

氏名	関 才門		
学位の種類	博 士 (工 学)		
学位記番号	博 乙 第 2 8 9 3 号		
学位授与年月日	平成 3 0 年 9 月 2 5 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	森林環境における可搬型 3 次元レーザスキャナを用いた立木計測に関する研究		
主 査	筑波大学 教授	工学博士	坪内 孝司
副 査	筑波大学 教授	博士(工学)	矢野 博明
副 査	筑波大学 准教授	博士(工学)	延原 肇
副 査	筑波大学 教授	博士(工学)	大矢 晃久
副 査	(株)アドイン研究所 顧問	博士(農学)	千葉 幸弘

論 文 の 要 旨

本論文は、主として植林された人工林を対象に、その林地での毎木の直径と樹木の位置をレーザスキャナによって計測する手法を扱ったものである。著者の修士課程での研究成果として開発した、2次元の小型レーザスキャナを小型回転台に載せて3次元空間を走査する、軽量の3次元レーザスキャナの利用を前提としている。これを稼働させながら背負って林内で定めた調査領域（一般に谷-尾根方向に長辺をもつ矩形）内をゆっくり連続して歩行し、その間のスキャンデータを連続的に記録した情報を元に処理を行い、樹木の位置と毎木の直径を算出する手法を述べている。

レーザスキャナを用いた森林内の立木計測において実用化されているものは、3次元レーザスキャナを林内において固定し、そこでスキャンデータを得ることを調査領域内の何カ所かで行い、これらから得られた情報を重ね合わせる手法であった。しかし、林内で計測装置を運んで設置しては計測し、また移動しては計測するという繰り返しよりは、連続して歩行するだけで情報が取得できれば、計測がより楽になり、効率化できる可能性が高い。本研究は、そのねらいにおいて発生する技術課題に挑戦し、その解決を試みている。

この種の計測では、1. 時々刻々得られるレーザスキャナからの情報に基づき、まず林内の地面や立木の形状をよくあらわす3次元点群を取得すること、2. 移動しながら異なる位置で取得された3次元点群をスキャンマッチングにより重ね合わせマップを生成すること、3. そのマップから立木の幹を取り出してその直径と幹の中心を計算により求めること、が必要である。本論文では、1. については先行研究で開発したスキャナを利用し、2. については既存研究でその成果が利用できる LOAM の手法を用いている。その上で、本論文は 3. に関する知見を得たものであり、LOAM により生成される MAP からより正確な立木の直径と位置を求める工夫、その結果と考察が本研究の主題となっている。

LOAM 手法で得られるマップは、その手法から立木をあらわす3次元点群の集積にばらつきがあり、

単に立木の樹幹に相当する部分に円筒の最小二乗当てはめを行っただけでは、期待する正確さでその立木の直径を求めることはできないことが観察された。そこで、この当てはめを行っただけの円筒Cをモデルとしその中心線をもとめ、これを法線とする平面Pに点群を射影し、さらに、レーザスキャナ自身が出力するスキャンデータ毎にその平面Pへの射影に対して円の最小二乗当てはめを行いその直径を求め、求められたすべての直径の平均を取るよう工夫している。またその円の中心の平均位置をとおり、円筒Cに平行な直線の地面との交点を立木の位置とする工夫を行っている。

本論文では、入林許可を得た平地および斜面にある実際の人工林にて、提案手法による実験を行い、毎木の直径と立木位置を計測する実験を行っている。林業における毎木の許容直径誤差は2cm以内とされており、本論文においてもこれを基準として評価を行っている。また、林内に設定した調査領域内での、3次元レーザスキャナの移動軌跡が計測の正確さに与える影響も調査した。平地林では、適当な30m×20mの領域を設定し、そのなかに入る14本の立木を対象とし、最良で12本が許容直径誤差内での計測ができたこと、また、立木位置は実用になる計測が行えることが示されている。この際、林内における軌跡は、調査領域内の長辺に沿う移動でUターンをする軌跡が最良であった。一方、斜面林では、適当な谷-尾根方向に30mの直線を取り、その両側に10mずつの幅をとった領域を設定し、その中に入る72本の立木を対象とした。調査領域内の短辺に沿う方向に歩行しながらUターンを繰り返して斜面を登る軌跡の場合が最良であり、72本中50本の立木が許容誤差範囲内に入ることが示された。計測対象としたすべての立木が、許容誤差の範囲内で計測できなかった理由も考察されている。なお、この結果を得るために、計測のための林内の歩行を10回行い、そこで得られた同一立木の10回の平均を計測した直径としている。このため、提案手法による計測の所要時間は数十分程度となっているが、それでも、従前の人手による計測に比べて1/3程度の作業量の減少が可能となったことも報告されている。

審 査 の 要 旨

【批評】

本論文は、3次元レーザスキャナを用い、林内の連続歩行により立木の直径や位置の計測を試みて、その正確さを評価している。様々な工夫を行い、計測の正確さの向上に努めている点も評価できるが、林業界標準の計測直径誤差を満足できない直径の計測値もまだ残っており、さらなる改良の余地が残っている。しかし、本論文で扱った計測手法は、林業界では待望されているにもかかわらずまだ実用にはなっておらず、その実用可能性の探求に果敢に挑戦して多くの知見を得ていることは高く評価できる。

【学力の確認】

平成30年7月31日、システム情報工学研究科において論文審査委員全員出席のもと、著者の論文について説明を求め関連事項について質疑応答を行った。その結果、国立大学法人筑波大学学位規程第2条第4項の「大学院の行なう博士論文の審査に合格し、かつ、大学院の博士課程を修了した者と同等以上の学力を有すること」を論文審査委員全員によって確認し、合格と判定された。

【結論】

上記の論文審査ならびに学力の確認結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。