

$Re_b = 10^4$ のチャンネル乱流におけるアクティブ・フィードバック制御

笠木 伸英 (東大工), 遠藤 誉英 (理化学研究所情報環境室)

本研究では, 壁面乱流のアクティブ・フィードバック制御の実用化に向け, 直接数値計算 (DNS) を利用して, 高効率な乱流制御アルゴリズムの構築を行なっている. 数値実験のメリットを生かし, 現実には測定困難な物理量を基に制御量を決定する, あるいは実現困難な制御を仮想的に投入することによって, 乱流制御の可能性や制御メカニズムを考察する. また, 実現可能と想定される制御手法を計算機上で施すことによって, アクチュエータなどの制御デバイスの先導設計を行なっている. さらに, 実用上で制御対象となる高レイノルズ数流れへの制御の適用可能性を検討している.

現在までに数々の制御アルゴリズムの構築が行なわれ, 摩擦抵抗低減を目的とした乱流制御の有効性が示されている. 本研究では, (1) 局所的吹き出し/吸い込み, (2) 壁面の連続的変形 (図 1a), (3) スマート・スキン (図 1b) の 3 種の制御アルゴリズムを低・中レイノルズ数 ($Re_b = 4600, 10230$) のチャンネル乱流に適用した. 低レイノルズ数流れに適用した際, 摩擦抵抗は 10% 以上低減されている (図 2a). また, $Re_b = 10230$ のチャンネル乱流に適用した際, 制御 (1),(2) では摩擦抵抗が 10% 以上減少しているものの, 制御 (3) では制御効果はほとんど見られず (図 2b), アクチュエータ・サイズなどの最適化が今後の課題である. 低レイノルズ数のチャンネル乱流に制御 (3) を施した際, 非制御時に比べ, ストリークの揺動現象が抑制され, 渦構造が減少していることがわかる (図 3).

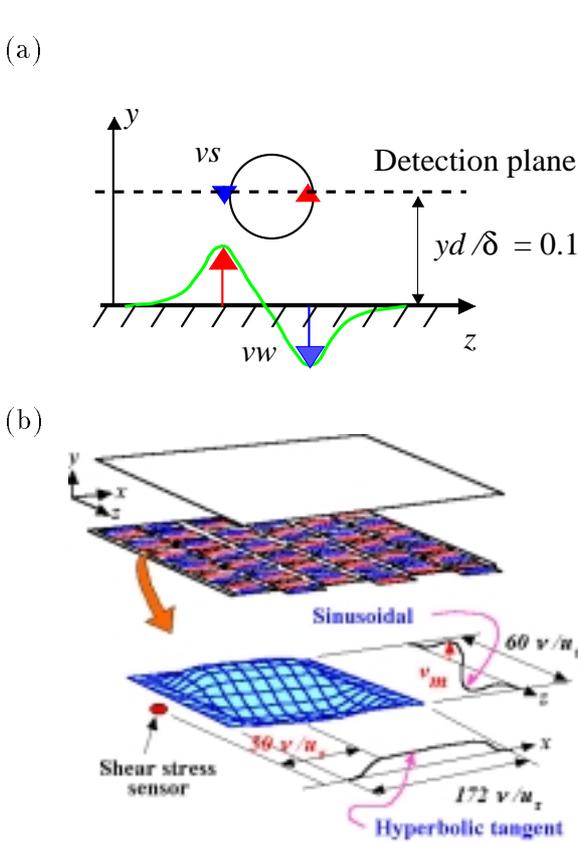


図 1. 制御アルゴリズム, (a) 制御 (2), (b) 制御 (3).

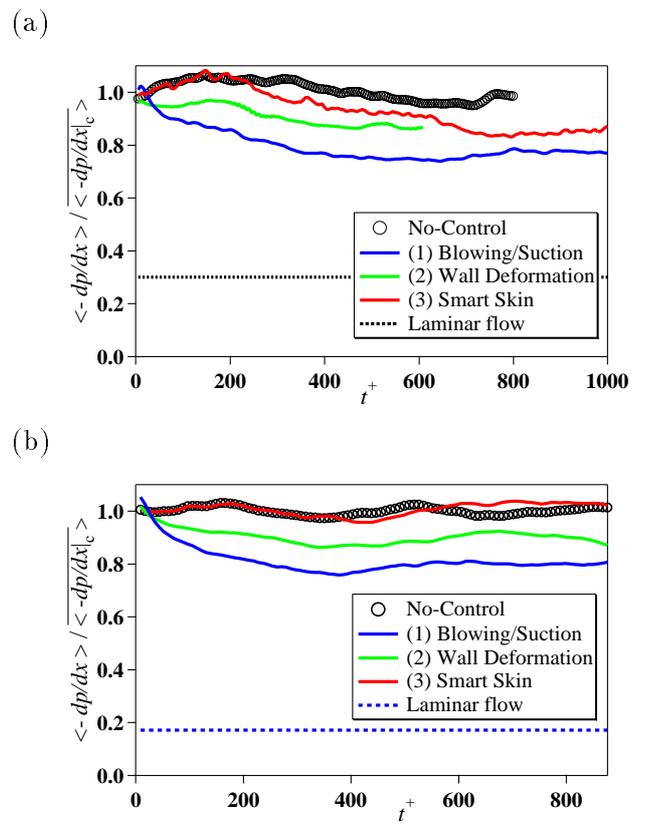


図 2. 平均圧力勾配の時間変化. (a) $Re_b = 4600$, (b) $Re_b = 10200$.

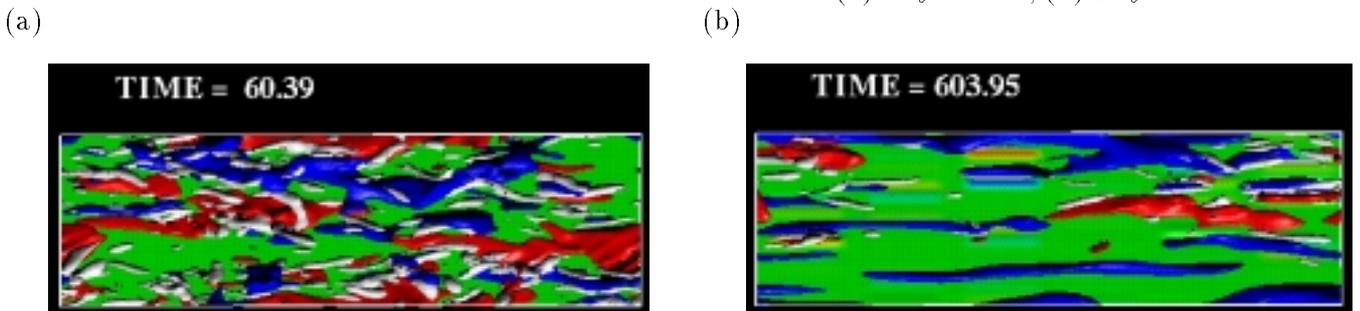


図 3. $Re_b = 4600$ のチャンネル乱流の瞬時流れ場. (a) 非制御時, (b) 制御 (3) 時. 青: 低速ストリーク ($u'^+ = -3.5$), 赤: 高速ストリーク ($u'^+ = 3.5$), 白: 渦構造 ($II'^+ = -0.03$).