

画像の解像度と植生の判別精度の関係に関する研究—小型 UAV を用いて—

山本遼介・泉 岳樹・松山 洋

An Observational Study on the Relationship between Image Resolution and Level of Discrimination of Vegetation Using Small-sized UAV

Ryosuke YAMAMOTO, Takeki IZUMI and Hiroshi MATSUYAMA

Abstract: The purpose of this study is to clarify the optimal image resolution to grasp vegetation by remote sensing. We acquired stereo pair photographs using a small-sized UAV at the forest in Aso, Kumamoto Prefecture. Then we generated orthomosaic images and DSM using SfM-MVS techniques. We compared various patterns at the generation process, by using photographs with reduced resolutions. As a result, the processing time became less than few tenths at the patterns using photographs with reduced resolution of 20cm and 30cm, compared with the pattern using the original resolution. Moreover, the DSM reproduced tree canopies, detailed enough to distinguish individual trees visually at the patterns.

Keywords: 空間解像度 (spatial resolution), 数値表層モデル (digital surface model, DSM), 無人航空機 (unmanned aerial vehicle), SfM-MVS (structure from motion and multi-view stereo)

1. はじめに

植生の定量的な把握は、地球規模の二酸化炭素動態や都市のヒートアイランド緩和効果の検証など、様々な空間スケールにおいて重要であり、リモートセンシングはその有効な手段である。

植生の把握に利用される衛星画像の解像度は、従来 10m～数 10m 程度であり、樹種・樹齢などが一様な林相単位で把握されていた。しかし近年では、高分解能衛星や UAV (無人航空機) を用いた高解像度画像が取得可能となったことで、単木の把握が可能となってきた。

画像から得られる情報の詳細さは解像度によって規定されるため、高解像度のデータを利用す

山本遼介 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1

首都大学東京大学院 都市環境科学研究科

Phone: 042-677-1111 (内線:3871)

E-mail: yamamoto-ryosuke@ed.tmu.ac.jp

ることは重要である。一方で、解像度が高いほどデータ量も膨大になるため、データの管理や解析に要するコストも膨大になってしまうという問題も生じる。よって、対象物や目的に応じて必要十分である最適な解像度を選択することが重要であるが、このような議論は不十分であり、最適な解像度を決定する手法は確立されていない (Weng 2014)。特に解像度が数 cm 未満の画像は、UAV などの技術により初めて撮影可能となつたため、その特徴は十分に明らかとなっていない。

そこで本研究では、小型 UAV を用いて様々な解像度の画像を取得し、リモートセンシングによる植生の把握に必要な画像の最適解像度を定量的に明らかにすることを目的とする。今回の発表では特に、UAV を用いて撮影した画像を SfM-MVS (Structure from Motion / Multi-view Stereo) の手法によって処理した場合の結果に着目した。

具体的には、SfM-MVSによりオルソモザイク画像およびDSM（数値表層モデル）を作成する際に、解像度を低下させた画像を使用した場合、処理結果がどの程度異なるかを比較した。

2. 研究手法

本研究の対象地域として、熊本県阿蘇郡高森町の森林を選んだ（図1）。対象地域は阿蘇山の南東部に位置し、主にスギの人工林となっている。

本研究で使用したUAVは、（株）ケイアンドエスが製作した「K4-R」である（図2）。このUAVの下部にデジタルカメラ RICOH GR を積載し、設定した経路を飛行させる自動飛行によって、直下視のステレオペア画像を取得した。表1に示す通り、6種類の高度で飛行を行うことで、解像度が0.75cmから3cmまで異なる画像を取得した。

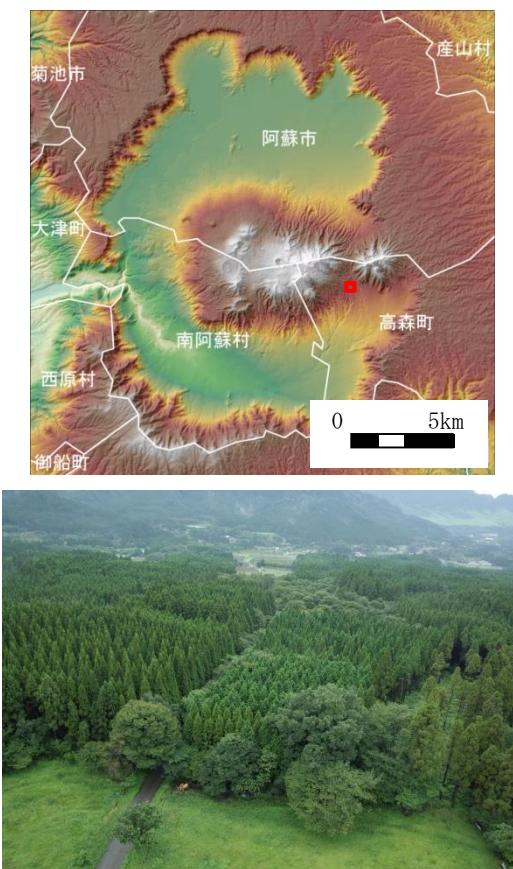


図1 対象地域の位置（上）および
UAVによる空撮画像（下）



図2 本研究で使用した UAV

表1 UAVによる画像の撮影高度

	相対高度	撮影画像 の解像度	撮影枚数
高度①	28.5m	0.75cm	87枚
高度②	38m	1cm	74枚
高度③	57m	1.5cm	79枚
高度④	76m	2cm	80枚
高度⑤	95m	2.5cm	90枚
高度⑥	114m	3cm	77枚

次に SfM-MVS 技術により、撮影した画像からオルソモザイク画像およびDSMを生成した。SfM-MVSとは、複数枚の画像から、撮影位置および被写体の3次元形状を推定する技術であり、地形計測などの分野で利用されている（例えば内山ほか2014）。本研究では、Agisoft PhotoScan Professional (Version 1.2.5) を使用して処理を行った。処理に使用したコンピュータは、DELL 製のワークステーション(CPU:Intel Xeon E5-1660, メインメモリ：64GB, GPU : NVIDIA Quadro K620)であり、処理の品質は最高 (Align Photos : Highest, Build Dense Cloud : Ultra high, Build Mesh : High) に設定した。この処理は、使用する画像の枚数や解像度によって長時間を要する場合がある。そこで本研究では、解像度を低下させた（リサイズ）画像を使用して処理を行うことで、結果がどの程度異なるかを比較した。リサイズ画像のピクセル値には、元画像の算術平均値を入力した。

3. 結果

はじめに、SfM-MVSによる処理における所要時間（高度②、高度⑤の例）を表2に示す。解像度により所要時間は大きく異なった。元の画像そのままを使用した場合には、処理に8時間～24時間以上を要した。しかし、解像度を半分にした画像を使用すると、処理の所要時間は半分以下に短縮された。

次に、生成されたオルソモザイク画像およびDSMの例を図3に示す。DSMを見ると、解像度を10cmあるいは20cmにリサイズした画像を使用して処理を行った場合においても、樹冠の形状の大部分が再現されており、単木の判別が可能であった。特に東側の区画は、解像度30cmの場合においても大部分の単木を判別できた。解像度50cmの場合には、単木の樹冠形状は再現されず、判別は困難であった。一方で、オルソモザイク画像を見ると、解像度50cmの場合においても目視による単木の判別が可能であった。

4. 考察

解像度を20cm～30cmにリサイズした画像を使用した場合、処理の所要時間は数10分の1に短縮されたが、処理結果から単木を判別することができた。よって、リサイズした画像を使用して処理を行うことは有効であると考えられる。本研究では狭い範囲の植生を対象としたが、より広い範囲を対象とする場合には、処理時間の差はさらに顕著に表れるものと思われる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、植生リモートセンシングにより単木の樹冠を判別する場合において、リサイズ画像を使用した処理の可能性が示された。今後は、撮影高度の違いによる判別結果の違いや、樹種分類の精度などに關しても解析を行う。また、地球統計学的な手法を用いて、最適な解像度についてより定量的な考察を行う予定である。

表2 SfM-MVSによる処理の所要時間
×印は、オルソモザイクおよびDSMが生成できなかったことを示す。

元画像	解像度	所要時間
高度② (解像度 1cm)	元の解像度 (1cm)	8時間03分33秒
	2cm	3時間49分13秒
	3cm	1時間16分13秒
	4cm	41分28秒
	5cm	25分13秒
	10cm	5分36秒
	15cm	2分20秒
	20cm	1分07秒
	25cm	×
	30cm	×
高度⑤ (解像度 2.5cm)	40cm	×
	50cm	×
	元の解像度 (2.5cm)	29時間45分36秒
	5cm	4時間32分40秒
	10cm	1時間01分30秒
	15cm	26分28秒
	20cm	15分11秒
	25cm	9分44秒
	30cm	6分22秒
	40cm	3分01秒
	50cm	1分37秒

参考文献

- 内山庄一郎・井上 公・鈴木比奈子 (2014) : SfM を用いた三次元モデルの生成と災害調査への活用可能性に関する研究, 防災科学技術研究所研究報告, 81, p. 37.
- Weng, Q., 2014. *Scale Issues in Remote Sensing*. Hoboken: John Wiley & Sons.

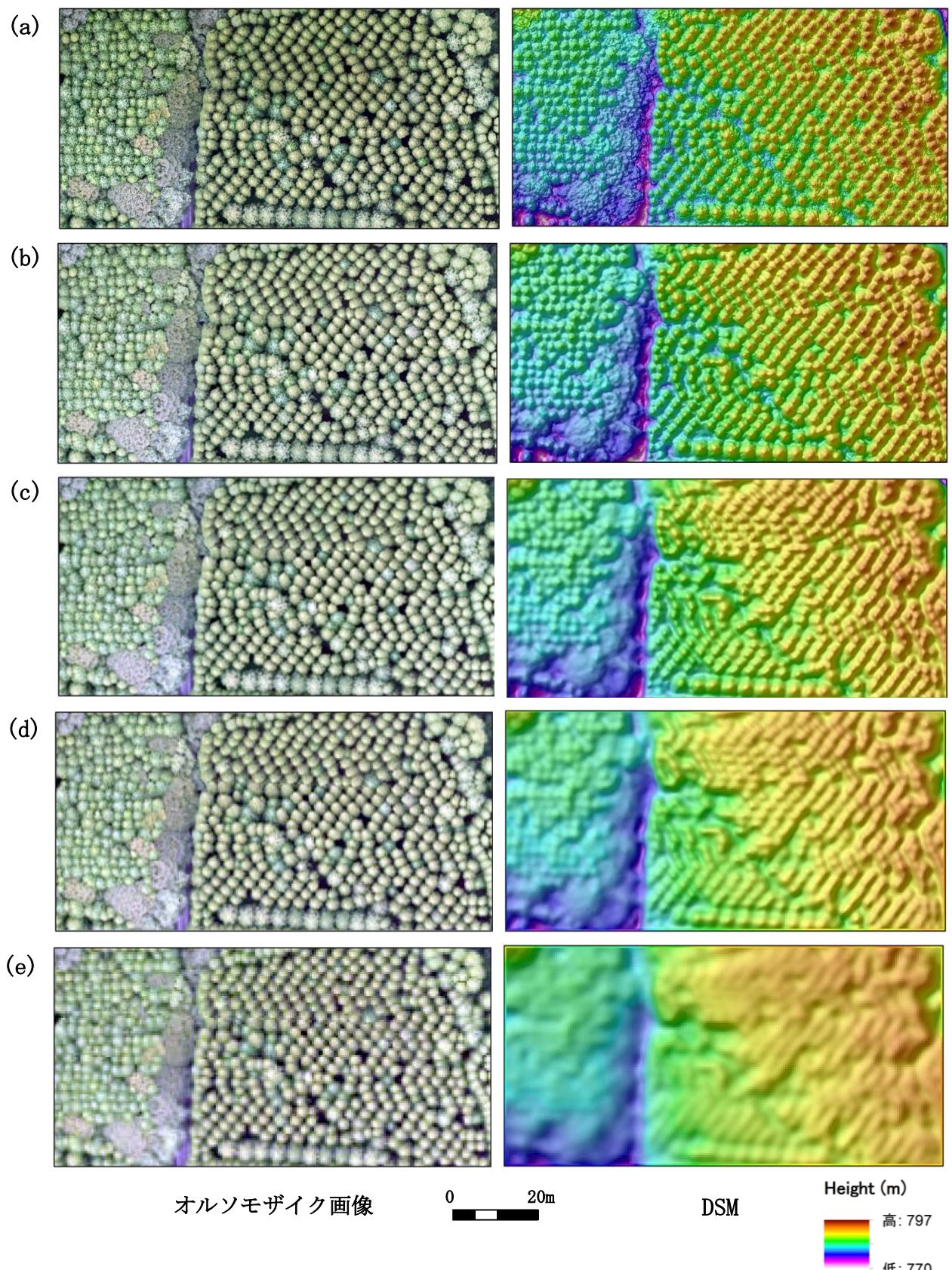


図3 生成されたオルソモザイク画像およびDSMの例

(a) 元の解像度 (2.5cm), (b) 解像度 10cm, (c) 解像度 20cm, (d) 解像度 30cm, (e) 解像度 50cm. (b)～(e)は、高度⑤(解像度 2.5cm)で撮影された画像を元に解像度を低下させた画像を生成し、処理したもの。