

東芝の技術の源泉とその進化

Sources of Toshiba's Technologies and Their Evolution

荘司 金秋 浅田 靖之 五日市 敦

■ SYOJI Kaneaki ■ ASADA Yasuyuki ■ ITSUKAICHI Atsushi

「東芝1号機ものがたり」は、東芝が130余年の間、多くの“わが国初”と“世界初”を生み出してきたものづくりに、飽くなき探究心と情熱を傾けた歴史物語である。そのわが国初と世界初の技術と製品には、管球技術からのエレクトロニクスの流れと電源と電力供給を支えるものづくりの流れ、更に環境を配慮するなど新たなニーズに対するものづくりとエレクトロニクスを融合した流れが存在する。それらの技術の源流となったDNAが現在もしっかり受け継がれ、電子機器や医療用装置、半導体、あるいは電力安定供給を支える機器、更にスマートコミュニティを支える機器へと技術が進化している。

Toshiba Firsts of Their Kind, published in 2005 followed by a second edition in 2011, presents Toshiba's history of creating and manufacturing a wide range of products for the first time, either in Japan or worldwide, embodying the company's passion and spirit of inquiry over the past 130 years.

The realization of these first products and technologies has been based on three key trends: (1) the development of electronics technologies evolved from tube technologies, (2) the development of manufacturing technologies supporting electric power generation and distribution, and (3) the development of technologies combining electronics with new market needs such as environment-conscious manufacturing. Applying our corporate heritage cultivated through this long experience, we are continuously developing and improving products in various fields including digital devices, medical systems, semiconductors, facilities supporting stable electricity supplies, and infrastructure for smart communities.

東芝1号機ものがたり

東芝は、創業者である田中久重と藤岡市助を源流としてもものづくりとエレクトロニクスの技術開発に挑戦し続けている。「東芝1号機ものがたり」⁽¹⁾ (図1(a))は、130年余りの間、ものづくりに飽くなき探究心と情熱を傾けて多くの“わが国初”と“世界初”を生み出してきた歴史物語である。

この発刊に当たった東芝科学館は、場所を当社のスマートコミュニティセンター(川崎市)に移し、名称を東芝未来科学館に変えて、2014年1月末に新たにオープンした。科学館の歴史展示コーナー(図2)では、わが国や世界で最初に開発した技術や製品を展示している(囲み記事参照)。これらの革新的な技術や製品を生み出す過程で、開発者が克服した様々な課題や使命感あふれる情熱を記録にとどめ、次世代に伝える目的で、東芝1号機ものがたりを企画した。科学館の資料室には社史や工場史、東芝レビューなどたくさんの資料



図1. 東芝1号機ものがたりの表紙 — 当社が生み出した31件のわが国初と世界初を掲載した東芝1号機ものがたりを2005年に発刊し、更に31件を追加して合計62件のわが国初と世界初を掲載した東芝1号機ものがたりIIを2011年に発刊した。

Covers of *Toshiba Firsts of Their Kind* and *Toshiba Firsts of Their Kind II*

が当時から所蔵されており、展示品を中心に31件のわが国初及び世界初の製品を撮影し、専門家である当社OBの協力も得ながら解説を添えて編集を進め、2005年9月に東芝1号機ものがたりを完成させた。

翌2006年、わが国を代表する企業が参加する社団法人 日本産業広告協会(当時)の「第27回2006年度BtoB広告賞」でグランプリとなる経済産業大臣賞を受賞した。この受賞もあり、改訂版の企画を進めた。当社のわが国初と世



図2. 歴史展示コーナー — 2014年1月末にオープンした東芝未来科学館は、東芝が開発したわが国初や世界初の技術や製品を展示している。

History exhibition room

界初の再調査を行い、過去130数年の全事業分野から約500件をリストアップし、その中で重要と思われる約100件を対象に、実物の写真撮影や原稿作成の可能性を比較検討して候補を選定した。

この頃、世の中でも“産業遺産”の重要性が認識され始め、社団法人 日本機械学会や、社団法人 電気学会、独立行政法人 国立科学博物館（いずれも当時）などが顕彰制度を2008年からいっ

せいに開始した。その選考過程で、東芝グループ会社の各事業所にある製品や技術も顕彰の対象となり、東芝科学館と各事業所が協力して進めたことも改訂版の作成に役だった。

選定の結果、初版の31件に新たに31件を追加して、合計62件のわが国初及び世界初を掲載することとし、改訂版「東芝1号機ものがたりⅡ」⁽²⁾ (図1(b))を、東芝科学館の開館50周年となる2011年12月に完成させた。

東芝1号機ものがたりをまとめてみると、当社の技術の変遷には次の“三つの源流”があることがわかる。

- (1) “管球から固体素子, 電子機器への技術の進化”というエレクトロニクスの流れ
- (2) “電源と電力流通を支える技術の進化”というものづくりの流れ
- (3) “環境を配慮する技術の進化”といった新たなニーズに対するものづくりとエレクトロニクスを融合した流れ

一方、当社は、技術論文誌である東

芝レビューを1946年(昭和21年)に創刊し、68年間にわたって毎月発刊してきた。これは、当社の前身である東京電気(株)の「マツダ研究時報」(創刊1926年3月)に端を発する「東芝研究時報」、同じく東京電気無線(株)の「無線資料」(創刊1936年4月)、及び同じく(株)芝浦製作所の「芝浦レビュー」(創刊1922年10月)に端を発する「東芝技報」の3誌が統合されたものである。東芝レビューにも多くの技術者の洞察力と努力の結晶がつづられており、東芝1号機ものがたりに掲載したわが国初及び世界初の製品や技術も数多く掲載され、それらはやはり進化の流れの中で現在もたくましく社業を支えている。

ここでは、東芝未来科学館のオープン記念として、東芝1号機ものがたり初版及び改訂版の中から、当時の東芝レビューにも掲載され、現在も進化を続ける主要な技術及び製品の8件に焦点を当て、その進化の変遷を、東芝1号機ものがたりⅡに記載した「東芝の技術開発の変遷」を引用しながら述べる。三

東芝未来科学館の展示システム

東芝未来科学館は様々な展示を展開するが、これまでの博物館や美術館には例を見ない画期的なシステムを備えている。

まず、“電子年表”である。前身の東芝科学館では、横長のパネルを壁に貼り、138年間の企業史を日本語で紹介するにとどまっていたため、海外からの来館者には理解しにくかった。そこで今回は大型ディスプレイを用い、説明文を、日本語だけでなくボタン一つで英語、中国語、及び韓国語に切り替えて表示できるようにした。またディスプレイも84V型の4K対応テレビ(レグザ)を2台連結させて、8K×2K(8,192×2,160画素)という高精細表示を実現している。

次に、“ガイドシステム”である。歴史展示コーナーの代表的な50の展示に対して、レグザタブレット上に説明文や、映像、動



図A. 電子年表

画などを表示し、更にナレーションでわかりやすく紹介するシステムである。ナレーション制作には東芝の音声合成技術を利用し、人の発する声やイントネーションに極めて近いナレーションを実現することができた。音声合成の利点は、ナレーション内容を比較的容易に作り直せることにあり、イントネーションを修正したり、ナレーション原稿を変更したりして説明を理解しやす



図B. ガイドシステム

くしている。

ガイドシステムでも、日本語、英語、中国語、及び韓国語の4か国の発声と表記を導入している。更にこのシステムは、LEDの可視光通信を利用して、タブレットを手に持った来館者が展示物の前に立つだけで展示物のガイダンスを始めるという、ユーザーフレンドリーなシステムとなっている。

つの源流の視点から、当社のものでつくりのDNA（飽くなき探究心と情熱）の一端を示す。

管球から固体素子、電子機器への技術の進化

当社の源流の一つに、電灯を始めとする大きな管球事業の流れがある。すなわち1890年（明治23年）4月、工部大学の教授などを歴任した藤岡市助と三吉正一がともに電球を製造する目的で白熱舎を設立したが、後のマツダランプを代表製品とした東京電気(株)の始まりであった。その後、照明用管球のほかX線管など管球自体の進化とともに、固体素子や電子機器など当社のエレクトロニクス事業に発展した。

管球技術がルーツとなる技術の源流の系譜を図3に示す。

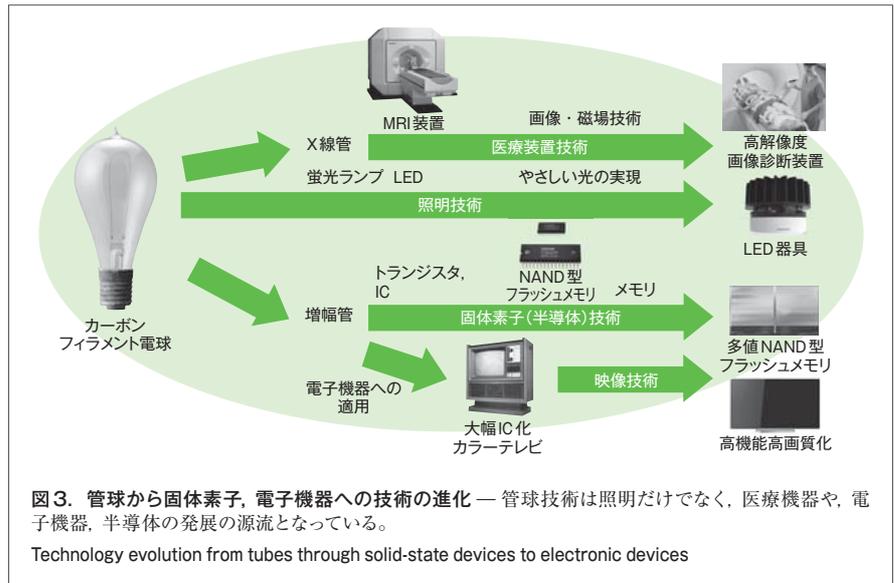
■照明の進化

藤岡市助が1890年8月にわが国で初めて完成させた歴史的資産である、カーボンフィラメント電球のカーボン状態を非破壊ラマン散乱分光によって解析したところ、フィラメントは当時の技術レベルでは困難と思われる1,000℃以上の高温環境下で焼成されたことが明らかになっている。

照明事業は、発光効率と演色評価数が高く寿命中の劣化が少ない蛍光灯に移行し、更に現在では、新光源LED（発光ダイオード）へと画期的な進化を遂げた。今ではLED光源が発光効率や寿命、制御性で他の従来光源を上回るようになっており、今後も更に省エネ性能の向上が見込まれている。同時に、可変色制御LED器具のように、人の心理や生理に適したLED照明を開発していくことが求められている。

■医療用装置の電子化

照明用以外でも管球技術は重要な技術の流れを派生させている。その一つが医療用X線管である。X線管は、第1



次世界大戦でドイツからの輸入が途絶したことから、順天堂病院と共同で1915年（大正4年）、東京電気(株)の実験室（後の研究所）においてX線管の国産化に初めて成功した。わが国初のX線管の研究に着手して以来、多くの医療用製品を他社に先駆けて開発し、わが国の画像診断装置分野をリードしてきた。

磁気共鳴現象を利用した医用画像診断装置であるMRI（磁気共鳴イメージング）装置は代表的な成果である。当社1号機は、東京大学物性研究所と、当社の総合研究所及び医用機器事業部（いずれも当時）の共同研究の成果をもとに開発され、東京大学医学部放射線医学教室の指導による東芝中央病院（当時）での臨床試験を経て、厚生省（当時）の薬事認可を受け慈恵医大病院に1983年5月に納入した。欧米各社の臨床研究用装置は既に稼働していたが、米国FDA（食品医薬品局）ほか海外各国の認可に手間取っていた。スタートで後れを取ったものの、時代に先駆けた医工・産学連携が世界初のMRI装置の商用化につながった。

MRI装置は、静磁場、傾斜磁場、及び高周波磁場の三つの磁場を発生させて画像データを収集するものである。これらハードウェア技術の進歩がその後の撮像の著しい高速化及び画質向上の

ベースとなるとともに、様々な新しい撮像手法が開発された。MRI装置は形態情報にとどまらず臨床目的に応じた各種の組織性状や機能情報を与えることが可能となり、詳細診断、治療計画、及び予後観察に不可欠な画像診断装置に成長している。

■カラーテレビのIC化

管球技術の一つに三極真空管があるが、米国でリードフォレストがそれを発明した1906年の10年後に、東京電気(株)は国産第1号を開発してこれを“オーゾンバルブ”と名づけた。その後真空管は、“固体素子”へと進化を遂げる。真空管での圧倒的優位な立場とゲルマニウムトランジスタで首位の座を占めるなどの成功体験が集積回路（IC）への移行を遅らせはしたが、高度経済成長時代の流れのなかで事業内容も変化し、急増する電子・情報通信関連事業に対応してIC化を進めた。

1971年には、世界初的大幅IC化カラーテレビの完成に至った。従来の個別部品では得ることができなかった高性能回路をカラーテレビで実現し、その後の映像と音声の進化を先導した。ICで構築されたカラーテレビのプラットフォームは、現在も進化する映像と音声を支える基幹技術となっている。

■ 固体素子メモリの進化

1982年から、当社の設備投資を重点的に半導体に投入するなど、思い切った施策をとった。こうして人的・物的資源の集中投資を行った結果、1986年には1MビットDRAMの量産を開始した。

半導体メモリの歴史はいかにメモリセルを縮小し、同じチップ面積で大容量化できるかを競う開発レースであった。更に、電源を切っても記憶が消えない不揮発性メモリの実現を目指した。そのなかで当社が大容量かつ低コストを目標に1980年代後半から開発を始めたNAND型フラッシュメモリは、現在世界標準の半導体メモリに成長した。当時から今日に至るまで基本的な書き込み・消去方式やフローティングゲートを持つ積層ゲート構造が使われ続けていることは、最小のメモリセルサイズを追求したコンセプト設計がいかに重要であったかを物語っている。

マーケットは現在主流である携帯電話、スマートフォンからSSD（ソリッドステートドライブ）まで広がっている。更に、開発当初期待されていたパソコン（PC）のHDD（ハードディスクドライブ）からの置換えが、NAND型フラッシュメモリの開発から20年近くの歳月を経て本格的に始まった。

電源と電力流通を支える技術の進化

創業時から一貫して受け継がれてきたものづくりとしての研究開発への情熱が、わが国初や世界初となる数多くの革新的な製品を生み出してきた。(株)芝浦製作所のもとでは、1906年に工場内に初めて研究室が設置され小規模ながら各種の研究試作が行われるようになった。これが当社の重電関係の研究所の始まりである。研究所は(株)芝浦製作所の技術の中核であろうとする抱負に燃えており、製品の改良、新製品、新材料、及び新工作法の開発を目的としていた。

電力を安定供給するためには、電源

による電力の“発電”と、電力を安全に効率よく輸送、制御する“流通”が両輪になることが不可欠である。一例として、電力供給を支える水力発電技術と電力流通を支える遮断器技術の進化の系譜を図4に示す。

■ 水力発電の大容量化

日露戦争後、水力発電に対する開発の気運が高まって水力発電機器や送配電機器の技術の急速な立上げが必要となり、1913年には王子製紙(株)千歳発電所に当時国産品としては画期的な6,250kVA三相交流水車発電機を納入し、注目を集めた。更に、1941年に発電を開始した、中国東北部(旧満州)と朝鮮(当時)の国境にあった鴨緑江水力発電(株)水豊発電所納入の100,000kVA水車発電機5台は、当時の世界最大容量機で画期的な製品として当社の技術力を示した。その後も記録的な水力発電機器を製作し、1954年に完成した関西電力(株)丸山発電所では、発電機に、回転子の下にスラスト軸受を設ける傘型構造を採用した。これは、以降の大型水車発電機の標準的な構造となっている。

一方、負荷調整用の電源として揚水発電所が建設されるようになるなかで、夜間や休日など需要が少ない時間帯の周波数調整を揚水で行うことが求められるようになった。そのニーズに応える

ため、東京電力(株)と共同研究を重ね、1990年に世界で初めて八木沢発電所に可変速揚水発電システムを実用化した。現在、世界最大容量となる可変速揚水発電システムを試験中である。

■ 遮断器の小型化と高性能化

電力流通に欠かせない基幹装置がスイッチギヤであり、メインコンポーネントである遮断器から構成される。当社は、真空スイッチを1965年にわが国で初めて製品化に成功した。これは、小型、軽量、長寿命であり、電流開閉性能においても接点の消費量が少なく、多数回の電流開閉に対応できることから、配電系統に適用される遮断器で世界標準となっている。この開発は、既に保有していた水銀整流器の真空技術と送信管技術の融合が鍵となったもので、ここにも管球技術のDNAが生かされていた。

その後、電極自体に磁界を発生させるコイル部分を持たせ、電極間に一様な磁界を発生させて電流を遮断する縦磁界電極を使用することで、大電流遮断性能の向上だけでなく真空バルブの小型化と低コスト化も実現し、電力流通界に広く貢献する技術革新となった。この結果、世界最大容量の遮断電流100kAの真空遮断器を1981年に製品化するとともに、その先進性から、世界的に真空遮断器の本格適用を浸透させるトリガーにもなった。

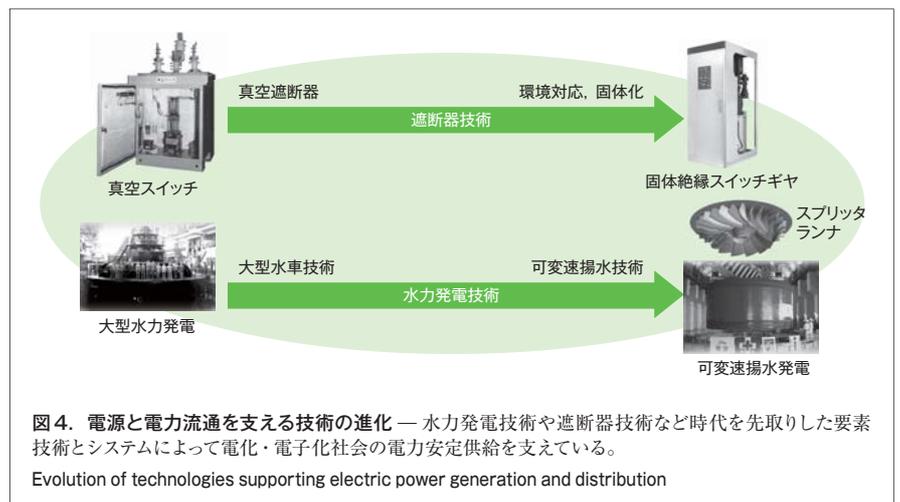


図4. 電源と電力流通を支える技術の進化 — 水力発電技術や遮断器技術など時代を先取りした要素技術とシステムによって電化・電子化社会の電力安定供給を支えている。
Evolution of technologies supporting electric power generation and distribution

環境を配慮する技術の進化

これまで述べたようなものづくりとエレクトロニクスを融合した新たな流れとして、社会の要請により環境や快適性を配慮した技術を進化させてきた。その一例として、インバータ技術を基盤とした静音化と省エネへの取組みを図5に示す。

■昇降機のスマート化

高度経済成長の時代と安定成長の時代を経て自主技術の充実期を迎え、省エネのほか、乗り心地や静音化など新たなニーズへの取組みが行われるようになった。その一つがインバータ制御高速ギヤレスエレベーターである。

当社は、インバータ技術と誘導電動機を高精度に制御するベクトル制御技術による、可変電圧可変周波数（VVVF）制御を行うインバータ制御高速ギヤレスエレベーターを1983年に世界で初めて製品化し、1985年に17人乗り、速度120 m/minの当社1号機2台を東邦ガス（株）総合技術研究所に納入した。制御性能の向上に併せて、10%の省エネと30%の電源設備容量の低減を実現した。特に精密に運転する技術及び、減速制御時や全負荷下降運転時の電力回生制御など高度な技術の開発に成功した。

これらの技術により、現在の高速エレベーターはインバータ制御ギヤレス方式が世界の主流となっている。今後、利用者の高齢化や建築物の過密化及びバリアフリー化への取組みなど、スマートコミュニティを支える縦の交通手段として進化させていく。

■洗濯機の低騒音性革新

洗濯機はバブル期を境に、二槽式洗濯機から全自動洗濯機へ需要の中心が移った。そのようななかで、人々のライフスタイルの変化や環境の変化などにより、洗濯機は洗い上がりだけでなく、節水性や、省エネ性、清潔性、静かさなど多様な要求が求められるようになった。

当社はこれらに答えて、独自のDD（Direct Drive）インバータ技術を開発し、1997年に低騒音を追求したわが国初のDDインバータ全自動洗濯機を商品化した。開発したDDインバータ技術を洗濯乾燥機にも応用し、低騒音化だけでなく洗濯機の省エネ性向上や短時間化などの技術開発を行い、洗濯機を進化させてきた。

その後登場したドラム式洗濯乾燥機は、全自動洗濯機以上の高いトルクと高速回転が必要である。そこで、ロータマグネットを従来のフェライト磁石からネオジム磁石に変更し、コンパクト化を図るとともに、高トルク化と高速化を実現した。

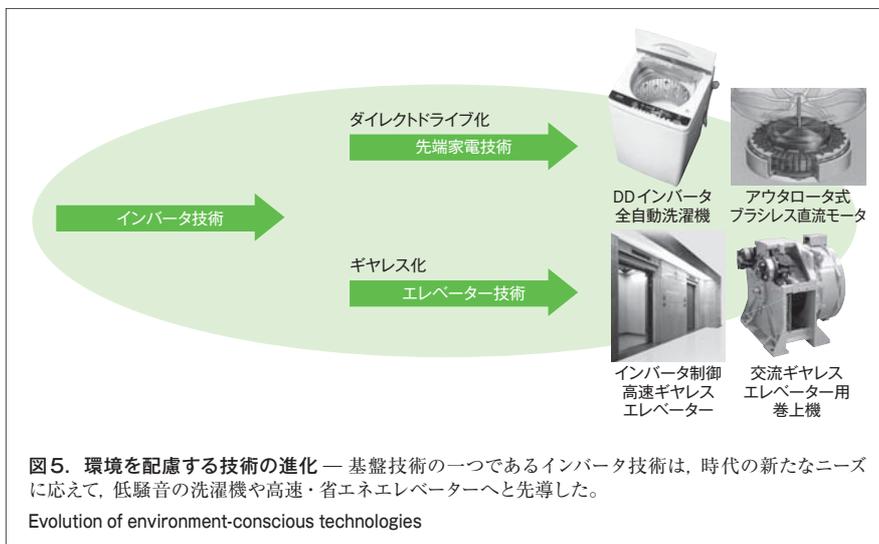


図5. 環境を配慮する技術の進化 — 基盤技術の一つであるインバータ技術は、時代の新たなニーズに応じて、低騒音の洗濯機や高速・省エネエレベーターへと先導した。

Evolution of environment-conscious technologies

イノベーション創造企業に向けて

当社の数あるわが国初又は世界初の技術や製品の中で、ここで取り上げることができたのは8件であるが、幾多の時代の変遷を経てもその時代の要請に応じて製品開発を推進してきたようすを述べた。東芝1号機ものがたりでは、初ものを創り出す情熱は他のどこにも負けないという企業像を示したが、今回、技術の系譜の視点から“東芝DNA”は確かに存在し、それが多くの技術者の洞察力と努力の結晶でもあることをあらためて浮き彫りにすることができたと思う。

昔も今も、そしてこれからも、当社は、従業員一人ひとりの心にDNAをしっかり宿らせ、世界でもトップクラスのイノベーション創造企業として成長していく。

文 献

- (1) 東芝科学館. 東芝1号機ものがたり. 東芝; 東芝科学館, 2005, 104p.
- (2) 東芝科学館. 東芝1号機ものがたりII. 東芝; 東芝科学館, 2011, 151p.



萩司 金秋
SYOJI Kaneaki

東芝未来科学館館長附。
東芝未来科学館の展示と運営の企画及び管理に従事。
Toshiba Science Museum



浅田 靖之
ASADA Yasuyuki

元東芝科学館館長。
東芝1号機ものがたり制作時に企画及び編集を推進。
Former Toshiba Science Museum



五日市 敦
ITSUKAICHI Atsushi

技術・イノベーション部 技術企画室参事。
コーポレートの技術企画及び技術広報に従事。
Technology Planning Office