

令和 3 年 6 月 24 日現在

機関番号：32613

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K03936

研究課題名(和文) コアンダ効果を利用したジェットベクタリングに関する基礎的研究

研究課題名(英文) Fundamental Study on Jet Vectoring using Coanda Effect

研究代表者

佐藤 光太郎 (SATO, KOTARO)

工学院大学・工学部・教授

研究者番号：80252625

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：噴流の流動特性に及ぼすコアンダ面近傍のシンセティックジェットの影響が調査された。主な結果として、一次噴流の進行方向は二次シンセティックジェットの振動特性により制御可能であり、噴流偏向角は同一運動量比条件下であってもシンセティックジェットの速度変動周波数に依存するということが明らかとなった。さらに、シンセティックジェットを二次流れとして使用する場合、制御可能領域が定常連続噴流または吸引流を利用する場合と比較して拡大されることが示唆された。噴流の偏向角度は一次噴流と二次シンセティックジェットの運動量比および一次噴流速度とスロット幅に基づく無次元周波数の2つのパラメータによって整理された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

噴流に関する研究は失速抑制や抵抗軽減、流体機械での不安定流れの抑制、空調・エアカーテンの高性能化などを目的として盛んに行われてきた。最近ではウイルス飛沫感染防止を目的として換気・空調の気流制御に噴流技術を利用する研究が始まっている。噴流の進行方向を自由に調整することが可能になれば、より一層広い分野で噴流技術が役立つことは間違いない。本研究では幾何形状の変化を伴わない噴流の方向制御を目指し、その実現のためにシンセティックジェットが適用された。シンセティックジェットの無次元周波数による流れ場の制御と噴流偏向メカニズムについて議論がなされ、シンセティックジェットによる流動制御の可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：In this study, the influence of synthetic jets near a circular cylinder on the flow characteristics of a primary jet was investigated. The main results obtained in the study were that the direction of the primary jet flow can be controlled using the secondary synthetic jet, and the degree of jet deflection depends on the frequency of the velocity oscillation for the secondary synthetic jet under an identical momentum ratio. Furthermore, when using the synthetic jet as the secondary flow, a controllable region larger than that obtained when using a steady and continuous injection or suction flow is expected. This is because secondary flow is generated using the ratio of the momentum between the primary jet and the secondary flow at the slot exit in conjunction with the dimensionless frequency of the synthetic jet based on the velocity of the primary flow at the slot exit.

研究分野：流体工学

キーワード：Jet Frequency Coanda effect Vectoring

### 1. 研究開始当初の背景

推進体のスラスト・ベクタリングやターボ機械出口の吹き出し方向制御には噴射ノズルを可変にして噴射角を調整する方法や噴出口にルーバー、フィンを付加して羽根角により調整する方法などが取られてきた。また現在、ほとんどの航空機のヨーイング制御には垂直尾翼のラダーが用いられ、ラダー角度で調整している。すなわち、スラスト・ベクタリングやヨーイング制御など、流れの方向を変化させるためには、幾何形状を変化させ調整するメカニカル・スラスト・ベクタリングが一般的である。これに対して、機械的可動部を無くし、コアンダ効果を利用したフルイディック・スラスト・ベクタリングが提案され、機器の小型化・軽量化や高効率化が期待されている[1]-[3]。コアンダジェットに関する系統的な研究は Neundorf and Wygnanski [4]によって行われた。円柱近傍の速度分布、圧力計測などから運動量が評価され、コアンダジェットの剥離メカニズムについて詳細に議論がなされている。また、二次噴流と一次噴流によるスラスト・ベクタリングについては Mason and Crowther [1]と Al-Asady and Abdullah [2]によって研究された。彼らは実験および数値計算の両面から、噴流の向きは二次噴流速度、コアンダ面である円柱直径および一次ノズルと二次ノズル高さの比で決定されること、デッドゾーンが存在することなどを報告した。一方、二次流れが吸引の場合については Dores et al. [3]により研究がなされている。ところが研究開始当初は制御可能な条件範囲が狭いなど、実用化するためには克服すべき大きな課題が横たわっていた。

### 2. 研究の目的

本研究はフルイディック・スラスト・ベクタリングの基礎的研究であり、これまでの噴流制御に替えて小型化・軽量化に適しかつ制御が容易なシンセティックジェットの応用を試みるものである。本研究における学術的課題は一次噴流が連続噴流で二次流れがシンセティックジェットの場合の連続噴流の偏向に及ぼすシンセティックジェット振動特性の影響である。ここではコアンダ効果を伴うシンセティックジェットに対して、噴流進行方向と周波数との関係について調査がなされる。この状況下でシンセティックジェット無次元周波数による流れ場制御の可能性検討と噴流偏向メカニズムの解明が主な研究目的である。併せて非対称流れ場での単独シンセティックジェットの流動特性についても解明が試みられている。

### 3. 研究の方法

本研究は実験と数値計算の両面から進められたが、ここでは主として一次連続噴流の進行方向に及ぼす二次流れにコアンダ面を伴うシンセティックジェットの影響について述べる。図1に実験装置概略図、図2にスロット出口形状の拡大図を示す。一次噴流としては連続噴流を使用し、二次流れとしてシンセティックジェットを用いる。一次噴流と二次噴流のスロット幅はそれぞれ、 $h_1 = 1.0 \times 10^{-2} \text{ m}$ 、 $h_2 = 2.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ であり、スロット幅比は  $h_2/h_1 = 0.2$  で一定とした。噴流の方向制御は一次噴流と二次噴流を干渉させ実現するが、その際にコアンダ効果を利用する。ここで、コアンダ面の曲率半径は  $R = 1.5 \times 10^{-2} \text{ m}$  であり、 $R/h_1 = 1.5$  である。流れ場には2枚の亚克力板(1.0m×1.0m)が  $z$  軸と直交する形で配置されている。スロットのアスペクト比は  $z_h/h_1 = 7.0$  であり、この値は、Mason ら[1]、Al-Asady ら[2]および Dores ら[3]による研究報告にあるアスペクト比よりも大きい。

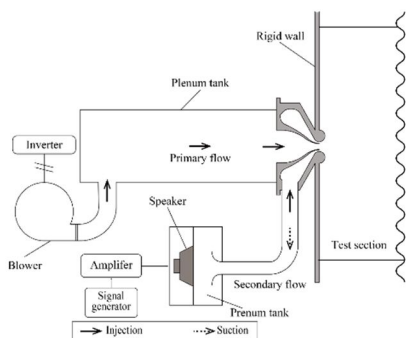


Fig.1 Schematic of the experimental apparatus for the secondary synthetic jet. The secondary synthetic jet was generated using a speaker [5].

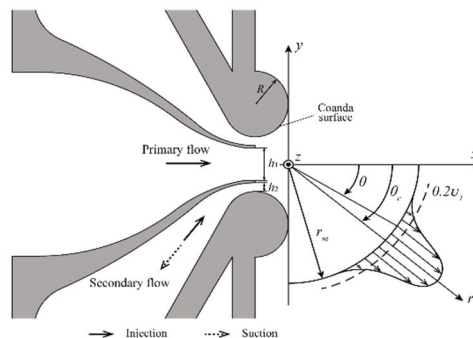


Fig.2 Magnified view of the slot exit geometry. The width of the primary slot  $h_1$  and secondary slot  $h_2$  are fixed as  $1.0 \times 10^{-2} \text{ m}$  and  $2.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ , respectively. The aspect ratio of the primary and secondary slots are  $z_h/h_1 = 7.0$  and  $z_h/h_2 = 35$ , respectively. In the test section, the flow channel is fabricated with a plate at each vertical end [5].

本研究で計測した噴流の速度分布の中には、自由噴流が示す典型的な傾向であるガウス分布にならないものもある。加えて、特定の条件下においては、速度分布中で流速の極大値を同時に2つ有する場合も確認している。したがって、本研究では噴流の偏向角  $\theta_c$  を次の方法で求める。(1) まず、熱線流速計を用いて、原点からの一次スロット幅  $r_m/h_1 = 10$  を基準とした無次元半径の円弧上の絶対速度  $|v|$  を計測し、時間平均の速度分布を得る。(2) 次に、絶対速度  $|v| > 0.2U_1$  の範囲で円弧に沿って積分し流量を求める。この範囲では、明確な噴流構造を確認できる。(3) 円弧上では噴流の法線方向流速成分が十分大きいと仮定して、円弧上の流量の重心位置を評価する。(4) 最後に、原点と流量の重心位置を結ぶ直線と  $x$  軸とのなす角を噴流の偏向角  $\theta_c$  として定義する。流れの可視化時には、一次噴流用のプロワに対し、吸気部に発煙装置を接続することで流れ場に煙を供給した。光源にはハロゲンランプを用い、現象はデジタルカメラによりフレームレート 480fps で撮影された。一次噴流及び二次流れの運動量比は、流量制御を用いて調整することができる。一部の検証を除き、原則として本研究では一次噴流の代表速度を  $U_1 = 15\text{m/s}$  としている。このときレイノルズ数は  $Re = U_1 h_1 / \nu = 1.0 \times 10^4 = \text{Const.}$  である。また実験手順により流れ場の挙動が異なる可能性(ヒステリシスが存在する可能性)があるため、噴流を生成する際には、初めに一次噴流を生成し、一次噴流が十分に発達した後に二次噴流を生成する。

シンセティックジェットは振動流であることから周波数という概念が存在する。ここでは流れ場に及ぼす周波数の影響について無次元周波数  $f^* = f \cdot h_1 / U_1$  で整理する。シンセティックジェットは二次噴流としてのみ用いるが、無次元周波数およびレイノルズ数の算出に用いる代表速度、代表長さについて、本研究では一次噴流速度及び一次スロット幅を採用することとする。すなわち、ここでシンセティックジェットは一次噴流に対して与える擾乱と捉えている。また、一次噴流と二次噴流の運動量比  $\xi$  については、 $\xi = M_2 / M_1$  として定義する。ここで、 $M$  はスロット出口での噴流の運動量を表し、 $M = \rho U^2 h$  である。ただし、シンセティックジェットの代表速度は、運動量に基づき算出されている[5]。

#### 4. 研究成果

##### 4-1 対称性の確認

本研究では一次連続噴流の方向制御のため、二次流れにコアンダ面を伴うシンセティックジェットを利用する方法を提案した。単独シンセティックジェットには高流量化、高運動量化が困難という課題がある。そこで従来のフルイディック・スラスト・ベクタリングの二次流れとしてシンセティックジェットを適用し、幾何条件、運動量比の他に無次元振動数  $f^*$  という新しい制御パラメータを付加することで制御領域拡大に成功した。

はじめに噴流の基本流動特性および実験装置の幾何学的対称性を示すため、対象スロット条件下での単独一次噴流(連続噴流)の可視化観察例を図3に示す。二次流れが無い流れ場は対象となり噴流が直進している様子が伺える。ノズル上下にはコアンダ面が存在するものの、噴流はコアンダ面に付着することなく、直進して下流にいくにしたがって噴流幅が増加する様子が見える。本条件では典型的な噴流構造を示していることが推察される。このことから本実験装置の幾何学的対称性は十分であることが確認できる。

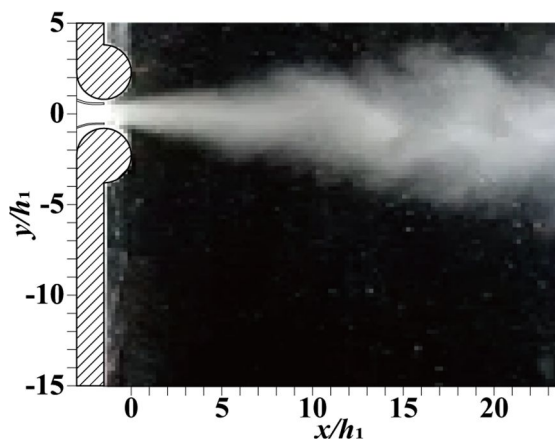


Fig. 3 Visualized flow pattern obtained using smoke particles for the single primary continuous jet without the secondary flow [5].

##### 4-2 噴流偏向に及ぼす無次元周波数の影響

図4に一次連続噴流と二次シンセティックジェットが干渉するときの噴流の挙動について示す。(a)および(b)は、それぞれ無次元周波数  $f^* = 6.7 \times 10^{-3}$  ( $f = 10\text{Hz}$ ) と  $f^* = 8.0 \times 10^{-2}$  ( $f = 120\text{Hz}$ ) の場合である。なお、いずれも一次噴流と二次噴流の運動量比は  $\xi = 4.4 \times 10^{-2}$  である。(i)は熱線流速計で計測した時間平均速度分布、(ii)はレイヤー処理を施された可視化実験結果である。図4(a)(i)と(b)(i)の噴流中心位置(矢印)の変化について着目すると、(a)で噴流進行方向はわずかに図中下方に移動しているのに対して、(b)では下方に大きく偏向している様子が観察できる。(ii)の可視

化写真について(a)と(b)を比較すると、(a)の条件において、(b)ほどではないとしても噴流が下方に偏向しているように見受けられる。すなわち(a)(i)と(a)(ii)では偏向度が異なるような印象を受ける。他の結果から(a)の条件では一次噴流がコアンダ面での剥離と付着を繰り返すスイッチング現象が発生していることが確認されており、噴流中心の移動振幅が大きくなっている。ただし、コアンダ面に付着して下方に偏向する時間は短く、時間平均速度分布で示すと、あまり偏向していない。一方、(b)では典型的な噴流構造を保ったまま偏向する。以上の結果から、二次流れにコアンダ面を伴うシンセティックジェットを利用することで、噴流の進行方向は一次噴流と二次流れの運動量比だけでなく、無次元振動数にも依存することがわかる。すなわち、二次流れに非定常振動流れであるシンセティックジェットを用いることで、振動数という新たなパラメータが付加され、無次元振動数と運動量比を組み合わせることで、従来の方と比較して制御可能領域を拡大することに成功した。

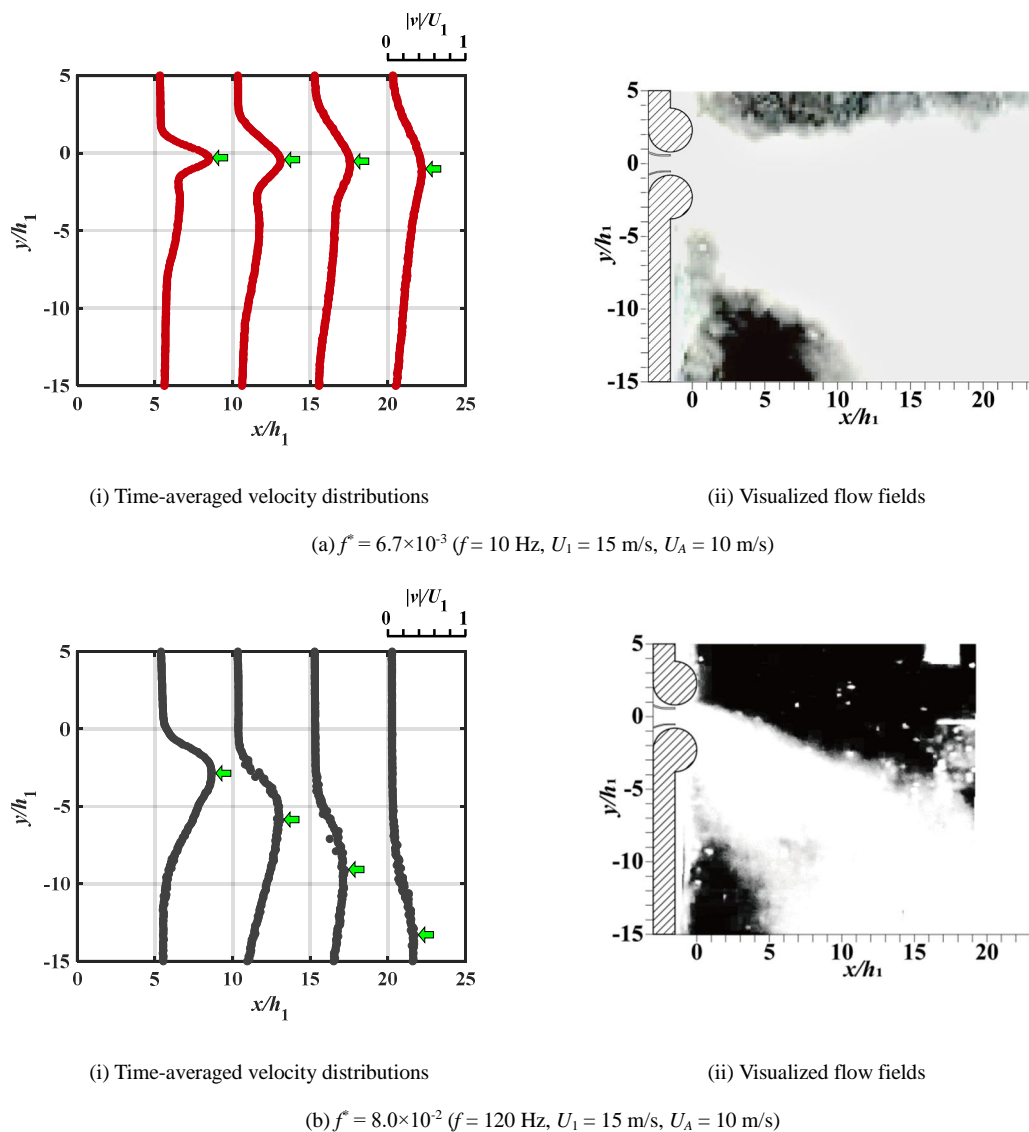


Fig. 4 Flow patterns of jets with secondary synthetic jets under a constant momentum ratio between the primary jet and secondary flows at the slot exit for different dimensionless frequencies ( $\zeta = 4.4 \times 10^{-2}$ ,  $U_1 = 15$  m/s, and  $U_A = 10$  m/s). In both panels, the jet-centers proceed to the lower side with downstream travel. However, the displacement of the jet-center of (b)  $f^* = 8.0 \times 10^{-2}$  is clearly greater compared to that of (a)  $f^* = 6.7 \times 10^{-3}$ . In the velocity distributions shown in (i), the green arrows indicate the maximum velocity points [5].

本研究では、一次噴流のスロット出口近傍に、二次流れのスロット出口とコアンダ面を設置し、二次流れとしてシンセティックジェットを使用した場合の一次噴流の方向制御を検討した。シンセティックジェットの振動特性が及ぼす影響の調査や一次噴流と二次噴流の運動量比の影響調査、二次連続噴流及び連続吸引流との比較実験を実施し、流れの可視化と速度分布計測などから検討した。得られた主な結果として次のことが明らかになった。二次流としてシンセティックジェットを用いた場合、噴流の方向は運動量比だけでなく、無次元周波数  $f^*$  にも依存する。運動量比が  $0 < < 0.09$  の場合、運動量比と無次元周波数を制御することで二次噴流としてシンセティックジェットを適用し、噴流方向を制御することが可能である。スロット下流の流れ場の時間的な挙動は、二次噴流として適用されたシンセティックジェットの無次元周波数  $f^*$  に依

する。本研究で用いたスロットの幾何形状及び使用した条件範囲においては、運動量比  $\beta$  と無次元周波数  $f^*$  が同一の条件である場合、流れ場に相似則が認められる。

#### 4-3 まとめ

噴流はスリットやノズルなどの小孔から空間に対して、流体が噴出する現象であり、産業界に留まらず、日常生活においても目にする機会が多い身近な現象でもある。噴流に関する研究は航空機における失速抑制やクルマの抵抗軽減、流体機械内部での不安定流れの抑制、空調・エアカーテンの高性能化などを目的として盛んに行われ、得られた知見は流れ場の制御に積極的に応用されている。最近ではウイルス飛沫感染防止を目的とした換気・空調の最適気流制御に噴流を利用する研究が始まっており、噴流技術は益々注目を集めている。このような状況において、噴流の進行方向を簡単かつ自由に調整することが可能になれば、より一層広い分野で噴流技術が役立つことは間違いない。

本研究では幾何形状の変化を伴わない噴流の方向制御を目指し、その実現のためにシンセティックジェットが適用された。シンセティックジェットの無次元周波数による流れ場の制御と噴流偏向メカニズムについて議論がなされ、シンセティックジェットによる流動制御の可能性が示された。なお、研究では上記の他にも非対称スロットを用いた単独シンセティックジェットにおける噴流偏向特性について調査がなされた[6]。

#### <引用文献>

1. Mason, M.S. and Crowther, W., 2014, "Fluidic thrust vectoring for low observable air vehicles," 2nd AIAA Flow Control Conference, Portland, United States of America, AIAA 2004-2210.
2. Al-Asady, A. A. A., and Abdullah, A. M., 2017, "Fluidics thrust vectoring using co-flow method," Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences, Vol. 20, No. 1, pp. 5–18.
3. Does, D., Madruga, S. M., and Krothapalli, A., 2006, Characterization of a counterflow thrust vectoring scheme on a gas turbine engine exhaust jet, Collection of Technical Papers - 3rd AIAA Flow Control Conference, Vol. 3, pp. 1486-1497.
4. Neuendorf, R. and Wygnanski, I., 1999, On a turbulent wall jet flowing over a circular cylinder, Journal of Fluid Mechanics, Vol. 381, pp. 1–25.
5. Kobayashi, R., Watanabe, Y., Tamanoi, Y., Nishibe, K., Kang, D., Sato, K., 2020, Jet vectoring using secondary Coanda synthetic jets, JSME Mechanical Engineering Journal, Vol. 7, No. 5 pp. 20-00215-20-00215
6. Ryota Kobayashi, Hiroaki Terakado1, Kotaro Sato, Junya Taniguchi, Koichi Nishibe and Kazuhiko Yokota, 2020, Behavior of Plane Synthetic Jets Generated by an Asymmetric Stepped Slot, International Journal of Fluid Machinery and Systems, Vol.13, No.1, pp.253-265.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Qiang ZHANG, Fumiya TAKAHASHI, Kotaro SATO, Wakana TSURU, and Kazuhiko YOKOTA	4. 巻 64
2. 論文標題 Jet Direction Control Using Circular Cylinder with Tangential Blowing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Transactions of Japan Society for Aeronautical and Space Sciences	6. 最初と最後の頁 in press
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 KOBAYASHI Ryota, WATANABE Yuki, TAMANOI Yu, NISHIBE Koichi, KANG Donghyuk, SATO Kotaro	4. 巻 7
2. 論文標題 Jet vectoring using secondary Coanda synthetic jets	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JSME Mechanical Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 1~16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/mej.20-00215	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 Kobayashi Ryota, Terakado Hiroaki, Sato Kotaro, Taniguchi Junya, Nishibe Koichi, Yokota Kazuhiko	4. 巻 13
2. 論文標題 Behavior of Plane Synthetic Jets Generated by an Asymmetric Stepped Slot	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Fluid Machinery and Systems	6. 最初と最後の頁 253~265
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5293/IJFMS.2020.13.1.253	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 Kang Donghyuk, Nishibe Koichi, Sato Kotaro, Yokota Kazuhiko	4. 巻 12
2. 論文標題 Three-Dimensional Theoretical Study on Flow Characteristics of a Spiral-Channel Viscous Micropump	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Fluid Machinery and Systems	6. 最初と最後の頁 169~180
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5293/IJFMS.2019.12.2.169	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 K. Nishibe, Y. Nomura, K. Noda, H. Ohue, and K. Sato	4. 巻 11
2. 論文標題 Influence of Stroke on Performance Characteristics of Synthetic Jet Fan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 945 ~ 956
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.29252/jafm.11.04.28493	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kobayashi Ryota, Nishibe Koichi, Watabe Yusuke, Sato Kotaro, Yokota Kazuhiko	4. 巻 140
2. 論文標題 Vector Control of Synthetic Jets Using an Asymmetric Slot	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Fluids Engineering	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/1.4038660	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17件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 17件)

1. 発表者名 H. SASAYAMA, K. SATO, K. NISHIBE, D. KANG AND K. YOKOTA
2. 発表標題 NUMERICAL STUDY ON EXCITED JETS USING THE VORTEX METHOD
3. 学会等名 The 31st International Symposium on Transport Phenomena (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Suzuki, R. Kobayashi, K. Sato, K. Nishibe, and K. Yokota
2. 発表標題 INTERACTION BETWEEN A CONTINUOUS JET AND SYNTHETIC JET
3. 学会等名 The 31st International Symposium on Transport Phenomena (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 Y. TAMANOI, R. KOBAYASHI, K. SATO, K. NISHIBE and D. KANG
2 . 発表標題 FLOW CONTROL USING EXCITED JETS WITH COANDA SURFACES
3 . 学会等名 The 31st International Symposium on Transport Phenomena ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 R. KAWAHARA, R. KOBAYASHI, K. SATO, K. NISHIBE and T. YOKOTA
2 . 発表標題 INFLUENCE OF STEPPED SLOT GEOMETRY ON THE DEFLECTION OF SYNTHETIC JETS
3 . 学会等名 The 31st International Symposium on Transport Phenomena ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 T. SAKAKURA, K. YAMAGUCHI, K. NISHIBE, H. OHUE and K. SATO
2 . 発表標題 INFLUENCE OF STROKE ON JET STRUCTURE OF WALL-SYNTHETIC JET FLOWING OVER CIRCULAR CYLINDER
3 . 学会等名 The 31st International Symposium on Transport Phenomena ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 S. KAWADA, K. YAMAGUCHI, K. NISHIBE, H. OHUE and K. SATO
2 . 発表標題 STUDY ON JET STRUCTURE OF SYNTHETIC JET IN AN ASYMMETRIC FLOW FIELD
3 . 学会等名 The 31st International Symposium on Transport Phenomena ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年



1 . 発表者名 K. YAMAGUCHI, T. SAKAKURA, K. NISHIBE, H. OHUE and K. SATO
2 . 発表標題 JET STRUCTURE OF PLANE AND CURVED WALL-SYNTHETIC JET
3 . 学会等名 The 31st International Symposium on Transport Phenomena ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 C. Ichihara, D. Yamaguchi, R. Kobayashi, K. Nishibe, K. Yokota, and K. Sato
2 . 発表標題 Control of Jet Structure Utilizing the Change in the Outlet Velocity Distribution with Time
3 . 学会等名 18th International Symposium on Transport Phenomena and Dynamics of Rotating Machinery ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Y. Tamanoi, Y. Watanabe, R. Kobayashi and K. Sato
2 . 発表標題 Jet Direction Control using Secondary Flows
3 . 学会等名 18th International Symposium on Transport Phenomena and Dynamics of Rotating Machinery ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Kotaro Yamanaka, Kazuya Takeda, Ryota Kobayashi, Kotaro Sato, Kazuhiko Yokota, Koichi Nishibe
2 . 発表標題 Behavior of Swirling Flow Generated by Annular Guide Vanes
3 . 学会等名 15th International Conference on Fluid Control, Measurements and Visualization ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotaro Ohno, Tetsuro Yamashita, Kotaro Sato, Yukio Tomita, Hideki Takezawa
2. 発表標題 Interaction between cavitation and gas bubbles near a rigid boundary
3. 学会等名 15th International Conference on Fluid Control, Measurements and Visualization (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroaki Terakado, Ryota Kobayashi, Koichi Nishibe, Kotaro Sato
2. 発表標題 FLOW OBSERVATION OF SYNTHETIC JETS PRODUCED BY ASYMMETRIC SLOT
3. 学会等名 THE 17th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADVANCED TECHNOLOGY (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daiki Yamaguchi, Kotaro Sato
2. 発表標題 Behavior of Pulsating Jets near a Rigid Boundary
3. 学会等名 THE 17th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADVANCED TECHNOLOGY (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideyuki Shibata, Yuya Fujii, Ryosuke Takeuchi, Koichi Nishibe, Hiroshi Ohue and Kotaro Sato
2. 発表標題 Effect of frequency on flow field of wall-synthetic jet flowing over circular cylinder
3. 学会等名 29th International Symposium on Transport Phenomena (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Junya Taniguchi, Seiya Kawada, Ryota Kobayashi, Koichi Nishibe, Hiroshi Ohue and Kotaro Sato
2. 発表標題 Behavior of synthetic jets near rigid plane boundary
3. 学会等名 29th International Symposium on Transport Phenomena (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryoichi Moriyama, Junya Taniguchi, Tomoto Tsuchiya, Koichi Nishibe, Hiroshi Ohue and Kotaro Sato
2. 発表標題 Effect of Geometry on Performance Characteristics of Synthetic Jet Fan
3. 学会等名 29th International Symposium on Transport Phenomena (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Watanabe, Kotaro Sato, Makoto Sato, Koichi Nishibe, Kang Donghyuk and Kazuhiko Yokota
2. 発表標題 Vector Control of Jet Flow using Secondary Excited Jets
3. 学会等名 29th International Symposium on Transport Phenomena (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

工学院大学 流体機械研究室  
<http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwa1038/>

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	横田 和彦  (YOKOTA KAZUHIKO)  (70260635)	青山学院大学・理工学部・教授     (32601)	

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