

論文審査の結果の要旨

氏名 谷口由紀

流体運動に対する回転の効果は、地球科学的な興味もあって、さまざまな側面から研究されてきた。特に、薄い流体層の運動に対する回転効果は、大気や海洋の運動とも関連し流体力学的にも重要な問題である。このような系の、最も単純化されたモデルである回転球面上の2次元乱流運動は、領域形状からくる数値的困難もあり、近年になり詳細な研究が行なわれるようになった。

回転球面上2次元非圧縮性 Navier-Stokes 乱流の数値実験は、1970年代の終りに、流れ場的人為的対称性を課すことによって行なわれた (Williams 1978)。この計算では、経度方向に伸びた帯状構造の出現が報告され木星との類似が指摘されたが、人為的対称性の影響の問題は未解明であった。対称性を仮定しない詳細な数値実験が初めて報告されたのは1990年代になってからである。以後いくつかの研究を経て、回転角速度が大きい時には、東西に伸びた縞状構造が形成されること、また、極域に東風周極ジェットが形成されることが見出され、乱流からの流れパターン形成現象の存在が明らかになった。

以上の結果は全球を流れ領域とするものであるが、このような背景のもとに、谷口氏は海洋をイメージし、回転球面上の部分領域における2次元流体乱流の振舞いについて詳細な数値的研究を行なった。全球の場合と異なり、境界を伴う場合の計算は数値的に複雑な処置を必要とするが、谷口氏は、境界が円形である領域(円領域)を流れ領域とし、立体写像によって平面単位円盤上の問題に帰着させた。これは、立体写像が等角写像であり、2次元 Navier-Stokes 方程式が等角写像に対して簡明に振舞うことを利用したもので、円領域の位置と大きさを可変にし、平面上の数値的技法の適用を可能にする利点を持っている。ここでは、平面円盤上において、偏角方向にはフーリエ・スペクトル法、動径方向にはチェビシェフ・スペクトル法を用いた計算が行なわれた。

数値計算は、円領域についてさまざまな位置と大きさの場合に対して行なわれている。まず、境界が経度線と一致する場合(縦半球)には、層流的初期条件のもとに東から西に周期的に移動する流れパターンが観察された。これは、海洋におけるいわゆる西岸強化流とも関連するもので、従来、接平面近似(*beta*-面近似)で議論された周期解が、縦半球の場合にも存在することを示唆している。

谷口氏の論文で最も注目されるものは、円領域が極域を含む場合の結果である。円領域を南半球全体とする場合、初期乱流場から出発し南極域に西風周極ジェットが形成されることが見出された。谷口氏は、速度場の向きを反転した場合を含む多数の乱流初期条件に対して数値計算を行ない西風周極ジェットの出現を結論している。この結果は、全球領域の場合において東風周極ジェットが出現することと対照的であり、回転球面上の流れの基本的特性を見出した重要な結果である。更に谷口氏は、円領域が南半球を含み境界が赤道と45度をなす場合(斜め半球)について、複数の初期乱流スペクトルと二百を超える乱流初期条件に対して数値実験を行ない、この場合は東風周極ジェットも出現し得るが、初期スペクトルピークの位置が低波数になるほど西風周極ジェットの出現頻度が増えることを見出している。この結果は、斜め半球の場合、西風周極ジェットの出現は統計的に優位であること、しかし必然的に出現するものではないこと、を意味しており、このような乱流

からの流れパターン形成現象の複雑さを示唆している。実際、全球の場合でも、現在のところ、周極ジェット出現の十分な説明は得られていないが、谷口氏は、さらに角運動量輸送状態を調べることで、西風周極ジェットの出現は東風角運動量が運び去られるためであることを示しており、今後の研究の方向を示唆している。

以上のように、谷口氏の結果は、回転球面上の円領域の2次元乱流の性質について、組織的な数値的研究を行ない、流れの基本的性質として、西風周極ジェットの出現を結論づけたものである。周極ジェット出現の理論的説明は今後の課題であるものの、困難な数値解析を実行し重要な意味を持つ結果を導いた点で価値の高い研究であると考えられる。

よって、論文提出者 谷口由紀は、博士（数理学）の学位を受けるにふさわしい十分な資格があると認める。