数理解析研究所講究録
第 354 巻 1979 年 178-181

非一様乱流の統計理論
一般定式化とチャンネル乱流への応用

東大 生産研　吉澤 徴

管内流等の実用上重要な乱流現象を一様乱流の理論と同程度に精密な方法で研究することが本論文の課題である。

はじめに、理論の目的（目標）を簡単に述べよう。

(1) 流速等の平均部分を第1目標とし、細かい乱れの情報に関しては"適当な精度"で満足する。

(2) 特殊な流れに限定せず（本論文では一方向の流れを扱うが、他への拡張は容易）、任意の平均流へ適用できる。

(3) できる限り解析的に行なう。

つぎに、手法・手順の概略を示す。

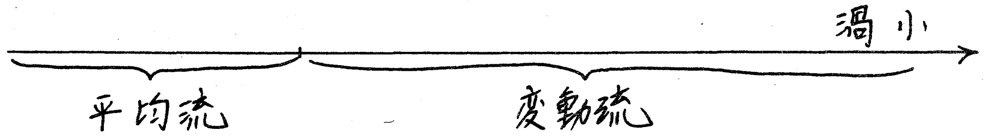
平均流 U^1 と変動流 u^α ($\alpha = 1, 2, 3$) に対応して、2つの空間・時間スケールを導入する。すなわち

$$x^\alpha,\ Y(=\delta x^2);\ t,\ T(=\delta t)$$

(δは平均流のゆっくりした変化を示すパラメーターである)。そのとき

$$v' = v'(Y;T), \quad u^\alpha = u^\alpha(x, Y; t, T)$$

渦(乱れ)の概念を用いて、これを模式的にかくと



平均流:

Reynolds応力を通して変動流の影響をうける。

変動流

平均流の時間スケールTに比べ、変動流のそれ、tでは小さな乱れは定常的である。

変動流(小さな渦)を等方性乱流と見なしたとき、その"特性"は大きな渦(平均流)で決定される。例えば、エネルギー散逸ε(Tのスケールで変化)で。

実際の手順を流れ図を用いて示そう。

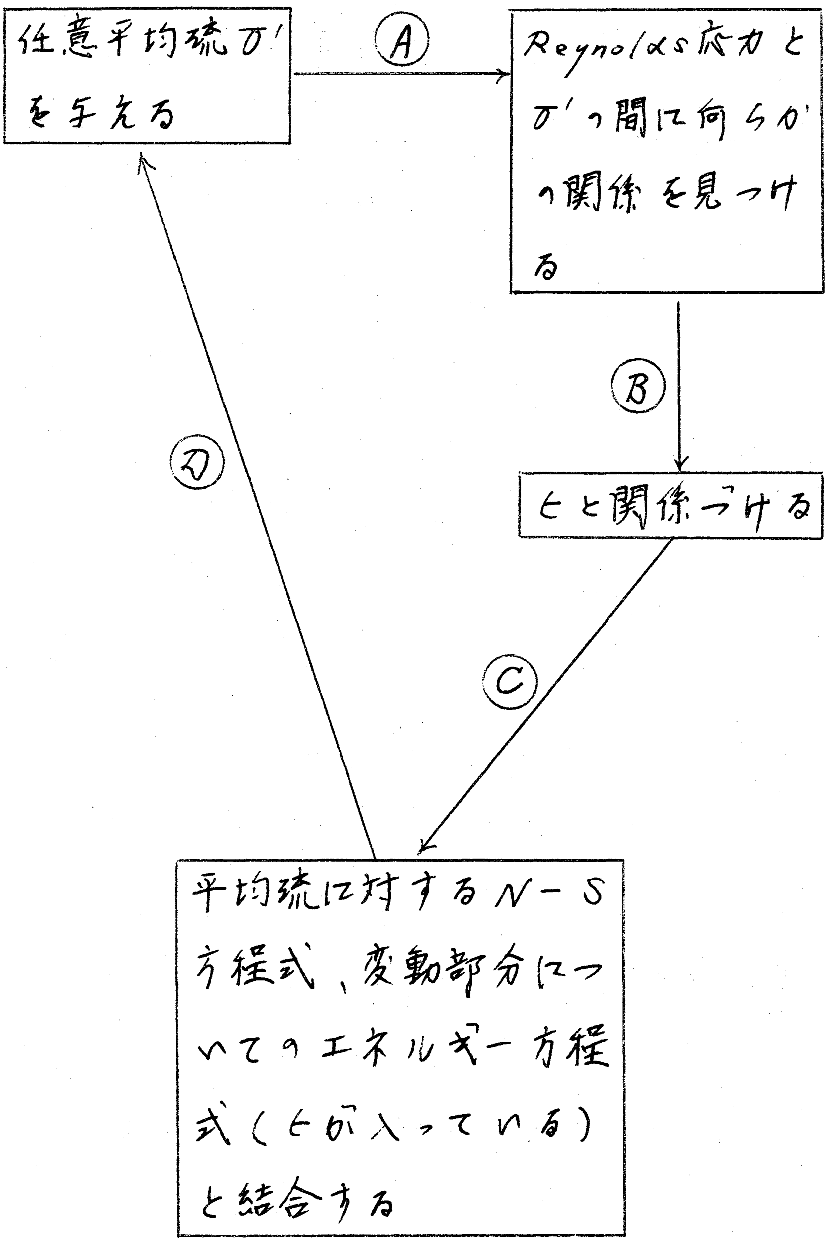
流れ図の中で

Ⓐ 等方性乱流の理論(本論文ではDI近似)を用いる。

Ⓑ 慣性領域の理論を用いる。

Ⓒ 各自の興味ある乱流へ応用。

D 平均流 U', u^α についての統計量を self-consistent に決定する。



以上の定式化を行ない，これをチャンネル乱流へ適用すると、平均流に対して実験とよく一致する結果をうる：

壁の近くで $$\frac{U}{U^*} \sim 2.5 \log \frac{U^* y}{\nu}$$

中心部で $$\frac{U}{U_0} \sim 1 - \frac{0.5}{\log R}\left(\frac{y}{D}\right)^2$$

（U^*は摩擦速度、Dはチャンネルの半幅、RはReynolds数，$U_0=U(0)$）。また、変動部分に対しては壁の近くで

$$\langle u^2\rangle=\langle v^2\rangle=\langle w^2\rangle=2.0\,U^{*2}$$

となり、実験では

$$\langle u^2\rangle \sim 3\,U^{*2},\quad \langle v^2\rangle \sim \langle w^2\rangle \sim 2\,U^{*2}$$

上の理論の詳細については、つぎの2論文を参照されたい。

Statistical approach to inhomogeneous turbulence with unidirectional mean flow: Evaluation of Reynolds stress, J. Phys. Soc. Jpn. 46 (1979) 669 - 674.

Statistical approach to inhomogeneous turbulence with unidirectional mean flow. II. Mean velocity profile in a channel flow, J. Phys. Soc. Jpn. 46 (1979) No.4.