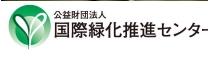


ケニア半乾燥地における小規模農家向け植林のモニタリング手法開発
 ー衛星画像+αで植林生残木を自動カウントする試みー

林野庁補助事業 途上国森林づくり活動貢献可視化事業
 オンラインセミナー
 途上国森林づくりワークス ー見えるを視える化ー
 2023年度の取り組み紹介



柴崎 一樹
 国際緑化推進センター (JIFPRO)



2
 はじめに
 ー小規模農家向け植林とはー



途上国での植林支援において、小規模農家向け植林が注目



小規模農家向け植林は、植林後のモニタリングが大変



- 「小規模農家向け植林」は小規模農家が個人で保有する小さな土地に植林すること
- 国際機関、企業・NGO等による途上国での植林支援は「小規模農家向け植林」が注目されている
 - 炭素クレジットを目的とした植林でも「小規模農家向け植林」が増加中 (柴崎ら, 2023)

3,326農家

Restoring forests with smallholder farmers

2.5万農家

Smallholders = Big opportunities.

1,300万人

Trees Outside Forests in India (TOFI) Program

企業や個人から支援を受けて、南米で小規模農家向け植林を実施する団体のWebサイト (出典: TakingRoot)

ケニアで木材生産・販売用に植林を実施する団体のWebサイト (出典: KOMAZA)

国際機関が支援するインドの植林プロジェクト (出典: USAID)

小規模農家向け植林は、その対象農家を増やすことで、早く沢山植えられる ー植林支援がしやすい

商用 (産業) 植林

- ある程度まとまった面積で植林 (数十ha以上)
 - 樹種数が限定
 - 同じ植栽密度
- プロット調査で植林地全体の評価が可能

区画内に一定間隔で植栽

小規模農家向け植林

- 植林区小さい (1ha前後)
 - 植林区が無数に点在
 - 各農家により植え方 (樹種、植栽密度等) が違う
- プロット調査がしにくい

植林地が無数に点在 (1,000区以上)

作物や既存植生の隙間に植林

小規模農家向け植林の支援プロジェクトの中には、植林木数を報告するだけになっているものが散見

プロット調査を必要としないVCS植林方法論の開発・承認



衛星画像により植林生残木のカウントはできるか?



これまで、VCS※は植林用に独自の方法論がなかった → CDM※植林の方法論で代用

2023年9月にVCS植林用の方法論 (VM0047) が開発・承認

- 炭素推定のために、以下の2つのアプローチが提示

Area-based approach

従来のサンプリングプロットによるもの (CDM植林の方法論と同様)

植林地面積 (ha) × 炭素密度 (t/ha)

Census-based approach

1ha以上の樹冠被覆にならない植林
 アグロフォレストリ等の低密度の植林

生残木数 (本) × 1本あたりの平均炭素量 (t/本)

OR

「生残木をカウント→炭素固定量推定」というアプローチがVCSで正式に承認

→今後、炭素クレジット以外の小規模農家向け植林でも、生残木カウントのニーズが高まると予測

先行事例：解像度50cmの衛星画像から深層学習で単木レベルの樹冠を抽出 (Brandt et al., 2020)

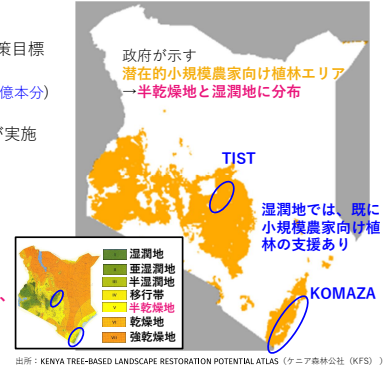
- 乾燥地では…
 - 50cm解像度の衛星画像で、各木の樹冠がはっきり見える
 - 深層学習で自動検出は可能
- 衛星画像で植林生残木が、カウントできれば、炭素固定量の推定等にも活用可能
- ただし、衛星画像だけでは…
 - 植林木と天然木の区別が不可能

本試験では、衛星画像+αによる、植林地のモニタリング手法を開発

ケニアの植林状況

8

- ケニア政府は…
 - 2032年までに森林率を約7%→30%にする政策目標
 - 政府は小規模農家向け植林を重視
 - 小規模農家向け植林の目標：200万ha (≒約30億本分)
- 企業による資金を基にした小規模農家向け植林が実施
 - KOMAZA：Appleや三井物産等が支援
 - 植林面積：延べ0.9万ha以上、2.5万農家以上
 - TIST：Shell等が支援
 - 植林面積：延べ1.5万ha以上、10万農家以上
- 一方で…
 - 国土の80%以上を占める乾燥・半乾燥地では、企業による植林支援がほとんどない



出所：KENYA TREE-BASED LANDSCAPE RESTORATION POTENTIAL ATLAS (ケニア森林公社 (KFS))

ケニアでの実証試験の方法・結果

-衛星画像+αによる植林生残木のカウンターの試み-



乾燥地での植林促進のために「長根苗」を開発中

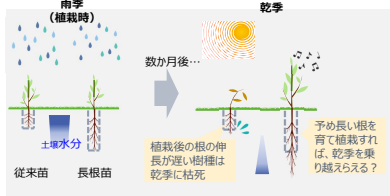


本試験の目的



- 乾燥地で植林が進まない、植林支援がしにくい原因は？
 - 植林コストが高い（灌水等）
 - 活着率が悪い、成長が遅い（活着率が50%前後という報告 (Magaju et al. (2020)) もあり）
 - 植栽が雨季初めに限定+降水不安定

□ JIFPROは乾燥地での植林（支援）促進のため「長根苗」を開発中



5か月育苗した長根苗

- 本試験では…
 - 実際にケニア半乾燥地での植林を通して、「小規模農家向け植林のモニタリング方法」を開発
 - 一実際の植林によるインパクト（炭素蓄積や住民便益）の可視化
 - 一企業による植林支援がやりやすくなることを期待



□ 実施体制



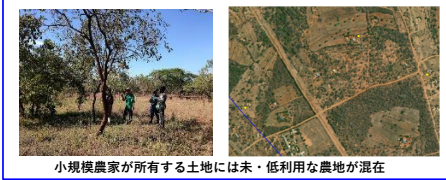
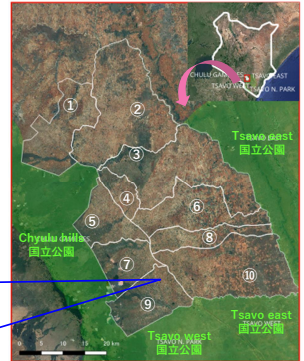
植林対象地の概要（位置、人口・面積等）



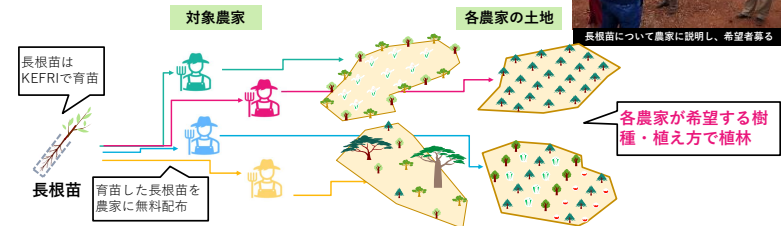
小規模農家向け植林の方法



- ケニア南部のKibwezi行政区（右の①～⑩）
 - 面積：21万ha（国立公園除く）
 - 人口：23万人（5.5万世帯）
- 元々は森林が成立していたようだが、入植後は薪炭採取や過放牧による森林劣化が広範囲全体に広がる



- 本試験での植林アプローチ
 - 対象農家：所有農地での長根苗植林を希望した農家に長根苗を無料配布
 - 樹種：主に薪炭材となる在来・帰化樹種から、農家の要望に応じて配布
 - 植栽方法：農家の要望に合わせて柔軟に対応
 - 植林木の伐採：特に規制はないが、薪炭には枝の利用を推奨



小規模農家向け植林の実績

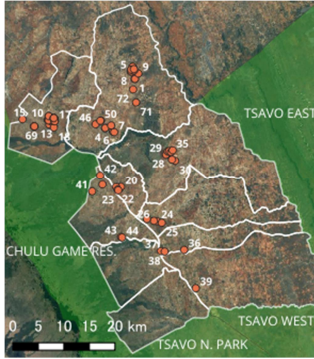


13

- 植栽期間：2023年10～12月
- 参加した農家数：72農家（右図）

樹種毎の植栽本数
（全3,533本、平均50本/農家）

樹種	本数	主用途
<i>Azadirachta indica</i>	208	薪炭
<i>Acacia mellifera</i>	407	薪炭
<i>Acacia Polyacantha</i>	717	薪炭
<i>Acacia tortilis</i>	555	薪炭
<i>Balanites aegyptiaca</i>	22	薪炭
<i>Dalbergia melanoxylon</i>	413	高級材
<i>Gmelina arborea</i>	242	用材
<i>Melia volkensii</i>	146	用材
<i>Senna abbreviata</i>	96	薪炭
<i>Senna seamea</i>	302	薪炭
<i>Terminalia brownie</i>	256	建材
<i>Tamarindus indica</i>	169	果実



小規模農家向け植林地の様子（植林して4～5か月経過時点）



14

- 小規模農家の土地に植林した苗木自体は順調に生育していることを確認（2024年3月時点）



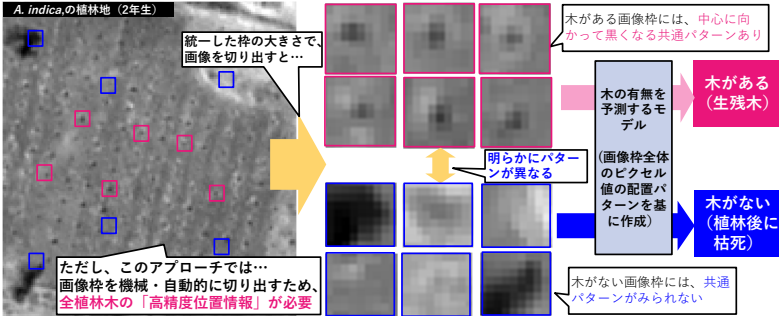
では、このように農家の土地に不均一に植えた植林木をどのようにモニタリングするか？

衛星画像 + α による植林生残木カウントの考え方



15

- 通常のピクセルベース分類では、「植林生残木」だけを自動検出するのは困難
- 植林木の位置の画像だけを切り出し、画像枠全体のパターンで、木の有無を判別できないか？



植林木の高精度位置情報の取得方法



16

- 植栽時に苗木1本1本の高精度位置情報を記録
- 今回はGNSSローバーで位置情報を記録

植穴掘削

植栽

1本1本の位置情報を取得

GNSSローバーでは30秒以内に10～50cmの精度で位置情報を取得することが可能

位置情報取得と同時に、農家・樹種等の情報をその場でデジタルで記録

Tree ID	農家名	樹種	植栽日
362	Sebastian	<i>M.Volkensii</i>	10/8
363	Sebastian	<i>M.Volkensii</i>	10/8
364	Sebastian	<i>A.tortilis</i>	10/8
365	Sebastian	<i>A.tortilis</i>	10/8
366	Mwema	<i>T.indica</i>	10/9
367	Mwema	<i>T.indica</i>	10/9
368	Mwema	<i>S.siamea</i>	10/9

全苗木の情報（農家、樹種）を位置情報をセットでデジタル化

対象72農家毎の全植林木の位置情報



17

- 今回の植林で…
- 農家によって好みの樹種・配置は異なる（右図）
- 位置情報があれば、どんなに不均一な植林地でも衛星画像やGoogle earth等で目視可能
- ということは…
- 農家の好みに合わせた自由度の高い植林支援ができる
- その後のモニタリングも可能
- さらに…
- 生残木カウントの自動化を検討

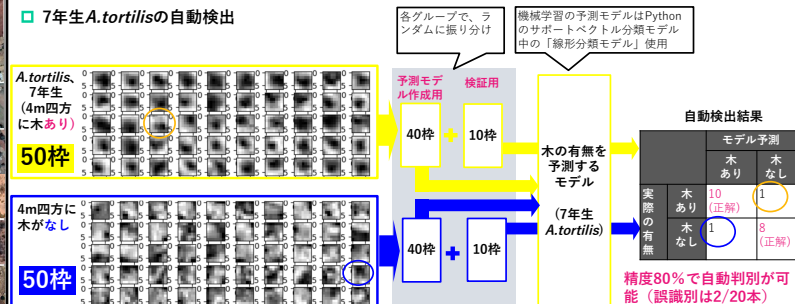


「機械学習」による7年生A.tortilisの自動検出



18

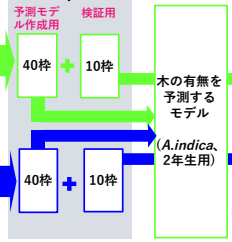
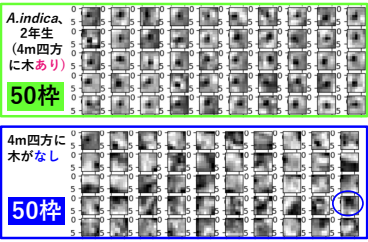
- 7年生A.tortilisの自動検出





2年生A.indicaの自動検出

各グループで、ランダムに振り分け
機械学習の予測モデルはPythonのサポートベクトル分類モデル中の「線形分類モデル」使用



自動検出結果

実際の有無	モデル予測	
	木あり	木なし
木あり	12 (正解)	0
木なし	1 (誤検出)	7 (正解)

精度90%で自動判別が可能 (誤識別は1/20本のみ)

衛星画像を一定サイズで切り取ることで、木の有無のパターンの違いを1か0の2択で明確に区別可能
→このことにより推定精度が高まる

20 さいごに

誰の？何の？ためのモニタリングなのか？



本モニタリング手法の期待される用途



- 小規模農家向け植林は…
 - 早く沢山植えられる → 今後も企業等による植林支援の対象になりやすい
 - しかし、モニタリング手法が未確立・煩雑で、植えた後の評価ができないことが多い
 - 今回、衛星画像+高精度位置情報で、植林生残木カウントの可能性を示唆
 - 植林生残木をカウントできると…
 - 資源量や炭素固定量の推定に役に立つ
 - その他にも…
 - 管理を適切に行っている、やる気のある農家の特定
 - 植林木数でなく、実際に育った木から、各農家への貢献度を定量化
 - 誰の？何の？ためのモニタリングなのか？
 - 小規模農家向け植林に支援する企業への報告のためのモニタリング
 - 今後、植林支援を検討する企業にとって、植林によるインパクトの可視化は重要
 - 炭素クレジット以外でも、ESGやSDGs活動の成果として使えと期待
- 農家の希望に合わせた自由度の高い植林を支援でき、かつそのインパクトを可視化できる！



実用化への課題等

- 実用化への課題
 - 「植栽直後の幼樹」や「樹冠形成しにくい樹種」は、自動検出精度は落ちる可能性
 - スマホアプリ等による住民参加型モニタリングとの併用？
 - 高精度衛星画像のコスト
 - 購入する画像範囲に多くの農家(植林区)が含まれるように
- 詳細は…
 - JIFPRO発行の「海外の森林と林業」の下の記事を参照
 - 柴崎ら、2023、途上国での植林活動の方向性(1) -VCS植林プロジェクト事例からみる最近の植林形態-
 - 柴崎ら、2024、途上国での植林活動の方向性(2) -小規模農家向け植林のモニタリング手法-

kazuki@jifpro.or.jp (柴崎一樹)

