講座

プラズマ理論の技法

支援論文

A . 渦の発生とダイナミックス I

西原 功 修

(大阪大学レーザー核融合研究センター)

Generation and Dynamics of Vortices I

NISHIHARA Katsunobu

Institute of Laser Engineering, Osaka University, Suita 565-0871, Japan

(Received 26 April 2002)

Abstract

Nonlinear dynamics of a nonuniform vortex sheet has been considered for an interface with a density jump, related to nonlinear evolution of the Richtmyer-Meshkov and Rayleigh-Taylor instabilities. Velocity circulation on the interface is not conserved because of baroclinic effect when the density jump exists. The nonuniform vorticity and density jump lead locally to stretching and shrinking of the sheet. The problem may provide a new paradigm in nonlinear science.

Keywords:

vortex sheet, velocity circulation, Richtmyer-Meshkov instability, Rayleigh-Taylor instability

今、私がレーザー核融合の研究とも関連して非常に興味があるのは、流体自身は非圧縮だけれども、物質の境界には速度シアが存在するような系である。

すなわち、バルクが非圧縮流体中の、渦シートのダイナミックスを考える。例えば レイリー・テイラー不安定性のように重力があると、元々のシステムが平衡になるために重力 g に逆らって必ず圧力勾配 ∇p が存在して、面が歪むと境界面で密度のジャンプがあるから、境界面で必ずバロクリニック項 $\nabla \rho \times \nabla p$ が存在し、渦ができる。

密度の異なった2種類物質の境界面に衝撃波が入射すると、初期に sinusoidal に摂動された境界面は大きく成長し、渦度が集中した部分を core とする (double) spiral を形成する。これを最初に理論的に研究した人と実験した人の名前から、Richtmyer-Meshkov 不安定性と呼ばれている。粘性や重力の項がないにもかかわらず、流体の密度が異なることに起因する非一様性の効果によって

生じる Richtmyer-Meshkov 不安定性には Kelvin-Helmholtz 不安定性のような線形不安定性は現れない。イレギュラーな境界面に衝撃波が伝搬すると、入射衝撃波が一樣であっても境界面に凸凹があるために、透過した衝撃波も反射した衝撃波も凸凹になる。

透過した衝撃波の座標系から見ると、流体が波面に入ってきて、波面が歪んでいるために、流体は波面を横切るときに流れの向きが少し変更される。同様に反射した衝撃波の座標系で見ても、流体が入ってきて、流れの向きが少し変更される。その結果、境界面を介して速度シアができる (Fig. 1)。

したがって、そういう速度シア、つまり渦シートのダイナミックスで、ただし流体自身は元々は圧縮性がなくてはならないが、衝撃波が伝搬した後はほとんど非圧縮だとみなせる系で、異なる2つの流体がどのようにミキシングされるかという問題に興味がある。レーザー核融

author's e-mail: nishihara@ile.osaka-u.ac.jp

合では、これらの不安定性の非線形発展を理解することが重要な課題である。もう一つは、レイリー・テラー不安定性のように重力があって、流体自身は非圧縮だけど境界にはシアが存在する場合、どのように乱れていくかという問題がある。この問題自身はロケットエンジンや自動車のエンジンを点火するときに燃料をどのように混ぜるかという問題と同じである。つまり、渦の方程式をたてると、当然、密度のとびのある境界では渦の生成と消滅が局所的に生じる、その時、境界面で生成される非一様な渦度がどのように時間発展するのか、また境界面がどのように変形するのかという問題である。境界面のある非一様な系の乱れというのは（圧縮性があるとどのように変わるのかは分からないが）、非圧縮のモデルを使ってもう少し研究できるのではないかと考えている。

Fig. 1 Richtmyer-Meshkov instability.

にし はら かつ のぶ
西原 功 修

研究分野：レーザー核融合，プラズマ物理，非線型物理，計算物理．現職：大阪大学レーザー核融合研究センター教授．経歴：1973年大阪大学大学院基礎工学研究科

後期課程中退，1973年名古屋大学理学部助手，1976年大阪大学レーザー核融合研究センター講師，1984年現職．近況：週末には体を動かして心身のバランスをとるように心がけています．