

乱流中の2粒子相対拡散

関西学院大学 理学部 中尾 肇

実効ハミルトニアン法 (EHM) (Sakurai et al. (1984)) を用いて、非圧縮の等方性一様乱流中における Richardson's Four-Thirds Law (RL) を解明した。初期の相対距離が流れの代表的長さに比べ十分に小さく、かつ、スペクトルが慣性領域で Kolmogorov の $-5/3$ 則を満たし、スケールリング則に即した形をしている場合には、RL が成立することを解析的かつ数値的に示すことが出来る (図1参照) (Nakao (1991))。また、流れの代表的長さに比べ初期の相対距離が非常に小さい場合には RL を示す区間の手前で相対距離の2乗平均が時間の3乗より速く増加する場合があること (Kellogg の観測データなど) や、Okubo と Ozmidov が示した複数の領域で RL を示す観測データなどを定性的に再現出来る (Nakao (1991))。この他にも、EHM にはその与える結果の中に、エネルギー保有領域からの寄与を抑える機構が含まれていたり、初期に相対距離の2乗平均の増加分が時間の2乗に比例し、その後は RL に従い、最後に相対距離の2乗平均が時間に比例する、と出てくるなど、かなり現実を表している (Sakurai et al. (1984), Nakao (1991))。よって、EHM を用いて RL の成立の機構を調べたところ、RL はエネルギー・スペクトルが慣性領域で Kolmogorov の $-5/3$ 則を満たしていることと、相対距離に対して一定かつ限られた範囲の比の大きさの渦のみから相対拡散に寄与があることとによって成立していることが判った (Nakao and Imamura (1992))。また、従来の相対拡散に寄与する渦の大きさに対する考察に、渦の寿命の要素が抜けており、それを含んだ EHM によると、寄与のピークは相対距離の数十倍の渦にあり、さらに、相対距離より大きい渦が相対拡散に対して全体の 40% 近くもの寄与をしているという結果が得られた (図2参照)。EHM が近似理論であることや、用いたモデルスペクトルの現実性を差し引いて考えても、従来述べられてきた

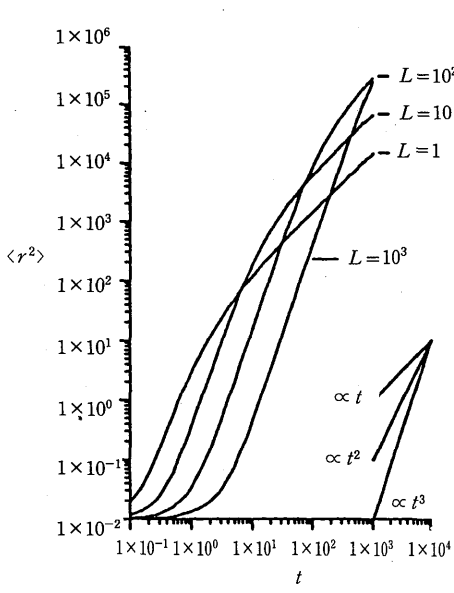


図1. 相対距離の2乗平均 $\langle r^2 \rangle$ の時間依存性。

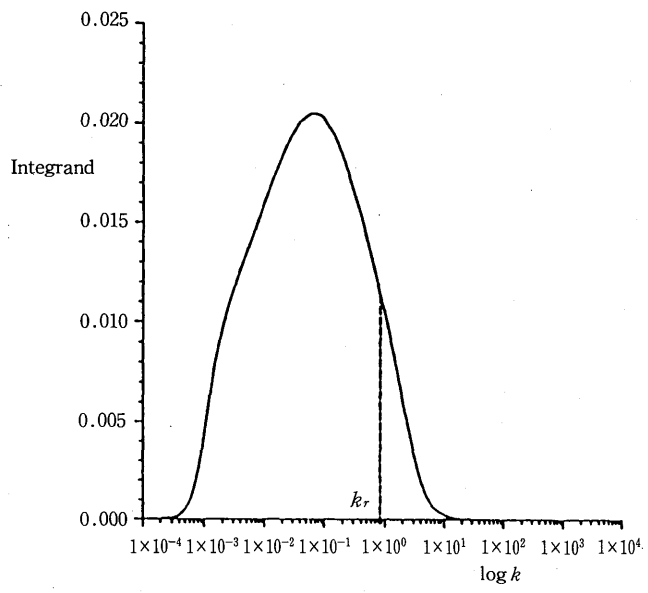


図2. 相対拡散に対する寄与の波数依存性。但し、 $k_r = \langle r^2 \rangle^{-1/2}$ 。

ものより、かなり大きな渦が相対拡散に寄与していると思われる (Nakao and Imamura (1992)).

参 考 文 献

- Nakao, H. (1991). Relative diffusion in turbulent flow by using the effective Hamiltonian method, *J. Phys. Soc. Japan*, **60**, 2942-2950.
 Nakao, H. and Imamura, T. (1992). Mechanism leading to Richardson's four-thirds law, *J. Phys. Soc. Japan* (submitted).
 Sakurai, Y., Doi, M. and Imamura, T. (1984). Relative diffusion of a pair of fluid particles in turbulence, *J. Phys. Soc. Japan*, **53**, 1995-2001.

乱流中のラグランジュ的およびオイラー的自己速度相関

名古屋大学 工学部 金田 行雄・石原 卓

流体運動の見方には、空間上の場所を固定して物理量の時間的変化を追うオイラーの見方と、着目する流体粒子上の物理量の時間変化を追うラグランジュの見方がある。これらの見方に対応して、速度の2次の統計平均として、オイラー的自己速度相関 $R_E(\tau) \equiv \langle \mathbf{u}(t+\tau) \cdot \mathbf{u}(t) \rangle$ 、およびラグランジュ的自己速度相関 $R_L(\tau) \equiv \langle \mathbf{v}(t+\tau) \cdot \mathbf{v}(t) \rangle$ とが定義される。ここで、 $\mathbf{u}(t)$ 、 $\mathbf{v}(t)$ は、それぞれ、時刻 t におけるオイラー的およびラグランジュ的速度である。

ラグランジュ的相関 R_L は煙の拡散や大気中の風による物質の拡散などの乱流拡散において重要な役割をすることが知られており、またオイラー的相関 R_E は R_L よりも実験による測定が容易である。

ラグランジュ的な視点に基づく繰り込み展開を用いた乱流の近似理論、および乱流場の確率分布が正規的なものに近いという準正規仮説を、非線形性の非常に大きな十分発達した乱流におけるこれらの相関の解析に適用して、以下のことが分る。

- 1) R_L, R_E を時間差 τ についてフーリエ変換をしたスペクトル $\Phi_L(\omega)$ 、 $\Phi_E(\omega)$ は ω のある領域で、ある普遍的な形で与えられ、その形とそこに現われる普遍定数を理論的に求めることができる。
- 2) 時間差 τ の小さい所での R_L, R_E の振舞いと、乱流中の慣性力、圧力および粘性力の2次のモーメントとの間に、ある簡単な関係があること、また τ の小さいところで $R_E < R_L$ となることが示され、それらのモーメントの定量的評価ができる。

マルチフラクタルの確率的構造

電気通信大学 細 川 巖

乱流のスケール r におけるエネルギー散逸 E_r は、その集合領域の測度の性質をもっている。一般に、測度が局所的に $E_r \sim r^\alpha$ のような自己相似性をもつとき、 α の指数をもつ集合は $r \rightarrow 0$ において、フラクタル次元 $f(\alpha)$ をもっており、このような測度をマルチフラクタルと呼んでいる。今迄の実験及び数値計算の結果から、乱流のエネルギー散逸が少くとも慣性領域でマルチ