

直径実測値(横軸)と点群解析直径値(縦軸) 北海道生田原 カラマツ

	生田原 ***	生田原 ***	生田原 356る	生田原 344ひ
樹種/伐期/地面傾斜	カラマツ / 間伐期 / 緩斜面	カラマツ / 間伐期 / 急斜面	カラマツ / 主伐期 / 緩斜面	カラマツ / 主伐期 / 急斜面
20m四方内の立木本数			32本	35本
開空率 (50度以内)			11.3%	9.2%
幹直径計測部高さ			任意	任意
コース間隔 5mでの 胸高直径値(m) 縦軸：レーザ 横軸：輪尺				
RMSE			0.05	0.02
コース間隔 25mでの 胸高直径値(m) 縦軸：レーザ 横軸：輪尺				
RMSE			0.07	0.04

【図の見方】

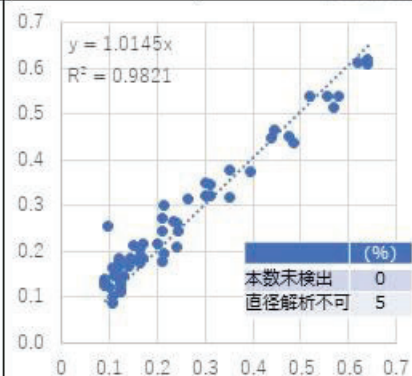
赤枠：調査対象地
赤枠内の配色
：標高 (赤：高、青：低)
赤枠上の各色の線
：ヘリ飛行航路

直径実測値(横軸)と点群解析直径値(縦軸) 北海道生田原 トマト

	生田原 356㉿	生田原 344ぬ	生田原 342ハ	生田原 343は
樹種/伐期/地面傾斜	トマト / 間伐期 / 緩斜面	トマト / 間伐期 / 急斜面	トマト / 主伐期 / 緩斜面	トマト / 主伐期 / 急斜面
20m四方内の立木本数	57本	74本	48本	49本
開空率 (50度以内)	4.8%	10.5%	4.1%	4.2%
幹直径計測部高さ	任意	任意	任意	任意

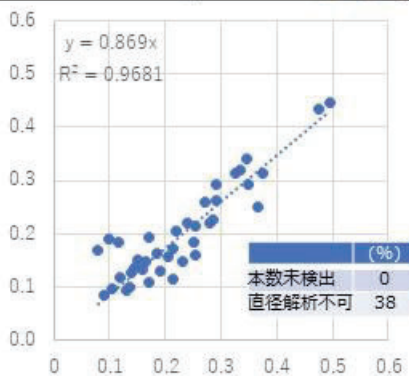
コース間隔 5mでの
胸高直径値(m)

縦軸：レーザ
横軸：輪尺

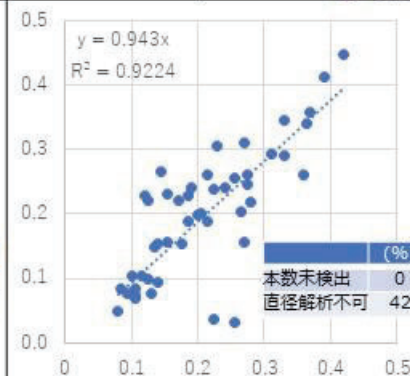


RMSE

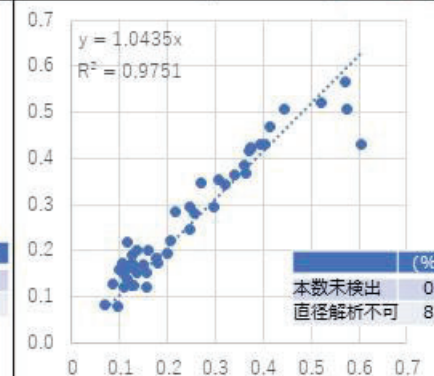
0.05



0.04



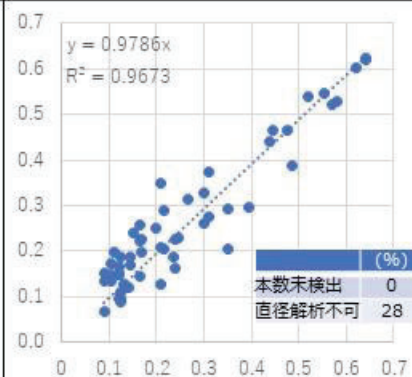
0.04



0.05

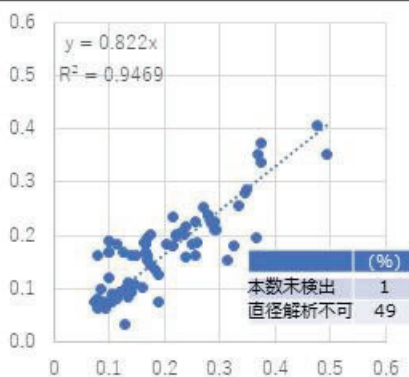
コース間隔 25mでの
胸高直径値(m)

縦軸：レーザ
横軸：輪尺

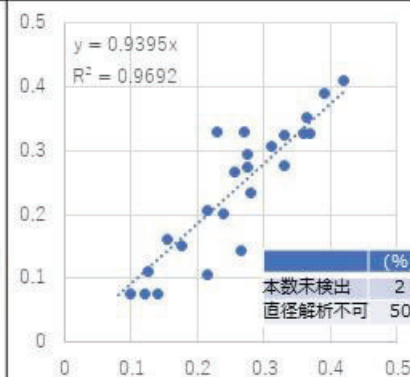


RMSE

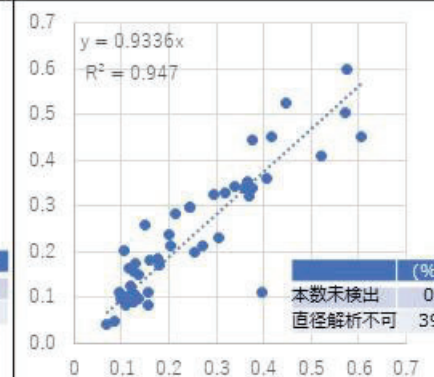
0.06



0.06



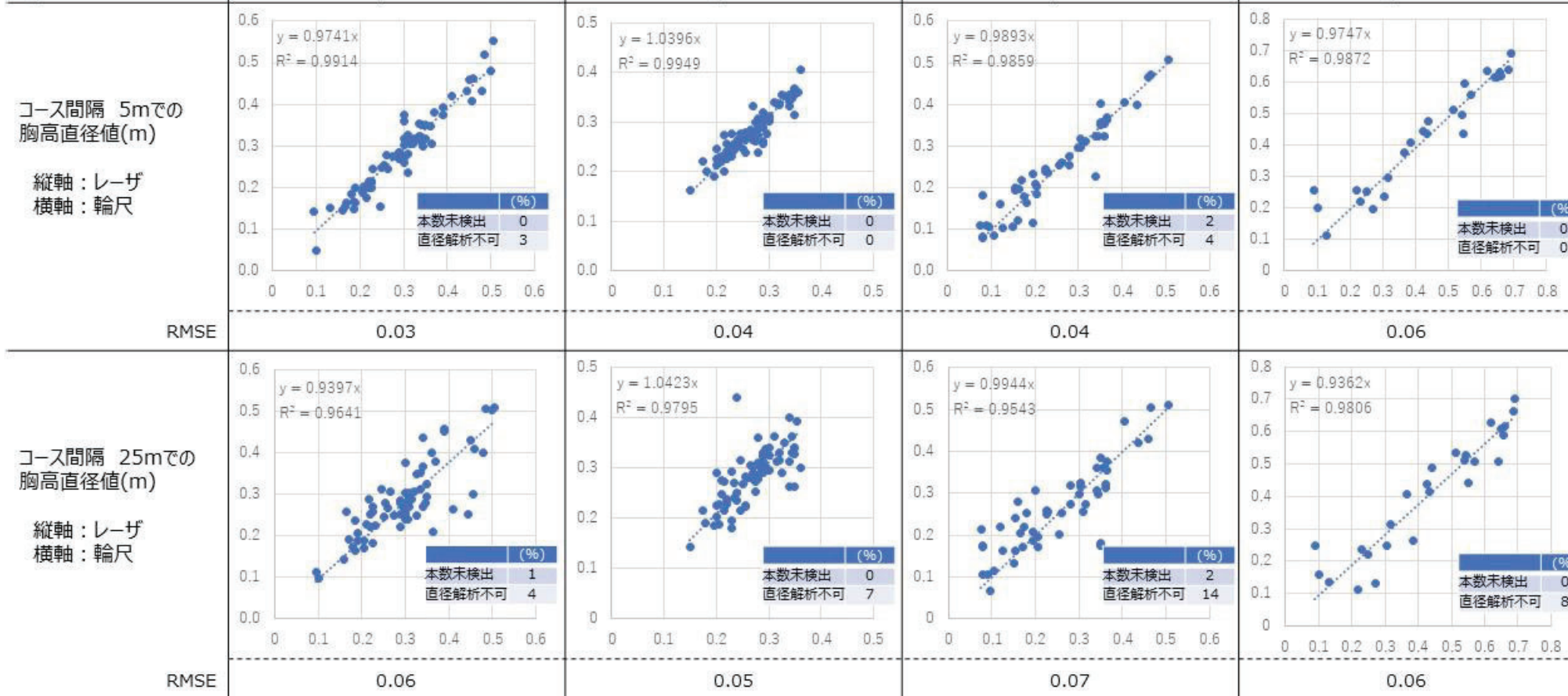
0.05



0.06

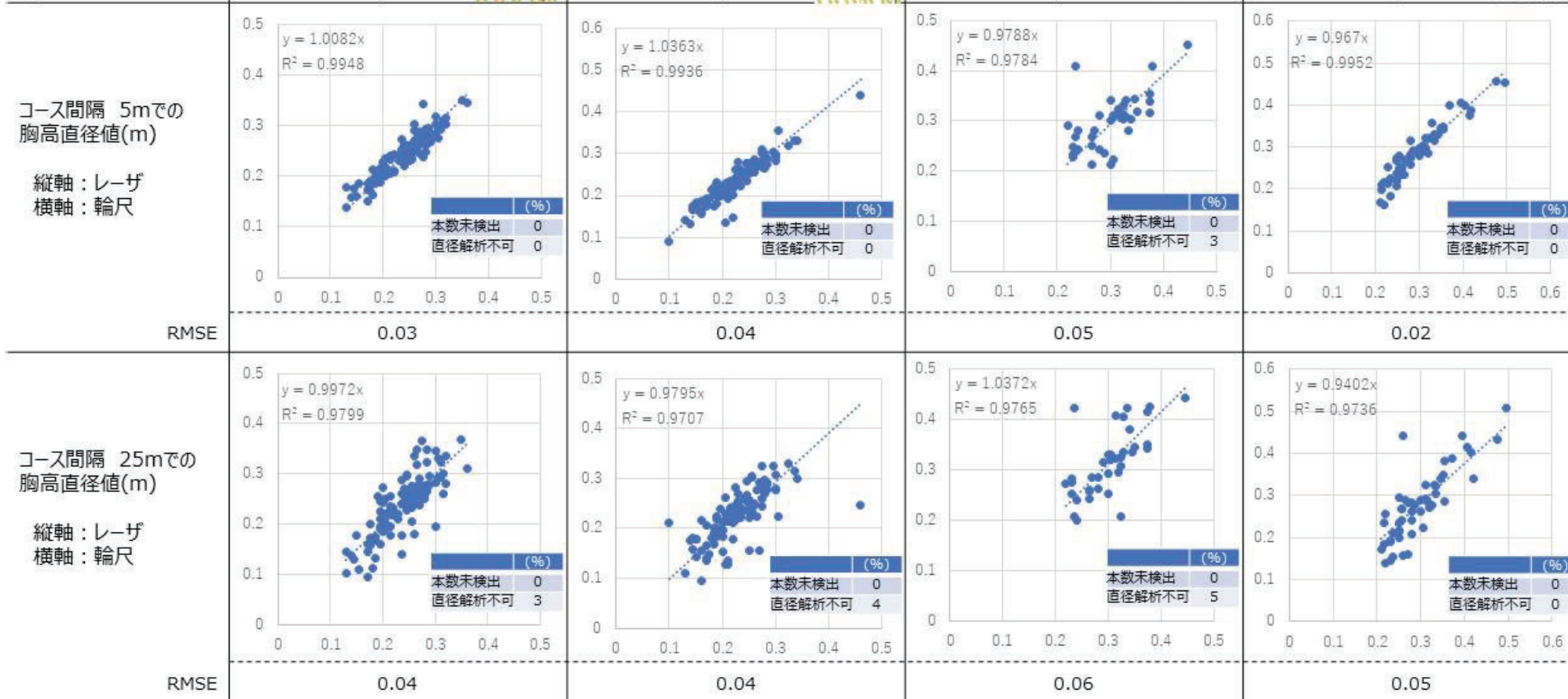
直径実測値(横軸)と点群解析直径値(縦軸) 秋田大館 スギ

	秋田大館 2257に	秋田大館 2299よ	秋田大館 2289そ	秋田大館 2257つ
樹種/伐期/地面傾斜	スギ / 間伐期 / 緩斜面	スギ / 間伐期 / 急斜面	スギ / 主伐期 / 緩斜面	スギ / 主伐期 / 急斜面
20m四方内の立木本数	69本	70本	50本	26本
開空率 (50度以内)	8.3%	6.0%	5.0%	5.1%
幹直径計測部高さ	任意	任意	任意	任意



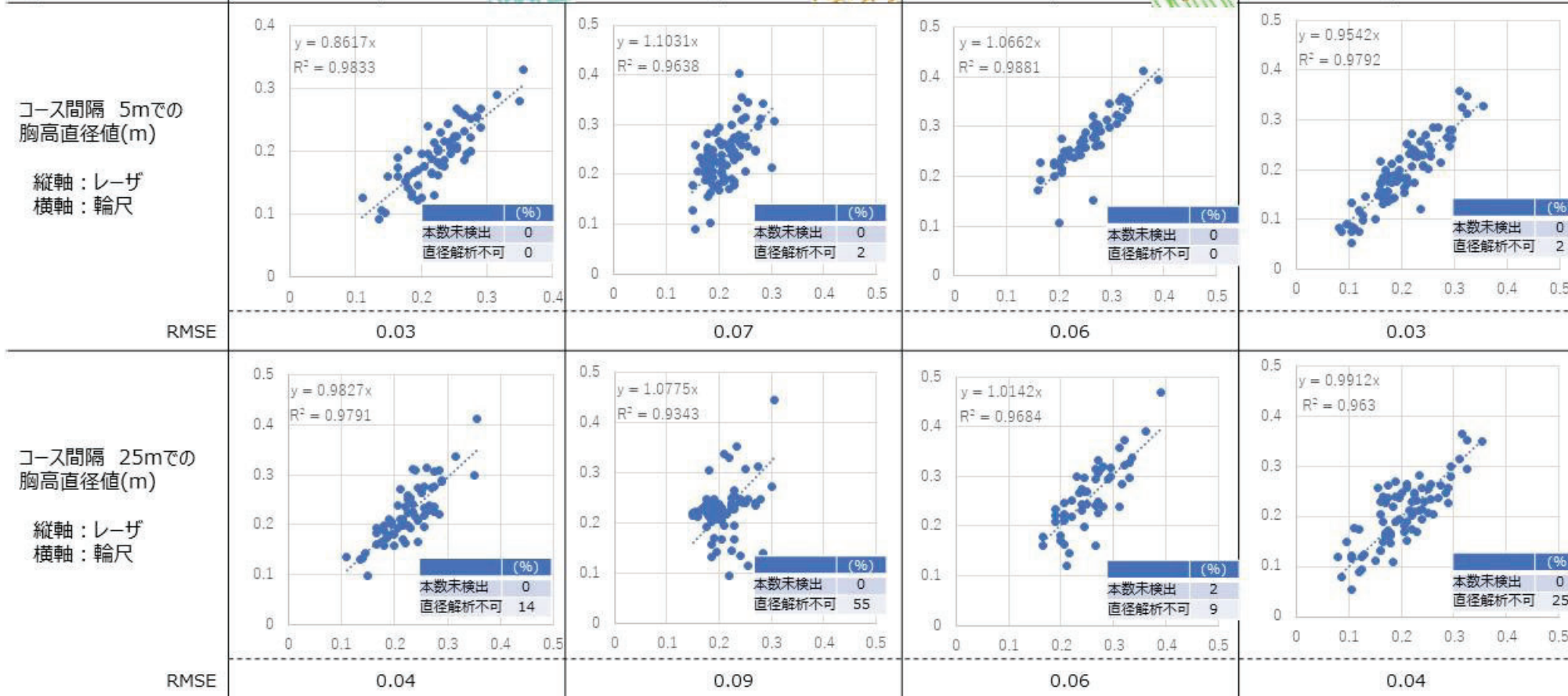
直径実測値(横軸)と点群解析直径値(縦軸) 静岡天竜 スギ

	静岡 天竜瀬尻 8645B	静岡 天竜瀬尻 8645A	静岡 天竜瀬尻 8621A	静岡 天竜瀬尻 8621B
樹種/伐期/地面傾斜	スギ / 間伐期 / 緩斜面	スギ / 間伐期 / 急斜面	スギ / 主伐期 / 緩斜面	スギ / 主伐期 / 急斜面
20m四方内の立木本数	110本	102本	37本	52本
開空率 (50度以内)	6.9%	9.1%	3.8%	5.5%
幹直径計測部高さ	任意	任意	任意	任意



直径実測値(横軸)と点群解析直径値(縦軸) 静岡天竜 ヒノキ

	静岡 天竜瀬尻 872は	静岡 天竜瀬尻 8783	静岡 天竜瀬尻 861に	静岡 天竜瀬尻 880ほ
樹種/伐期/地面傾斜	ヒノキ / 間伐期 / 緩斜面	ヒノキ / 間伐期 / 急斜面	ヒノキ / 主伐期 / 緩斜面	ヒノキ / 主伐期 / 急斜面
20m四方内の立木本数	65本	83本	53本	80本
開空率 (50度以内)	1.3%	1.0%	4.1%	6.9%
幹直径計測部高さ	任意	任意	任意	任意



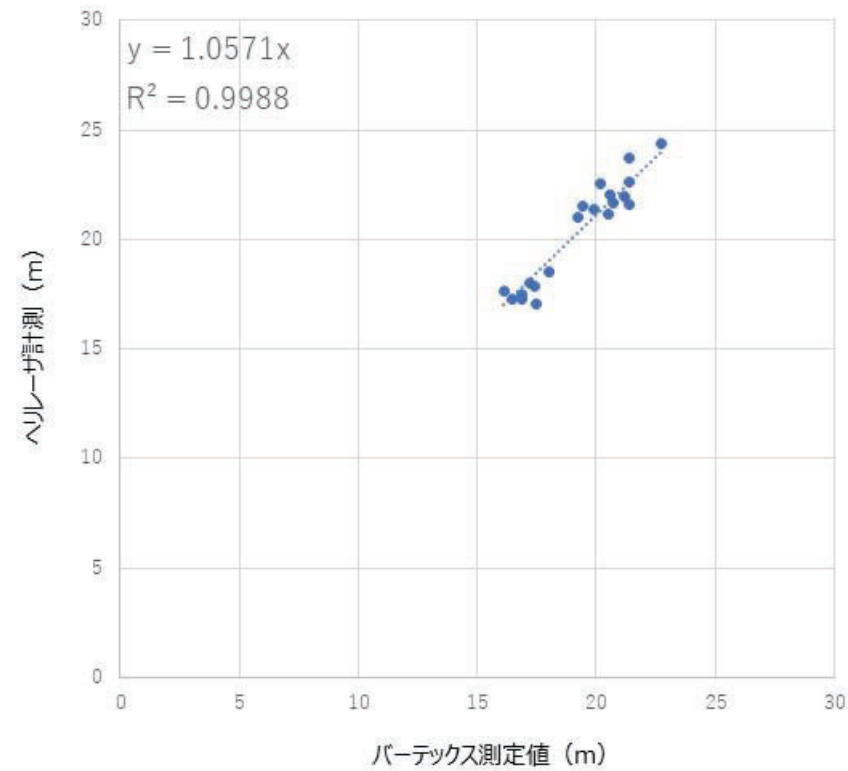
実測 vs OWL vs ヘリレーザ 相関関係確認

- ✓ 実測値との比較評価では、ヘリレーザ(航路間隔5m)はOWLに対してばらつきは大きい(平均RMSE≒0.5)が、相関関係を持っている。
- ✓ OWLでも、ヘリレーザでも、僅かだが見逃しが存在した。

	静岡 天竜瀬尻 880ほ	静岡 天竜瀬尻 878ろ	静岡 天竜瀬尻 872は	静岡 天竜瀬尻 862いB
樹種/林齢/地面傾斜	ヒノキ / 主伐期 / 急斜面	ヒノキ / 間伐期 / 急斜面	ヒノキ / 間伐期 / 緩斜面	スギ / 主伐期 / 急斜面
20m四方内の立木本数	80本	83本	65本	52本
開空率	6.9%	1.0%	1.3%	5.5%
胸高直径(cm) 横軸：輪尺 縦軸：OWL				
胸高直径(cm) 横軸：輪尺 縦軸：ヘリレーザ				
胸高直径(cm) 横軸：ヘリレーザ 縦軸：OWL				

樹高

- ✓ バーテックスによる実測値とヘリレーザ計測値では1:1の相関関係はある。
- ✓ 計測値のばらつきも小さく、ヘリレーザ計測の樹高の値は十分な品質を保つ事ができ、実用に耐えうると考えられる。



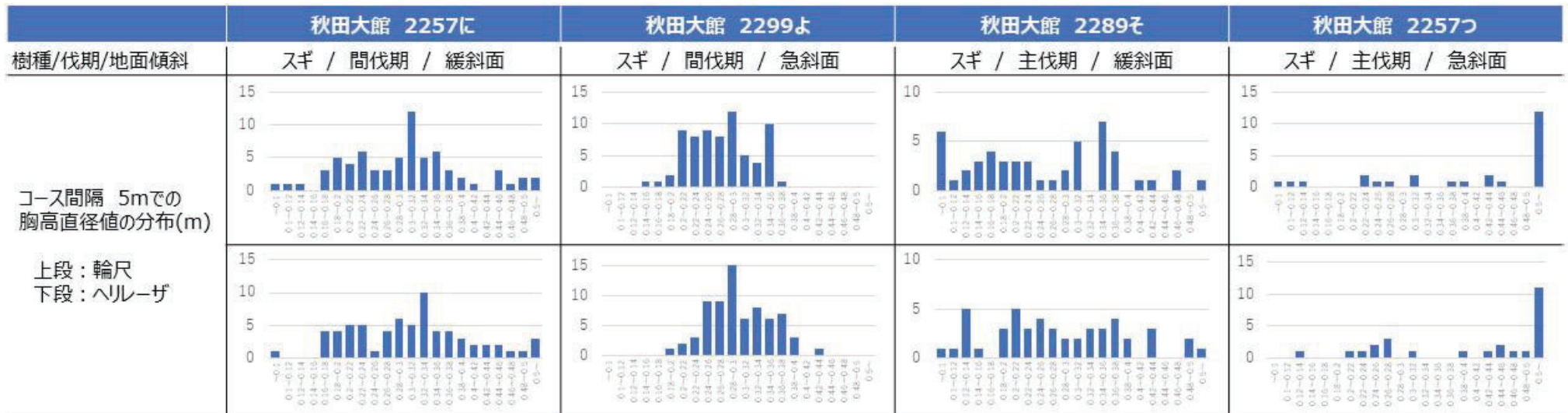
輪尺とヘリレーザでの胸高直径の分布 北海道生田原 カラマツ・トドマツ

	生田原 ***	生田原 ***	生田原 356㉿	生田原 344㉿
樹種/伐期/地面傾斜	カラマツ / 間伐期 / 緩斜面	カラマツ / 間伐期 / 急斜面	カラマツ / 主伐期 / 緩斜面	カラマツ / 主伐期 / 急斜面
コース間隔 5mでの 胸高直径値の分布(m) 上段：輪尺 下段：ヘリレーザ	【考察】 どの林地でも、値の広がりやピーク位置に大きな 違いはない			
	生田原 356㉿	生田原 344㉿	生田原 342㉿	生田原 343㉿
樹種/伐期/地面傾斜	トドマツ / 間伐期 / 緩斜面	トドマツ / 間伐期 / 急斜面	トドマツ / 主伐期 / 緩斜面	トドマツ / 主伐期 / 急斜面
コース間隔 5mでの 胸高直径値の分布(m) 上段：輪尺 下段：ヘリレーザ				

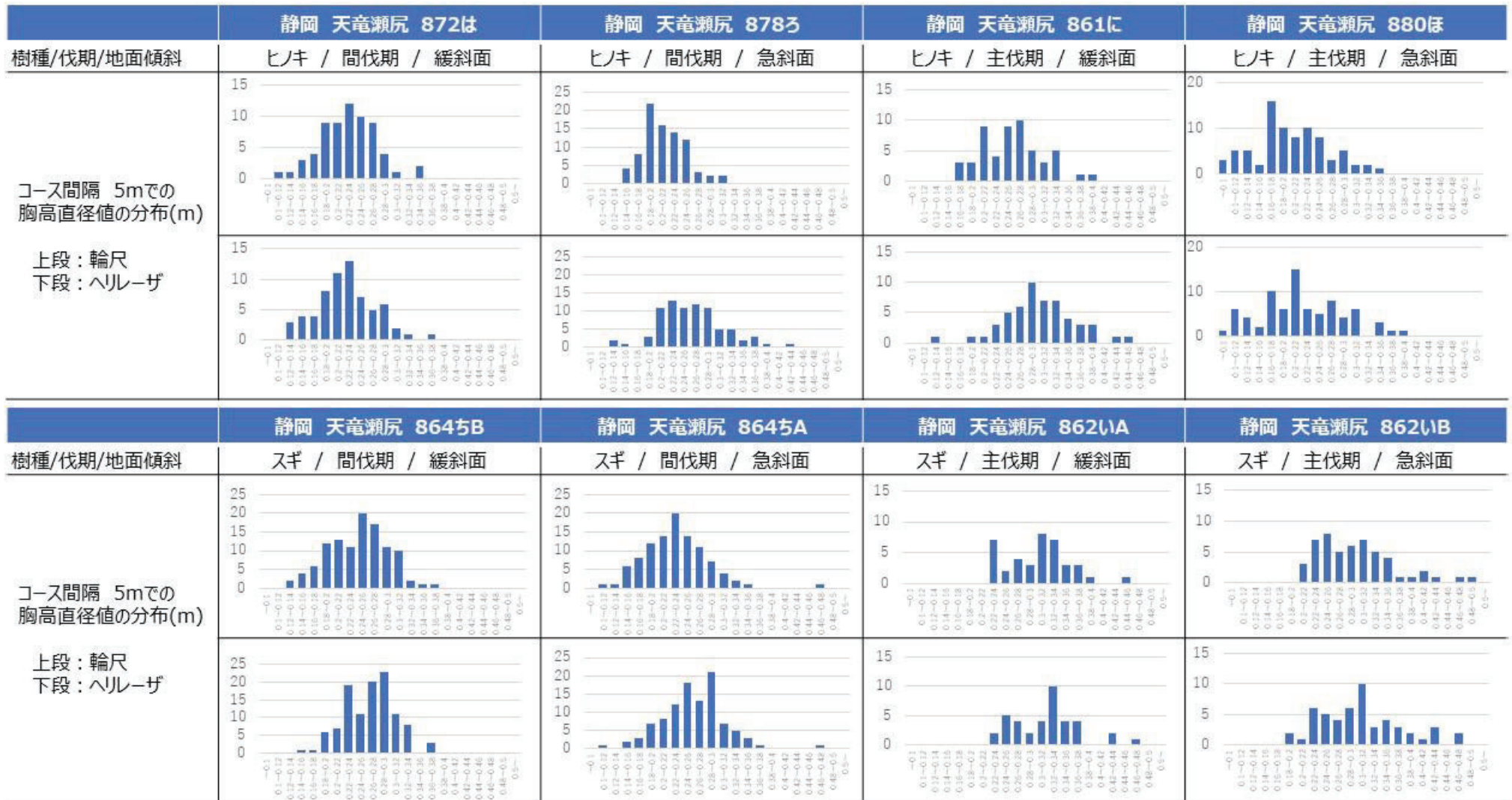
輪尺とヘリレーザでの胸高直径の分布 秋田大館 スギ

【考察】

どの林地でも、値の広がりやピーク位置に大きな違いはない



輪尺とヘリレーザでの胸高直径の分布 静岡天竜 ヒノキ・スギ



資料 2

検討委員会議事録

第 1 回検討委員会議事録

(内容)

1. 出席者

委員) 信州大学農学部農学生命科学科森林計測・計画学 教授 加藤 正人 様
近畿大学農学部環境管理学科農学研究科アグリ技術革新研究所 教授 井上 昭夫 様
国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 主任研究員 鹿又 秀聡 様
三重大学工学研究科 准教授 松岡 真如 様
オブザーバー) 林野庁森林整備部研究指導課 首席研究企画官 細田 和男 様
林野庁)林野庁国有林野部業務課 課長 長崎屋 圭太 様
林野庁国有林野部業務課 企画官 善行 宏 様
林野庁国有林野部業務課 課長補佐 川原 聡 様
林野庁国有林野部業務課 供給計画係長 尾近 茂 様
林野庁国有林野部業務課 供給係 長岡 圭祐 様
事務局)ヤマハ発動機株式会社 UMS 事業推進部事業開発部 部長 加藤 薫
ヤマハ発動機株式会社 UMS 事業推進部事業開発部森林計測 G 主務 矢嶋 準
ヤマハ発動機株式会社 UMS 事業推進部事業開発部森林計測 G 主管 原田 丈也

2. 議事

- 1) 開会
- 2) 林野庁挨拶 (長崎屋課長より)
- 3) 委員長選任 (信州大学教授 加藤様を選任、加藤様に就任をご快諾いただきました)
- 4) 議題について事務局からの説明および質疑応答

議題 1) 検討委員会の実施内容について： 特になし

議題 2) 既存の手法や技術・知見の収集と分析について

(⇒：委員・オブザーバー・林野庁出席者からのご意見・ご回答、 →：事務局からの回答等)

- UAV レーザ活用の取組みの方向性の説明が胸高直径に偏重しているような感じがする。林分内容解析はもっと広い意味だと思うが、事業の目指すところと合致しているか (加藤委員長)
⇒林分内容解析手法の検討は収穫調査の効率化が発端。これまで UAV レーザによる計測は樹冠が主で樹冠下は難しかったが、幹まで見えるように進歩してきている。収穫調査がメインなので、幹だけでなく、森林資源の把握をいかに効率的に出来るかがポイント (林野庁：尾近氏)
⇒収穫調査ということであれば、幹だけでなく、樹高、胸高直径の把握、幹の曲がりにも言及する可能性も含め、広く見ていくようにして頂きたい (加藤委員長)
→幹をしっかり見ることは重要だが、林分をどこまでしっかり見られるようにするかを意識して取組む (事務局：加藤)
⇒去年は列状間伐後の林分の内容調査が対象。今年度の取組みは林内計測ではなく上空からの調査 (伐採前の調査) との位置付けで良いか (加藤委員長)
⇒収穫調査を目的に、上空からの UAV レーザで従来は見えなかった被圧木がどこまで見えるか調べる (林野庁：尾近氏)
- 斜めからのレーザ照射が使える UAV レーザに期待しているが、どういう場所では使える、どういう場所ではうまく行かないといった条件も整理して欲しい。前回事業でも間伐が必要な 1000-1500 本/ha のレベルでは把握が難しかった。適応可能な条件を付けて報告して欲しい。
(鹿又委員)
→場所の条件としては開空率を指標にしていく予定 (事務局：矢嶋)

議題 3) UAV レーザ計測及び林分内容解析について

資料 3-1) 使用機器及び UAV レーザ計測仕様 (案) について

- 使用するレーザスキャナ、カメラ、機体の金額はいくら位か。森林計測目的で操作するためにはどの程度の技術が必要なのか、素人が研修を受ければできるのか。(林野庁：長崎屋氏)
→レーザスキャナ (VUX-1)：約 3,000～4,000 万円、カメラ：30 万円、無人ヘリ：農業用ヘリ 1,300 万円で販売しているものをベースにしている。最終報告で最適なものの条件を提案する。農薬散布目的に使用されている方 (日本には 1 万人程度) は、免許があれば一般向けに販売している農業用ヘリの操作は可能。今回使用する自動航行機能を持つ無人ヘリは専門の講習の受講や訓練が必要である。レーザの使用方法は 1 日程度で習得できる (事務局：矢嶋)
- レーザスキャナのデータの反射強度は計測できるのか (松岡委員)
→計測できる。波長は近赤外。対象物による反射強度の違いは確認できる (事務局：矢嶋)
- 1 回の飛行では樹幹の太さだけを計測しているのか、その他の情報も計測しているのか (幹だけの計測であれば真横から計測するのが最適だと思う) (松岡委員)
→幹がしっかりと計測できるように留意しているが、同時に樹高、樹冠、地形も計測しており、本件では角度を付けての計測手法は採用していない (事務局：矢嶋)
- 今回のシステムでは 1 日あたり何 ha が計測できるのか (鹿又委員)
→飛行条件次第なので一概には言えないが、弊社での実績では 1 日あたり 50ha 前後は計測できている。計測可能面積の制約は、飛行性能よりも目視内飛行を行っていることに因る場合が多い (事務局：矢嶋)

資料 3-2) 計測地区とその特性及び計測予定について

- 北海道の対象樹種は (エゾマツではなく) カラマツとトドマツ (林野庁：尾近氏)
→訂正します (事務局：矢嶋)
- 計測精度は立木本数による影響が大きい。立木密度が低いと精度が高く、立木密度が高いと精度が低くなる。今回の計測地区の選定には立木密度を考慮したか (林野庁：長崎屋氏)
⇒立木密度を確認しての選定ではないが、計測地区 (立木密度) は間伐期と主伐期で大きく分けて設定している (林野庁：尾近氏)
- 調査地の資源内容 (林分内容の違い、林齢、太さの情報) を事前に入手できれば、より具体的な意見を専門家からもらえと思う (加藤委員長)
→具体的な対象地を選定中。現地情報が揃い次第委員の方々に共有する (事務局：加藤)
- ヤマハの角度を付けたレーザ計測の可能性を極める意味はあるが、一般にはマルチロータ＋垂直タイプのドローンレーザ計測が主流。ドローンタイプとの比較、応用の可能性も検討してもらいたい (加藤委員長)
→本事業では汎用性のある垂直タイプのレーザ計測を行う予定である (事務局：加藤)
- 急斜面、緩斜面はプログラミングして自動計測が主流。目視外、プログラミング飛行計測の可能性、対地高度 50/100/150m などでの検証も期待したい (加藤委員長)
→ (プログラミング飛行、対地高度の条件を加味した計測を行う予定です：事務局追記)
- 資料 3-1 の図 1 はレーザ照射や幹周辺の点群獲得について誤解を招く可能性がある。機体の下方から 330 度の広角照射であることを示すと良いかもしれない (加藤委員長)

資料 3-3) レーザ計測で所得した 3 次元点群データを用いた林分内解析について

- 図 6 (オルソ画像の例) と図 7 (林相界の例) が逆でした。修正します (事務局：矢嶋)
- 被圧木本数の検出方法 (幹による検出結果と樹頂点による検出結果の差) というのはわかりやすい。ただし、毎木調査で見つかった木でも幹による検出ができない木があるというのはどういう場合なのか (林野庁：長崎屋氏)
→毎木調査の対象の幹直径が何 cm なのかに因る。例えば 4cm のような細い木も毎木調査では対象となるとレーザ計測では検出できない可能性がある (事務局：矢嶋)

→また、下層植生との混在、開空率が少ない条件等の場合も検出できない幹が存在する可能性もある（事務局：加藤）

●林相界を作ってから単木を調べる手順とのことだが、林相内には複数の樹種が入り込むことがあり得る。単木毎にも樹種を見るのか（鹿又委員）

→樹種が混ざっているところは混在として示すことを考えている。画像での単木毎での樹種判定は考えていない。同じ林相界に含まれているものには同じ属性を付ける。どのような分けをするのが適しているのか、別途ご教示いただきたい（事務局：矢嶋）

●図2のコース1からの照射が最も幹の形が分かるということか（オブザーバー：細田氏）

→基本的にそのとおり。間に林道が入っているような場合にはコース3からの方が見えることもある。最もうまくいったレーザのデータを活用している（事務局：矢嶋）

⇒横から照射された点群を多く取るためには飛行高度を下げることも考えられる（オブザーバー：細田氏）

→地形に沿った高度で安全を確保しつつ、極力低空で飛行し計測する（事務局：矢嶋）

→20度～50乃至60度の角度の照射が一番効果的であることを把握している（事務局：加藤）

●各々のパルスに角度のデータも付いているのか、フィルタリングできるのか（オブザーバー：細田氏）

→パルスに角度データは付いており、フィルタリングも可能（事務局：矢嶋）

●目的に応じた使い分けが必要だと思う。UAVで広範囲を計測し、樹幹が見えたところから全体を把握するのか、調査範囲の全域を計測する計画なのか、条件によって両者を使い分ける指針等はあるのか（松岡委員）

⇒用途としては収穫調査なので、径級10cm以上が検出できればOK。別の森林調査への応用の可能性もあるが、どこまで検出できるかを見極めてから用途を考えたい（林野庁：尾近氏）

資料3-4) 精度検証方法(案)について

●胸高直径の検証について資料3-3と併せて考えると、計測結果の誤差なのか、細り表による換算結果の誤差なのかを判別できないのではないかと危惧する（井上委員）

→判別できないのはご指摘のとおり。他の方法を見出せていない。胸高直径というのは過去からの現地調査で標準的にやれる方法。将来、UAV計測が主流になった場合には、例えば地表から8m位の高さが目安になるということも有り得る（事務局：矢嶋）

●UAVでの計測は任意の高さでの直径なので、精度検証のためにはその高さの直径（実測）と比較するのが適している。例えばOWLでの計測結果と比較するなど。細り表での換算値と輪尺との比較は適切なのか（林野庁：長崎屋氏）

⇒航空レーザでも同じ議論をしている。都道府県から航空レーザ計測の精度についての問合せが多数ある。航空レーザだと全体の誤差。UAVであれば単木誤差が出せるかもしれないが、方法は決まっていない。OWLとの比較も航空レーザでは行っているが、どう扱うかは見えていない。目的よっての使い方ガイドを付けて納品すべきかもしれない（鹿又委員）

●上部直径の精度について、地上レーザでの結果を使うのはかなり手間がかかる。UAVレーザからの直径推定は、場所によっては1.2-1.3mも計測も可能なのか（オブザーバー：細田氏）

→下層植生が繁茂しているところでは困難。計測地の条件によっては胸高での直径を直接測れる立木もあり得る（事務局：加藤）

●航空機レーザで4点/m²以上であれば単木把握の可能性はあるが、全数調査（樹高、樹頂点、位置）を把握できるのがUAV計測（100点以上/m²）のメリット。角度や時期を選ぶことによって幹情報も直接（乃至は推定）把握できる可能性がある。樹頂点（樹高）はカメラで求める提案だが、ドローンレーザのデータを使ってダイレクトな把握の検討をしてもらいたい。カメラからの樹高は季節・天候の影響によるバラつきが大きい。（加藤委員長）

→樹頂点が見えない場合の樹高の調べ方として、資料の方法を提示している。SfMよりも精度を高めるために写真測量を想定している（事務局：矢嶋）

⇒樹高については SfM よりも点群密度の高いレーザの方が精度は圧倒的に高い（加藤委員長）
→検証というより比較対象の真値をどうやって出すか。レーザの方が正しいということの立証が不要であれば、この検証自体を外すか（事務局：矢嶋）
⇒樹高の検証を外すことはあり得ないが、地形（DEM）がきちんとしていていればレーザが正しい。現地で通常国有林の樹高を調べる際に使われているバーテックス（超音波樹高測定器）などの計測結果との比較であればサンプリングでも良いと思う。（鹿又委員）
⇒現行の樹高計測方法での結果との比較で精度検証はできる。皆伐する場所が決まっていれば、UAV 計測の結果と、伐採後の実測とを比較する方法もある（松岡委員）

資料 3-5) 微地形解析方法（案）について： 特になし

資料 3-6) UAV レーザ計測による林分内容解析仕様の項目（案）について

●項目数が多いので、優先順位を付けて取組むように（松岡委員）

議題 4) 区域の再現手法の検討・検証について： 特になし

議題 5) 地形情報等の活用について

●地形情報の活用について、ご意見を伺うべき方をご紹介します（事務局：矢嶋）

その他)

●第 2 回委員会は林分内容の解析が終了した後の令和 4 年 1 月中旬を予定（事務局：矢嶋）

●事業の仕様書を共有するように（加藤委員長）

加藤委員長より) 収穫調査への UAV レーザの活用については大きな期待が寄せられている。取組み内容が多く、仕事量が多いが、出来る範囲で取り組んで成果を挙げて欲しい。

以 上

第 2 回検討委員会議事録

(内容) 日時：令和 4 年 1 月 20 日 (木) 10:00～11:55

1. 出席者

委員) 信州大学農学部農学生命科学科 教授 加藤 正人 様
近畿大学農学部環境管理学科農学研究科アグリ技術革新研究所 教授 井上 昭夫 様
国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 主任研究員 鹿又 秀聡 様
三重大学工学研究科 准教授 松岡 真如 様
オブザーバー) 林野庁森林整備部研究指導課 首席研究企画官 細田 和男 様
静岡県立農林環境専門職大学 短期大学部 講師 星川 健史 様
林野庁)林野庁国有林野部業務課 課長 長崎屋 圭太 様
林野庁国有林野部業務課 企画官 善行 宏 様
林野庁国有林野部業務課 課長補佐 近藤 昭夫 様
林野庁国有林野部業務課 供給計画係長 尾近 茂 様
林野庁国有林野部業務課 供給係 長岡 圭祐 様
林野庁国有林野部経営企画課 技術開発調査官 宇山 雄一 様
事務局)ヤマハ発動機株式会社 UMS 事業推進部森林計測部 部長 加藤 薫
ヤマハ発動機株式会社 UMS 事業推進部森林計測部 主務 矢嶋 準
ヤマハ発動機株式会社 UMS 事業推進部森林計測部 主事 瀬口 栄作
ヤマハ発動機株式会社 UMS 事業推進部森林計測部 担当 ザン ペイイ
ヤマハ発動機株式会社 UMS 事業推進部森林計測部 主管 原田 丈也

2. 議事

- 1) 開会
- 2) 林野庁挨拶 (林野庁 長崎屋課長より)
- 3) 議題
 - 3-1) UAV レーザ計測および林分内容解析結果
 - 3-2) 区域の再現手法の検討・検証方法および地形情報の活用検討
 - 3-3) UAV レーザ計測データの活用について
- 4) 委員長挨拶
- 5) 閉会

議題 3-1) UAV レーザ計測および林分内容解析結果

(⇒：委員・オブザーバー・林野庁出席者からのご意見・ご回答、 →：事務局からの回答等)

資料 2-1) 初回報告からの変更点のみを説明。質疑は特になし。

資料 2-2) 計測対象林分毎の特徴 (現況) を説明。質疑は特になし。

資料 2-3) 林分内容解析について、計測手法 (コース間隔 5m および 25m)、DBH および材積推定方法、樹種判定方法、被圧木本数の検出について説明。

●P4 の図 4～図 6 について、それぞれの実際の本の太さとの関係はどうか。図 4 の方が正確に判るのか (林野庁：宇山氏)

→3 種での比較はしていないが、コース間のずれが少なければ、複数の方向からの幹点群を取得できた方が正確 (矢嶋)

●任意高さで DBH を把握するとのことだが、複数個所で幹が見えた場合はどれを選択するのか (林野庁：宇山氏)

→より明瞭に見えた場所、その中でも極力胸高に近い高さの値を採用する (矢嶋、加藤)

資料 2-4) 現地調査方法および解析結果と現地計測結果の比較について説明。質疑は特になし。
資料 2-5) 精度検証結果、被圧木の検出、樹幹形質の検出について説明。質疑は特になし。
資料 2-6) 微地形解析方法については前回から記載内容に変更がないため説明割愛。

議題 3-2) 区域の再現手法の検討状況を説明。

資料 4) 計測手法の検討状況、考え方を説明。質疑は特になし。

第 2 回検討委員会報告書)

● UAV レーザで抽出された立木本数の精度が 100%に近いと記述されているが、その結果が得られるためには前提条件があるはず。広葉樹、下層木の状態、立木密度、笹で埋もれてしまう・蔓が多いところ・未整備林などの林相によっては、そこまでの本数精度を得ることは無理なのではないか。今回の対象地での立木本数精度は 100%だったかもしれないが、これらの前提条件を付記すべき (加藤委員長)

→100%の前提条件はまとめの中で表現していく (事務局：加藤)

● 点群から胸高直径を求める際、楕円・正円フィッティングなど、どういう方法を使ったのか (加藤委員長)

→それなりの数の点が幹上に落ちるので、円筒形に見えた場所を選んでサークルフィッティングをしている (事務局：加藤)

● 曲りが検出されているものもあったが、50cm 刻みで幹をスライスした円盤を描き、円盤の中心点を繋ぐとどこでどの程度曲がっているかがわかる。そのような方法を検討されると良いと感じた (加藤委員長)

→曲りの可視化については地上レーザ計測であれば可能なレベルの点群が取れるが UAV レーザ計測ではそこまで十分な点群が取れない、計測密度が高まれば (条件を整えば) 曲りの可視化にも挑戦していきたい (事務局：加藤)

● 飛行計測した面積は 20m 四方だけなのか。どのくらいの広さの CS 立体図が作れるのか (林野庁：長崎屋氏)

→今回、飛行計測した面積は 1 箇所あたり 2 ha であり、その分の地形データは計測できている (事務局：矢嶋)

⇒報告書の中に 2ha の CS 立体図を入れて欲しい。これからの収穫調査は材積確定だけでなく、皆伐が主体になるので、伐採を避ける箇所を明らかにすることも重要。現地にいかなくても危険地形 (伐採すると危険である箇所) が分かることは UAV レーザを使うメリットのひとつである (林野庁：長崎屋氏)。

→CS 立体図は微地形活用のところで掲載する (事務局：矢嶋)

● 樹高について、パーテックスでの計測結果との比較グラフがありパーテックスの数値がおかしいとしていたが、「測桿」で測るなど正確な樹高との比較があると良い (林野庁：長崎屋氏)

⇒レーザ計測であっても、樹頂点と根本のズレがあると（斜めになっていると）樹高に誤差が入るので注意が必要。また、経験的には、バーテックスの計測値がこれほど大きくずれるということもないように思う。（鹿又委員）

●「実測」とは何を指すのか。輪尺もレーザも実測。「輪尺による測定値」、「OWLでの測定値」のように書くべき。単に「実測と解析の比較」という表現は避けたい。（林野庁：長崎屋氏）

⇒何で測った値、という書き方に揃えるのが良いだろう（鹿又委員）

→報告書の記載表現を整える（事務局：矢嶋）

●20m四方の中での計測は、現場調査の事情に即して行ったもの。UAVレーザの利点を生かした広範囲の計測や、現地調査では得られない情報についても報告書に入れてもらえると、他への広がり期待出来る（松岡委員）

⇒林齢と樹高により地位指数を出すことができるため、UAVレーザ計測の特徴として、地位の良いところを把握することができることも挙げられる（鹿又委員）

→森林の地位についての情報をいただくと有難い（事務局：加藤）

●既存の細り率を使うのではなく、計測対象の林分の特徴から導出する方法もあるのではないか（林野庁：宇山氏）

→その方法も含めて検討を進めていく（事務局：加藤）

⇒細り率による換算によって得られたDBHがOWLでの計測値と比べて10%（スギ）、15%（ヒノキ）の差があったが、これを材積に換算するとその差はかなり大きなものになる（鹿又委員）

議題 3-3) UAVレーザ計測データの活用について

参考資料)「国有林野事業における収穫調査について」林野庁：尾近氏から説明

●レーザは樹高と本数は正確だがDBHの精度には課題がある。人力による毎木調査は本数とDBHは正確だが樹高の精度に課題がある（鹿又委員）

●DBHのバラつきをどう評価すればよいのか。出てきたデータを活用する際のアイデアも伺いたい。例えば、同じ樹高の中ではほぼDBHの傾向が揃るのであれば、その値を用いて計測できなかった立木のDBHを埋めることもできると思う（鹿又委員）

●輪尺は元々の精度が2cm括約。輪尺との比較について、レーザとかOWLの値を輪尺換算（2cm刻み）にしても良いのではないかと（鹿又委員）

●標準地調査（4%）は、実施の負荷を考慮して林道から近いところを選ぶ傾向にある。レーザ計測のメリットは全域を調査できること。現地調査をなるべく省くために毎木の位置、樹高、DBHをレーザ計測で獲得したい。また、CS立体図は作業道、土場の設計に活用できる。今後、出来るだけ現地調査を省いていく、機械に置き換えて可能な部分は置き換えていくことを目指したい。そういった方向性で取り纏められると良い（加藤委員長）

→空からのアプローチは全数取れることが強み。また、現地調査では地形は把握できない。こんな活用方法があるという提案をまとめに含むように努める（事務局：加藤）

●国有林の実態として、毎木調査は皆伐の立木販売で使われることが多く、標準地調査は間伐の製品生産請負事業で使われることが多い。それぞれで求められる精度が違うので、出口を考慮して精度の評価や調査方法の選択をすべき（林野庁：宇山氏）

→UAVレーザによる調査も出口に合わせた提案ができるようにしたい（事務局：加藤）

●今後知見が増えてくると新たなメリットが生まれてくるだろう。4%に限られる標準地計測による結果は誤差が大きい。対象全域の毎木調査が出来れば尚良い。現場からの意見としては、本数が一番欲しい情報であり、それを達成できる意味は大きい。(鹿又委員)

●収穫調査のやり方は変えていく必要がある。毎木調査と標準地調査のカテゴリを無くすことを検討している。標準地調査のまずいのは調査箇所を人間が選んでいること。報告書内で国有林の調査方法に触れる場合は、現在の方法を正しく分析・分解して記述すること、そうであれば今後に繋がる。UAV レーザ計測を使うことになっても職員が林内を歩かないという選択肢はない。標準地調査のためだけに林内に入るのではなく、全体俯瞰できるコースを歩くとか危険箇所をチェックするとか、もっと意味を持つ入り方になる(林野庁：長崎屋氏)

●UAV レーザ計測により、条件が悪いところでも半分程度の直径が計測できているのは素晴らしい。残りの立木については樹高から胸高直径を推定する方法でも良いと思われる。一方、材積については高田式ではなく、林野庁で用いている材積表・材積式を使う方が良い。将来的なことになるかもしれないが、UAV レーザ計測の結果から林分固有の幹曲線を導き出していけると良いと思う(井上委員)

→林野庁でお使いの材積表を使わせていただく(事務局：加藤)

●現地調査は現地での作業は大変だが、まとめる作業は簡単。レーザ計測は計測後の解析作業にも時間・コストがかかるのではないかと。後工程の情報も提供してもらえると良い。どんな形でも UAV を飛ばせば良いというものではないので、計測データ品質(点群数など)の情報も付記して欲しい(松岡委員)

→一般の民有林の計測の場合、計測コストよりも解析コストの方がやや掛かっている。計測データ品質については、獲得点群密度は5m 航路間隔で2~3万点/m²、25m 航路間隔ではその5分の1程度。報告書に記載する(事務局：加藤)

●従来の人手による調査の精度はほぼ均一であるが、UAV レーザ計測の場合、仕様を揃えて行かないと精度が保証できず、発注者としても安心して発注できない。レーザ計測の利用を拡大していくためには、業界がまとまってレベルを上げていく必要があり、今回の調査についても技術のオープン化が必要。具体的な仕様を含めて報告書に記載していただけるように(林野庁：宇山氏)

→計測の条件、精度、解析の概要など発注の仕様となるようなデータを報告書に付記する(事務局：加藤)

以 上