

アジアモンスーン解析のための三次元気象データ可視化システム

安川 雅紀[†] 田村 徹[‡] 小池 俊雄[‡] 喜連川 優[§]

[†]東京大学 地球観測データ統合連携研究機構 [‡]東京大学 工学系研究科社会基盤学専攻
[§]東京大学 生産技術研究所

1. はじめに

気象の分野では、衛星観測、データ同化やモデル出力等で得られる三次元データを用いて現象解析が行われる。気象のメカニズムは三次元であるため、三次元データの可視化システムは現象解析のための非常に重要なツールの一つである。しかし、三次元データの可視化環境は世界的に見て乏しい。GrADS[1]をはじめとする二次元の解析ツールがほとんどである。

そこで我々は、気象の分野の研究者が様々な現象を解析できるための可視化環境、PVES (Powered Visualizer for Earth environmental Science) を開発中である。これは三次元の衛星観測データ等を仮想空間内に表示することが出来る。例えば、ナイーブな表示、三次元データからの曲面を含む任意断面切り出し表示、他の関連データとの統合表示等が可能である[2]。

本論文では、アジアモンスーン解析に適用するため、PVES の拡張について述べる。主に、データ演算機能の付加、表示方法の拡張、表示オブジェクトのパラメータ設定機能の付加等について行った。このことにより、ユーザが設定した条件によって三次元気象データが切り出され、所望の物理量が計算され、データ表示オブジェクトに変換され、仮想空間にそのオブジェクトを表示する。このシステムの利用による可視化例について述べるとともに、アジアモンスーン解析での新しい知見についても述べる。

2. PVES

PVES は、三次元の衛星観測データやモデル出力等を加工して仮想空間に表示する Web ベースの可視化システムである。図 1 にシステムのアーキテクチャを示す。

データは予めストレージにアーカイブされデータベースに登録される。ユーザが Web ページ

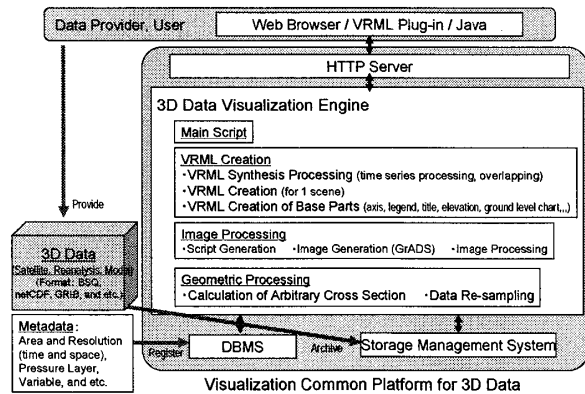


図 1: PVES のアーキテクチャ

からアクセスし、データ表示のための条件を入力する。サーバはデータを検索し、ユーザが設定した条件に沿ってデータを切り出し、表示オブジェクトに変換して仮想空間に配置し、結果をユーザの Web ページに表示する。仮想空間は VRML (Virtual Reality Modeling Language) の技術を用いる。表示機能として、三次元メッシュのデータを仮想空間にそのまま配置するナイーブな表示機能、ユーザが設定した任意曲面に沿ってデータを切り出して仮想空間に曲面上のデータを表示する機能、任意曲面と他の関連データとを重ね合わせる統合表示機能等を有する。

3. PVES の拡張

PVES をアジアモンスーン解析に対応させるには、より複雑な三次元の動きを捉えることができるように機能の拡張が必要である。具体的には、以下の機能の追加について検討を行った。

- (i) データ演算
- (ii) 単数要素表示
- (iii) 複数要素統合表示
- (iv) 表示オブジェクトのパラメータ設定

本論文で対象とする再解析データをはじめとする三次元の気象データは気温や風、比湿等シンプルな要素が多いが、気象解析ではこれらの要素を使って計算されたものを用いることが多い。したがって、(i)では再解析データから自動で所望の物理量を算出する機能を付加する。例えば、温度偏差、風偏差、温位、断熱加熱、非断熱加熱を算出する。(ii)では、(i)で得られた一

A Visualization System for Asian Monsoon Analysis Using Three-dimensional Meteorological Data

YASUKAWA Masaki[†], TAMURA Toru[‡], KOIKE Toshio[‡] and KITSUREGAWA Masaru[§]

[†]Earth Observation Data Integration and Fusion Research Initiative, The University of Tokyo [‡]Department of Civil Engineering, The University of Tokyo [§]Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

種類のデータを仮想空間の表示オブジェクトに変換して表示する。このとき、データの値の大きさを分かり易く表示する。大気圏界面も重ねて表示する。(iii)では、気象メカニズムのより複雑な部分を詳細に解析するために、仮想空間内の各オブジェクトについて複数の物理量を持たせて表示する。(iv)について、ユーザ毎に興味のある領域や標高範囲、物理量の閾値、オブジェクトの大きさ等が異なるので、各パラメータを柔軟に設定できるようにする。

4. 使用データ

本論文では、気象データとして NCEP/NCAR 再解析データを用いる。このデータは、NCEP (National Centers for Environmental Prediction) / NCAR (National Center for Atmospheric Research) Reanalysis Project において作成されたデータである。提供されている要素は、例えば、大気温度、風速、ジオポテンシャル高度、比湿等がある[3,4]。地形データは GTOPO30 を用いる[5]。

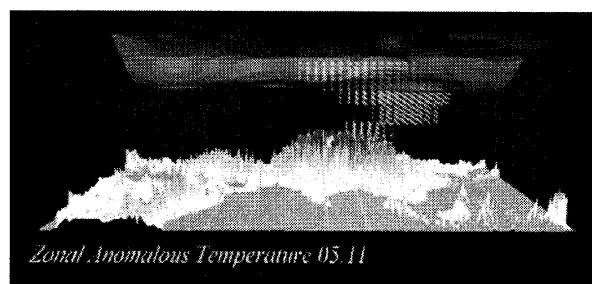
5. 可視化例

本章では本システムを用いて三次元再解析データを可視化した例について述べる。

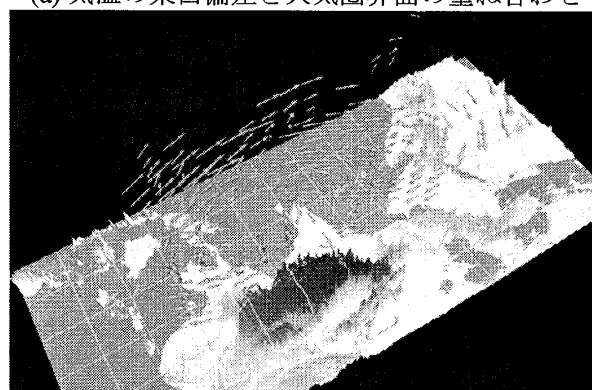
図 2(a)は単数要素表示の例である。赤い球が気温の東西偏差、上部のグレーの曲面が大気圏界面である。気温の東西偏差は絶対値が閾値より大きいとき表示される。大気圏界面は気温偏差が見えるようにするために半透明で表示される。図 2(b)は複数要素統合表示の例である。矢印の長さとし向きが風の東西偏差であり、矢印の太さと色が断熱加熱であり、複数の要素を統合的に分かり易く表示できる。また、データを正面から見るだけでなく、図 2(b)のように視点を変えられ現象を見易い方向から見るができる。

本システムの使用により、アジアモンスーン解析における新しい知見が発見された。それは次の通りである。4月下旬から5月末にかけてチベット高原上の昇温をもたらす要素が必ずしもチベット高原の地表面加熱だけでなく、南斜面上の圏界面付近から下方に発達する温度上昇を可視化システムで確認した。断熱加熱と風の東西偏差を仮想空間で可視化することにより、この時期に通常のハドレー循環だけではない活発な対流活動によりそのバランスの崩れが見られ、高緯度側の大気上層のハドレー循環下降流域(チベット高原南斜面上空)において断熱加熱により大気を昇温させたことを確認した。

本システムを用いて新しい知見が発見され、システムの有効性が示された。



(a) 気温の東西偏差と大気圏界面の重ね合わせ



(b) 断熱加熱と風の東西偏差の統合表示

図 2: 再解析データの可視化例

6. おわりに

本論文では、PVES の拡張として、気象データの一つである三次元再解析データの可視化機能の開発について述べた。ユーザによる実際の使用により、アジアモンスーン解析における新しい知見が発見され、本可視化システムの有効性が示された。

謝辞

本研究は、文部科学省による委託研究費「データ統合・解析システム」からの支援を受けて行われた。よってここに謝意を表します。

参考文献

- [1] Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies (COLA). GrADS Data Server (GDS). Available: <http://grads.iges.org/grads/gds/gds.html>.
- [2] M. Yasukawa, M. Kitsuregawa, K. Taniguchi, and T. Koike. PVES: Powered Visualizer for Earth Environmental Science. *IEEE Systems Journal*, 2(3):390-400, 2008.
- [3] Kalnay et al.. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77(3):437-471, 1996.
- [4] NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center. The NCEP / NCAR Reanalysis Project. Available: <http://www.cdc.noaa.gov/cdc/reanalysis/>.
- [5] U.S. Geological Survey (USGS). GTOPO30 - Global Topographic Data -. Available: <http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/gtopo30.html>.