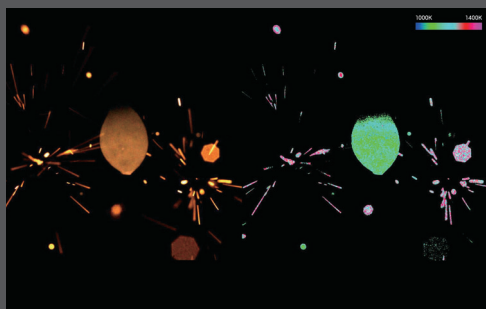
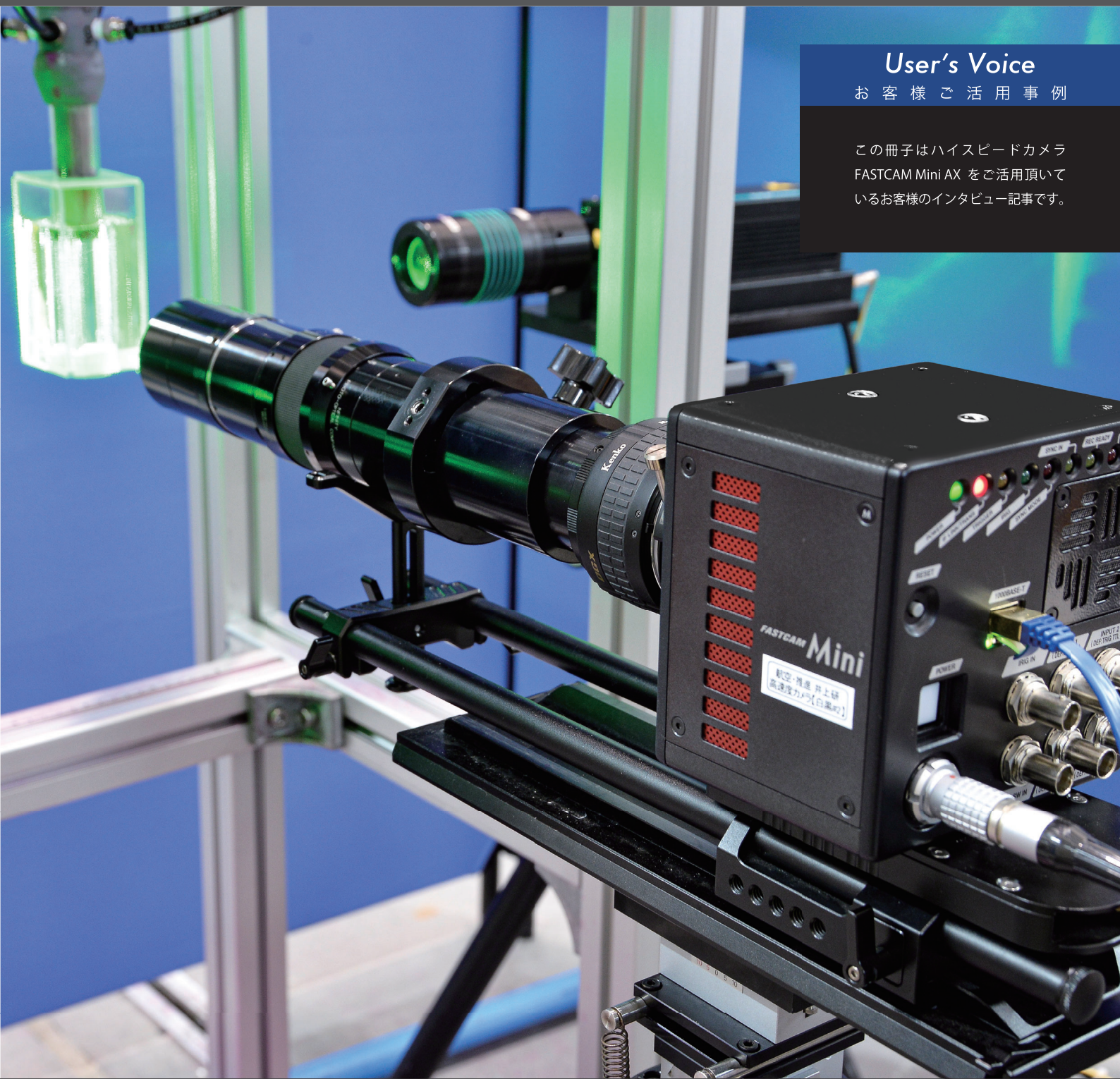


User's Voice

お客様ご活用事例

この冊子はハイスピードカメラ
FASTCAM Mini AX をご活用頂いて
いるお客様のインタビュー記事です。



液滴の連鎖的な分裂現象の発見と解明
-線香花火の科学-

カメラで撮影した現象を数式にする
フोटロンのカメラは実験研究に
無くてはならないもの。

九州大学大学院 工学研究院
航空宇宙工学部門

井上 智博 准教授

カメラで撮影した現象を数式にする フォトロンのカメラは実験研究に無くてはならないもの。



九州大学大学院 工学研究院
航空宇宙工学部門
准教授・博士(工学) 井上 智博 (いのうえ ちひろ) 様

アルテミス計画で日本が担う宇宙機の研究開発に貢献。 ロケットエンジンの内部流動をカメラで撮影。

アルテミス計画とは米航空宇宙局 (NASA) が先導し、日本やEUも参加しながら、月面探査や月面基地建設などをめざす国際的な大型プロジェクトです。有人火星探査など将来の宇宙開発の架け橋として注目されています。この計画で日本が担当するミッションの一つは、月を周る軌道に物資を届けることにあります。そのロケットエンジンの設計にわれわれの研究成果が貢献しています。具体的には、ロケットエンジンの内部現象をカメラで撮影することで、「エンジンの性能がどうやって決まっているのか?」「壁の冷却技術がどれぐらいの能力を持つのか?」といった性能と熱特性の両方を予測可能な新しい物理モデルを構築しました。

このように本研究室では、航空機やロケットエンジンなどの推進工学分野を中心に研究を行っています。高速で複雑な熱流体現象をカメラで撮影して、その本質をエレガントに記述する数式を導くことで、現象を普遍的に理解することが可能になります。その他、線香花火などの身の回りの美しい現象にも興味を持って研究し、長年の謎を解き明かしてきました。

赤外線高速カメラを使った CO₂ の可視化

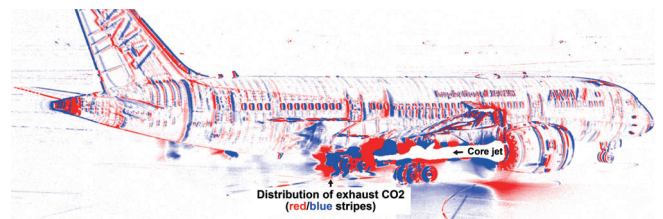
CO₂ 排出量が多い大型の航空機は、完全な電動化が難しく、今後も炭化水素燃料を燃焼させてジェットエンジンを駆動することが予想されています。燃料を SAF (Sustainable Aviation Fuel) へと次第に切り替えるなど、航空業界では CO₂ を一刻も早く減らす努力が続けられています。

CO₂ の可視化を切望していたところ、1年ほど前に、フォトロンから FLIR 社の赤外線高速カメラ^{*1}を紹介されました。観察する波長を選択することで、肉眼では透明で見えない気体である CO₂ を選択的に可視化できます。CO₂ の排出源を直接観察できる点が今までにない革新的な新技術になります。

このカメラによって、CO₂ の排出状況をリアルタイムに見ることができ、流体シミュレーションと組み合わせることで、排出源から出た CO₂ がどのように拡散していくかがわかるようになります。これを発展させたら天気予報のように、CO₂ 予報が実現できますね。「本日はこのエリアは CO₂ が多いのでお出掛けにはご注意ください…… (笑)」将来的には、大気中の CO₂ を効率的に回収する方針を立てたり、CO₂ を集めやすい建物を設計するなど、新しい「脱炭素」アプローチとして役立つと期待して研究を行っています。

^{*1} FLIR 社の赤外線高速カメラはフォトロンが代理店をしています。

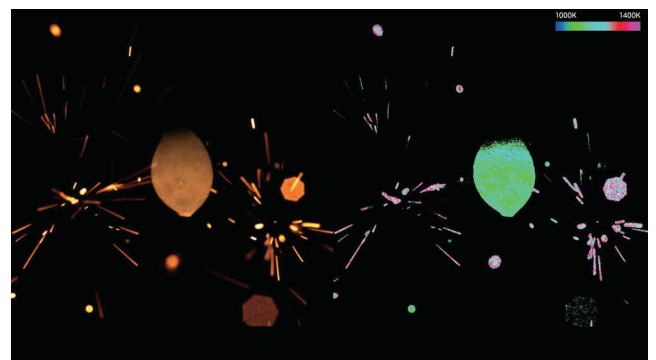
エンジンから CO₂ が出てどこを流れているかが一目でわかる。 世界初の CO₂ 排出源の可視化



航空機排出 CO₂ の直接イメージング

この映像は福岡国際空港株式会社様と全日本空輸株式会社様のご協力のもと、福岡空港で2日間かけて、飛行機が排出する CO₂ の撮影を実施した結果です。「エンジンが CO₂ を排出すること」そして「エンジンから出た CO₂ がどこを流れるか」が一目瞭然です。世界で初めて、運航中の飛行機から排出される CO₂ を直接撮影することに成功しました。

ハイスピードカメラが線香花火の不思議を解明



(左) 可視光ハイスピードカメラで捉えた線香花火の様子 (右) 左の映像で温度計測を実施した線香花火の様子

江戸時代に始まった線香花火は令和の時代になっても、夏の風物詩として親しまれています。ふと、フォトロンのカメラを使って線香花火を見てみようと思いました。撮影した映像を見て、びっくりしたことを鮮明に覚えています。

こちらの動画は1秒間に10万コマで撮影しました。ピント合わせが難しく、会心の動画を撮るのに徹夜の作業になりました。そこで見たのは、火の現象でなく、まさに水の現象でした。例えば、高温の液滴が繰り返し分裂することで、火花が枝分かれすることが分かりました。これまでの常識では、1個1個の液滴は1回しか分裂しません。1回分裂した液滴はそのまま飛んでいくだけです。それなのに線香花火では、飛び出した液滴が10回も続けざまに分裂して、驚きました! 「液滴の連鎖分裂」という新現象が世界で初めて発見された瞬間です。

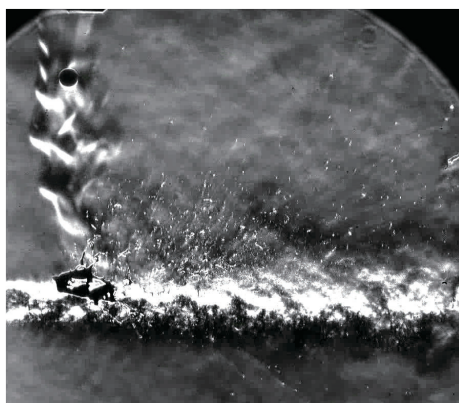
放射率フリーの温度計測を実施したところ、線香花火の色は、燃える色ではなく、溶ける色であることが明らかになりました。誰もが知る現象でありながら、実は誰も知らない現象が身の回りにたくさんあることを学ぶことができました。

フォトロンのカメラを使うことで、江戸時代以来の謎であった線香花火の儂い美しさの原理が解き明かされました。そして、線香花火を描く美しい数式を導くことにも成功しました。

液体金属も面白い

最近、金属3Dプリンタのニーズが急速に高まっています。金属の粉を敷き詰めて、溶かして固めることで、今まで作れなかった複雑な形状を実現できるのが特長です。どこにもネジを必要としない完成品を、そのまま立体的に造形できます。

その際、金属の粉のクオリティが重要です。もの凄く速い水滴群や気流を、液体金属の塊に衝突させると、小さな液体金属に砕けて、それが冷えて粉になります。この粉ができるプロセスを明らかにすることで、高品質の「粉」をどう作れば良いか分かるため、大きなメリットがあります。



液体金属粉砕過程の詳細な高速観察



システム外観図

研究室の実験では、融点が240度のスズを使って、金属の粉づくりプロセスを明らかにしています。例えば、気体の密度勾配が見えるシュリーレン光学系に、フォトロンカメラと、閃光時間10ナノ秒の高繰り返しパルス光源を同期させて組み込むことで、超音速気流の衝撃波構造を鮮明に観察できます。そして、衝撃波構造と液体金属を上手く衝突させることで、球形の微小粉末を製造できることが分かってきました。

出来た金属粉を分析していた従来の静的なアプローチを脱却して、金属粉ができるまでの動的なプロセスを明らかにできる有効なツールとして、フォトロンカメラは欠かせません。

フォトロンのカメラとの出会い

10年ほど前に、高速現象を撮影したいと思い、フォトロンに問い合わせました。営業担当者がどうすればよい絵が撮れるか、熱心に検討して下さいました。世界で初めてデジタルハイスピードカメラを開発した会社であることを知り、映像にとことんこだわる姿勢を目の当たりにしました。国内メーカーであることも魅力的です。実は今年、うっかりカメラのセンサーを汚して、やってしまったと思った時にも迅速に対処してもらい、安心しました。特に今は円安で、海外製は高価格な上にメンテナンスの即応性でも不安があります。

フォトロンは、どの営業担当、そして技術担当の方も、提案力があり助かっています。心打つ映像を生み出すには、カメラや光学系のスペックに加えて、撮影者の情熱と経験がものを言います。フォトロンと初めて出会って以来、最高のスタッフ・カメラ・サポート・提案のおかげで、美しい映像を撮影できています。感謝！

2つの動画をくっつけて見ることもできる！

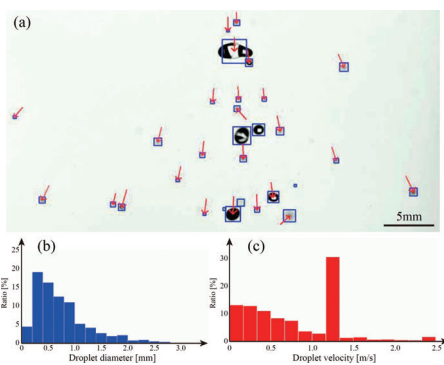
ハイスピードカメラがなかった頃は、高速の現象をじっくり観察することは困難でした。ハイスピードカメラがあれば、現象をスロー映像で確認できるので、格段に理解が進みます。また、美しい映像は人を惹きつける有効なツールです。

九州大学に赴任したタイミングで、フォトロンのカメラを新たに導入しました。前機種と比べると、格段に軽量化され感度も高くなっており、非常に満足しています。他のメーカーのハイスピードカメラでは難しい実験もあります。

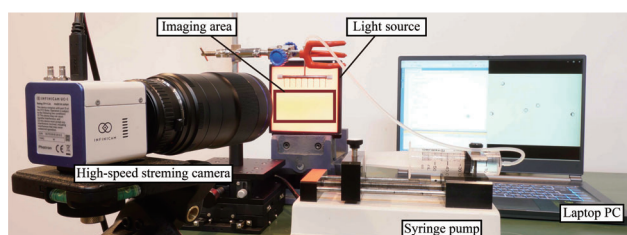
ソフトウェアも、映像をどう見せると効果的か、よく考えて開発されています。2つ以上の動画を1つの動画に統合して再生できて、これが地味ですがとても便利です。論文やプレゼン資料を作成する際に重宝しています。制御ソフトにも画像解析の機能が搭載されていて、映像へのこだわりを具現化してくれます。フォトロンのカメラシステムは、期待以上の映像を実現してくれます。

INFINICAM^{※2}なら炭酸の泡をリアルタイムに追跡できる

フォトロンから新しく出たINFINICAMは、高速かつリアルタイム性が必要な場面でも、唯一無二のツールになります。これまでのハイスピードカメラは、いったん全ての画像データをカメラに保存するので、現象をパソコンの画面で確認するときには、その現象はとっくに終わっています。しかし、画像データを逐次パソコンに転送するINFINICAMなら、現象が起こっているそばから画像解析して、リアルタイムに定量化できます。画像処理プログラムもユーザーが開発でき、自由度が高いことが魅力です。



気泡や液滴のリアルタイム追跡と統計量解析

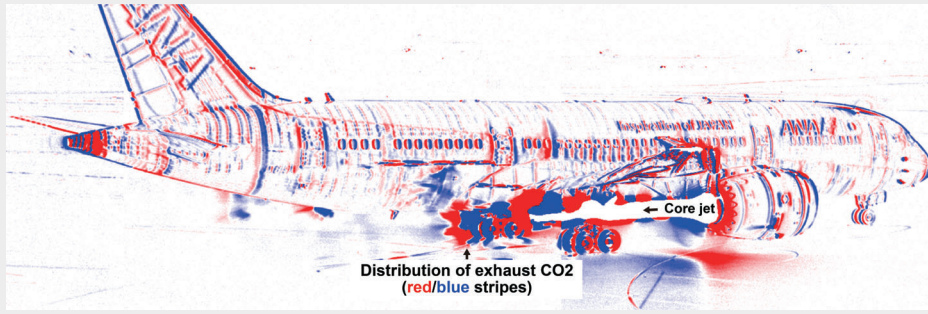


システム外観図

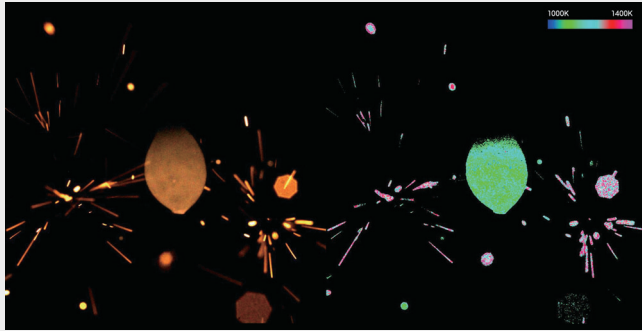
例えば、炭酸水ペットボトルを開栓した瞬間や、スプレーを噴いたその瞬間から、1kHz以上の撮影速度で全ての気泡や液滴を追跡しながら、速度と直径をリアルタイムに計測することに成功しました。わずか数秒で統計量まで取得できるのは画期的です。他にも、ロボット研究者と協力して、画像をリアルタイム解析することで、フィードバック制御を実現するなど、新しい研究にも挑戦しています。フォトロンの開発力のおかげで、研究のフィールドが広がっています。

※2 120万画素の画像データを1000コマ/秒のリアルタイムで高速画像処理ができるハイスピードカメラ

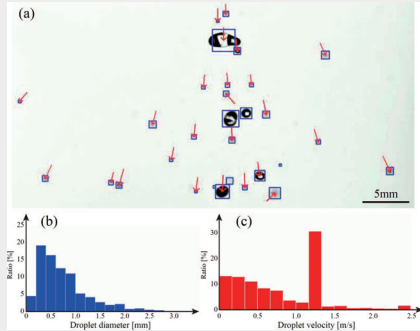
フォトロンのカメラを使って、高速現象を鮮明に観察できるようになりました。私の研究室で行う実験はシンプルで、幸いフォトロンのカメラと相性が良いです。このまま良いカメラを作り続けてほしいです。これからも世界に誇るフォトロンの開発力に期待しています。



航空機排出CO2の直接イメージング



液滴の連鎖的な分裂現象の発見と説明
-線香花火の科学-



気泡や液滴のリアルタイム追跡と統計量解析

スローモーション動画集 「未体験映像の世界」 配信中

未体験映像

検索



サービス案内

導入支援

用途・目的にあった最適な製品、サービスをご提案します。また無償デモで事前検証が可能です。

販売

用途・目的にあった製品をシステムアップして販売します。お客様の円滑な導入までサポートします。

レンタルサービス

最短1週間から利用可能です。短期間利用にはこちらがおすすめです。

受託撮影/ 受託解析サービス

専用スタッフが、お客様の課題に添った最適な撮影～解析まで行います。
撮影～解析後、データをお渡しします。

アフターサービス

無償サポートサービスで製品、サービス導入後も運用をサポートします。
導入後も安心してご利用頂けます。

お問い合わせ窓口：システムソリューション事業本部

E-mail : image@photron.co.jp

Photron

株式会社 フォトロン

本社 〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-105 神保町三井ビルディング21階
TEL.050-5211-8270 FAX.03-3518-6279

名古屋営業所 〒460-0002 名古屋市中区丸の内1-5-28 伊藤忠丸の内ビル
TEL.052-232-2149 FAX.052-201-1269

豊田営業所 〒470-1206 豊田市永覚新町3-47-1
TEL.0565-30-0029

大阪営業所 〒530-0055 大阪市北区野崎町9-8 永楽ニッセイビル
TEL.06-7711-9066 FAX.06-7711-0266

福岡営業所 〒814-0001 福岡市早良区百道浜2-1-22 福岡SRPセンタービル
TEL.092-687-5551 FAX.092-687-5552

インターネットホームページ <https://www.photron.co.jp/>

記載の意匠や仕様は、予告無しに変更されることがあります。
記載の製品名等は、各社の登録商標または商標です。