小型無人航空機(UAV)を用いた森林樹冠の地表面モデル(DSM)の作成

*齋藤有希[1]・酒井健吾[2]・長谷川宏一[1 3]・泉 岳樹[1]・松山 洋[1]
(1:首都大学東京 都市環境学部 2:株式会社 オリエンタルコンサルタンツ 3:駒沢大学高等学校 理科)
*Yuki SAITO, Kengo SAKAI, Kouiti HASEGAWA, Takeki IZUMI and Hiroshi MATSUYAMA (Tokyo Metropolitan Univ.)
連絡先:<saito-yuki1@ed.tmu.ac.jp>

1. 目的

◆UAVを利用した森林観測

- DCM(Digital Canopy Model)の作成・樹高計測に活用(田村ほか2015、日本緑化工学会誌)。
- 二方向反射特性により植生物理量を推定するBRDF推定モデルにおいてUAV画像より作成されたDSM(Digital Surface Model)を利用((小野ほか2010、写真測量とリモートセンシング)。
- 植生物理量推定や簡易樹高推定をより高精度に行うための再現性の高い3Dモデル・DSMの作成手法の検討は現在不十分。

◆斜め視画像の利用

- UAVから撮影した撮影した画像より3Dモデル・DSMを作成する場合画像にない情報は再現できない。
- 斜め視を加える事で直下視のみでは見えなかった部分や影となっていた部分が補完され、モデルの再現性が向上する(酒井ほか2016、日本リモートセンシング学会誌)。多方向から撮影した斜め視画像を追加する事で更なる再現性向上の可能性が示唆されている。
- 既に3Dモデル作成時における斜め視画像利用の検討は行われている(基本図情報部2015、国土地理院時報 等)。しかし複数方向の斜め視を利用した3Dモデル作成に関する研究は行われていない。

本研究の目的

- 再現性の高い3D森林モデル及びDSMの作成。
- 3Dモデル作成時における複数方向斜め視画像の有用性の検討。

2. 調査・研究手法

◆UAVを使用し森林上空の空中写真を撮影

カメラの角度が直下視(正射位置)のフライトを2回、斜め視方向のフライトを4回(東西南北四方向からの複数方向撮影)行った。本研究では1フライトで2方向から撮影できるDouble Grid Missionを利用して撮影した。

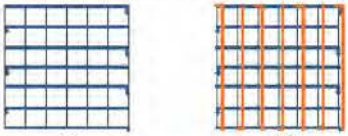

Fig.1 UAVフライト経路
(a)Single Grid Mission (b) Double Grid Mission

◆撮影画像から3Dモデルを生成するソフト

PhotoScanを使用して以下の二通りのモデル・DSMを作成した。

モデル1:利用画像が直下視のみ

モデル2:利用画像が直下視+複数向斜め視

◆生成したモデルの比較

目視による3Dモデル・DSMの比較を行った。

Fig. 2 本研究におけるワークフロー

◆研究対象地域

八ヶ岳南麓 山梨県所有のカラマツの人工林(若齢林)

◆撮影日時

2016年8月6日 フライト6回

◆撮影条件

飛行高度80m(直下視1回斜め視2回)、100m(直下視1回斜め視2回)

ラップ率:オーバーラップ・サイドラップともに80%

斜め視の角度:30度

◆使用アプリケーション・ソフト

Pix4Dcapture(Pix4D社):飛行計画の作成に利用

PhotoScan(Agisoft社):3Dモデルの作成に利用

ArcGIS(Esri社):作成したDSMの編集

◆使用機体

Phantom3 Professional (DJI社)

Tab.1 本研究で使用したUAVの機体性能

機体	Phantom3 PROFESSIONAL
航続時間	23分
運用限界高度	約6000m
電波到達距離	約2000m
測位システム	GPS/GLONASS
重量	1280g(バッテリーとプロペラ含む)
カメラセンサー	1/2.3"CMOS
レンズ	FOV94 20mm(35mmフォーマット同等)f/2.8, ∞フォーカス
シャッタースピード	8-1/8000s
写真	JPEG, DNG(RAW)

3. 結果

3Dモデルの比較

Tab.2 作成したモデルの比較

	直下視のみ(80m)	直下視+斜め視(80m)
使用画像数	186	579
高密度点群数	39,202,005	48,534,840
モデル形状	3D形状	
モデルソース	高密度点群	
ポリゴン数	7,840,246	14,340,803
DSMソース	3Dモデル	
オルソ画像ソース	3Dモデル	
座標系	WGS84	

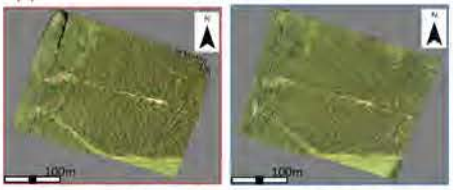

Fig.3 3Dモデル(a)直下視のみ (b)直下視+斜め視

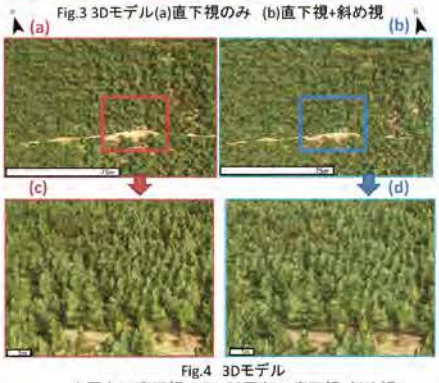

Fig.4 3Dモデル
上図左(a)直下視のみ、下図右(b)直下視+斜め視
下図左(c)直下視のみ、下図右(d)直下視+斜め視

DSMの比較

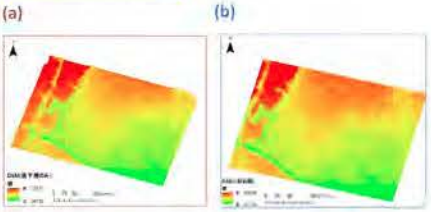

Fig.5 DSM(a)直下視のみ (b)直下視+斜め視

4. 考察

◆ 二つのモデル・DSMの目視における差は小さい。
今回利用したPhantom3搭載のカメラは画角が広くなっている。そのため1枚の直下視画像においても斜め視に近い情報を有していた事が影響していると考えられる。

◆ 斜め視を追加したモデルにおける再現性がやや低下した。
本来であれば画像が多いほどモデル作成時におけるマッチングポイントが増加し、より再現性の高いモデルが得られると考えられる。しかし今回は撮影時の太陽光・雲の影響を大きく受け画像内の森林の輝度が一定でない事が影響した。

Fig.6 UAV撮影写真(fig4と同一地点上空)
写真左側が明るくなっている

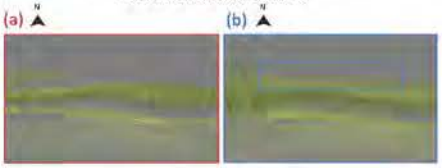

Fig.7 点群モデル(a)直下視のみ (b)直下視+斜め視

斜め視を追加した場合、画像位置を推定し点群作成の為のマッチングポイントを抽出する際に森林上空に存在しえない点群(エラー)が増加した。輝度の違いがこのエラー増加に繋がったと考えられる。

5. 課題

◆ 位置精度の改善・GCP付与を検討
DSM差分作成のためにも今回考慮していないGCPを付与する事でより位置精度の高いモデル・DSMを作成する。

◆ DSM差分・DCMなどによる数値的な差分を計測
今回は目視のみによる比較であったため数値的な差分を用いた検証が望まれる。

◆ 広角カメラ画像利用時の処理を検討
使用した広角カメラの画像を必要に応じ、マスキング処理等を行う事で斜め情報を除いた直下視モデルを再作成する。

◆ 撮影時の天候・光源に留意した観測
モデル作成時に影響する森林画像の輝度の差を減らす。

◆ 多方向斜め視画像と単一方向斜め視画像の比較
今回作成したモデルは多方向斜め視画像であった。斜め視画像の撮影方位の違いによる影響も検討が望まれる。