

地上型レーザースキャナによる高齢級アテ人工林の点群データ取得

一二三悠穂^{*1}・木村一也^{*2}・古坊勝利^{*3}・矢田 豊

要旨：石川県輪島市内の高齢アテ人工林を含む森林域において、地上型レーザースキャナ（TLS）を用いた調査を実施し、施業結果の記録・分析等のためのデータセットを構築した。得られた点群の密度では樹種判定や樹幹表面の詳細な記録はできなかったが、広範囲の森林の林分構造や複層林下木の樹冠形を記録することができ、施業管理のための重要な参考データ等として、有効に活用できる可能性が示された。

キーワード：アテ、能登ヒバ、地上型レーザー（TLS）、デジタルツイン、林業遺産

I. はじめに

石川県の「県の木」であるアテ（能登ヒバ）を構成樹種として含むアテ林業では、アテの樹種特性を活かした択伐林施業（複層林施業）や伏条取木といった固有の技術体系が構築されており、また、材の特性を活かした建築用材や輪島漆器の本地としての利用など、地域の文化に根差した材の活用技術にも特徴があり、これらのことから、2023年、林業遺産にも認定されたところである¹⁾。

アテ複層林の施業管理技術としては、収量比数や収量密度図などを用いた指針が作成されている^{2) 3)}ほか、下木の樹冠形等を用いて将来の成長を予測する指針も提案されている⁴⁾が、現在は材価の低迷や過疎化に伴い管理意欲の低下が進行しており、それらの技術の普及や活用が十分に進んでいない状況にあった。

令和6年能登半島地震の発災により、当地域の林業も甚大な被害を受けた。石川県は2024年6月に「石川県創造的復興プラン」⁵⁾を公表し、「能登ヒバ等県産材の生産拡大と利用促進」を創造的復興の柱の一つとして掲げられたところである。上記の複層林施業技術についても、創造的復興の文脈に沿った見直しと普及が、今後必要になるものと考えている。

当地域には小規模分散型土地所有が多く、アテの植栽年度や本数、過去の施業履歴等の違いにより、林相が多種多様できめ細かな施業プランの立案が求められる。こうした背景から、アテ人工林経営の計画立案に向けては、立木本数・樹高・胸高直径といった基本的な情報に加え、単木単位の位置や樹形（樹冠形や幹形状）に関する情報も取得することが望ましいが、従来の手作業による計測には膨大な時間と多大なコストが必要になる。

そこで、近年樹形等を正確に計測する手段として普及しつつある地上型レーザースキャナ（以下、TLS）等を活用することとした。アテ林業へのTLSの活用例としては、深刻な材質劣化を引き起こすアテ漏脂病の患部の（樹幹横断面形状等の）経年変化を記録・分析するため、2012年に（国内の森林・林業分野としては先駆的に）TLSを試用した事例がある⁶⁾。前述の樹冠形を指標とした管理指針の活用や、漏脂病被害推移予測についてのより実用的な指針を得るためにも、TLSによる計測は有用であると考えられる。

以上のことから、今回、石川県輪島市内の高齢アテ人工林を含む森林域においてTLSによる調査を実施し、施業結果の記録・分析等、施業管理のためのデータセットを構築したので、報告する。

II. 調査地および方法

1. 調査地

調査地の状況を以下に示す（図-1、表-1）。

1) 石川県健康の森「アテ展示林」

輪島市三井町中長谷に位置する「石川県健康の森」エリア内の県有地「アテ展示林」である。

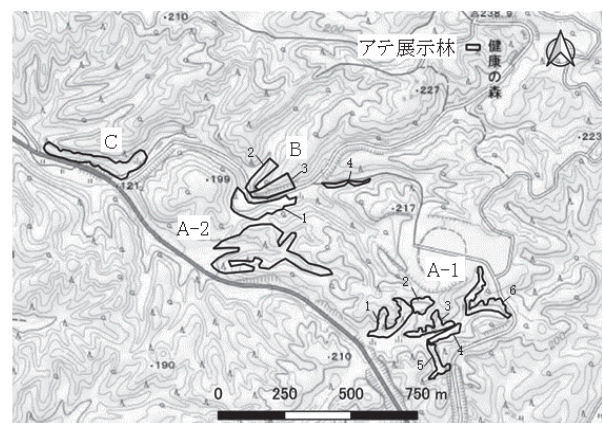


図-1. 調査地

*1 石川県奥能登農林総合事務所 *2 石川県森林組合連合会 *3 能登森林組合

対象地は、地元の指導林家石下哲雄氏がアテの複層林として仕立てたもので、1994年に県の保健休養林として整備するため周辺地と併せて県有地とされ、その後展示林として利用されている。

林冠を構成する高木層は60年生のアテ、アカマツで、低木～亜高木層の構成樹種は、ほとんどが伏条由来のアテである。林内にアテ漏脂病の発生とアテ幼木の枯死が認められ、林内環境の改善と稚樹個体数の回復のため、2023年度に群状択伐とアテの植栽を計画している場所に20m×50mの長方形区を設置し、伐採前の2023年9月にTLS計測を行った。

2. 輪島市三井町の私有林

以下の各調査エリアの全域を対象として、TLS調査を実施した。

A-1：上層が58～90年生のスギ、アテ、下層がアテの二段林（所有者1名）。一部で2006、2007年度に間伐が実施されている。全域を6区に分け、2024年7月に計測を実施した。

A-2：58～100年生のスギ、アテ単層林である（所有者1名）。2010年度に間伐が実施されている。2024年10月に計測を実施した。

BB：上層が55～120年生のスギ、アテ、下層がアテの二段林である（所有者1名）。2010年度に間伐が実施されている。全域を3区に分け、2024年12月に計測を実施した。

C：上層が80～100年生のスギ、アテ、下層がアテの二段林である（所有者10名）。2012年度に一部にて間伐が実施されているが、全体的には間伐が行

われておらず、下層植生は貧弱で、枯死した伏条アテの株が見られる。計測は2024年8月に実施した。

2. TLS計測

立木の計測作業は、OWL（（株）アドイン研究所）およびLA-03（（株）マプリィ）を用いた。取得した点群データはそれぞれ、OWLはOWL Manager ver1.7.8.0（（株）アドイン研究所）を、LA-03はmapryPC版 ver1.0.78.14（（株）マプリィ）を用いて解析を実施した。各調査区において使用した機種については、表-1に記載した。

なお、本報告におけるLA-03の計測は、15分程度の現地計測（今回のデータ処理環境、かつ歩きやすい林内環境にて1ha程度）の範囲で実施した。

Ⅲ. 結果および考察

本調査により立木6,702本分の点群情報を取得し、構成立木の計測作業や林相の確認作業等を行った。なお、点群データの合計ファイルサイズは41.17GB（4.82GB/ha）となった。

1. 点群の編集・表示

TLSにより取得した点群の、専用ビューアによる表示例を、付図-1～4に示す。付図-1、3、4の点群の色は、計測時のレーザーの反射強度により色分けされた表示であり、付図-2は、計測時に付属の全天球カメラにて撮影された画像の色情報をマッピング表示した事例である。付図-2において林冠上層部の点群が白く表示されているのは、計測地点（地表）にて撮影した全天球カメラ画像には写っておらず、点群に色情報を付与できなかった

表-1. 調査地の概要

調査地	林小班	調査面積 (ha)	総本数 (本)	立木密度 (本/ha)	樹 種		平均DBH (cm)		平均樹高 (m)		※ 機器	間伐 履歴 (年)		
					上層	下層	上層	下層	上層	下層				
調査区No.														
輪島市三井町私有林	アテ展示林	305-72	0.10	140	1,400	アテ、アカマツ	アテ	27.5	9.2	13.3	4.9	0		
	A-1	1	305-19	0.94	783	832	スギ	アテ	36.8	13.0	23.5	10.7	0	
		2		0.36	311	863	スギ	アテ	36.8	12.5	23.3	10.3	0	2007
		3		0.53	427	805	スギ、アテ	アテ	36.5	12.3	23.2	10.1	0	
		4	305-15	0.30	202	673	スギ、アテ		38.8	-	23.2	-	0	2006
		5		0.39	252	646	スギ、アテ		34.6	-	21.8	-	0	2006
		6		0.90	627	696	スギ、アテ		32.0	-	20.7	-	0	2007
		小計		3.42	2,602									
	A-2	305-25, 68	1.10	742	674	スギ、アテ	アテ	26.2	-	17.3	-	L	2010	
	B	1	305-55, 62, 65	1.31	673	513	スギ、アテ	アテ	36.3	22.6	20.9	6.2	0	2010
		2	306-49	0.74	440	594	スギ、アテ	アテ	28.9	21.7	20.6	12.7	L	
		3	306-54~57	0.21	315	1,500	スギ、アテ	アテ	30.1	-	27.1	-	L	
			小計		2.26	1,428								
	C		1.65	1,790	1,084	スギ、アテ	アテ	33.9	12.8	21.7	10.8	0	2012	
	中計		8.43	6,562										
計	12	8.53	6,702											

※計測機器は、OWL(O)およびLA-03(L)を用いた。

た部分である。現物の色がマッピングされることにより、樹種判定や漏脂病被害状況把握等に使用可能となることを期待したが、点密度が十分でなく、樹幹表面の詳細な状況を確認することはできなかった。

付図-1 および 2 は、各林分の鳥観図を表示した事例である。静止画としての活用のほか、PC の画面上にてマウス操作にて視点を移動することにより、各立木の樹幹形などを、より直観的に把握することができる。

付図-3 および 4 は、調査地における任意の直線の、左右方向に存在する点群を表示した縦断面表示の例である。従来はスケッチにて時間をかけて描画していた林相縦断面図を、任意の位置を対象とし、正確かつ迅速に作成することが可能であった（付図-5）。

付図-6 は、林内のアテ下木の点群取得事例である。個体による樹冠形の違いが、明確に記録・表示できた。

2. 林況、立木本数、胸高直径と樹高

TLS 計測によって確認された立木を、林冠を形成する上層と林冠に到達しない下層に分け、それぞれの本数、平均樹高、平均胸高直径を取得した。

1) 石川県健康の森「アテ展示林」

上層（樹高 10.0m 以上）が 60 本（平均樹高 13.3m、平均胸高直径 27.5cm）、下層（樹高 10.0m 未満）が 80 本（平均樹高 4.9m、平均胸高直径 9.2cm）であった。下層を構成するのはほぼアテのみであったが、上木との直径差が大きく、二段林型を呈していた。上木は、胸高直径が 28 cm 以上に達しているものもみられた。

2) 輪島市三井町の私有林

上層（樹高 15.0m 以上）において確認された立木は 1,514 本（樹高 15.0～34.8m）で、低木～亜高木層は 5,048 本（樹高 1.4～14.9m）であった。上層の胸高直径は低木～亜高木のほとんどはアテで、林道沿いなど比較的日当たりの良好な場所では樹高成長が旺盛な個体が確認できた。

3. 計測成果の活用

TLS による計測成果は、当初間伐作業等の選木や所有者への説明等に用いることを想定していたが、令和 6 年奥能登豪雨の影響等により作業スケジュールの調整が困難となり、実施は叶わなかった。

なお、今回記録した点群データについては将来の活用に備え、組織内の複数の情報資産管理場所

に保管するほか、産業技術総合研究所の 3D データ検索・閲覧システム～3DDB Viewer⁷⁾への登録・公開も予定している。今回取得した点群データを広く公開することにより、林業遺産「能登のアテ林業」のスタディツアーの導入ツール等としての活用等が期待できるものと考えている。

IV. おわりに

TLS 調査を実施することにより、広範囲の森林の林分構造をそのまま記録することができ、選木作業や成長等予測のための主要な参照データとして、有効に使うことができる可能性を確認できた。なお、今回取得した点群密度では、樹幹表面の詳細な把握には至らなかった。今後 TLS の仕様変更等により高密度点群の保存が可能になったとしても、データサイズの肥大化による処理・運用時のハードウェアリソースへの負荷増大や、データ保存コストの増加といった課題が懸念される。

なお、使用した TLS 2 機種 of 計測精度や作業時間等については、別途報告予定である。

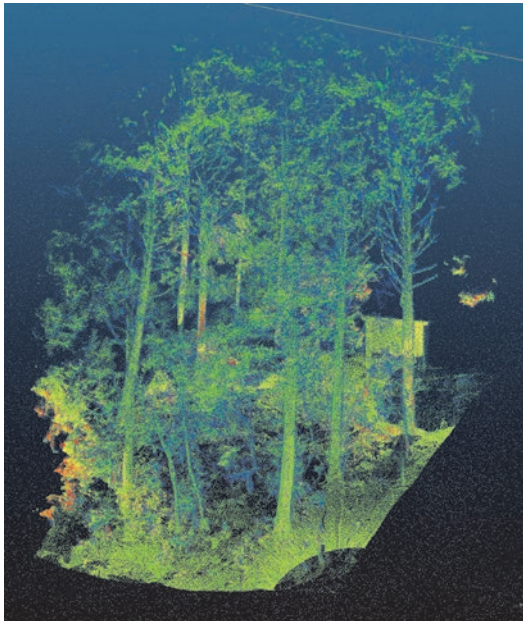
謝 辞

今回の輪島市三井町の私有林における TLS 計測は、2023 年度公益信託農林中金森林再生基金（農中森力基金）の助成を受け、能登森林組合が主体となり実施したものである。

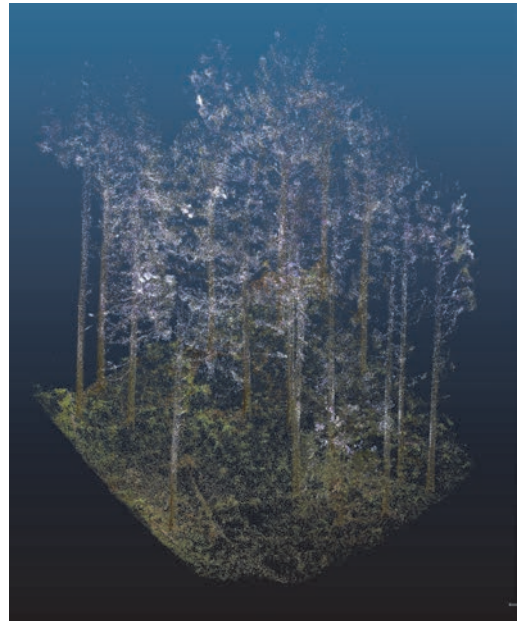
引用文献

- 1) 日本森林学会：No.49 能登のアテ林業、<https://www.forestry.jp/forestryheritage/2023-9745/> 2025 年 3 月 14 日参照。
- 2) 石川県農林水産部：複層林施業技術指針。石川県（1996）。
- 3) 石川県輪島林業事務所：収量密度図を使ったアテ択伐林の密度管理方法。石川県（普及資料）（1994）。
- 4) 矢田 豊：複層林下木の樹冠形成成長モデルアテ（ヒノキアスナロ）8 年間の検証ー。日林講 110, 120（1999）。
- 5) 石川県：石川県創造的復興プラン。石川県（2024）。
- 6) 矢田 豊・森本康永：3 次元レーザースキャナを用いたアテ（ヒノキアスナロ）漏脂病被害林分における樹幹形状の把握。樹木医学研究 16(2),83-84（2012）。

7) (国研) 産業技術総合研究所: 3DDB Model Viewer,
https://gsrt.digiarc.aist.go.jp/3ddb_demo/tdv/index.html 2025 年 3 月 14 日参照.



付図-1, 取得点群データによる鳥瞰図 (アテ展示林)



付図-2, 取得点群データによる鳥瞰図 (A-1 スギ・アテ2段林)



図-3, 取得点群データによる林相縦断面図 (アテ展示林)

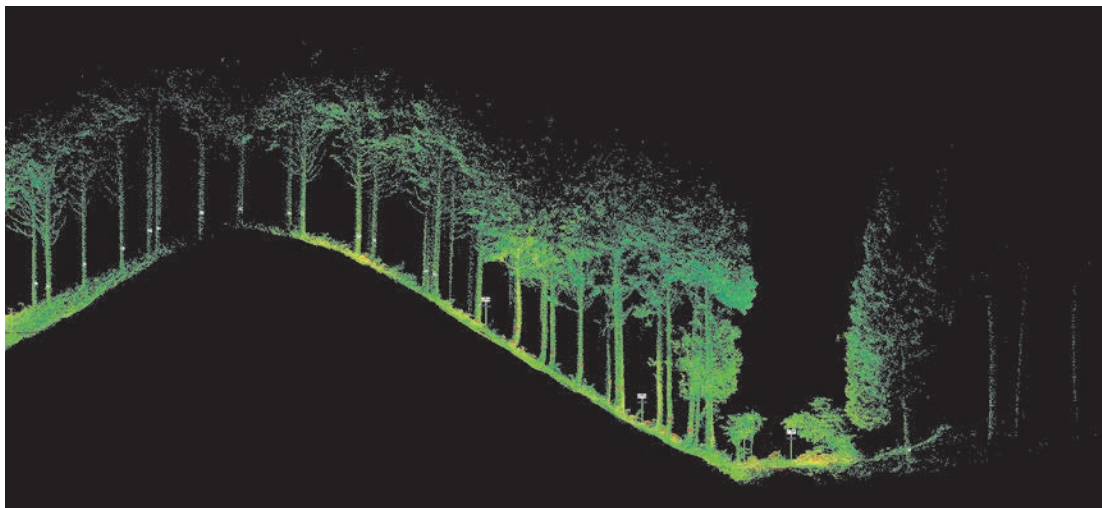
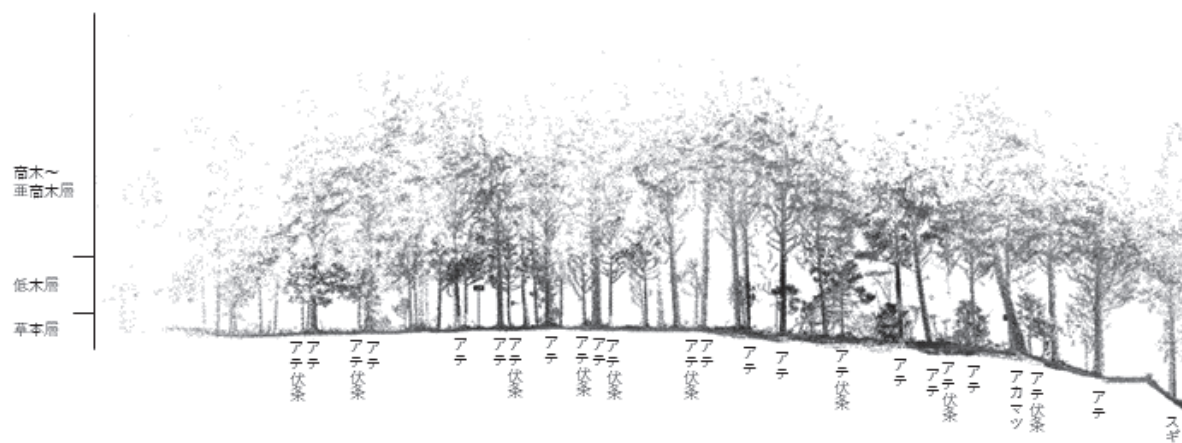
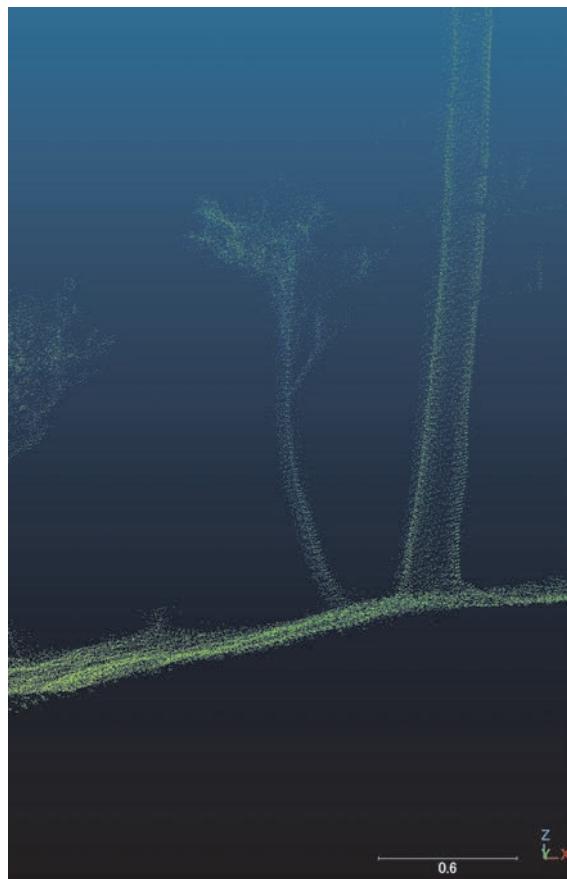
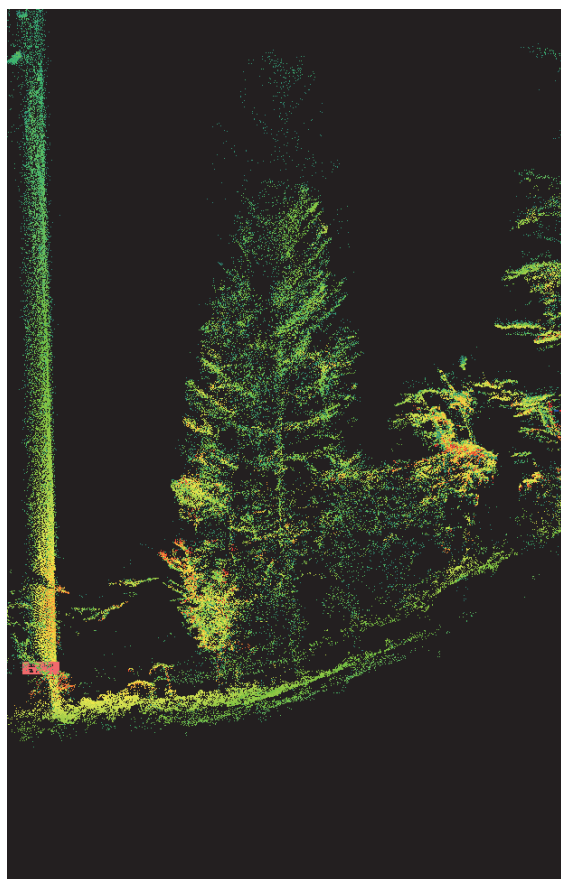


図-4, 取得点群データによる林相縦断面図 (A-1 アテ単層林)



付図-5, 林相縦断面図（アテ展示林）の例（スケッチ風）



付図-6, アテ複層林下木樹冠形の取得例