

衛星画像の教育利用を図る Web 学習システム

奈良工業高等専門学校情報工学科 浅井文男

asai@info.nara-k.ac.jp

1. はじめに

近年、初等中等教育機関においてもインターネットの導入が急速に進み、教師や児童生徒がさまざまな教育活動や学習活動に利用できる環境が整備されつつある。これとともに衛星画像の教育利用や普及を目的とした Web サイトが開設されるようになり、気象衛星や地球観測衛星が撮影した衛星画像が身近な自然環境や地球規模の環境問題を考察するための学習教材として利用できるようになった。こうした Web サイトで閲覧できる衛星画像は学習情報の判読に適した画像処理が施されているので、児童生徒の知的好奇心の喚起や学習の動機付けにはすぐれた教育効果が期待できる。我が国では気象観測衛星ひまわり (GMS) が撮影した画像データから作成される雲画像が理科教育の気象学習には不可欠の教材になっている。

インターネットの普及と歩調を合わせるかのように初等中等教育機関に設置されるパーソナルコンピュータの性能も著しく向上し、教師や児童生徒が自ら衛星画像データを処理して学習情報を抽出することが可能になった。学習活動に画像処理や画像操作を導入することで、児童生徒は能動的に問題意識の形成や学習課題の解決を図ることが可能になり、現行の学習指導要領が重視する「自ら自然を探求する能力や態度の育成」や「情報活用能力の育成」を実践するための有効な教育手段となり得ることが期待できる。一般に衛星画像データには所有権が設定されており、従来は教育利用と言えども高価なライセンス料を支払う必要があった。しかし、最近ではライセンスフリーで衛星画像データを提供する Web サイトも開設されている。こうした事情を反映して、衛星リモートセンシングの基本的な画像処理を取り入れた学習教材の開発や教育実践が試みられている。しかし、教師や児童生徒が容易に入手できる衛星画像のデータセットは限られているのが現状で、我が国の初等中等教育機関における衛星画像の利用形態は依然として呈示・閲覧による学習情報の目視判読が中心になっている。

筆者の研究室では気象観測衛星 NOAA の受信装置を設置し、AVHRR データを取得している。AVHRR データは学生の卒業研究に使用しているが、地域貢献や高大連携などの社会情勢に要請

に応えるため、教育利用にも取り組んでいる。本研究では衛星画像の普及を図るため、教師や児童生徒がブラウザでインタラクティブに衛星画像を閲覧・操作・加工・情報抽出できる Web 学習システムを試作し、教育利用の可能性を検討した。

2. Web 学習システムの構成

2.1 画像サーバシステム

近年、インターネット接続環境のブロードバンド化と Web サーバサイド技術の進歩は著しく、大容量の画像をネットワーク上で高速に呈示・閲覧できるだけでなく、操作や加工もできる Web アプリケーションシステムを開発できるようになった。そのような Web アプリケーションシステムを構築するためのフレームワークの 1 つに Earth Resource Mapping (ERM) 社の画像サーバソフトウェア Image Web Server (IWS) がある。IWS は Enhanced Compression Wavelet (ECW) 方式で圧縮された画像データを効率よく伝送するためのプロトコル Enhanced Compression Wavelet Protocol (ECWP) を実装し、Internet Information Server (IIS) のアド・オンソフトとして動作することで、大容量の画像の高速な閲覧やインタラクティブな操作などを実現する。IWS は地球観測衛星 TERRA が撮影した ASTER データを公開するために利用されている。本研究では 50 クライアントの同時使用を可能にするため、表 1 に示すハードウェアとソフトウェアを使用して画像サーバシステムを構築した。

表 1 画像サーバシステムの構成

ハードウェア : DOS/V パソコン CPU:Pentium4 3GHz, RAM:2048MB, HDD:120GB
ソフトウェア OS :Windows 2003 Server Standard Edition IIS :Internet Information Server 6.0 IWS:Image Web Server ER Mapper Edition

2.2 画像コンテンツ

NOAA の AVHRR データは GMS の雲画像よりも解像度(波長分解能、空間分解能、輝度分解能)が高いので、この特徴を生かすためには解像度を落とさない画像コンテンツを作成する必要がある。NOAA/AVHRR データのファイルサイズは 1 シー

ンあたり約 70MB と非常に大きいので、画像コンテンツの作成には解像度などの画像情報が復元可能な画像圧縮が不可欠である。画像サーバシステムに採用した IWS は以下の(a)~(c)に示す特徴をもつ ECW 圧縮方式をサポートしている。

- (a)フルカラー画像を 1/100 まで圧縮可能
- (b)画像・画素情報の埋め込みと抽出が可能
- (c)画像の任意の領域を任意の解像度で展開可能

濃度変換や段彩表示による海面温度の可視化のような初歩的な衛星画像処理を児童生徒が自ら体験できるようにするため、AVHRR データに以下の①~⑤に示す必要最小限の画像処理を順次適用して基本的なチャンネル 1~5 の画像コンテンツを作成した。画像処理には ERM 社の衛星画像処理ソフト ER Mapper 6.3 を使用した。

- ①幾何補正(メルカトル図法のマッピング)
- ②経緯度線、海岸線、国境線の重ね合わせ
- ③チャンネル分割と 8bit/256 階調への変換
- ④濃度変換(ヒストグラムの平滑化)
- ⑤ ECW 画像圧縮(圧縮率は 20:1 に設定)

学習テーマごとに作成した画像コンテンツの種類と代表的なファイルサイズを表 2 と表 3 にそれぞれに示す。

表 2 画像コンテンツの種類

<ul style="list-style-type: none"> ・チャンネル 1~5 単バンドモノクロ画像 ・フォールスカラー画像(R:G:B=1:2:4 or 3:2:1) ・シェードカラー画像(輝度:色相=CH2:CH4) ・海面温度(SST)画像 ・温度分布画像 ・植生指標(NDVI)画像 ・水蒸気分布画像

表 3 画像コンテンツのファイルサイズ

	BMP 形式	ECW 形式
単バンドモノクロ画像	18MB	0.9~1.4MB
フォールスカラー画像	36MB	2.5~3.3MB

2.3 クライアント環境

本研究で開発した Web 学習システムが提供する衛星画像の閲覧・操作・加工・情報抽出の各機能を利用するためには IWS にアクセスできるクライアント環境が必要である。IWS には既存の主要な Web ブラウザ用のプラグインと Java アプレットが組み込まれている。そこで Java アプレットによる IWS へのアクセスステートメントを画像サーバの HTML ファイルに記述することで、Java アプレットが使用できるようにシステムを設定した。これにより、クラスファイルを更新するだけでサーバサイドの機能拡張や保守管理が可能になり、教師

や児童生徒は使い慣れた Web ブラウザで常に最新状態のシステムにアクセスできるようになる。表 4 に示すように、Java アプレットの実行環境には Sun Java Plug-in が必要である。Web 学習システムのサブセットは Windows Xp/2000 Professional の IIS とフリーソフト版の IWS でも動作するので、機能は限定されるがスタンドアロンのパソコンで使用することもできる。

表 4 必要なクライアント環境

ハードウェア
DOS/V パソコン/UNIX ワークステーション
ソフトウェア
Windows Xp/2000 の場合
IE5.0/NS7.0/Mozilla1.4 と Sun Java Plug-in1.4.2 以上

UNIX/LINUX の場合
NS6.21/Mozilla0.94 と Sun Java Plug-in1.4.2 以上

3. Web 学習システムの機能

3.1 Web ページの構成

Web 学習システムにアクセスすると表示される Web ページのサンプルを図 1 と図 2 に示す。Web ページは 4 つのフレームで構成され、役割と機能の概要はそれぞれ以下の通りである。

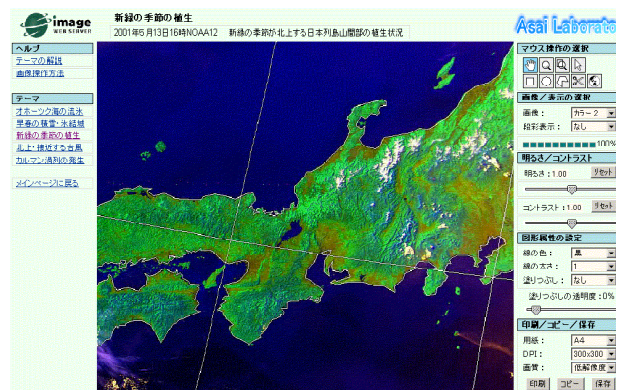


図 1 Web ページ(テーマ:新緑の日本列島)

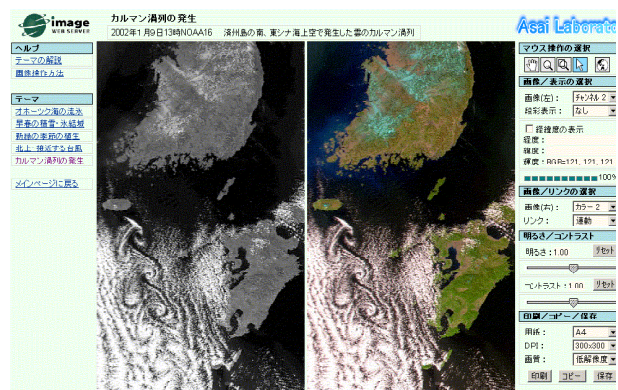


図 2 Web ページ(テーマ:カルマン渦列)

①画面上のフレーム

画面左のフレームで選択した学習テーマのタイトルと閲覧画像の簡単な説明、画像データの受信日時と衛星の名称を表示するフレームである。

②画面左のフレーム

フレーム上部は公開システムを利用するために必要な参考情報を選択するブロックである。項目をクリックすると、図3や図4に示す解説ウィンドがポップアップする。フレーム下部の学習テーマのタイトルをクリックすれば、画像の閲覧、選択、操作、加工などの機能が使えるようになる。

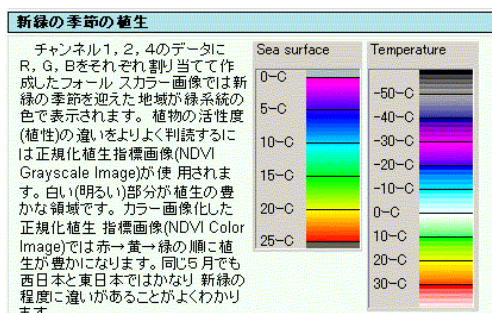


図3 学習テーマの解説例

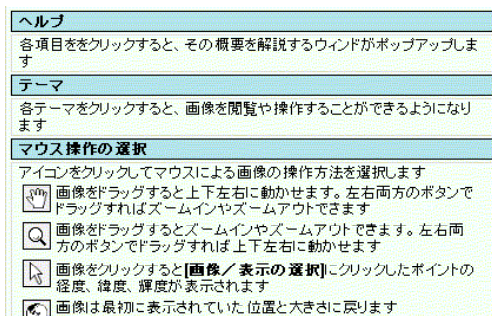


図4 画像の閲覧と操作方法の解説

③画面中央のフレーム

選択した画像の表示とマウスによる画像の操作や画像/画素情報の取得を行うフレームである。表示される画像は学習テーマに応じて1つ(図1)または2つ(図2)である。

④画面右のフレーム

画像の選択、操作、加工、印刷、保存などを行う機能選択フレームである。使用できる機能は学習テーマによって異なり、次節に記述するカテゴリに分割されている。

3.2 Web 学習システムの操作

①マウスの操作選択

1列目のアイコンは左から順に移動、拡大・縮小、拡大領域選択、画素情報取得の機能選択ボタンである。「手」のアイコンをクリックし、閲覧

画像上でドラッグすれば、画像を上下左右に動かすことができる。「虫眼鏡」のアイコンをクリックし閲覧画像上でドラッグすれば、画像を自由自在に拡大・縮小することができる。「矢印」のアイコンをクリックしてから閲覧画像上の1点をクリックすれば、その点の経度、緯度、輝度(RGB 値)が[画像/表示の選択]の欄に表示される。2列目に並ぶ3つの図形アイコンのどれか1つをクリックすると、長方形、円 または多角形を表示画像に書き込める。

②画像/表示の選択

閲覧したいチャンネルの画像や作成したいシュードカラー画像を「画像」と「段彩表示」のプルダウンメニューからそれぞれ選択する。「縮尺」には閲覧画像のフルサイズ画像に対する縮小率が表示される。

③画像/リンクの選択

左側の画像は「画像/表示の選択」、右側の画像は「画像/リンクの選択」のプルダウンメニューからそれぞれ選ぶ。リンク方法は「なし」、「連動」、「結合」の3種類が選択可能である。「なし」を選ぶと2つの画像をそれぞれ独立に操作できる。「連動」を選ぶと片方の画像操作が両方の画像に適用される。「結合」を選ぶと左右の画像を合わせて1つの画像のように操作できる。

④明るさ/コントラスト

スライダーを動かすことで閲覧画像の明るさとコントラストをそれぞれ調節することができる。

⑤図形属性の設定

閲覧画像に書き込む図形の線の色と太さ、図形内部を塗りつぶす色をそれぞれプルダウンメニューから選択する。スライダーを動かすことで、塗りつぶす色の透明度を調節することができる。

⑥印刷/コピー/保存

「印刷」または「保存」のボタンをクリックするとウィンドがそれぞれポップアップし、閲覧画像を印刷やファイル保存することができる。ファイル形式はPNGである。「コピー」をクリックすると閲覧画像がクリップボードにコピーされる。「用紙」と「画質」は希望する印刷の用紙サイズや品質に応じてプルダウンメニューから選択する。

⑦ヒストグラム

閲覧画像がカラー画像の場合、赤(R)、緑(G)、青(B)の各チャンネルのヒストグラムを表示する。

⑧画像情報

フルサイズ画像を構成するセル(画素)の単位とサイズ、画像のX軸方向(横)とY軸方向(縦)のサイズ(画素数)をそれぞれ表示する。

4. 学習テーマの開発例

天気予報でなじみ深い雲画像は赤外面像から作成される。赤外面像は温度(熱放射)を可視化した画像で、夜間でも雲を観測できる利点がある。台風の渦雲を考察するため、赤外面像と可視画像を比較してみる。まず、学習システムでチャンネル

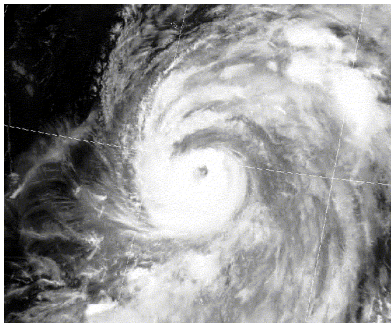


図5 赤外面像

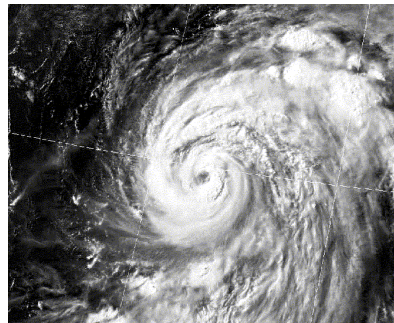


図6 可視画像

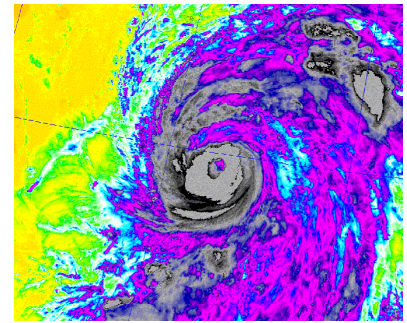


図7 温度画像

台風のエネルギー源は熱帯の海水から供給される熱エネルギーであり、水蒸気を豊富に含んだ上昇気流が断熱膨張して発生する積乱雲は高度1万メートルにも達する。このような台風の発生と成長のメカニズムを調べるため、赤外面像をレイボースケールで段彩表示するか温度分布画像を選択する。図7に示す温度分布画像からは海面温度は20度以上、積乱雲の雲頂温度は-50度以下であることが確かめられる。

このように本研究で開発した Web 学習システムが提供する衛星画像のインタラクティブな閲覧・操作・加工・情報抽出機能は児童生徒の知的好奇心に基づく能動的な学習活動を可能にし、学習意欲の触発や向上に貢献できると考えられる。中等教育機関の理科教育や環境教育における利用を想定した場合に教育効果が期待できる学習指導要領の学習項目を表5に示す。

表5 教育効果が期待できる学習項目

中学校理科第2分野
(4) 天気とその変化 (イ) 天気の変化
(7) 自然と人間 (ア) 自然と環境 (イ) 自然と人間
高校理科総合B
(1) 自然の探求 (イ) 探求の仕方
(3) 多様な生物と自然のつり合い (ア) 地球の姿と大気
(4) 人間の活動と地球環境の変化
高校地学 I
(2) 大気海洋と宇宙の構成 (ア) 大気と海洋 (イ) 探求活動
高校地学 II
(2) 地球表層の探求 (ア) 地球の観測 (イ) 大気海洋の現象
(4) 課題研究

4を選択する。図5に示す赤外面像では雲の平面的な形状や広がりには観察できるが、厚みはわからない。次にチャンネル1を選択する。図6に示す可視画像では太陽光が西から当たり東側に陰ができるので渦雲が立体的に見え、台風の進行方向の右側に積乱雲が発達している様子がよくわかる。

5. おわりに

本研究で開発した Web 学習システムは地球観測衛星の衛星画像にも対応する。学習システムで呈示した地球観測衛星 TERRA/MODIS データのフォーカスカラー画像を図8に示す。空間分解能が250mなので、海岸線や河川、地形や土地利用など、NOAA/AVHRR 画像では難しかった陸域に関する情報抽出も可能になる。MODIS データは東京大学生産科学研究所がライセンスフリーで提供しており、受信機関の許諾を得て、MODIS データの画像コンテンツの作成と陸域観察に必要な衛星カラー画像の合成、地図の重ね合わせ、空間フィルタリング、距離計測の機能実装に取り組んでいる。

本研究は平成 15、16 年度科学研究費補助金(特定領域研究「新世紀型理数科系教育の展開研究」課題番号 15020267)の支援を受けて行われた。

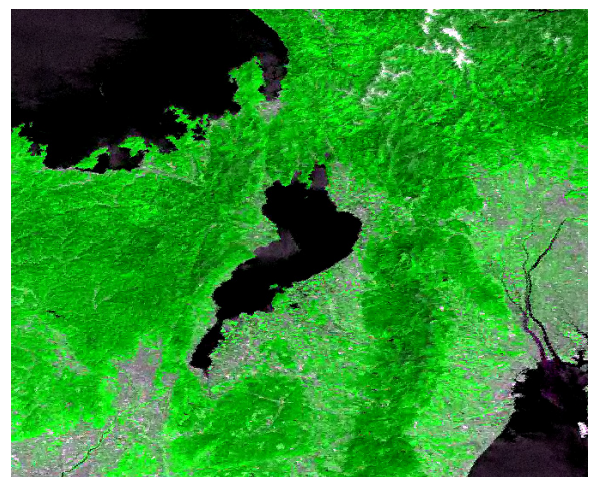


図8 TERRA/MODIS フォールスカラー画像
(データセットは東京大学生産技術研究所提供)