

底面が回転する円筒容器内の軸対称流の境界層 Boundary layers of an axisymmetric flow in a cylindrical tank with a rotating bottom

伊賀 啓太^{1*}
Keita Iga^{1*}

¹ 東京大学 大気海洋研究所
¹ AORI, The University of Tokyo

惑星探査機の写真には、六角形の形状をしている土星の極の回りの流れが写っている。また気象衛星の写真には、しばしば円状ではなく多角形になっている台風の眼が見られる。このように、地球や惑星の大気には軸対称な状況にも関わらず、軸対称を保っていない流れが実現していることがある。

このような対称性の破れは、円筒容器内に水を入れ、底の円盤を回転させるという極めて単純な室内実験でも実現することができる。その際に観測される対称性が破られた現象は、単純な多角形の流れだけでなく、軸対称な円状の流れと対称性が破れた楕円状の流れの間の遷移の際の履歴現象や、容器の側壁に沿って伝わる大きな振幅の波が励起される現象などさまざまなものがあり、我々はこれらの現象について報告を行ってきた。

しかし、メカニズムを理解するには基本場となる軸対称な流れをもとにして考察を進めることになるため、これらの現象自体はいずれも軸対称性が破れた現象ではあっても、軸対称な流れを求めておくことが必要である。そこで、底面だけが一定の角速度で回転する円筒容器内の水の軸対称な流れを、解析的に求めることを試みた。

流れを厳密に求めることは不可能であるが、エクマン数が小さいという条件のもとで境界層理論を用いながら流れの近似解を求めることができた。円筒容器内の流れを6つの異なるバランスをする領域に分割することによって、流れを求めるができた。その6つとは、(i) 容器内側の、剛体回転する内部領域 (ii) 容器外側の、角運動量一定の内部領域 (iii) 両内部領域に挟まれたスチュワートソン 1/4 層 (iv) 回転する底面付近のエクマン境界層 (v) 外側の側壁付近の境界層 (vi) 外側底面の角領域 である。

特に、各境界層の流れを求めてつなぎあわせることにより、鉛直循環する流れの流量を求めることができ、全体としての軸対称流の様子を記述することができた。

キーワード: 軸対称流, 回転流, 境界層
Keywords: axisymmetric flow, rotating flow, boundary layer