光回路実装技術委員会の活動を振り返って

杉原 興浩*

Looking Back on Activities of Optical Packaging Technology Committee

Okihiro SUGIHARA*

* 宇都宮大学大学院工学研究科 (〒 321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2)

* Graduate School of Engineering, Utsunomiya University (7-1-2, Yoto, Utsunomiya, Tochigi 321-8585)

1. はじめに

エレクトロニクス実装学会が発足して今年で 20 周年を迎える。今でこそ学会内にさまざまな委員会が存在しており、光回路実装技術委員会も当然のごとく学会内で主体的に活動しているが、ここまで活動が盛んになってくるまでには、歴代委員会メンバの弛まぬ技術開発があったことは間違いなく、まさにメンバの努力の賜物であり、発足当時の暗中模索していた姿とは雲泥の差がある。今回、第 1 期から一委員として光回路実装技術委員会の活動を見続けてきた筆者が、委員会を代表してその活動変遷について紹介させていただくことは非常に光栄である。なお、昔の資料はほとんど手元に残っておらず、委員会メンバも交代が激しく、歴史を教えてもらえる方もごくわずかになってしまったため、筆者の記憶に頼る内容が多く含まれることを、「随想」ということでご容赦いただきたい。

2. 光回路実装技術委員会の活動変遷

表 1 に光回路実装委員会活動の変遷を示す。光回路実装技術委員会は、1994 年に産声をあげている。これはエレクトロニクス実装学会の前身であるプリント回路学会時代のことである。初代委員長は、千歳科学技術大学初代学長を務められた佐々木敬介先生（当時慶應義塾大学教授）が就任した。委員会は、産官学の光回路・光ファイバの研究者や技術者の代表メンバ約 20 名から構成されていた。イギリスにて研究を行っていた筆者のところにも佐々木教授からメールが届き、委員会参加のお誘いを受けてその末席に加わることになった。プリント回路板や LSI (Large Scale Integration) などの電子を媒体とする電気・電子回路全盛の時代に「光」という概念がどのように関わるのか、ましてや学会はプリント回路中心であり、社会人になって間もなかった筆者には、ピンとくる解を見出せていなかった。と

表 1. 主要な光実装技術委員会活動変遷

年	委員会活動	技術動向・他
1994	光回路実装技術委員会発足	プリント回路学会
1995	講演大会にて最初の光回路実装技術セッション 学会誌に初の光回路実装技術特集号	
1996	絵解き・光回路実装技術入門	
1998	絵解き・光回路実装技術入門再開講	エレクトロニクス実装学会発足 ASET 光電子 SI 技術プロジェクト
1999	第 1 回 OPT 公開研究会	
	2010 年のエレクトロニクス実装技術ロードマップ	
2003	光回路実装技術ロードマップ 2003 年度版	シリコンフォトニクス（黎明期） JPCA 光実装部品標準化 AOC 市販（この頃）
2004		
2005	光回路実装技術ロードマップ 2005 年度版	
2006	光回路実装技術基礎講座「光配線と電気配線の融合化技術」	IEC/TC86/JWG9 発足 アメリカ DARPA プロジェクト
2007		
2008	光回路実装技術ロードマップ 2008 年度版 光配線実装技術ハンドブック（三上 修監修）発刊	
2009		PECST プログラム
2010	光回路実装技術ロードマップ 2009 年度版	
2011		
2012		PETRA プロジェクト第 1 期 光配線搭載 PC 市販 欧州 FP7 プロジェクト
2013	光回路実装技術ロードマップ 2013 年度版	
2014		
2016	光回路実装技術ロードマップ 2016 年度版	PETRA プロジェクト第 2 期
2018		
		PETRA プロジェクト第 3 期

にかく委員会の議論を拝聴することで、自分の専門である有機系光導波路が実用に向けてどのようなロードマップを描けるのかという興味で引き受けてみた（もちろん、恩師である佐々木先生からの参加要請というところが最大の理由である）。

委員会発足当時の光実装技術について動向を振り返ってみたい。既に光ファイバ通信は1970年代に実証され、80年代に実用化、90年代に国際的な光ネットワークが構築されている。委員会が直接携わる光導波路についても、その概念の提唱は1960年代であり、光ファイバ通信ネットワークを補完する部材で、しかも集積化が可能ということで、多くの機関で研究開発が進展し、90年代に石英系平面光回路(PLC: Planar Lightwave Circuit)として普及するようになった。また、光源も伊賀健一先生（当時東京工業大学）による垂直共振器型面発光半導体レーザ(VCSEL: Vertical Cavity Surface Emitting Laser)の発明（1977年）が90年代に開花し、光通信だけでなくレーザプリンタなどの民生機器に展開しつつあった。これらの光部品が実用化して身近になるにつれて、光部品を簡便にアセンブリし、モジュール・システム化に対応することが必須になってくると考えられていた。また、従来の電気配線の一部に光配線を取り入れ、スーパーコンピュータやデータセンタの機器間・機器内の情報処理を高速に行うような、光インターコネクションが普及するのではないかという議論も始まっていた。そのような雰囲気の中で、1992年に内田禎二先生（当時東海大学教授）が光表面実装技術の概念を提案された。光部品の実用普及のためには、多数の光部品を電子部品と一緒に光部品を効率的にボード上に実装することが必須となり、現実的な生産技術との整合を考慮すると、光表面実装技術が有力な解となるであろうという期待があった。一方で、光と電気の性質の違いや光部品の多様性などが災いし、アライメントやアセンブリなどの自動化に対する課題がはっきりと見えていた。しかしながら、このような光部品の実装技術の諸問題を扱い、分野の発展を支援するような学会・研究会は皆無であり、将来実現するであろう光電気融合技術を視野に入れて、光回路実装技術を専門に議論できる場が必要となり、プリント回路学会に光回路実装技術委員会が立ち上がった。

次に、委員会活動について振り返ってみる。1995年3月の第9回路実装学術講演大会では、初の光回路実装技術セッションができ、キーノートスピーカの内田禎二東海大学教授が「光実装技術の展望」と題して光エレクトロニクスにおける実装技術の重要性を講演している。また、5件の一般講演もあり、初回でありながら多数の質疑応答があり、光回路実装技術への関心の高さがうかがわれていた。また、同年の回路実装学会誌第10巻第5号には、初の「光回路実装技術」特集が発行されており、佐々木敬介慶應義塾大学教授による解説記事「光回路実装技術の動向」のほ

か、16編の特集記事が掲載されている。産声をあげた分野であるが、将来の開花に向けて、現状の課題の浮き彫りと、解決策の提案、さらには将来像まで載っており、黎明期にこの分野の第1線で活躍されていた著者の皆様の考えを直接語っている特集号であり、20年以上経た現在読んでも非常に面白い。特筆すべきは、本特集号の内容の多くがその後の光実装技術の発展に寄与しており、一部は実用にまで至っていることである。その後もさまざまな新規光実装技術が提案実証されているが、基本コンセプトや技術の流れは、絶え間なく続いていると断言できよう。

光回路実装技術については、学会内でもまだ浸透していなかったため、その啓蒙活動も必要であった。1996年の回路実装学会誌第11巻第7号から、8回にわたって、光回路実装技術委員メンバの執筆による絵解き・光実装技術入門が掲載されている。第1回から第8回までのタイトルと著者は以下のとおりである。

*序

第1回 光への招待／内田禎二（東海大学） 第11巻第7号（1996年11月）

第2回 光デバイスの実装は何が難しいか？—光と電気の違い／中野義昭（東京大学） 第12巻第1号（1997年1月）

*光部品入門

第3回 光ファイバ／日高啓視（フジクラ） 第12巻第2号（1997年3月）

第4回 実装技術とマイクロプロセッサ／西澤絃一（職業能力開発大学校） 第12巻第3号（1997年5月）

第5回 光部品(LD, PD)／小山二三夫（東京工業大学） 第12巻第4号（1997年7月）

*光実装の課題

第6回 光導波路／栗原 隆(NTT) 第12巻第6号（1997年9月）

第7回 光接続—結合損失とのたたかい／辻 伸二（日立製作所） 第12巻第7号（1997年11月）

第8回 アライメント—光実装の代名詞／伊藤正隆（日本電気） 第13巻第1号（1998年1月）

光回路実装技術の重要性は高まってきたが、他方で課題も山積していた。そこで、学会内の多くの研究者、技術者の力を結集する必要があった。特に、電子回路の実装で経験を有する方や、これからの若手研究者に光実装の実態を理解してもらい、難題の解決に協力してもらえるようにすることが必要ということになり、光実装の概念を多くの読者に知ってもらうことを目的として企画したものである。この絵解き・光実装技術入門の企画は、非常に好評であり、学会内の電気・電子回路実装に携わっている会員に光実装への理解が深まったのではないかと実感した。実際にエレクトロニクス実装学会になった1998年から、絵解き・光実装技術入門が再開し、旧連載に続く形で「モジュール

ル技術の現状」編と「将来の光実装技術」編の計6回を連載している。

同様に、学会内外で光に関わる最先端技術情報を提供し、専門的に技術の意見交換を行う場を提供することを目的として、1999年1月には第1回光回路実装技術(OPT: Optical Packaging Technology)公開研究会を開催している。OPT公開研究会は、年3~4回の主催を続けており、現在で第67回を数える。委員会の主要活動である。

絵解き・光実装技術入門やOPT公開研究会の効果であろうか、1998年に学会が「2010年のエレクトロニクス実装技術ロードマップ」を編集するということで、光回路実装技術委員会に参加の打診があった。光回路実装技術や委員会活動を周知できる千載一遇のチャンスとばかりに、ワーキングを重ね、「第12章 光回路実装技術」を24ページにわたって執筆した。ロードマップについては、その後は光回路実装技術委員会単独で編纂することになるが、光インターコネクションの動向と展望に注力して、ワーキンググループを設置し、2~3年ごとに社会情勢・技術の変化とともにテーマを設定し、更新を続けている。委員会のもう一つの主要活動であり、これまでに6版を発行している。ロードマップ発刊時期とメインテーマ：提言は以下の通りである。

2003年度版「光インターコネクション実現への提案と展望：実現構成」

2005年度版「光インターコネクション進展の可能性：応用毎の課題」

2008年度版「光インターコネクション普及の課題と展望：I/Oと配線、OE変換の帯域密度」

2010年度版「光インターコネクション適用領域：高密度・低電力光配線技術展望、目標仕様」

2013年度版「光インターコネクション普及、適用範囲拡大：信頼性(システム要求、光部品展望)」

2016年度版「今後のシステム課題に対応する光インターコネクション技術：光インターフェース形態の進展、チップスケール光集積実装技術、低分散光配線技術、光電気混載基板の形態と実現課題」

学会活動と並行して、この20年間に光実装技術を取り巻く環境の変化についても述べておきたい。1999年から経済産業省主導の超先端電子技術開発機構(ASET)プロジェクトに光電気複合実装技術が掲げられ、複数の機関が参画した。その成果は光配線の重要性を認識するのに大きな役割を担った。その後も光電気実装に関する大型・小型のプロジェクトが続き、適用範囲も広がって現在に至っている。並行して、2004年から光実装部品標準化もスタートし、日本電子回路工業会(JPCA)の標準化検討委員会(委員長：中野義昭東京大学教授)において、「光配線板通則」などの規格が文書化されている。この標準化の流れは現在でも続いており、国際電気標準会議(IEC)の第86専門委員会(TC86)第9共同作業部会(JWG9)にて光配線に関する各種国際標

準審議が行われている。

このような研究開発や標準化活動を地道に行うことにより、光実装技術に対する関心も大きく広がった。また、長距離通信からデータセンタ内の配線に適用出口を見出し、異なる伝送距離における各階層での光インターコネクションにさまざまな要素技術が発生することになった。ハイエンド機器のユニット間の光インターコネクション技術には、アクティブ光ケーブル(AOC: Active Optical Cable)[†]が2000年代半ばに実用化され、AOCの省電力・省スペースなどメリットを活かして爆発的に普及している。対極にある超短距離のチップ内光伝送にも、シリコンフォトリソが提唱され、実用を目指して世界中の研究開発機関がしのぎを削っている。その中で、光回路実装技術委員会がOPT公開研究会やロードマップ執筆で果たしてきた役割は非常に大きい。この先もモノのインターネット(IoT)などのネット利用の普及に伴い、通信トラフィックの伝送容量は増大する一方であり、光配線の重要性は十分認識され、その適用も、より短距離に広がることであろう。

3. おわりに

24年にわたる光回路実装技術委員会の活動変遷とその周辺技術状況を俯瞰してみたが、黎明期の主要発起人メンバは、将来ここまで光配線が進展・普及すると予測して設立したのだろうか？非常に興味がある。残念ながら、今となってはお聞きすることも不可能であるが、もし予想が的中していたのであれば、その慧眼には感服する。また、この24年間に産学官から多くのメンバが委員となって参画し、先人の意思を継いで活動を支えてくださった。撒いた種が開花になるには、時間をかけて丁寧に育てるプロセスが必要であり、光配線が普及してきた現状こそ皆で育ててきた成果であろう。とはいえ、光配線が隔々まで普及しているわけではなく、まだ三分咲き程度であろうか、この先も新規実装技術(光に限定せず電気や周辺も含めて)を吸収して、さまざまな分野で満開になることを見届けていきたい。

(2018.7.26- 受理)

†用語解説

アクティブ光ケーブル(AOC: Active Optical Cable)：光ファイバと光トランシーバを一体化させた製品であり、データセンタ内などの比較的短距離の大容量データ通信を行うのに適している。

著者紹介

杉原興浩(すぎはら おきひろ)

平3慶應義塾大学大学院博士課程了。日本学術振興会、静岡大学、東北大学を経て、現在宇都宮大学大学院工学研究科(兼担オブティクス教育研究センター)教授。光学用有機材料ナノ構造制御と光導波路の研究および車載光通信標準化開発に従事。平21より科学技術振興機構戦略的イノベーション創出推進プログラム(Sイノベ)「フォトリソポリマー」プロジェクトマネージャー。平25エレクトロニクス実装学会理事などを歴任。工博。