

前川泰則氏の井上研究奨励賞受賞に寄せて

九州大学大学院数理学研究院

隠居良行

このたび優れた博士論文を提出した若手研究者に対して贈られる井上研究奨励賞を前川泰則氏が受賞されました。心からのお慶びとお祝いを申し上げます。

前川氏は非圧縮粘性流体の運動を記述する Navier-Stokes 方程式を主たる研究対象としており、とくに渦度場の挙動の数学解析に関して顕著な業績を挙げている。

前川氏の博士論文の主テーマは Burgers 渦と呼ばれる 3次元 Navier-Stokes 方程式の定常解の存在と安定性の研究である。非圧縮粘性流体のダイナミクスにおいては、粘性による拡散効果と渦度場の伸張効果という二つのメカニズムが基本的な役割を果たす。Burgers 渦はこの二つのメカニズムのバランス状態を端的に表し、乱流の局所構造を記述する基本的なものとして広く研究されてきた。渦度場が軸対称性をもつ Burgers 渦は厳密解であり、Burgers 渦の研究はこの軸対称 Burgers 渦の解析から進められてきたが、実際に計測される渦管構造は非軸対称性を示すことが知られている。このため、非軸対称性を考慮したより一般的な Burgers 渦が考察されるようになった。ここでは Burgers 渦は、渦の強さを表す渦 Reynolds 数と軸対称性からのずれを表す非軸対称パラメータによって特徴づけられる非線形楕円型偏微分方程式の解として与えられる。Burgers 渦は、この二つのパラメータのとり値によってその振る舞いや安定性等の性質がどのように変わるかということ为主要なテーマとして研究されている。

博士論文において前川氏は渦 Reynolds 数が大きい場合を考察している。乱流との関係を考慮するとこの場合が物理的にもより重要となる。線形化作用素に対するスペクトル解析をもとに、渦 Reynolds 数が大きくなるにつれて軸対称な Burgers 渦が 2次元的な摂動流をより早く球対称化させることを示し、この意味で渦 Reynolds 数が大きい場合における強い安定性を証明した。この結果は早く回転する流体がより強い安定性をもつという直感的なアイデアを正当化する一つの例となっている。さらに、軸対称からのずれが大きい非軸対称 Burgers 渦の存在も証明し、数値的に予想されていたことの数学的な裏づけを与えた。渦 Reynolds 数あるいは非軸対称パラメータが小さい場合には通常の摂動論の範疇ですでに解析がなされていたが、前川氏は実際の現象においてより重要となるパラメータが小さくない場合の解析に成功した。

前川氏は Burgers 渦の解析の他にも優れた業績を挙げており，輸送項のある熱方程式の基本解の Aronson 型評価や，流体と相分離面の平均曲率が相互作用する場合の二相流体の自由境界問題に対する古典解の構成など意義のある結果を得ている．これら一連の研究により，前川氏は 2008 年度の建部賢弘奨励賞を受賞している．

最近，前川氏は Burgers 渦の解析をさらに進展させ，Th. Gallay 氏との共同研究において任意の渦 Reynolds 数に対する軸対称 Burgers 渦の 3 次元摂動に対する安定性を証明するという顕著な成果を発表した．今後のますますの活躍が期待される．