

なっているかどうかは自明ではない。いやそれどころか、 $\nu \rightarrow 0$ の極限では、どうも  $de/dt < 0$  となっているらしいというのが多くの乱流理論の予想するところである。また、この極限における  $d\mathcal{E}/dt$  の振舞については殆ど知られていない。

我々は、 $\nu \rightarrow 0$ の極限におけるこれらの量の漸近的な振舞を調べるために、図1に示すような絡まった渦管の運動の数値シミュレーションを行った。結果は、まだ確定的ではないが、エネルギーは非粘性の極限でも減衰するが、ヘリシティは保存量であることを示唆している。

この結果の一部を文献 [1] で報告したので参考にして頂きたい。

### 参 考 文 献

- [1] Kida, S. and Takaoka, M. (1987). Bridging in vortex reconnection, *Phys. Fluids*, **30**, 2911.

## 磁気リコネクションと MHD 緩和過程

広島大学理学部 草野 完也

電気抵抗の無い電磁流体の中では、磁力線は流体の運動に従って変形する。すなわち、流体に“凍結”した張力を持つ糸のような振舞を示し、その糸はどんなに複雑な運動によっても切れることも無ければ、一つの糸が他の糸を横切ることも無い。しかし、電気抵抗のある場合には(たとえどんなに小さくとも)、磁場は有限の散逸を受け、上のような磁力線(糸)のトポロジカルな性質は失われる。すなわち、A点とA'点を結ぶ磁力線  $A \rightarrow A'$  と B点とB'点を結ぶ磁力線  $B \rightarrow B'$  とが、A点とB'点を結ぶ磁力線  $A \rightarrow B'$  と B点とA'点を結ぶ磁力線  $B \rightarrow A'$  となぎ替わることができる。これは磁気リコネクションと呼ばれ、プラズマ物理、磁気流体力学(MHD)、天体物理学等で近年盛んに研究されている興味深い現象である。磁気圏においては、磁気リコネクションが極地でのオーロラ発生に深く関わっていることが指摘されている。また、核融合プラズマ中では、磁気リコネクションは磁気面を破壊し、プラズマの閉じ込めを劣化させることが従来知られている。

著者らはこれまで磁気リコネクションに関する現象を理論的数値的に研究してきたが、最近、磁気リコネクションがプラズマの閉じ込め配位を破壊するだけでなく、配位形成のためにも積極的な役割を担うことを大規模な計算機実験を用いて明らかにした。これによると、キンク不安定性と呼ばれるプラズマの運動によって生じた磁気リコネクションを通して、プラズマは電磁流体力学的に最も安定な配位を自ら形成する場合がある。これは磁気流体力学的な(MHD)緩和過程であるといえる。計算機実験の結果は、磁気リコネクションと共にプラズマ挙動の非線形性がMHD緩和過程にとって本質的に重要であることを明確に示している。

## 粘 性 の ある 渦 輪

計算流体力学研究所 石井 克哉

速度のローテーションをとった渦度ベクトルがある閉曲線の近傍だけに接線方向の向きを持って存在するとき、この渦度分布は渦輪とよばれる。渦輪の時間発展を追うことは物体後方の渦、大気中の乱流、自由噴流周辺の流れの基礎的な過程を理解する上で重要である。

本研究では初期にほぼ楕円形をしている渦輪の挙動を、 $91 \times 91 \times 61$ の格子点で Navier-Stokes 方程式を直接数値的に解くことにより調べる。よく知られているように、渦輪の各部分

は局所的な曲率に関係した自己誘導速度をそれぞれ持つ。このため、渦輪が円形でないとき、全体として初期の渦度ベクトルに垂直な方向にはほぼ等速で運動する一方、各部分が異なる速度で動くため渦輪の形は時間的に変化する。丁汝 (L. Ting) らの特異摂動法を使用した理論的研究によれば、渦核が小さい場合、渦輪の局所的な伸びは渦核内の軸方向の流れ、すなわち、軸に垂直な断面内の渦線の発達なしには起こり得ないことが示されている。ここで報告した直接数値計算では格子サイズの制約もあり理論的研究が適用される状況とは大きく異なるが、局所的な伸びの大きな部分から元の渦度とは垂直の渦度を持つ部分が発達し、尾のように渦輪の背後に伸び出すことが観察される。実験的にもこうした渦輪の尾のような領域を見いだすことができ、渦輪の局所的な長さを変えるような運動はいつも元の渦度ベクトルと垂直な渦度ベクトルを持つような領域をつくりだすと結論してよいように考えられる。このことは、こうした場所で渦輪の渦核の構造が大きく変化することを示している。

## スペクトル法による乱流の数値シミュレーション

航空宇宙技術研究所 山本 稀 義

流れは速度が大きくなると層流から乱流へ遷移する事が知られているが、この遷移については流れの速度と代表的長さによって定まるパラメータであるレイノルズ数がある臨界値を越えると発生すると説明されている。そして、流れの形状は遷移の前後で大きく異なり、規則的な層流に対して乱流は偶然的とも思える程不規則に変動していて、その力学特性を解明する事は多くの分野で重要な問題となっている。一方、流れの基礎方程式は層流でも乱流でもナビエ・ストークス方程式に従うので、近年の計算機の発達に伴って、乱流についても数値シミュレーションが可能となって来た。本講演はナビエ・ストークス方程式のスペクトル法を用いた直接計算によって、一様等方性乱流の減衰特性および剪断流の典型である平面ポアズイユ流の遷移の力学機構を調べた結果について報告した。

一様等方性乱流の計算は初期に発達した乱流を与え、その時間的減衰過程を調べた。その結果、従来次元解析から予想されている慣性小領域スペクトルが2次元乱流ではレイノルズ数が5000で、3次元乱流ではレイノルズ数が500で実現する結果が得られた。

平面ポアズイユ流の遷移については亜臨界非線型遷移機構を調べる目的で、レイノルズ数が5000(臨界レイノルズ数は5772)で初期条件として2次元有限振幅 T-S 波を与えた流れの遷移過程を調べた。計算結果は従来理論や実験から知られている結果とよく一致した。

これらの結果は乱流についても直接数値シミュレーションが有力な研究手段となっている事を示している。

## マルチフラクタル $\beta$ -モデル

東京大学理学部 真田 勉

乱流は、大小様々なスケールを持った渦の集まりと考えることができる。大きな渦は、不安定で壊れやすく、小さい渦へ分裂し、さらにその小さい渦も、より小さい渦へと分裂していく。十分に小さい渦では、粘性の効果が大きく、その渦の持つ運動エネルギーは、熱エネルギーへと変化する。

しかし、渦の壊れ方が、1通りであるとは考えられない。例えば、突然非常に小さい渦に壊れ