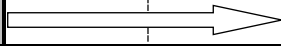


委託プロジェクト研究課題評価個票（中間評価）

研究課題名	環境負荷低減対策研究のうち、エリートツリー等の活用・木材による炭素貯蔵最大化プロジェクトのうち、日本全国の林地の林業採算性マトリクス評価技術の開発			担当開発官等名	農林水産技術会議事務局研究開発官 (基礎・基盤、環境)
				連携する行政部局	林野庁計画課 林野庁整備課
研究期間	R 5 年～R 9 年（5 年間）			総事業費（億円）	1. 9 億円（見込）
研究開発の段階	基礎	応用	開発		
					

研究課題の概要

国内人工林の高齢級化による資源の充実、世界規模の木材需給をめぐる情勢変化、さらには気候変動緩和のための森林や木質製品による炭素貯蔵の増加の要請により、国産材の生産増が求められている。このため採算性の高い林地を特定して、成長に優れたエリートツリー（※1）等も活用しながら主伐・再造林を推進することが重要である。そこで本課題では以下の研究開発を行う。

- ・航空レーザ計測（※2）、GIS（※3）、機械学習（※4）を組合わせた高精度な地位（※5）推定技術および林地環境情報を活用した地利（※6）推定技術を開発する。
- ・エリートツリー等の遺伝的優位性を明らかにしその優位性が最大限発揮される条件を解明する。
- ・林業採算性と炭素吸収量等を予測する技術を開発し、研究者ではない市町村等の担当者が利用可能なツールを提供する。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

中間時（2年度目末）の目標	最終の到達目標
① 8箇所モデル地域（市町村単位）におけるスギの樹高推定モデルの構築	① 樹高推定モデルを活用した高精度な地位推定技術の開発および林地環境情報を活用した地利推定技術の高度化
② エリートツリー等の遺伝的優位性を多数の育種試験地の大量の単木データを用いて明らかにするため、育種試験地におけるUAV-LiDARデータ（※7）の取得及び単木解析手法の開発と、個体単位でのレジストレーション（※8）の半自動化手法を開発	② スギを例に、エリートツリー等の遺伝的優位性を明らかにし、その優位性が最大限発揮される条件解明
③ 西日本のモデル地域における林業採算性推定ツールの基本設計（イメージ図）の提示	③ 各モデル地域において人工林の林業採算性と炭素吸収量等を高精度に予測する技術および市町村等の担当者が利用可能な林業採算性推定ツールを開発

2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題全体としてのアウトカム目標（R12年）

- ① 課題終了後3年以内に30以上の市町村が、本課題で開発した林業採算性ツールまたは樹高推定モデルを森林管理に活用する。
- ② 課題終了後3年以内にエリートツリー等の遺伝的優位性を広く普及することで、造林現場での利用が高まり、2050年のエリートツリー等の活用割合9割以上の目標達成に向けた初動に貢献する。

【項目別評価】

1. 社会・経済の諸情勢の変化を踏まえた研究の必要性

ランク：A

- ① 農林水産業・食品産業、国民生活の具体的なニーズ等から見た研究の重要性
日本国内の人工林資源が本格的な利用期を迎えたことから林業・木材産業の成長産業化が掲げられ、国産材の利用が増加する中、ウッドショックなどの世界規模の情勢変化に伴う輸入木材の減少、さらには、気候変動緩和のための森林や木質製品による炭素貯蔵の増加の要請により、引き続き国産材の生産増が求められている。一方、伐採後の再造林が進んでいないことが課題である。林野庁では、自然的・社会的条件等を勘案し再造林を行うべき森林のゾーニングを促進している。しかしながら、現場の市町村の担当者等が林業採算性を評価し、再造林を進めるべき林地を選別するための情報が不足している。このため、本課題を推進することが必要がある。

②引き続き国が関与して研究を推進する必要性

農林水産省が定めるみどりの食料システム戦略目標の森林・林業・木材産業分野では、成長に優れたエリートツリー等の活用、建築物の木造化の推進などを通じて、森林や木材による炭素貯蔵の最大化を掲げている。林業は数ある産業の中で唯一カーボンネガティブ（※9）の実現が可能な産業であり、林野庁では“伐って、使って、植えて育てる”のスローガンのもと、木材の活用と再生林の促進を図っている。本課題は、採算性の高い林地を特定して、成長に優れたエリートツリー等も活用しながら主伐・再生林を推進するための技術開発を行うことで、これらの施策を推進するものであり、引き続き国が関与して研究を推進する必要がある。

2. 研究目標（アウトプット目標）の達成度及び今後の達成可能性

ランク：A

① 中間時の目標に対する達成度

8箇所のモデル地域におけるスギの樹高推定モデルの構築、育種試験地におけるUAV-LiDARデータの取得及び単木解析手法の開発、個体単位でのレジストレーションの半自動化手法の開発、林業採算性推定ツールの基本設計の提示など、計画した目標は全て達成した。特にスギの樹高推定モデルに関しては、目標の8箇所を上回る13箇所でモデルを構築した他、既に結果を長野県、岐阜県、秋田県、佐賀県、徳島県、大分県に提供した。また、林業採算性推定ツールに関しても目標を超えて、林班ごとに様々な仮定のもとで採算性を評価できるプロトタイプをQGISプラグインとして作成し、モデル地域での試用を開始した。

② 最終の到達目標の今後の達成可能性とその具体的な根拠

当初の計画以上に進捗しており、自治体などへの結果の還元についても開始している。特に、佐賀県、徳島県、大分県では、すでに県による地位の見直し作業において本課題の成果を用いた検討が行われており、現場の高いニーズに基づいて研究を推進している。自治体への結果の提供と自治体からのフィードバックの関係が構築されており、成果の現場実装に向けた環境も整えられていることから、達成の可能性は高い。

3. 研究が社会・経済等に及ぼす効果（アウトカム）の目標の今後の達成可能性とその実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋（ロードマップ）の妥当性

ランク：A

① アウトカム目標の今後の達成の可能性とその具体的な根拠

まず、「課題終了後3年以内に30以上の市町村が、本課題で開発した林業採算性ツールまたは樹高推定モデルを森林管理に活用する」というアウトカム目標については、アウトプット目標の達成でも述べた通り、課題2年度目の現時点において、目標を上回る13箇所でスギの樹高推定モデルを構築し、6県に提供した。すでに、そのうちの3つの自治体では、本課題で開発した樹高推定モデルの活用を具体的に開始している状況である。このため、今後現場に合う改良を進めることで、アウトカム目標は十分に達成可能と考えられる。

次に、「2050年のエリートツリー等の活用割合9割以上の目標達成に向けた初動への貢献」についても、エリートツリー等の遺伝的優位性を明らかにするための個体単位でのレジストレーションの半自動化手法などの技術開発が順調に進んでいることや、間伐等特措法において、自然的社会的条件からみて植栽に適した区域（特定植栽促進区域）を指定し、成長に優れた特定苗木を積極的に用いた再生林を計画的かつ効率的に推進することとしていることから、社会的なニーズは高く本課題の成果の普及が待たれる状況である。このため、本課題は、2050年のエリートツリー等の活用割合9割以上の目標達成に向けた初動に十分貢献できると考えられる。

② アウトカム目標達成に向け研究成果の活用のために実施した具体的な取組内容の妥当性

人工林の林業採算性と炭素吸収量を予測する市町村等の担当者が利用可能なツールを提供予定であるが、ツールの開発に先駆けて開発した樹高推定モデルは、その地域内のどこで高成長が期待できるのかを示す高解像度の地位マップとして活用できるため、すでに自治体への提供を開始している。佐賀県、徳島県、大分県では、すでに県による地位の見直し作業において活用されるなど、成果の普及もすでに始まっている。また、林班単位での採算性の集計が可能なツールのプロトタイプとしてQGIS（※10）のプラグイン（※11）を作成し、自治体と打ち合わせを開始している。このように、個別の成果を早期にモデル地域に提供し、フィードバックを得ながら本課題を遂行しており、取組内容は妥当である。

③ 他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

高精度の地位推定のために開発している航空レーザ計測、GIS、機械学習を組合わせた樹高推定モデルは1回の航空レーザ計測値で、過去や未来の樹高も推定できるため、従来複数回の測定が必要であった成長曲線の推定や資源量推定にとって画期的な技術である。また、エリートツリー等の遺伝的優位性を多数の育種試験地の大量の単木データを用いて明らかにするために開発している、樹頂点に個体・系統情報を半自動的に割り当てる技術は、将来的な人工林の単木単位での山の資源の在庫管理に応用可能な技術となる。

4. 研究推進方法の妥当性	ランク：A
① 研究計画の妥当性（的確な見直しが行われているか等） 外部専門家及び関係行政部局で構成するプロジェクト運営委員会が設置されており、進捗状況、研究計画・推進体制、研究成果の共有と公表等について確認が行われ、必要があれば見直しを行う体制となっている。また、本課題の各小課題は計画通りまたは計画以上に進捗しており、最終目標の達成も見込まれることから、研究計画は妥当である。	
② 研究推進体制の妥当性 上記のプロジェクト運営委員会とは別に、自治体や地方公設試を含む、本課題参画機関による「林業採算性評価技術開発コンソーシアム」を構成しており、コンソーシアム内で随時推進会議や現地検討会を開催し、情報共有、意見交換、推進体制の検討等を行っており、研究推進体制は妥当である。	
③ 研究課題の妥当性（以後実施する研究課題構成が適切か等） 本課題の目標を達成するためには、エリートツリー等の遺伝的優位性を考慮にいたった形で人工林の林業採算性と炭素吸収量等を高精度に予測する技術を開発することとしており、西日本から東日本などに対象地域を拡大しながら、また地位推定から地利推定、さらにはそれらを組み合わせた採算性の推定へと順序立って、また、課題ごとに連携しながら研究を進めている。その技術普及のため、市町村等の担当者が利用可能なツールを提供することとしているが、自治体に成果を提供しながら、また、それに対する自治体からのフィードバックを受けながら研究を進めることとしている。このように課題構成は妥当である。	
④ 予算配分の妥当性（研究の進捗状況を踏まえた重点配分等） 各小課題の進捗状況や研究成果の有用性を踏まえた予算配分の重点化を行っている。結果として、各課題ともに計画通りまたは計画以上に進捗しており、最終目標の達成も見込まれることから、予算配分は妥当である。	

【総括評価】	ランク：A
1. 委託プロジェクト研究課題の継続の適否に関する所見	
・ 再造林のための森林ゾーニングは、国産材の生産増を効果的に進める上で非常に重要であり、研究の必要性は高い。 ・ 目標を上回る箇所でモデルの提供を実施しており、自治体との協力関係も構築されている。 ・ 現時点では研究は計画通り進捗しており、継続は妥当である。	
2. 今後検討を要する事項に関する所見	
・ 社会実装に向けて市町村レベルでの普及を含め進展を期待したい。	

〔研究課題名〕

環境負荷低減対策研究のうちエリートツリー等の活用・木材による炭素貯蔵最大化プロジェクトのうち日本全国の林地の林業採算性マトリクス評価技術の開発

用 語	用 語 の 意 味	※ 番 号
エリートツリー	スギ・ヒノキ等の造林樹種で、成長等の形質が優れた個体を一般林地から選抜したものを「第1世代精英樹」、この精英樹同士を交配してできた子供からさらに選抜したものを「第2世代精英樹」と呼び、第2世代以降の精英樹を総称して「エリートツリー」と呼んでいる。選抜にあたっては、成長量だけでなく、材の剛性や幹の通直性に著しい欠点がないことや、雄花着花量が多くないこと等も基準となる。	1
航空レーザ計測	航空機に搭載したレーザ測距儀から地上に向けてレーザを照射し、地表面や樹木表面等の3次元データを取得する測量方法。	2
GIS	地理情報システムのこと。地理的位置情報を持つ空間データを総合的に管理・加工し、視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術。	3
機械学習	コンピュータを用いて大量のデータを分析して傾向等を学習する技術。	4
地位	立地条件や環境条件によって決まる林地の生産力。	5
地利	伐採・搬出といった林業の作業条件の良し悪しで決まる経済的位置の有利不利の度合い。	6
UAV-LiDARデータ	UAV(Unmanned Aerial Vehicle)、いわゆるドローンから地上に向けてレーザを照射して測量する技術(LiDAR)によって得られた、地表面や樹木表面等の3次元データ。	7
レジストレーション	ここでは、上空からの計測データ上の樹木の個体ごとの樹頂点を識別し、それを各個体の過去の地上での測定データに対応づける作業のこと。	8
カーボンネガティブ	二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの排出量が、吸収量よりも下回っている状態。	9
QGIS	地理情報システム(GIS)が無料で利用できる広く普及しているオープンソースのソフトウェア。	10
プラグイン	既存のソフトウェアに機能を追加するための拡張プログラム。	11

農林水産研究の推進（革新的環境研究）

日本全国の林地の林業採算性マトリクス評価技術の開発

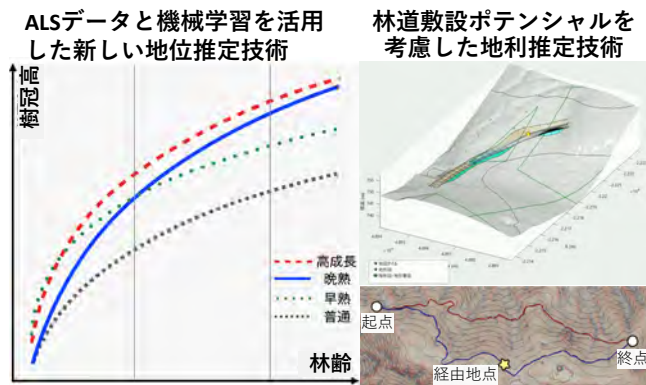
【研究概要】

1. 研究目的

市町村等が林業の採算性や炭素固定機能に基づいた目標林型を適切に設定できるように、航空レーザ計測（ALS）、GIS、機械学習を組合わせた新たな地位および地利推定技術を開発する。これに基づいたマトリクス評価を行い、成長に優れたエリートツリー等の成長優位性も考慮した上で、成長後の人工林の林業採算性と炭素吸収量を高精度に予測する技術を開発する。

2. 研究背景

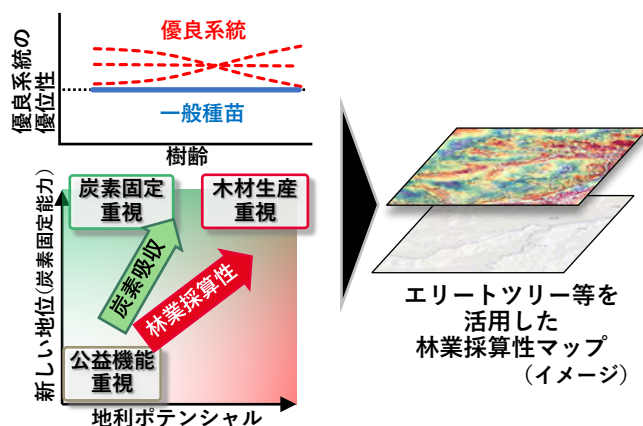
国内森林資源の充実と国際情勢変化による国産材需要の増加、また気候変動緩和のための森林や木材製品による炭素貯蔵の増加の要請により、国産材の生産増が求められている。このため、生産性と経済性の高い林地を特定して、成長に優れたエリートツリー等も用いつつ、主伐・再造林を推進することが重要である。



新しい地位と地利の推定技術を活用

3. 研究内容

- ①新たな地位指標推定手法を活用した高精度な地位推定および林地環境情報を活用した地利推定技術の高度化
- ②成長に優れたエリートツリー等の成長優位性を明らかにし、その優位性が最大限発揮される条件を解明
- ③地位と地利の二軸によるマトリクス評価を行い、将来にわたる林業採算性と炭素吸収量等を高精度に予測する技術を開発



地位と地利、エリートツリー等の成長優位性を考慮した林業採算性の高精度予測

4. 達成目標・期待される効果

達成目標

- ・成長に優れたエリートツリー等の性能を最大限発揮させる条件を解明
- ・林業採算性推定ツールを開発



期待される効果

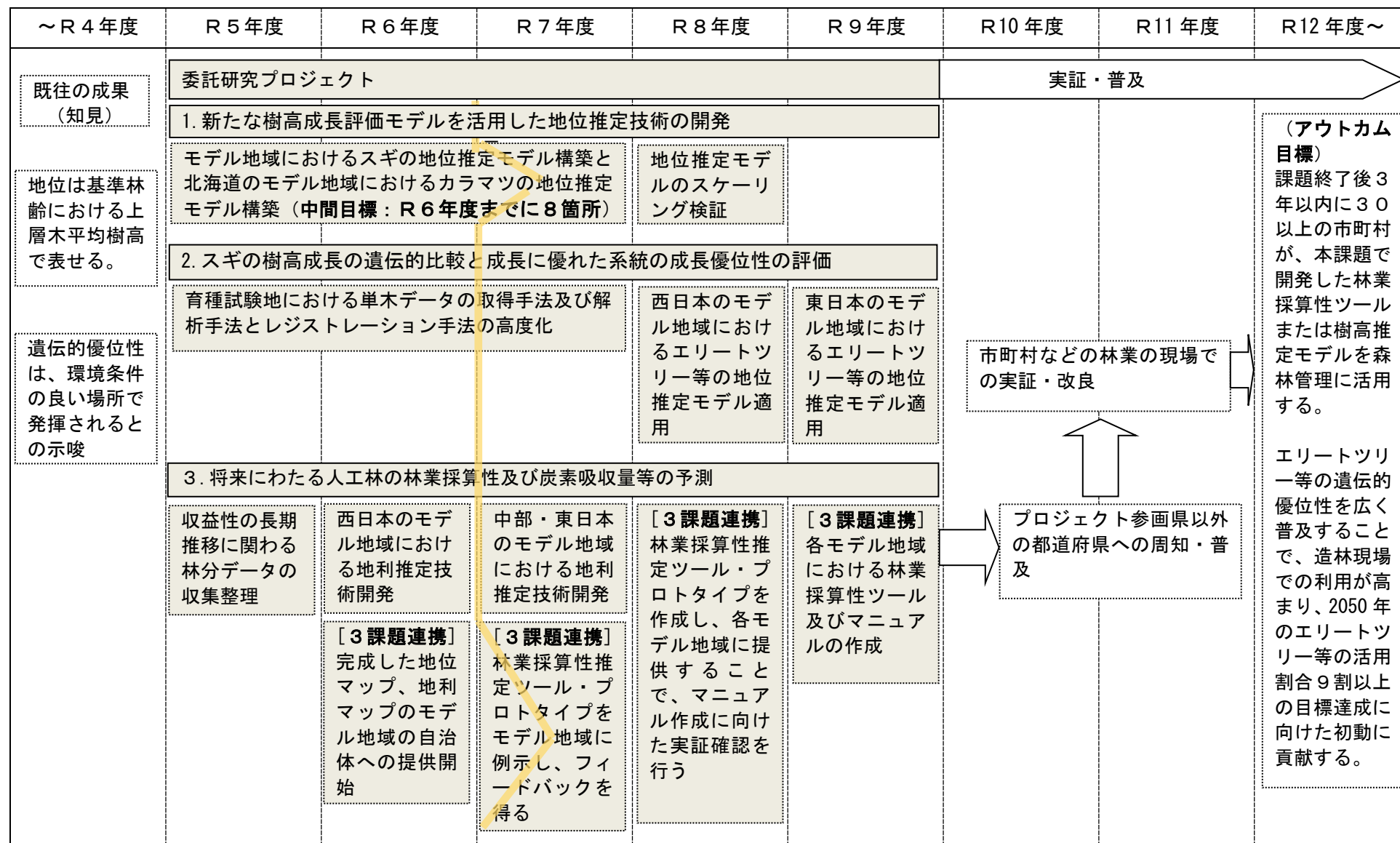
- ・2050年エリートツリー等の活用割合90%目標に貢献
- ・市町村等が採算性や炭素固定機能に基づいた目標林型を適切に設定

研究代表機関： 国立研究開発法人 森林研究・整備機構

共同研究機関： 北海道立総合研究機構林業試験場、長野県林業総合センター、静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター、佐賀県林業試験場、徳島県農林水産総合技術支援センター、鳥取県、鹿児島大学、静岡県立農林環境専門職大学

【ロードマップ（中間評価段階）】

環境負荷低減対策研究のうちエリートツリー等の活用・木材による炭素貯蔵最大化プロジェクトのうち日本全国の林地の林業採算性マトリクス評価技術の開発



研究概要

市町村等が林業の採算性や炭素固定機能に基づいて目標林型を適切に設定できるように、航空レーザ計測、GIS、機械学習を組合わせた新たな地位推定および地利推定技術を開発する。これに基づいたマトリクス評価を行い、成長に優れたエリートツリー等の成長優位性も考慮した上で、成長後の人工林の林業採算性と炭素吸収量を高精度に予測する技術を開発する。

1. 新たな樹高成長評価モデルを活用した地位推定技術の開発

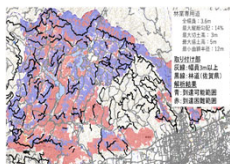
- ・モデル地域（市町村単位）を選定し、西日本の6箇所、中日本・東日本の7箇所のモデル地域において樹高推定モデルを構築
- ・メッシュ単位の樹高成長曲線を作成するQGISプラグインを作成
- ・22地点で立地環境特性を測定し、樹高成長に対する斜面方位や地質のほか土壌物理性や有効土層厚の影響を評価

2. スギの樹高成長の遺伝的比較と成長に優れた系統の成長優位性の評価

- ・LiDAR搭載UAVによる単木樹高データ取得のための最適な計測条件を解明
- ・上記の計測条件を用いて29の育種試験地において点群データの収集を完了
- ・樹頂点に個体・系統情報を半自動的に割り当てることにより定期調査データと結合する手法を開発

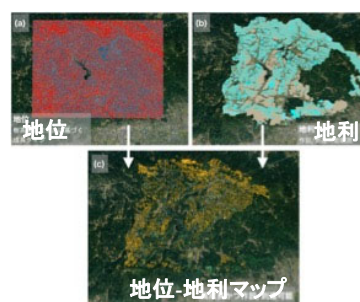
3. 将来にわたる人工林の林業採算性及び炭素吸収量等の予測

- ・林分材積を推定する林分密度管理図のパラメータを再調整し、林業採算性に関わるデータを整理
- ・佐賀市をモデル地域として林道が作設可能な範囲と、道路の連続性が担保される到達可能範囲を推定

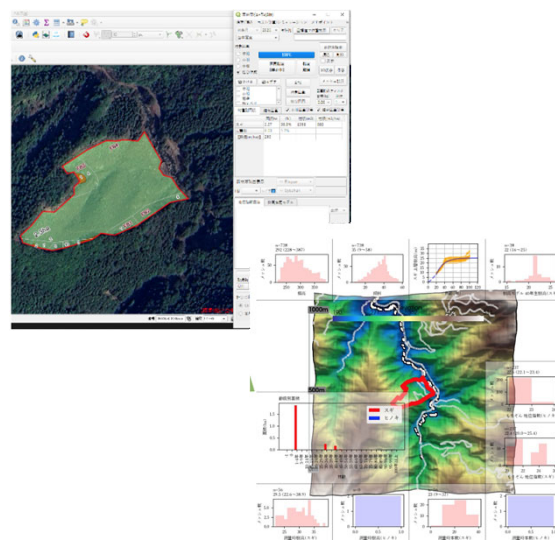


4. 課題連携

- ・佐賀市を対象に地位-地利マップのプロトタイプを作成し、佐賀県に提供



- ・林班ごとに様々な仮定の元で採算性を評価できる林業採算性推定ツールのプロトタイプをQGISプラグインとして作成、モデル地域での試用を開始



今後の方針

- ・樹高推定モデルに基づく地位マップや、林道の作設および到達可能範囲のマップなど、一目でわかりやすい林業採算性に関わる図化成果についても、モデル地域に即座に提供する（想定ユーザーは、必ずしも高度な機能を持つツールやGISソフトウェアの使用に精通しているわけではないため）。
- ・より高度なツールに関しても、早期により多くのモデル自治体へ提供し、改良やマニュアル作成に向けた実証確認を行い、社会実装に向けてユーザーが使いやすいものを開発する。