

テーマ番号	1EP42			
プロジェクト テーマ	和文	深層学習を用いた全天球画像解析による森林資源量計測システムに関する研究	指導教員	長田 茂美 教授
	英文	Research on the Forest Resource Measurement System by Omnidirectional Image Analysis using Deep Learning		
プロジェクト メンバー	4EP4-19 九後 佑樹 (Yuki Kugo)			

Abstract The forest resources in Japan have grown mature as more than half of the forests planted after World War II are now over 50 years old. However, stable timber supply has not been achieved in response to the domestic demand, and the wood self-sufficiency rate is only about 30%. For this reason, products that support the efficiency of forest resource measurement have been put on the market with the aim of improving the profitability and cost reduction of timber production. However, these are still not widely used due to their low convenience and high price. This study aimed to create an inexpensive but highly accurate forest resource measurement system that could easily be used by anyone. This study proposed a system for timber volume and timber quality estimation in a forest using DenseNets, which is based on omnidirectional camera images or drone images taken in the forest. The usefulness of the proposed system was confirmed by the evaluation experiments.

Keywords forest resources measurement, deep learning, convolutional neural network, DenseNet, omnidirectional image.

1. まえがき

我が国の森林資源は成熟し、人工林の多くは本格的な利用期を迎えている。しかし、昨今の木材価格の低迷により、伐採にかかるコストを差し引くと、林業事業者は十分な収益が得られない場合が多く、国産材の需要に応じた安定的な原木供給ができていない状況にある。そのため、木材生産の収益性向上、森林調査の大幅な省力化によるコスト削減を目指して、森林資源量の計測作業の効率化を支援する製品も市場に投入されてきているが、利便性や価格の面からまだ十分に普及するまでには至っていない。

当研究室では、多大な労力を要する森林調査の大幅な省力化を実現するための研究開発の一環として、森林の全天球画像を対象に、深層学習を用いて、材積および材質の観点から、森林資源量を推定するシステムの研究開発を進めてきた^[1]。本研究では、このシステムで用いる CNN モデルの改良による推定精度の向上、全天球画像の上下の部分を切断した疑似ドローン画像を用いることによる推定精度、簡便性の向上を目指す。

2. システム概要

当研究室では、これまでに全天球画像から材積および材質を推定するシステムを提案している^[1]。材積の推定では、全天球画像から1つの出力ユニットをもつ CNN モデルを用いて、撮影地点付近における 1ha 当たりの立木の体積を推定する。材質の推定では、全天球画像から3つの出力ユニットをもつ CNN モデルを用いて、撮影地点付近における丸太材質 (A 材, B 材, C 材) のそれぞれの割合を推定する。ここで、CNN モデルの3つのユニットは、それぞれ、A 材, B 材, C 材の割合に対応する。図1に、材積および材質推定システムを示す。

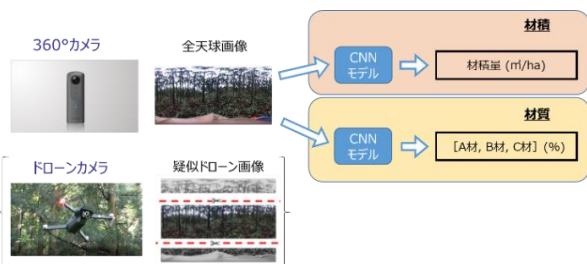


図1 材積および材質推定システム

Fig. 1 Timber quality and timber volume estimation systems.

2.1 CNN モデル : DenseNet

昨年度のシステム^[1]では、CNN モデルとして AlexNet を用い、全天球画像から学習ベースで材積および材質の推定に有効な特徴を自動的に抽出していた。高精度な推定を実現するためには、CNN モデルが材積および材質の推定に有効かつ本質的な特徴を自動抽出できるかが鍵となる。

本研究では、CNN モデルとしてスキップ接続により勾配消失問題を解決し、材積および材質の推定に有効かつ本質的な特徴の自動抽出・活用が期待できる DenseNet を用いることで、材積および材質の推定精度向上を図ったシステムを提案する。

2.2 対象画像 : 全天球画像+疑似ドローン画像

昨年度のシステム^[1]では、CNN モデルに入力する画像として全天球画像を用いていた。全天球画像は専用小型 360° カメラを用い、森林内を歩き回って撮影していたが、撮影にドローンも活用することができれば、全天球画像の上下の部分は撮影できないものの、より効率的な画像の取得が可能となる。また、360° カメラの撮影者の写り込みを除去することによる精度向上も期待できる。

本研究では、このような理由から、全天球画像の上下の部分を切断し、作成した疑似ドローン画像を用いた材積および材質推定システムも提案する。

3. 評価実験

提案システムの有用性を確認するために、石川県内の7地区 (「田岸」, 「徳田大津」, 「中島二部」, 「穴水平野」, 「上涌波」, 「小松西俣」, 「梨谷小山」) で専用小型 360° カメラによって撮影した全天球画像および全天球画像を用いて作成した疑似ドローン画像と、それに紐づけられた材積および材質の値からなるデータセットを用いて、材積および材質の推定精度の評価実験を行った。

材積は、全天球画像の撮影地点を中心とした半径 12.6m の円プロットの範囲内に存在する立木の材積を 3D スキャナにより求め、その数値を 1ha あたりの材積に換算した数値である。また、材質は、全天球画像の撮影地点で石川県森林組合連合会の専門員が目視で判断した丸太材質 (A 材, B 材, C 材) の割合の数値である。

材積の評価実験では、合計 2873 枚の全天球画像とその材積からなるデータセットを用い、材質の評価実験では、合計 2665 枚の全天球画像とその材質からなるデータセットを用いて、推定精度の評価を行った。

3.1 CNN モデル : DenseNet

CNN モデルとして DenseNet を用いた提案システムの有用性を確認するために、AlexNet を用いた従来システムとの比較評価実験を行った。

図 2 に、AlexNet および DenseNet による材積の推定値の散布図を示す。この結果から、DenseNet は、AlexNet に比べて、全体的に推定誤差が小さいことがわかる。また、表 1 に、材積の推定誤差 10%、20%以内の精度についての AlexNet と DenseNet との比較評価結果を示す。この結果についても、DenseNet の方が優れており、DenseNet の有用性が確認できた。

表 2 には、材質の推定誤差 10%、20%以内の精度についての AlexNet と DenseNet との比較評価の結果を示す。この結果から、材質の推定精度についても、DenseNet の方が優れており、DenseNet の有用性が確認できた。

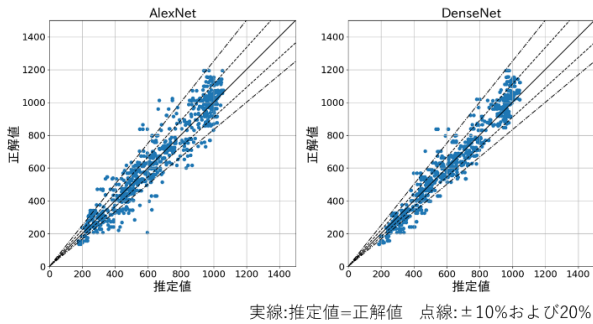


図2 材積の推定値の散布図

Fig. 2 The scatter plots of estimated values for timber volume.

表1 材積の推定誤差に基づく精度

Table 1 Accuracy based on estimated error for timber volume.

評価項目	AlexNet	DenseNet	差
推定誤差10%以内の割合 (%)	56	60	4
推定誤差20%以内の割合 (%)	82	86	4

表2 材質の推定誤差に基づく精度

Table 2 Accuracy based on estimated error for timber quality.

評価項目	AlexNet	DenseNet	差
推定誤差10%以内の割合 (%)	68	78	10
推定誤差20%以内の割合 (%)	90	96	6

3.2 対象画像 : 全天球画像+疑似ドローン画像

疑似ドローン画像を用いることの有用性、すなわち、ドローン画像を用いることの有用性、および専用小型 360° カメラの撮影者の写り込みを除去することの有用性を確認するために、全天球画像および疑似ドローン画像に対する材積および材質推定の比較評価実験を行った。

評価実験では、元とした 5,376×2,688 画素の全天球画像の状態から判断し、上側 400 画素 (約 15%)、下側 688 画素 (約 25%) を切断して作成した 5,376×1,600 画素の疑似ドローン画像を使用した。また、材積および材質の推定には、CNN モデルとして DenseNet を用いた提案システムを使用した。

図 3 に、全天球画像および疑似ドローン画像による材積の推定値の散布図を示す。この結果から、疑似ドローン画像に対する推定誤差は、全天球画像の推定誤差と比べても、大差ないことがわかる。また、表 3 に、全天球画像および疑似ドローン画像に対する材積の推定誤差 10%、20% 以内の精度についての比較評価結果を示す。この結果からも、疑似ドローン画像に対する推定精度は、全天球画像と比べて、数パーセントの精度低下がみられるが、ほぼ同等の推定精度であることがわかる。これらの結果から、疑似ドローン画像の有用性は確認できたと考える。

表 4 には、全天球画像および疑似ドローン画像に対す

る材質の推定誤差 10%、20%以内の精度についての比較評価結果を示す。この結果から、材質の推定精度については、疑似ドローン画像に対する推定精度は全天球画像よりも優れており、疑似ドローン画像の有用性を確認できた。

以上の比較評価実験結果から、提案システムが全天球画像のみならずドローン画像に対しても有用であること、また、撮影者の映り込みなどの材積および材質の推定に不要な情報を除去した全天球画像に対しても有用であることが確認できた。

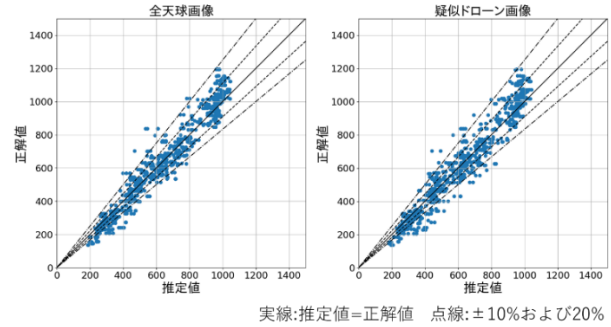


図3 材積の推定値の散布図

Fig. 3 The scatter plots of estimated values for timber volume.

表3 材積の推定誤差に基づく精度

Table 3 Accuracy based on estimated error for timber volume.

評価項目	全天球画像	疑似ドローン画像	差
推定誤差10%以内の割合 (%)	60	59	-1
推定誤差20%以内の割合 (%)	86	85	-1

表4 材質の推定誤差に基づく精度

Table 4 Accuracy of estimated error for timber quality.

評価項目	全天球画像	疑似ドローン画像	差
推定誤差10%以内の割合 (%)	78	82	4
推定誤差20%以内の割合 (%)	96	97	1

4. むすび

本研究では、これまで開発してきた森林資源量推定システムの CNN モデルの評価・改良、および、疑似ドローン画像に対する適用可能性を検討し、評価実験により、その有用性を確認した。今後も、データの拡充、評価・改良を継続し、実用的なシステムへと展開していく予定である。最後に、多大なるご支援を頂いている石川県農林研、石川県森連、(株)エイブルコンピュータの関係各位に感謝いたします。なお、本研究は農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」の支援を受けて行ったものである。

参考文献

- [1] 林航希, 川崎翔太, 川崎邦将, 松井康浩, 長田茂美, 村上良平, 矢田豊, “深層学習を用いた全天球画像解析による森林資源量計測システム -人工林材積・材質の推定-,” 第9回中部森林学会大会, 320, 2019.

本プロジェクトに関する業績

- 林航希, 九後佑樹, 松井康浩, 長田茂美, 村上良平, 山路佳奈, 木村一也, 矢田豊, “深層学習に基づく全天球画像からの人工林材積・原木品質の推定技術の開発,” 第132回日本森林学会大会, PR0479, 2021.
- 矢田豊, 林航希, 喜多泉月, 嶋井伸哉, 九後佑樹, 村上良平, 木村一也, 山路佳奈, 渥美幸夫, 小谷二郎, 松井康浩, 長田茂美, “深層学習による森林画像の分析とその活用 -UAV オルソ画像を対象とした林相判別等と全天球画像を対象とした材積等の推定-,” 第10回中部森林学会大会, 206, 2020.