

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K21822

研究課題名（和文）コンピュータショナルサーモグラフィ 計算撮像技術によるサーモグラフィの革新

研究課題名（英文）Computational Thermography: Innovation of Thermography using Computational Imaging Techniques

研究代表者

高谷 剛志（Takatani, Tsuyoshi）

筑波大学・システム情報系・助教

研究者番号：90809758

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：研究期間全体を通じた成果として、二波長差分計測を応用し、二組の二波長計測から大気中における遠赤外光の減衰量を計測することで、熱物体までの距離を推定する手法を構築した。特徴として、パッシブセンシング方式であり、光源・熱源を必要とせず、熱を持つ対象物体が放つ遠赤外光放射を用いる点がある。現在のところ、数メートルから数十メートル先にある比較的高温物体までの距離を推定可能であることがわかっている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

サーモグラフィは様々な分野においてすでに活用されているが、どの分野でも計測された温度を解析することに基づいており、サーモグラフィの本質である遠赤外光の解析ではない。すなわち、サーモグラフィは温度計測としての価値しか知られていないのが現状である。本研究によって、これらの学術領域における解析を飛躍的に進化させることに貢献できるのみならず、これまでサーモグラフィを利用してこなかった分野にまで活躍の場を与えるなど、大きな波及効果が期待される。

研究成果の概要（英文）：As the outcome throughout this research, we proposed a method to estimate the distance to a thermal object by measuring the attenuation of far-infrared light in the atmosphere from two sets of bispectral measurements. The feature of this method is that it is a passive sensing method that does not require any light source or heat source, but rather utilizes far-infrared light radiated from the thermal object itself. Currently, it is demonstrated that the method is able to estimate the distance to a relatively hot object several meters to several tens of meters away.

研究分野：コンピュータショナルフォトグラフィ

キーワード：サーモグラフィ コンピュータビジョン

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

サーモグラフィは様々な分野においてすでに活用されている。建設分野ではインフラ点検に利用されており、クラックの発見や壁面湿気の検出などが提案されている。材料科学分野では、サーモグラフィを用いて熱の輸送を計測し、材料性能評価を行う。しかし、どちらの分野でも、計測された温度を解析することに基づいており、サーモグラフィの本質である遠赤外光の解析ではない。すなわち、サーモグラフィは温度計測としての価値しか知られていないのが現状である。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、「サーモグラフィは温度計測技術である」という固定観念を崩し、より多様な計測を可能にするコンピューショナルサーモグラフィを萌芽させることである。これまでサーモグラフィは物体の温度を計測するためだけの技術であると誤解されてきたが、形状計測や光学特性計測などに応用できる高い潜在性を秘めている。しかし、従来の撮像方式ではその真価を引き出すことができない。そこで、本研究では、コンピューショナルフォトグラフィ(CP)分野において発展してきた技術を活用することでその真価を引き出し、サーモグラフィを革新するコンピューショナルサーモグラフィを提案するという挑戦的かつ萌芽的な課題に取り組む。

### 3. 研究の方法

サーモグラフィは物体の温度を直接的に計測しているとはしばしば勘違いされるが、実際は、熱物体から放射される遠赤外光を計測することで間接的に温度計測を行っている。そこで、本研究では、光学系の工夫によって写真撮像を革新したCP分野の技術を活用することで、サーモグラフィの原理である遠赤外光撮像を革新する。単に波長帯が可視光から遠赤外光に変わっただけかということ、そう単純ではない。遠赤外帯においては、光エネルギーに加えて熱エネルギーについても考慮する必要があり、従来のCPで使われてきたモデルでは対処できず、光学に加えて熱力学を加味したシステムが必要となる。本研究では、コンピューショナルサーモグラフィの萌芽のため、計測システムおよび観測モデルの構築を行い、計測手法の開発を行う。

#### (1) 計測システムの構築

CPでは、光線を何らかの方法で符号化し、計算機によって復号することで従来の撮像では得られない情報を取得する。この方法論を適用するため、時間的な制御が可能な熱源を用いたアクティブセンシングシステムを構築する。熱源のオン・オフ制御や空間的な移動などによって、観測画像列に対して何らかの符号化を行えるようにする。また、波長的な符号化を行うため、狭帯域波長フィルタを連続的に変更可能な光学系を作製し、遠赤外領域のうち、特定の波長を計測できるパッシブセンシングシステムを構築する。

#### (2) 観測モデルの構築

熱源から発した遠赤外光は物体との間で工学的および熱力学的に相互作用する。光学反射する成分もあれば、物体に吸収されて熱となった後に再び遠赤外として放射される成分もある。この過程を光熱輸送モデルとして定式化し、物体形状や材質特性と観測値との関係性を明らかにする。

#### (3) 計測手法の開発

構築したモデルを用いて、物体形状や材質特性を計測するための手法を開発する。例えば、熱源の時間的な符号化によって、材質特性として、熱放射率を計測する手法や、分光情報によって物体形状を計測する手法などの開発に取り組む。

### 4. 研究成果

研究期間全体を通じた成果として、二波長差分計測を応用し、二組の二波長計測から大気中における遠赤外光の減衰量を計測することで、熱物体までの距離を推定する手法を構築した(図1)。特徴として、パッシブセンシング方式であり、光源・熱源を必要とせず、熱を持つ対象物体が放つ遠赤外光放射を用いる点がある。現在のところ、数メートルから数十メートル先にある比較的高温物体までの距離を推定可能であることがわかっている(図2)。

また、広帯域なタングステン光源を用いた平行光学系を作成し、加工した金属板を開口とすることで様々なパターンを遠赤外領域で投影可能なプロジェクタを構築した。これを用いることで、例えば、空間的に高周波な縞パターンを長時間投影することで、熱拡散の影響を空間的に解析可能になることがわかった。

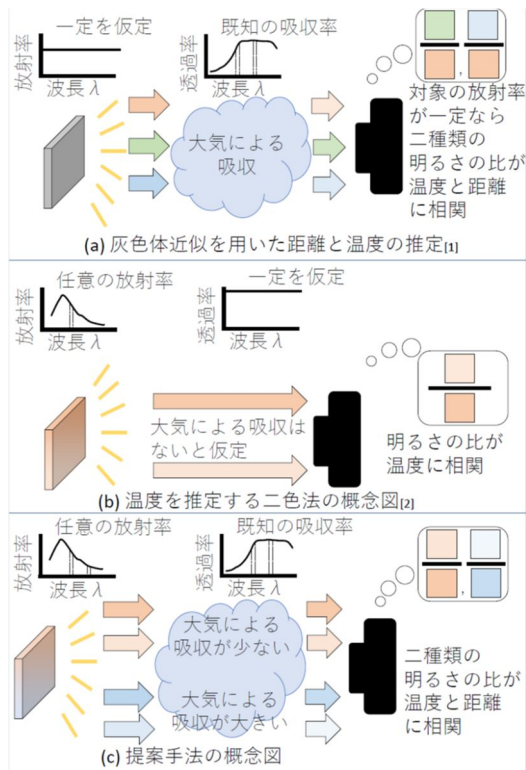


図 1 手法の概要.

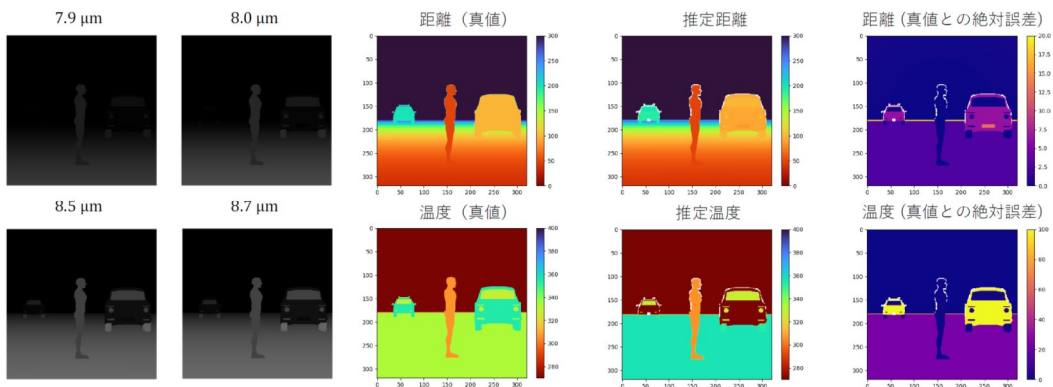


図 2 提案手法による距離推定結果.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山崎啓太, 高谷剛志, 青砥隆仁
2. 発表標題 遠赤外領域における4波長相関を用いた受動的距離計測の提案
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------