

1. 空中レーザー計測調査について

世界自然遺産地域白神山地では、過去からその生態系等を明らかにするための種々の調査が行われ、基礎データの蓄積に努めてきた。しかし、通常のリモートセンシング調査にはアプローチの困難さや地形的・気候的な制約があり、実態把握が必ずしも十分であったとはいえなかった。

特に、世界自然遺産登録理由となっているブナ林の森林構造およびその動態については、早急な解明が求められてきたが、地上でのモニタリング調査は多くの労力と長期の調査期間が必要になるため、短期間かつ比較的安価に広域な森林生態系の構造および動態を調査できる手法の開発が必要であるとされてきた。

本調査は、航空機搭載型レーザースカナ及びハイパースペクトルセンサ計測により白神櫛石山南斜面に設置したモニタリングサイトを計測し、地形、樹種分布、さらに森林3次元構造等に関するデータを取得するための技術開発を行うものであり、白神山地の自然環境の変化を把握し、生物多様性の保全に資する調査を実施するものである。

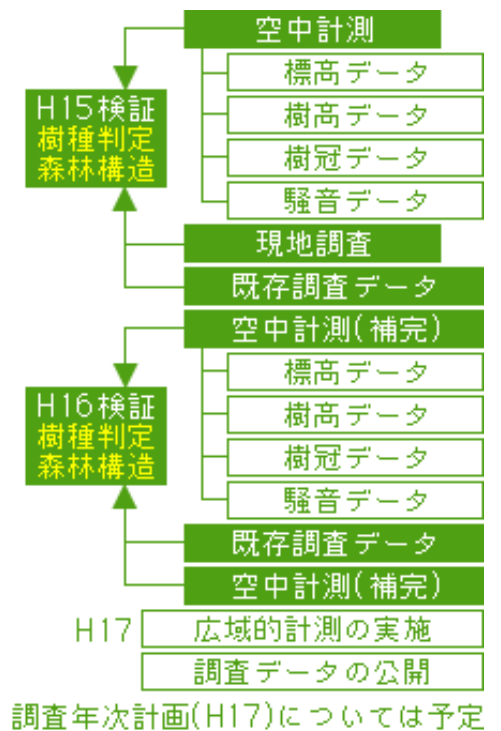
調査期間：平成15年～平成17年

実施機関：株式会社パスコ

2. 調査内容

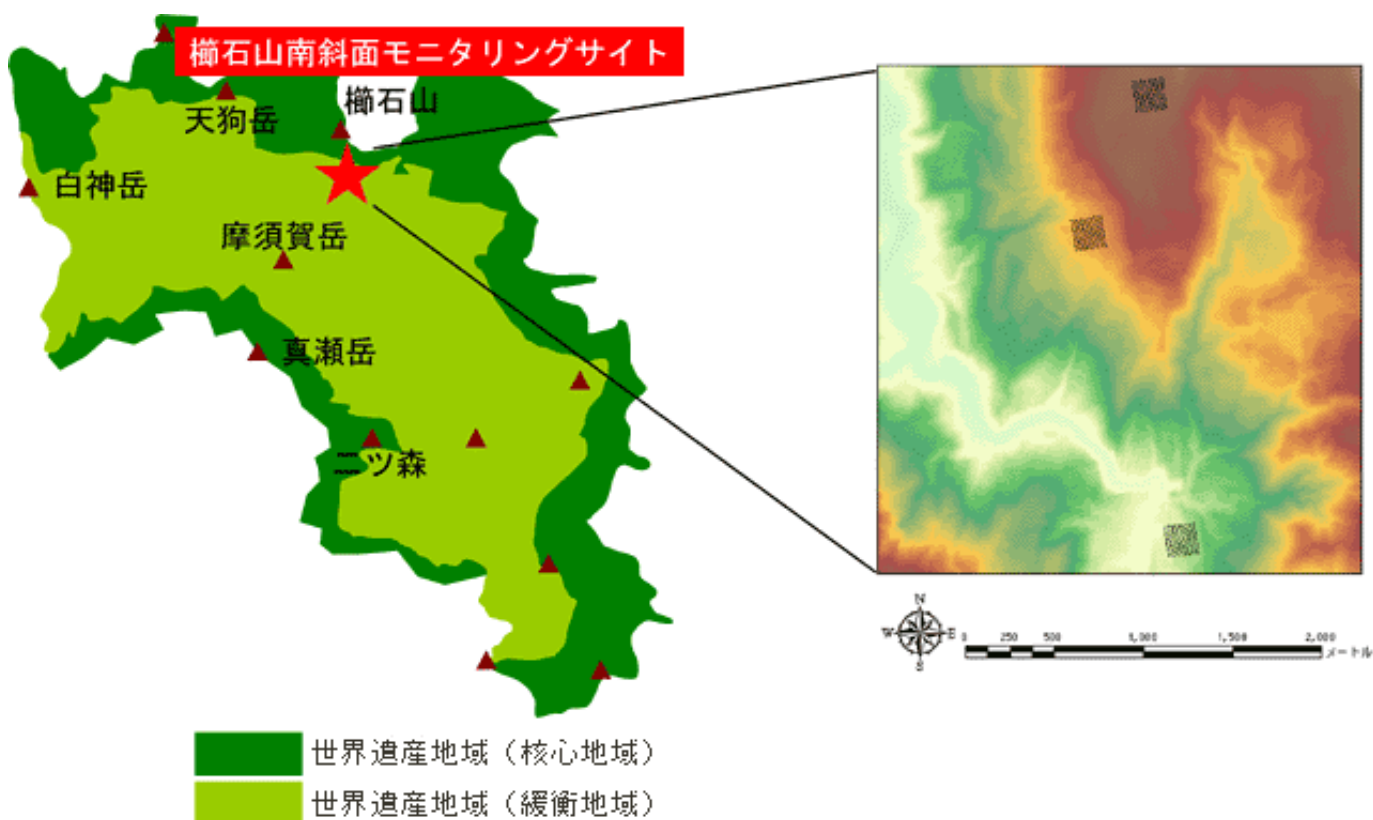
調査項目を以下に示す。

- ・ 地形（等高線）
- ・ 森林3次元構造（層別PAI, Plant Area Index）
- ・ 樹高
- ・ 樹種
- ・ 航空機騒音調査



3. 調査対象地点

調査は白神山地核心地域内櫛石山南斜面尾根に設置した3箇所のモニタリングサイト(100m×100m)を中心に、サイトを含む2km×3kmの領域を対象に実施した。現地調査およびデータ解析は3箇所のモニタリングサイトに対して実施し、騒音調査は櫛石山周辺において、林相により遮蔽がなく見通しの利く北東斜面を選んで実施した。



4. センサ概要

1) 現地調査

- ・ GPS測量機：ニコン・トリンプル NJ4000SE, COMPACT L1/L2 w/GP
- ・ Eトータルステーション：ソキア SET3000, ソキア SET3C2
- ・ E地上設置型レーザースキャナ：リーゲル LMS-Z2101
- ・ E騒音計：リオン NL-06積分型普通騒音計

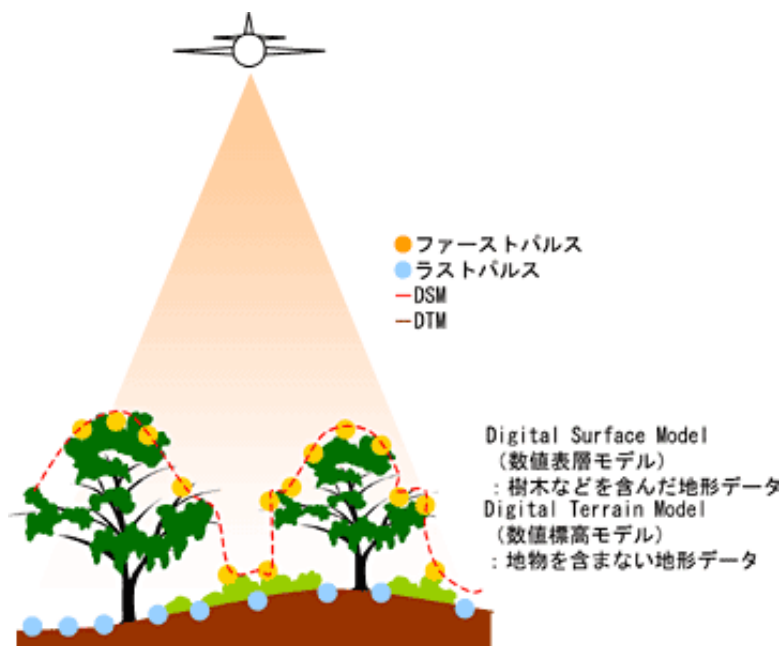
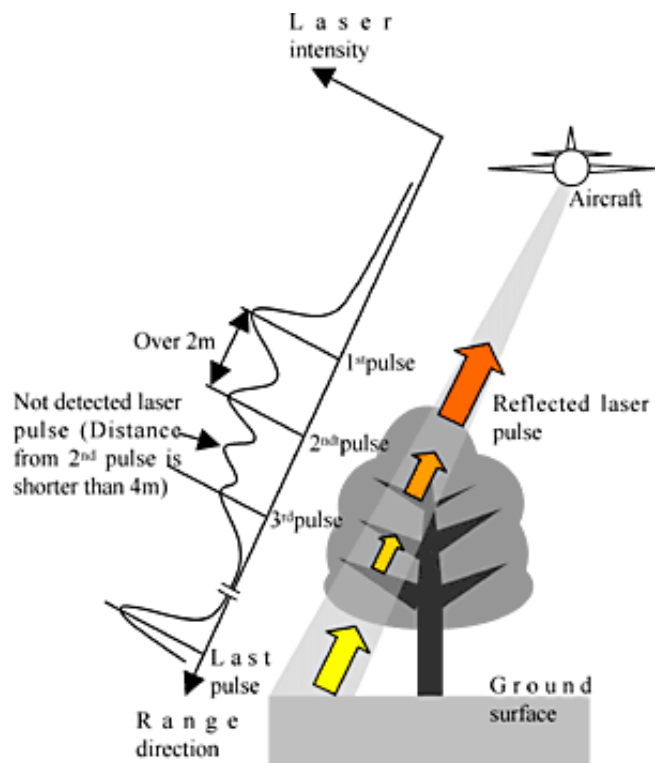
2) 空中計測

- (1) レーザースキャナ：ALS (ライカ・ジオシステムズ社、測定空間間隔 2m)
- (2) ハイパースペクトルセンサ：AISA(スペクトラルイメージング社、波長帯400~1000nm、68バンド)
- (3) 航空機：セスナ182スカイレーン、セスナ206ターボステーションアー



■ (1) レーザースキャナ

レーザースキャナは、航空機から地表面に向かって発射されたレーザーパルスが、地表面や樹冠によって発射され再び航空機で観測されるまでの時間差をもとに、航空機と地表面間の距離を計測するものである。本調査で使用した航空機用レーザースキャナは、時間差をともなって反射するレーザーパルスを3回ないしは5回観測することができる。森林を計測した場合、地表面に発射したレーザーは航空機に最も近い林冠頂点で一部が反射され(ファーストパルス)、残りの一部が樹冠内に浸入する。樹冠内に浸入したレーザーパルスのうち、ファーストパルスの反射地点(樹冠)から2m以上の高低差がある場所で強く反射されたレーザーパルスがセカンドパルスとして計測される。サードパルスはセカンドパルス発生地点からさらに2m以上の高低差を持った地点からの反射波であり、地表面で反射されたレーザーがラストパルスとして計測される。



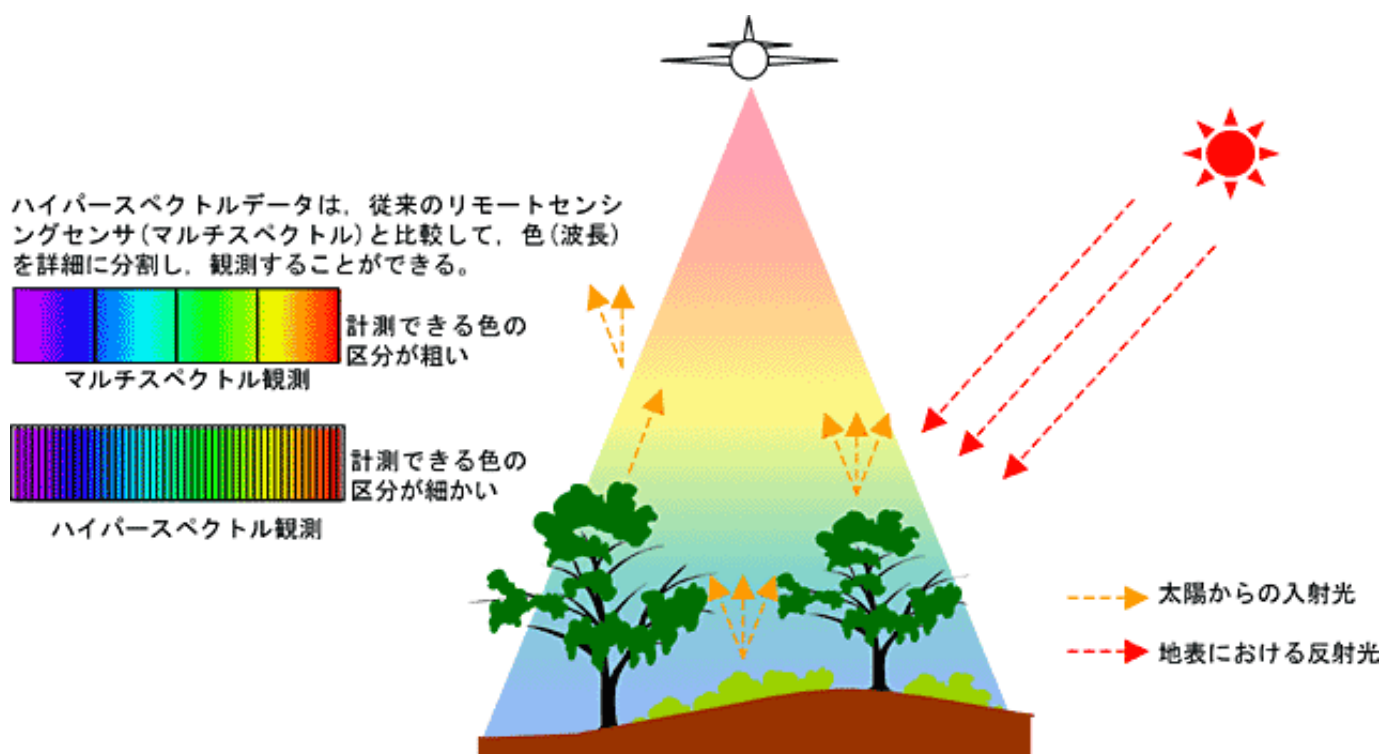
レーザースキャナは計測対象物の形状を高さ情報を含む標高点群データとして計測する。レーザースキャナデータをコンピュータ画面あるいは図面として表示する場合、通常は標高点群データに対しフィルタリング処理および内挿計算を行うことによって作成されたDTM(数値標高モデル)やDSM(数値表層モデル)などのメッシュデータを用いることがほとんどである。しかし、メッシュデータだけでは本来標高点群データが持っている詳細な森林構造の情報をスポイルする恐れがあるため、本調査ではDTMとDSMの他に、フィルタリング処理前の標高点群

データについても解析・検討を行っている。

■ (2)ハイパースペクトルセンサ

樹種分類にあたっては、詳細な色情報が取得可能なハイパースペクトルセンサによって計測された林冠の分光画像を用いている。ハイパースペクトルセンサの分光システムには様々な方式があるが、本調査に用いたハイパースペクトルセンサは、測定対象物からの太陽反射光をスリットに通したのち、回折格子によって分光したのちにモノクロデジタルカメラで分光画像の連続撮影を行っている。これは航空機搭載型ハイパースペクトルセンサの分光方式として最も一般的なものである。

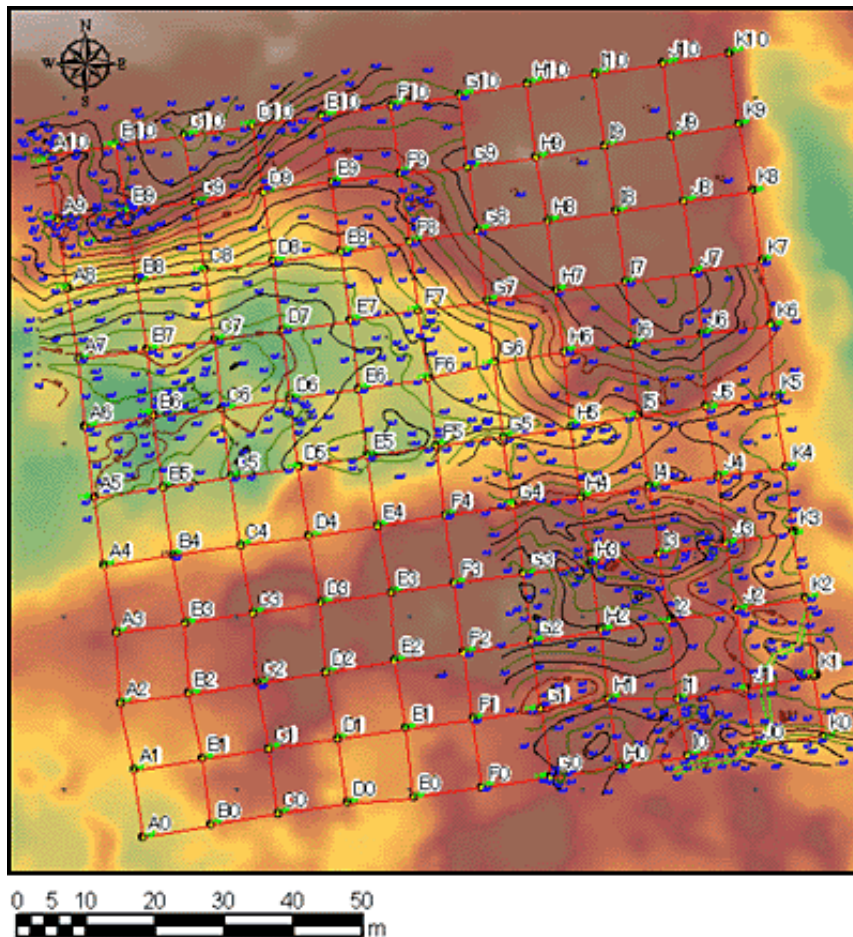
分光画像の空間解像度（測定対象物の空間的な形状を細かく見る能力）、並びに波長解像度（測定対象物のスペクトル特徴を細かく見る能力）は、撮影条件の設定により変更可能である。空間解像度と波長解像度の間には、一方の解像度を上げると他方が下がるというトレードオフの関係が存在する。そこで、本調査ではブナの林冠を観測可能な空間解像度であり、今後の広域撮影にも対応可能な観測幅を確保できる設定として空間解像度1.25m、観測波長数68バンドを採用している。



5. データベース

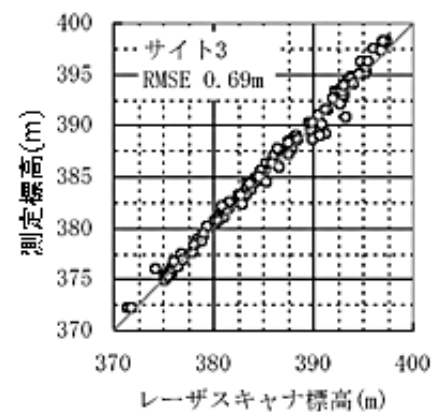
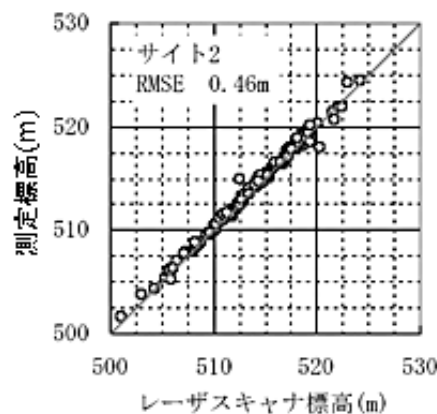
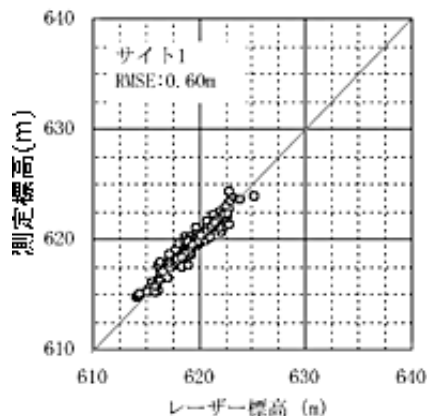
(1) 地形(等高線)

空中計測によって計測した標高 (DTM、デジタル地形モデル) と、地形測量結果の比較を下図に示す (サイト1)。ここで背景に表示された色分け画像は空中計測によるDTMを表し、等高線は地形測量結果である。A8~B8の東西測線付近の斜面に代表されるように、航空機による計測結果は等高線 (地形測量結果) の表す地形形状とほぼ一致していることがわかる (RMS誤差0.46~0.69m、モニタリングサイト、測量結果との比較)。



1. 高さの基準は東京湾の平均海面。
2. 等高線の間隔は0.5メートル。
3. 等高線は水準測量および地形測量によるものである。

地形計測結果 (サイト1)

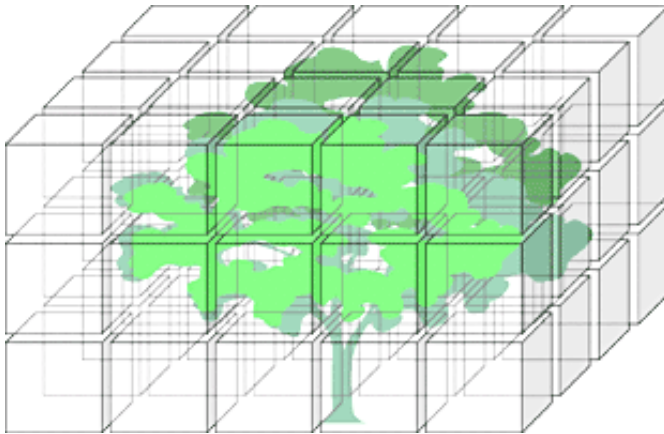


空中計測結果と測量結果の比較

(2) 森林3次元構造(層別PAI、Plant Area Index)

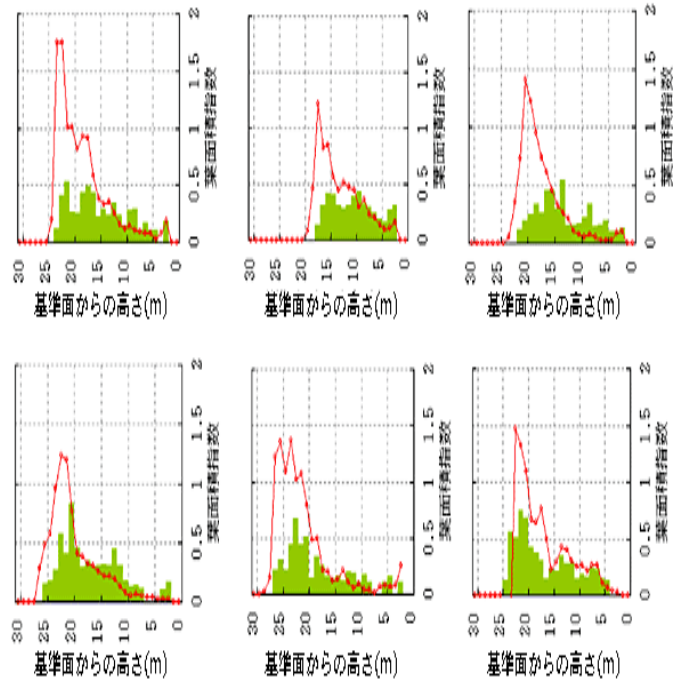
2004/6/28～7/6に実施した地上設置型レーザー計測結果より得られた層別PAIを検証データとし、空中レーザー計測による森林3次元構造把握に関する検討を行った。

モニタリングサイト1の36点について比較検討を実施した結果、地上調査で計測した層別PAIと空中レーザー計測による層別PAIは定量・定性的に一致した。



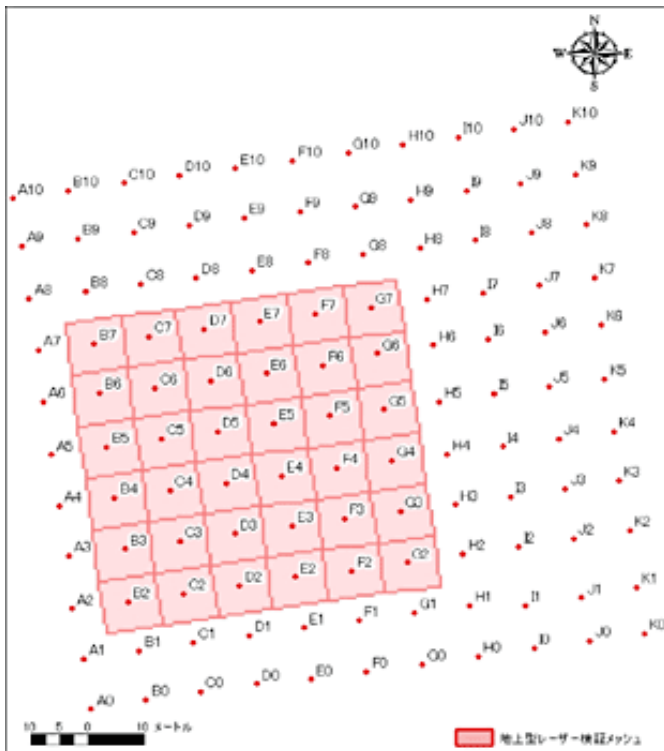
森林内に仮想的な3次元ボクセルを設定し、木セル内の空中レーザーパルスをカウント。バイオマスが密生している場合、森林によるレーザーパルスは多い。

層別PAI計算の概念



■ 航空機レーザーによる推定値
 ○ 地上レーザーによる推定値

層別PAI計測結果



層別PAI計測地点 (サイト1)

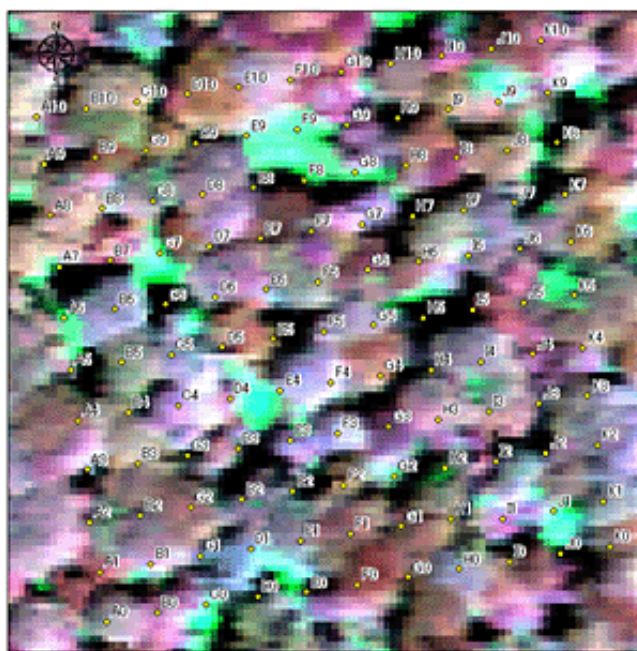
(3) 樹高

2004/8/29～9/4において実施した樹高分布調査結果を検証データとして、空中レーザー計測により算出された樹高の精度検証を行った。その結果、林冠の高層で確認された木本類は良好な結果が得られた。ブナについては、RME誤差1.28m程度の成果を得ることができた。

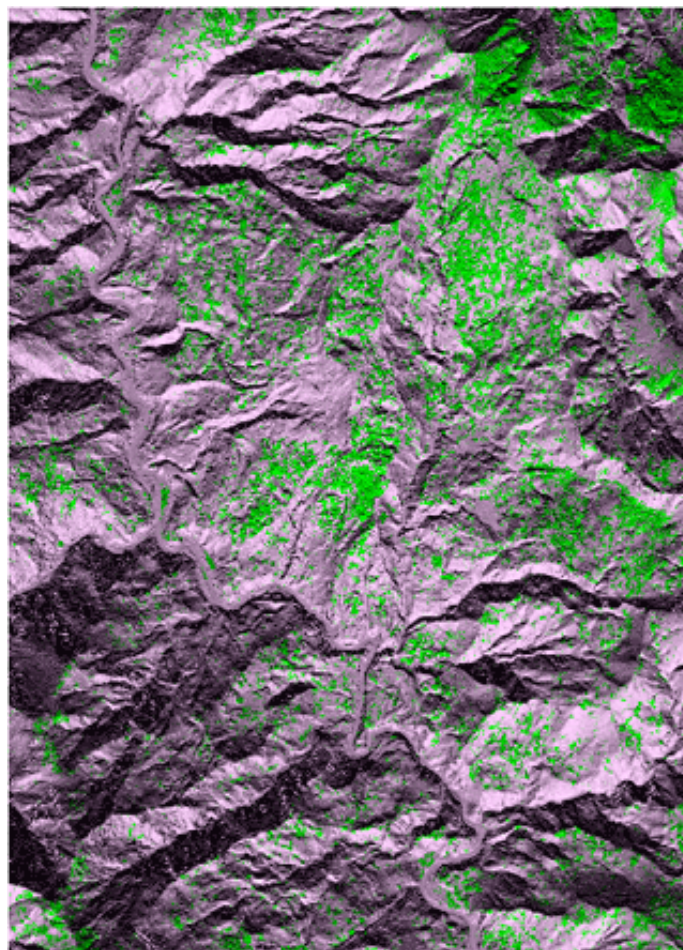
(4) 樹種

ブナ林抽出を目的とし樹種分類について検討を行った。検討樹種は、現地観測したデータのうち、画像上で明確に群落境界が判別可能な下記項目を対象とした。

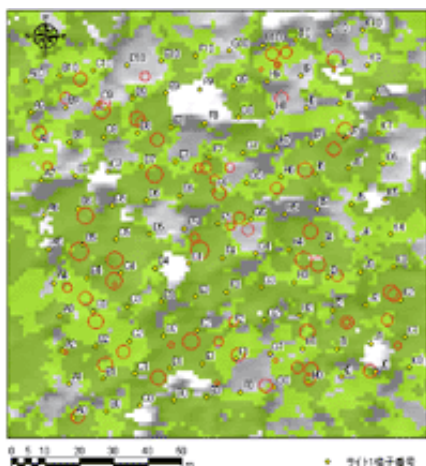
- ・ブナ
- ・ブナ以外（トチノキ、ホオノキ、キハダ、サワグルミ、ササ、ヤマブドウ、オオカメノキ）



ハイパースペクトルセンサ画像（サイト1）



ササ分布



樹種分類図（サイト1）

- 凡例
- ブナ①②③
 - キハダ
 - ブナ④