

■要旨

ファクシミリの幕開けは、1843年スコットランドの機械技師で、電気時計の発明者であるアレクサンダー・ペイン (Alexander Bain, 1811-1877) の発明からである。ペインは「Electric Time-pieces and Telegraphs」を出願し、英国特許 9745 を取得した。これは、アレクサンダー・グラハム・ベル (Alexander Graham Bell, 1847-1922) による電話の発明より 33 年も前のことであった。

Bain の発明から 170 年余の今日に至るまでに、ファクシミリの姿は大きく変貌した。ファクシミリの成長そして普及には多くの要素があった。その中で影響が大きかった要素は、情報を遠隔地に「正確に・早く・楽に・少ない費用」で伝えたいというニーズであった。こうしたニーズに応えるために様々な技術課題に取り組み、それを乗り越えて今日に至っている。

Bain による発明以後、欧米が先行していたファクシミリであったが、昭和初期、NE 式写真電送装置の成功により国産技術がキャッチアップした。

ファクシミリは 1970 年代までは高価であったため、報道や鉄道、自治体、企業や団体など特定の企業内業務用に使われていた。こうした状況に大きな変化をもたらしたのが、1972 年における我が国の電話回線開放と、1980 年 G3 ファクシミリの CCITT (現 ITU-T) 国際標準の勧告であった。これにより、ファクシミリ市場は一気に目覚めた。1980 年代からは我が国の電機、通信機、事務機の各メーカーがこの業界に参入した。漢字といった象形文字の文化を持つ日本のニーズがファクシミリの機能性能に多くの改良を要求し、それらの要求にこたえるための技術開発、商品開発に各社がしのぎを削った。その結果、同一企業内のみならず、不特定多数との交信を含む情報通信の要として広く普及し、日本のファクシミリは世界市場を席卷する発展を示した。

オフィス用途としてはスピードや解像度、大量送信、大量受信要求に対応できる機器が好まれ、家庭や SOHO (Small Office Home Office) では、低価格で省スペースのファクシミリが好まれた。家庭用では電話機能が充実し、次第に電話機の付属機能としてファクシミリ機能を包含する姿に形を変えていった。こうしてファクシミリの 2 極化が進んだ。

1980 年代後半からはデジタル網の普及が世界的に進み、パソコン、インターネットといった ICT (Information and Communication Technology) が飛躍的に発展した。これに伴い、家庭や職場でも様々な機器がネットワークに繋がることにより、それまでとは異なり、情報の共有、保存、検索、複製が、迅速に行われるようになった。こうしてスタンドアロンからネットワーク化へ、ネットワークもアナログからデジタルへ、といったパラダイムシフトともいえる大きな変化の中で、E-Mail や共有 Data Base、あるいはクラウド・コンピューティングがファクシミリの代替手段として利用されるようになっていった。

2012 年の今日ではファクシミリの基本機能である、「読み取り機能」、「記録機能」、「コピー機能」といった機能が個別に求められ、ファクシミリはこれらの機能を具備した複合機 (Multi Function Peripheral) として発展している。Eメールが発達した今日でも、使用頻度こそ少ないが、ファクシミリでなくてはならない機能がある。一例としては、伝票、領収書などのエビデンスとして残す用途、列車の運行変更指示のような迅速に指示を徹底させる用途などである。今や成熟産業となったファクシミリを含む画像機器をどのように次代の産業として発展させていくかが課題となっている。

このファクシミリの系統化研究では、このような経過をたどったファクシミリの発展させた要因と、阻害した要因に着目し、産業としての発展の本質に迫っている。本書が成熟した事業の行き詰った状況からの新たな飛躍や、後世における新事業の技術開発、新規マーケットのブレークスルーのヒントに、役立つことを願っている。

■ Abstract

The first facsimile device appeared in 1843, the brainchild of the Scottish mechanical engineer and inventor of the electric clock, Alexander Bain (1811–1877). Bain submitted an application to the British Patent Office for "Electric Time Pieces and Telegraphs," no. 9745, and was granted a patent of the same number some 33 years prior to the invention by Alexander Graham Bell (1847–1922) of the telephone.

Obviously, the fax machine has changed immensely since Bain invented his device over 170 years ago. Numerous factors hastened the development and growing prevalence of facsimile devices. The biggest factor was the need to convey information over distance in a manner that was accurate, fast, easy and economical. A variety of technical issues had to be addressed in order to meet this need, solutions to which resulted in the fax machine of today.

Following Bain's invention, Europe and North America initially led the way with facsimile technology, but in the early Showa era (1925–1989), Japan succeeded in catching up with the West with the advent of domestically-developed NE-type facsimile technology.

The high price of facsimile devices until the 1970s meant that they were used only for specific commercial purposes by the news media, railways, government entities, corporations and other such organizations. This changed drastically due to Japanese government moves to relax telephone line restrictions in 1972, and after release of the 1980 recommendation of the former CCITT (now ITU-T) for an international G3 facsimile standard. These developments breathed instant life into the facsimile market.

From the 1980s, Japanese manufacturers of electronics, communication devices, and office equipment all became players in the field. The use in Japanese culture of pictographic writing in the form of Chinese characters made demands on facsimile functionality that required numerous improvements. Companies competed fiercely to develop technical and commercial solutions in response. As a result, fax machine use went beyond the confines of in-house use to become increasingly widespread as a key means of communication, including bulk messaging to large numbers of recipients. Japanese fax machines went on to take the world market by storm.

Office users wanted devices that offered speed, high resolution, and bulk fax transmission and receipt capabilities. Meanwhile, home and SOHO (small office, home office) users preferred machines that were reasonably priced and required minimal space. Home-use fax machines already came with full telephone functionality. Following this was the transformation of the fax machine into an auxiliary function of the telephone. Later, the facsimile market would go on to become more polarized.

Beginning in the latter half of the 1980s, digital networks started to become more prevalent globally, while development of information and communications technologies (ICT) in the form of the personal computer and Internet took off dramatically. This meant that home and office users were connecting to computer networks using a range of devices, and were sharing, saving, searching for and printing data, as had never been done before. A huge transformation, or what could be called a paradigm shift, was taking place: from analog to digital technologies and from stand-alone to networked computers. The fax machine gave way to e-mail, shared databases and cloud computing.

Now, in 2012, scanning, printing and copying are required as separate functions, facsimile now provided as one such function on a Multi-Function Peripheral (MFP) device. With e-mail having come as far as it has today, the use of the fax has declined. Nevertheless, it is not a function that can disappear. For example, faxing still serves to keep documentary proof of such things as tickets and receipts, as a foolproof way to convey information quickly, such as of changes to a train timetable, and more.

Facsimile having matured into the imaging devices of today, the current issue is the future direction of the imaging industry. This systematic investigation of the fax sheds light on the nature of the development of the facsimile industry by focusing on the factors impelling and impeding the development of its technology throughout this process of change.

The author hopes that this paper can be useful in suggesting possibilities for a breakthrough in this stalled mature industry that will lead to technological developments in business fields of the future, and open up new markets.

■ Profile

小川 睦夫 *Mutsuo Ogawa*

国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

昭和 49 年 3 月 東京理科大学理学部物理学科卒
昭和 42 年 株式会社リコー入社
平成 4 年 DEP(Digital Equipment Products) 事業部副事業部長
ファクシミリ事業責任者を担当
平成 11 年 東北リコー株式会社理事
平成 15 年 東北リコー執行役員
平成 16 年 株式会社リコー標準化戦略室長
平成 20 年 株式会社リコー退職
現在合同会社 MOTT 代表取締役
平成 3 年度 発明協会発明賞受賞

■ Contents

1. はじめに	4
2. 黎明期、1843 年～1972 年	6
3. 助走期、1972 年～1980 年 (回線開放～国際規格の制定まで)	19
4. 成長期、1981 年～1996 年 (国際規格制定から MFP 統計開始まで)	35
5. 成熟期、1996 年～2012 年 (MFP 統計開始から現在まで)	44
6 標準化の話	50
7. ファクシミリ要素技術の変遷	70
8. ファクシミリ系統化のまとめ	93
謝辞	97
ファクシミリ年表	98
ファクシミリ技術系統図	100
登録候補一覧	102

■要旨

電力ケーブルの技術発展は、低損失化、コンパクト化、長尺化、高信頼度化、高品質化など電力会社の明確なニーズと主導のもとにケーブルと接続箱の新規技術を積極的に導入して進められた。1980年以降は日本独自技術で世界トップクラスのケーブル線路が完成した。ケーブルは数十 km 線路の長手方向に一箇所でも欠陥を造らない高品質化技術がより重要であり他の電力機器と異なる点である。

火力、原子力発電所などで発電された電力は、変圧器で高電圧化され、架空送電線を経由して地中に布設された電力ケーブルにより都市内の需要地へ送られる。電力ケーブルはライフラインを支える基盤製品である。本調査は 60kV 級以上電力ケーブルの OF ケーブル (Oil-Filled cable)、POF ケーブル (Pipe type Oil Filled cable) および CV ケーブル (Cross-linked polyethylene insulated cable) を対象として行った。電力ケーブルの技術開発は、主に高電圧化および大電流化に対する材料とその構造の改善の歴史であり、いかにしてコンパクト化ができ、低損失化できるかにある。ケーブルと接続箱の技術発展に主眼を置き系統化調査を行い、以下の 5 期に分類し技術発展過程をまとめた。

(1) 模倣技術による国産化 (1950 年代後半 (昭和 30 年代前半) まで)

日本最初の OF ケーブルは、1928 年にイタリア・ピレリー社から技術導入を受けて、1930 年に日本電力 (株) 尾久変電所向けに製造、布設された。66kV 鉛被 OF ケーブル (絶縁厚 10mm) である。第二次世界大戦中はほとんど生産されなかったが、1951 年以降産業の復興とともに 66kV 以上 OF ケーブルは急激に増加した。コンパクト化のため 66kV 3 心 OF ケーブルが実用化された。1955 年頃には日本の技術は独り立ちできた。

(2) 海外技術をベースとした国産技術の発展 (1950 年代後半 (昭和 30 年代前半) ~ 1970 年 (昭和 45 年) 頃)

フランスのリヨン社から薄紙絶縁ケーブル技術の導入を行い、1960 年に 287.5kV OF ケーブル線路が建設された。その後鉛被に代わって波付きアルミ被を実用化し、絶縁体の低損失化を図るため脱イオン水洗紙および合成油を実用化するなど国産技術による高電圧化と低損失化が進められた。架橋ポリエチレン材料自体はアメリカ GE 社の特許で、1960 年頃に各社がライセンス契約を結び CV ケーブルを実用化した。1964 年には 70kV CV ケーブル (絶縁厚 20mm) が布設された。日本独自の内外半導電層と絶縁層の 3 層同時押出方式を開発し、絶縁性能を向上させた。日本が常に先行して CV ケーブルの実用化を進めた。

(3) 自主技術で国産化 (1970 年 (昭和 45 年) 頃 ~ 1980 年 (昭和 55 年) 頃)

長距離 275kV OF ケーブルおよび POF ケーブル線路が建設され、長距離 500kV OF ケーブル線路建設を目標に日本独自の低損失の半合成紙の開発が進められた。一方、CV ケーブルについては、日本独自の乾式架橋製造方式が開発され、CV ケーブルの絶縁性能を著しく向上させた。これらの技術は、世界に先んじた技術であり、CV ケーブルの絶縁信頼性を向上させ、超高圧 CV ケーブルの実用化に貢献した。1979 年に世界で初めての 275kV CV ケーブルが布設された。

(4) 日本独自技術で世界トップレベルへ (1980 年 (昭和 55 年) 頃 ~ 1990 年 (平成 2 年) 頃)

絶縁体の低損失化のため 275kV 半合成紙 OF ケーブルを実用化した。導体の低損失化のため、世界で初めての酸化第二銅皮膜を有する素線絶縁導体が開発され、275kV POF ケーブルに適用され大電流化を果たした。500kV CV ケーブルを目指して開発が進められた。絶縁性能に対して欠陥となる異物混入を阻止するため、材料から製造まで徹底したクリーン化が進められ、1988 年には、発電所の引出し線として 500kV CV ケーブルが世界で初めて実用化され、1989 年には長距離 275kV CV ケーブル線路 (絶縁厚 27mm) が実用化された。

(5) 世界トップレベルの製品化 (1990 年 (平成 2 年) 頃 ~ 2005 年 (平成 17 年) 頃)

世界トップレベルの 500kV ケーブル技術を確立し、これをベースに大容量線路として、本四連系線 500kV 半合成紙絶縁 OF ケーブル (絶縁厚 25mm)、紀伊水道横断直流 500kV 海底 OF ケーブル (絶縁厚 22.5mm)、新豊洲線 500kV CV ケーブル (最小絶縁厚 27mm) が実用化された。既に 10 年以上の運転がされている。

■ Abstract

The development of power cable technologies is the history of developing lower power loss, smaller cable dimensions, longer distance transmissions, better reliability and higher quality overall in accordance with the requirements of power utilities in Japan, in the course of which new technologies relating to power cables and its accessories were proactively introduced to Japan. In the 1980s, Japan became successful in installing world-class power cable transmission lines using own technology. The big difference with other power equipment was cable technology that guaranteed high quality and reliability, particularly for defect free transmission over distances of several tens of kilometers.

Electricity generated by thermal, nuclear and other types of power plant is transmitted through overhead transmission lines and underground cables to urban areas where the demand for electricity is very high. Power cables are thus key to modern living. This study focuses on oil-filled cable (OF cable), pipe-type oil filled cable (POF cable), and cross-linked polyethylene insulated cable (CV cable), with voltage ratings of 60kV or more. The development of power cable technologies is the history of developing insulation materials and power cable construction able to handle higher voltages and larger current, and also developing smaller dimensions and lower loss. This study focuses primarily on technology development for power cables and its accessories, and addresses its development in the following five stages.

(1): Domestic production through imported overseas technologies — Until latter half of 1950s

Technology imported from Pirelli Cables of Italy was used in 1928 to manufacture OF cables for the first time in Japan. OF cable rated 66kV (10 mm thick insulation and lead-sheathed) was subsequently installed in the Ogu Power Substation of Nippon Electric Power Co. in 1930. However, the development of cable and related technology, and cable production was virtually halted throughout Second World War. After 1951, the demand for OF cables rated 66 kV and higher sharply increased. Three-core OF cable rated at 66 kV was developed to meet the market requirements for smaller diameter power cable and was produced commercially. By 1955, Japan was self-reliant in power cable technology.

(2): Development of own technologies on the basis of imported technologies from overseas — From latter half of 1950s to around 1970

During this phase, thin paper insulation cable technology from Les Cables de Lyon in France was used. 287.5 kV OF cable lines were installed underground in 1960. Corrugated aluminum-sheathing was then developed in Japan to replace lead sheathing, and was produced commercially. Domestic cable technologies were successful in achieving higher power voltage and lower dielectric loss with de-ionized water-washed Kraft paper and synthetic oil. CV cable was commercialized around 1960 with licensing agreements for cross-linked polyethylene materials with GE in America, and 70 kV CV cable (20 mm thick insulation) was subsequently installed in 1964. Cable with a triple layer simultaneous extrusion process for the insulation and two semiconducting screens was then developed in Japan, enhancing cable insulation. Japan had now taken the lead in the commercialization of CV cable.

(3) Domestic production with Japanese technology — From around 1970 to around 1980

During this phase, long-distance 275 kV OF cable and POF cable power transmission lines were installed throughout Japan, and low-loss semi-synthetic insulating paper was developed domestically to make viable commercial long-distance 500 kV OF cable power transmission lines. Japan developed its own dry-cured insulation process to achieve better insulation performance and higher reliability. These world-leading technologies achieved greater insulation reliability for CV cable, and also contributed to the commercialization of ultra-high-voltage CV cables. The world's first 275 kV-rated CV cable was installed in Japan in 1979.

(4) Japan as world leader in power cable market with own technology— From around 1980 to around 1990

The 1980s saw the commercialization of OF cables with semi-synthetic insulation paper for lower dielectric loss. The world's first strand-insulated cupric oxide film-coated conductor wire was developed, achieving a further reduction

in current loss. This technologies were applied to 275 kV POF cable and enabled high current power transmission. Crowning this technology was CV cable rated for 500 kV. To prevent contamination of the insulation layer, clean production control was applied, from the raw materials stage and right through the manufacturing process. In 1988, Japan installed the world's first 500 kV CV cable in power plants. In 1989, it was successful in installing commercially operated long-distance 275 kV CV cable transmission lines (27 mm thick insulation).

(5) Japan becomes top-ranking power cable manufacturer — From around 1990 to 2005

During this phase, Japan led the world in 500kV power cable technology. This technology made possible the commercialization of high-capacity transmission lines, such as the 500 kV OF cable with semi-synthetic paper insulation (25 mm thick insulation) in the transmission line connecting Honshu and Shikoku, in the direct current 500 kV submarine OF cable (22.5 mm thick insulation) across the Kii Channel, and in the 500 kV CV cable (27 mm minimum thickness insulation) of the Shin-Toyosu line. These power lines have been operating for more than 10 years.

■ Profile

吉田 昭太郎 Shotaro Yoshida

国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

- 昭和 45 年 3 月 東京工業大学大学院理工学研究科電気工学
専攻卒業
- 昭和 45 年 4 月 株式会社フジクラ (旧藤倉電線株式会社)
入社
超高压電力ケーブルの開発に従事
- 平成 元年 7 月 研究開発本部電力開発部長
- 平成 4 年 4 月 工学博士 (東京工業大学)
- 平成 4 年 7 月 電力事業部電力技術部長
電力ケーブルの設計に従事
- 平成 10 年 7 月 電力事業部長
電力ケーブル事業全般を担当
- 平成 23 年 8 月 株式会社フジクラ 退職
- 平成 24 年 4 月 国立科学博物館産業技術史資料情報センター
主任調査員

■ Contents

1. はじめに	106
2. 電力ケーブルの概説	107
3. 模倣技術による国産化	110
1950 年代後半 (昭和 30 年代前半) まで	
4. 海外技術をベースとした発展	120
1950 年代後半 (昭和 30 年代前半) ~ 1970 年 (昭和 45 年) 頃	
5. 自主技術で国産化	138
1970 年 (昭和 45 年) 頃 ~ 1980 年 (昭和 55 年) 頃	
6. 日本独自技術で世界トップレベルへ	153
1980 年 (昭和 55 年) 頃 ~ 1990 年 (平成 2 年) 頃	
7. 世界トップレベルの製品化	167
1990 年 (平成 2 年) 頃 ~ 2005 年 (平成 17 年)	
8. 系統化調査のまとめ	187
9. あとがきと謝辞	196
登録候補一覧	197