

3Dレーザースキャナーを用いたマングローブ支柱根の構造特性に関する検討

柳澤英明¹⁾, 宮城豊彦²⁾

A study on the structural characteristics of prop root of mangrove trees using the 3-D laser scanner

Hideaki Yanagisawa¹⁾, Toyohiko Miyagi²⁾

Abstract: This study investigated the structural characteristics of prop root of mangrove trees using the 3-D laser scanner. We measured stem and prop roots of mangrove trees planted at 1998 and 1978 in the Can Gio District, Southern Vietnam. Comparing the measurement by measuring tape, the 3-D laser scanner scanned stem diameters with the accuracy of less than 1 cm. From the analysis of 3-D data, we revealed that the volume of prop root is concentrated from bottom to the 1/4 height of prop root. This structure could contribute to prevent a tree from uprooting on soft ground. From these results, we concluded that 3-D laser scanner is effective to investigate mangrove root systems.

Keywords: Mangroves, Marine ecosystem, Prop root, 3-D laser scanner

1. はじめに

近年、3Dレーザースキャナーによる非接触型の形状測量が盛んにおこなわれるようになってきた(例えば、寺岡ら, 2013)。この技術をマングローブの形状測量に適用することで、複雑に絡み合う支柱根の構造や体積などを正確に把握することができるようになって期待される。また3Dレーザースキャナーによって作成されたデータは3Dプリンターで印刷することが可能であり、マングローブの波浪減衰効果などを評価するための水理模型実験に応用することができる。しかしながら、これまで3Dレーザースキャナーをマングローブ測量に適用した事例がなく、マングローブ森林内の困難な測量環境において効率的かつ高精度な評価が可能であるかどうかの検証はされていない。そこで、本研究ではベトナム・カンザー地区における樹齢の異なるマングローブの支柱根を対象に3Dスキャンを行い、精度検証を行う。さらに3Dデータを用いて、支柱根体積の鉛直分布特性を明らかにする。

2. 研究方法

2.1. 計測方法と特徴

今回の計測では携帯性に優れたDotProduct社製DPI-8Xハンディスキャナーを利用した(図1)。DPI-8Xは、

PrimeSense(Apple)社製のPrimeSense Carmine1.08センサーによる赤外線カメラとRGBカメラを使用して、SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)技術(友納, 2018)によって形状測定をする3Dスキャナーで、計測範囲は0.8~3.5mである。また一回の測定で全体をスキャンすることができない場合でも、測定を分けて複数の画像をつなぎ合わせる事が可能となっている。その際には、つなぎ合わせるためのマーカーを事前に設置しておくことが望ましい。本研究では、黒と白のモザイク模様のマーカーを根や幹に設置した(図1c)。一方、PrimeSenseセンサーの弱点として、室内での利用を目的としているため太陽光に弱く、強い日光が差し込む場所では十分な計測ができない。そのためマングローブ森林内でも、太陽光が多く差し込む場所や時間帯では、精度が低下したり、想定以上にスキャンに時間がかかったりする場合がある。そのため、太陽光が多く差し込む場所で計測を実施したい場合には、日の出や日の入りあたりの時間帯を使うのが望ましい。本研究では、日射が強い時間帯には傘で日陰を作りスキャンを行った。

2.2. 研究対象地域

2017年8月11~13日の期間に、ベトナム・カンザー地区において1998年(19年生)と1978年(39年生)に植林されたマングローブ林(*Rhizophora apiculata*)を対象と

¹⁾ 東北学院大学教養学部地域構想学科 E-mail: h-yanagi@mail.tohoku-gakuin.ac.jp Department of Regional Design, Faculty of Liberal Arts, Tohoku Gakuin University, Izumi-ku, Sendai, Miyagi 981-3193 Japan

²⁾ 株式会社アドバンテクノロジー Advantech Co., Ltd., Aoba-ku, Sendai, Miyagi 980-0013 Japan 東北学院大学人間情報学研究所 客員研究員 The Institute for Research in Human Informatics, Tohoku Gakuin University, Izumi-ku, Sendai, Miyagi 981-3193 Japan

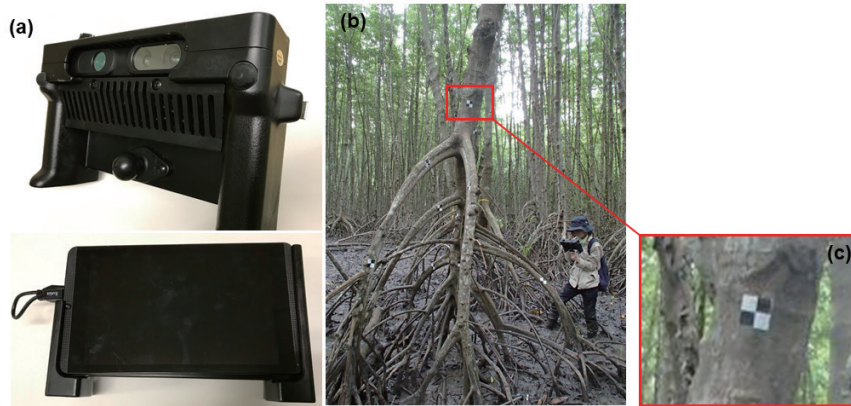


図1 (a) DPI-8X ハンディスキャナー, (b) マングローブの3D計測時の様子, (c) マーカー
Fig.1 (a) DPI-8X Handy scanner, (b) 3-D measurement of a mangrove tree, and (c) Marker.

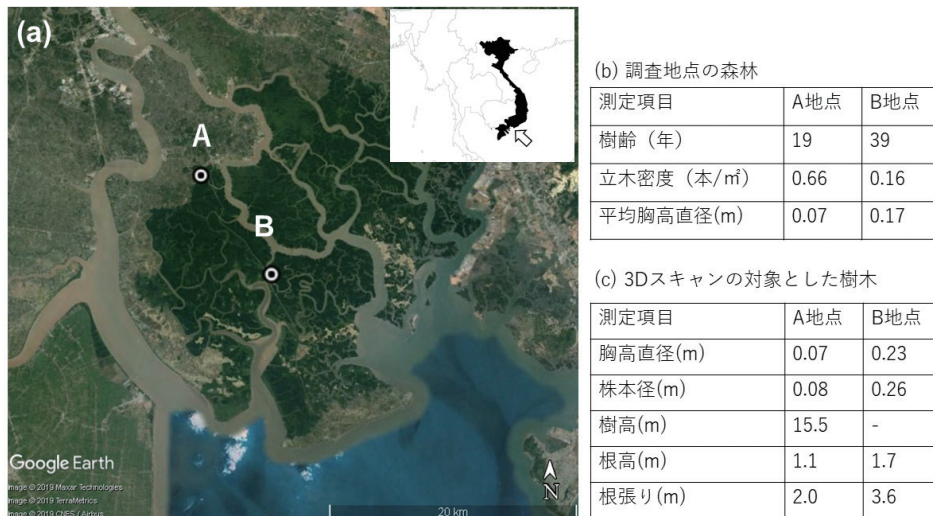


図2 (a) 調査地点, (b) 対象地点の森林の諸元, (c) 3Dスキャン対象樹木の諸元

Fig.2 (a) Survey area, (b) Conditions of the target forest, and (c) Conditions of target trees for the 3-D scan.

して図2aのA・B地点で調査を行った。毎木調査より、AとBの地点における森林の平均胸高直径および立木密度はそれぞれ7cm、0.66本/㎡と17cm、0.16本/㎡であった(図2b)。本研究では、それぞれの森林内で平均的な大きさに近い樹木を選定し3D計測の対象とした(図2c)。

3. 3D計測結果と応用

3.1. 3Dスキャンの精度と構造特性

図3に19年生と39年生のマングローブの3Dスキャン結果と写真を示す。写真との比較から、3Dデータが支柱根位置や細かい節の部分まで良く再現していることがわかる。3Dデータによる19年生と39年生のマングローブの株元径はそれぞれ8cmと26cmで、巻き尺による測定結果(図2c)とほぼ同じ値であり、主幹については1cmよ

り小さい誤差で評価できることが分かった。主幹以外の要素については実測における基準点が不明瞭であったため、直接の比較が難しいがおおむね同程度の値となっている(表1)。以上より、3Dレーザー・スキャナーによる計測は支柱根などの形状測定に有効であることが確認できた。本研究では、主幹上で最も高い地点から出ている根の高さから地面までを支柱根全体と考え体積を算定した。その結果、3Dデータから19年生のマングローブの支柱根部の体積は0.0078m³、39年生は0.19m³となった。この結果より、両者にはおよそ24倍の体積差があることが分かった。さらに図4には体積の鉛直分布を示す。これによると根高の4分の1までの体積が際立って大きくなっていることがわかる。底面付近に自重を集中させることで、軟弱地盤でも安定して立地できる構造となっていると考えられる。また体積の累積分布に関しては、ほぼ放物線で近似されることが分かった(図4bd)。

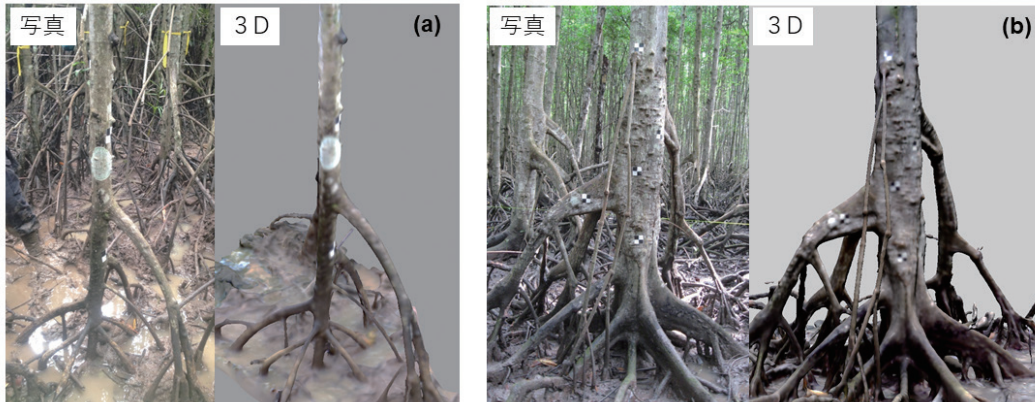


図3 マングローブの写真と3Dデータの比較

(a) 19年生, (b) 39年生

Fig.3 Comparison between mangrove's photos and 3-D data. (a) 19 years and (b) 39 years.

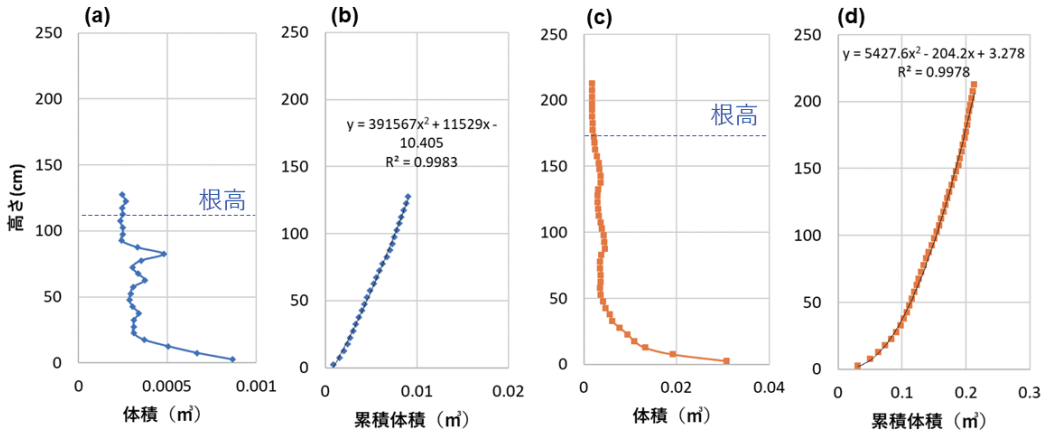


図4 体積の鉛直分布および累積分布

(a) (b) 19年生, (c) (d) 39年生

Fig.4 Vertical distribution and cumulative distribution of tree volume. (a)(b) 19 years and (c)(d) 39 years.

表1 3Dデータとメジャー測定の結果比較

Table 1 Comparison between 3-D scan data and measurement by a measuring tape.

年代	19年生		39年生	
	メジャー	3Dデータ	メジャー	3Dデータ
株本径	0.08	0.08	0.26	0.26
根高	1.10	0.99	1.70	1.67
根張り	2.00	1.64	3.6	3.47

3.2. 3Dプリンターによる出力

3Dデータから3Dプリンターを利用して1/10と1/22スケールのマングローブ模型を作成した(図5)。3DプリンターにはMutoh社製MF-2200Dを利用している。写真との比較から、マングローブ模型が細部まで形状を再現しており、精度の高さを確認することができる。MF-2200は熱で溶かしたプラスチックを積み上げていく熱溶解積層方式の3Dプリンターで、最小0.05mmの層厚で印刷することが可能である。しかしながら、積層が細かく

なると印刷に多くの時間を要してしまうため、本研究では0.3mmの積層で印刷を行った。そのため今回の模型には0.3mm程度の誤差が生じている可能性がある。

今回作成したマングローブ模型は水理模型実験などで利用することができ、正確なマングローブ形状による津波減衰効果を評価することが可能となる。図6にマングローブ模型を利用した段波水理模型実験の事例を示す(柳澤ら, 2019)。津波に模した段波がマングローブを通過する過程で減衰していく様子がわかる。

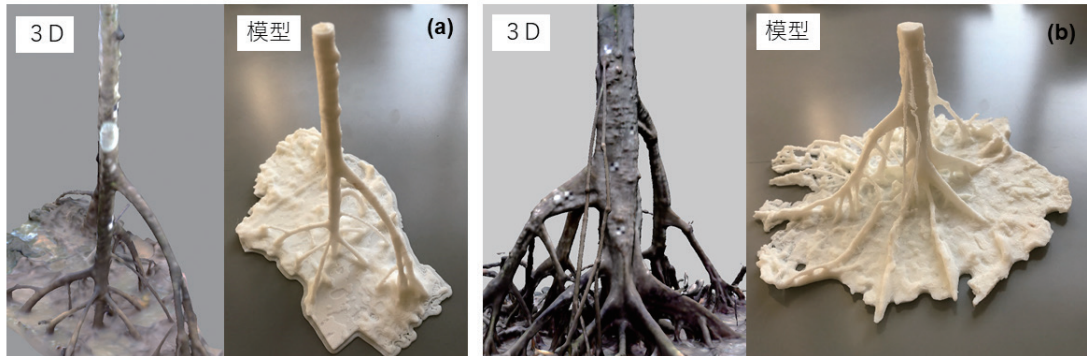


図5 3D データと 3D プリンターによる模型比較
(a)19 年生 (1/10 スケール), (b) 39 年生 (1/22 スケール)

Fig.5 Comparison between 3-D data and models by 3-D printer. (a) 19 years (1/10 scale) and (b) 39 years (1/22 scale).

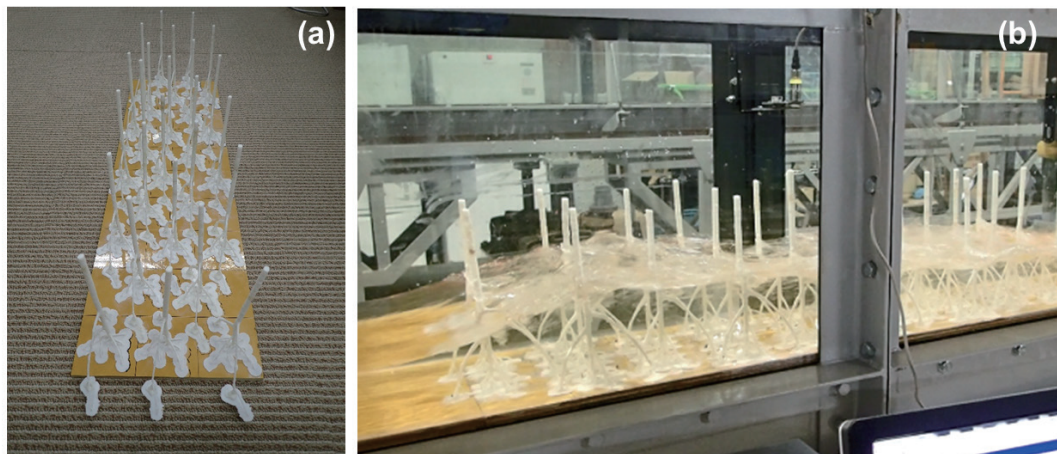


図6 マングローブ模型を利用した水理模型実験 (1/10 スケール)

Fig.6 Hydraulic experiment using mangrove models (1/10 scale).

4. まとめ

本研究の成果を以下に列挙する。

- ・3D スキャナーによってマングローブの主幹部を 1 cm より小さい誤差で正確に評価できることがわかった。
- ・マングローブ支柱根の鉛直方向における体積分布から、根高の約 4 分の 1 程度の体積が際立って大きいことが分かった。軟弱地盤上でも倒木しにくい構造になっていると考えられる。
- ・マングローブの 3D 模型を作成することで、水理模型実験などに応用できることを示した。

謝辞

ベトナムにおける現地調査では、国際マングローブ生態系協会 馬場繁幸先生、国立環境研究所 井上智美さん、Nong Lam 大学 Vien Ngoc Nam 先生、Can Gio Mangrove Protection Forest Management Board の Huynh Hoan さん他、多くの方のご支援を頂きました。

本稿をまとめるにあたり、日本マングローブ学会編集委員会編集長の藤本潔先生に大変お世話になりました。また、2名の匿名の査読者によって詳細なご確認・ご指摘を頂きました。ここに記して心より感謝申し上げます。

本研究は、環境省環境研究総合推進費「グリーンインフラを用い気候変動に伴う沿岸災害の減災評価手法の開発」(課題番号:2-1712) および、JSPS 科研費(JP19H01981)の助成を受けたものです。

文献

- 寺岡行雄・木原宏・大迫信之・下鶴瀬昭広 (2013) : 地上設置型 3D レーザースキャナによる立木計測の精度について. 九州森林研究 66: 133-135.
- 友納正裕 (2018) : 『SLAM 入門: ロボットの自己位置推定と地図構築の技術』 オーム社.
- 柳澤英明・宮城豊彦・会田俊介 (2019) : 3D マングローブ模型を用いた津波減勢効果の検討. 日本地理学会発表要旨集 96: 51.