

Benard 対流系における Lagrangian 乱流の統計的性質

九大理 大内克哉, 森 信之, 掘田武彦, 森 肇

ロールパターンが時間的に振動する Rayleigh-Benard 対流系において, passive 粒子が拡散することがわかり, その lateral oscillation の振幅 B に対する依存性が調べられた。

Rigid boundary を持ち, 非圧縮性二次元流体であることを仮定された RB 対流系において, 時間的に定常な速度場は, Boussinesq 近似を行って厳密に解くことができる。ここではロールパターンが時間的に振動するモデルとして, 次の流れ関数を考える。

$$\Psi(x, z, t) = A \sin \{ \pi (x + B \sin(2\pi T)) \} \cdot W(z)$$

ただし, $W(z)$ は rigid boundary を満たす関数, A は flow の最大速度, をそれぞれ表す。

Passive 粒子の運動は,

$$\begin{aligned} \dot{x} &= -\frac{\partial \Psi}{\partial z} \\ \dot{z} &= \frac{\partial \Psi}{\partial x} \end{aligned}$$

で記述され, 多くの初期粒子について, 上式を数値的に積分して, 拡散係数を計算する。拡散係数は,

$$\langle (x_n - \langle x_0 \rangle)^2 \rangle \equiv Dn$$

で定義される。ただし $\langle \dots \rangle$ は初期点についての平均で, x_n は n 周期経過した粒子の x 成分である。

この D を, B に対してプロットしたものが図 1 で, これより, $D \propto \sqrt{B}$ なることが分かり, 更に何ヶ所かでピークがあることも分かる。

ピークは次のようにして理解される。まず, $B=0$ の時, cell 間をさえぎっていた不変多様体は, $B \neq 0$ になると hetero clinic な交わりが生じ, それによって passive 粒子は, cell 間の移動ができるようになり, 拡散が起こる。 B をかえていった時, 偶然 hetero clinic な交わりによって大きな面積が, 不変多様体によって囲まれた時, それまで cell 間を移るのに多くのステップが必要だったものが 1 ステップで移ることができるようになる。それによって遷移確率が大きくなり, 拡散係数が増大する, これを模式的に示したのが, 図 2 である。

この現象は、RB対流系に特有なものではなく、拡散が起こるような Chaos 系で一般に見られると思われ、更に実験で確かめられることも期待される。

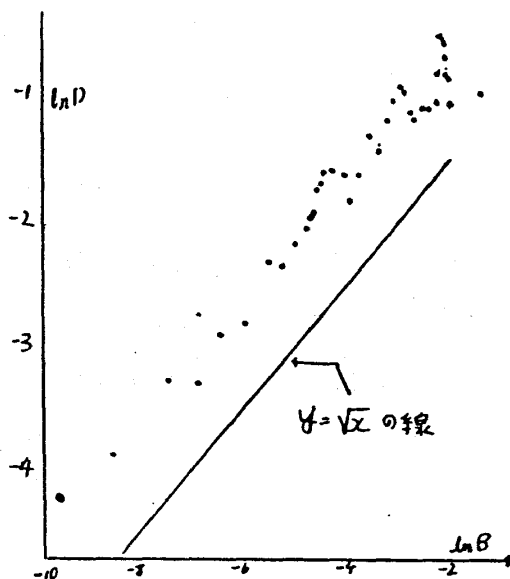


図 1

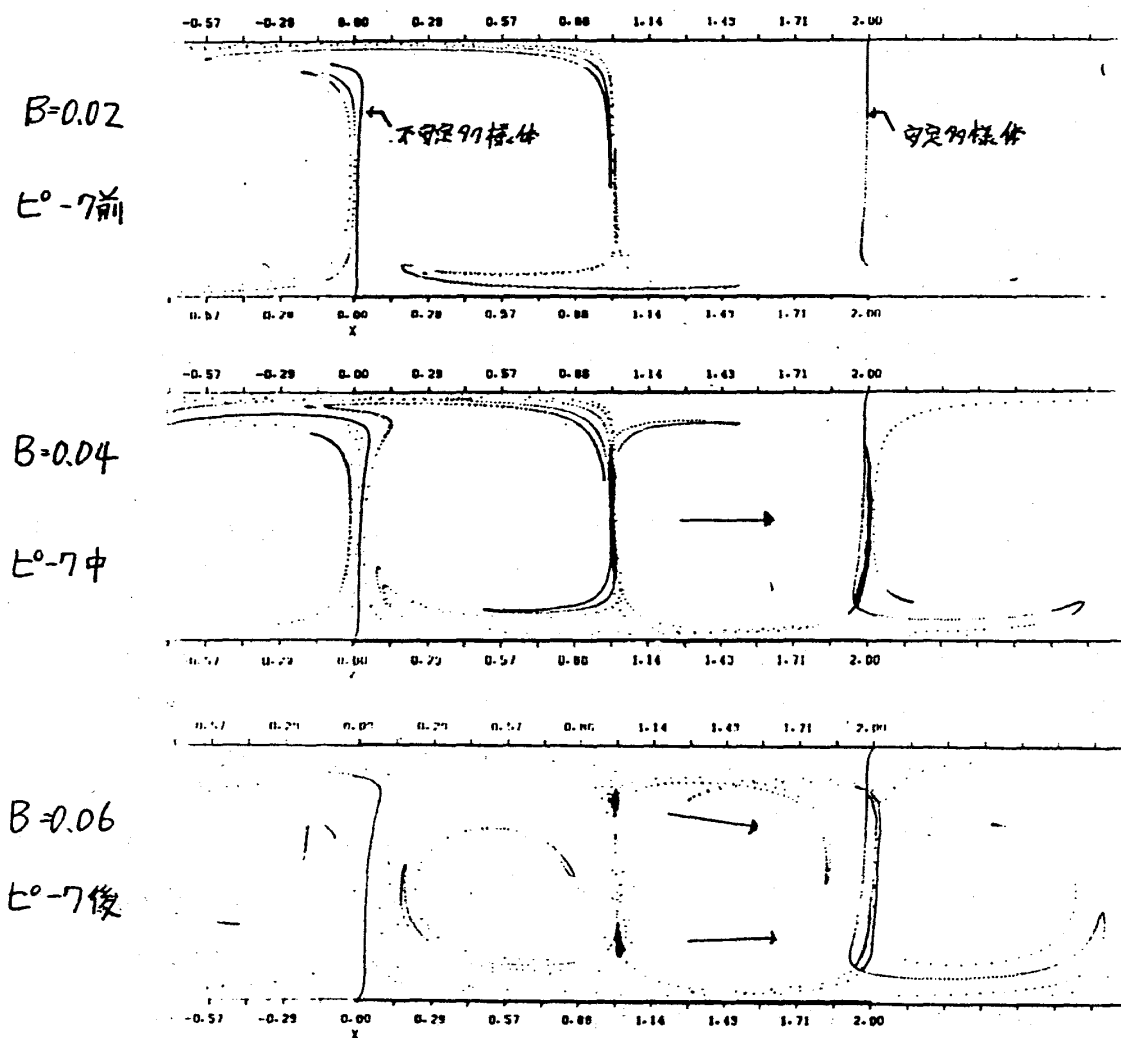


図 2