

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：34406  
 研究種目：基盤研究(C)（一般）  
 研究期間：2019～2021  
 課題番号：19K06116  
 研究課題名（和文）景観保全活動が天然記念物鳥取砂丘の砂移動および植生分布の変動に与える影響の評価

研究課題名（英文）Assessment of the effectiveness of landscape conservation activities to curb grassland encroachment for resurrection of sand movement at the Tottori Sand Dunes natural monument

研究代表者  
 高山 成（Takayama, Naru）  
 大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号：40403373  
 交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：現在、天然記念物に指定されている鳥取砂丘は、かつて広大な海岸砂丘の一部であった。しかし、1991年頃には砂丘の約42%が植生で覆われるまでに草原化が深刻化したことから、1994年から現在に至るまで除草を中心とした景観保全活動が続けられている。本研究では、GIS上に30m四方の地域区画（PP）を定義して、1964年から断続的に実施されてきた航空測量の結果に基づいた砂面変動速度の分布を調べた。さらにUAV空撮と人工衛星画像に基づいて、PP単位で植生の植被率を評価する手法を提案し、天然記念物鳥取砂丘全体を対象として、景観保全活動の開始前後から現在に至るまでの植被率の分布とその変遷を調べた。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

ドローンは新たな“センサ搭載機”であり、より簡単に“鳥の目”による地上観測が行える。近年、空撮画像の合成、写真測量による数値標高モデルの構築などが容易になっており、廉価版ドローンに搭載可能な軽量小型なマルチスペクトルカメラなども普及しはじめている。ドローンの観測データと人工衛星や航空機で取得される情報との関連を解析することにより、より大きな“鳥の目”に拡張することができる。さらにアーカイブを使えば時空間的な環境評価に応用できる。本研究はこうした観点から、天然記念物鳥取砂丘の景観保全活動とその結果について、植被率と砂面変動の時空間的な解析をはじめて行った点が大きな成果と言える。

研究成果の概要（英文）：In this study, we evaluated the spatiotemporal topographic changes and vegetation cover ratio over the sand dune area from before the start of landscape conservation activities to the present, over the Tottori Sand Dune Natural Monument, Japan.

To conserve the Tottori Sand Dune area effectively, it is important to elucidate the influences on sand movement of different factors, such as the vegetation cover ratio, landscape conservation activities, topography, and wind conditions, while also considering the interactions of these elements. The method proposed in this study was accurate in estimating the spatial distributions of the annual rate of change in sand height and the vegetation cover ratio per 30 × 30-m PP from before the initiation of landscape conservation activities to the present. In the near future, we intend to analyse the causal relationship between the annual rate of change in sand height and each factor.

研究分野：生物圏気象環境 環境リモートセンシング

キーワード：天然記念物鳥取砂丘 景観保全活動 砂面変動 地理情報システム 環境リモートセンシング

## 1. 研究開始当初の背景

天然記念物鳥取砂丘はかつて 42% が植生に覆われるまで草原化が深刻化していた。このため 1994 年から現在まで、除草を中心とした景観保全活動により、砂丘地特有の景観の回復・維持の努力がなされている。景観保全活動が砂丘地に与えた影響について検証し、砂丘地の適切な保全・管理に役立てるには、植生の繁茂状況の変遷、地形・風況の変化、人為的な砂防措置の影響といった複数の要因が、砂面変動にどのような影響を及ぼし現在の状態に至ったのか、その因果関係と相互関係を数量的に調べることが不可欠である。本研究は UAV 空撮を活用して、砂面変動と植被率の空間分布を同時に把握するための調査・解析手法を開発する。さらに人工衛星や航空機から取得された各種のアーカイブデータを活用して、鳥取砂丘の砂面変動を経年的な自然変動要因とそれ以外の人為的な要因による部分とに分離する。研究のゴールとして、近年並行して進められている砂防措置と除草を中心とする景観保全活動が、砂面変動のダイナミズムにどのような影響を与えているのか、明らかにする。

## 2. 研究の目的

砂丘地における無人航空機(UAV)による空撮に基づいて、砂面変動と植被率の空間分布を同時に把握するための調査・解析手法を開発し、気象イベントによる短期的な砂面変動の実態を明らかにする。さらに得られた知見をこれまでの長期変動の解析結果に加味して、鳥取砂丘の砂面変動を、経年的な自然変動要因とそれ以外の人為的な要因とに分離する。これらの解析から、近年並行して進められている砂防措置と除草を中心とする景観保全活動が、砂面変動のダイナミズムにどのような影響を与えているのか、明らかにする。

## 3. 研究の方法

UAV を使用した空中写真のステレオ撮影より得られた空撮画像を合成し、砂丘地全体をカバーする空撮合成画像 ( UAV 空撮合成画像 ) を得る。さらに、空中三角測量より砂丘地の数値標高モデル ( DEM ) を作成し、オルソ幾何補正を行った空撮合成画像と共に、地理情報システム ( GIS ) にレイヤコンテンツとして読み込む。UAV 空撮合成画像の作成には、標高推定値の想定誤差範囲の評価と空撮・測量手法の改善、空中写真の合成と幾何補正に伴う歪み度合いの評価と許容範囲の決定の二つの課題を解決する必要がある。そこで UAV 空撮と同時に実施する RTK-GNSS 測量の手法を用いて、実際の砂面変動に比較して精度と費用面から実現可能で汎用性がある手法を確立する。冬季は砂面が大きく動くような気象イベント ( 寒気の吹出し ) の前後で空撮を行い、気象イベントによる短期間の砂面変動量の観測を行う。

普及型の UAV には通常、可視 3 バンド ( RGB ) のカメラしか搭載されていないが、高い地上分解能を持ち画像のマッチングが容易な利点がある。UAV 空撮合成画像と人工衛星 Landsat-8 OLI による観測データとの関係を解析し、Landsat シリーズのアーカイブから植被率分布の経年変動を推定した。しかし、説明変数に対する植被率推定のばらつきは大きく、砂面の色彩が単調なこと、地形が複雑なため画素に対する地表面の有効面積に差があることなどが原因と考えられた。また、1980 年代以前については、十分な解像度と性能を持ったセンサが搭載された衛星の観測データ自体が乏しい。そこで人工衛星データに加えて、都市計画図の作成などの用途で撮影された航空写真のアーカイブを収集し、過去の植被率分布推定に活用するための手法を検討する。航空写真は用途や年代によって品質に差があるので、鳥取県により実施されてきた航空測量の成果 ( 直近は 2016 年の 11 月に実施 ) と UAV 合成空撮画像との関係を調べ、順次過去に遡っていくこととする。また、毎月の空撮に基づいてこれまでデータが乏しかった、砂丘地における植被率の季節変動について知見を得る。

砂面変動速度を目的変数、植被率・地形条件・砂防措置の内容・気象条件・砂面状態などを説明変数として、変数間の相互関係と因果関係を分析する。すべての変数を既に定義した 30m の地域区画単位で集計し演算処理する。砂面変動速度に対する因果モデルを構築したら、過去の状況を推定して結果が中長期の砂面変動のトレンドと整合性があるか検証を行う。

## 4. 研究成果

1964 年から 2016 年までの砂面変動の長期傾向 (トレンド) を調べたところ、堆積トレンドが第一砂丘列にある B 列、第二砂丘列の内陸側斜面、追後スリバチ前面から第三砂丘列沿いを経て入口付近を通り K-14 に至るまで、合せヶ谷スリバチ ( L2 から M3 近辺 ) などに検出された。「追後スリバチ」は馬蹄形の窪地地形で、バルハン型砂丘の風下側に形成される砂丘地特有の地形である。第二砂丘列内陸側斜面は、局所的に 10m 以上の堆積が見られた。一方、第二砂丘列より海側の斜面においては、第二砂丘列に直行するよう複数個所で侵食トレンドが検出された。第二砂丘列の海側斜面は、突き出した尾根 ( 砂丘 ) が短期間に侵食され、砂丘の間の谷だった場所が堆積により新たな尾根になるという変化を、数年の期間で繰り返していることが示唆された。第二砂丘列内陸側の斜面の位置は、近年の激しい堆積により 30m 程度前進しており、1964 年には H 列と T 列との間にあった第二砂丘列は、現在、T 列上まで移動した。第三砂丘列も第二砂丘列同様、内陸側に移動しており、内陸側斜面の激しい堆積により、追後スリバチが海岸側

から徐々に埋没していると推察される。追後スリバチ最深部の標高は、1964年から1981年まで18mであったが、2016年に26mと堆積により次第に浅くなっている。ただし、追後スリバチから第三砂丘列、砂丘入口付近における堆積速度は2001年以降減少しており、代わって砂丘入口より北側において堆積が増加する傾向にあった。他方、1981年頃から新たに調査杭O-8付近に窪地が形成されたことが確認でき、2016年において最深部の標高が21.0mの窪地に成長していた。すなわち、砂丘移動のダイナミズムの中で、かつて大きく成長していた窪地地形である追後スリバチが堆積により縮小する反面、新たな窪地地形が形成される途上であるとも考えられた。

砂丘の草原化が著しかった1990年5月9日における推定植被率の分布を調べたところ、第一砂丘列から西側の飛砂防備保安林周辺にかけて、植被率が0.40以上と植生が繁茂するエリアが分布していた。また、第二砂丘列を挟んで海側、内陸側両方で全体的に植生が繁茂しており、海側で概ね0.10以上、内陸側で0.15以上の植被率で分布する状態だったことが分かった。しかし、景観保全活動の開始後、保護区域を除くエリアで植被率が大きく減少しており、例えば、第一砂丘列に近いB-1は、植被率が1990年5月に0.51、1995年に0.56に達したが、1996年に0.14に急減しその後は0.01～0.13の範囲で推移していた。特に第一砂丘列から西側の飛砂防備保安林近辺は、景観保全活動が精力的に行われた結果、植被率の減少幅が最も大きくなったと推察され、景観保全活動の成果が上がっていることが示唆された。他方、砂丘地の保護区域内においては、植被率が逆に増加傾向にある場所も点在する可能性が示された。

追後スリバチ周辺を対象として、ドローン空撮測量に基づく数値標高モデルを構築し、砂面変動解析へ活用することを検討した。3D格子状コースの飛行でカバレッジ率を80%で空撮した場合、地上基準点(GCP)を設定しないと平均二乗誤差で38cm程度の垂直方向の誤差を含んでいた。砂面変動解析にUAV空撮測量を活用するには、GCPを設定した多方向撮影モードによる空撮測量を検討する必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Takayama Naru, Kimura Reiji, Liu Jiaqi, Moriyama Masao	4. 巻 41
2. 論文標題 Long-term spatial distribution of vegetation and sand movement following the commencement of landscape conservation activities to curb grassland encroachment at the Tottori Sand Dunes natural monument	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 3070 ~ 3094
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/01431161.2019.1698783	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 北里亮太・山崎貴裕・奥田泰生・宮崎滉平・木村玲二・高山 成	4. 巻 13
2. 論文標題 ドローン空撮測量による天然記念物鳥取砂丘の砂面変動の解析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本農業気象学会近畿支部講演論文集	6. 最初と最後の頁 7-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高山 成
2. 発表標題 ドローン・人工衛星・航空機を組み合わせたリモートセンシングによる環境測定
3. 学会等名 環境技術学会技術セミナー（ドローン環境技術の最前線～講演と実演～）（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Liu, J., Kimura, R. and Wu, J.
2. 発表標題 Monitoring topography changes at the Tottori sand dune using UAV, SfM and GIS techniques.
3. 学会等名 日本写真測量学会令和3年度秋季学術講演会（帯広市）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Liu, J., Kimura, R. and Wu, J.
2. 発表標題 UAV application for topographic changes detection at Tottori sand dunes.
3. 学会等名 日本農業気象学会中国四国支部大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

鳥取大学乾燥地研究センターHP <a href="https://www.alrc.tottori-u.ac.jp/japanese/results/papers/2019/2019-6(kimura).html">https://www.alrc.tottori-u.ac.jp/japanese/results/papers/2019/2019-6(kimura).html</a>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	木村 玲二  (Kimura Reiji)  (80315457)	鳥取大学・乾燥地研究センター・准教授    (15101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------