

UAV(無人航空機)を用いた森林の 二方向性反射特性に関する実測的研究 ～植物の季節変化に注目して～

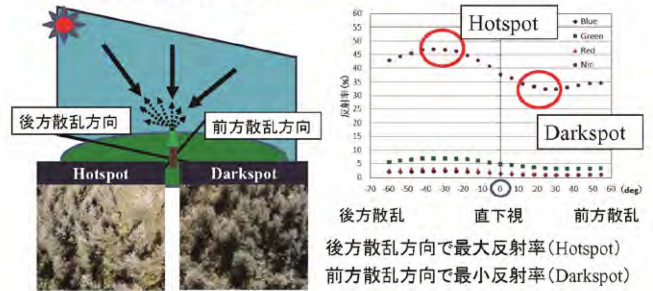
首都大学東京 都市環境科学研究科
松山 洋・酒井健吾*
山本遼介・長谷川宏一・泉 岳樹

受け入れ教官:本多嘉明先生, 梶原康司先生

はじめに | 二方向性分光反射関数

□二方向性分光反射関数(Bidirectional Reflectance Distribution Function ; BRDF)

- 太陽の位置、観測する方向によって反射率は異なる。
- 観測天頂角・太陽天頂角・観測方位角・太陽方位角の条件による反射率の変化の様子を表したものの



これまでの森林におけるBRDF研究

□衛星データへのBRDFの影響が懸念

- 衛星画像処理の過程で、斜めに観測したときや、観測時の太陽高度が異なる画像を比較する際は、BRDFの影響を補正する必要がある(Qi et al., 1995; Privette et al., 1997)。
- 半経験モデルによる衛星画像のBRDF補正

□多方向から観測することで一方向のみの観測では得られなかった植生の情報を得る試み

- BRDF(反射率の変化の仕方)は植生構造(立木密度・樹高など)と深く関わりがある(Asner et al., 1998)。
- BRDFから算出する指標を用いて、日向葉と日陰葉の割合を推定し、それをパラメータにした光合成モデルを作成(Chen et al., 2003)。
- 一般的な植生指数NDVIにBRDFから算出する指標を乗じた新しい植生指標を提案(Hasegawa et al., 2010)

最大反射率と最小反射率から計算される指標HDS

BRDF研究の現状

森林のBRDFの実測データが不足している(Sharma et al, 2012; Hasegawa, 2013など)。

□森林のBRDF観測は難しいため

- 森林の樹冠上から観測する必要がある。
 - タワーや、航空機などの大規模な観測システムが必要
- 快晴の時に観測する必要がある。
- 短時間に観測しなければならない(観測中も太陽高度が変化)。

本研究チームでは、
2006年からハケ岳カラマツ林を対象にBRDF観測を試みている。

2007年の観測で年間を通したBRDF観測に成功

□ハケ岳観測タワーを用いた観測(本多先生・梶原先生のご助力の下)

- 観測対象:タワー周辺のカラマツ壮齢林
- 樹高約20mのカラマツ純林 ハケ岳観測タワー(JAXA) ↓
- 観測した月
 - ◆ 開葉期:4月・5月
 - ◆ 盛夏:8月・9月
 - ◆ 落葉期:10月・11月



- BRDFは明瞭に季節変化することが分かった。
- BRDFの特徴の大きさを示す指標HDSを用いて様々な考察を行った。

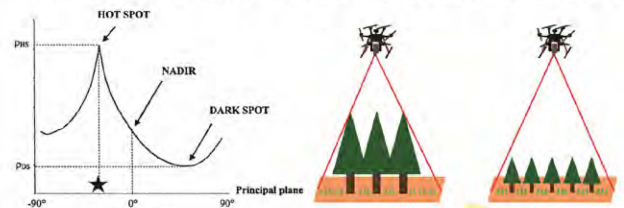
BRDFから算出する指標HDSとは

□ Hotspot-Darkspot Signature: HDS(Lacaze et al.,2002)

$$HDS = \frac{\rho_{HS} - \rho_{DS}}{\rho_{DS}} \quad \begin{matrix} \rho_{HP} = \text{Hotspotにおける反射率} \\ \rho_{DS} = \text{Darkspotにおける反射率} \end{matrix}$$

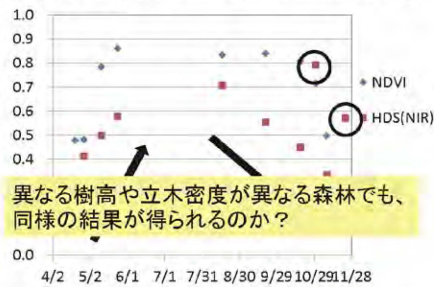
□ BRDFの特徴の大きさを評価する指標

- 植生面の凹凸の明瞭さと深い関わりがある。
- HDSが大きいほど、陰影を作る凹凸がはっきりしているということを表す。





鉛直方向への葉の広がりも評価できる可能性

HDSの季節変化(2007年~2008年の結果)



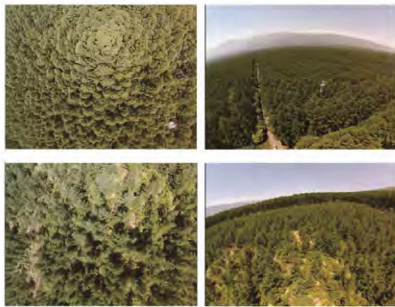
- HDSは、
- 幾何構造のはっきりする夏にかけて大きくなり、落葉するにつれて小さくなる。
 - 森林全体の不均一性が高いと考えられる、落葉中・紅葉中はHDSがばらつく傾向がある。

本研究の目的

- ハケ岳カラマツ林において、開葉期に2つの異なる生長段階の林班にてBRDF観測を行い、下記を明らかにする。
 - 開葉に伴うBRDFの変化は2007年の結果と整合するか
 - 樹高や立木密度が異なる林班でもBRDFが同じような季節変化をするか
 - HDSは、異なる植生構造を表すことができるのか
 - 壮齢林→これまでの観測サイト
 
 - 若齢林→昨年度初めてBRDF観測
 
- BRDFの特徴の大きさを評価する指標
➢ 植生面の凹凸の明瞭さと関わりがある

観測の概要

- ハケ岳カラマツ林
- 観測時期: 2014年4月~6月(カラマツの開葉期)
- 観測対象: 壮齢林と若齢林
 - 壮齢林
2007年~2008年に観測していた林班
平均樹高: 21m
 - 若齢林
2013年に初めて観測した林班
平均樹高: 7m



UAVを用いたBRDF観測方法

- UAV: Unmanned Aerial Vehicle(無人航空機)
 - 近年急速に発展している小型のマルチコプター
 - カメラや観測測器などを搭載すれば、人が行くことができない高い場所や危険な場所の動画や写真、その他データを取得できる。

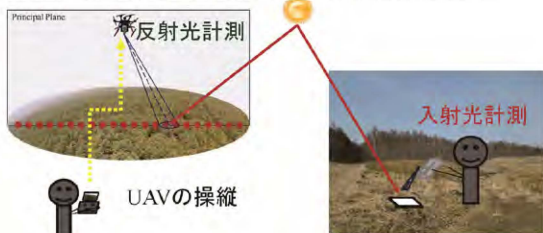


UAVを用いたBRDF観測方法



$$BRDF(\theta_s, \phi_s, \theta_v, \phi_v) = E_r(\theta_s, \phi_s, \theta_v, \phi_v) / E_i(\theta_s, \phi_s, \theta_v, \phi_v)$$

※ $\theta_s, \phi_s, \theta_v, \phi_v$ はそれぞれ、太陽天頂角、太陽方位角、観測天頂角、観測方位角を表す。

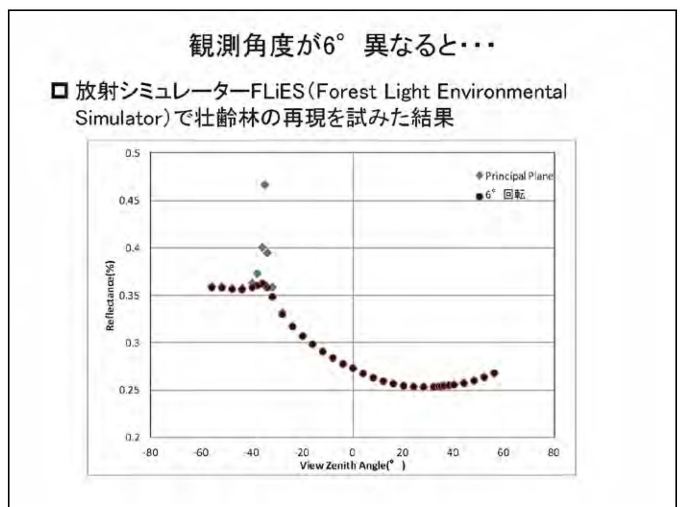
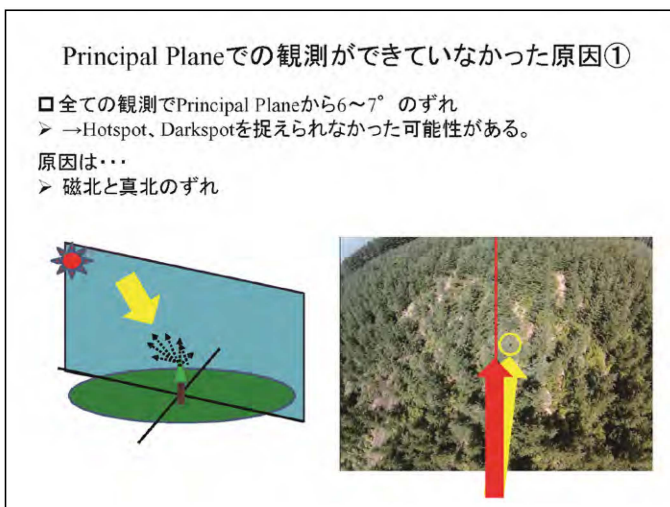
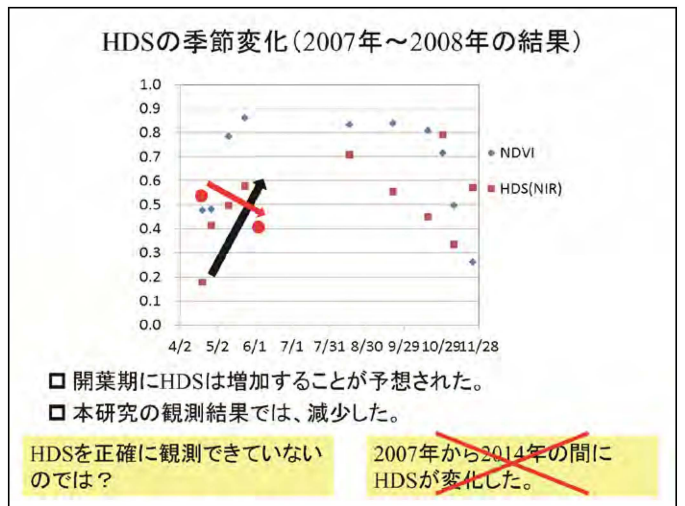
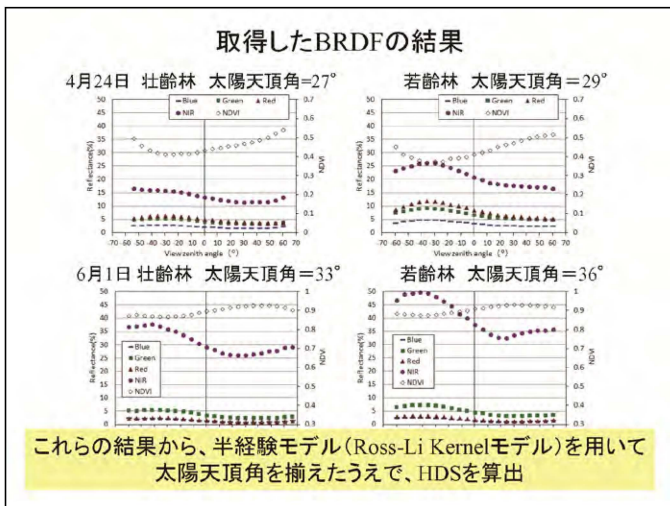
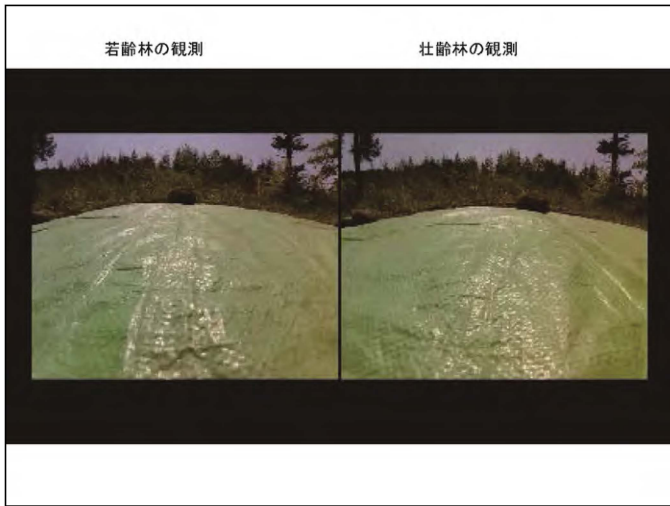


UAVを用いたBRDF観測方法

- UAV: S-800 EVO (DJI)
- フライトコントローラー: Ground Station 4.0.9 (DJI)



- ジンバル部を改良したUAV
- 前後6度ごとに角度調節可能 (前方に約60° 後方に約66°)
- 分光放射計 (MS-720, 英弘精機) 積載
- Gopro hero3積載→電送システム
- 緯度、経度、高度、方位を設定
- 約6分間ホバリングさせて観測



Principal Planeでの観測ができていなかった原因②

- 観測中にUAVが回転してしまう事象
 - →Hotspot、Darkspotを捉えられなかった可能性がある。
- 観測地の上空には、乱流が発生していることが多い
- 乱流の影響でUAVが回転してしまうことがあった。
 - 制御しているソフトウェア「Ground Station(DJI)」では、
 - ・ 水平方向・鉛直方向→センサ、GPSにより常に補正される
 - ・ 回転→補正されない



同じ緯度経度、高度、方位のウェイポイントを、
新たなウェイポイントとしていくつも設定することで
回転方向も修正できるのでは？

まとめ

- ハケ岳カラマツ林にて、開葉期である4月～6月にUAVを用いたBRDF観測を複数回実施した。
- UAVのフライトシステム上の問題から、方位を固定して観測することができなかった。
 - Principal Planeでの観測は行えなかったため、BRDFの解析を行えなかった。
- UAVによる観測システムを再考し、方位角を正確に合わせることをポイントにして、来年度も同様のカラマツ林にて観測を行いたい。
 - 方位の設定は磁北を基準にしていることに気を付ける。
 - 数分ごとに方位角を設定し、方位角のずれを小さくするようにする。