



本号では、最近開催された無線通信に関する講演会・見学会、IEEE Award 受賞記念講演会および国際光年記念講演会の記事をお届けします。

### 1. 無線通信に関する講演会・見学会

LMAG-Tokyo 主催、東京支部 TPC 共催により 2015 年 7 月 17 日（金）に、電気通信大学において同大学 UEC コミュニケーションミュージアムの見学会と講演会が開催されました。見学会には 33 名、講演会には 67 名の参加者があり、さらに講演会終了後の情報交換会にも多くの方が参加されました。

#### (1) 見学会

UEC コミュニケーションミュージアムには、無線通信の黎明期から近年までの送信機、受信機、真空管を中心に放送機器、航法機器などが展示されており、特に真空管については世界的に貴重な品を含め数多く蒐集されています。参加者からの熱心な質問を交えて予定の 1 時間の見学を終え、講演会場に向かいました。



写真 1 見学会の様

#### (2) 講演 1 「マクスウェル方程式を書いたのは誰？

—併せて電磁気学への日本人の貢献について—」

小林岳彦教授（東京電機大学）が表題の講演を行いました。講演内容の概略を以下に示します。

電磁波の伝搬、アンテナ、マイクロ波回路などの基礎理論として良く知られているマクスウェル方程式（4つの連立方程式）は、実はマクスウェル（1831-1879）が 1865 年に発表したものとは異なることを知っている人はあまりいないと思います。教科書などに載っている今の方程式は、実はヘビサイド（1850-1925）によって書かれたものです。

では、どのような経緯で現在の 4 つの連立方程式に至ったのかが、この講演で紹介されました。



写真 2 ヘビサイド [Wikimedia Commons より]

マクスウェルが 1865 年に最初に発表した論文 “A dynamic theory of electromagnetic field” では、全部で 20 の連立方程式から成り立っていました。これらの方程式は、ファラディが発見した電磁誘導など、当時明らかになっていた知識をベースに空間の電磁状態を理論的に定式化したものですが、マクスウェルは前提として「電磁現象は真空中を満たしているエーテルの電氣的緊張状態の性質である」と考えました。誘電体に電気が加わると分極するように、物質が存在しない真空中でも充満していると当時考えられていたエーテルに電気変位が生じ、それによって変位電流が流れるとの仮説に基づいていました。エーテルの存在は、その後の実験により否定されたにも拘わらず、正しい電磁界方程式に到達していました。



写真 2 小林岳彦教授の講演模様

マクスウェルが理論を作り上げ 1873 年に発表した“A Treatise on Electricity and Magnetism”という論文を見たヘビサイドは驚愕し、無限の可能性のある最高に偉大なものであると感じ、それを理解するために数年を費やして自分自身で筋道をたどり、ベクトル表現で表した現在の「マクスウェル方程式」を導き出しました。そして 1885 年に“Electromagnetic Induction and its Propagation”として発表されました。

最後に、マクスウェルに関連する日本人の電磁気学への関わりとして、志田林三郎が電磁波の速度を独自に求めて 1880 年に発表したこと、長岡半太郎が有限長ソレノイドコイルの磁束密度が無限長の理論値に比して小さくなる係数（長岡係数）を導いたことなどが紹介されました。

[参考文献]: James C. Rautio, “The Long Road to Maxwell’s Equations” IEEE Spectrum, Dec. 2014.

### (3) 講演2「携帯電話の歴史と5Gへの道のり」

尾上誠蔵氏 (NTT ドコモ) が、中国で開催された国際会議 Mobile World Congress Shanghai からの帰路、会場に直行して、疲れも見せずユーモアを交えて熱弁をふるい以下の講演を行いました。

携帯電話の歴史を世代 (G) で区切って、1 G から 5 G について順次説明します。まとめると次のようになります。

- 1 G 1980 年代: アナログ (FDMA)
- 2 G 1990 年代: デジタル (TDMA)
- 3 G 2000 年代: W-CDMA, CDMA2000 (CDMA)
- 4 G 2010 年代: LTE / LTE-Advanced (OFDMA/SCFDMA)
- 5 G 2020 年代: (まだ確たる技術は決まっていなかったが) Massive-MIMO と高度化 C-RAN の組み合わせなど

新技術は導入タイミングが重要ですが、3 G では結果として先を走りすぎました。1 年くらい先を走っていた積りが 2 年くらい先になっていました。誰もついて来ず、早いことが必ずしも良いとは言えず苦労しました。

4 G では世界の先頭集団の一員として導入する方針で、周囲と歩調を合わせていきました。国際標準化にも力を入れ、これが成功に結びつきました。それでも通信アナリストには、ドコモが LTE でも独走するのではないかという懸念を持っていたと言われました。2009 年 12 月のテリアソネラに始まり、2010 年には世界の複数のオペレータが LTE サービスを開始し、ドコモは方針通り先頭集団の一員として LTE を始めました。

次に 5 G について、3 G、4 G では技術がサービスやビジネスをリードしたのに対し、5 G ではエコシステムやビジネスがまず議論されそれを支える技術を開発するという流れになっています。5 G の要求条件はいろいろな団体やフォーラムで

議論中ですが、いずれも同じような方向になりつつあり、次のように整理してみました。

- ・システム容量、高速データ、低コスト: 古いが永遠に追及し続ける要求条件
- ・遅延: 比較的新しい要求条件
- ・大量のコネクション、極低消費電力 (電池もち 15 年など): IoT (Internet of Things) のための新しい要求条件

加えて、新たなビジネスモデルやエコシステムのための柔軟性も、多くの人がある重要性を主張している新たな要件です。

5 G の技術について「5 G は極端に高いデータ伝送能力が求められるので、広い周波数帯域幅が必要。そのため高い周波数帯を使うので伝搬損失が大きく (セルサイズが狭く) なるため、5 G は主にホットスポットでの補完的な技術だ」と思っている人が多いようですが、これは間違っています。たとえ高い周波数帯を使ったとしても確実な通信が出来るセルラーシステムを実現するのが 5 G の野望です。そのための技術として、マッシュ MIMO やスモールセルとマクロセルを組み合わせた高度化 C-RAN が有効です。Massive-MIMO では大量のアンテナを用いて電波の伝わり効率化し、高度化 C-RAN ではマクロセルとスモールセルを一体運用することにより、安定した通信を実現できます。

さらに、5 G に向けて現在ドコモが行っている研究開発についての説明や、海外の企業と行っている共同実験の状況について紹介がありました。また、最後のまとめでは「LTE はグローバルに展開したことで大成功した。この歴史から将来に向けて学んだことが多くある。」とのドコモの研究開発を長く担ってきた経験者として、重みのある発言がありました。

(注) LTE: Long Term Evolution (4G の通信規格)

C-RAN: Centralized Radio Access Network



写真 3 尾上誠蔵氏の講演模様

## 2. IEEE Award 受賞記念講演会

井原廣一氏 (元日立製作所, 知的社会システム研究開発機構) が 2015 年 IEEE Innovation in

Societal Infrastructure Awardを受賞されました。また、岩井 洋氏（東京工業大学 名誉教授）が2015年 IEEE Cledo Brunetti Awardを受賞されました。これを記念した講演会が、東京支部 TPC 主催、LMAG-Tokyo 共催により、それぞれ8月4日（火）と9月26日（土）に機械振興会館にて以下のように行われました。

#### (1) 井原廣一氏講演「自律分散概念から華嚴世界観へ」

受賞された賞は技術的に優れているだけでなく、社会インフラストラクチャとして応用されていることが必要であることが述べられました。また、この受賞は異なった役割を果たされた石井威望氏および市川惇信氏との共同受賞でした。

講演ではまず、1980年に提案された技術の中核を成す自律分散システム（ADS）について、研究経過と鉄道への実用化が説明されました。ついでその概念の説明と他の方式との違いが示されました。ADSは平等で自律した可制御性と可協調性を特徴としていますが、さらに可観測性を付加した拡張自律分散システム（EADS）が2000年に提案されました。EADSは、東洋思想による共生社会システムに関連しており、仏教の華嚴教理の華嚴蔵世界観および唯識論、近代哲学の西田幾多郎や鈴木大拙の世界観とも相通じています。個（サブシステム）と全体（システム）は重々無尽の関係で、因陀羅網（ネットワーク）で結合する事事無碍界の概念がEADSとのことです。

さらに、EADSに発生学の最新の知見を導入します。遺伝情報は、個体間で受け継がれ環境で変化していきます。この生物学的描像は、ちょうど情報システムの構成法や適応性の参考になります。クラウド技術や知識集積によるシステムの最適化、モバイル通信の大衆化や社会情報への攻撃への対策などへの示唆が得られるかもしれないと、結ばれました。



写真4 井原廣一氏の講演模様

#### (2) 岩井 洋氏講演「微細化限界が迫る電子デバイスの未来」

この講演では電子デバイス微細化の歴史と現状

について説明され、微細化の限界を迎えつつあるこれからのデバイス技術の将来について展望が講演されました。

IoT、ビッグデータ処理、人工知能などICTの発展により、我々の社会は大きな変革を遂げつつあります。そこでは驚異的なペースで増え続ける膨大な情報を安価、高速、低消費エネルギーで処理することが必要であり、これを行うのが半導体を中心とした電子デバイスです。電子デバイスはこの100年の間に真空管から半導体に材料を変え進化をしてきましたが、情報処理の低コスト化、高速化、省エネ化の鍵を握っているのが素子の微細化でした。微細化は今後10年でトンネル現象などの量子力学的な効果が見える数nm近くまで到達する見込みで、いよいよその限界を迎えようとしています。

微細化限界を迎えた後の電子デバイスやそれを集積したシステムが今後どのように発展していくか、その未来について岩井氏のデバイス技術への展望が語られました。



写真4 岩井 洋氏の講演模様

### 3. 国際光年記念講演会（速報）

2015年はイブン・アル・ハイサムの「光の書」から1000年に当たり、UNESCOにより「国際光年」と提唱されました。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「光通信の半世紀とこれから」を2015年12月7日（月）に開催しました。以下の3件の講演があり73名が参加しましたが、講演内容等の詳細は次号でお知らせします。

- (1) 「光ファイバの40年とこれから」 山内良三氏
- (2) 「光通信用光デバイスのこれまで・これから」 小林功郎氏
- (3) 「光通信システムのこれまで・これから」 三木哲也氏

IEEE Tokyo Section Life Members Affinity Group  
Newsletter 第15号, 2015年6月15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)