［別紙２］

論文審査の結果の要旨

申請者氏名　浦野　豊

近年、森林生態系の保全や地球温暖化の問題に関連して、森林の構造やバイオマスを精度よく推定することが必要とされている。本論文は森林の内部を可搬型イメージングライダー（IL）で計測し、樹木位置のマッピングや胸高直径、バイオマスの推定手法について研究したものであり、4章から成っている。

序論の1章に続き、2章では管理されたスギ林を複数地点から可搬型ILにより計測し、樹木位置のマッピングや胸高直径、バイオマスを推定した。その結果、3 地点からの計測で 400m^{2}に生育するすべてのスギ（40 本）の樹木マッピングが作成された。また、森林の状況により可搬型ILを地上の1地点にしか設置することができない場合を想定した計測では、スギ40本中31本（約78%）が計測でき、RMSEで6.1mmの誤差で胸高直径を推定することができた。なお、胸高直径の推定には、計測データで形作られる樹幹の水平断面に真円を当てはめる方法を用い、それを「最小内接円法」と呼んだ。その結果を、胸高直径の巻尺による実測値から材積式を用いて求めたスギ1本毎の樹幹のバイオマスと比較し、誤差評価を行うとRMSEで11.5kgCの誤差であった。さらに、1地点から計測できた本数のスギの胸高直径から、計測対象区画に存在する 40 本すべてのスギの全バイオマスを推定して、単位面積あたりの全バイオマスを求めた。その結果、10 本（25%）のスギが計測できれば約12%の誤差、20本（50%）が計測できれば約7%の誤差、そして30本（75%）が計測できれば3%未満の誤差で、単位面積あたりの全バイオマスを推定できることを示した。

3章では、林床に多くの草木が繁茂し、計測対象とする樹木への見通しがききにくい自然状態のカラマツ林を計測し、個々の樹木位置のマッピングとバイオマス（生重量、乾燥重量、炭素重量）の推定を行った。なお、調査対象区画としたカラマツ林では、2章のスギ林のように直接胸高直径を計測することができなかったので、あらかじめ求めておいたカラマツの樹幹直径変化係数を用いて胸高直径を推定した。その結果、2章と同じ「最小内接円法」では、胸高直径をRMSEで7.3mmの精度で求めることができた。しかし、スギと比較して、カラマツはそのほとんどがいずれかの方向へ傾いて生育していた。このため、樹幹の水平断面は楕円形をなしており、樹幹直径を正確に求めるには「楕円」に最大に内接する真円による推定法である「最大内接円法」を適用した。その結果、胸高直径の推定精度はRMSEで6.8mmに上昇した。このようにして求めた胸高直径から樹木位置のマッピングおよびバイオマス（生重量、乾燥重量、炭素重量）の推定を行った。その結果、単位面積当たりのバイオマスを誤差約2.7%の誤差で推定することができた。

2章および3章の研究では、可搬型ILで計測した計測データから樹幹直径と樹幹中心を推定する際、人による認知の下で、手作業で行った。そこで、4章では、楕円成長法によるカラマツの樹幹形の自動検出とハフ変換による樹木位置の推定について検討した。その結果、3章の方法で求めた胸高直径と、ここで行った楕円成長法による樹幹形の自動検出で推定された胸高直径は、RMSEでそれぞれ5.57mmと5.66mmの誤差であり、精度はほとんど変わらなかったが、短時間で

自動推定が可能であり、信頼性が向上した。ところで対象としたカラマツのほとんどは直立しておらず、いずれかの方向へ傾いていたため、3章の方法では樹木位置の推定誤差が大きかった。そこで、4章では、ハフ変換で3次元空間上の樹幹直線を検出し、樹木位置を自動推定した。その結果、可搬型ILを中心におよそ水平角 170° 半径 30m の範囲に生育するカラマツについて、林床植物が繁茂して踏査が困難な森林内でも、一カ所からの計測で 24 本(全本数 96 本中の 25%)の樹木位置を RMSE で 0.16m、最大誤差として約 0.24m で推定できた。

このように、本論文で示した方法が、森林モニタリングに有用であり、その応用分野も、林業分野、森林生態学に関する分野、そして、地球温暖化問題に関する分野と幅広い方面で活用が期待される。よって、審査員一同は、本論文が博士(農学)の学位論文として価値あるものと認めた。