

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

フラクタルを構成することは明らかのようにである。

本講演で、乱流の間欠指数 μ_q の概念を $q < 0$ にも拡張し、「これがマルチフラクタルの一般次元 D_q 及び $f(\alpha)$ と一意的な関係をもつこと」、及びマルチフラクタルの intrinsic probability という概念を導入し、「これが μ_q を一意的に決定すること、及び α の空間存在確率を包含すること」を証明した。詳細は Hosokawa (1991a) を参照されたい。

これによれば、 α の存在確率を $\delta a \rho(\alpha) r^{d-f(\alpha)}$ (d : 集合の空間次元) とする従来の設定は、 β モデルのようなモノフラクタルからの類推として尤もらしく見えるが、事実は甚だ直観的で精密さを欠いたものであることが判明する。 $\rho(\alpha)$ の代わりに $[f''(\alpha) \ln r / (2\pi)]^{1/2}$ と書いたものが正しい表現である。

intrinsic probability の概念はかなり便利なもので、たとえば、計算機によってマルチフラクタルを simulate するとき直ぐに役立つ。intrinsic probability を与えることによって、恐らくすべての自己相似な測度の作るマルチフラクタルを構成することができる。ヨーロッパの一部で最近はやっているランダム β モデルも、固有の intrinsic probability をもち、一般化されたカントル集合モデル (Hosokawa (1991b)) の一つに過ぎないこともいえる。

参 考 文 献

- Hosokawa, I. (1991a). Intrinsic probability of a multifractal set, *J. Phys. Soc. Japan*, **60**, 3983-3985.
 Hosokawa, I. (1991b). Turbulence models and probability distributions of dissipation and relevant quantities in isotropic turbulence, *Phys. Rev. Lett.*, **66**, 1054-1057.

乱流の階層モデルおよびそのフラクタル次元

東京都立大学 理学部 永田 研一・勝山 智男

乱流中におかれた熱線センサからの出力信号を直線化し、さらに増幅した(全)信号を、バンドパスフィルター供給し、その出力信号を観察した。フィルターの中心周波数 f_m と帯域幅 Δf の比は $f_m/\Delta f = 10$ であった。また、中心周波数の異なる4個のフィルターを使用し、観測は同時に行った。

フィルターされた信号は次の特徴を示した。(i) f_m の高い信号ほどより間欠性の強い信号である。(ii) 間欠性は時系列上でゆらぎ、マルチフラクタルである。(iii) 低周波数の信号は一見一繋がりに見えるが、位相のとびを示し、間欠的である。これらの特徴は乱流のマルチフラクタルな性質によるものであり、この性質は全信号の時系列データの相関関数が単一の相関長で表現出来ないことを意味している。

われわれは、その相関関数を階層的表式で表わし、非粘性極限で N-S 方程式(および連続方程式)のスケール変換不変性を表わす自己相似性を相関関数の階層に導入した。また、階層を流れるエネルギー流速の時間スケール(内部時間)を導入した。それによって、速度ゆらぎの階層での強度分布を与える表式を得た。

乱流のマルチフラクタルな性質は、時系列上での散逸速度のゆらぎであり、このゆらぎは内部時間のゆらぎである。この内部時間のゆらぎは、エネルギー流速の時間スケールの引き延ばしであり、この引き延ばしは流体の粘性によって生ずる。また、この引き延ばしは、相関長のより短い階層でより強く起り、コルモゴロフ波数 k_d の近傍での強いエネルギー消散を意味する。乱流のエネルギースペクトルの $-5/3$ 乗則は階層での自己相似性による。粘性による内部時