

令和4年度
伐採造林届出制度の効果的な運用に
向けたリモートセンシング技術の
活用促進に関する調査事業
報 告 書

令和5年3月
林野庁

目 次

1. 事業の目的及び実施体制	1
1.1. 背景及び目的	1
1.2. 事業内容	1
1.3. 事業実施体制	1
1.4. 検討委員会の設置・運営	2
1.4.1. 開催概要	2
2. 事業実施内容	4
2.1. 事業実施項目	4
2.2. 現状調査・整理	5
2.2.1. 概要	5
2.2.2. 全国的な普及状況とニーズ調査	5
2.2.3. 各種伐採把握システム提供団体への聞き取り調査	10
2.2.4. 市町村への聞き取り調査	14
2.3. 伐採把握システムの現地適用	21
2.3.1. 概要	21
2.3.2. 各種伐採把握システムを活用した伐採造林届出制度の効率的な運用試行	21
2.4. 地域ごとの伐採面積の把握方法の検討	43
2.4.1. 概要	43
2.4.2. 利用可能な情報の検討	43
2.4.3. 当面考えられる地域ごとの伐採面積把握方法	50
2.5. 各種伐採把握システムの継続的な改善に向けた仕組みづくり	52
2.5.1. 概要	52
2.5.2. FAMOST の改良、および継続的な改善等に向けた仕組みの提案	52
2.5.3. 各種伐採把握システムへの仕組み展開と改善、データ整備・公開等を行う手法の検討	55
2.6. 各種伐採把握システムの普及に係る手引書の作成	62
3. まとめ	63

1. 事業の目的及び実施体制

1.1. 背景及び目的

今般、人工林資源の充実等に伴い森林の伐採が増加している中で、森林所有者に無断で伐採が行われる事案や伐採を行う者が権限を有している範囲を超えて伐採を行う事案など、いわゆる無断伐採が全国的に発生している状況にある。また、地域によっては主伐後の再造林が十分に行われていない状況もあり、地域毎の伐採の状況を的確に把握することの重要性が増している。こうした伐採の状況把握は、森林法に基づく伐採造林届出制度等によって把握されているが、事務を担っている市町村は、限られた職員体制で無断伐採等に対応しなければならない状況となっている。

こうした状況に適確に対応するため、衛星画像等のリモートセンシング技術の活用により効率的に状況を把握する必要性が高まっているところであり、各航測会社等においてリモートセンシング技術を活用して森林変化を把握するシステム（以下「伐採把握システム」という。）の開発が進んでいるところであるが、伐採把握システムを実際に活用している市町村等の一部に限られている状況である

このため、こうした伐採把握システムについて、実際に複数の市町村において伐採造林届等の実務に活用させた上で、さらなる活用の促進に向けた調査・検討を行う。

1.2. 事業内容

本事業では以下の項目について取り組んだ。

- 検討委員会の設置・運営
- 現状調査・整理
- 伐採把握システムの現地適用
- 地域ごとの伐採面積の把握方法の検討
- 各種伐採把握システムの継続的な改善に向けた仕組みづくり
- 各種伐採把握システムの普及に係る手引書の作成

1.3. 事業実施体制

本事業は一般社団法人日本森林技術協会が実施し、業務の一部を株式会社パスコに再委託した。

1.4. 検討委員会の設置・運営

事業の実施にあたっては、専門的知見を有する学識経験者等で構成される検討委員会を設置し、事業実施方針や調査の方法等について助言を受けながら実施した。検討委員の名簿を表 1.4.1 に示す。

表 1.4.1 検討委員会委員名簿（敬称略、五十音順）

氏名	所属・職名
伊牟田 良隆	宮崎県環境森林部 森林経営課 森林計画担当副主幹
小川原 寛朗	茨城県農林水産部 林政課係長（森林計画担当）
齋藤 英樹	国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 企画部 国際戦略科 国際連携推進室 室長
光田 靖	宮崎大学農学部 森林緑地環境科学科 教授
村上 拓彦	新潟大学農学部 農学科 准教授

1.4.1. 開催概要

検討委員会の開催概要を表 1.4.2 に示す。事業実施内容や成果には、検討委員会での指摘事項を反映させた。会場はいずれも日林協会館 3 階大会議室とし、新型コロナウイルス感染予防を鑑み、委員全員および一部の林野庁職員は Web 参加形式での開催とした。

表 1.4.2 委員会開催概要・検討内容

回	開催方法	ウェブ会議形式（Zoom 会議） ホスト会場：日林協会館 3 階大会議室	
第 1 回	開催期間	令和 4 年 9 月 26 日 15:00～17:00（約 2 時間）	
	出席者数	委員	5 名（全員 Web 参加）
		林野庁	3 名
		事務局（日林協）	7 名（内 1 名 web 参加）
	議題・検討内容等	【1】基本方針 【2】実施内容 ① 検討委員会の設置 ② 現状調査・整理 ③ 伐採把握システムの現地適用 ④ 地域ごとの伐採面積の把握方法の検討 ⑤ 各種伐採把握システムの継続的な改善に向けた仕組みづくり ⑥ 各種伐採把握システムの普及に係る手引書の作成 【3】事業実施スケジュール	
第 2 回	開催方法	ウェブ会議形式（Zoom 会議） ホスト会場：日林協会館 3 階大会議室	
	開催期間	令和 5 年 1 月 11 日 13:30～15:30（2 時間）	
	出席者数	委員	5 名（全員 Web 参加）
		林野庁	3 名
		事務局（日林協）	7 名（内 1 名 web 参加）
	議題・検討内容等	【1】アンケートによる現状調査 【2】伐採把握システムの現地適用 【3】検出精度検証結果（暫定版） 【4】現地調査結果：モデル地域（宮崎県都城市） 【5】地域ごとの伐採面積の把握方法の検討	

		【6】 各種伐採把握システムの普及に係る手引書の作成（案） 【7】 今後の予定	
第 3 回	開催方法	ウェブ会議形式（Zoom 会議） ホスト会場：日林協会館 3 階大会議室	
	開催期間	令和 5 年 2 月 28 日 13:30～15:30 （2 時間）	
	出席者数	委員	4 名（全員 Web 参加）
		林野庁	4 名（内 1 名 Web 参加）
		事務局（日林協）	7 名（内 1 名 web 参加）
	議題・検討内容等	【1】 アンケートによる現状調査の結果 【2】 伐採把握システムの現地適用の結果 【3】 検出精度検証の結果 【4】 現地調査結果：モデル地域（都城市、大子町、佐伯市、尾道市） 【5】 地域ごとの伐採面積の把握方法の検討結果 【6】 各種伐採把握システムの普及に係る手引書について	



図 1.4.1 検討委員会の様子（第 1 回）

2. 事業実施内容

2.1. 事業実施項目

本事業の実施項目は以下の 5 つとした。

- 現状調査・整理
 - ✓ 全国的な普及状況とニーズ調査
 - ✓ 各種伐採把握システム提供団体への聞き取り調査（4 社）
 - ✓ 市町村への聞き取り調査（7 市町）
- 伐採把握システムの現地適用
 - ✓ モデル地域選定
 - ✓ 各種伐採把握システムを活用した伐採造林届出制度の効率的な運用試行
- 地域ごとの伐採面積の把握方法の検討
 - ✓ 利用可能な情報の検討
 - ✓ 当面考えられる地域ごとの伐採面積把握方法
- 各種伐採把握システムの継続的な改善に向けた仕組みづくり
 - ✓ FAMOST の改良、および継続的な改善等に向けた仕組みの提案
 - ✓ 各種伐採把握システムへの仕組み展開と改善、データ整備・公開等を行う手法の検討
- 各種伐採把握システムの普及に係る手引書の作成（別冊）

2.2. 現状調査・整理

2.2.1. 概要

現在開発・運用されている各種伐採把握システムの技術情報（伐採検出の仕組みや精度）や全国的な普及状況等について以下の3つの方法で調査・整理を行った。

（１） 全国的な普及状況とニーズ調査

全都道府県の担当者に回答を依頼した。また、担当者が把握している市町村の状況・要望を含めて整理した。

（２） 各種伐採把握システム提供団体への聞き取り調査

自治体が実情に応じた最適なシステムを選択できよう、伐採把握システムの開発やサービス提供を行っている団体に対し、システムの内容、普及状況、特徴や条件を調査した。

（３） 市町村への聞き取り調査

市町村への聴き取り等により普及状況や伐採造林届出制度との連携状況等について調査した。

2.2.2. 全国的な普及状況とニーズ調査

（１） 目的

伐採等の森林変化状況は地域によって大きく異なり、また、その把握のニーズも地域によって異なる。そのため、都道府県における衛星画像を用いた森林変化情報提供サービスの普及状況やニーズについて担当者のコメントを収集する。

（２） 調査方法

都道府県の林務担当者を対象に FAMOST 等の社会実装されている伐採把握システムの市町村の使用状況、要望等についてアンケートを実施した。アンケート用紙を図 2.2.1 に示す。アンケート用紙には、林務担当者のコメントで回答していただけるようお願いした。アンケート実施期間は令和4年10月31日～11月15日とした。

全国の県担当者に対する衛星画像を用いた伐採把握システムの普及状況及びニーズのアンケート

★ここで得られた情報は、本林野庁委託事業以外には用いません。

近年、衛星画像を用いた森林変化情報提供サービス（FAMOST 等の伐採把握システム）が実用化されつつあります。本システムの利用用途としては森林伐採や開発地の確認、伐採届との突合、崩壊地等災害現場確認等がありますが、伐採等の森林変化の状況は地域によって大きく異なるとみられ、またその把握のニーズも地域によって異なると考えられます。

ここでは、貴都道府県（以下貴県）における衛星画像を用いた森林変化情報提供サービスの普及状況やニーズに関するおおまかな状況について伺いするもので、ご担当者様の主観的なコメントとしてご回答いただいて結構です。

Q	質問	ご回答
Q1	貴県における、森林変化とくに伐採の検知に関する情報のニーズについてご回答ください。	1：全県的に伐採が増加しておりニーズが高い 2：県内の一部で伐採が増加しており部分的なニーズが高い 3：県内では伐採はあまり発生しておらずニーズは低い 〔その他自由記述： 〕
Q2	衛星画像を用いた森林変化情報提供サービスについて、貴県内の市町村におけるシステム導入や関心の状況についてご回答ください。	1：システムをすでに導入している市町村がある（→Q3へ） 2：未導入だが検討している市町村がある（→Q4へ） 3：市町村から相談を受けたことがある（→Q4へ） 4：導入している市町村はなく相談を受けたこともない（→Q4へ） 〔その他自由記述： 〕
Q3	（Q2において1を選択の場合のみ回答）導入されているシステムについてお答えください（複数回答可）	1：FAMOST 2：衛星を活用した森林変化情報サービス（パスコ） 3：それ以外（具体名）
Q4	森林変化情報提供サービスについて、その導入に向けた障壁、利用上の課題、必要な支援などについてご回答をお願いします。	1：導入コストや維持コストの問題 2：対応職員の人的資源の不足 3：対応職員のITスキル不足 4：地理情報のデジタル化が進んでいない 5：庁内システムの問題（回線速度や外部との接続制限等） 6：利用頻度が低くコストに見合わない 7：導入に向けたノウハウがない（手引きのようなものが必要） 8：その他（ ）

質問は以上です。ご協力ありがとうございました。

図 2.2.1 都道府県の林務担当者へ配布したアンケート用紙

(3) 結果

回答率は78%（47都道府県中37県）であった。個々の質問の回答結果は次の通り。

1) 森林変化特に伐採の検知に関する情報のニーズ

回答結果を図2.2.2、表2.2.1に示す。

全県的にニーズが高いと県内の一部でニーズが高いを合わせると25件53%となり過半数を占めた。一方、ニーズが低いとの回答は12件、未回答が10件であった。自由記述からも伐採検知のニーズを認める回答が見られた。この結果から少なくとも半数の県林務担当者は伐採検知システムのニーズを感じていることが伺えた。

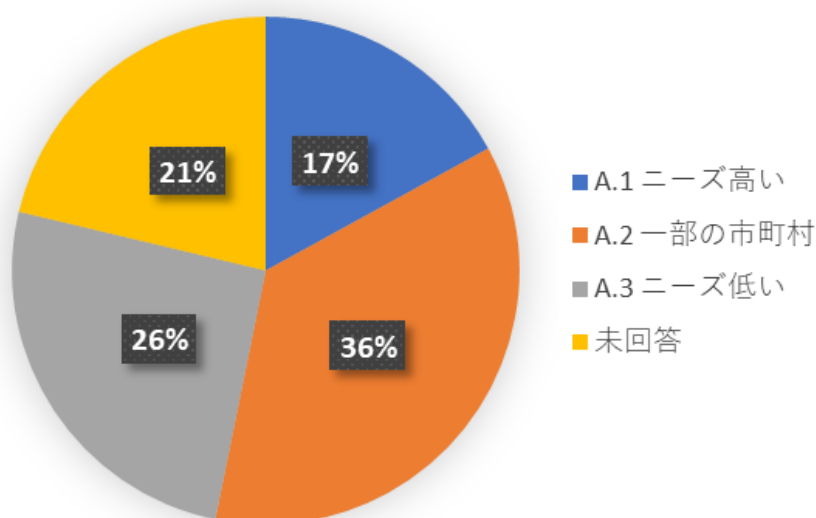


図 2.2.2 森林変化特に伐採の検知に関する情報のニーズの回答

表 2.2.1 森林変化特に伐採の検知に関する情報のニーズの回答

回答番号	回答内容	件数
A.1	全県的に伐採が増加しておりニーズが高い	8
A.2	県内の一部で伐採が増加しており部分的なニーズ高い	17
A.3	県内では伐採はあまり発生しておらずニーズは低い	12
	未回答	10

表 2.2.2 森林変化特に伐採の検知に関する情報のニーズの自由記述回答

	その他自由記述
山梨	県内の伐採面積は増加傾向、違法伐採等の問題はないため、ニーズは限定的。
愛知	無届伐採による開発相談があり、自動検知機能のニーズはあると考えられる。
広島	職員による伐採箇所の確認が必要と認識しているものの、人員不足等により対応できていない状況である。現時点では特段の問題が生じていないため、衛星画像の活用について市町からの要望は出されていない。しかしながら、ニーズ調査を行っていないため、潜在的な需要は把握できていない。
佐賀	県内の伐採は増加傾向であり、現状伐採届の提出により把握を行っている。今後森林変化情報の把握に期待できるシステムを希望する。
鹿児島	伐採は増加傾向にあるが、ニーズは不明。

2) 衛星画像を用いた伐採把握システムの市町村導入や関心の状況

回答結果を図 2.2.3 表 2.2.3 に示す。

既に導入、検討ありを合わせると 12 件 25%になった。相談ありを加えると 16 件 34%になった。一方、問い合わせなしが最も多く 21 件 45%であった。自由回答からは FAMOST の利用や紹介事例もあるが、相談を受けたことがないと答えた意見が多かった。

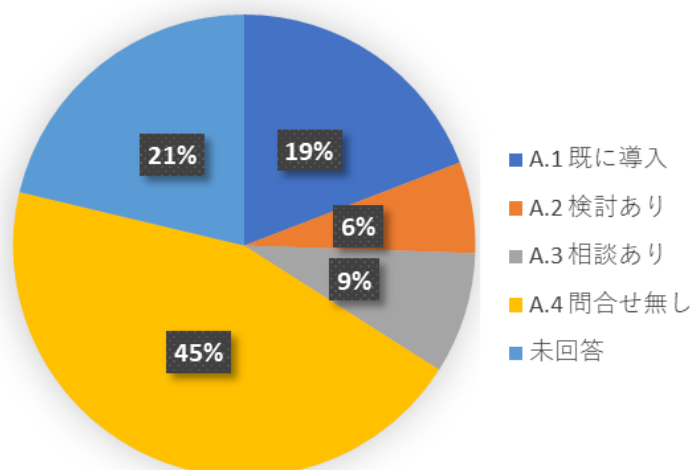


図 2.2.3 衛星画像を用いた伐採把握システムの市町村導入や関心の状況の回答

表 2.2.3 衛星画像を用いた伐採把握システムの市町村導入や関心の状況の回答

回答番号	回答内容	件数
A.1	システムをすでに導入している市町村がある (→Q3 へ)	9
A.2	未導入だが検討している市町村がある (→Q4 へ)	3
A.3	市町村から相談を受けたことがある (→Q4 へ)	4
A.4	導入している市町村はなく相談を受けたこともない (→Q4 へ)	21
	未回答	10

表 2.2.4 衛星画像を用いた伐採把握システムの市町村導入や関心の状況の自由回答

県	その他自由記述
宮城、京都、大阪	FAMOST について県内市町村へ情報提供済みであり活用可能性あるが、活用状況は未把握。
富山	県の森林クラウドでレーザー測量成果含め閲覧可能。林地開発や災害発生後に確認に利用する場合があるが、事前の確認はない。
山梨	個別には未確認だが、FAMOST 本格運用を通知したため、導入市町村がある。
愛知	相談を受けていないため、導入している市町村数を把握していない。
兵庫	38 市町に案内したがほとんど使われていない。検出も 0.5h 以上抽出では検出なしとなった。
鳥取	今後主伐再造林が本格化するにつれニーズが高まる可能性はある。
広島	利用状況を把握できていないが、林野庁からの FAMOST の本格運用の通知を受け、県内市町に情報提供を行っている。
福岡	県で FAMOST を利用して森林変化点を抽出し、その結果を市町村に提供する取組を R4 年 11 月から開始した。

大分	実証に参加した日田市、由布市、今年度の佐伯市が FAMOST 使用。
鹿児島	FAMOST の本格運用通知に際して、市町村には周知をおこなっているところ。FAMOST や、その他の類似システムの導入状況については不明であり、相談を受けたことは特にない。

3) 導入されているシステム（質問 2 において 1 を選択の場合のみ回答・複数回答可）

FAMOST を導入している市町村があると回答した県は 8 県、株式会社パスコの森林変化情報サービスを利用している県が 1 件、及び独自の衛星を打ち上げている県が 1 県あった。既に導入されたシステムの多くは FAMOST であった。

4) 導入への障壁、利用上の課題、必要な支援等（複数回答可）

回答結果を表 2.2.5、表 2.2.6 に示す。

「地理情報のデジタル化が進んでいない」と回答した県が 21、「対応職員の人的資源の不足」と回答した県が 18 であった。また、導入に向けたノウハウがない（手引きのようなものが必要）と回答した県が 13 あった。その他自由回答では市町村職員への丁寧なフォローが必要、FAMOST の普及啓発を求める意見等が見られた。

表 2.2.5 導入への障壁、利用上の課題、必要な支援等（複数回答可）

回答番号	回答内容（複数回答可）	件数
A.1	導入コストや維持コストの問題	10
A.2	対応職員の人的資源の不足	18
A.3	対応職員の IT スキル不足	4
A.4	地理情報のデジタル化が進んでいない	21
A.5	庁内システムの問題（回線速度や外部との接続制限等）	4
A.6	利用頻度が低くコストに見合わない	8
A.7	導入に向けたノウハウがない（手引きのようなものが必要）	13
A.8	その他（下記 Q4. A.8 参照）	7
	未回答	10

表 2.2.6 導入への障壁、利用上の課題、必要な支援等のその他自由回答

県	質問 4. A.8 その他の内容
宮城	IT スキル不足、導入に向けたノウハウや手引きの必要性、及びそれらがあっても使い方や活用場面についての丁寧なフォローがないと市町村職員独自の活用に至らないと想定される。県や開発者による支援が必要。
福井	福井県民衛星画像利用システム（すいせん）の解像度が低く、変化抽出の精度が低い。また、雲や雪など天候に大きく左右されるため、一年を通して一定間隔の変化抽出ができない。特に当県の場合、冬は変化抽出がほぼ不可能。
静岡	無料の衛星画像では画像が荒く精度が低い。オンラインでは処理時間が掛かり操作性が悪い。
愛知	FAMOST 普及啓発をより一層進めるべき。市町村職員でも利用ができるように活用方法を記載したマニュアルの充実と市町村単位の検索機能の範囲検索を狭めて検索できるようシステム改良するべき。
三重	衛星画像の解像度の低さと変化箇所抽出の精度の低さにより、コストに見合う成果を得られない。
兵庫	今後違法伐採が増えたら FAMOST を定期的に使用する等を検討したい。

佐賀	森林クラウドと互換性がなく使えない。
鹿児島	FAMOST 以外の導入を検討するのであれば、全て課題となる内容。 A.5 については、クラウドシステムに対応していないところでは、クラウド環境が必要なシステムだと障壁となると思われる。

なお、アンケート受信時に頂いたコメントを表 2.2.7 に示す。

表 2.2.7 アンケート回答と共に頂いた意見等

県	アンケート回答と共に頂いた意見
北海道	民有林以外で検出されていない箇所がある。プレビュー画面の解像度を上げてほしい。
山口	職員による伐採箇所の確認が必要と認識しているものの、人員不足等により対応できていない状況である。現時点では特段の問題が生じていないため、衛星画像の活用について市町からの要望は出されていない。しかしながら、ニーズ調査を行っていないため、潜在的な需要は把握できていない。 利用状況を把握できていないが、林野庁からの FAMOST の本格運用の通知を受け、県内市町村に情報提供を行っている。
熊本	FAMOST を当課より研修会等で各市町村に利用方法をお知らせしている。
宮崎	全県的に伐採が増加しているが、森林変化のニーズは一部に限られる。
鹿児島	FAMOST を市町村に周知した。有料システムの場合導入コストと維持コストの問題。

5) 全国的な普及状況とニーズ調査のまとめ

衛星画像を活用した伐採把握システムへのニーズは約半数の県担当者が感じているが、実際に導入している市町村は導入を検討していると回答した市町村を含めて 25%と低調だった。このことから、ニーズはあるものの実際に導入するとなると人的資源不足、IT スキルが低い等のハードルにより導入が進んでいない市町村があると考えられる。一方、ニーズが低い、問い合わせがないという回答も多かった。このことは、衛星画像を活用した伐採把握システムの存在が知られていないあるいは、伐採量が少なく必要性を感じないという市町村が少なからず存在している可能性を示していると考えられる。

2.2.3. 各種伐採把握システム提供団体への聞き取り調査

(1) 目的

既存の衛星データを利用した伐採把握システムの現状について把握するため、開発やサービス提供を行っている団体に対し、システムの内容、普及状況等について Web 形式による聞き取り調査を行い、自治体が実情に応じた最適なシステムを選択できよう、システムの特徴や条件を整理した。

(2) 方法

社会実装、もしくは実証中の伐採把握システムを対象とし、表 2.2.8 の内容について、アンケート用紙を作成し Web 会議による聴き取り調査を行った。

表 2.2.8 調査方法の項目と作業内容

項目	作業内容
調査対象	社会実装されている伐採把握システムを開発・普及している団体
伐採把握システム	技術的特徴、伐採検出の仕組み、精度、操作性
普及情報	普及実績等の情報
伐採造林届出制度との連携	システムと届出制度との連携状況

1) ヒアリングシートの作成

団体ヒアリングは表 2.2.9 の質問内容をもとにヒアリングシートを作成し、団体へ送付した。そして、その内容について Web によるヒアリングを行った。団体ヒアリングの目的は次の通り。

- 自治体が実情に応じた最適なシステムを選択できるようシステム特徴や条件を整理
- 手引きに掲載して欲しい内容等を整理
- 全国的な普及状況を把握するため

表 2.2.9 団体ヒアリング質問内容

分類	質問内容
1. システムの目的	貴社システムの目的についてお聞かせください
	貴社システムが想定するユーザーについてお聞かせください
	伐採造林届出制度について
2. 自社システムやサービスの技術的特徴	貴社システムのおおまかな機能についてお聞かせください
	利用されている衛星についてお聞かせください
	森林変化検出の手法と手順について差し支えない範囲で教えてください
	2 時期の画像を比較した際に「森林変化があった／なかった」と判断する基準（時間的・空間的範囲）についてお聞かせください
	検出精度はどの程度検証されていますか
3. 自社システムの普及状況と今後の展望	貴社システムの提供体制についてお聞かせください
	普及状況について
	引き合いについて
	今後の展開の見込み
4. 類似システムやサービスの認知	貴社システム以外の類似システムやサービスについて認知していたか

2) Web 会議による聴き取り調査

表 2.2.10 に示す 3 つの団体に対して Web ヒアリングを実施した。

表 2.2.10 調査対象およびヒアリング実施日時

団体名	伐採把握システム名称	ヒアリング 実施日時	回答者
株式会社 Ridge-i	GRASP EARTH Forest リリース済み	令和 4 年 10 月 20 日	Ridge-i 柳原、矢倉、畠山
一般財団法人リモート センシング技術センタ ー (RESTEC)	Google Earth Engine を用い た森林変化モニタリングシ ステム	令和 4 年 10 月 24 日	RESTEC 奥村
伐採検出会議 (JAXA/森林総合研究所 /茨城県/和歌山県)	ALOS-2 (PALSAR-2 画像) による伐採検出プログラム	令和 4 年 10 月 30 日	森林総合研究所 高 橋 齋藤、JAXA 林

※回答者敬称略

(3) 結果

各種伐採把握システムの普及状況とニーズについて表 2.2.11 に示す。

ここに上げた 5 つの伐採把握システムは、都道府県、市町村等の公共団体に使われている様子が伺われた。また、ニーズについては伐採造林届出制度の効率化、無届伐採の把握、防災利用等があげられた。各団体のヒアリング結果は巻末資料のとおり。

表 2.2.11 伐採把握システムの普及状況とニーズ

システム名	普及状況とニーズ
FAMOST	- 令和 3 年度に林野庁より各都道府県担当者に試行版を提供 - 令和 5 年 6 月に (一社) 日本森林技術協会の H P で公表し、本格運用を開始
森林変化情報提供 サービス	- 令和 4 年度 2 月現在のユーザーは宮崎県 (および県内市町村)、岡山県、御殿場市 - 東九州地方の県から伐採造林届出制度の効率化 - 九州地方の市町村から無届伐採などの把握 - 東海地方の県から無届伐採などの把握 - 関西地方の市町村から不法投棄に伴う伐採地把握 - 関東地方の県から太陽光パネル設置に伴う伐採地把握、防災利用
GRASP-EARTH Forest(デモ版)	- ユーザーは 10 団体未満、公共団体ユーザーもいる - 炭素換算量や伐採地の検出数量把握のため
Google Earth Engine を用いた森林変化 モニタリングシ ステム	- 伐採把握、土砂災害発生後の対策用途 - RESTEC からパートナー会社を通して展開 - エンドユーザーは 10 団体未満、地方公共団体ユーザーもいる
ALOS-2 (PALSAR- 2 画像) による伐採 検出プログラム	- 伐採造林届出制度の効率化、現地調査の代わり - 実証実績は茨城県、和歌山県

団体ヒアリングの結果を表 2.2.12 に示す。FAMOST 以外は基本的に有償サービスであった。地図表示はすべてのシステムで可能であり、リスト表示については FAMOST、森林変化情報サービス、GRASP-EARTH-Forest が対応していた。

表 2.2.12 システム別特性一覧

システム名	システム機能					伐採地検出		利用料	その他
	地図表示	リスト表示	属性編集	検索	データ出力	最小検出面積	期首期末指定		
FAMOST	○	○	—	—	○ kml	0.25ha	○	無償	
森林変化情報提供サービス	○	○	○	△ ※1	○ shp	0.1ha	—	有償	伐採地以外の情報提供可能
GRASP-EARTH Forest(デモ版)	○	※2	—	○	※2	0.01ha	—	デモ版無償 レポートサービス有償	レポートサービス 伐採地以外の情報提供可能
Google Earth Engine を用いた森林変化モニタリングシステム	○	—	—	—	—	0.01ha	○	基本は有償	レポートサービス可能
ALOS-2 (PALSAR-2 画像) による伐採検出プログラム	・茨城県で実証中 ・将来的にはこの技術を民間企業がシステムに組み込んで普及・展開されることを想定。								

※1 検索結果の絞り込み検索は可能 地番検索機能を開発予定

※2 検出された伐採地の面積など属性情報や図形データの出力は有償のレポートサービスで対応

3) 各種伐採把握システム提供団体への聞き取り調査のまとめ

無償で提供されている衛星画像の活用や無償のプラットフォームは様々な主体による開発・発展の余地があることがわかった。さらに、今年度の本事業で作成する手引きへの期待は大きく、各システムの紹介やそれぞれの特徴を自治体や初心者でも比較検討できるようにすることを通して、リモートセンシングを用いた森林伐採把握分野への関心と需要拡大に繋がることを期待しているとの回答を得た。

2.2.4. 市町村への聞き取り調査

第1回検討委員会において決定したモデル自治体以外にも、市町村の現状把握を行うべきという委員の意見を反映し、複数の市町村への聞き取り調査をアンケート形式で行うこととなった。そのため、市町村を選定し、下記のアンケートを行い、質問内容について集計し、内容について検討を行った。

(1) 市町村へのアンケート実施の目的

伐採造林届出制度の現状や課題、および対策への意見を把握し、課題点を踏まえた伐採地把握システムの導入や利用方法を手引きにまとめる。また、課題となっている事項がシステムで解消できるかを検証できるように実証シナリオへ反映し、システム改修・改善要望をまとめるために利用することを目的とした。

(2) 市町村へのアンケートの方法

1) 市町村の選定

今回、モデル地域となっている4つの市町村が所属する各県内において、森林伐採の規模等条件が対照的な市町村を付け加え、全体として全国を代表する様に満遍なく選ぶこととした。その際、表2.2.13の概念図に合致する市町村を県の担当者に伺い選定した。

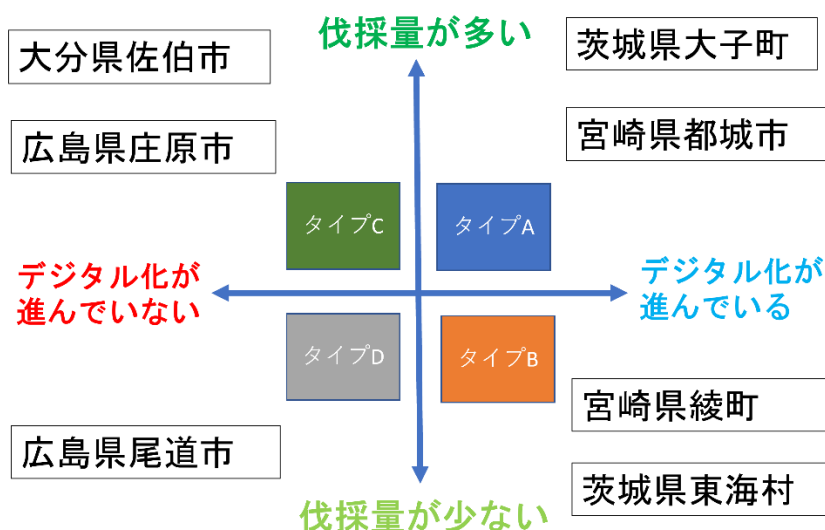


表 2.2.13 ヒアリング対象とした市町村の選定基準

県担当者との協議の結果、上記の 7 つの市町村の林務担当者に書面によるアンケート調査を行うこととした。以下に示す 1～4 の内容について回答を得ることとした。また必要に応じて、電話での聴き取り調査を追加した。

■質問内容

1. 伐採造林届出制度の確実な運用に関する現状や課題把握と対策への意見
 - ・伐採造林届出の件数等、数量的な実態把握
 - ・伐採造林届出の課題となっている事項
2. 伐採造林届出制度の効率的運用に関する現状や課題把握と対策への意見
 - ・運用ルール設定など、効率的運用に資する取組みの実態把握
 - ・様式の電子化、届出の ICT 化の実態
 - ・届出情報の管理実態
3. リモートセンシングの認知、導入、利用に関する現状や課題把握と対策への意見
 - ・衛星データ等の活用実態
 - ・衛星データ利用上の課題、対策、要望
4. 伐採検出システムの認知、導入、利用に関する現状や課題把握と対策への意見
 - ・システム認知実態
 - ・システム活用実態
 - ・システム導入、利用上の課題、対策、要望
 - ・システム改修や効率化のためのアイデア、要望

2) 市町村アンケートの結果

7 つの市町村へのアンケートの結果、各伐採把握システムの特徴を次の項目で整理した。

- 1. 伐採造林届出制度の確実な運用に関する現状や課題把握と対策への意見
- 2. 伐採造林届出制度の効率的運用に関する現状や課題把握と対策への意見
- 3. リモートセンシングの認知、導入、利用に関する現状や課題把握と対策への意見
- 4. 伐採検出システムの認知、導入、利用に関する現状や課題把握と対策への意見

1. 伐採造林届出制度の確実な運用に関する現状や課題把握と対策への意見

1. 伐木造林届出制度の運用に関する現状や課題						
電子化	伐採量	市町村	届出件数	1. 伐木造林届出制度の運用に関する現状や課題		
進んでいる	多い	大子町	年150件程度	伐採造林届出制度を知らない個人が伐採を行い無届伐採になってきていることがある。地元民から「生活道が汚れている・沢に残材がある」などの相談が寄せられ調べると無届伐採であったというケースが多い。県林政課から年に数回提供される衛星画像の確認もしている。事務量が多く、職員数が限られているため現地の確認まで十分に手が回っていない。		
		都城市	年700件程度	伐採造林届出提出の失念等がある。市民からの情報や事業者の自己申告によって把握している。提出内容の確認に手間がかかっており、現地確認などが行えない箇所もある。		
	少ない	東海村	年15件程度	提出された図面と、現場の状況が一致していないことがあった。職員の現地確認によって状況を把握している。林地開発が疑いがあるが、事業の一体性の判断が困難で、隣接地で同一企業と思われる届け出が出ていても書類上は別人格にできてしまう。聞き取りでは判断する上で明確な根拠を得られず対応に苦慮している。		
		綾町	年60件程度	林業者と所有者間の取り決めが現場作業員に伝わっていないかった、もしくは誤った作業があった。町民や林業者からの情報提供で無届や誤りを把握している。担当職員の数的問題からすべての届出について現地確認することは難しく、町外業者、他市町村で指導を受けた業者、新規参入業者などの場合についてパトロールを実施している。		
進んでいない	多い	庄原市	年200件程度	無届の伐採や、伐採範囲の間違いがあり、市民からの情報提供、市民から伐採届が出ていくのかの問い合わせを受けることがある。届出に記入する内容や添付する書類が変わっていくため、部署内の整理や周知に手間がかかる。森林法のほかに整備計画や林業についての知識が必要で難しく感じている。		
		佐伯市	年125件程度	森林法の規定を知らずに伐採を行うケースがある。市民からの情報で無届伐採・伐採範囲の間違いを把握している。伐採届提出に関する事務量について伐採業者から簡素化してくれとの要望が多数ある。		
	少ない	尾道市	年30件程度	無届伐採や伐採範囲の間違いはない。課題についても特になし。		

2. 伐採造林届出制度の効率的運用に関する現状や課題把握と対策への意見

電子化	伐採量	市町村	2. 伐木造林届出制度の効率的運用に関する現状や課題
進んでいる	多い	大子町	運用ルールとして、届出受理時のチェックリストを策定し利用している。届出様式は林野庁様式。伐採造林届出の申請は紙。管理は紙と森林クラウド上での管理。紙で申請されたものの、記載内容の確認と森林クラウドへの登録に時間がかかる。位置の確認については、届出書及び添付される図面を森林クラウド上で確認する。また森林クラウドの当該位置の情報と申請書の内容の整合を確認する。伐採実施の確認は、現地等の巡回中に木だしの実施の有無から伐採の確認をしている。
		都城市	内部規定や運用ルールは定めている。様式は県の様式。伐採造林届出の申請は紙による申請で、管理は紙を電子化して管理している。森林所有者の確認や地域森林計画の対象森林の確認に手間がかかる。届出の内容の確認は、土木GISや住民票により確認している。伐採実施の確認については、確認していない。
	少ない	東海村	担当者が変わっても統一性のある対応が行えるよう内部規定ルールを整理している。伐採造林届の様式は林野庁様式。伐採造林届は申請・管理とも紙ベース。紙で受け付けたものを森林クラウドに入力する。申請された届出の書類に不備がないか確認する作業に手間がかかる。チェックの中で、不備があれば届出者とのやりとりが必要となり多くの時間を割く。また森林クラウドへの登録の際には伐採範囲のポリゴン図形を自分で作図しなければならぬ。届出内容の確認は、書類上で確認できるものについてはチェックリストと対照しながら確認。場所の確認については、疑義がある場合に現地確認を実施する。伐採実施時期が迫ると現地確認を実施したり、事業者への連絡を行う。
		綾町	チェックリストや前任者から引き継いだノウハウにより運用。様式は林野庁様式。伐採造林届出は紙で申請したもの電子化して管理。紙申請受理後、エクセルで管理。GISや関係機関への指定区域等の確認に時間がかかる。森林簿や各種指定区域等との照合に手間がかかる。届け出内容や位置の確認は、GISやGoogleMapを利用している。伐採実施の確認は、定例森林パトロール、林業者、猟友会、町民からの情報提供による。
進んでいない	多い	庄原市	内部規定や運用のルールなどの整理はしていない。伐採造林届出の様式は県のひな型を元に文化財や保安林について確認できるような項目を足している。伐採造林届出の申請や管理は紙で行っている。伐採造林届出が出されたとき、届出受付、受理、確認のうち、「確認」の過程に最も手間がとられる。届出内容の確認については、申請を受ける際に届出者に確認している。伐採の実施の確認については、伐採の実施確認ができていないものがある。実施報告が提出されているものについては書類が確認を行っているが、実施報告を受けていないものもある。
		佐伯市	林野庁「伐採及び伐採後の造林の届出等の制度に関する市町村事務処理マニュアル」に準拠。様式は林野庁様式。書類については、紙と電子両方で管理している。申請は紙かメールどちらかでの申請。伐採業者によって提出様式はそれぞれ。届出様式の記入説明や届出様式変更の説明に時間がかかる。説明は電話で行う。提出内容の確認は、地域科学研究所の地図データ、林地台帳、県提供の保安林地番を使う。伐採確認は届出によるもの、または状況報告書の提出後の現地確認。
	少ない	尾道市	内部規定や運用ルールはある。伐採造林届出の様式は林野庁様式。申請は「紙」での申請で、管理も「紙」のみである。申請内容については、提出書類で確認。伐採の実施については、状況報告で確認している。

3. リモートセンシングの認知、導入、利用に関する現状や課題把握と対策への意見

電子化	伐採量	市町村	3. リモートセンシングの認知、導入、利用に関する現状や課題
進んでいる	多い	太子町	JAXA・森林総研・茨城県の三者で進めている衛星(ALOS-2)による伐採検知に係る検討の一環として森林クラウドに定期的に情報提供がある。リモセンでは伐採の範囲や面積を正確に把握することは難しいが、伐採有無の精度は高く、無届かどうか、伐採実施有無の判定には役立ち、現地視察の代替となり得ると感じている。
		都城市	航空写真を活用したことはある。衛星写真については興味はあるが活用したことはない。伐採跡地の把握や再造林地の把握に期待している。
	少ない	東海村	県の林政課から説明を受けたシステム(森林クラウド)で利用。伐採跡地の把握で利用。現地に行く前の参考にはなると思う。ただし現場の状況をリアルタイムで把握するには担当者の現地確認は必要になると思う。
		綾町	空中写真(ドローンによる空撮)を活用したことがある。伐採跡地把握や再造林地の把握に使う。画像や写真は現地視察の代替になるが、画像や写真の更新時期にスパンがあるため、利用頻度はそれほど高くない。
進んでいない	多い	庄原市	森林GISの森林簿がリモートセンシングデータ由来だったと思う。衛星画像はGEOSPACE, Google mapを使っている。届け出や問い合わせのあった地番の様子を調べるたり、その他森林経営管理制度で立木密度等の確認で活用している。衛星画像が現地確認の代替になるかどうかについては、皆伐100%の時は画像で判断できるかもしれないが、択伐等では参考程度にしかない。
		佐伯市	衛星画像を取り扱ったことはないが、森林法施行令改正時に確認事項が増加することに対応するため活用について興味はある。森林施行令改正時に隣接地との境界が明らかであるということや伐採者は求められるが、その情報に活用できないかと考えている。衛星画像や航空写真で、現場視察の代替を行ったことはない。
	少ない	尾道市	リモセンデータを活用したことはない。リモセンデータについては当自治体には不要と考えている。なぜならば当市では伐採のほとんどが電力会社の保安伐採であるからである。

4. 伐採検出システムの認知、導入、利用に関する現状や課題把握と対策への意見

電子化	伐採量	市町村	4. 伐採検知システムの認知、導入、利用に関する現状や課題
進んでいる	多い	大子町	FAMOSTを試しに利用した。伐採が届出書の計画に従ったものになっていくかの判断への活用、無届伐採の検知への活用が期待される。またFAMOSTには、期首・期末の入力の簡略化、GEOJSON以外のフォーマットでのダウンロードができるよう要望する。伐採及び伐採後の造林の届け出等の精度に関する市町村事務処理マニュアルもつけてほしい。伐採検知システムが、伐採造林届出制度に関する事務量の軽減に役立つように期待する。
		都城市	今回の事業説明で伐採検知システムについて知った。興味はある。場所の特定に時間を要するため。伐採検知システムは、再造林の確認などには有用だと思う。要望は「地番検索」ができるといい。
	少ない	東海村	茨城県の森林クラウド上の伐採検知情報を取得。伐採/造林後いずれも状況報告書が必要になり、提出を求めることが増えた。締め切りの迫っている未提出者に連絡を行う上で、現地確認の代替として伐採把握システムを利用し、現地に行かずとも伐採済みなのか未着手なのかを把握できれば、円滑な業務遂行に寄与と思う。また伐採のみならず造林の状況も把握できるようになればうれしい。本村は面積が小さいため現地確認は大きな負担ではないが、担当者の負担軽減のため、利用方法、活用事例を共有して欲しい。
		綾町	「森林変化情報提供サービス」を伐採状況の確認で使っている。撮影頻度を上げ、字図との連携を測ればよい。業種間多方面、産官学と連携が図れ、多方面から森林保存等への意見がでるといい。
進んでいない	多い	庄原市	伐採把握システムの存在は知らない。無届伐採の発見や伐採が実行されたの確認で利用できそうなので興味はあるが、操作や結果の見方に不安がある。無届伐採の発見や伐採が実行されたかの確認よりほかの業務を優先しており余力がない。伐採検知システムには、操作や読み取りの易しさを期待する。
		佐伯市	県からの情報提供で、FAMOST等の伐採把握システムがあるのは知った。使ったことはないが、興味はある。どの程度の精度があれば現地確認の代替として問題がないのかわからない。要求としては撮影時期は年2回の頻度、4月と9月。解像度は高いほうがいい。位置ずれは100m以内までは許容範囲。無届伐採の認知に対しての効率化に期待される。
	少ない	尾道市	FAMOST等の伐採把握システムを使ったことがある。

3) 市町村アンケートのまとめ

伐採造林届出制度の確実・効率的な運用には伐採届と森林クラウドや GIS、林地台帳が連携されていることが望ましい。市町村によっては伐採届が紙の状態で管理されていることから、場所の確認が空間情報として扱える状態になっていない場合があることがわかった。また、市町村によって、IT 化の進み具合や、現地確認方法が異なることが判った。インターネットとつながっているコンピュータが限られている、地図ソフトがインストールできないなど、それぞれの市町村での独自の諸事情もみられた。

一方で、今後の造林届などの基礎情報として、伐採把握システムの利用を期待しているという声が複数の自治体から寄せられた。

2.3. 伐採把握システムの現地適用

2.3.1. 概要

伐採造林届出制度における伐採把握システムの適用方法を検討するため、伐採把握システムの現地適用を試行した。試行にあたり、事前に行ったアンケートやヒアリングの結果を踏まえモデル地域を4つ選定し、2つの伐採把握システムの検出精度を検証し、次に現地実証等を行い、伐採把握システムの特性を整理した。

(1) 目的

前章において得られた情報を基に、検討委員の知見を得ながら、伐採傾向や自然条件の異なるモデル地域（市町村単位）を4箇所程度設定し、モデル地域において各種伐採把握システムを活用した伐採造林届出制度の効率的な運用について試行し、各種伐採システム毎の特性について整理することとした。その際、他の事業等と連携し、情報が活用可能な場合には、積極的に連携・活用することとした。

(2) モデル地域選定

1) モデル地域選定の方法

伐採傾向や自然条件の異なるモデル地域を表 2.3.1 に示す。選定にあたっては、第1回委員会での検討結果を基に決定した。

表 2.3.1 モデル地域とその特性

自治体	伐採把握・ニーズ	伐採把握システム導入状況	デジタル化状況
①茨城県 大子町	伐採発生普通 (届出普通)	ALOS-2 (PALSAR-2 画像) による伐採検出プログラム実証地	森林クラウドによる伐採造林届出管理
②広島県 尾道市	伐採発生低 (届出少)	FAMOST 実証地	台帳情報を紙で管理
③大分県 佐伯市	伐採発生高 (届出普通)		エクセルで台帳管理 今年度から森林クラウド導入
④宮崎県 都城市	伐採発生高 (届出多)	森林変化情報提供サービス。県と市町村で利用可能。	エクセルで台帳管理 土木 GIS で届出位置・範囲の図形情報管理

2.3.2. 各種伐採把握システムを活用した伐採造林届出制度の効率的な運用試行

運用試行では、無償ですべての自治体が利用可能な FAMOST と、既に一部の自治体で導入されている株式会社パスコの伐採把握システム（森林変化情報提供サービス。）の2つの伐採把握システムを用いることとし、それぞれのシステムの検出精度と、使い勝手検証を行った。

なお、検証においては、少なくとも次の2点に着目することとした。

【検証内容】

- 検出精度：過検出（検出した箇所が実際には検出すべきではない箇所である誤り）及び検出漏（検出すべき箇所が検出されない誤り）の両方について整理すること

- 使い勝手：伐採造林届出制度の運用等を行う都道府県・市町村にとってのシステムのわかりやすさや作業上の労力、改善意見

(1) 検出精度検証

衛星画像から目視で伐採地を抽出して①正解データを作成し、伐採把握システム（②FAMOST、③森林変化情報提供サービス）により得られた伐採地検出結果を比較検証し、伐採把握システム別の検出精度・検出傾向を整理した。

1) 検証手順

検証の流れを図 2.3.1 に示す。

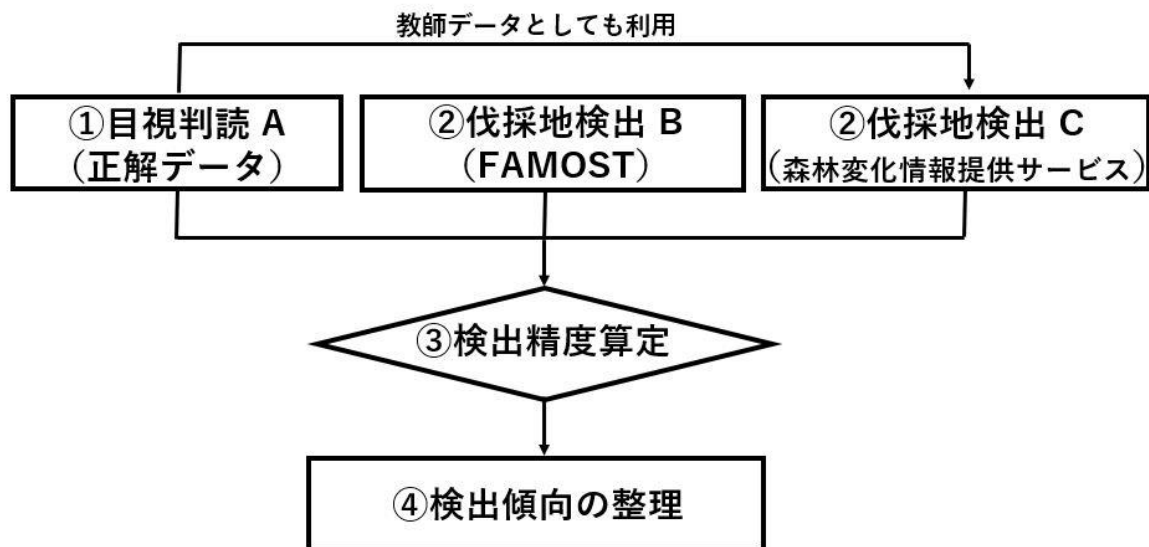


図 2.3.1 検出精度検証フロー

✓ A) 目視判読（正解データ）作成

- ・ 目視判読は以下の要領で行った。なお、現地確認後に一部見直しを行った。
- ・ 衛星：PSI 画像(1 年分の SPOT6/7 から編纂、解像度 1.5m)
- ・ 時期：編纂に用いた SPOT 撮影時期
- ・ 範囲：モデル対象自治体から複数の 2 次メッシュを選択。

大子町、尾道市、佐伯市、都城市の目視判読した伐採跡地位置図を図 2.3.2～図 2.3.5 に示す。

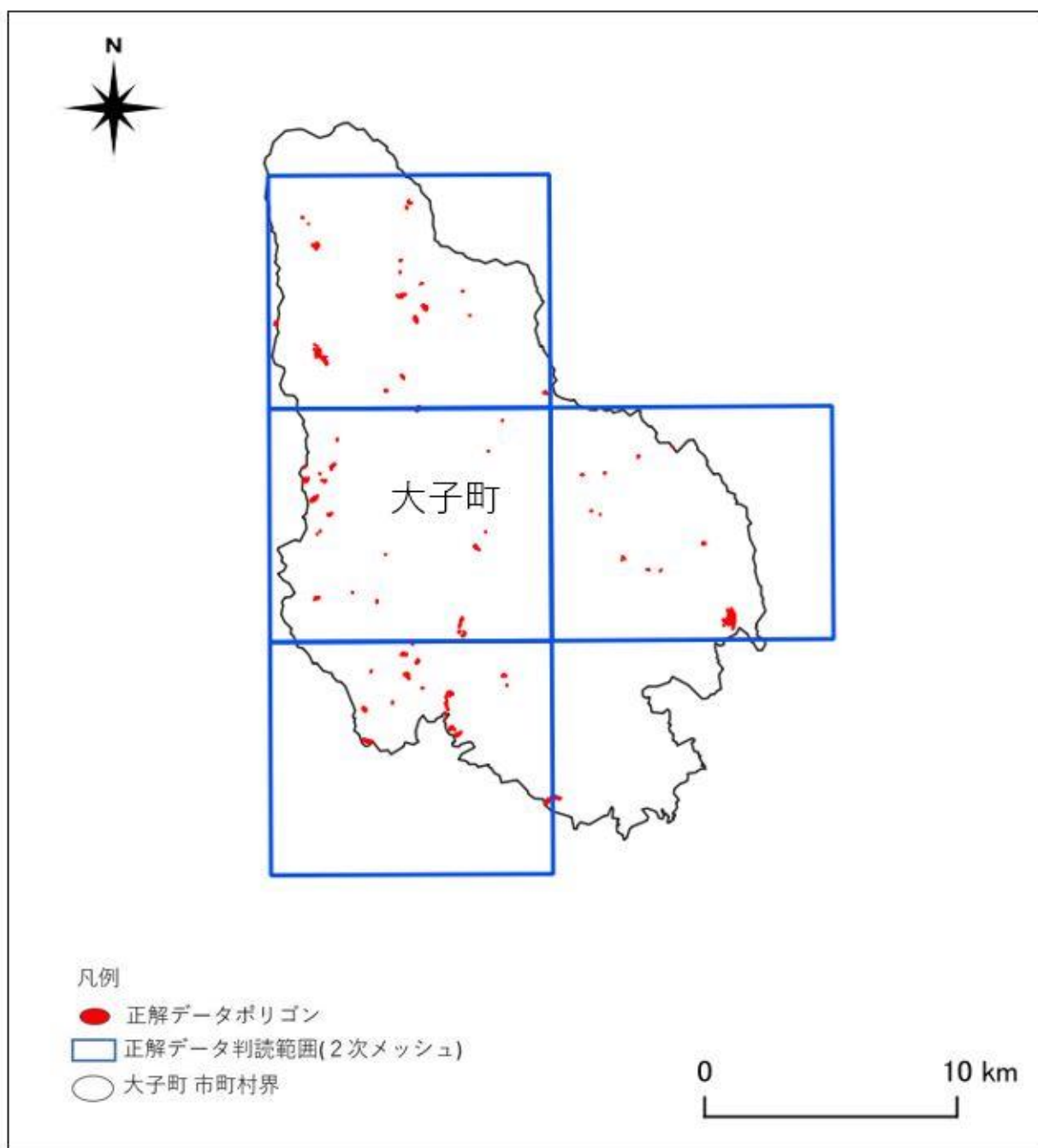


図 2.3.2 目視判読による伐採跡地（正解データポリゴン）位置図（大子町）

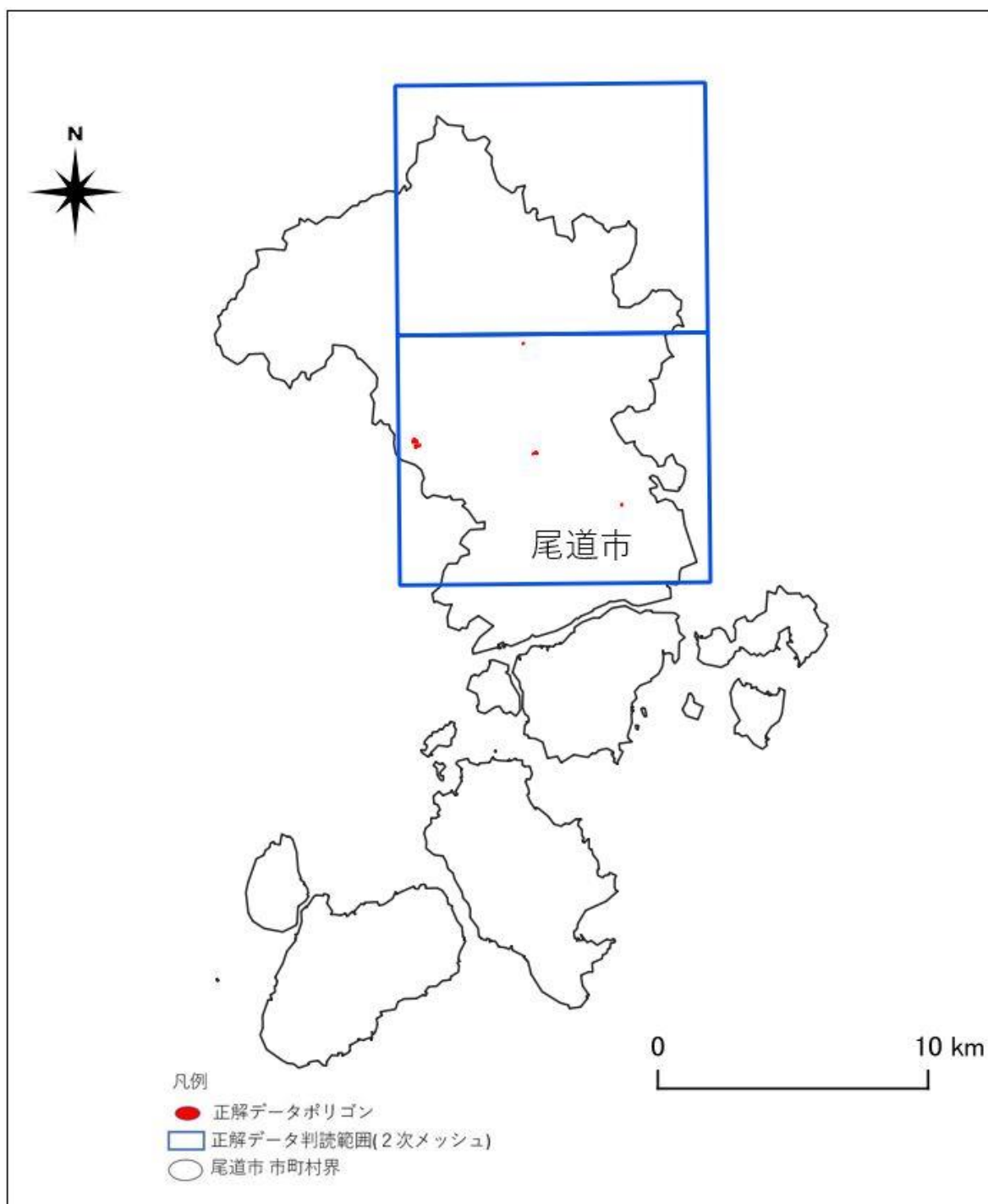


図 2.3.3 目視判読による伐採跡地（正解データポリゴン）位置図（尾道市）

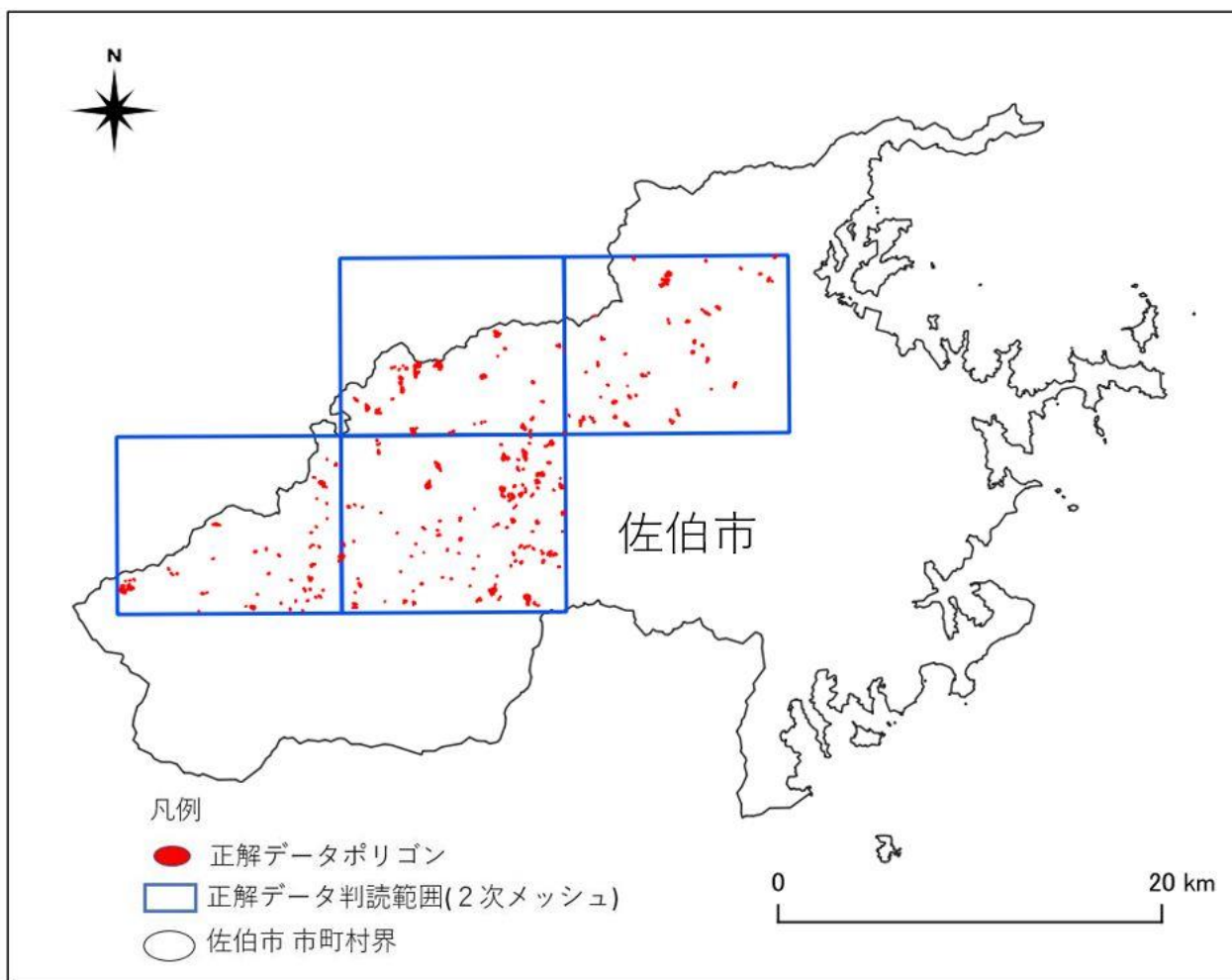


図 2.3.4 目視判読による伐採跡地（正解データポリゴン）位置図（佐伯市）

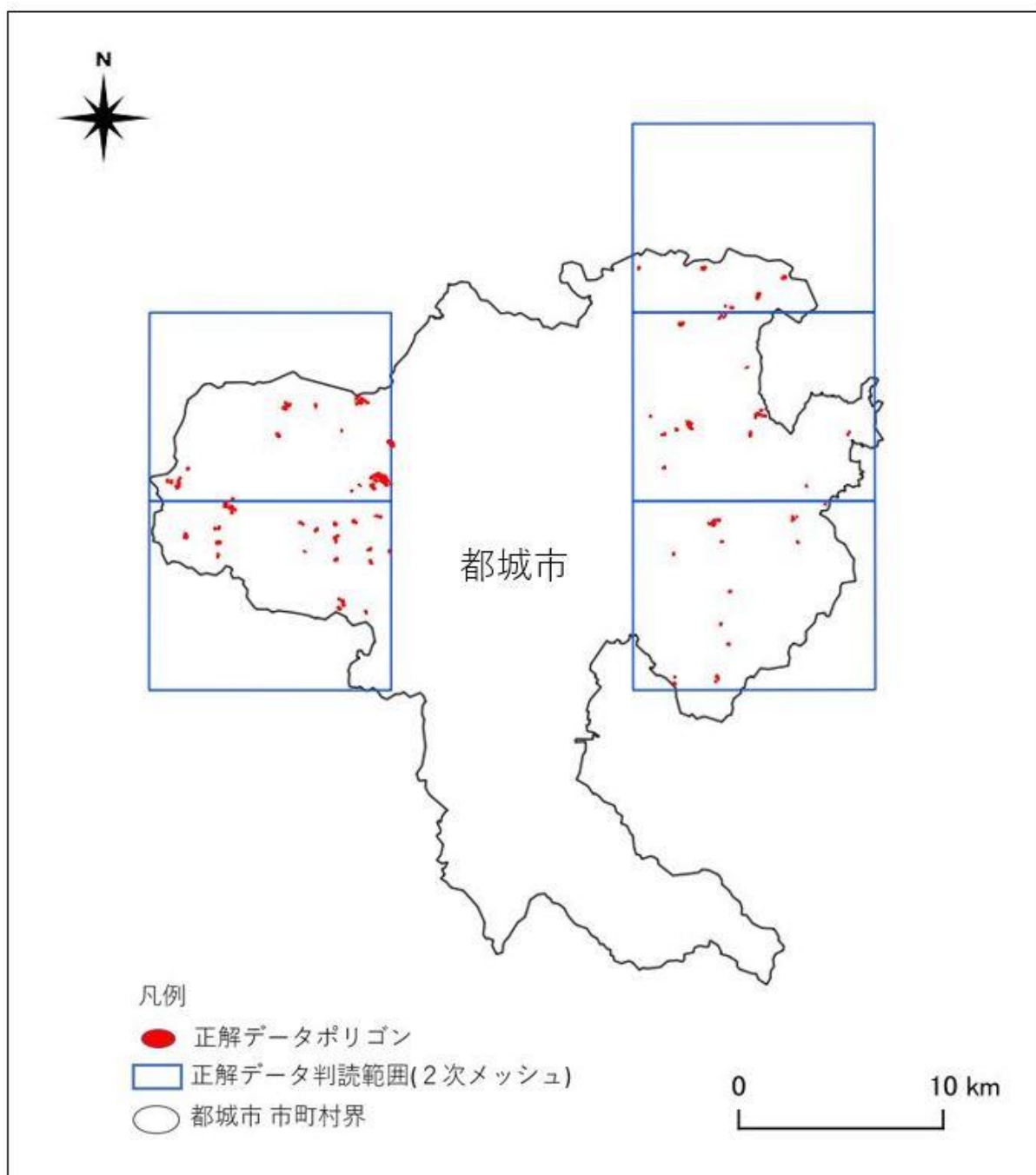


図 2.3.5 目視判読による伐採跡地（正解データポリゴン）位置図（都城市）

✓ 伐採地検出方法

B) FAMOST

- ・ 衛星：Sentinel-2(解像度 10m)
- ・ 時期：目視判読時期と同時期とした
- ・ 範囲：モデル対象自治体の森林域

※都城市は国有林を除く

C) 森林変化情報提供サービス

- ・ 衛星：PSI 画像(1 年分の SPOT6/7 から編纂、解像度 1.5m)
- ・ 時期：目視判読時期と同時期とした
- ・ 範囲：モデル対象自治体から複数の 2 次メッシュを選択し判読

なお、表 2.3.2 に示した伐採跡地判読件数は現地調査前の値である。

表 2.3.2 モデル自治体別データ諸元

モデル自治体	2 次メッシュ No	期首2020 SPOT撮影日	期末2021 SPOT撮影日	伐採跡地 判読件数	FAMOST 検出結果	森林変化情報 提供サービス
茨城県 大子町	554022	2020/8/11	2021/5/4	85	34	65
	554012	2020/8/11	2021/9/19			
	554002	2020/8/11	2021/5/4			
	554013	2020/8/11	2021/9/19			
広島県 尾道市	513351	2020/6/16	2021/10/4	7	1	16
	513361	2020/6/16	2021/4/10			
大分県 佐伯市	493125	2020/5/1	2021/10/3	252	76	256
	493124	2020/5/1	2021/10/3			
	493135	2020/5/1	2021/10/3			
	493136	2020/5/1	2021/10/3			
宮崎県 都城市	473171	2020/11/4	2021/11/5	65	28	100
	473161	2020/11/4	2021/11/5			
	473151	2020/11/4	2021/11/5			
	473067	2020/11/4	2021/11/5			
	473057	2020/11/4	2021/11/5			

※伐採跡地判読件数は現地調査前の値であり、見直しが行われた。

2) 検出精度算定および比較検証

正解データ A と予測データ B 及び C について、それぞれの再現率、適合率を算定

※再現率：全ての正解データ（伐採地）のうち、伐採把握システムが正しく検出した割合

※適合率：伐採把握システムが検出したもののうち、正解データ（伐採地）を正しく検出した割合

3) 現地確認

1 回目の検証結果をもとに現地確認を行い、誤判読しやすい場所等の検出傾向を確認し

た。また、その内容を元を目視判読結果の見直しなどを行った。

4) 検出傾向の整理

対象地別に再現率、適合率の算定結果を整理し傾向を整理

5) 検出精度算定結果

FAMOST と森林変化情報提供サービスの検出精度算定結果は次のとおり。

概要としては、FAMOST はより確からしい伐採地を抽出しており、誤判読は少ないものの、伐採地の抽出漏れが多い傾向が見られた。

一方で、森林変化情報提供サービスはより多くの伐採地を検出しており、FAMOST に比べて伐採地の見逃しが少ない傾向が見られた。

(参考) 正解データと伐採届出情報の突合

正解データと自治体から入手した伐採届の情報を試験的に突合したところ、再現率が3割から6割と小さな値となった。これは、正解データに伐採造林届出制度以外の制度（国有林、保安林、森林経営計画、林地開発許可）による伐採が含まれていたためであり、正解データから他制度の伐採を除去した上で都城市で再度検証したところ、再現率は9割となった。

このことから、伐採届による伐採と他制度による伐採を区別することができれば、届出情報と伐採把握システムの抽出結果をGIS上で突合することが可能となり、市町村の業務の改善に資する可能性が示された。

6) 現地確認

現地確認は以下の方針で実施した。

(ア) 現地確認目的および要確認パターン

- 「使い勝手検証」における伐採届出箇所の現地確認プロセス再現
 - ・ 未届伐採の可能性のある箇所について、伐採有無を確認し未届出なのか伐採予定期間ズレかを検証⇒**未届パターン**
 - ・ 届出有で未伐採の可能性のある箇所について、伐採有無を確認し未伐採なのか伐採予定時期ズレかを検証⇒**未伐パターン**
- 「検出精度検証」における現地確認
 - ・ 森林変化情報提供サービス（AI 判読）の過検出箇所を確認し検出した理由を検証⇒**過検出パターン**
 - ・ AI 判読の検出漏れ所を確認し漏れた理由を検証⇒**検出漏パターン**

(イ) 現地確認地点選定基準および現地確認内容

- A) 未届パターン:AI（および目視判読）での検出結果有り、伐採届出箇所無し
⇒2022 年度現在の伐採有無を確認、伐採無しの場合は現地状況を確認する
⇒目視および AI 判読結果が誤判読となった理由を推測する
- B) 未伐パターン:AI（および目視判読）での検出結果無し、伐採届出箇所有り
⇒2022 年度現在の伐採有無を確認、伐採有りの場合は再造林有無や植生回復状況を確認
- C) 過検出パターン:AI での検出結果有り、目視判読結果無し
⇒2022 年度現在の伐採有無を確認、伐採有りの場合は再造林有無や植生回復状況を確認

況を確認

- D) 検出漏パターン: AI での検出結果無し、目視判読結果有り
⇒2022 年度現在の伐採有無を確認、伐採無しの場合は現地状況を確認

(ウ) 現地確認

現地調査実施日を表 2.3.3 に示す。

また、現地調査位置図を図 2.3.6～図 2.3.9、調査箇所一覧を表 2.3.4～表 2.3.7 にそれぞれ示す。なお、現地の詳細は資料編の現地調査表に示した。

表 2.3.3 現地調査一覧

自治体	現地調査日	調査箇所数
茨城県大子町	令和 5 年 1 月 18 日～19 日	10 箇所
広島県尾道市	令和 5 年 1 月 24 日～25 日	9 箇所
大分県佐伯市	令和 5 年 1 月 19 日～20 日	13 箇所
宮崎県都城市	令和 4 年 12 月 27 日～28 日	10 箇所

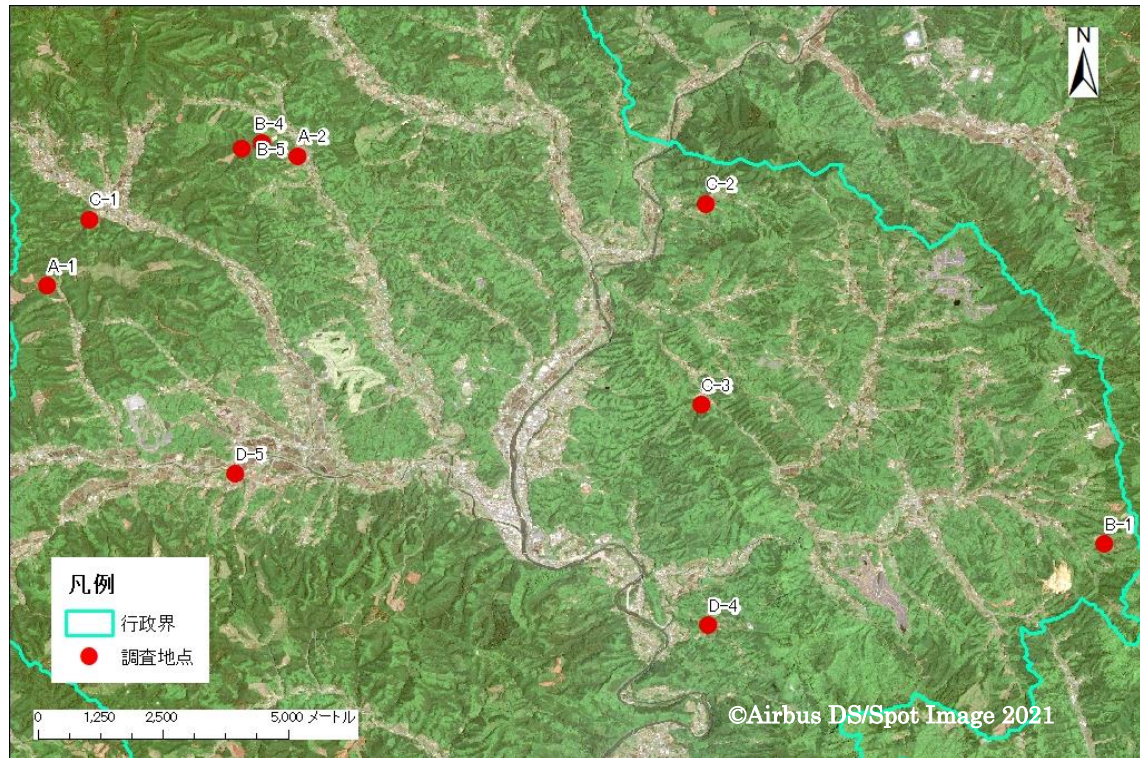


図 2.3.6 大子町現地調査位置

表 2.3.4 大子町調査箇所一覧

調査地点	写真番号	備考
D-4	9066、9067	当該箇所は届出があったが伐採されていない「未伐採地」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
A-2	9034、 9036、9037	当該箇所は伐採されているが届出が無い「未届出伐採地」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
B-4	9038、 9039、 9040、 9041、 9042、9043	当該箇所は AI の誤判読「過剰検出」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
B-5	9044、9045	当該箇所は AI の誤判読「過剰検出」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
C-1	9046、 9047、9048	当該箇所は AI の誤判読「検出漏れ」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
A-1	9049、 9050、 9051、9052	当該箇所は伐採されているが届出が無い「未届出伐採地」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
D-5	9053、 9054、 9055、 9056、9057	当該箇所は届出があったが伐採されていない「未伐採地」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
C-2	9058、 9059、 9060、9061	当該箇所は AI の誤判読「検出漏れ」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
C-3	9062、9063	当該箇所は AI の誤判読「検出漏れ」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
B-1	9064、9065	当該箇所は AI の誤判読「過剰検出」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。

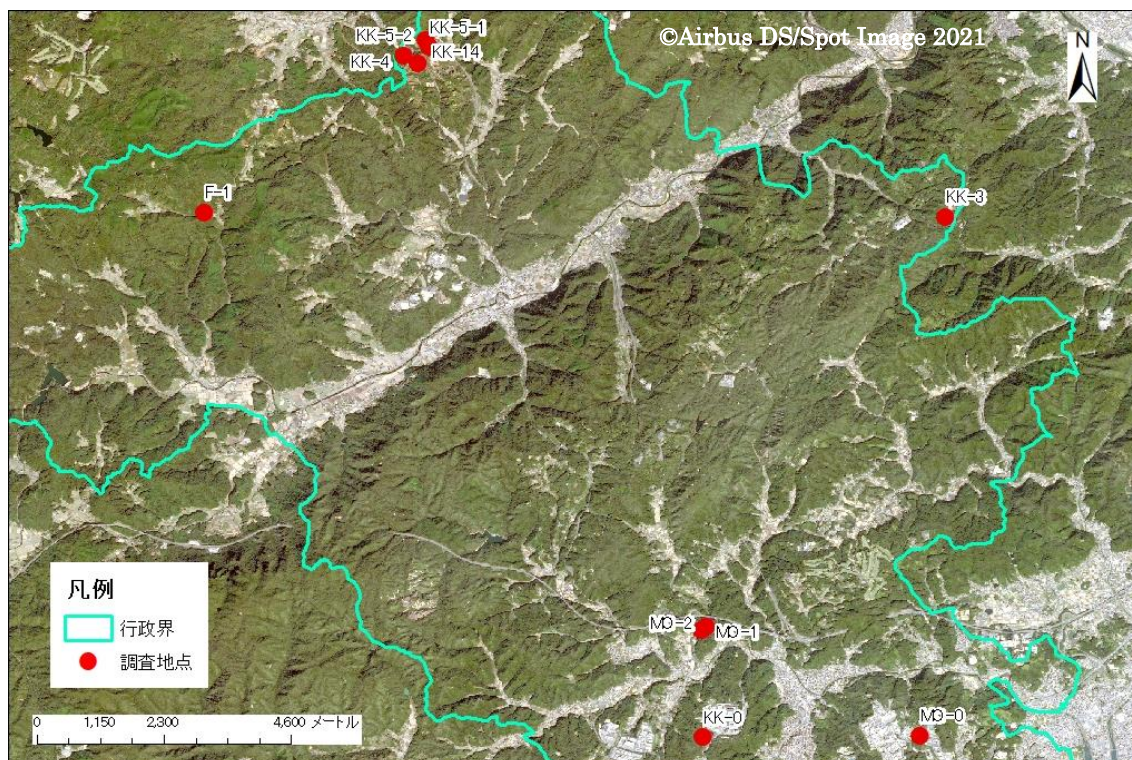


図 2.3.7 尾道市現地調査位置

表 2.3.5 尾道市調査箇所一覧

調査地点	写真番号	備考
KK-15	9131、9132	当該箇所は AI の誤判読「過剰検出」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
KK-5-2	9133、9134、9135	当該箇所は AI の誤判読「過剰検出」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
KK-4	9136、9137	当該箇所は AI の誤判読「過剰検出」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
KK-14	9138、9139、9140	当該箇所は AI の誤判読「過剰検出」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
KK-3	9127、9128	当該箇所は AI の誤判読「過剰検出」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
MO-2	9123、9124	当該箇所は AI の誤判読「検出漏れ」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
MO-1	9125、9126	当該箇所は AI の誤判読「検出漏れ」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
KK-0	9121、9122	当該箇所は AI の誤判読「過剰検出」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
MO-0	9119、9120	当該箇所は AI の誤判読「検出漏れ」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。



図 2.3.8 佐伯市現地調査位置

表 2.3.6 佐伯市調査箇所一覧

調査地点	写真番号	備考
MB-41	9111、9112	当該箇所は届出があったが伐採されていない「未伐採地」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
MB-40	9113、9114、9115、9116、9117、9118	当該箇所は届出があったが伐採されていない「未伐採地」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
KK-12	9068、9069、9070	当該箇所は AI の誤判読「過剰検出」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
KK-23	9071、9072、9073	当該箇所は AI の誤判読「過剰検出」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
MB-63	9074、9075	当該箇所は届出があったが伐採されていない「未伐採地」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
MB-62	9076、9077、9078	当該箇所は届出があったが伐採されていない「未伐採地」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
MB-64	9080、9081	当該箇所は届出があったが伐採されていない「未伐採地」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
MO-30	9082、9083、9084	当該箇所は届出があったが伐採されていない「未伐採地」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
KK-15	9085、9086、9087、9088、9089	当該箇所は AI の誤判読「過剰検出」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
MT-28	9090、9091、9092	当該箇所は伐採されているが届出が無い「未届出伐採地」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
MT-31	9093、9094、9095、9096、9097、9098	当該箇所は伐採されているが届出が無い「未届出伐採地」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
MT-25	9099、9100、9101、9102、9103、9104、9105、9106	当該箇所は伐採されているが届出が無い「未届出伐採地」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。
MO-29	9107、9108、9109、9110	当該箇所は AI の誤判読「検出漏れ」の可能性があるので、現地において伐採有無の確認を行った。

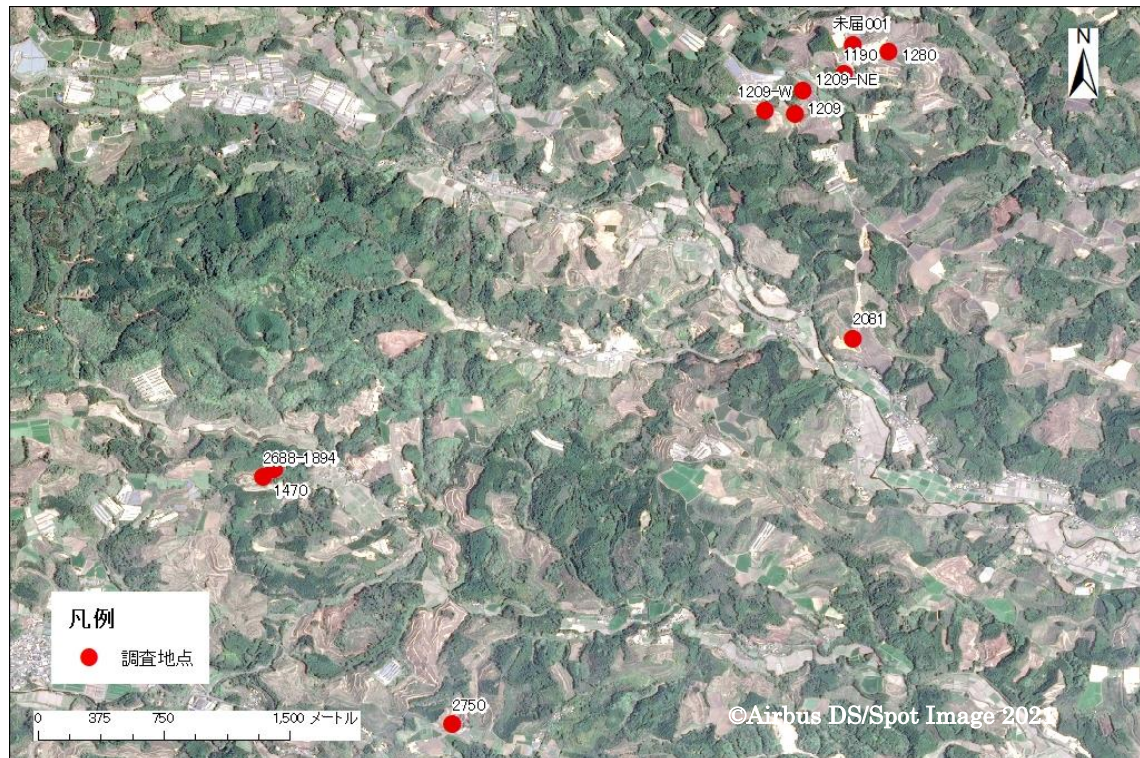


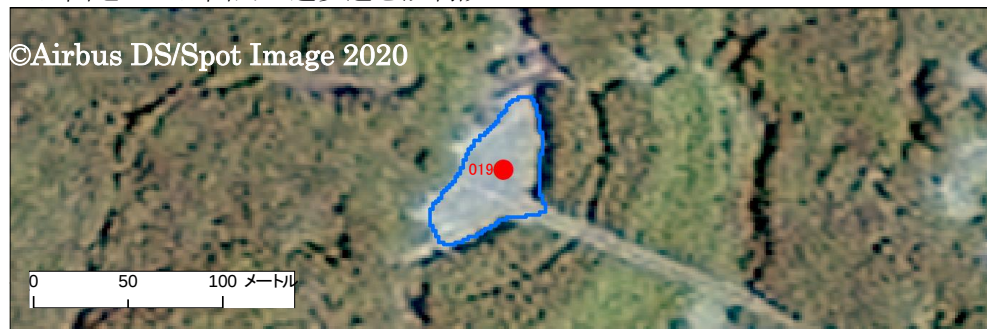
図 2.3.9 都城市現地調査位置

表 2.3.7 都城市調査箇所一覧

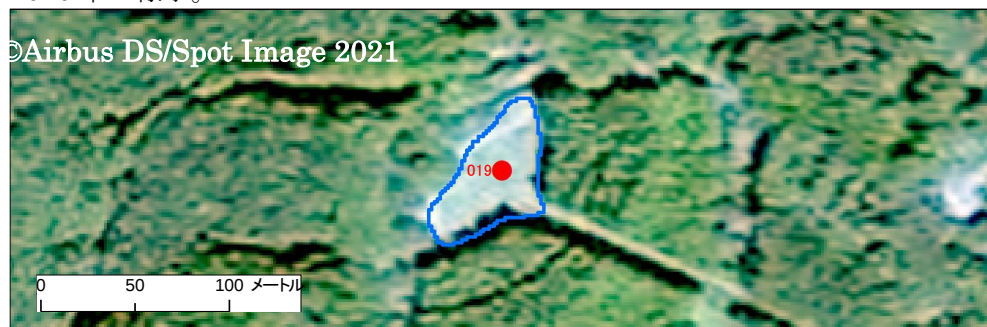
調査地点	写真番号	備考
1280	1544、1545、1546、1547	当該箇所は伐採されているが届出が無い「未届出伐採地」の可能性があるため、現地において伐採有無の確認を行った。
1190	1551、1552、1553、1554、1555、1556	当該箇所は伐採されているが届出が無い「未届出伐採地」の可能性があるため、現地において伐採有無の確認を行った。
1209-NE	1557、1558	当該箇所は AI の誤判読「検出漏れ」の可能性があるため、現地において伐採有無の確認を行った。
1209	1561	当該箇所は AI の誤判読「過剰検出」の可能性があるため、現地において伐採有無の確認を行った。
1209-W	1562	当該箇所は AI の誤判読「過剰検出」の可能性があるため、現地において伐採有無の確認を行った。
2688-1894	1564、1565	当該箇所は AI の誤判読「検出漏れ」の可能性があるため、現地において伐採有無の確認を行った。
1470	1566	当該箇所は届出があったが伐採されていない「未伐採地」の可能性があるため、現地において伐採有無の確認を行った。
2750	1568、1569	当該箇所は AI の誤判読「検出漏れ」の可能性があるため、現地において伐採有無の確認を行った。
2081	1570、1571、1572	当該箇所は届出があったが伐採されていない「未伐採地」の可能性があるため、現地において伐採有無の確認を行った。
未届 001	1543	当該箇所は伐採されているが届出が無い「未届出伐採地」の可能性があるため、現地において伐採有無の確認を行った。

【過検出パターン】

A 公園芝生と公園内の遊歩道を誤判読

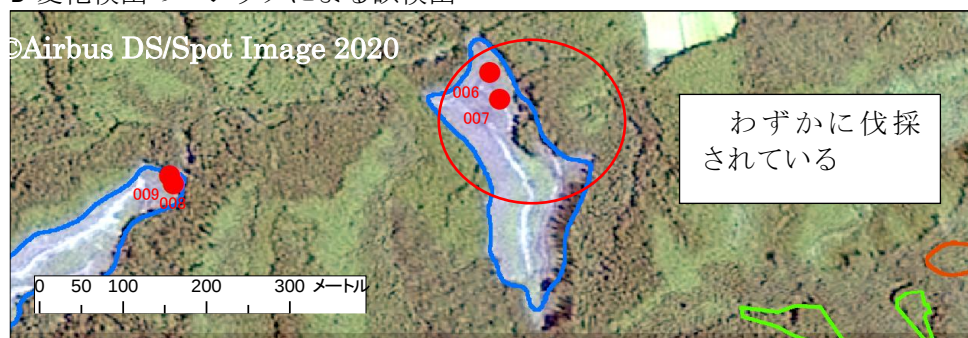


2020 年の様子。

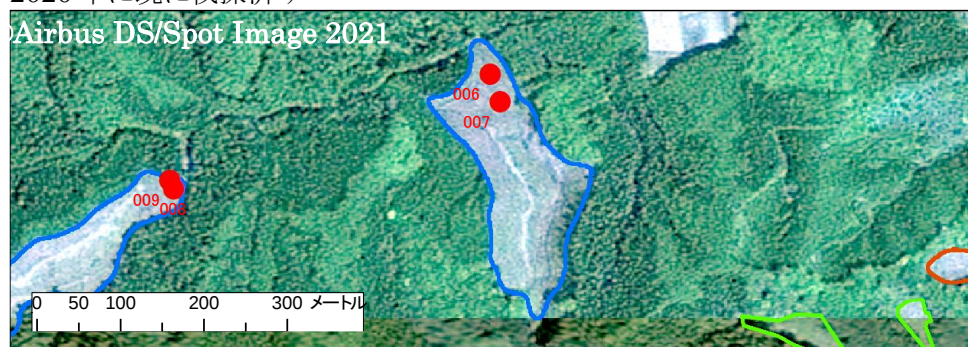


目視判読は周辺の道路状況などから伐採地ではないと判断。
2020 年の段階では伐採地として検出されず。2021 年は伐採地として検出している。

B 変化検出のロジックによる誤検出



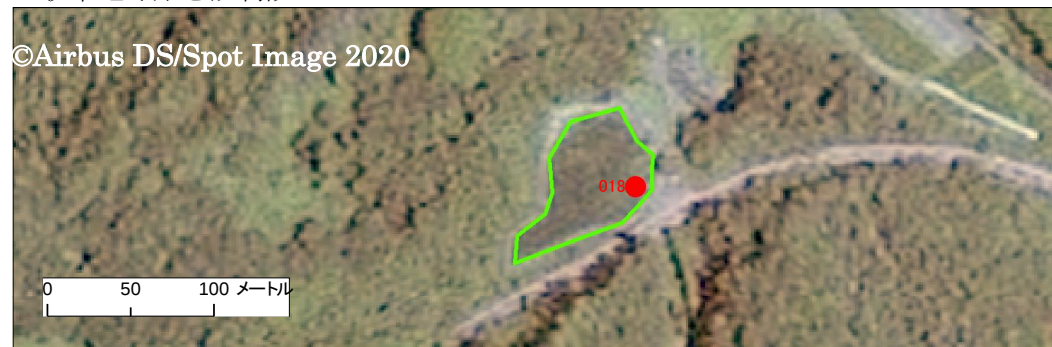
2020 年に既に伐採済み



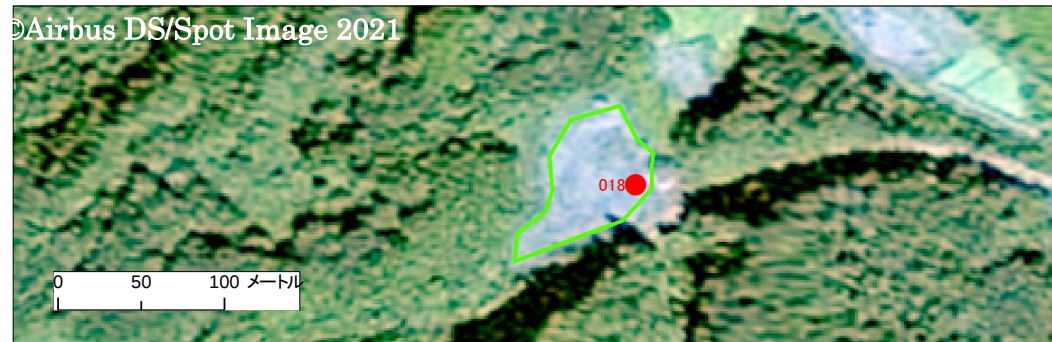
目視判読は伐採地ではないが AI は伐採地として検出している。
実際には伐採地内の小割合の伐採であっても、変化量次第で伐採地として検出。

【抽出漏れパターン】

A 牧草地や畑を誤判読



2020 年は未伐採



2021 年に伐採されているが、AI では検出されていない。作業道などの跡が無く特徴が分かりにくい箇所、2020 年は畑地であった。

B 作業道の跡が無く、植生回復が見られる場合



2020 年は未伐採



2021 年は伐採されているが、AI では検出されていない。作業道の跡が無く、植生回復が見られる。

7) 検出傾向の整理

以下に、FAMOST および森林変化情報提供サービスの伐採検出傾向についてまとめた。

(ア) FAMOST の伐採検出傾向

精度検証結果を踏まえた FAMOST の検出傾向は以下の通りである。

➤ 全体的な検出傾向

- A) 画像解析の際に複数の指標や閾値を用いるなど、伐採跡地をより正確に検出する仕組みとなっている。結果、予測ポリゴンの総数が減り、相対的に誤判読も少なくなることで適合率が高くなる。一方で、再現率が低くなり抽出漏れも発生している。
- B) FAMOST の特性として、伐採直後の植生回復の少ない状態での検出結果が良好となっている。
- C) 一方で秋期から冬期の検出では、落葉の影響を伐採と誤検出しやすい。
- D) 0.7ha 以上の適合率が概ね良好であった。

➤ 検出面積別の傾向

- A) 結果が良好であった適合率においては、どの地域でも、最小検出面積が大きくなると適合率が高くなる。
- B) 伐採期間に合わせた期首期末指定を行うことで、面積の大きな抽出漏れ等を防ぐ事ができる。
- C) 面積が大きくなると、伐採地と周辺土地利用が混雑したミクセルの影響が減り、より確からしい箇所を検出するためと考えられる。

➤ 地域別の傾向

- A) 結果が良好であった 0.7～1.0ha 適合率において、いずれの地域も結果が良好で大きな地域差は見られなかった。
都城市の結果が他より全体的に低いのは 2020 年 2021 年ともに衛星画像撮影時期が 11 月のため、落葉広葉樹や他植生の冬枯の影響が出ていたためだと考えられる。

(イ) 森林変化情報提供サービスの伐採検出傾向

精度検証結果を踏まえた森林変化情報提供サービスの検出傾向は以下の通りである。

➤ 全体的な検出傾向

- A) 森林変化情報提供サービス(AI 判読/1.5m 解像度 SPOT 採用)は、再現率(Recall)が良好な結果となった。
- B) 伐採地らしいものを漏れなく検出する方針としている。結果、予測ポリゴンの総数が増え、相対的に誤判読も増えることで適合率が低くなる場合があった。
一方で、どの地域でも再現率、適合率は一定の精度で安定しており、特に再現率は高く検出漏れが減る傾向がある。
(実際のサービス提供時は品質検査を行うため、本検証の結果よりも再現率・適合率は高くなるよう担保する予定であるとのこと。)

➤ 検出面積傾向

どのモデル地域においても、最小検出面積が大きくなると再現率と適率ともに高くなる。これは、面積が大きくなる事で伐採地の形状や作業跡などの特徴がより顕著に出るためと考えられる。

➤ 地域差

再現率、適合率ともに大きな地域差は見られなかった。都城市の結果が他より全体的に低いのは 2020 年 2021 年ともに衛星画像撮影時期が 11 月のため、落葉広葉樹や他植生の冬枯の影響が出ていたためだと考えられる。

現地調査結果を踏まえた森林変化情報提供サービスの検出傾向は以下の通りである。

- A) 森林変化情報提供サービスで行われている AI 判読の教師データは伐採地の植生状況だけでなく形状、作業道の有無などで判断している
- B) AI 判読時に、教師データの影響を受けているため、目視判読が難しい画像状況（例えば、影、急峻地形でより顕著、落葉広葉樹林、草本類の冬枯など）を伐採地と誤判読しやすい。

（２） 使い勝手検証

モデル自治体を対象に運用シナリオに基づいた実証テストを行い、その結果をヒアリングし、伐採造林届出制度の運用等を行う都道府県・市町村にとってのシステムのわかりやすさや作業上の労力、改善意見を整理した。

１） 使い勝手検証の実施方針

1. テスト目的：伐採造林届出制度の確実な運用や円滑化を図るため、伐採把握システム導入による効率的効果的な運用フローを検証した。
2. 検証ポイント：
 - ① 「伐採把握システム」利用タイミングの検証
 - ② 効率化される作業の定量把握、有効性の把握
 - ③ システム操作性、わかりやすさ(直観的操作性)に対する評価と改善点把握
3. 運用テスト方針
 - ✓ テスト対象自治体：モデル地域となる市町村
 - ✓ テスト対象システム：FAMOST（発注者）、森林変化情報サービス（受注者）※シナリオによって森林クラウドも利用
 - ✓ テスト方法：テストシナリオに合わせて、システム起動し伐採跡地を確認、伐採造林届出情報と照合するテスト
 - ✓ テスト開始時期と期間：実際に伐採届出に記載された伐採予定時期を考慮

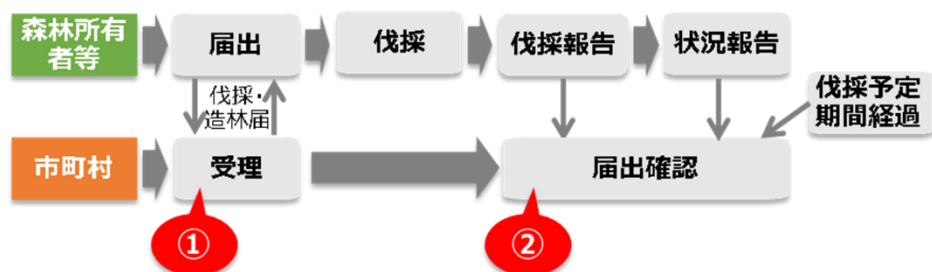
２） 運用テストシナリオおよびヒアリング事項の作成

運用テストシナリオは、伐採造林届出制度の運用フローの中で、想定される伐採把握システム利用タイミングと方法を 3 パターン程度作成した。また、その利用方法の有効性や課題などのヒアリング事項を作成した。

【運用テストシナリオ】

① 伐採造林履行確認テスト

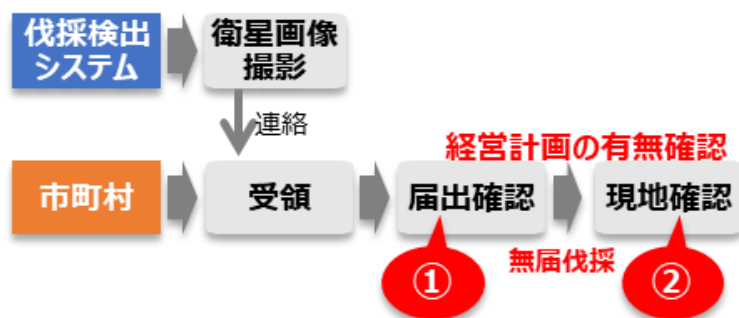
伐採造林届出の伐採実施時期に合わせて、伐採把握システムを確認し届出と照合するテスト



テスト項目		テストシナリオ	ヒアリング
①	伐採造林届出受理	1. 伐採予定期間前（最も新しい）伐採届出情報を利用 2. 伐採把握システム上で届出箇所の現在状況を確認	✓ 従来の確認方法 ✓ 従来方法と把握システム利用方法の届出照合時間の比較 ✓ 把握システム利用の有効性
②	伐採造林届出確認	1. 伐採予定期間を過ぎた届出情報を利用 2. 届出位置情報と伐採箇所を照合 ★伐採実施有無 ★伐採面積の比較	✓ 従来の確認方法 ✓ 従来方法と把握システム利用方法の届出照合時間の比較 ✓ 使い勝手意見

② 無届伐採検出テスト

定期的（もしくは衛星画像撮影連絡時）に伐採把握システムを確認し、伐採造林届出と照合するテスト



テスト項目		テストシナリオ	ヒアリング
①	伐採造林届出確認	1. 伐採把握システムから伐採箇所をダウンロード（3 か月程度、夏頃） 2. GIS※に搭載 3. 届出位置情報と伐採箇所を照合 ★伐採届出有無 ★伐採面積の比較 1. 無届出の場合経営計画樹立の有無を確認（事後届出分） ※森林クラウド、ArcGIS など	✓ 従来の確認方法ヒアリング ✓ GIS 利用に関する意見 ✓ 従来方法と把握システム利用方法の届出照合時間の比較 ✓ 任意期間抽出の利便性
②	現地確認	1. ①で届出情報が無かったもの、面積が大きく異なる届出を抽出し衛星画像で確認 2. 衛星画像上で誤判読や誤抽出でないことを確認し、 現地確認 を実施	✓ 無届箇所と面積異なる箇所の数量集計 ✓ 可能な範囲で 現地確認

③ 伐採跡地集計テスト

年1回程度の割合で伐採跡地を集計するテスト



テスト項目		テストシナリオ	ヒアリング
①	伐採造林届出確認と集計	1. 伐採把握システムから伐採箇所をダウンロード(1年分) 2. GIS※に搭載 3. 届出位置情報と伐採箇所を照合 ★伐採届出有無 ★伐採面積の比較 1. 届出有無や面積合致など内容不具合の有無などで種別し集計 ※森林クラウド、Q-GIS など	✓従来の県への届出方法ヒアリング ✓従来方法と把握システム利用方法の届出照合時間の比較

3) ヒアリング結果

ヒアリング結果は、モデル自治体別に資料編に添付しているが、以下にヒアリング結果を要約した。

表 2.3.8 想定される利用方法

市町	隣接する ひと塊の伐採状況	伐採履行状況の 確認	無届出伐採の 確認	集計利用
大子町	・現状行っていない、 今後也不要、森林クラウドで可能、森林計画図等も確認できるので有効 ・主伐より間伐が多いため、届出時に現地状況を確認する必要性はあまり無い	・有効	・有効	・県等への集計報告時に伐採履行の有無を確認する必要が無い ・市で独自に伐採地を把握する際に、リスト化できるのは有効
尾道市	・現状行っていないし、件数少ないので、今後也不要			・県等への集計報告時に伐採履行の有無を確認する必要が無い
佐伯市	・現状行っていない、隣接されている状況確認は有効	・有効	・有効	・県等への集計報告時に伐採履行の有無を確認する必要が無い ・市で独自に伐採地を把握する際に、リスト化できるのは有効
都城市	・現状行っていない、隣接されている状況確認は有効	・有効		・県等への集計報告時に伐採履行の有無を確認する必要が無い

				・市で独自に伐採地を把握する際に、リスト化できるのは有効
--	--	--	--	------------------------------

表 2.3.9 システム改修の要望

市町	住所・地番での伐採地検索	shp 形式での図形データ出力	その他
大子町	必要	必要	・伐採届出の伐採履行状況確認においては、間違いの少ない検出が望ましい ・無届伐採把握や集計時には検出漏れが少ない方が望ましい ・アラートの必要性は低い、定期的なお知らせレベルで良い
尾道市			
佐伯市	必要	必要	・所有者の方で伐採予定地を書き込めるような仕組みがあれば良い
都城市	必要	必要	・アラートの必要性は低い、定期的なお知らせレベルで良い

その他、次のような意見があった。

- ✓ 森林クラウドとの親和性に期待したい（大子町）
- ✓ 林野庁の「伐採造林届出運用マニュアル」に明記されていると利用を考えると（大子町）
- ✓ 伐採届出制度上では有効性を感じないが、その他制度による伐採地（国有林や自然公園内）把握に有効（尾道市）

4）使い勝手検証のまとめ

- モデル対象自治体は、伐採造林届出制度を運用するにあたり、それぞれ重視しているポイントが若干異なっていた。
- 都城市は土砂災害防止の観点から再造林履行を重視、大子町は伐採造林届出の確実な運用（届出忘れの防止）、佐伯市は土砂災害防止の観点から伐採後の残材確認、尾道市は伐採造林届出の省力化（なるべく職員負担軽減、伐採前後の現地写真を確認し運用）
- 本業務は伐採造林届出提出から伐採報告までを対象としたが、伐採造林届出制度全体では状況報告にともなう「再造林」や「天然更新完了」の確認が必要である。これらに対しても衛星画像で確認できないかという期待があった。
- GIS 上で届出情報と伐採地検出結果を突合できることが業務効率化のポイントとなる。これを実現するためには、届出時に伐採位置や範囲などの図面提出を求めるか、少なくとも森林計画図や林地台帳の付随地図（地番図）と紐づけられる状態にする必要がある。森林計画図の場合は届出時に小班番号も記載する。林地台帳の場合は自治体側が地番図整備を行っておくといった取組が必要。更に台帳、位置範囲の情報を電子化し GIS 上で管理することが有効

- 森林クラウドを利用し、かつ森林経営計画、保安林、林地開発などの情報共有が図られている場合、伐採地検出結果がどの制度に基づいているかを把握することが可能となり、無届伐採の確認に有効となる。

2.4. 地域ごとの伐採面積の把握方法の検討

2.4.1. 概要

前項までの検討結果も踏まえ、全国あるいは地域（都道府県）別の伐採面積の把握方法について検討を行う。検討に当たっては、既往の行政情報や衛星画像等から得られた情報等について整理するとともに、それらから一定の信頼性をもった伐採面積の情報を把握する方法について整理を行った。

2.4.2. 利用可能な情報の検討

（１） 行政情報

ここでいう行政情報とは、森林法の規定に基づき、自治体に提出されている許認可等の手続き（伐採造林届、森林経営計画の伐採届出、保安林の伐採許可等、林地開発許可）に基づく情報である。

１） 行政情報の種類

➤ 伐採造林届出制度

森林所有者などが森林の立木を伐採する場合、その森林が所在する市町村長に、事前に伐採及び伐採後の造林の計画を届け出ることが義務づけられている。また、伐採が完了したときは伐採に係る森林の状況の報告を、伐採後の造林が完了したときは伐採後の造林に係る森林の状況の報告を行うことも義務づけられている。

➤ 森林経営計画における伐採届出

森林経営計画の認定を受けた森林で伐採等を行った場合は、その森林が所在する市町村長に届け出を行う必要がある（森林法第 15 条）。

➤ 保安林の伐採許可等

保安林では、それぞれの目的に沿った森林の機能を確保するため、立木の伐採や土地の形質の変更等が規制されており、立木の伐採をしようとする場合には都道府県知事の許可等が必要である。

➤ 林地開発許可制度

地域森林計画対象森林内で一定の規模以上の開発行為（土石又は樹根の採掘、開墾その他の土地の形質を変更する行為）を行おうとする場合には、都道府県知事に許可を得る必要がある。

これらの情報は、市町村あるいは都道府県にデータとして蓄積されることから、これを集計することにより伐採面積を求めることが可能と考えられる。

2) 行政情報を利用するに当たっての課題

行政情報は、都道府県・市町村といった地域ごとに集計が可能である一方、以下のような課題があると考えられる。

➤ データの形態や質の問題

行政情報は、一般的に所定の様式によって紙ベースの形態で届出がなされるため、電子化がなされていない場合には、紙媒体の資料から面積等の情報を拾い上げる必要がある。また、届出の提出先は、制度によって市町村、都道府県と異なっている場合は、それぞれの自治体から情報収集する必要がある。

また、届出に記載されている面積については、手続きの種類により、区画が実測されている場合もあれば、森林簿等の台帳上の面積が転記されている場合もある。また区画の情報がデジタル化されている／いないといった違いもあり、位置情報も必要な場合には注意が必要である。

また、当然ながら無届の伐採についても把握することができない。

➤ タイムラグの問題

伐採造林届は、伐採を行おうとする前に届け出るものであるが、届け出が提出されていてもすぐには実行されない場合があるため、書面上の集計面積と実際の伐採面積の間にタイムラグが生じることに留意が必要である。

(2) サンプルングによる衛星画像判読結果

1) サンプルングによる伐採把握手法の概要

統計理論に基づいて全国を一定の間隔でサンプルング（系統抽出）し、抽出されたサンプル箇所の衛星画像を判読することにより、伐採発生の有無を確認する方法である。系統抽出により、伐採面積を一定の誤差率と信頼区間の範囲で推定することが可能となる。

ここで、全国に均等に配置されたサンプルプロットから、判読によって得られた「伐採／非伐採」という情報をもとに、日本全体の伐採面積を推計することを考える。全国に配置されたサンプルプロットの総数を n 、「伐採地」として抽出されたプロットの数 N とすると、全国土面積に占める伐採面積の割合 p は、二項分布の確率として表現することができ、

$$p = N/n$$

である。したがって、全国の伐採面積を B とした場合、二項分布の期待値として p に国土面積 A を掛けた値で表すことができ、

$$B = A \times p$$

と推定される。ここで分散を σ^2 、95%信頼係数を t とすると、95%信頼区間 c 及び誤差率 e は、

$$c = t \times B \times \pm \sqrt{\sigma^2 / N}$$

$$e = t \times \sqrt{\sigma^2 / N}$$

となる（ここで $\sigma^2 = p \times (1 - p)$ 、 $t = 2.00$ である）。

ところで、実際の年間の伐採発生面積を国土面積の 1%未満と想定したとき、都道府県別で推定を行う場合に最低どの程度のサンプル数が必要か検討する。最も面積の小さい香川県（境界未定部分を含む面積 187,691ha¹）を例にとると、仮に目標誤差率 5%未満で推定を行おうとすると、上式に代入して少なくとも県内で 1,585 点以上のサンプルが必要となる。系統サンプリングを等間隔の格子線メッシュで行うことを想定すると、この場合の格子線の間隔は 1,088m 以下となる必要がある。この基準を全国に適用し、全国土に格子線を引いてその交点に判読点を設定した場合、国土面積を 37,297,021ha とすると²、日本全体では 315,077 点の判読点が必要となる。これは都道府県レベルでの試算であるが、もし市町村レベルで同程度の誤差率での推定を行うのであればさらに細かいサンプリングが必要である。

作業を画像の目視判読によるものと仮定とした場合、このような規模の判読作業を伐採情報の把握のみを目的にして新規に実施するのは、予算の面からかなり困難である。類似した既存の調査成果が利用可能であるならば、データの有効活用の面からみても望ましい。

2) ARD 調査について

既存の調査で利用可能と思われるデータとしては、林野庁が実施している「森林吸収源インベントリ情報整備事業（衛星画像等による土地利用変化状況調査）」（以下「ARD 調査」）において把握している情報が挙げられる。ARD とは、京都議定書 3 条 3 項により報告が求められている人為的な活動である「新規植林（Afforestation）」、「再植林（Reforestation）」及び「森林減少（Deforestation）」のことである。1990 年を基準年とし、ARD 把握対象年度を期末として、基準年以降期末までの ARD を衛星画像の判読により把握する。

判読作業は系統サンプリングにより実施されており、500m 間隔の格子線の交点の位置（格子点）を判読の対象とする。格子点座標は旧測地系（日本測地系）の平面直角座標の原点を基点として、500m の等間隔に設定されている。これは、平成 11 年度より開始された森林資源モニタリング調査（現森林生態系多様性基礎調査）の 4km 間隔の調査点と一致させることで相互比較することを想定している。調査点の総数は 1,486,579 点（ARD 判読開始当初の点数）となっている。

判読に用いる画像は、基準年では 1990 年直近の空中写真から作成されたオルソ画像、期末においては新規取得された SPOT 衛星画像が用いられている。2015 年より以前は SPOT5 のパンクロ画像（地上 2.5m 解像度）であったが、2015 年以降の判読は SPOT6/7 のカラー画像（地上 1.5m 解像度）に切り替わっている。

判読作業は、格子点を中心として半径 31m の円（面積 0.3ha）を設定し、円内やその周辺の状況を含め、面積、樹高、樹冠被覆率、林帯幅等が森林の定義を満たすか否かを判定

¹ 国土地理院：令和 4 年全国都道府県市区町村別面積調（10 月 1 日時点）
(<https://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/MENCHO-title.htm>) による。

² 令和 4 年全国都道府県市区町村別面積調（10 月 1 日時点）の全国面積 377,979.26km² から北方地域の面積 5,003.05km² を引いた値。

するとともに、基準年画像と期末画像を比較して、ARD の発生の有無を調べる（第 1 段階判読）。期末に新規に ARD が発生した点については、期末の 2 年前の画像を期首として期末画像と比較し、新規に発生した ARD であるかどうかを確認して、ARD 情報を確定させる（第 2 段階判読）（図 2.4.1）。

判読に際しては、その格子点が森林ないし非森林であるかだけでなく、様々な土地状況の情報がコード化されて記録されている（表 2.4.1）。コードの 1～4 は ARD に関する情報であるが、コード 5 は森林施業に関する情報であり、造林や伐採（主間伐）も含めて記録されることとなっている。コード 4 の D、コード 5 の森林施業の情報から、伐採に関する情報を取り出すことができれば、統計的に伐採面積を推定することが可能になると思われる。



図 2.4.1 ARD 判読の手順³

表 2.4.1 ARD 判読で記録される土地現況のコードと内容³

コード	内容	説明
1	非変化（非森林）	基準年と期末の間の現況が非森林のまま変化していない点
2	非変化（森林）	基準年と期末の間の現況が森林のまま変化していない点（ただし、コード5に該当する森林は除く）
3	AR	非森林から森林へ変化し、人為性が認められる点
4	D	森林から非森林へ変化し、人為性が認められる点
5	森林施業	森林施業による植林、伐採、新規植林等が認められる点
6	森林への自然遷移	植林等の人為性が認められず、非森林から森林へ遷移した点
7	非人為による森林被覆の損失	伐採等の人為性が認められず、森林から非森林へ永続的に遷移した点（気象害による土砂崩壊や山火事・火山災害などにより森林被覆が一時的に損失した点については、非変化（森林）とする）
8	判読不能	雲や雪の被覆、日陰の斜面、画質の不良（流れ・ノイズ）などのために地表面の状況を判読できない点
9	データ欠損	画像データの存在していない点

³ 林野庁：新規植林・再植林・森林減少の画像判読の指針（改訂 2017 年 3 月）

3) ARD 情報を用いた伐採面積推定の検討

ここで、ARD 判読結果を用いて、伐採面積の推定が可能か検討を行った。用いた情報は、2015、2017、2019 の 3 時点の第 1 段階判読結果である。作業手順は以下のとおりである。

1) 期首と期末の同一地点の ARD 判読情報 (KP-ARD) を比較し、期首が森林 (コード 2) となっている地点のうち、期末に D (コード 4) ないし森林施業 (コード 5) に変化しているものを伐採とみなして集計した。

2) 計算は、2015-2017、2017-2019 及び 2015-2019 の 3 時点で行い、それぞれの時点での発生率 (期首森林の点に対する発生割合)、各時点間での増減や差分を都道府県別に計算した。

結果は表 2.4.2 に示す通りである。

開発 (D) や森林施業の 1 年あたりの発生率は、2015-2017 において開発で 0.06%、森林施業は 0.42%で、開発も施業もすべて伐採と仮定すると、合わせて伐採発生率は 0.48%となる。同様に 2017-2019 では開発 0.02%、森林施業 0.22%、計 0.24%、2015-2019 では開発 0.04%、森林施業 0.27%、計 0.31%となる。2015-2017 に対して 2017-2019 は約 1/2 の発生率となり、大きな差が生じている。

また、発生率を都道府県別にみると地域差があることがわかる。表中の発生率の列において、青色の濃い部分は相対的に発生率が低く、赤が濃い部分は相対的に発生率が高いことを示す。開発は、関東、九州で相対的に多く発生しており、施業は道東、関東、南九州などで相対的に多く発生している。2015-2017、2017-2019 で地域的な傾向の大きな違いは見られない。

特に、2015-17、2017-2019 で大きな差が生じた理由については、2015 から画像がカラーになったためやや過剰に拾われている可能性、判読時点に対応する開発行為として震災復興、第二東名高速道路や新幹線の建設、太陽光発電の増加等による D が多かった可能性等が考えられるが、今回は元画像まで遡及した検証までは行っていない。

また、2015-2017、2017-2019 及び 2015-2019 の 3 時点の発生件数比較で「矛盾」がない都道府県は北海道胆振 (11 系)、三重県、長崎県、沖縄県のみで比較的少なかった (ここでいう「矛盾がない」とは、2015-2017、2017-2019 の D 及び施業発生数の合計と 2015-2019 の D 及び施業発生数が等しいという意味)。

なお、期首から期末までの土地利用変化のパターンは、表 2.4.3 のように整理できる。このうち、伐採情報として把握したい部分は、表中の黄色に塗った部分 (期首 2015 年にコード 2 の「非変化森林」で期末の 2017 年にコード 4「D」ないしコード 5「森林施業」) である。2 時点の変化パターンを見ると、矛盾と思われる変化 (表中ピンク部分) があることが確認された。

このような矛盾が修正されず存在している理由は、ARD の判定手順にあると考えられる。すなわち ARD 調査では、基準年である 1990 年と期末年の間でまず第 1 段階の判読を行い、前回調査 (原則 2 年前) 以降に新規に発生した ARD があれば、第 2 段階判読として 2 年前の画像を期首として期末年との間の判読を行い、新規 ARD であるか否かを最終判断し、ARD 情報を確定させる、という手順をとっている。その際、基準年以降の時系列的な変化

や画像の位置ずれ等も含め確認され、遡っての修正も行われる。一方それ以外の土地利用変化については、基準年と期末の第 1 段階の判読しかされないため、期首と期末の画像間に矛盾が生じていたとしても修正が行われるプロセスが無い場合、そのまま残っているものと考えられる。

ARD 調査は、新規の ARD の発生を把握するために実施されている調査であり、伐採の発生把握を目的としているわけではないが、現行の調査体制に森林域での伐採情報をより確実に把握するようなオプションを加えることは、調査経費の大幅な増加を招くことも懸念されるため、慎重な検討が必要である。なお、現行の作業は目視を基本として多点の判読を行っているが、近年進展の著しい AI を用いた自動判読を適用することができれば、目視での確認を最小限とするコスト削減も可能と考えられる。

表 2.4.2 ARD 判読情報の集計結果

			開発・施業の点数										開発・施業の発生率						時点間増減率・数						
			2015-2017の間に発生				2017-2019の間に発生				2015-2019の間に発生				2015-2017		2017-2019		2015-2019		15-17,17-19の増減率		15-17,17-19の和と15-19の差分		
ken	県	総点数	2015森林 点数	4開発	5施業	2017森林 点数	4開発	5施業	2015森林 点数	4開発	5施業	4開発	5施業	4開発	5施業	4開発	5施業	4開発	5施業	4開発	5施業	4+5			
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	③/②÷ 2	④/②÷ 2	⑥/⑤÷ 2	⑦/⑤÷ 2	⑨/⑧÷ 4	⑩/⑧÷ 4								
Japan	全国	1,486,579	967,093	1,065	8,081	945,916	454	4,150	967,093	1,478	10,480	0.06	0.42	0.02	0.22	0.04	0.27	43.6	52.5	41	1,751	1,792			
Hokkaido	北海道	311,385	209,554	94	2,366	200,291	51	1,279	209,554	139	3,078	0.02	0.56	0.01	0.32	0.02	0.37	56.8	56.6	6	567	573			
Ishikari	北海道	13,828	8,189	5	53	7,531	5	8	8,189	10	23	0.03	0.32	0.03	0.05	0.03	0.07	108.7	16.4	0	38	38			
Sorachi	北海道	26,307	16,541	12	128	16,391	1	63	16,541	13	154	0.04	0.39	0.00	0.19	0.02	0.23	8.4	49.7	0	37	37			
Shiribeshi	北海道	17,207	12,411	6	82	11,941	3	21	12,411	10	96	0.02	0.33	0.01	0.09	0.02	0.19	52.0	26.6	-1	7	6			
Oshima	北海道	15,698	12,384	3	97	10,983	0	26	12,384	3	106	0.01	0.39	0.00	0.12	0.01	0.21	0.0	30.2	0	17	17			
Hiyama	北海道	9,941	7,836	2	78	7,667	0	28	7,836	2	77	0.01	0.50	0.00	0.18	0.01	0.25	0.0	36.7	0	29	29			
Iburi11	北海道	4,243	2,640	0	10	2,420	0	16	2,640	0	26	0.00	0.19	0.00	0.33	0.00	0.25	#DIV/0!	174.5	0	0	0			
Iburi12	北海道	10,288	7,113	14	101	6,799	4	43	7,113	17	106	0.10	0.71	0.03	0.32	0.06	0.37	29.9	44.5	1	38	39			
Hidaka	北海道	19,238	15,209	3	83	15,118	0	36	15,209	2	113	0.01	0.27	0.00	0.12	0.00	0.19	0.0	43.6	1	6	7			
Kamikawa	北海道	39,933	28,315	13	348	25,847	9	101	28,315	21	312	0.02	0.61	0.02	0.20	0.02	0.28	75.8	31.8	1	137	138			
Rumoi	北海道	16,039	12,406	2	73	10,734	3	10	12,406	5	44	0.01	0.29	0.01	0.05	0.01	0.09	173.4	15.8	0	39	39			
Soya	北海道	15,150	9,203	0	136	9,221	0	23	9,203	1	110	0.00	0.74	0.00	0.12	0.00	0.30	#DIV/0!	16.9	-1	49	48			
Abashiri12	北海道	18,964	14,671	6	173	14,309	1	106	14,671	6	276	0.02	0.59	0.00	0.37	0.01	0.47	17.1	62.8	1	3	4			
Abashiri13	北海道	23,785	14,704	6	290	14,725	3	114	14,704	9	395	0.02	0.99	0.01	0.39	0.02	0.67	49.9	39.3	0	9	9			
Tokachi	北海道	43,340	25,955	12	445	25,335	11	487	25,955	18	821	0.02	0.86	0.02	0.96	0.02	0.79	93.9	112.1	5	111	116			
Kushiro	北海道	23,990	15,581	7	206	15,098	3	157	15,581	11	318	0.02	0.66	0.01	0.52	0.02	0.51	44.2	78.7	-1	45	44			
Nemuro	北海道	13,974	6,396	3	63	6,172	8	40	6,396	11	101	0.02	0.49	0.06	0.32	0.04	0.39	276.3	65.8	0	2	2			
Aomori	青森	39,150	25,544	21	165	25,165	11	140	25,544	33	302	0.04	0.32	0.02	0.28	0.03	0.30	53.2	86.1	-1	3	2			
Iwate	岩手	61,257	46,384	45	1,118	44,870	14	351	46,384	60	815	0.05	1.21	0.02	0.39	0.03	0.44	32.2	32.5	-1	654	653			
Miyagi	宮城	29,048	16,717	49	215	16,171	30	129	16,717	81	273	0.15	0.64	0.09	0.40	0.12	0.41	63.3	62.0	-2	71	69			
Akita	秋田	46,559	33,398	20	258	32,989	8	177	33,398	27	416	0.03	0.39	0.01	0.27	0.02	0.31	40.5	69.5	1	19	20			
Yamagata	山形	37,376	26,583	17	154	25,184	2	57	26,583	15	140	0.03	0.29	0.00	0.11	0.01	0.13	12.4	39.1	4	71	75			
Fukushima	福島	55,182	37,797	32	225	35,495	8	121	37,797	39	432	0.04	0.30	0.01	0.17	0.03	0.29	26.6	57.3	1	-86	-85			
Ibaraki	茨城	24,524	7,880	63	182	7,668	22	99	7,880	80	266	0.40	1.15	0.14	0.65	0.25	0.84	35.9	55.9	5	15	20			
Tochigi	栃木	25,643	13,973	22	110	13,613	25	72	13,973	44	180	0.08	0.39	0.09	0.26	0.08	0.32	116.6	67.2	3	2	5			
Gunma	群馬	25,448	16,387	30	166	16,201	6	51	16,387	34	208	0.09	0.51	0.02	0.16	0.05	0.32	20.2	31.1	2	9	11			
Saitama	埼玉	15,204	5,135	10	50	5,020	2	7	5,135	12	55	0.10	0.49	0.02	0.07	0.06	0.27	20.5	14.3	0	2	2			
Chiba	千葉	21,903	6,217	39	31	6,493	32	11	6,217	67	39	0.31	0.25	0.25	0.08	0.27	0.16	78.6	34.0	4	3	7			
Tokyo	東京	7,307	2,299	4	18	2,180		5	2,299	4	22	0.09	0.39	0.00	0.11	0.04	0.24	0.0	29.3	0	1	1			
Kanagawa	神奈川	10,232	3,791	11	36	3,632	3	2	3,791	14	37	0.15	0.47	0.04	0.03	0.09	0.24	28.5	5.8	0	1	1			
Niigata	新潟	47,219	30,988	21	42	29,617	9	12	30,988	31	47	0.03	0.07	0.02	0.02	0.03	0.04	44.8	29.9	-1	7	6			
Toyama	富山	17,010	10,193	7	11	10,101	6	4	10,193	12	15	0.03	0.05	0.03	0.02	0.03	0.04	86.5	36.7	1	0	1			
Ishikawa	石川	16,844	11,448	20	14	10,962	12	15	11,448	35	27	0.09	0.06	0.05	0.07	0.08	0.06	62.7	111.9	-3	2	-1			
Fukui	福井	16,879	12,301	7	12	12,362	9	5	12,301	11	19	0.03	0.05	0.04	0.02	0.02	0.04	127.9	41.5	5	-2	3			
Yamanashi	山梨	17,877	13,560	17	194	13,393	4	11	13,560	21	203	0.06	0.72	0.01	0.04	0.04	0.37	23.8	5.7	0	2	2			
Nagano	長野	54,293	41,058	16	124	40,481	24	57	41,058	42	140	0.02	0.15	0.03	0.07	0.03	0.09	152.1	46.6	-2	41	39			
Gifu	岐阜	42,467	33,523	36	87	33,026	10	38	33,523	43	108	0.05	0.13	0.02	0.06	0.03	0.08	28.2	44.3	3	17	20			
Shizuoka	静岡	31,135	20,368	24	210	19,898	5	22	20,368	27	229	0.06	0.52	0.01	0.06	0.03	0.28	21.3	10.7	2	3	5			
Aichi	愛知	21,526	8,929	21	115	8,883	3	18	8,929	24	129	0.12	0.64	0.02	0.10	0.07	0.36	14.4	15.7	0	4	4			
Mie	三重	23,513	15,309	23	30	15,201	5	33	15,309	28	63	0.08	0.10	0.02	0.11	0.05	0.10	21.9	110.8	0	0	0			
Shiga	滋賀	16,076	8,288	11	3	8,099	3	13	8,288	13	17	0.07	0.02	0.02	0.08	0.04	0.05	27.9	443.4	1	-1	0			
Kyoto	京都	18,511	13,756	20	17	13,753	8	20	13,756	27	37	0.07	0.06	0.03	0.07	0.05	0.07	40.0	117.7	1	0	1			
Osaka	大阪	7,857	2,424	6	1	2,479	2	6	2,424	8	6	0.12	0.02	0.04	0.12	0.08	0.06	32.6	586.7	0	1	1			
Hyogo	兵庫	34,084	22,539	43	27	22,236	12	47	22,539	50	73	0.10	0.06	0.03	0.11	0.06	0.08	28.3	176.4	5	1	6			
Nara	奈良	14,757	11,278	13	19	11,384		8	11,278	12	26	0.06	0.08	0.00	0.04	0.03	0.06	0.0	41.7	1	1	2			
Wakayama	和歌山	19,239	14,351	13	65	14,447	3	46	14,351	16	108	0.05	0.23	0.01	0.16	0.03	0.19	22.9	70.3	0	3	3			
Tottori	鳥取	14,035	10,262	6	19	9,977		40	10,262	5	55	0.03	0.09	0.00	0.20	0.01	0.13	0.0	216.5	1	4	5			
Shimane	島根	26,898	19,668	24	112	19,560	6	58	19,668	28	167	0.06	0.28	0.02	0.15	0.04	0.21	25.1	52.1	2	3	5			
Okayama	岡山	28,832	19,638	25	79	19,663	2	36	19,638	30	113	0.06	0.20	0.01	0.09	0.04	0.14	8.0	45.5	-3	2	-1			
Hiroshima	広島	34,410	241																						

表 2.4.3 土地利用の変化パターン（2015-2017 石狩支庁の事例）

01_01_石狩 ('15-'17)												
		期末'17										
	コード	1	2	3	4	5	6	7	8	9	総計	備考
期首 '15	1	5,037	68	7	3	4	109	2	50	52	5,332	非変化非森林
	2	185	7,420	4	5	53	153	12	357		8,189	非変化森林
	3		1	23			1		1		26	AR
	4	1	8		62	2					73	D
	5	4	19	5	4	81	2		3		118	森林施業
	6	14	10	2		1	42		2		71	森林への自然遷移
	7	2	3			1					6	非森林への自然遷移
	8	4	2						6		12	判読不能
	9									1	1	データ欠損
	総計	5,247	7,531	41	74	142	307	14	419	53	13,828	

		今回「伐採等」として把握したい情報					
		2時点の変化としては矛盾と考えられる変化					

(3) 衛星画像を用いた伐採情報把握システムを用いる方法

1) 概要

時点の異なる複数の衛星画像間で一定のルールに基づき、伐採発生情報を抽出し、その面積を GIS 上で集計するものである。既存のシステムとして、FAMOST（林野庁、日林協）、森林変化情報提供サービス（パスコ）等がある。伐採把握のアルゴリズムは様々であり、抽出結果はモデルの違いや閾値等の設定によっても変化する。

伐採面積は、個々の抽出結果（ピクセル、ポリゴン）の集計結果となるため、都道府県、市町村といった地域毎でも集計可能である。

1) 課題

2.3の現地実証結果でも確認されたように、伐採把握のアプローチやアルゴリズムの違いによって判読結果は大きく変化することが確認された。理想的には再現率（Recall）、適合率（Precision）ともに高いのが理想であるが、両者は一種のトレードオフの関係にあり、実際の利用においては、利用目的によって各種伐採把握システムを使い分けていくという形態になると考えられる。

したがって、仮にこれらの伐採把握システムが各市町村に導入されたとして、結果として集計される伐採面積の情報は、性質の異なるものが混在していることとなり、統計情報として扱う場合には留意が必要となる。

2.4.3. 当面考えられる地域ごとの伐採面積把握方法

全国及び地域における伐採面積の把握のための情報として、前項において 3 種類の情報について、その特徴と利用可能性、課題等について検討を行った。

(1) の行政情報は、その数値を積み上げることによって確実に伐採面積の情報を得ることができるが、実際の作業に当たってはデータがデジタル化され集計容易な状態となっているか否かが大きな課題であり、またタイムラグの問題もあることが明らかになった。

(2) のサンプリングによる衛星画像判読結果は、統計理論に基づいた設計であり、全国の伐採を統一的に把握できるものであるが、既存の ARD 調査データの分析結果からは ARD 調査データから伐採面積を直接推定するのには課題が大きいことが判明した。

(3) の衛星画像を用いた伐採情報把握システムを用いる方法は、把握された情報はデジタル化されており、集計が容易であることが特徴であるが、伐採情報把握システムの種類により、把握される情報の質が異なる可能性があること、現状ではまだ市町村への普及が進んでいないこと等が課題として考えられる。

以上より、それぞれの情報について把握可能な情報や想定される課題等について、把握可能な情報、全国・都道府県・市町村別の集計、タイムラグ、作業の難易度、作業コストの別に整理を行った(表 2.4.4)。各情報とも現状では、単独では全国・都道府県・市町村別に伐採面積を集計するのには課題が大きく、これらの情報を組み合わせた手法を検討することが当面の対応として考えられる。

表 2.4.4 既往情報の整理

情報の種類	概要	把握可能な情報	全国・都道府県・市町村別の集計	タイムラグ	作業の難易度	作業コスト
①行政情報	・伐採造林届 ・森林経営計画の伐採届出 ・保安林の伐採許可等 ・林地開発許可等	許認可等の種別ごとに集計面積は実測とそれ以外が混在 無届の伐採は確認できない	可能	届け出がされていても実行されていない場合もある	単純な積み上げのみであれば容易	情報がデジタル化されていない場合はコスト増
②サンプリングによる衛星画像判読結果	ARD判読情報等の系統的なサンプリング情報の活用	【ARD調査の場合】 全国500mメッシュでサンプリング 森林／非森林の変化 森林施業の新規発生	サンプリング数に依存 (都道府県、市町村で集計する場合にはかなり多数必要)	調査頻度に依存	画像判読及び面積の推定に一定の知識・技術が必要	既存の調査が活用できなければ、新規の調査は現実的ではない
③衛星画像を用いた伐採情報把握システム	複数時点の衛星画像から変化情報を抽出	任意の時点間の変化抽出	可能 (検出数はシステムの設定に依存)	衛星画像の取得タイミングに依存	変化情報の単純な抽出であれば容易	精度を検証するためには、①や②のような調査と組み合わせる必要

2.5. 各種伐採把握システムの継続的な改善に向けた仕組みづくり

2.5.1. 概要

ここでは 2.2.現状調査・整理及び 2.3.伐採把握システムの現地適用で得られた伐採に関する現地情報を活用して FAMOST の改良について検討した。併せて、同様の手法で各種伐採把握システムの改善が行えるようデータ整備・公開等を行う手法について検討した。

2.5.2. FAMOST の改良、および継続的な改善等に向けた仕組みの提案

(1) FAMOST での伐採跡地の把握方法

図 2.5.1 に FAMOST での伐採跡地の把握方法を示す。

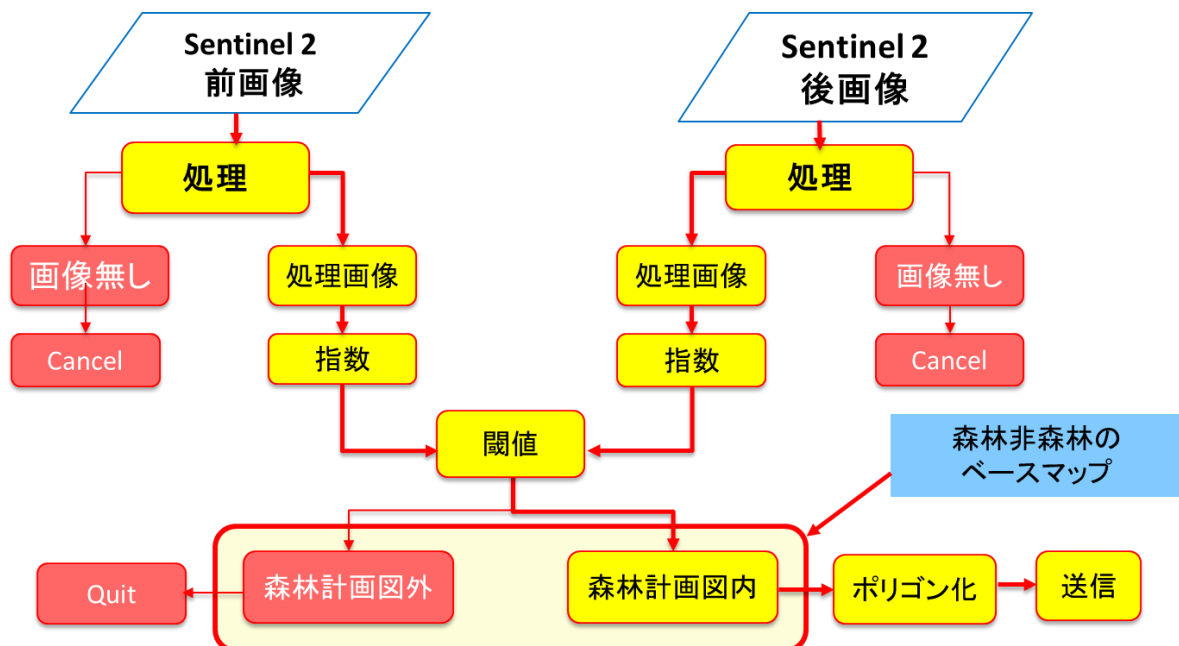


図 2.5.1 FAMOST での伐採跡地の把握方法

図 2.5.1 のフローについて説明する。

1) 処理

「前画像」、「後画像」の次にある「処理」は次の内容。

- 雲や影をマスク
- 放射補正
- エッジ反射補正

2) 指数と閾値

FAMOST で使用している 4 つの指数、正規化水分指数、正規化植生指数、正規化燃焼指数（熱）、正規化日林協指数を表 2.5.1 に示す。なお、正規化日林協指数とは FAMOST 用に開発した独自の指数である。

表 2.5.1 FAMOST で使用している指数

指数	式	出典
Normalized Difference Moisture Index 正規化水分指数	$NDMI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$	Gao, 1996 https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3
Normalized Difference Vegetation Index 正規化植生指数	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	Tucker & Sellers, 1986 https://doi.org/10.1080/01431168608948944
Normalized Burn Ratio-Thermal 正規化燃焼指数(熱)	$NBRT = \frac{NIR - 0.0001 \times SWIR \times Temp}{NIR + 0.0001 \times SWIR \times Temp}$	Holden et. al, 2005 https://doi.org/10.1080/01431160500239008
Normalized Difference JAFTA Index 正規化日林協指数	$NDJI = \frac{BLUE + GREEN - RED}{BLUE + GREEN + RED}$	FAMOST 用に開発した指数

※NIR：近赤外線

※SWIR：短波長赤外放射計

※BLUE：青色

※GREEN：緑色

※RED：赤色

また、Sentinel-2A / 2B を選択した場合の検出過程と閾値を

図 2.5.2 に示す。

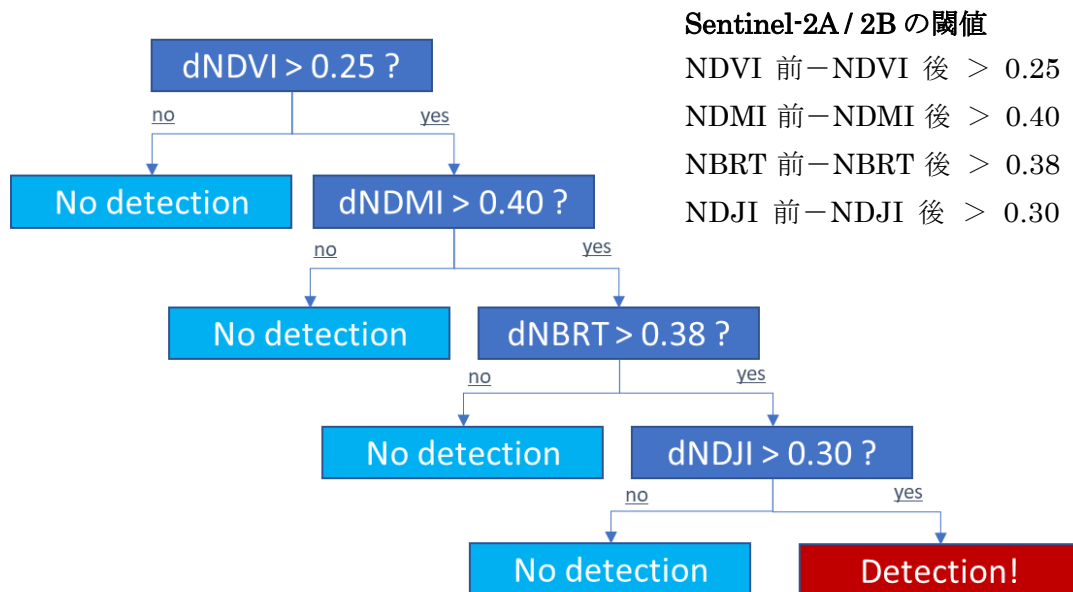


図 2.5.2 FAMOST で使用している Sentinel-2A / 2B の検出過程と閾値

なお、Landsat-8 / 9 を選択した場合の閾値は次の通り。

NDVI 前－NDVI 後 > 0.10

NDMI 前－NDMI 後 > 0.14

NBRT 前－NBRT 後 > 0.18

NDJI 前－NDJI 後 > 0.05

3) 森林計画図

ここで使用している「森林計画図」とは、「5 条森林」のことを指し、この範囲内の森林変化が検出されるフローになっている。現在、FAMOST で 5 条森林の範囲が設定されている市町村を表 2.5.2 に示す。

5 条森林の範囲が FAMOST に設定されているのは北海道の 55 市町村、岩手県住田町、静岡県 of 25 市町村、広島県全域、熊本県全域、大分県日田市及び由布市、宮崎県全域であった。

表 2.5.2 FAMOST に使用している 5 条森林ポリゴンの都道府県と市町村

No.	都道府県	市町村
1	北海道	55 市町村
2	岩手県	住田町
3	静岡県	25 市町村
4	広島県	全域
5	熊本県	全域
6	大分県	日田市、由布市
7	宮崎県	全域

(2) FAMOST の改良

2.3.伐採把握システムの現地適用で明らかになったように FAMOST は、再現率（正解データ（目視判読）に対する伐採地の検出精度）は 3 割程度とやや低いが適合率が高いことから誤判読が少ない傾向にある。また、0.7～1.0ha 適合率において、いずれの地域も結果が良好で大きな地域差は見られなかった。検出精度は植生回復の少ない状態では良好な結果となることから、伐採検知をする際の期首・期末の時期を調整することで検出可能な場合もある。そのため、閾値、指数については現在の状態を維持することとし、必要に応じて改良することにする。

なお、前述のとおり、5 条森林の範囲が FAMOST に設定されている市町村は一部であるため、その他の市町村でも森林域に限った変化点の抽出が可能となるよう、表 2.5.3 に示す森林域に関するデータの追加について検討することとする。

表 2.5.3 FAMOST へ追加を検討するベースマップ

ベースマップ	URL
国土数値情報の森林地域(2015)	https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A13.html
国土数値情報の国有林地地域(2015)	https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A45.html
JAXA 高解像度 土地利用・土地被覆地図 (2020、10m 解像度)	https://earth.jaxa.jp/ja/data/2562/index.html

(3) FAMOST の継続的な改善

FAMOST は無償で公開されており、アンケートの結果からも都道府県や市町村で最もよく使われている伐採検知システムと言える。そのため、FAMOST の改良は伐採把握システムの普及を進める上でも重要である。

このシステムの改良にはユーザーである市町村職員からのフィードバックと併せて都道府県林務担当者からの意見も取り入れることが望ましい。そこで、継続的な改善に向けた仕組みとして次の内容を提案する。

1) ユーザーである市町村職員、都道府県林務担当者からの改善要望を収集

- ・ 要望の募集を林野庁、日林協ホームページに掲載又は都道府県林務担当者へお願い
- ・ FAMOST ヘルプデスクに要望の送付をお願い
- ・ 要望、改善した内容を随時ホームページでお知らせ

2.5.3. 各種伐採把握システムへの仕組み展開と改善、データ整備・公開等を行う手法の検討

(1) FAMOST のシステム・ソースコード公開

FAMOST は Google Earth Engine のクラウドサービスを利用して計算を行っている。その計算方法のイメージを図 2.5.3 に示す。

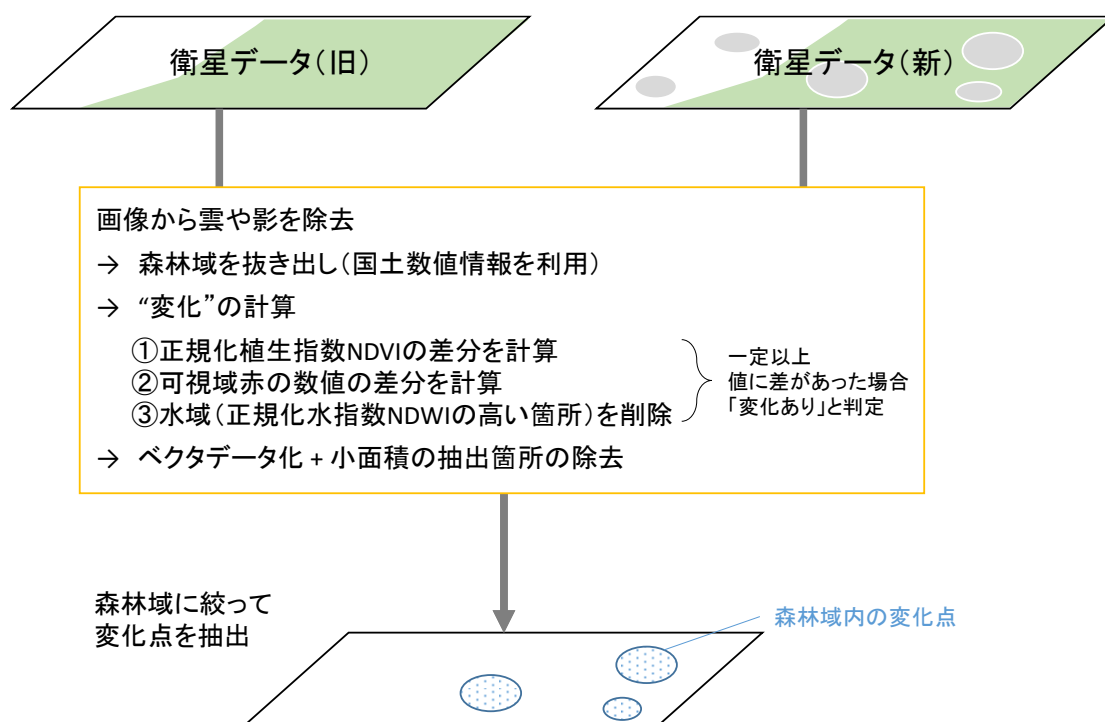


図 2.5.3 FAMOST による森林変化抽出の計算方法イメージ

注：このイメージにある「森林域を抜き出し(国土数値情報を利用)」とあるが、適用されている範囲は表 2.5.2 に示すとおり。

図の「“変化”の計算」に該当する、「指数」、「閾値」及び「ソースコード」を公開することにより、システムの改善点を広く募集する。また、ソースコードの公開はより良いシステム開発の手助けとなる可能性がある。そのため、次の内容について公開を検討する。

- FAMOST の詳細な検出フロー（図 2.5.2）
- 使用している指数（表 2.5.1）
- 閾値（図 2.5.2）
- 森林非森林のベースマップ等（表 2.5.3）
- Google Earth Engine を使用している FAMOST のソースコード

公開にあたっては、ソースコードの著作権等について確認・調整し、林野庁、日林協の FAMOST のホームページに掲載。

2) FAMOST コアコードの概要

FAMOST の Web システムの開発・更新は GEE Python API を利用している。

図 2.5.4 は、FAMOST の現在のシステムおよび将来のアップデートに必要なすべてのライブラリ、モジュール、パス、スクリプトを示している。システムのコアは `main.py` というファイルで開発されており、ここにすべてのリモートセンシング処理とプラットフォーム機能が説明されている。

なお、`main_with_LULC_2020.py` というファイルは、前年度の FAMOST の過去バージョン。サブフォルダには、説明文、メタデータ、インストーラ、FAMOST が必要とする各ライブラリのモジュールが入っている。

拡張子が `.pth` のファイルは、Google API にアクセスするための認証用のパスワード。

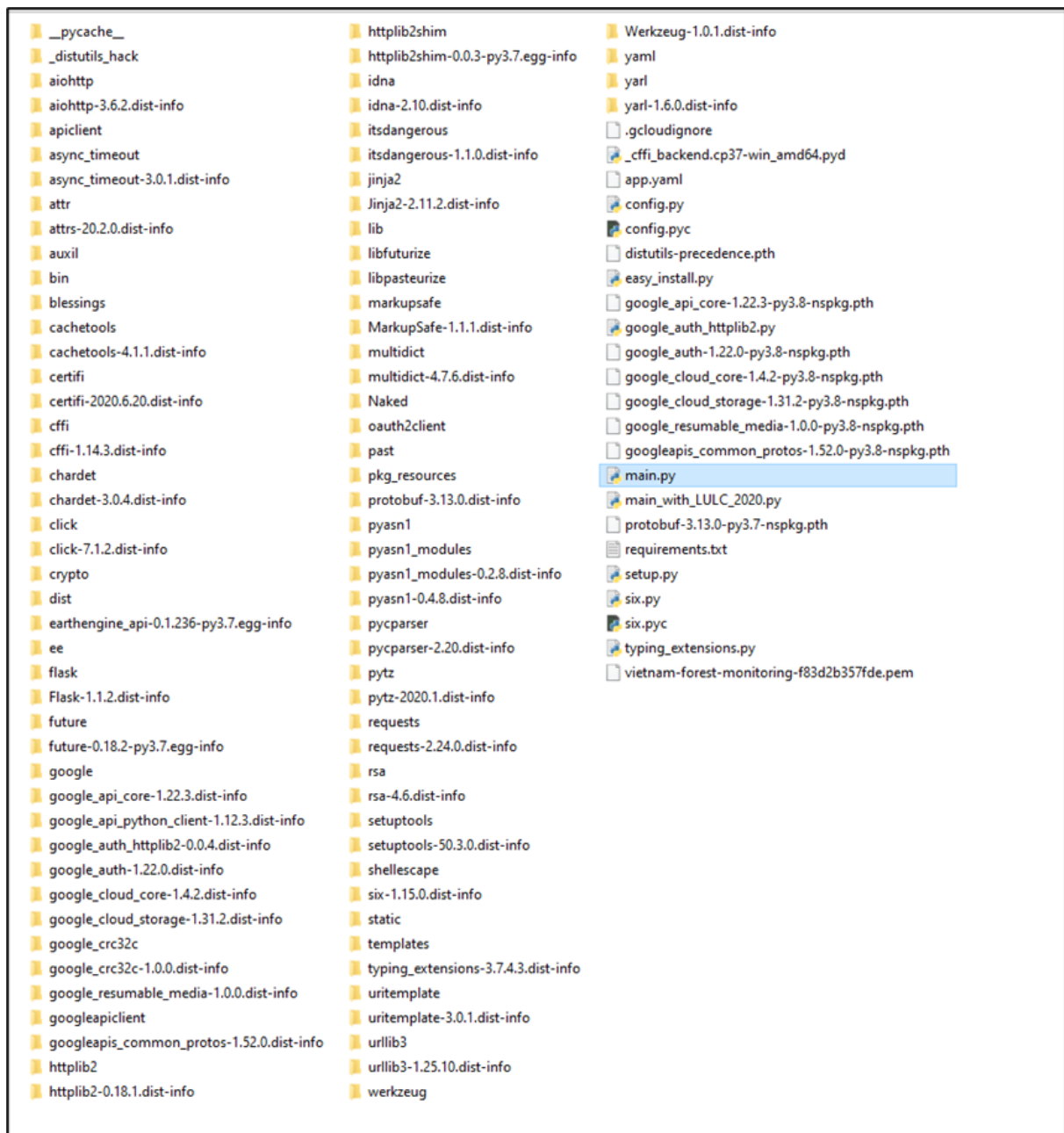


図 2.5.4 FAMOST の現在のシステムおよび将来のアップデートを実行するために必要なすべてのライブラリ、モジュール、パス、およびスクリプト

※水色でハイライトされている `main.py` というファイルには FAMOST のコアが含まれており、すべてのリモートセンシング処理とプラットフォーム機能のステップバイステップが記述されている。

※サブフォルダには、説明文、メタデータ、インストーラ、必要な各ライブラリのモジュールが含まれている。

※.pth ファイルは、Google API にアクセスするためのプライベートキー。

FAMOST アラート検出のコアコード (main.py) の必須部分について簡単に説明する。

1. 必要なライブラリやモジュールのインポート

```
1      #!/usr/bin/env python
2      # -*- coding: utf-8 -*-
3      import time, math, sys, logging, datetime
4      import config
5      import ee, json
6      from flask import Flask, render_template, request
7      from datetime import datetime, timedelta
8      #from google.appengine.api import urlfetch
```

2. 秘密鍵やアカウント認証情報による認証。

```
17      EE_CREDENTIALS = ee.ServiceAccountCredentials(config.EE_ACCOUNT, config.EE_PRIVATE_KEY_FILE)
18      if local:
19          # for local flask server
20              ee.Initialize()
21              msg = 'Choose a rectangular region'
22      else:
23          # for appengine deployment or development appserver
24              msg = 'Choose a SMALL rectangular region'
25              ee.Initialize(EE_CREDENTIALS)
```

3. 可視化パラメータの定義と管理境界データセットへのアクセス。

```
29      viz1 = {'min': 200, 'max': 2000}
30      viz1b = {'min': 1000, 'max': 3500}
31      vil1 = {'min': 7000, 'max': 12000}
32      viz2 = {'min': 1500, 'max': 5000}
33      viz2b = {'min': 2500, 'max': 7000}
34      vil2 = {'min': 5200, 'max': 25000}
35      viz3 = {'min': 1000, 'max': 4000}
36      viz3b = {'min': 1500, 'max': 6000}
37      vil3 = {'min': 7000, 'max': 22000}
38      viz4 = {'min': 1000, 'max': 4000}
39      viz4b = {'min': 1500, 'max': 6000}
40      vil4 = {'min': 7500, 'max': 25000}
41
42      chgPol1 = {'palette': 'yellow'}
43      chgPol2 = {'palette': 'red'}
44      chgPol3 = {'palette': 'blue'}
45      chgPol4 = {'palette': 'yellow'}
46      dband_l8 = ['SR_B2', 'SR_B3', 'SR_B4', 'SR_B5', 'SR_B6', 'SR_B7']
47      dband_s2 = ['B2', 'B3', 'B4', 'B8', 'B11']
48
49      # Admin data, prefectures
50      japan = ee.FeatureCollection('users/thanhgeevn/japan-gee/jpn_ken')
51      # Admin data, cities/towns
52      districts = ee.FeatureCollection('users/thanhgeevn/japan-gee/jpn_gun')
```

4.処理で使用する関数を定義する。4.1. アラートポリゴンの面積を計算する

```
def addArea (feature):  
    return feature.set({'areaHa': feature.geometry().area(500).divide(10000)})
```

4.2. ランドサット画像の前処理

```
57 def addArea (feature):  
58     return feature.set({'areaHa': feature.geometry().area(500).divide(10000)})  
59  
60 def getQABits(image, start, end, newName):  
61     pattern = 0  
62     for i in range(start,end+1):  
63         pattern += math.pow(2, i)  
64  
65     return image.select([0], [newName]).bitwiseAnd(pattern).rightShift(start)  
66  
67  
68 def cloud_shadows(image):  
69     qa = image.select(['QA_PIXEL'])  
70     return getQABits(qa, 3,3, 'cloud_shadows').eq(0)  
71  
72 def clouds(image):  
73     qac = image.select(['QA_PIXEL'])  
74     return getQABits(qac, 5,5, 'Cloud').eq(0)  
75  
76 def maskClouds(image):  
77     sha = cloud_shadows(image)  
78     cld = clouds(image)  
79     image = image.updateMask(sha)  
80     return image.updateMask(cld).select(dband_l8)
```

4.3. Landsat の JAFTA 指数式を定義する。

```
82 def ndtil(img):  
83     return (img.select('SR_B2').add(img.select('SR_B3')).subtract(img.select('SR_B4')))  
84     .divide(img.select('SR_B2').add(img.select('SR_B3')).add(img.select('SR_B4')))  
--
```

4.4. Landsat 8 と 9 の画像を読み込み、画像の前処理、植生指数の計算、FAMOST の閾値の適用を行う関数を適用する。

```

85 def calculate_l8( aoi, s_bf, e_bf, s_at, e_at):
86     l8before = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_L2").filterBounds(aoi).filterDate(s_bf, e_bf)
87     l9before = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC09/C02/T1_L2").filterBounds(aoi).filterDate(s_bf, e_bf)
88     before = l8before.merge(l9before).map(maskClouds).median().clip(aoi)
89
90     l8after = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_L2").filterBounds(aoi).filterDate(s_at, e_at)
91     l9after = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC09/C02/T1_L2").filterBounds(aoi).filterDate(s_at, e_at)
92     after = l8after.merge(l9after).map(maskClouds).median().clip(aoi)
93     ndmi_bef = before.normalizedDifference(['SR_B5', 'SR_B6'])
94     ndmi_aft = after.normalizedDifference(['SR_B5', 'SR_B6'])
95     ndvi_bef = before.normalizedDifference(['SR_B5', 'SR_B4'])
96     ndvi_aft = after.normalizedDifference(['SR_B5', 'SR_B4'])
97     nbrt_b = before.expression('(NIR - 0.0001 * SWIR * Temp) / (NIR + 0.0001 * SWIR * Temp)',
98     nbrt_a = after.expression('(NIR - 0.0001 * SWIR * Temp) / (NIR + 0.0001 * SWIR * Temp)',
99     ndwi_b = before.normalizedDifference(['SR_B3', 'SR_B5'])
100    ndwi_a = after.normalizedDifference(['SR_B3', 'SR_B5'])
101    ndtiv = ndtil(before).subtract(ndtil(after)).gt(0.05)
102    ndvi = ndvi_bef.subtract(ndvi_aft).gt(0.1)
103    ndmi = ndmi_bef.subtract(ndmi_aft).gt(0.14)
104    nbrt = nbrt_b.subtract(nbrt_a).gt(0.18)
105    return ee.Image(ndvi.add(ndmi).add(nbrt).add(ndtiv).eq(4).selfMask())
106

```

4.5. Sentinel-2 画像の前処理

```

107 def s2_prob():
108     innerJoined = ee.Join.inner().apply(
109         primary = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR").filter(ee.Filter.eq('RADIOMETRIC_QUALITY', 'PASSED')),
110         secondary = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_CLOUD_PROBABILITY"),
111         condition = ee.Filter.equals(leftField = 'system:index', rightField = 'system:index')
112     )
113     def mergeImageBands(joinResult):
114         return ee.Image(joinResult.get('primary')).addBands(joinResult.get('secondary'))
115     newCollection = innerJoined.map(mergeImageBands)
116     return ee.ImageCollection(newCollection)
117
118 def edgeRemoval(image):
119     edgeSize = -500.0
120     image = image.clip(image.geometry().buffer(edgeSize).simplify(1))
121     return image
122
123 def cloudMask(img):
124     bandNamesS2 = ['B2', 'B3', 'B4', 'B8', 'B11', 'B12']
125     mask = img.select('probability').lt(25)
126     return img.updateMask(mask).select(bandNamesS2).float()

```

4.6. Sentinel-2 の JAFTA 指標式を定義する。

```

128 def ndti(img):
129     return (img.select('B2').add(img.select('B3')).subtract(img.select('B4'))).
130     divide(img.select('B2').add(img.select('B3')).add(img.select('B4')))

```

4.7. Sentinel-2 から画像を読み込み、画像の前処理、植生指標の計算、FAMOST の閾値の適用を行う機能を適用する。

```

132 def calculation(aoi, s_bf, e_bf, s_at, e_at):
133     before = s2_prob().filterBounds(aoi).filterDate(s_bf, e_bf).map(edgeRemoval).map(cloudMask).median().clip(aoi)
134     after = s2_prob().filterBounds(aoi).filterDate(s_at, e_at).map(edgeRemoval).map(cloudMask).median().clip(aoi)
135     ndmi_bef = before.normalizedDifference(['B8', 'B11'])
136     ndmi_aft = after.normalizedDifference(['B8', 'B11'])
137     ndvi_bef = before.normalizedDifference(['B8', 'B4'])
138     ndvi_aft = after.normalizedDifference(['B4', 'B4'])
139     nbrt_b = before.expression('(NIR - 0.0001 * SWIR * Temp) / (NIR + 0.0001 * SWIR * Temp)',
140     nbrt_a = after.expression('(NIR - 0.0001 * SWIR * Temp) / (NIR + 0.0001 * SWIR * Temp)',
141     ndwi_b = before.normalizedDifference(['B3', 'B8'])
142     ndwi_a = after.normalizedDifference(['B3', 'B8'])
143     #ndwi = ndwi_b.subtract(ndwi_a).lt(-0.20)
144     ndti = ndti(before).subtract(ndti(after)).gt(0.3)
145     ndvi = ndvi_bef.subtract(ndvi_aft).gt(0.25)
146     ndmi = ndmi_bef.subtract(ndmi_aft).gt(0.40)
147     nbrt = nbrt_b.subtract(nbrt_a).gt(0.38)
148     return ee.Image(ndvi.add(ndmi).add(nbrt).add(ndti).eq(4).selfMask())

```

5. Web プラットフォームの機能定義とユーザーとのインタラクションを、日本語と英語のページで行う。

```

150 @app.route('/', methods = ['GET', 'POST'])
151
152 def jpnPage():
153     global msg, centerlon, centerlat, local, zoom, none
154     if request.method == 'GET' ...
156     else ...
710
711 @app.route('/engPage', methods = ['GET', 'POST'])
712 def engPage():
713     global msg, centerlon, centerlat, local, zoom, none
714     if request.method == 'GET' ...
716     else ...
1272 if __name__ == '__main__' ...

```

(2) 正解データの公開

2.3.伐採把握システムの現地適用で使用した目視判読（正解データ）について次の内容を公開する。

● 目視判読の要領

- 衛星：PSI 画像（1 年分の SPOT6/7 から編纂、解像度 1.5m、キャプチャ）
- 時期：編纂に用いた SPOT 撮影時期
- 範囲：モデル対象自治体から複数の 2 次メッシュ

● ファイル

- 目視判読した正解データの shp ファイル

● 公開方法

- 林野庁、日林協の FAMOST のホームページに掲載

2.6. 各種伐採把握システムの普及に係る手引書の作成

市町村による伐採造林届出制度の運用強化をめざし、前項までの調査検討結果を踏まえた手引書を作成した。手引書の目次、および記載事項の一覧を以下に示す。

手引は別冊としてとりまとめた。

表 2.6.1 手引書目次構成

章	項目名
	はじめに
	対象とする方
	手引きの目的
	手引きの構成
	手引き内で用いている用語
1	まえがき
1.1	伐採造林届出制度
1.1.1	伐採および伐採後の造林の届出等の制度の概要
1.1.2	制度の適用範囲
1.1.3	本事業で対象とする範囲
1.2	伐採把握システムの概要
2	各種伐採把握システムの特徴と入手方法、選び方
2.1	各種伐採把握システムの特徴、入手方法
2.1.1	FAMOST
2.1.2	森林変化情報提供サービス
2.1.3	ALOS-2/PALSAR-2 データを利用した森林伐採検知
2.1.4	GRASPEarth_Forest
2.1.5	Google Earth Engine を用いた森林変化モニタリングシステム
2.2	伐採把握システムの選び方
2.2.1	自治体の特徴パターン
3	伐採造林届出制度の流れに応じた利用方法
3.1	基本的な利用方法
3.1.1	FAMOST の基本的な利用方法
3.1.2	森林変化情報提供サービスの基本的な利用方法
3.2	伐採造林届出制度の流れに応じた利用方法
3.2.1	届出のあった箇所に隣接する伐採の確認
3.2.2	伐採履行状況の確認
3.2.3	無届伐採の確認
4	付録
4.1	各種衛星画像の概要
4.2	衛星画像解析等技術の概要
4.3	各種伐採把握システム

3. まとめ

➤ 現状調査・整理

現在開発されている各種伐採把握システムの技術情報（伐採検出の仕組みや精度）や全国的な普及状況等について調査・整理を行った。

- ✓ 全国的な普及状況とニーズ調査
 - ◇ 森林変化情報提供サービスへのニーズは約半数の県担当者が感じている
 - ◇ 実際に導入している市町村は導入を検討している市町村を含めて 25%と低調
- ✓ 各種伐採把握システム提供団体への聞き取り調査
 - ◇ 5つの伐採把握システムは、都道府県、市町村等の公共団体に使われている
 - ◇ FAMOST 以外は基本的に有償サービス。地図表示はすべてのシステムで可能。リスト表示については FAMOST、森林変化情報サービス、GRASP-EARTH-Forest が対応
- ✓ 市町村への聞き取り調査
 - ◇ 市町村によっては伐採届が紙の状態で管理
 - ◇ 市町村によって、IT 化の進み具合や、現地確認方法が異なる

➤ 伐採把握システムの現地適用

- ✓ モデル地域選定
 - ◇ モデル地域は茨城県大子町、広島県尾道市、大分県佐伯市、宮崎県都城市
- ✓ 各種伐採把握システムを活用した伐採造林届出制度の効率的な運用試行
 - ◇ 検出精度について過検出（検出した箇所が実際には検出すべきではない箇所である誤り）及び検出漏（検出すべき箇所が検出されない誤り）の両方について整理
- FAMOST
 - 0.7ha 以上の適合率(Precision)が概ね良好な結果
 - 画像解析の際に複数の解析指標を用いるなど、より絞り込んだ確からしい検出
 - 予測ポリゴンの総数が減り、相対的に誤判読も少なくなる
 - 再現率は低く抽出漏れがある
 - どの地域でも、最小検出面積が大きくなると適合率が高くなる
 - 結果が良好であった 0.7～1.0ha 適合率において、いずれの地域も結果が良好で大きな地域差は見られなかった
- 森林変化情報提供サービス

- 再現率(Recall)が良好
- どの地域でも再現率、適合率 60%以上と安定的な結果
- どの地域でも、最小検出面積が大きくなると再現率と適合率ともに高くなる
- 再現率、適合率ともに大きな地域差は見られなかった
- AI 判読の教師データは伐採地の植生状況だけでなく形状、作業道の有無などで判断
- AI 判読時に、教師データの影響を受けているため、目視判読が難しい画像状況（例えば、影、急峻地形でより顕著、落葉広葉樹林、草本類の冬枯など）を伐採地と誤判読しやすい
- ◇ 使い勝手について伐採造林届出制度の運用等を行う都道府県・市町村にとってのシステムのわかりやすさや作業上の労力、改善意見を伺った。
 - 運用テストシナリオについて次のテストを行った
 - 伐採造林履行確認テスト
 - 無届伐採検出テスト
 - 伐採跡地集計テスト
 - 都城市は土砂災害防止の観点から再造林履行を重視、大子町は伐採造林届出の確実な運用（届出忘れの防止）、佐伯市は土砂災害防止の観点から伐採後の残材確認、尾道市は伐採造林届出の省力化（なるべく職員負担軽減、伐採前後の現地写真を確認し運用）
- 地域ごとの伐採面積の把握方法の検討
 - ✓ 次の利用可能な情報の検討
 - ◇ 行政情報
 - ◇ サンプルングによる衛星画像判読結果
 - ◇ 衛星画像を用いた伐採情報把握システムを用いる方法
 - ✓ 当面考えられる地域ごとの伐採面積把握方法
 - ◇ 各情報とも現状では、単独では伐採面積を集計するには課題が大きく、これらの情報を組み合わせた手法を検討することが当面の対応
- 各種伐採把握システムの継続的な改善に向けた仕組みづくり
 - ✓ FAMOST の改良、および継続的な改善等に向けた仕組みの提案
 - ◇ 閾値、指数については現在の状態を維持することとし、必要に応じて改良
 - ◇ 国土数値情報の森林地域等の全国を対象に追加

- ◇ ユーザーである市町村職員、都道府県林務担当者からの改善要望を収集
- ✓ 各種伐採把握システムへの仕組み展開と改善、データ整備・公開等を行う手法の検討
- ◇ FAMOST のシステム・ソースコード公開
 - コアコード概要を説明
- ◇ 正解データの公開
- 各種伐採把握システムの普及に係る手引書の作成（別冊）
 - ✓ 別冊に手引書として作成