

対流圏モニタリングデータ評価のための支援 システム(CGGER-GMET)の開発

—トラジェクトリ計算および気象場表示システム—

勝本 正之・古橋 規尊・鵜野 伊津志・林田 佐智子・井手 玲子・
稲垣 美知子・橋本 正雄・曾 継業・中根 英昭・藤沼 康実 著

地球環境研究センター
Center for Global Environmental Research



独立行政法人 国立環境研究所
National Institute for Environmental Studies, Japan



出版にあたって

地球環境研究センターでは地球環境研究を担う所内外の多くの研究者と連携し長期のモニタリングや系統的なデータベースの整備、研究支援ツールの整備を実施してきている。この研究支援ツールの整備のひとつが本レポートで報告している「対流圏モニタリングデータ評価のための支援システム(CGER-GMET)」である。本システムの開発当時は、気象データセットを用いて大気塊の移動経路(トラジェクトリ)の算出を行ったり、その気象場を表示するシステムは、国環研のホストコンピュータ上でのみ作動するもので、取り扱いには大気物理の専門の素養と大型計算機取り扱いの知見が必要であった。本システムは、モニタリングデータや大気汚染のデータの解析において不可欠なこのトラジェクトリの算出を、大気物理や計算機利用の専門知識を必要とせず誰でも行えるように、ホストコンピュータ用のプログラムをUNIXに移植し、合わせて対話型操作環境を整え、計算開始の位置や時刻を入力するだけでトラジェクトリの算出が行えるようにしたものである。なお、本システムで用いる気象データセットであるヨーロッパ中期天候予報センター(ECMWF)の全球の格子点データセットは研究支援の一環として毎年当センターで購入しており、本システムの利用者は新たに購入することなく利用できる。

本レポートは、最近行った改良点の解説を含めて機能と応用例を中心に本システムについてまとめたもので、一般利用者向けの機能紹介と詳細なマニュアルという性格を持ち、本システムを有効に活用するために有用である。本システムは国環研の研究者だけではなく、国環研と共同研究を行う方々も、使用許諾条件への同意の元で利用いただくことが可能である。多くのユーザーの方に利用いただけることを願う次第である。

2002年12月

独立行政法人 国立環境研究所
地球環境研究センター
総括研究管理官
井上 元

井上 元

はじめに

地球環境モニタリングの観測結果の解析や大気科学の研究の支援を目的として地球環境研究センターにより開発された「対流圏モニタリングデータ評価のための支援システム(CGER-GMET)」は多くの研究者に利用されてきており、最近のバッチシステムの導入で利用が一段と増加している。本システムの維持管理に携わり、利用者からの質疑を多く受けるに従い、現在の本システムの機能の詳細について現段階で整理しまとめておくこと、および詳細な利用マニュアルを作成しておくことが今後の利用には不可欠と考え本レポートをまとめた。

本システムの開発と多岐にわたる改良とには多くの研究者が様々な形でいれかわり係わってきており、諸機能の付加や統廃合が行われてきた。今回のまとめにあたっては、利用者の利便性を考え、現行システムの計算例・応用例の紹介と初心者一人でも使えるマニュアルの作成に焦点を絞ることとし、従来係わって来られた数多くの研究者にかわり、現在システムの維持管理にたずさわる者が、システムの紹介とマニュアルの作成を行うこととした。そのため過去の開発経緯では意図的に割愛した点や十分紹介できなかった点もあることはご容赦いただきたい。

本レポートは、本システムのユーザーを対象に、応用例及び解説付きの詳細なユーザーズマニュアルの性格を持つもので、本システムが対象としている「大気物理の専門家ではなく」「計算機の取り扱いに熟達していない」ユーザーの立場で、何が出来て何が出来ないか、限界はどこか、といったことを計算例を中心に紹介することにより、ユーザーがより広く解析支援ツールとして本システムの利用が可能となるよう、また限界についてユーザーの注意を喚起するよう心がけた。

本レポートをマニュアルとしてご利用いただく場合は本文を読まず直接 70 頁からお読みいただきたい。トラジェクトリ計算について多少の知見のある方なら、実際に使用いただき計算結果の解釈の過程で本文の必要箇所を参考にさせていただくことで十分御利用いただけるものと考えられる。本レポートにより一人でも多くの方に本システムをより有効にお使いいただければ幸いである。

2002年12月

編集責任者
独立行政法人 国立環境研究所
地球環境研究センター
勝本正之
(日本学術振興会 特別流動研究員)

目 次

出版にあたって.....	
はじめに.....	
目次.....	
1.序.....	3
1.1 開発の背景.....	3
1.2 トラジェクトリ解析.....	3
1.2.1 トラジェクトリと気象データセットについて.....	3
1.2.2 トラジェクトリ解析.....	5
2.システムの概要.....	6
2.1 開発の経緯.....	6
2.2 装置およびソフトウェア.....	6
2.3 データセット.....	7
2.3.1 概要.....	7
2.3.2 ECMWF の使用許諾条件.....	8
2.4 機能.....	8
3.トラジェクトリの計算方法.....	10
3.1 基本的な考え方.....	10
3.2 計算手法.....	11
3.2.1 概要.....	11
3.2.2 数値解法.....	13
3.3 補間方法.....	15
3.3.1 数式の表記.....	15
3.3.2 時間補間.....	16
3.3.3 空間補間.....	16
3.3.4 線形補間と距離の逆二乗の重み付け補間の特徴 - 3次元格子の各頂点データの補間値への寄与 -	20
3.4 温位の算出方法.....	22
3.4.1 計算の開始時.....	22
3.4.2 気塊を水平移動させた後の等温位位置の算出.....	23
3.5 計算の開始と終了.....	23
3.6 着地判定.....	23
3.7 距離.....	23
3.8 まとめ.....	24
4.自動計算処理、グラフ表示等のサポート機能.....	25
4.1 複数点からの計算とバッチ処理.....	25
4.1.1 等間隔複数点からの計算.....	25
4.1.2 バッチ処理.....	25
4.2 グラフ表示機能.....	26
4.2.1 トラジェクトリ計算結果.....	26
4.2.2 気象場.....	31
4.3 結果の保存.....	33
4.4 対話型操作環境.....	34
4.5 その他.....	34

5.トラジェクトリ計算例	35
5.1 等圧面法.....	35
5.2 等温位法.....	39
5.2.1 温位面の等圧面に対する傾きが小な場合.....	39
5.2.2 温位面の等圧面に対する傾きが大な場合.....	39
5.3 近接する複数点からのトラジェクトリの比較.....	45
5.4 タイムステップ.....	49
5.5 0.5 度データと 2.5 度データ.....	57
5.6 応用例 波照間と落石岬に飛来する気塊の移動経路.....	60
6.まとめ	64
7.本研究によって得られた成果	65
参考文献.....	66
研究発表.....	67
連絡先.....	67

付録

操作マニュアル	69
ご利用にあたって(使用許諾条件)	70
目次.....	71
章(節)立てと略語・文字の色分けの説明.....	71
1.操作の流れとディレクトリ構成	72
2.操作方法	75
2.1 共通操作 1 ディスプレイの立ち上げと対話型操作画面 ().....	75
2.2 オンライントラジェクトリと気象場の表示 (、).....	76
2.2.1 オンライントラジェクトリ ().....	79
2.2.2 気象場の表示 ().....	83
2.3 共通操作 2 印刷・保存・可搬電子媒体への保存・終了 (、 、).....	88
2.4 バッチ処理によるトラジェクトリ計算 (、 、).....	93
2.5 トラジェクトリの重ね合わせ (、 、 、).....	99
3.結果ファイル	102
3.1 命名規約と保存ディレクトリ.....	102
3.2 結果ファイルフォーマット.....	104
3.2.1 トラジェクトリ.....	104
3.2.2 トラジェクトリ計算結果ファイルの経度表示.....	106
3.2.3 気象場表示に使用した数値のファイル.....	107
4.おわりに	111

List of tables

2.1	ECMWF dataset	7
2.2	Functions of GMET	9
3.1	Time numerical integration scheme and interpolation	19
5.1	Longitudinal and latitudinal wind velocity (m/s) at 6 points in 37.5N-150E—35N-155E grid at 12 UTC on February 17, 1998.....	45
7.1	List of the papers in which the trajectories by GMET are used	65

List of Figures

1.1	Calculation starting point and time, and ending point and time	4
1.2	Regular latitude/longitude grid on multi pressure levels of ECMWF Dataset	4
3.1	Calculation procedure of air mass trajectory	12
3.2	Time integration numerical scheme 1: Euler method.....	13
3.3	Time integration numerical scheme 2: Petterssen method	14
3.4	Time integration numerical scheme 3: 4th Runge-Kutta.....	14
3.5	Estimation scheme of meteorological elements value at any point and time	15
3.6	Linear time interpolation.....	16
3.7	Linear space interpolation on isobaric surface	17
3.8	Linear space interpolation on isobaric surface and linear potential temperature interpolation in vertical direction.....	18
3.9	Weighted interpolation on isobaric surface.....	18
3.10	Weighted interpolation in a grid cell.....	19
3.11	Height dependence of the contribution of lattice corner datum to the interpolated value	21
3.12	Calculation procedure for isobaric and isentropic method	24
4.1	Graphic display of the trajectory calculation result.....	27
4.2	Overlay display of fifteen trajectories attained at Tomakomai for the period of November 16 to 30, 2000.....	28
4.3	Example of text file for trajectory calculation results	29
4.4	Wind field with contour of geopotential height on 850hPa pressure surface at 0 UTC on December 31, 2000.....	31
4.5	Time series change of temperature, specific humidity, wind direction and wind speed (top to down) at three different points	32
4.6	Time-Height Cross Section of meteorological factors (Wind speed).....	33
5.1	Back trajectories of air mass attained over Hateruma at 0 UTC on July 30, 1999.....	36
5.2	Back trajectories of air mass attained over Hateruma at 0 UTC on February 8, 1998.....	37
5.3	Wind field on (a) 850hPa and (b) 925hPa pressure surfaces at 0 UTC on February 7, 1998.....	38
5.4	Back trajectories of air mass attained over Hateruma at 0 UTC on July 30, 1999, calculated by Isentropic method.....	40
5.5	Back trajectories of air mass attained over Hateruma, at 0 UTC on February 8, 1999, calculated by Isentropic method.....	41
5.6	Wind field around Hateruma Island (123°48'E, 24°3'N) at 0 UTC on February 8, 1998, on (a) 1000hPa, (b) 925 hPa, (c) 850hPa, and (d) 700hPa pressure surfaces	43
5.7	Altitudinal change of lateral component of wind speed u (east-west) and v (north-south) and direction values are estimated by (a) linear space interpolation and (b) weighted space interpolation at 23.25N-123.25E at 0 UTC on February 8, 1998	44
5.8	Wind field at 12 UTC on February 17, 1998 and eight calculation start points.....	46
5.9	Four trajectories of which the calculation start points are nearby	47
5.10	Projections on the altitude-longitude plane of two sets of trajectories shown in Figure 5.9	48
5.11	Wind field of 850hPa pressure surface at 12 UTC on February 16, 1998.....	49
5.12	Distance between two air masses which were nearby at calculation start time.....	50
5.13	Trajectories calculated by isobaric method and 4th Runge-Kutta time integration numerical scheme with various time step intervals.....	51
5.14	Trajectories calculated by isobaric method, Petterssen (left) and Euler (right) time integration numerical scheme, with various time step intervals	52
5.15	Effect of time step interval on the air mass positions.....	53

5.16	Distribution of lateral components of wind speed u (east-west) and v (north-south) and direction along 36.25N at 0 UTC on February 8, 1998	55
5.17	Distribution of lateral components of wind speed u (east-west) and v (north-south) and direction along 35.75N at 0 UTC on February 8, 1998	56
5.18	Comparison of the back trajectories calculated with (a) ECMWF 2.5 degree and (b) 0.5 degree mesh dataset	58
5.19	Wind fields at the calculation start time of trajectories shown in Figure 5.18: 12 UTC on February 17, 1998 (top) and after twelve time steps from the start of calculation: 0 UTC on February 17, 1998 (bottom)	59
5.20	(a) Latitudinal and (b) longitudinal distribution of the points where air masses had passed three days before arriving at Hateruma	61
5.21	(a) Latitudinal and (b) longitudinal distribution of the points where air masses had passed three days before arriving at Cape Ochi-ishi	62
5.22	Geographical distribution of air mass origins of Capae Ochi-ishi within three days before arrival in 1999	63

List of Figures (Appendix)

1.1	Operational flow indicated in Japanese operation manual	73
1.2	Directories of the System	74
2.1	Screen just after logging into the system.....	76
2.2	Emulator window	77
2.3	CGER-GMET (Global Meteorological Data Display System) window	78
2.4	ECMWF TRAJECTORY PARAMETER DETAILS window	80
2.5	CGER-GMET (Global Meteorological Data Display System) window (partial).....	81
2.6	Windows on screen while calculating	82
2.7	Input window for parameters to display the wind field	83
2.8	Input window for parameters to display the Met.Weekly Time Series	85
2.9	Input window for parameters to display the Time-Height Cross Section	86
2.10	CGER-GMET (Global Meteorological Data Display System) window	88
2.11	Windows on screen when naming and saving the file.....	89
2.12	FFFTP screen on PC (Case A)	91
2.13	FFFTP screen on PC (Case B).....	91
2.14	File list window (partial)	91
2.15	Screen just after logging into the system.....	93
2.16	File manager window	93
2.17	File manager-trjbat window	94
2.18	Text editor-parabatch.txt window	94
2.19	File manager-trjbat window	97
2.20	Action run window.....	97
2.21	Run window	98
2.22	TRJDISP window.....	99
2.23	TRJDISP window (after the selection of files).....	100

List of Photos(Appendix)

2.1	Display monitor of GMET system. (a) Before switching on (b) Login screen	75
-----	--	----

対流圏モニタリングデータ評価のための支援システム(CGER-GMET)の開発

- トラジェクトリ計算および気象場表示システム-

勝本正之¹・古橋規尊²・鵜野伊津志³・林田佐智子⁴・井手玲子⁵・
稲垣美知子⁵・橋本正雄⁶・曾継業⁷・中根英昭⁵・藤沼康実⁵

¹ 国立環境研究所地球環境研究センター (日本学術振興会・特別流動研究員)

〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2

² (株)富士通エフ・アイ・ピー 環境システム事業推進部

〒135-8686 東京都江東区青梅 2-45(タイム 24 ビル)

³ 九州大学応用力学研究所

〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1

⁴ 奈良女子大学理学部

〒630-8506 奈良県奈良市北魚屋西町

⁵ 国立環境研究所地球環境研究センター

〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2

⁶ (株)日立サイエンスシステムズ 那珂カスタマーセンター

〒312-0034 茨城県ひたちなか市堀口 832 番地 2

⁷ (財)地球・人間環境フォーラム つくば研究所

〒305-0061 茨城県つくば市稲荷前 24-18

Development of Air Mass Analysis System for Evaluating Tropospheric Monitoring Data Using ECMWF Upper Air Data

- Calculation of Trajectory and Display of Meteorological Field -

Masayuki KATSUMOTO¹, Noritaka FURUHASHI², Itsushi UNO³, Sachiko HAYASHIDA⁴,
Reiko IDE⁵, Michiko INAGAKI⁵, Masao HASHIMOTO⁶, Jyie ZENG⁷, Hideaki NAKANE⁵,
Yasumi FUJINUMA⁵

¹ Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies
(Domestic Fellow of Japan Society for the Promotion of Science)

16-2 Onogawa, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305-8506, Japan

² Fujitsu FIP Corporation

Time 24 Building, 2-45 Aomi, Koto-ku, Tokyo, 135-8686, Japan

³ Research Institute of Applied Mechanics, Kyushu University

6-1 Kasuga-koen, Kasuga-shi, Fukuoka-ken, 816-8580, Japan

⁴ Faculty of Science, Nara Women's University

Kita-uoyanishi-machi, Nara-shi, Nara-ken, 630-8506, Japan

⁵ Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies

16-2 Onogawa, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305-8506, Japan

⁶ Naka Customer Support Center, Hitachi Science Systems, Ltd.

832-2 Horiguchi, Hitachi-Naka-shi, Ibaraki-ken, 312-0034, Japan

⁷ Tsukuba Research Center, Global Environmental Forum

24-18 Inari-mae, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305-0061, Japan

Abstract

An air mass analysis system for evaluating tropospheric monitoring data using European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) dataset has been developed. The Unix computer is used for the system, however even for a user who has no experience in UNIX or no professional knowledge on the atmospheric physics can calculate the trajectories or display the meteorological fields through simple dialogue menu. The trajectories of air mass attained at any point and time can be calculated by two methods: isobaric and isentropic. The user will select one from three sets of the interpolation method for meteorological elements and the time numerical integration scheme: Euler, Petterssen, and 4th Runge-Kutta. First two methods use the weighted space interpolation. They were developed for the host computer of National Institute for Environmental Studies in the latter half of 1980's by Hayashida et. al (Hayashida.S.A., 1991), then transferred to UNIX in 1994. The last method uses the linear space interpolation, and was developed and installed in 1998. The 4th Runge-Kutta with linear space interpolation is used as standard method for this system. The trajectories can be calculated one by one through the interface, or hundreds of trajectories can be calculated simultaneously by the batch treatment. The parameter file for batch treatment must be edited prior to the calculation. The results can be, semi-automatically, archived in text file and graph file. The wind field, the geopotential height map, the weekly time series of temperature, humidity, wind direction, and wind speed at any pressure level up to three locations and the time-height cross section of up to four meteorological elements can be displayed in one page. All the meteorological elements value used for graph display are automatically archived in the text file format. In this system, only the 2.5 degree whole globe dataset of ECMWF from June 1993 and the 0.5 degree east Asian region dataset from January 1992 can be used. The co-researcher of NIES researcher can also use this system, however the remote operation from the outside of CGER is not permitted.

This report consists of: (1) Basic introduction of the trajectory analysis method and the meteorological elements grid dataset (Chapter 1), (2) Background of GMET development and hardware (Chapter 2), (3) Trajectory calculation methods in GMET (Chapter 3), (4) Display of meteorological field and time series change of meteorological elements (Chapter 4), (5) Examples of calculated trajectories and application to atmospheric environmental research (Chapter 5), and (6) Operation Manual (Appendix). The differences of trajectories obtained by three combinations of methods are discussed in detail, and explained by means of the difference between two interpolation methods. The same calculation method with the different time step intervals might give the different results. Several examples are shown and discussed in detail, in chapter 5. The vertical distribution of lateral component of wind speed obtained by the weighted space interpolation is quite different from that obtained by the linear space interpolation, and influences the calculation results greatly when the potential temperature surface inclines to the pressure surface. The titles of papers reported using GMET are listed in chapter 7. The beginner-oriented operation manual is attached as Appendix. It includes most of the operations and the detailed explanation on the displayed figures and formats of text files.

Keywords: Trajectory, ECMWF, Meteorological field display, Interpolation

キーワード : トラジェクトリ, ECMWF, 気象場表示, 補間方法