



国立大学法人

東京農工大学

Tokyo University of Agriculture and Technology

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

プラズマアークチューータにおける 超高電圧不要の高出力化技術

大学院工学研究院

先端機械システム部門

准教授 西田 浩之

流体制御デバイス

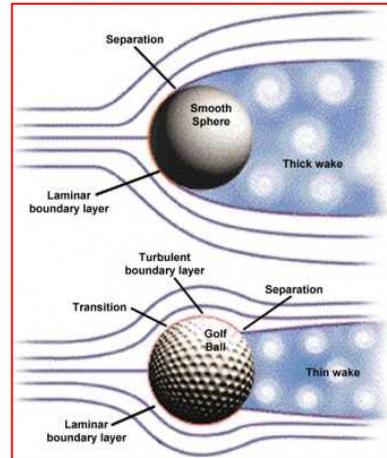
受動的流体制御デバイス

- OnOffできない
- 流れに対し能動的に働きかけられない



ボルテックスジェネレーター

※乱流への遷移を促す



ディンプル

- 簡便 (システムとして有利)
- 効果は限定的
- 設置により, ネガティブな効果となる場合も

能動的流体制御デバイス

- OnOffできる



スラット

※能動的流体制御デバイスとは呼ばない



フラップ

- 流れに対し能動的に働き掛けられる
- マイクロジェット**や**振動フラップ**
- 流れ場の変化に対応可能で効果大
 - 機械的に複雑な構造で設置の自由度も限られる (システム負荷大)

プラズマアクチュエータ

放電（プラズマ）によって流体に作用を及ぼすデバイスの総称

- 機械的可動部を持たない
- 制御入力に対し、高速な応答（制御則を用いた高度な能動流体制御）

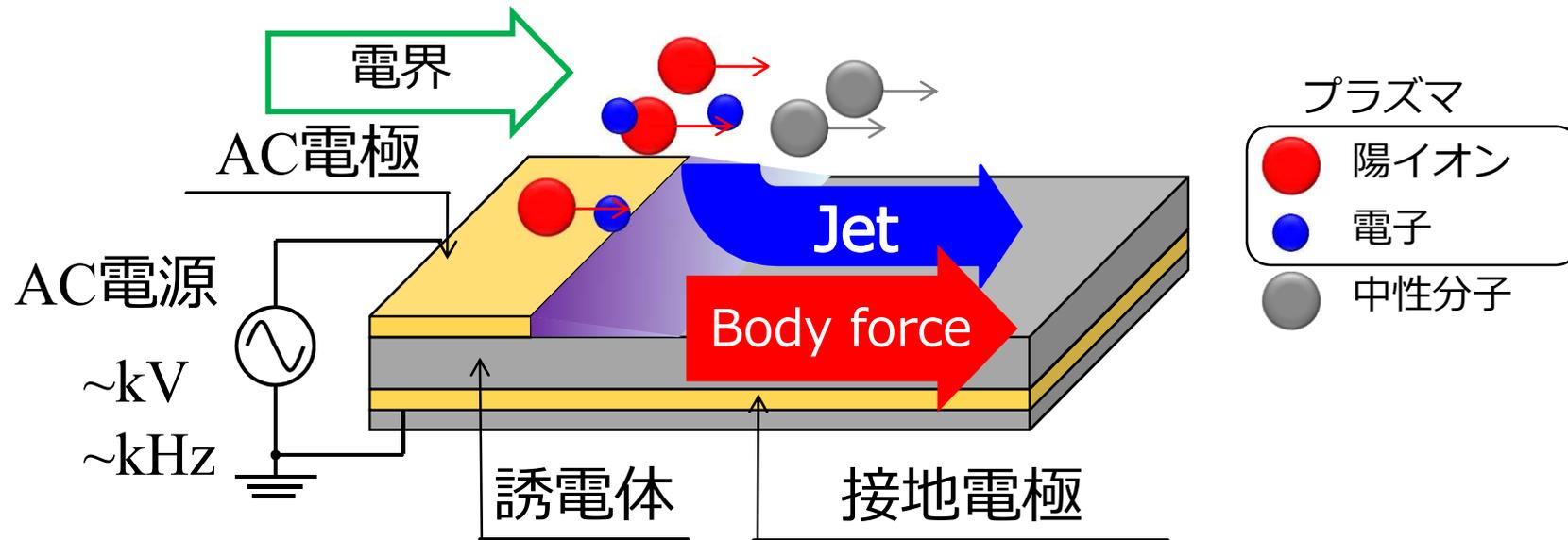
“従来型のデメリットを払拭、大きな可能性を持った流体制御デバイス”

流体に作用するメカニズムは

“熱入力”もしくは“電気流体力（体積力）”

- “**熱入力**”による制御／遷音速・超音速流
 - 流体に（圧力，温度，密度）擾乱を加える
 - レーザープラズマ，アーク放電，ナノパルスバリア放電
- “**電気流体力**”による制御／亜音速流
 - “体積力”で直接流体の動きを制御．自由度の高い制御力の入力が可能
 - コロナ放電，誘電体バリア放電

バリア放電プラズマアクチュエータ



- 数kV・数kHz以上の交流電源で駆動
- 絶縁体（誘電体）の種類は問わない
- 典型的には、 ~ 5 m/s程度の流速を生成可能

従来技術とその問題点

- 典型的なプラズマアクチュエータの誘起流速は～5 m/s程度
 - 現状, 十分な効果が得られるのは主流流速～30 m/sまで
 - 制御対象のスケールが大きくなっても制御効果は減少する
- 多岐に渡る産業分野で実用化を加速する為に, アクチュエータの高出力化が課題
- 超高電圧駆動により高出力化は可能だが・・・
 - 短絡によるアクチュエータと機器の破損リスク
- 超高電圧不要の高出力化技術が必要

プラズマアクチュエータの実験技術



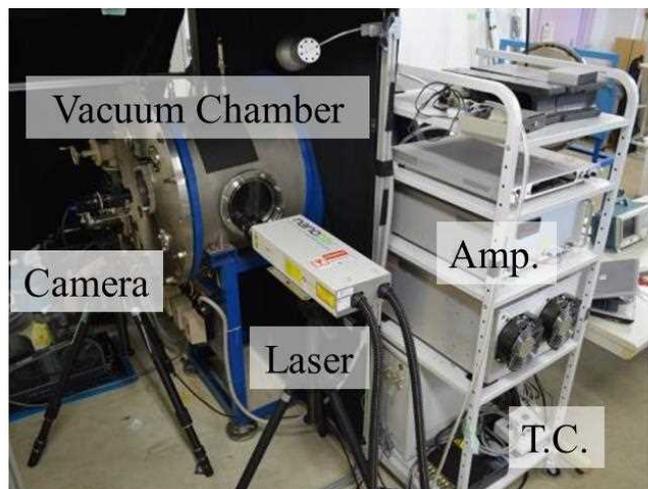
交流高電圧電源 (TREK製)



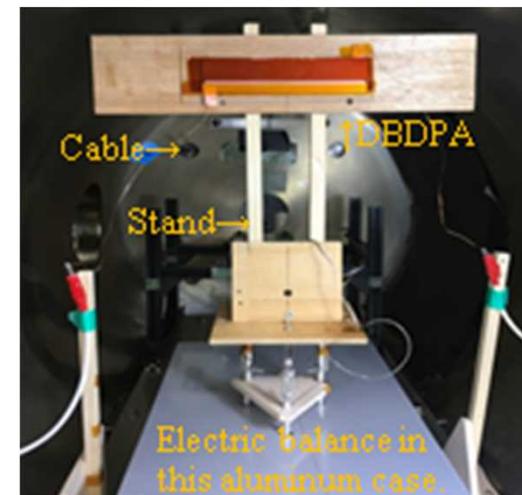
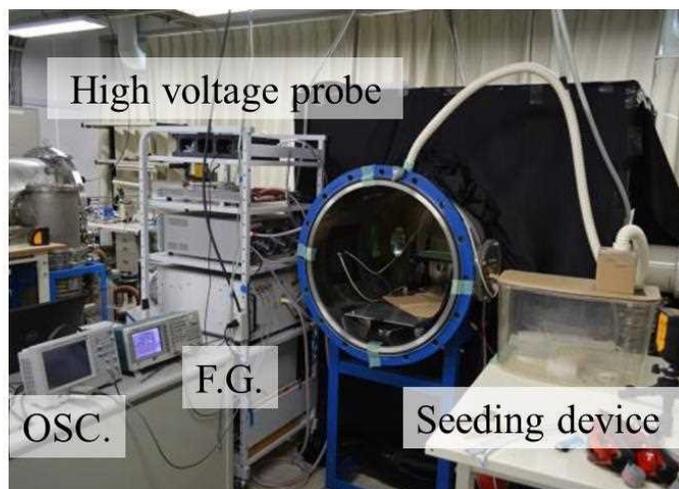
交流高電圧電源 (KIテック製)



直流高電圧電源 (松定プレジジョン製)



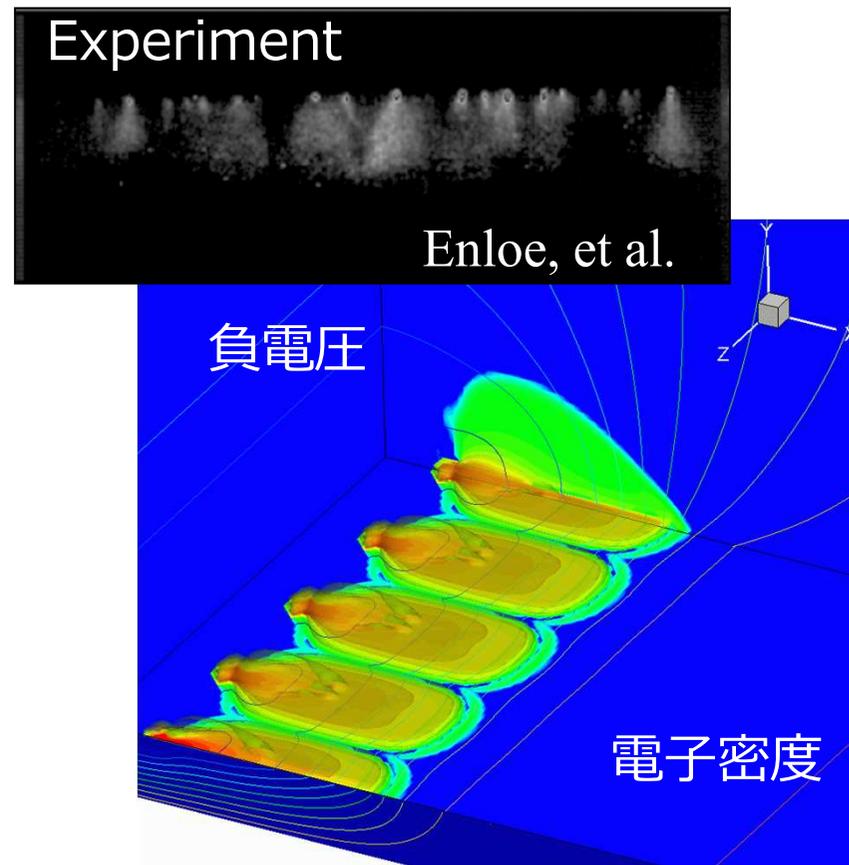
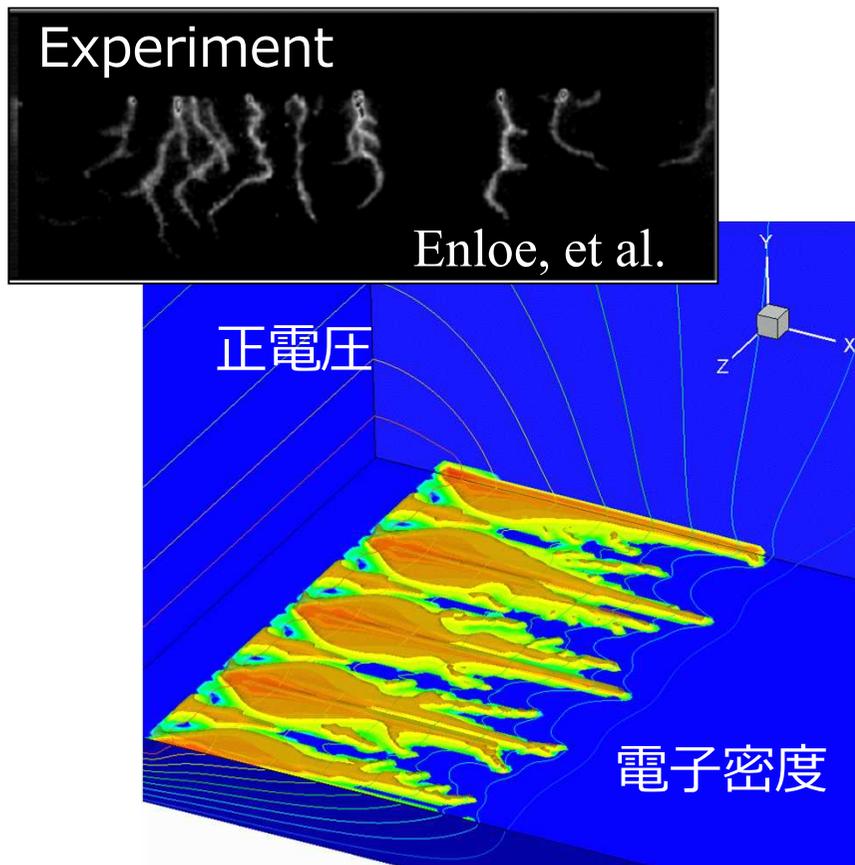
PIV計測システム (流速の空間分布計測)



推力計測

- 性能特性の計測 (推力計測, 消費電力計測, 放電電流計測)
- 流れ場の計測 (流速の空間分布計測)

プラズマアクチュエータの数値シミュレーション技術

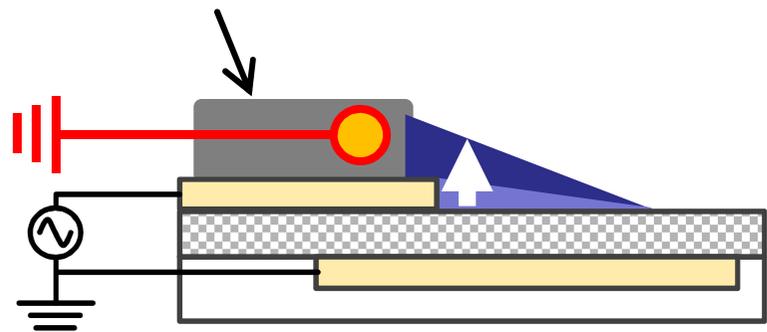


- ストリーマの分枝構造など，放電の特徴をシミュレーション可能
- プラズマ分布，消費電力，体積力場など，詳細な解析が可能

3電極型プラズマアクチュエータ

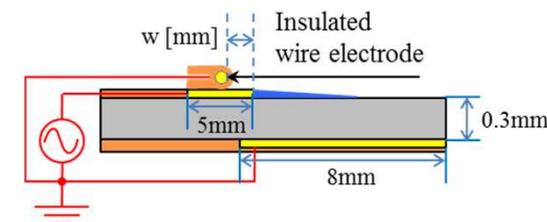
3電極構造化

・ プラズマ領域を垂直方向へ拡大

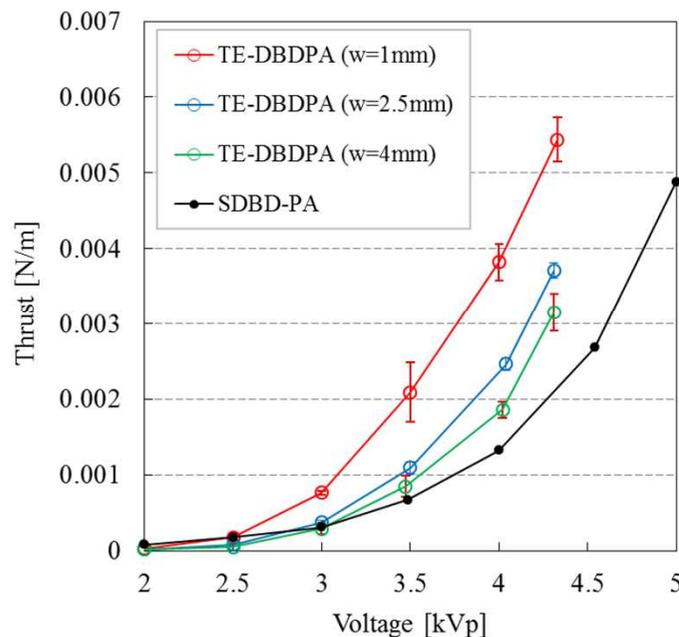


ジェット推力
約2.1倍

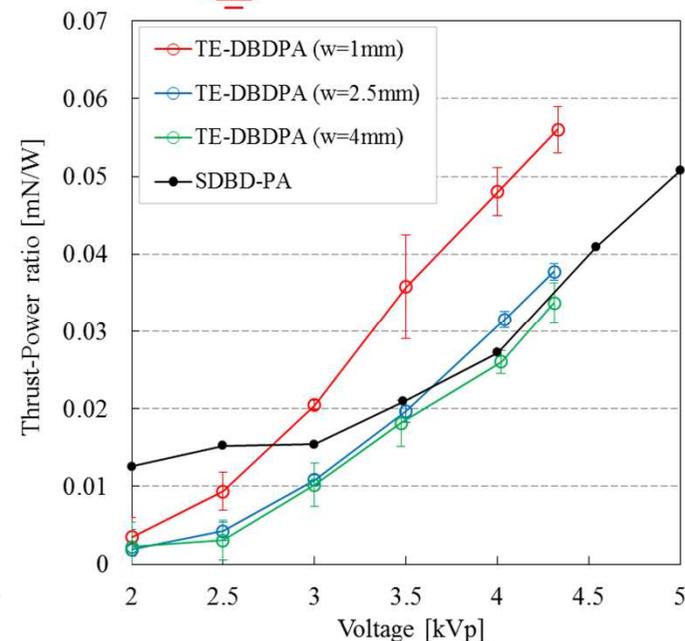
Nishida, et al., *AIAA J.*, 52, 2015.
Nakano, et al., *AIAA J.*, 55, 2017.



(a) 放電発光写真

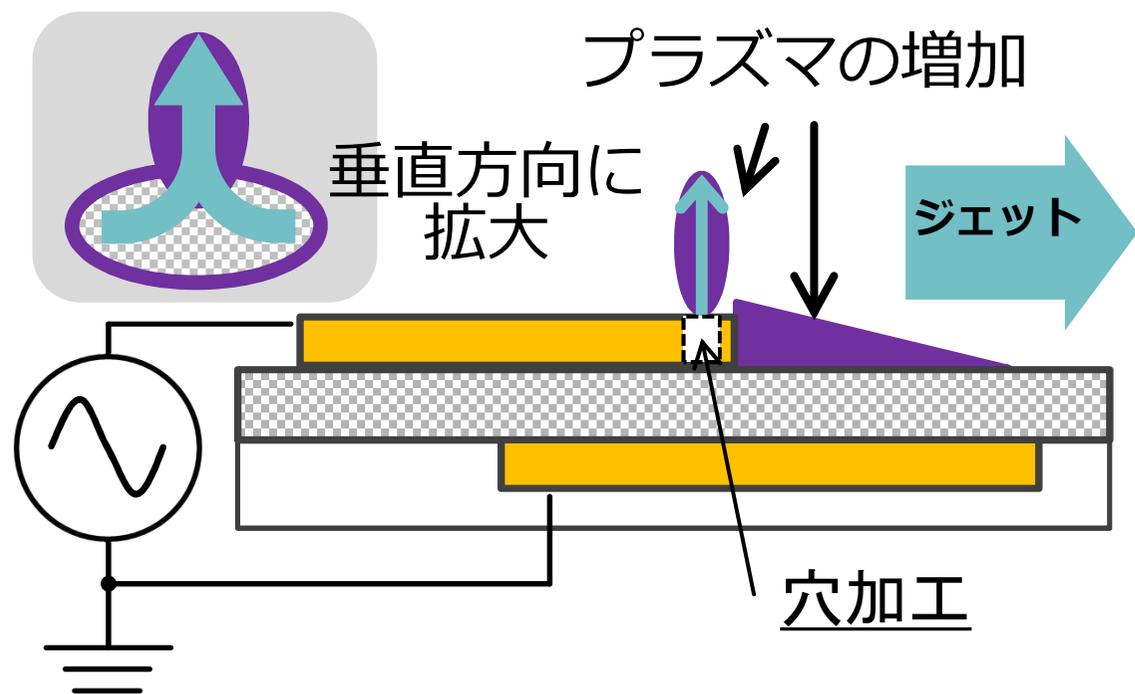


(b) 推力特性

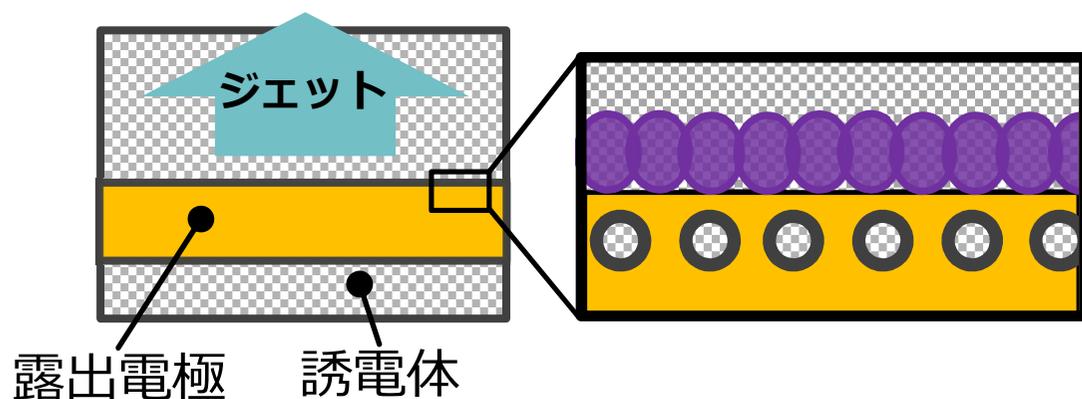


(c) 推力電力比

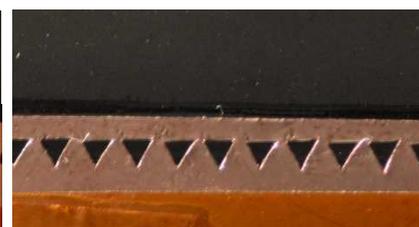
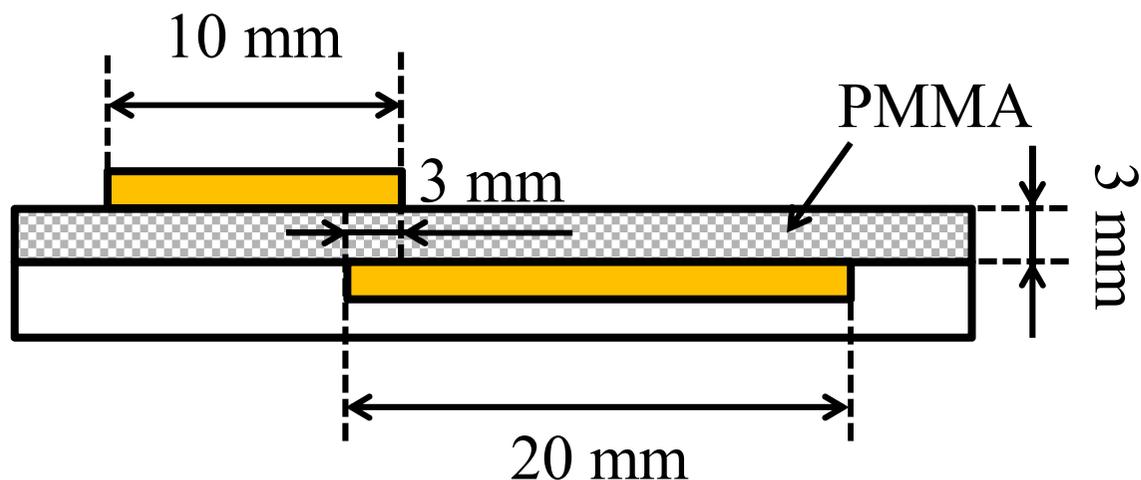
貫通孔を電極に有したプラズマアクチュエータ



- 露出電極端（上部電極端）近傍に貫通孔（mmオーダー）を設ける
- 貫通孔においても放電が発生
 - プラズマ生成量増加
- 貫通孔から垂直方向ジェットが生じることも期待
 - プラズマを垂直方向に拡大



コンセプト実証実験 / 実験条件



Circular hole

直径 : 1.25 ~ 1.5 mm

ピッチ (中心間) : 2 or 4 mm

中心 ~ 電極端 : 1.5 mm

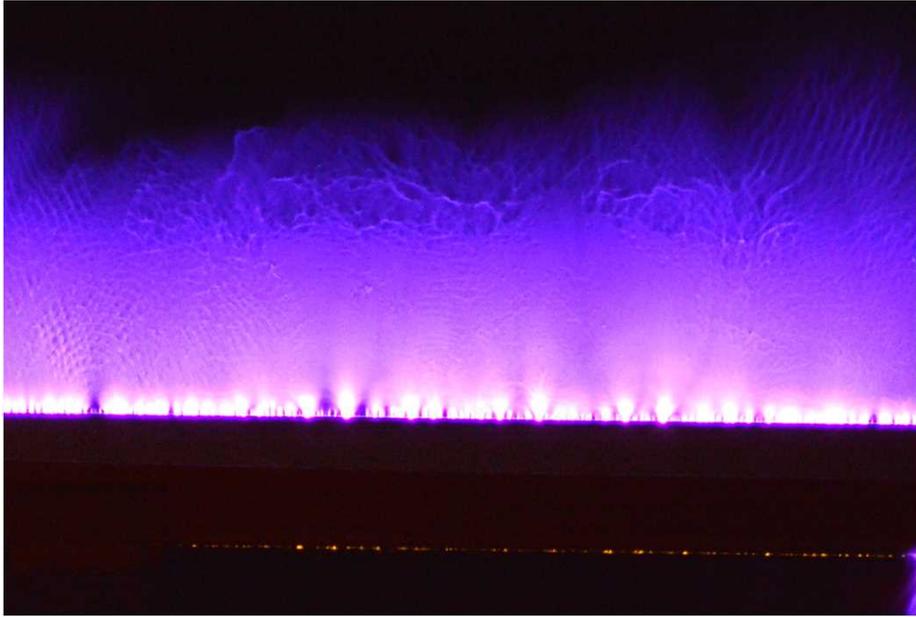
Triangular hole

1辺 : 1.5 mm

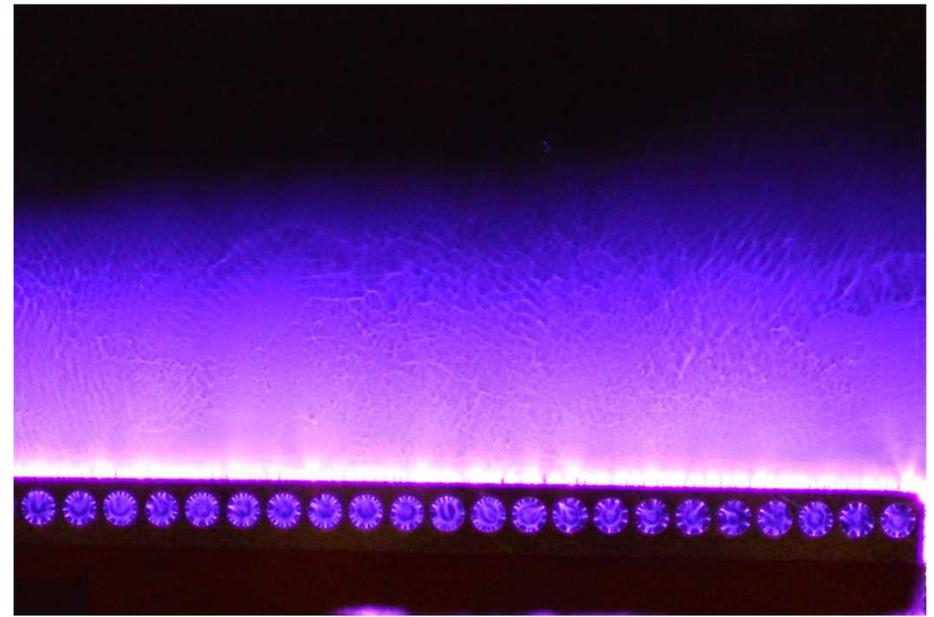
ピッチ (中心間) : 2 mm

中心 ~ 電極端 : 1.5 mm

コンセプト実証実験／放電発光



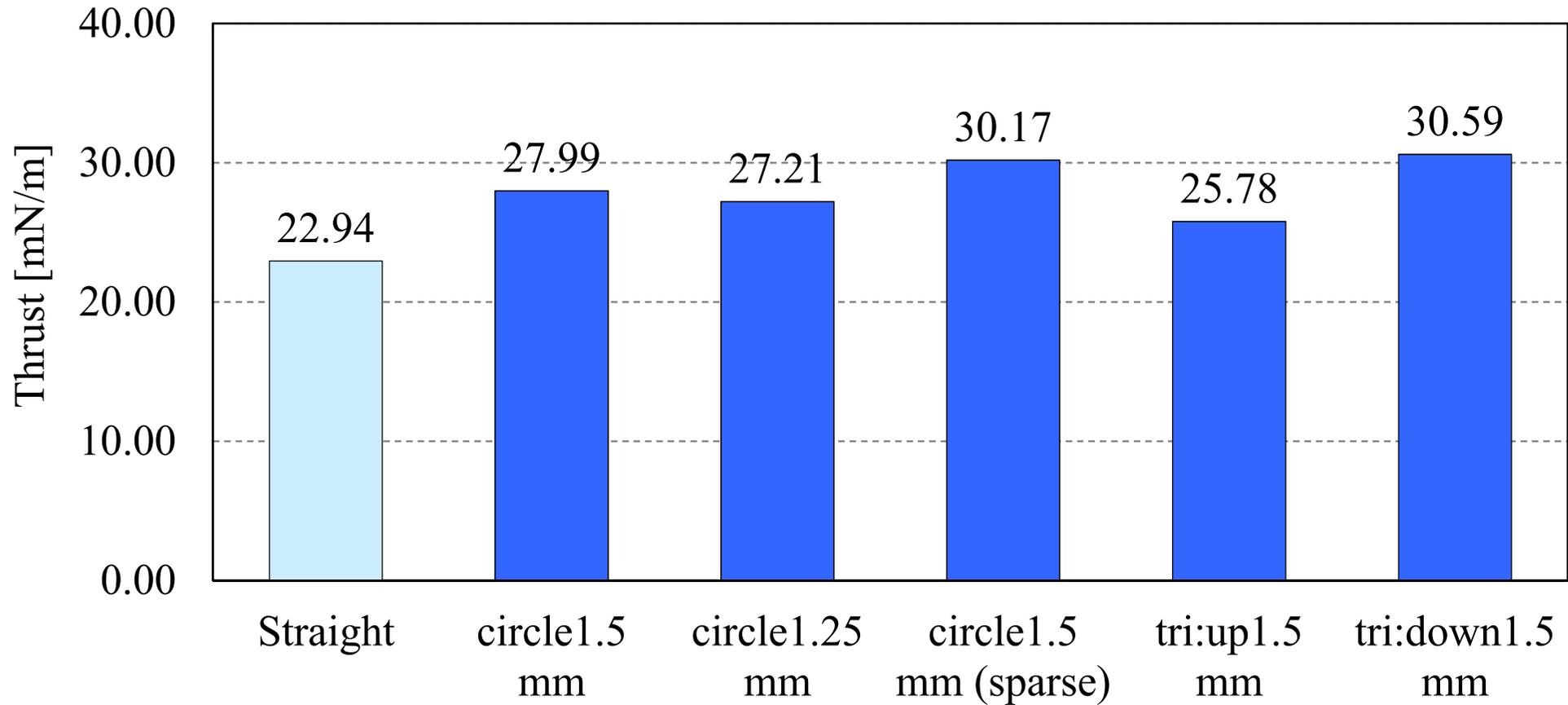
従来型のプラズマアクチュエータ



貫通孔(Circle) を有した
プラズマアクチュエータ

- 貫通孔においても放電が発生することを確認

コンセプト実証実験 / ジェット推力



- 最大で、従来型 (Straight) の約33%の推力増強を確認

新技術の特徴・従来技術との比較

- 追加の電極や電源を必要とせず、デバイスとしての汎用性を失うことなく従来型を超える性能（ジェット推力）を実現
- 本技術の適用により、プラズマアクチュエータの応用先を拡大できることが期待される（より高速流への適応）

想定される用途

- 流体機器全般に適用可能
 - 応用例：
 - 風力タービンのトルク性能改善
 - モビリティの空力抵抗低減
 - 熱交換器の性能改善
 - 燃料混合の促進
 - タービンチップからの漏れ流れ抑制
- など

実用化に向けた課題

- 現在，貫通孔を設けることでジェット推力を増強できることを確認。しかし，その増強はジェット推力で約33%どまり
- エネルギー効率の観点からも議論が必要
- 今後，貫通孔のサイズ，形状，設置位置などを最適化する必要あり
- 耐久性，天候の影響，放電騒音，オゾン生成など，実用上における課題の解決

企業への期待

- 新しい工学的応用先の開拓
 - 主流流速がより遅く，流れスケールがより小さい流れ（低レイノルズ数流れ： $\sim 10^4$ ）に適用すると大きな制御効果
 - 常時駆動ではなく，必要な時にのみ駆動する運用が理想的

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : プラズマアクチュエータ
- 出願番号 : 出願済み 未公開
- 出願人 : 国立大学法人東京農工大学
- 発明者 : 西田浩之、中野朝

東京農工大学 先端産学連携研究推進センター

T E L 042-388-7550

F A X 042-388-7553

e-mail suishin@ml.tuat.ac.jp



MORE
SENSE

Tokyo University of
Agriculture and Technology

