

渦相関法を用いたモンゴル国ゴビ砂漠における鉛直フラックスの算定
-2014年4月の事例解析-

香川大学工学部	賛助会員	○生島純慈
香川大学工学部	正会員	石塚正秀
鳥取大学乾燥地研究センター	非会員	黒崎泰典
モンゴル気象水文環境研究所	正会員	Gantsetseg Batdelger

1. はじめに

乱流フラックスの測定方法には、代表的なものにバルク法、傾度法、熱収支法、乱流変動法などがある。それぞれに一長一短があり、違った局面で使い分けられる。渦相関法に代表される乱流変動法は、近年、パソコンで簡単に大量のデータを利用できるようになったことから数多く行われるようになった。乱流計測のメリットの1つは傾度法に代表されるような、2高度における物理量の差を精度よく得る必要がないことである。渦相関法のもう一つの利点は、係数を仮定する必要がなく、風速成分と輸送される物理量の乱流変動の計測から直接フラックスを求めることができることである。

本研究では、モンゴルの乾燥域を対象として、大気中のダスト濃度と風向風速、気温などの気象要素のデータを用いて、鉛直輸送量（フラックス）の算定を目的とする。モンゴルの乾燥域は黄砂の発生源の一つであり、東アジアの大気環境を考える上でダストフラックスを算定することは重要である。フラックスを算定するために、微気象学的手法である渦相関法を用いたプログラムを作成し、物質循環を定量的に明らかにする。

2. 研究の手法

2.1 観測の概要

モンゴル国のゴビ砂漠北部の Tsogt-Ovoo において、黄砂および水文気象観測を実施している¹⁾。風は、3次元超音波風向風速計を用いて、0.1秒毎に風速3成分、音仮温度を測定した。ダスト濃度は、2種類の光学式計測装置を用いた。一つは、PM10やPM2.5等のダスト質量濃度を出力するPMモニタ（TSI社製、DustTrak™）、一つは、ダスト粒子の個数を粒径別に計測するパーティクルカウンタ（YGK Corp社、OPC model ADS-03-8CH）であり、それぞれ1秒毎にデータを記録した。解析期間は、ダストストームが発生した2014年4月23日10:00～25日00:00（UT）とする。

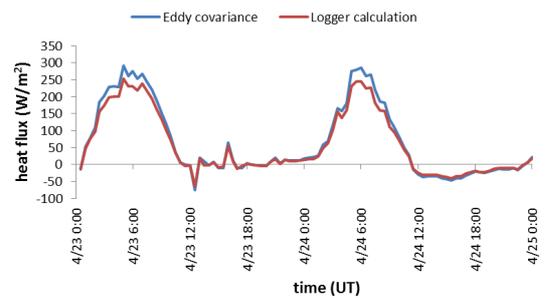
2.2 フラックスの算出方法

渦相関法を用いて、30分毎の運動量フラックス M ($N m^{-2}$)、顕熱フラックス H ($W m^{-2}$)、ダストフラックス D ($mg m^{-2}s^{-1}$)、および摩擦速度 u_* ($m s^{-1}$) を求めた。

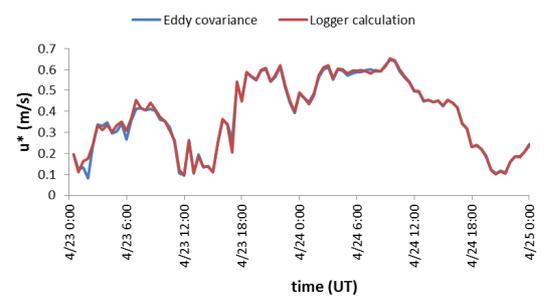
3. 研究の結果

3.1 算出結果の検証

本研究で作成した計算プログラムを用いて算出した値とロガー（Campbell Scientific Inc., CR1000）による内部演算された値との比較結果を図1に示す。ここで、本研究で作成したプログラムを手法A、ロガー内部演算を手法Bとする。顕熱フラックスについては、夜間は両手法ともほぼ一致する結果が得られたが、日中にわずかに差異がある結果が得られた。このズレの原因については、熱収支を考慮するなどの他の方法とも比較を行う必要がある。摩擦速度については、手法Aと手法Bの結果がほぼ同じ値であり、差異はほとんどなかった。



(a) 顕熱フラックス



(b) 摩擦速度

図1 本研究で作成したプログラムとロガー内部演算プログラムとの比較

3.2 運動量フラックス

手法Aにより算出された運動量フラックスの時系列変化を図2に示す。運動量フラックスとは、風によってもたらされるフラックスのことであり、摩擦速度とは乱流の強さを表す重要な物理量である。運動量フラックスは摩擦速度と同様の変動の傾向を示しており、24日10時頃に運動量フラックスは最大となり、摩擦速度の最大値と一致する結果が得られた。

また、運動量フラックスと摩擦速度の関係を図3に示す。摩擦速度は運動量フラックスのほぼ二乗となる結果が得られ、摩擦速度の算出結果の妥当性も確認された。

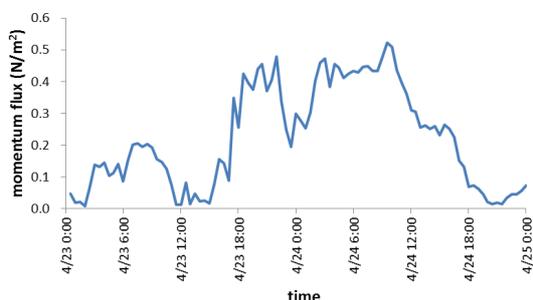


図2 手法Aにより算出された運動量フラックスの時系列変化

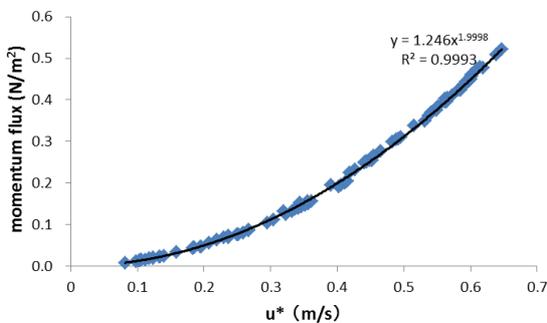
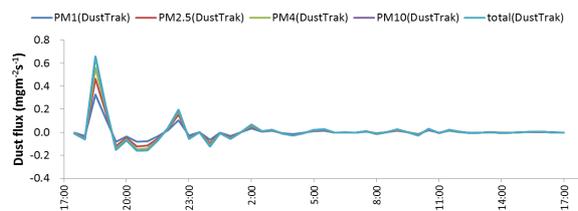


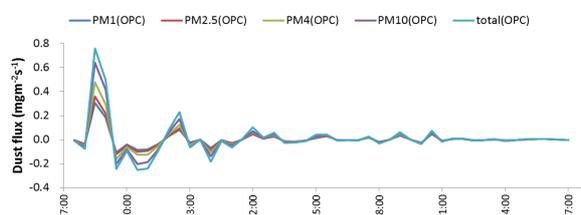
図3 運動量フラックスと摩擦速度の関係

3.2 ダストフラックス

PM モニタで測定したダスト質量濃度を用いた場合と、パーティクルカウンタで測定したダスト個数濃度を用いた場合のダストフラックスの時間変化をそれぞれ、図4に示す。ここで、パーティクルカウンタの観測値は、球形と土壌密度を仮定して、質量濃度に換算した。両者の結果はほぼ同じ時間変動を表しており、異なる測定装置で測定が正しく行われていることがわかった。また、パーティクルカウンタの方が各粒径のダストフラックスの差が大きい結果が得られた。



(a) PM モニタ



(b) パーティクルカウンタ

図4 粒径別ダストフラックスの時間変化

また、算出された値の特徴を検討するため、本研究で得られた4月23日18:30(UT)の値と既往の研究²⁾との比較結果を図5に示す。その結果、今回算出された値は摩擦速度の大きさに対して、ダストフラックスが小さい結果となった。

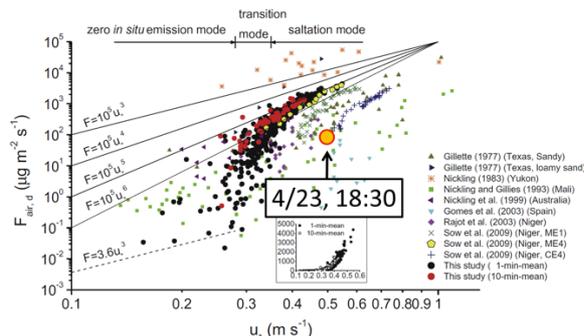


図5 算出されたダストフラックスの比較

4. まとめ

渦相関法により、運動量フラックス、ダストフラックスの時間変化をした。今後は、他の日の観測データを用いてフラックスを算出し、乾燥地における鉛直フラックスの特徴を明らかにする予定である。

5. 参考文献

- 1) Ishizuka et al., Does ground surface soil aggregation affect transition of the wind speed threshold for saltation and dust emission?, SOLA, Vol.8, 129-132, 2012.
- 2) Ishizuka et al., Power law relation between size-resolved vertical dust flux and friction velocity measured in a fallow wheat field, Aeolian Research, 12, pp. 87-99, 2014.