

# 戦略的創造研究推進事業 —チーム型研究(CREST)—

## 「新たな光機能や光物性の発現・利活用を 基軸とする次世代フォトリクスの基盤技術」

(2015年度～2022年度)

### 研究領域 事後評価

研究総括：北山 研一

2023年2月6日(月)

# 報告内容

---

## 1. 研究領域の概要

- 1) 戦略目標、領域概要
- 2) 研究総括のねらい
- 3) 領域アドバイザー

## 2. 研究領域の運営

- 1) 研究課題の選考
- 2) 研究課題のマネジメント

## 3. 戦略目標の達成状況

## 4. 総合所見

# 報告内容

---

## 1. 研究領域の概要

- 1) 戦略目標、領域概要
- 2) 研究総括のねらい
- 3) 領域アドバイザー

## 2. 研究領域の運営

- 1) 研究課題の選考
- 2) 研究課題のマネジメント

## 3. 戦略目標の達成状況

## 4. 総合所見

# 1. 研究領域の概要－1)戦略目標、領域概要

## 2015年度 戦略目標

### 「新たな光機能や光物性の発現・利活用による 次世代フォトニクスの開拓」

#### 達成目標

- 様々な光応答物性の精密制御による新たな光機能物質やナノ構造体の創製及び高機能光デバイスの開発
- 非線形・有機フォトニクスの応用による生体やソフトマテリアル内部の非侵襲 *in vivo* 観察・イメージング手法の高度化
- 物質中の多彩な素励起と光の相互作用に関する基盤的研究の推進
- 超高密度・高電磁場科学やアト秒レーザー技術、超高精度の光周波数コム技術など極限フォトニクスの開拓

# 1. 研究領域の概要 — 1) 戦略目標、領域概要

## CREST「新たな光機能や光物性の発現・利活用を 基軸とする次世代フォトリニクス」の基盤技術」

- ◆ 光科学技術を横断的かつ重層的に集積・発展させることにより、将来の社会・産業ニーズに応える新たなフォトリニクス分野の「破壊的イノベーション」を創造する。
- ◆ 新技術シーズの創出を支える基礎原理を解明する。
- ◆ 新たな光機能物質の人工生成や革新的な光制御技術による通信・ネットワーク技術の開発、微細構造の高時空間分解可視化、先端数理科学との融合による複合光基盤技術・システムの創出等を目指す。
- ◆ 新たな光機能や光物性の解明・制御・利活用を通じ、環境・エネルギー・モノづくり・情報通信・医療・セキュリティ等の広範な分野を横断的かつ有機的に支えていくことで、精度・感度・容量・消費電力・コスト等の様々な側面からの要請に応える高次な社会・産業インフラの形成につなげる。
- ◆ 単一分野の技術の深掘りに留まることなく、周辺技術分野を俯瞰し、異なる分野を横断的に融合した新たなパラダイムを切り開く研究開発を進める。

# 1. 研究領域の概要ー補足

H17 H18 H19 H20 H21 H22 H23 H24 H25 H26 H27 H28 H29

**光の究極的及び局所的制御とその応用**  
CREST伊澤、さきがけ伊藤(弘)、ERATO上田 等

- (1)究極的な光の発生技術とその検知技術の創出 (量子ドット、フォトニック結晶など)
- (2)光と物質の局所的相互作用に基づく新技術の創出 (非線形光学、近接場光など)
- (3)光による原子の量子的制御と量子極限光の開拓 (ボース・アインシュタイン凝縮など)

**最先端レーザー等の新しい光を用いた物質材料科学、  
生命科学など先端科学のイノベーションへの展開**  
CREST伊藤(正)、さきがけ増原、ERATO香取 等

今ある最先端の光源等を徹底的に使い尽くす研究である

- (1)極短パルス光による原子・分子の量子制御に関する研究
- (2)極短パルス光の照射エネルギーを利用した研究
- (3)未踏波長領域光を用いた高コントラスト・高感度のイメージング法などに関する研究

**新たな光機能や光物性の発見・利活用による  
次世代フォトニクスの開拓**

**従来の光科学技術を横断的かつ重層的に集積・発展させることにより、将来の社会・産業ニーズに応える新たなフォトニクス分野の進展を加速させるとともに、新技術シーズの創出を支える基礎的な原理の解明にも併せて取り組む**



(総務省資料より)

- 光を使って観る&繋ぐことで健康・医療、暮らしの安心・安全、国土のインフラ、社会システム、産業をセンシング、ネットワーク、クラウド、ビッグデータ等から旧来のサービスを根底から覆す**破壊的なイノベーション**を創出できる。
- 将来の社会・産業ニーズに応える新たなフォトニクス分野の「破壊的イノベーション」を創造し、**新技術シーズの創出を支える基礎的な原理**を解明する。
- 新たな光機能や光物性の解明・制御・利活用によって環境、エネルギー、モノづくり、情報通信、健康・医療、セキュリティ等多彩な分野を支え、高次の**社会・産業インフラ**を形成する。

# 1. 研究領域の概要

# 領域アドバイザー

領域アドバイザー名	専門分野	現在の所属	役職	任期
阿山 みよし	視覚科学、色彩工学、 感性情報工学	宇都宮大学	名誉教授	2015年5月～
荒川 泰彦	電子工学	東京大学 生産技術研究所	特任教授	2015年5月～ 2016年4月
江馬 一弘	光物理学・光物性	上智大学 理工学部	教授	2015年5月～
小山 二三夫	光エレクトロニクス、半導体レーザー	東京工業大学 科学技術創成研究院	教授	2016年5月～
高松 哲郎	光を用いた生体計測と制御	京都府立医科大学 医学フォトンクス講座	特任教授	2015年5月～
田中 耕一郎	光物性、レーザー分光學、 テラヘルツ光学	京都大学 大学院理学研究科	教授	2016年5月～
萩本 和男	光通信システムの研究開発 および実用化	情報通信研究機構	主席研究員	2015年5月～
原 勉	光工学、光情報処理	浜松ホトニクス	顧問	2015年5月～
原田 慶恵	生物物理学	大阪大学 蛋白質研究所	教授	2015年5月～
三沢 和彦	レーザー分光學、 光物性物理学	東京農工大学	副学長	2015年5月～
緑川 克美	量子エレクトロニクス、 レーザー工学、非線形光学	理化学研究所 光量子工学研究センター	センター長	2015年5月～
森 勇介	機能性結晶工学	大阪大学 大学院工学研究科	教授	2015年5月～



- 核となる物性物理学分野、デバイス分野に加え、光通信に代表される情報工学分野、応用の広がりを期待したい医療・バイオ分野、さらには色彩工学の専門家も参画
- 2016年度にCREST「量子技術」研究総括に荒川アドバイザーが就任されたことを受け、デバイス分野として小山アドバイザーが就任
- 物性物理は本研究領域のコアであり田中アドバイザーが就任した。現行の体制は別紙の11名である。
- 産業界からのアドバイスも重要であり、NTTエレクトロニクス・萩本アドバイザー(NICTへ異動)、浜松ホトニクス・原アドバイザーが参画

# 報告内容

---

## 1. 研究領域の概要

- 1) 戦略目標、領域概要
- 2) 研究総括のねらい
- 3) 領域アドバイザー

## 2. 研究領域の運営

- 1) 研究課題の選考
- 2) 研究課題のマネジメント

## 3. 戦略目標の達成状況

## 4. 総合所見

## 2. 研究領域の運営－1) 研究課題の選考

### 選考方針骨子

- ① 新規性や独創性、領域の研究方針との適合性、チーム編成を勘案
- ② 基礎研究と実用化の間に横たわる「死の谷」を越える道筋の明確な提示
- ③ 成果が近い将来もたらす社会的インパクトを期待

# 応募提案・採択課題

申請⇒採択	情報処理 通信	バイオ 医療	モノづくり	新材料	反応 制御
2015年 99⇒6	3	1	1	0	1
2016年 54⇒5	0	1	2	1	1
2017年 57⇒5	1	2	1	1	0
Total 210⇒16	4	4	4	2	2

- 初年度の**2015年度**は**情報通信・量子**を中心に**バイオ**からも採択
- 2年目の**2016年度**は**モノづくり**に加え**新材料**も採択
- 最終年度である**2017年度**は**幅広い分野**から採択
- 一貫して、**新規性**や**独創性**、**領域方針**との**適合性**、**チーム編成**、**成果**が近い将来もたらす**社会的インパクト**を勘案し、研究代表者が**基礎研究**と**実用化**の間に横たわる**「死の谷」**を越える**道筋と覚悟**を示している提案を採択

# 採択課題ポートフォリオ



- ・女性研究者からも僅かではあるが応募があった
- ・2015年: 1名、2016年: 3名、2017年: 2名 (全応募210件に対し2%)
- ・残念ながら採択には至らなかった

(I) 第1期 2015年採択  
 (II) 第2期 2016年採択  
 (III) 第3期 2017年採択

2. 研究領域の運営  
 ー1) 研究課題の選考

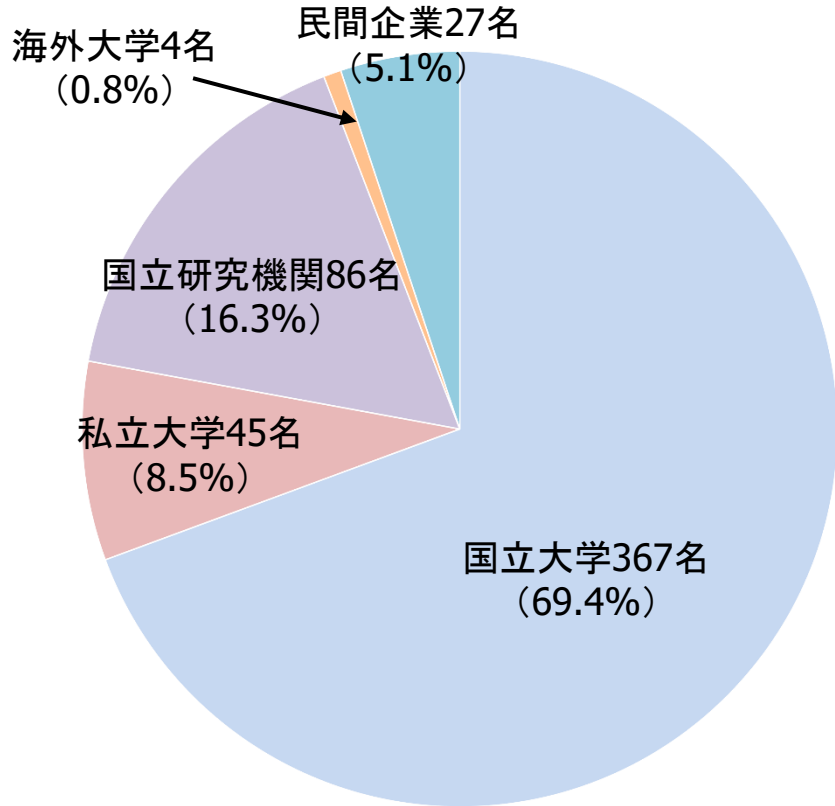
# 採択課題一覧

分野		研究課題		
		研究代表者 (所属)	研究費 (百万円)	研究課題名
情報処理 通信 1,466百万円	偏光-電子スピン変換 ポアンカレインタフェース	大岩 顕 (大阪大学)	342	電子フォトリソ融合によるポアンカレインタフェースの創製
	光演算技術	納富 雅也 (NTT)	385	集積ナノフォトリソによる超低レイテンシ光演算技術の研究
	コヒーレント光通信	古澤 明 (東京大学)	374	極限コヒーレント光通信のための量子力学的操作と超伝導光子数識別器および光集積システム化法の研究
	超高速意思決定	成瀬 誠 (東京大学)	365	ナノ光学と光カオスを用いた超高速意思決定メカニズムの創成
バイオ 医療 1,297百万円	生理機能	永井 健治 (大阪大学)	380	超解像「生理機能」イメージング法の開発と細胞状態解析への応用
	バイオ・光デバイス	岩坂 正和 (広島大学)	263	魚のバイオリフレクターで創るバイオ・光デバイス融合技術の開発
	イメージング技術	福田 大治 (産総研)	271	単一光子スペクトル計測によるイメージング技術開発と細胞機能ヴィジュアルライザの創成
	顕微イメージング	藤 貴夫 (豊田工業大学)	383	超短赤外パルス光源を用いた顕微イメージング装置の開発と生命科学への応
モノづくり 1,056百万円	フォトリソルータ	水本 哲弥 (東京工業大学)	246	磁性-金属-半導体異種材料集積による待機電力ゼロ型フォトリソルータの開発
	半導体レーザ	岩谷 素顕 (名城大学)	384	深紫外領域半導体レーザの実現と超高濃度不純物・分極半導体の研究
	レーザ冷却	上妻 幹旺 (東京工業大学)	114	ポケットサイズレーザ冷却システムの開発
	フォトリソ結晶	野田 進 (京都大学)	312	変調フォトリソ結晶レーザによる2次元ビーム走査技術の開発
新材料 518百万円	ペロブスカイト	金光 義彦 (京都大学)	258	ハロゲン化金属ペロブスカイトを基盤としたフレキシブルフォトリソ技術の開発
	動的フォトリソ	石田 康博 (理化学研究所)	260	殆どが水よりなる動的フォトリソ結晶の開発と応用
反応・制御 556百万円	アト秒反応	石川 顕一 (東京大学)	329	アト秒反応ダイナミクスコントローラーの創生
	第一原理計算	矢花 一浩 (筑波大学)	227	光・電子融合第一原理計算ソフトウェアの開発と応用

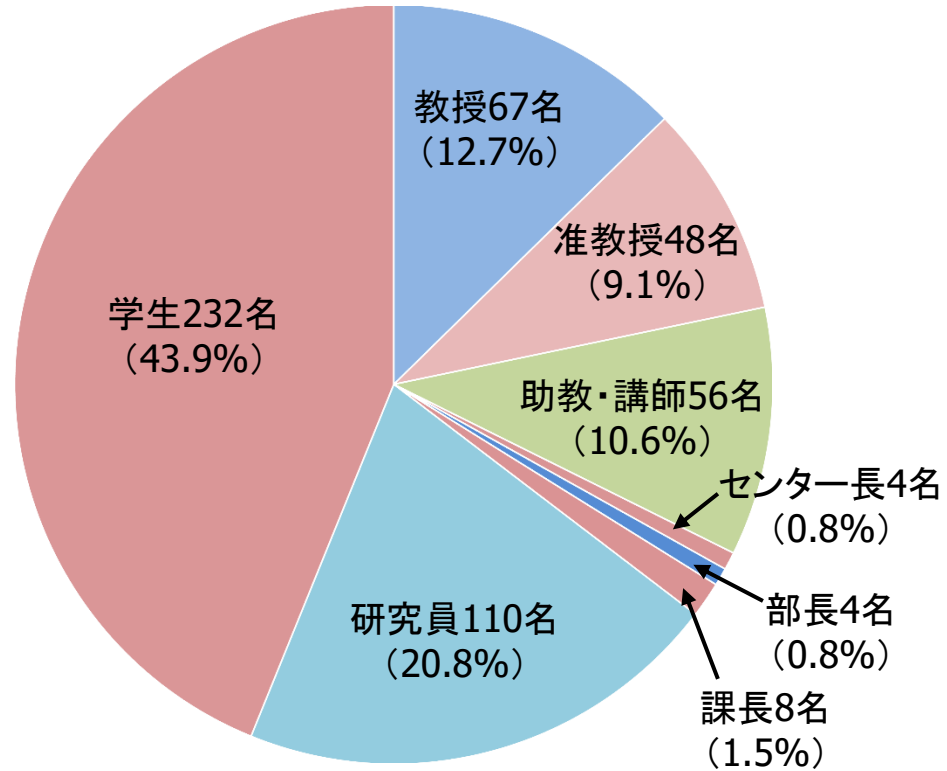


# 研究参加者の構成

所属機関



役職



- 大学等が3/4を占める構成であり、1/3以上が学生
- 各研究チームには若手育成の重要性を指摘
- なお女性研究者が9.3%、外国籍研究者が9.3%



# 2. 研究領域の運営 ー2) 研究課題のマネージメント

## 領域会議

- ◆ **進捗確認**は年1回開催する領域会議で実施
- ◆ ポスター発表を実施し**研究チーム間の連携**を狙う

- ✓ キックオフミーティング(2015年12月14日)新規6課題
- ✓ 第1回領域会議(2016年12月20日)新規5課題、既存6課題
- ✓ 第2回領域会議(2017年12月21日)新規5課題、既存5課題(2年目採択のみ)
- ✓ ポスター発表:全16課題より計64件の発表
- ✓ 第3回領域会議(2018年12月12日)15課題より進捗報告
- ✓ ポスター発表:全15課題より計73件の発表
- ✓ 第4回領域会議(2020年1月21日) 15課題より進捗報告
- ✓ ポスター発表:全15課題より計67件の発表
- ✓ 第5回領域会議 2020年12月22日 Zoomによるオンライン開催
- ✓ On Line開催のためポスター発表に代わり若手研究者ショートプレゼンを実施
- ✓ 第6回領域会議 2021年12月7日 Zoomによるオンライン開催
- ✓ 第7回領域会議 2023年3月 ハイブリッド開催を予定

# サイトビジット

◆ 領域会議と平行して、研究チームのサイトを訪問し、研究環境の確認や助言を実施している。

◆ 指導、アドバイスの例は以下の通りである。

- ✓ 石川課題; アト秒レベルの反応制御を産業界から見てより魅力的な材料で検討するよう指導
- ✓ 大岩課題; 長距離量子中継器としての性能予測の定量性を向上するよう助言
- ✓ 永井課題; 細胞情報熱化学の創生という大きな目標があり達成にむけ議論を継続
- ✓ 納富課題; 光-電気変換の特徴を生かしたニューラルネットワークへの挑戦の提案があり支援決定
- ✓ 古澤課題; 通信波長帯への展開を助言したことを受け検討を開始
- ✓ 水本課題; 中間評価時にゴールが見えにくくので是正するよう指導したことを受け、最終的な集積化イメージが明確に
  
- ✓ 岩坂課題; チーム構成を見直すよう指導し少しずつ成果が出始める
- ✓ 岩谷課題; 高性能な紫外線レーザーが実現しつつあり産業化のアプローチを進めるよう助言
- ✓ 金光課題; 基礎物性評価も重要だがフレキシブルフォトニクスへの展開も注力するよう指導
- ✓ 上妻課題; 1年半で終了したが採択テーマの継続検討を指示
- ✓ 矢花課題; ユーザーの拡大が重要であり積極的プロモーションを指導
  
- ✓ 石田課題; 新規な材料へ挑戦しているが、さらに有望な応用があると思われ議論を継続
- ✓ 成瀬課題; 新たな学術分野で先行しているが、基礎固めに注力するよう助言
- ✓ 野田課題; LiDARシステムの実用化に向けた検討について産業界を巻き込んで展開するよう助言
- ✓ 福田課題、藤課題; 有望な光イメージング技術を有していながらチーム内の連携が不十分であったため、リーダーシップを発揮し生体資料での検証を加速するよう指導

2. 研究領域の運営  
-2) 研究課題のマネージメント

# サイトビジット

( )内は評価者数  
OL: On Line開催

○NTT・厚木納富T2017.2.23(3)、2019.6.5(3)、  
2020.2.11.25(7)OL、2021.10.28(6)OL

○京都大学・桂  
野田T2018.6.21(4)、2020.7.20(6)OL、2022.8.4(3)

○京都大学・宇治  
金光T2017.2.28(1)、2018.6.1(1)、  
2020.7.31(7)OL、2021.10.27(5)OL

○大阪大学  
大岩T2016.5.25(1)、2017.2.27(2)、2019.6.11(5)、  
2020.11.18(5)OL、2021.10.26(9)OL  
永井T2016.5.25(1)、2017.2.27(2)、  
2019.6.3(4)、2020.11.16(5)OL、2021.10.12(6)OL

○広島大学岩坂T2017.1.24(1)、  
2020.7.21(5)OL、2021.10.12(5)OL

○関西光科学研  
矢花T乙部G2022.8.19(4)

○中部大学岩坂T大場G2018.6.5(5)

○名城大学岩谷T2017.2.21(1)、2020.7.20(4)OL、  
2021.10.18(7)OL、2022.8.22(6)

○豊田工業大学  
藤T2020.9.11(6)OL、2020.7.12(7)OL2022.8.31(3)

○分子科学研究所  
藤T2018.10.15(3)

○北海道大学  
石川T関川G2019.6.20(2)

○早稲田大学古澤T青木G2019.5.24(3)

○筑波大学矢花T2018.5.25(2)、  
2020.7.7(6)OL、2021.10.21(6)OL

○産業技術総合研究所  
福田T2018.5.22(3)、2020.8.5(10)OL、  
2022.9.5(3)  
水本T池田G2019.6.10(5)

○理化学研究所・和光  
石川T鍋川G2017.4.5(3)  
石田T2018.10.22(4)、2020.7.21(6)OL、2022.8.4(3)

○東京大学・本郷  
石川T2016.5.18(2)、2020.11.24(5)OL  
2021.9.29(5)OL  
古澤T2016.5.18(2)、2017.2.23(3)  
成瀬T2020.7.27(5)OL、2020.7.12(3)OL  
2022.9.2(3)

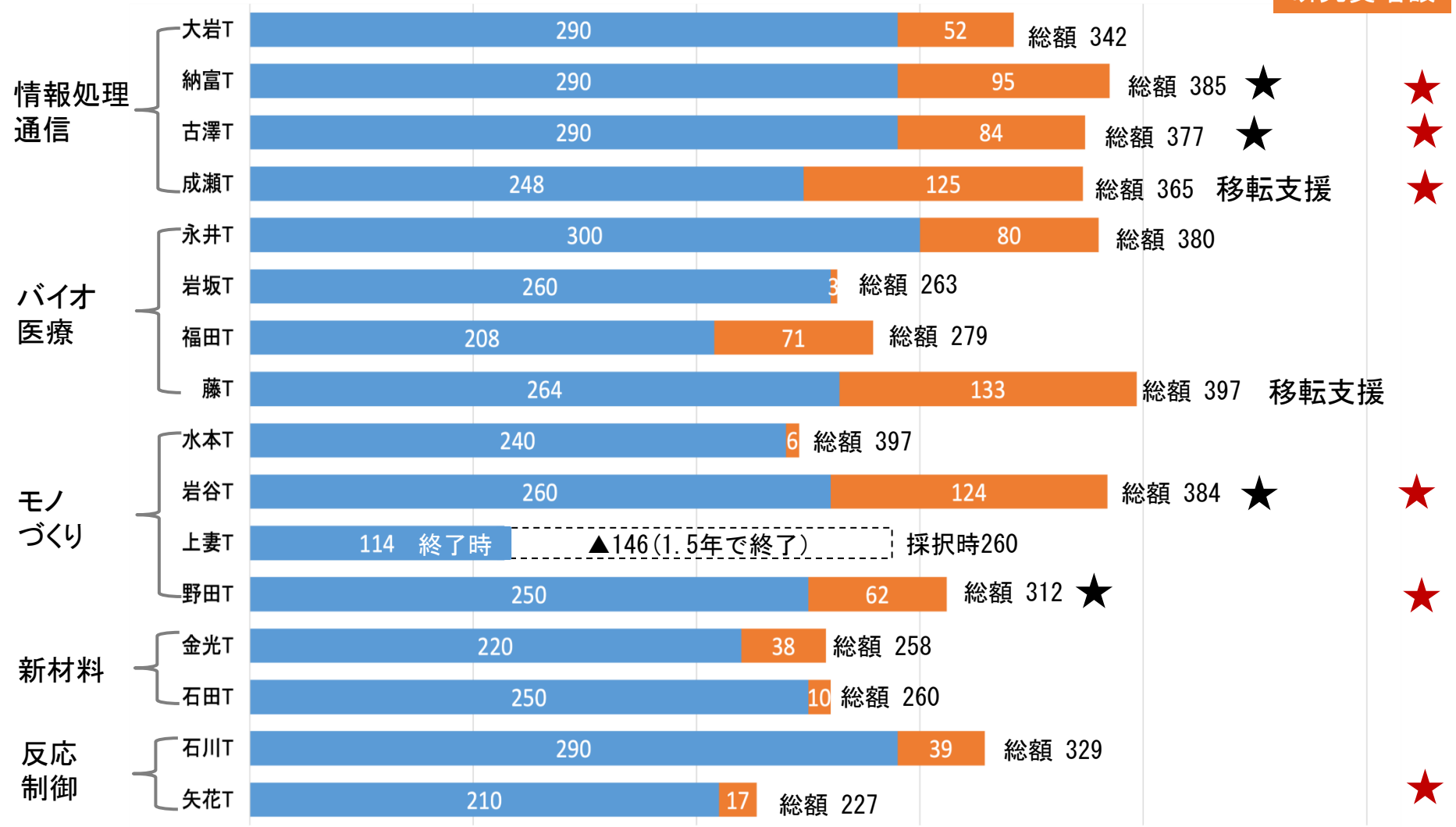
○NICT情報通信研究機構成瀬T2018.10.26(3)

○東京工業大学・大岡山  
水本T2016.5.30(2)、2017.4.5(2)、  
2020.11.19(5)OL、2021.9.27(7)OL  
上妻T2017.4.5(2)

- ◆ 通常CRESTプロジェクトでは研究開始後3年経過時に課題中間評価を実施する
- ◆ 本研究領域では1年早め2年経過後に課題中間評価を実施している
- ◆ 3年半の研究期間が残っている段階で評価を行うことで、よりダイナミックなチャレンジを可能にするためである
- ◆ 大きな成果が期待できる課題には加速資金を与え、さらに大きな成果を狙うためである

# 研究費の追加配分

研究開始時  
 研究費増額



研究費(直接経費) [単位:百万円]

- ★ 中間評価の結果に基づき総括裁量経費を重点的に配算
- ★ 事後評価結果

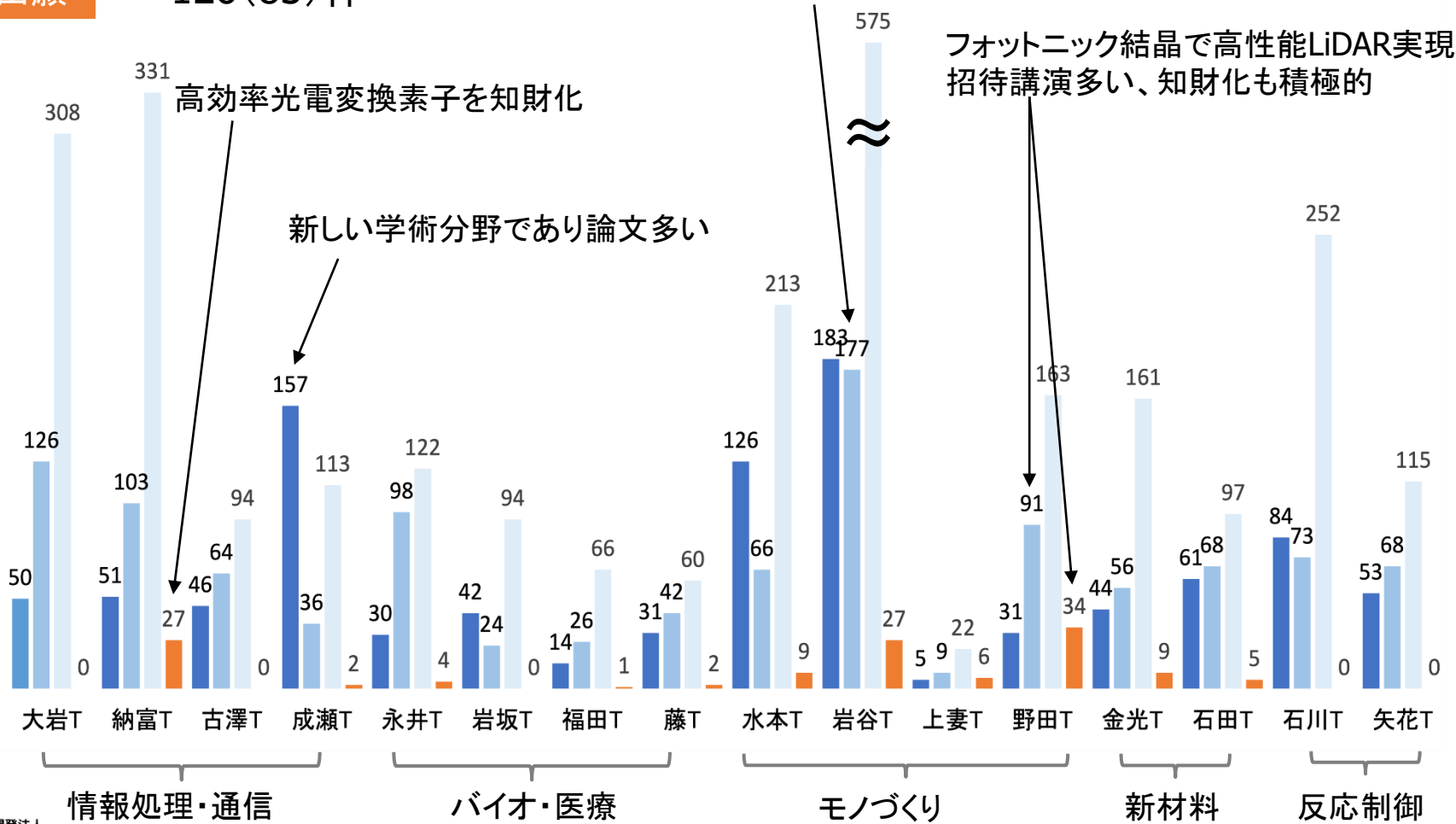
# チーム別の論文成果・出願特許

数値は国際、国内の合計  
 ( )は中間評価時

原著論文	1008(390)報
招待講演	1127(730)件
口頭発表	2786(1840)件
特許出願	126(83)件

半導体レーザで初めてUV-B光を発振  
 ⇒論文、招待講演多い、知財化も積極的

フォトリソグラフィで高性能LIDAR実現  
 招待講演多い、知財化も積極的



情報処理・通信

バイオ・医療

モノづくり

新材料

反応制御

# 人材育成、表彰

## ■ 人材育成

- ◆ 准教授から教授への昇任: 8名
- ◆ 講師、助教から准教授への昇任: 3名
- ◆ 助教から講師への昇任: 1名
- ◆ 学生、研究員から助教への雇用: 3名
- ◆ 研究員から主任研究員への昇任: 1名

## ■ 主な表彰

- ◆ 北海道大学・関川太郎 准教授 [Fellow, Royal Society of Chemistry, UK\(2017\)](#)
- ◆ 理化学研究所・中島 峻 上級研究員 [文部科学大臣表彰科学技術研究部門\(2021\)](#)
- ◆ 大阪大学・永井 健治 教授 [日本光生物学協会賞\(2018\)](#)
- ◆ 大阪大学・永井 健治 教授 [第21回山崎貞一賞\(2021\)](#)
- ◆ 東京大学・古澤明 教授 [紫綬褒章\(2016秋\)](#)
- ◆ 東京工業大学・西山伸彦 准教授(水本T) [市村学術賞\(2016\)](#)
- ◆ 京都大学・金光義彦 教授 [島津賞\(2019\)](#)
- ◆ 東京大学・成瀬 誠 教授(受賞時NICT) [ドコモ・モバイル・サイエンス賞](#)  
[基礎科学部門優秀賞\(2018\)](#)
- ◆ 京都大学・野田進 教授 [日本学士院賞\(2022\)](#)
- ◆ 産業技術総合研究所・福田大治 総括研究主幹 [文部科学大臣表彰科学技術研究部門\(2018\)](#)

研究推進において国際連携は非常に重要であり、研究者の招聘や派遣、さらには本格的な共同研究に発展することを期待し国際ワークショップを開催している。若手中心に発表の機会を与え、さらに先方へ派遣する事で育成も狙っている。

## ①JST-ライプニッツ協会(ドイツ)共同ワークショップ「Advanced Material Sciences」の開催

日程:2017年9月20日~22日

場所:ドレスデン・ライプニッツ高分子研究所

概要:

石川チーム、大岩チーム、永井チーム、古澤チーム、岩谷チーム、金光チーム、矢花チームより研究者を派遣

JSTからは濱口理事長、ライプニッツ協会傘下の8つの

研究所からも50人近くの研究者が集まり、先端光学やフォトニクス分野における最新の研究成果を発表し、材料、デバイス、その応用について議論





## ② デルフト工科大学(オランダ)とのワークショップ「JST-TU Delft Quantum Technology」を開催

日程: 2017年10月17日

場所: デルフト工科大学

概要:

- ・大岩チームが中心となり互いの研究成果を発表、意見交換を行う
- ・今後の連携についての議論から若手派遣をすることとなりデルフト工科大学のLieven Vandersypen教授のもとに大岩研究室の助教が2018年9月より1年間滞在

## ③ オックスフォード大学(英国)におけるワークショップ「First UK/Japan Super-resolution Bioimaging Meeting」を開催

日程: 2018年9月6日

場所: オックスフォード大学

概要

- ・永井チームが中心となり超解像イメージングに関する研究発表を行うと同時に今後の連携について意見交換
- ・永井研究室博士研究員を1ヶ月派遣
- ・藤田研究室博士学生を半年派遣



## ④ベルリン工科大学(ドイツ)におけるワークショップ「1st International Workshop on AlGa<sub>N</sub> based UV-Laserdiodes」を開催

日程: 2019年8月28日、29日

場所: ベルリン工科大学およびベルリン日独センター

概要:

- ・日本側からの15名の参加のほか、ベルリン工科大学を中心としたベルリン近郊の研究者をはじめ、オーストリア、スウェーデン、米国、韓国からと28名が参加、総勢43名が参加
- ・ワークショップ翌日にマグデブルグ大学(ドイツ)を訪問し、評価関係について若手研究者を派遣する議論がなされた。
- ・三宅研究室の助教をマグデブルグ大学およびポーランド高圧物理学研究所に派遣し結晶評価についての研究を実施



課題	年度	連携相手	形式	内容
石川課題	2019	英国・Imperial College London Margarita Khokhlフェロー	招聘	実時間第一原理計算手法の開発
石川課題	2019	カナダ・オスロ大学 Simen Kvaal准教授	派遣	非断熱分子ダイナミクス理論の研究
大岩課題	2019	カナダ・National Research Council D. Guy Austing主任研究員	派遣	光子ースピン変換に関する研究
古澤課題	2018 2019	ドイツ・マインツ大学 Peter van Loock教授	招聘	量子誤り訂正についての情報交換
岩坂課題	2017	ベルギー・Katholieke Universiteit Mallefet教授	招聘	魚類の発光器とグアニン結晶に関する情報交換と発光サメのサンプリングを実施
岩谷課題	2018	米国・ライス大学 Alberto Pimpinelli教授	派遣	結晶成長の研究
岩谷課題	2019	フランス・Université Claude Bernard Lyon Olivier Pierre-Louis教授	派遣	デバイス物理モデルの検討
岩谷課題	2020	ドイツ・University Magdeburg ポーランド科学アカデミー高圧物理学研究所 デンマーク工科大	共同研究	UV-Bレーザーダイオードの高性能化に向けた研究ネットワークを構築
成瀬課題	2018	カナダ・オタワ大学 Georg Northoff教授	招聘	意思決定や意識、脳と環境の関わりにおける新たな理論を議論
成瀬課題	2019	フランス・Institut Néel Serge Huant副所長	派遣	競合意思決定に関する新たな展開を議論
成瀬課題	2019	フランス・Institut Néel Guillaume Bachelier研究員	招聘	非線形光学、ナノ光学についての情報交換
福田課題	2021	ドイツ・理工学研究所 Joern Beyer博士、Sebastian Raupach博士	共同研究	超伝導光子数識別器を融合した新技術の開発およびその量子計測への応用、並びに高精度計量標準技術の開発について
藤課題	2019 2020	台湾交通大学 Luo教授	共同研究	有機無機ハイブリッドペレブスカイト半導体へ赤外分光イメージング手法を適用する共同研究

- 研究成果の発信は非常に重要である
- 本研究領域もこれまで2回の公開シンポジウムを開催
- 国際的に著名な研究者の基調講演と招待講演を柱に領域の成果を発表する形をとる

## 第1回CREST「次世代フォトニクス」公開ワークショップ 「Novel frontiers of optics for computing」

- ◆ 日程: 2018年7月18日
- ◆ 場所: 一橋ホール
- ◆ テーマ: 納富チームが中心となり光コンピュータをテーマとして開催
- ◆ 参加者: 79名
- ◆ 基調講演: 米国・MIT・Marin Soljačić教授
- ◆ 招待講演: 同・テキサス大学オースティン校・David Pan教授  
カナダ・クィーンズ大学・Bhavin Shastri助教  
フランス・CNRS・Daniel Brunner博士
- ◆ 領域より発表 納富チーム、成瀬チーム

文部科学省2019年度戦略目標「最先端光科学技術を駆使した革新的基盤技術の創成」のきっかけとなり、昨今の「情報処理の光への利用/光の情報処理への利用」ブームの火付け役を果たした。

## 第2回CREST「次世代フォトンクス」公開ワークショップ 「New Developments toward Wearable Photonics: From Materials to Devices」

- ◆ 日程: 2019年10月7日
- ◆ 場所: アキバプラザ
- ◆ テーマ: 金光チーム、石田チームが中心となりフレキシブルフォトンクスをテーマとして開催
- ◆ 参加者: 98名
- ◆ 基調講演: 東京大学・染谷教授、
- ◆ 招待講演: 米国・ライス大学・河野教授、米国・UCリバーサイド校・Yadong Yin教授  
シンガポール南洋大学・Qihua Xiong教授  
英国・ケンブリッジ大学・Silvia Vignolini博士  
北海道大学・Jian Ping Gong教授
- ◆ 領域より発表: 金光チーム、石田チーム、岩坂チーム



開会の挨拶



会場の様子

# 報告内容

---

## 1. 研究領域の概要

- 1) 戦略目標、領域概要
- 2) 研究総括のねらい
- 3) 領域アドバイザー

## 2. 研究領域の運営

- 1) 研究課題の選考
- 2) 研究課題のマネジメント

## 3. 戦略目標の達成状況

## 4. 総合所見

# 3. 戦略目標の達成状況

- 本研究領域は核となる物性物理学分野、デバイス・材料分野に加え、光通信に代表される情報処理通信分野、安全安心社会を実現する上で重要なバイオ・医療分野、それらを支えるモノづくり技術、さらには新材料への挑戦や基盤技術の深耕といった幅広い分野への展開が狙い

- 各研究課題のトピックスを報告

- (1) 大きな成果を達成した課題(事後評価A+)

- 情報通信: 納富課題、古澤課題、成瀬課題

- モノづくり: 岩谷課題、野田課題

- シミュレータ: 矢花課題

- (2) その他課題の成果

- 情報通信: 大岩課題

- バイオ・医療: 永井課題、岩坂課題、福田課題、藤課題

- モノづくり: 水本課題、上妻課題

- 新材料: 金光課題、石田課題

- 反応制御: 石川課題

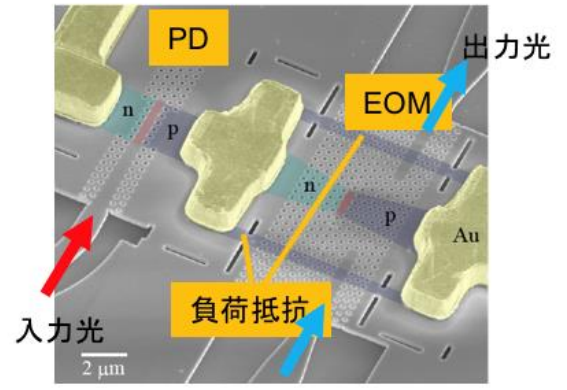
# 3 研究成果トピックス: 情報処理通信分野

納富課題(研究代表者: NTT・納富センタ長)

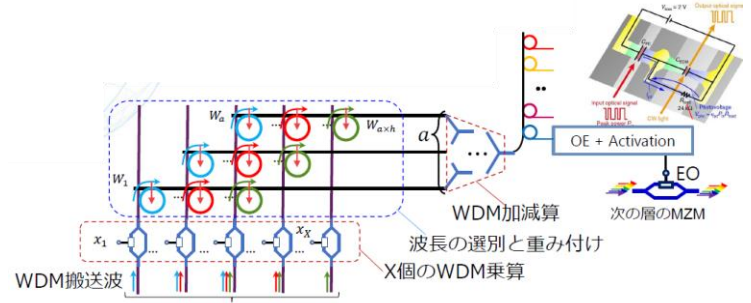
【狙い】CMOS回路の限界を打ち破る光電融合型の超低レイテンシ情報処理システムを提案、実証

【成果】

- 高効率な光電変換素子を実現  
⇒ Beyond 5G基幹部品候補  
Nature Photonics 13, 454, 2019
- 様々なニューラルネットの動作実証開始  
⇒ 1年延長支援
- ニューラルネットワーク回路にて低遅延、低消費電力動作を実証  
⇒ コンピュータの性能の持続的発展に重要な役割が期待できる



ナノ受光器とナノ光変調器の集積によるO-E-O変換素子



全光型波長分割方式積和を用いたニューラルネットワーク回路

- 光電変換素子をベースにCREST「情報担体」領域にて新たな展開に注力



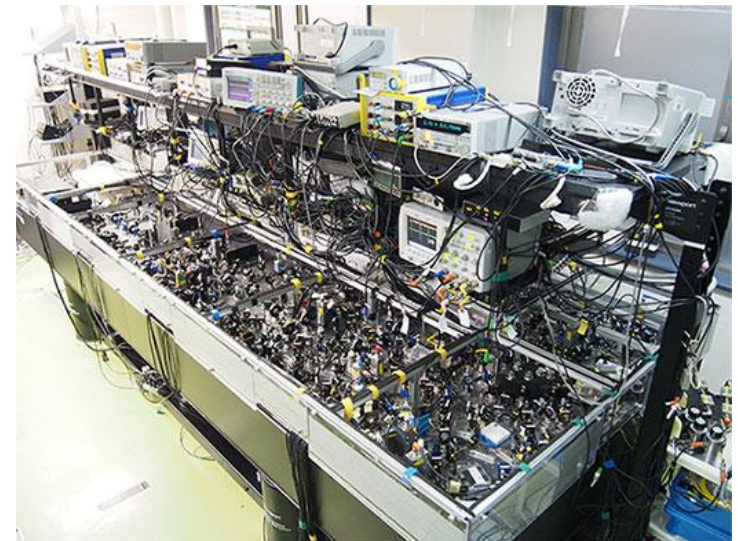
# 3 研究成果トピックス: 情報処理通信分野

古澤課題(研究代表者: 東京大学・古澤教授)

【狙い】シャノン限界を超える**極限コヒーレント光通信**実現を目指し、量子力学的操作と超伝導光子数識別器および光集積システム化法を研究

## 【成果】

- 量子ビットの情報をそのまま別の場所に移動する**量子テレポーテーションに成功**  
Physical Review Letters 119, 120504, 2017
- 世の中の共通インフラである**通信波長帯への展開**を指示  
⇒実証することで産業展開が現実味を帯びた
- 時間領域**多重化光源開発**にも成功  
APL Photonics 5, 036104 (2020)
- 以上の成果をもとに**ムーンショット目標6にて誤り耐性型大規模汎用光量子コンピュータの研究開発に展開**  
<https://optical-quantum-computers.jp>



量子テレポーテーション装置の全体像

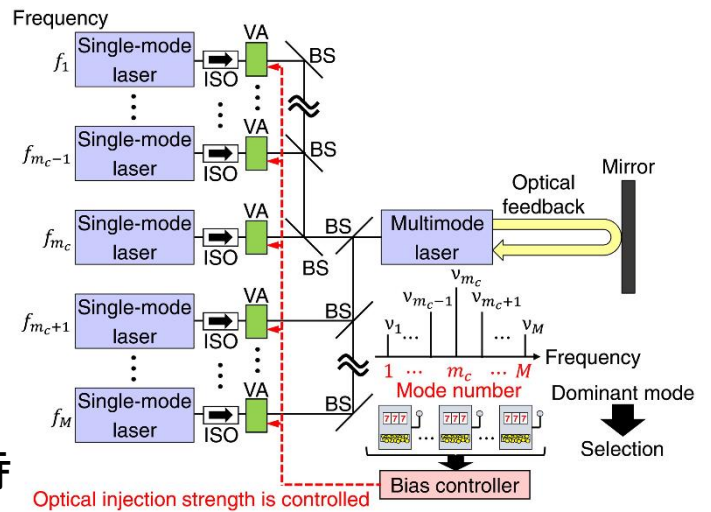
# 3 研究成果トピックス: 情報処理通信分野

成瀬課題(研究代表者: 東京大学・成瀬教授)

【狙い】人工知能で重要な強化学習の根幹にある意思決定問題を、光に固有の性質とその極限性能を生かし「物理的に」解決する。これによりAI時代の革新的光機能を創成する。

## 【成果】

- 光カオスを用いた意思決定で超高速時系列を用いたスケーラブルな意思決定原理検証に成功
- レーザ光のカオス的遍歴の自発性を用いて、多腕バンディット問題が解けたことを実証  
Science Advances 8, 49, 2022
- 光通信ネットワークにおいて重要な役割を担う自律的な波長の割り当ての最適化などの応用展開も期待
- 先進的なアルゴリズムを光の分野に展開する野心的な課題であり基礎固めをしっかりと行なっていくべき 学術変革領域で基礎学理深耕に期待



多腕バンディット問題が解けたことを実証したシステム

<https://www.photoniccomputing.jp/message/>

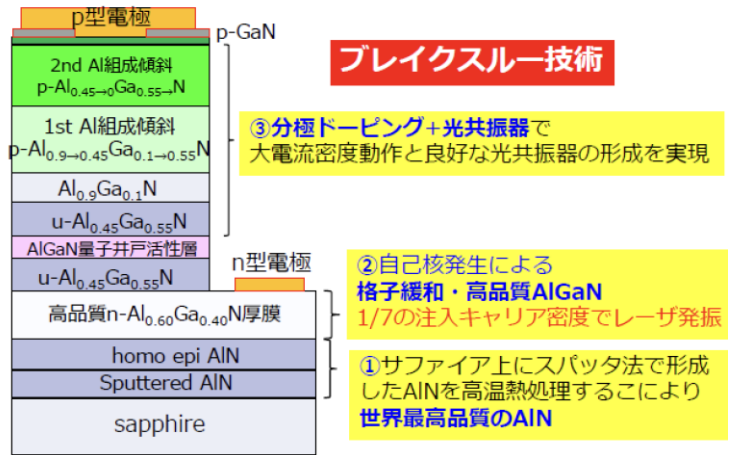
# 3 研究成果トピックス: モノづくり

岩谷課題(研究代表者:名城大学・岩谷教授)

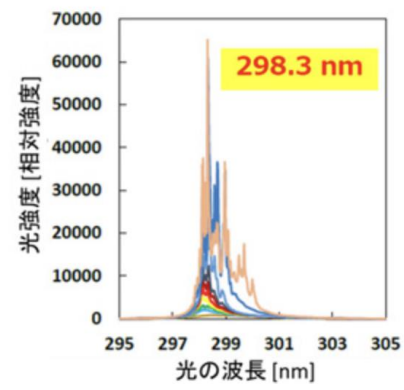
【狙い】超高濃度不純物・分極半導体を用いることによって、深紫外領域の半導体レーザーの実現を目指す

【成果】

- 3つのブレイクスルー技術を定義しシステムティックに取り組んでいる
- 世界初の中波長紫外線(UV-B)領域の半導体レーザーを実現
- 高出力化はNEDOの先導研究を実施
- P型層に適用している分極ドーピングをN型層にも展開し完全な不純物フリーのデバイス検討の提案があり⇒1年延長支援
- デバイス動作は実現できたが、注入効率改善にはさらなる最適化が必要



断面構造図  
半導体レーザーの断面構造とブレイクスルー技術



UV-Bレーザーの発振発光スペクトル

# 3 研究成果トピックス: モノづくり

野田課題(研究代表者: 京都大学・野田教授)

【狙い】「変調フォトニック結晶」の概念を導入し、LiDARのキーデバイスとなりうる電氣的に高速・広範囲の2次元ビーム走査を可能とする小型半導体チップを開発する

## 【成果】

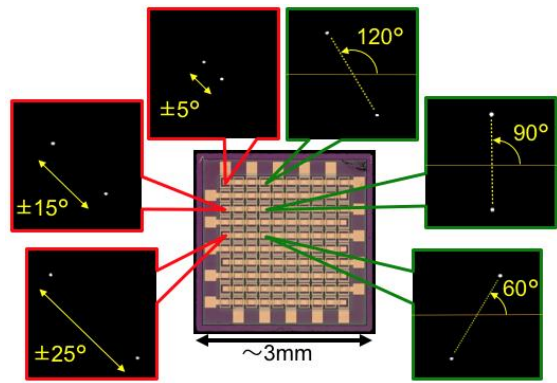
- フォトニック結晶レーザーをLiDARに搭載し  
高分解能な測距に成功

<https://www.jst.go.jp/pr/announce/20200630/pdf/20200630.pdf>

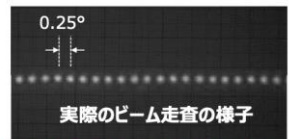
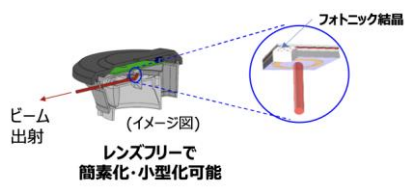
- 高出力(ワット級)・高ビーム品質の  
電氣的制御による広範囲2次元ビーム走査の  
実現に成功

Nature Communications 11, Article number: 3487 (2020)

- 産業界も注目しており、早期社会実装に期待
- 特許出願は国際 12 件、国内 22 件



10 × 10 アレイデバイス



ビーム拡がり小さく、分解能が高い

LiDARの光源部

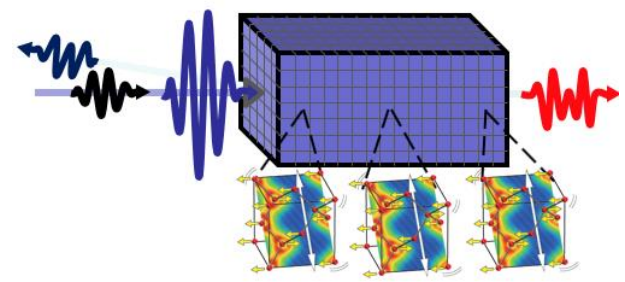
# 3 研究成果トピックス: シミュレータ

矢花課題(筑波大学・矢花教授)

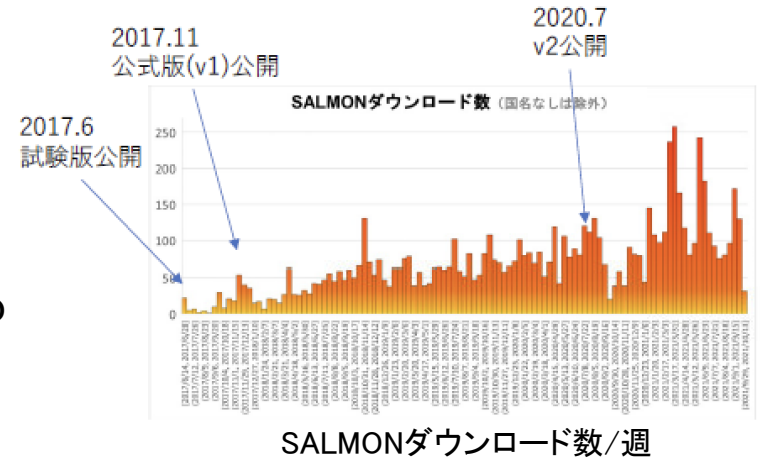
【狙い】光波と電子のダイナミクスを同時に記述する新しい第一原理光科学計算法を確立し、アト秒光科学やレーザー加工、近接場光励起などの光科学の先端課題に展開

## 【成果】

- 開発した計算コードを **SALMON** (Scalable Ab-initio Light-Matter simulator for Optics and Nanoscience) と命名し、**ウェブサイト** (<https://salmon-tddft.jp>) で公開
- **光電磁場と電子に加えイオンの運動も同時に記述**することを可能にした
- **単原子層から薄膜まで多様な2次元物質の光応答**を調べることを可能にした
- **ナノ粒子が周期的に配列したメタ表面**の記述も可能である
- **ダウンロード数、新規ユーザ獲得も進展**している
- **プロモーション活動**も実施しており、以下のリンクで動画を掲載



パルス光のポンプ-プローブ実験を丸ごとシミュレーション可能



[https://www.youtube.com/channel/UCpgVq7\\_0k5mmq\\_5kbKU29Lg](https://www.youtube.com/channel/UCpgVq7_0k5mmq_5kbKU29Lg)

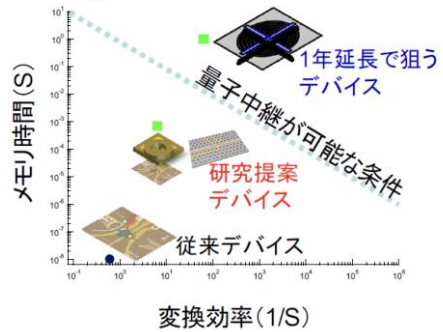
# 3 研究成果トピックス: その他

**情報通信:** 大岩課題 (代表: 大阪大学・大岩教授)

【狙い】長距離量子中継実現に不可欠な基盤技術を実現

【成果】

Ge正孔量子ドットの利用で**中継可能な方式**の提案あり⇒1年延長支援  
 現在も目標性能目指し**研究を継続**

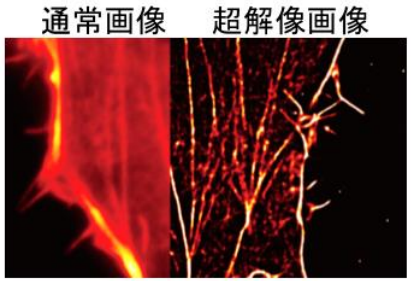


**バイオ・医療:** 永井課題 (代表: 大阪大学・永井教授)

【狙い】細胞内生理機能超解像イメージング法を実現

【成果】

**耐酸性緑色蛍光タンパク質**の開発、**機械学習**導入による超解像実現  
 1年延長支援し**数十万細胞をサブ細胞レベルの分解能で撮像成功**

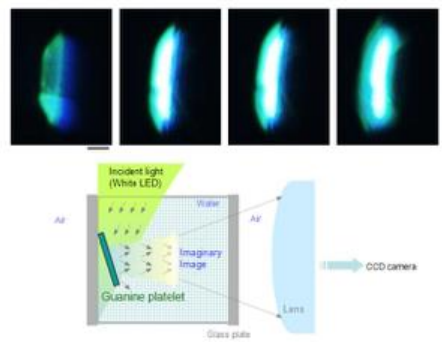


**バイオ・医療:** 岩坂課題 (代表: 広島大学・岩坂教授)

【狙い】魚のバイオリフレクターを構成するグアニン結晶板のしくみを解明し光コミュニケーション手段を提案

【成果】

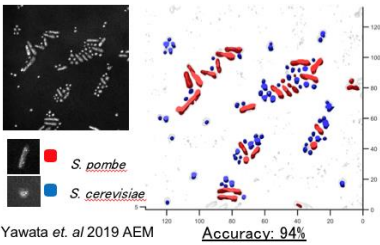
主たる共同研究者による**盗タンパク質現象の発見**など注目すべき成果はあるが、魚由来のグアニン結晶板を利用することで、これまで実現できていない**新たなフォトニックデバイスへの応用まで至らなかった**



# 3 研究成果トピックス: その他

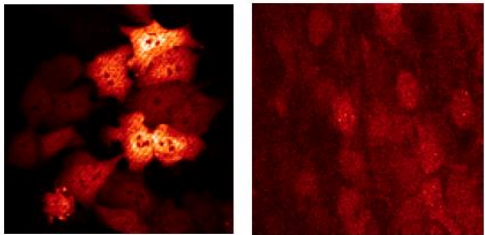
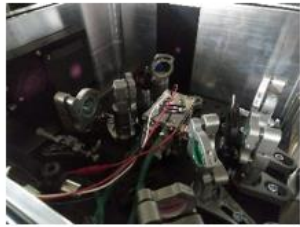
**バイオ・医療:** 福田課題 (代表: 産総研・福田総括研究主幹)  
【狙い】超伝導転移端センサ( TES )とマイクロ波マルチプレクシング ( MW-Mux )を用いて、世界最高の感度で単一光子分光リアルタイムイメージング技術を開発

【成果】  
TESセンサをSQUIDアレイで読み出すことに成功  
自然光レベルでの超低侵襲細胞診断技術へ展開を期待  
産業界へ展開するためには知財獲得が必須  
⇒1年延長支援で特許出願活動を支援



**バイオ・医療:** 藤課題 (代表: 豊田工業大学・藤教授)  
【狙い】超短赤外パルス光源を発展させ先進的な赤外イメージング装置や多光子顕微鏡を開発し、生体分子や生細胞、生きた動物を対象とした非侵襲のセンシング、イメージング法を確立

【成果】  
本課題で開発した光源により生体資料の動的観測が開始  
このシステムでなければ観測できないものが、現時点では見出せていない



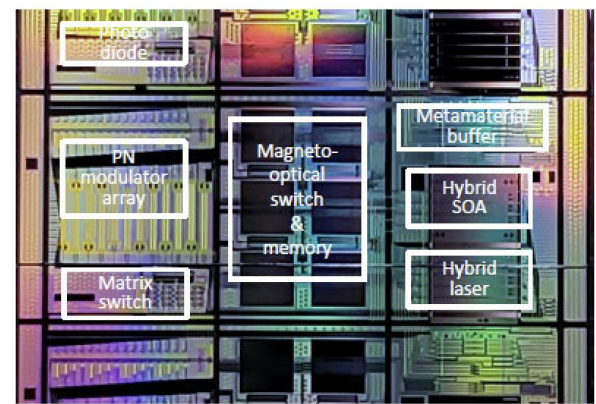
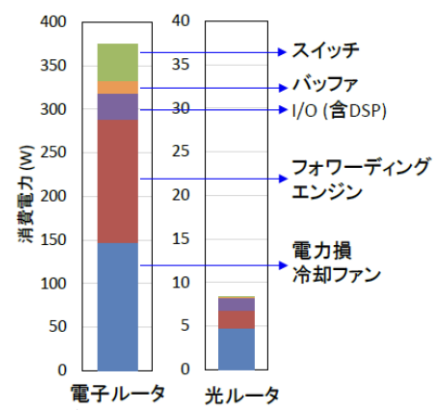
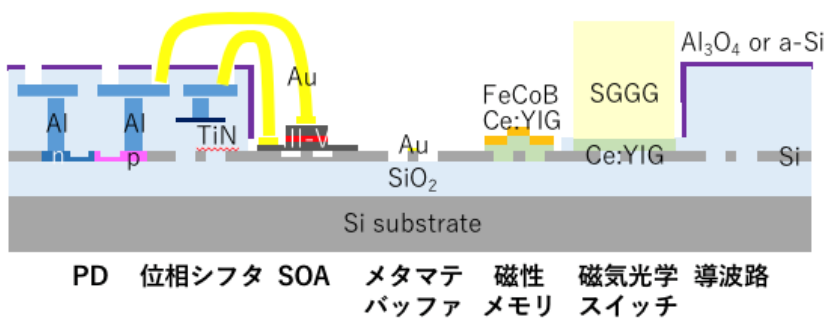
# 3 研究成果トピックス: その他

**モノづくり:** 水本課題 (代表: 東京工業大学・水本副学長)

【狙い】不揮発光スイッチ、単ビット磁性光メモリ、メタマテリアル光バッファ、スローライト受光器を異種材料集積技術により統合した待機電力ゼロの光ルータを開発

【成果】

不揮発光スイッチ、単ビット磁性光メモリ、超小型光遅延素子、小型受光器等、要素デバイス開発は順調に進展  
集積化したルータは低消費電力が期待されたが実証には至らず



**モノづくり:** 上妻課題 (代表: 東京工業大学・上妻教授)

【狙い】原子、ナノ粒子に対するポケットサイズのレーザー冷却システムの構築を目指す

【成果】

単一のシリカナノ粒子のレーザーを使って大気中でトラップすること、磁気光学トラップを用いることでガラス内部に侵入する総気体流入量を実時間で評価するシステムを開発することに成功するなど順調な滑り出しであったが、研究途上で未来社会創造事業がはじまることとなりCREST研究は1.5年で終了





# 報告内容

---

## 1. 研究領域の概要

- 1) 戦略目標、領域概要
- 2) 研究総括のねらい
- 3) 領域アドバイザー

## 2. 研究領域の運営

- 1) 研究課題の選考
- 2) 研究課題のマネジメント

## 3. 戦略目標の達成状況

## 4. 総合所見

## 4. 総合所見

- 多くの先行研究実績のあるチームによる210件に及ぶ提案を受けて、光のコミュニティにとって5年振りとなる待望久しい募集であったことを肌で感じた。その中から採択(採択率は8%以下)されたのはわずか16件であり、精鋭中の精鋭による研究チームがそろっている
- 本領域の主要研究成果は以下のように捉えている
  - ◆ 納富課題は高効率光電変換素子を実証しBeyond5Gの基幹素子候補を実現
  - ◆ 古澤課題は量子テレポーテーションを通信波長帯で実証⇒高速通信
  - ◆ 成瀬課題は高速意思決定の新規分野を開拓⇒光機能によるAI
  - ◆ 岩谷課題は分極ドーピングの有用性を実証し紫外線半導体レーザー発振に成功
  - ◆ 野田課題はフォトニック結晶の利点を活かしLiDARデバイスを実現
  - ◆ 矢花課題は光科学の先端研究に資する第一原理光科学計算法を確立
- 加えてバイオ・医療分野へも展開された
- 今後も基礎をしっかりと固めつつフォトニクスを切り口に社会的課題へ資する研究が展開されること期待している