

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

浅井 文男

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

Fumio ASAI

初等・中等教育機関における衛星画像の教育利用を図るため、気象観測衛星 NOAA が撮影した高解像度の衛星画像の教材化を試みた。教材用画像データを作成するために必要な画像データ受信システムの設置と画像データ処理ソフトの開発はすでに完了している。児童・生徒がインターネット上で衛星画像をインタラクティブに操作し、学習情報の抽出や学習課題の解決を図る学習システムのプロトタイプとなる Web サーバシステムを試作し、64kbps の PHS による接続環境下でも教材用 NOAA 画像をスムーズに表示・操作できることを確かめた。Java サーブレットの開発による衛星画像処理機能の実装と教材用 NOAA 画像データベースの構築が今後の課題である。

1. はじめに

静止気象観測衛星ひまわりの雲画像は我が国の初等中等教育機関の理科教育において広く利用され、その教育効果が確かめられている。最近では環境教育の進展とも相まって、地球観測衛星が撮影した衛星画像の教育利用も試みられている。アメリカ海洋大気庁が運用する気象観測衛星 NOAA シリーズが撮影した衛星画像(以後、NOAA 画像と表記)は波長分解能や空間分解能が高いため、気象、積雪、海流、流氷、植生、地形、火山活動、海洋汚染などに関する詳細な学習情報を抽出できる。NOAA 画像は気象庁を始め、多数の研究機関で受信され、画像データの一部は無料で提供されている。しかし、これらの画像データは研究や実務のために作成されたもので、初等中等教育機関の教師や児童・生徒が容易に利用できるものではない。よって、NOAA 画像のおもな教育利用形態は地球観測衛星が撮影した衛星画像と同様、教科書や資料集のような印刷教材に限られているのが現状である。

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。NOAA 画像を含む衛星画像の効果的な教材化を図るためにはネットワーク接続環境に対応した学習システム

の開発が不可欠である。筆者は NOAA 画像データ受信システムを設置し、画像データを受信するとともに、画像データを教育利用するために必要な画像処理ソフトの開発、視聴覚教材(SMIL コンテンツ)の作成、コンテンツ配信システムの構築を行った[1]。しかし、児童・生徒がリアルタイムに NOAA 画像を操作・共有し、主体的な学習活動を通じて学習情報の抽出や学習課題の解決を図れるような学習システムの設計・開発には至らなかった。

本研究の目的は我が国の初等中等教育機関の理科教育や総合学習における NOAA 画像の活用を推進するため、インターネット接続環境に対応した学習システムを設計・開発し、実用性と教育効果に対する実践的な評価を行うことである。学習システムは学習者にユーザインタフェースを提供する Java アプレットと、データベースに蓄積された画像データを処理する Java サーブレットで構成されるクライアント・サーバ型の分散処理システムとする。児童・生徒は使い慣れた Web ブラウザを用いたインタラクティブな操作によって NOAA 画像を表示・編集・加工・共有することで、能動的に学習情報の抽出、学習内容の理解、学習課題の解決などに取り組むことができるネットワーク対応型学習システムを開発する。

2. 気象観測衛星 NOAA と NOAA 画像

2.1 気象観測衛星 NOAA

アメリカ海洋大気庁 (National Oceanic and Atmospheric Administration) が運用する気象観測衛星 NOAA は平均高度 850km、公転周期約 100 分の極軌道を周回する準太陽同期衛星である。現在、12号、14号、15号、16号、17号が稼働しているが、基本的には 2 機体制で気象観測を中心とする観測業務が行われており、約 6 時間ごとにほぼ同じ地域の画像データが取得できる。画像データは気象、海流、海面温度、植生、火山活動など、さまざまな地球観測業務に利用されている。NOAA は画像データ取得用の光学センサーである改良型超高解像度放射計 (Advanced Very High Resolution Radiometer) を搭載している。AVHRR データは HRPT (High Resolution Picture Transmission) と呼ばれる伝送方式でリアルタイムで地上に送信される。筆者は実験室に AVHRR データ受信システムを設置している。

2.2 NOAA 画像の教育利用

ひまわりの雲画像はチャンネル数が 4 (可視 1、赤外 3)、空間分解能 (解像度) が 4 km であるのに対して、NOAA 画像のチャンネル数は 6 (可視 1、近赤外 2、中間赤外 1、遠赤外 2)、空間分解能は 1.1km である。また、ひまわりの雲画像はモノクロ画像であるが、NOAA 画像は情報抽出に適したカラー画像を容易に作成できる。各種のメディアや Web サイトで提供されているひまわりの雲画像は LR-FAX 画像と呼ばれる解像度を落とした画像データであるのに対して、本研究で使用する NOAA 画像はフル解像度の画像データである。よって、教育現場で使用されるひまわりの雲画像では不可能または困難であった低気圧や寒気の吹き出しに伴う雲の構造と移動、海面温度や海流の分布と変化、流水や積雪域の成長と消滅、森林や水田の季節変化、植生の経年変化、火山の噴煙や海洋汚染の経時変化、海岸線／湖沼／河川／山脈等の陸域地形などに関する精緻で多彩な学習情報の提示や取得ができる。理科教育や総合学習における NOAA 画像の教育利用はこのような自然現象や地球環境に対する児童・生徒の知的好奇心の喚起や学習の動機付けに役立ち、知識の確実な習得や学習内容の正確な理解を容易にすることが期待できる。開発する学習システムは児童・生徒が問題意識に基づいてインタラクティブに画像を操作・共有できるので、課題研究や総合学習においてはたとえば流水の移動速度の推定やカルマン渦列の発生メカニズムの調査のような探求的あ

るいは解析的な学習活動の展開を可能にするものと期待される。

3. 画像データとサーバシステム

3.1 ECW 画像フォーマット

NOAA 画像から学習情報を正確に抽出するためには波長分解能、空間分解能、輝度分解能を落とさない画像データが必要である。しかし、フル解像度の NOAA 画像のファイルサイズは 1 シーンあたり約 50MB と非常に大きい。フルカラー画像データの圧縮に使用される JPEG 形式は、圧縮率を大きくすることでファイルサイズを小さくできるが、画質が著しく低下するうえ元の画像を復元できない。本研究では学習システムが提供する NOAA 画像データに ECW (Enhanced Compression Wavelet) 形式を採用する。ECW 形式は ERM (Earth Resource Mapping) 社が開発した画像圧縮方式で以下のような特徴をもつ。

- 1) フルカラー画像のファイルサイズを 100:1 まで圧縮可能で、画質はほとんど劣化しない。
- 2) 画像の任意の領域を任意の画質で復元できる。
- 3) 圧縮時に画像サイズ、バンド数、圧縮比、セルの大きさ、セルの大きさの単位、投影法などのヘッダ情報として記録できる。
- 4) 圧縮時に画像情報をクラスタリングするので、展開時のディスクアクセスが減少する。
- 5) 圧縮時に中間ファイルが生成されないため、大容量の画像データでも少ないメモリとディスクスペースで圧縮できる。
- 6) 圧縮ツールやビューソフト、プラグインソフト、開発キットなどがフリーソフトとして提供されている。
- 7) 圧縮アルゴリズムの特許が取得されていない。

特徴 1) と 4) はネットワーク上のデータベースやローカルの記録メディアに蓄積された NOAA 画像への高速なアクセスを可能にする。特徴 2) は NOAA 画像のインタラクティブな画像操作を可能にする。特徴 3) は NOAA 画像からの定量的な情報抽出を可能にする。特徴 6) と 7) は学習システムの効率的な開発を可能にする。

3.2 Image Web Server

ERM 社は ECW 形式で圧縮された画像データをネットワーク上で高速に伝送するためのプロトコル ECWP (Enhanced Compression Wavelet Protocol) を開発し、ECWP を実装したサーバシステムソフトウェア IWS (Image Web Server) を提供している [2]。IWS は地球観測衛星 TERRA が撮影した高解像度画像データをイ

ンターネット上で公開するために使用されている[3]。本研究では学習システムの中核を占めるサーバシステムのコアコンポーネントに IWS を採用する。IWS は Microsoft Windows Server 上の標準的な Web サーバである Internet Information Sever(IIS)のアド・オンソフトとして動作し、Web ブラウザによる高速な画像表示や、マウスによるインタラクティブな画像の移動・拡大・縮小などを実現する。IWS が提供するさまざまな画像の表示・操作機能と画像情報の取得・設定機能は以下の 4 種類の API を実装した Web ブラウザやビューソフトでアクセスすることができる。

- 1)NCSLayeredView Control
- 2)NCSToolBar Control
- 3)NCSProgressBar Control
- 4)NCSRenderer Control

3.3 クライアントソフト

ERM 社は IWS をアクセスする API を既存のさまざまな Web ブラウザや画像処理ソフトなどに組み込むためのプラグインを提供している。Web ブラウザで IWS をアクセスすればプラグインがダウンロードされ、インストールされる。Web ブラウザにプラグインを組み込めば、IWS が提供するすべての機能が利用できるが、以下のような 2 つの問題点がある。そこで IWS Ver.1.7 からは Java アプレットも使用できるようになった。多くのプラットフォームと Web ブラウザが Java アプレットに対応しているため、本研究では IWS に標準添付される Java アプレットを学習システムのプロットタイプのクライアントソフト(ユーザインターフェイス)に採用する。

- 1) Web ブラウザごとにプラグインが異なるので、ダウンロード時にユーザーが適切なプラグインを選択しなければならない。
- 2) ECW 画像データを埋め込んだ HTML ファイルのすべてにプラグインのバージョン情報を記述しておかなければならない。

4. 学習システムのプロットタイプ

4.1 Web サーバ

本研究で開発する学習システムは 50 人の同時利用を可能にするため、サーバソフトウェアを Windows Server 2003 Web Edition、Internet Information Server 6.0、Image Wevserver ER Mapper Edition で構成する。まず、研究の第 1 段階として、表 1 と表 2 に示すハードウェアとソフトウェアを使用して学習システム用 Web サーバのプロットタイプを構築する。Windows 2000 Professional の IIS

と IWS の Free Edition にはさまざまな機能制限が設けられているので実用性には乏しいが、ECW 形式の NOAA 画像と IWS の親和性や Java アプレットの操作性などに関する調査・検討・評価には問題なく使用できる。

表 1 Web サーバのハードウェア

DOS/V PC : Pentium III 1GHz, 512MB, 40GB HDD
--

表 2 Web サーバのソフトウェア

OS : Windows 2000 Professional
IIS : Internet Information Services 5.0
IWS : Image Web Server 1.7 Free Edition

4.2 Web ページ

Web サーバ上に開設した Web ページの HTML ファイルに ECW 形式の教材用 NOAA 画像の URL を埋め込み、NCSLayeredView Control や NCSToolBar Control のステートメントを記述することで、Java アプレットによるアクセスが可能になる。教材用 NOAA 画像は筆者の実験室で受信・取得した AVHRR データに以下の操作を順次適用して作成した。図 1 に試作した Web ページを示す。

- 1) 幾何学補正(メルカトル図法によるマッピング)
- 2) 経度線、緯度線、海岸線の書き込み
- 3) 8bit/256 階調の BMP 画像への変換と切り出し
- 4) 濃度変換やカラー画像合成などの画像処理
- 5) ECW 形式への変換(圧縮率は 20:1)

Web ページは以下の 4 つのフレームで構成される。

- 1) 画面上のフレーム

学習テーマのタイトルとその概説を表示する。

- 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、学習テーマや表示画像の選択方法、ツールバーやマウスの使い方、画像の移動・拡大・縮小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ると、テーマに関連する NOAA 画像のサムネイルが画面右のフレームに表示される。サムネイル画像はカラー画像とそれを合成するのに必要な 3 チャンネルのグレースケール画像で構成される。

- 3) 画面中央のフレーム

選択された NOAA 画像を NCSLayeredView Control で表示するフレームである。

- 4) 画面右のフレーム

ダウンロード、操作選択、NOAA 画像のサムネイル

で構成されるフレームである。ダウンロードの NCSProgressBar Control は画像データのダウンロードの進行状況を視覚的に表示する。操作選択の NCSToolBar Control のアイコンは左から順に移動、拡大・縮小、領域選択、画像情報取得、初期化の機能選択ボタンである。具体的には、「手」のアイコンをマウスで左ボタンクリックし、画面中央の画像上でドラッグすれば、画像を上下左右に自由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、画面中央の画像上でドラッグすれば、画像を自由に拡大・縮小することができる。「手」と「虫眼鏡」の機能に関しては、画像上でマウスの右ボタンを使用すればアイコンをクリックし直さなくても互いに逆の操作ができる。表示・操作したい NOAA 画像の選択するにはサムネイル画像をクリックする。

図1の画面中央に表示されている NOAA 画像はチャンネル3、2、1の画像データにそれぞれ R、G、B を割り当てて合成したフォールスカラー画像である。山岳地帯の積雪域や氷結した雲域は空色、針葉樹林帯などの植生域は緑色、市街地/農地/広葉樹林帯などの非植生域はレンガ色で表示され、積雪、氷結、植生などの状況や東シナ海上で発生したカルマン渦列が判読できる。画像データの圧縮率は20:1、画像サイズは1596×1365ピクセル、ファイルサイズは356KBであるが、64kbpsのPHSによるインターネット接続環境下でも約15秒で画像全体が表示され、マウスによる拡大、縮小、移動の各操作もスムーズに行えることが確かめられた。試作したWebサーバのプロットタイプは標準的なDOS/Vパソコン、Windows 2000/XPのIIS、フリーソフト版のIWSで構成されるので、初等・中等教育機関の校内LANに容

易に導入できる。同時接続可能なクライアントは最大でも10台に限定されるが、カスタマイズ、ユーザー管理、セキュリティ対策などが容易にできるので、少人数での利用であれば実用性はあるものと考えられる。

5. おわりに

本研究で採用したJavaアプレットは濃度変換、空間フィルタリング、画像間演算、カラー画像合成などの画像処理を実行できない。探求的あるいは解析的な学習活動を可能にするには衛星画像処理の実装が不可欠である。Javaアプレットに画像処理機能を実装すると、アプレットのパフォーマンスが低下する。そこで本研究ではERM社が提供するJava SDKを使用して、クライアントが要求する画像処理をサーバ側で実行するJavaサーバレットを開発する。さらに教材用のNOAA画像データを蓄積した画像データベースを構築し、さまざまな学習テーマにNOAA画像が活用できるシステムを完成させることが今後の課題である。

本研究は平成15年度科学研究費補助金(特定領域研究)課題番号15020267の支援を受けている。

参考文献

- [1]浅井文男、平野年恵、有本和恵、花田和香子、SMILを利用した衛星画像のマルチメディア教材化に関する研究、松下視聴覚教育研究財団第8回研究開発助成報告集, pp.182-191, (2002).
- [2]<http://www.ermapper.com/>
- [3]<http://imageweb.aster.ersdac.or.jp/>

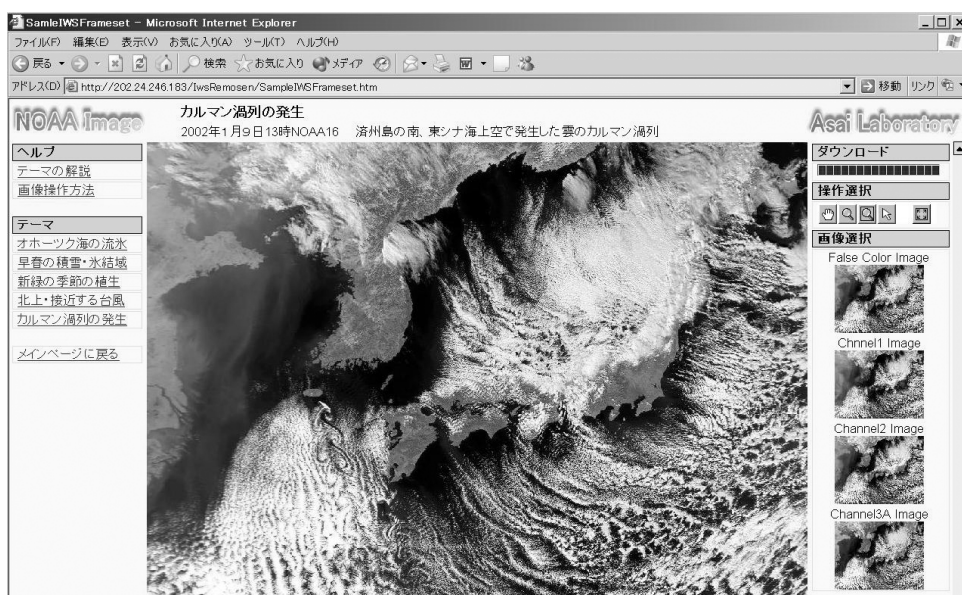


図1 試作したWebページ(テーマ:「カルマン渦列の発生」のカラー画像が表示されている)