

砂丘の動力学の数理模型

Mathematical Model of the Dynamics of Dunes

坂元 宏海 [1]; # 西森 拓 [2]

Hiromi Sakamoto[1]; # Hiraku Nishimori[2]

[1] 広島大・理・数学; [2] 広島大・理・数理分子生命

[1] Dept. of Math., Hiroshima Univ.; [2] Dept. of Math and Life Sci., Hiroshima Univ.

地球規模で進行する砂漠の拡大の問題をはじめ、砂漠地帯でのパイプラインや道路の建設・維持、さらに、海岸地域での農地の保全や砂丘景観の保持に関して、砂丘の振る舞いを理解することは直接的も間接的にも意義深いことと思われる。

砂丘の研究の中でも、孤立砂丘の形成や運動について、近年定量的な研究が多く行われるようになった。特に単独バルハンの形状について、個々のバルハンの大きさによらない特徴（高さとの幅の間、高さとの長さの間の線形関係など）が観測によって明らかにされている。

また、遠藤らは縮小実験により風成バルハンと酷似したバルハンを水槽中に形成させることに成功し、水性バルハンのスケールによらない性質を報告している。

一方で、数理模型に基づく計算機実験によって砂丘のダイナミクスを再現し、形成過程や移動過程を調べる手法も発展しつつある。しかしながら、砂丘の上を吹く卓越風は乱流境界層を成し、また卓越風や重力に回答する砂粒の運動も複雑な要因を含み、大胆な近似や単純化をすることなしに砂丘の運動を数値的に再現することは困難である。

そのため、砂丘研究において数値実験のみによって問題を解決できる事例は少なく、複雑な過程であるほど計算機実験とアナログ実験そして観測研究の連携が重要となっている。

そのような例としてバルハン砂丘衝突の問題がある。著者の一人は勝木と衝突の数理模型を提案し衝突のダイナミクスをシミュレートするとともに、遠藤らによる水槽実験と比較し、バルハン衝突の機構を調べた。その結果、衝突前の2つのバルハンの大きさや位置関係に依存して、いくつかの衝突形態合体、貫通、分裂などに分類できることを示した[1]。とくに合体が起こるためには、初期に上流側にある砂丘が下流側にあるバルハンに比べて十分小さい必要があることが分かった。

その後我々は、上記の衝突現象の必要最小限の本質を理解する意図のもと、衝突の機構を上記の数理模型より単純に記述することをめざし、バルハン移動方向の断面の時間発展に限定した連立方程式=バルハン衝突方程式を導出し昨年の本大会で発表した。

今回はバルハン衝突方程式を一般化し、i) 2個に限らない多数個のバルハンの衝突を記述できるようになった。またii) 合体に関して前回に比べてより自然な記述に書き直し、さらに、iii) 上流からの砂の流入や下流への砂の流出のある場合も取り扱えるように改良した。講演ではまずバルハン衝突方程式の概要を説明し、次に今回の拡張版を説明し、その後、計算機実験で得られた砂丘衝突の様子を紹介する。ただし、流れの方向への2次元断面を扱う方程式のため、3次元の実験よりもむしろの幅の狭い擬二次元的な水槽実験が望まれる。そこで、どのような実験設定により方程式と現象の比較が可能であるかも考察するとともに、模型を単純化した最大の目的である、衝突現象や砂丘移動に関する必要最小限の機構について考察する。

参考文献 [1]A.Katsuki, H.Nishimori, N.Endo and K.Taniguchi, 'Collision Dynamics of Barchan Dunes Simulated Using a Simple Model', JPSJ, Vol.74, 14942-1-4 (2005)