

戦略的創造研究推進事業
－さががけ(個人型研究)－

研究領域
「革新的光科学技術を駆使した最先端科学の創出」

研究領域事後評価用資料

研究総括：田中 耕一郎

2025 年 1 月

目 次

1. 研究領域の概要	1
(1) 戦略目標	1
(2) 研究領域	1
(3) 研究総括	1
(4) 採択研究課題	2
2. 研究総括のねらい	5
3. 研究課題の選考について	5
4. 領域アドバイザーについて	7
5. 研究領域のマネジメントについて.....	8
6. 研究領域としての戦略目標の達成状況について.....	11
7. 総合所見	34

1. 研究領域の概要

科学の発展に光科学技術が大きな寄与をしてきた。原子の分光学の知見が量子力学を生み出し、半導体物理学に発展し、その後の光物性や量子光学の基盤を支えている。レーザーの発明は光科学における大きな一里塚であったが、現在では多くの科学分野を支える基盤技術となり、また光通信や光記録に代表される数え切れないほどの応用展開をもたらした。このように光科学技術は学術や社会への貢献を果たしつつ、光科学技術自身も大きく進化するという好循環を起こしてきた。ここで着目するのは、様々な科学分野において新しい展開を追い求める研究者の夢や理想が、新しい光科学技術を生み出す強い動機や原動力となっていることである。細胞内をできるだけ高い空間分解能で見たいという生命科学者の飽くなき探求心が、高解像度光学顕微鏡の技術開発を突き動かしてきた。最近では、非線形光学の取り込みと共に新しい蛍光色素が開拓され、回折限界をはるかに超える分解能に至っている。アインシュタインの一般相対論が预言する重力波の検出は長年の物理学者の夢だったが、最近になってようやく長尺のレーザー干渉計によって達成された。これに必要なレーザー安定化技術や干渉計技術の開拓は光科学の進展をもたらしている。そのような例は枚挙にいとまがない。

本研究領域では、これまでには無かったような革新的な光科学技術を開拓し、様々な科学分野の新局面を切り開くような挑戦的な研究を推進する。この過程から、将来様々な分野で応用されるような基盤的な光科学技術の創出を図る。

(1) 戦略目標

「最先端光科学技術を駆使した革新的基盤技術の創成」

(2) 研究領域

「革新的光科学技術を駆使した最先端科学の創出」（2019 年度発足）

(3) 研究総括

氏名 田中 耕一郎(京都大学大学院理学研究科 教授)

上記詳細は、以下 URL をご参照ください。

国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)公開資料「新規研究領域の事前評価」

<https://www.jst.go.jp/kisoken/evaluation/before/index.html>

上記 URL の以下

平成 31 年度新規研究領域の事前評価

https://www.jst.go.jp/kisoken/evaluation/before/hyouka_h31.pdf

(4) 採択研究課題

表 1. 採択研究課題リスト

採択 年度	研究者	所属・役職 (採択時*)	研究課題
2019 年度	赤松 大輔	横浜国立大学大学院工学研究 院・准教授 (産業技術総合研究所物理計測 標準研究部門・主任研究員)	極低温原子・微小球ハイブリッド システムで探る散乱の物理
	石島 歩	北海道大学電子科学研究所・助 教 (東京大学大学院工学系研究 科・特任研究員)	光駆動非線形音響波による生体深 部メカノイメージング
	井上(今野) 雅恵	名古屋工業大学大学院工学研究 科・研究員 (東京大学物性研究所・特任研 究員)	“All-optical” な電気生理学に よる植物個体の膜電位操作技術の 創出
	長田 有登	大阪大学量子情報・量子生命研 究センター・准教授 (東京大学大学院総合文化研究 科・特任助教)	原子イオン集積量子光回路による 究極の量子技術基盤の創出
	久世 直也	徳島大学ポスト LED フォトニク ス研究所・准教授 (IMRA America Inc.・Member of Technical Staff)	マイクロ光周波数コムの新規制御 技術の開発
	坂本 雅行	京都大学大学院生命科学研究所 ・准教授 (東京大学大学院医学系研究 科・助教)	コンピュータホログラフィーを応 用した活動電位発生機構の解明
	杉本 敏樹	自然科学研究機構分子科学研究 所・准教授	原子スケール極微分光計測法の開 発と界面水分子の局所配向イメー ジングへの応用展開
	高橋 幸奈	九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・准 教授	新型プラズモン誘起電荷分離を用 いた CO2 資源化光触媒の開発

	裴輪 陽介	京都大学大学院理学研究科・連携准教授／白眉センター・特定准教授 (大阪大学大学院基礎工学研究科・助教)	光トラップ技術による量子流体力学の開拓
	横田 泰之	理化学研究所開拓研究本部・専任研究員	電気化学デバイスの分子スケール制御に向けた近接場基盤技術の創成
	吉岡 孝高	東京大学大学院工学系研究科・准教授	炭素原子気体の精密分光と冷却の実現
2020 年度	青木 貴稔	東京大学大学院総合文化研究科・助教	冷却原子を用いた量子センシングによるダークマター探索
	石井 順久	量子科学技術研究開発機構関西光量子科学研究所・上席研究員 (同・量子ビーム科学部門・主幹研究員)	アト秒軟X線光源による水の光励起ダイナミクスの解明
	稲田 優貴	埼玉大学大学院理工学研究科・准教授 (同・助教)	感度と速度を極めた中赤外面像診断による革新的プラズマの創出
	上杉 祐貴	東北大学多元物質科学研究所・助教	光子-電子誘導非線形散乱による新規光学技術の創出
	加藤 峰士	電気通信大学大学院情報理工学研究科・准教授 (同・特任助教)	光周波数コムによる光フェーズドアレイの開発
	神田 夏輝	理化学研究所光量子工学研究センター・研究員 (東京大学物性研究所・助教)	ベクトル波形制御された高強度高周波テラヘルツパルスによる物質制御
	歸家 令果	東京都立大学理学部・教授	光ドレスト高速電子線散乱によるzepto秒遅延時間測定
	白神 慧一郎	京都大学大学院農学研究科・助教	全反射減衰テラヘルツ分光で切り拓く細胞内の水の世界
	千賀 亮典	産業技術総合研究所材料・化学領域・主任研究員	電子線赤外分光を利用した超高空間分解能同位体検出
	久富 隆佑	京都大学化学研究所・助教	表面弾性波を用いたオプトスピンメカニクス

	道村 唯太	東京大学大学院理学系研究科・准教授 (同・助教)	超精密偏光計測が可能にする新しいダークマター探索
2021 年度	伊澤 誠一郎	東京科学大学総合研究院・准教授 (分子科学研究所物質分子科学研究領域・助教)	界面アップコンバージョンが可能とする革新的光変換
	石井 祐太	物質・材料研究機構マテリアル基盤研究センター・主任研究員 (東北大学大学院理学研究科・助教)	時分解軟X線トモグラフィーによる磁気ダイナミクスの4次元観測
	石田 真敏	東京都立大学大学院理学研究科・准教授 (九州大学大学院工学研究院・助教)	第二近赤外光を活用する光がん治療
	猪瀬 朋子	京都大学白眉センター・特定准教授 (京都大学高等研究院・特定助教)	ナノワイヤー単一細胞機能制御診断法の開発
	大饗 千彰	電気通信大学量子科学研究センター・准教授 (同・助教)	非線形光学過程の自在な操作技術を基盤とした真空紫外域における原子・分子・光科学の創出
	金田 文寛	東北大学大学院理学研究科・教授 (東北大学学際科学フロンティア研究所・助教)	光子の時間的量子もつれ連鎖と高分解能光量子計測
	玉谷 知裕	東京大学物性研究所・研究員	高強度テラヘルツ光によって誘起された量子スピン流の学理創出
	中村 祥子	九州大学大学院理学研究院・准教授 (東京大学低温科学研究センター・特任助教)	高強度サブテラヘルツ波パルスで操る超伝導ナノ磁気構造ダイナミクス
	本田 洋介	高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設・准教授 (同・助教)	レーザー冷却極低温電子源による超精密ビーム制御
	山崎 馨	理化学研究所光量子工学研究センター・研究員	階層的動力学理論によるバイオ・X線機能性分子の超高速X線光化学

*変更/移動のあった場合、下段に括弧つきで記載(2024年12月現在)

2. 研究総括のねらい

(1) 戦略目標に対する研究領域のねらい

本研究領域では、革新的な光科学技術の開拓によって、様々な科学分野において新しい展開が実現されることを目的とした。そのために、それぞれの分野で新展開を追い求める研究者の夢や理想の実現を原動力として、新しい光科学技術を発展させ、様々な分野で応用されるような基盤的な光科学技術が創出されるように領域運営を行ってきた。

(2) 研究成果として目指したこと

本研究領域では、光科学技術を用いる物質科学、生命科学、情報科学、光科学に加えて、工学・医学等の分野、高エネルギー物理学やシステム工学等の幅広い研究分野において革新的な技術を構築することを目指した。具体的には、光特性を活かした物質・材料の操作・制御・機能創出や光特性を活かした生命の観察・治療技術の創出、情報処理の光への利用や光の情報処理への利用、光要素技術の開発などを狙った。

(3) 科学技術イノベーション創出に向けて目指したこと

テーマ設定がさきがけ研究者が挑戦するに値するものであることはもちろんであるが、研究者がそれぞれの課題解決のために発展させようとする革新的な光科学技術のイメージを明確に持ち続け、それを実現させることに集中できるように、最大限のサポートをした。そのために研究相談などのメンタリングを行うとともに、研究連携や研究交流等の異分野研究者との交流を奨励し、新たな科学技術イノベーションを多数生み出すことを目指した。

3. 研究課題の選考について

光科学は、産業・学術を支える基盤技術として幅広い分野において貢献を果たしながら、光科学自身も進化する好循環を起こしてきた。本研究領域で着目したのは、様々な科学分野において新しい展開を追い求める研究者の夢や野望が新しい光技術を生み出す強い動機や原動力となってきたことである。そこで応募に当たっては、挑戦する科学テーマを明快に提示すること、および、発展させるべき革新的な光技術が何であることを示し、実現させるための道筋を具体的に示すことを求めた。選考は12名の領域アドバイザーと2名の外部評価者の協力を仰ぎながら進めた。各選考過程では、利害関係にある領域アドバイザーは評価から外すなど、公平かつ公正な審査を行った。

選考にあたっては、以下の3つのカテゴリの観点から光技術の革新性や新規性について検討した。

1. 創造：全く新しい概念の提案と、それに基づいて新たな科学や技術の分野を作り上げるタイプ

2. 究極：現状の技術の性能を画期的に発展させ、限界に迫り、さらには限界を超えるタイプ

3. 温故知新：従来の技術を刷新し、他分野に向けた挑戦的な技術転用を図るタイプ

また、リスクの高い非常に挑戦的なテーマであっても、よく考えられた研究提案であればポジティブに評価した。

(1) 1 期生 (2019 年度) 選考結果・総評

初年度の募集では 202 件の研究提案があり、本研究領域への関心の高さを感じた。12 名の領域アドバイザーに加えて 2 名の外部評価者の協力を得て書類選考を進め、25 件の面接選考を経て、最終的に 11 件の研究提案を採択した。採択率は 5.4%と狭き門となったが、選に漏れた提案の中にも挑戦的もしくは独創性が際立った研究が多く、高いレベルでの選考であった。採択した研究提案は、光周波数コム技術、量子光学、原子系の光科学、量子液体の光操作、ナノ空間の分光学、光音響イメージング、光化学、バイオイメージングなど、幅広い分野の独創的かつ挑戦的な研究課題を採択できたと考える。

(2) 2 期生 (2020 年度) 選考結果・総評

初年度は、光の周波数としては可視、紫外における光科学、テーマ的には何らかの形でイメージングに関わる研究課題が中心であった。そこで、2 期生の募集においては、上記以外の分野からの提案を期待し、赤外～テラヘルツや X 線～ γ 線など異なる周波数領域での提案、高強度場やアト秒領域の光科学の提案、スピントロニクスや物質の幾何学に関わる革新的な光物性の提案などを例示した。

2 年目の募集では 132 件の研究提案があり、初年度に続き本研究領域への関心の高さを感じた。これらの提案に対し 12 名の領域アドバイザーの協力を得て書類選考を進め、25 件の面接選考を経て、最終的に 11 件の研究提案を採択した。採択率は 8.3%と狭き門となった。今回も選に漏れた提案の中にも、挑戦的もしくは独創性が際立った研究が多く、高いレベルでの選考であった。研究提案は光周波数コム技術、冷却原子系を用いた量子センシング、テラヘルツ光科学、超高時間分解計測、電子ビーム科学など独創的かつ挑戦的な研究課題を採択できたと考えている。特筆すべきは、電子ビームの精密計測や制御に関わるテーマが 3 件、「科学分野」としてダークマターに関わる提案が 2 件、テラヘルツ光科学に関わるテーマが 2 件採択できた点である。募集時に例示したこともあり、初年度より幅広い分野からの研究課題を採択することができたと考える。

(3) 3 期生 (2021 年度) 選考結果・総評

最後となる 3 年目の募集においては、「創造」や「究極」以外の光科学分野からも積極的な提案を期待し、光科学の理論的な側面の研究、生命科学・医療への応用研究、物質のトポ

ロジーやスピントロニクスに関わる光物性、光加工や光合成の基礎などの物質創成に関わる光科学などを例示した。

3年目の募集では98件の研究提案があり、これまで同様に本研究領域への関心の高さを感じた。これらの提案に対し12名の領域アドバイザーの協力を得て書類選考を進め、25件の面接選考を経て、10件の研究提案を採択した。採択率は10.2%と狭き門となった。研究提案は、バイス、光感受性色素合成、光量子計測、光線磁気イメージング、ナノバイオサイエンス、レーザービーム制御、非線形光波制御、テラヘルツ光科学、X線化学反応動力学など幅広い分野の独創的かつ挑戦的な研究課題を採択できたと考える。スピン流や光化学の理論計算に関わる提案が2件、バイオ・医療の光計測に関わる提案が2件、光応答の物質創成に関わる提案が2件など、前年と同様に募集時に例示した分野から採択でき、さらに幅広い分野からの研究課題が採択することができたと考える。

4. 領域アドバイザーについて

領域アドバイザーの選考では、国際的に秀でた研究実績を有する研究者であることに加えて、そのうえで教育者として熱心にさきがけ研究に協力いただける方というのを念頭に、下記リストにある研究者を選んでお願いした。領域アドバイザーには採択された研究者に対するメンターの機能も果たしていただき、研究に関わる問題点の解決のサポートや、研究者として生きていくために必要なスキルの伝授に関わっていただいたことは大変良かったと考えている。それに加え、非常に精力的に領域運営をサポートいただけたことが、本研究領域成功の大きな要因の一つと考えている。なお、1年目の研究課題の採択においては、2名の外部評価者に参加いただいたが、選考に際して両名の先生方にもご尽力いただけたことに感謝している。

表2. 領域アドバイザーリスト

領域アドバイザー名	着任時の所属 ¹	役職	任期
石原 一	大阪大学 大学院基礎工学研究科	教授	2019年4月～2025年3月
岩井 伸一郎	東北大学 大学院理学研究科	教授	2019年4月～2025年3月
枝松 圭一	東北大学	名誉教授	2019年4月～2025年3月
小川 哲生	大阪大学 理学研究科	教授	2019年4月～2023年3月
小川 美香子	北海道大学 大学院薬学研究院	教授	2019年4月～2025年3月
腰原 伸也	東京科学大学 理学院	教授	2019年4月～2025年3月

	(東京工業大学 理学院)		
島野 亮	東京大学 低温科学研究センター	教授	2019 年 4 月～2025 年 3 月
鈴木 俊法	京都大学 大学院理学研究科	教授	2019 年 4 月～2025 年 3 月
武田 光夫	電気通信大学	名誉教授	2019 年 4 月～2023 年 3 月
中野 貴志	大阪大学 核物理研究センター	センター長	2019 年 4 月～2025 年 3 月
三沢 和彦	東京農工大学	理事(経営戦略・人事担当)	2019 年 4 月～2025 年 3 月
湯本 潤司	東京大学	特任教授	2019 年 4 月～2025 年 3 月

¹変更/移動のあった場合、下段に括弧つき記載

表 3. 外部評価者リスト

評価者	着任時の所属 ¹	役職	任期
芥川 智行	東北大学 多元物質科学研究所	教授	2019 年 4 月～2020 年 3 月
神取 秀樹	名古屋工業大学 工学研究科	教授	2019 年 4 月～2020 年 3 月

5. 研究領域のマネジメントについて

(1) 本研究領域における具体的な施策について

研究領域を活性化し各研究課題のシナジー効果を創出し研究成果を最大化するため、年 2 回の領域会議、サイトビジットを計画した。

2019 年度は、1 期生のキックオフ会議とサイトビジットを対面形式で実施したが、コロナ禍が始まった 2020 年度からは対面形式の会議が全て中止となった。このため、最初の領域会議が中止となり、急遽オンラインで分科会形式の virtual 研究会を開催した。2021 年度もコロナ禍の継続により、対面形式での領域会議やサイトビジットが叶わなかったが、領域会議では、隔日や半日のプログラム構成やブレイクアウトルームを用いたポスターセッションなどにより、オンラインの特徴を活かした研究交流の場を設けた。また、さきがけ研究

課題の研究加速のためオンラインの研究総括面談を頻繁に行い、個々の研究者との密な関係を構築できるように工夫した。

2022 年度の領域会議では、参加者の人数制限などの制約があったが、漸く対面方式での会議が開催できるようになった。また、2023、2024 年度は、人数制限などの制約も解消され、課題終了した研究者も可能な方に参加いただくことができた。OB/OG の研究者の発表は、後輩たちに良い刺激を与えるだけでなく、共同研究の枠組み作りなど、さきがけ研究終了後の研究進展にも繋がった。

表 4. 主な領域イベント

2019 年度	2019 年度 1 期生キックオフ会議 (AP 市ヶ谷)	2019/11/23
2020 年度	2020 年度 virtual 研究会 1. 量子状態制御 (オンライン)	2020/4/17
	2020 年度 virtual 研究会 2. 光生物学 (オンライン)	2020/6/5
	2020 年度 virtual 研究会 3. 新光源と原子物理学 (オンライン)	2020/6/26
	2020 年度 virtual 研究会 4. 光化学 (オンライン)	2020/7/31
	2020 年度 2 期生キックオフ・領域会議 (オンライン)	2020/11/27-28
2021 年度	2021 年度第 1 回領域会議 (オンライン)	2021/5/15 2021/5/29 2021/6/21 2021/6/25
	2021 年度 3 期生キックオフ・領域会議 (オンライン)	2021/10/15-16
2022 年度	2022 年度第 1 回領域会議 (ハイブリッド、Hotel & Resorts ISE-SHIMA)	2022/5/27-29
	2022 年度第 2 回領域会議 (ハイブリッド、トラストシティカンファレンス・仙台)	2022/12/16-18
	1 期生課題事後評価会 (ハイブリッド、JST 東京本部別館)	2023/1/28
2023 年度	2023 年度第 1 回領域会議 (ハイブリッド、会議・研修施設 ACU 札幌)	2023/5/19-21

	2023 年度第 2 回領域会議 (ハイブリッド、琵琶湖マリオットホテル)	2023/11/10-12
	2 期生課題事後評価会 (ハイブリッド、JST 東京本部別館)	2023/12/16
2024 年度	2024 年度第 1 回領域会議 (ハイブリッド、大名カンファレンス)	2024/4/12-13
	2024 年度第 2 回領域会議 (ハイブリッド、TKP ガーデンシティ PREMIUM 仙台西口)	2024/10/25-26
	3 期生課題事後評価会 (ハイブリッド、AP 市ヶ谷)	2024/11/23
	公開シンポジウム: 応用物理学会 2025 年春季学術講演会 (東京理科大学野田キャンパス)	予定 (2025/3/16)

① 領域会議

各研究課題の研究進捗および研究目的の達成状況を把握し、議論を深め研究を推進するとともに、期待される波及効果等を明らかにし、研究成果の展開及び事業運営の改善に資することを目的に、年 2 回で領域会議を開催することを計画した。しかし、本研究領域最初の領域会議は、2020 年に始まったコロナ禍のために残念ながら中止となった。このため「量子状態制御」、「光生物学」、「新光源と原子物理学」、「光化学」と 4 つの研究分野を設定し「virtual 研究会」と題して、急遽オンラインの会議を開催した。また、2 回目の領域会議も 2 期生のキックオフ会議と併せて実施したが、オンライン開催となった。オンライン開催であったが、領域アドバイザーの全員と 1、2 期の研究者の全員が参加して、活発な議論が行われた。コロナ禍の先が見えない中の活動であったが、互いに切磋琢磨する場として研究者のモチベーション維持・アップに役立ったと思える。

2022 年度からは対面形式の会議が可能となり、それ以降の領域会議は、対面の会議とオンラインの会議を組み合わせたハイブリッドで開催した。当初は密な状態を回避することが必要であり、参加者の人数制限が必要であったが、対面での議論において非常に活発な意見交換が行われ、対面での議論の機会を提供することがいかに重要であるかを再認識した。2023、2024 年度には、研究課題を終了されたさきがけ研究者も可能な方には参加いただき、最近の研究成果や近況を報告いただいた。終了者の発表は、後輩たちに良い刺激を与えるだけでなく、共同研究や情報交換などにより、さきがけ終了後の研究進展にもつながった。

なお、領域会議での質疑・コメントは、毎回、研究総括・領域アドバイザーのコメント表として取りまとめ、各研究者にフィードバックすることで、その後の研究展開に役立てていただいた。

② サイトビジット

サイトビジットでは、研究総括とメンターの領域アドバイザーで研究者の所属する研究室を訪問し、議論を深め親身になって激励した。1) 研究進捗状況の把握、意見交換 2) 今後の研究に向けて助言・指導 3) 研究環境の確認 4) 委託研究費執行状況の確認 5) 研究室主宰者のご理解を得ることができ、その後の研究活動の励みとなった。コロナ禍の期間は、オンラインでのサイトビジットとなったが、研究室や研究機関との交流は、研究課題のみならず新たな研究コミュニティの創成という点で大変有益であった。

② 公開シンポジウム

2025 年 3 月に応用物理学会 2025 年春季学術講演会において、シンポジウム「革新的フォトニクスが拓く光科学の最前線」を開催する予定である。1、2、3 期の研究者 10 名がさがけ研究課題の成果を発表し、本研究領域のアウトリーチとともに領域外の研究者とのネットワークの構築に期待している。

(2) 研究費配分上の工夫

JST の予算追加施策として、総括裁量経費、スタートアップ支援、1 年延長課題、終了者支援を活用して予算追加が必要な研究者を支援した。特に、約半数にあたる 15 名の研究者が昇進や所属機関の変更などによりスタートアップ支援の制度が採択された。研究費の増額により、装置や機器の移設のみならず、新規の機器導入や研究環境の向上に活用されたが、研究期間中に個々の研究者のキャリアアップが成されたことは特筆すべきことといえる。さがけ 1 年延長課題、および、終了者支援では、研究成果を展開するため、国際会議発表費用(参加登録費、旅費)、論文掲載費用の支援を行った。

6. 研究領域としての戦略目標の達成状況について

(1) 本研究領域における体系的な成果事例について

本研究領域によって、幾つもの高いレベルの基盤的な光科学技術が創出された。この観点から見ても、研究者の採択がうまくいき、メンター(領域アドバイザー)機能が実質的に機能したと言える。以下では、代表的な成果事例を挙げる。1 期生では吉岡研究者による炭素原子気体の精密分光と冷却の研究が特筆される。炭素原子気体の精密分光や冷却は世界で誰も成し遂げられていない研究テーマであり、それが実現した時のインパクトは大きい。吉岡研究者はその基盤となる技術を開拓し、発展させた。また、横田研究者による電気化学デバイスの近接場基盤技術は当初の提案を超えた展開を見せ、溶液化学の革新的な発展をもたらすことが期待される。2 期生では千賀研究者による電子線赤外分光の超高空間分解能同位体検出は素晴らしい研究成果である。原子分解能で同位体が固体表面中をマイグレーション

ンする様子が実時間計測されている。電子顕微鏡の分析能力を大きく拡大したことが高く評価できる。3 期生では伊澤研究者による光励起子変換の低電圧駆動青色発光素子の開発は素晴らしい。高い量子効率と光電子デバイスとしての展開には目を見張るものがある。海外で多くの追随する研究者が現れており、本さがけ研究領域の狙った展開の典型例であると言える。また、石田研究者によるポルフィリン金属錯体の第二近赤外光高吸収材料の開発は、有機合成科学として見たときに、光機能を付加する新しい指針を提案・確立したものと評価される。今後の分野としての発展が本当に楽しみである。これら以外の研究課題も含めて、総じて革新的な光科学技術の開拓が大いに進んだと評価できる。特筆すべき点は、当初計画になかった研究展開や成果が数多く見られたことである。本研究領域では、各研究者に対して大きな目標に向かってチャレンジすることを勧めており、研究の展開によっては新たな方向性を模索することも奨励してきた。本研究領域の研究者はこの趣旨をよく理解し、機動的な研究を進めた結果が現れたものだと考える。



炭素原子気体の精密分光と冷却の実現

研究代表者: 吉岡 孝高(東京大学 大学院工学系研究科 准教授)
 戦略的創造研究推進事業 さきがけ「革新的光科学技術を駆使した最先端科学の創出」研究領域
 研究総括: 田中 耕一郎(京都大学 大学院理学研究科 教授)

研究概要

遷移周波数の高さゆえに世界的に未開拓の状況である、真空中の非金属原子の希薄気体の分光や冷却に注目する。分野開拓となるような最初の実験実証の提示を目的に、特に重要性が高いとされている中性炭素原子を対象にして原子気体発生法や精密分光・冷却法の提案および実証を行う。

研究成果とインパクト

- ・超高繰り返し光周波数コムを、半導体テーパアンプを用いて高効率に増幅するチャープパルス増幅法を提案、実証した。
- ・グラファイトのレーザーアブレーションによって、電子基底状態の中性炭素原子気体が真空中に発生する条件を発見した。開発した波長 287 nm のナノ秒パルスレーザーによって $^3\text{P}-^3\text{D}$ 遷移を 2 光子励起し、真空紫外領域の蛍光を 165 nm において観測して真空中の気体発生・レーザー励起を初めて実証した。
- ・予冷のための ^3He 冷凍機を用いたバッファガス冷却装置を完成させた。
- ・高強度マイクロ秒パルス光源を用いる 2 光子レーザー冷却法を提案し、これを実現する、絶対周波数が定まった波長 287 nm の単一縦モードマイクロ秒パルスレーザーを構築した。

今後の展開等

- ・磁気トラップに捕獲した低温原子を用いて、宇宙の有機星間物質の形成過程の探索や、さらなる冷却後、原子の質量標準である ^{12}C のプランク定数を基にした質量測定を行う等、広範な科学分野への波及効果が期待される。
- ・低温化に際して米国 Harvard 大との連携を継続・強化し研究を加速させる。

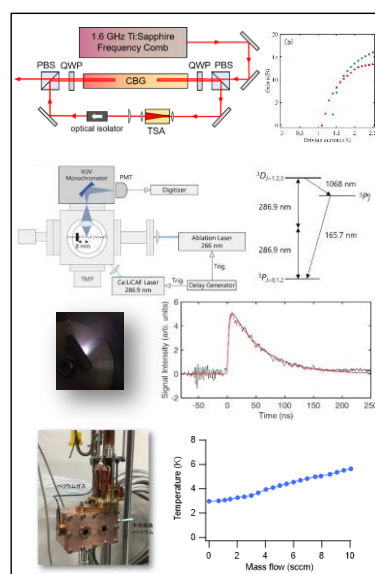


図 1. 1 期生吉岡研究者による炭素原子気体の精密分光の研究



電気化学デバイスの分子スケール制御に向けた近接場基盤技術の創成

研究代表者: 横田 泰之 (理化学研究所 開拓研究本部 専任研究員)
 戦略的創造研究推進事業 さきがけ「革新的光科学技術を駆使した最先端科学の創出」研究領域
 研究総括: 田中 耕一郎 (京都大学 大学院理学研究科 教授)

研究概要

本研究者は、高度に設計された電気化学デバイスの創製に向け、デバイス動作下で長期間継続的に使え、高強度且つ空間的にも精密に制御された究極のナノ光源を開発することを目的として一連の研究を展開した。本研究では、ラマン散乱よりはるかに強い蛍光発光を電気化学界面の研究で利用するための技術開発、及び実デバイスの研究で利用可能な究極のナノ光源を実現するための根幹技術の開発を行った。

研究成果とインパクト

本研究により、①電気化学界面の研究に蛍光プローブを利用するための要素技術、②波長可変光源によるプラズモンの直接評価技術（蛍光と電子ラマン散乱を活用）、③電気化学界面の研究にブレークスルーをもたらす革新的探針技術を開発した。（図参照、国外競合グループは従来技術の延長線上のまま）

今後の展開等

- ・産業界のマテリアル探索のスピード感に対応するため、JSTのA-STEP(育成型)に応募して真の産学連携を目指す。将来的にCREST等に挑戦する。
- ・異分野への波及効果を期待して高橋康史(1細胞解析)、町田理(トポロジ)らとの連携を深めると共に、領域内研究者との連携を継続・発展させたい。
- ・本研究の技術に留まらず、開発現場を刷新する根幹技術を開発していく。

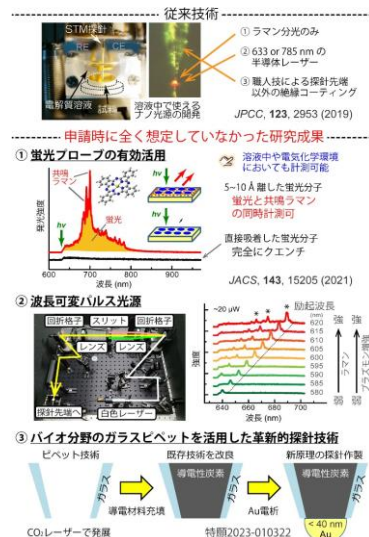


図 2. 1 期生横田研究者による電気化学デバイスの近接場基盤技術



電子線赤外分光を利用した超高空間分解能同位体検出

研究代表者: 千賀 亮典 (産業技術総合研究所 ナノ材料研究部門 主任研究員)
 戦略的創造研究推進事業 さきがけ「革新的光科学技術を駆使した最先端科学の創出」研究領域
 研究総括: 田中 耕一郎 (京都大学 大学院理学研究科 教授)

研究概要

同位体検出は様々な分野で利用されている重要な技術でありながら、その空間分解能には制限があった。本研究では透過走査電子顕微鏡法と電子エネルギー損失分光法を高度化することで、これまで困難であったサブナノメートルスケールの同位体検出技術を実現することを目的としている。電子線を使った赤外分光に関する基礎研究、および要素技術の開発を通し、電子線を使った新規同位体検出手法を模索した。

研究成果とインパクト

サブナノメートルの同位体検出技術を開発し、グラフェンを構成する炭素原子の拡散を原子レベルの同位体追跡によって初めて観察した (Nature誌に掲載)。同位体を区別できないとされてきた透過電子顕微鏡法の歴史を変える成果である。また本手法は、材料開発や創薬研究などへの貢献が期待される。

今後の展開等

- ・CREST自在配列 (末永 G、丸山 G)、CREST ナノ力学 (陣内 G) との共同研究を通して、さらなる電子顕微鏡技術の高度化と、他分野への応用展開。
- ・欧州研究会議 (ERC) 内の国際的な研究開発プロジェクトへの参加。

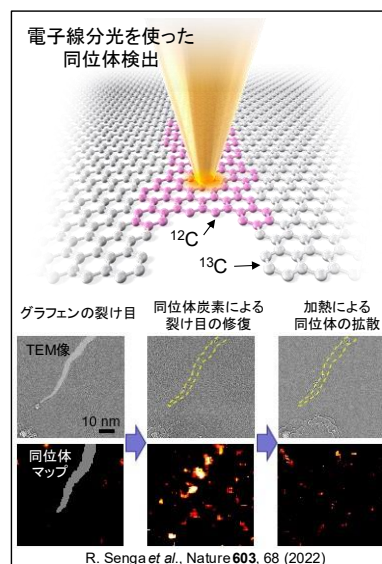


図 3. 2 期生千賀研究者による電子線赤外分光の超高空間分解能同位体検出

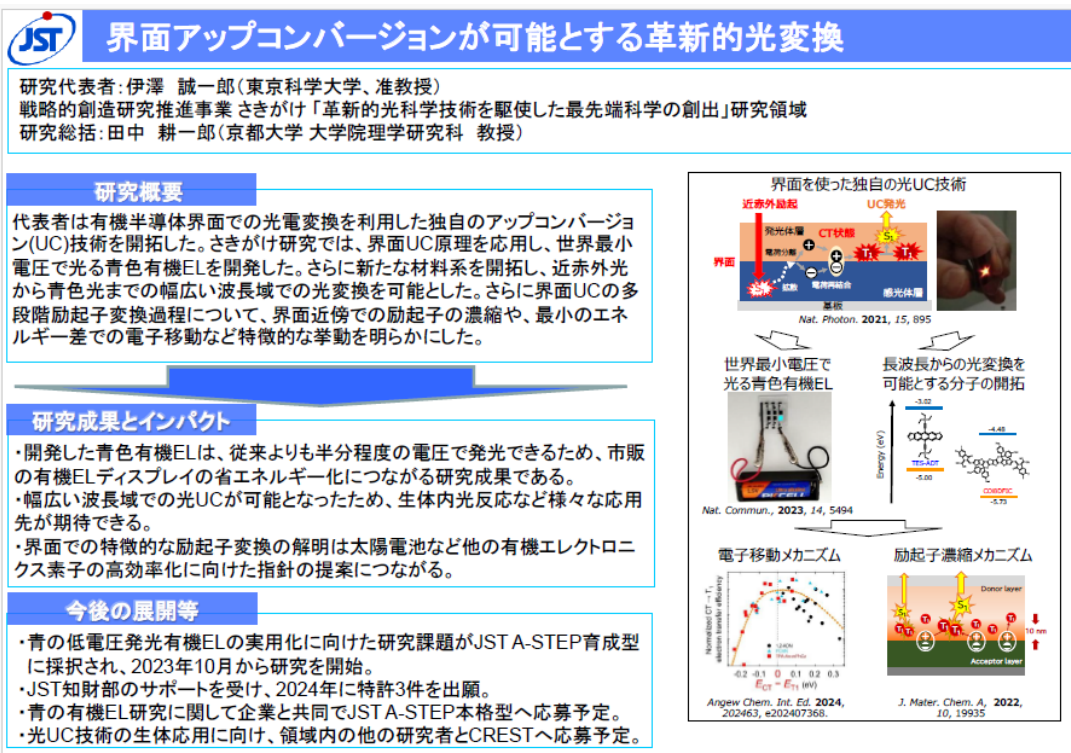


図 4. 3 期生伊澤研究者による界面アップコンバージョンが可能とする革新的光変換

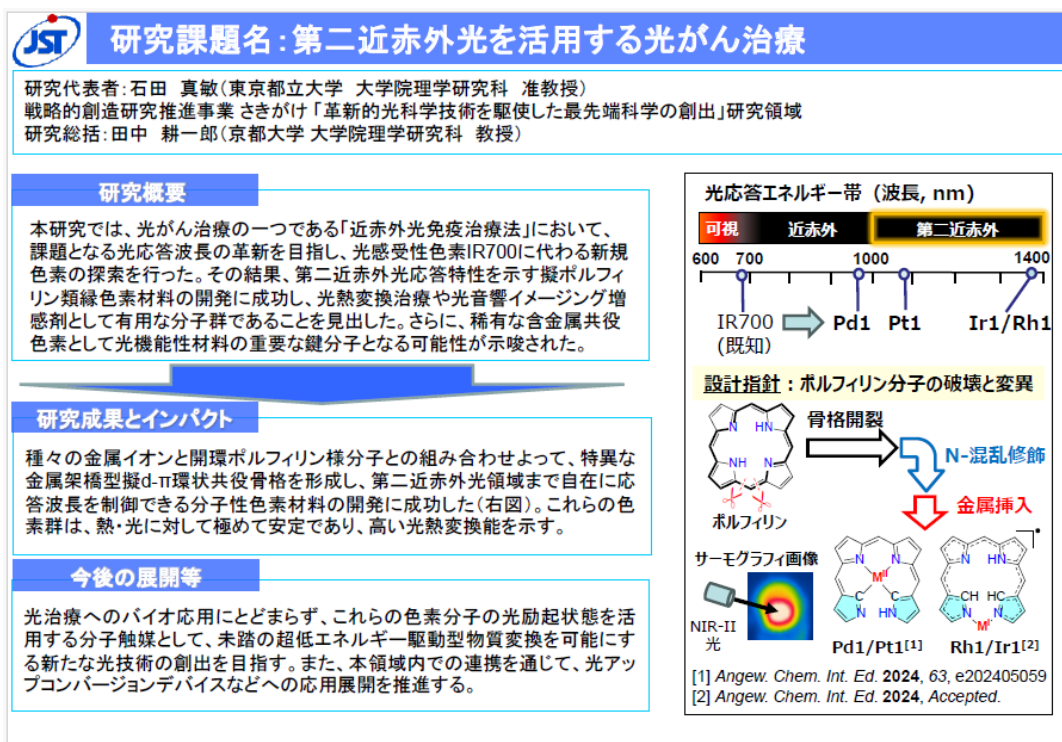


図 5. 3 期生石田研究者による第二近赤外光を活用する光がん治療

(2) 主な研究成果について

研究領域全体の主な成果件数は、国際論文 141 件、招待講演 193 件(国際 88 件、国内 105 件)、特許出願 16 件(PCT 出願 2 件、国内出願 14 件)と多くの研究成果を挙げた。

表 5. 研究領域全体の業績(研究課題事後評価時点)

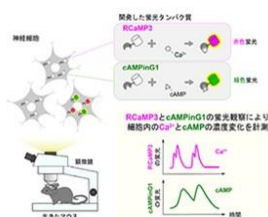
採択年度	研究代表者	原著論文		その他の著作物	招待講演		口頭発表		ポスター/デモ		特許出願	
		国際	国内		国際	国内	国際	国内	国際	国内	国際	国内
2019 年度	赤松 大輔	1	0	0	1	1	0	8	0	0	0	0
	石島 歩	1	0	0	1	2	0	5	0	0	0	0
	井上(今野) 雅恵	1	0	0	0	0	2	2	9	6	0	0
	長田 有登	2	0	1	0	1	0	3	0	0	0	0
	久世 直也	6	0	1	0	2	9	11	3	0	0	5
	坂本 雅行	6	0	5	2	5	1	4	0	0	0	2
	杉本 敏樹	0	1	4	2	10	1	3	0	0	0	0
	高橋 幸奈	1	0	5	5	5	0	14	3	0	0	0
	蓑輪 陽介	3	0	2	4	1	1	4	0	1	0	0
	横田 泰之	9	1	0	0	5	7	12	1	4	0	1
	吉岡 孝高	2	0	0	0	1	1	2	1	0	0	0
2020 年度	青木 貴稔	6	1	0	2	0	3	13	3	2	0	0
	石井 順久	1	0	0	3	2	1	3	0	0	0	0
	稲田 優貴	3	0	2	2	4	2	0	0	0	0	1
	上杉 祐貴	5	0	3	0	2	0	3	1	1	0	0
	加藤 峰士	0	0	2	1	2	7	4	1	0	0	1
	神田 夏輝	16	0	3	4	2	3	24	2	7	0	0
	歸家 令果	6	0	1	5	7	4	4	4	11	0	0
	白神 慧一郎	9	0	1	1	1	2	16	0	2	0	0
	千賀 亮典	6	0	1	3	2	2	2	1	0	0	0
	久富 隆佑	2	0	0	3	1	1	6	6	3	0	0

	道村 唯太	9	0	3	6	3	12	5	5	0	0	0
2021 年度	伊澤 誠一郎	22	0	9	19	28	0	9	0	0	2	3
	石井 祐太	3	0	1	3	2	0	3	0	0	0	0
	石田 真敏	11	0	2	9	1	1	15	3	9	0	0
	猪瀬 朋子	3	0	0	8	2	2	5	0	0	0	1
	大饗 千彰	3	0	2	3	1	2	24	2	5	0	0
	金田 文寛	1	0	0	1	4	6	6	1	0	0	0
	玉谷 知裕	2	0	0	0	0	3	8	0	0	0	0
	中村 祥子	1	0	0	0	1	1	5	3	4	0	0
	本田 洋介	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0
	山崎 馨	0	0	1	0	7	3	4	5	1	0	0
研究領域全体		141	3	49	88	105	77	228	55	58	2	14

<本研究領域のプレスリリース>

成果展開活動の一環として研究成果はタイムリーにプレスリリースし、新聞等のマスメディアにも数多く掲載された。主要なプレスリリースは以下の7件になり、現在ホームページで公開されている。非常に多くの分野で画期的な研究成果が創出されたことがわかる。

<https://www.jst.go.jp/kisoken/presto/press/index.html>



Ca²⁺や cAMP を感知する蛍光たんぱく質を開発～生きた動物の細胞内セカンドメッセンジャーの動きを観察する～

[坂本雅行/革新光] 2024. 03. 21

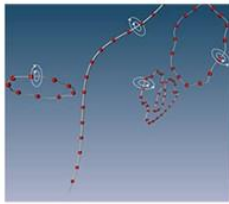
Nature Methods volume 21, 897-907 (2024), A multicolor suite for deciphering population coding of calcium and cAMP in vivo, nature methods



世界最小電圧で光る青色有機 EL の開発に成功～有機 EL ディスプレイの省エネ化・長寿命化に向けた大きな一歩～

[伊澤誠一郎/革新光] 2023. 09. 20

Nature Communications volume 14, 5494 (2023), Blue organic light-emitting diode with a turn-on voltage of 1.47V

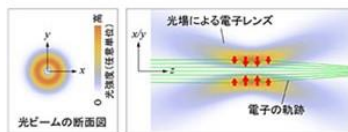


光を用いて量子流体の渦を可視化～見えない渦を見る～

[袁輪陽介/革新光] 2022. 05. 05

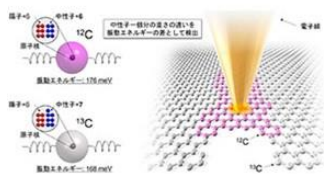
Science Advances Volume , Issue 8 (2022), Visualization of quantized vortex reconnection enabled by laser ablation

光がつくる電子のレンズ～原子ひとつまで分解する電子顕微鏡の実現に向けた新技術を提案～



[上杉祐貴/革新光] 2022. 04. 11

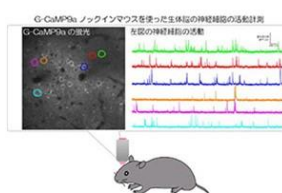
Journal of Optics, Volume 24, Number 5, Properties of electron lenses produced by ponderomotive potential with Bessel and Laguerre-Gaussian beams



同位体を原子レベルで識別・可視化することに成功～透過電子顕微鏡で同位体の分析が可能に～

[千賀亮典/革新光] 2022. 03. 03

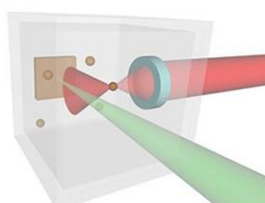
Nature volume 603, pages68-72 (2022), Imaging of isotope diffusion using atomic-scale vibrational spectroscopy



脳の神経活動を可視化する新規マウスシステムを開発～高感度・高速カルシウムセンサーによる神経活動の計測に成功～

[坂本雅行/革新光] 2022. 02. 15

Cell Reports Methods, A Flp-dependent G-CaMP9a transgenic mouse for neuronal imaging in vivo



極低温で光ピンセットを実現 ～非常に低い温度下でも微粒子を遠隔操作可能な技術～

[袁輪陽介/革新光] 2022. 01. 21

Optica Vol. 9, Issue 1, pp. 139-144 (2022), Optical trapping of nanoparticles in superfluid helium

＜研究者毎の研究成果＞

以下では、研究者それぞれの研究成果について紹介する。

(1 期生)

・赤松 大輔 研究者

本研究課題では、レーザー冷却された極低温原子気体と光トラップされた微小球からなるハイブリッド系を用いて、“古典的”微小球と“量子的”原子の散乱現象を明らかにすることを目指した。

高真空中でのナノ粒子の振る舞いは全く未知であり、新しい困難が次々と起きるのを幅広い知識の交換を行いながら一步一步解明し、低真空中でのトラップに成功したことは評価できる。光トラップしたナノ粒子のロスのため、最終的に狙いとするナノ粒子の高真空中でのトラップには至らなかったが、目標のハイブリッド系実現にはもう一步のところまで来ている。ナノ粒子と極低温原子の同時トラップとそれらの間の散乱現象が観測されれば、マクロ(古典)とミクロ(量子)の世界をつなぐ基礎物理としての重要な成果となる可能性がある。また、当初予想されなかったナノ粒子の電場による制御技術の開拓は大きな成果である。ナノ粒子と電荷の関係を明らかにして、電場によるナノ粒子の運動制御に結びつけたことは意義深い。

・石島 歩 研究者

本研究課題では、生体深部の機械特性を音波の伝搬とチャープパルスの後方散乱をうまく利用して可視化を行うことを目指した。

既存のブリルアン散乱顕微法を用いた生体のリアルタイムイメージングを志向した研究を進展させ、秒オーダーでの溶液中に存在する固定化細胞のイメージングに成功し、各種音波波形成型技術、イメージング法の開発もライトシート手法での高速スキャンを実現している。手堅い手法で確実な研究計画に沿った開発進展は高く評価される。今後、周波数分解能を液液相転移などのレベルまで改善し、完全に生体環境中での深部の非破壊力学特性測定に成功すれば、生体中での器官形成にかかわる過程の可視化など、画期的な応用が期待される。さらに、ライトシートブリルアン散乱顕微法の開発などのように、当初の想定とは異なる新しい展開があったことは高く評価できる。更なる高速化の推進や生体以外の応用の可能性も視野に入れることを期待したい。

・井上(今野) 雅恵 研究者

本研究課題では、微生物型ロドプシンを植物へ組み、植物の膜電位の操作と観察を可能とする全く新しいオプトジェネティクスの開拓を目指した。

植物個体の膜電位イメージングには至らなかったが、培養細胞に対するチャネルロドプシンと膜電位センサーの共発現、個体に対する共発現、培養細胞の光刺激による脱分極の検

出、と段階を踏んで着実に研究を行った。細胞レベルでの膜電位操作・観察用の光学的測定システムをほぼ構築し、組織・個体レベルのイメージング実現への基礎を完成させたことは評価できる。このシステムは、植物の膜電位と関連した、各種生理現象や細胞間・個体間連携問題にとって必要不可欠な研究ツールとなる可能性を秘めており、新しい膜電位解析分野への展開が期待される。

・長田 有登 研究者

本研究課題では、イオン・光集積回路の高度な技術融合により、新たな量子光学プラットフォームの構築を目指した。

半導体ミラーを利用したイオン・光インターフェースの基本技術の開発に成功し、そこでの実証を基盤に光回路一体型イオントラップの試作にも着手しており、当初目的のかなりの部分を達成していることは評価できる。また、イオントラップ等をノードとした分散型量子ネットワーク技術の開発は、量子情報処理技術分野において重要性を増しており、光ネットワーク接続という意味で波及効果は非常に大きいと考えられる。レーザーアブレーションによって発生したイオンのトラップにより、高い確率で単一イオンの捕獲が可能となるなど、当初予想していなかった成果が得られたことは高く評価でき、今後のイオン冷却型量子科学分野にとって大きな進展が期待される。

・久世 直也 研究者

本研究課題では、マイクロ光周波数コムを将来の基盤光源として確立するために必要な制御技術の開拓を目指した。

マイクロコムの低位相雑音化とコムモード掃引技術の開発を目指した研究によって、熱雑音等の大幅低減、100GHz 領域での高速掃引を達成した。応用展開はこれからであるものの、着実に成果を上げており高く評価される。今後、マイクロコムのコンパクトさを活かしたコンパクト加速器技術への応用、低雑音化の達成によるレーダーとしての応用、コム掃引の確立による高周波数分解の分光応用などが期待される。さらに、熱揺らぎを減らしたマイクロコムの実現など、当初には想定していなかった新しい熱雑音逓減の技術を進展させており、今後の実装に向けた重要な技術展開となることが期待される。

・坂本 雅行 研究者

本研究課題では、シナプスの複数のスパインに対してデザイナブルな光刺激を可能とする神経生理学における新しい光技術の開拓を目指した。

ホログラムパターンを使った空間変調器で、生体脳において神経活動操作を多点で光によって行い、同時に多点で計測を行うための顕微鏡を実現し、さらにそこで用いるための高感度・高速応答カルシウム蛍光センサーの開発に成功した。これと並行し、細胞内で重要な役割を果たすと推定されている cAMP の動態をとらえるための蛍光プローブ開発にも成功し

ている。これらの成果は高く評価される。また、脳内活動のパターンと刺激部位との相関研究は、脳機能解明研究技術として極めて重要なものである。本研究は大きなインパクトをもたらす新手法開発の可能性を持っており、今後の展開が期待される。さらに、cAMP の超高感度センサー開発など、記憶などの機能に関する研究への貢献が期待される開発にも成功する想定外の成果をあげている。この成果と、顕微分光装置の組み合わせも是非柔軟に考えてほしい。神経科学分野にとって大きな進展が期待される。

・杉本 敏樹 研究者

本研究課題では、非線形光学と走査型トンネル顕微鏡 (STM) の組み合わせによる分光手法を発展させ、水分子の表面局所構造の解明を行うことを目指した。

水分子の観測は研究途上であるが、STM 探針の作成や観測系の性能向上確認など、主要部分は達成されている。今後のさまざまな表面化学種への展開が可能であることを確認している点は高く評価される。なお、当初目標である界面水分子の配向イメージングには至らなかったものの、水分子凝集系の非線形分光イメージが取れ始めればインパクトのある成果が期待できる。特に先端増強型の非線形分光は未開拓な部分が多く、この関連で重要な分野を拓く可能性がある。

・高橋 幸奈 研究者

本研究課題では、金属ナノ粒子と p 型半導体とを接合した新奇なプラズモン誘起電荷分離素子の開発によって独創的な光エネルギー変換システムを実現することを目指した。

金属表面プラズモン共鳴を用いた効率的な光エネルギー捕集系と p 型半導体の組み合わせで達成可能な電荷分離系を精力的に探索した。その結果、効率が 0.1% を超えるに至る材料系を発見しており、ホール側を使ったプラズモン電荷分離系の原理的可能性を実証したと評価される。金属ナノ粒子と p 型半導体を用いた電荷分離反応の観測、面配向したナノ金属粒子アレイの開発に成功したことは大きな成果であり、今後、光触媒としての性能評価を進め、実用的な光触媒の開発に繋げることを期待したい。

・蓑輪 陽介 研究者

本研究課題では、量子渦の光マニピュレーションを通じた量子渦やその励起状態であるケルビン波の物理的理解を目指した。

極低温の超流動ヘリウム中で微粒子の光トラップの実現、その電場操作など、光操作でのケルビン波励起を除いて本研究の目的はほぼ達成されており、その手腕は高く評価される。また、量子流体中の運動や乱流の制御は基礎科学的視点で重要であるが、今後プラズマ科学、特に核融合との関係で重要となると期待される。なお、光トラップによる励振の代わりに外部電場でケルビン波を励振できたことは想定外の成果であり、光技術だけでなく、低温技術の面でもスキルの幅が広がり、さらなる飛躍が期待される。

・横田 泰之 研究者

本研究課題では、溶液下での電気化学反応に関わっている分子のミクロな情報を走査型トンネル顕微鏡 (STM) の技術を用いて分光学的に取得することを目指した。

電気化学環境下での表面増強ラマンについては、界面分析手法の開拓として、独創的多機能 STM 探針の開発を軸に発光スペクトルや時間分解測定も合わせ、多彩な展開を図った点は高く評価できる。また、蛍光色素を利用した手法や、狭帯域波長可変パルス光源など、当初予定していなかった手法、機器を柔軟に取り入れており、そのことが良い成果に結びついている。今後、多機能探針技術で、単分子界面での電荷移動など電気化学的評価が可能となれば、電気科学的探針顕微鏡、さらには電気化学反応そのものの基礎過程解明の手法として大きなブレイクスルーとなることが期待される。

・吉岡 孝高 研究者

本研究課題では、世界的に誰も達成していない炭素原子のレーザー冷却を目指した。

多くの困難を乗り越え、新しい技術開発を行いながら炭素原子気体の発生と 2 光子励起を確認し、レーザー冷却までもう一步というところまでたどり着いたことは大変素晴らしい成果である。光源、原子ガス発生など実に様々な未踏領域に踏み込んだ試行錯誤の中で、これだけの一貫した方向性を出せたことは極めて高く評価される。また、炭素という生命の源となる元素の精密分光、レーザー冷却が可能となれば、地球、宇宙、生命科学を含む広い分野の科学技術において大きなインパクトと波及効果を生む可能性があり、本研究でその目処をつけたことは大変大きな意義がある。

(2 期生)

・青木 貴稔 研究者

本研究課題では、光技術と弱い力を組み合わせた量子センシングによるダークマター探索を目指した。

原子のレーザー冷却、ラムゼー共鳴、スクイーミングを組み合わせてダークマターの探索を進めるため、技術の総合力が求められる挑戦性の高いテーマであった。このため、最終目標から考えると不十分ではあるものの、Cs 原子の冷却、マイクロ波ラムゼー共鳴の実験までは成功しており、一定の成果はあったと評価できる。しかしながら、冷却原子の禁制遷移の分光には想定していなかった問題もあり、成功には至っていない。ダークマター探索という目標達成へ重要なテーマが残った形となり、今後の課題である。

・石井 順久 研究者

本研究課題では、高強度・高繰り返し赤外レーザーを用いた高次高調波発生によるアト秒軟 X 線光源を開発し、本光源による水の光励起後極初期のダイナミクスの解明を目指した。

励起レーザー光源の開発から始め、目標となる光子エネルギーの X 線発生まで研究を着実に進め、光パラメトリック増幅を用いた波長 2,000nm 高強度極短赤外光源の開発まで到達したことは高く評価できる。また、水や生体の励起反応ダイナミクスを追える X 線パルス光源の開発は、多くの分野に大きな波及効果をもたらす成果である。光源開発に成功したことでバイオや医療のみならず、産業への波及効果は大きく、多くの共同研究や成果につながる事が期待される。

・稲田 優貴 研究者

本研究課題では、プラズマの時空間進展をシングルショットで連続可視化することで超希少なプラズマパルスを発掘するとともに、本プラズマパルスを再現性良く生成できる革新的なプラズマ発生法の創出を目指した。

プラズマの超高速イメージングという非常に独自性の高いテーマを立ち上げ、電子密度センサーの高速化、高感度化、電界センサーの高分解能化など多くの目標を達成しており、活性種生成メカニズムの解明に肉薄している。設定した目標へは電界センサーの高感度化やシミュレーターの構築など課題もあるが、さきがけ研究としての十分な達成度があった。また、これらの成果を用い、活性種生成メカニズムの解明に着手し、その成果が出始めている。

・上杉 祐貴 研究者

本研究課題では、レーザー光による電子顕微鏡用素子の開発や自由電子を媒質とする非線形光学効果を実証することで、光と自由電子の誘導散乱過程を利用した全く新しい光科学技術の創出を目指した。

円環状光ビームを使って発生する電子レンズ作用を幾何光学にもとづき解析し、諸レンズ特性を簡素な表現に整理し明らかとしたことは高く評価される。また、この新動作原理のポンデロモティーブレンズを透過電子顕微鏡の結像系に適用することで、3次球面収差を補正できることを示し、関連企業などの関心を集めたことも評価される。光電場を用いた電子ビームの波面・光線制御技術は、電子顕微鏡のみならず広い分野で応用可能な革新的技術となり得るもので、産業的にも大きな波及効果が見込まれることから、今後、大きな進展が期待される。

・加藤 峰士 研究者

本研究課題では、光周波数コムによる高速かつ広帯域な光フェーズドアレイ (OPA: Optical phased array) の開発を目指した。

光コムの作成と OPA の原理実証、光点形成、操作と広帯域化のデモまで進み、当初予定していた応用までの道筋は付いたといえる。関連する特許も取得しており、この点は高く評価できる。また、光コムのパルス間位相差を利用する新しい応用のアイデアも出てきており、適用される技術分野の広がりが期待される。光コムを用いた OPA は高いポテンシャルを有

しており、今後、高性能化、高機能化の共同研究を通して実現していけば、種々の応用で波及効果が見込まれる。

・神田 夏輝 研究者

本研究課題では、ベクトル波形制御高強度高周波テラヘルツパルス発生と、物質制御への応用を目指した。

中赤外光の偏光(位相)制御した単一サイクルの高強度光の開発は独自性が高く、かつ物性応用への展開が期待できる。数々の問題を着実に克服して光源開発を成功させた技術力の高さは極めて高く評価できる。この光源の特性を活かした物性探索やほかの光源の開発への展開が期待され波及効果は大きい。光源としては大変高度な自由度を持つものが開発できており、今後物質科学に大いに活用されと考えられる。科学技術上のインパクトだけでなく、将来的には材料科学を通して産業へと波及効果が見込まれる。

・歸家 令果 研究者

本研究課題では、電子 - 原子散乱過程で生じる散乱電子のzeptosecondオーダーの遅延時間計測の実現を目指した。

電子散乱は、時間領域がzeptosecondオーダーでは未だその計測手法が確立しておらず、非常に野心的なテーマであった。レーザーアシステッド電子散乱検出装置が出来上がり、データ積算の段階に入っており、数値シミュレーションと予備実験が完了し、実際の観測結果を待つ段階にまで来ていることは評価される。螺旋運動電子線のキラル分子による散乱過程における不斉効果の研究、円偏光場中の赤外円偏光場電子衝突による模擬星間氷でのアミノ酸不斉合成、超高感度捕捉イオン電子回折装置の開発は、想定外の成果であり、本研究者の視点の幅広さを示すものとなっている。これらの研究も、生命のホモキラリティーの謎を解明できる可能性、質量選別されたイオン分子種の精密構造測定という、これまでに不可能であった新たな研究展開に繋がるものであり、今後の展開が期待される。

・白神 慧一郎 研究者

本研究課題では、テラヘルツ～赤外領域に至る分光情報を同時に取得できる高精度・高安定な広帯域分光測定系を構築し、水の物性変化と細胞活動の関係性を明らかにすることを目指した。

中赤外からマイクロ波に至る広帯域のスペクトル測定から生体中の水の性質を分光学的に解明する計画であり、超広帯域のスペクトル測定装置の製作が研究の核といえる。その意味で、水分子の 5THz 吸収の起源など広帯域スペクトル測定により新たな知見を得ていること、当初計画よりもさらに広帯域な誘電分光計測系を開発、水分子のダイナミクスの計測に成功したことは、想定を上回る成果であり評価できる。

・千賀 亮典 研究者

本研究課題では、電子線を用いた赤外分光を利用することで、原子レベルの空間分解能を持つ同位体検出技術の実現を目指した。

電子顕微鏡を用いた赤外 EELS による可視化は、新規性が高く、独自性において卓越した技術である。この研究で見出した、グラフェン同位体の熱拡散、ポリマー材料の水素同位体分析は、波及効果の非常に高いものと評価できる。また、当初の目的である同位体分析の枠を超え、そのポラリトンの分散など基礎研究としてのアプローチとしても極めて高く評価できる。レーザー照射下でのその場観測や、今後に向けた装置の改良なども含め研究開始時の目標を超えて進捗している。原子分解能での同位体検出という全く新しい研究手法を創出したことで、多くの分野に大きなインパクトを与えたものと考えられる。

・久富 隆佑 研究者

本研究課題では、表面弾性波 (SAW) における角運動量の存在を光技術により実証し、光・電子スピン・フォノン間における角運動量相互変換の原理解明を目指した。

SAW を介して磁気物性を制御する試みは新規性が高く、物理として SAW とスピンや軌道との相互作用を調べることで、意義深い研究といえる。具体的な研究項目も一つ一つは妥当なものであり、実際にそれを着実に実行していることは評価できる。また、光による SAW の観測や、SAW と強磁性マグノンや軌道角運動量との結合の基礎研究として着実な成果が得られている。

・道村 唯太 研究者

本研究課題では、レーザー干渉計を用いた新発想の手法により、従来になかった全く新しい軽量ダークマター検出法の開発を目指した。

リング共振器を用いたアクシオン検出という野心的な目標に対し、試行錯誤を繰り返しながら着実に研究を進め、研究開始時に比べて大きな進歩を遂げていることは評価できる。また、当初想定していなかった S 偏光、P 偏光の異方性の除去を新たな異なる波長を用いることで、問題解決を進めている点も評価できる。

(3 期生)

・伊澤 誠一郎 研究者

本研究課題は、有機半導体界面におけるフォトンアップコンバージョンのメカニズム解明により、様々な材料系での光変換技術を展開することを目指した。

有機半導体の界面を利用した新しい光アップコンバージョンのメカニズムを解明し、光励起による青色アップコンバージョン発光の実現に成功した。さらには、青色発光体材料と電子輸送材料の分子設計の最適化により、低電圧で駆動する有機 EL デバイスの材料開発にも成功した。界面近傍の三重項励起子分布によるアップコンバージョンなど励起子変換メ

カニズムの原理検証が実施され、光化学のサイエンスおよびデバイス開発の研究成果として高く評価できる。また、有機 EL 素子に関する複数の特許を取得しており、近い将来においてこれらの技術の社会実装が期待できる。

今後は本研究で発見したメカニズムに基づいて、新たな材料開発やデバイス開発の研究の発展を期待したい。

・石井 祐太 研究者

本研究課題は、放射光軟 X 線の時分解磁気トモグラフィーと磁性体中の磁気ダイナミクスの測定の組み合わせにより高解像度な 4 次元観測を実現し、これまで観測が不可能であった磁気励起に伴う物性現象の解明を目指した。

3 次元構造の磁気ダイナミクスを可視化する新手法の開発を進めた結果、時分割の X 線磁気円二色性(XMCD)効果を用いたマグノンの歳差運動の観測に成功し、スピン・軌道モーメントのダイナミクスの定量評価までを実現した。また、マグノンの実空間イメージングや XMCD による軌道成分とスピン成分の切り分けなどは、当初の想定を超えた研究成果であり高く評価できる。一方で、時分割トモグラフィーの磁気ダイナミクスに関しては、当初の計画で利用予定の共同利用施設の事情により実現していないが、磁場下の軟 X 線顕微鏡の立ち上げなどその基盤技術を確立しており、今後の成果の創出に期待したい。

・石田 真敏 研究者

本研究課題は、光感受性増感部位を有する抗体薬剤の開発のため、第二近赤外光領域で機能する増感剤を組み込んだモノクローナル抗体複合体と光凝集効果を光音響イメージングで評価できる高光熱変換物質の開発を目指した。

光応答波長を自在に制御するため、開環ポリフィリン錯体を用いた独自の分子設計により、高い第二近赤外光応答特性を示す色素化合物の開発に成功した。特に、化学合成と理論化学の組み合わせにより、この色素化合物における光化学特性のメカニズムを解明したことは高く評価される。さらには、当初の想定外であるが、この色素化合物が近赤外光に応答する電子材料や光触媒としても有用な分子群であることを見出した。今後、本研究の成果であるポリフィリン錯体が新しい環状分子として様々な分野へ応用されることを期待する。

・猪瀬 朋子 研究者

本研究課題は、プラズモニクナノワイヤー単一細胞内視鏡法により、同一プラットフォーム上で単一細胞レベルの細胞機能制御と診断が可能となる技術開発を目指した。

光開裂を発現させるクマリン分子とハロリンカーの独自開発、ナノワイヤーを用いたタンパク分子の導入、および、計測実験により、目標とした技術の実現性が示唆されるまでに達成した。ナノワイヤーによる物質導入は、生命科学技術の基礎技術としてのインパクトが大きく、本研究はその基礎技術の原理実証として評価される。

一方で、チャレンジングな目標を設定したタンパク質の定量検出に関しては、再現性に課題があり目標には未達していない。今後、ナノワイヤー上で発現するプラズモン伝搬や二光子光学応答などの現象の解明を進めて、本研究の完成を目指してほしい。

・大饗 千彰 研究者

本研究課題は、非線形光学素子を多段的に接続し、個々の非線形光学素子の設定条件を最適化することで波長可変の光源を実現することを目指した。

パラ水素を用いたラマン共鳴 4 波混合過程の光位相の操作により、特定モードの選択発生、各モードの均等エネルギー分散など非線形光学現象を制御できる技術を構築した。また、遺伝的アルゴリズムを導入した数値解析により、媒質内部における非線形光学過程のメカニズムを解明し、ストークス光の位相を制御する技術を構築した。多段接続した非線形光学素子の組み合わせによるストークス光の最適化は、非常に難しい問題であるが、遺伝的アルゴリズムの導入によりこの問題を解決したことは評価できる。一方で、目標とした位相制御技術の真空紫外分光への適用には至っていない。今後、本研究で構築された高分解能分光の有効性を実証し、本研究が完成することを期待したい。

・金田 文寛 研究者

本研究課題は、量子メモリや量子ゲート等により、異なる時間に発生する量子もつれ光子を効率的に創成する技術開発を目指した。

空間多重化伝令付き単一光子、量子メモリ、および、伝令付き量子ゲートの 3 つを開発し、これらの組み合わせにより伝令付き 2 光子量子もつれを発生させることに成功した。当初に目標としたギガヘルツ状態の量子もつれ光子の生成には至らなかったが、量子光学測定のための光子発生や量子メモリなどの重要な要素技術を構築した。また、当初の計画にはなかったが、複数の 2 光子干渉を単一の干渉計で一般化された形で観測することに成功した。これは学術的にも意義がある大きな成果と言え、高く評価される。本研究の量子もつれ連鎖による高精度測定は、量子干渉や 2 光子のフーリエ分光法としての応用が考えられ、新しい測定技術として期待される。

・玉谷 知裕 研究者

本研究課題は、高強度テラヘルツ光の照射により誘起されるバルク半導体中の変位電流に着目し、スピン軌道相互作用の効果によるスピン流生成の理論解析の構築を目指した。

スピン軌道相互作用を考慮した Kane-Mele 模型における光学応答の理論を構築し、バルク半導体中で高強度テラヘルツ光によって生成される量子スピン流の存在を証明した。また、この理論をスピン流ダイナミクスの数値計算に拡張させて、変位電流による分極スピン磁化蓄積がスピンホール効果を有することを示した。テラヘルツ照射に伴うコヒーレントなスピン流を扱う理論構築と数値解析により、スピン流のダイナミクスの物性発現を見出

したことは評価できる。今後、コヒーレンス操作を利用した物性表面でのスピン磁化を実証し、レーザー発振やパラメトリック発振などへの研究の発展を期待したい。

・中村 祥子 研究者

本研究課題では、マヨラナ粒子の人為的操作のため、光伝導スイッチの技術により空間偏光分布を自在に制御できる高強度サブテラヘルツ光源の開発を目指した。

光伝導スイッチアレイを用いたサブテラヘルツ光源から放射光を集光することで、精緻なパルス磁場の制御を試みており、磁束量子のダイナミクスをピコ秒の時間分解能で可視化することに成功した。この成功により、磁束コアの質量が電子質量の約半分程度と十分に軽いことを示唆する結果を獲得した。当初に計画したマヨラナ粒子の存在証明は達成されていないが、その可能性を示す学術的にインパクトの大きな成果が得られており高く評価される。今後、本研究をさらに進めてマヨラナ粒子の存在を立証してほしい。その結果は、宇宙物理学、素粒子物理学、凝縮系物理学に幅広い影響を与えるものであり、新しい学術分野の創出が期待できる。

・本田 洋介 研究者

本研究課題は、レーザー冷却技術を用いた電子源の低エミッタンス化により、テラヘルツ帯電磁波を利用した超小型電子加速器の開発を目指した。

Rb 原子の磁気光学トラップによる冷却技術を独力で構築するのみならず、電離レーザーとテラヘルツ発生装置の作製も完了しており、研究目標としたビーム発生が達成される見通しである。冷却原子を発生源として過去に例のない高品質な電子ビームを実現するという計画は意欲的である。特に、新たな実験装置の導入や開発経験が無いところから研究を進めたことは評価される。

・山崎 馨 研究者

本研究課題は、階層的 X 線化学反応動力学法により、バイオ・X 線機能性分子の X 線誘起化学反応をイオン化から光解離までアト秒、フェムト秒の軟 X 線過渡吸収分光法の理論構築を目指した。

X 線光化学反応の追跡を可能とする階層的動力学理論の構築により、気相孤立分子から水溶液系、さらには生体・機能性分子へと系の複雑性を段階的に拡張する計算手法を検討した。現時点では、当初に計画した生体・機能性分子に関する計算までは進んでいないが、アト秒時間分解 X 線吸収分光に関する計算の過程において、電子状態変化とプロトン移動の関連を解明したことは想定外の成果であり評価される。

＜特許出願について＞

さがけ研究期間中において国内の特許出願は 14 件であり、研究者が所属する大学や研究機関の知財関係者と JST の知的財産マネジメント推進部の協力をいただいていた。特に、社会実装を意識した研究成果や実用化が可能な技術に関しては、研究者に積極的な出願を促した。また、伊澤研究者の 3 件の国内特許については、有機 EL デバイスにおける高発光効率の分子設計の発見であり、国際的な権利の確保が必要と考えて、現在、PCT 出願への移行の手続きを進めている。

(3) 人材の輩出・成長の状況について

① 昇進

さがけ研究開始後に昇進した研究者は以下の通り(現時点：2024 年 12 月 18 日時点で所属機関の変更を含む)で、32 名中 20 名と 6 割以上が昇進している。

・1 期生

赤松 大輔 研究者

採択時：産業技術総合研究所物理計測標準研究部門・主任研究員

現時点：横浜国立大学大学院工学研究院・准教授

石島 歩 研究者

採択時：東京大学大学院工学系研究科・特任研究員

現時点：北海道大学電子科学研究所・助教

長田 有登 研究者

採択時：東京大学大学院総合文化研究科・特任助教

現時点：大阪大学量子情報・量子生命研究センター・准教授

久世 直也 研究者

採択時：IMRA America Inc.・Member of Technical Staff

現時点：徳島大学ポスト LED フォトニクス研究所・准教授

坂本 雅行 研究者

採択時：東京大学大学院医学系研究科・助教

現時点：京都大学大学院生命科学研究科・准教授

養輪 陽介 研究者

採択時：大阪大学大学院基礎工学研究科・助教

現時点：京都大学白眉センター・特定准教授

・2 期生

石井 順久 研究者

採択時：量子科学技術研究開発機構量子ビーム科学部門・主幹研究員
現時点：量子科学技術研究開発機構関西光量子科学研究所・上席研究員

稲田 優貴 研究者

採択時：埼玉大学大学院理工学研究科・助教
現時点：埼玉大学大学院理工学研究科・准教授

加藤 峰士 研究者

採択時：電気通信大学大学院情報理工学研究科・特任助教
現時点：電気通信大学大学院情報理工学研究科・准教授

神田 夏輝 研究者

採択時：東京大学物性研究所・助教
現時点：理化学研究所光量子工学研究センター・研究員

千賀 亮典 研究者

採択時：産業技術総合研究所材料・化学領域・主任研究員
現時点：大阪大学産業科学研究所・招へい准教授

道村 唯太 研究者

採択時：東京大学大学院理学系研究科・助教
現時点：東京大学大学院理学系研究科・准教授

・3期生

伊澤 誠一郎 研究者

採択時：分子科学研究所物質分子科学研究領域・助教
現時点：東京科学大学総合研究院・准教授

石井 祐太 研究者

採択時：東北大学大学院理学研究科・助教
現時点：物質・材料研究機構マテリアル基盤研究センター・主任研究員

石田 真敏 研究者

採択時：九州大学大学院工学研究院・助教
現時点：東京都立大学理学部・准教授

猪瀬 朋子 研究者

採択時：京都大学高等研究院・特定助教
現時点：京都大学白眉センター・特定准教授

大饗 千彰 研究者

採択時：電気通信大学量子科学研究センター・助教
現時点：電気通信大学量子科学研究センター・准教授

金田 文寛 研究者

採択時：東北大学学際科学フロンティア研究所・助教

現時点：東北大学大学院理学研究科・教授

中村 祥子 研究者

採択時：東京大学低温科学研究センター・特任助教

現時点：九州大学大学院理学研究院・准教授

本田 洋介 研究者

採択時：高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設・助教

現時点：高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設・准教授

②本研究領域研究者の主な表彰

さがけ研究期間中には、多くの研究者が文部科学大臣表彰若手科学者賞受賞、学会賞、財団賞、学長表彰など受賞した。様々な分野で本さがけ課題などの研究成果が高く評価されたと考えられる。以下に主な表彰を記す。

<文部科学大臣表彰若手科学者賞(文部科学省)>

- ・2023 年度 金田 文寛 研究者「量子技術実現へ向けた光子の発生と測定の研究」

<学会賞>

- ・2020 年 日本物理学会 第 14 回(2020 年)日本物理学会若手奨励賞

長田 有登 研究者「共振器オプトマグノニクスの研究」

- ・2020 年 5 月 Young Investigator Award, The IFMBE 11th Asian Pacific Conference on Medical and Biological Engineering

石島 歩 研究者「Immunogenic cell death induced by selective intracellular vaporization in vitro」

- ・2022 年 8 月 物質・デバイス領域共同研究拠点 第 4 回物質・デバイス共同研究賞

猪瀬 朋子 研究者「プロドラッグ微粒子 DDS の細胞組織内での代謝過程の解明」

- ・2023 年 1 月 2022 年度日本放射光科学会学会奨励賞

石井 祐太 研究者「軟 X 線の回折・散乱を利用した計測手法の開拓による先端的磁性研究」

- ・2023 年 3 月 2022 年度日本中間子科学会奨励賞

石井 祐太 研究者「サイクロイド型磁気秩序が強誘電性を誘起する微視的機構の解明」

- ・2023 年 9 月 応用物理学会 第 21 回有機分子バイオエレクトロニクス分科会論文賞

伊澤 誠一郎 研究者「Efficient solid-state photon upconversion enabled by triplet formation at an organic semiconductor interface」

<学会発表>

- ・2020年1月 Poster Award(Biology Prize), FY2019 SPDR Presentation of Research Results
白神 慧一郎 研究者
- ・2020年3月 レーザー学会学術講演会第40回年次大会優秀論文発表賞
神田 夏輝 研究者
- ・2022年7月 International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines(ICPP-12)
Young Investigator Award
石田 真敏 研究者
- ・2023年3月 応用物理学会 第53回(2022年秋季)応用物理学会講演奨励賞
石島 歩 研究者

<財団賞>

- ・2019年12月 第36回(2019年度)井上研究奨励賞、井上科学振興財団
長田 有登 研究者「共振器オプトマグノニクスの研究」
- ・2020年3月 令和元年度コニカミノルタ画像科学奨励賞(優秀賞)
坂本 雅行 研究者「抑制性シナプス入力 of 可視化とその生理的意義の解明」
- ・2020年3月 令和2年度小澤・吉川記念賞、小澤・吉川記念エレクトロニクス研究助成基金
加藤 峰士 研究者「FPGA制御の高精度光ヒルベルト変換による高精度瞬時3次元計測装置の開発」
- ・2021年2月 令和2年度コニカミノルタ画像科学奨励賞(優秀賞)
石田 真敏 研究者「第二近赤外光吸収π共役色素を活用する光セラノスティクス応用」
- ・2021年11月 2021年度研究開発奨励賞、エヌエフ基金
伊澤 誠一郎 研究者「有機半導体界面での新原理フォトンアップコンバージョン」
- ・2021年12月 第38回(2021年度)井上研究奨励賞、井上科学振興財団
久富 隆佑 研究者「強磁性絶縁体におけるマグノン誘起ブリルアン散乱のヘテロダイン分光」
- ・2022年3月 第32回(令和3年度)トーキン財団奨励賞、トーキン科学技術振興財団
上杉 祐貴 研究者「超短パルスレーザーを駆使した極限ナノ薄膜加工技術」
- ・2022年8月 分子科学研究奨励森野基金
伊澤 誠一郎 研究者「有機半導体界面での光電変換特性の解明と新機能開拓」
- ・2022年10月 堀場雅夫賞(特別賞)
高橋 幸奈 研究者「太陽光をエネルギー源としたプラズモン誘起電荷分離による高効率水素発生システムの開発」

<学長表彰>

- ・2023 年 5 月 東北大学ディスティングイッシュトリサーチャー
金田 文寛 研究者

③さきがけ研究者の研究展開

さきがけの基礎研究で獲得した成果を活かして、内閣府のムーンショットの課題推進者や JST の創発的研究支援事業、日本学術振興会の科学研究費助成事業などの研究代表者としてさらに研究を進めている。今後のさらなる活躍と研究成果の展開が期待される。以下に主な研究課題について示す。

表 6. さきがけ研究者の研究展開

期	研究者	研究種目	役割	期間 (年度)	研究課題
1 期 生	赤松 大輔	基盤研究 (C)	研究 代表者	2024 - 2026	超高真空中に光トラップされたナノ粒子と極低温冷却原子で探る星間微粒子の物理
	石島 歩	基盤研究 (B)	研究 代表者	2022 - 2024	新奇分光手法による高速高感度バイオイメーjing
	井上(今野) 雅恵	基盤研究 (C)	研究 代表者	2023 - 2025	土壌細菌の植物生長制御における微生物ロドプシンの生理機能解明
	長田 有登	ムーン ショット	課題 推進者	2022 - 2027	半導体ミラーを用いたイオン・光インターフェースの開発、光導波路一体型イオントラップの開発
	久世 直也	学術変革 (A)	研究 代表者	2023 - 2024	マイクロコムによる周波数分割方式の集積光リザバーコンピューティングの創出
	坂本 雅行	学術変革 (B)	研究 代表者	2024 - 2026	眠気による細胞内変化可視化のための蛍光プローブ開発
	杉本 敏樹	基盤研究 (A)	研究 代表者	2022 - 2024	新原理高次非線形分光法で拓く未踏の電気化学固液ナノ界面水研究
	蓑輪 陽介	基盤研究 (C)	研究 代表者	2023 - 2025	真空中に浮揚した誘電体マイクロ微小球の光による運動制御
	横田 泰之	基盤研究 (B)	研究 代表者	2024 - 2027	電気化学界面における単一分子分光を実現するためのプラズモン制御法の開発研究
	吉岡 孝高	基盤研究 (A)	研究 代表者	2024 - 2027	3次元レーザー冷却したポジトロニウムによる超低温反物質系の精密分光

2 期 生	青木 貴稔	基盤研究(B)	研究 代表者	2023 - 2026	冷却原子・分子の量子エンタングル状態 を用いた E DM 探索
	石井 順久	基盤研究(B)	研究 代表者	2024 - 2026	遷移金属 L 吸収端をとらえる高繰り返し 1keV 軟 X 線光パルス光源開発
	稲田 優貴	基盤研究(B)	研究 代表者	2024 - 2026	電子の超高速ダイナミクス診断技術を駆 使した放電活性種の選択的・大量生成法 の創成
	上杉 祐貴	創発的研究 支援事業	研究 代表者	2024 - 2030	光技術で革新する電子光学の探究と展開
	加藤 峰士	基盤研究(B)	研究 代表者	2023 - 2025	光周波数コムによる広帯域背景光除去手 法と応用法の開発
	神田 夏輝	基盤研究(C)	研究 代表者	2024 - 2026	Yb レーザー励起による高平均出力赤外 シングルサイクルレーザー開発
	歸家 令果	挑戦的研究 (萌芽)	研究 代表者	2024 - 2026	赤外円偏光場における螺旋軌道電子線と キラル分子との不斉衝突実験
	白神 慧一郎	基盤研究(B)	研究 代表者	2022 - 2024	水分子との相互作用から解き明かすトレ ハロースの生体保護機構
	道村唯太	基盤研究(B)	研究 代表者	2024 - 2027	次世代重力波望遠鏡に向けた鏡の複屈折 変動測定
3 期 生	伊澤 誠一郎	ASTEP 産学共 同(育成型)	研究 責任者	2023 - 2025	超低電圧で発光する青色有機 E L の開発
	石井 祐太	若手研究	研究 代表者	2023 - 2024	軌道モーメントに対する高精度な軟 X 線 回折イメージング手法の開拓
	猪瀬 朋子	挑戦的研究 (萌芽)	研究 代表者	2024 - 2025	細胞内局所領域粘性計測に向けたリモ ート励起増強ブリルアン散乱単一細胞内視 鏡法開発
	大饗 千彰	基盤研究(B)	研究 代表者	2023 - 2026	波長可変 Lyman α レーザー技術の確立 と水素原子のレーザー冷却の実現
	金田 文寛	挑戦的研究 (萌芽)	研究 代表者	2024 - 2025	2 光子干渉の一般化と 2 光子フーリエ分 光法の開発
	本田 洋介	基盤研究(B)	研究 代表者	2023 - 2025	究極の性能を引き出す自由電子レーザー の短パルス発振制御技術の開発

7. 総合所見

(1) 研究領域のマネジメント

戦略目標「最先端光科学技術を駆使した革新的基盤技術の創成」のために、32名の研究者と12名の領域アドバイザーが大きなチームとして機能することを目指すマネジメントを行った。領域アドバイザーには採択された研究者に対するメンターの機能も果たしていただき、研究に関わる問題点の解決のサポートや、研究者として生きていくために必要なスキルの伝授に関わっていただいた。また、非常に精力的に領域運営をサポートいただけたことは大変良かったと考えている。コロナ禍においても、定期的なオンラインのサイトビジットや総括面談等を通じて常に研究領域内でコミュニケーションを深めていったことで、強力な連帯感を得ることが出来た。これにより、多くの研究成果があがったとともに、当初には期待していなかったような斬新な成果の創出につながったと考える。

(2) 研究領域としての戦略目標の達成状況

本研究領域においては、幾つもの高いレベルの基盤的な光科学技術が創出された。代表的な成果事例やプレス発表、特許出願のリストからもわかるように、戦略目標「最先端光科学技術を駆使した革新的基盤技術の創成」に沿った研究成果となっている。このことから、戦略目標はほぼ達成できたと考えている。この観点から見ても、研究者の採択がうまくいき、メンター(領域アドバイザー)機能が実質的に機能したと言える。特筆すべき点は、当初計画になかった研究展開や成果が数多く見られたことである。本研究領域では、各研究者に対して大きな目標に向かってチャレンジすることを勧めており、研究の展開によっては新たな方向性を模索することも奨励してきた。本研究領域の研究者はこの趣旨をよく理解し、機動的な研究を進めた結果が現れたものだと考える。

(3) 本研究領域を設定したことの意義と妥当性

本研究領域の研究者32名のうち20名が現時点において昇進・昇級し、様々な賞の受賞やプレスリリースでの成果発表が相次ぎ、さきがけ研究を契機にそれぞれの研究分野において評価され、研究者として着実に成長している。また、さきがけ研究領域の終了時点においては、全ての研究者に新しい研究展開の萌芽が見えてきている。是非、その芽を伸ばし、大きな研究展開につなげてほしい。最先端光科学の創成を目指した本研究領域は、様々な分野において大いに意義があるものと考ええる。

(4) 科学技術イノベーション創出に向けた、今後への期待、展望、課題

世界の有様を大きく変えるような科学上の発見の多くは、自然界の真理に対する純粋な好奇心に基づく研究から生まれてきた。さきがけ研究では、研究者一人一人の自由な発想に基づく研究を尊重し、時流にとらわれない独自性の高い研究を要請してきた。また、新しい

展開を追い求める研究者の夢や情熱が新しい光技術を生み出す強い動機や原動力となることから、本研究領域では、研究者一人一人が独創性を主張して科学技術のイノベーションを創出されることを期待した。そのために、異分野の領域アドバイザーや研究者達との領域会議や会議終了後での意見交換は研究者に有益であったと考える。

革新的光科学技術の創出を目指した本研究領域の研究課題の多くは、概ね当初の計画どおりに遂行されており、さらには当初の目標以上や想定外の成果を生み出した研究も創出できたことは嬉しい限りである。また、革新的な学理としては、金田研究者の文部科学大臣表彰若手科学者賞につながった量子技術実現へ向けた光子の発生の研究や、吉岡研究者の炭素の精密分光への取り組み、千賀研究者の新しい発想による原子分解能での同位体検出などが優れている。社会実装としては、久世研究者や伊澤研究者など複数報の特許出願などが挙げられる。彼ら以外の研究者も、さきがけ研究を通じて研究者としての大きく成長したことが認められる。これらの若手研究者が、今後も革新的光科学技術を生み出し続けることを期待したい。

(5) 所感

最先端の研究者集団とともに、研究における議論の楽しさを再認識することが出来た。素晴らしい経験を若手研究者と共有できたことに、関係各位に深く御礼申し上げたい。

さきがけ研究は私自身も若い頃に体験したが、研究者の長い人生の中で、研究の進め方、研究者ネットワークの構築などに大きく寄与することができる素晴らしい仕組みであると確信している。是非、今後も継続されるように、関係各位の働きかけをお願いしたい。

以上