



環境省研究総合推進費

2RF-1301

バイオマスモニタリングのための
現地サンプル手法の開発

千葉大学大学院 園芸学研究科

加藤 顕, Ph.D.

akiran@faculty.chiba-u.jp

背景と目的

- REDD (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries)

開発途上国における**森林の破壊や劣化を回避する**ことで温室効果ガス(二酸化炭素)の排出を削減しようとする、またはそのプロジェクト

- MRV(Measuring, Reporting, and Verification)

リモートセンシングデータの役割拡大。途上国で利用可能なデータとしてLandsat (USGSがアーカイブを無料で配布)等のデータ利用。広域で正確な土地利用図の作成が必須。

バイオマス及び炭素量算出方法

スギ林の例(35年生)

①幹の重量

幹材積 × 314 (kg / m³)

②枝葉のバイオマス

1.23 (拡大係数)

③地下部のバイオマス

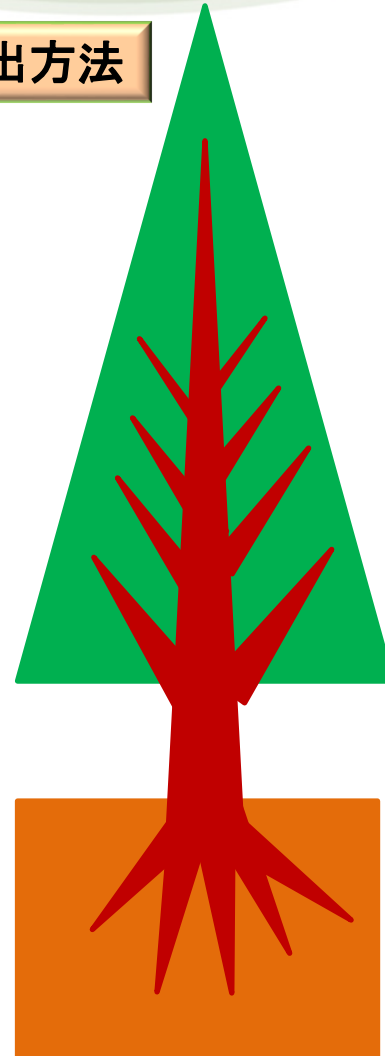
1.25 (拡大係数)

④炭素がバイオマスに占める割合 0.5

①(m³/年) (トン/m³) ×

② × ③ × ④

= 吸収量(炭素トン/年)





問題点

- 広域（国レベル）のバイオマスモニタリング
（土地利用図） $\times$ （平均材積） $\times$ （平均容積密度）
⇒地域性が反映されない。
- 地域レベルのバイオマスモニタリング
⇒現場作業員の森林測定技術のレベルが様々
⇒途上国には森林測定に必要な機材が、十分に揃っていない。

地上レーザーを導入することで、誰でも客観的にデータ
を取得できるようにし、世界的標準ツールとしたい。

アウトプットへの道筋

基礎研究

レーザーを用いた
3次元データから
樹木構造把握

壁

応用研究

誰でもできる
データ取得方法の
確立と解析技術の
提供

壁

社会実装

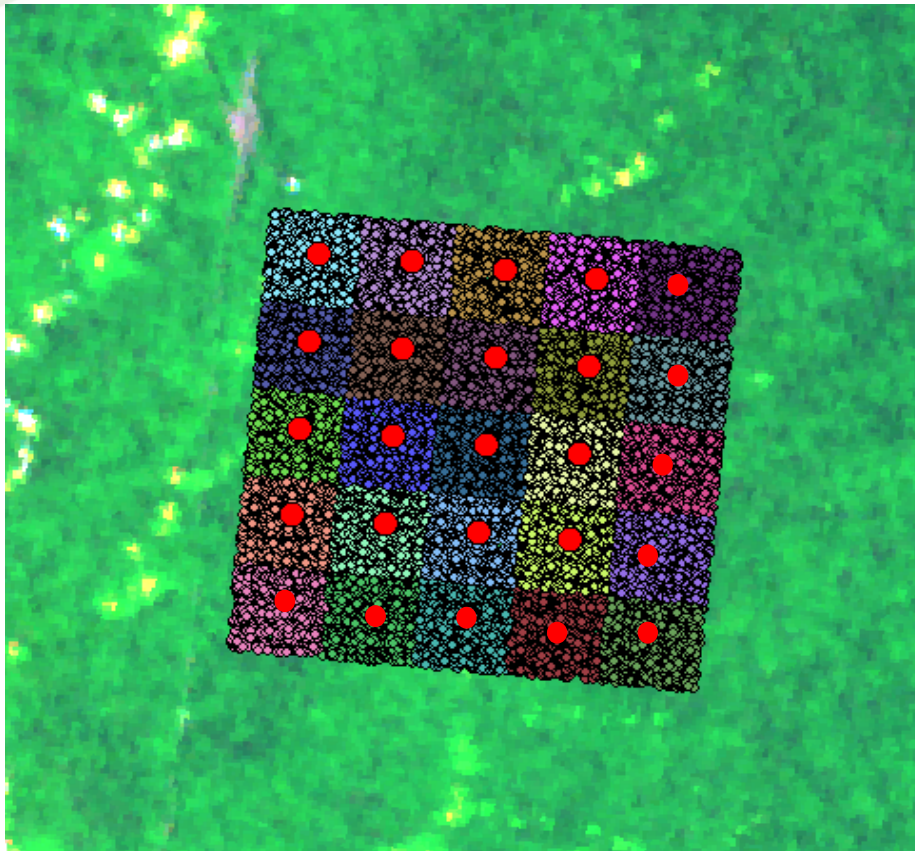
作業手順書を確立
⇒モニタリング手法
の標準化

簡易レーザーの導入

サンプリングデザインの確立

地上レーザーがあれば、誰でも同じ様にデータ取得、解析ができ、客観的データとして他の地域でのデータと比較可能となる。

オーストラリア クイーンズランド州



0 62.5 125 250 375 500 meters

25 ha の調査区(毎木調査データ有)。
The experimental tropical forest super-site,
(Australia CSIRO)

ha当たり **468.3トン**の地上部バイオマス



地上レーザー (Terrestrial Laser Scanner)



Laser sensor	Riegl VZ-400
Laser wavelength Max range	Near Infrared Red 600 m (360° x 100°)
Laser point density range	125,000 points/second (high speed mode) 42,000 points/second (long distance mode)



(富士設計(株)所有)

利用可能な地上レーザー

メーカー	型番	最長距離	レーザー波長	ビーム幅 (mrad)	重さ
SICK	LMS511	50m	905nm (赤外)	4. 7	3. 7
SICK	LD-LRS	120m	905nm (赤外)	4. 7	4. 1
FARO	Focus S	153m	905nm (赤外)	0. 19	5
Leica	Scan Station C5	300m	532nm (緑)	0. 2	14
Leica	Scan Station C10	300m	532nm (緑)	0. 2	13
Leica	Scan Station P20	120m	808nm/658nm	0. 2	14
TOPCON	GLS-1500	550m	1535nm (近赤外)	0. 16	16
RIEGL	VZ-400	600m	1550nm (近赤外)	0. 35	9. 6
RIEGL	VZ-1000	1400m	1550nm (近赤外)	0. 3	9. 8
RIEGL	VZ-4000	4000m	1550nm (近赤外)	0. 14	14. 5



簡易センサーシステムの開発 と解析技術の確立

レーザーセンサー

Laser sensor

レーザー波長

RIEGL VZ400

1550 nm

mrاد

0.35 mrad

最大距離

600 m

垂直角

100° (+60° / -40°)

Laser sensor

レーザー波長

SICK LMS511

905 nm

mrاد

4.7mrad

最大距離

40 m

垂直角

150° (+90° / -60°)

千葉大学 環境リモートセンシングセンター
梶原 康司先生、本多 嘉明先生によって
計測システムを開発



地上レーザーによる樹木計測

Step 1

地形図の作成

Step 2

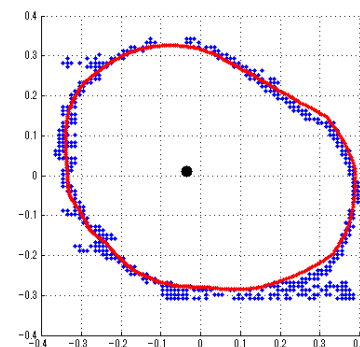
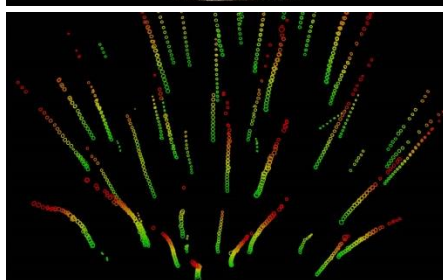
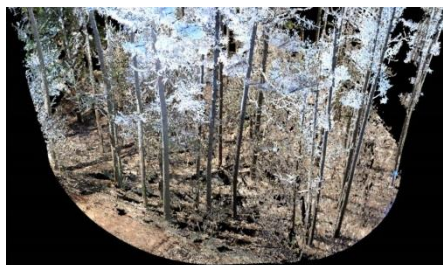
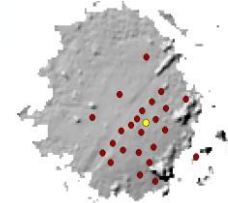
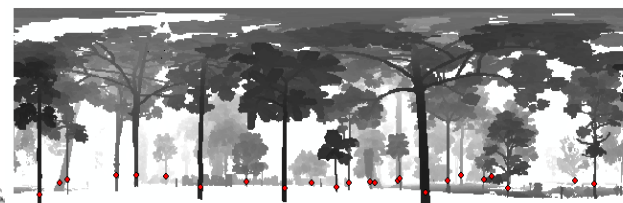
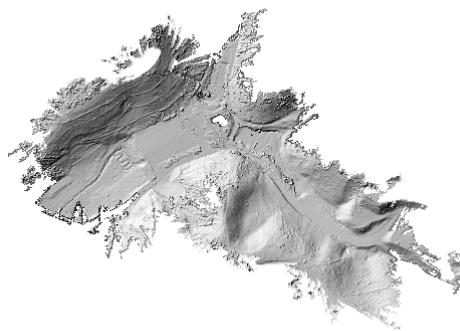
樹木位置図の作成

Step 3

幹部抽出

Step 4

樹高や幹部を計測



複雑な樹木に対するDBH計測

A

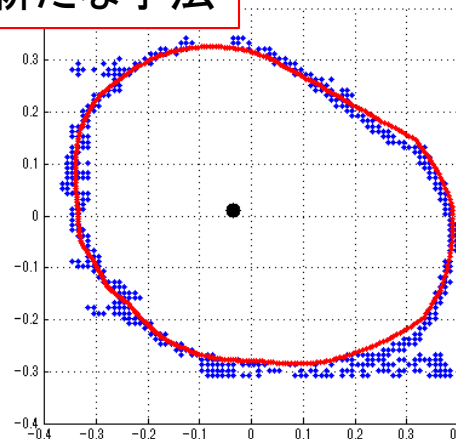


B

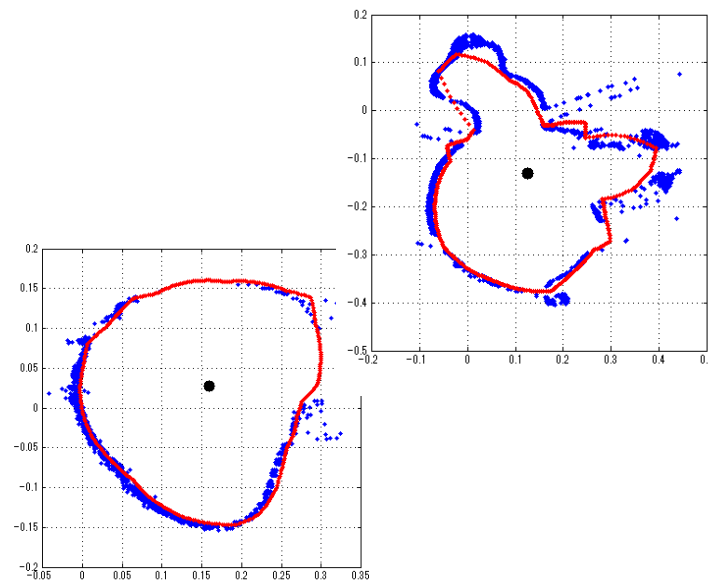
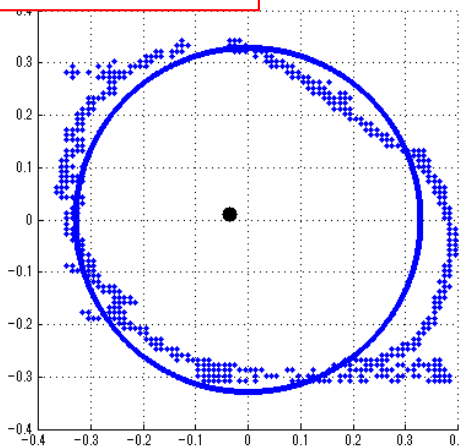


幹材積
伐倒調査: 1.49 m³
アロメトリ式: 1.58 m³
error 6.0 %
レーザー解析
円推定 1.31 m³
error 12.1 %
新手法 1.45 m³
error 2.7 %
Good!

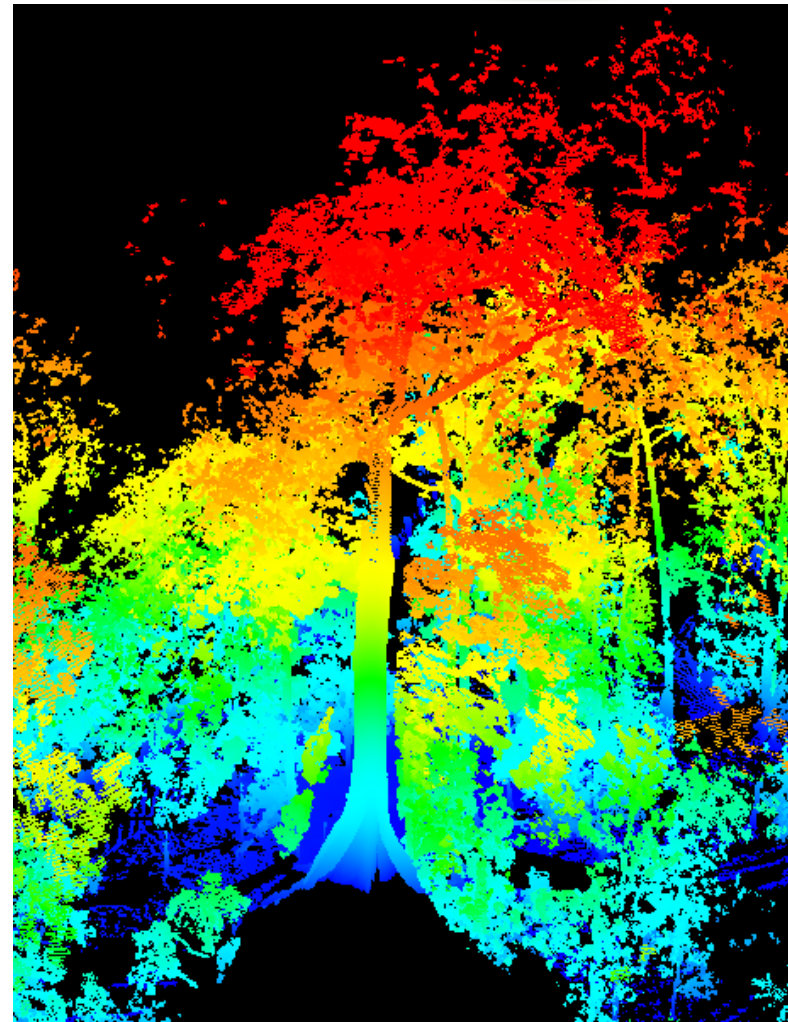
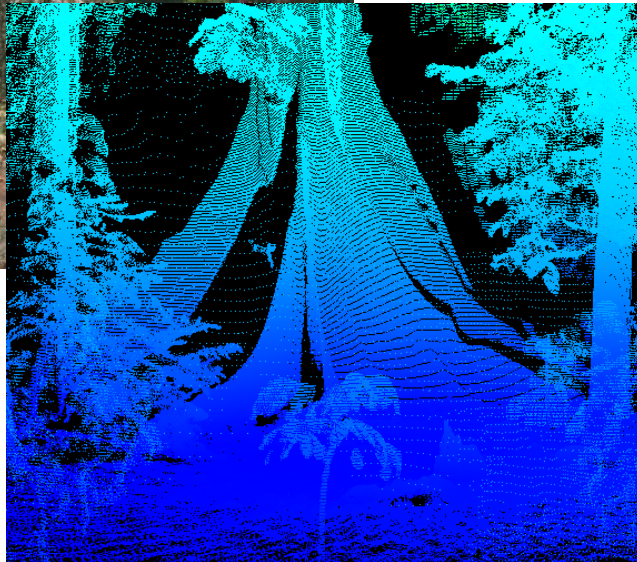
新たな手法



従来の手法



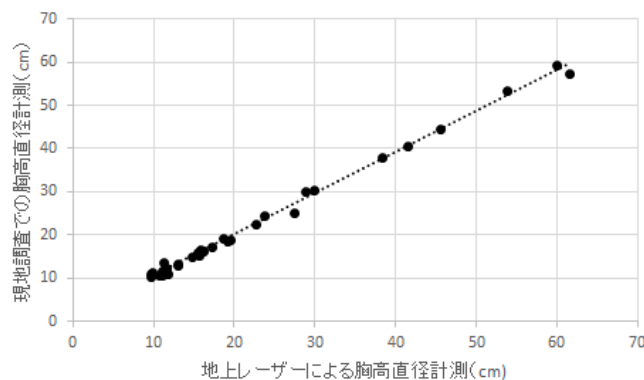
SICKセンサーによる 熱帯林計測データ



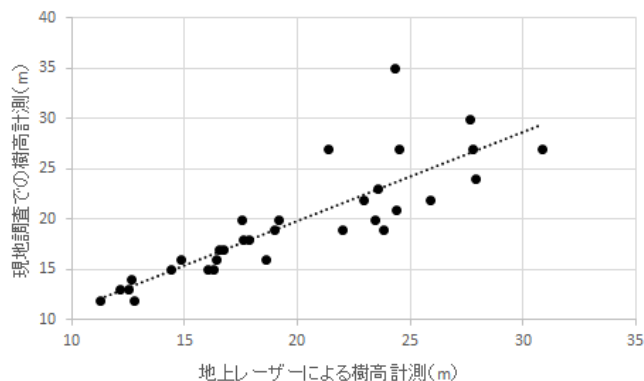
センサー比較(熱帯林での結果)

RIEGL VZ 400 (600 m)

- 地形解析範囲 半径 30m
- 樹木判別率 95%

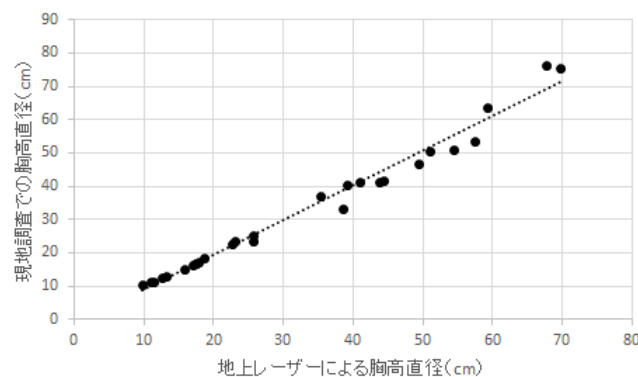


樹高
RMSE
= 2.97m

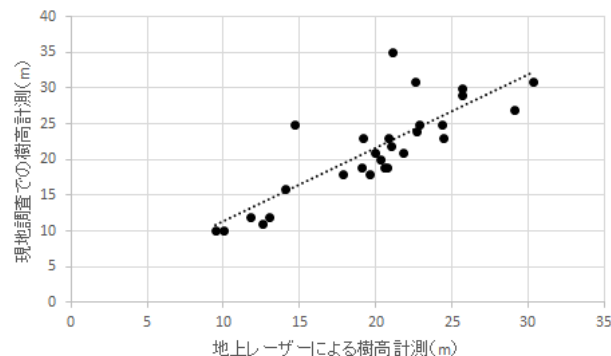


SICK LMS 511 (40 m)

- 地形解析範囲 半径 15m
- 樹木判別率 65%



樹高
RMSE
= 4.03m





センサー設置のための サンプリングデザイン

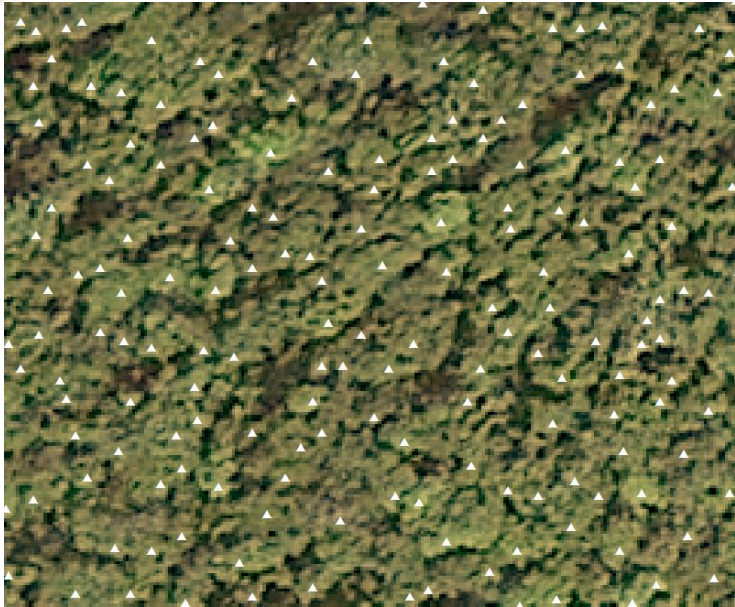


サンプリング デザイン

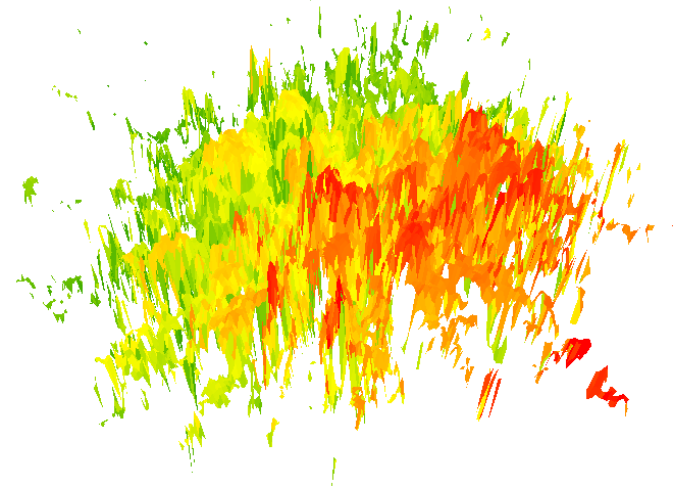
- Random sampling (ランダム サンプリング)
-> ランダムで指定した場所が特定できない。
- Systematic sampling (系統的サンプリング)
-> 指定された場所に行くのが大変。
- Stratified sampling (層化抽出法)
-> リモートセンシングデータからサンプル場所の大枠を分類し、ランダムにサンプルする。

Stratified sampling (層化抽出法)

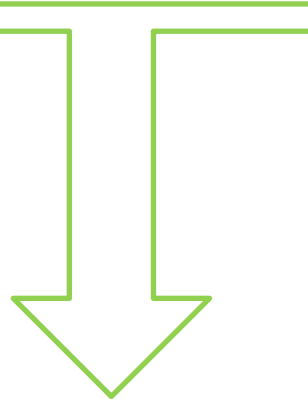
0.5 m解像度のGeoEye-1衛星画像
NIR画像から自動で樹頂点を抽出



地上レーザーの3次元データ
DSM(Digital Surface Model)



立木本数を比較

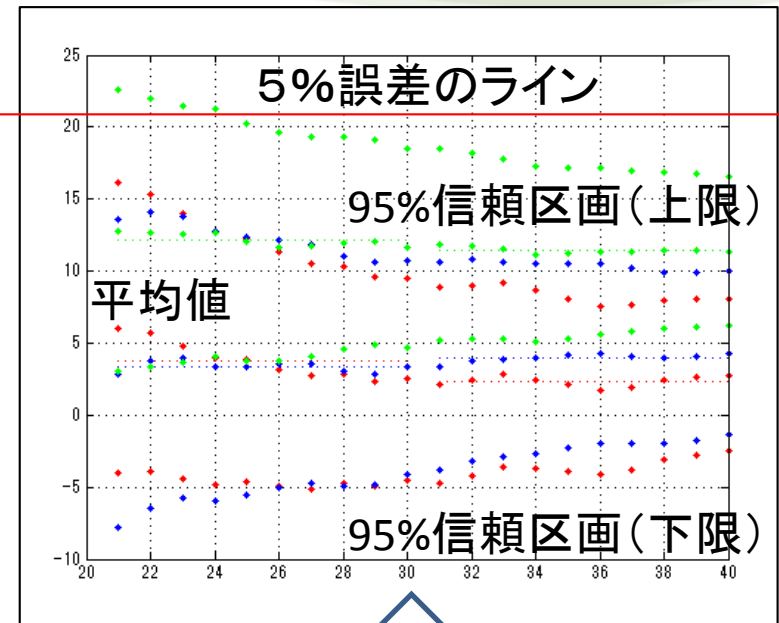
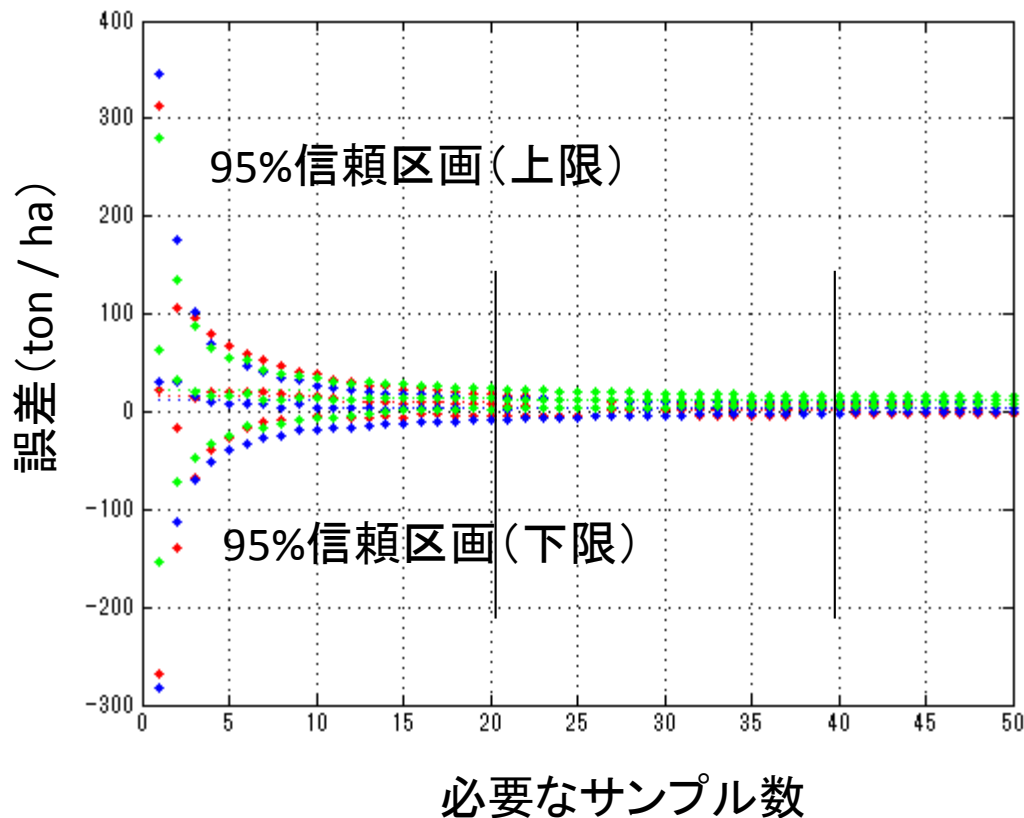


20 m 以上の樹高が樹冠を覆っている。

20m 以上の樹高がある木が樹冠を覆うため、
20m 以上の樹高がある木をプロットの中心
として樹木計測のサンプリング

サンプリング デザイン

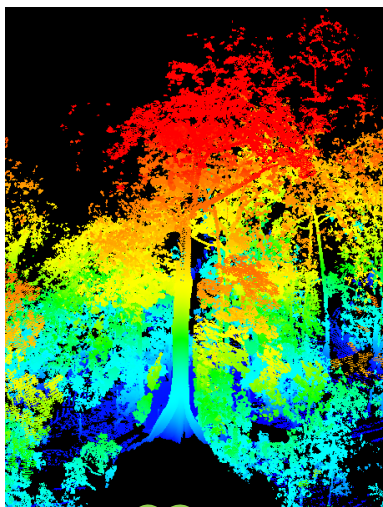
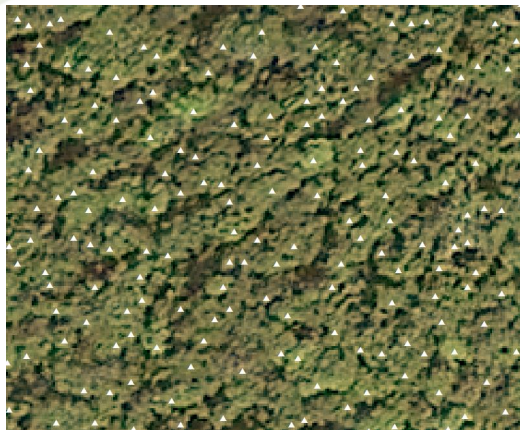
赤: ランダム
青: システマティック
緑: 層化抽出法



全体で 30プロット あれば、
その地域のバイオマス全量
に対する誤差が 5%以内になる。

バイオマスモニタリングのための 現地サンプル手法の開発

0.5 m解像度のGeoEye-1
衛星画像から樹頂点を抽出

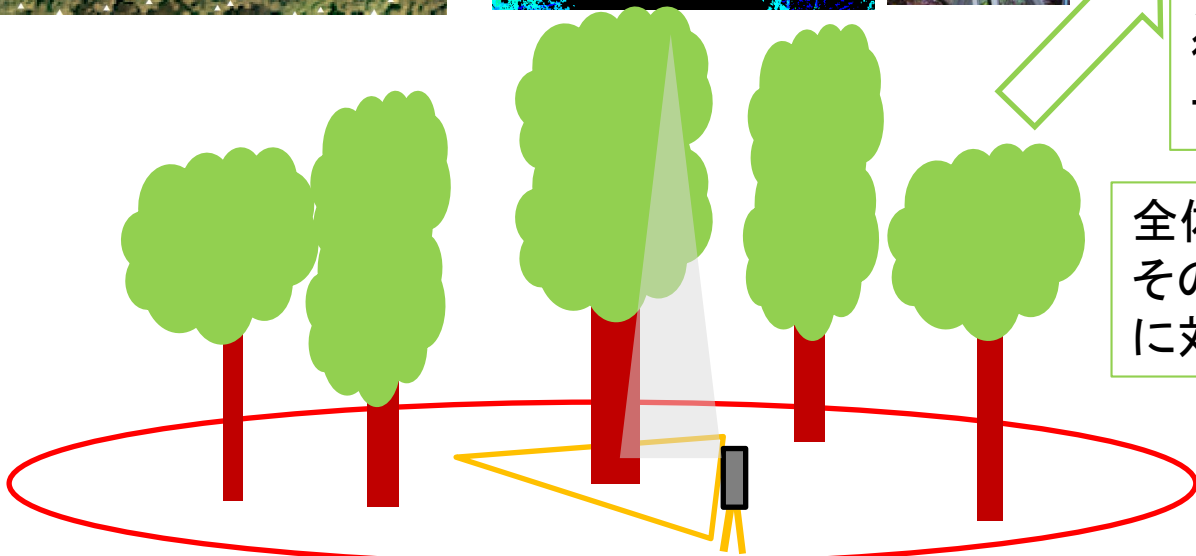


20 m 以上の樹高をもつ木を
プロットを中心として設定。
(衛星画像とレーザーを参照)



簡易レーザーを用いてプロット
内に三角形になるように、3
箇所センサーを設置してデー
タを取得、プロット中心から半
径10 m 以内の樹木をレー
ザーにより計測

全体で 30プロットあれば、
その地域のバイオマス全量
に対して誤差が 5%以内になる。





まとめ

- どこにでも持ち運びできる安価な地上レーザーシステムで、世界のどの場所でも3次元データを取得できるようになった。
- 3次元データの解析技術を完成できたことで、より正確に森林を計測できるようになった。
- サンプリングデザインを考慮し、有効な地上レーザーセンサーの設置方法を検討できた。今後、現場で使用する作業手順書を作成し、3次元データの普及を目指したい。



ご清聴感謝いたします。

連絡先:

加藤 顕, Ph.D.

千葉大学 園芸学研究科

akiran@faculty.chiba-u.jp