

# 小型レーザスキャナによる森林の3次元計測技術

塩沢恵子<sup>4,1</sup>、望月寿彦<sup>4,1</sup>、近藤修平<sup>4,1</sup>、坪内孝司<sup>2</sup>、浅野明日香<sup>2</sup>、松本光広<sup>2,3</sup>、  
富村周平<sup>4</sup>、中西修一<sup>4</sup>、望月亜希子<sup>4</sup>、千葉幸弘<sup>5</sup>、佐々木浩二<sup>1</sup>、速水 亨<sup>4</sup>

1 株式会社アドイン研究所、2 筑波大学大学院、3 久留米工業高等専門学校、4 株式会社森林再生システム、5 独立行政法人森林総合研究所

## 背景と目標

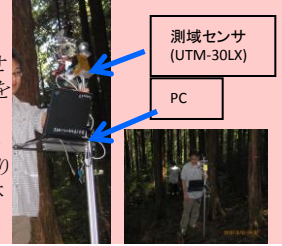
従来の森林調査(林地測量, 毎木調査など)は多大な時間と労力を要し、集計作業に要する手間や得られる情報量を見比べると、効率적とは言いがたい。

今回開発中のレーザ計測装置は、森林調査の効率を向上させるとともに、林地の地形、立木の位置と形状、林冠構造など、従来の手法では得られなかった林分情報を一度の調査で収集することが可能であり、毎木データや林分バイオマス等の森林資源情報をも同時に算出する分析ユニットを備えた携行型の計測装置を目指している。

## 計測方法

本装置は、小型レーザスキャナを回転させる機構を採用して、地面から林冠部分までをレーザ計測する。

林内の地形や立木同士によって遮蔽されるので、複数地点で本装置による計測を繰り返す必要があるが、林相が一樣でない森林ではむしろこうした移動計測が有効である。



“一脚”式の実験装置でのヒノキ林計測

## 本装置の概要

本装置は、小型レーザスキャナを回転させる機構を採用し、地面から林冠部分までをレーザ計測するものである。

## 開発目標

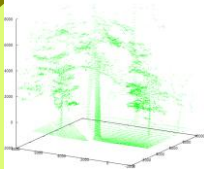
- ・立木位置の測定誤差 < 10cm
- ・DBHの測定誤差 < 2cm
- ・計測装置の重量 < 10kg



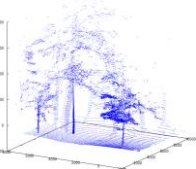
計測装置



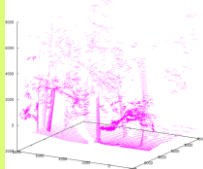
第一次実験装置



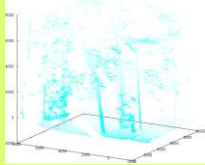
地点1からの計測



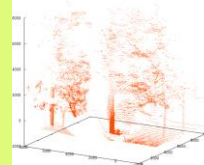
地点2からの計測



地点3からの計測



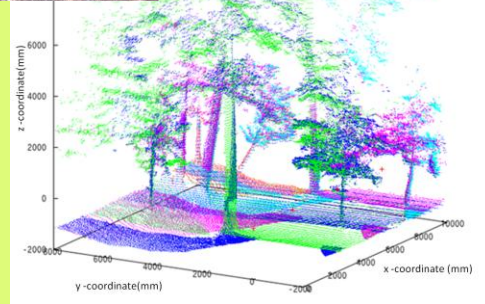
地点4からの計測



地点5からの計測



- Measurement data at location 1
- Measurement data at location 2
- Measurement data at location 3
- Measurement data at location 4
- Measurement data at location 5

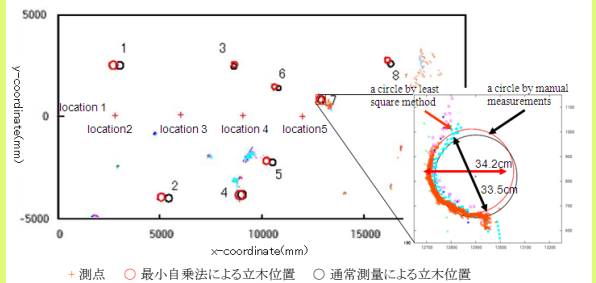


## データを統合した森林の3次元マップ

複数カ所からのレーザ反射で得られるpoint cloudを計算処理するため、SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 技術のひとつであるICP (Iterative Closest Point) 法によって、データを統合化するアルゴリズムを開発し、森林空間の3次元マップが得られた。

## 樹木データの抽出

レーザ計測で得られる三次元空間の点データ (point cloud) から、ひとつひとつの個体を識別して立木位置を確定させ、幹を認識させて樹幹断面を円形近似してDBHなどを計算する。



立木位置およびDBHについて、今回開発したアルゴリズムによって計算した結果と、従来手法(巻尺等を用いた計測)による計測値を比較した(下表)。立木位置の測定差は約30cm以下、DBHについては2cm程度の違いであった。樹体の形状や立木位置の計算結果は、森林内で反射して得られるpoint cloudの密度に依存すると考えられる。

Tree No.	Tree location					DBH			
	manual measurement		least square method		location error	manual measurement		least square method	
	x(cm)	y(cm)	x(cm)	y(cm)	(cm)	diameter (cm)	diameter (cm)	error (cm)	error (%)
1	300	280	274	250	26	36.0	38.8	2.8	7.8
2	540	-400	509	-395	32	34.0	36.2	2.2	6.5
3	880	245	868	254	12	27.0	28.0	1.0	3.7
4	900	-383	896	-385	6	40.0	43.8	3.8	9.5
5	1050	-225	1024	-217	27	31.5	32.2	0.7	2.2
6	1080	138	1065	146	17	22.0	24.8	2.8	12.7
7	1290	82	1288	84	3	33.5	34.2	0.7	2.1
8	1630	257	1619	275	21	27.5	27.8	0.3	1.1

$$location\ error = \sqrt{(x\ location\ error)^2 + (y\ location\ error)^2}$$

## まとめ

- (1) 森林3次元マップを再現して樹木サイズを抽出する解析アルゴリズムが有効であることが確認された。
  - (2) バイオマス等の推定に不可欠な基本データであるDBHを自動的に抽出・計算できることが確かめられた。
  - (3) 本装置で得られる立木位置や個体サイズの情報から、間伐や成長予測などのシミュレーション開発が期待される。
- 傾斜林など様々な林況に応じた計測を視野に、森林の内部構造(幹、枝、葉、林床)の復元とバイオマス推定等を調査と同時に処理することを目指し、森林モニタリングを効率化する装置として開発中である(「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」による)。