

目次

【卷頭言】

- エレクトロニクスソサイエティ：出版事業活性化への取り組み
[エレクトロニクスソサイエティ副会長編集出版担当] 江川 隆輔（東京電機大学）

【寄稿】

「新フェロー紹介」

- | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------|
| 2 | 光技術の更なる発展を願って | 高橋 亮（国立研究開発法人 情報通信研究機構） |
| 5 | 電磁波の散乱・伝搬・回折問題に対する厳密解法の開発について | 小林 一哉（中央大学） |
| 7 | 「液晶材料を用いた高周波機能デバイスの研究」を振り返って | 九鬼 孝夫（国士舘大学） |

【論文誌技術解説】

- 9 技報と和文誌 C の同時投稿のすゝめ、の一年後
「和文論文誌 C 編集委員長」 布谷 伸浩 (NTT イノベティブデバイス)

【報告】

- | | | | |
|----|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 11 | 集積回路研究専門委員会(ICD)活動報告 | [集積回路研究専門委員会 委員長] | 池田 誠 (東京大学) |
| 12 | 磁気記録・情報ストレージ研究専門委員会(MRIS)活動報告 | [MRIS 委員長] | 田河 育也 (東北工業大学) |
| 13 | 機構デバイス研究会の活動紹介 | [機構デバイス研究専門委員会 幹事団] | 萱野 良樹 (電気通信大学)
上野 貴博 (日本工業大学) |
| 14 | テラヘルツと光の境界 | [マイクロ波テラヘルツ光電子技術研究専門委員会 委員長] | 菅野 敦史 (名古屋工業大学) |
| 15 | 光集積及びシリコンフォトニクス(PICS)研専の活動紹介 | [光集積及びシリコンフォトニクス特別研究専門委員会 委員長] | 岩本 敏 (東京大学先端科学技術研究センター) |

【お知らせ】

2024 年フェロー候補者推薦公募について

シニア会員の申請について

各種募集、編集後記





【巻頭言】

「エレクトロニクスソサイエティ：出版事業活性化への取組み」 (エレクトロニクスソサイエティ副会長編集出版担当)

江川 隆輔（東京電機大学）



日頃より本ソサイエティの出版事業に多大なるご協力をいただき、誠にありがとうございます。学会が発行する特定の研究分野に焦点を当てた学術誌は、学問の進歩を支える重要な役割を担っています。厳正な査読プロセスを経た信頼性の高い情報として、最新の研究成果を研究コミュニティに提供することで、当該研究分野の発展に大きく寄与しています。また、多様な研究コミュニティの進展や、学際性の高い新たな研究の促進にも貢献しています。

エレクトロニクスソサイエティでは、和文論文誌（電子情報通信学会論文誌 C）、英文論文誌（IEICE Transactions on Electronics）、および ELEX（IEICE Electronics Express）の三つの学術誌を刊行しています。これらの学術誌は、研究者の皆様による投稿と、高い専門性を有する研究者で構成される編集委員会によって編集され、出版されています。本誌に投稿される皆様、そしてボランティアベースで編集作業にご尽力いただいている研究者の皆様に、改めて感謝申し上げます。厳正な査読が行われることで、質の高い論文が掲載され、英文論文誌と ELEX にはインパクトファクタが付与されております。しかし、投稿者にとって魅力的な数字ではないのが現状です。これまでも電子情報通信学会論文誌のインパクトファクタの向上には様々な議論がなされてきましたが、昨年度よりいくつかの取組みが具体化されはじめましたので、ここでご紹介させていただきます。

インパクトファクタの向上には、多くの論文を研究者の皆様にご投稿いただき、厳正な査読のプロセスを通して質の高い論文を掲載し、多くの読者が引用することが求められます。これまでも前述のように厳正な査読プロセスのもと、質の高い論文を掲載には努めてまいりましたが、英文論文誌と ELEX は海外の論文誌との激しい競争下にあります。また、他国同様、我が国でも公的研究資金による研究成果の即時オープンアクセス化実現に向けた検討が積極的に行われています。ELEX は元来より速報性の高いオープンアクセスの学術誌として発刊してまいりましたが、2023 年 8 月より英文論文誌に掲載される論文は、J-STAGE においてオープンアクセス化を行うこととしました。オープンアクセス化による効果に関しては引き続き分析と検

討を進めてまいります。次に重要になりますのが学術誌の認知度、ヴィジビリティを向上させることにあります。これまでの議論を踏まえまして、電子情報通信学会では、「IEICE Transactions Online」において、多言語（16 言語）翻訳トライアルを 2024 年 4 月から開始します。これにより、会員の皆様や電子情報通信学会に興味を持たれた世界中の皆様が母国語で本誌を閲覧することが可能になります。また、和文論文誌においては、技術研究報告（技報）と和文論文誌 C に、同時投稿を可能とする制度を 2023 年 4 月から開始しました[2]。母国語で研究成果を発表できる和文論文誌は、若手研究者にとって重要なプラットフォームです。是非これらの施策、サービスをご活用ください。

このようにエレクトロニクスソサイエティには、論文誌のインパクトファクタの向上のための施策の検討を進めております。最後になりますが、電子情報通信学会の論文誌よりもインパクトファクタが高い他誌への投稿を検討されている方も多くかと存じますが、皆様の所属するエレクトロニクスソサイエティの論文誌発展のためにも、最新の研究成果のご投稿をご検討いただけますと幸いです。

【参考文献】

[1] “英文 4 誌と ELEX を対象に多言語翻訳トライアルを開始します”, https://www.ieice.org/eng/s_issue/cfp/trialj.pdf (2024 年 3 月アクセス)

[2] “技報と和文論文誌 C の同時投稿のご案内”, https://www.ieice.org/jpn_r/mailnews/mail/2023/No13.html (2024 年 3 月アクセス)

著者略歴：

2004 年東北大学大学院情報科学研究科博士後期課程修了。博士（情報科学）。同年東北大学大学院情報科学研究科研究員、2005 年同助手。2007 年東北大学サイバーサイエンスセンター・助教、2013 年同准教授、大規模科学計算システムの運用・開発、高性能計算、低消費電力マイクロプロセッサ、コンピュータアーキテクチャに関する研究に従事。2020 年東京電機大学工学部情報通信工学科教授、現在に至る。電子情報通信学会、情報処理学会、IEEE 会員。



【寄稿】（新フェロー）

「光技術の更なる発展を願って」

高橋 亮（国立研究開発法人 情報通信研究機構）



この度は、「高速光スイッチおよび光スイッチネットワークにおける先駆的研究」に対し、電子情報通信学会よりフェローの称号を賜り、大変光栄に存じます。ご推薦頂きました先生方、ご審査頂いた方々に厚く御礼申し上げます。また、大学院から現在に至るまで長年にわたりご指導いただいた神谷武志先生、NTT/NICT および NICT 委託研究での研究活動においてご指導・ご協力を頂いた諸先輩、同僚、大学の先生方、多くの企業の研究者の皆様、に心より感謝申し上げます。

1917 年のアルベルト・アインシュタインによるレーザーの基礎的理論の発表から 100 年が経ち、現在では固体レーザー、半導体レーザー、ファイバレーザーなど様々なレーザーが開発され、光技術は通信、加工、医療、家電、計測など多くの産業分野の発展に貢献してきました。ここでは、ほんの一端ではありますが、爆発的成長を続けるデータセンタ（DC）に話を絞って、私の研究経験を交えながら、これまでの光技術の発展と今後の展望についてお話ししたいと思います。（参考：電子情報通信学会誌 2023 年 2 月号の小特集「データセンタネットワークの最新動向」）

元々企業等のサーバ室や大型計算機室に存在した DC は、1990 年代のインターネットサービス商用化と伴に、専用事業者による大型 DC に成長しました。2000 年代に入ると、サーバ仮想化や VMM 技術により、サーバ間トラフィックが急激に増加し、ネットワーク形態が Fat-tree から Clos 型に移行しました。さらに 2010 年代には、DC 仮想化によりクラウドコンピューティングが本格的に始まり、現在のハイパースケール DC が誕生しました。2020 年代では、様々な AI サービスの時代に突入し、DC トラフィックは更なる爆発的増加が予測されています。さらに、自動運転等のリアルタイムサービスに対応するため、都市部に多くの μ -DC（エッジコンピューティング）の建設が進められており、2030 年代には Cyber-Physical System を中心とした超スマート（Society5.0）の到来が期待されています。

このように DC は時代のサービスと共に急激に成長を続けてきたが、この成長を支える重要な光技術の一つが

「光トランシーバ」です。現在の DC 用の光トランシーバは 100Gbps が主流ですが、400Gbps への移行が進められており、研究レベルでは 800Gbps が実現され、次の 1.6Tbps の研究開発が進められています。これまでは電子回路および光デバイス的高速化と伴に成長を続けてきましたが、現在では多くの課題に直面しています。例えば、高速化と伴にスイッチ装置のプリント基板上の電気配線での信号劣化が大きな問題となっています。さらに、変調方式も従来の NRZ から PAM4 へ移行したため、信号補償用の DSP/CDR も益々複雑となり、消費電力の増加（ $\sim 25\text{pJ/bit}$ ）をもたらします。その上、1.6T を実現するには重たい FEC を繰り返す必要があり、遅延時間の上昇も懸念されます。

これらの問題を解決するために、近年 CPO（Co-packaged Optics）や NPO（Near-Package Optics）と呼ばれる次世代光トランシーバの研究が世界中で活発に進められています。これらは、光トランシーバをスイッチ ASIC の極力近傍に配置することで、電気信号の劣化を大幅に緩和することが可能になります。そのため、光トランシーバの DSP/CDR を削減することで、大幅な低消費電力化（ $< 5\text{pJ/bit}$ ）が実現できます。しかし、32 個の CPO/NPO 光トランシーバをスイッチ ASIC の近傍に配置するには、極めて小型なパッケージング技術が不可欠となります。さらに、将来の更なる大容量化に対応するには、ボーレート・多値数・並列数を上げる必要がありますが、ボーレートの向上は伝送距離や Serdes の制約があるため大幅な向上は困難です。多値化に関しては、PAM8 も検討されているが、技術的困難さに比べ効果は小さく限界があります。ファイバ本数に関しても、DC では距離に応じて、SR（ $< 100\text{m}$ ）では送受信合わせて 16 本、DR/FR（ $\sim 500/2\text{km}$ ）では 8 本、LR（ $\sim 10\text{km}$ ）では 2 本が推奨されており、さらに小型化の観点からもむやみにファイバ本数を増やすことは難しいと言えます。そのため、世界的には WDM を用いた並列数の向上（16-64 λ ）が検討されているが、波長の安定化とデバイスの温度制御など多くの問題を抱えています。我々のプロジェクト（NICT 委託研究）では、結合共振型 VCSEL アレイと 19 芯マルチコアファイバ（MCF）を用いた超小型 NPO 光トランシーバの研究開発を進めています。ここでは、

VCSEL の MFD を拡大することで、SM-MCF との低損失な直接光結合を実現し、MCF の 16 芯を用いることで 1 本のファイバで 16 倍の大容量化を実現しています。将来的には MCF を並列化することで、更なる大容量化に対応が可能です。

次に、「DC ネットワーク」を見てみましょう。現在の Clos 型ネットワークでは、サーバから出たパケット信号は、ToR (Top of Rack)、Leaf、Spine の 3 階層の電気スイッチを経由して異なるサーバへ転送されます。この時、それぞれの電気スイッチ間は光トランシーバで光接続されています。そのため、電気スイッチを経由する度に、OEO 変換を繰り返す必要があり、消費電力や遅延時間の増大の原因となります。近年、グーグルの DC では、MEMS 型光スイッチを Spine の電気スイッチの代わりに導入しています。これにより、Leaf-Spine-Leaf 間は OEO 変換無しで光のまま転送されるため、大幅な省電力化・低遅延化が可能になります。しかし、MEMS 型光スイッチはスイッチング速度が極めて遅く (~ms)、パケット単位での転送が不可能（光サーキットスイッチ方式）であるため、Leaf スイッチ側で転送先の複雑な制御が必要になります。

将来の目指すべき方向としては、パケット単位での転送が可能な光パケットスイッチ方式の導入が考えられます。しかし、光パケットスイッチは、入力光パケットのアドレス情報を瞬時に読み取る光ラベル処理技術、光パケットの衝突を解決する光バッファリング技術、およびパケット単位で切り替える高速な光スイッチング技術、等が不可欠であり極めて難しい技術です。光パケットスイッチの研究は、1990 年代後半から 2010 年代中頃まで世界中で極めて活発に行われました。私も 2000 年に NTT 内で光パケットスイッチプロジェクトを立ち上げ、2013 年に光技術と電子技術を適材適所に融合させた「光電子融合型光パケットルータ」のプロトタイプを開発しました。当時は、高速かつ非同期で動作可能なシリアル-パラレル変換器が存在しなかったため、差動スピン励起を用いた超高速 (~1Tbps) な 1:16 全光シリアル-パラレル変換器や充放電型 MSM-PD と HEMT を集積した OEIC 型光電シリアル-パラレル双方向変換器を開発し、バースト光パケットの光ラベル処理を実現しました。また、光ファイバループと光電子融合型バッファ（メモリには CMOS を使い、I/O には前述の OEIC を使用）を組み合わせ、複数光パケット衝突時の光バッファリングを実現しました。さらに、InP 系 EAM を用いた分配選択型光スイッチ（スイッチ速度:<6ns、消光比:>40dB）

を開発し、100Gbps 光パケット単位での転送を実現しました。そして、これら要素技術を 1 台のラック（半分程度）に統合した 100G, 8x8 光パケットスイッチ装置を開発し、当時の消費電力で 1/5 以下の省電力化を実証しました。しかし、光スイッチのポート数を増やすことが困難であり、電気スイッチ ASIC の急激な成長に追いつくことができなかったため、やむなく開発を中断することとなりました。今後、低損失かつ多ポートの超高速光スイッチの開発が重要になると思われます。

最後に、サーバにおける「コンピューティング」について考えてみましょう。従来のサーバには CPU、GPU、メモリ、ストレージ等がボックス化されており、DC ではそのボックス型サーバが数 10 万台並んでおり、前述のネットワークで接続されています。しかし、大量の GPU を必要とする AI/DL の処理には効率が悪いため、近年では新たな構成が導入されています。例えばグーグルでは、1 つのボードに 4 つの TPU（グーグルが GPU を改良したもの）を搭載し、それらを三次元のトーラス構成で光結合することで、4096 個の TPU を接続した AI ネットワークを実現しています。さらに、GPU/TPU だけではなく、CPU やメモリ等もプール群を形成し、タスクに必要なリソースのみを結合させる Resource-Disaggregated Computing や、次世代不揮発性メモリを用いた Memory-Centric Computing の研究が進められおり、コンピューティングリソースの利用効率の向上やデータ移動の大幅な削減、それに伴う省電力化が期待されています。この時リソース間のリンクには、テラビット級の大容量と低遅延が求められます。これを実現するには、パッケージ間を直接光で接続する前述の CPO/NPO 次世代光トランシーバが極めて有効であり、さらにタスク毎にリソースの組み合わせを切り替えるための多ポート光スイッチ（低速でよい）の実現がここでも大きく期待されます。

これまでの話は、信号処理は全て電子回路で行い、そのデータ移動のリンクにのみ光技術が使われています。しかし、この信号処理に光技術を導入した光信号処理/光コンピュータは、1980 年代中ごろに提唱されて以来、長年研究が行われてきました。当初は、光非線形性の大きな材料探索（無機/有機/半導体など）が活発に行われました。さらに半導体では、実励起（光非線形性は大きい、応答速度が ns オーダー）と仮想励起（光非線形性は小さい、応答速度が fs オーダー）とでどちらが良いか、よく論争が行われました。私は NTT に入社してすぐに、この実励

起の高速化 (InGaAs/InAlAs MQW のキャリア寿命の高速化) に取り掛かり、200°Cの低温成長と Be ドープにより、光非線形性をあまり損ねることなく、キャリア寿命を 2ns から 250fs へ高速化に成功しました。さらに、スピン励起を応用して消光比 50dB 以上の超高速全光スイッチを実現して、前述の 1 : 16 全光シリアル-パラレル変換器に適用しました。世界中でも、様々な光演算器や分散補償器、フォーマット変換器など、多くの光信号処理技術が開発されました。しかし、光信号処理/光コンピュータの研究は、その小型化/集積化や低コストが極めて困難である上、電子回路の留まることのない成長に勝てず、2000 年代後半ごろから急激に衰退しました。これは、従来のノイマン型コンピュータを光に置き換える発想であったことが、電子回路の成長に勝てなかった理由の一つです。しかし近年、光の干渉や空間性を利用したリザバーコンピューティングやイジングマシンなど、非ノイマン型光コンピュータの研究が盛んに行われています。これらは、新たな発想で光の優位性を発揮する有望な研究です。今後、どこまで大規模化できるかが重要な課題かもしれません。

以上、DC 内の光技術について鳥瞰しました。今後、光トランシーバ技術はテラビット級の時代に入り、従来の装置間をつなぐ FPP 型光トランシーバから、チップ/パッケージ間を直接つなぐ CPO/NPO 型光トランシーバへ移行するでしょう。ネットワークでは、従来の電気スイッチを多段に経由するのではなく、光スイッチを導入した光サーキットスイッチ/光パケットスイッチの導入が期待されます。さらにコンピューティングでは、従来のボックス型サーバから AI/HPC に特化した新たな構成に移行すると考えられ、

この分野でも CPO/NPO 光トランシーバを用いた大容量光インターコネクトや光スイッチが重要になると考えられます。また、従来のノイマン型光コンピュータの研究は衰退しましたが、新たな発想での非ノイマン型光コンピュータの研究に大いに期待したいと思います。さらに DC 以外でも、従来電気通信が行われてきた短距離通信分野 (車載ネットワーク、ホームネットワーク、ロボット等) において、通信の大容量化/高速化に伴い、光化の時代が近い将来訪れると思われます (参考: 電子情報通信学会誌 2024 年 2 月号の小特集「車載光ネットワークの最新動向」)。半導体微細化技術の限界が見えつつあり、ムーアの法則の終焉を迎えようとしている今後の時代では、光技術の重要性はさらに大きくなり、適用領域は益々拡大されていくと考えられます。これからも光技術の更なる発展を心より願っております。

著者略歴:

1987 年東京大学工学部電子工学科卒、1992 年同大学工学系研究科電子工学専攻博士課程修了。同年日本電信電話 (株) 光エレクトロニクス研究所入社。1998~1999 年米スタンフォード大学客員研究員。2017 年より国立研究開発法人情報通信研究機構ネットワーク研究所総括研究員。超高速光デバイス、光信号処理、光ネットワーク、車載光通信方式等の研究に従事。IEICE ELEX Best Paper Award (2006 年)、電子情報通信学会エレンコ功労表彰 (2007 年)、電子情報通信学会論文賞 (2012 年)、電気通信普及財団賞 (2013 年)、Photonics in Switching Best Paper Award (2012, 2013, 2015 年)、本会フェロー (2024 年) など受賞。



【寄稿】（新フェロー）

「電磁波の散乱・伝搬・回折問題に対する厳密解法の開発について」

小林 一哉（中央大学）



この度、電子情報通信学会より「電磁波の散乱・伝搬・回折問題に対する厳密解法の開発」に対し、フェローの称号を賜り、大変光栄に存じます。ご推薦頂きましたご関係の皆様（特に本会エレクトロニクスソサイエティ電磁界理論研究専門委員会並びに電気学会電磁界理論技術委員会）に厚く御礼申し上げます。本稿では、電磁波問題の厳密解法に関する私の長年にわたる研究を振り返り、主要な研究成果・貢献につきご紹介させていただきます。

1. 有限及び無限周期構造を持つ格子による電磁波散乱の解析

Wiener-Hopf 法は、電磁波の境界値問題をいわゆる「Wiener-Hopf 型積分方程式」として定式化し、これをフーリエ変換と複素関数論の応用によって解くものであり、電磁波問題に対する有力な厳密解法として知られています。私は、Wiener-Hopf 法の特長を数学的解析理論の観点から詳細に分析し、Wiener-Hopf 法を厳密な意味で適用しうる（すなわち厳密解が得られる）問題の形状を Wiener-Hopf 形状と定義しました。私は更に、Wiener-Hopf 法を厳密な意味では適用できないが、物理パラメータに関しある種の近似を導入することによって Wiener-Hopf 法を適用しうる形状が存在することを示し、これを第 1 種、第 2 種、及び第 3 種の変形 Wiener-Hopf 形状と定義しました。そして、これら 3 つの変形 Wiener-Hopf 形状に関しては Wiener-Hopf 法を適用でき、得られた解に漸近展開を施すことにより、数値計算可能な高精度の解を導くことができることを明らかにしました。

私の第 1 の主要な研究成果は、第 1 種変形 Wiener-Hopf 形状で記述され、工学的に重要な特性を持つ「格子」を取り上げ、Wiener-Hopf 法による厳密な解析を行ったことです。具体的には、無限周期構造を持つ透過型格子として平行平板格子[1-3]を、また、有限周期構造を持つ反射型格子として有限幅正弦状格子[4, 5]を取り上げ、平面電磁波の回折問題を Wiener-Hopf 法により厳密に解析し、低周波から高周波にわたる広い周波数帯域において一様に有効な精密解（rigorous solution）を得ました。得られた解析結果に基づいて数値計算を行い、格子の反射・透過特性を明らかにしました。格子に関する私の研究成果は、国内

外における電磁界理論研究の進展に貢献できたものと考えております。

2. 平行平板導波管キャビティによる散乱とレーダ断面積

キャビティは導波・共振構造を持つため、電磁波が開口部に入射すると特異な散乱現象が生ずる代表的な形状として知られています。キャビティによる散乱はこれまで主として数値解法、高周波漸近解法を用いて解析されてきました。ここで、数値解法は物体の寸法が小さい低周波領域では高精度の結果が得られますが、高周波領域においては精度が劣化することが知られています。他方、高周波漸近解法はマクスウェル方程式及び波動方程式の漸近解を利用して解析を行うため、低周波領域においては本質的に適用できないという難点を持っています。私は、ある種のキャビティは第 2 種変形 Wiener-Hopf 形状あるいは第 3 種 Wiener-Hopf 形状で記述されるため、Wiener-Hopf 法を適用することができ、高精度の解が得られることを明らかにしました。

私の第 2 の主要な研究成果は、半無限平行平板導波管及び有限長平行平板導波管から形成される 2 次元キャビティの散乱問題に関し、Wiener-Hopf 法に基づく厳密な解法理論を開発したことであります[6-10]。得られた結果に基づいてレーダ断面積に関する数値計算を行うことにより、前者（半無限構造）の解は任意のキャビティ寸法に対し一様に有効であり、後者（有限構造）の解はキャビティ寸法が波長程度以上であれば有効であることを明らかにしました。私のこの研究成果は、キャビティに関する過去の研究の難点を解決するものであるとして、キャビティ散乱の研究を行っている国内外の研究者から注目されました。

3. 規範形状を持つ物体による電磁波散乱問題に対する厳密解法の開発

波動散乱問題を Wiener-Hopf 法により解析する際、扱う形状が第 1 種、第 2 種、または第 3 種の変形 Wiener-Hopf 形状のクラスに属する問題がしばしばあります。この種の変形 Wiener-Hopf 形状については、Wiener-Hopf 法による解は通常、複素領域における特殊なタイプの関数方程式によって記述されます。具体的には、第 1 種変形 Wiener-Hopf 形状による散乱問題の解は、未知関数を被積分項に持つ

分岐切断積分を用いて表現されます。また、第 2 種変形 Wiener-Hopf 形状については、散乱問題の解は未知数を一般項に持つ無限級数を用いて表現されます。更に、第 3 種変形 Wiener-Hopf 形状による散乱問題の解は最も複雑で、未知関数を被積分項に持つ分岐切断積分及び未知数を一般項に持つ無限級数によって表現されます。私は、変形 Wiener-Hopf 形状による散乱問題の解が持つ上述の解析的性質を明らかにしました。

私の第 3 の主要な研究成果は、第 1 種・第 2 種・第 3 種変形 Wiener-Hopf 形状にかかる散乱問題の Wiener-Hopf 法による解法理論を体系的に確立したことであります。まず、私は文献[11]において完全導体ストリップ（第 1 種変形 Wiener-Hopf 形状）による平面波の回折問題を取り上げ、一般化ガンマ関数[12]と呼ばれる特殊関数を導入してストリップ回折問題の高周波漸近解を、これまでの結果と異なる新しい形式で与えました。私は続いて、文献[11]の解法理論を拡張し、高次の多重回折を厳密に考慮した高周波漸近級数によってストリップ回折問題の解を解析的に表現しました。この解に基づいて数値計算を行った結果、解が高周波漸近展開で表現されているにも関わらず、ストリップ幅が低周波領域（0.4 波長）まで極めて精度の高い結果が得られることを実証しました[13]。私はこの解析を統一理論として体系的にまとめて文献[14]で発表し、電磁界理論分野の多くの国内外の研究者が関心を持って下さいました。なお、私が発表した一般化ガンマ関数に関する論文[12]は、物理学者・工学者のみならず、数学者によっても多くの論文で引用され、国際的に評価されています。なお、私は文献[14]の統一理論を適用した散乱問題の Wiener-Hopf 解析を、最近の論文[15]でも発表しています。

4. 学術分野におけるその他の貢献

私は 2016 年より日本政府観光局（JNTO）MICE アンバサダーを務めております。MICE アンバサダーの任務は、主として国際会議の誘致活動を行うことであります。私は MICE アンバサダー就任後、大型国際会議（参加者 1,000 人以上）の日本誘致に取り組み、招致委員会委員長として、招致委員会構成員、開催地が位置する自治体及び当該地域のコンベンションビューロー等のご協力を頂きながら、これまでに 4 つの国際会議（PIERS 2018 Toyama, URSI GASS 2023 Sapporo, PIERS 2025 Chiba, ICEAA-IEEE APWC 2026 Toyama）の誘致に成功しました。この功績が高く評価され、私は JNTO 国際会議誘致・開催貢献賞を 3 回受賞することができました（2016 年、2018 年、2024 年）。

5. 終わりに

この度の本会フェローの称号を賜りましたことをエネルギーとし、今後も幅広く電磁波問題の解析的研究並びに国際会議の誘致活動を続け、私の主な活動の場である電子情報通信学会、国際電波科学連合（URSI）、及び電磁波工学アカデミー（国際会議 PIERS の開催母体）の更なる発展に微力ながら貢献していきたいと思っております。

文献

1. K. Kobayashi, Can. J. Phys., 63, 453-465, 1985.
2. K. Kobayashi and T. Inoue, IEEE Trans., AP-36, 1424-1434, 1988.
3. K. Kobayashi and K. Miura, IEEE Trans., AP-37, 459-470, 1989.
4. K. Kobayashi and T. Eizawa, IEICE Trans. E74-C, 2815-2826, 1991.
5. T. Eizawa and K. Kobayashi, PIER B, 73, 61-78, 2017.
6. K. Kobayashi and A. Sawai, JEWa, 6, 475-512, 1992.
7. S. Koshikawa and K. Kobayashi, IEICE Trans., E76-C, 142-158, 1993.
8. S. Koshikawa, T. Momose, and K. Kobayashi, IEICE Trans., E77-C, 1514-1521, 1994.
9. S. Koshikawa and K. Kobayashi, IEEE Trans., AP-45, 949-959, 1997.
10. K. W. He and K. Kobayashi, PIER B, 98, 125-145, 2023.
11. K. Kobayashi, J. Phys. Soc. Jpn., 60, 1891-1905, 1991.
12. K. Kobayashi, J. Phys. Soc. Jpn., 60, 1501-1512, 1991.
13. 越川, 小林, 永沢, 電学論, A-113, 157-166, 1993.
14. K. Kobayashi, IEEE Trans. A-133, 233-241, 2013.
15. T. Nagasaka and K. Kobayashi, IEICE Trans., E100-C, 11-19, 2017.

著者略歴：

1982 年早稲田大学大学院理工学研究科博士課程修了（工学博士）、同年中央大学理工学部専任講師、1985 年同助教授、1995 年同教授、現在に至る。URSI 副会長・財務担当・副事務局長、PIERS 学術賞選考委員会委員長、日本学術会議第 22～25 期連携会員・第 21～23 期 URSI 分科会委員長、本会 PIERS 国内委員会委員長、JNTO（日本政府観光局）MICE アンバサダー、東京都環境影響評価審議会委員、本会フェロー、URSI フェロー、電磁波工学アカデミーフェロー、PIERS 2018 Toyama 大会委員長、URSI GASS 2023 大会委員長、PIERS 2025 Chiba 大会委員長、ICEAA-IEEE APWC 2026 Toyama 大会委員長。JNTO 国際会議誘致・開催貢献賞（2016 年、2018 年、2024 年）、URSI 会長賞（2020 年）、国際会議 MMET* 2016 の M. A. Khizhnyak 業績賞（2016 年）を受賞。



【寄稿】（新フェロー）

「液晶材料を用いた高周波機能デバイスの研究」を振り返って

九鬼 孝夫（国士舘大学）



この度「液晶材料を用いた高周波機能デバイスに関する先駆的研究」に対して電子情報通信学会フェローの称号を賜り、誠に光栄に存じます。ご推薦ならびにご評価をいただきました方々に、この場をお借りして厚くお礼を申し上げます。本稿では、このフェロー称号をいただくにあたり対象となった研究の概要と研究遂行の顛末について、拙文を記したいと思います。

○「液晶材料を用いた高周波機能デバイス」とは

高周波デバイスに液晶を使うってどういうことなの、と思われる読者も多いのではないかと思います。本研究の「液晶材料を用いた高周波機能デバイス」とは、すなわち高周波帯の可変遅延線（移相器）です。可変遅延線は高周波の位相を制御する部品で、例えばアンテナビームを走査するようなどに用いられます。デバイス（高周波伝送線路）を構成する誘電体の誘電率を外部からの信号で制御することで、高周波信号の伝搬遅延時間を調節するものです。この誘電体に液晶を使うところがミソとなります。

液晶がディスプレイの材料であることは周知です。液晶の分子は細長い形状で長手方向と短手方向の誘電率に差があり、さらにその並び方は外部からの電界で制御できます。ゆえに液晶は、マクロに見たときの誘電率（ディスプレイなら屈折率）を制御電界で調節できる特徴をもちます。これが液晶ディスプレイの動作原理であり、高周波可変遅延線としても全く同じ原理で動作することになります。

液晶を用いた高周波可変遅延線の構造を図 1 に示します [1]。高周波回路で一般的に用いられるマイクロストリップ線路の構造で、その基板である誘電体に液晶を用いた極めて単純な構造です。マイクロストリップ線路を伝搬する高周波信号の伝搬遅延時間はデバイスの等価誘電率の平方根に比例しますから、液晶の誘電率を制御信号で調節すれば高周波可変遅延線として動作します。液晶の誘電特性は高周波帯でほぼ一定なので、非常に広帯域な可変遅延線を実現できました。

もうひとつのアイデアが図 2 に示す「液晶ビームフォーマ」です [2]。これは多層の液晶層で構成した電波レンズ

で、各液晶層の誘電率をそれぞれ電氣的に制御して空間的な誘電率分布を電氣的に作ります。すなわち、電波レンズの電氣的な形状を制御信号で変化させることにより、デバイスへの入射電波を所望方向に屈折・走査できるようにしています。ビームフォーマの液晶層には多孔質樹脂（メンブレン）に液晶を浸み込ませた独自の構造 [3]を用いることで、100 μm 程度の液晶層を 250 層以上も積み重ねた、ユニークなデバイスを実現しました。

○研究のきっかけと顛末

本研究は、筆者が 30 歳台後半・20 世紀が終わる頃に NHK 放送技術研究所（技研）で進めた仕事です。もう四半世紀も昔の仕事ですし職場も移っていますので、当時の

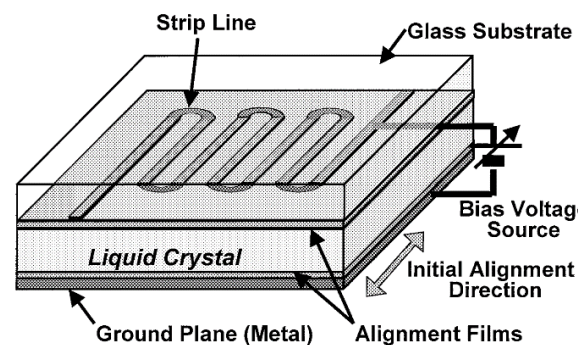


図 1 液晶を用いた可変遅延線の構造 [1]

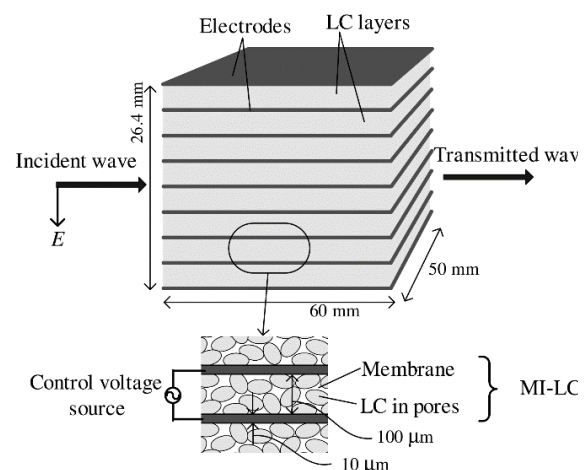


図 2 液晶ビームフォーマの構造 [2]

資料はほとんど手元に残っていません。わずかな記憶をたどって、どのように研究を進めたのかを振り返ります。

研究の開始は 1998 年だったと記憶しています。このとき筆者は、それまでの研究テーマが収束して新しいテーマを探していました。高周波信号を簡単に制御できる技術を考えていましたが、良いテーマが見つからずモヤモヤしていたところ、当時の研究部長から「液晶を使ってみろ」とコメントいただきました。なんで液晶？と思いましたが、部長のコメントを知らんぷりすることもできず何か結果をださなくてはなりません。幸い NHK 技研には液晶ディスプレイの研究グループがあり、同期入局の藤掛英夫氏（現 東北大学教授）が液晶を扱っていたので、液晶のいろはを教えてもらうとともに液晶材料もわけていただきました。そして、この液晶を同軸線路やマイクロストリップ線路の誘電体として使ってみたところ、マイクロ波帯の可変遅延線として動作することがわかりました。さらにこの分野の先行研究を調べてみると、意外にも研究報告が少ないこともわかりました。そこで、この実験結果を 1999 年信学会総合大会で報告し [4]、本研究が始まりました。ちなみに、この大会には三井化学の研究グループから液晶を用いたフェーズドアレイアンテナの報告 [5]がありました。彼らもこれが研究のスタートだったようで、その後の情報交換でお互いに驚いたことを記憶しています。同じような研究報告がどうして同時発生したのか、不思議でなりません。

液晶材料を用いた高周波機能デバイスの研究は、それから 5 年間ほど続けることができました。当初は、先行研究が少なかったこともあり、液晶という誘電体が高周波帯でどのような誘電特性を示すのかよくわかりませんでした。このため、液晶の誘電率測定のためのジグ作りからはじまり、いろいろな液晶の高周波帯誘電率を測定してデータ蓄積を進めました [6]。そして、前述のようなデバイスを試作して技術課題を見つけ出し、解決策を模索していきました。それらの結果はいくつかの論文で報告し、少しは世の中の知見の向上に役に立ったのではないかと思います。それでもこの研究は、NHK として放送技術に直ちに役立つ内容でもありませんでしたので、2003 年頃にひと区切りをつけることになりました。

以上、「液晶材料を用いた高周波機能デバイス」の研究について振り返りました。ここまでお読みいただき、ありがとうございます。筆者自身のこの研究は 20 年も昔に区切りをつけ、完結したつもりでした。しかし最近、6G 移

動通信用の RIS (Reconfigurable Intelligent Surface) に液晶材料を用いるという検討が報告されはじめ [7]、繰り返す歴史を感じるとともに、今後の発展に注目しています。筆者は現在も大学に職場を変えて「電波を自在に操る技術」を研究テーマに活動を続けています。そしてこれを機に、マイクロ波デバイスの研究をもう少し頑張ろうかと考えはじめたところです。

最後になりましたが、本研究を進めるにあたり NHK 技研でご指導ご協力いただきました野本俊裕氏（現 東北工業大学名誉教授）、杉之下文康氏（現 NHK 財団）、藤掛英夫氏、鴨田浩和氏（NHK）に深謝申し上げます。また、長きにわたり筆者を研究者として育ててくださった本学会マイクロ波研究専門委員会、APMC 国内委員会、MWE 実行委員会の皆様に心よりお礼を申し上げます。

参考文献

- [1] 九鬼孝夫, 藤掛英夫, 野本俊裕, 内海要三, “液晶を用いたマイクロ波可変遅延線の設計とその挿入損に関する一考察”, 信学論 C, J84-C(2), pp.90-96, 2001 年 2 月.
- [2] 鴨田浩和, 九鬼孝夫, 藤掛英夫, 野本俊裕, “液晶ミリ波ビームフォーマ”, 信学論 C, J88-C(1), pp.34-41, 2005 年 1 月.
- [3] T Kuki, H Fujikake, H Kamoda, T Nomoto, “Microwave variable delay line using a membrane impregnated with liquid crystal”, IEICE Trans. Electronics, E86-C(8), pp.1699-1703, 2003 年 8 月.
- [4] 九鬼孝夫, 藤掛英夫, 會田田人, 野本俊裕, “液晶を用いたマイクロ波制御デバイス”, 1999 年信学総大, C-2-72, 1999 年.
- [5] 上原義人, 続山浩二, 江田 昭, “液晶移相器を使用したフェーズドアレイアンテナの検討”, 1999 年信学総大, B-1-168, 1999 年.
- [6] 鴨田浩和, 九鬼孝夫, 藤掛英夫, 野本俊裕, “同軸線路による液晶のマイクロ波帯誘電特性の評価”, 信学論 C, J85-C(8), pp.776-777, 2002 年 8 月.
- [7] F. Bette, H. Mellein, “Reconfigurable Intelligent Surfaces”, Rohde & Schwarz White Paper, Version 02.00, PD 3683.4178.52, 2023 年.

著者略歴:

1985 年 電気通信大学大学院電気通信学研究科修士課程修了、同年 NHK 入局。旭川放送局、放送技術研究所、技術局、NHK エンジニアリングシステム(出向)に勤務。放送技術研究所では、EL ディスプレイ、マイクロ波ミリ波デバイス・システムの研究に従事。2015 年 国士舘大学 教授、現在に至る。2004 年 博士(工学)・東京工業大学。2013~2017 年 マイクロ波研究専門委員会副委員長、2013 年 MWE 2013 実行委員長、2015~2016 年 APMC 国内委員長。



【論文誌技術解説】

「技報と和文誌 C の同時投稿のすゝめ、の一年後」

(和文論文誌 C 編集委員長)

布谷 伸浩 (NTT イノベティブデバイス)



昨年の同時期に、「技報と和文誌 C の同時投稿のすゝめ」のタイトルで、和文論文誌 C (和文誌 C) の投稿数等の状況分析をするとともに、2023 年 4 月より新たに開始した投稿数増加施策である技術研究報告 (技報) と和文誌 C の同時投稿の施策についてご紹介をさせて頂いた。今回は、この 1 年で状況がどう変化したのか、データをもとに振り返りたいと思う。

まず初めに、和文誌 C の状況を確認してみよう。昨年も提示した論文投稿数とダウンロード数の年次推移について、2023 年分を追加したグラフを図 1 と図 2 にそれぞれ示す。図 1 の 11 年間の投稿数の推移をみると、一般論文およびショートノートの投稿数が減少し、招待論文が増加する傾向が見て取れる。招待論文の増加は、和文誌の利点の一つである日本語による最先端技術の理解に資するコンテンツを充実させるため、総合大会やソサイエティ大会などで注目された発表の著者に論文執筆のご協力を頂いているためである。招待論文以外の一般論文、ショートノート、レターの傾向に着目してみると、2021 年に投稿数が極小となってから、2022 年、2023 年と徐々に投稿数が増加している。一般投稿を増加させる施策の効果が出ている、と断ずるには時期尚早かもしれないが、何はともあれ近年の投稿数増加は良い傾向であり、読者から求められる論文誌であり続けるためにも、今後もこの傾向が続くように、論文投稿数の増加施策の継続や新たな施策の提案をしていく必要がある。

図 2 の和文誌 C の論文ダウンロード数の推移に目を転じてみると、2018 年以降は減少していたが、2023 年は前年を上回るダウンロード数となっており、こちらも投稿数と同様に、直近での回復傾向が見える結果となった。ダウンロード数は、読者から求められる論文誌であるか否かを測る一つの指標であるとも考えられ、今後も魅力的な論文誌となるように努力を続けたい。

技報と和文誌 C の同時投稿施策の振り返りの前に、その他の論文投稿数の増加施策についても、状況を振り返ってみたい。一般論文を増やす試みとしては、特集号の企画が挙げられる。2023 年は、1 月号にて「マイクロ波ミリ波論文」、4 月号にて「学生論文特集」、5 月号にて「エレクトロニクス分野におけるシミュレーション技術の進展」、

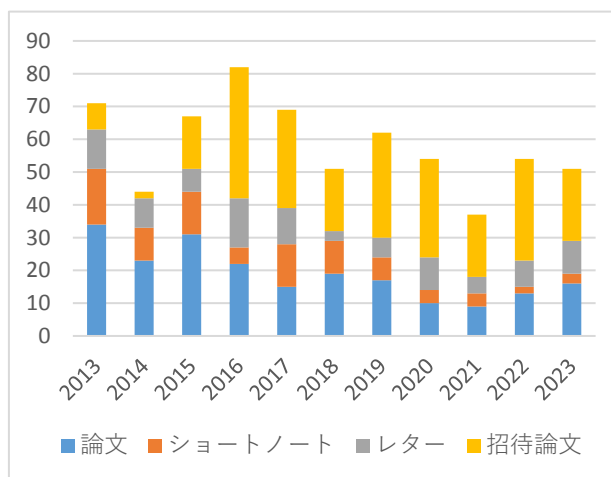


図 1 論文投稿数の年次推移

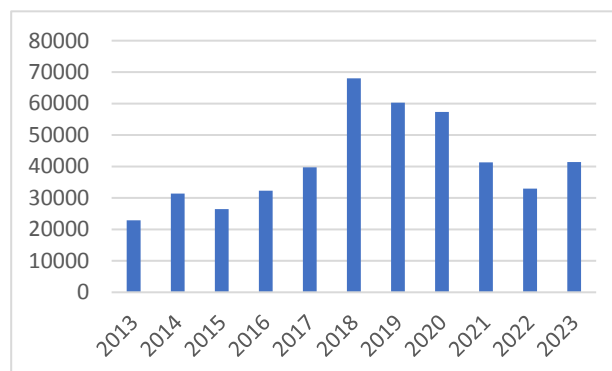


図 2 ダウンロード数の年次推移

トロニクス分野におけるシミュレーション技術の進展」、6 月号にて「LiDAR 関連技術とその応用」(和文誌 A/B/C/D 合同企画)の特集が企画された。学生論文特集については、我々の周知不足もあり、わずか 1 件の掲載となってしまったが、その他の特集号では合計 20 件以上の投稿があった。これらは、掲載年の前年に投稿べ切となっており、2022 年の投稿数増大に寄与している。なお、2024 年 4 月の学生論文特集では 10 件程度のご投稿を頂いており、こちらは 2023 年の投稿数の増加に寄与している。今後も複数の特集を企画していくので、関連の研究者の皆様には是非ご投稿頂きたい。

続いて、技報と和文誌 C の同時投稿施策の 1 年を振り返ってみたい。あらためて本施策をご紹介しますと、技報と和文誌 C に同時に投稿した場合に論文掲載料を 1 割引と

する施策である。また、著者の利便性を考え、同時投稿施策を利用した和文誌 C への投稿の場合、技報のフォーマットのまま投稿できることとしたことも本施策の特徴の一つである。

エレクトロニクスソサイエティでは、15 の第 1 種研究専門委員会があり、それぞれの研究専門委員会が年間複数回の研究会を開催しており、多数の研究報告がなされている。大学・高専等の教育機関の学生からの報告や、企業の若手研究者からの報告も多く見られ、学会の全国大会での発表に次ぎ、若手研究者の登竜門的存在にもなっている。これまでも、研究会で報告した内容を和文誌に投稿することを推奨してきたが、論文投稿数の増加にまでは至っておらず、研究会報告から和文誌投稿の一連の流れは生まれていない状況であった。今回開始した施策では、技報と和文誌 C に同時投稿した場合に論文掲載料を 1 割引とすることで、技報とのセットでの論文投稿が費用面でも得となる施策としている。また、研究会開催日から 2 週間後までを同時投稿と認められる期間とすることで、研究会報告から論文投稿への流れを意識しやすくしている。

同時投稿とみなす期間について補足すると、研究会投稿へ切は、研究会開催の 1~1.5 カ月前に設定されていることが多い。また、研究会当日に本施策を知った発表者にも、組織内承認を得て和文誌投稿が可能のように、研究会終了後 2 週間のタイムラグを設けている。従って、研究会への投稿日から研究会開催日の 2 週間後までの約 2 カ月が同時投稿とみなせる期間となる。

同時投稿施策のスタートから本稿執筆までに、施策開始直後の 5 月開催研究会の技報との同時投稿を皮切りに、論文 4 件、ショートノート 1 件の論文投稿があった。秋のソサイエティ大会での施策の周知なども影響してか、12 月 1 月開催の研究会との同時投稿が複数あった。研究会別では、電磁界理論 (EMT)、集積回路 (ICD)、超伝導エレクトロニクス (SCE) から各 1 件と、電子デバイス (ED) から 2 件の投稿があり、特定の研究会に偏っておらず、広く認知されつつあるものと考えられる。また、著者の所属別では、大学からが 3 件 (内、学生 2 件)、企業からが 2 件と、組織に偏りなく施策をご活用いただけている。

図 1 の投稿数の年次推移に立ち戻ってみると、2023 年の招待論文を抜いた一般投稿論文およびショートノートの前年度からの投稿数変化は、同時施策の利用件数とちょうど同じ 5 件の増大であった。同時投稿施策が無かったと

してもご投稿頂けていたかもしれないため、現時点で投稿数増大の効果があったとは断言できないが、少なくとも同時投稿施策によって、研究会発表から速やかに論文投稿をしていただく流れを作ることは、一定の効果があったと評価できる。

最後に、和文論文誌の役割について、今一度考えてみたい。研究者の多くは、大学の研究室に加わることで、研究者の道を歩き始めるが、最先端の研究に触れた当初は、教科書に書かれていないことも多く、用語もわからず知識も足りず、英語の論文を読み進めることが非常に困難である。私自身の経験を振り返ってみても、和文で読める論文や技術解説は、新たな分野の理解を深める上でありがたかった。また、論文執筆経験の浅い学生を始めとする若手研究者にとっては、執筆そのものはもちろんのこと、査読者とのやり取りなどの論文投稿の一連の流れについて、日本語でやり取りしながら習得できることも、和文誌の利点の一つではなかろうか。和文であるが故に、日本人の査読者からの深い理解に基づく厳しい指摘がなされることも多々受けられるが、これも、より良い論文を仕上げるための良い経験となることであろう。

本稿では、この 1 年の和文論文誌 C の状況を振り返ってみた。技報と和文誌 C の同時投稿施策は順調に活用されており、本稿で述べたように一定の効果もあると認められるため、2024 年度も継続する。引き続き、研究会でご発表される皆様に同時投稿施策をご活用頂くことで、“研究会での報告をしたら和文論文誌へ投稿する”ことをお願いし、本稿のまとめに代えさせて頂きたい。

著者略歴：

2001 年東京工業大学大学院博士後期課程了。日本学術振興会特別研究員を経て 2002 年日本電信電話 (株) に入社。NTT フォトニクス研究所にて、通信用半導体レーザ、光増幅器、光変調器などの研究開発に従事。2008~2009 年カリフォルニア大学サンタバーバラ校客員研究員。2019~2022 年 NTT エレクトロニクス (株) にて光デバイスの製品開発を担当。2022 年 NTT デバイスイノベーションセンタにて次世代光送信デバイスの研究開発プロジェクトを推進。2023 年 8 月より、NTT イノベーションデバイス (株) 光電融合デバイス開発プロジェクトリーダー。博士 (工学)、IEEE/PS、電子情報通信学会、応用物理学会に所属。



【報告】

「集積回路研究専門委員会(ICD)活動報告」 (集積回路研究専門委員会 委員長)



池田 誠 (東京大学)

集積回路研究専門委員会(ICD)は、集積回路を中心に集積回路の応用や周辺技術までを対象とし、集積化されたシステム全体を取り扱う専門委員会です。新時代のコンピューティングに向けたハードウェア、アナログ、センサー、RF、ミリ波、無線応用、メモリシステム、メモリ回路、新デバイス、低電圧・低電力、3次元実装技術などの研究者・技術者が集い議論する委員会です。

2023年は、ポストコロナの時代を受けて、対面を主とするハイブリッド開催での研究会の実施を行いました。ICDは、毎年5月に開催しているLSIとシステムのワークショップを、ICDの総力を結集したICD最大のイベントとして、半導体業界全体、エレクトロニクス分野の最新技術動向を見据えた招待講演やパネルセッション、ポスターセッションからなる密度の濃い2日間として開催しており、例年300~400名の参加者を集めています。2023年は5月9~10日に開催、2024年は5月9日~10日開催予定です。ポスターでの優秀な発表はLSIとシステムのワークショップ優秀ポスター賞として表彰し、さらなる研究の発展を支援しています。

また、12月の学生・若手研究会、7月の夏の合宿と研究発表に加えネットワークを広め深める活動にも積極的に取り組んでいます。

さらに、IEEEの関連分野であるSolid-State Circuits SocietyのJapan/Kansai Chapterのイベントに協賛するほか、IEICEエレクトロニクスサエティと韓国の同様の学術団体であるISE(Institute of Semiconductor Engineers)との連携、ベトナムで開催される国際会議ICDVへの協賛等、相乗効果を高める活動に取り組んでいます。今年度の研究会活動をいかにまとめます。

5月：LSIとシステムのワークショップ（第二種研究会）
【ハイブリッド（東京大学）】

7月：夏の合宿（第二種研究会）【ハイブリッド（天草市複合施設ここらす）】

8月研究会：アナログ、アナデジ混載、RF及びセンサインタフェース回路、低電圧・低消費電力技術、新デバイス・回路とその応用（SDMと共催、ITE-ISEと連続開催）【ハイブリッド（北海道大学）】

9月：第17回アクセラレーション技術発表討論会「ポスト富岳アーキテクチャ」（第二種研究会）【ハイブリッド（理化学研究所）】

10月研究会：ハードウェアセキュリティ、一般（HWSと共催）【ハイブリッド（いせシティプラザ）】

11月：デザインガイア2023ーVLSI設計の新しい大地ー（VLD, DC, RECONFと共催、IPSJ-SLDMと連続開催）
【ハイブリッド（くまもと市民会館）】

12月：学生・若手研究会（CASと共催）（第二種研究会）
【対面のみ（アマホームPLAZA）】

2月研究会：システムオンシリコンを支える設計技術、ハードウェアセキュリティ、一般（VLD, HWSと共催）【ハイブリッド（沖縄男女共同参画センター）】

4月研究会：メモリ技術と集積回路技術一般【ハイブリッド（川崎市産業振興会館）】

今後も、対面を主とするハイブリッドでの研究会活動を行います。最旬のICDの活動については、HP(<https://www.ieice.org/~icd/index.html>)をご覧ください。

著者略歴：

1996年東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻修了、博士（工学）。同年東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻助手、以降講師、助教授（准教授）を経て2013年より東京大学教授。現在東京大学大学院工学系研究科附属システムデザイン研究センター教授。現在大規模集積システム設計およびハードウェアセキュリティの研究に従事。2019年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ賞、2021年電子情報通信学会業績賞。



【報告】

「磁気記録・情報ストレージ研究専門委員会(MRIS)活動報告」 (MRIS 委員長)

田河 育也 (東北工業大学)



磁気記録・情報ストレージ(MRIS)研究専門委員会は、1964年に活動がスタートした磁気記録(MR)研究会を2006年に継承し、50余年にわたって続いている研究会です。人間の本質的欲求である「記録する」ということの重要性和、技術的変遷による息の長さを実感します。最近では、ビッグデータやAIを支える基幹技術として、デジタルトランスフォーメーション(DX)への重要度が増していますが、データセンターの消費電力が問題となる中で、グリーントランスフォーメーション(GX)における責任も感じています。記録を司る歴史と社会的貢献度を支える技術を創生するということは、学術・産業分野に生きる者として至上の光栄です。

MR 研専発足当時は、磁気記録のみを主たるテーマとしていましたが、その後の技術革新にともない、磁気記録のみならず、光記録、固体メモリ、スピントロニクスなど、情報ストレージ全般に幅を広げてきました。この実情に合わせて、2006年にMRIS研専へと名称を変更したものです。本研専が取り扱う分野は、以下のとおりです。

1. 記録再生の原理・理論
2. 記録再生用材料・部品(媒体・ヘッド・センサーなど)
3. 記録再生信号処理
4. サーボ・トライボロジ技術などの制御技術
5. 情報ストレージ装置およびシステム
6. 情報ストレージ関連の評価・計測技術

研究会は年間4回(6, 10, 12, 3月)開催され、発表・討論の時間も25分程度と長く取られていますので、毎回ホットな話題の掘り下げた議論が展開されています。2023年度における各研究会の特集テーマおよび、開催会場は以下の通りです(予定を含む)。

- ・6月 システム・ヘッド・媒体(東北大+オンライン)
- ・10月 スピントロニクス・固体メモリ(MRIS)+機能性材料・薄膜プロセス・材料・デバイス(CPM)(信州大+オンライン)
- ・12月 信号処理・ホログラム(愛媛大+オンライン)
- ・3月 光記録・磁気記録(名大+オンライン)

特集テーマに応じて、招待講演の実施や他学会(映像情報メディア学会、日本磁気学会、電気学会、IEEE)の関連研究会等とも連催・併催を行っており、広く情報記録デバイス、記憶素子、システムの将来技術について広く意見交換を行っています。

10月には、同じ電子情報通信学会のなかの電子部品・材料研究専門委員会(CPM)と共催のもと、本格的な対面形式で実施しました。特集テーマが多岐にわたっているのはこのためです。異なる専門分野間の研究会ではあることを感じさせないくらい活発な質疑応答が行われ、充実した研究会となりました。開催プログラムや会場準備にご尽力くださったCPM研専の関係各位に感謝いたします。

また、本研専では、学生の発表の中で特に優秀なものをMRIS研究専門委員長賞(通称、委員長賞)という形で表彰し、学生のモチベーション向上と積極的発表の奨励を図っています。過去の受賞者も含め、MRIS研究会ホームページ(<https://www.ieice.org/es/mris/jpn/>)に掲載され、随時見ることができます。

本年度も、対面とオンラインを併用するハイブリッド形式での開催が主となりました。対面形式では深い議論が行える利点がある一方で、オンライン形式では地理的な制約も時間的な制約も緩和されるため、より多くの方々に参加いただけています。また、本年度は懇親会も徐々に復活することができました。これにより、気軽にアイデアを交換できるだけでなく、研究者同士の交流の場としても機能しています。

著者略歴:

1991年東北大学大学院博士後期課程修了、同年、東北大学電気通信研究所助手。1996年富士通(株)ストレージ事業本部、2003年(株)日立製作所中央研究所、2014年(株)Western Digital 記録技術統括部長、2017年より東北工業大学教授、現在に至る。1995年日本応用磁気学会論文賞、2003年日本応用磁気学会論文賞。2006年NEDO電子情報技術戦略調査委員、2017年TMRC2017 General Co-chair。電子情報通信学会会員、日本磁気学会会員。



【報告】

「機構デバイス研究会の活動紹介」

(機構デバイス研究専門委員会 幹事団)

萱野 良樹 (電気通信大学)、上野 貴博 (日本工業大学)



機構デバイス (EMD:Electro-Mechanical Devices) 研究会は、1962 年に設立された機構部品(EMC:Electro-Mechanical Components)研究会を前身として半世紀以上の長年の歴史があります。取り扱うテーマは、以下のキーワードに関するような接触・接続、放電現象やその関連デバイス類に加えて、光コネクタをはじめとする光部品・オプトエレクトロニクスなど、広い分野を対象として活動しています。

● 基礎研究：

接触・接続に関する理論および基礎、表面科学・技術、アーク放電現象、トライボロジ、実装技術、光接続技術、信頼性、評価計測技術、マイクロマシーニングと MEMS/NEMS 技術

● デバイス：

リレー、電気及び光スイッチ、電気及び光コネクタ、開閉接触部品、ヒューマンインタフェースデバイス、アレスタ、フューズ、小形モータ等の電気・機械トランデュース及びアクチュエータ

● 材 料：

コンタクト材料、ばね材料、めっき、モールド材料、はんだなど

● 環 境：

環境調和問題、高周波伝送・EMC 問題、Pb・Cd フリー、リサイクル、リユース、リデュース技術など

● 応 用：

自動車、家電、電力、制御、直流交流など

EMD 研究会では単独開催をはじめ、信学会内の他研究会との共催・併催に積極的に取り組んでおります。6 月には千歳で EMD 単独一般セッションを現地開催し、9 件の発表がありました。7 月は EMCJ/WPT (テーマ：無線電力伝送技術、電子デバイス実装、EMC 一般) 12 件、8 月は LQE/OPE/CPM/R (テーマ：受光素子、変調器、光部品・電

子デバイス実装・信頼性、及び一般) で 22 件と、積極的に共催・併催実施しております。コロナ禍制限緩和により現地開催されてきており、一部ハイブリッド併用開催もありますが、現地開催での議論活性化がみられました。

なお、2023 年度は、6 回の研究会を開催しています。

例年、11 月あるいは 12 月に開催する研究会では、幅広い本研究会の最新技術などの研究成果を世界的に発信することを目的として、2001 年から研究会国際版 International Session on Electro-Mechanical Devices (IS-EMD) を開催継続してきています。2023 年 12 月 22 日には、EMD 一般セッションと、この IS-EMD 国際セッションを帝京大学宇都宮キャンパスで同日開催を試みました。なお、毎年 IS-EMD で発表された論文を中心とした特集論文を継続して発行しています。

年度最終の 3 月研究会では、一般セッション開催ではなく、学生 (高専・大学等) の研究活動を活性化させることを目的として、修論・卒論特集の発表会として毎年開催しております。修論や卒論に取り組んだ成果を、他大学等が集まる研究会で発表することで、他大学の先生や学生たちと意見交換できる貴重な研究会となっています。なお、若手研究者の EMD に関する研究活性化を目的として、修論・卒論発表会における優秀な発表に対して、大学院部門と高専・学部部門の表彰 (若手優秀賞) を厳正な審査により行っています。2023 年度は 3 月 1 日に千葉工業大学津田沼キャンパスで開催され、修論、卒論合わせて 10 件の発表がありました。それぞれ活発な質疑応答がなされ、有意義な発表会となりました。

機構デバイスは、接触・接続技術をはじめ幅広い応用技術まで関与しており、今後この分野の発展と活性化に貢献していくために、積極的な研究成果やトレンド発表等、皆様のご協力を何卒宜しくお願いいたします。

著者略歴：

萱野 良樹：2020 年 6 月～2022 年 5 月機構デバイス研究専門委員会委員長。

上野 貴博：2022 年 6 月～機構デバイス研究専門委員会委員長。



【報告】

「テラヘルツと光の境界」

(マイクロ波テラヘルツ光電子技術研究専門委員会 委員長)

菅野 敦史 (名古屋工業大学)



令和5年12月20日～21日に、東北大学電気通信研究所ナノスピン総合研究棟で開催された「テラヘルツ科学の最先端 X」シンポジウムは、大盛況のうちに閉会することができました。このシンポジウムでは、テラヘルツに関するサイエンスからデバイス、システム化技術まで幅広いトピックが活発に議論され、非常に有意義な場となりました。参加いただいた皆様に心より感謝申し上げます。

テラヘルツ波と盛んに叫ばれるようになり10年以上が経ちました。遠赤外線領域として古くから研究開発がなされていましたが、高強度な信号発生や高速な信号検出が難しい「未開拓周波数帯」でもあります。マイクロ波などの電波技術と近赤外光技術の「狭間」に位置しており、その技術的限界によりデバイス・応用が「未開拓」の状態が続いていました。近年の電気電子技術の発展により、半導体集積回路技術を用いて100GHzを超える超高周波・広帯域信号の発生や受信が可能になりつつあります。また、光ヘテロダインなどを用いた実用的な強度でのテラヘルツ波発生も現実的になってきました。テラヘルツ帯は従来のマイクロ波～ミリ波帯電波と比べてさらに広い帯域を利用できる可能性があるため、次世代の超大容量無線通信技術、Beyond 5G/6Gのコア技術の候補としても注目されています。2023年12月にドバイで開催された無線規則の見直しを議論する世界無線会議 WRC-23 でもテラヘルツ周波数帯の議論がなされました。2019年開催の WRC-19 では周波数 275～450GHz における移動通信業務や固定通信業務の周波数特定が、WRC-27 では周波数 275～700GHz におけるボディスキャナなどの無線標定業務などが議論される予定です。このように無線通信だけでなく非破壊検査やセンシング領域でもテラヘルツ帯の実用化にむけた取り組みが進んでいます。

光技術の通信応用は、光ファイバ通信を代表とする長距離・大容量通信技術として広く利用されています。大陸間、海底や都市間、家庭への通信だけでなく、データセンタ内部でのサーバ・ラック間接続にも用いられ、近年では車載ネットワークへの採用も検討されています。光通信の無線利用として、空間光通信や可視光通信の研究開発も続けら

れており、LED 照明を利用した Li-Fi などのコンシューマ向け応用としても実用化が期待されています。また、高速衛星通信向けにも空間光通信技術の検討と研究開発が進められており、光ファイバに限定されない高速通信が将来的に可能になると考えられています。こうした空間光通信技術の進展に伴い、大容量無線通信応用としての光とテラヘルツの境界が曖昧になってきました。しかし、物理的な特性、特に波長に起因する物質の透過性は大きく異なります。そのため、利用するデバイスの状態に応じて使い分けが必要です。例えば、テレビや家電のような一度設置するとあまり移動させないデバイスでは、光受光部の位置を固定できる光無線技術が適しているかもしれません。一方、頻繁に移動するデバイスでは、テラヘルツのような波長の比較的長い電波技術のほうが接続性を向上させることができるかもしれません。このような使い分けは、アンテナ・受光面のような送受信フロントエンド部の選択と構成を考える上で重要になります。ただし、100Gbps を超える通信では、ベースバンド信号処理部は消費電力の観点から光・テラヘルツで共通化・融合が必要になるかもしれません。この分離と融合の「狭間」こそが、MWPTHz 研専がターゲットとする領域です。

MWPTHz 研専は、光と電波、電子技術の融合を掲げて活動しており、本年度で合併3年目を迎えます。今後ますます注目される研究分野であり、皆様のお力添えが必要な研専です。是非とも皆様のご参加をお待ちしております。

著者略歴：

2005年筑波大学大学院数理物質科学研究科修了、同年筑波大学理工学研究科ベンチャービジネスラボラトリ特別研究員。2006年情報通信研究機構 研究員、光アクセス研究室長等を経て、2022年より名古屋工業大学電気・機械工学類電気電子分野 教授。情報通信研究機構 光アクセス研究室上席研究員兼務。光ファイバ通信、マイクロ波フォトンクス、テラヘルツシステム、車載ネットワークの研究に従事。博士（理学）。



【報告】

「光集積及びシリコンフォトニクス(PICS)研専の活動紹介」 (光集積及びシリコンフォトニクス特別研究専門委員会 委員長) 岩本 敏 (東京大学先端科学技術研究センター)



「光集積及びシリコンフォトニクス(PICS)」特別研究専門委員会（以下、PICS 研究会）は、2019 年 6 月に「集積光デバイスと応用技術(IPDA)」特別研究専門委員会と「シリコンフォトニクス(SIH)」特別研究専門委員会が統合し誕生した。光集積技術は、情報通信、コンピューティング、センシングなどの多様な分野でその重要性が高まっており、光素子の高度集積化、それにより実現する高効率化や高機能化に対する要求は高まっている。この要求に応え、光集積技術の一層の発展を実現するためには、既存の技術領域や概念を越えた“異種融合”が不可欠である。PICS 研究会では、様々な活動を通してこの“異種融合”を推進する機会を提供することを目的としている。

PICS 研究会は 2023 年 6 月より第三期としての活動を開始した。第二期においては新型コロナウイルス感染症の影響で対面での活動をほとんど実施することが出来なかったが、当時の委員長・松尾慎治氏、前任幹事・西英隆氏（いずれも NTT）の尽力により、オンラインを活用して様々な活動が展開された。新型コロナウイルス感染症が 5 類感染症に移行した後に発足した第三期では、第二期に始まったミニワークショップを引き続きオンラインで実施するなど、オンラインの利便性を活用しつつも、「対面での議論が新たな研究展開を創出する」との考えのもと、対面での研究会を中心に活動を展開している。以下、第三期のこれまでの活動と今後の予定について、簡単に紹介する。

第三期最初の研究会として 2023 年 6 月 30 日に「シリコンフォトニクスと光集積の今後～」を対面で開催した。当該分野で活躍する若手研究者から自身の研究と将来の展望が紹介され活発な質疑、議論が行われ、対面での研究会の重要性を改めて感じる研究会となった。また、他の研究専門委員会や他学会研究会との共同研究会も積極的に企画している。12 月 7 日 8 日には Photonic Device Workshop (PDW) を機械振興会館で開催した。PDW は LQE および OPE と合同で毎年開催している研究会であり、2023 年は PICS 研究会が主幹を務めその運営にあたった。折井靖光氏 (Rapidus)、岡田顕氏 (NTT)による基調講演は、いずれも光集積技術への大きな期待を感じる内容であり、聴講した学生諸氏にも大きな刺激になったようである。ポスター

発表も大いに盛り上がり、新たなネットワークをつくる絶好の場となった。また、10 の展示ブースが設置され、休憩時間に貴重な情報交換が行われた。出展いただいた企業、機関の皆様にはこの場を借りて改めてお礼申し上げる。また、2023 年 11 月 3 日～4 日には応用物理学会量子エレクトロニクスとの共催で「光×情報処理～Computing for Photonics & Photonics for Computing～」を東大・山中寮で開催したほか、3 月の総合大会では OPE とともにシンポジウム「AI ハードウェア・アーキテクチャの最前線～光応用に向けて～」を開催した。対面での研究会・シンポジウムのほか、第二期より好評のオンラインミニワークショップも 2 回開催しており、今後も定期的に開催する予定である。今後の活動として、2024 年ソサイエティ大会での企画の他、合宿研究会（2024 年 7 月）、対面研究会（時期未定）などを予定している。また、Beyond 5G 以降では光無線融合技術の活用も重要となることを踏まえ、マイクロ波テラヘルツ光電子技術研究会との連携も積極的に検討したい。

光集積技術は今後も様々な分野で活用されることが期待される。PICS 研究会の議論がきっかけとなり新たな潮流が生まれることを期待したい。最後に、幹事団として日頃より運営に尽力いただく副委員長・田中有氏（富士通）、前任幹事・前神有里子氏（産総研）、後任幹事・雨宮智宏氏（東工大）、前任幹事・西英隆氏（NTT）にこの場を借りて心からの敬意と謝意を表したい。

著者略歴：

2002 年東大・工学系研究科物理工学専攻博士課程修了、博士（工学）。同年、東大・生産技術研究所・助手、2003 年 同・講師、2007 年東大・先端科学技術研究センター・准教授、2019 年 同・教授（生産技術研究所・教授兼務）。第三期 PICS 研究会委員長、第 63・64 期 応物学会 理事(2024～2025)、応物学会量子エレクトロニクス研究会委員長(2023～2025)。2000 年応物学会講演奨励賞、2005 年 SSDM Best Paper Award、2012 年文科省若手科学者賞、2022 年ドコモモバイルサイエンス賞、2023 年エレクトロニクスソサイエティ賞など。電子情報通信学会、応用物理学会、IEEE 各会員、OPTICA フェロー。

【お知らせ】

◆ 2024 年フェロー候補者推薦公募について

電子情報通信学会では、本会規則第 2 条第 5 項により、「学問・技術または関連する事業に関して顕著な貢献が認められ、本会への貢献が大きいシニア会員に対し、フェローの称号の証を贈呈」しています。エレクトロニクスソサイエティでは、皆様方からご推薦いただいた方の中からフェローピアレビュー委員会と執行委員会にてフェロー候補者を選定し、学会本部のフェローノミネーション委員会に推薦します。本年の推薦期間は 4 月 1 日から 6 月 30 日です。エレクトロニクス分野でフェローの称号にふさわしい方のご推薦をお願い致します。詳細は以下の URL に記載されています。

< https://www.ieice.org/jpn_r/awards/title.html?id=a >

◆ シニア会員の申請について

シニア会員推薦規程が改正され、申請書及び推薦書の提出は年間を通して可能であり、6 月 30 日までに提出された申請書及び推薦書を当該年度の審査対象といたします。詳細は以下の URL に記載されています。

< https://www.ieice.org/jpn_r/awards/title.html?id=b >

- ・ 2024 年シニア申請〆切：2024 年 6 月 30 日
- ・ 申請資格：本会が関連する技術分野に原則 10 年以上従事しており、本会会員として累計在籍年数 5 年以上の正員、あるいは顕著な業績・貢献が認められる正員。
- ・ 申請方法：シニア会員申請ページからの自己申告です。

◆ エレソ News Letter 研究室紹介記事を募集します。

研究紹介の機会として奮って応募下さい。

* 応募方法：タイトル、研究室名、連絡先（e-mail）を下記応募先までご連絡下さい。

応募多数の場合は選考の上、編集担当より、フォーマット書類一式をお送り致します。

* 応募先：エレソ事務局（h-sakai@ieice.org）TEL：03-3433-6691

これまでの記事は、下記 URL エレソニュースレターのページに掲載されております。ご参考下さい。

< <https://www.ieice.org/es/jpn/newsletters/> >

◆ エレソ News Letter の魅力的な紙面づくりにご協力下さい

本 News Letter は、エレソ会長、副会長からの巻頭言や論文誌編集委員長、研究専門委員会委員長からの寄稿を中心に、年 4 回発行しております。今後、さらに魅力的な紙面づくりを進めるため、エレクトロニクスソサイエティでは、会員の皆様から企画のご提案やご意見を募集いたします。電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ事務局宛（詳細は下記 URL）にご連絡をお願いします。

< <https://www.ieice.org/es/jpn/secretariat/> >

◆ エレソ News Letter は年 4 回発行します。次号は 2024 年 7 月に発行予定です。

編集担当：三浦、北山（企画広報幹事）、大平（編集出版幹事）、堤（研究技術幹事）

[編集後記]

News Letter 4 月号では江川先生の巻頭言に続き、新任フェローになられました高橋先生、小林先生、九鬼先生、そして各研究専門委員会委員長よりご寄稿いただきました。

ご執筆いただきました皆様に深く感謝申し上げます。新年度を迎えバタバタとした日が続くことも多いかと思いますが、皆様のご健康と一層のご活躍をお祈り申し上げます。（堤）