気象情報可視化ツールの開発*

新井 直樹**

Development of Weather Data Visualization Tool

Naoki ARAI

1. 緒 論

気象観測・予報技術の進展により様々な気象資料が開発され、利用者に提供されている。しかし多くの気象資料は、含まれる情報が多様でかつ平面的な資料が多いため、それらの情報だけに基づいて、様々な分野の利用者が大気の立体的な構造を短時間で理解することは容易ではない。そのような背景から、気象情報を3次元で直感的に可視化する気象情報可視化ツール Wvis (Weather Data Visualization Tool) の開発を進めている。

本稿では、現在開発・公開中の Wvis の概要と可視化事例について報告する。

2. 気象情報の可視化と Wvis

気象の専門家以外でも、気象情報を業務に活用する機会が多い。様々な分野の利用者が大気の立体構造を容易に理解するためには、下記の機能を有する可視化ツールを開発することが有効と考えられる。

- ・気象の各要素を、3次元で、直感的に、分りやすく表示できる
- ・表示時刻の変更が可能で、初期値と予報値を比較できる
- ・風の流れを、アニメーション表示（流線解析）できる
- ・今までも GrADS¹⁾、VAPOR²⁾等、気象情報の可視化が可能なソフトウェアの開発が行われ、多くの利用者に用いられている。それらのソフトウェアに対し、Wvis は以下の特徴を備えている。
- ・マウス操作により拡大・縮小、回転が可能で、対象とする現象を任意の視点から眺めることができる
- ・一般的なパソコンユーザの利用を想定し、インストール時にコンパイル作業の手間が無く、Windows 上で手軽に利用できる
- ・気象庁が提供している数値予報を、簡単な手順で表示することができる

気象庁が提供している数値予報のうち代表的なものとして GSM (Global Spectral Model: 全球モデル) と

MSM (Global Spectral Model: メソモデル) があるが、Wvis は MSM を可視化することができる。

なお、本ツールの開発環境には AVS/Express³⁾を用いた。AVS/Express は、様々な機能が定義されたモジュールを組み合わせることで、ベクトル矢、等数値面、及びそれらの半透明化等の複雑な表示処理を、比較的容易に実現することができる。これにより、少ない工数で立体的な画像を表示するアプリケーションが開発できるため、研究者自身によるツールの開発と、開発後のメンテナンスが可能となった。

Fig. 1 に Wvis のユーザーインターフェイスを示す。現時点で Wvis により表示できる気象情報は、風向・風速、気温、湿度、湿域、露点温度、相当温位、ジェット気流等である。これらの情報をベクトル矢や等数値面で表示し、その立体的な形状を可視化できる。

Fig. 1 Wvis のユーザーインターフェイス

* 原稿受付 2014 年 7 月 18 日

** 正会員 東海大学 工学部 航空宇宙学科 航空操縦学専攻
(〒259-1292 神奈川県平塚市北金 4-1-1,
E-mail: arai.naoki@tokai-u.jp)

Fig. 2 地上天気図-2013年10月16日03:00JST
(気象庁提供)

Fig. 3 高層実況断面図-2013年10月15日12:00UTC
(気象庁提供)

3. Wvisによる可視化事例

3.1 熱帯低気圧(台風)

2013年台風26号は、10月16日明け方に大型で強い勢力で伊豆諸島北部を通過した。この台風により、東日本、北日本の太平洋側を中心に大雨となった。特に東京

都大島町では1時間に100ミリ以上の猛烈な雨が降り、24時間雨量が824ミリに達するなど、記録的な大雨となった。これにより多くの死者・行方不明者が発生し、広範囲に住家被害をもたらした⁴⁾。

Fig. 2に10月16日03:00JST(15日18:00UTC)における地上天気図を示す。台風中心は伊豆諸島付近にあり、55km/hで北東へ進んでいる。Fig. 3に15日12:00UTCにおける高層実況断面図を示す。この図は高層気象観測データから作成されたもので、ほぼ東経130度および140度における大気鉛直方向の特性を表す。表示内容は圈界面、最大風速、等温位線、等風速線、等湿度線、風の矢羽根、気温、湿度の観測値である。一般に、これらの地上天気図や断面図等の天気図を組み合わせ、大気の立体構造を推察する。

Fig. 4は10月15日18:00UTCのMSM初期値をWvisによって可視化したもので、ベクトル矢は風向・風速を表している。この図におけるベクトル矢の高度は、950hPa(約0.5km)である。なお、表示する高度は、1,000hPa(約0.1km)から100hPa(約16km)まで、MSMに含まれる16層から選択できる。中心付近に低気圧性(反時計回り)の回転があるが、これは周囲から台風の中心に向かって吹き込む風を示している。一般に、台風の進行方向右側(危険半円)では左側(可航半円)よりも風速が大きくなるが、図のベクトル矢の色の分布がその様子表現している。実際のWvis画面上では、ベクトル矢が風向・風速に従ってアニメーション表示され、その動きから風の収束や回転を視覚的に把握することができる。

Fig. 5において、黄色の等数値面は相当温位を表している。空気中に含まれる水蒸気が多いほど、また気温が高いほど、相当温位の値は大きくなる。この図における等数値面は350Kの相当温位を表しているが、これは相当温位として大きな値であり、周囲より気温・湿度の高い空気が台風の中心部へ流れ込み、下層から上層にかけて高相当温位の領域が存在している様子を立体的に表現している。なお、相当温位の傾度及び等相当温位面の形状をより認識しやすくするため、指定した350Kに加え、+1K及び-1Kの等相当温位面を加えた3つの面を半透明化し重ねて表示している。この図において、台風の北側(図の上側)に存在する緑色の帯状の等数値面は、ジェット気流のコアを表す等風速面である。ここでは風速45m/sを超える領域を描画している。

Fig. 6は+20℃における等温面を表している。台風の中心付近は対流による水蒸気の凝結に伴う潜熱と、下降流による断熱昇温によって、その周囲より温度が高くなる。これを暖気核と呼ぶが、この図における等温面が上方に凸になっている部分が、台風の暖気核を示している。

相当温位に加え、強い上昇流および下降流が存在する領域をFig. 7に示す。MSMにおいては上昇・下降流は鉛直p速度で表現され、上昇流は負の値、下降流は正

Fig. 4 台風 26 号周辺の風（風向・風速 950hPa）
-2013 年 10 月 15 日 18 : 00UTC

Fig. 6 台風中心の暖気核（等温面 20℃）
-2013 年 10 月 15 日 18 : 00UTC

Fig. 5 相当温位 350K, ジェット気流（等風速面 45m/s）
-2013 年 10 月 15 日 18 : 00UTC

Fig. 7 台風の進行方向前面に広がる上昇流（鉛直 p 速度 $< -3\text{Pa/s}$ ）および下降流（鉛直 p 速度 $> +3\text{Pa/s}$ ）
-2013 年 10 月 15 日 18 : 00UTC

の値となる．ここでは，鉛直 p 速度が -3Pa/s を超える領域，すなわち上昇流の速度が大きい領域を赤紫色で，鉛直 p 速度が $+3\text{Pa/s}$ を超えて下降流の速度が大きい領域を青色で描画している．この図は，台風の進行方向前面に強い上昇流域が存在していることを示している．

3.2 温帯低気圧

2013年1月14日，日本列島の南岸を低気圧が急速に発達しながら通過した．このようなコースをたどる低気圧は「南岸低気圧」と呼ばれるが，この低気圧の影響で関東地方は大雪となり，交通機関は大きく乱れた⁵⁾．

Fig. 8 に1月14日15時 JST (06:00UTC) の地上天気図を示す．低気圧の中心は八丈島付近にあり， 75km/h で北東へ進んでいる．一般に南岸低気圧が八丈島付近を通過すると関東地方に雪をもたらすことが多いが，Fig. 8 はこの状況に該当する．Fig. 9 に赤外衛星画像

Fig. 8 地上天気図-2013年1月14日15:00JST
(気象庁提供)

Fig. 9 赤外衛星画像-2013年1月14日06:00UTC
(気象庁提供)

Fig.10 温帯低気圧周辺の風(風向・風速 950hPa)
-2013年1月14日06:00UTC

Fig.11 相当温位 324K
-2013年1月14日06:00UTC

Fig.12 上昇流（鉛直 p 速度<-3Pa/s）
-2013 年 1 月 14 日 06 : 00UTC

Fig.13 相当温位 324K, ジェット気流（等風速面 60m/s）
-2013 年 1 月 14 日 06 : 00UTC

像を示す。低気圧周辺の雲域に加え、寒冷前線付近に明瞭な対流雲列が表れている。

同じ時刻における MSM 初期値を Wvis によって可視化した結果を Fig.10 に示す。この図は下層（950hPa）の風向・風速を示したもので、低気圧中心の南側、寒冷前線付近に、風の収束が見られる。

Fig.11 に相当温位を示す。この図における等数値面は 324K の相当温位を表しているが、これは低気圧の前線面を表現している。低気圧中心から東側にのびているのが温暖前線面、西側にのびているのが寒冷前線面である。

相当温位に加え上昇流の強い領域を Fig.12 に示す。この図では鉛直 p 速度が-3Pa/s を超えて上昇流の速度が大きい領域を赤紫色で描画している。Fig.10 で寒冷前線付近に風の収束が見られるが、Fig.12 では下層の収束によってその付近に強い上昇流が生じていることを示している。またこれらは、Fig.9 における対流雲列の形成を示唆している。

Fig.13 は低気圧の西側からの視点、すなわち寒冷前線面の後面から表示したものである。前線面の上部に位置する緑色の等数値面はジェット気流のコアを表している。地上の前線と上空へのびる前線面、そしてその上部に位置するジェット気流の位置関係を表現している。

3.3 梅雨前線

Fig.14 は 2014 年 7 月 3 日 09 : 00JST (00 : 00UTC) の地上低気圧である。この日、梅雨前線と低気圧の影響で、長崎県の一部では 50 年に一度と言われる記録的な大雨となった。Fig.15 は同じ時刻における 850hPa の風・相当温位予想図である。等相当温位線が密な部分が東西に延びているが、これは相当温位の傾度が大きいことを意味し、この領域の南側に前線が位置する。この前線に向かって、南から相当温位の高い暖湿気が流入している。

この梅雨前線を Wvis で立体的に表示したものが Fig.16 である。この図は日本の東側からの視点で 339K の等相当温位面を表示したもので、ほぼ前線面に相当すると思われる。下層から上層にかけて、鉛直に近い傾きを持って前線面がのびている様子を表現している。

4. 結 論

3 次元で直感的な気象情報の表示を行うため、気象情報可視化ツール Wvis を開発し、インターネットで公開した。本ツールは、下記アドレスから無償で入手することができる。

<http://www.cybernet.co.jp/avs/download/wvis.html>

Wvis は天気図に代わるものではなく、細かい数値を判別するような用途には適していない。しかし、大気の立体的な構造を理解すること、気象現象の大局的なイメージをつかむこと、さらに、各人が頭の中でそれぞれ抱いていた気象の立体的な姿を、パソコン上で様々な角

Fig.14 地上天気図 -2014年7月3日09:00JST
(気象庁提供)

Fig.15 風・相当温位予想図 -2014年7月3日00:00UTC
(気象庁提供)

度から眺めて再発見することは、有効な手段であると考えられる。

本稿で示した全ての図は、Wvisを用いることで身近にあるパソコン上に誰でも再現できる。Wvisは特定の

Fig.16 相当温位 339K
-2014年7月3日00:00UTC

専門家向けに開発したものではなく、教育現場や気象分野の初心者ユーザも含め、様々な分野で活用されることを期待している。

より直感的で分かりやすい気象情報の見える化を目指し、今後も Wvis の開発を進めていく。

参考文献

- 1) Grid Analysis and Display System (GrADS) Home Page, <http://www.iges.org/grads/>, (2014)
- 2) VAPOR Home Page, <https://www.vapor.ucar.edu/>, (2014)
- 3) 宮地英生, 吉川慈人: 汎用可視化アプリケーション AVS に見る 1990 年代の可視化技術について, 可視化情報学会会誌, Vol.20, No.78 (2000) pp.13-18.
- 4) 内閣府: 平成 25 年台風第 26 号による被害状況等について (第 30 報) (2013)
- 5) 「1 月 14 日の大雪」と「関東地方の降雪」, 羽田空港 WEATHER TOPICS, 東京航空地方気象台, 通巻第 28 号 (2013)