

《特別企画》 エレガントな解説を求む

Q9: コリオリの力を説明してください

静岡県藤村氏（以下F氏と略す）、埼玉県山田氏（以下Y氏と略す）からそれぞれ解答が寄せられた。

コリオリの力の定性的な解説はほとんどの高校地学の教科書中で行なわれている。天気誌上でも、寺田（1968）、高橋（1963）、木村（1973）がコリオリ力の解説を行なっている。ここでは、いろいろな解説の仕方を比較しながら、上記の2氏の説明を検討してみよう。

まず、教科書の説明の例として、D出版社の地学-Iの中にある記述を引用する。

『地表面の1点で立体座標軸を考え、東をX軸、北をY軸、天頂の方向をZ軸にとる。いまA地点で真北の方向に運動する物体の動きについて考えよう。この後、ある一定時間たったとき、観測者は地球自転によって、B地点に移動したとする。その時、B地点での座標軸をA地点と比較すると、Z軸を中心として反時計回りに回転したことになる。このため、B地点から物体の運動方向をみると、物体は運動の方向を変えないのにY軸の方向より右へそれた方向に運動しているように見える。このように、運動する物体には、北半球では右へ、南半球では左へそらすような力が働いているように見える。この見かけの力を転向力（コリオリの力）という。理論的計算によると、この力は風速に比例し、さらに両極で最大、赤道で零となる。』

他の教科書も、これと同様の扱い方をしているものが多い。Y氏は、A、小中学生用、B、高校上級用に分けて説明されているが、Aは上に引用した説明と本質的に同じである。F氏の説明にある《コリオリ力の回り舞台効果》、寺田（1968）の《緯度圏列車》も同じ発想である。一方、Y氏のBは、一つの質点に対する運動方程式を慣性系から回転系に座標変換して数学的にコリオリの力を導出している。その結果、回転系における運動方程式は（簡単のために、運動が回転軸Zに直交するxy平面に限られるとして）、

$$(1) \begin{cases} m\ddot{x} = X + 2m\omega v_y + m\omega^2 x \\ m\ddot{y} = Y - 2m\omega v_x + m\omega^2 y \end{cases}$$

となる。ここで、 m は質点の質量、 (x, y) は位置、 (v_x, v_y) は速度、 (X, Y) は質点に働く外力、 ω は座標系の角速度である。この式の右辺第2項がコリオリ力

であるが、もう一つの力（右辺第3項）が現われる。木村（1973）はBと同じことを行なっているが、(1)式をグラフィカルに求めている点が異なる。ちなみに、(1)式の導出はY氏のように代数計算を行なう方がはるかに容易である。木村（1973）では、右辺第3項の力は《場の遠心力》と呼ばれている。場の遠心力は、地球上では重力の一部として扱われるので、地表をジオイド面と考えれば現われない。引用した教科書の説明では、その部分を暗黙のうちに仮定している。同様の説明を回転する平面の円盤上に行なう場合は、コリオリ力と場の遠心力が重なって現われるので注意を要する。F氏もY氏と同様に数学的にコリオリ力を導いているが、教科書と同様、暗黙のうちに場の遠心力を落としている。

(1)式の ω は、地球の自転ベクトルそのものではなくて、着目する地点の地表に直交する成分と考えるべきである。F氏の説明には、自転ベクトルを地表に直交する成分と平行な成分に分ける部分があるが、回転速度をベクトルとして扱うのは高等技術で、ベクトル解析を知らない人には理解できないと思う。

F氏の説明の特徴は、鉛直方向に運動する質点に働くコリオリ力の説明がある点である。質点の力学では、鉛直方向も水平方向も同等に扱われるが、大気の運動に関しては、水平運動を行なう流体に働くコリオリ力の重要性の方がはるかに大きい。

高橋（1968）は「桜庭・小笠原氏共著の気象学通論で説明された『遠心力の水平成分から $\ddot{x} = +fv$ 、絶対角運動量保存則から $\ddot{y} = -fv$ が導かれる』解説を大いに普及させたい」と述べている。この方法は、物理法則から定量的なコリオリの力の表現が求まる点で、教科書にある定性的な説明や、座標変換の計算を通してブラックボックス的にコリオリ力を求める方法よりエレガントであるように思える。

文献

- 木村竜治, 1973: 回転流体の性質について, 天気, 20, 518-531.
高橋正吾, 1968: コリオリ力の初心者向き解説に当たっての問題点, 天気, 15, 2-4.
寺田一彦, 1968: コリオリ力の初心者向き解説, 天気, 15, 1.