

令和 2 年度 林業イノベーション推進総合対策のうち I C T 生産管理推進対策のうち
レーザ計測による森林資源データの解析・管理の標準化事業

レーザ計測による森林資源データの 解析・管理の標準化事業 報告書

令和 3 年 3 月

(共同事業体)

一般社団法人 日本森林技術協会

一般社団法人 日本林野測量協会

目 次

第 1 章. 事業概要	1
1.1. 事業の背景及び目的	1
1.2. 事業実施体制	5
1.3. 事業実施項目	6
第 2 章. 解析・管理の標準化検討委員会	8
2.1. 検討委員選考	8
2.2. 分科会委員選考	9
2.3. 検討委員会及び分科会の検討経過	10
第 3 章. レーザ計測精度検証等調査	12
3.1. 調査の目的	12
3.2. 調査方法	12
3.3. 調査結果	13
3.3.1. 既存研究・文献調査	13
3.3.2. 航測会社へのアンケート調査	18
3.3.3. 行政・林業事業体への聞き取り調査	25
3.3.4. 課題抽出・対策の検討	26
第 4 章. データ解析と管理手法の標準化の検討	28
4.1. 標準化の基本方針	28
4.1.1. 留意した点	29
4.2. 管理手法の標準化	30
4.2.1. 森林資源量情報の 3 相モデル	30
4.2.2. 森林情報の更新イメージ	31
4.2.3. データ形式の標準化	32
4.3. 標準仕様データの作成方法	33
4.3.1. 標準仕様データ定義作成	34
4.3.2. 森林資源サンプルデータ作成	43
4.3.3. 森林資源サンプルデータのシステム搭載実証	45
4.4. 解析手法の標準化	49
第 5 章. 森林クラウドシステム標準仕様の改良	53
5.1. 現行標準仕様の改良点調査	53
5.1.1. 現行標準仕様の概要（「森林クラウドシステム標準仕様 Ver. 5.1」）	53
5.1.2. 標準仕様における「システムの標準仕様」の基本的な考え方	54
5.1.3. セキュリティガイドラインの概要	54
5.1.4. 標準仕様改良の方向性	55
5.1.5. 標準仕様の改良検討内容	55
5.2. 制度変更等への対応検討	57
5.2.1. 標準仕様の追加（森林経営管理制度関連）	57
5.2.2. セキュリティガイドライン	58

第6章. 標準仕様書の作成（成果の取りまとめ）と普及	60
6.1. 標準仕様書案の作成	60
6.2. 標準仕様書の普及に向けた取組み	62
6.2.1. 普及のポイント	62
6.2.2. パンフレット作成	64
6.2.3. シンポジウムの開催	65
第7章. 今後に向けて	67
7.1. 来年度の検討課題	67

巻末資料

巻末資料 1 既存研究成果文献リスト（2020年6月収集）	1-1
巻末資料 2 航測会社へのアンケート調査結果	2-1
巻末資料 3 行政・林業事業体への聞き取り調査結果	3-1
巻末資料 4 レーザ計測による森林資源データの解析・管理の標準化パンフレット	4-1

【別添】

- 別添 1 森林資源データ解析・管理標準仕様書案 20210212
- 別添 2 森林クラウドシステムに係る標準仕様書（案）Ver. 6.0
- 別添 3 森林クラウドシステムに関わる情報セキュリティガイドライン Ver. 6.0 案

第1章. 事業概要

1.1. 事業の背景及び目的

(1) 目的

主伐期を迎えた人工林資源を活かし、林業の成長産業化を図るためには、森林資源情報の精度向上、施業集約化等における効率化・省力化、需要に応じた木材生産・流通体制の確立等の諸課題に対応する必要がある、これらの課題の解決を図るためには、地理空間情報の高度な活用や近年目覚ましい発展を遂げているICT等の先端技術を積極的に活用した新たな林業に取り組む必要がある。

このため、本事業では、森林・林業分野におけるレーザ計測による高精度な森林資源情報の把握ニーズが高まる中、適切な森林管理や需要に応じた木材生産を可能にするため、レーザ計測データの解析及び管理について、現状と課題・問題点の整理とその改善・解決策や方向性を取りまとめるとともに、それを踏まえた最適な解析及び管理手法の標準化を検討することを目的とする。

なお、レーザ計測データの管理の具体的な手法の検討に当たっては、各都道府県で整備が進められている森林クラウドの活用を念頭に置き、森林クラウドを構築するための「森林クラウドシステムに係る標準仕様書」の改良を対象とするものである。

なお、本事業は林野庁未来投資会議（図 1.1）、および、林業成長産業化総合対策として令和2年度林野庁関係予算の重点事項（図 1.2）に位置づけられている。



図 1.1 ロードマップ

(未来投資会議構造改革徹底推進会合「地域経済・インフラ」会合(農林水産業)(第14回)資料より抜粋)

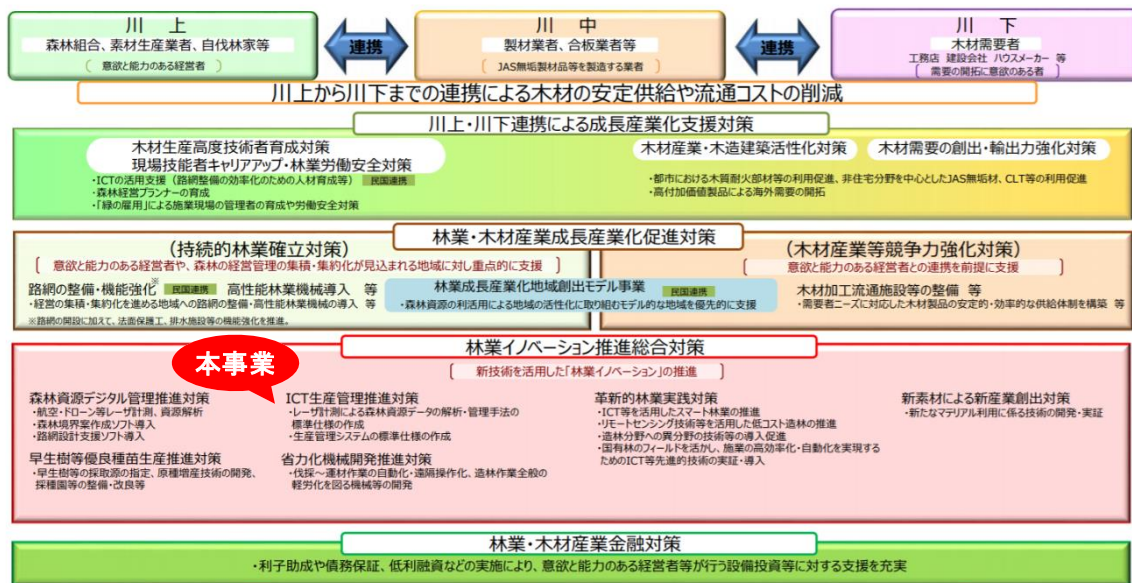


図 1.2 林業成長産業化総合対策（「令和 2 年度林野庁予算の概要」より）

（２） 標準化の必要性

森林管理のために必要な情報として、これまで森林簿と計画図を都道府県が管理してきたが、都道府県ごとに様式が異なるため利用するシステムは個別に開発する必要がある。また、森林簿データは現状との乖離が指摘されており、高精度な森林現況把握データとして航空レーザ計測データの解析による森林資源量情報の利用が広まっている。さらに、ドローン撮影画像や地上レーザ計測、ドローンレーザ計測など新たな森林資源量把握のための技術も急速に開発が進んでいる。

しかし、航空レーザ計測による森林資源量データは利用が広がっているが以下のような問題も発生している。

- ・ 解析手法、成果物（解析図）が航測会社により異なるため、県内を異なる航測会社に分割発注すると成果品がモザイク状になってしまう。
- ・ 森林資源解析の精度検証方法が確立していないため、異なる精度のデータが存在していると考えられる。
- ・ 航空レーザ計測データに基づく精度の高い森林資源量が得られても、森林簿に反映する方法が確立していないため、森林簿と現場データの乖離が解消されていない。

これらの問題を解決し、航空レーザ計測等による高精度な森林資源量データを効率的に活用するため、データの解析方法、管理方法、データ形式の標準化が必要となっている。データを標準化することにより、システム開発のコスト削減や異なるシステム間でのデータ共有・集計が可能となる。さらに、ユーザーが拡大することで新しいアプリや専門的なアプリの開発が促進される効果も期待できる。例えば時刻表データは各鉄道会社等のデータを様々な乗換案内アプリで利用することができる。このように森林資源量情報を標準化

すれば、一つの施業提案アプリで各都道府県のデータを利用することができ、アプリ開発、利用者双方にメリットがある。

標準化されたデータの効果としては以下の通りである。

- ・ 様々な計測時点の樹種や材積データなども統合したデータとして利用することができる。
- ・ 地番ポリゴンなど任意の範囲で集計することで、様々な計画に利用できる。
- ・ 森林資源量データの利用方法についてマニュアル化、研修などが対応しやすくなる。
- ・ 標準仕様に対応した森林資源量データを利用する様々なアプリの開発が期待できる。
- ・ 一つのエリアを複数業者が計測した場合でも、同じ形式の解析成果が得られる。
- ・ 将来的に AI 分析用のビッグデータとして活用でき、森林計画の自動化の推進が期待される。

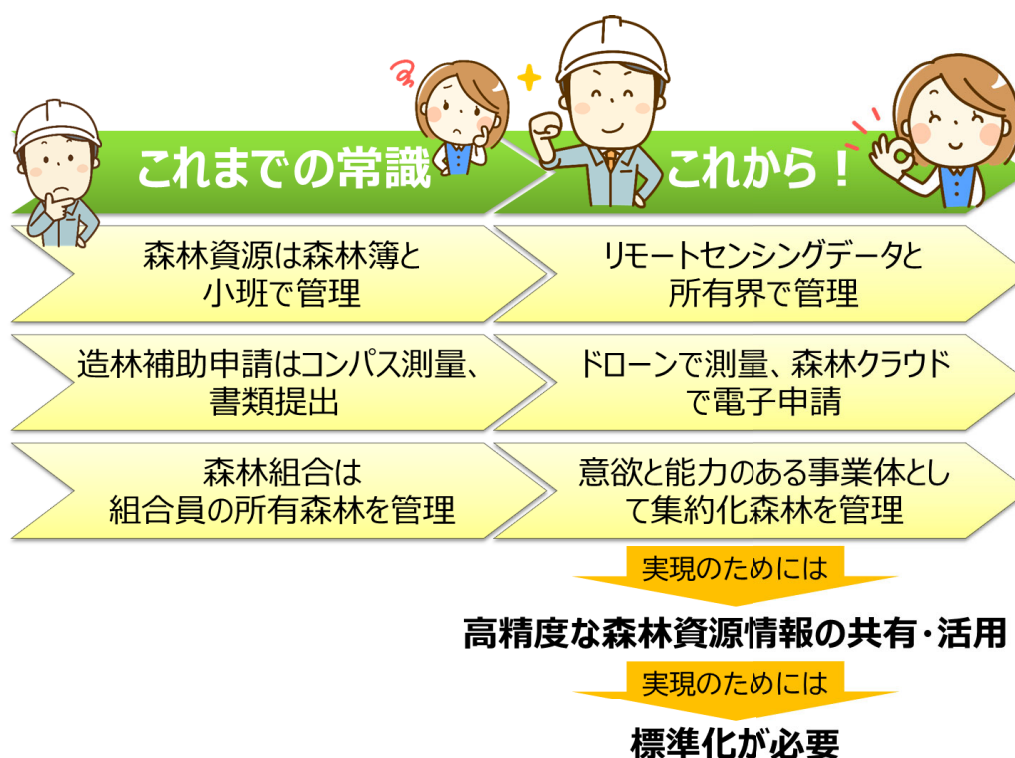


図 1.3 標準化の必要性

(3) 「森林クラウドシステムに係る標準仕様書」の作成と管理の経緯

本事業において改良の対象とされている「森林クラウドシステムに係る標準仕様書」(以下「現行標準仕様」という)は「森林クラウドシステム標準化事業」(2013(平成25)年度～2017(平成29)年度)(以下「前標準化事業」という)により作成され、その著作権は前標準化事業受託者である住友林業株式会社、一般財団法人日本情報経済社会推進協会にあった。

その後、標準仕様は個企業が管理するものではなく、広く森林GISの発展と普及に資するものであるとの考えにより、前標準化事業受託者から森林GISフォーラムに標準仕様が移管された。

森林GISフォーラムは、森林GISの応用と普及を目指した産官学連携の組織であり、個人会員である一般会員と、森林GISフォーラムの目的に賛同しその事業に協力しようとする法人や団体である賛助会員からなる。前標準化事業の受託者である住友林業株式会社も賛助会員である。森林GISフォーラムは、森林GISフォーラム内に2019(令和元)年度、賛助会員である企業のうち参加を希望する社を集めた標準仕様分科会を設立した。

標準仕様分科会メンバーは、森林GISや森林クラウドの構築業務に携わり、行政の森林情報管理の実情にも精通している。「現行標準仕様」の継続的な更新・管理・普及を目的とする中で、現行標準仕様作成時には時期尚早と判断された航空レーザ計測による森林資源量データの取り扱いについての検討が開始された。

表 1.1 森林クラウドシステム標準仕様作成の経緯

(第1回 森林クラウドシステム標準仕様分科会資料 住友林業株式会社)

年度	対象	作成・修正した標準仕様		その他実施事項
		データ・システム	セキュリティガイドライン	
H25	都道府県	森林資源情報(都道府県版) 施業履歴情報 路網情報 地図情報 画像ガイドライン	クラウドシステムの要件 データ管理の要件 システム利用環境の要件 個人情報の保護と利活用	◎47都道府県ヒアリング ◎標準仕様のあり方検討 ◎標準仕様のレベル分け ◎森林簿第三者提供時の留意点
H26	市町村 林業事業体	森林資源情報(市町村版) 森林所有者情報 施業履歴情報 路網情報 地図情報 GNSSガイドライン	データ管理の要件 システム利用環境の要件 個人情報の保護と利活用	◎19市町村・18林業事業体 ヒアリング ◎標準仕様運用体制の検討 ◎業務と森林情報の整理 ◎森林所有者情報の独立化 ◎個人情報保護条例調査 ◎森林所有者情報第三者提供時の 留意点
H27	林業事業体 木材需要者	出材情報 出荷地情報 森林取引情報	IDトラストフレームネットワーク 森林情報オープンデータ化	◎木材需要者アンケート ◎10林業事業体・10木材需要者 ヒアリング ◎標準仕様運用体制の見直し ◎森林情報公開状況Web調査 ◎林地台帳対応
H28	全般(普及)	森林所有者情報(林地台帳対応) 画像ガイドライン	林地台帳対応 自治体情報セキュリティ 強化対応	◎航空レーザデータ活用方法検討 ◎システム標準仕様の一元化 ◎セキュリティガイドラインの整理 ◎パンフレット・手引書の作成
H29	全般(普及)	森林所有者情報(林地台帳対応) GNSSガイドライン	改正個人情報保護法対応	◎システム事業者向け説明会開催 ◎標準仕様準拠チェックシートの作成 ◎標準仕様今後のあり方検討 ◎セキュリティガイドラインコラム欄追加

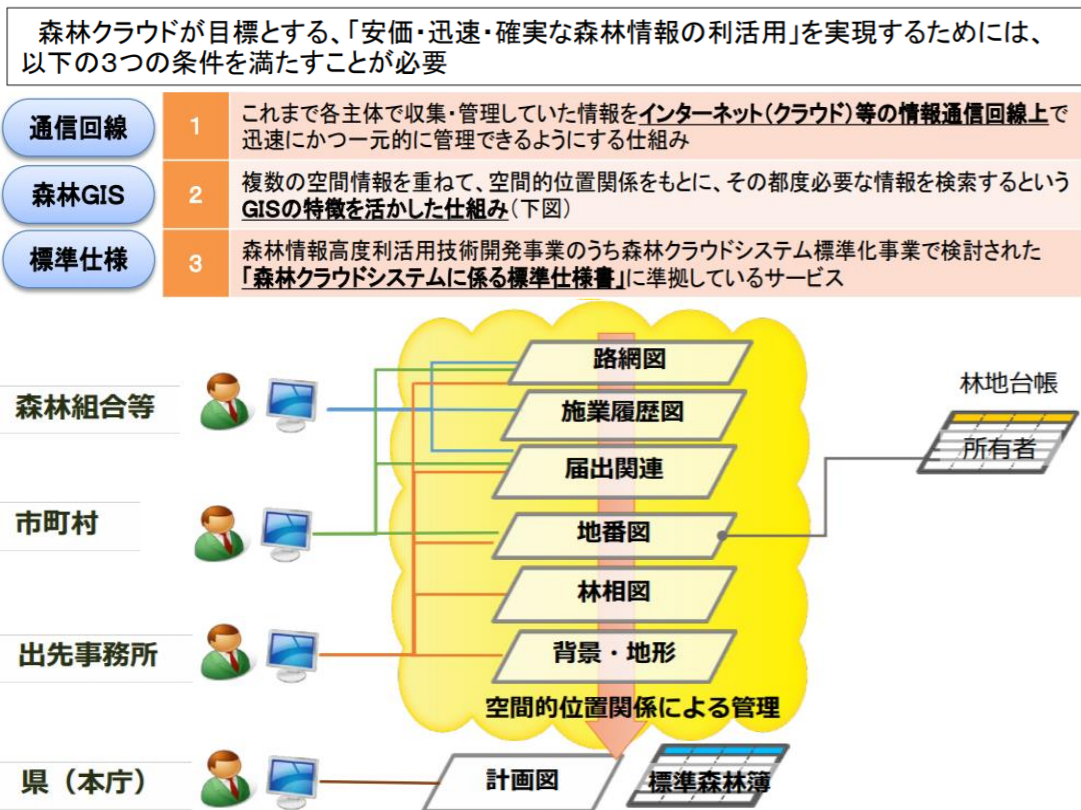


図 1.4 森林情報の共有・高度利用に向けた取組（林野庁計画課資料）

1.2. 事業実施体制

レーザ計測データの解析・管理の標準化の結果は、計測の仕様（レーザ計測点密度、データ仕様等）にも影響を及ぼすことから、本事業は、一般社団法人日本森林技術協会（以下「日林協」という）と、レーザ計測の仕様と積算歩掛をまとめた「森林・林業分野における航空レーザ計測積算ハンドブック」を作成し、レーザ計測を発注する者と受注する者への普及に努めている一般社団法人日本林野測量協会（以下「林測協」という）の共同企業体を事務局として事業を実施した。

本事業が目的とするレーザ計測データの解析・管理の標準化は、前述した森林 GIS フォーラム標準仕様分科会が目指す方向と合致しており、すでに事業内容の一部に着手していたことから、標準仕様分科会メンバーを中心に事業実施体制を構築することとした(図 1.5)。

事業実施に当たっては、相互にデータ連携・利用していく上で密接に関係する「ICT 生産管理システムの標準化事業」と連携を図るものである(図 1.6)。

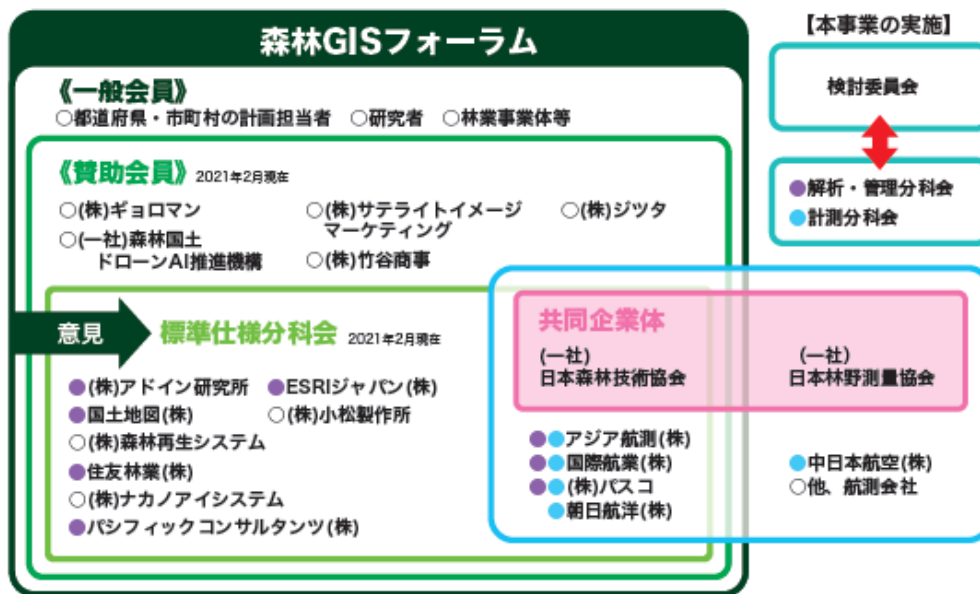


図 1.5 森林 GIS フォーラムと本事業の連携

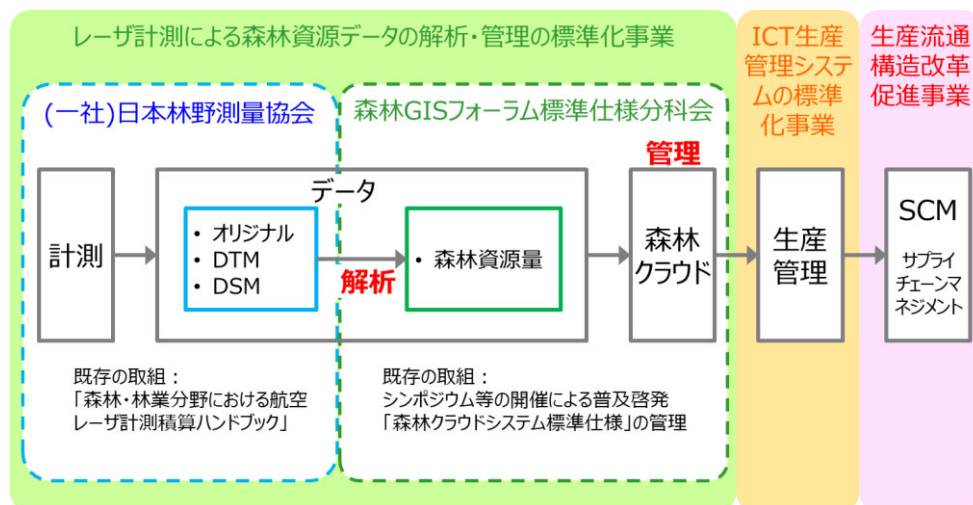


図 1.6 標準化の役割分担

1.3. 事業実施項目

事業実施項目は表 1.2 のとおりである。

本事業では、森林管理に必要とされる精度検証方法を標準化するために必要な調査を行い、その調査結果をもとに、レーザ計測による森林資源の解析方法とその管理方法の標準化を検討、森林クラウドシステム標準仕様の改良の検討を実施し、標準仕様書案を作成した。本事業のフロー図を図 1.7 に示す。

表 1.2 事業実施項目の概要

実施項目	実施概要	目次等
(1) 解析・管理の標準化検討委員会	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 検討委員会の開催 ➤ 分科会（解析・管理分科会、計測分科会）の開催 	第2章
(2) レーザ計測精度検証等調査	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 文献調査 ➤ 航測会社へのアンケート調査 ➤ 行政・林業事業体への聞き取り調査 ➤ 課題抽出・対策の検討 <p>標準化の範囲（基本仕様・推奨仕様）、解析・精度管理の手法</p>	第3章
(3) データ解析と管理手法の標準化の検討	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 標準仕様データ定義作成 ➤ 森林資源サンプルデータ作成 ➤ 森林資源サンプルデータのシステム搭載実証 ➤ 解析手法の標準化 	第4章
(4) 森林クラウドシステム標準仕様の改良	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 現行標準仕様の改良点調査 ➤ 制度変更等への対応検討 	第5章
(5) 標準仕様書の作成（成果の取りまとめ）と普及	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 標準仕様書案の作成 ➤ 普及のためのパンフレット作成、および、シンポジウム開催 	第6章 別添 『仕様書案』

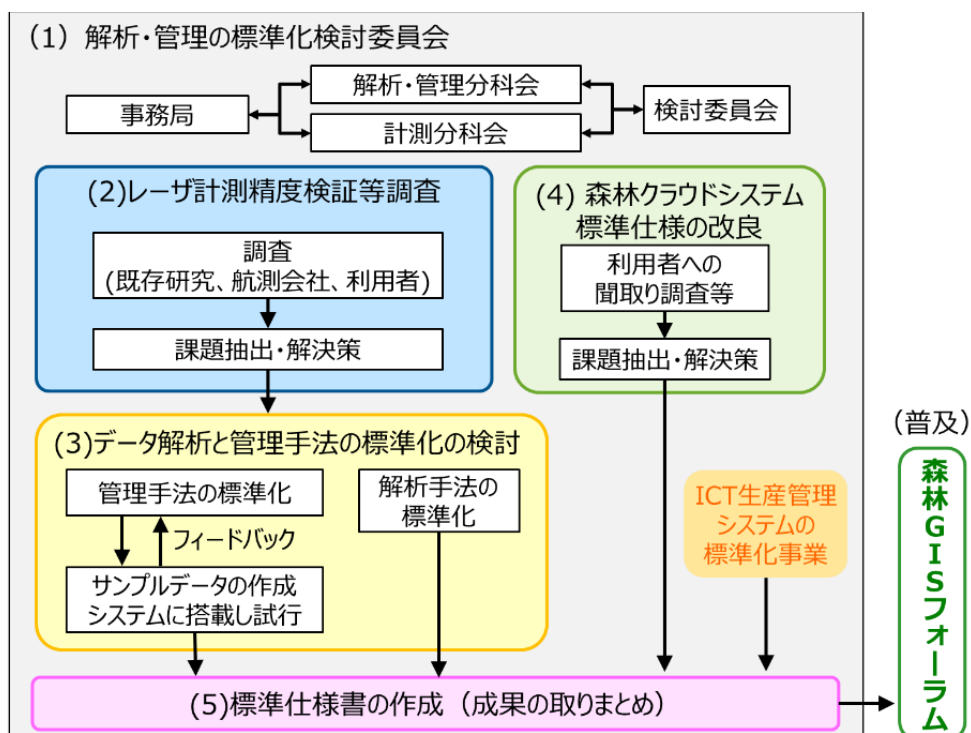


図 1.7 事業の流れ

第2章. 解析・管理の標準化検討委員会

2.1. 検討委員選考

今後の森林・林業施策への実用を図っていくために必要な助言を得るため、森林・林業分野に知見を有する外部有識者とリモートセンシング技術及び情報処理技術の専門家およびデータ利用者の立場である県、町、森林組合で構成する検討委員会を設けた。

検討委員会委員について表 2.1 に示す。

表 2.1 検討委員会委員

氏 名	所 属
鹿又 秀聡	国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 林業経営・政策研究領域 林業システム研究室 主任研究員
中澤 昌彦	国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 林業工学研究領域 収穫システム研究室 室長
露木 聡	東京大学大学院農学生命科学研究科 農学国際専攻 地球生物環境学講座 国際森林環境学研究室 教授
郡司 哲也	一般財団法人日本情報経済社会推進協会 セキュリティマネジメント推進室 主任研究員
平田 聖	三重県 農林水産部 森林・林業経営課 森林計画班 主任
本間 健弘	茨城県 大子町役場 農林課 林政担当 主事
狩谷 健一	山形県 金山町森林組合 常務

2.2. 分科会委員選考

本事業においては、解析・管理分科会と計測分科会を設けた。

分科会委員の選考に当たっては、本事業が特定の事業者等の意思や手法に特化することがないよう幅広い観点から公平かつ客観的に取り組むことを主眼に、解析・管理分科会の委員は、以前より同業務に取り組んで活動されている森林 GIS フォーラム標準仕様分科会に依頼し、計測分科会の委員は、航空レーザ計測において検討を重ねている林測協の新技术開発等検討会に依頼した。

各分科会の構成員について、表 2.2、表 2.3 に示す。

表 2.2 解析・管理分科会員

氏 名	所 属
大野 勝正	アジア航測株式会社 国土保全コンサルタント事業部 森林・農業ソリューション技術部 ICT 林業課
塩沢 恵子	株式会社アドイン研究所 製品サービス事業部
田中 宏典	ESRI ジャパン株式会社 ソリューション営業グループ
猿谷 享子	国土地図株式会社 技術本部 空間情報技術部
今井 靖晃	国際航業株式会社 LBS センシング事業部 RS ソリューション部
岡田 広行	住友林業株式会社 資源環境事業本部 山林部
中村 尚	パシフィックコンサルタンツ株式会社 デジタルサービス事業本部 情報事業部
山本 里美	株式会社パスコ 中央事業部 技術センター 森林環境部

表 2.3 計測分科会員

氏 名	所 属
井土 孝洋	アジア航測株式会社 事業推進本部 国土保全コンサルタント事業部 事業推進室
今村 悟	朝日航洋株式会社 空間情報事業本部 東京空情支社 営業一部 公共グループ
福島 大輔	国際航業株式会社 公共コンサルタント事業部 中央官庁推進部
松永 吉史	中日本航空株式会社 東京支社 調測事業部 営業課
淵田 康裕	株式会社パスコ 中央事業部 営業二部

2.3. 検討委員会及び分科会の検討経過

検討委員会と分科会は事業実施項目の作業に合わせ計画し開催した。

検討委員会は計3回開催し、本事業全般に関する指導・助言のほか、事務局から付議した標準仕様書案の承認を得た。分科会については、解析・管理分科会は計3回、計測分科会は計2回開催し、標準仕様書案作成のための調査支援及び標準仕様に係る助言を得た。

さらに、現時点の最終成果である標準仕様書案については、森林GISフォーラム標準仕様分科会においても協議され承認を得た。

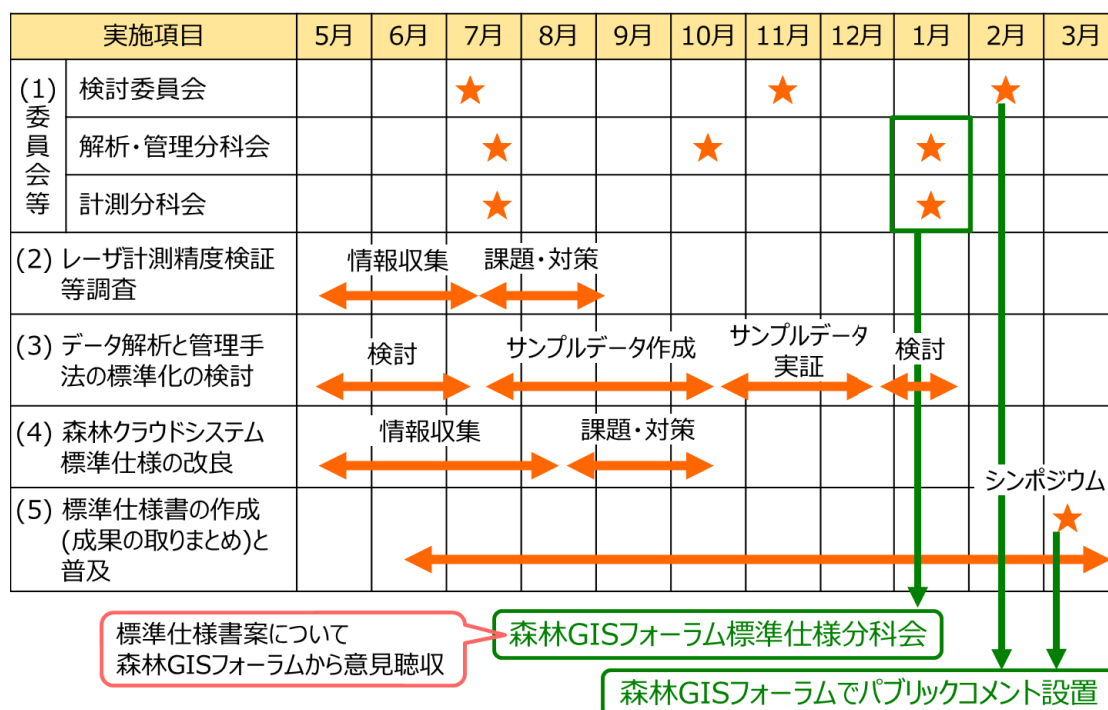


図 2.1 事業実施経過



図 2.2 検討委員会の様子

会議開催日程及び議事内容は、表 2.4 のとおりである。

表 2.4 会議開催日程と議事内容

	開催日	会議等	議事内容
2020(令和2)年	7月 3日(金) 10:00~12:30	第1回検討委員会	・事業概要 ・実施項目の確認 航測会社アンケート調査票について【調査1】事前アンケート調査 【調査2】詳細アンケート調査
	7月31日(金) 10:00~12:00	第1回計測分科会	・レーザ計測精度検証等調査 既存研究成果文献リスト 行政・林業事業体への聞き取り調査票 航測会社アンケート調査 ・データ解析と管理手法の標準化の検討
	7月31日(金) 13:30~16:00	第1回解析・管理分科会	・レーザ計測精度検証等調査 既存研究成果文献リスト 行政・林業事業体への聞き取り調査票 航測会社アンケート調査 ・データ定義 樹種区分、林種区分の検討
	10月 6日(火) 13:30~16:00	第2回解析・管理分科会	・レーザ計測精度検証等調査 聞き取り調査結果 ・データ解析と管理手法の標準化の検討 サンプルデータ作成 精度検証調査（現地調査項目） ・森林クラウドシステム標準仕様の改良 現行標準仕様の改良点調査について
	11月24日(火) 10:00~12:30	第2回検討委員会	・レーザ計測による森林資源解析の精度検証 ①既存研究・文献調査結果 ②航測会社へのアンケート調査結果 ③行政・林業事業体への聞き取り調査結果 ・データ解析と管理手法の標準化 管理手法の標準化、解析手法の標準化 ・サンプルデータのシステム搭載デモンストレーション ・現行「森林クラウドシステムに係る標準仕様書」の改良
2021(令和3)年	1月20日(水) 10:00~12:00	第2回計測分科会	・歩掛関係の整備状況と必要性の検討 現状の積算基準の整備状況 地形数値モデル1点/0.25m ² と森林資源解析4点/m ² の違いの整理 森林資源解析積算基準の必要性の検討
	1月20日(水) 13:30~16:00	第3回解析・管理分科会	・来年度の検討課題（管理手法、解析手法の標準化の検討） 標準仕様書案の検討 ・森林クラウドシステム標準仕様の改良
	2月12日(金) 10:00~12:30	第3回検討委員会	・来年度の課題について 標準仕様書案の検討 パブリックコメント意見募集要領 ・現行「森林クラウドシステムに係る標準仕様書」の改良



図 2.3 解析・管理分科会の様子



図 2.4 計測分科会の様子

第3章. レーザ計測精度検証等調査

3.1. 調査の目的

航空レーザ計測データによる森林資源解析における現状の手法等の共通部分や課題を明らかにすることを目的とし、解析手法、精度検証手法について調査を実施した。共通部分を標準化するとともに、課題への対策として標準仕様を作成する必要がある。最新の研究成果や高度な手法を把握するため、既存研究・文献調査を行った。現状で多くの航測会社を実施している内容は標準化が容易であると考えられることから、航測会社が実施している手法を把握するため、アンケート調査を行った。現状の課題を把握するため、データの利用者への聞き取り調査を行った。

3.2. 調査方法

調査は次の通り実施した。

① 既存研究・文献調査

ドローンレーザを含む航空レーザ計測に関する資源量解析手法、精度検証手法及び精度検証結果を対象とする文献を収集する。

② 航測会社へのアンケート調査

(1) 日本林野測量協会の会員航測会社へのアンケート調査

アンケート項目：森林資源解析業務受注状況、解析手法、精度検証手法

(2) 納品データの仕様調査

(3) 精度検証方法の調査

③ 利用者への聞き取り調査

レーザ計測結果による森林資源量解析結果を利用している都道府県、市町村、林業事業体への聞き取り調査を行う。

聞き取り項目：活用方法、利用上の課題

3.3. 調査結果

3.3.1. 既存研究・文献調査

ドローンレーザを含む航空レーザ計測に関する資源量解析手法、精度検証手法及び精度検証結果を対象とする文献を収集し、概要を整理した。

(1) 収集文献

収集した 31 文献のリストを表 3.1 に示す。既存研究成果文献リストの詳細は、巻末資料 1に付す。

表 3.1 既存研究成果文献リスト (2020 年 6 月現在)

※ドローンレーザを含む航空レーザ計測に関する資源量解析手法、精度検証手法及び結果を対象とする。

No	文献	著者	出典	年
1	人工森林資源解析における有人機 LiDAR・UAV-LiDAR・UAV-SfM の比較	前田佳子* 梶原領太** 今井靖晃* 田村達晃紀*** 黒田慶子***	日本森林学会大会学術講演集 VOL : 第 130 回大会	2019
2	LiDAR による推定直径からの 単木材積の推定精度検証	石塚伸太郎 福井翔宇	日本森林学会大会学術講演集 VOL : 第 129 回大会	2018
3	3次元レーザースキャナを搭載したドローンを用いたレーザ計測による 森林地形と樹高の抽出および TLS との比較	山場淳史* 渡辺豊** 二谷卓** 佐野俊和*	森林利用学会誌 VOL.33 No.3 pp.169-174	2018
4	Estimating Individual Tree Diameter and Stem Volume Using Airborne LiDAR in Saga Prefecture, Japan 佐賀県における航空レーザを用いた単木の胸高直径と材積の推定	Katsumasa Oono *1,2 Satoshi Tsuyuki *1	Open Journal of Forestry P205-P228	2018
5	スギ人工林における局所最大値法を用いた樹頂点抽出と林分状況との関係	上野操子 島崎浩司 川村啓一	日本森林学会大会学術講演集 VOL : 第 128 回大会	2017
6	Improving the efficiency and accuracy of individual tree crown delineation from high-density LiDAR data 高密度 LiDAR データからの樹冠の個体識別の効率化と精度の向上	Baoxin Hu *1 Jili Li *1 Linhai Jing *2 Aaron Judah *1	International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 26 P145-P155	2014
7	航空機レーザ測量を用いた異なるスケールアプローチでのスギ・ヒノキ林材積の推定	根本 光 加藤 顕 小林 達明	日本緑化工学会誌 VOL.38 No.1 pp.79-84	2012
8	本数密度の異なるスギ・ヒノキ林における航空機 LiDAR による単木の立木幹材積推定	伊藤拓弥 松英恵吾 執印康裕 内藤健司	写真測量とリモートセンシング VOL. 50 No. 1 pp. 18-26	2011

No	文献	著者	出典	年
9	Predicting individual tree attributes from airborne laser point clouds based on the random forests technique ランダムフォレスト法に基づく航空レーザ点群からの単木情報の予測	Xiaowei Yu *1Juha Hyyppä *1Mikko Vastaranta *2Markus Holopainen *2Risto Viitala *3	ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 66P28-P37	2011
10	Tree Species Classification Using Airborne LiDAR 空中 LiDAR を用いた樹種分類	Iikka Korpela *1 Hans Ole Orka *2 M.Maltamo *3 Timo Tokola *3 Juha Hyyppä *4	Silva Fennica 44(2) P319-P339	2010
11	伊藤_航空機 LiDAR による樹冠の再現性	伊藤拓弥 松英恵吾 内藤健司	日林誌 VOL. 91 pp. 326-334	2009
12	Airborne laser scanning in forest management Individual tree identification and laser pulse penetration in a stand with different levels of thinning 森林管理における航空レーザの利用 間伐強度の異なる林分における単木抽出とレーザパルスの透過性	Yasumasa Hirata *1 Naoyuki Furuya *2 Makoto Suzuki *3 Hirokazu Yamamoto *4	Forest Ecology and Management 258 P752-P760	2009
13	スギ人工林における LiDAR を用いた樹木抽出の最適観測密度に関する考察	縄村達也*遠藤貴宏** 安岡善文**	生産研究 VOL. 59No. 3pp. 71-73	2008
14	航空機 LiDAR による森林資源量推定 —スギ・ヒノキの樹高・樹冠量による立木幹材積推定式の検討—	伊藤拓弥 松英恵吾 内藤健司	写真測量とリモートセンシング VOL. 47 No. 1 pp. 26-35	2008
15	LiDAR 点群を用いた樹冠形状モデルに基づく単木樹冠抽出および樹高推定	田口仁* 遠藤貴宏* 安岡善文**	日本リモートセンシング学会誌 VOL. 28 No. 4 pp. 331-341	2008
16	LiDAR データを用いたスギ密林・ヒノキ林の単木抽出	大野勝正* 沼田洋一* 平野篤**	日本写真測量学会秋季学術講演会発表論文集 VOL : 2008 pp. 59-61	2008
17	Detection of individual trees and estimation of tree height using LiDAR dataLiDAR データを用いた単木抽出と樹高推定	Doo-Ahn Kwak*Woo-Kyun Lee*Jun-Hak Lee **Greg S. Biging**Peng Gong**	J For Res (2007) 12 DOI 10.1007/s10310-007-0041-9P425-P434	2007
18	航空機 LiDAR による森林資源量推定 —密度の異なるスギ・ヒノキの林分パラメータ推定—	松英恵吾 伊藤拓弥 内藤健司	写真測量とリモートセンシング VOL. 45 No. 1 pp. 4-13	2006
19	Accuracy of large-scale canopy heights derived from LiDAR data under operational constraints in a complex alpine environment アルプスにおける運航制約下での LiDAR データから得られた広範囲の樹冠高の精度	M. Hollaus W. Wagner C. Eberhöfer W. Karel	ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 60 P323-P338	2006
20	航空機レーザースキャナーデータを用いたヒノキ人工林における樹高と地形との関係	平田泰雅	日林誌 VOL. 87No. 6pp497-503	2005

No	文献	著者	出典	年
21	航空機レーザースキャナーを用いたスギ人工林計測におけるレーザ光の林冠透過率と地上照射密度の影響	平田泰雅	森林計画誌 VOL. 39 No. 2 pp81-95	2005
22	2005_小特集_LiDAR による森林・樹木の計測 p14~ 航空機 LiDAR を用いたスギ・ヒノキ人工林の森林計測	平田泰雅	写真測量とリモートセンシング VOL.44、No.6、2005 p14-P17	2005
23	Estimation of timber volume and stem density based on scanning laser altimetry and expected tree size distribution functions レーザ計測と樹木サイズの分布の拡張による材積と立木密度の推定	M. Maltamo *1 K. Eerikainen *2 J. Pitkanen *1 J. Hyypä *3 M. Vehmas *1	Remote Sensing of Environment 90 P319 - P330	2004
24	Identifying species of individual trees using airborne laser scanner 航空レーザ計測を用いた単木の樹種識別	Johan Holmgren *1 A. Persson *2	Remote Sensing of Environment 90 P415-P423	2004
25	Detecting and measuring individual trees with laser scanning in mixed mountain forest of CENTRAL EUROPE using an algorithm developed for Swedish boreal forest conditions スウェーデン北部のために開発された手法を用いた、中央ヨーロッパの混合林における航空レーザ計測による単木抽出	M.Heurich *1 A.Persson *2 J.Holmgren *3 E.Kennel *4	International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVI - 8/W2 P307~312	2002
26	A segmentation-based method to retrieve stem volume estimates from 3-D tree height models produced by laser scanners レーザスキャナを用いた 3D の樹木高モデルのセグメンテーションによる材積推定手法	Juha Hyypä* Olavi Kelle Mikko Lehtikainen Mikko Inkinen	IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, VOL. 39, NO. 5 P969-P975	2001
27	Estimating tree heights and number of stems in young forest stands using airborne laser scanner data 航空レーザを用いた若齢林の樹高と立木本数の推定	Erik Næsset *1 Kjell-Olav Bjerknes *2	Remote Sensing of Environment 78 P328 - P340	2001
28	Estimation of tree heights and stand volume using airborne lidar system 航空レーザ計測による樹高と立木材積の推定	Mats Nilsson	REMOTE SENS. ENVIRON. 56 P1-P7	1996
29	A New Method for Individual Tree Detection Using Airborne LiDAR Pulse Data 航空レーザデータを用いた単木抽出の新しい手法	Hitoshi TAGUCHI* Takahiro ENDO* Masahiro SETOJIMA** Yoshifumi YASUOKA*	-	-
30	ADAPTIVE METHODS FOR INDIVIDUAL TREE DETECTION ON AIRBORNE LASER BASED CANOPY HEIGHT MODEL 樹冠高モデルなどの航空レーザを用いた単木抽出の適応的手法	J. Pitkanen* M. Maltamo* J. Hyypä** X. Yu**	International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVI - 8/W2 P187-P191	-
31	Estimation of Individual Tree Heights Using LiDAR Remote Sensing 航空レーザを用いた単木の樹高の推定	Kevin Lim *1 Paul Treitz *1 Art Groot *2 Benoît St-Onge *3	-	-

(2) 資源量解析手法について

表 3.3 をまとめると、解析の対象樹種はスギ・ヒノキが過半数を占め、その他の文献は針葉樹の細分を試みているものが多い。解析手法は本数・樹高の局所最大値が半数を占めるほかは、文献ごとに異なる手法をとっている。

表 3.2 条件および解析手法

	項目	もっとも多いカテゴリ	文献数	(%)
条件	対象樹種	スギ・ヒノキ	18/28	(64)
	照射点密度	4点以上10点未満	15/30	(50)
解析手法	本数・樹高	局所最大値	13/26	(50)
	樹冠	なし (9文献中、7手法に分散)		
	胸高直径	手法不明		

表 3.3 解析手法に関する文献調査まとめ

1/2

検討項目		対象	既存研究成果文献リストNo.																													
樹種		スギ人工林、（一部広葉樹混交）	1	13	15	21	22	29																								
		スギ、ヒノキ人工林	2	3	4	5	7	8	11	12	14	16	18																			
		ヒノキ人工林（1林分）	20																													
		針葉樹、広葉樹	25																													
		広葉樹と外来種針葉樹	10																													
		カラマツ、チョウセンゴヨウ、ナラ	17																													
		トウヒ、モミ	19																													
		トウヒ、アカマツ、シラカバ、ダケカンバ	23																													
		マツ、トウヒ	24																													
		トウヒ、マツ、広葉樹	27																													
	アカマツ（マツ）、トウヒ、カバノキ	28	30																													
	混交樹と落葉樹	6																														
解析手法	樹高	局所最大値	1	2	5	14	15	16	17	18	20	21	26	29	30																	
		1mDTMと0.25mDSMを生成しラスター化	3																													
		0.1mDCHMを作成	7																													
		レーザーデータから抽出した単木位置とトータルステーションにより測量した現地の立木位置を対応付け	8																													
		線形判別分析（LDA）、k近傍法（k-NN）、k-most similar neighbor（k-MSN）、ランダムフォレストアルゴリズム	9	10																												
		CHMとウォーターシェッド法による単木抽出	12																													
		点密度ランダム1～10点/m2の点群を作成	13																													
		CHMとエリアベース解析による	19																													
		DCMを作成し樹頂点抽出	22																													
		54の手法で樹頂点を抽出	24																													
		パーセンタイルと相関による	27																													
		パルスでの反射間隔	28																													
		ガウシアンフィルタによる樹高の解析	31																													
	樹冠	watershed法	2																													
		マルチスケールセグメンテーション法	6																													
		0.1mDCHMを作成	7																													
		レーザーデータから抽出した単木位置とトータルステーションにより測量した現地の立木位置を対応付け	8																													
		DCHM面よりワイヤーフレームモデルを作成	11	14																												
		梢端位置を起点に樹冠曲率	15																													
		DCHMから樹冠形状指数を算出	16	18																												
計測方法	回転翼、UAV（LiDAR/SfM）	1																														
	回転翼（ヘリコプター）	8	11	14	18	20	21	22																								
	固定翼	2	5	7	13	15	16	30																								
	UAV	3																														
	航空レーザスキャナ ALS50 II、ALS60 Riegl Q-560、 Optech ALTM3100C-EA、 ALTM3070、ALTM1210、ALTM1225 TopoSys-1、Toposys II	4	6	9	10	12	17	19	23	25	26	27	28	29	31																	
照射点密度	4点/m2未満	9	19																													
	4点/m2	2	4	5	16	24																										
	4～10点/m2	1	8	10	11	14	17	18	23	31	26																					
	10～20点/m2	3	15	13	25	29	30																									
	20点/m2以上	7	22	21	6	12																										
	UAV-LiDAR 277点/m2：UAV-SfM 73点/m2 不明	1 20																														

(3) 精度検証について

表 3.4 のとおり、精度検証の手法は現地調査との比較が主であった。

精度検証の対象は本数・樹高が中心である。求められた精度は様々であり、目標精度などの設定は難しいと考えられた。

表 3.4 精度検証に関する文献調査まとめ

2/2

検討項目		対象	既存研究成果文献リストNo.													
現地調査との比較		立木本数（樹頂点位置）、樹高	1	17	20	21	22	29								
		胸高直径	2													
		DTM、樹高	3													
		胸高直径、材積	4													
		本数	5	13	16	30										
		材積	7	25	26											
		樹高、樹冠表面積	8													
		樹高、DBH、材積	9													
		樹冠	11	14												
		樹高	12	19	27	31										
		樹高、本数、樹冠投影面積	15													
		本数、林分密度、樹高、胸高直径、材積	18													
		材積、立木本数	23													
		樹高、樹種分類	24													
精度	本数	樹高、材積	28													
		立木本数の抽出精度は84% - 99%	1	3												
		強度間伐では95.3%、通常の間伐は89.2%、間伐なし60.0%の抽出精度	12													
		本数の抽出率は、1~2点/m2で大きく下落、2~3点/m2で漸減し、3点/m2以上で安定した制度で抽出可能とした。検証に用いた林分は600~1600本/ha。	13													
		本数の抽出率はRMS誤差で3.9cm	2													
		本数の抽出率は70~80%（①現地110本、解析91本②現地118本、解析86本、③現地77本、解析76本）。過少抽出は被圧木によると考察。	15													
		本数の抽出率はスギで80~114%、ヒノキで91~109%	16													
		カラマツ本数68.1%、チョウセンゴヨウ86.7%、ナラ67.4%	17													
		本数は過少抽出の傾向にあり、ヒノキでは密度が高いほど精度が悪くなる。	18													
		本数の抽出率は76.4%（現地976本、解析746本）	20													
		本数の抽出率は83.9%（現地657本、解析551本）	21													
		樹頂点抽出率は84%	22													
		立木本数はRMSEが74.4から49.2となった。	23													
		全体の検出率は44.2%	25													
	樹高	樹頂点の位置精度は標準偏差がxで0.424m、yで0.501m	29													
		樹種分類は全体の精度が95%	24													
		平均樹高のRMSEは2.02 - 2.39	1													
		相関係数（R）樹高0.93	9													
		樹高のRMS誤差は0.37m	15													
		カラマツ樹高0.18、チョウセンゴヨウ0.12、ナラ0.02	17													
		平均誤差でスギでは0.58m、ヒノキでは0.22m。	18													
		樹高のRMS誤差は0.32m	20													
		樹高のRMS誤差は1.09	21													
		メッシュサイズが0.5mから1mになると平均樹高が大きく変わる	22													
		樹高は相関（r = 0.84）	24													
		標準偏差は平均樹高1.8m	26													
		上層木の樹高は90パーセンタイルで相関が0.83、回帰式による推定では0.23mの誤差。	27													
		樹高は2.1~3.7m過少評価となった。	28													
	樹冠	樹高の平均誤差は-0.17m、標準偏差1.44m	29													
		R2が0.92となった。	31													
		混交樹と落葉樹のある2つの圃場において、それぞれ約74%と72%の樹冠を正しく描出	6													
	胸高直径	スギでは密度によらず良好な樹冠抽出が得られるがヒノキでは密度が高くなるほど樹冠下部が抽出されず樹冠長が過小推定になる。	11													
		影面積のRMS誤差は7.12m2（相関係数0.45）	15													
		RMSEはCHMは3.0mと2.6m、Lorey's meanは3.7と4.0m	19													
	材積	DBHのRMSEはスギ2.38cm、ヒノキは2.51cm	4													
		相関係数（R）DBH0.79	9													
		標準偏差は胸高断面積2.0m2/ha	26													
		単木材積RMSEはスギ0.10m3、ヒノキ0.10m3	4													
		林相単位の材積モデルは実測値と比較的一致した（R2=0.83、RMSE=4.55m3）。	7													
		得られた推定式に基づく間材積の相対誤差はスギで20%、ヒノキで32%	8													
		相関係数（R）材積0.87	9													
		平均誤差でスギでは1.05cm、ヒノキでは-7.32cm。	18													
		レーザのみに由来する手法では材積のRMSEは25%であったが、分布予測により16%となった。	23													
		単木ごとに85.2%の材積が算出できた。	25													
		標準偏差は材積18.5m3/ha	26													
		材積の相関は0.78	28													

3.3.2. 航測会社へのアンケート調査

(1) 日本林野測量協会の会員航測会社へのアンケート調査

日本林野測量協会の会員航測会社 25 社にアンケート調査を実施し、20 社(回答率 80%)の回答を得た。森林資源データの解析業務の受注件数は 7 社で 82 件であった。

【調査 1】では森林資源解析業務受注状況、解析手法、実施している解析項目に関する調査を行い、調査 1 で実施している解析項目について該当項目があると回答された各社に【調査 2】の詳細アンケートを行った。

調査 2 は非常に内容が詳細に及んだことから、整理としては各社でデータ整備している内容を確認した上で、標準化の一つの参考にしていこうという視点で、データの定義項目を確認した。標準化を行う上では、これらの項目を参考にしながら必要項目や、項目ごとの定義づけを検討した。

アンケート集計の詳細については、巻末資料 2に付す。

現在の航空レーザ計測の実績企業数とほぼ同数の会社の回答が得られ、レーザ計測の現状を表している結果と認識している。アンケート【調査 1】、【調査 2】を踏まえ、標準化されるべき項目を検討した。調査結果は、表 3.5 とおりである。

表 3.5 アンケート調査結果

調査1		回答結果
既存受注業務について	受注について	「レーザ計測と解析も含めた業務」「解析だけの業務」がほぼ 5 割 5 割の比率である。
	業務目的	受注目的の半数（55%）は森林資源量調査である。
	業務内容	主な内容は、森林資源量解析、地形解析である。
	発注元	都道府県が半数以上（63%）、次いで市町村（29%）、林野庁・森林管理局（2%）である。
解析手法について	点密度	最低限必要な点密度は 4 点/m ² との回答が多い 積算ハンドブックに準拠

年間の受注件数 82 件において、業務形態別の受注件数は、「レーザ計測と解析も含めた業務 52%」「解析だけの業務 48%」と、ほぼ 5 割 5 割の比率であった。業務目的は「森林資源量調査」が最も多い。業務内容としては、「森林資源量解析」と「地形解析」が主要な内容になっている。発注元としては「都道府県」が一番多く、次いで「市町村」「林野庁・森林管理局」であった（図 3.1）。

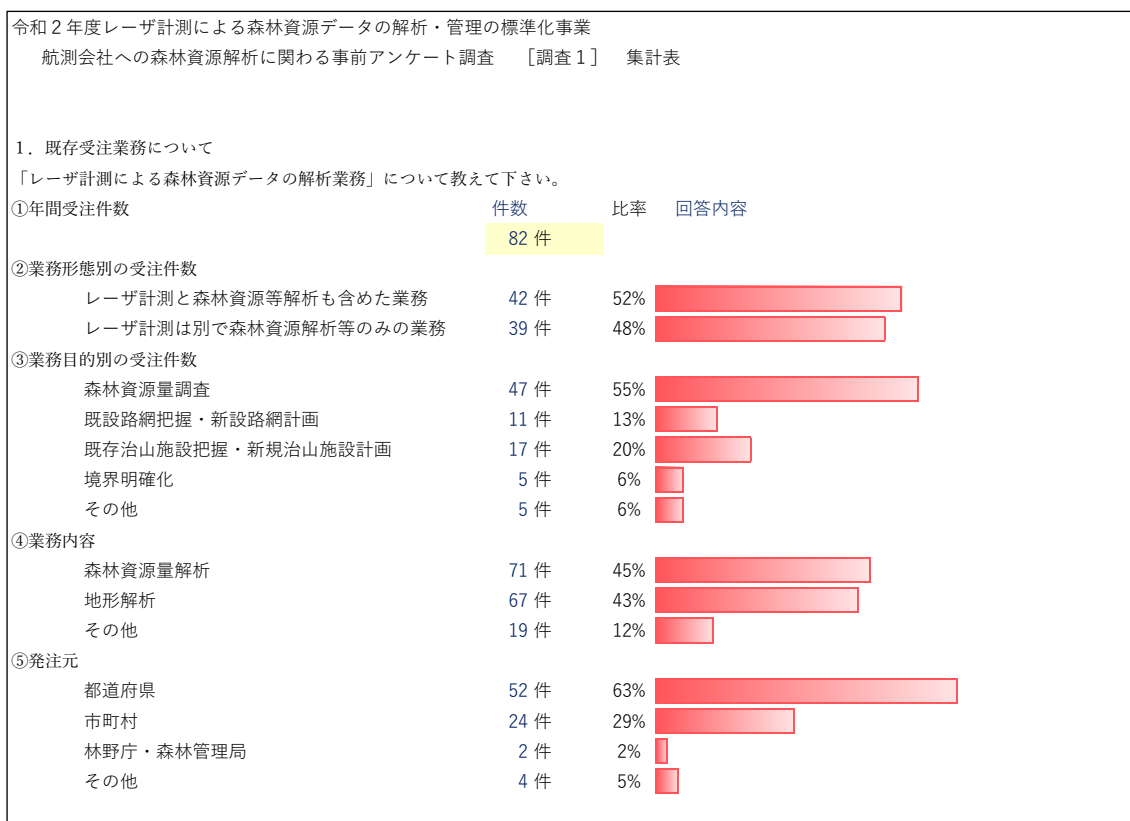


図 3.1 既存受注業務について

解析手法については、点密度についてそれぞれ各社より回答があった。回答からも標準となる4点/m²というところの業務が市場としては最も多い。それ以上になると、データの量や時間がかかり、費用的な問題も係わっている様子が傾向として見る事ができた。「解析のみの業務の場合、他社レーザ計測成果を利用する際の留意点や課題」の項目では、本来仕様どおりの業務であれば、データは流用できるはずだが、他社が計測したデータを引き継いだ場合に課題も生じていることが伺えた。他社が計測したレーザデータを解析する際の標準的なものをどこまで定義できるかの検討が必要と思われた（図 3.2）。

2. 解析手法について	
2.1 森林資源解析に使用するレーザデータについて	
①点密度別の取扱いに関する留意点、課題	
1点/m ²	<p>単木解析には不向きなので、林分解析を実施する傾向がある。本数抽出精度が低い</p> <p>材積を求める場合は、空間体積法を用いている現在取り扱い無し針葉樹の梢端が捕捉できず、立木本数が過少に抽出されるケースがある。地形解析については、微地形表現図等への適用は要検討樹木の頂点を抽出できない場合がある。</p> <p>正しい地形が得られない場合がある。</p> <p>その結果、材積計算が正しくできない恐れがある。</p>
4点/m ²	<p>特になし。本数密度が高い場合、本数の抽出精度が下がる現在取り扱い無し針葉樹の梢端が捕捉できず、立木本数が過少に抽出されるケースがある。密度を満たすように、パルスレートとスキャンレートを設定する。森林・林業分野における航空レーザ計測 積算ハンドブックに準拠</p>
4~10点/m ²	<p>特になし。未実施用途によっては適量マツ類の立木本数が過剰に抽出されるケースがある。単木抽出ではこれ以上は必要密度を満たすように、パルスレートとスキャンレートを設定する。</p>
10点/m ² 以上	<p>特になし。未実施・データ容量が膨大となる</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データ処理時間がかかるマツ類の立木本数が過剰に抽出されるケースがある。反射強度データ及びパルス情報が必要、LAS形式等での納入を含めるようにし、これに格納されていることが望ましい。データ容量が大きくなるので、処理に時間がかかる。
②解析のみの業務の場合、他社レーザ計測成果を利用する際の留意点や課題	
	<p>Las形式データの有無オリジナルデータの品質が様々な</p> <p>ラストパルスのみと思われるデータがあるデータ形式、属性定義、管理単位、名称等の取り扱いが異なるため、確認や変換にリソースを要す。</p> <p>・DEM/DTMの品質が樹高推定精度に大きく影響するため、森林資源解析を行う前にその品質を確認する必要がある。</p> <p>・複数社が計測したレーザ成果を同時に用いる場合、各社が使用する調整用基準点が異なるため、計測範囲の境界付近で段ずれが生じるケースがある。解析の目的に応じた点密度及び属性情報(主にRGB)を満たして計測されているか確認する。</p> <p>夏季、冬季で植生の繁茂状況が異なるので、目的と解析結果が合致しているかを確認する。特に問題なし</p>

図 3.2 解析手法について

解析項目については、「樹種（林相）判読」は 81 件実施している。また、「資源量集計」の項目は 60 件であった。解析図については、「樹種（林相）区分図」は 81 件の実績があり、「相対幹距比分布図」は 26 件であった（図 3.3）。

なお、委員会では、相対幹距比についてもデータが欲しいという意見もあり、現状少数の件数であっても標準化の基本仕様もしくは推奨仕様に組み入れるか否かの判断検討が必要と思われた。



図 3.3 実施している解析項目について

(2) 納品データの仕様調査

森林資源サンプルデータ作成担当 3 社による、納品データの属性名や形式、単位、小数桁数等についての調査を行った。属性名を比較しただけでも、森林資源データ成果は各社任意で納品されている実情が分かった。項目を 1 つずつ確認しながら標準仕様の属性の検討を行った。

表 3.6 属性項目納品仕様の比較

共通	属性項目		
	a 社	b 社	c 社
2 社	樹種 ID		林相 ID (中樹種)
3 社	樹種	代表樹種	林相名
3 社	面積_ha	面積	面積_ha (中樹種面積)
2 社	立木本数		立木本数
3 社	立木密度	本数密度	立木密度
3 社	平均樹高	平均樹高	平均樹高
3 社	平均 DBH	平均胸高	平均 DBH
2 社	合計材積		合計材積
3 社	ha 材積	ha 材積	ha 材積
3 社	収量比数	収量比数	収量比数
3 社	相対幹距比	相対幹距	相対幹距比
1 社			樹冠疎密度
2 社		形状比	形状比
2 社		樹冠長率	樹冠長率
2 社		データ年度	データ時点
1 社	計測密度		
2 社		市町	市町村

標準化の考え方は、各社データの属性項目を抽出し、2社共通以上の属性を検討し、「基本仕様」と「推奨仕様」に区分した。独自項目のうち標準化に加えた方が良い項目は新しく名称を付け採用した。

表 3.7 データ定義の標準化作業イメージ

a 社	b 社	c 社	共通	属性名	仕様区分 ●：基本 ○：推奨
樹種 ID		林相 ID (中樹種)	2 社	中樹種 ID	●
樹種	代表樹種	林相名	3 社	中樹種	●
面積_ha	面積	面積_ha (中樹種面積)	3 社	面積_ha	●
立木本数		立木本数	2 社	立木本数	●
立木密度	本数密度	立木密度	3 社	立木密度	●
平均樹高	平均樹高	平均樹高	3 社	平均樹高	●
平均 DBH	平均胸高	平均 DBH	3 社	平均直径	●
合計材積		合計材積	2 社	合計材積	●
ha 材積	ha 材積	ha 材積	3 社	ha 材積	●
収量比数	収量比数	収量比数	3 社	収量比数	●
相対幹距比	相対幹距	相対幹距比	3 社	相対幹距比	●
		樹冠疎密度	1 社		
	形状比	形状比	2 社	形状比	○
	樹冠長率	樹冠長率	2 社	樹冠長率	○
	データ年度	データ時点	2 社		
計測密度			1 社		
	市町	市町村	2 社		

(3) 精度検証方法の調査

森林資源サンプルデータ作成担当3社による、精度検証として行う現地調査の仕様とその方法に関しての調査を行った。プロットサイズ、プロット数はおおむね共通であったが、樹高を毎木計測するか、サンプルとするかの違いなどもみられた。各社の共通項目や数値等を確認しながら精度検証の標準仕様として取り上げるという想定で検討を行った。

表 3.8 精度検証（現地調査）納品仕様の比較

納品仕様		a社	b社	c社
プロットサイズ		0.01～0.04ha	0.04haの円形プロット	0.04ha(円形)
プロット数		30点以上/1樹種	40～80程度	各樹種20～30地点
調査項目	樹高	サンプル0.1m	DBH6cm以上の毎木：0.1m	毎木0.1m
	胸高直径	毎木1cm	DBH6cm以上の毎木：0.1cm	毎木0.1cm
	枝下高	サンプル0.1m	DBH6cm以上の毎木：0.1m	サンプル0.1m
	本数	上層/下層		樹種別上層木本数 本
	座標		円形プロットの中心座標	
	樹種		DBH6cm以上の毎木	
	現地写真		東西南北の4方向	
	立木の状況		枯死・被圧・二又・株立ちなど	
	樹冠径 (オプション)		短径・長径	
調査日時		月日時分		
記入者名		(記入者名)		
緯度経度標高		小数6桁/整数m		
傾斜角		整数		
斜面方位		8方位		

3.3.3. 行政・林業事業体への聞き取り調査

レーザ計測結果による森林資源量解析結果を利用している行政・林業事業体へ活用方法、利用上の課題等の聞き取り調査を行った。聞き取り方法は、コロナ感染防止対策のため、訪問ではなく、電話等によるものとした。調査箇所は表 3.9 のとおりである。

調査結果まとめは、表 3.10 とおりである。聞き取り調査の詳細は、巻末資料 3に付す。

表 3.9 行政・林業事業体への聞き取り調査箇所

所属	回答数
都道府県	5 件
市町村	5 件
森林組合	3 件
計	13 件

表 3.10 行政・林業事業体への聞き取り調査結果まとめ

聞き取り項目	回答結果
実施年度	平成 26 年度（2014 年）というのが一番古く、そろそろデータ更新が課題になってきている。
GIS の動作環境	回答 13 件中、3 件（回答 5、6、9）を除いて、クラウドを使用している。
利用上の課題	「小班界」と「地番界」と「レーザの林相界」の調整が課題。
森林資源情報の集計単位	林相界、メッシュ・グリッド、その他 10m、20m のメッシュが利用されている。
単木単位	利用しているところもあれば、利用していない、または今後利用予定というところもあり、それぞれである。
解析樹種	地域性がある。 スギ・ヒノキだけ分類しているところや、広葉樹まで分類しているところも見られる。
解析項目	立木本数、立木密度、平均樹高、平均胸高直径、材積、樹種はほぼ項目となっている。 森林の混み具合は、収量比数、相対幹距比が多く回答されている。
森林情報の単木	樹高、胸高直径、材積、樹種がほぼ項目となっている。
導入効果	概ね有効であるとの回答。
期待外れであった点	精度の問題、処理が重い・遅い等。 クラウド利活用の周知が不十分である。

聞き取り項目	回答結果
森林簿・計画図への反映	修正方法の検討が必要。 県には反映してもらいたい。 森林簿を使う事はあるが、利用頻度が高くないため、修正の必要性は感じていない。

森林簿との整合に関する問題は各県で検討され悩まれているところであり、この点は来年度の課題となった。

3.3.4. 課題抽出・対策の検討

(1) 照射点密度の考え方

航測会社アンケートでは4点/m²が多いが、研究分野では4点以上10点程度のものも多い。計測仕様と実際のデータの点密度に差異があることにも注意が必要である。計測仕様が4点/m²である場合、仕様を満たすために4点以上の点密度となるよう計測するため、実際の取得データは4点以上10点程度の点密度となっている。

文献においては、計測仕様ではなく、実際のデータの点密度を記載しているものが多いと考えられる。

既存文献調査、航測会社アンケートの結果からも確認できるとおり、計測仕様が4点/m²である場合、森林資源の把握に必要な精度が得られる点密度のデータが取得できる。

国土交通省のレーザ計測に関する取組においては、既に微地形計測、災害対策、災害時の緊急計測等で1点/0.25 m² (50cm 四方に1点) の事例も出てきており、この仕様等についての検討もされている。

森林資源解析に適用している4点/m²という仕様との違いについて検討が望まれる。(50cm 四方に1点の仕様を満たすためには、50cm 四方に2点以上、すなわち1 m 四方に8点の計画が必要となる。よって、高低差のある森林域では過剰な仕様となり計測単価も上昇する。)

（２） 解析手法

森林資源量の対象樹種は地域の主要人工林の樹種とする。但し、資源量の解析手法は統一されておらず、標準化は困難である。

例) 樹頂点抽出 →A 社：樹冠領域内の最大値

B 社：梢端候補点の抽出

C 社：樹冠高ラスタデータの最大数値箇所

D 社：設定した探索円内で最大値を特定し、諸条件によりスクリーニング

E 社：区割り単位に検索後、隣接 8 方向全てより標高値が高い点

単木胸高直径 →A 社：樹冠サイズを用いた回帰分析

B 社：現地調査結果に基づく回帰分析

（３） 精度検証

精度検証手法は現地調査との比較が主である。計測仕様が 4 点/m²である場合、森林資源の把握に必要な精度が得られる点密度のデータが取得できると考える。

目標精度を定量的（例：平均樹高 2m 以内、林分材積 20%以内など）に示すことは困難である。

以降の標準仕様作成作業においては、ここで得られた調査結果を踏まえて検討、協議を進めた。

第4章. データ解析と管理手法の標準化の検討

4.1. 標準化の基本方針

標準化作業は、レーザ計測データの管理手法としてデータ項目を定義し、解析手法として森林資源解析の精度検証の報告様式を示すものである。

管理手法の項目は業務上最低限必要な項目を「基本仕様」、実務の効率化や高度化を行うために必要な項目を「推奨仕様」として区分を設けている。標準仕様の範囲を明確化し、対象外は各企業の競争分野とする（表 4.1）。

表 4.1 標準化の範囲

区分		内容	例
標準仕様	基本仕様	・ 業務上、最低限必要なもの ・ 一般的な PC、クラウドで利用可能なデータ形式	・ 樹高、胸高直径 ・ 収量比数 ・ 相対幹距比
	推奨仕様	・ 実務の効率化や高度化を行うために必要な項目 ・ データ容量が大きいなど、高性能な PC、クラウド等を要するデータ形式	・ 形状比 ・ 樹冠長率
競争分野		・ 発展的な解析、独自の図法など	・ 特許取得した図法

データの属性や単位、ケタ数が本標準仕様のフォーマットに従って作られたデータが、どのシステムにおいても問題なく動作することが大きなポイントである。異なる計測会社と解析会社のデータ連携に寄与するものであり、また、本仕様書案を解析・管理手法の手引きとして作成された標準仕様データが、各企業団体に幅広く活用され、効率化・省力化の一助になるとともに、技術向上に寄与することを期待する（図 4.1）。

- ・ 様々な計測時点の樹種や材積データなども統合したデータとして利用することができる。
- ・ 地番ポリゴンなど任意の範囲で集計することで、様々な計画に利用できる。
- ・ 森林資源量データの利用方法についてマニュアル化、研修などが対応しやすくなる。
- ・ 標準仕様に対応した森林資源量データを利用する様々なアプリの開発が期待できる。
- ・ 一つのエリアを複数業者が計測した場合でも、同じ形式の解析成果が得られる。
- ・ 将来的に AI 分析用のビッグデータとして活用でき、森林計画の自動化の推進が期待される。

図 4.1 標準化データの運用効果

4.1.1.1. 留意した点

(1) 幅広い技術に適用可能で、今後の技術開発・競争を妨げない標準仕様

航空レーザ計測だけでなく、地上レーザ、ドローンなど幅広い技術にも適用可能で、今後の技術開発にも適用可能な標準化および、競争を妨げない標準仕様を検討した。

(2) 森林計画行政のみならず、林業経営上の幅広い範囲に寄与する標準仕様

林業経営の生産性・収益向上につながるデータへの対応、ドローンによる森林整備の申請・検査や、森林経営管理制度の進捗管理・国への報告など、行政で必要な申請・報告の書式への対応、川中・川下が必要とするデータへの対応にも考慮し検討した。

(1)、(2) とともに、今後取り巻く環境の変化により見直しも必要となる。

4.2. 管理手法の標準化

管理手法については空間的なレイヤ構造を元に3層構造として整理し、今後時系列で管理・更新することを前提としている。

4.2.1. 森林資源量情報の3相モデル

森林資源量の情報には、森林行政に用いる公的な情報であり、成長モデルで推計している森林簿や、航空レーザ計測など実際に計測した一時点の情報などがある。今後の情報更新を考えた場合、これらが互いに参照でき、必要な項目が反映できることが望ましい。

そこで、標準化にあたり森林資源量情報を図4.2のような3層構造として整理した「森林資源量情報の3相モデル」を踏まえて管理していくことを前提とし、実際に計測した一時点の森林資源量計測データおよび、計測データを集約した森林資源量集計データに関して標準化を行ったものである。

なお、仮想空間成長モデルとした森林簿の更新方法については、今後の課題としている。

本標準仕様が取り扱う森林資源量計測データは、航空レーザ計測の解析による森林資源量データを基本とするが、現在利用されている地上レーザ計測やドローンレーザ、ドローン写真など様々な計測方法、さらに、今後も開発が続く新たな森林資源量計測方法にも対応できるよう、留意している。

航空レーザ計測など高精度な森林資源量情報を有効活用するためには、データを活用する都道府県、市町村、林業事業体がこの3相モデル構造を理解し、また、データ作成業務を受注する企業が標準仕様を十分把握して用いることが重要である。

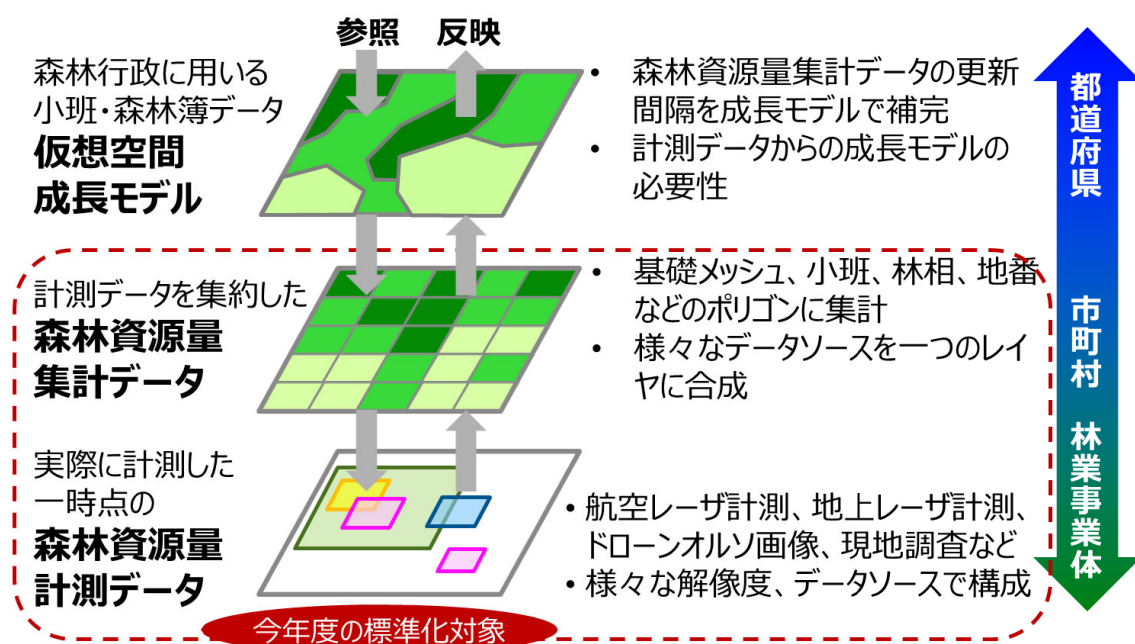


図 4.2 森林資源量情報の3相モデル

4.2.2. 森林情報の更新イメージ

森林情報は航空レーザから作成した森林資源量集計ポリゴンに加えて、いろいろなデータソースからのデータがパッチ状に重なっていき、さらに集計ポリゴンに反映され更新が進んでいくというイメージが想定される。

今後も様々な森林資源量計測方法が開発される可能性があり、森林資源量計測データは多様、多時点のデータが発生する。これらを取扱いしやすくするために、森林資源量集計データとして一つのレイヤに合成するが、その更新の方法とタイミングは今後の検討課題の一つである。少なくとも5～10年では広域のリモートセンシングでの一斉更新が必要と考えられる。

データを更新していく上では、本標準仕様に沿ったデータを用いることで企業間の異種形式データによる非効率を排除し、作業効率の向上とデータのばらつきを抑えることを目指す（図 4.3）。

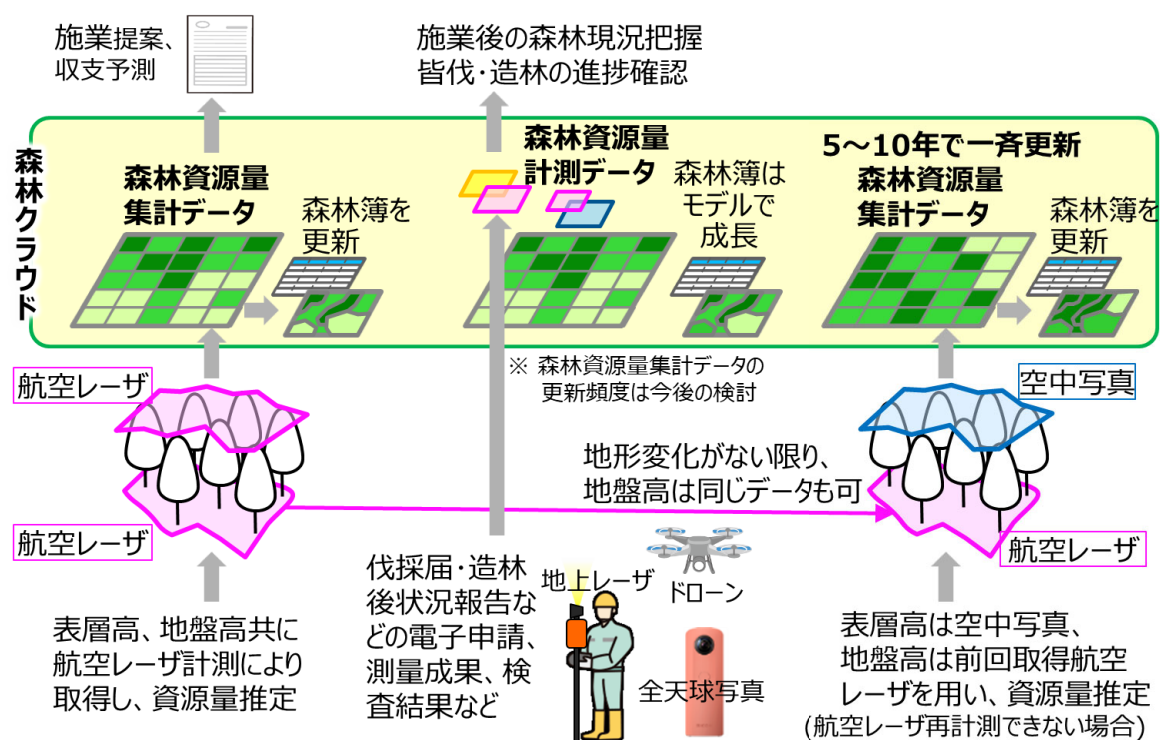


図 4.3 森林情報の更新イメージ

4.2.3. データ形式の標準化

標準仕様のデータ対象は、森林資源量計測データである「計測範囲ポリゴン」、「樹種ポリゴン」、「単木ポイント」、そして森林資源量を集計して得られる「森林資源集計ポリゴン」「解析範囲ポリゴン」のデータである。

航空レーザ計測のほかドローン写真、ドローンレーザ計測、地上レーザなど森林資源量を推定するために取得したデータを森林資源量計測データという。

森林資源量計測データの判読等で求めた樹種区分のデータを樹種ポリゴンという。基本的にそれぞれのデータで判読可能な範囲の土地被覆を分類したものであり、土地利用上の樹種や分類と異なる場合もある（土地利用上は5条森林だが、被覆は立木が無い土場であるなど）。

計測又は推定された立木位置を示す点データを単木ポイントという。森林資源量計測データの計測範囲を計測範囲ポリゴンという。

森林資源量集計ポリゴンと解析範囲ポリゴンをあわせて森林資源量集計データという。

森林資源量計測データを取扱いしやすくするため、一定の単位ポリゴン（メッシュや地番、林相など）に森林資源量データを属性として持たせたデータを森林資源量集計ポリゴンという。

複数の森林資源量計測データは重複している場合もあり、データ取得年度が新しい方を採用し、森林資源量集計ポリゴンを作成する。採用した森林資源量計測データの範囲を示すポリゴンを解析範囲ポリゴンという。

森林資源量集計ポリゴンをメッシュで作成する場合、対象範囲における平面直角座標系（1系～19系）の原点から20m間隔の森林資源量集計メッシュを用いることとする。

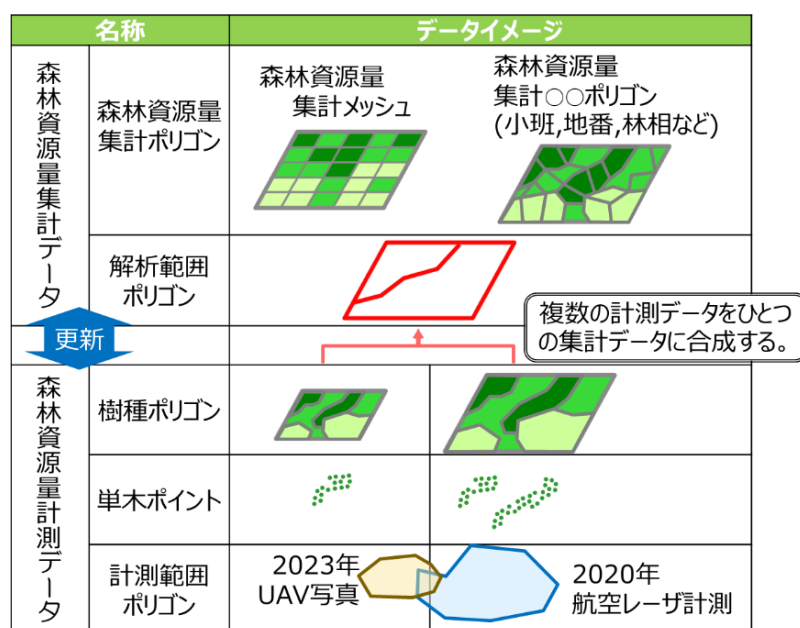


図 4.4 データ形式の標準化

4.3. 標準仕様データの作成方法

標準仕様データの作成方法は図 4.5 のとおりである。

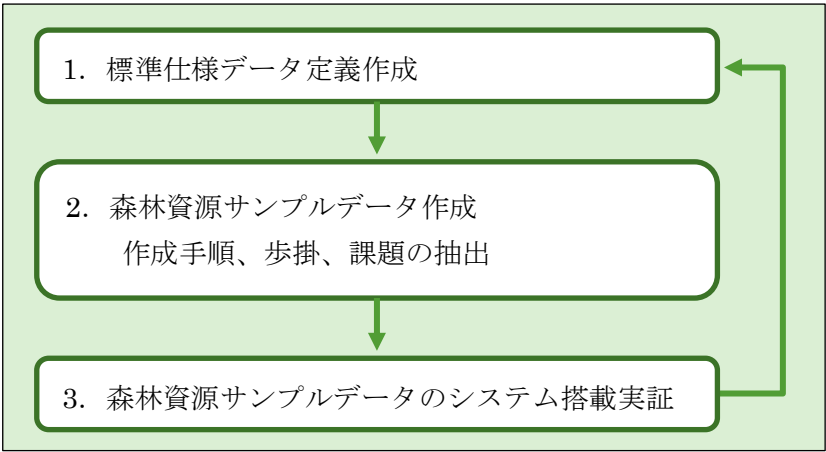


図 4.5 標準仕様作成の流れ

標準化の考え方は、3.3.2.（2）の調査結果から各社データの属性項目を抽出し、2 社共通以上の属性を検討し、「基本仕様」と「推奨仕様」に区分した。独自項目のうち標準化に加えた方が良い項目は新しく名称を付け採用した。

表 4.2 データ定義の標準化作業イメージ（抜粋再掲）

a 社	b 社	c 社	共通	属性名	仕様区分 ●：基本 ○：推奨
樹種 ID		林相 ID (中樹種)	2 社	中樹種 ID	●
樹種	代表樹種	林相名	3 社	中樹種	●
面積_ha	面積	面積_ha (中樹種面積)	3 社	面積_ha	●
立木本数		立木本数	2 社	立木本数	●
立木密度	本数密度	立木密度	3 社	立木密度	●
平均樹高	平均樹高	平均樹高	3 社	平均樹高	●
		樹冠疎密度	1 社		
	形状比	形状比	2 社	形状比	○
	樹冠長率	樹冠長率	2 社	樹冠長率	○
	データ年度	データ時点	2 社		
計測密度			1 社		

4.3.1. 標準仕様データ定義作成

データ定義は、前項 3.3.2 (2) のとおり、航測会社 3 社より各社の標準的なデータ定義の提供を受け、共通項目、独自項目を引き出した上、共通項目を中心に分科会にて協議を行い、データ形式の標準化を行った。

(1) 樹種ポリゴン

樹種区分図である。解析樹種 ID、解析樹種、樹種 ID、樹種、面積 ha、森林計測を基本仕様とした。

想定される用途は集計ポリゴンの作成、大まかな樹種区分の把握、伐採届への利活用である。

都道府県森林資源情報（森林簿相当）の標準仕様に相当する「01~12 中樹種」にリモートセンシング判読ベースのカテゴリ「96 針広混交林」、「97 新植地¹」、「98 伐採跡地²」、「99 その他³」を追加した「解析樹種」を定義した（林野庁より計画制度との整合も確認）。

航空レーザの反射強度や同時撮影の空中写真、現地確認等により判読、解析を行う。なお、細分の判読が困難な針葉樹のうち、針葉樹の割合が 75%以上の林分は「その他N」、細分の判読が困難な広葉樹のうち、広葉樹の割合が 75%以上の林分は「その他L」、前2者に当てはまらない林分は「針広混交林」とすることができる。

また、全ての解析樹種を判読対象とする必要はない。中樹種すべては判読できないが、カテゴリとしては活かしている。

【解析樹種】で対応できない場合は【樹種】で任意に定めることができるものとした。樹種については、従来の区分にとらわれないことも必要である。

なお、解析樹種のカテゴリーについては多くの意見が出されており、まだ検討が必要である。

¹ 新植地とは、植林又は萌芽による更新が明確に確認できるものの、計測時点で樹種が判読できない場所。

² 伐採跡地とは、主伐により立木竹の樹冠占有面積割合が 30%未満となっている林分のうち、植林又は萌芽による更新が明確に確認できない場所。

³ その他とは、林道、土場、水域等。

属性名	概要	考え方	コード	名称
樹種	都道府県森林資源情報（森林簿相当）の標準仕様と同等	各ユーザが任意に樹種区分を設定することが可能。既存の森林簿と合わせても構わない。	01	スギ
			02	ヒノキ類
			03	マツ類
			04	カラマツ
			05	トドマツ
			06	エゾマツ
			07	その他 N
中樹種	都道府県森林資源情報（森林簿相当）の標準仕様と同等	都道府県独自の樹種分類の最大公約数的な樹種分類	08	クヌギ
			09	ナラ類
			10	ブナ
			11	その他 L
			12	タケ
解析樹種	中樹種に「96針広混交林」、「97新植地」、「98伐採跡地」、「99その他」を追加	土地利用を基本とする従来の樹種区分と異なり、リモートセンシング判読（＝土地被覆）の考え方に対応	96	針広混交林
			97	新植地
			98	伐採跡地
			99	その他

図 4.6 標準仕様における 3 通りの「樹種」の考え方



図 4.7 樹種ポリゴンのデータイメージ

作成したデータの属性項目は、表 4.3 のとおりである。

表 4.3 「樹種ポリゴン」属性項目

	属性名	形式	単位	全桁数	小数点以下桁数	備考	仕様区分 ●：基本 ○：推奨
ア)	解析樹種ID	Text (半角文字列)		2		以下コードを入力 01:スギ 02:ヒノキ類 03:マツ類 04:カラマツ 05:トドマツ 06:エゾマツ 07:その他N 08:クヌギ 09:ナラ類 10:ブナ 11:その他L 12:タケ 96: 針広混交林 97: 新植地 98: 伐採跡地 99: その他	●
イ)	解析樹種	Text		50		スギ ヒノキ類 マツ類 カラマツ トドマツ エゾマツ その他N クヌギ ナラ類 ブナ その他L タケ 針広混交林 新植地 伐採跡地 その他	●
ウ)	樹種ID	Text (半角文字列)		5		各ユーザが任意に樹種区分コードを設定	●
エ)	樹種	Text		50		各ユーザが任意に樹種区分を設定	●
オ)	面積_ha	Double	ha	9	小数点以下4桁		●
カ)	森林計測年	Date	年月日	—		表層高データの計測年 西暦で記載。計測終了日、または、計測年 (yyyy)/01/01を入れる。	●
キ)	森林計測法	Text (半角文字列)		1		以下コードを入力 1: 航空レーザ 2: 航空写真 3: UAVレーザ 4: UAV写真 5: 地上レーザ	●

(2) 単木ポイント

中樹種 ID、中樹種、樹高、胸高直径、単木材積、形状比、森林計測を基本仕様とし、形状比、樹冠長率は推奨仕様とした。

想定される用途は、資源量の把握（材積のバックデータ）、立木情報（樹種、胸高直径、樹高、本数）の把握、立木情報から林相区分の作成、間伐前後の比較、単木データを活用したプロット調査等の業務効率化、事業体の施業計画に活用などである。

要検討事項として、データ容量が大きく扱いにくい、表示・処理に時間がかかる、林齢等の時間軸情報の整備などがあげられた。

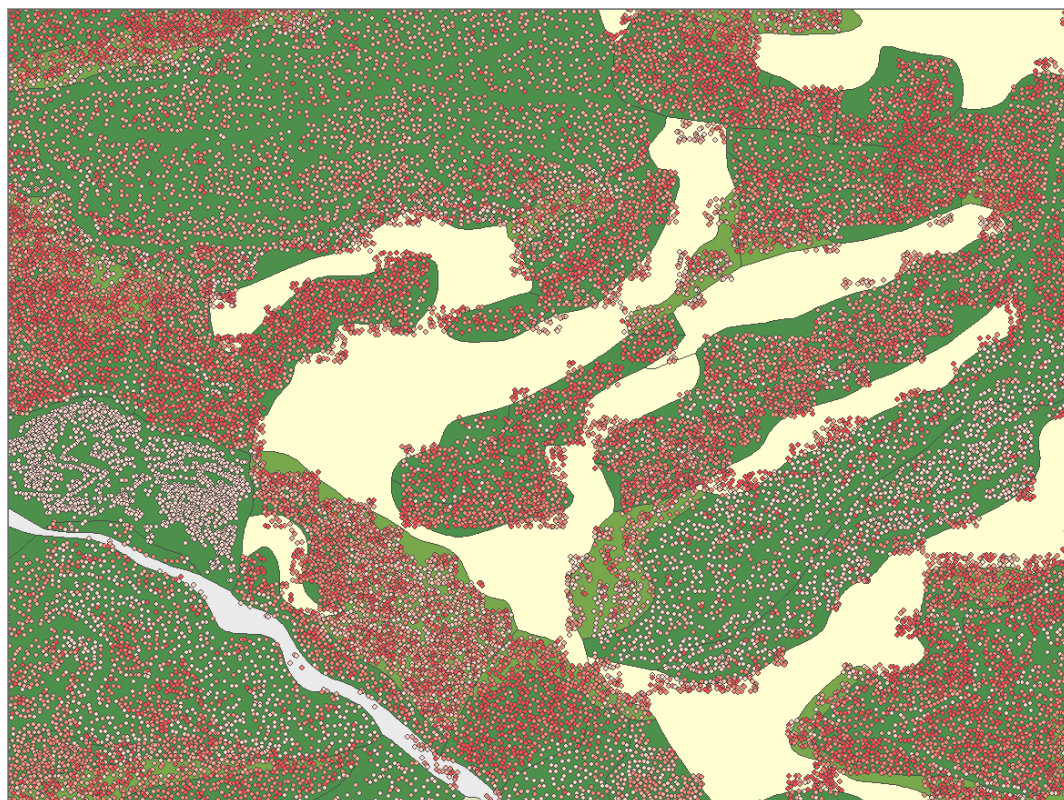


図 4.8 単木ポイントのデータイメージ

作成したデータの属性項目は、表 4.4 のとおりである。

表 4.4 「単木ポイント」属性項目

	属性名	形式	単位	全桁数	小数点以下桁数	備考	仕様区分 ●：基本 ○：推奨
ア)	中樹種ID	Text (半角文字列)		2		以下コードを入力 01:スギ 02:ヒノキ類 03:マツ類 04:カラマツ 05:トドマツ 06:エゾマツ 07:その他N 08:クヌギ 09:ナラ類 10:ブナ 11:その他L 12:タケ	●
イ)	中樹種	Text		50		スギ ヒノキ類 マツ類 カラマツ トドマツ エゾマツ その他N クヌギ ナラ類 ブナ その他L タケ	●
ウ)	樹種ID	Text (半角文字列)		5		各ユーザが任意に樹種区分コードを設定	●
エ)	樹種	Text		50		各ユーザが任意に樹種区分を設定	●
オ)	樹高	Double	m	4	小数点以下1桁		●
カ)	胸高直径	Double	cm	4	小数点以下1桁		●
キ)	単木材積	Double	m ³	8	小数点以下3桁		●
ク)	形状比	Double		4	小数点以下1桁		○
ケ)	樹冠長率	Double	%	3			○
コ)	森林計測年	Date	年月日	—		表層高データの計測年 西暦で記載。計測終了日、または、計測年 (yyyy) /01/01を入れる。	●
サ)	森林計測法	Text (半角文字列)		1		以下コードを入力 1: 航空レーザ 2: 航空写真 3: UAVレーザ 4: UAV写真 5: 地上レーザ	●

(3) 解析範囲ポリゴン

第1回検討委員会時点のサンプルデータ作成において、解析範囲ポリゴンのファイル名は、「計測範囲ポリゴン」であった。しかし、計測範囲ポリゴンと解析範囲ポリゴンは分けて取り扱わなければならないことが分科会で協議され、第3回委員会にて計測範囲ポリゴンの必要性和「解析範囲ポリゴン」への名称変更を報告した(図4.9)。

集計ポリゴンは異なるデータソースから1レイヤを合成する可能性が考えられることから、解析範囲ポリゴンは複数のデータソースに由来する区画から形成される。(区画の重複はない。)

森林資源量の更新を考えると、DTMは当初の航空レーザ計測を活用し、DSMを新たに計測しなおすというように、DTMとDSMが異なるデータソースとなる可能性が考えられる。そのため、DTMのデータソースについては地形計測、DSMのデータソースについては森林計測として区別した。

地形、森林それぞれについて計測年月日、手法、計測密度を基本仕様とし、森林解析については業者名も基本仕様とした。

計測社名、計測業務名もデータソースの手がかりになることから、推奨仕様とした。

要検討事項として、データ管理者の理解度が低いことが懸念され、解析データ(森林資源量集計ポリゴン、樹種ポリゴン、単木ポイント)と常にセットになって取扱いされれば問題ないが、解析範囲ポリゴンが無い状態で解析データが提供される可能性が考えられる。

上記の懸念事項に対応するため、解析範囲ポリゴンが無くても最低限のデータソース情報が分かるように、解析データ側に計測年等の属性を持たせた。特に単木ポイントではデータ容量が大きくなるため、課題となっている。

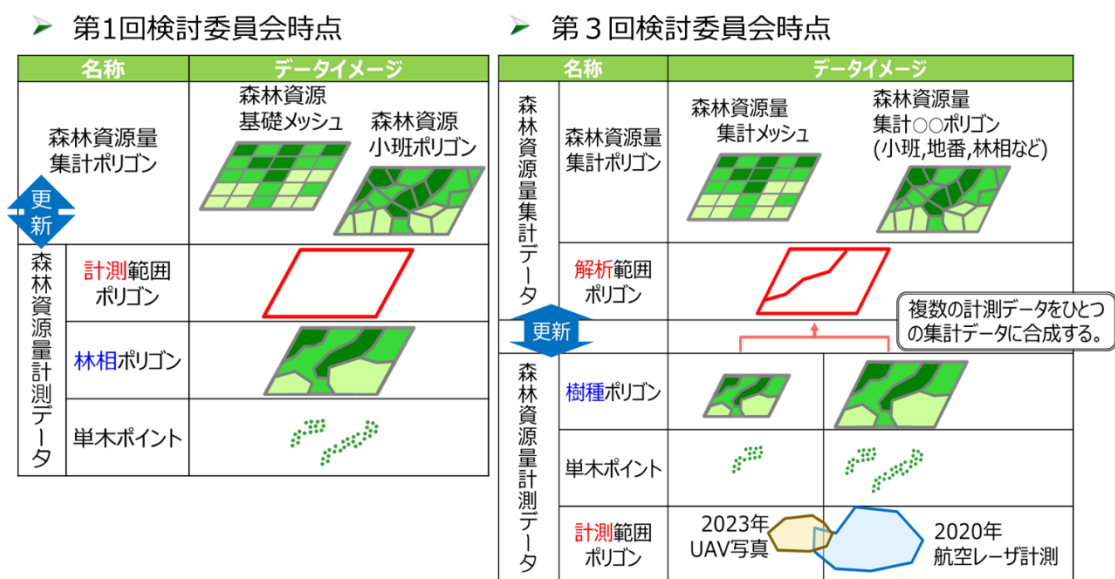


図 4.9 計測範囲ポリゴンと解析範囲ポリゴン

作成したデータの属性項目は、表 4.5 のとおりである。

表 4.5 「解析範囲ポリゴン」属性項目

	属性名	形式	単位	全桁数	小数点以下桁数	備考	仕様区分 ●：基本 ○：推奨
ア)	地形計測年	Date	年月日	—		地盤高データの計測年 西暦で記載。計測終了日、または、計測年 (yyyy) /01/01を入れる。	●
イ)	地形計測法	Text (半角文字列)		1		以下コードを入力 1：航空レーザ 2：航空写真 3：UAVレーザ 4：UAV写真 5：地上レーザ	●
ウ)	森林計測年	Date	年月日	—		使用した表層高データの計測年 西暦で記載。計測終了日、または、計測年 (yyyy) /01/01を入れる。	●
エ)	森林計測法	Text (半角文字列)		1		以下コードを入力 1：航空レーザ 2：航空写真 3：UAVレーザ 4：UAV写真 5：地上レーザ	●
オ)	森林解析者	Text		100		森林情報解析業者名	●
カ)	地形測密度	Text		4		地盤高データの計測密度 (1㎡当たりの計測点数)	●
キ)	森林測密度	Text		4		表層高データの計測密度 (1㎡当たりの計測点数)	●
ク)	地形計測者	Text		100		地盤高データ計測業者名	○
ケ)	森林計測者	Text		100		表層高データ計測業者名	○
コ)	地形業務名	Text		254		地形データを整備した地盤高計測データの測量業務名	○
サ)	森林業務名	Text		254		林相データを整備した表層高計測データの測量業務名	○

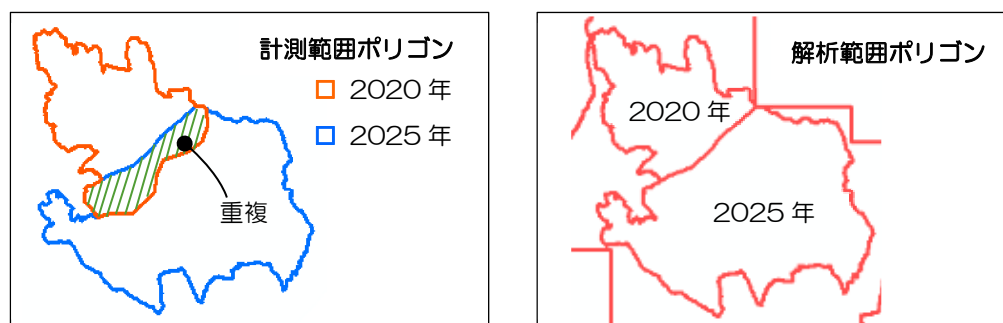


図 4.10 計測範囲ポリゴンと解析範囲ポリゴンのデータイメージ

(4) 森林資源量集計ポリゴン

区画は、平面直角座標系の各原点から 20m 正方格子とした 20m メッシュと、小班界、地番界、樹種界など地域の要望に合わせて作成可能な任意ポリゴンの 2 種類とした。

解析樹種および、樹種については、前項樹種ポリゴンで説明したとおりである。

間伐の指標として、収量比数、相対幹距比を基本仕様、形状比、樹冠長率を推奨仕様として設定した(表 4.6)。基本仕様と推奨仕様の区分は、航空レーザ計測で直接計測できる樹高をベースにした要素を基本仕様、直径をベースとした要素を推奨仕様と考えたものである。

この間伐の指標に対してどういうふうに使っていったらいいかという解説も入れてほしいという御意見があったが、地域によって違うなど一律に書くのは難しいため、仕様書には定義のみ記載し、解説は別途用語解説に含めることを検討した。委員からは参考文献等を紹介するという形もあるとのご意見をいただいた。

表 4.6 間伐指標に関する属性項目

属性名	形式	単位	全桁数	小数点以下桁数	備考	仕様区分 ●：基本 ○：推奨
収量比数	double		3	小数点以下2桁		●
相対幹距比	double	%	4	小数点以下1桁		●
形状比	double		4	小数点以下1桁		○
樹冠長率	double	%	3	—		○

森林資源量集計ポリゴンは異なるデータソースから 1 レイヤを合成する可能性が考えられることから、同一レイヤ内に異なる計測年・計測方法が存在することを前提に、利用上の問題が無いように森林計測年、森林計測法を基本仕様とした。

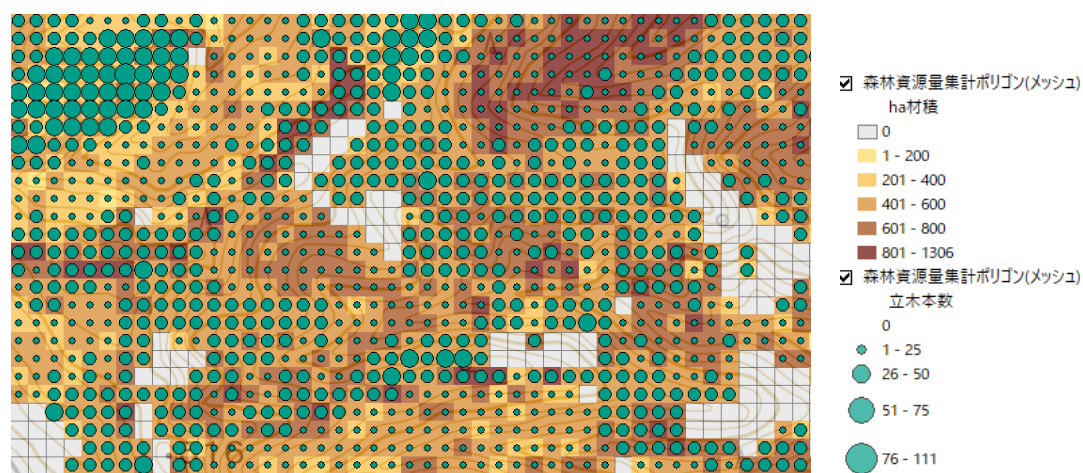


図 4.11 森林資源量集計メッシュのデータイメージ

作成したデータの属性項目は、表 4.7 のとおりである。

表 4.7 「森林資源量集計ポリゴン」属性項目

	属性名	形式	単位	全桁数	小数点以下桁数	備考	仕様区分 ●：基本 ○：推奨
ア)	解析樹種ID	Text (半角文字列)		2		以下コードを入力 01:スギ 02:ヒノキ類 03:マツ類 04:カラマツ 05:トドマツ 06:エゾマツ 07:その他N 08:クスギ 09:ナラ類 10:ブナ 11:その他L 12:タケ 96:針広混交林 97:新植地 98:伐採跡地 99:その他	●
イ)	解析樹種	Text		50		スギ ヒノキ類 マツ類 カラマツ トドマツ エゾマツ その他N クスギ ナラ類 ブナ その他L タケ 針広混交林 新植地 伐採跡地 その他	●
ウ)	樹種ID	Text (半角文字列)		5		各ユーザが任意に樹種区分コードを設定	●
エ)	樹種	Text		50		各ユーザが任意に樹種区分を設定	●
オ)	面積_ha	Double	ha	9	小数点以下4桁		●
カ)	立木本数	Integer	本	5	—		●
キ)	立木密度	Double	本/ha	4	—		●
ク)	平均樹高	Double	m	4	小数点以下1桁		●
ケ)	平均直径	Double	cm	4	小数点以下1桁		●
コ)	合計材積	Double	m ³	8	小数点以下3桁		●
サ)	ha材積	Double	m ³ /ha	5	—		●
シ)	収量比数	Double		3	小数点以下2桁		●
ス)	相対幹距比	Double	%	4	小数点以下1桁		●
セ)	形状比	Double		4	小数点以下1桁		○
ソ)	樹冠長率	Double	%	3	—		○
タ)	森林計測年	Date (yyyy/mm/dd)	年月日	—		使用した表層高データの計測年 西暦で記載。計測終了日、または、計測年(yyyy)/01/01を入れる。	●
チ)	森林計測法	Text (半角文字列)		1		以下コードを入力 1: 航空レーザ 2: 航空写真 3: UAVレーザ 4: UAV写真 5: 地上レーザ	●

4.3.2. 森林資源サンプルデータ作成

前項で決められた属性項目に従い、各サンプルデータを作成した。サンプルデータの作成はアジア航測(株)、国際航業(株)、(株)パスコの3社に委託した。

(1) サンプルデータ作成方法

「森林資源量集計ポリゴン」は樹種ポリゴン、単木ポイントデータから作成される。

航空レーザ計測の場合、森林資源量は、レーザ解析結果の判読、現地調査や材積式の結果などをあわせ、単木ポイントに材積等の情報が付加される。森林資源量集計ポリゴンは、各ポリゴンに含まれる単木ポイントを集計し、立木本数、立木密度、樹種、樹高、直径、材積、収量比数、相対幹距比、形状比、樹冠長率などが算出されている。

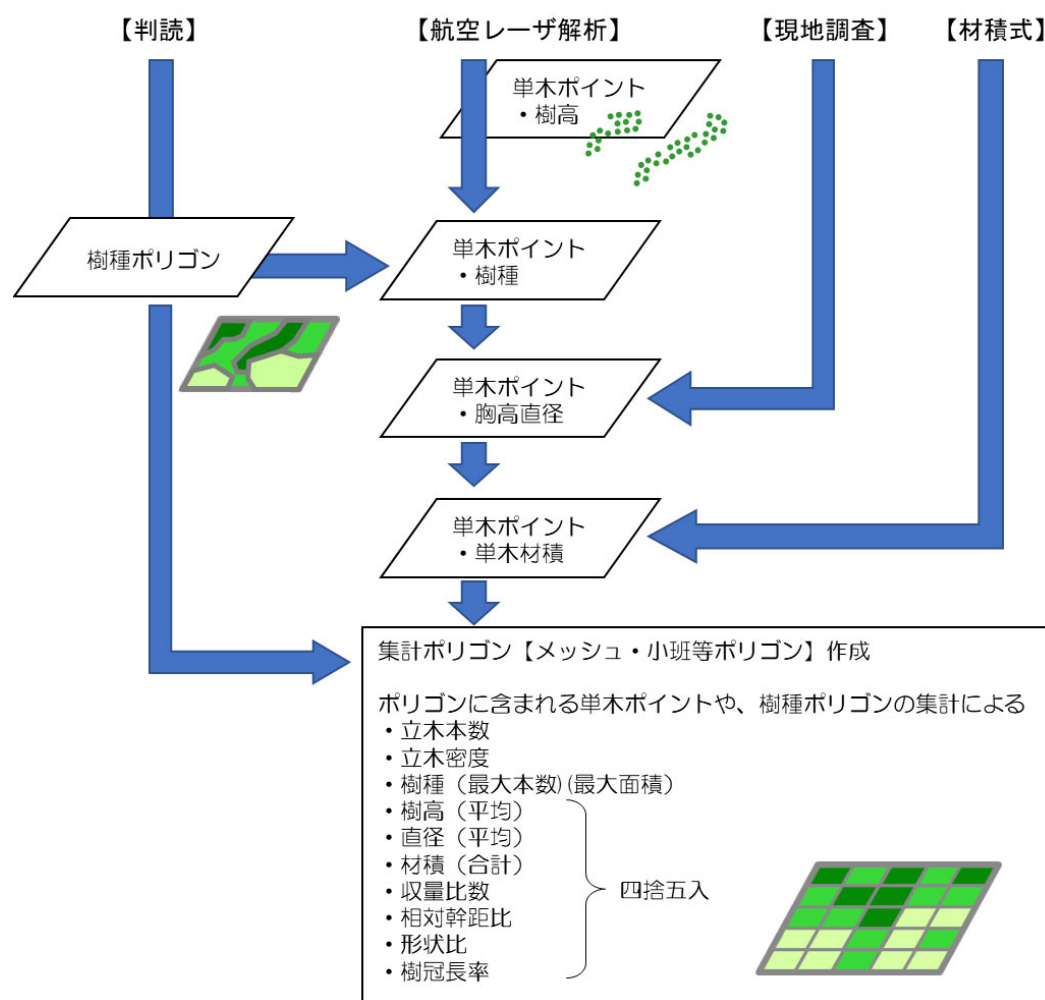


図 4.12 航空レーザ計測からの森林資源量集計ポリゴン作成の流れ

(2) 作成所要時間

アジア航測(株)の報告においては、集計ポリゴンの作成から集計結果までには 1 樹種、町内全域 160km²で1週間程度を要した。樹種数や面積に応じて作業に係る時間は変動する。

国際航業(株)の報告においては、森林資源サンプルデータ作成に係る歩掛は、おおよそ 7 人日程度であった。

(株)パスコの報告においては、主な作業内容は元データを利用したサンプルデータの属性付与やデータ変換である。作業準備、属性付与・データ変換および作業結果確認に要した時間は、おおよそ 5 人日程度であった。

(3) サンプルデータ作成時の課題

サンプルデータ作成時に挙げられた以下の点については、再度検討を行い対応した点である。また、今後の検討課題もあげられた。

【対応事項】

- ・ 中樹種 ID は数字形式でも良いのではないかと協議があったが、現行森林クラウドシステム標準仕様書に合わせ文字列形式とした。
- ・ 樹種名称については、解析樹種、中樹種、樹種の 3 つを指定することとした。
- ・ 計測範囲ポリゴンと解析範囲ポリゴンを両方持つこととした。
- ・ 日付は、DATE 型 2018/01/01 とした。
- ・ 今後はメッシュが重複していくことが想定されるが、その調整は新しいデータで書き直すこととした。

【今後の検討課題】

- ・ TEXT の場合、長さの指定があった方がいい。※業務名等
- ・ 数値型の場合、全ケタ指定があった方がいい。
- ・ TEXT で数値を入力する場合の前 0 埋の要/不要の指定があった方がいい。
- ・ 数値型の処理、切り捨て・切り上げ・四捨五入
- ・ 単木ポイントはファイルサイズが大きすぎて、図郭で区切り分割した。標準仕様を全国に普及させることを念頭に置き、森林クラウドシステムや森林 GIS で取り扱うことのできるファイルサイズを定め、森林資源データを市町村単位、図郭単位など、どの単位のファイルとして作成するか、取り決める必要があると考える。
- ・ メッシュについては、単木ポイントからメッシュ単位で集計するのか、樹種ポリゴン等で集計した結果をメッシュに反映させるのか、統一することが必要である。

4.3.3. 森林資源サンプルデータのシステム搭載実証

サンプルデータを行政、林業事業体のシステムに搭載し試用していただいた（表 4.8）。

表 4.8 サンプルデータの作成とシステム搭載

地域	サンプルデータ作成	システム搭載
山形県金山町	アジア航測(株)	アジア航測(株) 金山町森林組合 森林クラウド
福島県いわき市	国際航業(株)	パシフィックコンサルタンツ(株) いわきスマート林業 森林クラウド地域版
茨城県大子町	(株)パスコ	(株)パスコ 茨城県森林管理情報システム(PasCal 森林)

(1) システム搭載デモンストレーション

標準仕様サンプルデータのシステム上での視認性については、第2回検討委員会においてデモンストレーションを行った。デモンストレーションは、アジア航測(株)、パシフィックコンサルタンツ(株)、(株)パスコのシステムに標準仕様のサンプルデータを搭載した。

デモンストレーション搭載内容は、表 4.9 のとおりである。

表 4.9 サンプルデータのデモンストレーション内容

	表示レイヤ	表示範囲
①	計測範囲ポリゴン	全域
②	樹種ポリゴン	全域 or 拡大 分類（任意）
③	森林資源量集計ポリゴン(任意ポリゴン)	拡大（2～3小班くらい）
④	森林資源量集計ポリゴン(メッシュ)	拡大（2～3小班くらい）
	・属性テーブル	属性テーブル表示
	・「ha材積」で色分け	分類6クラス 0 1～200 200～400 400～600 600～800 800 以上
	・「立木本数」で色分け	分類（任意）
⑤	単木ポイント	（表現は任意） 例）集計機能があれば、部分選択して立木集計など

(2) システム及び利用上の課題

【アジア航測(株)】

集計ポリゴンは10mメッシュとした。林小班の区画がある箇所を10m×10mのメッシュで区切り、メッシュの中心と林相ポリゴンを比較し、そのメッシュの林相を決定した。また、10m×10mのメッシュ内の単木ポイントを集計することで、立木本数、平均樹高、平均胸高直径、合計材積を算出した。

10mメッシュのポリゴンはデータ量が大きく表示だけでも時間を要した。今後広域でデータ整備を行っていくこと、従来の現地調査が20m四方で行われることから、20mメッシュポリゴンでの運用が最適と考えられる。

既存システムへの搭載については、既存システムで想定されたデータであったため所見はない。

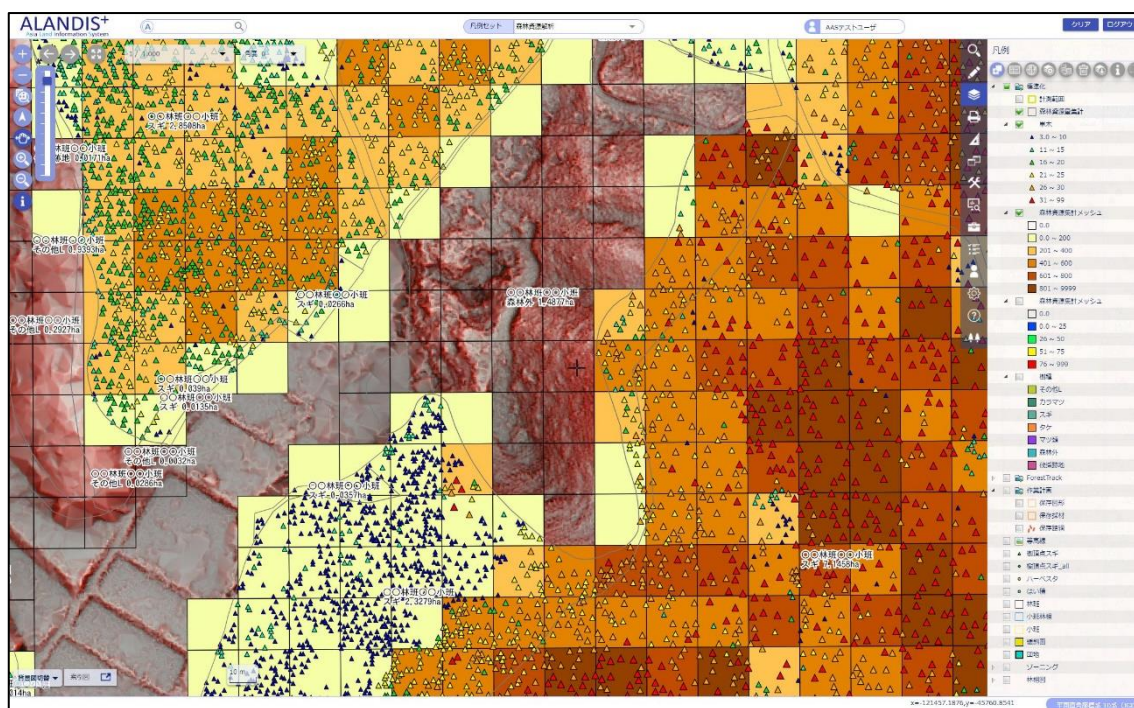


図 4.13 アジア航測(株) システム搭載イメージ

【パシフィックコンサルタンツ(株)】

システム上の搭載については仕様が明示されているため、大きな問題は生じなかった。属性に作成年度等の項目があり、データ量が多くなっていた。

メッシュについては、単木からメッシュ単位で集計したのか、樹種ポリゴン等で集計した結果をメッシュに反映させたのか統一されていないことが課題として挙げられた。

利用上は、メッシュ等の集計結果について、どのように利用すればよいのかわからないという意見があった。例えば、凡例とデータの解釈の仕方（20m メッシュで立木本数が一定以上であれば要間伐等）があるとよいと思われる。

利用者からは、境界明確化の範囲や、間伐の周囲測量等の結果の集計結果が参照できたほうが使いやすいとの意見があった。

樹頂点については、今回樹種ごとで色分け表示した。樹頂点の表示方法としては、樹高や胸高直径での表示も考えられる。

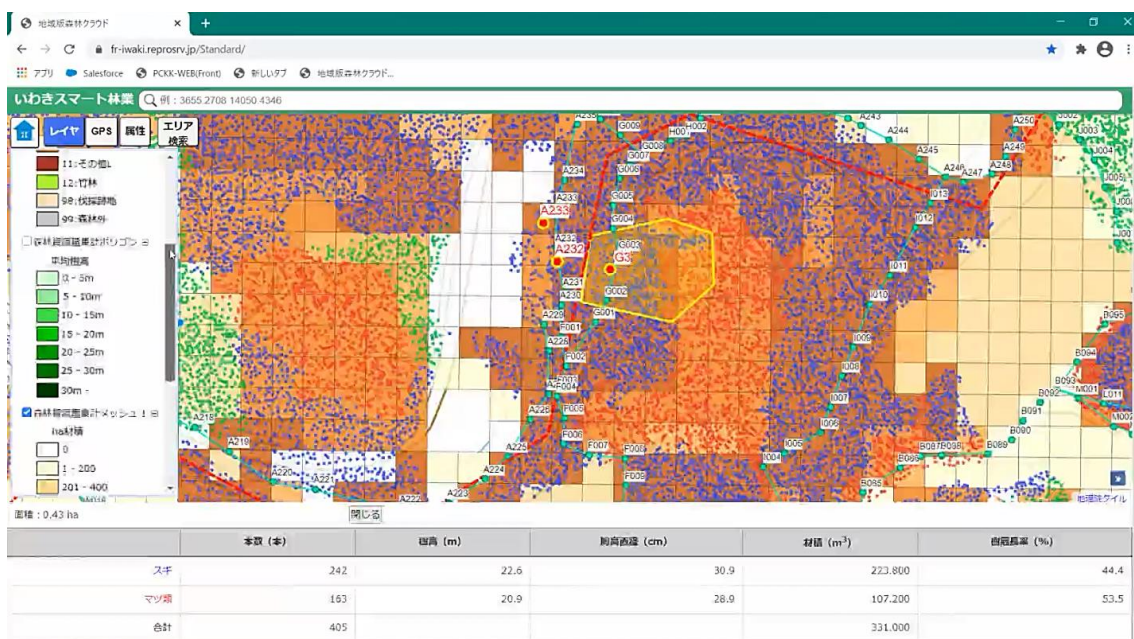


図 4.14 パシフィックコンサルタンツ(株) システム搭載イメージ

【(株)パスコ】

「茨城森林クラウドシステム」のデータサーバ上にサンプルデータを搭載時にエラーや不具合は確認されなかった。システム上にて、サンプルデータを凡例ウィンドウに呼び出し、凡例設定を実施した。樹種分類コード別に個別の凡例設定を行ったが、特に問題なく設定が可能であった。

利用者からは、以下の要望や課題があげられた。

- ・ 森林クラウドで凡例表示をする際の標準化も必要なのは。
- ・ レイヤ管理の視点から、レイヤデータの命名規則も標準化してほしい。
- ・ 用途や内容が分かりやすいような命名が望ましい。
- ・ 用途別に利用するレイヤデータが明確になってほしい。例えば、伐採届出の確認には何と何のレイヤ（解析データ含む）で確認を行えばよいかというような説明があると良い。
- ・ 分類基準など凡例の意味もあると良い。
- ・ 単木ポイントの属性で材積や樹高を確認したい。
- ・ 計測範囲ポリゴンは現在のところ特に利用はしていない。町でデータ更新することがあれば利用する。

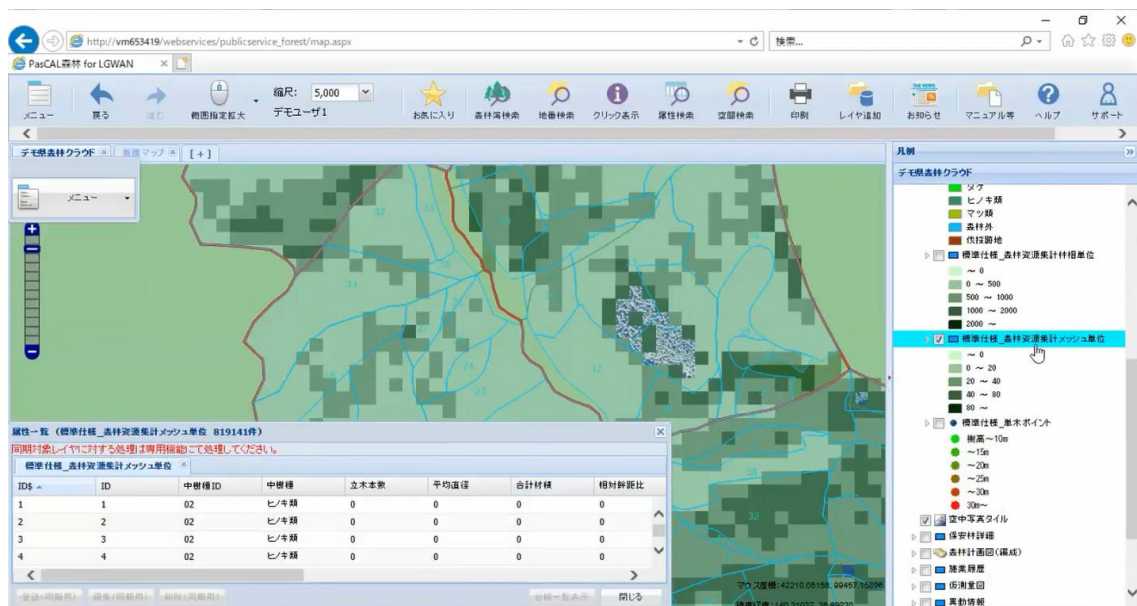


図 4.15 (株)パスコ システム搭載イメージ

4.4. 解析手法の標準化

解析手法の標準化は、前項 3.3.2 で行った精度検証調査に基づき検討した。現状、解析手法は各社の共通部分が少ないので、標準仕様にするのは難しい。その中で、共通部分の一つとしては現地調査がある。したがって、現在実施している現地調査をベースに精度検証の標準化を検討した。現地調査は解析の教師データと精度検証データと 2 つの目的がある。その 2 つの目的があるということを前提に検討を進め、現在の解析手法と精度検証の方法について整理した（表 4.10）。

樹種は、現状の手法としてはほとんど目視判読である。精度検証に関しても可能な限り目視で修正するので、精度検証ということ自体があまり成り立たないということが分かった。そのことから、樹種に関してはまだ精度検証や手法の標準化というところは難しいと考える。ただし、現在、A I などでの自動判読に各社取り組んでいるので、将来的に自動判読となった場合は検証手法の標準化も必要になってくる。

胸高直径は、現地調査結果から推定式をつくって推定する。さらに精度検証は現地調査結果と比較する。本来は推定式をつくるプロットと別の精度検証用プロットをつくらなければいけないところではあるが、現状は推定と同じプロットを使用して精度検証を行っている。

樹高は、レーザデータから算出しているので、教師データは必要ない。現地調査結果と比較して、プロットの平均樹高同士を比較している。

材積は、単木材積を算出して、その結果を現地調査結果と比較している。

表 4.10 現在の解析手法と精度検証の方法

項目	手法	精度検証
樹種	目視判読	可能な限り目視修正
胸高直径	現地調査結果から推定式を作成	現地調査結果と比較
樹高	レーザデータより算出	現地調査結果と比較 プロットの平均樹高同士を比較
材積	胸高直径と樹高より単木材積を算出、集計	現地調査結果と比較 プロットの総材積同士を比較

以上の検討を重ねた結果から、精度検証の標準化は現時点では困難であることから、標準仕様というよりも「レーザ計測による森林資源量データの精度検証ガイドライン」という形に整理することとした。

現地調査の仕様は、表 4.11 のとおりである。現地調査のプロット数はコストに反映されてくるので、現状の作業からの大幅な作業増は避けたほうが良いと考えた上で、どのような現地調査を行うかという項目を示した。

表 4.11 「精度検証（現地調査）」項目

項 目		内 容	仕様区分 ●：基本 ○：推奨
ア)	プロットサイズ	0.04ha(円形)	●
イ)	プロット数	30 点以上/主要人工林樹種 林齢、樹高等のばらつきを考慮して配置 すること。	●
ウ)	調査項目	レーザ計測対象木 レーザ計測の対象になっている上層木を 現地で目視確認し印をつける。 (印がついた立木のみで検証する)	●
エ)		樹高 サンプル（プロット内 10 本以上）0.1m	●
オ)		胸高直径 胸高直径（DBH）6cm 以上、毎木 0.1cm	●
カ)		枝下高 樹高計測木 0.1m ※樹冠長率（推奨）が必要な場合	○
キ)		本数 毎木	●
ク)		座標 円形プロットの中心座標	●
ケ)		樹種 ※広葉樹は推奨。 目的に応じて個別に対応する。	●
コ)		現地写真	○
サ)		立木の状況	○
シ)	調査日時	date(西暦年月日)	●

各社のプロットサイズは、0.01～0.04ha であったことから、0.04ha（円形）が標準と考える。

プロット数は、各社の状況より主要人工林樹種 30 点以上とした。例えば、スギが多くてヒノキが少ない地域では、ヒノキでは 30 プロット取れない場合もあるという状況が想定されるため、樹種名を明示せず「主要人工林樹種」とした。

調査項目の樹高、胸高直径、枝下高、本数などは上層木に限定するかどうかの検討を必要とした。上層木に限定していると明確に回答していたのは 1 社であり、もう 1 社は胸高直径 6cm 以上としており、この場合、林相によっては下層木も含まれると考えられる。リモセン的な考えからすると、上層木だけでいいと思われが、現地調査結果も『森林資源量計測データ』としてクラウドにのせるのであれば、上層木、下層木関係なく、現地のデータとして取った方が良いという考え方もあった。以上の検討を重ね、胸高直径は、胸高直径 6cm 以上の木を、毎木で計測する。ただし、レーザ計測対象木を現地で目視判断でチェックし、推定式の作成や精度検証は対象木のみで行うこととした。

枝下高については、データにおいて樹冠長率を推奨仕様と考えると、樹冠長率が必要な

場合は、上層木のサンプルとしては枝下高を計測することも推奨仕様としなければならない。

樹冠径は測っている会社もあったが、標準仕様からは外した。調査年月日は基本仕様で入れる。記入者名、標高、傾斜、方位は標準仕様からは外した。

分科会では、教師データと精度検証データの取扱いの標準化は現状困難という意見を得た。

解析データの精度は、解析データ値と現地調査値の誤差率を算出し精度情報として提供する。精度検証報告は、本数、樹高、胸高直径に関して作成する。

精度検証報告様式は、表 4.12 のとおりである。航空レーザや UAV レーザ等の場合は本数と樹高について、地上レーザの場合は本数と胸高直径についてなど、それぞれ計測可能な項目に関して精度を検証するものである。

表 4.12 精度検証報告様式

■航空レーザ、UAV レーザ等の場合（本数と樹高）

主要人工林 樹種	0.04ha (円形) プロット 番号	円形プロットの 中心座標 (10進経緯度)		本数				樹高（プロット内10本以上）			
				現地本数 毎木	解析本数	誤差率 (解析値-現 地値) /現地値	誤差率 絶対値	現地平均 樹高 (m)	解析平均 樹高 (m)	誤差率 (解析値-現 地値) /現地値	誤差率 絶対値
		緯度	経度								
スギ	1	35.00000000	137.00000000	56	51	-8.9	8.9	24.2	23.4	-3.3	3.3
スギ	2	35.00000000	137.00000000	24	22	-8.3	8.3	26.3	25.7	-2.3	2.3
スギ	5			25	24	-4.0	4.0	23.8	23.1	-2.9	2.9
スギ	30	35.00000000	137.00000000	14	14	0.0	0.0	25.0	26.3	5.2	5.2
30プロットの平均誤差率							5.3				3.4

※円形プロットの中心座標は、緯度経度を10進数で表す「十進経緯度（全桁数11、小数点以下8位）」で記入する。

■地上レーザの場合（本数と胸高直径）

主要人工林 樹種	0.04ha (円形) プロット 番号	円形プロットの 中心座標 (10進経緯度)		本数				胸高直径（DBH6cm以上）			
				現地本数 毎木	解析本数	誤差率 (解析値-現 地値) /現地値	誤差率 絶対値	現地平均 胸高直径 (cm)	解析平均 胸高直径 (m)	誤差率 (解析値-現 地値) /現地値	誤差率 絶対値
		緯度	経度								
スギ	1	35.00000000	137.00000000	56	51	-8.9	8.9	34.0	32.2	-5.3	5.3
スギ	2	35.00000000	137.00000000	24	22	-8.3	8.3	26.0	27.9	7.3	7.3
スギ	5			25	24	-4.0	4.0	23.0	22.8	-0.9	0.9
スギ	30	35.00000000	137.00000000	14	14	0.0	0.0	25.0	29.5	18.0	18.0
30プロットの平均誤差率							5.3				7.9

※円形プロットの中心座標は、緯度経度を10進数で表す「十進経緯度（全桁数11、小数点以下8位）」で記入する。

精度検証は、航空レーザ計測以外にも適用できるようにすることや、将来的にオープンデータ、ビッグデータとして調査研究等に活用できるデータセットとして整備することにも留意が必要である。また、レーザ計測の時代に合った材積算出手法などが必要ではないかと考えており、これについてはこの事業だけで評価するのは難しく、学識経験者等も含めた全体での検討の必要性が論じられた。

また、精度検証（現地調査方法）はガイドラインとして示したが、精度については、データを使用する行政の方にとっても重要な点であることから、下記事項をさらに検討し、不十分なところは来年度議論を重ね反映させていくことが重要である。

- ・ 樹種ごとの平均誤差率を示すのではなく、規制値（誤差率 20%以内）が必要か。
- ・ 誤差率ではなく、誤差（樹高 1m など）の方が良い。
- ・ 調査方法等も可能な限り示す。（どの程度？将来的に地上レーザ？）
- ・ 精度検証報告は、計測可能な要素のみ誤差を求めることで十分か。（例：航空レーザ計測は本数、樹高のみ、地上レーザは本数、直径のみ）
- ・ 材積の誤差も目安としてあった方が良い。

第5章. 森林クラウドシステム標準仕様の改良

5.1. 現行標準仕様の改良点調査

5.1.1. 現行標準仕様の概要（「森林クラウドシステム標準仕様 Ver. 5.1」）

一次データベース（川上の情報；都道府県版と市町村版）と二次データベース（木材需要者が川上に求める情報）が存在している。

都道府県版の森林情報がいわゆる森林簿に相当する部分になっており、市町村版のほうには森林資源情報や森林所有者情報が入っている。

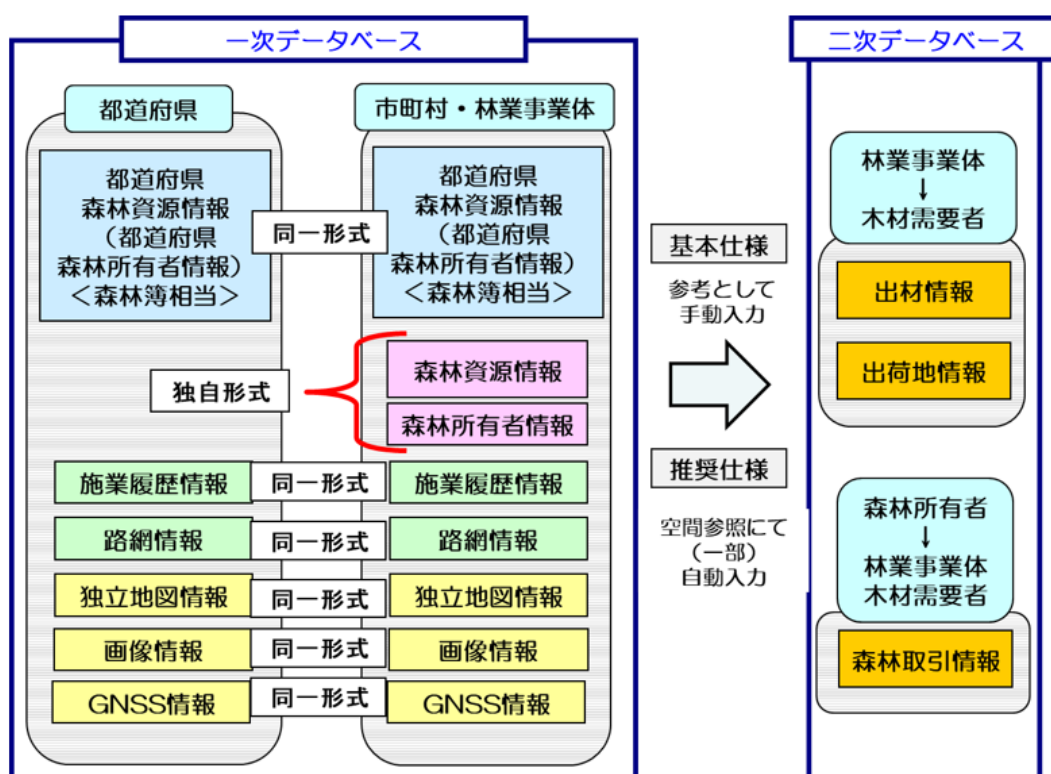


図 5.1 現行標準仕様

5.1.2. 標準仕様における「システムの標準仕様」の基本的な考え方

データの標準化を実現可能とする最低限の要件を定めている。

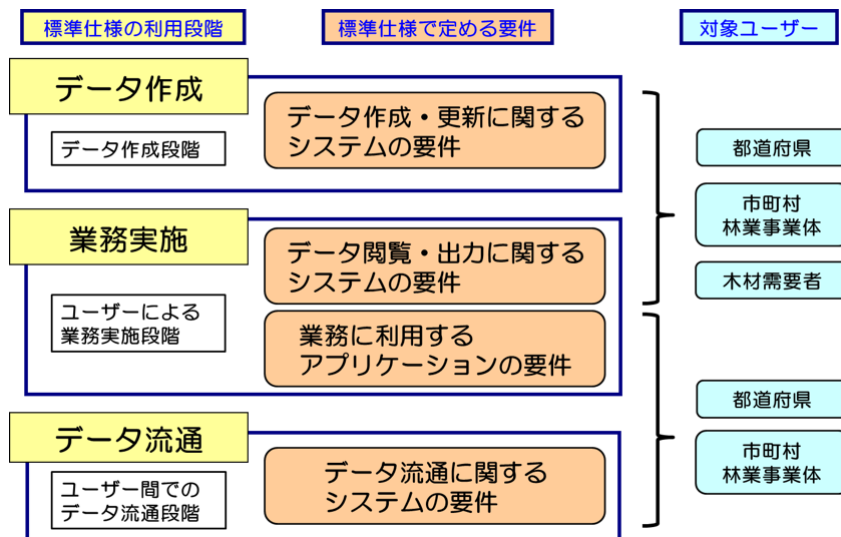


図 5.2 「システム標準仕様」の基本的な考え方
(第1回 森林クラウドシステム標準仕様分科会資料 住友林業株式会社)

5.1.3. セキュリティガイドラインの概要

森林クラウドシステムを活用する上における、情報セキュリティ確保のための措置、森林クラウドシステムにおける個人情報の取扱等について定めている。

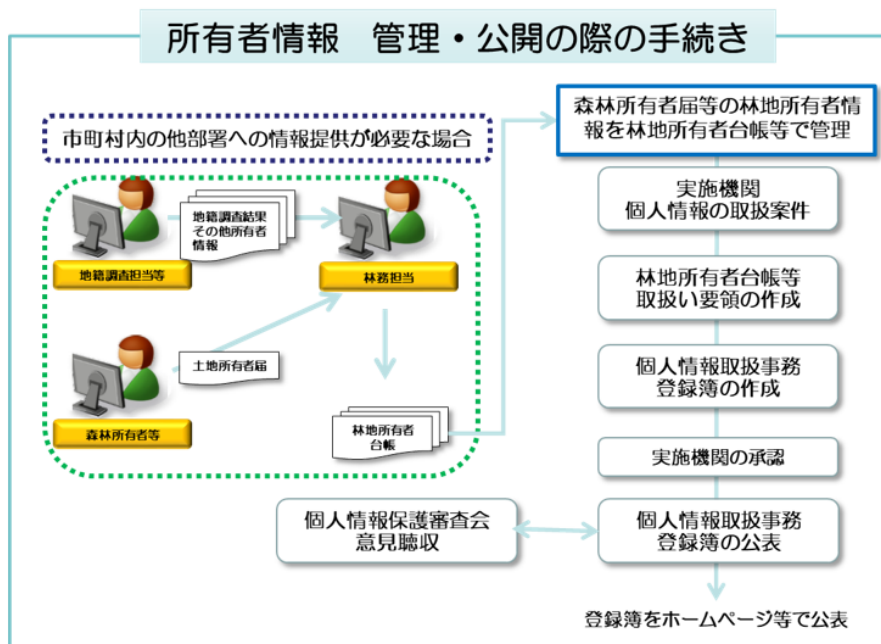


図 5.3 セキュリティガイドラインの概要

5.1.4. 標準仕様改良の方向性

標準仕様改良は、現在標準仕様を使用している都道府県等から必要な改良点を情報収集し、改良が必要と想定される項目について整理を行うものとし、以下の点を検討した。

※経営管理制度

→意向調査結果、集積計画の関連項目の入力欄等、国への報告様式との調整

※セキュリティガイドラインの見直し

→平成 30 年度以降に改正された個人情報保護に関する法規等の反映
(改良候補)

→セキュリティ要件編：明らかに古く、見直しが必要な箇所のみ修正

利活用事例編：個人情報保護関連で、最新の法規に準じる部分を修正

5.1.5. 標準仕様の改良検討内容

標準仕様の改良点について既に運用を行っている 2 県 1 町にアンケート調査を行い、得られた指摘事項について、対応を検討した。

※都道府県森林資源情報（森林簿相当）

●樹種レコード

1 つの小班レコードに、樹種レコードを 3 つまでリンク可能とする。

⇒（指摘）混交林・複層林を都道府県レベルで管理する必要があるか？

⇒（対応）原則、1 小班レコードに 1 樹種レコードとしている。

●小班と地図のリンクキー

リンクキーは数値 22 桁で以下の構成とある。

（都道府県（2 桁）＋市町村（4 桁）＋旧市町村（4 桁）＋林班（4 桁）＋
小班群（2 桁）＋小班（4 桁）＋小班枝番（2 桁））

⇒（指摘）不突合や多対多の場合は？

⇒（対応）原則、数値 1：ポリゴン 1 とする

数値 1：ポリゴン多→マルチポリゴンで対応？

数値多：ポリゴン 1→複数の樹種レコードで対応

●林地所有者・現に所有している者

⇒（指摘）林地台帳における登記簿上の所有者・現に所有している者との違いは？

⇒（対応）原則、林地台帳の所有者と対応する

●森林の種類

1つの小班（または小班枝番）に複数の制限林が指定されている場合があるが、5つまで入力を可能とする

⇒（指摘）6つ以上ある場合の優先順位は？

⇒（対応）制限内容の厳しい順番に記載

●計画的伐採対象森林の内外の別・要間伐森林・市街化区域

⇒（指摘）市町村の林務で把握・管理する項目の都道府県での必要性

⇒（対応）基本仕様から推奨仕様への変更を検討

●森林認証の種類

⇒（指摘）林業事業体が管理する項目の都道府県での必要性

⇒（対応）基本仕様から推奨仕様への変更を検討

●所有者コード森林所有者のコード管理

⇒（指摘）所有者のコード管理は困難

⇒（対応）推奨仕様としているので、必要に応じて対応

※施業履歴情報

●リンクキー

施業履歴 DB と地図データ（施業履歴ポリゴン）はリンクキーでリンクする。リンクキーは桁数 24 桁

（都道府県（2 桁）＋市町村（4 桁）＋旧市町村（4 桁）＋林班（4 桁）＋小班群（2 桁）＋小班（4 桁）＋小班枝番（2 桁）＋施業履歴番号（2 桁）

⇒（指摘）複数小班にまたがる場合や地番界で管理する場合は？

⇒（対応）都道府県森林資源情報にリンクするための仕様であるため、ランダム連番等、独自のリンクキーも可能とすることを検討する

※森林所有者情報（都道府県・市町村）

●更新

⇒（指摘）都道府県（林地所有者・現に所有している者・立木所有者）・市町村（林地台帳）（登記簿所有者・現に所有している者）の管理

⇒（対応）データ更新は、市町村⇒都道府県の片方向とする

5.2. 制度変更等への対応検討

技術、制度の変更に合わせて標準仕様も対応する必要がある。

表 5.1 制度の変遷による標準仕様改良の必要性

年	法律名称	概要
平成28	森林法改正	<ul style="list-style-type: none"> 林地台帳制度 伐採及び伐採後の造林の届出等
平成29	合法伐採木材等の流通及び利用の促進に関する法律（グリーンウッド法、CW法）	<ul style="list-style-type: none"> 合法伐採木材 合法性の証明
平成31 令和1	森林経営管理法	森林経営管理制度
	森林環境税及び森林環境譲与税に関する法律	森林環境譲与税
令和2		森林環境譲与税 → 前倒しで増額

現行標準仕様
Ver.5.1
平成30年3月

5.2.1. 標準仕様の追加（森林経営管理制度関連）

森林経営管理制度関連について推奨仕様として仕様に反映した。データの標準仕様の追加項目は、表 5.2 のとおりである。

表 5.2 森林経営制度関連 データの標準仕様の追加項目

区分	項目	内容
意向調査	事前準備実施時期	※年月日
	事前準備内容	※準備事項
	調査実施時期	※年月日
	回答の有無	※有無
	集積計画作成の意向の有無	※有無
集積計画	自ら経営管理を行う旨の意向の有無	※有無
	作成の申し出の有無	※有無
	計画作成時期	※年月日
	計画解除時期	※年月日
実施配分計画	計画作成時期	※年月日
	計画解除時期	※年月日

今回標準仕様に反映していない追加検討項目は、次のとおりである。

※データの標準仕様の追加検討項目

⇒今回、仕様には反映しない。

●施業面積関連（造林・保育、間伐、皆伐・択伐）

市町村森林経営管理事業

●森林経営計画策定面積

経営管理権集積計画策定森林

経営管理実施権配分計画策定森林

●災害防止措置命令対象森林

●所在不明森林の探索状況（探索の実施・所有者判明状況）

共有者不明森林

所有者不明森林

●都道府県知事に裁定を申請した面積

確知所有者不同意森林

所有者不明森林

5.2.2. セキュリティガイドライン

セキュリティガイドラインについて旧版では、原理原則を書いていたが、それに対して、どうすれば実現しやすいのかという手法に関して、情報セキュリティや、個人情報保護のマネジメントシステムの導入という形の実践編を追記した。また、3年ごとに個人情報保護法の見直しがあることから、それを追加した。

※コンテンツの追加

●実践編として、情報セキュリティと個人情報保護について、マネジメントシステムの解説を追記

⇒情報セキュリティマネジメントシステム（ISMS：JIS Q 27001）

⇒個人情報マネジメントシステム（JIS Q 15001）

●上記コンテンツ追加に伴い、マネジメント認証制度についてのコラムを追加

巻末付録として、令和2年改正の個人情報保護法の改正ポイントを追記

※全体構成の見直し

●コンテンツの追加に伴い、全体構成を見直すとともに、明らかに古い内容についてはアップデートを実施

※セキュリティガイドラインの構成

セキュリティガイドラインの構成について、新旧の対応表は、表 5.3 のとおりである。

表 5.3 セキュリティガイドラインの構成（新旧対応表）

旧版		改訂版	
1. ガイドラインの概要と目的		1. ガイドラインの概要と目的	
2. 用語の定義		2. 用語の定義	
セキュリティ要件編	3. 森林クラウドシステム事業者が講ずべき措置 4. 森林クラウドシステム事業者が講ずべき措置（都道府県・市町村・林業事業者等） 5. 森林クラウドシステム利用におけるセキュリティ対策	セキュリティ要件編	3. 森林クラウドシステム事業者が講ずべき措置 4. 森林クラウドシステム事業者が講ずべき措置（都道府県・市町村・林業事業者等） 5. 森林クラウドシステム利用におけるセキュリティ対策 6. 森林クラウドシステムにおける個人情報
利活用事例編	6. 森林クラウドシステムにおける個人情報 6-4-2 森林情報のオープンデータ化 7. 森林クラウド・トラストフレームワーク 8. 森林所有者のための分かり易い表示・通知	実践編 利活用・応用事例編	7. マネジメントシステムの導入 8. 森林情報のオープンデータ化 9. 森林クラウド・トラストフレームワーク 10. 森林所有者のための分かり易い表示・通知
		巻末付録	個人情報保護法改正の概要

赤字：追加
青字：構成変更

本事業で作成した改良版『森林クラウドシステムに係る標準仕様書（案）Ver. 6.0』、及び『森林クラウドシステムに関わる情報セキュリティガイドライン Ver6.0』は別添データとする。

第6章. 標準仕様書の作成（成果の取りまとめ）と普及

6.1. 標準仕様書案の作成

既存文献やアンケート調査、レーザ計測による森林資源解析の精度検証調査、ならびに、解析手法、管理手法の標準化の検討をした結果、そして、現行の「森林クラウドシステムに係る標準仕様書」の整理方法などに基づき、現状と課題・問題点の整理及び改善・解決策や方向性を取りまとめ、分科会において標準仕様書案を検討・作成した。

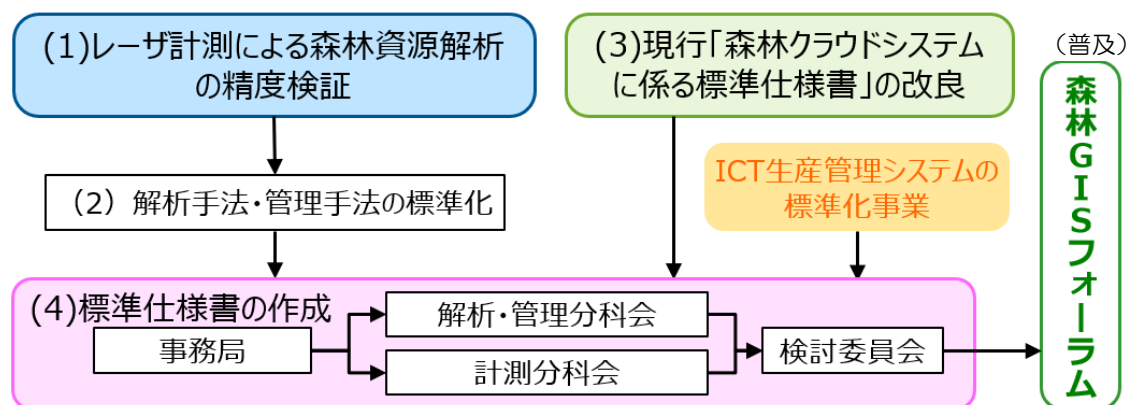


図 6.1 標準仕様書作成までの事業過程

作成した標準仕様書案は2021年2月12日に開催した「第3回検討委員会」に諮り、パブリックコメントに供する版としての承認を得た。承認を得た標準仕様書案のバージョンは、「森林資源データ解析・管理標準仕様書案 20210212」である（図 6.2）。作成した標準仕様書案は別添データとする。

今年度の委員会・分科会は、合わせて8回開催し議論を積み重ねてきたが、実際、最後の委員会の版でもまだ意見が分かれている部分がある。標準化は今後さまざまな事業等にかかる重要な案件であることから、修正する場合にはそれを付議する場が必要と考える。従って、標準仕様書案については、委員会からの意見、パブリックコメントからの意見も含め、来年度の森林GISフォーラムで決定することとする（図 6.3）。

<p>森林資源データ解析・管理標準仕様書案 20210212</p> <p>令和 2 年度 林業イノベーション推進総合対策のうち ICT 生産管理推進対策のうち レーザ計測による森林資源データの解析・管理の標準化事業</p> <h1>森林資源データ解析・管理 標準仕様書案</h1> <h2>Ver.1</h2> <p>令和 3 年 3 月</p> <p>標準化事業検討委員会 解析・管理分科会 計測分科会</p>	<p>森林資源データ解析・管理標準仕様書案 20210212</p> <h3>目次</h3> <p>第 1 章 森林資源データ解析・管理標準仕様の概要 1</p> <p>1.1. 目的 1</p> <p>1.2. 標準仕様書の基本方針 1</p> <p>1.3. 標準仕様書の作成フロー 2</p> <p>第 2 章 森林資源量情報の管理方法 3</p> <p>2.1. 森林資源量情報の 3 相モデル 3</p> <p>2.2. 森林情報の更新イメージ 4</p> <p>2.3. 標準仕様が対象とするデータ 5</p> <p>2.3.1. データの定義 5</p> <p>2.3.2. 森林資源量集計ポリゴンの作成方法 6</p> <p>第 3 章 データ定義 7</p> <p>3.1. 計測範囲ポリゴン 7</p> <p>3.2. 樹種ポリゴン 11</p> <p>3.3. 単木ポイント 15</p> <p>3.4. 解析範囲ポリゴン 20</p> <p>3.5. 森林資源量集計ポリゴン 24</p> <p>3.5.1. 森林資源量集計メッシュ 24</p> <p>3.5.2. その他の資源量集計ポリゴン 31</p> <p>第 4 章 精度検証ガイドライン 32</p> <p>4.1. 精度検証（現地調査）項目 32</p> <p>第 5 章 メタデータ 35</p> <p>5.1. メタデータの入力項目 35</p> <p>5.1.1. データの識別情報：<identificationInfo> 36</p> <p>5.1.2. データの品質情報：<dataQualityInfo> ※任意 37</p> <p>5.1.3. データの配布情報：<distributionInfo> ※任意 37</p> <p>5.1.4. データの座標参照系：<referenceSystemInfo> 37</p> <p>5.1.5. メタデータの基本情報 38</p> <p>5.2. メタデータの記述上の留意点 39</p> <p>5.2.1. カタカナの記述についての留意点 39</p> <p>5.2.2. 英数字の記述についての留意点 39</p> <p>5.2.3. 日付の記述様式についての留意点 39</p> <p>データ定義一覧 40</p> <p>付表 1 「3.1.計測範囲ポリゴン」属性項目 40</p> <p>付表 2 「3.2.樹種ポリゴン」属性項目 41</p> <p>付表 3 「3.3.単木ポイント」属性項目 42</p> <p>付表 4 「3.4.解析範囲ポリゴン」属性項目 43</p> <p>付表 5 「3.5.森林資源量集計ポリゴン」属性項目 44</p> <p>付表 6 「4.1.精度検証（現地調査）」項目 45</p> <p>付表 7 「メタデータ」作成例 46</p> <p>用語解説 50</p>
---	---

図 6.2 「森林資源データ解析・管理標準仕様書案 20210212」版



図 6.3 今後の森林 GIS フォーラム標準仕様分科会での取組

6.2. 標準仕様書の普及に向けた取り組み

6.2.1. 普及のポイント

普及のポイントとして、以下3点を目指している。

ポイント①：森林クラウドの普及に伴い、標準化の必要性が広く理解されること。

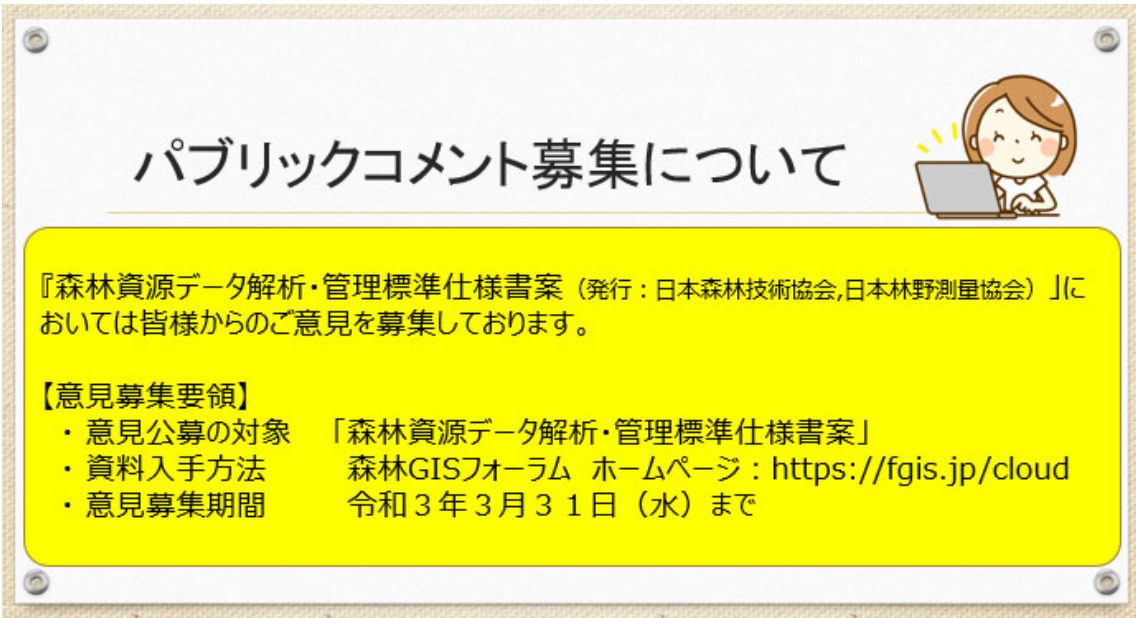
ポイント②：データの管理手法（3相モデル、更新イメージ）について行政、林業事業者が理解すること。

ポイント③：標準仕様の詳細は航測会社、システム会社が理解すること。

上記を目指し、パンフレットの作成と、シンポジウムの開催を行った。シンポジウム開催にあたり、森林GISフォーラムや日林協のホームページ、林測協のホームページなどで公開案内を掲載した。

また、標準仕様書案については、シンポジウムで公表することにより、パブリックコメントとして意見聴取に繋がるものと考え、森林GISフォーラムのホームページより意見募集を行った。

意見募集期間はシンポジウム開催日より1か月間を想定し、令和3年3月31日（水）までとした。募集方法は、シンポジウム開催前から資料をダウンロードできるようにし、指定のファイルに記入したものをメールで返送していただく方式とした。



The image shows a public comment collection notice on a yellow background with a white border. At the top right is a cartoon illustration of a woman with brown hair sitting at a desk with a laptop. The title 'パブリックコメント募集について' is in large black text. Below it, the text reads: '『森林資源データ解析・管理標準仕様書案（発行：日本森林技術協会, 日本林野測量協会）』においては皆様からのご意見を募集しております。' Underneath is a section titled '【意見募集要領】' followed by three bullet points: '・意見公募の対象 「森林資源データ解析・管理標準仕様書案」', '・資料入手方法 森林GISフォーラム ホームページ：https://fgis.jp/cloud', and '・意見募集期間 令和3年3月31日（水）まで'.

パブリックコメント募集について

『森林資源データ解析・管理標準仕様書案（発行：日本森林技術協会, 日本林野測量協会）』においては皆様からのご意見を募集しております。

【意見募集要領】

- ・意見公募の対象 「森林資源データ解析・管理標準仕様書案」
- ・資料入手方法 森林GISフォーラム ホームページ：https://fgis.jp/cloud
- ・意見募集期間 令和3年3月31日（水）まで

図 6.4 Web 開催画面によるパブリックコメント募集案内

森林資源データ解析・管理標準仕様書案への意見募集のお知らせ

意見公募の対象

「森林資源データ解析・管理標準仕様書案」

意見募集期間

令和3年3月31日（水）まで

意見の提出方法

下記の『森林資源データ解析・管理標準仕様書案_意見提出用紙.xlsx』の、「ご意見用紙」シート内に御記入の上、電子メールで送付してください。

なお、電話等での御意見提出はお受けしかねますので、あらかじめ御了承ください。

提出先

【メールアドレス】 k-arai@jafta.or.jp

（電子メールの件名を「パブリックコメントに対する意見」としてください。）

資料ダウンロード

- [意見募集要領](#)
- [森林資源データ解析・管理標準仕様書案](#)
- [森林資源データ解析・管理標準仕様書案_意見提出用紙](#)
- [パブリックコメント一覧20210209時点](#)

その他

- 皆様からいただいた御意見につきましては、最終的な決定における参考とさせていただきます。なお、いただいた御意見についての個別の回答はいたしかねますので、あらかじめ、その旨をご了承ください。
- 御提出いただきました御意見については、氏名、住所、電話番号、メールアドレスを除き、すべて公開される可能性があることを、あらかじめ御承知おきください。ただし、御意見中に、個人に関する情報であって特定の個人を識別しうる記述がある場合及び個人・法人等の財産権等を害するおそれがあると判断される場合には、公表の際に当該箇所を伏せさせていただきます。
- 御意見に附記された氏名、連絡先等の個人情報につきましては、適正に管理し、御意見の内容に不明な点があった場合等の連絡・確認といった、本案に対する意見公募に関する業務にのみ利用させていただきます。

図 6.5 森林 GIS フォーラム HP によるパブリックコメント募集案内

6.2.2. パンフレット作成

パンフレットは、見開き 4 ページで、森林資源データの標準化の目的、必要性について、および、標準仕様の概要、その基本的な考え方になる森林資源情報の 3 相モデルと森林情報の更新のイメージ、標準仕様におけるデータのイメージ、それを使ったサンプルデータの表示などを掲載したものである。また、本事業の実施体制からは、ここに多くの行政・業者が参加し検討していることを明確にすることで、標準化の重要性を認識していただくとともに、標準仕様の普及につなげることを目指した。

パンフレットは、令和 3 年 3 月 1 日のシンポジウムで配布した。

パンフレットについては、巻末資料 4 に付す。

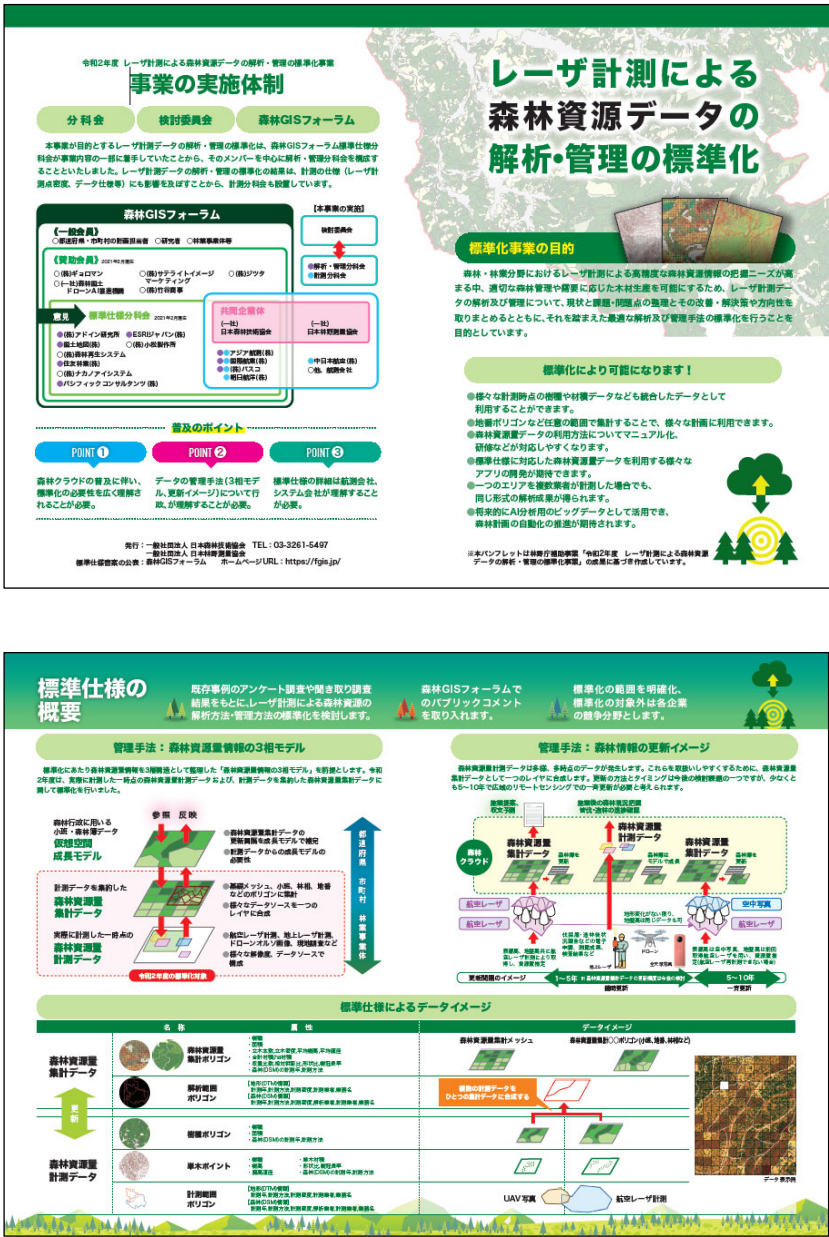


図 6.6 パンフレットのイメージ

6.2.3. シンポジウムの開催

本事業で得られた成果の普及を図るために、「ICT生産管理システム標準化事業」と連携、および、森林 GIS フォーラムと共催し、行政・民間事業者を幅広く集めたシンポジウムとして、「森林 GIS フォーラム 令和 2 年度 東京シンポジウムー林業生産管理システムや森林資源データ解析・管理の標準化に向けてー」を令和 3 年 3 月 1 日に開催し事業報告を行った。

シンポジウムは、新型コロナウイルス感染症の拡大を受け、事前登録制による、会場参加（会場収容定員の 50%以内の参加人数に制限）のほか、オンライン参加できる形態として実施した。参加者は、293 名（会場参加 30 名、オンライン参加 263 名）であった。シンポジウムのプログラムを表 6.1、実施状況写真を図 6.9 に示す。

表 6.1 シンポジウムのプログラム

時間	シンポジウム	時間	話題提供等
10:30-10:35	開会挨拶	10:30-10:35	開会挨拶
10:35-10:40	林野庁 令和 3 年度の事業概要	10:35-10:40	林野庁 令和 3 年度の事業概要
セッション①（司会：住友林業株式会社 岡田）			
10:40-11:10	ICT 生産管理標準化仕様案について 田上 誠（住友林業株式会社）	10:40-11:10	林業分野の DX の実現に向けて パシフィックコンサルタンツ株式会社
11:10-11:40	素材生産における ICT 技術の利用と情報収集の役割 斎藤仁志（岩手大学）	11:10-11:30	森林経営管理制度の運用における 空間情報の役割 国際航業株式会社
11:40-12:00	質疑応答	11:30-12:00	OWL による森林資源データ計測・解析と データを活用するためのシステム 株式会社アドイン研究所
昼休憩（12:00-13:00）			
セッション②（司会：森林総合研究所 鹿又）			
13:00-13:30	森林資源標準化仕様案について 大萱直花（一般社団法人日本森林技術協会）	13:00-13:40	森林向け ICT システムの紹介 株式会社ジツタ
13:30-14:00	精密計測の普及と データ管理の担い手について 米 康充（島根大学）	13:40-14:00	路網設計支援ソフト「FRD」の紹介 住友林業株式会社
14:00-14:20	質疑応答	14:00-14:20	FLDA Drone ソリューションの紹介 FLDA（森林国土ドローン AI 推進機構）
休憩（14:20-14:30）			
セッション③（司会：森林総合研究所 高橋）			
14:30-15:20	林業 DX でお仕事改革！ ー森林変化情報を使った業務効率化に向けてー	14:30-15:20	座談会：高精度森林情報と地上調査
15:20-16:20	GNSS から始まる林業 DX	15:20-16:20	座談会：GIS とスマート林業
16:20-16:30	閉会挨拶	16:20-16:30	閉会挨拶



図 6.7 シンポジウムメイン会場の状況



図 6.8 シンポジウムの発表（報告）状況



図 6.9 話題提供会場の状況

第7章. 今後に向けて

7.1. 来年度の検討課題

今年度の標準化業務は、森林資源量計測データ、集計ポリゴンまでを事業範囲とした。今後、航空レーザから作成した集計ポリゴンに加えて、いろいろなデータソースからのデータがパッチ上にどんどん重なっていくことが想定される状況において、仮想空間の成長モデルに値する森林簿の更新方法に関して標準化の検討を行う必要がある（図 7.1）。

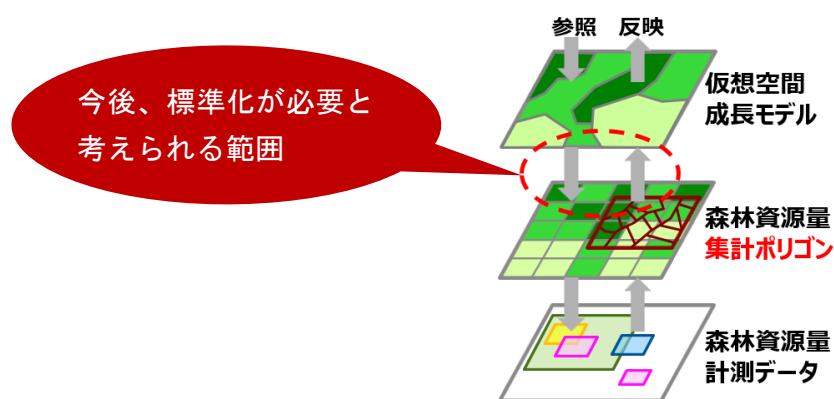


図 7.1 標準化が必要と考えられる範囲

本事業で提議された来年度の検討課題は、表 7.1 のとおりである。

一番大きな課題は、森林資源計測データによる森林簿の更新方法である。これは当初から来年度の中心議題として進めていた項目である。

森林資源量集計メッシュについては、複数の計測データから合成していく森林資源量集計データをどう更新していくのが課題である。

標準化は、凡例も含めた標準化が必要であろうということも来年度の検討課題とした。

さらに、データのオープンデータ化、地形情報や路網情報についても検討を深めていく必要がある。オープンデータ化については今年度、既にオープンデータ化を目指したいというところでは委員会、分科会ともに合意できているが、その具体的な中身を決める必要があると考える。

精度検証については、レーザの時代に合った材積算出手法などが必要なのではないかと考えており、これについてはこの事業でということは難しく、産官学の連携をとり、学識経験者も含めた全体での検討の必要性をこの事業の成果として提言しているところである（図 7.2）。

現地調査方法は、今年度はガイドラインを示したが、不十分なところは来年度の課題とした。

森林資源解析歩掛については、解析手法が発展段階であり作業手法の統一は困難な状況にある。発注者の立場から標準化のご意見もあり、別途対応していく方針とした。

表 7.1 来年度の検討課題

項目	課 題	検討内容
データ	森林資源計測データによる森林簿の更新方法	<ul style="list-style-type: none"> 森林簿と航空レーザデータをどうリンク、反映させていくか。
	森林資源量集計メッシュの更新方法	<ul style="list-style-type: none"> 今後の計測重複によるメッシュの更新は新しいデータで上書きしていくか。 過去のデータを標準仕様に直して行くのか、それとも混在させていくのか。
	凡例・用語の標準化	<ul style="list-style-type: none"> データの表示色、分類基準等による、データの可視化（間伐目安等を凡例で表現できるなど）。 地域性を含めた検討が必要。
	森林資源量データのオープンデータ化の検討	<ul style="list-style-type: none"> データごとの閲覧、使用権限、オープン化（ユーザーが市町村なのか、森林組合なのか等）
	地形情報、路網情報のデータ	<ul style="list-style-type: none"> 標準化が必要か。
精度検証	解析手法・精度検証の標準化	<ul style="list-style-type: none"> レーザの時代に合った材積算出方法の提案など。 ⇒学識経験者も含めた全体での検討の必要性を提言
	現地調査方法	<ul style="list-style-type: none"> 毎木ではなく、地上レーザ等のデータの活用等、機材・計測方法の検討。
歩掛り、工程	資源量解析の標準歩掛りの作成（プロット調査にかかる日数、工程等を含む）	<ul style="list-style-type: none"> 計測データを用いた資源量解析への工程⇒手順の標準化について。（標準化できるか？どこまで標準仕様にするか）

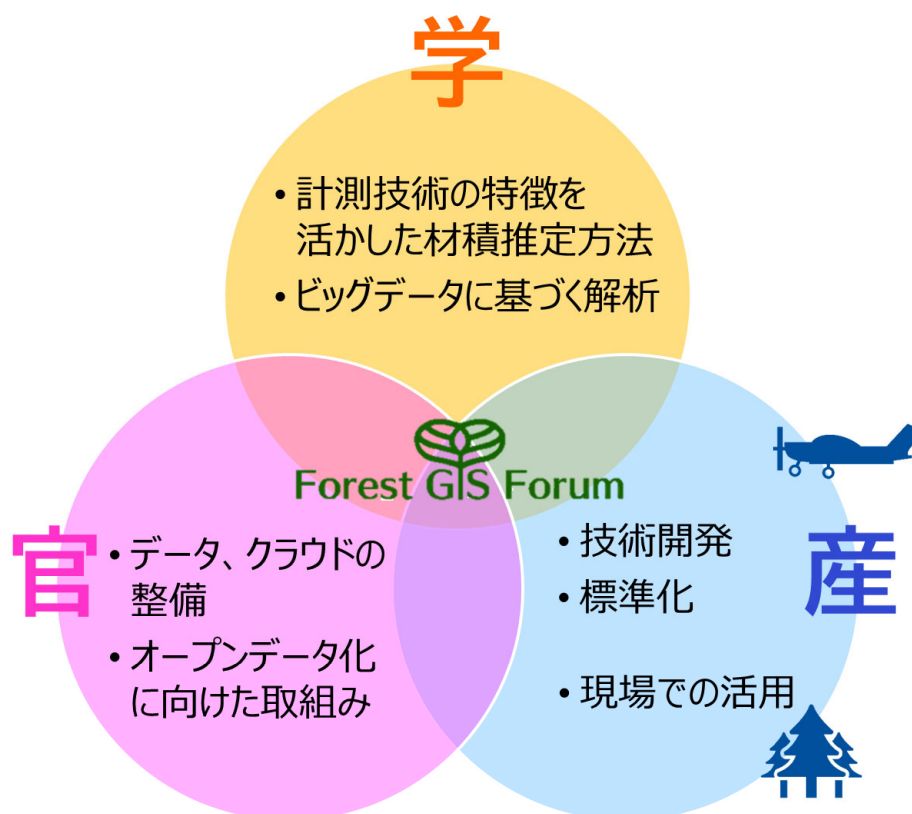


図 7.2 産官学の連携

本事業において作成した標準仕様書案により、データ管理手法（3 相モデル、更新イメージ）や解析手法を行政、林業事業体が理解することで適切な利用、普及を促進し、また、標準仕様の詳細を航測会社、システム会社が理解することで作業の効率化をはかるとともに、独自技術への注力が進むことが期待される。

標準化事業成果は今後、計測した会社と解析する会社が違う場合や、同一県内を複数業社に発注する場合も増えてくるものと想定される中で、標準仕様に基づく均一な成果、およびシステムにおいて問題なく動作するデータが作成されることに一つ大きなポイントがある。

巻末資料

以降に巻末資料を付す。

巻末資料 1 既存研究成果文献リスト（2020 年 6 月収集）

巻末資料 2 航測会社へのアンケート調査結果

巻末資料 3 行政・林業事業体への聞き取り調査結果

巻末資料 4 レーザ計測による森林資源データの解析・管理の標準化パンフレット

卷末資料 1

既存研究成果文献リスト
(2020 年 6 月現在)

◆既存研究成果文献リスト

※ドローンレーザを含む航空レーザ計測に関する資源量解析手法、精度検証手法及び結果を対象とする。

2020年6月現在

No	文献	文献名訳	著者	所属	出典	年	PDF 有無	keyword	概要
1	人工森林資源解析における有人機LiDAR・UAV-LiDAR・UAV-SfMの比較		前田佳子* 梶原領太** 今井清晃* 田村達晃紀*** 黒田慶子***	*：国際航業株式会社 **：日本アジアグループ株式会社 ***：神戸大学大学院農学研究科	日本森林学会大会学術講演集 VOL：第130回大会	2019	有	航空レーザスキャナー LiDAR UAV-LiDAR UAV-SfM 森林資源量解析	計測方法：回転翼、UAV(LiDAR/SfM) 照射点密度：回転翼 9点/m ² 、UAV-LiDAR 277点/m ² 、UAV-SfM 73点/m ² 対象：スギ人工林、一部広葉樹混交 解析手法：各計測で得たDCHMIに局所最大値フィルタを適用して立木梢端を抽出し、立木本数と抽出箇所のDCHM値より立木の樹高を得た。 検証方法：現地調査における立木本数と樹高を比較 検証結果：3つの計測方法において、立木本数の抽出精度は84%～99%、平均樹高のRMSEは2.02～2.39であり、いずれの方法でも現地調査結果と比較的一致した。また、SfM測量は頻度の高い調査においては費用面等で有効と期待できる。 その他：
2	LiDARによる推定直径からの 単木材積の推定精度検証		石塚伸太郎 福井翔宇	株式会社パスコ	日本森林学会大会学術講演集 VOL：第129回大会	2018	無	航空レーザスキャナー スギ・ヒノキ 胸高直径	計測方法：固定翼 照射点密度：4点/m ² 対象：密度の異なるスギ・ヒノキ人工林 解析手法：DCHMIに局所最大値フィルタを適用し、立木梢端を抽出し、watershed法による樹冠抽出。レーザデータから抽出した単木位置と地上レーザにより測量した現地の立木位置を対応付けた上で樹高、樹冠量と胸高直径の関係式を作成 検証方法：現地調査における胸高直径と、樹高と樹冠量から推定した胸高直径の比較 検証結果：本数の抽出率はRMS誤差で3.9cm その他：
3	3次元レーザースキャナを搭載したドローンを用いたレーザ計測による森林地形と樹高の抽出およびTLS との比較		山場淳史* 渡辺豊** 二谷卓** 佐野俊和*	*：広島県立総合技術研究所 **：ルーチェサーチ株式会社	森林利用学会誌 VOL.33 No.3 pp.169-174	2018	有	UAV DSM DTM	計測方法：UAV 照射点密度：10点/m ² ～最大63点/m ² 対象：スギ（一部ヒノキ）人工林 解析手法：UAVデータは点群解析ソフトウェアにより、1m感覚DTMポイントshpと0.25mDSMポイントshpを生成し、ラスター化を行い解析に使用した。また、DSMポイントshpから作成したラスターから梢端部抽出ソフトで単木抽出、樹高を得た。 検証方法：DTMと樹高について、UAV計測結果とTLS計測結果(約20m間隔)を比較した。 検証結果：全体の約85%で地形表現に両者の大きな差異はなかった。TLSではスハイク処理などの問題があり、作業効率や単位面積コスト面ではドローンの優位性が高い場面もある。樹高では、0.5m解像度DSMにおいてTLSとUAVの梢端部抽出が近い結果となった。 その他：
4	Estimating Individual Tree Diameter and Stem Volume Using Airborne LiDAR in Saga Prefecture, Japan	佐賀県における航空レーザを用いた単木の胸高直径と材積の推定	Katsumasa Oono *1,2 Satoshi Tsuyuki *1	1:Department of Global Agricultural Sciences, The University of Tokyo 2:Asia Air Survey CO., LTD	Open Journal of Forestry P205-P228	2018	有	Airborne LiDAR, Diameter at Breast Height, Individual Treevolume, Forest Resource, Individual-Tree-Based Approach	計測方法：ALS50 II、ALS60 点密度：4点/m ² 対象：スギ、ヒノキ 解析手法：樹冠面積と樹高の回帰式によるDBHの推定 検証方法：胸高直径と材積を現地と比較 検証結果：RMSEはスギのDBH2.38cm、単木材積0.10m ³ 、ヒノキは2.51、0.10m ³

No	文献	文献名記	著者	所属	出典	年	PDF 有無	keyword	概要
5	スギ人工林における局所最大値法を用いた樹頂点抽出と林分状況との関係		上野 操子 島崎 浩司 川村 啓一	株式会社バスコ	日本森林学会大会学術講演集 VOL. : 第128回大会	2017	無	航空レーザスキャナー スギ・ヒノキ 本数	計測方法: 固定翼 照射点密度: 4点/m ² 対象: 密度の異なるスギ・ヒノキ人工林 解析手法: DCHMに局所最大値フィルタを適用し、立木梢端を抽出 検証方法: 現地調査における計測本数と、抽出本数の比較 検証結果: 本数の抽出率はRMS誤差で249本/haその他:
6	Improving the efficiency and accuracy of individual tree crown delineation from high-density LiDAR data	高密度LiDARデータからの 樹冠の個体識別の効率化 と精度の向上	Baoxin Hu *1 Jili Li *1 Linhai Jing *2 Aaron Judah *1	1:Earth and Space Science and Engineering, York University 2:Chinese Academy of Sciences	International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 26 P145-P155	2014	有	Individual tree crown (ITC) delineation LiDAR Multi-scale 3-D structures Knowledge-based	計測方法: Riegl Q-560 点密度: 40点/m ³ 対象: カナダ・オンタリオ州の森林 解析手法: マルチスケールセグメンテーション法 検証方法: 検証結果: 混交樹と落葉樹のある2つの圃場において、それぞれ約74%と72%の樹冠を正しく抽出
7	航空機レーザ測量を用いた異なるスケールアプローチでのスギ・ヒノキ林材積の推定		根本 光 加藤 顕 小林 達明	千葉大学大学院園芸学 研究科	日本緑化工学会誌 VOL.38 No.1 pp.79-84	2012	有	航空機レーザー測量 材積推定 拡張相対成長式 数値地形モデル 数値樹冠モデル	計測方法: 固定翼 照射点密度: 20点/m ² 対象: スギ、ヒノキ人工林 解析手法: 0.1mDCHMを作成し、林分単位と単木単位で材積推定モデルを作成した。林分単位の材積モデルの変数はステップワイズ法により、航空レーザから取得した5つの変数を採用した。単木単位の材積モデルの変数は樹高と樹冠直径とした。 検証方法: モデルにより推定した材積と現地調査で得た胸高直径と樹高から算出した材積を比較した。 検証結果: 林相単位の材積モデルは実測値と比較的一致した(R ² =0.83, RMSE=4.55m ³)。単木単位の材積は、立木本数が多いほどRMSEが増加する傾向があったが、立木密度が小さく単層の林分においては、単木単位での材積回帰モデルが林分単位のモデルより有効であった。いずれの材積モデルも既往研究の材積モデルと同程度の精度(R ² =0.75 - 0.85)であった。 その他:
8	本数密度の異なるスギ・ヒノキ林における航空機LiDARによる単木の立木幹材積推定		伊藤 拓弥 松本 恵吉 執印 康裕 内藤 健司	宇都宮大学農学部	写真測量とリモートセンシング VOL. 50 No. 1 pp. 18-26	2011	有	航空レーザスキャナー スギ・ヒノキ 材積推定	計測方法: 回転翼(ヘリコプター) 照射点密度: 8.8点/m ² 対象: 間伐強度の異なるスギ・ヒノキ人工林 解析手法: レーザデータから抽出した単木位置とトータルステーションにより測量した現地の立木位置を対応付けた上で樹高、樹冠表面積を計測。幹材積は②変数材積式により算出 検証方法: DCHMより樹高、樹冠表面積を求め、現地調査による立木幹材積の関係式を求める 検証結果: 得られた推定式に基づく幹材積の相対誤差はスギで20%、ヒノキで32% その他:

No	文献	文献名訳	著者	所属	出典	年	PDF 有無	keyword	概要
9	Predicting individual tree attributes from airborne laser point clouds based on the random forests technique	ランダムフォレスト法に基づく航空レーザ点群からの単木情報の予測	Xiaowei Yu *1 Juha Hyypä *1 Mikko Vastaranta *2 Markus Holopainen *2 Risto Viitala *3	1:Finnish Geodetic Institute 2:Department of Forest Resource Management, University of Helsinki 3:Hämeen ammattikorkeakoulu HAMK	ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 66 P28-P37	2011	有	-	計測方法: Optech ALTM3100C-EA 点密度: 2.6点/m ² 対象: フィンランド南部の北方林地域の1476本の樹木 解析手法: ランダムフォレストを用いた新たな樹木検出法を提案 検証結果: 小フォレストプリントレーザデータを用いて個々の樹木の属性を決定するための安定した解決策。観測値と予測値の間の相関係数 (R) は樹高: 0.93、DBH: 0.79、材積: 0.87
10	Tree Species Classification Using Airborne LiDAR	空中LiDARを用いた樹種分類	Ilkka Korpela *1 Hans Ole Orka *2 M.Maltamo *3 Timo Tokola *3 Juha Hyypä *4	1:University of Helsinki 2:Norwegian University of Life sciences 3:University of Eastern Finland 4:Finnish Geodetic Institute	Silva Fennica 44(2) P319-P339	2010	有	airborne laser scanning, ALS, laser, Optech ALTM3100, Leica ALS50-II, canopy, crown modeling, backscatter amplitude, intensity, discriminant analysis	対象 広葉樹と外来種針葉樹 使用機材 ALTM3100, ALS50-II 平均ハル密度 6-8m ² 解析手法 線形判別分析 (LDA) k近傍法 (k-NN) ランダムフォレスト数は機器のハフオマンズに影響を与えない。葉の大きさ、方位、葉の密度がintensity featuresが影響を与えている。2つのセンサの比較の結果、種分類のための強度データの機能は、理由は不明だがセンサ間で変化していた。
11	伊藤_航空機LiDARによる樹冠の再現性		伊藤拓弥 松英重 吉 内藤健司	宇都宮大学農学部	日林誌 Vol. 91 pp. 326-334	2009	有	航空レーザスキャナー スギ・ヒノキ 本数 樹冠表面積	計測方法: 回転翼 (ヘリコプター) 照射点密度: 8.8点/m ² 対象: 間伐強度の異なるスギ・ヒノキ人工林 解析手法: DCHM面よりワイヤフレームモデルを作成し、樹冠を再野。野象データとして、現地にて伐採した樹木(スギ、ヒノキそれぞれ24本)について50cmごとに8方位の樹冠半径を計測しワイヤフレームモデルを作成。 検証方法: DCHMより作成した樹冠と伐倒調査で計測した樹冠のワイヤフレームモデル同士の比較 検証結果: スギでは密度によらず良好な樹冠抽出が得られるがヒノキでは密度が高くなるほど樹冠下部が抽出されず樹冠長が過小推定になる。
12	Airborne laser scanning in forest management Individual tree identification and laser pulse penetration in a stand with different levels of thinning	森林管理における航空レーザの利用 間伐強度の異なる林分における単木抽出とレーザハルスの透過性	Yasumasa Hirata *1 Naoyuki Furuya *2 Makoto Suzuki *3 Hirokazu Yamamoto *4	1:独立行政法人 森林総合研究所 2:国立研究開発法人国際農林水産業研究センター 3:東京大学大学院農学生命科学研究科・農学部 4:東京大学新領域創成科学研究科基盤棟	Forest Ecology and Management 258 P752-P760	2009	有	Airborne laser scanner Chamaecyparis obtusa Individual tree Thinning operation Tree height	計測方法: ALTM3100 点密度: 40.5点/m ² 対象: スギ、ヒノキ 解析手法: CHMとウオーターシェッド法による単木抽出 検証方法: 樹高精度 検証結果: 強度間伐では95.3%、通常の間伐は89.2%、間伐なし60.0%の抽出精度

No	文献	文献名記	著者	所属	出典	年	PDF 有無	keyword	概要
13	スギ人工林におけるLiDARを用いた樹木抽出の最適化密度に関する考察		細村達也* 遠藤真安** 安岡善文**	*：東京大学大学院工学 研究科 **：東京大学生産技術 研究所	生産研究 VOL. 59 No. 3 pp. 71-73	2008	有	航空レーザスキャナー スギ 本数 点密度間引き試験	計測方法：固定翼 照射点密度：10-15点/m ² 対象：林齢・密度の異なるスギ人工林 解析手法：航空レーザの点密度をランダムに間引くことで、1～10点/m ² の点群を作成し、単木抽出精度を比較。DCHMにテンプレートマッチング手法を適用し、立木梢端を抽出。 検証方法：本数について、現地調査結果と解析値を比較。点密度ごとに抽出率を整理 検証結果：本数の抽出率は、1～2点/m ² で大きく下落、2～3点/m ² で漸減し、3点/m ² 以上で安定した制度で抽出可能とした。検証に用いた林分は600～1600本/ha。
14	航空機LiDARによる森林資源量推定—スギ・ヒノキの樹高・樹冠量による立木幹材積推定式の検討—		伊藤拓弥 松英重彦 内藤健司	宇都宮大学農学部	写真測量とリモートセンシング VOL. 47 No. 1 pp. 26-35	2008	有	航空レーザスキャナー スギ・ヒノキ 材積推定	計測方法：回転翼（ヘリコプター） 照射点密度：8.8点/m ² 対象：間伐強度の異なるスギ・ヒノキ人工林 解析手法：DCHMに局所最大値フィルタを適用し、立木梢端を抽出、抽出箇所のDCHM値を樹高とする。局所最大値フィルタの検索範囲は林分ごとに目視で設定。梢端位置を起点にワイヤフレームモデルにより樹冠領域を抽出 検証方法：抽出した樹冠領域から陽樹冠長、樹冠表面積、樹冠体積、樹冠投影面積、樹冠直径を算出、現地調査で計測したプロットの立木幹材積との回帰モデルを作成し、最適な樹冠量を検証 計 検証結果：相関が高い樹冠量は樹冠表面積と樹冠体積（修正済み決定係数0.7） その他：
15	LiDAR点群を用いた樹冠形状モデルに基づく単木樹冠抽出および樹高推定		田口仁* 遠藤真安* 安岡善文**	*：東京大学生産技術研 究所 **：国立環境研究所	日本リモートセンシング 学会誌 VOL. 28 No. 4 pp. 331-341	2008	有	航空レーザスキャナー スギ 樹高 本数 樹冠領域	計測方法：固定翼 照射点密度：11.1点/m ² 対象：密度の異なるスギ人工林 解析手法：DCHMに局所最大値フィルタを適用し、立木梢端を抽出、抽出箇所のDCHM値を樹高とする。局所最大値フィルタの検索範囲は林分ごとに目視で設定。梢端位置を起点に樹冠曲率に基づき、樹冠領域を抽出 検証方法：樹高と本数、樹冠投影面積について、現地調査結果と解析値を比較。 検証結果：樹高のRMS誤差は0.37m、本数の抽出率は70～80%（①現地110本、解析91本②現地118本、解析86本、③現地77本、解析76本）。過少抽出は被圧木によると考察。投影面積のRMS誤差は7.12m ² （相関係数0.45） その他：
16	LiDARデータを用いたスギ密林・ヒノキ林の単木抽出		大野勝正* 沼田洋一* 平野篤**	*：アジア航測株式会社 **：東京電力株式会社	日本写真測量学会秋季 学術講演会発表論文集 VOL.：2008 pp. 59-61	2008	無	航空レーザスキャナー スギ・ヒノキ 本数	計測方法：固定翼 照射点密度：4点/m ² 対象：密度の異なるスギ・ヒノキ人工林 解析手法：DCHMから樹冠形状指数を算出し樹冠部を抽出したうえで、各樹冠部の最大値を樹頂点とする 検証方法：現地調査における計測本数と、抽出本数の比較 検証結果：本数の抽出率はスギで80-114%、ヒノキで91-109% その他：

No	文献	文献名訳	著者	所属	出典	年	PDF 有無	keyword	概要
17	Detection of individual trees and estimation of tree height using LiDAR data	LiDARデータを用いた単木抽出と樹高推定	Doo-Ahn Kwak* Woo-Kyun Lee* Jun-Hak Lee ** Greg S. Biging** Peng Gong**	*Korea University **University of California	J For Res (2007) 12 DOI 10.1007/s10310-007-0041-9 P425-P434	2007	有	Individual trees LiDAR	計測方法: ALTM3070 点密度: 5.0~10.0点/m ² 解析手法: CHMのセグメント化と最高値の変換による局所最大値法による 検証方法: 本数、樹高 検証結果: カラマツ本数68.1%樹高0.18、チヨウセソングヨウ86.7%、H=0.12、ナラ67.4%、h=0.02
18	航空機LiDARによる森林資源量推定 —密度の異なるスギ・ヒノキの林分パラメータ推定—		松英恵吾 伊藤拓弥 内藤健司	宇都宮大学農学部	写真測量とリモートセンシング Vol. 45 No. 1 pp. 4-13	2006	有	航空レーザーサスキヤナー 回航翼LiDAR スギ・ヒノキ 樹高 本数 林分密度 樹冠表面積 樹高直径 材積	計測方法: 回航翼(ヘリコプター) 照射点密度: 8.82点/m ² 対象: 間伐強度の異なるスギ・ヒノキ人工林(密度の異なるスギ演習林) 解析手法: 0.1mDOCHMに局所最大値フィルタを適用し、立木梢端を抽出、抽出箇所のDOCHM値を樹高とする。局所最大値フィルタの後索範囲は林分ごとに目視で設定。梢端位置を起点に樹冠領域を抽出。探索ピクセル範囲を設定することで樹冠表面積を算出した。樹高直径は樹冠表面積との回帰式より求めた。材積は樹高直径と樹高から算出した。 検証方法: 現地調査結果と解析値(レーザー計測結果で算出した本数、林分密度、樹高、樹高直径、材積)と比較。樹高直径は、現地調査で計測した樹冠表面積と樹高直径の回帰式から算出、材積は②変数材積式を使用し、現地調査結果と解析値と比較 検証結果: 樹高について、平均誤差でスギでは0.58m、ヒノキでは0.22m。本数は過少抽出の傾向にあり、ヒノキでは密度が高いほど精度が悪くなる。平均樹高直径について、平均誤差でスギでは1.05cm、ヒノキでは-7.32cm。 樹高、樹高直径、材積の精度は林分密度が高くなるほど低下する傾向があった。特にヒノキは樹冠の形状から、点群が地上まで到達しにくく、また樹冠表面抽出の精度が落ちることから、スギより解析精度が低かった。 その他: レーザの地表到達率について、スギ林では24%、ヒノキ林では2%となり、DEMの精度に及ぼす影響を指摘
19	Accuracy of large-scale canopy heights derived from LiDAR data under operational constraints in a complex alpine environment	アルプスにおける運航制約下でのLiDARデータから得られた広範囲の樹冠高の精度	M. Hollaus W. Wagner C. Eberhöfer W. Karel	Vienna University of Technology	ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 60 P323-P338	2006	有	航空レーザーサスキヤナー トウヒ、モミ 樹高計測	計測方法: 固定翼? ALS50 点密度: 夏: 2.7点/m ² 冬: 0.9点/m ² 対象: トウヒ、モミ 解析手法: CHMとエリアベース解析による 検証方法: 樹高精度 検証結果: RMSEはCHMは3.0mと2.6m、Lorey's meanは3.7と4.0m

No	文献	文献名訳	著者	所属	出典	年	PDF 有無	keyword	概要
20	航空機レーザー扫描仪データを用いたヒノキ人工林における樹高と地形との関係		平田泰雅	国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所	日林誌 VOL. 87 No. 6 pp497-503	2005	有	航空レーザー扫描仪 ヒノキ 樹高 本数	計測方法: 回転翼 (ヘリコプター) 照射点密度: 不明 対象: ヒノキ人工林 (1林分) 解析手法: DCHMに局所最大値フィルタを適用し、立木梢端を抽出、抽出箇所のDCHM値を樹高とする 検証方法: 0.5ha範囲における樹高と本数について、現地調査結果と解析値を比較。現地における樹高はVertex1により計測 検証結果: 樹高のRMS誤差は0.32m、本数の抽出率は76.4% (現地976本、解析746本)
21	航空機レーザー扫描仪を用いたスギ人工林計測におけるレーザー光の林冠透過率と地上照射密度の影響		平田泰雅	国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所	森林計画誌 VOL. 39 No. 2 pp81-95	2005	有	航空レーザー扫描仪 スギ 樹高 本数	計測方法: 回転翼 (ヘリコプター) 照射点密度: 22.5点/m ² 対象: 間伐強度の異なるスギ人工林 解析手法: DCHMに局所最大値フィルタを適用し、立木梢端を抽出、抽出箇所のDCHM値を樹高とする 検証方法: 0.2ha範囲における樹高と本数について、現地調査結果と解析値を比較。現地における樹高はVertex1により計測 検証結果: 樹高のRMS誤差は1.09m、本数の抽出率は83.9% (現地657本、解析551本) その他: 点密度の間引き試験を実施、3~5点/m ² の点密度で梢端の抽出率は低下。
22	2005_小特集_LIDARによる森林・樹木の計測 p14~ 航空機LIDARを用いたスギ・ヒノキ人工林の森林計測		平田泰雅	国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所	写真測量とリモートセンシング VOL. 44, No.6, 2005 p14-P17	2005	有	航空レーザー扫描仪 スギ 単木抽出、樹高計測	計測方法: 回転翼 点密度: 22点/m ² 対象: スギ 解析手法: DCMを作成し樹頂点抽出 検証方法: 樹頂点抽出精度、樹高精度と計測手法、DCMの作成精度 検証結果: 樹頂点抽出率は84%、メッシュサイズが0.5mから1mになると平均樹高が大きく変わる
23	Estimation of timber volume and stem density based on scanning laser altimetry and expected tree size distribution functions	レーザー計測と樹木サイズの分布の拡張による材積と立木密度の推定	M. Maltamo *1 K. Eerikainen *2 J. Pitkanen *1 J. Hyypä *3 M. Vehmas *1	1: Faculty of Forestry, University of Joensuu 2: Finnish Forest Research Institute 3: Finnish Geodetic Institute	Remote Sensing of Environment 90 P319 - P330	2004	有	Inventory: Lidar; pdf; Segmentation; Truncation point; Weibull	計測方法: TopoSys-1 点密度: 4-5点/m ² 対象: トウヒ、アカマツ、シラカバ、ダケカンパ 解析手法: 樹木特性による推測と樹木分布による截断木の補完 検証結果: レーザのみに由来する手法では材積のRMSEは25%であったが、分布予測により16%となった。また、立木本数はRMSEが74.4から49.2となった。

No	文献	文献名訳	著者	所属	出典	年	PDF 有無	keyword	概要
24	Identifying species of individual trees using airborne laser scanner	航空レーザ計測を用いた 単木の樹種識別	Johan Holmgren *1 A. sa Persson *2	1:Swedish university of agricultural sciences 2:Swedish Defence Research Agency	Remote Sensing of Environment 90 P415-P423	2004	有	Laser; Tree detection; Species classification; Crown base height	計測方法: TopEye ビーム発散量1mrad、飛行高 度130m 点密度: およそ4点/m ² (レーザ走査間隔0.48m) 対象: マツ、トウヒ 解析手法: 54の手法で樹頂点を抽出し、各樹冠 セグメント内のすべてのレーザ点をグループ化 し、各樹木に属する点群を形成 検証結果: 樹高は相関(r = 0.84)、樹種分類は全 体の精度が95%
25	Detecting and measuring individual trees with laser scanning in mixed mountain forest of CENTRAL EUROPE using an algorithm developed for Swedish boreal forest conditions	スウェーデン北部のため に開発された手法を用い た、中央ヨーロッパの混合 林における航空レーザ計 測による単木抽出	M.Heurich *1 A.Persson *2 J.Holmgren *3 E.Kennel *4	*1 Bavarian Forest National Park, Department of Research *2 Technological University of Munich, Department of Eco- System and Landscape Management *3 Swedish Defence Research Agency, Department of Laser Systems *4 Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Resource Management and Geomatics	International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVI – 8/W2 P307～ 312	2002	有	Forestry, Remote sensing, Laser Scanner, Individual Tree Detection	計測方法: Toposys II 点密度: 10点/m ² 対象: 針葉樹、広葉樹 解析手法: 回帰モデルによる材積の推定。 検証結果: 全体の検出率は44.2%。単木ごとに 85.2%の材積が算出できた。
26	A segmentation-based method to retrieve stem volume estimates from 3-D tree height models produced by laser scanners	レーザスキヤナを用いた 3Dの樹木高モデルのセグ メンテーションによる材積 推定手法	Juha Hyypä* Olavi Kelle Mikko Lehtikoinen Mikko Inkinen	*Helsinki University of Technology	EEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING. VOL. 39, NO. 5 P969-P975	2001	有	-	計測方法: Pulse-modulate, TopoSys-1 点密度: 8～10点/m ² 対象: 解析手法: 局所最大値により、樹頂点を抽出し、 セグメント化 検証方法: 検証結果: 標準偏差は平均樹高1.8m、胸高断面 積2.0m ² /ha、材積18.5m ³ /ha
27	Estimating tree heights and number of stems in young forest stands using airborne laser scanner data	航空レーザを用いた若齢 林の樹高と立木数の推 定	Erik Næsset *1 Kjell-Olav Bjerknes *2	1:Agricultural University of Norway 2:City Council Administration of Enebakk	Remote Sensing of Environment 78 P328 – P340	2001	有	-	計測方法: ALTM1210 点密度: 1点/m ² 対象: トウヒ、マツ、広葉樹 解析手法: パーセンタイルと相関による 検証方法: 樹高精度 検証結果: 上層木の樹高は90パーセンタイルで 相関が0.83、回帰式による推定では0.23mの誤 差。
28	Estimation of tree heights and stand volume using airborne lidar system	航空レーザ計測による樹 高と立木材積の推定	Mats Nilsson	Swedish university of agricultural sciences	REMOTE SENS.ENVIRON.56 P1-P7	1996	有	-	計測方法: ヘリレーザ(機器名はなし) 点密度: 6月: 10月: 12月: 対象: アカマツ、トウヒ、カバノキ 解析手法: バルスでの反射間隔の解析と回帰モ デルの作成による。 検証方法: 樹高精度の比較、材積は現地と比較 検証結果: 材積の相関は0.78、樹高は2.1～3.7m 過少評価となった。

No	文献	文献名訳	著者	所属	出典	年	PDF 有無	keyword	概要
29	A New Method for Individual Tree Detection Using Airborne LiDAR Pulse Data	航空レーザーデータを用いた単木抽出の新しい手法	Hitoshi TAGUCHI* Takahiro ENDO* Masahiro SETOJIMA** Yoshifumi YASUOKA*	*: 東京大学生産技術研究所 **: 国際航業株式会社	-	-	有	LiDAR Forest Tree Detection Crown Shape Model Parabola Fitting	計測方法: 固定翼? ALS50 点密度: 10点/m ² 対象: スギ 解析手法: DGMを局所最大値法による 検証方法: 樹高精度、樹頂点位置精度 検証結果: 樹高の平均誤差は-0.17m、標準偏差 1.44m、樹頂点の位置精度は標準偏差がxで 0.424m、yで0.501m
30	ADAPTIVE METHODS FOR INDIVIDUAL TREE DETECTION ON AIRBORNE LASER BASED CANOPY HEIGHT MODEL	樹冠高モデルなどの航空レーザーを用いた単木抽出の適応的手法	J. Pitkanen* M. Maltamo* J. Hyypä** X. Yu**	*University of Joensuu **Finnish Geodetic Institute	International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVI – 8/W2 P187-P191	-	有	Laser scanning Aerial, Forestry Inventory Detection	計測方法: Toposys-1 固定翼 点密度: 10点/m ² 対象: トウヒ、マツ、カバノキ 解析手法: CHMと動的な局所最大値法による 検証方法: 本数 検証結果: フィルタのない局所最大値法は精度が 高く見えるが、位置があていない数も多く、ラプ ランフィルタや樹冠の大きさに応じたフィルタ が必要になる。
31	Estimation of Individual Tree Heights Using LiDAR Remote Sensing	航空レーザーを用いた単木の樹高の推定	Kevin Lim *1 Paul Treitz *1 Art Groot *2 Benoît St-Onge *3	1: Department of Geography Queen's University 2: Natural Resources Canada Canadian Forest Service 3: Département de gé ographie Université du Qu ébec à Montréal	-	-	有	-	計測方法: ALTM1225 点密度: 4-5点/m ² 対象: 解析手法: ガウシアンフィルタによる樹高の解析 検証方法: 樹高精度 検証結果: R2が0.92となった。

巻末資料 2

航測会社へのアンケート調査結果

１．既存受注業務について

「レーザ計測による森林資源データの解析業務」について教えてください。

①年間受注件数	件数	比率	回答内容
	82 件		
②業務形態別の受注件数			
レーザ計測と森林資源等解析も含めた業務	42 件	52%	<div></div>
レーザ計測は別で森林資源解析等のみの業務	39 件	48%	<div></div>
③業務目的別の受注件数			
森林資源量調査	47 件	55%	<div></div>
既設路網把握・新設路網計画	11 件	13%	<div></div>
既存治山施設把握・新規治山施設計画	17 件	20%	<div></div>
境界明確化	5 件	6%	<div></div>
その他	5 件	6%	<div></div>
④業務内容			
森林資源量解析	71 件	45%	<div></div>
地形解析	67 件	43%	<div></div>
その他	19 件	12%	<div></div>
⑤発注元			
都道府県	52 件	63%	<div></div>
市町村	24 件	29%	<div></div>
林野庁・森林管理局	2 件	2%	<div></div>
その他	4 件	5%	<div></div>

２．解析手法について

2.1森林資源解析に使用するレーザデータについて

①点密度別の取扱いに関する留意点、課題

1点/㎡	<p>単木解析には不向きなので、林分解析を実施する傾向がある。本数抽出精度が低い</p> <p>材積を求める場合は、空間体積法を用いている現在取り扱い無し針葉樹の梢端が捕捉できず、立木本数が過少に抽出されるケースがある。地形解析については、微地形表現図等への適用は要検討樹木の頂点を抽出できない場合がある。</p> <p>正しい地形が得られない場合がある。</p> <p>その結果、材積計算が正しくできない恐れがある。</p>
4点/㎡	<p>特になし。本数密度が高い場合、本数の抽出精度が下がる現在取り扱い無し針葉樹の梢端が捕捉できず、立木本数が過少に抽出されるケースがある。密度を満たすように、パルスレートとスキャンレートを設定する。森林・林業分野における航空レーザ計測積算ハンドブックに準拠</p>
4～10点/㎡	<p>特になし。未実施用途によっては適量マツ類の立木本数が過剰に抽出されるケースがある。単木抽出ではこれ以上は必要密度を満たすように、パルスレートとスキャンレートを設定する。</p>
10点/㎡以上	<p>特になし。未実施・データ容量が膨大となる</p> <p>・データ処理時間がかかるマツ類の立木本数が過剰に抽出されるケースがある。反射強度データ及びパルス情報が必要、LAS形式等での納入を含めるようにし、これに格納されていることが望ましい。データ容量が大きくなるので、処理に時間がかかる。</p>

②解析のみの業務の場合、他社レーザ計測成果を利用する際の留意点や課題

Las形式データの有無オリジナルデータの品質が様々な
ラストパルスのみと思われるデータがあるデータ形式、属性定義、管理単位、名称等の取り扱いが異なるため、確認や変換にリソースを要す。・ DEM/DTMの品質が樹高推定精度に大きく影響するため、森林資源解析を行う前にその品質を確認する必要がある。
・ 複数社が計測したレーザ成果を同時に用いる場合、各社が使用する調整用基準点が異なるため、計測範囲の境界付近で段ずれが生じるケースがある。解析の目的に応じた点密度及び属性情報(主にRGB)を満たして計測されているか確認する。
夏季、冬季で植生の繁茂状況が異なるので、目的と解析結果が合致しているかを確認する。特に問題なし

2.2実施している解析項目について※名称が異なる場合は近いものを選んで下さい。

①基本的な解析項目（成果物）

(1) 資源解析

※社実績：各社回答×実績数

◎解析項目	件数	単位	比率	回答内容
1) 樹種（林相）判読	81	社実績	99%	
2) 樹頂点抽出	81	社実績	99%	
3) 林分高の算出	80	社実績	98%	
4) 単木樹高算出	81	社実績	99%	
5) 単木胸高直径算出	81	社実績	99%	
6) 材積の算出	81	社実績	99%	
7) その他解析	0	社実績	0%	
8) 資源量集計	60	社実績	73%	

◎成果物（解析図）

樹種（林相）区分図	81	社実績	99%	
樹高分布図	80	社実績	98%	
蓄積分布図	80	社実績	98%	
立木密度分布図	80	社実績	98%	
収量比数分布図	80	社実績	98%	
相対幹距比分布図	26	社実績	32%	
林相識別図（レーザ特徴量）	22	社実績	27%	
メッシュ単位集計結果	15	社実績	18%	
小班等の区画単位集計結果	72	社実績	88%	
単木単位集計結果	1	社実績	1%	
その他①	0	社実績	0%	
その他②	0	社実績	0%	

(2) 地形解析

1) 微地形表現図	81	社実績	99%	
2) 傾斜区分図	81	社実績	99%	
3) 既存路網データ	72	社実績	88%	
その他①	13	社実績	16%	
その他②	1	社実績	1%	

(3) 境界明確化

微地形表現図	80	社実績	98%	
林相識別図（レーザ特徴量）	21	社実績	26%	
樹高分布図	33	社実績	40%	
その他①	1	社実績	1%	
その他②	0	社実績	0%	

②推奨的な解析項目(成果物)

(1) 資源解析

※社実績：各社回答×実績数

◎解析項目

- 1) 樹種（林相）判読
- 2) 樹頂点抽出
- 3) 林分高の算出
- 4) 単木樹高算出
- 5) 単木胸高直径算出
- 6) 材積の算出
- 7) その他解析
- 8) 資源量集計

件数	単位	比率	回答内容
23	社実績	28%	
23	社実績	28%	
22	社実績	27%	
9	社実績	11%	
9	社実績	11%	
23	社実績	28%	
12	社実績	15%	
16	社実績	20%	

◎成果物（解析図）

- 樹種（林相）区分図
- 樹高分布図
- 蓄積分布図
- 立木密度分布図
- 収量比数分布図
- 相対幹距比分布図
- 林相識別図（レーザ特徴量）
- メッシュ単位集計結果
- 小班等の区画単位集計結果
- 単木単位集計結果
- その他①
- その他②
- その他③

23	社実績	28%	
22	社実績	27%	
22	社実績	27%	
22	社実績	27%	
22	社実績	27%	
14	社実績	17%	
79	社実績	96%	
15	社実績	18%	
15	社実績	18%	
1	社実績	1%	
12	社実績	15%	
12	社実績	15%	
12	社実績	15%	

(2) 地形解析

- 1) 微地形表現図
- 2) 傾斜区分図
- 3) 既存路網データ
- その他①
- その他②

23	社実績	28%	
23	社実績	28%	
15	社実績	18%	
13	社実績	16%	
12	社実績	15%	

(3) 境界明確化

- 微地形表現図
- 林相識別図（レーザ特徴量）
- 樹高分布図
- その他①
- その他②

21	社実績	26%	
79	社実績	96%	
21	社実績	26%	
0	社実績	0%	
0	社実績	0%	

航測会社への森林資源解析に関わる詳細アンケート調査結果

「2.2実施している解析項目について」該当項目があると回答された各社の詳細アンケート集計 [調査2]

2.3 各解析項目別の解析手法や解析成果の管理について

(1) 資源解析

1) 樹種(林相)判読

①使用するデータ ※該当するものに✓を入れる () 内は必要な解像度や点密度を記載

- A社: オルソ画像 (25~50cm) レーザデータ (4点/m²)
B社: オルソ画像 () レーザデータ ()
C社: オルソ画像 () レーザデータ ()
D社: オルソ画像 (20cm~40cm) レーザデータ (4点/m²以上)
その他(林小班データ(ポリゴン)、林地台帳地図データ(ポリゴン))
E社: オルソ画像 () レーザデータ (4点/m²以上)
G社: オルソ画像 (解像度0.2m R・G・B 8bit、解像度0.2m R・G・B・IR 16bit)

②区分対象 ※区分する樹種を記載する

- A社: スギ、ヒノキ、アカマツ、カラマツ、その他針葉樹、広葉樹、竹林、その他
B社: スギ、ヒノキ、マツ類、カラマツ、その他針葉樹、広葉樹、タケ
C社: スギ、ヒノキ、マツ、その他針葉樹、広葉樹、竹林
D社: スギ、ヒノキ、マツ類、その他針葉樹、広葉樹、竹林
E社: スギ、ヒノキ、マツ、竹林、その他針葉樹、広葉樹
G社: スギ、マツ類、竹、広葉樹林

③手法名称 ※学会等で発表されている手法、会社独自手法の場合は独自と記載

- A社: 目視判読、AI判読
B社: 目視判読、自動判読(教師付き分類)
C社: 目視判読 + AI判読
D社: 独自 (AI判読と目視判読の併用)
E社: 目視判読
G社: 目視判読、近赤外分類

④解析手順 ※③手法で実施する場合の主な処理手順

- A社: オルソと林相識別図による林相区分図
B社: レーザデータによる自動林相区分とオルソ画像の目視判読成果を元に林相区分図を作成
C社: AI技術を活用した2段階の判読を実施。学習データは、熟練技術者が判読する範囲に10m間隔のポイントデータを生成し、オルソ画像を重ね合わせ、ポイント直下の写真判読を行い、林相判読して学習データセットとして作成。目視判読面積は対象地域の10%程度(約40k m²程度)を想定。熟練技術者の判読は、スギ/ヒノキ/マツ/その他針葉樹/広葉樹/竹林/その他の分類について実施し、各々の学習データセットを作成。熟練技術者の目視判読による結果に基づき作成した学習データセットを人工知能に学習させ、機械学習判読(AIによる判読)による自動判読により、林相を区分。機械学習判読結果は、現地調査結果と熟練技術者の再目視により誤判読を抽出して修正。(絵図有り)
D社: オルソ画像、AI判読結果の上に林小班データ、林地台帳地図データを重畳し、目視判読で林相区分図を作成
E社: レーザデータによる判読支援図とオルソ画像を参照し、マップデジタイジングにより林相境界をデジタイジング、その後、属性値に林相種別を付与
G社: オルソ画像(近赤外)目視判読による林相区分図の作成

⑤利点や効果 ※③手法で実施する場合の利点や得られる効果

- A社: なし。
B社: 目視判読の効率を上げられる。結果が正確。

- C社: 小面積の目視判読で良いため熟練技術者のみで対応でき、高品質な目視判読を実施可能。
全体の判読作業に要する期間を大幅に短縮し、熟練技術者による品質チェックを十分に実施可能。
全体の判読作業を機械的に実施するため均質な判読成果を取得可能（判読者による偏り排除）
- D社: 自動判読による樹種分類よりも正確
- E社: 自動分類で発生させるポリゴンは、ノードが過剰となりがちで、また管理上林相区分としては細かく区分されがちであるが、人間が判断することで区分線が業務目的に沿って作成しやすい。

⑥留意点・課題 ※③手法で実施する場合の留意点

- A社: 現地精通度が重要。
- B社: インプットデータの質により結果が異なる。点密度の違いなど。
- C社: 特になし
- D社: 解析に時間がかかる
- E社: 判読支援図の見方や林相属性値の付与の事前トレーニングが必要

⑦改善策 ※⑥に対して今後改善する事項

- A社: 現地調査による確認。
- B社: 点密度に依らない解析方法を開発したい
- C社: 特になし
- D社: AI判読のウェイトを高め、効率化を図る
- E社: AIによる自動分類

⑧出力図の名称とファイル名 (例) 林相区分図、RINS0.shp

- A社: 林相区分図 林相区分図.shp
- B社: 林相区分図
- C社: 林相区分図 ファイル名（成果品¥01_林相区分図¥●市¥林相区分.shp）
- D社: 林相区分図
- E社: 林相区分図 ファイル名（取り決めは特になし、業務内容に応じ設定）
- G社: 林相区分図 林相区分図.shp

⑨データ定義 ※出力成果の属性データ定義 (例) 樹種、平均樹高…

- A社: 資料添付
- B社: 樹種
- C社: 樹種、平均樹高(m)、平均胸高直径(cm)、本数密度(本/ha)、立木本数(本)、材積合計(m³/0.01ha)、ha 材積(m³/ha)、収量比数、相対幹距比、形状比、図郭番号と整備年度を付加 (解説は、別紙)
- D社: 林分番号、林相ID、林相名、面積
- E社: 林相区分図
- G社: 樹種 + 客先要望により属性を追加

⑩図形情報 ※出力成果の図形 (例) ポイントデータ、シェープファイル形式

- A社: Shape形式、ポリゴン
- B社: ポリゴンデータ、シェープファイル
- C社: ポイントデータまたはポリゴンデータ/シェープファイル形式、ジオデータベース形式
- D社: ポリゴンデータ、シェープファイル形式
- E社: ポリゴンデータ、シェープファイル形式
- G社: ポリゴンデータ、シェープファイル形式

⑪解析単価 (@km²)

- A社: 判読面積による
- B社: 40000円
- G社: @102,000-

2) 樹頂点抽出

①使用するレーザデータ ※最低限必要な点密度 ※該当するものに✓を入れる

- A社: 4点/m²

B社: 4点/m²
C社: 10 点/m²以上
D社: 4点/m²
E社: 4~10点/m²
G社: 4点/m²

②抽出対象 ※該当するものに✓を入れる

A社: 針葉樹
B社: 針葉樹
C社: 針葉樹
D社: 針葉樹
E社: 針葉樹
G社: 針葉樹

③手法名称 ※学会等で発表されている手法、会社独自手法の場合は独自と記載

A社: 独自
B社: Watershed
C社: 分水嶺法(Watershed)
D社: Local Maximum Filter
E社: 最大値法をベースとした独自手法（名古屋大学大学院 山本准教授により開発）
G社: 独自

④解析手順 ※③手法で実施する場合の主な処理手順

A社: 論文調査に資料あり
B社: 樹冠高ラスターデータから樹冠領域を分割。分割領域内の最大値を樹頂点とする
C社: 単木梢端の抽出は以下の方法で実施。
・解析対象外範囲の除去（図）・梢端候補点の抽出（図）・明確なノイズ梢端の除去（図）・梢端の特定（図） 上記の手法により梢端位置を決定し、梢端位置のDCHM の値を樹高として採用
D社: 樹冠高ラスターデータをサイズの異なるLocal Windowで複数回検索し、最大数値の箇所を樹頂点とする
E社: 設定した探索円内で最大値を樹頂候補点として特定。その後抽出された候補点を、諸条件によりスクリーニング
G社: 区割り単位に最大標高点を検出し、隣接する8方向全てより標高値が高い場合に樹頂点とする。

⑤利点や効果 ※③手法で実施する場合の利点や得られる効果

A社: 局所領域法よりも精度が高い
B社: 本数密度による影響を軽減できる
C社: 汎用性が高い。検索半径から樹冠投影面積を求めることが可能
D社: サイズの異なるLocal Windowで複数回検索するため、平均樹冠サイズの異なる林分にも対応できる
E社: 樹冠範囲も同時に推定。

⑥留意点・課題 ※③手法で実施する場合の留意点

A社: なし。
B社: 樹冠領域の形状抽出が正確でない
C社: 樹高データは林冠表層の点群から作成しているため、梢端が林冠に達していない亜高木、被圧木は含まれない。
D社: 針葉樹のみで実施可能
E社: 針葉樹のみで実施可能。

⑦改善策 ※⑤について今後改善する（したい）事項

A社: なし。
C社: 特になし
E社: 特になし

⑧出力図の名称とファイル名 (例) 単木データ、tanboku.shp

A社: 単木情報 樹頂点.shp

B社: 樹頂点 Tree

C社: 樹頂点、ファイル名(樹頂点.shp)

E社: 単木抽出結果 ファイル名(取り決めは特になし、業務内容に応じ設定)

G社: 単木データ 単木データ.shp

⑨データ定義 ※出力成果の属性データ定義 (例) 樹種、樹高、材積、樹冠面積…

A社: 資料添付

B社: 樹高

C社: 樹種、樹高、胸高直径、単木材積、図郭番号、整備年度

D社: 樹高、樹幹長率、樹幹長率、材積、樹種ID、樹種、小班ID

E社: 業務仕様により可変。(樹種、樹高、材積、樹冠投影面積、枝下高等)

G社: 樹種、樹高、材積、胸高直径、樹冠投影面積

⑩図形情報 ※出力成果の図形 (例) ポイントデータ、シェープファイル形式

A社: Shape形式、ポイント

B社: ポイントデータ、シェープ形式

C社: ポイントデータまたはポリゴンデータ/シェープファイル形式、ジオデータベース形式

D社: ポイントデータ、シェープファイル形式

E社: ポイントデータ、シェープファイル形式

G社: ポイントデータ、シェープファイル形式

⑪解析単価 (@km²)

A社: 解析面積による

G社: @122,000-

3) 林分高算出

①使用するデータ ※最低限必要な点密度 ※該当するものに✓を入れる

A社: 1点/m² 4点/m²

B社: 1点/m²

C社: 10点/m²以上

D社: 4点/m²

E社: 1点/m²

②解析対象 ※該当するものに✓を入れる

A社: 針葉樹 広葉樹

B社: 針葉樹 広葉樹

C社: 針葉樹

D社: 針葉樹 広葉樹

E社: 針葉樹 広葉樹

④解析手順 ※③手法で実施する場合の主な処理手順

A社: DCHMを求める。

B社: 航空レーザの表層高(DSM)と地盤高(DEM)の差分から樹冠高(DCHM)を求める

C社: 航空レーザ計測成果のDSMと微地形解析結果のDEMの標高差分から、樹冠高モデル(DCHM)を算出。これをもとに小班区画単位で平均樹高を求め、樹冠高を算出。(図)

D社: 表層高(DSM)と地盤高(DEM)の差分から樹冠高(DCHM)を求める

E社: レーザデータによるDSMからDEMを除算

⑤利点や効果 ※③手法で実施する場合の利点や得られる効果

A社: なし。

B社: 様々な活用が可能。他の手法と比べ、精度が高い

- C社: 従来手法と比較して精緻なデータを取得
D社: 広葉樹の林分高も推定できる
E社: 高精度な成果が得られる

⑥留意点・課題 ※③手法で実施する場合の留意点

- A社: なし。
B社: 送電線等のノイズ処理の手間
C社: 高さ情報から平均樹高・本数密度を算出する際には、樹頂点を高精度で抽出する必要がある。樹頂点抽出に一般的に用いられる局所最大値法では、樹頂点が隣接する場合、高い方の樹頂点のみ抽出され、樹頂点数を過小評価の傾向がある。樹頂点の抽出精度が低い場合、単木での解析が困難となる。
E社: 谷地形で過大となりやすい点。

⑦改善策 ※⑤について今後改善する(したい)事項

- A社: なし。
B社: 上空ノイズの自動検出
C社: 解決策として、樹頂点抽出の基となるデータは、DSM とDEM の差分から作成した樹冠高モデル(DCHM)を使用。DCHMを使用することにより地形の凹凸の影響が解消され、いわゆる「馬の背」状態にある隠れた樹頂点の抽出が容易になる。(図)
E社: 地上調査との検証結果に基づき地形要素で補正

⑧出力図の名称とファイル名 (例)林相区分図、RINS0.shp

- A社: 樹高分布図 DCHM.tif
B社: DCHM
C社: 平均樹高分布図.tif
D社: 樹高分布図
E社: 植生高分布図 ファイル名(取り決めは特になし、業務内容に応じ設定)

⑨データ定義 ※出力成果の属性データ定義 (例)平均樹冠高、最大樹冠高…

- A社: 32bit
B社: 樹高
E社: 通常はラスターデータとして作成。植生高値のみをデータとして持つ。

⑩図形情報 ※出力成果の図形 (例)ポイントデータ、シェープファイル形式

- A社: ラスター
B社: ラスタデータ、1バンド
C社: TIFF 形式
D社: ラスタデータ、tiff 付きTiff 形式
E社: GeoTiff形式(必要に応じワールドファイルを付加)

⑪解析単価(@km²)

- A社: 解析面積による

4) 単木樹高算出

①使用するデータ ※最低限必要な点密度 ※該当するものに✓を入れる

- A社: 4点/m²
B社: 4点/m²
D社: 4点/m²
E社: 4~10点/m²
G社: 4点/m²

②解析対象 ※該当するものに✓を入れる

- A社: 針葉樹
B社: 針葉樹

D社: 針葉樹
E社: 針葉樹
G社: 針葉樹

③手法名称 ※学会等で発表されている手法、会社独自手法の場合は独自と記載

A社: 独自
E社: 最大値をベースとした独自手法（名古屋大学大学院 山本准教授により開発）
G社: 独自

④解析手順 ※③手法で実施する場合の主な処理手順

A社: 樹頂点抽出箇所のDCHMを単木樹高とする。
B社: 樹頂点抽出時に採用した樹高を単木樹高として定義する。
D社: 抽出した樹頂点におけるDCHMの値を単木樹高として定義する
E社: 設定した探索円内で最大値を樹頂候補点として特定。その後抽出された候補点を、諸条件によりスクリーニング
G社: 樹頂点抽出時に採用した樹高を単木樹高として定義する。

⑤利点や効果 ※③手法で実施する場合の利点や得られる効果

A社: 現地調査よりも安価である。
B社: 現地調査により調査対象地全域の樹高を取得するより相対的に安価となる。
D社: 現地調査により調査対象地全域の樹高を取得するより相対的に安価となる
E社: 樹冠範囲も同時に推定。

⑥留意点・課題 ※③手法で実施する場合の留意点

A社: なし。
B社: 点密度が低い場合、過小評価となる
D社: DEM/DTMの品質が悪い場合、精度が低い
E社: 針葉樹のみで実施可能。

⑦改善策 ※⑤について今後改善する（したい）事項

A社: なし。
E社: 特になし

⑧出力図の名称とファイル名 (例) 平均樹高分布図、jukou. shp

A社: 樹高分布図 樹頂点.shp
B社: tree
D社: 平均樹高分布図
E社: 樹高分布図 ファイル名（取り決めは特になし、業務内容に応じ設定）
G社: 単木データ 単木データ.shp

⑨データ定義 ※出力成果の属性データ定義 (例) 平均樹冠高、最大樹冠高…

A社: 資料添付
B社: 樹高
E社: 業務仕様により可変。（樹種、樹高、材積、樹冠投影面積、枝下高等）
G社: 樹種、樹高、材積、胸高直径、樹冠投影面積

⑩図形情報 ※出力成果の図形 (例) ポイントデータ、シェープファイル形式

A社: Shape形式、ポイント
B社: ポイントデータ、シェープファイル
D社: 単木ポイントデータの属性情報
E社: ポイントデータ、シェープファイル形式
G社: ポイントデータ、シェープファイル形式

⑪解析単価 (@km)

A社: 解析面積による

G社: @133,000- 5) 単木胸高直径算出とセット単価

5) 単木胸高直径算出

①使用するデータ ※最低限必要な点密度

A社: 4点/m²

B社: 4点/m²

C社: 10 点/m²以上

D社: 4点/m²

E社: 4~10点/m²

G社: 4点/m²

②解析対象

A社: 針葉樹

B社: 針葉樹

C社: 針葉樹

D社: 針葉樹

E社: 針葉樹

G社: 針葉樹

③手法名称 ※学会等で発表されている手法、会社独自手法の場合は独自と記載

A社: 独自

C社: 回帰分析推定

E社: (特になし)

G社: 独自

④解析手順 ※③手法で実施する場合の主な処理手順

A社: 樹冠サイズを用いた回帰分析

B社: 標準地を対象に樹高と胸高直径を計測する。現地計測結果から相関式を求めDCHMから算出した樹高を適用し単木胸高直径を算出する

C社: 胸高直径を推定するモデルは、樹高と本数密度の重回帰分析から推定式を算出。本数密度が高くなる幼齢の樹木においては、樹高に対して極端に胸高直径が細い木になる場合があるため、基準値未満の樹木は樹高のみの単回帰式を使用し、胸高直径の推定を実施。基準値は、立木幹材積表（日本林業調査会）において確認し、設定

D社: あらかじめ設定した標準地を対象に樹高と胸高直径を計測する。現地計測結果から相関式を求めDCHMから算出した樹高を適用し単木胸高直径を算出する。

E社: 現地調査結果に基づく回帰分析により樹高や樹冠範囲等と胸高直径の回帰推定式を算出

G社: あらかじめ設定した標準地を対象に樹高と胸高直径を計測する。現地計測結果から相関式を求めDCHMから算出した樹高を適用し単木胸高直径を算出する。

⑤利点や効果 ※③手法で実施する場合の利点や得られる効果

A社: 現地調査よりも安価である。

B社: 対象地全域の現地調査を行うよりも相対的に安価である

C社: 対象地全域の現地調査を行うよりも相対的に安価

E社: 現場にあった関係式で推定が可能

⑥留意点・課題 ※③手法で実施する場合の留意点

A社: なし

B社: 林縁木など生育環境の異なる樹木の精度のブレがある

C社: 本数および樹高の精度検証が必要。現地調査で取得したプロットの中心位置座標から400m²の円形プロットをGIS上で再作成し、GIS上の円形プロット範囲に含まれる航空レーザ結果と現地調査結果とを比較。さらに調査プロットにおける上層木を対象とした胸高直径の平均値と、レーザ解析により求めた樹高および本数密度から推定した胸高直径を用いて比較検証を実施。

D社: 推定の域を出ないため精度が課題となる。
E社: 現地調査の必要性
G社: 推定の域を出ないため精度が課題となる。

⑦改善策 ※⑤について今後改善する(したい)事項

A社: なし
C社: 特になし
E社: 事例を重ね推定式を一般化

⑧出力図の名称とファイル名 (例)林相区分図、RINS0.shp

A社: 胸高直径分布図 樹頂点.shp
C社: 胸高直径推定.xlsx
D社: 平均胸高直径分布図
E社: 胸高直径分布図、ファイル名(通常は樹頂データの属性値として付加)
G社: 単木データ、ファイル名(単木データ.shp)

⑨データ定義 ※出力成果の属性データ定義 (例)平均樹冠高、最大樹冠高…

A社: 資料添付
B社: 胸高直径
E社: 樹頂データの属性値として付加
G社: 樹種、樹高、材積、胸高直径、樹冠投影面積

⑩図形情報 ※出力成果の図形 (例)ポイントデータ、シェープファイル形式

A社: Shape形式、ポイント
B社: ポイントデータ、シェープファイル
D社: 単木ポイントデータの属性情報
E社: ポイントデータ、シェープファイル形式
G社: ポイントデータ、シェープファイル形式

⑪解析単価 (@km²)

A社: 解析面積による
G社: @133,000- 4) 単木樹高算出とセット単価

6) 材積の算出

①使用するレーザデータ ※最低限必要な点密度

A社: 4点/m²
B社: 4点/m²
C社: 10点/m²以上
D社: 4点/m²
E社: 4~10点/m²
G社: 4点/m²

②解析対象

A社: 針葉樹 広葉樹
B社: 針葉樹
C社: 針葉樹
D社: 針葉樹 広葉樹
E社: 針葉樹
G社: 針葉樹

③手法名称 ※学会等で発表されている手法、会社独自手法の場合は独自と記載

A社: 針葉樹: 単木解析、広葉樹: 総体積法
B社: 材積表法

- C社: 胸高直径から材積式により立木材積を算出
 D社: 針葉樹: 単木解析、広葉樹: 総体積法
 E社: 単木解析
 G社: 独自

④解析手順 ※③手法で実施する場合の主な処理手順

- A社: 針葉樹: 単木DBHと樹高による材積推定 広葉樹: 樹高を基にした材積推定
 B社: 材積表の樹高-胸高直径の表データを作成し、樹高と胸高直径から単木の材積を求める。
 C社: 航空レーザ計測により求めた樹高及び推定した胸高直径から材積式により立木材積を算出。材積の算出には森林総合研究所の配布する「幹材積計算プログラム」と同じ計算式を用い、スギ・ヒノキ・マツの単木材積を算出。得られた材積をメッシュまたは小班等の単位で集計し蓄積分布図化。
 D社: 針葉樹: 樹頂点抽出成果を用いて単木単位の樹高を求め、現地調査結果から回帰式を作成して単木単位の胸高直径を推定し、更に二変数材積式を適用し単木材積を推定する。得られた材積を小班等の単位で集計し蓄積分布図とする。
 広葉樹: 総体積法で林分材積を求める。
 E社: 4) 単木樹高算出と、5) 単木胸高直径算出から、幹材積式を使用して材積を算出。
 G社: 樹頂点抽出成果を用いて単木単位の樹高と樹冠情報を求め、現地調査結果から回帰式を作成することで、単木単位の胸高直径を推定し、更に二変数材積式を適用し単木材積を推定する。得られた材積を小班等の単位で集計し蓄積分布図とする。

⑤現地調査

- A社: 現地調査を行う⇒現地調査項目（本数、樹高、DBH、調査位置座標など）
 B社: 現地調査を行わない
 C社: 現地調査を行う⇒現地調査項目（樹種、樹高（プロット内の平均的な樹高を示す10本）、枝下高、胸高直径、標準地中心の座標、層別（高木層/亜高木層/低木層/草本層）の高さと植被率
 D社: 現地調査を行う⇒現地調査項目（プロット中心座標、樹種、樹高、胸高直径）
 E社: 現地調査を行う⇒現地調査項目（単木樹高、胸高直径、枝下高等）
 G社: 現地調査を行う⇒現地調査項目（樹高、胸高直径）

⑥利点や効果 ※③手法で実施する場合の利点や得られる効果

- A社: 広域の資源情報把握
 B社: 実績のある方法である
 C社: 本資源解析結果と地形解析結果を利用することで、森林ゾーニング等に利用
 E社: 今後の施業計画や間伐計画等で適用
 G社: 林相区分単位で標準地解析が可能であれば、広域の材積が推定可能

⑦留意点・課題 ※③手法で実施する場合の留意点

- A社: なし
 B社: 材積表を準備する必要がある
 C社: 特になし
 E社: 針葉樹にしか適用できない
 G社: レーザデータは4点/m²以上の計測密度が必要。地域性もあるが、広葉樹には適さない。

⑧改善策 ※⑤について今後改善する（したい）事項

- A社: なし
 C社: 特になし
 E社: 広葉樹の解析手法を模索
 G社: 地域の特性の理解が必要。その後改善策を検討。

⑨出力図の名称とファイル名

- A社: 出力図の名称（材積分布図）、ファイル名（樹頂点.shp）
 C社: 樹種別材積集計表.xlsx
 D社: 出力図の名称（材積分布図）、ファイル名（ ）
 E社: 出力図の名称（材積量分布図）、ファイル名（通常は樹頂データの属性値として付加）

G社: 出力図の名称(単木データ)、ファイル名(単木データ.shp)

⑩データ定義 ※出力成果の属性データ定義 (例)樹種、樹高、材積、樹冠面積…

A社: 送付済み

B社: 材積

C社: なし

E社: 樹頂データの属性値として付加

G社: 樹種、樹高、材積、胸高直径、樹冠投影面積

⑪図形情報 ※出力成果の図形 (例)ポイントデータ、シェープファイル形式

A社: Shape形式、ポイント

B社: ポイントデータ、シェープファイル

C社: なし

D社: 林相ポリゴンデータの属性情報

E社: ポイントデータ、シェープファイル形式

G社: ポイントデータ、シェープファイル形式

⑫解析単価 (@km²)

A社: 解析面積による

G社: @82,000-

7) その他解析

①使用するデータ ※最低限必要な点密度

B社: 4点/m²

②抽出対象

③手法名称 ※学会等で発表されている手法、会社独自手法の場合は独自と記載

B社: 樹冠疎密度解析

④解析手順 ※③手法で実施する場合の主な処理手順

B社: レーザ全点数と樹冠を透過した割合を算出する

⑤利点や効果 ※③手法で実施する場合の利点や得られる効果

B社: 簡易に求められる

⑥留意点・課題 ※③手法で実施する場合の留意点

B社: 現地との照合を一定数行う必要がある

⑦改善策 ※⑤について今後改善する(したい)事項

⑧ファイル名 ※出力成果のファイル名 (例)樹頂点.shp、単木情報.shp

⑨データ定義 ※出力成果の属性データ定義 (例)樹種、樹高、材積、樹冠面積…

B社: 樹冠疎密

⑩図形情報 ※出力成果の図形 (例)ポイントデータ、シェープファイル形式

B社: ラスタデータ

⑪解析単価 (@km²)

8) 資源量集計

①資源量集計実施の有無 ※該当する項目に✓を入れる

- A社: 実施
 B社: 要望があった場合に実施
 C社: 要望があった場合に実施
 D社: 要望があった場合に実施
 E社: 要望があった場合に実施

②集計単位 ※資源量解析成果を集計する単位について、該当する項目に✓を入れる

- A社: 区画（小班等）単位
 B社: 区画（小班等）単位 メッシュ単位 単木単位
 C社: 区画（小班等）単位
 D社: 区画（小班等）単位
 E社: 区画（小班等）単位 メッシュ単位

③成果物 ※納品時の集計単位選定について、該当する項目に✓を入れる

- A社: 客先の要望に応じて納品
 B社: 客先の要望に応じて納品
 C社: 客先の要望に応じて納品
 D社: 客先の要望に応じて納品
 E社: 業務目的や用途に応じて納品

9) 区画単位の資源量集計

①区画に用いたことのある既存図等

- A社: 小班、 林地の地番(林地台帳の地図)
 B社: 小班、林相区分図
 C社: 小班、林相区分図
 D社: 小班、 林地の地番(林地台帳の地図)、林相区分図
 E社: 小班
 G社: 小班、林班・準林班、林相区分図

②集計の対象としている情報

- A社: ☒代表樹種 ☒平均樹冠高 ☒立木本数 ☒蓄積 ☒立木密度 ☒収量比数
 B社: ☒代表樹種 ☒平均樹冠高 ☒最大樹冠高 ☒立木本数 ☒蓄積 ☒立木密度 ☒収量比数 ☒相対幹距比
 C社: ☒代表樹種 ☒蓄積 ☒立木密度
 D社: ☒代表樹種 ☒立木本数 ☒蓄積 ☒立木密度
 ☒収量比数 ☒相対幹距比 ☒その他①（形状比）
 E社: ☒代表樹種 ☒平均樹冠高 ☒立木本数 ☒蓄積 ☒立木密度 ☒収量比数 ☒相対幹距比
 G社: ☒代表樹種 ☒立木本数 ☒蓄積 ☒立木密度 ☒収量比数

③集計手順 ※別途資料添付いただける場合は、回答欄に「資料あり」と記載

- A社: 小班などのポリゴンで樹頂点情報を集計する。
 B社: 単木情報に付与した属性情報を小班等の単位で集計する
 C社: 単木の樹頂点毎に付与した属性を小班単位で集計・集約
 D社: 単木の樹頂点毎に付与した属性を小班単位で集計・集約する
 E社: 単木の樹頂点毎に付与した属性を小班単位で集計・集約する。
 G社: 単木ごとに付与した属性を林相区分単位で集計する。

④利点や効果 ※③手法で実施する場合の利点や得られる効果

- A社: 森林経営管理に活用
 B社: 森林簿の更新や施業計画立案に活用できる
 C社: 森林簿の情報更新に利用、施業プランを作成する際の基礎情報に利用
 D社: 施業プランを作成する際の基礎情報に利用可能
 E社: 作業が機械的に集計でき、効率的
 G社: 森林簿・森林計画図との比較検証。経営計画の基礎情報に利用可能。

⑤留意点・課題 ※③手法で実施する場合の留意点

- B社: 既存の小班データと実態が乖離している場合に不正確なデータとなる。
- C社: 樹種情報などが代表化され現状と異なる範囲が生じる
- E社: (特に立木密度など) 区分面積が狭隘な範囲では、値がおかしくなる場合がある
- G社: 森林簿・森林計画図等との行政資料との相違が明確化。

⑥改善策 ※⑤について今後改善する(したい)事項

- B社: メッシュ単位に集計する
- C社: メッシュや単木単位の集計結果も納品
- E社: 特になし
- G社: 森林簿・森林計画図等の属性や境界の精度向上への利用。

⑦出力図の名称とファイル名 (例) 小班単位集計結果、SHOHAN.shp

- A社: 出力図の名称(小班)、ファイル名(小班界.shp)
- C社: 出力図の名称(蓄積分布図)、ファイル名(小班界.shp)
- E社: 出力図の名称(小班別集計結果) ファイル名(取り決めは特になし)
- G社: 出力図の名称(林相区分図) ファイル名(林相区分図.shp)

⑧データ定義 ※出力成果の属性データ定義 (例) 樹種、樹高、材積、樹冠面積…

- A社: 資料添付
- B社: 代表樹種、平均樹冠高、最大樹冠高、立木本数、蓄積、立木密度、収量比数、相対幹距比
- C社: 代表樹種、蓄積、立木密度
- E社: 樹種、樹高、材積、樹冠面積等
- G社: 樹種、平均樹高、平均胸高直径、総材積

⑨図形情報 ※出力成果の図形 (例) ポリゴンデータ、シェープファイル形式

- A社: Shape形式、ポリゴン
- B社: ポリゴンデータ、シェープファイル
- C社: ポリゴンデータ、シェープファイル形式
- D社: 林相ポリゴンや小班ポリゴンデータの属性情報
- E社: ポリゴンデータ、シェープファイル形式
- G社: ポリゴンデータ、シェープファイル形式

10) メッシュ単位の資源量集計

①メッシュサイズ ※該当する項目に✓を入れる

- A社: 20m
- B社: 10m
- C社: 10m
- E社: 10m

②集計の対象としている情報

- A社: ☒代表樹種 ☒平均樹冠高 ☒立木本数 ☒蓄積 ☒立木密度 ☒収量比数 ☒相対幹距比
- B社: ☒代表樹種 ☒平均樹冠高 ☒立木本数 ☒蓄積 ☒立木密度 ☒収量比数 ☒相対幹距比
- C社: ☒代表樹種 ☒蓄積
- E社: ☒代表樹種 ☒平均樹冠高 ☒最大樹冠高 ☒立木本数 ☒蓄積 ☒立木密度 ☒収量比数

③集計手順 ※別途資料添付いただける場合は、回答欄に「資料あり」と記載

- A社: メッシュポリゴンで単木情報を集計する。
- B社: 単木情報に付与した属性情報をメッシュ単位で集計する
- C社: 単木の樹頂点毎に付与した属性を10m メッシュ単位で集計・集約
- E社: 単木の樹頂点毎に付与した属性をメッシュ単位で集計・集約する。

④利点や効果 ※③手法で実施する場合の利点や得られる効果

A社: 小班などの集計ポリゴンの面積が大きいときに詳細な情報が把握できる。
B社: 森林簿と比べて実態に近い数値となる
C社: 任意の区画を集計したい場合に利用
E社: 作業が機械的に集計でき、効率的

⑤留意点・課題 ※③手法で実施する場合の留意点

B社: メッシュサイズの選定。サイズにより平準化されてしまう。
C社: 特になし
E社: (特に立木密度など) 区分面積が狭隘な範囲では、値がおかしくなる場合がある

⑥改善策 ※⑤について今後改善する(したい)事項

B社: 最適メッシュサイズの設定
C社: 特になし
E社: 特になし

⑦出力図の名称とファイル名 (例) メッシュ単位集計結果、MESH.shp

A社: 出力図の名称 (メッシュ集計) ファイル名 (メッシュポリゴン.shp)
C社: 出力図の名称 (森林資源量算定図) ファイル名 (森林資源量算定図.tif)
E社: 出力図の名称 (メッシュ単位集計結果) ファイル名 (取り決めは特になし)

⑧データ定義 ※出力成果の属性データ定義 (例) 樹種、樹高、材積、樹冠面積…

A社: 小班などの集計と同様
B社: 代表樹種、平均樹冠高、最大樹冠高、立木本数、蓄積、立木密度、収量比数、相対幹距比
C社: 代表樹種、蓄積
E社: 樹種、樹高、材積、樹冠面積等

⑨図形情報 ※出力成果の図形 (例) ポリゴンデータ、シェープファイル形式

A社: Shape形式、ポリゴン
B社: ポリゴンデータ、シェープファイル
C社: メッシュデータ、シェープファイル形式
E社: ポリゴンデータ、シェープファイル形式

11) 単木単位の資源量集計

①集計の対象としている情報

B社: ☒ 樹種 ☒ 樹冠高 ☒ 胸高直径 ☒ 材積
E社: ☒ 樹種 ☒ 樹冠高 ☒ 樹冠投影面積 ☒ 樹冠長 ☒ 胸高直径 ☒ 材積 ☒ 形状比 ☒ その他① (樹冠表面積)
G社: ☒ 樹種 ☒ 樹冠投影面積 ☒ 胸高直径 ☒ 材積 ☒ その他① (樹高)

②集計手順 ※集計手順

B社: 単木の樹頂点毎に属性を付与する。
E社: 単木の樹頂点毎に属性を付与する。

④利点や効果 ※③手法で実施する場合の利点や得られる効果

B社: 毎木で管理する場合の基礎情報として活用可能
E社: 機械的に算出され、客観的な数値として評価可能

⑤留意点・課題 ※③手法で実施する場合の留意点

B社: 抽出されない樹木の情報が反映されない
E社: データ量が多くなりがち、集計単位を事前に協議

⑥改善策 ※⑤について今後改善する(したい)事項

B社: 抽出精度を向上させる

E社: 集計単位の規格化

⑦出力図の名称とファイル名 (例) 単木単位集計結果、tanboku.shp

出力図の名称 ()

ファイル名 ()

E社: 出力図の名称(単木単位集計結果)、ファイル名 (取り決めは特になし)

G社: 出力図の名称(単木データ)、ファイル名 (単木データ.shp)

⑧データ定義 ※出力成果の属性データ定義 (例)樹種、樹高、材積、樹冠面積…

B社: 樹種、樹冠高、樹冠投影面積、樹冠超、胸高直径、材積

E社: 樹種、樹高、材積、樹冠面積等

G社: 樹種、樹高、胸高直径、材積、樹冠投影面積

⑩図形情報 ※出力成果の図形

B社: ポイントデータ、シェープファイル

E社: ポリゴンデータ、シェープファイル形式

G社: ポイントデータ、シェープファイル形式

(2) 地形解析

1) 微地形表現図

①使用するレーザデータ ※最低限必要な点密度

A社: 4点/m²

B社: 1点/m²

C社: 10 点/m²以上

D社: 4点/m²

E社: 4点/m²

G社: 4点/m²

②手法名称 ※学会等で発表されている手法、会社独自手法の場合は独自と記載

A社: 赤色立体地図

B社: 陰陽図

C社: CS 立体図

D社: CS立体図、独自 (ELSAMAP)

E社: 地形起伏図

G社: CS立体図

③解析手順 ※③手法で実施する場合の主な処理手順

※別途資料添付いただける場合は、回答欄に「資料あり」と記載

B社: 平均地盤高を基準に凸部を赤、凹部を青で表現。傾斜度合を緩傾斜地は白、急傾斜地は黒のグラデーションで表現。両者を重ね合わせて作成

C社: 航空レーザ測量成果を用いて、地形起伏を分かりやすく強調し、高精度に微地形を表現した微地形表現図 (CS 立体図) を作成。地盤高を元に凹部を青、凸部を赤で表し、地形の変化を明瞭に表現。

D社: CS立体図: 地盤高を元に凹部を青、凸部を赤で表し、地形の変化を明瞭に表現した地図

ELSAMAP: カラー表現した標高と白黒表現した傾斜を透過合成した地図

E社: 地形の比較的大きな起伏、尾根・谷などの大きな凹凸 (微地形) を判読し易く可視化

G社: 地盤高を元に凹部を青、凸部を赤で表し、地形の変化を明瞭に表現した地図

④利点や効果 ※③手法で実施する場合の利点や得られる効果

B社: 地形の判読が容易

C社: 微地形表現図は、地形判読の基本情報となるため、処理方法が明確でオープンであることが必要であることから、CS 立体図を採用し整備。

D社: CS立体図: 作成方法が一般に公開されており汎用性が高い

ELSAMAP: 遷急線、遷緩線と標高を直観的に理解することができる

E社: 微地形の表現がわかりやすい

⑤留意点・課題 ※③手法で実施する場合の留意点

B社: 標高が把握しづらい

C社: 特になし

E社: 特になし

⑥改善策 ※⑤について今後改善する(したい)事項

B社: 等高線図の重ね合わせ

C社: 特になし

E社: 特になし

⑦出力図の名称とファイル名 (例) CS立体図、cs.tif

A社: 赤色立体地図、赤色立体地図.tif

B社: 陰陽図、(図郭名).tif

C社: CS 立体図、CS 立体図.img

E社: 地形起伏図、通常は図郭番号

G社: 詳細地形表現図、詳細地形表現図.tif

⑧図形情報 ※出力成果の図形 (例) TIFF形式

A社: Tif

B社: TIFF形式

C社: Img 形式

D社: ラスターデータ、tfwつきTiff形式

E社: GeoTiff形式 (必要に応じワールドファイル)

G社: TIFF形式 (ワールドファイル付き)

⑨解析単価 (@km²)

A社: 解析面積による

G社: @146,000-

2) 傾斜区分図

①使用するメッシュデータ

A社: 5m

B社: ✓0.5m ✓1m ✓2m ✓5m ✓10m

C社: 1m

D社: 1m

E社: 1m

G社: 5m

②傾斜区分 ※傾斜区分図作成の際の傾斜度色分け区分

A社: ①15° 未満、②15～30°、③30～35°、④35° 以上の4 区分

B社: 目的用途に応じて傾斜区分し色を割り当てる

C社: ①15° 未満、②15～30°、③30～35°、④35° 以上の4 区分

D社: 発注者との協議により決定する

E社: 業務により可変。

G社: ①0° 以上 15° 未満、② 15° 以上 20° 未満、
③ 20° 以上 30° 未満、④ 30° 以上の4 区分に色分け

③出力図の名称とファイル名 (例) 傾斜区分図、slope.tif

A社: 傾斜区分図、傾斜区分図.tif

B社: 傾斜区分図、slope.tif

C社: 傾斜区分図、傾斜区分図.tif

E社: 傾斜区分図、取り決めは特になし

G社: 傾斜区分図、傾斜区分図.tif

④図形情報 ※出力成果の図形 (例)ラスターデータ、TIFF形式

A社: Tif

B社: ラスターデータ

C社: TIFF

D社: ラスターデータ、tfwつきTiff形式

E社: GeoTiff形式 (必要に応じワールドファイル付加)

G社: TIFF形式 (ワールドファイル付き)

⑤解析単価 (@km²)

A社: 解析面積による

G社: @115,000-

3) 既存路網データ

①使用するレーザデータ ※最低限必要な点密度

A社: 4点/m²

B社: 1点/m²

C社: 10 点/m²以上

D社: 4点/m²

E社: 4~10点/m²

②使用する解析成果

A社: 微地形表現図 (赤色立体図)

B社: 微地形表現図 (陰陽図)

C社: 微地形表現図 (CS 立体図)

D社: 微地形表現図 (CS 立体図)、その他 (微地形表現図 (ELSAMAP))

E社: その他 (地形起伏図)

③路網データ作成方法

A社: 目視判読

B社: 目視判読

C社: 目視判読

D社: 目視判読

E社: 目視判読

④自動判読の場合の手順 ※③で自動判読とした場合の手順

C社: なし

⑤利点や効果 ※③手法で実施する場合の利点や得られる効果

A社: 既存路網の把握

B社: 判読が容易

C社: なし

D社: 施業計画や新規路網計画に役立つ

E社: 施業計画等で利用可能

⑥留意点・課題 ※③手法で実施する場合の留意点

B社: 道路種別の区分が困難。

C社: 目視による判読は経験と時間を要する

複数人員による作業においては成果の均質化が困難

D社: 目視による判読は時間を要する

E社: 人手が掛かる、取りこぼしの可能性

⑦改善策 ※⑤について今後改善する(したい)事項

C社: データ整備標準作業書を作成中

AI による路網自動抽出機能開発を検討中

E社: AI等の利用による工数削減

⑧出力図の名称とファイル名 (例)CS立体図、cs.tif

A社: 路網、路網.shp

B社: 路網図、road

C社: 中心線、2 条線、中心線.shp、2 条線.shp

E社: 路網分布図、取り決めは特になし

⑨データ定義 ※出力成果の属性データ定義 (例)道路幅員、…

A社: 送付済み

B社: 道路種別(林道・林業専用道、作業道、その他道路)

C社: ・林道区

・地区

・路線名

・路線番号

・幅員

・延長

D社: 道路幅員、路線番号、路線名(林道台帳と突合できた場合)

E社: 路線ID、幅員等

⑩図形情報 ※出力成果の図形 (例)ラインデータ、シェープファイル形式

A社: Shape形式、ライン

B社: ラインデータ、シェープファイル

C社: ラインデータ、シェープファイル形式

D社: ラインデータ、シェープファイル形式

E社: ラインデータ

⑪図形形状

A社: 1条線

B社: 1条線

C社: 1 条線、2 条線

D社: 1条線

E社: 2条線

⑫解析単価(@km²)

A社: 解析面積による

(3)境界明確化

1) 林相識別図(レーザ特徴量)

①使用するレーザデータ ※最低限必要な点密度

A社: 4点/m²

B社: 4点/m²

C社: 10 点/m²以上

②解析手順

A社: 樹高、尾根谷度、反射強度

B社: 反射強度、地盤到達度等を解析して作成

C社: レーザ計測により得られる樹高・反射強度・レーザパルス透過率を合成し、林相の違いを明確に表現することができる特徴量画像を作成

③利点や効果 ※②手順で実施する場合の利点や得られる効果

A社: 境界明確化支援のベース乗法

B社: 林相境界の判読に有効

C社: 林相図の品質の偏りを低減し、広域な森林を正確かつ均質に判読する手法として、レーザ計測により得られる樹高・反射強度・レーザパルス透過率を合成し、林相の違いを明確に表現することができる特徴量画像を作成、目視チェック時の林相区分に利用して品質を向上。

④留意点・課題 ※②手順で実施する場合の留意点

B社: 反射強度値によりムラができることがある

C社: 特徴量画像はレーザ計測によって取得される樹高・反射強度・レーザパルスの透過率から作成される画像だが、反射強度やレーザパルスの透過率は撮影時期や時間によって異なるため、色などが図郭間で異なる傾向を示す場合もある

⑤改善策 ※④について今後改善する（したい）事項

B社: ノイズのキャンセル方法

C社: 特になし

⑥出力図の名称とファイル名 (例) 林相識別図、rinsou.tif

A社: レーザ林相図、レーザ林相図.tif

C社: 特徴量画像、特徴量画像.tif

⑦データ定義 ※出力成果の属性データ定義 (例) 樹種、樹高、材積、樹冠面積…

B社: 樹種

C社: 樹高・反射強度・レーザパルスの透過率から作成

⑧図形情報 ※出力成果の図形 (例) ラスタデータ、TIFF形式

A社: Tif

B社: ラスタデータ

C社: ラスタデータ、TIFF 形式

⑨解析単価 (@km²)

A社: 解析面積による

3. 精度検証手法について

3.1 必要な解析精度について

B社: 未検討

C社: 取得データの状況により、発注者と確認・相談、合意の上、許容。

3.2 精度検証方法について

①精度検証の実施

A社: 実施

B社: 実施

C社: 実施

D社: 仕様に定められている場合は実施

E社: 実施

F社: 仕様に定められている場合は実施

G社: 仕様に定められている場合は実施

②検証対象 ※実際に精度検証の対象としている項目について記述

A社: 本数密度、平均樹高、蓄積、胸高直径の推定値
B社: 樹種、本数、樹高、胸高直径
C社: 本数、樹高
D社: 本数密度、平均樹高、蓄積、胸高直径の推定値
E社: 立木本数、樹種、胸高直径
F社: D E M標高の検証
G社: 仕様に準拠する。

③検証対象 ※実際に精度検証の対象としている項目について記述

A社: 現地調査結果
B社: 現地調査結果
C社: 現地調査結果
D社: 現地調査結果
E社: 現地調査結果
F社: 現地調査結果
G社: 現地調査結果

④検証手順

A社: RMSE、R、平均誤差率
B社: 現地にて実測し比較
C社: 本数および樹高の精度検証では、現地調査で取得したプロットの中心位置座標から400㎡の円形プロットをGIS上で再作成し、GIS上の円形プロット範囲に含まれる航空レーザ結果と現地調査結果とを比較した。さらに調査プロットにおける上層木を対象とした胸高直径の平均値と、レーザ解析により求めた樹高および本数密度から推定した胸高直径を用いて比較検証を実施
D社: ③で記述した比較対象を実測値、解析成果を予測値としてRMSE(二乗平均誤差の平方根)を求めている
E社: 現地調査値とレーザ推定値との較差を算出。
F社: 実測値と解析結果の誤差を計算し、精度内に入っているかを検証する。
G社: 仕様に準拠する。

⑤検証結果の承認者

A社: 業務責任者(管理技術者)
B社: 業務責任者(管理技術者)
C社: 業務担当者、業務責任者(管理技術者)、照査担当者
D社: 照査担当者
E社: 業務責任者(管理技術者)、照査担当者
F社: 業務責任者(管理技術者)
G社: 業務担当者、業務責任者(管理技術者)、照査担当者

4. 成果品管理手法について

①インデックスファイルの有無

A社: なし
B社: していない
C社: メタデータファイルを用意(レーザ計測年月日、対象地域、計測密度、計測会社名)
D社: 航空レーザ計測成果に、低密度ポリゴン、水部ポリゴンを加えて納品している。
E社: 特に取り決め無し、業務仕様や要求に基づき作成
F社: 特にありません
G社: レーザ計測年月日、計測密度、計測会社名、等を記載したファイルを納品している。

②その他成果品

A社: 検証結果、データ定義書
B社: 解析成果ファイルの説明書、データ定義書
C社: 3次元表示システム

D社: 解析成果ファイルの説明書、データ定義書 等
E社: 特に取り決め無し、業務仕様や要求に基づき作成
F社: 特にありません
G社: 仕様書等に記載のない成果は、納品対象とはしていない。

③フォルダ構成

B社: なし
C社: 概ね以下の構成としている。(図有り)
E社: 特に取り決め無し、業務仕様や成果内容に基づき作成
F社: 特にありません
G社: 現在、調整中。

5. 解析手法等の標準化について

B社: 標準化してほしい項目
樹種、樹高、胸高直径、材積、収量比数

標準化してほしくない項目 (手法が確立されていないと考えられるため)
樹冠疎密度、相対幹距

標準化が困難な項目 (各社の手法が確立しているため)
微地形表現図

C社: 成果品の標準化は全国一律で森林事業を推進するには必須であることと理解しております。
本アンケート結果に疑義等あれば何なりとお申し付けください。

E社: ・解析フロー (発注者への説明を容易にするため)
・特に現地調査の標準数量 (発注面積に対する割合などで定義すべき?)

G社: 著作権等に関係しないものであり、公開できる仕様であれば標準化をすることには意義があるが、一般に広く活用できる仕様であることを望みます。

卷末資料 3

行政・林業事業体への聞き取り調査結果

■レーザ計測による森林資源情報の標準化に関わる行政・林業事業者への聞き取り調査

		所属	都道府県					市町村					森林組合		
		回答	回答1	回答2	回答3	回答4	回答5	回答6	回答7	回答8	回答9	回答10	回答11	回答12	回答13
1. 森林資源情報の動作環境															
レーザ計測による森林資源情報について	実施年度	2018年・2019年 ※2020年・2021年も対象範囲を変えて計測予定 ※県内の人工林資源の充実した範囲を優先的に計測 ※市町村の中でも、人工林面積の集中しているところから順に実施	平成30～	2019年度 ※全域ではなく部分的に発注している。解析が完了しているのは4万ha弱 ※優先順位づけは市町、林業事業者の活用の意向が強くあったところ、森林クラウドの導入が行われている市町、森林面積等を基に選定。 ※情報共有はクラウドで行うというスキームとしている。各市町等の独自のGISに反映すると各GISの仕様を考慮する必要があり、県がまとめて行った場合、手間と費用がかかる。データの形式も各独自GISに合わせるのは限界があるので、クラウドでの提供を前提としている。求めがあれば生データの提供は可。	H30～R3	平成30年度、令和元年度	令和元年度	2018年度 ※2020年度も別範囲で実施予定 ※2018年度は人工林割合の高い林班の集中するエリアを先行して撮影	平成28年度	令和元年度	H27	平成27、28年度	2018年度 ※2020年度も別地域で実施予定 ・2018年度は人工林資源の集中している地区から優先して計測	平成26年度	
	GISの動作環境	事務所内の特定のPC ※ArcGISのインストールされている端末、森林計画の編成時に使用するPC クラウド ※クラウドを通して複数PCで利用	事務所内の複数のPC（同時アクセス2）台 モバイル端末 クラウド	事務所内の特定のPC ※ArcGIS 今後、QGISでの利用も予定している。 クラウド ※生データを扱う職員は少ないので、閲覧利用を主体とするユーザはクラウドでの利用を想定している。	その他（庁内LAN上のクラウド・市町村の専用端末）	事務所内の複数のPC（同時アクセス8）台 モバイル端末	事務所内の特定のPC	事務所内の特定のPC ※3次元ビューアを導入したが、2019年の台風で被災し現在は使用していない。 クラウド	事務所内の複数のPC（約18）台 クラウド	事務所内の複数のPC（4）台 モバイル端末	インターネット上 モバイル端末 インターネット上 クラウド	事務所内の特定のPC モバイル端末 インターネット上 クラウド	事務所内の複数のPC（8）台 →主にアシスト（GIS）に解析成果を追加し、利用している。 クラウド	事務所内の特定のPC モバイル端末 インターネット上 クラウド	
2. 森林資源情報のデータ形式 「必要とする森林資源情報のデータ形式」について															
① 森林資源情報の集計単位	利用用途		ゾーニング等の検討	まだ小班の単位で集計は行っていない。森林計画の方では今後は集計していきたいと思っている。	森林林業行政の基礎資料		森林整備計画や資源調査及び森林経営計画の区域設定等へ利用					○	森林整備事業に関わる全ての事業、森林所有者への森林経営指導		森林経営計画単位や施業班単位の林分情報（含む生産量予測）の分析
	利用上の課題		精度にばらつきがある	小班の境界と、実際の計測成果から得られた樹種界や地形の変化点と境界線の位置が合っていないところがあるので、どう扱うか悩むことがある。	データ精度の向上：森林簿の樹種、林齢等の情報は、県職員の空中写真の判読や森林所有者への聞き取りで作成しており、樹種等現況との相違が見受けられる。 注1：R元年度解析した航空レーザ樹種界図から、森林簿（計画図）の修正業務を実施中であり、小班数は約1.5倍になる見込み		現在、林班の区域が主に地形をもとに設定されており、所有界と林班界が一致しない状況となっています。林地台帳制度を立ち上げた以上、一度林班界を所有界へ変更し、森林経営計画の作成等経営管理上の効率化を図る必要があると考えています。 【参考】本市のレーザ計測は、森林所有者への説明の都合上林地台帳（法務局の登記）の地籍に基づいて調査しています。（国土調査は概ね終了） 一方、県が設定している林班は、「地域森林計画及び国有林の地域別の森林計画に関する事務の取扱いの運用について（平成12年5月8日付け12林野計第188号林野庁長官通知）の第2、1、（1）の「林班は、原則として、字界、天然地形または地物をもって区画するものとし・・・」に基づいています。 今後、民有林を対象に新たな森林管理システムを推進するためには林地台帳に基づいた経営が必要であり、林班区画の設定に当たっても地籍に基づいた区域設定になるよう当該要領の見直しが必要と考えます。					所有者界：地番界と林相界の判読を行う必要がある。県管理の森林簿等と現実林分の境界が相違しており修正が必要		森林計画図（森林簿）と現地情報の不一致により実態に沿った情報分析ができない。	
	地番（所有者界）	利用用途		森林経営管理制度による経営管理、防災事業、林道事業計画、造林事業等	県としては所有界と林小班界を合わせているので、林小班単位での集計とすることで所有単位での集計にもつながると考えている。	森林林業行政の基礎資料		林地台帳に基づいた区画であり、次のような用途に活用を予定しています。 ①森林所有者には森林資産の現況説明や家族等での協議 ②林業経営体には作業委託や森林経営計画の作成、補助事業の面積確認等 ③市では、森林の所在や現況が分からない森林所有者に対して、レーザ計測のデータを提供することにより、所有者側から積極的に照会してくることを期待しています。また、今後、森林組合と連携し経営相談を展開していきたいと考えています。		山林所有者に森林の場所や現況（樹種・材積）を説明する	町有林・分収造林地の立木本数・材積の推定、地番毎の森林評価			森林経営計画単位や単年度施業対象の所有単位の生産量予測	
		利用上の課題		精度にばらつきがある		データ精度の向上：国土調査実施箇所は、小班界を地番界と同一としているが、作成は地籍図を縮小しトレース（結合）したもので、境界のズレ（歪み）が見られる。上記注1業務で地籍図をベースに小班図の修正業務を実施中		市のレーザ計測では林地台帳に基づいた地番界を小班としています。（地番を仮の小班名としています。） 一方、県が策定している小班はこれまでの経緯から航空写真をもとに見取りの区画で策定しており、所有界と一致しない状況となっています。 県では森林経営計画の作成や補助事業の申請に当たって、所有界が違っている県の森林簿に基づいた申請が必要（森林簿の面積を変更する場合は実測が必要）とのことであり、林地台帳（国土調査）に基づいた所有界に沿って調査したレーザ計測の結果が使えない状況にあります。レーザ計測のデータは、市と県の森林資源データを同時に見直すことによって、林業政策が機能するものと考えています。 なお、データの活用に当たっては個人情報の保護に配慮した活用を図る必要があると考えています。（林地台帳の事例等を参考に検討が必要）		胸高直径の値が正確ではないこと			森林計画図等の制度上使用する情報との不一致により、重複管理が必要となり無駄なコストの要因となっている。		

		所属	都道府県					市町村					森林組合		
		回答	回答1	回答2	回答3	回答4	回答5	回答6	回答7	回答8	回答9	回答10	回答11	回答12	回答13
① 森林資源情報の集計単位	林相（樹種・樹高境界）	利用用途	各種計画の策定				森林整備計画の策定	林地台帳に基づいた林相の把握のため航空レーザ計測を実施したものであり、森林の現状把握、今後の森林経営の基本的なデータとして利用を考えています。 さらに、これまでの樹種界の把握に加え樹高の区分でも表示が可能となっていることから、より詳細で重点的な経営の判断、路網のルート設定、補助事業の合理的な判断材料として活用が期待されます。（補助事業の標準地調査等の大幅軽減が期待できます。） スギの樹高区分別 ①切り捨て間伐を想定し樹高15m以下（胸高直径18cm以下を想定） ②搬出間伐を想定し、15～27m（胸高直径18～30cmを想定） ③主伐を想定し、28m以上（胸高直径30cm以上を想定）	今後の利用用途：地籍調査が未完了のため意向調査のエリア選定や集積計画の検討に使用したい ※現時点ではまだ利用頻度は低いため利用予定を記載		○			○	
		利用上の課題					単木ポイント単位ではデータサイズが非常に大きいため、森林整備計画の策定や現地調査においては、林相ポリゴン単位での利用に留まっている。	これまで、森林経営の判断は胸高直径を基本としてきましたが、航空レーザ計測の導入によって樹高を指標とした森林経営へ転換できることが分かってきました。今後、樹高を指標とした森林経営、補助事業等への意識転換、業界への周知等が必要と考えています。 また、航空レーザ計測のデータを活用し、樹高を活用した立木販売等も可能であり、立木調査経費が大幅に軽減され、森林取引の拡大や再造林への取り組みが期待できます。今後、立木取引への活用に当たって業界関係者との協議を進めたいと考えています。 なお、レーザ計測では林齢の確認ができないことから、県の森林簿から林齢の確認が必要と考えています。						まだ、クラウド利用にあたって表示速度が遅いなど課題があり、十分に利用できていない。	
	メッシュ・グリッド	メッシュサイズ	20m		10m	10m		10m、20m	20m					20m	
		利用用途		県型のゾーニングや市町のゾーニングにおいて、生産林として適切かどうかを 確認してゾーン分けに用いることができる。林業事業体の観点からは施業プランにおいて活用いただく。災害に強い森林づくりの課題に対し、活用できると考えている。	森林計画図の更新			森林の傾向調査に活用が可能と考えています。 ①傾斜や林道からの距離等の区分により森林の施業や再造林エリアの検討 ②同一地番内の同一樹種に林齢が異なる森林があった場合、メッシュによる一次調査に活用						まだ、クラウド利用にあたって表示速度が遅いなど課題があり、十分に利用できていない。	
		利用上の課題			境界の整合性：航空レーザ解析では、小班の最小0.01haのメッシュ単位で樹種境界図等を作成しており、小班（枝番）区域との相違が見受けられる。 上記注1業務では、メッシュ4単位（0.04ha）同一林相の場合、小班（枝番）区域を修正することとしている。			メッシュによる森林の集計は、林業経営に精通した林業経営者や林業事業体、林業技術者が活用することによって、データを軽くて全体を俯瞰できるメリットが考えられます。 一方、森林所有者には分かりにくいデータとなる可能性があり、留意が必要と考えます。							
	その他	利用用途	画像形式											①GS立体図（等高線図に代わるベースマップとして利用している。） ②ヒートマップ画像形式の材積分布図（不成績造林地の探索に利用している。） （団地化の際の一体整備範囲の検討に利用している。） （保育間伐とするエリア、利用間伐とするエリアの検討に利用している。） （GS立体図の作業道情報と組み合わせで搬出エリアを検討に利用している。）	
② 森林資源情報の利用最小単位	メッシュ・グリッド	メッシュサイズ			10m	10m			20m						
		利用用途				一定区域の平均値算出									
		利用上の課題													
	ポリゴン（林相・地番）	利用用途		広葉樹の最小単位				政策的な統計処理の最小単位と考えています。	ポリゴン（林相） 今後の利用用途：意向調査のエリア選定、意向調査後の集積計画の検討	森林簿データもあるが、森林の現況を把握する為に使用している	※広葉樹、竹林の利用最小単位				
		利用上の課題						全国的なデータの質の確保のため、政策的な展開が必要と考えます。		データ維持の為には、施業実施後のデータ更新作業が必要になる					
	ポイント（単木情報・樹頂点）	利用用途	今後の予定（造林補助金の確認、立木の補償の算定）	針葉樹の最小単位	現状はまだ活用できていないが、単木の情報は活用していきたいと考えている。森林整備の発注時に事前の調査を行うが、単木データを活用しプロット調査の委託業務が効率化できると考えている。精度が十分でない場合でも工事の段階で変更にて対応できる場合もあると考えている。	任意の範囲で集計・資源量の把握	個々の立木情報の把握	森林経営、立木販売等の最小単位と考えています。	今後の利用用途：集積計画を立案した後、事業体の詳細な施業計画に活用してほしい。 町有林の売り払い事業の際に、現地調査の省力化に使用したい。	施業予定地の材積量を参考に集計する	※針葉樹の利用最小単位 作業道支障木の本数・材積の推定	材積調査等	材積・胸高直径等による簡易調査、用途別木材生産、整備計画の策定	施業区域の選定後、資源量の概査に利用している。 製材所の機械の規格などにより大径木があまり売れないため、中径木が採取可能なエリアの探索に、胸高直径情報を利用している。	林相（単木情報、疎密度）の判断
		利用上の課題			今後、実際に段階を踏んで試しながら進める必要がある。本数の抽出率は上層木だけを対象としているのか、そうでないのかなど、事業者によって考え方がことなると利用者側にも混乱があるのではないかと思う。	スギ、ヒノキのみ：新たな森林管理システムを運営する市町を支援する目的で、森林環境譲与税を財源として森林情報の整備を行っている。このため、新たな森林管理システムの対象となるスギ、ヒノキのみの解析となっている。その他の樹種の単木データがない。	森林現況は年々変化するため、定期的なレーザ計測とデータ更新が必要。	関係者の技術的な意識転換が必要と考えます。		胸高直径の値が正確ではないこと			正確な林齢等の時間軸情報の整備	精度に関して、近い値は出ているが現地の本数と誤差が生じる場合がある。 立木材積のため、利用材積とは一致しない。 正確な立木材積は、バイオマス部分を正確に確認できていないので不明である。 今後、丸太検証システムを用いて、バイオマス材として収集している端材の材積算出するので、レーザデータとの乖離の検証を予定している。	
	その他	利用用途							GS立体図 今後の利用用途：境界明確化事業への利用						

		所属	都道府県					市町村					森林組合		
		回答	回答1	回答2	回答3	回答4	回答5	回答6	回答7	回答8	回答9	回答10	回答11	回答12	回答13
3. 森林資源情報の解析項目について															
① 解析樹種															
	スギ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ヒノキ	○	○	○	○	○	○	当市には森林資源が少ないため割愛したものです。	○	○	○	○	○	○	○
	カラマツ							○							○
	アカマツ		○				○	○		○	○				
	その他マツ				○（アカマツと区別せずにマツとしている。）										
	その他針葉樹		○（その他針葉樹としてカラマツ）	○（その他の内訳は区別していない。）		○	○			○					
	広葉樹		○	○（落葉常緑の区別もしていない。） 広葉樹のうち特に解析した樹種（県としてはスギヒノキを対象とするので広葉樹まで細かく分ける予定はない。）		○	○				○				
	竹			○		○				○	○				
② 基本的な解析項目（成果物）	その他	森林計画で使用するとなると、人工林（スギ・ヒノキ）以外の資源量がわかると利用しやすい。			未立木地と森林以外を分けている。森林以外は細分していない。伐採跡地なども区別はしていない（未立木地としている）。 ※樹種の違いまでとしているが、本来は樹高階など林相が違うところは分けるべきだったと思う。今年度からは仕様を含めている。		伐採跡地	県で策定している森林計画の小班区域が水田や畑地等へはみ出ていること等から、林地台帳の作成の際にも森林の区域になっており、地番上無立木地として調査しています。 なお、一部の地番は現況が森林となっている場合があります。						追加質問 「スギ・ヒノキの樹種についても、資源解析が可能となればメリットはあるか？」 ※現状はスギ・ヒノキ以外の樹種については、樹種分布以上の詳細データは必要としていない。	
	集計単位の解析項目	立木本数	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
		立木密度	○	○	○		○	○（同一地番、同一樹種に林齢の違う森林があった場合、集計に留意）	○	○	○	○	○	○	○
		平均樹高	○	○	○	○	○	○（同一地番、同一樹種に林齢の違う森林があった場合、集計に留意）	○	○	○	○	○	○	○
		平均胸高直径	○	○	○	○	○	○（同一地番、同一樹種に林齢の違う森林があった場合、集計に留意）	○	○	○	○	○	○	○
		合計材積	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		ha 当たり材積	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○
		樹種	○	○	○	○	○	○（航空レーザ計測では幼齢林の把握が苦手のように感じています。）	○	○	○	○	○	○	○
		森林の混み具合	○		収量比数、相対幹距比、両者の組み合わせによる森林荒廃度	収量比数、相対幹距比	収量比数、相対幹距比、形状比、樹冠長率	集計や表示方法に工夫が必要	相対幹距、収量比数、樹冠長率、形状比	樹冠疎密度・収量比数	収量比数、相対幹距比、樹冠長率、樹冠粗密度		収量比数、相対幹距比	収量比数、相対幹距、形状比、樹冠長率	収量比数、相対幹距比
		地形情報	○		平均標高、平均傾斜、道からの距離	傾斜		航空レーザ計測の最も得意な分野であり活用に期待		微地形図（CS立体図・段彩図）・尾根線	平均傾斜度、平均標高		平均標高、平均傾斜、路網からの距離	傾斜	平均標高、平均傾斜、路網からの距離
		その他	○	形状比	立体表現図（メッシュ以外）、レーザ透過率（メッシュ毎） ※メッシュサイズが10mのみなので、色分けした際や小縮尺にした際に見やくなるようなメッシュサイズのバリエーション（50mなど）があってもよかったと思う。ArcGISを導入しているので、職員が試してみることもできると考えている。 ※メッシュには10を振っている。図郭番号などと紐づいていると思うが、仕様で示しているわけではないので、業者ごとに異なるルールで振られていると思う。 ※仕様には示していないが、業者が標準としている項目が含まれている場合はある。例えば林齢等、解析で得られるものではないはずなので、利用上の利便性を考えて入れてくれたのかもしれない。			同一地番で、地籍、GIS及び林相の3区分の合計面積の確認が必要	計測年度	等高線	平均形状比、平均樹冠長率、道からの距離、地位指数		形状比	1D、市町村名、計測年度	形状比
	森林情報の利用最小単位の属性情報	樹高	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		胸高直径	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		材積	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		樹種	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		その他		林齢、樹冠長率	樹冠長率、樹冠投影面積、形状比 ※撮影諸元や撮影年度等を示した情報のポリゴンは成果品に含まれていることはないが、必要があれば作成できる。公共測量成果なので、情報を得ることはできる。 今のところ 県ではデータを別レイヤとしているので、測量成果毎で扱っているため、諸元や年度が異なるエリアの区別のデータを必要とはしていない。		樹冠長率	林齢：林齢は必要な情報であるが、レーザ計測では調査できないので、当面、県の森林簿や補助事業の実績等から積み上げが必要	樹冠長率、形状比	絶対地位	樹冠長率、樹冠面積		林齢、樹冠長率	形状比、樹冠長率、計測年度	林齢、樹冠長率

		所属	都道府県					市町村					森林組合		
		回答	回答1	回答2	回答3	回答4	回答5	回答6	回答7	回答8	回答9	回答10	回答11	回答12	回答13
③ 森林資源情報の解析結果の取り扱いについて	森林計画図・森林簿へ反映した（または、する予定がある）	修正方法	（反映する予定がある）作業しやすさは地籍が完了している市町村からがやりやすいただろう。ただ、修正単位は市町村になると想定されるので地籍未完了地域についても修正方法の検討が必要と考えている。	未定	検討中。境界明確化を行い所有者がはっきりしているところ、航空レーザ計測により資源情報がはっきりしたところについて、森林簿と森林計画図にどう反映するかを検討している。	森林計画図の小班レイヤの反映・森林簿への反映 R元年度解析した航空レーザ樹種界図から、森林簿（計画図）の修正業務を実施中。 計画図（小班界）の分割と森林簿の面積、林種、樹種を修正する。									
		利用上の課題	図形について、地籍が完了している場合、地番に小班を合わせるように形状を修正するのが良いと考えている。修正に伴い、小班番号や区画が大きく変化するので、現行の計画（特に経営計画）の見直しが生じてくることが課題である。 森林簿のレコードについて、資源量の値などが大きく異なると想定される。その場合に解析結果をそのまま使用するか検討が必要である。 全域を計測できているわけではないので、一律の基準で資源量を評価できないことも課題ととらえている。	林齢の推定方法	境界の修正量、樹種が森林簿と違っていた場合の林齢の扱い、材積の計算方法と推定値の取り扱いが課題。 情報の質を理解したうえで、関係者間で協議し、取り扱い方法を決めたうえで、普及させるというステップが必要。森林簿より情報の精度は高い認識なので、有効活用を前提として妥協点を見つけていく必要がある。 森林の区域を除く、追加するという作業に手間がかかる。過去の経緯を空中写真や聞き取り等で確認しながら行うため、時間と労力がかかる。	レーザ解析蓄積を森林簿蓄積へ反映、更新（林齢アップ）の方法									
	森林計画図・森林簿へ反映しなかった	反映しなかった理由						現在、森林計画図や森林簿への反映は県の業務となっていますが、国、県では、既存データのクラウドによるシステム変更を優先しているとのことです。 今般、当市が実施した林地台帳に基づいた地番ごとの航空レーザ計測の森林資源データについては、国の森林計画の策定要領に記載がないことから反映できないのではないかと考えています。 （間違ったデータのクラウドシステムの構築より、森林簿の精度向上後にクラウド利用への見直しが必要と考えています。）	森林計画図や森林簿は県の業務となっているが、複数地番にまたがる小班について、分割等を行い1地番に紐づくように整理等が行われると、より使用しやすいつと考えています。					公園や地番図のような境界図は利用する頻度が高い。地籍調査未完了地域などを調査する際に、森林簿を参照することがあるが利用頻度が高くないため。修正の必要性はあまり感じていない。	行政の対応ができていないため
	森林計画図・森林簿と別に管理	森林計画図・森林簿：	---		※現状		地域森林計画の策定と運用	森林簿に準じた情報を整備		各種申請や案内に記載する林小班情報を取得する為		反映なし	従来の計画書や事業申請書等に利用	図面の出力など	
		レーザ計測の森林資源情報：	---				ICT 技術の活用によるスマート林業の推進	林地台帳に準じた資料であり、次の利用を予定 ①森林所有者には森林資産の現況説明や家族等での協議 ②林業経営体には作業委託や森林経営計画の作成、補助事業の面積確認等 ③市では、森林の所在や現況が分からない森林所有者に対して、レーザ計測のデータを提供。また、今後、森林組合と連携し経営相談を展開していきたいと考えています。		森林現況の把握、材積量の算出	①②に記載	森林経営計画	事業計画や進捗管理、長期の森林経営計画等	森林資源情報の参照	①森林資源情報の集計単位に記載のとおり
		利用上の課題	---					将来的には、レーザ解析による森林資源情報を、森林計画図及び森林簿に反映したいが、その手順の確立に時間を要している。 また、レーザ計測のデータはかなり個人情報に踏み込んだ内容となっている部分があり、林地台帳等の例を踏まえ事務処理要領を作成し、情報の適切な管理をする必要があると考えています。		森林計画図の形状が現況と合っていない			森林簿、林地台帳との整合が取れず、情報の整理一元化が必要	同上	
		取り扱っていない理由													
		活用計画（使用将来像、使用目的など）		森林経営管理制度による経営管理、防災事業、林道事業計画、造林事業等	様々な施策に活用されると考えている。森林・林業行政の根拠となる森林簿であるため、その精度向上が必要と考えている。				意向調査のエリア選定、意向調査後の集積計画の検討、現地調査の省力化		町全体のソーニング、集約化への活用				
④ 森林資源情報の解析項目導入前後の効果について	導入効果があった点	現地の立木調査の時間削減 間伐、主伐など、施策計画が立てやすくなった。	データ活用の移行期であり、目立った効果は今のところない	運用途中なので、未だ定量的な効果を評価する段階にきていない。	精度向上 R元年度解析した航空レーザ樹種界図から、森林簿（計画図）の修正業務を実施中	森林資源情報の精度が向上した。 森林の現地調査において、レーザ林相図が役立った。	林地台帳の地番毎に林相の樹種、面積や微地形表現図等が把握でき、これまで不可能であった情報が整理でき、林業経営の新たな可能性が期待できると改めて認識しました。 また、路網が整備されてない地域を含め森林を網羅的に把握できるのは、現地調査に代わる方法として飛躍的な効率化が得られる状況にあります。特に、森林資源の情報や単木の樹高区分、微地形表現図等は、森林経営の判断、路網の整備、現地の作業、立木販売や再造林、さらには経営の受委託等に係る在庫情報として重要な情報であり、関係者が同一情報で集約化等を検討するメリットは大きいものと考えています。	毎木調査などの現地調査の代用となりうる	時間短縮・効率化 → 森林経営管理法に基づく意向調査のエリア決定が容易となった	森林調査を省略しても、精度が高い推定ができる。 過去に行った施策の評価ができた。	人工の削減、時間短縮、効率化、精度向上	日常業務の全般にわたり、省力省人化によるコストの削減効果が見られる。 森林情報の数値化による生産性向上は期待以上の効果があったと認識。	3S立体図・レーザの地形のため、GPSの誤差を目視で補正する際に航空写真の位置座標より正確に自分の位置補正がしやすくなった。従来の背景図である等高線画像と置き換わった。 地形の情報から尾根・沢の詳細情報が読み取れるため計画区域の検討や境界画定が効率化・省力化できた。	事業（生産量）計画の高精度化と調査コストが低減された。波及効果として、工程管理、流通管理の最適化取組みにつながった。	
	導入したが期待外れであった点	事業体に対して、利用方法を十分に示せていないため、活用が不十分。 クラウドの操作方法と合わせて、やりたいことに対する具体の手順が十分に整理されていない。 現場への持ち出し方法がまだ十分でない。	システムの使い方がわからない	同上。 個人的には精度については想像していた通りかと思うが、利用者や利用用途により捉え方は異なると思う。 利用用途によって求められる精度が異なるので、ここまでなら使える精度であるといった示しも難しい。従来の作業の基準としている精度との比較も必要となってくる。この点は説明が難しいと感じている。		単木データはデータ容量が非常に大きく、GIS やタブレットで扱いにくい。	県の森林簿や森林計画図と連携していないことから、森林経営計画や補助事業の実施にあたって制約があります。 今回、航空レーザ計測によって今後の林業行政や林業経営に十分活用できることがわかりましたので、林野庁の要領見直しと合わせ、都道府県が整備している地域森林計画のデータ作成の際、衛星画像や航空写真に加え、航空レーザ計測を標準的な調査としていただきたいと考えています。	ヒノキの単木抽出の精度が想定していたより誤差が生じている			処理が重い、遅い	無	単木データの表示や処理が遅い（ハイエンドPCでも処理に時間がかかる）。データの扱いやすさが課題。 クラウドに期待していたこととして、windows以外の端末（Androidなど手持ち端末）で活用したい。	将来の期待として、計測（解析）コストの削減を願います。	
その他の質問		「資源解析の実施範囲情報の管理について、どこまでの情報が必要か？」 （県の事業では、計測範囲のポリゴンと整理するとともに、各種解析成果に「計測年度」を付与している。必要な情報としては計測年度と解析業者、事業名などがあげられる。公共測量成果と同じような取りまとめであるとのよい。）													

卷末資料 4

レーザ計測による森林資源データの解析・管理の
標準化パンフレット

レーザ計測による 森林資源データの 解析・管理の標準化

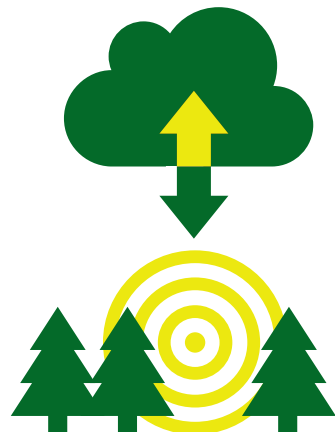
標準化事業の目的

森林・林業分野におけるレーザ計測による高精度な森林資源情報の把握ニーズが高まる中、適切な森林管理や需要に応じた木材生産を可能にするため、レーザ計測データの解析及び管理について、現状と課題・問題点の整理とその改善・解決策や方向性を取りまとめるとともに、それを踏まえた最適な解析及び管理手法の標準化を行うことを目的としています。

標準化により可能になります！

- 様々な計測時点の樹種や材積データなども統合したデータとして利用することができます。
- 地番ポリゴンなど任意の範囲で集計することで、様々な計画に利用できます。
- 森林資源量データの利用方法についてマニュアル化、研修などが対応しやすくなります。
- 標準仕様に対応した森林資源量データを利用する様々なアプリの開発が期待できます。
- 一つのエリアを複数業者が計測した場合でも、同じ形式の解析成果が得られます。
- 将来的にAI分析用のビッグデータとして活用でき、森林計画の自動化の推進が期待されます。

※本パンフレットは林野庁補助事業「令和2年度 レーザ計測による森林資源データの解析・管理の標準化事業」の成果に基づき作成しています。



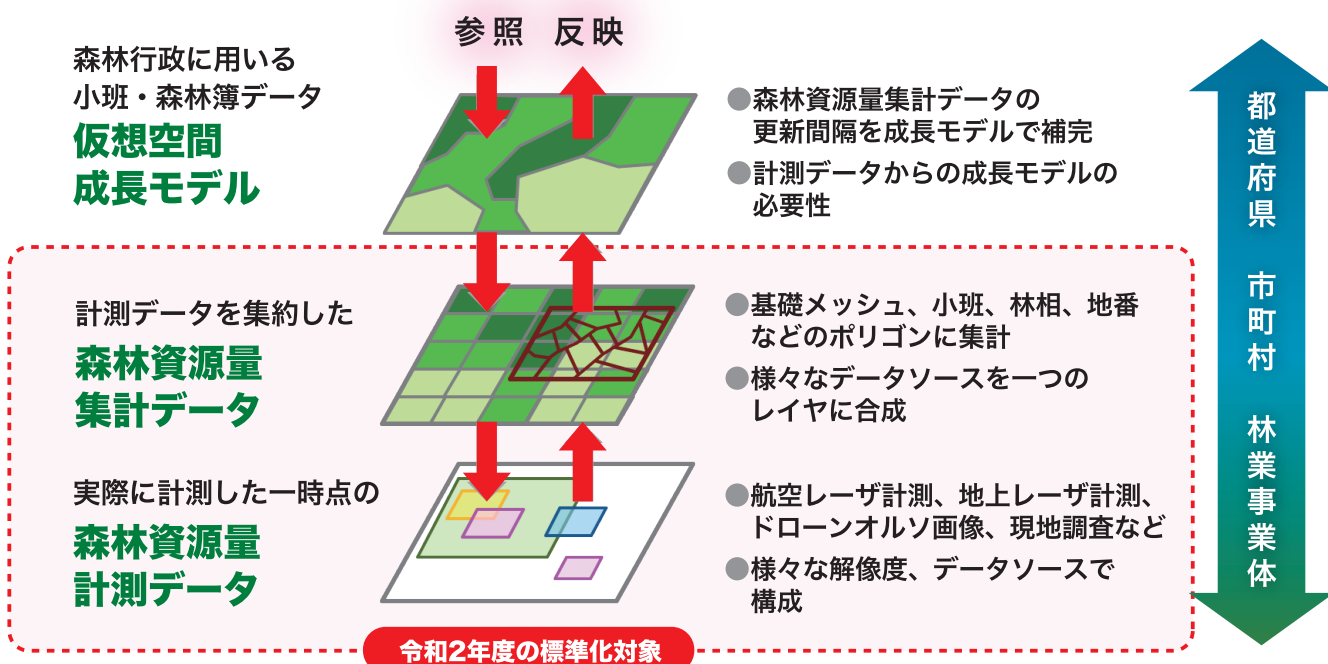
標準仕様の概要



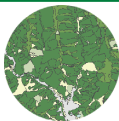
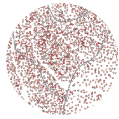

既存事例のアンケート調査や聞き取り調査結果をもとに、レーザ計測による森林資源の解析方法・管理方法の標準化を検討します。

管理手法：森林資源量情報の3相モデル

標準化にあたり森林資源量情報を3層構造として整理した「森林資源量情報の3相モデル」を前提とします。令和2年度は、実際に計測した一時点の森林資源量計測データおよび、計測データを集約した森林資源量集計データに関して標準化を行いました。



標準仕様による

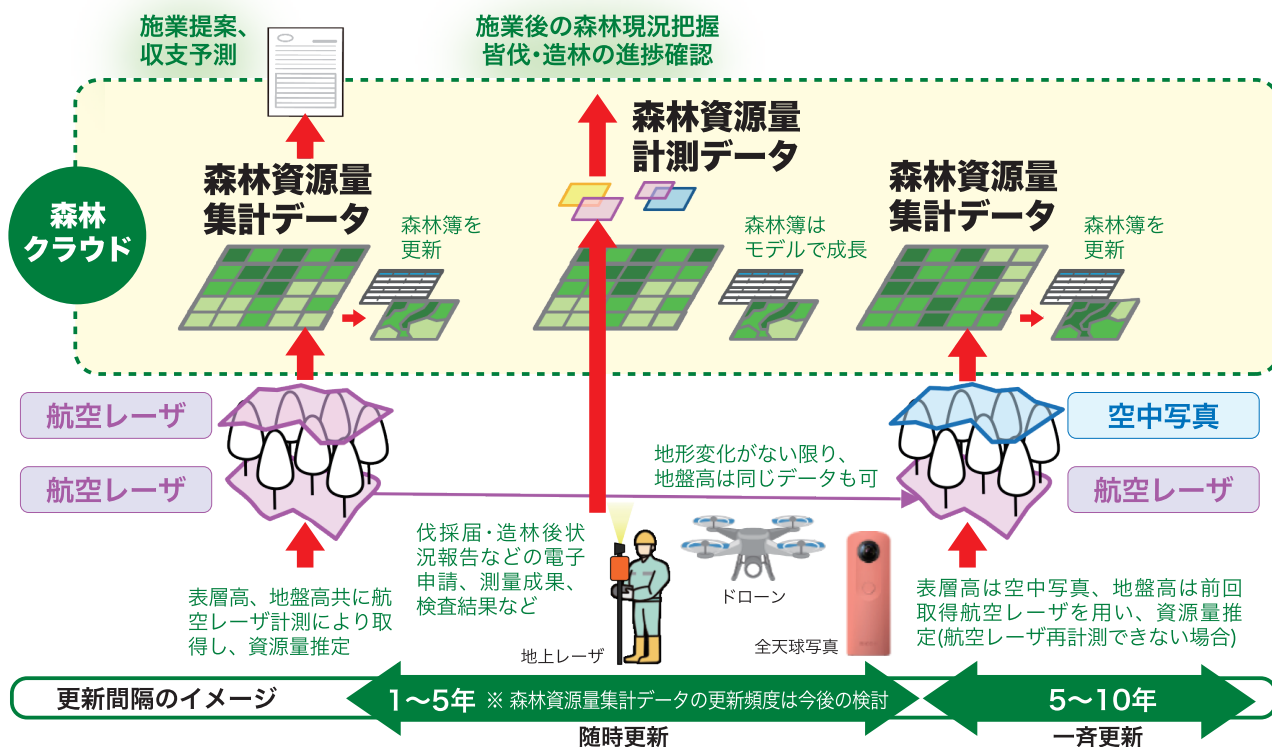
名 称		属 性
森林資源量 集計データ	 森林資源量 集計ポリゴン	<ul style="list-style-type: none"> ・ 樹種 ・ 面積 ・ 立木本数、立木密度、平均樹高、平均直径 ・ 合計材積、ha材積 ・ 収量比数、相対幹距比、形状比、樹冠長率 ・ 森林(DSM)の計測年、計測方法
	 解析範囲 ポリゴン	【地形(DTM)情報】 計測年、計測方法、計測密度、計測業者、業務名 【森林(DSM)情報】 計測年、計測方法、計測密度、解析業者、計測業者、業務名
森林資源量 計測データ	 樹種ポリゴン	<ul style="list-style-type: none"> ・ 樹種 ・ 面積 ・ 森林(DSM)の計測年、計測方法
	 単木ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 樹種 ・ 樹高 ・ 胸高直径 ・ 単木材積 ・ 形状比、樹冠長率 ・ 森林(DSM)の計測年、計測方法
	 計測範囲 ポリゴン	【地形(DTM)情報】 計測年、計測方法、計測密度、計測業者、業務名 【森林(DSM)情報】 計測年、計測方法、計測密度、解析業者、計測業者、業務名

森林GISフォーラムでのパブリックコメントを取り入れます。

標準化の範囲を明確化、標準化の対象外は各企業の競争分野とします。

管理手法：森林情報の更新イメージ

森林資源量計測データは多様、多時点のデータが発生します。これらを取扱いやすくするために、森林資源量集計データとして一つのレイヤに合成します。更新の方法とタイミングは今後の検討課題の一つですが、少なくとも5～10年で広域のリモートセンシングでの一斉更新が必要と考えられます。



データイメージ

データイメージ

森林資源量集計メッシュ

森林資源量集計〇〇ポリゴン(小班、地番、林相など)

複数の計測データを
ひとつの集計データに合成する

UAV写真

航空レーザ計測

データ表示例

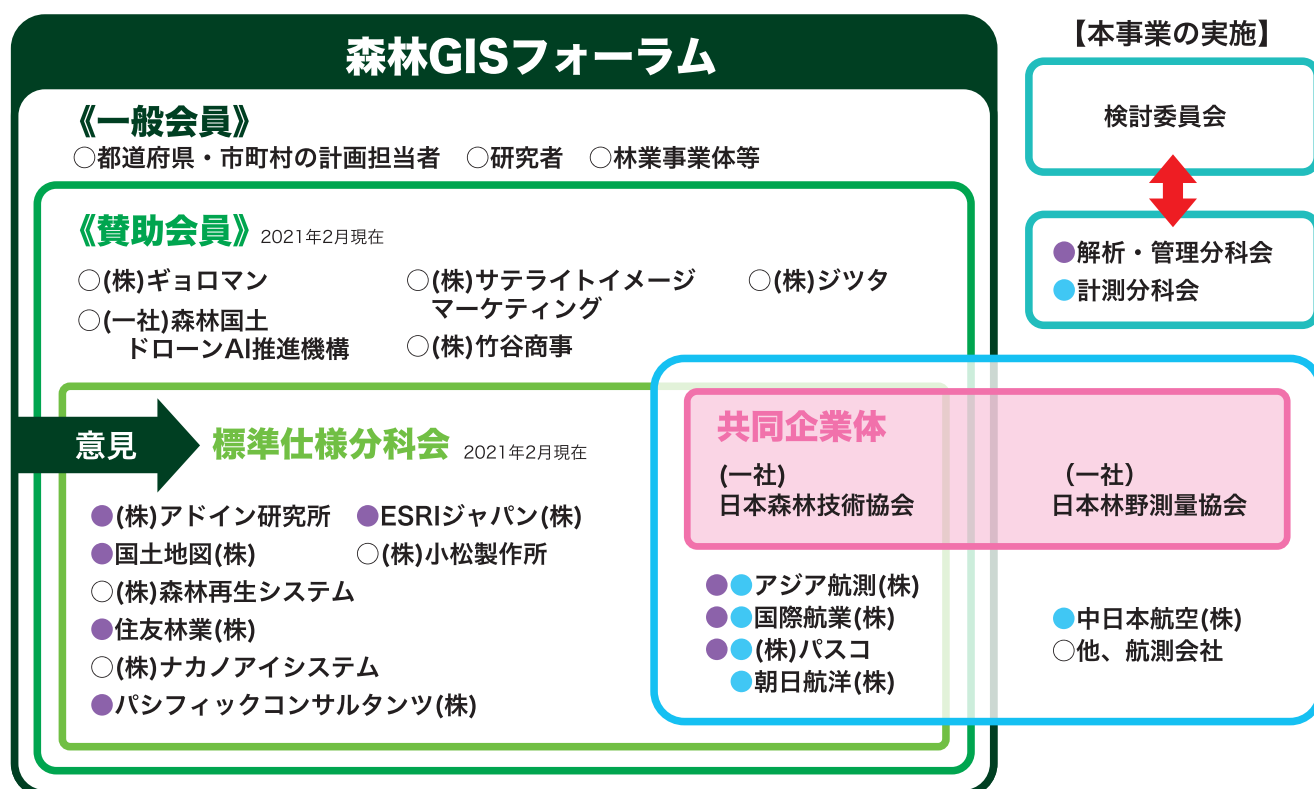
事業の実施体制

分科会

検討委員会

森林GISフォーラム

本事業が目的とするレーザ計測データの解析・管理の標準化は、森林GISフォーラム標準仕様分科会が事業内容の一部に着手していたことから、そのメンバーを中心に解析・管理分科会を構成することといたしました。レーザ計測データの解析・管理の標準化の結果は、計測の仕様（レーザ計測点密度、データ仕様等）にも影響を及ぼすことから、計測分科会も設置しています。



普及のポイント

POINT ①

森林クラウドの普及に伴い、標準化の必要性を広く理解されることが必要。

POINT ②

データの管理手法(3相モデル、更新イメージ)について行政、が理解することが必要。

POINT ③

標準仕様の詳細は航測会社、システム会社が理解することが必要。

令和２年度 林業イノベーション推進総合対策のうちＩＣＴ生産管理推進対策のうち
レーザ計測による森林資源データの解析・管理の標準化事業

レーザ計測による森林資源データの解析・管理の標準化事業
報告書

令和３年３月

共同企業体

（代表）一般社団法人 日本森林技術協会 担当 大萱 直花
〒102-0085 東京都千代田区六番町 7 番地
TEL：03-3261-5281（代表）

一般社団法人 日本林野測量協会 担当 小池 芳正
〒102-0085 東京都千代田区六番町 7 番地
日林協会館 2F
TEL：03-3261-8138（代表）