

## ネットワーク対応型学習システムの開発による NOAA 画像の教育利用 II

浅井 文男

Educational Use of NOAA Image Data by Developing an e-Learning System II

Fumio ASAI

衛星画像の教育利用を図るため Web ベースの学習支援システムを開発した。利用者は Web ブラウザで衛星画像をインタラクティブに閲覧・操作・加工することができる。画像コンテンツは気象観測衛星 NOAA と Feng-Yun の HRPT 受信により取得している AVHRR データから作成した。気象観測衛星ひまわりの雲画像よりも解像度が高いので、積雪、流氷、黄砂、火山噴煙、森林火災、河川洪水、海流、海岸線などが容易に判読できる。植生や海面温度の可視化などの初歩的な衛星画像処理も体験できる。初等中等教育機関における理科教育や環境教育での利用を想定しており、児童生徒の知的好奇心の触発や学習意欲の向上に貢献できるものと期待される。

### 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[1],[2]。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[3]。

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[4],[5]。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[6]。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 と Feng-Yun の HRPT 受信装置を設置し、AVHRR データを取得している。AVHRR データは植生、海面温度、黄砂などの観測や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、AVHRR データの教育利用にも積極的に取り組んでいる。昨年度は教師や児童生徒が Web ブラウザでインタラクティブに AVHRR 画像を閲覧・操作できる Web ベースの学習支援システムを試作し、研究紀要で報告した[7]。システムの実用性を高めるため、本年度は画像処理機能や情報抽出機能の実装を試みた。本稿はその研究成果報告である。

## 2. 学習支援システムの構成

### 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[8]。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が取得したASTERデータを公開するために利用されている[9]。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学習支援システムの中核を占める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:Pentium 4 3.0GHz, 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やFeng-Yun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/Feng-YunのAVHRRデータのファイルサイズは1シーンあたり約70MB/140MB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。本研究では以下のような特徴をもつECW圧縮方式を採用した。

- 1)フルカラー画像を1/100まで圧縮可能
- 2)画像・画素情報の埋め込みと抽出が可能
- 3)画像の任意の領域を任意の解像度で復元可能

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、基本的なチャンネル1～5の画像コンテン

ツは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)
- ⑤ECW画像圧縮(圧縮率は20:1に設定)

各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"> <li>・チャンネル1～5単バンドモノクロ画像</li> <li>・フォールスカラー画像(R:G:B=1:2:4 or 3:2:1)</li> <li>・シュードカラー画像(輝度:色相=CH2:CH4)</li> <li>・海面温度(SST)画像</li> <li>・温度分布画像</li> <li>・植生指標(NDVI)画像</li> <li>・水蒸気分布画像</li> </ul>
---

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	35.5MB	2.5～3.3MB

### 2.3 クライアント環境

学習支援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の学習支援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。学習支援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、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

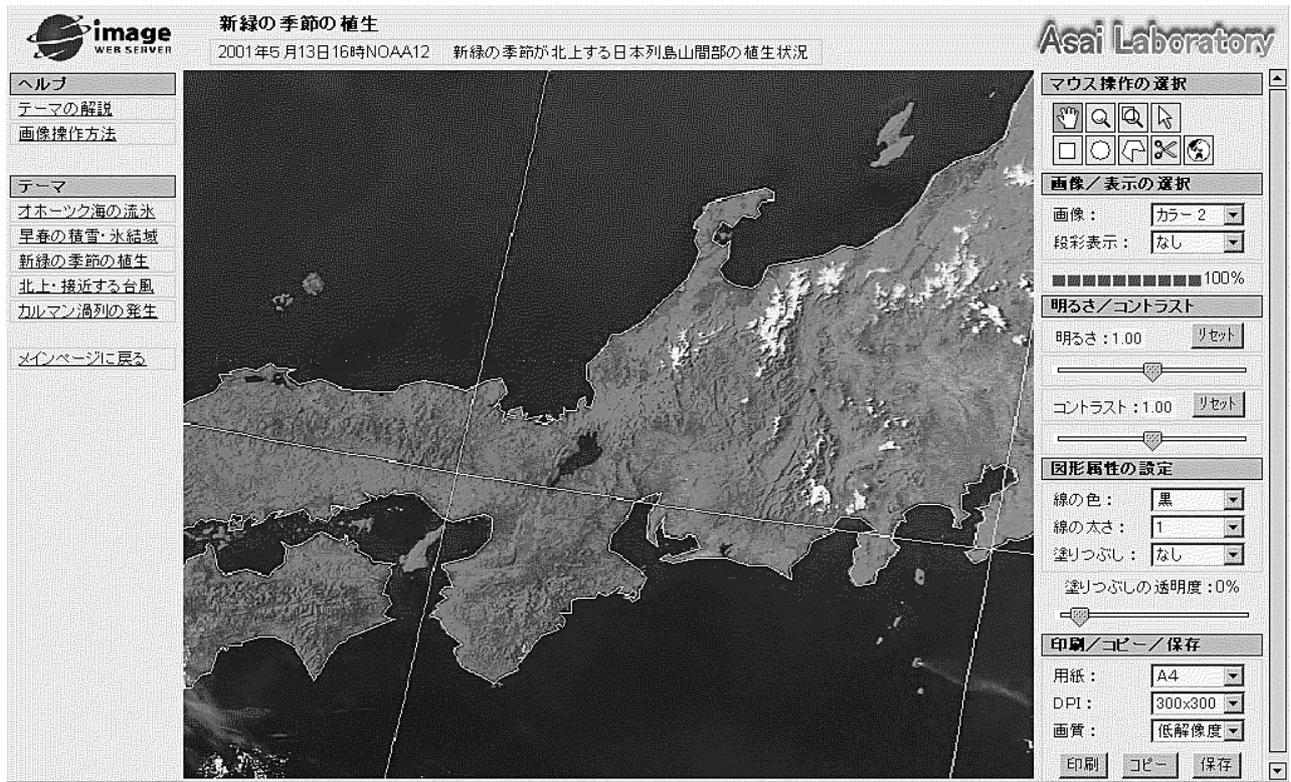


図1 Web ページのサンプル 1 (学習テーマ：新緑の季節の植生)

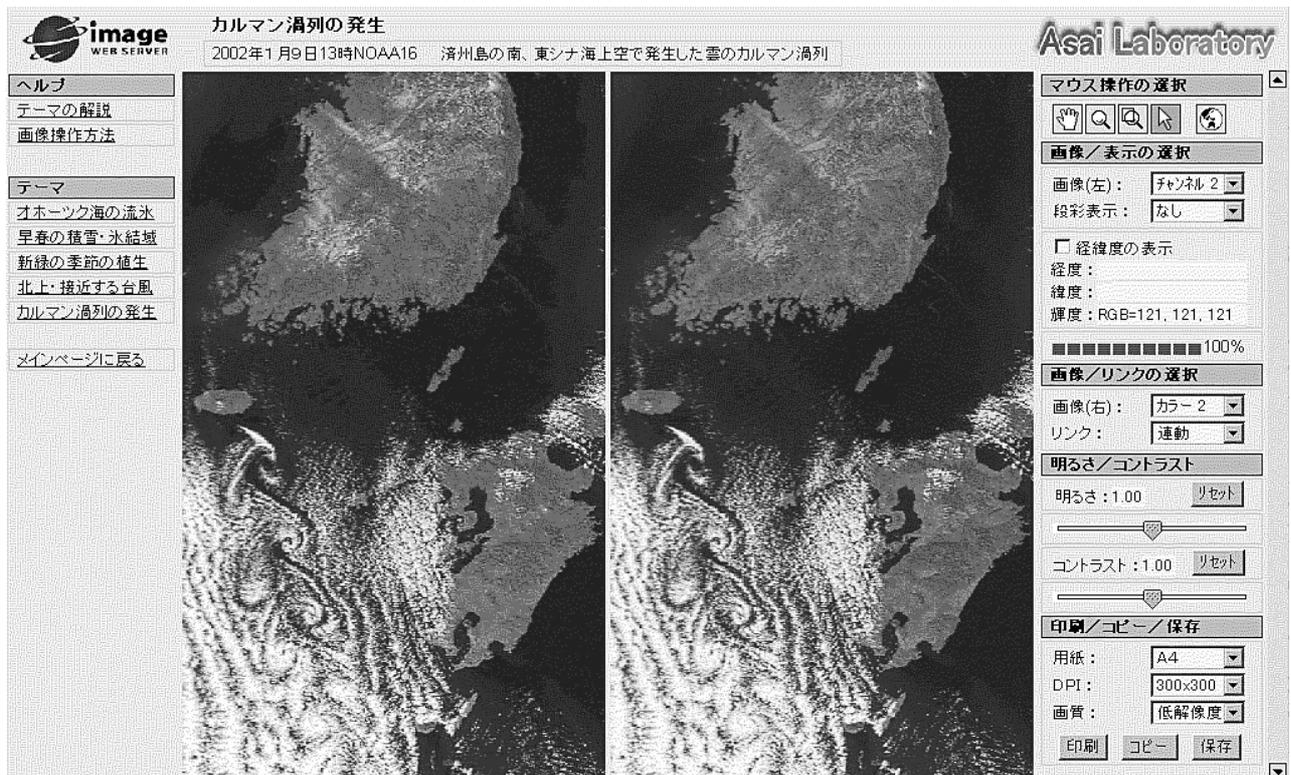


図2 Web ページのサンプル 2 (学習テーマ：カルマン渦列の発生)

### 3. 学習支援システムの機能

#### 3.1 Web ページの構成

学習支援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。

##### 1) 画面上のフレーム

学習テーマのタイトルと概説、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

ヘルプを閲覧したり学習テーマを選択するフレームである。ヘルプの「テーマの解説」をマウスでクリックすると、学習テーマごとの解説がポップアップウィンドに表示される。「画像操作方法」をクリックすると、学習テーマや画像の選択方法、マウスの使い方、画像の操作・加工方法などの解説がポップアップウィンドに表示される。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。

##### 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。前者は広い領域の観察に、また、後者は観察対象の比較にそれぞれ適している。サンプル 1 の画像は NOAA12/AVHRR のチャンネル 124 に RGB を割り当てて合成したフォールスカラー画像で、水域、植生域、非植生域、積雪域がそれぞれ青、緑、褐色、白で着色され、画像の右下には三宅島の噴煙が見える。サンプル 2 の画像は左が NOAA16/AVHRR のチャンネル 2 の単バンドモノクロ画像、右がチャンネル 321 に RGB を割り当てて合成したフォールスカラー画像である。単バンドモノクロ画像では雲域と積雪・氷結域はどちらも白く見え、識別することが難しいが、フォールスカラー画像では雲域は白、積雪・氷結域は空色で着色されるので容易に識別することができる。東シナ海上に見える渦巻き状の雲は、大陸から吹き出す寒気がチェジュ島にぶつかって発生した大気のカルマン渦列をみごとに可視化している。

##### 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、3.2 節に記述する複数のカテゴリに分割されている。

#### 3.2 機能選択フレーム

##### 1) マウスの操作選択

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、リセットの機能選択ボタンである。「手」のアイコンをクリックし、画面中央の画像上でドラッグすれば、画像を上下左右に移動させることができる。「虫眼鏡」のアイコンをクリックし、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。「手」と「虫眼鏡」の機能についてはアイコンをクリックし直さなくても右ボタンドラッグで互いに逆の操作ができる。「矢印」のアイコンをクリックしてから画像上の 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。「地球」のアイコンをクリックすれば、画像表示を初期状態に戻せる。サンプル 1 の場合、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。描いた図形を消去したければ「はさみ」のアイコンをクリックする。

##### 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ールドカラー画像を「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。

##### 3) 明るさ/コントラスト

スライドバーを動かすことで、表示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。

##### 4) 図形属性の設定

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。スライドバーを動かすことで、塗りつぶす色の透明度を調節することができる。

##### 5) 画像/リンクの選択

サンプル 2 では互いにリンクした 2 つの画像が表示される。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画像操作できる。「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ブラウザやウィンドがそれぞれポップアップし、表示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」をクリックすると表示画像がクリップボードにコピーされる。「用紙」、「DPI」、「画

質」は画像の印刷(ファイル)サイズやクォリティに応じてプルダウンメニューから適当に選択する。

#### 4. 期待される教育効果

GMSの雲画像は地球表面のほぼ1/4をカバーし3時間ごとに更新されるので、数時間から数日で変化する気象現象のグローバルな観察には適している。しかし、教科書やWebサイトで閲覧できる雲画像は解像度を落としたLR-FAX画像なので、雲や気象現象以外の観察は困難である。学習支援システムで閲覧できるAVHRR画像は空間分解能が1.1kmなので、サンプル1やサンプル2の画像からもわかるように、雲、霧、積雪、流氷はもちろん、黄砂、火山噴煙、森林火災、河川洪水、植生、海岸線なども比較的容易に判読できる。チャンネル1~5の画像コンテンツを使用すれば、初歩的な衛星画像処理も体験できる。たとえばサンプル1の学習テーマは新緑の季節の植生であるが、チャンネル4を選択すると赤外画像が表示される。明るさとコントラストを調節すると、図3のように海流(黒潮や親潮)の様子が見えてくる。これをレインボースケールで段彩表示すると、図4のように海面や陸域の温度分布や潮目の位置が明瞭に判読できるようになる。

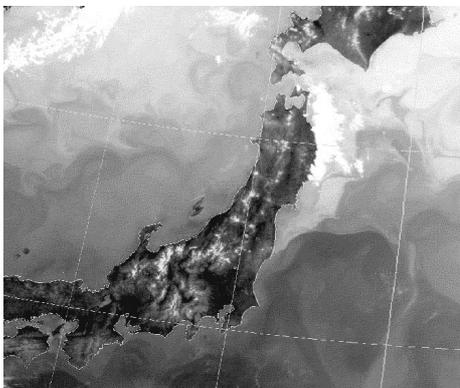


図3 サンプル1の赤外画像

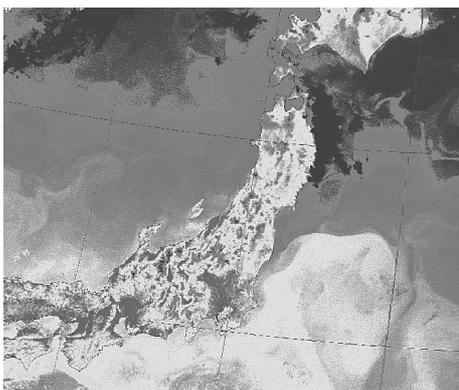


図4 図3をレインボースケールで段彩表示

学習支援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試行錯誤に基づく学習活動を可能にし、自然環境に対する知的好奇心の喚起や探求意欲の向上に効果があるものと期待される。学習支援システムは初等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ており、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 学習支援システムが対応する学習項目

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

学習支援システムは地球観測衛星の画像データの教育利用にも使用できる。今後はAVHRRデータよりも解像度が高く陸域観測に適した地球観測衛星TERRA/AQUAのMODISデータを使用した画像コンテンツを作成し、陸域観測に必要な衛星カラー画像作成、空間フィルタリング、距離計測などの機能を実装する予定である。

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)の支援を受けている。

#### 参考文献

- [1]<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>.
- [2]<http://www.satnavi.jaxa.jp/>.
- [3]日本気象協会, マルチビュー天気教材(DVDスタンドアロン版), 科学技術振興事業団, 2003.
- [4][http://webpanda.iis.u-tokyo.ac.jp/WebPaNDA/index\\_j.php](http://webpanda.iis.u-tokyo.ac.jp/WebPaNDA/index_j.php)
- [5][http://webmodis.iis.u-tokyo.ac.jp/index\\_j.php](http://webmodis.iis.u-tokyo.ac.jp/index_j.php)
- [6]資源・環境観測解析センター, 高校生のための総合学習教材「宇宙からの地球観測」, 日本リモートセンシング学会, 2003.
- [7]浅井文男, ネットワーク対応型学習システムの開発によるNOAA画像の教育利用, 奈良工業高等専門学校研究紀要, Vol.39, pp.69-72, (2004).
- [8]<http://www.ermapper.com/>.
- [9]<http://imageweb.aster.ersdac.or.jp/>.