

地球環境データ視覚化システムの構築

生駒 栄司 沖 大幹 喜連川 優

東京大学生産技術研究所

E-mail: {eikoma@tkl,taikan@rain, kitsure@tkl}.iis.u-tokyo.ac.jp

概要

近年の地球環境への関心の高まりとともに、リモートセンシングデータを始めとする多様な地球環境データをデジタルライブラリ化したシステムへの需要が高まりつつある。しかし、そのデータ源の多様性に対応可能なデータ形式の統一的管理手法や、柔軟な検索手法、効果的な視覚化手法など課題も多い。本研究では21組織によって収集された1000種類約30000データを対象とし、一般に利用可能な地球環境データ視覚化システムの構築を行っている。本システムは多様なデータの自動導入を実現する導入部、柔軟な要求に対応が可能な検索部、動画やVRMLを用いた視覚化部の3つから構成されており、本論文ではそこで用いた具体的な手法およびその結果について述べる。また、本システムは昨年末から一般に公開し運用を行っており、主に地球環境工学関連の研究者から多くのフィードバックを得つつある。本研究ではそれら利用者の意見を参考にしながら改良を重ねている。

Development of Earth Environmental Data Visualization System

Eiji Ikoma Taikan Oki Masaru Kitsuregawa

Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

Abstract

Recently as the interests to the earth environment increases the research on the Digital Earth is getting much more popular which tries to interpret all kinds of earth environmental data such as remote sensing data. However, there remains many problems such as the way to unify the format of data which were collected from various data sources, the development for the interface to enable users to search data flexibility, the method to visualise vast amount of the data. We are developing Earth Environmental Database system which contains 1000 kinds, 30000 data obtained from 21 organizations and open to the public. In this paper, three major components are described; data injection section, data search section and data visualization section. We are also improving our system considering the users' opinion, especially taken from earth environmental researchers.

1 はじめに

昨今の地球環境への関心の高まりとともに、リモートセンシングデータをはじめとするさまざまな地球環境データへの需要が高まっている。それらのデータ種類・形式は多岐に渡るため、米国ゴア副大統領も指摘しているように [1]、現状では多くの研究者はその膨大な生データに圧倒されているのが現状であり、多くデータは未利用のまま眠っているとされている。その一つの障壁は取り扱いの煩わしさによるところが大きく、現状では多くの場合、データを直接眺めたり手作業で画像化を行ったりすることによって利用されている。

そこで近年、これら地球環境データを一元的に管理し、ネットワークを経由して自由に取得・閲覧可能なデジタルアースの研究開発が行われつつあり [2][3][4][5][6][7][8][9]、昨今のインターネットの普及とともにこのデジタルアースの需要はさらに増大すると思われる。

本研究室では、1983年からアメリカのNOAA衛星、1995年からは日本のGMSデータの受信を行っており、そのデータの蓄積とGopher、Webを通じたデータ配布サービスを提供している [10][11]。このシステムは現在までに地球環境分野の研究者に幅広く利用されてきているが、地球環境シミュレーションの分野においてはさらに多くのデータが必要とされている。

そこで本研究では、1998年から地球環境分野の研究者とも協力し、より多くの地球環境データの利用が可能なシステムの開発を始めた [12][13]。以下では現在まで構築を進めて来たシステムについて、その構造をデータ取得、検索、視覚化の大きく3つの要素に分けて述べるとともに、そこで用いた手法やその検討結果を示し、現状の課題および今後の方向性について述べる。

2 地球環境データベース

2.1 地球環境データの特徴

本研究で対象としている地球環境データは、一般のデータベースなどで対象とする文書データや数値データなどと比較して、以下に示すようないくつかの特徴的な性質を有している。

- 大容量データ

特に衛星画像において顕著であるが、一般に地球環境データの容量は非常に大規模である。例えば、米ランドサット衛星の場合は全球に対して最大15mの解像度で定期的に撮影を行っており、1日あたりの原データ容量は数10GBに達する。取得されたデータの解像度のみならず、その取得時間間隔が頻繁であればそれだけ総データ容量は増加することになり、しかも、ここで示したデータ量はあくまで受信時の原画像のものであるため、一次的な処理である幾何補正などを行ったものも含めるとこの数倍にも数十

倍にもなる。

- 時系列データ

地球環境工学に関するデータのほとんどは、時々刻々と変化する値であるため、属性としてそのデータが観測された時刻情報を持つことが多い。例えば、1時間おきの雲の写真、各月平均気温データなどがあるが、これら時系列データは、アニメーションによる動的变化の把握や時系列間の差分データの利用など、さまざまな有効な利用法が想定される。

- 空間・時間解像度の多様性

何kmの精度を持つのかを示す空間解像度、何時間あるいは何日ごとのデータかを示す時間解像度がデータによってまちまちであるのもこれらのデータの特徴である。具体的な利用においても、必ずしも空間および時間について高解像なものを必要としない場合が多く、用途に応じた処理を行わなければ、処理時間の浪費や記憶領域の圧迫などの点で多くの無駄を生じさせることになる。

- 用途の多様性

例えば衛星画像データに関してでも気象・水文・地質・植生・土壌・資源など、さまざまな分野において利用されており、特に温度や湿度といった基本的なデータについては多方面で需要がある。しかし、その用途によって前述のように必要とされる解像度がさまざまであり、また1次的な幾何補正のみならず数多くの処理を行ったデータを利用していく場合が多い。

- データ間の相関性

衛星画像の場合、波長帯の異なった多くのセンサを用いて同時に撮影が行われており、同時刻の画像は元々は同じ時点での撮影であるので相互に深い相関性を持っている。また、異なった手法で同一地域を同一時刻に観測したデータ(気温データにおける衛星画像によるものと定点観測によるもの)や、あるデータが別のデータを誘引する要素となっているもの(降水量データ・土壌分類データ・植生データと河川の流量データなど)なども相関性が深い。

2.2 地球環境データベースの必要性

上述のように多くの特徴を持ち、用途も非常に多岐に渡る地球環境データであるが、その膨大性や多様さ故の扱いの繁雑さのために、研究者にとって十分実用的なシステムが今日までほとんど公開されていなかった。

しかし、昨今のインターネットの普及により、多くの研究者がWebの利用環境を容易に手にいれることが可能となり、Webを用いてこれらのデータを容易に利用可能なシステムの構築が求められるようになってきた。

2.3 本研究における設計指針

本研究では地球環境データベースを大きく以下の3つの部分を中心として検討を行い、構築を試みた。

- データ導入
- 検索
- 視覚化

まず、ゴア副大統領の演説でも指摘されていたが、現在眠っている膨大なデータをいかに活用するかが1つめの課題である。昨今の大容量データストレージの低価格化もあり、データを保存するデバイスの問題は解決されつつあるが、最大の問題はデータの供給元の幅広さに起因するデータ形式の多様性である。これを解決し、整形を行ってからデータベースに導入するのが最初のステップであると思われる。

次に、そのデータを自由に引き出せるような検索手法を提供することが必要とされる。一般的なデータ種類やファイル名による検索に加え、空間や日時を指定した検索、さらにデータ種類の相関性に基づいた検索などの検討を行っている。

最後に、それら検索され取得されたデータの視覚化手法の検討が重要である。一般的な色によって表現した静止画像に加え、時系列データの特色を生かしたアニメーションムービーや、近年標準的になりつつあるVRML (Virtual Reality Modeling Language) を用いた3次元動画による表示を取り入れている。

これら各段階について、本システムで用いた具体的な手法とともに以下に述べる。

3 本システムの特徴

3.1 データ導入

現在運用されているシステムの中には、ART+COM[6]やUSGS[7]などのように、同一フォーマットに従ったデータごとにそのフォーマットの変換フィルタを作成し、適用することでデータの導入を行う例も見られるが、自組織による収集データの公開のみを行うなど、データの形式が既知である場合にのみ有効な手法であり、本研究で対象としたような多くのデータソースから集めたデータの場合には同様の手法の適用は困難である。

そこで本システムではデータが格納されているディレクトリの指定を行うことで、そこに含まれているデータの形式の認識および整形を行い、そのデータから得られる時刻情報も含めたテーブルの生成および階層的なディレクトリへの格納、HTMLによるインデックスページの作成を自動で行うツールの開発を行い、表1に含まれる各データを対象として実験を行った。

3.1.1 データファイルの構造

上述のように、地球環境データは多様な構造を有するが、一般的にそのファイル構造は次の5つのいずれかに

該当する場合が多い。

- データごとに分割され、ファイル上部および下部に付加情報を含む
- データごとに分割され、付加情報は含まない
- すべてのデータを結合して1ファイルになっており、各データの上部および下部に付加情報を含む
- すべてのデータを結合して1ファイルになっており、ファイルの上部および下部に付加情報を含む
- すべてのデータを結合して1ファイルになっており、付加情報は含まない

以下では形式の認識手法について述べる。なお、本研究では付加情報部をその位置によってヘッダ部あるいはフッタ部、それ以外の部分をデータ部と呼んでいる。

3.1.2 データの導入

本研究で開発した導入ツールは、以下の順で処理を行う。

1. 解凍処理・アスキー変換

対象ファイルの圧縮の有無および圧縮形式の決定、バイナリデータのアスキー変換を行う。

圧縮に関してはヘッダ中の記述およびヘッダのフォーマット、ファイル名の拡張子を利用した推定を行い、解凍処理を行う。解凍後のデータに対し、1データあたりのバイト数、バイトオーダーを決定するために、各形式と仮定した後いくつかのサンプル点に対して、隣接するピクセルとの差の計算を行い、その差が最小となる形式を選択している。

これらの処理を実行後、データのアスキー形式への変換を行う。

2. 複数のデータが含まれるファイルの分割

時系列データが1つのファイルに結合されている場合など、区別が1データ1ファイルではない場合の分割を行う。

データ部の配列が単調な数値列である点を利用し、規則的な数値列が文字列などを含むヘッダと類推される部分を挟んで連続して出現した場合を分割必要と判断している。その際、ファイル最前部から1つ目の単調な数値列(データ部)の開始点までを1つ目のヘッダとし、そのバイト数をヘッダサイズと決定する。また、次の境界部分の文字列の下部からヘッダサイズ分上がったところまでを1つ目のフッタと2つ目のヘッダとの境界としている。

3. データの数値型の認識

含まれるデータの数値型のチェックを行う。

数値型のチェックは整数小数の区別、負の数の有無を調べ、その際に同時に最大値・最小値を決定している。

ETOPO5:5-Minute Land and Sea Elevation Grid Data	陸域・海域の5分メッシュのデジタル標高データ。単位は(m)。経度方向 4320pixel × 緯度方向 2160pixel × 4byte.
GTOPO30:Global 30-Arc Second Land Elevation Grid Data	陸域のみの30秒メッシュのデジタル標高データ。単位は(m)。赤道付近での解像度は約1kmである。経度方向 43200pixel × 緯度方向 21600pixel × 4byte.
Global Data Sets for Land-Atmosphere Models	植生, 土壌, 雪氷, 雲, 放射量, 海水面温度, 湿度などさまざまなデータを元に生成された約600種類 20000ファイルに及ぶデータセット集。時間解像度は3時間~1カ月, 各2年分.
Global Soil Wetness Project Data	上述 Global Data Sets for Land-Atmosphere Models を用いて, 本プロジェクトに参加している10の研究機関がそれぞれの方針で算出したデータ集。時間解像度は3時間~1カ月, 各2年分。約500種類, 10000ファイル.
GMS S-VISSR Data	日本の気象庁の衛星 GMS(ひまわり) データで, 本研究室で1995年から受信しているデータ。表2参照.
NOAA AVHRR Data	アメリカ海洋大気庁の衛星 NOAA データのうち, 本研究室で1980年から受信している日本周辺のデータ。表2参照.

表 1: 本システムで用いたデータ

	GMS	NOAA
チャンネル数	4(赤外3, 可視1)	5(可視2, 赤外3)
1回の受信量	赤外約6MB, 可視約84MB	約20MB(/channel)
受信回数(/日)	24回	6~8回
年間の受信量	約1TB	約0.3TB

表 2: GMS, NOAA データ

4. データ部以外からの属性情報抽出

ヘッダ部分などに含まれている記述中から、属性と思われる情報の抽出を行う。地球環境データに多く含まれる情報として、日時、期間、解像度、データ種類、欠損データ表記などがあり、本ツールでは各属性の表記上の特徴を利用して次のような処理を行って抽出している。

日時 ヘッダ中およびファイル名から年、月、日、時刻の推定を行う。あらかじめ手作業で作成したこれらの典型的な表記方法を含むテーブルとの比較に加え、日時あるいは時刻と類推可能な数値範囲に含まれる値を検索する。また、ヘッダ情報からの場合、時刻における「:」など特有の表記方法が検出された場合はその情報を利用した解析を行う。

該当データが検出された場合、その同じ場所の他のデータの値を順に抽出し、その差が一定に範囲内であり、周期性が存在すれば日時情報としている。

期間 ヘッダ中から日時と思われる表記の直後で、24(時間) および 7(日/週) の倍数の検索を行う。さらに、

時間数として24の約数(3,6,12など)も同様に検索する。

また、上記の日時情報の検索時の周期が一定である場合、その差を期間とする。

その他属性情報 数値単位(mmHgやkmなど)、Copyrightなどの表記の抽出を行う。

欠損データ表記法 0000,9999,-9999,0.00など一般的に用いられる値を登録した参照テーブルと、過去の認識履歴から生成された履歴テーブルを用い、ヘッダ中から欠損データ表記と思われる値を抽出し、欠損データ表記候補とする。

縦横画素数 ヘッダ部に含まれる数値から、180の倍数および約数、1:2の比率を持つ連続した数値部分を検索し、縦横画素数値の候補とする。

5. データ部の解析

欠損データ表記の決定 欠損データ表記法の決定は、まずデータ部の各値の出現頻度の最も高いものを検索を行う。この値が上述のヘッダ部の解析で用いた参照テーブルおよび履歴テーブルに含まれた数値である場合その値を欠損データ表記と決定する。含まれない場合で、出現頻度が他と比較して著しく高い場合にはその値とし、新たな欠損データ表記法として履歴テーブルに加える。

この際、1桁あるいは2桁の数値は欠損表記とは認識しない。これは、NDVIなど含まれるデータが指標的な数値である場合を考慮するためである。

縦横画素数の決定 ヘッダ部で抽出された値がある場合には、データ部の項目数と比較して妥当であればその画素数に決定する。全く抽出されていない場合、改行コード数から推定した値で縦横比を算出し、同様の処理を行う。

6. 投影法認識, 変換

本プログラムでは、対象データが正距方位、ボンヌ、グード、等緯度経度の4つの投影法のいずれに属するかを推定する。

対象データに対し、各図法を等緯度経度座標系に変換する処理を行う。その結果の輪郭の形状を等緯度経度座標系の形状と比較し、類似したものがある場合はその図法であると認識しその結果を以下の処理対象データとする。

該当しない場合で全データに値が入力されている場合は等緯度経度座標か、領域の一部のデータであると推定し、変換処理は行わない。

7. 位置認識

全球の海岸線データとの比較を行い、45度単位で緯度経度方向に順に移動させ、最も形状が一致する位置のデータを用いてそのファイルの中心緯度経度を決定し、東西経180度を中心とする表記方法に変換する。この過程で該当しないデータは部分領域データと判断し、より詳細な1度単位で同様の処理を行う。

これらの処理後、データ種類および取得日時情報に従ったディレクトリ構造を作成し保存を行う。

3.1.3 結果

一般に広く用いられるデータの中から、21組織が個別にデータを収集した結果その形式の不統一性が顕著な Global Data Sets for Land Atmospheric Models および Global Soil Wetness Project Data を対象とし、本プログラムによる処理を行った。これらに含まれる全28921データに対して上述の自動処理を行った結果を表3~6および図1に示す。

表3は、1つ前の段階の処理を通過したデータのみを対象にし、検出率は各処理における値である。

表4はヘッダ部からの情報取得数であり、対象としたのは表3でヘッダ部を持つと認識された3815ファイルである。ここでの誤検出とは、同じシリーズでありながら同じ値の場合(日時)、後述のファイル名から抽出された日時情報も含めてその差から推定される期間との不一致(期間)、データ数との不一致(画素数)、データ中にも含まれず参照・履歴テーブルにも含まれない場合(欠損表記)である。

表5はファイル名の解析結果であり、日時の誤検出とは日時のような表記でありながら他に同種のデータが存在

内容	対象数	検出数	検出率 (%)
解凍処理・アスキー変換	28921	28813	100
ヘッダ分離・ファイル分割	28813	25319	87.9
数値型認識	25319	24991	98.7
縦横画素認識	24991	24051	96.2
投影法認識	24051	20372	84.7
位置認識	20372	20160	98.9

表 3: データの自動認識率 (対象数:28921)

情報	取得数	誤検出数
日時	731	61
期間	3025	135
縦横画素数候補	3211	332
欠損表記候補	201	132

表 4: ヘッダ部からの情報取得数 (対象数:3815)

情報	取得数	誤検出数
日時	21031	91
圧縮形式	1339	221

表 5: ファイル名からの情報取得数 (対象数:28813)

情報	取得数	誤検出数
欠損	3302	132

表 6: データ構造から欠損情報取得数 (対象数:24991)

しない場合、圧縮形式はその拡張子通りの圧縮形式ではなかった場合とした。

表6は表4で取得された欠損データ表記候補も利用して抽出を行った結果であり、誤検出とは頻度の高いものが2つ以上検出され、1位の値がテーブル中に含まれず2位の値が含まれる場合である。

3.1.4 検討

表3における検出失敗要因を分析すると、まず解凍処理・アスキー変換における失敗のほとんどは破損ファイルや不完全ファイルであるため、特にこれ以上の処理は必要ないと思われる。また、数値型認識における失敗原因も、その表示形式が整数にも小数にもあてはまらないもの(-1.2.3 や 1-1 など)であるため、データ作成時以外の対策は不可能である。

この処理で大きく検出数が減少するのはファイル分割およびヘッダ分離処理と、投影法認識の段階であるが、前者は特にヘッダ部とデータ部の境界の認識失敗によるものが多いため、これは、ヘッダ表記が数値のみであったりその後半部がデータ部の形式に類似しているためにヘッダ終

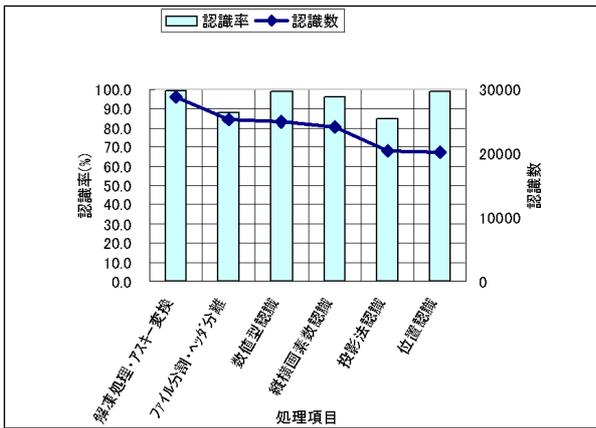


図 1: データの自動認識率

了位置の認識を失敗したためなどである。現在その規則性などをさらに解析中で、分析処理プロセスを改良する予定である。

ヘッダ部からの情報は、実際に含まれていて検出できない場合と、最初から含まれていない場合との判別が不可能であるため、誤検出数が最小となる閾値の設定が適当であると思われる。

縦横の画素数の認識は、ヘッダ部からの情報も利用して分析を行っているが、失敗する際のほとんどはその情報と実際のデータ数がマッチしない場合に起こっている。一部領域データのほとんどは改行コードが各緯度ごとに含まれているためにほぼ認識は成功している。

欠損データ表記法は、同一シリーズ内のファイルは同一表現を使っている場合が多いため、現状の各データごとの認識に加えそのシリーズ内の情報も利用した手法を検討している。また、欠損表記はそのデータに添付されているテキストファイル中に明示的なキーワードとともに記述されている場合も考えられるので、その内容からの抽出も試行中である。

3.2 検索

本システムで管理している属性情報を用いた検索手法としては、

- 時刻を指定した検索
- 場所を指定した検索
- データ種類による検索

などが考えられる。

本システムでは、これらの条件を任意に組み合わせて検索が可能であり、かつ容易な操作性を持つインターフェースの実装を行った。また、その結果の視覚化システムの構築も同時に行った。

3.2.1 3方向からの検索

本システムでは、現在一般に用いられている検索手法である時刻、場所、データ種類の各項目を自由に切り替え

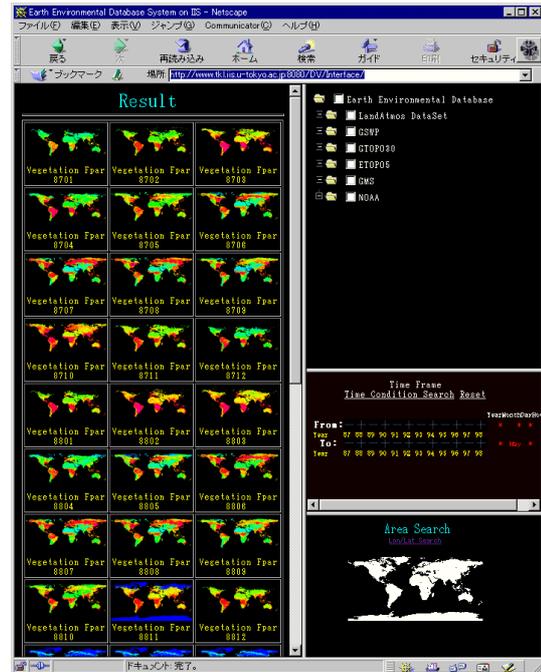


図 2: 3方向からの検索

ながら検索を行うことの出来るインターフェースを実装する。すなわち、3つの検索条件を別々のフレームで指定を行い、いずれかの条件が指定された時点で随時その結果が反映されて結果ウィンドウにその該当件数とともに候補が表示される2のような構成をとっている。

各検索部の具体的な構成を以下に示す。

3.2.2 データ種類による検索

データ種類による検索は、図3のようにデータの種類ごとにツリー構造になった画面上をクリックすることで条件の設定を行う。各データは前章の自動認識結果に基づく階層構造になっており、上位のグループ名をクリックすることで下位のグループあるいはデータが表示される。データの選択はデータ名の前にあるチェックボックスをクリックすることで行われる。

データグループごとの選択を考慮し、上位のデータグループのチェックボックスをクリックすることでそれより下の階層にあるすべてのデータに自動的にチェックされる。

3.2.3 時刻による検索

時刻による検索は図4に示すスケールを繰り返しクリックすることで指定する。このスケールは1度クリックごとに10年、1年、1月、1日と順に詳細な目盛が表示され、任意の精度まで容易に指定が可能である。期間終了時指定欄は期間開始時指定欄から1階層遅れて同期しているため、ユーザが指定する最も詳細な開始日時の階層と同じレベルの指定のみで確定されるが、独立した指定も

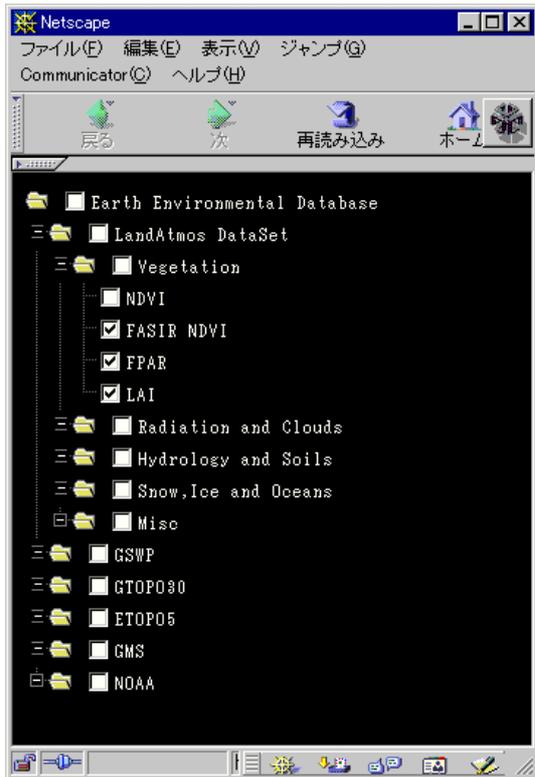


図 3: データ種類による検索



図 5: 1987年3月～5月の指定



図 6: 緯度経度による検索



図 4: 時刻による検索



図 7: 地図による検索

可能である。

3.2.4 場所による検索

場所による検索は、図 6 のように緯度経度を指定した検索と、図 7 に示すような地図上のクリックブルマップを用いた検索が可能である。

クリックブルマップの場合、マウスのドラッグによって領域の指定を行うと、図 8 のように 1 階層精細な画像での指定が可能になり、任意の詳細度での指定が行える。

3.3 データの視覚化

検索によって該当したデータに対して、本システムではいくつかの視覚化手法を提供している。

多くの地球環境データは地理参照型であるため、一般的な地図のようにその位置ごとの値によって着色した点



図 8: 拡大された地図

を描画し、2次元画像として表示する場合が多い。また、ネットワークコストの高価な現在のインターネット環境では、大容量になりがちな高解像度のデータを視覚化したものを受信できる環境は限られているため、低解像度や非常に狭い範囲での画像のみの提供を行っているケースがほとんどである。

そこで本システムでは、通常の数値形式や2次元画像の表示に加え、LOD技術を採用入れた時系列アニメーションおよびVRMLを用いた視覚化システムの実装を行った。

3.3.1 時系列アニメーションの利用

地球環境データにおいては、取得されるデータそのものが時系列である場合が多いため、画像を連続的に表示するアニメーションを利用することはその動的変化の把握に有効である。本システムでは、検索によって得られたデータに対し、各静止画像をつないだアニメーションを動的に生成・表示することが可能とした。その際、ユーザがそのアニメーションに対して、検索部分で指定した時間範囲および空間範囲に加え、以下の条件を設定することができる。

- 時間解像度
- 空間解像度
- 動画フォーマット
- MPEG 圧縮率

時間解像度で単位時間あたりに表示するフレームの枚数を決定し、空間解像度で画素の精密度を決定する。

動画フォーマットの条件はMPEG、アニメーションGIF、Java Applet から選択が可能であり、MPEGを選択した場合にはその圧縮率の指定が可能である。

3.3.2 VRMLの利用

本システムでは、VRML 2.0に準拠したブラウザを用いることで、データを3次元的に見ることが可能である。全世界分データを眺める場合には球体上にマッピングすることで地球外から地球を見たような状態を表現することが可能であり(図9)、また前述のETOPO5やGTOPO30など標高データを用いて3次元マップを作成し、その上にデータの値を表示することで3次元的なデータ地図を表現することができる(図10)。

また、あるデータを示した平面的な画像に別のデータを高さ情報として与えることで複数のデータの観察とその相関性の分析に有用であり(図11)、同じVR空間上に別のオブジェクトとして結果を表示することでその差異や相関の分析が可能となっている。

さらに、前述のアニメーションをVRMLとJavaを用いて実現することで3次元的な動的変化の観測などの用途が考えられる。

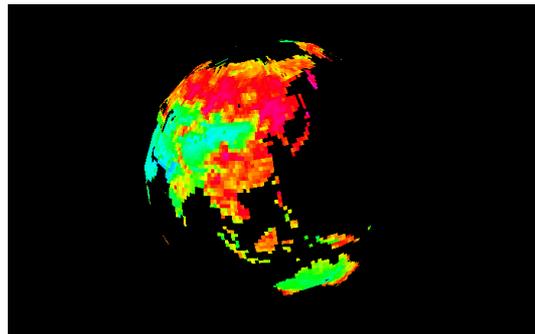


図 9: 球面マッピング

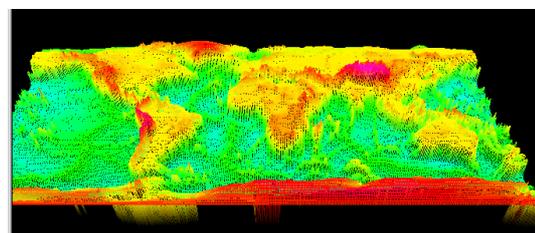


図 10: 3D マップ

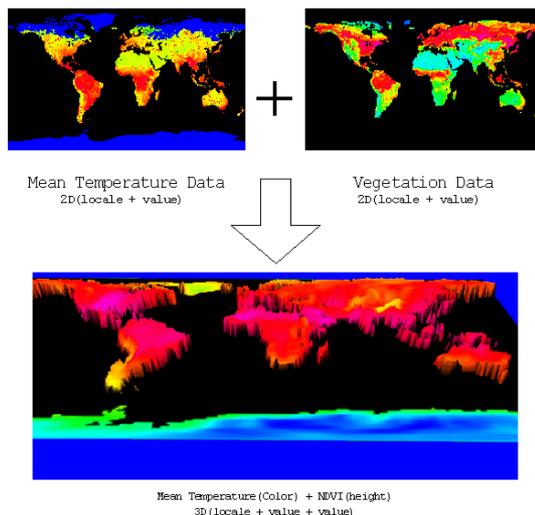


図 11: 複数データの表示

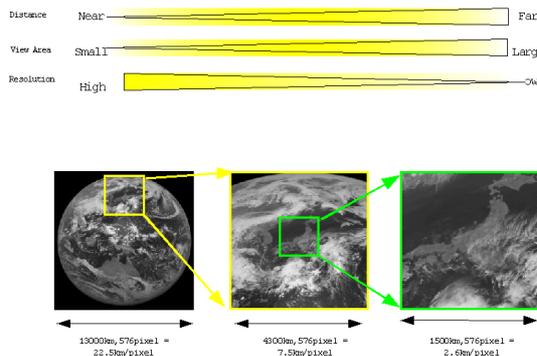


図 12: 空間 LOD

3.3.3 空間・時間 LOD の適用

これらアニメーションや VRML を利用する際の最大の問題はファイルサイズである。元データがすでにかなり大容量なものが多い上に、それらを複数組み合わせたデータ量は膨大になる。そこで、本システムでは CAD などでも用いられる LOD (Levels of Detail) を空間および時間軸に対して用いることでその転送データ量を削減している。

ユーザとオブジェクトとの距離によって表示する画像の解像度を変える空間 LOD は、本システムで対象とするデータのような巨大なファイルには非常に有効な手法であり、図 12 のように、VRML ワールド内でユーザが接近したエリアのみ高精細な画像を送信している。このようにすることで、オブジェクトとの距離が近づくにつれて中心部は解像度が上がるが、その周辺のデータは送信を行わないため、それほどデータ転送量が増えずに詳細な画像の視覚化が可能となる。

本システムではこの手法を距離における LOD に加え、オブジェクトの形状の複雑さに起因するポリゴン数による LOD も行っている。この場合、複雑な場所の場合はより近接しないと詳細なデータは表示されないが、転送時間を遅延させる原因であるファイルサイズはこのポリゴン数に依るところが大きいため、ユーザにとってのレスポンスの改善には非常に有効である。

また、アニメーションファイル生成時には時間的な LOD も同時に適用している。図 13 に示すように、長期間に渡るアニメーションを利用する際に、そのフレーム数を減らすことでデータ量を削減している。すなわち、フレーム間隔を次第に短くすることでユーザの関心のある時間域へとドリルダウンしていく手法を提供している。

4 システム構成

全体のシステムとしては、表 7 のハードウェア・ソフトウェアを用いて構成されている。さまざまな手法で集められたデータは、データアーカイブの段階でそのフォーマットや種類の認識が行われ、本システムで用いている

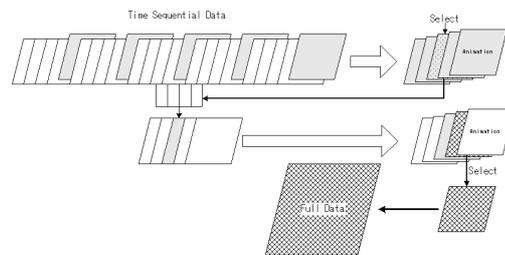


図 13: 時間 LOD

Web サーバ・データ処理サーバ	Sun Enterprise 6500(UltraSPARC-300MHz × 6,2GB Memory)
大規模記憶装置	Sun StorEdge A5000(250GB), STK WolfCreek 9360 + RedWood SD-3 System(80TB)
ソフトウェア	OS: Solaris 2.6 httpd: Apache httpd-1.3.0 その他: csh, awk, sed, c, java 1.0, vrml2.0 など

表 7: 構成ハードウェア・ソフトウェア

等緯度経度直交座標系形式に変換されてアーカイブされる。サーバはユーザの Web ブラウザを通したリクエストに応じたデータを記憶装置から検索・取得し、適当な処理を行った後、視覚化を行ってインターフェースに表示する。

クライアント側は JAVA1.0 をサポートする Web ブラウザに加え、必要に応じた VRML や MPEG に関するプラグインが必要とされる。本システムの動作確認は表 8 の環境下で行っている。

5 利用実績

本システムは、現在 [12] において運用を行っており、1998 年 12 月の外部公開以来のアクセス状況は図 14 の通り順調に増加している。一時的にアクセス数の減少した 1999 年 9 月はシステムメンテナンスのためにしばらくの間サービスを停止したためであると思われる。

図 15 は本システムへの総アクセス数から、研究所内部および逆引き不可能なドメインを除いたトップドメイン別の割合であり、日本のみならずさまざまな国から利用されているのが分かる。

図 16 はデータの種類ごとのアクセス件数であり、多く

OS	ブラウザ
WindowsNT	Netscape Communicator 4.6
WindowsNT	Internet Explorer 4.0
IRIX 6.5	Netscape Communicator 4.06
Windows 98	Netscape Communicator 4.07

表 8: 動作確認ブラウザ

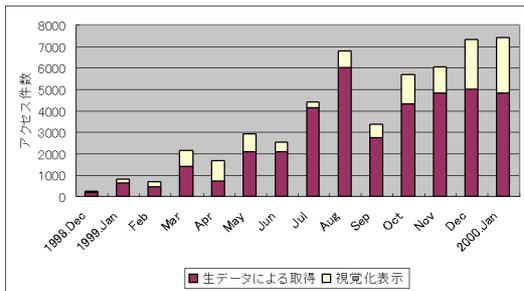


図 14: アクセス数 (1998.Dec ~ 2000.Jan)

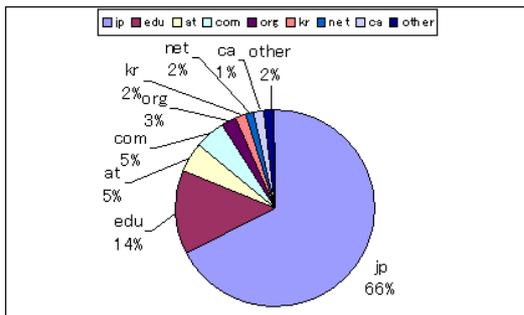


図 15: 国別アクセス割合

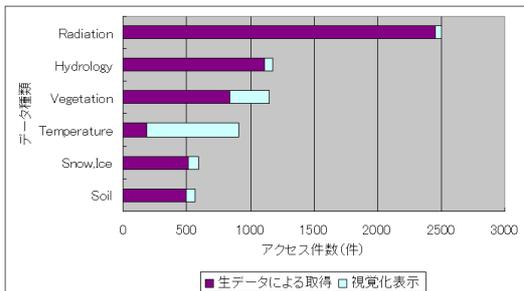


図 16: データ種別のアクセス数

の GCM(Global Circulation Model: 大気大循環モデル)において必要とされる放射量に関するデータへのアクセスが多くなっているのが分かる。また、モデルにより生成された結果の妥当性の比較に用いられることが多い水文関連のデータへの関心も高い。

6 おわりに

本研究では、以前から運用されて来た本研究室の衛星画像提供サービスである SatIAN の実績を踏まえ、対象データの多様化や検索機能の充実、データ視覚化の導入を行った新しいデジタルアースシステムの構築を行っている。本稿にはそのシステムにおいて検討を行ったデータ導入、検索、視覚化についての具体的な手法および実装結果を述べ、現在までの運用状況を示した。

今後さらにデータの種類および数量、アクセス数が増加することが想定されるため、それらへの対策および高速・効率的なシステムを構築するのが今後の課題である。

また、データ導入時のインデックステーブルの構成や、検索時のより効率的な手法など各段階における検討課題も踏まえ、今後さらに改良を重ねる方針である。

参考文献

- [1] Al Gore, “The Digital Earth: Understanding our planet in the 21st Century”, <http://www.digitalearth.gov/speech.html>.
- [2] USGS, “Digital Earth Explorer”, <http://dssl.er.usgs.gov>
- [3] NASA Virtual Environment Lab. “Digital Earth Project”, <http://holodeck.gsfc.nasa.gov/digitalearth/digitalearth.html>
- [4] Cornell Univ. INSTOC, “Cornell’s Digital Earth”, <http://atlas.geo.cornell.edu/>
- [5] Microsoft, “Microsoft TerraServer”, <http://terraserver.microsoft.com/>
- [6] ART+COM, “Terra Vision”, http://www.artcom.de/project/t_vision/
- [7] USGS, “US GeoData HomePage”, <http://edcwww.cr.usgs.gov/doc/edchome/ndcddb/ndcddb.html>
- [8] SGS, “USGS EDC Global Land Information System (GLIS)”, <http://edcwww.cr.usgs.gov/glis/glis.html>
- [9] EROS Data Center Distributed Active Archive Center (EDC DAAC), “NASA’s Earth Observing System Data and Information System(EOSDIS)”, <http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/>
- [10] M.Takagi, “Data Reception, Processing, Distribution and Archives Activities at the Institute of Industrial Science, University of Tokyo”, Third AVHRR Users Meeting, Oxford, Dec. 1987.
- [11] M.Takagi, “NOAA Satellite Data Reception and Processing at the Institute of Industrial Science, University of Tokyo”, Proc. of 2nd Korea-Japan Symp. “Environmental Monitoring from space”, Dec. 1993.
- [12] Kitsuregawa Lab., “Earth Environmental Data Visualization System”, <http://www.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp:8080/DV/>.
- [13] Eiji Ikoma, Taikan Oki, Masaru Kitsuregawa, “Development of an Earth Environmental Database System which Interacts with Application Software”, Proc. of 1999 International Symposium on Database Applications in Non-Traditional Environments (DANTE99), pp.252-255, Nov. 1999.
- [14] Kitsuregawa Lab., “SatIAN (Satellite Images Archive for Network) Home Page”, <http://www.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp/SatIAN/>.