

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：13701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26750107

研究課題名(和文)3次元現地計測に基づく植生図作成システムの開発

研究課題名(英文)Development of a vegetation mapping system based on 3D field measurement

研究代表者

大坪 克俊(Otsubo, Katsutoshi)

岐阜大学・工学部・助教

研究者番号：70411650

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、3次元計測システムに基づく植生図の自動作成システムの開発を目的として、2次元距離センサに基づく3次元計測用ハードウェアシステムを構築した。更に、距離データから3次元の点群情報への変換、距離センサと電動雲台による距離の協調計測、植生由来の点群情報に基づく3次元マップの生成、3次元マップに基づく樹木の形状特徴量の自動推定手法の開発とシステムの実装に取り組んだ。評価実験の結果から、植生図の自動作成に必要な植生情報の自動計測システムとしての一定の有効性を確認した。今後は、計測精度を実用精度へ向上させることが課題である。

研究成果の概要(英文)：In this study, we built a hardware system for 3D measurements based on the 2D range sensor for the purpose of the development of an automatic mapping system of 3D vegetation. Furthermore, we devised software systems: a system for conversion from 2D distance data to 3D point cloud, a system for the cooperative distance measurement based on a range sensor and an electric camera platform, a 3D mapping system based on the point cloud derived from vegetation, an automatic estimate system of the tree shape characteristics based on the 3D map. From the result of the evaluation experiments, we quantitatively confirmed a certain effectiveness of our system as an automatic measurement system for an automatic mapping of 3D vegetation. In our future plan, we will try to improve the precision of measurement to fit our system for practical use.

研究分野：設計工学、メディア情報学、ロボティクス

キーワード：森林資源管理 定性間伐 空間計測 樹木モデル 形状比 自動推定

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、日本では林業の衰退や過疎によって管理放棄された森林の荒廃が進んでおり、森林が保有する機能の低下に伴う社会問題の深刻化が指摘されている。このため、森林資源や生態系の基盤を成す植生の把握・管理の重要性は高まっており、精確な植生図の作成が求められている。

従来の植生図作成では、衛星写真や航空写真の画像判読や現地調査に基づくものが収集であり、得られる植生情報の量や精確性は低く、更新には多大なコストを要する。自動解析手法に基づくものも存在するが、2~2.5次元情報に基づく従来の方法では、実際の植生の複雑な3次元構造を反映した精確な植生図を作成することは原理的に不可能である。

(2) 申請者は、古来より林業が盛んな岐阜県に在る岐阜大学に所属して研究活動を行っており、地域産業的課題でもある森林資源の活用に関心を持っていた。

また、申請者らがこれまでに行った研究において、距離センサを用いた3次元計測に基づいて、室内環境や人体形状を3次元モデル化する技術を開発した。本研究の対象は、これらより複雑な3次元構造を持つ植生という自然環境ではあるが、共通の基盤的技術を適用可能な発展的課題として捉えることができると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、距離センサに基づく現地の3次元計測により植生の3次元構造をモデル化し、精確な植生図を作成するシステムを開発することを目的として研究を行った。更に、植生図の具体的な活用用途として、森林環境保全・資源活用のための定性間伐作業を設定し、従来人手で行っていた選木の効率化・高品質化を実現するため、3次元計測情報から間伐木を自動推定するシステムの開発を小目的として研究を進めた。一般的な定性間伐では、曲がって伸びている木や痩せ細っている木を間伐の対象とするため、この識別のための指標となる樹木の曲がり角度(曲がり度)と形状比の自動推定の実現を目指した。

3. 研究の方法

(1) 初年度は、①2次元レーザ距離センサ(距離センサ)で測定される距離データから3次元の点群情報へ変換するソフトウェアモジュールの開発、②植生用の3次元マップ生成のための位置合わせアルゴリズムの開発、③点群情報から樹木の幹を抽出し、幹周りの直径を推定することによって樹木をモデル化するアルゴリズムを考案し、試作システムを開発した。

しかし、2次元の距離センサで空間的な計測を実現するため、手動での距離センサの移動と複数回の計測を行った上、後処理による点群情報の統合を行っていたため、計測効率や

精度の面で大きな問題があることは明らかであった。

(2) 最終年度では、既存の距離センサを用いながら一度で空間的な計測を実現することを目指し、水平・垂直方向に高分解能で角度制御が可能な電動雲台を新たに導入し、①のモジュールの修正、および④距離センサによる計測と雲台の動作制御を協調処理するためのソフトウェアモジュールを開発した。また、③の試作システムについて、樹木の曲がり度と形状比を自動推定するアルゴリズムを開発し、試作システムに実装した。ここで本システムのアルゴリズムの概要を述べる。

(2-1) 曲がり度

一定間隔ごとに区切った区間内にある頂点群から、幹を円柱と仮定した場合の中心点と直径を求め、隣接する区間の中心点同士の差ベクトルから幹の中心軸を表す方向ベクトル(幹ベクトル)を求める。幹の根本を始点として、隣接区間の幹ベクトル同士の成す角を先端方向に積算し、和が閾値(一般的には 20°)以上となった場合は「曲がった木」と判定できる。

(2-2) 形状比

本システムは、距離センサは地面に水平に設置され、地上高・水平角度、計測地点のDEM情報が既知であることを前提としており、最高位置の点から地面への投影点の距離を以て樹木の全高とする。形状比は、全高÷胸高直径で求める。

4. 研究成果

本研究では、開発したシステムの有効性を検証するため、人工樹木モデル(モデル)を作成し、これを対象とした評価実験を行った。モデルは、2つの関節(第一関節、第二関節)を持ち、クロームメッキの曲板チドリで塩化ビニールのパイプ($\phi 60\text{mm}$, 長さ 150mm)3個を 50mm 間隔で直列に固定したものであり、樹木の幹の形状を模している。関節部は2枚の曲板チドリをボルトとナットで固定した機構で角度が変えることができ、樹木の曲がり度を表現することができる。なお、胸高は一定値(18mm)として扱った。

実験は、図1に示すように、モデルが自立する水平な地面をXZ平面として、モデルの各関節の角度(Y軸との成す角度)について(a)~(d)の4パターン、計測方向についてモデルを中心にXY平面を基準としてY軸周りに 90° ずつ変えた4パターンの計16パターンを用意し、形状特徴の手動計測とシステムによる推定を行った。更に、システム推定結果の平均値、手動での計測値を真値とした平均誤差を求めた。

ここで、XY平面、ZY平面における曲がり度

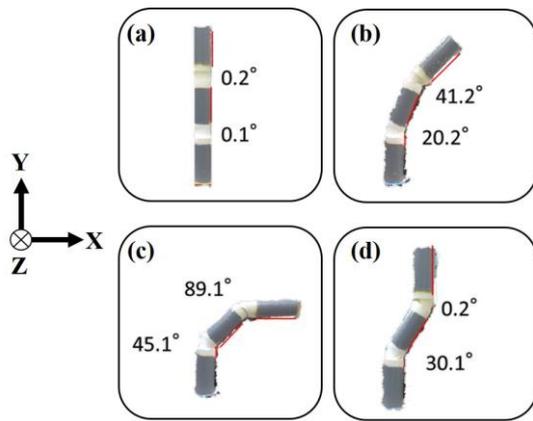


図 1. Y 軸との成す角のパターン

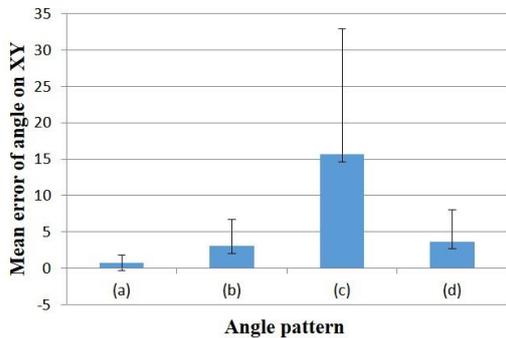


図 2. XY 平面上の曲がり度

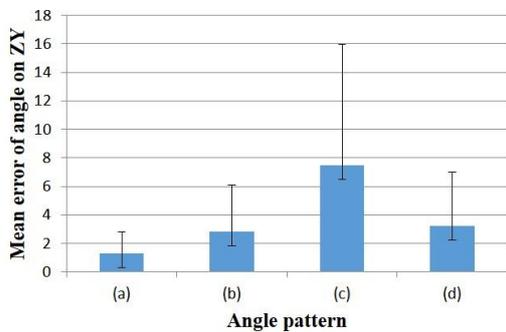


図 3. ZY 平面上の曲がり度

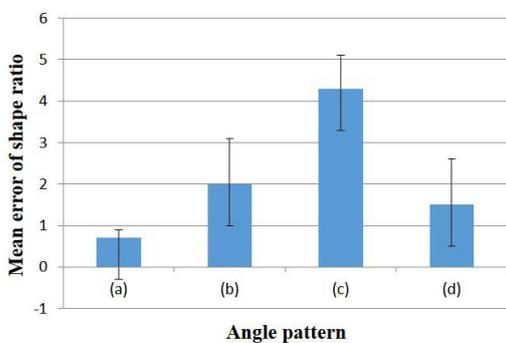


図 4. 形状比

表 1. 推定結果

| | (a) | | (b) | | (c) | | (d) | |
|-------------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| | 平均誤差 | 妥当性 | 平均誤差 | 妥当性 | 平均誤差 | 妥当性 | 平均誤差 | 妥当性 |
| 曲がり度 (XY平面) | 0.7 | ○ | 3 | ○ | 15 | × | 3 | ○ |
| 曲がり度 (ZY平面) | 1.3 | ○ | 2.8 | ○ | 7.4 | × | 3.2 | ○ |
| 形状比 | 0.7 | ○ | 2 | ○ | 4.3 | × | 1.5 | ○ |

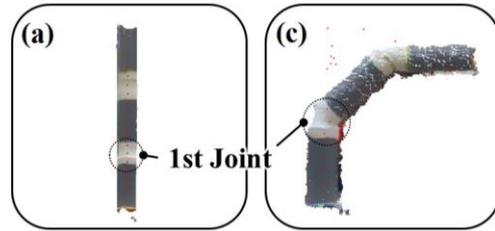


図 5. 推定した中心点

に関する全測定方向の平均推定結果を図 2, 図 3 に示し, 形状比の結果を図 4 に示す. これらの図より, 全体的な曲がり度が大きくなるに従って全ての指標の誤差が大きくなる傾向が読み取れる.

表 1 は, 各指標の平均誤差と推定の妥当性をまとめた結果を示す. 本研究では, 各平均誤差の目標値を, 角度については曲がった木と判断する 20° の 20% (4°), 形状比については痩せ細った木と判断する 80 の 5% (4) とし, 目標値以内に収まったかどうかで妥当性 (○: 有 / ×: 無) を判定した.

表 1 より, (a), (b), (d) については全ての指標について妥当性を確認できたが, (c) については確認することができなかった. これは, 角度は中心軸, つまり中心点に基づいて推定されているため, 中心点位置の推定に問題があると考えられる.

ここで, 実際にモデルを計測して得られた点群に中心点 (赤点) を重畳描画した様子を図 5 に示す. 図 5 に示された通り, (a) については大よそ正しい位置に中心点が描画されているが, (c) については第 1 関節以降の中心点の描画位置が不規則に散乱していることが分かる.

これらの結果から, 幹の曲がり角が比較的緩やかな場合には実用十分な性能を保有しているものの, 極端に曲がっている場合の推定精度は不十分であるとの知見を得た.

以上より, 精度面での改良は必要であるが, 距離センサ情報に基づく間伐木の自動推定までの一連のシステムの構築には成功している. これは, 森林環境保護・資源管理の植生図生成の元となる植生情報の自動生成システムの基礎が実現したことを意味しており, 今後のシステム改良を経て, 従来の現地調査に要した多大なコストの削減に大きく貢献できる可能性を示していると考えられる.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

〔雑誌論文〕 (計 0 件)

〔学会発表〕 (計 0 件)

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年月日 :

国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

取得年月日 :

国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大坪 克俊 (Katsutoshi Otsubo)

岐阜大学・工学部・助教

研究者番号 : 70411650

(2) 研究分担者

()

研究者番号 :

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :