

多種データの柔軟な重ね合わせ機能を有する AIRS データ可視化システム

安川 雅紀[†] 谷口 健司[‡] 小池 俊雄[‡] 喜連川 優[†]

[†] 東京大学生産技術研究所 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1

[‡] 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

E-mail: [†] {yasukawa, kitsure}@tkl.iis.u-tokyo.ac.jp, [‡] {taniguti, tkoike}@hydra.t.u-tokyo.ac.jp

あらまし 近年、衛星リモートセンシングにおける地球観測では、AIRS(大気赤外サウンダ)をはじめとする、鉛直方向に関して高い分解能や精度を有するセンサが用いられている。しかし、地球環境解析者は、このようなセンサから得られる3次元データの取り扱い方に関して課題を抱えている。それはデータの視覚化、解析する際の多種データの重ね合わせ等である。現状として地球環境解析者にはこれらを実現するツールは持っていない。そこで我々は、モイスチャーフロー解析への適用のために AIRS データの可視化システムを開発している。本論文では、仮想現実技術を用いて AIRS データと外部データとの柔軟な重ね合わせ表示機能を開発したので報告する。これはユーザが必要とする気圧面の再解析データ等の外部データについて、シンプルなインターフェースによって、直感的に分かり易く表示するものである。また、地球環境工学の研究者からのフィードバックを得ながら改良を重ねている。

キーワード 地球観測衛星データ, AIRS, 可視化, VRML

1. はじめに

G8 サミット(2003 年 6 月, 仏エビアン)及び地球観測サミット(2003 年 7 月, 米ワシントン DC)により、全球観測に関する国際協力の強化が合意され、地球観測に関する作業部会(GEO)が設置された[1]。これにより、GEO 加盟国及び参加機関において、将来の地球観測システム構築のための 10 年実施計画の枠組み文書が検討され、2004 年 4 月に東京で開催された第 2 回地球観測サミットにおいて枠組み文書が承認され[2]、2005 年 2 月に開催された第 3 回地球観測サミット(ベルギー・ブリュッセル)において 10 年間実施計画が採択された。今後、様々な地球観測データの取得が期待され、地球環境解析の分野では追い風となるが、データの種類やデータ容量の爆発的増大が見込まれる。そのため、地球観測データに関するデータセンターではハード面、ソフト面共に環境整備および機能強化は急務である。

一方、近年の衛星リモートセンシングにおける地球観測では、観測技術の進歩により、水平方向だけでなく鉛直方向に関しても高い分解能および精度で観測できるセンサが用いられる時代になっている。AIRS (Atmospheric Infrared Sounder)がその一例である[3]。また、シミュレーションの分野でも 3 次元空間を高解像度で取り扱われるようになってきた。例えば、日本では地球シミュレータによる気象シミュレーション出力がある。

衛星データやシミュレーション出力等を用いて地球環境を解明しようとしている研究者は、膨大なデー

タ量や多種のデータフォーマットに対するデータハンドリングについて従来から課題を抱えていたが、上記のような 3 次元データの存在により、それらに対する取り扱い方に関しても課題を抱えることとなった。例えば、一つは、検索されたデータの視覚化である。具体的には、3 次元データをどのような方法で眺め、必要な領域あるいは曲面をどのように切り出すかということであり、従来のツールでは対応できない部分である。これは、ユーザが地形に沿って観測データを眺めることが多いことに起因する。もう一つは、多種データの重ね合わせである。これは、データを解析する際に、AIRS データのみのように 1 種類のデータを眺めるのではなく、その他のモデル出力や再解析データ等の外部データも相互に見ながら統合的に解析を行うためである。なお、本論文において、外部データとは、我々のデータセンターにアーカイブされている AIRS データ以外のデータを指している。

本研究では、上記の背景を鑑み、3 次元の地球観測衛星データの効率的な利用環境を提供することを目標とし、AIRS データをサンプルとした 3 次元可視化システムの構築を行っている。上記一つめのデータ可視化の課題に対して、仮想現実技術を用いた 3 次元データの可視化、ユーザが必要とする任意曲面の切り出し機能およびそのデータセットのダウンロード機能を Web 上で実現した[4]。二つめの課題であるデータの重ね合わせにおいて、多種のデータをユーザの意のままに可視化できることが要求される。これに対して本論文で

は、仮想現実技術を用いて AIRS データと外部データとの柔軟な重ね合わせ表示機能を開発したので報告する。これはユーザが必要とするデータについて、シンプルなインターフェースによって、直感的に分かり易く表示するものである。この機能により、AIRS データを用いたモイスチャーフロー解析における地形に沿った場の構造や動きを閲覧することが可能となった。また、このシステムは、地球環境工学の研究者からフィードバックを得ながら改良を重ねている。

2. 使用データ

2.1. AIRS データ

地球観測衛星データは、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、以下のような特徴を有している。

- 大容量データ

地球観測衛星データの容量は非常に大規模である。例えば、2005 年度に米 NASA の EOSDIS (Earth Observing System Data and Information System) が管理するプロジェクトから収集されるデータは、1 日あたりで約 1TB、現在の総容量は 3PB 強に達する [5]。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。そのため、大規模なストレージ環境の導入が不可欠である。

- 時系列データ

地球観測衛星データは定期的に得られるため、時系列データである。属性として観測された時刻情報を持つことが多い。その時刻情報を用いた検索のニーズが高く、ユーザが設定した期間のデータをまとめて加工処理することが多い。

- 空間・時間解像度の多様性

空間解像度や時間解像度がセンサによって異なるのも特徴である。具体的な利用においても、必ずしも高い空間解像度や時間解像度を必要としない場合もあり、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ユーザにとって不利益を生じる。そのため、ユーザの利用形態に柔軟な処理が求められる。

- データ間の相関性

衛星データの場合、波長帯の異なった多くのセンサを用いて同時観測されるため、それぞれで得られるデータの相関性が高い。また、観測時刻の近い他の衛星データ、現地観測などの異なった手法によって得られたデータや、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(例えば、降水量データ、土壌分類データ、植生データ、河川の流量データ)も相関性が高い。

近年では観測技術の進歩により、AIRS (Atmospheric Infrared Sounder) などのように、水平方向だけでなく鉛直方向に関しても観測が可能となっている。AIRS は米国 NASA の Aqua 衛星に搭載されている地球観測センサの一つであり、NASA / JPL (Jet Propulsion Laboratory) が設計した。AIRS は、 $3.74\sim 15.4\mu\text{m}$ の波長帯においてスペクトル分解能($\lambda/\Delta\lambda$)1200 で 2378 チャンネルの同時観測を行う赤外分光計と、 $0.4\sim 1.0\mu\text{m}$ の波長帯において、4 チャンネルでの観測を行う可視/近赤外センサを有する。空間分解能は直下で 13.5km、鉛直分解能は 1km、観測幅は 1650km である [6]。また、Aqua 衛星に搭載される他のセンサによる観測データを使用することで、赤外データから雲の影響を除去することができ、高い鉛直分解能および精度で、大気温度鉛直分布や大気湿度鉛直分布等を得ることができる(表 1)。その他、2 次元のプロダクトには、陸・海面温度、積算水蒸気量、積算オゾン量等がある [7]。

表 1 AIRS 高次プロダクト

プロダクト名	内容(単位)
TSurfStd	Retrieved surface skin temperature (K)
TSurfAir	Retrieved surface air temperature (K)
totH2Ostd	Total precipitable water vapor in air column (kg/m ²)
totO3Std	Total ozone burden in air column (Dobson Units)
TAirStd	Retrieved atmospheric temperature profile (K)
H2OMMRStd	Retrieved water vapor mass mixing ratio (gm/kg_dry_air)
H2OMMRSat	Retrieved water vapor saturation mass mixing ratio (gm/kg_dry_air)
O3VMRStd	Retrieved ozone volume mixing ratio (ppm)

2.2. GTOPO30

GTOPO30 は、USGS の EROS Data Center によって作成された全世界を対象とする 30 秒間隔の DEM (Digital Elevation Model) である。GTOPO30 の標高精度は、RMSE (root mean square error) で約 100m 以内である [8]。地球環境関連分野ではごく一般的に用いられる標高データであり、本研究でもデータ重ね合わせのための外部データとして用いる。

2.3. NCEP/NCAR 再解析データ

観測データを用いて数値モデルの予測値を改善することをデータ同化という。データ同化によって、不完全・不均質・異種の観測データは、統合化された格子点データとなり、解析するうえで扱い易い。このようにして得られた、空間的にも時系列的にも整合性のあるデータセットを再解析データという。

NCEP/NCAR 再解析データは、NCEP (National

Centers for Environmental Prediction) / NCAR (National Center for Atmospheric Research) Reanalysis Project に基づいて解析されたデータである。提供されているデータは、海面気圧、ジオポテンシャル高度、風速、大気温度、相対湿度等である。空間解像度は 2.5 度であり、鉛直方向に 17 層持つ 3 次元データである[9]。時系列データであり、1948 年以降のデータが提供されている。

3. AIRS データと外部データの重ね合わせ

3.1. 使用データの導入

本研究では、AIRS データの可視化システムを構築するにあたり、まず、AIRS データおよび NCEP/NCAR 再解析データの導入作業が行われる。地球環境に関するデータは容量が膨大であり、ユーザ側でデータをアーカイブするには大規模なストレージシステムを用意する必要があるため、一般的には我々のようなデータセンターがアーカイブを行っている。ユーザは必要なデータのみをデータセンターから入手する。

AIRS データは NASA のサイト[7]からダウンロードされ、フォーマットが認識され、等緯度経度直交座標系に再配列され、BSQ(Band Sequential)フォーマットでストレージにアーカイブされている。対象範囲は、気象分野における領域解析への適用のため、文献 4 よりも拡大され、アジア全域(東経 70~150 度、北緯 10~50 度)となった。空間解像度は 0.25 度、鉛直方向の層数は 28 である。プロダクトの種類は水蒸気量および気温、期間は 2003 年 1 月より現在まで、データ量は約 30GB 超(4 bytes/pixel, float 型)である。

NCEP/NCAR 再解析データは、NOAA のサイト[9]からダウンロード後、フォーマット変換され、BSQ フォーマットでストレージにアーカイブされている。対象範囲は上記と同様であり、解像度は 2.5 度、鉛直方向の層数は 17、データの種別はジオポテンシャル高度および風速(東西、南北、上下の各方向)、期間は 2003 年 1 月より現在まで、データ量は約 300MB(4 bytes/pixel, float 型)である。

本論文で扱われるデータ量は現在のところ多くはないが、今後の予定として、取り扱う AIRS データプロダクトの追加、取り扱う外部データ(再解析データおよびシミュレーション出力)の種類の追加、対象期間の増加および領域拡張を予定しており、将来、データの総量は数十 TB に達する。このように膨大な量を個々の研究者の手元に置くよりも、上記のように我々のデータセンターによってデータアーカイブし、ユーザがそれを共有する方がはるかに現実的である。

3.2. システムの設計指針

地球環境解析の分野において、世界の解析者は豪華な計算機およびストレージを保有していることは珍し

く、予算的に厳しい面があり、可能な限り最小限の計算機環境で解析できることが望まれている。そのため、安価な PC およびフリーソフトウェアを用いて解析できることを前提としてシステムの構築が行われる。

一方で最近ではインターネットの普及により、本研究で対象としている世界の地球環境工学関連の研究者など、コンピュータ関連以外の研究分野にも Web を利用できる環境が整っているため、Web 上から AIRS データを検索できるようにする。ユーザはその検索画面にて時刻やプロダクトの種類等のパラメータを設定して、データの検索を行う。検索された AIRS データに対して、可視化をして Web ブラウザに結果を表示する。

AIRS データの柔軟な 3 次元可視化において、地球環境工学の研究者には下記の 3 つのニーズがあるため、これらについて検討を行い、構築を試みる。

- (i) 任意曲面切り出し画像の 3 次元表示
- (ii) 重ね合わせる外部データの種類の選択
- (iii) 重ね合わせる外部データの気圧面の選択

(i)において、AIRS データから所望の曲面を取り出したいというニーズがある。ユーザがデータを 3 次元のまま解析に使用することはほとんどなく、関心のある地形に沿った部分のみを解析に使用するのが一般的である。しかし、市販のビューワーにはこのような機能は存在しない。一方でユーザ自身が 3 次元データから所望の曲面のデータを取り出すのは大変な作業である。また、時系列解析を行うので、多くのデータについて同様の作業を繰り返し行わなければならない、ユーザにとっては手に余る作業である。そこで本システムでは、ユーザが設定する所望の任意曲面に沿って 3 次元の AIRS データから必要な部分を切り出し、VRML (Virtual Reality Modeling Language)を用いて 3 次元表示する。また、切り出した画像と地形との関係をわかり易く表示するために、GTOPO30 の DEM と重ね合わせる。

(ii)は、(i)に新たな機能を追加する。AIRS データのみのように 1 種類のデータを眺めるのではなく、その他のモデル出力や再解析データ等の外部データも相互に見ながら統合的に解析が行いたいという、(i)に対して追加のニーズがあった。そのため、AIRS データと外部データを 3 次元空間内で同時に表現することによる重ね合わせができれば、解析の効率が向上すると考えられる。そこで、本研究では、(i)で開発される機能に、外部の気象関連データをハンドリングし、可視化し、3 次元空間内で重ね合わせることを試みる。外部の気象関連データとしては、NCEP/NCAR 再解析データのジオポテンシャル高度や風速等を使用する。ジオポテンシャル高度は、幾何学的高度に、重力加速度と遠心力

の場所・高度による変化を考慮して補正を加えた高度である。このジオポテンシャル高度によって、気象の様子がわかり、高層天気図を用いた気象解析に用いられている。ジオポテンシャル高度は等値線図、風速は矢印で表現する。どのデータを重ね合わせるかはユーザが選択できる。

(iii)では、(ii)の外部データ重ね合わせをより柔軟なものとするために、可視化における選択の幅を広げることを検討する。(ii)では AIRS データと外部データが重ね合わされるが、外部データについて全ての気圧面(気象学において指定された気圧が一定である面)のデータが可視化される必要はない。つまり、解析者にとっては興味のある気圧面のみデータが見たいという、(ii)に対して改良のニーズがあり、言い換えれば、逆に全ての気圧面を表示してしまうと眺め難いということであった。一方で、外部データについてさらに見易くするために、色付けされていた方が良いというコメントがあった。初心者には自動的に配色され、エキスパートにはユーザの所望の色で色付けできた方が良い。また、各気圧面で色が異なっていた方がデータを見易い。そこで、本研究では、(ii)で開発される機能に、上記で述べた気圧面の選択および色の選択を実現するための機能を追加する。AIRS データと外部データが重ね合わされることによって、モイスチャーフロー解析における地形に沿った場の構造や動きを捉えることが可能となる。

地球環境分野での多機能を持つ既存の可視化システムとして Vis5D [10]があるが、任意曲面で切り取る処理や表示については想定されていない。また、クライアントマシンで、多くのデータのキャッシュと多機能の動作のためにメインメモリを多く必要とする。本研究では3次元可視化のために VRML が用いられているが、クライアント側にはダウンロードされた必要最小限のデータと VRML プラグインを動作させるためにしかメモリは使われないので、計算機環境の敷居は低く、発展途上国の研究者も本システムが使用可能と考える。

以下では、上記に基づいて開発した本システムを具体的に述べる。

3.3. 任意曲面の切り出し

本節では、3次元の AIRS データからユーザが任意に設定した座標に従って曲面を切り出し、仮想現実空間内に表示するツールについて述べる。

まず、検索画面(図 1)において、プロダクトの種類、対象期間を選択する。そして、切り取られる曲面の座標入力、曲面上の点を複数選び、緯度・経度をテキストフィールド内に書き込む。

サーバは入力されたパラメータをもとにストレー

ジからデータを引き出し、曲面上の点の座標情報から連続した曲面を計算し、この結果を用いて原データから曲面へ再配列を行い、その面を2次元画像に変換する[11]。2次元画像は、横軸を換算された距離、縦軸を気圧とし、図2のように観測値はカラー画像化される。図2の切り出し画像は、図3のように、仮想現実空間内に緯度・経度・気圧を軸として、ユーザが設定した曲面に沿って重ね合わされる。また、この空間に GTOPO30 の DEM を重ね合わせることで、地形に沿ってデータが表示される。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、AIRS データを3次的に見ることが可能である。VRML を用いることにより、ユーザは仮想空間中に配置されたデータをウォークスルーしながら閲覧を行い、関心のある領域には自由に接近して任意の角度・距離から確認することが可能である。

ただし、図2の切り出された曲面データは、3.1節で述べた通り4バイトデータであるが、Web上にはそのまま表示できないため、ここでは GrADS というソフトを用いて GIF 画像に変換している。GrADS は水文系の地球環境研究者を中心として広まった地球環境データベースサーバのソフトウェアであるが、データの画像化、データの演算など、多種の機能を備えている[12]。

また、対象期間を同じ面で切り出しているのも、切り出された時系列データから、アニメーション GIF を作成して図3で表示することで、時系列変化を見ることが可能であり、データの確認には効果的である。

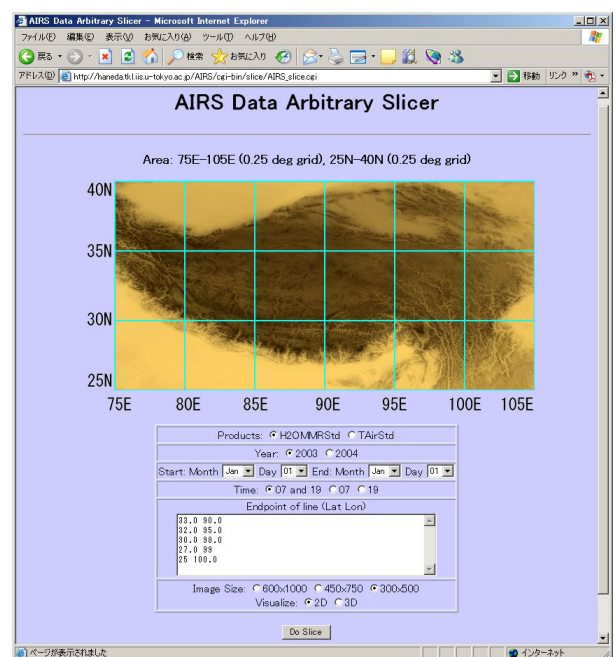


図1 任意曲面切り出しのトップページ

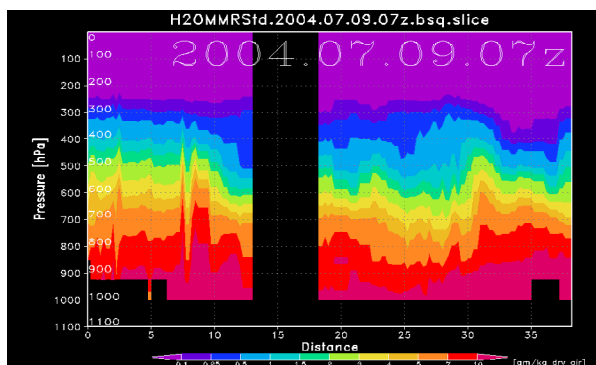


図2 切り出し画像

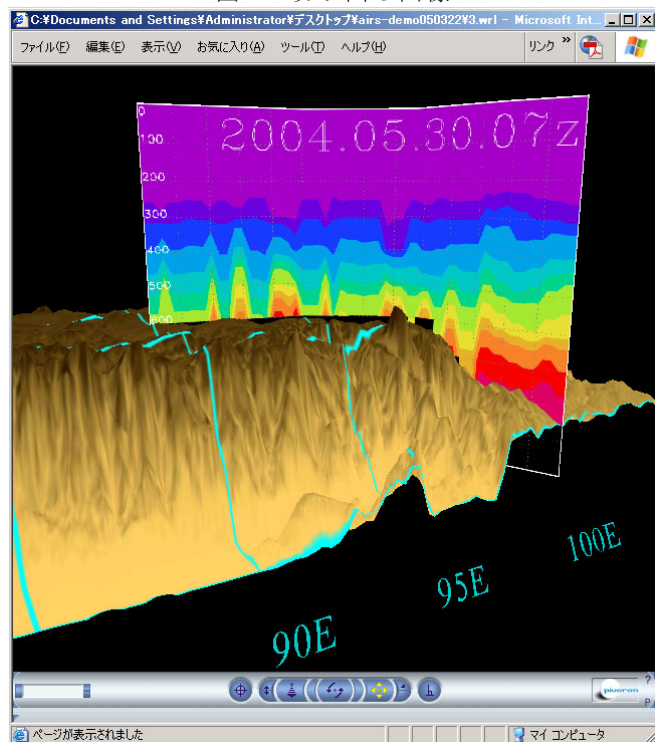


図3 切り出し画像と地形データの重ね合わせ

3.4. 多種データの柔軟な重ね合わせ

本節では、前節で述べた任意曲面の切り出し機能に対して、3.2節の(ii)および(iii)で検討した内容に基づいて追加された、AIRSデータと外部の多種データとの柔軟な重ね合わせ表示機能について述べる。

外部データとしては、NCEP/NCAR再解析データのジオポテンシャル高度および風速を使用する。ジオポテンシャル高度は時々刻々と変動し、例えば、2004年7月9日6:00(UT)の250hPa面におけるジオポテンシャル高度の等値線は図4の等値線ようになっている。なお、縦軸は緯度、横軸は経度である。この等値線図は、高層における気象解析に有用である。また、風速については、例えば、2004年7月9日6:00(UT)の250hPa面では、図4の矢印のようになっている。

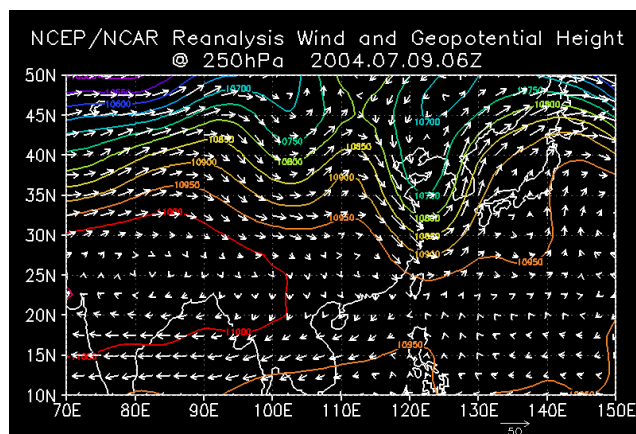


図4 ジオポテンシャル高度および風速の様子

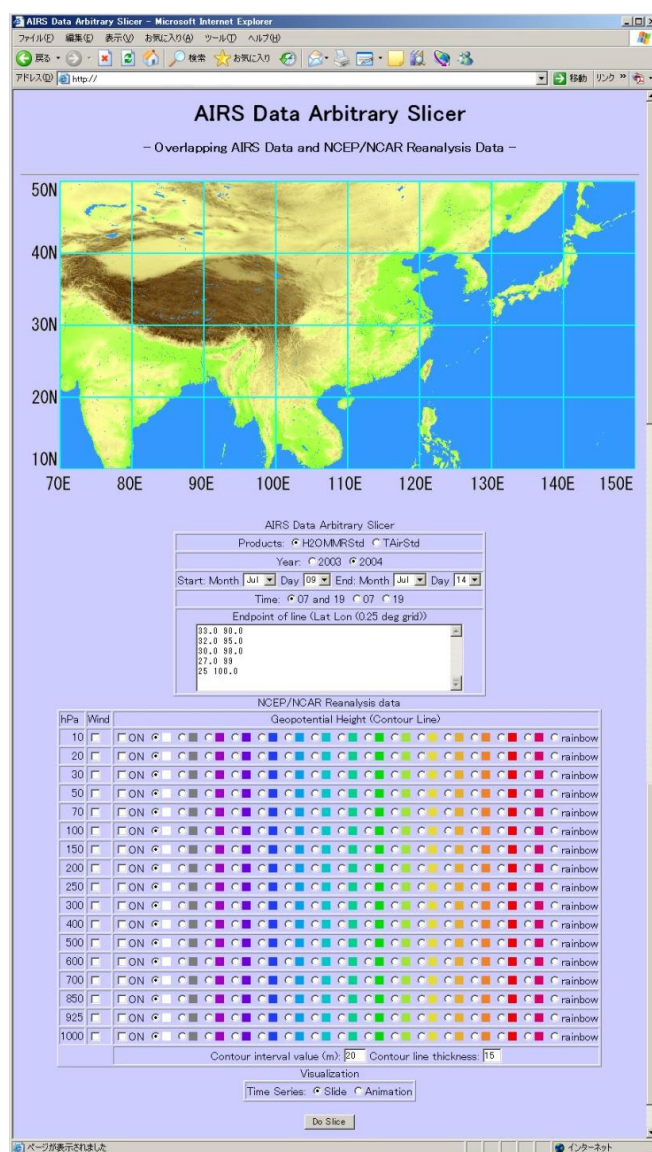
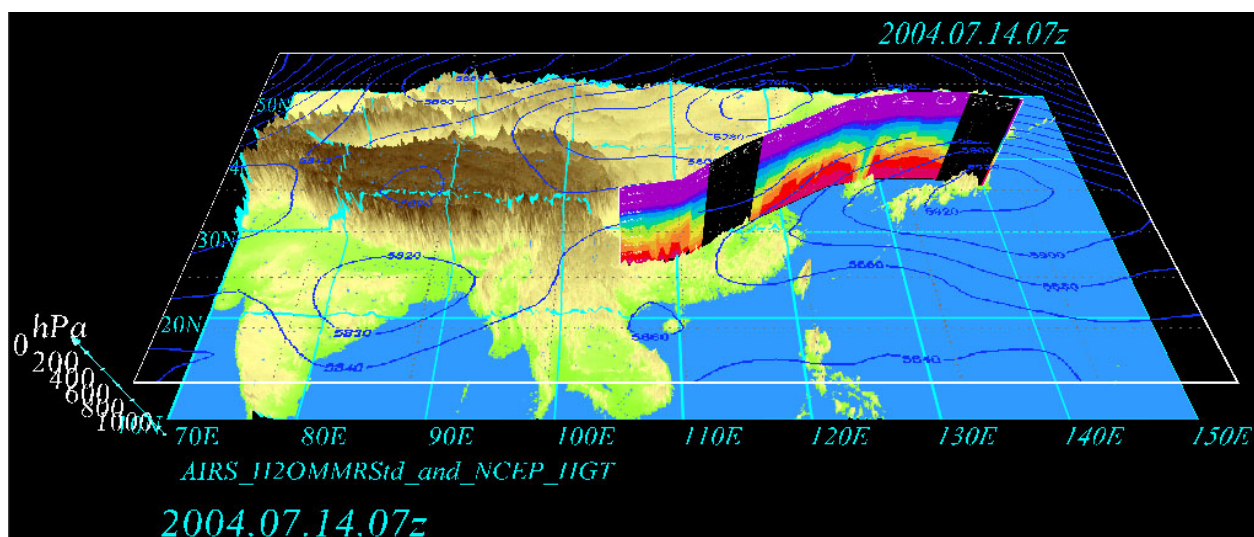
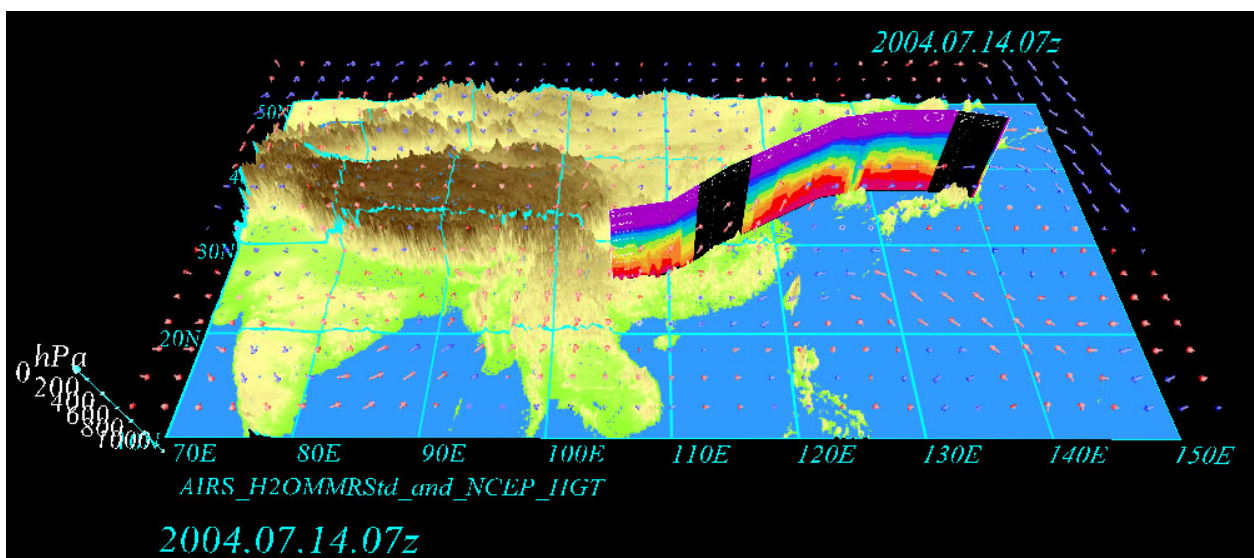


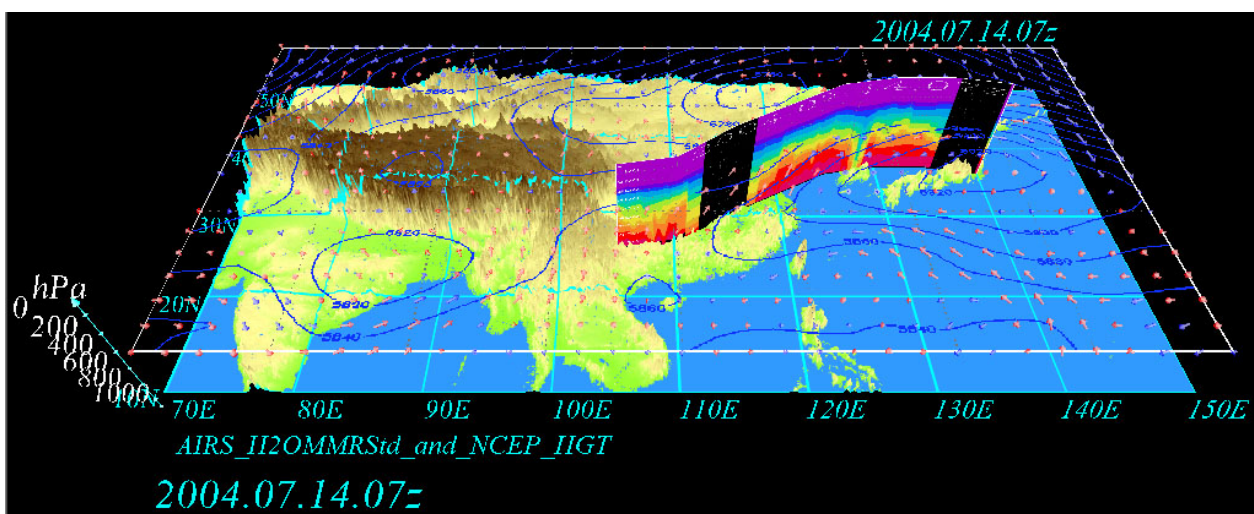
図5 多種データ重ね合わせのための検索画面



(a) ジオポテンシャル高度との重ね合わせ



(b) 風速との重ね合わせ



(c) ジオポテンシャル高度と風速との重ね合わせ

図 6 多種データの柔軟な重ね合わせ

3.2 節の指針を満たすため、図 5 のような検索ページを作成した。まず、図 5 の検索画面において、AIRS プロダクトの種類(例えば、水蒸気量、気温等)、対象期間を選択する。そして、切り取られる曲面の座標入力、曲面上の点を複数選び、緯度・経度をテキストフィールド内に書き込む。NCEP/NCAR 再解析データに対しては、データの種類(ジオポテンシャル高度、風速等)、重ね合わせる層(複数選択可)および各層での色を指定する。もし、ある層におけるジオポテンシャル高度にチェックを入れた場合、その等値線図の色は他の層の色と重ならないように自動的に設定される。これは初心者ユーザに対応するためである。勿論、エキスパート用に色は必要に応じて手動で変更することができる。また、等値線図の線の太さ、値の刻み幅を設定する。そして、時系列表示方法(スライドまたはアニメーション)を選択する。

サーバは入力されたパラメータを基に、任意曲面の AIRS データ切り出し画像が作成され、指定された層における NCEP/NCAR 再解析データのジオポテンシャル高度の等値線図あるいは矢印によって表現された風速の図が作成される。切り出し画像と NCEP/NCAR 再解析データは、図 6 のように仮想現実空間内の地形データ上に重ね合わされる。

図 6(a)において、500hPa の気圧面でジオポテンシャル高度の等値線図が青色で重ね合わされた。なお、等値線図は背景透過型画像で表示し、他のデータとの干渉を最小限に抑えている。図 6(b)において、500hPa の気圧面で風速が矢印で重ね合わされた。風向は矢印の向き、上昇流は赤色、下降流は青色、風の強さは矢印の長さで表現されている。勿論、ジオポテンシャル高度および風速を重ね合わせることもでき、図 6(c)のようになる。ジオポテンシャル高度および風速を重ね合わせることで、その時刻における気象状況を理解し易くなるという利点がある。

本システムの 3 次元表示では、ポインティングデバイスによって図 7 のように任意の視点およびアングルが変更可能であり、気象における領域解析に適している。図 7 の例のように、AIRS データとジオポテンシャル高度および風速を重ね合わせた場合には、AIRS データの任意曲面付近における水蒸気の流れの傾向を知ることができる。

なお、時系列の表示方式として 2 種類用意されているが、これは解析における様々なシチュエーションが考えられるためである。「場の構造」を詳細に見る場合には、アニメーションでは目と頭が追いつかないため、スライドが適している。一方で、「動き」を捉えるにはアニメーションが適している。

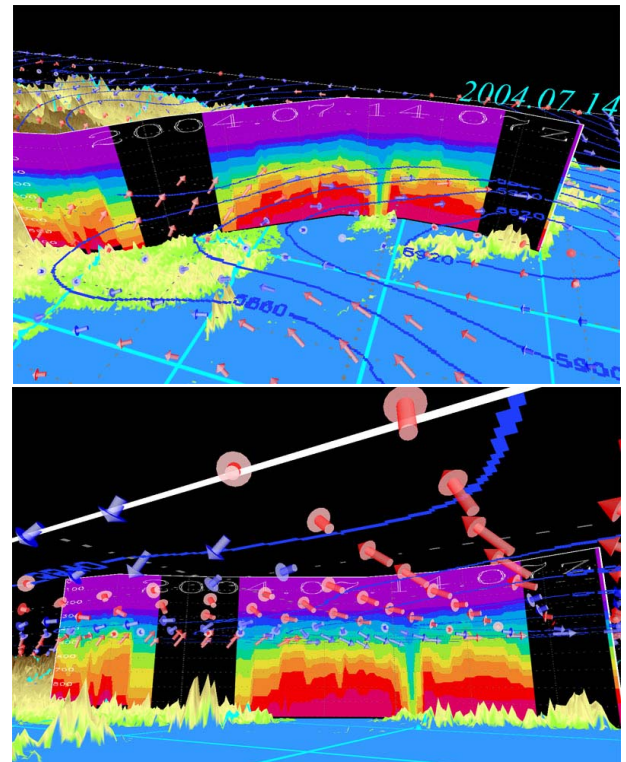


図 7 視点およびアングルの変更

上記のように、AIRS データに対する NCEP/NCAR 再解析データの重ね合わせは、ユーザリクエストに柔軟に対応できるように、プロダクトの種類、重ね合わせる気圧面、可視化する際の色選択、時系列表示方法をユーザが容易に指定できるようにした。このことにより、モイスチャーフロー解析における、VRML を用いた Web による解析環境をユーザに提供する準備が整った。実際に地球環境解析者はこのツールを使用しており、一例として、2004 年 7 月に起きた新潟県および福井県での集中豪雨とアジアモンスーンの関係について解析を行っている。

3.5. システム構成

全体のシステムとしては、表 2 のハードウェア・ソフトウェアを用いて構成されている。AIRS データやその他の外部データは、このハードウェアに付属のストレージにアーカイブされている。サーバは、Web ブラウザを通してユーザがリクエストするデータを、ストレージから検索・取得し、上記の可視化を行って Web ブラウザに結果を表示する。

クライアント側は JAVA1.2 以上をサポートする Web ブラウザに加え、VRML のプラグインが必要である。本システムの動作確認は表 3 の環境下で行っている。

表 2 構成ハードウェア・ソフトウェア

Web サーバ, データ処理サーバ	SGI Onyx4 UltimateVision (MIPS R14000A 600MHz *10, 4GB Mem.)
ソフトウェア	OS: IRIX64 6.5 Web サーバ: Apache 1.3.27 その他: csh, c, java 1.3, vrml2.0 等

表 3 動作確認ブラウザ

OS	ブラウザ
Windows 2000	Internet Explorer 5.5 以上 Netscape Communicator 4.78 以上
Windows XP	Internet Explorer 5.5 以上 Netscape Communicator 4.78 以上
IRIX 6.5	Netscape Communicator 4.05

4. まとめ

我々は、3次元データである AIRS データの可視化システムの構築を行っている。本論文では、任意曲面切り出し画像の3次元表示ツールにおける、重ね合わせる外部データの種類の選択、重ね合わせる外部データの気圧面の選択等が可能である、柔軟な重ね合わせ機能について具体的な手法および実装結果を述べた。

AIRS データの任意曲面の切り出し画像と地形データを重ね合わせた3次元表示機能では、ユーザが設定した座標をもとに曲面をサーバが計算し、曲面に AIRS データを再配列することで、曲面のデータを可視化し、その時系列データを仮想現実空間内に表示できるようにした。この機能により、ユーザによる AIRS データ切り出し作業が可能となるとともに、任意面でのデータの時系列変化の観察が可能となった。重ね合わせる外部データの種類の選択機能においては、AIRS データに対して、NCEP/NCAR 再解析データのジオポテンシャル高度および風速をユーザの選択によって重ね合わせて表示できるようにした。これは、外部データをハンドリングし、データを変換して可視化し、仮想現実空間内に表示するものである。このことにより、複数のデータを同じ空間内で統合的に眺めることが可能となった。重ね合わせる外部データの気圧面の選択機能においては、ユーザが必要とする外部データの気圧面の選択およびその色付けの選択をできるようにした。これは、外部データについて必要な気圧面のみを切り出し、データ変換後に色付けして可視化し、仮想現実空間内に表示するものである。このことにより、必要な外部データをそれぞれ見易くすることが可能となった。

以上により、モイスチャーフロー解析における、VRMLを用いた Web による解析環境をユーザに提供する準備が整った。

将来、多種多様な3次元地球環境データが収集される予定であるため、現在の機能を拡張し、解析支援、

プロダクト検証およびシミュレーションにおける計算過程検証が行えるようなシステムを構築することが今後の課題である。しかし、機能拡張においては、全てのユーザの全てのニーズに対応する予定はなく、解析・検証において大多数が使うであろうコアな機能に限定して開発を進める方針である。一方で、この可視化システムの評価方法についても検討していく予定である。

文 献

- [1] U.S. Department of Commerce, "Earth Observation Summit," <http://www.earthobservationsummit.gov/2003>.
- [2] 文部科学省, "第 2 回地球観測サミット," http://www.mext.go.jp/a_menu/kaihatu/earth/summit2/index.htm 2004.
- [3] Jet Propulsion Laboratory (NASA), "AIRS - Atmospheric Infrared Sounder -," <http://www-airs.jpl.nasa.gov/>
- [4] 安川雅紀, 野本卓也, 小池俊雄, 喜連川優, "3次元情報をもつ地球観測衛星データの一つである AIRS データにおける可視化システムの開発," 日本データベース学会 DBSJ Letters, Vol.4, No.1, pp.61-64, 2005.
- [5] J. Behnke, T. H. Watts, B. Kobler, D. Lowe, S. Fox, and R. Meyer, "EOSDIS petabyte archives: tenth anniversary," Proc. 22nd IEEE / 13th NASA Goddard Conference on Mass Storage Systems and Technologies (MSST'05), pp.81-93, Monterey, California USA, Apr. 2005.
- [6] 地球観測センター(宇宙航空研究開発機構), "地球観測データ利用ハンドブック-AMSR-E 編-, " http://www.eoc.jaxa.jp/amsr-e/amsr-e_handbook_j.pdf
- [7] NASA Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC) / Distributed Active Archive Center (DAAC), "AIRS Data Products," http://disc.gsfc.nasa.gov/data/datapool/AIRS_DP/
- [8] U.S. Geological Survey (USGS): "GTOPO30 - Global Topographic Data -," <http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/gtopo30.html>
- [9] NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center, "The NCEP / NCAR Reanalysis Project , " <http://www.cdc.noaa.gov/cdc/reanalysis/>
- [10] Space Science and Engineering Center, "Vis5D," <http://www.ssec.wisc.edu/~billh/vis5d.html> , 1998.
- [11] 高木幹雄, 下田陽久 (監修), "新編 画像解析ハンドブック," 東京大学出版会, pp. 1762- 1764 2004.
- [12] Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies (COLA), "GrADS Data Server (GDS)," <http://grads.iges.org/grads/gds/gds.html>