

UAV と SfM が切り開くこれからの林業

ー2次元情報から4次元情報へー

富山県農林水産総合技術センター 森林研究所
森林環境課 副主幹研究員 小林 裕之

1 はじめに

これまでの森林管理は、森林計画図やオルソ写真など、主として2次元の情報（X、Y座標）に基づいて行われてきましたが、UAV（無人航空機、ドローン）とSfM（Structure from Motion：様々な視点から撮影された画像から3次元構造を再構築する技術）の普及により、4次元情報（X、Y、Z座標+時間(T)）に基づく管理に移行できる可能性が出てきました。森林の4次元情報の作成イメージを図1に示します。

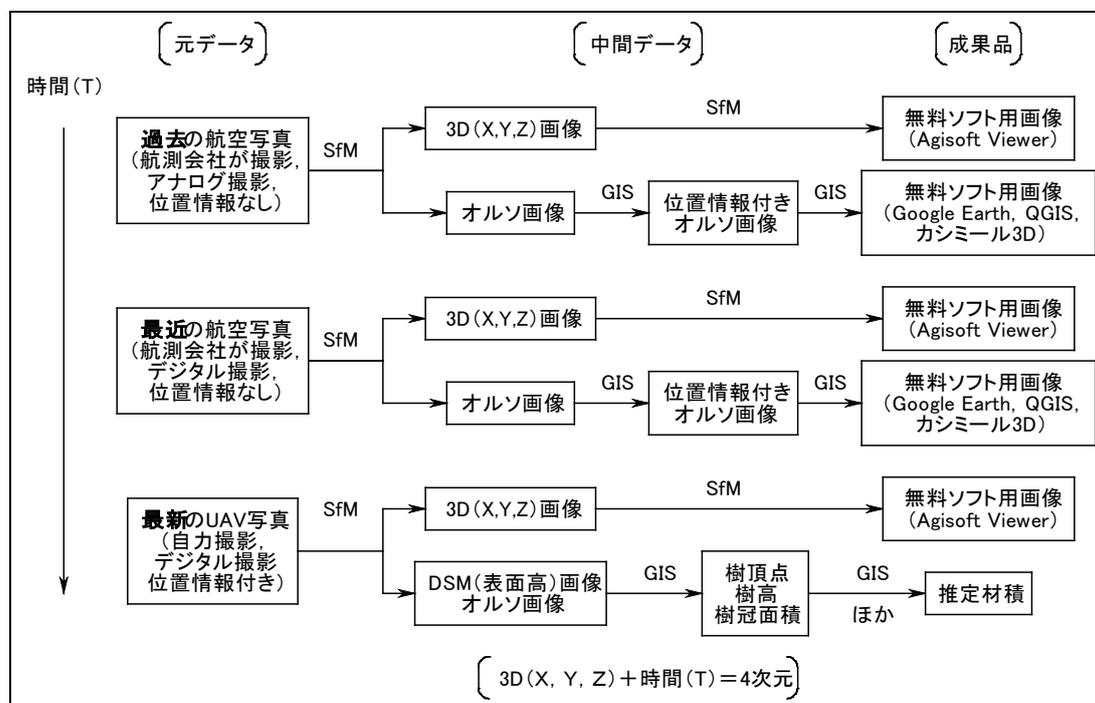


図1 森林の4次元情報の作成イメージ

本稿では、多数の航空写真からSfMソフトウェアを使用して広域オルソモザイク画像を作成する方法と表示例を紹介し、過去の航空写真を活用した「森林境界明確化支援システム」について紹介し、さらに、UAV空撮画像から資源量を推定する方法について、その概要を報告します。

2 過去写真の処理手順と表示例

わが国には全国を統一規格でカバーするものとして林野庁と国土地理院による空中写真撮影システムの成果がありますが¹⁾、国土地理院の撮影写真については、「地理空間情報の活用促進のための協力に関する協定」を締結している地方公共団体は、過去写真のフィルムを高解像度でスキャンした画像を無償で入手することができます。

入手した画像はSfMソフトウェアのMetashape Proに入力し、タイポイント（隣接コース間の接続に用いる点）、高密度クラウド（密度の高い3次元点群データ）、3Dモデル（隣り合う3点を結んだ三角形）を作成した後、オルソモザイク画像（正射接合画像）を作成します。国土地理院が1975年に撮影したカラー航空写真のうち、1/25,000地形図「魚津」の範囲（約10km四方、140枚、1枚あたり12,000x13,000ピクセル）を処理中のMetashapeの画面を図2～5に示します。

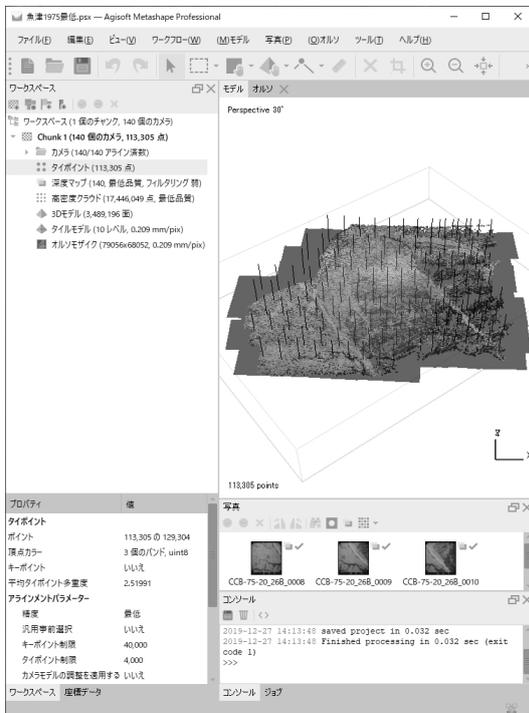


図2 タイポイント作成後の画面

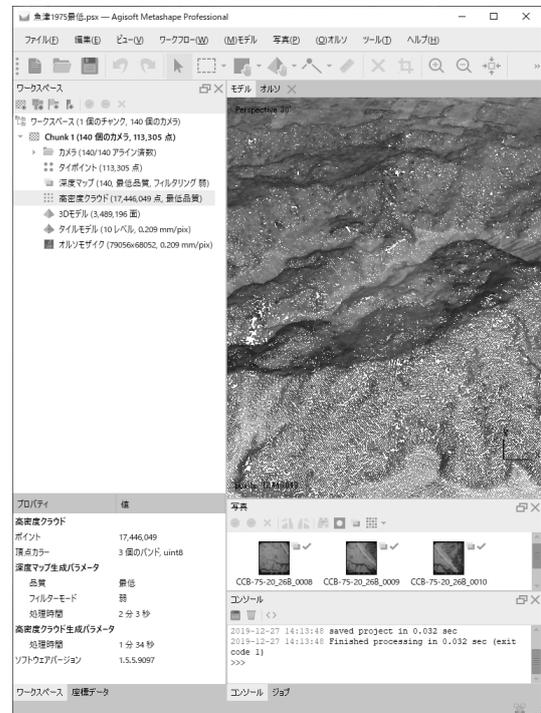


図3 高密度クラウド作成後の画面

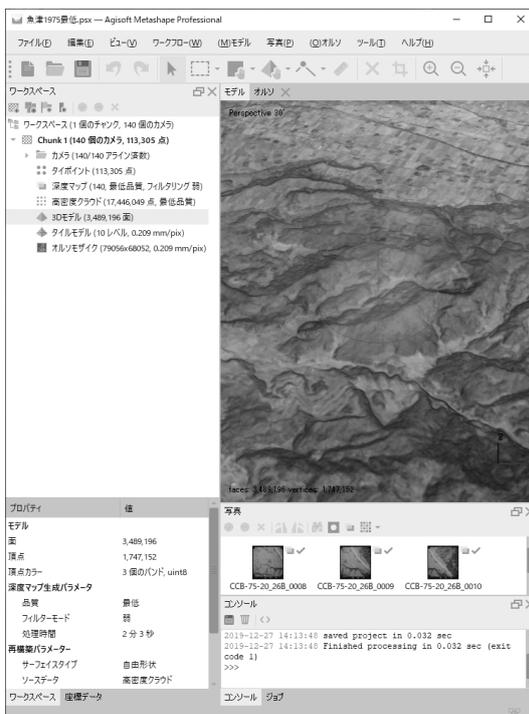
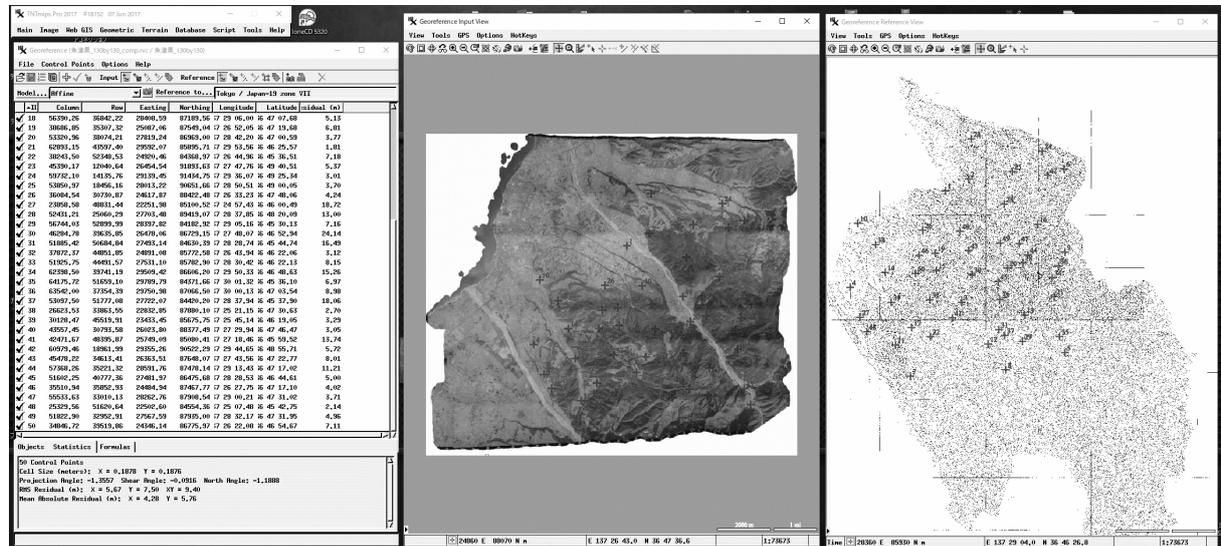


図4 3Dモデル作成後の画面



図5 オルソモザイク作成後の画面

ここで作成したオルソモザイク画像は位置情報を持っていないので、Geotiff 形式を経由して GIS ソフトウェアの TNTmips Pro に渡し、位置情報を与えます。位置情報付与中の TNTmips の画面を図 6 に示します。



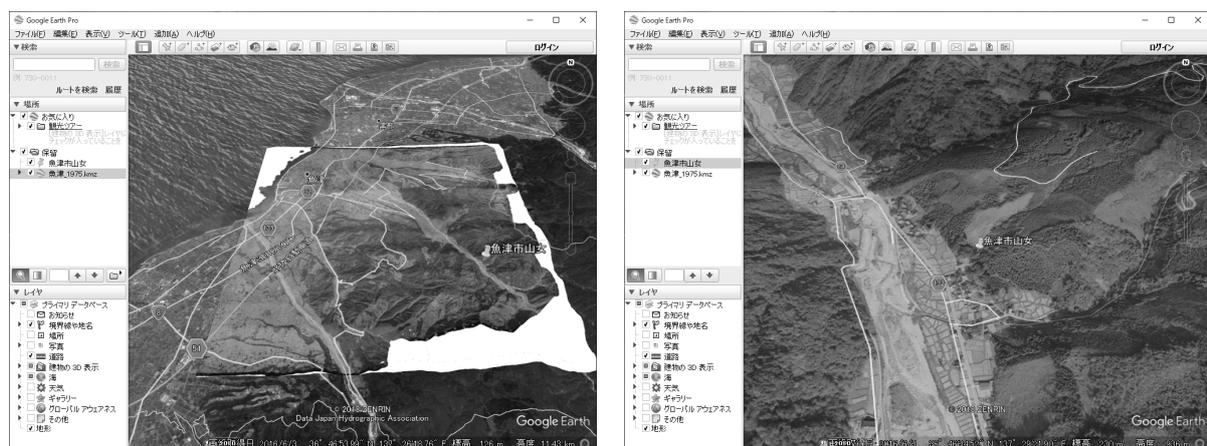
(基準点の座標と誤差一覧) (入力オルソモザイク画像) (参照用の魚津市森林基本図)

図 6 位置情報付与中の TNTmips の画面

ここまでの処理の詳細については、筆者の論文²⁾を参照願います。

位置情報を付与したオルソモザイク画像は、TNTmips からラスタータイルセットでエクスポートすることによって Google Earth Pro 用のタイル画像に変換でき、Geotiff 形式でエクスポートすることによって QGIS ほか用の画像に変換でき、Bitmap 形式でエクスポートすることによってカシミール 3D 用の画像に変換することができます。

それらのうち、Google Earth Pro での 1975 年のオルソモザイク画像の表示例を図 7 に示します。



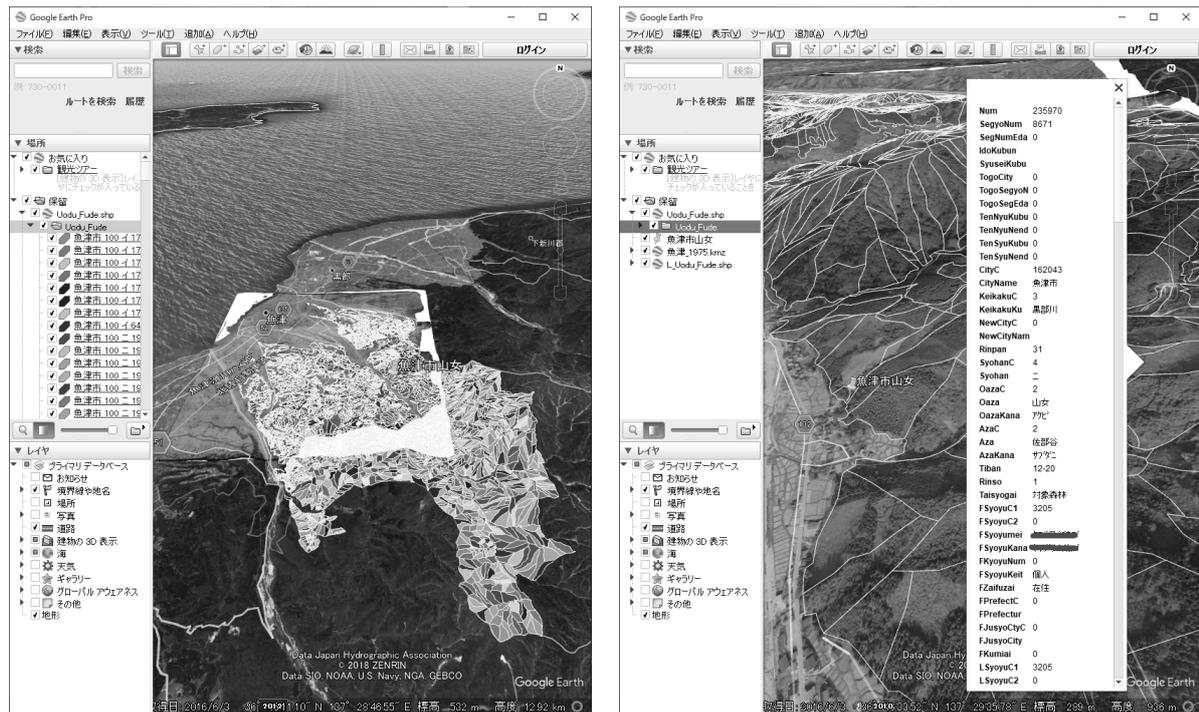
(全体表示 : 1/25, 000 地形図「魚津」) (拡大表示 : 魚津市山女周辺)

図 7 オルソモザイク画像の Google Earth での表示画面

Google Earth Pro でオルソモザイクを表示し、[透明度を調整]アイコンをクリックした後スラ

スライダーを左右に動かすと、オーバーレイ（この場合は 1975 年のオルソ画像）の透明度を調整することができます。スライダーが左端にあるときには Google Earth Pro の最新オルソ画像が表示され、右端にあるときには 1975 年オルソ画像が表示され、中間では 1975 年オルソ画像が半透明で表示されます。スライダーを左右にゆっくり動かすことによって約 40 年の時間を行き来することができます。実際の動きについてはデモ動画³⁾を参照願います。

さらに、Google Earth Pro ではシェープファイルも表示できることから、森林 GIS の筆ポリゴンや森林簿情報を重ね合わせて表示することができます。1975 年のオルソ画像に魚津市の筆ポリゴンを重ねた画面を図 8 に示します。



(魚津市の全筆ポリゴン)

(1975 年オルソ画像と森林簿情報、魚津市山女)

図 8 筆ポリゴンと森林簿情報の Google Earth Pro での表示画面

森林 GIS 等のデータから Google Earth 用データを作成する方法については、筆者の論文^{4, 5)}を参照願います。

3 森林境界明確化支援システム

森林林業政策の一丁目一番地は「森林境界明確化」とであると筆者は考えています。富山県ではこれまで、撮影時期の異なる過去の航空写真から作成したオルソ写真その他の資料を参照して森林所有界を推定し、現地調査を行う仕組みである、「森林境界明確化支援システム⁶⁾」を開発しましたが、最近では、オルソ写真のほかに、SfM ソフトウェアで作成した 3D 画像の配布も始めました。造林後間もない時期の 3 次元航空写真、最近の 3 次元航空写真や最新の 3 次元 UAV 画像を見比べることにより、過去の施業履歴や現況が鮮やかに再現でき、森林境界の明確化や施業計画の立案に役立つものと考えています。森林境界明確化支援システムの概要を図 9 に示します。

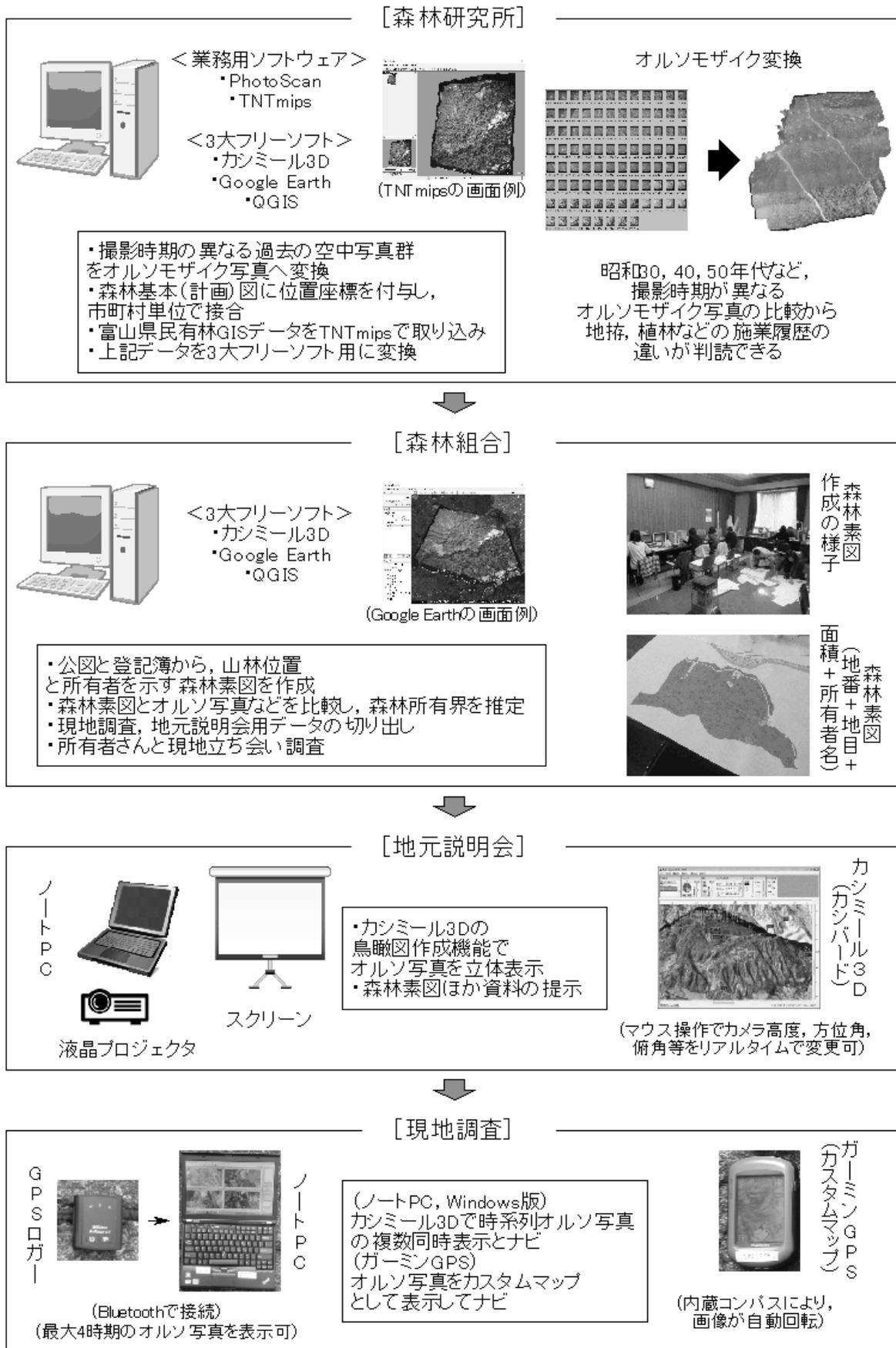


図9 森林境界明確化支援システムの概要図

4 UAV 空撮画像からの資源量推定

UAV で撮影した静止画像を SfM ソフトウェアに入力することにより、表面高モデル (DSM : Digital Surface Model) を作成することができます。この DSM から局所最大値法を用いて樹頂点を抽出することができ、樹頂点の高さから地面高 (DTM : Digital Surface Model) を減じることによって樹高を計測することができます。DSM からは Watershed 法を用いて樹冠面積を計測することができ、地上調査結果と突き合わせることで、樹冠面積から胸高直径を推定することができます。計測した樹高と推定した胸高直径から材積式を使用して立木材積を計算することができます、資源量の推定が可能となります (学会誌へ投稿中)。

5 おわりに

国土地理院が撮影した空中写真は、「地理空間情報の活用促進のための協力に関する協定」が締結された都道府県では、従来から無料で高解像度スキャン画像が入手可能ですが、林野庁の撮影分担範囲のこれまでの成果についても、その管理が国土地理院に移管されるとのことであり、今後は無償でデータ提供を受けられるようになることが期待されます。さらに、SfM ソフトウェアのひとつである、Metashape Pro は 1 ヶ月間無料で試用が可能です。オルソ写真の位置座標付与は無料の GIS ソフトウェアである QGIS でも可能です。ぜひ富山県以外の都道府県でも同様の取り組みを行い、森林情報を 4 次元化させ、新しい林業を切り開いてほしいと考えます。

参考文献

- 1) 渡辺 宏 (1993) 「最新森林航測テキストブック」日本林業技術協会、264pp
- 2) 小林裕之・佐竹謙二・板川あゆみ (2017) アナログ空中写真からの広域オルソモザイク画像作成の試み、森林利用学会誌 32(4) : 197-202
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjfes/32/4/32_32.197/_article/-char/ja
- 3) 小林裕之 (2017) Google Earth のデモ動画
https://www.youtube.com/watch?time_continue=21&v=1SDDAVXbymw&feature=emb_logo
- 4) 小林裕之 (2016) 効率的な森林管理のための Google Earth 用データ集の作成、富山県森林研究所研究報告 No.8 : 27-35
http://taffrc.pref.toyama.jp/nsgc/shinrin/webfile/t1_4a1c6c83c779e579d486d5324499e116.pdf
- 5) 小林裕之 (2018) 富山県におけるスマート林業構築のための森林情報整備、富山県森林研究所研究報告 No.10 : 37-52
http://taffrc.pref.toyama.jp/nsgc/shinrin/webfile/t1_7203827b374d319a71166f1fac51b2b3.pdf
- 6) 小林裕之 (2020) 森林境界明確化支援システムホームページ、
<https://shinrin-kyokai.jimdo.com/>