

# IMaSS

Institute of Materials and Systems for Sustainability

# NEWS



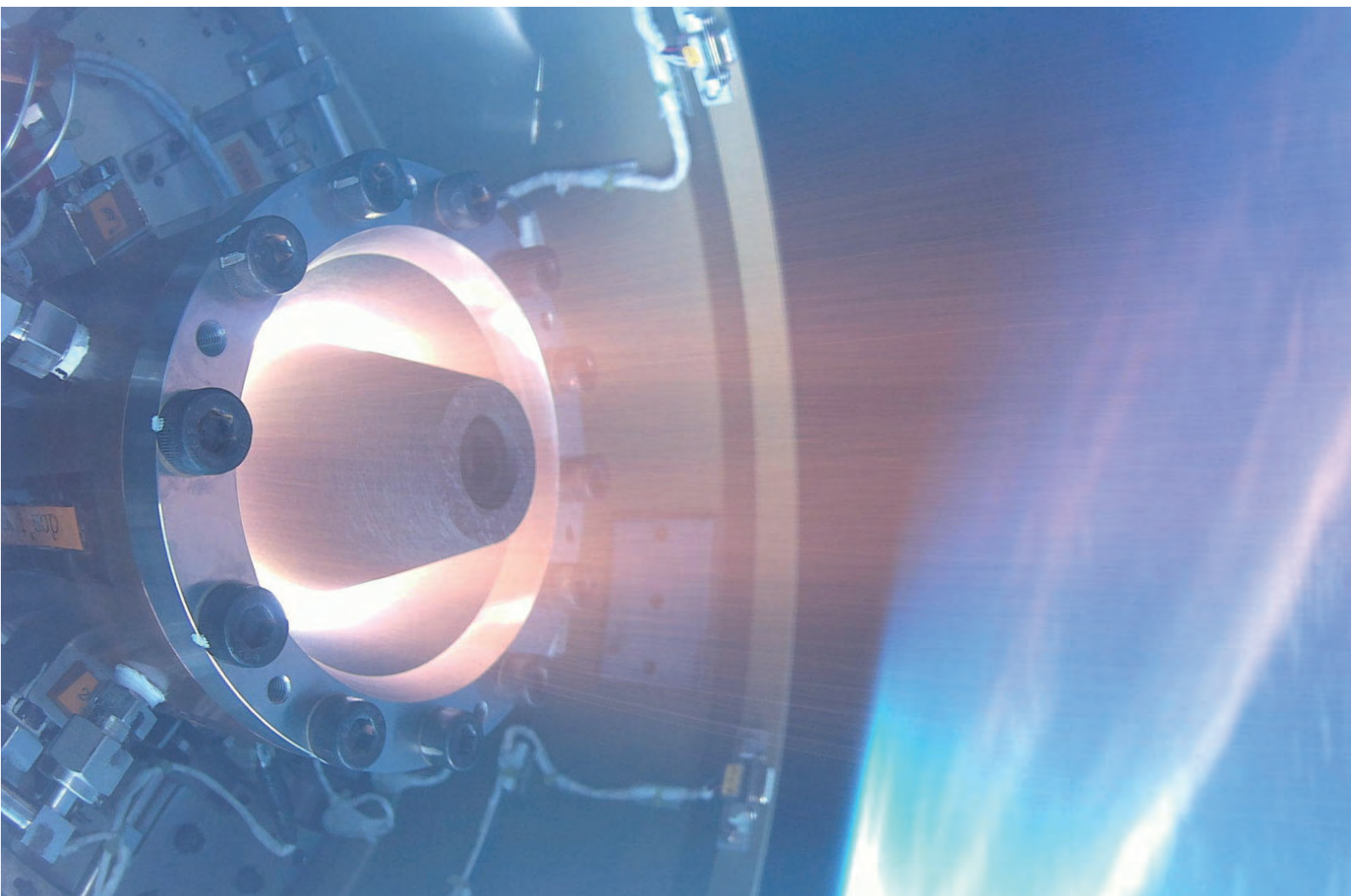
March  
2022

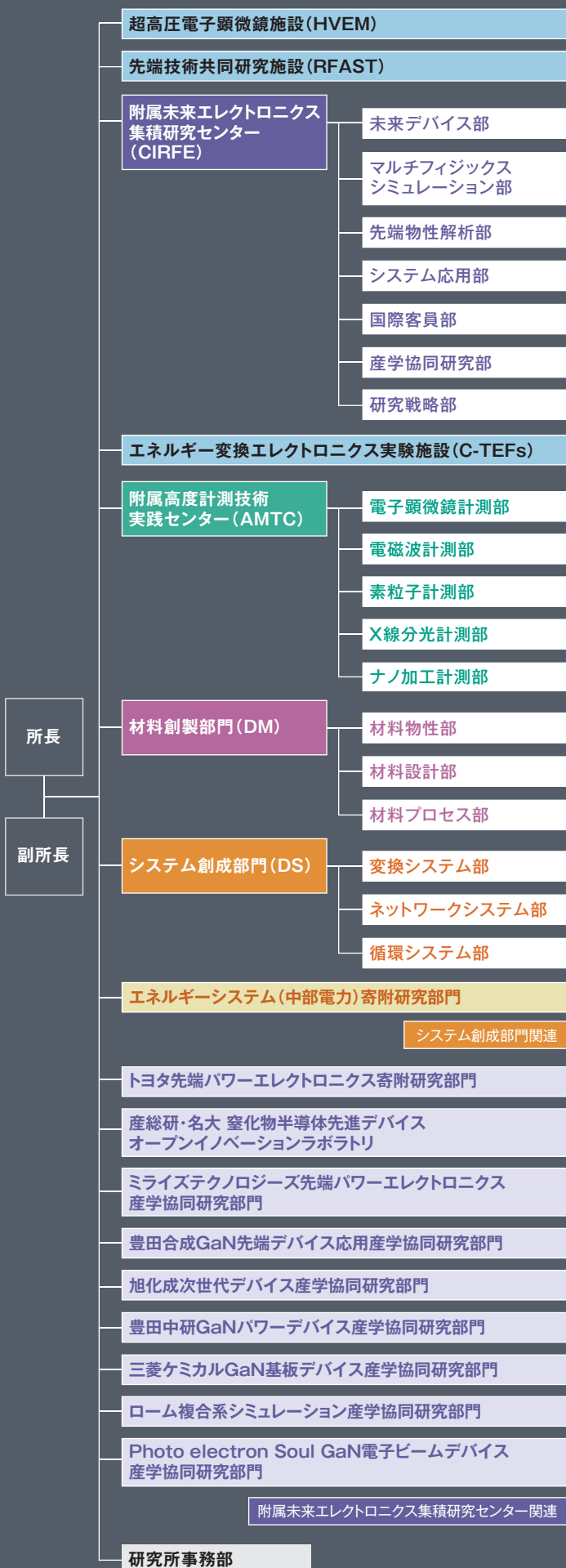
Vol.12

特集●笠原研究室インタビュー

## ロケットエンジンも革新的な軽量化へ突入！

デトネーションエンジンの宇宙での実証実験に成功！（世界初）





令和4年4月1日現在

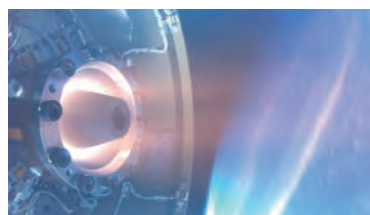
IMaSS概要

未来材料・システム研究所(IMaSS)は、未来社会で革新的な省エネルギーを実現させるため、先端的な材料・デバイスそのものの根幹をなす要素技術に関する基礎研究から、それらを社会実装するための高度なエネルギー変換技術・システム、環境負荷低減技術、エネルギーインフラの制御技術等のシステム構築に至る、幅広い研究課題を一貫連鎖する研究拠点として、平成27年10月に前身のエコトピア科学研究所から改組する形で誕生しました。

また、若手研究者の育成、産業界との共同研究も活発に行っています。

《IMaSS HP》

<https://www.imass.nagoya-u.ac.jp/>



【表紙写真説明】

宇宙でエンジン点火に成功したところ。  
右に映っているのは地球。  
【©名古屋大学, JAXA】

CONTENTS

- 02 研究所組織図
- 03 特集 笠原研究室インタビュー  
ロケットエンジンも  
革新的な軽量化へ突入!  
デトネーションエンジンの宇宙での実証実験に成功! (世界初)
- 08 退職のご挨拶  
一去三十年～環境技術とナノ材料～ 教授 小澤 正邦
- 09 国際シンポジウム ICMaSS 2021 開催報告
- 10 プロジェクト紹介
- 11 研究報告
- 15 活動報告



# ロケットエンジンも 革新的な軽量化へ突入!

**デトネーションエンジンの宇宙での実証実験に成功!(世界初)**

「5、4、3、2、1、ゼロ(発射っ!)、1、2、3、…」。爆音と閃光を放ちながら空へ、高く高く飛んでいくロケット。打ち上げはひとまず成功、さてこれからが勝負! 切り離し後の点火はうまくいくか、観測データは回収できるか、写真はうまく撮れているのか、心臓バクバク…。

2021年7月27日午前5時30分、鹿児島県肝付町にあるJAXAの宇宙空間観測所から、多くの注目や期待を背負いながらデトネーションエンジンの宇宙空間での実証実験を行い、見事世界で初めて成功させた笠原研究室のみなさん。今回は、デトネーションエンジンとはどんなものなのか、そして実証実験でそれぞれ担っていたことや想いなどについてお話を伺いました。

インタビュー/ 2021年12月 IMaSS広報委員会



デトネーションエンジンの次号機開発に取り組んでいる笠原研究室のみなさん



## 教授 笠原 次郎

KASAHARA, Jiro

1992年名古屋大学卒業、1997年同大学博士課程修了。1997年日本学術振興会特別研究員(PD)。1999年室蘭工業大学助手、2003年筑波大学講師、2007年同大学准教授。2013年名古屋大学教授。

●子供の頃の夢／昭和の家にはなぜか百科事典があり、アポロ計画のページは擦り切れるほど見る。戦闘機のパイロットに憧れる。

●好きなこと・趣味／本屋に居ること。映画鑑賞(特に大林宣彦監督作品)。物理・科学全般。健康維持のための日課としてプールで泳ぐ(14年目)。八事イオンに出没。

## なぜデトネーションエンジンの開発が必要なのか？ ジェットエンジンへの応用も

### 早速ですが、デトネーションエンジンシステム(DES)について教えてください。

**笠原** 「デトネーション(detonation)」っていうのは「爆発的燃焼」や「爆轟<sup>ばくこう</sup>」などと訳されますが、燃料と酸素の混合ガスが爆発的に反応する際に生じるものすごい衝撃波を、安全にかつ効率よく推力へ変換するエンジンです。今回の実験では、衝撃波を1/1000~1秒ほどの間隔で発生させるパルスデトネーションエンジン(PDE)<sup>※1</sup>と、二重円筒の中で衝撃波をグルグル回転させて伝播<sup>でんぱ</sup>させ維持する回転デトネーションエンジン(RDE)<sup>※2</sup>を組み合わせたDESをロケットに載せました。

### ロケットに特化したエンジンなんですか？

**笠原** 現段階ではそうですが、将来的にはジェットエンジンや発電用タービンの燃焼機への応用を考えています。デトネーションの場合はあっという間に燃えるので、タービンの中で駆動しながら燃やすっていう、これまで分かれていた分野を融合するようなことが可能になってくるんです。それができると、大きかったものがコンパクトになって、翼の外についているジェットエンジンなんかは、中に埋め込めちゃうような。

### そうすると、空気抵抗も少なくなる上に機体は軽くなりますね。

**笠原** そうです。しかも、大きいものを作るには広い場所が必要ですが、作る場所も狭くて済みます。素子をいくつにも分けることも可能だと考えています。一つ一つのパッケージが小さくなって、ユニット化していくことが飛行機やロケットの世界も必要ですが、デトネーションを有効利用できれば、もっと小さくすることが可能になると思います。

## なぜ宇宙での実験が必要なのか？ 意気軒高にプロジェクトがスタート

### 世界で初めて、デトネーションエンジンの宇宙での実証実験を成功させました。このプロジェクトはいつ頃から取り組まれていたんですか？

**笠原** 前任の筑波大学のとき、機会があってJAXAの観測ロケットの打ち上げを見たんです。その瞬間、噴煙があまりにもまぶしすぎて周囲が真っ暗に見える、こんな激しいエネルギー現象を見たのは生まれて初めてで。いやあ、驚きました。しかも「この提案書を書けば宇宙に飛ばせるの？」と思うと、すごくやる気が出まして(笑)JAXAにそういった制度があり、応募して通ったんです。それからですね。

### なぜ宇宙での実験が必要だったのですか？

**笠原** 大きく分けて2点。1つは、地上での燃焼試験では固定することになり、一方向の推力しか計測できないんです。もう1つは、地上ですと真空チャンバーを使っても、すぐに排気ガスが溜まって全然真空ではなくなってしまうので、真空状態でエンジンが吹く様子を確認できません。その点、今回はいずれも正確な情報が取れました！

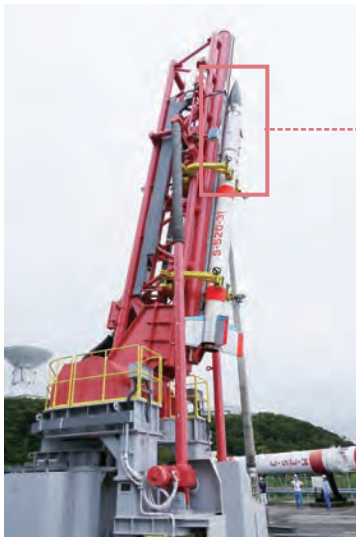
## 基礎知識

### ※1 PDE

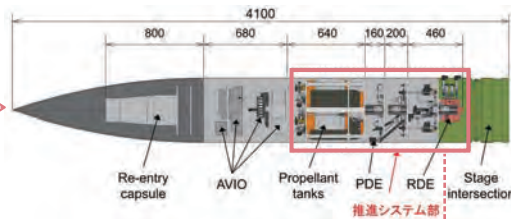
(=Pulse Detonation Engine) デトネーションを発生させることで高圧ガスを発生させ、それを間欠的(パルス状)に噴射し、その反動として推力を得る装置。

### ※2 RDE

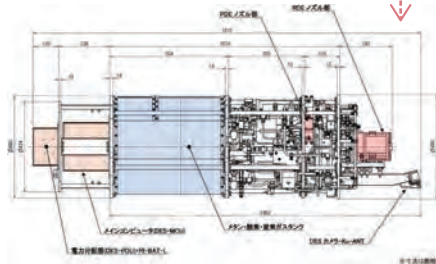
(=Rotating Detonation Engine) デトネーションを二重円筒内の底部に周囲(回転)し続けるように発生させることで高圧ガスを発生させ、それを円筒の軸方向に噴射し、その反動としての推力を得る装置。



●肝付町観光協会 HP より  
<https://kankou-kimotsuki.net/archives/introduce/s-520-31>  
 ●発射の映像／きもつきチャンネルより  
<https://youtu.be/cbWlluNKUD8>



▲「観測ロケットS-520-31号機による  
 デトネーションエンジン飛行実験のペ  
 イロード機器部開発状況」より。観測ロ  
 ケット用DES(第2段)の概略図



▲DESの概要図

実験目的

- ①DESが宇宙空間でも正常に作  
 動することを実証する。
- ②データ回収カプセル、ラツツ  
 (RATS)を洋上から回収する。  
 (JAXA)
- ③DESが宇宙空間でどのように燃  
 えているかを撮影する。

\*DES:デトネーションエンジンシステム

プロジェクトはスタート後も順調だったんですか？

笠原 それが、いろいろ技術はあったので始めれば何とか  
 かなと思ったんですが、JAXAの方も「これまで(S-520で  
 は)こんな大きなものは上げたことがない」って言うんです  
 ね。通常入れるノーズコーンの下の、2段目の筒に入る分だっ  
 たらよいという大枠が決まったのが5年前。それから松岡  
 准教授(笠原研/工学研究科)と共に、そして電気・通信専  
 門の川崎先生、「このためにドクターコースに残るぞ」と気概  
 のある後藤先生、ロケットのプロ 松山先生、観測ロケット  
 チームで推進系にも詳しい伊東山先生に参加していただき  
 ながら、できることは全部やってきました。

ロケット発射当日のことを教えてください。

笠原 当日は天気が良くて、打ち上げは朝の5時半だったん  
 ですが、ちょうど夜明け頃、まずは観測ロケットS-520-31  
 機の打ち上げがありました。20秒間は固体燃料ロケットが  
 ダーッと噴射して空に向かって上へ上へ、その後は慣性飛行  
 なんですが、60秒後に下部の固体燃料部分から分離し、120  
 秒後にRDEが噴射、240秒後からは代わってPDEが5回の噴  
 射を30秒おきに3シリーズ、それで終了で、非常に短い時間  
 での重要な実験です。

強い振動から守りながら

今回のプロジェクトで、川崎助教が担当された電気や  
 通信って？

川崎 元々笠原研究室ではデトネーションエンジンの研究を  
 しており、ある程度コンパクトにしても性能が出ることは地上  
 ではわかっていたのですが、宇宙へ持って行くとなったらやは  
 りスペースの問題や重量の制約が厳しいです。積めるバッテ  
 リーから電力供給量は決まってくるし、通信量も制限される中  
 で、優先順位をどうするか。記録としてデータを残すことも不

可欠です。そういった関連の全てです。

エンジン以外にどんな装置を載せたんですか？

川崎 動作特性を取得するということが大きな目的でしたの  
 で、エンジンがどういった状態で動いているかを調べるために  
 温度、圧力、加速度、角速度などを計るための各種センサーを  
 載せていますし、そういったセンサーが出してくるデータを地上  
 へ届けないと実験データは得られないので、各センサーからの  
 データを処理して地上へ送るためのコンピュータですとか、エン  
 ジンのバルブや点火装置を制御するようなものを載せました。

センサーやコンピュータって地上でも扱いに注意を払  
 いますよね。

川崎 今回僕たちがやった固体推進剤ロケットは火薬の塊  
 に火を付けながら飛ぶので、瞬間的なパワーが大きく、その  
 分振動や衝撃が大きいんです。でするので、過酷な中でも  
 壊れにくく、しかも安全性を確保しなければならないとい  
 う、非常に小さい針の穴に糸を通すような大変厳しい設計  
 が求められました。

助教 川崎 央

KAWASAKI, Akira

2011年 東京工業大学 機械宇宙学  
 科 卒業。2016年 同創造エネ  
 ルギー専攻 博士課程修了。博士(工  
 学)。2016年 日本学術振興会特別  
 研究員(宇宙科学研究所)。2016年  
 名古屋大学 助教。現在に至る。

●航空宇宙に興味を持ったきっかけ  
 /高校生の頃、小惑星探査機のはや  
 ぶさ初号機の往還ミッションを知り、  
 人類のフロンティアが着々と広がっ  
 ていることに感動しました。

●好きなこと・趣味/数学や物理に  
 はずっと興味があります。余裕があ  
 ればもっと勉強したいです。



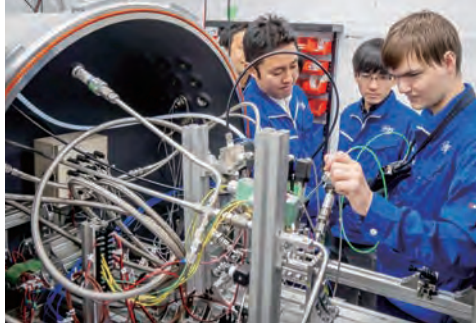
## 特任助教 後藤 啓介

GOTO, Keisuke

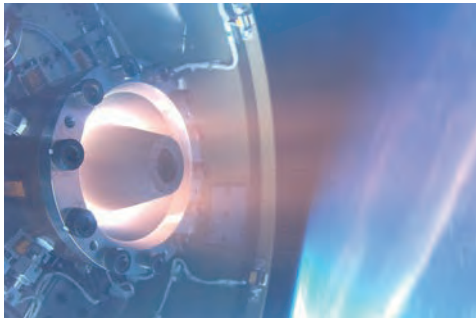
2016年 名古屋大学工学部機械・航空工学科卒業、2021年 同大博士課程航空宇宙工学専攻修了。研究室配属当時から回転デトネーションエンジンの研究に従事。同年4月より現職。

●子供のころの夢/幼少時、TVの特撮やアニメに登場するヒーローに憧れる。父親はものづくりに携わっており、その背中を見て、「ものづくりはカッコいい」と自分のヒーロー像とエンジニアの姿が重なり、将来は、世界を変える発明やものづくりに携わるエンジニアを志す。

●好きなこと・趣味/最近、ミラーレスの一眼カメラを買いました。綺麗な景色を撮りに出かけたりしています。



次号機のエンジン  
試作機の前で



地球をバックにした、宇宙での回転デトネーションエンジン噴射の様子。イラストと間違えるほど美しく撮れており、日本燃焼学会『美しい炎』の写真展 最優秀賞を受賞するなど研究画像としての評価も高い。

## チームで乗り切る

後藤特任助教は、このプロジェクトに参加するために  
ドクターに残られたそうですね。

後藤 はい、修士1年でアメリカに留学していた頃、ロケットの打ち上げをフロリダに見に行ったんですね。それは宇宙開発の新たな一歩が始まると思える瞬間で、音も光も凄かったとしか言いようがなく「いつか自分で作ったものを宇宙に飛ばしたい」と思ったんです。実は当時就活していたのですが、留学から戻った時に笠原先生から「観測ロケットプロジェクトが正式に決まったよ」と聞き、「プロジェクトに携わりたい」との思いで博士に進学しました。

すごい、神のお告げのようなタイミングですね。プロジェクトではどんな部分を担当されたんですか？

後藤 RDEというエンジンそのものの開発です。今回のプロジェクトは「ロケットエンジンのシステムを自分たちの手で作る」ことでしたが、痛感したのは「エンジンだけができて、システム全体ができたことにはならない」ということです。例えばアビオニクス※3を搭載しているコンピュータがないとエンジンは動かないですし、検証するために必要なコンポーネントをつけることも必要です。「多くの人の仕事が相互作用してこそシステムは作り上げられる」ということを実感しました。

宇宙でエンジンが燃焼している様子がわかる写真、構図もばっちりですね！

後藤 カメラの位置は、実験室で「どこに配置したら良い撮影ができそうか」を何度も検証し、最終的な搭載位置と角度を決めました。今回撮影した写真があまりにも綺麗に撮れていたため、自分達が撮った写真だと信じられないく

らいです。もし、僕と同じように目の前にチャンスが巡ってきた学生さんがいたら、ぜひ積極的に挑戦して欲しいと、心から思っています。

## 心強い「ロケット打ち上げのプロ」

松山特任教授は、ロケット打ち上げのプロフェッショナルと伺いました。

松山 三菱重工に入社し、ロケットエンジンを制御するための電子機器開発からスタートして、段々エンジン全体の開発を、最後はプロジェクトマネージャまで、約20年間くらいロケットエンジンの開発をやっていました。その後は本社の方へも一時行きましたが、やはりエンジニアリングのことをやりたいと、HTV(こうのとり※4)という宇宙機を打ち上げるプロジェクトで7年ほどプロジェクトマネージャを務め、4号機まで、4機打ち上げました。

どんなきっかけで今回のプロジェクトに参加されることになったんですか？

松山 笠原先生の方はロケットに載せるデトネーションエンジンを開発するわけですが、実際に打ち上げるためにはロケットに詳しい人が必要ということで、先生が人材を探しておられるときに、たまたまそれを知った共通の友人から紹介されて、採用いただきました。それが2019年8月。今回担当しているのは、デトネーションエンジンの作動を制御しながら、いろんな圧力や温度などのデータを取って収集する電子装置の開発です。

それらの重要なデータはどのように回収されたんでしょうか。

松山 通常のロケットと同じように機体の搭載機器を経由して電波で地上に送信しました。さらに、今回この実証実験の大量のデータを回収するためにJAXAでRATS※5が開

## 基礎知識

### ※3 アビオニクス

航空機に搭載され、飛行のために使用される自動装置

### ※4 こうのとり

JAXAが開発した、地上から荷物を持って運ぶ宇宙ステーションへの補給機。ロケットでまず打ち上げてもらって、宇宙空間を宇宙ステーションまで自力で飛行し、ドッキングして、荷物を降ろし、要らない荷物を積んで、宇宙ステーションから離脱し、最後大気圏に突入して燃え尽きる、廃棄される使命を負っていた。

### ※5 RATS

(=Reentry and Recovery module with deployable Aeroshell Technology for Sounding rocket) 観測ロケット実験データ回収モジュール(既開発カプセルの発展版)

JAXA種子島宇宙センターでのUSB受領式  
データは良好に書き込まれており、宇宙空間から戻ってきたデータと思うと感動!

発され、ノーズコーンの部分に入っていたんですが、実験を終えたロケットから分離後、予定された海域に着水。すぐにヘリコプターで回収され、私が回収拠点がある種子島宇宙センターに行ったとき(13時頃)には既にUSBは取り外され、レディーな状態でした。USBが手渡され、PCに挿入するとデータは問題なく認識できることを確認しました。

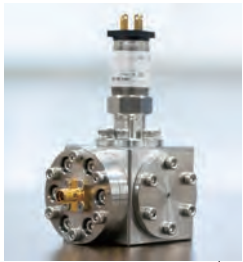
## 宇宙工学に化学の目を取り入れる

**伊東山特任助教の専攻は、航空宇宙系ではないんですね。**

**伊東山** はい、私のバックボーンはガチガチの化学屋さんなんです。デトネーションってやはり危ない現象、危ないガスを扱うということで、今回の実験ではどういう風に安全を図るのがよいかということ、化学屋さん目線からコメントしたり、ハンドリングの動きがメインでした。例えば、ガスを扱う際の材料適合性であったり、精錬(金属から不純物を取り除くこと)、摩擦や静電気、そういった外的要因に対するリスクにきちんと対応するといったことです。

**どんなことが大変でしたか?**

**伊東山** 予想外に難しいと思ったのは、我々の開発したものをJAXAさんのロケットに載せる際の、インターフェイスの調整です。電気的な接続が問題ないか、例えば向こうが設



超小型衛星用のエンジンも開発中。4cm角ほど手のひらサイズ



固体と固体を混ぜると液体になるという不思議なイオン液体推進剤。これもデトネーションのポテンシャル

## 特任助教 伊東山 登

ITOUYAMA, Noboru

2014年3月 九州大学工学部物質科学工学科 卒業。2016年3月 東京大学工学系研究科博士前期課程 修了。2018年4月 日本学術振興会 特別研究員(DC2)。2020年3月 東京大学工学系研究科博士後期課程 修了。博士(工学)取得(東京大学)。2020年4月から現職。

- 子供の頃の夢/外科医
- 好きなこと・趣味/アウトドア全般
- 航空宇宙に興味を持ったきっかけ/急峻かつ劇的に進む燃焼や爆発反応を解き明かし、これらを工学的に制御できないか考究したくなり、中でも化学屋として燃料をより自由に設計できる余地のあるロケットやスラスタに興味を持った。

さらに次世代のロケットエンジンを開発中



前職のお仲間からプレゼントされたというH2Aロケットのミニチュア(名前入り)を前に



## 特任教授 松山 行一

MATSUYAMA, Koichi

1983年3月 神戸大学大学院電気工学専攻修了。同年4月 三菱重工業株式会社入社、名古屋航空機製作所発動機部液体ロケットエンジン課に配属。以降、ロケットエンジン開発を21年、宇宙機器営業を3年、HTV開発を7年担当。2014年3月 三菱重工業を定年退職し、4月 中菱エンジニアリング株式会社入社。2019年8月より現職。

●好きなこと・趣味/将棋が好きだった。高校生の頃は、高校の友達とチームを組んで高校生将棋大会に出ていた。電子部品を買ってきて、自分で電子回路を作って動かすのが好きだった。例えばラジオを作ったり。電子ブロック(電気実験キット)を使って、いろんな回路を作ったりもした。今は、読書、音楽鑑賞、旅行。

けているねじ穴に、我々の設けたねじははまるのか。そういったところを、図面を見ながら調整しなければいけないし、1ミリでもずれていたら取り付けられません。なので図面通りにできているか、そもそも図面は間違っていないかといった確認で、かなりいろんな会議や実験をしました。

**トリガーの着火の部分もキーになるのでは?**

**伊東山** おっしゃる通り、着火も化学反応でちゃんと見ないといけない。なぜその反応が、どのタイミングから加速するかがわかれば、逆に考えるとどうやって燃料を開発したらいいかわかり始めるんです。こういった物質が重要だねってことがわかれば、それを入れてみるっていうことができるんです。今日は、現在研究中のエンジンとデトネーションのポテンシャルがある燃料を持ってきました。

## チーム KASAHARA

**今回の成功を導いた最大の要因は?**

**笠原** 絶対に壊れない、熱的にも大丈夫ということを2年かけて何度も何度も確認したということに表れているように、宇宙で飛ばすことに向けてみんなが一丸となって取り組んだ、高いチームワークが最大の要因でしょうか。

**まだまだ話は尽きませんが、次号機の予定は?**

**笠原** そうですね、まずは今回の結果を論文にしてください。2年後を目指してすでに次計画の準備もスタートしています。

聞き手・文/IMaSS広報委員会 池永英司、小西雅代



# 一去三十年

～環境技術とナノ材料～



材料創製部門 材料設計部 教授

小澤 正邦

OZAWA, Masakuni

2022年3月で名古屋大学の本研究所で定年退職を迎えられることになり、関係の皆様これまでのご厚情に深く感謝申し上げます。

企業11年勤務のち大学に移り30年、名古屋大学9年間ではその恵まれた環境を感じました。来てすぐ田中元所長のもとで拠点改組WGがあり、以前に改組作業をセンター長としてした体験を思い出し、また当時日本材料学会副会長としても、材料研究のあり方を考え直す機会ともなりました。新研究所では、材料創製部門に所属することになりました。

すぐに、文科省配下の新プロジェクトの6大学研究所連携研究(ライフイノベーションマテリアル)の全体事務局として提案、推進・まとめ、また次期提案にも携わることにな

りました。本研究所は、他大学の材料系専門の研究所とは違い、また参加者の退職・転籍・配転など多くありましたが、さいわい東京分室(早稲田大)ほかの応援があり、プロジェクト成果で求められた連携による共著論文・特許等の実績も出ました(参考表)。最終年、コロナ禍で本格的なりも共同研究活動が展開、その可能性も体感しました。

一方、自分の研究室の教育・研究では、小林助教、服部助教、中村助教の若いメンバーと、時代の変化に対応して、CeO<sub>2</sub>はじめナノ材料による環境浄化技術の開発研究を続けました。NEDO(希少金属代替)、科研費、企業支援に対応しながら、とくに学生が、環境関連技術に関心をもって参加してくれたことがとても嬉しく、みんなの元気さをもらいました。私の学生の時の研究室は、本学の旧工学部人工結晶研究施設(水熱合成装置を手作りした)ですが、本研究所の一部ともなったようで、研究生生活の最初と最後に関わることになったのもまた不思議です。このほか、広報委員長のとき改組となり、パンフやWebデザインに大忙しでご協力いただいたことなど、研究所の思い出は尽きません。

こしばらく世界の不透明感は増し、それは日常にも及んできているようにも思います。本研究所、そして皆様の英知が、将来を切り開き新しい良い社会をもたらしますように、その発展を心から祈念しております。



ハニカム/左は使用前、右はエンジン排ガス検査で実際に使用した後。下の2本は触媒のセリアジルコニア材料と貴金属のナノ粒子溶液

▶この他にも多数の受賞があり、大きな成果となっています。参加いただいた皆様に感謝いたします。(参考表:プロジェクト内の本学連携分のみ)

	論文数 期間 (特許数)
余語・坂本研	2年 4
楠・乗松研	2年 1
興戸・黒田研	5年 1
小澤・服部研	5年 8 (8)
東京分室(早大)	5年 10
その他	5年 6
計	— 30 (8)



2020年度の研究室メンバー



国際シンポジウム

International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2021 (ICMaSS 2021)

2021年11月4日(木)～11月6日(土) online開催

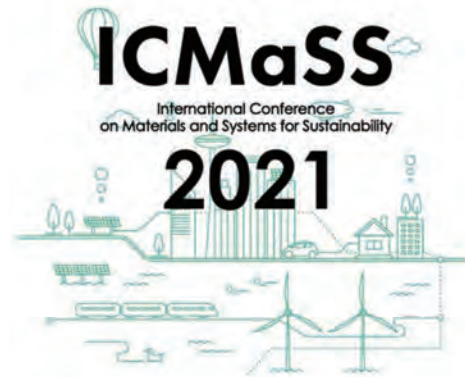
**2** 2021年11月4日から11月6日までの3日間、International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2021(ICMaSS 2021)が開催されました。本会議は、持続可能社会の構築に向けた研究を対象とする国際会議であり、未来材料・システム研究所の前身であるエコトピア科学研究所が、2005年以来、開催してきた国際会議(ISETS)を継承する国際会議です。今回は、2017年にICMaSSと改称後、3回目の開催となりました。コロナ禍のため、online開催となりましたが、13ヶ国から395名の参加者が集い、口頭発表206件(招待講演等含む)、ポスター発表98件が行われました。

Opening ceremony では、成瀬一郎所長の開会挨拶、佐宗章弘副総長の来賓挨拶をいただきました。その後、Plenary talkとして、Professor Hiroki Kuwano (Tohoku University, Title: Piezoelectric energy harvesting), Dr. Kazuhiro Hono (Executive Vice President of National Institute for Materials Science, Title: Heavy rare earth free and rare earth lean permanent magnets), Professor Chris G. Van de Walle (University of California, Santa Barbara. Title: Exploring (and exploiting) the physics of ultra-wide-bandgap nitrides), Professor Tomás Palacios (Massachusetts Institute of Technology. Title: New Semiconductor Materials: The Critical Infrastructure to Build the Future) の諸先生から、ご講演をいただきました。

会議は、以下の9つのエリアの会議と、6つの国際シンポジウムが並行する形で開催され、活発な議論が行われました。

Areas:

Nanomaterials, Advanced Measurements, Nuclear Emulsion Technology, Confined Space/Energy Related Materials, Energy Conversion Systems, Electric Power



Energy Systems, Communication Systems, Transportation Systems, Low Carbon/Environmental Conservation Technology and Systems, Harmonic Fusion of Renewable Energy and Commercial Electric Power System, Resilient Society and System Technology.

International Symposia:

International Symposium on Nitride Semiconductors, International Symposium on Nano material-based Electronics, International Symposium on Materials and Process Informatics, International Symposium on Energy Harvesting Technologies, International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA), Harmonic Fusion of Renewable Energy and Commercial Electric Power System

閉会式では、成瀬一郎所長、内山知実副所長からお言葉をいただくとともに、若手参加者の優秀な発表を表彰いたしました。

最後に、ICMaSS2021の参加者ならびに開催にご尽力いただきました委員の方々はじめ関係各位に改めて御礼申し上げますとともに、2年後のICMaSS2023の開催にも、ご支援とご協力を賜りますよう、お願い申し上げます。

(五十嵐 信行)



◎プロジェクト紹介

国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出(DEJI<sup>2</sup>MA)プロジェクト

**2** 021年4月1日より「国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト-DEJI<sup>2</sup>MA: Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture-」が新たにスタートしました。

本プロジェクトは、令和2年度までの5年間実施されてきた「学際的・国際的高度人材育成ライフノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト」の発展プロジェクトとして、東北大学金属材料研究所、東京工業大学フロンティア材料研究所、名古屋大学未来材料・システム研究所、東京医科歯科大学生体材料工学研究所、大阪大学接合科学研究所、早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構の6大学6研究所が連携して取り組みます。前プロジェクトで培われてきた研究成果、ネットワークを発展・強化させ、「バイオ・医療材料分野」、「環境・エネルギー材料分野」、「情報通信材料分野」の3分野における課題解決とイノベーション創出を目指します。具体的には、新概念「インヴァースイノベーション」に基づき、社会的ニーズを起点に「コア出島」で課題設定し、6

大学6研究所の専門性の垣根を越えた「マルチ出島」を通じて、人と知の循環で課題解決を図ります。これにより、単独拠点だけでは課題設定すら困難であった研究課題に対し、スピード感をもった課題解決と社会実装の迅速化を目指すという、新しいスタイルの共同研究プロジェクトとなっています。

未来材料・システム研究所は、環境・エネルギー分野を先導しており、資源・エネルギー・環境問題の解決に寄与する新しい材料技術の創製を目指した研究を進めています。材料創製部門 教授 長田 実(ナノ材料化学)、内山知実 教授(計算流体力学)、中西和樹 教授(多孔質材料)、小澤正邦 教授(環境浄化触媒)、水口将輝 教授(スピニエレクトロニクス)がコアメンバーとして参画し、材料設計からプロセス、機能、応用までをシームレスに連携できる体制となっております。本プロジェクトを通じ、世界を先導する新しい環境・エネルギー材料技術を創成し、研究所のミッションである省エネルギー・創エネルギー技術への貢献とマテリアル革新力の強化を目指します。(長田 実)





研究報告

01

## 世界初!深宇宙探査用デトネーションエンジンの 宇宙飛行実証に成功

名古屋大学未来材料・システム研究所、大学院工学研究科の研究グループ(笠原 次郎 教授、松山 行一 特任教授、松岡 健 准教授、川崎 央 助教、渡部 広吾輝 助教、伊東山 登 特任助教、後藤 啓介 特任助教、石原 一輝 博士後期課程2年、ブヤコフ バレンティン 博士前期課程2年、野田 朋之 博士前期課程2年、秋元 雄希氏、菊地 弘洋氏ら)は、慶應義塾大学(松尾 亜紀子 教授)、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)宇宙科学研究所(船木 一幸 教授、羽生 宏人 准教授、竹内 伸介 准教授、山田 和彦 准教授、荒川 聡氏、増田 純一氏、前原 健次氏、中尾 達郎氏)、国立大学法人室蘭工業大学(中田 大将 助教、内海 政春 教授)との共同研究で、デトネーションエンジンの宇宙飛行実証に世界で初めて成功しました。

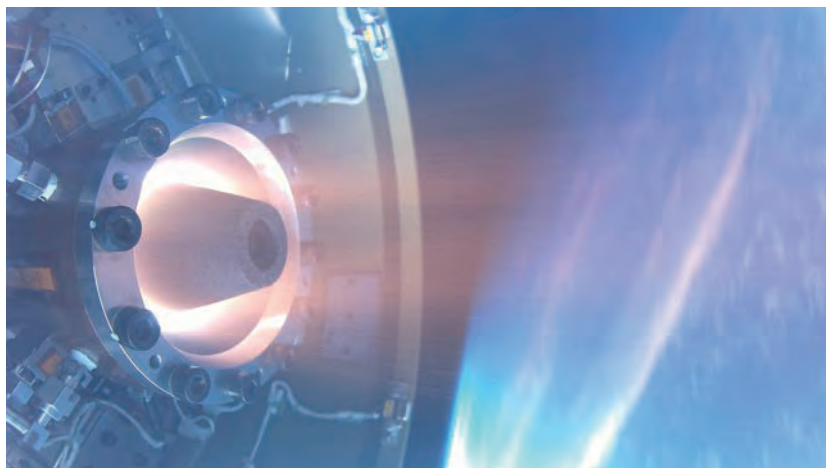
本研究で開発したデトネーションエンジンシステムは、観測ロケットS-520-31号機のミッション部に搭載されて、2021年7月27日午前5時30分にJAXA内之浦宇宙空間観測所から打ち上げられました。第1段のロケット分離後、宇宙空間にて、回転デトネーションエンジン、パルスデトネーションエンジンが正常に作動し、画像、圧力、温度、振動、位置、姿勢データが「テレメトリ」及び「展開型エアロシェルを有する再突入カプセルRATS(JAXA山田和彦准教授の研究グループが開発)」の洋上回収によって取得できました。

デトネーションエンジンは極めて高い周波数(1~100 kHz)でデトネーション波や圧縮波を発生させることにより反応速度を格段に高めることで、ロケットエンジンを革新的に軽量化し、また、推力を容易に生成することで高性能化します。本宇宙飛行実証実験の成功によって、デトネーションエンジンは、深宇宙探査用キックモーター、ロケットの初段・2段エンジン等としての実用化に大きく近づくこととなります。

本研究の成果は、飛行データの詳細解析後、学術論文誌にて公開予定です。

本研究は、2014~2021年度JAXA宇宙科学研究所宇宙工学委員会戦略的開発研究(工学)、2014~2016年度NEDOエネルギー・環境新技術先導研究プログラム、2019~2023年度日本学術振興会科学研究費補助金特別推進研究の支援のもとで行われ、デトネーションエンジンシステムの開発は、株式会社ネッツ(中村 秀一 社長、豊永 慎治氏、原田 修氏、河野 秀文氏、山本 文孝氏、川本 昌司氏、東野 和幸氏)、明治電機工業株式会社(味田 直也氏、神藤 博実氏、堂山 一郎氏、加藤 辰哉氏)の協力のもと実施され、また、制御・計測システムには日本ナショナルインスツルメンツ株式会社の製品(CompactRIO・LabVIEW)が使用されました。

※本誌3ページ特集記事もご覧ください。



回転デトネーションエンジン(RDE)の宇宙空間での世界初の作動の瞬間。画面左の楕円形の発光部分が二重円筒型の回転デトネーションエンジンの燃焼器部分。推力は約500N。画面右は宇宙空間から撮影された地球。本画像データは展開型エアロシェルを有する再突入カプセルRATSにて洋上回収した。

【©名古屋大学, JAXA】



研究報告◎

02

## 脱炭素社会に向けて新技術! ～AI利用で高品質な6インチのSiC結晶成長の開発を 短期間で実現～

名古屋大学未来材料・システム研究所の朱 燦 (シュ サン) 特任助教、宇治原 徹 教授らの研究グループは、直径6インチのSiC(シリコンカーバイド、炭化ケイ素)単結晶基板を、高品質な結晶成長(結晶を作ること)が可能である「溶液成長法」を用いて作製することに、世界で初めて成功しました。

脱炭素社会の実現に必要な技術として、パワー半導体が大きな注目を集めています。パワー半導体で作られるパワーデバイスは、電気自動車(EV)や鉄道、エレベータ等、大きな電力を使うモータの制御部分や、太陽光発電や風力発電などの自然エネルギーの電力制御に不可欠です。SiCは、エネルギーロスの少ないパワー半導体として大変注目されており、すでに一部で実用化されています。しかし、SiCのパワーデバイスは歩留まりが悪く、コストが高いという課題がありました。コストを下げるには基板結晶の高品質化が不可欠です。

「溶液成長法」は、従来のSiC結晶の作製方法とは異なり、この方法で作製する結晶基板は欠陥と言われる結晶配列の乱れが大変少なく、高品質である一方、実用化に必要な6インチの大口径基板の実現には至っていませんでした。大口径のSiC結晶基板を作製するには、非常に多くのパラメータ(変更できる条件)の最適値を見出す必要があり、技術の確立には10年から20年の開発期間が必要と考えられてきました。今回の開発では、高品質結晶成長

を実現できる「溶液成長法」に、プロセスインフォマティクスというAIの技術を組み入れることで、最適な条件を素早く見出す技術を確認し、2年余りという圧倒的な開発スピードで実現することができました。

本研究グループは、今回開発した高品質SiC結晶基板の製造販売を行うための名古屋大学発ベンチャー株式会社UJ-Crystal(<https://ujcrystal.co.jp>)を設立し、共同で社会実装を目指します。

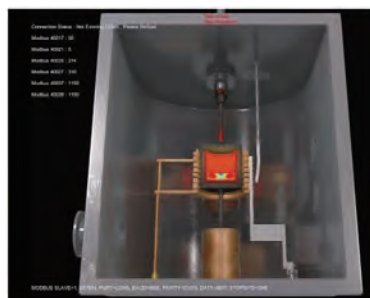
本研究成果は、2021年10月24日(日)～28日(木)に開催された欧州SiC関連材料国際会議「European Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2020-2021(講演番号We-P-43)」にて発表されました。

### 【論文情報】

会議名:欧州SiC関連材料国際会議 European Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2020-2021 (講演番号We-P-43)、2021年10月24日～28日、フランス、トゥール

論文タイトル:"6-inch SiC crystal growth by solution method assisted with AI technology

著者:C. ZHU, W. YU, K. SUZUKI, Y. DANG, T. FURUSHO, S. HARADA, M. TAGAWA, T. UJIHARA



コンピュータ内に再現した結晶成長装置で最適化を行い圧倒的に短い期間で6インチSiC基盤を実現





## 研究報告

## 03

## カーボンナノチューブ1本で視えないアンテナを開発! ～超小型センサーなどIoT分野への応用に期待～

名古屋大学未来材料・システム研究所の大野 雄高 教授は、株式会社豊田中央研究所の舟山 啓太 研究員らとの共同研究で、大規模なデジタルデータを受信可能なカーボンナノチューブ(CNT)1本から成る極微小アンテナを開発しました。

この極微小アンテナは、到来電波の信号を、アンテナ自身である片持ち梁状のCNTの機械振動に変換することでデータ受信を可能にする、従来のアンテナとは異なる原理で機能するアンテナです。このアンテナは、高い機械強度と優れた電気伝導性を有するCNTを用いることで、ナノスケールでありながら、安定した高精度のデータ伝送を実現しました。また、デジタル信号処理技術と組み合わせることで、ノイズ下においても0.93bit/Hzという高い通信性能を達成しました。これは80 MHzの帯域幅において約70 Mbpsの通信速度を実現可能であるこ

とを意味しており、従来のテキストや画像データ、ビデオ通話さえ可能な通信性能です。この技術は、将来的に通信システム、人や物を検知するセンシングデバイスの超小型化を介してIoT分野への貢献が期待されます。

本研究成果は、2021年10月22日付科学雑誌「ACS Applied Nano Materials」にオンライン掲載されました。

## 【論文情報】

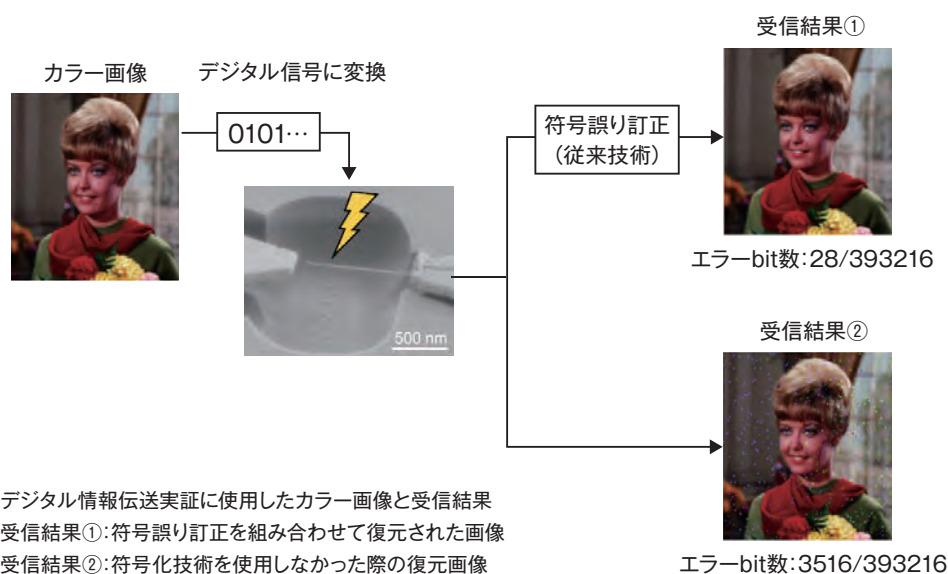
雑誌名: ACS Applied Nano Materials

論文タイトル: Carbon Nanotube-Based Nanomechanical Receiver for Digital Data Transfer

著者: 舟山 啓太、田中 宏哉、廣谷 潤、島岡 敬一、大野 雄高、田所 幸浩

DOI: 10.1021/acsnm.1c02563

URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsnm.1c02563>





研究報告◎

04

## 世界最高エネルギーの衝突型加速器LHCにて ニュートリノ反応候補を初めて観測 ～ニュートリノ実験の新しい視点～

ニュートリノは、極端に小さい質量を持ち世代間で大きく混合しているなど異質な存在であり、未だ謎が多く、未知の枠組みの解明への手がかりとなることが期待されています。1GeV 程度のニュートリノを研究する大型のハイパーカミオカンデ計画が進行中ですが、一方で 1TeV(1000GeV)程度の高エネルギー領域でのニュートリノ研究は未開拓であり、衝突型加速器(コライダー)からのニュートリノはこれまでに直接観測されたことがありませんでした。本研究では、欧州原子核研究機構(CERN、セルン)の大型ハドロンコライダー(LHC)を用いて未開拓の高エネルギー領域でのニュートリノ研究が可能なることを見出し、LHC でのニュートリノ実験を初めて立ち上げました。現在の加速器によって生成できる最高エネルギーのニュートリノを研究し、未知の高エネルギー領域において 3 種類のフレーバーのニュートリノに素粒子標準理論を超えた物理の影響があるかを検証することを目指しています。

名古屋大学大学院理学研究科・素粒子宇宙起源研究所の中野敏行講師、未来材料・システム研究所の中村光廣教授、六條宏紀特任助教、佐藤修特任講師、九州大学基幹教育院の有賀智子助教、千葉大学大学院理学研究院・ベルン大学 AEC-LHEP の有賀昭貴准教授、九州大学先端素粒子物理研究センターの音野瑛俊助教、高エネルギー加速器研究機構(KEK)素粒子原子核研究所の田窪洋介研究機関講師、そして稲田知大博士研

究員らを始めとする FASER(フェイザー)国際共同実験)グループは、史上初めて世界最大・最高エネルギーの衝突型加速器 LHC からのニュートリノ反応候補の観測に成功しました。

本研究では、CERN にある LHC のビーム軸上にて、2018 年に小型のニュートリノ検出器を設置してデータを取得しました。ニュートリノは LHC の陽子陽子衝突で生じる様々な粒子の崩壊によって生じますが、反応する確率は非常に小さいです。約 2000 万本ものミューオンが検出器に記録されたのに対し期待されたニュートリノ反応は 10 事象程度でした。膨大な背景事象を処理するために高飛跡密度での飛跡再構成アルゴリズム等の技術開発を行い、ニュートリノ反応候補の探索を行いました。さらに、粒子の角度情報など幾何学的パラメータを用いた多変数解析により背景事象の分別を行い、LHC におけるニュートリノ反応候補の初検出を実現しました。

これまでコライダー実験とニュートリノ実験は別々の研究領域としてみなされてきました。今回の実験結果は両者のシナジーを生み、今後のコライダーを用いた高エネルギーニュートリノ実験への道を拓くものです。今後、FASER 国際共同実験は 2022-2024 年に本格的な実験を予定しており、LHC 陽子陽子衝突に起因する未知粒子探索および高エネルギーニュートリノ測定を実施します。

本研究成果は、2021年11月24日(EST)に米国科学雑誌「Physical Review D」に掲載されました。

### 【論文情報】

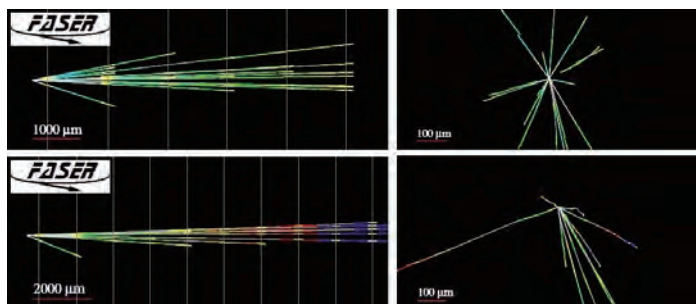
タイトル: First neutrino interaction candidates at the LHC

著者名: Akitaka Ariga, Tomoko Ariga(責任著者), Tomohiro Inada, Mitsuhiro Nakamura, Toshiyuki Nakano, Hidetoshi Otono, Hiroki Rokujo, Osamu Sato, Yosuke Takubo, et al.

全 75 名(アルファベット順)

雑誌名: Physical Review D

DOI: 10.1103/PhysRevD.104.L091101



LHCにて初観測したニュートリノ反応候補のうちの2例。左側の図は左から、右側の図は紙面に垂直な方向からビームが来ています。各線分は反応で生じた粒子の飛跡を表しています。

## 第7回 エネルギーシステムシンポジウム「大きく変わりはじめた世界の電力事業」

2021年 7月27日(火) 13:00~17:00 開催方法:ハイブリッド開催(Zoom Webinar)

**第**7回シンポジウムは題記をテーマとし、講演者および聴講者はオンライン接続し、ベンチャーホール演台にて行った事務局側の挨拶や趣旨説明の様子を配信するハイブリッド形式で開催しました。

最初に基調講演として、松岡豊人氏(海外電力調査会)より世界の電気事業者を取り巻く経営環境の変化と欧米の動向について、続いて、李志東教授(長岡技術科学大学)より中国における脱炭素社会構築に向けた電力分野の取り組みと将来の展望について、最後に、Hassan Bevrani教授(クルディスタン大学)よりイランの

電力システムを事例としたデータ駆動型周波数応答モデルについて、それぞれご講演いただきました。

参加者は129名に上り、世界の電力事業に関する興味深い情報が沢山紹介され、時間内で回答しきれないほどの多数の質問が寄せられました。



## 第6回 エネルギー技術アカデミー 「風力発電にみるイノベーションの歴史 ~事故や故障から培ったこと~」

2021年 9月17日(金) 16:00~17:30 開催方法:オンライン開催(Zoom)

**エ**ネルギー技術アカデミーは、経験豊かな講演者に技術や製品に関わる成功例や失敗例について話題をご提供いただき、若手への技術伝承に貢献することを目指しています。

第6回目となる今回は、講師にジャパン・リニューアブル・エナジーの創業者で現会長の安茂氏をお招きし、風力発電、特に陸上風力発電の仕組みや歴史を始め、落雷・台風・地震による事故事例をご紹介いただき、今後の対策と課題についてご講演いただきました。

講演後は活発な質疑応答が行われ、普段あまり聞く機会のない『失敗例』にフォーカスされているところが新鮮で、なかなか目にする事のない写真を見ることもできて大変興味深かったという感想を多数いただきました。



## 第4回 市民公開講座・さいえねカフェ「地産電力とスマートシティの実現に向けて」

2021年 10月16日(土) 14:00~17:00\* 開催方法:オンライン開催(Zoom Webinar)

\*市民公開講座 14:00~16:00 さいえねカフェ 16:15~17:00

**第**4回市民公開講座は第17回名古屋大学ホームカミングデイの一環として開催し、「地産電力とスマートシティの実現に向けて」をテーマとする2つの講演と討論の様子をオンラインで配信しました。

最初に、前寄附研究部門教授の舟橋俊久氏(現琉球大学客員教授)より、離島における電力供給の現状と電力の地産地消の具体例および今後の展望についてご紹介いただき、続いて、平形直人氏(岡崎さくら電力)より、地域新電力としての役割を担う岡崎さくら電力の事業スキームと岡崎市のスマートシティ実現に向けた最

新の取り組みについてご講演いただきました。参加者は86名に及び好評でした。

市民公開講座終了後、再生可能エネルギーについて少人数でくつろいで語り合う『さいえねカフェ』を開催しました。



(以上3報告とも、エネルギーシステム寄附研究部門 杉本 重幸)

## 第17回名古屋大学ホームカミングデイ「Virtual IMaSS」公開

2021年 10月16日(土) 開催方法: オンライン 動画公開10月16日(土)~31日(日)

2021年の第17回名古屋大学ホームカミングデイは創基150周年を記念し、「創基150年の歩みとその先の未来へ」をメインテーマとして2021年10月16日に開催されました。新型コロナウイルスの影響により残念ながら今年もオンラインでの開催となりましたが、未来材料・システム研究所では、「地産電力とスマートシティの実現に向けて」と題した市民公開講座をオンラインでライブ配信するとともに、「バーチャルを疑似体験!? 未来材料・システム研究所ってこんなところ!」というテーマで「Virtual IMaSS」と題した動画を公開しました。

この動画は、未来材料・システム研究所にある研究館「C-TECs」や超高压電子顕微鏡施設等をVRアニメ化し、アバターが建物内や研究内容を説明して回るというものです。通常のホームカミングデイでは、実際に研究所へお越しいただき研究館や超高压電子顕微鏡施設を直

接見学できるのですが、ホームカミングデイがオンライン開催のため実際の見学ができない中で、何とか研究所を紹介したいということで作成したものです。動画は「IMaSSの紹介/C-TECs 1階」編、「大階段/学生研究スペース」編、「実験室/SiC結晶成長炉」編、「超高压電子顕微鏡施設」編の4つから構成されており、来訪者の興味に応じてそれぞれ視聴が可能です。Virtual IMaSSは10月16日から31日まで公開され、155アクセス、146回の再生がありました。

VRアニメの作成は研究所としては初めての試みであり、研究所内外からご意見をいただきながら、研究所の魅力をどのように伝えることができるか今後もいろいろな形を検討していきたいと思っております。

広報委員会 山本 俊行



<https://www.imass.nagoya-u.ac.jp/virtualLab/>



### 青色LED基金のご案内



青色LEDを作った窒化ガリウム(GaN)は、未来の暮らしを支える重要な鍵。研究開発にみなさまのご協力をお願いいたします。

ご寄附のお申込み、お問い合わせは、名古屋大学 未来材料・システム研究所 青色LED・未来材料研究支援事業事務局 へお願いいたします。詳しくはホームページをご覧ください。

青色LED基金



<https://www.cirfekikin.imass.nagoya-u.ac.jp/>

