
Proceedings of Tokai University
Research Institute of Science and Technology

東海大学紀要

総合科学技術研究所

2019 Vol.39



RIST

Research Institute of Science and Technology

東海大学 紀要 総合科学技術研究所

Proceedings of Tokai University
Research Institute of Science and Technology

2019 Vol. 39



Research Institute of Science and Technology

目次—CONTENTS—

■総合科学研究所 所長挨拶	1
■2019年度総合科学技術研究所 活動記録	2
■総合科学技術研究所協賛シンポジウム 「東海大学 - チェコ 水素エネルギー国際交流シンポジウム - 水素エネルギー技術の将来性と社会との調和 -」	3
■総合科学技術研究所協賛シンポジウム 「デンマーク工科大学・東海大学共同シンポジウム ～エネルギーと環境～持続可能な社会の実現に向けて～」	7
■総合科学技術研究所 2019年度第1回シンポジウム 「流体力学に関するトピックス」	13
■2018年度プロジェクト研究 (総合研究機構プロジェクト研究分) 研究紹介	56

ご挨拶

東海大学総合科学技術研究所は 1948 年に設立された産業科学技術研究所を前身とする研究所であり、とくに環境・エネルギーの理工学系分野を中心に据えて、医・農・工・海の特徴ある分野の研究で主に以下のような研究プロジェクトを遂行しています。

- ・『研究の峰』から発生した研究グループを再編した特徴的な研究課題：
「『人と街と太陽が調和する』創・送エネルギーシステムの開発」
- ・国際連携の強化を目指した研究課題：
「プラズマの基礎と応用に関する研究」
- ・民間企業との連携強化による技術の社会実装を目指した研究課題：
「熱音響現象に関する研究」
- ・「組織」対「組織」の産学共同研究：
「メソ領域の流れ見える化共創コンソーシアム」
- ・本学の特徴を生かした地域連携研究の推進

今年は 2019 年 1 月から 2019 年 12 月までの研究所の活動概要を紀要としてまとめました。とくに 2019 年に当研究所が主催・共催しているシンポジウムにおいて、上記プロジェクトに関係する報告の概要をまとめた資料を中心に掲載いたしました。引き続き皆様のご支援をよろしくお願い致します。

総合科学技術研究所
所長 岩森 暁

2019年度 総合科学技術研究所 活動記録

チェコ共和国水素エネルギー視察団 × 東海大学
国際交流シンポジウム

Hydrogen energy inspection team for Czech Republic and Tokai University
International exchange symposium

- 水素エネルギー技術の将来性と社会との調和 -
Harmonizing the future of hydrogen energy

June 6, 2019 (Thu)
東海大学 湘南キャンパス
Techno Cube(19号館)2F
オープンマルチアトリエ
15:00 ~ 18:00 同時通訳有

チェコ共和国より、学術関係者およびスタートアップ企業が来日し、チェコ共和国内の水素エネルギーの状況を具体的な研究開発状況や製品の技術的発表が行われます。是非、この機会にチェコ共和国の水素エネルギーの情報収集にご参加いただくと共に、交流を深めて頂く絶好の機会となります。なお、シンポジウムの事前予約は不要です。奮ってご参加ください。
(シンポジウム終了後、懇親会を開催予定です)

主催：東海大学 総合科学技術研究所、チェコ共和国インベストメント、神奈川サイエンスパーク
協賛：日本エネルギー学会、日本化学工学会
問い合わせ先：総合科学技術研究所 0463-58-1211 (代表) 内線：5370

東海大学産学連携フェア
2019

From Innovation to Commercialization

2019年8月7日【水】13:00~18:30

会場：東海大学高輪キャンパス 東京都港区高輪 2-3-23
主催：東海大学 研究推進部 産官学連携センター
共催：東海大学 総合科学技術研究所

お問い合わせ
東海大学湘南キャンパス 産官学連携センター 産官学連携推進課
〒259-1282 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 TEL: 0463-59-4364
URL: <http://www.u-tokai.ac.jp/research/fair/2019/>

TOKAI UNIVERSITY

東海大学 × デンマーク工科大学
Joint Symposium

国際シンポジウム
エネルギーと環境
持続可能な環境へのスマートエネルギーシステムと技術

2019/11/7 (Thu) 15:20
Shonan Campus, Building No.17, 2F, 2F, 2F
17:00 ~ TV Conference デンマーク ↔ 東海大学

15:20 Welcome by Vice-Chancellor Inazu Toshiyuki
Ms. Senga Mariko (Ph.D. student, Graduate School of Science and Technology)
- Recent advances in Thermoacoustic Energy Recycling System at Tokai University
Prof. Sergey Kulnich
- Semiconductor Nanomaterials Prepared by Laser Processing in Liquid and Their Photocatalytic Performance

16:20 Break (40 minutes) (DTU-Tokai WEB conference transmission test)

17:00 Opening remarks
Vice-Chancellor Haruhisa Uchida, Tokai Univ., & Prof. Poul Erik Morthorst, DTU
Prof. Poul Erik Morthorst, Technical University of Denmark (DTU)
- Smart Energy Systems: An Introduction

17:05 Assoc. Prof. Koji Tomita, Tokai Univ.
- Anatase and Brookite TiO₂ Nanocrystals for Electron-Transport Layer of Perovskite Solar Cells

17:55 Prof. Azetsu Akihiko, Tokai Univ.
- Innovative flow visualization technique utilizing photochromic reaction and the application to engine tribology for energy saving

18:20 Senior Researcher Henrik Bindner, DTU
- Demand Side Flexibility for Integration of Variable Renewable Energy at System and Distribution Level

18:45 Prof. Kunio Okimura, Tokai Univ.
- Stoichiometric vanadium dioxide films with insulator-metal transition and their applications to engineering field

19:10 Closing Remarks:
Prof. Shigeru Yamaguchi, Tokai Univ.

主催：総合科学技術研究所
共催：グローバル推進室、ヨーロッパ学術センター

2019年度 第1回 東海大学総合科学技術研究所 シンポジウム

流体工学に関するトピックス
超音速飛行技術と衝撃波、流体燃焼、特殊流体

日時：2019年12月20日(金) 13:30~18:30
会場：東海大学湘南キャンパス 17号館2階ネクサスホール

総合科学技術研究所では「流れ」の現象に関するシンポジウムを開催しています。極超音速飛行技術の開発には極めて特殊な現象が伴い、衝撃波の現象解明など不可欠です。様々な「流れ」の現象の解明を科学的・工学的なアプローチで取り組む流体工学に関連する研究事例もポスターにて紹介いたします。

【基調講演：keynote speaker】
『Quantitative visualization in high-speed aerodynamics』
モスクワ大学 Dr. Ekaterina (Kate) Koroteeva

『宇宙飛行体周りの流れの可視化 - 高速・高温流れの可視化計測 -』
東北大学 流体科学研究所 永井大樹 教授

【口頭発表：oral session】
『点回折干渉計を利用した爆轟波面構造の構造解明』
航空宇宙学科 水書稔治 教授
『非平衡流・混相流への数値流体解析の応用』
動力機械工学科 高橋 俊 准教授

ポスター発表（流体工学に関する研究事例紹介）：Poster session
機械工学科 畔津昭彦・岡永博夫・落合成行・木村啓志・山田剛治・砂見雄太
動力機械工学科 高倉聖子・高橋俊・福島直哉・長谷川真也・山本理
航空宇宙学専攻 堀澤秀之・稲田嘉信・水書稔治・福田祐大・沼田大樹

情報交換会：ログハウス 17:00-18:30
主催：東海大学総合科学技術研究所 共催：研究推進部 後援：グローバル推進本部

水素エネルギー国際交流シンポジウム
- 水素エネルギー技術の将来性と社会との調和 -

【Program】

14:45-15:00 Opening remarks 山田 清志 東海大学学長

Special Honor Lecture

15:00-15:30 内田裕久東海大学特別栄誉教授

Key-Note Lecture

15:30-15:55 カリン・ステフリーク ジェシュ原子力研究センター研究プロジェクトマネージャー

15:55-16:20 マルティン・バイダル プラハ化学技術大学助教授

Spare Time (10min)

16:30-16:50 モハメッド シュルズ ミヤ 東海大学工学部動力機械工学科特定研究員

16:50-17:10 ユリイ・ヤコヴレヴ カレル大学 表面物理研究所

17:15-17:35 源馬 龍太 東海大学工学部材料科学科講師

17:35-17:55 アレシュ・ドウツェク ジェシュ原子力研究所

17:55-18:00 Closing 内田晴久 東海大学大学運営本部長

【講演者紹介】

内田 裕久

東海大学特別栄誉教授

株式会社ケイエスピー (KSP) 代表取締役社長

国際水素エネルギー協会 (IAHE) フェロー・副会長

カリン・ステフリーク

チェコ水素技術プラットフォーム (HYTEP) 理事長ジェ

シュ原子力研究センター

プロジェクトマネージャー

マルティン・バイダル

プラハ化学技術大学助教授

チェコ水素技術プラットフォーム理事

ユリイ・ヤコヴレヴ

カレル大学 表面物理研究所

博士研究員

アレシュ・ドウツェク

ジェシュ原子力研究所 研究員

源馬 龍太

東海大学 工学部 材料科学科

講師

モハメッド シュルズ ミヤ 東海大学

工学部 動力機械工学科 PD

【Introduction】

Hirohisa Uchida, Ph.D.

Tokai University, DISTINGUISHED PROFESSOR President and
CEO, KSP Inc.

International Association for Hydrogen Energy
(IAHE) Fellow, Deputy Chairman

Karin Stehlik

Czech Hydrogen Tecnology Platform, Director

UJV Rez, Research Project Manager, Ph.D.

Martin Paidar

Associate Professor at UCTP, Ph.D.

Czech Hydrogen Tecnology Platform, Board member

Yurii Yakovlev

Charles University, Dept. of Surface and Plasma Science

Postdoctoral Researcher, Ph.D.

Aleš Doucek

UJV Rez, Researcher

Ryota Genma

Tokai University

School of Engineering, Dept. of Materials Science Junior

Associate Professor

Mohamed Suruz Mian Ph.D.

Post Doctoral Fellow

Japan's Energy Policy and Current State of Hydrogen Energy

Prof. Dr. Hirohisa Uchida
Tokai University Distinguished Professor / President & CEO, KSP Inc.
Fellow & Vice President, International Association for Hydrogen Energy (IAHE)

Abstract

In this talk, the background of Japan's energy policy and then current state of hydrogen energy in Japan will be explained.

For Japan, which has neither natural resources nor energy sources, it is essential to secure the effective use of resource and diversity of energy. Considering global environment, the challenge of decarbonizing, the realization of SDGs must be incorporated into energy policy. In that case, cost reduction and strengthening of industrial competitiveness are the core of energy policy.

Japan experienced two serious environmental impacts. In the 60s to 70s, Japan's economic growth was rapid, however, Japan was suffered from the air and water pollutions by huge utilization of fossil fuel and by contaminated waste water from industries. On 11th March 2011, a huge earthquake and according tsunami attacked the eastern side of Japan. The tsunami destroyed the emergency cooling system of the Fukushima nuclear power stations of Tokyo Electric Power Company. This caused radioactive contaminations over a wide area in eastern Japan. Japan's energy policy was strongly affected by these two events. These events threatening our life accelerated the R&D of clean energy technologies in Japan.

The R&D of hydrogen energy and relevant technologies has been shifted from academic institutions to industrial sectors. As well known, fuel cell technology is applied to mobile and stationary use. NEDO is placing its effort to hydrogen power generation for which large amounts of hydrogen is needed. Ministry of the Environment (MOE) is active with the R&D of energy saving technologies, minimizing CO₂ emission and storage and control of renewable energy using hydrogen technology.

Our research group has been active in the storage and control of renewable energy using a hydrogen storage alloy as a MOE project. This new approach is growing to a commercial level.

Recent Research Interest: Thermoacoustics Device

¹Md. Suruz Mian, ¹Kazuto Kuzuu, and ¹Shinya Hasegawa
¹ Tokai University, Graduate School of Engineering, Department of Prime Mover Engineering
Kanagawa, Hiratsuka, Kitakaname 4-1-1, 259-1292, Japan

* E-mail: suruz@tsc.u-tokai.ac.jp

Keywords: Thermoacoustics device, Waste Heat, Renewable Energy

Abstract

Nowadays, waste heat from automobiles and industries is one of the biggest problems in the world. Recent years, a thermoacoustics device has been gaining a huge attention from all over the world due to the potential of waste heat recovery. When a temperature gradient in a bundle of narrow channels (hereafter, regenerator) exceeds the threshold value, the acoustic oscillation is produced or amplified in a regenerator. This is called a thermoacoustic phenomenon (Fig.1). Kamanari Shinji, the sacred ceremony at Kibitsu Jinja is known as an oldest reference for thermoacoustic phenomena in the world^[1]. In 1802, a successful scientific work was done by Higgins. He successfully produced acoustic oscillations from heat energy and converted them into sound waves by creating singing flame in a portion of hydrogen flame in a both end open tube^[2]. In 1850, Sondhauss found a monotone sound by supplying enough heat to the bulb. He found that this monotone frequency was dependent of the length of the tube^[3]. Then in 1859, Rijke replaced the flame to a hot wire mesh creating the Rijke tube, and the sound production was obtained when the wire mesh was located at $\frac{1}{4}$ of the pipe length^[4]. Then in 1877, Lord Rayleigh explained about oscillation in theoretically in his book^[5]. Rott established a linear theory in 1969, which is still the base of present thermoacoustics device modeling.^[6] In 1979, Ceperley proposed a looped type travelling wave thermoacoustic device with no piston^[7]. However, research for the practical application of thermoacoustic engine, was started from 1990s. Yazaki et al. realized a traveling wave thermoacoustic engine in a looped tube^[8]. Backhaus and Swift at the Los Alamos National Laboratory successfully build a high efficiency travelling wave thermoacoustic engine, which was constructed by a looped tube and a long resonator tube^[9]. Swift made a detailed thermodynamic explanation^[10]. After that, study on thermoacoustic device is actively studying by several research groups. We are also conducting research on the application of thermoacoustic engines^{[11], [12]}. The challenge on practical applications is that the conventional type of this device drives in more than 300°C to achieve a high efficiency. However, most of exhaust heat source is lower than 300°C. We attempting to develop a thermoacoustic device which can be able to operate under 300°C. Further study on low temperature driven thermoacoustic engine will introduce in presentation.

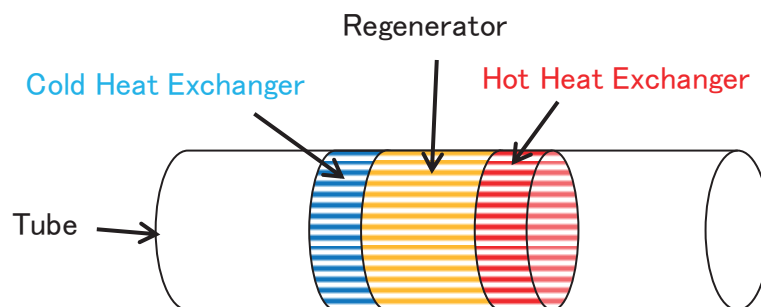


Fig. 1 Thermoacoustic Engine

Acknowledgement

This study was financially supported by the Advanced Low Carbon Technology Research and Development Program (ALCA) (Grant no. JPMJAL1305) of the Japan Science and Technology Agency.

References

- [1] Tamon in Nikki (1568).
- [2] B. Higgins, J. Nat. Phil. Chem. Arts, Vol. 129, p. 22 (1802).
- [3] K. Sondhauss, Ann. Phys., Vol. 155, pp. 1-34 (1850).
- [4] P. L. Rijke, Philos. Mag., Vol. 17, pp. 419-422 (1859).
- [5] B. Rayleigh, The Theory of Sound, MACMILLAN AND CO, London (1877).
- [6] N. Rott, Z. Angew. Math. Phys. Vol. 20, pp. 230-243 (1969).
- [7] P. H. Ceperley, J. Acoust. Soc. Am., Vol. 66, pp.1508 - 1513 (1979).
- [8] T. Yazaki et al. Phys. Rev. Lett., Vol. 81, pp 3128-3131 (1998).
- [9] S. Backhaus and G. W. Swift, Nature, Vol. 399, pp 335-338 (1999).
- [10] G. W. Swift, A unifying perspective for some engines and refrigerators, Melville: Acoustical Society of America, (2002).
- [11] S. Mariko and S. Hasegawa, J. Appl. Phys., Vol. 119, pp. 204906-1 - 204906-6 (2016).
- [12] E. M. Sharify and S. Hasegawa, Appl. Thermal Eng., Vol.113, pp.791-795 (2017).

CO₂ methanation over hydrogen storage alloys via mechanical milling

Ryota Gemma^{1*}, Kohei Yatagai¹, Yuto Shishido¹,
Haru-Hisa Uchida², Torben Boll³, Kazuya Oguri²

¹*Department of Materials Science, Tokai University, Kitakaname 4-1-1, Hiratsuka, 259-1292, Kanagawa, Japan*

²*Department of Human Development, Tokai University, Kitakaname 4-1-1, Hiratsuka, 259-1292, Kanagawa, Japan*

³*Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMF), Karlsruhe Institute of Technology, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, Germany*

*E-mail: Ryota.Gemma@tokai.ac.jp

Keywords: CO₂ methanation, Hydrogen Storage Alloys, Atom Probe Tomography

Abstract

In order to mitigate global warming, various approaches like CCS (carbon capture and sequestration) have been suggested to reduce CO₂ in the atmosphere. Conversion of CO₂ and H₂ into CH₄ is one of such approaches to store CO₂ as an environmentally friendly fuel. H₂ can be produced from water by excess electricity from renewable energy sources that cannot be fed into the electric power grid of a limited capacity. The CO₂ conversion process to CH₄ itself is known as the Sabatier reaction which occurs at elevated temperatures (300-400 °C) in the presence of a catalyst like Ni. For saving the energy to initiate the reaction and also to avoid de-activation of the catalyst surface, it is favorable to reduce the reaction temperature. For this, various catalysts have been suggested. Still, the minimum reaction temperature on engineering scale with stable operation reported so far lies around 200 °C with using Ni-Zr-Sm catalyst [1].

Recently, we have discovered that the CH₄ production occurs at moderate temperatures, when La-Ni based hydrogen storage alloy powders are mechanically ball-milled in a mixture CO₂ and H₂ gases for several hours [2]. It has been reported that a mechanical milling of La-Ni alloy in H₂ atmosphere often causes a disproportionation into nanostructured Ni and amorphous-like La-base phase [3]. Such segregated phases might be responsible for the methanation reaction and, thus, it is of interest to identify the phases in detail. However, SEM/EDX analysis of these powders obtained in our experiment did not show such phase segregation at μm-scale, except for some Fe, Cr and Ni, originating from the milling vial and balls, that are homogeneously distributed on the powders. Therefore, detailed investigations at even smaller scale are necessary to elucidate the origin of the superior catalytic effect of these samples with regard to their composition. Atom Probe Tomography (APT) is one of the strongest elemental analysis tools to this end.

In this contribution, our very first experimental results will be presented and a short introduction on the APT technique will be given.

[1] Hashimoto *et al.*, *Energ. Sustain. Soc.* 4 (2014) 17.

[2] Yatagai *et al.*, *under review*.

[3] Munehiro *et al.*, *J. Japan Inst. Metals* 63 (1999) 970-976.

Energy Seminar

“Smart Energy Systems and Technology for Sustainable Environment”

Date: 7 November 2019 (Thursday)

Preliminary Program in Japan (no video transmission)

[Japan-Time] [DK-Time]

15:20	07:20	Welcome by Vice-chancellor Inazu Toshiyuki
		Presentation#1 by Ms. Senga Mariko <i>Recent advances in Thermo-Acoustic Energy Recycling System at Tokai</i>
		Presentation#2 by Prof. Sergey Kulinich Semiconductor Nanomaterials Prepared by Laser Processing in Liquid and Their Photocatalytic Performance
		Break (40 minutes) (DTU-Tokai WEB conference transmission test)
16:20	08:20	<u>Joint-Program with video connection</u>
16:30-17:00	08:30-09:00	Registration [DK-side only]
17:00-17:05	09:00-09:05	Opening remarks Vice-chancellor Haruhisa Uchida, Tokai Univ., & Prof. Poul Erik Morthorst, DTU
17:05-17:30	09:05-09:30	Presentation #1: Prof. Poul Erik Morthorst, DTU (transmitted from DK) <i>Smart Energy Systems: An Introduction</i>
17:30-17:55	09:30-09:55	<u>Presentation #2: Assoc. Prof. Koji Tomita, Tokai Univ.</u> (transmitted from DK) <i>Anatase and Brookite TiO₂ Nanocrystals for Electron-Transport Layer of Perovskite Solar Cells</i>
17:55-18:20	09:55-10:20	<u>Presentation #3: Prof. Azetsu Akihiko, Tokai Univ.</u> (transmitted from Japan) <i>Innovative flow visualization technique utilizing photochromic reaction and the application to engine tribology for energy saving</i>
18:20-18:45	10:20-10:45	<u>Presentation #4: Senior Researcher Henrik Bindner, DTU</u> (transmitted from DK) <i>Demand Side Flexibility for Integration of Variable Renewable Energy at System and Distribution Level</i>
18:45-19:10	10:45-11:10	<u>Presentation #5: Prof. Kunio Okimura, Tokai Univ.</u> (transmitted from DK) <i>Stoichiometric vanadium dioxide films with insulator-metal transition and their applications to engineering field</i>
19:10-19:15	11:10-11:15	Closing Remarks: Prof. Shigeru Yamaguchi, Tokai Univ. (transmitted from Japan) End of transmission
		[DK-side only]
	11:15-11:25	Break
	11:25-11:50	Discussion & closing remarks: moderator Prof. Poul Erik Morthorst, DTU
	11:50-13:00	Buffet & Networking

Recent advances in Thermoacoustic Energy Recycling System at Tokai University

Mariko Senga, Shinya Hasegawa

*Graduate School of Science and Technology, Tokai University
Research Fellowships for Young Scientists (DC2)*

e-mail: 6btad005@mail.u-tokai.ac.jp

【Abstract】

Most industrial waste heat is discarded without being used. Nowadays, there is a problem of reduction of global warming and it is one of the problems to use these waste heats. In these backgrounds, thermoacoustic devices have attracted attention as waste heat recovery devices.

When the bundle of narrow channels (a regenerator) given a temperature gradient exceeding a threshold value and traveling wave pass through in the regenerator a positive temperature gradient, a thermoacoustic device amplifies the acoustic power (Fig. 1). This device was first demonstrated in 1998 by Yazaki *et al.*[1], and a highly efficient thermoacoustic device was reported by the Los Alamos Laboratory[2]. Since the thermoacoustic device is an external combustion engine, it can extract work from industrial waste heat. Therefore, research has been actively conducted as a waste heat recovery device in recent years. On the other hand, because this device has a reversible cycle essentially, it can operate as a heat pump that forms a temperature gradient from acoustic power (Fig. 2). In addition, it is possible to generate electric power using waste heat by setting a linear motor[3].

Furthermore, since thermoacoustic phenomena are non-equilibrium systems, they are correlated with a wide variety of academic fields. For example, interdisciplinary research has been conducted on low-temperature physics [4] and nonlinear dynamics such as chaos and synchronization[5, 6].

In our laboratory, we constructed a heat-driven thermoacoustic cooler that reaches a cooling temperature of -107°C by the hot temperature of 270°C [7]. This operating temperature is much lower than previous studies. In addition, we investigate nonlinear phenomena in thermoacoustics by CFD analysis [8] and laser visualization [9]. In this report, the latest research advances at Tokai University are introduced.

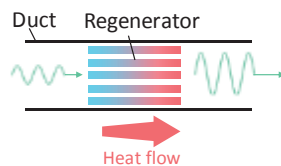


Fig. 1 Thermoacoustic engine

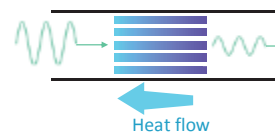


Fig. 2 Thermoacoustic heat pump

REFERENCES

- [1] T. Yazaki *et al.*, Phys. Rev. Lett., Vol. 81, pp. 3128-3131 (1998). [2] S. Backhaus and G. W. Swift, Nature, Vol. 399, pp. 335-338 (1999). [3] S. Backhaus *et al.*, Appl. Phys. Lett., Vol. 85, pp. 1085-1087 (2004). [4] T. Yazaki *et al.*, Phys. Rev. Lett., Vol. 58, pp. 1108-1111 (1987). [5] R. Delage, *et al.*, Chaos 27, 043111 (2017). [6] G. Penelet, T. Biwa, Am. J. Phys., Vo. 81, pp. 290-297 (2012). [7] E. M. Sharify, S. Hasegawa, Appl. Therm. Eng., Vol.113, pp.791-795 (2017). [8] K. Kuzuu, S. Hasegawa, Int. J. Heat Mass Transf., Vol.108, pp.1591-1601 (2017). [9] K. Kuzuu, S. Hasegawa, J. Acoust. Soc. Am., Vol.138, pp.3160-3168 (2015).

Semiconductor Nanomaterials Prepared by Laser Processing in Liquid and Their Photocatalytic Performance

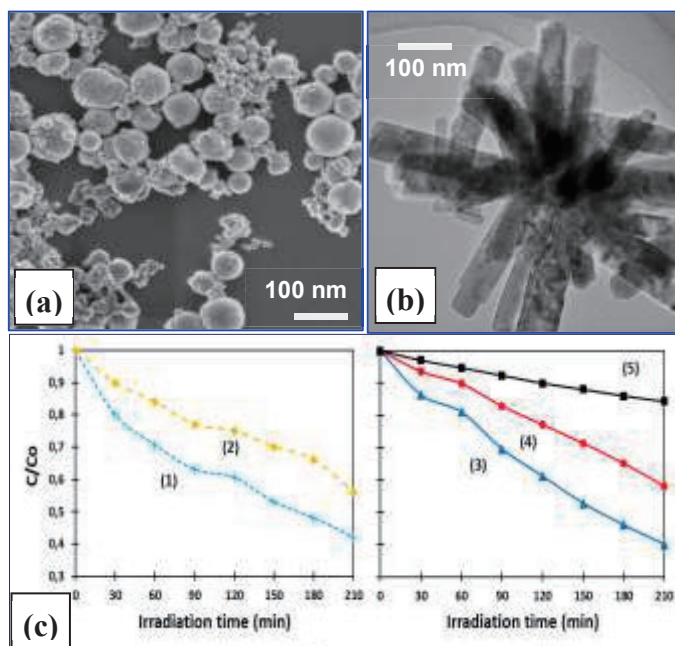
Sergei A. Kulinich

Dept. of Mechanical Engineering, Tokai University

e-mail: skulinich@tokai-u.jp

Laser ablation in liquid (LAL) is a convenient technique to produce NPs on laboratory scales [1]. In this approach, laser beam is typically focused on a metal target, producing plasma, vapor or molten metal drops which then react with the liquid and give rise to nanoparticles (NPs) [1]. The method is easy to operate, environmentally friendly (as it uses minimum volume of solvents and produces little waste) and permits to prepare a large number of diverse metal, oxide, sulfide and carbide NPs [1]. It is also known for its extremely high temperature gradients and quenching rates in the reaction zone, which often leads to the formation of metastable phases of various nanomaterials [1]. This explains why this method can produce various metal oxide NPs with surfaces rich in defects, i.e. materials potentially interesting as catalysts, gas sensors and photocatalysts [1].

This talk will focus on LAL-prepared nanomaterials that demonstrate promise as photocatalysts. Materials produced and characterized both by the speaker and in other labs will be covered. As an example, the incorporated figure presents electron microscopy images of ZnO NPs prepared via ablation of metal zinc in water by means of nanosecond (a) and millisecond pulsed (b) lasers and how such nanomaterials decayed methylene blue (MB) in aqueous medium under visible light (c) [2]. Photodegradation curves of MB are shown: in presence of as-prepared ZnO nanorods (1) and NPs (2), as well as in presence of annealed ZnO nanorods (3) and annealed NPs (4). Curve (5) represents a blank sample [2].



REFERENCES

- [1] H.B. Zeng, X.W. Du, S.C. Singh, S.A. Kulinich, et al., Nanomaterials via laser ablation/ irradiation in liquid: A review. *Adv. Funct. Mater.* 22 (2012) 1333.
- [2] N. Mintcheva, A.A. Aljulaih, W. Wunderlich, S.A. Kulinich, S. Iwamori, Laser-ablated ZnO nanoparticles and their photocatalytic activity towards organic pollutants, *Materials* 11 (2018) 1127.

Anatase and Brookite TiO₂ Nanocrystals for Electron-Transport Layer of Perovskite Solar Cells

Koji Tomita

Dept. of Chemistry, Tokai University

e-mail: tomita@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

【Abstract】

Perovskite solar cells have an energy conversion efficiency comparable to silicon solar cells is the most high-profile solar cells in recent years. Organic perovskite layer responsible for light absorption is sandwiched between the electron transport layer and the hole transport layer. The authors are working on improving the electron transport layer of perovskite solar cells. In general, anatase type TiO₂ is used for the electron transport layer. In this study the anatase type and brookite type TiO₂ nanoparticles synthesized by a hydrothermal method, to build their stacked electron transport layer, was investigated the effect on the energy conversion efficiency.

Anatase TiO₂ nanoparticles were prepared by hydrothermal treatment of malic acid titanium complex under neutral condition. Brookite TiO₂ nanoparticles were prepared by hydrothermal treatment of glycolic acid titanium complex under basic condition. On the FTO glass substrate with thin compact anatase layer, four types of stacked electron transport layer electrodes of anatase only (FTO-A), brookite only (FTO-B), brookite on anatase (FTO-AB), anatase on the brookite (FTO-BA), were fabricated. On the four TiO₂ electron transport layer, perovskite layer (MAPbI₃) and hole transport layer (Spiro-OMeTAD) were formed by spin coating. Finally, solar cells were fabricated by depositing gold on them.

Figure 1 shows the current-voltage curves of the four solar cells. The cell of FTO-AB built in the order of FTO-anatase-brookite-perovskite showed the highest energy conversion efficiency 16.82%. As shown in Fig. 2, brookite has conduction band at a slightly higher position than anatase, brookite receives the excited electrons generated in the perovskite layer and passes it to anatase to smoothly transport electron to FTO, resulting in improved energy conversion efficiency.^{1,2)}

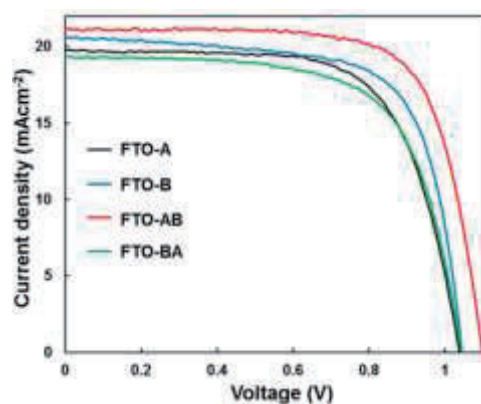


Fig. 1 *J-V* curves of the cells with four types of TiO₂ stacking structures.

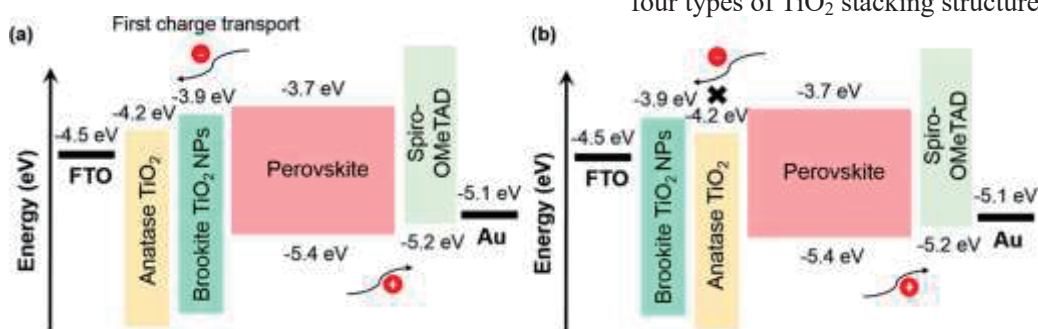


Fig. 2 Schematic illustration of the energy levels of FTO-AB (a) and FTO-BA (b) cells.

REFERENCES

- 1) Md. Shahiduzzaman, K. Tomita, et al., *ACS Sustainable Chem. Eng.* 2018, 6, 12070.
- 2) Md. Shahiduzzaman, K. Tomita, et al., *Nano Lett.* 2019, 19, 598.

Innovative flow visualization technique utilizing photochromic reaction and the application to engine tribology for energy saving

Akihiko Azetsu

Dept. of Mechanical Engineering, Tokai University,

e-mail:azetsu@tsc.u-tokai.ac.jp

【Abstract】

A new method for the visualization of oil film flow was proposed by the authors and experimentally validated using an optical engine. A photochromic dye is dissolved in the oil and an arbitrary spot of an oil film is illuminated with ultraviolet light, which makes a marker in the oil film via a photochromic reaction. The basic principle of the photochromic reaction and its application to flow visualization are described. The color density of the colored solution is quantified based on the absorbance calculated from images taken before and after coloring in two wavelengths. The results confirm that the color density is proportional to the oil film thickness. The color density changes sufficiently slowly at room temperature to make it suitable as a marker for flow visualization.

For experimental validation, the proposed method is used to visualize the movement of an oil film between the piston land and the cylinder liner of an optical engine. The N₂ laser and/or 3rd harmonic of Nd-YAG laser were used as the UV light source. The image of colored region was captured by a high-speed camera, enabling to measure the instantaneous movement of oil film. The proposed technique can be applied to investigate the dominant route of oil consumption and the physics involved. The characteristics and the merits of this technique will be introduced in the symposium comparing with the ordinary and popular visualization technique using Laser Induced Fluorescence.

REFERENCES

- [1] Azetsu, A., Kitajima, I., & Kuratsuji, K., “Development of a new visualization technique using photochromism for transport process of lubricating oil around the engine piston”, *International Journal of Engine Research*, Volume: 20 issue: 7, pp. 777-787 (2019).
- [2] Kuratsuji, K., Azetsu, A., Tamaki, S., Nangou, T., “Measurement of Oil Transport Phenomena around Piston in Optical Engine Using Photochromic Visualization Technique”, *Proceedings of JSAE/SAE 2019 Powertrains, Fuels and Lubricants International Meeting*, JSAE 20199312, pp. 1-6 USB (2019).

Stoichiometric vanadium dioxide films with insulator-metal transition and their applications to engineering field

Kunio Okimura

Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Tokai University,

e-mail:okimura@tokai.ac.jp

【Abstract】

Vanadium dioxide (VO_2) is known as a phase transition compound which shows insulator-metal transition (IMT) with its structural phase transition (SPT) from low-temperature monoclinic phase ($\text{P}2_1/c$) to high-temperature tetragonal phase ($\text{P}4_2/mnm$) at 68 °C. The abrupt resistivity change over 4 orders of magnitude is realized even in thin films with thickness of less than 50 nm. The reversible and durable IMT has triggered a lot of studies on VO_2 thin films not only for unravelling the physics of phase transition but also for applications to engineering field.

We have been fabricating stoichiometric VO_2 thin films by using reactive magnetron sputtering method. By introducing radio-frequency substrate biasing, we succeeded growth of stoichiometric VO_2 films on metal buffers and amorphous glasses. In this seminar, we introduce two examples of VO_2 films application.

1. Coupled-oscillation phenomena of VO_2 layered devices

Self-oscillation with frequency of 10 MHz was realized in layered structure in which VO_2 film was deposited on conductive TiN layer. Coupling of layered devices with parallel capacitance resulted in coupled-oscillation phenomena. [1] Coupled oscillation will be utilized for mathematical engineering problem such as coloring problem.

2. Smart windows for energy saving using VO_2 coatings

Large change of transmittance for infrared-light (IR) of VO_2 concomitant with the IMT enables VO_2 -coated glass as smart windows with automatic reduction of IR with temperature change. We realized highly oriented growth of VO_2 films on ZnO-buffered glasses and demonstrated their high switching ability for IR against temperature. [2]

REFERENCES

- [1] Md. Suruz Mian, K. Okimura, and J. Sakai, “Self-oscillation up to 9 MHz based on voltage triggered switching in VO_2/TiN point contact junctions”, *J. Appl. Phys.* Vol. **117**, 215305 (2015).
- [2] H. Hoshino, K. Okimura, I. Yamaguchi, and T. Tsuchiya, “Infrared-light switching in highly oriented VO_2 films on ZnO-buffered glasses with controlled phase transition temperatures”, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Vol. **191**, pp. 9-14 (2019).

2019 年度 第 1 回 総合科学技術研究所シンポジウム

【Program】

【開会挨拶 Opening Remarks】

稲津 敏行 副学長（理系担当）

【基調講演 Keynote Speaker】

「Quantitative visualization in high-speed aerodynamics」

Dr. Koroteeva Ekaterina

Lomonosov Moscow State University, Post Doctoral Fellow

「宇宙飛行隊周りの流れ場の可視化－高速・高温流れの可視化計測－」

永井 大樹

東北大学 流体科学研究所, 教授

【口頭発表 Oral Presentation】

「点回折干渉計を利用した爆轟波波面の構造解明」

水書 稔治

東海大学 工学部 航空宇宙学科, 教授

「非平衡流/混相流への数値流体解析の応用」

高橋 俊

東海大学 工学部 動力機械工学科, 准教授

【ポスター】 (順不同)

機械工学科 Mechanical Engineering

砂見 雄太

木村 啓志

落合 成行

山田 剛治

岡永 博夫

畔津 昭彦

動力機械工学科 Prime Mover Engineering

福島 直哉

山本 健

長谷川 真也

高橋 俊

高倉 葉子

航空宇宙学科 航空宇宙学専攻 Aeronautics and Astronautics, Aerospace

沼田 大樹

福田 紘大

稲田 喜信

水書 稔治

堀澤 秀之

Quantitative visualization in high-speed aerodynamics

†Koroteeva E., Znamenskaya I., Sysoev N. *

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract

New developments in optical equipment and digital image processing techniques open possibilities to study almost any problem involving fluid flow. Today, experimental flow visualization usually involves the cross-correlation approach originally developed for calculations of particle displacements in particle-based velocimetry techniques. The post-processing of experimental images using cross-correlation is a key component in a variety of experimental methods: particle image velocimetry (PIV) and its modifications (PTV, LIF, tomo-PIV, etc), background oriented schlieren (BOS), thermographic particle velocimetry (TPV), schlieren “PIV”, etc. These state-of-the-art quantitative flow visualization techniques, in combination with computational fluid dynamics (CFD) simulations, provide an incredibly powerful tool to investigate complex flows in a wide range of flow parameters.

Here, we give an overview of the ongoing research activities in the area of high-speed aerodynamics at Lomonosov Moscow state University, Russia, that are performed using experimental visualization techniques, such as PIV and BOS, combined with CFD numerical simulations. The studied flows include planar travelling shock waves, shock waves diffracting at the shock tube exit, blast waves induced by high-current pulsed discharges (plasma actuators), etc. Both the velocity fields (PIV) and the density distribution fields (BOS) within the flows are calculated based on the cross-correlation image processing algorithm implemented in the Davis software from LaVision.

A particular attention is given to well-acknowledged limitations of quantitative visualization techniques when applied to high-speed transient flows with steep gradients (see Fig.1). We demonstrate methodologies that can be used to successfully quantify and predict the bias errors associated with particle-based flow velocimetry. Our results offer new possibilities for successful future validation of numerical models in high-speed fluid dynamics against velocimetry experiments.

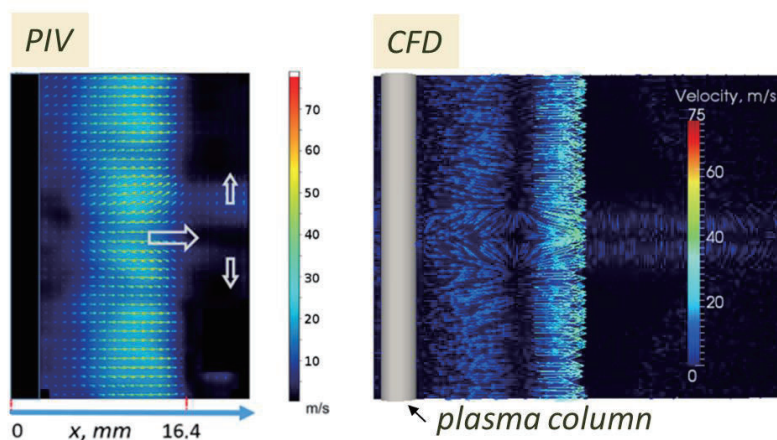


Fig. 1. PIV and CFD visualization of a velocity field induced by pulsed column-shaped plasma

宇宙飛行体周りの流れ場の可視化 —高速・高温流れの可視化計測—

†永井大樹*

*東北大学 流体科学研究所

次世代宇宙輸送システムの開発には、大気圏再突入時の熱空力特性の解明が必須の研究事項である。これは、機体を熱から守るための熱防御システムが機体の重量等設計上、大きな割合を占める上に、次世代の飛行体は小型・軽量化、経済性が要求されるため、安全性を含めた空力加熱の正確な予測が必要である。しかしながら、大気圏再突入時のような条件下での機体周りの領域は実在気体効果が顕著となり、化学的に非平衡な状態となる。このため機体の空力特性、空力加熱の予測が困難とされてきた。これらの現象解明は急務事項であるものの、大気圏再突入時の高マッハ数・高エンタルピ流を模擬する地上実験の難しさにより依然未解決である。それに対して、数値解析手法（CFD）による空力加熱量の推算においても、化学反応などの実在気体効果を考慮したCFDを行った場合において、空力加熱の推算結果にはモデルや解法によりかなりのばらつきがあることが分かっており、その真のデータとなる精度の高い空力加熱計測手法に対するニーズが高まっている。特に再突入物体の設計をより効率的に行うためには、温度を離散的ではなく、“面”で捕らえること、すなわち“どこ”に“どれくらい”の空力加熱が機体に加わっているのかを把握することが必要となる。このような問題を解決する方法として、感温塗料（Temperature-Sensitive Paint, 以下TSP）と呼ばれる機能性分子センサによる計測技術がある。TSPは、温度変化に応じて発光強度が変化する分子センサーであり、一般的な塗料と同様にスプレーガンを用いて模型への塗布が可能である。また、TSPの発光は可視光領域であるため、高性能なCCDカメラやCMOSカメラを用いて発光を検出することができ、TSP塗布面、すなわち模型表面全体において、高解像度で温度を“面”で計測することができる。

我々はこのTSP技術を用いて様々な極超音速風洞で空力加熱率の計測を行ってきた。また近年では、JAXA角田宇宙センターが有する高温衝撃風洞HIESTにおいて極超音速飛行体の空力加熱計測や境界層遷移の計測を実施しており、その有用性を示している。

本講演では、これまでに行ってきたTSP計測技術を利用した空力加熱計測結果の紹介に加え国内・国外の現状、現在抱えている問題点などについて述べる。

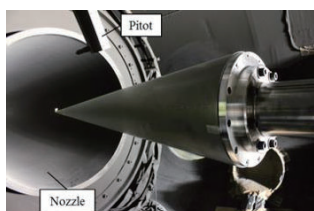


図 2 試験模型 (HiFIRE-1) 外観

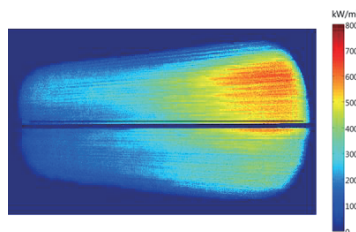


図 3 模型表面上の熱流束分布

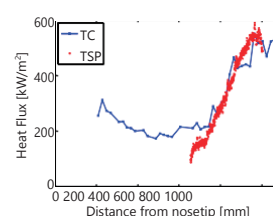


図 4 熱電対 (TC) と TSP 結果の比較

回転爆轟波エンジン基礎研究における光学的可視化計測

†水書稔治*

*東海大学 工学部航空宇宙学科航空宇宙学専攻

回転爆轟波の詳細構造を解明することは、これを利用した新しい航空宇宙推進機としての回転爆轟波エンジン (Rotating Detonation Engine, RDE) の基礎研究はもとより、実用化研究においても避けて通れない研究課題である。一方、米国、ロシア、および中国など、国家規模で RDE 研究に多大な予算を投入している諸外国では、現時点では工学的な実証研究に重点がおかれる傾向があり、回転爆轟波の詳細構造解明に至った上で、実用化研究に進展しているとは必ずしも言えない。そこで本研究課題では、諸外国の RDE 実用化研究とは一線を画した日本独自の RDE 研究の礎となるため、回転爆轟波の生成と発達に関する詳細構造研究に取り組む必要があると考えた。特に当研究室では、回転爆轟波の詳細な物理メカニズム解明が重要課題と認識している。本発表では、当研究室が進めている物理メカニズム解明のための計測手法のうち、定量的な可視化計測手法についてその概要を示す。

流体の光学的可視化計測法では、一般にモノクロ画像であり、得られる画像の濃淡が示す物理量により、影写真法、シュリーレン法、および干渉計法に大別される。このうち干渉計法では、流れ場の密度分布のうち、光軸方向に積分された量に比例した画像が得られる。対象とする流れ場が2次元、あるいは軸対称現象であれば、容易に流れ場の構造が評価でき、数値流体解析 (Computational Fluid Dynamics, CFD) との対比が直接可能な実験画像が得られる。本研究では、干渉計法のうち、点回折干渉計法 (Point Diffraction Interferometry, PDI) を基盤とした手法を確立させ、回転爆轟波の詳細可視化計測手法と同時に、同時並行で確立させる新しい CFD 手法の評価方法としての役割を有する。

図に点回折干渉計法による回転爆轟波計測の概念を示す。一般に干渉計では、同一光源から発した可干渉距離の大きな光を測定部直前で2分岐させ、計測部を通過させる物体光と測定部を通過させないものの、物体光と同一の光学的距離を与える参照光とする。物体光と参照光を画像記録素子上で再度重ね合わせることで、干渉縞分布を得る。一方、PDIは、測定部前で物体光と参照光に分岐させることなく光を通過させ、測定部通過後にピンホールに通過させることで干渉縞が得られるため、狭小な測定部での計測に好都合な手法である。全固体励起レーザー DPSSL から発せられた光は、平面鏡 PM と空間フィルタ SF により拡大されシュリーレン鏡 SM で平行光となる。観測窓が設置された回転爆轟エンジン RDE 内部を爆轟波の通過と同期させる。測定部を通過した後、平面鏡 PM、シュリーレン鏡 SM で集光され、狭帯域フィルタ BPF で不要な燃焼にともなうじょう乱光を除去し、ピンホール Pinhole にて球面波を発生させることで干渉縞分布を発生させる。画像記録は、高速度ビデオカメラ High-speed camera で記録する。

本発表では、東海大学における回転爆轟波エンジンの基礎研究に関する上記 PDI 計測を含む実施状況について報告する。

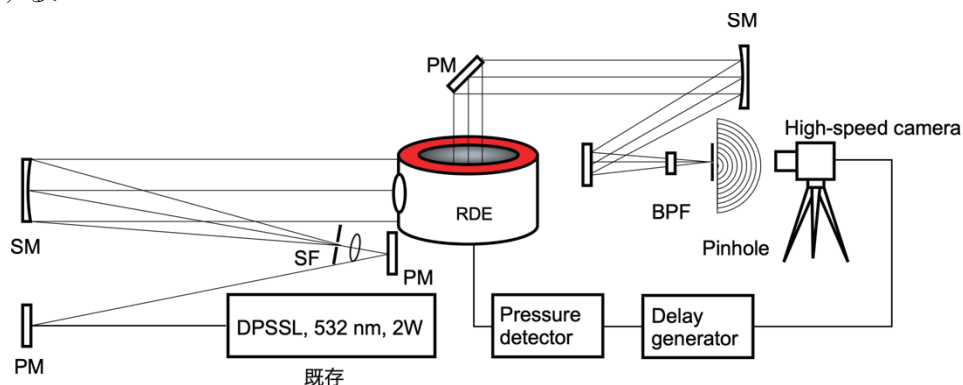


Fig. A schematic diagram of quantitative visualization of rotating detonation wave with point diffraction interferometry.

非平衡流／混相流への数値流体解析の応用

†高橋俊*, 水野裕介**, 川本裕樹**, 奈良祥太郎**

*東海大学工学部動力機械工学科

*東海大学大学院総合理工学研究科

1940年頃, ENIAC から始まった数値流体力学 (Computational Fluid Dynamics: CFD) は現在さらに応用範囲を広げている. 当初の CFD は非圧縮性流の Marker And Cell (MAC) 法による解析であったが 80 年を経た現在では数え切れない程の解析手法が開発された. その中でも化学反応を含む非平衡流と異相界面を含む混相流の解析が最も困難な部類であることには議論の余地は無いであろう. 両者に共通するのは流体塊の集合で構成された流れ場に分子スケールの現象が強く影響する点である. その数値モデルを CFD に導入し安定に解析を行うには, 流体力学と計算科学の知識をうまく融合させねばならない.

我々のグループでは, 極超音速流れを解析対象とした熱化学非平衡流の CFD と, 流れに曝される物体の内部熱伝導の連成解析手法を開発してきた⁽¹⁾. 二次元圧縮性 Navier-Stokes 方程式と熱伝導方程式がそれぞれ流れ場と物体内部の支配方程式である. 流れ場の解析に対して非粘性流束は AUSM+, 時間積分は LUSGS 陰解法, 化学非平衡モデルには Park の二温度モデルを用い, また物体壁面では共役熱勾配条件により熱流束を評価する. 本研究に類似の先行研究が少ないことに加えて, 計算格子を現在の構造格子から汎用性の高い直交格子に拡張すれば世界的にも例を見ない解析手法となると考えられる. 図 1 は連成解析結果の一例で, 極超音速流の熱伝達の影響で固体内部の温度に分布が生じている.

また我々のグループでは固体を含む気液混相流の解析手法を開発し, 自動車エンジン内部のオイル流動解析を実施している⁽²⁾. オイルコントロールリング周りのオイル挙動の一例を図 2 に示す. 二種類のレベルセット関数を使い分け, 気液の界面と, 固体と流体の界面をそれぞれ独立に表現してどちらの界面もシャープに捕獲する. 従来は気液の界面を表現するため Volume Of Fluid (VOF) 法が多用されてきた. しかし従来の VOF 法では界面位置を本質的に捉えられず, かつ表面張力の表現に用いられる Continuous Surface Forcing (CSF) モデルは, 表面張力を体積力として表現するため擬似速度を生じうる欠点があり, 時に実現象の再現を困難にする. 我々の手法はこれらの欠点を本質的に生じないよう構築されているが VOF 法よりも計算負荷が数割増加するのが唯一の短所である.

上記のような CFD は現象把握には有用で学術面からも活発に研究がなされている. だがその実, 本来のものづくりに活かすにはさらに迅速な解析が求められる. そこで我々のグループでは素早く設計現場で解析可能なツールを目指し, ヒートパイプ⁽³⁾や人体内の流体挙動のリダクションモデルの開発を実施している. 図 3 はその一例だが, これら 1D モデルへの要求も今後はさらに高まると考えられる.

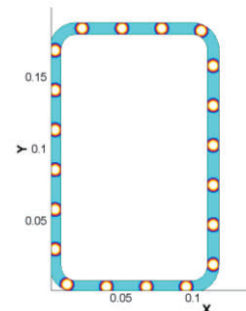
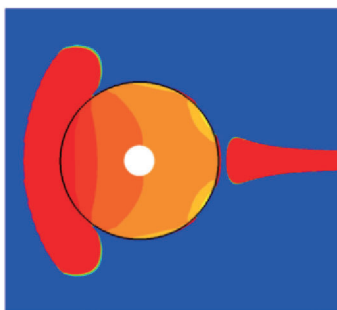


Fig. 1 Temperature distribution in hypersonic flow Fig. 2 Oil behavior around an oil ring Fig. 3 Heat pipe reduction model

1. Mizuno, Y., Takahashi, S., Yamada, G., Yamashita, R., Fukuda, K., Proc. of APISAT 2019 (2019)
2. 川本裕樹, 蔵本結樹, 高橋俊, 落合成行, 第 32 回計算力学講演会 (2019)
3. Takemura, K., Kawamoto, Y., Takahashi, S., Nagashima, S., Adachi, T., Nagai, H., Proc. of ICFD 2019 (2019)

†:連絡先 E-mail: takahasi@tokai-u.jp

トンボの翅に存在する微細構造が空力特性に及ぼす影響

†中村 砂良斗*, 砂見 雄太**

*東海大学 工学部 機械工学科, **東海大学 工学部 機械工学科

発表の要旨

近年、災害現場の調査や農場での農薬散布、ドローンを用いた宅配などの無人飛行物体(Unmanned Aerial Vehicle 以下, UAV と記す)が注目されている。UAV の問題点として、長距離飛行が望まれているが、バッテリーの消耗や寸法効果による粘性力の影響を受けやすく、十分な飛行性能を発揮することができていない。そこで、飛行生物の特質をバイオミメティクスとして取り入れることで問題を解決できると考えた。鳥やコウモリなどといった飛行生物の中でも、UAV の特徴であるホバリング性能や、急旋回に適したトンボに注目した。トンボは先述の飛行性能に加え、滑空することで省エネルギーでの飛行を可能にし7100 km もの渡りを行っている。このような飛行性能を有している要因として、トンボの翅表面に存在する微細な構造が重要であるといわれている。図1にトンボの翅における微細構造を示す。トンボの翅には大きく分けて4種類の微細構造が存在する。同図(a)の前縁突起構造では狭い突起間を空気が流れることで加速し、より大きな揚力を得る事が確認されている。同図(b)の結節構造では羽ばたき時に結節を中心とした変形することで推力を増加させている。同図(c)のコルゲーション構造では空気の流れを変化させることにより揚力の向上、抗力の低減が確認されている。中でも同図(d)では、卓上走査型電子顕微鏡(Scanning Electron Microscope 以下, SEM と記す)を用いてオニヤンマの前翅の観察した画像であり、この突起は抗力低減効果があると確認された。またトンボの翅には高さが50 μm~100 μmの微細突起が存在していることが分かった。そのため、翅の大きさやトンボの種類によって微細突起の高さが違うことが考えられる。以上のことから、UAV に微細構造を取り入れる際、翅を変形させる結節構造の応用は難しい。さらに、災害現場の調査やUAV による宅配では、長時間の使用、長距離の飛行が不可欠である。そのため、バッテリーの消耗を抑える上で、抗力低減を促す表面の微細突起とコルゲーション構造に注目した。

そこで本研究では、高さが異なる微細突起を有する平板とコルゲーション翅の製作、揚力抗力測定実験に加え、翅周りと微細突起近傍を流れる空気の可視化実験を行った。その結果から、突起の高さや、表面の微細な構造の組み合わせが翅に与える影響を解明することを目的に、各種微細構造の製作、揚力抗力測定実験、可視化実験および粒子画像流速測定法(Particle Image Velocimetry 以下, PIV と記す)解析を行ったので報告する。

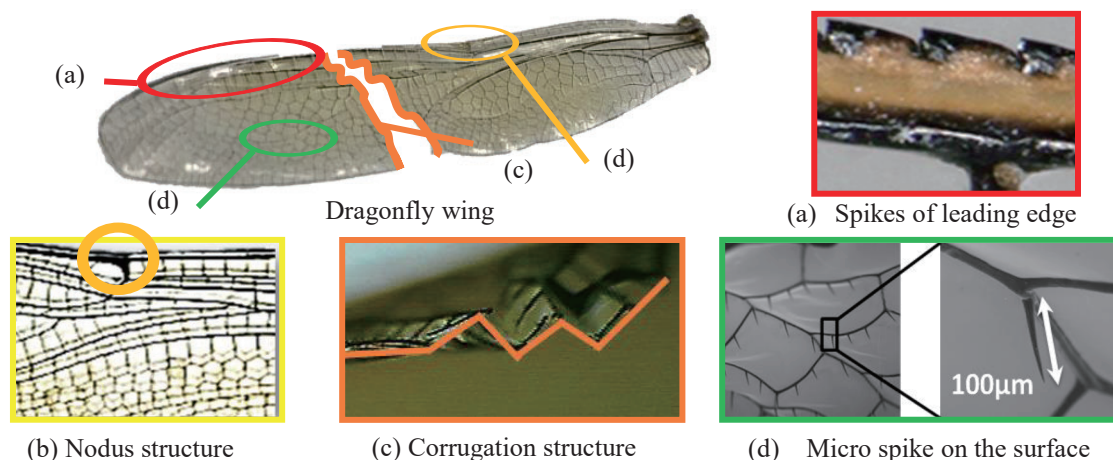


Fig.1 Dragonfly wing microstructure

† sunami@tokai-u.jp

マグネシウム合金ダイカストにおける湯流れと凝固組織の関係

柏原 侑輝*, †砂見 雄太**

*東海大学大学院 総合理工学研究科 総合理工学専攻, **東海大学 工学部 機械工学科

発表の要旨

地球環境問題が大きくクローズアップされる現代においてCO₂排出量の規制は年々厳しくなっている。特にCO₂排出量の大半を占める自動車の燃費向上は世界中から熱望されている。燃費向上施策の中でも車体重量の軽量化が単純かつ効果的であり従来の鉄部品からの材料転換が進められている。中でもマグネシウムは鉄やアルミニウムと比べ比強度や比剛性が高く資源も豊富でリサイクル性に富むなどの特徴を有しており普及が期待されている。このマグネシウム製自動車部品の生産に欠かすことのできない技術がダイカストである。ダイカストは溶湯を金型へ高速かつ高圧で射出することで、製造の1サイクルを限りなく短くした casting 法である。このことからダイカストは鑄肌の優れた製品を短時間で大量に生産可能なシステムとして確立している。一方で、ダイカスト製品中にはポロシティや凝固片の混入など特徴的な欠陥の存在が問題視されている。中でも空気の巻き込みや凝固収縮による鑄巣は機械的性質の低下はもとより、耐圧部材のリークを引き起こす可能性を持つ。そのため、欠陥発生メカニズムの解明が求められており、型内湯流れの可視化^(1,2)や、非破壊検査による物性計測⁽³⁾が行われている。しかしながら、易燃性や難鑄造性を有するマグネシウム合金は、アルミニウム合金や亜鉛合金に比べて成形時の問題に影響されて研究開発が進んでいない。

そこで本研究では、マグネシウム合金ダイカストにおける成形性の改善を目的に、鑄造条件と湯流れの関係性について、鑄造実験および湯流れシミュレーションから評価した。厚みの異なる平板を組み合わせた階段型テストピースによって肉厚ごとの充填性および凝固形態を確認することができる (Fig. 1 - a)。流入の容易性から厚肉部から湯を入れ、最終充填部近傍からガス抜きさせた (Fig. 1 - b)。マグネシウム合金は比熱が小さく凝固しやすいため、金型の温度制御が重要であり、特に湯の冷めやすい4mm厚部とゲート部に油温調管を配し、他段に金型冷却用の水冷パイプを設けた。スリーブには高周波誘導加熱コイルを巻きスリーブ内壁の温度低下を抑制した (Fig. 1 - c)。冷却速度差を生じさせたことで鑄物の組織形態は異なる様相を呈すると予想されるため、表面の結晶構造を観察して温調効果を評価した。

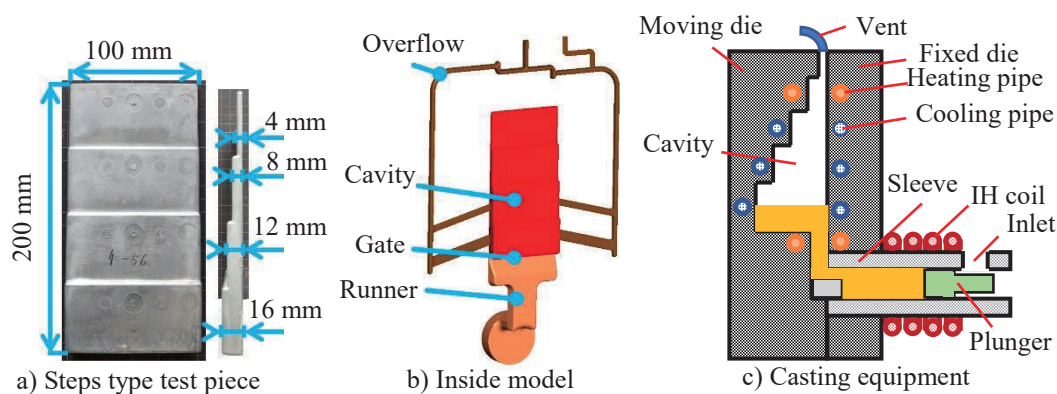


Fig. 1 Schematic diagram of sample shape and casting equipment

文献

- (1) 栗山, 鑄造工学, Vol. 83 (2011), No. 5, pp. 253-258.
- (2) 金澤, 鑄造工学, Vol. 87 (2015), No. 1, pp. 29-38.
- (3) 桑水流, 機械学会論文集, Vol. 77 (2011), No. 773, pp. 48-57.

†: sunami@tokai-u.jp

マイクロ流体プローブ集積型デバイスを用いた細胞アッセイ

†発表者氏名 榛葉健汰*, 木村啓志***

*東海大学大学院総合理工学研究所, **東海大学マイクロ・ナノ研究センター

発表の要旨

本研究では、細胞間相互作用の解明に向け、マイクロ流体プローブ (Microfluidic Probe、以下 MFP) の機能をマイクロ流体デバイスに集積することによって、流路内の細胞群への部位局所的な液性刺激を実現するデバイスシステムの構築を目的としている。本研究で開発しているマイクロ流体プローブ集積型デバイスは、下層の細胞培養部と、中間層と上層からなる MFP 流路によって構成され、MFP 流路の先端は細胞培養部の天井部分に位置する (Fig. 1)。MFP 流路は注入及び吸引流路から構成され、細胞培養部の底面に形成される液性刺激範囲は注入と吸引の流量比によって制御可能である。MFP 流路の先端形状や注入・吸引流量などの条件は、流体シミュレーションソフトウェア ANSYS を用いて数値計算することで最適化した。

開発したデバイスの機能検討として、注入と吸引の流体操作によって形成される液性刺激範囲および液性因子の濃度の評価実験を実施した。液性因子モデル物質は、濃度を 100 μM に調製した Fluorescein とした。シリンジポンプを用いて注入・吸引操作を行い、培養部底面における溶液の広がりを撮影した。本実験の結果から、注入流量に対し吸引流量を大きくすることで細胞培養部内に導入した液性因子の拡散を制御し、流体操作によって細胞培養部底面を局所的に液性因子に曝露可能であることが確認された。また、各濃度においてシミュレーションと実験の結果が近似していることから、シミュレーションを行うことで液性因子に曝露される領域および曝露される液性因子の濃度を予測可能であることが示唆されている。本デバイスを用いて細胞間相互作用を観察するような細胞アッセイも実施した。本発表では微小流体制御部分を中心に細胞アッセイ結果についても紹介する予定である。

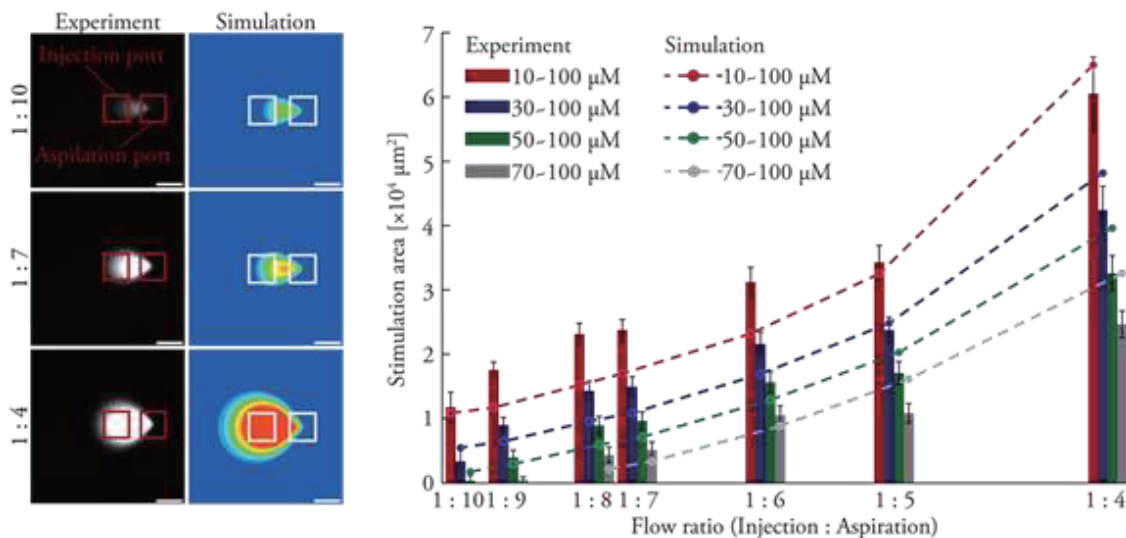


Fig. 1 Comparison with results of the experiments and simulation evaluating relationship between the flow ratio vs. the stimulation area. The diffusion of fluorescein in the cell culture chamber were equivalent to results of FEM simulation. Scale bars are 100 μm .

- (1) M. J. Berridge, P. Lipp, M. D. Bootman, "The versatility and universality of calcium signalling", Nature Reviews Molecular Cell Biology, 1(1), 11-21, 2000
- (2) D. Juncker, H. Schmid, E. Delamarche, "Multipurpose microfluidic probe", Nature materials, 4(8), 622-628, 2011

†:連絡先 E-mail:hkimura@tokai-u.jp

マグナス風車の円柱翼の表面構造と空力特性

(円柱表面に施した縦溝の深さの影響)

†発表者氏名*, 江口 航介*

*東海大学 工学研究科, 機械工学専攻

発表の要旨

1. 緒言

近年, 化石燃料の枯渇や大気汚染による環境問題から再生可能エネルギーが注目されている. 再生可能エネルギーの中で最大規模の発電量を誇るのは風力発電であり, 今後も増加傾向は続くとされている. しかし, 風車の設置には広大な土地を必要とし, バードストライク, 過回転といった問題が存在する. そこで我々はマグナス風車に注目した. マグナス風車とは回転する円柱翼の揚力を利用し, 低い流速でも大きい回転力を得ることが出来る風車である. またマグナス風車は小型かつ風車の回転数が少ない場合でもパワーを得られるため, 従来の大型プロペラ風車の問題点の解決が期待できる.¹⁾

これまでに著者らの研究によりマグナス風車の円柱翼形状を変化させて風車回転数を測定した結果, 縦溝やスパイラルフィンを施した円柱翼を用いるとカットイン風速の低下及び風車回転数が増加し, 縦溝円柱翼の時が最も回転数が多いことが明らかにされている.²⁾

しかし, 縦溝の形状については1種類しか調査されておらず, 最適な円柱翼形状が明らかになっていないとは言えない.

そこで本研究では, マグナス風車に縦溝を施した円柱翼を用いて風車の性能測定を行い, 回転円柱の表面に施した縦溝の深さの違いによるマグナス風車の空力特性に関して明らかにすることを目的とする.

2. 実験装置

株式会社 MEKARO のマグナス風車¹⁾を参考に当研究室で製作したマグナス風車を使用する. Fig.1 に製作したマグナス風車を示す. 寸法は全長 420mm, 台座から円柱先端までの高さ 452mm である. マグナス風車の発電原理は Fig.1 左下の駆動用モーターの動力を中心軸とかさ歯車により伝達し円柱を回転させる. 風車前方から風が当たるとマグナス効果により風車が回転し, パイプシャフトを伝達して Fig.1 中央の発電用モーターに回転が伝わり発電する仕組みである.

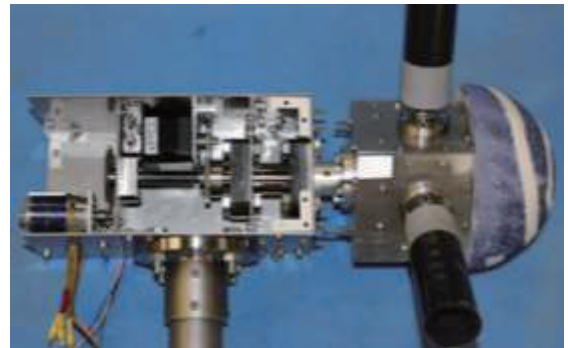


Fig.1 General view in a windmill

本実験で使用した円柱を Fig.2 に示し, 各寸法を Table 1 に示す. (a)は縦溝円柱(B/D=0.0105)である. 以下(a)を基準に, (b)は溝深さを2倍にした縦溝円柱(B/D=0.021), (c)は溝深さを0.5倍にした縦溝円柱(B/D=0.00525)である. 縦溝の数は32本で統一する.

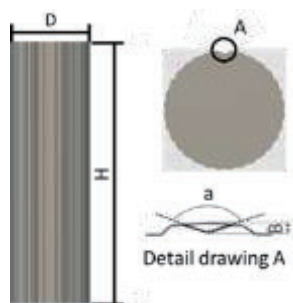


Fig.2 Experimental cylinder

Table 1 Specifications of the cylinder

	H[mm]	D[mm]	B[mm]	B/D
(a)	130	40	0.42	0.0105
(b)			0.84	0.021
(c)			0.21	0.00525

3. 実験結果

Fig.4~Fig.6 に風速と風車回転数の測定結果を示す. Fig.4 が縦溝円柱($B/D=0.0105$), Fig.5 が縦溝円柱($B/D=0.021$), Fig.6 が縦溝円柱($B/D=0.00525$)である. Fig.4, Fig.5 より, 縦溝円柱($B/D=0.0105$)と縦溝円柱($B/D=0.021$)は円柱翼回転数が低回転時は風車が円柱翼のマグナス効果によって得られる揚力によって得られる揚力で回転する方向とは逆に回転した. そのため回転数は負の値で示している. この現象は逆マグナス力によって負の揚力が発生して生じる. 本研究では, この回転の方向を逆回転方向と呼ぶ. また, 円柱翼が高回転時では正回転方向に回転し, 円柱翼回転数が高くなるとカットイン風速が低くなる傾向が確認できた.

Fig.4~Fig.6 より, 風車が正回転方向に回転した時は円柱翼回転数が高くなるとカットイン風速が低くなり, 最大風車回転数も高くなる傾向が確認できた.

Fig.7 に 3 種類の縦溝円柱において正回転方向に最も性能の良い 1600rpm の結果を示す. Fig.7 より, 縦溝円柱($B/D=0.0105$)が最も風車回転数が大きくなり, カットイン風速は縦溝円柱($B/D=0.00525$)が最も低いことが明らかとなった.

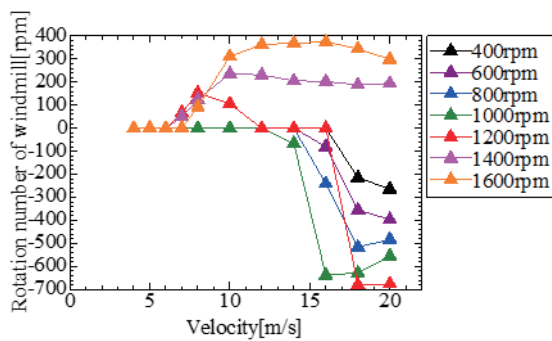


Fig.4 Relationship between wind speed and windmill Rotational speed ($B/D=0.0105$)

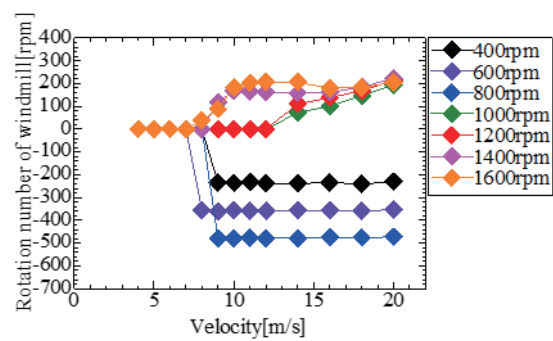


Fig.5 Relationship between wind speed and windmill Rotational speed ($B/D=0.021$)

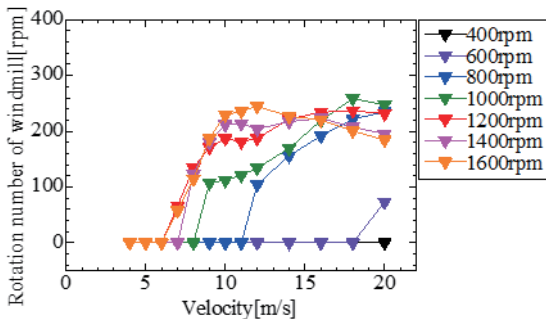


Fig.6 Relationship between wind speed and windmill Rotational speed ($B/D=0.00525$)

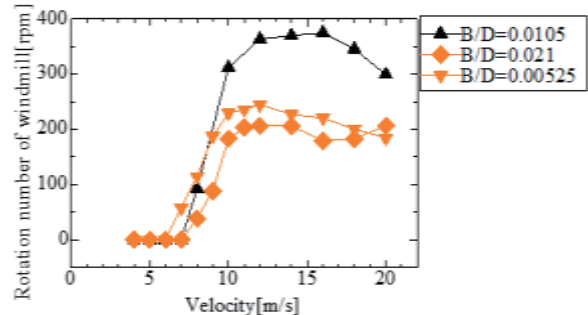


Fig.7 Effect of groove shapes

参考文献

- (1)佐藤司, (株)MECARO, 「マグナス効果を利用した小型風力発電機の開発」, 日本機械学会誌 2008. 7 Vol. 111 No.1076
- (2)江口航介, 岡永博夫 「マグナス風車の円柱翼の表面構造と空力特性(円柱表面につけられた縦溝及び横溝の影響)」, 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集 (2018.11.29-30, 室蘭)
- (3)株式会社 MECARO, 村上信博, 「マグナス型風力発電装置及びその制御方法」, <https://astamuse.com/ja/published/JP/No/2009002263>

X線CTを用いた浮動ブッシュ軸受の油膜観察

†小谷 晋平*¹, 落合 成行*²

*¹工学研究科 機械工学専攻, *²工学部 機械工学科

発表の要旨

低摩擦, 高安定性を有する浮動ブッシュ軸受はすべり軸受の一種であり, 図1に示すように, 軸受と回転軸の間に浮動ブッシュが挿入され, ジャーナルとつれ回ることによって油膜が2重に形成される. この回転する浮動ブッシュは, 一般に油の流入を阻む傾向があり, ブッシュ回転数の増加に伴ってその傾向は強くなるとされている. したがって, 流体潤滑を想定する同軸受の油膜を観察することは, 多くの研究者にとって最大の関心事のひとつである. しかし, 同軸受の2重油膜を形成する特殊な構造により, 従来の方法では油膜の観察は困難であり, 同軸受の油膜の観察例は存在しない. そこで, 本研究ではX線コンピュータトモグラフィ(X線CT)を用いた油膜観察を試みる. 図2にX線CT内で油膜の可視化することに特化して製作された軸受試験装置の概要図を示す. このような構造を採用することで, 照射されるX線は透過の困難なモーター等の金属部品を避け, 軸受部分のみを透過するため, より低密度な物質同士の境界が検出される. そのため, 低密度な潤滑油や軸受すきま内の気液界面などを検出し, CT画像に反映することができる. 図3に撮影された軸受のCT画像を示す. 同画像は直列2重に存在する軸受すきまの個々の観察を可能とするため, 軸方向から型を抜くようにして2つのすきまを分離している. また, このCT画像は比較的高密度である軸受材および潤滑油と低密度である軸受すきま内の気相の密度差を利用した透明度を設定している. そのため, 低密度な軸受すきま内の気相は白く着色され, その周辺の高密度な軸受部材および潤滑油は半透明となる. このような一連の画像処理によって, 同軸受の2重油膜の観察を可能にした.

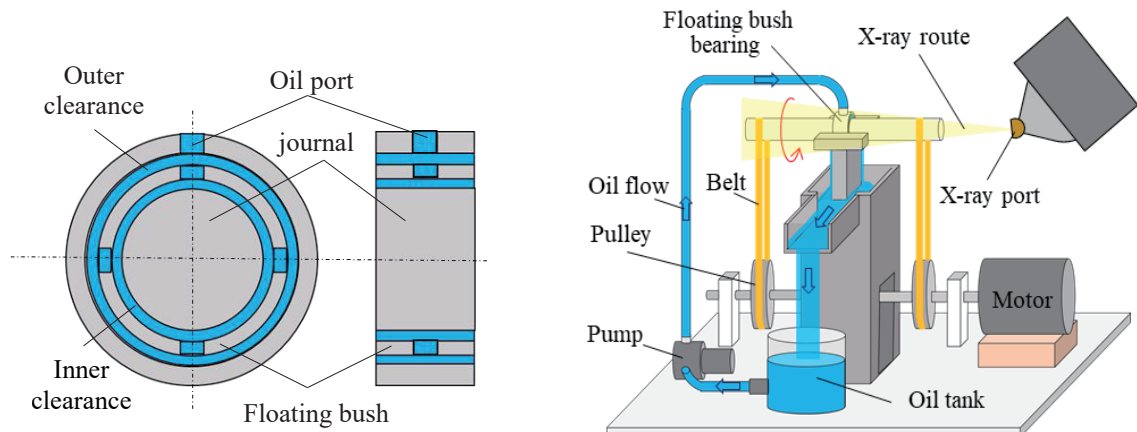


Fig.1 Floating bush bearing

Fig. 2 Illustration of experimental test rig

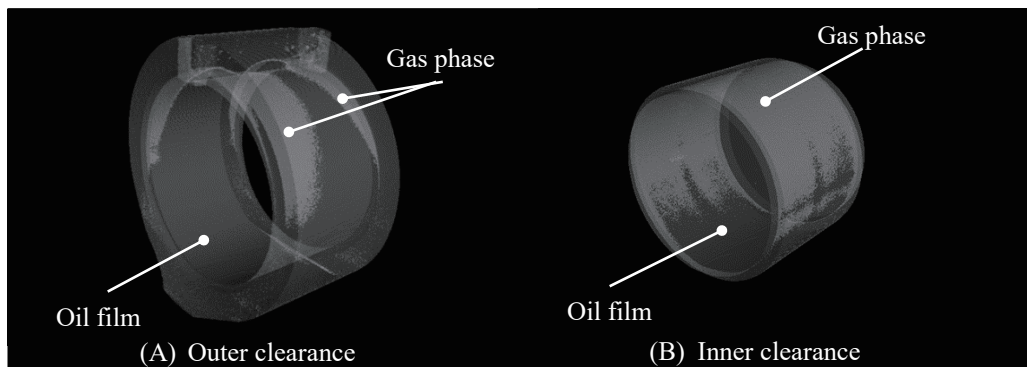


Fig.3 CT image of floating bush bearing

†:shinpei.k.tokaiuni@gmail.com:

アクリル管 SCR シミュレータを用いたガス・液滴挙動の可視化

†杉山 直輝*1, 落合 成行*2

*1 東海大学大学院 工学研究科 機械工学専攻

*2 東海大学 工学部 機械工学科

発表の要旨

電気自動車の普及が叫ばれている一方、新興国ではインフラ整備や農業発展の加速によって建機や農耕機の保有台数は急増しており、今後もディーゼルエンジンの需要は右肩上がりに増加していくと予測されている。しかしながら、排ガスの後処理装置が付いたエンジンは非常に高価である。そこで、既存の後処理装置の機構を簡易にすることが可能となれば、価格を抑えると共に新興国の排ガスによる被害の抑制に寄与できると考えた。私が注目したのは尿素 SCR（選択還元触媒）システムである。本システムは、NO_x の浄化効率が 90%以上と非常に高く、搭載した車の燃費性能を向上させる利点を有している。尿素水を噴霧し、熱分解・加水分解によって発生したアンモニアと NO_x を触媒にて反応させることで無害な窒素と水に還元する。しかしながら、噴霧された尿素水が気化しきれずに固化し、配管内の至る所で目詰まりや堆積が発生してしまう。この問題の解決には、ブラックボックスとされている排気管内における液滴の挙動や短い時間で尿素水を気化させる効率の促進方法が必要と考えられる。

このような背景の下、本研究では噴霧された液滴挙動の把握および改善と液滴の気化促進に寄与する手法の提案を目的として、アクリル管製の SCR システム模擬装置（図 1）を用いてガス・液滴挙動を可視化した。本研究により、得られたガス・液滴挙動の可視化結果を図 2 に示す。同図のように、高速度カメラを用いることで排管内を流れるガス・液滴の詳細な挙動を把握することが可能となる。可視化結果からは、噴霧された液滴が図 1(a)に示した空気流れに乗って円管後方まで流れているように見て取れるが、実験後は噴霧された大きな粒径の液滴により円管下方に液溜まりが生じている。このように、慣性力が大きいためにガス流れに逆らう挙動を示す液滴が尿素析出の原因と考えられる。さらに、実験条件（内圧、排管温度、空気流量等）を変えた可視化結果と PIV 計測や粒径測定の実験技術を組み合わせることで更に詳細な既存製品の改善点を提示することが可能となる。このように、高速な現象を捉える可視化技術を確立することは尿素 SCR システムのみでなく他の製品に応用することを可能とし、人間の目では捉えることのできない現象を明確にすることで製品の設計・開発の指標を示す有用な技術である。

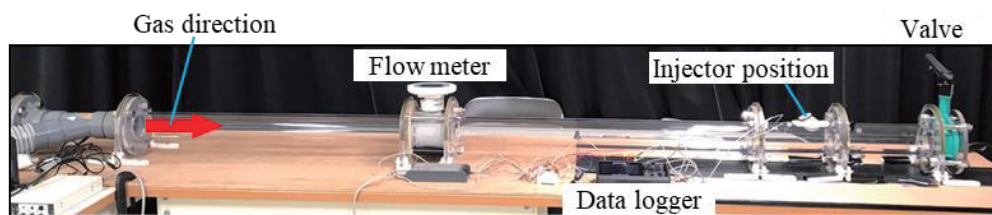


Fig. 1 Schematic of acrylic urea SCR simulator

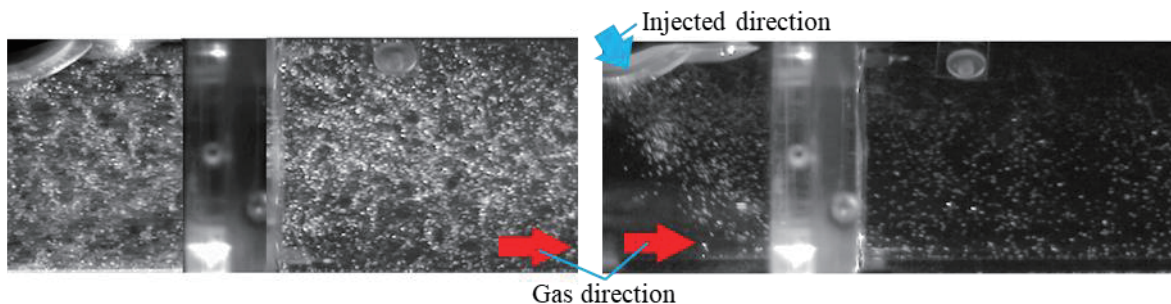


Fig. 2(a) Gas flow

Fig. 2(b) Behavior of injected droplets

Fig. 2 Visualization results by high-speed camera

†:連絡先 E-mail: naoki_sugiyama@hope.tokai-u.jp

高荷重下のトラクションドライブにおけるキャビテーションの可視化

†平 勇人*, 落合 成行*

*工学部 機械工学科 落合研究室

発表の要旨

トラクションドライブは潤滑油を介した転がり接触によって動力を伝達する装置である。本装置は歯の無い転動体を用いて動力伝達を行う構造上、騒音と振動の大幅な低減が可能であり、より高速回転で動力伝達が可能である。そのため、電気自動車や家庭用ロボットのように人との距離が近く、静かで振動を発生させないことが求められる機械の駆動部に採用されることが期待される。

しかし、トラクションドライブでは転動体間の接触部の後方でキャビテーションと呼ばれる気相の領域が形成される。このキャビテーションは、トラクションドライブにおいて様々な影響を及ぼすことが予測される。例えば、遊星式トラクションドライブのように、転がり方向に対し複数の接触部が一直線上に並ぶ場合、キャビテーションの転がり方向の長さ（以下、キャビテーション長さと呼ぶ）によってはキャビテーション後部と次の接触部が重なり、直接接触を起こす可能性がある。また、キャビテーションと油膜外の大気が接続した場合、油膜後部が破断して次の接触部に供給される潤滑油量および油膜厚さが減少する問題も考えられる。そのため、トラクションドライブにおけるキャビテーションを可視化し、その性質を把握しておく必要性は高いと言える。しかし既存の研究では実用化されているトラクションドライブの運転条件と比較して極めて低荷重または低周速の条件で可視化が行われており、より高荷重高周速になった時にどのような性質を持つかは分かっていない。

そこで、本研究ではより実用的な運転条件に近づけたトラクションドライブにおけるキャビテーション特性を把握することを目的とした。研究内容としては、高荷重の運転条件下で2つの実験を行った。1つ目の実験は、複数の荷重の条件下における周速ごとのキャビテーション長さの測定である。この実験において荷重の条件は500N, 750N, 1000Nの3つに設定した。周速の条件に関しては各荷重の条件で周速0.1m/sから油膜が破断する周速まで0.1m/s増加させた。もう1つの実験は、各荷重条件下における油膜破断の可視化である。この実験における荷重の条件は1つ目の実験と同様であり、また各荷重の条件ごとの周速の条件は1つ目の実験においてそれぞれ油膜破断が確認された周速に設定した。

以上の実験の結果、次のことが確認された。まずキャビテーション長さの測定の結果について述べる。Fig.1に各荷重の条件下における周速ごとのキャビテーション長さを示す。同図より、1m/s以下の条件ではキャビテーション長さは周速とともに増加する。しかし、約1m/sを超えると、キャビテーションが逆に縮小することが確認された。Fig.2に油膜の破断の可視化を示す。図中の緑の線は、大気との境界を示す。同図より、キャビテーションの周囲にある程度の広さの油膜があっても油膜の後部から大気が強制的に吸い込まれてキャビテーションと接続、油膜が破断することが確認された。

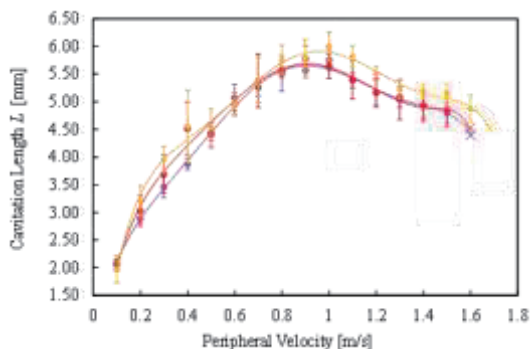


Figure1. Cavitation length with peripheral velocity at each load

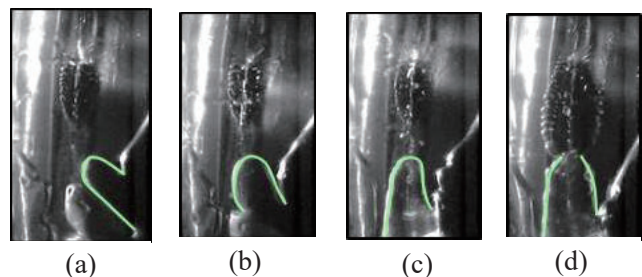


Figure2. Visualization of oil film breaks

アーク加熱風洞を用いた炭素系材料周りのプラズマ気流の分光診断

†坪内啓晟*, 古頭龍太**, 山田剛治**,
堀内翔馬***, 岡村駿太***, 坂本憲一***, 川添博光***

*東海大学大学院 工学研究科 機械工学専攻

**東海大学 工学部 機械工学科

***鳥取大学大学院 持続性社会創生科学研究科 工学専攻

発表の要旨

近年の宇宙研究分野においては JAXA の「はやぶさ2」や NASA の「OSIRIS-REx」のような小惑星探査機によるサンプルリターンミッションが盛んに行われている。サンプル回収カプセルが大気圏に再突入する際には 10km/s を超える非常に速い速度となり、機体前方には強い衝撃波が発生する。このときカプセル前方の衝撃層内の温度は 10000K を超える厳しい熱空力環境にさらされるため、CFRP アブレータ等の熱防御システム (TPS) が使用されている。TPS の開発において、その性能評価を行うために加熱風洞を用いた耐熱試験が行われてきた。中でも再突入飛行時の加熱率と同等の環境を長時間維持することができるアーク加熱風洞は耐熱性の試験に適しているため多く使用されている。しかし、アーク加熱風洞によって生成されたプラズマ流は熱的・化学的非平衡性が強く、厳密な気流特性は解明されていない。このような実飛行環境とは異なる風洞特有の現象を調査し、その影響を計算により見積もることができれば、地上試験による実飛行環境の予測を高精度に行うことが可能となる。

本研究では ISAS/JAXA の保有する 1MW アーク加熱風洞を用い、風洞のプラズマ気流特性調査および風洞の気流中に投入された供試体周りの熱化学反応に注目し、紫外-可視-近赤外範囲での分光計測によってアーク風洞における気流や供試体周りの現象の調査を行っている。昨年度の実験では、地球大気突入時の熱防御システム周りの現象を単純化するため、試験気体に窒素、供試体にグラファイトを用いた計測を行った。その結果、衝撃波面から供試体表面までの発光の空間的分布を計測することに成功し、供試体表面で生成される反応物の発光強度が時間的に変化するという現象が発見された。さらに、スペクトルフィッティング法により気流中の化学種ごとにもエネルギー準位の分布や非平衡性に違いがある事が判明した。

本発表では、今年の1月及び9月に実施された実験の結果に関して報告を行う。この実験では、昨年の実験条件をより実飛行環境に近づけるため、試験気体に空気を使用し、供試体にはグラファイトと新たに C/C コンポジットを加えて試験を行った。



Fig.1 Arc heated wind tunnel in ISAS/JAXA

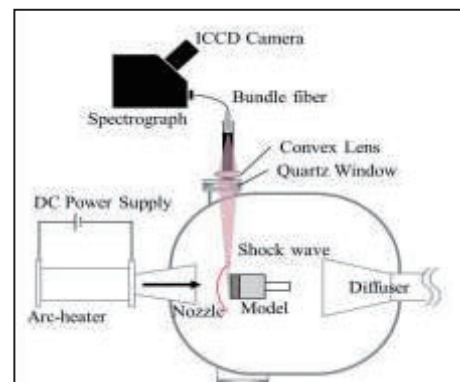


Fig.2 Measurement system

†:連絡先 E-mail: 9bem061@cc.u-tokai.ac.jp

極超音速飛行に向けた反射型衝撃風洞の気流調査

† 簾 慶次郎*, † 井上 智仁*, Juanra Llobet**, 山田 剛治***

*東海大学大学院 工学研究科 機械工学専攻

**東海大学 工学部 機械工学科 山田研究室 博士研究員

***東海大学 工学部 機械工学科 准教授

発表の要旨

緒言

近年、世界各国の航空宇宙業界 (NASA, JAXA, ESA) で脚光を浴びている航空機として、旅客目的の極超音速機がある。極超音速機は、航行速度がマッハ数 5 以上(時速約 6200 キロメートル以上)での飛行が可能であり、太平洋を片道約 2~3 時間で横断できる。したがって、将来的に極超音速機を旅客目的で運用しようと、各国で研究・開発が行われており、昨今のニュースでは、2018 年 7 月に Boeing 社が極超音速旅客機のコセプトを発表するなど航空業界における注目度の高さが窺える。かつて、JAXA でも宇宙往還技術試験機(HOPE-X)という計画が存在し、その中で 1996 年に極超音速飛行実験として HYFLEX が打ち上げられていたが、その計画は凍結されている。しかし、再び日本でも極超音速機の研究・開発が行われ、現在 JAXA では極超音速旅客機の開発計画も進められている。極超音速機体の研究・開発は、本来であれば実際に機体を飛ばす実機試験を行うが莫大な資金が必要であり、実験回数をこなすことが非常に難しい。それに加え、極超音速領域で機体に発生する空力加熱などの物理現象は未解明な部分を多数含んでいる。その速度領域の現象を解明するためには、実験回数を重ね多くのデータを取得する必要がある。そこで、より現実的な試験方法として実機試験に比べ、低コストかつデータの生産性が高い風洞試験が有用である。ゆえに本研究室では昨年度、極超音速飛行環境を瞬間的に模擬できる反射型衝撃風洞(Reflected Shock Tunnel)の開発を行った。したがって、その飛行環境を模擬するために RST を用いて生成できる気流の特性調査を行う必要がある。その特性を評価するためには、観測部内での発生気流速度をより速くし、持続時間を増加させなければならない。D. W. Holder と D. L. Schultz らの研究によると、RST の観測部での気流速度及び持続時間は、風洞端部のノズル入口前で発生する入射衝撃波と反射衝撃波の関係性が深く関わってくると考えられている。したがって、その関係性を知るために本研究では実験で得られたデータとクイーンズランド大学の圧縮性流体解析コード Eilmer3 をベースに本研究室所有の RST に適用させた解析コードを用いて得られる解析値データとの比較を行い、そこから得られた知見を基に将来的に RST を用いた極超音速領域の特性の実現を目指す。

実験装置

本研究室所有の反射型衝撃風洞は、貯気槽、圧縮管、低圧管、極超音速ノズル、観測部、真空タンクで構成される。作動原理は以下の通りである。貯気槽に高圧の空気を充填する。また、圧縮管にはヘリウム、低圧管に空気を既定の圧力で入れておく。貯気槽の急開弁を開くことで高圧空気が圧縮管端にある自由ピストンを押し、駆動させる。ピストンは圧縮管内を移動しながら前方のヘリウムを圧縮し、高圧にする。高圧ヘリウムが圧縮管と低圧管の間に挿入されている隔膜を瞬間的に破膜させることで、衝撃波が低圧管内に形成される。衝撃波は低圧管内の空気の温度と圧力を上昇させ、下流方向へ伝播し、流れを誘起する。低圧管内の空気の圧力上昇によりノズル入口のセロハン膜が破膜し、ノズル内へ高圧空気が流れ込む。高圧空気がノズルを通ることで膨張し加速され、観測部で気流を生成する装置である。



Fig1. 本研究室所有の反射型衝撃風洞

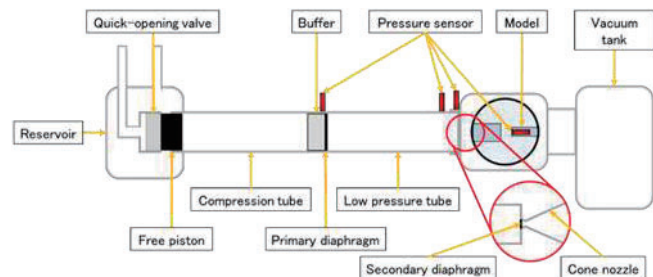


Fig2. 反射型衝撃風洞の簡略図

† 簾 慶次郎→red.alex.0825@gmail.com, 井上 智仁→9bem012@cc.u-tokai.ac.jp

Micro Surface Roughness の形状の違いが ゴルフボールの空力特性に与える影響

†柴田康平*, 岡永博夫**

*東海大学大学院工学研究科機械工学専攻 **東海大学工学部機械工学科

発表の要旨

1. 緒言

球技で使用されるボールにはそれぞれ特徴的な表面構造が施されており、それらが飛翔軌道に影響を与えている。その中でもゴルフボールはディンプルと呼ばれるくぼみがあり、ボールによってディンプルの数、大きさ、形状が異なるため、競技者は自分に合ったボールを使用することができる。また最近の傾向としてディンプルの内外に MSR(Micro Surface Roughness)という小さなディンプルが施されたボールが生産されている。これらのボールは通常のゴルフボールよりも飛翔距離が伸びるといわれ、MSRに関する研究が進められている。

伊藤氏らの研究では同じディンプル数で MSR 有無によるゴルフボール周りの流れの可視化を行い、PIV 解析を行った⁽¹⁾。その結果、MSR を施すことによってボール表面の流速が速くなることが確認された。しかし、実際の空力特性は未解明であり、また、MSR の他の形状の空力特性も明らかとなっていない。そこで本研究は Nike 社の RZN TOUR2016 と BRIDGESTON 社の TOUR B を参考に作成したモデルボールを用いて風洞実験による無回転時の抗力測定実験を行い、MSR がゴルフボールの空力特性に与える影響を明らかにすることを目的とする。

2. 実験装置及び方法

2.1 実験球

Fig.1 に本実験で使用した実験球を示す。モデルボールは全て 3D プリンターで作成し、球直径は 110mm である。Nike 社の RZN TOUR2016 を基に作成したのが D1.0RZN 凹、BRIDGESTON 社の TOUR B を基に作成したのが D1.0TOURB である。MSR の比較のためにディンプルのみと MSR 凸のボール、またディンプルの深さを半分にしたディンプル深さ 0.5mm のボールを作成した。なお本実験において深さ 1.0mm でディンプルのみのボールは D1.0w/oMSR、ナイキ社の RZN TOUR2016 を基にディンプル内に MSR 凹を施したボールは D1.0RZN 凹、MSR 凸が施されたボールは D1.0RZN 凸と称す。ディンプル深さ 0.5mm も同様に D0.5w/oMSR、D0.5RZN 凹、D0.5RZN 凸と称す。また、BRIDGESTON 社の TOUR B を基にディンプル内にデュアルディンプルが施されたボールは D1.0TOUR B と称す。

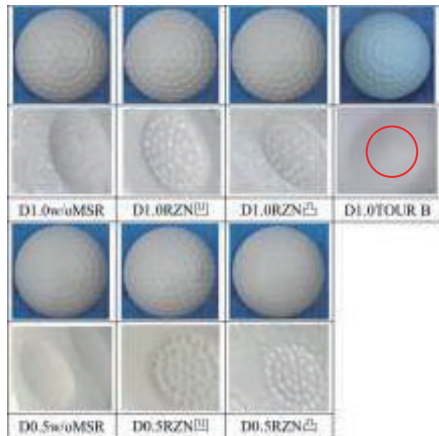


Fig.1 Experimental balls

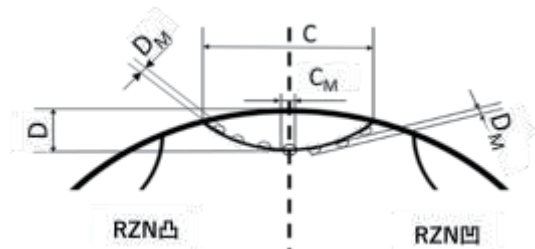


Fig.2 Schematic of RZN TOUR

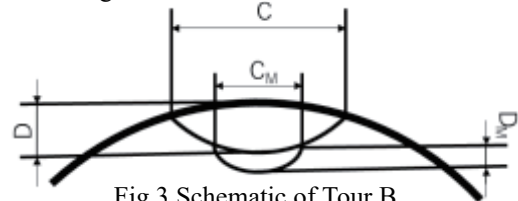


Fig.3 Schematic of Tour B

2.2 抗力測定実験

Fig.4 に風洞装置及びワイヤー型支持法の概略図を示す。風洞の吹き出し口は $400 \times 400 \text{mm}$ である。モデルボールはボールの曲面に合わせた厚さ 0.8mm 、 $\phi 32 \text{mm}$ の PLA 樹脂を接着剤で取り付け、直径 5mm のステンレス鋼製の中実棒を介して、直径 2mm の銅製ワイヤーで $500 \text{mm} \times 560 \text{mm}$ のフレームの中心で固定され、フレームは風洞吹き出し口からボールの先端までが 90mm になるように設置されている。風速は $0 \sim 60 \text{m/s}$ 、乱れ度 0.3% である。ボール及びワイヤーにかかる力は歪型三分力計とセンサーインターフェースを介して測定される。本実験のレイノルズ数は $\text{Re} = 0.6 \times 10^5 \sim 3.6 \times 10^5$ の範囲で、 $\text{Re} = 0.2 \times 10^5$ ごとに測定を行った。

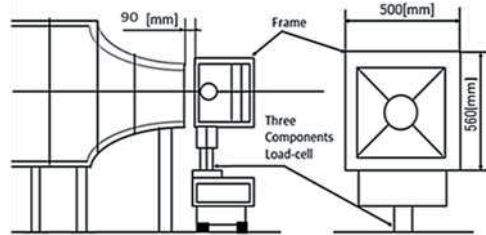


Fig.2 Schematic diagram of wind tunnel and wire support

3. 実験結果

ディンプル深さ 1.0mm のモデルボールの抗力測定結果を Fig.5 に示す。Fig.5 より臨界レイノルズ数はディンプル体積が大きいほど低レイノルズ数に推移する。また、ディンプル深さ 1.0mm の場合、超臨界領域における抗力係数は MSR による差が小さいことが明らかとなった。これは MSR よりもディンプルの影響が大きいからだと考えられる。ディンプル深さ 0.5mm のモデルボールの抗力測定結果を Fig.6 に示す。Fig.6 より臨海領域はディンプル体積が大きいほど低レイノルズ数に推移する。また超臨界領域の抗力係数は D0.5RZN 凸、D0.5RZN 凹、D0.5w/oMSR の順に高い値を示した。

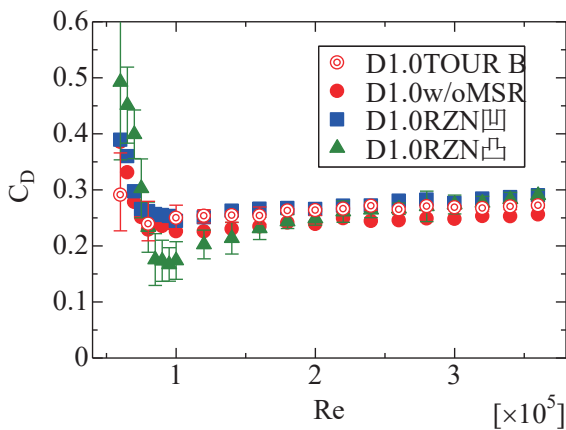


Fig.5 Drag coefficient of model ball of depth 1mm

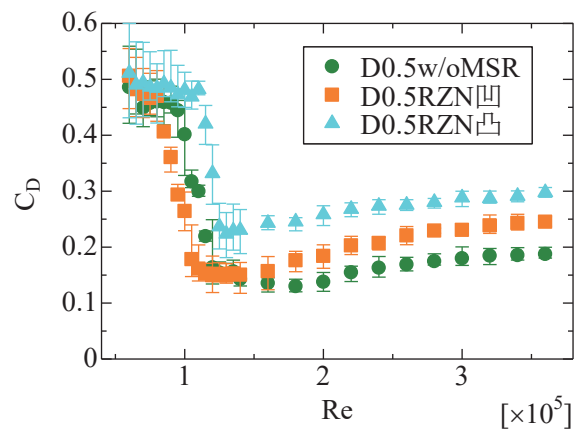


Fig.6 Drag coefficient of model ball of depth 0.5 mm

4. 結言

超臨界領域における抗力係数はディンプル深さ 1.0mm の場合、MSR 有無による差は小さく、ディンプル深さ 0.5mm の場合、MSR を施すと大きくなる傾向になった。

参考文献

- (1) 伊藤信一郎, 古賀洋将, 中島知浩, 平塚将起, ディンプルパターンの異なるゴルフボールの流れの違い, 日本機械学会[No.16-40]シンポジウム:スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス 2016, 講演論文集 [2016.11.9-11.11 山形]

フォトクロミズムを用いた液体膜の流れ可視化・計測手法の開発と エンジンピストン周りのオイル輸送現象への応用

†畔津 昭彦*, 小川 航平**, 落合 成行*

*東海大学 工学部 機械工学科

**東海大学大学院 工学研究科 機械工学専攻

発表の要旨

エンジンを始めとして様々な機械が流体の流れを利用しており、流れの最適化が機械の性能向上に重要となっている。通常の流れ場であれば粒子画像流速計 PIV が実用化されて適用されており、近年はマイクロ PIV も開発されて微小流路内の流れの計測にも応用されている。しかし潤滑油膜に代表されるようなサブ μm から数十 μm の液体膜においては、トレーサー粒子と膜厚さが同程度となってしまうために PIV を適用することが不可能であり、これまでは適切な流れの可視化・計測手法が存在しなかった。

液体膜の可視化、膜厚さの分布計測にはレーザー誘起蛍光法 LIF が多用され、大きな成果が得られている。計測される蛍光強度は強い温度依存性があり、また測定部の反射率に大きな影響を受けるために、これらについての正確な校正実験と丁寧な扱いが必要となる点がやや煩雑である。なお、膜の厚さ方向の分解能がないために、ピストン周りの油膜を例にとると、油膜がピストン、シリンダライナのいずれに付着しているのか、それとも満ちているかなどは判断できない。また連続 2 時刻の LIF 画像から流速分布を推定することが行われているが、油膜厚さ分布の形状は変化せずに移動しているとの大胆な仮説の上に成り立つ方法であり、精度については大きな問題を含んでいる。

これらの従来の方法の欠点を解消する手法として、著者らはフォトクロミズム現象を応用した流れの可視化手法の開発を進めてきた。当初は単純な流れ場の可視化計測に成功しただけの段階であったが、2014 年度から 5 年計画で実施された SIP 革新的燃焼技術のプロジェクトの一環として開発を進め、実際の可視化エンジンに適用できるレベルまで開発が進んでいる。現在はエンジンオイルだけでなく燃料膜の可視化や、さらにはエンジン以外の応用先への展開も視野に入れて開発を進めている。以下では概要を紹介する。

フォトクロミズムとは溶液に光（一般には紫外光）を照射すると溶液の吸収スペクトルが変化して着色される現象を総称している。フォトクロミック色素をエンジンオイルなどの適切な液体に溶解させることで実現可能であり、着色、退色を繰り返して再利用できる点が大きな特徴である。また本研究で主に使用したフォトクロミック色素・スピロピランの着色は、着色直後の着色濃度は温度に大きな影響を受けないこと、また着色寿命は温度の上昇とともに短くなるが、常温で数百秒、エンジンのモータリング試験で多用される 80°C においても 0.5 秒程度と、エンジンアプリケーションには十分に長い寿命があり、マーカーとして有効に使用できることを確認している。

着色は発光現象ではなく照明光の吸収による現象であるため、背景となる表面の色や反射率、さらには形状などに影響を受ける。また油膜厚さが時間的に変化する非定常現象への適用も必要である。種々の検討の結果、これら誤差要因の影響を極力軽減し、着色濃度を精度良く、また明瞭に定量化するために、2 時刻 2 波長処理手法による定量化を提案した（特許申請中）。これは照明光を吸収する波長 λ_2 と照明光を吸収しない波長 λ_1 の 2 波長の画像を、着色前（時刻 1）と着色後（時刻 2）の 2 時刻で撮影し、合計 4 枚の画像から次式で着色濃度・吸光度を定量化するものである。このようにして算出した吸光度 A_s は油膜厚さに良く比例し、測定表面の反射率や色、形状などにも影響を受けないことを確認している。

$$A_s = -\log_{10} \frac{I_{2\lambda_2}}{I_{2\lambda_1}} - \left(-\log_{10} \frac{I_{1\lambda_2}}{I_{1\lambda_1}} \right)$$

本手法を可視化エンジンに適用するために開発したシステムを図1に示す。紫外レーザー光をガラスライナに照射して油膜を着色し、撮影に同期したフラッシュライトで照明している。画像は2分岐光学系を介して高速度ビデオでクランク角度に同期して撮影するシステムである。このシステムで得られた幾つかの実例を以下に紹介する。

実験の結果、通常はピストン上の油膜移動がきわめて遅いことが確認された。そこで1サイクルに1回セカンドランド中央部にレーザーを照射して着色し、ピストンが同じ位置に来た際の画像を長期間撮影した結果を図2に示す。数十サイクルで着色部のオイルがピストンリングの合口部に到着すること、吸気絞りの状況で方向が反対になるなど、油膜移動の駆動力はガス流れであることが明らかになった。

図3は紫外光源を強力なYAGレーザーとして、トップランド部をライン状に着色した結果を示している。上下に着色がずれている部分は、油膜がピストン表面とライナの間に満ちている領域、一方、線状に残っている領域はピストン側にほとんどの油膜があり、その表面は気泡で覆われている領域であることを示している。従来から気泡がどちら側に付着しているか議論があったが、シリンダ側であることを明らかにした結果である。この他に急激なオイル移動の発生と、その移動経路の確認などにも成功した。また着色部がライナに接触すると、着色領域が引き伸ばされ、着色が消えることから、ピストンとライナの接触部位、タイミングの観察にも応用可能である。

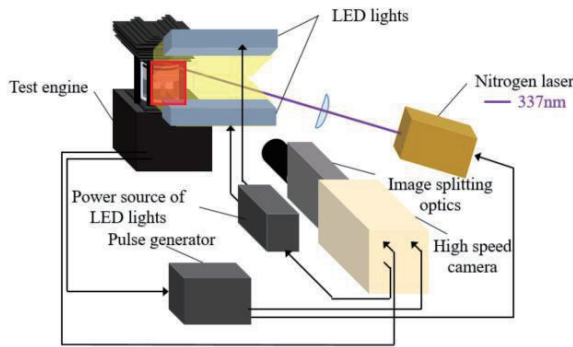


図1 フォトクロミズム可視化システムの概要

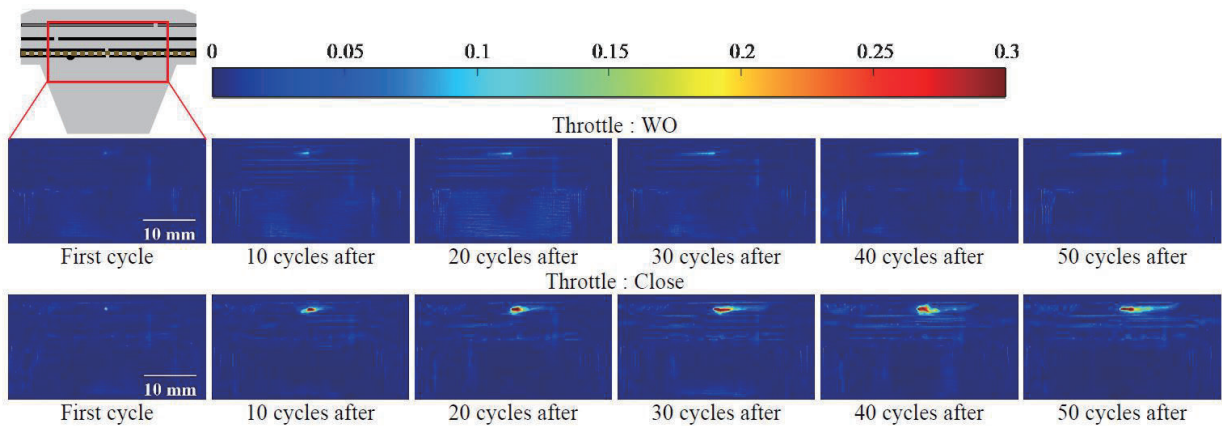


図2 セカンドランド上の油膜移動の長時間可視化結果

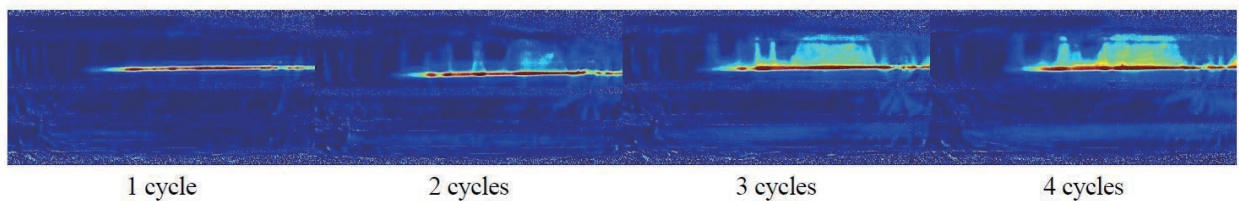


図3 トップランド上の油膜移動の可視化結果

†:連絡先 E-mail:azetsu@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

数值的・実験的手法を駆使した 高効率・低環境負荷型熱流体機器の開発と最適設計

†福島直哉*

*東海大学 工学部 動力機械工学科

発表の要旨

発表者は、これまで機械工学における熱流体工学を専門とし、「乱流」及び「乱流燃焼」に関する研究を推進してきている。最終的な研究目的は、高効率・低環境負荷型の熱流体機器を開発、最適設計を行い、環境・エネルギー問題解決の一助となることにある。本発表では、例として、4つの研究テーマを取り上げ、紹介する。

代表的な研究テーマ

1. 高レイノルズ数乱流の直接数値計算⁽¹⁾

直接数値計算 (Direct Numerical Simulation: DNS) とは、乱流に含まれる様々な空間及び時間スケールの構造を全て解像し、モデルを用いることなく、熱流体の支配方程式を直接解くことである。すなわち、数値実験である。DNS を用いることにより、実験における計測では全てを捉えることができない、4次元時空間における速度・圧力やその微分量・積分量を得ることができる。DNS データを解析及び可視化することにより、様々な流れ場における乱流の物理現象を理解することが可能となる。現在、「京」コンピュータなどのスーパーコンピュータを用いることにより、工学機器実機における流れ場の解析も可能となっている。図1に、摩擦レイノルズ数 $Re_\tau = 2500$ における速度勾配テンソルの第2不変量が正の値を有する領域 ($Q > 30$)、流体が剛体回転している領域を示す。

2. 乱流構造に基づいた SGS モデル (ラージ・エディ・シミュレーション: LES) の開発⁽²⁾

コンピュータのハードウェア、ソフトウェアの両面における発達から、CAE (Computer Aided Engineering) を用いた熱流体機器の性能向上・最適化が現実的となっている。そこで、産業界において、ラージ・エディ・シミュレーション (Large Eddy Simulation: LES) が注目を集め、その応用範囲を広げている。しかし、これまでに提案されている主なSGSモデルにおいて、様々な乱流場におけるその精度の検証は十分であるとは言えない。さらに、壁近傍においては、その特徴的な乱流構造を解像しなければ、平均速度を含めた各種乱流統計量について十分な精度が得られない問題を有している。そこで、一様等方性乱流のDNSデータベースを用い、Smagorinsky係数がレイノルズ数に依らず、LESの格子幅とコルモゴロフ・スケールの比 (Δ/η) のみ関数として表されること、局所平衡の仮定から Δ/η はGS成分のみから求められることを示した。さらに、Bardinaモデル(BM)とSmagorinskyモデル(SM)の長所を活かした格子幅自己認識型モデル(SSRM)を提案し、その有効性を示している。図2に示されるように、SSRMモデルの予測はDNS結果と非常に相関の高い結果を示している。

3. 深層学習に基づいた乱流構造の理解の進化⁽³⁾

これまでに乱流の本質を理解するために、様々な流れ場において数值的・実験的研究が行われてきている。数値計算のハードウェア・ソフトウェアの急速な発達や計測技術の高度化により、大規模かつ詳細なデータベースが構築されつつある。その解析には、種々の線形理論に基づく手法が適用されている。しかし、乱流の本質はその非線形現象にあり、乱流現象の解明には、非線形性を捉えられる特徴抽出手法が必要不可欠である。近年、深層学習 (ディープラーニング) に代表される機械学習への注目が高まっており、様々な分野において、その活用が期待されている。そこで、「機械学習を用いた乱流の特徴抽出手法の構築」を目指し、様々な大学における研究室と連携して、研究を推進している。

4. 乱流燃焼の直接数値計算

詳細化学反応機構を考慮に入れた乱流燃焼の DNS を GPU(Graphics Processing Unit)に最適化し、一様等方性乱流中を伝播する平面火炎からエンジンやマイクロガスタービン用燃焼器まで様々な系で乱流予混合火炎の DNS を行っている。高圧・高強度乱流火炎では階層的な乱流秩序構造と火炎の相互作用により、火炎構造も複雑な多重階層構造を示すとともに、火炎内部の構造にまで乱流の影響が顕著に現われることを明らかにしている。その他、自動車などの SI エンジンを模擬した三次元定容容器内火炎伝播の DNS、HCCI(予混合圧縮自着火型)エンジン内乱流燃焼機構に関する研究も行なっている。図 3 に、SI エンジンを模擬した三次元定容容器内における着火後の火炎伝播を示す⁴⁾。燃焼過程が進むにつれて、容器内の温度・圧力が上昇するなかで、火炎と乱流が複雑に相互作用していることが観察される。また、火炎と壁面の衝突により、大きな熱損失が発生する。

おわりに

環境・エネルギー問題の解決は一研究室が単独では行えない、学際的な問題である。発表者はこれまでに乱流や乱流燃焼に関する数値的及び実験的基礎研究から、燃料電池などに関する応用研究まで幅広い分野において研究活動を行なってきた。それらの経験を活かして、研究室、大学、さらには産業界を横断した幅広い領域横断型の研究に努めていく。さらに、日本の産業の発展を支えるような産学連携研究を積極的に進め、エネルギー・環境問題の総合的な解決に貢献していく。

参考文献

- 1) 福島ら, 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集, pn. 0507, 2pp. (2013)
- 2) N. Fukushima, *et. al.*, Proc. TSFP 9, pn. 1B2, 6 pp., (2015)
- 3) 深潟ら, 日本流体力学会年会, 2pp., (2018)
- 4) B. Yenerdag, *et. al.*, Proc. Comb. Inst., 35, pp. 1277–1285 (2015).

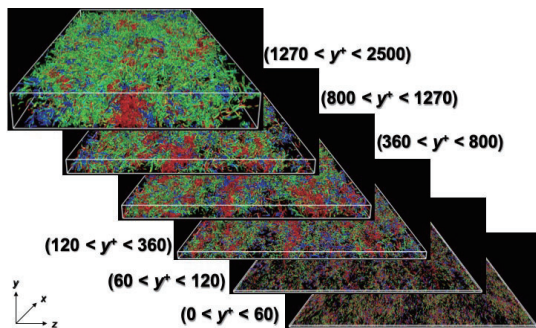


Fig. 1 Contour surfaces of the second invariant of velocity gradient tensor colored by Reynolds shear stress.

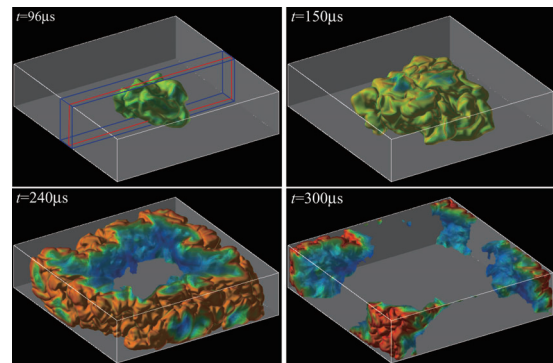


Fig. 3 Temporal development of heat release rate by volume rendering method in a constant volume vessel under pressure rising condition.

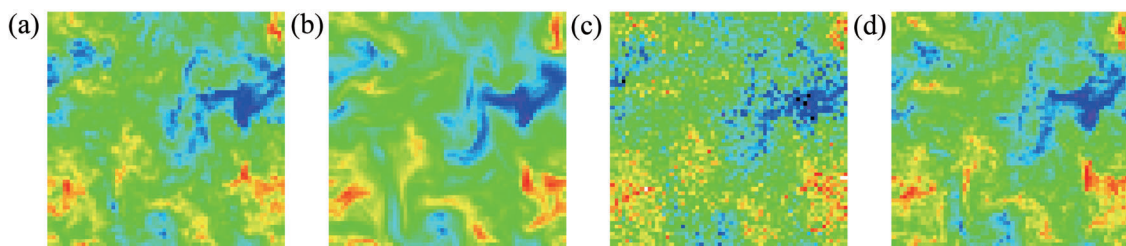


Fig. 2 Instantaneous 2D distributions of one in-plane component of velocity at $t = 3.0$ and $Re_\lambda = 175.4$ with $\Delta/\eta_{mit} = 22.7$:
 (a) filtered DNS, (b) Smagorinsky, (c) Bardina and (d) scale self-recognition mixed models.

† : fukushima@tsc.u-tokai.ac.jp

摩擦による動力伝達要素

†山本 建*

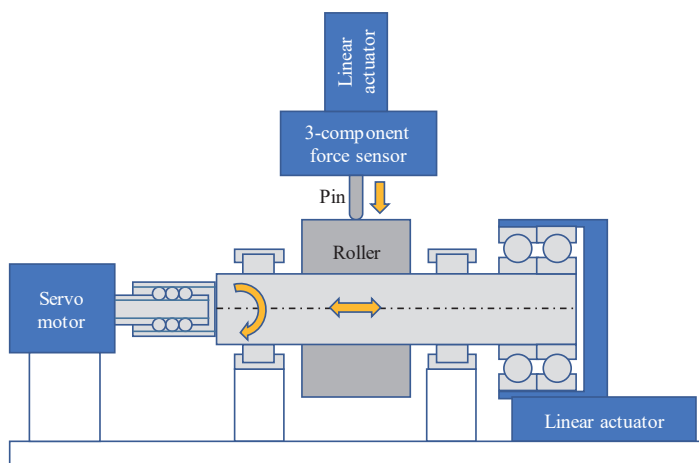
*工学部動力機械工学科

発表の要旨

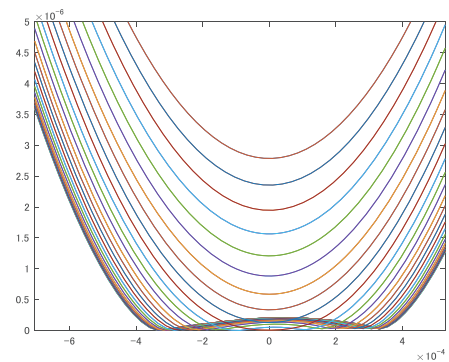
摩擦によって動力を伝達するトラクションドライブ／フリクションドライブは、無段変速機の実現が可能であり、日本を中心に多くの小型自動車に搭載されている。また振動が小さく静粛性に優れ、回転精度も高いことから EV 等の電動車用変速機にも適しており、次世代の動力伝達要素として期待されている。本研究室で、摩擦係数の向上、摩擦を発生させるための押付け機構の開発、特長を活かしたアプリケーションの創出に取り組んでいる。

1. 自動車用 CVT（無段変速機）の摩擦係数向上

本変速機は金属ベルトをプリーで狭圧し、摩擦によって動力を伝達する。伝達部の摩擦係数が高くなれば狭圧力を小さくすることができるため、狭圧に必要な油圧を発生するポンプの仕事低減、および軸受など荷重を受ける部位の損失減により燃費が向上する。また部品の軽量化、耐久性の向上など、あらゆる性能の改善を得る。伝達部は高い接触面圧を受けるため、摩擦や焼付きを回避するため油による潤滑がなされる。油は一般に摩擦係数が低いため、伝達部において高い摩擦係数と耐損傷を両立することが大きな課題となっている。そこで本研究では、伝達部の接触挙動を再現する摩擦試験装置と、弾性流体潤滑シミュレーションを用いて、伝達部に形成される油膜の挙動と摩擦特性を解析し、高摩擦と耐損傷の両立を目指している。



CVT 摩擦試験機



油膜形状シミュレーション結果

2. 高速モータ用遊星ローラ変速機

電気モータは高回転化によって小型化が可能であり、小型高効率の減速機と組み合わせることで高パワー密度の駆動システムを実現できる。遊星ローラ減速機はかみ合い振動がなく高回転に適しているが、摩擦伝達に必要な押付け力を与えることが容易ではない。そこで負荷に応じた押付け力を与える新しいカム機構を考案した。プロトタイプを製作し、成立性の確認と性能向上に取り組んでいる。また伝達部の摩擦係数を高めるべく、接触面の観察によって界面の現象を解明し、数値シミュレーションと AI を組み合わせて表面性状を最適化して、飛躍的な摩擦係数の向上を目指している。

線形熱音響理論を用いたデバイス設計と非線形現象の観測

†長谷川真也*

*東海大学 工学部 動力機械工学科

発表の要旨

境界層程度の流路を有する細管に閾値を超える温度勾配を与えると、気柱の固有振動モードと固有振動数で自励振動音波が励起する。この現象は熱音響現象とよばれている。熱音響現象に関する研究は古くからなされており、19世紀のRayleighの教科書でも記載されている[1]。20世紀後半に入ると熱入力から音響パワーを取り出すエンジンとしての機能が着目され、積極的な応用研究が始まった[2, 3]。熱音響エンジンの出力である音響パワーは図1に示すようにリニア発電機などによって電力に変換することができる。また音響パワー入力で動作するヒートポンプとして熱音響現象を利用することもできる。熱音響エンジンと熱音響ヒートポンプを接合することで、同図に示すように可動部を持たない熱動作ヒートポンプを構築することもできる。

熱音響現象は、流体の振動と管壁との熱交換によって引き起こされるために、現象は流体の基礎方程式、連続の方程式、ナビエ・ストークス方程式、エネルギー方程式によって記述される。ただし、これらを解析的に取り扱うことは困難であるため、長波長、正弦波近似を行った線形理論が発展した。これらの成果は熱音響理論として教科書などに記載されており、現在では熱音響現象を利用したデバイスの臨界温度や熱効率を計算・設計するために欠かせない方法になった。一方、線形理論で無視した非線形効果もまた、実際の熱音響現象で多く観測されている。熱音響現象で生じる非線形現象は乱流、衝撃波、カオス、同期現象など多様である。近年は流体の方程式を離散化し大規模数値計算によって直接解くことで、熱音響現象で非線形現象を分析することも可能になってきている。本発表では線形熱音響理論を用いたデバイス設計と熱音響現象で観測される非線形現象を紹介する。

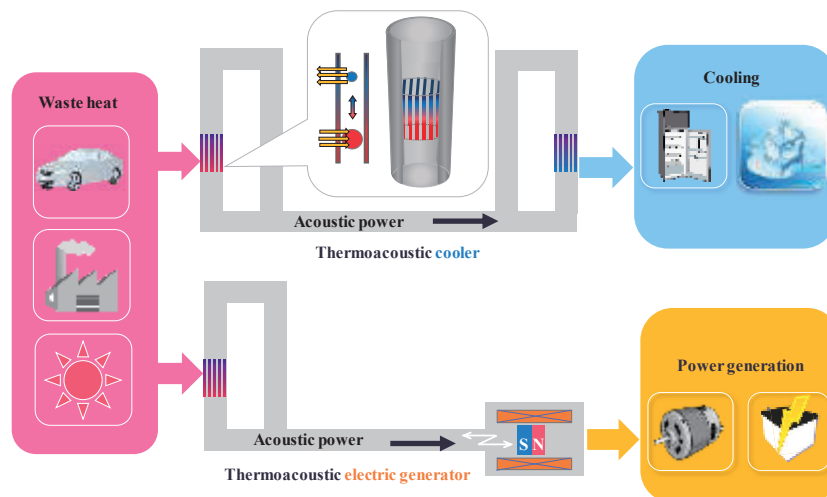


図 熱音響デバイスの概要

REFERENCES

- [1] J. W. S. Rayleigh, Dover Books on Physics (1945). [2] T. Yazaki et al., Phys. Rev. Lett., Vol. 81, pp. 3128-3131 (1998). [3] S. Backhaus and G. W. Swift, Nature, Vol. 399, pp. 335-338 (1999).

†:連絡先 E-mail:s.hasegawa@tokai-u.jp

気液二相流解析によるピストンリング周辺の流体挙動予測

†川本 裕樹*, 蔵本 結樹**, 高橋 俊***, 落合 成行****, 畔津 昭彦****, 山本 憲司*****

*東海大学 大学院 総合理工学研究科

**東海大学 大学院 工学研究科

***東海大学 工学部 動力機械工学科

****東海大学 工学部 機械工学科

*****東海大学 工学部 建築学科

発表の要旨

温室効果ガスである CO₂ の排出量削減は持続可能な社会の実現に向け不可欠な要素である。2017 年度の日本国内における CO₂ 排出量である 12 億 9,200 万トンのうち自動車や船舶などを含む運輸部門は約 18% を占めている。このなかで自動車に起因する割合は 86% であることから国内全体の CO₂ 排出量の約 15% が自動車によるものといえる。自動車の CO₂ 排出量削減に対してはエンジンの熱効率向上が課題であり、内閣府による SIP やヨーロッパにおける FVV など大規模な取り組みが世界的に進められている。

自動車全体の摩擦損失のなかでもエンジン関連要素の割合は大きく、特にシリンダ内部において往復運動を行うピストン周辺は一定の寄与率を有する。この部分の摩擦に対してはピストン外周に設けられた溝に取り付けられるピストンリングとシリンダライナ間のオイルによる潤滑性能の影響が支配的といえる。近年では摩擦損失の低減に対する方策として低張力ピストンリングや低粘度オイルが使用されるが、オイルが燃焼室内に進入し消費される問題が生じる。しかしピストン下部より供給されたオイルの上昇に関する詳細な流動機構は明らかにされていない。燃焼室までのオイルの輸送経路としては図 1 の①に示すリング摺動面、②の背面および③の合口隙間が予想される。しかし各要素に関連する設計パラメータやエンジンの運転条件がオイル消費に対し如何なる影響を及ぼすかは確認されていない。また高速運転時におけるピストン周辺のオイル挙動の実験的な観察には課題が残されている。このことから本研究では埋め込み境界法に基づく気液二相流解析によりピストンリングまわりの流体挙動の予測を行う。

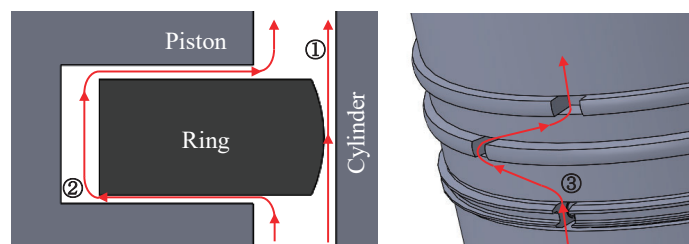


図 1 ピストンリングまわりのオイル輸送経路

従来の研究においてはピストンリング周辺のオイルに関連する数値解析として、流体の基礎方程式である Navier-Stokes 方程式に対し隙間流れの仮定を用いて導出される Reynolds 方程式に基づく摺動面の油膜厚さや摩擦力の評価などが長きに渡り行われてきた。本研究では Navier-Stokes 方程式に基づく数値流体解析手法の構築と応用により従来の解析手法では困難であるリング背面や合口隙間を考慮した気液二相流現象の予測を行う。二相流解析手法には一般に気液の体積分率に基づき界面を定義する diffuse interface model が広く用いられているが、本手法は体積保存性に優れる反面、移流拡散により界面の鮮明さに課題を有する。これに対し本研究ではリング周辺に形成される薄い油膜の解像を可能にすべく sharp interface model である level set 法を用いる。また二相の界面近傍の計算格子に対して任意の境界条件を与える ghost fluid 法を適用する。

ピストン下降時に相対的にリング下部から流入するオイルを模擬し、リング周辺の流れ場と界面挙動について確認した。本研究では2ピースオイルリング周辺を解析対象とし、計算領域上部には実験で計測されたサードランド圧力を与えた。ここで図2に膨張行程における気液界面と圧力分布を示した。130 deg.CA から 150 deg.CA ではリング溝内がサードランド部に比較し高圧化しており、これは吸気行程における溝内へのオイルの流入および圧縮行程で上昇するサードランド圧力の影響によるものと考えられる。またオイルがリング上面の隙間を通じてランド部に流出する挙動を確認した。また 160 deg.CA ではシリンダ壁面に付着したオイルが燃焼室側へ上昇する様子が見られた。以上より溝内からのオイルの流出はリング上面隙間の左右に生じる圧力差に起因することが確認された。また本計算からは回転数の増加に伴うオイル流出量の増加が見られ、先行研究によるオイル消費量と同様の傾向を示した。

図3には2ピースオイルリングに用いられるコイル状のエキスパンダを考慮した三次元解析の結果を示した。本解析では高回転下において溝内の空気とオイルがエキスパンダと干渉する様子を確認した。また図4に示す複数のリングを考慮したリングバック周りの三次元解析ではピストン下降時に下部から流入したオイルが合口隙間を通じて上昇する様子を確認された。またこの挙動は合口隙間が一直線上に配置された場合に顕著に見られた。

以上よりオイル消費に繋がる輸送経路およびメカニズムを確認し、運転条件の違いがオイルの輸送に影響を与えることを明らかにした。今後はモデル構築に向けた高度な予測に向け、各パラメータの影響調査および三次元解析による定量評価を実施する。

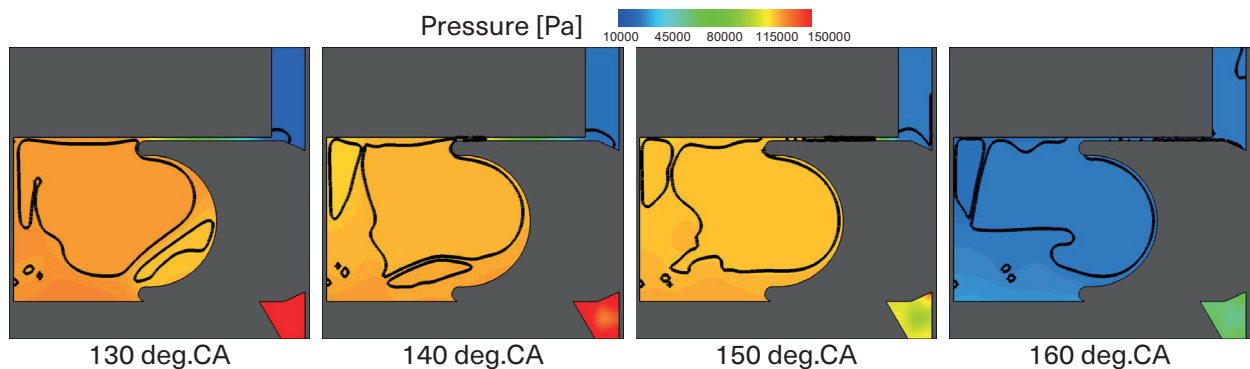


図2 膨張行程におけるピストンリング上面隙間からのオイルの流出

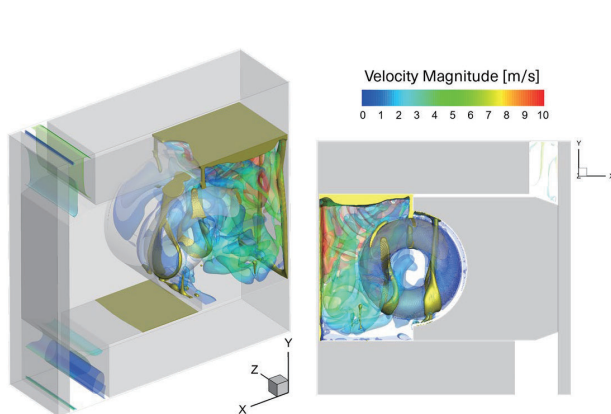


図3 エキスパンダを考慮したオイルリング周りの気液界面およびQ値の可視化

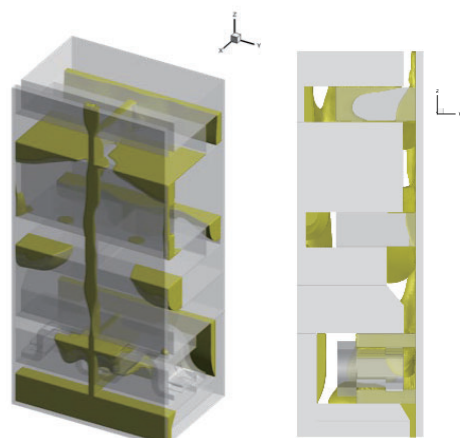


図4 リング合口隙間を考慮したリングバック周りの気液界面の可視化

CFD 解析を応用したヒートパイプの数理モデル開発

†竹村薫*, 長島弘明**, 川本裕樹***, 奈良祥太郎***, 高橋俊**

*東海大学大学院工学研究科機械工学専攻

**東海大学工学部機械工学専攻

***東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻

発表の要旨

1. 研究背景と目的

我々の研究は General Anti-Particle Spectrometer(GAPS)の一部として行われており, GAPS は宇宙線の高感度観測から間接的にダークマターを探索するプロジェクトである. 本プロジェクトで行われる気球実験の冷却システムの 1 部としてヒートパイプの使用が予定されている. このヒートパイプは実験で性能評価及び開発は進められているが, 流路が金属壁で囲まれている構造上, 実験による内部の物理量の取得, 流動挙動の観察が困難である. そこで CFD を用いて内部の流動挙動と物理量予測を行う. またその結果を入力値と与え温度場を予測するヒートパイプの 1 次元モデルの開発する事が本研究の最終目的である.

2. 解析手法

支配方程式には, 非圧縮性 Navier - Stokes 方程式と連続の式を用いている. また物体形状と気液界面は, 各セルから界面までの符号付距離である Level set 関数を用いた Level set 法を適用した. 二相流解析手法としては, 各相それぞれを単相流の問題として扱い, 界面付近に仮想の流体として境界条件を定義する ghost-fluid 法を用いた. 物体表面の non-slip 条件は ghost-cell 法により決定した.

3. 結果および考察

流路中心に円柱状の障害物を配置し解析を行った. まず単相層流状態における障害物の影響を調査した. 流体を強制的に流すため, 圧力勾配を一定で与えた. また気泡を含めた二相流の解析も行い, 障害物に気泡が接触した際の形状変化も調査した. 図 1 より障害物の直径が太くなるにつれ全体的な速度が減少している. これはピン直径の拡大に伴いぬれ面積が増大したことが原因であると考えられる. また図 2 の摩擦損失係数より, その減少傾向は障害物がない状態の円管層流状態と同様であることが分かり, これはレイノルズ数の増大により粘性の寄与度が減少したからであると考えられる. また図 3 より円柱状の障害物に接触した際の気泡の変形は左右に分裂していく様子が確認できた.

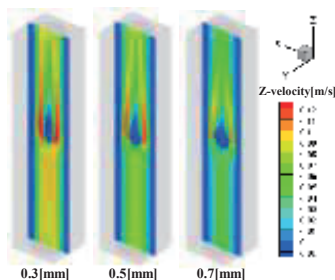


図 1 円柱状の障害物を含めた Z 軸方向の速度

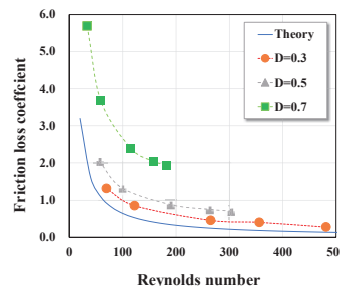


図 2 各円柱直径における摩擦損失係数

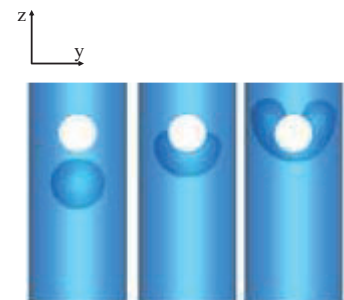


図 3 障害物に接触した際の気泡の変形

4. 結論

気液二相流解析を用いて管内部の流動挙動を予測した. 単相層流状態では摩擦損失係数を用いて定量的な観測を行い, 損失の簡易的な予測を行うことができた. また円柱状の障害物に接触した際の変形を捉えることができたため, より実環境に近い状態の流動予測を行っていく.

気液混相流解析によるピストンリング周りの希釈燃料輸送経路予測

†発表者氏名 蔵本 結樹*, 川本 裕樹*, 高橋 俊*, 落合 成行*, 畔津 昭彦*,
山本 憲司*
*所属 東海大学

発表の要旨

世界的な排気ガス規制強化により、二酸化炭素や粒子状物質(PM)、窒素酸化物(NOx)などの排出量削減が求められている。ディーゼルエンジンにおいてはPMとNOxの排出削減が強く求められている。これに対しては通常の燃料噴射の後に少量の燃料を燃焼室内に噴射してPMの発生を抑制するポスト噴射が用いられている。しかしポスト噴射において噴射された燃料はシリンダボア壁面に付着しピストンリング周辺を通じて輸送されると考えられ、結果的にオイル希釈を生じ、オイルの潤滑性に影響を与えると予想される。このような背景から本研究では数値流体力学の分野から気液混相流解析手法を用いて、ピストンリング周りにおいてオイル希釈に起因する現象の解明を目的とする。

本解析に用いる流体の支配方程式は、二次元の連続の式と非圧縮性 Navier-Stokes 方程式とした。

$$\rho(\partial \mathbf{U} / \partial t + \mathbf{U} \cdot \nabla \mathbf{U}) = -\nabla p + \nabla(\mu \cdot \nabla \mathbf{U}) + \mathbf{S} \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{U} = 0 \quad (2)$$

また、本研究では界面捕獲法として保存型レベルセット法を採用し、自由界面の移流はと2段階 Runge-Kutta 法で解く。この手法では気相、界面、液相が保存型レベルセット関数 Φ より定義される。この関数は通常の符号付き距離関数であるレベルセット関数 ϕ より以下の式を用いて得ることができる。

$$\Phi = 1/2(1 + \tanh(-\phi/2\varepsilon)) \quad (3)$$

$$\varepsilon = 1/2 dx^{1-d} \quad (4)$$

ここで ε は界面の分布に関する係数であり dx の値を小さくするほど界面をよりシャープに表現することが出来る。また、計算領域中にピストン、シリンダライナ、及びピストンリングが存在し、これらの物体境界上に Non-slip 条件を課す為に物体の内部に境界条件用のゴーストセルを数層設け、その部分に通常通り計算される流体セルから諸量を外挿することで境界条件が設定されるゴーストセル法を用いる。本解析はポスト噴射によりシリンダライナに付着した燃料がピストンの上昇時にリング溝に流入する状況を想定する為、ピストンリングの中で最も上部に取り付けられるトップリングを解析の対象とする。また、ポスト噴射の燃料がシリンダ壁面に付着しオイル希釈に起因する現象を想定しピストンが上昇する圧縮行程(180deg.-360deg.)と吸気行程(540deg.-720deg.)に燃料がトップランド側から流入する条件を与えた。この時、流入する燃料の油膜厚さを 50 μm と 25 μm に設定し燃料を流入させた。Fig.1 に流入油膜厚さを 50 μm の粘性係数分布図を示す。トップランド側から流入した燃料はリング溝内とトップランド側との圧力差によりリング溝内へ流れ込んだ。また、2nd ランドとリング溝内に圧力差が生じ、リング溝内に残った燃料は 2nd ランド側に輸送された。また、流入油膜厚さ 25 μm の液相挙動にも同様の傾向が見られた。また、トップリング溝内を通過し 2nd ランド側へ輸送される油量を比較する為に、2nd ランド側のサイドクリアランスを通る燃料の油量を測定した。Fig.2 にその測定結果のグラフを示す。この結果からはトップリング溝内を通過

し 2nd ランドに輸送される燃料の油量は流入油膜厚さの変化に対し概ね同様の傾向を示した。これはリング溝内に残った燃料の油量が 2nd ランド側のサイドクリアランスを通ることが可能な油量を上回り、これ以上の油量が 2nd ランドへ輸送されることはない為であると考えられる。このようにトップリング溝内から 2nd ランドへ流出する際の燃料の油量も流入油膜厚さに応じて変化しなかったが、流入油膜厚さをさらに薄くするとトップリング溝内に残る燃料の油量はさらに減少する為、上限に達していると考えられる 2nd ランドへ輸送される燃料の油量もさらに減少すると思われる。

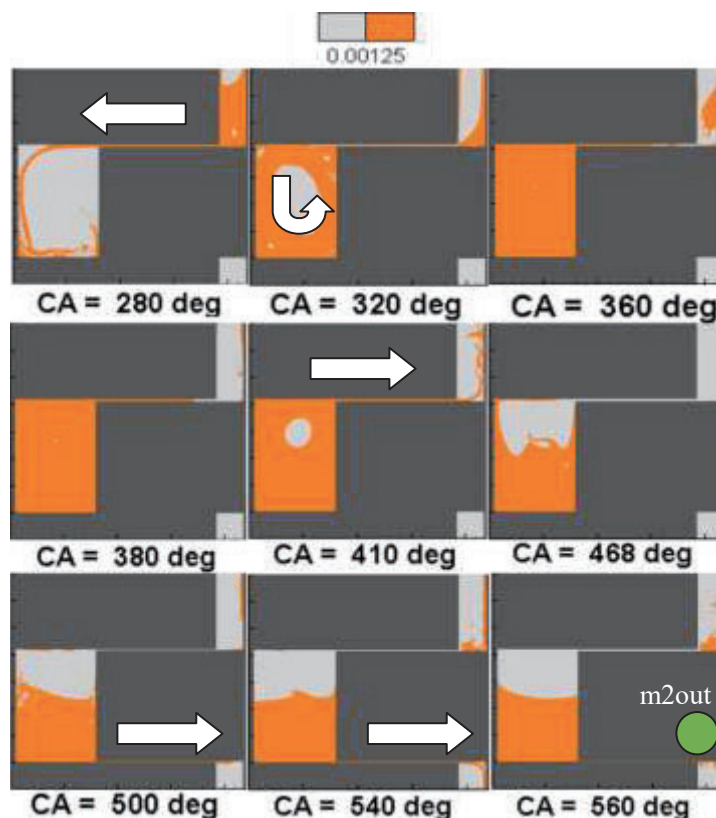


Fig.1 Viscosity distributions in case of oil film thickness 50 μ m

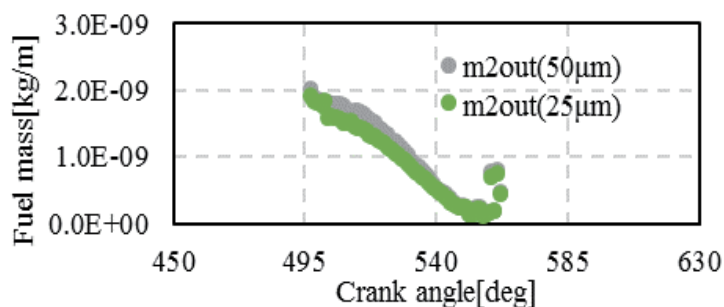


Fig.2 Fuel mass passing through ring groove

†:連絡先 E-mail:9bem034@mail.u-tokai.ac.jp

OpenFOAM を用いた並泳する 2 頭のイルカ周りの流体现象の解明

† 奈良祥太郎*, 高橋俊**, 稲田喜信***

*東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻

**東海大学工学部動力機械工学科

***東海大学工学部航空宇宙学科航空宇宙学専攻

発表の要旨

1. 研究背景と目的

イルカはその遊泳速度の速さや社会性などから、盛んに研究が行われている。本研究では親イルカと子供のイルカが並んで泳ぐ並泳⁽¹⁾という現象に着目し、その親子間で働く流体力学的効果やそれぞれの抵抗の変化などを分析した。これらの分析により、複数の自律型無人潜水機移動時のエネルギー低減や抗力低減形状を提案する事を最終目的としている。

2. 解析手法

本研究では並泳時に起きている流体现象のメカニズムを詳細に分析する為に、オープンソースの CFD 解析ツールである OpenFOAM を用いて検証を行った。また本研究では、イルカの形状を先行研究でも用いられている回転楕円体と考え、流れ場を 3 次元定常非圧縮流と仮定して計算を行った。

3. 結果および考察

親イルカ (B1) と子イルカ (B2) を相似な回転楕円体と仮定して計算を行った。この結果、B2 の抗力が最も低減する位置は側方に B2 の長軸長さの 17%、かつ後方に 37%離れた位置であり、B2 の抗力低減率は単体比で-73.7%であった。また、その時の物体周りの圧力、速度分布は図 1,2 に示す通りで、両者間の圧力が減少し速度が増加している。このことから B1 と B2 の間にはベンチュリ効果が作用していると考えられ、このベンチュリ効果によって B2 の B1 側先端付近に負圧が発生し、結果的に抗力が低減したと考えられる。また、上記の位置以外での B2 の抗力変化については図 3 に示す。

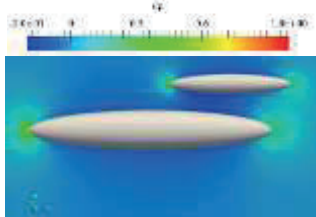


図 1 圧力分布

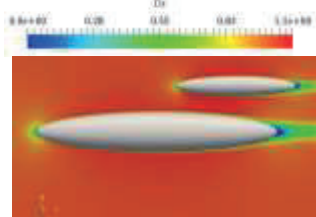


図 2 速度分布

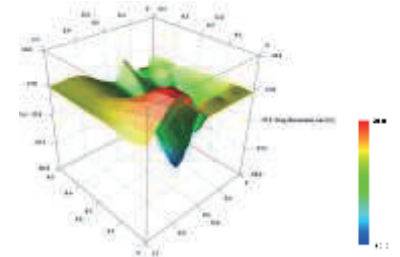


図 3 B2 の各位置での抗力変化

4. 結論

OpenFOAMを用いて、2つの回転楕円体の位置関係と抗力変化を調査した。結果としてそれぞれの位置関係毎の抗力変化量とそのメカニズムを明らかにすることができた。今後はよりイルカに近い形状での分析やひれの動きを模擬した解析を実施する。

参考文献

(1) D. Weihs, "The hydrodynamics of dolphin drafting," Journal of Biology, 2004, 3

†:連絡先 E-mail: 9btad007@mail.u-tokai.ac.jp

極超音速流の現象把握に向けた数値流体解析

†水野 裕介*, 山下 璃良威**, 藤原 裕夢**, 高橋 俊**, 山田 剛治***

* 東海大学 大学院 総合理工学研究科

** 東海大学 工学部 動力機械工学科

*** 東海大学 工学部 機械工学科

発表の要旨

極超音速流中の物体周りで生じる空力加熱現象の把握・評価は物体の設計などで重要な課題の一つとなる。空力加熱の影響を実飛行試験や風洞設備を用いて実験的に測定する事は困難であり、数値シミュレーションを用いた評価手段が求められている。本研究は数値シミュレーションを用いて極超音速領域での空力加熱現象を高精度に予測する事を目的とする。

埋め込み境界法(immersed boundary method: IBM)を適用した直交格子と境界適合格子(boundary-fitted coordinate grid: BFC)の異なる格子を用いた極超音速流解析コードをそれぞれ開発した。いずれも流れ場の支配方程式に2次元圧縮性 Navier-Stokes 方程式, 非粘性項と粘性項は MUSCL-AUSM+スキームと2次精度中心差分法で評価した。時間積分法には IBM に3次精度 TVD Runge-Kutta 陽解法, BFC には LU-SGS 陰解法をそれぞれ用いた。

Tewfik^[1]らの2次元半円柱周り流れの実験(Mach 数 5.73, Reynolds 数 2050, 一様流温度 38.08 K, 円柱直径 1.23×10^{-2} m)と, Kopriva^[2]によるスペクトル解析のデータと比較を行なった。図1の温度分布では離脱衝撃波が形成されて, よどみ点近傍の衝撃層領域で一様流温度の6倍程度の値で分布する。よどみ点の値で正規化した壁面熱流束分布を図2に示す。BFCは参考地と良い一致を示す。一方IBMではよどみ点近傍と60度以降の領域で過小評価する傾向を示す。これはBFCに比べて壁面近傍の格子幅が粗く, 温度境界層や衝撃層を精度良く解像できていないことが要因であると考えられる。

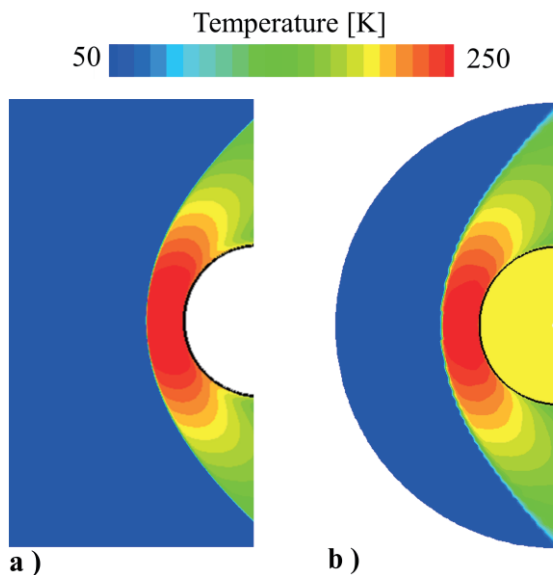


図1. Temperature distributions; a) IBM, b) BFC.

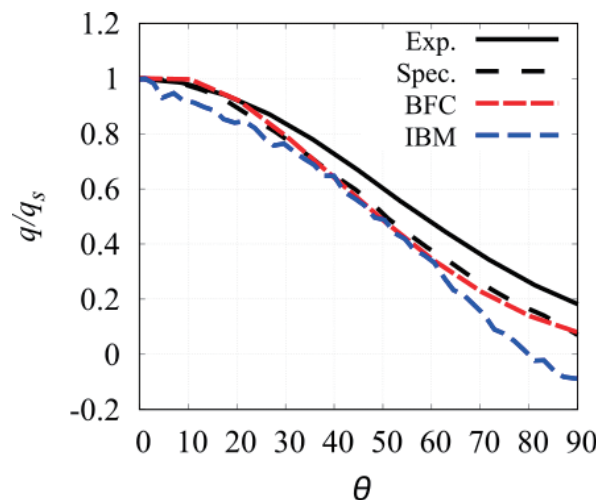


図2. Heat flux normalized by value of stagnation point; Exp. [1] and Spec. [2].

[1] Tewfik, O.K. and Giedt, W.H, Heat Transfer, Recovery Factor and Pressure Distributions Around a Circular Cylinder Normal to a Supersonic Rarefied-Air Stream, Journal of the Aerospace Sciences, 27, (1960), 721-729.

[2] Kopriva, D.A, Spectral Solution of the Viscous Blunt-Body Problem, AIAA Journal, (1993), 1235-1242.

†:連絡先 E-mail: 7btad010@mail.u-tokai.ac.jp

The Moving Coordinate Method

†Yoko TAKAKURA *

*Department of Prime Mover Engineering, Tokai University

Abstract

Unsteady flows about a moving body are computed numerically with the body moving in most methods. On the contrary, in the moving-coordinate method presented by the authors [1, 2], the coordinate system is fixed to the individual moving body, where each moving body stands still with the corresponding grid stationary.

The governing equations of the moving coordinate method in conservative form can be derived in the following order [3, 4]:

- 1) The conservation law in Cartesian coordinates;
- 2) Derivation of conservative form in general coordinate system by use of the metrics relations, i.e., GCLs (Geometric Conservation Laws) consisting of SCL (Surface Conservation Law) and VCL (Volume Conservation Law);
- 3) Derivation of ALE (Arbitrary Lagrangean-Eulerian) formulation from 2);
- 4) Derivation of the moving coordinate method in non-conservative form;
- 5) Derivation of the moving coordinate method in conservative form by use of the continuity equation in ALE form.

The advantages of the moving-coordinate method can be summarized as follows:

- 1) Simplicity: the wall boundary conditions become same as those when the body is at rest since the body stands still in the moving coordinate system;
- 2) Disappearance of grid-generation troubles and metrics error: there is no need to generate grids around the moving body since the grid also remains stationary;
- 3) Simplicity: as the GCLs, only SCL should be imposed and VCL is not necessary.

The disadvantage of the moving-coordinate method is:

- 1) Source terms are added to the governing equations.

In spite of the disadvantage, the effect of advantage 2 is considered remarkable at the long-distance travel or long-time motion.

References

- [1] Takakura, Y., Higashino, F., and Ogawa, S.: Unsteady Flow Computations on a Flying Projectile Within a Ballistic Range, *Computers & Fluids*, Vol. 27, No. 5-6, pp.645-650, 1998.
- [2] Nomura, M. and Takakura, Y.: Highly-accurate Computation of Supersonic Flows around a Concave Body (II. Motion analysis by moving-coordinate method), ICCFD9, ICCFD9-2016-326, July 2016.
- [3] Takakura, Y.: Moving Coordinate Method and Some Applications, 51st Fluid Dynamic Conference/ 37th Aerospace Numerical Simulation Symposium, July 2019; also in JAXA-SP, January 2020 (in press).
- [4] Takakura, Y.: Moving Coordinate Method and its Applications, International Conference in honor of the 90th birthday of S. K. Godunov "Mathematics and its Applications"; also in *Advanced Structured Materials 8611: Continuum Mechanics, Applied Mathematics and Scientific Computing: Godunov's Legacy*, Springer (to appear).

†E-mail: takakura@tokai-u.jp

Reduction of Aerodynamically Undesirable Influences due to Engine Cooling Flow in Road Vehicle

Takuto Sawaguchi^{*1}, †Yoko Takakura^{*2}

^{*1} Course of Mechanical Engineering of Graduate School, Tokai University (Present: Auto Technic Japan, co., LTD.)

^{*2} Department of Prime Mover Engineering, Tokai University

Abstract

Recently improvements of fuel efficiency of vehicles become one of most important topics due to aggravation of the global warming and the energy problem, and therefore reduction of the aerodynamic drag that greatly influences the fuel efficiency is proceeded. As for road vehicles, the shape drag (mainly pressure drag) occupies 75% of the whole aerodynamic drag, and the internal-flow drag through an engine compartment occupies about 10%. Recently, attention has focused on reduction of not only the shape drag but also the internal-flow drag.

In this experimental study [1], the test model was designed to simulate the engine cooling flow that can be applied to almost all domestic vehicle types with a front engine by simplifying common items, and for change of intake opening area the changes of aerodynamic characteristics were investigated with variation of the intake position and the two engine layout of width and length placements in presence or absence of the radiator. The overall results show that with enlargement of the opening area, the drag and the front lift increased and the rear lift decreased.

Here it has been clarified that the cause of the change in aerodynamic characteristics due to the cooling airflow is the disturbance under the floor due to merging of the engine scavenging flow and the underfloor flow. In the correlation of phenomena, enlargement of the air-inlet height (and therefore increase of the cooling flow rate) causes pressure rise inside the engine compartment, and further adapts to that on the front end and window of the vehicle, but causes pressure fall under the floor behind the engine compartment. It is due to the flow disturbance above stated, which has blockage effects for each upstream of scavenging flow and underfloor flow with keeping high pressure in the vicinity of the engine unit (except for the pressure on the bottom of the length-placement engine with the radiator) and causes pressure loss in the downstream of the merging disturbance under the floor.

Aerodynamic effects by engine cooling flow can be summarized: 1) The drag depends on the pressure inside the engine compartment and on the front end and the front window of the vehicle body; 2) The front lift depends on the pressure under the engine unit, and on the front window and the fore part of the roof; it also depends on momentum of flow scavenging from the engine compartment to the underfloor; 3) The rear lift depends on the underfloor pressure behind the engine compartment; 4) The installation of the radiator reduces the range of changes in aerodynamic characteristics mainly by reducing effect of the intake area, which appears large on drag in the length-placement engine.

Since the pressure inside the engine compartment is connected with that on the vehicle surface by the pass way of engine cooling flow, the principle to improve drag and lift is considered to avoid interference between the scavenging flow and the underfloor flow. Other than underfloor scavenging without interference, upward scavenging from the bonnet and sideward scavenging from the fender is considered effective. In the length placement engine without the radiator, since the pressure on the engine unit is remarkably high, upward scavenging is recommended.

Reference

[1] Takuto Sawaguchi, and Yoko Takakura, "Reduction of Aerodynamically Undesirable Influences due to Engine Cooling Flow in Road Vehicle," JFCMV (Journal of Flow Control, Measurement & Visualization), vol.8, no.1, January 2020 (in press).

† E-mail: takakura@tokai-u.jp

自動車のエンジン冷却風による空力特性と空力的悪影響の低減化

†太田隆介*1, 澤口拓人*2, 田代晃寿*1, 高倉葉子*1

*1 東海大学工学部動力機械工学科

*2 東海大学大学院工学研究科機械工学専攻

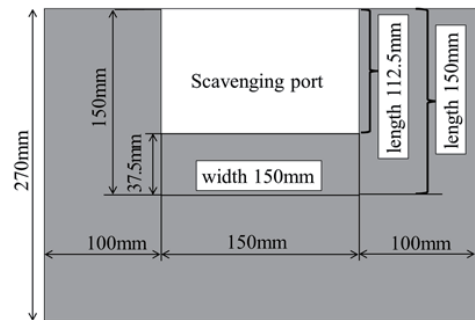
発表の要旨

近年、エネルギー問題の深刻化により動力機械の低燃費化が課題となっており、自動車においては空気抵抗の低減は燃費性能の向上に直結する。自動車の空気抵抗の約75%は車体の形状によるものであり、エンジンや空調用冷媒を冷却するために生じる内部流抵抗は全空気抵抗の約10%を占めると言われている。形状抵抗の改善が進んだ今日、内部流抵抗の低減は重要となっている。

著者らの一連の研究[1]において、模型のエンジン冷却風取入口の開口面積と位置、エンジン搭載方式（横置きと縦置き）を変化させ、ラジエータの有無も含めて空力特性への影響を調べた結果、冷却風取入口面積の増加に伴い抵抗や前揚力も概して増加するという傾向が見出された。

さらにエンジン冷却風量増加による空気抵抗発生の原因を探るために、煙法によるエンジンルーム内流れの可視化、床下の速度分布及び乱流強度、車体表面とエンジン表面の圧力の測定を行った[1]。その結果、冷却気流による空力特性の変化の原因は、エンジン掃気流と床下流の合流による床下の乱れであることが明らかにされた。一連の現象において、冷却風取入口縦幅の増加（したがって冷却風量の増加）により、エンジンルーム内の圧力が上昇し、車輛の前端と前ウィンドウの圧力がこれに呼応して増加するが、エンジンルームより下流側の床下圧力は低下する。これは、上述の流れの乱れが閉塞効果を有するため、掃気流および床下流の各上流で、エンジンユニット付近の高圧が維持され（ラジエータ付きエンジン搭載方式縦置きの場合のエンジン底部の圧力を除く）、床下での合流のため生じる乱れにより下流側でエネルギー損失が引き起こされるためと考察された。

ここではその考察に基づき、冷却風による空気力学的悪影響の低減のための実証実験[2]について報告する。搭載方式縦置きエンジン車では横置きエンジン車と比べてエンジンユニット近傍が高圧となるため、エンジン冷却風をボンネットから上方に掃気することが床下流の乱れを引き起こさずにエンジンルーム内の圧力を下げるために有効と考え、右図のようにボンネットに掃気口（Scavenging port）を取り付けた結果、抵抗低減に有効であることが実証された[3]。



width of port	length of port
150mm	0mm
150mm	112.5mm
150mm	150mm

参考文献

[1] Takuto Sawaguchi, and Yoko Takakura, “Reduction of Aerodynamically Undesirable Influences due to Engine Cooling Flow in Road Vehicle,” JFCMV (Journal of Flow Control, Measurement & Visualization), vol.8, no.1, January 2020 (in press).

[2] 澤口拓人, 太田隆介, 田代晃寿, 高倉葉子: 自動車のエンジン冷却風による空力特性と空力的悪影響の低減化, 2019年度日本機械学会年次大会, 2019年9月, S05532P.

[3] 田代晃寿, 澤口拓人, 高倉陽男: FR車のエンジン冷却風による空気力学的悪影響の低減, 東海大学紀要工学部, vol.59, no.1, 2019, pp.23-30. DOI: 10.18995/24343633.59-1.23

†:連絡先 E-mail: 6bed1201@mail.u-tokai.ac.jp

自動車のエンジン冷却風とフロントスポイラーによる空力特性

†戸張凌吾*¹, 矢崎裕成*¹, 澤口拓人*², 高倉葉子*¹

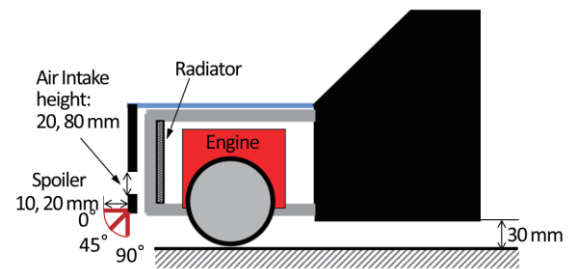
*¹ 東海大学工学部動力機械工学科

*² 東海大学大学院工学研究科機械工学専攻

発表の要旨

近年、自動車業界では、地球の環境問題などに対して燃費の向上や排出ガスの削減に向けて様々な取り組みがなされており、燃費の向上には空気抵抗削減への研究・開発が重要となる。車体形状に様々な工夫が今日までされ現在では C_D 値が 0.3 を下回る市販車が生産されている。フロントスポイラーが揚力・抗力を低減させる効果は知られており、本研究室でもフロントスポイラーの効果調べて来た。また最近実車を用いたフロントスポイラーの研究も公表されている。しかしながらフロントスポイラーの効果はエンジン冷却風と共に議論されるべきである。本研究室ではエンジン冷却風が空力特性におよぼす影響を調べてきた。今回、空気取入口可変の車体モデルを用いて車体前方にフロントスポイラーを装着し、エンジン冷却風が空力特性にどのような影響を及ぼすかを実験し考察した。

本研究では、澤口ら[1]による 1/5 縮尺モデルを使用する。前面開口部は下方位置とし開口部縦幅は、全閉、20mm、80mm の 3 パターンとする。模型のエンジンルーム内にラジエータを設置し、横置きエンジンを搭載する。またタイヤ回転は、エンジン冷却風の出口の風に影響を与えるため装着するが、力の計測には含めない。実験に使用したフロントスポイラーの取り付けはスケールダウンモデル前方下部に行う。フロントスポイラーについては縦幅 10mm と 20mm の 2 種類、横幅はモデルに合わせ 350mm、取付ステーの角度は 0°、45°、90° の 3 種類、合計で 6 パターンとなる[2]。



澤口らの報告[1]によると、エンジンルーム冷却風による抗力は開口部面積が増えるほど増大する。これはエンジンルームからの掃気による床下流れの乱れが床下流とエンジン掃気流に対するせき止め効果を持つため、エンジンルーム内部及び車体前部の圧力を上げるからであると考察されている。フロントスポイラーを装着した本実験においても、開口部面積が大きくなるほど抗力が増加し、開口部 80mm をはじめ各スポイラー取り付け角で澤口の結果より抗力削減が見られた。スポイラー縦幅 20mm の方が 10mm よりも抗力低減傾向があり、またスポイラー縦幅 20mm では角度を大きくするほど抗力低減傾向があるのは、床下流れの空気量が少なくなるため、エンジンルームからの掃気流との合流時に発生する床下流の乱れを低減させる効果があるためと考える。

参考文献

- [1] Takuto Sawaguchi, and Yoko Takakura, "Reduction of Aerodynamically Undesirable Influences due to Engine Cooling Flow in Road Vehicle," JFCMV (Journal of Flow Control, Measurement & Visualization), vol.8, no.1, January 2020 (in press).
- [2] 戸張凌吾, 矢崎裕成, 澤口拓人, 高倉葉子: 自動車のエンジン冷却風とフロントスポイラーによる空力特性, 2019 年度日本機械学会年次大会, 2019 年 9 月, S05530P.

†:連絡先 E-mail: 6bed2107@mail.u-tokai.ac.jp

陽極酸化チタン型感圧塗料の改良及び特性評価

川添 颯一郎*、† 沼田 大樹*

*東海大学 工学部 航空宇宙学科 航空宇宙学専攻

発表の要旨

近年, 新たな流体計測手法として, 感圧塗料 (Pressure-Sensitive Paint, PSP) が注目を集めている¹⁾. PSPとは, 蛍光色素の発光特性が周囲圧力に依存することを利用し, 発光を検出することでその位置の圧力を把握可能な機能性分子センサの一種である. 二次元的, かつ非接触での圧力場計測を可能としており, 従来までの機械式センサよりも優れた空間解像度を有する. PSPは塗装型^{2,3)}, 陽極酸化型⁴⁻⁶⁾, TLCプレート型⁷⁾, プリント型⁸⁾等様々な種類が開発されており, 適用する対象や現象によって使い分けがなされている. その中でも特に, 陽極酸化型PSPは非常に高い時間応答性を有していることから, 高速非定常現象の可視化にしばしば用いられている. しかしながら, 現在確立されている陽極酸化型PSP技術の適用対象はアルミニウムで作成された模型に限られている. そのため, 模型自身に比較的強度が必要となる空力試験等においては, 適用に制約がある.

そのような中で, 川添らはアルミニウム以外の素材に対する陽極酸化型PSPの一種として, 純チタンを用いた陽極酸化チタン型感圧塗料 (Anodized-Titanium Pressure-Sensitive Paint, AT-PSP) を試作し, その基礎特性を明らかにするとともに, 衝撃波管試験により垂直衝撃波の可視化に成功している⁹⁾. これにより, 陽極酸化型PSPの適用範囲を拡げ, 模型に対する素材選択の自由度が上がる可能性を示した. 現在, この結果をベースとし, 工業的により一般的に用いられるチタン系合金に対する陽極酸化技術の適用及びそれを用いたPSPの開発を行い, 更なる技術的選択肢の拡大を目指している.

本研究では上述の目的の達成のため, 川添らの研究⁹⁾を基にAT-PSPの作成方法を改良し, 従来型よりも優れた静特性・動特性を有するAT-PSPを開発し, それを用いて模型上を通過する移動衝撃波の圧力分布を定量的に可視化した結果を報告する.

参考文献

- 1) Liu, T. and Sullivan J.P., Pressure and Temperature Sensitive Paints, Springer-Verlag (2005).
- 2) Gregory, J., Sakaue, H., Sullivan, J.: Characterization of Miniature Fluidic Oscillator Flowfields Using Porous Pressure Sensitive Paint, ASME Fluids Engineering Division Summer Meeting, FEDSM2001-18058.
- 3) Kameda, M., Seki, H., Makoshi, T., Amao, Y. and Nakakita, K.: A fast-response pressure sensor based on a dye-absorbed silica nanoparticle film, Sensors and Actuators B, pp.342-349(2012)
- 4) Asai, K.: Luminescent Coating with an Extremely High Oxygen Sensitivity at Low Temperatures, Patent Pending, No. H9-207351(1997)
- 5) Sakaue, H., Sullivan, J.P., Asai, K., Iijima, Y. and Kunimasu, T.: Anodized aluminum pressure sensitive paint in a cryogenic wind tunnel, Proc.45th Int. Instrumentation Symposium, pp.345-354(1999)
- 6) Numata, D., Fujii, S., Nagai, H. and Asai, K.: Ultrafast-Response Anodized-Aluminum Pressure-Sensitive Paints for Unsteady Flow Measurement, AIAA Journal Vol.55, pp.1118-1125(2017)
- 7) Baron, A.E., Danielson J.D.S., Gouterman, M., Wan, J.R., Callis, J.B. and McLachlan, B.: Submillisecond response time of oxygen-quenched luminescent coatings, Rev. Sci. Instrum. 64, pp.3394-3402(1993)
- 8) Kameya, T., Matsuda, Y., Egami, Y., Yamaguchi, H., Niimi, T.: Dual luminescent arrays sensor fabricated by inkjet-printing of pressure- and temperature- sensitive paints, Sensors and Actuators B, pp.70-77(2012)
- 9) 川添颯一郎, 沼田大樹: 高速流れでの可視化を想定した陽極酸化チタン型感圧塗料の開発, 平成 30 年度衝撃波シンポジウム

流体シミュレーションによる非定常流れ現象の解明と工学的応用

†福田紘大

*東海大学 工学部 航空宇宙学科 航空宇宙学専攻

発表の要旨

東海大学工学部福田研究室では、これまで、非定常流れ現象の解明、非定常運動を行う物体周りの流れ現象の解明とその工学的応用に関する研究を進めてきた。本発表では、その概要を紹介する。

水などの液滴をロケット噴流に注入する手法は、ロケット打ち上げ時に音響波が搭載衛星に及ぼす影響を低減させるために注目されており、スペースシャトルや **H-II A/B** ロケットなど各国の大型ロケットの打ち上げにおいては、しばしば使われてきた。しかし、そのメカニズムは未だに分かっておらず、経験的に注水方法を決定しているのが現状である。また、我々の解析結果から、その流れ場や発生する音響波に対しては、時間平均場を予測する RANS(Reynolds-Averaged Navier-Stokes)モデルでは予測が十分でないことが分かってきている。そこで、高マッハ数固気/気液混相乱流(衝撃波等を含む気体中に粒子が混在する混相乱流)の理解に向けて、高マッハ数・低レイノルズ数流れにおける単体粒子周り流れの直接解析(Direct Numerical Simulation: DNS)を行い、粒子の存在が高速乱流現象に与える影響を明らかにするための研究を行っている。これまでの研究成果より、高 Mach 数・低 Re 数の条件下において、Mach 数・Re 数・無次元回転数等の諸条件が流れ場や抗力係数、揚力係数にどのような影響を与えるかを明らかにした。特に、球の回転による揚力は Mach 数が大きい条件では非圧縮性流れと比較して著しく抑制されることが分かった。これは、非圧縮性流れでは回転の影響で負圧が生じる領域近傍において、圧縮性流れでは衝撃波が形成されることで負圧領域の形成が抑制されることなどに起因する。粒子の回転による揚力は混相流中の粒子の挙動を考える上で重要なパラメータであり、例えば粒子クラスタが形成された際にクラスタ外縁の粒子が回転し、その回転による揚力で粒子クラスタは分散する。また、回転により生じる付着衝撃波の影響で球表面での摩擦応力分布が大きく変化し、回転を止める方向のモーメントは非圧縮性流れの場合よりも大きいことを明らかにし、圧縮性混相流のモデル構築に向けて重要な知見を得た。今後は、これらの知見を元に、簡易的な非定常解析(Large-eddy Simulation: LES)を実現し、実際の開発で利用できるツールを作成してロケット開発への応用に対する有効性を確認するとともに、爆風の予測やなど様々な分野で重要となる高速混相乱流現象の理解を進める予定である。

また、CFD 技術を応用した高性能ソーラーカーの空力開発を行っている。数値シミュレーションにより詳細な流れ場を把握することで空気抵抗が低い車体の開発を行っているだけでなく、実際のレースの風況を考慮して横風が強い状況下においても高い空力性能が発揮できる車体形状の検討を進めてきた。2019年には、世界最高峰のレースで強風が吹き荒れる過酷の条件の中で、準優勝の好成績を挙げている。

さらに、非圧縮性流れを対象として、解析格子を用いずに解析が行えるラグランジュ型乱流解析手法の開発を行っている。これまでに、乱流渦の非定常変形に基づき渦要素を再配置する手法を提案し、乱流基礎流れに適用した結果、渦要素スケールを大きめに取った解析においても、コルモゴロフスケールに至るエネルギーのカスケードメカニズムと素過程を精度良く解析できることを示している。この手法では、局所的な速度ひずみに応じて自動的に空間解像度が調整されるため、高精度な解析が可能だけでなく、許容するひずみ量をパラメータとして設定することで、解析者が解析前に用途に応じて計算負荷と解析精度を選択することができる。さらに、格子が必要ないことから、複雑形状や移動物体への適用が容易であり、提案した手法をさらに改良することで、予め解析精度を設定し解析を実施できる運転シミュレーション技術の確立が可能となる。現在は、この手法の工学的応用に関する研究を進めている。

これ以外にも、血流流れや腎臓結石の流動などの生体流れへの流体シミュレーションの応用を実施しているだけでなく、数多くの企業との共同研究を通して、様々な製品の高性能化に貢献している。

高速遊泳するアザラシに見られる体表面のしわ構造について

稲田喜信*, 伊東慎一郎*, 甲斐千遥*, 寺沢文男†
 東海大学*, 新江ノ島水族館†

1. はじめに

イルカやアザラシなどの水棲生物は、体表面に比較的厚みのある脂肪層を持っている。この脂肪層は外界の温度変化に対して体温を維持する機能を持つほか、弾性を持つ脂肪層が高速遊泳時に変形して体の表面にしわ状の構造を作り、流れの抵抗を低減している可能性がある。Sir James Gray が提唱した Gray's paradox では、イルカが持つ筋肉では高速遊泳時の抵抗に打ち勝つための筋力を発揮できないとされたが、体表面にできるしわが、抵抗を減らして高速な遊泳を実現している可能性がある。そこで本研究では、イルカに比べて体表面が柔らかく、しわのできやすいアザラシを用いて遊泳時のしわの構造を分析した。

2. 方法

新江ノ島水族館で飼育されているゴマフアザラシ (*Phoca largha*) の遊泳を高速度ビデオカメラで撮影し、高速遊泳時にできる体表面のしわを観察した (図 1)。

しわはある一定速度(1.93m/s)以上で泳ぐ際に、胴体の前部と後部の特定の場所に現れ、しばらくの間位置や形を変えずに体表面に存在した。その様子を高速度ビデオで撮影し、しわの周期や振幅を計測した (図 2)。

3. 結果

身体の前方(Front)の体表面に現れたしわの周期や振幅と、遊泳速度との関係を図 3 に示す。図は 2 個体 (Oga, Waka) の観察結果であるが、いずれの個体においても、しわの周期や振幅が遊泳速度の増加とともに減少する傾向が見られた。また、周期と振幅の比も同様に遊泳速度とともに減少する傾向が見られた。これらの傾向は、流れの速度としわの形状の間に何等かの相関関係があることを示しており、しわが高速遊泳時にのみ現れることを考慮すると、抵抗低減効果を持つ可能性を示す結果と言える。

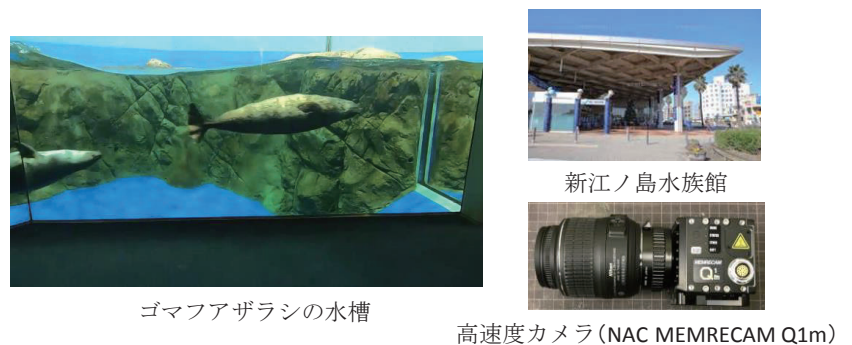


図 1 ゴマフアザラシの遊泳撮影

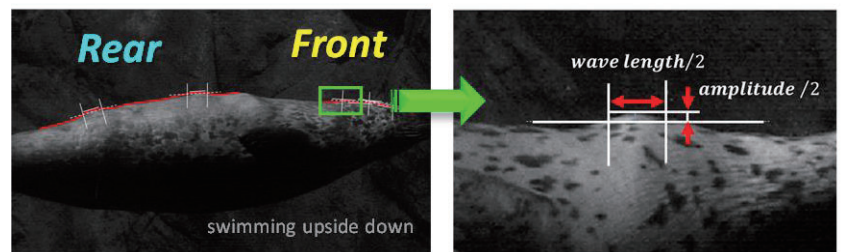


図 2 ゴマフアザラシの体表面に現れたしわ構造

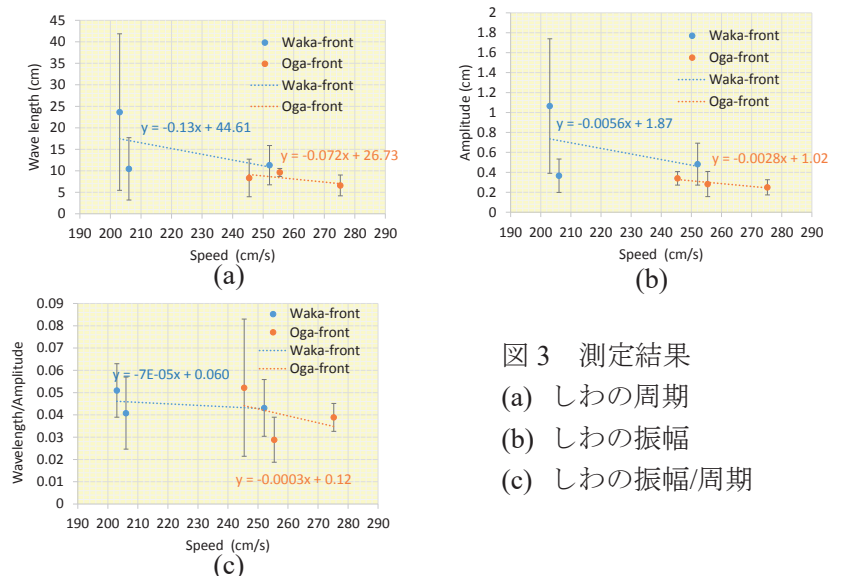


図 3 測定結果

(a) しわの周期

(b) しわの振幅

(c) しわの振幅/周期

背景型シュリーレン法の波面補償に着目した超望遠高精度可視化計測 ～可搬型補償光学装置による波面補償に向けた検討～

†吉富 勇貴*, 榎並 京次郎*, 大柿 克汰**, 水書稔治**

*東海大学 大学院工学研究科機械工学専攻

**東海大学 工学部航空宇宙学科航空宇宙学専攻

実機航空宇宙機周囲の流れ場の直接計測は、風洞実験などの縮尺模型を利用した室内実験では得られない実機開発に貴重な情報を得ることができる。これは、縮尺試験では流体力学的相似則を成立させるための Reynolds 数と Mach 数のふたつの重要な無次元数を実機と同一にすることが困難であることと、外乱の再現（高度による温度分布、気流のじょう乱による不均一性）が困難であることに起因する。現在日本、米国、および欧州が実用化研究を進めている次世代超音速機では、超音速飛行時に発生する衝撃騒音（ソニックブーム）の低減が不可欠の課題である。また、大型航空機の後方乱気流の発達を解明することは、繁忙な主要空港での離発着効率を向上させることにつながる。一方、これらの現象を計測する手法として光学的可視化計測を用いることは、機体に取り付けた圧力変換器などの点計測では得られない全視野的な流れ場情報の取得が可能であるものの、容易ではない。飛行中の航空宇宙機周囲の流れ場を機外から取得するためには、必然的に長距離撮影（望遠撮影）となる。そのため、長距離からの撮影を行う際は大気ゆらぎによる計測画像の空間分解能の低下が避けられない。そこで本研究では、屋外で広範囲な現象を簡易な光学系で可視化可能な Background-Oriented Schlieren (BOS) 法を計測原理とし、さらに、大気ゆらぎによる計測画像の空間分解能の低下を、赤外線天文学で発達してきた補償光学を融合させた光学系を創造し精度向上を目指す（図参照）。

本発表では、野外における計測を目的として研究中の可搬型補償光学系の概要について報告する。

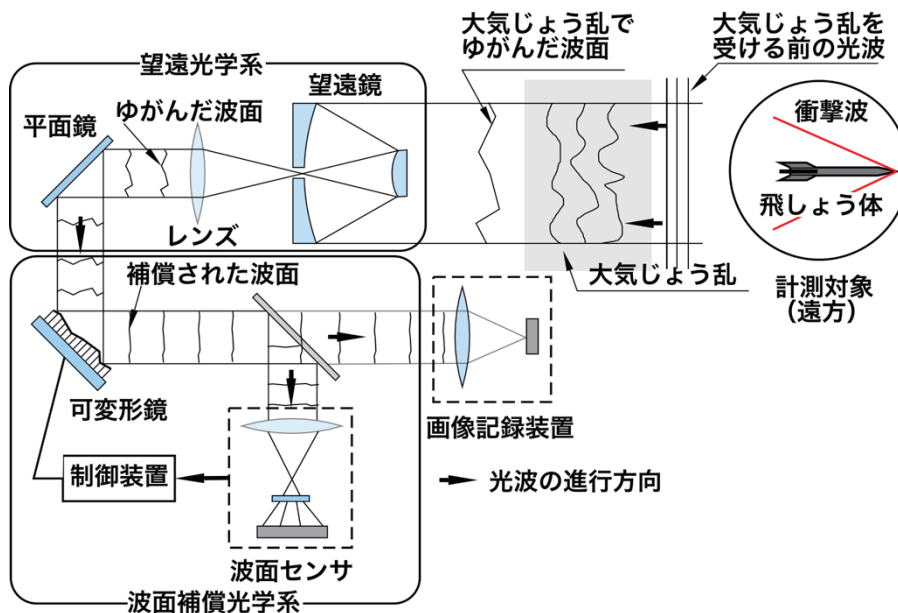


図 背景型シュリーレン法(BOS)と補償光学(AO)を融合させた AO-BOS 法

† : yoshitomi-y@mzkklab.com

工学部航空宇宙学科航空宇宙学専攻 水書研究室

Mizukaki Laboratory, Dept. of Aeronautics and Astronautics, School of Engineering, Tokai University

教授・水書稔治

Professor, Dr. Eng. Toshiharu MIZUKAKI

衝撃波は、超音速機など高速で飛行する航空機と打ち上げロケットの周囲、あるいは火星など大気を持つ惑星へ突入する探査機周囲などに発生し、その挙動の解明や予測は、安全な飛行・航行を確保するために重要です。また、衝撃波は、爆発などの瞬間的にエネルギーが開放される現象でも発生し、音速を超えて瞬時に周囲に広がります。この時、物体や人体内を透過すると様々な作用を与えるため、爆発事故や爆弾テロなどの“もしもの時”に備えるために、物体と衝撃波の相互作用を解明することは“安全な社会”を考える上で重要です。当研究室では、航空宇宙分野を中心に、衝撃波によって引き起こされる現象の解明、衝撃波そのものの発生方法と計測手法について研究しています。具体的には、超音速飛しょう体周囲で発生する衝撃波振動の解明、デトネーションを利用した新型の推進機開発、および爆発防護研究です。

Shock wave is defined as the pressure wave that propagate above the speed of sound of atmospheric medium. The shock wave does appear around high-speed transports, launch rockets, and space capsules including planet probing. Therefore, detail understanding and precise prediction of behavior of shock waves is significantly important for safe operation of aero/space crafts. Furthermore, to understand the effects by shock waves is important for safety of dairy life because the shock wave is generated by sudden energy release in the air, such as explosions and lightning. At this laboratory, the research projects on unsteady shock waves oscillation around aero/space crafts, the advanced propulsion device using detonation, and explosion safety have been progressing.

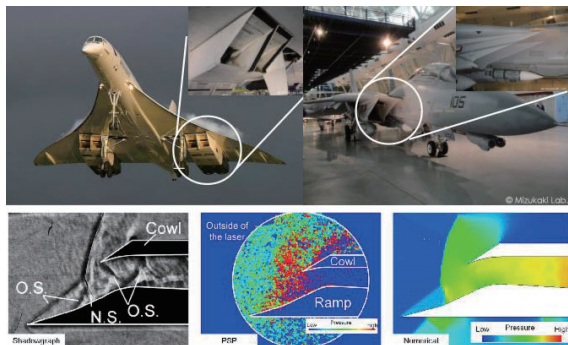


Fig. 1 Flow visualization around supersonic intake.

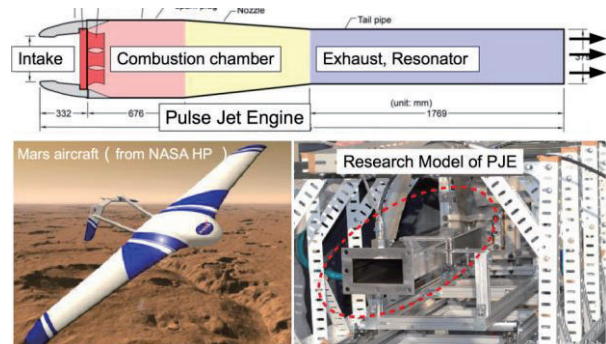


Fig. 2. Concept of Pulse jet engine for Martian aircraft.

プラズマジェットによる超音速自由噴流の加速

新井由香*, †堀澤秀之**, 二田竜太**, 水野裕介***, 高橋 俊**, 福田紘大**

*東海大学大学院 工学研究科, **東海大学 工学部, ***東海大学大学院 総合理工学研究科

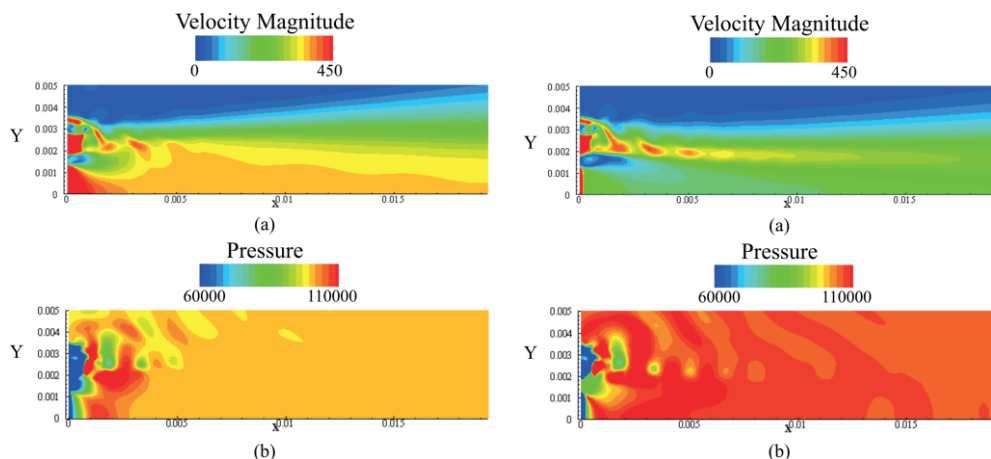
発表の要旨

1. 研究目的

気流を電氣的に（主としてアーク放電で）加熱して、ノズルを介して空気力学的に加速する方法は、主に材料加工（プラズマジェット）、宇宙推進（アークジェット）、高エンタルピー風洞（アーク加熱風洞）などに用いられている。この方法は、主として放電電流の制御により投入する電力の制御が可能で、すなわち気流の全温、すなわち速度、の制御が電氣的に可能な点が優れている。しかしながら、これらの方法は気流を直接的に加熱するために気流の全温が上昇するので、低融点（低熱分解点）材料の加工などの目的には適していない。そこで、本研究では、大気圧下で超音速気流をプラズマジェットにより加速する方法について検討する。ここでは、上記のアーク放電による気流の直接加熱・加速とは異なり、超音速気流に対して同軸にプラズマジェットを噴射して剪断層を通して気流の速度増大を図る方法について検証する。また、剪断層を介する噴流の相互作用が、対象噴流の速度増加にいかんして有効に作用し得るかについて検討する。本報告では、数値シミュレーションにより、プラズマ流による噴流加速の有効性、複数のノズルを用いることによる噴流制御の有効性、プラズマ流（高温ガス流と仮定）の条件（例えば全温や出口マッハ数など）の変化が超音速自由噴流に及ぼす影響について数値シミュレーションにより検討する。

2. 結果および考察

図にプラズマによる噴流加速の効果について検証するために中心部の噴流（nozzle 1）がプラズマ流の場合（case1-1）と非加熱流の場合（case1-2）について、無次元時間 $t^* = 767$ のときのノズル出口近傍の速度、圧力の等高線図を示す。図より、速度については、プラズマ流の方が非加熱流よりも大きい値を下流まで維持している。これは case1-2 では垂直衝撃波の発生によって Nozzle 1 からのエネルギーが抑制されているが、case1-1 では全温が高温のためノズル出口における音速の値が大きいことが理由と考えられる。一方、圧力については静圧よりも背圧（大気圧）の方が値が大きいため、流れは過膨張を起こしていることが確認できる。



case1-1 Plasmajet flow

case1-2 Non-heated flow

Figure: Distributions of (a)velocity magnitude and (b)pressure at non-dimensional time of $t^* = 767$.

† :連絡先 email: horisawa@tokai.ac.jp

化学平衡計算を用いた無毒性推進剤の性能評価

土屋 光順, 大塚 陸人, 堀澤 秀之
 工学研究科 機械工学専攻

1. 研究要旨

近年、マイクロ衛星、ナノ衛星、さらにはピコ衛星などの超小型人工衛星が注目を集めている。将来的にはミッションに応じて、これによる姿勢および軌道の高い制御性が必要な場合が生じてくる。従来、ヒドラジンが、最も一般的な推進剤として使用されているが、凝固点が 274K と比較的高く、宇宙環境下での貯蔵のために温度管理が必要かつ、非常に反応性が高く有毒であるため、タンクおよびバルブに適切な材料を用いる必要がある。本研究では、図 1 のようなアークジェット推進機等の電熱加速型推進機に用いる液体推進剤の選定を行った。推進剤には、標準状態で安全かつ化学的に安定で、特定の閾値を超える入力エネルギー密度を与えられた場合に、化学的エネルギーを生成するものを選定する。本研究の目的は、標準状態で安全かつ安定な液体からの発熱特性を調査することであるため、選定する推進剤は著しい発熱特性を示す方が好ましい。様々な液体におけるエネルギー入力時の化学反応や反応温度、反応生成物などを把握するために、化学平衡計算に基づく数値シミュレーションを行った。

2. 化学平衡計算

本研究においては、化学平衡計算コードとして NASA-Glenn Research Center の S. Gordon and B. J. McBride により開発された NASA-CEA5) を利用した本研究で行った化学平衡計算における断熱火炎温度・化学平衡組成決定までのフローチャートを Fig.2 に示す。本方法のように等エンタルピを仮定したエネルギーバランス法を用いた計算では、まず化学反応前の貯気槽状態での化学組成と温度を指定することにより、燃焼前のエンタルピを決定する。その後、燃焼時(温度・組成変化時)の温度を仮定し、そこから算出される化学組成よりエンタルピを算出し、燃焼前のエンタルピと比較する。これが一致したと見なせる温度に十分に収束するまで繰り返し計算を行う。収束時の温度を断熱火炎温度、組成を化学平衡組成とした。なお、燃焼時の化学組成は JANAF の熱化学データ表に記載された平衡定数を元に計算する。さらに、推進性能を計算する場合は、ノズル開口比や圧力比等を指定し、得られた断熱火炎温度から準一次元ノズル解析によって比推力等を予測する。

3. 計算結果

標準状態で化学的に安定な、水をベースとした液体推進剤の発熱特性を調査するため、いくつかの液体を、化学平衡計算コード(CEA)を用いて比較・検討した。図 3 と図 4 に、水、酢酸、酢酸水溶液(60 mol%), HFE(Hydrofluoroether), HFE 水溶液(20 mol%), 過酸化水素、酢酸-エタノール混合液、エタノール、CO₂ およびヒドラジンについて化学平衡計算を行った結果を示す。全ての推進剤において、反応温度は比入力が上がるにつれてほぼ単調に増加する。特に、HFE および HFE 水溶液、CO₂ は、比入力(1~40 kJ/g)の範囲で高い反応温度(HFE: 1000~3900 K, HFE 水溶液: 1500~3500 K, CO₂: 590~5800 K)を示す。その後、過酸化水素が続く(1100~3100 K)。水、酢酸、酢酸水溶液、HFE、HFE 水溶液、過酸化水素、酢酸-エタノール混合液、エタノール、CO₂ およびヒドラジンの、比入力(または比エネルギー)に対する比推力の推移を図 2 に示す。反応温度と同様に、全ての推進剤の場合に比入力の増加に伴い比推力も単調に増加する。広範囲の比入力(1~40 kJ/g)において、HFE 水溶液が 230~710 s と最も高い値を示し、次にヒドラジン(230~610 s)が続く結果となった。

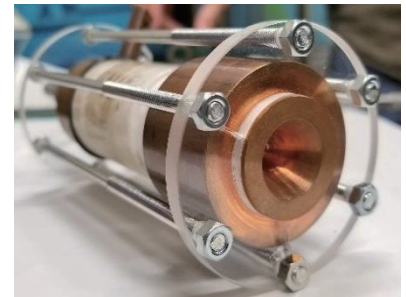


図 1 アークジェット推進機の外

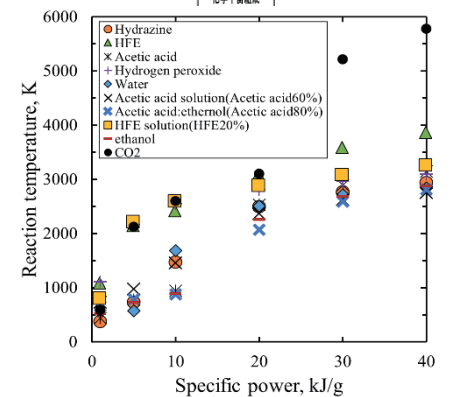
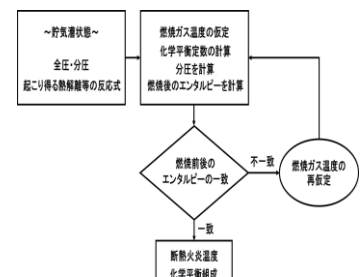


図 4 比入力に対する各推進剤の

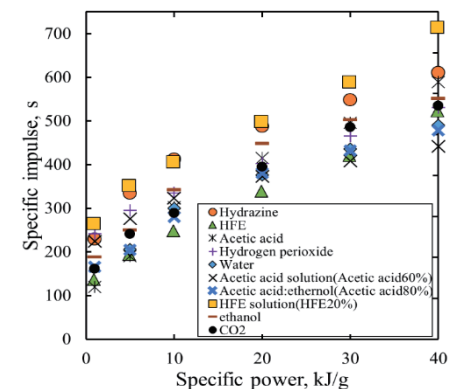


図 3 比入力に対する各推進剤の

光ファイバー先端熱源を用いた超小型レーザー加熱推進機の研究開発

†豊田広海, 大西惟仁, 阿部慧人, 池田知行, 堀澤秀之*

*東海大学工学部航空宇宙学科航空宇宙学専攻

発表の要旨

近年, 大学などの研究機関を中心に, 従来の大型衛星に比べて比較的短期間かつ安価に開発が可能な超小型人工衛星の開発が活発に行われるようになってきている. しかし, これらの衛星は推進機を搭載していないため, 実現が可能なミッションや衛星の運用期間に対して制限が生じている. そこで, 推進機を搭載することでより高度なミッションが可能になると考えられ, 小型衛星搭載用の小型推進機の需要が高まっている.

以上のような小型衛星用の推進機の開発に当たり, 東海大学では医療分野で活用されている低電力で高温熱源を生成する技術に着目し, 実際にその方式を用いた推進機の試作と性能測定を行い, その有効性を検証した.

本研究で試作した推進機の概要を以下の図1に示す.

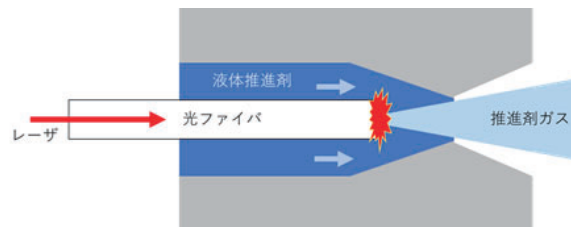


図1 レーザー加熱推進機概要

推進機には光ファイバーが挿入されており, 光ファイバーの先端には酸化チタンが蒸着されている. このファイバーに対してレーザーを照射すると, 先端の酸化チタン部分がレーザー光を吸収して発熱. この熱源によって液体の推進剤が加熱, 気化され, 推進剤ガスが発生. このガスは後部のノズルを用いて気体力学的に加速され, この噴射による反力を推力として得ることができる.

実際に試作された推進機とその動作時のようすをそれぞれ以下の図2, 図3に示す.

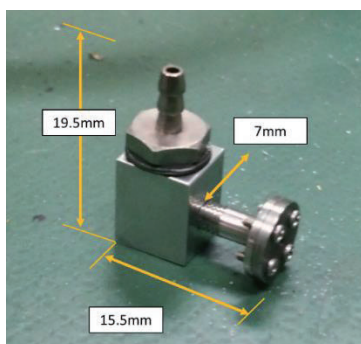


図2 試作したレーザー加熱推進機

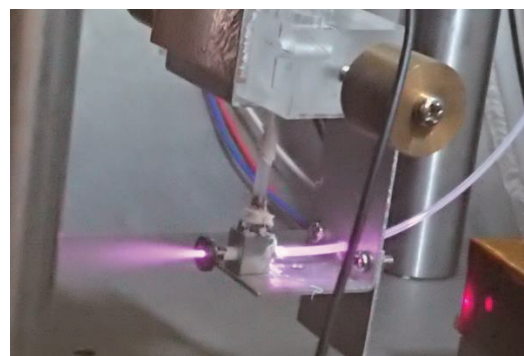


図3 作動中の推進機

ノズル部分からレーザーによって気化された水蒸気が噴出している様子と, 推力の発生を確認することができた.

2018 年度プロジェクト研究（総合研究機構プロジェクト研究分）課題紹介

所属・資格については 2018 年度当時にて掲載

レーザーによる大気拡散火山ガス観測法の開発と箱根火山モニタリング

研究代表者：	大場 武	理学部化学科 教授
研究分担者：	遊部 雅生	工学部電気電子学科 教授
	立崎 武弘	工学部光・画像工学科 講師

研究期間： 2016 年度～2018 年度

研究概要：

大気に拡散した火山ガスの検出を目的とし、1) 3 μ m 帯波長変換レーザーを用いた高感度ガスセンサ、2) 4 μ m 帯インターバンドカスケードレーザを用いた SO₂ センサ、3) デュアルコム分光法による計測技術等の開発を行い成功した。地球化学的な活火山モニタリングを箱根山で実施した。火山ガスの CO₂/H₂O 比、CO₂/H₂S 比、He/CH₄ 比等が地震活動と密接に関係することを発見し、これらの変動を合理的に説明するマグマ熱水系モデルを構築した。

ゲノム編集動物作製基盤技術の確立と病態解析モデル作製への応用

研究代表者：	大塚 正人	医学部医学科基礎医学系分子生命科学 准教授
研究分担者：	三橋 弘明	工学部生命化学科 講師
	中川 草	医学部医学科基礎医学系分子生命科学 講師

研究期間： 2016 年度～2018 年度

研究概要：

本研究では、研究代表者らがマウスを用いて開発してきた CRISPR/Cas9 関連技術をさらに発展させると共に小型魚類にも応用し、東海大学におけるゲノム編集動物作製基盤の確立と、筋肉および肝臓を対象とした病態解析モデル動物作製・解析を行った。また一連の研究の中で、独自の遺伝子挿入技術を応用した新規遺伝子発現制御システムを開発し、より洗練された疾患モデル作製法の開発と新たなコンセプトに基づく遺伝子治療法への応用を目指した。特に、高効率ノックイン(KI)システムである Easi-CRISPR 法について大きな成果を上げることができたとともに、ゲノム編集ゼブラフィッシュ作製法の確立に成功した。次世代シーケンシングを用いたオフターゲットシステムを確立し、現在解析を進行中である。

東南アジアの FDI 型都市化と地域社会変容に関する調査研究

研究代表者：	内藤 耕	文化社会学部アジア学科 教授
研究分担者：	立石 謙次	文化社会学部アジア学科 准教授
	中西 雄二	文学部文明学科 講師
	倉沢 愛子	慶應義塾大学 名誉教授

研究期間： 2016 年度～2018 年度

研究概要：

東南アジアの地域社会は、外国資本による直接投資（FDI）の影響を受けて大きく変容しつつある。本研究では、ベトナムとタイ、インドネシアの3カ国で、日系の工業団地と関わりの強い地域を選び、都市化と消費社会化の進展、雇用問題、旧住民と出稼ぎ労働者らの混住状況を比較した。東南アジアでは、日系開発業者が積極的に関わって新たな都市づくりが今後進展していく。本研究は、そうした都市形成と地域社会の関係を考える大きな材料を提供する。

「人と街と太陽が調和する」創・送エネルギーシステムの開発

研究代表者：	富田 恒之	理学部化学科 准教授
研究分担者：	木村 英樹	工学部電気電子工学科 教授
	磯村 雅夫	工学部電気電子工学科 教授
	勝又 哲裕	理学部化学科 教授
	岩森 暁	工学部機械工学科 教授
	梶田 佳孝	工学部土木工学科 教授
	長谷川 真也	工学部動力機械工学科 准教授
	稲森 真美子	工学部電気電子工学科 講師
	金子 哲也	工学部電気電子工学科 講師
	佐川 耕平	工学部電気電子工学科 助教
	モハマド シャヒド ウザマン	理学部化学科 博士研究員

研究期間： 2017 年度～2019 年度

研究概要：

本研究課題は、再生エネルギーの中核テーマである太陽電池と東海大が世界をリードする熱音響システムを融合させる研究であり、その制御・電送システムから、設置環境までを「人と街と太陽が調和する」ことをイメージして総合的に研究する。光・熱透過型の太陽電池の開発や曲面印刷太陽電池の開発、高効率熱音響機関、長距離無線伝送技術、都市計画など、挑戦的な要素技術を数多く含んでおり、再生エネルギーの創出からその送電・設置までを視野に入れた総合研究は、世界にも類を見ない最先端研究である。

岩絵群と神殿建築から究明する先スペイン期メキシコ西部の社会文化発展

研究代表者：	吉田 晃章	文学部アメリカ文明学科 講師
研究分担者：	松本 建速	文学部歴史学科 考古学専攻 教授
	立石 謙次	文学部歴史学科 東洋史専攻 准教授

研究期間： 2017年度～2019年度

研究概要：

本研究の目的は、メキシコ西部ハリスコ州、ロス・アルトス(Los Altos)地方におけるロス・アガベス(Los Agaves)遺跡の建築プランの特徴を明らかにし、遺跡のおおよその年代を特定することにある。現在発掘中のロス・アガベス遺跡の周辺では、メキシコで最大規模の岩絵群が発見されており、専門分野では大いに注目を集めている。なかでも独特な刻点十字文様(Pecked Cross)の岩絵は、メキシコ中央高原の大遺跡テオティワカン遺跡でも数点確認されているが、同遺跡では、少なくとも16点以上発見されており、この遺跡の祭祀センターとしての重要性が窺える。最終的に、これまで解明の進んでいなかった特有の岩絵に関する研究をふくめ、遺跡の発掘を通じ、埋葬文化や建築伝統などからメキシコ西部と中央高原の文明がいかに結びつき発展してきたかを解明することが本研究の目的である。

島嶼をつなぐネットワーク型文明の研究

—古代から中世までの地中海における神話・美術・建築—

研究代表者：	河島 思朗	文化社会学部ヨーロッパ・アメリカ学科 准教授
研究分担者：	金沢 百枝	文化社会学部ヨーロッパ・アメリカ学科 教授
	伊藤 喜彦	工学部建築学科 准教授

研究期間： 2018年度～2020年度

研究概要：

フランスの歴史家フェルナン・ブローデルは『フェリペ2世時代の地中海と地中海世界』において、「地理的自然」という環境、社会構造、個人的な出来事という3層で文明理解を試みたが、研究の焦点は近世にあった。

本研究では、総合大学である東海大学の質の高い研究領域を総合する「研究の峰」を有利な研究環境として有効に活用し、工学部の伊藤、文化社会学部の河島と金沢によって、文理融合の視点でもって、従来の歴史学や考古学が必ずしも重視してこなかった古代から中世という時代、島と本土という地理的制約に焦点をあて、建築、美術史、神話学という三つの異なる分野から、学際的なアプローチで対象に挑む点に新規性がある。

新しい皮膚欠損創傷充填グラフト、再生促進剤の開発

研究代表者： 住吉 秀明 医学部医学科基盤診療学系再生医療科学 講師

研究分担者： 川口 章 医学部医学科 客員教授
岡村 陽介 工学部応用化学科 准教授

研究期間： 2018年度～2020年度

研究概要：

人工真皮は欠損した皮膚創傷を充填し修復させる医療マテリアルであるが、人工素材上の上皮形成の遅延が長年問題となっていた。申請者らは新しい素材であるミズクラゲコラーゲンが再上皮化と細胞の生着を促進して皮膚再生を著しく改善することを見出した。本再生促進作用を次世代の医療技術へ応用することが研究課題の目標であり、今年度は1. 上皮化促進機構の解明、2. ミズクラゲコラーゲンの再生促進成分の探求、3. 人工皮膚素材の材料面の改良を中心として研究を行ない成果を得た。

環境 QOL の導入と評価指標の設定

研究代表者： 高橋 将徳 基盤工学部電気電子情報工学科 教授

研究分担者： 高野 誠二 経営学部観光ビジネス学科 准教授
伊藤 是清 現代教養センター 教授
鹿田 光一 現代教養センター 准教授
李 昭知 経営学部観光ビジネス学科 助教
藤本 邦昭 基盤工学部電気電子情報工学科 教授
福崎 稔 現代教養センター 教授
瀧本 知加 課程資格教育センター 講師
阿久津 雅子 基盤工学部電気電子情報工学科 准教授

研究期間： 2018年度～2020年度

研究概要：

本研究では、自然環境維持・保全を視野に入れた人々の生活満足度について、QOL (Quality of Life) を拡張した「環境 QOL」の概念導入をはかる。QOL に関しては、現在は医療・健康に関する研究が多く見られるが、本概念導入当初の「人間生活・活動」における満足度に関する研究はそれ程多くない。本研究では、地球規模での自然環境保全および地域における防災・減災を含めた「環境に対する価値意識をふまえた生活満足度」として「環境 QOL」概念を定義し、構成要素および評価指標の確定、およびアンケート調査などによってその検証を行う。



Research Institute of Science and Technology

東海大学紀要 総合科学技術研究所

発行日 2020年3月31日

発行人 岩森 暁（東海大学総合科学技術研究所 所長）

発行 東海大学総合科学技術研究所

住所 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目四丁目1番1号

電話 0463-58-1211（代表）

本紀要の全ての掲載情報は、著作権者の許諾なしに、著作物の全部または一部を無断で複写複製（コピー）することは、著作権法上での例外を除き、禁じられています。



Research Institute of Science and Technology

東海大学総合科学技術研究所

〒259-1292 神奈川県平塚市北金目4-1-1
TEL. 0463-58-1211