は有名である．プラズマの流れ場も考慮した理論もいくつかある．そのような中の一つの可能な解として，磁場と流れが平行に揃った状態（aligned state）について考えた．ただし今の配位は三次元すべての方向に等方的ではなく，強い磁場の方向（z 軸）とそれに垂直方向（x, y 軸）とは同等には扱えない．磁場と流れが平行に揃うのは（x, y）面内に限った．比例係数 α をパラメーターとして，aligned state は既知の解を含む family を構成する．既知の解の中には，磁気平衡状態，二次元 Navier-Stokes, Alfvén wave, などが含まれている．一般のパラメーター α に対しては，時間変数と z 座標が混じった新しい時間変数に対する二次元 Navier-Stokes 方程式を満すことが示された．

参 考 文 献

Hatori, T. and Urata, K. (1992). プラズマにおける磁場とトポロジー，ながれ，**11**, 36-100.

Urata, K. and Hatori, T. (1991). Formation and decay of current bubble in the nonlinear coupling process of resistive tearing modes, *Research Trends in Physics*: *Chaotic Dynamics on Transport in Fluids and Plasmas* (eds. I. Prigogine et al.), AIP.

一様剪断乱流における渦構造の形成

京都大学 理学部　田 中　満

京都大学 数理解析研究所　木 田 重 雄

平均流が $\boldsymbol{U}(\boldsymbol{x})=(Sy, 0, 0)$（$S$ は定数）で表される一様剪断乱流は，乱流境界層や乱流混合層などの現実の剪断流における複雑な渦のダイナミックスを知る第一歩として重要である．ここでは，一様剪断乱流における渦構造の時間発展をナヴィエ-ストークス方程式の直接数値計算により調べた．空間微分にはスペクトル法（128^3 モード），時間積分にはルンゲ-クッタ-ジルを用いた．初期条件は，場が等方になるように，また，線形項と非線形項がつりあうように選んだ．渦構造の時間発展のようすは以下のようである．

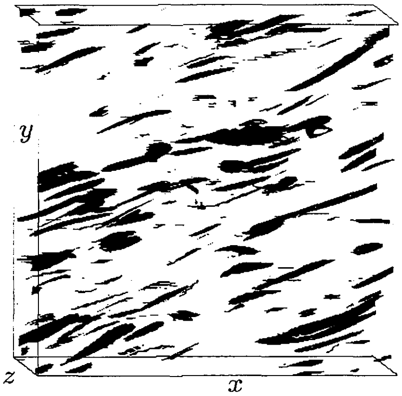

図 1.　$St=4$ における等渦度面（64×128^2）.

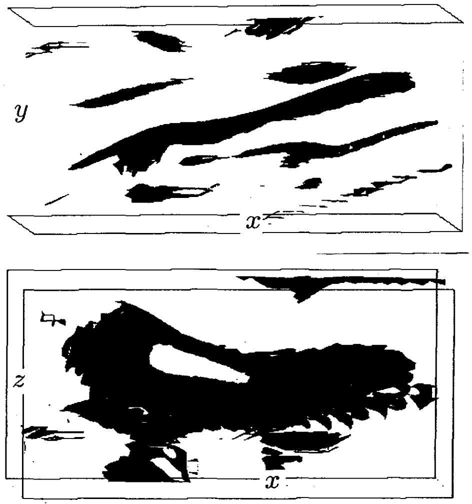

図 2.　$St=8$ における等渦度面（40^3）.

初期の場は等方であるので，その渦度場を見ると高渦度領域として数多くのblobが存在する．まず，これらのblobが主流の剪断により歪められる．渦度は，主流による引き伸ばしが最大の方向である，流れ方向から45°の方向にもっとも急速に強められる．その結果，$St=1$ぐらいまでにはその方向に傾いた数多くのチューブ状の渦が生成される．これらの構造は主流による移流の効果によって，流れ方向に傾きながら，さらに引き伸ばされてゆく．ただし，流れからの傾斜角は20°ぐらいで落ち着く（図1）．なお，渦チューブの対も数多く観測される．

$St=6$ぐらいになると，シート状の構造が数多く見られるようになる．そして，それらの中から急速に発達するものが現れ始める．これらシート状の渦構造は，図2に見られるようにx方向に非常に長く，逆にy方向に非常に薄い．z方向の幅は，8から20格子間隔で，初期のblobの大きさよりもかなり大きい．シートの生成，発達のメカニズムについては，完全にはわかっていないが，上で述べたチューブの対が引き起こすstraining flowがシートの発達に深く関与しているようである．

$St=8$をすぎると，シートの巻き上がりが盛んに起こるようになり，z方向を向いたチューブ状の渦が生成される．複数個のチューブがKelvin-Helmholtz型の不安定性によりほぼ同時に巻き上がる様子も観測されたが，これは，かなり稀な現象である．一般には，一つのシートから一つのチューブが生成される．このようにしてできたチューブは，さらに，主流による引き伸ばしのために変形してヘアピン状の渦となり，ついには，ランダムな渦度場の中に埋没してゆく．

3次元Euler流における固有値問題

京都大学 数理解析研究所 大木谷 耕 司

Navier-Stokes乱流の統計で重要なエネルギー散逸率は非粘性の極限でもゼロでない有限な値をもつことが経験的に知られている．このことはEuler方程式の解の特異性を暗示するとともにその構造と乱流の間欠性との関係をも示唆している．

そこで滑らかな初期条件から発展する非粘性流体運動（3次元Euler流）を考える．特にその高渦度領域に注目し，以下の固有値問題を中心にその空間構造の特徴付けを試みる．数値実験は周期境界条件下で擬スペクトル法（格子点数128^3）によって行なう．1次元バーガーズ方程式からの類推に注意し渦伸長のラグランジュ的な力学的性質を探る．

3次元Euler方程式は

$$\frac{Du_i}{Dt}=-\partial_i p, \tag{1}$$

$$\nabla\cdot\boldsymbol{u}=0 \tag{2}$$

と書ける．ここで$\frac{D}{Dt}=\frac{\partial}{\partial t}+(\boldsymbol{u}\cdot\nabla)$はラグランジュ微分を表し，境界条件は周期的，ないしは境界がなく無限遠で静止，としておく．(1)のrotは渦度方程式と言われる（和の規約）:

$$\frac{D\omega_i}{Dt}=S_{ij}\omega_j. \tag{3}$$

ここで，$S_{ij}=\frac{1}{2}(\partial u_i/\partial x_j+\partial u_j/\partial x_i)$；$i, j=1, 2, 3$はストレインテンソルで，次の式に従って発展する：