

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H02350

研究課題名(和文) 遷移域を含めた乱流制御による翼の摩擦抵抗・騒音低減に関する研究

研究課題名(英文) Study on reduction of airfoil friction-drag and noise by control of turbulent structures in transitional and turbulent regions

研究代表者

浅井 雅人 (Asai, Masahito)

東京都立大学・システムデザイン研究科・客員教授

研究者番号：00117988

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、乱流(遷移域を含む)に対するリブレットの効果並びにトーンルノイズを生成する音響フィードバックに関する研究である。前者では、リブレットの抵抗低減率に対するヨー角の影響が調べられ、台形溝リブレットは三角形断面に比べヨー角の影響を受けやすく、ヨー角が15度を超えると抵抗低減効果がなくなる。乱流コンタミネーションに対する効果も調べられ、リブレットの影響はわずかであることが示された。後者のフィードバック音の発生に関しては、層流境界層中に突起がある場合のフィードバックループの素過程がゼロ圧力勾配及び弱い逆圧力勾配境界層について調べられ、フィードバック音が発生するときの臨界条件が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

実機適用が検討されている台形溝リブレットに対する抵抗低減効果のヨー角依存性に関する研究成果は、乱流制御の基礎資料としてだけでなく、リブレットの実利用におけるロバスト性の検討資料としても意義あるものである。また、遷移域でのリブレットの適用において乱流コンタミネーションへの影響がほとんどないことも特筆すべきことである。層流境界層中の二次元孤立粗度または壁面段差によるフィードバック音発生時の臨界条件は空力音抑制を考える上で考慮すべき結果であるとともに、音響フィードバックに関する研究成果は翼の後縁からのトーンルノイズの発生機構や素過程を理解する上でも大いに役立つ。

研究成果の概要(英文)：Effects of riblets on transitional and turbulent flows and feedback-loop mechanism generating tonal noise were examined. The former focused on yaw-angle effects on the drag reduction rate in turbulent flow. Experiments showed that the drag reducing ability was more sensitive to the yaw angle for trapezoidal riblets than for saw-tooth riblets and was lost when the yaw angle exceeded 15 deg. Impact of riblets on lateral turbulent contamination in laminar boundary layer was also examined. The latter focused on acoustic feedback-loop established when a 2D protuberance existed in laminar boundary layer. Onset of tonal noise required rapid disturbance growth due to strong instability in a small separation bubble formed just upstream of the protuberance. When an additional thin roughness element existed upstream region, the threshold protuberance height decreased below 60% of the value in the absence of roughness element. The adverse pressure gradient also reduced the threshold height.

研究分野：流体力学

キーワード：流体力学 航空宇宙工学 乱流 乱流遷移 境界層 空力音 抵抗低減 リブレット

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

乱流制御による摩擦抵抗の低減ならびに空力騒音の低減は、次世代航空機開発における重要な空力技術課題である。実用化が期待される乱流制御についてはリブレット(微小な縦溝)のような受動的な表面操作が挙げられる。これまでに種々の断面形状を持つリブレット(微小な縦溝)の抵抗低減効果が調べられ<sup>1,2)</sup>、実用化が期待されているが、リブレットの実機への適用においては、最適条件での最大抵抗低減量だけでなくリブレットの溝の向きと流れの方向のずれ(ヨー角)に対するロバスト性も考慮する必要がある。しかしながら、どの程度のヨー角まで抵抗低減効果が十分維持されるか、その臨界値がリブレット断面形状にいかにか依存するかについてはまだ十分な研究がなされているとは言い難い。また、自然層流翼による層流域の拡大において常に問題となるのは微小な(境界層厚さより遥かに小さい)表面粗さ(ラフネス)の乱流遷移への影響である。その場合の乱流遷移はラフネスからの乱流楔の発達により進行し、乱流域が層流域を侵食して広がる乱流コンタミネーションが進む。乱流摩擦抵抗低減デバイスであるリブレットは、乱流域の広がりを抑制するとDNSの結果<sup>3)</sup>が報告されているが、それは、乱流楔の成長の初期段階にのみであり、高レイノルズ数での十分発達した乱流楔においても同様の効果があるかは定かでない。

ラフネスは騒音発生源にもなり得る。翼の主要騒音として知られている翼後縁から発生するノイズは、 $10^6$ 程度までのレイノルズ数では境界層不安定の励起と後縁での音放射の間に形成される音響フィードバック<sup>4)</sup>によって自動的に発生するが、レイノルズ数が増加し境界層が乱流遷移すると、音響フィードバック機構によるトーンノイズは消滅する。しかしながら、遷移遅延制御により層流域が拡大した場合、壁面のわずかな段差や孤立粗度などのラフネスがあれば、それと前縁との間で新たな音響フィードバックが形成され、強いトーンノイズを生成することが最近の申請者らの研究<sup>5,6)</sup>で示されている。従って、フィードバック音の発生に対するラフネス(段差や孤立粗度)の許容範囲を明らかにし、その抑制指針を見出すことは層流化と関連して重要な課題である。

### 2. 研究の目的

乱流の受動的制御として実用化が期待されるリブレットの実機への適用を念頭に、最適リブレットによる抵抗低減効果に対するヨー角の影響ならびにリブレットを遷移域へ適用した場合の乱流コンタミネーションへの影響を明らかにすることが第1の目的である。

境界層中の突起や壁面段差によるトーンノイズの自励発生に導く音響フィードバックは、前縁やラフネスの音波に対する受容性、境界層の不安定性、成長した不安定波(過度変動)と突起(孤立粗度)との干渉で構成される複合現象である。境界層厚さ程度の二次元突起(孤立粗度)により形成される音響フィードバックに対する突起の臨界高さと同トーンノイズの周波数選択性を支配する要素過程を明らかにすることが第2の目的である。

### 3. 研究の方法

本研究は、(1)リブレットの乱流摩擦抵抗低減効果のヨー角依存性、(2)リブレット壁上の乱流コンタミネーション、(3)層流境界層での二次元孤立粗度による音響フィードバックに関する実験的研究からなる。

(1)リブレットの抵抗低減効果のヨー角依存性は、乱流チャンネル風洞(断面  $100\text{ mm} \times 900\text{ mm}$ 、長さ  $10\text{ m}$ )を用いて調べられた。リブレットは十分な抵抗低減効果が期待できる台形溝を有する断面形状を採用した(図1)。リブレットの頂角は  $30^\circ$  または  $20^\circ$  で、高さ  $h$  とスパン間隔  $s$  の比  $h/s$  はいずれも  $0.5$  である。リブレットによる乱流抵抗低減率は、滑面壁およびリブレット壁のチャンネル乱流の圧力勾配を壁面に開けた静圧孔により高精度で計測し、両者を比較することにより評価した。また、リブレット近傍の平均速度分布を熱線風速計により計測し、乱流構造は単一の熱線プローブ測定に加え高解像度レイク熱線プローブ(センサ数  $48$ )での計測も行った。

(2)乱流コンタミネーションに関する実験研究は、低乱風洞(断面  $500\text{ mm} \times 500\text{ mm}$ )を用いて行われた。この実験においても頂角は  $30$  度の台形溝リブレットを用いた。流れ場の計測には熱線風速計およびPIV(粒子画像流速計)を用いた。

(3)音響フィードバックによるトーンノイズ発生に関する実験は、 $500\text{ mm}$ の正方形断面の噴き口を持つオープン・リターン式低騒音風洞を用いて行われた。 $1:20$ の楕円形状前縁を有する境界層平板(長さ  $1000\text{ mm}$ )に二次元突起を添付して行われた。ゼロ圧力勾配境界層の場合に加え、下流に弱い逆圧力郊外領域を有する場合のフィードバック音の特性の変化や、突起上流に微小高さのラフネスを貼付した時のトーンノイズ発生の臨界条件の変化を調べた。音圧計測は、前縁の情報に設置した高性能マイクロフォンにより行い、速度場の計測にはPIVと熱線風速計を用いた。境界層の線形不安定特性はPSE(Parabolized Stability Equations)コードにより、前縁の受容性係数は圧縮性Navier-Stokes 方程

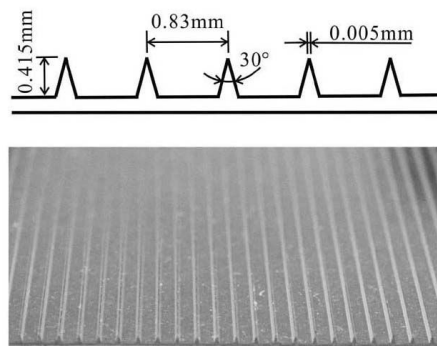


図1 リブレット形状。

式の直接数値計算コード<sup>7)</sup>を用いて求めた。

#### 4. 研究成果

##### (1) リブレットによる乱流抵抗低減効果のヨー角依存性

リブレットの摩擦抵抗低減効果がどの程度のヨー角（リブレットの溝と流れの方向のなす角）まで維持されるかはリブレットの実機適用において重要な点である。最適条件では十分な摩擦抵抗低減が期待できる頂角 30°の台形溝リブレットを用いて調べた結果。ヨー角 $\phi=10^\circ$ では気流に平行に設置されたときと変わらず 7%の最大抵抗低減率 ( $\Delta\tau_m$ ) を示すが、 $\phi=12.5^\circ$ になると最大低減率は 4%弱にまで減少し、 $\phi=15^\circ$ で抵抗低減効果が全く失われた<sup>8)</sup>。これは、Walsh ら<sup>9)</sup>により報告されヨー角の影響の目安とされてきた三角形断面リブレットの場合の結果に比べ 10 度程度小さい。この臨界ヨー角は、リブレット近傍の平均速度分布の比較からも確認された。即ち、リブレット近傍の乱流構造には $\phi=10^\circ$ と $15^\circ$ で顕著な違いが無いが、 $\phi=15^\circ$ ではリブレット壁の仮想原点が溝内部からリブレット先端に移動し、抵抗低減効果の消失はリブレットの山の先端で剥離が起き圧力抵抗が増加した結果、摩擦抵抗低減効果を打ち消すことが示された。また、さらに大きな摩擦抵抗低減率が期待できる頂角 20°の台形溝リブレットについてもヨー角依存性を調べ、 $\phi=12.5^\circ$ で抵抗低減効果（ヨー角ゼロ時の抵抗低減率約 9%）が消失することがわかった。このように、リブレットの抵抗低減率に対するヨー角の影響は、リブレット断面形状に大きく依存し、リブレットの溝面積が大きなく（従って、頂角が小さい）リブレットでは、大きな抵抗低減率が期待できる一方で、ヨー角に対するロバスト性が弱くなることが示された。

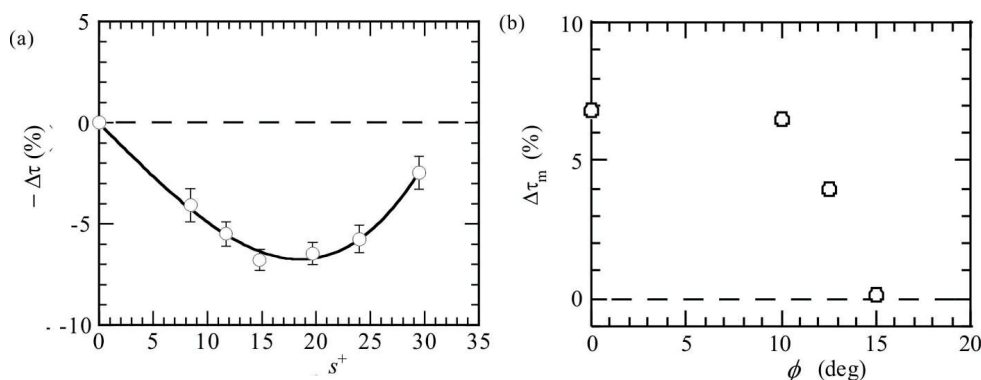


図2 頂角 30°の台形溝リブレットの抵抗低減率。(a) 抵抗低減率 ( $\Delta\tau$ ) とリブレット間隔の壁単位スケール ( $s^+$ ) の関係 ( $\phi=0^\circ$ )。 (b) ヨー角に対する最大抵抗低減率 ( $\Delta\tau_m$ ) の変化。

##### (2) 乱流コンタミネーションに対するリブレットの影響

ゼロ圧力勾配のブラジウス境界層において、乱流域の摩擦速度を用いた壁単位を用いたリブレット間隔 ( $s^+$ ) が最大抵抗低減率を実現する  $s^+=16\sim 20$  ( $h/s=0.5$ ) の実験条件で、局所乱流域の-span方向広がり、すなわち乱流コンタミネーションに対するリブレットの効果調べた。初期

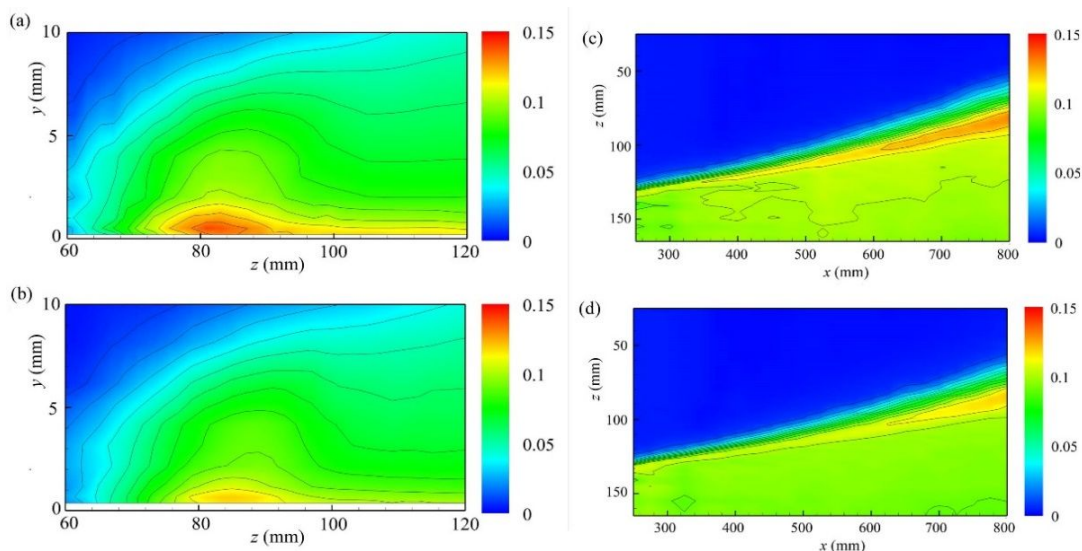


図3 滑面 (a, c) 及びリブレット上 (b, d) の乱流域の広がり ( $U_\infty = 8$  m/s)。 (a, b)  $x=800$  mm での  $y$ - $z$  面内実効値分布。 (c, d) 壁近く ( $y=0.6$  mm) の  $x$ - $z$  平面内の  $u$  変動実効値分布。

の乱流域は、前縁から 150 mm 位置にスパン幅 55 mm にわたり 3 mm 径の円柱群を壁面貼付することにより生成された。図 3 は、局在化された乱流域が周囲の層流域に広がっていく様子を変動実効値の  $x$ - $z$  平面分布で可視化している。リブレット上の乱流の変動実効値は層流・乱流界面での値も含め顕著に減少するが（図 3a と 3b を比較）、乱流域のスパン方向への広がりを比較すると、リブレットの効果は僅かに乱流域のスパン方向広がりを抑えるだけである（図 3c と 3d 参照）。層流・乱流界面での乱流変動を調べた結果、いずれの場合も、孤立粗度からの乱流楔の発達の初期段階の様子と異なり大規模組織構造の発達が観察され、乱流コンタミネーションの抑制のためには、界面での大規模構造の発達の制御の重要性が示唆された。

### (3) 層流境界中の二次元突起/段差による音響フィードバックの発生条件

翼面上境界層が翼後縁まで乱流遷移せず層流（遷移域を含む）を保っている場合、境界層中の T-S 波の生成・増幅と翼後縁での空力音放射との間でフィードバックループが形成され、トーンノイズの自励放射が維持される。同様の音響フィードバックによるトーンノイズは層流境界層中に二次元突起（境界層厚程度の孤立粗度）や段差がある場合にも生じる<sup>5)</sup>。この場合のフィードバックループは、前縁領域での音波に対する受容性（T-S 波の励起）、境界層の不安定性、増幅攪乱と突起上流端との干渉による音の生成からなり、重要な点は、突起の高さがフィードバックループの形成をコントロールすることである。突起のすぐ前方（上流）に強い増幅作用を持つ剥離泡の形成（突起高さの 10 倍程度の長さ）がトーンノイズ発生に対する必要条件である：これは、前縁受容性の数値計算ならびに境界層の安定性解析（PSE に基づく）により確認された。そのような変動（不安定波）の急増幅は、翼の正圧面でのフィードバックループ形成において翼後縁のすぐ上流に強い逆圧力勾配領域が生じ、そこで変動の急増幅が起きると同様である。ゼロ圧力勾配境界層では、臨界突起高さは境界層厚さの程度であり、翼面上層流境界層のように下流領域に弱い逆圧力勾配領域を含む場合<sup>6)</sup>には、突起高さが境界層厚さ以下でも生じ得る。

この音響フィードバックは突起上流の不安定領域に境界層排除厚さより十分小さな厚さの二次元粗度によって制御することができる<sup>10)</sup>。図 4 は、音響フィードバックが生じる臨界突起高さが上流に導入したわずかな高さの二次元ラフネス（厚み  $t_r$  のテープ）によりどのように変化するかを示している。排除厚さの 1/4 の高さの上流ラフネスにより突起の臨界高さが 60% にまで減少することがわかる。これは突起から放射された音波に対する受容性が前縁領域からラフネス位置へ代わることによる。このように、境界層不安定が絡んだ音響フィードバックにおいては、音波が T-S 波を生み出す受容性（の位置と強さ）が重要な役割を果たす。

フィードバック音の周波数選択性については、境界層の受容性と不安定性の視点並びに Tam<sup>11)</sup>のフィードバックループモデルを用いて検討された。最大強さのトーン成分の周波数の

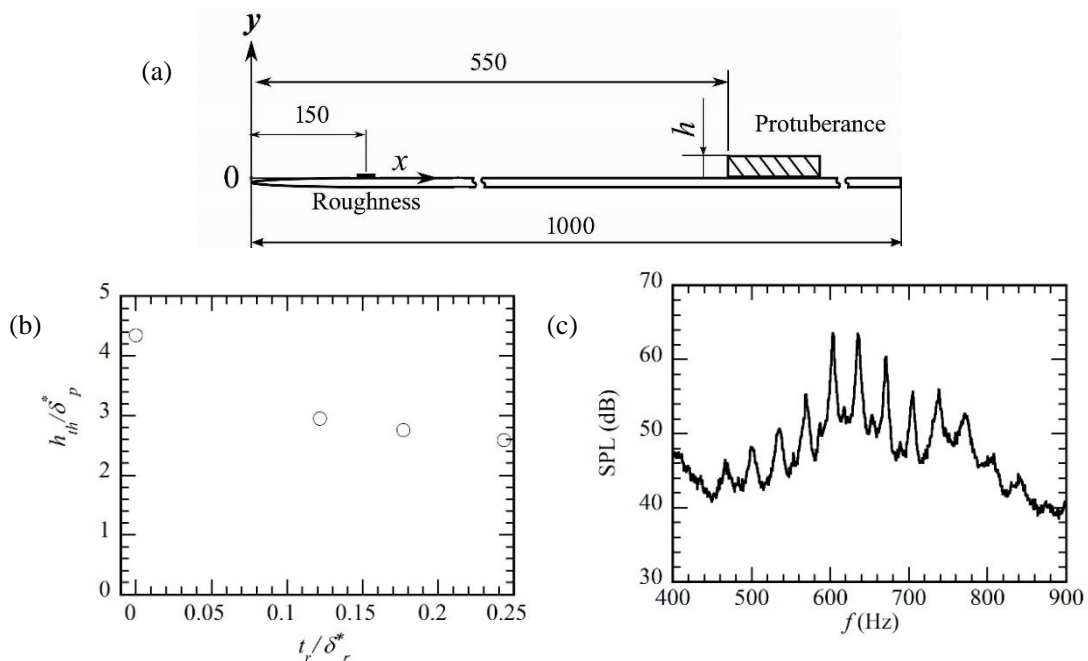


図 4 フィードバックループに対する上流ラフネスの効果 ( $U_\infty = 34$  m/s)<sup>10)</sup>. (a) 境界層板. (b) トーンノイズ発生の臨界突起高さの変化. (c) トーンノイズの音圧スペクトル (ラフネス厚さ  $t_r/\delta_r^* = 0.25$ ). Blasius 流の境界層排除厚さ  $\delta_r^* = 0.44$  mm,  $\delta_p^* = 0.85$  mm.



予測は、これまで行われてきたような境界層の安定特性だけでなく、図5のように、前縁の受容性を考慮するとより正確に予測できることが示された。ただし、指数  $N$  は中立安定曲線の第1分枝から突起位置までの T-S 波動の増幅率の積分値を表し、 $K_1$  は第一分枝受容性係数であり、音波の速度変動の振幅と励起される T-S 波動（音波により前縁領域で励起）の第1分枝での振幅の比を表す。また、トータル成分の周波数間隔は、フィードバックモデルにおいて境界層中の T-S 波動の伝播速度を位相速度でなく群速度を採用することにより説明できることがわかった。これは、複数の離散スペクトルをもつようなトータル音が発生する場合には、音波はもちろん T-S 波動も振幅変調を生じていて、単一周波数の移流速度である位相速度ではなく、波束の移流として群速度を用いることが妥当であることを意味する。なお、この研究と関連して、前縁の受容性係数を直接数値シミュレーションにより数値的に求める方法を開発した。

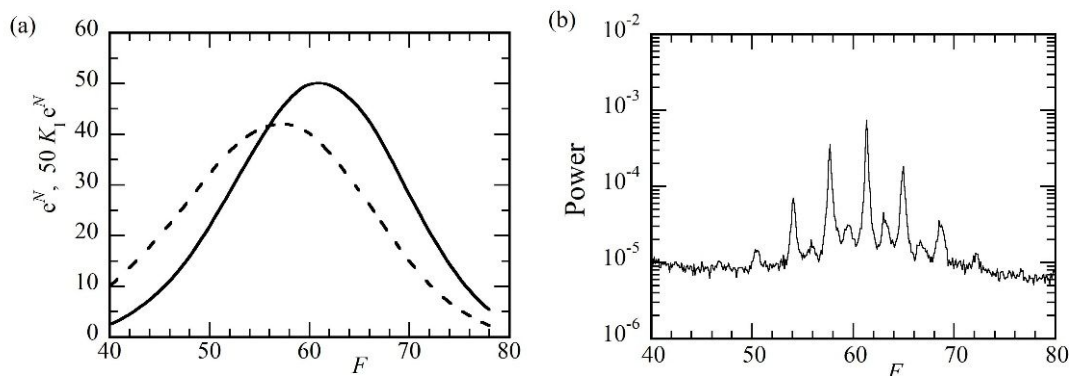


図5 音響フィードバック時の (a) T-S 波動の増幅度 (破線;  $e^N$ , 実線;  $K_1 e^N$ ) および (b) 速度変動スペクトル ( $x = 545$  mm,  $U_\infty = 30$  m/s). 無次元周波数  $F = 2\pi f \nu / U_\infty^2 \times 10^6$  ( $\nu$ は動粘性係数).

#### < 引用文献 >

- 1) Bechert, D. W., Bruse, M., Hage, W., Van Der Hoeven, J. G. T. and Hoppe, G. (1997) Experiments on drag-reducing surfaces and their optimization with an adjustable geometry. *J. Fluid Mech.* 338, 59-87.
- 2) García-Mayoral, R. and Jiménez, J. (2011) Drag Reduction by riblets, *Phil Trans. Roy. Soc. A*, 369, 1412--1427.
- 3) Strand, J. S. and Goldstein, D.B. (2011) Direct numerical simulations of riblets to constrain the growth of turbulent spots. *J. Fluid Mech.* 668, 267-292.
- 4) Pröbsting, S., Scarano, F. and Morris, S. C. (2015) Regimes of tonal noise on an airfoil at moderate Reynolds number, *J. Fluid Mech.* 780, 407--438.
- 5) Kobayashi, M. Asai, M. and Inasawa, A. (2014) Experimental investigation of sound generation by a protuberance in a laminar boundary layer, *Phys. Fluids* 26, 084108.
- 6) Abo, T. Asai, M. and Takagi, S. (2019) Influence of a weak adverse pressure gradient on the generation of tonal protuberance noise in a laminar boundary layer, *Euro J. Mech. B/Fluids* 76, 233-242.
- 7) Ueno, R. and Inasawa, A. (2023) Direct numerical simulation of the stability of zero-pressure-gradient boundary layer over corrugated wall using the immersed interface method, *J. Fluid Sci. Tech.* 18-2, JFST0024.
- 8) Inasawa, A., Taniguchi, R. and Asai, M. (2022) Experimental investigation of the effect of the yaw angle on the drag reduction rate for trapezoidal riblets, *Proc. ICAS 2022*, 2722-2731.
- 9) Walsh, M.J. and Weinstein, L.M. (1978) Drag and heat transfer of surface with small longitudinal fins, *AIAA Paper* 78-1161.
- 10) Abo, T., Inasawa, A. and Asai, M. (2021) Experimental study on the feedback-loop mechanism generating tonal protuberance noise in boundary layers, *Euro J. Mech. B/Fluids* 85, 46-57.
- 11) Tam, C. K. W. (1974) Discrete tones of isolated airfoils, *J. Acous. Soc. Amer.* 55, 1173-1177.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Inasawa Ayumu, Ryo Taniguchi, Asai Masahito	4. 巻 -
2. 論文標題 Experimental investigation of the effect of the yaw angle on the drag reduction rate for trapezoidal riblets	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of ICAS 2022	6. 最初と最後の頁 2722-2731
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ryohei Ueno, Ayumu Inasawa	4. 巻 18
2. 論文標題 Direct numerical simulation of the stability of zero-pressure-gradient boundary layer over corrugated wall using the immersed interface method	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Science and Technology	6. 最初と最後の頁 JFST0024
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/jfst.2023jfst0024	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Abo Takaaki, Inasawa Ayumu, Asai Masahito	4. 巻 85
2. 論文標題 Experimental study on the feedback-loop mechanism generating tonal protuberance noise in boundary layers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Mechanics - B/Fluids	6. 最初と最後の頁 46 ~ 57
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.euromechflu.2020.08.004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計21件（うち招待講演 0件／うち国際学会 11件）

1. 発表者名 Ayumu Inasawa, Ryo Taniguchi, Masahito Asai, Monami Sasamori, Mitsuru Kurita
2. 発表標題 Experimental investigation of the effect of the yaw angle on the drag reduction rate for trapezoidal riblets
3. 学会等名 33rd Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ayumu Inasawa, Hiroshi Ozawa, Masahito Asai, Naoko Tokugawa, Takashi Atobe, Dongyoun Kwak
2. 発表標題 Experiments on transition of swept-wing boundary layer at chord Reynolds numbers up to $10^7$
3. 学会等名 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ayumu Inasawa, Takaaki Abo, Masahito Asai
2. 発表標題 Effects of leading-edge receptivity on frequency selection of tonal feedback-loop noise in Blasius boundary layer
3. 学会等名 14th European Fluid Mechanics Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryohei Unno, Ayumu Inasawa
2. 発表標題 Study on the influences of surface corrugations on the boundary-layer instability
3. 学会等名 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 海野涼平, 稲澤歩
2. 発表標題 境界層中の壁面粗度による音響攪乱受容性に関する数値的研究
3. 学会等名 第66回理論応用力学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 海野涼平, 稲澤歩
2. 発表標題 波状壁面上境界層の不安定性に関する数値実験
3. 学会等名 日本流体力学会年会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masahito Asai, Ayumu Inasawa, Shohei Takagi
2. 発表標題 Experiments on instability and breakdown of near-wall flow in wall turbulence over riblets
3. 学会等名 25th International Congress of Theoretical and Applied Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryohei Unno, Ayumu Inasawa
2. 発表標題 Numerical experiments on the boundary-layer transition over corrugated wall
3. 学会等名 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryo Taniguchi, Ayumu Inasawa, Masahito Asai, Seigo Koga, Monami Sasamori, Mitsuru Kurita
2. 発表標題 Experiments on the effect of the yawed angle of riblets on the drag reduction rate
3. 学会等名 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 Ryohei Unno, Ayumu Inasawa
2. 発表標題 Numerical experiments on the receptivity to acoustic disturbances in boundary layer over isolated roughness
3. 学会等名 The 7th International Conference on Jet, Wake and Separated Flows (ICJWSF) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷口稜, 稲澤歩, 浅井雅人, 古賀星吾, 笹森萌奈美, 栗田充
2. 発表標題 リブレットによる抵抗低減効果に対する傾斜角の影響に関する実験的研究
3. 学会等名 第53回流体力学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 海野涼平, 稲澤歩
2. 発表標題 波状壁面上境界層の音響攪乱に対する受容性に関する数値実験
3. 学会等名 日本流体力学会年会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takaaki Abo, Ayumu Inasawa, Masahito Asai
2. 発表標題 Study on the frequency selection mechanism of tonal protuberance noise in laminar boundary layers
3. 学会等名 17th International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安保孝亮, 稲澤歩, 浅井雅人
2. 発表標題 層流境界層中の突起から生じるトーンルノイズに対する粗度受容性の影響
3. 学会等名 第52回流体力学講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安保孝亮, 稲澤歩, 浅井雅人
2. 発表標題 層流境界層中の二次元突起によるフィードバック音の発生条件
3. 学会等名 日本流体力学会年会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 海野涼平, 稲澤歩
2. 発表標題 界面埋込法を用いた波状壁上境界層遷移に関する数値実験
3. 学会等名 第34回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ayumu Inasawa, Masahito Asai, Shohei Takagi
2. 発表標題 Experimental study on the structure of near wall turbulence over riblets
3. 学会等名 30th International Symposium on Transport Phenomena (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ayumu Inasawa, Masahito Asai, Shohei Takagi, Mitsuru Kurita
2. 発表標題 Experimental study on near wall turbulence structure and drag-reducing effect of riblets
3. 学会等名 AIAA Science and Technology Forum and Exposition 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寺澤侑希, 稲澤歩, 浅井雅人, 栗田充, 飯島秀俊
2. 発表標題 高レイノルズ数乱流チャネル風洞によるリブレットの抵抗低減評価
3. 学会等名 第51回流体力学講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安保孝亮, 浅井雅人, 稲澤歩
2. 発表標題 逆圧力勾配層流境界層中の孤立粗度からの空力音放射
3. 学会等名 日本流体力学学会年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 稲澤歩, 浅井雅人, 高木正平
2. 発表標題 最適サイズリブレット上に発達する壁乱流構造に関する実験的研究
3. 学会等名 日本流体力学学会年会2019
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	稲澤 歩  (Inasawa Ayumu)  (70404936)	東京都立大学・システムデザイン研究科・准教授   (22604)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------