

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 徹

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才ノ目標とし、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。

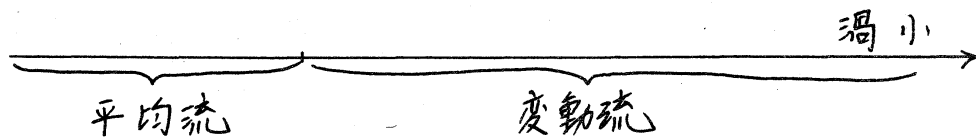
平均流 U と変動流 u^α ($\alpha = 1, 2, 3$) に対応して、2つの空間・時間スケールを導入する。すなわち

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

(δ は平均流のゆっくうとした変化を示すパラメーターである)。
 そのとき

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

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。

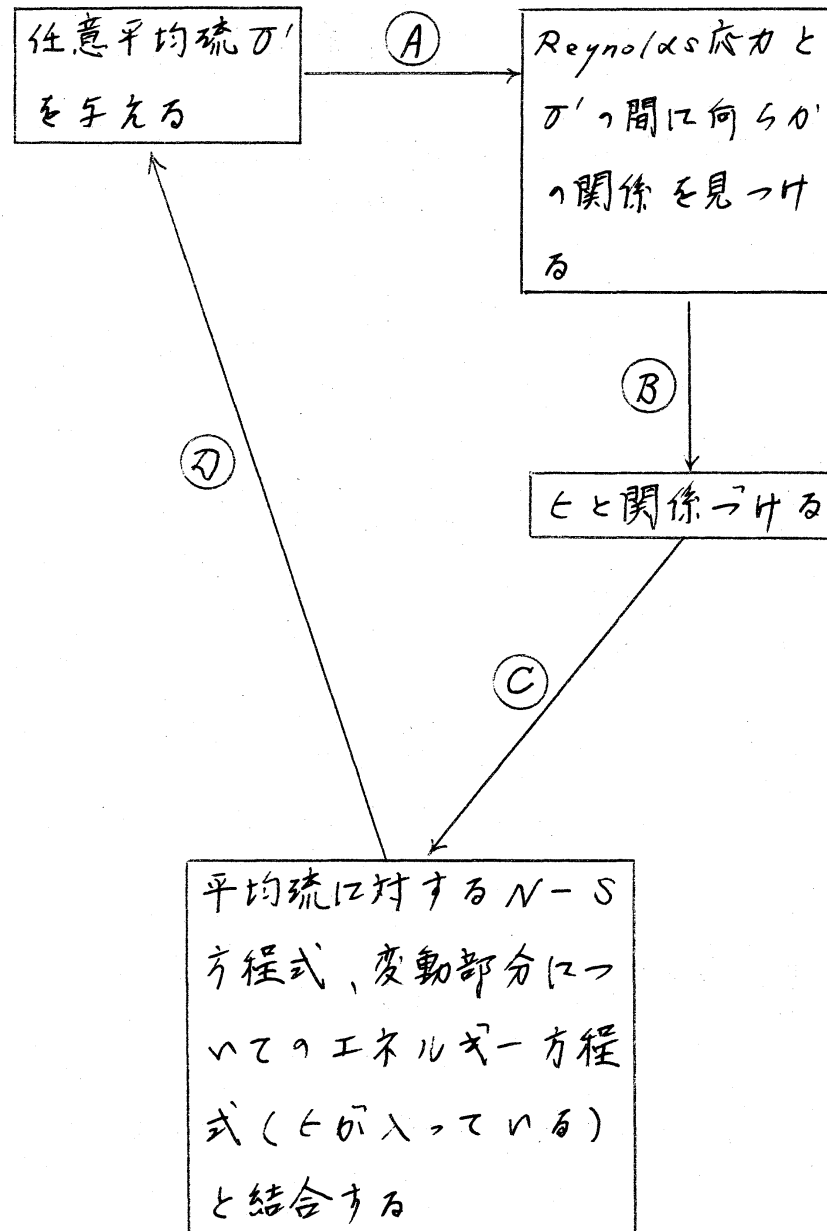
変動流(小さな渦)を等方性乱流と見なしたとき、その
 "特性" は大きな渦(平均流)で決定される。例えば、
 エネルギー散逸 ϵ (T のスケールで変化)で。

実際の手順を流れ図を用いて示そう。

流れ図の中で

- ① 等方性乱流の理論(本論文では κI 近似)を用いる。
- ② 慣性領域の理論を用いる。
- ③ 各自の興味ある乱流へ応用。

- ④ 平均流 σ' , 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：

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

$$\text{中心部で } \frac{\sigma}{\sigma_0} \sim 1 - \frac{0.5}{\log R} \left(\frac{y}{\sigma} \right)^2$$

(σ^* は摩擦速度、 y はチャンネルの半幅、 R は Re_{yn0}/α_0 数、 $\sigma_0 = \sigma(0)$)。また、変動部分に対しては壁の近くで

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

となり、実験では

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

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.