

令和元年6月24日現在

機関番号：56203

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00991

研究課題名（和文）コンピテントエンジニア育成志向の先端実験流体力学研究の実践と広域工学教育への適用

研究課題名（英文）Practice on advanced fluid mechanical experiments and its application to extensive engineering education for developing competent engineers

研究代表者

上代 良文（Jodai, Yoshifumi）

香川高等専門学校・機械工学科・准教授

研究者番号：10321499

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、先端実験流体力学研究の実践とその広域工学教育への適用に取り組んだ。すなわち、流体力学研究を進展させつつ、一般国民・工学系学生・設計技術者・および開発研究者を対象に、流体力学を題材とした多様な工学教育・広報活動を実践した。

先端実験流体力学研究では、流れの抵抗低減のための平板乱流後流の受動および能動制御等について実施した。広域工学教育への適用では、高校生以上を対象とした風力発電の本（電気書院）の出版を始め、一般を対象とした科学イベントに加えて、企業技術者や他高専学生を対象とした出前授業等を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

先進的な流れの抵抗低減の研究は、産業・社会基盤の心臓部ともいえるべき各種エネルギー・プラント・輸送系流体機械の設計技術の革新に寄与することから、工学的意義が大きい。また、これらの先端研究成果の広域工学教育への適用は、国民理解の促進と技術者教育の観点から社会要請に応えるものである。

研究成果の概要（英文）：Practice on advanced fluid mechanical experiments and its application to extensive engineering education for developing competent engineers were conducted. Wind tunnel experiments have been made on flow past a long flat plate with passive control and active control. A book on Wind Power Generation was published with Denkishoin Co., Ltd. Scientific events on fluid flow for public as well as outreach seminars on fluid mechanics for engineers and students were also conducted.

研究分野：流体工学

キーワード：工学教育 流体力学

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

我が国の産業競争力の長期低落傾向と科学技術に対する国民の理解が必ずしも得られていないことが指摘されている。これらは流体力学研究の促進とその国民理解ならびに世代・地域を超えた工学教育構造の構築によって大きく改善されるものであると考えている。

研究代表者は流体力学研究に風洞実験手法で取り組んでおり、流れ内の長い平板後縁に、短い流路分割板を設置することで、後縁近傍境界層の「速度超過現象」が抑制できることを報告した (Jodai *et al.*, Trans. ASME 2008)。この成果は、たとえば高速輸送機やターボ機械のように流体中を運動する細長物体の抵抗低減や産業プラント機器内の乱流混合促進に直結する。一方で研究代表者は、一般の方に身のまわりのものを使って、理科や流体工学の魅力を知ってもらうための活動や企業技術者や他大学学生を対象とした教育活動にも取り組んできた。

本報告では、これらを一層推し進め、研究と教育の相乗効果を目指した取り組みについて整理する。

### 2. 研究の目的

前述の、研究推進と教育構造構築を、先端実験流体力学研究の実践と広域工学教育への適用の融合から実現しようとするのが本研究の目的である。その中核が、多様な工学課題に能動的・協働的に対応し得るエンジニアの育成（コンピテントエンジニアの育成と名づける）である。

### 3. 研究の方法

先端実験流体力学研究の実践として、流れの抵抗低減のための平板乱流後流の受動および能動制御を行う。広域工学教育への適用として、最新の流体力学研究の知見を工学系学生や設計技術者のみならず一般国民にもわかりやすく伝えるための専門書の執筆、出前授業、科学教室の開講を行う。

### 4. 研究成果

(1) 実験流体力学研究として、長い測定平板の後縁に設置した波状分割板またはプラズマアクチュエータが乱流後流の発達に及ぼす影響を実験的に明らかにした。前者は能動制御であり（[学会発表] ②、⑤）、後者は受動制御である（[学会発表] ③、⑥）。長平板後縁への波状分割板の設置または長平板後縁のプラズマアクチュエータの稼動によって、後流の速度欠損が回復し、後流幅が減少することが示された。

図1は長平板背後の圧力の時系列データから算出したパワースペクトル密度（P.S.D.）分布である（[学会発表] ②）。これから求まる卓越した放出渦のストローハル数は、変動速度計測に基づく結果と一致した。スパン方向（ $z$ 方向）、壁垂直方向（ $y$ 方向）に異なる3点の卓越周波数は一致した。なお、図1のP.S.D.はスパン中心での138 Hzにおけるピーク値で規格化されており、後流中心から $y$ 方向に5 mm離れた2点でのP.S.D.値が大きいことが分かる。

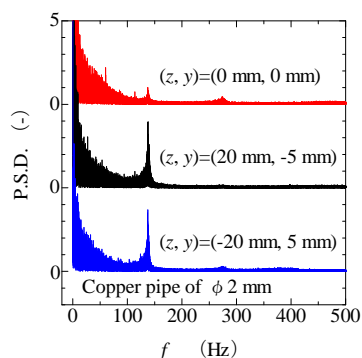


図1 長平板の変動背圧のパワースペクトル密度分布

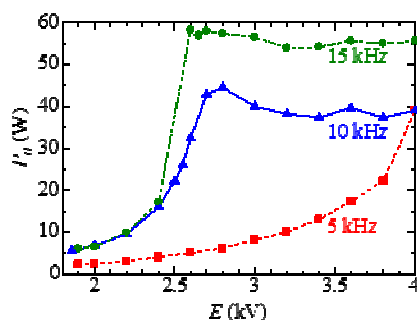


図2 印加電圧に対する消費電力の印加周波数依存性

図2はプラズマアクチュエータの消費電力  $P_a$  の実測値を、印加電圧  $E$  に対して示したものであり、印加周波数依存性も示している（〔学会発表〕③、⑥）。なお、時間積分には台形公式を用い、周期で除すことにより消費電力（時間平均電力）を算出した。この結果から、印加電圧または印加周波数が高くなるほど消費電力が大きくなる傾向が示された。印加周波数 10 kHz の場合に、長平板周りの流れの抵抗が低減することが、後流の速度分布測定によって示された。

長平板の実験結果を参考にして、細長い滑らかな自動車モデルにおける圧力抗力と摩擦抗力の寄与について文献に報告した（〔雑誌論文〕①、〔学会発表〕④）。

(2) 広域工学教育として、高校生以上の一般を対象とした風力発電の本を出版した（図3、〔図書〕①）。国内外の優れた文献、写真、ホームページあるいは最新的话题を、読者自身が確認できるように、文献の詳細な記載に、特に力を注いだ。本書には、著者自身が風力発電の現場に足を運んで得た情報のほか、内外の各種機関や専門家から直接入手した貴重な最新情報がふんだんに含まれている。なお、研究代表者は近年、流体力学や風車を教材とした工学教育にも力を注いでおり、香川高等専門学校における風車を活用した教育についても同著に記載した。

研究代表者は、香川高等専門学校および香川大学での流体力学の講義において、これまでに執筆した教科書と独自に開発した卓上デモ実験教材とを用いた授業を実施した。その際に、流体力学における最新の研究動向と後述の科学イベントにおける一般からの反応を踏まえた具体的な解説を心がけた。重工業の設計技術者を対象とした出前授業（2016/6/23）では、企業側の流体力学に関するニーズを知り、学校での講義にフィードバックした。また、熊本高等専門学校機械知能システム工学科4年生を対象に流体力学の出前授業（図4、2018/10/24）を実施した。

研究代表者は、子供向けの流れに関する科学工作イベントを実施する中で、子供よりもむしろ大人が、流れの力学の論理に強い関心を示すことに気づいていた。実際、日本機械学会流体工学部門主催の科学イベント「流れのふしぎ展」（〔科学イベント〕①、③）では、小中高の教員、科学ボランティア、教職学生などを対象とした研修会が用意されているが、地方の研究者による同様の取組みは多くはない。そこで、よくある子供のみを対象とした科学イベントではなく、大人が積極的に関わることができるような科学イベント（〔科学イベント〕②、④、⑤）を企画・運営した。そのイベントを手伝った学生は、一般市民からの質問に自身で答えるか、研究代表者の回答を聞くことによって、学校での流体力学の理解の幅が広がったように思う。以上のような、先端研究と広域教育の相乗効果の狙いに関して、他の高等専門学校の流体工学を研究する教員を対象に、香川高等専門学校における取り組み例を報告した〔学会発表〕①。

熊本高等専門学校田中禎一教授には、出前授業を受け入れていただいた。神奈川工科大学石綿良三教授には、〔科学イベント〕④、⑤の工作指導および講演をしていただいた。記して謝意を表す。



図3 著書「風力発電の本」



図4 出前授業の様子

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計1件)

- ① 上代 良文、他2名、燃費競技車両周りの流れと抗力に及ぼす最低地上高の影響、設計工学、査読有、accepted  
DOI: 10.14953/jjsde.2019.2846

### 〔学会発表〕(計6件)

- ① 上代 良文、香川高専における流体力学にかかわる教育と研究、平成28年度全国高専フォーラム、講演前刷、2ページ、2016.8.25(岡山大学、岡山)
- ② 上代 良文、一宮 昌司、長平板背後のはく離流れの計測と可視化、日本機械学会中四国支部第56期総会・講演会、講演前刷、2ページ、2018.3.7(徳島大学、徳島)
- ③ 上代 良文、漆原 史朗、後流制御用プラズマアクチュエータの放電および誘起噴流特性、第20回日本流体力学会中四国・九州支部支部講演会、講演前刷、pp. 講演 No. 12-1~12-2、2017.11.25-26(コンパルホール、大分)
- ④ 大塚 滉也、木原 茂文、上代 良文、高橋 洋一、燃費競技車両の抗力に及ぼす最低地上高の影響、第21回日本流体力学会中四国・九州支部支部講演会、講演前刷、pp. 講演 No. 14-1~14-3、2018.6.2-3(岡山理科大学、岡山)
- ⑤ 上代 良文、波状分割板が平板乱流後流に与える影響、第8回流体研究会、講演前刷、pp. 講演 No. 6-1~6-2、2018.8.5(二葉公民館、広島)
- ⑥ 上代 良文、漆原 史朗、DBD プラズマアクチュエータによる長平板の後流制御と消費電力、日本機械学会第96期流体力学部門講演会、講演論文集、講演番号 OS5-7、4ページ、2018.11.29-30(蓬莱殿、室蘭)

### 〔図書〕(計1件)

- ① 箕田 充志、原 豊、上代 良文、スッキリ!がってん!風力発電の本、153ページ、電気書院、2018.8.27発行  
ISBN: 978-4-485-60034-4

### 〔その他〕

ホームページ等

<http://www.kagawa-nct.ac.jp/faculty/jodai/index.html>

### 〔科学イベント〕(計5件)

- ① 第22回流れのふしぎ展、スタッフ・報告書執筆、2016.8.11-12(日本科学未来館、東京)  
報告書: <http://www.jsme-fed.org/contests/Nagare-Fushigi2016/index.html>
- ② 大人と楽しむ「流れをつかった科学工作」、企画・運営、2017.4.29(高松ミライエ、香川)
- ③ 第23回流れのふしぎ展、スタッフ、2017.8.17-18(日本科学未来館、東京)
- ④ 大人と楽しむ、流れの工作教室 ~流れの工作と実験名人の講演~、企画・運営、2017.8.26-27(高松ミライエ、香川)
- ⑤ 流れのふしぎな世界 ~実験ショーと工作教室~、企画・運営、2018.11.17(高松ミライエ、香川)