

A-0801 グローバルな森林炭素監視システムの開発に関する研究

(3) 森林インベントリ情報に関する研究

株式会社三菱総合研究所

科学・安全政策研究本部 社会イノベーショングループ

関根秀真

科学・安全政策研究本部 科学技術グループ

大木 孝

〈研究協力者〉	北海道大学大学院地球環境科学研究院	甲山 隆司
	東北大学大学院生命科学研究科	中静 透
	森林総合研究所森林植生研究領域	新山 馨
	森林総合研究所森林植生研究領域	田中 浩
	東京農業大学地域環境科学部	武生 雅明
	筑波大学生命環境科学研究科	清野 達之
	鹿児島大学理学部	相場慎一郎
	広島大学大学院総合科学研究科	奥田 敏統
	コンサベーション・インターナショナル	浦口 あや

平成20～22年度累計予算額：28,997千円

(うち、平成22年度予算額：8,997千円)

予算額は、間接経費を含む。

〔要旨〕国、地域およびサイトレベルにおける森林インベントリ情報の整備状況を調査すると共に、森林インベントリの収集・整備を行った。具体的には、我が国及び各サブテーマ共通の検証サイトであるインドネシア・カリマンタンにおけるインベントリデータを収集し、東アジア地域のプロットレベルの森林インベントリデータベースであるPlotNetに整備した。これらのデータは、各サブテーマの研究において活用された。また、森林インベントリデータの解析手法の検討を行った。特に、衛星データとの統合解析に資するため、森林タイプ別、空間分解能別の森林構造及び動態の影響を解析、比較した。また、森林バイオマス推定におけるバイオマス導出式やパラメータの違いによる影響を評価した。その結果、ある時間断面における森林構造は空間分解能の影響をあまり受けないこと、本研究で用いる12.5mのPALSAR分解能は森林構造のばらつきを十分反映していることが示された。また、バイオマス推定におけるパラメータの影響は大きく、森林インベントリデータベース構築の際には、パラメータ情報の整備が重要であることが示された。

さらに、森林インベントリデータを管理するためのデータベースのプロトタイプを開発した。森林インベントリデータベースの要求条件を①インベントリデータ整備、②衛星データとの統合解析、③国際FCMSとの連携の3つの観点から整理すると共に、PlotNetを基盤ツールとして、要求条件に則した改修を実施した。メタデータの記述に国際標準であるEMLを適用し、EMLによるメタデータ記述とデータ登録を可能とするMetacat-Morphoシステムを導入した。また、地図インタフェースとしてGoogle Earthを導入し、衛星データや空間解析データ等の統合表示やプロットデー

タとの位置比較を可能とした。本データベースを活用し、プロットデータに加え他のサブテーマで扱う衛星データやモデルシミュレーション結果等を統合的に表示・共有することで、データ共有基盤としての有効性を確認した。

[キーワード] 森林減少・劣化、森林インベントリ、PlotNet、PALSAR、アジア地域

1. はじめに

世界的な森林減少・劣化の傾向は現在も継続しており、全世界における温室効果ガス排出のうち、森林減少による排出は約20%を占めている。全世界の温室効果ガス排出量を2050年までに現状比で50%削減するための長期的な対策が国際的に議論されはじめている中、化石燃料の消費を大幅に減らすとともに、森林減少・劣化によるCO₂排出を抑制する対策の実現が喫緊の課題となっている。本研究は、森林減少・劣化を国際的に監視するシステムを我が国が先駆的に提案することに向けて、アジアの地域を主対象として、ALOS(だいち)に搭載されたPALSAR等の全天候型リモートセンシング情報を活用して森林減少や森林劣化を定量的に把握する手法を開発するとともに、森林減少の防止活動に伴うCO₂排出削減量のアカウンティングを広域(国レベルおよびプロジェクトレベル)で実施できるシステムの開発に関する検討を行うことを目的として実施した。

2. 研究目的

本サブテーマでは、国、地域およびサイトレベルにおける森林インベントリ情報の整備状況を調査し、森林インベントリの収集・整備、取得・管理および解析手法の検討を行い、また、各サブテーマにて活用を可能とする森林インベントリデータベースのプロトタイプを開発することを目的とした。

国、地域及びサイトレベルの森林インベントリ情報の整備状況を調査すると共に、その収集・整備を行い、適切な管理方法、解析手法の検討を行った。特に、各サブテーマ共通の検証サイトに関するデータを整備し、サブテーマ研究者に対して提供した。また、森林インベントリデータの解析手法として、特に衛星画像解析の検証データとして活用するための課題に取り組んだ。さらに、森林インベントリデータを適切に管理・提供するための基盤となるデータベースのプロトタイプを開発した。なお、本研究では、東アジアを対象として整備が進められているプロットレベルの森林インベントリシステムである「Plot-Net」を基盤ツールとして研究を行った。

また、本サブテーマにて扱ったデータのうち、マレーシア・パソ(Pasoh)地域のデータについては、マレーシア森林研究所(FRIM)との研究協定に基づき実施したものである。

3. 研究方法

(1) 森林インベントリ情報の取得、管理

PALSARをはじめとする衛星データを用いた広域監視を目的として、森林減少・劣化の評価に必要な森林インベントリ情報の取得、管理および解析手法を検討した。具体的には、主にアジア地域を対象として、国、地域およびサイトレベルにおける森林インベントリ情報の整備状況を調査するとともにデータの収集・整備を行った。

具体的には、PlotNetデータベースへの登録可能な森林インベントリデータの調査を行うとともに

に、データを保有する研究者との調整によりPlotNetデータベースへのデータ登録を実施した。また、海外における森林インベントリ情報として、FAOによるFRA2010、インドネシア林業省による国家森林インベントリ、マレーシア森林研究所(FRIM)における森林インベントリデータの整備状況を調査するとともに、マレーシア森林研究所(FRIM)が保有するパソ(Pasoh)地域の森林インベントリデータを入手した。その後、インドネシアおよびマレーシアを主対象として、国、地域およびサイトレベルにおける森林インベントリ情報の整備状況を調査するとともにデータの収集・整備を行った。

本検討においては、本業務にて設置したPlotNet検討会（委員長：北海道大学 甲山隆司教授）の協力研究者からの協力を得た。

（２）森林インベントリの解析手法の検討

グローバルな森林炭素監視システムに貢献し得る地上データの基盤情報として必要となる情報の特定を目的に、森林インベントリの解析手法の検討を行った。インベントリデータを衛星データの検証用データとして用いる際の課題として、森林構造の代表性がある。本研究では、衛星データを、5m×5m、10m×10m、20m×20mの空間解像度とした際の森林構造のばらつきを森林間で比較した。また、森林構造の変化をその要素である成長、新規加入、死亡に分け、同じく5m×5m、10m×10m、20m×20mの空間解像度で求め、比較した。

また、同じ気候帯に属し、地理的にも近くに位置にするものの、タイプの異なる森林間でバイオマスデータおよび森林計測データからバイオマスを計算するためのパラメータの比較を行い、衛星データ解析時におけるグラウンド・トゥールズ・データおよびエコシステムモデルのインプットデータを提供する森林インベントリデータベースに必要な要素の検討を行った。

（３）森林インベントリデータベースのプロトタイプ開発

グローバルな森林炭素監視システムにおいて統合的に利用可能となる、森林インベントリデータベースの設計・開発を行った。本研究において開発する森林インベントリデータベースは、PlotNetデータベースを基盤とし、必要な改訂を加えることとした。

研究においては、PlotNetデータベースの機能の確認・整理を行った。また、研究協力者より構成されるサブテーマ3検討委員会、プロジェクト全体会合及び各サブテーマとのアドホックな会合を通じて、森林インベントリデータベースの要求条件について、①インベントリデータ整備、②衛星データとの統合解析、③国際FCMSとの連携、の3つの観点から整理した。

さらに、森林インベントリデータベースの設計を行った。PlotNetデータベースを基盤とし、必要な改訂を実施する。まず、森林インベントリデータベース要求条件を実現するための、PlotNetデータベースの改訂方針を検討した。次に、個々の改訂に適用する技術、ツールの評価を実施し、具体的な改訂方法を定義した。さらに、改訂後の森林インベントリデータベースの全体構造を定義した。これらの結果に基づき、森林インベントリデータベースの詳細設計にもとづき、プロトタイプの開発作業を行った。さらに、開発したプロトタイプを用いて、各サブテーマ間におけるデータ共有のデモンストレーションを実施し、その有効性を検証した。

４．結果・考察

（１）森林インベントリ情報の取得、管理

1) 国内における森林インベントリ情報の取得、管理

PlotNetデータベースへの森林インベントリの登録可能な森林インベントリデータの調査を行った。この結果、データを保有する協力研究者である東北大学大学院生命科学研究科の中静透教授との調整によりPlotNetデータベースへのデータ登録を実施した。登録を行ったデータは、以下の3地域となる。

a) 長野県戸隠

- プロット面積：N/A、プロット形状：20m x 20m(1983年以降)
- 計測年：1981年から継続
- 林分優占種：落葉広葉樹

b) 奈良県大台ヶ原(3地点)

i) Ohdaigahara Belt 1

- プロット面積：0.4 ha、プロット形状：10m x 400m
- 計測年：1981, 1984, 1986, 1991, 1996, 2001, 2006
- 林分優占種：常緑針葉樹と落葉広葉樹の混合

ii) Ohdaigahara Belt 2

- プロット面積：0.2 ha、プロット形状：10m x 200m
- 計測年：1982, 1984, 1986, 1991, 1996, 2001, 2006
- 林分優占種：常緑針葉樹と落葉広葉樹の混合

iii) Ohdaigahara Belt 3

- プロット面積：0.2 ha、プロット形状：10m x 200m
- 計測年：1982, 1984, 1986, 1991, 1996, 2001, 2006
- 林分優占種：常緑針葉樹と落葉広葉樹の混合

c) 青森県白神

- プロット面積：0.2 ha、プロット形状：10m x 200m
- 計測年：1982, 1984, 1986, 1991, 1996, 2001, 2006
- 林分優占種：落葉広葉樹

2) 海外における森林インベントリ情報の調査・整備

海外における森林インベントリ情報として、国際連合食糧農業機関(FAO)によるFRA2010、インドネシア林業省による国家森林インベントリ、マレーシア森林研究所(FRIM)における森林インベントリデータの整備状況を調査するとともに、マレーシア森林研究所(FRIM)が管理するパソ(Pasoh)森林調査区のインベントリデータを入手し、研究項目(2)における精度評価において用いた。

以下に、各インベントリの概要と本研究における適用可能性の考察結果を取りまとめる。

a) FRA2010 (FAO)

FRA(Forest Resource Assessment)は、FAOが1940年代から継続的に実施している全世界を対象とした森林資源調査である。同調査は、FAO林業委員会(COF0: Committee on Forestry)と政府間森林パネル(IPF: Intergovernmental Panel on Forests)および専門家が中心となり実施されており、近年では2000年、2005年の各年次における調査結果が公開されている。同調査にて用いられているデータは、原則として各国から報告された情報に基づき作成されており、データの不確実性、不均一性が指摘されていた。このため、次回調査であるFRA2010(2010年)においては、過去にさかのぼりリモートセンシングデータを活用した調査手法を用いることを決定している。具体的には、1975年、1990年、2000年、2005年に取得されたランドサットデータを全世界で約9000地点にて標準化された手法にて処理を行い、森林域と土地被覆の時系列変化を抽出する。同結果の検証は全球～地域の各スケールレベルにて実施される予定である。FRA2010はGEOSSの枠組みにおいても実施されており、GEOSSを介した国際森林炭素監視システム(国際FCMS)の構築における連携を検討している。

b) インドネシア国家森林インベントリ

インドネシアでは1989年から1996年にかけて、国家森林インベントリプロジェクトをインドネシア政府がFAOおよび世界銀行の協力のもとで実施している。同プロジェクトは、全国における森林分布と資源量を把握することであり、森林資源評価事業(FRA)と森林資源モニタリング事業(FRM)およびデジタル画像解析システム(DIAS)の三つのプログラムから構成される。森林インベントリ情報はFRAにおいてシステマティック・サンプリングにより実施されている。調査対象となっている森林は標高1000m以下であり、全国を20km×20kmのグリッドに区切って調査を実施している。サンプルの基準となるクラスターは、テンポラリーなサンプリングプロット約9haを対象とした。また、パーマネントのサンプリングプロットは1haであり16のユニットから構成される。パーマネントのサンプリングプロットについては、全国約1200地点において1995年以降に3～5年ごとに再計測が実施されている。将来的にはサンプルプロットの増加も検討されている。同データは、インドネシア政府が豪州政府の支援により実施している国家炭素アカウンティングシステムである、NCAS-I(National Carbon Accounting System of Indonesia)においても活用されている。豪州とはサブテーマ1にて実施している国際FCMSの構築においてNCASとの連携を想定している。

c) パソ森林調査区インベントリデータ

本調査で対象とするパソ森林調査区は、マレーシア半島部のパソ森林保護区内に位置する。1961年にFRIMにより設置された調査区がその後拡張され、1970年代にマレーシア-日本-イギリスによる国際共同プログラムであるIBPの下で調査が進められた。1986年にはFRIM-ハーバード大学-スミソニアン熱帯研究所により現在の50haに拡張された。1991年、この50ha調査区を対象地に含む熱帯林に関する共同研究プログラムがNIES-FRIM-UPM(Univasiti Putra Malaysia)により立ち上げられ、現在も継続している。

パソ森林調査区の利用に関しては、Pasoh Research committeeが責任を持ち、調査区の利用に際しては、Pasoh Research committee から承認を得る必要がある。本研究においては、2009年

2月にFRIMを訪問し担当者と調整を行い、NIES-FRIM-UPMの共同研究プログラムの傘下に入る研究課題であるとの位置づけのもとで、プロポーザルを提出した。プロポーザルの承認後、所定の手続きを行いデータの提供を受け、本研究用データセットとして整備した。

3) テストサイトにおける森林インベントリ情報の取得、管理

本研究の全サブテーマの共通テストサイトである、インドネシア・カリマンタン島（ボルネオ島）における森林インベントリ情報の取得・管理を行った。具体的には、以下の各サイトにおける森林インベントリデータを取得し、LaheiとSerimbuの各データについては、サブグループ間にて共有するとともに、一般研究者にて利用可能とするためプロットネットデータベースに登録を行った。

a) Lahei（中カリマンタン）：

- 1ha P1 (Heath 林)
- 1ha P2 (Peat 林)
- 1ha P4 (Heath 林)

b) Serimbu（西カリマンタン）

- 1ha S1 (Lowland mixed dipterocarp forest)
- 1ha S2 (Lowland mixed dipterocarp forest)

c) Lambir（マレーシア側サラワク）

- 8ha Canopy Biology Program plot (Lowland mixed dipterocarp forest)

（2）森林インベントリの解析手法の検討

1) 森林構造の代表性の検討

森林構造は、胸高断面積合計として計算した。調査地全域の平均値を表1に示す。

表1： 各対象調査区の森林構造.

	苦小牧（河畔林）	ラヘイ	パソ
プロット面積	1.2 ha	1 ha	50 ha
解析に用いた調査年	1996-1998	1998-1999	1990-1995
胸高断面積合計 (m ² /ha)	26.19	24.62	33.20
成長 (m ² /ha/年)	0.41	0.85	0.78
新規加入 (m ² /ha/年)	0.01	0.02	0.03
死亡 (m ² /ha/年)	0.49	4.25	0.60
純変化 (m ² /ha/年)	-0.06	-3.39	0.20

これら3つの調査区では、全個体の座標が記録されている。その情報を用いて、調査区全域を5m×5m、10m×10m、20m×20mのコドラートに分割し、コドラート間の森林構造の変動係数を算出した（図1）。ラヘイ調査区については、新規加入個体が少なかったため、変動係数の結果は示していない。なお、成長に関する変動係数の図では、苦小牧とパソの結果がほぼ重なっている。

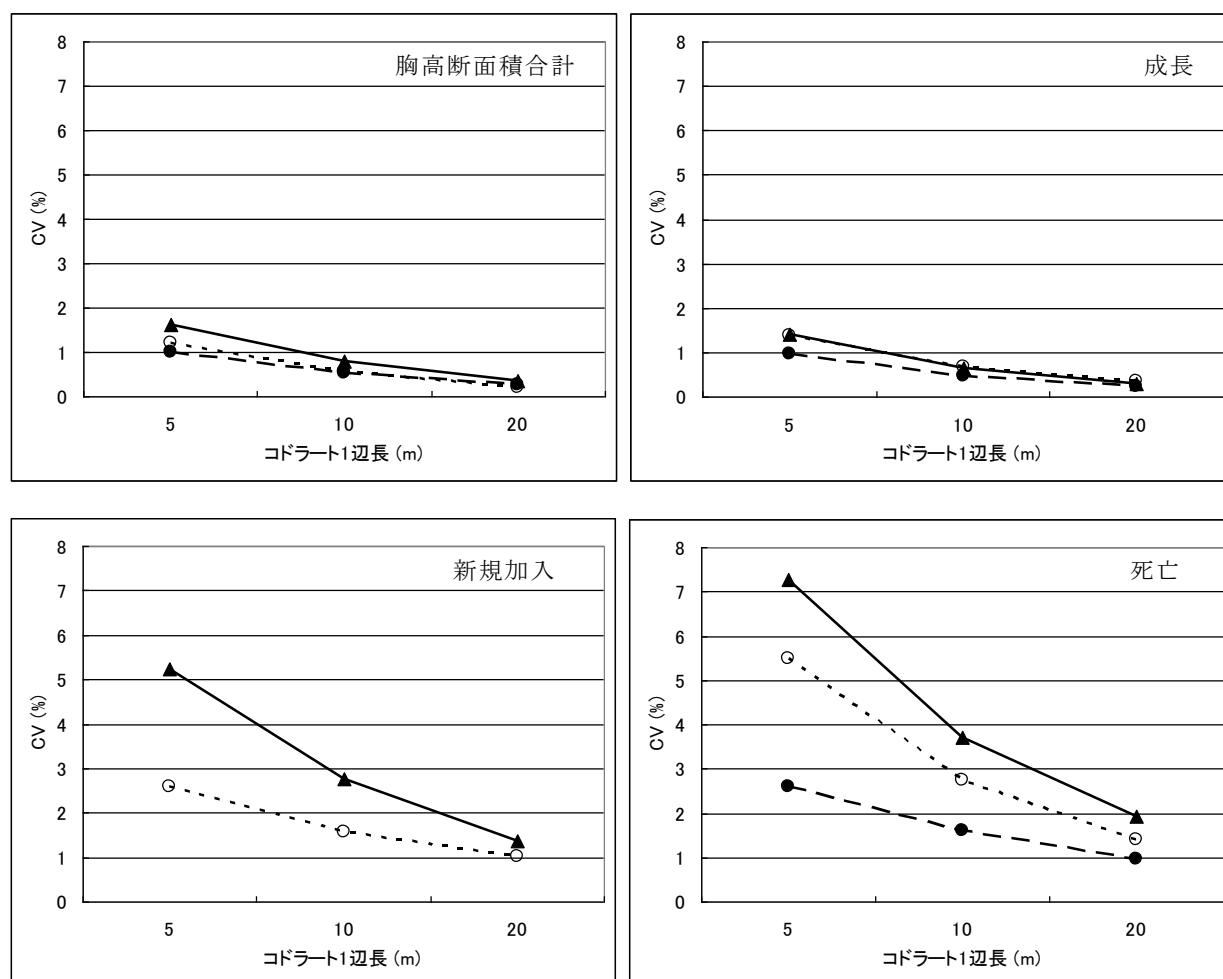


図1. コドラートサイズによる変動係数の変化 (○：パソ、●：ラヘイ、▲：苦小牧)。

解析結果から、胸高断面積合計と成長の変動係数は、コドラートサイズが小さいほど大きいものの、全体として小さいことがわかった。新規加入と死亡の変動係数については、コドラートサイズの影響を強く受けることが示された。成長が各個体の成長の積み重ねであるのに対し、新規加入と死亡は局所的に存在する限られた個体の挙動に依存することから、これらの結果は予想されたとおりである。

対象調査区間の違いは、死亡による胸高断面積合計の変化で最も顕著に見られた。パソ森林調査区の結果が最もコドラートサイズ間の変動係数の違いが小さく、死亡による森林構造の変化の空間的単位が大きいと考えられる。

これらの解析結果から、ある時間断面における森林構造は、空間分解能5m×5m～20m×20mの範囲内で、空間分解能の影響をあまり受けないことが示された。これは、12.5mという本研究で用いるPALSAR分解能が森林構造のばらつきを十分反映するものであることを支持する結果であった。

2) 森林タイプ間のバイオマス比較

マレーシア半島部およびボルネオ島の複数の森林のバイオマスを比較した。比較に際しては、プロットネットデータベースに登録されている計測データの解析結果と文献データを用いた。対

象としたのは、以下の森林データである。

- ヒース林
 - Setia Alam¹⁾
- 泥炭林
 - Lahei プロット1 (プロットネットデータから計算)
 - Lahei プロット4 (プロットネットデータから計算)
- 混交フタバガキ林
 - Sebulu²⁾
 - Pasoh³⁾
 - Serimbu (プロットネットデータから計算)

図2に上述の森林のバイオマスの調査結果を示す。なお、同図の縦軸は単位面積当たりのバイオマス(ton)である。ここに示した森林は、いずれも熱帯域のマレーシア半島部あるいはボルネオ島に位置する森林であるが、森林タイプにより大きくバイオマスが異なることが確認された。従って、森林炭素監視システムの構築に際しては、その地域の森林を反映した森林タイプの分類と森林タイプごとのバイオマス量の把握が重要であることが示された。

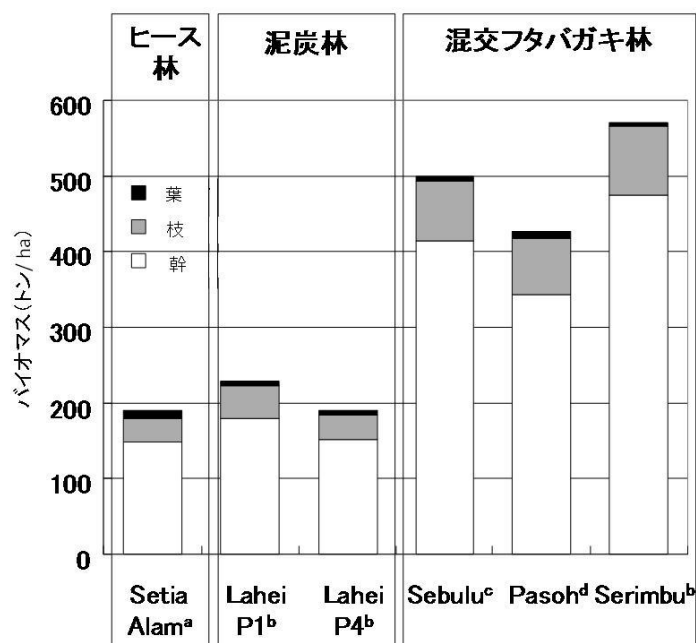


図2: 異なる森林間のバイオマス比較.

(出典: a, Miyamoto et al unpublished; b, PlotNet; c, Yamakura et al. 1986; d, Kira 1978)

3) バイオマス導出に用いるパラメータの影響

森林インベントリデータからバイオマスを導出する際には、計測した胸高直径 (DBH) から樹高 (H) を推定し、DBHとHからバイオマスを推定する手法が一般的である。DBHとHからのバイオマス

推定に用いるパラメータは構成樹種が類似している森林間では大きく変わらない一方、DBHからHの推定に用いるパラメータは各森林に強く依存すると言われている。ここでは、異なる森林タイプに属するLaheiとSerimbuの森林インベントリデータおよびDBH-H関係式を用い、DBH-H関係式のバイオマス推定に与える影響を調べた。

解析に用いたDBH-H関係式を以下に示す。

■ Lahei（泥炭林）

➤ $H = 1/(1/(2.6xD)+1/26.5)$

■ Serimbu（混交フタバガキ林）

➤ $H = 1/(1/(1.51xD)+1/80.8)$

なお、Serimbuのインベントリデータに対しては、SerimbuのDBH-H関係式およびLaheiのDBH-H関係式を当てはめ、バイオマス推定を行った。

4ヵ年分のデータについて得られた結果を図3に示す。なお、同図の縦軸は単位面積当たりのバイオマス(トン)である。いずれの年も、LaheiのDBH-H関係式を用いた場合には、計算されるバイオマスが大きく減少した。この結果から、バイオマス推定においてはパラメータが非常に大きな影響を及ぼすことが示された。データベース構築に際しては、計算に用いるパラメータも重要な要素であり、プロットネットデータベースの構築にはこれを反映する。

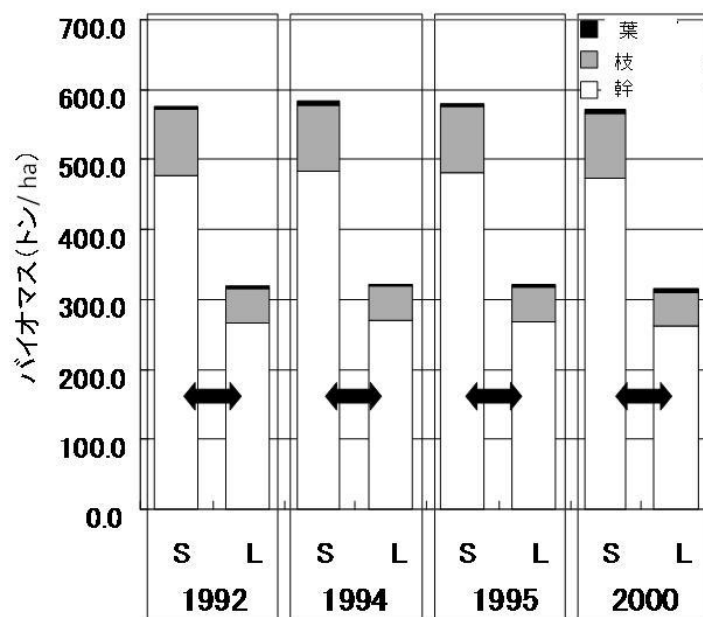


図3: SerimbuのバイオマスをSerimbu(S)およびLahei(L)のDBH-H関係式で推定。

(3) 森林インベントリデータベースのプロトタイプ開発

1) PlotNetデータベースの概要

PlotNetデータベースは、PostgreSQLを用いたリレーショナルデータベースであり、ユーザー

タ、プロットデータ、計測データを格納する3つのデータベーステーブルからなる。本データベースは、1)データに制限を設けない、2)提供者の負担を最小限に抑える、3)データを見つけやすくする、4)他データベースとのリンク関係を充実させる、5)データベースを公開するホームページの使用言語は英語とする、6)可能な限り自動化する、の6つの方針のもとで構築された。また、データへのアクセス性を高めるため、プロットの地図表示、検索機能を有している(図4)。格納するデータの形式は定められていないが、データ解析を支援する機能としてメタデータを登録することとしている。

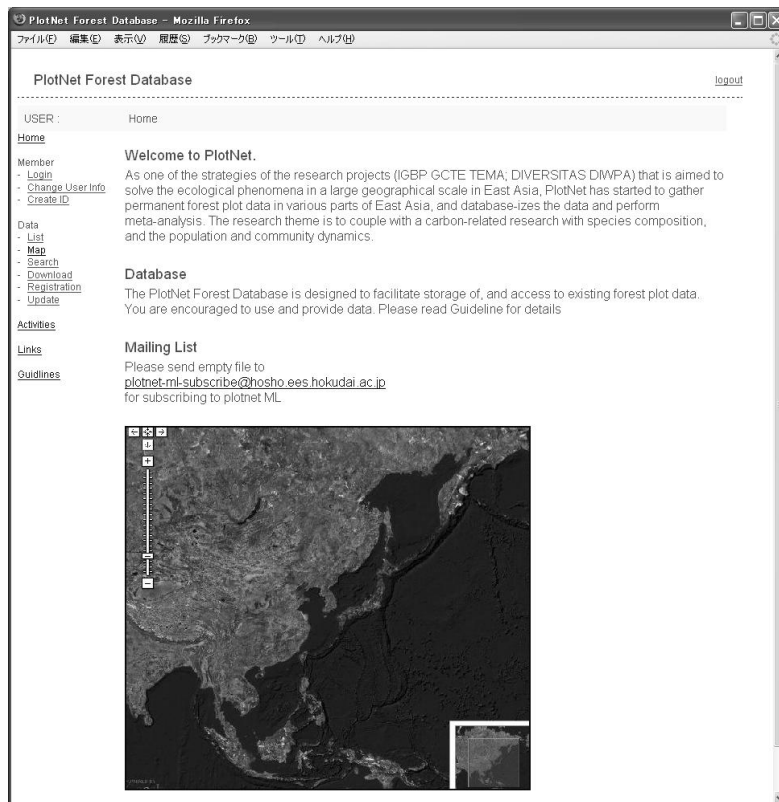


図4: 既存のPlotNetホームページトップ画面。

2) 森林インベントリデータベースの要求条件整理

森林インベントリデータベースの要求条件について、①インベントリデータ整備、②衛星データとの統合解析、③国際FCMSとの連携、の3つの観点から整理した。以下に検討結果を示す。

a) インベントリデータ整備における要求条件

研究者のデータ提供のモチベーションとなる仕組みが必要である。具体的には、まず計測データだけでなく、解析結果の登録を可能にすることが求められる。また、メタデータ作成はデータ提供における大きな障壁となっており、簡易にメタデータを作成可能な仕組みが求められる。

データベースの登録データ種類として、現状のプロットネットデータベースは毎木データが主となっているが、リターや土壌呼吸等のデータも対象とすることが望まれる。例えば、サブ

テーマ6における陸域炭素収支モデルのキャリブレーションとしてはNEEデータが必要となっていることから、NEEを分析するために必要となる土壌呼吸のデータベース化は望ましい。しかしながら土壌呼吸の計測を行っているプロットは非常に少ないことから、文献情報等による補足も有効であり、データベース構築において考慮が必要である。

b) 衛星データとの統合解析における要求条件

衛星データとの統合解析を行う上では、プロットの位置情報の精緻化が必要である。プロットネットデータベースにおける過去データの位置情報の精度は必ずしも高いとは言えず、またGPS機器の性能によっても精度は異なる。一方、近年取得されている一部のプロットでは、四隅の位置情報が取得されている。データベース構築において、四隅の位置情報の登録など、精緻な位置情報を付与するための一定のルールが必要である。

c) 国際FCMSとの連携における要求条件

国際FCMSにおける利用を想定した場合、より多くのインベントリ情報を収集することが求められ、国内外の研究機関や国際研究プロジェクト等により整備されているインベントリデータベースとの連携が重要となる。他のデータベースとの連携においては、データ形式等における国際標準の適用が重要である。計測データの形式の標準化は現実的に困難である一方で、メタデータについては、近年、生態学における典型的なデータセットの文書化に必要なメタデータ記述言語であるEML (Ecological Metadata Language) が開発されており、国際的な生態学研究データベースであるILTERにおいても導入されている。本研究において開発する森林インベントリデータベースにおいてもEMLの導入が妥当である。

3) 森林インベントリデータベースの設計

以上の要求条件を実現するため、プロットネットデータベースの改訂方針を以下の通りとした。

a) EMLの適用及びEML関連ツールの導入

EMLは、生態学関連のメタデータ記述に特化したXML準拠の規格であり、米国生態学会におけるメタデータ標準化の取組を引き継ぎ、KNBプロジェクトにおいて開発された。EMLの導入により、検索やコンピュータソフトウェアによるデータの自動処理・解析等を効率的に実現することが可能である。また、ソースコードの公開を前提とするオープンソースプロジェクトとして開発されているため、再頒布の制限なく誰でも利用可能である。現在、ILTER(International Long Term Ecological Research)やJaILTER(日本長期生態学研究ネットワーク)等の生態学研究ネットワークにおいて標準的に導入されている。

EMLを用いてメタデータを記述・管理するアプリケーションとして、Metacat-MorphoシステムがKNBにより開発されている。Metacatは、EMLで記述されたメタデータをカタログ化するサーバアプリケーションである。サーバにMetacatを設置すれば、インターネットブラウザを通じて複数のユーザによるメタデータ及びデータの検索、閲覧、アップロード、ダウンロードが可能となる。

Morphoは、ダイアログ形式でEML化されたデータを作成できるクライアントアプリケーション

である。EMLの知識がなくてもEMLに準拠したメタデータの作成が可能である。Morphoは、Metacatと組み合わせた利用を想定しており、メタデータとデータを個人用端末に保存すると同時に、指定したMetacatにアップロードできる。また、Morphoが提供するメタデータ作成のダイアログにおいては、観測地域の位置情報について、4方の緯度経度情報の登録が可能であることから、プロット位置情報登録の精緻化を実現できる。

本研究では、森林インベントリデータベースのサーバにMetacatを導入し、Morphoを用いたEMLによるメタデータ記述とデータ登録を可能とする。これらの改良による改善点としては、以下が挙げられる。

- 国際標準の適用による他のインベントリデータベースとの連携強化
- 検索、データ処理機能の強化、効率化
- メタデータ作成の効率化

b) Google Earthの導入

現在のプロットネットデータベースにおける地図インタフェースには、Google Mapが利用されている。本研究では、地図インタフェースをGoogle Earthに変更することで、衛星データやGISデータとの重ね合わせ表示や写真等の補足情報の掲載、KMLファイルによる衛星データ等の授受を可能とする。

Google Earthの導入は、衛星データやモデル解析結果の表示が可能となることから、本研究のサブテーマ間の連携において有効な役割を果たす。また、本研究と関連するGEO Forest Carbon Trackingのポータルサイトや、JAXA K&CモザイクホームページにおけるデータダウンロードにおいてもGoogle Earthが利用されており、これらのプロジェクトとの連携強化にも有効と考えられる。

c) 解析結果の登録機能の実現

解析結果の登録機能については、データ提供のインセンティブとして研究者からのニーズが高い事項である。現在のプロットネットデータベースにおいては、メタデータ、計測データを登録するデータベースのみを有していることから、本研究において解析結果を登録するデータベースを新たに追加する。

解析結果の登録機能を追加することで、研究者に対するプロット登録のインセンティブを与え、プロット数の増加や利用可能な情報の増加が期待される。

以上の改訂方針のもと、開発する森林インベントリデータベースの全体構成を検討した。この中で、Webブラウザ、インターネット、プロットDB、メタデータDB、計測データDBが、現在のプロットネットデータベースの構成要素である。現状のプロットネットデータベースでは、Webブラウザからデータベースにアクセスする。Google Mapを用いた地図インタフェースから、プロットの位置と概要を格納するプロットDBにアクセスすることができる。プロットDBは、メタデータDB、計測データDBと関連付けられており、特定のプロットを選択すると、該当するメタデータ、計測データを取得することができる。

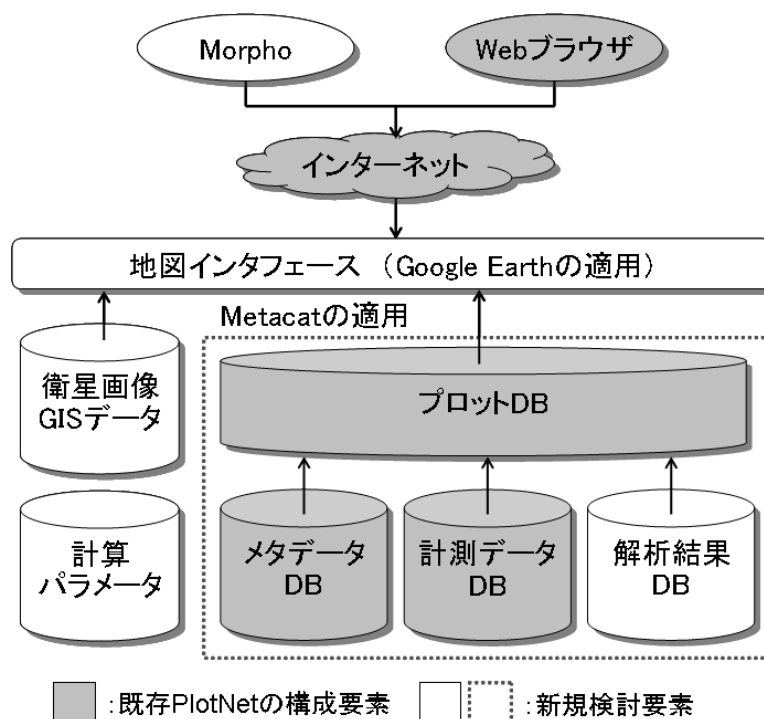


図5: 森林インベントリデータベースの全体像.

本研究により、新たに開発した要素を概説する。

解析結果DBは、各プロットの計測データを用いた解析結果を格納するデータベースであり、メタデータDB、計測データDBと同様にプロットDBと関連付けられる（図5）。プロットDB、メタデータDB、計測データDB、解析結果DBについては、Metacatを適用し、Morphoを用いてデータの検索、ダウンロード、アップロードを行う。地図インタフェースにはGoogle Earthを適用し、衛星画像・GISデータ等をKML形式で格納してブラウザ上に表示する。解析ツール、計算パラメータDBについては、検討中の要素である。これは、特定のプロットにおける計測データに対し、解析ツールを適用した演算を実施し、結果を解析結果DBに格納する機能である。計算パラメータDBについては、解析ツールで必要となるパラメータを格納するデータベースである。

4) プロトタイプの開発

以上の設計をもとに、森林インベントリデータベースのプロトタイプを開発した。図6～8に、トップ画面、メタデータ画面、Morphoによるメタデータ登録画面を示す。

トップ画面は、Metacatが提供するフレームを基本に、Google Earthの画面を組み合わせで作成した。整備しているプロットデータのリストに加え、Google Earth上に表示される画像データリストを示している。メタデータ画面についても、Metacatが定義するメタデータを表示する。メタデータは一般に公開するが、計測データ等については、森林インベントリデータベースにユーザ登録し、ログインした場合にダウンロード可能となる。

プロットデータについては、Morphoを使用してデータベースに登録することが可能である。Morphoの利点として、ユーザのローカルPCとデータベース上を統合的にデータ管理できる点が挙

げられ、データごとに細かく登録先やユーザアクセス権限等を柔軟に設定することが可能である。一方、衛星画像やGISデータについては、データベース管理者が管理画面より登録する仕様とした。

開発したプロトタイプを用いて、各サブテーマが有する衛星画像、プロットデータ、モデル解析結果データを統合的に表示・共有した。WebGIS型のデータ共有基盤として、以下の点において有効性を確認した。

- 各サブテーマの整備データや対象領域を、ネットワークを介して共有できる。
- 広域の衛星画像やモデル解析結果と検証地点となるプロットデータの位置関係を直感的に把握することが可能である。また、解析エリアを検討する上で、利用可能な衛星画像や適切な検証地点を選定可能である。
- 各サブテーマが異なる地域スケールの検討を行う際に、スケールの違いを直感的に把握することができると共に、その位置づけ・関係性の議論を支援することができる。

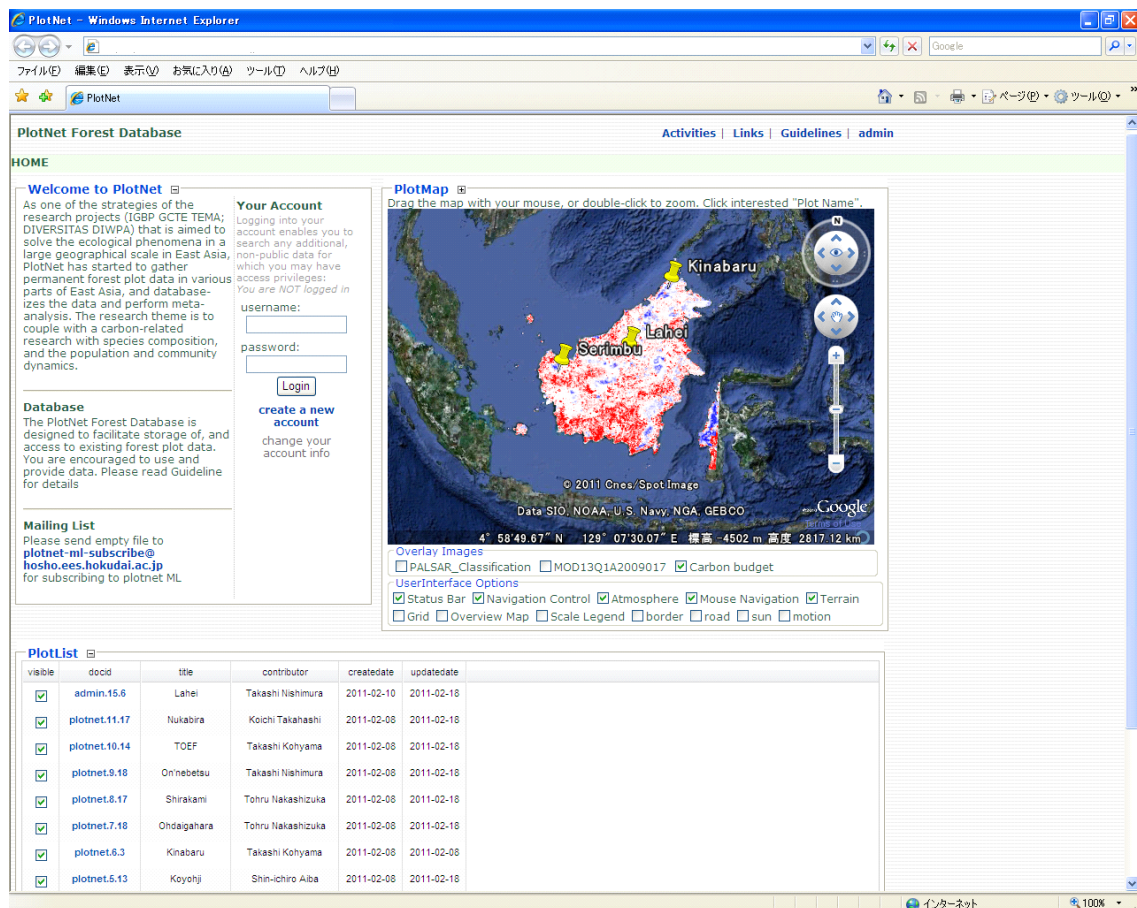


図6: 森林インベントリデータベースのトップ画面。

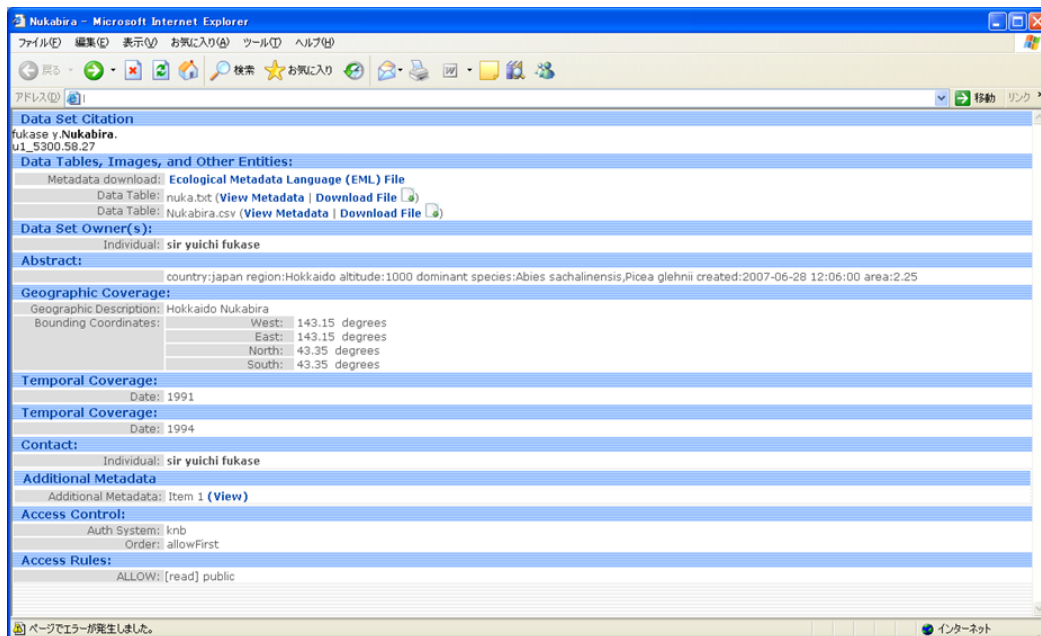


図7: 森林インベントリデータベースのメタデータ画面。

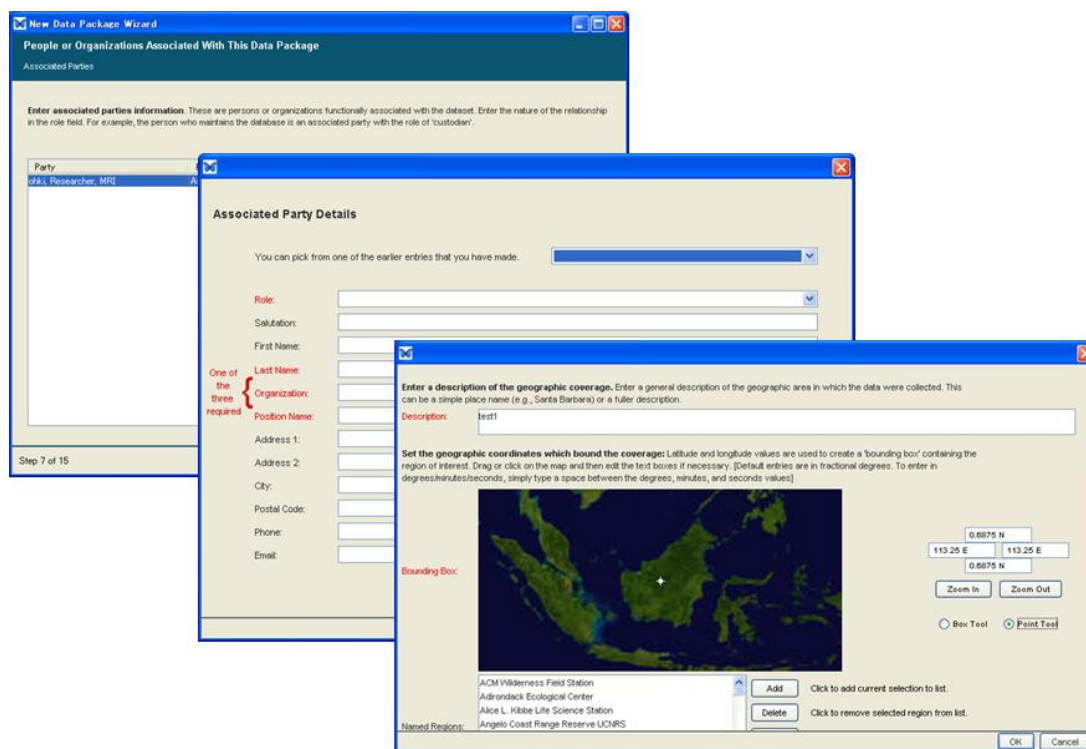


図8: Morphoによるメタデータ登録画面。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

衛星データと森林インベントリの統合解析を行う上では、プロットの位置情報の精緻化が必要である。このため、データベース構築に当たっては、四隅の位置情報の登録など、精緻な位置情

報を付与するための一定のルールが必要であることを示した。また、衛星データの検証としてプロットデータを使用する場合、プロットデータの空間代表性が重要となることを示した。

また、異なる森林タイプに属する森林インベントリデータおよびDBH-H関係式を用い、DBH-H関係式のバイオマス推定に与える影響の分析を行った。この結果、バイオマス推定においてはパラメータが非常に大きな影響を及ぼすことが示された。これより、データベース構築に際しては、計算に用いるパラメータも重要な要素であり、データベース構築および衛星データと森林インベントリの統合解析における科学的知見が得られた。

（２）環境政策への貢献

森林インベントリ情報とリモートセンシングデータの統合的な解析のための課題と今後の方策を示したことにより、森林減少による二酸化炭素排出の定量的な評価に向けた国際的な議論および制度設計に対して貢献できる。

6. 引用文献

- 1) Miyamoto et al unpublished.
- 2) Yamakura, T., Hagihara, A., Sukardjo, S. & Ogawa, H. (1986) Tree size in a mature dipterocarp forest stand in Sebulu, East Kalimantan, Indonesia, Southeast Asian Studies 23(4), 452-478.
- 3) Kira, T. (1978) Primary productivity of Pasoh forest, Malayan Nature Journal, 30, 291-297.

7. 国際共同研究等の状況

マレーシア・パソ地域の森林インベントリの解析にあたっては、マレーシア森林研究所 (FRIM) にと国立環境研究所との共同研究枠組みに基づき、国立環境研究所と三菱総合研究所より本研究プロジェクトに関する研究提案を提出することにより実施した。また、本研究は、GEOSS の2009年～2011年のワークプランにおける新タスクである「Forest Carbon Tracking」においても位置付けられており、全球地球観測システム (GEOSS) のAP (Asia-Pacific) 会合を通じて研究成果を発表するとともに、海外研究者との調整を実施した。

8. 研究成果の発表状況

（１）誌上発表<論文（査読あり）>

特に記載すべき事項はなし

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はなし

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はなし

（２）口頭発表（学会等）

- 1) Sekine H., Uraguchi A., Ohki T., Yamagata Y. & Shimada M. “Forest inventory data analysis for the global forest carbon monitoring system” 30th Asian conference on remote sensing (ACRS), Beijing, China, 2009年10月.

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はなし

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

特に記載すべき事項はなし

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はなし

(6) その他

特に記載すべき事項はなし