日本の森林・林業の課題とリモートセンシングの活用

鷹尾　元
森林総合研究所関西支所

本日の流れ

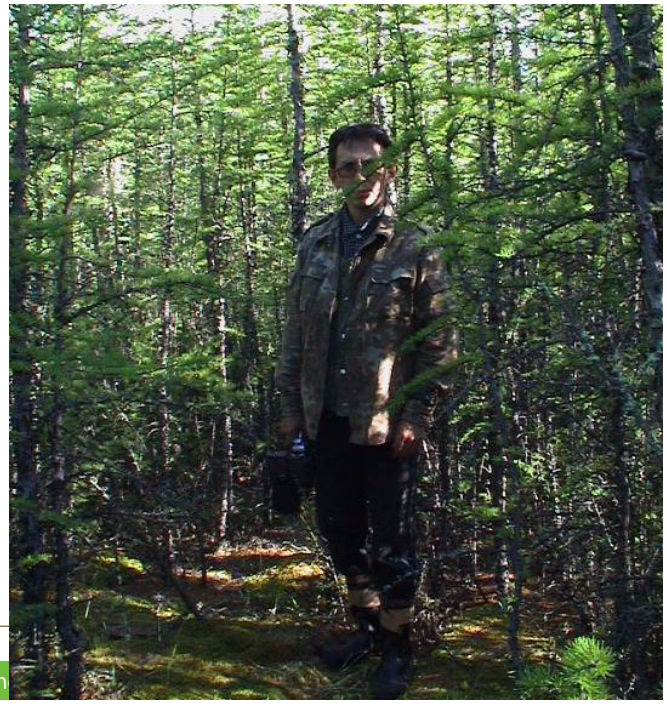
- 森林にとってのリモートセンシング
- 日本の森林・林業の課題
- 森林総研のリモートセンシング研究紹介
  - 伐採検知　(Landsat)
  - 苗木の生育状況　(ドローン)
  - 立木調査　(iPad)
- 関連する情報

森林にとっての リモートセンシング

森林は **大きい**

森林は

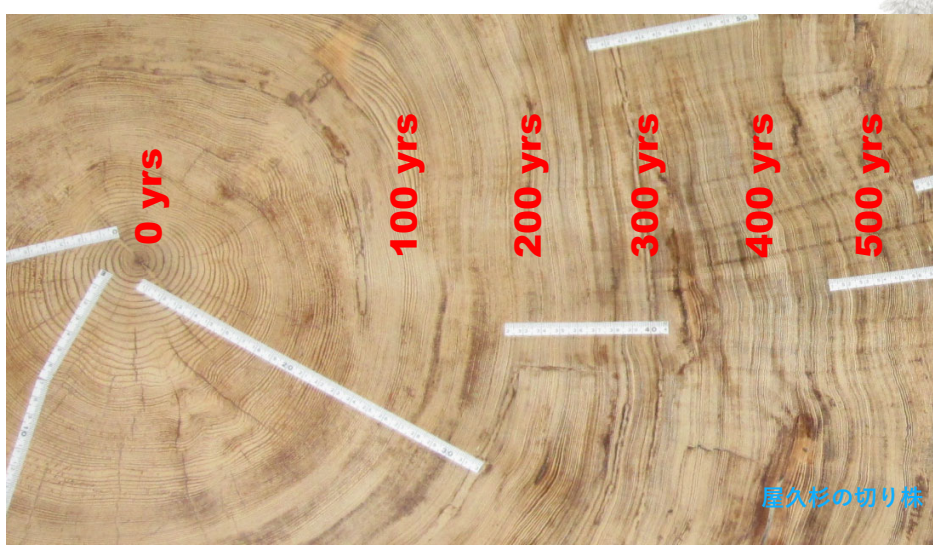
見通し悪い



Forestry an

森林は **広い**

森林は **ゆっくり、長い**



森林は **法が届きにくい**

だから、リモートセンシング

- そこに、何があるのか知りたい
- それが、どこにあるのか知りたい
- それが、いつ起きたのか知りたい
- 見ていることを知られたくない
- 楽をしたい

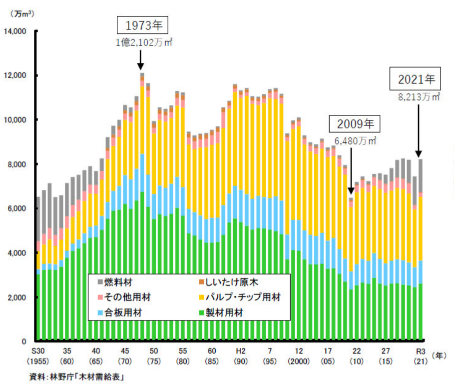
日本の森林・林業の課題

4 木材産業 ① 木材需給の動向

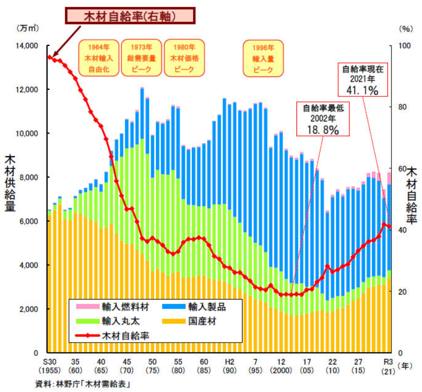
林業は低調

- …を背景として1996年以降は減少傾向で推移していたが、近年は回復傾向。また、「再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT）」の導入に伴う木質バイオマス発電施設の増加により、燃料材の需要量が増加。
- 木材供給量については、木材輸入量が1996年をピークに減少傾向で推移する一方、国産材の供給量は、2002年を底に増加傾向。 木材自給率も、2002年の18.8%を底に上昇傾向で推移し、2021年は41.1% となった。

■ 木材の需要量の推移



■ 木材の供給量の推移



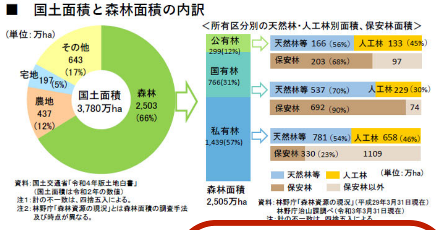
林野庁：森林・林業・木材産業の現状と課題 https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/genjo_kadai/

1 総括 ① 我が国の森林の概要について

林業低調⇒森林資源の分布に偏り

- …3分の2…世界有数の森林国…森林蓄積は…人工林を中心に毎年約6千万m³増加し、現在は約54億m³。
- 面積ベースで人工林の半分が50年生を越えて成熟し、利用期を迎えている。この豊富な資源を有効活用すると同時に、循環利用に向けて計画的に再造成することが必要。

■ 国土面積と森林面積の内訳



■ 世界との比較

▸ OECD加盟国森林率上位10カ国

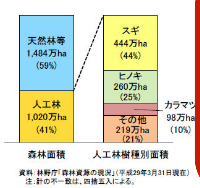
順位	国	森林面積	森林率
1	フィンランド	22,409	73.7
2	スウェーデン	27,980	68.7
3	日本	24,935	68.4
4	韓国	6,287	64.5
5	スロベニア	1,238	61.5
6	コスタリカ	3,035	59.4
7	エストニア	2,438	56.1
8	ラトビア	3,411	54.9
9	コロンビア	59,142	53.3
10	オーストリア	3,899	47.3

▸ 人工林面積上位10カ国

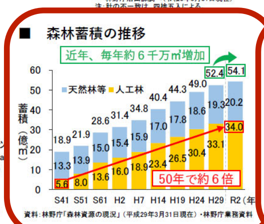
順位	国	人工林面積	人工林率
1	中国	84,700	38.5
2	米国	27,500	8.9
3	ロシア	18,900	2.3
4	カナダ	18,200	5.2
5	スウェーデン	13,900	49.7
6	インド	13,300	18.4
7	ブラジル	11,200	2.3
8	日本	10,200	40.8
9	フィンランド	7,400	32.9
10	ドイツ	5,710	50.0

資料：FAO「世界森林資源評価2020」を元に林野庁作成。森林・人工林面積の単位は千ha、森林・人工林率は%。

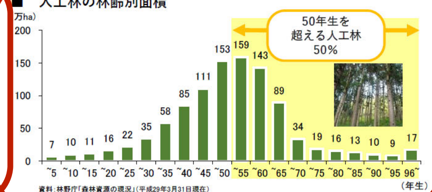
■ 人工林の樹種別面積



■ 森林蓄積の推移



■ 人工林の林齢別面積



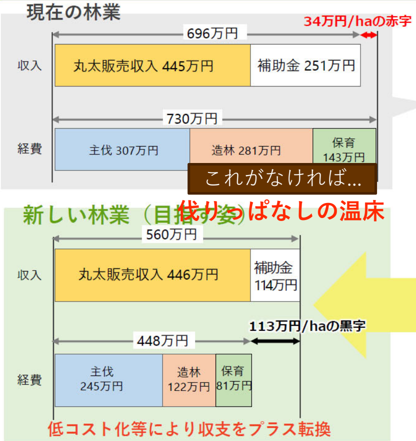
林野庁：森林・林業・木材産業の現状と課題 https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/genjo_kadai/

3 林業 ⑧「新しい林業」の展開

林業は儲からない

□ 我が国の林業は、急峻な自然条件下での人力作業が多く、軽労化・効率化が課題。また、このような背景から、林業は丸太販売収入に対して、伐採から再造林・保育に係る経費が高くなっており、伐採後の再造林が低位。

□ このため、森林の経営管理の集積・集約化、路網整備の推進に取り組むとともに、新技術を活用した機械化・デジタル化や成長に優れたエリートツリー等の導入等により、伐採から再造林・保育に至る収支のプラス転換を可能とする、「新しい林業」の実現を目指す。



資料：林野庁「林業経営と林業構造の展望②」（林政審議会（令和2年11月16日）資料3）をもとに作成。値は施業地1ha単位の試算。

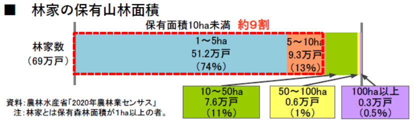
3 林業 ④ 森林の経営管理に関する取組

公的管理の強化

□ 我が国の森林は、保有面積10ha未満の林家数の約９割を占めるなど、小規模、零細。また、森林所有者の世代交代や不在村化等から所有者の特定が困難な森林や境界が不明な森林が多数存在。

□ 意欲ある者が複数の所有者の森林を取りまとめ、経営管理を一括して実施する「集積・集約化」を推進するため、森林経営計画の作成促進とともに、市町村における林地台帳制度、森林経営管理制度を創設し、本格運用を2019年度から開始。

■ 林家の保有山林面積



資料：農林水産省「2020年農林業センサス」
注：林家とは保有森林面積が1ha以上の者。

■ 所有者不明森林の存在
（登記簿情報だけでは所有者に連絡が付かない割合）

宅地	農用地	林地	合計
19.3%	19.0%	28.2%	22.2%

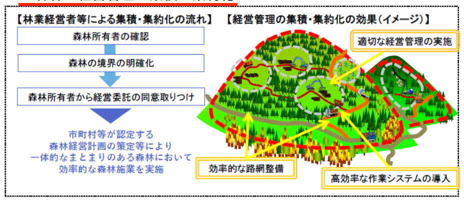
資料：国土交通省
「平成29年度地籍調査における土地所有者等に関する調査」
注：ここでの「所有者不明」としては、登記簿上の登記名義人（土地所有者）の登記簿上の住所に、調査実施者から現地調査の通知を郵送し、この方法により通知が到達しなかった場合を計上。

■ 地籍調査の進捗状況

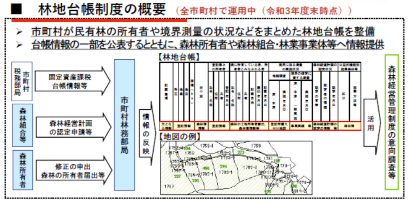
宅地	農用地	林地	合計
51%	71%	46%	52%

資料：国土交通省のホームページを基に作成（令和3年度末）
※宅地、農用地、林地については、人口集中地区以外の地域を分類したもの。

■ 森林の経営管理の集積・集約化



■ 林地台帳制度の概要（全市町村で運用中（令和3年度末時点））



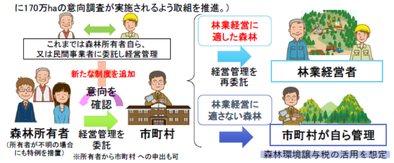
■ 森林経営管理制度の概要

➢経営管理が行われていない森林について、市町村が仲介役となり森林所有者と担い手を繋ぐ仕組みを構築。

➢2021年度末時点までに、私有林人工林があり、制度の活用が必要な市町村の約9割で、意向調査の準備を含む森林経営管理制度に係る取組を実施。

主な実績	意向調査実施面積	市町村への委託	林業経営者への再委託
2021年度末（累計）	約60万ha	約9,100ha	約1,100ha

（今後、R5年度末までに集積・集約化に取り組む市町村を10割にするとともに、R8年度末までに170万haの意向調査が実施されるよう取組を推進。）



3 林業 ⑤（参考）森林環境税及び森林環境譲与税について

一人千円/年の森林環境税

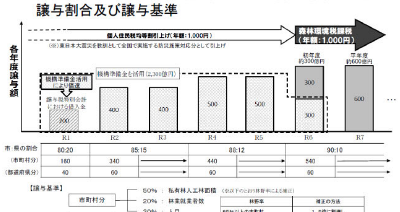
□ 森林の公益的機能の維持増進の重要性に鑑み、市町村や都道府県が実施する森林の整備及びその促進に関する施策の財源に充てるため、森林環境税及び森林環境譲与税に関する法律に基づき、令和元年度から森林環境譲与税を市町村及び都道府県に譲与。令和６年度から森林環境税を徴収開始予定。

■ 森林環境税・森林環境譲与税の概要

➢ **森林環境税（令和6年度から徴収）**
個人住民税均等割の枠組みを用いて、国税として1人年額1,000円を市町村が賦課徴収。

➢ **森林環境譲与税（令和元年度から譲与）**
- 市町村及び都道府県に対し、私有林人工林面積(※林野率により補正)（50%）、林業就業者数（20%）、人口（30%）により按分して譲与。
- 市町村の使途は、間伐や人材育成・担い手の確保、木材利用の促進や普及啓発等の森林整備及びその促進に関する費用。

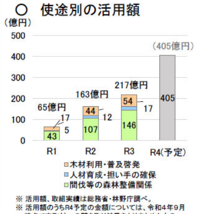
○ 森林環境譲与税の譲与額と市町村及び都道府県に対する譲与割合及び譲与基準



※ 令和4年12月16日に決定された与党税制改正大綱において、「譲与税を森林整備や木材利用等に一層有効に活用し、国民の理解を深めていくことが重要であることを踏まえ、各地域における取組みの進展状況や地方公共団体の意見を考慮しつつ、森林整備をはじめとする必要な施策の推進につながる方策を検討する」とされた。

■ 市町村における取組状況

○ 使途別の活用額



※ 活用額、取組実績は総務省・林野庁調べ。
※ 活用額のうちR4予定の金額については、令和4年9月時点で市町村への聞き取り結果をとりまとめたもの。

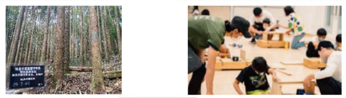
○ 主な取組実績

主な取組実績	R1	R2	R3
森林整備面積（うち間伐面積）	約5.9千ha（約3.6千ha）	約17.9千ha（約10.3千ha）	約30.8千ha（約14.2千ha）
林道、森林作業道等の整備	約90千m	約238千m	約420千m
木材利用量	約5.4千m3	約13.4千m3	約22.5千m3
イベント、講習会等	約900回	約1000回	約1800回

○ 取組事例

【鹿児島県姶良市】
森林経営管理制度を活用して、経済ベースで成り立たない森林の整備を実施

【愛知県安城市】
上流域の根羽村のNPO法人と連携し、木箱等を作製するワークショップ等を実施



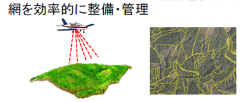
市町村等における効果的な取組の推進を図るため、林野庁として、優良事例の横展開を図るとともに、都道府県と連携して、研修の開催・個別の助言等を通じて市町村をサポート

森林環境譲与税の全国の活用状況や取組事例についての林野庁HP
URL：https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/kankyouzei/kankyouzei_jouyozei.html#t3

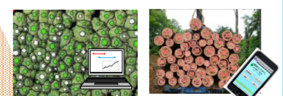
林業イノベーションの展開方向（全体像）

- 日本の厳しい地形条件等に起因するきつい・危険・高コストの３Ｋ林業や、記憶・経験に頼る林業から脱却するため、ICT等を活用し資源管理や生産管理を行う「スマート林業」や、自動化機械の開発、エリートツリー等の育種などの技術革新により、伐採・搬出や造林を省力化・軽労化
- 日本固有のスギから製造する「改質リグニン」などの木質新素材により、林業の枠を超える新たな産業を創造

Point1 記憶から、デジタル記録の森林管理へ
- 資源・境界情報をデジタル化することで、人手と時間をかけることなく、森林を管理・利用
- レーザ計測、ドローン、ICT機器を使用し、路網を効率的に整備・管理



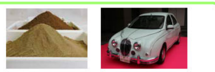
Point2 経験から、ICTによる生産管理へ
- 経験則に頼る木材の生産管理にITを導入
- 資源・境界の管理、生産計画の策定、木材生産の進捗管理、事業の精算を効率的に運営



Point3 3K林業からの解放（生産）
- 伐採～運搬作業を自動化することで、林業生産性をアップ
- 人による作業を少なくし、労働災害の発生しやすい作業を根絶やしに

Point3 3K林業からの解放（造林）
- 一貫作業、低密植栽、ドローン等により、造林作業を省力化・軽労化し、コストも削減
- 人力に頼る造林作業、特に、夏場の過酷な下刈り作業から解放

Point5 丸太オンリーからの脱却
- 従来の木材利用に加え、改質リグニン、CNF（セルロースナノファイバー）等の開発・普及により、新たな利用を推進
- 「林業」の枠を超える産業・価値を創出するとともに、プラスチック代替製品として身近に利用



1．イノベーションによる林業の将来像（伐採・搬出）

林野庁：林業イノベーションハブセンター（Mori-Hub（森ハブ））https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/morihub.html

1．イノベーションによる林業の将来像（造林）

林野庁：林業イノベーションハブセンター（Mori-Hub（森ハブ））https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/morihub.html

森林総研のリモートセンシング
(1) 伐採検知

Landsat画像を利用した日本全域を対象とした1985-2019年の毎年の伐採地推定

2022/05/12

森林総合研究所 森林管理研究領域
志水克人

内容

時系列Landsat画像を利用した伐採箇所の推定

- ✓ 研究目的
- ✓ 手法の概要
- ✓ 推定の精度
- ✓ 作成マップ

International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation 104 (2021) 102555
Contents lists available at ScienceDirect
International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation
journal homepage: www.elsevier.com/locate/jag

Country-wide mapping of harvest areas and post-harvest forest recovery using Landsat time series data in Japan

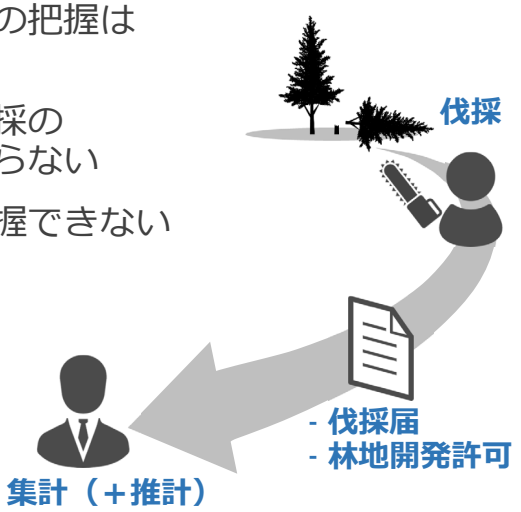
Katsuto Shimizu *, Hideki Saito
Forestry and Forest Products Research Institute, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243421002622

Shimizu & Saito (2021)
Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.
104: 102555

背景：日本での伐採地の把握

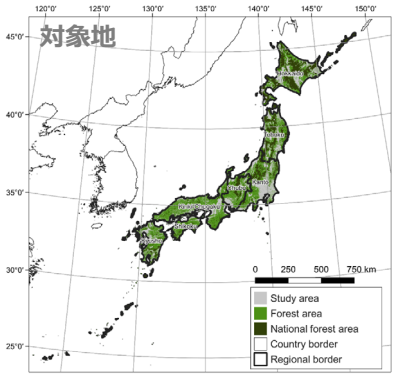
- ✓ 伐採届による伐採の把握は見逃しが発生する
- ✓ 統計データでは伐採の時期と場所はわからない
- ✓ 再造林されたか把握できない場合もある



目的

日本全体を対象に伐採箇所を推定する

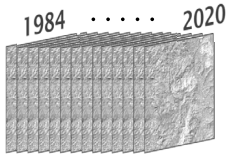
- ► 過去35年間(1985~2019)の伐採面積を推定
- ► 推定の信頼区間を算出
- ► 既存の統計値と比較
- ► 針葉樹再造林面積の推定
- ► 作成データの公開



森林総合研究所交付金プロジェクト
（R2~R3, 主査: 志水、副査: 齋藤）

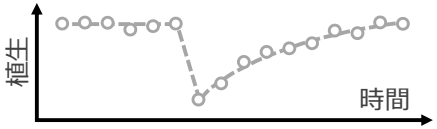
伐採地推定手法の概要

Landsat 画像 — 年ごとの合成画像の作成 (Google Earth Engine)

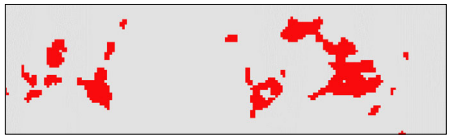


- 1984~2020 (5/1~10/31)
- 雲被覆率 < 90%
- 18,622枚

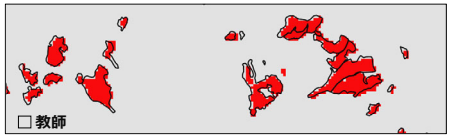
時系列解析 (LandTrendr, Kennedy et al. 2010) — 変化推定アルゴリズムから説明変数の抽出



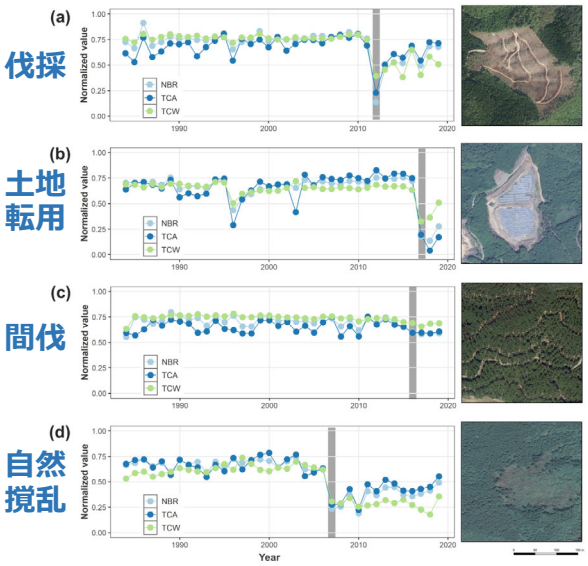
分類 (random forest) — 伐採・撹乱箇所の推定/マッピング



精度評価 — 分類クラスの精度評価



伐採地推定の分類クラス



森林撹乱4クラス(左図)
＋土地被覆7クラス
（針葉樹、広葉樹、竹林、
農耕地、草地、市街地、水域）

トレーニング・精度評価データ

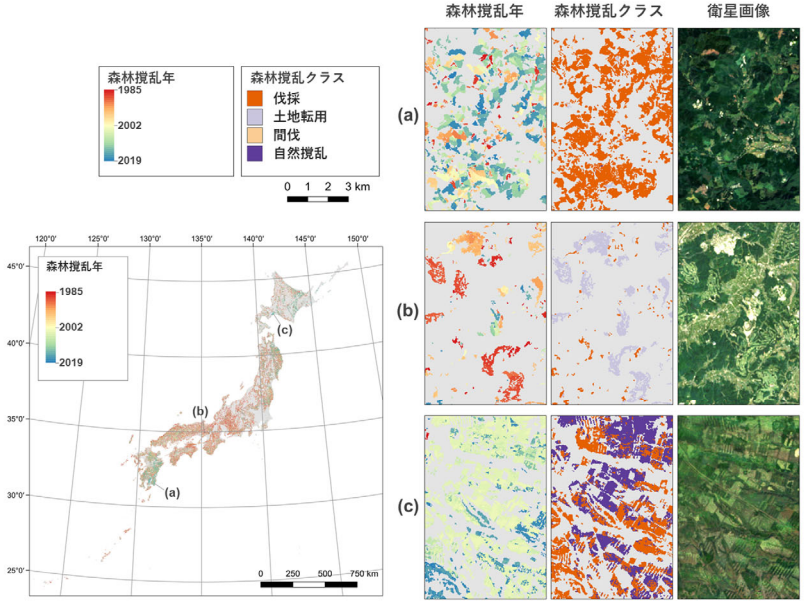
トレーニングデータ

- ✓ 無作為抽出＋有意抽出
- ✓ 30,870地点
- ✓ 48,629サンプル
- ✓ 衛星画像・空中写真判読

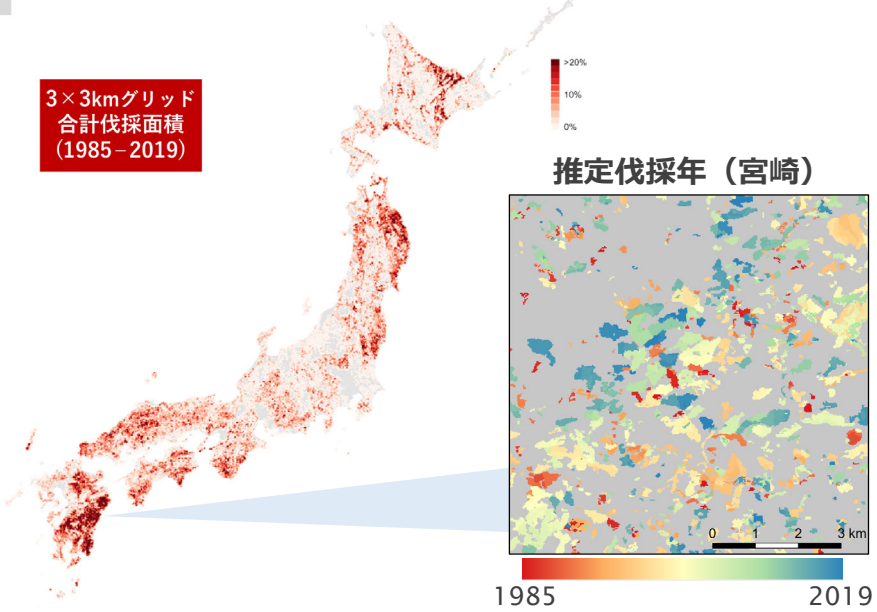
精度評価データ

- ✓ 層化無作為抽出
- ✓ 4,538サンプル
  (OAの95%区間が±1%になるサンプル)
- ✓ 衛星画像・空中写真判読

マップ結果の例示（森林撹乱のみ）

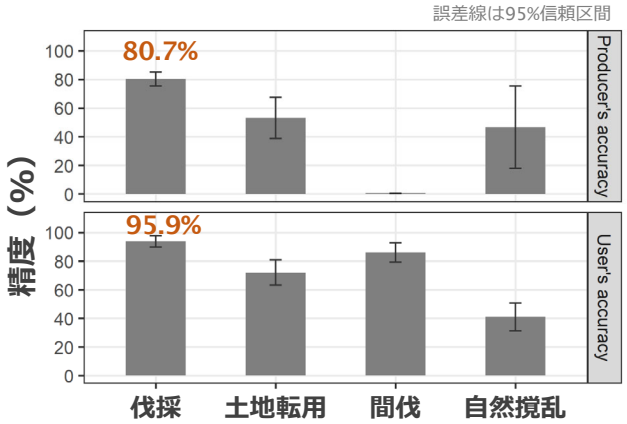


伐採箇所の分布（3kmグリッド集計）



精度評価の結果（森林撹乱のみ）

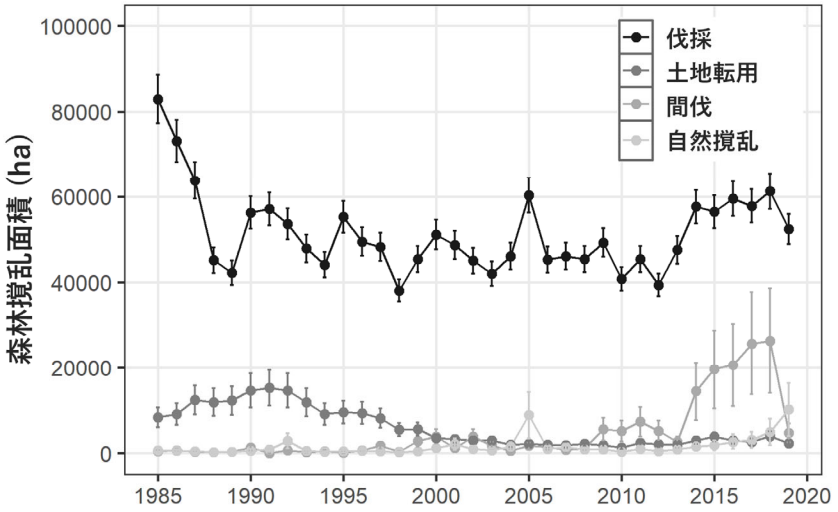
- ✓ 伐採の推定は高精度（80%以上）
- ✓ 間伐は見落としが多い



真の伐採をどの程度推定できたか
（見落としの少なさ）

推定された伐採のうち真の伐採はどの程度か
（空振りの少なさ）

各年の推定結果の集計

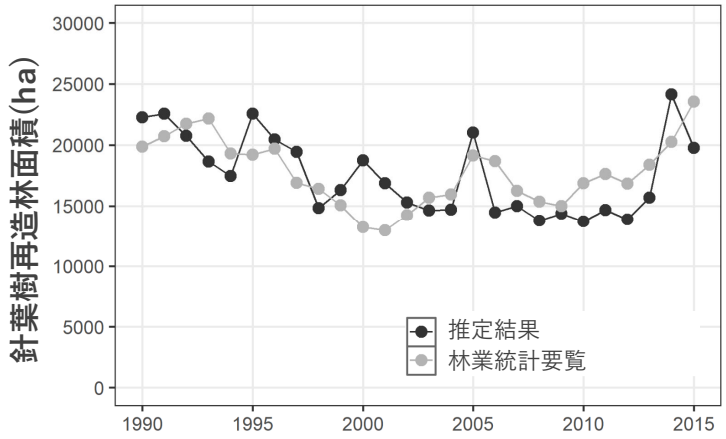


撹乱面積は精度評価結果で調整。誤差線は95%信頼区間
各年で精度に差がないと仮定

統計値との比較: 針葉樹再造林面積

- ✓ **林業統計要覧の針葉樹再造林面積と比較**

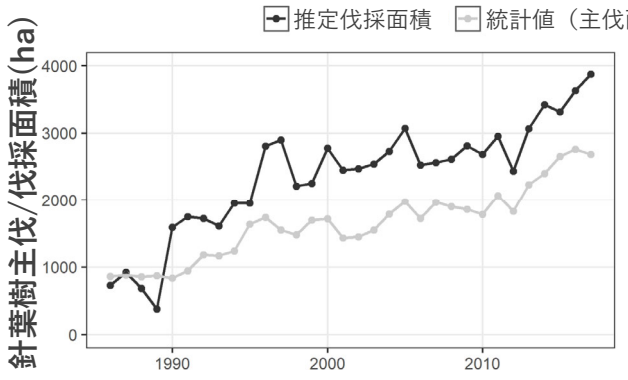
(再造林面積に造林面積の針葉樹割合をかける. 伐採後2年で再造林と仮定)
(推定再造林面積は精度評価結果で調整. 針葉樹を人工林/再造林と仮定)



県ごとの統計値との比較: 宮崎県

宮崎県の民有林針葉樹主伐面積（統計値）と比較

- 過大推定気味（もしくは統計値が過小）
- 県レベルでは精度評価ができていないのが要因？



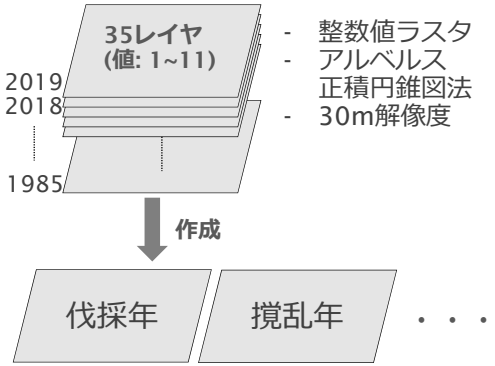
推定伐採面積
伐採面積は精度評価結果で調整.
各年で精度に差がないと仮定.
国有林の範囲を除外して算出

統計値（宮崎県）
①衛星画像の前年との比較、
②伐採届+再造林面積、
③素材生産量から単位材積で割戻
→①②③を調整 （間き取り）

データの公開

伐採マップのオープンデータ化

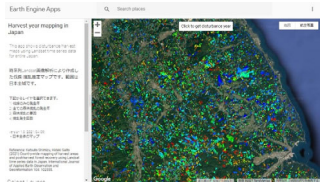
✓ データをダウンロード可
✓ インタラクティブに閲覧可



- 整数値ラスタ
- アルベルス正積円錐図法
- 30m解像度

Zenodo
https://doi.org/10.5281/zenodo.4654619

Earth Engine Apps
https://dulvrq3317.users.earthengine.app/view/japan-harvest-year



まとめ

日本全体を対象に伐採箇所を推定・マップ

- 過去35年間の伐採面積は**増加傾向**
- 伐採については推定の**精度は高い**
  →ただし、地域ごと・年代ごとに変動あり
- 伐採の**統計値とは大きく異なる**
  →ただし、再造林はそれなりに合致する
- 作成データは公開済み

森林総研のリモートセンシング
(2) 苗木の生育状況

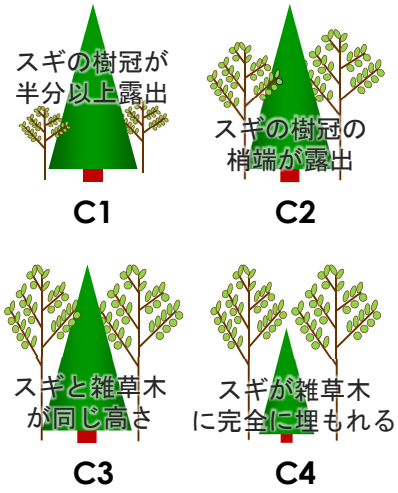
ドローンから草木のせめぎ合いを観る

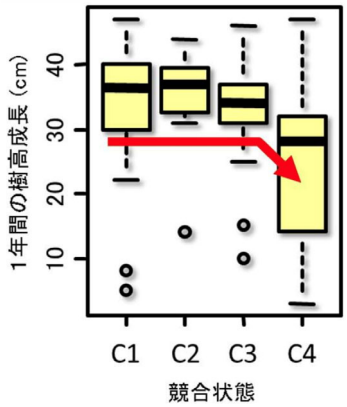
1. なぜドローン?: 背景
2. どうやって観る?: 方法について
3. 何が観える?: 可能性と課題

岡山 三光山 無下刈り試験地
植栽4年目

草木繁茂の影響

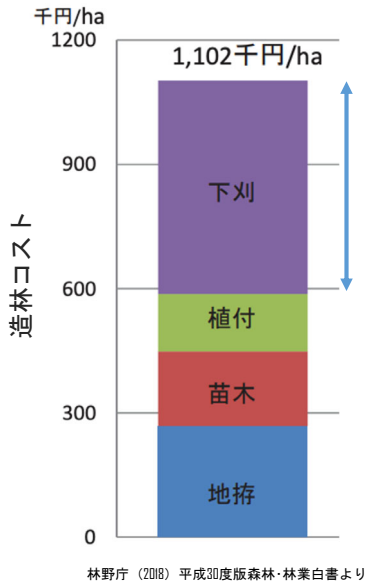
基本、草の圧勝です。





梢端部が覆われると
樹高成長は低下

造林・育林にかかる費用



下刈りのコストが多くを占める

下刈り省力化

林野庁（2018）平成30度版森林・林業白書より

繁茂は場所で異なる

藪漕ぎはしたくない！

面的に判断したい！

➡ドローンの活用

４年生スギ人工林
茨城県城里町

なぜドローン？

○**手軽さ**

→扱いやすい、コスト

○**機動性の高さ**

→意図したように動かせる

⬇造林地での活用

- 測量（面積･林内路網･地形･除地）
- 苗木の運搬
- 除草剤
- 下刈りの判断
- 下刈り完了の検査

ドローンから草木のせめぎ合いを観る

1. なぜドローン?: 背景
2. どうやって観る?: 方法について
3. 何が観える?: 可能性と課題

撮影から判定の流れ

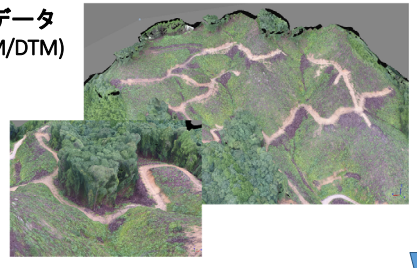
撮影

下刈り前(夏季:7月)と下刈り後(冬季:11月)に毎年2回撮影

画像合成*
Metashape

*画像合成とは、探索的に見つけ出した画像間の同一地点に基づいて、複数画像を統合する方法

3Dデータ
(DSM/DTM)



オルソ画像

画像処理および統計モデルによる競合状態の判定

面積・地形の計測

オルソ画像

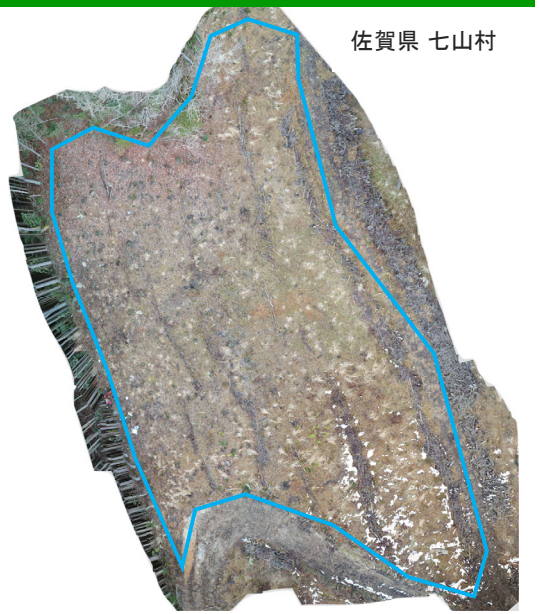
GIS上で面積測定

QGIS

SAGA System for Automated Geoscientific Analyses

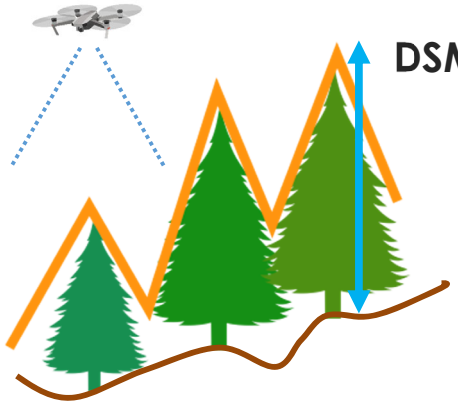
ArcGIS

佐賀県 七山村



面積・地形の計測

用語解説



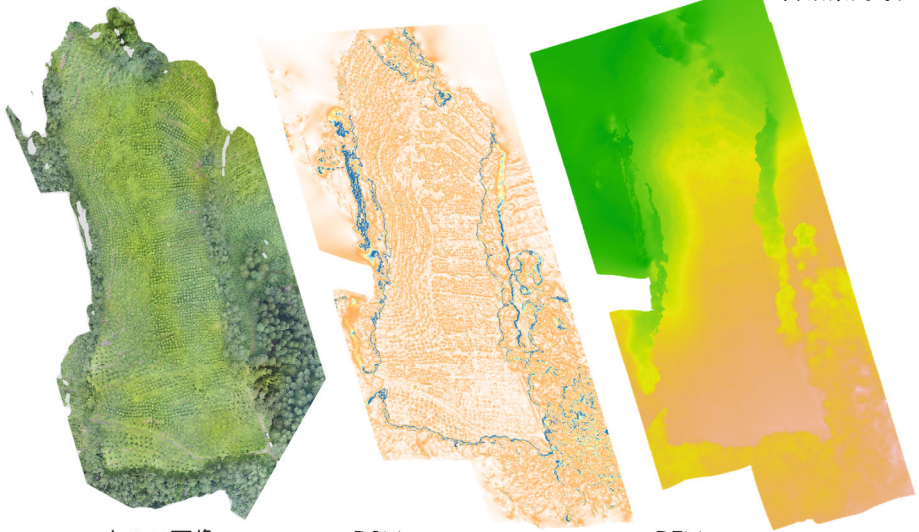
DSM (Digital Surface Model)
数値表層モデル

DTM (Digital Terrain Model)
数値地形モデル

DSM – DTM = **DCHM** (Digital Canopy Height Model)
数値樹冠高モデル

解析へ

宮城県雨塚山

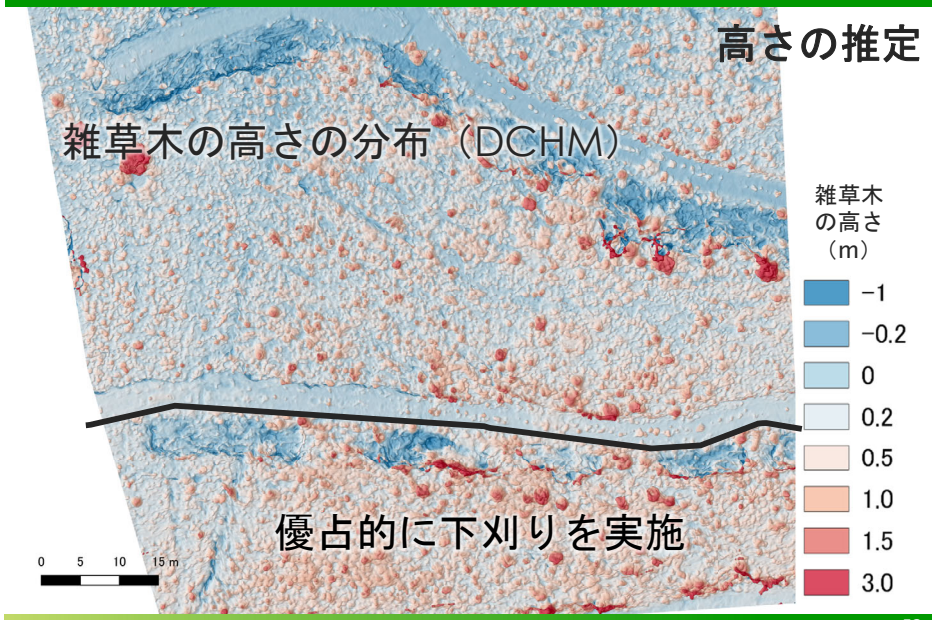


オルソ画像　DSM (Digital Surface Model) 数値表層モデル　DTM (Digital Terrain Model) 数値地形モデル

ドローンから草木のせめぎ合いを観る

1. なぜドローン?: 背景
2. どうやって観る?: 方法について
3. 何が観える?: 可能性と課題

雑草木量の把握



苗木位置の抽出

Methods: 撮影/画像処理/解析

step1
撮影

step2
トレーニング画像: 約1000枚

Step3
深層学習: Keras
畳み込みニューラルネットワーク

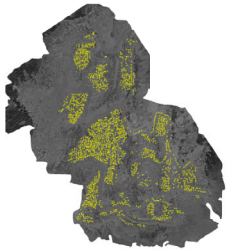
画像分類/精度検証

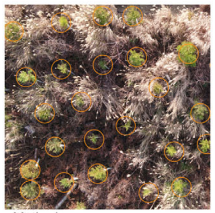
苗木位置の抽出

苗木位置の抽出

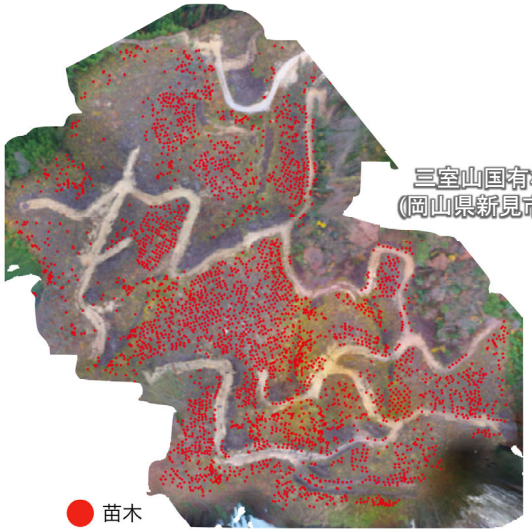
検出精度は95%

植栽本数: 約3,250本(調査対象 719本)
UAV推定苗木数: 3,282本(調査対象741本)





AI



三室山国有林
(岡山県新見市)

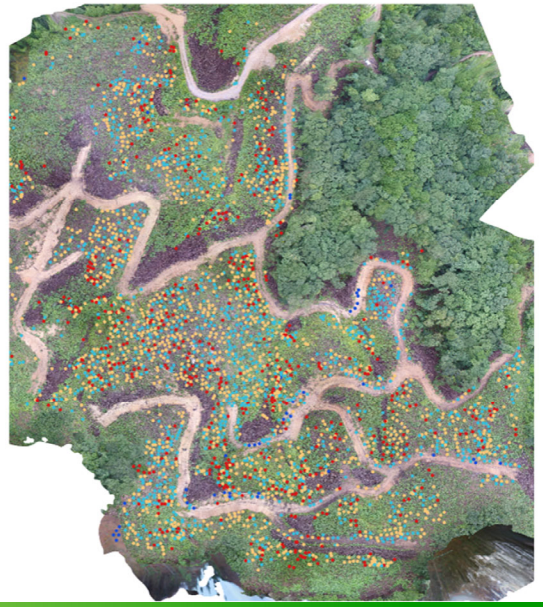
苗木

Methods
畳み込みニューラルネットワークによる機械学習
*Python + R

競合状態の把握

競合状態の把握

三室山国有林
(岡山県新見市)

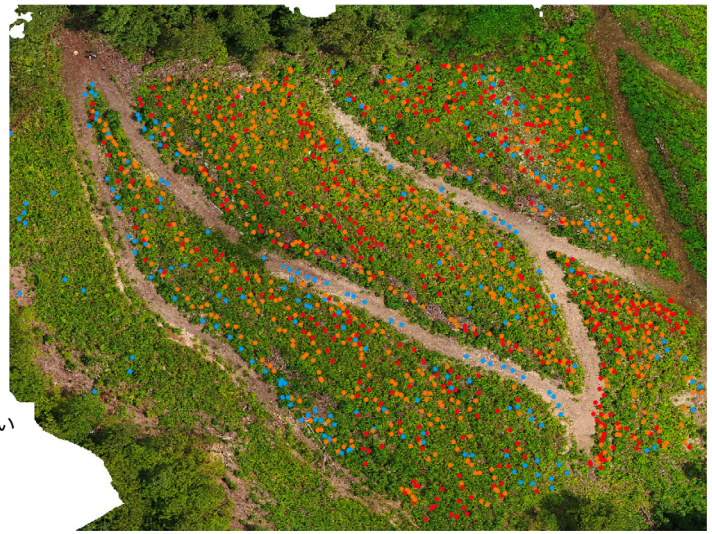


競合低い

競合高い

競合状態の把握

七山県有林
(佐賀県佐賀市)

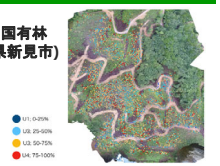


競合低い

競合高い

競合状態の把握

三室山国有林
(岡山県新見市)



山川ら(2013)に基づく競合指標

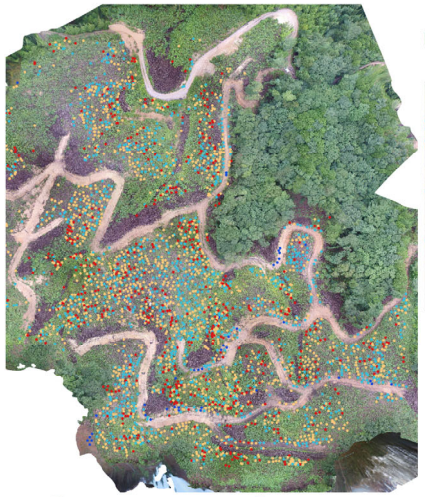
ドローンによる評価

	C1	C2	C3	C4
U1	23	14	0	0
U2	287	281	2	0
U3	0	23	60	2
U4	0	0	4	23
正答率	7.40%	88.40%	90.90%	92%

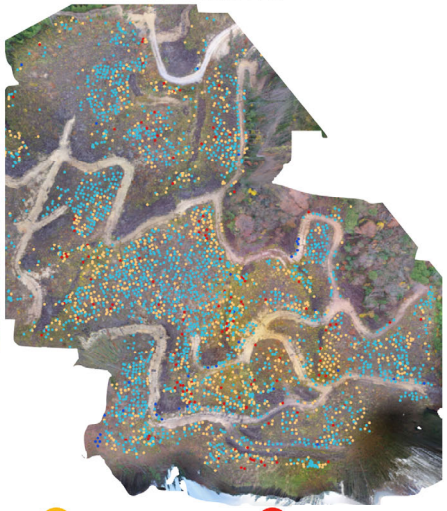
競合弱 ←→ 競合強

競合状態の把握

下刈り前(7月)



下刈り後(11月)



競合弱 ←→ 競合強

競合状態の把握

- 下刈り条件の異なる場所、他サイトへ同手法を適用

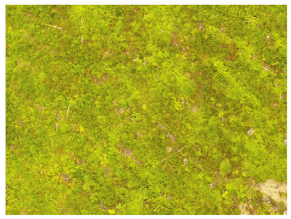
→雑草が繁茂しているが、背丈が低い場所で精度が下がる

三室_試験区1

	C1	C2	C3	C4
U1	21	6	0	0
U2	1	11	2	1
U3	0	3	21	4
U4	0	1	3	22
正当率	95.5%	52.4%	80.8%	81.5%

三光_試験区1

	C1	C2	C3	C4
U1	24	8	6	0
U2	10	5	8	3
U3	3	11	12	8
U4	0	1	1	13
正当率	64.9%	20.0%	44.4%	54.2%



背丈の低い雑草(シダ)が繁茂

三光_試験区2

	C1	C2	C3	C4
U1	6	7	9	5
U2	12	4	11	1
U3	8	11	10	9
U4	3	9	9	14
正当率	20.7%	12.9%	25.6%	48.3%

ササが一面に繁茂

まとめ

○植栽地の状況を面的に把握が可能

○雑草木･樹高も把握できそう
（但し、撮影時期や高度に留意）

○撮影高度の問題… 50mが限度

○伐採直後に一度撮影することが重要

○部分的な下刈りは現実的にあり得るか？

○導入コストの問題…

ドローンの活用

撮影の
タイミング

伐採･地拵の直後
- ■ 面積･林内路網･除地の測量
- ■ 地形（DTM）の把握

植栽後
- ■苗木位置の把握

下刈りの直前
- ■ 雑草木の量･競合状態の把握
  - ➡ 下刈り要否の判断

下刈りの直後
- ■ 植栽木の樹高･雑草木の把握
  - ➡ 補助金の申請･検査

森林総研のリモートセンシング
(3) 立木調査

PRESS RELEASE
（2022/6/7）

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

mapry

報道関係者各位

誰でも簡単、スマホで樹木測定
－木の直径を測るアプリがリリースされました－

ポイント
・iPhone や iPad に搭載された 3D レーザースキャナを使って、木の直径を瞬時に測定するアプリを開発しました。
・使い方は簡単、iPhone や iPad を立っている木にかざして画面をタップするだけです。
・森の木々はもちろん、公園の木や街路樹を簡単に測ることができ、森林調査の省力化や環境教育にも役立つと期待されます。

概要

国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所は、株式会社マプリィと共同でスマホアプリ「ForestScanner」を開発・リリースしました。ForestScannerは、3Dレーザースキャナ付きのiPhoneやiPadを木にかざすだけで、直径を簡単に測定できる無料のアプリです。

木の直径は、その木から取れる丸太や、その木が吸収したCO_2の量を推定するうえで欠かせない情報です。これまで、木の直径は専用の巻尺などを使って測られてきましたが、人手や時間がかかるといった課題がありました。ForestScannerを使えば、iPhoneやiPadを片手に一人で森を歩きながら測定を行えます。実際の森で検証したところ、ForestScannerは一連の測定作業にかかる人手や時間を、従来の方法の約1/4に削減できました。また、直径の測定誤差も平均して±2 cm程度に抑えることができました。ForestScannerは、林業や自然環境モニタリングにおける調査の省力化に役立つと期待されます。また、3Dレーザースキャナや拡張現実（AR）といった最新技術を体験できるツールとして、環境教育や市民科学プロジェクトの場でも活用できます。

本研究成果は、Methods in Ecology and Evolution誌で2022年6月9日にオンライン公開されます。

森林総合研究所北海道支所　古家直行、辰巳晋一

本日の内容

- 一般的な森林調査の課題
- Lidar搭載スマホ・タブレットを
  活用した森林調査の概要
- 計測精度の検証結果
- 特徴とまとめ

森林調査(特に収穫調査)の課題

- 確実に調査を実施できるものの人手や手間がかかる
- 全木を確認するが、1方向・2cm括約での調査
- 基本的に収穫調査などのその場限りの調査目的にしか活用できていない
- ビッグデータとして蓄積・活用されていない

写真：ササをかきわけての傾斜地での森林調査作業は大変

地上レーザー計測の利点と課題

- 幹の曲がり(質的な情報)や地形などの詳細な情報を同時に取得することができる
- 機材が高価
- 林内での持ち運びが容易ではない
  (バックパック型もある)
- 専用の解析ソフトや知識が必要
- 生存・枯死などの判別がデータ上では難しいことも

ドローン空撮(写真測量)の利点と課題

- 広域を効率よく把握できる（枯死木の分布などは地上よりもはるかに効率よく計測できる）
- 資源把握のための樹高計測には、別途航空機レーザー測量成果が必要など、課題もある
- 直接計測できるのが樹高などであるため、樹高を中心とした推定式が必要
- 空から見えない被圧木の扱いなど、間伐遅れ林分や不成績の林分（広葉樹の侵入）などには、課題がある

安価なLidar搭載機器・アプリの出現

森林調査アプリの測定画面

測定結果（取得した点群）
（測定した樹木の位置座標や胸高直径、
現場メモの帳票を出力可能）

迅速・簡便

詳細はこちらの論文をご確認ください

森林計測アプリForestScanner

Received: 11 December 2021 | Accepted: 5 May 2022
DOI: 10.1111/2041-210X.13900
Methods in Ecology and Evolution BRITISH ECOLOGICAL SOCIETY
APPLICATION
Active remote sensing for ecology, biodiversity and ecosystem conservation

ForestScanner: A mobile application for measuring and mapping trees with LiDAR-equipped iPhone and iPad

Shinichi Tatsumi[1] | Keiji Yamaguchi[2] | Naoyuki Furuya[1]

[1]Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Hokkaido, Japan
[2]Mapry Inc., Hyogo, Japan

Correspondence
Shinichi Tatsumi
Email: community.ecologist@gmail.com

Funding information
Council for the Development of Smart Forestry EZO Model; Japan Society for the Promotion of Science, Grant/Award Number: Grant-in-Aid for Early-Career Scientists 21K14880

Handling Editor: Carlos Alberto Silva

Abstract

1. Ground-based light detection and ranging (LiDAR) is becoming increasingly popular as an alternative means to conventional forest inventory methods. By gauging the distances to multiple points on the surrounding object surfaces, LiDAR acquires 3D point clouds from which tree sizes and spatial distributions can be rapidly estimated. However, the high cost and specialized skills associated with LiDAR technologies have put them out of reach for many potential users.
2. We here introduce ForestScanner, a free, mobile application that allows LiDAR-based forest inventories by means of iPhone or iPad with a built-in LiDAR sensor. ForestScanner does not require any manual analysis of 3D point clouds. As the user scans trees with an iPhone/iPad, ForestScanner estimates the stem

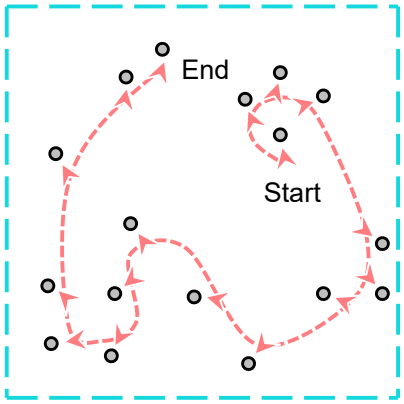
精度検証

比較対象

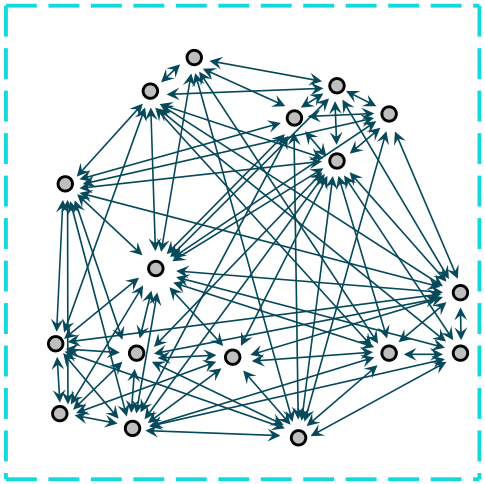
直径巻き尺

Impulse 200
MapStar

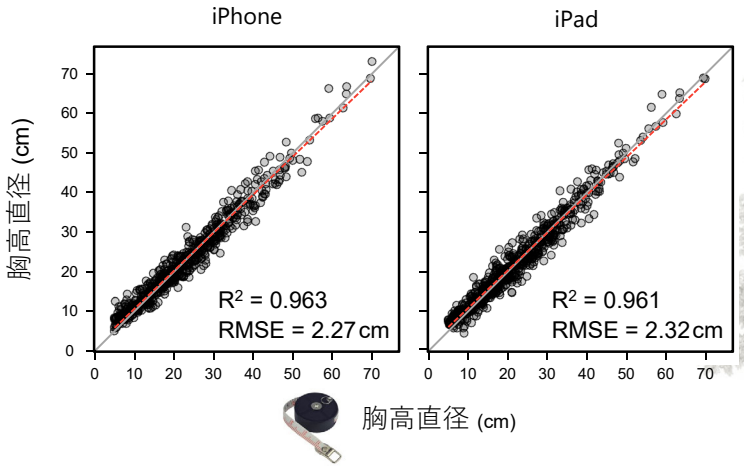
スキャン



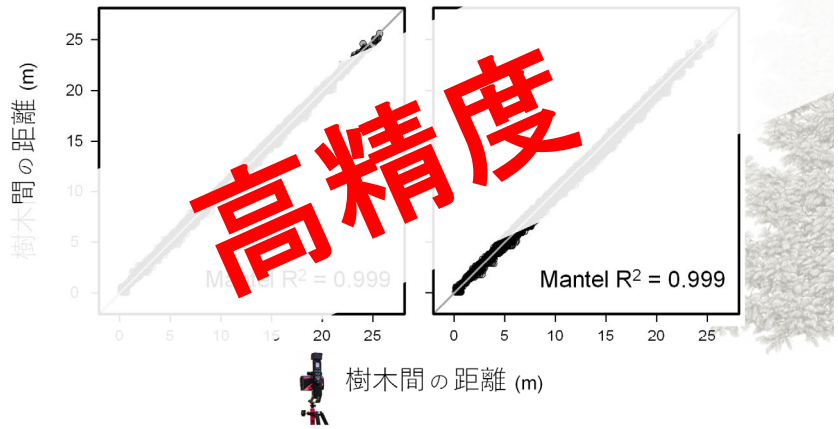
- 胸高直径（≥5 cm）
- 位置座標



胸高直径の精度



個体位置の精度



高精度

672本（1ha）の測定に要した人工

測定項目	ForestScanner iPhone 胸高直径と個体位置	ForestScanner iPad 個体位置	胸高直径	個体位置
作業員数（人）	1	1	2	2
作業時間（時間）	1.66	1.64	3.21	8.88
人工（人×時間）	**1.66**	**1.64**	**6.42**	**17.76**

迅速・低コスト

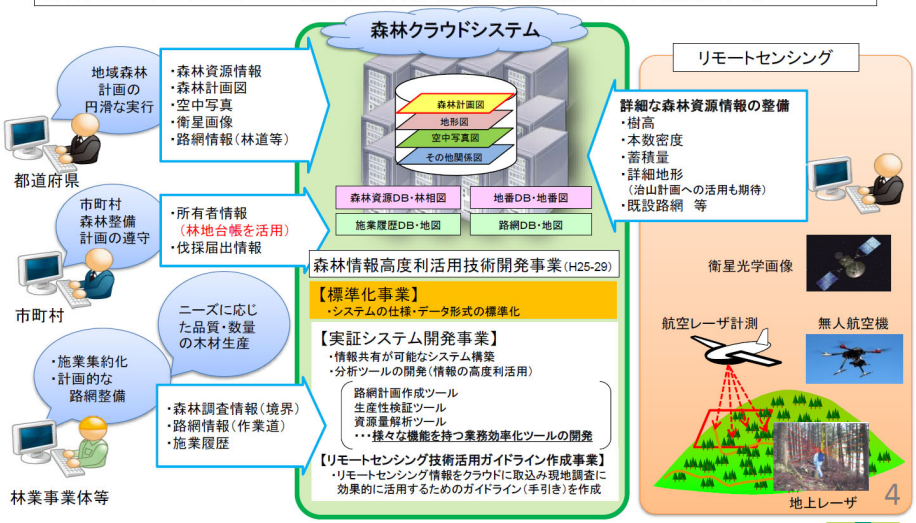
Lidar搭載iPhone/iPadを利用した森林調査の特徴

- 直径と個体位置を高精度で測定・測量可能
- 迅速に測定・測量可能
- 一人で作業できる（区域を分けての分担作業も可能）
- 専門的な知識が不要（誰でも簡単に利用可能）
- 測定結果と位置情報を一緒に保存できる
- 記録性を持つ（必要に応じあとで確認できる）
- 測定位置なども通常の野外調査同様に、現場判断でフレキシブルに対応できる
- 現場作業で完結（枯死・樹種の判断は現場で）

関連する情報
(1) 森林クラウド

森林クラウドとは

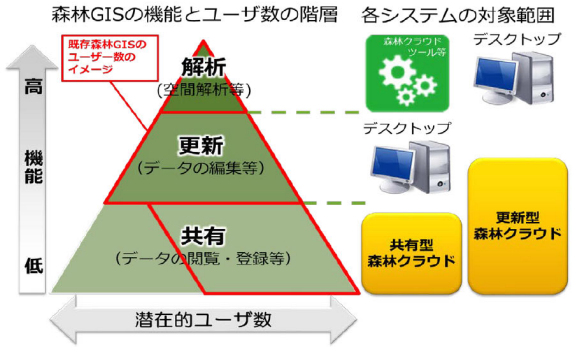
これまで各ユーザ（都道府県、市町村、森林組合等）で管理していた森林情報を、クラウド上で一元的に管理するシステム。また、GISの機能を持ち、属性情報や地図情報を管理する機能を持つ。



林野庁：森林資源情報のデジタル化／スマート林業の推進https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/smart_forestry.html

森林クラウドで提供される機能

共有型森林クラウド	森林情報の共有を主な目的とするサービス
更新型森林クラウド	森林情報の共有及び森林簿・森林計画図の更新といったデータの編集などを主な目的とするサービス



システムに登載されているデータを閲覧するだけのユーザが多く、登載データの情報更新、地図編集等の管理を行うユーザは限定される。

また、データを使った解析（路網計画の作成等）を行うユーザは更に少ない。

林野庁：森林資源情報のデジタル化／スマート林業の推進https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/smart_forestry.html

森林クラウドと森林GISの違い

森林クラウドと森林GISは機能面での見た目に大きな違いがないように見えるが、導入面や運用面で大きな違い

システム	導入面での特徴	運用面での特徴	主なメリット	主なデメリット
森林GIS	都道府県ごとにシステム業者がカスタマイズ開発	データやシステム、サーバ環境を自前で整備（専用マシンが必要）	各都道府県の独自の森林簿、業務に対応可能	県・市町村・林業事業体の情報共有が困難
				利用者が限定される
森林クラウド	標準仕様に基づいて既に構築されたサービスを導入（複数の主体が共有利用）	インターネット経由でシステムを利用（専用マシン不要）	開発コストの低減が可能	業務やデータ構成などを森林クラウドに合わせる必要がある
		利用料という費目で費用が発生	利用者を容易に増やせる	
			県・市町村・林業事業体の情報共有が容易	

1. 単独ではなく、共同で利用するシステム
   森林クラウドの管理者や参加者、費用分担の決定、二次利用への対応（オープンデータ等）。
2. 標準仕様の採用、データの更新・精度向上の仕組みの検討
   既存の森林簿の標準仕様への変換。共有する情報の種類の決定。
3. 利用目的に応じたシステムの選択
   各ユーザの利用目的や権限に応じた機能の決定。
   （データの閲覧・更新、施業の集約化や木材の需要に適時・適切に対応していくための解析）

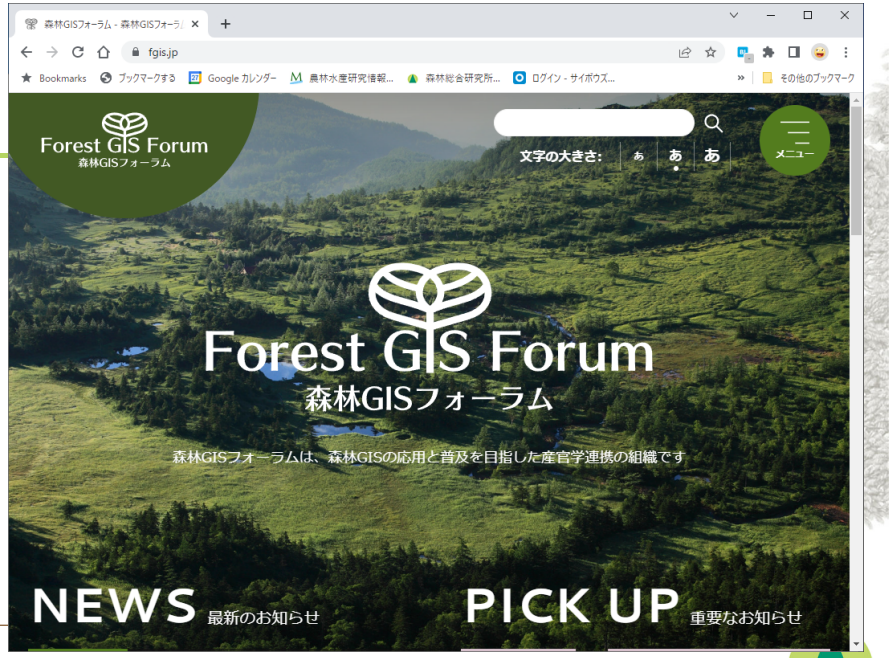
林野庁：森林資源情報のデジタル化／スマート林業の推進https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/smart_forestry.html

標準化のメリット

	システム利用者	システム事業者
森林情報システムに関する知識	• システム事業者と森林情報システムに関する知識を共有可能	• システム利用者と森林・林業に関する知識を共有可能
システム開発コスト	• 仕様検討に係るコストの削減が可能	• 開発コストの削減が可能（複数のシステム利用者に共通のシステムを提供）
アプリケーションソフトの提供	• 森林・林業に特化したアプリケーションの独自開発が不要	• 基データが標準化されているため、開発が容易 • 一定のユーザー数を確保しやすい（ユーザ間の情報共有が円滑化）
その他	• システム間の乗換えが容易（システム仕様の標準化） • 複数の主体間でのデータ集計が容易（データ形式の標準化）	• ビジネスチャンスの拡大（顧客のシステム乗換えが容易）

共通言語（標準仕様）を介して、異なる主体間（都道府県、市町村、林業事業体等）やシステム事業者との意思疎通が容易となる

林野庁：森林資源情報のデジタル化／スマート林業の推進https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/smart_forestry.html



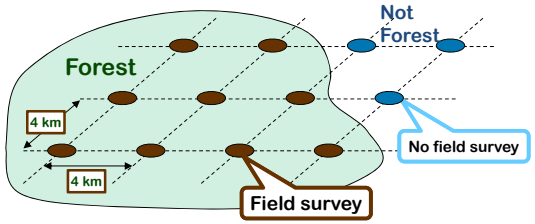
関連する情報
(2)森林生態系多様性基礎調査

森林生態系多様性基礎調査

問合せ先：林野庁森林整備部 計画課

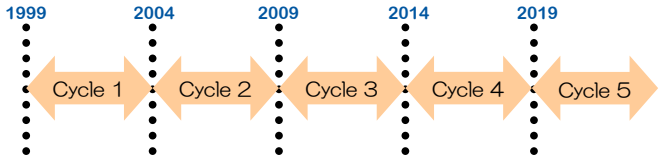
1. NFI System

- Permanent plots measured at a 5yr interval
  - Extraction unit : 0.1 ha
  - Systematic grid sampling
    - 4 km x 4 km grid over Japan's land
    - Ca15,000 forest pts out of 23,500 land pts



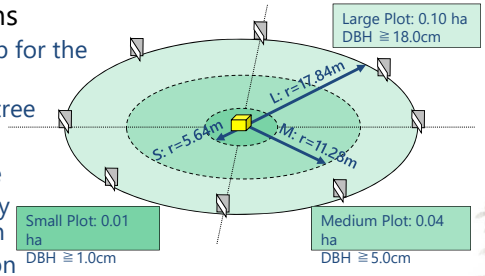
1. NFI History and cycle

- Starting from 1999
- 2018 is the last year of Cycle 4
- Cycle 5 is supposed to be initiated in 2019



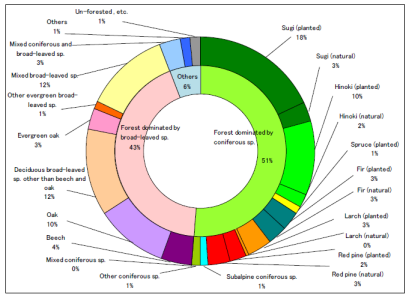
1. NFI Circular plot with 3 radii

- Survey items
  - Route map for the plot
  - Standing tree
  - Stump
  - Fallen tree
  - Understory vegetation
  - Soil erosion
  - Standing overview



1. NFI
An output

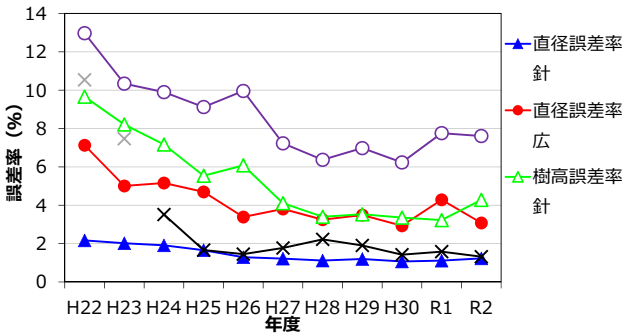
Figure 22: Composition of forest ecosystem types of Japan



Sources: Forestry Agency, Forest Resource Monitoring Survey

from 2nd Country Report of Japan to the Montreal Process (2009)

H22（2010）年度からR2（2020）年度までの
多様性基礎調査の主な計測項目の誤差率の推移



林野庁「森林生態系多様性基礎調査事業」資料

森林生態系多様性基礎調査
データの一般公開 (2023/01/31)

http://forestbio.jp/index.html

Imagine
~~*Ask not*~~ *what forestry can do for you.*

Ask what you can do for forestry.

Joint Foresters of Knoxville, 1961

ご清聴、ありがとうございました。

Cascade Range, Oregon, USA, 1996