航空機LIDARデータを利用した森林内の葉群構造の把握

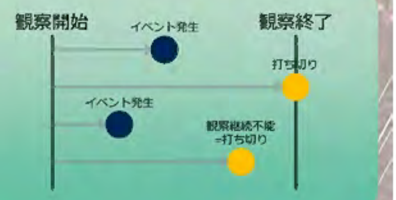
岩田悠里，梅木清（千葉大園芸），平尾聡秀（東京大学）

要約

航空機LiDARで森林の葉群構造を把握する場合，レーザー光の多くが林冠上部で反射してしまうため，反射点の密度と葉面積密度がよく対応しないことが問題となる。レーザー光が林冠空間で入射・反射・出射過程の推定し，得られたデータに生存時間分析を適応することで，入射光の密度の違いに依存しない葉群密度推定が可能になった。

この研究で使用する統計手法：生存時間分析

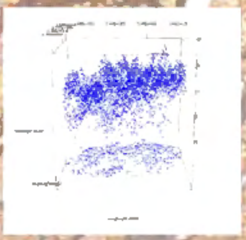
観察開始からイベントが生じるまでの時間を解析対象のデータとして，単位時間あたりのイベント発生確率などを推定する統計手法。イベントが発生しないで観察を終了する場合（打ち切り）が発生しうるが，この様なデータも使用する。工学分野においては機械や製品の故障などを、医学分野においては死亡など対象とする。この研究では，生存時間分析の時間の長さを空間的距離に読み替えて，この手法を利用する。



はじめに

背景

- 森林の林冠部は，光合成・蒸散が行われたり，動物の生息地になったりするため，葉群構造を把握することは重要である。
- 航空機LiDARで森林の葉群構造を把握する場合，レーザー光の多くが林冠上部で反射してしまう。
  - ➢ 反射点の密度と葉面積密度がよく対応しないため，森林内の葉群構造が把握できない。
- 入射光の密度の違いに依存しない葉群密度推定方法が必要。



目的

- レーザー光が林冠空間で入射・反射・出射過程の推定し，得られたデータに生存時間分析を適応することで，入射光の密度の違いに依存しない葉群密度推定を確立する。

結果・考察

結果省略

5m幅の断面における葉面積密度相当量

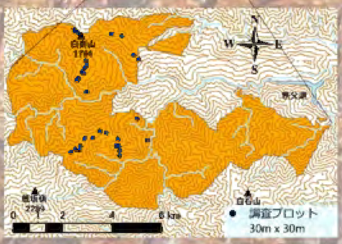
- 一片5mのボクセルごとの葉面積密度相当量が推定できた。

方法

データ

- 東京大学秩父演習林で取得された航空機LiDARデータを使用

項目	記述・数値
測定日	2011年10月26日～11月8日
測定業者	中日本航空株式会社
レーザー計測機	SAKURAⅢ・Riegl社製 LMS-Q680i・NNK -DCS4H003
レーザー発光数	100,000発/秒
データ取得間隔	進行方向　0.38m
	クロス方向0.48m



- 波形記録方式レーザー計測：
- 1つのレーザーパルスにつき複数のリターンが記録される。
  - ➢ LiDARデータからレーザー光軌跡を推定することが可能

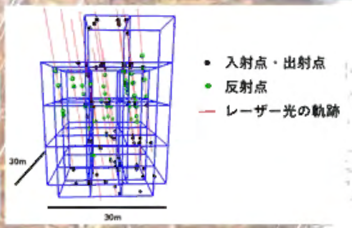
LiDARデータの解析

- 森林調査のプロット周辺（90m x 90m）のポイントクラウドを抽出
- 個々のレーザーパルスに由来する反射点を判定
  - 判定に用いる情報：First return - Intermediate return - Last return の区別，canopy - groundの区別
- 森林調査の上にボクセルを設定

右上へ

左下から

- ボクセルを通過するレーザー光のみを選択
- レーザー光がボクセルを入射・出射する位置を算出



生存時間分析

- 生存時間分析用のデータ作成
  - 観察開始：ボクセルへの入射，反射（レーザー光がさらに進む場合）
  - イベント発生：反射
  - 観察終了（打ち切り）：ボクセルからの出射，地面で反射
- 生存時間分析における仮定
  - 光の平均進行距離の逆数＝レーザー光1mあたり葉に当たる回数（λ）＝葉面積密度相当量
  - ボクセル内でイベント発生確率が一定（光の角度に依存しない）
  - ボクセルの葉面積密度相当量は，近接するボクセルの葉面積密度相当量の平均値に似た値となる＝条件付自己回帰モデル

$$L(\lambda) = \prod_{i}^{n_u} f(l_i|\lambda) \prod_{i}^{n_s} S(l_i|\lambda)$$

$L(\lambda)$: 尤度
λ:レーザー光1mあたり葉に当たる回数
l_i: i番目のレーザー光進行距離
$f(l_i|\lambda)$: 確率密度関数= $\lambda \exp(-\lambda l)$
$S(l_i|\lambda)$: 生存関数= $\exp(-\lambda l)$

- ベイズ推定
  - マルコフ連鎖モンテカルロ（mcmc）法を実行するソフトウエアstanを使用。

謝辞：本研究は、サントリー天然水の森－東京大学秩父演習林プロジェクトの支援を受けて実施しました