

# ドローンとAIで森林を観測する： コストパフォーマンスを高める 新技術・新発想

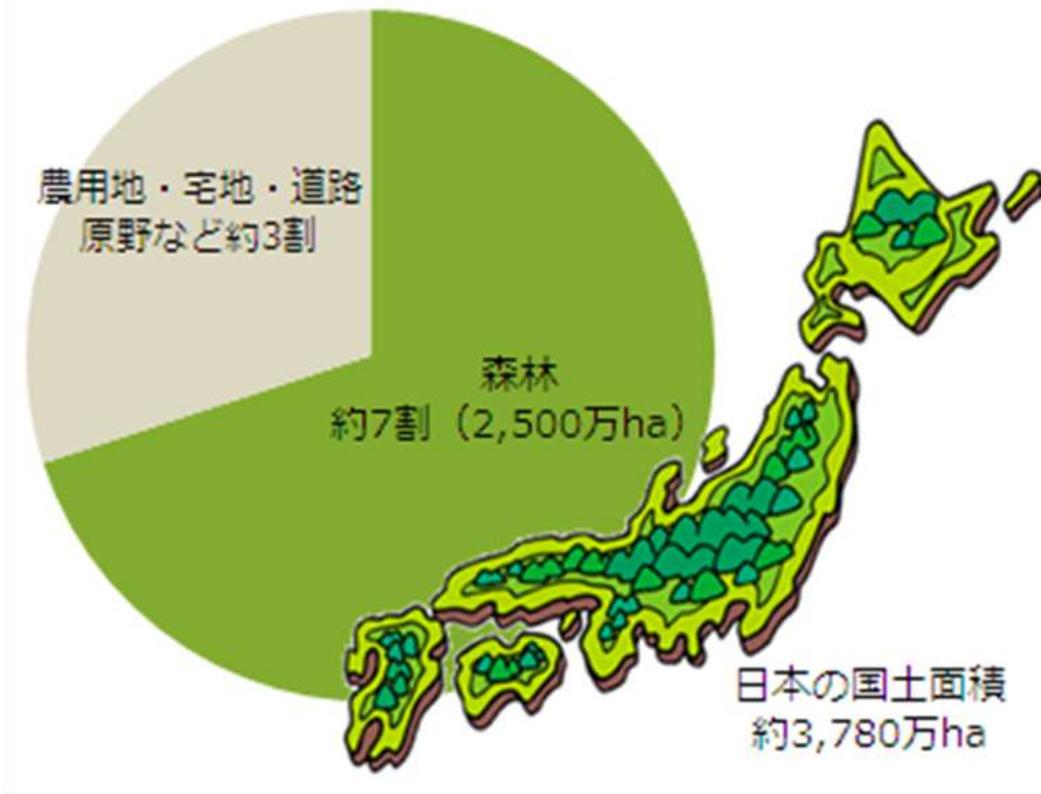
京都大学 フィールド科学教育研究センター  
准教授 伊勢 武史

2021年10月15日

# 背景

## 日本の国土の7割は森林

**日本の森林率**  
(国土面積に占める森林面積の割合)



OECD加盟国森林率上位10か国、2020年

順位	国	森林面積 [1,000 ha]	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	エストニア	2,438	56.1
7	ラトビア	3,411	54.9
8	コロンビア	59,142	53.3
9	オーストリア	3,899	47.3
10	スロバキア	1,926	40.1

※ 2020年7月時点のOECD加盟国37か国で計算

出典：FRA2020データを元に林野庁作成

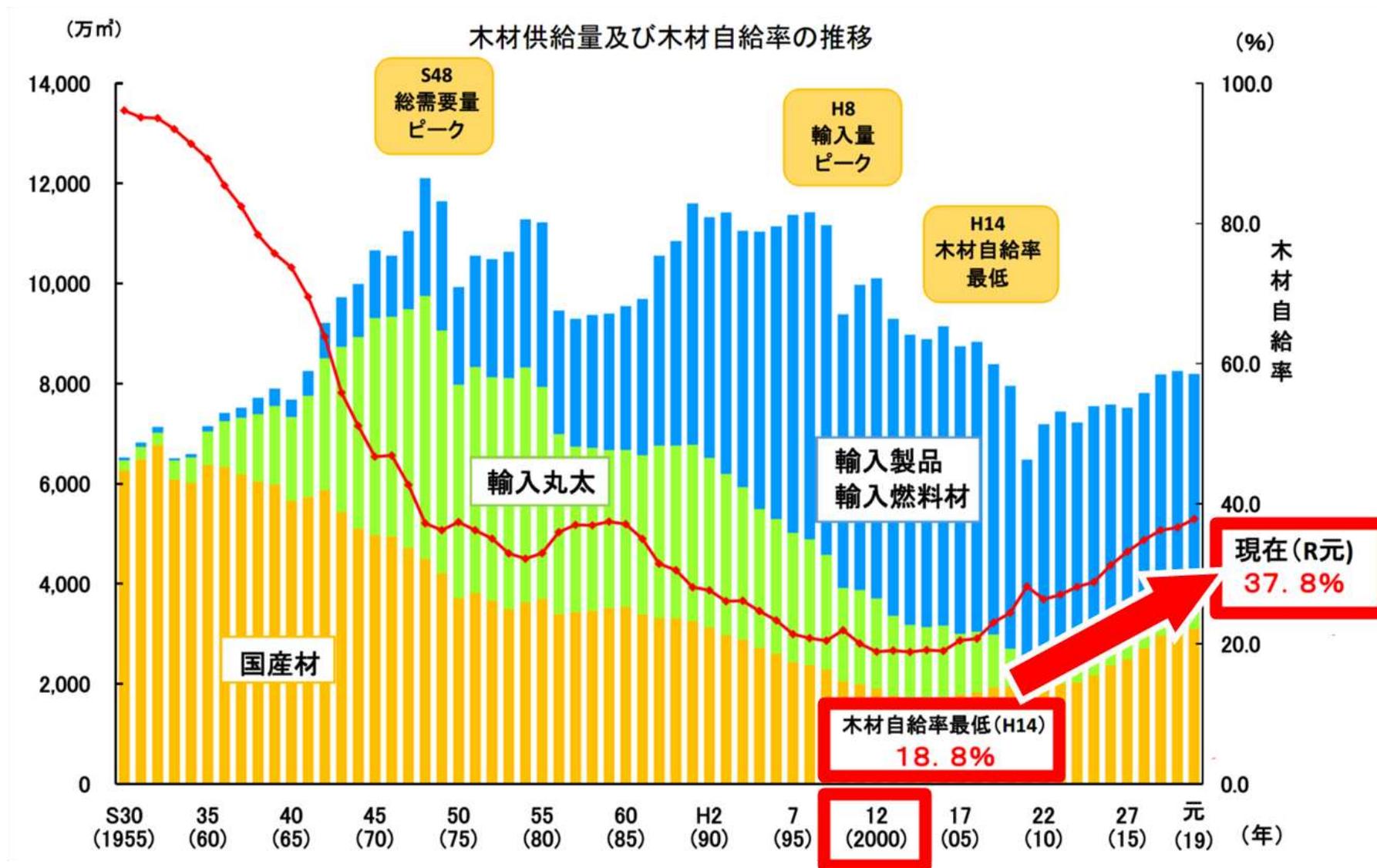
人工林面積上位10か国

順位	国名	人工林面積 [千ha]	(参考) 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

**日本の森林資源は、高いポテンシャルがある**

# 背景

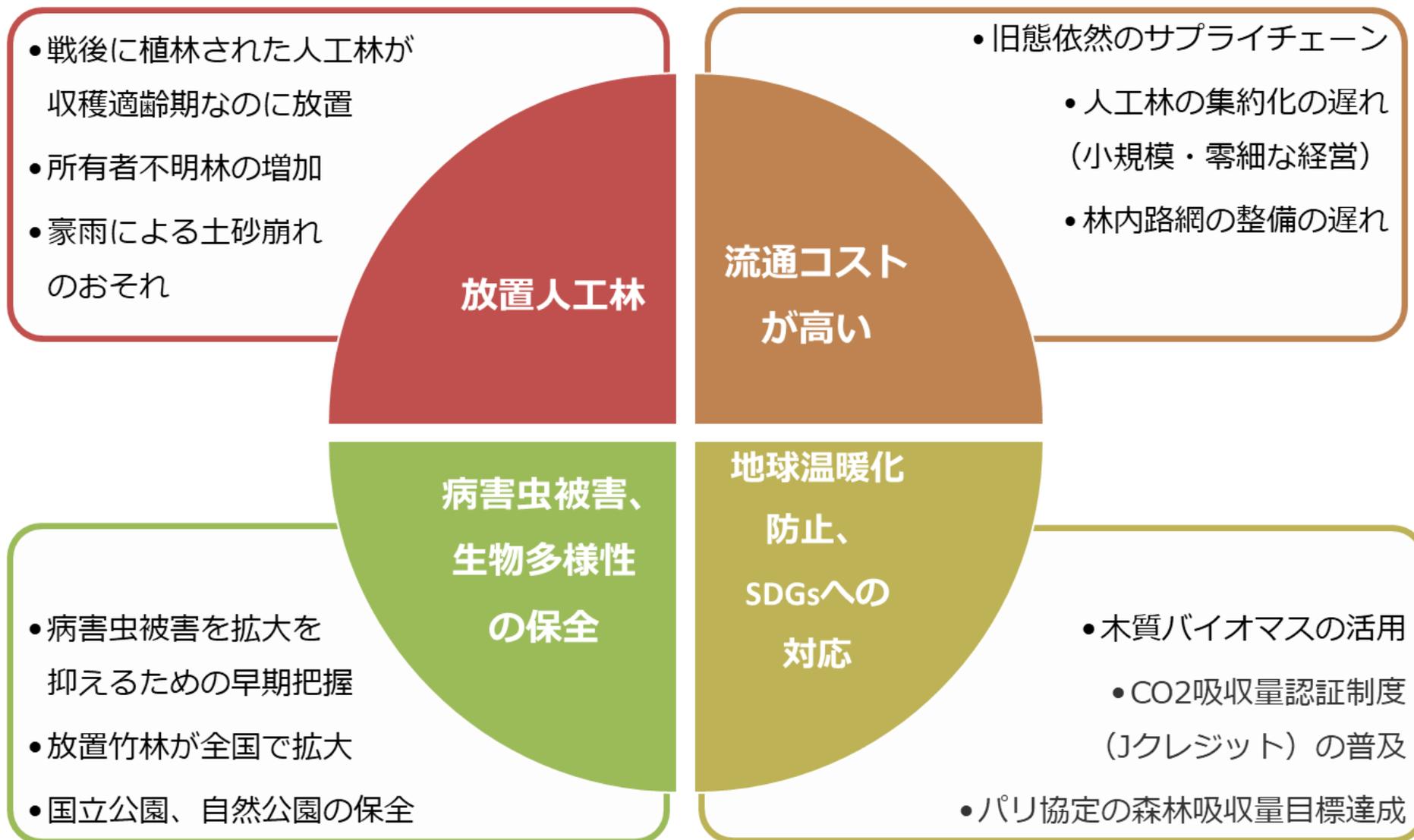
## 木材の自給率は、2000年頃を境に上昇基調



林業復興の兆しあり

# 背景

## 森林・林業の主な課題



これらの解決には「**森林の現状把握**」が大前提として必須

# 従来技術と その問題点

## 「森林の現状把握」の現状

### ①フィールド調査

(山を歩いて、1本ずつ計測)



#### メリット:

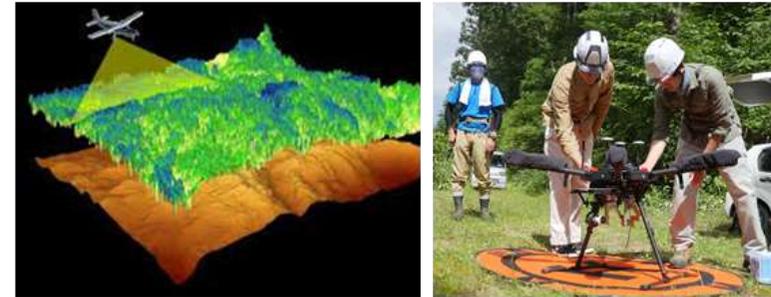
- ・手軽  
(高度なスキル不要。ITも不要)  
(天候などに応じ、臨機応変に実施)

#### デメリット:

- ・膨大な労力
- ・面積当たりのコストは甚大  
(全数調査は現実的には不可能)

### ②航空レーザー計測などの業務委託

(計測から解析まで、全て外注)



#### メリット:

- ・広範囲を一度に計測できる  
(全数調査も可能)
- ・膨大なデータが得られる

#### デメリット:

- ・高コスト
- ・データ解析に専門知識が必要  
→外注せざるを得ない

# 新技術の特徴・ 従来技術との比較

手軽・安価・正確の  
三拍子を実現

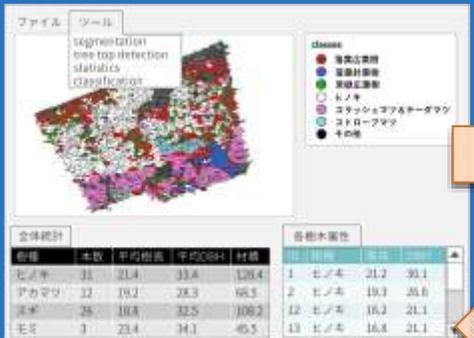
		フィールド調査	ドローン×AI	業務委託			
ツール		巻き尺、測高器	ドローン +AI解析ソフト	航空 レーザ計測 +従来ソフト	ドローン レーザ計測 +従来ソフト	ドローン +従来ソフト	
顧客 ベネフィット	簡便性	◎ (ITスキルすら不要)	○ (最低限の ITスキルで十分)	× (航空機の 手配も必要)	△ (専門業者に 依頼)	△ (専門業者に 依頼)	
	コスト	× 人力調査の面積は 狭小	◎ 年間50~150万円	× 数1000万円 /回	△ 300~1000万円 /回	△ 200~300万円 /回	
	精度	樹種	○	◎	△	△	△
		本数	△	◎	◎	◎	◎
		直径	◎	○	○	×	○
	樹高	△	○	◎	◎	○	

# 「森林価値マップ」の活用例

- ①ドローン飛行アプリ
- ②解析・可視化ソフト
- ③フィールドツール

## 森林可視化支援ソフト

## 「森林価値マップ」



森林の現状把握  
(見える化) が可能

※既に、NTT西日本やサントリー等との実証実験を複数開始している

### 資源量の把握

- 立木の樹種
- 立木の本数
- 全体の材積

- 山主側 (川上) と製材側 (川下) が情報共有  
→ 需要に応じた伐出・出荷  
→ 効率化で「儲かる林業」
- 木質バイオマスの普及促進

### 森林の状態把握

- 病虫害 (松くい虫、ナラ枯れ)
- 森林と地形の関係
- 竹林の拡大状況

- 病虫害への早期対処
- 森林管理や路網整備の効率化
- 零細林地の集約化
- 放置竹林への対策

### 環境保全の観点

- 国立公園、自然公園の生物多様性
- 森林のCO2吸収量

- 国立公園、自然公園の保全
- CO2吸収量認証制度 (Jクレジット) での活用



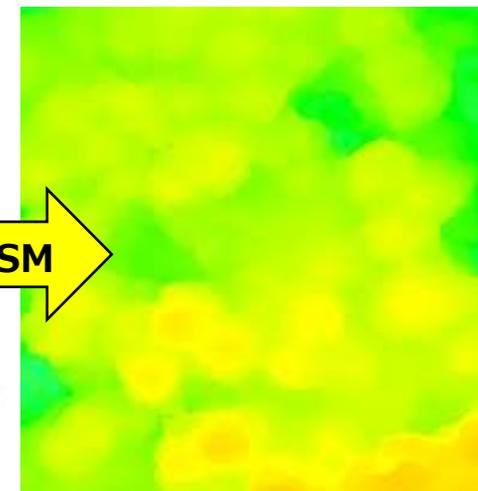
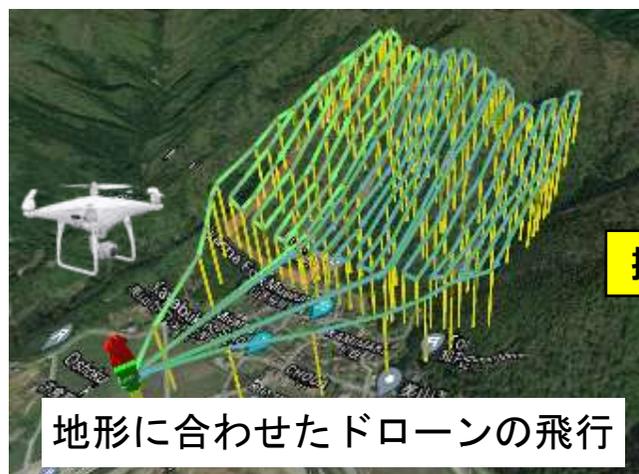
# 技術シーズ：ドローン撮影とデータ処理

## ポイント1

画像のクオリティは撮影の時間帯や天候に左右されるが、蓄積されたノウハウで最適な撮影タイミングを提案できる

## ポイント3

得られた多数の画像を合成して森林を3次元で再現。広範囲の森林を真上から俯瞰する高解像度画像の作成が可能



## ポイント2

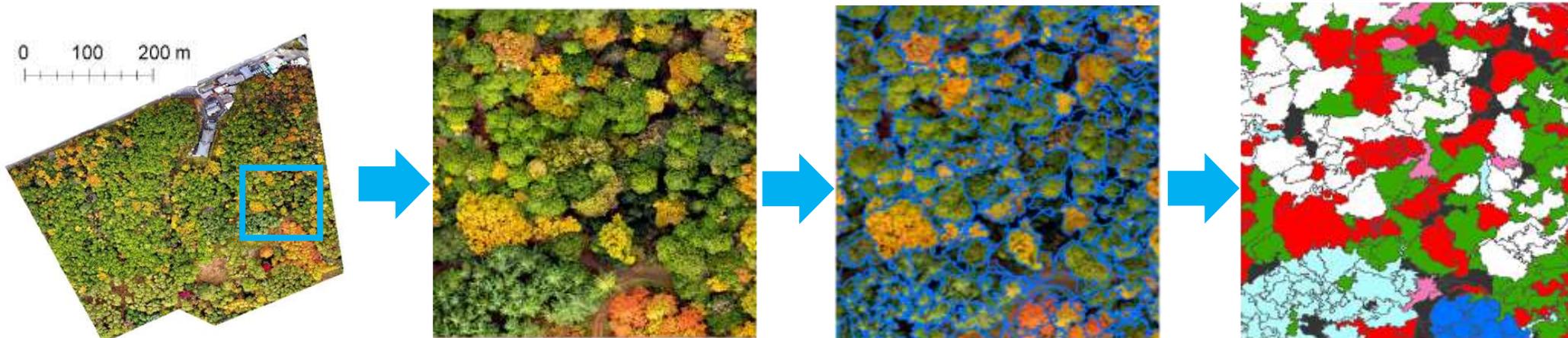
複雑な地形を持つ日本の山林に対応し、対地高度を一定に保ちながら自動撮影できる

## ポイント4

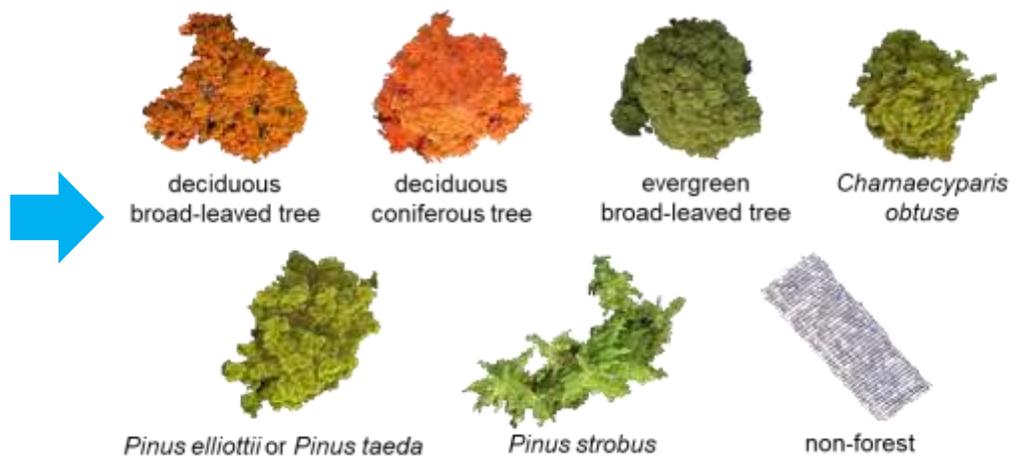
3次元モデルからDSM (Digital Surface Model) を作成、樹木の個体分離とサイズ推定のためのデータになる



# 技術シーズ：個体分離と人工知能



- classes
- deciduous broad-leaved tree
  - deciduous coniferous tree
  - evergreen broad-leaved tree
  - *Chamaecyparis obtuse*
  - *Pinus elliottii* or *Pinus taeda*
  - *Pinus strobus*
  - non-forest



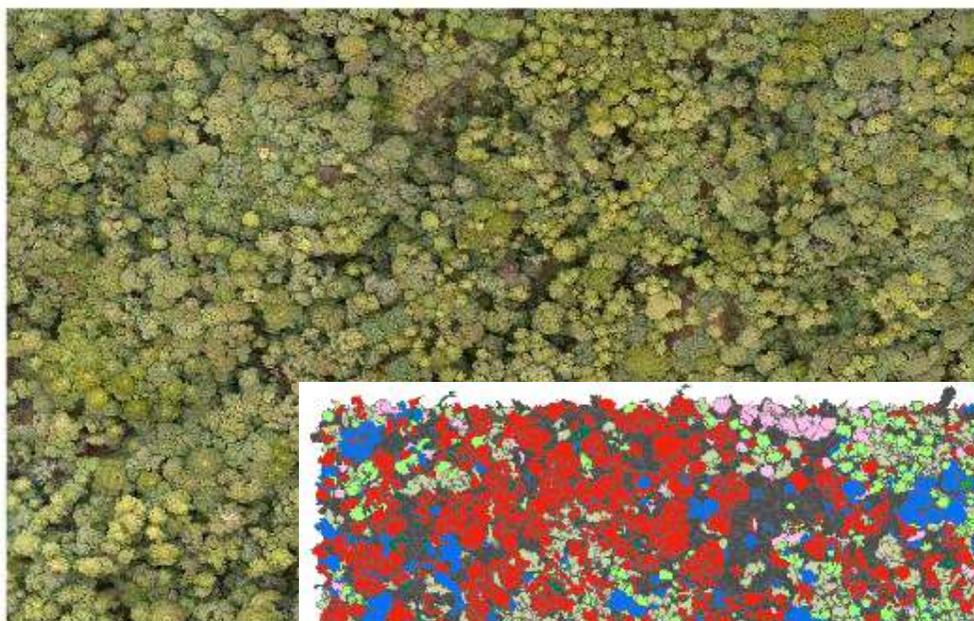
前ページのDSMと写真情報をベースに樹木の個体分離を可能にするアルゴリズム(特許出願中)。これにより、

- 樹木のサイズと本数を推定可能
- 効率的で精密な教師画像作成が可能

➡ 競合他社より低コスト・高パフォーマンス



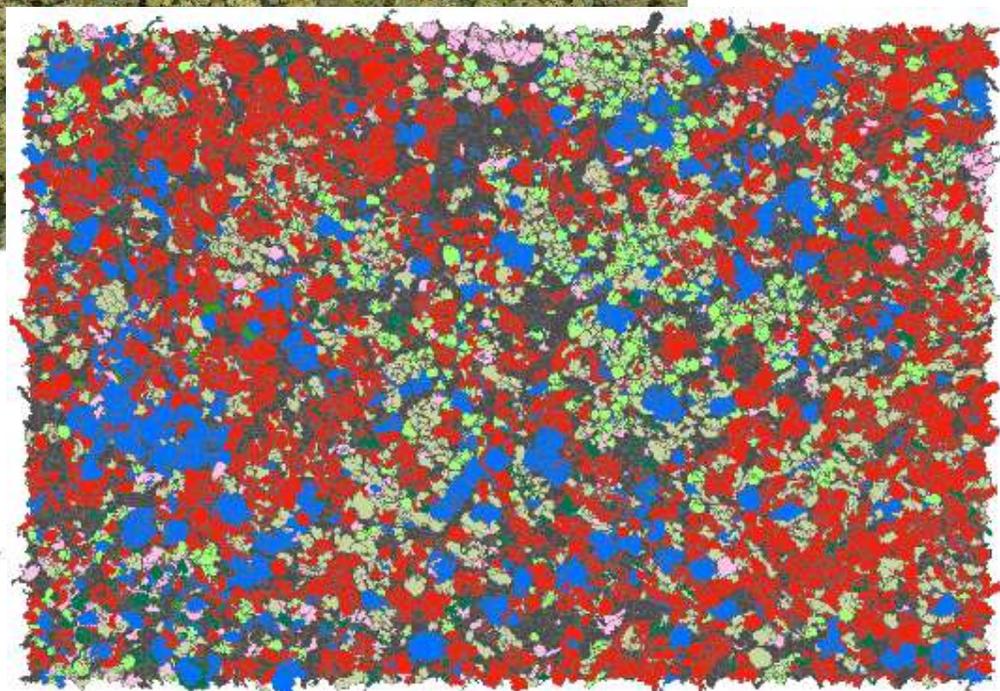
# 技術シーズ：樹種識別と可視化



精密教師画像の効果で、高精度の樹種識別が可能に

樹種だけでなく、樹木のサイズや数の推定も

特殊な機材や航空機が不要で、  
他社並みもしくはそれ以上の精度を達成



林業以外に、環境保全や防災も

台風による倒木や温暖化の影響

希少種の発見など生物多様性の保全

競合技術より低コスト・高精度



従来技術では実現不可能だった  
国土の広範囲の観測が可能に

- |      | class                 |
|------|-----------------------|
| モミ   | Abies firma           |
| コジイ  | Castanopsis cuspidate |
| スギ   | Japanese cedar        |
| ヒノキ  | Japanese cypress      |
| コナラ属 | Quercus               |
| ツガ   | Tsuga sieboldii       |
| 非植生  | non-forest            |
| アカマツ | red pine              |

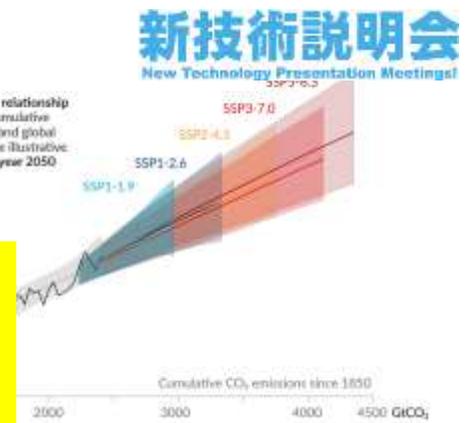


# 環境保全とシミュレーション

IPCC第6次報告書  
(2021年8月9日)

有価証券報告書での  
気候変動リスクの  
情報開示が義務化へ  
(2021年7月26日)

The clear linear relationship between the cumulative CO<sub>2</sub> emissions and global warming for five illustrative scenarios until year 2050



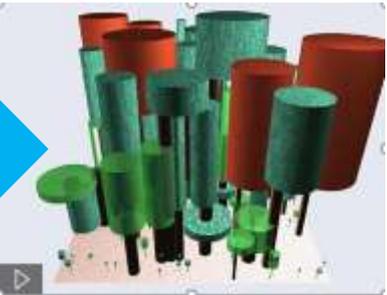
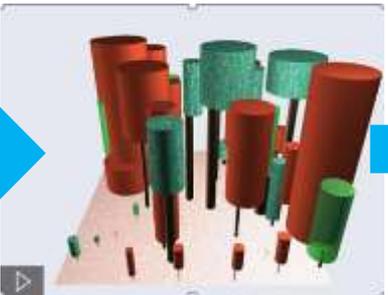
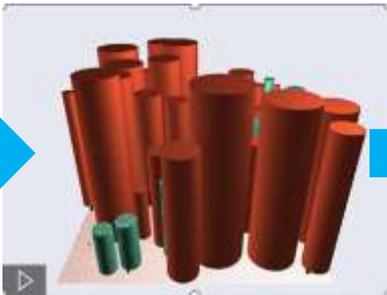
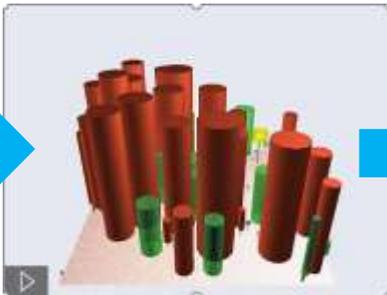
ドローンとAIによる森林の高精度観測

森林シミュレーション技術

環境を守るビジネスとして世界展開

- ・炭素蓄積量推定
- ・将来予測
- ・排出権取引
- ・林業計画
- ・生物多様性
- ・防災や水資源

森林シミュレーション (さきがけ・2015年)



伐採跡地に樹木が発芽

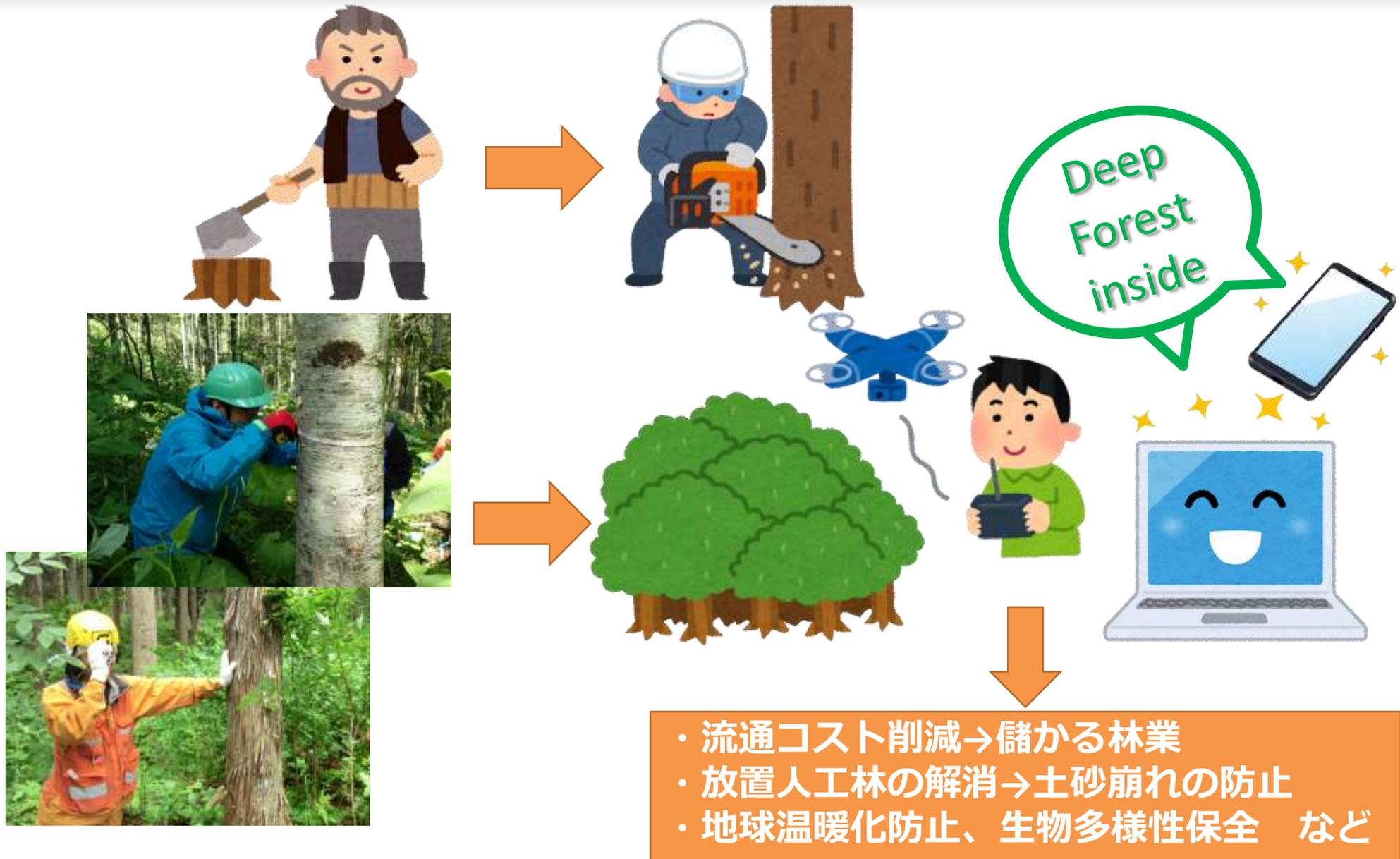
成長スピードは樹種によって異なる

成長の早い樹種が森を支配するが...

寿命が短いので倒れて空間が生じる

寿命が長い樹種が成長し多様性が高まる

# まとめ



これからの林業を支えるデファクトスタンダードになる

# 想定される用途

- 樹種・本数・材積の推定
  - 木材としての価値（主に針葉樹林）
  - バイオマス燃料としての価値（主に広葉樹林）
- 特定の樹木タイプの探索
  - 高価な有用樹種の発見
  - 保全木の選定
  - 病虫害の調査
- シミュレーションによる森林施業の提案
- 生物多様性・炭素蓄積量の評価

# 実用化に向けた課題

- 森林の多様性に対応するロバストなモデル
  - 日本や世界の多様な森林での実績を積む
  - よりロバストで精度の高い人工知能モデルになる
- 森林産業の総合ソリューション
  - 林道網の最適化の提案を行うシステム
  - 中間搾取のない流通システム

林業を根本的に改革する

# 企業への期待

- 本技術を活用した森林産業の問題解決のための共同研究・共同開発を期待しています
  - 林業振興・地域振興
  - 生物多様性の保全
  - 炭素蓄積量推定による気候変動の抑制
- 私たちの将来ビジョンに共感してくれる方を期待しています
  - 木を伐って売るだけが森林の価値ではない
  - 生態系サービス（自然の恵み）の持続的な利用を目指す

## 本技術に関する知的財産権

発明の名称	コンピュータプログラム、識別装置及び識別方法
発明者	伊勢武史、皆川まり、大西信徳
出願人	国立大学法人京都大学
出願番号	特願2018-010771
公開番号	特開2019-128842

発明の名称	物体分類システム、学習システム、学習データ生成装置、学習済モデル、学習方法、およびコンピュータプログラム
発明者	大西信徳、伊勢武史、藤木庄五郎
出願人	国立大学法人京都大学
出願番号	特願2018-228120

# 産学連携の経歴

- 2019年度
  - 「こま切れ画像法ハンズオン講習会」開催、複数企業からの参加
  - 環境総合テクノス社とのライセンス契約と共同研究
- 2020年度
  - 株式会社マルイチとのPoC事業実施
  - サントリー水科学研究所との共同研究
  - NTT西日本株式会社との共同研究
- 2021年度
  - サントリー水科学研究所との共同研究
  - NTT西日本株式会社との共同研究

# お問い合わせ先

株式会社TLO京都  
(京都大学の子会社)

メールフォームでのお問い合わせ

<https://www.tlo-kyoto.co.jp/inquiry/>