

〔巻頭写真〕

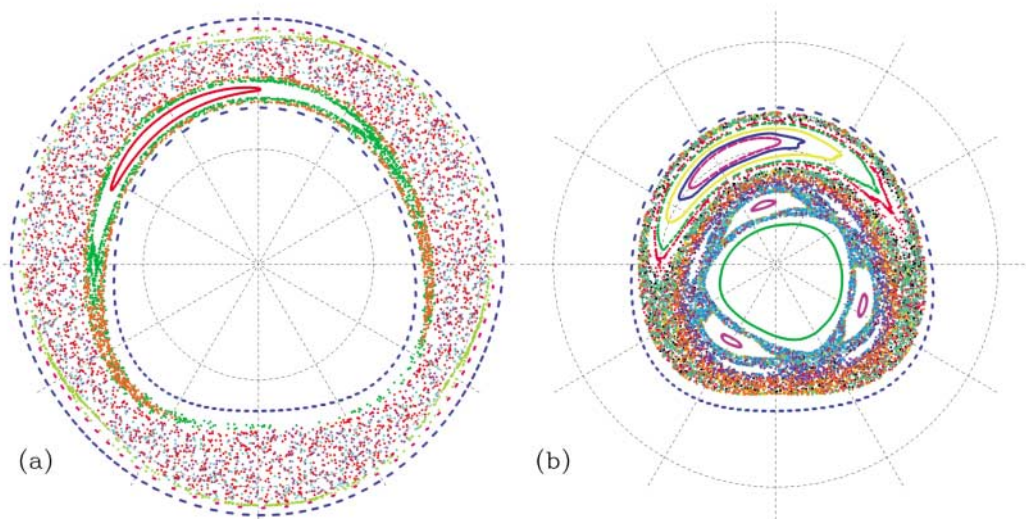


図 1 準周期解で得られたポアンカレ断面図

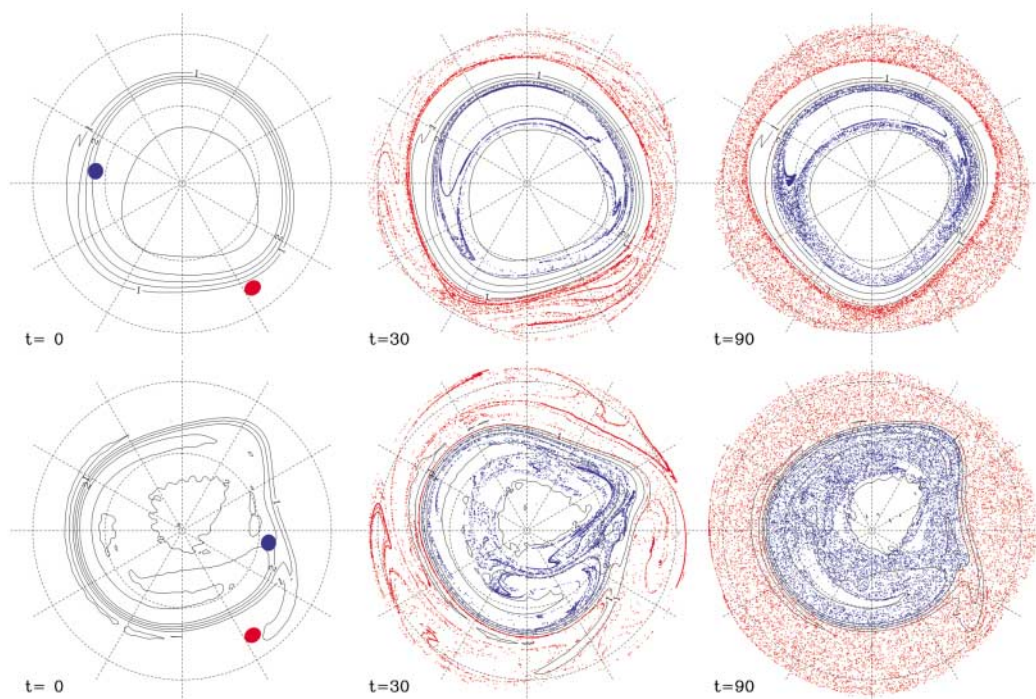


図 2 非周期解での粒子群移流計算

## 〔写真説明〕

## 成層圏極渦内外のカオスの混合

\*京大・理 水 田 亮†・余 田 成 男††

冬の成層圏（高度約 15~50km）では、緯度 60 度付近に極大をもつ西風ジェットが極を取り囲む形で極渦を形成している。極渦の縁にあたるジェットが南北方向の輸送障壁となっており、その外側・内側のあいだの物質交換は非常に少ない。とくに南極域では、この輸送障壁によってつくられる天然の「密閉容器」がオゾン破壊物質の生成と保持、および春季のオゾンホール維持に深く関わっている。その一方で極渦の内側・外側それぞれでは、混合が水平方向に効率よくおこなわれている<sup>1,2)</sup>。

本研究は、そのような輸送・混合について、カオスの混合の観点から解析したものである<sup>3)</sup>。カオスの混合とは、流れ場が規則的な時間変動をしても流体粒子の軌跡は初期値に鋭敏に依存することがありえて、流体塊が引き伸ばし・折りたたみをうけて混合されるという現象である。

回転球面上の 2 次元非圧縮流体モデルで得られた、極渦が変形しながら回転する準周期解に関して、粒子群の軌跡を計算した。図 1 は、30 個の粒子について、適当な初期位置からの軌跡を長時間計算し、極渦の変動の 1 周期ごとの位置を 1000 周期分すべて重ねあわせたポアンカレ断面図である。図は極を中心にして描いており、粒子の初期位置が極渦の外側のもの(a)、内側のもの(b)に分けて示す。1 つの色が 1 粒子の位置の履歴をあらわしている。

極渦の外側・内側にそれぞれカオス領域があり、これらの領域内では流体がよく混合されていることがわかる。またそれらは極渦の縁にある不変トーラスによって隔てられており、それをまたいだ輸送がおこなわれていないことを示している。すなわち極渦周辺の混合領域と輸送障壁が、

この図のカオス領域と不変トーラスとして認識できることになる。さらに、極渦の内側には三日月型のトーラスなど、いくつかのより細かな構造も見る事ができる。

図 2 は、パラメータを少し変えて得られた非周期解に関して、多数の粒子の散らばりを計算したものである。赤い点、青い点それぞれ、 $t = 0$  日に 10000 点ずつ、円内にランダムに置いている。これらの流体塊は最初に西風ジェットの南北シアーによって東西方向に大きく引き伸ばされ、途中でいたる所で折り曲げを受け、何重にも折りたたまれている。この引き伸ばしと折りたたみの繰り返しにより比較的短時間で広範囲に粒子が混合されていることがわかる。極渦内の粒子はわずかに極渦の外側にもれるが、極渦内外の交換は大きくない。極渦の中心域には粒子の入らない領域があり、それを取り囲むように 3 つの島状の構造も見えるなど、90 日間の移流でも極渦内に不均一な構造が残る。これらの構造は、図 1 (b) のポアンカレ断面図における不変トーラスに対応しているものと考えられる。

この解のように極渦内が周期的に近い変動をし非周期成分の少ない状況が、南半球の上部成層圏、真冬に見られる。そのような現実大気風の場を観測データから得て同様の計算をおこなっても、やはり極渦の縁の輸送障壁や、さらには極渦内部のより小さな構造を見いだすことができる。

## 引用文献

- 1) McIntyre, M. E. : On the Antarctic ozone hole, *J. Atmos. Terr. Phys.* **51** (1989) 29-43.
- 2) 余田成男: 高度 30km, 地球規模でのカオスの混合, *パリティ* **14**, 03 (1999) 4-13.
- 3) R. Mizuta & S. Yoden : Chaotic mixing and transport barriers in an idealized stratospheric polar vortex, *J. Atmos. Sci.*, Accepted (2001).

\* 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町

† E-mail: mizuta@kugi.kyoto-u.ac.jp

†† E-mail: yoden@kugi.kyoto-u.ac.jp