

ISSN 2186-6945

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

2017-2018 Vol.38



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

2017-2018 Vol. 38



Research Institute of Science and Technology

ご挨拶

資源とエネルギーに乏しい日本は、科学技術をもって国を立てていく必要があります。先端性のある優れた研究を融合させてイノベーションを起こし、それらの成果を教育に還元することが大切です。

2018年4月より、山口滋前研究所長の後を継ぎ、総合科学技術研究所の所長を拝命いたしました。今後ともよろしくお願い致します。

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、専任教員の基礎的研究課題と総研プロジェクトを担当する兼任教員の研究課題を遂行しています。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大型・中型・小型の研究プロジェクト課題を遂行しています。2017年度から2018年度にかけて、2つの大型研究プロジェクト『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』『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』を遂行しており、一定の成果を出しつつあります。

また本学特有の技術である「熱音響現象」に関しては企業の研究者に技術指導を行っており、本学の研究者が中心となりコンソシアムを立ちあげました。さらに本学の強みである「流れの可視化」技術をベースとした研究チームを発足し、企業の研究者と共に大型研究資金の獲得を目指し研究を行っております。

本学は「流体力学」に関し、多くの特徴的な研究を行っています。2018年11月にはこれら研究者を一堂に会したシンポジウムを開催しました。今回の紀要にはその概要を掲載しております。またその中で紀要論文として公募をし、採択した論文を掲載いたしました。

今年は2017年4月から2018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。引き続き皆様のご支援をよろしくお願い致します。

東海大学総合科学技術研究所
所長 岩森 暁

目次—CONTENTS—

- 総合科学技術研究所 所長挨拶.....2

- 高速度ビデオでの運動解析プログラムの開発
— CPU および GPU によるトレース高速化の検討 —.....4
 横 山 直 樹 (総合科学技術研究所)

- 東海大学宇宙情報センターにおける太陽放射の長期観測結果8
 竹 下 秀 (工学部光・画像工学科)
 大 庭 康 彦 (宇宙情報センター)

- 2017-2018 年度総合科学技術研究所 活動記録.....14

- 総合科学技術研究所 2018 年度 第 1 回シンポジウム
「流体工学に関するトピックス」.....18

- 前輪駆動自動車のエンジン冷却風による空気力学的悪影響の低減.....40
 澤 口 拓 人、高 倉 葉 子 (工学研究科機械工学専攻)

- 2017 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..... 52

高速度ビデオでの運動解析プログラムの開発 — CPU および GPU によるトレース高速化の検討 —

横山直樹（東海大学・総合科学技術研究所）

Development of Versatile Motion Analysis Program(VMAP)
– Even more parallel processing of correlation with CPU and/or GPU -

Naoki YOKOYAMA (Research Institute of Science and Technology, Tokai University)

キーワード：運動解析、相関計算、高速度ビデオグラフィ、GPGPU、高速化
Keywords: Motion analysis, Template Matching, High-speed videography, Latest GPU

Motion analysis program for images acquired by high-speed videography was developed and tested so far. In the case of actual analysis scene, particle or object density can be very high. So some scheme of distributed computation will be required for practical use of this program. This time CPU and GPU were adapted to perform cross-correlation calculation. Using GPU as calculation device, processing time can be reduced drastically with CUDA. But CUDA codes can be difficult to modify for even more higher performance, CPU is much easier for that purpose using OpenMP.

1. はじめに

前報までで高速度ビデオシステムによって記録された動画を対象とし、対象物体の運動を自動解析するプログラムを開発し、その有効性を実験的に検証してきた。特に時間分解能を高めた高速度ビデオシステムにおいては、空間分解能に制限があり、各フレームにおける対象物体の位置の計測精度が低くなりがちであるが、画像相関値を評価関数とし、その極大値が得られる位置を物体位置として把握するアプローチでは、位置情報をサブピクセルの単位で求めることが可能であることを示した。しかし正規化相関を用いたアプローチでは、その計算量が膨大になるために、実用的にはなんらかの計算負荷軽減が必要である。このために、CPUの多重コア利用による並列化、ネットワーク分散処理などを試みてきたが、最近多用されるようになってきたGPUを活用する方法が有効であることを示した。本論文ではCPUを用いた場合の並列処理を再検討し、またGPUの利用をさらに効率化する試みについて述べる。

2. VMAP(Versatile Motion Analysis Program for ultra high-speed videography)

物体の着目領域であるROI(Region of Interest)は、フレーム毎に相互相関値の極大点を探索することで追跡できる。この場合の相互相関値(Zero-mean Normalized Cross-Correlation: ZNCC)は次の式で与えられる。

$$\frac{\sum(f_i - \bar{f}) \times (g_j - \bar{g})}{\sqrt{\sum(f_i - \bar{f})^2} \times \sqrt{\sum(g_i - \bar{g})^2}}$$

ここで f_i と g_j はそれぞれ ROI と探索対象画像上にとったその対応部分上の画素を示す。 \bar{f} と \bar{g} は対象領域にわたって計算された画素の輝度の平均値である。対象物体の運動部位については、基本的に剛体運動を仮定している。ただし純粋な並進運動だけでなく、物体内部および外部の基準点のまわりの回転運動にも対応できる。干渉像における干渉縞の広がりのような場合には、対象の運動が剛体運動ではないが、この場合は手動で解析する方法で対応できる。この式に従って計算する場合、まず平均値を求めるために、対象領域の全画素の輝度値を拾い、その総和を求め、それを画素数で割り、次にこの平均値との差の積和を求めるというように2回の全画素スキャンが必要とされるが、計算の工夫をすることでこの画素スキャンを1回に抑えることができる。

3. 実験 CPU および GPU による相関計算高速化

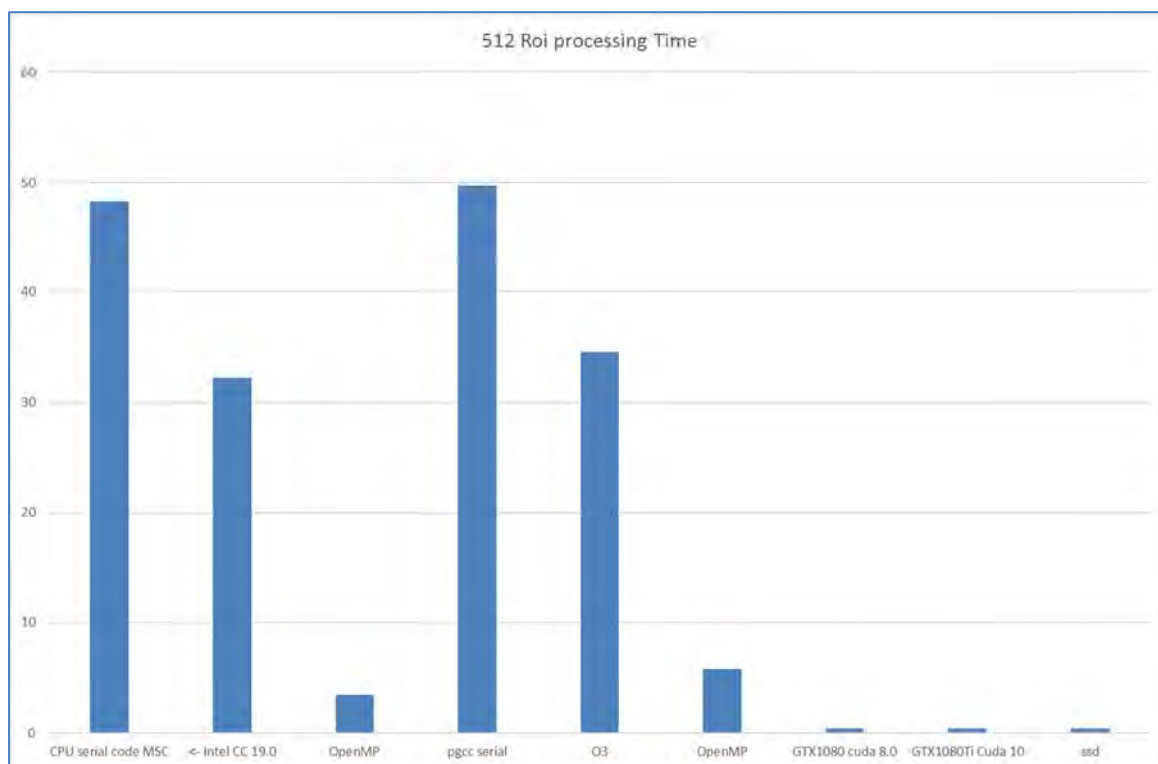


Fig. 1 CPU and Various GPUs comparison

種々の GPU や、CPU の多重利用による並列化の処理時間を Fig.1 に示す。ここで、比較的新しい GPU では処理時間の短縮化が達成できているが、この傾向はもっと新しい最近の GPU では頭打ちになっている。その状況を次の Fig.2 に示す。

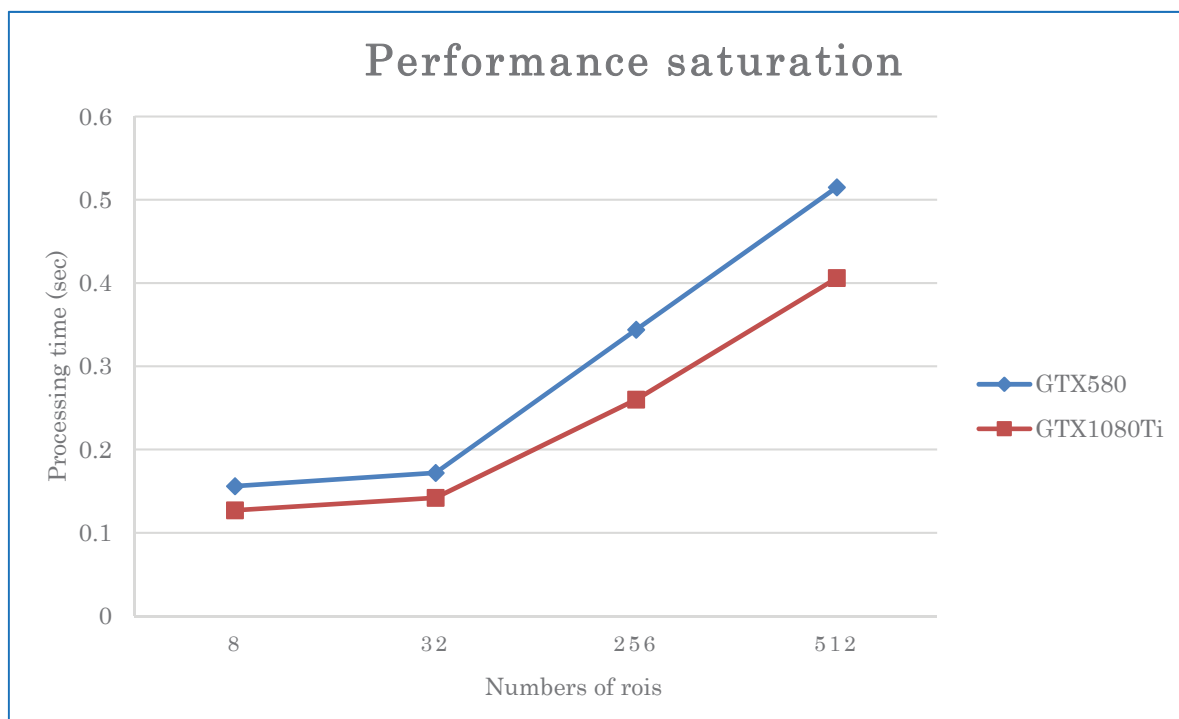


Fig.2 Performance saturation of GTX980 GPU

上図において、比較的新しい GPU である GTX1080Ti を用いてもパフォーマンスの向上はわずか 20%程度であった。本来の性能比が忠実に再現されたならば、50%程度の速度向上が見込まれるはずである。これには様々な原因があると考えられるが、GPU をサポートする Nvidia が供給するライブラリである CUDA のバージョンが古く、新しい GPU の効率的な演算を十分に利用できていないことが考えられる。上図で使用した CUDA のバージョンが当時の最新の 5.5 であったが、今では 8.0 が使用可能である。また GPU のアーキテクチャーも年々進歩してきており、新しい GPU とそれをサポートしている CUDA の新しいバージョンを用いることことで、全く同一のコードでも再ビルドするだけで数%以上のパフォーマンスの向上が期待できる。そこで上図の GTX580 および GTX980 に加えて、最新の GTX1080 を CUDA5.5 と 8.0 でビルドしたプログラムを作成し、パフォーマンスを計測した。その結果を次の Fig. 3 に示す。ここでプログラムは一行も変更しておらず、GTX1080 の新しい”PASCAL”アーキテクチャーを全く活用していない。しかし基本的な GPU-CPU 間のメモリー転送効率の向上などにより、図のように GTX980->GTX1080 の変更で、ROI512 個の場合の処理時間が、0.499 秒から 0.422 秒と 15%程度の処理時間の短縮が達成できた。CUDA5.0->8.0 の変更により GTX980 の場合で、0.49 秒から 0.459 秒へと 6%短縮、GTX1080 の場合で、0.422 秒から 0.409 秒へと 4%の短縮が達成できた。GTX1080 アーキテクチャーを活用して、CUDA コードを書き換えれば、さらに短縮化が可能なはずである。しかしこれははなはだ困難な作業となり、年々リリースされる新しい GPU の性能を自動的に反映するのは、自動ないし半自動ツールが必須である。そのためのツールとしては OpenACC や、本論文でも多用している OpenMP から GPU を活用する手法などが期待されているが、まだ開発段階である。

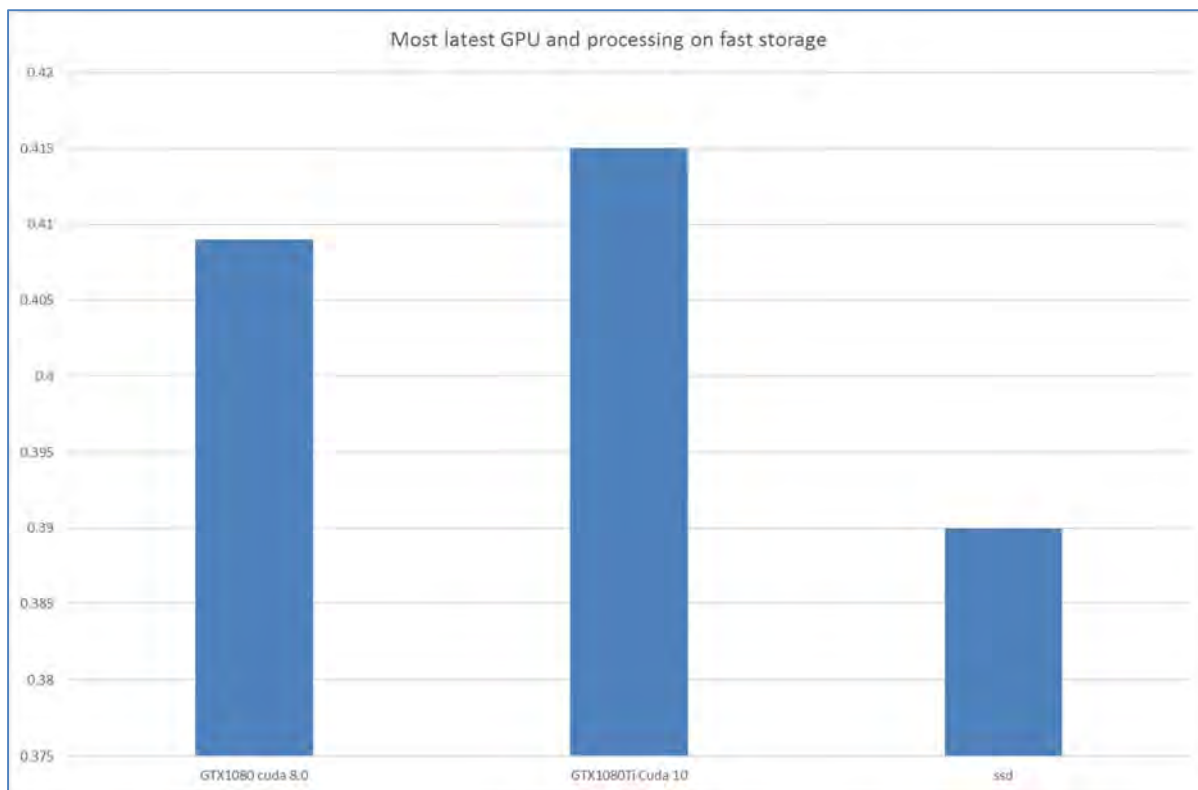


Fig.3 Performance of relatively recent GPU and/or CUDA

4. 結論

比較的新しいGPUとCUDAライブラリを利用することで、元のコードを一行も変更することなく、パフォーマンスを数%程度向上させることができた。よりあたらしいGPUの新しく取り入れられたアーキテクチャーを積極的に活用するためには、GPU側のコードを一から書き直すことが必要となり、かなり困難な作業となる。そのためOpenACC等の半自動化高速化ツールを利用することが、使用者側には推奨される。OpenACC等のツールは現在検証しているが、CPUの場合に効果的であったループに対してpragma文でOpenMPを有効化するというような極めて単純化された変更だけでは現時点では十分な性能向上は達成できないことが分かった。

参考文献

- [1] 東海大学 紀要 総合科学技術研究所 Vol.36 2015 pp.4-7
- [2] OpenMP <http://openmp.org>
- [3] CUDA <http://developer.nvidia.com/category/zone/cuda-zone>
- [4] OpenACC <http://www.openacc.org/>

東海大学宇宙情報センターにおける太陽放射の長期観測結果

竹下 秀 (東海大学 工学部 光・画像工学科)

大庭康彦 (東海大学宇宙情報センター)

Research on the long-term trend of solar radiation at Tokai University Space Information Center in Kumamoto

Shu TAKESHITA (Department of Optical and Imaging Science and Technology, School of Engineering, Tokai University)

Yasuhiko Ohba (Tokai University Space Information Center)

キーワード：太陽放射, UV-A 紫外線, 長期変動傾向, 粒子状浮遊物質

Keywords: solar radiation, UV-A radiation, long-term trend, suspended particle matter

To evaluate long-term trend of solar irradiance, global Total irradiance and global UV-A irradiance measured at Tokai University Space Information Center in Kumamoto from 2001 to 2015 are analyzed. Daily maximum global Total irradiance recorded over solar constant is 52 days. It is considered that this enhancement in global Total irradiance is caused by the multi-reflection between low layer cloud and ground. Long-term trend of global Total and global UV-A irradiances integrated daily from 2008 to 2015 shows statistically decreasing trend about -0.62 %/year in Total and -0.23 %/year in UV-A, respectively. It is considered that these decreasing trends caused by the increasing trend of sunshine duration. A decreasing rate of global UV-A irradiance integrated daily is smaller than that of global Total irradiance integrated daily. Long-term trend of the suspended particle matter (SPM) measured at the town office of Mashiki shows decreasing trend in this period. It suggests that decreasing trends of global Total and global UV-A irradiance integrated daily caused by the decreasing trend of sunshine duration are cancelled by the cleanness of the atmosphere.

1. はじめに

東海大学総合科学技術研究所では、1990年10月から、東海大学湘南校舎（神奈川県平塚市、北緯35度21分、東経139度16分）において、成層圏オゾン層破壊に伴う太陽UV-B紫外線（波長280 nm - 315 nm）の観測を、太陽UV-A紫外線（波長315 nm - 400 nm）と日射（波長300 nm - 3000 nm）と共に実施している¹⁾²⁾。さらに1990年代に地球情報調査室を設置し、国内の関係施設において地球情報に関わる観測・研究を開始した。阿蘇熊本空港に隣接する東海大学宇宙情報センター（以後、宇宙情報センターと略。熊本県益城町、北緯32度50分、東経130度52分）における太陽紫外線観測はこの一環として1996年6月に開始された。太陽紫外線環境の地域差及び長期的な変動評価を主目的とし、全天日射（波長300 nm - 3000 nm）、全天UV-A紫外線（波長315 nm - 400 nm）、全天UV-B紫外線（波長280 nm - 315 nm）を10秒間隔で観測している。全天UV-B紫外線は本研究所で開発された計測器を使用している³⁾。これまでに観測開始直後のデータを解析し、東海大学湘南校舎との比較結果を報告した⁴⁾⁵⁾。本報では、2001年1月1日から2015年8月31日までに宇宙情報センターにおいて観測された全天日射及び全天UV-A紫外線の観測データを用いて、これら

の長期的な変動の傾向を報告する。

2. 方法

太陽放射の受光部は、建物などの遮蔽物が少ない南側の芝地の観測テーブルの上に水平に設置し、全天放射量の観測を実施している。受光部の設置状況を Figure 1 に示す。日射計 (MS-801, 英弘), 太陽 UV-A 紫外計測器 (MS-210A, 英弘), 太陽 UV-B 紫外計測器 (MS-210W, 英弘) の出力は、観測テーブル北側の気象シェルター内に設置されたデータロガー (Solac III, 英弘) により 10 秒毎に観測され、制御用パーソナルコンピュータに記録される。制御パーソナルコンピュータに蓄積された観測データは、1 時間毎にインターネット経由で湘南校舎のサーバーに転送され、インターネットに接続されたパーソナルコンピュータなどによって観測状況の確認が可能である。



Figure 1 Photograph of solar radiation monitoring system installed at Tokai University Space Information Center.

全ての太陽放射計測器の初期校正は製造会社で実施した。しかし、長期的な観測を目的としているため、長期的な感度変化の評価が必要である。太陽 UV-A 紫外計測器は、宇宙情報センター設置前の 1996 年 3 月及び落雷による修理のために湘南校舎に持ち帰った 2010 年 2 月に湘南校舎において我が国の国家スケールのトレーサビリティ体系である JCSS 校正された分光放射照度標準電球 (JPD-100V-500WCS, ウシオ) によって感度校正を実施した。さらに 2002 年からは携帯光源を宇宙情報センターに持ち込み、1 年に 1 回程度の頻度でこの携帯光源に対する出力測定を、太陽 UV-A 紫外計測器及び日射計に対して実施している。

3. 実験結果と考察

データ取得日数は、2001 年 1 月 1 日から 2015 年 8 月 31 日の 5356 日の内、全天日射：4816 日 (89.9 %)、全天 UV-A 紫外線：4721 日 (88.1 %) であった。取得した観測データの質を気象庁熊本地方气象台 (北緯 32 度 49 分, 東経 130 度 42 分, 宇宙情報センターから西南西 17.8 km) における全天日射量観測値などから評価し、明らかに異常値と思われる観測値は欠損値扱いとした。2001 年から 2004 年は落雷などにより欠損とした日数が多く、

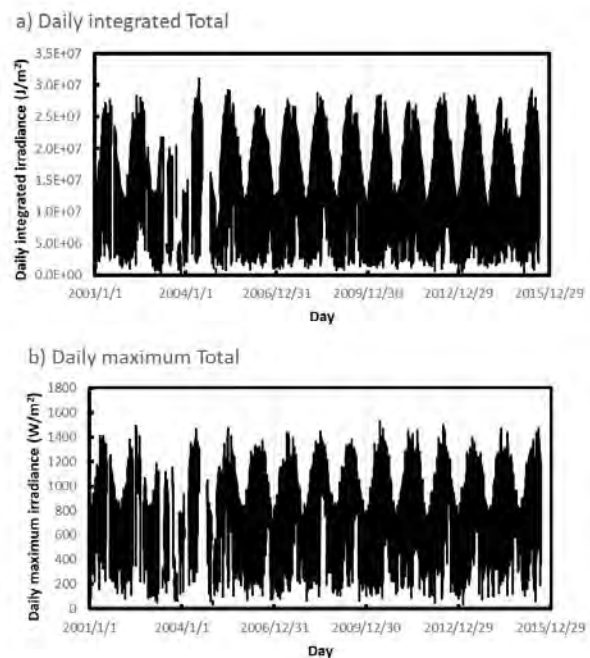


Figure 2 Global Total irradiance measured at Tokai University Space Information Center from Jan. 2001 to Aug. 2015.

(a) Daily integrated irradiance, (b) Daily maximum irradiance

全 1461 日の内, 全天日射: 1019 日 (69.7%), 全天 UV-A 紫外線: 910 日 (62.3%) しかデータ解析に供することができなかった。最終的には, 2001 年 1 月 1 日から 2015 年 8 月 31 日の 5356 日の内, 全天日射: 4809 日 (89.8%), 全天 UV-A 紫外線: 4658 日 (87.8%) のデータを解析した。

携帯光源による長期的な感度変化は, 日射計: 有意な変化なし, 太陽 UV-A 紫外計測器: -0.56%/年 (有意) と評価された。太陽 UV-A 紫外計測器の分光放射照度標準電球による 1996 年 3 月から 2010 年 2 月の感度変化の評価結果は -0.30%/年であった。同型の太陽 UV-A 紫外計測器は湘南校舎における観測にも使用している。しかしこの計測器の感度変化は認められていない。携帯光源の放射照度はわずかに低下したと判断し, 太陽 UV-A 紫外計測器の感度は分光放射照度標準電球による感度変化 (-0.30%/年) を用いて観測値を修正した。

全天日射の一日合計放射量及び日最大値の観測結果を Figure 2 に示す。この解析期間中の一日合計放射量最大値は 31.2 MJ/m² (2004 年 6 月 13 日), 日最大値は 1530 W/m² (2010 年 6 月 8 日) であった。日最大値は大気圏外の鉛直面に到達する太陽放射量である太陽定数 1362 W/m² を超えており, 太陽定数を超える日は 53 日存在していた。太陽定数を超える日は低層の雲による太陽放射増強⁹⁾が発生したと推測される。

全天 UV-A 紫外線の一日合計放射量及び日最大値の観測結果を Figure 3 に示す。この解析期間中の一日合計放射量最大値は 1985 kJ/m² (2003 年 5 月 9 日), 日最大値は 88.6 W/m² (2003 年 5 月 12 日) であった。日最大値が 88.6 W/m² という数値は異常値とも考えられる。しかし, 異常値とするための確たる証拠がなかったため, このまま使用した。

この観測結果に, 365 日移動平均を適用し, 移動平均値を回帰分析することでこの期間の長期変動の抽出を試みた。前述の通り 2001 年から 2004 年は欠損とした日数が多い。さらに 1 ヶ月単位で欠損としている場合もある。長期変動の解析はデータ欠損が落ち着いた

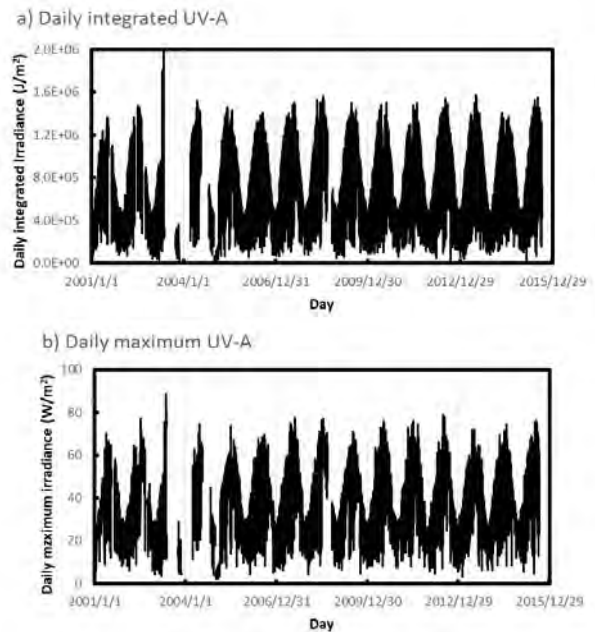


Figure 3 Global UV-A irradiance measured at Tokai University Space Information Center from Jan. 2001 to Aug. 2015.

(a) Daily integrated irradiance, (b) Daily maximum irradiance

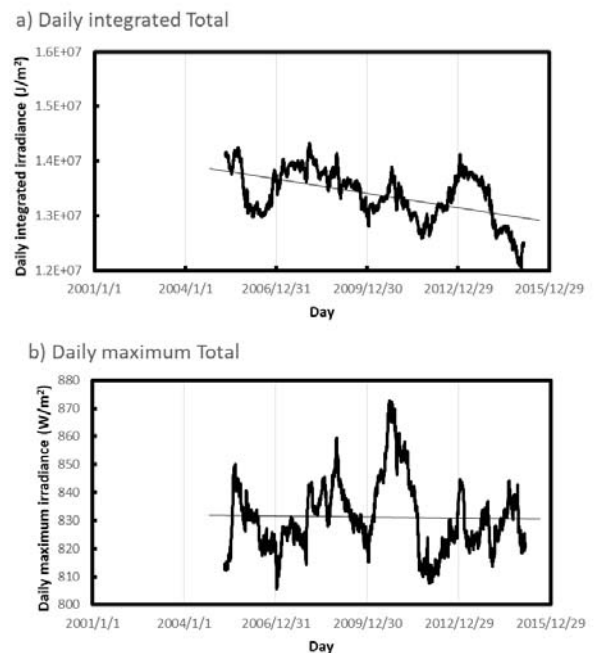


Figure 4 365-Days moving average of global Total irradiance measured at Tokai University Space Information Center from Oct. 2004 to Aug. 2015.

(a) Daily integrated irradiance, (b) Daily maximum irradiance

2004年10月26日以降の観測値に適用した。なお、全天太陽 UV-A 紫外線は1ヶ月以上連続で欠損した2008年9月11日から2008年10月28日も解析から除外した。365日移動平均の結果を Figure 4 (全天日射) 及び Figure 5 (全天 UV-A 紫外線) に示す。

全天日射は、一日合計放射量：-0.62%/年、日最大値：-0.02%/年の有意な減少トレンドを示した。全天 UV-A 紫外線は、一日合計放射量：-0.23%/年、日最大値：+0.23%/年の有意なトレンドを示した。この結果を検証するために、熊本地方気象台における一日合計全天日射量及び日照時間の同期間の観測値を入手し、長期変動の傾向を解析した。一日合計放射量及び日照時間の観測結果を Figure 6 に、365日移動平均を適用した結果を Figure 7 に示す。

熊本地方気象台における日射の変動傾向は、一日合計全天日射量：-0.63%/年、日照時間：-0.61%/年と共に有意に減少傾向にあることが明らかになった。この一日合計全天日射量の減少傾向は、宇宙情報センターにおける減少傾向と一致する。さらに熊本地方気象台における一日合計全天日射量の減少傾向と日照時間の減少傾向がほぼ一致する。以上の結果から、宇宙情報センターにおける一日合計全天日射量の減少傾向は正しい値であり、一日合計全天日射量の減少は日照時間の減少に起因したと考察される。日照時間は天候を示す気象要素の一つであり、この数値の減少は天候が悪いことを示す。

一日合計全天 UV-A 紫外線は-0.23%/年の有意な減少傾向を示している。しかし、減少割合は全天日射と比較して小さく、日最大値は逆に有意に強くなる傾向を示している。次にこの原因を考察する。

地上に到達する太陽 UV-A 放射に影響する因子としては、雲以外にも大気の流れである大気中のエアロゾルが挙げられる。国立環境研究所「環境数値データベース」⁷⁾の中から宇宙情報センターから最も近い益城町役場(北緯32度48分、東経130度48分、宇宙情報センターから南西7.0km)での粒子状浮遊物質(Suspended particulate matter, SPM)

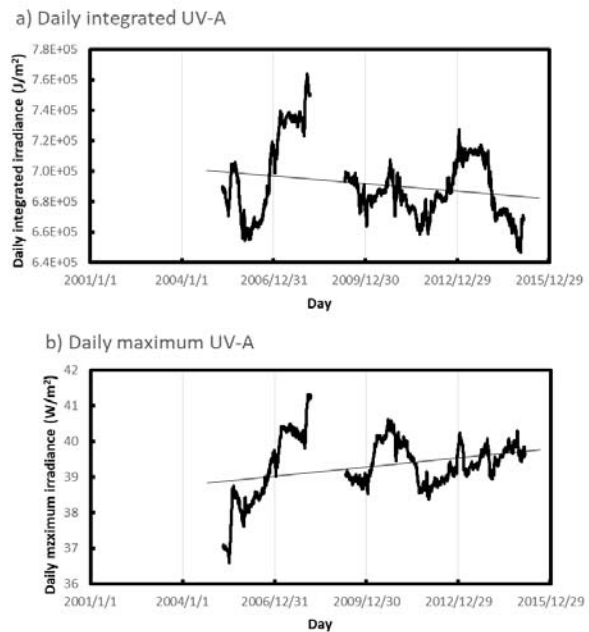


Figure 5 365-Days moving average of global UV-A irradiance measured at Tokai University Space Information Center from Oct. 2004 to Aug. 2015.

(a) Daily integrated irradiance, (b) Daily maximum irradiance

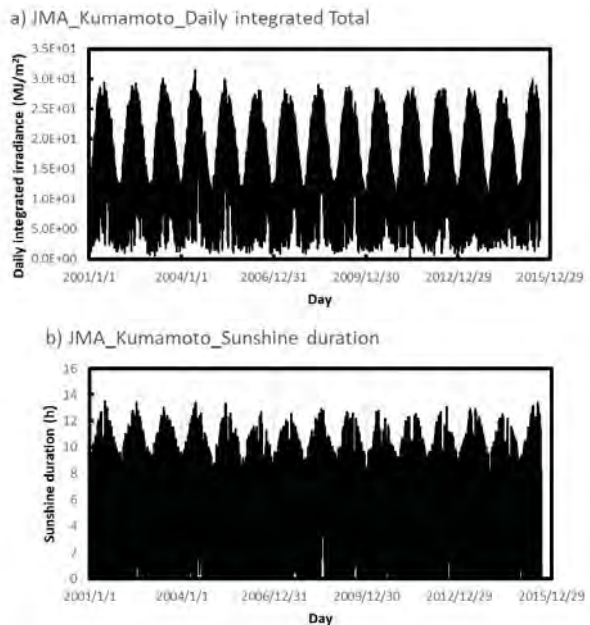


Figure 6 Daily integrated global Total irradiance and daily sunshine duration measured at Kumamoto Meteorological Observatory of Japan Meteorological Agency from Jan. 2001 to Aug. 2015.

(a) Daily integrated irradiance, (b) Daily sunshine duration

の月平均値（2001年1月から2015年8月）を使用し、大気の汚れの変動傾向を解析・評価した。結果をFigure 8に示す。

益城町役場でのSPM観測値は、2011年1月にかけて減少し、2010年以降、増加傾向にある。さらに2004年11月から2015年8月の傾向は、有意ではないが-2.06%/年の減少傾向にあった。SPM観測値が減少傾向にあることは、地上付近の大気がきれいになっていることと同義であり、SPMによる散乱減衰が少なくなったと考えられる。SPMによる散乱減衰は、一般的にミー散乱理論により説明されるため、きれいになったことによる散乱減衰の低下は波長が短い紫外領域の方が大きい。日最大日射は-0.02%/年とわずかな減少傾向にあるが、日最大全天UV-A紫外線は+0.23%/年の増加傾向にあることから裏付けられる。以上のことから、日照時間が減少傾向にある結果、全天日射量の日合計放射量は減少傾向を示した。しかし、大気がきれいになったため散乱減衰が小さくなり、散乱減衰の影響を大きく受ける一日合計全天UV-A紫外線は、減少の傾向が全天日射と比較して小さくなったと考察される。ただし、益城町役場でのSPM観測値は地上での観測値である。太陽光が地上に到達するまでに通過する大気中の全てのSPMを測定しているわけではない。今後、検証が必要である。

4. 結論

2001年1月から2015年8月にかけて、阿蘇熊本空港に隣接した東海大学宇宙情報センターにおいて観測された全天日射及び全天UV-A紫外線を解析した。日最大全天日射が太陽定数を超える日が53日あり、これは雲と地上の間の相互反射による増強効果が発生したと考察した。一日合計全天日射量は、2004年10月以降、-0.62%/年の減少傾向にあった。これは、熊本地方気象台での観測結果の解析値と同じ傾向である。熊本地方気象台で観測された天候を示す気象要素の一つである日照時間は減少傾向にある。一日合計全天日射量が減少傾向にある原因は天候の悪化と考察した。一方、一日合計全天UV-A紫外放射量は

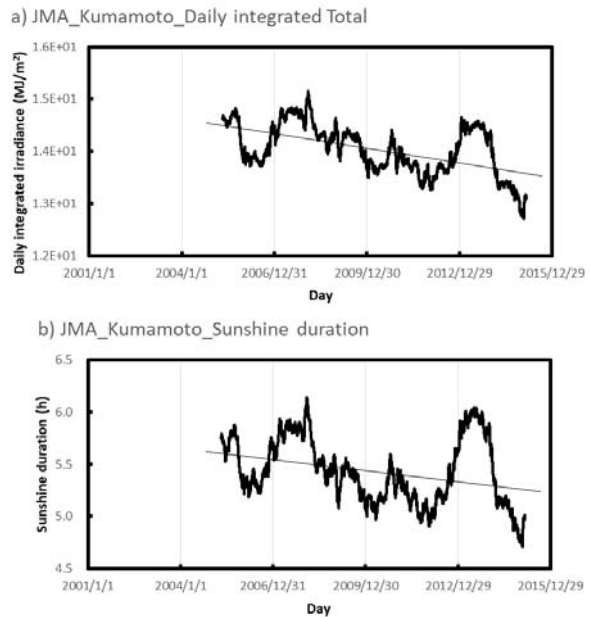


Figure 7 365-Days moving average of global Total irradiance and sunshine duration measured at Kumamoto Meteorological Observatory of Japan Meteorological Agency from Oct. 2004 to Aug. 2015.

(a) Daily integrated irradiance, (b) Daily sunshine duration

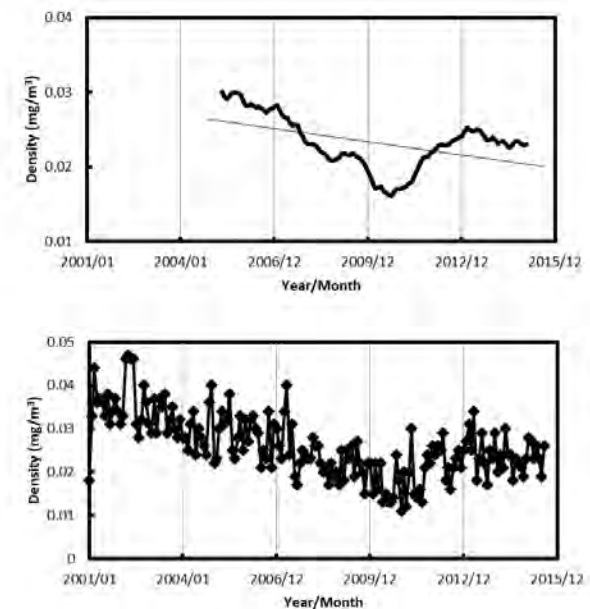


Figure 8 Monthly average of SPM density measured at the town office of Mashiki from Jan. 2001 to Aug. 2015.

(Up) 12-Months moving average from Oct. 2004 to Aug., (Down) Monthly average of SPM density

-0.23%/年の減少傾向にあり、一日合計全天日射量の減少傾向と比較する減少率が小さい。さらに、日最大全天 UV-A 紫外線は強くなる傾向が認められる。益城町役場で観測された SPM の観測値は減少傾向にあり、これは大気がきれいになっていることを示す。大気がきれいになることで SPM による散乱減衰が減少するが、この減少の効果は理論的に波長が短い UV-A 領域の方が大きい。東海大学宇宙情報センターでは天候の悪化傾向により一日合計全天日射量及び一日合計全天 UV-A 紫外放射量は減少傾向にあった。しかし、大気がきれいになることで散乱減衰の影響が小さくなり、一日合計全天 UV-A 放射量の減少傾向は、一日合計全天日射量の減少傾向よりも小さくなったと考察した。SPM は地上での観測値であり、地上に到達するまでに太陽光が通過する大気中の全汚れを代表しているかは、今後検討する必要がある。さらに、本報では取り扱わなかった全天 UV-B 紫外線についても解析する必要がある。全天 UV-B 紫外線の場合は、SPM のほかにオゾン全量が影響する。オゾン全量は回復傾向にあるとの報告がある。日照時間、SPM そしてオゾン全量の 3 つの因子が地上に到達する全天 UV-B 紫外線に与える影響を詳細に解析することによって明らかにし、太陽放射環境の今後の予測に役立てる必要がある。省エネルギー社会の実現のための施策によって、大気は今後、さらにきれいになることが予測される。長期的な太陽放射環境の変動評価を、大気の汚れの評価と共に継続する必要がある。

本研究で使用したデータロガー制御システムは、東海大学情報技術センターに在籍されていた横塚英世氏に開発して頂いた。横塚英世氏に謝意を表す。また、本研究では計測器の長期的な管理や観測テーブル周辺などの定期的な保守が必要不可欠である。東海大学宇宙情報センター及び東海大学情報技術センターの全関係者に謝意を表す。さらに益城町役場において微小粒子状物質の観測を実施している関係者及び全国の大気汚染データを収集し、環境数値データとして公表している国立環境研究所の関係者にお礼申し上げる。

参考文献

- [1] Sasaki, M., S. Takeshita et al., Ground-based observation of biologically active solar ultraviolet-B irradiance at 35° N latitude in Japan, *J. Geomag. Geoelectr.*, **45**, pp. 473-485 (1993).
- [2] Sasaki, M., S. Takeshita, M. Sugiura and T. Sakata, An increase in the global solar ultraviolet-B irradiance at 35°N in Japan since 1990, *J. Geomag. Geoelectr.*, **46**, pp. 827-834 (1994).
- [3] 竹下秀, 坂田俊文, 佐々木政子, 太陽紫外 UV-B 放射計の開発と諸特性の評価, *照明学会誌*, **78**, 537 – 544 (1994).
- [4] Sasaki, M., S. Takeshita, H. Yokotsuka and T. Sakata, Measurement of solar ultraviolet-B irradiance – Comparison between Tokai sites in Kumamoto and Hiratsuka, *Photomedicine and Photobiology*, **20**, pp. 55 – 56 (1998).
- [5] Takeshita, S. and Masako Sasaki, Solar radiation monitoring network of Tokai University, Japan, *Proc. SPIE*, **5156**, pp. 303 – 310 (2003).
- [6] 竹下秀, 雲による太陽放射増強量の解析結果, *東海大学紀要総合科学技術研究所* 2016, **37**, pp. 4 – 7 (2018).
- [7] 国立環境研究所「環境数値データベース」
<https://www.nies.go.jp/igreen/>

2017年度 総合科学技術研究所(山口滋研究所長)活動記録



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
〒259-1202 神奈川県平塚市北倉部 4-1-1 TEL. 0419-59-4364
URL: http://www.u-tokai.ac.jp/research/fair/2017/



Japan Conference on High-Speed Imaging and Photonics 2017
15-17 November 2017 (Osaka)

高速度イメージングとフォトニクスに関する 総合シンポジウム 2017

プログラム

会期: 2017年11月15日(水)~17日(金)

会場: 東海大学 湘南校舎

主催: 高速度イメージングとフォトニクスに関する
総合シンポジウム2017実行委員会

共催: 東海大学 総合科学技術研究所



2015年8月から年1回、湘南校舎で開催していた研究の峰・研究交流会を企業・官公庁・各種団体と連携するため東京高輪校舎で“産学連携フェア”として初の開催を産官学連携センターと共同企画した。約150の外部機関が参加し活発な交流となった。

高速度イメージング関連研究者が一堂に会し、高速画像処理技術をはじめ、音響、可視光、X線、電子線、中性子線に至る広範囲な波長での計測解析技術とスポーツ科学、超音速飛行体の流体力学への応用に白熱した討議があった。

東海大学 先進研究セミナー 共同ゼミナール
総合科学技術研究所 総合理工学研究科

“マテリアルインフォマティクスの最近の研究動向と海外事情”

講演者
物質・材料研究機構 (NIMS)
国際ナノアーキテクト研究拠点
半導体デバイス材料グループ長
主任研究員
知京豊祐 氏

日時: 2017年12月16日(土) 15:30~17:00
場所: 湘南校舎 12号館 5階 12-1会議室
対象: 大学院博士課程を中心に修士課程、
教員、学生、学内一般職員も歓迎

懇親会
場所: 19号館3階
アカデミックラウンジ
日時: 同日 17:15~18:45

知京先生を囲んで最新の研究テーマ・
動向について自由に意見交換

東海大学 総合科学技術研究所 NIMS 見学

付き添い: MANA 半導体デバイス材料 Gr 女屋崇

日時: 2018年1月16日(火曜日) 13:00-17:30

12: 45 NIMS 千現地区 ロビー集合

13: 00-13: 25 NIMSの紹介と学術連携紹介
(中セミナー室 担当 学術連携課 豊田節治)

13: 30-14: 00 千現ファンツアー 見学 (担当: ナノアプリケーション 渡辺 英一郎)

14: 05-14: 25 構造材料拠点説明 (先端構造材料研究棟 2F セミナー室 213 室
担当: 木村 一弘)

14: 25-14: 55 構造材料拠点見学 (大型グループ: 木村一弘, 解析装置: 原 啓さん)

千現地区から前木地区へ移動: 15: 00-15: 05 (2号車)

15: 15-15: 45: MANAの紹介
(NanoGreen 棟3F セミナー室 担当: Andreas DOENNI さん: 英語)

15: 45-16: 15 電池グループの紹介 + 見学
(NanoGreen 棟3F セミナー室 担当: ナノ材料科学環境拠点 (GREEN) 久保佐美 さん)

16: 15-16: 5 0 : 懇談 (NanoGreen 棟3F セミナー室 担当: 知京)

17: 0 0 飯木 発 千現屋由 つくば駅行き

マテリアルインフォマティクスは計算機で分子構造を計算して材料を創生する科学であり、その研究状況を物質材料研究機構の知京豊裕副拠点長に講演頂いた。数十名の大学院生をはじめ多数の研究者・教員が聴講した。

知京氏講演時の参加者から希望があり、物質材料研究機構(つくば市千現・並木)を研究者と大学院生合計9名で訪問した。多彩でユニークな計測分析技術とその装置、研究者1500名中30%が海外研究者である国際的研究拠点に多くの刺激を受けた。

2018年度 総合科学技術研究所(岩森暁研究所長)活動記録

総合理工学研究所 共同セミナー
NASA研究者による特別講演へのお誘い
"Visualization and Quantification of High Speed Flows using Laser Spectroscopy"

レーザー分光を利用した高速流れの定量的可視化計測
日時: 2018年7月3日(火) (July 3) 11:00~12:00
場所: 12号館5階 12-1会議室
講演者: Dr. Paul M. Danehy,
Senior Technologist (ST) for Advanced Measurement Systems NASA Langley Research Center

講演者紹介
米国航空宇宙局(NASA)ラングレー研究所にて長年、レーザー分光による流れ場の計測技術を超音速・極超音速風洞の気流計測技術に適用してきた。
講演概要
レーザー誘起平面蛍光法(PLIF)によるMars Science Laboratory(MSL)の火星突入カプセル周りの流れ、極超音速機(スクラムジェット機)の燃焼室での超音速燃料混合状態、NASAが開発中の新型の打ち上げロケット周りの流れ場計測、などを示しつつ、さらに最新の計測手法であるフェムト秒レーザー電子励起検出法(FLEET)による成果を紹介する。
対象: テーマに興味のある研究者・院生・学生・一般の方もどうぞ



超音速飛行物体の気流をレーザー分光で可視化・定量化する先端計測技術をNASAの研究者から講演頂いた。航空宇宙や流体力学の研究者・大学院生が数十名参加し、興味関心を示す関係者が多く、講演後に多数の質問があった。

東海大学産学連携フェア
2018

From Innovation to Commercialization

2018年8月8日[水] 13:00~18:30

会場: 東海大学高輪キャンパス 東京経済区南橋 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 後援: 東海大学 グローバル推進本部

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
〒255-8582 神奈川県鎌倉市立目4-1 TEL. 0463-504-304
URL: <http://www.waka.ac.jp/research/faq/2018/>



第2回の産学連携フェアを産官学連携センターと共同開催した。文部科学省の西條正明課長及び名古屋大学の武田一哉教授から産学連携の在り方と実情について講演頂いた。研究ユニットのポスターを前に企業との交流が活発であった。

東海大学
熱音響技術指導～基礎編～

◆ 日時: 2018年9月7日(金) 13:30~18:00
◆ 会場: 東海大学校友会館
◆ 住所: 東京都千代田区霞が関3-2-5
霞が関ビル35階(霞の間・三保の間)
◆ 講師: 東海大学 工学部動力機械工学科 准教授 長谷川 真也

プログラム

13:30	受付開始	三保の間
13:45	挨拶: 東海大学メンバー紹介 東海大学 研究推進部産官学連携推進課 課長 総合科学技術研究所 所長 岩森 暁	三保の間
14:00 ~ 16:00	講義: 第1回熱音響現象の概要と紹介 東海大学 動力機械工学 准教授 長谷川 真也	三保の間
16:00 ~ 18:00	懇親会	霞の間

※当日身分証明の為のお写真を取らせていただきます。ご了承ください。

東海大学工学部・長谷川真也准教授の熱音響機関の実用化を推進するため企業の技術者を対象に技術講習会を開催した。第1回目としてのセレモニーを含め全体的な技術の説明を行った。コンソーシアムとして今後活動を続ける。

総合理工学研究所 共同セミナー
『情熱の数値流体力学
アルゴリズム研究』

開催日: 2018年10月18日(木)
17時15分~18時55分

場所: 15号館 4階 第1会議室
(湘南キャンパス)

講演者: 西川 裕章
(Associate Research Fellow)
所属: National Institute of Aerospace
東海大学 工学部 航空宇宙学科 (1994年卒)

人々の情熱によって数値流体力学のアルゴリズムは大きな発展を遂げてきました。しかし、未だ完全な非構造格子による計算は困難を極めています。さらなる高効率な計算の必要性、高精度・効率向上が要求されている中で

- 情熱の研究とはどのようなものか?
- いかにして新しいアルゴリズムは生まれるのか?

ある一人の研究者の格闘の日々を通して熱く語っていただきます。

◆ コーディネーター: 真橋 俊 (工学部 動力機械工学科) 飯田 聡大(工学部 航空宇宙学科)
主催: 総合科学技術研究所

数値流体力学のアルゴリズムを独自に研究開発したNational Institute of Aerospaceの西川裕章氏に研究テーマの内容説明と研究活動の状況を語って頂いた。日本と米国での研究体制や研究生活など若手研究者に刺激を与える講演であった。

エネルギーと環境
~持続可能な社会の実現に向けて~

東海大学 × デンマーク工科大学
Joint Symposium

2018/11/21 (Wed)
15:00 Start

湘南校舎 12号館5階 12-1会議室
Shonan Campus, Building No. 12, 5th Floor, Room No. 12-1
17:00 - 19:00 TV Conference デンマーク⇄東海大学

15:00 開会挨拶 内田 晴久 (大学運営本部長)
『持続可能な社会をつくるのは誰か? ~ESDの視点から~』 ニノ宮リム さち (現代教養センター 准教授)
『エネルギー調和環境社会の実現に向けて』 横田 佳孝 (工学部土木工学科 教授)
『無線電力伝送システムの構築』 船森 真美子 (工学部電気電子工学科 准教授)

16:30 - 休憩 -

【招待講演】
17:00 Dr. Poul Erik Morthorst (デンマーク工科大学 教授)
『未来エネルギーシステムへの挑戦・課題と可能性』

【基調講演】
17:30 ①木村 英樹 (工学部電気電子工学科 教授)
『ソーラーヴィークルの未来』
18:00 ②葛生 和人 (工学部動力機械工学科 教授)
『熱音響エンジンによる熱利用』
18:30 ③Dr. Vincenzo Esposito (デンマーク工科大学 教授)
『エネルギー分野におけるイオン電導セラミックスの新たな可能性』

19:00 閉会挨拶 山口 滋 (グローバル推進本部長)
19:15 意見交換会 (ログハウス)

主催：東海大学
問合せ先：大学運営本部 0463-58-1211 (代表)

デンマーク工科大学 (DTU)と東海大学は以前から友好的な関係にあったが、合同シンポジウムとして同時中継での開催を初めて行った。DTUの風力発電をはじめとする環境エネルギー技術と東海大学のエネルギー関連技術で交流した。

2018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

開催日時：2018年11月22日(木)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

基調講演 1 : Research for High-Speed Aerodynamics
モスクワ大学 : Dr. Alexander Kuznetsov

基調講演 2 : 回転衝撃波の詳細構造の解明
JAXA/東北大学 丹野英幸 博士

口頭発表 1 : ロータリーデトネーションの物理メカニズムの解明
東海大学 航空宇宙学科 教授 水書稔治

2 : 極超音速飛行に向けた、流体・燃焼の基礎的研究
東海大学 機械工学科 講師 山田剛治

ポスター発表 (流体工学に関する研究事例紹介)

動力機械工学科 高倉葉子・高橋俊・福島直哉
機械工学科 岡永博夫・山田剛治・木村智志
航空宇宙学科 水書稔治・福田雄大・難田壽徳・沼田大樹・榎澤秀之

情報交換会：19号館3階 アカデミックラウンジ 17:00-18:30

共催：東海大学研究推進部
後援：創造科学技術研究機構 グローバル推進本部 大学運営本部

モスクワ大学及びJAXA/東北大学の第一線研究者と東海大学の流体力学研究者が先端の研究内容について講演とポスター展示で交流した。100名を超える研究者が超音速飛行技術と衝撃波を中心に計測、シミュレーションの研究について活発な討議がなされた。

総合科学技術研究所 2018 年度 第 1 回シンポジウム

「流体力学に関するトピックス」

開催日時:2018 年 11 月 22 日(木)13:30~18:30

開催場所:17 号館 2 階 ネクサスホール

--- <プログラム> ---

13:30~13:40 ご挨拶 吉田 一也 (研究担当)副学長

13:40~14:20 基調講演 1:

“Research for High-Speed Aerodynamics”

Alexander Kuznetsov 博士 モスクワ大学

14:20~14:50 基調講演 2:

「回転爆轟波の詳細構造の解明」

丹野英幸 博士 JAXA/東北大学

14:50~15:05 休憩

15:05~15:35 「ロータリーデトネーションの物理メカニズムの解明」

航空宇宙学科 水書稔治教授

15:35~16:05 「極超音速飛行に向けた、流体・燃焼の基礎的研究」

機械工学科 山田剛治講師

16:05~16:10 ご挨拶 長 幸平 研究推進部長

16:20~17:00 各研究室からのポスター発表

動力機械工学科:高倉教授、高橋准教授、福島講師

機械工学科:岡永教授、木村准教授、山田講師

航空宇宙学科:稲田教授、水書教授、堀澤教授、福田准教授、沼田講師

17:00~18:30 情報交換会(19 号館 3 階アカデミックラウンジ)

主催:東海大学総合科学技術研究所 / 共催:東海大学研究推進部

後援:東海大学創造科学技術研究機構、グローバル推進本部、大学運営本部

The motion of gas-dynamic pattern after the interaction of a plane shock wave with pulse volume discharge in shock tube

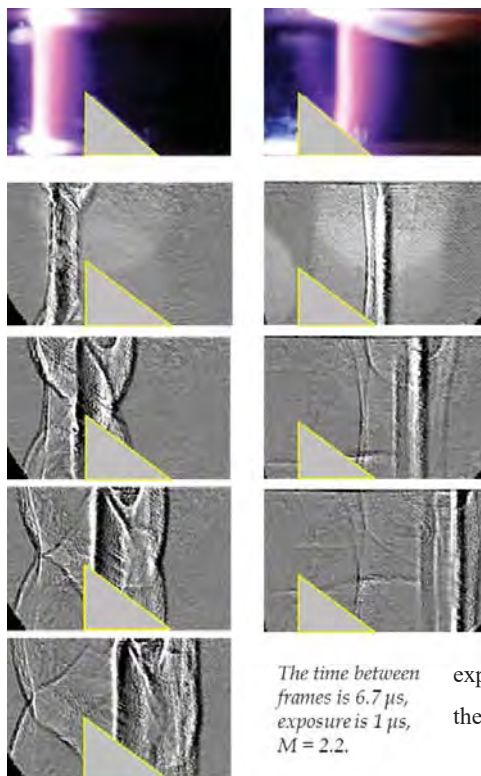
Kuznetsov A., Mursenkova I., Sysoev N. and Znamenskaya I.
Lomonosov Moscow State University, Faculty of Physics

Low-temperature nonequilibrium plasma of gas discharges is widely used in many technological processes. In plasma aerodynamics, the generation of controlled plasma areas can be used to reduce dynamic and thermal loads on the surface of an aircraft, to correct the flow regime and to ignite the fuel in the engines. To influence the high-speed flows, it is necessary to know the mechanism of interaction of the shock wave with the plasma region. For nanosecond discharge, a rapid change in the state of the gas occurs, including rapid heating in the energy input region, which leads to the gas-dynamic discontinuities breakdowns at the boundaries of gas and plasma. The shadow visualization and analysis of the flow field after the interaction of pulsed discharges with a plane shock wave inside the discharge volume and outside it give information on the peculiarities of the motion of shock-wave patterns after the discharge.

The dynamics of the combined volume discharge of nanosecond duration in the airflow with the plane shock wave was studied. The combined volume discharge with plasma electrodes providing uniform energy input into the gas due to the diffusive form was studied in stationary air and in the gasdynamic flow with a plane shock wave. The presence of shock waves in the discharge volume may change the discharge current regime, the spatial distribution of charged particles, and the radiation structure and duration. Shock wave with Mach number 1.9-4.5 was in the discharge volume or near it while the electric pulse was switched on. The radiation spectra and the discharge

currents were registered in the air pressure range 10-150 Torr, a pulsed voltage of 25 kV, and an electric current ~ 1 kA. It is shown that the electric current duration depends on shock wave position relative to the discharge gap and does not exceed 500 ns at various conditions.

Because of discharge energy input, the shock breakdown occurs with the formation of shock waves and contact surfaces. The high-speed shadow imaging was used to study the flow evolution after the discharge pulse. The experimental data on shock waves and contact surfaces positions is used to determine the energy input during the discharge electric current time.



The time between frames is 6.7 μ s, exposure is 1 μ s, $M = 2.2$.

Figure 1. Discharge photoimages and shadow images of the flow field in the first series of experiments ($x = -7$ mm, left) and in the second series of experiments ($x = 8$ mm, right). The left side of the marker indicates the edge of the discharge volume. Initial shock wave moves from left to right.

回転爆轟波の詳細構造の解明

丹野 英幸*

*宇宙航空研究開発機構 角田宇宙センター

発表の要旨

JAXA は安全保障制度の研究予算（平成 30 年度～32 年度）を獲得し、回転デトネーションの基礎研究を開始した。本発表では、回転デトネーション現象に大きな影響を与える物理現象を解明するための実験、数値シミュレーションによる研究手法を紹介し、回転デトネーションエンジンの作動を決定する物理パラメータの同定を最終目的とした研究計画を報告する。

ロータリーデトネーションの物理メカニズムの解明

†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、上記の PDI 計測に関する原理と計画について詳説する。

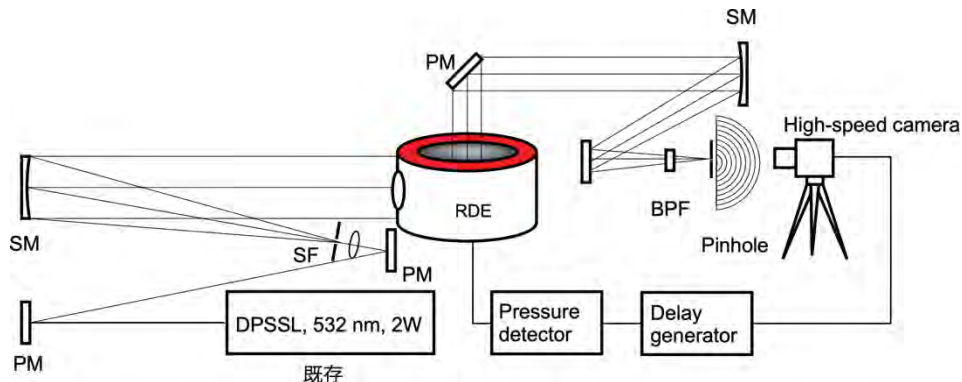


Fig. A schematic diagram of quantitative visualization of rotating detonation wave with point diffraction interferometry.

極超音速飛行に向けた、流体・燃焼の基礎的研究

†山田剛治*

*東海大学 工学部 機械工学科

発表の要旨

現在宇宙輸送の手段として、使い切りロケットが広く用いられている。過去には部分再使用型のスペースシャトルが運用され、将来的には完全再使用型宇宙輸送機の要素技術が確立したと考えられた。しかしながら、高額な運用コストや安全性の問題などによりスペースシャトルは退役し、ロケットを用いた輸送方法へと回帰している。現在、世界的にも様々な惑星探査ミッションが計画され研究開発が行われており、今後ますます宇宙利用への機運が高まることが期待される。このような背景において、高頻度かつ低コストで打ち上げ可能な再使用宇宙輸送機の開発が望まれており、世界各国で実用化に向けた研究開発が行われている。このような極超音速領域におけるエンジン及び機体の技術開発では、飛行試験の実施はコストが高く、また計測や試験条件等に関する様々な制約があるために、現在、数値流体力学（CFD）と、地上設備を使った風洞試験が広く研究に利用されている。そしてCFDと風洞試験の組み合わせにより、事前、事後及び補完的な解析を実施することで、飛行試験回数を減らしてコストを大幅に削減できることが期待できる。しかしながら、極超音速飛行条件と同じ環境を地上設備で再現する上での問題がある。特にエンジンや熱防御に関する実験では、空気流に飛行条件と同じエネルギーを与えないと、燃焼現象や熱伝達現象が実飛行と異なることが予想される。空気流にエネルギーを与える方法としては、蓄熱物との熱交換式、寄留中で燃料を燃やす燃焼加熱式、アーク等の放電加熱式及び衝撃波による圧縮加熱式などいくつか存在するが、熱交換式は昇温能力が不十分であり、衝撃波による圧縮加熱式は試験時間が短いため熱防御に関する実験などに適さない。

そこで燃焼加熱式や比較的手軽に規模の大きい設備に適用できる方法であり、国内外の多くの吹き出し式エンジン試験設備で用いられている。しかしながら、実際の気流には含まれない成分（水分）が入り込み、気流の物性を変化させて空気力学的な影響をもたらす他、化学反応の変化を介して燃焼現象に影響を及ぼすことがこれまでの研究で明らかになっている。また風洞内で生成される気流は、複雑な流路を通過することから、不均一性や乱れが空気流に含まれて、物体周りの流れや熱伝達に影響をもたらす他、空気と燃焼の混合の変化を介して燃焼現象に影響する可能性もある。熱の問題に関しては、風洞壁面からの輻射による過剰な加熱の可能性もある。このように実飛行環境では生じない、風洞特有の条件による物理現象への影響を「風洞依存性」と称する。この風洞依存性の影響を見積もる手法を構築できれば、地上試験から実飛行環境を高精度に予測することが可能となり、エンジンや機体設計時のコストを大幅に削減することが可能となる。

本研究課題では、将来の極超音速飛行を支える基盤技術の向上を目的として、飛行状態を模擬した風洞でのデータ取得を行い、極超音速領域で生じる流体、反応、熱輸送等の物理現象の理解を進めて、風洞依存性を評価する手法を構築する（数値解析ツールの構築）。特に、本課題においては、「エンジン燃焼」と「空力加熱」の二つの現象に的を絞って研究を実施する。最終的に、飛行試験を実施して実飛行環境でのデータ取得を行い、評価手法の検証を行う。

本研究課題の中で、東海大学としては、空力加熱現象において風洞依存性を評価する数値解析ツールの構築を担当する。極超音速風洞により、単純形状の飛翔体模型周りの流れ場の特性、加熱率計測、耐熱性試験などを実施する。また数値解析のツールとして、最初に流れ場と物体内部熱伝導を考慮した連成解析ツールをベースとして、風洞内で生成される気流乱れや不純物混入などの影響をモデル化して連成解析ツールに組み組み込む。以上の取り組みにより、風洞依存性を考慮した空力加熱率を高精度で予測する数値解析ツールの構築を目指す。

超音速流中における凹状物体の高精度数値計算 (静止時における擾乱の影響, 及び運動座標法による運動特性の捕獲)

†高倉葉子*

*東海大学 工学部 動力機械工学科

発表の要旨

惑星探査機の大気圏再突入時における空力的減速手段として、パラシュートは大きな抗力を確実に得ることができ、軽量かつコンパクトに収納することが可能であるため、多く用いられてきた。しかしながら、その空力特性については、パラシュートの可撓性や、衝撃波、渦、音波との干渉による流れの複雑性のために、明らかになっていない点も多い。実験研究では、離脱衝撃波が非対称振動することが報告され、衝撃波の回転振動が示唆されている。

ここでは物体まわりの流れの基礎現象を捕えることを主眼とするため、パラシュートを矩形凹状の剛体の単純形状で模擬し、下記について調べることを目的とする。

- I) 物体固定の実験研究状況を想定： 物体静止時において流れに2種類の擾乱要素（流入マッハ数の振動と背圧の高低）を与えたとき、スティングの有無による流体振動の相違を明らかにする。
- II) 実際のパラシュートの運動を想定： 運動座標法を提案し、凹状物体の自励振動の特性を示す。

I) に関しては、流入マッハ数の擾乱として主流マッハ数の8%の振幅の振動を与え、背圧の擾乱として流出境界における亜音速流出時の圧力を（その上流側の圧力に比べて高い値や低い値で）与え、流れにどのような影響が及ぶかを調べた。

主流マッハ数2で背圧として流入側と同じ圧力を与えた場合、スティング無の場合はほぼ超音速流出となるため背圧の影響を受けず、揚力振動は小さく離脱衝撃波の位置は変わらない。しかしながらスティング有とすると、スティング上の境界層内の亜音速領域から背圧の影響が現れる。与えた背圧のほうはその上流側の圧力よりも高くなるため流出側から逆流が生じ、流れ場が上下で交互に振動するため物体の揚力振動の振幅と周期が大きくなるとともに離脱衝撃波位置もやや振動する。スティング有で背圧を低くすると、流れ場の上下交互の大きな振動はなくなる。なお、マッハ数擾乱を加えると、どの場合でも衝撃波位置はその周期で振動する。主流マッハ数3の場合も同様の傾向が現れた。

II) に関しては、慣性系に対し加速度を持って運動する座標系から流れ場を観察する方法を提案し、運動座標法と名付けた。運動座標系における連続の式と運動方程式は既知であるが、エネルギー式を一般的に導いた結果、運動座標系では通常の流体力学の方程式に生成項が加わる形であることが示された。また、慣性系と運動座標系との間の運動量とエネルギーの変換式を示した。流体力により物体は定点まわりに回転振動する。これを物体に固定した運動座標系から見ると、物体は静止しており、流体には慣性系とは別の力が加わることになる。運動座標法により流れ場を解き、慣性系における量に変換すると、凹状物体の自励振動が捕えられていることがわかり、その特性を解析した。

自動車のエンジン冷却風による空気力学的悪影響の低減

†澤口 拓人*, 高倉 葉子**

*東海大学大学院工学研究科機械工学専攻, **東海大学工学部動力機械工学科

発表の要旨

近年、地球温暖化やエネルギー問題の深刻化を受け自動車の低燃費化が重要な課題となっている。空気抵抗は自動車の燃費性能に大きな影響を与えており、その削減は重要な課題であるといえる。自動車の空気抵抗の約 75%は車体の形状によるものであるが、自動車がエンジンや空調用冷媒を冷却するため、自動車の内部に空気を取り入れることで発生する抵抗を内部流抵抗と言い、全空気抵抗の約 10%を占めているといわれている。近年では自動車の形状が大幅に改善され、さらなる空気抵抗低減のために内部流抵抗にも注目が集められている。また、当研究室でも行われている横風安定性の向上の研究のように、自動車の内部に空気を取り入れ排出するまでの流れを適切にコントロールすることで、自動車の操縦安定性を向上させることも期待できる。このように自動車の内部の空気流れを研究することにより、安全かつ持続可能な自動車社会づくりに貢献することが出来ると考える。

本研究では自動車のエンジン冷却風による空気力学的悪影響の低減を目的として、エンジンルームを簡易的に再現した 1/5 スケール模型のエンジンルーム冷却風取り入れ口の開口部面積を変化させることにより抗力、揚力に変化を起し、その原因を追究する。模型は開口部縦幅を 0mm~100mm まで 20mm づつ 6 段階で変化させることができ、国産乗用車で代表的な縦置きと横置きの 2 つのエンジン搭載方式を再現した。また、ラジエータは実車用ラジエータから CP 値を計測し、同じ CP 値を持つ模型用ラジエータを作成した。エンジンルーム外装は煙法による可視化のためアクリルで作成した。

実験の結果、自動車のエンジンルーム冷却風による空気抵抗の変化を次のように考察した。冷却風量増加がエンジンルーム内部での圧力増加をもたらし、その影響を受けて自動車前面での圧力が増加するとともにエンジンルームから床下への掃気流量が増加し、車体下面前方から来る床下流れとの合流により床下流れの乱れが生じて床下流れを通りにくくするため、それより前方では床下流速が低下して圧力が増加すると考えられ、車体前面での圧力増加と適合する。また、揚力に関してはエンジンルーム内部の流れの床下への掃気が影響を与えていると考察した。

これらの考察よりこれまで床下に掃気されていた流れをボンネットやサイドジェットとして活用し、床下流れとの干渉をできるだけ避け、エンジンルーム内部や床下流をスムーズにし、エンジンルーム内部での圧力上昇を抑えることで抗力を低減できると考える。さらにエンジンルーム内部での床下流れを削減することで揚力も同時に低減することもできると考える。

研究室における風洞車輛班紹介

高倉研究室風洞車輛班では、自動車、鉄道などの輸送機器におけるエアロダイナミックスの専門集団として、境界層吸い込み装置付きムービングベルトをはじめ、多数の流体計測機器を活用し、実験的な手法を用いてエアロダイナミックスのさらなる発展のため研究を行っている。近年では自動車の形状による抗力および揚力の低減、横風安定性の改善、エンジンルーム内部流れが空力特性に及ぼす影響などについて研究を行い、その成果を国際会議 FULCOME や機械学会などで発表している。

埋め込み境界法を用いた粒子を伴う障害物周りの固液混相流解析

†保坂 衛*, 高橋 俊**, 福田 紘大***

*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 動力機械工学科,

***東海大学 工学部 航空宇宙学科

発表の要旨

WHOは世界の全死亡要因の約3分の1が血栓に関連する心血管病であると報告している。心筋梗塞急性期にはカテーテルを用いた冠動脈形成術が施工される。異物としてのステント留置後、数週後に血管が血栓閉塞し、心筋梗塞を再発する場合があります。これをステント血栓症という。ステント血栓症は局所血流障害の乱れを惹起する。局所血流障害と血栓性亢進の懸念からステント自体が留置後に消失するBio-degradableステントが開発されたが、慢性期のステント血栓症発症リスクは依然高く、局所血流障害と血栓症発症リスクの関係は未だ解明されていない。ステント血栓症の予防には抗血小板薬併用療法が有効だが、強力な抗血小板薬は頭蓋内出血といった重篤な出血リスクを増加させる恐れがある。そのため、薬剤に頼らずに血栓症を回避できる医用ステントの開発が求められている。ステント血栓症を予防できるステントの開発の基礎検討として、ステントや動脈硬化によって生成された血管内における障害物周りの流れを把握することが重要である。そこで本研究では、埋め込み境界法を用いた Particle-resolved approach に基づく固液混相流解析ソルバを用いて複数粒子及び障害物を含んだ流れ場の解析を行い、ステント血栓症や動脈硬化に代表される低 Reynolds 数領域における障害物周りの流れ場の特性を把握することを目的とする。粒子の付着現象は血小板の活性化を考慮した付着モデルを用いて再現した。流体の支配方程式には、2次元非圧縮の Navier-Stokes 方程式及び連続の式を用い、物体の運動は Euler-Newton 方程式を用いて表現した。支配方程式はそれぞれ有限差分法によって離散化した。計算格子には完全等間隔直交格子を用い、界面追跡には Level set 法と Ghost cell 法による埋め込み境界法を用いた。

Fig. 1 に示すような粒子及び障害物を含んだ流れ場の解析を行い、粒子の付着現象の様相を確認した。Fig. 1 より、障害物後方に周期的な渦構造が生成され、壁面方向の速度成分が生じることで粒子の付着現象を誘発することが確認できる。Fig. 2 は各ケースにおける粒子の付着地点を示したものである。これより、低 Reynolds 数 ($Re_c = 2000$) においては障害物高さの増加と共に粒子の付着地点が前方へと移動する傾向があり、高 Reynolds 数 ($Re_c = 6000$) においては障害物から最も遠い領域において付着現象が生じていない。これは障害物後方の渦構造が壁面から遠ざかる方向へと移動することに起因すると考えられる。



Figure 1. Vorticity distribution at $Re = 4000$.

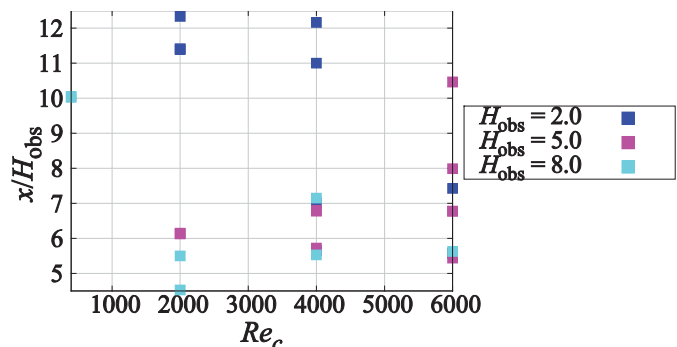


Figure 2. Points of adhered particles at a bottom wall.

気液二相流解析を用いたエンジンオイルの流出予測

†川本 裕樹*, 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 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 機械工学科,

****東海大学 工学部 建築学科,

発表の要旨

近年、持続可能型社会の必要性が盛んに述べられているが、その中でも重要な位置付けを占めるのが温室効果ガス CO₂ の削減である。2015 年度の日本の運輸部門の二酸化炭素排出量はおよそ 2 億 1300 万トンで、これは国内の CO₂ 総排出量 12 億 2700 万トンのおよそ 17.4% を占めており、その中でも自動車の排出量は運輸部門の 86%、日本国内の総排出量の約 15% を占める規模である。自動車の CO₂ 削減を達成するにはエンジンの燃費改善すなわち内燃機関の熱効率向上が研究課題であり、ヨーロッパにおける FVV 等、現在も多くの研究がなされている。モータリング試験におけるピストンとピストンリングにおける摩擦損失はその消費馬力の約三割～半分を占める。従ってこの部位の摩擦損失を低減することが摩擦損失の観点から燃費改善に最も大きなインパクトを与えることとなる。

一般にピストン周りの摩擦損失を低減するためには潤滑油の低粘度化とピストンリングの低張力化が 2 つの方策として考えられている。しかし潤滑油の低粘度化とピストンリングの低張力化は、潤滑油が燃焼室内に流入して蒸発するオイル上がりを誘発する可能性があり、結果的に潤滑油の消費量が増大する懸念が生じる。これを防ぐには潤滑油の流動機構を明らかにする必要があるが、未だそれを詳細に解き明かした研究報告は存在しない。

一般に潤滑油の消費メカニズムについては、最終的には燃焼室もしくは周辺部で蒸発する点は同一であるが、それまでの輸送過程として次の 5 つの仮説が述べられることが多い。① トップリング周囲でライナ上に掻き残された油が燃焼室の高温ガスにより直接的に蒸発、② トップリングの合口から燃焼室に向かうガスにより輸送されて蒸発、③ トップリング摺動面とライナ間の隙間から燃焼室にガスにより輸送されて蒸発、④ トップリング背面を通して燃焼室に輸送されて蒸発、⑤ トップリングにより燃焼室に掻き上げられて蒸発、これら 5 つである。

我々はこれまで内閣府主導の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 課題「革新的燃焼技術」の下、熱効率 50% エンジンの達成をゴールとして、機械摩擦損失低減グループ内、潤滑油消費予測モデル開発サブグループとしてピストン並びにピストンリング周りの潤滑油挙動予測に取り組んできた。我々の目的は気液二相流の CFD を活用した潤滑油のメカニズム調査研究で、数値解析にはそれぞれの解析の妥当性と得失を見極めるべく、近年研究開発が盛んなレベルセット法、保存型レベルセット法、VOF 法の三種類を用い、潤滑油挙動の解析結果と、実験との比較検討結果について調査している。これまでに図 1 のようなオイルリング背面の油膜の挙動解析を行い、実験と良い一致を示すことを確認した。

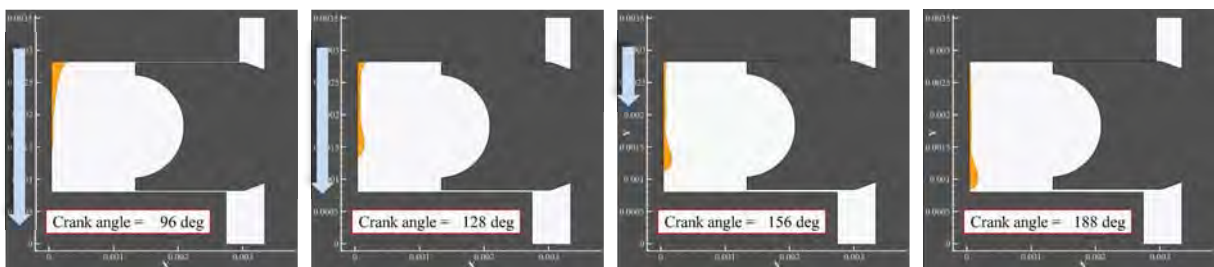


図 1 エンジン吸気行程中のオイルリング背面の油膜挙動の解析結果

最先端の数值的・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システム最適設計

†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」に関する研究を精力的に推進してきている。最終的な目的は、高効率・低環境負荷型の熱流体機器を開発、システム全体としての最適設計を行い、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. ラージ・エディ・シミュレーションの乱流構造に基づいた SGS モデルの開発⁽²⁾

ハードウェア、ソフトウェアの両面における発達から、CAE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、その予測精度は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 に示すように、希薄火炎と壁面との干渉が局所消炎による未燃物の排出や壁面熱損失などの燃焼器性能に大きな影響を与えることを明らかにし、予混合圧縮自着火では自着火制御手法の開発だけでなく、希薄火炎と壁面との干渉機構解明の重要性を示している⁽⁴⁾。

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。今後は、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を行なっていく予定である。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行きたい。

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) 深瀬ら, 日本流体力学会年会, 2pp., (2018)
- 4) N. Fukushima, *et. al.*, Proc. Comb. Inst., 35, pp. 3009–3017 (2015).

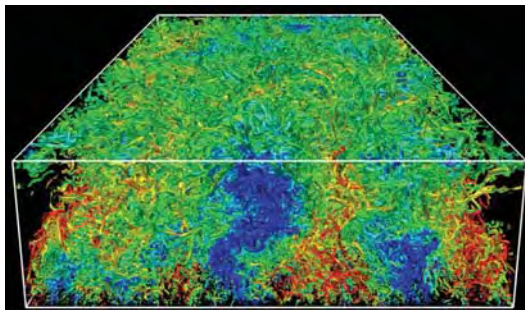


Fig. 1 Contour surfaces of the second invariant of velocity gradient tensor colored by the streamwise velocity fluctuation.

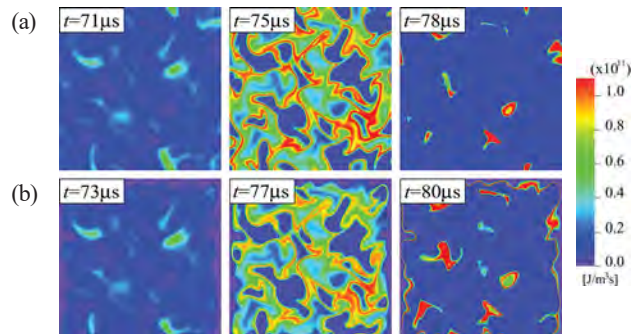


Fig. 3 Temporal developments of distribution of heat release rate ($T_{init} = 6.1 \text{ K}$, $\phi_{init} = 0.00$) without heat loss (a), with heat loss (b).

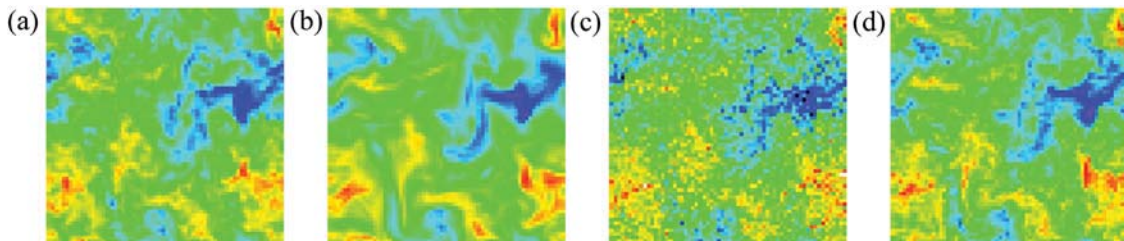


Fig. 2 Instantaneous 2D distributions of one in-plane component of velocity at $t = 3:0$ and $Re_\lambda = 175:4$ with $\Delta/\eta_{init} = 22.7$: (a) filtered DNS, (b) Smagorinsky, (c) Bardina and (d) scale self-recognition mixed models.

凹型形状及び連続的な水平溝を有する角柱における空力特性

†発表者氏名*, 高谷 達也**

*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, 円柱や角柱などの鈍頭物体の空力特性についての研究が行われている. そして, この鈍頭物体の空力特性についての研究は様々な分野に応用されている. 例えば, 鈍等物体の基本形状の一つに長方形角柱がある. この角柱の形状は, 高層建築物や橋梁に似ている事から, 長方形角柱の空力特性を明らかにすることで耐風設計に応用する事が出来る. このように鈍頭物体の空力特性は工学の分野で重要であると考えられており, 様々な研究が行われている. また, 建築分野においても建築物の高層化がすすめられている事から, 風荷重の低減が必要な課題とされており, 建築物の形状と鈍頭形状が類似している事から鈍頭形状の研究の応用先として考えられている.

鈍頭物体の空力特性について, 過去に田村氏らが角柱の形状が空力特性にどのような影響を及ぼすか研究を行っている⁽¹⁾. その結果, 空力特性の変化は角柱の断面形状や迎角に依存する事が確認された. これまでに行われている系統的な研究として井戸川氏らにより, 連続した水平方向の溝を角柱に施した研究が行われている⁽²⁾. この研究により水平溝を施す事で角柱の空力特性の向上が確認された. また, 自動車などに用いられる空気抵抗の低減技術である凹型形状の角柱を供試角柱として用いた研究も行われている⁽³⁾. しかしながら, 高層建築物では風荷重による力が支配的であり, 風荷重を低減させる技術が必要とされている. そこで, 本研究では鈍頭物体を高層建築物などへの応用する為に, 鈍頭形状を模した角柱を作成し, 風洞装置による抗力測定実験や解析により空力特性を明らかにする事を目的としている.

2. 供試角柱

本研究に用いた角柱は Fig.1(a)に記した横幅, 縦幅が 60[mm], 長さ 150[mm]の正方形角柱を基本の S0(S0: Square cylinder 0)として比較の対象とした. 供試角柱として先行研究⁽²⁾で用いられている水平溝付き角柱を用いた. Fig.1(b)に水平溝付き角柱 SH(SH: Square cylinder with Horizontal grooves)を記す. Fig.1(c)に凹型角柱 SC(SC: Square cylinder with concave)を示す. また, それぞれの角柱の寸法を Table1 に示す.

Table1 Dimension of initial

	SH	S0	SC
c[mm]			9
d[mm]	60	60	60
a[mm]	30		
e[mm]	7.5		
s[mm]	3		
L[mm]	150	150	150

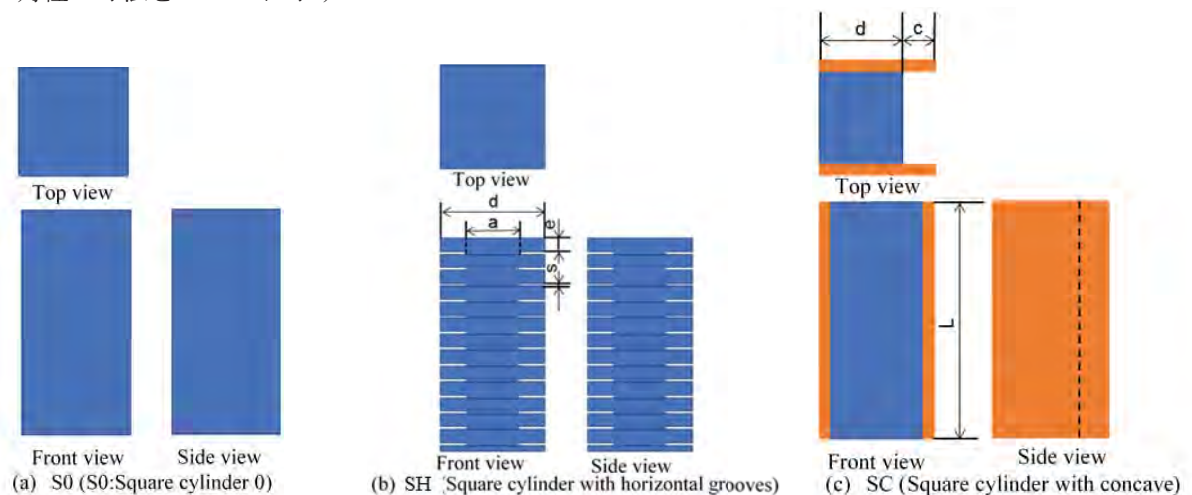


Fig.1 Test square cylinders.

3.実験結果

Fig.2 に風洞装置を用いた抗力測定実験及び ANSYS を用いた解析結果を示す。解析においては乱流モデルを $k-\epsilon$ に、流れには非定常計算にて解析を行った。これらの実験結果より、抗力係数は S0 角柱が最も高く、SH 角柱が最も低くなる事が確認できた。また、SC 角柱のように角柱後方において凹型の隙間を設ける事で抗力係数が低減する事も確認できた。S0 と比べて SC 角柱における抗力係数は 4.2%減少する事が確認できた。また、SH 角柱においては抗力係数が 9.8% 低減する事が確認できた。

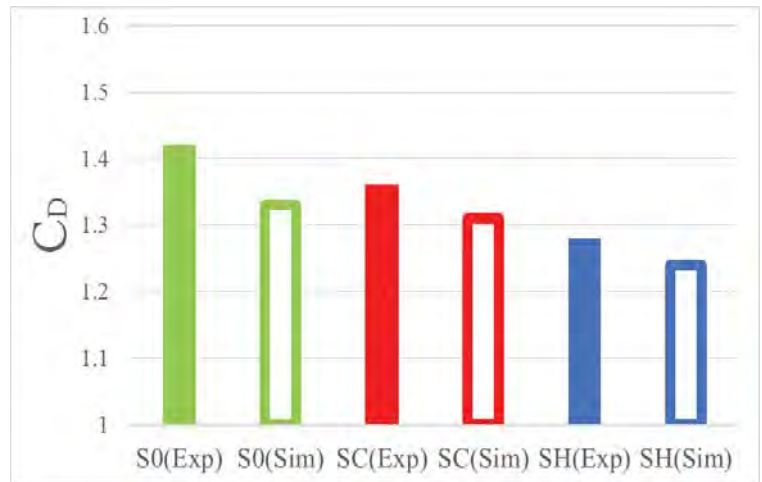


Fig.2 Drag coefficient of each results

解析結果の抗力係数は実験結果と比べてやや小さいが、定量的に実験結果と一致している。次にそれぞれの角柱における上面から撮影した圧力係数分布図を Fig.3 に示す。

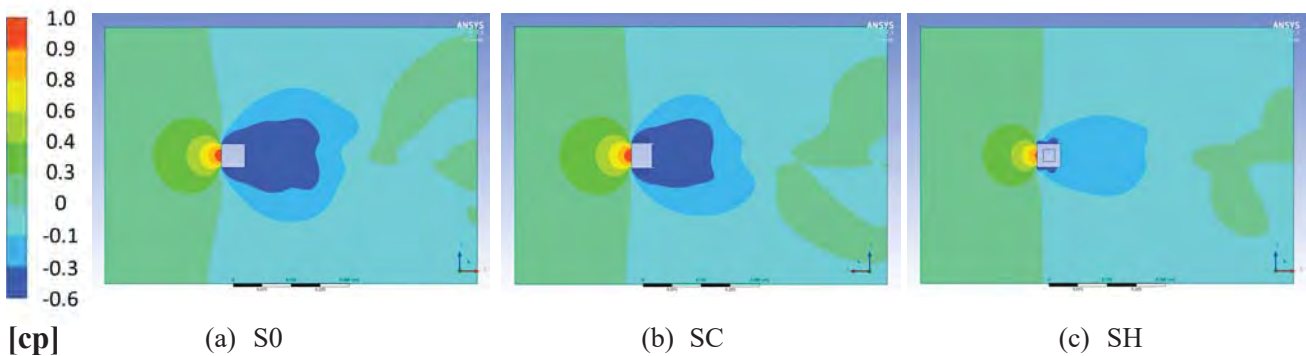


Fig.3 pressure coefficient distribution diagram of each square cylinders.

Fig.3 のにおけるカラーコンターに示す圧力範囲は圧力係数 $C_p=1\sim-0.6$ である。Fig.3(a)には正方形角柱である S0 を示しているが、Fig.3(b)と比較すると濃青で示されている圧力係数が-0.6 近傍の圧力範囲が狭くなっている事が確認できる。それに伴い SH 角柱においては圧力係数が-0.6 近傍の濃青に示される範囲が消失している事が確認できる。SC 角柱や SH 角柱のような加工を施す事により、供試角柱の後方で生じる圧力損失が小さくなる事で前面と背面における圧力差が小さくなり、抗力が減少していると考えられる。

5.参考文献

- (1) 田村 哲郎他(1994),種々の辺長比を有する角柱周りの流れの 3 次元シミュレーション, 日本建築学会 構造系論文集 61(486)
- (2)井戸川 光貴他(2013), 三次元流れにおける溝付き正方形角柱周りの空力特性(溝形状とアスペクト比変化による抗力低減効果), 東海大学紀要. 工学部 53(1), 69-74
- (3)高谷 達也他(2017), The aerodynamic characteristics of concave square cylinder(Influence of aspect ratio), Pacific Symposium on Flow Visualization and Image processing 1-3.

強い衝撃波背後の窒素分子の熱的内部緩和過程に及ぼす電子準位の影響

†梶野みずき* 山田剛治*
*東海大学 工学部 機械工学科

発表の要旨

探査機「はやぶさ」ミッションの最終フェーズでは、小惑星のサンプルを掲載したカプセルが地球大気圏に再突入する。この時カプセルは 12km/s 以上の超軌道速度で大気圏に再突入するために、機体前方には強い離脱衝撃波が生じ、機体表面は過酷な空力加熱にさらされる。特に衝撃波背後では気体は極めて高温となり、分子の内部エネルギーが励起されるため、分子内及び分子間における並進や回転、振動、電子励起モードへのエネルギー分配とモード間の緩和現象といった熱的非平衡性が現れる。更に高温になると分子の解離、電離等の化学反応が生じるが、速度域によっては化学反応が局所的に完了せず化学的非平衡性が現れる。したがって機体を過酷な加熱環境から防御し、機体の空力特性を精度良く評価するためには、このような複雑な熱化学的非平衡性を伴う実在気体効果を正確に予測することが必要となる。現在のところ熱化学的非平衡性を記述する熱化学モデルとしては、並進エネルギーと回転エネルギー、及び振動エネルギーと電子励起エネルギーがそれぞれ平衡に達していると仮定する Park の 2 温度モデルがその簡便さから広く用いられている。しかし、いくつかの実験結果によると 2 温度モデルでは再現できないような現象が報告されている。このため、さらなる検証・改良によりモデルの精度を改善することが望まれている。大気突入時の飛行条件においては、衝撃波背後でほとんどの気体分子が基底状態にあるために、基底状態における気体分子の緩和・解離過程を調べる必要がある。しかしながら、過去の研究では励起状態からの発光スペクトルである $N_2(2+)$ 、 $N_2(1-)$ をもとにして熱化学的現象が調べられてきた。このためこれらの結果が基底状態の熱化学的現象を反映しているとは限らない。そこで基底状態における熱化学的現象の計測が必要であるが、窒素分子の基底状態に関わる電子遷移は真空紫外領域にあるために現状では計測が困難である。よって本研究では、基底状態に近い電子遷移である $N_2(1+)$ と従来計測によく用いられる $N_2(2+)$ の分光計測を行った。そして取得した計測スペクトルから回転・振動温度を導出して、電子準位の違いが熱的緩和現象に及ぼす影響について調べた。図 1 にそれぞれ、 $N_2(2+)$ と $N_2(1+)$ の計測スペクトルより取得した回転温度と振動温度の空間分布特性を示す。図中のプロットが実験値で、CFD による計算値である。これより $N_2(2+)$ より得られた C 準位の回転温度と振動温度は、CFD 解析結果及び $N_2(1+)$ より得られた B 準位の値とも大きく異なることが分かる。一方で、衝撃波面直後ではばらつきがあるものの、B 準位の回転温度と振動温度は、CFD 解析結果と良い一致を示している。このように、電子準位の違いにより熱的緩和過程が異なることが本研究により明らかになった。

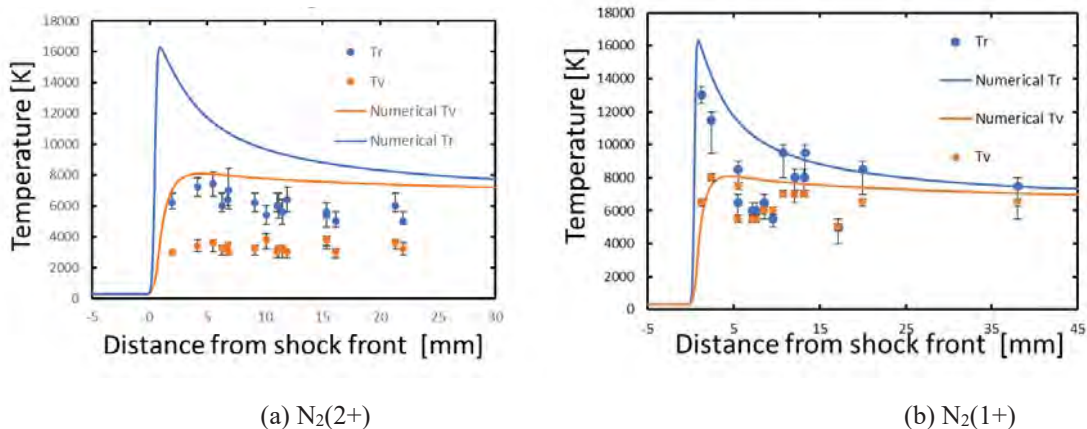


図 1 衝撃波面を基準とする回転温度と振動温度の空間分布特性

細胞アッセイに向けたマイクロ流体プローブ集積型デバイス

†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科, **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て、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。現在は、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を実施している。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。

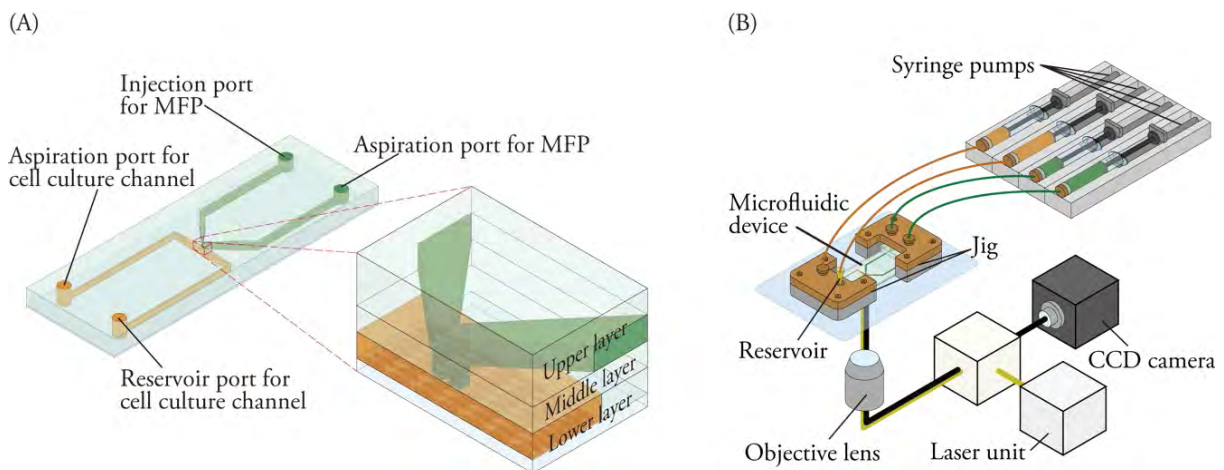


Fig. 1 Schematic illustrations of microfluidic device and system. (A) Microfluidic device integrated with microfluidic probe channels. (B) Microfluidic system consists of the device with the jig, syringe pumps and a microscope.

- (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

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 ～接地境界層における屈折率構造定数 C_n^2 の計測に向けた検討～

†吉富 勇貴*, 七海 沙也加*, 榎並 京次郎**, 水書稔治*

*東海大学 工学部航空宇宙学科航空宇宙学専攻

**東海大学 大学院工学研究科機械工学専攻

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、補償光学系による波面補正の重要な基本情報である屈折率構造定数 C_n^2 を大気のシンチレーション計測での評価法について報告する。

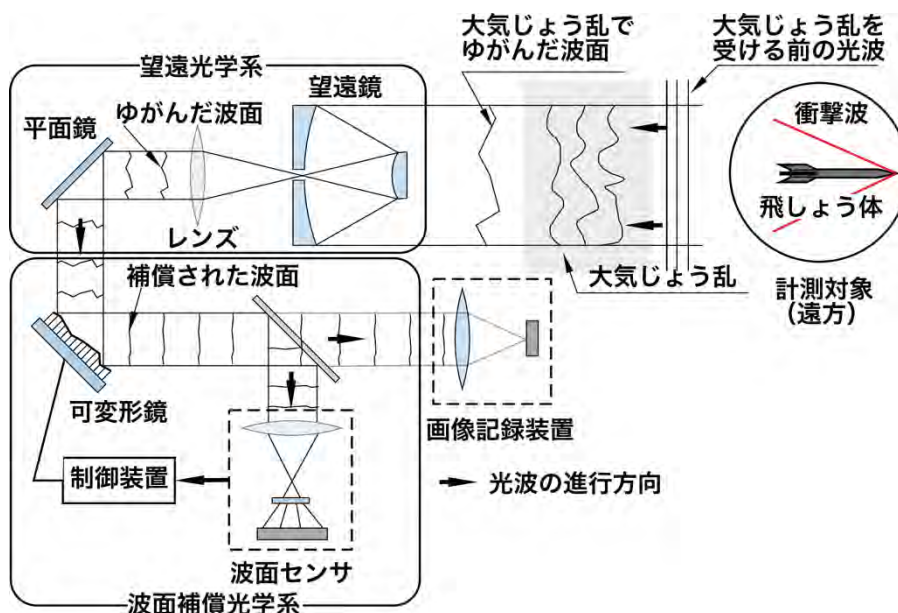


図 背景型シュリーレン法(BOS)と補償光学(AO)を融合させた AO-BOS 法

並泳する2体のイルカの間働く流体力学的相互作用について

Fluid Dynamic Interaction between Two Dolphins Swimming Side by Side

○稲田喜信^{*}、三宅真亜子、丸島侑紀奈（工学部 航空宇宙学科 航空宇宙学専攻）
奈良祥太郎、高橋俊（工学部 動力機械工学科）

Yoshinobu Inada^{*}, Maako Miyake, Yukina Marushima (Department of Aeronautics and Astronautics, School of Engineering)
Shotaro Nara, Shun Takahashi (Department of Prime Mover Engineering, School of Engineering)

^{*}Email: inada@tokai-u.jp

Abstract

Swimming in company is often observed in dolphins in nature. When two dolphins such as a mother and a calf swim side by side, so-called “dolphin drafting” occurs owing to the fluid dynamic interaction between them. The dolphin drafting may be influenced by the geometrical factors such as the relative position or the size of two dolphins and the shape of their body. In this research, the fluid dynamic force acting on the mother and the calf in dolphin drafting was investigated in the various geometrical conditions by conducting wind tunnel experiments. As a result, the fluid dynamic drag acting on two dolphin models was clarified to have characteristic features of drag reduction not only for the calf but also for both the mother and the calf, and the head shape of newborn calf was optimum for reducing the drag in the dolphin drafting indicating the adaptive relationship between the behavior and the body shape.

1. はじめに

親子のイルカが並んで泳ぐ時に、親イルカの斜め後方を泳ぐ子イルカがほとんど尾鰭を動かさず親イルカに追従して泳ぐ様子が観察される。これは「抱っこ泳ぎ」と呼ばれる行動で、生まれたばかりで遊泳能力が劣る子イルカを、親イルカが流体力学的な相互作用（ベンチュリ効果）を利用して牽引する行動である¹⁻³。本研究では、イルカの形状を流線型で近似し、抱っこ泳ぎに影響を与える可能性があるいくつかの幾何学的要因に注目し、親子の相対的な位置関係や大きさの比、成長に伴うイルカの頭部形状の違い等を考慮した研究を行った。

2. 実験方法

2.1 パラメータ

本研究で行う実験に関するパラメータの定義を Fig. 1 に示す。 L_1, L_2 はそれぞれ子イルカと親イルカ模型の前後長、 ξ は親イルカ模型に対する子イルカ模型の前後距離で、双方の模型の前後方向の中間間の距離で定義する。 η は個体間距離で、双方の模型の中心線間の距離で定義する。

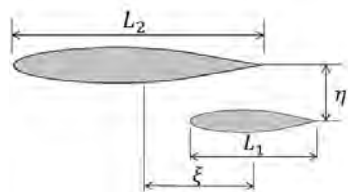


Fig. 1 Definition of parameters

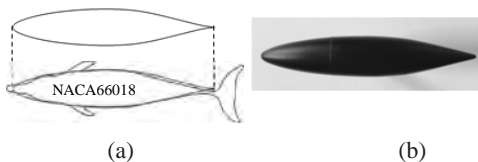


Fig. 2 Experimental model

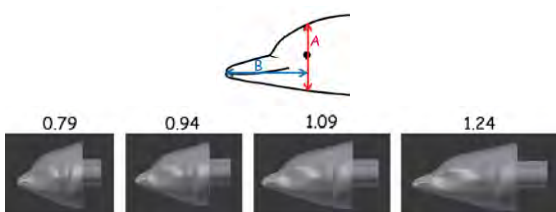


Fig. 3 Head model for a calf

2.2 模型の作成

イルカを真上から見た形状は、Fig. 2(a)に示すような流線型に近い形で、その形状に最も近い翼型として NACA66018 を選び⁴、これを長軸回りに回転させた三次元モデルを CAD で作製し、3D プリンタで出力したものに表面加工を施して模型を作製した。完成した模型を Fig. 2(b)に示す。

抱っこ泳ぎに影響を与える幾何学的要因として、模型の大きさと子イルカの頭部形状の2点を考慮した。模型の大きさについては、親子の組み合わせ ($L_1=0.30\text{m}$, $L_2=0.65\text{m}$) と、親親の組み合わせ ($L_1=L_2=0.65\text{m}$) を選び、子イルカの頭部形状については、子イルカの口吻の長さの比を Fig. 3 に示す B/A で定義し、成長に伴う口吻の長さの変化に合わせて、 $B/A=0.79\sim 1.24$ の範囲で変化させて模型を作製した。

2.3 風洞実験

2体のイルカ模型を、東海大学が所有するゲッチング式低速風洞装置の6分力天秤装置に Fig. 4 に示すように設置して風洞実験を行った。実験時の風速は、過去の研究例³に合わせて 30m/s とし、その時の子イルカ模型の前後長 L_1 を基準とするレイノルズ数は $Re = 6.0 \times 10^5$ であった。頭部形状の影響を調べる実験では、子イルカ模型を天秤装置、親イルカ模型を移動ステージに固定し、子イルカ模型の頭部のみを交換しながら、全ての頭部形状に対して同じ条件で実験を行った。

2.4 数値解析

風洞実験に加えて、抱っこ泳ぎ時の流れの状況を詳細に分析するために数値解析 (CFD 解析) を行った。解析に用いたプログラムはフリーソフトの OpenFOAM で、流れ場を3次元定常非圧縮流と仮定し、SIMPLE 法を用いて計算を行った。

3. 結果

3.1 親子模型、親親模型の風洞実験結果

親子イルカ模型の実験において、前後距離と抗力係数の関係を示したグラフを Fig. 5 に示す。横軸は前後距離比 $2\xi/L_1$ 、縦軸は抗力係数で、個体間距離 η は一定 ($\eta=0.0945\text{m}$) として実験を行った結果である。Fig. 5 より、子イルカ模型の抵抗係数 (赤線) は、子イルカ模型が親イルカ模型のやや後方 (子イルカ模型長の約 70% 後方) に位置する時に最小値を取り、その時、親イルカ模型の抵抗係数 (青線) はほぼ最大値を取った。このことから、子イルカ模型の抵抗の減少分を親イルカ模型が負担していることがわかった。また、親イルカ模型と小イルカ模型の抵抗係数の合計値 (苔色線) を見ると、模型が前後にずれた位置では、単体の抵抗値を合算したもの (黄

緑線)よりも小さい値を持つことがわかった。つまり、親と子を合わせた全体で考えると、2体で並んで泳いだほうが全体の抵抗が小さくなることがわかった。特に、 $2\xi/L_1$ が2以上になると、親子模型の双方とも単体の抵抗係数(それぞれ水色線、ピンク色線)よりも小さい値を取り、抱っこ泳ぎが親子2体を合わせた全体だけではなく、親と子のそれぞれに対しても抵抗低減の効果を持つことがわかった。

親イルカ模型同士の実験結果 (Fig. 6) では、親子イルカ模型の場合と同様に、抵抗係数(水色線)が後方の位置で減少し、模型の前後長の25%程度後方で最小値を取ることがわかった。また、双方の抵抗値を合計した値(紫線)も同様に、模型の位置が前後にずれると減少し、単体の抵抗係数の合計値(紺色線)よりも小さくなることがわかった。Fig. 6には片方の模型の抵抗係数しか載せていないが、もう片方の模型の抵抗係数はグラフのY軸を基準に折り返した形になるため、位置のずれが前後長の約70%を超えると個々の抵抗が単体の抵抗(赤線)よりも減少し、個々の個体にとっても抵抗を低減できることがわかった。

3. 2 異なる頭部形状の風洞実験結果

子イルカ模型の頭部形状を変化させた実験において、前後距離と抗力係数の関係について調べた結果をFig. 7に示す。Fig. 7より、 $B/A=0.94$ の時に最も抵抗係数が小さく、比が大きくなるにつれて抵抗係数が増加していることがわかった。これは、イルカが成長するにつれて口吻の長さが増加すると、抱っこ泳ぎによる抵抗低減の効果が減少することを示している。また、 $B/A=0.94$ よりも比が小さい $B/A=0.79$ でも抵抗が若干増加しており、口吻が短かすぎても抱っこ泳ぎの効果が減少することがわかった。すなわち、イルカが生まれた直後の口吻の長さの比($B/A=0.94$)が抵抗低減において最適であることがわかった。

3. 3 数値解析の結果

親子イルカの模型実験と同じ条件でCFD解析を行った結果をFig. 8に示す。Fig. 8は子イルカ模型の抵抗が最小になる時の圧力分布を示す。親子の模型間の狭い領域では圧力が低下しており、流れが加速されてベンチュリ効果が生じていることを示している。その結果、子イルカ模型は前方に吸い寄せられて抵抗が減少し、親イルカ模型は逆に後方に吸い寄せられて抵抗が増加したと考えられる。

4. まとめ

本研究では、親子のイルカに見られる抱っこ泳ぎに注目し、並泳する2頭のイルカの間作用する流体力学的な相互作用を様々な条件で分析した。その結果、2体の位置関係によって1)後方の模型の抵抗のみが単体の抵抗よりも減少する場合、2)2体の模型の抵抗の合計が単体の抵抗の合計よりも減少する場合、3)両方の模型の抵抗が同時に単体の抵抗よりも減少する場合があることを明らかにした。また、この時の流れの状態をCFDを用いて分析し結果、抵抗低減の理由を示す圧力分布が明らかになった。成長に伴う頭部形状の変化の影響については、生まれた直後の頭部形状が最も抵抗軽減の効果があり、成長にともなって効果が減少することがわかった。以上により、大きさや頭部形状などの幾何学的要因がイルカの抱っこ泳ぎに与える様々な影響が明らかになった。

参考文献

- 1) Sakai, M., Morisaka, T., Kogi, K., Hishii, T., Kohshima, S.: Fine-scale Analysis of Synchronous Breathing in Wild Indo-Pacific Bottlenose Dolphins, Behavioral Processes, 83, Issue 1(2010), pp.48-53.
- 2) D. Weihs.: "The hydrodynamics of dolphin drafting", Journal of Biology 2004, pp. 8.1-8.16.
- 3) D. Weihs, M. Ringel, and M. Victor.: "Aerodynamic Interactions Between Adjacent Alender Bodies", AIAA

Journal 2006, pp. 481-484

- 4) Hertel, H.: Structure, Form, Movement, Reinhold; First American Edition (1966), pp.251.



Fig. 4 Wind tunnel experiment

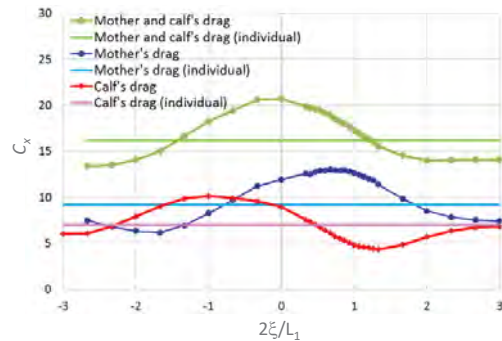


Fig. 5 Result of wind tunnel experiment (mother and calf)

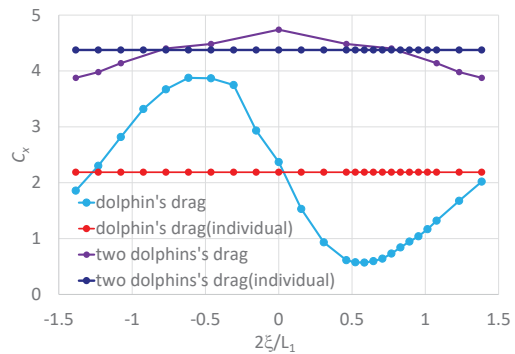


Fig. 6 Result of wind tunnel experiment (two adults)

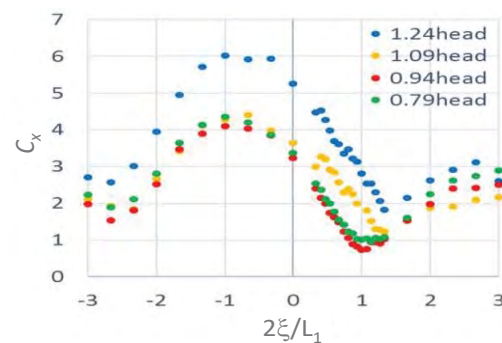


Fig. 7 Result of wind tunnel experiment (head shape)

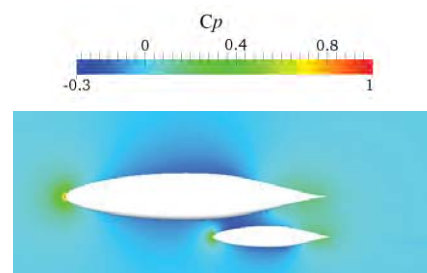


Fig. 8 CFD result (pressure distribution)

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**, 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

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

Fig.1 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 $t^* = 118.8$ のときの速度、Mach 数の等高線図を示す。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。一方、Mach 数については非加熱流の方が高 Mach 数領域を約 2 倍の距離まで維持している。これは、全温がプラズマ流の方が非加熱流の場合の約 7 倍も高いため、両者のノズル出口における音速の違いによるものである。

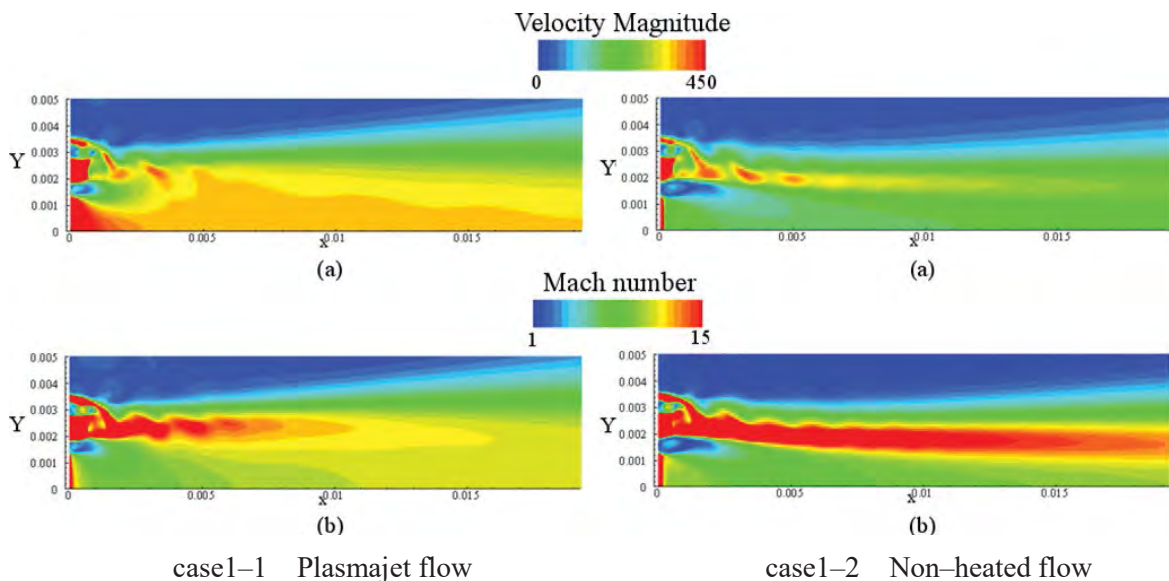


Figure 1 Distributions of velocity magnitude and Mach number at non-dimensional time of $t^* = 118.8$.

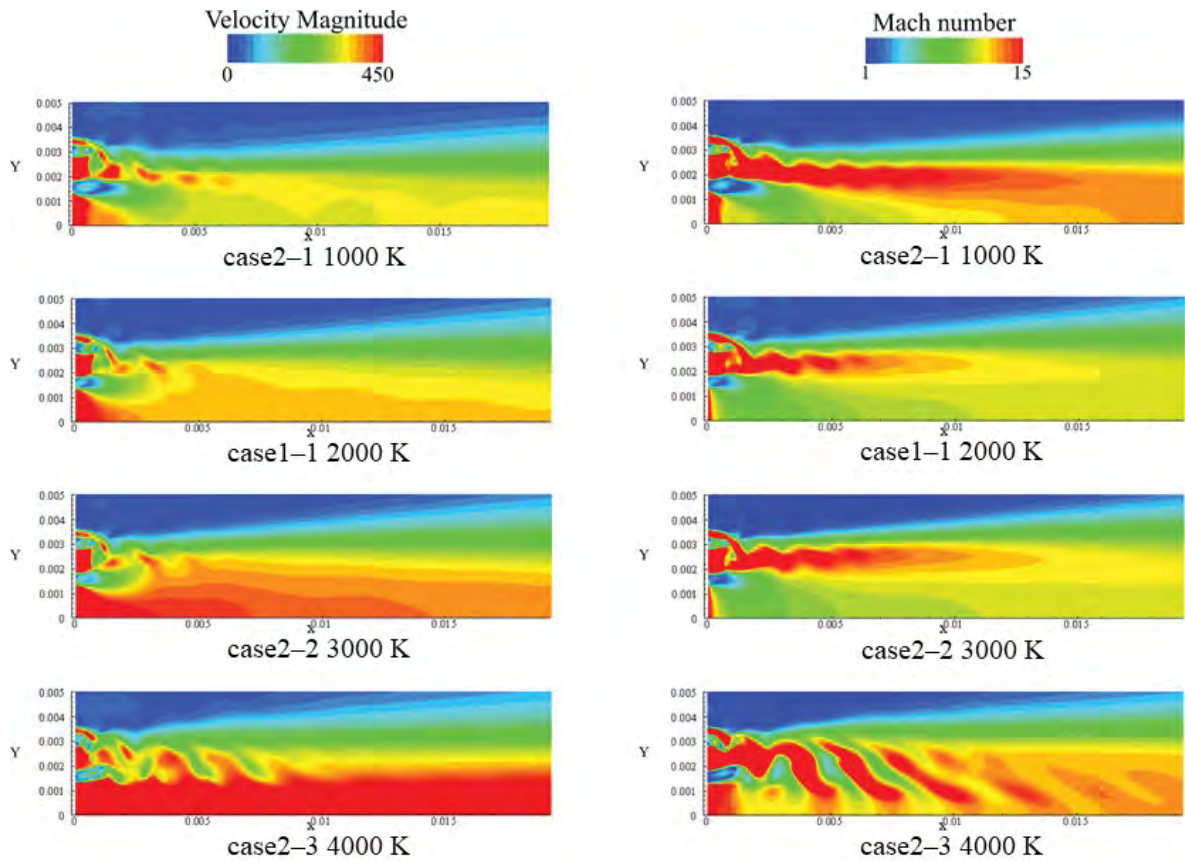


Figure 2 Distributions of velocity magnitude and Mach number at non-dimensional time of $t^* = 118.8$, showing the influence of total temperatures of plasmajets on jet acceleration.

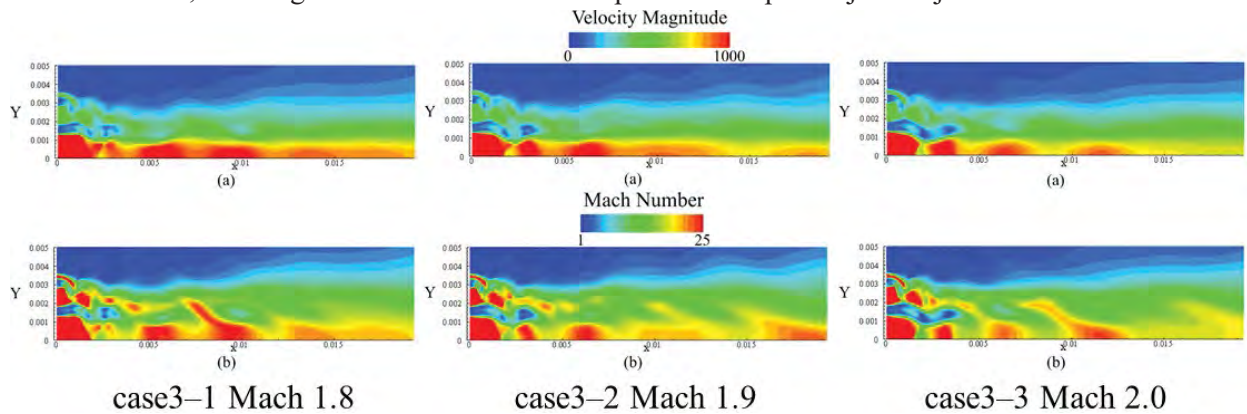


Figure 3 Distributions of velocity magnitude and Mach number at non-dimensional time of $t^* = 118.8$, showing the influence of Mach numbers of plasmajets on jet acceleration.

Fig.2 にプラズマ流 (nozzle 1) の全温を変化させた場合 (全温 1000 K の場合 case2-1, 2000 K の場合 case1-1, 3000 K の場合 case2-2, 4000 K の場合 case2-3) について無次元時間 $t^* = 118.8$ のときの速度, Mach 数の等高線図をそれぞれ示す. 図より, 全温が高い場合ほど速度は下流まで高い値を維持している. 一方で, Mach 数の分布は 1000 K のときよりも 2000 K, 3000 K の場合が下流の値が小さい. 4000 K の場合は, 下流まで高い値を維持している. これは, 全温の変化に伴う衝撃波の発生状況 (特にプラズマ流出口直後の衝撃波やその下流の衝撃波の位置や強さなど) が異なる点が影響していると考えられる.

Fig.3 にプラズマ流出口 Mach 数の影響を示す (Mach 数 1.8 の場合を case3-1, 1.9 の場合を case3-2, 2.0 の場合を case3-3). 図より速度と Mach 数はプラズマ流の Mach 数が小さくなるほど下流における値が高い値が維持される傾向にあるといえる.

微粒子と構造物の衝突を伴う流体-構造連成解析

†水野 裕介*, 久保田 崇由**, 高橋 俊***, 福田 紘大****

*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 工学研究科 機械工学専攻,

***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

発表の要旨

ショットピーニング加工技術はノズルから多数の微粒子を放射し加工物に衝突させることで、加工物に残留応力を発生させて疲労強度の向上を目的とした加工技術である。近年では、加工物の形状の複雑化や大型化により高精度かつ高効率な加工が求められている。そのためには、加工物における現象把握のみならず、流れ場と微粒子の干渉を考慮した微粒子の挙動の把握や予測が必要であると考えられる。本研究では流れ場と微粒子の干渉を考慮した流体-構造連成解析を行うことで、流体、微粒子、加工物の相互作用の現象把握と微粒子の運動や衝突予測モデルの構築を目的とする。

流体解析では3次元非圧縮性流体解析プログラムに埋め込み境界法を適用する。埋め込み境界法では物体は直交格子上で表現されるため格子の再生成が不要であるため移動・変形する物体や複数の物体を容易に取り扱うことができる。構造解析では動的陽解法を用いた3次元弾塑性構造解析プログラムで解析を行う。これらを連成させることで3次元流体-構造連成解析プログラムを開発している。本研究では流体から構造には構造物に衝突する微粒子速度や位置情報を渡し、構造から流体には構造物の形状変化の情報を渡す loosely coupling を行う。

図1に示すような大規模流体解析から数千個の微粒子まわりの流れ場の特性把握を行った。流れ場と運動する微粒子の相対速度が生じることで渦が生成されることを確認し、加工物近傍における微粒子の運動特性に影響する結果を得られた。

連成解析ではこれまでに2次元流体-構造連成解析プログラムの構築を行った。微粒子が加工物に衝突し加工物に残留応力が生じることによって、微粒子の衝突・跳ね返り速度に差異が生じることを確認した(図2)。微粒子と加工物の接触モデルは従来用いられる Hertz の接触モデルを用いたが、3次元連成解析ではより低コストかつ高精度な予測を行うために新たに剛体接触モデルを開発し適用した。

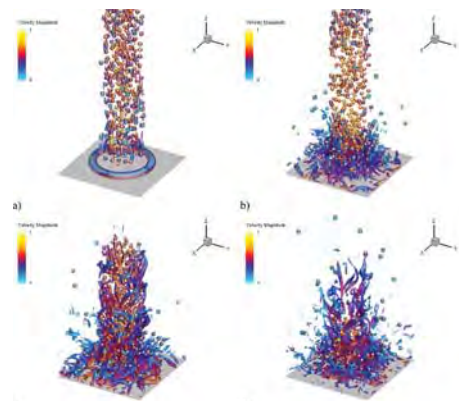


Figure 1. Isosurface of Q -criterion and particles.

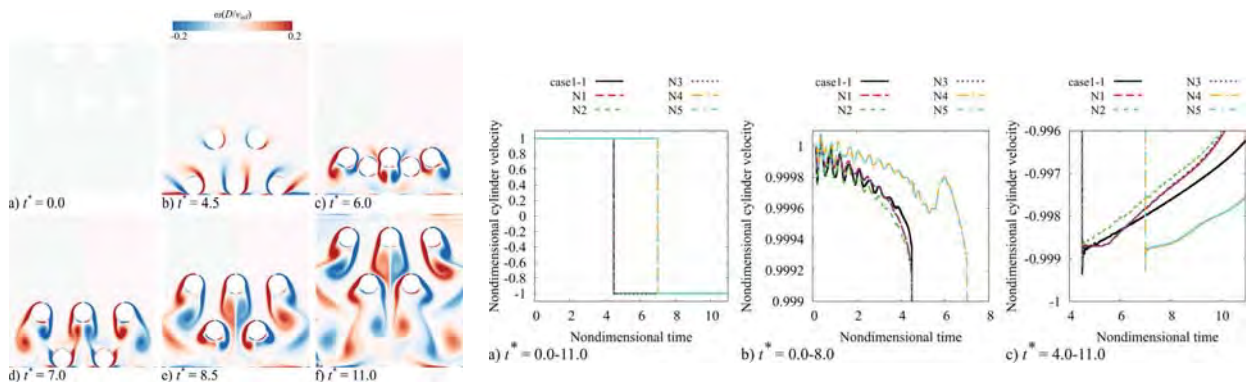


Figure 2. Vortex distributions and cylinder velocities.

二色非定常 PSP を用いた非定常流体計測

†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、支持干渉の問題を解消し飛翔体の空力特性をより実飛行環境に近い形で推算する方法として、バリステックレンジを用いた飛行体射出実験が注目されている。バリステックレンジは試験模型を高圧ガスや火薬の燃焼ガスを用いて亜音速～極超音速の幅広い速度域まで加速し試験部内に射出することが可能な実験装置であり、試験模型は試験部内で自由飛行するため各種の支持機構が不要である。そのため、模型周りに生じる流れ場は模型由来のものだけとなり、支持装置の影響を排除した形における空力特性評価が可能となる。

しかしながら、バリステックレンジ実験による定量的な空力特性評価は一般的には困難である。例えば模型上の圧力分布を取得したい場合などにおいては、風洞試験模型では静圧孔や各種の圧力センサ等を模型表面に設けることによってそれが実現される。しかしながら、バリステックレンジで同様のデータ取得を目指す場合、センサやそれに付随する計測系の類は飛翔体内に格納する必要がある、特にマズル径が小さいバリステックレンジを用いた比較的小型の飛翔体を射出する実験においては、計測装置類の大幅な小型化も必要となり、空力データ取得は困難を伴う。

そのような中、定量的な空力特性評価を実現するための計測手法の可能性の一つとして、感圧塗料 (Pressure-Sensitive Paint, PSP) 技術が注目されている。PSP は酸素消光作用を受ける蛍光色素を用いた圧力センサの一種である。色素は酸素透過性を有するバインダを用いて模型上に固定された後に励起光で励起され、その際の色素の発光強度が周囲の酸素濃度に応じて変化するという特性を用いて PSP 塗布面の表面圧力を面でかつ同時に計測することを可能とする。この PSP 技術は物体表面からの発光検出が計測の主体となるため、従来法のように模型自体に複雑な細工や配線等を施す必要が無く、バリステックレンジ実験に適用する際には原理的に親和性が高い。

しかしながら、PSP 計測技術をバリステックレンジ実験に対して適用することは、一般的に困難である。その理由の一つとして、PSP 計測 (強度法) に必要となる参照画像の取得が困難であることが挙げられる。バリステックレンジ実験においては、飛翔体はマズルから射出された後は試験部内を自由飛行する上、ショット毎に完全に同じ姿勢、同じ弾道で飛翔することも保証されておらず、参照画像を通常の PSP で用いられる方法で取得しようとしても困難である。そのため、通風画像 (実験画像) と参照画像による発光強度比の算出が出来ず、結果として PSP のデータ解析を困難としている。

本研究は、上述の問題を解決し、バリステックレンジ試験に対して適用可能な PSP 計測手法として、参照画像と実験画像を同時取得可能である 2 色発光型 PSP 技術に着目し、その開発を目指すものである。ベースとなる PSP としては移動衝撃波の可視化が可能なサブマイクロ秒の時間応答性を有する超高速応答型感圧塗料の皮膜特性を改良した陽極酸化皮膜型 PSP を用い、これに対して参照色素を混合することで超高速応答型の 2 色発光型 PSP を作成する。本研究では、作成した 2 色発光型 PSP に対して特性評価試験を行った結果について報告する。併せて、開発した PSP をバリステックレンジ実験に適用し、可視化計測を行った例についても報告する。

前輪駆動自動車のエンジン冷却風による空気力学的悪影響の低減

澤口拓人、高倉葉子（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻）

Reduction of aerodynamically undesirable influences due to engine cooling airflow of FF car

Takuto SAWAGUCHI, Yoko TAKAKURA

(Tokai Univ., Course of Mechanical Engineering, Kitakaname, Hiratsuka, Kanagawa, 259-1292 Japan)

キーワード：抗力、揚力、空気取入方式、床下流速、多点圧力計測

Key Words : Drag, Lift, Air inlet system, Underfloor velocity, Multi-point pressure measurement

Abstract

The purpose of this research is to clarify the change of characteristics of aerodynamic drag and lift of an FF car with the engine loading system of width placement by the air inlet system in wind-tunnel experiments and to consider methods to reduce the drag and lift. A simplified 1/5 scale car model was produced with reproduction of the engine room covered with the transparent acryl externals for visualization. In the wind-tunnel experiments, the moving-belt ground board was adopted to capture ground effects with force measurements by use of load cells. As results, with enlargement of the opening area, the drag increased, the front lift increased and the rear lift decreased. As the exhaust air to the underfloor increased, the turbulent intensity measured by RMS increased and the underfloor velocity decreased. Consequently, it is considered that the higher pressure in the engine room and on the front surface increased the drag, and the higher pressure under the engine room and downward momentum of the exhaust air increased the front lift, and the lower pressure under the floor in the downstream of the engine room decreased the rear lift. It is suggested that treatment of cooling-flow exhaust is important to reduce the drag and lift.

1.はじめに

近年エネルギー問題の深刻化や地球温暖化の影響を受け自動車の低燃費化が重要な課題となっており、空気抵抗は自動車の燃費性能に大きな影響を及ぼす^(1,2,3)。空気抵抗の基本分類は圧力抵抗と摩擦抵抗であるが、形状抵抗(主に圧力抵抗)、吹き抜け抵抗、誘導抵抗、干渉抵抗の種類にも分類される。自動車の空気抵抗の75%は車体の形状によるものであり、自動車の空力開発において最も重視されているのは車体形状の最適化であると考えられる⁽⁴⁾。車体形状の最適化の歴史は1920年代にまでさかのぼり、当時の平均抗力係数(Cd)値は0.8前後であったが、現在ではCd値0.3を下回る市販車が生産されており、約100年の間に大きく進化を遂げている。近年更なる空気抵抗の削減を実現するため形状抵抗だけでなく、吹き抜け空気抵抗削減にも注目が集まるようになった。エンジンルームに冷却風が取り込まれることによる吹き抜け空気抵抗は全空気抵抗の10%を占めており、車体の形状改善が進んだ現在、冷却抵抗の削減に力が入れている^(4,5,6,7)。

著者らは、模型のエンジン冷却風取入口の開口面積を変化させ抗力、揚力への影響を調べ、エンジン冷却風取入口面積およびエンジン搭載方式などが空気抵抗、前揚力の大きさに影響を及ぼしていること^(8,9)、さらに冷却風の掃気が床下速度に影響を及ぼしていること⁽¹⁰⁾を検証した。今回は国産市販車において広く採用されているFF車の横置きエンジン搭載方式においてエンジン冷却風による空気抵抗発生原因について、煙法による可視化、熱線風速計による床下流速およびRMS(乱流

強度)の計測、車体周り、エンジンルーム内部での多点同時圧力測定⁽¹¹⁾を行い、エンジン冷却風によって抗力、揚力が発生する原因について考察し、その悪影響の低減の方針を提言する。

2. 実験方法

2.1 実験模型

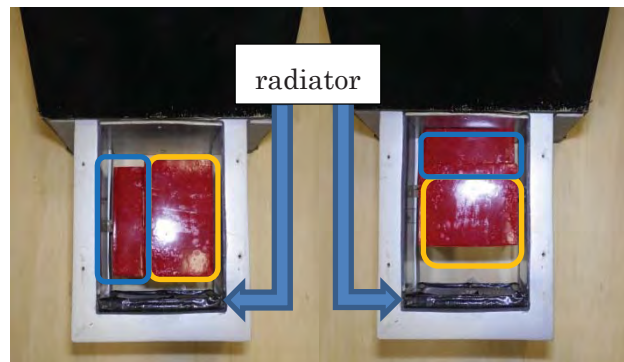
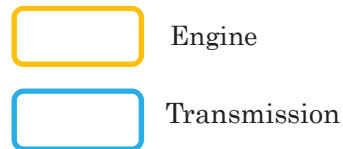
実験模型には Fig. 1 の 1/5 スケール模型を用いる。サイズは Table 1 のとおりである。この模型は Fig. 2 のように国産量産車で代表的な駆動方式である FF 方式と FR 方式のエンジン、トランスミッションの配置が可能であるが、ここでは前者の横置き (width placement) 搭載方式を扱う。空気取入のための開口部は Table 2 のように縦幅を 0mm~100mm の間で 6 段階変更できるようにし、Fig. 3 に示すように下方から大きくなる下方位置 (lower position) と上方から大きくなっていく上方位置 (upper position) の 12 種類を用意した。エンジンルームの外装については煙法による可視化を行うため透明なアクリル板で作成した。さらに、実車のラジエータの圧力係数 (Cp) 損失を計測して同等の Cp 損失を有するラジエータ模型を作成し装着した。また、本模型は外装を取り換えられる構造を有しており、車体周りの圧力測定では、車体中央対称面上に圧力孔を設けた外装を別途作成し測定に使用した。エンジン本体は通常の実験用と別に、圧力測定用にエンジン中心対称面上に圧力孔を設けたものを作成した。また、エンジンルーム背面にあるキャビンのしきり板にも圧力孔を設けた。さらに車体のエンジン冷却風取入口近傍に圧力孔を試験的に設けた。

2.2 実験装置及び方法

東海大学大型低速風洞 (吹出口 : 高さ 1.0m×幅 1.5m) ⁽¹²⁾ の計測部に境界層吸い込み装置付きムービングベルトを設置し供試モデルを金属棒とワイヤで固定してロードセルで抗力と揚力を測定する。ロードセルからの信号をストレインアンプ、AD 変換器を経由してパソコンに送る。サンプリング周期を 10ms、サンプリング数を 1024 とした。実験条件は風速とムービングベルト送り速度を 20m/s、ロードクリアランスを 30mm とした。エンジンルーム内部流れは JARI 式煙発生装置 (ツクバリカセイキ (株) 製) を用い煙法で可視化し、車体床下の流速を熱線風速計 HIW100 (日本カノマックス (株) 製) を用いサンプリング周期 1ms、サンプリング数 1024 で測定し、表面圧力は多点同時圧力計測 ⁽¹¹⁾ により行った。使用した半導体圧力センサーは MS4515 (Measurement Specialities Inc. 製) でありサンプリング周期 2ms、サンプリング数 1024 とした。



Fig.1 1/5 scale model



Width placement for FF

Length placement for FR

Fig.2 Type of engine loading system

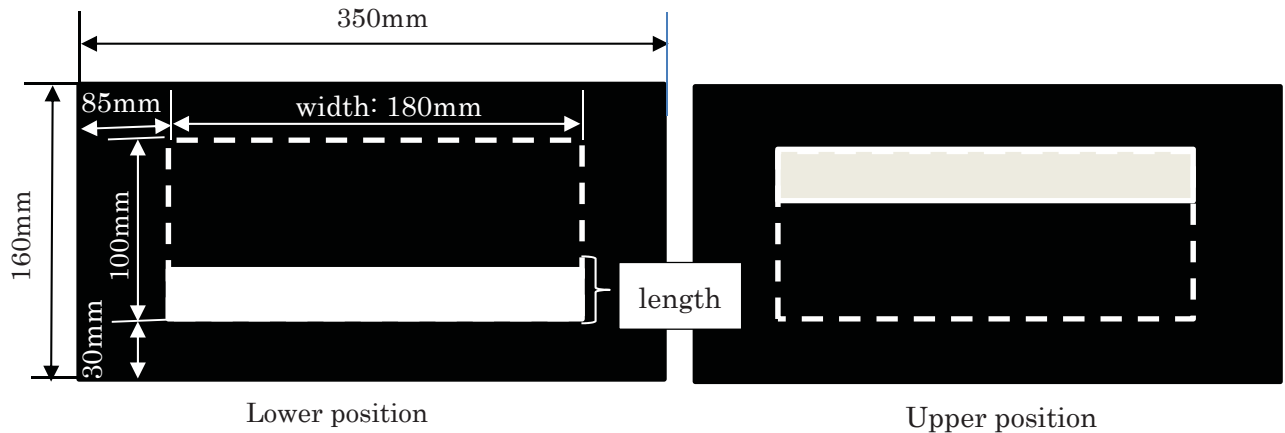


Fig.3 Detail of air inlet

Table 1 Specification of 1/5 scale model

full length	980mm
full width	350mm
full height	315mm
wheel base	670mm

Table 2 Size of air inlet

width of air inlet	length of air inlet
180mm	0mm
180mm	20mm
180mm	40mm
180mm	60mm
180mm	80mm
180mm	100mm

3.実験結果

3.1節の力の測定においては、空気取入口の開き方は下方位置と上方位置の両方を示すが、3.2節以下の可視化、床下速度測定、表面圧力測定では、開口部下方位置のみを示す。

3.1 力の測定

Fig. 4, 5, 6 はそれぞれ空気取入口縦幅(横軸)に対する抗力係数、前揚力係数、後揚力係数を示しており、(a)はラジエータ無し、(b)はラジエータ付きを表す。開口部位置(lower) (upper)によっても違いはあるが、開口部縦幅の増加に伴い、Fig. 4 より抗力は増加する傾向にあることがわかり、Fig. 5 より前揚力は増加する傾向にあることが確認でき、Fig. 6 より後揚力は減少していることが確認できる。

これらの傾向はラジエータの装着により開口部の面積と位置による変化が小さくなる。抗力は開口部縦幅 80mm 以上においてラジエータ無より減少する。また、前揚力は開口部縦幅が小さいときラジエータ無より増加し、大きいとき減少する。後揚力は開口部縦幅が小さいときラジエータ無より減少し、大きいとき増加する。

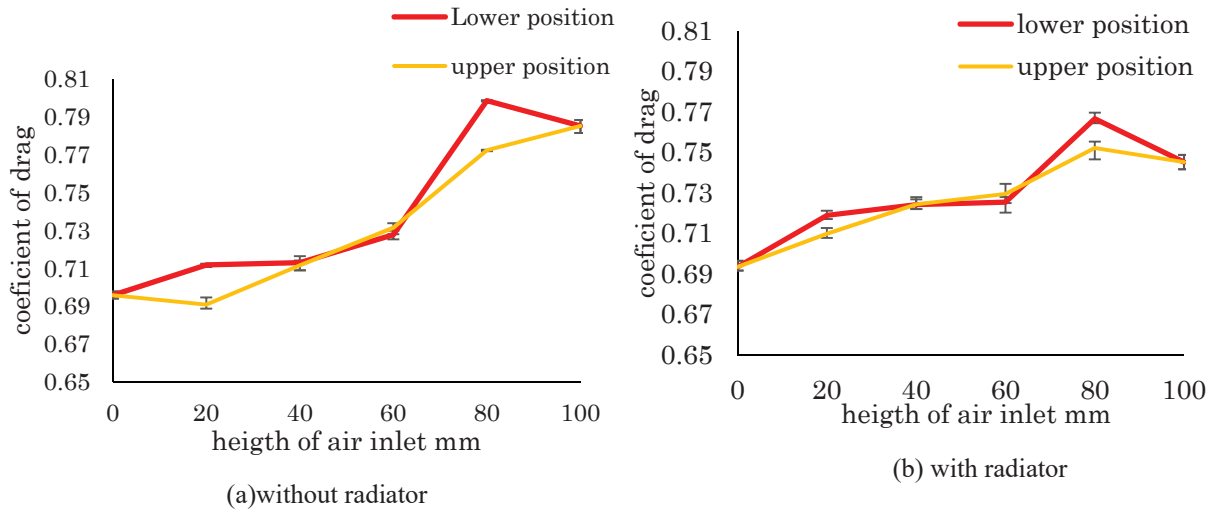


Fig.4 Relation of height of air inlet and drag

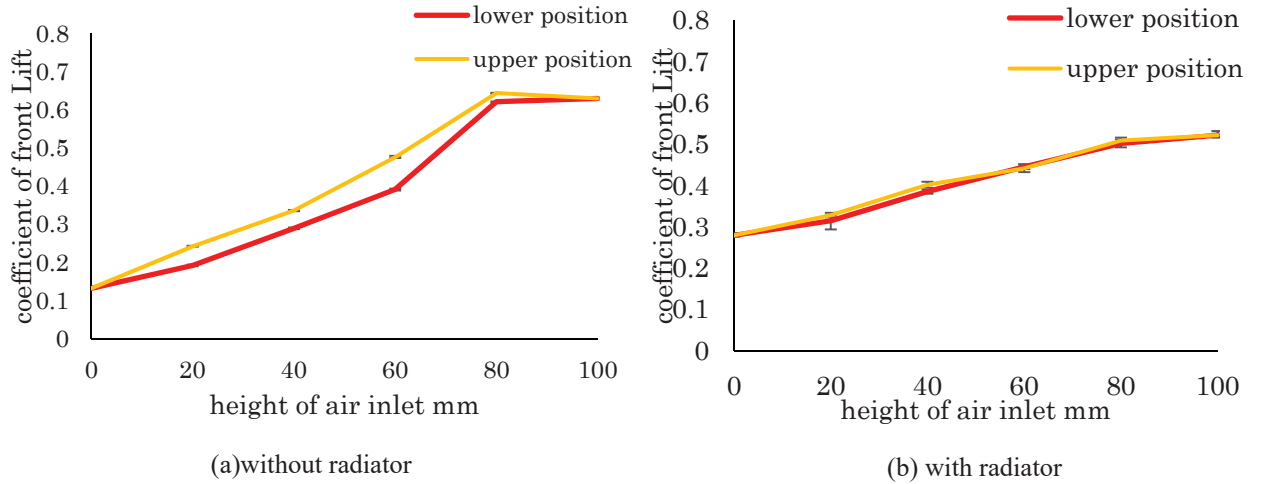


Fig.5 Relation of height of air inlet and lift

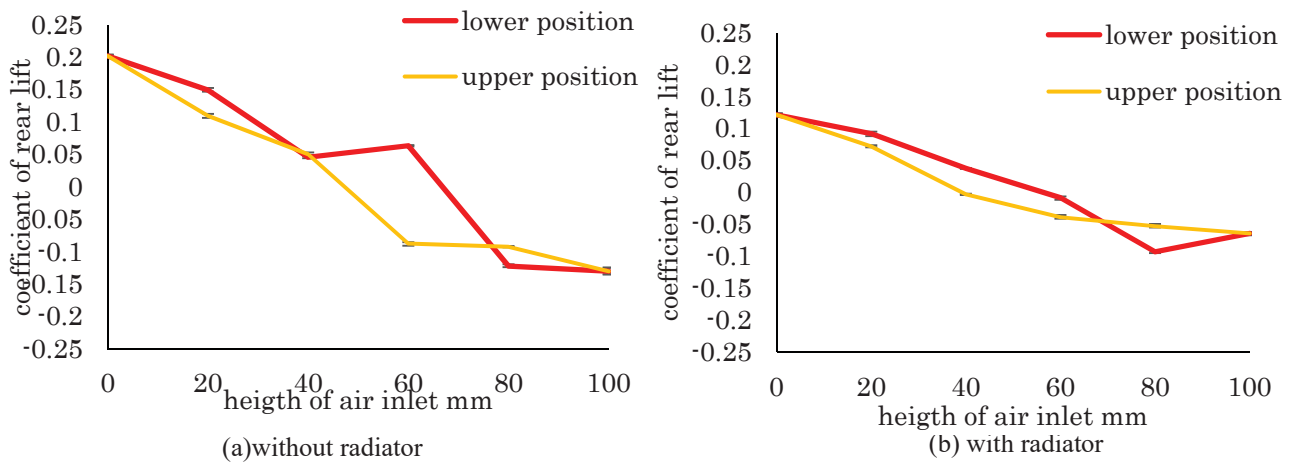


Fig.6 Relation of height of air inlet and lift

3.2 エンジンルーム内部の煙法による可視化

Fig.7 は、エンジン搭載方式横置きラジエータ付きにおける開口部下方位置 20mm、80mm の煙法の比較結果である。この比較により開口部 20mm では開口部から流入しエンジン上面まで上昇する流れと、エンジン背面床下よりエンジン上面まで巻き上げられる 2 方向の流れが存在し、その 2 方向の流れがエンジン上面で合流していることが確認できる。開口部 80mm では開口部から流入した流れはエンジン上面を通過しエンジン背面から床下に掃気される。また、開口部下部から流入した空気はエンジン手前よりエンジンルーム床下に掃気される。開口部 20mm で見られたようなエンジンルーム床下から巻き上げられる流れは確認されなかった。

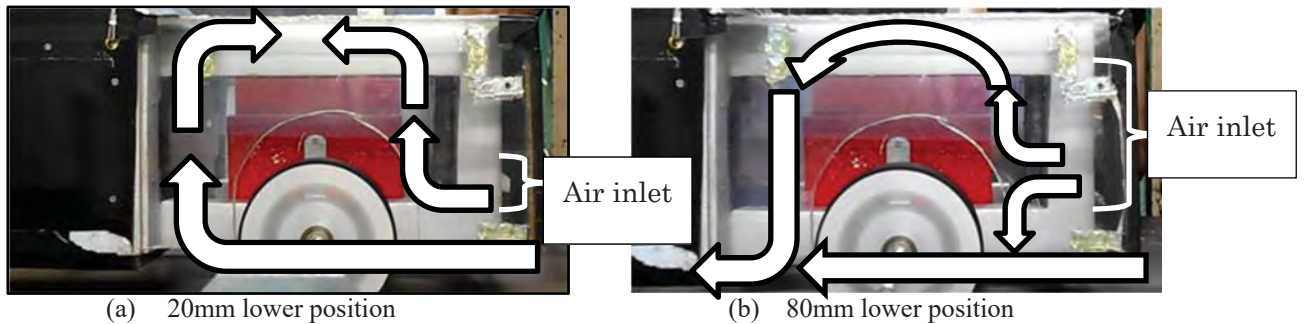


Fig.7 Visualization of engine room by smoke method (side view)

3.3 床下流速及び乱流強度測定

Fig. 8 は床下流速の測定位置を示す。×印はムービングベルトに車体やタイヤを固定する装置に干渉するため測定不可能であった部分を示している。Fig. 9 と Fig. 10 は横置き搭載方式における床下流速測定結果と乱流強度としての RMS (Root Mean Square) を示している。

Fig. 9 より空気取入口の面積が増加することで床下の流速が低下していることが確認できる。ラジエータの装着により開口部縦幅 20mm では車体先端から 24cm の点で起こる急激な流速低下が起きなくなることがわかる。しかし、開口部縦幅 80mm ではラジエータ装着による大きな変化は確認できなかった。

Fig. 10 より開口部面積が増加することでエンジンルーム後方床下における RMS の上昇が確認できた。また、ラジエータの装着によりエンジンルーム後方床下での RMS が減少することが確認できる。

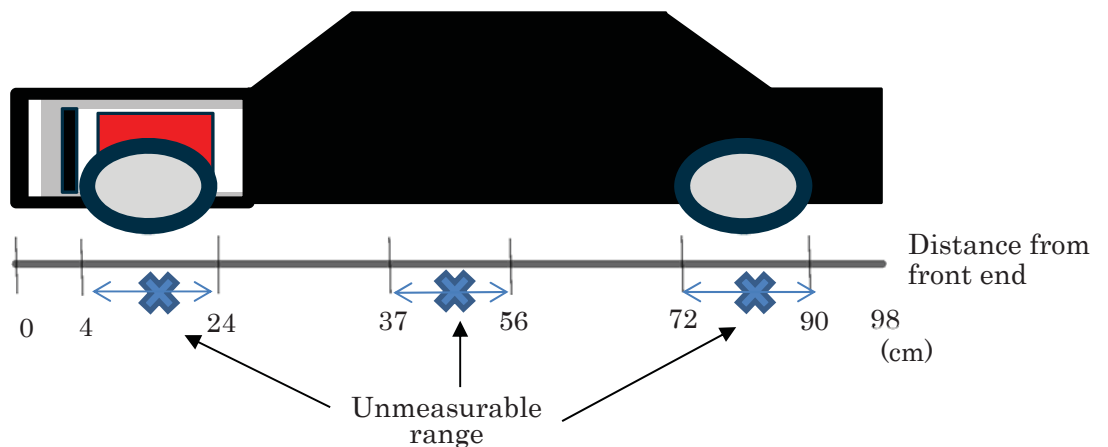


Fig.8 Measurement position of velocity under floor and RMS

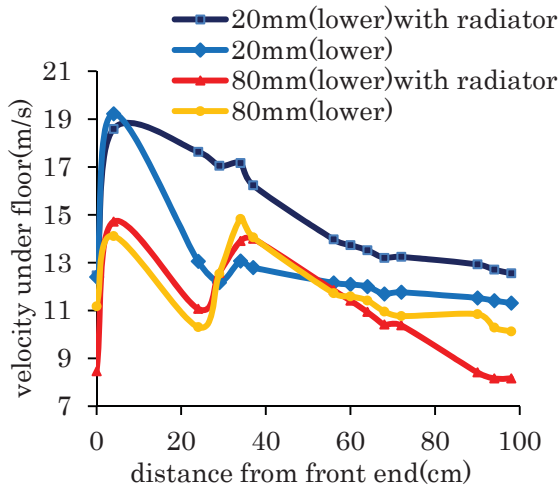


Fig.9 Comparison of velocity under floor

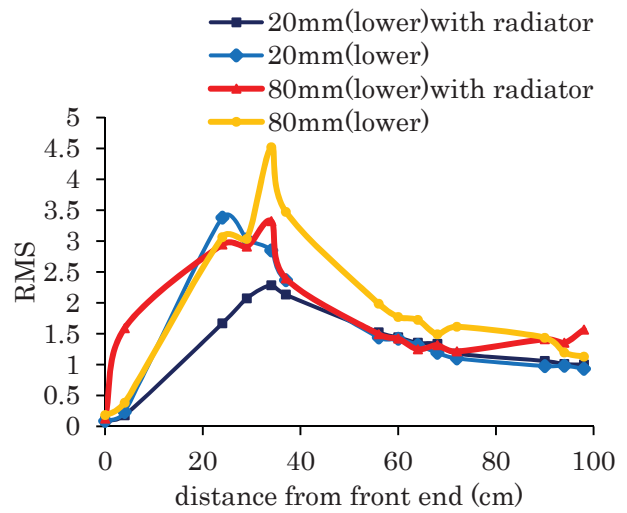


Fig.10 Comparison of RMS under floor

3.4 車体周りの表面圧力測定

Fig. 11 に車体中央対称面における圧力測定番号を示す（圧力孔は 20mm 間隔）。

Fig. 12 は横置きにおけるエンジンルームより後方の床下圧力を示したものである。この結果より空気取入口開口部面積の増加により床下の圧力が低下していることが確認できた。また、ラジエータの装着により開口部縦幅 80mm において圧力の上昇が確認できた。Fig. 13 は横置きにおけるキャビン圧力を示したものである。この結果より開口部面積の増加によりフロントウィンド部での圧力増加およびルーフ前方での圧力降下が確認された。また、ラジエータの装着による大きな圧力の変化は確認できなかった。

なお車体後方（圧力測定点 27-31）では開口部面積による圧力変化は小さいことが確認された。

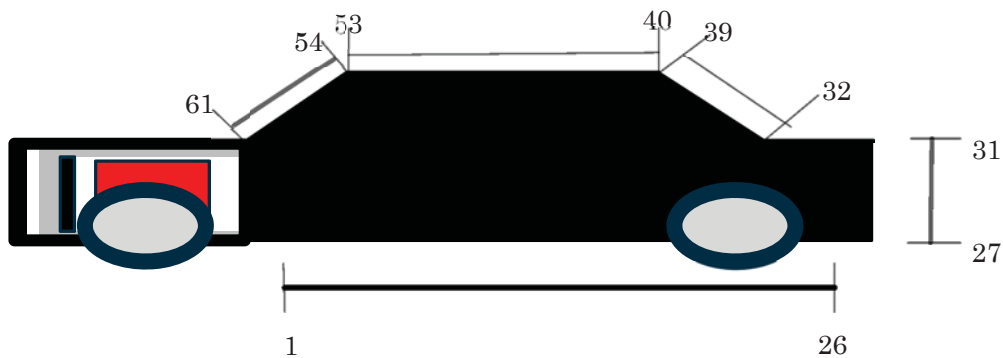


Fig.11 Measurement points of pressure

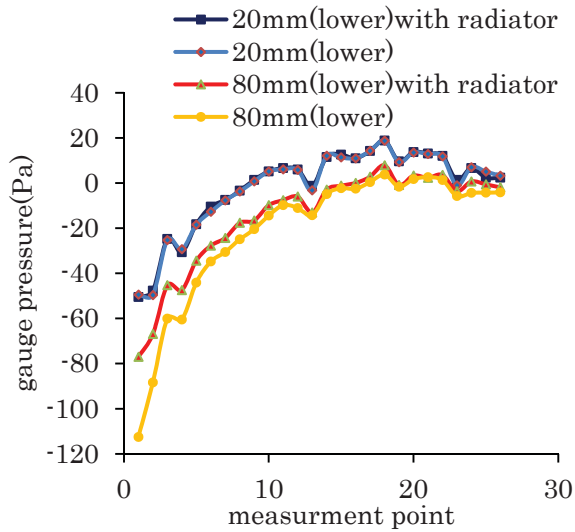


Fig.12 Comparison of pressure under floor

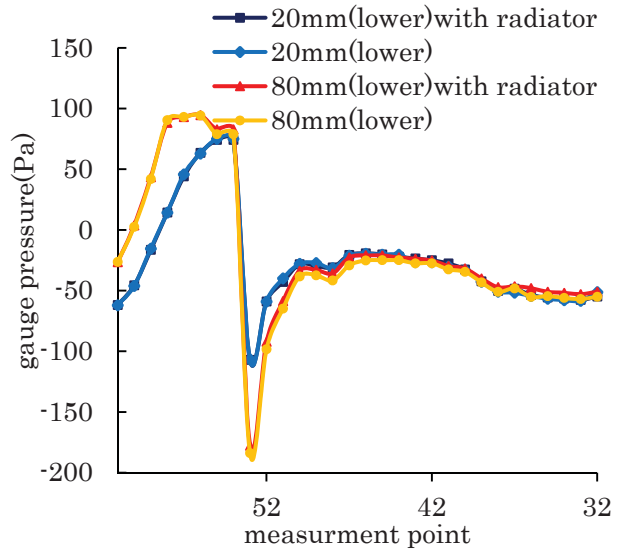


Fig.13 Comparison of pressure on cabin

3.5 エンジン本体表面圧力測定

Fig. 14 はエンジン中央部における圧力測定点番号を示す（圧力孔は 30mm 間隔）。

Fig. 15 はエンジン上面の圧力を示しており、全体的にエンジン後方になるほど圧力が上昇していることがわかる。また、空気取入口開口部縦幅が大きくなるほど圧力が上昇していることが確認できる。さらに、ラジエータの装着により圧力が減少することも確認できる。

Fig. 16 はエンジン前面の圧力を示しており、空気取入口開口部縦幅が大きくなるほど圧力が上昇する傾向にあることがわかる。また、開口部縦幅 80mm においてはラジエータの装着により圧力が減少することがわかる。開口部縦幅 20mm においてはラジエータ無のとき上方の 5, 6 番孔では圧力は低い但開口部上端高さに近い 7 番孔では開口部縦幅 80mm と同程度まで圧力は上昇している。ラジエータを装着すると、前面圧力は均一化されることがわかる。

Fig. 17 はエンジン下面の圧力を示しており、全体的にエンジン後方に近づくほど圧力が高くなる傾向にある。また、開口部縦幅が大きくなるほど圧力が上昇する傾向にあることが確認できる。さらに、ラジエータの装着により圧力勾配が小さくなり、一定となる傾向にある。

Fig. 18 はエンジン背面の圧力を示しており。開口部縦幅が大きくなるほど圧力が高くなることが確認できる。また、ラジエータの装着により 80mm では圧力が大幅に下がるが、20mm ではわずかに下がっている。

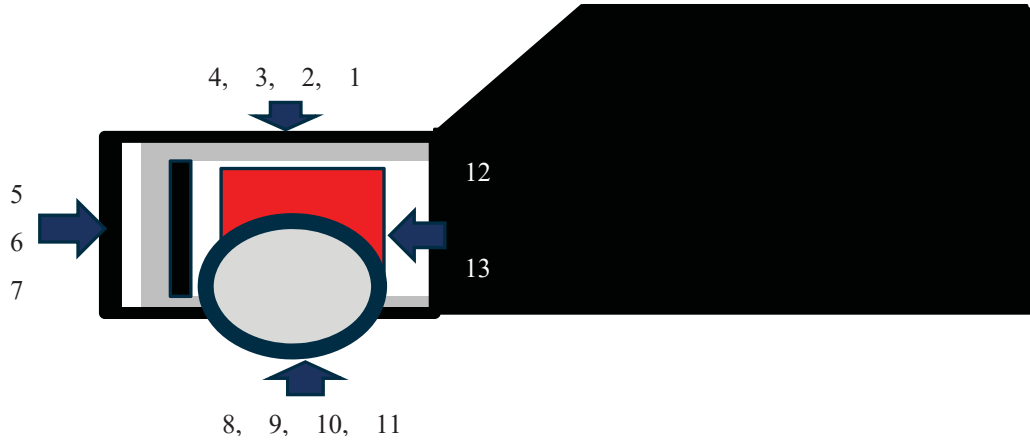


Fig.14 Measurement points of engine

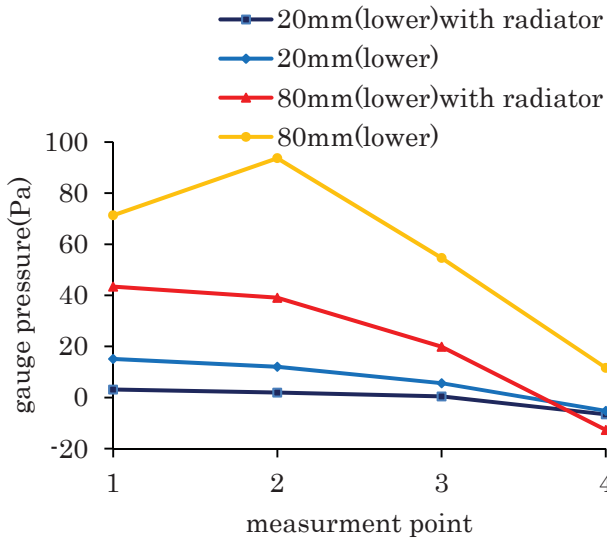


Fig.15 Comparison of pressure on engine top

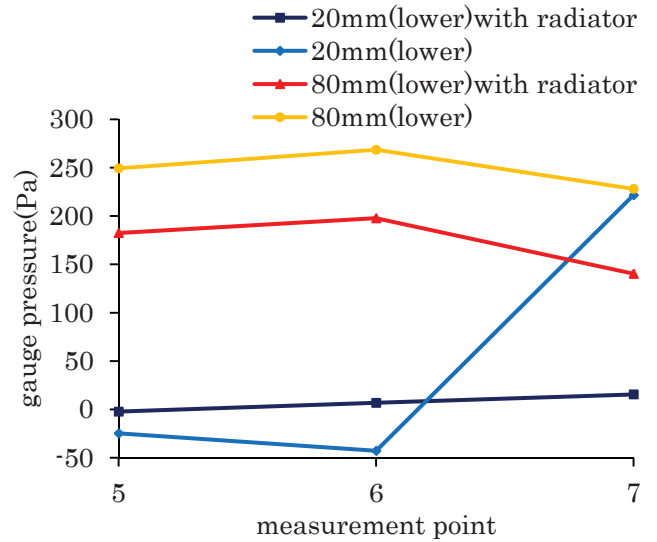


Fig.16 Comparison of pressure on engine front

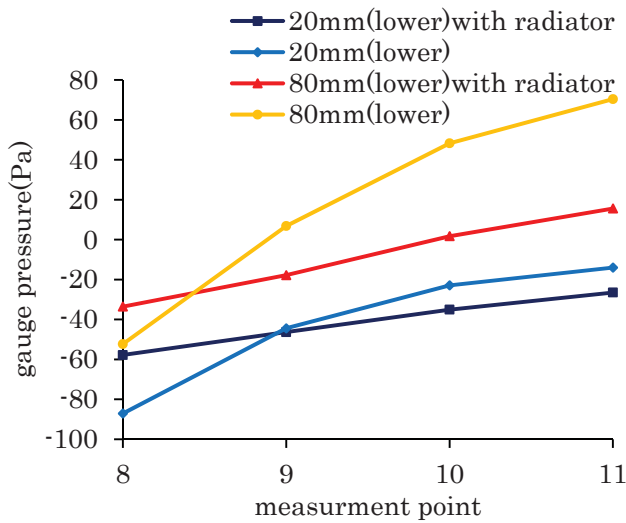


Fig.17 Comparison of pressure on engine bottom

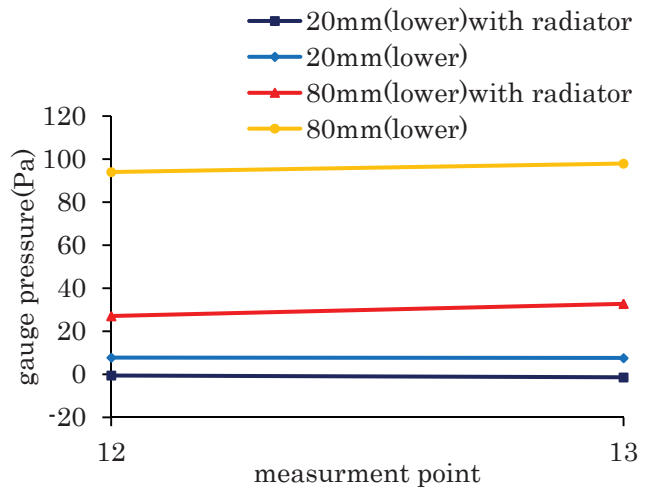


Fig.18 Comparison of pressure on engine back

3.6 エンジンルーム背面板および空気取入口圧力

Fig. 19 はキャビンとの仕切りであるエンジンルーム背面板における圧力測定点番号（孔間隔20mm）を示しており、Fig. 20 は背面板の位置を示している。

Fig. 21 は背面板の孔圧力を示しており、開口部縦幅が大きくなると圧力が上昇することがわかる。

Fig. 22 は車体前面における空気取入口近傍の圧力を示しており、開口部縦幅が大きくなると圧力が上昇することが確認できる。

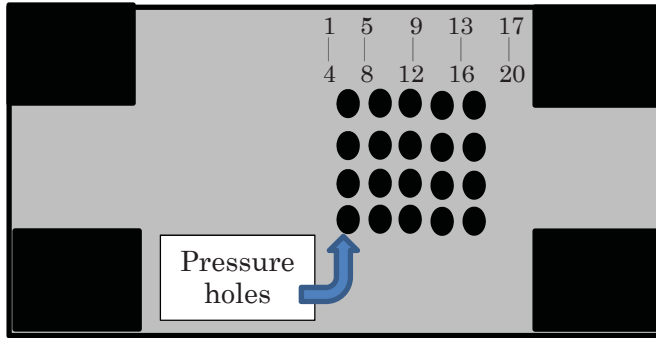


Fig.19 Measurement points on back board behind engine

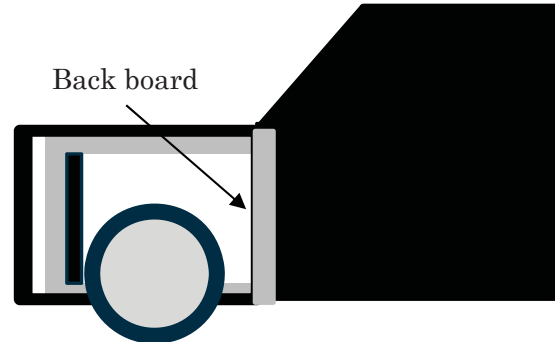


Fig.20 Position of back board behind engine

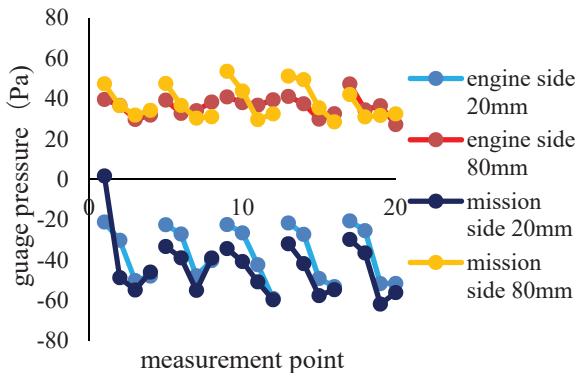


Fig.21 Comparison of pressure on partition board

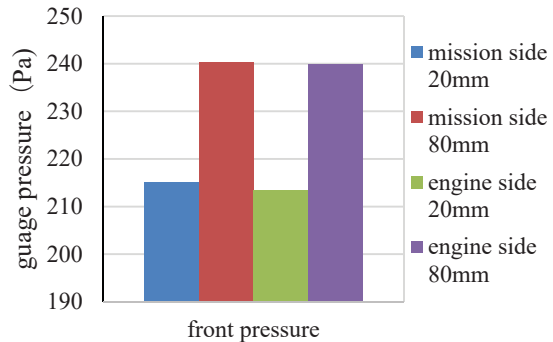


Fig.22 Comparison of pressure in vicinity of air inlet on car front

4. 考察

Fig. 4 の空気取入口縦幅が大きくなることによる抗力の増加の原因について考察する。Fig. 15、Fig. 16、Fig. 18、Fig. 21 より開口部縦幅増加に伴いエンジンルーム内部で圧力の上昇が確認でき、このことが抗力増加の原因であることは明らかである。また、Fig. 13、Fig. 22 より開口部縦幅増加によってフロントウィンド、車体前面空気取入口近傍での圧力上昇が確認されたことから、開口部縦幅増加に伴い車体前方の圧力上昇が誘発され、抗力の増加につながっていると考えられる。また Fig. 7 の可視化より、開口部縦幅の増加によりエンジンルームから床下への流れが増加していることが確認できた。Fig. 9、Fig. 10 から開口部縦幅の増加とともに床下流速の低下と RMS の増加が確認できた。また、Fig. 17 から開口部縦幅の増加に伴いエンジンルーム床下圧力が上昇していることが確認できた。これらの結果より、床下への流量増加が車体前面から来る床下流れとの合流に

よる流れの乱れを引き起こし、床下流れを通りにくくして流速を低下させるため、エンジンルーム床下圧力を上昇させていることは明らかであり、この圧力増加がエンジンルーム内部および車体前方の圧力増加に影響を及ぼしていると考えられる。以上をまとめると、冷却風量増加がエンジンルーム内部での圧力増加をもたらし、その影響を受けて自動車前面とフロントウィンドでの圧力が増加するとともにエンジンルームから床下への掃気流量が増加し、車体前方から来る床下流れとの合流により床下流れの乱れが生じて床下流れを通りにくくするため、それより前方では流速が低下して圧力が増加し、エンジンルーム内部および車体前面での圧力増加と適合する。

Fig. 5 の空気取入口縦幅が大きくなることによる前揚力の増加については、開口部縦幅増加によって引き起こされるエンジンルーム床下の圧力上昇 (Fig. 17) によると考えられる。これは抗力増加の原因において考察したように、エンジンルーム掃気流が引き起こす流れの乱れ (Fig. 10) が、上流側の流れをせき止める効果を持つため、圧力が上昇すると考えられる。また Fig. 13 に示されるようにルーフ前方の圧力低下も前揚力の増加につながる。さらに、エンジンルームから掃気される下向き流れの増加 (Fig. 7) により、流体が下向きの運動量を得た反作用としてエンジンルーム内流路壁が上向きの力を受けていると考えられる。

Fig. 6 の空気取入口縦幅が大きくなることによる後揚力の減少については、Fig. 12 より開口部縦幅の増加に伴うエンジンルーム後方床下圧力の減少が確認できている。これは抗力増加の原因において考察したように、エンジンルーム掃気流が引き起こす流れの乱れ (Fig. 10) によりエネルギー損失が起こるため、圧力が低下すると考えられる。

ラジエータの装着による空気取入口縦幅の変化に伴う影響の減少は、力の測定だけでなく床下 RMS やエンジンルーム圧力、床下圧力の変化からも影響が緩和されていることが確認できた。

以上の考察より抗力、揚力を同時に改善する方法として、エンジンルーム内部流をスムーズに掃気することにより、エンジンルーム内部での圧力上昇を防ぎ、エンジン冷却風と床下流れの干渉を抑えることでエンジンルーム床下での圧力上昇を抑えることが有効であると考えられる。また、床下に掃気する場合は、エンジン冷却風と床下流れが干渉しないよう車体後方に向けて掃気することが有効であると考えられる。その一つの具体例としてエンジンアンダーカバーの取り付け⁶⁾が考えられる。

5. 結言

開口部面積の増加により、エンジン冷却風がエンジンルームに取り込まれ床下への掃気量が増加することでエンジンルーム下部床下流れと合流し、床下流れが乱れて流れにくくなり流速が低下することでエンジンルーム床下圧力が上昇する。その影響によりエンジンルーム内部、車体前方、フロントウィンドでの圧力が上昇する。他方、エンジンルーム後方床下では、流れの乱れによるエネルギー損失のため圧力は低下する。以上より、冷却風の空力的影響は以下のようにまとめられる。

1. エンジン冷却風による抗力はエンジンルーム内部、フロントウィンド、空気取り入れ口での圧力に依存する。また、床下の圧力がエンジンルーム内部圧力に影響を与えていると予想できる。
2. エンジン冷却風による前揚力はエンジンルーム床下圧力に依存する。また、エンジンルーム内

部からの掃気の運動量にも影響を受けると予想できる。

3. エンジン冷却風による後揚力はエンジンルーム後方床下圧力に依存する。
4. ラジエータの装着によりエンジン冷却風による空気力学的影響は緩和される。

これらの考察より、エンジンルーム冷却風による抗力、揚力の発生を抑えるためには、エンジンルームから床下に流れ込む流れをボンネットからの上方掃気やサイドジェットとして床下以外に掃気を行うことによりエンジンルーム床下での流れの合流を防ぐことができると考えられる。床下に掃気する場合は、エンジン冷却風と床下流れが干渉しないよう車体後方に向けて掃気することが有効であると考えられる。

6. 参考文献

- (1) 小林敏雄 (社)自動車技術会編集：自動車のデザインと空力技術，朝倉書店 (1998) .
- (2) 自動車工学編集委員会著，自動車工学，東京電機大学出版局.
- (3) Wolf-Heinrich Hucho, ed., “Aerodynamics of Road Vehicles,” Society of Automotive Engineers, Inc., (1998).
- (4) 炭谷佳二，前田和宏，一之瀬健一：自動車と流体力学：車体周り流れと空力特性，日本流体力学会誌 ながれ，Vol. 23, (2004) pp. 445–454.
- (5) 田中章博，伊川雄希，川北正寿，大平洋樹，李曄，岡田儀浩，岡本哲，田中松広：新型デミオとCX-3の空力性能開発。
http://www.mazda.com/contentassets/3864e61b84fc4c3197b2092657057631/files/2015_no015.pdf (アクセス日 2017/1/24)
- (6) 大島竜也，濱谷克則，二之湯正俊，中川邦夫：空力特性に及ぼす冷却排出手法の影響，自動車技術会論文集，Vol. 29, No. 3, (july 1998).
- (7) 農澤隆秀，日浅一彦，吉本勝：空気抵抗に及ぼすエンジン冷却風の影響，自動車技術会論文集，No. 40, (1989).
- (8) 澤口拓人，高倉葉子：自動車のエンジンルーム冷却風による空気力学的影響，2017年度日本機械学会年次大会，(2017)，G0500602.
- (9) Takuto Sawaguchi, Yoko Takakura: Aerodynamic effects by cooling flows within engine room of car model, FULCOME2017, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 249 (2017) 012012, IOP Publishing.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/249/1/012012>
- (10) 澤口拓人，高倉葉子：自動車のエンジン冷却風による空気力学的悪影響の低減，2018年度日本機械学会年次大会，(2018)，J0550204.
- (11) N. Watanabe, T. Furuta, Y. Takakura, : Unsteady Flow around a Circular Cylinder with Simultaneous Multipoint Measurements of pressure (2), FLUCOME2013, (2013).
- (12) 亀岡和行，高木通俊，企画編集：日本の低速風洞，可視化情報学会誌，Vol. 14, suppl. No. 3, (1994), pp.102–103.

2017 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 2017 年度当時にて掲載

医療応用を目的とした霊長類におけるアロの認識と拒絶・受容機構の解明

研究代表者：	亀谷 美恵	医学部医学科基礎医学系・准教授
	秦野 伸二	医学部医学科基礎医学系・教授
	椎名 隆	医学部医学科基礎医学系・准教授（2015 年度）
	平山 令明	先進生命科学研究所・教授
	大友 麻子	医学部医学科基礎医学系・助教
	佐々木 えりか	実験動物中央研究所・部長
	片野 いくみ	実験動物中央研究所研究員（2016-17 年度）

研究期間： 2015 年度～2017 年度

研究概要：

母体は、妊娠時、非自己である胎児組織に対して寛容になるが、感染症に対する防御免疫は維持される。本研究では、非ヒト霊長類コモンマーモセット(CM)を用い、胎盤および全身を循環する胎児組織に対して発現亢進する免疫調節分子（ヒトでは PZP、CM では A2ML1）を同定した。これらの分子は炎症性プロテアーゼ阻害機能を持つ事が推定され、自己抗体陽性妊婦や、妊娠ヒト化マウスでは亢進する傾向が認められた。一方、ALS モデルマウスでは発現が低下し、PZP が炎症制御に重要である事が示唆された。

ヒト iPS 細胞由来肝組織を用いた肝疾患治療法の確立

研究代表者：	紙谷 聡英	医学部医学科基礎医学系・准教授
研究分担者：	加川 建弘	医学部医学科内科学系・教授
	住吉 秀明	医学部医学科基盤診療学系・講師
	木村 啓志	工学部機械工学科・准教授

研究期間： 2015 年度～2017 年度

研究概要：

肝臓は生体の代謝維持の中心臓器であり、再生医療の重要なターゲットである。ヒト iPS 細胞からミニ肝臓を試験管内で再構成する方法が開発され注目されているが、生体肝臓に必須な胆管等の構造を持たない欠点がある。

本研究では、マトリックス生物学、生体材料工学、デバイス工学などに加え臨床肝臓病学の視点を融合することで、目的細胞への分化を誘導する新規因子探索系や 3 次元構造の人工的再現系の構築を通じて、移植療法等に資する高機能な肝組織を誘導する。

ニューロンCMOSインバータを用いた連想メモリに関する研究

研究代表者：	藤本 邦昭	基盤工学部電気電子情報工学科・教授
研究分担者：	松本 欣也	基盤工学部電気電子情報工学科・准教授
	福原 雅朗	情報通信学部組込みソフトウェア工学科・講師
	吉田 正廣	情報通信学部組込みソフトウェア工学科・教授

研究期間： 2015年度～2017年度

研究概要：

連想メモリは、入力データに類似した参照データを瞬時に見つけそのデータを出力できることから、文字認識、指紋認識、データ圧縮、色画像認識など様々な分野で極めて有用であるとされている。我々は、この連想メモリの動作が人間の脳の記憶照合方式と極めて類似していることに着目した。本プロジェクトでは、神経細胞（ニューロン）と同等の振る舞いをするニューロンCMOSインバータを構成部品として用いることにより、より高性能な連想メモリを実現することを目指す。本プロジェクト研究では、ニューロンCMOSインバータを活用してハミング距離及びマンハッタン距離に基づく高速な類似検索が可能な連想メモリLSIをそれぞれ試作し、提案回路の動作検証を行う。

セレンの反応性を利用した病原性タンパク質の化学的・生化学的手法による制御

研究代表者：	金森 審子	工学部生命化学科・教授
研究分担者：	小島 直也	工学部生命化学科・教授
	岩岡 道夫	理学部化学科・教授
	荒井 堅太	理学部化学科・講師

研究期間： 2015年度～2017年度

研究概要：

アルツハイマー病などの原因となる病原性タンパク質の生成・蓄積を抑える生体内システムにおいて、硫黄やセレンを活性部位に含む酵素や小分子が機能している。そこで本研究では、それら機能分子の作用機構を解明すると共に、セレンの高反応性を利用したモデル物質の創製を目的とした。抗酸化力に富み、細胞内でミスフォールドなタンパク質の修正や機能回復に寄与する、反応性と安全性を兼ね備えたセレン含有化合物の開発を試み、変性タンパク質が関与する疾病の予防薬や治療薬への応用の可能性を検討・評価した。

医療用コンプトンガンマ線カメラの実用化への基礎開発

研究代表者： 株木 重人 医学部医学科専門診療学系・講師

研究分担者： 西嶋 恭司 理学部物理学科・教授

榎田 淳子 理学部物理学科・准教授

國枝 悦夫 医学部医学科専門診療学系・教授

研究期間： 2015年度～2017年度

研究概要：

広範囲なエネルギーを持つ核種を画像化可能な全く新しい医療用ガンマ線カメラがあれば、劇的に医療分野が発展することが期待される。そこで我々は京大で宇宙用に開発されている電子飛跡検出型コンプトンガンマ線カメラの医療応用開発を推進している。

本カメラは核医学カメラの持つエネルギー領域の数倍に渡る範囲を画像化できる。本研究では実用化へ向けて高感度化、高分解能化、コンパクト化、の基礎的研究を進め、カメラの性能向上を目指し、また新しい核種の撮像を行った。

沖縄の水中文化遺産と「海底遺跡ミュージアム」総合プロジェクト

研究代表者： 小野 林太郎 海洋学部海洋文明学科・准教授

研究分担者： 川崎 一平 海洋学部海洋文明学科・教授

山田 吉彦 海洋学部海洋文明学科・教授

仁木 将人 海洋学部環境社会学科・教授

木村 淳 海洋学部海洋文明学科・特任講師

中西 裕見子 大阪府教育庁

片桐 千亜紀 沖縄県立埋蔵文化財センター・研究員

研究期間： 2015年度～2017年度

研究概要：

水中文化遺産を海洋資源の一つとして保全・活用していく動きは近年、ユネスコを中心に国際的規模で活発化しつつある。中でも注目されているのが遺跡を利用した「海底遺跡ミュージアム構想」である。しかし日本における水中文化遺産行政は遅れており、ようやく2013年より文化庁も動き出したばかりである。そこで本研究は、沖縄県の石垣島に位置する水中文化遺産を対象として、石垣島を中心とする地域社会との連携、およびユネスコの指摘する第三の海洋資源である海底遺跡の新たな保全や観光・教育資源としての利用を目指す「海底遺跡ミュージアム化」の実現を最終目標として計画・実施された研究である。

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 工学部電気電子工学科・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：

2014, 2015, 2018年にそれぞれ発生した御嶽山, 箱根山, 本白根山の噴火は水蒸気噴火と呼ばれ, マグマ性ガスと地下水が混合した結果, 蒸気が発生し, その圧力が原因で地殻が破壊された。地下で発生した蒸気の一部は地表に噴気として漏れ出ている。この噴気の化学組成は火山活動に対応して変動する。正確で高感度な噴気の観測法として革新的なレーザー分光分析を開発することにより, 火山活動の予知や推移の推定が可能になり, 火山防災に対する貢献が期待される。また, 火山研究分野では研究人材が不足している。本研究では, 活火山の地球化学的研究を通じ, 研究者を養成することも目的の一つとする。

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・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・助教

研究期間： 2016年度～2018年度

研究概要：

本研究では, ヒト妊娠免疫モデルとしてヒト化NOGマウスを用い, 胎盤に発現する主要組織適合性抗原(MHC)関連分子に対する母体の抗体産生・免疫応答制御機構を解明する。アロ抗原特異的モノクローナル抗体を模倣する化合物を新規に確立し, さらにiPS細胞とそれから誘導した神経幹細胞を神経損傷動物モデルに移植後, 上記の抗体や化合物を投与して副作用の低いアロ抗原特異的免疫抑制に基づく世界初の治療法開発に供する。

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	文学部アジア文明学科・教授
研究分担者：	立石 謙次	文学部歴史学科東洋史専攻・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：

外国資本による直接投資(FDI)は、近年、東南アジアにおいて従来にはない郊外型都市の形成発展を促している。本研究では、日系工業団地の進出に伴う地域の混住化と消費社会化、およびそれによる価値観の変容などに焦点をあてた調査を、インドネシア、タイ、ベトナムをフィールドとして行っている。東南アジア全体で進行しつつある FDI 型都市化の実相を、生活構造の変容を追うなどミクロなレベルで検証していくことを目的とする。

「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： 2015年度～2017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。

東海大学 総合科学技術研究所 紀要編集委員会

- 委員長 岩森 暁 総合科学技術研究所 所長
工学部機械工学科 教授
- 委員 横山 直樹 総合科学技術研究所 教授
- 委員 宮武 久和 総合科学技術研究所 特任教授
- 事務局 志賀 桂子 研究推進部研究支援課
(総合科学技術研究所担当)

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

東海大学紀要 総合科学技術研究所

発行日 2019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)



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



TOKAI UNIVERSITY