

環境省研究総合推進費

平成27年度～29年度

2RF-1501

地上レーザーを用いた
森林域での自然災害評価法の確立

累積予算額:26,860千円

研究代表:加藤 顕

千葉大学 大学院園芸学研究科

研究の背景

気候変動に対する対策

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

MRV(Measuring, Reporting, and Verification)



衛星画像(Landsat)をベースとした森林モニタリング

環境省 REDD+の窓口

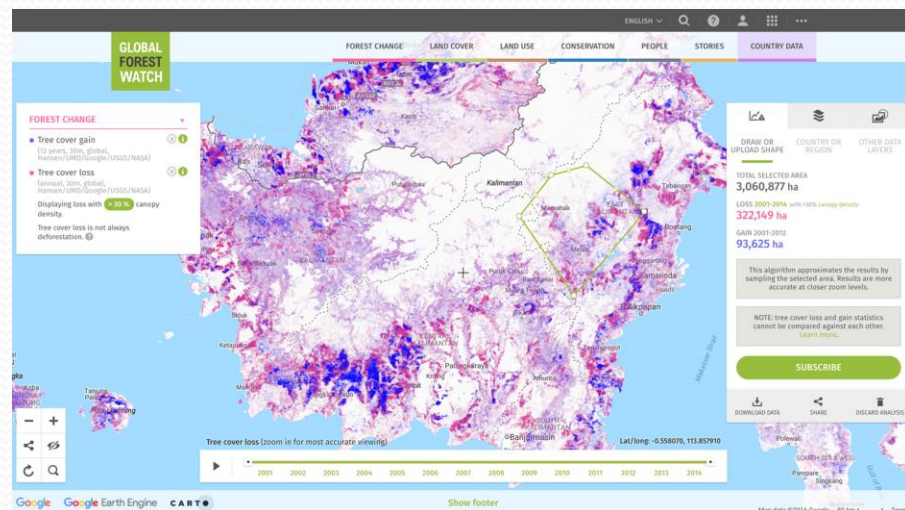
熱帯林以外(亜寒帯林)での森林モニタリング手法は確立されていない。

全球レベルでの解析の必要性

課題:

現地データをどうやって効率良く
取得すべきか？

気候変動に対する現地での評価
手法は確立されていない。



Global Forest Watch

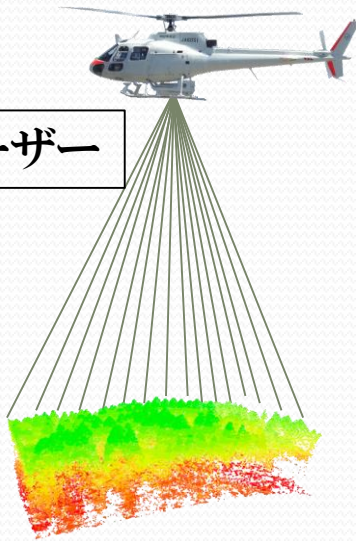
<http://www.globalforestwatch.org/>

研究開発目的

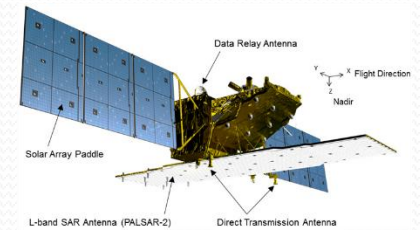
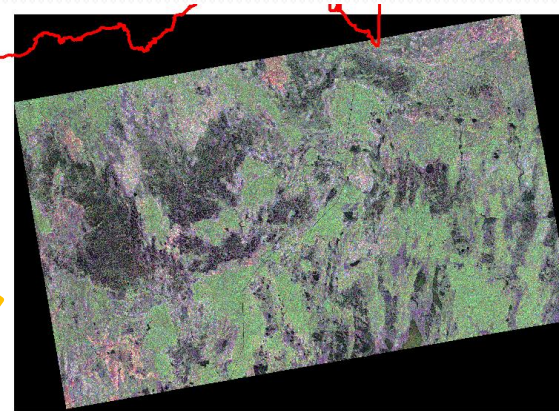
- 効率的な現地データ収集 + 直接データ検証可能

従来の方法

航空機レーザー



現地調査



衛星データ

wall to wall

地上レーザー



研究対象地とテーマ

● 森林災害

森林火災	=	可燃性バイオマスの量 変化
風倒害	=	巨木の倒木位置の確認

⇒ 森林火災
(大規模変化)



⇒ 風倒害
(小規模変化)



1. 災害リスクの違いから3次元データ
で評価する手法を確立する。
森林密度の最適性評価: **自己間引き**

カナダおよびエストニア

2. 時系列の衛星データを用いて被害状況
の定量的に解析できるようにする。
カナダの広域管理: **森林火災**

カナダ

3. 自然災害による林内状況の変化を定量的に
解析する手法の確立を行う。
3次元データの有効活用: **風倒害**

オーストラリア

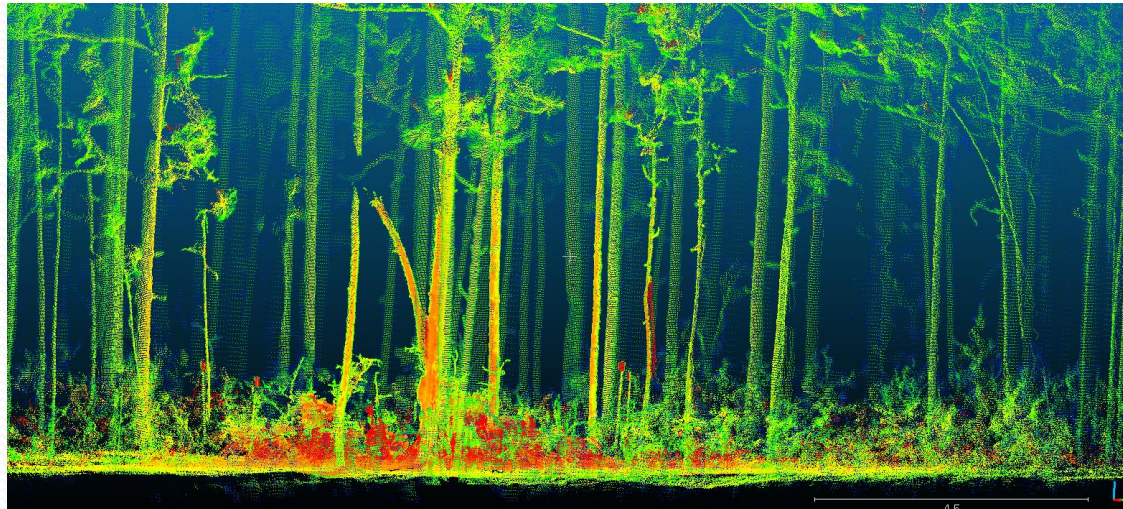
研究体制及び研究計画

研究代表者 千葉大学 加藤 顕

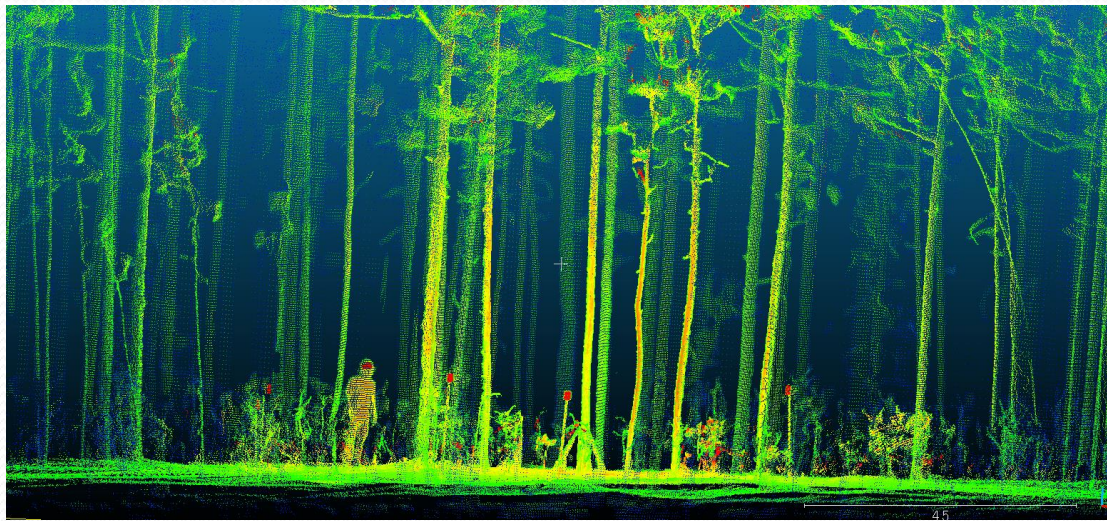
平成27年度計画	平成28年度計画	平成29年度計画
1. 地上レーザーデータ を現地で取得する。	1. 被害度の違いから3次元データで評価する手法を確立する。	1. 衛星レーダー画像 を用いて自然災害による被害度を広域にスケールアップする。
2. 森林火災や風倒被害にあった地域の樹形の変化を把握する。	2. 自然災害による林内状況の変化を定量的に解析する手法の確立を行う。	2. 衛星レーダー画像からの自然災害の判読可能性を検証する。
3. 自然災害の状態を把握するレーザーデータの解析手法を確立する。	3. 時系列の衛星データ を用いて被害状況の定量的に解析できるようにする。	3. 自然災害による林内構造の変化をレーダー画像でどこまで把握できるか検証する。

森林火災前後の3次元データ

森林火災前

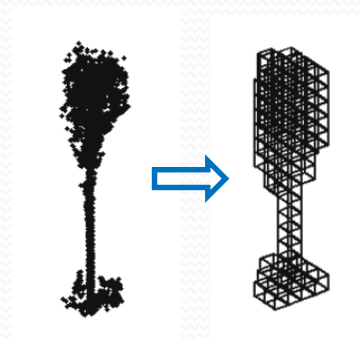


森林火災後



森林災害評価手法

- ボクセル数を森林災害があった場所で計算
その場所での災害被害を3次元データから把握することが可能。

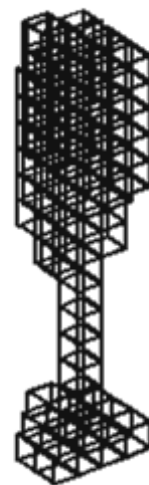


災害評価 = (災害前)ボクセル数 - (災害後)ボクセル数

災害評価 = 可燃性バイオマスの**焼失量**

災害評価 = 風倒による**損失量**

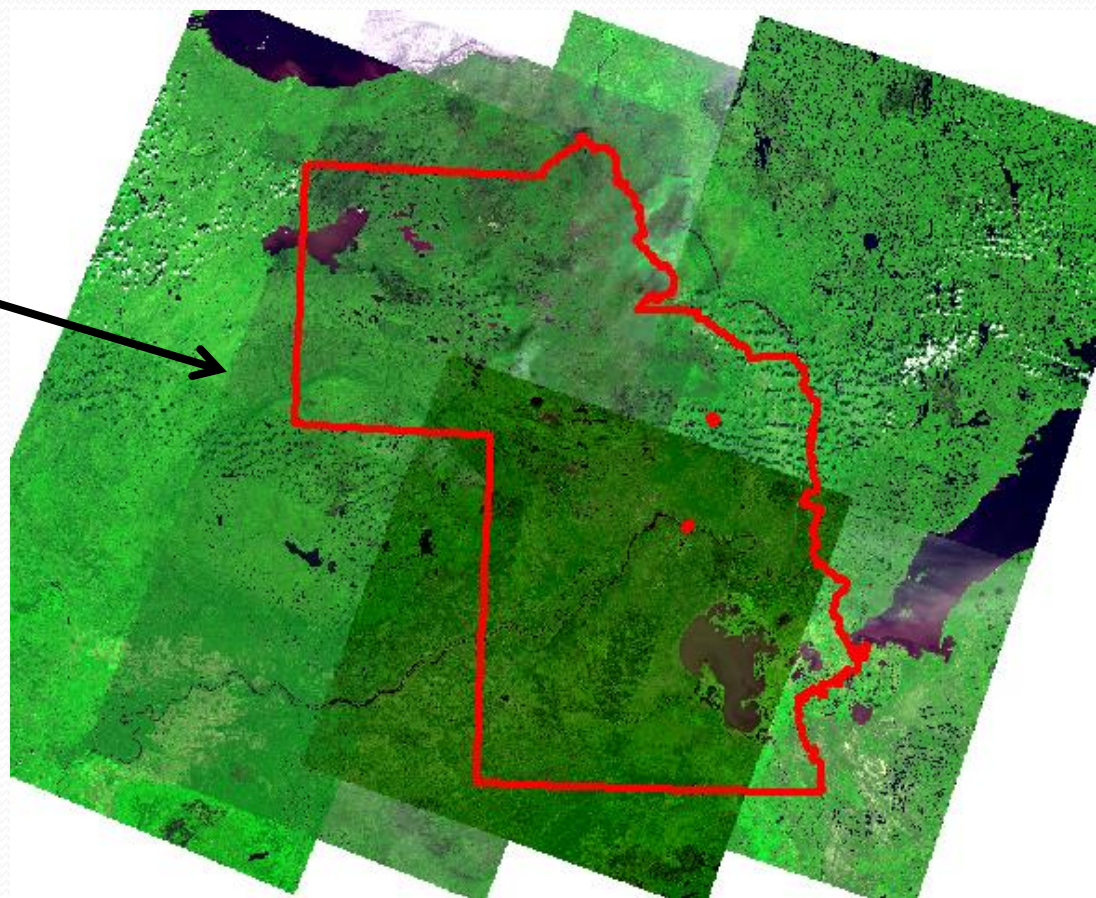
経年的データを用い、災害リスクを算出する。
従来の目視で行うやり方より定量的に評価ができる。



森林火災(大規模自然災害)

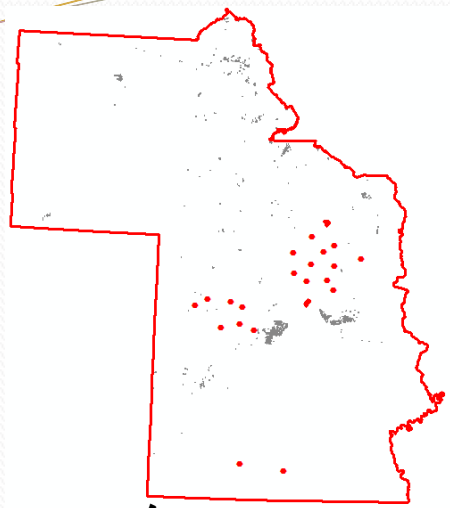


NWT-Northwest Territories
Fort Smith

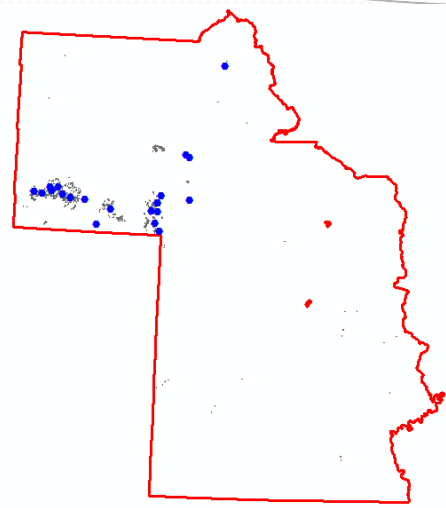


Wood Buffalo National Park
(45,584 km²)

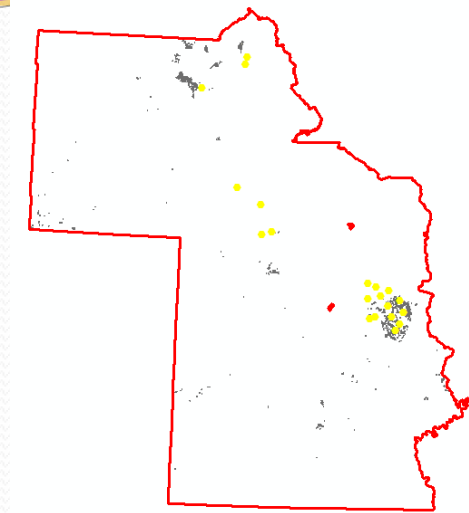
1. 約70年サイクルで森林火災が生じている。
2. 亜寒帯林、人の手が入っていない。
自然状態。



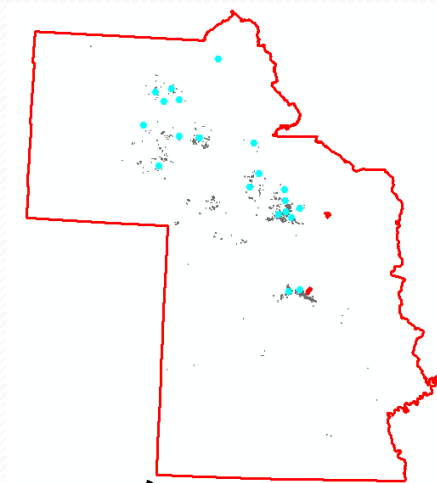
1986年～1990年



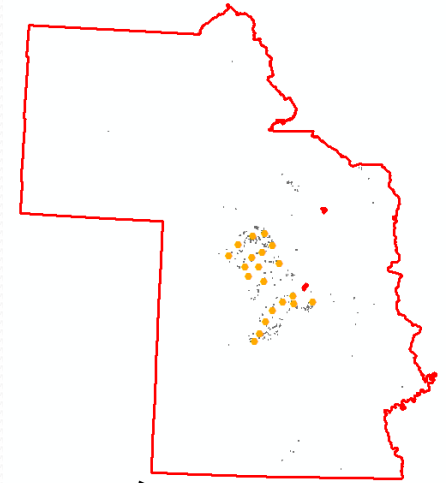
1991年～1995年



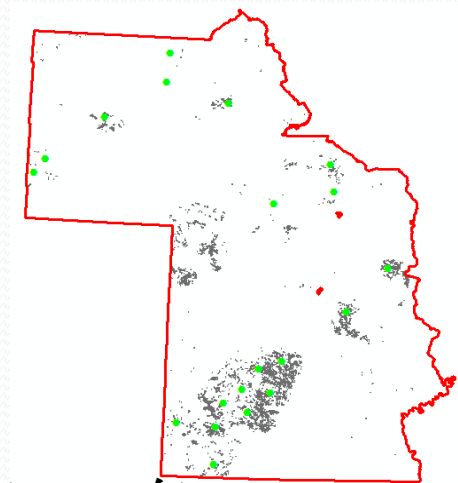
1996年～2000年



2001年～2005年



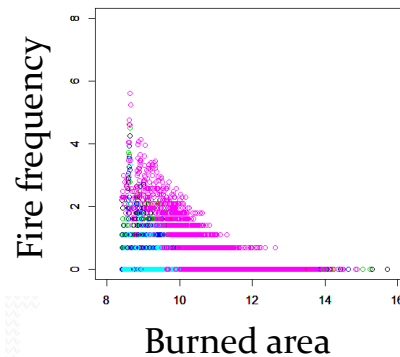
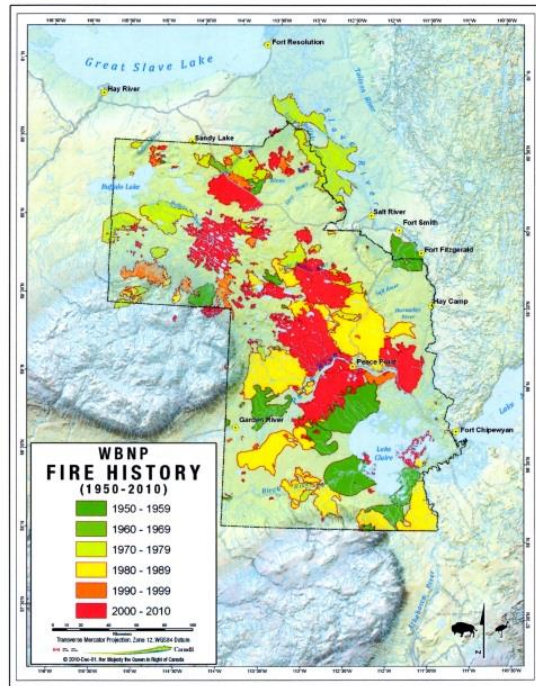
2006年～2010年



2011年～2015年

1986年～2015年における火災焼失場所の推定

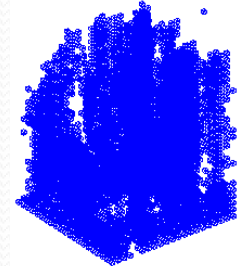
時系列データを用いた 森林火災の評価



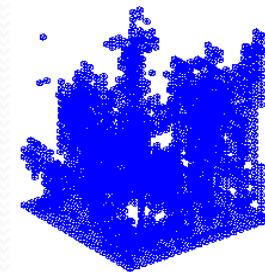
1986_1990 black
1991_1995 red
1996_2000 green
2001_2005 blue
2006_2010 light blue
2011_2015 pink

3次元データの活用

森林火災前



森林火災後

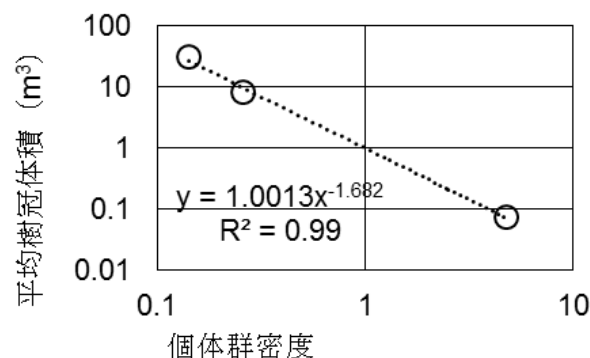


	1986_1990	1991_1995	1996_2000	2001_2005	2006_2010	2011_2015
Match (burned area)	1	12	10	17	14	18
Comission	1	0	0	1	0	0
Omission	19	8	10	3	6	2
Match (not burned area)	19	20	20	19	20	20
Total sampling	40	40	40	40	40	40
Kappa value	0	0.6	0.5	0.8	0.7	0.9
Type of Landsat	Landsat 5	Landsat 5	Landsat 5,7	Landsat 5,7	Landsat 7	Landsat 8

自己間引きの法則(カナダ)

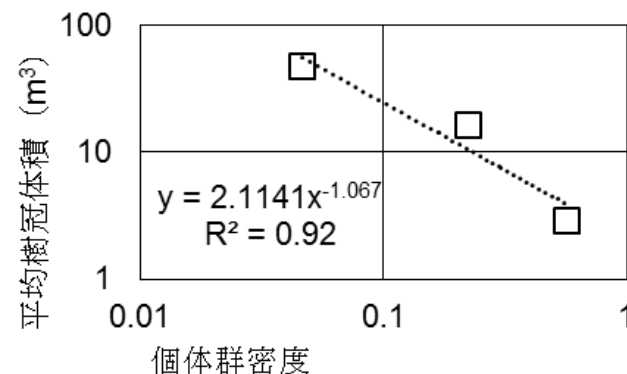


バンクスマツ (*Pinus banksiana*)



$$-\gamma = 1.68$$

アスペン (*Populus tremuloides*)



$$-\gamma = 1.07$$

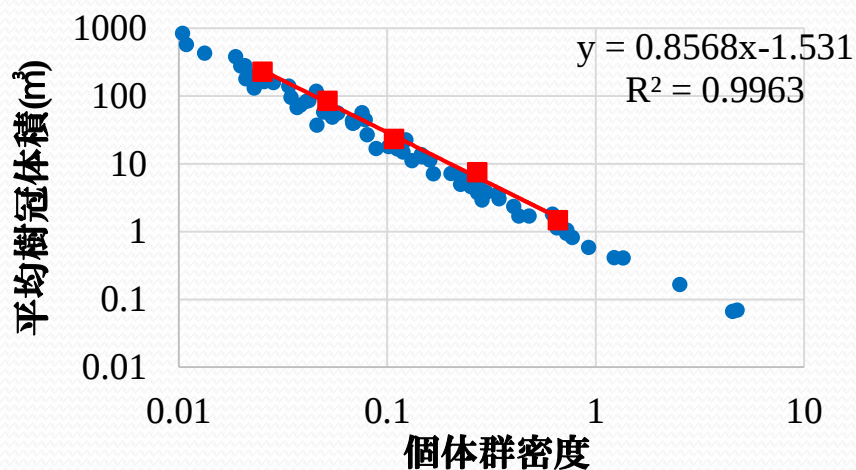
- 自己間引きの法則 (Self-thinning rule)

バイオマスではなく、「樹冠構造」を把握するための指標として、平均個体個体重 (m) と密度 (N) との関係に注目した。

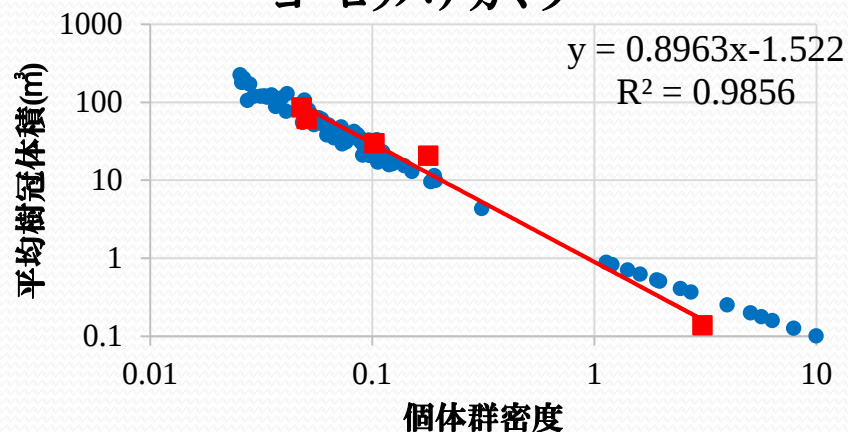
$$m = a \times N^\gamma \Rightarrow \text{vc(樹冠体積)} = N^\gamma$$

自己間引きの法則(エストニア)

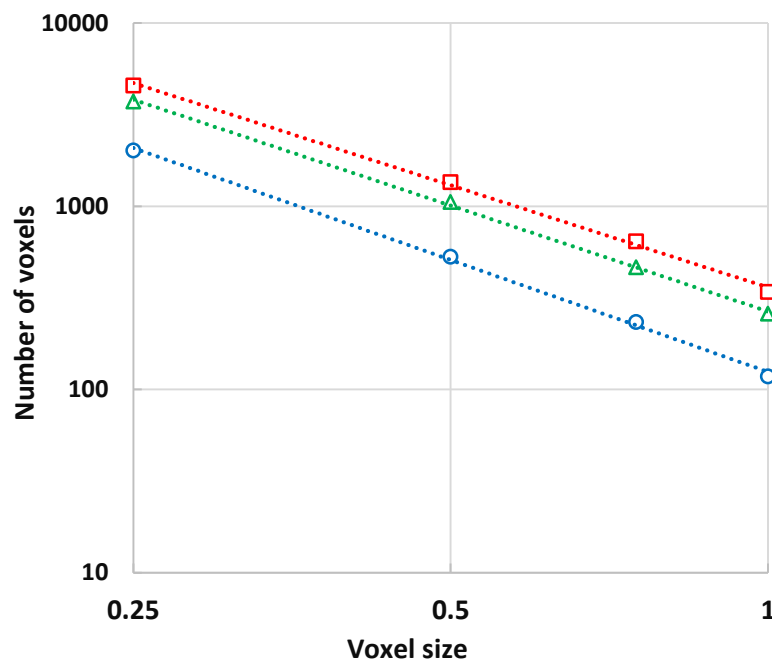
オウシュウトウヒ



ヨーロッパアカマツ



ボクセル解析による最適密度の把握



Blue・○:ヨーロッパアカマツ $y = 124.85x^{-2.03}$
Green・△:オウシュウトウヒ $y = 266.96x^{-1.92}$
Red・□:ヨーロッパハンノキ $y = 360.99x^{-1.853}$

3次元データの自動合成

火災前

火災後

様々な角度で取得したデータを
自動でデータ合成

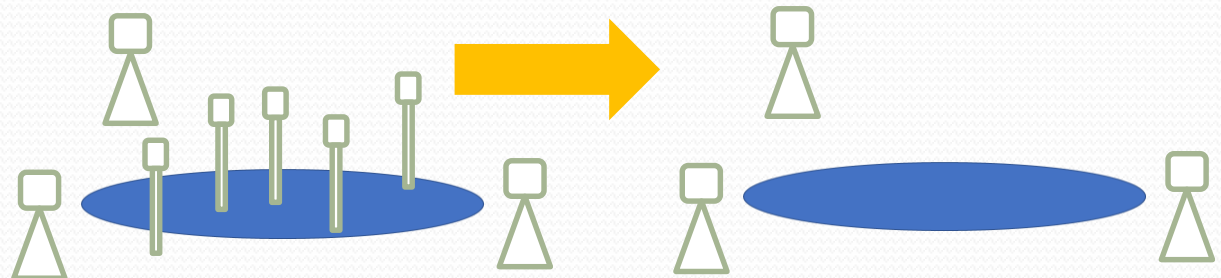
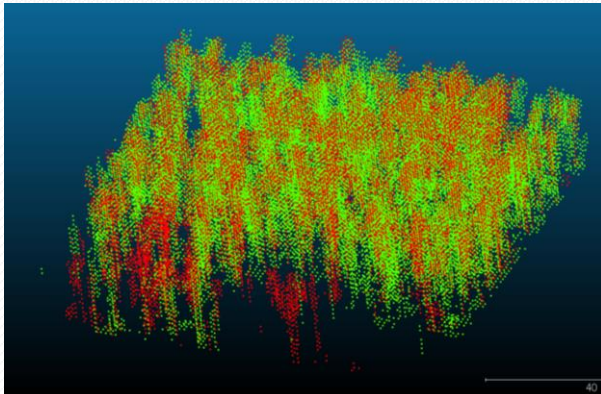
様々な角度で取得したデータを
自動でデータ合成

ボクセル化(今回は1m単位で)

ボクセル化(今回は1m単位で)

自動でマッチング

焼失したボクセルの位置を3次元空間で正確に特定、表示できる。



森林火災前

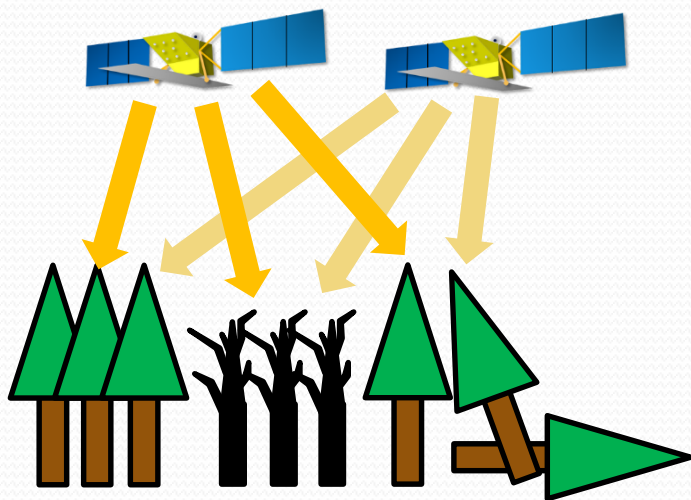


森林火災後

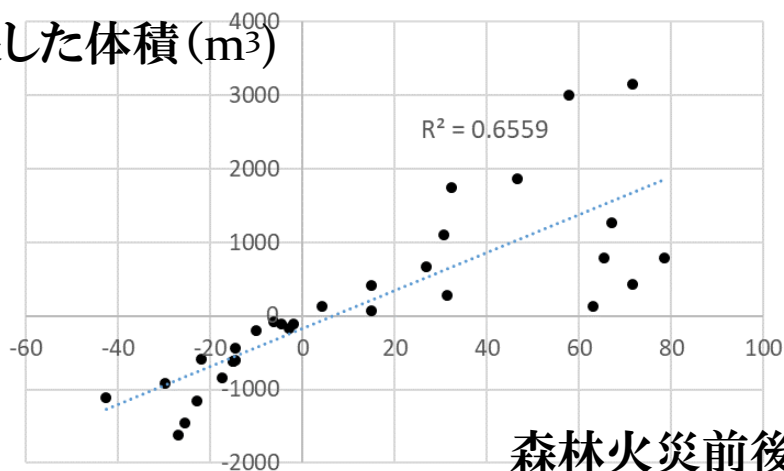


解析と結果

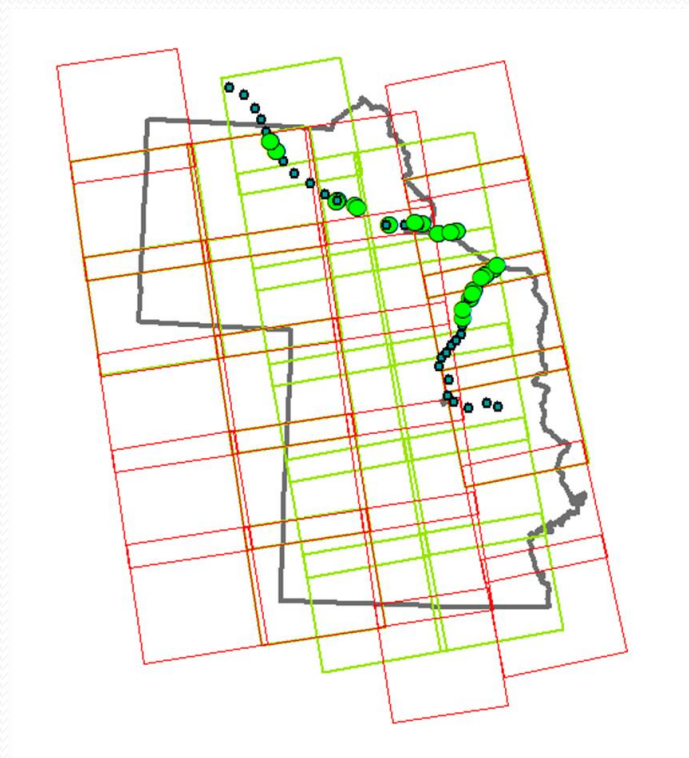
コヒーレンス変化抽出(レーダー波の相関)



焼失した体積(m³)



森林火災前後で変化したコヒーレンス値



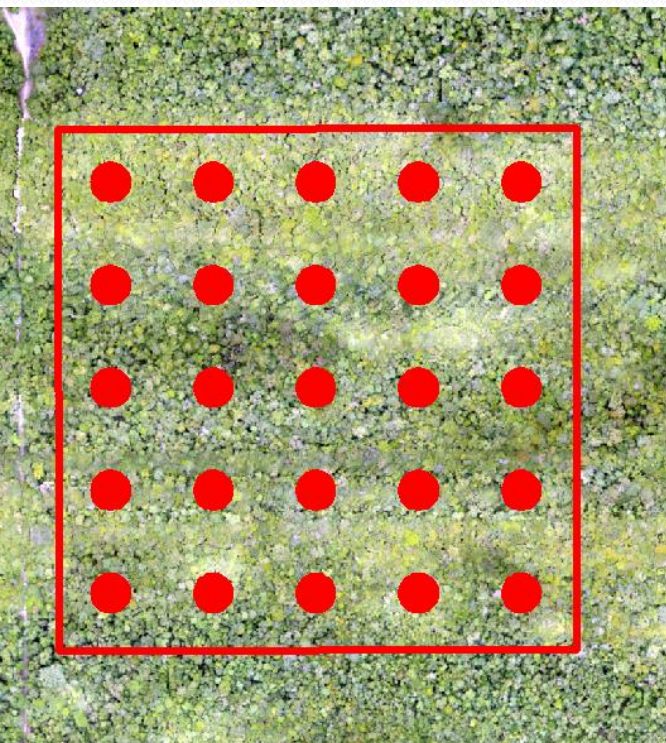
黒枠:国立公園

緑点(大):RIEGL TLS 赤枠:2015年PALSAR2データ

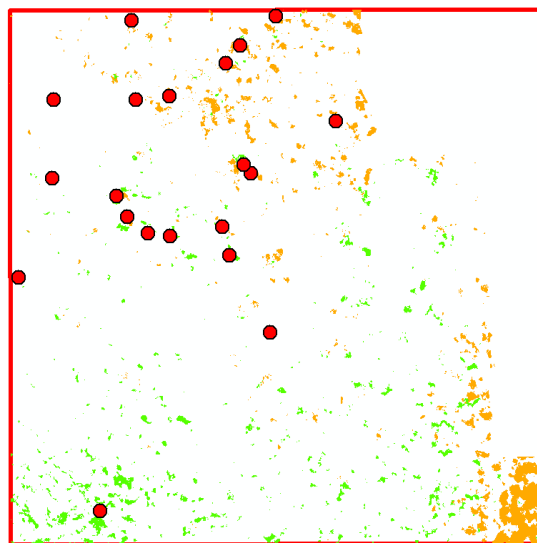
緑点(小):FARO TLS 緑枠:2016年PALSAR2データ

熱帯林での風倒害把握

オーストラリア クイーンズランド州の熱帯林 台風の通り道のため、熱帯林で風倒害が生じやすい地域。全体の10%しかない30m以上の樹木が、地域全体の50%の炭素蓄積がある。

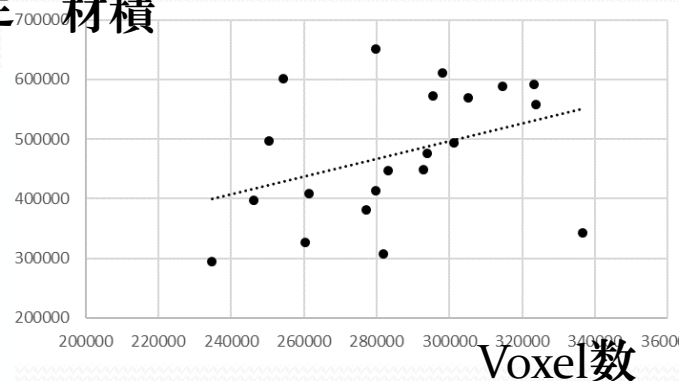


ドローンから風倒害木を特定 材積

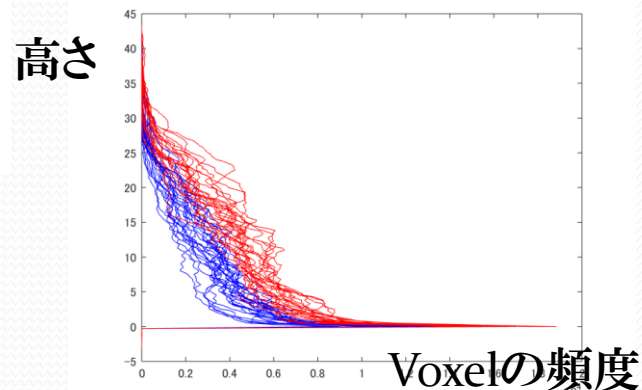


オレンジ = 2015~2016
緑 = 2016~2017
赤色点 = 地上レーザーで風倒木の3次元データを取得した場所

Voxel数と材積の関係



風倒木とそれ以外の判別



科学的意義・環境政策への貢献

科学的意義

1. 衛星の経年的データにより、森林災害地域が特定できるようになる。現地調査として、地上レーザーによる被害度評価法が提供できるようになった。
2. 森林火災や風倒害が適切な頻度かどうか？「自然のサイクル」を理解したデータ提供が可能となる。自然サイクルがわかれば、人的被害と区別できるようになる。

環境政策への貢献

1. 気候変動に対するREDD+ (MRV) のバイオマス変化量を把握する手法として、最も容易に現地データを提供できる。
2. 詳細な成長量を計測可能なため、炭素吸収が多い森林を把握できる。また、森林火災前後での変化から、大気中に放出された炭素量(消失量)を見積もることができる。

社会実装

1. 森林災害に対する保険業務の事前評価もしくは事後被害度調査に、本技術が大変有効である。
2. 誤差が小さいため、モニタリング期間を短縮でき、早めに病害木等を検知できる。

国民との科学・技術対話

1回目の公開講座 2nd International Workshop of LiDAR tools for Forest Application

Dr. Monika Moskal, Dr. Martin Isenburg 広域3次元データ解析手法のワークショップ

(2015年11月10日、千葉大学 園芸学部 戸定ホール、観客85名)

2回目の公開講座 3rd International Workshop of LiDAR tools for Forest Application

Dr. Andrew Hudak Rを使った3次元データ解析手法のワークショップ

(2015年12月3日、千葉大学 園芸学部 戸定ホール、観客75名)

3回目の公開講座 Google Earth Engine Workshop

(2016年3月2日、千葉大学けやき会館2階会議室、観客50名)

4回目の公開講座 GIS, リモートセンシングセミナー

(2017年3月5日、千葉大学 園芸学部 D棟112教室 観客30名)



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