



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	苫小牧研究林における衛星検証サイトの作成
Author(s)	中路, 達郎; 鷹西, 俊和
Citation	北方森林保全技術, 第33号, 32-37
Issue Date	2016-03-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/73000
Type	departmental bulletin paper
File Information	2014-33_1-4.pdf



I-4 苫小牧研究林における衛星検証サイトの作成

中路達郎, 鷹西俊和

苫小牧研究林

1. はじめに

人工衛星や航空機による地表の遠隔観測（リモートセンシング）は、森林を取り巻く様々な環境要因の変化やその影響を面的に把握する手法としてこの十～二十年ほどの間に飛躍的に利用されるようになってきた（加藤 2004、久米・大政 2014）。特に人工衛星では、搭載されているセンサーの性能が年々向上しており、日本の人工衛星でも数～十 m の高空間分解能の可視～近赤外画像の撮影（AVNIR-2※）や立体構造の計測（PALSAR）がされており、国外では従来の航空機観測に匹敵する 1m 空間分解能の商業衛星も存在する（米国 GeoEye-1 など）。このようリモートセンシング技術の高性能化は森林生態系の研究や広範囲の森林の維持管理を行う我々にとって歓迎すべきものであるが、その一方で、それらのデータがどの程度信用でき実利用できるかについては科学的に検証していく必要もある。

従来の森林を対象としたリモートセンシング研究の多くは、個々の対象地における地上観測データ（樹高や生産速度など）と衛星データの関係性を調べ、それをもとに年変動や空間変動を扱ってきたが、地域スケールやグローバルスケールの地上検証は決して多いとは言えない。さらに、連続的な地上データをもとに多様な（マルチスケール・マルチファクトの）衛星で相互比較が可能な地上検証サイトはほとんどないのが実情である。最近、米国では地上検証ネットワークの構築を開始し、南北 20 か所の地上生態系研究サイトを国内に設置し（National Ecological Observatory Network, NEON）、航空機リモートセンシングとのリンクを精力的に進めている。しかしながら、このような試みは他の地域においてはなされておらず、今回、日本の研究者によって、生態系研究にかかわる人工衛星の地上検証サイトネットワークを日本国内に設立することになった（JAXA スーパーサイト 500, Akitsu et al. 2015）。この検証サイトネットワークでは、生態研究が精力的に行われている日本国内の代表的な植生（常緑針葉樹林、落葉広葉樹林、落葉針葉樹林、水田）を有する研究サイトに 500m×500m の 25ha 調査プロット（以下 500m プロット）を設定する。500m 四方のエリアは全球高頻度観測が可能な中分解能衛星（米国 MODIS、日本 GCOM-C 等）の 1 画素が確実に収まる広さである。プロット内では、気象条件や光学プロファイルといった衛星データ検証用のデータとともに、バイオマス量、葉量（葉面積指数 LAI）、樹種構成などの生物データを統一手法で観測する。それを長期間継続し、解析することで、さまざまな衛星のデータ精度検証を行うと同時に利用アルゴリズムの開発を推進することを目的としている。

北大研究林では、計画開始段階の 4 サイトのうち 2 サイトを担うことになった。これは北大研究林が平坦均一大面積の森林を豊富に有すること、良好な研究施設環境と研究支援体制が整備されていること、JaLTER や AsiaFlux などの研究者コミュニティに深く根ざしていること、そしてこれまでの JAXA との協力実績が高く評価されたためである。常緑針葉樹林サイトは雨龍研究林、落葉広葉樹林サイトとして苫小牧研究が各候補地となっている。本報では、2014 年に設置した苫小牧研究林 500m プロットの概要と作業内容について報告する。

※現在は運用期間が終了

2. 500m プロットの概要と作業内容

苫小牧研究林内の 500m プロットの作成作業は、(1) 条件にあった最適地の選定、(2) 区画の測量と非対象木の伐採、(3) 観測タワーの設営、(4) 毎木調査に分けられる。

2.1. プロット最適値の選定

衛星情報の検証と植生タイプの代表性の両面から、(1) 平坦な地形、(2) 均質な落葉広葉樹で構成された森林の 2 点を満たすプロットの選定を行った。苫小牧研究林は、人工造林地（カラマツ、トドマツ、アカエゾマツ等）、落葉広葉樹二次林およびほとんど手つかずの落葉広葉樹林（>300 年生）がそれぞれ約 1/3 を占める。まず始めに、林相図・地形図をもとに人工造林地を除く範囲で平坦かつ同じ林分区分の広域の場所を候補地として選定した。そして、2004 年の台風通過後に観測した航空機 LiDAR データ、林道からのアクセス等も考慮して 500m 四方のプロットを確保できる場所をスクリーニングし、最終的に、北西部に位置する 205・209 林班を選定した（図 1）。選定した 500m プロットの周囲（2 km 以内）には、森林の生態や微気象、動態を長期観測する 3 つの研究サイト（204 林班・TOM サイト/ Phenology Eyes Network、409 林班・TOE サイト/ Japan Flux、202~204 林班・1ha 調査プロット/環境省モニタリングサイト 1000）が隣接しており、長期観察林も複数存在する。さらに、北西に 4 km 離れた国有林カラマツ造林地跡地には国立環境研究所のフラックス観測サイト（TMK サイト/ Japan Flux）と JAXA の衛星レーダー校正サイトも立地する。このように、微気象観測、生態系観測、リモートセンシングに関わる複数サイトが接することで、今回作成した 500m プロットだけでなく周囲のサイトも含めた比較解析も可能になり、検証精度の向上と多様な生態系情報の把握を可能にする衛星アルゴリズムの開発が期待される。

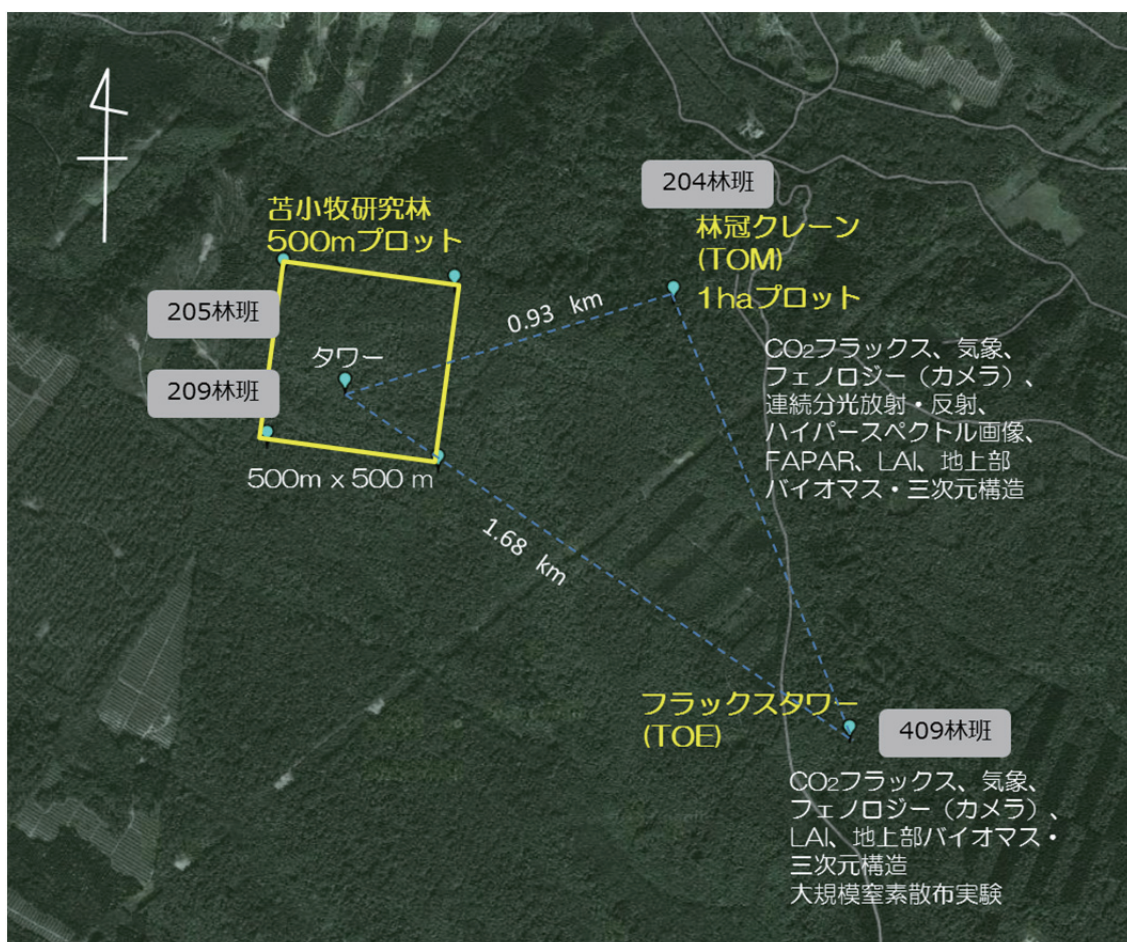


図 1 苫小牧研究林 500m プロットと周囲の研究サイトの位置関係。

図中の観測項目は地上検証に利用可能な既存データを示す。

図 2 に 500m プロット内の地形、樹高、林床情報および地上調査区を示す。500m プロット内の林分は、洞爺丸台風による大規模攪乱（1954 年）や人工造林地の伐採（1995、1997 年）

の後に天然更新した若い落葉広葉樹二次林であり、主要構成樹種はミズナラやカエデ類である。地盤は比較的平坦で、標高は 89~97m の範囲に収まっている（平均 94m）（図 2a）。2004 年の最大樹高は約 18m であったが、かつての皆伐と台風による攪乱の影響で様々なサイズのギャップも存在している（図 2b）。さらに、林床植生は、約半分の面積にスズタケが優先的に分布している（図 2c）。このため、500m プロットの中で行う毎木調査プロットは、ギャップの程度と林床植生のタイプ（ササの有無）の 2 要因を組み合わせた 4 か所に設定した（図 2d）。また、500m プロットでは、LAI の空間分布をラインセンサスで測定するため、東西方向の 400m 長さの調査ラインを 100m 間隔で 4 本設計した（図 2d）。これらのプロット位置の決定と設計には関係者との打ち合わせを含めておよそ 3 人日を要した。

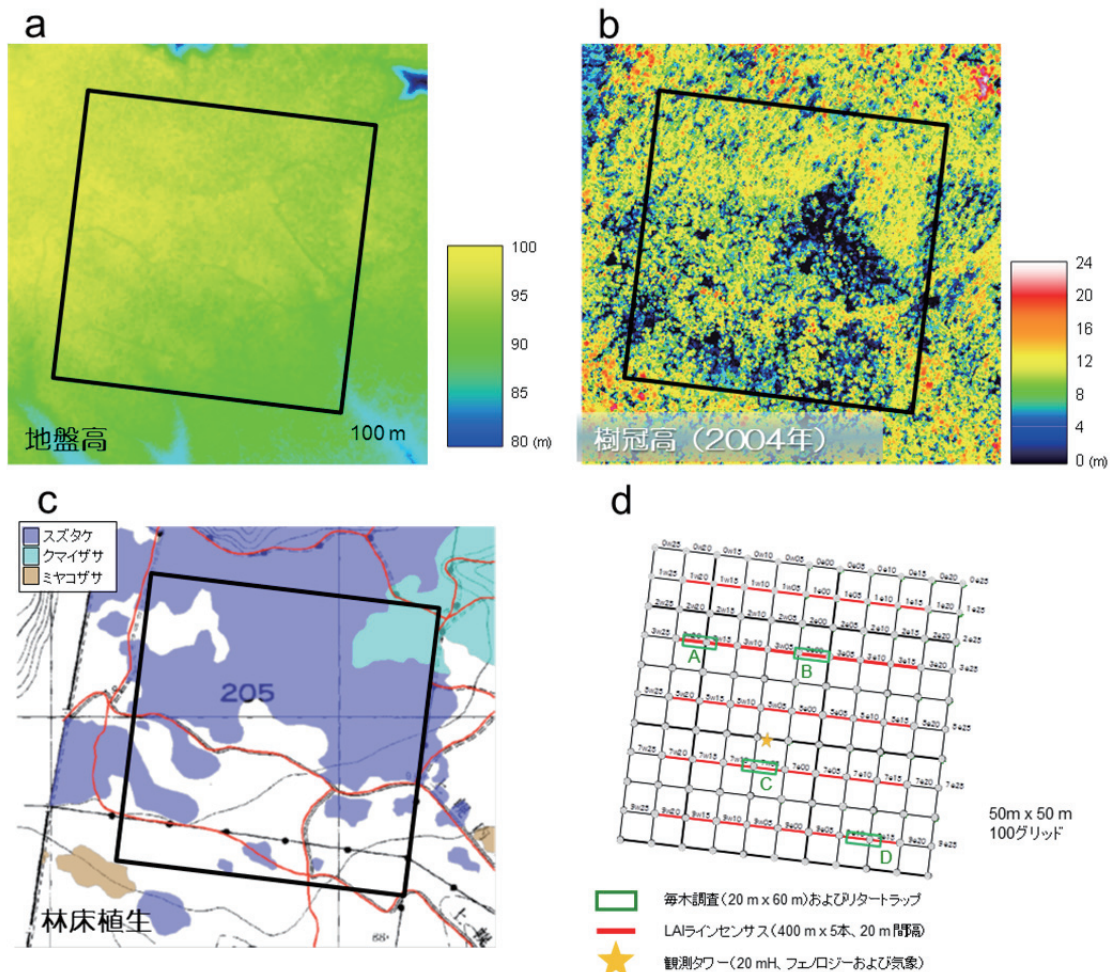


図 2 苦小牧研究林 500m プロットの地形・植生情報および調査プロット（毎木調査、ラインセンサス）の位置図。LiDAR データは熊宏之氏(国立研究開発法人国立環境研究所)提供

2.2. 区画の測量と非対象木の伐採

人工衛星のデータ検証のためには 500m プロットの四方の位置座標の把握は必須であり、ラインセンサス位置や毎木調査プロットを設定するためにも座標の測量を行う必要がある。苦小牧研究林の 500m プロットでは、林内の見晴らしが良かった秋期（10 月中旬～下旬）に、GPS および光波測量器（トータルステーション）を用いて 500m プロットの外枠と内部の 50m グリッドの位置座標（格子点）を測量しマーキングした（図 2d, 図 3）。初めに GPS を用いておおよその位置を特定し、次に、トータルステーションによる角度と距離測量を実施した。測量はプロット外枠から開始し、内部の格子点を前後左右の格子点からの角度と距離をもとに測量しながら作成していった。可能な限り多方向から格子点を反復計測し、測定誤差が小さくな

るように努めた。立木によって見通しが悪い箇所は他の方向から迂回して計測し、ササ藪が多く見通しが悪い箇所においては、測量ライン上のみ最小限の範囲でササを刈払機で刈りながら作業を進めた。格子点 121 箇所には座標を記した 2m 鉄パイプを設置し目印とした。作業には 6 人体制で約 2 週間を要した。

苫小牧研究林の 500m プロットでは落葉広葉樹が研究・検証対象となる。しかしながら、プロットを設定した 205・209 林班の付近は、1950 年代に行われた植林事業によりカラマツやトウヒなどで構成される造林地の跡地であり、一部のカラマツ（台番 7 号 S30 植栽）が約 460 本残存していた。このため、冬期（2015 年 1 月）に 8 人体制で約 1 か月かけて素材生産直営事業として伐採を行った（図 4）。



図 3 林床植生の異なるエリアでの測量風景。今回はトータルステーション（左）を基準にしたが、試験的に簡易レーザー距離計による計測も一部で実施した（右）。

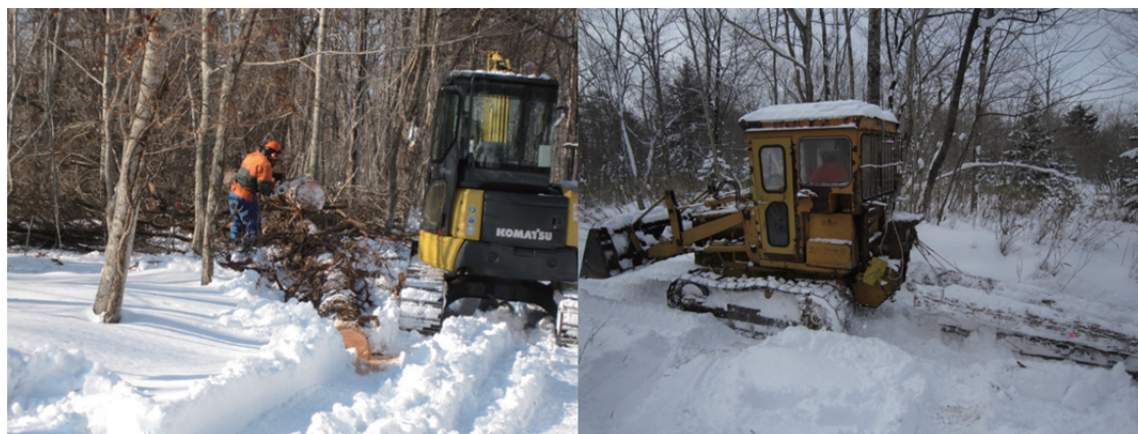


図 4 非調査木（カラマツ）の伐採風景。

2.3. 観測タワーの設営

衛星の地上検証サイトでは、バイオマスや LAI だけでなく、周囲の樹木フェノロジーや放射環境を把握するためのタワー観測が重要である。500m プロットの周辺には林冠クレーン（TOM サイト）やフラックスタワー（TOE サイト）が存在するが（図 1）、今回、それらと 500m プロットのフェノロジーや気象条件の同期性について把握することを主目的に、林冠上に到達する観測タワー（仮設足場）を構築した。観測タワーは、500m プロットの中心近辺に位置し（図 2d）、林道からのアクセスが容易で代表樹種であるミズナラの樹冠にアクセスできるよう設計した。2014 年 9 月に、鳥居型建柱 1.7m を 11 段積み上げ、作業床高さ 18.7m（手すり上部 20m）のタワーを完成させた（図 5）。観測タワーには、筋交の設置や 4 隅の支柱の

補強といった強度面の対策はもとより、手すりや転落防止用控えワイヤーなどの安全作業上の対策も行った。現在、タワー上に太陽光発電パネルとフェノロジー観測カメラを設置し、周囲のタワーと同様のモニタリングを開始している（図 5）。この観測タワーの建設には、職員 6 人体制で約 2 日間を要した。

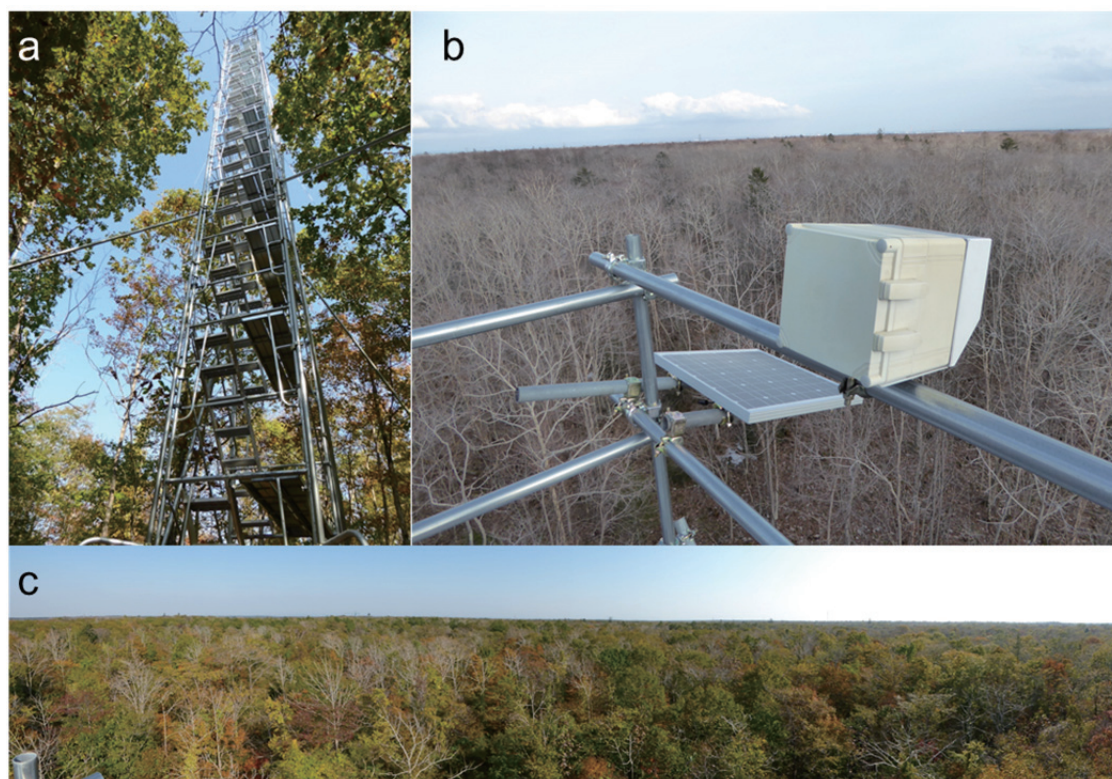


図 5 観測タワーの外観(a)、設置したフェノロジー観測用カメラとソーラーパネル(b)およびタワー上からの風景（東～西、約 270 度）(c)。

2. 4. 毎木調査

500m プロットでは、図 2d に示したように、ギャップや林床植生のタイプを変えて 4 か所の 20m×60m の毎木調査区を設定した。2014 年 11 月に第一回目の毎木調査を実施した。胸高周囲長 15cm 以上の立木を対象にして個体番号を決めて金板を打ち、胸高周囲長の計測をした。結果として、表 1 に示す基礎情報を得た。

表 1 2014 年毎木調査の結果。各調査区の面積は 0.12ha
調査区名は図 2d と符合する。

調査区	ササの有無	ギャップサイズ	立木数 (本)	平均周囲長 (cm)
A	有	小	200	43.8
B	有	大	211	37.1
C	無	小	161	35.4
D	無	大	233	31.1

1995、1997 年の造林地の伐採や 2004 年の台風被害が大きかった調査区（B および D）ではその後に一斉に更新した若い木が多いためか本数が多く細い傾向が見られた（表 1）。樹種構成は 4 箇所ともほぼ同じであり、4 地点を合わせた際の出現数と胸高断面積を基準にした上位 3

種はそれぞれイタヤカエデ、ミズナラ、アズキナシおよび、ミズナラ、イタヤカエデ、ヤチダモとなった。今後も定期的に調査を行う予定である。

3. まとめー作業上の問題点と今後の展望ー

現場作業で最も大きな問題となったのは、格子点間の見通しの確保であった。500m の辺を一気に測定することは現実的には不可能であるため、今回は見通しが可能な 50m を格子の最小単位とし、多方向から測量する手法をとった。50m 区切りにしたことで、新しい格子点を作成する際、ある一方向からの見通しが確保できなくても、周囲の格子点（90 度方向からであれば 3 方向、45 度からの測量であれば 8 方向）のいずれからでも試行できる。苫小牧研究林のプロットでは地形がフラットで立木が細いこともあり、大部分の地点で 2 方向から視認でき、結果として、500m 四方を計測し終えた際の最終的なプロットのズレは数メートルオーダーであった。また、事前に GPS で格子点の候補地をマーキングしたことで、測量作業と見通し確保作業を効率よく行うことができた。これらの作業手順は、常緑針葉樹サイトとして候補になっている雨龍研究林におけるプロット作成にも参考になると期待される。500m プロットの外枠と各格子点の位置の誤差に関しては、まだ正確な評価を行っていないが、GPS 基準点の作成とともに、格子点の位置測量を行うことで事後評価が可能である。座標の精度評価は、各種生物量の定量値の精度確保に欠かせないばかりか、リモートセンシングデータと地上データの比較のためにも非常に重要である。現在、次年度以降の高精度 GPS 測量を計画している。

冬期に行った非調査対象木（針葉樹）の伐採作業では、広葉樹に極力支障を与えないように、伐倒方向や集材経路などにより一層の配慮を心掛けた。小型重機を活用して集材時の周囲へのダメージを軽減するなどの工程はもとより、現場作業にかかわる職員が研究の目的を理解して毎木で状況ごとに柔軟かつ的確に判断したことが対象木の損傷軽減や精度の維持に貢献した。

本報のプロット設置にあたり、延べ 200 人を超える人員と 25ha もの広大な敷地を動員、利用した。技術力・組織力・広大なフィールドを兼ね備えた研究林の強みを活かしたスケールの大きな研究のスタートと言える。次年度以降、このサイトを利用して本格的な調査が開始するが、先進的で信頼できる成果をあげていくための組織的な努力を続けていきたいと考えている。また、この 500m プロットを利用した長期生態系・微気象観測は JAXA による委託研究（JX-PSPC-400884「総合的な陸域生態系情報の開発」、代表：筑波大学 奈佐原頭郎、GCOM-C RA PI#102）の一環として推進しているが、この委託研究では、地上検証データの整備とアルゴリズム開発だけでなく人材育成にも着目している。これは研究機関と大学が双方の将来発展を考慮した方針であり、これからの外部機関と協力したフィールド教育研究の方向性を占う試金石にもなると期待される。今後、学生実習や学生・若手研究者を対象にしたトレーニングコースなどで活用することで、森林研究・リモートセンシング研究とともに教育資源としての発展につなげていきたい。

参考文献

- Akitsu T., Nishida Nasahara, K., Kobayashi, H., Saigusa, N., Hayashi, M., Nakaji, T., Kobayashi, H., Okano, T., and Honda, Y. (2015) JAXA super sites 500: Large-scale ecological monitoring sites for satellite validation in Japan. Proc. IGARSS2015, 26-31 July, Milan, Italy (in press).
- 加藤正人編著 (2004) 森林リモートセンシング, J-FIC, pp 273.
- 久米篤・大政謙次監訳 (2014) 植生のリモートセンシング, 森北出版, pp. 446. (原著 Jones, HG. and Vaughan. RA. (2010) Remote sensing of vegetation, Oxford, pp. 353)