

高Re数壁乱流における大規模組織構造の動力学と物質輸送に果たす役割の解明



1. 研究背景

壁面に沿って発達する流れ(乱流境界層)には、様々な長さスケールを有する渦構造(組織的構造)が存在することが古くから知られる。近年、直接数値計算(DNS)の結果から、スパン方向へ時空間的に揺らぎながら、流れ方向へ 20δ (δ は境界層厚さ)程度の大きさをもつ構造が対数領域から粘性低層に存在することが、報告されている。このようなスパン方向への運動を含み、流れ方向へ大きなスケールを持つ構造は、従来の組織構造の概念を超えるものでSuper Structureと名付けられた。SSは乱流境界層中の平均速度プロファイルのみならず、運動量やエネルギーの輸送にも大きな影響を与えることが予想される。

2. 研究目的

- 壁乱流中の大規模組織構造(Super Structure, SSと略記)の抽出と特徴づけ
- 数値計算と同一体系の室内実験との比較
- SSの役割、物質輸送、摩擦抵抗軽減へのシナリオ

3. 室内実験体系と計算体系

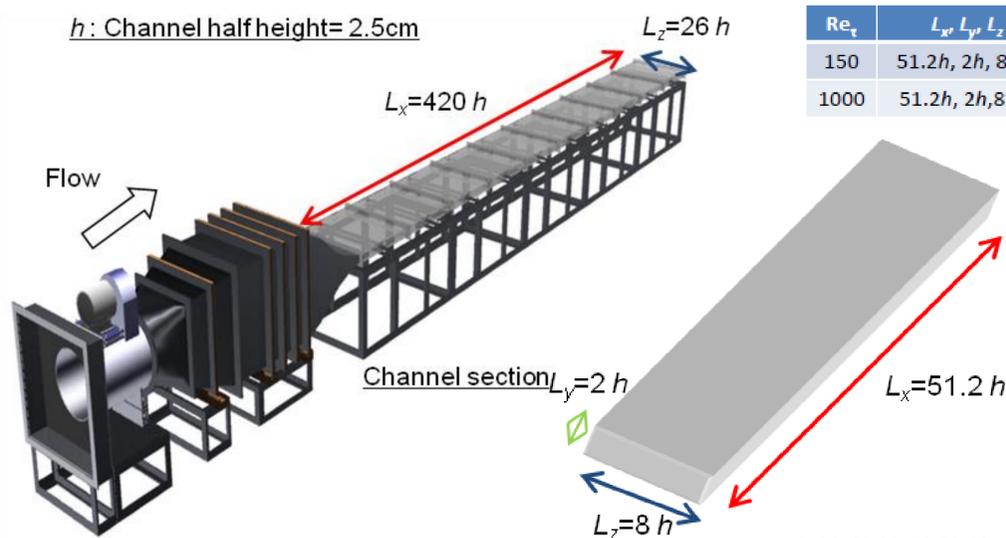


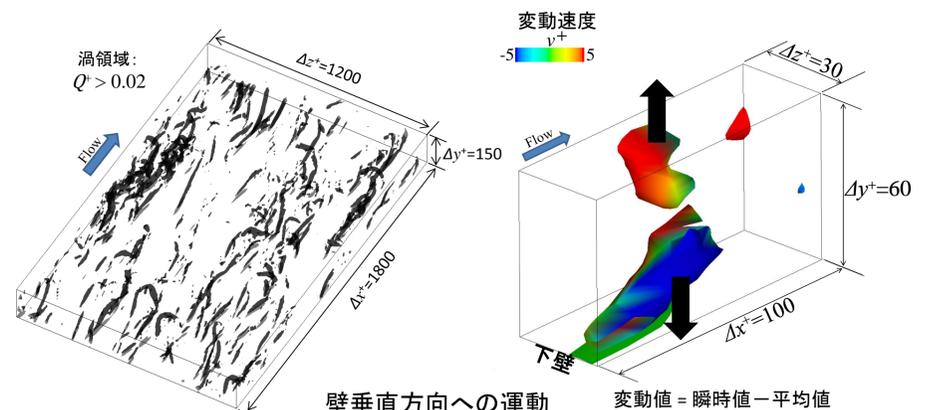
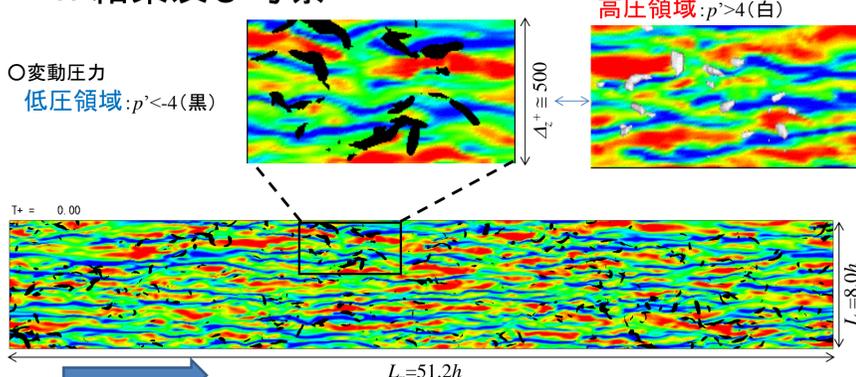
図1 チャンネル数値風洞(名古屋大学)

図2 直接数値計算体系

凍結乱流仮説: 場所 (x, y, z) における時刻 t の速度は、 Δt 時刻前の場所 $(x - U_c \Delta t, y, z)$ の速度が移流(移流速度: U_c)したものである。

$$u(x, y, z, t) = u(x - U_c \Delta t, y, z, t - \Delta t)$$

4. 結果及び考察



圧力変動による渦構造の抽出と流れ方向速度変動の関係

☆ SSの可視化抽出をおこなった。渦構造によって生じる壁垂直方向の変動速度は熱輸送に寄与し、熱伝達を促進している。下壁近傍の構造ではsweep, チャンネル中心に伸びている構造ではejectionが生じている。

☆ 高レイノルズ数効果が卓越するといわれている乱流レイノルズ数8000程度への拡張を視野に、ペタフロップス級超高速演算/超大規模データベース統計解析・大規模可視化への道筋をつける。

