

E - 4 熱帯域におけるエコシステムマネージメントに関する研究

- (1) 森林認証制度支援のための生態系指標の開発に関する研究  
エコロジカルサービス機能のGIS化に関する研究

独立行政法人国立環境研究所

生物圏環境研究領域 熱帯生態系保全研究室

奥田敏統

近藤俊明・沼田真也・宮本みちる・

Soo Woon Kuen

鈴木万里子

EFフェロー(マレーシア工科大学)

Mazlan Hashim

< 研究協力者 >

横浜国立大学 教育人間科学部

吉田圭一郎

日本福祉大学

坂上雅治

(株)建設技術研究所

千葉将敏・田頭直樹

平成14～16年度合計予算額 9,167 千円

(うち、平成16年度予算額 2,899 千円)

[要旨] 熱帯林の減少や劣化の歯止めが掛からない背景として森林が持つエコロジカルサービスが正当に評価されていないことが上げられる。そのため、森林を切り開き農地や他の土地利用形態へ転換しようとするdriving forceが絶えず働く。こうした推進力に歯止めをかけるためには、開発が社会的・経済的・生態的に適切なものであるかどうかを開発プランニングのどの段階でもフィードバックできる体制を築くことが重要である。本サブサブテーマでは、親課題が掲げる“エコシステムマネージメント”の一環として森林劣化や土地利用変遷の過程やそれに伴う環境リスクを対話型のPC(Personal computer)ベースで評価できるシステム構築することを第一の目標としているが、今年度はこれまでに開発を手がけてきた「エコロジカルサービスGIS」の汎用性を高めるための改良を行った。さらに本システムのユーザーの裾野を広げることを視野にインターネットWeb上で解析結果のやり取りが容易に出来るシステム構築についても検討を加えた。一方で、これらの応用問題としてマレーシアの半島部の集水域にパイロットサイトを設置し土地利用変化とそれに伴う土壌流出などのエコロジカルサービスの劣化についても調査分析を行った。さらに、農地開発による収益とエコロジカルサービスとの消失との関係についての分析も手がけた。今年度の調査・研究の結果、エコロジカルサービスの経済的価値がいくらに設定されているかという問題よりも、開発に際しての意志決定プロセスや情報が利害関係者でどれほど共有されているかが重要であり、次のステップとして、国土全体にわたるエコロジカルサービスのマッピングや対話型の環境リスク評価システムの構築・ユーザー拡大のためのネットワークの推進の重要性が示唆された。

[キーワード] 地理情報システム(GIS)、エコロジカルサービス、ランドスケープ管理、エコロジカルサービスGIS、シナリオ分析

## 1. はじめに

熱帯林の減少は1990年代に入ってもとどまるところを知らず、依然として年間1400万ヘクタール前後の森林が消失しているといわれる。一方、統計上は森林面積の減少としては現れて来ない森林の劣化の問題がある。有用木材を抽出するための択伐(有用木を選択的に抜き切りする伐採)では林地としてはそのまま生産林として温存されるが、大量の大径木が抜き切りによって他の後継樹や林床植生が影響を受けるため熱帯林の持つ本来の複雑な構造は失われ、生物多様性などの視点から見れば著しい劣化が生じる<sup>1, 2)</sup>。さらに伐採業者は州政府から伐採権を購入するだけで、実質的な森林管理は行われておらず、現行の伐採周期では森林の生産力からも多様性の視点からも、もとの森の状態が復元出来るとは考えにくく、「持続的森林資源の利用」からはほど遠いものである。

こうした森林減少や劣化の原因として、木材などの林産物の売り上げ(キャッシュバリュー)以外のサービスやその社会経済的な価値が殆ど評価されていない、言い換えれば開発行為など際して全く考慮されていないという点や、長期的なビジョンにたち、農地開発などによって森林が持っている本来のエコロジカルサービスがどの程度喪失し、どのような環境リスクが伴うのかなどといったアセスメントが土地開発プランニングや土地利用管理プログラムから全く欠落している点が挙げられる<sup>3, 4)</sup>。すなわち、森林の持つエコロジカルサービスの価値への配慮がなされないまま済し崩し的に、開発や森林伐採が進むために、生産林やプランテーションなどからの収益のみが優先し、環境保全や生態系・生物多様性などに配慮した資源管理へのドライビングフォースが全く機能していない状況といえる。

実際に開発途上国・地域の経済は先進国を中心とする大量消費社会に完全に組み込まれているため資源を大量に安い値段で供給する場となっており、深刻な環境破壊とエコロジカルサービスの劣化を誘引しているといっても過言ではない。例えば森林伐採後のアブラヤシプランテーション維持に投下される農薬や土壌汚染、河川集水域にかかる様々な環境負荷は、アブラヤシから得られる食用油や他の食品の売り上げから生じる利益以上に多くの環境コストを発生させている可能性も否定しきれない。

熱帯林の多様性は地球上で最も高く、多くの生物が絶滅に瀕している。したがって森林の伐採や農地への転換などによる開発行為にあたっては細心の注意が必要あることは言うまでもないが、その一方で地域社会の持続的な発展とのバランスも必要である。こうした背景から生態系のサービス機能に視点をおいた、いわゆるエコシステムアプローチの採用が生物多様性条約、ならびに森林の認証制度などでも根幹をなすプロトコールとして取り上げられている。

近年、生物多様性保全や環境管理計画に地理情報システム(GIS)を用いた手法開発の試みが行われ、保全管理指針の策定が迅速に行える点で注目を集めているが、東南アジア地域では、熱帯林などの生態系のサービス機能に関する情報が十分蓄積されていないこともあり、森林などの資源管理計画が現状に即していない。地理情報システム(GIS)は空間的なデータベースの管理が可能だけでなく、それらを用いた時空間的な予測を行うことができ実際に熱帯林生態系が保持するエコロジカルサービス機能を考慮したランドスケープ管理を行う上で有用なツールであると言える。しかしながら、既存データの重ね合わせだけでは得られる分析結果に限界が生じる。環境や地域の特異性に応じた予測を行うためには生態学的調査によって得られたデータとGISとのリンクが必要である。すなわち炭素の蓄積機能や森林の土壌保全機能、多様性などの空間的な変異の大きいエコロジカルサービス機能の評価にあたっては、ピンポイント的に取得されたデータをより広い地域や他地域の状況に適用するためのスケールアップ技術の開発が必要不可欠である。また、実際に現地の森林管理者や施策決定者が、GISツールを利用しながら森林保全施策や土地利

用管理開発に伴う様々な将来予測を行うためには、GISデータベースへのアクセスや解析を簡易化したインタフェースの開発も不可欠である。

このような背景により、本研究ではこれまでにマレー半島中央部のパソ森林保護区および周辺域を対象として、GIS上で利用可能なエコロジカルサービス機能のデータベースを整備してきた。さらに昨年度は、それまでに整備したマレー半島中央部のパソ保護林周辺域(60km×60km)の従来のパイロットサイトを、半島の大河川の一つであるパハン川集水域を含む約100km×100kmまでに拡張し、当該地域のGISデータの収集および整備を行った。

本研究はこれらの蓄積したGISデータを利用し、また親課題「熱帯域におけるエコシステムマネジメントに関する研究」のサブサブテーマとして、森林や農地などの生態系のサービス機能と既存の地理情報とを合体させることにより、モデル地域のリスク管理プログラム開発を目指すものであるが、本年度(平成16年度)はこれらの状況を踏まえ、リスク管理プログラムのさらなる改良を行うとともに、開発したプログラムのコンセプトやデータを用いて、土地開発(森林伐採によるプランテーション開発)を行う場合、実際にどの程度のエコロジカルサービスへの影響があり得るのかなどといったシナリオ分析をパイロット的に行った。

## 2. 研究目的

本サブサブテーマでは森林のエコロジカルサービスを考慮することにより、これまで過小評価されてきた森林生態系の再評価や自然植生の喪失による将来的なリスク予測を行うための手法を開発することを目的とする。またパイロットサイトを対象に土地利用開発に伴うエコロジカルサービスの変化を実践的に分析し、環境へのリスクのシナリオ分析を行う。よって平成17年度はこれまでの研究成果を踏まえて以下の点を目的とし研究を行った。

### (1) GISを用いたリスクアセスメントおよびエコロジカルサービスを評価するためのシステム開発

#### エコロジカルサービスGISのエンジン(ESE)の改良

昨年度は、Legacy GIS(Arcview 3.0)をベースとしたエコロジカルサービスGISの改良を行い、Visual Basic .Netテクノロジーを利用した独立型システムとしてエコロジカル・サービス・エンジン(ESE)の構築を行ったが、本年度はエコロジカルサービスGISに実装されていたエコロジカル・サービス機能評価や便益評価の計算処理部を内装したプログラムをより簡素化し汎用性の高いシステムを構築することを目的としてエコロジカルサービス・エンジンの改良を行った。

#### WebGIS活用によるエコロジカルサービスGISの汎用化に関する検討

エコロジカルサービスGISの利用面での汎用性を高めるために、Internetを通して分析結果が配信でき、かつ特別なソフトウェアを必要としない(特定のOSに依存しない)システムを構築することを最終的な目標とする。そのための第一段階として、WebGISを活用し、エコロジカルサービスに関するデータソース、マップをビジュアルに提示できる技術開発の可能性について検討を行うことを目的とする。WebGIS自体は特に新しい技術ではないが、近年、その技術革新は目覚しく、極めて安価で導入作業が容易なWebGISが開発されていることから、これらのシステムを応用してエコロジカルサービスGISで得られたプロダクトの配信を行うことが可能となる。将来的にエコロジカルサービスGISのユーザーの裾野を広げ、研究者に限らず森林や土地利用管理者、地域社会・住民、NGOなどのグループにおける利用度を上げるためにはこうした汎用性、簡易化の検討は必要不可欠である。

(2) エコロジカルサービス変動に関するシナリオ分析

パイロットサイト内での1995年～2003年のエコロジカルサービスと財の価値の変化を分析し、森林を改変する際のいくつかのシナリオに基づきどの程度のエコロジカルサービスの変化が起こりうるかを定量的に推定する。

3. 研究方法

(1) GISを用いたリスクアセスメントおよびエコロジカルサービスを評価するためのシステム開発

エコロジカルサービスGIS・エンジンの改良

昨年度実施したエコロジカルサービスGISの改良方針では、Legacy GISであるArcView3.0で稼働するシステム(Avenue言語でのシステム構築)からMicrosoft Visual Basicの最新テクノロジーである.Net技術を用いた独立型エンジン(ESE)を構築した(図1)。また、ユーザーインターフェースやファイルI/O処理等は、将来的なWebGISへの移行を念頭に入れつつ、試行的にIdrisi GIS(汎用型GIS解析ツール)を利用する方針とした。今年度は、ESE全般の改良を行いながらも、特にGraphical User Interface(GUI)とIdrisi GISとの連携部のコーディング作業を実施した。

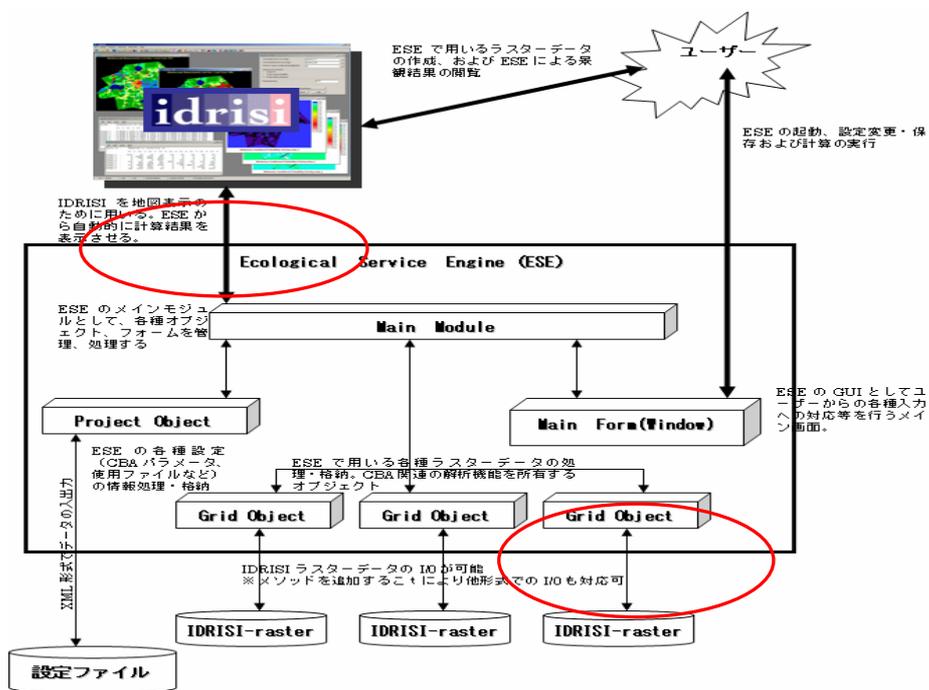


図1. 独立型Ecological Service GISの「Ecological Service Engine(ESE)」の内部構造

注) で囲んだ部分が今年度を中心に実施した作業

WebGIS活用によるエコロジカルサービスGISの汎用化に関する検討

エコロジカルサービスGISのWebGISによる汎用化を検討するため既存のWebGISに関する情報収集、

マレーシアにおける導入を念頭に入れたシステムの選定、及びWebGISプロトタイプの構築を行った。プロトタイプ構築に用いたシステムは、一般的に流通・普及しているWebGISの中から、機能と導入費用、導入の容易さ等の視点でシステムを選定した。また、プロトタイプ・システムの構築・運用を行うことで、WebGISによるエコロジカル・ハザードマップの情報発信・利活用という視点での課題等の整理も行った。

## (2) エコロジカルサービス変動に関するシナリオ分析

今年度の調査・分析は、マレーシア、クアラルンプールの南東約70 kmのネグリセンビラン州に位置するパソ森林保護区および周辺域の低地フタバガキ林を対象とした(図2)。本研究は以下の3つの分析をおこなった: 農業開発が土壌流出に及ぼした影響の解析、エコロジカルサービス時系列的変化に関する解析および、エコロジカルサービスのシナリオ分析。

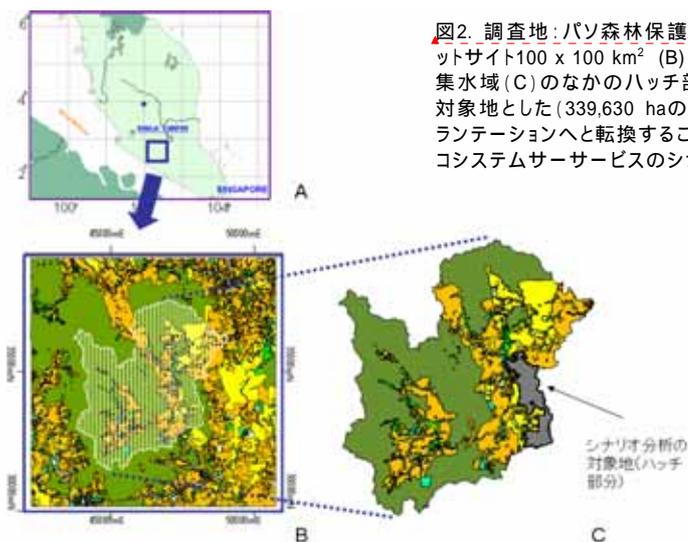


図2. 調査地:パソ森林保護区を中心とするパイロットサイト100 x 100 km<sup>2</sup> (B), のうちSungai Teriang 集水域 (C) のなかのハッチ部分をシナリオ分析の対象地とした(339,630 haの天然林をアブラヤシプランテーションへと転換することを想定した場合のエコシステムサービスシナリオ分析)

書式変更: フォント: (英) Times New Roman, (日) MS P明朝

書式変更: グリッドへ配置しない

### 農業開発が土壌流出に及ぼした影響の解析

汎用土壌流出方程式 (Universal Soil Loss Equation; USLE) を用いて、上記調査地の1995年と2003年の農業開発が土壌流出に及ぼした影響を解析した

### エコロジカルサービスの価値の時間的推移に関する解析

ランドサットTMデータおよびこれまでに収集蓄積したGISをもとに調査地の土地利用図を作成し(1995年と2003年)、11群に分類した(Costanza et al. 1997を参考)<sup>5)</sup>エコロジカルサービスの価値を積み上げ方式で算定し、森林伐採に伴うエコロジカルサービスの変動を算定した。尚、各サービスの単価や算定基準にあたってはFAOによる特別レポート(Bann, 1998年)<sup>6)</sup>を参考にした。

### エコロジカルサービスのシナリオ分析

土地利用変化やそれに伴うリスク予測を行う場合、農業生産活動による経済効果も考慮する必要がある。そのため、森林を伐採しアブラヤシのプランテーションへ改変した場合に得られる生産額(現金収入)を

分析した。生産物はパーム核、生パーム核油、およびパーム核ケーキとし、平均で18ton/ha/yr生産性があるものとした。平均油抽出率を20%、すなわち3.5 ton/ha/yrの生のアブラヤシ油が得られることとした。輸出統計などからアブラヤシプランテーションの売上高はUS\$2792/ha/yrとし、平均コストはUS\$1048/ha/yrとした。プランテーションへの初期費用は(i)土地の取得費用と開発費用がUS\$790/ha、(ii)作物が成熟するまでの最初の3年間にかかる費用がUS\$1711/ha/yr、(iii)肥料の維持費がUS\$252/ha/yr、(iv)アブラヤシ製品の収集費、一般経費、製造費、および発送費がUS\$353/ha/yrとした<sup>7) 8)</sup>

#### 4. 結果・考察

##### (1) GISを用いたリスクアセスメントおよびエコロジカルサービスを評価するためのシステム開発

###### エコロジカルサービスGIS・エンジン(ESE)の改良

前述のように今年度は、ESE全般の改良(Grid Objectクラス部分の再検討など)を行い、特にGraphical User Interface(GUI)とIdrisi GISとの連携部のコーディング作業を実施した。

###### ア. Grid Objectクラスの再検討

エコロジカルサービス・エンジン(ESE)はラスタ型GIS処理エンジンとして開発されており、エンジン内部での基幹データがGrid Objectクラスとしてコーディングされている。今年度は特に本オブジェクトの細部に関する改良を行った。本オブジェクトは、最新の市販GISと同様な考え方で構成(Propertyやmethodの設定)、柔軟性や汎用性が高い特徴を有する。本オブジェクトのmethodの一部は、エコロジカルサービスGISとしての機能を実装するために特化して開発されている。例えば、林道建設距離や運搬距離等の距離計算処理を担当するmethod等が該当する。今回の改良では、これらのmethodのアルゴリズムを再検討等して処理速度の向上に勤めた。

###### イ. GUIの改良

GUIについては、以下に示すように、使用する各種データファイルの選択・各種パラメータの設定をユーザーが設定・入力するフォームをESEに実装した。さらに、これらの設定状況をプロジェクトファイル(\*.esp)として保存・読み込みできるようにした

###### ウ. Idrisi GISとの連携

Idrisi GISとの連携については、API(Application Program Interface)を用いることにより、ESEの解析終了後その結果を自動的にIdrisi GIS上で表示させる仕様とした。なお、将来的にはメインGUIをWebGISに移行することも検討しているため、外部GISへの連携処理に関しては、極力改良が容易となるように配慮した(図3)。

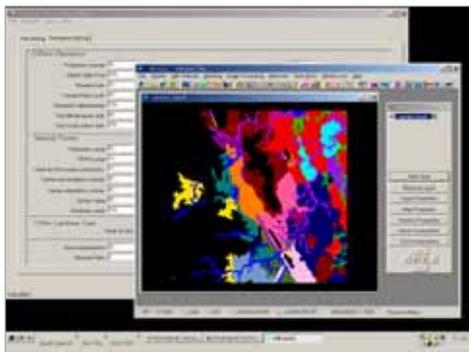


図3. Idrisi GISによる解析結果の表

示(ESEから操作)

書式変更：フォント：(英)  
MS Pゴシック、(日) MS  
Pゴシック、9 pt

WebGIS活用によるエコロジカルサービスGISの汎用化に関する検討

エコロジカルサービスGISによる解析結果やデータをInternet上での配信・利活用を目的として以下の検討を行った。

ア. システムの選定

採用したシステムは、一般的に普及・利用されているWebGISの中からコストパフォーマンスの高い製品の選定を行った。検討の対象としたシステムの概要を以下に示す(表1)。

表1. 導入検討の対象としたシステムとその特徴の概要

ソフトウェア名	Operation System	種別	特徴
GrassLink	Unix/Linuxに対応。	Public Domain (GPL License)	オープンソースとして世界中のエンジニアの共同研究によって開発されているGRASS GISを利用したIMSである。GRASS GIS自体は安定性も高く、機能は豊富であるが、IMSに関しては一部の研究者によって試験的に開発されているものであり、不安定である。また、現時点で開発が進められているか不明である。完全なオープンソフトであることから、システム自体の改良が可能である。
MapServer	Unix/Linux(一部Windows版もある)に対応	Public Domain (GPL License)	GRASS GISと同様に、世界中のエンジニアが参画して開発されているオープンソースのIMSである。システム自体は安定して動作するものの、システム構築は他のWebGISと比較すると難易である。また、利用可能なデータの種類も限られている。
Manifold IMS	Windows 98、2000、XPに対応	市販ソフトウェア (\$300程度)	市販ソフトウェアのManifold GISをベースとしたInternet Map Serverである。本ソフトウェアは市販品でありながらも、市場価格も極めて安価であり、機能や操作性や構築方法の容易さなど秀逸している。また、最新のInternet技術である.Net技術を反映しているため、将来的な拡張を考える上でも重要である。
ALOVA GIS	特に指定なし (Javascript対応)	Public Domain* (GPL License)	豪州の大学で開発されているJava系のソフトウェアである。JavaベースであるためWebサイトの構築の容易さ、柔軟性に優れている。ただし、利用可能なデータの種類が限られている。
TimeMap GIS	特に指定なし (Javascript対応)	Public Domain* (GPL License)	上記のALOVA GISをベースに改良されたソフトウェアである。このため、Alova GISの機能・特徴を踏襲しつつ、機能の強化が図れている。特に、時系列変化の分析に特化した機能やアニメーション機能等に優れている。

\* 営利目的とした場合の利用においては、研究開発のための資金支援を行う必要がある。金額は利用目的により異なるとの情報がある。

## イ. システム構築

なお、構築したWebGISのシステムデザインの概略は次のとおりである(図4)。

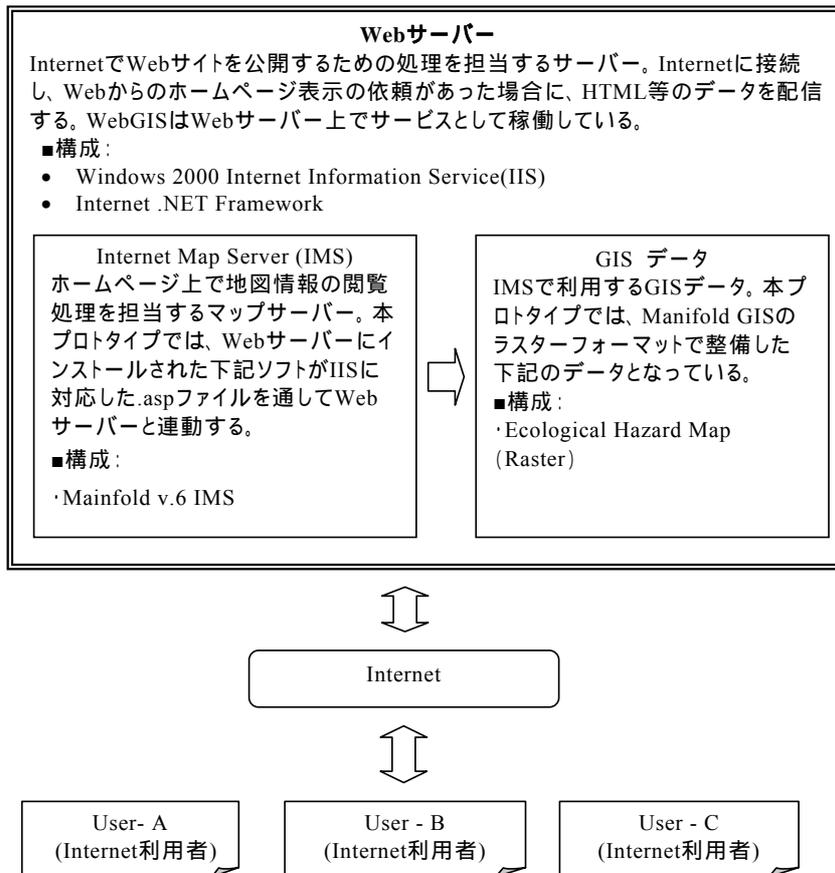


図4.エコロジカルハザードマップWebGISの概略デザイン

## ウ. プロトタイプシステムの概要

構築したプロトタイプの構成は次のとおりである。今後以下のデータ及びManifold IMS(ソフトウェア)をWebサーバー上にインストールすることで、WebGIS機能を有するWebサイトが完成する(表2、図5)。

## エ. システムの課題

本プロトタイプシステムに係る課題は次のとおりである。

### ア) 地図データの追加

現システムでは、エコロジカルサービスマップがraster形式で挿入できるようなデザインが施されている。しかしながら、実際に本システムを現場の実務における検討に用いる場合は、基礎的な地理情報に加えてエコロジカルサービスに関わる地理情報(生態学的データなど)が重ね合わせて表示できることが

望ましい。本プロトタイプシステムでは性能面でGISデータの追加に係る制約はないため、今後実際の活用に向けて登録すべきデータの選定と整備を行うことが必要である。

表2. プロトタイプシステムの概要

ファイル名	説明	備考
Default.asp	本システムのメインファイル。 .NET技術に対応し、Microsoft Internet Information Service (IIS)が本ファイルを読み込むことでVB scriptを含むHTMLファイルを構築する。	本プロトタイプでは、Internet Explorer v.5.5以上で閲覧可能なHTMLとした。
Default.css	Web公開用のHTMLで利用するCascading Style Sheet(CSS)ファイル。 フォントやその他の書式を設定している。	
Default_admin.asp	WebGISの管理用ホームページを処理するASPファイル。 Internet経由でIMSの設定を確認・変更することができる。 管理者のみのアクセスを許可するように設定されている。	
Config.txt	WebGISの表示設定(ホームページ上での表示設定)に関する情報を管理するConfiguration File。 単純なテキストファイルである。	
Images(.png等)	WebGISの各種ボタンや表示する地図レイヤーの凡例等を画像化したデータファイル。	画像データの圧縮性能等を考慮して.pngファイルとしている。
Map.asp	WebGISの各種機能を提供するためのASPファイル。 属性テーブルのオンザフライ作成と表示、凡例パレットの表示・非表示等の処理を行う。	
MapView.asp		
Tableview.asp		
E_hazard.map	Manifold GIS用のデータファイル。 プロトタイプを構成するエコロジカルハザードマップ・データ等が格納されている。	Manifold GISを用いて作成する。

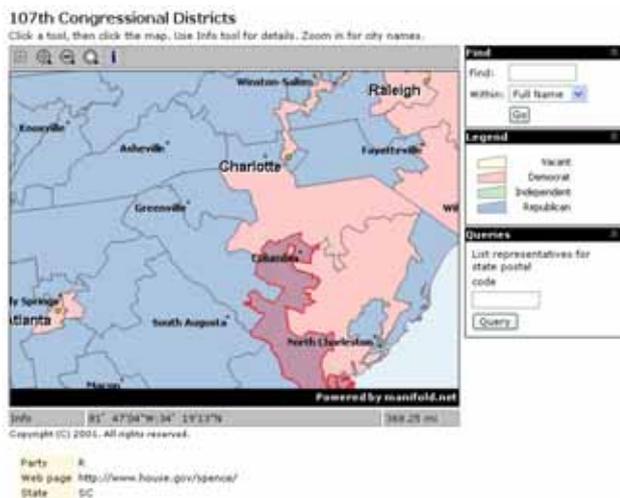


図5.プロトタイプシステムのイメージ

イ) 閲覧支援機能の拡充

現システムは、地図の閲覧に必要な最低限の機能(拡大、縮小、移動等)のみが負荷されている。しかし、実務レベルで利用する場合は、リスク評価による検索、分布位置や面積等の属性による検索、他の地図レイヤーとの重ね合わせによる新規データの生成といった機能を追加することで、一層の閲覧支援を図ることが必要である。

ウ) Internet上でエコロジカルサービスのシナリオ分析の動作検証

現システムは、プロトタイプであることから実際にInternetに公開し、動作の確認・検証を行っていない。このため、本システムで実際の利用に適した形で情報の提供等が行えるか否かを検証し、必要に応じた改良を行う必要がある。

(2) エコロジカルサービス変動に関するシナリオ分析

農業開発が土壌流出に及ぼした影響の解析

1995年～2003年の間でのパイロットサイトにおける土地利用携帯は殆ど変化していないことが分かった。とはいえ天然林は減少し、その一方農地はどのタイプも面積が拡大している(表3-a)。その主たるものはゴム、アブラヤシプランテーションで全体としては約160 ha/年のペースで農地開発が進んだことがわかる。

表 3-a. パイロットサイトにおける 1995～2003 年の土地利用の変化.

土地利用	土地利用別の面積 (ha)		増減 * (ha)
	1995 年	2003 年	
都市	2130.627	2151.899	+ 21.272
墓地	87.302	90.126	+ 2.824
採石場	119.468	119.586	+ 0.118
鉱山	518.778	518.778	-
雑木以外の多品種栽培	3201.623	3207.957	+ 6.334
雑木栽培	34494.578	34633.937	+ 139.359
草地	25087.623	25186.034	+ 98.411
水田	5832.417	5845.914	+ 13.497
ゴム	266873.894	267720.392	+ 846.498
アブラヤシ	107734.269	107995.135	+ 260.866
天然林	341094.066	339630.061	- 1464.006
二次林	22870.140	22944.966	+ 74.826
土地利用面積合計	810044.785	810044.785	

注: \* '+' は面積の増加を '-' は面積の減少を意味する。

表3-bに農業開発による土壌浸食への影響をまとめて示した。原生林の平均土壌流出量は他の土地利用と比べて小さく約10 ton/ha/yrであった。これとは対照的に、二次林の平均土壌流出量は約60 ton/ha/yrで、ゴムやアブラヤシプランテーションと同レベルである。土壌流出速度は木本生の混合栽培(ココナツなど)で最高値を示し、1995年と2003年の流出量はそれぞれ970 ton/ha/yrと1071 ton/ha/yrであった。パイロットサイトに於ける農地は土壌流出の主な発生源であり、1995年に $53 \times 10^6$  ton/yr、2003年に $63 \times 10^6$  ton/yrの土壌流出があったと考えられる。以上のことからパイロットサイトにおける土壌流出全体の約90%が農地由来であったことがわかった。市街地、採石地、および採鉱地などの無植生地帯から生じた土壌流出は平均で僅か

に1 ton/ha/yr未満であった。

表 3-b パイロットサイトにおける 1995 年と 2003 年の土地利用別土壌侵食速度

土地利用	1995 年の侵食速度 (ton/year)		2003 年の侵食速度 (ton/year)	
	侵食量	平均	侵食量	平均
都市	577.399	0.271	640.684	0.281
墓地	23.222	0.266	28.209	0.313
採石場	28.672	0.24	29.059	0.243
鉱山	129.695	0.25	113.326	0.257
雑木以外の多品種栽培	99535.257	31.089	117331.027	36.575
雑木栽培	31419455.36	910.852	37113380.55	1071.59
草地	556493.65	22.182	657254.743	26.096
水田	1190921.227	204.19	1404328.845	240.224
ゴム	13800049.06	51.71	16286770.05	60.835
アブラヤシ	7307507.732	67.829	8617903.778	79.799
天然林	3502012.776	10.267	4102391.507	12.079
二次林	1348126.202	58.947	1591210.447	69.349
総土壌流出量(ton/yr)	59224860.25		69891382.23	

本研究では土壌流出速度推定にUSLE(Universal Soil Loss Equation)を用いたが、この推定値は現地測定を元にした堆積速度の実測値よりも高めに出る傾向があることが、これまでの研究で明らかになっている。ただし、これら両者の値の変動には相互関係が認められ、補正は可能である(詳細はE4(1)、2005年報告書を参照)。

1995年と2003年の土地利用別土壌流出速度をもとに以下の4段階のリスククラスに分類した。すなわち(i)最低リスク(0~1 ton/hr/yr)、(ii)低リスク(1~10 ton/hr/yr)、(iii)中リスク(10~50 ton/hr/yr)、および(iv)高リスク(50~100 ton/hr/yr)の4つのクラスに分けパイロットサイト内でのそれぞれのクラス別の面積を求めた(表4)。アブラヤシやゴムなどのプランテーションはもともと低地や平地で開発されるため地形的な要素からの浸食リスクは低いはずであるが、今回の結果を見る限りでは中リスクや高リスクとして評価された場所が見られたという点は注意が必要である。また全体として中リスク~高リスクに分類される場所が増加傾向にあるという点も懸念される点である。

#### エコロジカルサービスの価値の時間的推移に関する解析

土地利用変化はパイロットサイトのエコロジカルサービスと価値と財を低下させる主たる原因である。今回焦点をあてた11のエコロジカルサービスの総額は1995年でUS\$179×10<sup>6</sup>、2003でUS\$114×10<sup>6</sup>で(表5、表6)が、この間のUS\$65×10<sup>6</sup>のエコロジカルサービスの価値と財が失われたことになる。その主たる低下の原因は、1,389 ha(保護区の約0.2%)もの森林が伐採されそれらがアブラヤシやゴムのプランテーションへと転換されたことであるが、単純計算でその消失速度はUS\$174 /hr/yrになることが分かった。エコシステムから享受する価値を誰がどのような形で担保するかという問題が解決されねば、より高い生活水準を求めるような様々なdriving force(推進力)が絶えず働くため、今後も引き続きエコロジカルサービスの価値と財の消失に歯止めはかからないものと考えられる。

表 4: パイロットサイトにおける土地利用別の侵食リスク毎の面積 (ha)

土地利用タイプ	土地利用(ha)1995年				土地利用(ha)2003年			
	土壌侵食リスクのクラス#				土壌侵食リスクのクラス#			
	1	2	3	4	1	2	3	4
都市	2073.484	54.857	2.284		2133.71	18.189		
墓地	86.579	0.723			88.711	1.415		
採石場	119.454	0.014			118.669	0.917		
鉱山	516.624	2.154			495.511	23.267		
雑木以外の多品種栽培	3114.426	87.197			3120.242	87.715		
雑木栽培	34044.424	446.23	3.924		34169.557	463.384	0.996	
草地	24926.969	159.121	1.533		24995.524	188.926	1.584	
水田	5809.636	22.781			5837.73	8.184		
ゴム	262174.189	4697.061	2.644		262786.969	4920.158	13.265	
アブラヤシ	106045.166	1683.759	2.674	2.67	105905.887	2082.985	3.589	2.674
天然林	339611.198	1478.97	3.9		338269.57	1355.207	5.284	
二次林	22661.477	208.664			22739.822	203.027	2.117	
合計	800661.902	8841.531	14.675	2.67	800661.902	9353.374	26.835	2.674

注: # 侵食リスクカテゴリーの意味は以下のとおり。

1= 最低リスク(0~1 ton/hr/yr)、 2= 低リスク(1~10 ton/hr/yr)、

3= 中リスク(10~50 ton/hr/yr)、および 4= 高リスク(50~100 ton/hr/yr)

#### エコロジカルサービスのシナリオ分析

マレーシアにおける社会経済的な調査から1970年から1990年の期間にアブラヤシ生産を生業とした小自作農は30.3%から8%未満に減少し、ゴムやココナッツの稲作などの小作農、その他自作の農夫、漁師の割合も同様に減少したことが明らかになっている<sup>9)</sup>。マレーシアではゴムとアブラヤシの商業ベースによる大量栽培が1957年初旬に始まり、地方の貧農層が大規模プランテーション開発に取り込まれていった。国家プロジェクトとしてのアブラヤシプランテーションの開発は2000年に総作付面積で685,520 haに達した。こうした農地開発は多くの場合経済的効果と社会基盤の底上げを期待したものであるが、一方のエコロジカルサービス価値と財は近年ようやく目が向けられるようになった状況である。エコロジカルサービス価値と財の評価価格に市場の裏付けがあるわけではなく、科学的根拠に依存するだけの概念は、高い経済成長をもくろむ開発途上国での農地開発を抑制するにはあまりにも無力と言わざるを得ないかもしれない。

表 5. パイロットサイトの 1995 年のエコロジカルサービスの価値と財

	面積 (ha)	エコロジカルサービス						生態系財				
		給水#	侵食防止 #	炭素ストック *	炭素吸収 *	水処理 #	保養 #	文化芸術情報 #	食糧生産 #	原材料 #	医療資源 *	Ornamental 資源 *
1995 年の景観特性												
熱帯原生林	341094.066	8	245	8	8		112	2	32	330	50	250
熱帯二次林	22870.140	8	245	6	6		112		32	330		250
草地 / 放牧地	25087.623						2		67	29		
岩地 (採石と採鉱)	638.364									50		
アブラヤシ	107734.269	2								1200		
ゴム	266873.894	2								77		
水田	5832.417								54			
都会	2217.929											
その他の作物の栽培	37696.201								54			
土地総面積	810044.903											
--侵食による土壌流出 (ton/yr)	59224860.250											
1995 年のエコロジカルサービスと財の合計												

# エコロジカルサービスの価値と財は Constanza などの論文 (1997) による<sup>5)</sup>  
 \* 森林の恩恵の経済的価値の推計<sup>10)</sup>から引用したエコロジカルサービスの価値と財

表 6. パイロットサイト 2003 年のエコロジカルサービスの価値と財

	面積 (ha)	エコロジカルサービス						生態系財				合計単 (USD/1)	
		給水 #	侵食防止 #	炭素ストック *	炭素吸収 *	水処理 #	保養 #	文化芸術情報 #	食糧生産 #	原材料 #	医療資源 *		Ornamental 資源 *
2003 年の景観特性													
熱帯原生林	339630.061	8	245	8	8	112	2	32	330	50	250	1045	
熱帯二次林	22944.785	8	245	6	6	112		32	330		250	989	
草地 / 放牧地	25186.034							67	29			98	
岩地 (採石と採鉱)	638.364								50			50	
アブラヤシ	107995.135								1200			1202	
ゴム	267720.392								77			79	
水田	5845.914							54				54	
都会	2242.025											0	
その他の作物の栽培	37841.894							54				54	
土地総面積	810044.604												
--侵食による土壌流出 (ton/yr)	69891382.230											6	
2003 年のエコロジカルサービスと財の合計													

#エコロジカルサービスの価値と財は Constanza などの論文 (1997) による

\*森林の恩恵の経済的価値の推計 (FAO) から引用したエコロジカルサービスの価値と財

今回の調査で明らかとなった大規模な原生林からプランテーションへの転換は将来にわたってもエコロジカルサービスの喪失にとどまらず、その元手としての生態系の機能そのものの劣化を招くことは確かである。

そこで、パイロットサイトの天然林を今後20年間維持とした場合のエコロジカルサービスの正味価値とそれをアブラヤシのプランテーションへと転換したと想定した場合の経済的な収益とを計算・比較してみた(図6)。アブラヤシプランテーションからの純資産高は、過去10年間の市場価格の平均から算出した(US\$2374 /hr/yr)。生産に掛かる費用はアブラヤシが実を生産することの出来る約20年間にかかる費用とし、さらにその費用は年2%の複利で増加すると仮定した。一方、アブラヤシの価格は世界市場におけるアブラヤシ価格の変動リスクを考慮した。

これらの条件設定のもと、森林を温存する場合のエコシステムのサービスの価値と財とアブラヤシプランテーションから得られる純利益を比較した。その際、エコロジカルサービスの価値と財についてはCostanza他(1997)が列挙したサービスの項目全て(17項目)を計算の対象とした場合と、我々が選定した11項目を対象にした場合とに分けて総資産額を計算した。

その結果エコロジカルサービス資産は20年間という長いスパンでは非常に大きい値になることが分かった。しかも17項目の総資産額は20年目でUS\$ 963×10<sup>6</sup>となりアブラヤシプランテーションから上がるUS\$ 575×10<sup>6</sup>を遥にしのぐことが分かった。ところがエコロジカルサービスの評価項目を11項目に減じた場合の資産総額は20年目でUS\$ 481×10<sup>6</sup>となり、アブラヤシプランテーションの収益よりも遥に低い値となる。このようにエコロジカルサービスの項目をどれだけ拾い上げるかで、総資産額は大きく変動し、それに依りて農業収益などのキャッシュバリューとの相対的な価値も変わらう。つまりエコロジカルサービスの総資産額は対象とする機能の項目を出来るだけ多く抽出すればその分だけ膨らんでくるのであるが、問題はそうした「膨らまし」による効用がどれだけ意味を持つのかという点である。

そもそも、こうしたエコロジカルサービスの価値の積み上げによる農業生産による収益との比較検討は少なくとも以下に挙げる2つの点で問題があると思われる。まず前述のようにエコロジカルサービスの経済的な総資産額に市場取引などの裏付けがないという点である。第二点として農業収益とエコロジカルサービスの総額のどちらが高いかを比較することがこうした分析の主目的であるかの誤解を受けてしまうという点であるが、ここで、発想の転換が必要となる。つまりここで問題視せねばならない点は農業収益と等価のエコロジカルサービスへの評価がなされない場合は開発が進んでしまうという点であり、それをストップするには例えばサービス機能の市場取引の導入などの仕組みを考える必要があるというように考え方を進めるべきである。森林のもつ炭素蓄積・吸収機能などについては京都議定書の発効にともない今後CDMなどの活動が促進され、まさに“市場での取引”が行われエコロジカルサービスの一部が投機対象となることは疑う余地の無いところであるが、生物多様性や集水域保全など他の重要な機能についてはエコロジカルサービスとしての概念的な重要性は分かっているとしても、それらをどのような方法で定量評価すればよいのか、さらにはそうした評価方法の推進の手段として市場取引によるインセンティブ導入が果たしてベストな方法なのかいまだに十分な議論が行われているとは到底言えない状況である。生物多様性条約などで推奨されているエコシステムアプローチではエコロジカルサービスの経済評価を行うことが盛り込まれているが、こうした議論を踏まえた上でのプロジェクトでなければならぬ生態系保全に対して意味をもたらさないことは明白である。そこで、時間は掛かるかもしれないが、利害関係者間での情報の共有化という点からのスタート、つまりそのための“仕組み”をまず考える必要があるという点を指

摘しておきたい。そのためには我々が今後行おうとしているエコロジカルサービスのマッピングは環境基本台帳というべきものであり、それが今後の土地利用やゾーニングプランの基礎になるという点で社会・経済政策を環境問題に結びつける際の重要なツールになるであろう。

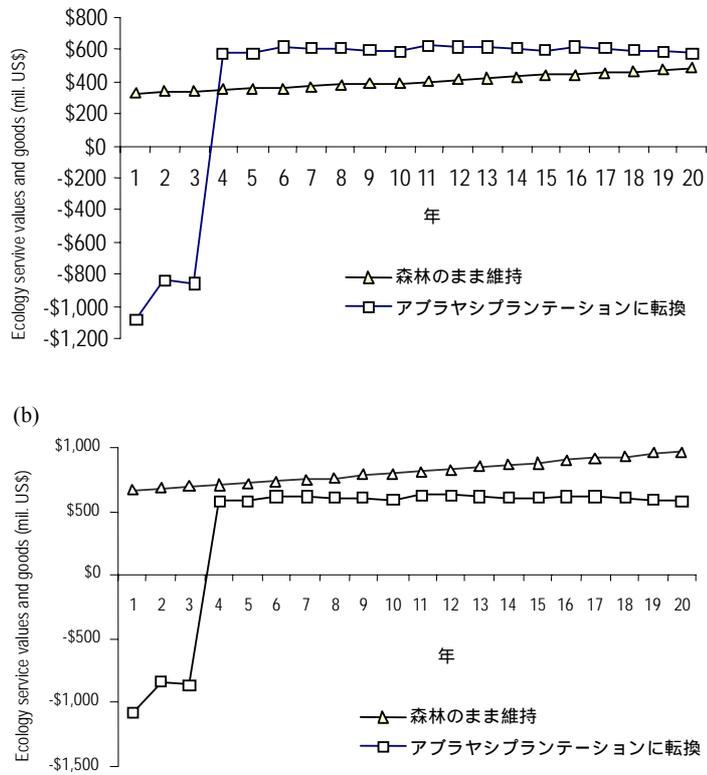


図6 天然林(339、630ha)のまま維持した場合と大規模プランテーションに転換した場合の年間のエコロジカルサービスの価値と財(エコロジカルサービス)。(a)エコロジカルサービスの価値と財の11パラメータを使用した場合と、(b)エコロジカルサービスの価値と財の推奨全17パラメータを使用した場合。

## 5. 本研究により得られた成果

(1) 従来のエコロジカルサービス機能の評価手法を応用し、広域を対象として適用可能な広域評価手法を開発した。今回開発した手法のアルゴリズムは、個別の事業評価を目的とした既存のエコロジカルサービスGISをベースに、地域や国といった広いエリアを対象とした地域における評価を行えるよう、必要とするデータの種類や仕様、それらの解析方法等に改良を行ったものである。今回の改良により、広いエリアのなかでの個々のエリアのエコロジカルサービスの特徴や位置付け等の把握が可能となった。

(2) エコロジカルサービスGISの利活用促進を目的にWebGISのプロトタイプを構築した。適正なエコシステムマネージメントを実現するためには、エコロジカルサービスを空間地理情報としてまとめた地図(エコロジカルサービスマップ)が用意され実際に実務・現場レベルで利用できる環境づくりが重要である。このような中でInternetでの地図情報配信を目的としたWebGISの活用は、データの共有や利用を考える上で極めて有効な手段であることが確認された。特に、現在利用可能なWebGISのうち、安価で導入が容易なコストパフォーマンスが高いシステムでも十分に目的を達成することが可能であることが分かった。

(3) マレーシアのパゾ保護林を中心とするパイロットサイトの一集水域を対象に1995～2003年までの土地利用変化、およびそれに伴う森林などの土壌流出量の分析、およびパイロットサイト内での土地利用変化を想定しエコロジカルサービスの変動についてシナリオ分析を試みた。パイロットサイト内での主な土地利用変化は森林からアブラヤシ等のプランテーションへの変化であった。アブラヤシプランテーションへの土地利用転換に伴う土壌流出の増加が、エコロジカルサービスにあたる損失額は全体で約US\$  $4.8 \times 10^6$  /yrに及ぶことがわかった。シナリオ分析では森林 アブラヤシプランテーションに土地利用を転換させた場合を想定し、エコロジカルサービスの総額の変化を分析したが、対象とするエコロジカルサービスの範囲をどこまで広げるか(どういった項目を形状範囲にするかで)、アブラヤシ生産による収益と拮抗するか否かが明瞭となった。これらは在る程度想定されたことであるが、森林からのエコロジカルサービスをいかに評価するかということで開発とのジレンマの解決方法を探るのではなく、むしろエコロジカルサービスが正当に評価されない限りは森林伐採 農地への転換といったドライビングフォースが絶えず働いているという事態を利害関係者・森林管理者がまず認識し、情報共有することで問題解決の糸口が見えてくるのではないかと考えられた。そのためには、エコロジカルサービスの変遷過程やそれによる環境リスクなどが対話型のインタフェースで活用できるようなシステム構築(上記で述べたエコロジカルGIS)や今後新たな研究展開として予定しているエコロジカルサービスの地図化(マッピング)は、意志決定プロセスの透明化、森林資源などの現況の共有化などを推進する上で重要なツールになりうると考えられた。

## 6. 引用文献

- 1) Okuda T., Adachi N., Suzuki M., Quah E.S. and Manokaran N. (2003). Effect of Selective Logging on Canopy and Stand Structure in a Lowland Dipterocarp Forest in Peninsular Malaysia, *Forest Ecology and Management* 175: 297-320.
- 2) Okuda T., Suzuki M., Adachi N., Yoshida K., Niiyama K., Nur Supardi M. N., Manokaran N., and Hashim M. (2003). Logging history and its impact on forest structure and species composition in the Pasoh Forest Reserve -Implication for the sustainable management of natural resources and landscapes-. Pp.15-34

in Okuda T, Manokaran N., Matsumoto Y., Niiyama K., Thomas S. C. & Ashton P. S. (eds.). “Pasoh -Ecology of a Lowland Rain Forest in Southeast Asia”, Springer-Verlag, Tokyo.

- 3) Okuda T. and Ashton P. S. (2003). Long-term outlook for research on sustainable management of tropical forests. In Okuda T, Niiyama K., Thomas S. C. and Ashton P.S. (eds.). Pasoh: Ecology of a Rainforest in South East Asia, Springer, Tokyo pp. 569-584..
- 4) Okuda T., Yoshida K, Numata S., Nishimura S., and Hashim M. (2003). Integrated ecosystem assessment – Towards sustainable natural resource use and management in Tropics. Pp.137-149 in Kobayashi S., Matsumoto Y., and Ueda E., (eds.). Rehabilitation of degraded tropical forests, Southeast Asia, Procs of the International Workshop on the landscape-level rehabilitation of degraded tropical forests., 18-19 Feb,2003, Tsukuba, Japan.
- 5) Constanza R., D’Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O’Neil R.V., Paruelo J., Raskin R. G., Sutton P. and Belt M. V. D. (1997) The value of the world’s ecosystem services and natural capita: Nature, vol 357, 253-260.
- 6) Bann C. (1998) The economic valuation of tropical land use options: A manual for researchers.URL: <http://www.eepsea.org/publications/specialp2/ACF30F.html> (cited on Jan.18, 2005).
- 7) Pow S.C. (2003) Perennial tree crop plantation systems in Malaysia: a model for productive efficient sustainable tree farms in developing countries in the Tropics. Procs of IFA-FAO Agriculture Conference-global food security and the role of sustainable fertilization, Rome, Italy, March 26-28,2003.
- 8) Moll H.A.J. (1987) The economics of oil palm. Pudoc Wageningen: Netherlands
- 9) Arif S. And Tengku Mohd Ariff T. A. (2001). The case study on Malaysian oil palm. Procs of regional workshop on commodity export diversification and poverty reduction in South-east Asia. UNCTAD, Bangkok, Apr.3-5, 2001,15pp.
- 10) FAO (Food and Agriculture Organisation) (2003). Estimates of economic values of forest benefits. URL:<http://www.fao.org/DOCREP/003/W3641E18.htm> (cited on Jan.10, 2005).

## 7. 国際共同研究等の状況

この研究はすべてマレーシア森林研究所とマレーシア工科大学との共同研究により行なわれた。

## 8. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

< 論文(査読あり) >

S.Numata, N.Kachi, T.Okuda and N.Manokaran : Journal of Plant Research, 117,19-25 (2004)  
“Delayed greening, leaf expansion, and damage to sympatric *Shorea* species in a lowland rain forest”

T.Okuda, H.Nor Azman, N.Manokaran, L.Q.Saw, H.M.S.Amir, P.S.Ashton : Forest Diversity and Dynamism: Findings from a network of large-scale tropical forest plots, Univ. Chicago Press, Chicago. Pp. 221-239(2004)

“Local variation of canopy structure in relation to soils and topography and the implications for species diversity in a rain forest of Peninsular Malaysia. In: Losos, E.C. & Leigh, E.G. Jr. (Eds.)“

N.Manokaran, E.S.Quah, P.S.Ashton, J.V.Lafrankie, M.N.Nur Supardi, W.M.S.Wan Ahmad, and T.Okuda : Forest Diversity and Dynamism: Findings from a network of large-scale tropical forest plots, Univ. Chicago Press, Chicago, Pp. 585-598 (2004)

”Pasoh Forest Dynamics Plot, Peninsular Malaysia. In: Losos, E.C. & Leigh, E.G. Jr. (Eds.)”

K.Hoshizaki, K.Niiyama, K.Kimura, T.Yamashita, Y.Bekku, T.Okuda, E.S.Quah, and M.N.Nur Supardi : Malaysia Ecol. Res. 19 (vol. 3) 357-363 (2004)

“Temporal and spatial variation of forest biomass in relation to stand dynamics in a mature, lowland tropical rainforest, Pasoh Forest Reserve”

T.Okuda, M.Suzuki, S.Numata, K.Yoshida, S.Nishimura, K.Niiyama, N.Adachi, and N.Manokaran : Forest Ecol. and Management 203,63-75 (2004)

“Estimation of Tree Above-ground Biomass in a Lowland Dipterocarp Rainforest, by 3-D Photogrammetric Analysis”

S.Numata, T.Okuda, T.Sugimoto, S.Nishimura, K.Yoshida, E.S.Quah, M.Yasuda, K.Muangkhum, and N.Md.Noor : Malayan Nature, J. 57,29-45 (2005)

“Camera trapping: a non-invasive approach as a additional tool in the study of mammals in Pasoh Forest Reserve and adjacent fragmented areas in Peninsular Malaysia”

M.Adachi, Y.S.Bekku, A.Konuma, Wan Rasidah Kadir, T.Okuda, and H.Koizumi : Malaysia. Forest Ecol. and Management(2005)

”Required sample size for estimating soil respiration rates in large areas of two tropical forests and two types of plantations” (in press)

#### < その他誌上発表(査読なし) >

T.Okuda, K.Yoshida, S.Numata, S.Nishimura, M.Suzuki, M.Hashim, N.Miyasaku, T.Sugimoto, N.Tagashira and M.Chiba : In T.Okuda, and Y. Matsumoto(eds.) Kyoto Mechanism and the Conservation of Tropical Forest Ecosystem (Proceedings of the International Symposium/Workshop on the Kyoto Mechanism and the Conservation of Tropical Forest Ecosystems, 29-30 January, 2004, Waseda University, Tokyo Japan),Pp. 67-78(2004)

”An ecosystem-management approach for CDM-AR activities: The need for an integrated ecosystem assessment based on the valuation of ecosystem services for forested land.”

T.Okuda, M.Suzuki, M.Hashim, Z.Yusop, S.Numata, S.Nishimura, T.Kondo, K.Parker : In Shibayama, M., et al (ed.) Symposium on Area Informatics 2005- The Potential for GIS/RS in Area Studies

”Possibility of GIS application to ecosystem management in tropics.” (in press)

#### < 書籍 >

奥田敏統 : かんきょう 2004/4月 pp.42-43.

「『生物多様性・生態系保全と京都メカニズム』に関する国際シンポジウム・ワークショップを終えて」

沼田真也, 奥田敏統 : 地球環境研究センターニュース 14(12):1-4

「国際シンポジウム・ワークショップ『生物多様性・生態系保全と京都メカニズム - 生態系保全と温暖化対策の両立へむけて』開催報告」.

奥田敏統 : 暮らしの手帖(2004)

「熱帯林と私たちの暮らし」

T.Okuda and M.Hashim : An ongoing research project in Peninsular Malaysia CTFS news (2004)

“The ecosystem approach for sustainable forest management”(in press)

生態学入門 日本生態学会(編)東京化学同人. 一部執筆(2004)

#### (2) 口頭発表(学会など)

杉本龍志, Y.NOOR AZLIN, 奥田敏統 : 日本熱帯生態学会, 松山, 2004年6月

「マレーシア半島における生物多様性保全のための『緑の回廊』づくり」

田頭直樹, 千葉将敏, 奥田敏統, 沼田真也, 吉田圭一郎, 西村千 : 日本熱帯生態学会, 松山, 2004年6月

「熱帯雨林のエコロジカルサービスのモデリング手法について」

奥田敏統, 鈴木万里子, 沼田真也, 西村千, 吉田圭一郎, 宮作尚宏, M.HASHIM : 日本熱帯生態学会, 松山, 2004年6月

「レーザープロファイラを用いた低地熱帯雨林の林冠観測」

八代裕一郎,安立美奈子,奥田敏統,小泉博 : 日本生態学会第51会大会,釧路,2004年8月  
「マレーシアにおける土地利用変化とN<sub>2</sub>Oフラックス」

安立美奈子,八代裕一郎,近藤美由紀,車戸憲二,W.RASHIDAH,奥田敏統,小泉博 : 日本生態学会  
第51会大会,釧路,2004年8月  
「マレーシアの熱帯林とプランテーションにおける土壌特性が土壌呼吸速度に与える影響」

前田桂子,木村勝彦,奥田敏統,新山馨,A.RIPIN, A. R.KASSIM : 日本生態学会第51会大会,釧路  
(2004)  
「マレーシア半島部における熱帯雨林構成樹種の種子・落葉試料を用いた個体レベルでのフェノ  
ロジー解析」

奥田敏統 : 地球環境モニタリングに関する国際シンポジウム,東京(2004)  
「熱帯林のエコロジカルサービスに関する長期観測」

T.Okuda : IUFRO Meeting, Tsukuba, Oct. 2004  
“Ecosystem approach for the landuse and forest management in tropics”

奥田敏統 : 日本マレーシア研究会(JAMS)第13回大会,名古屋,2004年11月  
「マレーシアにおける熱帯林研究の現状:エコシステムマネジメントの可能性について」

奥田敏統 : 第7回自然系調査研究機関連絡会議(NORNAC),山梨,2004年11月  
「熱帯生態系におけるエコロジカルサービスのGIS化に関する試みについて」

H.Kobayashi, T.Matsunaga, A.Hoyano, T.Okuda, N.Nur Supardi : Chapman Conference on The  
Science and Technology of Carbon Sequestration, San Diego, USA. 2005, Nov  
”Satellite Estimation of Net Primary Production in Southeast Asia: Effect of Large Reduction in  
Photosynthetically Active Radiation due to Smoke.“

奥田敏統,沼田真也,近藤俊明,鈴木万里子,小熊宏之,米康充,吉田圭一郎,西村千,宮作尚宏,Mazlan  
Hashim : 日本生態学会第52会大会,大阪,2005年3月  
「レーザープロファイラーを用いた熱帯雨林の林冠構造抽出について」

### (3) 出願特許

エコロジカルGIS(出願特許申請準備中)

### (4) シンポジウム,セミナーの開催(主催のもの)

なし

### (5) マスコミ等への公表・報道等

なし

## 9. 成果の政策的な寄与・貢献について

本研究の結果は、これまで熱帯域の開発に関して過小評価されがちであった熱帯林生態系の経済的な価値を、エコロジカルサービスを考慮することで高め、より適正にランドスケープを管理する手法を確立した点において重要な成果をもたらすと考えられる。また一方で、京都メカニズム(議定書)の一つであるCDM(Clean Development Mechanism)の新規植林や再植林事業を熱帯地域に展開する場合は、多様性保全などへの細心の配慮が必要であり、さらには、より長期的な土地利用計画に基づいた植林事業を実施することが重要である。こうしたなか、本研究で示したエコロジカルサービスの土地利用転換に伴う変動解析や、それを旨とした汎用型のGISソフトは将来予測という点だけではなく、地元・地域住民との合意形成や計画・立案プロセスの透明化を図るという点でも重要な役割を果たすものと思われる。GISソフトに関しては、今後もマレーシアの大学やマレーシア森林研究所などとの連携を密にし、より汎用性の高いものに改良を加え、成果の広報・普及に努める予定である。