

都市緑化樹木の CO₂ 固定量算定における精度向上に関する研究

Research on improvement of the method to estimate the amount of CO₂ fixed by planted trees in cities
(研究期間 平成 23~27 年度)

環境研究部 緑化生態研究室
Environment Department
Landscape and Ecology Division

室長 栗原 正夫
Head Masao KURIHARA
主任研究官 飯塚 康雄
Senior Researcher Yasuo IIZUKA
研究官 久保田 小百合
Researcher Sayuri KUBOTA

We investigated the amount of growth of planted trees in cities using stem analysis to estimate the amount of CO₂ fixed by planted trees in cities.

[研究目的及び経緯]

京都議定書において、日本は2008年から2012年の間に温室効果ガスを基準年(1990年)と比較して6%削減することが義務づけられている(最終報告は2014年春)。また、日本は京都議定書の第二約束期間には参加しないこととしたが、2020年の新たな国際的枠組みを決めるまでの期間及び、新たな国際的枠組みの報告にあたっては削減量を取りまとめる必要がある。

国土交通省では都市緑化等の植生回復によるCO₂固定量を取りまとめることとしており、算定精度の向上が課題となっている。そのため、これまで国土技術政策総合研究所では、伐採・掘り取りによるCO₂固定量の算定を行ってきたが、貴重な樹木資源の損失となること、伐採と掘り取りに時間と費用を要することから、伐採を行わずに非破壊で樹木のCO₂固定量の算定を実施している。

平成24年度は、樹木の形状を測量した上で、3次元モデル化することで体積を推定する手法について、最適な測量機器及びモデリングソフトを選択し、樹木のCO₂固定量算定式を作成するために必要な体積を把握し、基礎データを集積した。

[研究結果]

1. 樹木形状の3次元測量方法の選択

測量方法の選択の流れを図-1に示した。樹木は複雑な形状と空間的な広がりを持つことから、樹木の形状を測量する方法として直接的な方法を選択し、また測点毎にプリズムを設置することは困難なことから、直接的な方法のうち、ノンプリズムタイプの測定手法を選択した。ノンプリズムタイプのうち、測定密度が高く、測量者による人的誤差が小さい3次元レーザースキャナーによる測定を選定した。

性能等を比較した結果、実際に使用する測量機器は

FARO Laser Scanner Focus 3D を、データ処理ソフトはRAPIDFORMを選択した(表-1)。

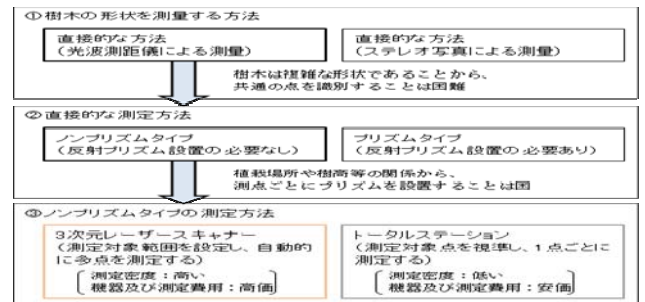


図-1 測量方法選択の流れ

表-1 使用する測量機器とデータ処理ソフト

製造元	FARO	TOPCON	Leica	Leica	Leica	Trimble	RIEGL
国	アメリカ	日本	ドイツ	ドイツ	ドイツ	アメリカ	オーストリア
形式	LSF 3D	GLS-1500	ScanStation C10	HDS3000	HDS7000	GX3D	VZ-400
計測距離	0.6m~120m	1.3m~330m	0.1m~300m	1m~200m	0.3m~187m	1.3m~200m	1.5m~600m
測定方式	位相差法	タイムオフフライト法	タイムオフフライト法	タイムオフフライト法	位相差法	タイムオフフライト法	タイムオフフライト法
計測速度(点/秒)	122,000/秒~976,000/秒	30,000/秒	50,000/秒	1,800/秒	1,016,000/秒	5,000ポイント/秒	122,000/秒
計測精度	4mm/100m	2~4mm/100m	8~12mm/100m	8~12mm/100m	6mm/100m	7~12mm/100m	3~5mm/100m
距離精度	2mm/25m	4mm/150m	4mm/50m	4mm/50m	3mm/50m	7mm/100m	3mm/100m
位置精度	2mm/25m	4mm/150m	4mm/50m	6mm/50m	3mm/50m	12mm/100m	5mm/100m
視野範囲							
鉛直	305°	35°	270°	270°	320°	60°	100°
水平	360°	360°	360°	360°	360°	360°	360°
カラー点群取得	○	○	○	○	○	○	○
質量	5kg	16kg	13kg	16kg	10kg	13kg	10kg
本体価格(万円)	500	1,260	1,500	1,500	2,200	1,400	2,100
データ処理ソフト価格	150	200	200	200	200	200	200
累計価格(万円)	650	1,460	1,700	1,700	2,400	1,600	2,300
①測定距離	◎ 比較的近距离から100m程度までの測定性能を有する。						
②測定精度	◎	◎	○	○	◎	○	◎
③測定範囲	◎	△	○	○	◎	△	△
④測定時間(速度)	◎	△	△	△	◎	△	◎
⑤機器重量	◎	△	△	△	◎	△	△
⑥汎用性	◎	○	△	△	◎	△	△
■総合評価	◎	○	○	△	◎	△	△

発売元	PLIS Technology	geomagic	InnovMetric Software	SolidWorks	(株)アイエスピー	Auto desk
国	アメリカ	アメリカ	カナダ	アメリカ	日本	アメリカ
ソフト名	RAPIDFORM	geomagic	Polyworks	Solidworks	LandForms	AutoCAD Civil 3D
特徴	機械・工業系ソフト	機械・工業系ソフト	機械・工業系ソフト	土木・建築系ソフト	土木・建築系ソフト	土木・建築系ソフト
ソフト価格(万円)	250	350	190	250	380	90
①データの互換性	○	○	○	○	○	○
大量点群読み込み	○	○	○	○	○	○
点群RGBカラー	○	×	○	×	×	×
2データ処理能力(点群別)	○	×	×	×	×	×
③画像処理能力	○	○	○	○	○	○
点群からの自動モデル化機能	○	○	○	○	○	○
曲面作成機能(管形状)	○	○	○	○	△	△
④汎用性	△	×	○	△	×	×
■総合評価	◎	○	○	△	×	×

2. 精度の検証

1. で選択した方法で検証木(ヤマモモ・樹齢66年、樹高8.0m、胸高直径82cm)を測量し3次元モデルを作成して体積を推定した。また、検証木を伐採して、満水にした容器に沈め樹木体積分の水を溢れさせ、減少した水の深さに容器の底面積を乗じて算出した樹木の体積を、検証の基準値とした。


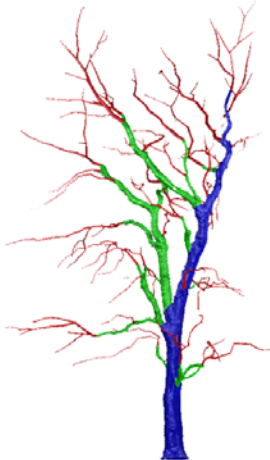
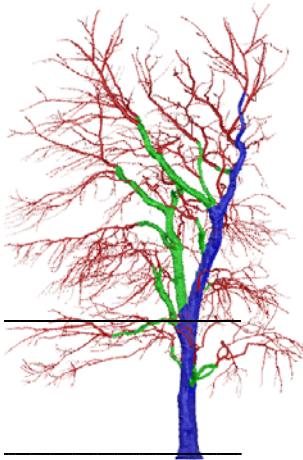


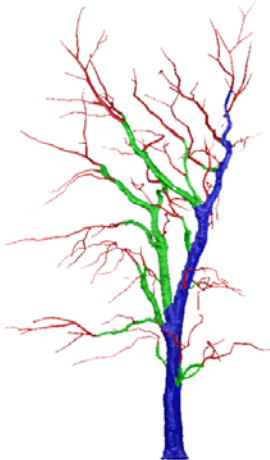
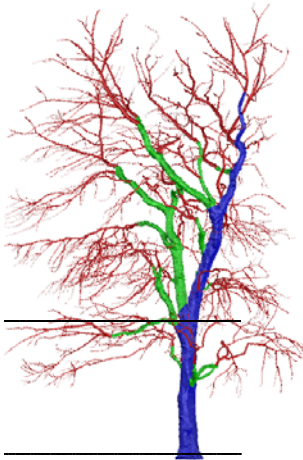

機械設置点数とモデル作成方法の異なる3次元モデルから推定した体積と、実測した体積を比較した(表-2)。
 ①17測点(自動モデル化処理)では約69%、
 ②17測点(自動+枝φ2cm以上を手動モデル化処理)の場合では85%、
 ③17測点(自動+認識可能な枝全てを手動モデル化処理)では94%であった。部位別にみると、高所や細い枝で判別できない割合が高かった。これは、測量時に葉に隠れた部分のデータの取得が困難であったこと、風によって枝が揺れた際に取得した不要な重複点の判別が困難だったためと考えられる。直径2cm以上の部位に限って比較すると、
 ①17測点(自動モデル化処理)で75%、
 ②③の手動モデル化処理では93%となった。なお、直径2cm未満の部位の割合は樹木全体の約9%である。

これらの結果から、3次元レーザースキャナーでは概ね9割の精度で樹木の体積推定は可能であると考えられる。今後は、体積推定の精度を安定させるとともに、体積から重量を推定するための、全乾比重、樹木全体の重量を推定するための、地下部の推定方法についても検討する予定である。

[参考文献]

- 1) 藤原宣夫・山岸裕・村中重仁(2002)都市緑化樹木によるCO₂固定量の算定方法に関する研究, 日本緑化工学会誌, (28)1: 26-31.
- 2) 三浦伊八郎・西田屹二(1933)木材科学, 丸善出版, 35-36pp.
- 3) 佐藤大七郎(1973)陸上植物群落の物質生産I a—森林一, 共立出版.
- 4) 松江正彦・長濱庸介・飯塚康雄・村田みゆき・藤原宣夫(2009)日本における都市樹木のCO₂固定量算定式, 日本緑化工学会誌, (35)2: 318-324.

表-2 3Dモデルによる推定体積と実測値

	①設置点数17点(自動モデル化処理)	②設置点数17点(自動+手動モデル化処理 (枝φ≥2cm以上))	③設置点数17点(自動+手動モデル化処理 (認識可能な枝全てφ≥1.0~1.5cm程度))	実測 (水槽に沈めて全ての幹と枝の体積を計測)
				
樹木モデル				
モデル体積	全体 326666 cm ³ 幹+枝φ≥2cm合計 326666 枝(φ<2cm) 0.0	全体 403451 cm ³ 幹+枝φ≥2cm合計 403451 枝(φ<2cm) 0.0	全体 446444 cm ³ 幹+枝φ≥2cm合計 403451 枝(φ<2cm) 42993	全体 476957 cm ³ 幹+枝φ≥2cm合計 433630 枝(φ<2cm) 43327
実測値に対する体積の割合(%)	全体 68.5 幹+枝φ≥2cm合計 75.3 枝(φ<2cm) -	全体 84.6 幹+枝φ≥2cm合計 93.0 枝(φ<2cm) -	全体 93.6 幹+枝φ≥2cm合計 93.0 枝(φ<2cm) 99.2	全体 - 幹+枝φ≥2cm合計 - 枝(φ<2cm) -
モデル作成方法	自動作成(作成ソフト依存方法)	自動作成 +枝φ=2cm以上の部位について、自動モデルにて作成できなかった場所を手動で補間	自動作成 +認識できる枝全て(φ=1.0~1.5cm以上の部位)について、自動モデルにて作成できなかった場所を手動で補間	
モデル作成時間(h)	ノイズ処理 5 点群合成 1 自動モデル作成 2 手動モデル作成 - 合計 3 日-8h 0.4	ノイズ処理 5 点群合成 1 自動モデル作成 2 手動モデル作成 10 合計 13 日-8h 1.6	ノイズ処理 5 点群合成 1 自動モデル作成 2 手動モデル作成 48 合計 51 日-8h 6.4	