

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 26 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25550016

研究課題名(和文) 衛星熱赤外データによる黄砂検出手法の開発と適用可能性に関する研究

研究課題名(英文) Study on the detection of yellow sand based on the infra-red radiation measurement from space

研究代表者

鶴野 伊津志 (UNO, ITSUSHI)

九州大学・応用力学研究所・教授

研究者番号：70142099

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：極軌道衛星CALIPSOに搭載された熱赤外放射計IIRから得られる熱赤外データを用いて、ダストの典型的な検出手法であるIR Split Window法による黄砂検出を行った。本研究ではCALIPSO搭載のミー散乱ライダーCALIOPを用いて、衛星直下の黄砂の検出結果を検証に用いた。これらの観測解析の検証として、黄砂輸送モデルを用いた数値シミュレーションも行った。その結果、IR Split Window法では輝度温度差で黄砂の検出が可能であるが、黄砂濃度や大気中の水蒸気量で検出精度が変化し、黄砂の発生域のタクラマカン砂漠域の有効性であるが、日本域では限界があることが示された。

研究成果の概要(英文)：Infrared radiation sensor IIR on NASA satellite CALIPSO is used to detect the yellow sand concentration in Asia based on the IR split window method. In this study, we used the space Mie-Lidar CALIOP mounted on CALIPSO. We also applied the yellow sand transport model to examine the dust retrieved results. We found that the IIR split window method can detect the dust over the Taklimakan desert area however the detection accuracy decreased over the Japan area because of low dust concentration of high atmospheric humidity condition.

研究分野：環境気象学

キーワード：黄砂 熱赤外観測 ライダー観測 黄砂輸送モデル

1. 研究開始当初の背景

黄砂は中国大陸西北部のタクラマカン砂漠・ゴビ砂漠などの乾燥砂漠地帯や黄土高原などの半乾燥地帯を起源としており、強風によって巻き上げられた鉱物・土壌粒子が偏西風によって運ばれ、中国大陸南部や日本にまで飛来する現象であり、中国での黄砂現象は降塵現象としてよりもむしろ、黄砂を巻き上げる原因となる強烈なダストストーム自体としての自然災害が深刻で「砂塵暴」とも呼ばれている。黄砂現象が引き起こす影響は、黄砂現象の規模の拡大や社会の進展と共に近年ますます多様化している。

日本では、2000年から2002年にかけて多くの黄砂現象が発生したことで社会的な関心が高まり、中国で進行している砂漠化や土地利用の変化、地球温暖化などの気候変化と関連した議論が多くされるようになった。

黄砂現象はグローバルな長距離輸送現象であり、その空間分布および移流拡散を捉えるために、人工衛星データが利用されるようになってきた。しかし、個々の黄砂現象を正確に捉えることには、現状でもまだ多くの困難が存在している。本研究では、極軌道衛星CALIPSOに搭載された、赤外放射計IIRから得られる熱赤外データを用いた黄砂検出の可能性の検討を行い、黄砂の半実時間予測への応用を目指す。

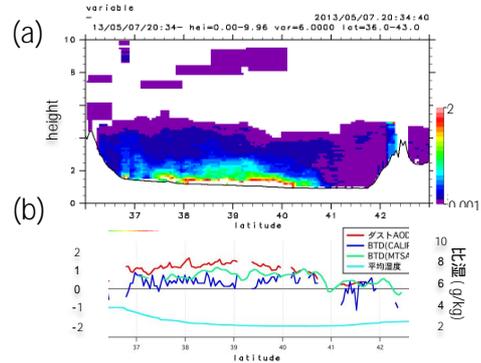
2. 研究の目的

黄砂輸送モデルの検証・評価・改良のためには人工衛星による広域的な観測データやライダー観測のような局所的で比較的細かい時間スケールのデータを組み合わせる必要がある。MODISなどの極軌道衛星の観測データの解析から、輝度温度差を利用し、ダストストームの発生と空間的な広がりを識別となってきているが、データ取得と処理に数日の時間遅れがあり、実時間予報への限界がある。

本研究では、極軌道衛星CALIPSOに搭載された、赤外放射計IIRから得られる熱赤外データを用いた黄砂検出の可能性の検討を行い、同衛星に搭載されたミー散乱ライダーCALIOPによって観測される黄砂濃度の鉛直分布をもとに熱赤外観測データから黄砂の検出を行うアルゴリズムの確立を目的とする。解析には東アジアの定時観測を行っている静止気象衛星MTSATの熱赤外データも同時に用いて、最終的にはMTSATの熱赤外輝度温度差から黄砂の半日時間検出への適用可能性の検討を目指す。

3. 研究の方法

研究には、CALIPSO衛星に搭載されたImaging Infrared Radiometer (IIR)の8.65、10.6、12.0 μm の3波長の熱赤外放射輝度を測定する赤外放射データを用いた。比較の対象として、静止気象衛星MTSATのチャンネルIR1~IR4(それぞれ、10.3~11.3 μm 、11.5~12.5 μm 、



2013年5月7日の観測結果例

μm 、6.5~7.0 μm 、3.5~4.0 μm)の熱赤外輝度温度差を用いた。

本研究では、黄砂の代表的な検出手法であるIR Split Window法を利用して黄砂を検出した。これは、11 μm と12 μm の波長で観測した輝度温度差BTD (Bright Temperature Difference) = $BT_{12\mu\text{m}} - BT_{11\mu\text{m}}$ が、黄砂の存在の有無によって符号を変化させる特性を利用した。

解析には高濃度の黄砂現象が確認できる条件を選んだ。注目した黄砂イベントの期間は、2007年夏季(7/1~9/30)、2013-14年春季(5/1~6/30)、2013-14年夏季(8/1~8/31)であり、それぞれ13、12、16ケースを解析した。

4. 研究成果

CALIOPライダーからのダストの光学的厚さAODとCALIPSOとMTSAT衛星から観測された熱赤外輝度温度差の対応を、CALIPSOの軌道に沿った分布から検討した。

図1に2013年5月7日のタクラマカン砂漠を横断するパスについての結果を示す。(a)はダスト消散係数の鉛直分布であり、(b)はダストAODと輝度温度差と比湿の値である。図1(a)より、比較的高度の低い位置に、非常に高濃度の黄砂が存在している様子が見える。また図1(b)より、赤線で示されるダストAODの値が大きく、高濃度の黄砂が存在している領域では、青線、緑線でそれぞれ示されるCALIPSO、MTSAT両衛星から観測された、輝度温度差が正の値を示しIR Split Window法の有効性が確認された。また、MTSATの輝度温度差の値は、CALIPSOの輝度温度差の値に比べ大きな値となりやすく、より滑らかな変動を示す傾向が判った。

ダストAODと輝度温度差の対応を検討した。個々の散布図は非常にばらつきが大きく、定量的な解析が困難であったが、解析条件を、相対湿度が低くかつ比較的高濃度のダストのケースについて絞ることで、ダストAODと輝度温度差の平均的な関係を得ることができた。選択したケースにおける回帰直線の傾

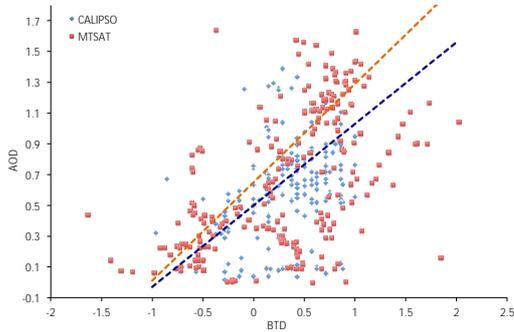


図2 BTD と AOD の散布図と式、の傾き

きの平均値から導いた式、を散布図全体の傾きの様子を図2に示した。

CALIPSO : $AOD = 0.53 \times BTD \dots$

MTSAT : $AOD = 0.64 \times BTD \dots$

この図に示すようにデータのバラツキが大きい。y切片は観測日によって変わっており、これは黄砂濃度レベル、黄砂の分布高度、大気中の水蒸気総量によると考えられた。

MTSATの輝度温度差の観測結果の水平分布についても検討した。図3に2013年5月7日の観測結果を示す。(a)はMTSATの輝度温度差の水平分布であり、CALIPSOの軌道を赤線で示している。また、(b)は衛星センサーOMIのエアロゾルインデックスを示す。図より、MTSATの輝度温度差の水平分布はOMIのエアロゾルインデックスに対応し、黄砂発生源付近では良い一致を示すことが確認できた。

本研究では、極軌道衛星CALIPSOの熱赤外データを用いて黄砂検出を行った。黄砂が高濃度であり雲のない条件では、CALIPSOの軌道に沿ったダストAODの値と輝度温度差の値の変動に良い対応関係を得た。相対湿度が低く、比較的高濃度のダストについて有効性が確認出来た。しかし、同じ解析を日本域についても行ったが、黄砂濃度との系統的な結果は得られなかった。

今後、解析をゴビ砂漠や中国の黄土高原から河北平原に絞り、ダスト観測を蓄積し、ダスト輸送モデルや大気放射コードシミュレーションを組み合わせ、比較的低濃度・高水蒸気条件でのIR Split Windowの解析することが必要である。

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 0件)

〔学会発表〕(計 2件)

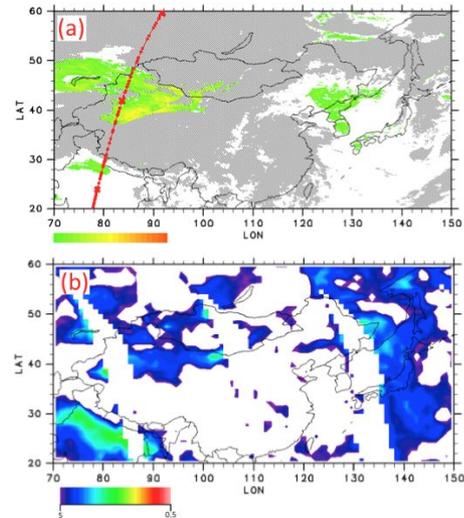


図3 2013年5月7日の(a) MTSAT BTDの水平分布、(b)OMI aerosol indexの分布。図中の赤い線はCALIPSOの軌道を示す。

中村俊介、鶴野伊津志、原由香里：

CALIPSO/CALIOPと赤外IIRセンサーを利用した黄砂の検出、日本気象学会秋季大会、2014年10月21日(福岡市)

鶴野伊津志、原由香里ほか：2014年5月下旬に1週間継続した黄砂と高濃度大気汚染現象、日本気象学会九州支部発表会、2015年3月7日(鹿児島市)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.riam.kyushu-u.ac.jp/taikai/>

6．研究組織

(1)研究代表者

鶴野伊津志 (UNO, Itsushi)

九州大学応用力学研究所・教授

研究者番号：70142099

(2)研究分担者

原 由香里 (HARA, Yukari)

九州大学応用力学研究所・助教

研究者番号：30462493

(3)連携研究者

なし()

研究者番号：