

平成22年 5月 1日現在

研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19580169
 研究課題名(和文) 流域スケールを対象とした航空機LiDAR計測手法の
 検証
 研究課題名(英文) Validation of forest measurement using airborne LiDAR
 in watershed level.
 研究代表者
 山本 一清 (YAMAMOTO KAZUKIYO)
 名古屋大学・大学院生命農学研究科・准教授
 研究者番号：40262430

研究成果の概要：

本研究では、従来の森林調査にかわる迅速かつ高精度の新たな森林計測システムの構築を目指し、筆者らが提案した新たな航空機LiDARデータ解析手法（Top surface 解析手法）について、その流域スケールへの適用性について検証を行い、Top surface 解析手法により広域スケールの森林の平均樹高・林内光環境等を自動的かつ高精度に計測することが可能であること、及び本手法を応用した流域スケールでの植生分類が可能であることを明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	800,000	240,000	1,040,000
2008年度	2,200,000	660,000	2,860,000
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：航空機LiDAR・空間スケール・ヒノキ・林分平均樹高・LAI・相対照度

1. 研究開始当初の背景

現在の森林を取り巻く状況は、木材価格の低迷に伴う施業放棄林の増大等の問題にも関わらず、森林に対して様々な公益的機能の発揮を求められるという複雑な状況にある。森林の持つ様々な機能を有効に発揮させるためには、流域内の適切な森林区分（ゾーニング）と、それぞれの区分に応じた適正な管理が必要となる。そのためには、流域内の森林の状態を詳細に把握することが必要不可欠であるが、現在の森林（木材価格の低下や放置林の増大）を取り巻く状況から考えても、広大な流域における膨大な基礎データ、さら

にその評価・検証を含めた林分状態の把握を定常的な森林調査データに依存することは極めて困難であると考えられる。

これらの問題を解決するため、近年航空機LiDARを利用した森林計測技術の開発が行われているが、流域スケールを対象とした迅速かつ高精度の森林計測及び評価を可能とする航空機LiDARデータ解析手法は、十分な評価・検証が行われているとはいえない状況である。

2. 研究の目的

本研究では、筆者らが森林の平均樹高推定手法として新たに開発したTop surface 解析

手法について、(1) 流域スケールを対象とした平均林分樹高推定の可能性について検証を行うとともに、(2) その応用として林内光環境の推定可能性についても検証を行うことを目的とした。さらに、(3) 流域スケールを対象とした場合の最適な解析スケールについても検討を行い、流域スケールの広大な森林をどの程度の空間スケール(最小面積)で迅速かつ高精度で計測・評価可能なかについても検証を行った。

3. 研究の方法

本研究の基礎となるのは、筆者らが提案した Top surface 解析手法である。従来、林分スケールの航空機 LiDAR データ解析においては、地面に到達したレーザーパルスの抽出により作成される地面標高モデル(DTM: Digital Surface Model)を基礎として解析が行われてきた。しかし、正確な DTM の作成には多大な時間・労力・コストが必要であり、なおかつ十分な地面へのレーザー到達が必要である。一方、日本の人工林、特にヒノキ林においては十分な地面へのレーザー到達が必ずしも得られないことから、従来のように DTM に依存する手法ではなく、DTM に依存しない新たな手法の模索が、特に大面積のヒノキ林を抱える日本においては必要となる。

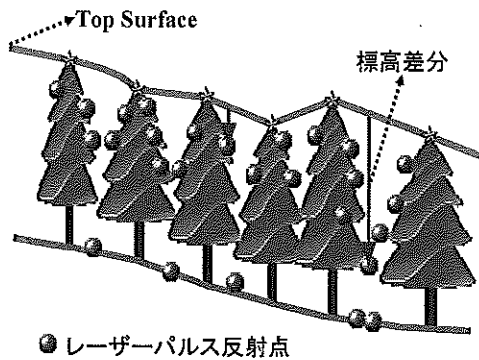


図1. Top surface 解析手法の概要

そこで、筆者らは図1に示したように、小スケールの人工林においては、林冠形成木樹高と地形との関係がほぼ平行関係にあることを応用し、林冠形成木梢端標高点から形成される Top Surface を仮定し、全てのレーザーパルスデータをそれからの差分値(以下、標高差分)に変換後、その頻度分布を解析することにより、様々な森林パラメータの推定を行う手法(Top Surface 解析手法)を提案した。本研究では、この Top Surface 解析手法を基礎として、以下の手順により研究を実施した。

まず、(1)においては、信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター手良沢山ステーション(以下 AFC)及び東京大学愛知演習林(以下 UFA)内のヒノキ人工林内に設定した計 16 プロットについ

て、それぞれ異なるシステムによる LiDAR 観測を行い、Top surface 解析から推定された平均樹高及び実測の平均樹高を比較した。

次に、(2)については、UFA に設定した合計 165 点の観測点において撮影した全天空デジタル画像から推定した指標値について、航空機 LiDAR 観測データの”Top surface”解析から算出した各種指標との比較を行った。また、全天空デジタル画像による林内光環境推定手法の検証として、三重県津市内の人工林内に設定した計 54 点において、照度計により測定した実測林内照度及び全天空デジタル画像による林内光環境推定指標について比較した。

最後に、(3)については、(2)で設定した UFA 内の観測点及び名古屋大学大学院生命農学研究科附属フィールド科学教育研究センター稲武フィールドの一部及び隣接する愛知県有林の一部を対象地として、流域スケールにおける航空機 LiDAR 観測データ解析に最適な空間スケールについて検討した。

4. 研究成果

(1) 流域スケールを対象とした平均林分樹高推定の可能性の検証

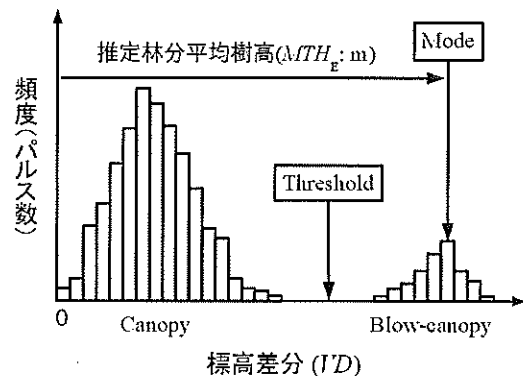


図2. Top surface 解析手法による林分平均樹高推定方法

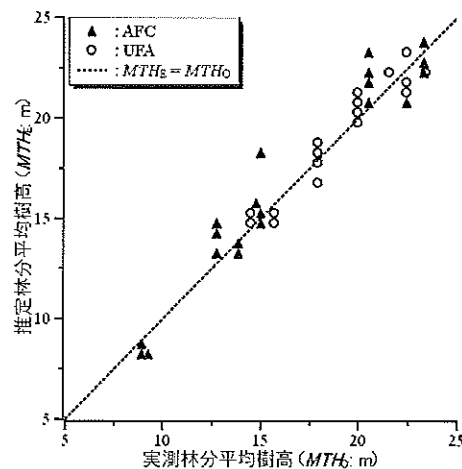


図3. Top surface 解析手法による林分平均樹高推定結果

実測で得られた林分平均樹高(MTH_0 :m)と図2に示した Top surface 解析手法により算出

された推定林分平均樹高(MTH_g : m)の間には、図3に示したように対象地域・使用したLiDARシステムに関係なく、ほぼ1対1の関係が認められた。本手法では、事前のサンプルデータによる推定式等は介さず、観測した航空機LiDARデータから直接推定林分平均樹高が算出されるとともに、地域毎の解析パラメータ等の調整も一切不要である。したがって、流域スケールのような広域な森林を対象とした林分パラメータの推定において、Top surface解析手法は有効な手法であることが検証された。

(2) 流域スケールを対象とした林内光環境の推定可能性の検証

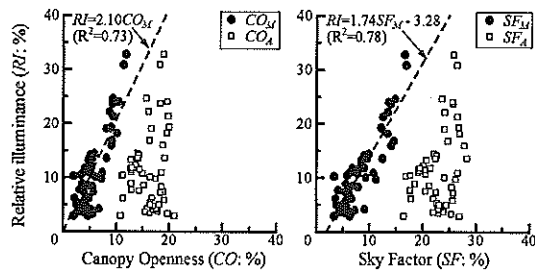


図4. 全天空画像撮影方法の違いによる林内光環境推定値の精度比較

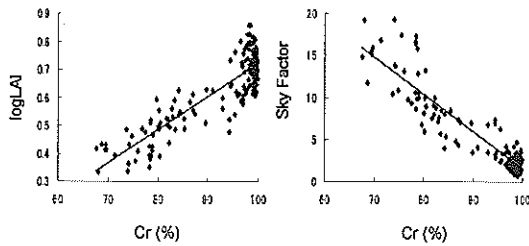


図5. Cr(%)とLAI及びSky Factorの関係

林内光環境の指標値(Canopy openness (CO: %), Sky Factor (SF: %)等)について、林内における全天空画像の撮影時のデジタルカメラの設定による推定精度を比較したところ、デジタルカメラの“auto”モードにより撮影された全天空画像から算出された指標値(CO_A , SF_A 等)は、いずれも照度計による相対照度(RI: %)と有意な関係性は認められなかった。一方、林外の開放地における“auto”モード撮影時の撮影条件(シャッタースピード及びF値: 以下、基準設定とする)により林内で撮影された全天空画像から算出した指標値(CO_B , SF_B 等)はいずれもRIと有意な直線関係が認められた(図4)。以上のように、全天空画像による林内光環境推定においては、基準設定により撮影を行う必要があることを明らかにした。

さらに、この結果をもとにUFA内に設定した165点の観測点においても基準設定により全天空画像を撮影し、それにより得られた各

観測点の各林内光環境指標及び葉面積指数(LAI)とTop surface解析により算出可能な様々な指標値について比較を行ったところ、図5に示したように林内光環境指標及びLAIはいずれも“全LiDARデータに占める林冠部データの割合(Cr: %)”(つまり、図2においてThresholdより左側の部分の割合)と最も高い相関関係を示した。

(3) 流域スケールを対象とした場合の最適な解析スケールの検討

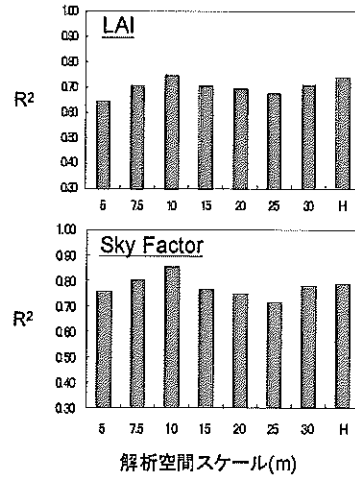


図6. 解析スケールによるLAI・Sky FactorとCr間の相関関係の比較

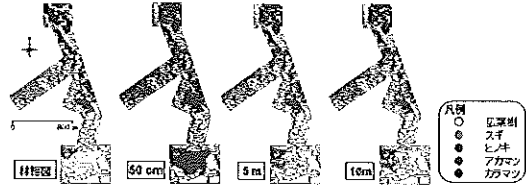


図7. 解析スケール(メッシュ・サイズ)間の樹種判別結果

表1. 解析スケール(メッシュ・サイズ)間の樹種・針広判別精度の比較

メッシュサイズ	Overall accuracy	Kappa係数	メッシュサイズ	Overall accuracy	Kappa係数
50 cm	—	0.006	50 cm	—	0.000
1 m	—	0.000	1 m	—	0.000
2 m	—	0.027	2 m	0.514	0.015
5 m	0.769	0.673	5 m	0.908	0.816
10 m	0.793	0.705	10 m	0.927	0.854

まず、(2)におけるLAI及び林内光環境の指標値とCr間の関係を、Cr算出における解析スケール間で比較するため、各観測点を中心とする一片5m, 7.5m, 10m, 15m, 20m, 25m, 30m及び観測点における林分平均樹高(H:m)の仮想的な正方形プロットを設定した。各プロット内におけるCrを算出し、中心の観測点における全天空画像から算出したLAI及び林内光環境の指標値との関係を比較したところ、図6に示したように最も高い相関関係を示したのは、いずれも10mの解析スケールであった。

さらに、広域な流域内の樹種構成や林相構成を航空機 LiDAR データの解析により推定可能であるか、またその解析に最適な解析スケールを明らかにするため、上記の研究結果を参考に、上限を10mとする50cm, 1m, 2m, 5m, 10mの仮想メッシュを想定し、メッシュ内において Top Surface 解析により算出される各種の指標値に加え、レーザー反射強度・レーザー反射回数・レーザー最大標高差・反射強度比等の指標を利用し、教師付き分類によりメッシュ内の樹種及び針葉樹・広葉樹別の判別を行った。その結果、表1及び図7に示したとおり、最も高い判別精度を示したのはいずれも10mの解析スケールであり、この場合の判別精度は、衛星データに匹敵、またはそれ以上の精度が得られることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Kazukiyo Yamamoto, Kenji Kobayashi, Toshiro Nonoda, Akio Inoue, Nobuya Mizoue. Effect of settings of digital fisheye photography to estimate relative illuminance within forest under low light conditions. Journal of Forest Research (印刷中) (2010) 査読有

[学会発表] (計 10 件)

- ① 西本雄亮・山本一清・千田良道・山下 悟・都竹正志、波形記録式航空機 LiDAR による林床状態の推定可能性の検討、第121回日本森林学会大会、2010年4月3日、筑波大学
- ② 山本一清・小林健嗣・野々田稔郎・井上昭夫・溝上展也、低照度下におけるデジタル全天空画像による林内相対照度推定、第121回日本森林学会大会、2010年4月3日、

筑波大学

- ③ 山本一清・野々田稔郎・竹中千里・恩田裕一、下層植生維持に必要な間伐率は?、第120回日本森林学会大会、2009年3月27日、京都大学
- ④ 西本雄亮・山本一清・千田良道・山下 悟・都竹正志、波形記録式航空機 LiDAR による林相間のレーザー透過特性比較、第120回日本森林学会大会、2009年3月27日、京都大学
- ⑤ 西本雄亮・山本一清・千田良道・山下悟・都竹正志、航空機 LiDAR による樹種間のレーザー透過特性比較、第57回日本森林学会中部支部会大会 2008年10月11日、岐阜大学
- ⑥ 山本一清・近藤直人・千田良道・山下 悟・村手直明・都竹正志、航空機 LiDAR によるヒノキ人工林の質的特性把握(III)、第119回日本森林学会大会、2008年3月28日、東京農工大学
- ⑦ 小林健嗣・山本一清・竹中千里・野々田稔郎・島田博匡、間伐手遅れのスギ・ヒノキ人工林の光環境に間伐が与える効果の評価、第56回日本森林学会中部支部会大会、2007年10月13日、信州大学
- ⑧ 山本一清・國枝信吾・高市善幸・都竹正志・村手直明、航空機 LiDAR による森林域の送電線抽出手法の開発、第118回日本森林学会大会、2007年4月2日、九州大学

[その他]

ホームページ等

<http://www.agr.nagoya-u.ac.jp/~shinkan/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 一清 (YAMAMOTO KAZUKIYO)
名古屋大学・大学院生命農学研究科・准教授

研究者番号: 40262430