

空中写真による人工砂丘 DSM の精度について

萩野裕章(森林総研)・小玉哲大(共立航空撮影(株))・中北 理・野口宏典・坂本知己(森林総研)

I はじめに

海岸の人工砂丘が数年のうちに变形してしまう地域がある。例えば茨城県波崎海岸にある人工砂丘の地形は、変化が顕著で過去 15 年間の空中写真を見る限り、砂丘の損壊と造成を繰り返している。その間、水平だった砂丘の丘頂が削れて凹型の地形(風食溝)に変化し、そこへ飛砂が集中して内陸側では飛砂の堆積地が海岸林を埋没させていた。

既往の文献(1, 2)は、丘頂を水平に保つことが、飛砂の集中を防止するため、最も注意することの一つに挙げている。そのため、波崎海岸のような砂丘地では、風食溝の出現や飛砂堆積地の拡大に注意する必要がある。

しかし、これまで風食溝や内陸の飛砂堆積地の大きさを測定した報告はほとんどない。砂丘地形について触れている文献(1, 2)などでは、いずれも砂丘の横断(汀線-内陸)方向の地盤高変動を記録し、砂丘の汀線側と内陸側の侵食・堆砂傾向を明らかにしたもので、対象とする範囲が限られている。

そこで筆者らは、砂丘地形を砂丘の縦断方向も含めて空間情報で捉え、さらに過去の地形も測定できる、空中写真を用いた写真測量を実施することにした。ただし、人工砂丘の高さを写真測量で抽出した例は、筆者が調べる限り国内にはなかった。一般に、砂丘はなだらかな形状で、色調も単調なことから、写真測量による高さ抽出の対象として、不向きとされてきたと考える。

そのため、人工砂丘を対象とした写真測量による高さ情報が、どれだけの精度(実際の高さとの較差)を持つかは、よく分かっていない。

本研究では、現時点で最高水準の写真測量手法により、人工砂丘を撮影したステレオ空中写真から、対象地の高さを含めた地形情報を表す DSM (Digital Surface Model) を抽出し、その精度を確かめるため現地測量との比較を実施した。

II 方法

1. 解析対象地の概要

対象地は、茨城県神栖市の波崎海岸南端部にある人工砂丘である(図-1)。砂丘法尻から丘頂までの比高は、高いところで 6 m 程ある。

2. 写真画像

解析に使用する空中写真は、2008 年 1 月に撮影された(表-1)。解析には、計算機を用いるため、空中写真のデジタル画像を用いた。一般的には、市販の密着空中写真を、スキャナで読み込んだ画像を使用する。本研究では、砂丘地形を精度良く抽出するため、空中写真のネガフィルムを 20 μ m の高解像度で読み込んだ tif 形式の電子ファイルを用いた。

3. 写真測量

空中写真の標定および DSM の抽出作業には、BAE SYSTEMS 社の写真測量ソフトウェア SocetSet を用いた。標定に使用した標定点(GCP)は国土地理院 HP で閲覧できる“ウォッチーズ”より経緯度座標を取得し、それを平面直角座標(9系)に変換したもの(以下:座標9系)を使った。抽出した DSM は、水平方向が 0.4m 間隔の空間三次元座標値である。

4. 現地測量

2008 年 3 月 18 日に実施した。砂丘法尻にあるコンクリート部分に基準点を設定し、トータルステーション(TOPCON GPT-3005HiPer)による測量を実施した(以下:TS 測量)。DSM の高さ精度を確認するため、丘頂部の 6 カ所(a~f)と内陸側の道路(Road)について、基準点からの比高を測定した(図-1)。

5. DSM と現地測量の比較

TS 測量の成果と DSM データを比較するため、砂丘オルソ写真画像に DSM データを重ねることで、写真上の任意地点での空間情報を読みとれるようにした。その画像上で、TS 測量の基準点と砂丘頂部稜線上の測量点、内陸側の道路測量点を特定した。写真解像度の関係で、基準点・測量点を画素レベルで特定できなかった。しかし、基準点の周囲数 m は、コンクリートで覆われてほぼ水平であること、頂部稜線上の TS 測量点は、丘頂の中でも周囲より高い場所であったことから、オルソ画像上でも、基準点として平らな所と、測量点として砂丘稜線の比高が高い点を選び出した。なお高さの読みとり等、DSM データの解析処理には、ESRI 社のソフトウェア Imagine を使用した。

III 結果

TS 測量を真値とした時、DSM 高さとの較差範囲は -0.44m~+0.12m、較差絶対値の平均は 0.25m であった(表-2)。なお、写真撮影日と TS 測量実施日は、2 ヶ月あまり時間差があるが、今回の比較では、その間の砂丘地形の変動量は無視した。

最大の誤差があった c 点は、TS での比高が 5.95m に対して DSM では 5.51m になり、その較差は -0.44m (TS 測定高さの 7.4%) になった。

また基準点より高い砂丘頂部の比高値について、DSM は過小な値を示す傾向にあった。これは、DSM が格子点の高さを表しているの、砂丘の稜線のように局所的な凸地形を表現しきれないことが影響したと推測される。

Hiroaki HAGINO, Osamu NAKAKITA, Hironori NOGUCHI and Tomoki SAKAMOTO (Forestry and Forest Products Research Institute, Ibaraki 305-8687) Norihiro KODAMA (Kyoritsu air Aerial photograph corporation, Hokkaido Sapporo 007-0836)

The accuracy of a DSM (Digital Surface Model) of an artificial dune created using aerial photographs

IV おわりに

今回の研究では、較差比較の対象7カ所のうち、6カ所を砂丘頂部の稜線上に選んだ。DSM データが0.4m 間隔の格子点の高さであるため、理屈の上では、較差が広がりやすいといえる。その点を考慮すると、稜線を除いた比高が低い砂丘中腹以下の領域や飛砂堆積地等平らな領域では、今回得た較差より小さくなる可能性がある。

筆者らは、DSMの高さ較差が±0.5mの範囲に収まれば、飛砂害に影響する風食溝・飛砂堆積地の地形については捉えられると考える。その根拠は、砂丘上の凹部の深さが0.5m 程度なら、内陸側に飛砂堆積地を発生させる程の影響はない。また飛砂堆積地の堆積深も0.5m程度であれば、海岸線の稚樹を除いて、生き伸びているからである。

今回の DSM 精度の結果は、精度検証の対象箇所が砂丘の稜線上を中心にして、大きな較差が生じやすかったにも関わらず、較差絶対値の平均が0.25mであった。この精度であれば、把握が必要な風食溝や飛砂堆積地の地形規模を十分捉えることができる。結論として、筆者らが必要とする人工砂丘の地形測定に、空中写真の DSM は高さ方向について十分な精度を持っていた。

今後は、2006年1月に撮影した空中写真による DSM と2005年10月に国土地理院が測定した同地域の航空レーザー測量データ（共にグリッドデータ）を用いて、測定面全体（地表面同士）の較差を調べる。具体的には、測定面全体で2つのデータの差分を取り、較差の大小（変化点と不動点）の分布を明らかにする。そのことで、今回検証していない地形の凹凸が少ない領域での DSM 精度を明らかにする。

また波崎海岸の過去の空中写真を用いて人工砂丘の DSM を抽出し、砂丘地の風食溝や飛砂堆積地の規模について、その変動量を明らかにしようと考えている。

引用文献

- (1) 金内英司(1979) 前砂丘の機能とその改善に関する研究. 山形大学紀要 8(2):293-408
- (2) 末勝海(1968) 海岸砂防工に関する基礎的研究. 九州大学農学部演習林報告 43(1):1-120

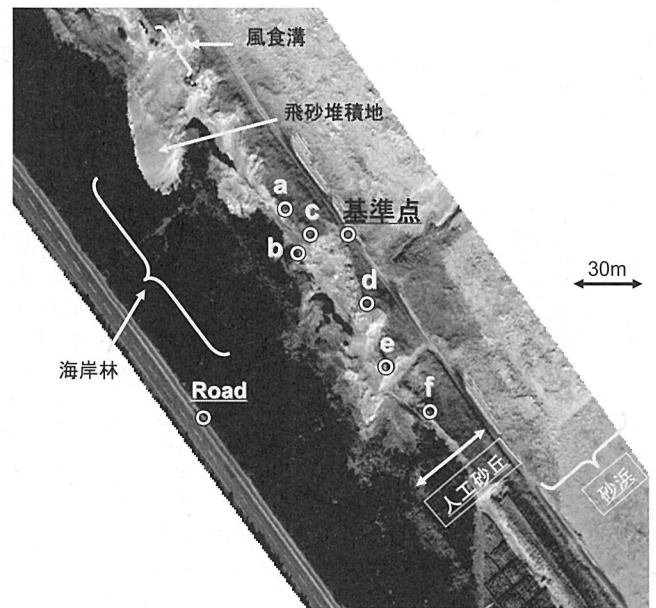


図-1. 波崎海岸人工砂丘(撮影：2008年1月)
○印:現地測量点

表-1. 空中写真の撮影記録

撮影機関	京葉測量株式会社
写真縮尺	約 1:12,500
撮影年月日	2008年1月4日
写真番号	C17 東-6407、6408

表-2. 砂丘 DSM と TS 測定の較差

	a	b	C	D	e	F	Road	平均
基準点からの距離	18.1	26.9	30.4	30.7	46.4	77.0	93.6	
比高 TS	5.12	4.62	5.95	4.98	4.75	6.04	-0.73	
比高 DSM	4.84	4.42	5.51	4.56	4.57	6.15	-0.61	
較差	<u>-0.28</u>	<u>-0.20</u>	<u>-0.44</u>	<u>-0.42</u>	<u>-0.18</u>	<u>0.11</u>	<u>0.12</u>	<u>0.25</u>