

孤立砂丘形態を用いたバイモーダルな風況の推定法 —交互二方向流下での水路実験から—

谷口圭輔*・遠藤徳孝**・関口秀雄

* 同志社大学理工学部環境システム学科

** 金沢大学理工学域

要 旨

水路実験をもとに、風成砂丘の形態から、流向変化を伴う季節風変動の特徴を読み取る手法を開発した。移動可能な砂粒子の少ない場に見られる、孤立砂丘を対象とすることで、バイモーダルな季節風変動を持つ風況について、砂丘形態に影響を与えている二つの風の向きと強度比とを推定することが可能となった。この新しい風況推定方法の妥当性を示すため、風況データのそろっているサハラ砂漠西部を対象に、衛星写真に写った孤立砂丘をもとに風況の推定を試み、既存の風況データと一致する推定結果を得た。

キーワード: 孤立砂丘, 水槽実験, バルハン砂丘, セイフ砂丘

1. はじめに

風成砂丘は、多様な形態を持つことで知られる。その多様性は、底面と周囲流体双方の状態の影響によって現れる(Bagnold, 1941)。例えば、Hack (1941) は、植生・風・砂の供給という3つの要素と砂丘形態との関係を、三角ダイヤグラムの形で示した。一方、Wasson and Hyde (1983) は、植生の影響のないフィールドでの砂丘について、流れの一方方向性とフィールドを覆う砂の量という2つのパラメータを用いて2次元の相図を示した。これら形成視条件既知の砂丘は、火星面などの直接観測が困難な場所では、流況推定の有力なツールとして用いられてきた(例えば、Sagan et al., 1973; Tsoar et al., 1979)。

従来の研究が深く扱ってこなかった条件として、フィールドの一部のみが砂で覆われた状況(貧砂状況)と、流向変動が周期的に繰り返される流れ場(変動流体場)の二つが挙げられる。前者は砂漠の辺縁部などに広く存在するものであり、後者もまた、季節風変動により普通に観測されうる気象条件である。

貧砂状況に見られる代表的な砂丘は、三日月型の平面形態を持つバルハン砂丘と、平均流向とほぼ平行する直線的な峰線を持つセイフ砂丘という、2種類の孤立砂丘である。バルハンは一方向流下で、セイフは斜交する二方向の流れの下で観測されることが

知られている(Wasson and Hyde, 1983)。

従来の研究の問題点は、流向変化を伴う条件について、“流れの一方方向性”を表す一次元のパラメータ(RDP/DP¹。Fryberger, 1979にて定義)を用いたことである。そのため、複数の全く異なる風況が、相図の上で同じ点にプロットされることになった。このことは、孤立砂丘の形態が高い多様性を持つにもかかわらず、バルハンとセイフという2種類の砂丘についてしか風況と形態の対応付けが行えなかったことの原因であろう。

筆者らは、変動流体場での孤立砂丘形態が、どのような流れの条件に依存して変化するのかに注目し、研究を実施した。変動流体場には様々な流況が考えられるが、最も単純でかつ広く観察されている条件として、バイモーダルな季節風変化を想定し、交互二方向の流況を対象を絞ることとした。

本研究では、水路実験による地形発達的全过程観測を実施した。水路内の小型地形を対象とすることで、フィールドでは数10~100年といったタイムスケールで起きる現象を、数時間のうちに観測すること

¹ DP(Drift potential) は、その方角からの風によって年間に移動する砂の量に比例する値である。

RDP/DP は、全方位の DP の和の絶対値(RDP)を全方位の DP の絶対値の和で割った値で、RDP/DP の値が1に近いほど流れの一方方向性が強い。

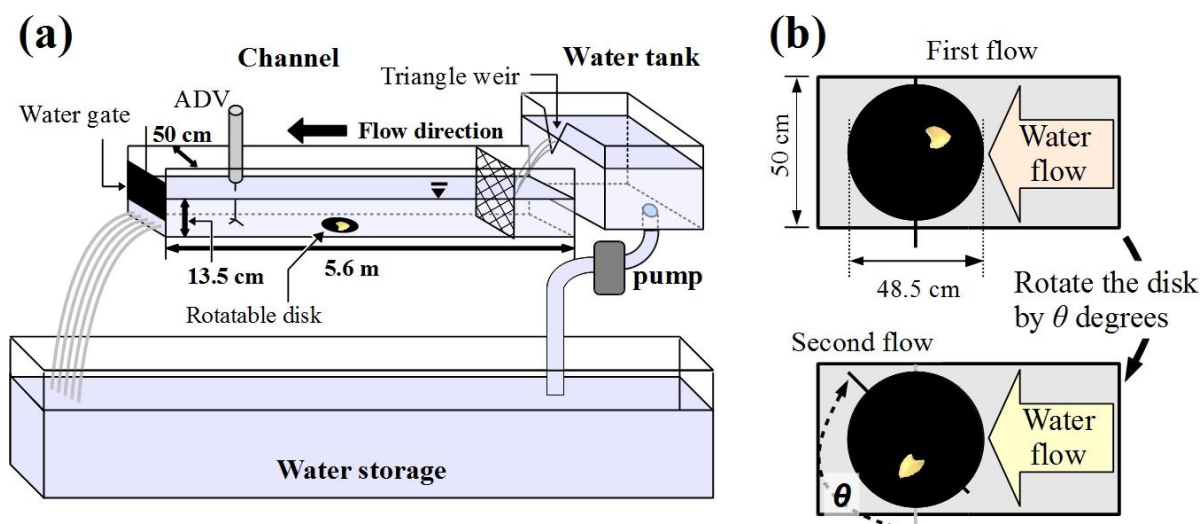


Fig. 1 (a) Schematic diagram of the water flume used in this study. (b) Schematic diagrams how bidirectional flows were generated in the experiments. These diagrams were written from the top of the channel.

ができる。さらに、サイズが10~数100 m にも及ぶ砂丘を、10 cm 程度の小型地形で観測できるという点も、水路実験のメリットである。

風成砂丘と水成の小型地形との間に、相似則が成り立つのかは、しばしば問題とされる。孤立砂丘に関しては、バルハン地形の最小サイズを、砂粒子の跳躍距離（または、それに比例する“saturation length”）でスケールリングする手法が知られている (Sauer mann et al., 2001)。すなわち、周囲流体と地形を構成する粒子との密度比、及び構成粒子の粒径によって決定される最小サイズよりも大きければ、長期間維持される孤立砂地形が存在できる。本研究で用いた砂地形のサイズは、水中での最小サイズを十分に上回っているため、地形の発達過程を見るに十分な大きさである。

本稿では、まず、水路実験の結果を示し、ふたつの流れの角度変化量と強度比を軸に取った、新しい相図を紹介する。次に、この相図を用いた流況推定を実施し、過去の文献に示された風況データとの比較を行う。

2. 水路実験

2.1 実験装置

実験には、宇治川オープンラボラトリー所有の 50 cm 幅実験水路 (Fig. 1 (a)) を用いた。この水路は、水路部 (幅 50 cm, 高さ 50 cm, 長さ 5.6 m) と、それに水を供給する上部・下部のふたつの水槽、及びポンプからなり、一方向流のみを発生させることができる。本実験では水深を13.5 cm とした。ポンプ

によって下部水槽から上部水槽へと揚水し、三角堰を通じて水路部に給水し、水路部下流端から排水された水は再び下部水槽へと戻る。対象地形周辺の底面の粗度を一定とするため、水路部の底面には塩化ビニール製の板を敷設した。この板の一部は直径 48.5 cm の円盤状にくりぬかれている。この円盤の上に対象地形をおくことで、斜交する二方向流の条件を再現する。

2.2 初期地形と実験方法

中央粒径 80 μm のケイ砂 15 g を秤量し、水路底面の円盤の上に円錐形に設置したものを初期地形とした。

一方向流のみ発生可能なこの水路で、任意の角度変化量を持つ流況を再現するために、以下の手順を用いた。まず、円盤上の対象地形に対して、流速 22 cm/s (底面から 0.6 cm 上での値。超音波流速計・ADV を用いて測定) の水流を t_1 分間作用させた (第1の流れ, Fig. 1 (b) 上の画像)。ゆっくりと流れを止めた後、対象地形を変形させないように注意して、円盤を角度 θ 回転させた。続いて、再び流速 22 cm/s の水流を t_2 分間作用させた (第2の流れ, Fig. 1 (b) 下の画像)。以上を、対象地形とともに回転する系から見れば、成す角 θ で流向変動する二方向流となる。以上を 1 サイクルとし、地形変化の傾向が明らかになるまで継続した。各試行の最大サイクル数 n は、20~23 回であった。

Table 1 Experimental conditions.

Run No.	tf [min.]	ts [min.]	α	θ [degrees]	n	Type of the topography
1	2	2	1.00	15	20	Barchan-type
2	2	2	1.00	30	20	Barchan-type
3	2	2	1.00	45	20	Dome-type
4	2	2	1.00	60	20	Dome-type
5	2	2	1.00	75	20	Transitional dome-type
6	2	2	1.00	90	20	Transitional seif-type (splitting)
7	2	2	1.00	105	20	Seif-type
8	2	2	1.00	120	20	Seif-type
9	2	2	1.00	135	20	Seif-type
10	2	2	1.00	150	20	Seif-type
11	2	2	1.00	165	20	Reversing-type
12	2	2	1.00	180	20	Reversing-type
13	2.5	1.5	0.60	135	20	Seif-type
14	2.5	1.5	0.60	180	20	Reversing-type
15	3	1	0.33	60	20	Dome-type
16	3	1	0.33	90	20	Transitional dome-type
17	3	1	0.33	120	20	Seif-type
18	3	1	0.33	150	20	Reversing-type
19	3.5	0.5	0.14	75	20	Transitional dome-type
20	3.5	0.5	0.14	135	20	Seif-type
21	3.5	0.5	0.14	180	23	Splitting-type
22	5.5	0.5	0.09	90	20	Transitional seif-type with a sinuous crest
23	5.5	0.5	0.09	150	20	Reversing-type

Table 1 に、試行ごとの実験条件を示した。角度変化量 θ は、 15° ごとに $0\sim 180^\circ$ の範囲で変化させた。パラメータ α は、ふたつの流れの強度比を示すものである。本実験では流速を一定であるため、その値はふたつの流れの継続時間比 t_s/t_f で定義された。 α の値が 1 であればふたつの流れの強度は等しく、0 に近づくほど 第2の流れ の強度が相対的に小さい条件となる。

3. 水路実験の結果と考察

本章では、水路実験の結果を示し、バイモーダルな流況と孤立砂丘形態との関係について述べる。

3.1 流向変化時の峰線の変化

流向変化の際に見られる地形の変形様式には、角度変化量 θ への依存性が見られた。地形上の峰線は、その線の上流側の緩斜面（掃流様式で移動する砂が斜面上向きに移動）と、下流側のスリップフェイス（砂のなだれ落ちにより形成される安息角と同程度の傾斜を持つ急斜面）との境界に位置する線である。この峰線の消長に注目すると、次の 3 種類の変化過程が存在することが分かった。

「クレスト共有型」の変化過程は、 θ が 30° 以下の試行においてのみ観測された。流向変動後も変動前と同じ峰線が同じ向きに活動する。僅かな流向変動のため、峰線の移動方向は変化するのだが、その変化による峰線の特徴の変化は見られない。

「独立型」の変化過程は、 θ が $45\sim 135^\circ$ の範囲で見られた。流向変動後、既存の峰線とは異なる位置に、新たに峰線が形成される変化過程である。

「反転型」の変化過程では、既存の峰線に沿って、流向変動前とは逆向きのスリップフェイスが形成され、峰線の移動方向が反転する。この変化過程が見られるのは、 θ が 90° 以上の場合である。

$90^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ の試行では、「独立型」「反転型」の2つの変化過程が同時に起きる。流向変動の後、既存の峰線の、（平均流向に対する）下流方向に位置する部分では、「反転型」の峰線変化過程が観測され、同時に、地形の上流側では「独立型」の変化過程によって新たな峰線が形成される。両者は発達過程で結合され、ともに下流方向へと移動する。

3.2 流向変動が繰り返されて発達する、孤立砂丘地形の分類

(1) θ に依存する典型的な4種類の地形

二方向流のサイクルを繰り返し作用させた場合、前節で紹介した峰線変化過程の違いに起因して、4種類の異なる形態を持つ地形が発達した。その地形

とは、「バルハン型」「ドーム型」「セイフ型」「リバーシング型」の4種類である。本稿で紹介するこの4種類の地形は、それぞれ対応する自然の風成砂丘の名称にちなんでいる（Fig. 2 を参照）。

「バルハン型」地形は、「クレスト共有型」の峰線変化過程によって、 $\theta \leq 30^\circ$ の条件下で発達した。形態は、一方向流下のバルハン地形とほぼ同じで、三日月型の平面形態及び峰線を持つ。平均の下流方向へ前進するという特徴もバルハンと共通していた。 30° 以下という僅かな角度変化量では、発達する地形の種類に影響を与えることができないものとみられる。

「ドーム型」地形は、 $45^\circ \leq \theta \leq 75^\circ$ の場合に見られた。「独立型」の峰線変化過程による地形である。バルハン型地形と比べると、丸みの強い平面形態を持ち、バルハンでは顕著に見られる 2 本のホーンが見られないという、フィールドのドーム砂丘と共通する特徴がある。

「セイフ型」地形はで、「独立型」と「反転型」のふたつの峰線変化過程が同時に起きる。 $90^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ の条件下で観測された。平均流向に対する上流側には、「独立型」の峰線変化過程によって作られる扇形の地形が、下流側には、「反転型」の過程による棒状の地形がそれぞれ発達した。下流側の棒状地形は、流向変動の度に移動方向が反転する峰線を持ち、その峰線の向きは平均流向とほぼ一致している。そうした峰線の側方移動と同時に、平均の下流方向へと棒状地形全体が伸長する。これらの棒状地形の特徴は、フィールドのセイフ砂丘のそれと一致する。

「リバーシング型」地形は、 $\theta \geq 150^\circ$ の試行で見られた。「反転型」の峰線変化過程のみが見られ、ほぼ正反対に近いふたつの流れの下で、各々の流向に垂直な方向を向いた直線状の峰線が発達する。

ある試行で発達する地形の種類は、角度変化量 θ の値に依存して決定されていた。一方、強度比 α については、 α が大きいときには直線状の峰線が、 α が小さいときには屈曲した峰線が、それぞれ発達するという以外、発達する地形の種類に影響を与えなかった。

(2) α 依存性の強い特殊地形

一部の角度変化量の下では、前項で述べた典型的な地形と異なり、強度比の変化とともに発達する地形の形態が変化する、特殊な地形が発達した。ドーム型とセイフ型の 2 地形の境界にあたる $75^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ の条件下で見られる遷移地形と、 180° の角度変化量で見られる地形の分裂現象とがそれにあたる。

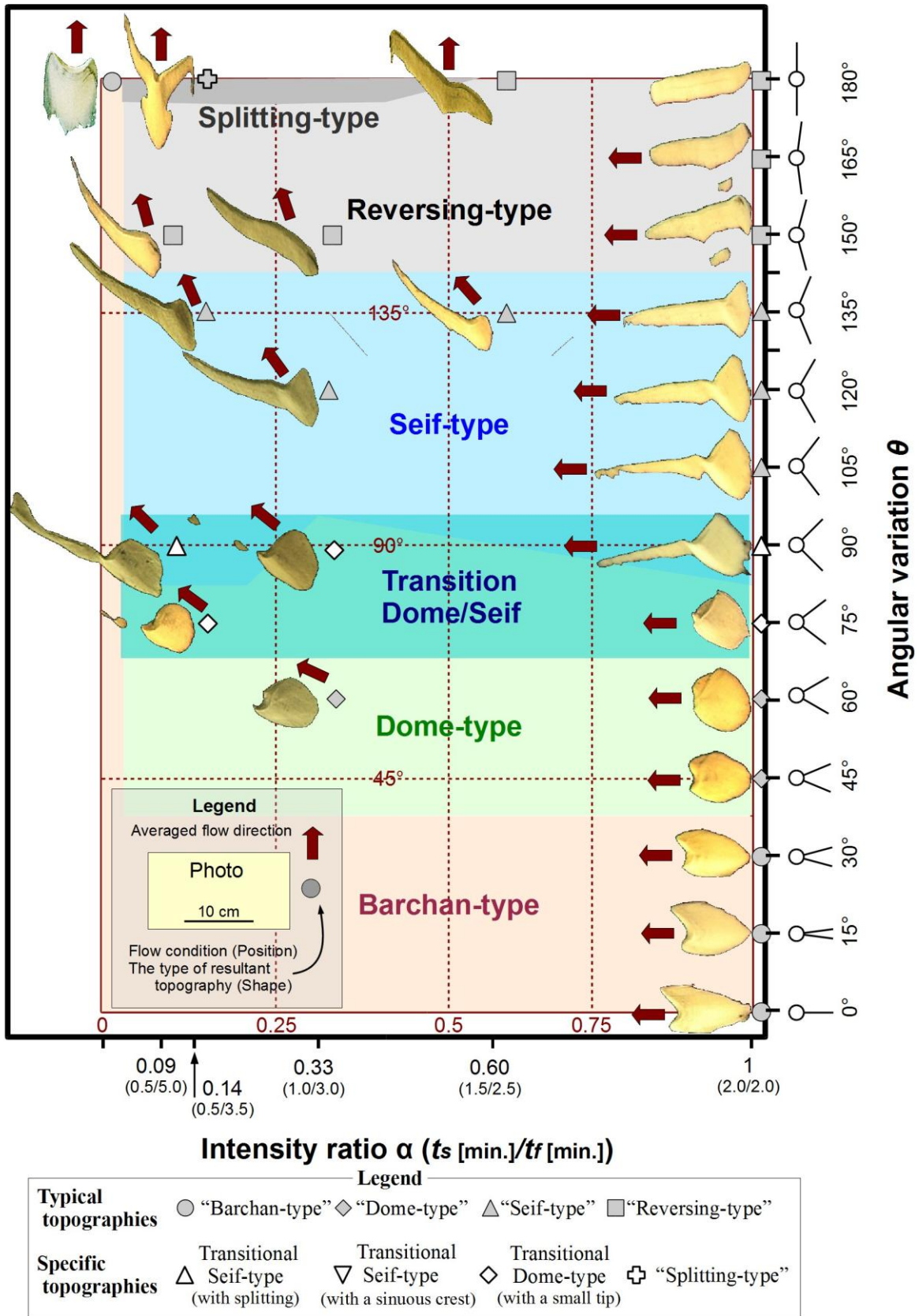


Fig. 2 A phase diagram of the shape of isolated sand topographies under bidirectional flow conditions between the angular variation θ and intensity ratio α .

(a) ドーム型とセイフ型との遷移地形

ドーム型とセイフ型との遷移地形には、分裂現象を伴う遷移的セイフ地形、蛇行する峰線を伴う遷移的セイフ地形、及び小突部を伴う遷移的ドーム地形の3種類が存在した。

分裂現象を伴う遷移的セイフ地形は、通常のセイフ型地形と同様に、扇形の部分と棒状の部分とを持つが、両者の境界でしばしば地形が分断される点の特徴である。分断された地形は、数サイクルの内に再び連結される。 θ が 90° 、 α が 1 に近い条件で観測された。

遷移的ドーム地形に見られる小突部は、セイフ地形の下流側の棒状地形と同じ、反転型の峰線変化過程によるものであった。しかし、この反転型の変化過程が見られるサイクルと見られないサイクルがあるため、この小突部は棒状地形にまで成長しない。この種の地形は、 θ が 75° の試行と、 θ が 90° 、 $\alpha=0.33$ の試行で観測された。

θ が 90° の試行で、 $\alpha=0.09$ まで 第2の流の影響が小さくなると、地形の分裂は起きず、棒状地形上に蛇行した峰線が発達した。このような地形が、蛇行した峰線を伴う遷移的セイフ地形である。

(b) $\theta=180^\circ$ で見られる分裂現象

$\theta=180^\circ$ の場合、流向変動時には「反転型」の峰線変化過程が起きる。 α が 0.6 より大きい場合はリバーシング型地形が形成されるが、 α が 0.6 より小さくなると、 α に依存した形態を持つ特殊な地形が観測される。

$\theta=180^\circ$ で見られる特殊な地形には、S字型に屈曲した峰線が見られる。屈曲の変曲点が α に依存して変化するため、峰線の形態から α の値を推定できる。 α が大きくなるほど変曲点は地形の中心線に近く、小さくなるほど側方に近くなる。 α の値がさらに0に近づくと、第2の流の影響が次の第1の流れで完全に打ち消されるようになる。そのため、地形の特徴は一方向流下のバルハン地形と同様 (Fig. 2, 左上端の地形の写真を参照) となる。

3.3 孤立砂丘形態とバイモーダルな風況との関係を示す相図

一連の水路実験から、バイモーダルな角度変化をする交互二方向流下での孤立砂丘形態が、二方向流の角度変化量と強度比とを2軸に取った相図にまとめられることがわかった (Fig. 2)。従来、砂丘地形は長期間の平均流向や、撮影 (または計測) の直前の流向のみを示すものとして利用されてきたが、今回我々が示した相図を用いることで、バイモーダルな流向変動が長期にわたり繰り返されている流れ環境についても、推定が行えるようになった。

Table 2 The locations and RDP/DP values at the observation points in Western Sahara and Mauritania.

Place	Latitude	Longitude	RDP/DP
Port-Étienne	20°56'N	17° 1'W	0.90
Akjoujt	19°43'N	14°23'W	0.68
Atar	20°30'N	13° 2'W	0.64
Fort-Gouraud	22°39'N	12°44'W	0.67

この相図は、バイモーダルな季節変動をする場所に用いることができる。観測される孤立砂丘地形の種類によって、その砂丘の発達に寄与している、2つの流れの流向が推定できる。さらに、一部の角度変化量の場合に見られる特殊な地形を用いれば、推定された2つの流れの強度比が推定できる。 α の値が非常に小さい場合、実際の観測データでは、イレギュラーな風向の成分の中に第2の風が埋もれてしまうケースが起こりうるが、砂丘地形からの推定方法であれば、このような場合にもバイモーダルな風況であることを正しく推定できる。

4. フィールドへの適用

4.1 サハラ砂漠西部の孤立砂丘

実験から得た風況推定用の相図を、風況のデータが参照可能な地域に対して適用し、この方法の妥当性を示す。本稿では、サハラ砂漠の西端部、モーリタニアと西サハラの国境付近を対象地域とした。この地域については、RDP/DPによる“流れの一方方向性”の記録がなされているためである (Fig. 3 中のローズダイアグラム, Breed et al., 1979 より)。それによると、最も海岸に近い Port-Étienne (現在の地名は Nouadhibou) では北風が卓越する一方方向性の風況 (RDP/DP \approx 0.90) であるのに対し、内陸側の Atar

Table 3 Details of the dune fields.

Field No.	Latitude	Longitude	Type of the topography
1	21°23' N	16°58' W	Barchan-type
2	21°21' N	16°47' W	Transitional
3	21°18' N	16°36' W	seif-type with a sinuous crest
4	21°20' N	16° 4' W	Dome-type
5	21°20' N	15°43' W	or
6	21°21' N	15°31' W	Transitional
7	21°25' N	14°57' W	dome-type
8	20°45' N	14° 1' W	Barchan-type
9	20°47' N	13°12' W	Barchan-type

や Fort-Gouraud では北東～東北東の平均流向を示す, RDP/DP ~ 0.65 の流況となっている (Table 2)。

Breed et al.(1979)が扱った, モーリタニアと西サハラ
の国境付近には, 多くの孤立砂丘が存在している。
それらは砂丘列を形成しており, 同じ砂丘列の中には,
概ねよく似た風況を示す孤立砂丘が分布している。
Google Earth の衛星画像の中から 9 つの砂丘列
を選択し, それぞれの砂丘列のなかに典型的に見られ
る形態の砂丘をスケッチした (Fig.4 (a)-(f), それ
ぞれ左側と中央の絵)。そのスケッチをFig. 2 の相図
と比較して (同右側の写真), 風況推定を行った
(Table 3)。

4.2 砂丘形態の変化に基づく風況推定

最も海岸に近い砂丘列1では, 北からの風の影響を
示すバルハン砂丘が見られる (Fig. 4(a))。一方, 最
も内陸側にある砂丘列 8, 9 は, 北東～東北東の風の
影響を示すバルハン砂丘となっている (Fig. 4(f))。
その中間に位置する砂丘列 2~7の形態は, バイモー
ダルな風況を示し, 最も影響の大きい風向が北風から
東風に漸移していることが読み取れる。

砂丘列 2・3 に見られる砂丘は, いずれも蛇行す
る峰線を伴う遷移的セイフ型地形である (Fig. 4(b))。
この種の地形は, $\theta = 90^\circ$ で, α が非常に小さい場合

に観測される。このことから, 砂丘形成に最も強い
影響を与えている風 (第1の風) は, 砂丘列1と同様
に北風だが, 第2の風向成分である東風の影響が地形
に現れ始めたことが分かる。

砂丘列 4 では, ドーム型地形が見られた。地形状
の峰線がやや屈曲していることから, この地形は実
験において $\theta = 60^\circ$, $\alpha = 0.33$ の条件で見られたド
ーム型地形に近い (Fig. 4(c))。砂丘列 3 の風況と
比較すると, 第1の風の向きが少し東よりに変化して
いるほか, 第2の風である東風の強度が増しているこ
とを示す。

砂丘列 5・6 ではドーム型地形や小突部を伴う遷
移的ドーム型地形が見られる (Fig. 4(d))。平面形態
が円に近くなるなど, 砂丘列 4 よりも第2の風の強
度が増し, α の値がほぼ1に近づいていることが示
唆される。

砂丘列 7 に見られる地形もドーム型地形と思われ
るが, 砂丘列 6 までに見られるものに比べ2本の突部
が顕著になり, バルハン型地形に近い平面形態とな
っている (Fig. 4(e))。この特徴から, 砂丘列7では
砂丘列6よりも θ の値が小さくなっている (45°) と
推定される。

砂丘列1は Port-Étienne の, 砂丘列9は Atar のそ
れぞれ近傍である。両観測地点間で空間的に漸移す

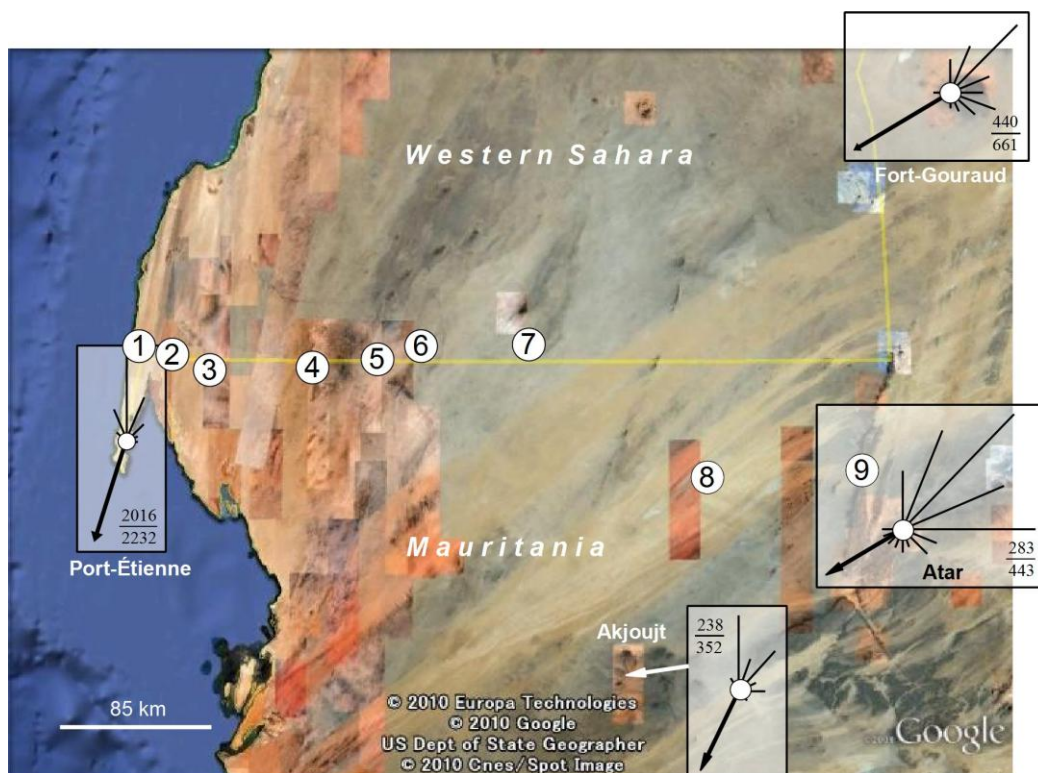


Fig. 3 Locality map of dune fields in the study area. 4 rose diagrams indicate annual flow regime and RDP/DP (modified from Breed et al., 1979). Symbols numbered from 1 to 9 show the location of the dune field (See Table 3).

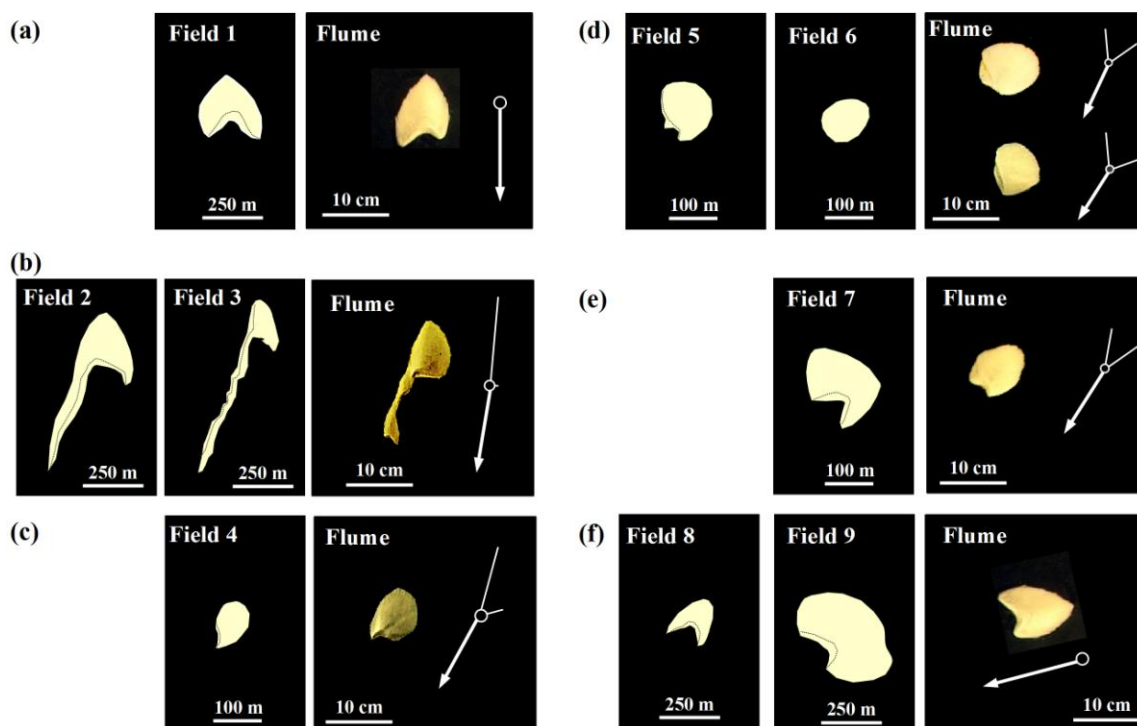


Fig. 4: Comparison of the shape of isolated sand topographies between field and flume experiments. The left-hand (and middle) images show the sketch of isolated dunes from satellite images. The dotted line indicates the crest line. The right-hand images are the photographs showing the same type topographies as the left-hand images. White rose diagrams indicate the bimodal wind conditions estimated by the topography. (a) Barchan-type topography in field 1. (b) Transitional seif-type topographies (with a sinuous crest) in field 2 and field 3. (c) Dome-type topography in field 4. (d) Typical and transitional dome-type topographies in field 5 and field 6.. (e) Dome-type topography in field 7. (f) Barchan-type topographies in field 8 and field 9.

るバイモーダルな風況が、孤立砂丘形態からの推定によって捉えられたと考えられる。Port-Étienne から内陸へ進むと、まず、第2の風向成分として東風の影響が現れ、その強度は次第に強くなった（砂丘列6まで）。さらに内陸へ進むと、角度変化量が小さくなる変化が起き、北東～東北東の平均流向を示すバルハン型地形が見られる風況へと変化した。

5. おわりに

一連の水路実験の結果、バイモーダルな流向変動を持つ風況のもとで形成される孤立砂丘の形態が、2つの流れの角度変化量と強度比という2つのパラメータに依存していることが明らかになった。この関係を基に作成した相図を用いることで、バイモーダルな季節変動を示す風況について、砂丘地形から従来よりも多くの情報を引き出すことができるようになった。

サハラ砂漠西部への応用についても、既存のデータと矛盾することなく、従来よりも詳細に風況に関

する情報を孤立砂丘地形から得ることができた。火星をはじめとした継続的な気象観測が困難な地域に応用することで、多くの成果が上げられるものと期待される。

参考文献

- Bagnold, R.A. (1941) : The Physics of Brown Sand and Desert Dunes, Methuen, London, 265p.
- Breed, C.S., Fryberger, S. G., Andrews, S., McCauley, C., Lennartz, F., Gebel, D., and Horstman, K. (1979) : Regional studies of sand seas, using LANDSAT(ERTS) imagery. In: McKee, E. D. (Ed.), A study of global sand seas, USGS Professional Paper, Vol. 1052, pp. 305-397.
- Fryberger, S. G. (1979) : Dune forms and wind regime. In: McKee, E. D. (Ed.), A study of global sand seas, USGS Professional Paper, Vol. 1052, pp. 137-169.
- Hack, J. T. (1941) : Dunes of the western navajo county, Geographical Review Vol. 31, pp. 240-263.
- Sagan, C., Veverka, J., Dubisch, R., French, R.,

Gierasch, P., Quam, L., Lederberg, J., Levinthal, E., Tucher, R., and Eross B. (1973) : Various features on Mars, 2, Mariner 9 global results, Journal of Geophysical Research, Vol. 78 no. 20, pp. 4163–4196.
Sauer mann, G., Kroy, K. and Herrmann, H. J. (2001), Continuum saltation model for sand dunes, Physical Review E, Vol. 64, 031305.

Tsoar, H., Greeley, R. and Peterfreund, A. R. (1979) : Mars : The north polar sand sea and related wind patterns, Journal of Geophysical Research, Vol. 84, pp.8167–8180.

Wasson, R. J., and Hyde, R. (1983) : Factors determining desert dune type, Nature, Vol. 304, pp.337–339.

**A New Method for Estimating Bimodal Annual Wind Conditions
Using the Shape of Isolated Sand Dunes:
Based on the Flume Experiments under Bidirectional Water Flows**

Keisuke TANIGUCHI*, Noritaka ENDO** and Hideo SEKIGUCHI

* Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

** College of Science and Engineering, Kanazawa University

Synopsis

Based on a series of flume experiments, a new method for estimating bimodal annual wind conditions was developed. The method using a phase diagram of isolated sand dunes can indicate the angular variation θ and intensity ratio α of the bidirectional flows. The shape of resultant topography after repetition of the bidirectional flows primary depends on the angular variation, because the deformation processes of the crest line after the change of flow directions depend on the angular variations. In the cases of $75^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ and $\theta = 180^\circ$, specific topographies, which are affected by the intensity ratio α , are formed. In order to confirm this method, we attempt to apply this method to some dune field in Western Sahara and Mauritania, the wind condition of which is known.

Keywords: isolated dune, barchan dune, seif dune, flume experiment