

台風の蛇行について

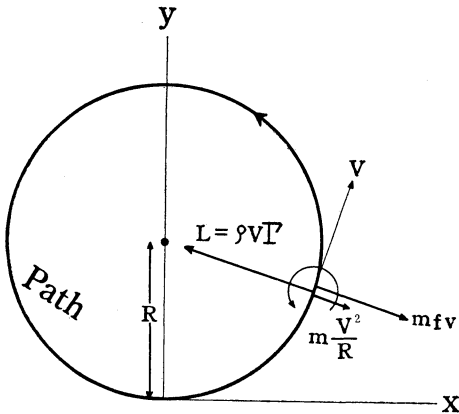
荒川 秀俊*

葉博士 (1950) は一般流のなかでの台風の進行が、ウネウネと蛇行して進行する性質のあることを理論的に指摘した。正野教授 (1951) は台風の運動に対する地球自転の偏向力の影響を強調して、本文の第4図に示したような高気圧性回転をもつトロコイド運動をする筈であるとされた。筆者 (1952) は偏向力を無視して、小規模な旋風 (つむじかぜ) に対し航空力学で Lanchester (1910) の提唱したフゴイド論を適用して、旋風のような小規模な風系は第3図に示したような低気圧性回転をもつトロコイド運動をする筈であることを指摘した。実際によると、台風の進行速度がおそいかぎりは、第3図のような型の蛇行もするし第4図のような型の運動もする。

この報告では台風のような回転気流系に対し若干の仮定を設けて、蛇行運動について統一した理論をかかげ、明確な概念を与えたいと思うのである。

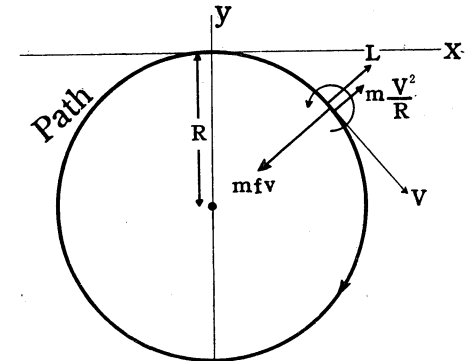
いま台風の中心を通る垂直軸に関して対称であつて、台風の中心の運動は水平面内にかぎられるものとする。周囲に対する台風中心の相対速度を V とすると、自然座標を用いた運動方程式はつぎのようになる。

台風の進路の形成する曲率半径 R は第1a図のよう



第1a図 ($\rho\Gamma > mf$)

低気圧性の回転気流系の場合



第1b図 ($\rho\Gamma < mf$)

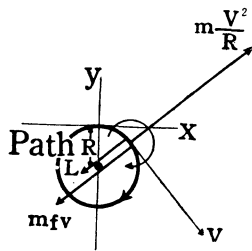
な正曲率をもつ場合には正、第1b図及び第2図のような負曲率をもつ場合には負であるとする。また垂直方向の単位の厚さについての台風の質量を m で表わすこととする。また台風の進行方向とそれに法線の方に単位の厚さに対して働く力の成分を夫々 $-D$ 及び F とする。簡単のために、drag D はないものとし、 F なる力は偏向力 (即ちコリオリの力) と航空力学でいう揚力とから成るとすることが出来よう。偏向力は北半球では台風進行の方向に対し、いつでも直角だけ右側へ働き、 mfV に等しいとおくことができる。ここに f はコリオリのパラメーターである。揚力 L は密度 ρ と相対速度 V とに関係し、 $\rho V \Gamma$ と書ける。ここに Γ は回転風系の循環量に関係するものであるが、あとの註で詳しくのべることとする。もし回転風系が高気圧性の回転 ($\Gamma < 0$, 第2図参照) をしているときは偏向力の方向に働く揚力が存在することになるし、回転風系が低気圧性の回転 ($\Gamma > 0$, 第1図参照) をしているときは偏向力と反対の方向に働く揚力が存在することになる。ともかく力の働く方向は V の代数符号によって定まるとすると、自然座標系による経路に沿った方向と、それに法線の方における運動方程式は

* 気象研究所, 昭和32年日本気象学会秋季大会及び昭和33年2月 Joint JMA~1WW Typhoon Conference で発表 —1958年3月22日受理—

$$\frac{dV}{dt} = 0, \quad (1)$$

$$m \frac{V^2}{R} = \rho V \Gamma - mfV, \quad (2)$$

となる。ここに mV^2/R は遠心力に相当する。drag D がないという仮定によつて、 V は式(1)によつて完全にきまり、 $V = \text{const}$ となるが、これは風系が運動中エネルギーを失わないことを述べている。(2)から $R = mV/(\rho\Gamma - mf)$ を得る。偏向力と揚力とは運動の方向といつても直角の方向にむいているから、 V なる速度の絶対値即ち運動エネルギーは変らないが、方向だけは変る。よつて回転気流系がどこで動きだしても、(緯度の変化を無視さえすれば) 同じ速度で動きつづけるが、その運動する方向はかわる。即ち回転気流系は一定の速度 V をもつて、 $R = mV/(\rho\Gamma - mf)$ なる半径をもつ円周上を移動することになる。ただし高気圧性気流系と弱い低気圧性気流系(即ち $\rho\Gamma < mf$) に対しては $(\rho\Gamma - mf)$ は負(第2図と第1b図参照)であつて、強い低気圧性気流系(即ち $\rho\Gamma > mf$) に対しては $(\rho\Gamma - mf)$ は正(第1a図参照)であることを、ここで特記しておきたい。円運動をするときの回転速度 Ω は $\Omega = V/R = (\rho\Gamma/m) - f$ で与えられる。振動の週期 $2\pi/\Omega$ は $2\pi/(\rho\Gamma/m - f)$ で与えられよう。ここに R, Ω したがって円をたどる回転は強い



第2図 高気圧性の回転気流系の場合

低気圧性気流系に対しては正(即ち低気圧性の回転)であり、弱い低気圧性気流系と高気圧性気流系に対しては負(即ち高気圧性の回転)であることを注意しておきたい。

[註] 台風の眼というようなものは、いろいろと定義できよう。たとえばレーダー面にあらわれる radar-eye, 気温の観測でさだめられる temperature-eye, 風の観測からさだめられる wind-eye 等々のように。

Deppermann (1947) がのべたように、台風の中心部の風の吹き方には、固体のように回転しているとみられる部分 ($v = \omega r$, 但し ω は定数) があつてここを wind eye といつてもよからう。最も風速の強いところから外側には、角運動量が一定とみられる部分 ($vr = c$, 但し c は定数) がある。この模型を回転気流系に適用し、且つこの回転気流系が移動しても、中心に相対的な速度分布は保存されるものと仮定してみよう。そうすると渦の循環量 Γ

は $\Gamma = 2\pi r_0^2 \cdot \omega$ で与えられる。ことに r_0 は最大風速の輪までの中心からの距離であつて、 ω は固体のごとくまわる wind-eye の回転の角速度である。もしも $r_1 (r_1 \leq r_0)$ を回転気流系と一緒に動く空気の部分の半径とすれば、半径 r_1 の回転気流系に対する循環量もまた $2\pi r_0^2 \omega$ となり、単位の厚さの質量 m は $\rho\pi r_1^2$ で表わされるであろう。

壮年期の台風については、固体のごとくに回転する速度 ω は約 $0.5 \times 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$ と仮定できるから、 ω は f よりも遥かに大きいことになる。

もしも一般流の速度が x の方向に向つて U であるとすれば、水平面内における回転気流系のとる経路は

$$\begin{aligned} x &= Ut + R \sin \Omega t, \\ y &= R - R \cos \Omega t, \end{aligned}$$

で与えられる。ここで座標の原点は、初めの時刻に回転気流系がそこにあつて x -方向に向い最大速度をもつように選ばれてある。かくて回転気流系の経路は、第3図および第4図に示したような、一般流の方向に一定の速度 U をもつて x -直線に平行に中心が動くときに、角速度 Ω で回転する車輪上の定点が描くトロコイドの形をとる。強い低気圧性回転をもつ回転気流系(例えば台風)のとる経路は、第3図に示されたような低気圧性



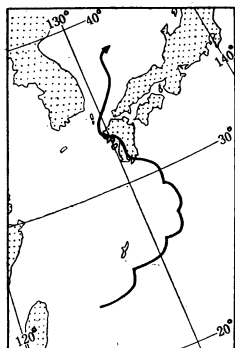
第3図 強い低気圧性回転 ($\rho\Gamma > mf$) をもつ回転気流系のとる経路



第4図 弱い低気圧性回転 ($\rho\Gamma < mf$) または高気圧性回転をもつ回転気流系のとる経路

にまがるトロコイドの形をとり、高気圧性回転または弱い低気圧性回転をもつ回転気流系は、かつて正野教授の示したような第4図の如き高気圧性にまがるトロコイドの形をとるであろう。

台風の経路の場合には、一般流からの偏りは一般に小さく台風の経路は単にウネウネと蛇行しているように見えるだけのことが多いであろう。しかし、遅く動く対称的な台風の運動に対して、航空力学的なフゴイド論を適用すると、第3図と第4図に示したような二つの型の振動する経路があり得ることになる。私の経験では強い台



第5図 根本氏が解折した1952年 Typhoon Freda の径路 (伊藤・久米共著 '天気予報論' 第77図から)

には第3図のような蛇行の方が多いように思うが、第4図のような蛇行も決して稀ではない。1例として1952年の Typhoon Freda の 経路を根本順吉氏が解析した結果を参考のため第5図に示しておいた。

References

- Arakawa, H., 1952: Phugoid Motion of Whirlwinds in the Atmosphere, *Geofisica pura e applicata*, Milano, **22**, Fasc. 3/4, 171-173.
- Deppermann, Charles E., 1910: Notes on the Origin and Structure of Philippine Typhoons, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **28**, 399-404.
- Kármán, Theodore V. & Maurice A. Biot, 1940: *Mathematical Methods in Engineering*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 143-150.
- Lanchester, F. W., 1910: *Aerodionetics*, Constable & Company, Ltd., London, 443.
- Syōno, S., 1951: On the Motion of a Vortex in a Non-Uniform Pressure Field, *Papers in Meteorology and Geophysics*, Tokyo, **2**, 117-128.
- Yeh, Tu Cheng., 1950: The Motion of Tropical Storms under the Influence of a Superimposed Southerly Current, *Journal of Meteorology*, **7**, 108-113.

話 題

IGY の資料

昨年からはまった IGY 観測の大きな資料はマイクロフィルムに収められ、所要の向きにおいては、これを購入できるということをきいている。気象庁においてもおそらくこの貴重なデータはそなえられることになるものと思うが、ただ資料を購入するための理由があまり明確でないために購入に困難な点があるということもきいている。そこで、どうしてもこの資料を用意しなければならぬはっきりした理由を明示しよう。それは昨年9月、10月を中心とした太陽活動は、太陽黒点の正規の観測が始められて以来、桁外れに大きなものであったということである。年平均相対数は 190.2 で、今までの最高 154.4 (1778) をはるかにひきはなした値である。これにともなわれた地球上の地磁気じょう乱の大きさは平常値の20倍以上の月もあった。したがって9月、10月を中心として地球上の各種のじょう乱を詳細にしらべるとは太陽-地球の関係を探究する上に重要な手がかりを与えることになるであろう。このような点から IGY 観測の結果はどうしても気象資料の中心である気象庁に用意する必要があるのである。(N)

"方法序説"

デカルトがその方法序説において『真理探求』といっているのは、矢張り科学の持つ技術的有用性のほかに、科学のロゴスの性格を強く主張したのである。古代ギリシャ以来のマギーや中世の錬金術が、近代の実験科学と共通的な性格をもつと云われるが、それは原始生活ではマジックと云うのが、実生活上の効用なり目的なりに常に即していたのである。古代科学全体の性質と、今日の科学的性格の根本的相違は古典科学は自然哲学であった点である。トレールチも云うように西欧史が、第1にギリシャ古典、第2にキリスト教、第3にゲルマン的精神、を挙げ、近代を形も造る根本的なものとして科学精神を次いで挙げ、先の3つの伝統と別種の扱いをしている。それは科学の中の一つの能力であるところの技術的有用性のみの拡大進展を指摘するものであり、今日の文明の危機と人間喪失の根本がここにあると云える。

1958.5.13 (白岡)