

補助事業番号 2019M-125

補助事業名 2019年度 蛍光トレーサ粒子による非接触な温度・熱輸送計測システムの開発
補助事業

補助事業者名 山梨大学 大学院総合研究部 工学域 鳥山研究室 鳥山孝司

1 研究の概要

本事業では、蛍光トレーサ粒子と高速度カメラを用いて温度や速度場を計測し、非接触に熱輸送量を得る手法の開発に取り組んだ。具体的には、(1) 流体中に散布した蛍光トレーサ粒子の蛍光強度から温度を計測する温度計測技術、(2) 時々刻々と撮影した蛍光トレーサ粒子の画像から位置情報を算出して流速を得る速度計測技術、の2つの組み合わせである。前者では液体内部の温度分布を精度よく得ることが必要不可欠である。補助事業実施者は、まず蛍光トレーサ粒子の蛍光から温度を得る事を試みた。蛍光トレーサ粒子からは温度の傾向は得られるものの高い精度が実現できなかったため、周囲の液体に蛍光染料を混ぜる手法に取り組み、高精度の温度計測を実現した。また、本手法では単一の蛍光染料のみで計測を行うため、従来の2種類の蛍光染料を用いる手法よりも長時間計測可能になった。後者では、異なる視点からのカメラ画像から、最小自乗近似により実際の位置を算出するDLT法を用いて蛍光トレーサ粒子の位置を算出する仕組みを構築した。これを時系列でデータを処理することで蛍光トレーサ粒子の移動量を算出することで、高精度な流速の計測を実現した。

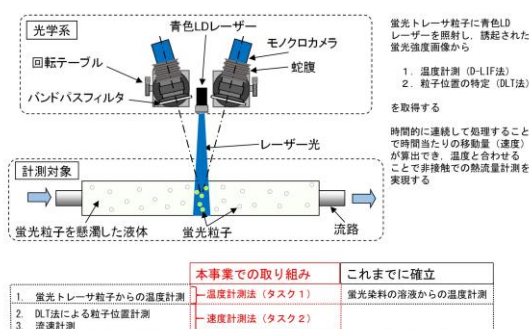
2 研究の目的と背景

近年、再生可能エネルギーの活用や省エネルギー化のため、機器の冷却や熱の回収技術として自然対流が注目されている。自然対流は比較的遅い流れであり、熱線流速計やピトー管などの接触式の流速計では流動を阻害するため正確な速度場計測は困難である。また、流体の密度差(温度差)で生じるものであるため、温度分布の計測も要求されている。そこで本研究では、蛍光トレーサ粒子の蛍光強度の温度依存性を利用した温度計測法を提供することを目的とする。また、蛍光トレーサ粒子の移動量計測と組み合わせることで、非接触な熱流量計測を実現する。

3 研究内容 (<http://www.me.yamanashi.ac.jp/lab/toriyama/>)

本事業では、自然対流のような比較的遅い流れ場を乱すことなく速度場や温度場を非接触で計測するためのシステムの構築を行った。具体的には、「(1) 流体中に散布した蛍光トレーサ粒子の蛍光強度から温度を計測する温度計測技術」及び、「(2) 時々刻々と撮影した蛍光トレーサ粒子の画像から位置情報を算出して流速を得る速度計測技術」の2つの要素技術の開発からな

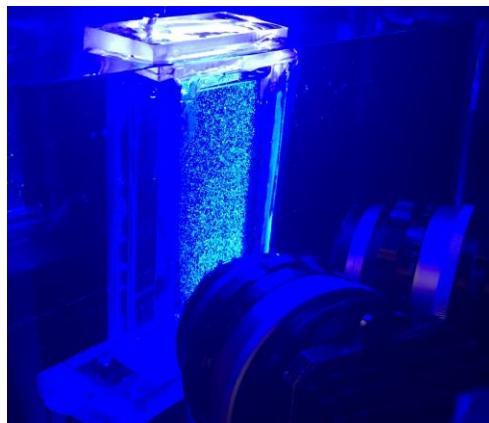
最終目標とする熱流量計測システムの概要



る。以下に、各開発項目の詳細について述べる。

(1) 流体中に散布した蛍光トレーサ粒子の蛍光強度から温度を計測する温度計測技術の開発

蛍光トレーサ粒子からの蛍光を半値全幅が10nmの狭帯域のバンドパスフィルターを用い、そのフィルターを通して得られる蛍光を高速度モノクロカメラにて画像として撮影した。2つの異なる波長帯の画像から温度の換算を試みたところ、温度の傾向は得られるものの、高い精度での計測は実現できなかった。これは、カメラと対象物の幾何学的配置の誤差要因により、カメラ毎に写り込む蛍光粒子のサイズが生じ、それに伴い蛍光輝度が大きく変動してしまうためであると考えられる。そこで、蛍光粒子の周囲の液体に蛍光染料を1種類だけ混ぜることにより温度を計測する手法に取り組んだ。その結果、蛍光染料としてローダミンBを用いることで高精度での温度計測を実現するとともに、長時間での温度計測も可能になった。



蛍光トレーサ粒子による温度計測の様子

(2) 時々刻々と撮影した蛍光トレーサ粒子の画像から位置情報を算出して流速を得る速度計測技術の開発

異なる視点からのカメラ画像から、最小自乗近似により実際の位置を算出するDLT法を用いて蛍光トレーサ粒子の位置を算出する仕組みを構築した。また、それを用いた速度計測を実現し、その計測性能について評価した。そのなかで、複数台のカメラに写り込む粒子のどれが同一の粒子であるかを知る必要があり、エピポーラ幾何学と実際の装置の幾何学的形状から効率的に粒子を検索するアルゴリズムを構築した。これにより計測時の処理速度を高めることに成功した。また、DLT法に用いる実座標算出の補完関数の高次元化にも取り組み、高精度での速度計測を実現した。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

液体内の計測に対して、これまで市販されている製品では、流量計測を行うものしかなかったのが現状である。これは、再生可能エネルギーの活用や省エネルギー化のための機器の開発に対して大きな足かせとなっていた。本事業で開発した手法では温度・速度分布を同時に高精度で得ることが可能であり、上述のニーズを満たすものとなりうる。本システムをより簡便に使える技術へと研究を進めていくことにより、製品の開発の分野での利用が加速され、ひいては省エネルギー社会への貢献に多大に寄与するものと期待される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

補助事業実施者は、熱エネルギーの有効利用に関する研究を行ってきており、主に自然対流をベースとした熱回収技術に注目している。しかしながら、実験における回収される熱量の計測は、従来から用いられている接触式の計測法では自然対流の流れを乱すため正しく得ることができず、評価そのものが困難であった。本研究はこのニーズを満たす計測法の開発であり、研究の分野のみならず工業製品の開発の現場での利用も大いに期待されるものである。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

(1) 学会発表(海外)

1. Kenji Endo, Koji Toriyama, Takumi Ono, Development of D-LIF Method Using One Fluorescent Dye, The 30th International Symposium on Transport Phenomena (ISTP 30), Vietnam, 2019, ISTP101

(2) 学会発表(国内)

1. 尾野拓海, 遠藤憲司, 鳥山孝司, 蛍光粒子からの蛍光強度を用いた液体内温度計測, 山梨講演会2019, F33, 山梨大学
2. 遠藤憲司, 鳥山孝司, 尾野拓海, 蛍光トレーサ粒子を用いた液体内の温度・速度計測法の開発, 熱工学コンファレンス2019, C141, 名古屋工業大学

(3) 展示会

1. 令和1年度やまなし産学官連携交流事業「デジタルカメラを用いた高解像な温度・速度同時計測技術の開発」鳥山孝司

(4) 論文

1. Koji Toriyama, Takumi Ono, Kenji Endo, Shumpei Funatani, Dual Emission Laser-Induced Fluorescence for Long-term Temperature Measurement, Journal of Flow Control, Measurement & Visualization (投稿中)

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

<http://www.me.yamanashi.ac.jp/lab/toriyama/> (URL)

やまなし産学官連携交流事業



【COC事業】

展示番号	研究テーマ	当該研究で応用できると想定される産業・製品・技術等	研究代表者名	コアタイム		
				A 14:00~	B 14:30~	C 15:00~
C1	野生動物調査ネットワークの構築による獣害問題対策の試み	地域連携による野生動物棲息調査を通じて地域共通理解に基づく獣害被害軽減の推進が期待される。	山梨大学 生命環境学域 (環境科学科) 国際流域環境研究センター 馬籠 純		●	●
C2	アラカルト織物パターン生成技法のコースメニュー化による技術移転の加速化	コンピュータ支援によって織物をデザインする技術を個別パッケージ化することで、技術移転の加速化を図る。	山梨大学 工学域 (コンピュータ理工学科) 豊浦 正広	●	●	
C3	南アルプス市における電子お薬手帳を用いた投薬管理構築モデル事業	南アルプス市において地域調剤薬局が参加し電子的なお薬管理システムを運用している。	山梨大学 医学域 (薬科学) 柏木 賢治			●
C4	南アルプス市北岳の雪から分離した酵母による混合培養法の検討	南アルプス市ならではのかつおワンリーのワインを創出することができると期待される。	山梨大学 生命環境学域 (ワイン科学研究センター) 柳田 藤寿	●	●	●
C5 口頭	農業施設における直接膨張方式地中熱ヒートポンプの有効性評価	夏秋イチゴのハウス空調システムとして地中熱ヒートポンプを用いた場合の一次エネルギー削減効果。	山梨大学 工学域(機械工学科) 武田 哲明 山梨県 農政部(農業技術課) 樋口 進	●	●	●



【計測領域】

計1	デジタルカメラを用いた高解像な温度・速度同時計測技術の開発	高解像な計測により熱交換器等の熱移動の詳細が明らかとなり、機器の省エネルギー化が期待される。	山梨大学 工学域(機械工学科) 鳥山 孝司	●	●	●
計2	ディスクビームプローブを用いた物体管形開口部の計測	物体内部のプロファイルや内径の信頼性の高い瞬間測定が可能。測定範囲の自由な変更可能。	山梨大学 工学域(情報メカトロニクス工学科) 金 蓮花	●	●	●
計3	公共施設における賢い電力消費のためのモニタリングの試み	建設企業・住宅メーカーなどが付加価値を備えた建物建設や施設維持管理サービスを提供できることが期待される。	山梨大学 工学域(コンピュータ理工学科) 渡辺 喜道	●	●	
計4	山梨大学機器分析センターの紹介	分析機器の学外利用対応により、研究開発に貢献できる。	山梨大学 工学域 機器分析センター 山中 淳二			●
計5	対流加熱炉内の流れ場の見える化技術	レーザー可視化技術を用いることが特徴であり、気流制御にシビアな半導体関連機器の開発において特に有用。	株式会社コアーズ 羽田 誠 山梨大学 工学域(機械工学科) 船谷 俊平	●	●	●



【土木・防災】

土1	画像認識技術を利用した耐候性鋼材橋梁の評価	土木・建設業界、橋梁、画像認識技術、品質管理。	山梨大学 工学域(情報メカトロニクス工学科) 小谷 信司		●	●
土2	画像処理を応用した道路路面の健全度評価システムの構築	国、県、市町村など、道路の維持管理業務を行っている部署が直接活用できる可能性を有している。	山梨大学 工学域(土木環境科学科) 吉田 純司			●
土3 口頭	人工知能技術の土木工学応用に関する諸研究	構造物の維持管理における業務の大幅な効率化や、災害の予測・把握精度の向上が期待される。	山梨大学 工学域(土木環境科学科) スマート社会基盤創造研究ユニット 宮本 崇	●	●	●
土4	橋梁の振動を利用したヘルスマニタリング	橋梁の状態を振動から分析することで定量的な評価のほか、低コストかつ効率的な保全が期待される。	山梨大学 工学域(土木環境科学科) 竹谷 晃一		●	●

お問い合わせ

山梨県 産業労働部 企業立地・支援課

〒400-8501 山梨県甲府市丸の内1丁目6-1
TEL 055-223-1541 FAX 055-223-1569

山梨大学 研究推進・社会連携機構

〒400-8510 山梨県甲府市武田4丁目4-37
TEL 055-220-8758 FAX 055-220-8757



この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。

展示番号

計1

デジタルカメラを用いた高解像な温度・速度同時計測技術の開発



コアタイム
A:14:00~14:30
B:14:30~15:00
C:15:00~15:30

鳥山孝司(山梨大) 小久井大将(山梨大) 遠藤憲司(山梨大)

今後の展開 商品イメージ
応用できる分野

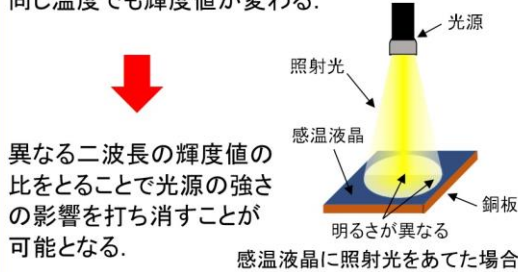
高解像度で物体表面及び流体内の熱移動を計測する

【研究背景】

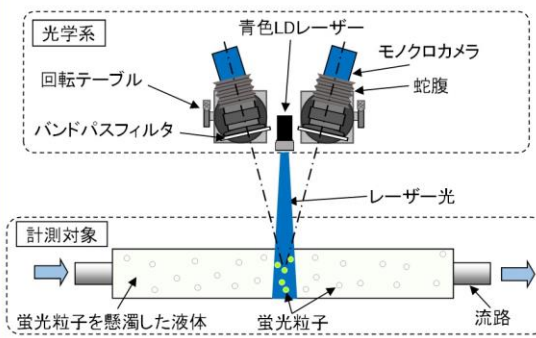
熱交換器の性能評価や発熱を伴う電子機器等の故障個所の特定には、詳細な**温度・速度分布計測**が必要である。より空間解像度を高めるために、4K(3840×2160pixel)以上の物もある**一般的なデジタルモノクロカメラ**を用いた計測法の開発をしている。

【輝度値を用いた計測】

温度によって**輝度値**が変化する**感温液晶**又は**蛍光微粒子**を用いる。しかし、輝度値を得るための光源の強さは位置によって異なる。そのため、同じ温度でも輝度値が変わる。



【計測装置の例(液体内の熱流量計測)】



【現状での本提案手法における計測性能】

感温液晶法

- 温度分解能が蛍光法より優れる
- 物体表面の温度分布計測が可能
- 測定対象物の形状の影響を受ける

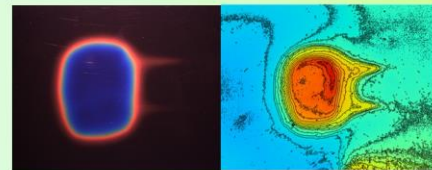
蛍光法

- 計測可能温度範囲が感温液晶法より広い
- 物体表面の温度分布計測は不可
- 気体の温度分布計測が可能

両手法とも、液体内に懸濁した微粒子を連続的に撮影することで**同時に温度・速度計測**が可能である。

本計測法における性能(評価温度範囲: 10~60°C)

	計測可能温度範囲(°C)	温度分解能(°C)
感温液晶法 (呈色温度範囲: 10~20°C)	25~51	0.04
蛍光法	10~60	0.087



物体表面の温度分布計測(感温液晶法)



液体内の温度分布計測(蛍光法)

【当該成果が応用できると想定できる製品・技術等】

- ✓ 液体内の温度分布計測及び**熱輸送量計測**
- ✓ 発熱を伴う電子機器(基板等)の表面温度分布計測
- ✓ 熱交換器や空調機器の性能評価(液体には蛍光法を、物体表面に感温液晶法を使用)

本研究内容の一部は競輪の補助を受けています

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 山梨大学工学部(ヤマナシダイガクコウガクブ)

住 所： 〒400-8511

山梨県甲府市武田4-3-11

担 当 者： 准教授 鳥山孝司(トリヤマコウジ)

担 当 部 署： 機械工学科(キカイコウガクカ)

E - m a i l: toriyama@yamanashi.ac.jp

U R L: <http://www.me.yamanashi.ac.jp/lab/toriyama/>