

令和 3 年 5 月 13 日現在

機関番号：11501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K14609

研究課題名(和文) 散乱性媒体による新たな光学制御技術の開発

研究課題名(英文) Development of optical control technology by scattering media

研究代表者

江目 宏樹 (Gonome, Hiroki)

山形大学・大学院理工学研究科・助教

研究者番号：80785551

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ふく射のナノスケール効果を応用した散乱性媒体による光学物性制御について、基礎理論を確立し、正確なふく射制御技術の確立を目指し、研究を進めてきた。本研究では、ナノワイヤ媒体によるふく射の異方性制御、散乱性媒体と光ファイバーを組み合わせたバイオミメティクス採光技術、屋外運動者のための太陽光遮蔽化粧品、カメレオンの皮膚構造を模倣したバイオミメティクススペクトル制御技術、プラズモン粒子の干渉効果、ウォーターミストによるふく射遮蔽など、散乱性媒体によるふく射制御技術に関する知見を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ふく射のナノマイクロスケール現象は新たな伝熱制御技術発展に寄与するものとして、盛んに研究されている。散乱性媒体の光伝播は、気象学においては雲や霧、流体力学においては気泡流、材料設計においては断熱材や衣服等、多岐に関わる現象である。よって、正確な理論の構築による幅広い現象への理論適用を目指すことで、医療分野のみならず、学際的に多大な貢献をもたらすことが期待される。特に、光学制御が基幹技術となっている次世代光学機器開発への応用が考えられ、工業的な波及効果も高い。

研究成果の概要(英文)：In this study, the research has been conducted on the control of optical properties by scattering media based on the nanoscale effect of radiation, aiming to establish the basic theory and precise radiation control technology. In this research, the knowledges are obtained about the directional control of radiation using nanowire media, biomimetic light harvesting technology combining scattering media and optical fibers, sunlight shielding cosmetics for outdoor athletes, biomimetic spectral control technology mimicking the skin structure of chameleon, interference effect of plasmon particles, and radiation shielding using water mist.

研究分野：熱流体工学

キーワード：ナノ粒子 ふく射伝熱 ナノワイヤ プラズモン バイオミメティクス ウォーターミスト

## 1. 研究開始当初の背景

医療分野において、癌の治療法の一つとして光熱治療が数多く研究されている。現在、この分野ではナノ粒子単体の光の吸収性能を中心に研究が進められているが、未だ癌細胞の死滅率は60%前後である。これは粒子が癌細胞に十分に付着しておらず、無作為に分散している状態で、レーザー光が照射されても、設計された粒子の本来の吸収性能が発現できないためである。また、反対に、粒子の凝集により引き起こされる粒子同士の相互作用による過剰な発熱等、治療の安全性も危惧されている。ナノ粒子は高分子により癌細胞へ輸送されるが、輸送のみでは光熱治療の死滅率向上及び安全性の確立には課題が残る。粒子が本来の性能を発現するためには、粒子に対する光の入射角やナノ粒子の光の散乱方向、粒子群としての粒子同士の相互作用も考慮しなくてはならない。

散乱性媒質による光学制御の可能性と汎用性を広げるためには光の波長制御のみならず、空間制御も必要である。実際、癌の光熱治療に応用するための制御技術には上述の通り波長選択性のみならず散乱方向等の制御も必要となる。このような新たな光学制御技術の発展のアプローチとして、磁場や電場による粒子配列や多種類の粒子成分、粒子形状の制御等が考えられる。江目研究代表者は粒子の分散状態によるふく射制御に関して実験的アプローチを行ったが、その実現の可能性を示しただけに留まっている。これを更に発展させるためには、粒子の形状や配列の制御による光学物性制御の可能性の検証が必要となる。

## 2. 研究の目的

本研究では、光熱治療適用時の癌細胞の正確な発熱予測及び光熱治療の癌細胞死滅率向上のため、磁場や電場による粒子配列や分散制御、粒子形状の制御等に着眼し、散乱性媒体による高精度な光の空間制御の実現を目的とする。特にナノロッドやナノワイヤ構造に着目し、これらの粒子周りの表面プラズモン共鳴等を含むふく射のナノスケール効果を理論的に整理し、現象の詳細な解明を行う。本研究課題では粒子の形状・配列制御による散乱位相関数等の光学物性の制御を目的とする。本研究で明らかにする点は以下に示すとおりである。

- (1) 散乱性媒体におけるナノマイクロ構造体のふく射特性制御の理論構築
- (2) 粒子形状及び粒子の分散配列状態によるふく射特性制御技術の開発
- (3) 実環境応用を想定した光学制御技術の有用性の評価

## 3. 研究の方法

- (1) 有限要素法による電磁場解析

解析モデル内でCOMSOL Multiphysicsソフトウェアを用いてMaxwell方程式を計算した。

- (2) ふく射輸送解析

単一の球状粒子の散乱及び吸収特性をMie散乱理論によって計算した。一次元平行平板モデル内でふく射輸送方程式を光線放射モデルによるふく射要素法(REM<sup>2</sup>)により解いた。

- (3) 実験的評価

磁性粒子と磁場制御により、粒子の凝集と分散を制御する。分散媒体にコバルト磁性ナノワイヤを使用し、空間内にヘルムホルツコイルを用いて一様に磁場をかける。分散状態及び分光性能に関して、分光光度計及びFTIR (Fourier transform infrared spectroscopy) を用いて、分光透過率等の評価を行う。また、散乱位相関数の測定を行うための光学系を構築する(図1)。構築した装置を用いて散乱性媒体の散乱位相関数を測定する。そこで粒子の分散状態やナノワイヤの方向制御による光の空間制御を詳細に評価する。

また、粒子形状が光学物性に与える影響について評価する。理論に基づいて設計された形状の粒子を作製する。

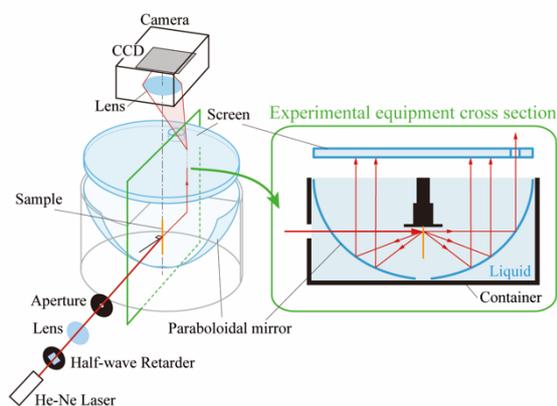


図1 散乱位相関数の測定装置の模式図

## 4. 研究成果

- (1) ナノワイヤ媒体によるふく射の異方性制御

ふく射の異方性を制御する技術は、科学的・産業的な応用に役立つ可能性がある。本研究では、ナノファイバーを用いたふく射の異方性制御の可能性を検討した。本研究では、方向性を

制御したナノファイバーを含む散乱性媒体を作製し、放物面鏡と CCD カメラからなる光学系を構築し、相対的なふく射強度の異方依存性を測定した。相対的な光強度に対する偏光の影響を確認し、単一のナノファイバーの理論的な結果と比較した。散乱光の散乱方向は、ナノファイバーの材質やサイズによって異なることが明らかになった (図 2)。また、照射光の入射角に応じて散乱光の散乱方向が変化した。したがって、本研究の結果は、配向性を制御したナノファイバーを含む散乱性媒体を用いて、ふく射の方向性を制御できることを示唆している。

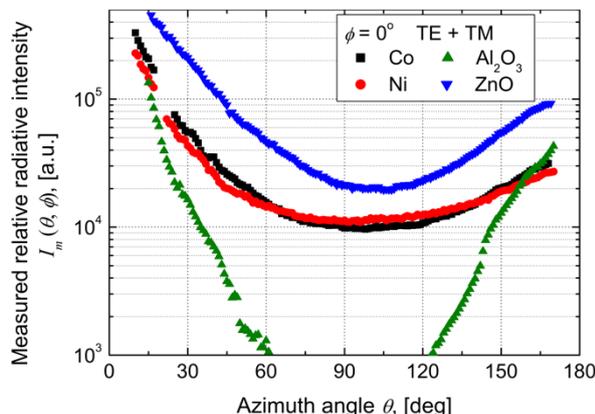


図 2 ナノワイヤ散乱性媒体の異方依存性

### (2) 散乱性媒体と光ファイバーを組み合わせたバイオミメティクス採光技術

現代社会において電気は重要な役割を果たしており、照明やイルミネーションは世界の電力需要の約 5 分の 1 を占めている。Haworthia obtusa は、太陽光を「窓」と呼ばれる部分で集めることで、暗闇でも光合成ができるという優れた特性を持っている。この特性を模倣し、電気を使わない新しい照明システムを開発した。H. obtusa の「窓」は、太陽光を集めて光ファイバに導く散乱性媒体を用いて模倣した。照明システムの有効性は、計算および実験で確認された。

### (3) 屋外運動者のための太陽光遮蔽化粧品

熱中症対策として、粒子径と材質を制御することにより、遮熱化粧品と分光選択化粧品を最適化する方法を提案した。遮熱化粧品では、アルミナ粒子が適していると判断し、その大きさを最適化し、分光選択化粧品では、金粒子が適していると判断し、その大きさを最適化した。美しさと遮熱性の両方を満足させる化粧品が設計された。

### (4) カメレオンの皮膚構造を模倣したバイオミメティクススペクトル制御技術

カメレオンは様々な環境下で生きていくために、場面に合わせた熱制御能力を持っている。本研究で開発した特殊な放射制御は、カメレオンの熱制御能力を模倣し、カメレオンの持つ 2 つの皮膚層を 1 つのコーティング層の中の 2 つの顔料粒子として模倣したものである。1 つの粒子はカラーコントロール (可視光) のためにカメレオンの表面皮膚を模し、もう 1 つの粒子は太陽光線 (特に近赤外領域) を反射するために皮膚深部を模している。光学モデリングにより、粒子サイズと体積分率を最適に設計した。実験評価の結果、所望の分光反射率、すなわち、可視光領域では低く、近赤外領域では高い反射率が得られることを示した。

### (5) プラズモン粒子の干渉効果

密度の高いプラズモニック粒子クラスターの放射特性は、工学的な応用において重要である。干渉効果は、粒子が占める体積分率が大きくなるほど顕著かつ複雑になり、通常は経験的な補正が必要となる。ナノ粒子間の距離が小さい場合、ナノ粒子間の局所的な電界強度が強く増強されるため、散乱形態と局在表面プラズモン共鳴 (LSPR) の間には相関関係があると考えられる。3 次元集合体である高密度プラズモニックナノ粒子クラスターの放射特性を、有限要素法を用いて計算した。LSPR が放射特性に影響を与え、関連するスペクトルのシフトや電場の増強を引き起こすことを示している。さらに、光学シミュレーションの結果、高密度プラズモニック粒子クラスターの放射特性は、クリアランス距離、粒子径、粒子材料、粒子数、背景の屈折率に影響されることが明らかになった。干渉効果は、粒子間の共鳴 (図 3) と粒子内の電界ベクトルの回転によって生じることが明らかになった。

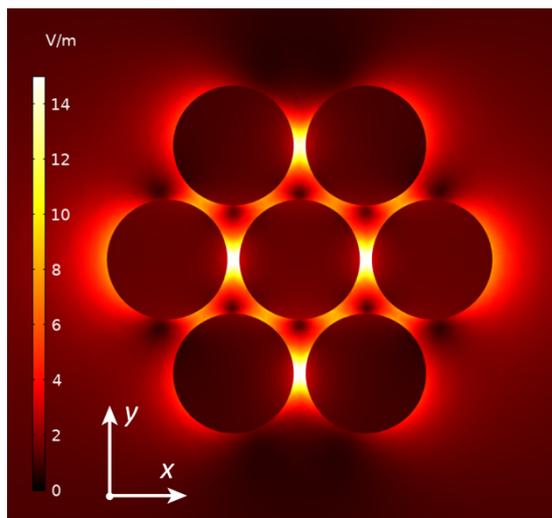


図 3 粒子クラスター内の電場増強

### (6) ウォーターミストによるふく射遮蔽

大規模火災の発生件数は増加の一途をたどっており、火災によるふく射の影響が拡大の一因

となっている。水噴霧は、火災からの熱放射を抑制する有効な方法として広く用いられている。水滴の放射特性を Mie 散乱理論によって解析し、ミスト層の放射伝達解析を行った。ミスト層の分光反射率は水滴の直径によって制御できることが明らかになった (図 4)。また、ミスト層の水滴径を最適化することで、ふく射からの保護効果を最大限に高めることができることが、ミストバリアのふく射遮蔽性能を評価する実験によって検証された。

この知見の今後の展開として、散乱性媒体内部の流動の影響を調査する。散乱性媒体中におけるふく射と対流の複合現象を明らかにし、ミスト層のスペクトル選択性と対流場の同時制御技術を実現した環境負荷の低い新しい都市環境サーマルマネジメント技術の可能性を追求する。気候変動に適応した街づくり (SDGs No. 11) のためにも、有用な熱中症対策の確立は急務であり、ミスト冷却装置の導入が進められているが、未だその性能は十分ではない。さらなる性能向上を目指す中、スペクトルふく射駆動の対流現象の解明は避けては通れない課題である。現象を正確に解き明かすことで、ふく射伝熱制御から流動場を制御する全く新しいアプローチを確立できる可能性がある。本研究は、数値解析、実験を複合的に活用し、散乱性媒体中におけるふく射伝熱と対流伝熱の複合問題を明らかにするため、研究を遂行する。

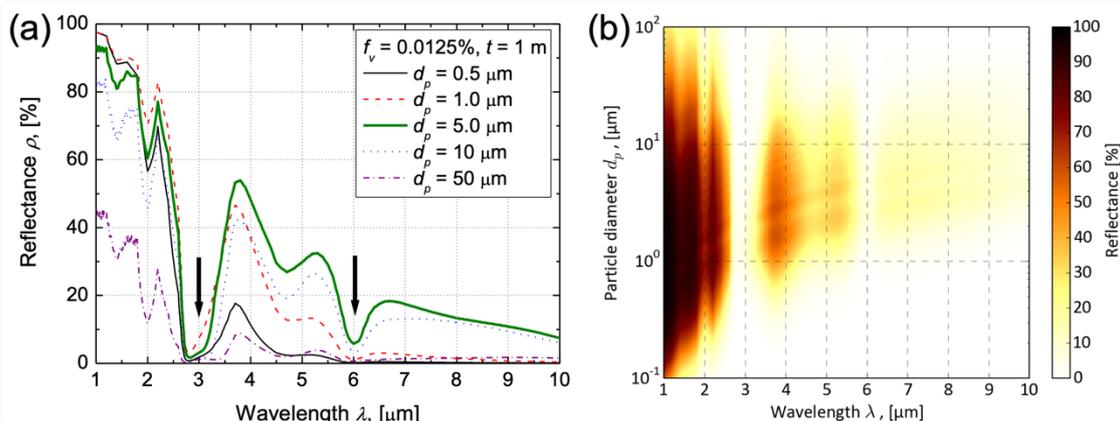


図 4 ミスト層の分光反射率

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Ono Mizuho, Gonome Hiroki	4. 巻 379
2. 論文標題 Effect of air particle interdiffusion on radiative transfer in a cosmetic layer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Powder Technology	6. 最初と最後の頁 596 ~ 601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.powtec.2020.10.062	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Gonome Hiroki, Watanabe Kazuya, Nakamura Kae, Kono Takahiro, Yamada Jun	4. 巻 10
2. 論文標題 Lighting system bioinspired by Haworthia obtusa	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 11246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-68196-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Gonome Hiroki, Nagao Taichi, Takagi Yuto, Ono Mizuho, Kogawa Takuma, Moriya Shuichi, Okajima Junnosuke	4. 巻 143
2. 論文標題 Protection from thermal radiation of hazardous fires: Optimizing microscale droplet size in mist barriers using radiative transfer analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Process Safety and Environmental Protection	6. 最初と最後の頁 114 ~ 120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.psep.2020.06.039	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Gonome Hiroki, Arai Yuta, Fujiwara Kazuki, Kono Takahiro, Nakamura Kae, Yamada Jun	4. 巻 236
2. 論文標題 Radiative properties of scattering media containing directionally controlled nanofibers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer	6. 最初と最後の頁 106580 ~ 106580
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jqsrt.2019.106580	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gonome Hiroki、Wakabayashi Kohei	4. 巻 171
2. 論文標題 Solar barrier performance of water mist cooling: Applications using nano- and micro-sized droplets and bubbles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Thermal Engineering	6. 最初と最後の頁 115083 ~ 115083
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.applthermaleng.2020.115083	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gonome Hiroki	4. 巻 230
2. 論文標題 Interference effect of localized surface plasmon resonance on radiative properties of plasmonic particle clusters in 3D assemblies	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer	6. 最初と最後の頁 13 ~ 23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jqsrt.2019.03.019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gonome Hiroki、Yamada Jun	4. 巻 8
2. 論文標題 Optimization Method for Developing Spectral Controlling Cosmetics: Application for Thermal Barrier Cosmetic	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Coatings	6. 最初と最後の頁 286 ~ 286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/coatings8080286	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Gonome Hiroki、Nakamura Masashi、Okajima Junnosuke、Maruyama Shigenao	4. 巻 8
2. 論文標題 Artificial chameleon skin that controls spectral radiation: Development of Chameleon Cool Coating (C3)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-19498-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 高橋唯仁, 宮本紘明, 河野貴裕, 江目宏樹, 山田純, 春藤晃人	4. 巻 51
2. 論文標題 高速攪拌機により高分散化した微粒子組成物の光物性	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 化粧品技術者会誌	6. 最初と最後の頁 142-146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計32件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 14件)

1. 発表者名 Hiroki Gonome, Yuto Takagi, Taichi Nagao, Mizuho Ono, Takuma Kogawa, and Junnosuke Okajima
2. 発表標題 Radiative transfer analysis in soot smoke and water mist for development of thermal barrier fire extinguishing devices
3. 学会等名 20th International Symposium on Advanced Fluid Information (AFI2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mizuho Ono, and Hiroki Gonome
2. 発表標題 Coherence in the Stabilization of Foam and Emulsion with Fine Particles
3. 学会等名 17th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masayuki Yano, Jin Gong, and Hiroki Gonome
2. 発表標題 Analysis and Experiment about Absorption Performance for Thermal Switching Coating
3. 学会等名 17th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小野 泉帆, 江目 宏樹
2. 発表標題 Pickering粒子形成による光のインコヒーレント散乱の影響
3. 学会等名 第41回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鷹木 勇人, 長尾 太一, 小野 泉帆, 江目 宏樹
2. 発表標題 ウォーターミストのふく射熱遮蔽性能に対する煤の影響
3. 学会等名 第41回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平井 達朗, 柏木 誠, Bong Jae Lee, 江目 宏樹
2. 発表標題 スパッタリングによる金属積層構造を有したプラズモニック粒子の開発
3. 学会等名 第41回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢野 雅之, 宮 瑾, 江目 宏樹
2. 発表標題 ふく射熱制御機能膜の吸収性能に関する解析及び実験
3. 学会等名 日本機械学会熱工学コンファレンス2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小野 泉帆, 江目 宏樹
2. 発表標題 散乱性媒体への空気混入による光学特性の変化に関する理論計算
3. 学会等名 日本機械学会熱工学コンファレンス2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平井 達朗, 柏木 誠, Bong Jae Lee, 江目 宏樹
2. 発表標題 スパッタリングによる金属積層構造を有したプラズモニック粒子のふく射特性
3. 学会等名 日本機械学会熱工学コンファレンス2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平井 達朗, 江目 宏樹, 柏木 誠, Bong Jae Lee
2. 発表標題 スパッタリングによる金属積層構造を有したプラズモニック粒子の電磁場解析
3. 学会等名 第57回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroki Gonome
2. 発表標題 Control on Radiative Transfer by Nano-Particulate Media
3. 学会等名 International Symposium on Numerical Methods in Heat and Mass Transfer 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroki Gonome
2. 発表標題 RADIATIVE PROPERTY OF PLASMONIC PARTICLE CLUSTER IN DIFFERENT ARRAY AND PARTICLE CHAIN
3. 学会等名 9th International Symposium on Radiative Transfer, RAD-19 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroki Gonome, Taichi Nagao, Takuma Kogawa, Shuichi Moriya, Junnosuke Okajima,
2. 発表標題 Effect of Droplet Diameter on Thermal Barrier Performance against Thermal Radiation from Fire
3. 学会等名 19th International Symposium on Advanced Fluid Information (AFI2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroki Gonome, Kohei Wakabayashi
2. 発表標題 Radiative Transfer Analysis on Solar Barrier Cooling Mist by Nano-Particulate Media
3. 学会等名 16th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuro Hirai, Hiroki Gonome
2. 発表標題 Electromagnetic Field Analysis for Cavity Quantum Effect in Open Porous Metal
3. 学会等名 16th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mizuho Ono, Tadahito Takahashi, Hiroki Gonome
2. 発表標題 Effect on Bubble Interfusion on Optical Properties of Scattering Medium
3. 学会等名 16th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江目 宏樹
2. 発表標題 三連粒子クラスターのふく射特性に対する配列角の影響
3. 学会等名 第40回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江目 宏樹
2. 発表標題 粒子クラスターのふく射特性に対する粒子鎖の影響
3. 学会等名 第56回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江目 宏樹、若林 晃平
2. 発表標題 太陽光熱遮蔽ドライミストに関するふく射伝達解析
3. 学会等名 日本機械学会 熱工学コンファレンス2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平井 達朗、江目 宏樹
2. 発表標題 開放多孔質金属における空洞量子効果の電磁場解析
3. 学会等名 第19回日本伝熱学会東北支部学生発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江目 宏樹
2. 発表標題 従属散乱における局在型表面プラズモン共鳴の影響
3. 学会等名 第39回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江目 宏樹, 渡邊 知也, 河野 貴裕, 山田 純
2. 発表標題 ナノ粒子群散乱性媒体を用いた光ファイバー採光技術の実験的評価
3. 学会等名 第55回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 新井 雄太, 藤原 和樹, 河野 貴裕, 中村 嘉恵, 山田 純, 江目 宏樹
2. 発表標題 回転放物面鏡を用いた金属ナノ繊維の散乱位相関数に関する実験的評価
3. 学会等名 第55回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 新井 雄太, 藤原 和樹, 河野 貴裕, 中村 嘉恵, 山田 純, 江目 宏樹
2. 発表標題 方向制御したナノ繊維を含む散乱性媒体のふく射物性
3. 学会等名 第39回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江目宏樹, 山田純
2. 発表標題 太陽光反射ファンデーション開発のための数値解析
3. 学会等名 第54回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河野貴裕, 藤間勝子, 野澤桂子, 今西宣晶, 江目宏樹, 山田純
2. 発表標題 色素沈着を有する皮膚のふく射物性計測
3. 学会等名 第54回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河野貴裕, 江目宏樹, サラスックガンタワン, 蒔田義明, 長沼芙実, 山田純
2. 発表標題 人の皮膚の光物性を再現する人工皮膚の開発
3. 学会等名 第38回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 Kazuya Watanabe, Hiroki Gonome, Takahiro Kono, Jun Yamada
2 . 発表標題 NUMERICAL ANALYSIS FOR EVALUATION OF LIGHTING BY USING OPTICAL FIBER
3 . 学会等名 Ninth JSME-KSME Thermal and Fluids Engineering Conference ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Hiroki Gonome, Takahiro Kono, Jun Yamada
2 . 発表標題 MEASUREMENT OF SCATTERING PHASE FUNCTION FOR NANO FIBER
3 . 学会等名 Ninth JSME-KSME Thermal and Fluids Engineering Conference ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Hiroki Gonome, Kazuya Watanabe, Takahiro Kono, Jun Yamada
2 . 発表標題 NUMERICAL ANALYSIS FOR LIGHTING BY USING OPTICAL FIBER
3 . 学会等名 ICHMT International Symposium on Advances in Computational Heat Transfer ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Yuta Arai, Kazuki Fujiwara, Takahiro Kono, Kae Nakamura, Jun Yamada, Hiroki Gonome
2 . 発表標題 Experimental Evaluation of Scattering Phase Function of Scattering Medium Containing Metallic Nano-Fibers
3 . 学会等名 Fourteenth International Conference on Flow Dynamics ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 Hani Aldaftari Alkitabi, Junnosuke Okajima, Atsuki Koniya, Hiroki Gonome, Shigenao Maruyama
2. 発表標題 RADIATIVE TRANSFER OF PIGMENT FILMS FOR TRANSMISSION CONTROL
3. 学会等名 Ninth JSME-KSME Thermal and Fluids Engineering Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Publication / Radiative transfer laboratory <a href="http://gonome-lab.yz.yamagata-u.ac.jp/publication.html">http://gonome-lab.yz.yamagata-u.ac.jp/publication.html</a>
--

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			