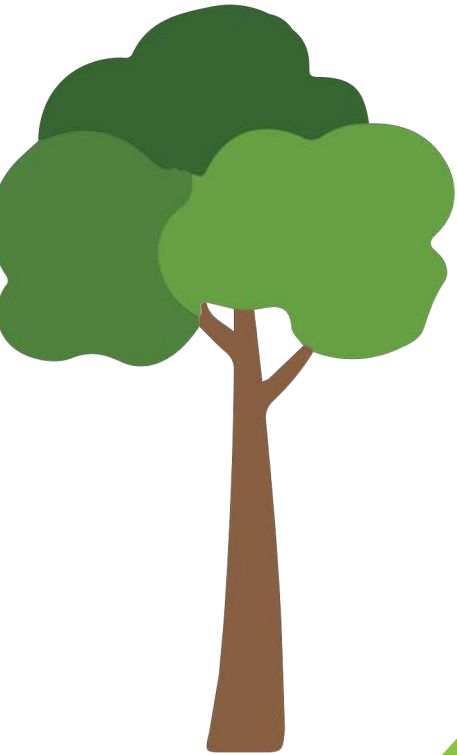
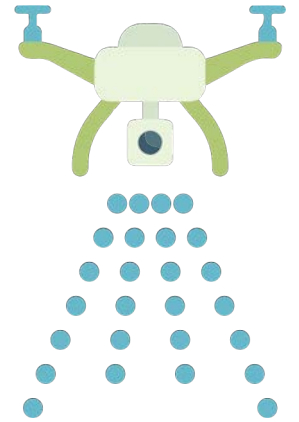


GBIFシンポジウム「今、必要とされている生物多様性観測」

2023年12月3日（日）13:30 - 16:30

@国立科学博物館 上野本館 日本館講堂



森林生態系を地上、空中、 宇宙から観測する —センシング技術の発展と展望

竹内やよい

国立環境研究所

竹内やよい

国立環境研究所 生物多様性領域 主任研究員

専門：森林生態学

東南アジアの熱帯林や日本の森林の生物多様性、それが維持されるしくみ、生態系サービス（自然の恵み）とのかかわり、人為的な活動や気候変動の影響などについて研究しています。



直径52cm

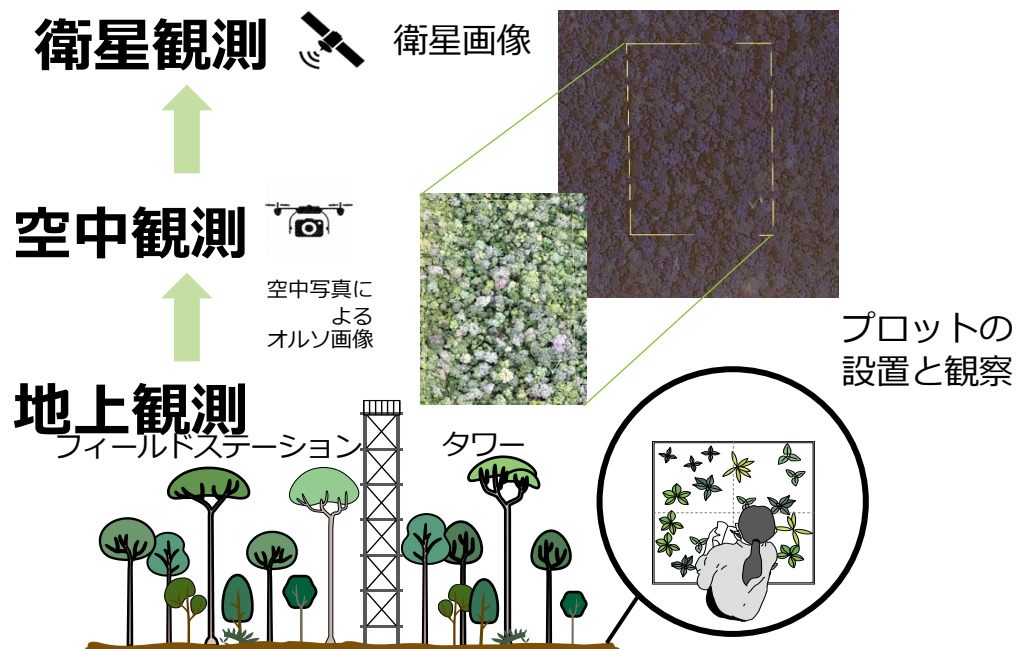
世界で一番大きな花
ラフレシア



@Sarawak, Malaysia

本日の内容

- 森林生態系の役割と特徴
- 森林の「測る」手法
 - 森林調査区を用いた調査
 - センシング技術とプラットフォーム
 - 研究事例
- 今後の展望



地上、空中、衛星による森林生態系の観測とプラットフォーム

森林生態系



森林生態系



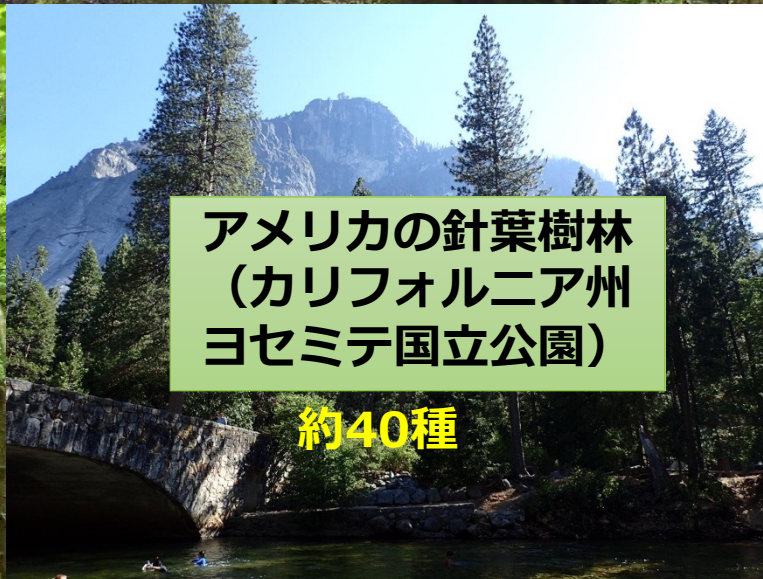
ボルネオ島の熱帯雨林
(マレーシア・ランビル
ヒルズ国立公園)

木本種の数：約1200種



日本のブナ林
(北茨城)

約60種



アメリカの針葉樹林
(カリフォルニア州
ヨセミテ国立公園)

約40種

森林生態系の役割

生態系サービス・自然からの恵み

林業・林産物

リクリエーション

経済

福利厚生

安全保障

炭素蓄積

水源涵養・国土保全

生態系機能・生物多様性

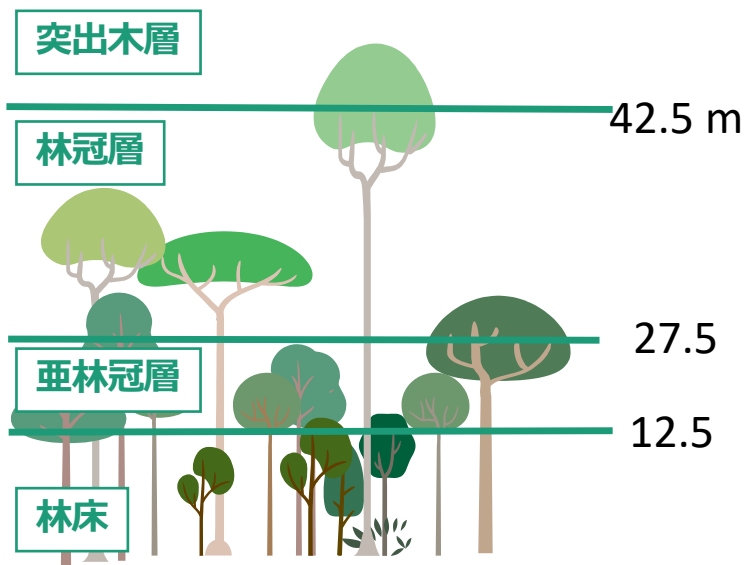


森林生態系の物理的特徴

森林の垂直構造の複雑さ

森林は、様々な高さや構造を持つ複数の植生層からなります。この多層構造は、森林内部の環境を複雑にし、異なる生物が生息できる独自の生息環境を生み出しています。

熱帯林

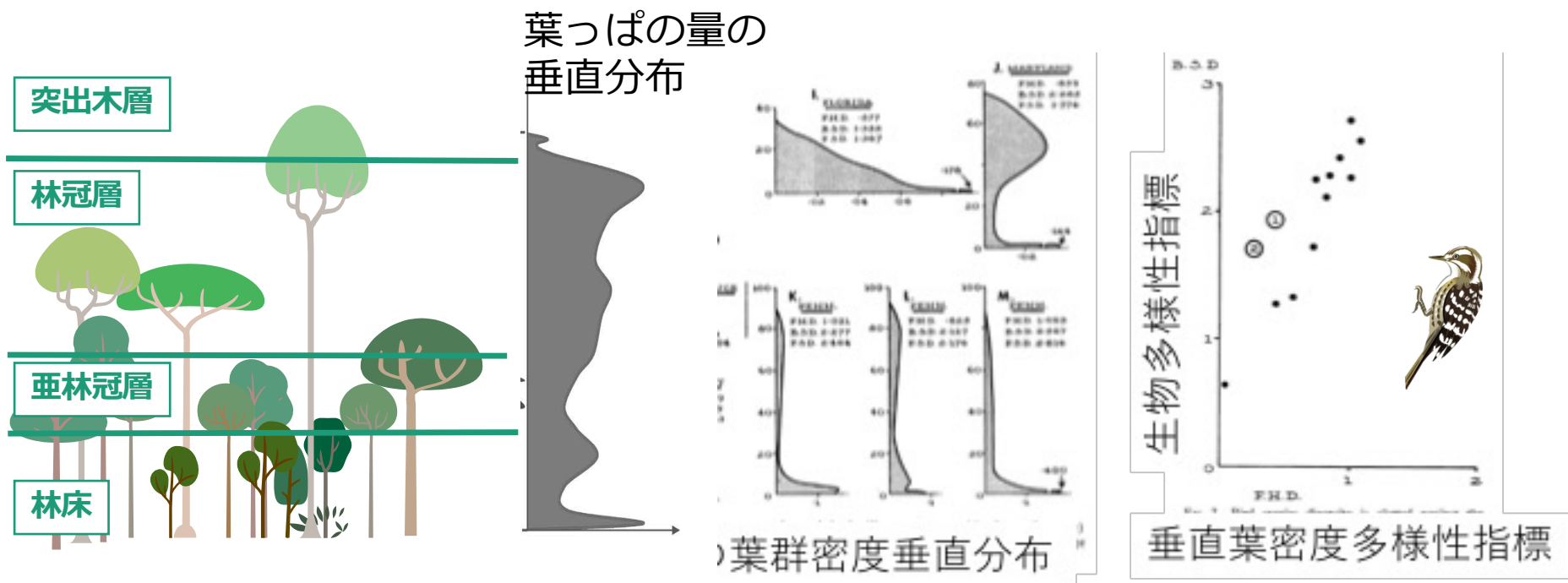


熱帯雨林をみてみよう



森林の階層構造と生物多様性

- ・ 葉っぱの量が多いほど鳥の種類数が多くなる
- ・ 森林の樹高や葉群密度多様性・複雑性と種多様性の相関関係が、広域的に様々な森林タイプで見られる現象



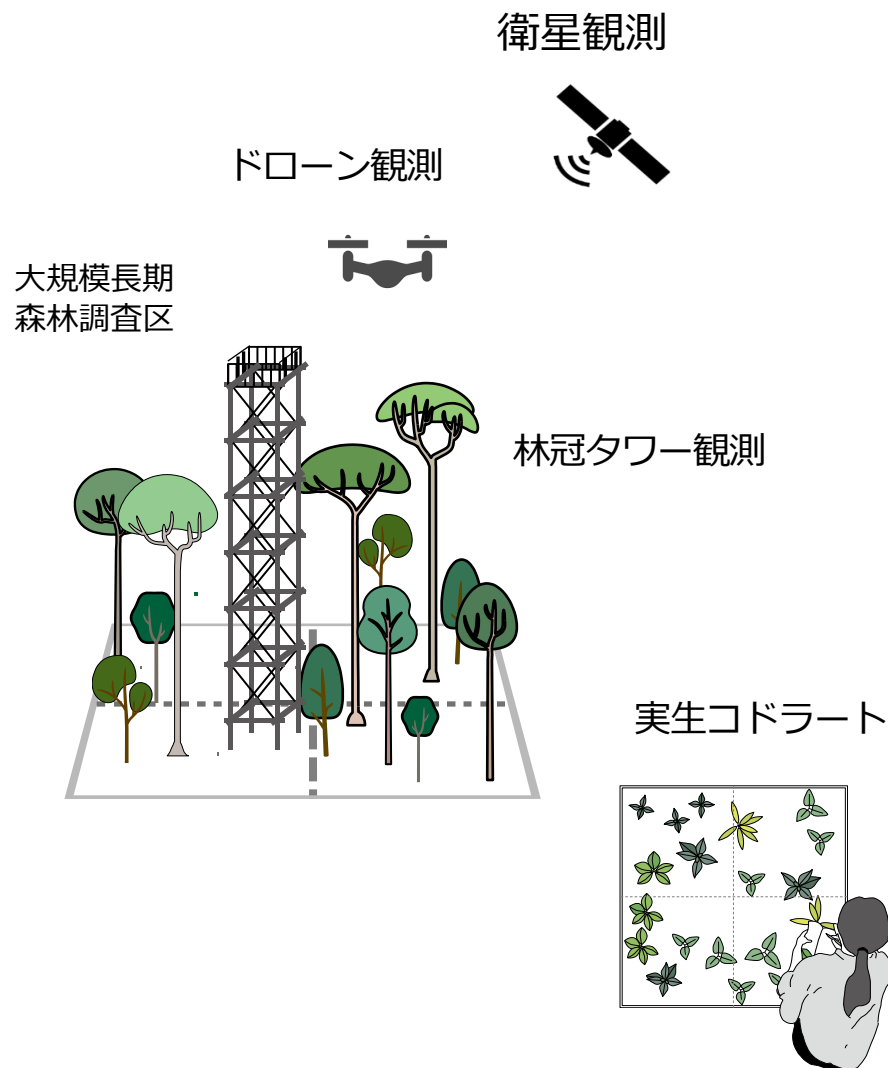
MacArthur & MacArthur 1961

森林を「測る」手法

・ 樹木・植物
大規模長期森林調査区による動態のモニタリング

・ 森林構造・景観
ドローン観測、衛星画像

長期のモニタリング
が不可欠



森林調査区を用いた調査

● 毎木調査

- 種名・位置を記録
- 生存・死亡、サイズを1~5年おきに記録
- プロット面積：0.25~52ha

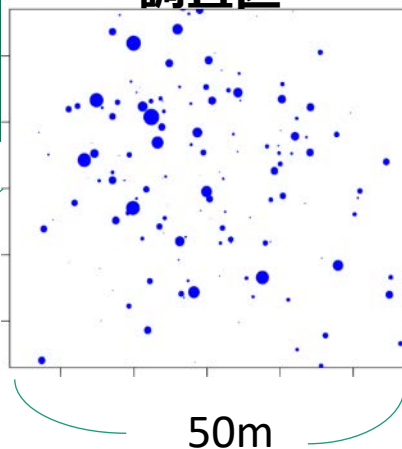
↑東京ドーム
11個分



板根

プロット内の
樹木位置

調査区

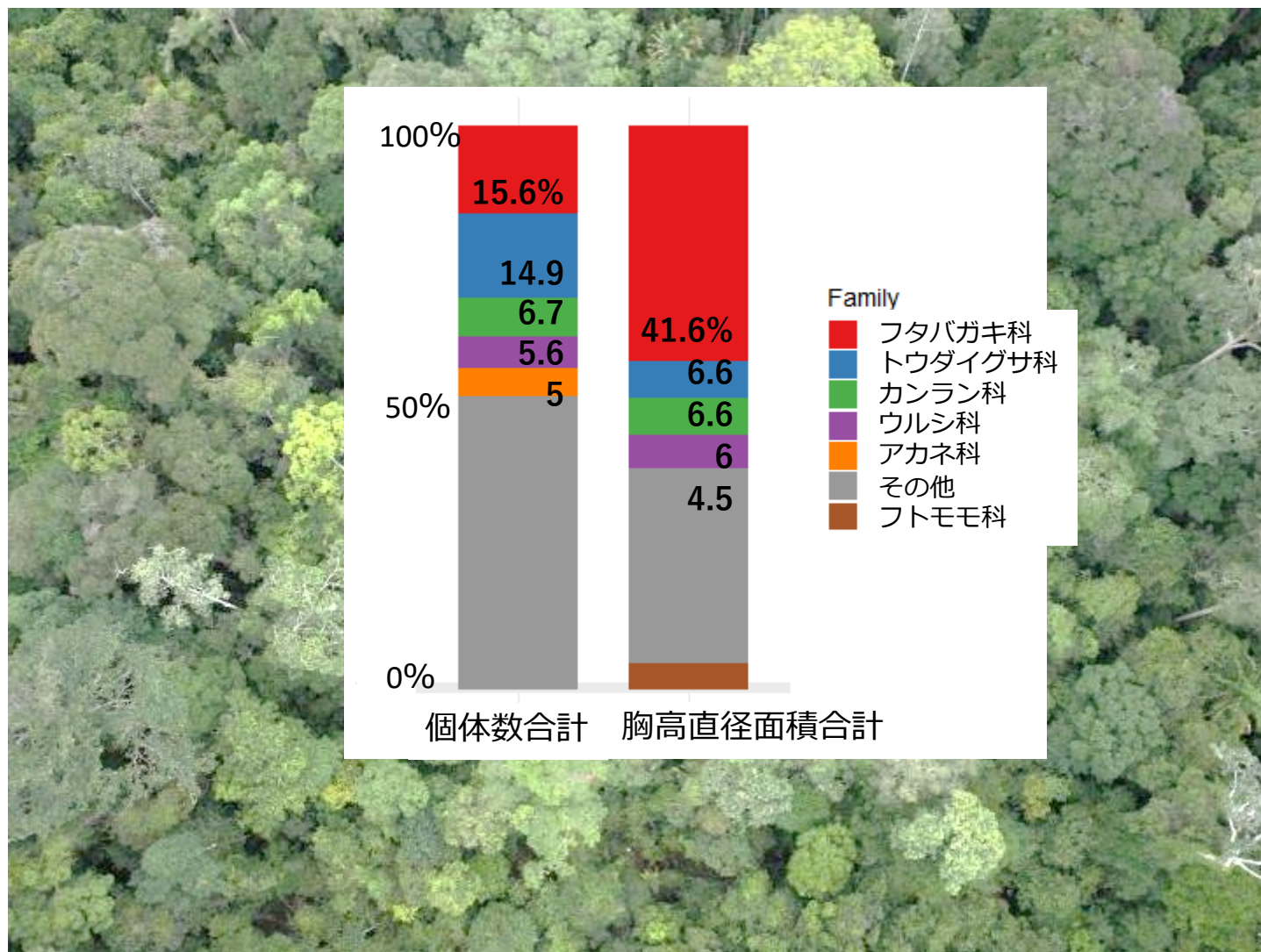


すべての樹木
種・大きさを記録

Tree No	種名	科名	学名	胸高直径	高さ
174	Rengas	Anacardiaceae	Gluta laxiflora	35.6	21
149	Rengas	Anacardiaceae	Melanochyla beccariana	10.4	11
153	Rengas	Anacardiaceae	Melanochyla beccariana	31.5	25
231	Rengas Pitoh	Anacardiaceae	Swintonia minotalata	12	13
180	Kepayang Babi	Annonaceae	Mezzettia parviflora	52.7	35
207	Kepayang Babi	Annonaceae	Mezzettia parviflora	33.3	28

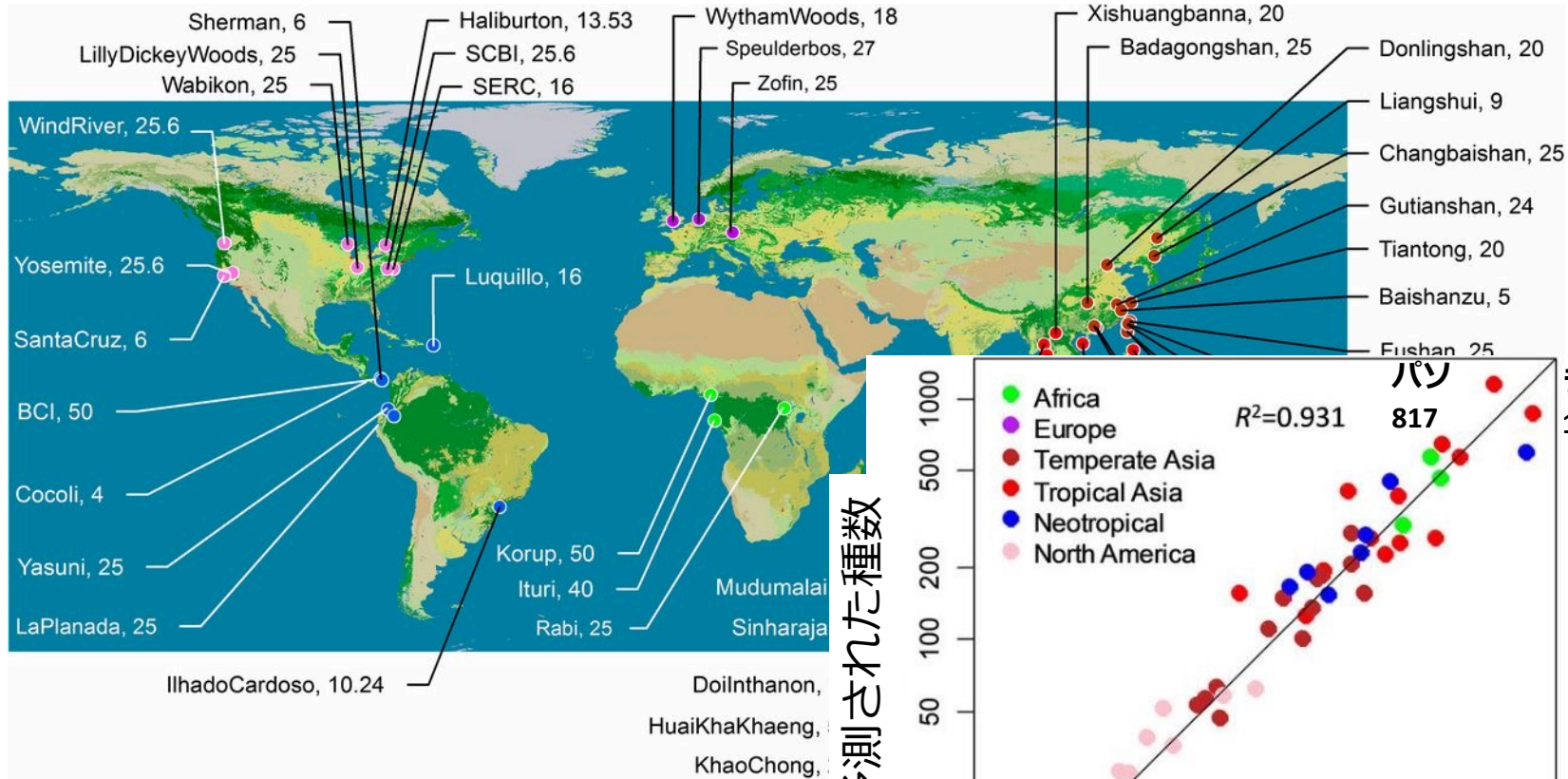
熱帯雨林

ランビル52haの調査区 胸高直径断面積>1 cmの樹木 ~350,000 個体 1172種

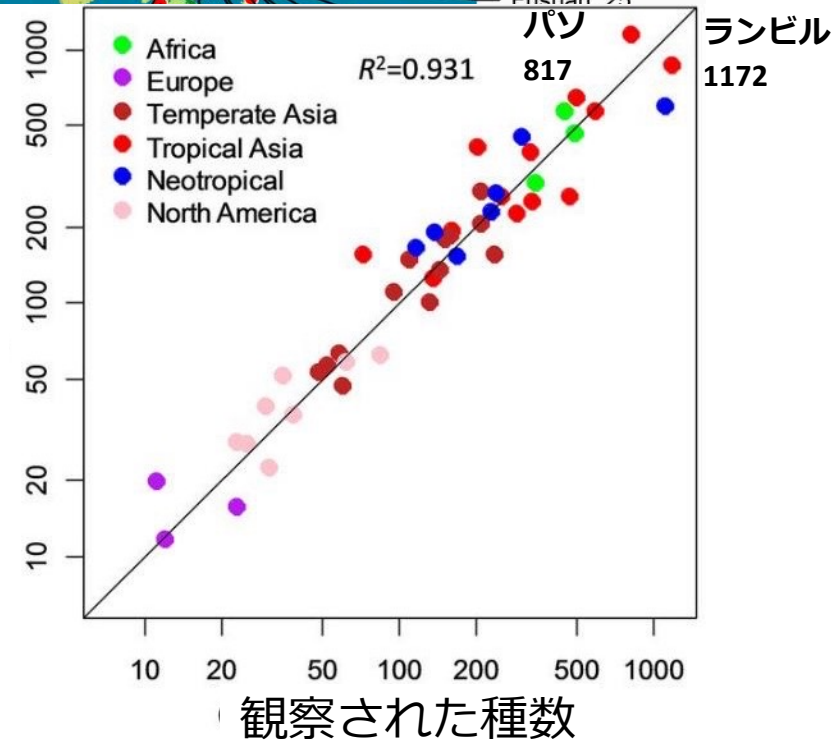


世界の森林生態系の長期観測

ForestGEO



予測された種数

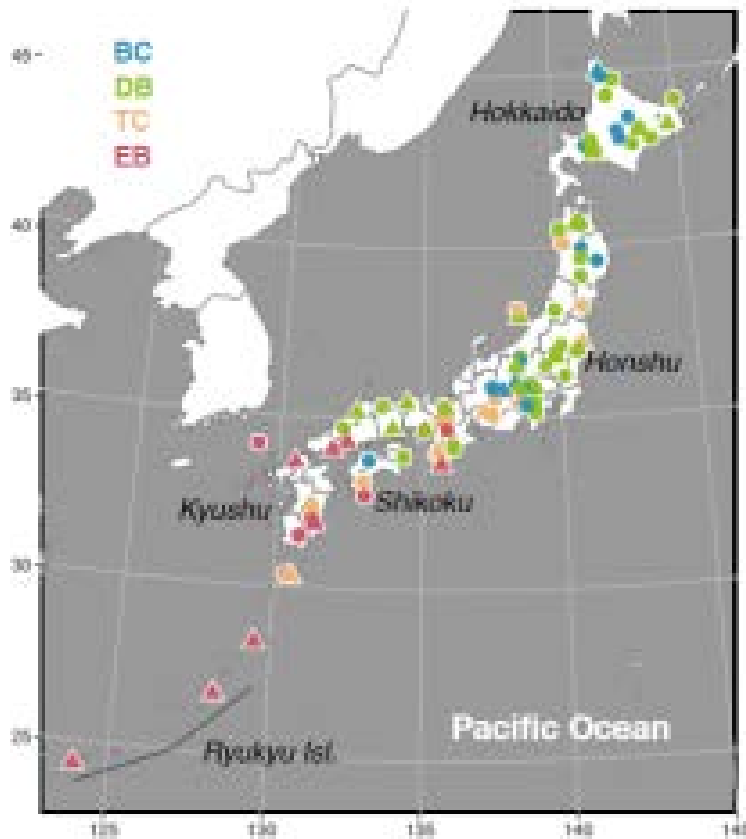


日本での森林生態系の長期観測

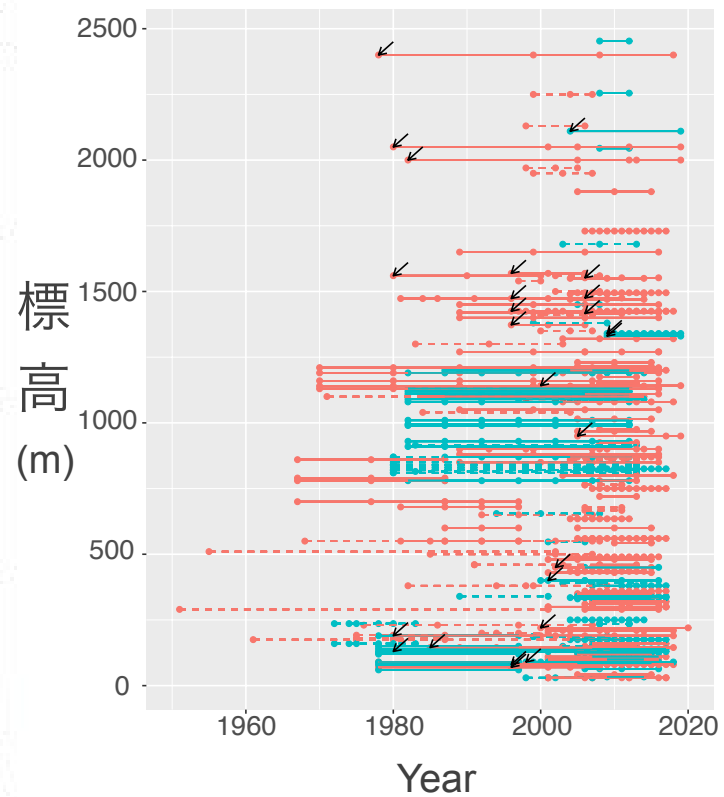
日本長期生態学研究ネットワーク(JaLTER)や個々の研究者らの
努力による長期観測

全国約191調査区 過去 (1950～)

プロットの分布



モニタリング期間と標高



(Yoshikawa et al. under review)

森林調査区の観測の課題

- 一つの面積小さいため地域レベルへの展開が難しい
- 経営資源である人員不足や資金不足
- データの取得方法、強度、間隔、対象生物分類群のばらつき
- モニタリングの省力化と効率化、統一した指標が今後の課題

**最新技術によるモニタリング技術の
高度化・省力化**

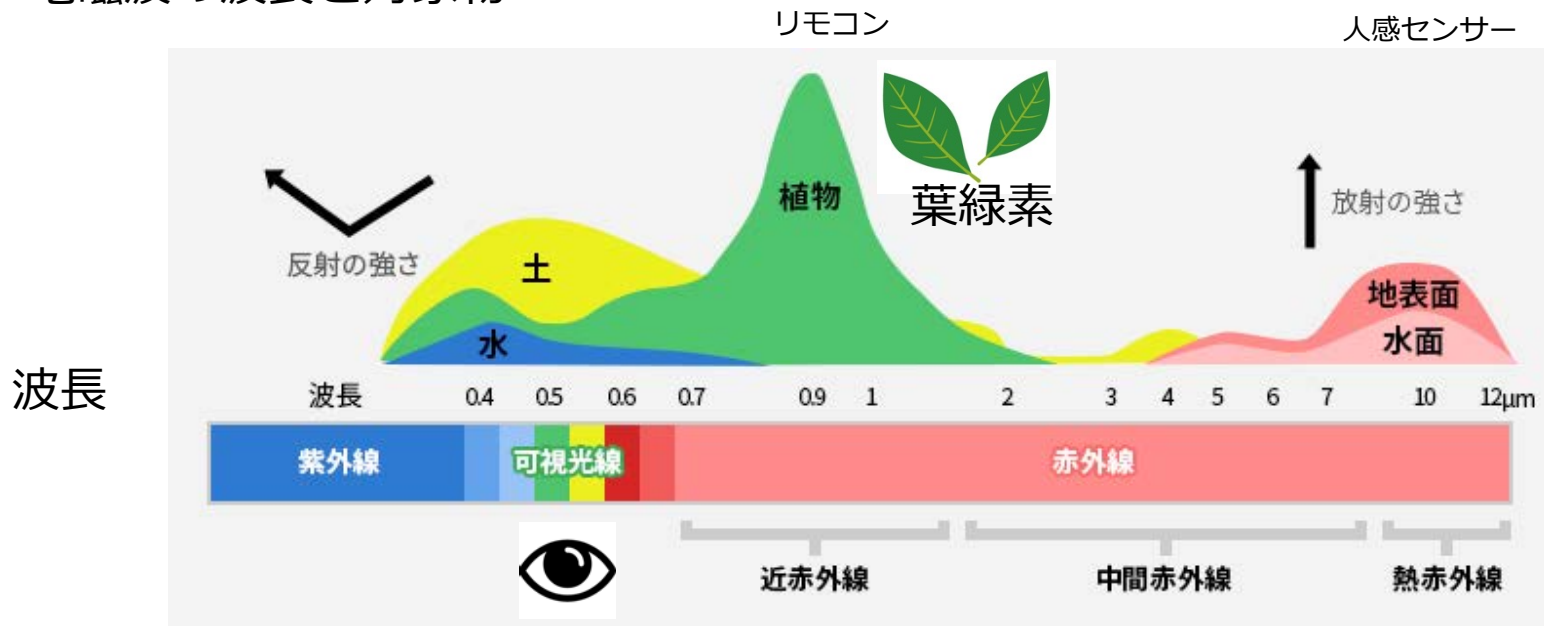
 **センシング技術とプラットフォーム**

センシング技術



様々な波長の電磁波を利用して対象物や環境の情報を収集する技術

電磁波の波長と対象物



高解像度光学カメラ

人間の視覚情報に近い画像

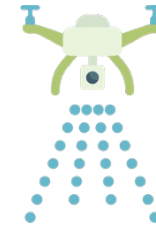


マルチスペクトラルカメラ

分光カメラ 複数の各波長の画像

センシング技術

LiDAR(ライダー)：距離を測定する技術



対象物



LiDARセンサ

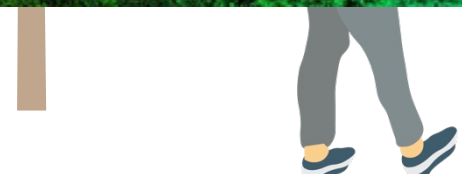
レーザー照射



光センサ



時間差が距離に相当



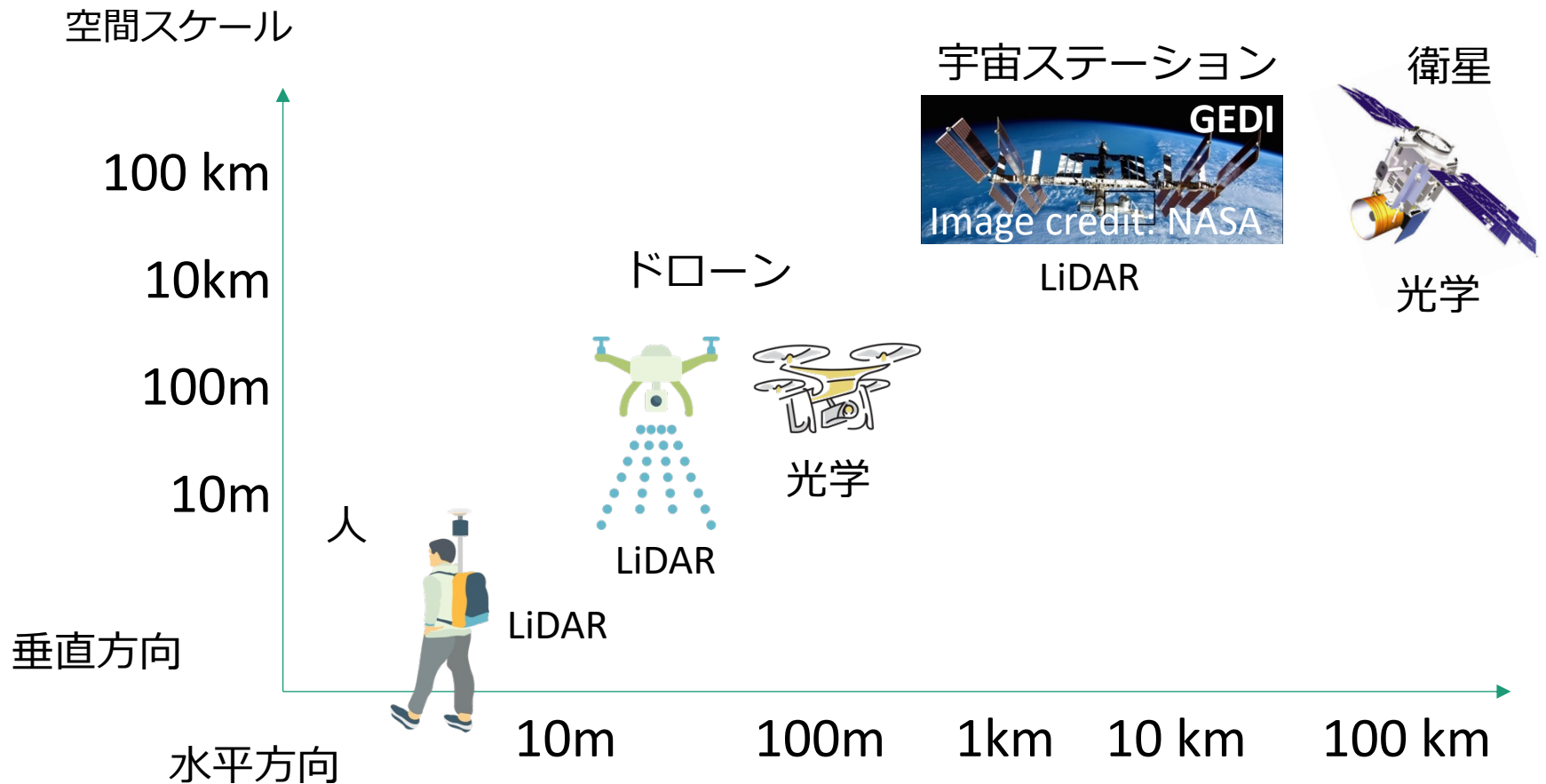
3Dの森林



樹木の高さ・
内部の状態・地表面の状態

センシング技術 xプラットフォーム

- センサーが搭載されたプラットフォーム



研究事例：マレーシアの熱帯林



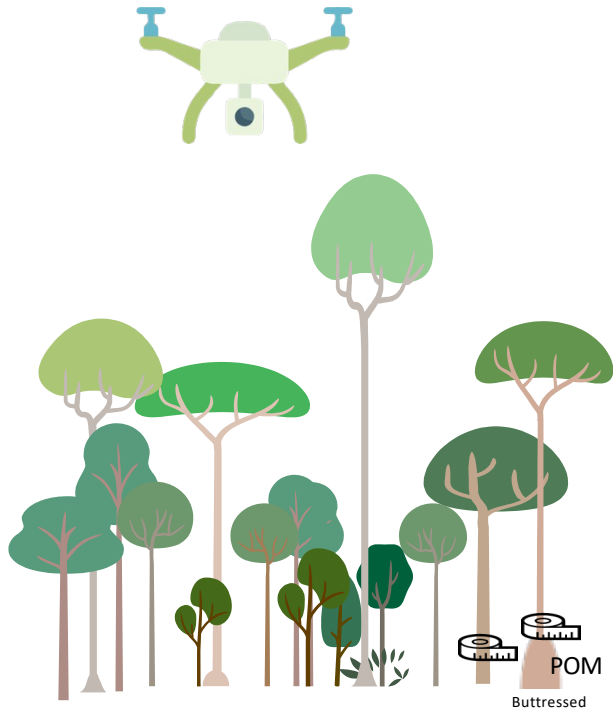
パン保護区

熱帯低地林、面積：2450 ha
降水量1833 mm、平均温度25.4 °C
森林調査区:6ha (1994~)



林冠タワー52m

熱帯林の階層構造と バイオマス・種の多様性



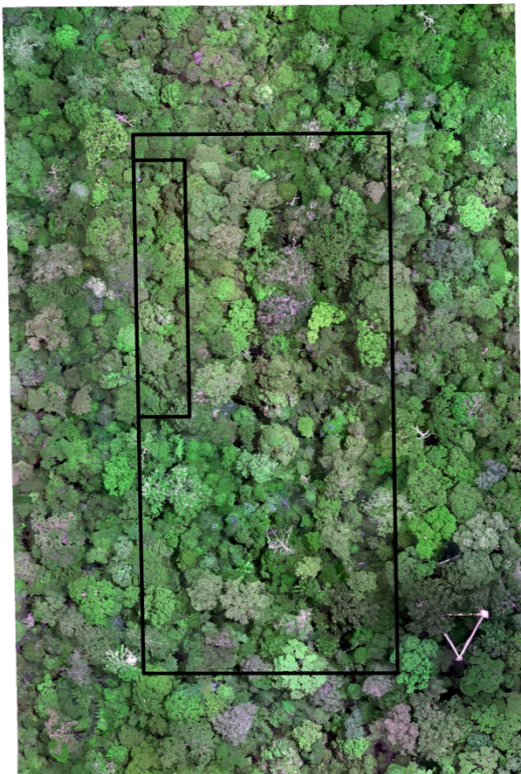
3D Forest

Point clouds generated
by Structure from Motion

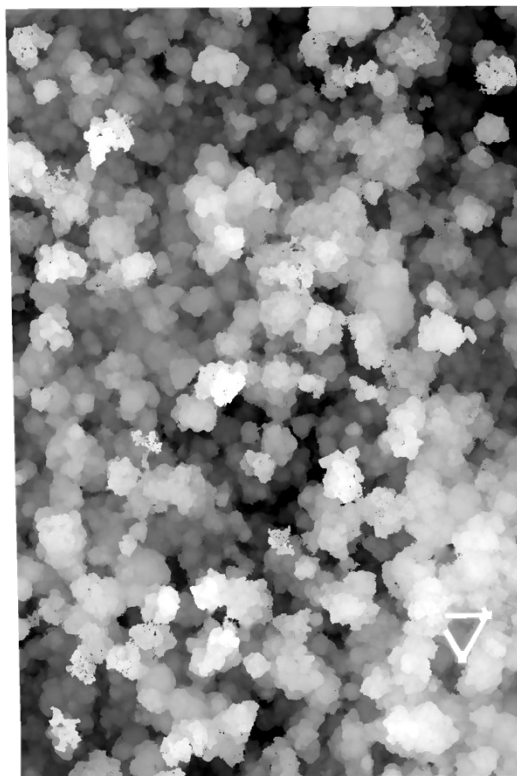


森林の林冠部の高さ

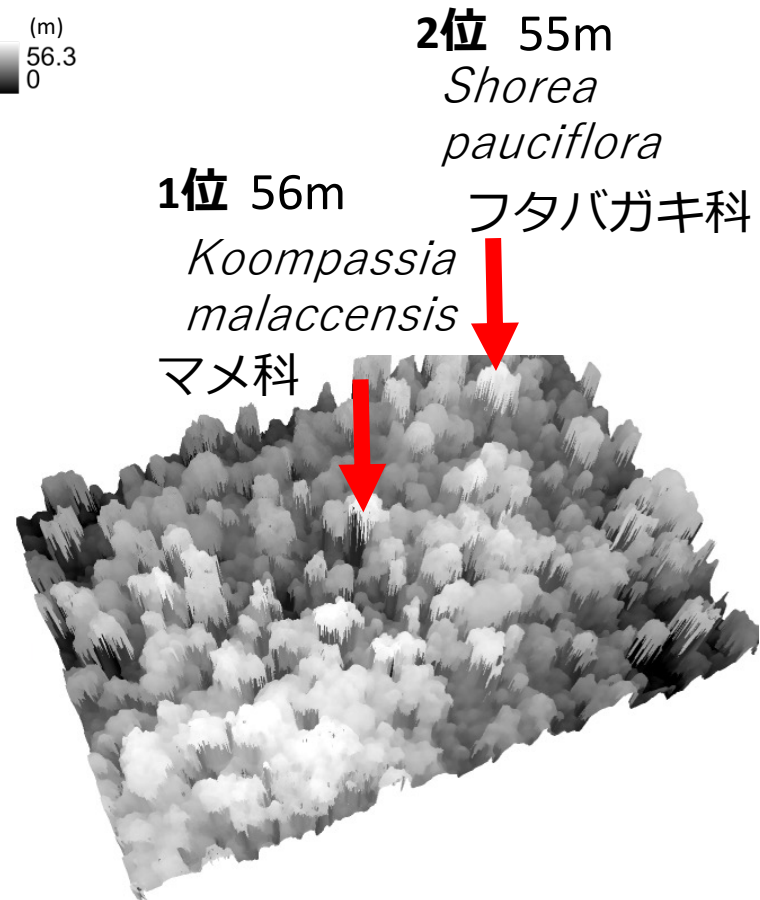
(1) オルソ画像



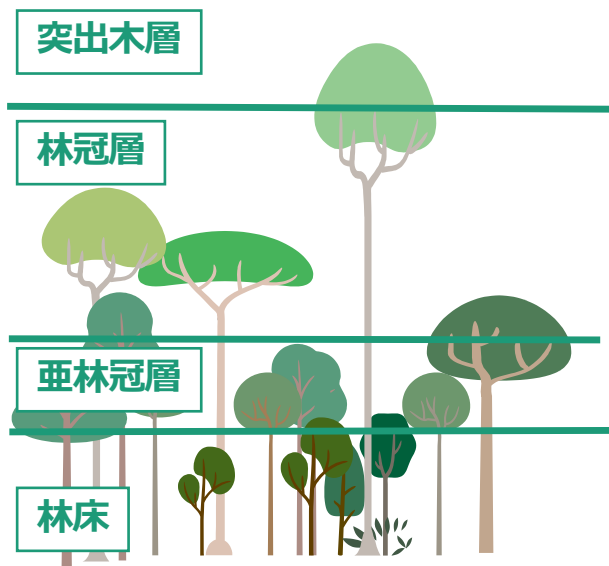
(2) 林冠高マップ



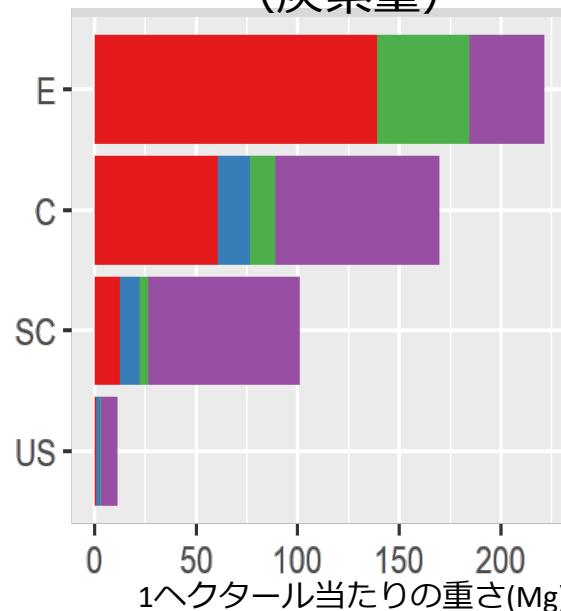
(m)
56.3
0



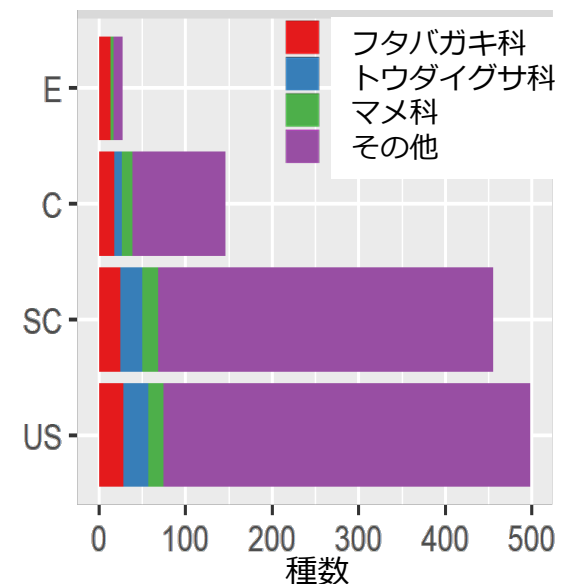
森林の階層構造と バイオマス・種の多様性



地上部バイオマス
(炭素量)



種の豊富さ



突出木層・林冠層：バイオマスに寄与、フタバガキ科の寄与が大きい
 亜林冠層・林床：種の多様性に寄与、優占する科以外の種群の寄与

森林の階層：高さに応じて異なる役割

生態学的知見 → 炭素・生物多様性の保全ターゲットへの示唆

今後の展望

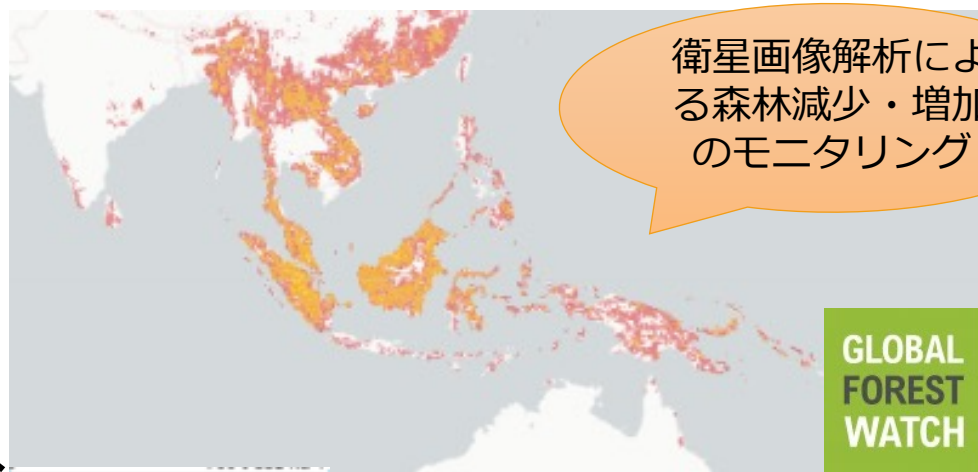
センシング技術 x プラットフォームを利用した 森林生態系のモニタリング

- 観測の広域化・省力化
- 共通手法での測定 > 各国共通の指標による森林生態系の変化・影響評価

- 観測結果の可視化

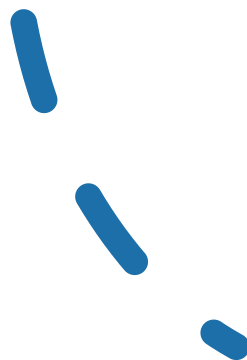
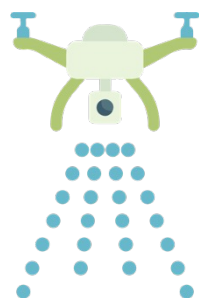
→ 「ネイチャー
ポジティブ」な社会へ

オンラインツール



バイオマスの減少 $900 \text{ tCo}_2/\text{ha}$

森林減少があった地域



ご清聴
ありがとうございました



森林を「測る」手法

・ 樹木・植物
大規模長期森林調査区による動態のモニタリング

・ 森林構造・景観
ドローン観測、衛星画像

・ 動物
カメラトラップ、環境DNA

長期のモニタリング
が不可欠

