

11 渦糸群相互作用による台風進路モデル

杉村裕子・杉山卓也（琉球大学大学院理工学研究科）

山下芳文（京都大学高等教育研究開発推進センター）

1 はじめに

渦運動の理想的要素である渦糸は、一様流中においてはその流速に乗って流される(Batchelor, 1967)。このことから、台風は操舵風(stearing wind)あるいは平均流によって流されるとされる。これを、しかし、台風があらかじめ存在する背景風系(平均流)に受動的に乗って進む、と考えることは妥当でない。平均風が一様ではないからだ。我々は、台風が背景風に与える影響をこそ把握する必要があると考える。

流体理論において、渦糸は渦度の坂を登ることが示されている(Schechter and Dubin, 1999)。2次元渦糸群非線形相互作用モデルにおいて台風をひとつの強い渦糸で近似し、背景風に内在する渦度場との相互作用の結果として台風が描く進路の多様性を調べる。

2 偏西風・偏東風の渦層による再現

背景風としての偏西風・偏東風の速度場をそれぞれ以下のようなガウス分布であると仮定する。

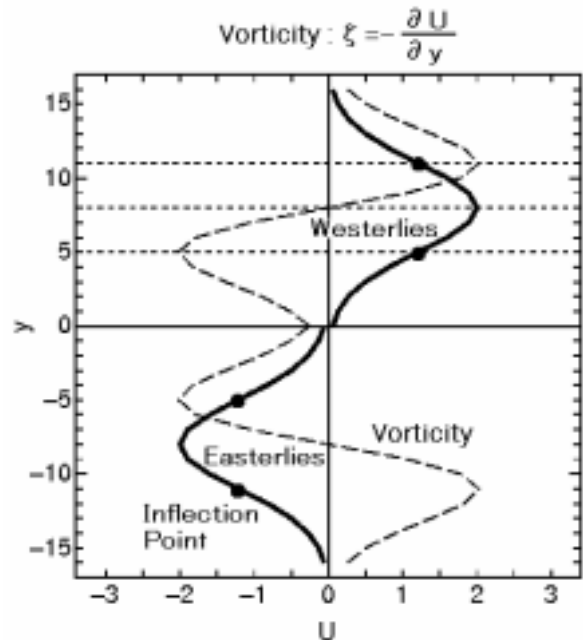
$$U(y) = U_0 \exp\left(-\frac{(y-y_0)^2}{2\sigma^2}\right)$$

y と y_0 はそれぞれ北向きの座標と偏西風ないし偏東風軸を表し、 σ はプロファイルの分散で変曲点を定義する。

第1図の偏西風に関して、変曲点は $y=5, 11$ である。 $y=5$ で渦度最小、 $y=11$ で渦度最大であるので、台風はこの間の渦度の坂を北に向かって登るだろう。他方、 $y=0$ から $y=5$ までの領域では、渦度の下り坂である。台風が如何にこの下り坂というバリアーを乗り越えて北に進行するかが問題である。

3 偏西風のみでの台風進路

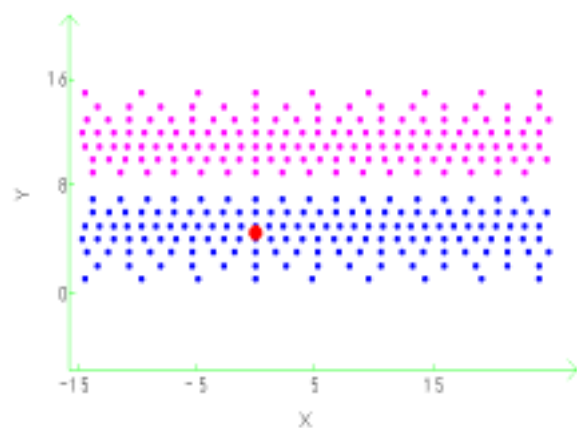
はじめに、速度シア一中の台風移動の基本特性を知るために、偏西風のみでの台風進路を調べ



第1図 偏西風・偏東風の速度場と渦度場：縦軸は北向き、横軸は速度 U と渦度 ζ を表す。

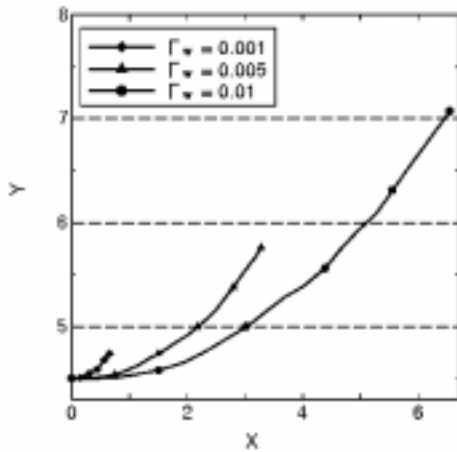
太線： U 、点線： ζ (ζ は $\zeta = -\frac{\partial U}{\partial y}$ の速度シアーと等しい)

い)

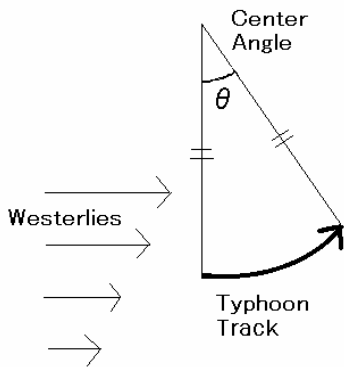


第2図 偏西風と台風の初期配置：上部の渦列は反時計回りの渦糸、下部の渦列は時計回りの渦糸、大丸は台風を表す。X軸は東向き、Y軸は北向き。

る。 $0 < y \leq 15$ の間に全部で 15 列の渦列を設定し、絶対値同一強度 ($|\Gamma_W|$) の渦系要素総数 3740 個を第 1 図の速度シアーに比例して配置する。加えて、台風に見立てた渦系 1 個 (Γ_T) を、背景風渦系要素 (Γ_W) に比して数十 ~ 千倍の強度を与え、 $y = 4.5$ に配置する(第 2 図)。



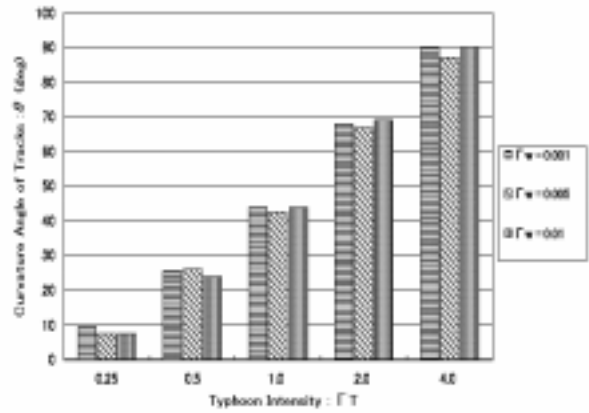
第 3 図 偏西風渦系要素強度の変化に伴う台風渦系 ($\Gamma_T = 1.0$) の進路変化； $t=80$ ステップ毎に点描



第 4 図 台風北上進路の軌道円弧中心角

第 3 図は、3 つの異なる強さを持った偏西風中における台風進路 ($\Gamma_T = 1.0$) を示したものである。偏西風強度が強くなるにしたがって、曲率半径と円弧が長くなる。第 3 図で示したような台風軌道に対して、第 4 図のような台風進路の円弧の開き角を軌道円弧中心角 (θ) と呼ぶことにする。台風強度 (Γ_T) と偏西風強度 (Γ_W) の組み合わせに対するこの軌道円弧中心角の変化を第 5 図に示す。この図から次のことが分かる。1 つの台風にとっては、背景の偏西風強度が異なっても軌道円弧中

心角はほぼ一定である。しかし、軌道円弧中心角は台風の強度変化に応じて大きくなる。その対数線形近似は、 $\theta(\text{deg}) = 29.5 \ln \Gamma_T + 46.8$ である。

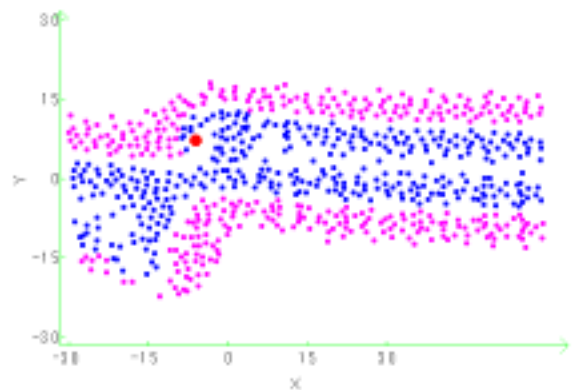


第 5 図 偏西風と台風の強度変化に伴う軌道円弧中心角の変化

4 偏西風・偏東風下の台風進路

背景風として、前節と同じ方法で第 1 図の速度場全体を再現する。ここでは、偏西風をつくる渦列 15 列を $0 < y \leq 15$ に配置し、同時に偏東風渦列 15 列を $-15 \leq y < 0$ に配置する。渦系総数は 3740 個である。ここで $y = 0$ は偏西風と偏東風の境界であり、偏東風の軸である $y = -8$ は赤道ないしは熱帯収束帯に相当するものとする。

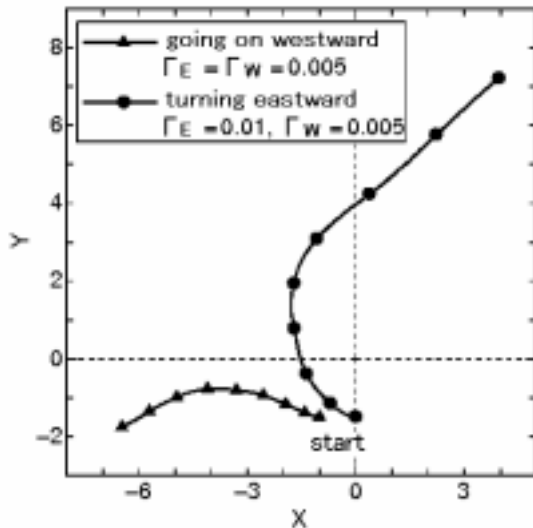
第 6 図は、台風の影響で背景風渦系要素が再配置された例である。計算により得られた台風進路の多様性は、以下のような 3 つのタイプに分類された。



第 6 図 台風による偏西風・偏東風渦系要素の再配置 $\Gamma_W = 0.005, \Gamma_E = 0.01, \Gamma_T = 0.25$, スタート位置 $y = -1.5$, $t=1200$ の場合

(1) 終身西進台風

このタイプのモデル台風進路は、偏西風強度と偏東風強度が $\Gamma_W \geq \Gamma_E$ の場合に生じ、偏東風の縁で西進し続けた。その代表例が第7図左側の軌跡である。この軌跡は偏東風の縁にあり、偏西風南端の下り坂バリアーによって台風の北進が妨げられていると考えられる。



第7図 $t=400$ ステップ毎に点描した台風軌跡の例
左側：終身西進台風(スタート位置を x 方向に -1 ずらして描画) 右側：東方転向北上台風

(2) 東方転向北上台風

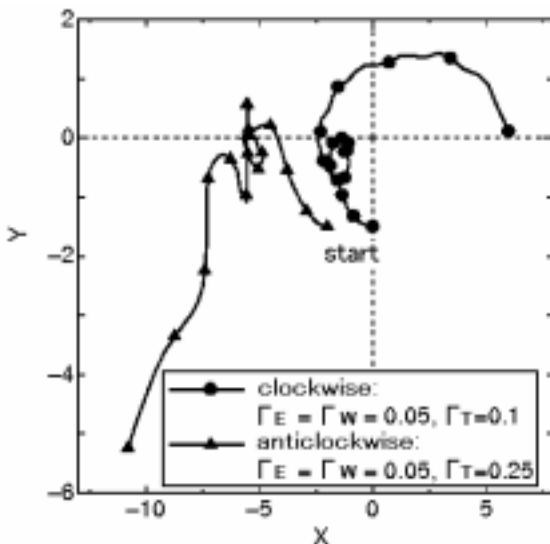
西進から東進へ転向する台風進路は、偏西風強度が偏東風強度よりも弱い場合 ($\Gamma_W = 0.005 < \Gamma_E = 0.01$) に得られ、第7図右側のような軌跡を描く。台風は転向した後、北上する過程で偏西風の軸に近づくので、その進行速度は増加する。

(3) 旋回台風

偏西風・偏東風の渦糸要素強度がともに最も強い場合 ($\Gamma_W = \Gamma_E = 0.05$)、両風の境界付近で台風は旋回した。弱い台風の場合 ($\Gamma_T = 0.1$) は時計回りの軌跡を描き(第8図右側)、強い台風 ($\Gamma_T = 0.25$) の場合では反時計回りに旋回した後、南西方向に進行した(第8図左側)。

5 まとめ

台風進路の多様性は、台風と背景風渦糸要素の非線形相互作用によって再現された。本研究では、偏西風と偏東風、台風の3つの強さの比、すなわち2つのシステム制御パラメータが台風進路の多様性を支配していることがわかった。本研究の結果は、台風は既存の平均風に乗って移動するのではなく、渦相互作用を通じて背景風渦糸要素を再配置し、その結果生じる速度場によって移動することを示している。



第8図 $t=100$ ステップ毎に点描した旋回台風の例
左側の軌跡はスタート位置を x 方向に -2 ずらして描画