

学位論文審査の結果の要旨

Summary of Doctoral Dissertation Examination

氏 名/Name	BATJARGAL BUYANTOGTOKH
審査委員 Examining Committee	Chief Examiner 主 査 恒川 篤史 (印)
	Assistant Examiner 副 査 黒崎 泰典 (印)
	Assistant Examiner 副 査 増永 二之 (印)
	Assistant Examiner 副 査 坪 充 (印)
	Assistant Examiner 副 査 鈴木 賢士 (印)
題 目 Title	Factors affecting sand transport flux in the Gobi Desert, Mongolia
審査結果の要旨 (2,000字以内) / Summary of Doctoral Dissertation Examination (Within 1200 words)	
<p>砂漠起源のダストは地球規模に輸送され、気候、生態系、健康等に影響する。ダストは飛砂によって発生するが、飛砂は時空間変動が大きいにもかかわらず定量化が困難なため、ダスト発生予測精度は低く、気候、生態系、健康等への影響の定量化、予測精度に課題が残る。これらは既存飛砂モデルの導入済みパラメータ（飛砂発生要因）に多大な誤差があるか、未導入の重要な要因があることを示唆している。飛砂は強風によって発生する。モデルの風は、風の剪断応力の指標である摩擦速度 u_* で表され、風速と粗度長で決まる。飛砂は摩擦速度が臨界摩擦速度 u_{*t} より大きいときに発生する。既存モデルにおいて臨界摩擦速度は土壌粒径、石や植物などの地表面粗度、土壌水分、塩分濃度、土壌クラストによって決まり、飛砂フラックスは $Q_{mod} = C_0 (\rho_a/g) (u_* - u_{*t}) (u_*^2 - u_{*t}^2)$ 等の式で表される (C_0: 定数、ρ_a: 大気密度、g: 重力加速度)。しかし、観測値 Q_{obs} とモデル計算値の比 (Q_{obs}/Q_{mod}) は非常に大きく、これは石、植物、クラスト等によって侵食性砂（粒がばらばらの砂）が供給制限されることを考慮していないためと考えられている。侵食性砂の供給有効度 δ (以下、砂有効度)を導入すると、フラックスは $Q_{mod} = \delta C_0 (\rho_a/g) (u_* - u_{*t}) (u_*^2 - u_{*t}^2)$ で表されるが、δ の時空間変動を定量化できないため、このモデルは実用化していない。このように飛砂発生要因は風速、土壌粒径、石、植物、土壌水分、塩分濃度、クラスト、砂有効度を挙げられる。しかし、本論文では、現地観測をほぼ同じ土性（土壌粒径分布）、低土壌水分、低塩分濃度の条件下で行ったため、これらの議論は行わない。粗度については、合成開口レーダー（SAR）後方散乱係数（以下、SAR強度）による定量化の先行研究がある。これらより、本論文では不均質な地表面における飛砂発生要因を明らかにすることを目的とした。具体的には、(1)観測地点があるモンゴル・ゴビ砂漠における石の臨界摩擦速度への影響評価、(2)SAR強度による臨界摩擦速</p>	

度の時空間分布の推定、(3)砂有効度の飛砂フラックスへの影響と SAR による砂有効度の推定を行った。

第 2 章では、石の粗度密度の臨界摩擦速度への影響を評価した。臨界摩擦速度観測値は砂床では低く (0.23 m s^{-1})、石の粗度密度が増加すると ($0.05 \sim 0.32$)、臨界摩擦速度は増加した ($0.41 \sim 0.71 \text{ m s}^{-1}$)。この結果は、石が臨界摩擦速度を決定する要因であることを意味する。モデルに石の粗度密度測定値を入力し、臨界摩擦速度を見積もった。粗度密度を測定しなかった植物やクラストが存在しない地点では、モデルは臨界摩擦速度を再現することが分かった。一方、植物やクラストが原因の誤差は大きく、この結果は植物やクラストも重要な要因であることを示唆している。

第 3 章では、SAR 強度と観測された臨界摩擦速度の関係を調べた。その結果、地表面がクラストのみの地点は例外であるが、SAR 強度と臨界摩擦速度の間に高相関の線形関係が見出された ($r^2=0.91$)。窪地にある砂床では、SAR 強度と臨界摩擦速度の観測値はともに低かった (-22.2 dB 、 0.23 m s^{-1})。しかし、植物の多い場所及び斜面や山といった石の多い場所では、SAR 強度と臨界摩擦速度はともに高く、 $-20.1 \sim -16.5 \text{ dB}$ 、 $0.41 \sim 0.71 \text{ m s}^{-1}$ であった。窪地でも地表面がクラストに覆われていると、SAR 強度と臨界摩擦速度は中程度であった ($-20.2 \sim -19.2 \text{ dB}$ 、 $0.24 \sim 0.55 \text{ m s}^{-1}$)。この結果を用いて SAR 強度から臨界摩擦速度を見積もり、臨界摩擦速度が時空間的に大きく異なることを示した。

第 4 章では、飛砂要因として風速、石、植物、クラストに砂有効度を加えて、フラックスに影響する要因を調べた。モデルにおいて砂有効度を最大値 ($\delta=1$) に設定した場合、砂床では、フラックスの観測値と計算値は同程度であったが、石や植物のある地点では、モデルは 2~4 オーダー過大評価した。この結果は、砂有効度がフラックスに多大な影響を与えていることを示唆している。また、SAR 強度と δ の間には指数関数的な関係が見出された ($r^2=0.93$)。この関係式及び第 3 章の SAR 強度と臨界摩擦速度の関係式を用いて、風速一定条件下でのフラックスの空間分布を計算した。フラックスは時空間的に大きく異なり、山ではフラックスは常にゼロか非常に小さく、窪地では時間、場所によって 5 桁の差があった。

以上のように、本研究では、第 2 章、第 3 章において石、植物、クラストが臨界摩擦速度の重要な決定要因であること、既存モデルが臨界摩擦速度を再現できることを明らかにした。しかし、第 4 章ではこれらの要因だけでは、既存モデルはフラックスを再現できず、砂有効度の導入がフラックス推定精度向上の重要な鍵であることを明らかにした。また、SAR 強度による臨界摩擦速度と砂有効度の推定式を示した。これらの成果はダスト発生予測精度を向上させ、ダストの気候、生態系、健康等への影響の定量化、予測精度向上に貢献すると期待される。よって、本論文は、学位論文として十分な価値を有するものと判断された。