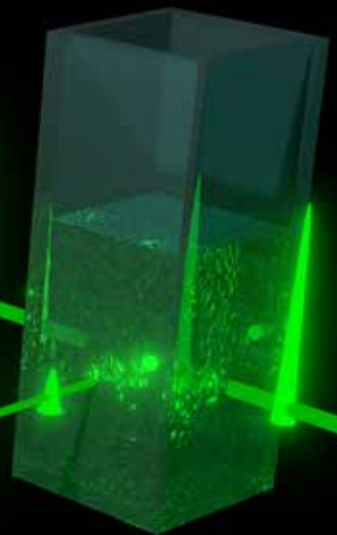


公募研究の紹介

- 散乱体透過条件下での時間分解過渡吸収分光法の開発
- 静的光散乱とライトフィールド顕微鏡の複合化による非蛍光・非侵襲・三次元分子量計測
- コロイド溶液における光散乱・揺らぎ・物質拡散のマルチフィジックスモデリング
- 蛍光イメージングにおける細胞内光学特性の再構築
- 限波面揺らぎ補正とその応用に関する研究
- 組織内全細胞観察を目的とした三次元ライブイメージング法の開発
- すばる望遠鏡での大気揺らぎ高度分布の統計的測定とその振る舞いの解明
- 量子・古典対応を用いた散乱光センシングの解析

- 第3回領域会議報告
- 第3回総括班会議報告
- 成果紹介
- 領域海外渡航支援を募集
- 今後の予定



研究項目A01

物理基盤による散乱透視学

- 計画研究1 時空間光波シンセシスによる散乱透視基盤の構築
研究代表者: 的場修(神戸大学・教授)
研究分担者: 小倉裕介(大阪大学・准教授)
上野原努(大阪大学・助教)
全香玉(神戸大学・助教)
亀井保博(基礎生物学研究所・特任准教授)
- 計画研究2 散乱・揺らぎ場における光の伝搬の可視化
研究代表者: 栗辻安浩(京都工芸繊維大学・教授)
研究分担者: 角江崇(千葉大学・助教)
- 計画研究3 大規模光データベースによる散乱・揺らぎ場モデリング
研究代表者: 渡邊恵理子(電気通信大学・准教授)
研究分担者: 宮本洋子(電気通信大学・教授)
池田佳奈美(大阪府立大学・助教)

研究項目A02

数理基盤による散乱透視学

- 計画研究4 散乱理論・散乱イメージング理論の構築
研究代表者: 木村建次郎(神戸大学・教授)
- 計画研究5 インテリジェント散乱・揺らぎイメージング
研究代表者: 谷田純(大阪大学・教授)
研究分担者: 中村友哉(東京工業大学・助教)
西崎陽平(大阪産業技術研究所・研究員)

研究項目A03

実問題における散乱透視学

- 計画研究6 生きた細胞や組織における散乱・揺らぎ計測と制御
研究代表者: 玉田洋介(宇都宮大学・准教授)
研究分担者: 松田厚志(情報通信研究機構・主任研究員)
坂本丞(基礎生物学研究所・特任助教)
平野泰弘(大阪大学・助教)
- 計画研究7 空間光伝搬通信における散乱・揺らぎ計測と制御
研究代表者: 高山佳久(東海大学・教授)
研究分担者: 玉川一郎(岐阜大学・教授)
小林智尚(岐阜大学・教授)
- 計画研究8 光波の時空間における計測・変調・制御を駆使した天文イメージング
研究代表者: 早野裕(国立天文台・教授)
研究分担者: 西川淳(国立天文台・助教)
入部正継(大阪電気通信大学・教授)

公募研究一覧

公募研究1	生体深部にある移植再生細胞の情報取得可能な量子ナノ透視イメージング診断技術の構築 湯川 博（名古屋大学 未来社会創造機構 ナノライフシステム研究所 特任教授）
公募研究2	蛍光コントラストを用いた内視鏡下3D腫瘍イメージング 西村 隆宏（大阪大学大学院工学研究科 助教）
公募研究3	脳領域間の神経細胞活動から発せられる揺らぎによる高次脳機能の透視 加藤 大輔（名古屋大学大学院医学系研究科 機能形態学講座分子細胞学 講師）
公募研究4	白色顕微鏡的光散乱法による不均一物質の揺らぎの可視化 廣井 卓思（物質・材料研究機構 若手国際研究センター・ICYS研究員）
公募研究5	高機能光源を用いた散乱制御による光断層計測/顕微鏡の高侵達・高解像化 西澤 典彦（名古屋大学工学研究科 教授）
公募研究6	ホログラフィック励起構造化光源を用いた散乱光波イメージング 熊谷 幸汰（宇都宮大学オプティクス教育研究センター 助教）
公募研究7	2光子プロトコルによる擾乱透明化イメージングの試み 深津 晋（東京大学大学院 総合文化研究科 広域科学専攻 関連基礎科学系 教授）
公募研究8	Deep Priorを用いた教師無し深層学習による脳内電流源推定 滝口 哲也（神戸大学都市安全研究センター 教授）
公募研究9	散乱体透過条件下での時間分解過渡吸収分光法の開発 太田 薫（神戸大学分子フォトサイエンス研究センター 研究員）
公募研究10	静的光散乱とライトフィールド顕微鏡の複合化による非蛍光・非侵襲・三次元分子量計測 執行 航希（三菱電機 情報技術総合研究所）
公募研究11	コロイド溶液における光散乱・揺らぎ・物質拡散のマルチフィジックスモデリング 藤井 宏之（北海道大学 工学研究院 助教）
公募研究12	蛍光イメージングにおける細胞内光学特性の再構築 渡部 匡己（理化学研究所 生命機能科学研究センター(BDR) 研究員）
公募研究13	極限波面揺らぎ補正とその応用に関する研究 村上 尚史（北海道大学 大学院工学研究院 講師）
公募研究14	組織内全細胞観察を目的とした三次元ライブイメージング法の開発 市村 垂生（大阪大学先導的学際研究機構 特任准教授）
公募研究15	すばる望遠鏡での大気揺らぎ高度分布の統計的測定とその振る舞いの解明 秋山 正幸（東北大学 理学研究科 教授）
公募研究16	量子・古典対応を用いた散乱光センシングの解析 鹿野 豊（群馬大学大学院理工学府 准教授）

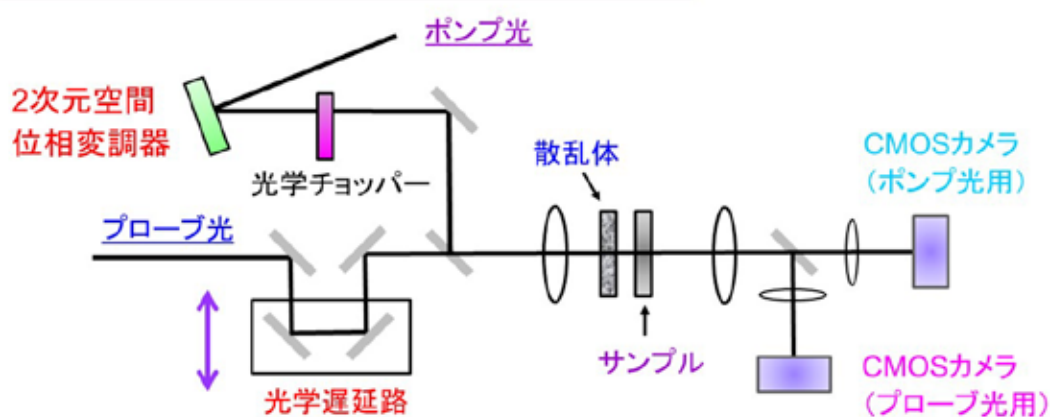
散乱体透過条件下での時間分解過渡吸収分光法の開発

太田 薫

神戸大学分子フォトサイエンス研究センター

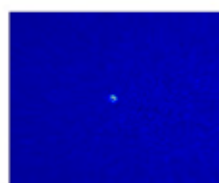
光学的に不均一な媒質中をレーザーなどのコヒーレント光が透過する際には、多重散乱が起こります。このため、特定の位置に光を効率よく集光することが非常に困難となり、様々な分光手法を適用することができません。本研究課題では、超短パルス光の波面制御法を応用した散乱体透過条件下での時間分解過渡吸収法の開発を目的としています。ここでは、プローブ光の波面制御を行わずに、ポンプ光の波面制御のみで非線形光学信号を観測する手法を開発します。ポンプ光の波面制御では透過行列(Transmission Matrix)を特徴づけることによって、散乱体の後ろに置かれたサンプルの特定の位置にポンプ光を集光することができます。一方、プローブ光は散乱体を透過したスペckル光を用います。このため、2つの異なるパルス光を用いるにもかかわらず、一方のパルス光のみを集光するだけで、非線形光学信号を測定することができ、光学的には線形過程を用いた制御手法と等価となります。本研究課題を通して、波面制御法を用いた時間分解分光法への応用という新たな方向性を開拓することに挑戦します。

散乱体条件下での過渡吸収分光法への応用



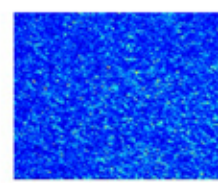
ポンプ光

波面制御によって集光



プローブ光

スペckルパターン



過渡吸収信号の大きさ

プローブ光の強度変化の割合で与えられる



プローブ光の強度は小さくてよく、集光する必要はない

静的光散乱とライトフィールド顕微鏡の複合化による 非蛍光・非侵襲・三次元分子量計測

執行 航希

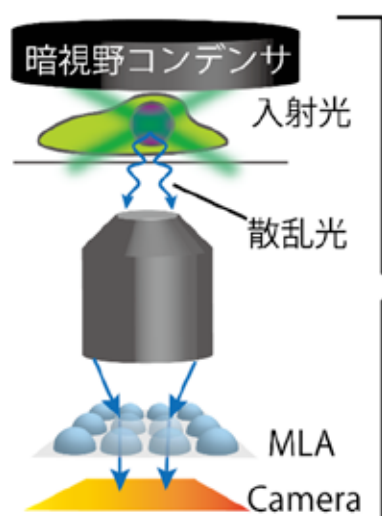
三菱電機 情報技術総合研究所

本研究は、ライトフィールド顕微鏡と散乱解析技術を複合することにより、分子量・分子サイズの空間分布をたった一度の撮影で取得可能な顕微鏡を開発することにある。これまで散乱光の物理的なスキャンが必須であった散乱解析装置は、そのスキャンの必要性から長時間の計測が必要になり、ダイナミックに変化する事象の測定は困難を極めた。実際に、細胞内で時々刻々に変化する分子量分布や、空気中に存在する微粒子の分子量検出など経時変化の大きい対象の測定は困難であった。一方でライトフィールド顕微鏡はマイクロレンズアレイを利用することで、撮影対象から得られる光線の角度情報も含めスキャンレスに、たった一度のカメラ撮影で検出する時間分解能が優れた技術で有るものの、空間分解能が低いという問題点が存在した。申請者はこのライトフィールド顕微鏡の低分解能問題を独自に解決し、光散乱法と融合することで、スキャンレスに散乱光の解析を行い、スキャンレス高速三次元空間分子量計測の基礎を構築する。

高解像ライトフィールド顕微鏡＋静的光散乱法の融合

→ 非蛍光 分子サイズ・分子量同定

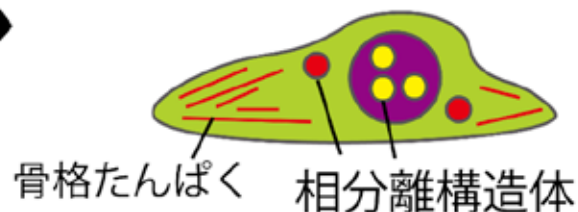
開発顕微鏡模式図



応用

非染色・非蛍光に

- ・細胞骨格分子同定
- ・細胞内相分離構造体分子の同定



コロイド溶液における光散乱・揺らぎ・物質拡散のマルチフィジックスモデリング

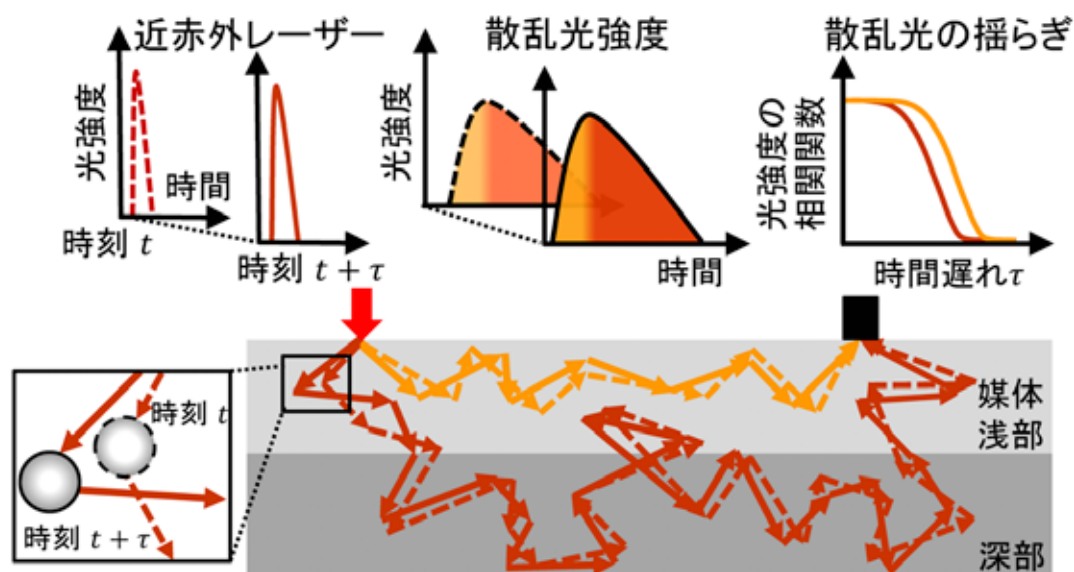
藤井 宏之

北海道大学 工学研究院

本研究では、生体や農産物の模擬試料として使用されるコロイド溶液に着目し、光の散乱、光の揺らぎ、コロイド粒子の拡散運動に関するマルチフィジックスモデルを構築した上で、光の揺らぎのメカニズムを統一的に理解することを目的とする。「拡散相関分光法」は、光強度の揺らぎを表す時間相関関数を計測することで、生体の血流速やコロイド溶液の拡散係数などの動的特性を非侵襲的・非破壊的に評価することができる。この分光法は媒体によって強く散乱される近赤外波長帯域の光を使用するため、光の散乱、光の揺らぎ、粒子の拡散運動をモデル化する必要がある。先行研究では、この3種類の物理現象が別々にモデル化されている。本研究では、この3種類の物理現象が密接に関係していることに着目し、電磁波理論、輻射(ふくしゃ)輸送論、ブラウン動力学シミュレーションに基づいたマルチフィジックスモデルを構築する。構築したモデルより、時間相関関数などを数値計算し、関連の物理現象における特性時間や特性長を評価する。特性時間や特性長を無次元解析し、光の散乱とコロイド粒子の拡散運動に起因した光の揺らぎのメカニズムについて、普遍性の観点より明らかにする。

拡散相関分光法(diffuse correlation spectroscopy)

散乱光の揺らぎを計測することで、媒体の動的特性を評価
例: 生体内の血流速、コロイド溶液の拡散係数



本研究の目的

- ・光の散乱、光の揺らぎ、コロイド粒子の拡散運動をモデル化
- ・光の揺らぎのメカニズムを統一的に理解

蛍光イメージングにおける細胞内光学特性の再構築

渡部 匡己

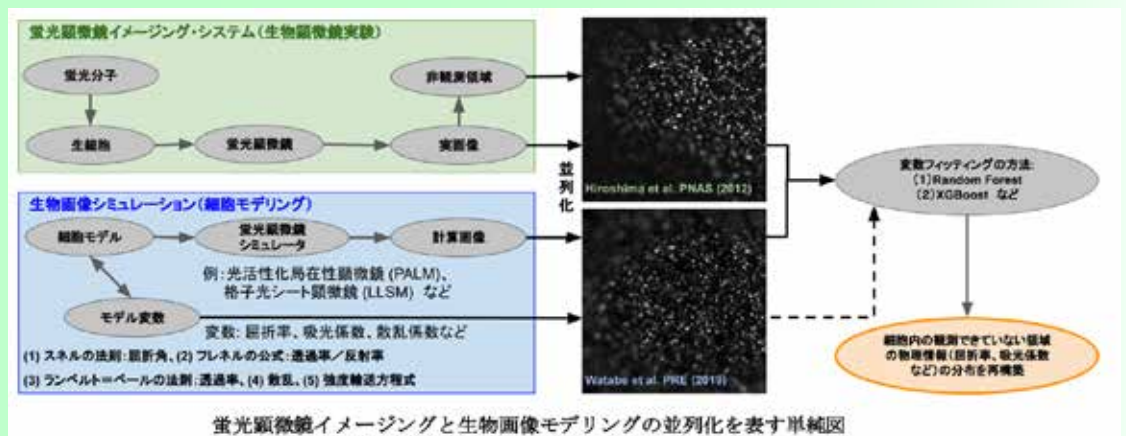
理化学研究所 生命機能科学研究センター(BDR)

光によって生み出される多様なイメージング法は、生命科学の発展に必要不可欠な役割を果たしている。特に、細胞核・小胞体(ER)・ゴルジ体・ミトコンドリアなどの細胞内オルガネラや生体分子などの細胞内要素の特性や動態を測定するために、GFPなどの蛍光分子を細胞内の生体分子にタグをして観測する「蛍光顕微鏡イメージング」がよく使われている。近年では超解像蛍光顕微鏡や格子光シート顕微鏡などの新しい蛍光顕微鏡イメージングの技術の登場により、さらに解像度の高い画像データを取得できるようになってきた。しかし、これらの計測方法では、視覚的に捉えられる要素の分布や動態について計測することはできても、それ以外の細胞内領域の情報は蛍光標識で捉えられていないため、非観測領域を構成する要素の分布や動態を解析することはほとんどできていない。

一般に、蛍光顕微鏡システムでは、照明源から投射された光が、ガラスプレート上に配置された細胞サンプルを照らし、入射光の波長や、細胞内の各オルガネラの光学特性に応じて、屈折・反射・透過・吸収・散乱・揺らぎ・偏光などを起こす。細胞の容積の半分以上が細胞小器官で埋め尽くされているため、照明プロセスに不均一なバイアスがかかる。入射光を受けた細胞内の蛍光体は、ピコからナノ秒単位で光を吸収し、脱励起により長い波長の光が放出される。放出された光は、細胞内のオルガネラを通ることで、再び、不均一なバイアスがかかる。結果的に、二重にバイアスがかかった光の情報が検出器へと送られる。従って、光が細胞内のオルガネラ領域と直接相互作用することで、生細胞の蛍光顕微鏡イメージング像には物理的な制限が生じている。

このような観測プロセスを経て起こる物理的な制限は、計測データの統計的分散や統計誤差とは質的に全く異なるものである。特に、近年ではディープラーニングなどの技術を大量の生物学的データや画像に適用することで、人では捉えることの難しい抽象度の高い情報を高い精度で抽出できるようになった。しかし、これらの人工知能技術では、細胞内を伝搬した光のごく一部の情報、つまり、CMOSカメラなどの光学機器が検出できる光の情報のみを用いているため、最先端生命科学への活用は限定的なものになっている。このような蛍光顕微鏡イメージングにおける観測の限界を越えるためには、計測データを出発点とした統計的手法による帰納的な生命科学ではなく、細胞内部における光学現象を再構成して演繹的に生命科学を推し進める必要がある。

本研究課題では、超解像蛍光顕微鏡イメージング法と細胞モデリング法を並列化し、データ同化や機械学習などで使われる最適化の手法を用いて、蛍光標識では捉えることができない細胞内領域の光学的特性の分布や動態を再構築することを目指す。具体的には、これまで研究開発をしてきた「全反射蛍光顕微鏡(TIRFM)シミュレータ」を拡張させて、より解像度の高い画像を得ることのできる「一分子追跡光活性化局在性顕微鏡(sptPALM)シミュレータ」の実装し、シミュレーション画像と実際の画像に、カルマンフィルター法やランダムフォレスト法などの最適化手法を使って変数フィッティングを行ない、蛍光標識で観測できていない領域における細胞内の各オルガネラに対応する「屈折率」「吸収係数」などの分布と動態を再構築することを計画している。



限波面揺らぎ補正とその応用に関する研究

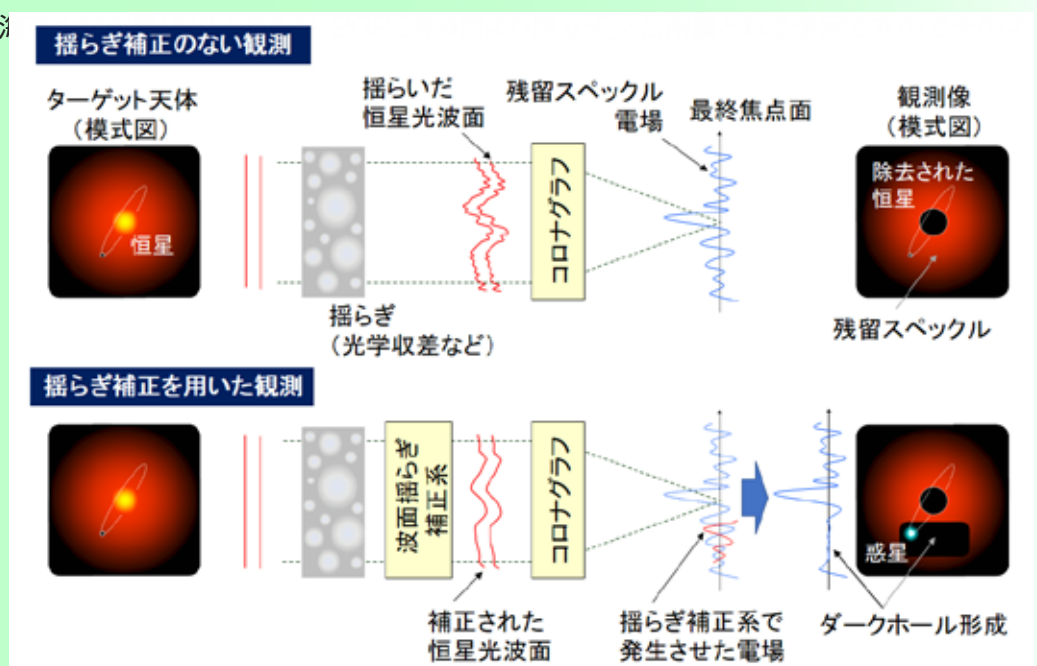
研究代表者:北海道大学 村上 尚史

研究協力者:国立天文台、総合研究大学院大学、
アストロバイオロジーセンター 西川 淳
国立天文台 米田 謙太
北海道大学 須藤 星路

近年、太陽系以外の惑星(系外惑星)を観測するための技術が急速に発展しています。このような観測の究極目標である生命を宿す「第二の地球」探査は、天文学における主要な研究テーマの一つとなっています。しかしながら、系外惑星の観測には、すぐそばで明るく輝く恒星が微弱な惑星を隠してしまうという問題があります。明るい恒星光は、コロナグラフと呼ばれる観測装置により除去することができます。これまでに、数多くのコロナグラフ手法が提案されており、恒星光を理論上完全に除去できる手法も提案されています。しかしながら、装置内の光学収差などにより天体光波面に揺らぎが生じると、除去できない恒星光がスペックル状となって現れ、惑星観測を妨げてしまいます。この問題を解決するため、可変形鏡などにより残留スペックルを除去する波面揺らぎ補正技術が提案されています。残留スペックルを強力に除去することができれば、その領域(ダークホール)内で、微弱な惑星を「透視」することが可能になると期待されます。

私たちは、揺らぎ補正技術の精度向上を目指し、滑らかな画像を2値で表現するハーフトーン処理を応用した「誤差拡散揺らぎ補正法」を提案し、その開発を進めています。現在、系外惑星探査の室内シミュレータを北海道大学に構築し、提案する手法の原理実証に取り組んでいます。このような揺らぎ補正技術は、系外惑星観測だけでなく、汎用の波面センサーなどへも応用展開ができると期待しています。

※ 米田謙太氏は、2021年度は北海道大学に在籍し、研究に携わっていました。

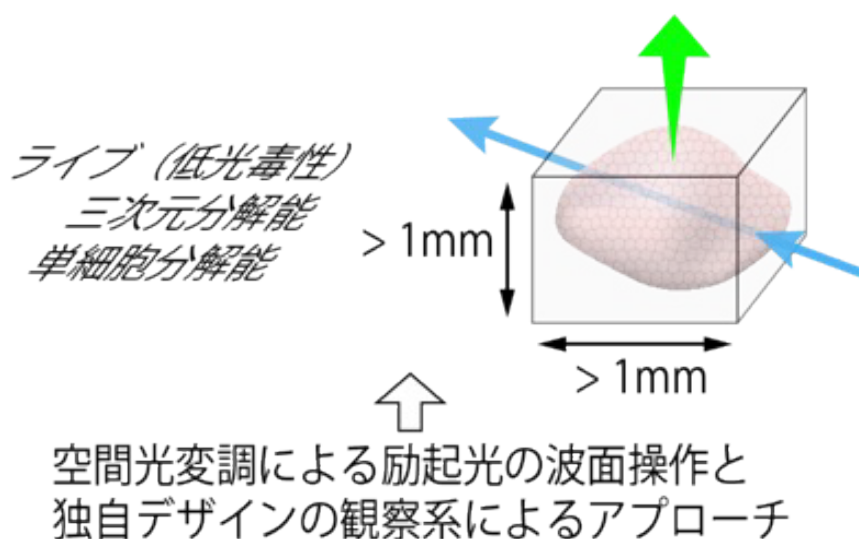


組織内全細胞観察を目的とした三次元ライブイメージング法の開発

市村垂生

大阪大学先導的学際研究機構

近年の発生生物学や再生医療では、組織の発生過程を多細胞システムの視点から理解することが重要となっている。多細胞システムにおける可能な限り多くの細胞の動態を、システム全体の動作の中で観察できるイメージング技術が求められる。この目的に対して、研究代表者の市村はこれまで、細胞イメージングの観察視野を横方向に広げる技術の開発に取り組んできた。一方で、奥行き方向の観察視野を広げるためには新たな技術開発が必要であった。本研究では、組織発生における組織内の三次元的な細胞解析・追跡を目的として、三次元散乱体内をサブ細胞分解能でライブ観察できる蛍光イメージング法を開発する。とくに1ミリメートル以上の組織の三次元観察をターゲットとする。空間光変調器による励起ビームの位相操作と、顕微鏡筐体全体の独自設計によってアプローチする。また、医学・生物学現場で簡便に観察できる装置デザインを重視する。研究期間内に、iPS細胞の組織発生における細胞分布の変遷のイメージングに応用し、その応用可能性を示したい。



すばる望遠鏡での大気揺らぎ高度分布の統計的測定とその振る舞いの解明

秋山 正幸

東北大学 理学研究科

我々はすばる望遠鏡での高い空間解像度の天体観測を実現するために、4個のレーザーガイド星による大気揺らぎの測定とトモグラフィー推定法を組み合わせたトモグラフィー補償光学の実証研究を進めています。この補償光学では、地表面から地上20km程度に渡って層状に分布する大気揺らぎの各層の空間構造を、1ミリ秒間隔でリアルタイムにトモグラフィー推定します。限られた方向の情報から推定をするため高さ方向の縮退が強く、10分間程度の間隔で得た大気揺らぎの強度の高さ分布を事前情報として推定に用います。この大気揺らぎ高度分布を測定する新しい手法として、2台のシャックハルトマン波面センサーに、シンチレーション情報を用いて10kmを超える高高度の揺らぎを測定できるSH-MASS法(Ogane et al. 2021)と2台の波面センサーの空間相関により低高度で10m程度の高い高度分解能で測定できるSLODAR法(Ono et al. 2017)を組み合わせ、広い高度範囲の大気揺らぎ高度分布を取得できる手法を開発しています。図1のそれぞれの色の線は各高さでの推定がどの高度範囲の大気揺らぎに感度があるかを示しています。すばる望遠鏡に図2に示す2台のシャックハルトマン波面センサーからなる光学系を設置して、この系の実証試験を行う予定です。さらに、小型の望遠鏡に同様の波面センサーを搭載した系を設置し、常時測定をおこなうことで、大気揺らぎ高度分布の統計的な情報を得ることも予定しています。これにより、地表層を含む大気揺らぎの統計的な振る舞いを理解することを目指しています。

図1 SLODAR 法および SH-MASS 法の測定による各高さの大気揺らぎに対する感度分布。

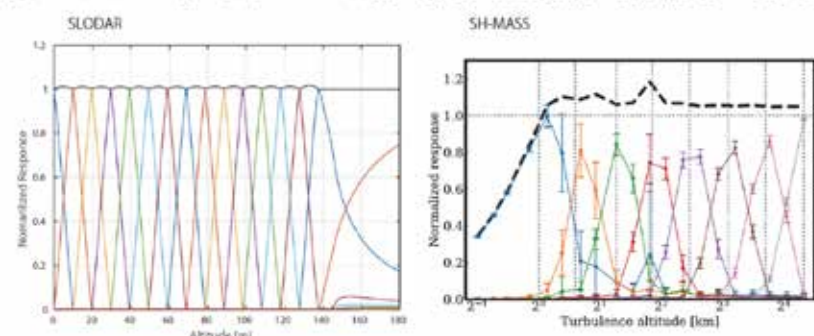
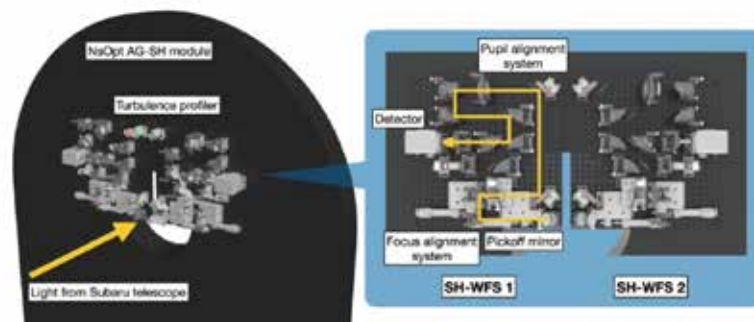


図2 すばる望遠鏡のナスマス焦点に搭載する2台のシャックハルトマン波面センサー系。

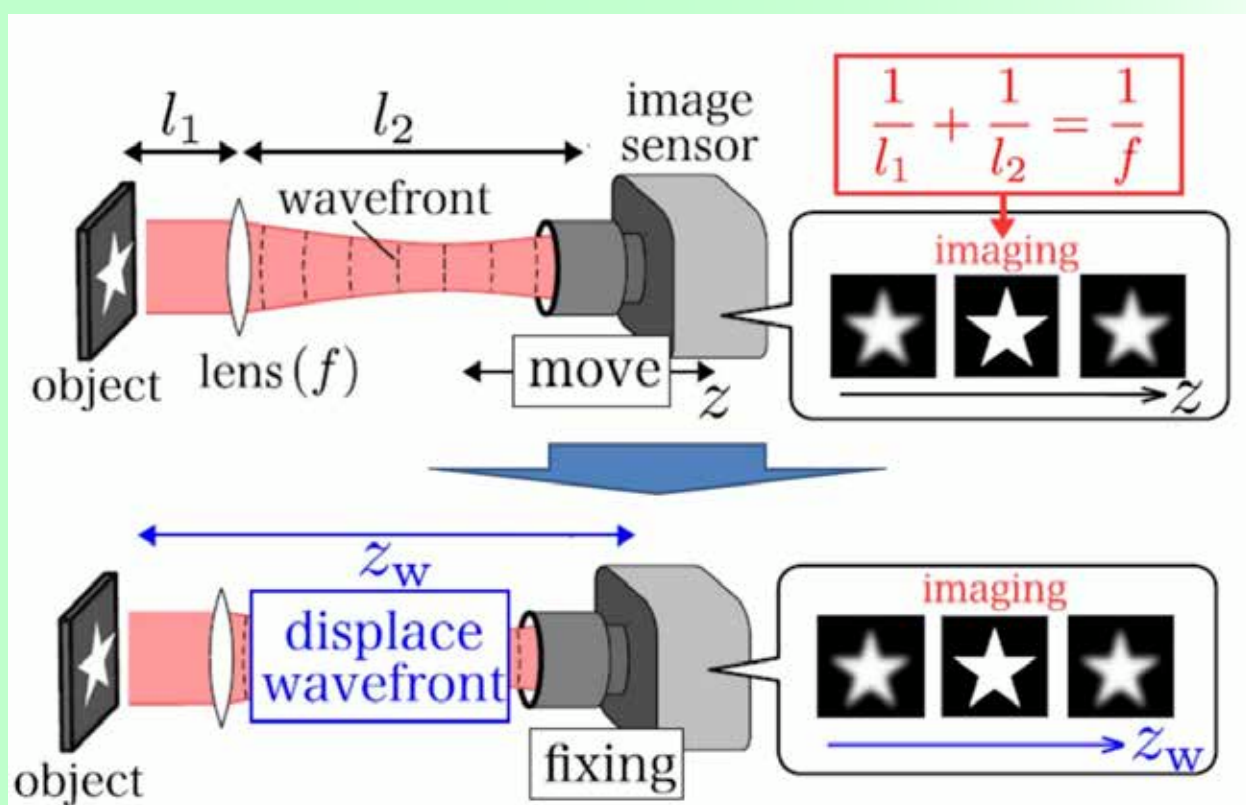


量子・古典対応を用いた散乱光センシングの解析

研究代表者: 鹿野 豊 (群馬大学)

研究協力者: 小林 弘和 (高知工科大学)

光伝播における「量子・古典」対応とは、近軸ヘルムホルツ方程式に対して運動量作用素をアナログ的に定義すると生じる2次元のシュレーディンガー方程式と等価になるという対応のことを読んでいる。高名な理論物理学者であるリチャード・ファインマンさんが「方程式が同じなら解も同じ」(ファインマン物理学 III 電磁気学 第12章)という標語があるように、量子力学で考えたことと古典的な光伝播が同じ解をもちうるということを意味している。この対応を用いて、量子測定理論を線形光学領域での実験計画に用いること、更には、線形光学領域の知見を量子計測の技術的なボトルネックを解消することを本研究計画では目的としている。具体的には、散乱・揺らぎ場の影響により歪んでしまう光学系の「焦点」を対象にすることで、温度変化における焦点位置変化による蛍光量変化の解析を行う。また、量子測定理論の知見を用いた光軸方向に光学系を変化させることのない焦点距離移動系を考案し、機械学習の知見と融合することにより、焦点距離の自動調整機能を実装する。更には、重ねあわされた光渦ビームを用いることで光伝播に対する位相(グイ位相)を可視化することが出来、焦点位置を探索するシステムを提案する。更には、理論的な解析のみならず、実際の顕微鏡などに対する実装も視野に入れており、proof-of-principle の実験系から始まり、ポータブルで容易に実装可能な光学系の設計案に関しても検討していくことで、要素技術開発に向けた段階への橋渡しも行う。



第3回領域会議報告

第3回領域会議を2022年6月11日(土)から13日(月)までの3日間で神戸大学統合研究拠点コンベンションホール及び神戸大学六甲ホールにて開催した。参加者は77名であり、その内、現地には46名の参加がありました。会場では、体温チェックやアルコール消毒などの感染症対策を施した上で、領域開始後、2回目の対面での開催となり、多くの方に来場していただき、休み時間も含めて交流ができたものと感じています。

8つの計画研究及び16の公募研究を合わせて、24グループからの研究経過発表と、共同研究を促進するために各講演にて、シーズ及びニーズ提案をして頂きました。さらに、2日目にはポスター発表も開催し、7件の発表がありました。全ての講演でアクティビティの高い研究成果を聞くことができました。また、活発な質疑応答があり、ポスター講演では遅くまで熱心な議論がありました。対面で実施できたことに喜びを感じました。当領域は、光学、物理学、情報科学、生物学、生命科学、情報通信工学、天文学など多岐に渡る分野の研究者から構成されているため、新しい学術領域の創成に向けては、研究者間の深い交流が必須であります。個々の発表でも紹介がありましたが、これまでの2年間で計画研究間及び計画研究・公募研究間での共同研究が19件となっています。3回の領域会議を経て、さらに新しい共同研究が生まれることを期待しています。また、そのためのきっかけ作りを企画して参ります。異分野共同研究を推進する領域融合推進班の活動報告及び3つの共同研究拠点の紹介がありました。今後は可能な範囲で対面で実施し、実質的な共同研究を推進していきたいと考えています。

次回は12月9日(金)-11日(日)の開催です。是非、みなさまと対面でお会いし、散乱透視学に関する議論、共同研究、領域運営の改善点や提案などについて意見交換させて頂ければと思います。よろしくお願い致します。

領域代表 的場 修(神戸大学)



第3回領域会議の様子

第3回総括班会議報告

宇都宮大学 玉田洋介

第3回総括班会議が下記の日程でハイブリッド開催されました。

日時: 2022年6月12日(日) 12:45~13:55

会場: 神戸大学統合研究拠点コンベンションホール

〒650-0047 兵庫県神戸市中央区港島南町7丁目1-48

および オンライン (Zoom) での開催

的場領域代表を含む計画研究代表者、共同研究拠点代表者である亀井保博 博士(基礎生物学研究
所)、若手研究者支援ワークショップ担当の平野泰弘 博士(大阪大学)、松田厚志 博士(情報通信研究機
構)に加えて、総括班評価者兼アドバイザリーボードの谷田貝豊彦 先生(宇都宮大学)、石川正俊 先生
(東京大学)、平岡泰 先生(大阪大学)、アドバイザリーボードの武田光夫 先生(宇都宮大学)、学術調査官
の伊藤剛仁 先生(東京大学)がご参加くださいました。

最初に、的場領域代表が本領域にて研究を推進する散乱・揺らぎ場に対する革新的なアプローチにつ
いて述べられ、計画研究と公募研究のメンバーおよび研究内容を紹介されました。

その後、2021年度の活動について報告がなされました。各計画研究および公募研究の進捗につ
いては、それぞれのグループにおける特筆すべき成果と学術論文、学会発表、プレスリリースなどの業績、領
域内共同研究の実施状況が述べられました。領域の特色ある活動については、融合研究を推進するた
めの領域シーズ&ニーズ集の発刊、共同研究拠点の活動、若手研究者を中心に共同研究拠点に集まり、ハ
ンズオン形式での実習と情報交換を行う領域融合推進班ミーティングの開催、国際会議Sensing and
Imaging through Scattering and Fluctuating Field in Biology, Telecommunication, and
Astronomy (SI-Thru) 開催、国際シンポジウム開催、学会での複数のシンポジウム開催、若手研究者
支援と領域融合推進を目的としたハンズオン形式の複数のワークショップ開催、海外渡航支援、ニュース
レターの発刊について述べられました。

そして、今後の領域における異分野融合研究のさらなる推進に向けた仕掛け、散乱透視に関する新た
なアプローチの創出、若手研究者の育成について議論が交わされました。

総括班評価者、アドバイザリーボード、学術調査官の先生方からは、領域としての研究・活動は順調に進
んでおり、領域内共同研究でさらに新しいものを生み出せるよう、総括班の一層の工夫に期待したい、と
いう励ましをいただきました。さらに、装置の共有による共同研究だけでなく、ソフトウェアやデータ、
データフォーマット、散乱体の共有と標準化、領域外からも幅広く参加していただけるような仕掛け、物
理、数理、実問題という3つのグループのさらなる融合、そのために必要な、素朴な質問をぶつけあえる
チュートリアル的なワークショップの開催など、重要なアドバイスをいただきました。

成果紹介

栗辻計画研究代表と的場計画班代表との共著論文がScientific Reports誌に掲載されました。

Spatiotemporal observation of light propagation in a three-dimensional scattering medium

T. Inoue, Y. Junpei, S. Itoh, T. Okuda, A. Funahashi, T. Takimoto, T. Kakue, K. Nishio, O. Matoba, and Y. Awatsuji

Scientific Reports Vol. 11, Article number: 21890 (2021).

<https://doi.org/10.1038/s41598-021-01124-6>

光伝播を動画像として記録・観察できるデジタルlight-in-flight recording by holographyを応用し、これまで適用できなかった散乱体内で伝播する超短光パルスを動画像として可視化することに成功しました。

光の伝播を画像, 特に動画像で観察できる技術は, 種々の媒質中での光の伝搬特性を明らかにできるだけでなく, 散乱媒質中や揺らぎ媒質中を光が伝搬する様子の可視化手段としても有用です。これまで, 先行研究として, 当該技術を用いて超短光パルスが光学部品中や拡散板上を伝播する様子を記録・観察した例は報告してきましたが, この技術を用いて超短光パルスが生体組織や高分子材料といった散乱媒質中を伝播する様子を記録・再生した例は報告されていませんでした。本研究では, 実証実験として生体組織や高分子材料といった散乱媒質中を伝播する光を記録することに先駆け, 生体組織などに見立てたゼラチンの奥深くを様々な状況で伝播する光を記録・観察しました(図(a)-(d))。ゼラチン媒質中を超短光パルスが時々刻々と伝搬する様子をスローモーションで観察できます。

今後の展望として, この技術を微小領域の散乱体中を伝搬する超短光パルスの伝搬の様子を記録, 観察・可視化へ展開することです。さらに, この技術を応用した, 細胞中を伝搬する超短光パルスを動画像記録・観察し, 散乱特性の解明にも挑戦する予定です。

紹介研究について, 湯浅淳平氏, 伊藤誠也氏, 奥田達也氏, 舟橋旦矩氏, 滝本哲也氏, 西尾謙三氏にご協力いただきました。心より御礼申し上げます。本研究の一部は, 学術変革領域研究(A)(課題番号20H05887, 課題番号20H05886)によって行われました。

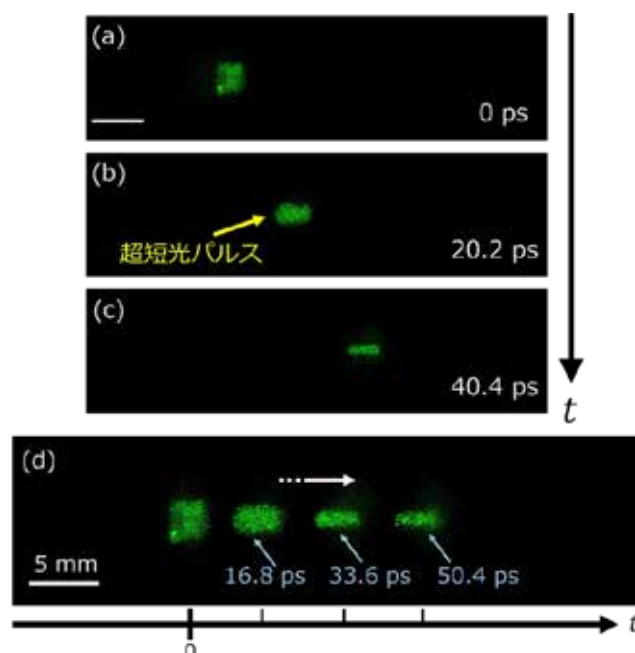


図 散乱媒質中を集光しながら伝播する超短光パルスの様子. (a)-(c) 時系列表示した結果, (d) 伝播の変化を観察するため合成した結果.

成果紹介

掲載論文書誌情報

Takashi Hiroi, Sadaki Samitsu, Hideaki Kano, Kunie Ishioka

Calibration for a count rate-dependent time correlation function and a random noise reduction in pulsed dynamic light scattering

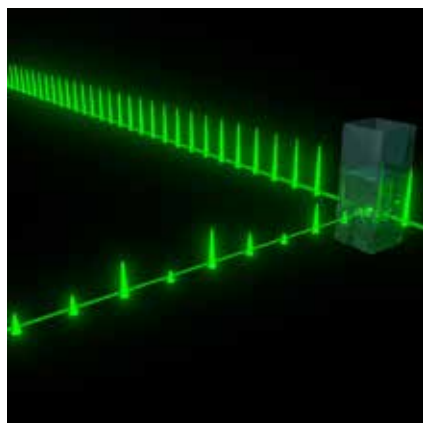
Anal. Sci., 38, 607-611 (2022)

<https://doi.org/10.1007/s44211-022-00071-0>

本研究ではパルス光源を用いた動的散乱装置を新たに開発し、適切な補正項を用いることによってパルス光源を用いても正確に動的散乱計測ができることを初めて示しました。

溶液中における溶質の拡散係数計測法として広く知られている動的光散乱法は、レーザーによって照射された試料からのレイリー散乱光の強度揺らぎを計測する手法です。ここで、レイリー散乱光ではなく、非線形光学過程である第二高調波発生やコヒーレントアンチストークスラマン散乱といった非線形光学過程を用いることができれば、動的光散乱に界面選択性や分子選択性を付与することが可能となり、動的光散乱の適用範囲が飛躍的に広がると期待されます。しかし、そのためには入射光源としてパルスレーザー光を用いる必要があります。パルス光源を用いた動的光散乱の報告例は極めて少なく、また得られた実験結果も不正確であることが示されていました。

パルス光源を用いた動的光散乱法の問題点を探るため、パルス光源を用いた場合の検出器の応答を加味した動的光散乱の数値シミュレーションを行ったところ、実験結果の歪みが検出器の飽和効果によるということを示しました。これによって、歪みを補正するための補正項を数値シミュレーションによってリスト化し、パルス動的光散乱実験で得られた時間相関関数をシミュレーションにより再現することに成功しました(図)。さらに、従来のオートコリレーターを用いる検出方式の代わりに、光子の到達時間及びレーザーパルスの発射時間を時間デジタル変換器によってすべて記録する新たな検出方式を採用し、パルスレーザー特有の繰り返し周波数由来のノイズを完全に除去することにも成功しました。



実験概念図

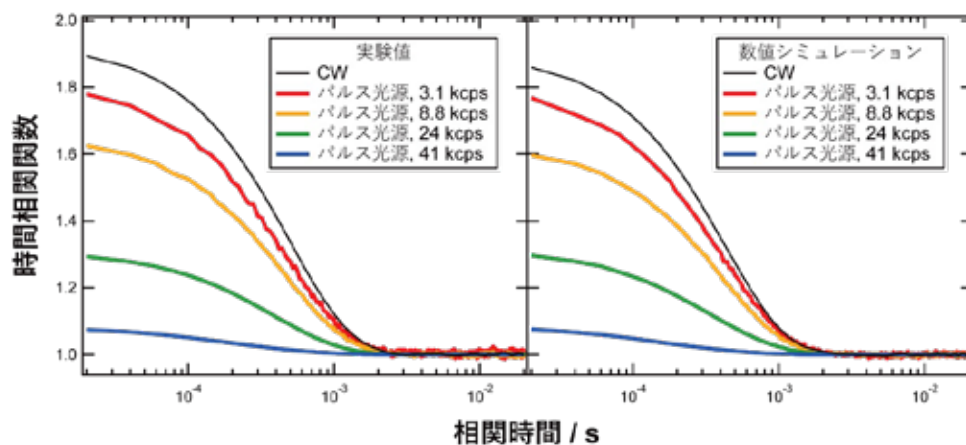


図. 半径100 nmのシリカナノ微粒子分散液を試料とした、異なる散乱光強度におけるパルス動的散乱計測結果(左)と対応する数値シミュレーション結果(右)

領域海外渡航支援を募集いたします

領域事務局 玉田 洋介(宇都宮大学)

本領域では、下記の要領で令和4年度海外渡航支援第2回募集を開始いたします。領域内で海外渡航を考えておられる方がいらっしゃいましたら、ぜひご応募ください。

募集要項

- 1.目的
学術変革領域「散乱・揺らぎ場の包括的理解と透視の科学」では、領域に関する研究を通じた若手研究者の育成を主な目的として、数週間から数ヶ月にわたる海外研究室滞在にかかる渡航費・滞在費を支援いたします。奮ってご申請ください。
- 2.対象者
学術変革領域「散乱透視学」に所属する若手研究者(研究代表者、研究分担者、研究協力者で、40歳以下の方を優先、博士課程の学生も可)で、海外の研究室に数週間から数ヶ月滞在する者
- 3.渡航目的
学術変革領域「散乱透視学」に関する共同研究、情報収集
- 4.応募条件
以下のメ切までに申請書を下記提出先までメールにてご提出ください。
第1回募集 渡航期間 4月～3月:メ切 4月末
第2回募集 渡航期間 10月～3月:メ切 8月末
その他、随時申請も受け付けますが、申請が重なった場合は本申請を優先します。
また、年度をまたいだ滞在はできません。

帰国後は、以下について行っていただきます。
(1) 領域会議における結果報告
(2) 領域ニュースレターにおける滞在記
(3) 結果報告書の提出(帰国後1ヶ月以内、A4 1ページ以内)
- 5.審査
研究支援活動班:国際派遣・受入担当を中心とした審査委員会により審査
- 6.結果通知
第2回募集は9月中旬に結果を通知いたします。
- 7.申請書
領域メンバーには申請書テンプレートが送られているかと思いますが、受け取られていない場合は、以下までお問い合わせください。
領域事務局 木村 千尋(宇都宮大学)
sanran_secretariat@group.kobe-u.ac.jp
- 8.申請書提出先・お問い合わせ
研究支援活動班:国際派遣・受入担当 早野 裕(国立天文台)
領域事務局 木村 千尋(宇都宮大学)
sanran_secretariat@group.kobe-u.ac.jp
- 9.成果物に対する記載
成果物には総括班の課題番号20H05885を記載してください。

今後の予定

散乱・揺らぎ場における空間光伝送と光計測シンポジウム

日時:8月8日(月)13:00-17:00

場所:東海大学高輪キャンパス(東京都港区高輪) + オンライン(zoom)

ウェブサイト:

<https://sites.google.com/view/sanran20220808/%E3%83%9B%E3%83%BC%E3%83%A0>

参加登録:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc1ckM4S802zmnizSAR0FzSg14enuT230h0pdaxF7lxXh3uA/viewform>

参加登録メ切:2022/8/3(水)9:00

散乱透視学 領域融合研究推進班 第2回ワークショップ

(生物学共同研究拠点 基礎生物学研究所)

日時:9月27日(火)13:00~9月28日(水)17:00

場所:基礎生物学研究所 明大寺地区(愛知県岡崎市)

ウェブサイト:

<https://sites.google.com/nibb.ac.jp/sc2ndws>

参加登録:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdCqR7dPUewxIJOCqTc-3pu8QGvxuhiJATHv6BqRkDsQ6NUBg/viewform>

参加登録メ切:2022/8/31(水)

日本光学会年次学術講演会OPJ2022

日時:11月13日(日)~11月16日(水)

場所:宇都宮大学工学部(陽東キャンパス)・栃木県総合文化センター

ウェブサイト:

<https://opt-j.com/opj2022/>

領域共催シンポジウム

「光の散乱・揺らぎ現象を克服・活用する新規イメージング研究」

「コンピューテーショナル散乱透視イメージングの基礎から新技術まで」

Optical Microscopy Principle Training Course

基礎から学ぶ顕微鏡光学系実習

日時:12月19日(月)~12月21日(水)

場所:基礎生物学研究所 明大寺地区(愛知県岡崎市)

ウェブサイト:

<https://sites.google.com/nibb.ac.jp/opt/home>

(情報は順次アップデートされます)

参加登録メ切:2022/10/31(月)

学術変革領域研究(A)
散乱・揺らぎ場の包括的理解 と透視の科学



COPYRIGHT©2022 . ALL RIGHTS RESERVED.

学術変革領域「散乱透視学」事務局
玉田 洋介(宇都宮大学工学部)
tamada [at] cc.utsunomiya-u.ac.jp
([at] は @ にしてください)