

# 私が見つけたもの 〈1〉

## Inventions From the Days of Free Electrons

訳／細田 梨恵  
Rie Hosoda

バリー・ギルバート  
Barrie Gilbert  
IEEE終身フェロー  
アナログ・デバイスフェロー



## 真空管とともに育った幼少時代

### 真空管全盛時代

今日、電子回路を学ぶ若いみなさんの多くは、前世紀中ごろの状況について深くは知らないと思います。

Lee De Forest  
リー・ド・フォーレの3極管<sup>(1)</sup>の発明は、ちょうど百年前の1906年です。エレクトロニクスという言葉は1927年に生まれ<sup>(2)</sup>、本誌によく似た雑誌「エレクトロニクス」が1930年に創刊しました。John Logie Baird  
ジョン・ロジャー・ベアードのテレビ装置の発明はその3年前です。1925年はエレクトロニクス元年と言えます。

その後、真空管技術は急速な発展をとげ<sup>(3)</sup>、1950年代に全盛期を迎えます。そこに現れた半導体が、科学技術の発展にわく世界をさらに変革し、1975年ごろに真空管は実質的にその姿を消しました。

しかし、その真空中の電子ビームについての知見は広く応用され、ラジオ受信機はもとより、レーダ、テレビ、オシロスコープなどの陰極線管(cathode ray tube)表示器、透過型および走査型電子顕微鏡、単純な光電管からニュートリノ検出用の先進的な光電子増倍管、電源用ガス封入管や水銀蒸気整流管、高周波誘導加熱用の大電力3極管など、数えきれません。

これら以外にも、膨大な数のアプリケーションがありました。とりわけ重要なものには、高周波増幅器として、

(1) 高周波増幅器である進行波管(TWT:Traveling Wave Tube)

(2) クライストロン

高周波発振器として、

(3) 高周波発振器である反射型クライストロン

(4) アノード分割マグネトロン

(5) 大電力化したキャビティ型マグネトロン

の開発が挙げられます。最後に挙げたマグネトロンは、たいへんシンプルな構造にもかかわらず、驚異的に高い効率で動作する真空管です。

### ガラス管にサブシステムを組み込んだSoC

今日、汎用的な小型真空管を使って設計することはまずありません。しかし特殊な、あるいは特定の用途では、真空管は依然としてたいへん実用的な部品であり、現在でも開発が続けられています。

この真空管を、内部が複数の独立したサブ・システムからできている構造体と考えてみます。すると真空管の本質は、優れた頭脳によって発明された「ガラス管内に組み立てられたシステム」にほかなりません。この点で、  
System on Chip  
今日のシステム・オン・チップ(SoC)との間にはっきり

と類似性を見ることができます。

特に重要なのは、前述の5種類の真空管に使われている手法です。TWTには低損失の電磁伝送ラインが組み込まれています。クライストロンやマグネトロンにはQの高い共振回路が組み込まれています。

これら特別な高周波真空管に似た、固体内の電子流を利用する一体集積構造の半導体デバイスは発明されていませんし、この先も現れそうにありません。しかし、あるタイプの電力変調素子と、マイクロ波共振器をモノリシック・デバイスとして協調動作させる斬新な技術の見込みはありそうです。

後ほど、従兄弟のようにマグネトロンによく似た、興味深い半導体デバイスを紹介したいと思います。このデバイスも発振器であり、縁の部分を循環する電子の流れを作り出すためにマグネットが使われています。

## 私の経験を発見や発明のヒントに

私が、評論家ではなく実際のユーザとして、真空管の黄金時代を過ごすことができたことは実に貴重なことです。真空管を使ってアプリケーションを実現する数多くの仕事に深く関わったため、文献を読むのではなく、トランジスタの誕生を現場で目の当たりにすることができました。また、シリコン半導体技術にも没頭し、発明の当事者となることもできました。

このたび本誌から、私がかつて手がけたICの発明の過程を回想してほしいと依頼されました。このとき過去の経験を語るにあたって、初期に開発したさまざまなものが、私の物の見かたや人生のありかた全般に与えた影響について触れることがヒントになるのではないかと考えました。その結果は、当時から今日に至るまで<sup>れんめん</sup>連続と続き、今もなお成長を続けている長い物語になりました。これは、核心となるシンプルなテーマの周りを軌道を描きながら、継続的に経験を積み重ねた日々の物語です。

多少の分野の違いはあるかもしれませんが、たくさんの方の仕事の成功は、先ほど述べたように一つのことを繰り返すことによってもたらされるのでしょうか。これは、私だけでなく、これから同じ道を歩み始める読者の

方々にとっても同じことでしょう。複雑極まりない今の世の中で、複数の分野において秀でることはとてもたいへんなことです。電子回路技術という限られた分野においても、一人一人がもっているアイデアの詰まったかばんは一つしかありません。何度もこのかばんに手を伸ばして、アイデアを取り出したり、仕舞ったりすることで、そのかばんは少しずつ輝きを増すのです。

## 歴史の歩みを 大きな地図にして

東京の地下鉄の路線図をご覧ください。

これは言わば、特別な描きかたで回路を表現したものと見ることができます。たまたま訪れた人には、それはとても複雑に見え、理解しがたいもので、その詳細さに惑わされてしまいそうです。

しかし、そこで暮らす人はすべてを把握しておかなければなりません。日々地下鉄を使って移動するためには、主要線路や駅は覚えておく必要があります。ところが、もし東北地方を通過して北海道まで伸びる馴染みのない経路を調べたくなったら、もっとスケールの大きい地図が欲しくなります。

エレクトロニクスを構成する要素の基本原則をしっかり理解することは、この地下鉄の路線図を理解するようなものです。多くの詳細な事柄を知識として吸収し、整理し、さらに必要なときに活用できるように、本質的な事項に分解・集約していかなければなりません。その一方、今日のエレクトロニクス産業を理解するためには、一段高い視点から見た広域地図として、歴史の長い物語から学ぶことが求められます。

今回は、大きな地図として歴史の物語の記憶からお話しをします。身近な地下鉄の駅から遠く離れた場所で起きていたことです。次回以降では、皆さんに馴染みの深い電子回路技術の話に戻ります。歴史の旅の後には、我々が日常業務で関わっている具体的なテーマについて、新しい観点から解説します。古典的なアナログ回路の概念をより広い見地から考察できるようになることでしょう。