

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02324

研究課題名(和文) DBDプラズマアクチュエータの実利用に向けた性能実証に関する研究

研究課題名(英文) Analysis of Flow Control Authority of DBD Plasma Actuator in Practical Use

研究代表者

藤井 孝藏 (FUJII, KOZO)

東京理科大学・工学部情報工学科・教授

研究者番号：50209003

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,800,000円

研究成果の概要(和文)： 小型で機械的可動部を持たない流れ制御デバイス「プラズマアクチュエータ」に関して、失速状態での揚力向上による離れ制御機能に加えて、巡航状態でも抵抗低減による翼の空力性能向上をはじめて示すことに成功した。簡単なフィードバック制御を加えることで、条件に応じて最適な制御パラメータが自動的に選ばれることを実験的にも数値計算的にも確認し、利用効率の向上を示した。これをピッチング翼に適用することで一定レベルの効果を確認した。
これまで得られた成果をもとに、本研究の最終成果として、このデバイスの利用ガイダンスを作ることができた。成果は10編以上の査読付き学术论文として公開した。

研究成果の概要(英文)： Combination of computational and experimental studies in the three-years of period showed that plasma actuators (very efficient flow control devices) improve improve aerodynamic performance not only at stall conditions but also cruise conditions for the first time. With feed-back process being added, effective parameters were automatically selected and plasma actuators showed still more efficient control authority. The result was successfully applied to the flows over a pitching airfoil.
From extensive studies in the past, design guidance of plasma actuators was proposed. The results were presented in more than 10 academic journals.

研究分野：流体力学，航空宇宙工学，計算工学

キーワード：プラズマアクチュエータ 流体制御 空力制御 失速制御

1. 研究開始当初の背景

本研究が対象とするのは誘電体バリア放電 (DBD) を利用したプラズマアクチュエータ (通称, DBD プラズマアクチュエータ) である。以下, 簡素化のため, プラズマアクチュエータと記す。プラズマアクチュエータは 2004 年頃に翼面上の大規模剥離制御への可能性が示されたことで大きな注目を集め, それ以降研究が大きく進んだ小型の電氣的流れ制御デバイスである。その構造を図 1 に示す。作動原理は, 誘電体を挟んだ電極間に交流高電圧をかけることで気体をプラズマ化し, 電場によって加速させる。これによって瞬間的な誘起流れの時空間変動を発生させることで剥離などの多様な流体現象の制御を可能とする。また, 可動部がなく, 早い応答性があることから動的で弾力的な制御を実現できる。さらにバリア放電を利用することで消費電力が数ワット程度に低減化されることもあって有望な剥離流れ制御技術として注目されてきた。図 2 に実際の翼周りの失速制御の様子を示す。オフのときの大きく変動する剥離流れ (左図) がプラズマアクチュエータをオンにすることで, 翼付近の付着流れに移行している様子がわかる。

当課題代表者は 2006 年頃からこの技術に着目し, これまでも科学研究費補助金 (基盤研究 A, 課題番号: 20246122 (2010~2012), 基盤研究 A, 課題番号: 24246141 (2014~2016)) や京コンピュータのアプリケーションプログラム開発を推進する「戦略プログラム」(2011~2015) の中で一定の成果を挙げてきた。これらは多数の学術論文のみならず, 一般向けのテレビ番組 TBS 「夢の扉」(2015 年 5 月放送) などでもとりあげられている。また, 当課題代表者は解説記事などを通じてこの技術の普及を進めてきた。その成果もあり, 2013 年

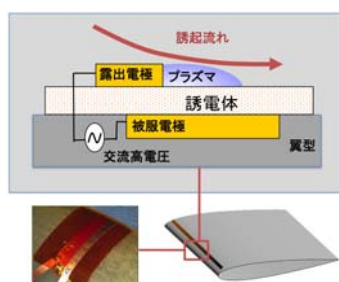


図1 DBD プラズマアクチュエータ

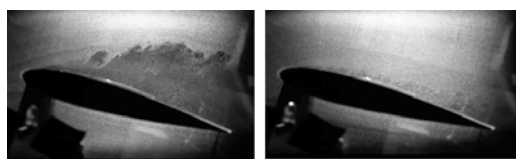


図2 DBD プラズマアクチュエータによる翼失速制御
(左: 制御なし, 右: 制御あり)

12 月には機械学会流体工学部門に「プラズマアクチュエータ研究会」(主査: 瀬川武彦) が設置された。その後, 同研究会が主体となり, 毎年プラズマアクチュエータシンポジウムを開催, 多くの企業会員を含め 50 名以上が参加する会議に成長した。

多くの研究者がこの技術に興味を持ちさまざまな研究活動が進んでいた中, 多数の課題も明らかになってきた。研究課題代表者は, その中でも下記の 3 つが重要な課題と考えた。

第 1 に, 世界的に見てもほとんどの研究が実証的である。結果, どのような流れ構造の変化が流れの制御機能を生んでいるのかが明らかにされておらず, バースト周波数など実際に利用する際のデバイス設定パラメータに関するガイドラインが存在しなかった。

第 2 に, 10^5 程度のレイノルズ数 (10cm 程度の形状スケール, 10m/sec 程度の気流条件) での有効性は明らかにされていたが, より高い気流速度, より大きなスケールでの有効性については不確定な状況であった。第 3 に, 研究のほとんどが大規模なはく離流れの制御を目的としたものであった。大規模な流れのはく離が制御できること自体には十分な意義がある。しかし, 同技術を真に実用に供するには, 具体的な利用場面を想定して応用対象とする機器の現状性能との比較においてプラズマアクチュエータの優位性を示す必要があった。

以上のように, 学術的な疑問への回答と産業実利用に向けた課題解決の必要性が本研究提案の背景となっている。

なお, 申請者は研究代表として, 京コンピュータを利用した文部科学省次世代スーパーコンピュータ戦略アプリケーションプログラム (以下, 戦略プログラム), 分野 4 「次世代ものづくり」の中の 1 課題「輸送機器・流体機器の流体制御による革新的効率化・低騒音化に関する研究開発」(H23-H27) を担当してきた。本研究の開始年度はこのプロジェクトの最終年度にあたる。このことを踏まえ, 本研究課題の役割分担を明確にしつつ, 両者の研究の相乗効果を狙った。具体的には, 当科学研究費補助金では, 風洞実験および基礎的な数値シミュレーションを, 最終年度にあたる戦略プログラムでは超大規模数値シミュレーションと産業展開に向けた活動を進めた。計算手法の開発, 他の制御方法との比較, 現象理解の背景情報, 得られる知見やシミュレーションの信頼性評価などは双方共通の成果とした。結果, 研究業績のいくつかは両者の成果がともに含まれることを付記しておく。

2. 研究の目的

第 1 項に記載した状況を踏まえて, 本研究課題の目的を以下の 2 つとした。

目標 1: より幅広い流れ条件・より複雑な流れ条件への対応 (失速後)

(A) 現状より厳しい条件化での性能発揮, (B) 動的な環境下での性能発揮

目標2：巡航状態で既存の翼型を越える性能発揮（巡航・定格状態）

目標1（A）については、第1に実験可能な範囲で幅広い速度と大きさスケールに対応できることを示す。航空機の着陸速度マージンの低減化をイメージし、失速角後の幅広い迎角範囲で一定の揚力が確保できることを検証する。目標1（B）については、ヘリコプターロータや風車をイメージし、気流条件や姿勢が動的に変化する状況下でヒステリシス効果や動的な制御効果を評価する。目標2の巡航（定格）条件については、航空機の巡航状態において現在利用されている翼よりも高い性能（揚抗比）が出せることを実証する。このことは、航空機への応用だけでなく、定格条件下で「翼型」を利用するファンなどの流体機器における利用促進にもつながる。あわせて、現象理解に基づいて一定性能確保を保証するDBDプラズマアクチュエータの最適な動作パラメータ設定のガイダンス確立を目指す。

3. 研究の方法

これらの条件下における制御能力の向上と目標達成への手段として、（1）条件に応じた適切なパラメータ設定の知見獲得と（2）翼面非定常圧力センサーによるフィードバックループ利用を考える。研究申請時には、複数アクチュエータの利用も研究対象とし、実際にも一部数値シミュレーションは実施し、制御効果の改善は確認できたが[国内学会発表30, 共通]、複数の電源システムを必要とすることなど現実的な課題が残されたため、数値シミュレーションの実施にとどめた（なお、当該研究代表者らのグループのその後の研究により小型の電源利用の可能性が確認され、本報告書の提出時点では当時より容易に複数アクチュエータを研究対象に加えることが可能となっている）。

（1）については、上記の戦略プログラム（H27年度に終了）と連携することで、大規模シミュレーションに基づきプラズマアクチュエータの利用ガイダンスの明確化を図る。その結果を吟味し、小型風洞による実験によりこのガイダンスの正当性を確認する。また、より幅広い条件下での評価を目的とし、大型風洞を利用することで、コード長や主流速度を増やした実験を行い、DBDプラズマアクチュエータの有する大規模剥離制御効果を確認する。さらに、複数の風洞を利用した試験と高解像度のLarge Eddy Simulation (LES) 数値シミュレーションの両面から、実際の利用場面を想定した（1）失速迎角後の揚力維持と（2）巡航（定格）状態での高い揚抗比確保の2つを実現する。

（2）については、ピッチング運動する2次元翼を対象とした簡単なフィードバック制御の利用実験とシミュレーションを実施、流れ条件に応じて複数アクチュエータをオンオフにすることで、これまで以上に幅広い流れ

条件に対応する可能性を検討する。

以上の2つの研究方法により、実利用下にある小スケールの航空機翼や流体機器に対するDBDプラズマアクチュエータの優位性を示し、本技術が真に産業利用に供せるポテンシャルを有することを実証する。

4. 研究成果

以下に各年度の研究成果を示す。研究の目的に記したように、京を利用した戦略プログラムとの相乗効果を狙った研究の進め方をした。その結果、実験のみによる成果など明確に成果の帰属を区別できるものがある一方で、区別せずに双方の成果とすべきものも多い。本項目の記述では、各セクションの終わりに括弧付きで、本課題、共通という記載を加えることで成果の帰属を示すことにする。戦略プログラムは平成27年度で終了したが、前年度までの成果も含めた論文では、平成28年度、29年度でも共通と記載するものがある。なお、限られたスペースのため成果論文すべてを本報告に記載できなかった。そのため、本文中の論文番号は項目5に記すウェブサイト上の論文番号となっている。

（1）各年度の成果

（27年度）

まずは実験と数値解析を並行して実施した。小型風洞を用いた低レイノルズ数実験では、さまざまなパラメータのもとでこれまで得てきた知見の有効性を確認した。図3に示すように、取得実験データにデータマイニング技術を適用した結果、翼後縁圧力と揚抗比に強い相関があること、翼前縁圧力と揚力に強い相関があることが明らかとなった[国内学会発表14, 本課題]。また、画角を拡大したPIVを実施することで、層流剥離泡の大きさ、せん断層の厚さといった情報を明らかにできた[国際会議等学会発表8, 15, 国内学会発表17, 本課題]。連続駆動の条件を除きCFDとほぼ同じ流れ場構造が実験でも観察されたが、連続駆動の条件に関しては、CFDよりも多少の効果の違いや乱流遷移の位置の異なりが観測されている。次年度以降に実施予定の幅広いレイノルズ数での翼周り流体制御の試験への準備は順調に進んだ。

CFDに関しては、2次元シミュレーションを利用して、フィードバック制御パラメータの詳細を議論した[国際会議等学会発表14, 国内学会発表18, 本課題]。また、巡行時を対象とした制御シミュレーションを実施し、抵抗低減による翼の揚抗比改善が確認でき、この技術が失速制御だけでなく、幅広い流れ条件に有効であることを実証した[雑誌論文番号1, 18, 国際会議等学会発表1, 17, 22, 国内学会発表29など, 共通]。ただ、乱流遷移の遅延化、2次元的な渦構造の維持など新たな面も発見され、新たな議論対象が生まれた。また、風車など回転機器への適用に向けて動的失速の制御シミュレーションを実施し

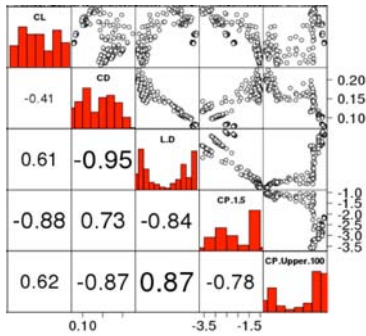


図3 分布図行列:各パラメータ(前縁付近, 後縁Cpと制御効果(揚力, 抗力))

た[雑誌論文番号9, 国際会議等学会発表6, 23, 31, 国内学会発表23など, 共通]. 通常20%程度のスパン長で周期条件を与えるが, 2次元翼が前縁からの大規模剥離を生ずる場合にはこれではスパン方向の効果が正しく評価されず, コード長程度のスパン領域が必要であることがはじめて示された[国際会議等学会発表24, 国内学会発表15など, 共通]. コード長を十分にとることで実験結果がよく再現できる.

プラズマアクチュエータとシンセティックジェットの流れ制御効果をシミュレーションで比較し, 限られた条件ではあるが, 定性的には同じメカニズムを利用していることを明らかにした[国内学会発表22など, 共通].

(28年度)

スケール効果を評価する実験は, 企業の協力で本年7月に実施することができた. 結果, 小型風洞や小スケールで得られていた知見が, 模型スケールで2倍, 速度スケールで8倍までの領域(レイノルズ数で言うと 10^5 程度で得られた知見が 10^6 位まで)でもほぼ有効であることが確認できた. 図4に実験結果の例を示す. さらに年明けに別企業の協力で確認試験を実施し, こちらもほぼ同様の結果を得ることができた[雑誌論文番号1, 国際会議等学会発表12など, 本課題].

小型風洞を利用した実験では, 前縁剥離泡付近の詳細PIV計測を開始した. 世界的に見てもこれまでにない詳細な計測で, 次年度も継続して試験を実施している. なお, 初期の成果は, 米国航空宇宙学会および日韓機械学会熱流体工学会議などで発表した[国際会議等学会発表8, 15, 国内学会発表17など, 本課題].

また, 閉ループによるフィードバック制御実験を開始, スレッシュホールドとなる変動幅の影響など前年度の2次元数値シミュレーションと同様な結果が得られた[国際会議等学会発表14, 国内学会発表18, 25など, 本課題]. 次年度に詳細な解析を継続するとともにより効果的な制御手法を検討することとした.

続いて, 数値シミュレーション関連の成果について記す. 巡行時を対象とした制御シミュレーションの結果を引き続き分析した結果,

このレイノルズ数域では翼面状に並ぶ2次元渦が流れを物体面付近に維持する作用に寄与している可能性があること, 層流剥離渦と呼ばれる典型的な前縁付近の流れ構造において3次元的な乱れ成分よりもこの2次元渦の作用が再付着現象により重要である可能性など既存の理解以上の情報を提供する結果が見えてきた[雑誌論文番号1, 国際会議等学会発表22, 国内学会発表11, 21など, 共通].

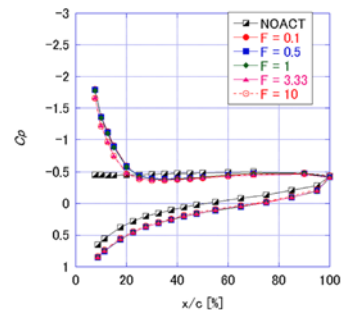
フィードバック制御に関しては新たな制御方法を提案した. これによって課題であった閾値の影響などを取り除くことができ, 流れ条件が変化する状況下でのアクチュエータ利用のロバスト性の向上に寄与できた[国際会議等学会発表4, 国内学会発表5, 9, 12など, 本課題].

なお, JAXA宇宙科学研究所野々村拓助教が東北大学に異動となり, 本研究課題の分担者の継続が困難になったため, 年度途中で研究分担者から外れることになった.

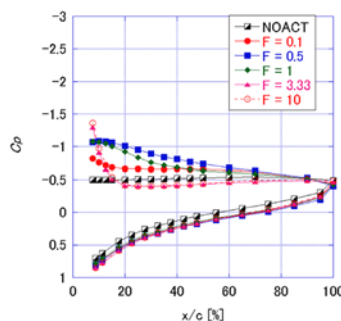
(29年度)

最終年度として, 当初の目標のうち残されていたフィードバック制御課題の数値シミュレーションと実験, ピッチング翼の実験(数値シミュレーションはすでに実施済み)を中心に研究を進めた.

フィードバック制御は試験の制限や計算負



(a) $\alpha=20.0^\circ$, BR=0.1



(b) $\alpha=22.0^\circ$, BR=0.1

図4 高レイノルズ数条件下での制御効果の例(実験)

NACA0015翼, $Re=7.6 \times 10^5$, PA設置5%コード位置, $V_{pp} = 9$ kV

荷から複数の固定迎角での実施とした[国際会議等学会発表 5, 国内学会発表 25 など, 本課題]. 具体的には LES 手法を利用した数値シミュレーションと小型風洞での実験により翼面上一点での圧力およびその変動をセンシングデータとしたフィードバック制御を試みた. 数値シミュレーション面では, これまでの研究で明らかにしてきた各迎角において適切なアクチュエータ設定パラメータが自動的に生成されることが明らかとなった[国際会議等学会発表 14 など, 本課題]. また, センサーデータ制御をオンにする閾値を予め設定する必要がない動的な情報に基づく自動パラメータ設定の手法を新たに開発し, 制御性能を向上させた[国際会議等学会発表 4, 国内学会発表 2, 5, 9 など, 本課題]. 図 5 にシミュレーション結果の一例を示す. コード長 40%位置に圧力センサを一点設け, その出力を利用して前縁付近にあるアクチュエータの ON/OFF を切り替える. 下図はセンサー入力データとアクチュエータの ON/OFF 状態を示すものである. 図 6 は, この手法を利用して得られた揚抗比(L/D)を, アクチュエータオフの場合の結果, 一定値でのバースト波制御の結果, 固定閾値を利用した場合の結果と比べたものである. より高い揚抗比が実現できていることがわかる. 実験面では, ディープラーニングの手法を用いて自ら試行データをもとに最適なアクチュエータ設定パラメータを導出する手法を開発した[2018年 AIAA Aviation 会議にて発表予定, 国際会議等学会発表 13 など, 本課題].

ピッチング翼については, その後の数値シミュレーション成果, 実験の成果を, それぞれ米国航空宇宙学会 Scitech シンポジウムにおいて発表した. 一連の運動において, ピッチング運動の中でそれぞれのピッチ角における有効迎角を対象とした(固定迎角に対する)最適アクチュエータ設定パラメータの利用が有効となることが明らかとなった[国際会議等学会発表 5, 本課題]. 限られた設定条件での成果なので, 時間遅れやセンサーを利用した最適制御などは今後の課題として継続して研究を進めていく.

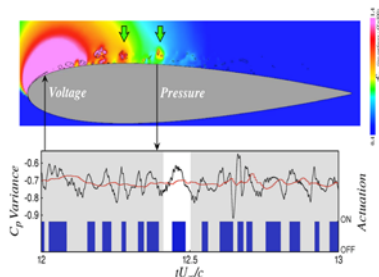


図 5 動的な情報に基づくフィードバック制御(CFD)
上図:流れ場の様子
下図:センサーCp 変動と PA 稼働の時間変化

最終的に, これまで実施してきた多数の実験と数値シミュレーション結果に基づき, プラズマアクチュエータを流れ制御に利用する際のデバイスパラメータ設定のガイダンスを明確にすることができた[雑誌論文番号 1, 18, 国際会議等学会発表 2, 17, 国内学会発表 6 など, 共通].

(2) 研究成果の総括

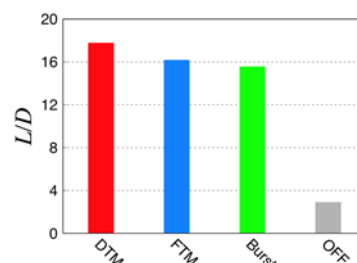


図 6 フィードバックの効果:空力特性の比較
DTM:動的制御, TTM:固定閾値制御,
Burst:バースト波制御, OFF:制御なし

第 2 項に示したように, 本研究課題の目的は以下である.

目標 1: より幅広い流れ条件・より複雑な流れ条件への対応 (失速後)

(A) 現状より厳しい条件化での性能発揮, (B) 動的な環境下での性能発揮

目標 2: 巡航状態で既存の翼型を越える性能発揮 (巡航・定格状態)

目標 1 (A) に関しては, 幅広い流れ条件での実験を実施し, 速度で 80m/sec 程度まで, 大きさをこれまでの 2 倍(コード長 20cm)程度, レイノルズ数にして 10^6 程度までは通常のスパン方向に設置するプラズマアクチュエータが大規模な離れ流れに対する制御に有効であることを示すことができた. 得られた知見は, 現在共同研究が進んでいる自動車形状への適用などに有効なデータを提供している. また, 翼面一点のセンサー情報を用いたフィードバックループにより, これまでより効果的な制御が可能であることを示すことができた. 前縁付近の大規模な離れが収まっていく非定常な時空間変化に集中した PIV による実験計測についてはいくつかの発表など一定の成果が出ているが, さらなる工夫を施すこと, CFD との時系列比較などによってより効果的な制御方式を模索する研究を継続実施している. ここで取得できた計測データと LES による数値シミュレーション結果の分析に基づき, 効果的な設置位置を同定, 現在進めている小型電源の複数利用によって複数センサーを利用したより効果的な制御手法の発見につなげていく予定である.

目標 1 (B) に関しては, ピッチング翼の小型風洞試験と大規模数値シミュレーションにより, 想定される無次元周波数の領域ではおおよそそれぞれの瞬間における実質迎角に対応する定常流れに対する最適なパラメータを利用

した制御で十分なことが明らかとなった。

目標 2 に関しては、厚い単純翼にプラズマアクチュエータを設置することで、優れた翼よりも高い揚抗比を得られることを明らかにできた。境界層制御という観点でのプラズマアクチュエータ利用の研究は存在するが、巡航や定格状態でのプラズマアクチュエータによる離現象制御効果は過去にない研究成果である。対象としたレイノルズ数領域では一般に翼前縁付近に剥離泡が存在する。プラズマアクチュエータの動作によって剥離泡の特性が変化することによって主に抵抗が低減することが示された。プラズマアクチュエータは大迎角はく離のときのように乱れを導入することで乱流遷移を促進するのではなく、むしろ 2 次元的なスパン方向渦によって層流域を後縁付近まで拡大することで抵抗を低減させている。この作用は、あたかも流れの様子を優れた特性を持つ翼のそれに近づけているようであることも可視化結果によって示された。新たな現象が見えてきたことから、さらなる研究の必要性が生まれている。なお、依頼があったこともあり、3 年間の主たる研究成果を中心としたこれまでの研究成果をまとめて Review 記事として公表した。国内向けには日本流体力学会誌「ながれ」に、英文誌としては Applied Science 誌がそれぞれ本研究成果の総括となっている [雑誌論文番号 1, 18, 共通]。

5. 主な発表論文等

(註: 全論文, 全学会発表などのリストは以下のサイトに掲載)

<https://ftlab.ms.kagu.tus.ac.jp/owncloud/index.php/s/QRBiPtgkUwAxsG>

[雑誌論文] (計 22 件: 主要な 5 件のみ掲載)

1. K. Fujii, *Applied Science*, 8 (4), 546, April 2018, 査読有; DOI: 10.3390/app8040546.
2. 藤井孝藏, 日本流体力学会誌「ながれ」, Vol. 36, pp. 349-358, 2017, 査読有
3. S. Sekimoto, T. Nonomura, and K. Fujii, *AIAA Journal*, Vol. 55, No. 4, pp. 1385-1392, April 2017, 査読有; DOI: 10.2514/1.J054678
4. K. Fujii, *Advances in computation, modeling and control of transitional and turbulent flows*, Ed. by Sengupta, T., Lele, S. K. and Davidson, P. A., World Scientific, Nov. 2015, 査読有; DOI: 10.1142/9789814635165_0014.
5. M. Sato, H. Aono, A. Yakeno, T. Nonomura, K. Fujii, K. Okada, and K. Asada, *AIAA Journal*, Vol. 53, No. 9, pp. 2544-2559, 2015, 査読有; DOI: 10.2514/1.J.053700

[学会発表] (計 67 件, 基調講演, 招待講演のみ掲載)

6. K. Fujii, "Some Issues from Large-Scale High-Fidelity Simulations for Efficient Flow Control", US-Japan Workshop on Bridging Fluid Mechanics and Data Science, Tokyo, Japan, Mar. 2018 【招待講演】
7. K. Fujii, "Three flow structures behind flow control authority of DBD-PA: What we learned from high-fidelity simulations and related experiments", European Mechanics Society, Delft, The Netherlands, Mar. 2018

【基調講演】

8. 藤井孝藏, "流れを自在に操る技術を目指してーCFD と EFD の協調が生み出すものー", 第 2 回風と流れのプラットフォームシンポジウム, 東京, 2018 年 1 月 【特別講演】
9. 藤井孝藏, "プラズマアクチュエータ: 大規模流れ制御の可能性を拓く小型デバイス" 日本流体力学会年会講演会 2017, 東京, 2017 年 8 月 【基調講演】
10. 藤井孝藏, 浅田健吾, "低レイノルズ数流れに対する CFD 研究の現状と将来", 日本航空宇宙学会年会講演会, 東京, 2017 年 4 月 【招待講演】
11. 藤井孝藏, "CFD が創る「流れを自在に操る技術」" 日本機械学会関東支部講演会, WS「熱流体力学工学研究の最前線」, 東京, 2017 年 3 月 【招待講演】
12. K. Fujii, "Large-Scale LES Simulations Analysis Required in Real Industrial Applications Aero-Acoustics and Flow Separation Control as Two Representative Examples," 1st TILDA Symposium & Workshop on Industrial LES & DNS, Toulouse, France, Nov. 2016. 【基調講演】
13. 藤井孝藏, "流れを操るプラズマアクチュエーター流体機器・輸送技術の革新を目指してー" 第 31 回塗料・塗装研究発表会, 日本塗装技術協会, 2016/3. 【基調講演】
14. 藤井孝藏, "小型空力制御デバイス「プラズマアクチュエータ」ー空力設計のパラダイムシフト実現へー" 公益財団法人計算科学振興財団 第 8 回トップセミナー, 2016/1 【基調講演】
15. 藤井孝藏, "小型空力制御デバイス「プラズマアクチュエータ」ー空力設計のパラダイムシフト実現へー" 第 88 回栃木航空宇宙懇談会月例研修会, 2015/12 【基調講演】
16. K. Fujii, "Large-scale LES simulations on K computer for the flow separation control toward aerodynamic design innovation," 27th International Conference on Parallel Computational Fluid Dynamics, Montreal, Canada, 2015/5. 【基調講演】
17. 藤井孝藏, "HPCI が創る「流れ」の新展開," 国立研究開発法人海洋研究開発機構主催シンポジウム, 2015/5 【招待講演】

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
藤井 孝藏 (FUJII KOZO)
東京理科大学工学部情報工学科・教授
研究者番号: 50209003
野々村 拓 (NONOMURA TAKU) (H28 年度 7 月まで)
宇宙科学研究所・助教 (平成 28 年 1 月東北大学工学系研究科航空宇宙工学専攻に転出)
研究者番号: 60547967
安養寺正之 (ANYOUJI MASAYUKI)
九州大学・九州大学大学院総合理工学府環境エネルギー工学専攻・准教授
研究者番号: 70611680
関本諭志 (SEKIMOTO SATOSHI) (H28 年度 4 月より)
東京理科大学・ポストドクトラル研究員 (工学部情報工学科所属)
研究者番号: 50783817
- (2) 連携研究者
西田浩之 (NISHIDA HIROYUKI)
東京農工大学・工学系研究科・准教授
研究者番号: 60545945
瀬川武彦 (SEGAWA TAKEHIKO)
独立行政法人・産業技術総合研究所・エネルギー技術研究部門・主任研究員
研究者番号: 50357315