

対流圏ブロッキング現象を再現する室内実験的研究

三村和男*

1. はじめに

対流圏ブロッキング現象とは、偏西風が特に大きく蛇行すると共に、その位相速度がほぼ停止する現象であり、突然発生し、また、やがて解消されるという特徴を持つ。

本研究では、傾圧性とベータ効果を持つ軸対象室内実験をととして、流体が自発的に、偏西風とその蛇行を実現し、やがて自発的に、ブロッキングを起こしては、解消されてゆく、プロセスを再現することを目指している。今までのところ、傾圧不安定によって生じた偏西風蛇行が、停滞性あるいは西進性の中立波動に変質する様子が詳しく調査された。ブロッキングを実現するには、あと一步のところである。

実験用回転水槽は、差分加熱と放物底¹⁾を持つ回転水槽(図1)を使うことで、傾圧性と惑星 β 効果のみを表現する。回転速度を緩やかに低速度から上昇させたところ、西進する波動が自然発生する様子が見られた。今回はこれについて報告する。

2. 室内実験モデル・実験方法

実験装置の概観を図1に示す。動作流体をスリット光とトレーサーで可視化し、ビデオカメラで流れを撮影する。撮影された動画をPIV解析し、速度場を求める。基本流(偏西風)を作るため、半径方向温度差は 5°C を実験中維持する(冷却部 13°C 、加熱部 18°C)。

無次元化された(回転台から見た)式で線形となるように、回転速度を(1)式のように変化させた。(紙面の都合上、導出は省略する)

$$\Omega = \frac{\Omega_{\max}}{\Omega_{\max}/\Omega_{\min} - t/t_{\max}(\Omega_{\max}/\Omega_{\min} - 1)} \quad (1)$$

なお、今回の実験は $\Omega_{\max} = 5 \text{ rpm}$, $\Omega_{\min} = 1 \text{ rpm}$, $t_{\max} = 36000 \text{ s}$ である。

受理日2010年11月24日

*教養学部人間環境学科自然環境課程教授

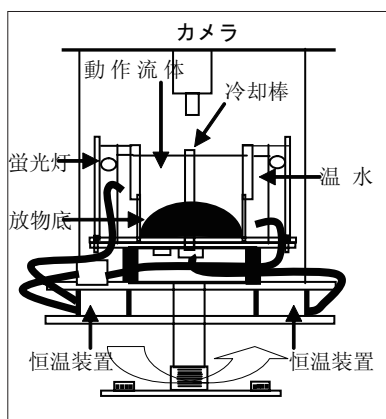


図1 放物底実験装置概略図

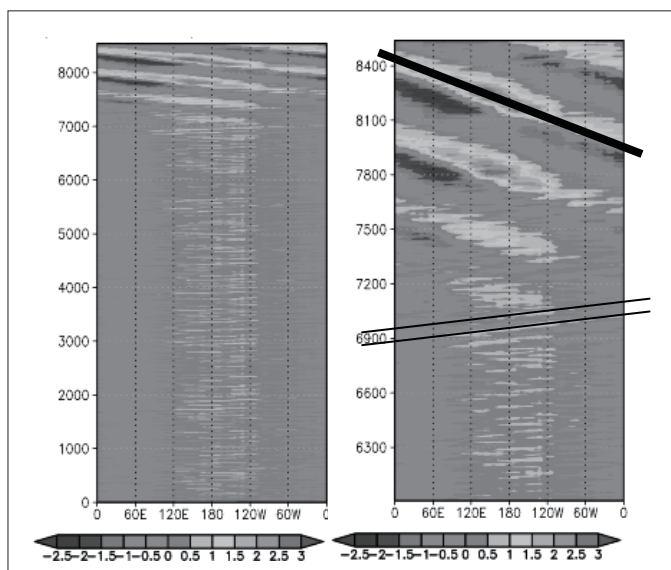


図2 右：回転速度が1.47rpm から2.04rpm へ上昇している時のホフメラー図。左：右の図の6673秒目から8538秒目までを拡大したもの。

3. 結果・考察

図2は東西偏差南北流速のホフメラー・ダイアグラムである。縦軸は秒数で、1.47rpm の時を0秒とし、8538秒後に2.04rpm になる。横軸は経度である。緯度は45度（水槽半径の1/2）である。7500秒あたりから、それまで見られなかった西に進む波動が表れた。

この西に進む波数1の位相速度を図2の左図から求めたところ、5.2mm/sであった。実験室のスケールにおける順圧時の Rossby 波の位相速度 (C) は

$$c-U = -\frac{\Omega}{n^2 + (m\pi)^2} \frac{R}{2} \beta^* \quad (2)$$

となる。なお、 U は基本流、 Ω は回転速度、 n は東西波数、 m は南北波数、 R は水槽半径、 β^* は β 平面近似における β 項の係数を示す。図 2 右図と実験条件から、 $\Omega = 2$ [rpm]、 $n=1$ 、 $m=1/2$ 、 $R=0.14$ [m]、 $\beta^*=2\pi/75$ を代入すると 3.4mm/s となった。この値が図 2 左図に見られた西進波の位相速度に近いので、この波は Rossby 波と考えられる。

また図 2 右図には東進する波も見られた。その位相速度は 3.8mm/s であった。傾圧不安定で生じる Eady 波の位相速度は $U/2$ である。 U に実験から得られた値を代入すると 2.2mm/s となり、図 2 右図から求めた東進波の位相速度に近い値となったため、東進波を Eady 波と解釈した。

図 2 左図の 7000 秒以前には明瞭な Rossby 波のシグナルが見られないので、自発的に Rossby 波が誕生したと考えた。また、実験中に外部から強制を与えていないので、ここで見られた Rossby 波は実験水槽内部の何らかの仕組みにより生じたと考えられる。この仕組みの可能性の 1 つとして、傾圧不安定による蛇行が考えられる。しかしながら、図 2 の右図からわかるように、Rossby 波の波数は 1 であるが、Eady 波の波数は 2 であり、両者に不一致が見られた。

参考文献

1. K. Mimura, "Polar Vortex Reversal Experiment in a Rotating Shallow water", Tohoku Geophysical Journal, Vol.36, No12, pp.207-212

