.38 \mu\text{m}$ の比画像である．この画像では，紫外域で光吸収が起きる場合において，指標値が大きくなる．通常は，1 を越えることはないが，この画像では東アジア地域において 1 を越える領域が出現している．また，時系

列変化もわかる．

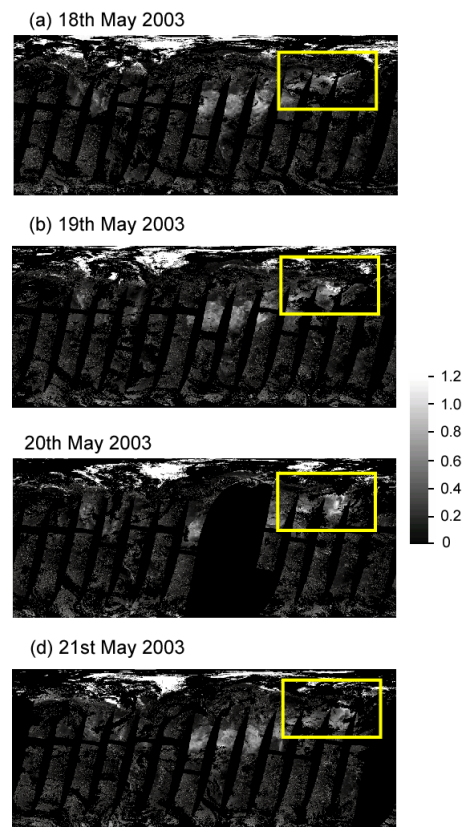


図 1. 近紫外計測データを用いたバイオマス燃焼由来粒子の識別（2003 年 5 月 18 日～20 日）．

既に構築済みの偏光情報を基本とした大気粒子導出手法にバイオマス燃焼粒子を識別・解析を実施するための概略フローを図 2 に示す．図 2 では複合センサデータとして，図 1 の ADEOS-2/GLI，さらに偏光情報として，同衛星搭載の POLDER-2 センサデータを利用する．従来は POLDER-2 センサデータ解析のみでは，エアロゾル識別判定が難しかったため，モデル大気粒子として硫酸塩を主体とした組成を考え，解析を行っていた．本手法では，前述のバイオマス燃焼由来粒子の識別による部分を新たに追加している．同時に，衛星データからの地表面情報取得にあたり，大気補正処理が必要となるが，本研究では予め，簡易大気補正を実施した後に正規化植生指数を導出，陸面モデルの再構築を行った上で，エアロゾル導出を実施する．

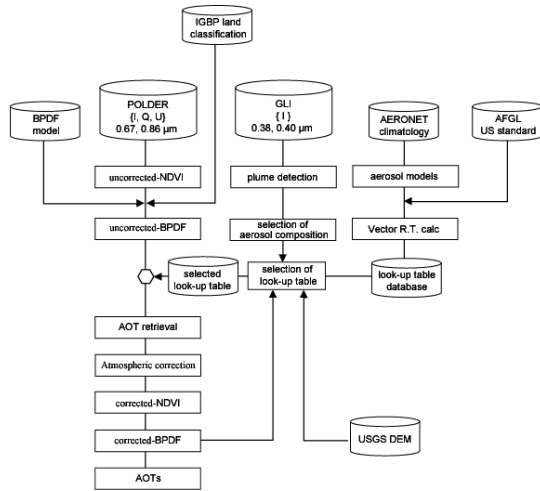


図2. 複合センサデータを用いた大気粒子特性導出手法.

本手法を適用した結果を以下に示す. ここでは, 図1で示した2003年5月のデータを用いる. 同年4月~6月において, ロシアにおいて発生した森林火災による煤煙が広く東アジアを覆った. 日本全土で報告されており, 同期間に稼働させた地上放射計でもその特徴的な粒子が観測された. 図3に, 図1と同じ4日間に長崎県福江島, 和歌山県白浜町で計測された大気粒子による光学的厚さ, オングストローム指数を示す. 図より, オングストローム指数が約1.5と小粒子が卓越していることがわかる. また, その量も非常に多く, 波長 $0.5\ \mu\text{m}$ における光学的厚さは1~2を示した. 図4は2003年5月20日に取得された朝鮮半島から中国東北部の観測データである. 図4aは図1と同様に 0.4 と $0.38\ \mu\text{m}$ における比画像を示しており, 値が高い地域ほどバイオマス燃焼粒子による光吸収が強いことを示している. なお, 実際に処理する場合には, 陸の効果を除くため, 図4bに示す定常状態の値を除いて指標とする.

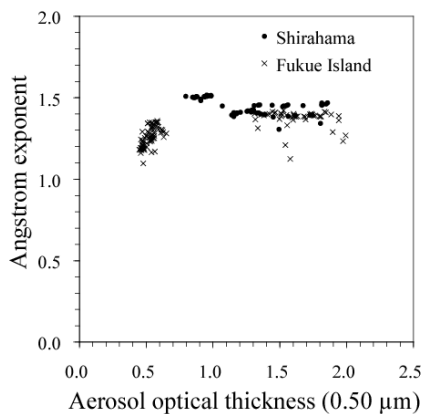


図3. 長崎県福江島, 和歌山県白浜で観測された同一時期の大気計測データ.

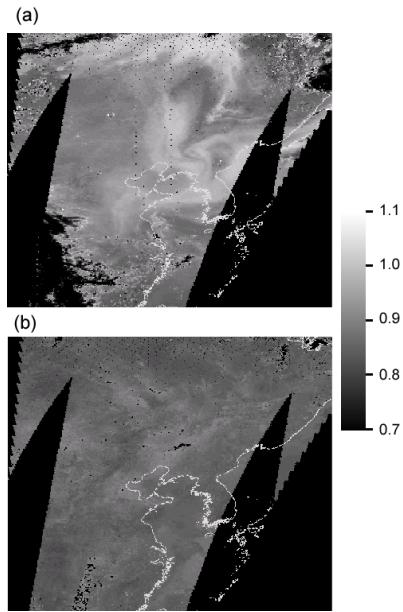
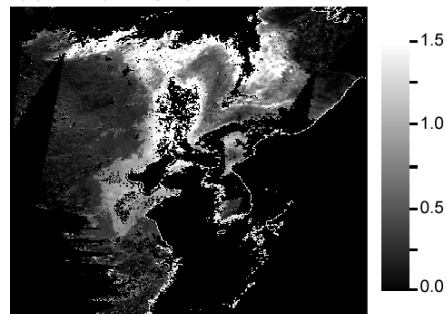


図4 a) バイオマス燃焼由来粒子指標 (波長 0.40 と $0.38\ \mu\text{m}$ による比画像). b) 定常時の比画像 (5月の最小値).

図5は図4によるバイオマス燃焼由来粒子指標並びに, 他センサデータ (POLDERデータ) を用いて導出を行った大気粒子による光学的厚さ (a) とオングストローム指数 (b) である. なお, 雲と判定されているところは, 大気粒子導出地域範囲外となるため, 黒で表されている. 雲以外の場所でもデータ欠損として表されている場合があるが (特に高濃度地域) これは事前に計算を行った放射計算値から異常にはずれた状態を示しており, 今後の詳細な調査が必要である.

(a) AOT($0.55\ \mu\text{m}$)



(b) Ångström exponent

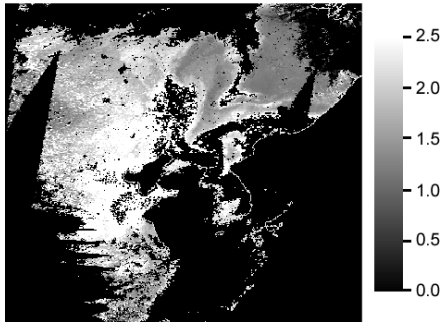


図5 大気粒子特性導出結果 (2003年5月20日)
a) 光学的厚さ, b) オングストローム指数.

ADEOS-2には、GLI並びにPOLDER-2が搭載され複合利用を行うことができた。しかしながら、過去のPOLDERデータにおいては、この手法を適用することができない。

SPRINTARSに代表されるGCMとカップリングさせた大気輸送モデル研究の進展により、衛星データ解析との相互利用が行える状況になりつつある。そこで、本研究でもCCSR/NIES/FRCGC AGCM及びSPRINTARSによって計算された1997年4月におけるモデル計算結果利用を試みる。

図6はモデル計算結果を示しており、図から見られるように土壌又は炭素系粒子の出現頻度が中央アジア、北アフリカにおいて特に高くなっている。実際の処理では、指標化する必要があるだけでなく、衛星通過時における状態を知る必要があるため、全学的厚さに占める吸収性エアロゾル粒子の光学的厚さ(土壌系、炭素系)の割合を指標として採用し、その値により、吸収度合いを変化させる。このようにして行ったエアロゾル導出結果(1997年4月)を図7の各パネルに示す。図7a~dは、波長0.44、0.87の光学的厚さ、粒径指標(オングストローム指数)、エアロゾルインデックスである。これらの図より特に1997年4月において東南アジアにおいて燃焼由来エアロゾルと見られる小粒子が卓越しているのが分かる。

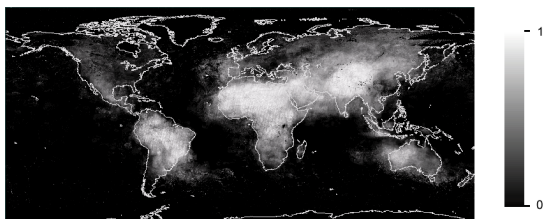


図6 SPRINTARSを用いて求めた吸収性エアロ

ゾルの出現頻度 (1997年4月)

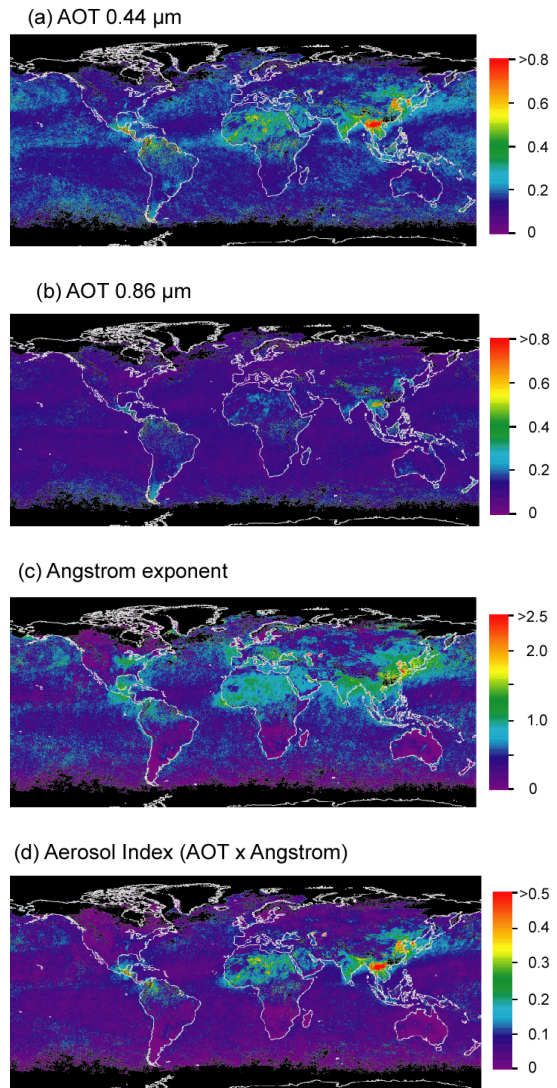


図7 エアロゾル輸送モデル結果による吸収性エアロゾル指標 (SPRINTARS)+ADEOS/POLDERを用いて求めた全球大気粒子特性 (1997年4月)
a) 光学的厚さ (波長 0.44 μm), b) 光学的厚さ (波長 0.87 μm), c) オングストローム指数, d) エアロゾルインデックス

4. 研究成果

本研究により、POLDER センサ利用のみでは実現できなかったバイオマス燃焼粒子の検出を他センサデータ (GLI)を用いて実施した。また、複数センサ利用が出来ない場合において、エアロゾル輸送モデルによる結果を指標化してエアロゾル種別判定に用いた。この結果、エアロゾル種に基づく導出誤差を低減することができた。GCOM-C1/SGLIなどの将来センサ向けの処理アルゴリズムとして本研究結果をベースにより詳細な大気粒子推定を行うことが可能となる。

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 13 件)

- 1) I.Sano, Y.Okada, M.Mukai, and S.Mukai, Retrieval algorithm based on combined use of POLDER and GLI data for biomass aerosols, J. Remote Sensing Society of Japan, 29, 54-59 (2009) 査読有.
- 2) T.Takamura, H.Takenaka, Y.Cui, T.Y.Nakajima, A.Higurashi, S.Fukuda, N.Kikuchi, T.Nakajima, I.Sano and R.T.Pinker, Aerosol and cloud validation system based on SKYNET observations : Estimation of shortwave radiation budget using ADEOS-II/GLI data, 1, 40-53, (2009) 査読有.
- 3) Y.Okada, I.Mann, I.Sano, and S.Mukai, Acceleration of the iterative solver in the discrete dipole approximation: Application to the orientation variation of irregularly shaped particles, *JQSRT*, 109, 1461-1473, (2008) 査読有.
- 4) 中島映至, 中島孝, 日暮明子, 佐野到, 高村民雄, 石田春磨, N.Schutgens, GOSAT 衛星搭載イメージャーCAIを利用したエアロゾルと雲情報の抽出に関する研究, 日本リモートセンシング学会誌, 28, 178-189, (2008) 査読有.
- 5) 向井苑生, 向井真木子, 佐野到, 井口信和, 大気エアロゾルの光学特性と浮遊粒子状物質の相関解析, エアロゾル研究, 23, 114-119, (2008) 査読有.
- 6) S.Mukai, I.Sano, A.Nishimori, M.Satoh, Y.Okada and B.N.Holben, A comparison of aerosol properties with air pollutants, Adv. Space Res. 39, 32-35, (2007) 査読有.
- 7) Y.Okada, T.Mukai, I.Mann, H.Nomura, T.Takeuchi, I.Sano, and S.Mukai, Grouping and adding method for calculating light scattering by large fluffy aggregates, *JQSRT*, 108, 65-80, (2007) 査読有.
- 8) 中口譲, 濱田寛, 須山祐樹, 佐野到, 向井苑生, 2005・2006年東大阪市で捕集された黄砂粒子の個別粒子分析, 地球化学, 41, 155-163, (2007) 査読有.
- 9) S.Mukai, M.Nishina, I.Sano, M.Mukai, N.Iguchi and S.Mizobuchi, Suspended Particulate Matter sampling at an urban AERONET site in Japan, part 1. Clustering analysis of aerosols, J. Applied Remote Sensing, 1, 013518 (12 pages), (2007) 査読有.
- 10) 向井苑生, 佐野到, 保本正芳, 大気エアロゾルとSPMの同規測定が捉えた2006年春の黄砂,

日本リモートセンシング学会誌, 27, 33-38, (2007) 査読有.

- 11) 向井苑生, 佐野到, 偏光リモートセンシング研究, 日本リモートセンシング学会誌, 26, 333-336, (2007) 査読有.
- 12) S.Mukai, I.Sano, A.Nishimori, M.Satoh, Y.Okada and B.N.Holben, A comparison of aerosol properties with air pollutants, Adv. Space Res. vol.39, pp.32-35, doi:10.1016/j.asr.2006.02.033, (2007) 査読有.
- 13) S. Mukai, I. Sano, M. Satoh, and B. N. Holben, Aerosol properties and air pollutants over an urban area, Atmospheric Research, 82, 643-651, (2006) 査読有.

[学会発表] (計 14 件)

- 1) I. Sano et al., Improvement of PM_{2.5} analysis by using AOT and lidar data, SPIE Asia Pacific Remote Sensing Symposium, 2008.
- 2) S. Mukai et al., Atmospheric correction for land observing sensor AVNIR-2, SPIE Asia Pacific Remote Sensing symposium, 2008.
- 3) I. Sano et al., Characteristics of atmospheric particles over urban city Osaka occasionally covered with photochemical smog, 37th COSPAR, 2008.
- 4) S.Mukai et al., Complicated feature of atmospheric aerosols shown in the yellow sand events in Japan, 37th COSPAR, 2008.
- 5) I.Sano, Fine mode aerosols on a global scale, Proc. SPIE Europe Remote Sensing Symposium, 6745, 67450F1-8, 2007.
- 6) S.Mukai et al., Evaluation of air quality from space, Proc. SPIE Europe Remote Sensing Symposium, 6745, 6745X1-8, 2007.
- 7) I.Sano, Fine mode aerosols over Asia, 5th Asian Aerosol Conference, 2007.
- 8) S.Mukai et al., Relationship between ground-level PM_{2.5} and satellite-derived aerosol optical thickness, 5th Asian Aerosol Conference, 2007.
- 9) I.Sano et al., Aerosol retrieval based on combination use of POLDER and GLI data, Proc. SPIE Europe Remote Sensing Symposium, 63621R, 2006.

- 10) S.Mukai *et al.*, Atmospheric particles over an urban area, Proc. SPIE Europe Remote Sensing Symposium, 63621O, 2006.
- 11) I.Sano *et al.*, Distribution of regional PM map based on satellite data, Asia Pacific Radiation Sympo., 2006.
- 12) S.Mukai *et al.*, Synthetic monitoring of atmospheric environment of Higashi-Osaka, Asia Pacific Radiation Sympo., 2006.
- 13) I.Sano, Aerosol retrieval based on combination use of multi-sensor data, 36th COSPAR, 2006.
- 14) I.Sano, Aerosol Sun Photometry throughout Five Years in Japan, 36th COSPAR, 2006.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐野 到(SANO ITARU)
近畿大学・理工学部・准教授
研究者番号：1 0 2 4 7 9 5 0

(2) 研究分担者

向井苑生 (MUKAI SONOYO)
近畿大学・理工学部・教授
研究者番号：0 0 0 9 7 4 1 1

(3) 連携研究者

なし