

I-10 インターネット環境下で稼働する土地被覆分類情報提供・管理システムの構築

A web-based providing and management system for data sets on land cover information derived from remotely sensed data

奥園貴臣¹・小島尚人²

Takaomi OKUZONO, Hirohito KOJIMA

抄録: 本研究は、リモートセンシングデータから得られる土地被覆分類情報を提供・管理する上での問題点と利用者ニーズを整理した上で、インターネット環境下で稼働する土地被覆分類情報提供・管理システム(Web-LAC)を構築したものである。土地被覆クラス数を固定化してデータセット化し、提供・管理するといった国内外の関連システムでは、データセット利用上の汎用性、拡張性の面において限界があることを指摘するとともに、この問題への対策として、本研究開発では土地被覆クラス数が異なる分類画像と関連情報をデータセット化して管理・運用できるシステムを実現している。「主題情報、共通情報、ランド・トランス情報」といった3種類の情報区分を定義した上で、データセット構造を設計するとともに、地理領域&JOB(時系列含む)単位でデータセットを一元管理できる操作性に優れた機能を装備している。「前処理、土地被覆分類情報作成・蓄積、後処理、データセット提供・管理」といった4種類のシステム構成とし、「手動切替表示・選択、連続表示・選択、一覧表示・選択」を担う3種類の機能をとおして、利用目的に合ったクラス数を有する分類画像を任意に検索・表示できることも特色となっている。本研究開発の内容は、継続性と拡張性を確保しつつ、空間情報をデータセット化し、提供・管理していく上での提言の一つとしての意義もある。

Abstract: Pointing out the issues and limitations of constructing data sets on land cover information, we have developed a web-based providing and management system for data sets on land cover information derived from remotely sensed data (termed "Web-LAC"). The Web-LAC consists of the following systems: 1) pre-processing-, 2) image classification & analysis-, 3) post-processing-; and 4) data set providing & management-system. The data sets are composed of the classification images separately classified to "2-255" classes, which are managed by the area- and job-units. Using the selection functions of classification images based on manual- or automatic-operations and the lists of clickable images, we can select flexibly the classification images with the desired number of land cover classes according to the different user requirements. The Web-LAC would contribute to expanding the data sets on land cover information, as well as for supporting the related research activities using remotely sensed data.

キーワード: 土地被覆分類, データセット管理, ソフトウェアライブラリ, グラフィカル・ユーザインターフェース, インターネット環境
Key words: land cover classification, data sets management, software library, graphical user interface, internet environment

1. はじめに

衛星リモートセンシングデータをはじめとして、各種検査・計測画像から分類図(教師付き, 教師無し分類による)を作成し、土地被覆状態等の分析とその精度向上に努めた研究は枚挙にいとまがない^{1),2)}。分類図の建設分野への利用効果については古くから検討されてきたが、近年においては、画像分類の精度の更なる向上に関する研究が多く報告されるとともに、地球環境問題という新たなステージへの適用に期待が寄せられている³⁾。

このような中、衛星リモートセンシングデータの特徴である周期性・同時性・広域性を利用した地球環境問題への対策が進められてきた。特に、時系列での土地被覆変化の検証に寄与するため、土地被覆分類図は、人為的な活動を監視・把握する有効な手段として期待されており、衛星リモートセンシング分野において、これに関する多くの研究が見られる⁴⁾。いずれの研究も環境・建設分野への適用性が報告されているが、処理手順が複雑である、市販の画像処理/解析システム上で、提案された手法を解析する側(エンドユーザ)が自ら利用できないといった限界があることも事実である。

このような問題に対して、衛星リモートセンシングの分野で

は、特定の研究機関等が土地被覆分類に関する情報をデータセットとして提供しているが、データセット整備上の労力・経費等の制約が故に、土地被覆分類時の分類クラス数を固定化してデータセット化されていることがほとんどである⁵⁾。

しかし、地球環境問題を議論する上で、地球上の土地被覆の「分類クラス数」を人間の恣意性によって、一意に固定化することは適切であるとは言えない。土地被覆分類図の利用目的に応じた「分類クラス数」が存在するが、それらを十分に検討できるデータセットが整備されておらず、むしろデータセット整備に対するニーズが高まっていると言える。このような土地被覆分類情報データセットの提供・管理に対するニーズの高まりにも関わらず、データセット整備が行われていない点は、各種データセットの現状の問題点として指摘できる。

以上の背景のもとに、本研究開発では、土地被覆分類情報作成作業の効率化とデータセット提供・管理形態の在り方への提言を目的として、インターネット環境下で土地被覆分類情報作成に関する一連の処理およびそのデータセットの提供・管理を効率的に実施できるトータルシステム(Web-LAC: A web-based providing and management system for data sets on Land Cover information derived from remotely sensed data)の設計・構築に着手した。

1 : 学生員 東京理科大学大学院 理工学研究科 土木工学専攻 地球環境工学研究室 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)

2 : 正会員 工博 東京理科大学 教授 理工学部土木工学科

2. 本研究開発の意義

(1) 土地被覆分類情報に関する既往の研究

土地被覆分類情報に関わる既往の研究を以下の2項目に分けて整理した。

a) 土地被覆分類情報作成

土地被覆分類する上で、「分類クラス数(土地被覆分類時のカテゴリー数)」に関する議論は避けては通れないものである。地球上には様々な種類の土地被覆,あるいは土地利用の方法等がある。これらの分類クラス数を決定して土地被覆分類図を作成するが,分類クラス数が異なることにより,作成される分類図上で画素の分類先クラスが変化する。

しかし,地表面の分類クラス数を一意に固定化して土地被覆分類した研究も見られる⁵⁾。人間の恣意性によって決定された分類クラス数に基づいて土地被覆分類が実施されるが,作成された分類図が利用目的に合ったものであるか,どの「分類クラス数」における土地被覆分類が最も適した結果となるかという点は見逃されていた(図-1)。

また,土地被覆分類は統計的な手法であり,画像解析に精通していない場合はもとより,熟練した実務者であっても処理手順の複雑さによって多大な時間を要する場合がある。このことも,土地被覆分類情報を作成する上での問題点として指摘できる。

b) 土地被覆分類情報のデータセット化

土地被覆分類作業の過程において,様々な情報(分類図,分類時の統計量等)が出力される。これらの情報を「土地被覆分類情報」と呼び,土地被覆状態の把握,時系列変化等の画像解析に有用であることが示されてきた。これらは無数に存在しているために,効率的・継続的に蓄積する必要がある。

これに対して,インターネット環境下で稼働する情報提供・管理システムによって,全世界の人々に土地被覆分類情報を「データセット」として提供する試みが見られる⁶⁾。しかし,データセットを整備する上での経費や労力等の問題から,継続的にデータセットの整備体制を敷くことが困難な状況にある。

このようなシステムも確かに開発され,土地被覆分類情報としての項目は挙げられているものの,それらの構成区分については提案されていない⁷⁾。したがって,「データベースの肥大化」や「データ利用者が情報の洪水に押し流され,必要となる情報を効率良く得ることが困難となる」という問題が生じることは言うまでもない。必要に応じて土地被覆分類情報を区分し,データセットとして一元的に管理する必要がある⁸⁾。

(2) 本研究開発の特色

本研究開発の特色は,以下の3点にまとめられる。

a) 表示形態の工夫(図-2)

一つの対象領域において,どの「分類クラス数」での分類が利用目的と対応するかという課題を指摘できる。この問

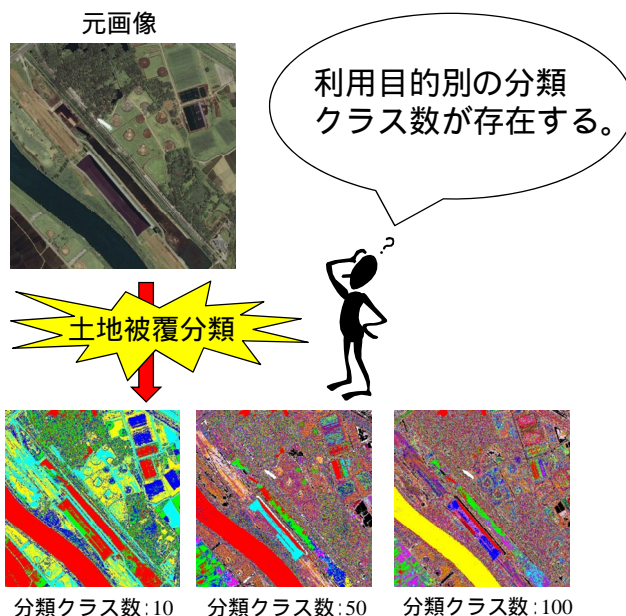


図-1 土地被覆分類する際の問題点

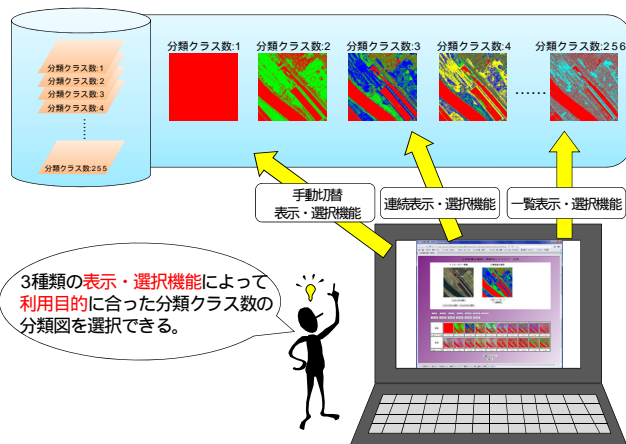


図-2 本研究の特徴

(複数の分類クラス数の分類図をデータセット化)

題に対応するために, Web-LAC では, 予め複数の分類図をデータセットとして管理している。これらのデータセットの中から利用目的に合った分類図を効率的に選択できるように, データセットの表示形態について検討した。「手動切替表示・選択」、「一覧表示・選択」、「連続表示・選択」といった役割を持つ3つの機能を組み合わせて利用することによって, 利用目的に合った分類図を選択できるように配慮している。

また, これらの分類図や他の土地被覆分類情報を選択・参照できるだけでなく, それらのデータセットをダウンロードできる必要もある。そのため, 操作性に優れたダウンロード機能を実装し, 土地被覆分類情報の提供を実践している。

利用者が要求する情報は一つではなく, 複数である場合が考えられる。そこで, 本システムでは複数の土地被覆分類情報を同時にダウンロードできるようになっている(第5章詳述)。

b) データセット構造の検討

土地被覆分類情報の蓄積を継続的に進めることによって、Web-LACで管理されるデータセットが肥大化する。そのため、土地被覆分類情報をデータセットとして一元的に管理することは、土地被覆分類情報の作成および提供を実施する上で、最も重要な作業の一つとなる。

そこで、土地被覆分類情報の区分を明確化し、効率的に管理できるデータセット構造を検討した。Web-LACでは、「地理領域」、「時系列」、「JOB」といった単位でデータセットを管理し、データセットの継続的な蓄積・管理を進める。

さらに、3つの単位によって管理されている情報について、利用目的別に「主題情報」、「共通情報」、「グランド・トゥース情報」といった情報単位で区分をしている。これによって、データセットが蓄積されても「肥大化」が生じることなくデータセットを管理することができる(第4章詳述)。

c) Web-LAC 運用形態の提案

図-3に Web-LAC の利用者区分を示す。本システムでは、利用者登録した利用者は、Web-LACを利用して土地被覆分類情報の作成・ダウンロード等を実施できるのみならず、利用者自身が作成したデータセットをWeb-LACに追加することができるようになっている。これによって、登録者間でデータの共有ができ、Web-LACにおいて管理されるデータセットを拡張できる。

一方で、共有されるデータセットに信頼性があるかどうかを評価する必要もある。例えば、分類精度の低いデータセットが共有される、基となった衛星画像提供者からの了承を得ていない画像データが共有されてしまう等の場合が想定される。そのため、追加されたデータセットが Web-LAC において共有されるべきかどうかを評価する主体も必要となる。

本研究では、Web-LACに関わる様々な主体を「システム利用者」、「システム管理者」、「データセット評価者」、「衛星データ提供者」といった4つの主体に区分することによって、運営に関する役割に応じた運用形態を提案している。

以上の3点が本研究の特色・対象範囲であり、単に Web 型の画像処理/解析システムの設計・開発をしたものではなく、土地被覆分類情報を例として、情報の提供・管理に関する提言をしたものである。

3. Web-LAC の基本設計

(1) Web-LAC の要件定義

土地被覆分類情報のデータセット化と提供・管理を効率的に実施できるシステムを開発する上での基本要件は、以下の3点にまとめられる。

システムの利用時間や場所、システム導入、専門的知識の蓄積等の制約に煩わされることなく、インターネット環境下において、利用者が効率的に土地被覆分類情報を作成、入手できるシステムとする。

「地理領域」、「時系列」、「JOB」といった3種類の単位

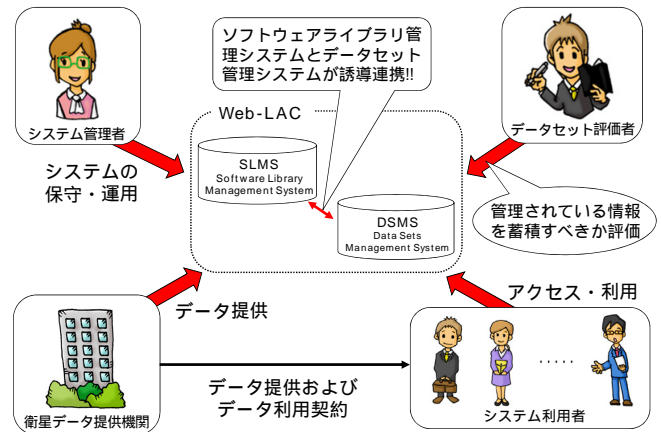


図-3 Web-LAC の利用者区分

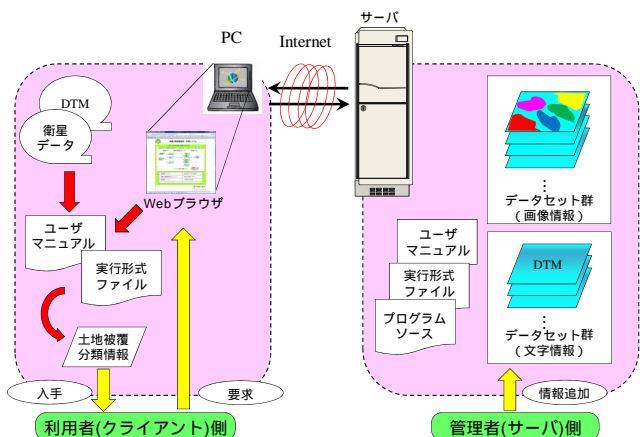


図-4 Web-LAC の稼働環境

から構成されるデータセット構造を検討した上で、Web-LACで管理されている土地被覆分類情報データセットを提供するためのソフトウェアおよび追加・検索・ダウンロードを効率的に実施するためのデータセット管理システム(DSMS: Data Sets Management System)を設計・構築する。

土地被覆分類情報作成の一連の流れを画像処理の知識の有無に関わらず容易に実施できるソフトウェアライブラリ管理システム(SLMS: Software Library Management System)を設計・開発する。

(2) Web-LAC の稼働環境

図-4に Web-LAC の稼働環境を示す。インターネットに接続できる PC であれば、時間と場所の制約なく利用でき、特別な周辺機器も一切必要ない。通常のネットワーク環境下で稼働し、「システム利用環境(クライアント側)」と「システム管理環境(サーバ側)」の2つに分けて運用される。

a) システム利用環境(クライアント側)

Web-LAC におけるクライアント側の環境である。システム管理者からパスワードが配信され、使用許可を得た上で、インターネット環境下でシステムを利用する。

b) システム管理環境(サーバ側)

サーバ側で SLMS や DSMS (第3章(4)詳述)を管理運

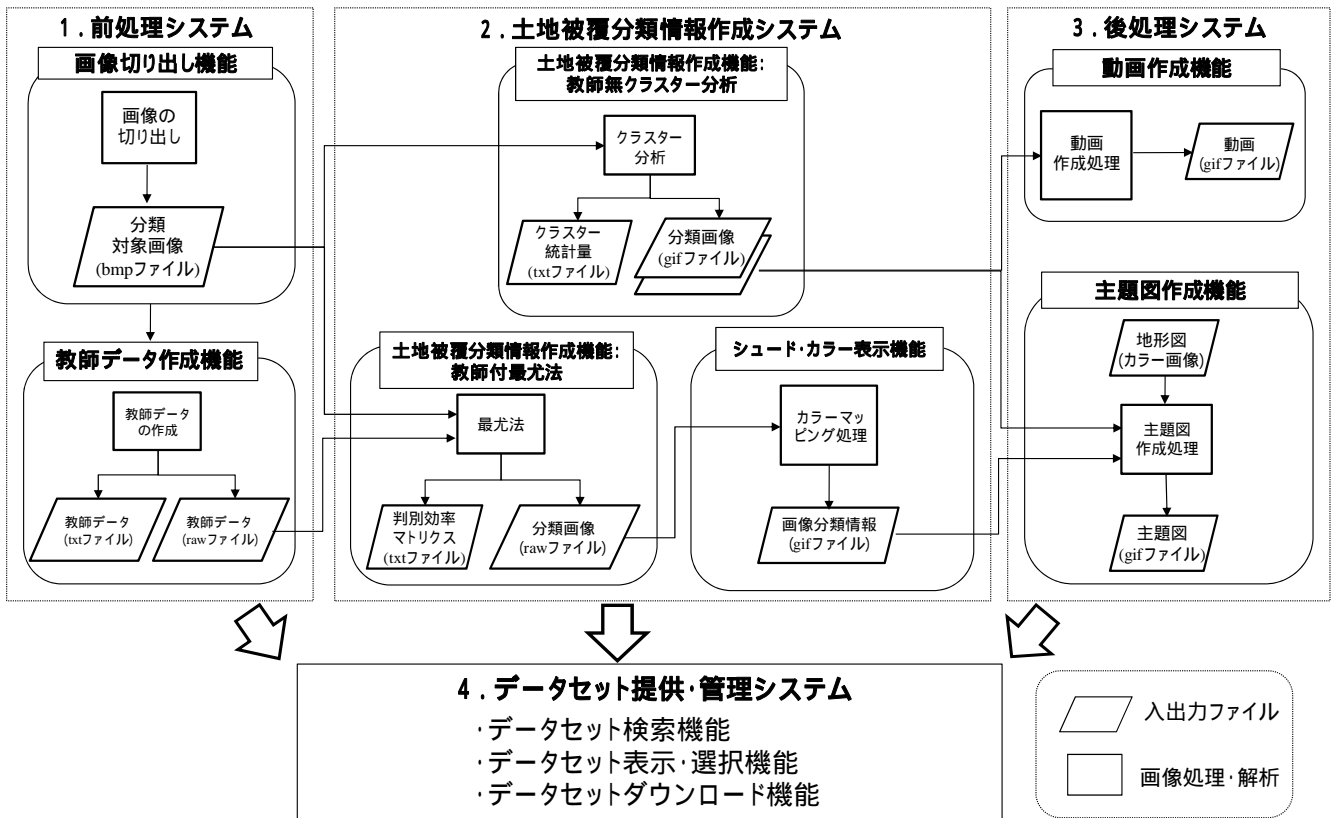


図 - 5 土地被覆分類情報提供・管理システム (Web-LAC) の全体構成

用する環境である。権限を委譲されたシステム管理者のみがこの環境に入ることができる。

(3) システムの運用形態

Web-LAC の運用形態に応じて4つの利用者に区分した。以下に各利用者区分について記述する。

a) システム利用者(クライアント側)

システム利用者は、システムにネットワークを介してアクセスできる環境を装備している一般利用者である。データセットの参照・ダウンロードや土地被覆分類情報を作成するためのソフトウェア利用を目的としてシステムを利用する。さらに、データセットを追加し、Web-LAC で管理されるデータセットの拡張に寄与する。

b) システム管理者(サーバ側)

システム管理者は、本システムを保守・運用する作業に携わる。データセットの登録やシステム変更要求への対応等、システムを運用していく上で欠かせない存在である。システム管理者は少人数で構成されているため、本研究では、システム管理者の負担をできるだけ少なくするためにマニュアルを作成している。

c) データセット評価者(サーバ側)

データセットとして管理されている土地被覆分類情報の分類精度の信頼性や著作権上の問題がないかを監視する必要がある。そこで、データセットを評価する主体が必要となる。データセット評価者はデータセットが新たに追加されるたびに、それらの土地被覆分類情報を評価する。この

ような役割を担う機関として、学会や独立行政法人といった各研究機関が挙げられる。

d) 衛星データ提供者(クライアント側)

土地被覆分類する際に必要となる「元の衛星データ」を提供する。「システム利用者」と契約を結び、「衛星データ提供者」から提供された衛星データから作成されたデータセットを Web-LAC に追加して良いかを決定する。民間企業や官公庁の衛星データ提供機関がこれにあたる。

(4) Web-LAC の全体設計

Web-LAC は単にデータセットの提供・管理の役割を担うシステムではなく、利用者自らがデータセットを作成することもできる画像処理/解析の機能を実装している。Web-LAC を以下に示す2つのシステムに大別することができる。2つのシステムは相互に連携する。

a) ソフトウェアライブラリ管理システム (SLMS: Software Library Management System)

土地被覆分類情報作成支援を目的としたシステムである。画像処理/解析を実施できる機能を利用者に提供する。また、予め Web-LAC で管理されている土地被覆分類情報の提供も目的としている。したがって、効率的にデータセットの表示・選択・ダウンロードを実施できることも要件となる。多数のソフトウェアを継続して開発、運用・管理していく上で、ソフトウェアライブラリ管理システムを処理単位別に区分している(第3章(5))。

表 - 1 機能一覧表

システム構成区分	処理機能		出力ファイル
前処理システム	画像切出し機能		分類対象画像
	教師データ作成機能		教師データ画像 (txt・rawファイル)
画像分類情報作成システム	画像分類情報作成機能	教師なしクラスター分析	クラスター統計量 (txtファイル)
			分類画像 (bmpファイル)
	教師付き最尤法		判別効率マトリクス (txtファイル)
			分類画像 (rawファイル)
	カラーマッピング機能		分類画像 (bmpファイル)
後処理システム	動画作成機能		動画 (gifファイル)
	主題図作成機能		主題図 (bmpファイル)
データセット提供・管理システム	データセット検索機能		
	データセット表示・選択機能		
	データセットダウンロード機能		

b)データセット管理システム(DSMS: Data Sets Management System)

ソフトウェアライブラリ管理システムが、土地被覆分類情報の作成およびデータセット提供を支援するためにソフトウェアを管理するのに対し、データセットを効率的に提供するためにデータセットを管理するシステムである。本研究では、データセット構造を検討し、データセットの追加や検索・ダウンロードといったニーズに対応するためのシステムとなっている。

SLMS で管理されているソフトウェアを利用して作成された土地被覆分類情報データセットを DSMS に追加、あるいは管理されているデータセットを閲覧する際の表示・選択機能の利用といったように、SLMS と DSMS は相互に連携しながら稼働する。

(5)Web-LAC における機能構成区分

Web-LAC では図 - 5 に示した処理の流れに沿って土地被覆分類情報をデータセット化し、提供・管理できるようになっている。処理を効率的に実施できるように役割別に Web-LAC を区分することが必要である。本研究では、Web-LAC を「前処理」、「土地被覆分類情報作成・蓄積」、「後処理」、「データセット提供・管理」といった役割を担う4つのサブシステムに区分した。

「前処理システム」、「土地被覆分類情報作成・蓄積システム」、「後処理システム」の機能については Java 言語を、「データセット提供・管理システム」の機能については JavaScript を用いて開発した。機能一覧を表 - 1 に示している。それぞれのサブシステムについて以下に述べる。

a)前処理システム

土地被覆分類情報作成のための入力データを前処理システムにおいて作成する。対象領域が広域である場合に、土地被覆分類に必要な領域が含まれていること

がある。したがって、「土地被覆分類に膨大な時間を要す」、「土地被覆分類情報の管理が煩雑となる」といった問題が生じる。そこで、「画像切り出し機能」を配備した。「画像切り出し機能」を利用することによって、広域な対象領域の中から必要な領域のみの抽出が可能となった。

また、「土地被覆分類情報作成・蓄積システム」の「土地被覆分類情報作成機能:教師付き最尤法」を利用する上で教師データの選定が必須となる。入力データとしての教師データを作成する役割を担う機能が「教師データ作成機能」である。

b)土地被覆分類情報作成・蓄積システム

土地被覆分類情報作成・蓄積システムにおいて、土地被覆分類情報(分類図と分類図に関わる統計量)を作成する。土地被覆分類を実施できる機能として、教師無しクラスター分析を実施する「土地被覆分類情報作成機能:教師無しクラスター分析」、教師付き最尤法を実施する「土地被覆分類情報作成機能:教師付き最尤法」を開発した。

教師付き最尤法によって土地被覆分類した際に、それぞれのカテゴリーに対して任意の色情報を割り当てる場合がほとんどである。そこで、各カテゴリーに色情報を与える「シュード・カラー表示機能」を実装した。

c)後処理システム

画像解析およびデータセット表示形態の新たな提案として、教師無しクラスター分析によって作成した異なる分類クラス数の分類図を連続的に表示する動画を作成する(第5章詳述)。この役割を担う機能が、「動画作成機能」である。

また、土地被覆分類情報の一つである「主題図」を作成できる「主題図作成機能」を開発した。主題図とは、土地被覆分類図と地図情報を重ね合わせることによって、最新の土地被覆状況を反映した図である。これにより、土地被覆分類図と地図情報を同時に視認することができ、現地調査や計画分野等における土地被覆分類図の利用効果が向上する。

d)データセット提供・管理システム

データセット提供・管理システムは Web-LAC の中核のシステムであり、土地被覆分類情報をデータセットとして管理するとともに、利用者に対する提供を目的としている。検討したデータセット構造(第4章詳述)をもとに、土地被覆分類情報を管理し、Web ブラウザ上で閲覧・ダウンロードできる。利用者が効率的に利用目的に合った土地被覆分類情報を選択できるように Web ブラウザ上での操作性を向上させた。

4. データセット提供・管理形態

(1)データセットの一括整備

利用目的に対応した「分類クラス数」を決定するために、Web-LAC において複数の分類クラス数の土地被覆分類図をデータセットとして管理している。これらのデータセットの中から利用目的に合った分類図や関連する土地被覆分類

た教師データ等が含まれる。

共通情報

主題情報には属さない共通に利用される土地被覆分類情報が「共通情報」に対応する。人工衛星から観測された衛星データも土地被覆分類の入力データとなるために土地被覆分類情報としている。衛星データは土地被覆分類の入力データのみならず作成された分類図との比較をする際の画像分析支援としても利用できる。衛星データ、衛星データ上の地理領域に関する情報(人口・面積等)や衛星データの諸元等、土地被覆分類のみならず様々な用途のある地球観測情報が「共通情報」として挙げられる。

ランド・トルース情報

教師付き最尤法による土地被覆分類をする際に、教師データに基づいて各画素の分類クラスを判別する。この教師データは、現地撮影データや土地利用状況等のランド・トルースデータをもとにして抽出される。このようなランド・トルースデータに関連する情報を「ランド・トルース情報」として定義し、区分した。ランド・トルースデータは、教師データの作成のみならず報告書作成や出力結果の解釈等にも利用されるため、教師データを再利用する上での支援情報となる。

b) データセット構造

継続的にデータセットを管理・運用していくためには、システムの拡張や変更に対応できるようにする必要がある。本研究開発では、土地被覆分類に関わる各種の情報を「地理領域、JOB(時系列含む)」といったデータセット単位で一元的に管理する手法を提案している(図-6)。これにより、システムの拡張や変更の際に、管理者の負担が軽減されることになる。利用者にとっても、まとまった情報を得ることができるという点で有用である。以下に2種類の管理単位について述べる。

地理領域単位

種々の画像処理/解析情報を領域単位で一元的に管理することによって、他地域のデータを意識することなく目的とする領域のデータのみを対象として処理を進められる。

JOB 単位(時系列含む)

画像データの処理/解析毎に管理する単位を「JOB」と定義している。JOB 毎に各種の情報を管理することにより、画像処理/解析目的にあった情報のみに絞り込むことができ、画像処理/解析の効率化が図られる。

本研究においては、「土地被覆分類情報作成用フォルダ」、「土地被覆分類情報フォルダ」、「土地被覆分類情報評価支援用フォルダ」の3つの処理単位に分けて管理している。「土地被覆分類情報作成用フォルダ」では教師付き、教師無し分類を実施するために必要とする画像情報と数値・文字情報を管理する。「土地被覆分類情報フォルダ」は出力された土地被覆分類図等の主題図を評価するための情報を管理している。「土地被覆分類情報評価支援用フォルダ」では、共通情報のように土地被覆分類情報の分析に利用できる情報を管理している。

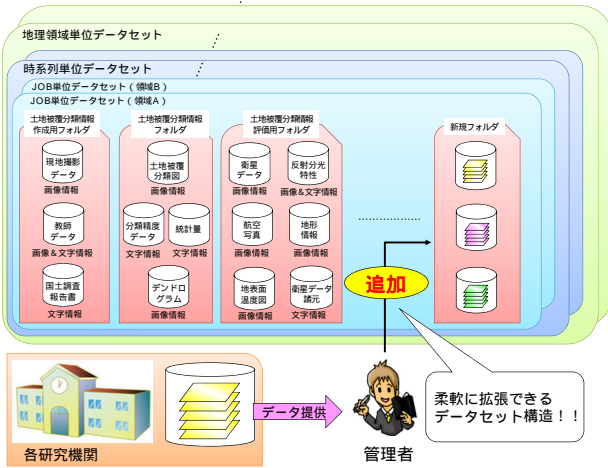


図-6 データセット構造:地理領域&JOB(時系列含む)単位

表-2 土地被覆分類情報区分

	画像情報	数値・文字情報
主題情報	土地被覆分類図 教師無しクラスター分析 教師付き最尤法 教師データ デンドログラム	分類精度データ(教師付き最尤法) 判別効率マトリクス 区分精度・誤分類率 等 統計量(教師無しクラスター分析) クラスター内 平均値・標準偏差 クラスター中心 分類時パラメータ PCC クラス間発散度 等 教師データ(座標値の記述)
共通情報	衛星画像データ トゥルーカラー画像 ナチュラルカラー画像 フォールスカラー画像 航空写真 地形情報 数値地形モデル 3D図 地形図 等	衛星データ諸元 センサ名 地上分解能 観測日時 画像サイズ 等
ランド・トルース情報	現地撮影データ 静止画 動画 地表面温度図 反射分光特性(グラフ)	国土調査報告書 人口データ 土地利用状況 反射分光特性(数値情報)

情報を入手することができる。利用者が利用目的に合った「分類クラス数」の分類図を探索する際に、データセット表示・選択機能(第5章詳述)によって効率的に選択できるようになっている点は、本研究の特色の一つである。

(2) データセット構造の検討⁹⁾

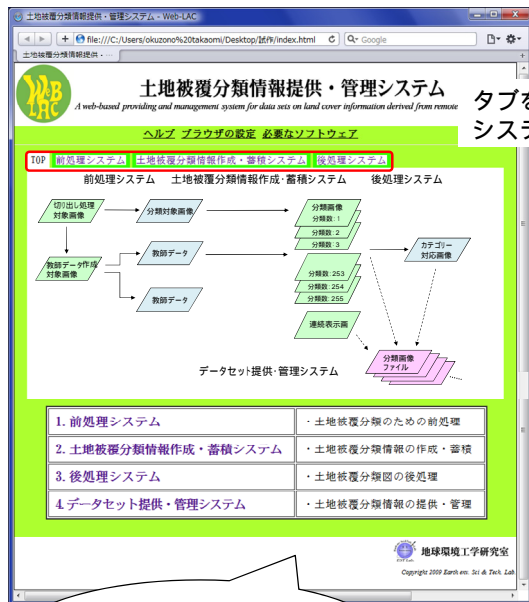
a) 土地被覆分類情報区分の定義

本研究では、土地被覆分類情報を利用目的によって「主題情報」、「共通情報」、「ランド・トルース情報」といった3種類の項目に区分した(表-2)。

主題情報

画像解析する上でも最も重要な情報であり、土地被覆分類することによって作成された分類図や分類図に付随する情報が「主題情報」に含まれる。付随する情報としては、土地被覆分類時の統計量(分類精度、分類クラスに含まれるピクセル数等)や教師付き最尤法分類に使用し

メインメニュー



Webページの切替無しで各システムを起動できる！！

画面の流れに沿って処理を実行できる！！

土地被覆分類情報作成・蓄積システム

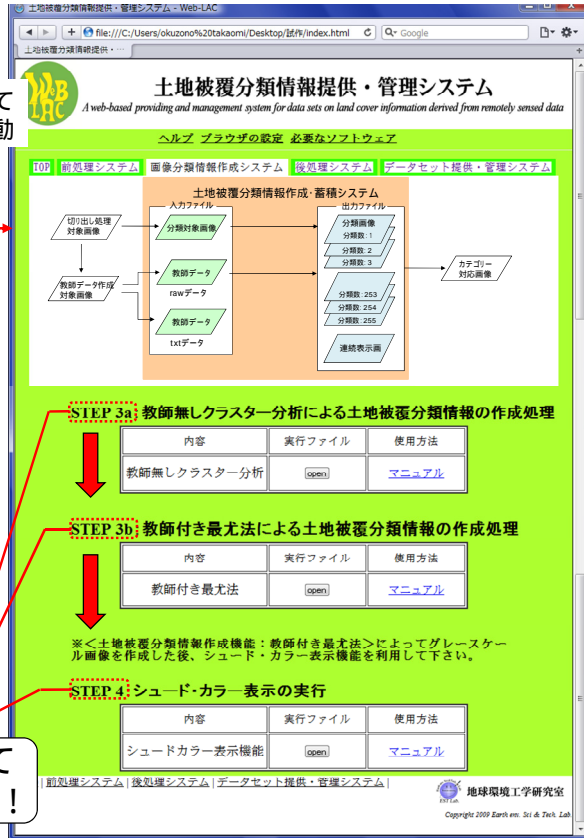


図-7 Web-LAC のメインメニューと画面遷移 (例: 土地被覆分類情報作成・蓄積システムの起動)

また、土地被覆の時系列的な変化の抽出は、人為的な行為の監視を実施する上で必須なものである。本システムでは、地理領域毎に時系列単位でデータセットを管理している。今後、新たに観測された衛星データから作成した土地被覆分類情報を時系列単位でデータセットとして追加できるとともに過去に観測された衛星データから作成された土地被覆分類情報も容易にデータセットとして追加できるようになっている。

5. Web-LAC の機能設計

(1)メインメニュー

図-7に示したメインメニューから、サブシステムを起動できる。インターネット環境下で稼働するシステムにおいて、各サブシステムを起動する際に Web ページの切り替えが必要となり、通信環境によってはトラフィック転送速度の低下が生じる。これまでに開発されて来たシステムにおいても、この点が改善されていない。そこで、Web-LAC のメインメニューでは JavaScript を用いることによって、ページの切り替え無しで各サブシステムを起動できるよう設計した。これによって、各サブシステムを起動する際に、新たに html 情報を取得する必要なく利用できる。

(2)前処理システム

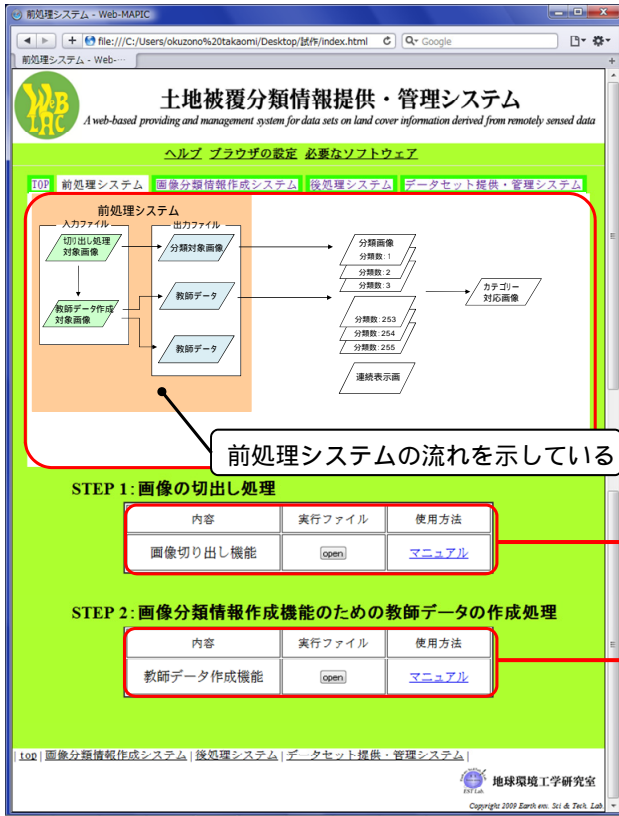
図-8(a)に前処理システムのメニュー画面を示している。土地被覆分類をする際に、画像データや判別基準としての教師データ等の入力データが必要となる。「前処理システム」において、土地被覆分類に必要な入力データを作成する。「前処理システム」では、「画像切り出し機能」、「教師データ作成機能」といった2つの機能を実装し、入力データを作成できる。

a)画像切り出し機能

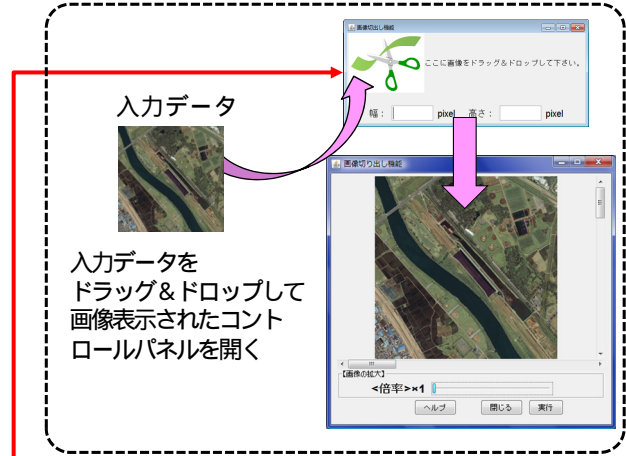
衛星データの切り出し処理を実施する。一般的に、購入した際の衛星データから対象領域を抽出して土地被覆分類する場合が多い。そのため、画像切り出し機能によって必要な領域を切り出すことができるようにした。図-8(b)に示したコントロールパネル上で、切り出したい領域をドラッグして範囲指定することによって画像を切り出し、指定したフォルダ内に保存することができる。

b)教師データ作成機能

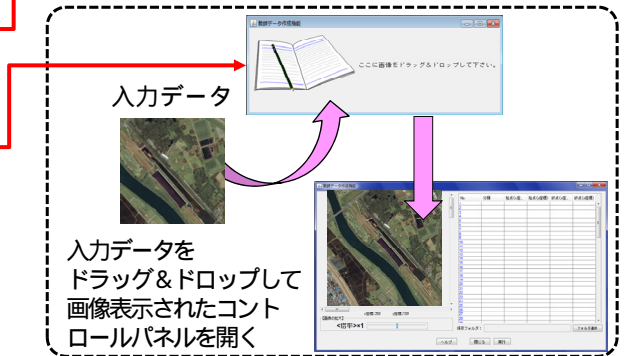
教師付き最尤法による分類を実施する際に、分類クラスの判別基準として教師データが必要となる。本機能によって、教師データを効率的に作成できるよう設計した。図-8(c)に示したコントロールパネルに表示された画像上において、マウスボタンをクリックすることによって、表示された画像の右側のテーブル内に教師データとして選定した画素の座標値を入力できるようになっている。これによって、座標値を読み取



(a) 前処理システムメニュー画面



(b) 画像切り出し機能



(c) 教師データ作成機能

図 - 8 前処理システムの全体構成

り、メモするといった煩わしい作業をする必要なく教師データを簡易に選定・作成できる。

(3) 土地被覆分類情報作成・蓄積システム

土地被覆分類情報の中でも、特に、「土地被覆分類図」を作成し、「主題情報データセット」に追加するシステムである(図 - 9)。前処理システムにおいて作成した入力データをもとに、「教師無しクラスター分析」、「教師付き最尤法」によって土地被覆分類し、分類図を作成する機能を実装している。

「土地被覆分類情報作成機能:教師付き最尤法」によって作成される土地被覆分類情報は、各画素の分類クラスを示した数値情報のみを有しており、グレースケールで表示されるため、視覚的な支援情報とはなりえない。そこで、シュード・カラー表示機能を設置した。シュード・カラー表示機能によって、色情報を持った視覚的に評価できる土地被覆分類図を作成できるように配慮している。

a) 土地被覆分類情報作成機能(STEP1)

衛星リモートセンシング分野では、「教師無し」、「教師付き」分類による土地被覆分類が一般的である。

「教師無し」分類とは、特徴空間における集まりの度合いに基づいて、画素をいくつかのクラスターに分割する。各クラスの特徴を分類する側の主観を交えずに自動的に

決定できる¹⁰⁾。

衛星画像から、あらかじめ定められたカテゴリーを最もよく代表していると思われる領域を抽出し、「教師データ」とする。この「教師データ」から求めた判別関数に基づいた分類が「教師付き」分類である¹¹⁾。

「教師無しクラスター分析」と「教師付き最尤法」による土地被覆分類を実施できる機能として「土地被覆分類情報作成機能」を開発した。2つの土地被覆分類情報作成機能の詳細について以下に記述する。

教師無しクラスター分析

図 - 10に本機能のコントロールパネルと作業の流れを示している。図 - 10の流れに沿って作業を進めることにより土地被覆分類図とその属性情報(文字情報)を作成できる。本研究においては、土地被覆分類する際のデータ量を考慮して、大規模な分析手法に用いられるとともに分類クラス数を指定して土地被覆分類を実施できるk-means法を教師無しクラスター分析の手法として採用した。本機能では、「最小クラス数」と「最大クラス数」を指定して、その間の分類クラス数での土地被覆分類を実施し作成した複数の土地被覆分類図と指定した分類クラス数の統計量を出力する。これらは指定したフォルダ内において管理される。

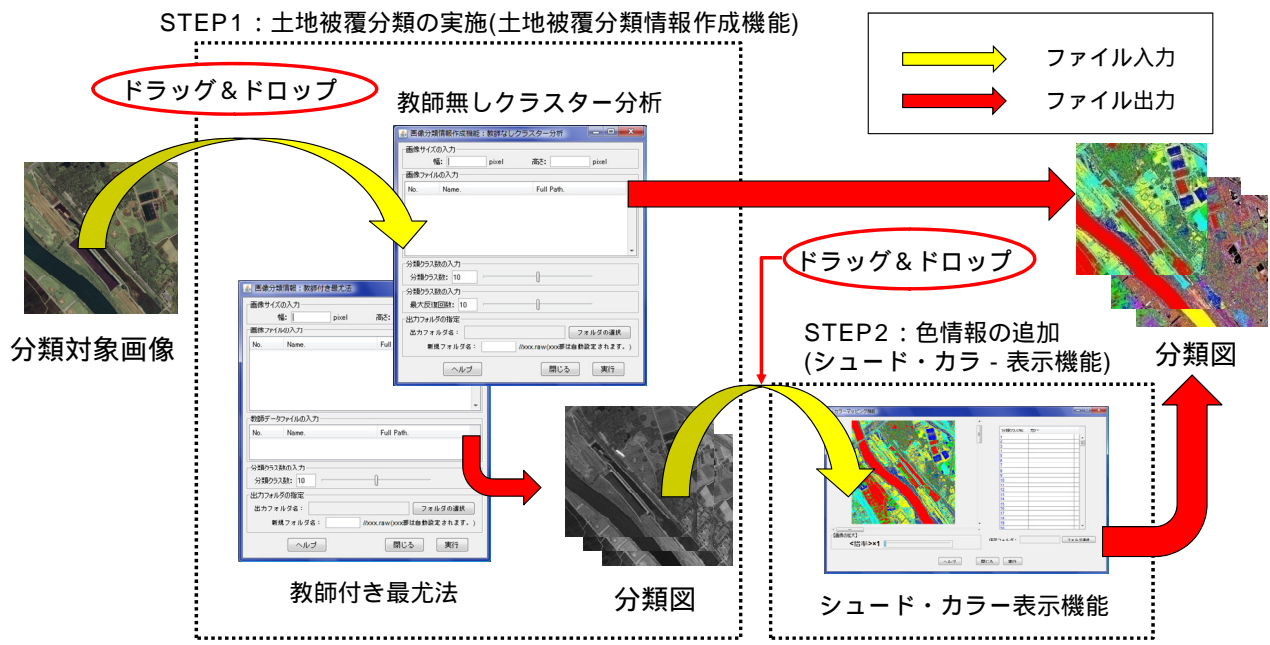


図 - 9 土地被覆分類の流れと土地被覆分類情報作成・蓄積システムの全体構成

教師付き最尤法

教師付き最尤法による土地被覆分類を実施する機能である。入力データとして「元画像」と「教師データ(前処理システムにおいて作成)」を必要とする。これらの入力データから導出される判別関数によって土地被覆分類を実施する。

本機能では、入力データ・教師データともにドラッグ&ドロップインターフェースを用いて開発することによって、操作性を向上させている。

b)シュード・カラー表示機能(STEP2)

「土地被覆分類情報作成機能」によって作成されたグレースケールの土地被覆分類図(画像情報)を視覚的な情報にするために色情情報を与える。シュード・カラー表示機能では、分類図(raw データ)の分類カテゴリー毎に指定した色情情報を与えることができるようになっている。本機能によって作成された分類図は gif(Graphics Interchange Format)形式で出力される。

(4)後処理システム

本システムでは、土地被覆分類情報作成・蓄積システムにおいて作成された土地被覆分類図をもとに、新たな土地被覆分類情報を作成する。出力先フォルダは「土地被覆分類情報フォルダ」となる。

a)動画作成機能

本研究では、連続した分類クラス数の分類図(教師無しクラスター分析によって作成)を動画化表示したものを土地被覆分類情報としてデータセット化している。「動画作成機能」によってこの動画を作成できるようにした。利用者は図 - 11に示したように、動画化対象ファイルを赤枠の部分にドラッグ&ドロップすることによって、入力した画像

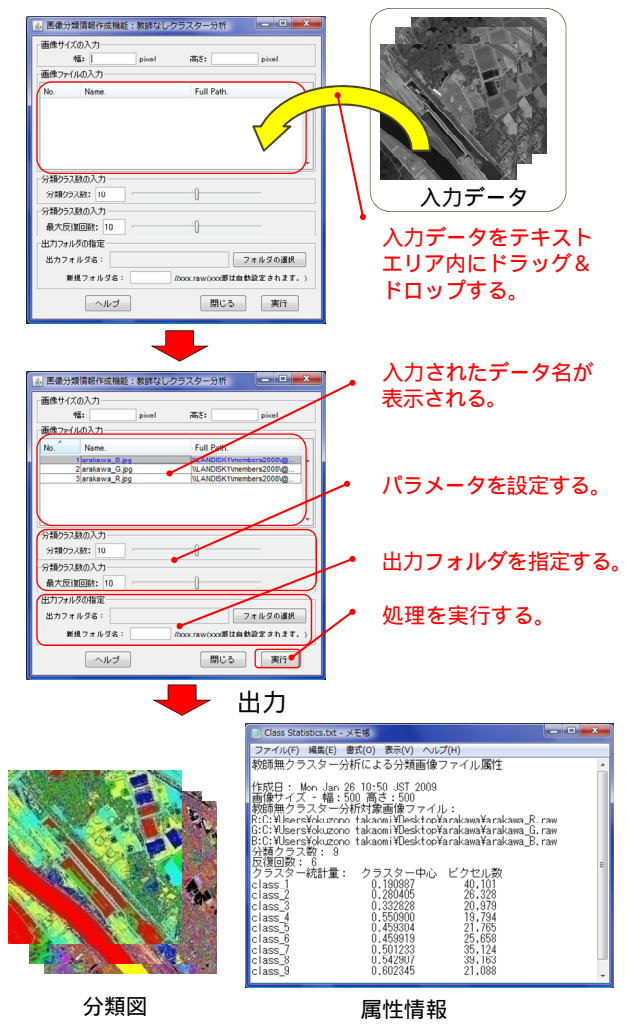


図 - 10 土地被覆分類情報作成機能: 教師無しクラスター分析

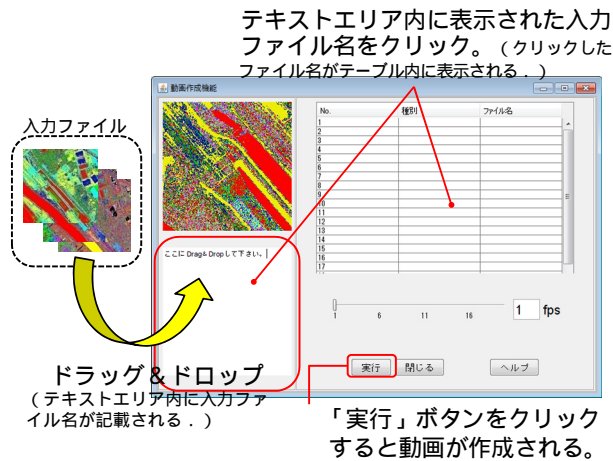


図 - 11 動画作成の流れ(動画作成機能)

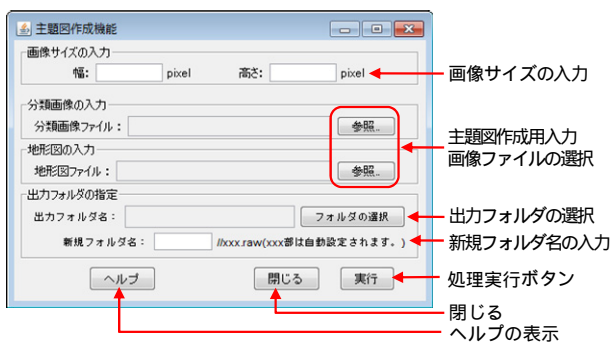


図 - 12 主題図作成機能のコントロールパネル

を連続的に表示する動画ファイルを効率的に作成できる。

b)主題図作成機能

図 - 12 に「主題図作成機能」のコントロールパネルを示す。以下のパラメータを入力することによって、主題図を簡易に作成できるようになっている。

- 画像サイズ
- 土地被覆分類図ファイル名
- 地形図ファイル名
- 出力フォルダ名

土地被覆分類図としての主題図を作成するのみならず、オーバーレイ処理を実施することによって、他の土地被覆分類情報(共通情報)を作成する場合においても、本機能を利用することができる。

(5)データセット提供・管理システム

土地被覆分類情報を作成し、データセットとして「地理領域単位」、「時系列単位」、「JOB 単位」で管理するとともに利用者に対してデータセットを提供するためのシステムである。

データセット提供・管理システムにおいては、管理されている土地被覆分類情報の選択・入手を目的として、「データセットの検索」、「データセットの表示・選択」、「データセットのダウンロード」といった3つの役割を担う機能を実装している。各機能について、以下に詳述する。

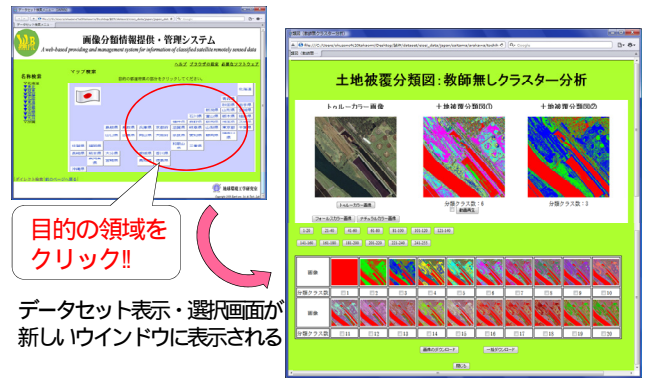


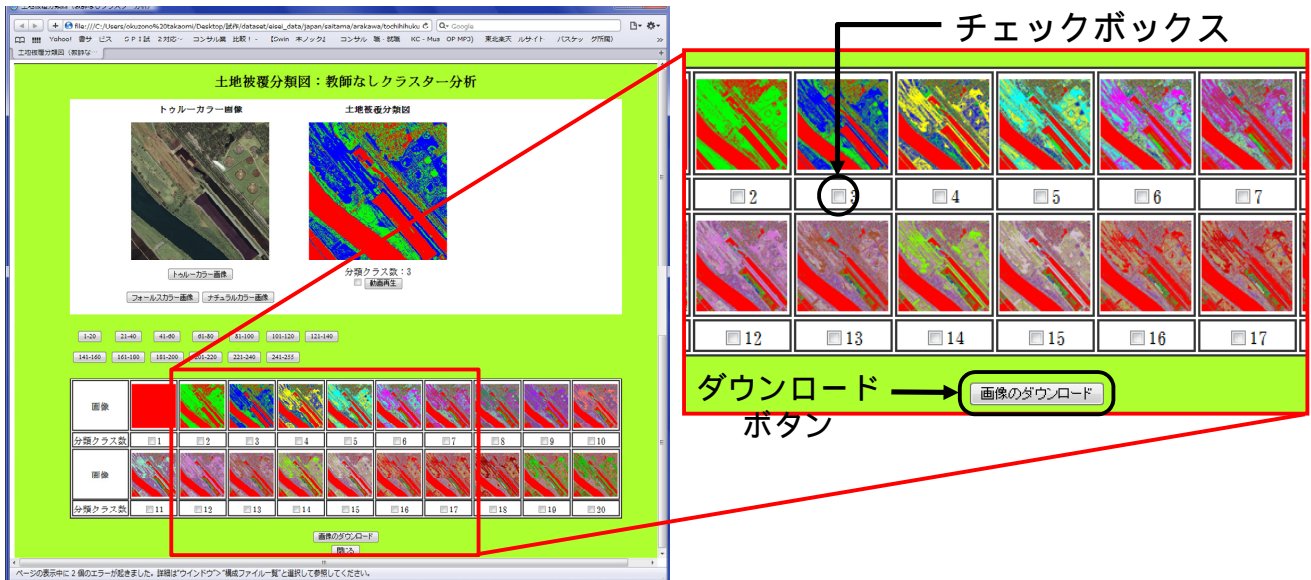
図 - 13 データセット検索機能(マップ検索)



図 - 14 手動切替表示・選択機能

a)データセット検索機能

Web-LAC では「マップ検索」、「名称検索」といった2つの検索方法から土地被覆分類情報を検索できる。「マップ検索」とは、画面上に表示された地図上において目的の領域をマウスクリックすることによって、指定した領域のデータセット表示・選択画面に遷移することができる検索機能である(図-13)。「名称検索」によって、地方名、都道府県名、領域名、年度といった4項目を利用者が順に選択し、目的とした領域のデータセットを参照できるようにもなっている。



チェックボックスにチェックを入れた画像分類情報を一括でダウンロードできる。

図 - 15 データセットダウンロード機能

b) データセット表示・選択機能

本機能は、利用者が効率的に利用目的に合った分類クラス数の土地被覆分類図を表示・選択する際の支援となる。「手動切替表示・選択」、「一覧表示・選択」、「連続表示・選択」といった3つの表示・選択機能を実装している。各表示・選択機能の詳細について以下に記述する。

手動切替表示・選択機能

データセット表示・選択画面に表示された土地被覆分類図上でマウスホイールを回転させることによって、異なる分類クラス数の分類図に切り換えることができる(図 - 14)。分類図を任意に切り替え、元画像と比較しながら利用目的に合った分類クラス数の分類図を参照できる点は本研究の特色であり、異なる分類クラス数の分類図を比較したいというニーズにも対応できる。

一覧表示・選択機能

複数の分類図をサムネイルとして一覧で表示して、利用目的に合った分類図を選択できるようになっている。一覧で表示されているサムネイルの中から分類図を選択し、サムネイルをクリックすることによって土地被覆分類図を切り替えることができる。

連続表示・選択機能

連続表示・選択機能は複数の分類図を動画として表示することによって、利用目的に合った分類クラス数の分類図を選択するための支援となる。動画化することによって、膨大な数の分類図の中からある程度の分類クラス数の範囲に絞り込みをすることができる。

また、この表示形態単独でも利用者が画像を選択する

際の支援情報となる。この動画を参照することによって、動的に変化する各画素のカテゴリー変化を評価できる。

c) データセットダウンロード機能

データセット提供を目的として、データセットダウンロード機能を配備している。選択した土地被覆分類情報の横に付いているチェックボックスにチェックを入れ、「ダウンロード」ボタンをクリックすることによって土地被覆分類情報をダウンロードできる(図 - 15)。一つの情報のみをダウンロードしたい場合は、必要とする情報のみにチェックを入れ、複数の情報をダウンロードしたい場合には要求する全ての情報のチェックボックス内にチェックを入れる。全ての土地被覆分類情報を選択する場合には「ダウンロード」ボタン横にある「一括ダウンロード」ボタンをクリックする。選択した情報は一つの圧縮ファイルとして保存される。ファイルを展開することによってダウンロードした土地被覆分類情報を参照・利用できる。

以上の4つの機能と土地被覆分類情報作成機能によって出力される分類時の統計量(図 5, 表 1 参照)を併用することによって分類クラス数を決定し、インターネット環境を介して全世界の研究者が土地被覆分類情報入手・共有できる点が本研究の特徴の一つである。

また、データセット表示・選択画面は地理領域 & JOB(時系列を含む)単位で作成される。web ブラウザである各データセット表示・選択画面を比較することによって、地理領域・時系列・土地被覆手法別でのデータセットを比較できる。

6. まとめ

本研究は、リモートセンシングデータから得られる土地被覆分類情報を提供・管理する上での問題点と利用者ニーズを整理した上で、インターネット環境下で稼働する土地被覆分類情報提供・管理システム (Web-LAC: A web-based providing and management system for data sets on LAnd Cover information derived from remotely sensed data) を構築したものである。

(1) 研究開発の内容

a) 土地被覆分類情報の管理・運用に関する問題提起⁶⁾⁻⁸⁾

土地被覆クラス数を固定化してデータセット化し、提供・管理するといった国内外の関連システムでは、データセット蓄積・利用上の継続性、拡張性、汎用性の面において限界があることを指摘した。

b) 土地被覆分類情報提供・管理システムの構築

この土地被覆分類情報の管理・運用に関する問題への対策として、「主題情報、共通情報、ランド・トрус情報」といった3種類の情報区分を定義した上で、データセット構造を設計するとともに、地理領域&JOB(時系列含む)単位でデータセットを一元管理できるシステムを構築した。

これにより、土地被覆クラス数が異なる分類画像(クラス数別分類画像)と関連情報のデータセット化と地理領域&JOB(時系列含む)単位で一元管理・運用を実現した。

c) 土地被覆分類情報の参照・提供について

「前処理、土地被覆分類情報作成・蓄積、後処理、データセット提供・管理」といった4種類のシステム構成にするとともに、「手動切替表示・選択、連続表示・選択、一覧表示・選択」を担う機能を設計・装備し、利用目的に合った分類クラス数の分類画像を選択する上での効率化を実現している。このクラス数別分類画像を参照する上で、操作性に優れた GUI(Graphical User Interface) を設計・開発している。Web-LAC の特色の一つである。

d) システム運用形態のあり方について

「システム利用者」、「システム管理者」、「データセット評価者」、「衛星データ提供者」といった4種類の利用者に区分した上で、システムの設計・開発を進めた。これにより、システムの管理・運用上の継続性と拡張性を維持できることを示した。既往の類似研究においては、土地被覆分類情報項目の列挙と利用方法の提言に留まっており、土地被覆分類情報の提供・管理について議論する上で見逃されていた点でもある⁷⁾。

(2) 今後の展望

今後の課題として、Web-LAC の利用に伴って、新たな土地被覆分類情報(比演算画像、空間情報等)をデータセットとして拡充していく予定にある。この検討においても本研究で検討したデータセット構造や表示機能等の設

計・開発内容が寄与すると考えている。

本研究・開発の内容は、継続性と拡張性を確保しつつ、空間情報をデータセット化し、提供・管理していく上での提言の一つとしての意義もある。デジタル画像の種類が益々多様化する状況にあって、土地被覆分類作業の効率化とデータセットの提供・管理に関する問題は、建設分野のみならず画像情報を利用する分野において、今後も避けては通れない検討課題になるはずである。本研究の内容が、この点に関する一つの対策として、さらには、インターネット環境下で稼働する専門性の高い各種画像処理・解析系のシステム設計・開発、管理・運用の参考の一つにでもなれば幸いである。

参考文献

- 1) 椿広計: リモートセンシングにおける分類(1)基本原理と問題, 日本リモートセンシング学会誌, Vol.18, No.4, pp.55 ~ 60, 1998年12月.
- 2) Noriko, S., Hiroko, T., Kanako, M., Shinobu, F., Motomasa, D., and Fumio O.: Global Land Cover Classification using ADEOS- /GLI Global Mosaic Data, *Journal of The Remote Sensing Society of Japan*, Vol.29, pp.102 ~ 113, 2009.
- 3) 小島尚人, 大林成行: 遺伝的アルゴリズムを導入した衛星マルチスペクトル画像分類手法の一提案, 日本リモートセンシング学会誌, Vol.21, No.4, pp.342 ~ 357, 2001年9月.
- 4) 頼理沙, 佐藤功: 高精度かつ頑健な画像分類法に基づく衛星画像の変化抽出へのアプローチ, 日本リモートセンシング学会第43回学術講演会論文集, pp.171 ~ pp.172, 2007年11月.
- 5) 佐藤浩, 建石隆太郎: グローバルな土地利用・土地被覆・植生分類システムのレビュー, 国土地理院時報, No.96, pp.69 ~ 78, 2001年10月.
- 6) 高木幹雄: ネットワークによる地球環境衛星データベースの構築と高度利用に関する総合的研究, 計算科学技術活用型特定研究開発推進事業 研究開発成果報告会予稿集 平成10年度採択基本型 計算で、見る・知る・予測する, pp.46 ~ 51, 2005年5月.
- 7) 建石隆太郎: [巻頭言] ナショナル・データ・アーカイブ, JACIC 情報 96, Vol.24, No.4, pp.1, 2009年12月.
- 8) 小島尚人, 奥園貴臣, 館智士, 新井大貴: 画像分類情報のデータセット化に関する一提言, 日本リモートセンシング学会第46回学術講演会論文集, pp.67 ~ 68, 2009年5月.
- 9) 大林成行, 小島尚人, 高井正子: 国土調査情報を対象とした情報提供・管理システムの構築, 土木情報システム論文集, Vol.9, pp.59 ~ 66, 2000年10月.
- 10) 齋藤堯幸, 宿久洋: 関連性データの解析法-多次元尺度構とクラスター分析-, pp.171 ~ 198, 共立出版(株), 2006年9月.
- 11) 高木幹雄, 下田陽久: 新編画像解析ハンドブック, pp.1551 ~ 1649, 東京大学出版会, 2004年9月.

(2010.5.26 受付)