

J-10

## セルオートマトン法による海岸砂丘での blowout の形成予測

## Model for predicting formation of blowout on coastal sand dune using cellular automaton method

○横田拓也<sup>1</sup>, 小林昭男<sup>2</sup>, 宇多高明<sup>3</sup>, 芹沢真澄<sup>4</sup>, 勝木厚成<sup>5</sup>, 野志保仁<sup>2</sup>\*Takuya Yokota<sup>1</sup>, Akio Kobayashi<sup>2</sup>, Takaaki Uda<sup>3</sup>, Masumi Serizawa<sup>4</sup>, Atsunari Katsuki<sup>5</sup>, Yasuhito Noshi<sup>2</sup>

Abstract: On a sand dune, a blowout is often formed owing to wind effect. The formation of a blowout was observed on November 25, 2016 at the Node coast facing the Pacific Ocean, where a blowout has been formed to leave a concave topography. Then, a model for predicting the formation of a blowout was developed using a cellular automaton method, in which two important factors of saltation and avalanche were taken into account. The results of the numerical simulation were compared with the measured results on the Node coast, and the predicted and measured shapes of the blowout were in good agreement.

## 1. はじめに

細砂海岸では、海風により運ばれた飛砂が海岸線に沿って堆積し海岸砂丘を形造る。海岸砂丘は、津波や暴浪時に内陸への海水の侵入を防ぐ堤防として役立つのみならず、砂丘地の植生帯前縁線付近がウミガメの産卵地となるため環境上も重要な機能を有している。海岸砂丘では、風の作用により砂丘地の一部が削られ、部分的に標高が低下する blowout が形成される。その結果、砂丘の堤防としての機能低下を招く。

既往研究では、砂丘地の飛砂に関する研究は多くなされてきたが、blowout の形成機構に関する研究例は少なく、その再現・予測まで行った研究例はない。そこで本研究では、海岸砂丘での blowout の形成機構を実海岸の例により明らかにするとともに、セルオートマトン法を用いた blowout 形成の予測モデルを開発した。

## 2. 研究内容

太平洋に面した海岸で海岸砂丘がよく発達している千葉県野手海岸を研究対象とし、砂丘地での blowout の実態を調べた (Fig.1.)。Fig.1.の区域 A においては Fig.2.に示すように blowout が形成され、砂丘を切って内陸へ運ばれた砂は陸側に安息勾配斜面をなして堆積していた。この blowout を対象として 2016 年 11 月 25 日にはその周辺で地形測量を行うとともに、空中写真解析によりその経年的変化を調べ、さらに気象庁横芝光観測所での風向風速データを参照した。

blowout の再現・予測モデルの開発においては、勝木ら<sup>1)</sup>による砂丘形成の数値モデルを参考とし、平面座標上に 2 次元格子を定め、格子点の高さを  $h(x, y, t)$  とし、Saltation (砂の移動) と Avalanche (土砂落込) の 2 つのプロセスを考慮し、さらに砂丘地およびその背後に生育している植生の効果を取り入れた。Saltation



Figure 1. Aerial photograph of Node coast and study area of blowout on sand dune.



Figure 2. Blowout formation on sand dune on Node coast.

では砂の飛ぶ距離  $L_S$  を式 (1) で定義した。

$$L_S = a + bh(x, y, t) - ch^2(x, y, t) \quad (1)$$

砂丘の風下斜面では流れの剥離のために渦ができ Saltation が起きないという観測事実を考慮し、Saltation は砂丘の風上部分だけで起きるとした。飛砂量  $q$  は blowout が形成されている砂丘地の標高の低い部分では風速が増すとして評価した。

## 3. 研究結果

## 3. 1. 現地調査結果

空中写真をもとに 2012~2016 年での野手海岸の砂丘地と海浜地の変遷を調べた結果、この期間中に Fig.3. に示すように  $X = 400 \sim 600$  m 付近に blowout が形成さ

1: 日大理工・院(前)・海建 2: 日大理工・教員・海建 3: (一財) 土木研究センター 4: (有) 海岸研究室

5: 日大理工・教員・一般

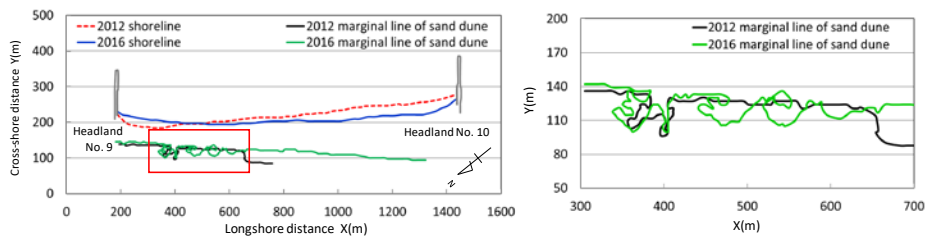


Figure 3. Changes in shoreline position and marginal line of sand dune in study area.

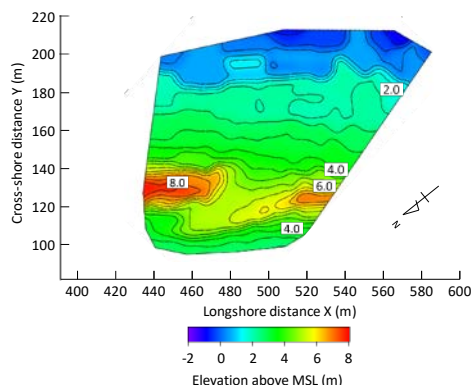


Figure 4. Topography around blowout measured on sand dune on Node coast.

れ、砂丘地前縁線が不規則で入り組んだ形状へと変化したことが分かった。横芝光観測所の 2012 年以降の風向・風速データの解析によると、対象地域での海岸線への法線方向は SE (N135° E) であり、海風はいずれの時期も S 方向に卓越し、平均海岸線に対して右斜めに 45° 方向からの風が卓越したことが分かった。また風速は 2008~2011 年と比べ、2012 年では風速 10 m/s 以上の回数が極端に増加し、この時期に blowout の発達が進んだこととよい対応が見られた。Fig.4.には地形測量によって求めた blowout の形状を示す。海側には緩斜面が形成される一方、砂は陸側に運ばれて急斜面を形成して堆積したことが分かる。

### 3. 2. 計算結果

Fig.5.には blowout 形成に関する計算の初期条件と計算結果を示す。初期条件では砂丘地の一部を切り欠き、小規模な窪みを造った。海浜地では、海岸利用のため背後地から海浜地へと人が達するアクセス路がしばしば造られ、そこでは人の歩行により海浜植生が枯れ、小規模な窪地が人為的行為により造られることをイメージした。計算結果を Fig.5.(b)に示す。南方向からの風が狭い窪地を通過して背後地へと吹き込むために、blowout が形成された。しかも南からの風の攻撃斜面となる窪地の北側斜面が著しく削られ、逆に南側斜面では堆砂が起きた。また風によって内陸へ運ばれた砂は砂丘地の裏側に安息勾配斜面を形成して堆積したことが分かる。これらの特徴は Fig.4.の現地観察結果をうまく説明している。

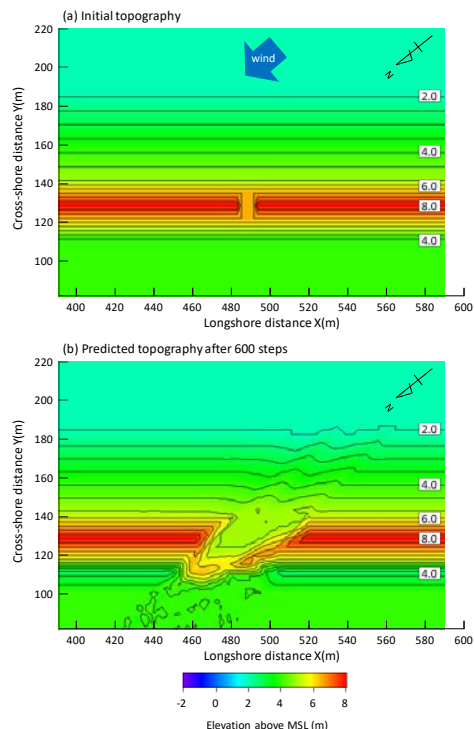


Figure 5. Initial topography and predicted topography after 600 steps.

### 4. まとめ

野手海岸の砂丘地に形成された blowout の詳細形状を調べた。野手海岸では blowout と周辺海浜の地形変化の変遷を空中写真の比較により調べた。風向・風速の解析結果では、この地区で blowout が発達し始めたのは 2013 年で、その前年の 2012 年から風速 10 m/s の風の頻度が極端に増加したことが blowout の急速な発達の一因であることが分かった。また、砂丘地の一部に小規模な窪みを与えてセルオートマトン法による blowout 形成の計算を行ったところ、現地海岸で実際に観測された blowout が計算により再現可能なことが分かった。

### 5. 参考文献

[1] Katsuki, A., Nishimori, H., Kikuchi, M., Endo, N. and Taniguchi, K.: Cellular model for sand dunes with saltation, avalanche and strong erosion collisional simulation of bar-chans, *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 36, pp. 372-382, 2011.