

● 領域代表挨拶

● 研究計画一覧

● 計画研究紹介

● A01-1 時空間光波シンセシスによる散乱透視基盤の構築

● A01-2 研究課題名:散乱・揺らぎ場における光の伝搬の可視化

● A01-3 大規模光データベースによる散乱・揺らぎ場モデリング

● 第1回総括班会議報告

● 第1回領域会議報告

● キックオフシンポジウム 開催報告

● DIY Microscope Training Course 2021 開催報告

● その他/今後の予定

2020年11月に発足しました, 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」(略称:散乱透視学)の代表を務めています, 神戸大学 的場です。本領域では, サブマイクロメートルサイズの細胞構造からキロメートルスケールの惑星観測系までの10桁に渡るマルチスケールの散乱・揺らぎ媒質の散乱現象を解明するとともに, 内部にある情報またはその向こう側にある情報を透視する技術を構築することを目的としています。

散乱現象は, これまで統計光学により統計的な振る舞いとして散乱係数や拡散係数などで散乱の強さを表現し, その振る舞いは光拡散方程式やモンテカルロシミュレーションなどで計算されます。しかしながら, これらの方法では, 散乱係数や拡散係数が統計的に同じでも個々の散乱媒体に対応したイメージングや補正を行うことができません。近年, 散乱透過行列(Transmission Matrix)などの手法を用いて, 散乱体の入出力応答を線形モデルで記述し, 散乱体内部での集光作用や高解像度復元イメージングが実現されています。散乱場とそれが時間的に変動する揺らぎ場を真に克服するためには, 個々の散乱場の状態を知る必要があります。そのため, 振幅, 位相, 偏光, 蛍光などの多次元物理量を同時測定するマルチモーダル計測技術と, そのデータから散乱場を特定する数理科学及び情報科学的手法を活用します。本領域では, 現実空間の散乱・揺らぎ場とサイバー空間での散乱体モデルを結びつけるために, マルチモーダル計測と数理科学及び情報科学手法を一体としたデジタルツインと呼ぶアプローチを構築します。これにより, マルチスケールでの散乱・揺らぎ場に共通, 非共通の現象を明らかにし, マルチスケールでの散乱及び揺らぎ場の包括的理解に繋がります。これを生物学, 情報通信工学, 天文学の諸分野と協調して研究を進めることで, 「散乱透視学」という新しい学問を創成します。

融合研究の協創の場として, 3つの共同研究拠点(神戸大学, 国立天文台, 基礎生物学研究所)を活用します。また, 次代を担う若手研究者の育成も強力に進めていきます。どうぞ, 御支援のほどよろしくお願い致します。



領域代表挨拶

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
(略称:散乱透視学)

神戸大学先端融合研究環 的場 修

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)
全香玉(神戸大学・助教)
上野原努(大阪大学・助教)
- 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

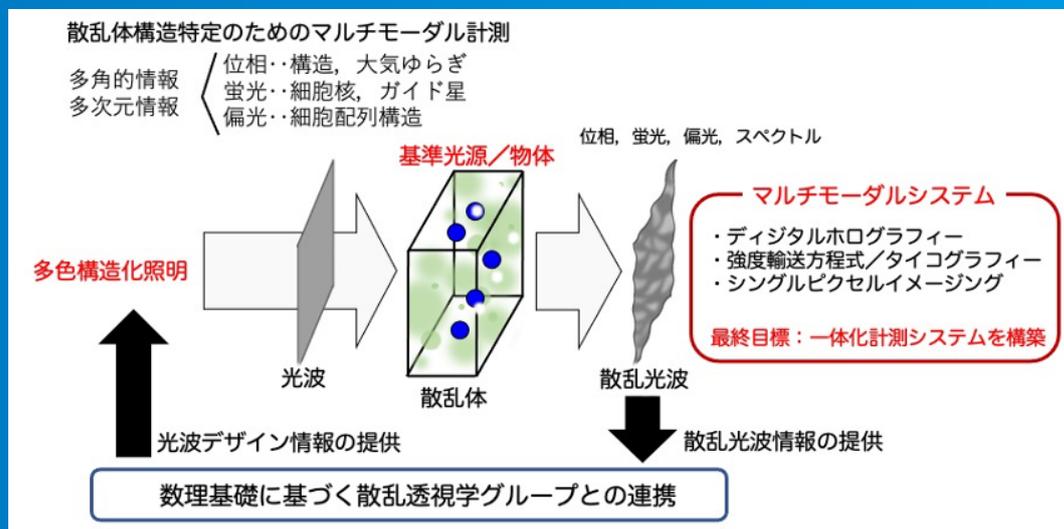
- 計画研究6 生きた細胞や組織における散乱・揺らぎ計測と制御
研究代表者: 玉田洋介(宇都宮大学・准教授)
研究分担者: 松田厚志(情報通信研究機構・主任研究員)
坂本丞(基礎生物学研究所・特任助教)
- 計画研究7 空間光伝搬通信における散乱・揺らぎ計測と制御
研究代表者: 高山佳久(東海大・教授)
研究分担者: 玉川一郎(分担)(岐阜大・教授)
小林智尚(分担)(岐阜大・教授)
- 計画研究8 光波の時空間における計測・変調・制御を駆使した天文イメージング
研究代表者: 早野裕(国立天文台・准教授)
研究分担者: 西川淳(国立天文台・助教)
入部正継(大阪電気通信大学・教授)

A01-1 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: 神戸大学 的場 修
研究分担者: 大阪大学 小倉 裕介
神戸大学 全 香玉
大阪大学 上野原 努
研究協力者: 大阪大学 水谷 康弘

本領域では、サブマイクロメートルサイズの細胞構造からキロメートルスケールの惑星観測系までの10桁に渡るマルチスケールの散乱・揺らぎ媒質の散乱現象を解明するとともに、内部にある情報またはその向こう側にある情報を透視する技術を構築することを目的としている。

本計画研究では、散乱光波の強度、位相、蛍光、偏光等の多次元物理情報を同時かつ3次元情報として取得するマルチモーダルイメージング技術を体系的に構築する。特に、デジタルホログラフィー、強度輸送方程式、タイコグラフィー、シングルピクセルイメージング等の複数の散乱光波計測技術を開発・統合し、一体化した散乱光波計測技術を世界で初めて開発する。さらに、散乱光波の多次元計測結果から、高解像度画像を復元するためのアプローチとして、パターン照明技術と、点像散乱ホログラムを用いた相関フィルタや散乱反射行列測定を組み合わせたデジタル位相共役などのデジタル光学補正技術を構築する。

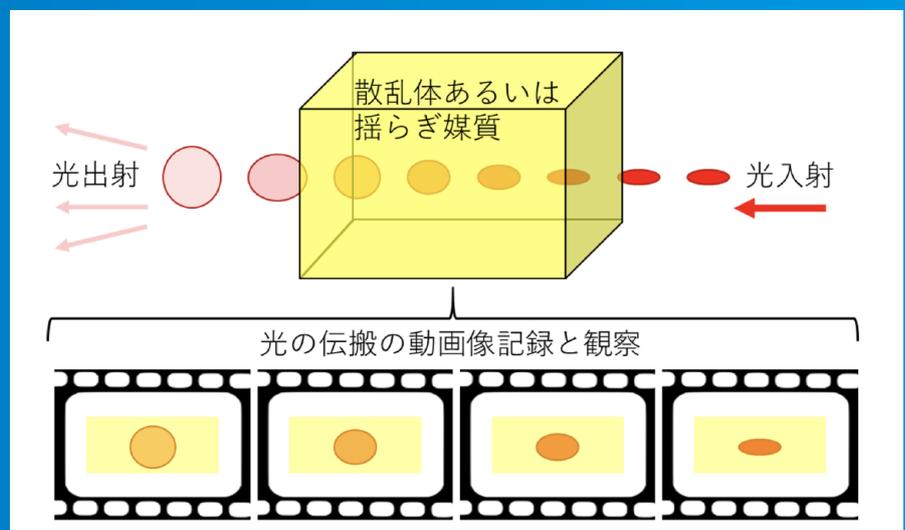


散乱体構造を特定するためのマルチモーダル計測

A01-2 研究課題名:散乱・揺らぎ場における光の伝搬の可視化

研究代表者: 京都工芸繊維大学 栗辻安浩
研究分担者: 千葉大学 角江 崇
研究協力者: 京都工芸繊維大学 井上智好

アインシュタインの相対性理論では、光はこの世の中で最も速く、真空中を毎秒30万kmの速さで進みます。そのために光が伝搬する様子は肉眼や通常の撮像方法では見ることができないだけでなく世界最高速級のカメラでも観察が極めて困難です。光の伝搬を観察できる技術では、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としても有用です。本研究は、超高速動画記録技術の極限を追求し、散乱媒質中や揺らぎ媒質中を伝搬する光を動画像として記録、観察・可視化できる技術を開拓します。図1に、その概略を示します。散乱体あるいは揺らぎ媒質中に超短パルス光を入射させます。この超短パルス光が超高速で散乱体あるいは揺らぎ媒質中を伝搬する様子を動画像として記録します。記録した動画から、時々刻々と変化する超短パルス光をスローモーションで観察することで、散乱媒質や揺らぎ媒質を通過する情報を獲得します。また、この技術を微小領域の散乱体中を伝搬する光の伝搬の様子を記録、観察・可視化へと深化させます。さらに、この技術を応用して、細胞中を伝搬する光の様子の動画像観察にも挑戦します。

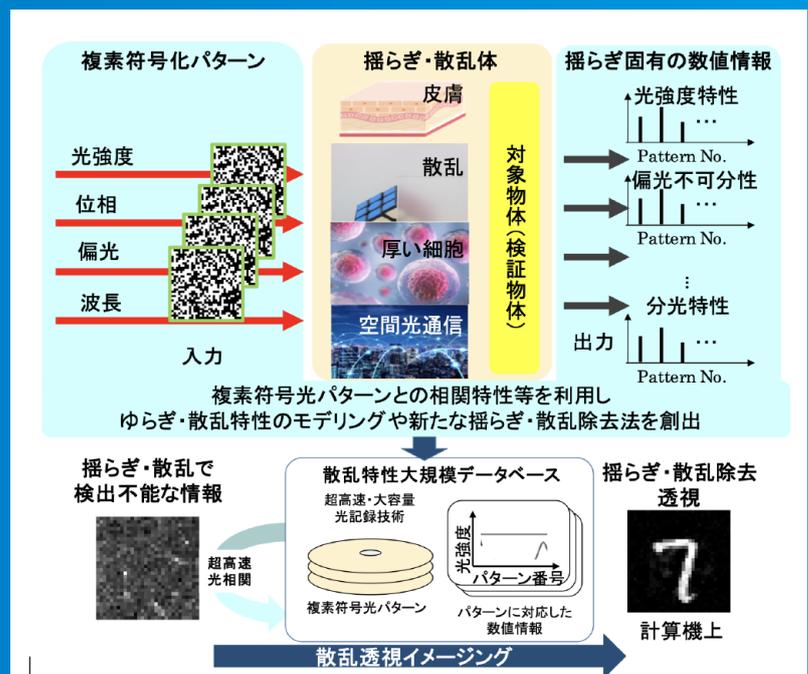


散乱媒質中や揺らぎ媒質中を伝搬する光を動画像として記録、観察・可視化できる技術の概略

A01-3 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: 電気通信大学 渡邊恵理子
 研究分担者: 電気通信大学 宮本洋子
 大阪府立大学 池田佳奈美

本計画研究では、散乱・揺らぎ現象を解明していくために、散乱・ゆらぎ媒質に対する入力光と出力光とを関係づけ、散乱特性のデータベース化およびモデリングを試みる。このとき、振幅、位相、波長、偏光という様々なパラメータをもつ光場の相関特性等を利用する。ここで、散乱の前後で電磁場の特徴量(光波の複素振幅情報や偏光状態と空間分布の不可分性等)が保存されるか、どの程度保存されるかという点に着目して散乱媒質を特徴づける新たな指標を特定し、散乱特性データベースの作成および散乱・揺らぎ場モデリングに活用する。また、大規模光データベースによる光相関イメージングや深層学習を組み込んだシングルピクセルイメージング、位相シフトデジタルホログラフィにより、新たな揺らぎ・散乱除去法を提案・構築していく。さらに、実問題を対象とした生体組織や光通信領域等に対して散乱・揺らぎ場モデリングを試み、透視の実現を目指す。



散乱・揺らぎ現象を解明に向けた本計画研究班の概要図

第1回総括班会議報告

玉田 洋介(宇都宮大学)計画研究代表者・事務局

去る1月27日の13:00～15:00に第1回総括班会議がウェブ会議にて開催されました。参加者は、的場領域代表を含む計画研究代表者に加えて、総括班評価者兼アドバイザーボードの谷田貝 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)、アドバイザーボードの武田 光夫先生(宇都宮大学)がご参加くださいました。

まず、的場領域代表が本領域の目標と、その実現のための3つの研究項目について紹介されました。その後、自己紹介を行い、総括班の役割について議論が行われました。

総括班の最も重要な役割が、本領域の特長である異分野融合研究の推進と、公募研究として多くの参加が期待される若手研究者の支援・育成です。そのために、総括班会議を引き続き2年に3回開催し、領域全体における研究の推進と支援のための方針を策定することになりました。また、総括班会議と合わせて領域会議を開催し、計画研究代表者、分担者、公募研究代表者に研究計画・進捗を報告していただき、議論を深めることで、領域内共同研究、特に異分野融合研究をさらに活発化することとなりました。

また、本領域独自の特長的な取り組みである共同研究拠点と領域融合推進班について、現状と今後の推進方針が決定されました。光学・数理科学・生命科学研究拠点の神戸大学(拠点リーダー:的場領域代表)では、生物などを用いた光学実験を行うことができるベンチの整備を進めることになりました。また、天文学・情報通信工学研究拠点である国立天文台(拠点リーダー:早野計画研究代表)では共同研究を自由に行うことができるスペースの整備を進めているとのことでした。以上2拠点に加えて、生命科学研究に必須の遺伝子組換え体を用いた実験や、動物を用いた実験を集中的に行うことができる基礎生物学研究所を新しい生命科学研究拠点として令和3年4月より立ち上げることになりました。領域融合推進班については、総括班会議に先立って推進班メンバーが決定され、コロナウイルス感染症が落ち着くまではウェブ会議をベースにしつつ、夏以降に第1回として神戸大学に結集して異分野融合研究を進めることが決まりました。

我が国の学術水準の向上・強化と国際的なプレゼンス向上も学術変革領域の重要な役割です。そのために、毎年の国内・国際研究会の開催と、ウェブサイト整備の方針、またニュースレター発行が決まりました。それに加えて、ポストコロナ時代を見据えた若手研究者の海外派遣と海外研究者の受け入れについて話し合われました。若手研究者の育成を目標とした研究会やハンズオンセミナーについては特に重要性が議論され、そうした取り組みには総括班からの人的・予算的サポートを行うことになりました。

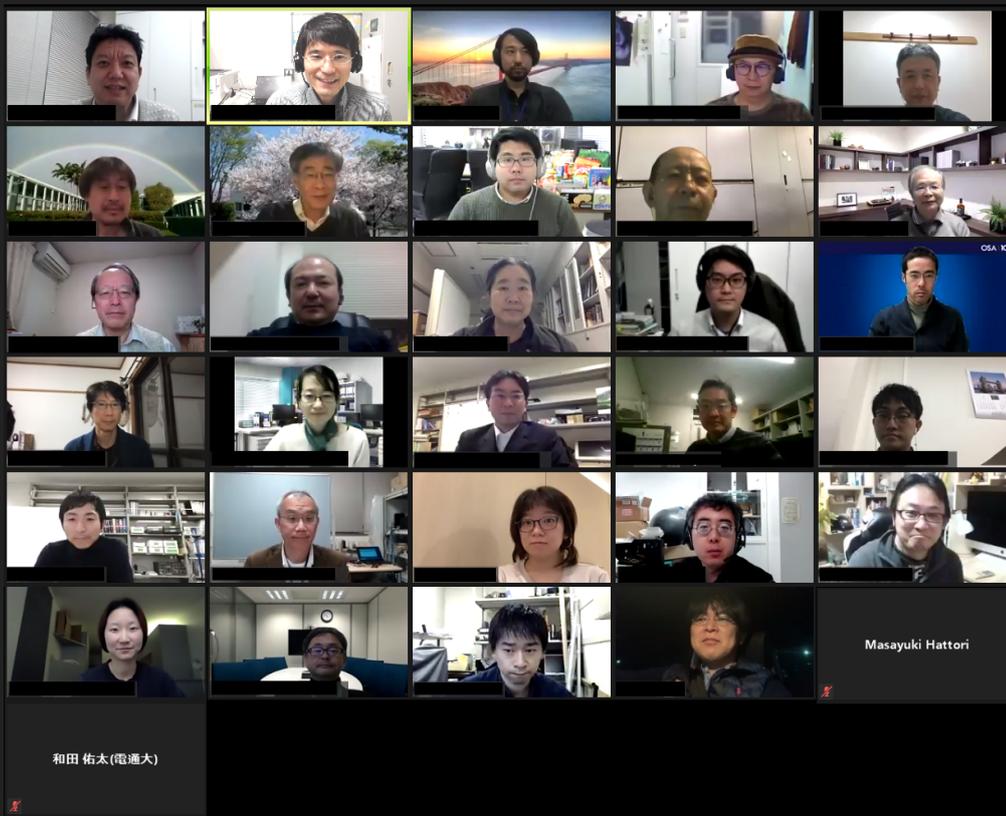
最後に、アドバイザーボードの谷田貝先生より「共同研究の推進、若手研究者・博士課程学生への支援、領域の総決算としての教科書の執筆」について、石川先生より「挑戦的な研究プロジェクトへのチャレンジ」について、平岡先生より「異分野融合研究の推進」について、武田先生より「関連学会も巻き込んだ大きな研究の潮流の形成」について、それぞれアドバイスをいただきました。

次回の総括班会議・領域会議は、公募研究決定後の令和3年9月末頃の予定となりました。領域のさらなる飛翔に向けて、今後とも何卒よろしく願いいたします。



第1回領域会議報告

玉田 洋介(宇都宮大学) 計画研究代表者・事務局



第1回総括班会議に引き続き、1月29日13:00～18:00に第1回領域会議がウェブ会議にて開催されました。参加者は、的場領域代表を含む計画研究代表者、分担者、協力者に加えて、総括班評価者兼アドバイザーボードの谷田貝 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)、アドバイザーボードの武田 光夫先生(宇都宮大学)、文部科学省学術調査官の山根 大輔先生(立命館大学)、領域ウェブサイトやアウトリーチ活動におけるデザインやイラストをご担当くださる猪俣 大輔氏(すあなサイエンス 代表)、全34名がご参加くださいました。

まず、的場領域代表が本領域の目標と、特長的な取り組みである研究拠点や領域融合推進班について紹介され、領域目標の達成のために必要不可欠な領域内共同研究、特に異分野融合研究について檄を飛ばされました。また、研究以外の領域の目標である若手研究者の育成、我が国の学術水準の向上・強化のための研究会開催・アウトリーチ活動、国際的プレゼンス向上のための国際活動について領域全体で盛り上げていくための協力の要請がありました。

その後、それぞれの計画研究における研究計画と、すでに得られつつある成果についての発表がありました。多くの発表では、計画研究代表者に加えて、分担者の発表もあり、光学・数理学・情報科学・生命科学・通信工学・天文学を中心とした幅広い研究計画や研究報告がありました。また、発表の後には、質問や新しい共同研究の提案など、活発な議論が交わされました。

最後に、総括班評価者、アドバイザーボードの谷田貝先生、石川先生、平岡先生、武田先生、学術調査官の山根先生より講評があり、異分野融合研究を志し、すでに一部実現しつつある本領域への期待と、異分野融合研究と若手研究者育成のさらなる活性化に向けた激励をいただきました。

領域会議後、18:00～20:00にはZoomを用いた研究交流会がありました。的場領域代表やアドバイザーボードの先生のご挨拶の後、ブレイクアウトルームにて研究交流を行いました。ブレイクアウトルームへの参加はランダムに行われ、およそ30分ずつで参加者を決めなおすことで、幅広い領域参加者との間で新しい交流が生まれました。

次回の領域会議は、9月末の予定です。その頃には公募研究も決定していると考えられ、さらに活発な領域会議が今からとても楽しみです。

キックオフシンポジウム 開催報告

玉田 洋介(宇都宮大学)計画研究代表者・事務局

2月1日14:00～18:00には本領域のキックオフシンポジウムがZoomウェビナーにて開催されました。講演者を除き、122名の方がご参加くださいました。

まず、的場領域代表が本領域の概要と、領域の目標達成のための領域全体の研究計画、さらに3つの研究項目と各計画研究について紹介されました。また、幅広い学術領域を含む本領域内の共同研究を推進するとともに、次世代の異分野融合研究を担う若手研究者を育成するための取り組みである研究拠点や領域融合推進班について紹介されました。

その後、各計画研究における研究計画と、これまでの成果についての発表がありました。的場領域代表・計画研究代表者は「時空間光波シンセシスによる散乱透視基盤の構築」、粟辻計画研究代表者は「散乱・揺らぎ場における光の伝搬の可視化」、渡邊計画研究代表者は「大規模光データベースによる散乱・揺らぎ場モデリング」、木村計画研究代表者は「散乱理論・散乱イメージング理論の構築」、谷田計画研究代表者は「インテリジェント散乱・揺らぎイメージング」、玉田計画研究代表者は「生きた細胞や組織における散乱・揺らぎ計測と制御」、高山計画研究代表者は「空間光伝搬通信における散乱・揺らぎ計測と制御」、早野計画研究代表者は「光波の時空間における計測・変調・制御を駆使した地球型惑星検出に迫るイメージング」について、それぞれ発表されました。

最後に、的場領域代表が本領域の研究活動の総括と公募研究への期待について述べられました。

本キックオフシンポジウムにおける発表はレコーディングし、本領域のウェブサイト (http://www.org.kobe-u.ac.jp/scattering_clairvoyance/) にて公開しております。本キックオフシンポジウムを嚆矢として、本領域の研究や活動内容を研究者や国民のみならず広く知っていただき、本領域の活動に対してぜひご支援・ご鞭撻をいただけましたらと存じます。



2020 年度採択 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
領域代表 的場 修 (神戸大学)

学術変革領域

「散乱・揺らぎ場の包括的理解と透視の科学」 キックオフシンポジウム

2021 年 2 月 1 日 (月)
14:00 ~ 18:00

Zoom ウェビナーによる開催

ウェビナーアドレスは本ウェブサイトより登録のメールアドレスに 1/30 までに連絡いたします。

- | | |
|-------------|--|
| 14:00-14:20 | 領域説明 (的場 修) |
| 14:20-14:40 | 的場 修 (神戸大学・先端融合研究環)
「時空間光波シンセシスによる散乱透視基盤の構築」 |
| 14:40-15:00 | 粟辻 安浩 (京都工芸繊維大学・電気電子工学系)
「散乱・揺らぎ場における光の伝搬の可視化」 |
| 15:00-15:20 | 渡邊 恵理子 (電気通信大学・情報理工学研究所)
「大規模光データベースによる散乱・揺らぎ場モデリング」 |
| 15:20-15:30 | 休憩 |
| 15:30-15:50 | 木村 建次郎 (神戸大学・数理・データサイエンスセンター)
「散乱理論・散乱イメージング理論の構築」 |
| 15:50-16:10 | 谷田 純 (大阪大学・情報科学研究科)
「インテリジェント散乱・揺らぎイメージング」 |
| 16:10-16:30 | 玉田 洋介 (宇都宮大学・工学部)
「生きた細胞や組織における散乱・揺らぎ計測と制御」 |
| 16:30-16:50 | 高山 佳久 (東海大学・情報通信学部)
「空間光伝搬通信における散乱・揺らぎ計測と制御」 |
| 16:50-17:10 | 早野 裕 (国立天文台・先端技術センター)
「光波の時空間における計測・変調・制御を駆使した
地球型惑星検出に迫るイメージング」 |
| 17:10-17:30 | 公募研究に関する説明 (的場 修) |
| 17:30-18:00 | 質疑応答 (的場 修) |

領域ウェブサイトにて参加登録受付中 (1/29 まで)
http://www.org.kobe-u.ac.jp/scattering_clairvoyance/



DIY Microscope Training Course 2021 開催報告

坂本丞 基礎生物学研究所、研究項目A03 計画研究(玉田)

本領域では、領域内の光学系研究者と生物学系研究者の異分野融合研究をさらに活性化する必要があるとの議論から、令和3年4月より生物学研究拠点を基礎生物学研究所に設ける予定です。この拠点では、生きた遺伝子組換え体や動物を用いた実験を行うことができます。今回はプレ拠点活動の一環として、基礎生物学研究所において開催された「DIY Microscope Training Course 2021」について紹介いたします。本コースは2021年2月8日および2月12日に開催いたしました(主催; 新学術領域研究・学術研究支援基盤形成「先端バイオイメーjing支援プラットフォーム(ABiS)」)。本領域には、コース開催に当たり共催いただきました。立ち上がったばかりの本領域を生物学系研究者に宣伝し、領域の発展に貢献できたらと考えております。今回は、実習自体が初めての試みだったため実地開催が強く望まれましたが、残念ながらコロナ禍の影響を受けてオンラインでの開催となりました。参加者は総勢18名(うち領域からの参加者は3名)でした。

本コースの目的は、ただ顕微鏡を使えるようになるのではなく、なぜ顕微鏡を通して微細な構造を観察できるのか、その原理について理解することにあります。DIYと名前の付く通り、コースの中では実際に顕微鏡を参加者自身が組み立てることで、光学的原理に対する理解を深めていきます。今年度は、実習の講師としてソーラボジャパン株式会社からお二人にオンラインでご参加いただき、講義と光学系組み立てをご指導いただきました。

実習の配信は、参加者が組み立てている様子をカメラで撮影して配信するという、スタジオ形式をとりました。組み立て実習では、検出光学系、照明光学系の順に組み立て、最後に試料を観察しました。実習中、必要な部品が見つからずにあわてる様子も配信されました。これは、実地開催と比べて細やかなサポートが難しいことが大きな原因であり、オンラインならではの課題といえるでしょう。この他にも、様々な改善点が見つかりました。来年度以降の開催に向けて、講師・世話人一同で講義内容などをブラッシュアップしていく予定です。今年度は受講対象者を限定いたしました。来年度以降はより多くの方が受講できるようにしたいと思います。また、本領域独自のトレーニングコースも企画中です。こちらについても詳細が決定し次第ご案内できればと考えております。

最後に、本コースにご参加いただいた皆様と、運営・講義にご尽力いただいた講師および世話人の皆様に厚く御礼申し上げます。



今後の予定

2021年4月19日(月)
-22日(木)

第7回バイオイメージング&センシング (BISC2021)
開催形態:ハイブリッド(千葉大学けやき会館)

主催:SPIE-The International Society for Optics and Photonics (米)

研究成果紹介

1. 粟辻グループと的場グループの共同研究として、激しく揺らぐ空気の3次元動画画像計測を実現した論文を発表しました。

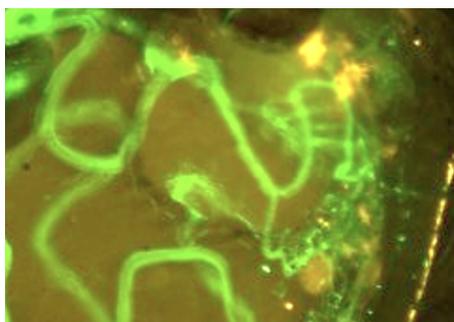
Peng Xia, Shien Ri, Tomoyoshi Inoue, Yasuhiro Awatsuji, Osamu Matoba, “Dynamic phase measurement of a transparent object by parallel phase-shifting digital holography with dual polarization imaging cameras,” *Optics and Lasers in Engineering* Vol. 141, 106583 (2021). DOI: 10.1016/j.optlaseng.2021.106583

2. 的場グループ, 粟辻グループ, 玉田グループの共同研究として、強度輸送方程式を用いて蛍光と位相の同時3次元生細胞イメージングを実現した論文を発表しました。この方法を用いて、散乱体内部に存在する蛍光体からの散乱蛍光を計測することにより、散乱体内部に到達する光の設計に役立つと期待されます。

Sudheesh K. Rajput, Osamu Matoba, Manoj Kumar, Xiangyu Quan, Yasuhiro Awatsuji, Yosuke Tamada, and Enrique Tajahuerce, “Multi-physical parameter cross-sectional imaging of quantitative phase and fluorescence by integrated multimodal microscopy,” *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, DOI: 10.1109/JSTQE.2021.3064406

3. 的場グループの成果として、ホログラフィック波面制御技術による生体内部への集光スポット生成技術を用いて、痛みを感じた時の脳内の神経回路変化を解明した論文を発表しました。

Takuya Okada, Daisuke Kato, Yuki Nomura, Norihiko Obata, Xiangyu Quan, Akihito Morinaga, Hajime Yano, Zhongtian Guo, Yuki Aoyama, Yoshihisa Tachibana, Andrew J. Moorhouse, Osamu Matoba, Tetsuya Takiguchi, Satoshi Mizobuchi, Hiroaki Wake, “Pain induces stable, active microcircuits in the somatosensory cortex that provide a therapeutic target,” *Science Advances*, 7, eabd8261 (2021). DOI: 10.1126/sciadv.abd8261



編集 高山佳久(東海大学)
デザイン 猪俣 大輔(すあなサイエンス)

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©2021. 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)