

# 大気の大循環

酒巻 昂平

## 【概要】

地球規模の大気の動きである偏西風の蛇行を、実験によって再現できると思い研究を始めた。

自作したドーナツ型水槽を、ビデオカメラと共に電動回転台に乗せ、発生した水流を録画解析した。実験観察の結果、次のようなことがわかった。

第一に、発生した水流の向きは、回転台の回転方向と同じであった。これは実際の偏西風の流れと同じである。

第二に、ドーナツ型水槽の内側と外側に水温差がなければ、偏西風のような水流は発生しなかった。これは地球の偏西風の流れが、高緯度と低緯度の気温差と地球の自転による転向力により生じることと一致している。

第三に、回転台の回転速度が速くなるほど複雑な蛇行パターンが現れた。これは転向力が大きく働く高緯度の寒帯前線ジェット気流が、低緯度の亜熱帯ジェット気流よりも複雑に蛇行することと類似している。

第四に、回転台の回転方向が反時計回りの場合、三極型で、寒冷渦が反時計回りに移動する様子をはっきりと観察できた。これは「上空の寒気（気圧の谷）が東進して、“西から天気が崩れる”」という実際の天候の変化と同様である。

以上の通り、簡単な実験装置で大気の大循環をある程度再現できた。

I thought that the global atmospheric movement was able to be reproduced by the experiment, the desire research was started.

Recording the doughnut type water tank made by myself was put on an electric turntable with the video camera, and the generated water current was analyzed. As a result of the experimental observation, the following has been understood.

First, the direction of the generated water current was the same as the direction where the turntable was rotated. This is the same as the flow of the westerlies.

Secondarily, temperatures different is necessary to generate the water flow. It likes the westerlies.

Thirdly, the spin rate is larger, when the water flow is more complex winding. It likes, the Coriolis force is larger in higher latitude, when the westerlies is more complex winding.

Fourthly, it was able to be reproduced that the cold vortexes(low pressures) moved west to east by tri-pole pattern. It is similar to the real weather.

The large circulation of the atmosphere was able to be reproduced with an easy pilot machine as shown in above to some degree.

### 【研究の目的】

2010年の夏は記録的な猛暑となった。これは日本付近で偏西風（ジェット気流）が南北に蛇行し、その結果として日本南方の北太平洋高気圧が強い勢力を保ち、南から暖かい空気が流入し続けたためだと考えられている。

こうした大規模な地球規模の大気の動きを、実験室内でモデル実験によって再現し、調べてみたいと考えた。

### 【仮説】

自転する地球を模した回転台の上に、地球の中緯度付近の大気を模したドーナツ型水槽を置き、内側には氷を入れて北極を、外側には湯を入れて赤道に相当する温度差をつくり（北極上空から見た北半球中緯度のモデル）、水槽内の水がどのように振る舞うのかを観察する。

実験で、水槽内に偏西風の蛇行に相当する水の振る舞いが観察できる。

回転台の速度や水温を変えて、偏西風の蛇行（偏西風波動）が発生するかどうか、発生する場合はどのような回転速度や水温で発生するのかを確かめる。

### 【実験器具・装置・材料】

電動回転台

ビデオカメラ

円形水槽

プラバケツ

金属筒（缶）

アルミニウム粉末

（ドーナツ型水槽の水面に散布して、水の動きを可視化する）

シリコンシーラント

水温計2本

自作カメラ台

デジカメ



写真1 実験の様子

### 【実験方法】

- 円形水槽の中に、プラバケツと金属筒（缶）を水槽中央にくるように接着し、ドーナツ型の水槽にする。
- 中央の缶には氷水を、外側の円形水槽と、プラバケツの間のすき間には湯を注ぐ。
- プラバケツの中のドーナツ部分に水を注ぎ、その水面にアルミ粉末を散布して水流を観察しやすいようにする。  
シリコンシーラント
- これをビデオカメラを取り付けた自作スタンドと共に回転台に乗せ、電動回転台とビデオカメラのスイッチを入れ、5分以上回転させる。
- 撮影した画像を早送りや拡大投影して、流れの様子を観察する。

### 【実験結果】

（水流の蛇行パターンについて）

水流の向きは水槽の回転方向と同じであった。反時計回りの水流は北半球、時計回りの水流は南半球の大気循環と対応している。

パターン1：水流が蛇行していない無極型。

パターン2：寒冷渦（極）を3つ確認できる。極は水槽の回転方向と同じ向きに進んで行く。

パターン3：寒冷渦（極）を複数確認できる。極は水槽の回転方向と同じ向きに進んで行く。

表 1

回転台が反時計回り(北半球)→水流は反時計回り			
一周/s	回転速度	パターン	水温差
28.28s	2.1rpm	無極型	48.2°C
26.90s	2.2rpm	無極型	50.4°C
18.10s	3.3rpm	無極型	52.3°C
15.85s	3.8rpm	二極型	43.3°C
14.55s	4.1rpm	三極型	42.8°C
12.46s	4.8rpm	三極型	34.1°C
12.46s	4.8rpm	三極型	22.9°C
12.46s	4.8rpm	三極型	15.5°C
12.46s	4.8rpm	無極型	8.3°C
12.46s	4.8rpm	三極型	6.7°C
12.46s	4.8rpm	なし	5.5°C
11.94s	5.0rpm	三極型	52.3°C
11.37s	5.3rpm	なし	0.7°C
10.37s	5.8rpm	三極型	38.5°C
7.96s	7.8rpm	三極型	47.9°C
6.79s	8.8rpm	三極型	43.2°C
5.34s	11.2rpm	三極型	43.4°C
4.56s	13.2rpm	四極型	45.0°C
4.16s	14.4rpm	三極型	47.2°C
3.81s	15.7rpm	五極型	46.6°C
3.78s	15.9rpm	多極型?	47.7°C
3.44s	17.4rpm	四極型	45.0°C
3.03s	19.8rpm	五極型?	52.4°C
2.63s	22.8rpm	四極型	46.4°C
2.25s	26.7rpm	六極型?	44.7°C
2.25s	26.7rpm	四極型?	33.9°C
2.25s	26.7rpm	なし	27.8°C
2.25s	26.7rpm	なし	20.3°C
2.03s	29.6rpm	六極型?	50.2°C

表 2

回転台が時計回り(南半球)→水流は時計回り			
一周/s	回転速度	パターン	水温差
21.40s	2.8rpm	無極型	48.3°C
12.38s	4.8rpm	無極型	53.3°C
10.75s	5.6rpm	三極型	47.1°C
8.03s	7.5rpm	三極型	47.3°C
7.28s	8.2rpm	三極型	49.6°C
5.94s	10.1rpm	四極型	46.5°C
4.90s	12.1rpm	三極型	41.6°C
3.88s	15.5rpm	四極型	42.5°C
2.54s	23.6rpm	四極型	43.6°C
1.87s	32.1rpm	五極型	46.9°C

【考察】

まず始めに、轉向力とは、回転している円盤上での運動を円盤上で観察すると、進行方向を曲げようとする力が働いているように見える。この見かけの力を轉向力といい、北半球では進行方向に直角右向きに、南半球では直角左向きにはたらく。

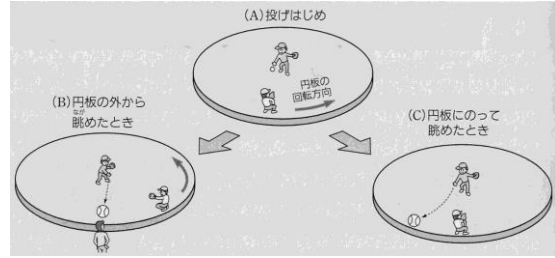


図 1 轉向力のモデル

※図 1 の説明

回転している円盤の中心にいる投手が、端にいる捕手に向かってボールを真っ直ぐ投げる。円盤上で観察すると、ボールは進む向きに対して直角右向きに轉向力を受け、曲がって進んでいるように見える。

この実験では、電動回転台を反時計回りに回転させることで北半球の、時計回りに回転させることで南半球の状態が再現できると考えられる。

観察の結果、回転台が反時計回りの場合も時計回りの場合も、水流の向きは回転方向と同じだった。これは、偏西風が地球の自転と同じ方向に流れていることと一致している。

また、ドーナツ型水槽の内側と外側の水温差が小さいと、偏西風に似た水流は発生しなかった。これは、地球の偏西風の流れが、高緯度と低緯度との気温差と、前述した地球の自転による轉向力により生じることと同じである。

回転速度が大きくなるほど極の数も増えていき、より複雑なパターンとなった。これは、より大きな轉向力が働く高緯度の寒帯前線ジェット気流の方が、低緯度の亜熱帯ジェット気流よりも複雑に蛇行することと類似している。

回転台の回転方向が反時計回りの場合で、寒冷渦の発生を再現できた時、寒冷渦が反時計回りに移動する様子を観察できた。(三極型の場合が一番はっきりと観察でき、時計回りの場合は寒冷渦が時計回りに移動する。)これは「上空の寒気(気圧の谷)が東進して、“西から天気が崩れる”」という実際の北半球の天候の変化と同様である。

#### 【結論】

この実験装置には、実際の地球と大きく異なる点がいくつかある。

たとえば、ドーナツ型水槽は中緯度の大気圏をモデル化しているが、実際の大気圏よりも大気層が分厚くなっている(地球の大きさと比べると、大気圏はとても薄い)。

また、気体である大気の代わりに、液体である水を使っているため、密度も粘性も全く異なっている。

それから、地球は球体であるが、このモデルは平面的になっている。

上記のような相違点があるにもかかわらず、次のようなことが観察できた。

始めに、水流は回転台の回転と、内側と外側の水温差によって発生する。また、その向きも回転台の回転方向によって決まる。

次に、回転速度が大きくなるほど極の数も増えていき、より複雑なパターンとなる。

最後に、回転台の回転方向が反時計回りの場合で、寒冷渦が反時計回りに移動する様子を観察できた。(写真2)



写真2 寒冷渦の移動の様子

この様に、大気の大循環、特に偏西風については、この簡単な実験装置で再現でき、実験の結果から、偏向力(回転台の回転)と高緯度と低緯度との気温差(内側と外側の水温差)が偏西風発生の大きな要因であることが立証された。

#### 【感想】

研究を始めた頃は、仮説とは逆の方向の水流が発生するなどしていた。しかし、3, 4回目かの実験で無極型を再現出来た。その後は、色々と条件を変えながら実験を続けたが、最初のような失敗はほとんどせずに済んで良かった。

実験で大変だったことが、2つあった。1つ目は、流しの側にある重い回転台を教室のほぼ反対側にあるコンセントの近くまで運ぶことで、2つ目は、流しで水やお湯などを入れた水槽を、その回転台まで運んで上に載せる事だった。

今になって、流しの側にもコンセントがあった事に気が付いたが、実験をするには少々床が手狭だったということにしておこうと思う。

#### 【引用文献(参考文献)】

気象庁ホームページ

高等学校地学I改訂版 啓林館