

## No. 7

## 斜め円柱前縁近傍の点源から発達する不安定波動

伊藤 信毅\*

## Instability Waves Developing from a Point Source near the Leading Edge of a Yawed Circular Cylinder

Nobutake ITOH

National Aerospace Laboratory

Description of dispersive waves originating from a point source is made by the use of an approximate boundary-layer calculation, linear stability theory and the method of complex characteristics. Results indicate that the streamline-curvature instability dominates the flow field just downstream of the attachment line.

**Key Words :** attachment-line flow, instability, cross flow, streamline curvature

## 1. はじめに

後退翼前縁近傍の境界層では横流れ不安定と流線曲率不安定が発生し<sup>1)</sup>、これらは外部流中の乱れや翼表面の粗度によって励起される微小攪乱の発達に寄与するはずである。本論文では、斜め円柱上の付着線近傍に置かれた点源から発達する楔状攪乱<sup>2)</sup>の性質を調べるために、境界層近似計算法と壁面と流線の曲率効果を取入れた線形安定理論および分散波を記述するための複素特性曲線法を総合した計算を行う。

## 2. 複素特性曲線法

複素領域に拡張された運動学的波動理論では、攪乱の波数と振動数は複素位相関数の偏微分として定義される<sup>3)</sup>。この定義式から位相関数を消去すると複素特性方程式が得られ、その解曲線、すなわち複素特性曲線に沿って、振動数とスパン方向波数が不変である<sup>4)</sup>。攪乱が実測されるためには、特性方程式の点源から観測点までの積分値が実数になることが必要で、この条件を満たす波数成分のスパン方向分布と増幅率が計算された。円柱に沿う境界層の速度分布は Falkner-Skan-Cooke 分布に基づく境界層近似計算法<sup>5)</sup>を用い、各翼弦位置の局所安定特性は壁面と流線の曲率効果を取入れた近似攪乱方程式<sup>4)</sup>に従って算定された。

## 3. 計算結果

斜め円柱に沿う三次元境界層中では横流れ不安定と流線曲率不安定から生じる二種類の攪乱が増幅し、その相対的強さは円柱の後退角  $\Lambda$  に依存する。図1は  $\Lambda = 30^\circ$  の場合に、前縁の近傍におかれた点源  $X_0$  から発達する楔状攪乱をある下流位置  $X_1$  で観測したときの波数、スパン方向座標  $Y$  および全増幅率  $N$  を振動数に対してプロットしたものである。この場合の一樣流  $Re$  数  $R_Q$  では翼弦方向座標 ( $X$ : 前縁から後縁までの表面長で無次元化) の広い領域で局所  $Re$  数が二つの不安定の臨界値

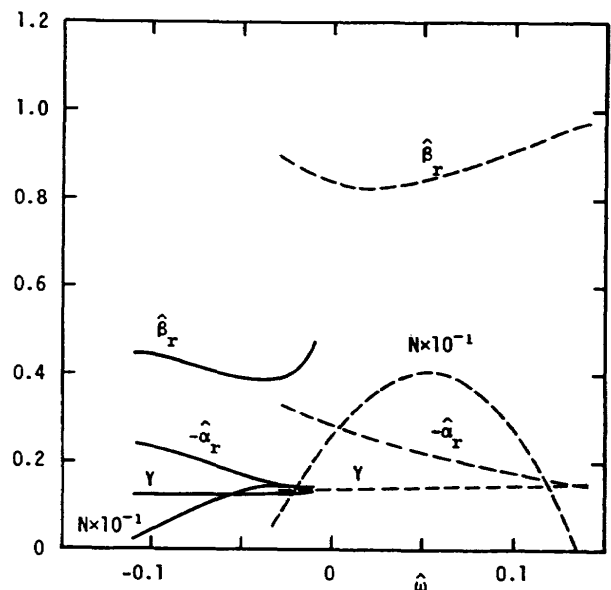


図1 波数、スパン方向位置、全増幅率の振動数に対する変化 ( $\Lambda = 30^\circ$ ,  $R_Q = 10^6$ ,  $X_0 = 0.05$ ,  $X_1 = 0.25$ ; 実線: 流線曲率攪乱; 破線: 横流れ攪乱)

\* 航空宇宙技術研究所

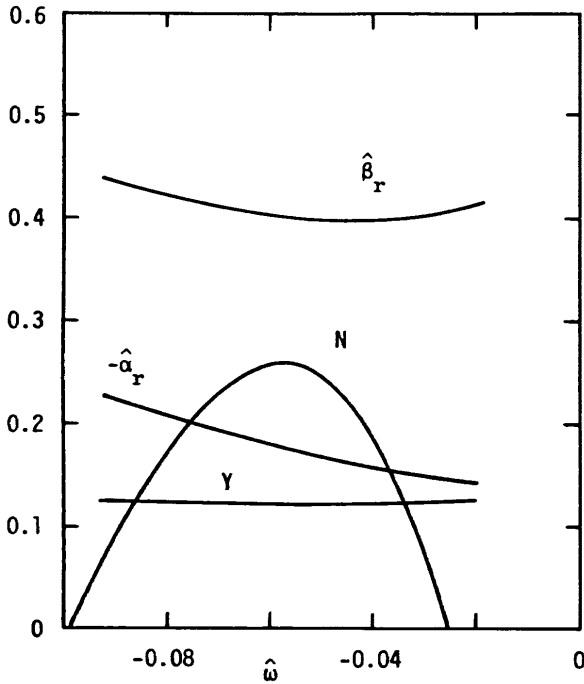


図2 流線曲率不安定だけが現れる場合の攪乱特性  
( $\Lambda = 30^\circ, R_Q = 0.4 \times 10^6, X_0 = 0.05, X_1 = 0.25$ )

を超えているので、二種類の攪乱とも正の  $N$  値を持つ。一樣流  $Re$  数を下げていくと、横流れ攪乱の  $N$  が急激に低くなり、流線曲率攪乱だけが正の  $N$  値を持つ場合が生じる(図2)。この場合を選んで実験を行えば、流線曲率攪乱の純粋な性質を観測できるものと期待される。なお、後退角が非常に小さい場合 ( $\Lambda = 5^\circ$ ) にも流線曲率攪乱だけが現われることが確認されているが、この場合には  $N$  が非常に小さいので実験的観測は困難と思われる。

図1の計算を観測位置を変えながら行くと図3が得られる。各曲線は振動数一定の攪乱成分が観測される  $Y$  座標を前縁からの無次元距離に対して描いたもので、楔状攪乱の緩やかな広がりを見ることができる。実線の流線曲率攪乱と破線の横流れ攪乱の間に横流れ定常渦が存在し、これらは全て点源を通る外部流線の内側に位置している。

#### 4. むすび

斜め円柱前縁近傍の点源から発達する楔状攪乱の伝播

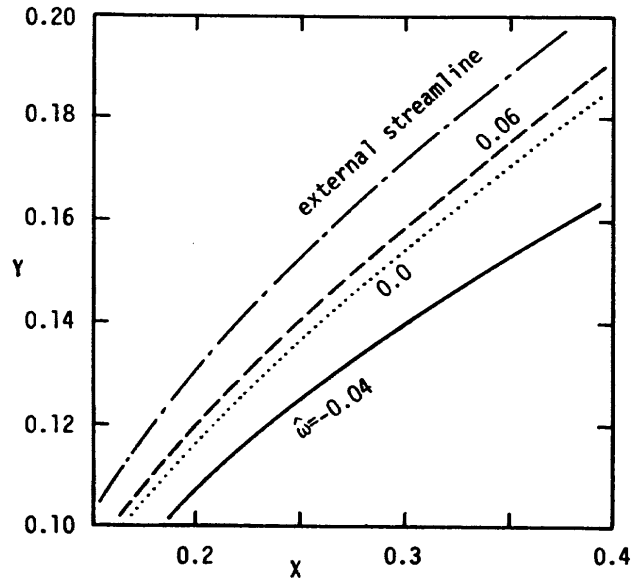


図3 ( $X, Y$ ) 平面上の等振動数曲線  
( $\Lambda = 30^\circ, R_Q = 10^6, X_0 = 0.05$ ; 実線: 流線曲率攪乱; 破線: 横流れ攪乱; 点線: 定常横流れ攪乱; 鎖線: 外部流線)

を複素特性曲線法で算定した。攪乱のスパン方向分布や増幅率などは実験<sup>2)</sup>と定性的に良く一致する。注目すべき結果は、一樣流レイノルズ数が臨界値をわずかに超えた場合や円柱の後退角が極めて小さい場合には、付着線のすぐ下流で流線曲率攪乱だけが成長することである。

#### 参考文献

- 1) Itoh, N. (1994) Fluid Dyn. Res. 14, pp. 353-316.
- 2) Takagi, S. and Itoh, N. (1997) Fluid Dyn. Res., in press.
- 3) Itoh, N. (1980) Laminar-Turbulent Transition, ed. R. Eppler and H. Fasel, pp. 86-95. Springer-Verlag.
- 4) Itoh, N. (1996) Fluid Dyn. Res. 18, pp. 337-354.
- 5) Itoh, N. (1995) Laminar-Turbulent Transition, ed. R. Kobayashi, pp. 323-330, Springer-Verlag.