

## No. 9

## 平板前縁での音波受容過程について

福西 裕\*, 小林 陵二\*, 森 元樹\*, 榎本 保之\*

On the Receptivity Process at the Leading Edge  
of a Flat Plate

Yu FUKUNISHI, Ryoji KOBAYASHI, Motoki MORI and Yasuyuki ENOMOTO

Faculty of Engineering, Tohoku University

A numerical study of boundary layer receptivity to sound at the leading edge is carried out. Receptivity of two types of leading edges with different aspect ratio are compared. It is shown that the junction between the surface of the leading edge and the flat surface of the plate plays a critical role in the receptivity process.

**Key Words :** boundary-layer transition, receptivity, Tollmien-Schlichting wave, leading edge.

## 1. はじめに

境界層の遷移過程の始まりは、平板前縁において外乱が境界層内に取り込まれるところまで逆上る。これは前縁の受容性<sup>1)</sup>と呼ばれるが、この受容性は前縁の形状により強い場合弱い場合があることが知られている<sup>2)</sup>。

本研究では、前縁形状が4.1ののだ円の場合と10:1ののだ円の場合の2通りについてNavier-Stokes方程式を解く数値シミュレーションを行った。外乱としては主流中に音波を注入した場合を模擬し、境界値として与える速度に主流の0.01%の小さな速度変動を与えた。

渦度の変動成分の作り出す空間パターンの動きに注目することで、現象の理解を試みている。

## 2. 計算方法

非圧縮のNavier-Stokes方程式をMAC法により解いた。対流項には3次精度の風上差分を用いた。計算領域下流端50グリッド分は粘性係数を人工的に増加させたバッファ領域とし、下流側から流出する波動の影響が上流に及ばないようにくふうしている。計算方法の詳細については文献<sup>3)</sup>に譲る。

## 3. 結果および考察

図1に境界層中で測定された速度変動の $y$ 方向（平板に垂直な方向）分布を示す。どちらもTollmien-Schlichting波（以下T-S波）に特有の2つ山のある

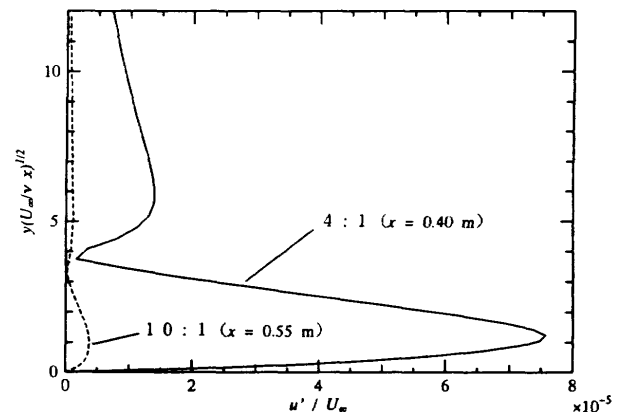


図1 速度変動の最大振幅値の分布  
(前縁と平板の継ぎ目から0.3m下流の位置における値)

分布であるが、アスペクト比4:1の前縁の場合が圧倒的に受容性が高いことがわかる。

図2にアスペクト比4:1の前縁の場合について渦度の変動分のコンター図を示す。線の濃淡が渦度変動分の正負に対応している。前縁の先のよどみ点から渦度の正負の縞が発生しているものの、その流下方向の空間スケールは大きく、前縁と平板との接合点付近から下流に見られるT-S波の波長よりも長い。図2を見るかぎりT-S波は接合点付近から発生しているように見える。しかしながら壁面での渦度分布における波長を見ていくと波長がだんだんと短くなり接合点付近でT-S波の波長に漸近することから、よどみ点で作られた渦度変動のパターンが境界層の急激な成長に伴い下流への移動速度が小さくなり、接合点付近で偶然その波長がT-S波の波長と

\* 東北大学工学部

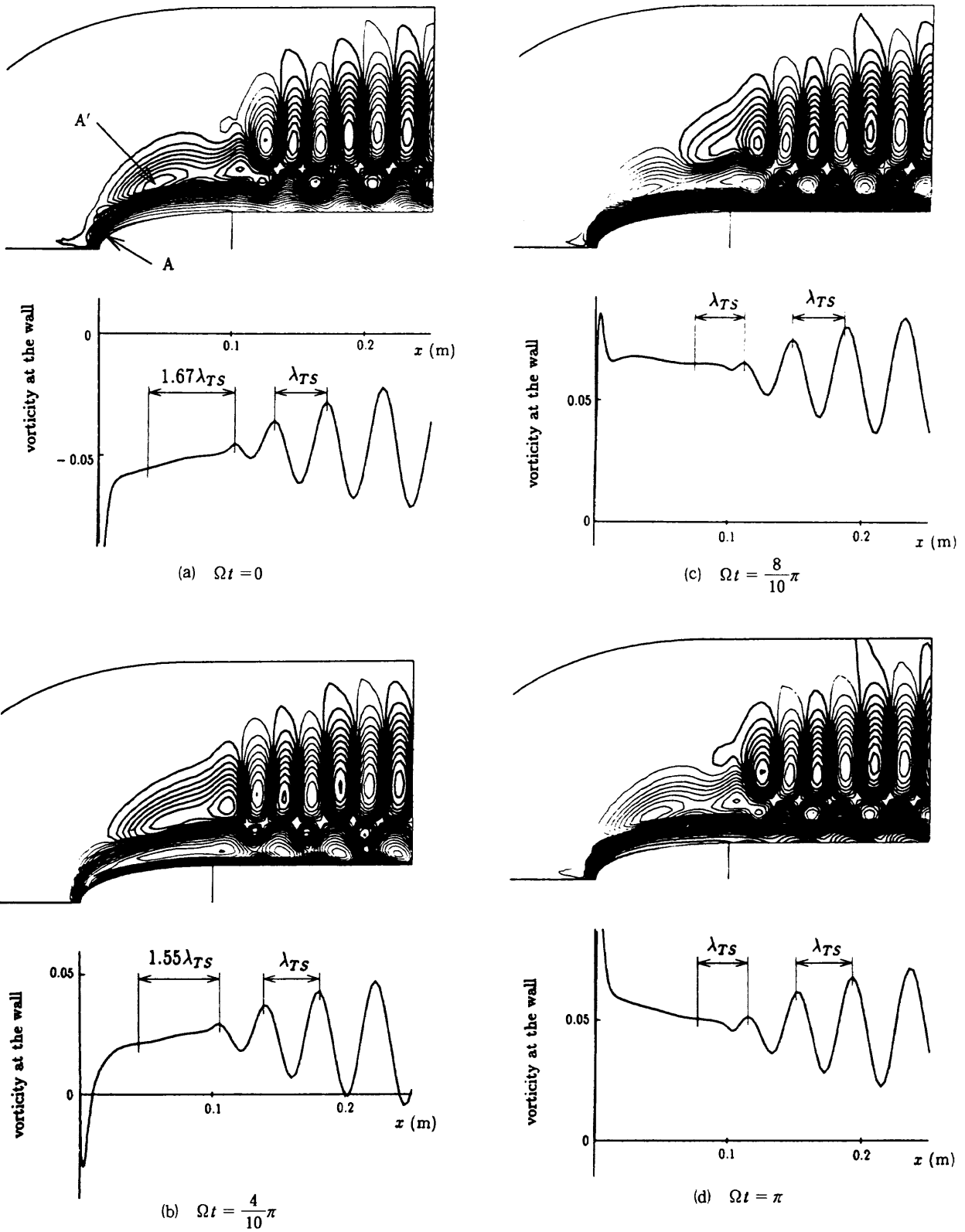


図2 前縁付近の渦度変動の分布  
(前縁が4 : 1の楕円の場合,  $f=83.3\text{Hz}$ )

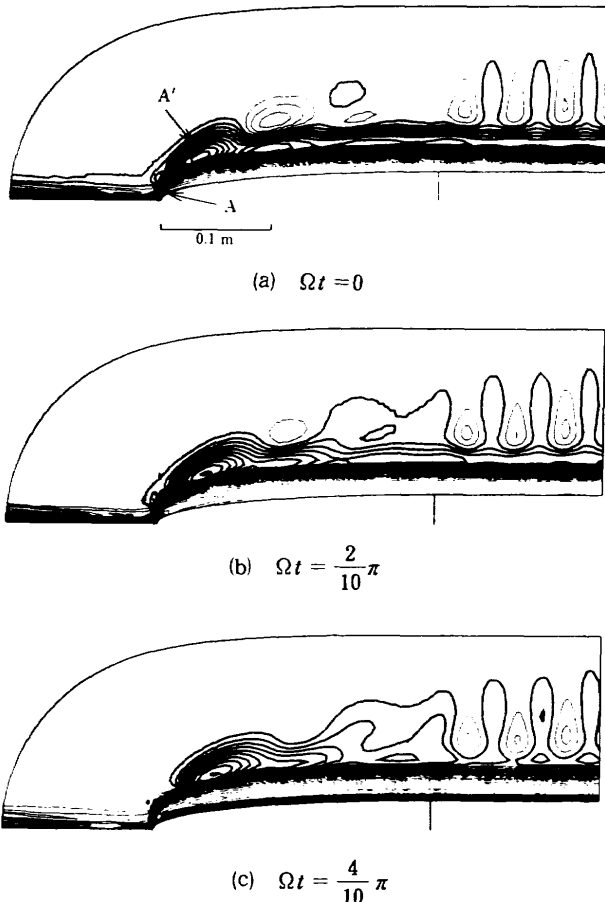


図3 前縁付近の渦度変動の分布  
(前縁が10:1の楕円の場合,  $f=83.3\text{Hz}$ )

一致してT-S波としての成長を始めるようにも見える<sup>4)</sup>。

図3はアスペクト比10:1の前縁の場合について渦度の変動分のコンター図である。この場合よどみ点で作られた渦度変動パターンは接合点付近に達する前に粘性拡散によりほぼ消失してしまうため、T-S波は接合点付

近から発生していてよどみ点で作られる渦度変動パターンは寄与していないことが明らかである。したがってT-S波は接合点付近において音の受容により発生しているという結論が得られた。

しかしながら、逆によどみ点で作られる渦度変動のパターンがないからこそ、アスペクト比10:1の場合にはアスペクト比4:1の場合と比較して弱いT-S波しか作られないという可能性もある。

#### 4. まとめ

- だ円断面の前縁と平板との接合点において、音が受容され、T-S波へと成長する渦度変動が作られる。
- よどみ点で作られる渦度変動のパターンがT-S波の生成に寄与しているか否かは不明である。

#### 参考文献

- 1) Saric, W. S., Reed, H. L. and Kerschen, E. J. : Leading Edge Receptivity to Sound : Experiments, DNS, and Theory, AIAA 94-2222, (1994).
- 2) Welzien, R. W., Parekh D. E. and Island, T. C. : Measurement of acoustic receptivity at leading edges and porous strips, dimensional roughness elements to freestream sound and its control, Appl. Mech. Rev. 43 (1990), 167-174.
- 3) 福西裕, 小林陵二, 森元樹: 平板前縁において外乱が境界層中へと受容されるメカニズム, 日本機械学会第72期総会講演会講演論文集 (1995) 41-42.
- 4) 小林陵二, 福西裕, 米井彰宏: 振動平板境界層における前縁での受容性, 第26回乱流シンポジウム講演論文集 (1994), 218-221.

