

テーマ番号	1EP182				
プロジェクト テーマ	和文	深層学習に基づくコナラ等天然生林の資源量推定技術に関する研究		指導教員	長田 茂美 教授
	英文	Research on Resource Estimation Technology for Natural Forests such as Quercus Serrata Based on Deep Learning			
プロジェクト メンバー	4EP1-30 高橋 文啓 (Fumihiro Takahashi)				

Abstract In recent years, many natural forests, which occupy about 60% of the forest area in Japan, are no longer used due to changes in lifestyles, and tree diameters are increasing. On the other hand, while supply from Fukushima Prefecture, which had been the main source of supply, decreases, production of mushroom logs such as Oak (*Quercus Serrata*) has become a pressing issue nationwide. Under these circumstances, methods to efficiently investigate the resources of natural forests are necessary to effectively utilize woods produced from natural forests. Therefore, in this study, as part of R&D to achieve significant labor saving in forest resource investigation, we attempted to develop methods using deep learning to estimate abundance of oaks from aerial photographs (ortho images) of forests acquired by UAVs (drones). We developed two estimation methods, "canopy region extraction by tree species discrimination system" and "canopy region extraction by SegNet", and confirmed their usefulness by evaluation experiments.

Keywords visualization, *Quercus Serrata*, canopy region extraction, tree species discrimination, deep learning, AlexNet, SegNet.

1. まえがき

近年、国内の森林面積の約6割を占める天然林の多くは、生活様式の変化とともに利用されなくなり、大径化が進んでいる。一方、供給源となっていた福島県からの供給が減る中、コナラ等のきのこ原木の確保が全国で切実な課題となっている。このような状況において、天然生林から生産される木材を有効利用するために、効率的に天然生林の資源量を調査する手法が求められている。

本研究では、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、UAVにより取得した森林の航空写真（オルソ画像）から、深層学習を用いて、コナラの資源量を推定するシステムの開発を試みる。コナラの資源量は、樹冠領域（樹冠投影面積）と樹高からモデル化できるものであり、ここでは、「樹種判別による樹冠領域抽出」および「セグメンテーションによる樹冠領域抽出」の2つのシステムを提案する。

2. システム概要

2.1 樹種判別による樹冠領域抽出

当研究室では、森林のオルソ画像から、森林を構成する主要な樹種を判別し、林相界（森林境界候補）を抽出する森林境界の明確化支援システム^[1]の研究開発を進めている。まず、1つ目のシステムは、この樹種判別の処理過程をコナラの樹冠領域の抽出に適用したものである。

図1に、「樹種判別による樹冠領域抽出」システムを示す。本システムでは、森林のオルソ画像から局所矩形領域ごとに、その矩形領域内の樹木が「コナラ」であるか「他樹種（広葉樹他）」であるかを推定する。図2に、この判別を行う AlexNet^[2]と呼ばれる CNN の構造を示す。

コナラの資源量の推定システムに対する実用的な性能要件として、誤差10%以内で推定することが要求される。本研究では、入手可能なデータがまだ限られていることから、k-means 法というクラスタリング手法を用いて、学習データに偏りがなく、可能な限りすべてのバリエーションをもつ学習データセットを構築し、オルソ画像の

処理単位となる局所矩形領域サイズや学習データセットに対するデータ拡張の方法などが、樹冠領域の抽出精度にどのような影響を及ぼすかを検討することにした。

なお、この学習データセットの構築手法^[1]も、森林境界の明確化支援システムに導入されているものを使用した。

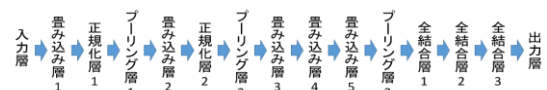


図2 AlexNet の構造

Fig. 2 The structure of AlexNet.

2.2 セグメンテーションによる樹冠領域抽出

「樹種判別による樹冠領域抽出」では、局所矩形領域単位でコナラか他樹種（広葉樹他）かを判別することができる。しかし、矩形領域単位で判別すると、矩形領域画像内のコナラではない部分もコナラと判定するということになる。このことから、正解ラベルに矛盾が生じ、判別精度が低下してしまう可能性がある。また、矩形領域単位での判別であるから、推定結果は、当然、矩形領域サイズの大きさの解像度でしか推定できないので、多少の誤差が生じてくる。

そこで、2つ目のシステムとして、この問題を解決し、推定精度の向上を図るため、セマンティックセグメンテーション用のニューラルネットワークの一種である SegNet^[3]を用いて、コナラの樹冠領域を pixel 単位で推定するシステムを提案する。図3に提案システムの概要を、また、図4に SegNet の構造を示す。

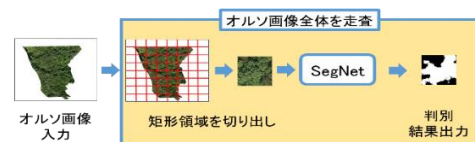


図3 システム概要 (SegNet)

Fig. 3 The system overview (SegNet).

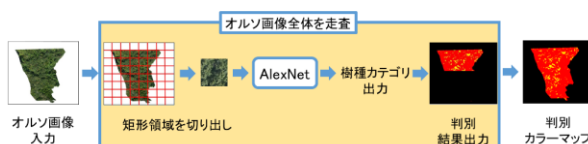


図1 システム概要 (樹種判別)

Fig. 1 The system overview (Tree species discrimination).

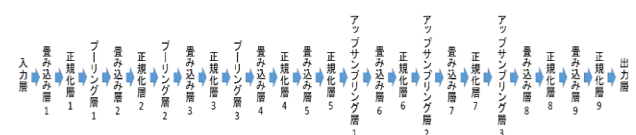


図4 SegNet の構造

Fig. 4 The structure of SegNet.

3. システム評価

3.1 樹種判別による樹冠領域抽出

樹種カテゴリが既知のオルソ画像3枚（学習用: 2枚, テスト用: 1枚）を使用し、コナラと他樹種（広葉樹他）の2種類に判別する評価実験を行った。

3.1.1 評価実験Ⅰ

評価実験Ⅰでは、矩形領域サイズを32×32 pixels, 64×64 pixels, 128×128 pixelsに変化させることにより、精度がどのように影響を受けるのかを確認した。

図5に、各画像サイズのテストデータセットに対する推定結果を示す。画像中、黄色の部分がコナラ、赤の部分が他樹種（広葉樹）を示している。また、表1に、各矩形領域サイズのテストデータセットに対する AlexNet の推定精度を示す。この結果から、矩形画像サイズは64×64 pixels が最も精度が良いことがわかる。

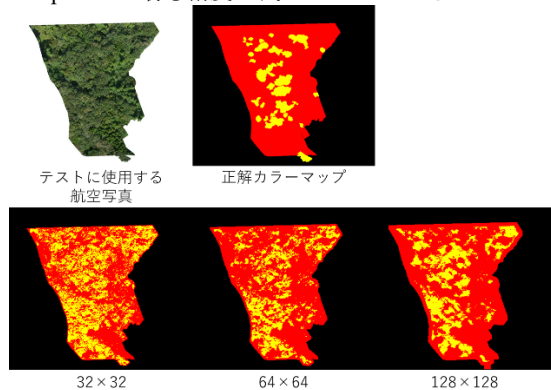


図5 推定結果（評価実験Ⅰ）

Fig. 5 The estimation results (Evaluation experiment I).

表1 AlexNet の推定精度（評価実験Ⅰ）

Table 1 Estimation accuracy (Evaluation experiment I).

評価項目 \ 画像サイズ	32 × 32	64 × 64	128 × 128
コナラのF値 (%)	33.6	36.8	33.8
他樹種のF値 (%)	74.3	83.4	81.8
推定精度 (%)	63.0	73.7	71.4

3.1.2 評価実験Ⅱ

評価実験Ⅱでは、学習データセットに対して、データ拡張を行うことにより、精度がどのように影響を受けるのかを確認した。

学習データセットに対して、上下左右の鏡面反転操作を行い、データ拡張を行っていないときの精度との比較評価実験を行った。図6に、テストデータセットに対する推定結果を、表2に、AlexNet のテストデータセットに対する推定精度を示す。この結果から、鏡面反転によるデータ拡張は有効であることが確認できる。

3.2 セグメンテーションによる樹冠領域抽出

提案システムの有用性を確認するために、一つのオルソ画像から切り出した合計 2383 枚の矩形領域画像を用いて、評価実験を行った。

評価実験では、提案システムに2118枚の矩形領域画像とコナラの樹冠領域を示したマスク画像から成る学習データセットを与えて学習させ、モデルを生成した後に、その生成モデルを用いて、265枚の矩形画像に対して、コナラの樹冠領域の推定を行う。

図7に、推定結果の一例を示す。この画像から大まかな判別が行えていることがわかる。表3に、検出率を評価する4つの項目について示す。この表から、提案手法には一定の有用性があることが確認できる。

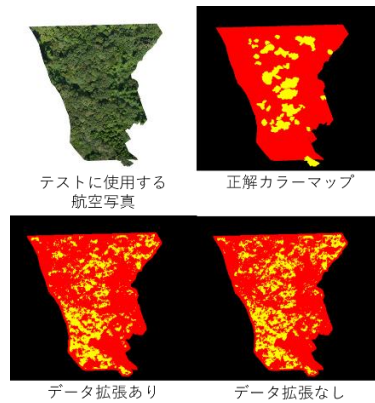


図6 推定結果（評価実験Ⅱ）

Fig. 6 The estimation results (Evaluation experiment II).

表2 AlexNet の推定精度（評価実験Ⅱ）

Table 2 Estimation accuracy (Evaluation experiment II).

評価項目 \ データ拡張	あり	なし
コナラのF値 (%)	39.0	36.8
他樹種のF値 (%)	85.1	83.4
推定精度 (%)	76.0	73.7



図7 推定結果の例

Fig.7 Example of estimation result.

表3 SegNet の推定精度

Table 3 Estimation accuracy (SegNet).

評価項目	評価実験結果
mIoU	49.2
検出率が90%以上の精度 (%)	6.4
検出率が70%以上の精度 (%)	22.3
検出率が50%以上の精度 (%)	42.6

4. むすび

本研究では、「樹種判別による樹冠領域抽出」と「セグメンテーションによる樹冠領域抽出」の2つのコナラの資源量を推定するシステムを提案し、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] 室伏美緒, 林悠月, 川崎邦将, 松井康浩, 長田茂美, 山路佳奈, 木村一也, 矢田豊, “深層学習に基づく森林境界の明確化支援システム -樹種（林相）判別-”, 第9回中部森林学会大会, 318, 2019.
- [2] Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, Geoffrey E. Hinton, “ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks,” NIPS, Vol. 25, 2012.
- [3] Vijay Badrinarayanan, Alex Kendall, Roberto Cipolla, “SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation,” IEEE, Vol. 39, pp.2481-2495, 2017.

Abstract 近年、国内の森林面積の約 6 割を占める天然林の多くは、生活様式の変化とともに利用されなくなり、大径化が進んでいる。一方、供給源となっていた福島県からの供給が減る中、コナラ等のきのこ原木の確保が全国で切実な課題となっている。このような状況において、天然生林から生産される木材を有効利用するために、効率的に天然生林の資源量を調査する手法が求められている。そこで本研究では、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、ドローン等の UAV により取得した森林の航空写真(オルソ画像)から、深層学習を用いてコナラの資源量を推定する手法の開発を試みた。「樹種判別システムによる樹冠領域抽出」と「SegNet による樹冠領域抽出」の 2 つのアプローチから推定手法を開発し、それぞれ評価実験により有用性を確認した。