

GAを用いた実用的乱流制御アルゴリズム

Practical Feedback Control of Wall Turbulence Based on Genetic Algorithm

笠木 伸英(東大工), 鈴木 雄二, 森本 賢一, 岩本 薫

本研究では、遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて、摩擦抵抗低減を目的とした実用的壁乱流制御アルゴリズムの開発を行っている。実用化を考慮した場合、測定技術の点からセンサ情報として流れ方向壁面せん断応力のみを用いるのが望ましい。

局所的な吹き出し・吸い込みを伴う $Re_\tau=100$ のチャネル乱流において、流れ方向壁面せん断応力のみを用いる制御アルゴリズムの最適化を GA を用いて行ったところ (図 1), スパン方向に約 $\pm 20(v/u_\tau)$ の位置でのせん断応力のスパン方向差分に比例した制御量 (式 (1)) により、平均約 12% の摩擦抵抗低減が得られた。

$$v_{wall}(x^+, z^+) = C(\tau_{wall}(x^+, z^+ + 20) - \tau_{wall}(x^+, z^+ - 20)) \quad (1)$$

式 (1) をフーリエ変換することにより、本制御アルゴリズムは、低・高速ストリークのスパン方向周期約 $80(v/u_\tau)$ であるモードを強めることが示される。

本制御による摩擦抵抗低減機構について検討を行った。制御開始直後では、高速領域と低速領域の境目で式 (1) の差分が大きくなるため、縦渦構造の真下で吹き出し・吸い込みが発生している (図 2)。一方、制御効果が十分現れている流れ場では、制御量は縦渦構造の持つ壁垂直方向速度と逆位相になり、縦渦構造を弱めていることが分かる (図 3)。制御分布変化の原因は、スパン方向に非対称な制御入力により、制御量の影響を受けやすい壁面ごく近傍の流れ場が急激に変化し、 $y^+ < 3$ での u' の分布がスパン方向へずれ、センサ情報である壁面せん断応力も変化したことにある。また、縦渦構造のレッグ部分では式 (1) の制御入力がより大きくなるため、壁面ごく近傍の流れ場の変化も大きくなることが分かる (図 3)。

GA を用いた本制御手法の 1 つの特徴として、制御を加えることによって急変した流れ場の情報を基にした制御アルゴリズムを構築できる点が挙げられ、実用化に最も適した制御手法の 1 つであると言える。

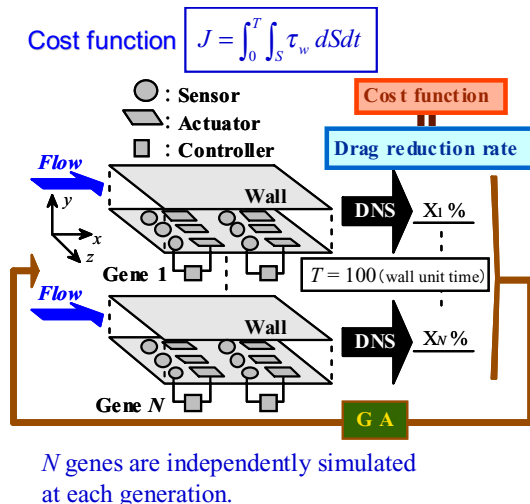


図 1 GA を用いた制御の概念図

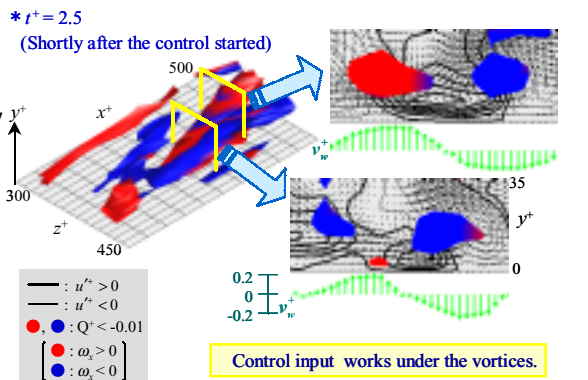


図 2 制御入力と縦渦構造 (制御開始直後)

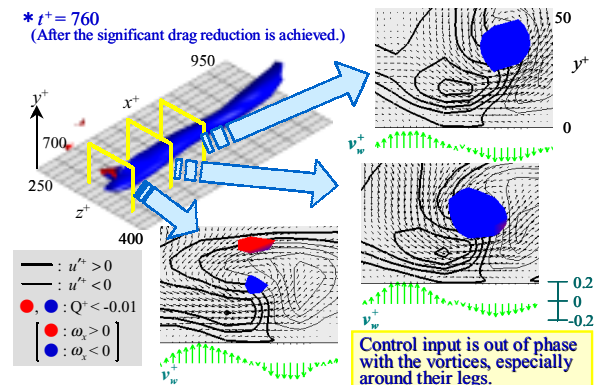


図 3 制御入力と縦渦構造 (十分な制御効果がある時刻)