

砂丘のモデルとシミュレーション

日大生産工(学部) ○今 佑輔
日大生産工 野々村 真規子

1 はじめに

風紋とは、砂の上を吹く風によって形成された模様のことである。本研究では、風紋の規模を大きくしたものを砂丘と考える。砂丘には、風向きと直行した方向にできる「横列砂丘」や弓状の形状を持つ「バルハン砂丘」がある。この二つの砂丘を、西森らのモデル[1]やWernerモデル[2]を元にシミュレーションによって再現する。

2 実験方法および測定方法

2-1 砂の運動

強い風のもとで生じる砂の運動は、三種類に分けられることが知られている。まず一つ目は、砂が強い風によって長距離を移動する「浮遊」というもの、二つ目は、砂が砂の表面を沿って転がりながら移動する「転がり」というもの、三つ目は風によって砂が短い距離をジャンプしながら移動する「跳躍」というものである。数センチの空間スケールしかもたない風紋のパターン形成には、「浮遊」の効果は効かないことが知られている。よって、「転がり」と「跳躍」の二つを使って研究を進めていく。

2-2 風紋形成の条件

風紋形成には三つの条件が必要であることが知られている。砂表面に水分を含んでいないことが一つ目である。これは、砂に水分が含まれていると「転がり」がうまく作用しないためである。二つ目は風速がある条件を満たさないと風紋は出現しないことである。風速の条件として4～9[m/s]であることが知られている。最後の三つ目が風紋の縞模様の間隔は風速に比例するということである。

2-3 モデル

西森らと同様に、本研究でも砂表面の高さのみについて考える。樹目 (i,j) の砂の高さは $h(i,j)$ とする。初期状態として各樹目に一定の揺らぎを与えた状態からシミュレーションを行う。

風は x 軸の正方向に吹くとする。その風によって起こる砂の跳躍は、樹目 (i,j) から別の樹目 $(i,j+L)$ へ砂を移動させることで表現する(図1)。式で書くと次のようになる。

$$h(i,j) = h(i,j) - q \quad (1)$$

$$h(i+L,j) = h(i+L,j) + q \quad (2)$$

ここで、 L は砂の飛ぶ距離で、 q は移動する砂の量である。風速が大きければより遠くへ砂が運ばれ、高い場所の砂がより遠くへ飛ぶという事実から、跳躍距離 L は

$$L = L_0 + bh \quad (3)$$

と書ける。ここでは、風速に対応したパラメータを L_0 とし、 b は小さい正の定数とした。

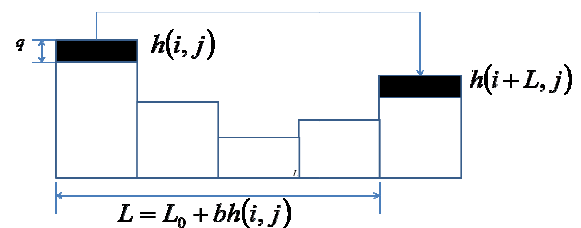


図1 跳躍

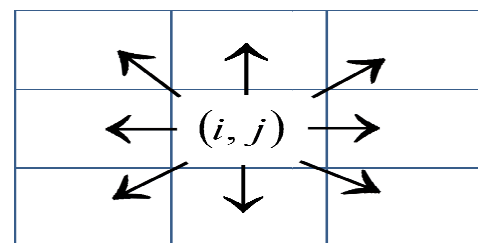


図2 転がり

Simulation of dune formation

Yusuke KON, Makiko NONOMURA

周りの柵目が他の周りの柵目よりも高い場合、転がりが起こる。その柵目の砂から一定量の取り、周りの柵目に分配することで、この転がり表現する(図2)。ある柵目から転がりによって出ていく砂の量は、その柵目の高さに比例する。この比例定数をDとする。以上のことを式で表すと

$$h(i,j) = (1-D) h(i,j) + D[1/6(h(i+1,j) + h(i-1,j) + h(i,j+1) + h(i,j-1)) + 1/12(h(i+1,j+1) + h(i+1,j-1) + h(i-1,j+1) + h(i-1,j-1))] \quad (4)$$

となる。

3 実験結果

式(1)～(4)を組み合わせシミュレーションを行った。図3はパラメーターをそれぞれ $q=0.1$, $b=1.0$, $L0=3.0$, $D=0.1$ とした結果である。hが大きいところを黒で示す。ランダム状態から横列砂丘が出現する様子が再現できていることがわかる。

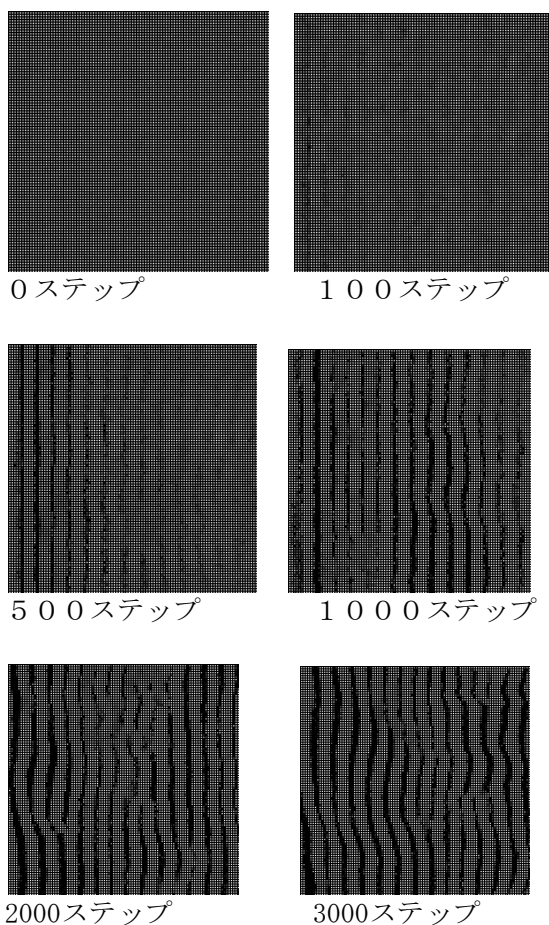


図3 風紋が形成される過程

次にL0の値を変えた場合の結果を図4に示す。L0=1.0の場合は風紋の発生は見られなかった。L0がある値を超えると風紋が現れる。風紋の縞の間隔はL0の値が大きくなるにつれて広がっている。

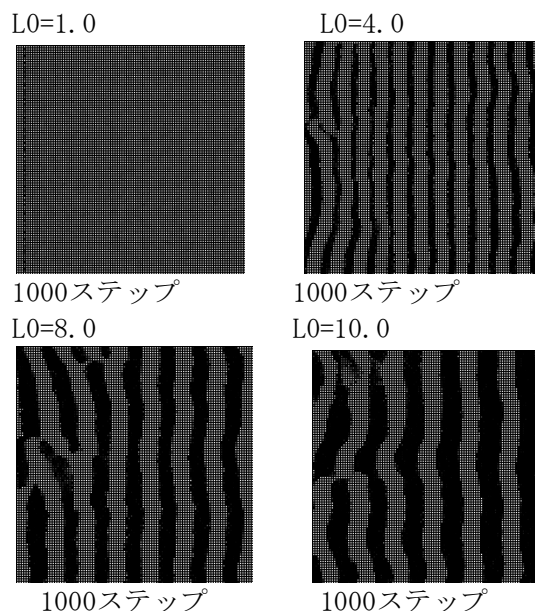


図4 L0の値を変化させた結果

4 終わりに

西森らのモデルを使って数値計算を行った。学術講演会では、L0だけでなく他のパラメーターを変えた結果やバルハン砂丘のシミュレーションも紹介したいと考えている。

参考文献

- [1]Nishimori, H. and Ouchi, N. (1993) "Formation of ripple patterns and dunes by wind-blown sand", Physical Review Letters 71, 197-200.
- [2]Werner, B.T. (1995) "Eolian dunes: computer simulations and attractor interpretation", Geology 23, 1107-1110.