



Title	Interaction Dynamics of Sand Dunes : from a Single Barchan to a Dune Field
Author(s)	勝木, 厚成
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45649
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	かつ 勝 木 厚 成
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 19184 号
学位授与年月日	平成17年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Interaction Dynamics of Sand Dunes : from a Single Barchan to a Dune Field (砂丘の相互作用ダイナミクス : 単独バルハーンから砂丘群まで)
論文審査委員	(主査) 教授 菊池 誠 (副査) 教授 阿久津泰弘 教授 小川 哲生 教授 川村 光 大阪工業大学助教授 横川 美和

論文内容の要旨

過去に単独砂丘の研究は数多くあるが、砂丘間の相互作用の研究はほとんどされてこなかった。特に、相互作用の中で最も劇的な変化をもたらす衝突現象のタイムスケールは数十年と長いために、全過程を観測することができず、衝突のダイナミクスの系統的な研究はなされてこなかった。

そこでこれまで、バルハーン砂丘(三日月型砂丘)の相互作用を理論的に研究することを目的として、計算機シミュレーションを行った。まず、流体の効果として砂が風によって運ばれること、粉粒体の効果として安息角以上では雪崩が起きることという2つのプロセスだけを素過程とするモデルを構築した。このモデルは過去に提案された他のどのモデルよりも単純で、砂丘のミニマムモデルと呼びうるものである。

そして、このモデルを使い、砂丘の衝突ダイナミクスを調べたところ、砂丘が衝突した後、合体する場合と分裂する場合があることを見出した。この分裂が起きるという結果を用いることで、今まで未解決なままであったいくつかの観測結果を説明することができた。この合体・分裂のタイプは、2砂丘の質量比と衝突位置を変数として描いた相図によって特徴づけることができた。

シミュレーションで得られた砂丘断面の時間発展を詳細に調べることにより、衝突した2砂丘の高さが入れ替わり、分裂が起きることがわかった。このダイナミクスの特徴は空間を1次元化したモデルでも確認することができる。このことは衝突ダイナミクスの本質は風に水平な方向の砂の移動だけであることを示唆している。

このモデルを横方向の砂の移動を無視し簡単化したことで、砂丘の高さの入れ替わりは風下砂丘の飛砂の抑制で説明できることがわかったので、それに基づいて、砂丘高さの現象論的発展方程式を導いた。それは幾何学的な関係と砂量の質量保存式から導くことができ、シミュレーションで得られた衝突現象の特徴をよく再現する。このことは先程の飛砂の抑制が高さの入れ替わりの原因であることを裏付けている。さらに、この発展方程式を解くことにより、様々な風速プロファイルにおける合体・分裂の境界を導くことができた。

次に、この衝突現象を実験で系統的に調べた。ここでは、過去に実験の研究室に在籍していた強みをいかし、実験の全行程を行った。その結果から、シミュレーションは衝突過程を細部までよく再現しており、合体と分裂の相図も

再現していることが確認できた。さらに、合体・分裂境界についても理論解析でえられた結果が実験と同じ振る舞いをすることを確認した。これは合体・分裂の全過程を観測することに成功した世界初の実験である。

以上の結果から、2つのバルハントン砂丘の衝突現象の本質を計算機シミュレーションと発展方程式と実験により理解することができた。また、砂丘は飛砂と雪崩のプロセスだけで形成されていることがわかった。

さらに、このモデルに基づく計算機シミュレーションで、バルハントンの生成には2種類あることを示した。一つは揺らぎを含んだ砂床から自己組織化によってバルハントンができる場合で、もう一つは砂が十分あるときにできる横状砂丘が時間が経つと、ちぎれてバルハントンになるという場合である。特に、後者は砂丘パターンの変遷といいう今まで注目されてこなかった現象である。この2つの生成パターンのダイナミクスを同時に確認できたモデルは過去ではなく、今回提案した新モデルによって初めて成功した。

論文審査の結果の要旨

バルハントン砂丘（三日月型砂丘）は、風の向きが一年を通して一定であり、かつ砂の量があまり多くない砂漠で一般に見られる砂丘である。砂丘は移動し、時には道路や町を飲み込むので、そのダイナミクスを理解することは重要である。

バルハントン砂丘については、これまで多くの研究者の興味を引いてきたが、物理学とりわけ非線形動力学の立場での研究はあまり多くない。ほとんどの研究は単一のバルハントンに関するものであったが、一般にバルハントンは群をなすので、バルハントン間にはなんらかの相互作用が働いているはずである。バルハントン間相互作用に関する時間スケールは非常に長く、砂漠での観測だけではわからないことが多い。本論文はその困難を克服するために水槽実験と計算機シミュレーションとを用い、バルハントンの相互作用ダイナミクスを研究したものである。

本論文で提案されたモデルは素過程を極端に簡単化しているにも拘わらず、過去に提案された他のモデルの問題点をすべて解消したものとなっている。実際、単一バルハントンの性質からバルハントン集団の形成までをひとつのモデルで統一的に記述できているのは、現時点でこのモデルだけである。本論文では、このモデルに基づく計算機シミュレーションによって、二砂丘の衝突現象や砂丘帯の形成過程を調べている。また、同じ現象を水槽実験でも調べており、その結果は非常によく一致している。

以上のように、本論文は砂丘ダイナミクスを表現できるすぐれたモデルを提案し、それを用いて砂丘の運動に関する新たな知見を得たものである。この研究はまた、地形からそれが形成される環境条件を推定することを可能にするものであり、その意義は大きい。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。