

円柱後流の不安定性と振動源

Instability of flow past a circular cylinder and the source of oscillation

武本 幸生, 同志社大学, 〒610-0321 京都府京田辺市多々羅都谷 1-3, ytakemoto@doshisha-u.net

水島 二郎, 同志社大学, 〒610-0321 京都府京田辺市多々羅都谷 1-3, jmizushi@mail.doshisha.ac.jp

○赤嶺 博史, 同志社大学, 〒610-0321 京都府京田辺市多々羅都谷 1-3, dtk0301@mail4.doshisha.ac.jp

Yukio Takemoto, Faculty of Eng., Doshisha Univ., Kyotanabe, Kyoto 610-0321, Japan

Jiro Mizushima, Faculty of Eng., Doshisha Univ., Kyotanabe, Kyoto 610-0321, Japan

Hiroshi Akamine, Faculty of Eng., Doshisha Univ., Kyotanabe, Kyoto 610-0321, Japan

The mechanism of sustained oscillation in the flow past a circular cylinder is investigated numerically, in which impulsive force is given at a certain point in the flow and subsequent spatio-temporal development of induced disturbance is observed. Extending the conventional notions of convective and absolute instabilities established on the parallel flow approximation to non-parallel flows, we evaluate the growth rate of each instability mode. We found that the oscillation is sustained by superiority of the growth due to the convective instability over the decrease due to advection of the packet. It is concluded that the entire flow field is absolutely stable below the critical Reynolds number although some extent of the flow behind the cylinder is convectively unstable, while the flow becomes absolutely unstable everywhere behind the cylinder simultaneously when the Reynolds number exceeds the critical value.

1. はじめに

円柱を過ぎる流れが振動流へと遷移する過程と振動を維持する機構について線形攪乱方程式を数値シミュレーションすることにより調べた。定常対称流を基本流とし、この流れの中に短時間だけ衝撃的な力を加え、これにより生じる波束型攪乱の空間的・時間的変化を数値シミュレーションにより求め、解析を行う。これまで平行流近似の下で定義されてきた対流不安定性と絶対不安定性の概念を非平行な流れにも適用できるように拡張し、波束型攪乱の絶対不安定性増幅率と対流不安定性増幅率を評価する。

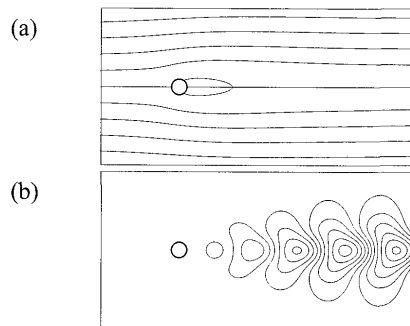


Fig. 1 Flow pattern. $Re_d = 50$. (a) Main flow. (b) Disturbance.

2. 計算結果

レイノルズ数 $Re_d = 50$ における定常対称流は図 1(a) のようになる。この流れに衝撃的な力を加える。全体不安定となる臨界レイノルズ数 $Re_g = 48$ 以上では、衝撃的な力により定常対称流に生じた攪乱は瞬時に円柱の後方領域全体に伝わり、やがて成長して平衡振幅に達し、図 1(b) のような流れ場となる。

非平行流に適用できるように拡張した対流不安定性増幅率 σ_c を評価すると図 2 のようになった。臨界値よりも小さいレイノルズ数 $Re_d = 35$ では流れは円柱の後方のある位置 $x \sim 25$ まで対流不安定となるが、絶対不安定領域は存在しない。臨界レイノルズ数を超えると ($Re_d = 50$)、円柱後流はすべての位置で一斉に絶対不安定となる。

攪乱が成長すると波束型攪乱が形成される。波束型攪乱の前

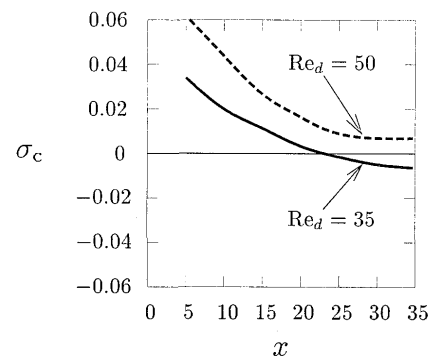


Fig. 2 Convective growth rate σ_c .

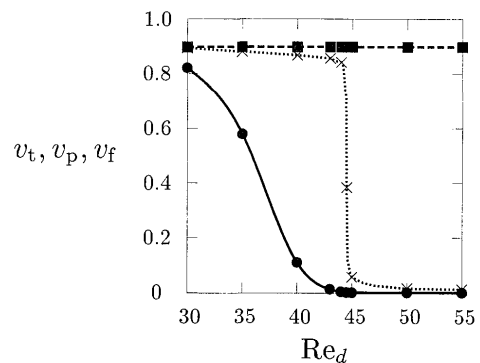


Fig. 3 Progression velocity of the tail, the peak and the front. Thick line: v_t , velocity of the tail. Dotted line: v_p , velocity of the peak. Dashed line: v_f , velocity of the front.

縁・ピーク・後端の移動速度をそれぞれ v_f , v_p , v_t とし、それら を評価すると図 3 のようになった。波束型攪乱全体としてレイノルズ数に依らず常に下流へ移流しているが、臨界レイノルズ数では、波束の後端は移流効果による減衰より線形増幅による振幅の成長が卓越することにより円柱の後端に常に存在し、流れの振動源となる。これが流れ場の振動を維持する機構となっていることが分かった。