

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510017

研究課題名(和文) 日本に到達する黄砂の発生域変動の検証

研究課題名(英文) An investigation of a shift of source area of Asian dust going toward Japan

研究代表者

松島 大 (Matsushima, Dai)

千葉工業大学・工学部・教授

研究者番号：50250668

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：地上気象観測データと後方流跡線解析によって、日本に到達する黄砂の発生源が、1990年代では北緯45度以南のゴビ砂漠から発生する頻度が高いのに対し、2000年代では北緯45度以北の草原地域からの発生頻度が高いことが分かった。地表面熱収支モデルの改良によって、モデルから抽出される熱慣性値と表層土壌水分量実測値との相関を向上させた。これにより黄砂発生地域における表層土壌水分条件分布の推定精度が高まった。

研究成果の概要(英文)：The Area of where dust emission frequency was high was located the south of 45 degrees North in 1990s. The area shift to the north of 45 degrees in 2000s was found using surface meteorological observations and the back trajectory technique. Correlation between estimated values of thermal inertia retrieved from a heat budget model of the earth surface and observed values of subsurface soil moisture was improved by improving the model. It allowed that the accuracy of estimating soil moisture distribution in the dust emission areas.

研究分野：気象・海洋物理・陸水

キーワード：熱慣性 土壌水分 黄砂発生

## 1. 研究開始当初の背景

黄砂は古来、日本では主に春に見られた現象で、西日本を中心として季節の風物詩であった。日本には 2000 年以降、黄砂が気象官署で観測される回数がそれ以前よりも増加した。

日本に到達する黄砂は主に中国の黄土高原や、中国とモンゴルにまたがるゴビ砂漠で発生したものと考えられてきた。このため、黄砂の頻度が増加した原因として、中国における砂漠化の進行等が言われてきた。近年の研究で、黄砂の発生源が中国からモンゴルに移行しつつあるという研究がいくつか発表された(例えば、Igarashi et al. 2009)。これらの研究は黄砂の発生源と目される地域における地表面の条件に直接調査したものでなかった。

## 2. 研究の目的

前節のような背景から、黄砂発生に関わる地表面条件である土壌水分と植生について、もっと直接的な指標の時空間分布を把握する必要があると考えられた。本研究では、このうち土壌水分に絞って、最近 10 年程度における時空間分布を作成することを目的の一つとした。併せて、実測された表層土壌水分と黄砂発生量(正確には PM10 発生量)のデータに基づいて、黄砂発生条件を表層土壌水分量の関数として定式化することを目指した。対象地域は、日本に到達する黄砂の発生源と目される中国とモンゴルにまたがるゴビ砂漠、及び周辺の草原地域を対象とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 後方流跡線解析による黄砂発生源移動の解析

本研究は、対象地域における黄砂発生条件の変動を表層土壌水分条件の変化によって明らかにすることを目的としている。これに先立って、日本に到達する黄砂の発生源がゴビ砂漠からモンゴル側にシフトしているかどうかについて、入手の容易な定常地上気象データ等を用いて間接的に調査した。中国とモンゴルにまたがるゴビ砂漠とその周辺地域の定常地上気象観測データと国立環境研究所において開発された流跡線解析ツールを用いた。定常地上気象観測データからは現在天気の違いによって黄砂発生事例を把握した。後方流跡線解析ツールについては、鹿児島と大阪を起点として、各地点で黄砂が観測された日から遡って後方流跡線を算出し、中国とモンゴルの対象地域における黄砂発生との同期を現在天気によって確認した。

### (2) 熱慣性を用いた広域表層土壌水分条件分布の推定

本研究では、過去に遡った表層土壌水分量の時空間分布の算定を、一般にアクセス可能

な人工衛星データと地上気象データを地表面熱収支モデルに入力し、その計算結果から表層土壌水分量と相関が高いパラメータを抽出することによって行った。

本研究で用いた地表面熱収支モデルは、Matsushima (2007) によるものである。これは、植生のある地表面において、植生表面とその下にある土壌面の温度を時間変化を逐次算出する数値モデルである。入力変数として、日射量、大気放射量、気温、比湿、風速を用いる。一方、出力された植生及び土壌面温度をバルクの地表面温度に変換し、これを人工衛星による地表面温度データと比較することによって、表層土壌水分量と相関が高いモデルパラメータである表層土壌の熱慣性を抽出することができる。

人工衛星データは、地表面温度とともにモデルに入力する日射量の推定に用いた。地表面温度は NASA が運用する衛星に搭載された MODIS によった。また、日射量は静止衛星 MTSAT のデータに基づいて算出した。この他、植生の葉面積指数と地表面アルベードにも MODIS のデータを用いた。

気温等の地上気象データには、対象地域とその周辺で行われている定常気象観測データを用いた。

## 4. 研究成果

### (1) 黄砂発生源移動

中国とモンゴルにまたがるゴビ砂漠とその周辺地域の定常地上気象観測によるデータと後方流跡線解析に基づいて、日本に到達

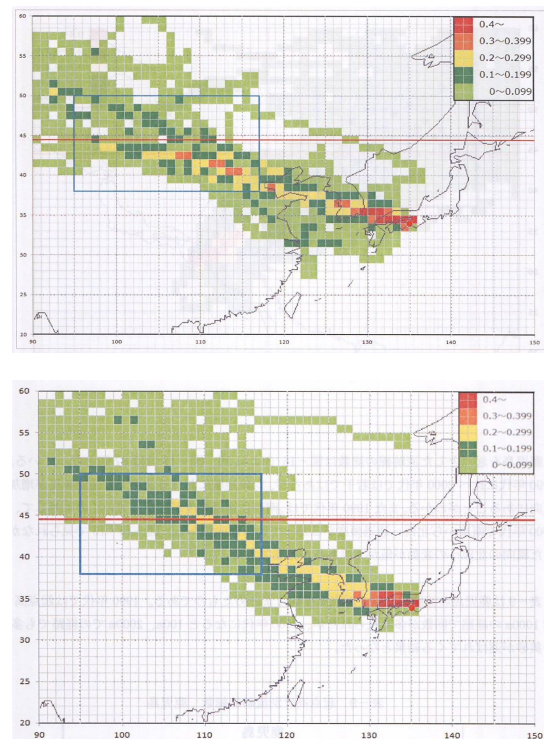


図 1 大阪で黄砂が観測され、かつ対象地域(四角形の区域)で黄砂発生があった場合の後方流跡線の頻度分布図(上図: 1990 年代, 下図: 2000 年代)。

する黄砂の発生源が、Igarashi et al. (2009) が主張するようにゴビ砂漠からモンゴル側にシフトしているかどうかを調べた。その結果、1990年代では主にゴビ砂漠で発生していたのが、2000年代では同じゴビ砂漠でもモンゴル国内から主に発生していることが分かった。大阪で黄砂が観測された日における大阪を起点とした後方流跡線上に、ダスト発生が同期して観測された場合について、流跡線の存在頻度の分布図を作成した(図1)。これによると、1990年代では北緯45度線より南における存在頻度が高いのに対し、2000年代では北緯45度線より北にも存在頻度が高い部分が存在した。これは、前者はゴビ砂漠上に流跡線が存在するのにに対し、後者はゴビ砂漠の北部からその北方の草原に流跡線が存在することを示している。以上の結果は未公表であり、現在論文作成途中である。なお、研究代表者が指導した卒業論文としてまとめられている(大森・吉岡・村石「ゴビ砂漠及び周辺草原地帯におけるダスト発生域変動の解析」, 千葉工業大学卒業論文, 2013)。

## (2) 広域表層土壌水分条件分布

次に、表層土壌水分条件を評価するための熱慣性値の時空間分布について、その算定精度を向上させ、ダスト発生頻度が高い地域における広域分布を見出した。熱慣性の算定精度の向上とは、地表面熱収支モデルにおいて、夜間の地表面温度の精度向上のため計算式を改良したことである。これによる熱慣性値と表層土壌水分量実測値との相関が向上した。以上の改良後に計算された熱慣性値と表層土壌水分量実測値との比較(図2)、及び対象領域における熱慣性値分布の一例(図3)を示す。

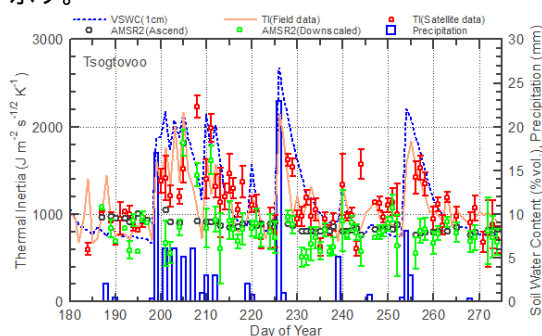


図2 ツオクトオボーにおける熱慣性推定値(赤・誤差棒付)と表層土壌水分量実測値(青破線)との比較(2012年7-9月)。両者の相関は高く、降水量(青棒グラフ)と対応している。

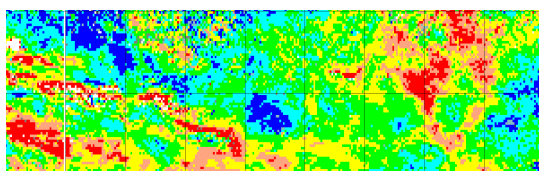


図3 対象領域における熱慣性値分布の一例(北緯44-46°, 東経99-108°, 2012年9月4日)。暖色ほど熱慣性値が大きい=土壌水分量が多い。

一方、当初の研究目的である熱慣性値と黄砂発生条件との関係の定式化は達成できなかった。その原因として、ダスト発生の要因として地表面付近の土壌のクラスト化が生じていたことが挙げられる。クラスト化が生じると、ダスト発生臨界風速が土壌水分量の単純な関数にならない可能性が、本研究と同じデータを用いて並行して行われた研究で示されている(Ishizuka et al. 2012)。クラスト化は、その土壌表面に降水等による間欠的な水流が生じ、堆積した細粒子が乾燥する過程で生じることが多い。本研究でダスト発生集中観測点として用いたモンゴル国・ツオクトオボー周辺では、現地踏査によって広範囲にクラスト化が見られることが分かった。このため、当観測点における観測データを本研究のために十分に活用することができなかった。このようなクラスト化土壌は、主な黄砂発生源であるツオクトオボーの西北に当たる地域に広がっている可能性が高い。

今後の研究の方向性として、この地域の土壌水分条件を評価し、簡潔な水流の頻度とダスト発生との関係を熱慣性と衛星データ等と比較することによって明らかにすることが考えられる。

## <引用文献>

Igarashi, Y., Y. Inomata, M. Aoyama, K. Hirose, H. Takahashi, Y. Shinoda, N. Sugimoto, A. Shimizu and M. Chiba, Possible change in Asian dust source suggested by atmospheric anthropogenic radionuclides during the 2000s, Atmospheric Environment, Vol.43, 2009, 2971-2980.

Ishizuka, M., M. Mikami, Y. Yamada, R. Kimura, Y. Kurosaki, D. Jugder, B. Gantsetseg, Y. Cheng and M. Shinoda, Does ground surface soil aggregation affect transition of the wind speed threshold for saltation and dust emission?, SOLA, Vol.8, 2012, 129-132.

Matsushima, D., Estimating regional distribution of surface heat fluxes by combining satellite data and a heat budget model over the Kherlen River Basin, Mongolia, Journal of Hydrology, Vol.333, 2007, 86-99.

## 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2件)

Matsushima, D., R. Kimura, and M. Shinoda, Soil moisture estimation using thermal inertia: Potential and

sensitivity to data conditions. Journal of Hydrometeorology, 査読有, Vol.13, 2012, 638-648.

DOI: 10.1016/j.jhydrol.2006.07.028

Kimura, R. and M. Moriyama, Application of a satellite-based aridity index in dust source regions of northeast Asia, Journal of Arid Environments, 査読有, Vol.109, 2014, 31-38.

DOI: 10.1016/j.jaridenv.2014.05.007

〔学会発表〕(計5件)

Matsushima, D., An approach to estimate spatial distribution of surface heat fluxes using satellite data and a heat budget model over a desert steppe, International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM) 2015, 2015年3月18日, 文部科学省研究交流センター(茨城県つくば市).

Matsushima, D., Estimating Spatial Distribution of Surface Soil Moisture Conditions Using a Downscale Technique with Thermal Inertia Retrieved from AMSR2 Soil Moisture Products, Fall Meeting of American Geophysical Union, 2014年12月17日, San Francisco (USA).

松島 大, 熱慣性を指標とする 広域土壌水分条件の推定, 日本農業気象学会 2014年全国大会, 2014年3月19日, 北海道大学 学術交流会館(北海道札幌市).

Matsushima, D., A development of soil moisture products of AMSR2 with higher spatial resolution using combined satellite data and a surface heat budget model, Joint PI Workshop of Global Environmental Observation Mission 2013, 2014年1月16日, TKP ガーデンシティ竹橋(東京都千代田区).

Matsushima, D., An Estimation of Spatial Distribution of Surface Soil Moisture Conditions by a Thermal Inertia Method with an Application to Gobi Steppe, 2013 International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia, 2013年12月20日, JAMSTEC 東京事務所(東京都千代田区).

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松島 大(MATSUSHIMA Dai)

千葉工業大学・工学部・教授

研究者番号: 50250668

(2) 研究分担者

木村 玲二(KIMURA Reiji)

鳥取大学・乾燥地研究センター・准教授

研究者番号: 80315457