

- 計画研究紹介A03-1 生きた細胞や組織における散乱・揺らぎ計測と制御
- 計画研究紹介A03-2 空間光伝搬通信における散乱・揺らぎ計測と制御
- 計画研究紹介A03-3 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
- 第2回総括班会議報告
- 第2回領域会議報告
- 第32回細胞生物学ワークショップ開催報告
- 第13回光塾に参加して
- OPTICAL MICROSCOPY PRICIPLE TRAINING COURSE 2021 開催報告
- 2021年 第82回応用物理学会秋季学術講演会 シンポジウム報告  
散乱・揺らぎ計算イメージングの最前線
- 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2021 (OPJ2021) シンポジウム  
「3次元場を伝搬する光の散乱・揺らぎ計算イメージング」
- その他
- 受賞のお知らせ
- 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)  
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)  
堀崎遼一(大阪大学・助教)

## 研究項目A03

### 実問題における散乱透視学

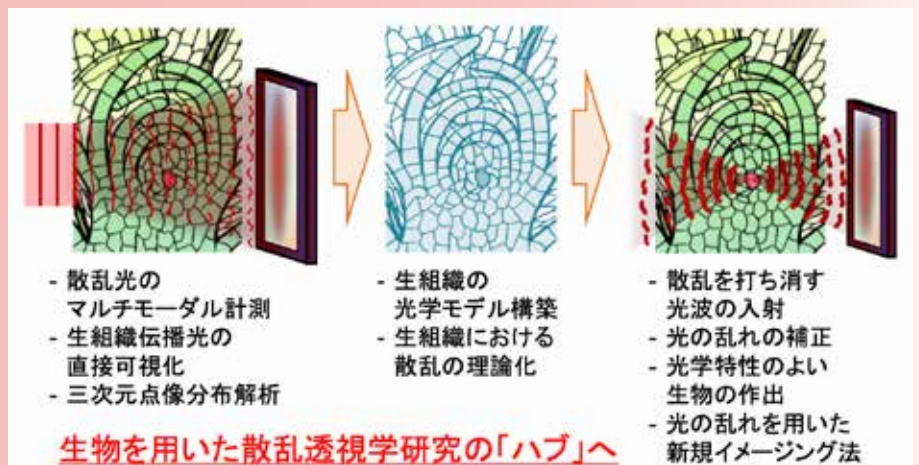
- 計画研究6 生きた細胞や組織における散乱・揺らぎ計測と制御  
研究代表者: 玉田洋介(宇都宮大学・准教授)  
研究分担者: 松田厚志(情報通信研究機構・主任研究員)  
坂本丞(基礎生物学研究所・特任助教)
- 計画研究7 空間光伝搬通信における散乱・揺らぎ計測と制御  
研究代表者: 高山佳久(東海大・教授)  
研究分担者: 玉川一郎(分担)(岐阜大・教授)  
小林智尚(分担)(岐阜大・教授)
- 計画研究8 光波の時空間における計測・変調・制御を駆使した天文イメージング  
研究代表者: 早野裕(国立天文台・准教授)  
研究分担者: 西川淳(国立天文台・助教)  
入部正継(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

## 生きた細胞や組織における散乱・揺らぎ計測と制御

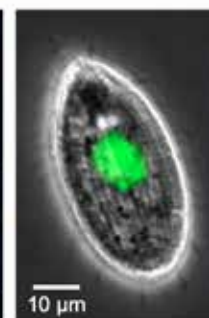
研究代表者: 宇都宮大学 玉田 洋介  
 研究分担者: 情報通信研究機構 松田 厚志  
 基礎生物学研究所 坂本 丞  
 大阪大学 平野 泰弘  
 研究協力者: 基礎生物学研究所 友井 拓実

特定の生体分子や生体構造を蛍光分子などにより標識し、その動態を生きた細胞や組織、個体において観察する生細胞(ライブセル)イメージングは、今や生命科学に必要不可欠となりつつあります。しかしながら、生きた細胞や組織、個体には、観察対象でもある生体分子や生体構造がnmからmmスケールまで混在しており、それらを通じた光は複雑に散乱・屈折します。そのため、生細胞イメージングの際に、観察面が生体の深部になればなるほど光の散乱や屈折は強くなり、得られる像が著しく劣化します。

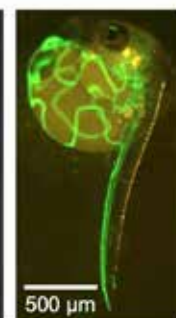
本計画研究では、領域に所属する光学・数理科学・情報科学・天文学・通信工学の研究者と共同で、生きた生体における光の散乱や屈折を詳細に計測し、これら光の乱れの根源となる生体構造を解明するとともに、生体における散乱をモデル化します。このモデルに基づき、生体構造の新規散乱イメージング法を確立するとともに、散乱を抑制する光波を合成して生組織深部に入射する、生組織を通過して乱れた光を補正するなどの研究によって、生組織深部を透視します。さらに、散乱の根源となる生体構造の情報をもとに、散乱の少ない生物を遺伝子操作により作出する研究を行います。以上の研究により生きた植物(主にヒメツリガネゴケ)、動物(主にミナミメダカ)、微生物(主にテトラヒメナ、分裂酵母)の透視を実現するとともに、細胞核における染色質動態を、超解像法も駆使しつつ解明します。



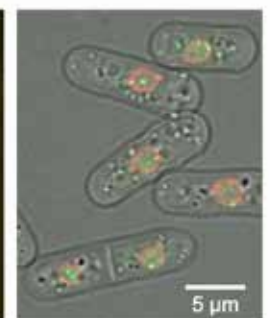
コケ植物  
ヒメツリガネゴケ  
幹細胞制御・  
光学特性研究の  
モデル植物



繊毛のある微生物  
テトラヒメナ  
細胞核・  
クロマチン制御の  
モデル生物



小型魚類  
ミナミメダカ  
モデル脊椎動物



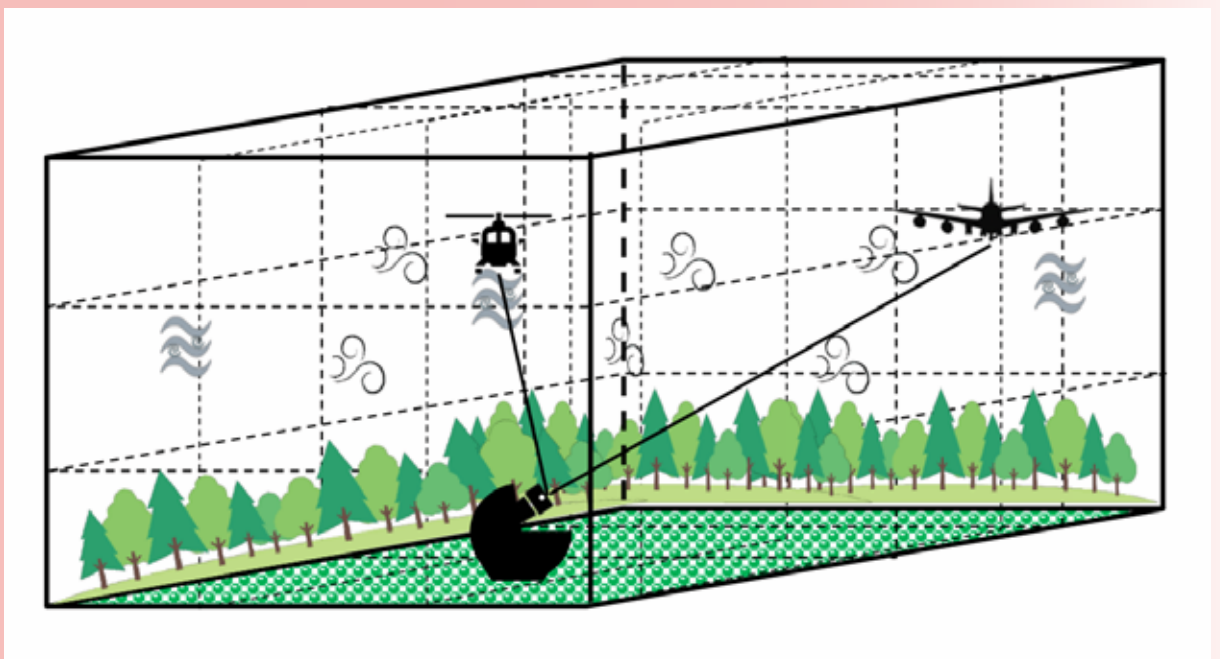
繊毛のない微生物  
分裂酵母  
モデル真核生物

## 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: 東海大学 高山佳久  
研究分担者: 岐阜大学 玉川一郎、小林智尚  
研究協力者: 東京都立大学 石井昌憲、竹中秀樹  
東海大学 山下泰輝

光の空間伝搬による光通信では、通信経路上の大気揺らぎによって、受信面に到達した信号光には強度変動が生じます。特に移動体を相手とする場合には、光の伝搬経路の方向と位置の変化によって、光が大気から被る影響が大きくなります。この結果、光通信回線の瞬断が繰り返され、通信品質が低下してしまいます。本計画研究では、信号光による受信面照射の安定化を目指します。気象計測に基づく大気揺らぎの推定と複数の光を用いるマルチビーム伝送を組み合わせることにより、通信経路の方向と位置が大きく変化する場合においても、通信回線を維持する方法を獲得します。

気象予測計算に基づく大気揺らぎの推定は、図のように、通信経路を含む領域を対象とします。大気状態の計算では、領域内の複数の箇所で計測した気象情報をデータ同化して推定精度を高め、計算領域に更に高解像度な計算を挿入するネスティングによって空間分解能を高めます。この分布と光通信経路の位置の移動や風による大気の移動によって、通信経路が被る揺らぎの影響を推定し、送信光の操作に反映します。

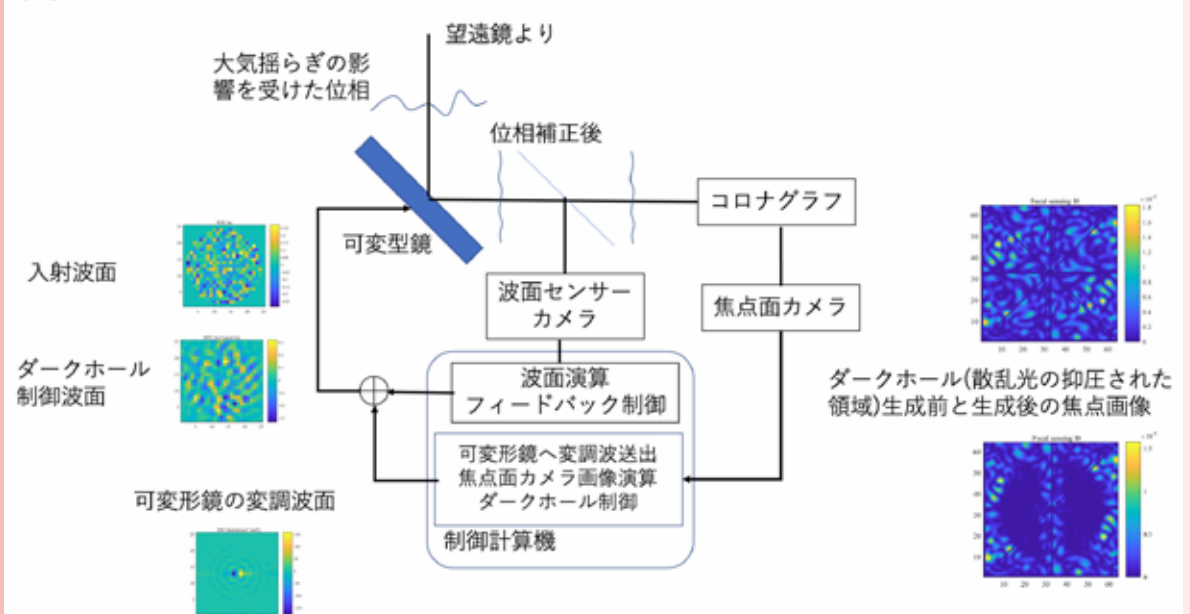


## 光波の時空間における計測・変調・制御を駆使した地球型惑星検出に迫るイメージング

研究代表者: 自然科学研究機構・国立天文台、総合研究大学院大学 早野 裕  
 研究分担者: 大阪電気通信大学 入部正継  
 自然科学研究機構・国立天文台、総合研究大学院大学 西川 淳  
 研究協力者: 京都大学 山本 広大  
 自然科学研究機構・国立天文台 服部 雅之  
 自然科学研究機構・国立天文台 東谷 千比呂

大気揺らぎで生じた位相誤差の補正(補償光学)により、8mクラスの地上大型可視赤外線望遠鏡で回折限界像が得られるようになった。さらに、中心の恒星をコロナグラフ技術などで除去し、海王星軌道付近の惑星の直接撮像ができるようになってきた。しかし、恒星により近い軌道にある地球型惑星の直接検出は、望遠鏡振動・追尾駆動誤差、スパイダー構造による光位相ギャップ、焦点面のスペckルノイズ、光学反射面の散乱光ノイズなど、補償光学では補正しきれない誤差要因があり、コロナグラフによる中心の恒星除去がうまくいかない。本計画研究では、ランダムに時間変動する焦点面スペckルノイズを光波高速変調によって測定・補正することで、地球型惑星の直接検出に迫ることを目指している。この方法の数値シミュレーション、実験室実証、望遠鏡を用いた実証の過程及び得られた結果や大量データを基盤として、光の散乱や揺らぎの幅の広い実問題の課題解決に展開できると期待している。

【図】 光波高速変調によってランダムに時間変動する焦点面スペckルノイズを測定・補正するシステム概念図



## 第2回総括班会議報告

---

宇都宮大学 玉田洋介

東海大学 高山佳久

第2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: 2021年10月19日(火) 12:45-13:55

会場: 岡崎コンファレンスセンター

〒444-0864 愛知県岡崎市明大寺町伝馬8-1

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)、学術調査官の伊藤鋼仁先生(東京大学)、山根大輔先生(立命館大学)がご参加くださいました。

まず、的場領域代表が本領域の狙いと融合する学問領域とを紹介されました。その後、以下に沿って、状況が報告されました。

- (1) 計画研究推進状況のまとめ
- (2) 共同研究拠点
- (3) 活動
- (4) 公募研究について

計画研究進捗状況まとめでは、各計画研究における特筆すべき成果や、研究成果の発表状況および共同研究の実施状況などが報告されました。共同研究拠点に関しては、神戸大学、基礎生物学研究所および国立天文台に設置されている拠点についての説明が行われました。続いて、現在の活動として、国内シンポジウムなどの実施実績と今後の予定が紹介され、2022年4月には国際シンポジウムSensing and Imaging through Scattering and Fluctuating Field in Biology, Telecommunication, and Astronomy (SI-thru)が開催されることが述べられました。また領域のホームページ、ニュースレターの発行、ワークショップの実施および公募研究として16件が推進されることになったことが報告されました。

---

これらの報告に関して頂いたご意見を記します。

- ・領域としての研究が精力的に行われており、みなさん領域をしっかり意識されて活動を進められている印象。引き続きがんばってほしい。
- ・融合研究はよく進んでいるが、1対1が多い。もう少し多対多の融合研究が欲しい。領域融合推進班などを利用して、若手研究者を中心とした多対多の融合研究をもっと進め、領域にある技術をたくさんの若手研究者が使って、新しい研究をどんどん切り拓いてほしい。
- ・プロジェクトが終わるころには、外側の方に関して本を執筆するなど、領域の外側の人たちに対するアピールが必要。
- ・科研費のテーマなので、生き生きと面白いことをやってほしい。それが大きな流れになれば最高で、それは総括班の仕事。
- ・求心型と並列分散型、どちらでいくのか。もう少しすると見えてくるとよい。つまり、一つの分野として構築していくか、多様な分野を傘でまとめるだけにするのか。
- ・終わった時に、「何ができたか」に答える。あれもこれもできました、というよりは、何年か後に「この分野はこういうことをやりました」とはっきり言えるとよい。
- ・生物、通信、天文以外の広い分野に適用できる、ということを今後どのように表現していくか。これは総括班の役割。
- ・2～3年後でよいが、全体で大きな方針を見つけて、それをうまく表現すること。
- ・非常に広いメンバーがいるので、どのようにそれをまとめていくかが的場先生の力の見せ所。
- ・分野ごとに言葉が違う。計画研究は長い間議論がされてきて言葉をすり合わせてきたが、公募研究の方はまだうまく理解できておらず、「自分は場違いではないか」と感じている方もいるのでは。領域終了後に、全公募研究メンバーが同じ言葉を使えるようになり、場違い感がなくなると領域は成功といえる。
- ・うまく公募研究が取れたのではないか。計画研究でカバーできている領域に加えて、もう少しカバーしたい領域がカバーできている。量子はよかったが、通信はもう少し欲しかったのはその通り。
- ・お互いの分野の「方言」が通じているのか、どう違うのかをすり合わせる必要がある。公募研究に対し、計画研究が積極的に声掛けをして、言葉のすり合わせを行っていくとよい。

第2回領域会議が下記の日程でハイブリッド開催されました。

日時: 2021年10月18日(月)13:00~10月20日(水)12:50

会場: 岡崎コンファレンスセンター

〒444-0864 愛知県岡崎市明大寺町伝馬8-1

オンライン (Zoom) での開催

現地世話人:基礎生物学研究所 亀井 保博、坂本 丞

的場領域代表の挨拶に続き、計画研究および公募研究について、それぞれの実施内容が発表されました。計画研究の講演では、8件の計画研究について、それぞれの全容、個人の研究内容、領域内共同研究に提供できる所有技術および必要な技術などが説明されました。また公募研究では、16件の公募研究について、それぞれの全容、研究内容、領域内共同研究に提供できる所有技術および必要な技術などが示されました。盛況な講演に続き、アドバイザー・学術調査官からの講評を頂きました。

以下に報告と講評について記します。

### 領域融合推進班からの連絡事項

- ・11月下旬~12月初頭(12/13~15となりました)に神戸大学にて光計算イメージングを紹介するための領域融合推進班活動を行いたい。ただ、新型コロナウイルス感染症の状況に応じて、人数や期間を考えつつ開始する。
- ・第3回領域会議・総括班会議は2022年3~6月(訂正)、第4回領域会議・総括班会議は2022年12月~2023年3月となる。



## 領域会議の総括

- ・自分の研究コミュニティ以外の新しい研究上の友人をたくさん作ってほしい。どんどん融合研究を行ってほしい。
- ・領域終了時にどのように学術が変革されたのか、総括班メンバーを中心に考えなくてはいけない。
- ・国際会議、本の出版など、外の方々にも領域の成果を広く利用できる枠組みを。
- ・楽しんで研究するのが一番。生き生きと面白い研究、共同研究を行ってもらえたら。
- ・天文学研究者、通信工学研究者、生物学者研究者、波動方程式を介して世界を見ている人たち、細胞を通して世界を見ている人たち、多様な領域メンバーをまとめていく必要がある。
- ・計画研究は長い間すりあわせを行っているからいいかもしれないが、公募研究の方も加わっている。場違いと感じてる方もいるかもしれない。全ての人々が場違いと感じないと、この領域は成功。言葉のすれ違いのすり合わせ、議論が重要。
- ・領域会議では発表時間を厳守する。今後も十分な交流が大切。
- ・分野ごとの方言で話している。共通言語を持っているつもりでも違っている部分がある。それぞれの方言がお互いに聞き取れてくるとよい。
- ・公募の専門領域や発想が、計画研究の領域を補完して、全体としてレベルが上がった印象。公募研究と計画研究でいいコラボレーションができそう。
- ・領域終了までに、鍋料理として一体の料理が完成するとよい。
- ・運営面で各研究グループをサポートすることが重要。領域会議としては非常に活発。開催のタイミングも公募研究が採択された直後でとてもよい。領域研究の仕組み作りがようやく始まるころだが、精力的に進められている。
- ・学術を変革すること、総括班メンバーを中心に進める。評価委員、アドバイザーの先生から有益なコメントを活かすこと。
- ・的場先生を中心として一丸となって挑戦する。
- ・公募研究を含めて提供できる技術を出し合って、共同研究拠点も利用しつつ、一丸となって取り組んでほしい。
- ・積極的なコラボレーション、領域からの支援、サポートが重要。

---

プログラム(敬称略)

現地世話人:亀井 保博、坂本 丞(基礎生物学研究所)

2021年10月18日(月)

13:00~13:10 領域代表挨拶 的場 修(神戸大学) 現地

公募研究(1) 座長:早野 裕(国立天文台) 現地

13:10~13:35 深津 晋(東京大学) オンライン

13:35~14:00 鹿野 豊(群馬大学) オンライン

計画研究(谷田) 座長:滝口 哲也(神戸大学) オンライン

14:00~14:15 谷田 純(大阪大学) 現地

14:15~14:25 中村 友哉(大阪大学) オンライン

14:25~14:35 西崎 陽平(大阪産業技術研究所) 現地

14:35~14:45 質疑応答

14:45~15:00 休憩

計画研究(渡邊) 座長:熊谷 幸汰(宇都宮大学) 現地

15:00~15:15 渡邊 恵理子 (電気通信大学) オンライン

15:15~15:25 宮本 洋子 (電気通信大学) オンライン

15:25~15:35 質疑応答

公募研究(2) 座長:玉田 洋介(宇都宮大学) 現地

15:35~16:00 秋山 正幸(東北大学) オンライン

16:00~16:25 村上 尚史(北海道大学) オンライン

16:25~16:40 休憩

公募研究(3) 座長:湯川 博(名古屋大学)、上野原 努(大阪大学) 現地

16:40~17:05 市村 垂生(大阪大学) オンライン

17:05~17:30 加藤 大輔(名古屋大学) 現地

17:30~17:55 執行 航希(広島大学) オンライン

17:55~18:20 西村 隆宏(大阪大学) オンライン

---

2021年10月19日(火)

計画研究(的場) 座長:松田 厚志(情報通信研究機構) 現地

9:15~ 9:30 的場 修(神戸大学) 現地

9:30~ 9:40 小倉 裕介(大阪大学) 現地

9:40~ 9:50 上野原 努(大阪大学) 現地

9:50~10:00 全 香玉(神戸大学) オンライン

10:00~10:10 亀井 保博(基礎生物学研究所) 現地

10:10~10:20 質疑応答

10:20~10:35 休憩

計画研究(栗辻) 座長:加藤 大輔(名古屋大学) 現地

10:35~10:50 栗辻 安浩(京都工芸繊維大学) 現地

10:50~11:00 角江 崇(千葉大学) オンライン

11:00~11:10 質疑応答

公募研究(4) 座長:西川 淳(国立天文台) オンライン

11:10~11:35 西澤 典彦(名古屋大学) オンライン

11:35~12:00 湯川 博(名古屋大学) 現地

12:00~12:05 写真撮影(オンライン参加の方はカメラをON)

12:05~12:45 昼食

12:45~14:00 総括班会議(総括班メンバー以外の方は休憩)

計画研究(木村) 座長:渡部 匡己(理化学研究所) 現地

14:00~14:15 木村 建次郎(神戸大学) オンライン

14:15~14:25 弓井 孝佳(株式会社Integral Geometry Science) オンライン

14:25~14:35 質疑応答

計画研究(高山) 座長:小倉 裕介(大阪大学) 現地

14:35~10:50 高山 佳久(東海大学) オンライン

14:50~14:00 玉川 一郎(岐阜大学) オンライン

15:00~15:10 小林 智尚(岐阜大学) オンライン

15:10~15:20 質疑応答

---

15:20～15:35 休憩

公募研究(5) 座長:栗辻 安浩(京都工芸繊維大学) 現地

15:35～16:00 太田 薫(神戸大学) オンライン

16:00～16:25 熊谷 幸汰(宇都宮大学) 現地

16:25～16:50 廣井 卓思(物質・材料研究機構) オンライン

16:50～17:05 休憩

総括班活動紹介 座長:玉田 洋介(宇都宮大学) 現地

17:05～17:15 光学・生物学拠点 的場 修(神戸大学) 現地

17:15～17:25 天文学・通信科学拠点 早野 裕(国立天文台) 現地

17:25～17:35 生物学拠点 亀井 保博(基礎生物学研究所) 現地

17:35～17:50 領域融合推進班紹介 玉田 洋介(宇都宮大学) 現地

領域ニュースレター紹介 玉田 洋介(宇都宮大学) 現地

SI-Thruおよび研究会サポート 的場 修(神戸大学) 現地

海外渡航支援紹介 早野 裕(国立天文台) 現地

17:50～18:00 質疑応答

(現地参加者は夕食を購入してホテル・ロッジへ移動)

18:30～20:10 交流会 オンライン

---

2021年10月20日(水)

計画研究(玉田) 座長:執行 航希(広島大学) 現地

9:00~ 9:15 玉田 洋介(宇都宮大学) 現地

9:15~ 9:25 松田 厚志(情報通信研究機構) 現地

9:25~ 9:35 坂本 丞(基礎生物学研究所) 現地

9:35~ 9:45 平野 泰弘(大阪大学) オンライン

9:45~ 9:55 質疑応答

計画研究(早野) 座長:的場 修(神戸大学) 現地

9:55~10:10 早野 裕(国立天文台) 現地

10:10~10:20 西川 淳(国立天文台) オンライン

10:20~10:30 入部 正継(大阪電気通信大学) オンライン

10:30~10:40 質疑応答

10:40~10:55 休憩

公募研究(6) 座長:西崎 陽平(大阪産業技術研究所) 現地

10:55~11:20 滝口 哲也(神戸大学) オンライン

11:20~11:45 藤井 宏之(北海道大学) オンライン

11:45~12:10 渡部 匡己(理化学研究所) 現地

評価委員・アドバイザー・学術調査官 講評 12:10~12:40

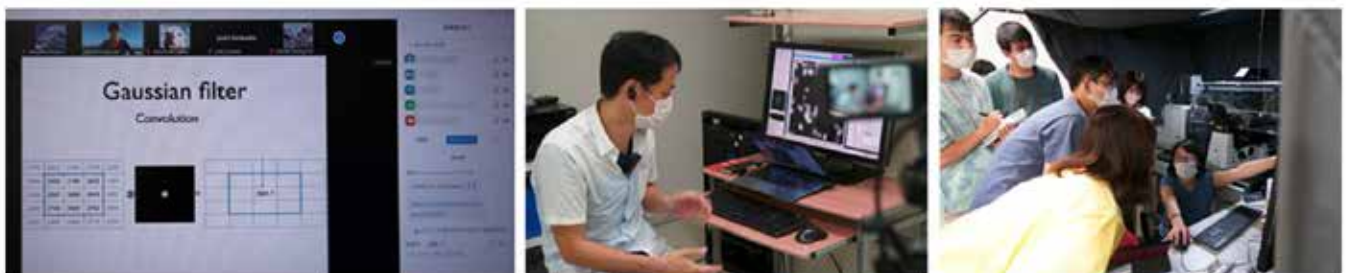
12:40~12:45 領域代表挨拶 的場 修(神戸大学) 現地

12:45~12:50 事務連絡・今後の予定 玉田 洋介(宇都宮大学) 現地

# 第32回細胞生物学ワークショップ開催報告

大阪大学大学院生命機能研究科・平野泰弘

ライブセルイメージングに関する技術習得を主題とした「第32回細胞生物学ワークショップ」が去る8月2-6日に大阪大学生命機能研究科にて開催され、学部生から若手スタッフまで幅広い若手世代、計35名が受講した(オブザーバー参加者を含む)。例年20名前後であることを考えれば、今回は多くの方に受講頂けた。大変残念なことに、今年度も昨年度に引き続きオンライン開催となったものの、大阪大学所属の受講生の方に限って、感染対策を講じた上で、オンサイトで実習を受けることが可能とするブレンディッド方式を取り入れた(それでも最も興味のある1日だけで、残りはオンライン受講)。本領域からは玉田班の平野、松田の2名が共焦点顕微鏡や超解像顕微鏡の基礎や画像処理に関する講義と実習を行い、生物試料を観察する際に起きる揺らぎの問題に関して、啓蒙・議論を行った(下図)。



(左)松田の講義の様子

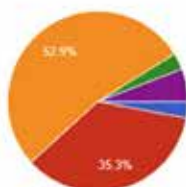
(中) 平野のオンライン実習

(右)オンサイト実習

本ワークショップの1日は、午前基礎知識の講義、午後午前講義内容の実習、夕方には講義・実習内容を踏まえた総合討論(復習)という三部で構成される。これを月曜から金曜まで5日間みっちり行い、生物学研究の最前線で最低限必要となる内容をカバーしようとするのだから、受講生の方々は大変だ(他人事に聞こえるが、私自身も経験者(元受講生)なので、大変さは身に染みて分かる)。それでも既製品では普段見ることのできない光学パーツを見れるところから含め、蛍光顕微鏡に関する知識を体系的に学べたということで、受講生の方々には満足して頂けた(下図アンケート結果左下)。

1. 可能であれば身分を教えてください。

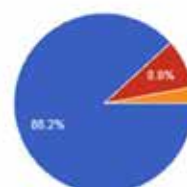
34件の回答



● 学部生  
● 博士課程前期(修士課程)  
● 博士課程後期(博士課程)  
● ポスドク  
● スタッフ(特任を含む)  
● 未回答

7. 実習の内容はどうでしたか?

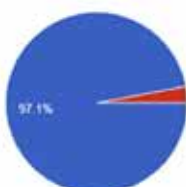
34件の回答



● わかりやすかった  
● わかりにくかった  
● 見えにくかった  
● 聞こえにくかった

3. このワークショップは有意義でしたか?

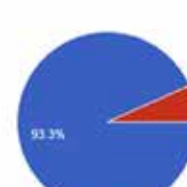
34件の回答



● 有意義だった  
● それなりに  
● 有意義ではなかった

オンサイトも受講された方にお聞きます。オンサイトとオンライン、どちらが受講しやすかったですか?

15件の回答



● オンサイト  
● オンライン

今回のワークショップでは実習をオンライン・オンサイト両方で行ったので、この点についても言及したい。受講生全員に実習の内容について尋ねた結果(前頁アンケート結果右上)、実習そのものには概して満足して頂けたようである。ところが、オンライン・オンサイト両方で実習を受けた受講生に、どちらが受講しやすかったかと聞くと、圧倒的にオンサイトとなった(同右下)。オンラインでは顕微鏡の操作画面を各自のモニターで独占して見れて良かったという、オンライン特有の良さを指摘する意見が挙がった一方で、オンサイトでは自分で機械を操作することで得られる実感、講師やTAが目の前にいてすぐに質問できる雰囲気など、オンラインでは未だ得難い「体験」を重視する意見が多かった。今後VRなどがもっと普及していけばオンライン・オンデマンドでもオンサイトと変わらない体験を得ることができるようになると思うが、まだしばらくは一期一会の出会いが人間には必要なようだ。

## 第13回光塾に参加して

大阪大学大学院生命機能研究科・平野泰弘

「光塾」はバイオイメージングに興味のある若手研究者が集まり、学会ではしない(できない)ような苦労話などを含め、ざっくばらんにイメージングの情報交換を行う研究会である。年1回開催しており、第13回目となる今年は北海道大学・先端生命科学院の北村朗さん(上段左から2番目)を塾長として開催され、75名が参加した。基調講演には東京大学大学院理学系研究科の小澤岳昌さん(光塾では「先生」という呼称禁止)をお招きし、生体分子のダイナミクスを光で操作し、定量的に計測する試みについてお話頂いた。招待講演として、理研柳川さん、毛利さん、北大西村さん、早大坂内さん、京大山城さん、阪大松岡さんの6名に最新の研究を紹介して頂いた。光塾はその年の塾長色が強く反映される特徴があり、今年は、一見ノイズに埋もれてしまいそうなほど弱いごく少数の分子(1分子を含む)のダイナミクスが、どうやってロバストな生体反応となって現れるようになるかが大きなテーマで、その観察手法、解析手法が議論された。生物が行っている微弱信号の情報処理機構が解明できれば、様々な分野で応用利用可能と考えられた(逆に情報処理分野の方が参入され、理論的な洞察ができれば、生物学分野にとって大きなブレイクスルーとなるだろう)。



参加者の集合写真  
(一部のみ)

# OPTICAL MICROSCOPY PRICIPLE 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)

本領域において、基礎生物学研究所には生物学研究拠点が設置されています。この拠点では生きた動物や遺伝子組換え体を用いた実験が可能です。またアウトリーチ活動の一環として、トレーニングコース等の開催を行っています。本稿では、基礎生物学研究所において開催された「OPTICAL MICROSCOPY PRICIPLE TRAINING COURSE (OPT) 2021」について紹介いたします。本コースは2021年7月12日～14日に開催され(主催: 新学術領域研究・学術研究支援基盤形成「先端バイオイメージング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(ウェブページ: <https://sites.google.com/nibb.ac.jp/opt2021july>)。今回は、総勢10名(うち領域からの参加者は1名)の方にご協力いただきまして、本開催に向けた改善点などのコメントをいただくための限定開催といたしました。

本コースの目的は昨年度2月に開催したDIY Microscope Training Course (DIYMTC) 2021と同じく、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。また、DIYMTC2021から実習内容や実習に使用するキットを見直し、実習に加えて顕微鏡光学系や生物イメージングの基礎知識についての講義を追加しました。座学で学んだ知識を実習で実際に体験することで、イメージングについてその原理も含めてより理解を深めることができるようにプログラムを組み立てました。参加者の大半を占めていた生物分野からの受講生にとって光学に関する講義は馴染みが薄く、対して光学系の参加者にとって生物学的な技術については新鮮に感じたことと思います。

開催形態としてはオンサイト・オンラインのハイブリッド形式とし、オンラインの参加者にはZoomを使用して参加していただきました。講義の配信環境やテキストチャットツールの併用により、オンラインとオンサイトの参加者の差がなるべくつかないように受講環境を構築するように努力いたしました。また、オンライン参加者は実習パートの参加を任意としましたが、ご参加いただいた方は手持ち無沙汰になりがちでした。今後、どのように対応するか検討すべき課題の一つと言えるでしょう。この他にも講義内容や実習内容について多くのコメントをいただきました。いただいたコメントをもとに、コースの内容をより良いものにできるよう今後とも努力してまいります。

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。



講義の様子



実習で組み立てた光学系



世話人： 的場 修, 栗辻 安浩

生体の深部や天体など幅広い分野において、光を散乱する媒体の向こう側及び内部の観察は古くから期待されている。しかしながら従来の光学理論において、散乱体内部やその向こう側のイメージングは未踏領域であった。このような状況の中、近年、高性能化が進んだ光波変調技術や計算機科学、情報科学を駆使して、散乱体を通して劣化した画像の回復や微小スポット形成など散乱を介した新しい像形成の創発と実用化への取り組みが加速している。これらの研究進展の背景には、計算機性能の大幅な向上のみならず、散乱行列やメモリ効果・シングルピクセルイメージングなど近年新たに考案された光学技術と、深層学習や圧縮センシングなどの最先端の情報科学技術の異分野融合が精力的に進められていることが挙げられる。

本シンポジウムでは、これまでの散乱イメージング技術ならびに新しい萌芽技術として散乱・揺らぎ計算イメージング技術の最前線研究を行っている5件の招待講演と2件の一般講演で構成した。実施日は2021年9月10日(金)で、参加者は講演者も含めて89名でした。以下に本シンポジウムの内容をまとめる。

東京農工大学の岩井俊昭先生から、低コヒーレンス干渉イメージングであるOCT(Optical Coherence Tomography)を用いて、圧縮乾燥用シートにおける水分の自然蒸発プロセスのイメージングについて報告された。OCT信号における光路長に対する反射率の傾きから減衰係数が求められる。水の吸収量の違いを調べるために2波長の低コヒーレンス光を用い、時間変化に対する水の浸透の様子と物質が変化の様子が調べられる。実験では、水と媒質の屈折率整合による反射率変化のみが観察されているとのことであったが、散乱現象の振る舞いをイメージングベースで理解するのに使える技術になる。神戸大学の木村建次郎先生からは新しい線形特性方程式を用いた散乱逆問題解法が紹介された。1回散乱または多数回散乱を仮定し、Green関数による解を求める。このGreen関数による解が満たす線形作用素による方程式を導出し、検出点における境界値問題を解く。マイクロ波を用い、トンネルでの亀裂検査やマンモグラフィーの応用例が紹介された。光拡散方程式からでなく散乱回数をもとにした線形方程式を組み立てて、解を求める手法は散乱イメージングの新しいアプローチである。北海道大学の西村吾朗先生は、時間分解計測による拡散光イメージングについて紹介された。拡散方程式を用いた逆問題解法では、得られるデータの誤差が大きな問題であることが指摘され、ピコ秒、サブピコ秒の時間分解計測による精度向上手法が示された。また、バイオイメージングへの適用に向けて蛍光情報を用いた実験結果が示された。非常に強い散乱体でのイメージングに向けて多チャンネル計測など検出系の向上が今後の課題である。大阪大学の水谷康弘先生からは、シングルピクセルイメージングを用いた散乱イメージング手法が紹介された。シングルピクセルイメージングは、構造パターン照明を用いて照明光と物体の相関値として光エネルギーを得る。この照明パターンと相関値に比例する光エネルギーのペアから計算機で像を再生する手法である。微弱検出に力を発揮し、バイオイメージング分野での応用が期待される。大きな課題は照明系・検出系のノイズ、再構成像の低い空間分解能、長い測定時間であることが示され、深層学習等の機械学習を用いることで、分解能と測定時間の問題が解決されるとしている。本領域からは、国立天文台の早野裕先生が、天文学のための補償光学が紹介された。天文学といっても、最遠領域の観察から宇宙誕生直後の様子を明らかにすることから、第2の地球探索や太陽活動の観察まで幅広い測定距離を対象とし、地上での観察における様々な揺らぎ補正技術が開発されていることが示された。第2の地球探索では、従来の波面揺らぎの計測と可変鏡による回折限界近くへの補償光学に加え、中心にある主星の周辺に存在する桁違いの暗い惑星探索を可能にするための主星の影響を低減する方法が紹介された。一般講演では、2つの研究グループからともに共通光路型干渉計を用いて、散乱効果を打ち消し合う、または安定した定量位相計測を行う実験系が示され、電気通信大学からは散乱体の向こう側にあるイメージングや神戸大学からは揺らぎ場の温度イメージングなどの応用がそれぞれ示された。

散乱や揺らぎ場を通じたイメージングの必要性は、身近なところでは、非接触かつ低侵襲で生体内部の深いところをイメージングし、健康管理に結びつけることや濃霧・豪雨下での自動運転補助などがある。従来から進められている究極の光学技術を追求することに加えて、計算機科学や情報科学の手法に適した光学技術を開発することで新しいアプローチが期待できる。さらに、深層学習などは物理法則から離れた解を導き出すこともあり、新しい発想と解釈も必要になる。本シンポジウムをきっかけとしてこのような萌芽的な分野にみなさまのご参加を期待したい。

# 日本光学会年次学術講演会Optics & Photonics Japan 2021 (OPJ2021) シンポジウム 「3次元場を伝搬する光の散乱・揺らぎ計算イメージング」

宇都宮大学工学部 玉田 洋介

去る2021年10月26日～29日に、国立オリンピック記念青少年総合センター(東京都渋谷区)およびオンラインでのハイブリッド形式にて、日本光学会年次学術講演会Optics & Photonics Japan 2021 (OPJ2021)が開催されました。10月28日午前には、本学術変革領域「散乱・揺らぎ場の包括的理解と透視の科学」・日本光学会フォトダイナミズム研究グループ・日本光学会デジタルオプティクス研究グループと共催で、「3次元場を伝搬する光の散乱・揺らぎ計算イメージング」と題したシンポジウムを開催いたしました。本領域からは栗辻・早野が世話人・座長として、それぞれオープニングトーク、クロージングトークを行いました。また、的場が「マルチモーダルイメージング技術とその散乱光計測への展望」、高山が「揺らぎ場を伝搬した光による受信面照射の安定化」、松田が「生体深部の光の揺らぎを補正する計算補償光学を用いた超解像イメージング」と題した講演を行いました。さらに領域外より、浜松医科大学 町田 学 先生が「強散乱下の逆問題:光トモグラフィー」、北見工業大学 三浦 則明 先生が「相関型波面計測による補償光学:太陽望遠鏡と生物顕微鏡での実現」、浜松ホトニクス株式会社 山田 秀直 先生が「ホログラフィック3次元像イメージングフローサイトメーター 散乱場の空間から時間への伸展」と題したご講演を行っていただきました。その他、栗辻・早野に加えて、三浦先生・的場・玉田が世話人を務めました。

現地・オンライン合わせて参加者は100名を超え、講演後の質疑応答の時間には、大気や生きた細胞・組織における散乱や揺らぎ現象の計測や透視、またそれらの実現に向けた計算イメージングなどのアプローチについて、活発な議論がなされました。シンポジウム後の夕方には講演者・世話人の有志がオンラインにて集まり、さらに議論を深めました。

本シンポジウムにてご講演・ご参加くださった全てのみなさまにお礼申し上げます。このシンポジウムをきっかけとして、散乱・揺らぎ現象の解明と透視に向けた異分野融合研究をさらに発展させていければと考えております。



## その他

---

### 領域共催国際研究会SI-Thru2022のお知らせと予稿投稿のお願い

本領域が共催する国際研究会Sensing and Imaging through Scattering and Fluctuating Field in Biology, Telecommunication, and Astronomy 2022 (SI-Thru2022) が以下の要領にて開催されます。本領域に関係する多数の海外研究者の招待講演が予定されております。発表のための予稿投稿のメ切は2022年1月14日です。活発なご参加、よろしくお願いいたします。

Sensing and Imaging through Scattering and Fluctuating Field in Biology, Telecommunication, and Astronomy 2022 (SI-Thru2022)

バイオ・通信・天文学における散乱と揺らぎ場のセンシング・イメージング国際会議

日時：2022年4月19日～21日

場所：パシフィコ横浜(神奈川県横浜市)とオンラインのハイブリッド開催

ウェブサイト：<https://si-thru.opicon.jp/>

**予稿投稿メ切:2022年1月14日**

## 受賞のお知らせ

---

玉田 計画研究代表者の研究室に所属する大学院生の飛田 拓海さんが日本光学会年次学術講演会Optics & Photonics Japan 2021 (OPJ2021) にて以下の賞を受賞いたしました。おめでとうございます。

OSJ/SPIE Student Award

飛田 拓海(宇都宮大学)

講演題目：近赤外フェムト秒レーザーによる自然に生育した植物の切断

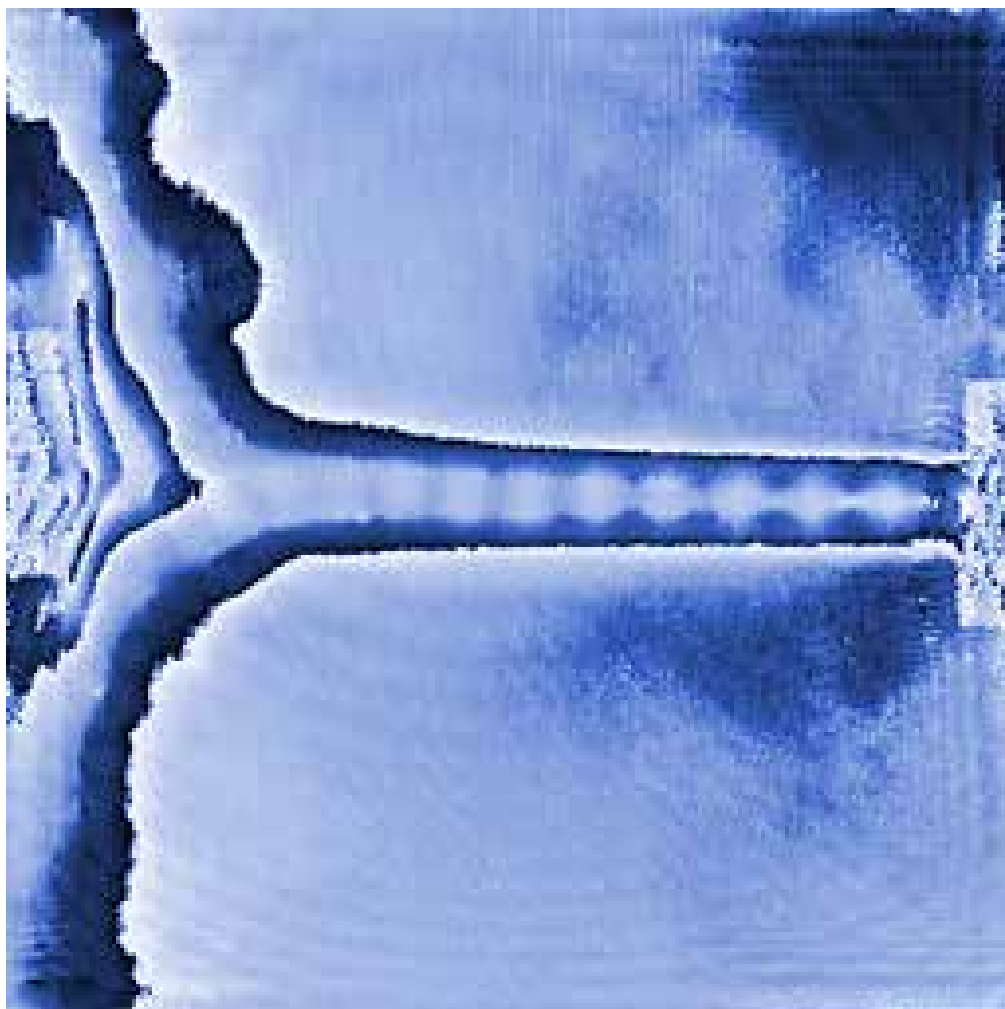
共著者：長谷川 智士<sup>1</sup>、椎名 謙介<sup>1</sup>、初見 洲人<sup>1</sup>、Nan Gu<sup>1</sup>、早崎 芳夫<sup>1</sup>、玉田 洋介<sup>1</sup>(<sup>1</sup>宇都宮大学)

計画研究 的場グループの分担者である神戸大学 全香玉助教が第15回物性科学領域横断研究会(領域合同研究会)にて最優秀若手奨励賞を受賞しました。

発表題目：デジタルホログラフィーを用いたマルチモーダルイメージングと光刺激システム

日時：2021年11月26, 27日

ウェブサイト：<http://www.ryoikioudan.mp.pse.nagoya-u.ac.jp/program.html>



# 今後の予定

---

2022年1月12日(水)  
～14日(金)

レーザー学会学術講演会第42回年次大会  
ジョイントシンポジウム「揺らぎを伝搬する光を用いた伝送,計測,観測,補償」

開催形態:オンライン

共催

学術変革領域「散乱・揺らぎ場の包括的理解と透視の科学」

日本光学会「フォトダイナミズム研究グループ」

レーザー学会「光への大気影響の推定、計測、補償、制御技術専門委員会」

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)