

第3章 植生マウンドの成長に伴う火山灰層露出地の拡大 — 植生マウンド解体試験区およびその周辺で生じた 地形変化（2018年～2021年）の定量解析 —

小玉 芳敬

Abstract

Chapter 3. Expansion of exposed volcanic ash and pumice layers due to growth of vegetation mounds — Quantitative analysis of topographic change in 2018-2021 occurred in the vegetation mound dismantling test area and its surroundings —. By Yoshinori KODAMA:

The vegetation mounds, which took nearly 20 years to grow through mechanical weeding with plowing, has given rise to new issues such as the expanded exposure of the volcanic ash and pumice layers. The actual conditions were described using aerial photographs, satellite images, and local landscape photographs. In wind tunnel experiments, we simulated the formation of vegetation mounds, and at the same time, we learned that wind-eroded depressions were formed on the leeward sand surface as the vegetation mound grew. According to observations of saltation sand particles during strong winds at the Tottori Sand Dunes, a blown sand cloud exceeding 1.5 m in height was indeed observed above the vegetation mound, which may lead to the formation of a wind erosion depression that expands the exposure of the volcanic ash and pumice layers. Field experiments have been underway since the winter of 2018 to restore the vegetation mounds to vegetation patches over the next 20 years. Quantitative analysis using a 3D terrain model based on multi-view stereo image analysis of drone photography (SfM/MVS) of the vegetation mound dismantling test area and its surroundings revealed that erosion on the northeastern slope of the mound would occur due to weeding of the vegetation on the mound. Although progress has certainly been made, it has become clear that much of the sand produced there is deposited on embankment-like form that continue to the vegetation mound. It is necessary to continue monitoring for a while, and at the same time, consider new measures for dismantling the vegetation mounds.

1. はじめに

鳥取砂丘における最近 20 年間の地形変

容を代表するもののひとつに、植生マウンドがある。植生マウンドとは、植生が粗度



図 1. 鳥取砂丘における植生マウンドの成長を示す景観写真。a：第 3 砂丘列の北向き緩斜面と第 2 砂丘列の高まり。b の A 地点より矢印方向を撮影。b と c：第 2 砂丘列稜線より撮影した第 3 砂丘列。

となることで風速を弱め植生域に飛砂が捕捉され、砂に埋もれた植生が光を求めて成長することで飛砂の捕捉が続き、数年のうちに比高 2 m を越えるマウンド状の高まりとなった地形のことである。天然記念物鳥取砂丘では、植生マウンドの急成長に伴い放物線型砂丘の発達や火山灰層露出地の拡大が観察されるようになった。特に火山灰層は一端露出すると、風雨による破損が進み、砂丘の形成史を物語る貴重な地質遺産の損失へとつながり、新たな課題となっている。

図 1 の景観写真から、1998 年・99 年頃は天然記念物区域の第 3 砂丘列には植生のパッチはみられるものの、高さ数 m に及ぶ植生マウンドは認められなかった。当時、第 3 砂丘列の北向き斜面は、ゆるやかに傾斜する一様な平滑斜面が広がり、見通しが

良かった。ところが 2008 年には植生マウンドがすでに成長をはじめ、凹凸な斜面へと変容していた。凹凸を増した植生マウンドは、形状粗度として働き、風の流れに強

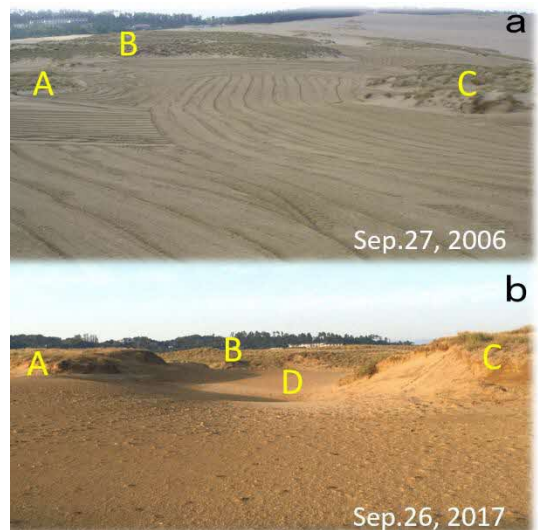


図 2. 植生マウンドの成長。少々向きを変えて、ほぼ同一の地点を撮影したもの。A・B・C が植生パッチから比高を増し領域を広げ植生マウンドへと成長した。D：風食凹地が観察される。

い影響を及ぼすこととなる。

植生マウンドのこのような大規模な成長は、天然記念物指定を受けた 1955 年以来、初めて経験するものである。もちろん、氷期の海面低下により海岸線の位置が遠のいた際には、当時の鳥取砂丘において植生マウンドが形成されていた可能性は十分に考えられるが、本報告では最近 20 年間で急激に進んだ砂丘地形の環境変化として、植生マウンドを捉える。

図 2 に示されるように、植生マウンドの急成長には、機械除草に伴う耕耘といった人間の働きかけが寄与した可能性が高い。2006 年頃は比高 1 m 以下の低起伏の植生パッチ域を回避して機械除草をかけていた(図 2a)。除草機械の横転を避けるため、また砂丘植物群落を保存するねらいでもあった。機械除草した部分の砂は厚さ 30 cm 程で柔らかくほぐされ、飛砂が極めて起こりやすい状況が発生した。数年のうちに植生域は高さを増し、植生マウンドへと成長した。そして 2017 年には高さ 6m を越えるマウンドとなった。

本報告では、2017 年～2021 年にかけて実施された浅田深志(2018)、下野晴菜(2019)、井上凌(2022)の研究成果の一部を紹介する。

2. 空中写真判読による植生マウンドの成長と火山灰層露出地の拡大

植生マウンド形成の変遷を探るために、国土地理院と鳥取県立博物館がそれぞれ撮影した空中写真(3 年次分)を用いて実地視を行い、起伏から植生域と植生マウンドを区分した。そして ArcGIS により幾何補正して分布図を作成した。さらに Google

Earth の衛星写真(3 年次分)を用いて、影などを頼りに比高を判断して植生マウンドを認定した。また火山灰層の露出域は、色調やきめにより判断した。

その結果を図 3 に示す。1990 年には、西側砂防林の伐採域を中心に植生域が広がっていた。ここは天然記念物指定区域の拡大に伴い砂防林を伐採した区域に相当する。また第 2 砂丘列や第 3 砂丘列の南向き滑落斜面、及びその南側平坦地にも植生域が広がっていた。1998 年には除草活動の成果で植生域の面積が明らかに減少した。ところが 2003 年には植生域が再びパッチ状に拡大し、その中には比高を増して植生マウンドへと成長するものが多数認められた。特に砂丘列の北向き緩斜面に植生マウンドの多くが位置した。

鳥取砂丘未来会議(2020)によると、2001 年には耕耘による機械除草の試験を行い、2002 年以降本格的に耕耘除草を実施して現在に至っている。図 2 に示したように耕耘除草では、表面 30cm 程の砂がほぐされてフカフカな状態となり、飛砂が極めて起こりやすくなる。このことが、植生域で急激な堆砂が進み、植生マウンドの急成長へとつながったと指摘できる。

2003 年には赤丸で囲んだ部分に火山灰層の露出が認められたものの、2010 年にはそれらは砂で覆われていた。このように以前の火山灰層の露出は、その多くが現れては消えを繰り返していた。このことは大西・近藤(1961)、岩永(1964)、赤木(1980)、近藤(1980)、清水・永田(1980)が記録した火山灰層露出地の分布と、2005 年当時の火山灰層露出地の分布と比較した榎本(2006)によく表現されて

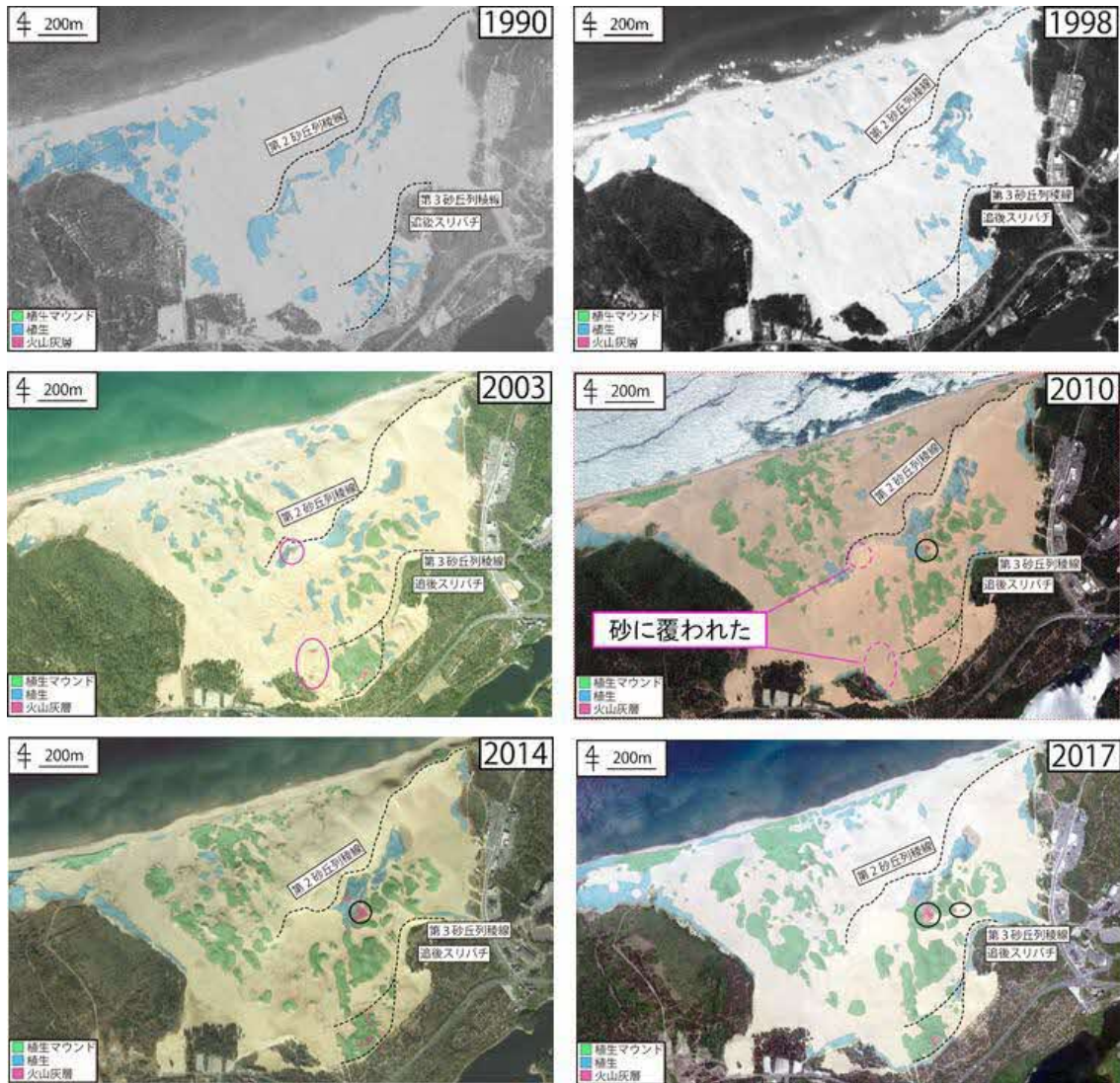


図3. 植生パッチ，植生マウンド，火山灰層露出地の変遷。

いる。

榎本が2005年に現地調査した際には、全く観察されなかった場所に、現在最大面積の火山灰層露出地があり、2010年の衛星写真には黒丸で囲んだ部分に確認された。また植生マウンドのエリアが拡大を続けていることがわかる。

2014年には植生マウンド同士の合体がさらに進み、規模を拡大させた。黒丸で囲んだ火山灰層露出地も急激に規模を拡大させている。ただしこの範囲には、火山灰層に形成されたガリー侵食に伴い、周囲の砂

地に火山灰の団粒状粒子が運ばれた部分も含まれている（小玉ほか，2017，口絵2-3）。いずれにしても最大面積を誇る火山灰層露出地は2010年以降年々拡大を続けた。その過程で2013年～2015年にメガリップルを観察できる幸運に恵まれたわけである（小玉ほか，2017，26-27）。その後さらに火山灰層露出地周辺の砂面が低下を続け、現在に至っている。

この位置は植生マウンドに囲まれた盆地状空間にあたり、飛砂が植生マウンドで捕捉され、運搬飛砂量の少ない風が吹き下ろ



図 4. 風食凹地の形成に伴い天然記念物鳥取砂丘内に観察された火山灰層露頭. ここでは DKP が厚さ 20 cm しか残っていなかった。

す空間になった。つまり飛砂の連続性が絶たれたために、風食凹地の形成が進行したことが、火山灰層露出地の拡大に可視化されていたと考えられる。飛砂の連続性が保たれていた、つまり植生マウンドが形成されていなかった時には、露出した火山灰層は、やがて砂に被覆されて見えなくなり、を繰り返していたと考えられる。

2017 年には、最大面積の火山灰層露出地東隣の黒丸内に 2 箇所で火山灰層の露出が顕著になった。その一つ（西側）では風食凹地の形成により火山灰層の露頭が垂直断面で観察されるようになった（図 4）。もう一つ（東側）の火山灰層は 2017 年春に初めて地表に現れ、その後砂面の低下により、どんどん比高を増している（図 5）。

以上、植生パッチから植生マウンドへと変遷する実態と、それに付随した火山灰層露出域の拡大実態を概観した。



図 6. 風洞実験装置の全景. 左が上流側で、風洞中央部に植生域が見える。



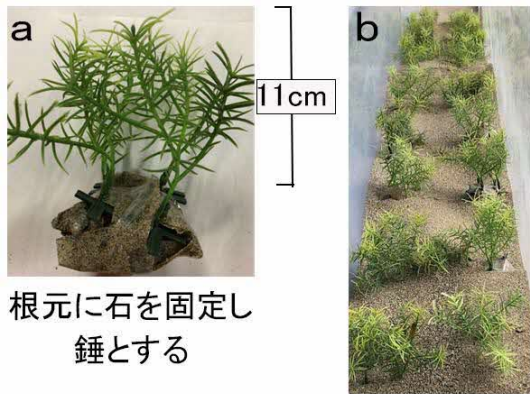
図 5. 植生マウンド解体試験区（白星）と 3 箇所の火山灰層露出地. 2017 年に露出した火山灰層（水色矢印）は、比高を増した。火山灰層露頭（緑色アスタリスク、図 4）、最大面積の火山灰層露出地（黄色星）を示す。

3. 植生マウンドの形成と風食凹地の成長に関する風洞実験

次に植生マウンドが発達する様子を風洞実験で模擬しながら、それに伴う風下側砂面の変動特性を調べた。

3-1. 風洞実験装置

アクリル板とコンパネ、ツーバイフォー木材で作成した、幅 0.2 m・深さ 0.5 m・全長 7.3 m の風洞実験装置を用いた（図



根元に石を固定し
錘とする

図 7. 人工地芝で植生を模擬. a : 錘に植生を固定, b : 20cm 幅の風洞床砂面 2 m 区間に植生を設置した景観。

6)。風洞実験装置の上流端には送排風機（マキタ製，MF 302）を設置し，周波数変換器（MITSUBISHI ELECTRIC 製，FR-FS2-0.8 K）により送排風機のモーターの回転数を調整することで，風速を制御した。送排風機と風洞との接合部分には台形型の整流槽を設け，風の乱れを整えた。整流槽上面の下流端に 1 箇所穴をあけ，風速測定や給砂口として利用した。給砂は漏斗にホースを取り付け穴に挿入し，実験中適宜実施した。風洞の上流端～100 cm 区間には鉢底ネットを敷き詰めた。これは給砂粒子の衝突により，風洞内の砂面が掘れることを防ぐためであった。風洞の下流側には，単管パイプとブルーシートを用いて補砂装置を設け，風洞から排出される飛砂をここで捕捉した。

3-2. 実験方法

風洞床全体を厚さ 9 cm の細砂～中砂（中央粒径 0.34 mm）で平滑化した後，風洞上流から 2.0～4.0 m 区間に高さ約 11 cm の人工芝（株ポピー，GL-3260，図 7a）を 20 cm 間隔で 2 株ずつ並べ，「植生域」とした（図 7b）。



図 8. 飛砂量の垂直分布の計測装置。

実験は，風速 10.2 m/s (44 Hz)，11.0 m/s (48 Hz)，12.9 m/s (56 Hz) の 3 つの条件で行い，それぞれ計 60 分間の給砂実験を行った。給砂量は杉山 (2017) に従い，7.6 g/s (44 Hz)，9.1 g/s (48 Hz)，21.0 g/s (56 Hz) とした。

Case1 では，実験開始から 10 分間おきに中断し，1.2～7.0 m 区間において 10 cm 間隔で砂面高をレーザー距離計で計測した。その後，砂に埋もれた人工芝を持ち上げ，粗度としての効果を回復させた。Case2 では，5 つの飛砂量計（Uizin 製 uiz5061）を砂面から高さ 5 cm，10 cm，15 cm，20 cm，25 cm に固定した装置を作り（図 8），植生域より下流側の 4.3 m，4.6 m，5 m，5.3 m，5.6 m，6 m，6.3 m，6.6 m の 8 地点に上流側から順に設置して 1 分間の飛砂カウント数を調べ，その後 2 分間の通風をして，次の計測に入った。つまり 10 分おきに飛砂カウント数の計測を繰り返した。

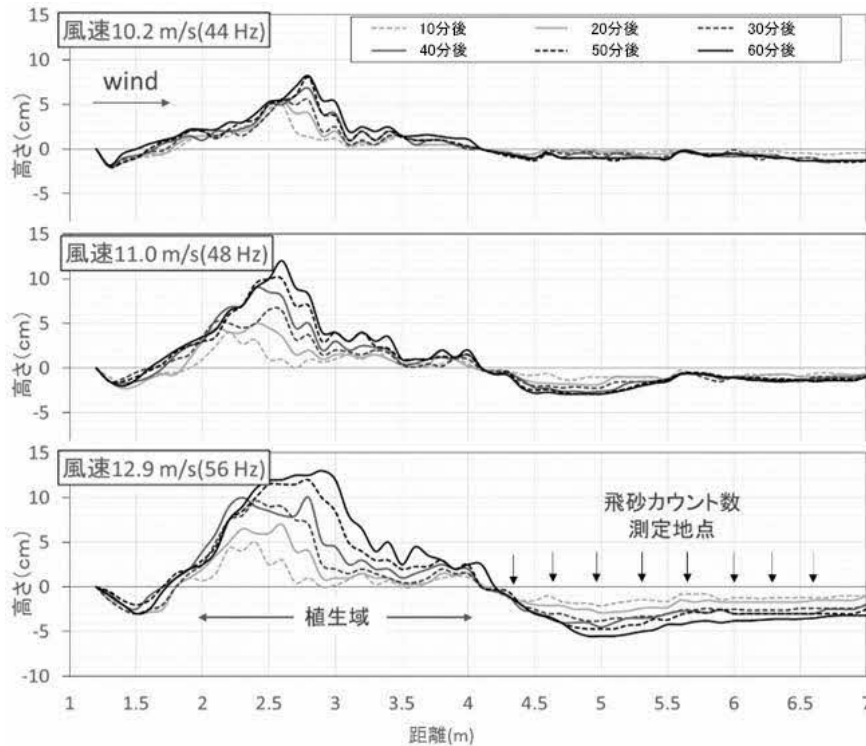


図 9. 風洞実験における砂床面縦断形の変遷。



図 10. 風洞実験で模擬した植生マウンド。風速 12.9 m/s, 60 分後の植生域の様子。

3-3. 砂面高計測 (Case1) の結果

植生域では飛砂が捕捉され、時間経過とともに砂面が上昇した (図 9)。実験開始当初は人工芝の近傍で、局所的に砂面の高まり (ネブカ) が見られ、次第に合体し植生域で一つの植生マウンドが形成された (図 10)。

いっぽう、風下側区間では砂面が低下し、3 つの風速条件において、3 様式の砂面低下が認められた。風速 10.2 m/s では、4.3 ~ 7.0 m 区間にかけてどの地点も同じ割合で 2 cm 低下した。風速 11.0 m/s では、4.3 ~ 5.5 m (A 区間) で凹面状 (最深 3 cm) に低下し、5.5 m ~ 下流端 (B 区間) では

全面的に 1 cm 低下した。風速 12.9 m/s では、A 区間で凹面状 (最深 6 cm) に低下し、B 区間でも全面的に 3.5 cm 低下した。

3-4. 飛砂カウント数 (Case2) の結果

3 つの風速条件で植生マウンド下流域に形成される風食凹地の発達に 3 様式が認められたことを理解する

目的で、図 9 に示した位置で飛砂量の空間分布を計測した。

飛砂カウント数の計測結果から、飛砂量の鉛直・縦断分布 (空間分布) を等値線で表した。図 11 は、風速 10.2 m/s の実験で 10 分後と 60 分後の飛砂量の空間分布を縦断面変化と共に示したものである。飛砂カウント数が少なかったため、5 秒間の値で等値線を描いた。砂面からの高さで 10 cm のところに飛砂密度の高いエリアが認められた。ちょうど躍動粒子の卓越高さに相当する。これらの飛砂クラウドは実験開始 10 分後には下流ほど密度が高くなっていったものの、60 分後にはその度合いが明らかに低下した。このことは植生マウンド風下側砂面の一様低下速度が実験経過時間と共に遅くなったことの反映である。

図 12 は、風速 11.0 m/s の実験で 10 分後、30 分後と 60 分後の飛砂量の空間分布

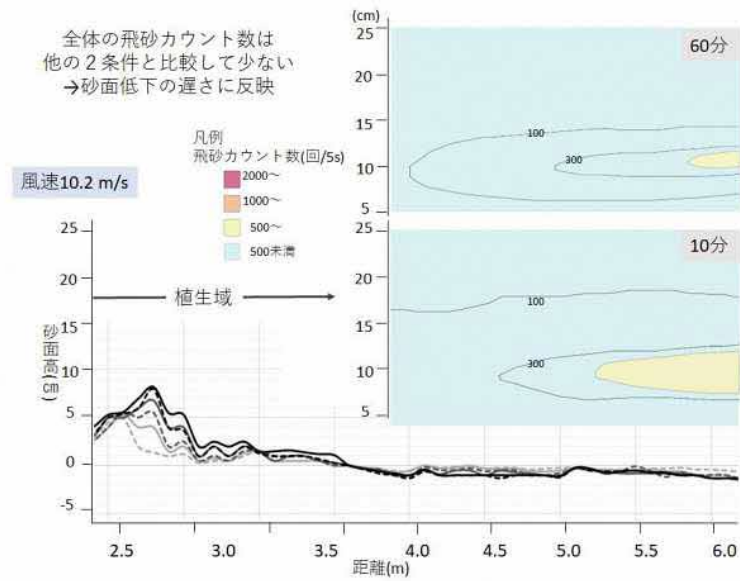


図 11. 風速 10.2 m/s の実験における 5 秒間の飛砂カウント数の縦断的空間分布。

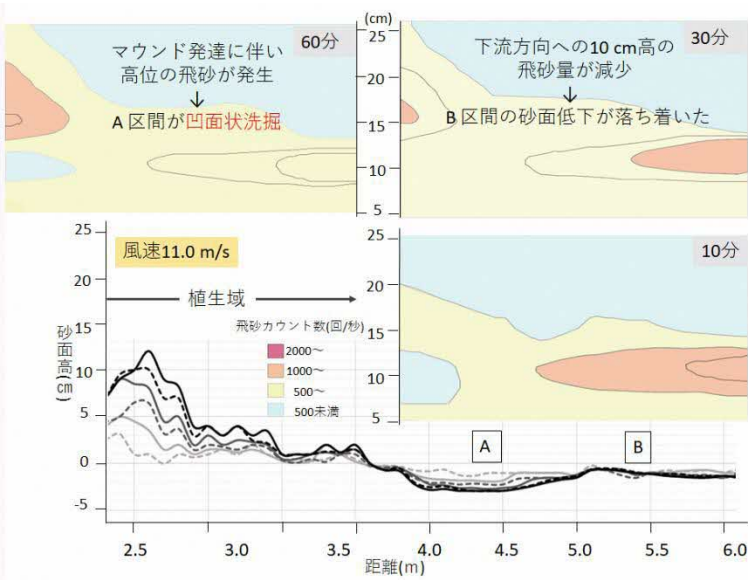


図 12. 風速 11.0 m/s の実験における 1 秒間の飛砂カウント数の縦断的空間分布。

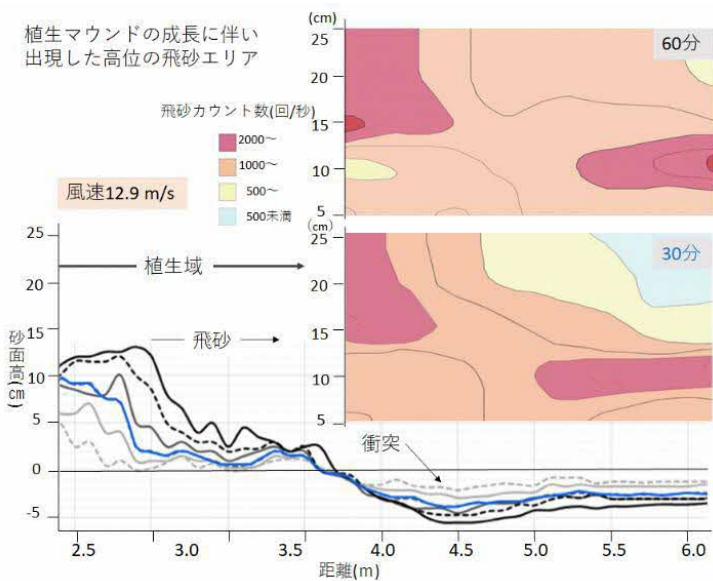


図 13. 風速 12.9 m/s の実験における 1 秒間の飛砂カウント数の縦断的空間分布。



図 14. 鳥取砂丘における春の大嵐（南風）で植生マウンド上に観察された飛砂クラウド。黄色の矢印が飛砂クラウドの厚さを示す。

を縦断面変化と共に示したものである。砂面からの高さ 10 cm の飛砂クラウドは、風速 10.2 m/s の場合と比べ、明らかに飛砂量が増加した。ところが下流側への飛砂量の増加傾向と実験経過時間と共にその度合いが弱まる傾向は類似していた。このことは、B 区間の砂面低下が実験初期に起こり、その後砂面が安定したことの反映である。

また 30 分後から植生マウンド側で砂面から上方 15 cm 以上に飛砂密度の高いエリアが現れ、60 分後にはその強度を増していた。このような高位の飛砂は植生マウンドの発達に従ってその強度が増大していた。高位の飛砂粒子は風速の影響により、より高速で移動する粒子であり、これらの粒子が砂面に衝突することで、A 区間の凹面状洗掘（風食凹地）が形成されたものと考えられる。

図 13 は、風速 12.9 m/s の実験で 30 分後と 60 分後の飛砂量の空間分布を縦断面変化と共に示したものである。風速 11.0 m/s の実験よりもさらに飛砂密度が高くなった。このことは植生マウンド下流側の砂面低下の速さの反映である。さらに砂面からの高さ 10 cm の飛砂クラウドと高さ 15 cm 以上の高位飛砂エリアの出現は、風速 11.0 m/s



図 15. 鳥取砂丘に観察される南風による放物線型砂丘。赤破線が稜線を示し、稜線から北側に滑落斜面が形成されている。

の実験とそれらの傾向が酷似している。それぞれ B 区間と A 区間の砂面低下の違いが対応していると考えられる。

3-5. 風洞実験結果の野外への適応

風洞実験で示された植生マウンドの成長に伴い出現した高位の飛砂エリアは、鳥取砂丘で植生マウンドに囲まれた盆地状空間で砂面低下が進み、火山灰層露出域が拡大を続けたことのヒントとなる。ただし、風洞実験と野外とでのスケールの違いを考慮する必要がある。

図 14 は、平均風速 20 m/s の強風時に鳥取砂丘で観察された植生マウンド上の飛砂クラウドの様子である。高さ 1.5 m 以上に及ぶ飛砂クラウドが発生していることがわかる。この厚さは平滑砂面と比べ明らかに厚い。鳥取砂丘における飛砂観測の結果によると植生域で飛砂粒子の跳ね上がり現象が報告されている（森井・小玉，2006）。植生の効果に加え、マウンドが成長することで、跳ね上がる飛砂粒子量が増えるものと考えられる。

以上のことより、野外においても植生マウンドの成長に伴い、飛砂クラウドが厚さ

を増し、より上方の高速飛砂粒子が植生マウンド風下側砂面に衝突することで、風食凹地が急速に発達し、火山灰層露出域の拡大を招いた可能性が高いと考える。

4. 植生マウンド解体試験区およびその周辺における地形変化の定量解析

4-1. 植生マウンド解体試験区の設定

このように火山灰層露出地の拡大は、植生マウンドの成長と密接に関わっているため、その解決には植生マウンドを解体することが求められる。その際、自然の力を上手く利用して、自然のペースでゆっくりと歳月をかけて解体を進めることが肝要である（小玉，2022）。なぜなら植生マウンドに応じた生態系がすでに出来上がっているからである。そこで植生マウンド解体試験区を設けて、解体手法を検討することにした。

天然記念物鳥取砂丘においては、2011年～2012年頃より植生マウンドにおいて放物線型砂丘（小玉ほか，2017）が観察されはじめた。そして年月と共に放物線型砂丘は

個数を増やし、それらの規模を拡大させた（図15）。第3砂丘列においては、いずれの放物線型砂丘も風食凹地と滑落斜面の配置より、南風で形成された地形と判明した。つまり、第3砂丘列の植生マウンドの解体には、南風が重要な働きを担うことがわかる。

そこで比較的小型でかつ南風が作用しやすい植生マウンドを選定し、解体試験区とした。M9-10杭とL9-10杭の間に位置する植生マウンド（N35.54°，E134.23°付近）で、図3の2017年画像の小さい黒丸で囲った南隣の植生マウンドを解体試験区とした。ここにおいて2018年12月より、マウンド頂部の北東側区域を人力で除草した。また2022年冬にも、その南側区域を人力で除草した。

4-2. 地形変化量の調査方法

解体試験区およびその周辺において、現地観察およびドローン（UAV）撮影写真より明瞭な地形変化が認められた範囲を調査対象区域と設定した。つまり四隅を記すと、

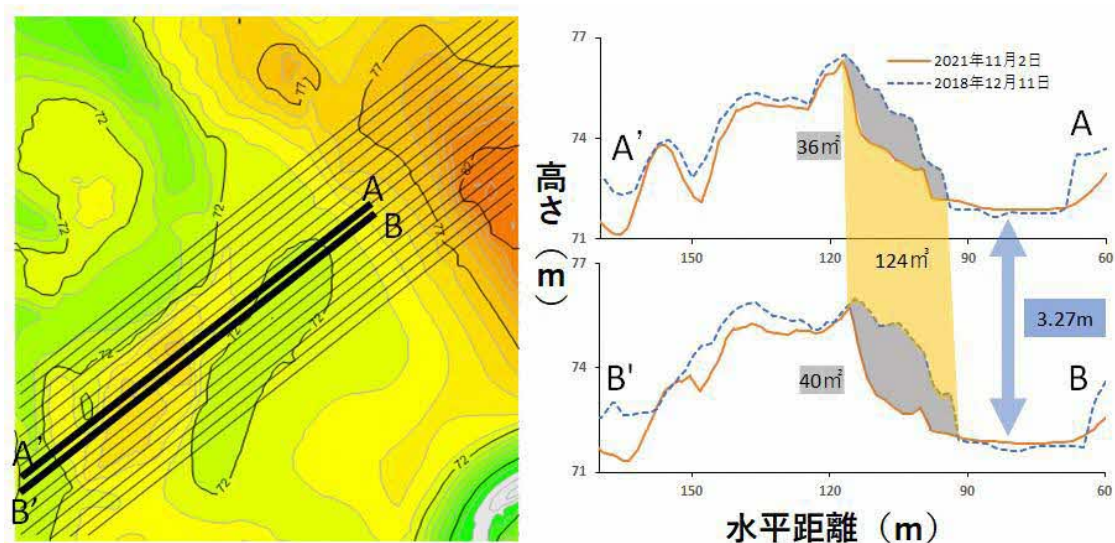


図16. 植生マウンド北東側斜面の侵食量算定法。隣り合う断面測線の灰色の断面積平均値と断面線間の距離を乗じて、体積を算出した。

N35.54047 ° , E134,23176 ° .
 N35.54047 ° , E134,23328 ° .
 N35.54182 ° , E134,23176 ° .
 N35.54182 ° , E134,23328 ° で囲まれた
 範囲が調査対象である。

まず UAV 空撮写真について反射式実体
 鏡 MS27 (Sokkisha 社)を用いて、植生マ
 ウンド解体試験区周辺の地形判読を行った。
 次に UAV 写真解析から得られた点群デー
 タを用いて約 3m 間隔で地形断面を描き、
 必要部位の地形変化量(体積)を算出した
 (図 16)。あるいは指定された平面区域に
 対する地形変化量を Surfer で算出した(図
 17)。

なお、UAV のデータは鳥取大学農学部
 齋藤忠臣研究室から提供頂いた。2018 年
 12 月 11 日～2019 年 11 月 21 日まで 7 回の
 撮影は DJI Phantom4 で、2019 年 12 月 16

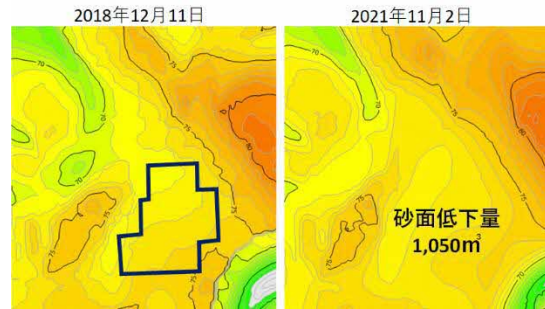


図 17. 裸地砂面の広域砂面低下量の算出。

日～2021 年 11 月 2 日まで 12 回の撮影は
 DJI Phantom4 RTK で実施された。また齋
 藤研で SfM ソフトウェアの Pix4dmapper
 (Pix4d 社)により解析された点群データ
 を使用した。撮影された条件はいずれも高度
 100 m, オーバーラップ率は 80%, サイド
 ラップ率は 60%であった。

Surfer (Golden Software 社)で内挿補完
 を行い、2018 年 12 月 11 日、2019 年 12 月
 6 日、2020 年 7 月 30 日、2020 年 11 月 29

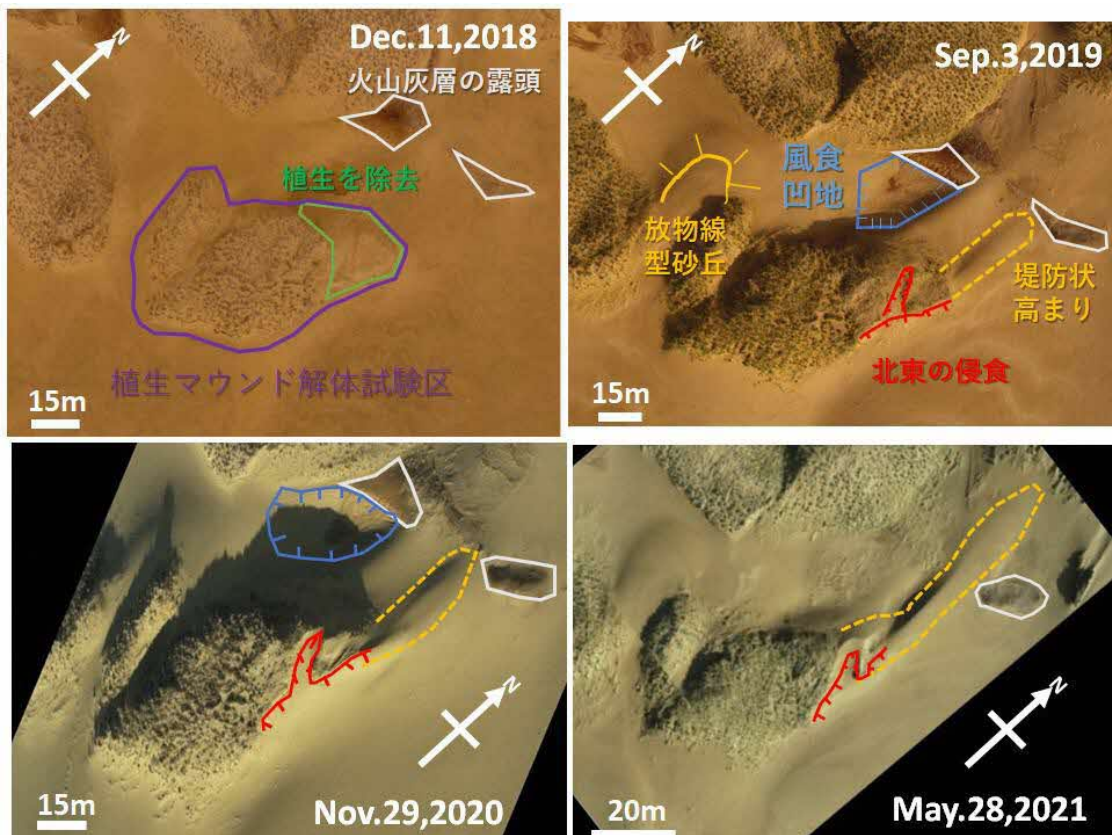


図 18. ドローン写真の実体視判読結果。

日、2021年7月30日、そして2021年11月2日の等高線図を作成した（付図1）。この時、測量誤差がより小さい Phantom4 RTK の結果を基準にして、大局的に見た地形の類似性および火山灰層露出地の標高の安定性を加味して試行錯誤で補正を行った。この補正方法に関しては、今後に残された課題である。

4-3. 実体視判読の結果

ドローン写真を実体視した結果の主要点を図18にまとめた。解体試験区植生マウンド北東側斜面の侵食が2018年以降時間経過と共に顕著に認められた。また2019年6月以降に植生マウンドの侵食域から北に向けて堤防状の堆積地形が発達し、2021年に長さ50m、比高2mに及ん

だ（図19）。この堆積地形は北西側に滑落斜面をもち、南東風による砂の流れを示唆した。2019年には解体試験区植生マウンドの北側に、深さ2m程の風食凹地が急速に発達し、その北側の崖には火山灰層の断面

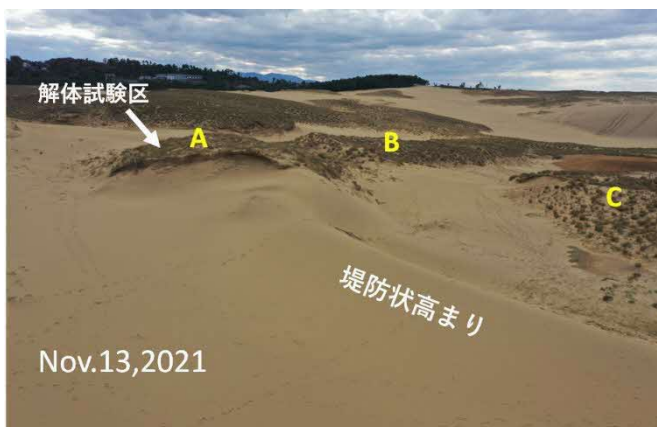


図19. 解体試験区の植生マウンドより北側に伸びる堤防状高まり地形。ドローンによる斜め空中写真でA～Cは図2に同じ。堤防状高まりの北側に位置した火山灰層の断面露頭が観察された風食凹地は、人為的に埋積され表面に火山灰層露出地が残る。

2018年からの地形変化量（体積）

年/月/日	18/12/11	19/12/11	20/7/30	20/11/29	21/7/30	21/11/2
堤防状高まりの堆積量 (m³)	0	145	185	162	456	516
植生マウンド北東の侵食量 (m³)	0	123	133	141	372	423
植生マウンド東砂面低下の侵食量 (m³)	0	828	1,052	1,129	1,087	1,050

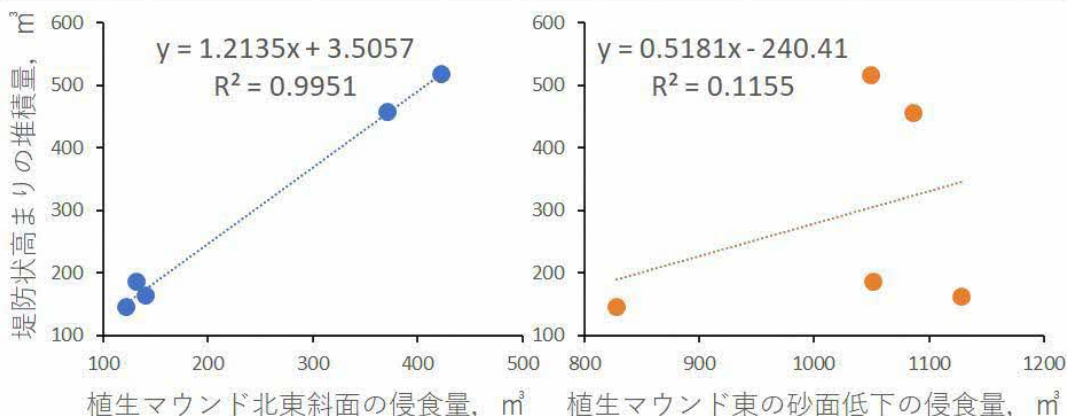


図20. 植生マウンド北東側斜面の侵食と堤防状高まり地形の堆積の良い相関。

露頭が出現した（図4）。この風食凹地は鳥取県令和2（2020）年度排砂敷均しにより一旦埋積されたが、2022年より再び砂面低下が始まりだしている。風食凹地がこの位置に形成される必然性があるらしい。

解体試験区植生マウンドの東側に広がる裸地砂面は南にある追後スリバチまで続く広がりを持つが、ここでは砂面の低下が徐々に進行した。その様子は2017年に初めて露出した火山灰層がこの期間に比高1

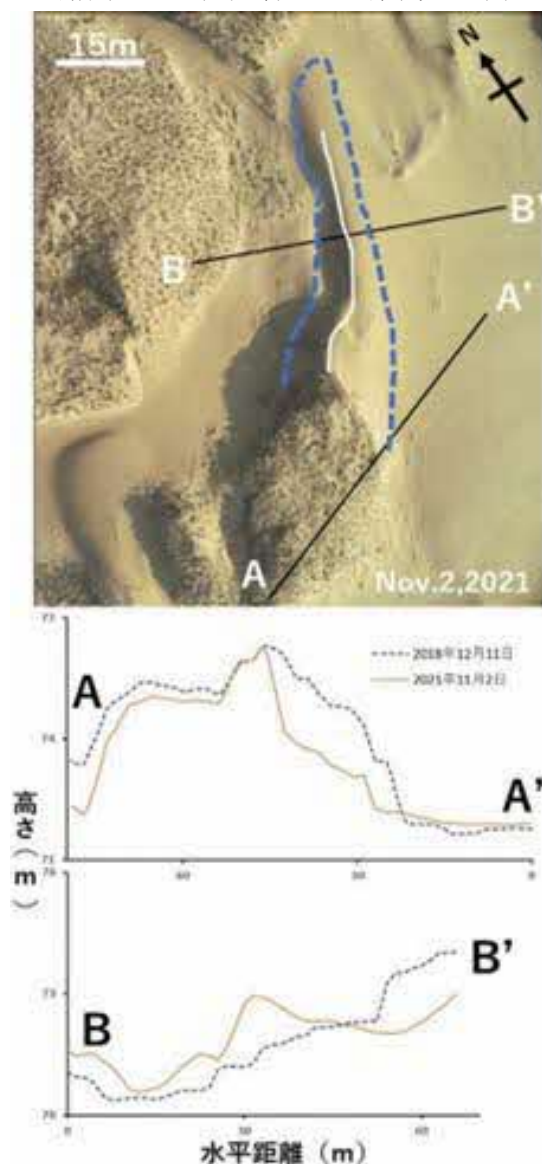


図 21. 植生マウンドの侵食と堤防状高まり地形の生成。

m を越えるようになったことから確認できる（図5）。

4-4. 地形変化量の定量解析結果

解体試験区植生マウンドの北東側斜面の侵食量、植生マウンド東方に広がる裸地砂面の低下侵食量、そして植生マウンド北方に形成された堤防状高まりの堆積量の推移を求めた。裸地砂面は図17に示した定形エリアで代表させた。他は図16のように約3m間隔で地形断面を作成（付図2、付図3）して求めた。その結果を図20にまとめて示す。散布図より、植生マウンド北東側の侵食量と堤防状高まりの堆積量とが良好な相関を示したのに対して、東側裸地砂面の低下量との相関は悪かった。つまり、植生マウンドの侵食により生じた砂の多くが、すぐ隣に堆積し堤防状高まりを形成したことが明らかになった。

4-5. まとめ

2018年12月11日～2021年11月2日の植生マウンド解体試験区およびその周辺における地形変化は、大きく4つ認められた。i) 植生マウンド北東側斜面の風食進行（図21：A-A'）、ii) 植生マウンドから北側に向けて伸びる堤防状高まり地形の形成と発達（図21：B-B'）、iii) 解体試験区植生マウンドの東方に広がる裸地砂面の広域的低下、そしてiv) 解体試験区植生マウンドの北側に形成された風食凹地。ここは、砂防林育成事業の関連で堆砂垣維持のための排砂場所として2021年5月には人為的に埋積された。

これらの場所の地形変化量の変遷を調べた結果、植生マウンド東側の侵食で生じた

砂が主となって、堤防状高まりを成長させたことが明らかになった。つまり植生の一部除去により、解体が進んだ植生マウンドの砂は、すぐ隣に移動して堆積し、マウンドの変形に留まっている。今のところ堤防状高まりには植生は侵入していないが、今後の経過観察が必要である。

5. おわりに

耕耘による機械除草をきっかけにして20年近くの歳月をかけて成長してきた植生マウンドが、火山灰層の露出拡大といった新たな課題を生み出した。その実態を、空中写真・衛星写真や現地景観写真を使って記述した。風洞実験では、植生マウンドの形成を模擬すると同時に、植生マウンドの成長に伴って風下側砂面で風食凹地が形成されることを知り、その原因が植生マウンド上方で高位に跳ね上がる飛砂粒子にあることを指摘した。鳥取砂丘における強風時の飛砂観察によると、確かに植生マウンド上方には高さ1.5 mを超える飛砂クラウドが観察され、これが火山灰層の露出拡大を招く風食凹地の形成に結びつく可能性が高くなった。

今後20年くらいをかけて植生マウンドを植生パッチの状態に戻していくための、現地実験が2018年冬から実施されている。その中間評価のために、植生マウンド解体試験区およびその周辺の地形変化量をドローン撮影した多視点画像解析による3D地形モデル(SfM/MVS)により、定量解析した結果、マウンド上の植生除草により、北東側斜面の侵食は確かに進んだものの、そこから生産された砂の多くが、植生マウンドに連続する堤防状の高まり地形に堆積

している実態が明らかになった。今後もモニタリングをしばらく続けると同時に、植生マウンド解体に向けた新たな方策を考えていく必要がある。

謝辞

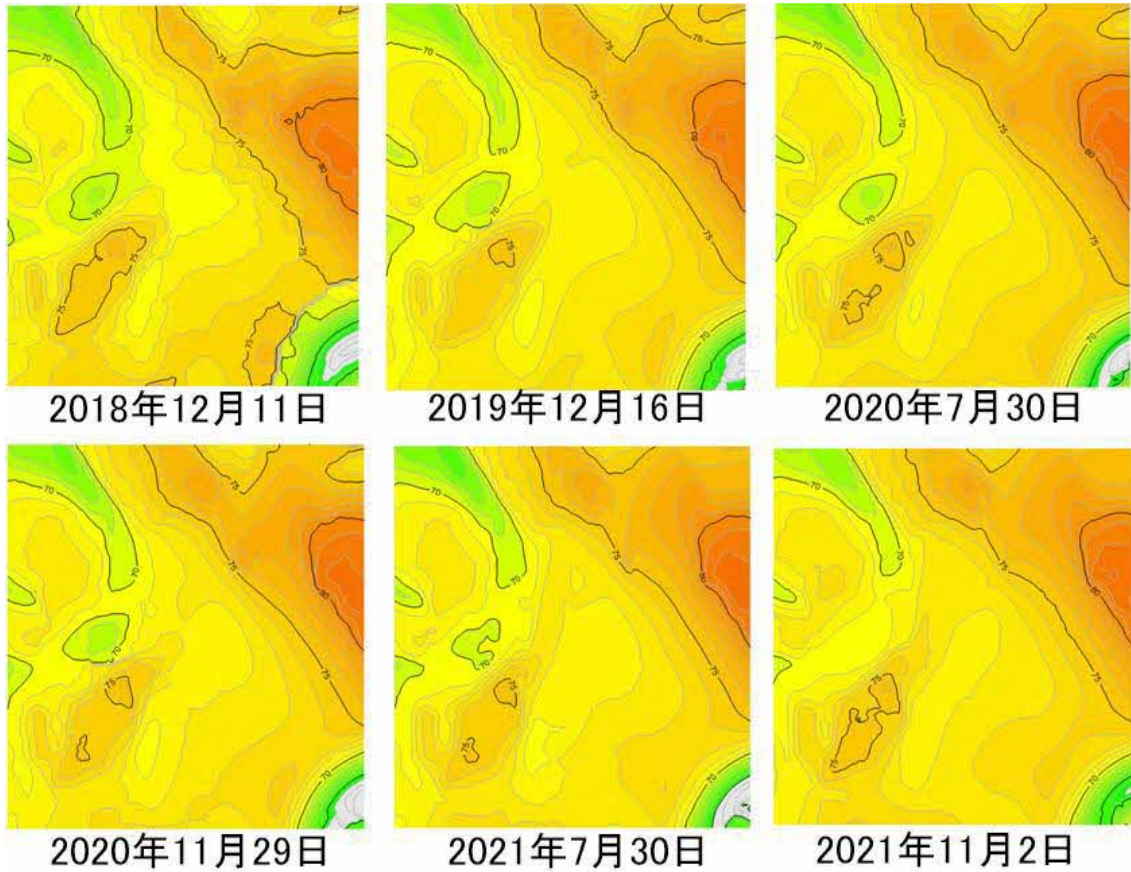
鳥取大学の卒業論文で植生マウンドの研究に取り組んだ浅田深志さん・下野晴菜さん・井上凌さんの成果の一部を本報告に使用した。風洞実験における植生模擬用の人工芝は、鳥取大学乾燥地研究センターの木村玲二先生よりご提供頂いた。植生マウンド解体試験区周辺の地形変化量を検討するに当たり、鳥取砂丘全域においてドローン撮影を実施されている鳥取大学農学部の齊藤忠臣先生とゼミの高木瑠偉さんに写真データとともに解析された数値地形モデルのご提供を受け適切な助言を頂いた。鳥取大学工学部の野口竜也先生にはArc GISの解析でご指導いただいた。植生マウンド解体試験区における人力除草に関しては、鳥取県砂丘事務所および一般財団法人自然公園財団に実施して頂き、その情報を共有させていただいた。記して謝意を表します。

文献

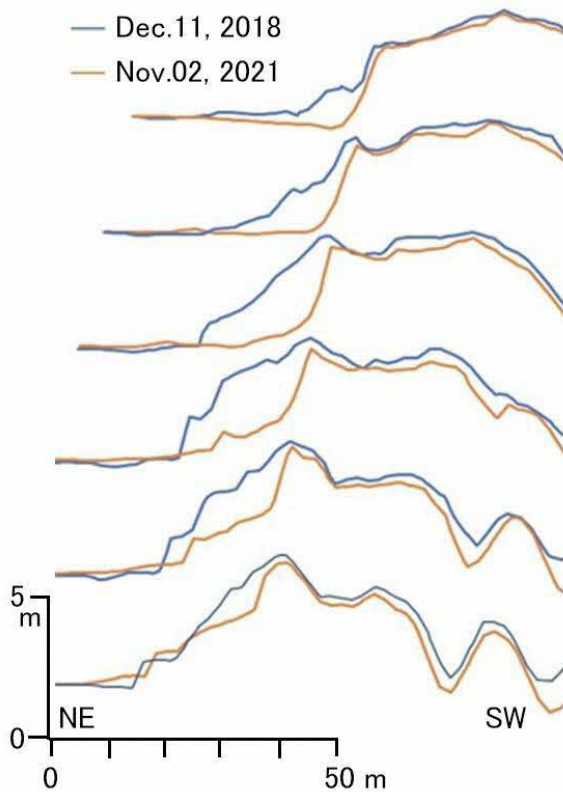
- 赤木三郎(1980)鳥取砂丘の形成と保全。鳥取市教育委員会編「天然記念物鳥取砂丘特別調査報告書 昭和54年度」, 28-39.
- 浅田深志(2018)鳥取砂丘における植生マウンドの変遷～火山灰露出地拡大との関係～. 平成29年度鳥取大学地域学部地域環境学科卒業論文,
- 井上凌(2022)鳥取砂丘植生マウンド解体試験区における地形変化の量的評価.

- 令和 3 年度鳥取大学農学部生命環境農
学科卒業研究, 24pp.
- 岩永 実 (1964) 地形および地質から見た
鳥取砂丘の学術的価値. 鳥取県教育委
員会編「鳥取砂丘調査報告書第二集」,
1-16.
- 榎本夕華 (2006) 鳥取砂丘における火山
灰層露出域の分布. 平成 17 年度鳥取大
学教育地域科学部地域科学課程卒業論
文, 49pp.
- 大西正巳・近藤正史 (1961) 「砂丘の生い
立ち—山陰の海岸砂丘—」, 大明堂,
268pp.
- 小玉芳敬・永松大・高田健一 (2017) 「鳥
取砂丘学」, 古今書院、102pp.
- 小玉芳敬 (2022) 鳥取砂丘の自然環境保
全に寄与する地形研究. 地形, 43(1),
5-23.
- 近藤芳五郎 (1980) 造林と砂丘の保存管
理のめざすべき方向. 鳥取市教育委員
会編「天然記念物鳥取砂丘特別調査報
告書 昭和 54 年度」, 78-87.
- 清水寛厚・永田成志 (1980) 鳥取砂丘の
植生とその保全について. 鳥取市教育
委員会編「天然記念物鳥取砂丘特別調
査報告書 昭和 54 年度」, 48-64.
- 下野晴菜 (2019) 植生マウンドの発達に
伴う砂床面変動に関する風洞実験. 平
成 30 年度鳥取大学地域学部地域環境学
科卒業論文, 19pp.
- 杉山弘晃 (2017) 飛砂量に及ぼす給砂の
影響に関する風洞実験. 平成 28 年度鳥
取大学地域学部地域環境学科卒業論文,
17pp.
- 森井 愛・小玉芳敬 (2006) 鳥取砂丘にお
ける植生被覆に伴う飛砂量の減少. 鳥
取大学地域学部紀要 地域学論集, 3
(1), 121-133.

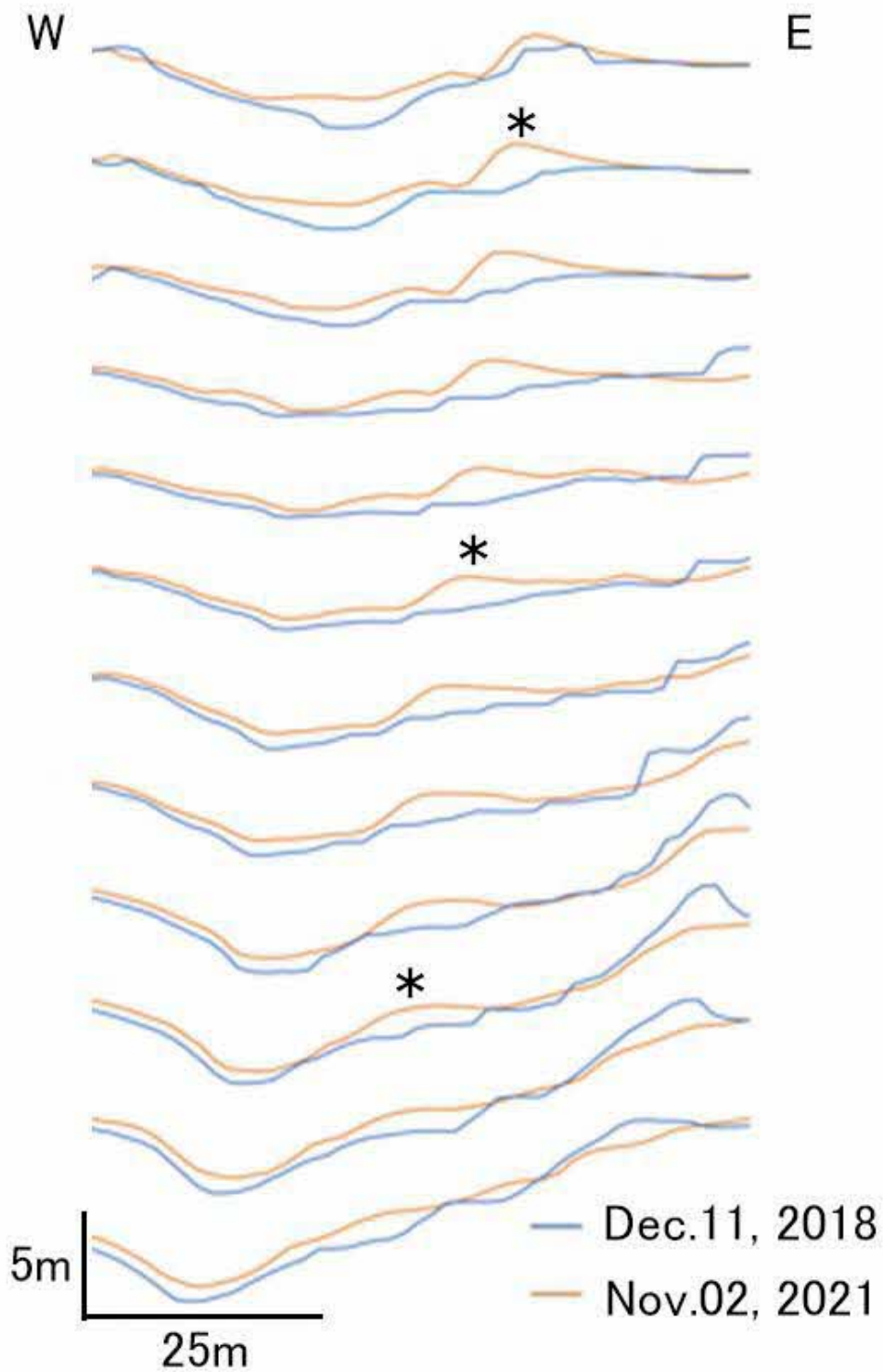




付図 1. 植生マウンド解体試験区およびその周辺のドローン空撮画像の写真測量（SfM/MVS 解析）による 3D 地形モデルより描いた等高線。



付図 2. 解体試験区植生マウンドの侵食断面。北西側からみた断面を，北側を下にして南側を上にならべた。



付図3. 堤防状高まり地形の堆積断面。南側からみた断面を，北側を下にして南側を上にならべた。
*を連ねたところが堤防状高まり地形である。