

4. 自動計算処理、グラフ表示等のサポート機能

本章ではトラジェクトリ計算を機能的に遂行するための、ある区域の内部の多点から計算を開始させたり、あらかじめ計算に必要なパラメータを与えてバッチで処理したりする補助機能や、計算結果の表示機能、複数のトラジェクトリの重ね書き機能、ECMWF データから、指定気圧面ごとの風ベクトルを地図上に表示するなどの気象場の表示機能、等について述べる。

4.1 複数点からの計算とバッチ処理

トラジェクトリ解析ではある地点に到達する、或いはある地点を出発する気塊のトラジェクトリをその都度求める場合もあるが、多数のトラジェクトリを少しずつ条件を変えて繰り返し求める場合が多い。これらには、(1)同時刻に隣接する複数の地点から出発、或いは到達する気塊の挙動を求める、(2)一定の場所に数ヶ月から数年にわたって定められた時刻ごとに到達する、或いは出発する気塊の挙動を求める、3)船舶等の移動手段を用いた観測で観測地点と観測時刻がセットで与えられ、その地点・時刻に上空に到達した気塊のトラジェクトリを求める、などの場合がある。

4.1.1 等間隔複数点からの計算

トラジェクトリ計算の計算開始点を少しずつずらして複数のトラジェクトリを算出したい場合、まず当該区域を長方形に経度・緯度で指定し、一辺あたりの計算開始点の数 n を指定する。実際には長方形の西北端の経度緯度と東南端の経度緯度および n を入力する。これにより、長方形を東西・南北方向にそれぞれ $n-1$ 個に均等に分割する平行線を引いた場合の、平行線と各辺の交点、平行線同士の交点および長方形の 4 つの頂点からなる $n \times n = n^2$ 個のトラジェクトリ計算の計算開始点が定義され、逐次 n^2 個のトラジェクトリが計算される。計算結果は n^2 個のトラジェクトリが 1 画面に描画されるとともに、同一のテキストファイルにまとめて収納される。

4.1.2 バッチ処理

ECMWF データとして 2.5 度メッシュを用いるか 0.5 度メッシュか、計算方法は等圧面法か等温位法か、積分解法は Petterssen か 4 次の Runge-Kutta か、計算開始時刻と終了時刻はいつか等、それぞれのトラジェクトリ計算に必要なパラメータを予めパラメータファイルとしてテキストファイルの形で編集しておき、これにもとづいて大量の計算を一度に実行させるバッチ処理が可能である。バッチ処理で計算した結果はトラジェクトリ 1 本ごとの個別ファイルに保存される。ファイル名を連番でなく、計算に必要としたパラメータをユーザーが適宜選択し、使用したパラメータをファイル名に反映させて命名し自動的に保存することも出来る。

パラメータファイルの作成は、4.4 節で紹介する本システムの対話型操作環境とは別に、独立して単独に行える。ユーザーは自分の PC でマイクロソフト社のエクセル等の表計算ソフトを使ってパラメータの編集を行い、テキストファイル化後、システム管理者の PC から本システムに転送することが可能、という利点がある。作成されたパラメータファイルの内容は本システムでバッチ処理計算のプログラムファイルに追加しバッチ処理を実行する。

パラメータの編集は(1)バッチ処理計算に共通なパラメータと(2)個別のトラジェクトリ計算に必要なパラメータの編集とにわけられる。詳細は付録のマニュアルを参照されたい。

計算結果の保存は各トラジェクトリ毎に 1 つのファイルで保存され、ファイル名称を個々の計算毎に指定するパラメータ中の任意の項目を用いて指定することが出来る。必要ならばユーザ指定の文字も指定可能である。

4.2 グラフ表示機能

トラジェクトリ計算の結果や ECMWF データセットのデータを用いた風ベクトルなどの気象場のグラフィック表示は PV-WAVE により行われモニター画面に表示される。

4.2.1 トラジェクトリ計算結果

(1) グラフ

トラジェクトリの計算結果は地図平面上の軌跡と高度-経度グラフ面への投影、及び高度-緯度グラフ面への投影、の 3 つの図面と計算開始時刻や、計算開始経度緯度等、いくつかの計算パラメータとともにモニターに表示され、ユーザーオプションによりポストスクリプトによりプリントアウトされる (Figure 4.1)。

出力グラフに表示される項目は、

- 1) 計算に使用した ECMWF データセットの種類: 2.5 度メッシュ/0.5 度メッシュ
- 2) 計算方法: 等圧面法/等温位法
- 3) 積分解法: Euler 法/Petterssen 法/4 次 Runge-Kutta 法
- 4) 計算の方向: フォア/バック
- 5) 着地判定: あり/なし
- 6) トラジェクトリの出発時間
- 7) トラジェクトリの終了時間
- 8) 計算させたトラジェクトリの本数(多点から出発する場合、参照)
- 9) 積分解法におけるタイムステップ
- 10) テキストファイルに出力する計算結果の時間間隔
- 11) 風速の誤差の型、ただし現在は使用しない
- 12) 風速の誤差の範囲、ただし現在は使用しない
- 13) トラジェクトリの計算開始地点の経度緯度
- 14) トラジェクトリの計算開始地点の高さ

である。

計算結果を描画する際の地図平面の経度・緯度範囲はユーザーオプションにより、計算の結果に従った自動調整をするか、ユーザーが範囲を指定するか選択できる。高度 経度グラフ面の経度範囲と、高度 緯度グラフ面の緯度範囲は、自動的に地図平面の経度緯度範囲と同じになる。高さの範囲は計算の結果に従った自動調整もユーザー指定もオプションで選択できる。

また、100 本までの複数のトラジェクトリ計算結果を 1 枚の画面に表示することも可能である。例を Figure 4.2 に示す。2000 年 11 月の後半に苫小牧上空 800m に到達した気塊のバックトラジェクトリ 15 本を 1 枚の画面に表示したものである。この時期にはアジア大陸方面からの気流が支配的であったことが視覚的によくわかる。この重ね合わせ図はトラジェクトリの計算とセットにしてまとめて自動的に作成することはできず、先にトラジェクトリをマニュアルないしバッチ処理で算出しておき、そのあと重ね書きしたいトラジェクトリのテキストファイルをマニュアルでひとつずつ指定する必要がある。なお、重ね書きの場合図の右上のパラメータ欄には個々のトラジェクトリの計算開始時刻がプリントアウトされるが数は 14 個まででユーザー指定は出来ない。

なおこれらのグラフはモノトーンで、地図の線とトラジェクトリ線の色別や複数のトラジェクトリの色別表示などの多色表示は出来ない。

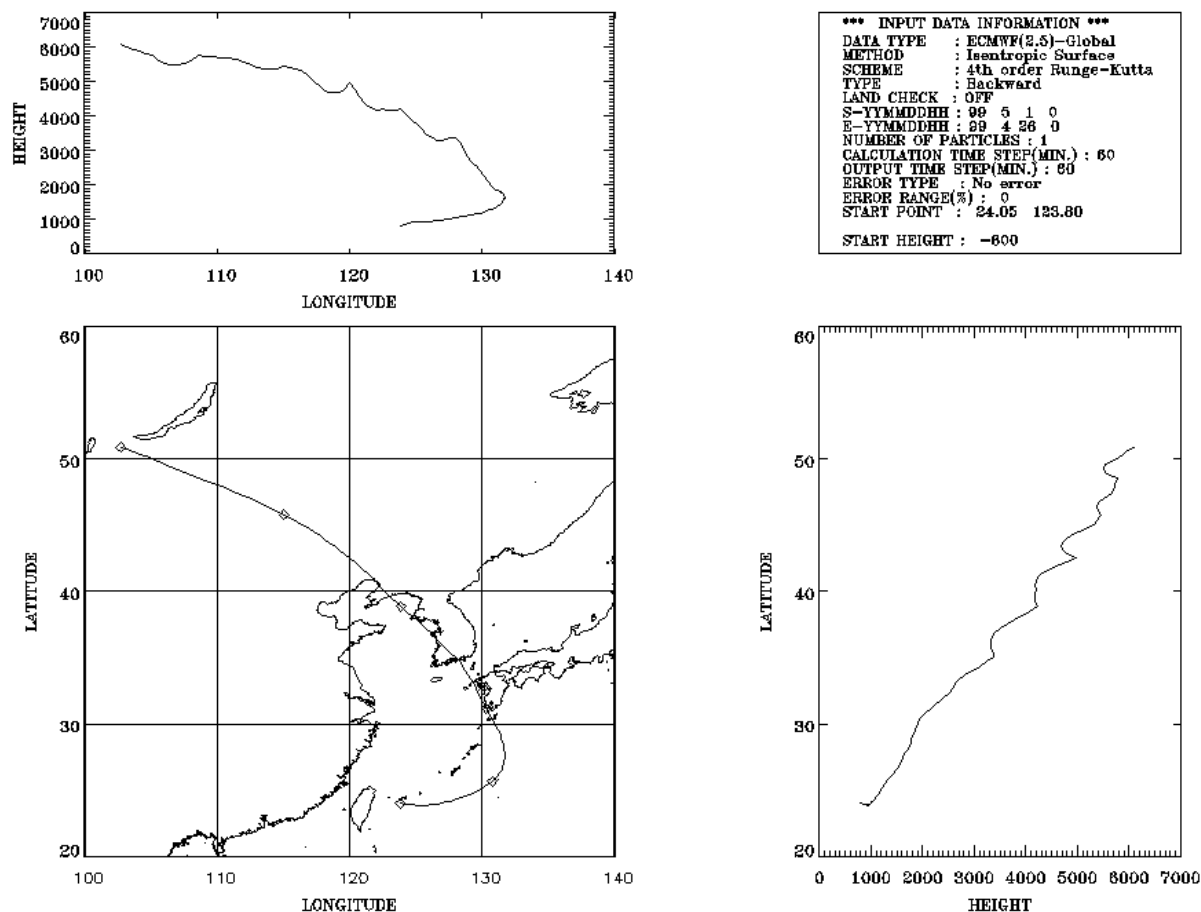


Figure 4.1 Graphic display of the trajectory calculation result. Top left : Projection of trajectory on altitude-longitude plane. Bottom left: Projection of trajectory on the map. Bottom right: Projection of trajectory on altitude-latitude plane. Fourteen parameters used for trajectory calculation are summarized in the square at top right: 1) ECMWF data type used for calculation, 2) Method of calculation (isobaric or isentropic), 3) Methods of time integration numerical scheme, 4) Direction of calculation (backward or forward), 5) Land check (On/Off), 6) Calculation start time, 7) Calculation end time, 8) Numbers of trajectories calculated, 9) Time interval for integration, 10) Time interval of data plot, 11) Error type, 12) Error range, 13) Start point (latitude and longitude), 14) Start height (altitude, potential temperature or atmospheric pressure plane).

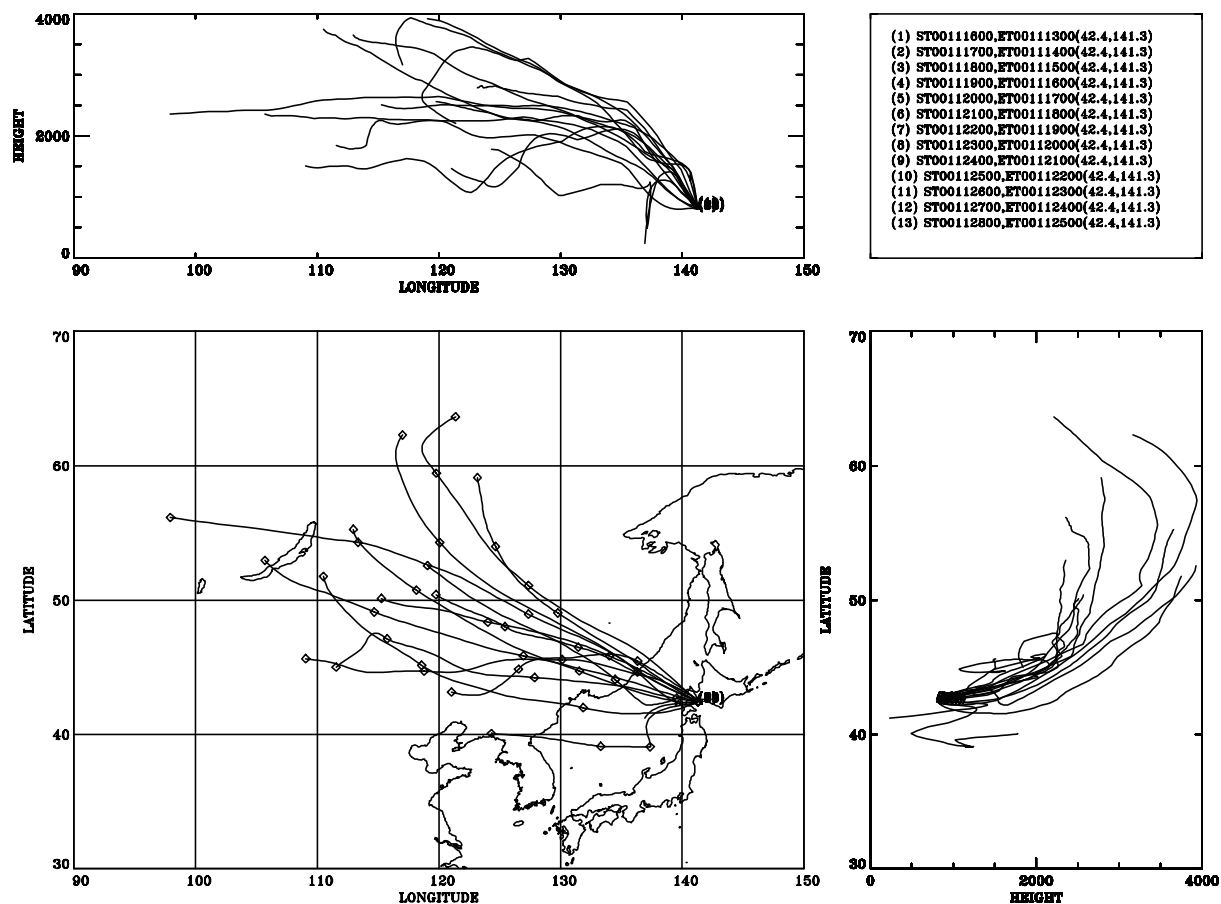


Figure 4.2 Overlay display of fifteen trajectories attained at Tomakomai for the period of November 16 to 30, 2000. Top left: Projection of trajectories on altitude-longitude plane. Bottom left: Projection of trajectories on the map. Bottom right: Projection of trajectory on altitude-latitude plane. Top right: Calculation start times of trajectories. Only fourteen dates can be displayed. Up to one hundred trajectories can be overlaid if needed.

(2) テキスト

計算結果をテキストファイルとして出力させた例を Figure 4.3 に示す。左側の行数表示は説明のために付してあり実際には表示されない。
 ヘッダー部分を行を追って説明する。

```

1  DATA SELECTION :      ECMWF(2.5)-Global
2  CHART SELECTION :      Trajectory
3  Calculation Method :    Isentropic Surface
4  Calculation Scheme :    Euler
5  Type :                  Backward
6  Initial Value :        -1500(hPa or K)
7                          NOTE: Negative value represents height(unit:m).
8  land check      0
9  First Calculation Start Time(YY/MM/DD/HH) :      99/ 7/30/ 0(GTM)
10 First Calculation End Time(YY/MM/DD/HH) :        99/ 7/27/ 0(GTM)
11 Last Calculation Start Time(YY/MM/DD/HH) :        //(GTM)
12 Count Time Interval :      12
13 Start Point : Latitude :      24.05      Longitude :      123.80
14 Lowest Layer No.1(1000hPa)
15 Number of Layers      15
16 Calculation Time Step :      60
17 Output Time Step :      60
18 Error Type :      No error
19 Error Range :      0 (%)
20 Error particle :Representative Point
21 Number of Particles :      0
22 Start Point 1 Latitude :      24.05      Longitude :      123.80
23 Start Point 2 Latitude :      24.05      Longitude :      123.80
24 Map Projection :      Mercator
25 Method :      Manual
26 Map Range :
27         Minimum Longitude :      120.00      Maximum Longitude :      150.00
28         Minimum Latitude :      10.00      Maximum Latitude :      30.00
29         Minimum Height :      0.00      Maximum Height :      0.00
30 comment-end
31 2199 730 0 2 1 -1 99 7 30 0 99 7 27 0
32 -1500 24.05 123.80 1 60. 60. 1 2 0 0 0
33 73
34 1 24.05 123.80 1500
35 2 23.98 123.88 1491
   :
102 69 16.43 142.17 1613
103 70 16.36 142.51 1613
104 71 16.32 142.83 1620
105 72 16.28 143.15 1630
106 73 16.25 143.46 1643

```

Line No31

2199 730 0 2 1 -1 99 7 30 0 99 7 27 0

① ② ③ ④ ⑤ ⑥

Line No32

-1500 24.05 123.80 1 60. 60. 1 2 0 0 0

⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮

Calculation method: 1, isobaric 2, isentropic

Not used

Calculation start time YYMMDDHH (98 1 1 0 for January 1st, 1998 0(UTC)

Time Integration numerical scheme: 1, Euler 2, Petterssen 3, 4th Runge-Kutta

Direction of trajectory: -1, Backward 1, Forward

Calculation end time YYMMDDHH

Height (m with negative sign) or potential temperature for isentropic calculation and atmospheric pressure plane for isobaric calculation

Latitude and longitude of calculation start point

Number of particles

Calculation time step (min.)

Output time step

Not used

Type of Data 0, ECMWF 2.5 degree mesh data 1, ECMWF 0.5 degree mesh data

Land check 0, Off 1, On

Figure 4.3 Example of text file for trajectory calculation results.

- 1 行目 DATA SELECTION: 選択した ECMWF2.5 ° /0.5 ° メッシュデータセット
- 2 行目 CHART SELECTION: 使用したシステムの機能
- 3 行目 Calculation Method: 等温位法/等圧面法
- 4 行目 Calculation Scheme: 積分解法
- 5 行目 Type: フォア/バック
- 6 行目 Initial Value: 等圧面法の場合、指定した圧力面すなわち ECMWF のデータセットに含まれる気象データのある圧力面、
等温位法の場合、正の数は指定した温位値、負の数は指定した高度(m)。
- 8 行目 Land check: なし 0、あり 1。
- 9 行目 First Calculation Start Time: トラジェクトリを計算する計算開始指定時刻。
バッチ処理である時間間隔において複数本のトラジェクトリを求める場合は最初に計算をするトラジェクトリの計算開始指定時刻。
- 10 行目 First Calculation End Time: トラジェクトリの計算における計算終了指定時刻。
バッチ処理である時間間隔において複数本のトラジェクトリを求めた場合は最初に計算をしたトラジェクトリの計算終了指定時刻。
これはユーザーが予め指定した時刻をそのまま出力しており実際の計算がどこまで行われたかは無関係である。また途中で計算が出来なくなっても、最初の指定終了時刻がここに出力される。
- 11 行目 Last Calculation Start Time: バッチ処理で複数本トラジェクトリの計算を行わせる場合、最後のトラジェクトリの計算開始時刻。
- 12 行目 Count Time Interval: バッチ処理において複数本計算させる各トラジェクトリの計算開始指定時刻の間隔。
- 14 行目 Lowest Layer No.1 (1000hPa): 計算に使用可能な指定気圧面のうち、最も地表に近い指定気圧面。
- 15 行目 Number of Layers: 計算に使用可能な指定気圧面の数。
- 16 行目 Calculation Time Step: 積分解法でワンステップの計算で積分する時間の幅(分表示)。
- 17 行面 Output Time Step: 出力されるデータの時間間隔(分表示)。
(注)Calculation Time Step を 15 分で指定し Output Time Step を 60 分で指定していた場合、積分計算は 15 分ごとに行われていても出力されるのは 1 時間おきの結果のみである。
- 18-20 行目 Error Type, Error range, Error particle: 現在は使用していない。
- 21 行目 Number of Particles: 4.1.1 で述べた、「複数点へ同時刻に到達する、或いは複数点から同時に出発するトラジェクトリ」を計算をさせた場合の、指定した緯度経度範囲の 1 辺あたりの出発点の数。0 は複数点の計算は行っていないことを意味する。複数点の計算では 2 以上の整数 n が表示され、実際の計算では n^2 本のトラジェクトリが計算されている。
- 22-23 行目 Start point 1&2: 複数点に同時刻に到達する、或いは複数点から同時刻に出発する気塊のトラジェクトリを計算させる場合、当該位置を含む緯度経度。
1 が西北端 2 が東南端を示す。
- 25 行目 Method: 地図の描画範囲の指定 (Manual)/自動(Automatic)。
- 26-29 行目 Map Range: ユーザーに指定された地図の範囲。自動の時は 0 表示。
- 31-32 行目 数字 コード化したパラメータ。
計算方法 1: 等圧面法 2: 等温位法
不使用 常に 1

計算開始時刻 YYMMDDHH (ただし一桁の時はスペースをあげ右詰め)
 積分解法 1: Euler 2: Petterssen 3: 4 次 Runge-Kutta
 フォア/バックの別 -1: バック 1: フォア
 計算終了時刻 YYMMDDHH (に同じ)
 等圧面法では指定気圧面(hPa) 等温位法では計算開始地点の高さ(m にマイナス符号を前置)または温位(K)
 計算開始地点の緯度経度(度の百分位まで)
 複数点からの計算時の指定した長方形の区域 1 辺あたりの計算開始点の数 n (4.1.1 参照)
 数値積分のタイムステップ(分)
 計算結果をファイルに出力する場合の時間間隔
 不使用 常に 2 と 0
 データセットの種類 0: 2.5 度メッシュ 1: 0.5 度メッシュ
 着地判定 0: なし 1: あり

4.2.2 気象場

Table 2.1 の ECMWF データセットに含まれるデータを使い、風ベクトルや気温等の気象データを地図上の分布図として、またジオポテンシャルハイトのコンター図や、ある地点での気象データの時系列変化などを表示することが出来る。

(1) ジオポテンシャルハイトの等高線表示と風系ベクトル表示

表示例を Figure 4.4 に示す。ある気圧面について、ジオポテンシャルハイトの等高線図を描画させると気圧の配置に対する情報が得られる。また当該面上の風系ベクトルを重ね書きすることも可能である。風系ベクトル図では 2.5 度メッシュの格子点を各ベクトルの原点に取り水平方向に投影した成分をあらわしている。なお、風系ベクトルの描画に際しては、描画範囲の中で最大の風ベクトルの大きさを自動的に一定の大きさで表示するので、異なる時刻・異なる描画範囲を比較する場合は注意が必要である。

風系ベクトルの図とジオポテンシャルハイトのコンター図を別々に描画させることも勿論可能である。

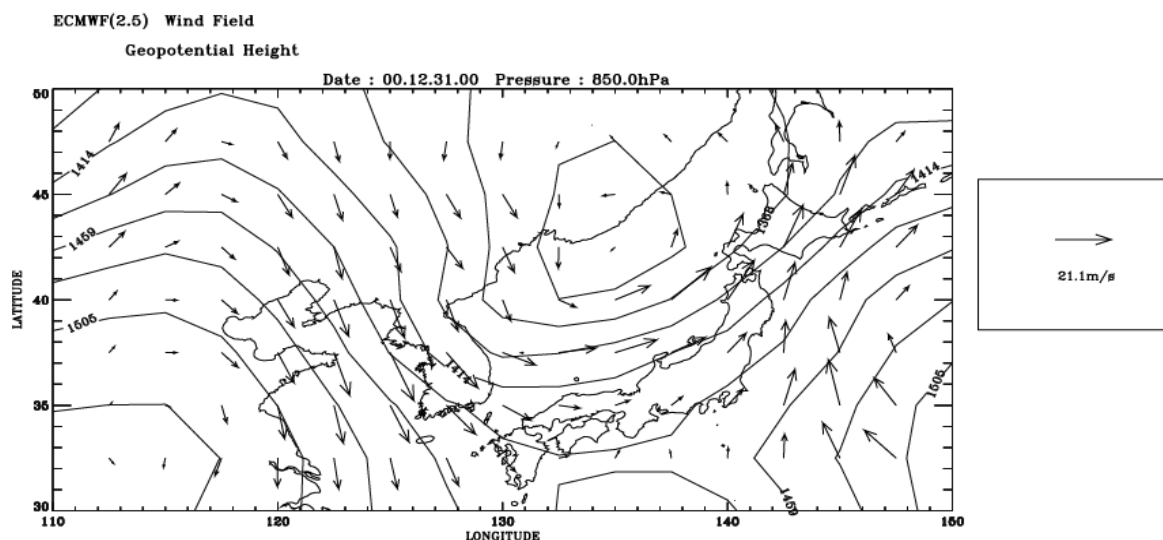


Figure 4.4 Wind field with contour of geopotential height on 850hPa pressure surface at 0 UTC on December 31, 2000.

(2) 時系列変化グラフ

ある地点における指定気圧面の気温、湿度、風向、風速の1週間の時系列変化を表示することができる。項目ごとの4つのウィンドウに3地点まで重ね書きが可能であり、各地点ごとに表示させる指定気圧面を指定できる。Figure 4.5 に異なる3つの地点、30N-140E(実線)、20N-150E(点線)および30N-160E(破線)について、それぞれ1000hPa、925hPa および850hPaの指定気圧面上での2000年12月31日0UTCから2001年1月6日12UTCまでの時系列変化を重ね書きした例を示す。なお湿度はECMWFの相対湿度データを比湿(specific humidity, ある空気塊に含まれる水蒸気量の空気塊の質量に対する比 g/kg (吉野ら, 1985))に変換して表示している。

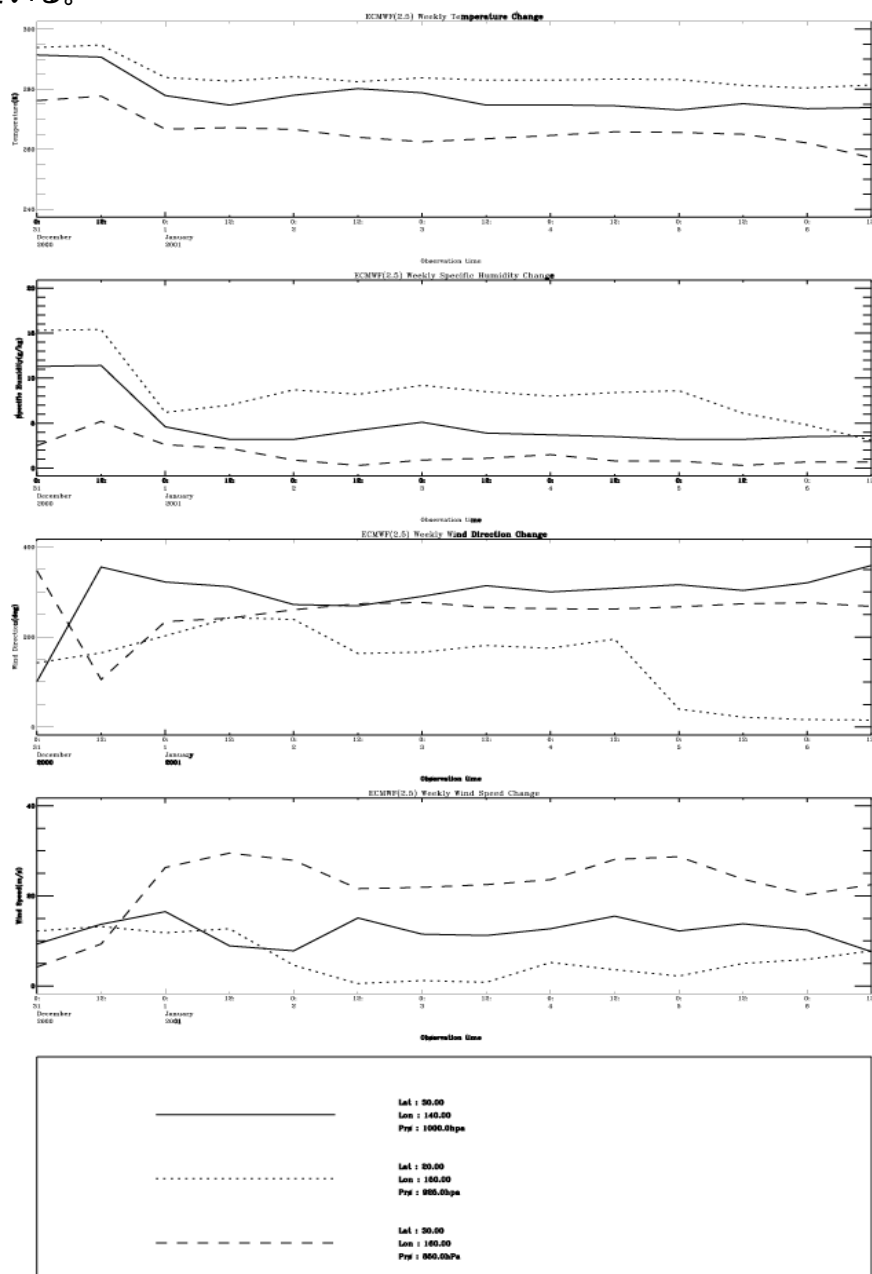


Figure 4.5 Time series change of temperature, specific humidity, wind direction and wind speed (top to down) at three different points. Straight line (—) indicates 30N-140E at 1000hPa, dashed line (----) indicates 20N-150E at 925hPa, and broken line (---) indicates 20N-160E at 850hPa. The graph shows the period from 0 UTC on December 31, 2000 to 0 UTC on January 6, 2001.

(3) 時空間分布グラフ

ある緯度・経度における上空の気象値の時間 空間分布をコンターで表示することができる。表示できるのは時系列変化グラフと同様気温、比湿、風向、風速の気象項目である。Figure 4.6 に気温と風ベクトルを表示した例を示す。

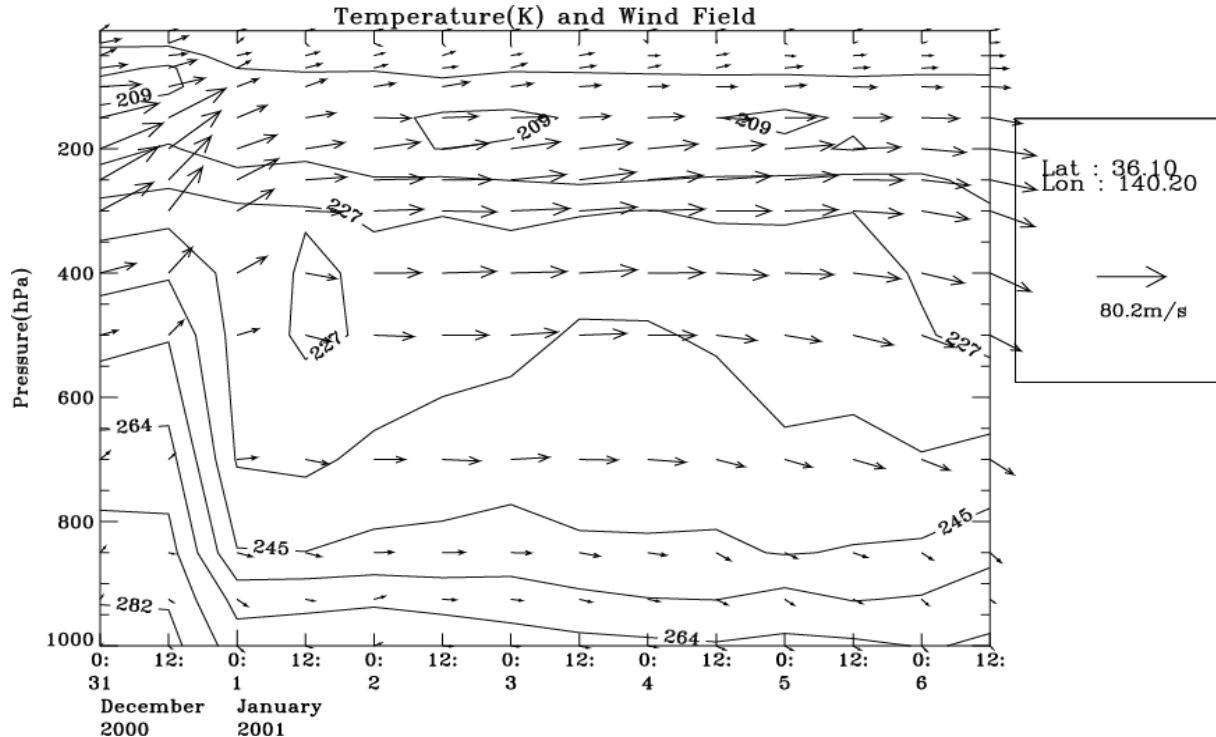


Figure 4.6 Time-Height Cross Section of meteorological factors (temperature and wind vector).

4.3 結果の保存

トラジェクトリ計算結果や表示した気象場の数値データはテキストファイルとして保存される。トラジェクトリ計算結果のグラフ、或いは表示した気象場は、結果を付属のプリンターでプリントアウトした場合にはポストスクリプトファイル(ps ファイル)として自動保存される。一方、プリントアウトしない場合にはユーザーが保存の要否と画像ファイル(ps、gif、jpeg、tiff など)の種類を指定する必要がある。いずれにせよプリントアウトしない場合、画像ファイルが自動的に保存されないことに留意されたい。また、結果ファイル名はバッチ処理でユーザーが指定する場合を除き、本システムにログインするごとに No.001 から自動的に連続番号で命名され、一旦ログオフして再度ログインした場合 No.001 から上書きされる。従って、計算結果をしばらく保存したい場合には別のディレクトリに保存するか、電子媒体等に別途保存する必要がある。本システムの入出力装置は 8mm テープとフロッピーで MO や CD-R などは装備していない。従って通常は保存したいファイルを本システムよりシステム管理者の PC に FTP 転送し、MO や CD-R などの電子媒体に記録している。

バッチ処理の場合はプログラムにより、テキストファイルと共に、プリントアウトを行う場合は ps ファイルと gif ファイル、行わない場合は gif ファイルのみを保存するようにしている。

4.4 対話型操作環境

本システムは"大気物理の専門家ではなく"、かつ"UNIX の取り扱いの経験が無い"というユーザーでも容易にトラジェクトリ計算や気象場の表示が行えるよう、一つの画面とサブ画面でバッチ処理以外の全操作が行えるようになっている。対話型操作画面では選択可能な項目がボタンとして用意されているかプルダウンメニューで示され、ポインターをボタン等に合わせてクリックすることで選択できる。経度緯度などの数値情報はキーボードから入力する。経度緯度は度数の百分位まで入力する。分単位は使用しないので注意されたい。経度は東まわりの 0~360 を使用し緯度は北が正、南が負である。また等温位法において計算開始地点の高さないしは温位を指定する個所は同じで、温位の場合はそのまま、高さの場合はマイナス符号をつけて指定する。詳細は付録のマニュアルを参照されたい。

4.5 その他

本システムでは複数点からのトラジェクトリを算出する場合を除き、各トラジェクトリごとに 1 個のテキストファイルが作成される。また、気象場の表示では、実際にユーザーがどの気象項目を画面に表示させたかとは無関係に選択した範囲の表示可能項目それぞれについてテキストファイルがつくられる。テキストファイルの中のヘッダー部分に記載される内容項目が実際の内容と異なる場合があるので必ずファイル名で確認する必要がある。なおファイルの命名規約については付録のマニュアル 3.1 命名規約と保存ディレクトリ p102 を参照されたい。

複雑な多色表示、例えば海岸線とトラジェクトリ計算結果の色分けなどの多色表示は画面上でもプリントアウトでも出来ない。

解析のための補助ツールとして別途、複数のテキストファイルから時間ごとの緯度経度高さの数値をマイクロソフト社のエクセルに読み込み、1 つのシート上にまとめるマクロプログラムと、トラジェクトリを表示するために地図情報をあらかじめ入れたエクセルファイルを別途用意している。前者は、数多くのトラジェクトリをエクセルを用いて統計解析などの解析をする場合に極めて有用であり、後者は多数本のトラジェクトリの重ね書きを色を違えて表示することが可能であるので有用である。