

# 1. 序

## 1.1 開発の背景

地球環境研究センター (CGER/NIES) では、地球環境問題の解明に資するため、対流圏・成層圏に係わる広範な地球環境モニタリング事業を展開している。このモニタリング事業では、現象解明や将来予測のための基本データとなるモニタリングデータの取得と観測情報の発信、モニタリングデータのユーザーへの提供とともに、データ解析のための研究支援ツールの開発・整備も行っている。

ここに報告する「対流圏モニタリング評価のためのエアーマス解析システム (CGER-GMET)」は、大気圏のモニタリングデータの検証やデータ解析において必要となるエアーマス、すなわち気塊の移動経路の算出や、各種気象データの時空間分布や経時変化の描画が、コンピューターの利用経験の少ない人や、大気物理・気象の専門家以外の人でも容易に行えるよう当センターが開発したものである。気象データとしては、ヨーロッパ中期天候予報センター (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF) のデータに限定しており、当所が ECMWF データを購入する際のデータの使用許諾条件から、利用は国立環境研究所に所属する者に限られるが、国立環境研究所の研究者との共同研究の場合に限っては所外研究者も利用することが可能である。

## 1.2 トラジェクトリ解析

### 1.2.1 トラジェクトリと気象データセットについて

本システムは上に述べたように大気物理の専門知識をもたないユーザーでも利用できるように開発したものであり、本報告書もそのようなユーザーを対象としている。本項ではトラジェクトリと、その算出に用いる気象データセットについて、用語を含めて簡単に解説する。

#### (1) トラジェクトリ解析

風速や温度などの気象データをもとに、任意の地点を、任意の時間に通過する気塊について、どこを通過してきたか、どこを通過して進んでいくのか、移動する経路を時間軸に沿って算出する手法。計算では気塊を大きさの無い点、すなわち「流体粒子」として扱い (松園他, 1998)、流体粒子がどこから来たのか時間を遡って計算して得たトラジェクトリをバックウォードトラジェクトリ (後方流跡線、以下バックトラジェクトリ)、どこへ行くか時間の経過に沿って計算したトラジェクトリをフォアウォードトラジェクトリ (前方流跡線、以下フォアトラジェクトリ) と称する。バックトラジェクトリは大気の微量物質の観測などで、その物質の由来や移送経路の推定に多用されるが、その算出に際しては、ある場所と時間を計算の起点として、そこから順次時間を遡って計算の終点へ、実際の自然現象における気塊の移動とは逆の方向に計算を行っていることに常に留意すべきである。特に計算の起点や終点といった用語はバックトラジェクトリでもフォアトラジェクトリでも同じであり、混同しやすいので注意が必要である。例えば、Figure 1.1 に模式的に示すように経度 123.80°、緯度 24.05°、高度 800m の点 A に 2002 年 1 月 1 日の世界標準時 (UTC) 0 時に存在する気塊が 5 日後の 2002 年 1 月 6 日 UTC 0 時には経度 XXX.XX°、緯度 YY.YY°、高度 ZZZm の B 点にいるフォアトラジェクトリの計算結果も、5 日前の 2001 年 12 月 27 日 UTC 0 時には経度 xxx.xx°、緯度 yy.yy°、高度 zzz m の C 点にいたというバックトラジェクトリの計算結果についても共に、A は計算開始点 (Calculation start point)、B と C は計算終了点 (Calculation end point)、2002 年 1 月 1 日 UTC 0 時を計算開始時刻 (Calculation start time)、2002 年 1 月 6 日 UTC 0 時と 2001 年 12 月 27 日 UTC 0 時を計算終了時刻 (Calculation end time) と称する。

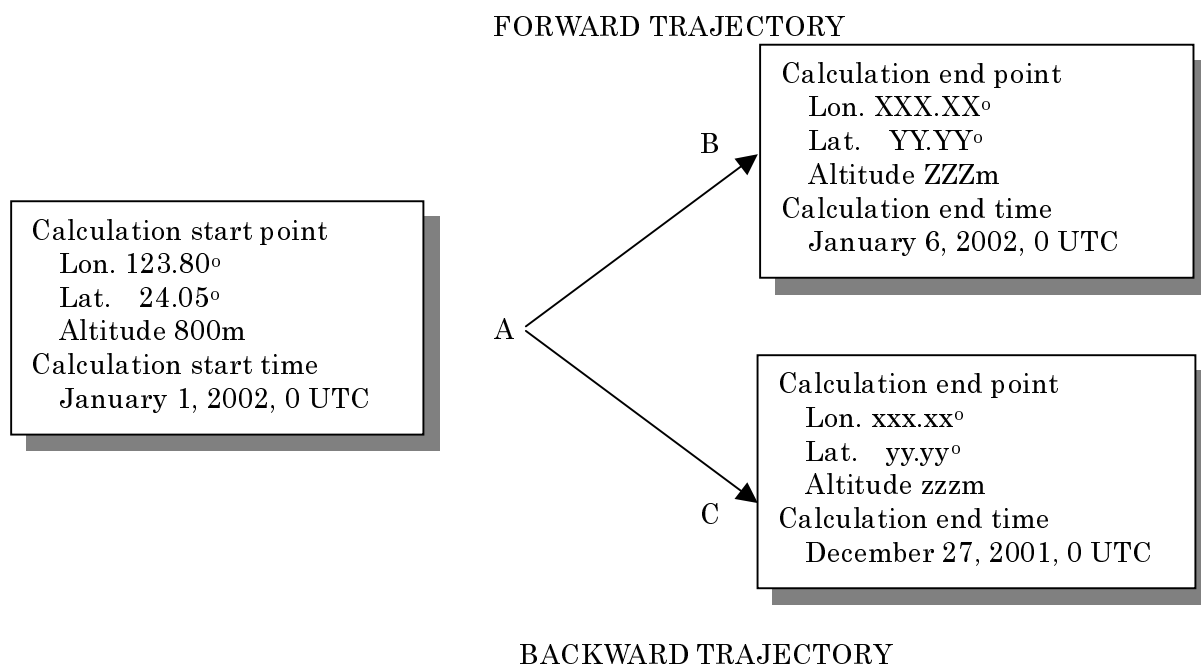


Figure 1.1 Calculation starting point and time, and ending point and time.

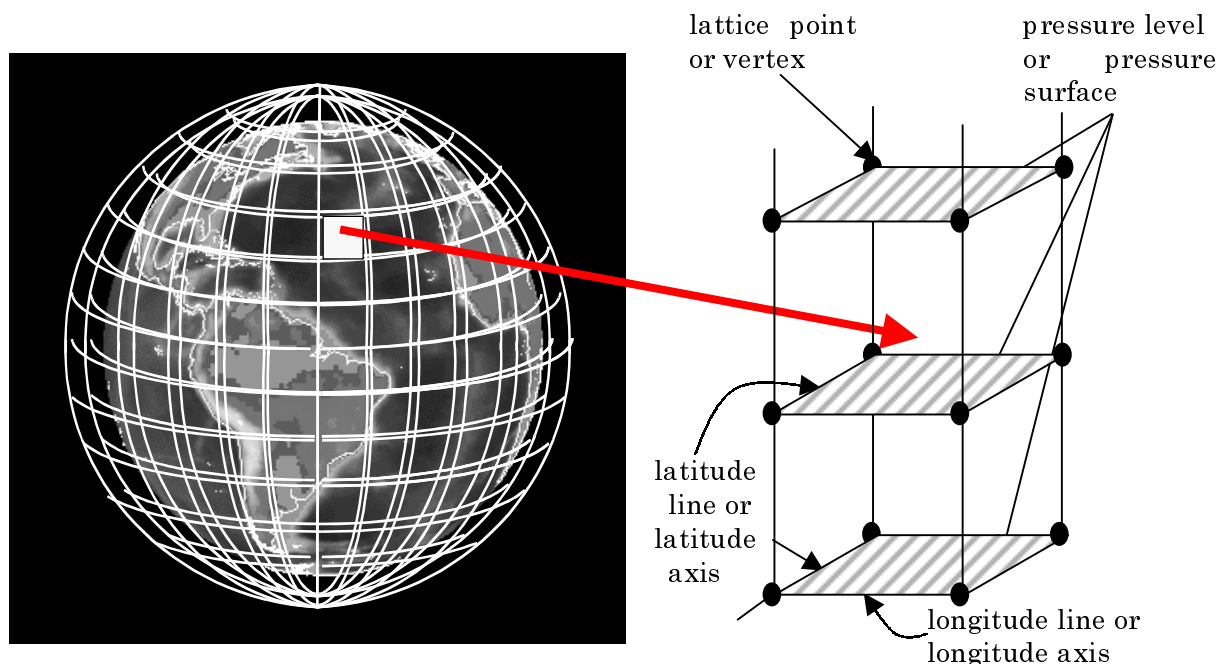


Figure 1.2 Regular latitude/longitude grid on multi pressure levels of ECMWF dataset.

## (2) 気象データセット

トラジェクトリの計算を行うには、任意の位置と時刻における風向・風速・温度・気圧等の気象データが必要となる。このような気象データは Figure 1.2 に示すように、一定の間隔の経度軸と緯度軸および、複数の気圧面すなわち指定気圧面からなる 3 次元格子 (lattice) で地球全体を囲み、各格子点 (lattice point) の気象値を、実測の気象値から大気モデルにより一定時間ごとに算出したものが有償或いは無償で気象データセットとして提供されており、それを任意時間・任意地点について時間的或いは空間的に補間して使用する。時刻としては UTC を用いる。

### 1.2.2 トラジェクトリ解析

トラジェクトリを気象データを用い数値解析により算出する手法は、1970 年代半ばから用いられてきている(Harris, 1982a,b)。Miller は、大気中二酸化炭素濃度の連続観測が 1954 年以来行われているハワイ島マウナロアの観測所上空に到達する気塊について、気塊が観測所上空に到達する前にどこを通過してきたを系統的にトラジェクトリの手法を用いて検討した(Miller, 1981)。観測所上空に到達した時点から 10 日前に遡るバックトラジェクトリを 5 年にわたって求め、その季節的な特徴などをまとめて解析している。その後 Harris(1990,1992,1994)は前述のマウナロアおよびアラスカのバロー岬や南極などアメリカ海洋大気庁(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)の温室効果ガスや大気汚染微量ガスのベースライン観測地点について、観測所上空に到達する気塊の特性をトラジェクトリー解析手法を用いて検討している。

トラジェクトリ解析の手法は計算機の計算速度や記憶容量の増加と関連しているようにみうけられる(Harris, 1982b)。最初は計算の容易な等圧面に沿ったトラジェクトリ計算、即ち等圧面法(Isobaric)が主流であったが漸次、大気が温位を保って、即ち等温位面を移動するとする等温位法(Isentropic)の解析や風ベクトルの 3 次元成分を用いたトラジェクトリの算出方法が可能となってきた(Stohl, 1995,1998)。

国立環境研においては林田らが 1987 年にトラジェクトリ解析モデルを開発した(Hayashida, 1991)。当初は環境研のホストコンピュータ上で動作するように開発され、1994 年にこれを UNIX 上に移植、機種種の更新や扱えるデータセットの変更、機能の拡充を経て現在に至っており、これまで多くの研究者によって大気汚染物質の起源や移送経路の推定等に利用されてきている。

本報告はこの UNIX 上に移植したシステムに関する。開発当初の基本的な計算のコンセプトは引き継がれてきているが、表示方法や積分解法なども改廃を重ね変更されてきている。本報告では 2002 年現在稼働中のシステムに絞って詳述する。