



本号では、2016年 LMAG 総会の報告、昨年12月に開催された「国際光年記念講演会」および Life Member のための IEEE Milestone 観光ツアーへの参加体験の記事をお届けします。

### 1. 2016年度のご挨拶

IEEE 東京支部 LMAG Chair 稲田浩一

IEEE 東京支部 LMAG の皆さま、2016年を迎えましたが、本年もよろしくお願い致します。

東京支部に LMAG が設立されて以来、本年は満6年目を迎えます。その間、LMAG 主催の講演会、見学会、また、若い会員を交えた交流講演会や、ニュースレターの発行などを行ってまいりました。

昨年は電気通信大学での見学会や講演会、国際光年を記念して光通信に関する講演会など、合計6回の講演会を東京支部と共催して開催致しました。それらの会合の様子は、LMAG のホームページに掲載しておりますが、昨年12月には、年間に3回発行したニュースレターのすべてを印刷し、LMAG 会員に郵送いたしました。

今年も昨年同様、幾つもの講演会を計画しており、見学会としては、JAXA 相模原キャンパスを予定しております。

また、LMAG のホームページを一新し、より見やすくするよう作業中です。更新後も皆様からの積極的なご意見を頂き、より使いやすいホームページにしたいと思っております。

今年も昨年同様、LMAG の発展へのご支援を宜しくお願い申し上げます。

### 2. 2016年 LMAG 総会開催報告

2016年東京支部 LMAG の総会は、3月29日(火) 14:00~14:30、機械振興会館6階66号会議室にて開催され、出席者は34名でした。稲田 Chair の挨拶の後、三木 Vice Chair から2015年の活動報告が行われた。その中で、東京支部 TPC (Technical Program Committee) との共催による講演会を6回、LMAG・YPs (Young Professionals)・Student Branches・JC WIE 交流会、見学会および懇親会を実施したこと、News Letter を3回発行したことなどが報告されました。

次に、2016年の活動計画が高野 Secretary から提案され、例年同様に東京支部 TPC との共催による講演会を4回以上開催すること、交流会、見学会、懇親会などを実施すること、さらに国内他支部 LMAG との交流・連携について検討することが示され、承認されました。



図1 東京支部 LMAG 総会の模様

### 3. 国際光年記念講演会「光通信の半世紀とこれから」

2015年は UNESCO により提唱された「国際光年」でした。これに呼応した IEEE 東京支部のイベントとして、LMAG-Tokyo 主催、TPC 共催による国際光年記念講演会を2015年12月7日(月) 14:30~17:00 に機械振興会館にて開催し、73名の参加者がありました。光ファイバ、光デバイスおよび光通信システムについて、それぞれの技術に長く携われた3名の講演者から以下のような講演が行われました。

#### 講演1「光ファイバの40年とこれから」

標記の演題で山内良三氏(フジクラ常任顧問)より、光ファイバの過去40年の進歩を振り返り以下のような講演が行われました。

ノーベル賞を受賞した C. K. Kao の提言(1966年)以来、石英ガラスを主成分とする通信用光ファイバの製法として様々な方式が提案されました。当初、欧米発の OVD 法(外付け法)や MCVD 法(改良内付け法)が製造技術の主流でした。これに対し日本では、量産に適した製造法として VAD 法(気相軸付け法)が、NTT と電線メーカー三社(古河電工、住友電工、フジクラ)の共同研究により開発されました。VAD 法ではコアを汚染する機会が少ないので、1980年台には有害な不純物である水酸基を除去した損失 0.2 dB/km 以下の光ファイバが量産されるようになりました。

1970年代には主としてマルチモードファイバが使用されましたが、1980年代に入り、広帯域伝送



写真2 山内良三氏の講演模様

に適したシングルモードファイバ（以下 SMF）への移行が進みました。SMF はコア径が約  $10\mu\text{m}$  と細いので低損失接続が難しかったのですが、対向するコアを高精度で軸合わせする融着接続機や、高精度コネクタの開発により課題が解決されました。その結果、1985 年、北海道から鹿児島を結ぶ日本縦貫光ファイバケーブル伝送路が完成しました。長距離大容量伝送を実現する中で大きな役割を果たしたのが、高密度波長多重技術、低損失波長  $1.5\mu\text{m}$  帯で分散を低減した光ファイバ、および、エルビウム添加光ファイバ増幅器です。日米間の海底伝送においても第 5 太平洋光システム以降、これらの技術が基本となり、ファイバ対当たり  $100\text{Gbps} \times 100$  波長の伝送が実用化されています。さらに、光加入者網（FTTH）も SMF を用いて構築され現在に至っています。

現在、世界で製造される光ファイバは年間 3 億 km 以上と推定され、その 6 割が VAD 法で生産されています。2015 年、VAD 法に対して IEEE は長期間にわたり社会に貢献した技術としてマイルストーン認定を行いました。

2000 年代に入り半導体技術の進化を背景に、光通信方式としてデジタルコヒーレント技術が導入され、光ファイバの精密な波長分散制御が不要となりました。今後光ファイバへの主たる要求は、低損失、低非線形光学効果となると思われます。さらに、1 本の光ファイバで大容量伝送を可能とする方式として、マルチコアファイバ伝送、および、マルチモードファイバを用いたモード多重伝送技術の研究が精力的に行われており、1 本のファイバで  $2\text{Pbps}$  の伝送が報告されています。

現在、光ファイバは公衆通信だけでなく、分布型ファイバセンサー、ファイバレーザ、イメージ伝送など幅広く使われていますが、通信用で培った解析技術、製造技術が活かされています。

## 講演 2 「光通信用光デバイスのこれまで・これから」

標記の演題によって、小林功郎氏（東工大名誉教授）より以下のような講演が行われました。

光ファイバ通信の誕生からの 50 年間で光デバイスの側から振り返ってみると、システム側との

ある種の緊張感のもとでの切磋琢磨に基づく、絶え間ない機能・性能向上の連続であったように思われます。本講演では、このように進歩・発展が長期間に渉って継続的に行われてきた代表的な光デバイスとして、半導体レーザに焦点を当て、その成長の跡を辿りました。その後で、光デバイスの“これから”として、今後の新たな展開の方向について言及されました。

光通信用の光源として強い期待を背負って登場した半導体レーザは、AlGaAs/GaAs 二重ヘテロ構造により  $0.85\mu\text{m}$  帯において室温連続発振に成功、初期急速劣化の克服、横モード制御構造の導入に



写真3 小林功郎氏の講演模様

よる安定な基本特性の実現などにより、1970 年代半ばには数  $10\text{Mbps}$  の信号を数  $10\text{km}$  伝送可能な光ファイバ伝送系が実現しました。その後、シリカ系光ファイバの  $1.3\mu\text{m}$  帯における低損失化の進展とともに、InGaAsP/InP- $1.3\mu\text{m}$  帯の単一横モード半導体レーザが実現し、その最低損失波長帯が  $1.55\mu\text{m}$  に移るとともに波長分散への対応から DFB/DBR 構造を中心にした  $1.55\mu\text{m}$  帯の動的単一モード半導体レーザが相次いで開発実用化され、幹線通信網における大容量・長距離回線の実現に大きく貢献しました。

このような光伝送系の性能改善に飽和が見られ始めた 1990 年代初めから、二つのブレークスルー技術が開発されました。それは、直接光増幅と、高密度波長多重です。前者は光ファイバ損失を補償する解を与え、光海底ケーブル回線などに効果的に採用されました。後者は 1 本の光ファイバに多数の異なる波長の光を多重・分波することにより、光ファイバの伝送能力を大幅に拡大する道を切り拓きました。

これらにより、1 本の光ファイバで実験的には約  $20\text{Tbps}$  という大容量信号伝送が、実用システムにおいては  $1\sim 2\text{Tbps}$  の信号伝送できるまでに進歩しています。このような高度な光通信システムに向けた光変調器集積半導体レーザや波長可変半導体レーザが開発されています。さらに波長可変狭

線幅光源が実用化され、光ファイバ伝送の超大容量化・長距離化を可能とするデジタルコヒーレント方式に採用されています。

光デバイスの今後の課題については「低消費電力化、超並列多重化、新機能導入等であろう。この課題解決の鍵は光集積技術が握っているように思われる」という言葉で講演を結びました。

### 講演3 「光通信システムのこれまで・これから」

標記の演題にて、三木哲也氏（電通大名誉教授）より以下のような講演が行われました。

1970年代に出現した光技術は、通信システムの歴史にこの上ないインパクトを与えました。当時研究中有線通信、マイクロ波通信、ミリ波通信のいずれをも凌駕するもので、特に幹線伝送路の経済化と通信網のデジタル化に寄与しました。

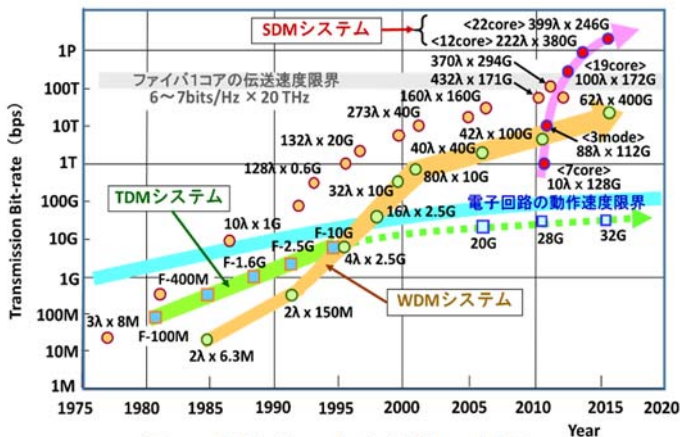


図1 光通信の大容量化の経緯

光通信の最初の実用化は、世界的に1980年代初頭からで、当初は45Mbps（米国）、100Mbps（日本）、140Mbps（欧州）といった速度のシステムが導入されましたが、光ファイバの最低損失波長域である1.55μm帯での低分散化、1.55μm帯単一モード半導体レーザなどの技術の進歩により400Mbps伝送、1.6Gbps伝送、2.5Gbps伝送へと時分割多重（TDM）の多重数を増すことで高速化が図られ、1995年には10Gbpsまでたどり着きました。

これ以上の高速化は電子回路の動作速度限界に近づくため困難となり、1990年代半ば以降は多数の波長を使用する波長分割多重（WDM）による大容量化が進められました。その当時、光信号をそのまま増幅することの出来る光ファイバ増幅器が出現したことで、波長数が増えても一括して増幅することが可能となりました。また、波長の多重・分離を行う合分波器を平面光回路で実現する良い技術が出来たこともあり、波長数はどんどん増加しました。10Gbpsを数100波多重すると数Tbpsとなりますが、これ以上は光増幅器の波長帯域の限界となります。その後の大容量化技術としては、無線通信と同様の変復調技術による高能率化が進みました。すなわち、コヒーレントな（位相精度が保たれている）直交する搬送波をそれぞれ多値変

調するもので、QPSKや16QAMなどが使われています。これにより10Tbps程度が可能になりました。

その後、近年の研究は複数のコアのファイバによって、すなわち空間分割多重（SDM）によって大容量化する方向に進んでいます。NICT・住友電工により最近発表された例では、各コアで波長当たり41Gbaudの64QAM変調で246Gbpsを実現し、それを399波多重して、22コアのファイバ1芯で2.15Pbpsというとてつもない大容量伝送の実験が行われています。しかし、光通信の大容量化技術はそろそろ限界に近づいているように思われます。

アクセス系への光通信の導入については、電話回線並みのコストを実現する技術開発が必要であり、その実現は2000年に入ってからとなりました。アクセス用光通信は、1980年代半ばから模索されましたが、NTTとBT（英国）から独立に生まれたPON（Passive Optical Network：光分岐により複数加入者を1芯のファイバに多重化）方式により低コスト化の目途がたち、1990年頃から国際標準化を含めて開発が加速しました。その結果、日本では2001年からFTTH（Fiber to the Home）サービスが始まり、現在2700万加入ほどにまで普及し世界有数のブロードバンド国となっています。

一方、近年は移動通信のブロードバンド化が急速に進展しており、セルサイズを小さくする必要から、それを結ぶフロントホールと呼ぶ無線信号を送る多数の光回線が必要になっています。

このような技術動向から、今後は光と無線の融合したシステムの研究開発が重要となり、公衆通信のみならず、防災用通信、交通用通信、IoTなど多様な通信に活用される光・無線融合ネットワークが望まれることを述べて講演を終えました。



写真4 三木哲也氏の講演模様

## 4. Life MemberのためのIEEE Milestone 観光ツアー

IEEE 東京支部 LMAG Chair 稲田浩一

IEEEはLife Memberに対して、いろいろな特典を与えていますが、世界中のLife Memberが参加できるIEEE Milestone観光ツアーが2010年より開始されました。

過去の例をみますと、2010年はパナマ運河8日

間、2011年は英国10日間、2012年は日本9日間、2013年はカナダ10日間などでした。2014年は行われませんでした。2015年はパリ・ジュネーブ・ミュンヘン12日間が開催されました。2016年の予定は無く、2017年は現在検討中とのこと。

このツアーの知名度は非常に低く、日本からの参加者はほとんどいないのが現状です。私自身もこのような観光ツアーのあることを知りませんでした。昨年1月に東京支部 LMAG Chair に就任して初めてこのツアーのあることを知り、自分で IEEE 本部の Web ページにて参加要領を調べて申込みました。このツアーは、IEEE から案内があるわけではなく、自ら IEEE 本部の Web ページをチェックしていないと発見できないのが現状です。

そのような理由もあって、一度参加した人は次の機会にも出席したいと思ってチェックしているのでしょうか、常連の参加者が多いようでした。

今後、このツアーへの日本からの参加者を増やすためにも、この度参加した IEEE Milestone 観光ツアーの内容を記事にまとめてみました。なお、過去のツアーについては IEEE 本部の Web ページに写真入りで詳細に掲載されています。

[https://www.ieee.org/societies\\_communities/geo\\_activities/life\\_members/tech\\_tours.html](https://www.ieee.org/societies_communities/geo_activities/life_members/tech_tours.html)

なお、今回の開催が分かり次第、東京支部 LMAG 会員へメールでお知らせする予定であります。

私が参加した昨年のツアーは、2015年5月6日から5月17日までの12日間でしたが、IEEE Milestone に関連する見学場所は4か所ほどで、その他はすべて観光ツアーでした。

参加者は合計35名で、内訳はご夫婦での参加者が16組32名と男性の単独参加者3名でした。なお、前もって名前とメールアドレスの公開の有無を聞かれており、ほとんどの方はOKの返事をしたようです。

それによると、日本からは私たち夫婦と男性1名の合計3名、カナダのご夫婦1組、ウルグアイのご夫婦1組、南アフリカのご夫婦1組、その他は全てアメリカからでした。特にテキサスからが多く、テキサスの LMAG Chair が熱心に参加者を誘ったとのことでした。なお、アメリカからの参加者の中には台湾出身者のご夫婦と香港出身のご夫婦もいました。

参加者は全員が LMAG 会員ですから当然ながら皆さん高齢で、足が少し不自由になった奥様を支えながら参加されていた方もいました。

目的は IEEE Milestone を訪ねることではありますが、全員、自費での参加でもあり、奥様同伴ということもあり、Milestone を訪ねるよりも、一般の観光ツアーに重きが置かれていました。

毎回参加されている人は、久しぶりお会いするのを楽しみに出席しているようでした。

旅行の初日は指定されたパリ市内のホテルにチ

ェックイン後17時45分、ロビーに集合し旅行中胸に付ける各自のバッジを頂き、お互い名刺交換などをした後、全員でディナーに向かいました。

今回のツアーガイドさんは40歳ぐらいのイギリス人男性でした。その方が私たちの代表者を務め、訪問先での挨拶や、接待昼食、接待夕食などに対してお礼を述べており、参加者のだれかが代表でお礼を述べることはありませんでした。

2日目は終日、Milestone の見学です。最初の見学先はパリの Eduard Branly Museum で、説明者は定年退職をした IEEE Fellow の方で、当日はボランティアでの説明だそうです。また、そこには、



写真4 フランスの無線の父 Eduard Branly の説明會孫さんと思われるかなりのお年の方も出席しており、今回の見学会で私たちとお会いするのを大変楽しみにしていたそうです。

昼食はフランス IEEE による接待で立食ではありませんでしたが、ビールやワインも飲み放題でした。午後はパリ郊外の郵政省の電波監視所です。周辺は菜の花一色に囲まれた素晴らしい場所で、全員の集合写真を撮りましたが、集合写真を撮ったのはこの時のみでした。



写真5 参加者全員での集合写真

3日目の午前中はルーブル美術館見学で、学芸員による説明がありました。午後は希望者に有料ですが、ヴェルサイユ宮殿の観光でした。

4日目はセーヌ川クルーズで、その後は自由行動でした。前日の夜とこの日の夜は、全員がそろうパリの有名レストランで豪華ディナーでした。

5日目は、バスでパリからジュネーブへと向かい、途中、ホスピス・ド・ボーヌ（ボーヌ施療院）を見学しました。

6日目は、ジュネーブにある IEEE Milestone の CERN (欧州原子核研究機構) の見学でした。2011年のヒックス粒子の発見でよく知られています。世界各国から毎日多くの見学者が訪れているようです。なお、研究者も世界中から来ていますが、日本やアメリカなど欧州以外の国は理事国にはなれないそうです。午後はジュネーブ市内の観光でした。

7日目はジュネーブからかなり離れた所にあるスイス時計産業の中心地ニューシャテル市に行き IEEE Milestone (世界初の水晶腕時計) の見学と時計博物館の見学でした。昼食はスイス IEEE による接待でした。夕食もスイス IEEE による豪華な



写真6 IEEE スイスセクションによる昼食



写真7 IEEE スイスセクション L'MAG による夕食会  
ディナーの接待がありました。

8日目はバスでジュネーブからミュンヘンへの移動でした。途中、レマン湖畔で世界遺産シヨン城の見学がありました。

9日目は、ミュンヘン市内のアルテピナコテーク (古美術館) と BMW 展示館の見学で、ディナーはドイツ IEEE による豪華な接待でした。

10日目午前中はミュンヘン大学を訪問し、ドイツの IEEE 活動について説明を受けました。その話によると、IEEE Milestone は自分達から IEEE 本部に申請し、いろいろな費用も提案者持ちで、その後 Milestone に認定されると、認定銘板を得るにも実費が必要で、さらに、関係者を呼んでパーティを開く必要があるなどの理由で、ドイツからのマイルストーン申請は極めて低調だそうです。どうも、ドイツやイギリスにとってアメリカの IEEE は競争相手という感覚があるようです。

午後は世界最大とも言われるドイツ博物館の見学でした。



写真8 IEEE ドイツセクションでの活動紹介

11日目。いよいよ最終日です。午前中、ドイツアルプス、オーバーアマーガウの観光でした。最終日ということもあって、夕食はさよならディナーパーティでした。皆さん、着飾っての出席でした。家内も、持ってきた着物を着て出席です。皆さんとお別れ前に写真を取り合いました。

明日からはめいめいが、自分で予定を立てて旅を続けることになります。

参考までですが、観光業者に支払った金額は一人当たり US\$ 3,010 でした。それ以外の費用、すなわち成田からパリ、ミュンヘンから成田への航空運賃とホテルまでのタクシー代などは別途個人的に支払う必要がありました。

旅行中、昼、夜、全員そろっての会食があり、ほとんどの参加者とお話することが出来、楽しい旅を味わうことが出来ました。次の機会にも、出来るだけ多くの日本からの参加者をお誘いし、ぜひ参加したいと思っています。なおツアー内容について詳しくは、以下をご覧ください。

<http://www.inada.harug.s/201505LMAG1/index.html>

## 5. 今後の予定

### 5.1 L'MAG, YPs, Student Branch, JC WIE 交流会

標記の東京支部および Japan Council の組織が毎年行っている交流会です。

・日時：2016年4月23日(土) 15:00~17:00

終了後：懇親会 17:00~19:00

・参加費：無料、懇親会費 3,000 円 (L'MAG 会員)

・会場：慶應義塾大学 日吉キャンパス

来往舎 大会議室(2F)

<http://www.keio.ac.jp/ja/access/hiyoshi.html>

・申込先：<http://sites.ieee.org/sb-keio/lsw2016/>

### 5.2 JAXA 相模原キャンパスの見学会と講演会

標記の見学会と講演会を7月14日(木)に予定しています。詳細はメールにてお知らせします。

**IEEE Tokyo Section Life Members Affinity Group Newsletter 第17号, 2016年4月18日発行**  
発行: IEEE 東京支部 Life Members Affinity Group  
〒105-0011 港区芝公園 3-5-8 機械振興会館 517号  
E-Mail: [tokyosec@ieee-jp.org](mailto:tokyosec@ieee-jp.org)