

12 背景風がもつ渦度との相互作用による台風進路ダイアグラム

杉山卓也（琉球大学）、又吉純一（盛電社）、杉村裕子（アーク情報システム）

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

台風は多様な進路を描く。特に沖縄では、台風の転向点にあたり進路予測がむづかしいから、台風進路の支配要因を正しく把握することが求められる。

渦糸は渦運動の理想的（仮想的）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。このことから、台風は操舵風（steering wind）あるいは平均風・一般風・背景風によって流されるとされる。これを、しかし、現実の台風があらかじめ存在する背景風系に受動的に乗って進む、と考えることは妥当でない。現実の背景風は一様ではないからだ。一様でない背景風は渦度分布をもっている。その背景風の渦度分布は、台風が存在するとき、台風の渦によって大きく再配置される。再配置された渦度分布がもたらすあらたな背景風に乗って台風は進む（Sugiyama et al. SOLA, p21-24, vol. 2, 2006）。すなわち、多様な台風進路は、台風が背景風に与えた影響の「表現」である。

本稿では2次元渦糸群非線形相互作用モデルを用いて、台風をひとつの強い渦糸で近似して背景風内に配置し、背景風に内在する渦度群との相互作用の結果として現われる、台風進路の多様性を調べる。

2 渦 - 渦 間の相互作用

流体中の任意の速度場分布は、対応する渦糸群（ただし無限個）の分布で再現することができる。本稿では、背景風渦度分布を有限個の渦糸群で近似的に再現する。

流体理論において、渦糸群相互作用の結果、渦糸は渦度の坂を登ることが示されている。その基本過程を図1に示す。このことは、外力がない系での渦群相互作用では、系の渦度分布の重心が保存されることから理解される。台風と背景風の渦群相互作用の時間発展として決まる台風進路もこの原理で理解されるだろう。

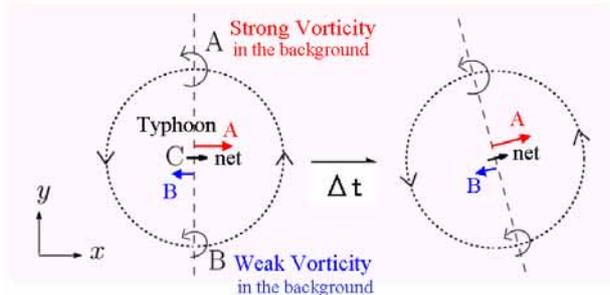


図1. 渦糸Cは背景(AとB)の渦度の坂を登る。
背景渦度の循環(A) > 循環(B)とする。

3 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

れ以下のようなガウス分布であると仮定する。

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

ここで、 y と y_0 は、それぞれ、北向きに座標と偏西風ないし偏東風軸を表し、 U_0 は軸での風速、 σ はプロファイルの分散で変曲点を定義している（図2）。これら zonal winds がもつ渦度は速度場の緯度シア一に比例する。

背景風を再現する渦糸分布を次のようにして作る。偏西風として $0 < y \leq 15$ の領域に全部で15列の渦列を設定し、各列に絶対値同一強度（循環： $|\Gamma_w|$ ）の渦糸要素を図2の速度シア一に比例した個数配置する。同様に、偏東風について、絶対値同一強度（ $|\Gamma_e|$ ）の渦糸要素からなる渦列15列を $-15 \leq y < 0$ に配置する。渦糸総数は3740個である（図3はその一部）。図2および図3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考えられる。

台風渦は渦度の坂を登る。すると、図2の偏西風領域においては、変曲点は $y=5$ で渦度最小、同じく変曲点 $y=11$ 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進むだろう。ところが、 $y=0$ 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。

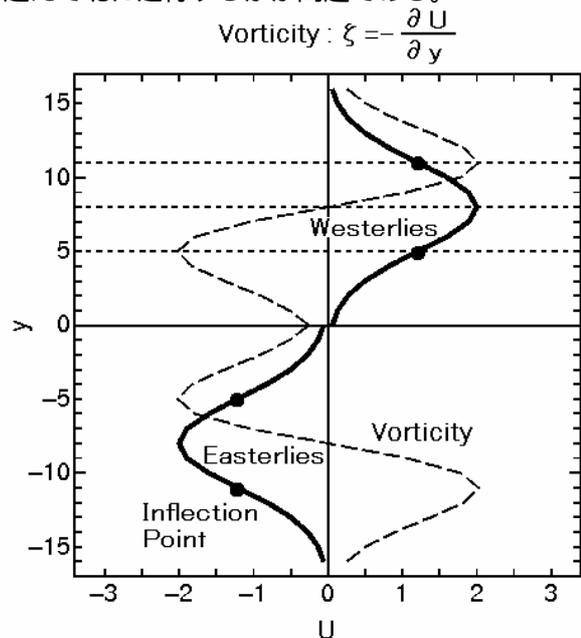


図2. 偏西風・偏東風の速度場と渦度場：縦軸は北向き、横軸は速度U（下軸：太線）と渦度 $\xi = -\partial U / \partial y$ （上軸：点線）。

3 台風は背景の速度場を変える

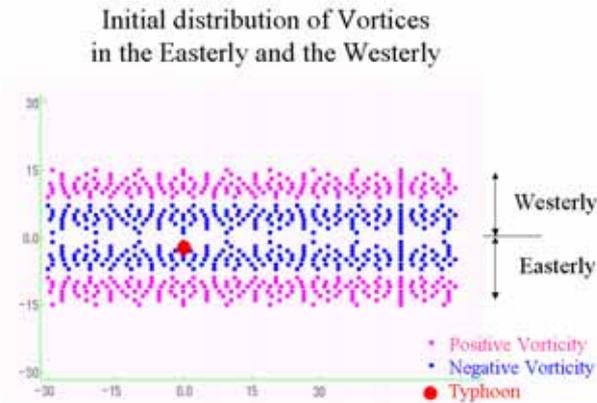


図3 偏西風・偏東風と台風の渦糸群初期配置：X軸は東向き、Y軸は北向き。偏西風の軸より北部の渦列は反時計回りの渦糸(>0) 南部の渦列は時計回りの糸(<0)。大丸は台風を表す。 $\Gamma_W = 0.005, \Gamma_E = 0.01, \Gamma_T = 0.25$, スタート位置 $y = -1.5$,

台風に見立てた1個の渦糸に、その強度(Γ_T)として背景風渦糸要素の強度(Γ_W, Γ_E)に比して数十~千倍を与え、たとえば、これを $y = -1.5$ に配置する(図3)。

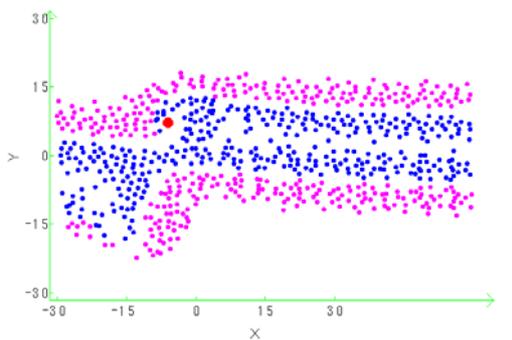


図4 台風との相互作用による偏西風・偏東風渦糸要素の時間発展再配置。初期位置である図3から $t=1200$ ステップ経過。

図4は、初期に図3であった背景風渦糸分布の台風渦との相互作用モデル計算時間発展後の、再配置された姿を示す。台風は偏西風帯軸の北側にあった正の渦糸要素群を南に移動させており、近傍偏西風を台風中心において南風に変える。この南風に乗って台風自身が北上する。別の言い方をすれば、台風は、背景風の渦度を南に移動させた反動として、自身は北に進んでいる、といえる。

4 台風進路のモデル計算結果

モデル計算により得られた多様な台風進路は、以下のような4つの典型タイプに分類された。

Diversity of Typhoon tracks obtained

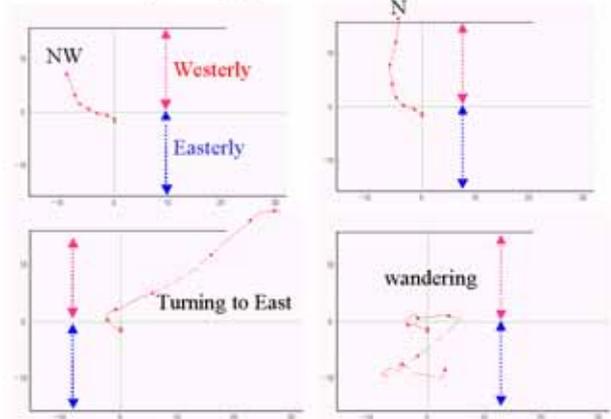


図5 典型進路4つのパターン。左上図：NW進行、右上図：北進、左下図：転向、右下図：迷走

5 台風進路のダイアグラム

ひとつの台風が多様な進路をとりうることは、偏西風・偏東風の強度という、2つの要因に支配された結果である。この様子を台風進路ダイアグラム(位相図)で表す(図6)。

図6では、台風進路の分岐を、大略、次のように分類できる。

- a) 左上：西進、b) 左下：転向、c) 右：迷走

背景風強度による台風進路の分岐 control は次のようにまとめられる。

- 西進： 偏西風強度 > 偏東風強度
- 転向： 偏西風強度 < 偏東風強度
- 迷走： 偏西風・偏東風の強度がともに強い時

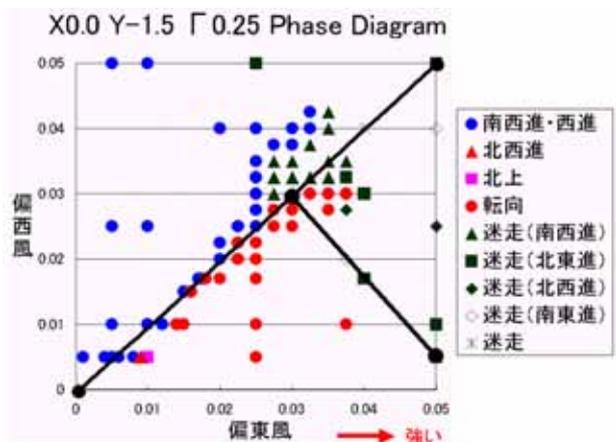


図6 偏東風強度と偏西風強度で支配される台風進路のダイアグラム。 $y=x$ では偏西風と偏東風の強度が同じ。

西進と転向 という大きな分岐については、その理由を次のように理解できる。偏東風の北端で生まれた台風にとっての偏西風への入り口である $y=0$ から $y=5$ までの領域(図2)は、渦度の下り坂である。渦度の正の勾配を登る台風にとって、この下り坂はバリアーであり、下り坂の程度が台風が北に進行するか否かを支配する。

6 台風強度による進路のちがいは

背景風渦度場と台風の渦度との相互作用で台風の進路が決まる以上、台風の進路は当然、台風自身の渦度強度でも異なってくる。

図7の右図は、左図に比べて台風強度を2倍にしたときのダイアグラムである。強い台風の進路の特徴は、第1に、背景風が強い領域で迷走進路が減って、転向進路の領域が増えていることである。この理由は、台風の自己主張が強ければ、周囲に振り回されにくいということであろうか。第2に、弱い背景風のときに西進傾向が強まることである。この理由は定かでない。

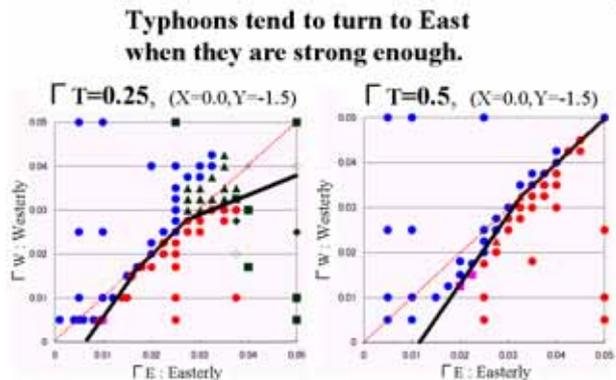


図7 台風強度倍増の時の進路ダイアグラム、右図は左図にくらべて台風強度倍増の場合。迷走が減って転向台風が増えている。

図8は偏西風領域に入った台風の動きについて、台風強度を変えて調べている。

Stronger Typhoons will go straightly to North under stronger westerlies.

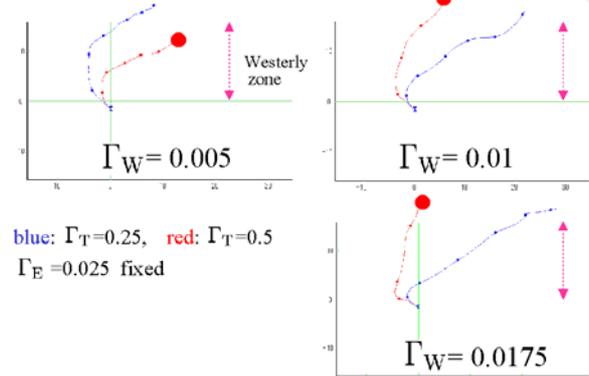


図8 強い台風ほど、強い偏西風のもとで、転向後の進路が北進化する。

強い偏西風のもとでは、強い台風ほど転向後の進路に北進性が強まることを示している。これは、台風進路が、台風と背景風速場の渦度との競合の帰結であることの表現であろう。強い台風ほど強い偏西風を強い南風に変えるであろうこと(図4)からも理解されよう。

7 台風誕生位置による進路のちがいは

ここまでは台風の誕生位置を、図2の座標系で $y=-1.5$ に固定して調べてきた。偏西風・偏東風は図2のように渦度をもっているから、台風の誕生位置をかえるとその後の進路が変わるであろうことは、渦群相互作用から推測できる。

図9の右図は台風誕生位置 $y=-3.0$ である場合の進路ダイアグラムであり、これと同じ強度の台風が $y=-1.5$ で生まれた場合(左図)と比べる。

南で生まれた台風は、弱背景風下で、偏西風が弱くても西進傾向が増える傾向がある(2005から2007年の台風進路にこの傾向があるように思われる)。また、南生まれの台風は、他方、強背景風下では、迷走が減って西進・転向領域が増える。これら進路の傾向がかわる理由としては、図1で $-5 < y < 0$ 領域は偏東風の正の渦度場領域であり、北に向かって渦度の登り坂となっていることが関与しているであろう。詳細は検討中である。

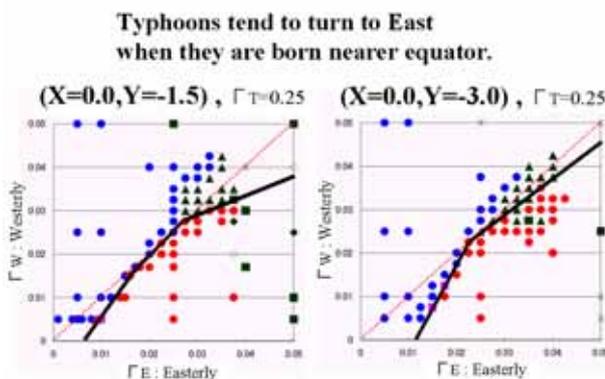


図9 台風誕生位置のちがいはによる進路ダイアグラムの比較。赤道よりで誕生した台風は(右図)は、より北で生まれた台風(左図)にくらべて、強背景風化で迷走が減って転向領域が増える。

8 まとめ

現実の台風進路は、転向点となる沖縄近傍や北緯20-25度の海洋上で、大きな多様性を示す。

本研究では、台風渦と背景風渦要素との非線形相互作用モデル計算により台風進路を数多くもた。その結果は、現実の進路多様性をよく再現していることが示された。台風進路の支配要因は、偏西風と偏東風の強さ、台風の強さという3つの渦強度である。これを、台風進路ダイアグラムとして、進路多様性の系統的な分岐を示した。

本研究の結果は、台風は既存の背景風に乗って移動するのではなく、台風が渦相互作用を通じて背景風渦要素を再配置し、その結果生じるあらたな背景風速度場によって台風自身が移動することを強調している。