

2018年 第79回応用物理学会秋季学術講演会 大分類3「光・フォトンクス」報告

大分類3「光・フォトンクス」では、中分類3.1から3.15において581件の一般講演、応用物理学会優秀論文賞受賞記念講演1件、ならびに講演奨励賞受賞記念講演5件がなされた。さらに、シンポジウム「ユビキタス・パワーレーザー ～ 科学のフロンティア開拓から先端技術の社会実装まで」、「量子コンピュータと量子シミュレーションの現状と展望 II」、「光 AI の最新動向」、および「金属ハライドペロブスカイト型物質の応用物理」における一般講演を加えると、大分類3では、総計589件の一般講演と41件の招待講演がなされた。JSAP-OSAとのコードシェアセッションの開催や、大分類1.2および1.3と関連するシンポジウムの開催など、従来の「光・フォトンクス」の枠を超えた融合領域が広がっている。また、AIに関わる研究が増える傾向にある。

「3.1 光学基礎・光学新領域」では、口頭29件、ポスター13件の講演があり、口頭・ポスター共に前回の講演件数を上回った。内容は光圧に関する発表が多く見受けられた。着実に進展している様子が伺え、活発な議論が交わされた。偏光制御に関する発表も注目を浴びていた。特にレーザー干渉加工による回折格子を用いた電子渦ビームの発生など、興味深い発表が多数見受けられた。その他、コロイド分散溶液への高分子添加により作製されるコロイド結晶の成長メカニズムに関する報告など、新しい分野の講演も見受けられた。光学基礎・光学新領域の今後のさらなるテーマの拡がり、発展に期待したい。

「3.2 材料・機器光学」では口頭13件、ポスター15件の計28件の講演がなされた（「12.3 機能材料・萌芽的デバイス」とのコードシェアセッションの口頭6件を含む）。液晶や各種ポリマー材料の基礎的な特性評価や各種光学素子への応用に関する報告から、曲面回折素子やプロジェクター用インテグレーター等の企業による実用レベルの報告まで、多様な報告が行われた。レーザー光還元法によるメタルメッシュ透明電極の作成に関する報告は、描画速度等にまだ課題があるものの、線幅1ミクロン以下の細線が実現できており興味深かった。また、コードシェアセッションは液晶光学分野を対象としたもので今回が初めての試みであったが、ウォール欠陥、ブルー相等の普段はあまり聞けない話を聞くことができ新鮮であった。次回以降も継続する価値があると思われる。

「3.3 情報フォトンクス・画像工学」では、14件の口頭講演があった。また、「4.4 Information Photonics」とのコードシェアセッションで3件の招待講演、16件の口頭講演、3件のポスター講演があったので合わせて報告する。内容としては、計算イメージングが活発であり、広視野化、奥行き情報取得、超解像などがテーマとなっている。メモリや計測などのホログラフィ応用も引き続き多く発表された。三次元・空中ディスプレイでは、ライトフィールドディスプレイと空中ディスプレイなど、複数ディスプレイを組み合わせる新たな取り組みが見られた。さらに、放物面座標

系における電磁波解析など基礎的課題に挑戦するものから、光演算に基づく画像分類器、静脈認証システム、計算機プログラムの顕微鏡応用に至るまで、内容が多岐にわたるセッションとなった。韓国、中国、インド、香港とさまざまな国から講演があったことは喜ばしい。今後、国際的な連携も進めながらグローバルに分野が発展することを期待したい。

「3.4 生体・医用光学」では、ポスター発表 10 件、口頭発表 25 件の合計 35 件の発表があり、活発な議論が行われた。内訳は生体計測・生体分析が 17 件、蛍光・ラマン顕微鏡が 7 件、生体光イメージング（OCT、光トポグラフィなど）が 6 件、生体光音響分光・イメージングが 2 件、ピコ秒・フェムト秒生体計測が 2 件、生体光物性が 1 件であった。

生体計測・生体分析では、無標識明視野画像による全血中のがん細胞薬剤応答評価、偏光 SHG 顕微鏡を利用した構造解析やブリルアン散乱を利用した細胞弾性イメージングが発表された。また、赤外吸光分光や光音響法を利用した非侵襲血糖値測定、反射型脈波センサー IC を用いた歯髄のバイアビリティ評価など、Point-of-Care での利用につながる医用計測法の基礎研究に関する発表がなされた。

顕微鏡関連では、周波数分割多重イメージングフローサイトメトリーによる微細藻類分類の高精度化、畳み込みオートエンコーダを用いた CARS イメージの高画質化、飽和励起イメージスキャニング顕微鏡法による超解像イメージングなど、顕微鏡の高機能化に関する発表、また表面増強ラマンイメージングによるがんの代謝解析や生体透過性の高い近赤外励起-蛍光発光による生細胞イメージングが報告された。

OCT・干渉イメージング関連では、ハロゲン光源を用いた波長走査型 FFOCM、バイオスペックル OCT 法を用いて種子の活性状態を非破壊評価するもの、ショートマルチモードファイバプローブを用いた生体組織の深部三次元画像測定の試みや、2 波長 OCT による植物組織内の水分量イメージングなどの講演がなされた。

その他にも、蛍光タンパク質の光褪色過程における暗状態ダイナミクス、転移癌検出のための NV センター磁気プローブ、青色レーザー光照射による生細胞の DNA 損傷を評価したものや、残光体による生体温度センサーなど、興味深い報告が数多くなされた。

講演件数は昨年度に比べ大幅に増加し、ユニークな発想に基づく多種多様な生体計測・分析技術の提案や応用が試みられており、生体医用光学の継続的な広がりが見られる。また聴講者数も多く、会場は終始ほぼ満員であり、この分野への関心の高さを示している。

「3.5 レーザー装置・材料」では、29 件の口頭発表および 5 件のポスター発表があった。今回で 11 回目を迎えた「3.14 光制御デバイス・光デバイス」とのコードシェアセッションでは、5 件の発表があった。活発な議論が行われ、中分類間交流の一翼を担う重要な場となっている。

今回のセッションでは、紫外領域から遠赤外領域までほぼすべての波長域を網羅したレーザー装置に関する研究報告が行われた。また固体レーザー、ファイバーレーザー、ガスレーザーの他、波

長変換や材料特性に関する発表がなされ、萌芽的な最先端研究および継続的な拡がりを期待する研究内容が多かった。特に、誘導ラマン散乱を用いて材料限界を超えた広帯域モードロックレーザーの実証と理論的考察に関する発表は非常に興味深く、今後の発展が期待される。

「3.6 超高速・高強度レーザー」では、口頭講演 35 件、ポスター発表 6 件の合計 41 件の講演がなされた。分子配向度の向上、固体高次高調波発生、高出力コヒーレント軟 X 線発生、第一原理シミュレーションの高度化、コヒーレント制御、近接場光学、X 線自由電子レーザー、高強度光科学等様々な超高速分光を含む、多くの研究成果が報告され、着実な進歩が実感された。超高速光技術では光周波数コムと光渦の組み合わせ技術が進むなど技術の拡がりが見て取れた。今回は OSA とのジョイントセッションの会場と隣り合わせであり、特に 4.8 では非線形光学セッションが行われていたため、この 2 つの教室間を移動する聴衆も多く、講演毎に人の出入りが活発なセッションとなった。会場の雰囲気も活性化されるのでこれは必ずしも悪いわけではない。

「3.7 レーザープロセッシング」では、講演奨励賞受賞記念講演 1 件、一般口頭 37 件、ポスター 13 件の合計 51 件の講演があり活発な質疑討論が行われた。一般口頭発表では、X 線透過画像・X 線回折による加工状態モニタリングや加工パラメータ最適化とメカニズム解明を目指した自動照射計測システム開発の報告があったことが新しい傾向であった。自動化システムにより、パルスレーザー照射と精密表面計測を繰り返し行い、局所的表面形状とアブレーション効率の相関を検討した発表などが注目される。今後の機械学習を活用した大量データから最適な加工を導く新たな研究の方向性を示すものであり、発展と波及効果が期待される。ポスターでは、奈良先端大学の細川陽一郎氏によるレーザーを用いたミドリムシ細胞分子導入に関する他に例を見ない報告が Poster award を受賞した。

「3.8 光計測技術・機器」では、全体の講演数は 51 件であった。その内訳としては、31 件の口頭講演と 20 件のポスター講演が行われた。口頭発表では分野として、干渉計測・偏光計測（3 件）、屈折率（8 件）、分光・精密（7 件）、光センサー・計測システム（10 件）、ライダー（3 件）といった講演が報告され、今後も光計測分野の発展が期待できる内容であった。

講演では、ライダー、偏光計測、光コム応用計測、ファイバーセンシング、分光計測など、光を用いた様々な計測技術に関する研究成果の報告がなされた。光計測のセッションは応用分野が多岐にわたっており、プログラムを組む際に技術内容で分類するのか応用先で分類するのかが常々課題である。今回は応用先で分類したが技術分野的にやや散漫だった印象もあり、聴講者の関心を惹くにはどのようなプログラムがよいか、検討を重ねる必要があると感じた。

当日の会場内は学協会と企業の研究者を中心とした参加者が多数聴講し、盛況の中で多数の活発な質疑応答が交わされた。前回の講演会と比べて口頭発表件数がやや減少したが、ポスター講演の数は増加しており、発表内容も大変充実していた。

「3.9 テラヘルツ全般」では、口頭 32 件、ポスター 14 件の計 46 件の講演があり、会場に終始多くの参加者を得ながら最新の研究成果報告と活発な意見交換が行われた。内容は、従来から研究されている共鳴トンネルダイオードなどエレクトロニクス応用によるテラヘルツ発生・検出・通信への応用に始まり、新材料や新加工技術を用いたテラヘルツ周波数領域の新規光学デバイスの設計・開発等、いくつかの大きな研究成果が報告された。また、今後テラヘルツ光の産業応用にとって不可欠なイメージング技術の開発、広帯域・高効率・高感度なテラヘルツ光発生・検出技術の高度化といった、本分野に新展開をもたらさしめる斬新な研究報告もなされた。

「3.10 光量子物理・技術」では一般口頭 18 件、および、ポスター 5 件の計 23 件の講演が行われた。

量子光学・量子情報分野では、従来の量子通信技術に関する進展に加え、光とそれ以外の媒体との結合を利用した所謂「ハイブリッド量子系」に関する報告が目立ち、今後の進展が期待される。また、京大、JST-さきがけのグループより古典的雑音限界を遥かに超える量子イルミネーションが報告され、今後の光計測への展開が大いに期待される。

レーザーカオス関連のセッションでは、リザーバコンピューティングと呼ばれる新たな光コンピューティング方式に関する講演が行われ、活発な議論が交わされた。また光を用いた意思決定に関する研究も新たに報告された。さらには利得スイッチング動作する半導体レーザーのダイナミクスに関する研究報告も行われた。

「3.11 フォトニック構造・現象」では、講演奨励賞受賞記念講演 1 件、一般講演 24 件、3.12、3.13、3.15、13.6 とのコードシェアセッションにおける一般講演 31 件、ポスター講演 7 件があった。講演奨励賞記念講演では、プラズモニック導波路とグラフェンを組み合わせた fs・fJ 光スイッチング素子における研究成果をご講演いただき、一般講演では、フォトニック・フォノンニック結晶を用いた光トポロジカル状態やそれを実現するための構造設計、ポスター講演では、フォトニック結晶レーザーの高出力 CW 安定動作に向けた温度分布補償に関する検討などが報告された。またコードシェアセッションでは、熱輻射光源を用いた熱光発電システムや光源の高速変調、フォトニック結晶レーザー、LiDAR、量子ドット-共振器強結合系のコヒーレント制御、オンチップポアンカレビーム生成器、量子ドット単一光子源の集積、などの報告があり、分野間の交流が進んだ。

「3.12 ナノ領域光科学・近接場光学」では 86 件の講演申し込みがあり、口頭 53 件、ポスター 29 件、「3.11 フォトニック構造・現象」とのコードシェアセッションで口頭 4 件の講演が行われた。前回大会において、本セッションから 2 件の講演奨励賞が選出されたため、本会議においてそれぞれ受賞講演が行われた。講演の内訳は、プラズモニクスをキーワードとする講演が 27 件と最多であった。プラズモニック構造体を利用した放射制御、レンズやフィルターの作製、屈折率セン

サー、化学反応誘起など、テーマは多岐に渡った。ドレストフォトンに関する講演では、理論的アプローチや波長変換材料に関する発表など、計 11 件が行われた。メタマテリアルに関連する講演も多く、メタ表面によるカラースプリッタの実現やメタ分子による磁気カイラル効果などが報告された。その他、メタ表面に基づくカラーフィルターや、回折格子と導波路を複合させた二波長フィルター等、ナノフォトニクス関連の発表も行われた。3.11 とのコードシェアセッションではメタ表面を用いた放射冷却素子や量子ドットの発光増強が報告された。ポスターでは、誘電体ナノワイヤの光学特性やプラズモニックブラックの作製、GST によるプラズモニック変調素子など、多彩な研究テーマが発表された。その中において、群論を用いて金ナノディスクの光学特性を解析した発表が Poster Award として選出された。

「3.13 半導体光エレクトロニクス」では、光源と太陽電池を用いる光無線給電について、多接合太陽電池への 2 色レーザー照射評価、フライアイレンズによる太陽電池面均一照射、低温化による給電効率向上、液体レンズによる広距離範囲動作、移動予測を用いたビーム追従、位置移動時のビーム利用効率解析、LED 利用高効率光無線給電など、多様なデバイスやシステム化に関する取り組みが報告された。

発光デバイスとしては、Si 基板上 InAs 量子ドットレーザーにおける 100°C 連続動作や、中赤外量子カスケードレーザーにおける 200°C 動作などが報告され、着実な進歩が実感された。また、DFB レーザーにおける横方向回折格子によるモード制御、薄膜 DR レーザーにおける低消費電力駆動、量子カスケードレーザーにおける発振波長の温度依存性など、理論計算に関しても報告された。3.11 フォトニック結晶構造、3.15 シリコンフォトニクスとのコードシェアセッションにおいては、車載 LiDAR への応用が期待される VCSEL における波長掃引幅拡大などが報告された。

上記以外の光デバイス関連では、タイプ II 超格子赤外線検出器におけるタイプ I 超格子電子障壁層による暗電流低減、可視近赤外同時計測用オンチッププラズモニックフィルターが提案された。また、フォトクロミック材料を用いた光メモリ導波路の特性改善、撮像デバイス用結晶セレン光電変換膜のキャップ層材料変更による残像特性の改善などが報告された。

「3.14 光制御デバイス・光ファイバー」のうち、光制御デバイス（強誘電体関係）では、口頭 4 件、またポスター 2 件の講演があった。口頭講演のうち 2 件は 3.14 単独セッションで、2 件は 3.5 レーザー装置・材料とのコードシェアセッションであった。単独セッションの講演内容は、特に Si 基板上 LiNbO₃ on Insulator 導波路の大幅な低損失化が実現された。レーザー装置・材料とのコードシェアセッションでは、非線形光学材料 (LiNbO₃、LiTaO₃) の波長・温度分散評価、また常温接合を用いた GaAs 波長変換素子などが報告され、レーザー装置材料の研究者と活発な議論がなされた。

光制御デバイス（強誘電体関係以外）の講演は、口頭 5 件、ポスター 1 件であった。発表対象の材料系は有機 EO ポリマーから SiN、InP にわたり、また内容も設計から素子作製、評価観測まで、

幅広いテーマについて議論がなされた。

光ファイバー関連の発表は、口頭 4 件、ポスター 7 件であった。ファイバセンサーに関する発表は 8 件であり、最も多いが、いくつかの研究グループがファイバセンサーに関する発表を光計測のセッションで発表し始めている。次年度以降の発表件数の推移次第では、本区分は発展的解消を迎える事を検討すべきと考える。

「3.15 シリコンフォトニクス」では、口頭 22 件、ポスター発表 9 件、3.11、3.13 とのコードシェアセッションにおいて口頭 4 件、合計 35 件の講演が行われた。谷和樹氏の応用物理学会優秀論文賞受賞記念講演では、濃縮酸化法を用いた Ge フィン構造の作製方法、エレクトロルミネッセンス特性に関して、ご講演頂いた。井上大輔氏の講演奨励賞受賞記念講演では、Si 基板上への III-V 量子ドットの結晶成長、10 Gbps 直接変調動作に関してご講演頂いた。Ge デバイスにおいては、Ge がもつ大きな熱光学効果を利用した位相シフタの実証、GOI (Ge-on-Insulator) 基板を用いて電流密度を増加させた Ge 光源の報告が行われた。フォトニック結晶 LiDAR に関しては、上方方向に対する光結合を改善するための新手法を導入することで、レーザーの送信・受信特性共に、効率が向上することが報告された。光変調器に関しては、スローライト・電気信号の速度の違いを、電極を迂回させることで補正したフォトニック結晶光変調器において、50 Gbps の高速動作が報告された。MOS 型 Si 光変調器においては、従来と異なる TM モードを用いる方式が提案され、光がゲート酸化膜近傍に局在するスロットモードを用いることで、位相シフト長 $60 \cdot \mu\text{m}$ での、25 Gbps 高速変調が可能であることが報告された。III-V 族半導体集積に関しては、Si 基板上に InGaAsP 光変調器と InGaAs 受光器を一体集積させた新たな集積デバイスの提案・実証、トランスファープリントングを用いたシリコン基板上量子ドットレーザーのパルス発振に関する報告が行われた。3.11、3.13 とのコードシェアセッションでは、将来、実用化が大きく期待されている半導体ベースの集積型 LiDAR に関する研究成果を集め、各セッションより、ご講演頂いた。立ち見が出る盛況ぶりで、LiDAR に関する注目の高さが伺えた。

分科提案シンポジウムとして「光 AI の最新動向」が開催された。世界で同時多発的に活発化している光を用いた知的機能の実現に関する研究について最先端の研究状況をレビューした。さらにコンピュータアーキテクチャ分野及び産業界からも最先端の講演を頂き、AI 時代に光が提供できる価値を探索した。加えて過去の光コンピューティングとの類似点や差異についても議論し今後の研究の方向性を俯瞰した。会場は大勢の立ち見の聴衆で溢れかえり入場ができない方々もおられた。