

## ■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

# 1 | はじめに

人類が社会活動、そして経済活動をするうえで「情報」はなくてはならないものである。

情報は求められている時には価値があるが、それが広まった時点つまり、共有化され、理解され、行動につながった時点で役割を果たしたことになる。したがって、求められ、または、伝えたい情報の伝達にはスピードと正確性が重要なファクターとなる。情報は正確であることで信頼され、採用される。そして短時間に情報共有ができることで組織活動や社会活動の円滑化を図ることができる。

ファクシミリの進化の歴史はその正確さとスピードの改善の歴史であり、装置価格、通信価格の低減の歴史でもある。

ファクシミリは文字と画像イメージの両方を送ることができることからそれまでの通信であった電信と並行して発展してきた。我が国に於いては写真電送から出発し、手書き文字や写真、印刷文書が送れることで発展し、操作性がよく専用オペレータが不要なことから1970年代まで使われていたテレックスをファクシミリが完全にリプレースした。

ファクシミリは当初、クローズドな一共同体内の情報伝達手段として発展してきた。それが、新聞社内の記事伝達手段であったり、軍における機密情報の伝達手段であったり、警察内における手配情報伝達であったり・・・といったものであった。

そうしたクローズドな情報伝達手段が低価格化によって、数多くの団体へとその用途が広がり、更に、電話回線の開放により、不特定多数との情報伝達ニーズにも応えられるものとなり、やがて多くの企業や多くの家庭へと裾野が広がっていったのである。

その先鞭がA4原稿1枚を6分で送れる1968年に国際規格に制定されたグループ1型ファクシミリ(G1ファクシミリ)であり、そして1976年に国際規格制定されたA4原稿1枚を3分で送れるグループ2型ファクシミリ(G2ファクシミリ)であった。ファクシミリ使用者のニーズは、G1、G2のファクシミリではスピードと画質において満足されなかった。普遍的なユーザーニーズは『情報を正確に、速く、安く、楽をして、きれいに、伝えたい』、つまり、『正速安楽』であった。より速く、より原稿に忠実なファクシミリを求めたのである。

その結果、1980年には、A4原稿1枚を1分未満で送り、解像度がG1、G2ファクシミリの2倍以上のグループ

3型ファクシミリ(G3ファクシミリ)の規格が制定され、G3ファクシミリが誕生したのであった。そしてファクシミリ業界は、更なるスピードと解像度の改善を提案し、グループ4型ファクシミリ(G4ファクシミリ)の規格制定を行った。

G3ファクシミリは万国共通の通信インフラを使うことができたため、グローバル商品として全世界に広がり、利用されるようになった。一方で、G3ファクシミリの後に規格制定されたG4ファクシミリはデジタル回線を使用するため、通信インフラのある国とない国が存在した。そのため、G3ファクシミリの様な普及はしなかった。しかしG4ファクシミリの規格や、技術は、後のICT環境の中での構成要素技術として活かされている。本稿ではファクシミリの発展の歴史を、以下の構成で記述する。

2章：黎明期（ファクシミリ誕生から1972年の電話回線開放前まで）、とし、技術資源の乏しい中を、先達等が創意、工夫を凝らしてファクシミリを実現したことなどを紹介する。

3章：助走期（電話回線開放からG3規格制定までの期間）とし、G3国際標準勧告前にファクシミリメーカー各社が「空飛ぶコピーを作ろう」と必死に技術開発と製品開発を重ねてきた。それぞれ自社のファクシミリが最も優れていると主張しつつも、技術開発を進める傍ら、G3ファクシミリの標準作りも行ってきた。それらの開発行為が後のG3ファクシミリの原型づくりに大きな役割を果たしたことを紹介する。

4章：成長期（G3規格制定からCIAJ（情報通信ネットワーク産業協会）がMFPの生産出荷統計開始（1997年）まで、とし、CCITT（現ITU-T）によるG3国際標準制定後のファクシミリの目覚ましい発展ぶりとその背景を紹介する。

5章：成熟期（1997年から2012年まで）とし、MFPの中でのファクシミリの多機能化や、ICTの中で生き続けるファクシミリの高度化した機能や、エポックなどを紹介する。

6章では国際標準化について紹介する。この標準化活動の中で日本の果たした役割の大きさを紹介する。

7章では、ファクシミリを構成する各要素技術の変遷を紹介した。

8章はまとめである。

図1.1はG3ファクシミリの概略構成図である。

ファクシミリは、総合技術から成り立った機器であ



る。読み取り部では原稿搬送技術、光学技術、照明技術、画像信号処理技術が、画像符号化では情報理論に基づく画像情報圧縮のアルゴリズムや信号処理技術、モデムおよびNCUではアナログ信号処理技術やデジタル信号処理技術及び通信技術、更には各国の電話回線接続規則への準拠が求められ、記録部では紙搬送技術、作像技術、記録メディア技術、がある。更に機器全体としての制御技術等、多岐にわたっている。

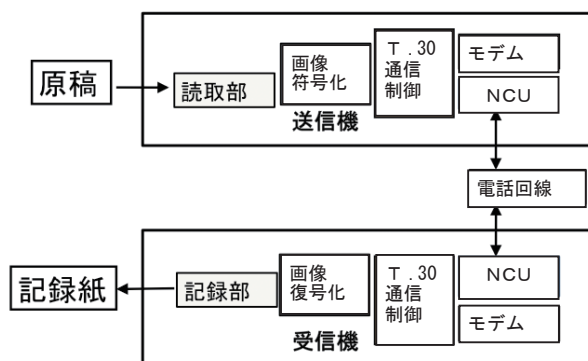


図 1.1 G3 ファクシミリの概略構成図<sup>1)</sup>

各技術分野の変遷を網羅的に紹介できていない点をご容赦願いたい。また、ファクシミリの変遷では主に、事務用ファクシミリやパーソナルファクシミリにフォーカスし、その他の専用用途のファクシミリについては記述していない点も併せてご容赦願いたい。

#### 参考文献、引用文献

- 1) 水谷幹男「ファクシミリ史」開発と標準化 情報通信文明史研究会 2010年9月21日に加筆修正

## 2 | 黎明期 ファクシミリの発明から一般用途向けの商品化まで(電話回線開放まで)1843年～1972年

この章では世界初のファクシミリの発明から実用に至るまで、更に、我が国に於いては誰が最初にファクシミリに接したか。また、我が国に現存する最古のファクシミリや、国産技術によるファクシミリの実用化等、約130年間に及ぶ年月の間の主な出来事を振り返り、紹介する。

### 2.1 ファクシミリの発明

ファクシミリは1843年スコットランドの時計技術者 Alexander Bain により発明<sup>1)</sup>がなされた。

Alexander Bain とはどういう人であったかを簡単に紹介する。Bain は、時計技術者であり、電気時計の発明者として知られている。また、記録技術についても才能を発揮し、インパクトプリンター所謂タイプライターのインクリボンの発明者でもある。更に身近なところでは、ウォーター・サーバのプッシュ式蛇口の発明者でもある。A. Bain の肖像を図2.1に示した。

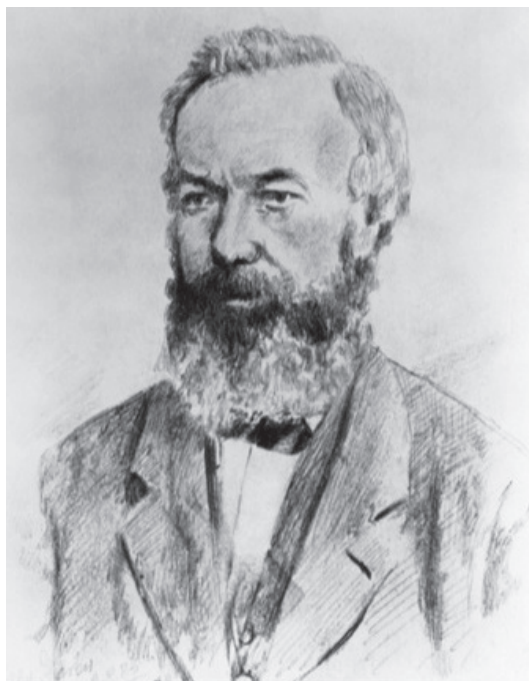


図2.1 ファクシミリの発明者 Alexander Bain<sup>2)</sup>

この時代は動力として今では当たり前のモーターがイギリスの科学者ウィリアム・スタージェンによって1832年に発明されてはいたが、まだ高価で用途は限定的であった。無論、真空管などの増幅器も無い。原稿情報を読み取る光電変換の技術もまだ発明されていない。電話もないので電話の線路も当然無い。Bain

のファクシミリは英国特許9745「Electric Time-Pieces Telegraphs」を取得した。出願は1843年であった。図2.2及び図2.3にその概要を示しているが、動

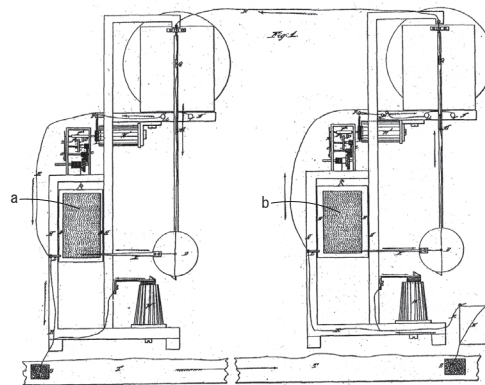


図2.2 A. Bain のファクシミリ (正面図)

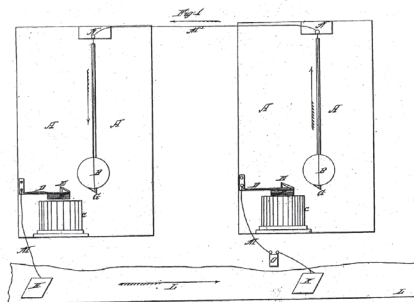


図2.3 A. Bain のファクシミリ (側面図)

力は振り子である。この方式は、Bain が発明した電気時計の原理を用いている。走査手段は電気仕掛けの振り子による往復運動を利用するものであった。図2.2のaは送受信台となる走査面である。a面には互いに絶縁された細い針金がびっしりと並べられ、シーリングワックスで固定されている。a面は表裏対象となっている。表面と裏面はきれいに磨かれている。たとえば『A』という形の金属の活字を裏面に押し当てた状態で表面を走査針で走査する。そうすると電流は走査針→走査面の針金→括字部を通じて外部回路に流れる。この回路は受信側とつながっているため、送信側で『A』という活字に対応した部分を走査したときにのみ電流が流れ、受信側に信号として送られる。したがって、『A』の代わりに文章を表現する活字を並べればその文章に対応した信号が受信側に送られるのである。電流は次の経路をたどる。電池から活字、送信台背面、送信台表面、走査子、振り子、線路を通じて受信機へ。走査子による走査ごとにわずかずつ走査

面が重力方向に移動する。このようにして導電変換によって活字群からなる電文を読取る仕組みである。記録側は、フェロシアン化カリと硝酸ナトリウムを混ぜた溶液に浸した湿った紙を前述送信側で用いたものと同じ走査台 b の裏面側に張り付け帰路電極を形成する金属板を押し当てる。往復動する振り子の重錘の中心部に付けた金属アームを介して先端の記録針が走査台の表面を掃引する。送信側で走査片が活字のある部分を通過するときには電流が流れる。受信側での電流の流れるルートは以下の通りである。線路、振り子、走査子、受信台表面、針金、受信台背面、記録紙、裏面金属板、アース、帰路を通じて送信側電池の負極に戻る。こうして、走査面を通して記録紙に電流が流れることにより、記録紙上に発色画像を得ていた。副走査は送受とも、振り子の動作のたびにパネルを少しずつ重力方向に下げて移動させることで行っていた。このように送信側電池からの電流が、活字盤から針金を通じ、振り子に伝わり、離れた場所の受信側振り子につたえられ、振り子に付けた記録針から湿式の記録紙を通じ、記録紙背面の導体パネルから大地を伝わって送信側電池のアースに戻る仕掛けであった。同期の取り方は、振り子が左端に来ると振り子止めによって振り子がロックされる。ロック機構は電磁石によって解除されるようになっている。送受の両方の振り子が左端に来ると電磁石に電流が流れロックが解除される仕組みだ。Bain によって、主走査、副走査、同期、読取り、記録の今のファクシミリの基本機能がここで初めて構成されたのである。Bain は、モールス電信では送信文がそのまま受信文とはならないことを革新し、送信文が即受信文として伝えられることを目指した。これこそが今日でもファクシミリが利用されている最大の特徴である。こうした観点から発想してファクシミリの発明につなげたことに敬意を表す。

しかしこの Bain のファクシミリは、同期がうまくとれず画像が乱れるといった基本的な問題があったため実用には至らなかった。Bain は、その功績により、1877年1月11日の Nature に追悼文として紹介された。

その後、欧米を中心に改良が加えられることになる。改良には、同期方法の改良、走査方法の改良、駆動方法の改良、原稿の改良、読み取り方式の改良、記録媒体の改良など、日本に於ける国産第1号の完成を迎えるまでの85年間、様々な改良がなされてきた。

## 2.2 ファクシミリの実用化

### 2.2.1 走査方法の改良

Bain の発明より、5年後の1848年、英国の Frederic Collier Bakewell は英国特許 12,352 で、円筒走査を用いたファクシミリを提案している。

図2.4は Bakewell のファクシミリ<sup>3)</sup>の概念図である。

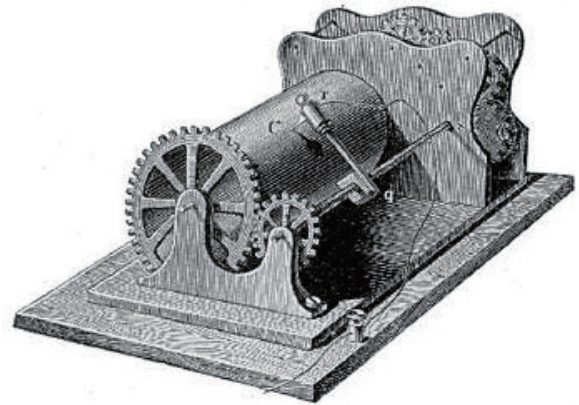


図 2.4 Bakewell のファクシミリ概念図

円筒回転の動力源としては重錘を用いている。円筒の回転速度を一定に保つためにはやはり振り子を用い電磁石により速度規制を行っている。円筒の回転速度は 30rpm であることが開示されている。送信原稿は導体上に絶縁材料で描画したものを円筒に貼り付ける。一方、記録は塩酸と水とフェロシアン化カリ飽和液を同量混ぜたものを紙に浸す湿式記録である。

円筒走査はその後のファクシミリの重要な要素として平面走査が用いられるまで種々のファクシミリで使用されてきた。Bakewell は、特許の中で協働係数について触れており、協働係数を一致させることで拡大や縮小画像(相似形画像)を得ることも開示している。ここに協働係数 = ドラムの直径 × 走査線密度である。ドラムの外周は概ね、原稿または記録紙の幅(走査線の長さ)に等しいか若干長い。例えば、協働係数 = 268 のファクシミリの場合、走査線密度 = 3.85(本/mm)であった場合はドラムの直径 = 69.6mm である。このときドラムの外周 = 218.5mm となる。外周が 218mm であれば A4 サイズの原稿または記録紙が装填できる。回転速度が同じでドラム径が異なった場合は協働係数が同じであれば相似形の画像が得られることになる。

### 2.2.2 世界初の商用機

1855年、イタリアの Giovanni Caselli は英国特許 2532 を取得し、1861年には 2532 を改良した英



国特許 2395 を取得した。Caselli は、この装置を Pantelegraph と命名している。この Pantelegraph は、パリ／リヨン間で世界最初の商用に供せられた。図 2.6 は英国特許 2532 の実施例である。図 2.5 は左半分が一方の装置であり、右半分が他方の装置である。図 2.5 の a,a' は、速度制御用の時計機構である。

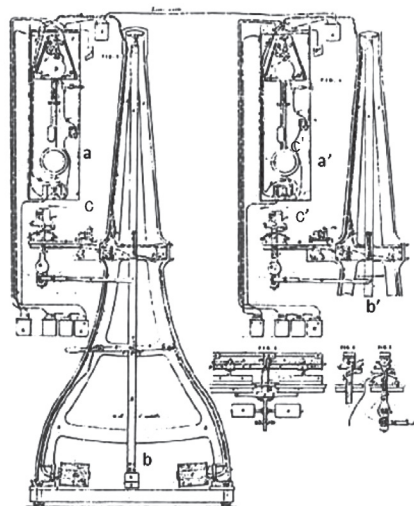


図 2.5 Giovanni Caselli の Pantelegraph<sup>4)</sup>

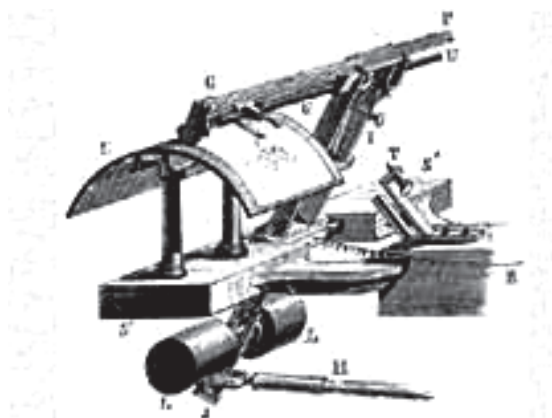


図 2.6 Pantelegraph Scan Bed (図 2.5 の c 部拡大図)  
英国特許 2395

時計機構の振り子の周期は b の大きな振り子の周期の半分よりも若干短く設定されている。b の大きな振り子の長さは 6 フィート、振り子の先端には、鉛片と鉄片が具備され、重量は 12 ポンドある。振り子が触れる両端には電磁石が装備されている。電磁石は a の時計機構の振り子の周期で通電されることによって、b の大きな振り子が左右の端部に近づいたところで吸引力により引かれ、そのあと電磁石への通電が断たれることによって磁石から離される。このように小さな振り子の 1 周期毎に大きな振り子は半周期毎に周期が合わされることになる。b,b' の大きな振り子の支持枠中段 c 部、c' 部には円弧形状をした原稿テーブル、記録紙テーブル (図 2.6 参照) が固定されている。

その下側に位置する振り子のほぼ中央にはアームが取り付けられており、このアームの往復動作がリンク機構によって読み取り針、記録針でそれぞれ円弧形状の走査テーブル上を Scan させる。原稿には Silvered Paper 上に絶縁インクで描画したものが用いられた。一方記録紙はフェロシアン化カリの溶液に浸した湿式ペーパーを用い、通電電解記録を行っている。

ナポレオン三世は、1860 年に Caselli の Pantelegraph のデモンストレーションを見て、翌年スタートしたフランスの全国電信網内のサービスのための注文を出した。

Pantelegraph を使った交信テストは、パリとアミアン 140Km の間で行われた。送信原稿には作曲家ジョアッキーノ・ロッシーニの署名が使われたがこれはうまく受信され、受信側では受信されたロッシーニの署名と並べて立会人が署名し、それを送り返した。ロッシーニの署名は往復のファクシミリ通信を経てきれいに判読することができ、テストは成功裡に終わった。

こうした経緯を経て実用に供されたのであった。この装置の実物がパリの博物館及びミラノのレオナルド・ダ・ビンチ博物館に現存する。

### 2.2.3 日本人とファクシミリの出会い<sup>5)</sup>

日本人とファクシミリの出会いについては、画像電子学会名誉会員の小林一雄が克明に記している。小林は川野辺の文献<sup>6)</sup>(“テレグラフ古文書考—幕末の電話”)を引用し、以下の説明を画像電子学会ファクシミリ故事<sup>7)</sup>の中で紹介している。以下に原文をそのまま引用する。

1862 (文久 2) 年、開港延期交渉のため、竹内下野守保徳 (たけうちしもつけのかみやすのり) (勘定奉行兼外国奉行) を正使とする遣欧使節が派遣された。使節団の一員佐野鼎 (さのかなえ) (加賀藩士) の手紙に、文久 2 年 3 月 28 日、パリ中央伝信局見学のことを記され 28 日晴伝信局に至る万国応酬のために設く 3 年前発明にて横文字を直ちに印出す」とある。G. Caselli の Pantelegraph の商用開始は、文献により異なるが、日付けを特定し、引用文献のあることから、文献を信用すれば以下の通りである。

1862.2.10 : リヨン = パリ最初の発信

1863.2.16 : 公衆サービス開始

印刷電信かファクシミリかよくわからないが、日付上からは、ファクシミリの可能性も否定できない。

また、1862 年、遣欧使節に翻訳方として加わった福沢諭吉が著した「西洋事情」<sup>7)</sup>にもファクシミリを見たと思われる記述がある。

確実にファクシミリを見ているのは、1863(文久3)年の遣仏使節である。横浜鎖港談判のため、田筑後守長発(外国奉行)を正使とする使節団の一員、岩松太郎の航海日記1864(元治元)年4月27日に「……書画をエレキテルにて出来するところへ行き見たり」と記されている。

以上の、川野辺の調査に対する小林の考察によればフランスでの第2回パリ万博開催以前に日本人はファクシミリに出会ったものと考えられる。

以上の小林の記述によれば日本人はすでに江戸期にファクシミリに接していたことになるが当事者に目的意識があったわけではなく、具体的なアクションつながるには至らなかった。

しかし、ファクシミリをどうしたいかの意思を表明したのは第2回パリ万博使節団であるといえる。

1867年(慶応3年)日本は初めて第2回パリ万博に参加した。1866(慶応2)年、フランス皇帝ナポレオン三世から幕府宛に、1867年にパリで開催する万博への出品要請と元首招請についての書簡が届いた。そこで、幕府は将軍慶喜の弟、徳川昭武を名代として派遣することとした。昭武は当時14歳で、異国でのこの幼君の警護役として水戸藩士7名が選出されたが、忠義心も強いが頑固な攘夷論者でもある彼らの取りまとめ役として随員に加えられたのが、かつて過激な尊王攘夷論者であった渋沢栄一であった。その上、算数に明るく、理財の念に富んでおり、その有能な実業家的手腕も期待されていた。渋沢栄一の航西日誌<sup>9)</sup>には「越列機篤児を以て図画を模出せる器械あり新發明なるよし電線機の新製なるを多く出せしは瑞西を以て第一とせり」と記されている。使節団の外国奉行の向山隼人正(むこうやまはやとのかみ)はスイスのニューシャテル伝信機製作所(後、FAVAG→HASLER)へファクシミリを発注した。契約関連書類は“統通信全覧”(外務省外交史料館所蔵)にあり、それによると、装置名はボネルリ・ヒップ(Bonelli・Hipp)の伝信機、2台で6,000フラン、伝信機の10年間独占供給、伝習付となっている。これに伴い田辺太一、箕作貞一郎(何れも維新後元老院議員)が伝習を受けた。1867年末にファクシミリは発送されたようであるが、幕末の混乱期でもあり、その後の消息ははっきりしていない。

#### 2.2.4 日本に実在する最古のファクシミリ

日本に実在する最古のファクシミリはD'Arlincourtのファクシミリで、東京大手町の通信総合博物館に所蔵されている。(図2.7(a))参照

工部大学の外国人教師エアトン教授が、アーリン



図2.7(a) Arlincourtのファクシミリ 通信博物館所蔵

コート(エアトン)のファクシミリを明治10年、太政大臣三条実美に実演<sup>10)</sup>して見せたと、記した「通信省時代の通信の歴史に関する研究会」報告書が通信総合博物館にある。旧工部大学校史料によれば遠村容吉(おおじむらようきち)の、工学寮雑記<sup>11)</sup>にも、太政大臣三条実美に実演して見せた記録がある。また、旧工部大学校史料によれば、W.E. Ayrton教授<sup>11)</sup>はグラスゴー大学から特別に招かれた理学系の教授で、工部大学校では電信学の教授を務めた。当時グラスゴー大学からは6名の教授が工部大学校に招かれ、英国の研究の中心は東京に移った<sup>11)</sup>。と言われたほどであった。電信学のミッションは①電信線建架方法の研究。②電信線を作る方法の研究。③海底線を作る方法の研究。④水雷火を設ける方法の研究であった。また学内に、博物場を設け、『電信線建架並びに、作用に用うる諸器模型校中諸場に於いて要用なる諸器模型を法に従い、序を正し整置して生徒に縦覧せしめ、書図上に於いて知りやすからざる物を指示して解得せしむ。』とある。このことから、工部大学校の、エアトン教授が本機を選び、工部大学校が購入したものと推測できる。ここで工部大学校の設立時の工部省について説明しておく。明治3年10月20日工部省が設立され、『鉱山、製鉄、燈明台、鉄道、電信機等のことを管理し、国家産業に発達のため政府自ら種々の事業を経営し、また一般に向かつて産業を奨励したり。その結果裏に民部省の設置せし燈台、電信、その他の各部局等これに属する修技局をも継承せり。』とある。工部省が電信を管掌することから工部大学校と工部省の連携があって、工部大学校に電信の専門家を招いたことにつながる。



1878年(明治11年)3月25日、木挽町に電信中央局が開業<sup>12)</sup>の際、電話機等とともに Arlincourt の展示ファクシミリが展示実演されている。この開業式には福沢諭吉が来賓として訪れ、祝辞を述べている。福沢の挨拶<sup>13)</sup>では、「今を去ること13年、慶応二年、諭吉が書したる『西洋事情』に電信の功用の大略を挙げ、西洋諸国には電信なる一種の奇機ありて、遠くに音信を通じ、……このときには世間もこれを信ずる者なく、……。」と記している。このことからアーリンコート<sup>14)</sup>のファクシミリが1878年のこのとき初めて一般にお披露目されたものであろう。このファクシミリの同期方式はスタートストップ式の調歩同期であり、円筒の1回転ごとに同期合わせができるので送受でのずれが累積することはない。1869年英国特許1920によると、動力源はゼンマイとなっているが通信博物館にあるものは重錘を用いる形式になっている。走査方式はドラム走査(円筒走査)で回転速度制御には機械的共振子を用いている。(図2.7(b)参照)

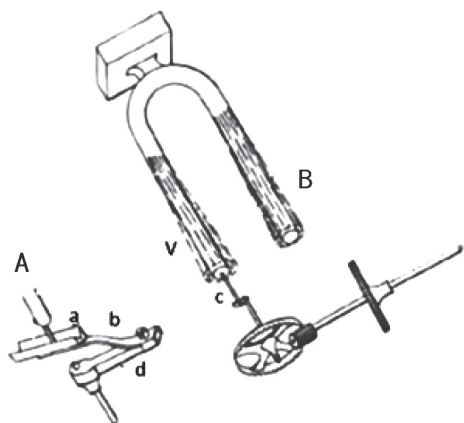


図 2.7(b) 音叉による速度制御機構

図2.7(b)のように音叉vの先端にピンcが接続され、このピンがAに示すようにV字溝aを介して板ばねbの押圧で接する。板ばねbは、歯車からの回転が伝わるアームdと結合されている。こうして歯車の回転がアームdの回転となり、V溝aを介してピンcとは偏心回転となる。これにより、音叉が励振され、振動を始める。歯車の軸は音叉の共振周波数以外の速度では負荷が重くなり、速度が規制されることになる。このように、英国特許1920では音叉を用いた実施例が開示されているが、通信総合博物館が所蔵しているものにはコイルスプリングが用いられていた。これも作用としては音叉と同じ機械的共振を利用しているものである。ゼンマイの動力を歯車に伝え、歯車の回転がドラムの回転となるが、回転速度が機械的振動子の固有振動数と異なると回転負荷が増大し、回転速度が制

御される仕組みである。送信の画像読み取りは導電変換で画像の記録は電解記録であり、Bain や、Caselli の方式とほぼ同じといえる。

## 2.2.5 画質の改善

19世紀末、W. von Siemens(独)によって行われた光電管の実験<sup>14)</sup>は、やがて写真電送を産み出すきっかけとなった。1902年には、最初の実験的なセレンを用いた光電子のファクシミリ・システムがそのドイツの発明者 Arthur Korn<sup>14)</sup>によって実証された。

それは、走査によって得られた画像の濃淡を電池につながったセンサーの電流の変化に変換するといったもので、受光素子にセレンを使用した。この方式はハーフトーンの送信を可能にした。そしてこの装置が5年後に商業用途に採用された。1904年にこのシステムで、Kornは600マイル以上離れたミュンヘンからニュールンベルクへ電話線で写真を送った。彼は1907年に大陸からイングランドへ最初の電送写真を送った。1910年までに、パリ、ロンドンおよびベルリンでは Arthur Korn のファクシミリによって電話機回路網上のファクシミリネットワークが構築された。

Arthur Korn は前述のように、セレンウムセルを用いて、中間調情報の伝送を可能とし、受信に写真記録を導入して、中間調を含む、写真電送に成功した。しかし出力電流が少なく誘導雑音の影響を受けるため、導電変換で写真を送ること(これをテレオートグラフと呼称している)も研究した。わが国ではこの方法により、実験した。この模様は大内誠三の著書<sup>15)</sup>に記載されている。以下はここより得たことから記述する。実験は裸線路で、直径約4mmの銅線を東京大阪間に敷設した。線路抵抗は1940Ω、送信電圧60V、着信電流20mA、円筒回転数30rpm、走査線密度4l/mm、伝送時間は15分(画サイズ4寸X6寸)であった。

裸線路では東京大阪間に中継増幅をすることなく、直接受信した信号を記録したものと思われる。

このときの送信原画は、写真製版で亜鉛板上に50line/inchのスクリーンの幅の大小で中間調を表現したものを作りこれを熱処理し円筒に巻きつけ導電スキャンした。中間調を含まない文字の場合は、亜鉛板に絶縁性インクで描画した。受信側の記録は検流計によって光量を変化させて写真記録を行った。このように今まで二値の電送であったものが多値情報を電送することが可能になった。このことは扱う原稿の範囲を大幅に拡大できることに繋がったのである。特に19世紀末に急速に発展した新聞事業の需要にこたえてフ



ランスで広く利用されることになった。図 2.8 は東京大阪間の実験の際に得られた画像である。



図 2-8 Korn 式による東京大阪間の電送実験受信画像  
東郷元帥（画像電子学会所蔵）

## 2.3 ファクシミリの国産化

### 2.3.1 NE 式写真伝送装置の完成

日本は開国以来長年にわたり、海外の先進技術、製品を導入、輸入して自国の技術レベルの向上に努めてきた。昭和初期は所謂、舶来崇拜の時代であったといっていだらう。このころの日本では、技術、製品のコピーをしてでも商売をしたいといった時代であった。舶来品は品質が良いが高くて一般の多くの人には手が出ない。国産品は安い。だがすぐに壊れる。今でこそ、世界中で『Made in Japan』は信頼のブランドであるが当時はまだまだ海外の技術力とは水をあけられていた。こうした時代にあつて『技術の独立』を目指した日本人技術者がいた。その人は独自の発想で当時としては画期的なファクシミリの国産 1 号機の開発を成功させ、しかも業務用途での活用に貢献した。

その国産 1 号ファクシミリが日本電気株式会社製「NE 式写真電送装置」である。開発者は丹羽保次郎、小林正次である。永田宇征の電気学会電気技術史研究会論文「NE 式写真電送装置について」<sup>(10)</sup> から引用し、NE 式写真電送装置の際立った技術及び功績を紹介する。

国産第 1 号のファクシミリが文書伝送に適した白黒二値のファクシミリではなく、グレースケールを伴う

写真電送からスタートしたことから、如何にこの時代において『光景や情景、状況』の正確な共有に価値があったかがうかがえる。

NE 式写真電送装置が一躍時の注目となったのが昭和 3 年 11 月京都で執り行われた天皇即位の御大典でのデビューであった。

1928(昭和 3)年 11 月、京都で執り行われる天皇即位の御大典に向けて、各新聞社は欧米で実用化された写真電送装置(現在の FAX)の導入を競った。これまでの新聞社が行ってきた特ダネ記事の写真の送り方はなんと、写真を飛行機や列車で運ぶというものであった。こうした環境にあつて新聞各社はどこよりも早く重要な記事の写真を紙面に載せたいと、最新鋭のファクシミリの導入に必死であった。朝日はシーメンス製、毎日ではベラン製を導入した。毎日ではベラン社から技師がやってきて調整を行ったが、気温と湿度の微妙な変化で写真がゆがんでしまう。日本電気が写真電送に成功していることを聞きつけた毎日の記者は、日本電気製を使用したいと申し込んできた。

一方、日本電気においては、当時の技術部長であった丹羽保次郎は悩んだ。まだ実験段階であるし、もし失敗すれば舶来崇拜の時代、国産技術に水を差すことになる。しかし部下の小林正次は是非とも使用してほしいと。試験データを徹底的に検討し、独自技術である電磁振動子による光電変換方式に自信もあった。結局丹羽は了承した。毎日が行った試験では、この NE 式の方の成績が良く、急遽採用が決定、御大典の模様は、無事、京都→東京間を電送されて、毎日新聞の紙面を飾った。当時、最先端の外国製写真電送機よりも鮮明な画像で、日本技術の優秀性を世界に知らしめることとなったのである。

### 1) NE 式ファクシミリの概要

Bain のファクシミリ発明から 75 年が経過し、技術も大いに進歩してきた。

75 年前には無かった、動力源としてのモータが実用になり、光電変換素子、電気信号の増幅器、伝送路としての電話回線、アナログ技術などの進歩が目覚ましかった。関連技術としては写真技術、電磁オシログラフによる記録技術、各種モータの量産、電気信号の処理技術、(周波数分析技術、フィルター技術等々)も高くなっていった。当時の写真電送装置の三要素は、送信装置、同期装置、受信装置であった。それらに対応する特許は次の 3 件である。特許 85028 号は送信方式、84722 号は変調方式、86775 号は受信方式の発明である。これら 3 つの方式は世

界の技術レベルに勝るとも劣らぬ技術であり、画期的な発明であった

それぞれについてNE式の特徴を以下に示す。

## 2) 送信装置

白熱電球からの光を、スリットを通すことによって整形し、回転歯車によって光束を切断する。これによって、搬送波となる脈動光を作ることができる。このときの脈動光の周波数は歯車の数と回転数によって任意にすることができるが、NE式では1,500Hzとした。この程度の周波数であれば当時の増幅器で容易に増幅できたが、低い周波数では低周波増幅器の作成と使用法が難しかった。スリットの形を調整することにより、種々の波形を得ることができたが、NE式では正弦波にした。この光をドラムに巻いた原稿面に当てる。ドラムは、直流モータ及び同期電動機で回転され、主走査並びにギヤ比による副走査が行われる。原稿面に照射して得た反射光あるいは透過光がここで既に原稿面の濃淡により振幅変調されたものとなっている。

この反射光を光電変換器である光電池で受ける。

光電池の出力は増幅器、フィルターを通して同期信号と重畳されて伝送線路に導かれる。この原稿面照射光がすなわち搬送波となり、反射光の段階で既に振幅変調されているといったファクシミリとしては世界初の画期的な手段であった。

## 3) 同期方式

同期方式には伝送同期方式と独立同期方式があるが、NE式では送信装置から受信装置に同期タイミングを伝える伝送同期方式をとっている。

同期信号の送り方にも工夫があった。

比較的短距離の電送では架空裸線を用いた。このときは周波数が高いと損失が多くなるため同期モータの周波数と同じ100Hzを送っていた。

一方、長距離電送の場合はケーブルを使用した。これは100Hz付近では減衰が大きくなるので450Hzと、350Hzの2つの周波数の合成波を送っていた。受信側ではこの二つの波の干渉によって100Hzを取り出し、同期モータを駆動することで同期をとっていた。同期モータのみで円筒を動かすことはできたが、そうすると装置が大型になってしまう。AT&T方式がこの方法であった。これに対してNE式では同期モータと、送受各サイドにおいた直流モータと直結して駆動力のほとんどを直流モータに持たせることにしたので、装置を小型にするこ

とができた。

## 4) 受信装置

受信装置では受信信号から同期信号と書画情報に分離する。分離して得た同期信号は増幅されモータ駆動に供される。一方、高域フィルターによって同期信号を取り除かれた書画信号は増幅器を通過し、描画信号に使われる。

NE式の描画方法には画像の濃淡を再現するための独自の工夫がある。この発想は小林の発想によるものであった。図2.11において、白熱電球Sから出た光は、レンズL<sub>1</sub>とスリットW<sub>1</sub>によって整形されてミラーVに入射する。電磁オシログラフと同じ原理で、Vは2本のワイヤに貼り付けられている。このワイヤには受信電流が流れることになっており電流の大小によって、Vは振れ方を変える。Vで反射された光は、レンズL<sub>2</sub>の直前におかれた2番目のスリットW<sub>2</sub>によって一部が妨げられて感光紙が巻かれているドラムに到達することができない。どの程度の光の量が妨げられるかは、Vの振れの角に依存する。これによって、感光紙にあたる光の強さが変わり濃淡が生じる。つまり、受信電流の大小が感光紙の濃淡となって現れるわけである。これがNE式を受信装置の特徴である。

以下の表はNE式と他の外国製ファクシミリの対比を行ったものである。

図2.10及び図2.11は国立科学博物館に所蔵され

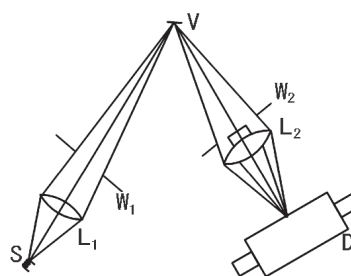


図 2.9 受画描画方法

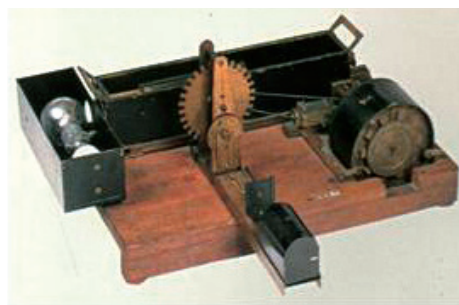


図 2.10 NE 式送信機

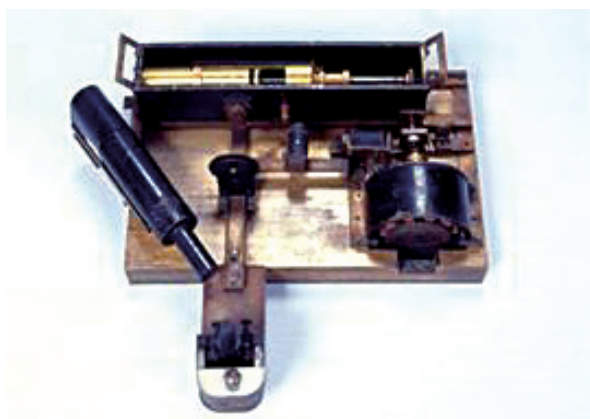


図 2.11 NE 式受信機

ている。NE 式写真電送装置の送信機と受信機の写真である。

### 5) 丹羽保次郎の紹介

丹羽保次郎は特許庁が選定する日本の十大発明家に認定された。丹羽は欧米に大きく後れを取っていたファクシミリの分野で欧米をしのぐ独創的な技術で我が国にファクシミリの実用化とファクシミリ産業をもたらした。昭和3年の昭和天皇即位式の報道写真電送に丹羽らが開発したNE式写真伝送装置が採用されことはあまりにも有名な話である。我が国における初の公用ファクシミリの実用化としては昭和5年から始まった通信省の写真電報サービスにも

NE式写真伝送装置が採用されていた。さらに昭和11年ベルリンオリンピックでは無線写真伝送装置としてNE式写真伝送装置によって国際間の写真電送を実用化している。また、技術のさらなる発展をめざし、電写研究会を立ち上げ、企業の枠を超えたファクシミリ技術の育成に取り組んだ。電写研究会はその後、画像電子学会として発展し、ファクシミリの国際標準化活動や画像処理、画像圧縮、文書処理技術など幅広く国内外で活動している。丹羽保次郎の功績がこれまでのわが国のファクシミリ産業の原点とあって差し支えない。

### 2.3.2 日本におけるファクシミリの商業運用の開始

#### 1) 公衆写真電信の登場<sup>17)</sup>

大正13年当時のことである。このころは電信線も電話線も大部分は架空裸線であり、他回線への誘導や接続上の取り扱い、並びに法規上は写真電信機（ファクシミリ）が電信なのかどうか論議的であり、ともかく技術上の調査をまっけて法規を考え、許可条件を決定する、とした立場をとっていた。

このころは、海外からファクシミリの開発成功の知らせが日本にも届き、写真電送サービス開始の機運はかなり上向いてきた。大正14年1月、東京、名古屋、大阪の各通信局長に正式に写真電信機の実験命令が出た。実験は東京中央電信局から名古屋局で折り返し、

表 2.1 初期のファクシミリの方式一覧

機種	読み取り	記録	同期	動力	伝送	その他
A. Bain	背面活字板との絶縁画素ワイヤ接触式スタイラス平面走査	走査テーブル背面に記録紙を張り付けた導電走査	スタートストップ同期	電磁振り子	ベースバンド伝送	1843年発明
E. Belin	円筒による凹凸検知による電磁ピックアップ方式	電磁オッシロ式光量制御による写真記録	スタートストップ	モータ	ベースバンド	1907年レリーフ法完成
Belin2	光電変換	写真	独立同期	交流モータ	ベースバンド	1926年日本で実験
シーメンス製	光電変換(ドーナツ型の光電管)	写真(ニトロベンゼン液中の電極に電圧印加で偏光面が回転することを利用した光の反射で記録)	二重恒温槽を使った温度管理による独立同期	モータ	搬送周波数帯使用の変調方式採用	1926年独立同期完成
ATT式	光電管	ライトバルブ	伝送同期(400Hzを16Hzで変調)	同期モータ	AM変調	1925年実用化 カラー電送実験
NE式	光電変換(歯車回転による光束断続読み取り)	写真(電磁オッシロ式)	伝送同期	直流モータと同期モータ	AM SSB変調	1928年NE式完成 線密度7本/mm



東京中央局で受信するといったものから開始された。この実験にはまだ国産機はなかったがのちの実験ではNE式も加わった。

東京／横浜間の折り返し試験や、無線の試験も行われた。こうした実験を重ね、逓信省では、いよいよ写真電信業務開始に乗り出すことになり、各種機器方式の実験結果を踏まえ、いずれの方式を使用するか迷っていた。受信画質の面からはNE式に比べどうしてもシーメンス方式が一步進んでいると判断し、昭和4年(1929年)5月立案文書はシーメンス方式と定めて工務局長、電務局長、経理局長の判まで済ませた。ところが当時の次官桑山の所で物言いがついた。

「写真電送は大蔵省が反対しているものを俺が押したのだから国産品でやれ！」と次官の一声でシーメンス式からNE式に変更することになった。直ちに日本電気に速度、画質等の改善策を依頼した。7月2日新内閣になり、現次官も辞職することになる、それでは元も子もなくなり、実現が不可能になるというので辞職前日、緊急で決裁を得たという経緯があったそうである。今から考えれば、当時の桑山次官の一言がその後の我が国のファクシミリの発展を加速させることにつながったと思える。写真電信機はI号機(高速度、架空裸線用)、2号機(ケーブル用予備)が設置され、実施を控え、写真電報規23則の制定(8月8日)運用保守の訓練等、その準備に逓信省挙げて万全の処置がとられた。こうして昭和5年(1930年)8月20日、開通に先立って披露がなされ、翌21日わが国初めての業務が開始されたのであった。

## 2) 逓信省時代の対処<sup>19)</sup>

昭和5年(1930年)、写真電送が開始されて、その利用は新聞、通信社による写真電送が主であったが、東京・大阪間のみであり、専用制度ができて以来、新聞、通信社はこぞって自社で設備を持つようになった。従って公衆写真電送の利用は、銀行、商社などによる文書通信のみといってもよい状態になった。文書の電送に写真の現像を伴うような方式は早急に改善する必要があった。当時の世界情勢は、昭和4年末の世界経済恐慌、満州事変の勃発など、風雲告げる状況にあった。通信技術では、松前博士による無装荷ケーブル方式の提案など、欧米の技術支配を脱する国産化対策が強く叫ばれ、逓信省は工務局調査課を設置した。公務局調査課では無装荷ケーブルが大陸へと伸びるにしたがって写真電送が設置され、そのテストに追われた。テストを重ねるにつけ、写真電送こそ、象形文字のアジアにおいて必要

な機器であるという思いを強くしたことであろう。

## 3) 公衆模写電信の開始<sup>19)</sup>

「はがき電報」が提案されたが支那事変の拡大、物質不足、官民ともに戦時色化し、試作ははかどらなかつた。ようやく昭和17年(1942年)日本電気により1号機が完成、東京・新京間で18年12月1日より公衆通信業務を開始した。日本国内でも東京・大阪間での開通が予定されていたが、空襲と戦後の荒廃した国土の再建でファクシミリにまで手が回らず昭和21年に延期された。

## 2.6 記録技術

ファクシミリの黎明期にあつて日本でも記録方法については湿式、乾式など種々の試みがなされてきた。日本のファクシミリはNE式にみられるように写真電送から始まった。記録メディアとして印画紙を用いたNE式の後も、受信紙に導電性を持たせるために風化性物質、たとえば硫酸ソーダあるいは潮解性物質、である塩化カルシウムなどを和紙に含ませて放電によりその表面における繊維を酸化して炭素を遊離させる方法で、これを放電酸化記録方式<sup>20)</sup>と呼んでいた。この方式は記録電流が比較的大きいことに加え常に記録紙に導電性を持たせねばならず、扱いが煩雑となり実用化には至らなかった。昭和18年にステアリン酸鉛を白い基紙に塗布し放電熱により記録する方式を採用した公衆模写電信業務が日満間に開始<sup>20)</sup>された。戦後間もなくのころには、還元酸化チタンを用いた薄灰色の放電破壊記録紙による連続受信方式のものが、毎日約100通程度の通信量にまで達するほど利用されていた。グロー放電管を用いたフィルム受信を昭和25年に電気通信研究所が東京サンフランシスコ間の国際間無線写真電送の実験に成功している。この成功を契機に、短波同報模写電送が実用化<sup>20)</sup>されている。このように、画像品質については課題を有してはいたが、情報伝達の価値認識の高さがうかがえる。この節では実用化した記録技術についての一部を紹介する。

### 2.6.1 電解記録紙

通電発色紙は記録媒体に電流を流すことで発色する紙を指す。黎明期においては通電感熱紙と通電電解記録紙が存在していた。ここでは実際にファクシミリに用いられた電解記録紙について述べる。

この記録紙の歴史は非常に古く、1843年のA. Bainによるファクシミリの発明においても実施例として開

示されている。Bain が開示した電解記録紙<sup>21)</sup>は、フェロシアン化カリと硝酸ナトリウムを混ぜた溶液に浸した湿った紙であり、電極が接触し電流を流すことで発色するものであった。Bain の発明から5年後には Bakewell がやはり湿式の電解記録紙を発明の中で開示している。それは、塩酸と水とフェロシアン化カリ飽和液を同量混ぜたものを紙に浸したものであった。更にその後、Caselli が、Pantelegraph の特許の中で、フェロシアン化カリの溶液に浸した湿式ペーパーを用いている。その後大分時間を空けて登場したのがホーガン研究所で開発された記録紙である。ホーガン記録紙は日本に於いてもライセンス生産され、量産機に使用されていた。図 2.12 はホーガン式ファクシミリ (電気通信大学所蔵) である。

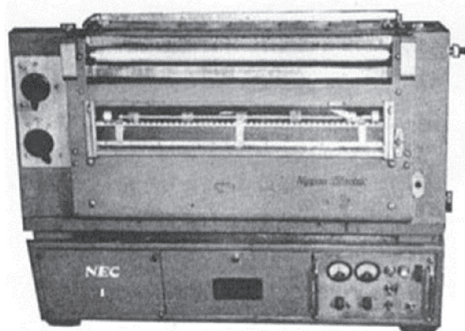


図 2.12 ホーガン式ファクシミリ：電気通信大学所蔵

アメリカでは昭和 10 年頃からファクシミリが実用<sup>22)</sup>になった。このときの記録方式は電磁式カーボン紙印字であった。日本では放電酸化記録方式<sup>23)</sup>放電破壊紙等が出現していた。共に画像品質には問題があったが、実用化<sup>23)</sup>した。昭和 23 年頃、アメリカのホーガン研究所が、受信電流によるアゾ染料の反応を用いて発色させる方式<sup>24)</sup>を提案し、日本にも紹介された。しかしこの方式は記録直後の画像は良かったが、滲み画像になるのに加え、次第に変色していくため実用化にならなかった。昭和 28 年にはこれらの欠点がかなり改善された。そこでこのライセンスを取得した時事通信社は NEC と共同で国産化ファクシミリを完成させ、全国的なニュースサービスを開始した。これがホーガン式ファクシミリである。しかしながら、何れの成分からなる電解記録紙も次のような欠点があった。

- ① 常に記録時においては湿潤状態を保持していなければならない。
- ② 従って紙の保存が面倒である。
- ③ 薬品を含ませた紙の扱いが厄介である。
- ④ 記録コントラストが十分でない。
- ⑤ 画像の保存性がよくない。

⑥ 受信した紙の乾燥工程が必要である。

したがって、乾式の、滲みが改良された放電破壊紙の登場とともに電解記録紙は占有率を下げた。

## 2.6.2 放電破壊記録紙、アルミ蒸着紙の商品化

昭和 10 年アメリカの WU 社による放電破壊記録紙の実験から、わが国でも放電破壊記録紙を用いたファクシミリの研究がおこなわれた。我が国で最初の放電破壊記録方法の特許は昭和 13 年に出願され、昭和 15 年に特許 140326 号<sup>25)</sup>を取得している。出願人は旧通信大臣となっている。

この発明は実施例、図 2.13 に見るように、ドラム D の上に記録紙 P を巻きつけ、電極 A を紙面上で放電させて記録画像を得るといものである。記録紙 P

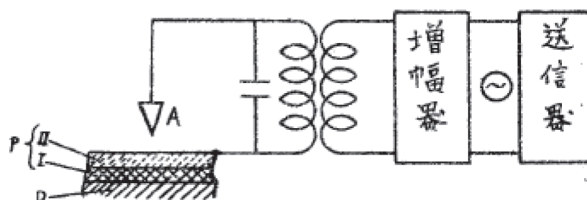


図 2.13 放電破壊記録紙の実施例

は、記録保持体 I 湿気を吸収する板紙、厚板、絶縁紙、不燃性セルロイド等が用いられ、これに各色を着色させて表層が飛散したときに色が現れるようにしてもよい。としている。また表層は導電層 II であり、繊維素を溶媒に溶かしこれに銀、銅、あるいは他の金属粉を顔料とともに混入し I の上に塗布したものとなっている。導電層の厚さは薄く、 $20\ \mu\text{m}$ ~ $50\ \mu\text{m}$ となっている。これにより、簡易な構造となり、動作遅れの無い記録画像が得られるとしている。この研究は巴川製紙の協力<sup>26)</sup>の下で通信省にて進められた。

アルミ蒸着紙の発明は前記放電破壊記録紙発明のさらに後の 1934 年アメリカの R. J. Wise、B. L. Kline によって行われた。この記録紙は放電破壊紙と共に黎明期において G1 機を中心に広く使われた。

図 2.14 に示すように、紙をベースとし、その上にカー

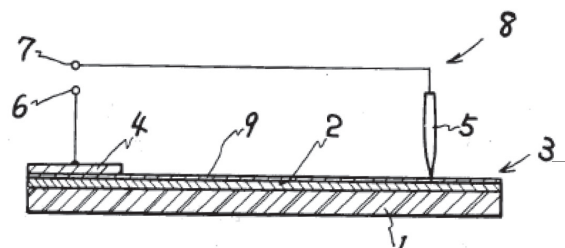


図 2.14 放電破壊記録

ボン層を形成し、更にその上にアルミニウムの蒸着膜を堆積させたもの。金属(アルミ)箔のような外観をしているが、紙としての特性を有している。この蒸着膜は、真空の蒸着窯でアルミを加熱し、蒸発させ、その中におかれたカーボン紙の上にアルミが堆積し、薄膜が形成される。こうして出来た紙に記録針を対向させ、高電圧をかけることによって蒸着層のアルミが破壊され、蒸着層の下に形成されたカーボン層が露出する。この工程を記録紙の全面にわたって主走査、副走査を行うことで画像を形成することができる。なおこのときアルミ蒸着紙の端部は金属のホルダーによってグランド電位に保たれている。放電破壊記録装置は図2.14のごとく構成される。ここで3は放電破壊記録紙、1は紙などからなる絶縁基体シート、2はカーボンブラックなどからなる絶縁性の着色層、9は導電性のアルミニウムなどを蒸着した蒸着層、5は記録針(スタイラス)、4は蒸着層をアース電位に保持する面電極であり帰路電極として作用する。蒸着層9上に、帰路電極4を接触させ、スタイラス5を9に対接させて配置している。帰路電極4は回転ドラムと一体に構成され、記録紙3は回転ドラム上に装着される。従って記録紙3は機械的に回転走査されている。回転している放電破壊記録紙3の表面、導電性の蒸着層9の上を滑るようにしてスタイラス5は記録紙3の各記録位置を相対移動することで主走査され、ドラムの回転に合わせて一定ピッチでドラムの軸方向に平行に移動することによって副走査される。

画像を記録する場合は端子6、7間にパルス状の電圧が印加される。アルミの蒸着層の厚さは500から1000Å程度の厚さしかないので、アルミ蒸着層9はスタイラス5と帰路電極4の間に電圧がかかると、蒸着層はスタイラス5の先端において容易に熔融飛散する。すると蒸着層がとれた所は下地の着色層に塗布されたカーボンブラックが露出する。周囲のアルミの白色(光沢色)に対しカーボンの黒とでコントラストの良い画像が得られる。

放電破壊による記録は、構造が極めてシンプルな一次発色紙であり、しかも乾式であり、この記録紙のほかに消耗品を必要としないなどの優れた点を有していたが、次のような欠点もあった。

- ① スタイラスの周囲がアルミの飛散したカスで汚れる。従って清掃が必要。
- ② 放電によってオゾン臭が発生する。
- ③ 紙が特殊紙であり、価格が高い。
- ④ カーボン層やアルミ蒸着層を有しているため重い。

したがって、上記の欠点を持たない感熱記録の登場とともに船舶用の気象ファックスなどの一部用途を除いて姿を消すことになった。

### 2.6.3 静電記録紙開発

ファクシミリをより高速で送信、受信したいといったニーズがある。それを可能にする記録方式がマルチスタイラス電極を使用した静電記録技術であった。

微小な点に電圧を印加し、印加によって電荷を蓄えることができる紙が静電記録紙である。

この動作を記録紙全面に渡って行い、画像に対応した微小な電荷を蓄積した集合が静電潜像となる。これに着色した微小粒子を付着させて現像し、固定画像とするのが静電記録である。静電記録紙の日本国特許特公昭38-24343が日本電信電話会社から出されている。

図2.15は静電記録紙の構成を示している。図中aは、誘電体物質、例えば酢酸ビニール樹脂、塩化ビニール樹脂、シリコン樹脂、エポキシ樹脂等の1種以上を主

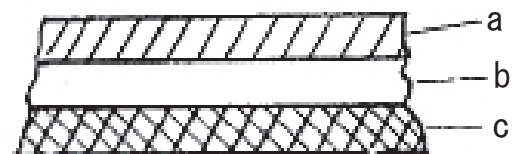


図 2.15 静電記録紙構造

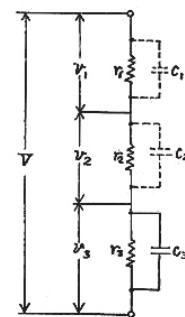


図 2.16 静電記録紙等価回路

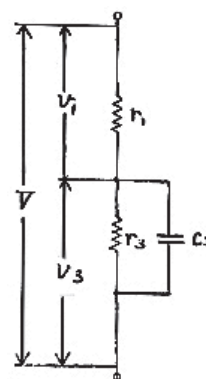


図 2.17 静電記録紙の近似等価回路



成分としたもので、塗布あるいはラミネート等薄膜貼り付けもしくは、これら誘電体を接着剤として用い、必要に応じてチタン酸バリウムなどの強誘電体の物質を用いて形成されたものである。bは低抵抗層でアルミニウムや銅、ニッケルなどの粉末、塩化カルシウムなどの塩類若しくは、グリセリンなどの吸湿剤、またはイオン電導を利用する界面活性剤、例えばポリオレフィン、スルホナトプロピルジメチルベンジウムモニウムクロライド等の低抵抗物質を用いて形成させたものである。cは支持基体であり、紙、プラスチック、金属などから選ばれ、所要形状で画像を保持できるように形成されたものである。

図 2.16 は図 2.15 のように構成された記録体の動作を示す等価回路である。図 2.16 に於いて、V は印加される電解を示す。 $v_1$  は、図 2.15 に示す像保持層 a の電位、 $c_1$  は像保持層 a の表面と低抵抗層 b の間の容量分(蓄電器分)で、 $r_1$  はその低抵抗分、 $c_2$  は低抵抗層 b と支持基体 c 間の蓄電器分で  $r_2$  はその抵抗分、 $v_3$  は支持基体 c の最下部までの蓄電器分であり、 $r_3$  はその抵抗分である。いま V の電界が比較的短時間に記録体に印加されたとしよう。静電記録においては、印加された部分の面積に対し記録体の面積ははるかに大きい。そのため  $c_1$  はほとんど無視できる。また、低抵抗層 b の電位は  $v_1$ 、 $v_3$  に比べて極めて小さいので、 $r_2$ 、 $c_2$  も無視できる。従って  $r_3$  の支持体 c の抵抗と大面積の低抵抗層 b とによる蓄電器分  $c_3$  はそのまま残る。したがって、図 2.16 の等価回路は図 2.17 の等価回路におきかえることができる。図 2.17 から明らかなようにもっとも鮮明且つ、安定な記録を行うためには、 $V \approx v_1$  となることが好ましい。こうするためには、 $r_1$  に対して、 $r_3$  が無視できるだけ小さいか、 $c_3$  の蓄電量を大きくし、 $c_3$  に対する瞬間充電電流を大きくして結果的に  $v_3$  の値が無視できるようにすればいい。

実際の静電記録においては、記録電極と背面電極により  $c_1$  に電荷を蓄えているか、蓄えていないかで静電潜像を形成している。

## 2.7 NE 式以降のファクシミリ<sup>27)</sup>

1943 年の放電記録方式の模写電送装置の実用化により、1946 年に電電公社は東京一大阪間で模写電報の一般公衆取り扱いを開始した。その後、電報集配信用模写電送装置の開発を進め、VF-4 形機、VF-5 形機が登場し電報送受用に使用された。

昭和 25 年、東京・サンフランシスコ間の無線写真

電送の実験<sup>27)</sup>が行われた。変調方式は副搬送波周波数変調方式でサンフランシスコ側は RCA が担当した。この変調方式は電気通信研究所が開発した技術で実験は成功裡に終わった。そしてこの実験機は現場試験の後、そのまま商用に供せられた。この機械は、フィルムの受信記録にグロー放電管を使用した。この対米無線写真電送の開通に伴い、無線模写電送(モノクロファクシミリ)の実用化の要望が高まった。この要望に対して電気通信研究所が中心になり昭和 25 年～26 年に短波同報模写電信の現場試験を検見川送信所、札幌受信所、西四日市受信所との間で行った。その結果、AVC 装置(自動電圧制御装置)を模写受信装置に加えることで受信品質が向上できることが分かったので、新聞ニュース同報通信用として採用できることを提案し、無線模写電送による同報通信などの実用化が行われた。

昭和 26 年、全国各都道府県警察本部に PW-1 形と称する単葉型送受兼用機が設置<sup>27)</sup>され、全国に国警ファクシミリ回線網が完成した。

昭和 27 年、気象庁でも気象台間の現場実験を A<sub>1</sub> 及び A<sub>4</sub> 承認電波を用いておこなった。翌昭和 28 年には実験の範囲を横浜、前橋、新潟、名古屋などの気象台を加えて本格的に遠距離の受信実験を開始した。なお、このとき受信機には放電破壊記録方式を採用した。

昭和 33 年度から天気図放送が WMO(国際気象連合)の規格(線密度 4 本/mm、教導係数 576、回転数 60rpm)で本格的に開始された。図 2.18、2.19 は電気通信大学所蔵の気象ファクシミリである。船舶用の気象ファクシミリは航路上での気象条件の変化に比較的影響を受けにくい放電破壊方式を採用した。

昭和 29 年電電公社は FA-2 型模写電信伝送装置と電磁型プリンター方式(カーボン紙を挟んだ受信紙を電磁ハンマーで叩いて記録するインパクトプリンター)による FA、FB 形模写電送装置により東京、札幌、仙台、福岡間で無線模写電送サービスを開始した。

昭和 35 年から 41 年にかけては電電公社と国鉄電報取扱所などで公衆電報集配信用として VF5 形模写電送装置が逐次実用化されていった。受信方式は音の出る電磁プリンター方式から放電破壊記録方式や静電記録方式へと変わっていった。

日本国有鉄道では昭和 31 年ころから合理化の一環として貨車組成表の電送に、そして一般通信手段として指令情報の伝達に中央制御方式の模写電信システムが開発され、昭和 35 年から東海道線をはじめ、主要線区から実施された。採用された記録方式は感圧記録および、放電破壊記録方式であった。



図 2.18 気象ファクシミリ送信機



図 2.19 船舶用気象ファックス受信機

昭和 35 年には IBM が商用トランジスタ電子計算機 7090 を発表した。日本においても電子管からトランジスタへの移行が急ピッチで進みつつあった。昭和 34 年には日本電気、東方電機により、携帯用写真電送機にトランジスタが採用され、小型軽量化に寄与した。

昭和 42 年静電記録紙を用いたファクシミリが電電公社の社内業務連絡用<sup>28)</sup>として初めて実用に供された。機器の名称は VF-6 形と呼ばれ、東方電機によって量産された。記録紙の量産は巴川製紙が行った。

#### 参考文献、引用文献

- 1) Alexander Bain 英国特許 9745 Electric Time-pieces and Telegraphs
- 2) Science and Society Picture Library SCMG Enterprises Ltd より提供
- 3) 英国特許 12,352 Electric Telegram より引用
- 4) 英国特許 2395 Giovanni Caselli 発明の名称: "Telegraphic Apparatus"
- 5) 渋沢栄一: 国会図書館(コラム) 渋沢栄一
- 6) 川野辺富次: "テレグラフ古文书考—幕末の電話"(1987)
- 7) 小林一雄: 画像通信学会 創立 25 周年記念出版 ファクシミリ史 —ファクシミリ故事—

- 8) 「通信省次代の通信の歴史に関する研究会」報告書
- 9) 渋沢栄一: "航西日誌"
- 10) 「通信省次代の通信の歴史に関する研究会」報告書 P68
- 11) 旧工部大学校史料 旧工部大学校史料編集会 昭和 6 年 221P
- 12) 丹羽保次郎 テレビとファックス 東京電機大学発行 P52
- 13) 「通信省次代の通信の歴史に関する研究会」報告書 P173
- 14) 岡部年定: 画像電子学会 ファクシミリ史 G3 ファクシミリ以前 P143
- 15) 大内誠三: "各種写真電送方式に就いて(1)~(11)", 電気評論, 15 巻 9 号~16 巻 9 号 (1927.9 - 1928.9)
- 16) 永田宇征: 「NE 式写真電送装置について」電気学会電気技術史研究会資料 2002 年 9 月 11 日
- 17) 勝見正雄 画像電子学会「ファクシミリ史」P23 公衆写真電信の登場
- 18) 勝見正雄 画像電子学会「ファクシミリ史」P24 模写電送の誕生期
- 19) 勝見正雄 画像電子学会「ファクシミリ史」P24 公衆模写電信の開始
- 20) 野治雄: ファクシミリ黎明期の回顧と展望(昭和 16~35 年) 画像電子学会創立 25 周年記念出版 1997 年 6 月 P32、35
- 21) 小林一雄: ファクシミリ故事 (大正 15 年以前) 画像電子学会創立 25 周年記念出版 1997 年 6 月 P4.5
- 22) 奥野治雄: ファクシミリ黎明期の回顧と展望(昭和 16~35 年) 画像電子学会誌第 3 号 P112~118
- 23) 奥野治雄: "電誌 50 周年記念論文集" P253,254 昭和 16 年
- 24) H.G. Greig: Proc. I.R.E., 36. 1224 (1948-9)
- 25) 特許 140326 号 電気記録方式 通信省
- 26) 奥野治雄 画像電子学会創立 25 周年記念出版 1997 年 6 月 P32
- 27) 奥野治雄 ファクシミリ黎明期の回顧と展望(昭和 16~35 年) 画像電子学会誌第 3 号 P112~118
- 28) 小林一雄 画像電子学会創立 25 周年記念出版 1997 年 6 月 ファクシミリ実用期昭和 35 年~50 年

1972年11月ファクシミリの普及にとって画期的ともいえる出来事が起きた。1971年(昭和46年5月)の公衆電気通信法の改正に伴う電電公社による加入電話回線の開放である。これにより、自営端末を電話回線に接続することが許されたのである。もちろん接続にあたっては、接続のための技術的条件を満足することが求められる。これを機会にファクシミリ事業で社業を延ばそうと、通信機会社は勿論、事務機会社、家電会社等、様々な業界でファクシミリの開発が盛んになった。特に、デジタルファクシミリ、所謂G3ファクシミリの類では国際標準が決まっていなかったことにより、各社独自の画像圧縮技術を開発して搭載した。伝送の要となるMODEM(変復調装置)の信号形式も様々なものとなっていった。こうした標準化がされていなかったことが、日本のファクシミリメーカーの技術開発競争を刺激し、優れた技術が育っていった要因のひとつと言える。よってこの時代を筆者は「ファクシミリの発展に向けた助走期」、これを短縮して「助走期」ということにした。回線開放当初は回線接続認定に個別認定と型式認定の二通りがあった。個別認定とは、設置の都度、事前に接続する機器の試験データ、機器の説明資料を電電公社に提出し審査を受けるのである。設置する頻度が少ないときはこうした認可でも問題なかった。しかし、販売が盛んになり、個別認定では申請する側も、審査する側も作業が煩雑となることから、型式認定の必要性が増した。型式認定は、接続機器が技術的条件への適用が認められれば、設置時の機器認定が省略できる。こうして、開放当初は個別認定で認可を取得していた機種も、徐々に型式認定取得へと変わっていった。この頃のファクシミリはまだ大変高価で、一般の家庭用ファクシミリとしての普及は考慮されていなかった。徐々にオフィス用の一般連絡用として普及が始まった。

当時日本で流通し始めたファクシミリはxerox社のテレコピア400、グラフィックサイエンス社のdex-1などであった。これは1969年のCCITT勧告のT.2(グループ1型ファクシミリ)に準拠したものであった。双方とも操作は送受ともに手動で原稿や記録紙をドラムに装填するもので、電送時間は6分を要していた。

### 3.1 電電公社の電話回線開放までの経緯

ここでこれまでの記述と重複する部分があるが電話回線開放までの経緯を振り返る。

我が国における電話回線は明治23年の敷設以来通信省の所有物であり、通信省の機器のみの接続のためのものであった。従って通信省の機器を用いたサービス以外には使用が許可されていなかった。

我が国にファクシミリ通信に関する制度が導入されたのは、1928年(昭和3年)の専用写真電信制度の創始が最初であった。これは、当時の大阪毎日新聞社、東京朝日新聞社及び日本電報通信社からの要請に基づいたもので、新聞社又は通信社にかぎり通信省の市外専用電話線に利用者の写真電信機を接続して利用することができた。これはこの年に行われた昭和天皇の即位式である、御大典の模様を東京から京都に、そして京都から東京にといった報道のために何としても新聞各社は回線を使用して速報を伝えたかったためであった。

これに次いで、1930年(昭和5年)に写真電報規則が制定され、東京-大阪間で写真電報業務が開始され、電報の形態ではあるが、一般の者も写真伝送を利用することができるようになった。画面サイズは甲号が182mm×257mm、乙号が128mm×128mmで装置としてはNE式が使用された。翌年1931年(昭和6年)4月には丙号182mm×80mmがサービス品目として追加された。因みにこの丙号のサイズで1通の料金が当時の価格で620円であった。この価格は2012年現在の価値に換算しておおよそ132万円になる(1931年の米価：1円66銭/10kg、2001年米価：3,536円/10kgで換算)。当時報道写真は航空機を使って運んでいたことを思えば、送達時間の速さや、運搬のための長時間にわたる拘束からの解消などを考えると、価値ある情報の伝達手段として使われていたことは否定できない。

模写伝送は写真伝送に比べかなり遅れて実施され、1946年(昭和21年)に模写電報制度が、また、翌年に専用模写電信制度が創始された。これにより、1946年(昭和21年)に、東京-大阪間で模写電報サービスが開始され、このときの1枚の送達価格が200円であった。その後、模写電報サービスの地域は拡大され、東京-名古屋、名古屋-大阪、東京-札



幌、仙台、福岡でも模写電報サービスが実施された。

専用写真電信及び専用模写電信は、1953年(昭和28年)の公衆電気通信法施行後においても専用制度の一環として位置付けられ、サービス業務が行われていたが、写真電報は1961年(昭和36年)に、更に模写電報は1972年(昭和47年)に廃止された。

加入電話回線を利用したファクシミリ通信については、専用回線を利用するほど通信量の多くない利用者から加入電話の通話料程度の料金で随時に通信を行いたいというニーズがあり、1963年(昭和38年4月)から準専用制度が実施された。この制度は、自動接続通話の市外通話区間に限り、特定の端末装置間のみの通信を認めており、利用者も原則として一の契約につき1人に限るといった制限的なものであった。

昭和46年5月、公衆電気通信法の一部が改正され、データ通信の制度が法定化されたことの影響は大きい。

これは、[1]データ通信回線使用契約制度、[2]データ通信設備使用契約制度、の法定を骨子とするものであり、これにより従来データ通信のための専用契約に基づく専用回線の利用とされていたものは、「特定通信回線使用契約」に基づく特定通信回線の利用として、また電電公社が試行役務として提供してきた全国地方銀行協会の為替業務共同システム、販売在庫管理システム、科学技術計算システム等のデータ通信サービスは、「データ通信設備使用契約」に基づく役務の提供として、それぞれ新しい制度に移行した。また、データ通信回線使用契約制度の法定化は、特定通信回線の共同使用及び他人使用の制限の大幅緩和並びにいわゆる公衆通信回線の開放により、電電公社、国際電電以外の者が情報通信事業(電気通信回線に電子計算機等を接続してする情報通信サービスの事業をいう。)を営むことを可能とした。回線開放にあたり、回線利用の3原則(①NTTの回線に損傷を与えない。②第三者に迷惑をかけない。③責任の分界点を明確にする。)を基にし、電電公社は技術基準を制定した。

## 3.2 デジタルファクシミリの誕生

市場に存在したファクシミリが6分機であった中で、電送時間を一気に1分に短縮したG3デジタル・ファクシミリが事務機会社の株式会社リコーから1973年に発表され、1974年に発売された。1973年当時、A4原稿をわずか1分で送れるファクシミリの誕生は画期的であった。しかも画像の解像度は6分機の2倍であった点、受信側は完全な自動動作ができる点、さ

らにはこのクラスで送受一体のコンソールといったコンパクトなデザインとなった点も画期的であった。この世界初のデジタルファクシミリ「リファクス600S」<sup>1)</sup>について紹介する。図3.1にリファクス600Sの外観



図 3.1 リファクス 600S<sup>2)</sup>

図を示す。読み取り方式はディスク投影法によるピンホールスキャンによる平面走査方式、記録方式はマルチスタイラスによる固体走査方式の湿式静電記録、画像圧縮は2ライン一括ランレングス符号化方式、伝送にはID識別に110bps FSK Modem、画情報の伝送には4800/2400bpsQAM方式の高速Modemを採用していた。後のCCITT国際標準T.4:G3ファクシミリの原型といってよい完成度の高い仕様であったといえる。その構成は図3.2に示したブロック図のようになっている。

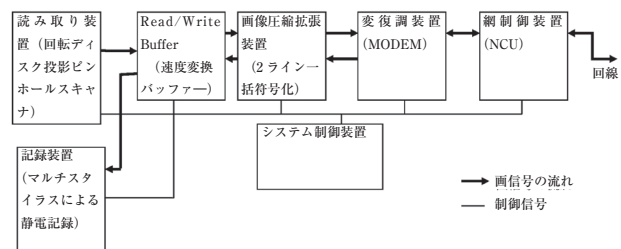


図 3.2 リファクス 600S の構成図

### 3.2.1 読み取り<sup>2)</sup>

図3.2において、読み取り装置はPINダイオード1個を用いたピンホールスキャナで、A4幅の原稿から8本/mmの密度で1728ビットの画像をサンプリングし、白または黒の2値に変換する。

このときの A4 サイズ原稿のビット数 1728 ビットは後の国際標準でも採用された。スキャナの構造を図 3.3 と図 3.4 に示す。リファクス 600S の開発は 1971

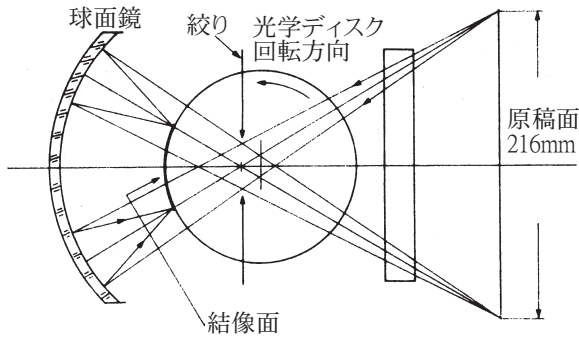


図 3.3 スキャナ上面図

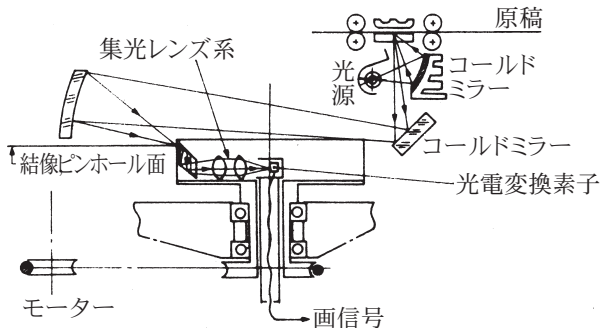


図 3.4 スキャナ側面図

年にスタートした。このころにはまだリニアイメージセンサーが出現していなかった。そこで、原稿上の画像は球面ミラーを用いて縮小されると同時に円柱ディスクの外周面上に結像される。ディスク面上には  $30\ \mu\text{m}$  のピンホールが 2 個、 $180$  度隔てて配置されている。ディスクは 1 回転が  $40\text{ms}$  なので、 $20\text{ms}$  ごとに 1 ラインの画情報がスキャンされる。ピンホールを通過した光はレンズ系によってホトダイオードに導かれる。ピンホールとレンズ系はディスクと一体的に取り付けられているのでディスクとともに回転する。ホトダイオードはディスクの中心に固定されている。ディスクに映し出される原稿の画像は中心部分と端では縮率が異なる。この縮率を補正して画像信号をサンプリングするために、ディスクと一体にエンコーダーが取り付けられている。このエンコーダーは原稿上の 1 画素ごとの位置を正確にサンプリングできるよう印刷されている。

このエンコーダーから取り出されたクロックはノンユニフォームクロックと呼ばれ原稿面上の  $81/\text{mm}$  の画像ピッチでサンプリングできるように画像の縮率に合わせたクロックタイミングとなっている。光源には  $30\ \mu\text{m}$  のピンホールを通過する光が微弱となるため、十分な光量を得る必要性から  $600\text{W}$  のハロゲンランプ

が用いられた。このランプからの光は同時に大量の熱線を出すのでこの熱を原稿にあてると原稿が焦げる恐れがある。そこで光源の光はまず赤外光成分を吸収するコールドミラーに導かれる。コールドミラーにより、長波長成分をカットされた光が原稿に当てられる。そして原稿面からの反射光が前述のように円柱の光学ディスクに結像される。

### 3.2.2 符号化<sup>2)</sup>

リファクス 600S では読み取られた書画情報は圧縮装置で隣接する 2 本の走査線に対して 2 ライン一括ランレングス符号化される。2 ラインの符号化規則は図 3.5、3.6 に示す。2 ラインの画情報は図 3.5 に示す 4 種

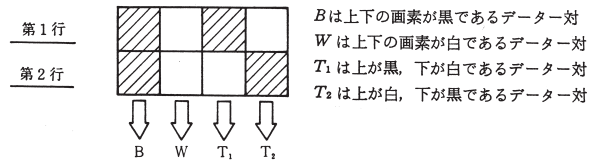


図 3.5 2 ラインの画素状態図

類のどれかの値をとる。B は、互いに隣接する 2 ラインの上の走査線上の画像と下の走査線上の画像がともに黒の場合である。このように上下ともに黒となる領域は文字部や画像部分では頻繁に発生する。W は、互いに隣接する 2 ラインの上の走査線上の画像と下の走査線上の画像がともに白の場合である。このように上下ともに白となる領域は文字や画像のない部分(地肌部分)では頻繁に発生する。 $T_1$ 、 $T_2$  は 2 本の走査線の上と下とで色が異なる場合である。このような画像は、文字や画像のエッジ部分で発生する。したがって発生する率は低いといえることができる。こうした画像の持つ特性に着目して符号化規則は以下のようにした。

- 1) あるデータ状態より、他のデータ状態に移移があったとき、例えば  $B \rightarrow W$  に移移があったとき、符号化コードを発生する。
- 2) 符号化コードは、B または W からの移移の時は、移移前のランレングス ( $R \cdot L$ ) を示すコード、および、どの状態に移移するかを示すコードで構成する。
- 3)  $T_1$  及び、 $T_2$  からの移移については、符号化コードはどの状態に移移するかを示すコードのみで表す。
- 4)  $T_1$  及び、 $T_2$  の連続を表すときは、長い  $R \cdot L$  は極めてまれであるので  $R \cdot L$  符号化は行わず、その継続長だけ  $T_1$  または、 $T_2$  を示す識別コードを付す。

図 3.6 はこの符号化規則を示す説明図である。

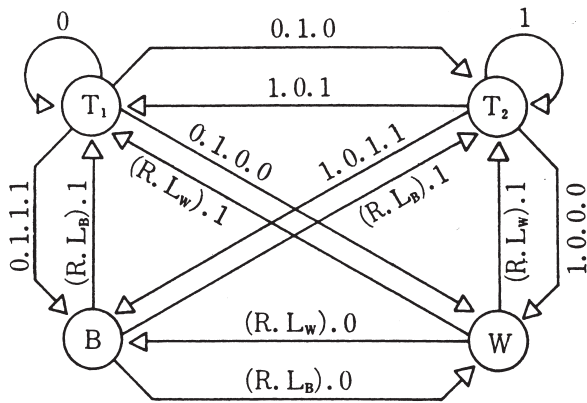


図 3.6 符号化規則

次に、ランレングス (R・L) のコード化方法は一般の 2 進コードを使っているが、最初の画素状態は実際がどうあっても上下共に白の W(00) として 00 に 1 を割り当てていることから出発している。また、R・L と 2 進コードのコード長 n とのかんけいによって、次の 2 進コードのコード長を増減するという、可変長コード方式をとっている。コード長は、 $2 \leq n < 7$  の間で次の加減を行う。

$R \cdot L \geq 2^n - 1$  の場合 + 1 ビット

$R \cdot L < (2^n - 1) / 4$  の場合 - 1 ビット

この外的場合は不変である。

文字原稿の場合、R・L は白黒ともに 5 以下が圧倒的に多く出現するため、 $n \leq 3$  が最も多い。また、R・L が大きい場合のコードの表し方は、コードの中に 0 が現れるまで 7 ビットコードを繰り返していくのみで、コード長の判定ビットは不要である。

ランレングス符号化は後の CCITT 国際標準でも MH (モディファイドホフマン) 符号化と共通する概念である。画像の圧縮率は書画情報によって大きく異なるので、2 ラインの圧縮後のビット数は圧縮前の書画情報がどうであったかで異なってくる。従ってスキャナは連続的に副走査されたり、間欠的に副走査されたりする。この速度調整機能を果たすのがリードライトバッファである。

### 3.2.3 MODEM (変復調装置) <sup>2)</sup>

符号化された情報は MODEM に送られ、電話回線の特性に適合した信号形式に変換される。

表 3.1 はリファクス 600S に用いた MODEM の仕様である。変調方式には QAM 方式が用いられ、これは後の国際標準となる MODEM 技術に多大な影響を与えた。

表 3.1 MODEM 仕様 <sup>2)</sup>

No.	項目	仕様
1	品名	M-48 モデム
2	通信方式	半二重通信方式
3	適用回線	3.4 kHz 帯域電話回線 (2W) 600Ω 平衡型
4	変調方式	直交振幅変調方式
5	復調方式	自動回線適応型等化機能付
6	同期方式	FORWARD 同期式 BACKWARD 非同期式
7	変調速度	1,200 ボー 110 ボー
8	データ信号速度	4,800/2,400 bps
9	キャリア周波数	1,800 Hz
10	送信出力レベル	0~-15 dBm (1 dBm ごとのステップ切替可)
11	受信出力レベル	0~-32 dBm
12	通話機能	なし
13	ビット誤り率	$10^{-5}$ 以下
14	電源	外部直流供給方式 +12.5 V +5 V -12.5 V -21 V

低速チャンネルの変調方式

低速チャンネルの変調方式は FS 変調方式を用いております。

F(1)=350 Hz

F(0)=450 Hz

NCU は各国の電話会社の回線との接点となる部分であり、各国の電話会社が定めた技術的条件に合致させるよう設計される。1974 年当時の電話回線はアナログであるばかりで無く、交換機は電子交換機の普及が始まったばかりでクロスバー交換機、Step by Step 式等のメカ式の交換機も数多く残り、スイッチングノイズが MODEM の信号に重畳し、ノイズ除去に工夫が必要であった。

### 3.2.4 記録 <sup>2)</sup>

図 3.7 はリファクス 600S の記録固体走査部の構成である。

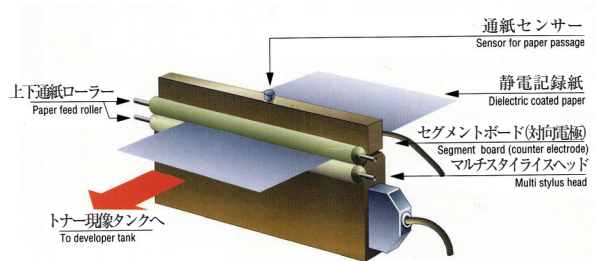


図 3.7 リファクス 600S の記録固体走査部

図に示すように記録は両面制御による静電記録方式である。高画質を再現するため 1728 本の記録電極 (マルチスタイラス) が高精度で配列されている。また記録電極間には 300V 以上の高電圧がかかるので、電



極間の絶縁耐圧を確保するために、1728本の記録電極をEven電極とOdd電極に分けて千鳥状に配置することで隣接電極との距離を稼いで耐圧を確保した。従って記録情報の欠落をなくすためにリードライトバッファメモリーを具備した。

記録電極であるマルチスタイラスの量産技術もまたすり合わせ技術といってよい。8本/mmのピッチの巻き線金型を用いてエナメル線を巻き、記録面となる部分に樹脂を流し込んで固める。固まったものを中央から切断すると見事な精度で配列されたスタイラス電極の端面が現れる仕組みである。設計技術だけでなくこうした生産技術も相まって精密機器が量産可能になるのである。世界初のデジタルファクシミリ、リファクス600Sは、(株)リコーテクノロジーセンターに保存、展示されている。

### 3.3 デジタルファクシミリ競争

電話回線開放後に発表された(株)リコーの高速ファクシミリ、“リファクス600S”は当時としては画期的なデジタル・ファクシミリであった。この後各社がデジタルファクシミリの開発に注力していった。東芝は1975年にCOPIX9600<sup>3)</sup>を発表した。MODEMスピードは当時としては最高速の9600bpsであり、30秒ファクシミリで当時としては初の誤り訂正方式を採用した。こうした誤り訂正を行わない場合、電話回線品質の悪い経路で接続された場合にはA4サイズの原稿情報の50%近くが失われることもまれに発生した。こうした問題を回避するため、後に、CCITT T.4におけるECM(Error Correction Mode)の規格追加に発展していった。

沖電気は1972年11月にすでに感熱記録プリンターの開発に成功していたが、1974年9月には、後のG3ファクシミリで主流となる感熱記録方式を採用したOKIFAX-600<sup>4)</sup>が発表された。沖電気は1976年5月感熱記録方式を採用したデジタルファクシミリOKIFAX-7100<sup>4)</sup>を世界で最初に発表した(図3.8参照)。

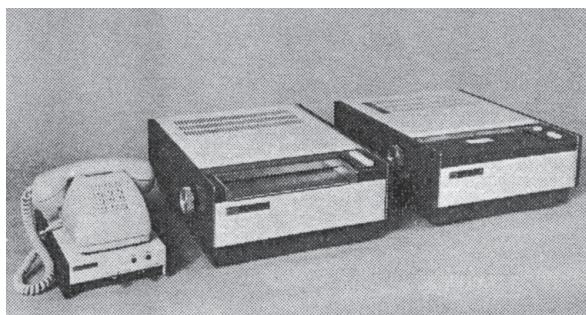


図3.8 世界初感熱ファクシミリ OKIFAX-7100<sup>5)</sup>

OKIFAX-7100の記録部には、384bit、4dot/mmのサーマルヘッドを2個直列につなげ、1ラインが768dotで構成されている。サーマルヘッドは発熱体にTa<sub>2</sub>Nを使用した薄膜型であった。記録部にサーマルヘッドを用いたことで、記録走査が電子走査となり、記録部の部品点数が削減され、機器の信頼性が上がった点をセールスポイントにしている。

1976年にはCCITT勧告T.3:グループ2型ファクシミリ(G2機)が制定され、G2機の開発、発表も多くなされた。このころのG3機は各社の独自モードであったため、画像圧縮方式、MODEM変復調方式、スキャナー、プロッターの速度や線密度、1ラインの画素数、機器定数の設定、プロトコル方式等が異なっていたため、メーカーが異なると繋がらなかった。従って、どうしても他社のファクシミリと通信したいユーザーはG2機またはG1機を購入する以外に選択肢がなかった。

G2機としては、沖電気のOKIファックス6000、東芝のCOPIX4500C、日立製作所のHF-343、電電公社からは電話ファックス20(VF-10)が発売された。その他多数のG2機が発表、発売されたが各社のG3機の高速度競争も激しさを増していった。

こうして各社とも、自社の方式が優れていると主張、宣伝し、各社間の共通化などは優先度が低かった。しかし、市場をより拡大したい考えがあったのも事実であった。ファクシミリのユーザーは高速機でも相手のファクシミリのメーカーや型番を気にせず情報の授受を行えることを望んでいたのである。そこで国際標準化の舞台では標準としての方式をめぐる各国から寄書が盛んに行われた。日本においても各社から積極的な提案がなされた。電話回線の開放(1972年11月)からCCITT(現ITU-T)によるG3ファクシミリの標準決定(1979年11月)までのわずか7年の期間が日本のファクシミリ技術の進歩と世界市場への進出にとって極めて重要な期間であったといえる。高速化のための読み取り装置の開発では、1ラインの一括読み取りが必須の技術となり、光学設計技術に優れた日本企業がCCDを用いた固体走査スキャナー技術を洗練されたものにした。記録装置の開発においてはマルチスタイラスヘッドの生産技術力を高め、量産性の高い製法が開発された。現像方式においては複写機技術が用いられた。1977年画像電子学会誌第6巻第3号に画期的なファクシミリが多数紹介された。

一方で制御や画像処理においてはマイクロコンピュータの活用とLSI技術により低コストを実現した。

このように、日本のお家芸でもある”すり合わせ技術”によって日本のファクシミリが技術面、品揃えの面で世界の中で突出したものとなったのもこの頃からであった。また、ファクシミリを事業とする企業の乱立も目立った。日本だけでも20社を超えるメーカーがひしめきあう業界となったのである。こうした競争環境が日本のファクシミリを一層国際競争力の高いものに育てた一因であろう。

表 3.2 デジタルファクシミリ仕様一覧<sup>6)</sup>

会社名	仕様		冗長度削減方式	モデム変復調方式	モデムスピード (kbit/s)
	装置名称				
沖	OKIFAX 7100	分割符号化	多相PM	4.8/2.4	
	OKIFAX 7500	分割符号化	多相PM	4.8/2.4	
KDD	QUICKFAX	ライン逐次処理	多相PM	4.8/2.4 F、B有	
東芝	COPIX 9600	2ライン一括ランレングス	パルシャルレスボ ンスAM-SSB	9.6/4.8 F、B有	
	NEFAX-6000A	2ライン一括ランレングス	多値AM	9.6/4.8 F、B有	
日電	NEFAX-6000B	2ライン一括ランレングス	多値AM	9.6/4.8 F、B有	
	HF 541X	1ラインランレングス	多相PM	4.8	
日立	HF 541C	1ラインランレングス	多相PM	4.8	
	HF 541T/R	1ラインランレングス	多相PM	4.8	
日立	HF 532X	1ラインランレングス	QAM	4.8/2.4 F、B有	
	HF 532C	1ラインランレングス	QAM	4.8/2.4 F、B有	
日立	HF 932X	1ラインランレングス	QAM	9.6/4.8/2.4 F、B有	
	HF 932C	1ラインランレングス	QAM	9.6/4.8/2.4 F、B有	
富士通	FACOM 6556C	2ライン一括ランレングス	QAM	9.6/7.2/4.8/2.4 F、B有	
	FACOM 6556A/B	2ライン一括ランレングス	QAM	9.6/7.2/4.8/2.4 F、B有	
	FACOM 6557C	2ライン一括ランレングス	QAM	4.8/2.4 F、B有	
	FACOM 6557A/B	2ライン一括ランレングス	QAM	4.8/2.4 F、B有	
松下	UF-320	2ライン一括ランレングス	QAM	9.6/7.2/4.8/2.4 F、B有	
	UF-340	2ライン一括ランレングス	QAM	4.8/2.4 F、B有	
	UF-20S3	2ライン一括ランレングス	QAM	9.6/7.2/4.8/2.4 F、B有	
	UF-20S1/S2	2ライン一括ランレングス	QAM	9.6/7.2/4.8/2.4 F、B有	
電送	UF-101	ライン逐次処理	多相PM	4.8/2.4 F、B有	
	UF-102	ライン逐次処理	多相PM	4.8/2.4 F、B有	
電送	UF-103S/R	ライン逐次処理	多相PM	4.8/2.4 F、B有	
	UF-9601	ライン逐次処理	多相PM	9.6	
電送	UF-9602	ライン逐次処理	多相PM	9.6	
	UF-9603S/R	ライン逐次処理	多相PM	9.6	
三菱	CF-4800	ライン逐次処理	多相PM	4.8	
	メルファスFA-300A	ライン逐次処理	QAM	9.6/4.8 F、B有	
郵省政	メルファスFA-300B	ライン逐次処理	QAM	4.8/2.4 F、B有	
	行政用標準ファクシミリ	2ライン一括ランレングス	多相PM	4.8/2.4 F、B有	
リコー	リファクス 500S	2ライン一括ランレングス	振幅位相	2.4	
	リファクス 600S	2ライン一括ランレングス	振幅位相	4.8/2.4	
	リファクス 650S	2ライン一括ランレングス	振幅位相	4.8/2.4	

表 3.2 に 1977 年当時のデジタルファクシミリの各社の製品仕様一覧を示す。1978 年にはさらに各社各様の仕様を有したバラエティー豊富なファクシミリが出現し顧客に混乱を招きかねない状況であった。表 3.2、はその時点の各社の G3 機の仕様である。ファクシミリの互換性の観点では、通信方式、使用回線、原稿サイズ、主走査線密度、副走査線密度、冗長度削減

方式、モデム変復調方式、モデムスピード、などがそろっていることが必要であるが、表から方式や特性が様々であることが判る。これらをそろえることが互換性の観点及び、顧客視点では大変重要なのである。

### 3.4 規格化と法規制の緩和

この節では機器間の通信互換性を確保するために、国際標準化機関である CCITT(現在の ITU-T)の活動ないしは活動の成果の経緯を紹介する。

#### 3.4.1 CCITT T.2、T.3、T.4、T.30 等の規格制定

ファクシミリの国際規格制定機関 CCITT(現 ITU-T)は初のブラック・アンド・ホワイト・ファクシミリの標準(後のグループ1型ファクシミリ:6分機の国際標準規格)T.2を1968年に制定<sup>7)</sup>した。このとき同時にT.4:ブラック・アンド・ホワイトファクシミリのリモート・コントロール、T.10bis:一般交換回線網上でファクシミリ通信、の3つの標準が制定された。

その後、1976年にグループ2型ファクシミリの国際規格T.3規格を制定した。このとき合わせてG1機、G2機に適用する通信手順規格T.30を制定した。

#### 3.4.2 CCITT T.2 規格<sup>7)</sup>(ブラック・アンド・ホワイト・ファクシミリの標準)

1968年、マルデルプラタ総会において、T.2、T.4、T.10bis規格が制定された。文書電送ファクシミリは写真電送ファクシミリと区別するために、当初、ブラック・アンド・ホワイト・ファクシミリ通信と称した。後の1972年、ジュネーブで開催された年会において、呼称はドキュメント・ファクシミリと改称された。

T.2規格<sup>8)</sup>の概要は以下の通りであった。

協働係数:264

文書サイズ:210x297 mm(ISO-A 4)

回転円筒式の円筒径:68.5 mm

フラットベッド式の総走査線長:215 mm

画線密度:3.85 本/mm

走査線周波数:120, 180 本/分

位相同期信号:黒信号 95% 白信号 5%の交互送信

変復調方式:

- AM方式の搬送周波数:1300 ~ 1900 Hz

黒信号:ON, 白信号:OFF

- FM方式の搬送周波数(f<sub>0</sub>):

交換回線:1700Hz



専用回線 :1300 ~ 1900 Hz  
黒信号 :  $f_0-400$  Hz, 白信号 :  $f_0+400$ Hz  
電送所要時間 : 約 6 分

この規格から容易に理解できるように、変調方式として 2 通りが制定されている。このことは唯一の方式ではないので、各社の独自色が製品に反映され、全ての G1 機が互換性を持つものとはなっていなかった。さらに、上記規格は 1972 年と、1976 年に改定された。1972 年の改定では、白と黒の周波数を反転することが決定された。1976 年、グループ 2 型ファクシミリの標準が決定されるのに合わせ、T.2 規格のファクシミリは、グループ 1 型ファクシミリと分類された。

G1 ファクシミリはその後、G2、G3 ファクシミリの出現とともに、高速化によって市場がなくなり、1996 年 7 月に T.2 規格の削除が決定された。

### 3.4.3 CCITT T.3 規格<sup>7)</sup>

#### (グループ 2 型ファクシミリの標準)

1976 年以前の国際規格ファクシミリは T.2 規格機 (G1 機) のみであった。しかし、市場では A4 原稿 1 枚の送信に 6 分かかることを許容せず、より短時間で伝送ニーズが顕在化し、各社間で通信の互換性のない独自規格機が横行し、より短時間で伝送できる国際標準の制定 (互換性の確保) が、緊急テーマ<sup>9)</sup>であった。<sup>8)</sup> こうした背景から国際標準化活動へも各国代表として企業も加わるようになり、議論が活発になってきた。1976 年の第 6 回総会では、勧告 T.3 : 文書電送のためのグループ 2 ファクシミリ装置の標準化と、T.30 : 一般電話交換網上のドキュメント・ファクシミリ通信の制御手順<sup>10)</sup> が制定された。

T.3 規格の概要は以下のとおりである。

協動係数 :264  
総走査線長 :215 111mm  
有効走査線長 >205 mm  
文書サイズ :210 x 297 mm (ISO-A 4)  
画線密度 :3.85 本 /mm  
走査線周波数 :360 本 /分  
位相同期信号 :搬送波の 0°, 180° の位相変調波を交互に  $6 \pm 0.5$  秒間伝送  
変復調方式 :残留側帯波 AM/PM 変調方式  
搬送周波数 :2100:  $\pm 10$  Hz  
白信号 :ON, 黒信号 :OFF  
伝送所要時間 :約 3 分間

グループ 2 ファクシミリの標準制定に伴い、ファク

シミリ制御手順の見直しが行われ、勧告 T.4 に代わって勧告 T.30 が新たに制定された。ここで制定された手順は、

MM(送受ともに手動)、MA(送端が手動、受端が自動)、AM(送端が自動、受端が手動)、AA(送端、受端共に自動)の 4 モードを区別して、手順を 5 つのフェーズに分け規定している。

第 6 回の総会では、このような G2 ファクシミリの標準制定が行われ、更に、次の目標として、更なる高速高性能なファクシミリとして、公衆電話網上で動作できる G3 ファクシミリを定義し、早急な実用化を計画した。その計画は、CCITT T.0 に明記された。

後の 1979 年の京都会議で G3 標準は決定し、ファクシミリ市場には G3 機が普及するのに伴い、G1 機、G2 機は、需要が急速に消滅し、1996 年 7 月には、G1、G2 の標準 T.2、T.3 はともに削除されたのであった。

### 3.4.4 CCITT T.4 規格

#### (グループ 3 型ファクシミリの標準)<sup>11)</sup>

ファクシミリの標準化プランとして 1976 年の T.0 勧告では G3 ファクシミリの定義を以下のように決めた。

A terminal which incorporates means for reducing the redundant information in the document signal prior to the modulation process and which can achieve a transmission time less than 1 minute for a typical typescript document of ISO A4 size via a telephone-type circuit. The terminal may incorporate bandwidth compression of the line signal.

これを要約すると、「伝送に先立ってドキュメント信号中の冗長度を低減し、電話回線を用いて ISO 規格 A4 原稿を 1 分未満で伝送できる端末」となる。1973 年から符号化方式の研究は各国で盛んに行われ、一次元、二次元符号化のどちらを基本的な標準方式とするか、各国からの提案が盛んに行われた。こうした中、大勢は単純な一次元符号化方式を支持した。1976 年の総会の後、ファクシミリの需要が上昇し、ファクシミリの技術も高度化してきた。CCITT における議論も、主管庁のみならず、電気通信事業者はじめ、ファクシミリメーカー、研究機関、等々からの幅広い参加となり世界の英知が結集された。符号化方式については一次元符号化を基本方式とし、二次元符号化をオプションとすることを 1976 年の総会で決定した。

#### 3.4.4.1 MH 符号化<sup>12)</sup>

MH 符号化は G3 ファクシミリの標準に勧告された

FAX 符号化方式であり、G3 ファクシミリとして具備しなければならぬ符号化方式として勧告された。これにより、全てのG3 ファクシミリはこのMH符号化方法を具備せねばならなくなった。

・符号化の規則

符号化は、走査線方向の画像情報だけで符号化する方式であり、一次元符号化方式である。各符号は白または黒のランレングスを表す。1ラインにおける白のランレングス(白ラン)と黒のランレングス(黒ラン)の合計はA4サイズの場合1728ビットである。符号化の規則としては、受信側との色調の同期を確実にするために、全ての走査線は白のランの符号で始まることにしている。従って、もし黒画像から始まる走査線の場合は、白のランレングスが0であることから、白=0の符号00110101がそのラインの

表 3.3 ターミネーティングコード表

White run length	Code word	Black run length	Code word
0	00110101	0	0000110111
1	000111	1	010
2	0111	2	11
3	1000	3	10
4	1011	4	011
5	1100	5	0011
6	1110	6	0010
7	1111	7	00011
8	10011	8	000101
9	10100	9	000100
10	00111	10	0000100
11	01000	11	0000101
12	01001	12	0000111
13	01001011	13	0000101100
14	00110010	14	000001011010
15	00110011	15	000001001110
16	00110100	16	000001100111

符号データとして最初に送られる(表3.3 CCITT T.4 ターミネーティングコード表を参照)。1走査線の最大長(1728画素)までの黒・白のランレングスは表3.3と表3.4に示したように定義されている。画情報を有する走査線の場合、走査線1ラインの中で画情報は白のランと黒のランが交互に出現する。一次元符号化方式ファクシミリにおける、1ラインごとに連続するファクシミリのユーザーは高速機でも相手のファクシミリのメーカーや型番を気にせずに情報の授受を行えることを望んでいた。対応する符号語に置き換えていくことにより、符号を生成する。符号はターミネーティング符号(0~63までの長さを表す符号)、メイクアップ符号(64の倍数の長さを表す符号)の2つの符号を組み合わせることにより構成され、出現頻度の多いラインに短い符号を与えることで情報を圧縮する。符号は1ラインごとに走査線終端符号(EOL符号)により区切られる。

表3.3は一次元符号化のターミネーティングコードを表す。ランレングスが0から63までのものはこの表の対応する白または黒の符号が割り当てられる。64以上のランレングスの場合は表3.4に示したメイクアップコードとターミネーティングコードの組み合わせによってランレングスが表現されることになる。たとえ丁度メイクアップコードに相当する64の整数倍のランレングスであっても、ターミネーティングコードのランレングス0と対で用いねばならない。

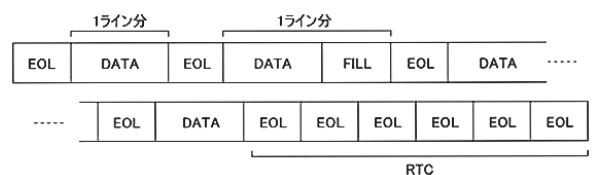
表 3.4 メイクアップコード表

White run length	Code word	Black run length	Code word
64	11011	64	000001111
128	10010	128	000011001000
192	010111	192	000011001001
256	0110111	256	000001011011
320	010011000	320	0000011010101
384	010011001	384	00000101101010
448	010011010	448	0000001011011
512	011000	512	0000001100100
576	010011011	576	0000001100101
640	00000000001	640	00000000001

表3.4はメイクアップコード表を示す。メイクアップコードは64の整数倍となっており、白の符号は黒の符号よりも短い符号が割り当てられている。

それは白のランレングスは黒に比べて長いランレングスの出現確率が高いことによる。一方でランレングスの1~4までは白にくらべて黒の符号に短い符号が割りつけられている。これは黒の場合はランレングスの1~4の出現確率が高いことによる。こうして書画情報の冗長度を符号化によって低減することで、原画に比べて圧倒的に削減されたビット数で伝達することができるのである。

G3ファクシミリの場合、圧縮率によって1ラインの符号の長さが非常に大きくばらつく。そこで守らねばならないルールがある。それは1ラインの最小電送時間の規定である。それが1走査線最小伝送時間(Minimum Transmission Time)の規定である。従っ



EOL: ラインの区切りを表す符号  
 DATA: 符号語の列  
 FILL: 符号語の長さを調整する符号 (データが短くて装置の処理が追いつけなくなることを防ぐために使用します)  
 RTC: データの最後を示す符号

図 3.9 G3 ファクシミリのデータフォーマット

て送信側では、DATA+EOLの電送時間がMinimum Transmission Timeに満たない場合、FILLビットを付加して最小伝送時間を保証する。

このときのFILLビットの数は、ModemのスピードとDATAの長さで決まる。図3.9はそれを説明する図<sup>12)</sup>である。ファクシミリ符号化データの電送が終了すると低速MODEMによるメッセージ後の手順に切り替える必要がある。EOL(End of Line)符号が6個以上でRTC(Return to Control)を意味し、これ以降は、コントロールシーケンスに移るという意味を持っている。

### 3.4.4.2 MR符号化<sup>12)</sup>(Modified READ[Relative Element Address Designate])

MR符号化は日本国が提案した符号化方式である。このパラグラフではMRの概要を理解することができる。より詳細を理解するにはITU-T T.4の勧告文を見るのがよい。

MR符号化は、FAX符号化の1方式であり、1次元符号化であるMH符号化のオプションである。MH符号化はG3ファクシミリの画像符号化方式として、1980年にCCITTが勧告した方式であり1ラインのみに注目して符号化するものである。一方、走査線上の白から黒、黒から白に変化する変化点は上のラインと下のラインとで同じところに出現することが多い。つまり、上のラインの変化点と下のラインの変化点の相関が強いことを利用して符号化をすれば1次元であるMH符号化よりも高い圧縮率を得ることが期待できる。こうした観点から考えられた符号化方法がMR符号化である。MR符号化とは、符号化しようとするラインの変化画素の位置を直前のライン(これを参照ラインという)の変化画素からの変化量として符号化する方式である。2次元逐次符号化は前ラインを参照しながら符号化を行っていくため、復号時の伝送誤りが次々と波及していく欠点を有している。こうしたエラーの波及を少なくする目的で1次元符号化されたラインがある一定の間隔で挿入される。これにより、参照ラインの情報に伝送誤りがあっても、ある一定走査線数でエラー画像の波及を食い止めるように、Kパラメータを定めている。以下順を追って2次元符号化を説明する。

① 伝送誤りにより、乱される部分を制限するために、1つのラインを1次元符号化した後に最大K-1個の連続するラインを2次元符号化する。Kの値は1980年の勧告では以下の2とおりであった。

標準解像度：K = 2

高解像度：K = 4

現在は、高解像度化がされており、以下のようにパラメータKが規定されている。

Standard vertical resolution: 100Lines/25.4 mm K = 2.

- Optional higher vertical resolution:

200 Lines/25.4 mm, K = 4

300 Lines/25.4 mm, K = 6

400 Lines/25.4 mm, K = 8

600 Lines/25.4 mm, K = 12

800 Lines/25.4 mm, K = 16

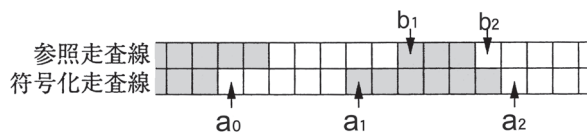


図 3.10 変化画素

1200 Lines/25.4 mm, K = 24

#### ② 1次元符号化

1次元符号化は3.4.4.1で説明したMH符号化である。

#### ③ 2次元符号化

2次元符号化は現在符号化されているライン上の各変化画素の位置を符号化ラインまたは符号化ラインの直前の参照ライン上の対応する参照画素の位置を参照して符号化する逐次符号化方式である。符号化ラインを符号化した後、その符号化ラインを次の符号化ラインの参照ラインとする。

・変化画素の定義 (図 3.10 参照)

変化画素とはその“色”(すなわち白または黒)が同一走査線上の直前の画素の色と異なる画素をいう。

$a_0$  = 符号化ライン上の参照または起点変化画素とする。符号化ラインの初めでは  $a_0$  は、ラインの最初の画素の直前の仮想的変化画素上に置かれる。符号化ラインの符号化の間は  $a_0$  の位置は直前の符号化モードにより規定される。

$a_1$  = 符号化ライン上で  $a_0$  より右の最初の変化画素で

表 3.5 MR方式の符号表

モード	符号化される要素	記号	符号
パス	$b_1, b_2$	P	0001
水平	$a_0a_1, a_1a_2$	H	$001 + M(a_0a_1) + M(a_1a_2)^{*)}$
垂直	$a_1$ が $b_1$ の直下	$a_1b_1 = 0$	$V(0)$ 1
	$a_1$ が $b_1$ の右側	$a_1b_1 = 1$	$V_R(1)$ 011
		$a_1b_1 = 2$	$V_R(2)$ 000011
		$a_1b_1 = 3$	$V_R(3)$ 0000011
	$a_1$ が $b_1$ の左側	$a_1b_1 = 1$	$V_L(1)$ 010
		$a_1b_1 = 2$	$V_L(2)$ 000010
$a_2b_1 = 3$		$V_L(3)$ 0000010	

注) 水平モードの  $M( )$  は MH 符号を援用する。



ある。

$a_2$  = 符号化ライン上で  $a_1$  より右の最初の変化画素である。

$b_1$  = 参照ライン上の変化画素のうち  $a_0$  より右で  $a_0$  と反対の色を持つ最初の画素である。

$b_2$  = 参照ライン上で  $b_1$  の右の最初の変化画素である。

・符号化モード

MR 符号化には①パスモード、②垂直モード、③

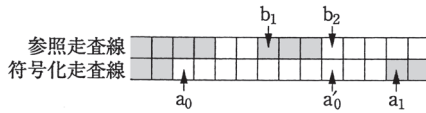


図 3.11 パスモード

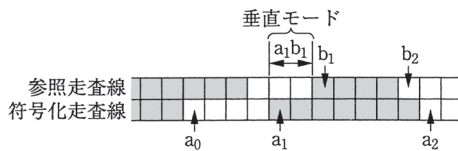


図 3.12 垂直モード

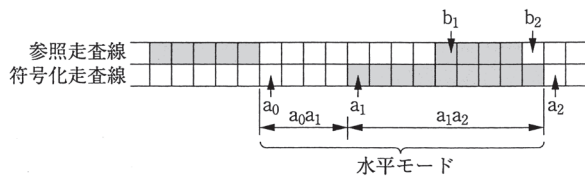


図 3.13 水平モード

水平モードの3つの符号化モードがある。符号化にあたっては手順に従い、3つのモードの中から1つを選択して符号化する。表 3.5 は MR 方式の符号表である。

参照ラインと符号化ラインの画素の色変化の相対的な位置関係で上記の3つのモードを定義する。なおかつこの定義において多く出現する垂直モードの  $a_1b_1$  の位置が同じ場合に最も短い符号を割り当てている。こうした3つのモードを定義することによって圧縮率を高めている。

・パスモード (図 3.11 参照)

このモードは  $a_1$  の左側に  $b_2$  が存在することで規定される。このモードを符号化したときは、次の符号化に備えて、 $a_0$  を  $b_2$  の直下の符号化ライン上の画素  $a_0$  上に設定する。このモードのときの符号はパスモードを示すフラッグと  $b_1b_2$  のランレングスとなる。

②垂直モード (図 3.12 参照)

$a_1$  と  $b_1$  の距離の絶対値が3以下ならば垂直モードとなる。このモードで規定されるときは、 $a_1$  の位置は  $b_1$  からの相対位置で符号化される。相対位置  $a_1b_1$  は

各々異なる符号で表わされる7つの値、 $V(0)$ 、 $V_R(1)$ 、 $V_R(2)$ 、 $V_R(3)$ 、 $V_L(1)$ 、 $V_L(2)$ 、 $V_L(3)$  の何れかの値をとる。添え字 R と L は各々  $a_1$  が、 $b_1$  の右であるか左であるかを示し、括弧内の数値は距離  $a_1b_1$  の値を示す。垂直モード符号化の後は  $a_0$  の位置は  $a_1$  に移される。

・水平モード (図 3.13 参照)

$a_1$  と  $b_1$  の距離の絶対値が3を超える気は水平モードとなる。このモードで規定されるときは、ランレングス  $a_0a_1$  及び、 $a_1a_2$  の両方を符号 H + M ( $a_0a_1$ ) + M ( $a_1a_2$ ) を用いて符号化する。H は水平モードを示すフラッグ符号“001”である。M ( $a_0a_1$ ) および、M ( $a_1a_2$ ) は各々ラン  $a_0a_1$  及び、 $a_1a_2$  の長さとおよび、色を示す符号であり、適当な白または黒の1次元符号となる。水平モードの符号化の後は、 $a_0$  の位置は、 $a_1$  上に移る。

### 3.4.4.3 MMR 符号化

FAX 符号化方式の1方式であり、エラーフリー機能を生かして MR 方式と同一のアルゴリズムで最大限圧縮効率を上げた符号化方式である。前ライン (参照ライン) と符号化するラインの相関関係により、逐次的に符号化を行う。MH、MR 方式に比較して約 40% の圧縮率の向上が得られる。MR 符号が1次元符号化方式と2次元符号化方式の組み合わせで構成される符号であったのに対し、MMR 符号は、すべての符号が2次元符号化方式で構成される方式である。MR 符号のように伝送誤りの波及を制限する機能がないため、誤りのない通信 (エラーフリー通信) においてのみ使用できる。本符号化方式は 1984 年にエラーフリー通信が可能な G4 ファクシミリ用として勧告された。また、1988 年に G3 ファクシミリでも誤り訂正機能がサポートされエラーフリー通信が可能となったため、現在では、多くの G3 ファクシミリでも使用されている。

### 3.4.4.4 高速 MODEM の開発

ファクシミリは画像信号を送る装置であるから、モノクロの場合、画像は白黒または、中間調のグレイな色を含むアナログ信号になる。1960 年代までは画像信号はアナログ信号のまま、あるいはアナログ変調を行って電送していた。

しかし、1970 年代に入り、ファクシミリ画像のデジタル化技術、デジタル画像の圧縮技術、デジタル画像の記録技術の発展に伴って、デジタル化した圧縮画像をより高速に電送したいニーズが顕在化した。そこで必要となった技術が図 3.14 に示すデジタル信号を高速伝送する変復調技術である。これを行う装置を、変復調装置: modulator & demodulator といい、これ





図 3.14 変復調の説明図

を略して：MODEM と称している。

### 1) MODEM の必要性<sup>17)</sup>

電話回線を介してデジタル情報を伝達するには回線特性に合った交流信号に効率的にデジタル符号情報を乗せて伝達する必要がある。電話回線には図 3.15 ~

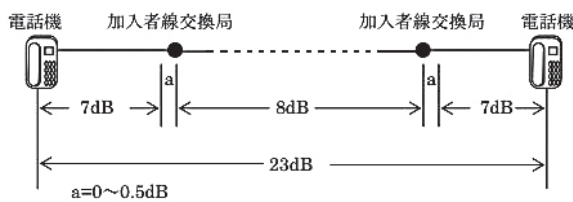


図 3.15 加入電話回線の構成<sup>13)</sup>

3.17 に示す特性がある。つまり、0.4KHz 以下、3.4KHz 以上の信号は振幅が減少し、且つ位相ひずみが増大する。画情報はデジタル化され、圧縮されるがそのままの信号(ベースバンド信号)のままでは回線を通じた際に大きく歪む。従って、回線特性に適合した、受信側で解読可能な信号形式に変換して電送し、受信側では回線の歪の影響をなくすよう回線特性の等化を行い原信号を復元する必要がある。

減衰ひずみとは、周波数に対する伝送損失特性であり、各周波数における伝送損失から基準周波数 1kHz における伝送損失を差し引いた値と周波数との関係で表される。

網の減衰ひずみ特性は加入者回線の周波数特性、変復調のための帯域ろ波器、ハイブリッド回路の特性等に影響される。

減衰ひずみが通信に与える影響としては、通話の自然性の劣化、信号波形のひずみ等がある。

### 2) 帯域の話

情報を伝達するとは、なんらかの信号が空間を飛んで、遠隔地にその情報が転送されることである。その場合、無線で電波にその情報を乗せるか、有線で電圧にその信号を乗せるかのいずれかである。その時、その伝送媒体の使用可能な周波数があり、それを信号帯域と呼んでいる。

例えば Wi-Fi の IEEE 802.11.b 規格の信号帯域は、2.41GHz から 2.48GHz に 14 チャンネルがあり、その 1 つのチャンネルが使用可能である。

図 3.16、図 3.17 に示すように音声を伝える最低限の

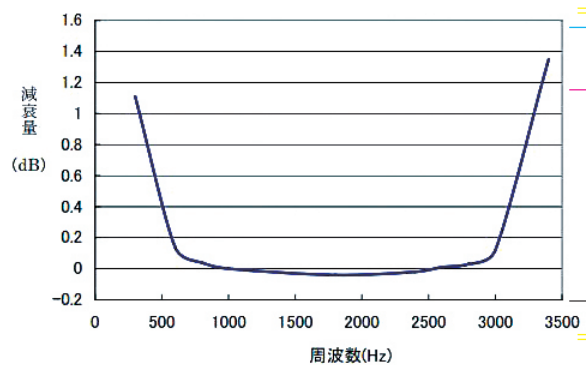


図 3.16 電話回線の振幅歪特性<sup>13)</sup>

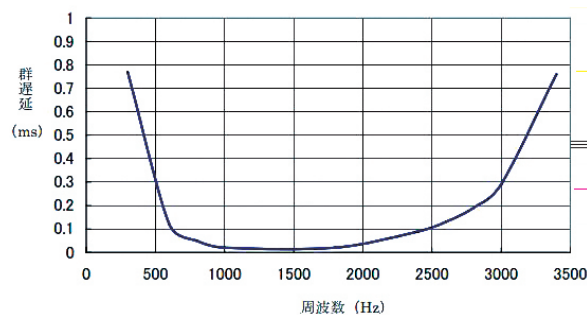


図 3.17 電話回線の群遅延歪特性<sup>13)</sup>

帯域では平坦な特性を示しているがそれ以外の周波数は保証していないのである。したがって、FAX が使用する電話回線は、300Hz から 3400Hz までが使用可能となっている。つまり FAX として電話線の使用可能な信号帯域は、その幅が  $3400 - 300 = 3100\text{Hz}$  である。この帯域制限は、電話局の設備によって決まる。

電話線の信号帯域は、人間の音声聞き取れる狭い帯域に設定されているので、デジタル信号も速い速度を出すのは、かなり困難である。例えば 9600bps の伝送速度の場合、使用可能な周波数の上限である 3400Hz よりもはるかに大きな値なので、短時間に多くのシンボルを送せねばならない。したがって、伝送技術の進展を必要とした。

電話線の信号帯域は、人間の音声が届くぎりぎりの狭い帯域に設定されているので、デジタル信号について速い速度を達成するには、このような特性を持つ回線の制約上困難であり、変復調のための様々な帯域圧縮技術の進展を必要とした。

### 3) 変調技術の歴史

3100Hz に限定された電話線で、いかに速い速度で、デジタル情報を伝送するかの歴史を概説する。

1960 年代前半、ASK (AM 変調) 方式:150bps ~ 300bps、FSK (FM 変調) 方式:300bps ~ 1200bps

1960 年代後半 PSK (位相変調) 方式:1200bps ~ 4800bps

1970 年代以降 QAM (直交振幅変調) 方式:2400bps ~ 33600bps

各変調方式の時間軸信号空間を、星座で表すことができる。星座は、デジタル信号を、振幅と位相で表す 2 次元のグラフである。座標の中心から星座までの距離はその符号を意味する信号の振幅レベルを表し、角度は先行して送られた符号に対する相対的な位相差を表す。図 3.18 は、V.27ter の 2400bps で用いている信号 (シンボル) 配置図 (星座) を示す。

### 4) 高速伝送の為の仕掛け

図 3.18 に示した V.27ter の 2400bpsMODEM の場合

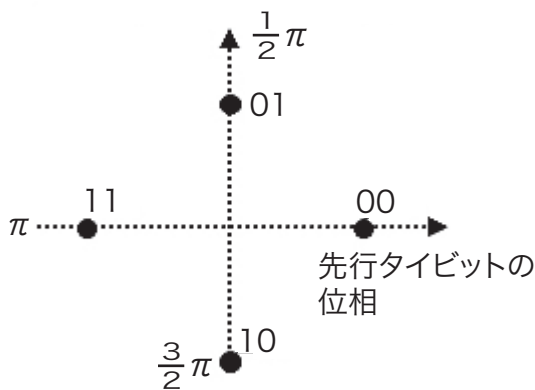


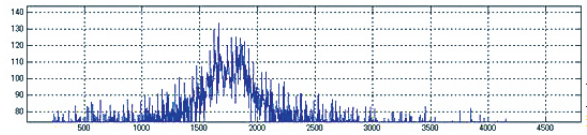
図 3.18 V.27ter 2400bps のシンボル配置 PSK (位相変調) 方式

は PSK 方式である。変調速度は 1200BAUD なので、1 秒間に 1200 回符号を送る。一度に送る符号の数は 2 ビットである。1/1200 秒つまり、0.833 m s 毎に座標が変化する。V.27ter の 4800bpsMODEM の場合は変調速度が 1600baud である。したがって 1 / 1600 秒に 3 ビットのシンボルを送信できる。2 進数の 3 ビットは 8 種類 (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111) のうちのいずれかを表現することができる。したがって星座の数は 8 個となる。

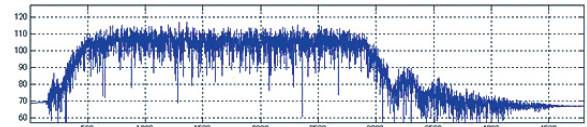
このように、座標上の点の数が多ければ単位時間に伝送できる情報量は多くなる。反面、受信側においては、点の数が多ければ点の示す座標を識別することが困難となる。それは点の数が多ければ S/N 比が悪くなることを意味する。このような条件化において、よ

り高速化を追求した結果、座標上の点の数がより多くなっても S/N 比を改善し、座標の識別ができることを可能にして高速伝送を可能にしたのである。

図 3.19 は電話回線に送出される信号の周波数分布



FSK 方式 - V.21 300bps



QAM 方式 - V.29 9600bps

図 3.19 信号スペクトラムの変化<sup>17)</sup>

を示している。年を追って 3100 Hz の信号帯域の有効活用もすすんだ。

図 3.19 は G3 ファクシミリの ITU-T T.30 プロトコルで使用している ITU-T V.21、300bps の FSK 変調と、ITU-T V.29、9600bps の QAM 変調方式の信号の実測した周波数スペクトラムを表示している。

V.29 9600bps は、使用可能な信号帯域である 3100Hz のほぼ限界まで使用しているのがわかる。

低速の V.21MODEM の信号スペクトルは伝送可能帯域の一部を使用しているのに対し、V.29 の 9600bps のスピードの MODEM では帯域幅の広い領域にエネルギー分布を示している。こうして帯域幅を効率よく使用することで、高速伝送を可能にしている。

### 5) MODEM 制御の工夫

G3 ファクシミリの規格が決定した 1979 年当時、G3 ファクシミリの規格策定にあたり、モデムを 2 種類採用する方針が決まった。1 つは、低速 MODEM の V.21 規格である 300bps と、9600bps の V.29 規格であり、今 1 つは 4800bps の V.27ter である。

今から考えると、これは複雑ではあるが、極めて有効な方式であり、他の装置には見られない特徴であるといえる。

電話回線は、種々雑多な特性をもち、雑多なノイズを発生する。当時最新の MODEM 規格である V.29、9600bps がエラーなしで、通信可能であると保証出来なかった。その為、画像通信で使用する高速モデムは (9600, 7200, 4800, 2400) の 4 種類の速度を用意し回線接続の度に、最適速度を選択し MODEM を制御する方式を採用し、プロトコルの規格である T.30 の

規格にまとめた。

高速モデムの速度が決定できるまでは、300bpsのMODEMで、制御情報をやり取りする必要がある、これがT.30という複雑ではあるが革新的な、伝送制御手順を生んだ。以下にその骨子を記載する。

### (a) ITU-T T.30 プロトコルについて

T.30 プロトコルには次に様な特徴がある。

- ・通信制御情報と、画像情報をすべてデジタル化した。
- ・コマンド(命令)とそれへのレスポンス(応答)を定義し、確実に送信と受信とがフローを前進させる手順を定義した。
- ・当時としては、最高速の9600bpsを画像転送に使用し、かつ、将来のさらなる高速MODEMの出現を受け入れられるようシーケンスで工夫している。
- ・送受間のネゴシエーションには雑音に強い低速の300bpsMODEMを使用した。
- ・命令/応答は半2重手順

### (b) MODEMのさらなる進化

1979年にG3ファクシミリの規格合意が成立し、1980年に正式規格として勧告されたG3ファクシミリ用のMODEMは、その後も大きな進化を遂げてきた。

1985年、V.32bis MODEMから、切りだした14.4KbpsのMODEMが、ファクシミリ専用のV.17規格としてまとまった。ファクシミリへの適用が始まったのは、1987年からである、

さらに、1996年には、電話線としては究極的な速度である、33.6KbpsのMODEMであるV.34モデムの規格が成立した。V.34モデムは、日本において「スーパーG3ファクシミリ」の名称で、普及を始めた。前述のごとく、信号帯域はV.29でほぼ限界まで有効利用されていたので、これ以上の速度向上を目指す、V.17、V.34では信号点(星座)の密度を高める以外になかった。星座配置を図3.20に示す。

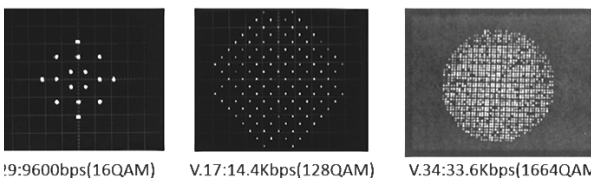


図 3.20 各 MODEM のシンボル(星座)配置

図 3.20 から判るように、星座と星座の間隔が、MODEM速度が速くなるほど狭まっている。このことは受信側において信号を解読する際の信号対雑音比(S/N比)の減少となり、解読の難易度が高くな

ることを意味している。しかし、この解読が可能となる技術開発がすでになされ、「スーパーG3」ファクシミリとして存在している。

## 3.4.5 電電公社の電話回線開放

### 3.4.5.1 回線開放がもたらしたもの

1971年(昭和46年5月)の公衆電気通信法の改正により公衆通信網が一般に開放されたことに伴って、加入電話の接続機器の一種としてファクシミリ装置の自営が認められるようになり、これを契機として、我が国のファクシミリ通信は急速な発展の緒につくこととなったのである。(図3.21参照)

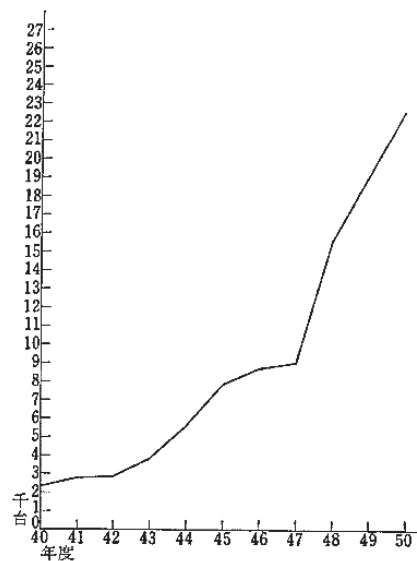


図 3.21 電電公社サービス分を除くファクシミリの設置台数推移<sup>14)</sup>

図 3.21 から明らかなように昭和48年度から急峻に設置台数が伸びている。このことは、民間企業や民間団体がファクシミリネットワークの仕組みを新たに構築したか、ネットワークの範囲を拡大したことによる。このことから公衆電気通信法の一部改正による規制緩和がファクシミリの普及に及ぼした影響の大きさが見て取れる。

また、電電公社では、これらの電話専用線等を利用したファクシミリのみではなく、より高速で精密な模写伝送、写真伝送、新聞紙面伝送が利用できるように12kHz、48kHz及び240kHzの周波数帯域の回線等についてもサービスをの提供を行った。更に、1973年(昭和48年7月)から加入電話の接続機器の一種として電話ファクスをサービス提供しているなどファクシミリに関する公衆電気通信サービスにも多様な形態で門戸を開放した。

公衆電気通信事業者以外の者が自己の通信のために自営電気通信設備を設置することが認められた。これに基づいて国鉄等の自営電気通信網においてもファクシ



ミリ通信が行われた。

昭和 48 年当時の高速ファクシミリ 1 台の定価が 388 万円、伝送スピードは 1 分/A4 であった。このように高価なファクシミリを一括して 50 台、60 台購入した顧客がいた。ある顧客の用途は労働組合の連絡用であった。当時は労働条件や賃金交渉をめぐり、企業の使用者と労働組合の対立関係が鮮明であった。交渉が暗礁に乗り上げると、労働組合側はストに突入した。スト期間中の労働組合員の給与は労働組合本部が負担をしていたため、スト突入及びスト中止の連絡はスピードと正確性を強く求められた。こうした高額投資であってもファクシミリ導入効果のほうがかに大きいということである。こうしたニーズに応えられるものとしてファクシミリが注目を浴びた。電話や電報に代る、正確でスピーディーな情報伝達手段のニーズに的確に応え且つ、通話の料金削減につながる高速ファクシミリ導入の優先度が高く、他社のファクシミリとは互換性がなくてもよいという顧客が存在していた。

### 3.4.5.2 電話回線開放に伴う通信回線利用形態

電電公社の回線開放に伴って加入回線を含む種々の利用形態についてもサービス形態が表 3.6 の様に改定された。表 3.6 において家庭や事務所に置かれる自社で購入した一般連絡用のファクシミリは、加入電話加入者自営設備となる。専用サービスについても表 3.7 のように種別された

表 3.6 ファクシミリ通信の諸形態<sup>15)</sup>

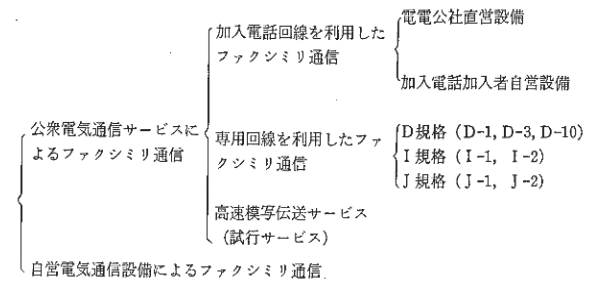


表 3.7 専用サービス一覧表<sup>15)</sup>

品名		内容	用途
規格	種別		
A 規格 (120Hz)	A-1 (50b/s)	50b/s 以下の符号伝送が可能なもの	電信、データ伝送、遠隔制御、遠方監視
B 規格 (240Hz)	B-1 (100b/s)	100b/s 以下の符号伝送が可能なもの	電信、データ伝送、遠隔制御、遠方監視
C 規格 (400Hz)	C-2 (200b/s)	200b/s 以下の符号伝送が可能なもの	データ伝送、遠隔制御、遠方監視
D 規格 (3.4KHz)	D-1 (帯域使用)	0.3 から 3.4KHz までの帯域を伝送	電信、電話、心電図伝送、手書き電送、模写伝送(書画伝送、図面伝送等)、データ伝送、遠隔制御、遠方監視
	D-2 (音声使用)	通常の音声伝送が可能なもの	電話
	D-3 (模写伝送)	模写伝送が可能なもの	模写伝送(書画伝送、図面伝送等)
	D-5 (1200b/s)	1200b/s 以下の符号伝送が可能なもの	データ伝送、遠隔制御、遠方監視
	D-7 (2400b/s)	2400b/s の符号伝送が可能なもの	データ伝送、遠隔制御、遠方監視
	D-9 (4800b/s)	4800b/s の符号伝送が可能なもの	データ伝送、遠隔制御、遠方監視
	D-10 (写真伝送)	写真伝送が可能なもの	写真伝送
	D-11 (音楽放送)	音楽放送が可能なもの	音楽放送
E 規格 (5KHz x)	E-1 (AM 放送)	通常 100Hz~5KHz までの周波数帯域を伝送することが可能なもの	AM 放送中継
F 規格 (10KHz z)	F-1 (AM 放送)	通常 50Hz~10KHz までの周波数帯域を伝送することが可能なもの	AM 放送中継
I 規格 (48KHz z)	I-1 (帯域使用)	通常 60Hz~108KHz までの周波数帯域を伝送することが可能なもの	電話、写真伝送、模写伝送(書画伝送、図面伝送等)、データ伝送、新聞紙面伝送
	I-2 (写真・模写伝送)	写真伝送及び模写伝送が可能なもの	写真伝送、模写伝送(書画伝送、図面伝送等)、新聞紙面伝送
	I-3 (48Kb/s)	48Kb/s の符号伝送が可能なもの	データ伝送
J 規格 (240KHz z)	J-1 (帯域使用)	通常 312Hz~552KHz までの周波数帯域を伝送することが可能なもの	電話、写真伝送、模写伝送(書画伝送、図面伝送等)、データ伝送、新聞紙面伝送
	J-2 (写真・模写伝送)	写真伝送及び模写伝送が可能なもの	写真伝送、模写伝送(書画伝送、図面伝送等)、データ伝送、新聞紙面伝送
L 規格 (4MHz z)	L-1 (白黒映像伝送)	白黒映像信号及び音響を伝送することが可能なもの	白黒テレビジョン放送中継
	L-2 (カラー映像伝送)	カラー映像信号及び音響を伝送することが可能なもの	カラーテレビジョン放送中継

### 3.4.5.3 回線開放後のファクシミリの利用実態

郵政省は回線開放後のファクシミリの利用実態を調査した。その結果を図 3.22～図 3.25 に示す。

調査の結果は専用線利用がまだ多く、社内文書など同一企業内の通信が圧倒的であった。このことからクローズドな通信のためのツールに他ならないものであったことが理解できる。

種々の経緯を経て、電話回線への端末機器の開放の歴史は表 3.8 の通りである。<sup>16)</sup>

このような経緯を経て、今日では非電話系の端末のみならず、本電話機も開放している。こうした経緯を経て、ファクシミリの普及さらには、家庭向けの電話一体型のファクシミリの登場となったのである。

ファクシミリの普及にとって影響の大きかった出来事は 1972 年の電話網のデータ通信への開放であったことが以上の説明から理解できよう。

しかし、この規制緩和があってもファクシミリが一般大衆の通信手段となり得る為には更に大きな課題があった。

それは、デジタル・ファクシミリである G3 ファクシミリの機器間の互換性に関する取り決めが 1972 年当時にはない点である。この、機器間の互換性と、技術進歩に合わせた機器の発展の両立が強く望まれていた。そうしたことが可能となる新たな規則の確立により、閉じた世界で使用されてきたファクシミリから、開かれた世界、つまり何時でも、何処でも、誰とでもファクシミリ通信ができる時代がやってくるのである。

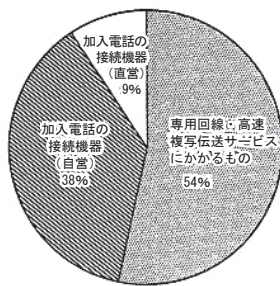


図 3.22 ファクシミリの種類別構成<sup>14)</sup>  
(昭和 51 年 3 月末現在)

送信内容	0%	50	100
社 内 文 書	[Bar chart showing high percentage]		
報告書(日計表、業務報告等)	[Bar chart showing high percentage]		
連絡メモ(手書きによるもの)	[Bar chart showing high percentage]		
帳 票(伝票、帳簿等)	[Bar chart showing high percentage]		
資 料(新聞、雑誌の配付等)	[Bar chart showing moderate percentage]		
図 面(図案、設計図等)	[Bar chart showing moderate percentage]		
契 約、申 請 書 類	[Bar chart showing low percentage]		
写 真、カ タ ロ グ	[Bar chart showing low percentage]		
そ の 他	[Bar chart showing low percentage]		

図 3.23 電話ファックスの送信内容(昭和 51 年 3 月)<sup>14)</sup>

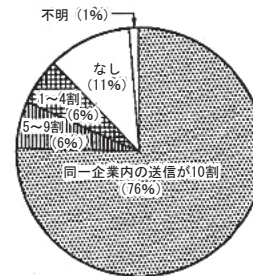


図 3.24 同一企業内通信の比率<sup>14)</sup>

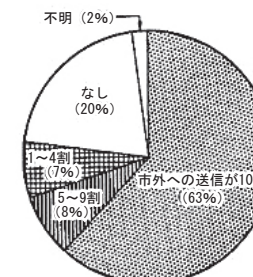


図 3.25 市外通信の比率<sup>14)</sup>

表 3.8 端末機器開放の歴史<sup>16)</sup>

明治23年～昭和28年	利用者による端末設備の設置は許可されていなかった。
1953年(昭和28年) 8月	構内交換設備、船舶に設置する電話機、専用回線端末などを対称に、利用者による端末設備の設置を公衆電気通信方第105条で規定した。
1957年(昭和32年) 5月	利用者による付属電話機の設置を制度化。
1958年(昭和33年) 7月	地域団体加入電話制度の導入にともない、自営端末設備の設置を規定。
1969年(昭和44年)10月	集団電話の法制化に伴う自営端末設備の設置。
1972年(昭和47年)11月	電話網のデータ通信への開放に伴い、非電話系端末は自営が原則となる。ただし、通話で利用する場合は本電話機は直営を原則とした。
1985年(昭和60年) 4月	NTTの民営化と共に本電話機の開放を電気通信事業法49条で規定した。

## 参考文献、引用文献

- 1) リコー 60 年技術史 3. オフィスを変えたファクシミリ 事務用ファクシミリの誕生 P120 ~ 124 1996 年 2 月
- 2) 沢田秀雄：リコーの高速ファクシミリ (リファクス 650S) 画像電子学会誌 第 6 巻 第 3 号 1977 年
- 3) 大和田二三男、須永元晴、関谷邦彦 30 秒ファクシミリ「COPIX9600」東芝レビュー (31 巻 10 号) P855 ~ 857 1976 年
- 4) 沖電気工業 120 年史 2001 年 11 月 1 日 P176
- 5) 長谷和夫 沖電気の高速ファクシミリ (OKIFAX-7100) 画像電子学会誌第 6 巻 第 3 号 1977 年
- 6) 電話回線利用高速デジタルファクシミリ仕様一覧画像電子学会誌第 6 巻 第 3 号 1977 年
- 7) 岡部年定 画像電子学会 創立 25 周年記念出版ファクシミリ史 G3 ファクシミリ以前 (昭和 55 年以前) 1997 年
- 8) CCITT: White Book Vol. I. VI-Fourth Plenary Assembly-Mar del Plata (Sept. ~ Oct. 1968)
- 9) CCITT: Green Book Vol. 1, VI-Fifth Plenary Assembly Geneva (Dec. 1972)
- 10) CCITT: Orange Book Vol. I-Sixth Plenary Assembly-Geneva (Sept. ~ Oct. 1976)
- 11) 寺村浩一：“デジタルファクシミリの標準化に向けて” 画像電子学会誌第 9 巻第 3,4,5 号 (1980)
- 12) ITU-T T4 Standardization of Group 3 facsimile terminals for document transmission
- 13) NTT 西日本及び NTT 東日本技術参考資料
- 14) 昭和 51 年版通信白書 2 ファクシミリ通信の成長と課題 より引用し加筆修正を加えた。(郵政省)
- 15) 昭和 48 年版通信白書：4 データ通信より引用し、加筆修正を加えた。(郵政省)
- 16) NTT 西日本 端末機器開放の歴史より
- 17) Egrectcom 株式会社 水谷幹男氏提供



# 4 | 成長期 1980年～1996年(国際規格制定からMFP統計開始1997年まで)

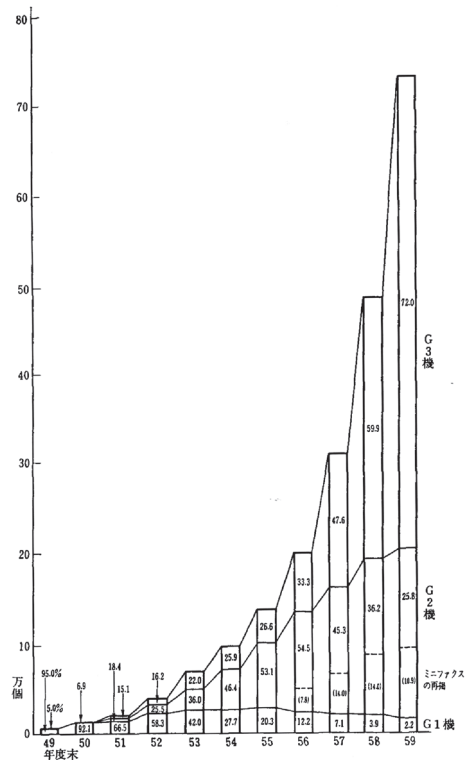
ファクシミリのG3国際標準が決定し、勧告<sup>1)</sup>がなされ、メーカーを問わず、且つ、設置される国を問わず相互にファクシミリ通信ができる状況が整備された。また1980年前半には技術面でもすでに以下のような進展が見られ、市場拡大のお膳立てが制度面、技術面の両面で整備されてきた。技術面では読み取り系で既にCCDが安定した品質で流通していた。記録系では静電記録が湿式から乾式へと技術が変化してきた。感熱記録についてもG3での利用をめざし、サーマルヘッド、感熱紙の開発が盛んになっている。制御系ではマイクロコンピュータが用途に合うよう品種も多くなってきた。

装置の小型軽量化とコストダウンの条件が次々に整備され、ファクシミリの軽薄短小が一気に進む気配すらうかがえる状況となってきた。この章では急速に普及したファクシミリ市場の変化と特徴的な製品及び技術を振り返る。

## 4.1 1980年～1996年(国際規格制定からMFP統計開始1997年まで)

図4.1から明らかなように、ファクシミリ市場が活性化し、生産台数、設置台数が急速に増加し、ファクシミリの成長期と黄金時代が同時に到来した。とくにG3ファクシミリの伸びが顕著で、CCITT標準制定された昭和55年から指数関数的な勢いで成長した。<sup>2)</sup>このことから通信機器の国際標準の影響がいかに絶大であるかがよくわかる。CCITT準拠のG3ファクシミリが実際に発売されたのは1979年末からであった。1979年11月のCCITT京都会議で事実上、G3標準ファクシミリの仕様条件はすべてが明らかになった。

メーカー各社はG3準拠として新製品の発表を急いだ。そうした中で、京都会議終了間もない11月27日に早くもG3標準準拠として発売されたファクシミリがあった。松下電送機器株式会社の「UF-20SG」がそれである。(図4.2参照)実際は京都会議開催以前にCCITTへの寄書を参考にした製品開発は各社で行われていた。1979年前半から符号化方式をMH、MODEMとしてはV27terを搭載してCCITT対応機として発売された機種は多数存在した。しかし、京都会議終了後の発表としては、「UF-20SG」が最も早かった。「UF-20SG」の記録方式は湿式静電記録方式であった。価格は1台388万円であり、高価であった。



電電公社資料により作成

- (注) 1. 56年度からG2機はミニファクスを含む。  
2. 棒グラフ内の数字は、機種別の割合である。

図4.1 ファクシミリ設置台数推移<sup>2)</sup>

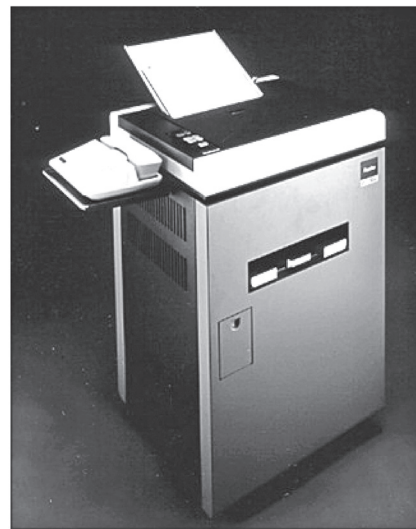


図4.2 世界初のG3準拠ファクシミリUF20SG

G3ファクシミリの正式勧告は1980年11月であったが、日本のファクシミリメーカー各社は後れを取るまいと京都会議の結論によって、G3ファクシミリの仕様要件は揃ったと確信し、G3準拠機の発表・発売に踏み切った。

1980年以前の黎明期に、G2ファクシミリ用として

普及した感熱記録は一次発色であり、メンテナンスフリーの良さがある。但し1980年段階では、感熱紙の感度特性が十分ではなく、サーマルヘッドに関しても、発熱効率が十分高いとは言い難いものであった。しかし、感熱記録の持つポテンシャルの高さに業界各社は注目し、感熱記録の課題克服に全力で取り組んだ。図4.3は1980年に発表された業界初の感熱記



図 4.3 COPIX4800

録方式を採用した卓上型 G3 標準準拠のファクシミリ「COPIX4800」である。特徴は、この時点の既設置ファクシミリは G2 ファクシミリが多かったので、G3 モードの他に G2 モードを備えていた点にある。既設機との互換性確保はファクシミリの導入責任者にとっても重要なテーマであった。また、COPIX4800 は制御部にマイクロコンピュータを採用し、コンパクトな卓上型を実現した。

このファクシミリの登場から G3 ファクシミリ市場は感熱卓上型が一つの競争の舞台と化していった。そしてその後、G3 にあっては高速機と普及機とに市場が2極化していった。

1983年には熱転写を使った普通紙記録ファクシミリ「240/245 テレコピア」<sup>5)</sup>が富士ゼロックス株式会社より発表された。(図4.4参照)

熱転写方式は感熱記録(ダイレクトサーマル)方式の欠点である記録の保存性や耐薬品性を改善しかつ、感熱方式の特徴である信頼性の高さを有している。そのため、その後各社から発表され、2013年の今日では家庭用ファクシミリの記録方式の主流の座を確保している。

同じく1983年、株式会社リコーからトナー方式としては世界初の普通紙ファクシミリ リファクス1300<sup>6)</sup>が発売された。(図4.5参照) 感熱記録方式では記録スピードが遅い。したがって、高速機では、静電記録を用いるのが一般的であった。このファクシミリはPETフィルム上に導電層を形成し、更にその上に誘電体層を形成したもので誘電体を一様な電位にチャージしその後でマルチスタイラスによって潜像を描くも



図 4.4 240/245 テレコピア



図 4.5 世界初トナー方式普通紙ファクシミリ

のであった。フィルムは継ぎ目を超音波結合し、エンドレスベルトとした。当時はまだレーザー記録や、LED Arrayによる記録は大変高価であった。そのために、このような方法で電子写真プロセスによるG3ファクシミリの普通紙化を初めて実用化した。こうして、G3ファクシミリ分野では、普及機では感熱記録が主流となっていった。高速機では静電記録紙を用いたトナー方式から、普通紙を用いたトナー方式ファクシミリ(PPF)へと変化して市場を二分して発展していった。



## 4.2 国際規格整備と低価格化技術開発

国際規格が整備されたことで、これまでのクローズドネットワークからオープンネットワークへとファクシミリの用途が多く変化した。これにより、潜在需要が一気に顕在化し、ファクシミリメーカー各社は技術開発の目標を低コスト設計に大きく舵取りをした。

この結果、電子部品ではLSI化が進展し、記録メディアでは感熱紙の高感度化により、高速化と低消費電力化の技術開発が進展することになった。

共通仕様であるG3機にあっては、差別化機能の開発も盛んになり、様々な付加機能が開発された。

複雑化する制御をコストアップになることなしに達成するため、マイクロコンピュータ活用によるソフト開発の比率が高まっていったのもこの頃からであった。

モデムに関しては標準方式がV.27ter、Optionが、V.29と決定したことで各社はモデム機能のLSI化を図り、モデムの低価格化を可能にする努力を行った。

図4.6は1984年4月リコーから発売されたリファクス120シリーズ<sup>7)</sup>である。



図 4.6 リファクス 121<sup>22)</sup>

感熱記録、卓上型が当たり前の形となってきたこの当時、B4読み取り、B4書き込み機であって、A4サイズの読み取り、書き込み機よりも小さく、世界最小の体積18ℓを達成し、重量も10Kg未満に抑えて登場した。これによってG3ファクシミリの認知度を大きく変えた。このファクシミリの技術は、感熱紙に業界最高感度の記録紙を採用し、電子回路のLSI化、特に読み取り画像信号の処理部にはアナログとデジタルの混在を可能としたBi-CMOSを用いたLSI化を行っている。電子部品の実装は当時のファクシミリとしては

珍しい、面実装化で集積度を一層高めた。記録部にはドライバー搭載の、高効率サーマルヘッドを搭載した。筐体は金属を使用せず、ガラス繊維が30%入ったポリカーボネートの多機能モールドを用いて部品点数の削減と軽量化を同時に達成している。



図 4.7 NTT MF-2 形ファクシミリ

図4.7は同時期に発売された電電公社のファクシミリ通信網対応機MF-2形ファクシミリ(MF-2)である。本機はA4、4800bps、読み取り部には密着型イメージセンサを使用している。当時の普及機としては先進的といえるファクシミリであった。このファクシミリでも容積は20リッター程度、重量も13Kgであった。

国際規格が制定され、共通の仕様で商品開発がなされ市場が拡大したが、国際規格が特定の企業の所有する産業財産権に抵触するといった異常事態も発生した。国際標準化機関は、特許に対しての責任は持たないことを明確にしている。幸い、書画情報の圧縮方法である、MHや、MRは特許権保有企業が権利主張しないことを宣言した。しかし、MODEMに関しては米国のコーデックス社がV.29の方式そのものの権利を有していた。このため、各企業はコーデックス社の出方に戦々恐々としていた。結果的には、各社それぞれとコーデックス社とのネゴシエーションとなり、実施料を支払った企業と支払わずに済んだ企業とを生ずる結果となった。

このこともあり、標準化と特許に関する所謂、パテントポリシーについても明確にする考え方が整理された。標準規格を制定することによって仕様が凍結する。これにより、仕様を固定にした技術開発に注力できる。つまり、低コスト化のための設計活動が活発になるのである。また、このことは市場での価格競争を激化させる要因ともなった。



## 4.3 ISDN サービス開始

### 4.3.1 G4 の誕生

1977年11月のCCITT SGXIV(ファクシミリ)会合<sup>8)</sup>でデジタル網でのファクシミリ通信について提案がなされたのをきっかけにG3の次世代機に当たるG4ファクシミリ(G4機)の検討が始まった。この当時はもっぱらG3機の議論が中心でG4機の議論はメンバーの関心、企業の関心ともに薄く、進まなかった。1980年の第7回総会ではG3ファクシミリの標準化とともに、G4のグループ分けが勧告T.0に追加された。これによりG4機が正式に誕生できることになった。このころ、電信及びデータ端末装置の標準化グループで、テレテックス(電話回線上で提供可能なテキストおよび文書の通信サービスのための規格)においてG4との共同研究をすべきとの議論が起り、各種の通信端末を統一的に扱おうといった動きができていった。その背景には、異なるグループで似たような標準ができるのを防ぎたいのと、研究経費の削減があった。今日のようなインターネットが普及する20年以上前の出来事であった。

インターネットを使い、テキスト文字と画像や映像、動画といった異なる性質をもつ情報が1画面に混在して扱われることが極、当たり前になることを想定しての動きであった。この頃、テレテックス関係の標準化では、テレテックスの制御手順が勧告され、G4ファクシミリでの伝送手順のベースとして使用されるようになっていった。1977年～1980年会期まではSGXIVで研究が進められていたファクシミリの研究は1981～1984会期では新しいSGVIII(テレマティークサービスのための端末装置)で、テレマティーク端末の一つとして議論されることが、1980年のCCITT第VII回総会で決定された。これにより、SGVIIIでは、テレテックス、ファクシミリ、ビデオテックス、テレマティークスプロトコルの4つが扱われることになり、作業部会も4つ誕生した。一方でSGVIIIの電信端末関連の研究については、SGIXの電信網研究グループと、SGXの電信交換の研究グループとが統合され、新SG名がSGIXとなり、電信網と端末の研究を行うことが決まっていた。SGの番号については、旧SGXIVと旧SGVIIIの電信端末を除くグループが一緒になることからどうするのがよいか議論<sup>9)</sup>された。候補としてはSGVIIIとSGXIVが挙がった。結果は番号の若いSGVIIIが採用された。新議長には

旧SGVIIIの議長であったMr.Staudinger(西ドイツDBP)が就任した。新SGの名称についても議論がされ、最初の“Terminal Equipment for Teleinformatic Services”が有力であったが、フランス提案により“Teleinformatic”から“Telematic”に変更された。こうして1980年から1984年会期中に電話網用のG3ファクシミリよりもグレードの高い、(高速、高解像度、エラーフリー)の公衆データ網用のG4ファクシミリの勧告が整った。

表 4.1 G4 ファクシミリの各クラスと基本端末特性

項目	クラス 1	クラス 2	クラス 3
適用網	公衆データ網 (回線交換 パケット交換 ISDN)		
伝送速度	公衆データ網: 48Kbps, 9.6Kbps, 4.8Kbps, 2.4Kbps ISDN: 64Kbps		
解像度 画素/25.4mm	標準 200×200 オプション 240×240 300×300 400×400	標準 200×200 300×300 オプション 240×240(ミックスモードでは必須) 400×400	
ファクシミリ符号化	標準: MMR オプション: 無し		
紙サイズ	標準: ISO A4 オプション: ISO B4, ISO A3, 北米レター、 日本レター、日本リーガル		
メモリー機能	要求されない	128K オクテット	128K オクテット
相互通信機能			
テレテックス ミックスモード	要求されない 要求されない	受信機能 受信機能	送受信機能 送受信機能

表 4.1 は G4 のクラス別の基本特性を示したものである。G3 ファクシミリとの違いを主に整理するとその特徴は以下のとおりである。

- 1 高能率符号化方式: MMR 符号化方式の適用ならびに、公衆デジタル網では 48Kbps、ISDN への適用による 64Kbps という高速伝送ができる。
- 2 誤り訂正機能の適用による伝送画像の劣化のない高品質な文書通信が可能である。
- 3 高い解像度 (400×400 ドット/インチの線密度による高精細文書伝送が可能である。
- 4 他の文書通信メディアとの複合化 (テレテックス、ミックスモードとの通信) が可能である。

1985 年以降は、上記特徴の、高速性、高品位性、高信頼性が買われ、金融関係をはじめ特定分野での普及が始まった。業界からもこぞって新製品が発表され、G4 時代の到来近し、と思われた。このとき公衆デジタル網のサービスを展開していた国は、日本、西ドイツ、フランスの 3 カ国のみであった。このことから、グローバルな G4 ファクシミリ網の構築はできない状況があった。

一方で G3 ファクシミリはその性能をどんどん上げ、回線エラーを克服する ECM (Error Correction Mode) も標準化され、解像度も G4 と差がなく 400×400dpi が可能になり、伝送速度も V.34MODEM

(33.6Kbps) 使用で高速となり、G4 に比べて汎用性が高く G3 普及の勢いは止まらない。一方 G4 の普及は進まず、グローバルなインフラ整備の持つ力の凄さを感じる一方で、特定の国のみインフラが整備された状況でよい製品を作っても市場は活性化しないことを思い知ったのである。

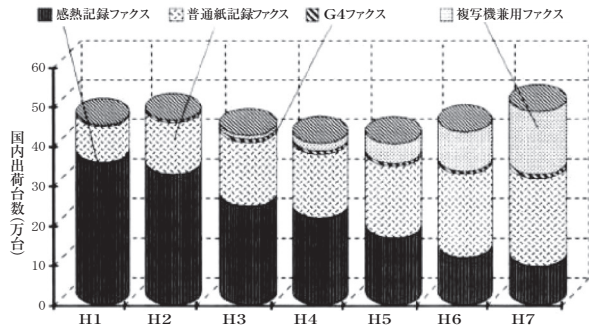


図 4.8 ビジネスファクシミリの出荷台数

図 4.8 はビジネスファクシミリの普及を示す出荷台数推移<sup>10)</sup>である。この図から明らかなように、ビジネス用途においては、平成元年から平成7年においては、国内出荷台数は40万台から50万台を推移している。この中にあってG4機の出荷台数は全体からみれば極少数で増加が認められる状況とは言えない。一方でこのグラフからは、普通紙化の動きと、複写機兼用(MFP)の動きが極めて顕著であることが分かる。反面、感熱記録が激減していることも、見て取れる。これについては後述する。CIAJのG4機出荷統計によると2009年1494台でファクシミリ国内出荷台数全体の0.056%であった。このとき輸出は0%であった。2010年以降はG4機としての統計がなくスーパーG3との合計で統計がとられるようになっていった。こうしてG4機は、期待されながらも、ファクシミリにおける存在感を示すことなく現在に至るが、G4機の標準化で構築された、画像圧縮技術、ミクストモード、テレテックスは現在のICTにおいても継承して活用されている。

G4機普及の障害を整理すると、

- 1 回線インフラ(デジタル公衆網やISDN網)の普及が国際的にも少なかった。
  - 2 相手機となるG4機が存在が少なく。
  - 3 G3機の性能、回線の特性がそれぞれ改善され、G4機のアドバンテージが減少した。
  - 4 G3機が圧倒的な設置台数を占め、しかもG4機とG3機の価格差が大きい。
- などが決定的要因といえる。  
G4機の事例から通信機については次のようなこと

が言える。

- i) インフラ整備がグローバルに整っていないケースにおいては、世界市場で受け入れられることが極めて困難であるといえる。
- ii) 現状の機器で満足度が得られている中では同類で新たな規格の機器が受け入れられにくい。

## 4.4 ファクシミリ通信網サービス (Fネット) 開始

ファクシミリの国際標準が制定され、ファクシミリの有する最低限の機能、性能が明確になった。このことから各ファクシミリメーカーにはユーザーに、より高い利便性を提供し販売台数、金額を伸ばす行為は、自然に発生する。一方で、ファクシミリ装置の標準仕様でない機能を網側の拡張機能で達成可能にするといった行為は、回線利用の付加価値を上げるために、電話網会社としてごく自然の行為といえる。そこで、電電公社が開発した新たな回線によるファクシミリに対する付加価値サービスが、ファクシミリ通信網サービス(Fネット)である。Fネットの特徴は、従来のアナログ回線ではなく、加入者はアナログであっても局間はパケット網を使用してサービスを行うことに特

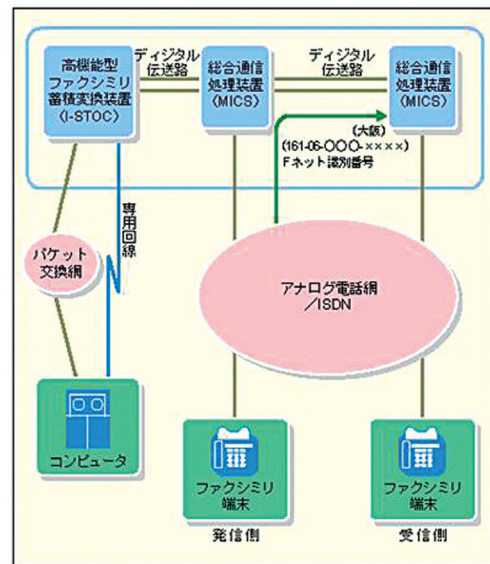


図 4.9 F ネットシステム構成図<sup>20)</sup>

徴がある。図 4.9 にFネットのシステム構成図<sup>20)</sup>を示す。その仕組みは、Fネットでは、送られてきた情報をデジタル化し、いったん統合通信処理装置(MICS)に蓄積し、デジタル回線により、一挙に相手側のMICSに伝送し、蓄積させる。このとき、統合通信処理装置側ではパケット網を使用する。パケット網を使用することにより、顧客ごとに回線を占有するのでは

なく、複数の顧客からのファクシミリ情報を多重化できる。このため通信料金に関しても、通常の加入電話回線を使用する場合に比べて低く設定できるのである。このことは国内の通信のみならず、国際間のファクシミリ通信においても同様であった。この種のサービスは電電公社が行った世界初のサービスであり、1981年9月にG2機からスタートした。当時G3機は100万円以上の価格であった。G2機でさえも50万円と高額であった。こうした状況にあって、電電公社はG2機でありながら価格を10万円以下に設定したミニファックスI（MF1）を投入し、Fネットを開始した。MF1は最大画サイズをA5判にすることにより価格を10万円以下に抑えてサービス<sup>14)</sup>を開始することが



図 4.10 A5 ファクシミリ MF1

できた（図 4.10 参照）。

採用技術は、AM-PM-VSB 伝送方式を採用し、読み取りには、CCD 個体センサーを、また記録には感熱記録方式の採用により、読取・記録の固体電子化、機構部の簡素化を図っている。この当時、東京・大阪間をG2機でA4原稿1枚を送るのに加入電話回線を用いた場合400円かかっていた。これがファクシミリ通信網を使いMF1でA5判1枚を送った場合の電送料金は50円であった。Fネットサービスの本格的な普及はFネットでG3対応が行われた1984年からであった。Fネット使用により、通信費が節約でき、電電公社が提供する付加サービスの提供が受けられるメリットがあるからだ。Fネットに対する、顧客ニーズも芽生え、ファクシミリメーカー各社からFネット対応のG3機が活発に発売された。その結果、図 4.11 に示すように設置台数が増大<sup>15)</sup>した。

1984年以降の新規加入者はほとんどがG3の契約であり、G2はFネットにおいても姿を消していった。この頃、海外においてもG3ファクシミリの需要が活発となり、日本に続いて、アメリカ、ドイツ、オース

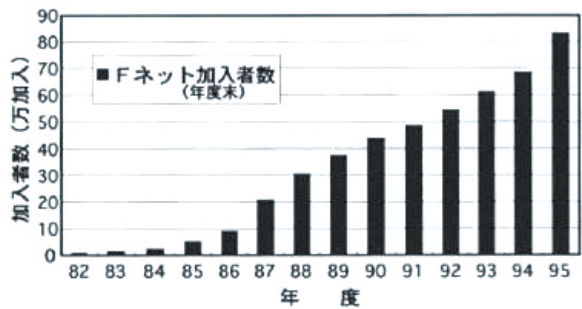


図 4.11 F ネット加入者数の推移

トラリアなどでもファクシミリ通信サービスが行われ、通信コスト低減を目標とした国際ファクシミリ通信サービスの利用も急増した。2012年現在の通信価格を参考に紹介しよう。Fネットの通信料金はやや複雑に設定されている。国内の通信ではタイプ1とタイプ2<sup>16)</sup>がある。

- ・タイプ1はファクシミリ送信後1時間以内に受信側への送達が始まるもの。
- ・タイプ2はファクシミリ送信後3時間以内に受信側への送達が始まるもの。

当然タイプ1よりもタイプ2のほうが安く設定されている。更に、昼間（午前8時から午後7時まで）と夜間では料金が異なる。これもまたトラフィックの少ない夜間の料金の方が安い。標準モードの場合、昼間40円、夜間25円である。更にタイプ2の場合は昼間25円、夜間19円である。Fネットの場合は、日本国内の電送の場合は、距離によらず一定の料金設定となっている点も加入回線と大きく異なる点である。日本から海外への伝送料金についても一例を示すと、日本からアメリカ合衆国（アラスカ、ハワイを除く）への電送料金は、標準モードの場合、A4原稿1枚が30円である。中華人民共和国へは65円、その他各国ごとに料金設定<sup>19)</sup>がされている。国際ファクシミリ通信の料金設定は日本と相手国との距離とは直接関連しない設定<sup>18)</sup>になっているので注意が必要である。Fネットのメリットは通信料金の安さだけではなく、付加機能にもその特徴がある。付加機能は、機能が固定化されているのではなく、時代のニーズによってアップグレードしている。その結果今でもFネットの機能は進化をつづけることにより、顧客に受け入れられている。その機能<sup>17)</sup>の一部を紹介する。

- ・バッファリング機能：送信相手が話中でも、話中が解消され次第自動的に配送する。
- ・一斉同報機能：1回の操作で複数の相手先（最大10,000宛先）へ一斉に送信する。
- ・親展サービス機能：パスワードにより秘密通信が可能。



- ・F ネットに接続された G3 機と INS64 に接続された G4 機間でのファクシミリ電送が可能。
- ・ファクシミリ情報案内：コンピュータと接続するなど専用メモリに蓄積された多様情報が取り出せる。いまでは、音声ガイダンスなどで F ネットでなくてもこのような使い方ができる例がある。

2002 年には F ネットの内部を IP (インターネットプロトコル) 化した。これにより、ファクシミリとインターネットの相互乗り入れが可能となった。このサービスは iFax としてサービスされていた。これにより、ファクシミリからインターネットを経由してパソコンに書画情報を伝送できる。

こうして、顧客満足度を常に高める努力がはらわれた F ネットであるが、2005 年からは新規の契約を打ち切った。背景には F ネットでサービスしている機能をメーカー各社の製品に標準装備してきており、F ネットのサービスとしての訴求力の低下及び、インターネットの普及による、顧客のファクシミリ離れがある。そして 2011 年 12 月 5 日より F ネットに代わり、iFax のサービスと、050 グリーン FAX サービスを統

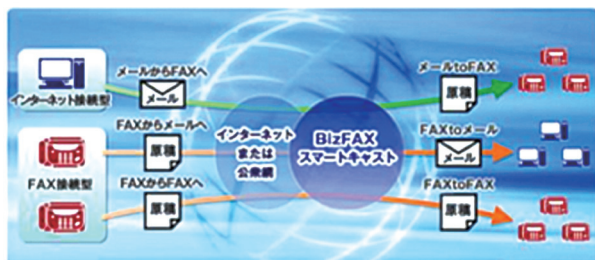


図 4.12 インターネット FAX ソリューション<sup>21)</sup>

合して引き継いだ BizFAX (図 4.12)<sup>21)</sup> がサービスを開始した。<sup>21)</sup> この BizFax の機能を簡単に説明するが、一言で言うなら、Fax 環境をクラウド化したものといえる。つまり、ファクシミリから相手を見た場合、相手がファクシミリであっても、コンピューターであっても、スマートフォンであっても気にせずに情報を送れるし、引き出せるのである。また、コンピューターからみても、BizFAX に接続されたファクシミリへは特に相手の特性を気にせずに情報を伝達することができる。

こうしてファクシミリはクラウド環境での 1 端末という位置づけに大きく変化してきている。BizFAX サービスが今後どれだけユーザーに受け入れられるかは、メーカー各社がファクシミリ機能を有した複合機 (MFP) に具備する IP 接続機能との費用対効果の競争になるであろう。そして、今後ファクシミリが更な

る顧客価値提供や重要性を増していけるかどうかは紙に記録した情報がどれだけ価値を提供できるか、そしてハードコピーの代替機能に対するアドバンテージを Fax 機能がどれだけキープできるかにかかっている。何時でも、何処でも情報がハンドリングできる点では、スマートフォン等の携帯ネットワーク機器が便利であることは否定できない。

話はさかのぼって 1976 年、マスメディアでもファクシミリを出力端末として用いる『ファクシミリ放送』<sup>11),12)</sup> が郵政省、NHK, NTT 等で検討され、実験が行われた。方式の概要は以下である。

ファクシミリ放送の送信の方式は、テレビ放送の音声信号帯域にファクシミリ信号を多重化して伝送し、新聞などの文書や図形情報を提供するといったものである。

- (1) デジタル方式ではファクシミリの圧縮符号化信号で 4 相差動位相変調を行い、
- (2) アナログ方式ではファクシミリ信号で周波数変調し、これらはさらに音声信号に多重化されて音声主搬送波を周波数変調する方式<sup>13)</sup> である。

こうしたファクシミリ放送の試みではあったがニーズの確保につながるアプリケーション開発に至らず、終息していった。

## 4.5 普通紙化の潮流

1980 年代の G3 ファクシミリの記録方式は、高速機が静電記録紙を用いた静電記録方式が主流であった。また、普及機に至っては感熱記録紙を用いた感熱記録方式が絶対的多数を占めていた。

1980 年代から 1990 年代後半まで圧倒的な出荷台数シェアをとっていた感熱記録では以下のような問題があったのである。

- ① 画像濃度が低く原稿としては不向きである。
- ② 記録紙の種類が少なく、厚さや質感が選択できない
- ③ 地肌濃度が高く、原稿としては不向きなのでコピーをとって地肌をきれいにして保存する。
- ④ 保存性が悪く時間とともに画像が劣化していくため、コピーをとって保存する必要がある。
- ⑤ 耐薬品性が悪く、アルコール含有物などに接すると画像劣化が生じるのでコピーをとって保存する必要がある。
- ⑥ 表面にテカリ (光沢) があり原稿として不向き。
- ⑦ 紙質の選択肢が極めて少ない。
- ⑧ 受信したファクシミリを用済み後リサイクルしたいが感熱紙はリサイクルできない

上記のような問題から感熱紙の場合、オフィスでは感熱記録紙の代替手段に対する強い潜在ニーズがあった。一方、高速機で圧倒的なシェアを有していた静電記録方式の場合も

- ① 静電記録紙はロールペーパーであり記録紙にカールが発生し、扱いにくい。
- ② 記録紙の種類が少なく、厚さや質感が選択できないので原稿として不向きである。
- ③ 特殊紙であり入手方法に制限がある。

こうした理由から、オフィスで使用される記録媒体として、感熱紙および、静電記録紙に対する不満が多くあった。

一方、メーカーサイドとしては感熱記録方式のファクシミリは競争激化で売価が下がり利益を上げにくい状況となってきた。そこでメーカーサイドとしてとった戦略が高付加価値化戦略であった。この高付加価値戦略として取り上げた手段の一つが普通紙化による高付加価値化戦略であった。そこで、ユーザーの不満を解消する記録技術として登場したのがトナー方式の普通紙記録である。トナー方式の普通紙記録はリコーによる静電記録方式普通紙ファクシミリ「Rifax1300」が最初であった。その後、トナー方式の記録プロセスとしてはレーザー記録方式の採用例が多くなっていった。そのきっかけは、1979年にキヤノンから発売された世界初のレーザー・プリンター「LBP-10」である。レーザー・プリンターは市場から受け入れられ、それまでのインパクトプリンターが、レーザー・プリンターに代表されるノンインパクト・プリンターに需要が大きくシフトしていった。その結果、それまで高価であった半導体レーザーや、構成部品であるポリゴンミラーやf-θレンズ、感光体などの部品価格が下がっていった。高速機分野のファクシミリでは、半導体レーザーを用いて、感光体ドラム上に静電潜像を形成する普通紙記録ファクシミリ（PPF：Plain Paper Fax）技術、つまり、レーザープリンターの記録要素をファクシミリに用いる試みがされ、それを市場が受け入れた。

図 4.13 は日本で最初に発表されたレーザー FAX キヤノファクスレーザー 910 である。発表は 1985 年 5 月 14 日、価格は 168 万円であった。キヤノファクスレーザー 910 は G3、G2 規格に合致し、ファクシミリ通信網も利用できる。2 日後の 5 月 16 日には NEC からレーザー Fax NEFAX-D35 が発表された（図 4.14 参照）。NEFAX - D35 はアナログ回線（加入電話回線）にも 64Kbps のデジタル回線にも接続でき、アナログ回線に接続すると G3 機、G2 機との互換性も確保できるファクシミリであった。この後多くのファクシミリ



図 4.13 日本最初のレーザー Fax キヤノファクスレーザー 910



図 4.14 レーザー Fax NEFAX-D35

メーカーからレーザー Fax の発表が行われた。電子写真方式の PPF は 2013 年の現在も Fax 専用機としてユーザーから好まれ、生産されている。

記録紙の普通紙化に対する外部要因としては「国連環境開発会議」(「地球サミット」)(1992年)が開催され、地球環境の保全が大きなテーマとなってきた。地球環境保全、こうした時代の要請から記録方式の要件もまた変化してきた。

地球環境保全の意味合いから装置の消費電力の低減に加え、地球環境保護及び資源保護のためのリサイクルの考え方が生まれてきた。顧客が使用して年数を経た製品（ファクシミリやコピー機等）の

- ① 製品の保守による再生利用
- ② 寿命部品を交換して製品の再使用を行うリサイクル
- ③ 使用可能な部品を新しい製品に使用するリサイクル

- ④ 製品の使用部品を材料ごとに分別して材料のリサイクル、
  - ⑤ 熱エネルギーとして回収して活用
  - ⑥ 埋め立て等の最終処分として利用
- といった一貫したリサイクルの考え方が広まってきた。

市場においても、ISO14000の認定を取得する企業が増え、オフィスや工場から出るごみの削減やリサイクル意識の高揚がみられた。こうした背景からも再生紙が使い、使用済みの記録紙がリサイクルに使える普通紙ファクシミリが受け入れられた。

こうして、ファクシミリの普通紙記録ニーズに応えるためのプロセスとしてレーザー記録方式が採用され始めた。その結果、高速機分野ではそれまで主流であった静電記録方式からレーザー記録方式によるトナー方式普通紙記録のファクシミリへと大きく変化していった。低速機分野では感熱紙を使った記録方式から熱転写を用いた普通紙記録あるいはインクジェットによる普通紙記録へと変化していった。

オフィスでのパソコンの普及も始まり、コンピュータからの出力ができるレーザープリンター機能を有するファクシミリが受け入れられるようになっていった。パソコンと接続してプリント出力する場合、ファックス品質ではなくプリンター品質、つまり原稿として用いることができる記録品質が求められるように変化した。レーザー記録ではレーザーのスポットの大きさを絞ることで高解像度記録が可能になる。

インクジェット記録では1ドットを形成する液滴の量を少なくすることで高解像度記録が可能になる。また、記録紙は市販の定型サイズの記録紙が使い、紙質の選択範囲も広くできる。一方で画質よりも普通紙でメンテナンスフリーの良さを重視するニーズも根強くある。こうしたニーズに応えたのが熱転写記録である。熱転写方式はパーソナル分野で広く普及していった。

#### 参考文献、引用文献

- 1) ITU-T 勧告 T.4 Standardization of Group 3 facsimile terminals for document Transmission
- 2) 郵政省 昭和60年版 通信白書 発展する画像通信
- 3) 松下電送機器株式会社「UF-20SG」プレスリリース 1979年11月27日
- 4) 高見宏彦 独創性を追求した東芝ファクシミリ 画像電子学会創立25周年記念出版 ファクシミリ史 1997年6月
- 5) 谷本健二 富士ゼロックステクニカルレポート No.1(1983) 普通紙ファクシミリ 240/245 テレコピ

- ア
- 6) リコー 60年技術史(1996年2月) P210～212
- 4. 世界初の普通紙ファクシミリ
- 7) 小川睦夫：リコーテクニカルレポート No.12 超小型高解像 G3 ファクシミリ RIFAX121(1984)
- 8) 松木眞：画像電子学会創立25周年記念出版 ファクシミリ史(1997年6月)G4 ファクシミリ以降(昭和56年以降)
- 9) 松本充司、他：テレマティックス通信 P5 電子情報通信学会 1990年12月20日発行
- 10) 齊藤隆：画像電子学会 ファクシミリ史 P54
- 11) 昭和51年度通信白書 ファクシミリ放送の可能性
- 12) 平成3年度通信白書 テレビジョンファクシミリ多重放送
- 13) 河内正孝：テレビジョン学会誌 Vol. 43, No.8 (1989) pp. 790～794 技術解説ファクシミリ放送方式の概要
- 14) NTT 研究開発の歴史
- 15) 中谷豊 他：ファクシミリ通信網 画像電子学会 ファクシミリ史 1997年6月1日発行
- 16) NTT 西日本ファクシミリ通信網サービス契約約款(平成11年経企第32号)第2通信に関する料金
- 17) 釜江尚彦、中谷豊：システム技術(昭和48年以降) ファクシミリ通信網 画像電子学会ファクシミリ史 1997年6月1日
- 18) NTT 西日本ファクシミリ通信網サービス契約約款(平成11年経企第32号)第2通信に関する料金
- 19) NTT 西日本ファクシミリ通信網サービス契約約款(平成11年経企第32号)2-2 国際ファクシミリ通信料金等
- 20) NTT 技術史料館“F ネット”より引用
- 21) NTT コミュニケーションズ BizFAX(インターネットソリューション)より提供
- 22) 株式会社リコーより提供



## 5 | 成熟期 (1996年～2012年 (MFP統計開始から現在まで))

1990年代も後半に入ると、ファクシミリのニーズがより多様化し、ファクシミリに求める機能も多機能化してきた。その結果、事務用ファクシミリと家庭用ファクシミリとに2極化したといえる。家庭用ファクシミリでは、低価格であることに加え1985年に本電話機が開放されて以降、電話機能の充実にウェイトを置いている。一方事務用ファクシミリでは、MODEMが、9600bpsよりも高速の14.4KbpsのV.17規格のMODEMが使われた。更に、1996年にITU-Tにおいて高速MODEMの新規格V.34が勧告され、加入電話回線を用いて33.6Kbpsの高速伝送が可能になった。これを受けてG3ファクシミリがより高速電送することが可能となった。これによりV.34規格のMODEMを用いて、高速電送するスーパーG3ファクシミリが誕生した。また、ファクシミリ装置に、ファクシミリ以外の画像関連機能である、コピー機能、スキャナ機能、プリンタ機能が搭載されたMFP(Multi Function Product:複合機)が誕生した。更にはインターネット接続機能等が搭載されるようになった。この項では成熟市場となったファクシミリが出荷台数を維持しつつ、その形態を市場ニーズに合わせてどのように変化して今日に至っているかを明らかにする。

### 5.1 スーパーG3の誕生

G3ファクシミリに対してより高速電送を求めるニーズからG3ファクシミリでありながらA4原稿1枚を約3秒で伝送できるスーパーG3ファクシミリが登場した。ITU-Tによって1994年に28.8Kbps、1996年に33.6KbpsのMODEM規格であるV.34が勧告されたことが背景にある。スーパーG3はG3規格の拡張機能であり、普通のG3よりも高速電送ができる。一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会(CIAJ)加盟企業間で相互接続試験を実施し合格すると“スーパーG3”の使用が許される。ロゴマークを図5.1に示す。

図5.2はスーパーG3機として最初に登場したムラタ機械のV848である。スーパーG3のメリットを最大限に享受するためには、送受ともにスーパーG3対応であることに加え、電話回線の特性が良く、V.34MODEMの最高速度である33.6Kbps或いは33.6Kbpsにできるだけ近いスピードで接続されるこ



図 5.1 スーパー G3 ロゴ  
提供：一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会



図 5.2 スーパー G3 ファクシミリムラタ機械 V848

とが求められる。回線特性によってV.34MODEMのスピードは、33,600/31,200/28,800/26,400/24,000/21,600/19,200/16,800/14,400/12,000/9,600/7,200/4,800/2,400bpsのいずれかとなり、MODEMスピードが遅くなれば電送に要する時間が長くなる。スーパーG3の要件は以下のとおりである。

- ・V.34規格のMODEMを用いV.8、及びV.34手順を用いる。
- ・符号化方式としてMMRまたはJBIGを用いる。
- ・ECM(誤り訂正機能)を用いる。

スーパーG3ファクシミリではG3ファクシミリのT.30手順が半二重通信であったのに対し、V.34手順により、部分的に全二重通信を行っている。これにより、MODEMスピードの決定が短時間に行えるので、画情報の電送時間だけでなく、通信手順に要する時間も短縮され、トータルの電送時間が大幅に短縮されている。

## 5.2 MFP(MultiFunction Product 複合機)の誕生

MFPは当初 Multi Function Products という言葉から生まれた。その後、Multi Function Peripherals ともいわれている。いまでは Multi Function Printer が一般的になった。それは Product や Peripheral よりも Printer としての利用シーンが多くなってきたためだと云える。

MFP 化の動きは前章の成長期にさかのぼる。最初に登場した G3 ファクシミリの MFP 化は、日本語ワードプロセッサとファクシミリの結合であった。ワードプロセッサで作成した文書をペーパーレスでファクシミリに取り込み、ファクシミリの形式に変換して遠隔地のファクシミリに送るといったものであった。その後、ファクシミリによるデジタル画像処理技術がオフィス用途の本格的なデジタルコピー機を誕生させた。画像の解像度を高くし、コピー機と同じフラットベッドスキャナを搭載し記録部には普通紙プリンターと同じレーザー方式のプリンターを具備した。図 5.3 は



図 5.3 世界初のブックスキャナー搭載 MFP<sup>5)</sup>

こうした構成の機器にファクシミリの機能を装備したファクシミリ機能付きの MFP、“MF320F”でリコーが 1987 年に発表した。フラットベッドスキャナを搭載した MFP はこれが最初である。

具体的にはデジタルコピーに ITU-T 勧告の T.4 ファクシミリの端末特性としての画像読み取り、記録特性、画像圧縮、復調、MODEM、などを装備し、T.30 プロトコルと回線接続インターフェイスの NCU を装備した。こうしたオフィス用途のモノクロ MFP が誕生し、やがて、カラー化ニーズの高まりとともにカラー MFP が誕生した。市場ニーズは、低価格化ニーズと、高速化ニーズに 2 極化し、低価格対応の MFP は徐々

にオフィスパーソナル、そしてホームユース市場に拡大していった。一方高速化ニーズはオフィスの中核機として、複写機とプリンターとイメージスキャナとファクシミリの 4 機能を 1 台 (4 in 1) に収めた MFP へとリプレースが進んだ。オフィス用途も MFP では前述のスーパー G3 機能の搭載機種も多くなっていった。MFP の記録プロセスとしては SOHO 向けや、ホームユース向けには主に、カラーインクジェット記録方式が採用されている。一方、オフィス向けには、モノクロおよびカラーのトナー方式 (カールソンプロセス) が多く採用されている。トナー方式の場合、記録光源がレーザー方式によるものと LED によるものとがある。以降の節では、パソコンやインターネットの普及に関連して MFP 化が進展したこと。パソコンやインターネット環境の中で MFP が多機能化し、ファクシミリ単能機から大きく変貌してきている様子を紹介する。

## 5.3 単能機から MFP の時代へ

1990 年代前半まではオフィスに於ける文書作成ツールとして「ワードプロセッサ」が普及していた。マイクロソフトの OS(Operating System)である「Windows 3.1」や、Apple Computer の「Mac OS」など、GUI 環境が良くなったことを受けてパーソナルコンピュータ (以降パソコンという) が徐々にオフィスに浸透し、「ワードプロセッサ」を完全にリプレースしていった。IBM が PC/AT の仕様をオープンにした。その結果今まで日本に於いては日本語が使えるということで圧倒的なシェアを有していた NEC の PC9800 シリーズであったが、1990 年代後半には PC/AT 互換機が各社から販売された。オフィスに於いてもパソコンが普及し、グループウェア・ソフトも発売され、パソコンをイーサネットに接続し、電子メールによる情報伝達をはじめ、データベースを共有し、プリンターやイメージスキャナを複数の人が共有する使い方が広まった。そうした環境下でごく自然に発生したニーズが、『ファクシミリの文書出力機能をパソコンのプリンターとして使いたい』『ファクシミリのスキャナで読み取った画像情報を PC に取り込みたい』というニーズである。所謂 MFP 時代の到来の予兆である。

当初はオフライン接続のインターフェイスをファクシミリや複写機に装備して、パソコンと直接接続しオフラインプリンターとしての機能を果たしていた。しかし、ネットワークに接続し、共有使用したいというニーズが強くなり、これに対応するために、プリントサーバをファクシミリとネットワークの間に介在させ

て対応した。IBMによるPC/ATの仕様をオープンにしたことと、1995年に発売されたマイクロソフト社のOS「Windows 95」搭載のPCが発売されると、GUI機能が充実し、操作性が改善されたことで出荷台数が増え、出荷台数が増えることによってコストが下がり、価格が安くなる。そのことでさらに出荷台数が増えるといった正のスパイラルが確立した。図5.4は内閣府が2012年に発表したパソコンの普及率推移で

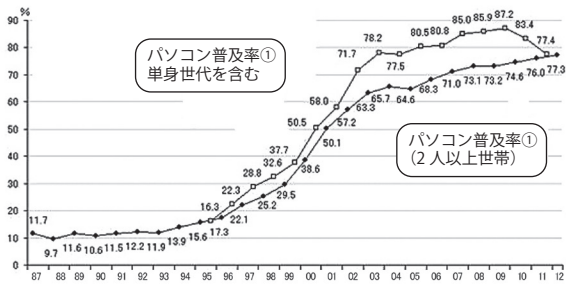


図5.4 パソコン世帯普及率<sup>2)</sup>

ある。図5.4に示すように1996年以降パソコンが急速に普及していった。そこで、直接ネットワークと接続できるファクシミリや複写機が登場し顧客ニーズをとらえ、出荷台数が増えた。MFP時代の到来である。図5.5はファクシミリとファクシミリ機能搭載MFP(複合機)の出荷台数推移を示したグラフである。

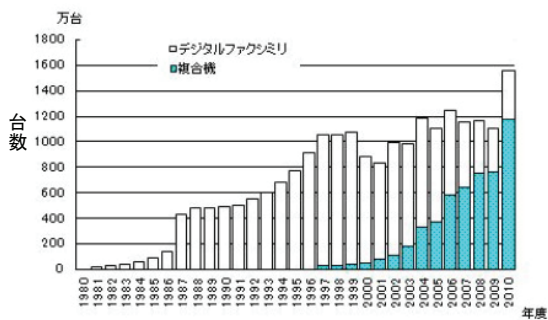


図5.5 ファクシミリ・MFPの出荷台数推移<sup>1)</sup>

「出典：一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会発行  
通信機器中期需要予測の年度出荷実績」  
「デジタルファクシミリと複合機の出荷統計  
台数(含む輸出)」

1980年以降急増したファクシミリの出荷台数も1997年以降ほぼ頭打ちになると同時にMFPの出荷が急増している。それに関連してファクシミリの伸長が上げどまり、MFPがファクシミリに代わって成長した。ファクシミリでできたことがMFPでできるのに加えて、ファクシミリで果たせなかったPC環境との

高い親和性や、Fax、コピー、プリンター、スキャナー機能を一台に集約した1台4役によるコストメリットが生じたからである。以降にその新たな付加価値ともなる種々の機能について記述する。

## 5.4 プリントニーズ、スキャナニーズの芽生え

パソコンが普及したことによってパソコンで作成された文書や図表を紙にプリントアウトするニーズが生じた。

また、図5.6に示したインターネット利用も1996年から急速に拡大した。これにより、インターネッ

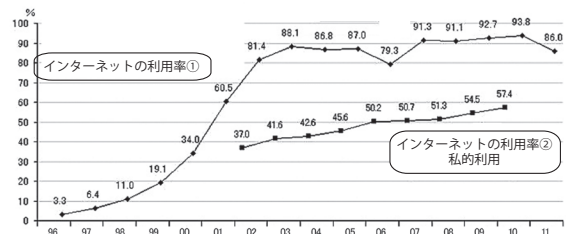


図5.6 インターネット利用率推移<sup>3)</sup>

トを通じて得た情報のプリントニーズも増えたのである。その結果、プリントボリュームやコピーボリュームも増加した。当初は印刷目的にプリンターを購入していたが、ファクシミリにプリンター機能、イメージスキャナ機能、さらにはコピー機能を搭載した商品を上市させると、多くのユーザにこの機能が受け入れられた。

- ① ファクシミリとプリンター、イメージスキャナ、コピー機を別々に購入せず済み、経済的であること。
- ② 設置スペースが少なく済む。
- ③ コンセントの数を増やさずに済み、電気工事やテーブルタップが必要ないこと。

等のメリットが受け入れられたのであった。

こうしたことからMFPニーズが顕在化してきたのであった。こうして、Fax、コピー、プリンター、スキャナー機能の4機能が集約された“4 in 1”のMFPとして新たな成長商品に育っていった。

## 5.5 多様化するMFP

MFPにはファクシミリベースのMFPと複写機ベースのMFP更に、プリンターベースのMFPがある。



違いは以下のとおりである。

- ・ファクシミリベースの MFP はシートスキャナを搭載したものでファクシミリ機能は必ず有しているものを指す。
- ・複写機ベースの MFP はブックスキャナ（フラットベッドスキャナ）を搭載したもので標準機としてはファクシミリ機能を必ずしも有しない。
- ・プリンターベースの MFP はプリンター機能が標準装備でファクシミリ機能を必ずしも有しない。ファクシミリ機能を具備するときはファクシミリのための電送機能のほかにイメージスキャナ機能も搭載する必要がある。一部ではスキャナを搭載しない、プリンターベースのファクシミリも売られた経緯があり、この商品もヒットした。

このようにベース機が何であるかによって中心となる機能が異なるのである。

## 5.6 多機能化するファクシミリ機能

ファクシミリの基本機能は G3 機能であることは現在でも崩れていない。しかし、インターネット／イントラネットの出現とパソコンの普及によってそれらの持つメリットを最大限生かすために多様な機能が開発され、実用化している。ここでは 2013 年現在のファクシミリの最先端機能の発展状況に詳しく触れてみたい。

### 5.6.1 インターネット・イントラネット接続

インターネットに接続され、ITU-T T.37 勧告に適合したメール型インターネット対応している機器同士では、加入電話回線を経由せず直接インターネットでファクシミリの通信ができる。すなわち、読み取った原稿を、Eメールと同じ方法で、ファクシミリ機器同士やパソコン間で通信できるようにする、ファクシミリ拡張機能である。これにより、通信費の大幅な削減が可能である。もちろん、ITU-T T.37 に適合した機器同士であればメーカーを問わず相互通信が可能である。図 5.7 はインターネット接続の例を示したものである。企業内や、得意先間の通信量が多い場合には適した使い方となる。T.37 勧告準拠のファクシミリを WNET FAX という。

図 5.8 はイントラネットでの効果的な使い方の例を示している。例えば東京本社から大阪支店近くの目的地にファクシミリを送る場合、大阪支店に設置されているイントラネット接続されたファクシミリを中継器として使用し、目的地の G3 ファクシミリに加入電話

回線を使って送る。これにより、大阪支店と目的地間の通信費だけの負担で済むことになる。図 5.8 の中継機 2 として使用するケースでは、社内のイントラネット経由で中継機 2 が社内すべての市内電送文書を受け付け、中継機 2 が代表して市内回線で配信する場合は示している。これにより電話基本料金を節約できる。

### 5.6.2 PC-Fax 送信

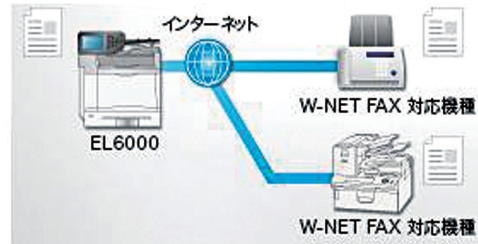


図 5.7 インターネットファクシミリの例<sup>6)</sup>

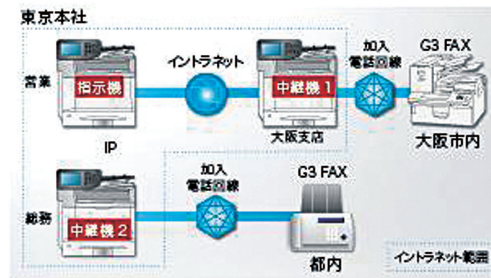


図 5.8 イン트라ネットファクシミリの例<sup>6)</sup>

パソコンで作成した文書を直接 Fax を介して相手に送る機能である。これにより、パソコンで作成した文書をプリントアウトしてから Fax するのではなく、ペーパーレスで遠隔地のファクシミリに電送できる。(図 5.9 参照)

このことはオフィスで発生する紙ごみの削減に寄与



図 5.9 PCFax 送信の例<sup>6)</sup>

する。更に、ファクシミリによっては送付状を添付したり、他地点に同報する高度な機能をサポートできる。

### 5.6.3 Scan to XX(e-mail,SMB,FTP)

Scan to xx はスキャナで読み取った画像をパソコンが処理するのと同じように、e-mail で送ったり、共有サーバに格納したり、共有フォルダに格納したりする機能である。ファクシミリによってはスキャナ部にカラー

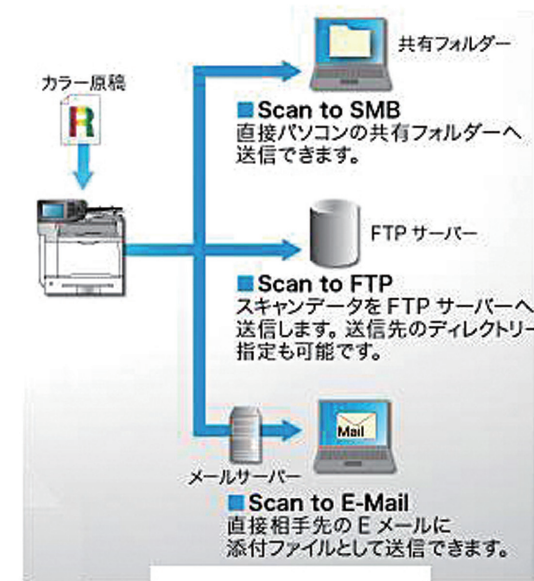


図 5.10 Scan to XX <sup>6)</sup>

カラー画像をe-mailで送ることができる。カラー画像をファクシミリに送ることはカラーファクシミリが普及していないのでほとんど可能性がない。しかし、Scan to e-mailの機能を用いることで相手にカラー画像を送ることができるのである。図5.10はこれらの機能を図示したものである。

ここでScan to SMBは「Scan to Server Message Block」のことであり、スキャンしたデータをネットワーク上にある指定したコンピュータの共有フォルダに送信する機能である。この機能を有する機種の場合、スキャンしたデータはJPEG、PDF、TIFF、XPSなどのファイル形式で送信できる機種が多い。

Scan to FTPは、「Scan to File Transfer Protocol」のことであり、用途としてはウェブページ用の画像のウェブサーバへのアップロードに用いられる。

#### 5.6.4 家庭用ファクシミリの変貌

家庭用ファクシミリが大きく変貌したのは1985年、電電公社が民営化され、これを契機に、本電話機が開放されたことを挙げることができる。これによって、家庭用ファクシミリの基本機能が、電話+ファクシミリとなったのである。言い方を変えると電話機ベースのファクシミリである。ファクシミリの成熟期を迎え、各家庭では、ファクシミリの買い替え回数が2度、3度となる家庭も珍しくない。買い替え動機としては、ファクシミリの老朽化以外に、子機として無線電話機が欲しい。あるいはファクシミリの利用機会の減少により長期不使用でも安定したものに変えたい。ナンバーディスプレイがほしいと様々であるが、購入価格が手ごろになった点も大きく寄与している。一般家庭

に於いてはオフィス同様に、インターネットの普及により、ファクシミリによる送信、受信の機会が激減している。従って、機種選定にあたっては、①価格 ②家庭内のネットワーク接続 ③操作のしやすさ ④電話機能の充実 ⑤設置場所等々を考慮して豊富な機種の中から選定できる。家庭用ファクシミリとしてはトナー方式では機械が大きくなり価格も高い。そこで近年ユーザーに受け入れられてきているのが熱転写方式による普通紙記録ファクシミリである。

インターネット接続できるファクシミリは、オフィ

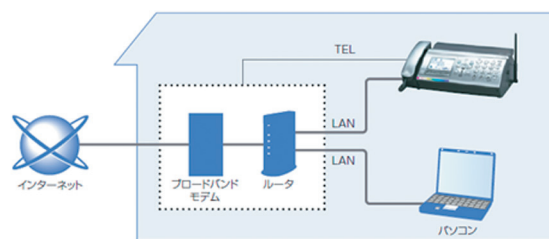


図 5.11 家庭用ファクシミリのインターネット接続

ス用途のファクシミリに限らない。図5.11に示したように家庭用ファクシミリでもインターネット接続できる機種が販売された。これにより、ファクシミリと携帯電話とでメールの送受信が可能となる。但し注意すべき点として以下のようなことがある。

- ①送信先の携帯電話がパケット定額制の契約でない場合はパケット通信料が高額になることがある。
- ②送信先、転送先の携帯電話にメール（画像ファイル付き）を受信する機能が付いていることが必要である。
- ③画像表示をする機能が搭載されている必要がある。
- ④携帯電話の機種によっては受信した画像が表示できない、または受信できない場合がある。

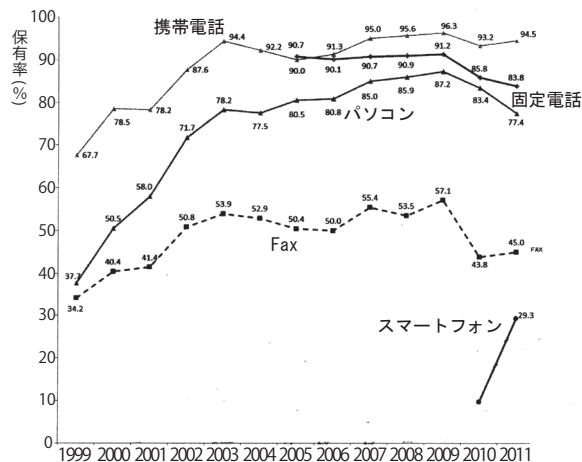


図 5.12 情報通信機器の普及率推移 <sup>4)</sup>

家庭用のこうしたファクシミリでは、書画情報をファクシミリで Scan し、パソコンに取り込みパソコンによりファイル保存や閲覧ができる機能も具備できる機種がある。図5.12は情報通信機器の保有率の推移<sup>4)</sup>である。

この図に示した普及率の推移が互いに影響し合って市場ニーズの変化としてあらわれてきた。最近の傾向として、この図から以下のことが読み取れる。

- ①固定電話の保有率が低下傾向にある。このことによって Fax 付電話機が減少するので、ファクシミリの普及率が減少する。
  - ②パソコンの保有率が低下しスマートフォンとタブレット型端末が増加傾向にある。
  - ③ファクシミリの保有率が減少傾向にある。
  - ④携帯電話は飽和状態を維持している。
- 今後どのようなニーズの変化が起きてくるかはまとめ

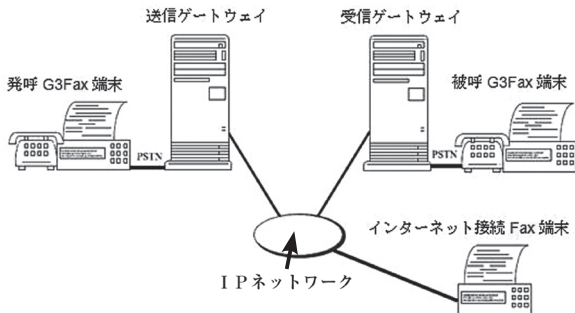


図 5.13 家庭内 Fax の IP 接続例

の項で予測したい。

図 5.13 は 2000 年以降増えているファクシミリ付き電話の接続形態である。このような接続形態をとることによって遠隔地との電送や、音声通話の料金が節約できる。

このケースではファクシミリや電話はインターネッ

トを全く意識する必要はない。

### 参考文献、引用文献

- 1) ファクシミリ及び MFP の出荷台数推移 (輸出を含む) 一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会
- 2) パソコン世帯普及率 内閣府 「消費動向調査」及び総務省情報通信政策局「通信利用動向調査報告書」
- 3) インターネット世帯普及率推移 内閣府「家計消費動向調査」及び総務省情報通信政策局「通信利用動向調査報告書」より作成
- 4) 総務省 報道資料 平成 23 年度 通信利用動向調査の結果から一部を抜粋
- 5) 株式会社リコーより提供
- 6) 株式会社リコー「RIFAXEL6000」製品 web サイトより (2013 年 3 月 1 日現在)



## 6 | 標準化の話

ファクシミリは通信機である。通信機には必ず通信相手がある。この通信相手とはお互いに定められた規則に基づいて動作することが必要である。

初期のファクシミリは閉じられた範囲での通信であった。つまり企業の本社と支店の間といった企業内の通信や、船舶の航行に必要な気象情報など用途別のものではあったといっていよい。こうした閉じられた範囲内での通信であればその中だけのルールを守ればよい。つまりファクシミリの装置特性である走査線密度や画像圧縮の方法、通信のMODEMの信号形式、記録紙のサイズ、記録線密度など、各ファクシミリメーカーの独自方式であっても閉じた通信であれば同じファクシミリメーカーの同じ製品を買えば、その中で互換性は確保できた。

ファクシミリの必要性が、広がりを見せると、通信相手のファクシミリの品種などを通信の都度確認してられない。お互いに繋がらないファクシミリでは用が足せないのにつながりするための条件整備が必要となった。

そこで、不特定多数の者同士がお互いに通信ができるように最低限の決まりごとを決める、そして後の発展も考慮した規格を定めることが極めて重要なこととなった。

決められた規則を標準といい、この規則を作ることを標準化という。

つまり、標準化は利用者の利便性を向上させ、もって産業の発展に寄与する活動なのである。

ここではファクシミリの標準に限って概要と功績を紹介するが、その前に国際標準化の仕組みについて簡単に説明する。

### 6.1 標準化とその仕組み<sup>1)</sup>

標準には、大きく分けてデジュール (de jure) 標準とデファクト (de facto) 標準の2つがある。デジュール標準は、公的な機関が認証することにより規格となるものである。デファクト標準は市場が標準にしているものでデジュール標準以外は全てデファクト標準といえることができる。国際的なデジュール標準機構は大きく3つある。その機構とはISO (国際標準化機構: International Organization for Standardization) とIEC (国際電気標準会議: International Electrotechnical Commission)、と通信関係のITU (国際電気通信

連合: International Telecommunication Union) などがそれである。

ISOは電気を除く標準化を担当し、IECは電気関係だけの標準化を担当する。加えて、最近では電気と機械又は化学などの双方に関連する標準がある。特にICT (Information and Communication Technology) 関係に多いが、ISO/IEC JTC 1というものがある。JTCはJoint Technical Committeeの略で、共同作業をするということである。通信関係はITUであり、旧CCITT (国際電信電話諮問委員会: Comite Consultatif International Telegraphique et Telephonique) である。このITUには通信の決めごとを定めるITU-Tと無線関係のITU-Rと通信の普及促進をするITU-Dがある。以下、三つの国際デジュール標準化機能について概要を説明する。

デジュールの一つ目がISOである。ISOは民間の非政府組織で、国家間の製品やサービスの交換を助けるために標準化活動を行っている。経済活動における国家間協力を発展させることが目的で、会員もかなり多く、2009年末で162カ国、規格数は1万8000強ある。さらにこの中には、専門委員会 (Technical Committee)、分科会 (Sub Committee)、作業グループ (Working Group) およびアドホックグループなどで構成されている。

デジュールの二つ目がIECである。IECは、電気工学、電子工学および関連した技術を扱う国際的な標準化団体である。ここでは、電気および電子の技術分野における標準化のすべての問題および規格適合評価を決めている。ISOと同様、国際協力を促進し、国際理解を促進することを目的としている。電気関係の用語や記号、また互換性確保の問題、測定方法などを決めている。IECはISOよりも会員数が若干少なく、2009年末現在で81カ国、規格数は6000強、委員会数は94、分科会は80、ワーキンググループは404ある。

次にISO / IEC JTC 1について補足する。ICTの関係では、ISOとIECが協力して、特に情報技術の分野に関する国際標準を作成することを目的として結成した団体であり、国際標準規格の立案と見直しを担当している。特に情報技術関係は技術革新のスピードが非常に速く、その標準化には特別な配慮が必要だということで、ISOとIECが協力して情報技術を扱う委員会をISO/IEC JTC 1として設立した。

デジュールの三つ目が通信関係のITUである。

ITU は、ISO とは違って国連の下部組織である。国際電気通信連合憲章に基づいて無線通信と電気通信分野の規格を決めている。ISO や IEC と違い、通信関係は秩序を保たなければ非常に混乱が起きるので、ITU には強制標準が多い。ISO や IEC は、任意標準で必ずしも使わなくてもよいが、標準に準拠した方が市場では受け入れてもらいやすくなるというものであるのに対して、ITU には非常に強制力がある。無線関係の ITU-R、電気通信の標準の ITU-T には、通信プロトコルの手順などの細詳まで決めてある。ITU-D は、電気通信開発部門で、日本は 1959 年から理事国になっている。

デジュール系では、国際的な活動以外にもヨーロッパの標準化団体の CEN（欧州標準化委員会）や CENELEC（欧州電気標準化委員会）という組織がある。CEN は ISO に相当する欧州域内活動組織であり、CENELEC は IEC に相当する欧州域内活動組織で、電気関係を扱うグループである。日本国内では JIS、ドイツの DIN、あるいはアメリカの ANSI、そのほか各国国内の標準化団体がそれぞれ存在している。

デファクト系も数多くある。フォーラム標準を作っているグループでは、例えば NFC（Near Field Communication）フォーラムは近距離の通信に関する標準審議のフォーラムで、例えば、携帯電話やスマートフォンを MFP やプリンターにかざすと電話機に記憶されている写真やドキュメントがプリントされるというようなものをイメージしていただくとう分かりやすい。コンソーシアム標準を作っているところでは、インターネット関係のさまざまな標準を審議・制定している W3C（World Wide Web Consortium）がある。W3C は知的財産に関しては RF（ロイヤルティー・フリー）である点特徴的である。協会系では、ヨーロッパの電子計算機の業界が作った ECMA（European Computer Manufacturer Association）がある。ここには日本企業が多数参加して活躍しており、DVD 分野などでは多くの標準を作っている。

デファクト標準（デファクト・スタンダード）は、市場が標準としているものである。事実上の標準といわれるもので、Windows や Blue-ray、少し古くには VHS など、市場占有率が非常に高くなったことにより、標準と同様に扱われているものである。したがって、デファクトとなる強力な技術・製品を持っていると競合上も非常に強く、マーケットで優位なポジションにいることができるのである。

## 6.2 ファクシミリの標準化機関<sup>2)</sup>

現在、ファクシミリの標準は ITU-T 勧告として発令されている。つまり標準化機関は ITU-T ということになる。この ITU は国際連合の下部組織として活動している。このことは他の国際標準である、ISO や、IEC などとは大いに異なる。その訳は、通信の持つ性格からきている。

通信の標準はいわば強制標準であるといつてよい。標準に準拠せねば通信できない。また、準拠しないことにより第三者や設備に危害を加えるようなことがあってはならないのである。

この ITU の中であって無線を扱う ITU-R 以外の通信に関する全てがこの ITU-T の活動範囲となっている。

ITU-T の歴史、つまり通信の標準化の歴史は非常に古い。表 6.1 に ITU の変遷を示した。

表 6.1 ITU の変遷

年	内容
1865	万国通信連合 (International Telegraph Union) 設立
1924	国際電信電話委員会 (CCIF : International Telephone Consultative Committee) 設立
1925	国際電信委員会 (CCIT : International Telegraph Consultative Committee)
1927	国際無線委員会 (CCIR : International Radio Consultative Committee)
1947	国際連合の専門機関となる
1956	CCIF CCIT を合併し CCITT 設立
1993	CCITT を分割し ITU-T と名称変更、CCIR を ITU-R と名称変更

ITU の前身は万国通信連合 (International Telegraph Union) で、1865 年に設立された。黒船来航に驚いた日本が落ち着きも取り戻せぬうちに、地球の裏側のヨーロッパでは電気通信の国際標準化の必要性を既に知り、国際的な連携の仕組みを作り活動を始めたのである。通信の状況は発明と共に、そして技術革新の都度、変化する。1837 年に、モールスによるモールス符号電信器、1843 年にベインによってファクシミリが発明された。1876 年にはベルによって電話が発明され、1895 年にはマルコーニによって無線通信が発明された。通信の基本的発明が生まれ、電気通信をとりまく社会の状況は大きく変化していた。その後、電話、電信、無線それぞれの専門委員会として CCIF、CCIT、CCIR が設立された。CCIF と CCIT は同一組織、CCITT に統合された。その後、組織名は国際電気通信連合 (ITU: the International Telecommunication Union) に変更され、1947 年に国連の専門機関の一つに加わった。

## 6.3 ファクシミリの標準

ここではファクシミリの標準の概要と標準化の背景について簡単に触れる。実際の勧告についてはITU-Tが発行するTシリーズの勧告を参照願いたい。なおITU-Tの勧告はwebにて無料で内容を閲覧可能である。

### 6.3.1 ファクシミリの標準化活動の始まり<sup>3)</sup>

ファクシミリの国際標準化活動は現在のITU-T以前のCCITTよりも古いCCITの時代にさかのぼる。

CCIT時代1925年(大正14年)10月、パリ電信会議は、国際電信の技術・運用の問題を研究する目的で、万国電信連合の諮問機関として、国際電信諮問委員会(CCIT)の設立を決定し、その第1回総会が1926年(大正15年)11月ベルリンにおいて開催された。この第1回CCIT総会では、技術、運用の2委員会を組織して問題を分担し、その研究を開始したが、1929年6月、再びベルリンで開催された第2回総会では、写真電送に関する最初の国際勧告が登場する。この勧告は2部で構成され、第1部に写真電送装置の初期の規格、第2部で使用電話回線の伝送特性を規定している。当時既に各国で種々の写真電送装置が使用されていたため、それらの相互接続の可能性を考慮して、協働係数396(高品質伝送)、264(標準品質伝送)、176(無線伝送)の3種を規定し、それに伴う円筒直径と画線密度を参考値として数例あげている。

日本代表がCCITのメンバーとして国際標準化に参加したのは第5回総会以降からであった。

第6回CCIT総会がブラッセルで開催されたのは1948(昭和23)年5月であった。この総会でCCITは、新課題として、1)公衆電報、2)事務用文書、3)大型文書、例えば気象図などの模写電送(「ファクシミリ」という術語が初めてCCITの場に登場した。)のための端末装置の開発が採択された。ファクシミリ(模写)電送という新しいコンセプトの導入とともに、従来使用してきた写真電送、中間調画像電送などの術語との関連を明確にするための定義が必要となり、この総会でファクシミリ通信、写真電信、ファクシミリ電報、写真電報の定義が確認された。これによりファクシミリ通信の定義を文書電送、写真電送のいずれもカバーする通信システムとし、そのうち受信側で写真処理を必要とするものを写真電送とした。

### 6.3.2 CCITTの起こり<sup>2)</sup>

1955(昭和30)年ITU管理理事会は、CCITとCCIFを合併して国際電信電話諮問委員会(CCITT)とし、そのため各最終総会と新CCITTの第1回総会を1956年11月に開催することを決議した。これにより第8回(最終会)CCIT総会が1956年(昭和31年)11月ジュネーブで開催された。

CCIT最終総会は、中間色の受信、記録を必要としないダイレクト・レコーディング・ファクシミリ電送の走査方向、無線回線上の気象図のファクシミリ電送の2勧告を承認して、これらをCCITTにあたっては以下のに引継いだ。1926年(大正15年)のCCIT設立以来ファクシミリ通信の研究は、写真電送に限られていたが、この時点でようやく、後日の文書ファクシミリ通信の標準化に通ずる活動がスタートした。

### 6.3.3 ITU-T T.2<sup>2)</sup>

Standardization of Group 1 facsimile apparatus for document transmission.

ITU-Tはグループ1型ファクシミリ(G1ファクシミリ)の規格を定めた。

1968年(昭和43年)の第4回マルデルプラタ総会は、T.2では最初のファクシミリ端末(G1)とその運用手順、交換回線の特性の標準化を以下の通り行った。

勧告T.2:ブラック・アンド・ホワイト・ファクシミリ装置の標準化

勧告T.4:ブラック・アンド・ホワイト・ファクシミリ装置のリモート・コントロール

勧告T.10 bis:一般電話交換網上でファクシミリ通信勧告

T.2、T.4制定にあたっては、文書ファクシミリ通信を写真電送と区別するために、当初ブラック・アンド・ホワイト・ファクシミリ通信と呼称した。またこれらの勧告起草にあたっては以下のような考慮をした。(1)ファクシミリ装置を使つての電話回線上のメッセージ伝達、事務文書電送の国際サービスは近い将来著しい発展が期待できる。(2)このサービスは電話会話と交互に運用され、また受信側が無人の場合もある。(3)従つてリモート・コントロールによるファクシミリ通信の運用が必要条件である。(4)現在このようなサービスの明確な要望はないけれども、将来の需要に備えて、ファクシミリ装置とその手動、自動運用方式の標準化を、可及的速やかに行うべきである。勧告T.2に規定された定数の主なものを以下に示すが、残念なことはFM変調とAM変調の2通りを決めたために互換性の問題があった。この体験が後のG2、G3ファ



クシミリの標準化活動に活かされた。

協働係数：264

文書サイズ：210 × 297mm (ISO-A4)

回転円筒式の円筒径：68.5mm

フラットベッド式の総走査線長：215mm

画線密度：3.85本/mm

走査線周波数：120、180本/分

位相同期信号：黒信号95% 白信号5%の交互送信

変復調方式

AM方式の搬送周波数：1300～1900Hz

黒信号：ON, 白信号：OFF

FM方式の搬送周波数 (fo)：

交換回線：1700Hz

専用回線 1300～1900Hz

黒信号：/0 - 400Hz、白信号：/0 + 400Hz

電送所要時間：約6分

1968～1972年会期は、ファクシミリ通信の高速化、伝送パワーの低減に重点を置いて研究を行い、ファクシミリ通信サービスの实情に沿って「ブラック・アンド・ホワイト・ファクシミリ」を「ドキュメント・ファクシミリ」と改称した。また、G1ファクシミリのFM変調方式で、各国の周到な実験結果に基づいて黒、白信号の周波数を反転するとを決定した。以後、1976(昭和51)年のG2ファクシミリ標準化とともに、G1ファクシミリと分類され、また幾分か改訂も行われたが、高速、高性能のG2、G3ファクシミリの出現とともに、その存在理由も次第に薄れ、装置の製造も中止されたので、勧告T.2は1996年7月にその削除が決定された。

### 6.3.4 ITU-T T.3<sup>2)</sup>

Standardization of Group 2 facsimile apparatus for document transmission

1972年の第5回総会の時点で、国際標準化されていたドキュメント・ファクシミリ装置は、G1のみであったが、この時期すでに高速、高品質の文書電送を目標に、互いに適合性のない装置が市場に出回り始めており、その標準化が緊急の課題であった。世界経済の発展と国際電話回線網の拡充に伴って、公衆ファクシミリ・サービスの効用が広く認識され、従来比較的低調であったこの分野の研究に、この総会以後メーカーを含めて、各国の代表が多数活発に参加することとなった。その結果、1976年の第6回総会は、勧告T.3(文書伝送のためのグループ2ファクシミリ装置の標準化)とT.30(一般電話交換網上のドキュメント・ファクシミリ通信の制御手順)を制定した。T.30は

旧勧告T.4を完全に改訂して、G1、G2両機種に適用するものとした。勧告T.3の起草の方針として、(1) ISO-A4サイズの文書の伝送時間を約3分間に短縮する。(2) 受信文書の品質はG1ファクシミリと同程度にする。(3) この運用は電話会話と交互に行われ、また送受両端あるいは、いずれかの一端が無人の場合があるので、その制御手順は勧告T.30に従うことなどとした。勧告T.3に規定された定数の主なものは、次の通りである。

協働係数：264

総走査線長：215mm

有効走査線長 >205 mm

文書サイズ：210 × 297 mm (ISO-A4)、

画線密度：3.85本/mm、

走査線周波数：360本/分

位相同期信号：搬送波0°、180°の位相変調波を

交互に6 ± 0.5秒間伝送

変復調方式：残留側帯波AM/PM変調方式

搬送周波数：2100 ± 10 Hz

白信号：ON、黒信号：OFF

伝送所要時間：約3分間

G2ファクシミリの標準化に合わせて、制御手準も全面的に見直しされ、勧告T.4に代って新たにT.30が制定された。この勧告は運用方法を、(1)送受両端が自動、(2)両端共手動、(3)送端が自動、受端が手動、(4)送端が手動、受端が自動の4種別に区分し、それぞれの場合の(1)発信、(2)受信者確認のためのメッセージ送信前の操作、(3)メッセージ送信、(4)送信後の操作、(5)通信終了、の5操作段階の詳細な手順を規定し、これらを音声信号(後にバイナリー制御信号方式を追加)により制御するものであった。第6回総会はG2ファクシミリの標準化と同時に、次の目標として、更に高速、高性能のファクシミリ装置の早急な実用化を計画した。公衆電話網上での文書伝送用ファクシミリ装置の分類を、既存のG1、G2ファクシミリに加え、新に開発する装置をG3としてその目標値を定義し、これら3装置の位置付けを、新勧告T.Oに表示した。G2ファクシミリ装置は、その後、全走査線長の許容範囲、受信文書の有効画面、位相同期条件の規定などに改善が加えられ、広範にわたり実用に供されていたが、1980年G3ファクシミリの標準化後は、その需要も急速に減少し、1996年7月勧告T.3は、T.2(G1ファクシミリ)とともに削除されることとなった。

### 6.3.5 ITU-T T.4<sup>2) 3)</sup>

Standardization of Group 3 facsimile terminals for document transmission

1972年第5回CCITT総会では、新研究課題として、デジタル・ファクシミリ装置の標準化に着手した。デジタル・ファクシミリは、将来有望な通信メディアであり、その伝送時間の短縮にあたっては、原稿情報を読み取った書画データに含まれる冗長な信号、すなわち冗長度を除去して伝送するのが有効な手段である。そこで、公衆通信回線での、ドキュメント・ファクシミリ装置の標準化プランを勧告T.0(1976)において次のように定義された。このファクシミリ装置をグループ3(G3)ファクシミリと類別し、その特性を

- ① 画像圧縮方式を利用して、
- ② A4サイズの標準タイプ文書の伝送時間を約1分間  
とすると定義した。

T.4標準作成には多くの日本の技術者が標準の寄稿や評価を行い、評価結果を開示するなど重要な役割を果たした。T.4の中でも画像の符号化方式は極めて重要なポジションを占める。画像圧縮方式つまり、符号化法を決めるにあたっての主要要件は前記定義に更に以下のような条件付けを行った。①公衆通信回線(公衆電話回線)を用いて②A4原稿を4800bpsのMODEMを用いて③1分で電送でき④回線品質が悪くても受信文書が画像乱れを起こさず、⑤互換接続性が確保されるものでなければならない、且つ、⑥圧縮性能が優れたものである。互換性を確保するためには唯一の符号化方式とする必要がある。そのためには最も優れた圧縮性能を持つものであって上記の各条件との整合が必須である。

G3ファクシミリ装置の勧告の起草にあたっては、前会期からの合意により、1次元方式を基本方式とし、2次元をオプションと決定した。基本方式1次元の選択については、紆余曲折はあったが、MH(modified Huffman)コードと呼ばれる1次元方式が採用された。CCITTにおいて1次元の符号化がMHと決まっからは、1次元に比し伝送時間を約半分に短縮できる2次元方式については、前会期中はむしろ否定的であった欧米諸国も、ようやくその有効性を認識しはじめ、各種の2次元方式の提案がなされたため、方式間の優劣を比較するための国際試験により決定することとした。これは1979年3月末までに提案されたすべての方式について、次のSGXIV会合(1979年11月)までに評価項目(圧縮率、伝送誤りに対する受信画質の劣化度、方式の複雑性、装置化コスト、特許問題)についてデー

タを整え、選択のための根拠とするものである。

この国際試験に参加した2次元方式の提案は、日本、IBM、AT&T(ベル研究所)、英国BPO研究所、西独、3MおよびXEROXの7件であった。

1979年11月のSGXIV京都会議では、これら国際試験のデータをベースに、2次元方式の選択についての白熱した議論が展開された結果、

- ・符号誤りの影響度は各方式間での優位差は認められなかった。
- ・日本からの提案のREAD方式は圧縮率が最も高く、商用化の実績もあったので評価された。
- ・ただし、アルゴリズムがやや複雑であり、手を加える必要性が指摘された。

こうした経緯を経て、日本が提案したREAD方式を基盤とし、これに各国が主張するアルゴリズムの簡易化の要望を容れたMR(Modified READ)方式の採用が決定された。

G3ファクシミリ用モデムには、勧告V.27 terの4800/2400 bpsモデムを用い、また反響障害等を防ぐために、ロングトレーニングシーケンスの使用を規定した。さらに専用線、高品質交換回線の場合は、オプションとしてV.29の9600/7200bpsの使用を認めることとした。

こうしてファクシミリは標準機能としてG3機が必ず持っていなければならない性能を規定し更に発展してより高速化が可能な2次元符号化も決めた。

完璧なファクシミリとするには更に画像のエラーフリー化を達成する必要があった。そこで日本から、HDLC手順をCCITTに提案した。しかしこの提案はすぐには支持されなかった。それは誤り画像についての認識の違いからであった。そして、誤りの波及を少なくするといった簡易な方法が標準化された。それがK=2、K=4といったK走査線ごとに1次元符号化を入れるというものである。

しかしこの方法は回線状態によっては画像の欠落が多くなり許容できないといった不満を発生させた。日本提案から10年後になって誤り訂正の機運が高まり、欧州から提案が持ち上がった。日本もこの提案には反対しなかった。そしてECM(Error Correction Mode)方式<sup>4)</sup>として標準化された。この方法は受信側で伝送誤りの有無をフレームごとにチェックし、誤りのあったフレームを再送するというものである。これによって回線条件によらず正確な受信画像の再現ができるようになった。

標準化の最終段階の勧告に当たってはSG(Study Group)での全会一致でなければならないが、その前

段階の勧告案が承認されるためには全構成国の70%以上の賛成が必要である。日本は誤り訂正というデジタル・ファクシミリには絶対に必要な規格を他の国に先駆けて提案したが提案時には賛同を得られなかった。しかし10年後、欧州からの提案は賛同を得て標

準化となった。もちろん日本もこれには賛同した。提案が良い提案であるだけでは標準になりにくい。如何に多くの賛成を獲得できるかといった努力も標準化においては重要である。

表62はファクシミリの標準を一覧にしたものである。

表 6.2 ITU-T(旧 CCITT)のファクシミリ規格一覧

規格	電 送 時 間 A4/枚	使用回 線	基本解 像 度 (1/mm) or(dpi)	特徴	伝送・変調方式		画像圧縮	ITU-T 勧告		
					MODEM	伝送速度 (Kbps)		端 末 特性	伝送 手順	制 定 年 / 未 梢 年
写 真 電送		3.4kHz 帯 音 声 回 線	4, 3.77, 3, 5, 16/3, 4	写 真 電送	AM・FM	3.4kHz 帯 音声回線	なし	T. 1	T. 1	1976
G1	6 分	3.4kHz 帯 音 声 回 線	4X3.85	ア ナ ログ 6 分機	FM			T. 2	T. 30	1968 / 1996
G2	3 分			ア ナ ログ 3 分機	AM/PM/VSB		3 値圧縮	T. 3		1976 / 1996
G3	45 秒			8X3.85 8X7.7	G3 機 共通	V. 27Te r	4.8/2.4	MH	T. 4	
	20 秒	Option	V. 29			9.6/4.8 /2.4	MH/MR	1991		
		15 秒				V. 17	14.4/9.6 /4.8/2.4			
Super G3	3 秒		Option	V. 34、 33.6 (オ <sup>o</sup> ン)	28.8 ( 標 準 ) 33.6 (オ <sup>o</sup> ン)	MH/MR/MMR /JBIG	T. 85	1996		
カラ- G3						JPEG	T. 81	T. 30 E	1996	
Inter net Fax		Internet			T. 37:メール方式/ ダイレクトSMTP T38 : FoIP/ internet facsimile protocol パケットで伝送		T. 37 : TIFF	T. 37	1998 1999 2007	
G4	3	ISDN	200X200		Digital	64	MMR/JBIG	T. 6 T. 503 T. 521 T. 563	T. 62 T. 70 T. 62 bis T. 90	1988



## 6.4 ファクシミリの標準化の優れた点

ファクシミリの標準化には多くのすぐれたプロセスがあった。

符号化方式に関して言えば、評価方法を明確に定めること、つまり、圧縮率の性能を評価する共通の物差しを決め、それに従うことで、客観的な且つ定量的な評価が可能になり、数値が説得力を持つことになった。そのために、よりよい方法を提案するという競争になった。

最も優れた符号化方式を競う符号化のオリンピックだと形容できる。

ここで定めた評価方法を紹介する。

### 6.4.1 テストチャート

符号化方式では、原稿の情報を符号化して圧縮することでどれだけ情報量(ビット数)が減らせたかが重要になる。これを圧縮率という。

各国が異なった原稿で圧縮率を競ってもそれは、陸上競技のトラックでの5000メートル競走か、山岳ロードや、クロスカントリーの5000メートルかでは比べようがないのと同じことである。

そこで圧縮率測定のため8種類のテストチャートを定めた。

各国の提案する符号化方法での圧縮率測定に当たっては、原稿を読み取るスキヤナの性能によって黒画像と白画像の読み取り結果が同じにならないことが起こり得る。これでは折角原稿を同じにしても違いが出てしまう。そこで、標準テストチャートとして8種類のテスト用文書を(図6.1)決定し、以下の手順でテストするという遠大な計画であった。

- ①テストチャートの画像をフランスが磁気テープにデジタル信号として記録
- ②西独が実回線のエラービットとをテープに収録
- ③方式提案者が①のデータから符号化したデータに②のエラービットを加えてデータをIBMに送る
- ④IBMが高性能のフォトコンポーザーで受信画を作成
- ⑤これをワシントンの米国政府NCSがオフセット印刷して各国に配付する

これなら純粋に圧縮方式の性能のみの評価が可能となる。しかも実使用で想定できる回線ノイズによる受信エラーが発生した場合の不具合の有無も確認できる。

これにより、各国(各社)とも、自己都合ではなく、

真に良いものを研究し、提案するようになった。

テストチャートについては図6.1を参照願いたい。このテストチャートはITU-TからCD-ROMで供給される。

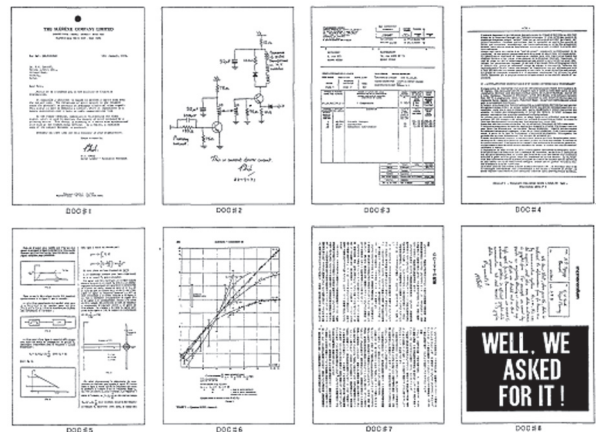


図 6.1 G3 ファクシミリ評価用テストチャート<sup>5)</sup>

テストチャートの#7は日本語のチャートである。テストチャート制定では特定の国のみに都合のよい圧縮方式や画像処理になることがないように言語にも配慮されている。

また、扱う原稿が特定の様式に偏らないよう、レター、技術論文、回路図、グラフ、カタログ、その他といった広範な場面を想定している点にも配慮のほどが見て取れる。

### 6.4.2 MH符号化方式の標準化経緯<sup>6)</sup>

高速ファクシミリG3機の符号化方式決定までの、日本国としての取り組みや貢献について諸先輩の記録や筆者の体験をもとに述べる。

#### 1) 1次元符号化(MH符号化)制定の経緯

日本の各企業では1970年代に高速ファクシミリの商品化が既に行われ、符号化方式についても種々の研究がなされていた。日本に於いては1次元符号化法としてはWile、Bn、F(N)等の方式を検討している企業が多かったが、実際の商品には各社2次元符号化を採用しているところも多かった。そこに、米国のEIA(電子工業委員会)と英国のBFICC(英国ファクシミリ標準委員会)からMH(Modified Huffman)符号化が提案された。日本としてはその符号の組み立て方がWile符号化等とは思想的に異り、符号化回路も全く異ったものとなることから、わが国として、これを受け入れるということについては情動的に相当の抵抗を感じた企業や団体が多かったのも事実であった。1975年

から G3 機の標準化作業が急速に進み出し、翌年 11 月ジュネーブで開催された SG.XIV 会合では 1) Scanning track、2) 端末定数、3) 1 ライン伝送最小時間、4) 一次元符号方式、5) 変復調方式に関する規格が勧告草案としてとりまとめられた。

わが国は、この SG.XIV 会合に対して郵政省、電電公社、国際電電、通信機械工業会の総意として 3 件の寄与文書を提出した。すなわち、

- 1) Modified Huffman 符号の修正提案
- 2) 二次元冗長圧縮方式の選定に関する提案
- 3) G-3 機のためのバイナリー制御手順

であり、1) は CCITT の大勢意見となっていた Modified Huffman 符号を一部修正することを条件として支持するというものである。こうした大勢のこともあり、日本としても Modified Huffman 符号化について冷静にかつ、詳細に検討した結果、MH 符号化は、Wyle 等の符号にくらべ圧縮率で優るとも劣らぬ性能を持ち、また回路構成でも L S I 化や、マイクロコンピュータを用いて比較的容易に実現できることが次第に分かってきた。

日本として、また、世界のファクシミリ業界、そして世界中のファクシミリの潜在需要からして、G3 ファクシミリの標準化の決定を急ぐべきであり、国益にもかなうことから、あえて既存の成熟した技術に固執せず世界の大勢に従ったのであった。MH 符号の唯一の欠点であった送信原稿幅の拡張性の無さについては日本から幾つかの改善案を準備して CCITT 会合に臨み、その一つが採用され、この問題について解決をみた。この点は日本の標準化への貢献であったといえる。

## 2) MH 符号化を日本が支持するに至った経緯

元郵政省の古河昭二郎によると、MH を検討するに至った経緯<sup>6)</sup>を次のように記録している。

ファクシミリ G3 機の一次元圧縮に用いる符号の構成については 1976 年 11 月にパリで開催された CCITT、SG. XIV のスペシャル・ラポータ会議において米国の EIA (電子工業委員会) と英国の BFICC (英国ファクシミリ標準委員会) が Modified Huffman 符号を共同提案し、これが reference 方式となり、今後、これに代る新しい符号を提案するときは次の 4 項目について優位性を示すことが条件とされた。すなわち、1) 実効圧縮比、2) 誤り波及度、3) 装置構成の容易性、4) 拡張の容易性、についてである。

Huffman 符号をファクシミリに利用することについての検討はわが国ではなされていなかった。その理由として、この符号は 1) 符号索引に時間がかかるので

はないか、2) 回路が複雑になるのではないか、3) 原稿幅や解像度に対する拡張性がないのではないか、等の不安要素があったからである。一方、国内では既に Wyle 等の組織的で簡単な符号を用いて満足できる冗長圧縮率が得られており、好んで問題のありそうな符号に手を伸ばす必要がなかったということがあげられた。この様な事情から日本としては、MH 符号を受入れるにせよ、これに反対して Wyle 等の符号を提案するにせよ、MH 符号の特性を正確に定量的に把握せざるを得ない破目に立ち至った。

郵政省の音頭によって、このような状況に鑑み 1976 年 2 月に郵政省、NTT、KDD、通信機械工業会の関係者からなる標準化準備連絡会を設けて予備的検討を始め、続いて翌年 4 月には、これを発展的に解散し新たにファクシミリ通信方式部会を発足させた。構成メンバーは以下のとおりである。この組織により、民間の企業がようやく標準化に参画できるようになった。

ファクシミリ通信方式部会名簿 (順不同)

大学：遠藤一郎 (部会長)、窪田啓次郎、安田靖彦、郵政省：古河昭二郎、三浦一郎、飯島貫、村主行康、手塚祐幸、鬼頭達男、高田千俊、柚山譲治、林紀一、浅野昇、諸橋英宣、吉田実、NTT：小林一雄、折井正好、小林登、片岡宏親、今西紀男、結城院噴、沢田源兵衛、桐原征雄、KDD：服部尚彦、小堀祐紀雄、竹内政幸、山崎泰弘、中尾弘三、通信機械工業会：久山重量郎、松下電送：田中稔、富士通：及川清、井上彰、日立：吹抜敬彦、三菱：大西良一、NEC：石黒辰雄、森克彦、沖：勝野武治、山本一二、リコー：熊谷唯智郎、シャープ：猪田嗣郎、東芝：清水宏一、キャノン：山口意颯男

一方、通信機械工業会では 1976 年 11 月にファクシミリ委員会を発足させ、ファクシミリ規格表示の適正化の見地から標準原稿についての取り決めを行うなど、標準化指向の活動を始めており、目的を同じくする者同志として相互に全面的に協力し合っていくこととなった。

## 3) MH と Wile 符号化の評価

MH 符号化が日本として受け入れられるものかどうかを次の観点を入れて評価を行った。

観点 1：日本で使用されそうな原稿 (漢字やひらがなの文書、新聞、回路図面、カタログ等々) での圧縮率

観点 2：製造コスト比較

観点 3：日本に於いてよく使用される B4、A3 サイズへの拡張性

観点4：2次元符号化への拡張性  
 観点1の評価結果を表6.3に示す。

表 6.3 MH-Wyle の圧縮率比較<sup>6)</sup>

日本標準原稿番号	符号化圧縮率	
	MH	Wyle
1	7.121	7.596
2	5.766	5.696
3	6.191	6.678
4	13.635	15.098
5	23.559	27.463
6	11.254	11.378
7	29.560	30.404
8	11.099	11.643
9	8.555	9.499
10	15.436	17.004
11	14.741	15.215
12	13.305	13.516
13	5.781	6.140
14	19.230	20.453
<b>TOTAL</b>	<b>13.231</b>	<b>14.127</b>

この表から明らかなように、原稿2(横書き日本語文書)でわずかにMHが劣るが他の原稿ではMHが有利であり、圧縮率に関してMH符号化に反対する理由は無い。

TotalでもMHはWyleを0.9%近く上回っている。

観点2の製造コストに関しては、MH、Wyleのそれぞれについての達成手段である符号器、複合機を設計し、IC、メモリー、基板などの部品コストを見積った。その結果約3000円MHの方がコスト高となったが、採用できないほどのコスト差ではないことで観点2には当たらないこととした。

観点3のB4、A3原稿への拡張性については提案に結びつけるよう、複数の方法を選び、拡張性確保の上で考慮する方法の決定のための評価を行った。拡張性確保にあたっては、メイクアップ符号の一部に冗長性を持たせ拡張を可能にする方法がよい結果を示した。

表6.4は日本でよく使用されるB列の用紙に配慮した原稿を用いた際の圧縮率を拡張方法別に評価したものである。原稿サイズはB4とした。その結果、MH(b)が、僅差ではあるが、MH(c)を抑えて最も良かった。これをもとに、MHの拡張性に関して日本提案を行った。その結果採用に至った。

観点4の二次元符号化への拡張時に日本は拘った。日本国内の市場に出回っているG3機の大部分は冗長圧縮方式として二次元のものを使用しており、一次元のもののみで充分としている欧米各国と事情の異なるところである。したがって、二次元への拡張性については日本の問題として、あらかじめ充分な見通しを得ておく必要がある。拡張性を評価するためには、次の

表 6.4 MH-Wyle の圧縮率比較<sup>6)</sup>

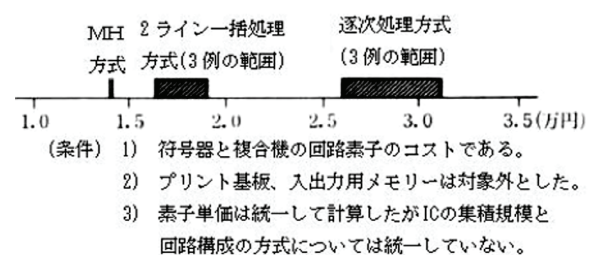
B4判 日本標準 原稿番号	符号化圧縮率			Wyle
	理論圧縮率	MHの拡張 (b)の方法	MHの拡張 (c)の方法	
1	7.106	8.061	8.082	8.661
2	7.240	8.074	8.038	8.410
3	4.017	4.794	4.747	5.129
4	13.669	14.809	14.811	16.490
5	14.060	20.793	20.792	24.514
6	17.089	18.548	18.539	19.463
7	29.684	31.446	31.469	32.357
8	12.115	14.775	14.793	16.790
9	13.702	17.268	17.256	20.065
10	11.380	12.835	12.892	13.260
11	9.083	10.939	10.995	12.285
12	16.582	19.138	19.210	18.435
<b>TOTAL</b>	<b>14.042</b>	<b>15.124</b>	<b>15.135</b>	<b>16.322</b>

3項目について比較する必要があった。

- 1) 装置構成の容易性
- 2) 圧縮率
- 3) 誤り波及度

具体的な方法としては、例えばADMIX<sup>9)</sup>(行政用標準ファクシミリ)、RAC(KDD)のような既存の方式について、それらが採用しているベーシック符号をMH符号に置き換えたものを想定し、これらの中から2ライン一括処理方式のもの3種類<sup>7)</sup>、逐次処理方式のもの3種類<sup>8)</sup>を選定し、これらのものについて上記3項目を評価した。

1)の装置構成の容易性については、製造コストで評価した。そのために、2ライン一括符号化と逐次処理について符号器、複合機を設計し、IC、メモリー等のコストを算出し比較した。結果は図6.2に示す。これによれば2ライン一括方式は1.6～1.9万円、逐次



処理方式の場合は2.6～3.1万円と差が大きい。これは1996年の段階のコスト比較であるが、現在2012年では方式によらずコストは当時の1/30以下である。1996年時点での部会の総意はICの集積度を上げればコスト差は拮抗するとの判断から、方式によるコスト差は大きくないと判断された。今振り返るとこの判断は極めて妥当であったといえる。

2)圧縮率(伝送時間)の比較を図6.3に示す。このデー



タは、ベースに使用している符号をMH符号に置き換えたときの圧縮率(伝送時間)である。この結果からは2次元符号化としては逐次処理方式が2ライン一括処理に比べて優位であることが見て取れる。ベースに使用する符号をMHとするかWileとするかについての評価を行った。この結果は表6.5に示す。

表6.5の結果からはMH符号をベースとして用いた場合はWyleをベースに用いた場合とで2ライン一括処理のADMIXの場合と逐次処理のEDICの場合とで

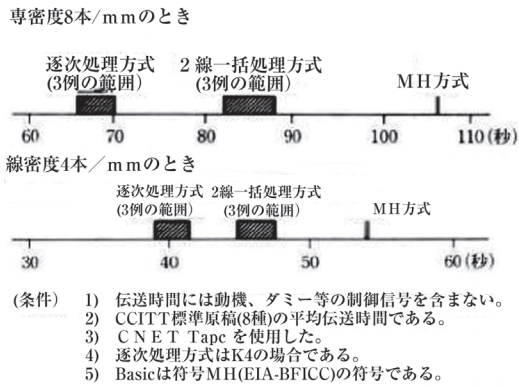


図 6.3 伝送時間の比較

比較した。これによれば全ての場合でMHがWileを上回っている。従って、2次元符号化採用時でもMHを採用しない理由は存在しないことが明らかとなった。

### 3) 誤り波及度の評価

(1) 受信原稿をみて行う主観評価と、(2) 誤りビット

表 6.5 2次元における圧縮率の原方式との比較

走査	ADMIXの場合※		走査	EDICの場合		
	符号	MH※		Wyle	符号	MH
8×8		1.04	1.00	8×8 (k=4)	1.03	1.00
8×8		1.05	1.00	8×8 (k=∞)	1.01	1.00

を計数して行う客観評価を行った。

エラービットの発生方法としては被測定文書としてCCITTテストチャートNo.4を選び、これを符号化し、その符号化伝送ビットを計数し、5,778ビット周期で予め決めたエラービット・パターンモードを繰返し印加するものとして行った。このときのエラービット率は $1 \times 10^{-3}$ (1000ビットに1個のエラーが含まれる)である。主観評価は、ADMIXを基準にこれに対してよいか悪いかの評価とした。その結果MH符号化はADMIX符号化よりもエラーに対しては強いことが明

らかとなった。

### 4) MH符号化についての日本国結論

(1) MH(EIA-BFICC)符号を用いた次元冗長圧縮回路はWyle符号を用いたものに較べて特に複雑になることはない。

(2) MH(EIA-BFICC)符号を日本が受け入れても圧縮率の上からみる限り、不利になることはない。

(3) MH(EIA-BFICC)符号は、A4幅以上のケースを考慮していないので、そのままではmake up符号(表3.4参照)を追加してB4/A3判へ拡張することができない。拡張方法としては、幾つかの具体案が考えられるがA4判の圧縮率への影響が最も少いという点では、make up符号の1つを1ビット長くしてmake up符号の枝分れを作る方法が最も良く、またmake up符号の代わりにEOLのOを1つ増やす方法もある。

(4)MH符号化は2次元への拡張性はある。以上のことから、MH(EIA-BFICC)符号は原稿幅拡張のための修正を前提とすれば、日本として受け入れることができる。

### 5) CCITT 勧告草案

以上、述べたような結果を基礎に作成された日本からの寄与文書「Proposal on Amendment to Modified Huffman coding scheme」は1977年11月にジュネーブで開催されたSG.XIV会合で審議され、B4/A4判への拡張性を持たせるための手段として(1) EOL(end of line)符号にOを1つ増やすこと、(2) make up符号を13ヶ追加することの修正がEIA-BFICC提案のMH符号に加えられ、これがSG.XIVの次元符号化方式の勧告草案となった。こうして1次元符号化について日本も貢献することができた。

### 6) 2次元符号化方式について

同時に日本から提出された「2次元符号化方式に関する提案」に2次元符号化方式として逐次処理方式が適当であるとするものである。会議においては早急に具体案を提示するようせまられ、提案国として、その責務を果すよう今後の努力が望まれた。

#### 6.4.3 MR符号化方式標準化の経緯

前節にて記載のように、日本は1975年11月ジュネーブで開催されたSG.XIV会合において「2次元符号化方式に関する提案」を行った。2次元符号化方式としては、冗長度除去(電送速度)の点から2次元逐次処

理方式が優れており、日本国としてこれを提案した。これに先立つ1975年、KDDは変化点相対アドレス符号化方法RAC(Relative Address Coding)をCCITTに提案した。このとき欧米各国はG3ファクシミリの符号化は1次元で十分との考えが強かった。2次元符号化のメリットを確信していた日本は、当時KDDの寺村浩一が1975年11月ジュネーブで開催されたSGXIV会合で、「1次元方式を基本方式とし、2次元方式をオプションとして継続検討する」ことを提案し、これが認められた。日本国内に於いても複数の方式で統一できていなかった2次元符号化がどのような経緯でCCITTの国際標準に制定されたかを諸先輩の記録<sup>10)11)12)</sup>と筆者の体験をもとに経緯を記述する。

### 1) 議長ポストの獲得

1977年から4年間の会期である第7会期を迎える直前、1976年11月にパリに於いて、G3ファクシミリ特別報告会議が開催された。この特別報告会議において、MH符号化をReference Codeとすることが決定したことは前述のとおりである。2次元符号化方式についてはほとんど議論されなかったが、NTTは2次元逐次符号化に属する境界差分符号化EDIC(Edge-Deference Coding)のアルゴリズムとシミュレーション結果を紹介した。

CCITTにおける日本からの提案や情報提供などの活躍により、ファクシミリに対する知見の豊富さが参加国から評価された。その結果、1977年から1980年の第7会期におけるデジタルファクシミリを担当する作業部会(WP2)議長に、寺村浩一が推挙されその役に就いた。こうしてデジタルファクシミリ標準化の舵取りが寺村に任されたのであった。

### 2) 日本提案の方式を2つに絞る。

2次元符号化については1979年の総会に向け、1979年3月末までに提案された全ての方式について評価項目(圧縮率、伝送誤りに対する受信画質の劣化度、方式の複雑性、装置化コスト、特許問題)についてデータを整え、選択のための根拠とすることがきめられた。2次元符号化方式が日本からKDD、NTTはじめ各機関から提案された方式が6方式にも上っている。こうした複数の方式を1本化して日本提案とする必要がある。国際標準は複数あっては互換性確保の点で大きな問題である。そこで、日本国内では郵政省の音頭によって1977年4月からファクシミリ通信方式部会が発足した。そこで各方式の評価は開始された。評価には、標準テストチャートとして8種類のテスト

用文書を、6.4.1記載の方法で使用し、各方式の評価を行った。これにより、方式そのものの実力が評価結果として表れることになる。6方式の内訳は、逐次方式が3種、2ライン一括符号化が3種であった。慎重に評価した結果、KDD提案のRACと、EDICの圧縮率が優れていることが判った。

### 3) 日本提案をREADに統一

圧縮率に優れ、特許上のリスクが少ない、かつ将来のデジタル網への拡張性等を考慮し、RACとEDICが残った。しかし2つの方式を日本として提案するわけにはいかない。そこで、郵政省の指導により、RAC、EDICの統一案づくりが始まった。その結果、RAC、EDICの単独の圧縮率を上回り、且つ、アルゴリズムの複雑さも軽減できる新たな方式が生まれた。この新たな方式は、READ(Relative Element Address Designate)方式と命名され、1978年8月に日本統一案として承認され、1978年12月のCCITT SGXIV会合に正式寄書として提出された。12月のこの会合にはIBMからも2次元方式に提案がされた。この提案の取り扱いに対して議論が白熱した。結論は、READが主管庁から提出された唯一の寄書であることが評価され、この、READ方式がComparison Codeに位置付けられた。<sup>13)</sup>

#### ■ READ方式

READ方式はRAC方式とEDIC方式双方の概念を取り入れ、相乗効果から生まれた符号化といえる。

そのREADの概要は以下のとおりである。

図6.4に於いて、現走査線上の $a_1$ と前走査線上の $b_1$ 位置の差分 $d$ を符号化する状態を垂直モードとする。EDICにおける状態S2をパスモードとする。現走査線上の、連続する2点をL1と、L2でランレングス符号化する状態を、水平モードとする。MR(Modified READ)方式では、READ方式における垂直モードの差分 $d$ を、 $\pm 3$ 以内に限定した。

表6.6は圧縮方式ごとの圧縮率の実測結果である。圧縮率の測定にあたっては、CCITTにて決められた8種類のテストチャートを用いた。方式は1次元ランレングス符号化方式、2次元一括符号化方式、2次元逐次符号化方式とした。結果から明らかなように、2次元逐次符号化方式は1次元符号化ランレングス符号化方式に比べて8割良くなっている。2次元一括符号化方式は3割改善できているが、2次元逐次方式程の圧縮率には至らなかった。

#### ■ 2次元一括符号化

2次元一括符号化方式は、種々あるが3.2.2を参照願

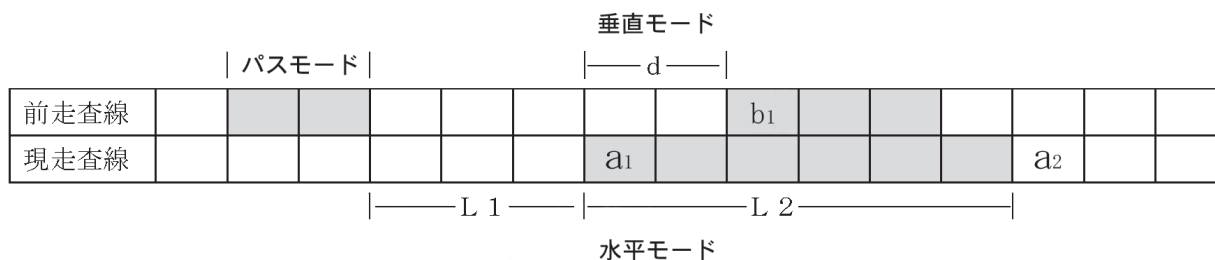


図 6.4 READ 方式と MR 方式

表 6.6 符号化方式と圧縮比の比較表

	標準モード	高品質モード	
	圧縮比	圧縮比	相対値
1次元 RL 符号化方式	5.1	8.4	1.0
2次元一括符号化方式	6.4	10.9	1.3
2次元逐次符号化方式	7.5	15.2	1.8

いたい。

#### 4) CCITT 京都会議で MR 方式に決まる

1次元符号化については最も圧縮率が高い MH とすることを決定した。すると、一山越えたことにより今まで2次元符号化には関心が薄かった欧米諸国も、次第に2次元符号化の有効性に関心を持つようになってきた。

各種の2次元方式の提案がなされたため、方式間の優劣を比較するための国際試験により決定することとした。この決定を受けて、1979年3月末までに提案されたすべての方式について、次のSGXIV 会合(1979年11月)までに評価項目(圧縮率、伝送誤りに対する受信画質の劣化度、方式の複雑性、装置化コスト、特許問題)についてデータを整え、選択のための根拠とすることにした。

評価の公平性を確保するために、6.4.1の方法で評価を行った。

この国際試験に参加した2次元方式の提案は、2次元逐次符号化方式を基本とした日本、IBM、AT&T(ベル研究所)、英国BPO 研究所、3M、予測符号化を基本とした西独、およびXEROX の7件であった。日本では、評価の正確性を期すために、READ方式1つに対してKDD、NTT の2社がそれぞれ独立に評価を行い、結果は全く同一になるまで確認作業が続けられた。こうして約10カ月の評価期間を経て、各提案者は評価データを持って、1979年11月7日からのCCITT SGXIV 京都会合に出席した。こうしたいわば符号化方式のオリンピックともいえる場で、日

本提案のREAD方式は、7提案中、第1位の成績を取めた。結果として、圧縮率が最も高く、商用化の実績もあるREAD方式を軸に議論が進展した。READのアルゴリズムをよりシンプルにする提案が英国よりなされ、これに若干の手直しを加え、複雑な画像データとなり、圧縮効率の悪い画像に対しては非圧縮モードも組み込むことで、READ改め、Modified READが決まった。

特許の取り扱いが最後に残った。日本はMR方式が、2次元符号化方式のオプションとして、唯一の符号化方式として国際標準に採用されることを条件に、特許を無償で提供する用意があることを宣言した。この宣言が出されたことにより、標準化の障害が無くなり、MR方式は全会一致で単一のオプション方式として国際標準に決定した。この発明については周辺特許も含めると、KDD、NTTをはじめリコー、日立など、日本の複数の会社が特許出願<sup>(14)</sup>していた。この無償提供は日本国と、各企業の英断であった。

1979年京都会議でファクシミリの歴史的発展に大きな役割を果たした標準化審議メンバーを図6.5にて紹介する。もちろんこの会議には出席しないが標準化に貢献した技術者がこの何十倍もいたことも忘れてはならない。

#### 5) CCITT 勧告 T.4 決定

1980年の最終会合で、T.4勧告として、1次元符号化がMH、オプションの2次元符号化がMRと正式に決定した。これは以後のG3ファクシミリの発展に大きく貢献したのであった。その功績が認められ、2012年、NTTとKDDIはIEEEが選定する『IEEE MILESTONE IN ELECTRONICS AND COMPUTING』に認定された。図6.6はその際授与されたプレートである。

#### 6.4.4 その他の画像圧縮

##### 1) JBIG<sup>(15) (16)</sup>

ここではJBIGが生まれた背景とJBIGの概念について説明する。JBIGの大まかな特徴は本書によって





図 6.5 1979 年 11 月 CCITT 京都会議のメンバー

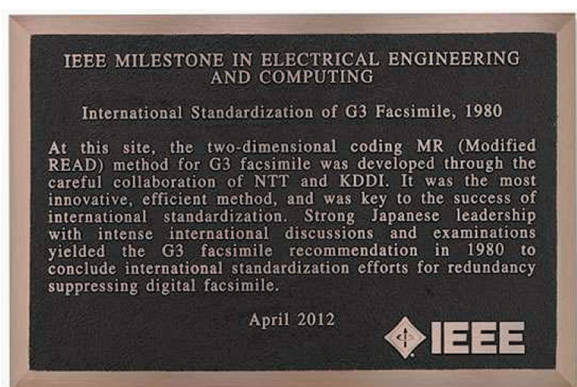


図 6.6 IEEE Milestone 認定プレート

理解が得られよう。より理解を深めたいときは、小野文孝 他 著「国際標準画像符号化の基礎技術」コロナ社が参考文献としては推薦できる。

#### ・JBIG の誕生

1984年にエラーフリーであることが必須な符号化方式であるMMR (Modified Modified READ)が、G4の勧告と併せて標準化された。またG3でもエラーフリーであるECM (Error Corection Mode)<sup>17)</sup>の標準が制定され、G3機でもMMRが使用可能な状況になった。こうしてG3、G4の2値符号化方式が一段落した1986年、次なるターゲットとして多値の静止画に標準化の矛先が向いた。カラーの多値静止画として一番近いメディアはカラーテレビであった。テレビなどディスプレイ上に画像を表示するソフトコピーの世界における静止画であっても、メモリーの価格は高く、取得した情報を大量に蓄積することはできない。従って一時記憶型としての使い方になる。コスト面からはカラーハードコピーなどはまだその時期にあらずと考えられていた。そうした中で、情報検索のサービスとして、提案されたのがビデオテックスであった。ビ

デオテックスは日、米、欧それぞれから提案があり、その3つとも国際標準として認められた。因みに日本の提案したビデオテックスはCAPTAIN方式である。将来型ビデオテックスへの適用を前提に、写真画像の統一的符号化標準の策定を目指したのがJPEG<sup>(18)</sup> (Joint Photographic Experts Group)であった。JPEGはISO/IEC JTC 1 SC29/WG9とCCITT SGVIIIのエキスパートによるJoint Teamによって標準化業務が行われたため、この呼び名ができた。こうして1986年から1990年の4年間でその全貌がほぼ明らかになってきた。

JBIGは、JPEGにおける静止画符号化方式の検討過程で、2値画像に対する符号化方式をカラー画像の符号化であるJPEGとは別に、検討する必要があるとの認識から生まれたものである。JBIGの検討でもJPEG同様にISO / IEC JTC1/SC29/WG9とCCITT SGVIII共同の検討機関JBIG(Joint Bi-level Image Experts Group)が1988年に発足した。このJBIG発足当初から日本はKDDの山崎泰弘が議長を務めるなど、我が国がJBIGの標準化に果たした役割は大きい。JBIGの必須事項は、①可逆符号化であること ②シーケンシャル構造と階層化(プログレッシブ)構造の実現 ③符号化、複合化のシンクロナスイベレーション ④圧縮、伸長の時間、複雑性に関する対称性、⑤MMR以上の圧縮性能であること ⑥同一データベースでのシーケンシャル/プログレッシブ画モードのサポート ⑦シングルパスアルゴリズムによる実現 ⑧64kbit/sで復元可能な処理能力 ⑨広範囲のタイプの画像に対する符号化効率の保持、であった。

そもそもJBIG誕生の背景としては以下のような事情があった。これまでの符号化である、MH、MR、

MMRは、テキスト画像（一般文書）に対して最適化されており、写真に代表されるハーフトーン画像、とりわけ組織的ディザ法<sup>19)</sup>（7.3.2参照）を用いた画像の圧縮には不向きであった。これら三方式は、画像を上から下へ逐次的（シーケンシャル）に符号化、伝送するためのものであり、ソフトコピー通信における階層的符号化方式に適用できないといった問題もあった。<sup>20)</sup>

ディザ画像では、中間調領域で白から黒、黒から白への変化点が規則的な一定周期で頻繁に出現する。こうした画像ではMH、MR符号化では圧縮率が上がらない。こうした規則的画像に配慮したのが、JBIGである。また、ソフトコピーについて若干の解説をする。記録紙上にファクシミリ受信画像を記録する場合は、上から下に順次記録が行われることに何ら問題はない。しかし、ディスプレイ上に受信画像を表示する場合はどうであろうか。画面の上から順次復号される都度表示がされ、1ページの復号が終わるまで画面上には情報がそろわない。画像情報によっては数秒から数十秒もの間上から順次表示がされていくのである。これでは画面を見る人には我慢できない。おおざっぱでもまず全体像を表示し、徐々に鮮明に表示された方が、見る人のイライラは解消できるであろう。これがソフトコピー向けのプログレッシブビルドアップ<sup>20)</sup>である。

#### ・JBIG の概念

図 6.7 は JBIG の階層化画像生成の仕組みを表したものである。その手順は以下のとおりである。

- ① 送信側ではスキャナが画像を読み込む。通常は 200dpi (dot/inch) 又は 400dpi の解像度である。これが最高解像度となる。
- ② 読取った画像を主走査、副走査両方の方向にそれぞれ 1/2 に縮小する。このとき単純に縮小するのではなく、推奨方式に則ると圧縮性能を高めることができる。またこの推奨方式以外の規則で縮小してもよい。
- ③ 推奨方式としては PRES(Progressive REduction Standard) という規則がある。
- ④ 規則に従って縮小を行う。縮小は 12.5dpi 程度まで行う。こうした低解像度の画像はアイコンなどに使える。
- ⑤ 最低解像度に縮小された画像は図 6.7 の C によって符号化され、受信側に送られる。
- ⑥ 送信側では縮小画像と、縮小画像の直前の解像度画像から符号化データを生成し圧縮データを伝送する。
- ⑦ この動作を最高解像度である 200dpi、又は、400dpi といった解像度まで繰り返す。

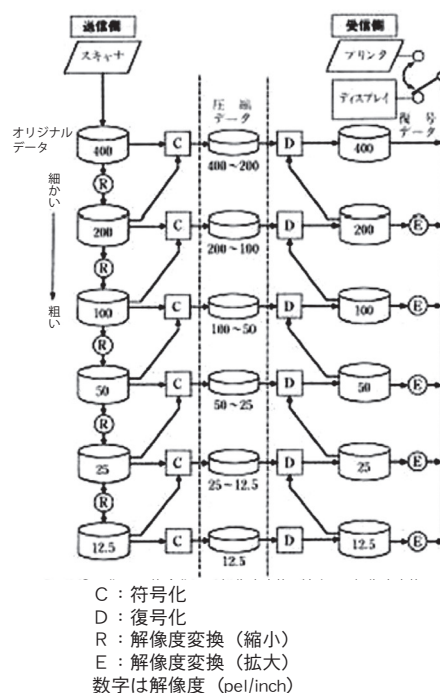


図 6.7 JBIG 階層化画像生成の仕組み

- ⑧ 受信側では受信信号を D によって復号を行う。
- ⑨ その結果送信側で得られた縮小画像と同じ画像が得られる。
- ⑩ 受信側では送信側での縮小ルールと最低解像度情報がわかっている。従って次に送られてくる 1 段高い解像度の符号化データと自分自身で復号済みの低解像度画像から送信側で得ている 1 段高解像の画情報が再現できる。
- ⑪ この動作を最高解像度まで繰り返すことで原画像が再現できる。
- ⑫ ソフトコピーであるディスプレイへの表示では、画面サイズを固定にし、最低解像度の画像をまず表示し、徐々に解像度の高い画像に切り替えていくことができる。これがプログレッシブ表示である。
- ⑬ 受信側が紙ベースの記録手段であるファクシミリやプリンターの場合は最終画像である最高解像度の画像情報のみを記録することによって、送信側で得たスキャン画像と同じ画像が得られる。

以上が JBIG の大まかな動作である。

JBIG は、1993 年に ITU-T 勧告 T.82<sup>15)</sup> として勧告されたが、ファクシミリには 1995 年に上から下へ画像が再生されるシーケンシャルビルドアップに対応した方式（シングルプログレッションシーケンシャル JBIG 符号化）が ITU-T 勧告 T.85<sup>16)</sup> として適用された。ラフではあるが全体画像を表示し、その後、必要に応じて追加情報を加え、画像の品質向上を図るプログレッシブビルドアップに対応する。JBIG 符号器は 1/2 に



縮小する解像度変換を伴う差分レイヤ符号器と最低解像度レイヤ符号器によって構成される。

ITU-T 勧告 T.85 として勧告されたシングルプログレッションシーケンシャル JBIG 符号は JBIG 符号器のうち最低解像度レイヤ符号器のみを用いて実現される。JBIG の圧縮率と従来標準の MMR 符号化方式の圧縮率とを比較すると、一般の文字画像をスキャンした画像では、1.1～1.5 倍、計算機出力文字では最大 5 倍、中間調処理を経た画像では 2～30 倍の高い圧縮性能が確認されている。JBIG の詳細は前記「国際標準が像の符号化の基礎技術」を参照されたい。

#### ・ JBIG の用途

ITU-T では、JBIG を白黒 2 値の G3/G4 ファクシミリのオプション符号化として採用しており、その Profile を ITU-T T.85 として規定している。スーパー G3 ファクシミリでは T.85 準拠の符号化を備えた製品が多い。スーパー G3 ファクシミリは事務用のファクシミリ専用端末や事務用の MFP に多くみられる。また、カラーパレット画像を対象とした JBIG 利用カラーファクシミリ符号化勧告が T.43 として 1997 年に規定された。更に同一頁内にカラー写真領域と文字領域が混在する画像を対象にした、MRC(T.44 : Mixed Raster Content) でも JBIG の使用が可能となっている。

## 2) JPEG

一般のファクシミリが送信対象とする画像が 2 値画像であるのに対して、カラー Fax はじめ、デジカメ、データベース、ビデオテックス、インターネット等ではカラー静止画等の多値画像が扱われる。こうした多値画像の圧縮に適した符号化方式が JPEG(Joint Photographic Experts Group)<sup>21)</sup>である。JPEG は、圧縮率や符号化復号化の簡便さを優先し、ロッシェ(非可逆)符号化である。このことは再生側では原画と全く同じ画像の再現ができないことを意味している。これにたいし、JPEG2000<sup>22)</sup>もまた国際標準となり、多く利用されている。JPEG2000 は、JPEG に対して圧縮率で優れ可逆性があることから、最近では、運転免許証の顔写真、パスポートの顔写真、デジタルシネマといった身近なものに使われている<sup>23)</sup>。

JPEG の概略仕様を示す。詳細は関連書物を参照願いたい。JPEG における DCT(Discrete Cosine Transform)変換は 8×8 画素からなるブロックを単位とする。この変換により、8×8 画素ブロックが 8×8 の周波数成分マトリックスに変換される。DCT 変換により、得られる各周波数成分を DCT 係数と呼び、マトリックスの左上角の 1 係数が、DC 成分を、残り

の 63 係数が AC 成分を表す。マトリックスの横方向が水平方向の空間周波数、縦方向が垂直方向の周波数に対応する。各 DCT 係数は、係数位置(周波数)ごとに異なる量子化幅で量子化され、量子化後の係数がエントロピー符号化される。この係数位置ごとの量子化幅を規定するテーブルを量子化テーブルという。量子化テーブルの値の設定は自由であり、符号化データに先立ち、送信側からその情報が送られる。受信側では復号された量子化値(量子化幅の倍数値)を逆量子化した後、逆 DCT を決められた規則で行う。

#### ・ 階層的表現

ソフトコピー表示を対象とした場合の階層的表現に関しては、DCT(Discrete Cosine Transform)変換の係数を徐々に高精度化する形式と、解像度を順に高める形とがある。前者をプログレッシブ、後者をハイアラーキテルと区別して呼んでいる。

ハイアラーキカル符号化とは、送信側で入力画像を水平垂直共に、 $1/2$ 、 $1/4$ 、 $1/8 \cdots 1/2^n$ と縮小し、まず最も縮小された画像( $1/2^n$ )から符号化伝送する方式である。次にこの符号を復合した画像に Up Sampling Filter を施して導かれる拡大画像(原画の  $1/2^{n-1}$  縮小)と入力画像を  $1/2^{n-1}$  に縮小した画像との差分画像(ディファレンシャル)を圧縮符号化する。この処理を入力画像と等しい画像サイズに至るまで繰り返す。各階層の符号化は DCT 方式あるいは、スペーシャル方式が使える。

## 3) JPEG2000

JPEG2000 は JPEG よりも高い圧縮性能と、JPEG がない機能を持たせることを狙いとして 1996 年から審議が開始された。特に JPEG の欠点である低解像度での画質劣化を抑えること、プログレッシブ表示を可能とすること、を目標とした。JPEG が、符号化側が主体のシステムであったのに対し、JPEG2000 では復号側も主体となりうる点が異なる。JPEG2000 では符号のままでも、色空間の変更や解像度の変更、量子化レベルの変更、任意の部分のみを復号する機能や、符号容量を一定サイズ又は、一定レートに制御することもできる。

#### ・ JPEG2000 誕生の背景と経緯

JPEG は 1986 年に標準化を開始し、1990 年代の初めに実質的な内容が固まり、パソコン通信での画像伝送、印刷業界での圧縮ファイル保存、WWW(world wide web)、デジタルカメラ等々とアプリケーションが広がった。JPEG は 1990 年代中頃からインターネットをはじめとする幅広い分野で使われ始めるように



なった。しかし、不可逆である JPEG では印刷画像の保管には使えないといった問題や、不可逆では怖くて使用できないといった様々な方面からの敬遠があった。そこで、ロスレス機能の充実と色空間相互の層間利用を目指した標準化が行われた。前者は簡易な符号化モードの Part1、後者は多少複雑だが高い圧縮率が見込める Part2 として活動した。結果 Part1 は標準化された。これが JPEG-LS<sup>24)</sup> である。Part2 は取り下げとなった。

JPEG は 1 画素あたり 0.25(1/4) ビット以下での急激な画像劣化や、文字や線画などの 2 値画像に対する圧縮性能の低下、CG 画像での符号化性能低下や大画面の取り扱いができない (65535 × 65535 画素 Max) など解決すべき課題が多くあった。そこで JPEG2000 では

- ① 1 画素 1/16 程度でも実用的な画像が得られる。
- ② 2 値、多値混在画像データの統一符号化
- ③ 伝送誤り耐性の向上
- ④ オープンアーキテクチャーであり、特許に対して無償な符号化方式であること
- ⑤ 画像セキュリティーが確保できる
- ⑥ JPEG とのバックワードコンパチビリティの確保
- ⑦ その他合計 13 個の改善要求を目標に検討された。結果として⑥の JPEG との互換性確保を除いて達成された。

#### 6.4.5 ファクシミリ伝送手順：プロトコル

ファクシミリの黎明期では、ファクシミリの用途が限定されていた。また、ファクシミリによる通信相手も限定的であった。こうした用途にあっては、装置の仕様もそれぞれの中においては同一であった。装置としても送受それぞれのオペレータがいて、伝送にあたっては音声での、送信、受信準備をオペレータ同士で確認し、送信側では原稿を装置にセットし、受信側では記録紙を装置にセットした。双方準備が整ったことを音声で確認し、そのあとで、送信側では送信ボタンを押し、受信側では受信ボタンを押し、それぞれ動作が開始される。送信、受信が終わると、またオペレータ同士で受信ができたかどうかの確認を音声連絡で行っていた。こうした動作では、伝送制御手順のほとんどをオペレータが行っていたことになる。ファクシミリ通信の相手が、海外のような時差のある地点間や、送信時刻が定まらない場合などでは、受信側にオペレータをその都度立ち合わせることが難しい。そこで、送信動作は手動でも受信動作は自動でないと極め

て都合が悪いケースが生まれた。所謂不在受信である。更に進歩すると、送信情報をファクシミリに蓄積しておき、受信側が都合のよいときに受信側のオペレータが送信側に伝送の指示を行い、情報を吸い上げる使い方も生まれてきた。更には、送信側では情報が発生したときにファクシミリに情報を蓄積し、通信料金の安価な時間帯に一齐に送信する使用法も生まれてきた。

こうした様々な用途に対応できるように送信と受信の間で伝送手順を確立する動作のことをプロトコルという。

CCITT による、ファクシミリ伝送制御手順の標準確立以前は、前述のように閉じた世界での通信であったため、不特定多数との通信はできなかった。従って、伝送制御手順も、各社の機器の都合で自由に設計されていた。

#### 1) 互換性確保の必要性

前述のように、ファクシミリは当初、閉ざされた世界での通信手段にすぎなかった。しかし、電話回線の整備が進み、情報の即時性を求めるニーズの高まりから、ファクシミリを徐々にオープンな通信手段として使いたいニーズが企業間で出現した。そこで先ず 1968 年 11 月に CCITT が標準化したのが G1 ファクシミリの規格 T. 2 であった。操作は送受ともに手動操作によるものであり、プロトコルによるネゴシエーションの考えは標準上では規定されていない。図 6.8 は、G1 ファクシミリの手順を示すものである。送受間で通話をおこなっている Phase が存在している。手順については規定しているものではない。

\* 1 に示されているように確認信号の送出を手動に

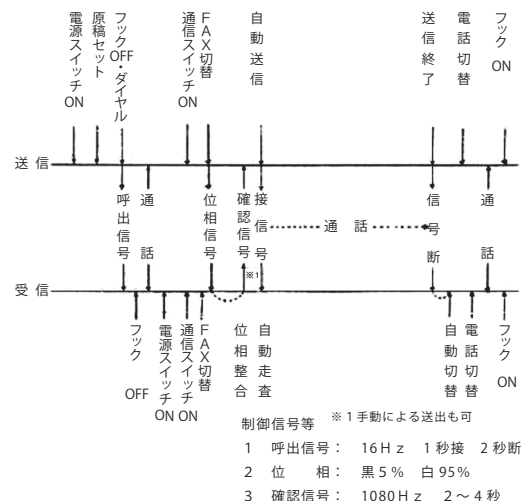


図 6.8 手動手順<sup>25)</sup>

表 6.7 手動手順の呼設定シーケンス<sup>26)</sup>

Call event No.	Calling station	Called station
1	Operator hears dial tone and dials desired number	
2	Operator hears ringing tone	Call rings and operator answers the call
3	Verbal identification	Verbal identification
4	Facsimile machine is switched to line	Facsimile machine is switched to line
5	Begin facsimile procedure (see §§ 4 and/or 5 of this Recommendation)	Begin facsimile procedure (see §§ 4 and/or 5 of this Recommendation)

て行うこともできる。

表 6.7 は手動の場合の Phase A(呼設定及び回線接続動作)のシーケンスを示す。<sup>25)</sup> この動作は主に自動応答の機能を持たない G1 機に適用された。

1980 年 CCITT 勧告によって G1、G2、G3 の手順が統一された。その手順を図 6.9<sup>26)</sup> に示す。手順は Phase A、B、C、D、E から成る。Phase A は呼設定手順であり、発呼、着呼(被呼)、被呼応答が含まれる。

Phase B は、メッセージ前手順であり、被呼局はグループ識別、標準設定可能能力応答、及び、オプションとしての非標準機能設定可能能力応答を発呼局に返す。発呼局は被呼局の持つ能力の中から選定した能力を Command Information として被呼局に伝える。そして、位相調整、同期シーケンスを行う。(G1、G2 機の場合)G3 の場合は Modem のトレーニングの Phase に入る。同期シーケンス、またはトレーニング

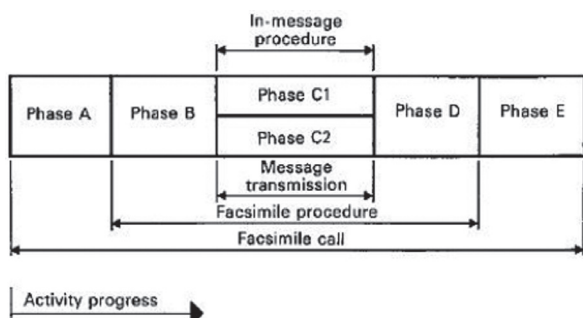


図 6.9 Time sequence of a facsimile call

シーケンスが終了すると被呼局側がメッセージ受信が可能な状態になった後、受信確認信号を発呼局に返し Phase B が終了する。Phase C では書画情報である Message を送信する。受信側では Message を受信する。Message の送受が終了すると Phase C は終了となり、Phase D に移る。Phase D では送信側から Message 終了を示す End of Message を送信し、次に進む動作を相手に伝える。

次に進む動作とは、例えば、更に続けてメッセージを送るか、続けて異なる設定でメッセージを送る

か、全ての動作の終了か、等である。詳細については ITU-T T.30 勧告を<sup>26)</sup> 参照して頂きたい。Phase D を終了し、電話回線を切断するには、Phase E に入り、主導権を持っている側から DCN(Disconnect) 符号を送信する。この信号には応答が不要で、発呼、被呼ともに回線を開放し、一連のファクシミリ動作を終了する。こうした Phase A、B、C、D、E の動作は、G1 機、G2 機の場合は一般的にトータル手順で行われていた。また、G3 機の場合はデジタル手順で行われるが、G1 機能や、G2 機能を具備した G3 機の場合は、トータル手順も可能になっており、G1 機、G2 機とのコンパチビリティを確保し、更に G3 機に於いても、これまで各社ばらばらなプロトコルを行っていたものが、Phase B に於いて双方の具備する設定可能能力についてのネゴシエーションを行うことにより、メーカーを問わずに相互通信が可能となる設定ができるようになった。これにより、ファクシミリの手順上の互換性が確保できるようになった。前述の符号化方法の標準化と、Modem の標準化、そして T.30 による手順の標準化によりファクシミリはグローバルなインフラへと大きく変貌していった。手順の標準化は T.4 における端末特性の標準化同様大変重要な決定であった。

## 2) T.30 プロトコルの概要

T.30 プロトコルを説明する。

我々は普段人と会話している。家族、職場、友人、等々だが、当然、共通の言語で話している。

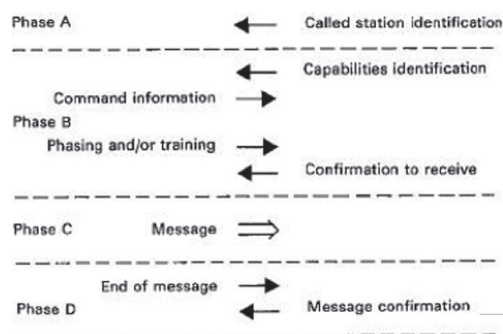


図 6.10 T.30 伝送制御手順

ファクシミリも送信側と受信側とで、共通の信号形式で会話が行われる。原稿サイズに合わせた記録紙を用意し、送る字の細かさに合わせて記録する。さらに、速いスピードの機械もあれば遅い機械もある。この速度を合わせないと情報が溢れてしまう。このように送信側と受信側とで設定を合わせることをネゴシエーションという。そしてこのやり取りをプロトコルという。

ファクシミリでは、T.30 プロトコル(ファクシミリ手順)というものを定めた。これによって、メーカーや地域を問わずファクシミリ同士が会話できるようになった。このことがファクシミリの発展には大変寄与した。

このファクシミリ手順が標準化機関で合意に至ったのが1979年11月の京都會議であった。

翌年、C.C.I.T.T.によってファクシミリ手順はT.30ファクシミリ手順として正式に勧告され、ファクシミリ市場は成長期に向かって行った。一般には知られていないが、MR同様、Faxプロトコルの特許も実施許諾の宣言が1985年6月6日にリコーから郵政省に対して行われている。その結果、市場の拡大につながっている。

### 3) G1、G2機の淘汰

G3ファクシミリの機能性能の向上がなされ、コストダウンがされ、価格が下がったことで、ファクシミリに対するニーズがG3に集中し<sup>27)</sup>、G1機、G2機は売れなくなってきた。(4.成長期、1980年～1995年(国際規格制定からSuperG3誕生まで 参照) こうした状況からファクシミリメーカー各社はG1機、G2機のニーズがなくなってきたため、前身機のG1、G2機とのコンパチビリティ確保の必要がなくなり、G3機の性能向上に開発設計のリソースが振り向けられていった。その結果、1996年を以ってG1、G2機の規格はITU-T(旧CCITT)勧告から削除されるに至った。その結果、T.30に於いては、トータル信号としてCNG(Calling Tone) 1100Hzのみが残された。<sup>31)</sup>

### 4) ファクシミリの標準化と特許

ファクシミリの標準化に関連した特許については画像電子学会の小林一雄がCCITT標準G1、G2、G3機と関係ある特許について詳細に調査している。<sup>28)</sup>

表6.8は小林が調査し表にまとめたものの一部(G3関連部分)を抜粋したものである。

標準化と特許の関係では特許ポリシーが存在するが、それはあくまでもポリシーであって特許権者が最終

的な意思決定をすることができる。特許権を振りかざされると業界及び標準化団体はその特許に抵触しない方法での標準化を検討するか、ライセンス料を支払うかいずれかを選択しなければならないため、悩ましい問題である。顧客視点に立てば標準化のために技術の停滞はできない。特許権者と特許の使用者のwin/winとなる整合点を早期に見出すことが重要と考える。

2007年、ITU、ISO及びIECの3機関に共通の特許ポリシーが制定され、特許権等を含む標準の取扱いが明確化されるとともに、国際標準化機関において共通化されることとなった。このITU/ISO/IEC共通特許ポリシーの概要は次のとおりである<sup>29)</sup>。

- ①国際標準の目的は、システムや技術の互換性を世界的に確保するものであり、標準はだれもが利用可能でなければならない。したがって、標準に特許権等が含まれる場合であっても、標準はだれもが過度な制約を受けることなく利用できなければならない
  - ②ISO及びIEC並びにITUは、特許権等の証拠、有効性又は適用範囲について権威付け又は理解の情報を与える立場にはない。
  - ③入手できる特許権等の情報は、最大限に開示されることが望ましい
  - ④標準の開発に参加する者は、標準に含まれる自社及び他社の特許権等(申請中のものを含む)について、標準開発の当初から注意を喚起すべきである
  - ⑤標準が開発され、その標準に含まれる特許権等が開示されたとき、次の三つのいずれかが特許権等の権利者より開示され得る a) 無償で特許権等の実施許諾等を行う交渉をする用意がある b) 非差別的かつ合理的条件での特許権等の実施許諾等を行う交渉をする用意がある c) 上記 a) 又は b) 何れの意味もない
  - ⑥上記⑤の開示を行うに当たって特許権等の権利者は、定型様式の特許声明書を用いてISO又はIEC若しくはITUの事務局へ提出しなければならないが、定型様式に記載されている選択肢以外の条項や条件や例外事項を特許声明書に追記してはならない
  - ⑦上記⑤の開示において c) が選択された場合、標準は、その開示された特許権等に依存する規定を含んではならない ⑧特許権等の実施許諾等の交渉に関して、ISO及びIEC並びにITUは関与しない。
- 標準策定にあたって関連特許の有無に関してはあく



表 6.8 G3 機標準関連特許<sup>28)</sup>

表 1 CCITT 勧告に関連する特許

関連勧告 技術内容	発明者 所属	No	特許公告番号	発明の名称	公・登日 出願日
勧告 T. 3, AM-PM 方式 AM-PM 波形の形成方法に 関するもの  ①②は画信号の極大点あるい は極小点で極性反転して3値 化  ③④は3値化することなく搬 送波位相を変調する方法	Graph. Sci.	①	USP. 3,761,610	High speed facsimile system	73. 9.25 71. 2.16
		②	特公昭 54-11646	ファクシミリ送信装置	79. 5.16 優先権
	NTT	③	特公昭 52-25683	高効率伝送方式	77. 7. 9 74. 7.19
		④	USP. 4,166,923	Amplitude and periodic phase modula- tion transmission system	79. 9. 4 優先権
		⑤	USP. 4,217,467	Amplitude and periodic phase modula- tion transmission system	80. 8.12 優先権
勧告 T. 4, MR ⑥⑦⑧⑨は Original READ に関するもの  ⑩は勧告とあまり関係しない  ⑪は Modified READ に 関係する	NTT, KDD	⑥	特公昭 59-23514	2次元逐次符号化方式	84. 6. 2 78. 7.31
		⑦	特公昭 59-27505	2次元逐次符号化方式	84. 7. 6 78.11.22
		⑧	特公昭 59-27544	ファクシミリ信号復号化方式	84. 7. 6 78.12.13
		⑨	特公昭 59-41632	2次元逐次符号化方式	84.10.20 78.12.13
		⑩	特公昭 63-36190	1次元2次元適応形符号化方式	88. 7.19 79. 1.24
	# 日立	⑪	特公昭 63-52513	2次元符号化装置	88.10.19 78. 9.18
勧告 T. 4, Fill 000……00001 の 同期符号に可変長の 0 Fill 挿入	#, * IOWA	⑫	USP. 3,777,066	Method and system for synchro- ……variable length filler	73.12. 4 72. 1.13
	# 富士通	⑬	特公昭 51-35328	画信号帯域圧縮方式	76.10. 1 71. 9.10
勧告 T. 4/V. 29, Modem 隣接リングに対して45度 ずれたアイパターン	Codex	⑭	USP. 3,877,768	Signal structure for DSB quadrature carrier modulation	75. 6. 3 71. 9.14
		⑮	特公昭 52-38689	両側帯波直角位相搬送波変調方式	77. 9.30 優先権
		⑯	USP. Re. 33,056	Signal structure for DSB quadrature carrier modulation	89. 9.12 84. 6.15
勧告 T. 30, 制御手順 制御信号を受信して応答する, 受信終了信号を送出する ⑰⑱はシーケンシャルに行う が⑲はネゴシエーションあり	#, * Lemel- son	⑰	USP. 3,705,953	Automatic communication system	72.12.12 57. 9.23
		⑱	USP. 3,751,583	Communication system	73. 8. 7 57. 9.23
	# リコー	⑲	特公昭 59-26152	ファクシミリ通信方式	84. 6.25 74. 3.16
勧告にない, 復号一走査線長を 監視, 誤り検出	RCA	⑳	USP. 3,927,251	Method and apparatus for the ……compressed image data	75.12.16 73. 5.18

(注) 1) ⑥~⑪以外は権利消滅 2) #: 特許声明なし 3) \*: 非構成員

までもフェアな対応<sup>1)</sup>が求められる。

## 参考文献、引用文献

- 1) 小川陸夫 社団法人 企業研究会 ビジネスリサーチ 2011年7月号「事業を成功に導く標準化と特許」
- 2) 画像電子学会発行「ファクシミリ史」元ITU 岡部年定氏記述の「国際標準化」から一部引用
- 3) 電子情報通信学会 通信ソサエティマガジン 2010 年秋号 No.14 開発物語 山崎康弘 若原恭著より一部を引用
- 4) CCITT Recommendation T.30"Procedure for Document Facsimile Transmission in the General Switched Telephone Network" 1988
- 5) ITU-T T.24 Standardized digitized image set

- 6) 高速ファクシミリ (G3 機) の標準化 画像電子学会 ファクシミリ史 郵政省 古河昭二郎
- 7) ADMIX (郵政省)、DBP (変化点ブロックパターン符号化方式 NTT)、DEC (縮退形 2 ライン符号化方式日立)
- 8) RAC (KDD)、EDIC (NTT)、CP (予測分割符号化方式 三菱)
- 9) 郵政省による高速形の行政用標準ファクシミリ
- 10) 岡部年定 画像電子学会 ファクシミリ史 1997 年国際標準化 2-1 G3 ファクシミリ以前 P143 ~ P155
- 11) 山崎泰弘 若原恭 電子情報通信学会 通信ソサエティマガジン 2010 秋号 No.14 より一部引用
- 12) 結城皖曠 山田豊通 山崎泰弘 若原恭 電気学会 電気技術史研究会史料 HEE-12-14 G3 ファクシミリの 2 次元符号化技術と国際標準 2012 年 6 月 8 日
- 13) 寺村浩一 デジタルファクシミリの標準化に向けて 画像電子学会 Vol.9 1980
- 14) 小林一雄 ファクシミリにおける国際標準と特許 画像電子学会誌 第 24 巻第 1 号 通巻 114 号 平成 7 年 2 月より一部引用
- 15) ITU-T T.82 Information technology - Coded representation of picture and audio information - Progressive bi-level image compression 1993 年 3 月
- 16) ITU-T T.85 Application profile for Recommendation T.82 - Progressive bi-level image compression (JBIG coding scheme) for facsimile apparatus 1995 年 8 月
- 17) ITU-T T.4 : Standardization of Group 3 facsimile terminals for document transmission. Recommendation T.4 (07/03)
- 18) ITU-T T.81 Information technology - Digital compression and coding of continuous-tone still images - Requirements and guidelines 1992 年 9 月 18 日
- 19) 宮下 宗二 他 2 次元視覚モデルによる各種変調画像の復元と評価 (XVI)(画像符号化・通信・ストリーム技術および一般
- 20) 小野文孝 映像情報メディア学会誌 Vol.55 No.5 2001 5 P28 ~ P33 JBIG,JBIG2 の標準化動向
- 21) ITU-T T.81 Information technology - Digital compression and coding of continuous-tone still images - Requirements and guidelines 1992 年 9 月 18 日
- 22) ITU-T T.800 Information technology — JPEG 2000 image coding system: Core coding system
- 23) 野水康之、原潤一 著 小野文孝監修 JPEG2000 のすべて 電波新聞社 2006 年 7 月 10 日
- 24) ITU-T T.87 1998 年 6 月 Information technology - Lossless and near-lossless compression of continuous-tone still images - Baseline
- 25) 松木眞 1997 年 画像電子学会 ファクシミリ史標準化編 P119 ~ P127
- 26) ITU-T 勧告 : T.30 (11.88): Procedures for document facsimile transmission in the general switched telephone network
- 27) 郵政省 昭和 60 年版 通信白書 発展する画像通信
- 28) 小林一雄 画像電子学会誌 第 24 巻 第 1 号 (1995 年) 技術解説 ファクシミリにおける国際標準と特許より一部引用
- 29) 日本工業標準調査会事務局 ITU/ISO/IEC 共通パテントポリシー及び実施ガイドラインの発効について 2007 年 4 月 3 日

# 7 | ファクシミリ要素技術の変遷

ここでは特に成長期以降の原稿照明技術、記録技術、制御技術（半導体技術）、高画質化技術、についての技術の変遷とやや詳しい技術の解説を行った。各技術分野の専門家にとってはもの足りなさがあるかもしれないが、ファクシミリをより詳しく理解したい一般読者のために記述した。

## 7.1 読み取り技術

ファクシミリの読み取り技術は古くは導電変換から始まった。その後、セレンウム、光電管といった光電変換技術が生まれ、更には光電変換素子がアレイ状に搭載され、機器の小型軽量化に発展している。ここでは今日多く使用されている読み取り技術について紹介する。

### 7.1.1 縮小光学系

CCD イメージセンサの研究<sup>12)</sup>は1969年アメリカのベル研究所で行われた。CCDの量産は1974年にアメリカのフェアチャイルドセミコンダクターでスタートした。このときのデバイスは1チップに500画素搭載されたリニア型と100×100画素の2次元イメージセンサであった。リニア型はファクシミリなどの画像読み取り用、2次元イメージセンサは電子スチルカメラ用途に向けて技術開発と用途開発が行われた。同じころにアメリカのレティコン社からはフォトダイオードアレイが販売された。

リニアイメージセンサに関しては、1チップ500画素のCCDを搭載したファクシミリが発表されたがこのときはB4サイズ原稿読み取り用には4チップ、A4読み取り用には3チップを並べて用いる、マルチレンズ方式のスキヤナであった。図7.1は、東芝

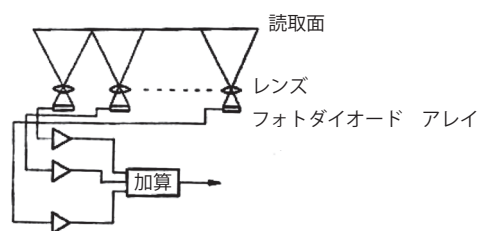


図 7.1 マルチレンズ方式<sup>1)</sup>

「COPIXPIX9600」<sup>3)</sup>に搭載されたマルチレンズ方式の原理図である。この例では、CCDではなく、フォ

トダイオードアレイが用いられている。CCITTによる標準化議論の高まりからA4原稿の1ラインのビット数が1728ビットとなる可能性が高まり、フェアチャイルドをはじめとする半導体各社は1チップCCD(1728画素/ライン)の開発に傾注した。

1チップ化についてもフェアチャイルドが量産を最初に始めたが、日本のNEC、東芝、ソニー、シャープなど半導体各社からも1チップCCDの発表・発売が相次いだ。そしてこのCCDによる縮小光学系が1980年以降のファクシミリスキヤナの標準的な読取手段として育っていった。

CCDイメージセンサを用いたファクシミリは縮小光学系を用いる為、光路長が必要となる。

1980年ころはCCD内の画素間のピッチは約14μmであった。原稿の主走査線密度は8/mmであるから、画素の間隔は125μmピッチである。従って、縮小光学系によって14/125 = 1/8.93に縮小されることになる。

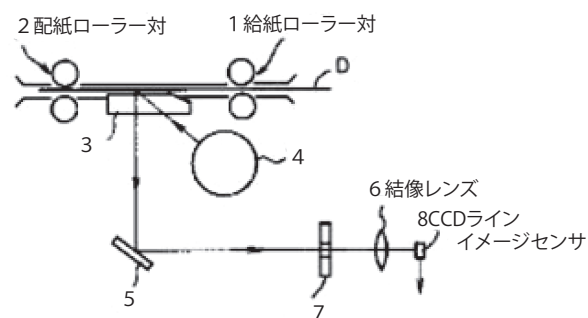


図 7.2 縮小光学系原理図

図7.2は縮小光学系の原理図である。図からも判るように原稿Dからの反射光をCCDラインイメージセンサ8まで導く間には、反射ミラー5、原稿Dの反射光を結像させる結像レンズ6、光源光量の主走査方向における不均一を補正する白基準補正板(シェーディング補正板)7等が介在している。従って装置にはこうした介在物や光路を確保すべくスペースが必要となる。

### 7.1.2 非縮小光学系

ファクシミリ装置の小型軽量化ニーズは依然として強い。そこで、読取りに必要なスペースを省略できる『原稿密着型イメージセンサ』の開発がスタートし、1980年3月にはA4判密着型イメージセンサの試作を



電電公社と松下電器の研究チームが完成させている。<sup>4)</sup>

密着イメージセンサには原稿の読み取り線密度と同じピッチでセンサが配列されている。従って原稿の走査長と等しい長さでセンサ列が並んでいることから等倍センサ、等倍密着センサ、CIS(Contact Image

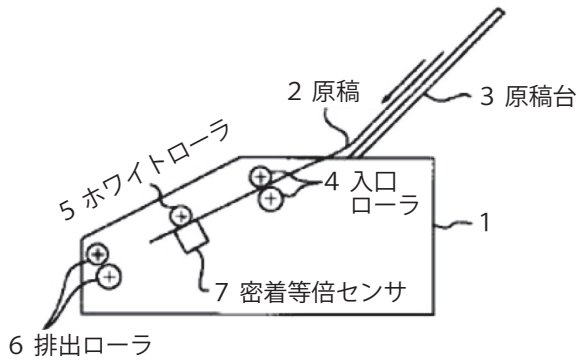


図 7.3 非縮小光学系原理図

Sensor) などとも呼ばれる。図 7.3 は密着イメージセンサの応用例である。図には明記していないが 7 の密着等倍センサにはセンサ以外に、LED 光源、セルホックレンズアレイが含まれている。図から理解できるように縮小光学系を用いた場合と比較すると、読み取り部の占める体積が極めて小さくできる。さらなる違いは、日本企業が得意としてきた光学設計が軽減される。等倍センサーユニットを使用することにより、原稿読み取り装置、更にはファクシミリ装置の設計に対する難易度が下がり、家電メーカーや海外メーカーなどからの参入障壁が低くなっている。

## 7.2 記録技術

現在実用となっているファクシミリの記録技術の基本はファクシミリの成長期である 1980 年～1997 年までにそのほとんどが完成されたといってよい。成長期以降は、より生産性の高い要素とすることや、より低コスト化を達成すること、そしてより省電力化すること、より高速化、高精細化することなどに注力している。

ここでは成長期に G3 機用、G4 機用として実用化した、感熱記録方式、インクジェット記録方式、静電型普通紙記録方式、カールソンプロセス方式(レーザ記録、LED 記録)について以下に概説する。

### 7.2.1 静電記録方式

静電記録紙への記録濃度むらのない高速印字を可能にするためのヘッド駆動方法が 1970 年オランダの N B フィリップス社のウルフ ロードゴルト<sup>5)</sup>によって

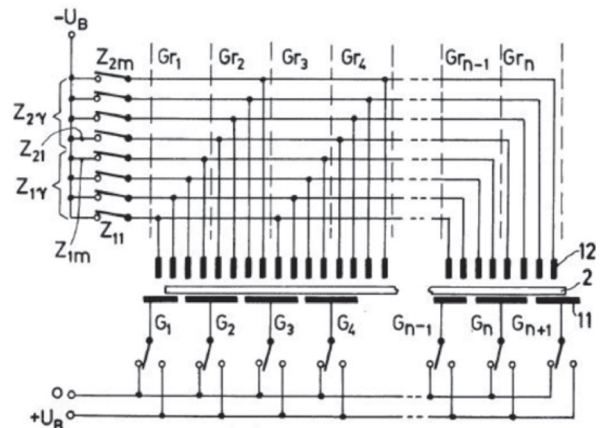


図 7.4 静電記録制御

発明された。図 7.4 はその主要部の図面である。図において 11 は記録範囲を指定するためのセグメント電極、12 は画素を記録するために配置されたマルチスタイラス電極、2 は静電記録紙である。セグメント電極は  $n+1$  個具備し、 $n$  回に分割して 1 ラインが印字される。一方マルチスタイラスは、 $Z_{11}$  から  $Z_{1m}$  までの  $m$  本と、 $Z_{21}$  から  $Z_{2m}$  までの  $m$  本で構成される。記録は  $Gr_1, Gr_2, Gr_3, \dots$  の順に行われる。このときセグメント電極は  $G_1+G_2, G_2+G_3, G_3+G_4, \dots$  と 2 つのセグメント電極が同時にスイッチ・オンされる。この理由は以下の通りである。マルチスタイラス  $Gr_1$  の領域をセグメント電極  $G_1$  と  $G_2$  がオーバーラップしてカバーしている。こうすることによって、セグメント電極の境界位置において、記録紙にかかるセグメント電圧が大きく低下することなく、記録に必要な電位を示すことができる。従って、セグメント電極の境界で画像濃度が低下することを防ぐ効果がある。

静電記録にはトナーを溶剤に分散させた湿式現象とトナーをキャリアと共に分散させた乾式現象とがある。乾式現象にはキャリアとトナーの二成分からなる二成分現象とキャリアとトナーと一体化させた一成分現象方式とがある。湿式現象方式では印字部の反射濃度が比較的低いのに比べ、乾式現象では高い反射濃度が得られる。

また、湿式現象方式は静電記録方式の初期には用いられたが、前述のように記録濃度が低いので画像のコントラストが十分得られないといった問題があった。さらに、有機溶剤は臭気を持ち記録紙に臭いが付く。また、現像剤の補充時に手が汚れるなどの問題があり、次第に乾式静電記録へと変わっていった。

乾式静電記録にも問題があった。それは静電記録紙そのものが特殊加工をした記録紙であり、用紙の価格が高いことや、オフィスの複写機が普通紙化していく中で記録紙を共通にできないといった欠点があり、次

第に普通紙記録、つまりレーザーやLEDによる電子写真方式(カールソンプロセス)、またはインクジェット記録へと変わっていったのである。

### 7.2.2 感熱記録<sup>1)</sup>

G2機等の低速機で実用化されていた感熱記録方式が高速機への適用に向けて技術開発され、記録用ヘッドの高速対応開発も盛んになった。また、サーマル記録紙も高感度化技術<sup>6)</sup>が開発され、G3機への適用が1980年頃から可能になった。

感熱記録はこれまでの静電記録とは異なり、現像や定着といった複雑な手段を必要としないことから静電記録技術を持たない企業のファクシミリ市場への参入

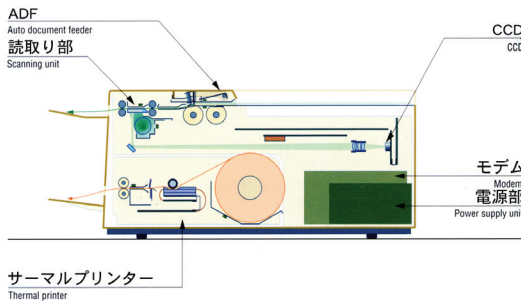


図 7.5 感熱ファクシミリの構造例<sup>2)</sup>

が相次いだ。図 7.5 は感熱記録方式のファクシミリ<sup>7)</sup>の構成例を示したものである。感熱記録は記録部に要する部品点数が静電記録方式などの二次発色プロセスに比べて、圧倒的に少ない。したがって故障個所が少ないため、信頼性が高い。このことは、無人受信動作をするファクシミリにとっては極めて重要なことである。さらに、トナー方式などに比べて、機械の内部をトナーなどで汚すこともない。また記録紙の交換作業もしやすく、稼働中に臭気を発生することもない。

感熱記録方式は構成が非常にシンプルである。トナー方式などは構成が複雑で、すり合わせ技術<sup>3)</sup>が求められる。一方で感熱記録はキーパーツの組み合わせで設計ができる所謂モジュール化技術である。

モジュール化技術である感熱記録ファクシミリはやがて参入メーカーが増え、競争が激しくなっていった。そのために、価格が更に下がり、ユーザーにとっては購入しやすい価格帯になったこともあり、爆発的な普及を示した。

感熱記録紙には3つのタイプがある。その一つは高級脂肪酸金属塩とフェノール類を用いる二成分発色型の感熱紙(米国の3Mが実用化したので3Mタイプと呼ばれていた)で、これは地肌が黄色であったため、あまり好まれなかった。二つ目はワックスタイプ感熱

紙と呼ばれ、黒色着色層の上にワックスを主成分とした不透明な層を塗布したもので地肌が黒っぽく傷がつきやすい。三つ目は染料発色型感熱紙である。

これは無色ロイコ染料とフェノール性酸性物質を紙の上に塗布したもので、ロイコ染料を選ぶことで種々の鮮やかな発色色調が得られる。見た目や手触りも普通紙ライクであり、メンテナンスフリーの機構及び制御が構築できるなどの特徴を有している。このことからファクシミリに適用できる感度特性や、熱応答性、記録濃度が満たされれば、このロイコ方式の感熱記録は爆発的な普及をするポテンシャルを持っていた。

### 1) 発色原理<sup>1)</sup>

図 7.6 は感熱記録の原理を示す。図 7.7 はロイコ型

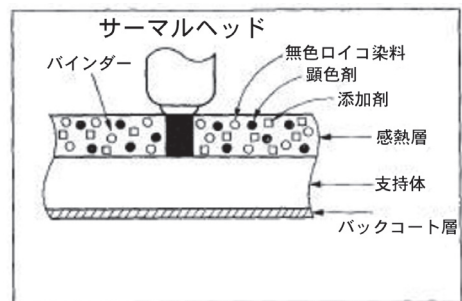


図 7.6 感熱記録原理図<sup>1)</sup>

感熱記録紙の発色原理を示す。

染料発色型感熱紙の構成は図 7.6 に示すように無色ロイコ染料、顕色剤であるフェノール性物質と各種の添加剤を水系で分散し、水性バインダーで紙の上に塗布して、感熱発色層としたものである。

この感熱発色層に熱ペンやサーマルヘッド等で熱エネルギーを印加すると、ロイコ染料(電子供与体)、顕色剤(電子受容体)の何れかまたは双方が熔融して電子の授受が行われ、発色する。

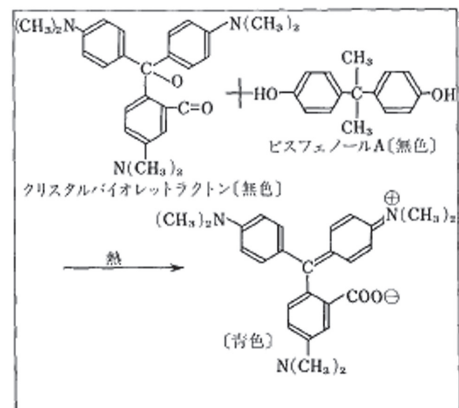


図 7.7 ロイコ型感熱紙発色機構<sup>1)</sup>

図 7.7 はロイコ染料がクリスタルバイオレットラクトン、顕色剤がビスフェノール A の場合の発色機構<sup>1)</sup>を示している。発色基本成分である無色ロイコ染料と、フェノール性物質としては、種々のものが使用可能である<sup>1)</sup>通常、青色発色紙にはクリスタルバイオレットラクトン (CVL) を、その他、赤、黒発色紙にはフルオラン系のロイコ染料を用いている。一般には CVL よりもフルオラン系の染料の方が保存性の点で優れている。

感熱紙の製造方法は、これら 2 つの発色基本成分の他に、要求特性に応じた添加剤、例えば熱可融性物質、無機填料、消泡剤を加えてバインダーとともに分散した塗布液を、エアナイフコータ方式などによって基紙 (支持体) の上に均一に塗布することによって作られる。

## 2) 感熱紙の記録特性<sup>1)</sup>

感熱紙の記録特性はその用途によって異なる。感熱紙がファクシミリの用途に使われたのは黎明期に G2 機中心であり、A4 サイズ 1 ページの記録時間が 3 分を要していた。しかし 1980 年代に入りファクシミリに対するニーズが顕在化し、潜在ニーズの大きさは計り知れないものがあった。こうした中において、感熱記録方式はメンテナンスフリーで且つ操作性がよく、ポテンシャルは非常に大きいものがあった。1979 年

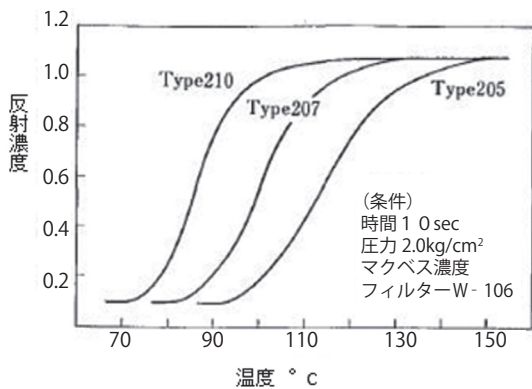


図 7.8 静的発色特性<sup>1)</sup>

代の記録特性は図 7.8 及び、図 7.9 に示す通りであった。G3 ファクシミリ用途に対しては、①黒の反射濃度が低い。②動的記録特性が遅く G3 機のスピードに対してはまだ使える動特性になっていない。といったものであった。

図 7.8 は青色発色紙の静特性を表したものである。この特性を測定することによって、十分に熱エネルギーを印加される場合の発色性能を評価することができる。図 7.9 は CVL とビスフェノール A の構成によ

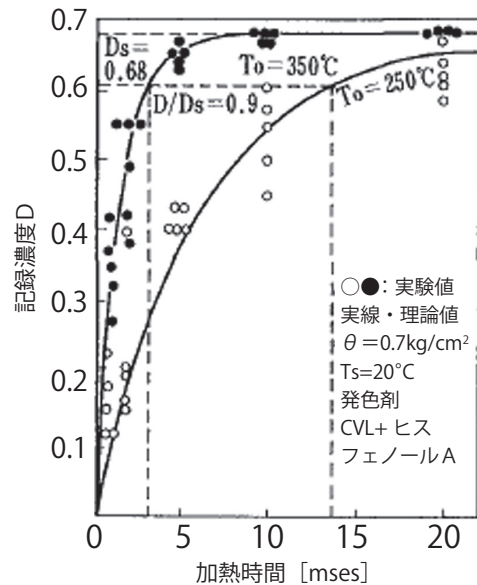


図 7.9 動的発色特性<sup>1)</sup>

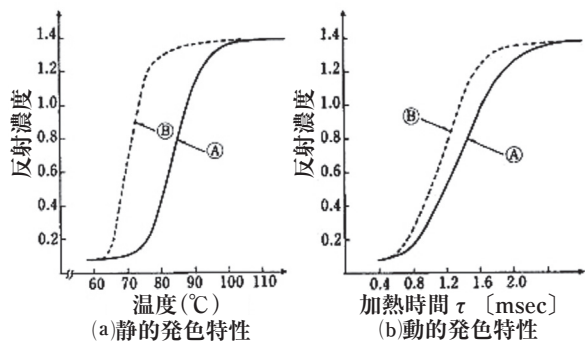


図 7.10 感熱記録紙の熱感度<sup>7)</sup>

る感熱紙について、サーマルヘッドの加熱時間 ( $\tau$ ) と記録濃度 ( $D$ ) の関係が指数関数で表わされることを示した実験結果で、あるヘッド温度条件下での感熱紙の発色時定数を見ることが出来る。図中の実線で示される理論式は (1) 式で近似できる。

$$D = D_s(1 - \exp(-k_s \tau)) \dots \dots (1)$$

ここで、 $D$ : 記録濃度、 $D_s$ : 感熱紙の飽和濃度、 $\tau$ : 加熱時間、 $k_s$ : 反応速度定数である。一定温度、一定加熱時間のとき、 $k_s \tau$  すなわち  $k_s$  が大きいほど動的発色性の良い感熱紙であるということが出来る。G3 ファクシミリ用の記録紙としてはモノクロの画像を対象にするため、記録濃度は 1.0 以上で、できるだけ高い方がよい。1980 年の当時の感熱記録の競合記録紙が乾式静電記録であり、乾式静電記録の濃度は 1.3 以上を得ていた。また記録スピードの点では G3 機の場合、A4 サイズ 1 ラインの記録時間は標準で 20ms である。感熱記録の場合、サーマルヘッドの消費電力が大きく、一括して 1 ラインの記録を同時に行うことは電源装置が大きくなることからできない、従って、サー



マルヘッドは20msを複数に分割したマトリックス駆動される。たとえば8分割記録の場合は、一ブロックに対する印加時間を $\tau$ 、一ラインの記録時間を20ms、分割数を8分割とすると、

$$\tau = 20/8 = 2.5\text{ms} \cdots \cdots (ii)$$

となる。したがって、図7.9に示された動特性では記録濃度の点で使用することができない。そこで、感熱記録紙の高速高画像濃度化の研究開発が盛んになり、感熱式メーカー各社はG3機用途に向けた感熱紙を開発した。図7.10はG3ファクシミリ用に改良された感熱記録紙<sup>7)</sup>の静特性(a)及び動特性(b)である。ここで図7.10(a)のように静的発色特性<sup>7)</sup>を低温側にシフトすれば動的発色感度を上げることができる。しかし、新たな問題として静的感度を上げると長期保存した場合、白地部分が黒ずんでくるといった問題が出てくる。そこで、静的感度を上げることなくG3機に要求される動的発色感度を得ることが最大の課題となる。またファクシミリ用記録紙としてはこの他の要求事項として、耐溶剤性、耐筆記用具性、サーマルヘッドとの接触による紙カス付着やヘッド摩耗、スティック音の低減などといった課題も有している。そこで、感熱紙は発色層の上にバリアー層を設けるなどの工夫が必要になった。

図7.10(b)は改良型記録紙の動特性である。静的発色特性では①と②とは温度差が15度程度あるが動特性では記録時間が0.2ms～0.3msであり、2ms程度の記録時間でよいことになり、反射濃度も1.3～1.4程度得られている。この特性であればG3機に使用できる特性である。このような特性を得るためにロイコ染料、顕色剤、増感剤、水溶性高分子によるバリアー層

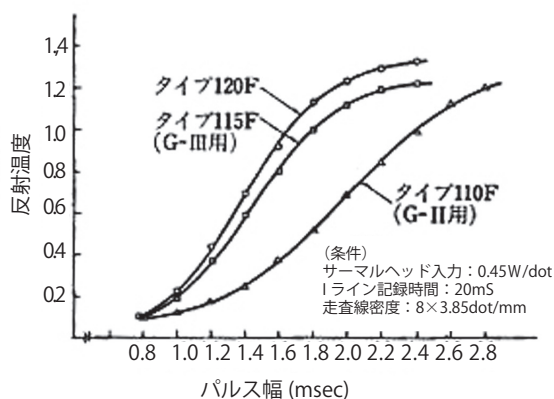


図7.11 感熱紙動特性<sup>7)</sup>

の工夫をしている。併せて耐溶剤性の改善も重要テーマであった。図7.11は1980年に最終的に達成できた感熱記録紙の感度特性である。この感熱記録紙はG3

ファクシミリ、リコーのRifax3300などに、採用された。

そして感熱紙を用いたG3機は各社から発売となり、感熱ファクシミリ時代を構築するにいたった。国内メーカー同士による感熱G3機の競合が盛んになり、感熱記録紙の感度はこの後も上昇を続けた。その背景は以下の理由による。

- ① 環境対応機運の高まりによる消費電力の低減要求の高まり
- ② 電送スピード、読取りスピード、記録スピードのあくなき追求によるスピード競争
- ③ 低消費電力化による電源、ドライバー等電装品のコストダウンが感熱紙に感度アップを要求
- ④ 機器の小型化要求
- ⑤ その他

こうして感熱紙の感度がファクシミリ装置側の要求に応え、高くなっていった。

感熱Faxは、現像や定着といった複雑な手段を必要としないため、極めてシンプルな構成で構築できる。その結果、信頼性が高く、機器が小型化でき、しかもコストが安いといったメリットがある。だが、やはり感熱紙は普通紙とは異なり、紙面の光沢や、手触り感、受信した記録紙のカール、画像保存性、記録画像濃度がトナー方式に比べて低い、リサイクルに適さないことなど普通紙に劣ることから、T/P変換(サーマル紙からプレインペーパー：普通紙への変換)の動きが活発となっていった。そこで登場してきた感熱技術が熱転写記録である。また、感熱紙の開発はより普通紙に近い普通紙ライクな感熱紙とすべく課題に取り組んだのであった。

### 3) 感熱記録ヘッド(サーマルヘッド)

感熱記録用の発熱ヘッドについては米国のNCR、Corning Glass、Texas Instruments等で検討が進められ、わが国では昭和43年からソニー、リコー、キヤノン、三洋電機、他などから感熱記録材料や記録装置の特許出願が始まっている。

昭和44年頃より通研と沖電気工業が協力して研究を開始し、窒化タンタルを用いた薄膜形のを1972年11月プリンタ用として展示した。これをファクシミリ用として構成したのは沖電気が初めてで、1973年に感熱ファクシミリ1号機を日本経済新聞社に納入した。1974年9月にOKIFAX600を発売し、さらに1976年に感熱記録G3機OKIFAX7100を発売した。

G3標準型感熱ファクシミリとしては東芝が1980年にCopix4800を商品化している。1980年にG3ファ

クシミリに初めて採用されたサーマルヘッドは発熱体駆動用のドライバーを節約するためにマトリクス駆動を行っていた。サーマルヘッドユニットには発熱体とダイオードが搭載され、ドライバー搭載基板はヘッドとは別の基板に構成されていた。その後、昭和57年ごろから、感熱紙の感度の改良と、発熱体の発熱効率の改善、半導体技術の進歩により、シフトレジスタとラッチとゲート回路を備えたドライバを各発熱体1ドットごとに対応させたドライバー搭載型サーマ

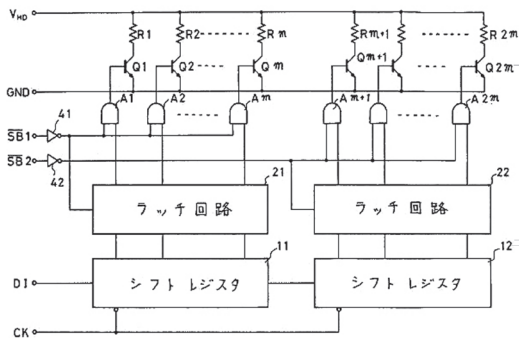


図 7.12 ドライバー搭載型サーマルヘッド回路図

ルヘッドが登場した。<sup>12)</sup>

図 7.12 はドライバー搭載サーマルヘッドのドライバの回路図である。ドライバー IC(集積回路)に関しては高耐圧・耐大電流技術の獲得により、24V 電源に対応することが可能になった。その結果、従来に比べ、ICの集積度を上げつつ、発熱体 (R1,R2,...R2m)の抵抗値を大きくでき、サーマルヘッドトータルの最大電流を小さくすることに成功した。その結果、共通

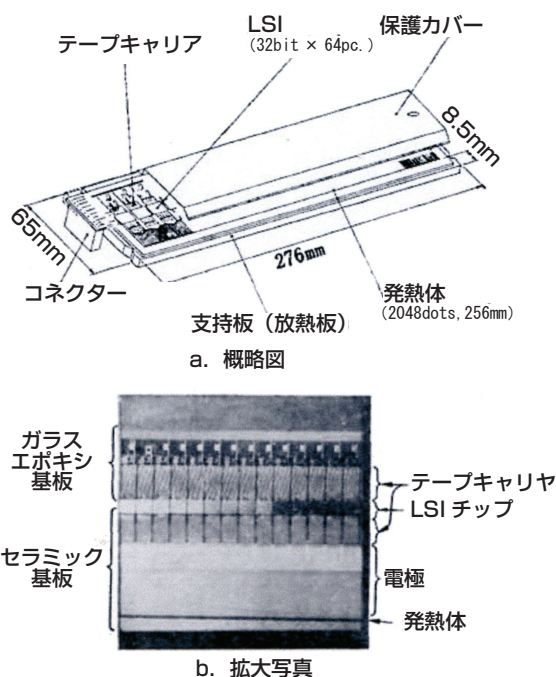


図 7.13 ドライバー搭載ヘッドの構造<sup>10)</sup>

電極の薄型化や配線を細くできるなどの効果が生まれ生産性も高くできるようになった。図 7.13 はサーマルヘッドの構造例である。

#### 4) ダイレクトサーマル記録ファクシミリ

ダイレクトサーマル記録は、感熱記録紙に直接サーマルヘッドの発熱部を接触させて記録を行う方式である。感熱記録方式が広く普及していったが、日本を含む世界的規模で地球環境保全の機運が徐々に広まってきた。感熱記録は価格面や製造工程でのハンドリングの良さがあり、メンテナンスフリーといった特徴がある反面、熱を使うことから消費電力が大きいといった欠点を有している。また、感熱記録紙が使用済みとなった際にペーパーリサイクルに難があることから次第に他の方式へと変わっていった。

#### 5) 熱転写ファクシミリ

感熱記録技術の多くのメリットを踏襲し、デメリットである記録紙の質感、画像保存性、リサイクル適合性等を改善できることから熱転写技術が実用化された。普通紙記録であって、現像、定着といった複雑なプロセスを用いず、新たに用いるのは熱転写リボンと熱転写リボン巻取り機構である。

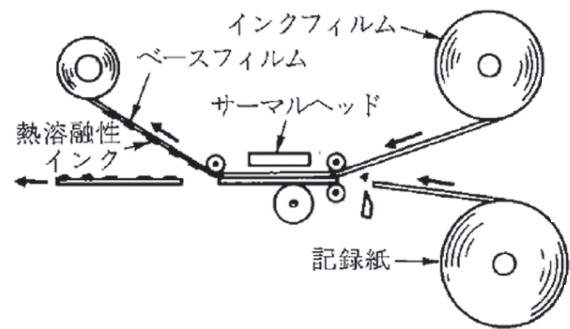


図 7.14 熱転写記録原理図<sup>11)</sup>

図 7.14 は熱転写ファクシミリの熱転写機構部分を示す。<sup>10)</sup>

ベースフィルムの一面に熱溶解性のインクを塗布してあるインクフィルムを記録紙である普通紙と重ね、インクフィルムの裏面側からサーマルヘッドで画像部分を加熱し、普通紙側にインクを付着させる記録方法である。この方法は現在でも電子黒板や家庭向けファクシミリに使われている。

1983年に熱転写ファクシミリと静電式トナー方式ファクシミリが発売された。普通紙ファクシミリ時代の到来であった。熱転写ファクシミリは価格が手ごろな普通紙ファクシミリであることから顧客に好まれ

た。一方、トナー式ファクシミリは価格が高く普及は緩やかであった。熱転写ファクシミリの競合方式であるトナー式ファクシミリが感光体とレーザーを用いる記録方式に変わって登場した。そしてレーザープリンターの普及とともにトナー方式ファクシミリの製造コストが下がり、販売価格も下がってきた。高価であった感光体やレーザー記録部のコストがレーザープリンターの普及によって下がったのである。オフィスでの生産性や、記録紙の多様性を求めるユーザーは熱転写に対してスピードの速い、そして記録紙のバリエーション豊富なトナー方式ファクシミリへの買い替え現象が発生した。この動きはダイレクトサーマル方式にも起こった。こうして、2000年代の事務用の高速ファクシミリはトナー方式のFax専用機またはファクシミリ機能付きMFPが多くなり、熱転写ファクシミリはパーソナル市場向けに移っていった。

### 7.2.3 インクジェット記録<sup>16)</sup>

インクジェット方式は、記録紙に非接触で且つ一次発色プロセスであるため、音響ノイズを発生せず、記録プロセスがシンプルになり、普通紙に記録できる。したがって、記録紙がリサイクルできるので、環境に優しい記録方式として、ファクシミリの記録装置として採用された。ここではインクジェット記録方式の概要とファクシミリへの搭載例を紹介する。

#### 1) インクジェットの歴史

インクジェット方式の歴史は古く、19世紀に遡る。インク液滴に電荷を加えることによって、荷電することの発見があった。一方では19世紀後半には、水晶に機械的圧力を加えると起電力が発生する圧電効果が発見された。圧電材料に電圧を印加すると物理的(機械的)な歪が生ずる逆圧電効果も発見された。これらの物理現象を利用して当初、登場したのが図7.15に示した「連続吐出型」のインクジェットプリンターで

あった。

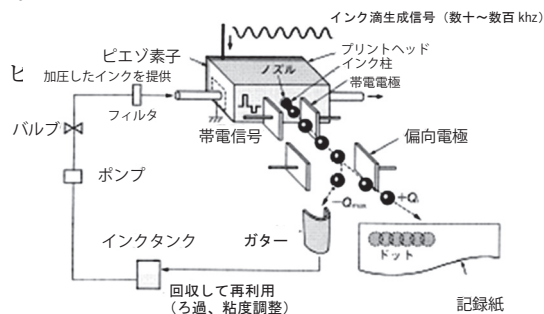


図 7.15 連続噴射型の原理図<sup>16)</sup>

連続的にインク滴をノズルから吐出させ、ノズル出口の電極によりインク滴が荷電され、記録に利用する液滴は偏向させず、記録紙に着弾させる。記録に利用しない液滴はインク滴に偏向電圧を加えてガターに着弾させるものである。この方式は吐出インクを記録に用いても、用いなくても、インクを連続的に吐出するので、大量のインクが消費される。インク消費を削減するためには循環利用が必要となり、装置が複雑となる。さらに、高速記録を行うためのマルチノズル化ができない等の欠点を有していたため、ファクシミリ用途には採用されなかった。その後開発された方式は、記録するときのみノズルからインクを吐出する「オンデマンド型」が登場し、ファクシミリやファクシミリ機能を含むMFPに採用された。この「オンデマンド型」には複数の方式があり、メーカー各社の独自性が色濃く出ている。後に記述するサーマル方式に関してはキヤノンやヒューレットパッカド社が事業展開しているが、特許出願に関していえば両社よりも早い企業があった。この先願企業と両社の間にサーマル方式のインクジェットの事業展開では、大きな違いがあるが、その差は特許誕生の背景と、開発のウェイトの置き方の違いからきている。キヤノン<sup>14)15)</sup>の場合はオンライン発明であったのに対し、後者の場合はオフライン発明であった。オンライン発明は、まさに開発テーマ内における発見から特許が生まれたもので事業生命がかかっている。対してオフライン発明は、事業生命をかけている開発テーマが別であり、そのテーマから離れて、行った発明をいう。こうした立場の違いがその後の発明に対する組織活動で大きな違いとなってあらわれてきたのである。キヤノンの場合はその発明に対して組織を挙げての取り組みに発展させ、多くの技術課題を乗り越えて今日のインクジェット事業に至っているといえる。また、後者の場合はサーマル方式よりもピエゾ方式に力を入れていたのもキヤノンがサーマル式の支配力を強めた要因であった。

#### 2) 「オンデマンド型」の種類と特徴

オンデマンド型インクジェット記録装置には吐出エネルギー素子として何を用いるかで方式が異なる。熱を利用したサーマル方式、圧電素子を用いたピエゾ方式が主な方式である。ファクシミリ用途には使用されていない静電方式、音響エネルギー方式やバルブ型、放電方式等、概ね9つの方式がある。現在主流であり、ファクシミリやファクシミリ機能搭載のMFPに採用



されているのは、サーマル方式とピエゾ方式の2方式である。サーマル方式は発熱体がインクを加熱することで発生する蒸気泡の圧力でインクをノズルから吐出

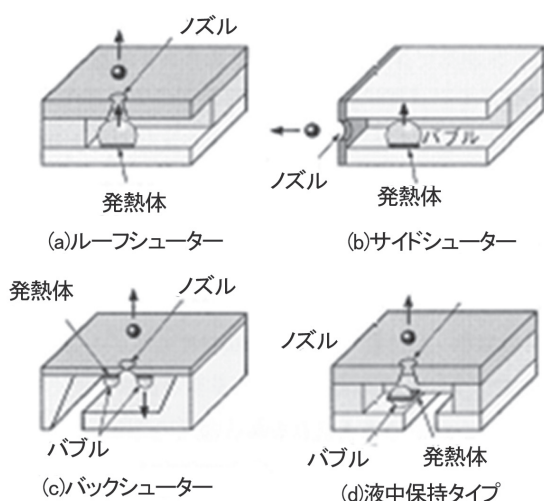


図 7.16 サーマル型の種類<sup>16)</sup>

する。発熱体とノズルの位置関係によって概ね図 7.16 のような4種類に方式が分けられている。

この方式はメーカー呼称が『バブル・ジェット』と呼ぶこともある。

ピエゾ方式はPZT(チタン酸ジルコン酸鉛:  $Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3$ )に代表される圧電体材料の逆圧電効果(電圧を加えると変位を生ずる)を利用してインク

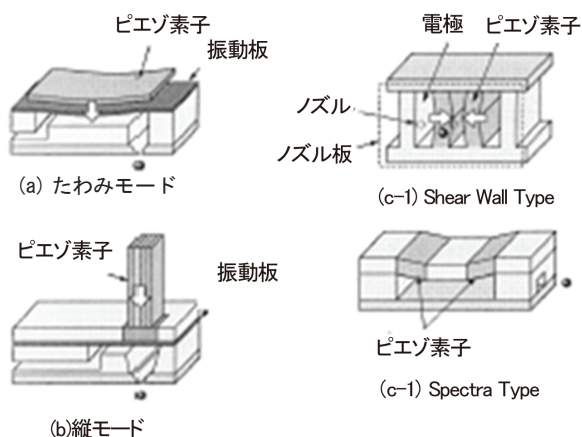


図 7.17 ピエゾタイプの種類<sup>16)</sup>

滴をノズルから吐出させるものである。図 7.17 に示すようにピエゾ素子の歪形態により、さらに、撓みモード(Bend Mode)、縦モード(Push Mode, Direct Mode)、シアモード(Shear Mode)に分類できる。

#### <サーマル式とピエゾ式の比較><sup>16)</sup>

現在、家庭用や、オフィス用のファクシミリ他ファ

クシミリ機能付き MFP(複合機)に使用されているインクジェット方式はサーマル式と、ピエゾ式の2方式である。この2方式について方式上から来る特徴を簡単にまとめてみる。

- ① プリントヘッド寿命・・・両方式に共通の劣化要因としてはノズル面等の撥水膜劣化がある。また、サーマル特有の劣化モードとしては、発熱体によるインク成分の焦げ付き(Kogation)や、気泡が収縮する際に発熱体へのキャビテーションダメージが生ずる場合がある。これらの故障モードが生じにくい様、インク成分や発熱体成分が工夫されている。
- ② 使用インク自由度・・・サーマル式では、蒸気泡を生じさせるためインクに水を中心とした低沸点材料を使う。一方ピエゾ式では、機械的変位を利用するため、サーマル式よりも吐出できるインクの自由度は大きく、多様なインクへの対応が可能であるといえる。
- ③ 製作面(コスト、ノズル密度、ヘッドサイズ)・・・サーマルとピエゾに同一パワーを印加した際の変位による体積では、サーマルによる蒸気泡のサイズはピエゾの変位量の10~100倍程度大きい。このことは、アクチュエータの面積をサーマルの方が小さくできることを意味する。従ってサーマル式では高密度にノズルや流路を形成できる。製作面ではどちらもシリコンによる製作が行われているケースがあるが、サーマル式は半導体デバイスと同様な製造プロセスであるのに対して、ピエゾ式では多くの場合精密加工が必要でコストアップ要因となっている。
- ④ 駆動周波数・・・ノズルからのインク滴吐出後のインク再供給に関しては、両方式による差はないといえる。しかしサーマル式の場合は印加される電気エネルギーの0.1%程度しかインク滴の運動エネルギーに変換されておらず、ほとんどが熱になっている。従って蓄熱の観点から、駆動周波数の向上には課題がある。また、蒸気泡の成長・収縮は慣性力が大きく作用しており、この時間の短縮にも限界がある。一方ピエゾ式は蓄熱の課題は比較的小さい。
- ⑤ インク滴の微小化はどちらの方式でも達成できている。但しサーマル式の場合はインク滴のサイズとノズルの面積がリニアな関係にあるのに対し、ピエゾ式ではノズルの面積を変えずに小さな液滴を作れる。このことはノズルの詰まりといった障害に対しては、ピエゾ式に優位に働く。

### 3) ファクシミリや MFP における事例

プリンターの技術として発展してきたインクジェッ

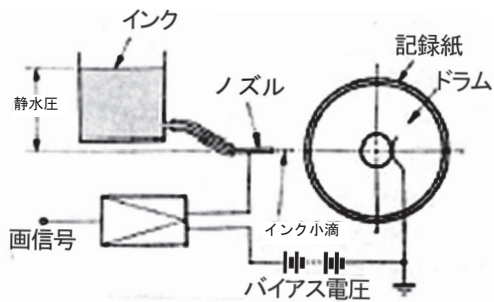


図 7.18 インクジェット記録部の原理<sup>17)</sup>

ト記録方式が初めてファクシミリに採用されたのは1974年、図 7.18 に示した東芝の COPIX440<sup>17)</sup> が最初である。COPIX440 は自社モードの 4 分モードを有した 6 分機、所謂 G 1 機である。1974 年の段階では、マルチノズル化はできておらず、シングルノズルであった。

記録方法は回転するドラムに、記録紙(普通紙)を巻きつけ、ドラムを接地電位とする。画像を記録するときだけ、ノズルに高電圧を印加し、ドラムとの電位差でインクがドラム側に引きつけられ、インクが、記録紙に着弾する仕組みである。従って、スピード面では高速化は困難であったものの当時としては、普通紙に記録できる画期的なものであった。

1978 年には松下電送(株)が、インクジェットカラーファクシミリを開発した。1980 年 G3 ファクシミリの標準が決まってからは、感熱記録がファクシミリ用記録プロセスの王者に君臨していたが、普通紙に記録できるファクシミリのニーズが顕在化し、静電普通紙記録やレーザ記録、サーマル熱転写方式のファクシミリが登場した。しかし、ファクシミリにプリンタ機能搭



図 7.19 キヤノファクス B220

載のニーズが顕在化すると、カット紙やはがき、封筒といったメディアへのプリントができる低価格のファクシミリを求める声が出てきた。そこで登場したのが、記録メディアに非接触で記録ができるインクジェットプロセス搭載のファクシミリである。

キヤノンは 1993 年図 7.19 に示したインクジェットプロセス搭載の G3 ファクシミリキヤノファクス B200 を 228,000 円で発売した。インクジェットプロセス搭載の G 3 ファクシミリがこれまで登場しなかったのは、G3 機が求める記録スピードが達成できなかったからであった。インクジェット記録の場合、1990 年代の段階では、主走査方向全領域に記録素子を配列することは技術、価格面では対応できなかった。そこで登場したのが副走査方向に複数の記録素子を配列し、主走査方向に摺動して記録を行うシリアル式である。シリアル式は、記録ヘッドをキャリッジに搭載してキャリッジを主走査方向に移動して記録を行う。主走査方向の端まで移動したところで、キャリッジを元の位置に戻しつつ、記録紙を副走査方向に所定量(記録素子の幅)搬送する。

こうした、主走査方向と副走査方向同時に記録を行う動作を複数回繰り返して 1 ページの記録を行う。

G3 ファクシミリのスピードに追従できるようになったのは、記録素子の駆動周波数を高くできたことに加え、記憶素子(メモリー)の価格が下がったこと、インクジェットプリンターの生産が増え、記録部(インクジェット・エンジン)の価格が下がったことも挙げることができる。この後各社からインクジェット搭載のファクシミリ及び MFP が発売された。インクジェット搭載のファクシミリや MFP は顧客セグメントとしてはパーソナルや SOHO (Small Office Home Office) 向けに受け入れられている。

#### 4) 近年のインクジェット技術

インクジェット・プロセスは、今まで、主走査方向に配列したライン型ヘッドとすることは困難であった。しかし近年ではヘッドの駆動スピードの高速化を達成し、主走査幅を有するインクジェットが出現<sup>18) 19)</sup>している。高速化達成にはいくつもの改良技術があるが、メムジェット社の場合はノズルの数を 70000 以上有しており、インクに於いても速乾性を達成している。また、インクの吐出量も 1/5 にするなど、従来の液体記録の課題であった濡れによる記録紙の皺を解決している。これにより、60 枚/分の生産性を達成している。今の用途は高速記録が求められるユーザ向けであり、ファクシミリや、ファクシミリ機能付き MFP とは異なっ

たセグメント用途向けとなっている。メモジェット社のインクジェットエンジンは東芝テック、LG 電子、Oce、他が OEM 契約を締結し、商品化を展開している。

### 7.2.5 カールソンプロセスによる普通紙記録技術

2012 年の現在オフィス用途の MFP や、ファクシミリ装置として多く用いられているのが電子写真方式（カールソンプロセス）を記録方法として用いたものである。特徴は、感熱記録やインクジェット記録に比べて高速である。カールソンプロセスは 1938 年にチェスター・カールソンが発明した乾式複写技法であり、1942 年 10 月 6 日にアメリカ合衆国特許第 2,297,691 号を取得している。この特許をアメリカの Xerox が

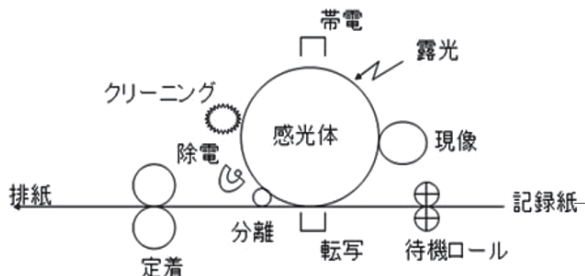


図 7.20 カールソンプロセス原理図

ライセンスを受け特許存続中は権利を独占した。構成は図 7.20 に示す。このプロセスの特徴は感光体を繰り返し使えるように 1 プリントごとに感光体ドラムを除電し、感光体上に残っているトナーをクリーニングするというものである。電子写真プロセスをデジタル作像手段として用いるために露光に工夫を施している。アナログの複写機の場合、原稿面からの反射光で感光体を露光していたが、これを画像信号に応じて小さな光スポットをオン・オフするようにしポリゴンミラーを高速回転させて感光体上をドラムの回転軸と平行に走査するのが図 7.21 のレーザー記録（レーザープリンター）である。また、感光体ドラムの軸と平行

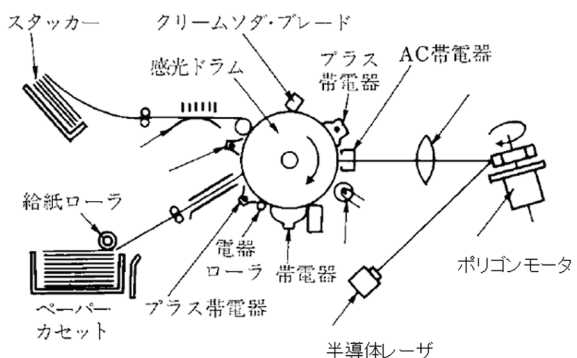


図 7.21 レーザー記録原理図<sup>11)</sup>

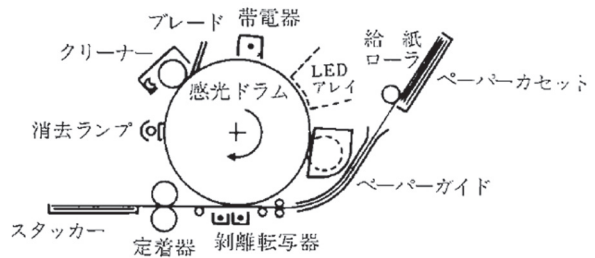


図 7.22 LED プリンタ構成図<sup>11)</sup>

に微細な画素サイズのピッチで LED を並べ、ドラムの回転に合わせて LED で画像信号に応じて LED をオン・オフして記録を行うのが図 7.22 に示した LED 記録（LED プリンター）である。かつては LED の光量や波長のばらつきが大きく、均一な画像を得るのが困難だったが、近年では製造プロセスの改善と、光量補正技術の確立で均一な特性が得られるようになってきている。また、レーザー記録においても面発光レーザー（VICSEL）が実用化され、レーザー方式であって高速記録ができるレーザープリンターも出現している。図からも理解できるように LED 方式はレーザー方式に比べてコンパクトにできる。また、同時に複数のドットの記録ができることから高速化に対応しやすいなどの特徴がある。どちらの方法も記録紙に転写したトナーを記録紙上に定着する工程が必要である。省電力化や高生産性のためには定着のための動作をいかに効率よく高速にするかが課題となっている。

### 7.2.6 記録方式の推移

CIAJ(情報通信ネットワーク産業協会)が 1997 年から現在までのファクシミリに対して記録方式別に出荷統計を取っている。

環境意識の高まりと、PC 接続により画像品質に対する要求品質の変化によって画質基準の大転換が業界全体で進められた。その結果、記録方式別の出荷台数や出荷金額は図 7.23、図 7.24 のように変化した。

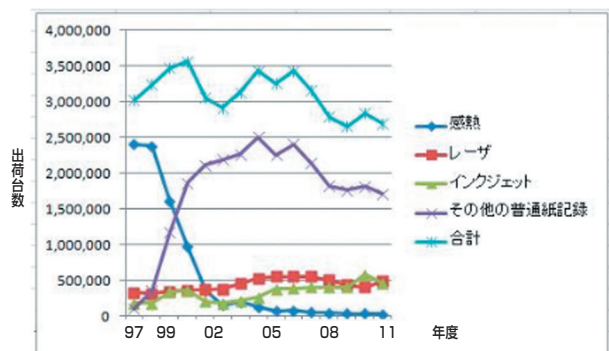


図 7.23 ファクシミリ記録方式別出荷台数推移<sup>20)</sup>  
出典：一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会



図 7.23 によれば、感熱記録方式は 1998 年度から 2001 年度にかけて出荷台数が急速に減っている。

これは前述の画質の問題と、環境対応でリサイクルに向かないことが 2 大要因と考えられる。そこで新たに感熱にとってかわったのがその他の普通紙記録である。この記録方式は大半が熱転写による普通紙記録である。

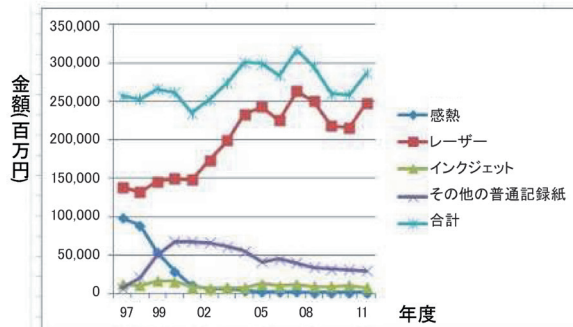


図 7.24 ファクシミリ記録方式別出荷金額推移<sup>(20)</sup>

出典：一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会

一方これを出荷金額で見てみよう。図 7.24 は記録方式別の出荷金額を示したものである。この図から読み取れることは、出荷台数では全体の 1/6 程度のレーザー記録が金額ベースでは 5/6 を占めている点である。しかもその額は今まだ減少には至っていない。一方で感熱記録に関しては台数同様金額ベースでも大きく落ち込んでいる。その感熱記録に代わって伸びてきたのがその他の普通紙記録であり、熱転写方式である。この熱転写方式も 2000 年から 2001 年をピークに金額面では減少傾向にある。このグラフからレーザー記録方式

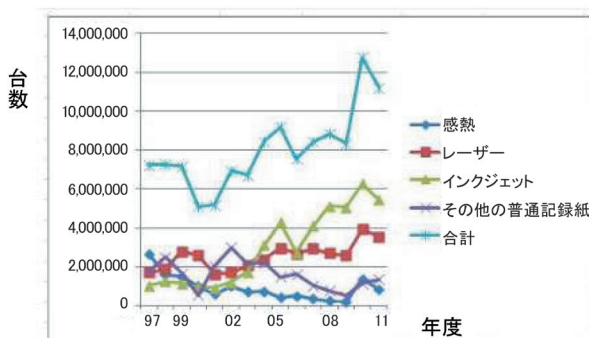


図 7.25 ファクシミリ輸出記録方式別出荷台数推移<sup>(20)</sup>

出典：一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会

は高付加価値な記録方式であるということが出来る。図 7.25、図 7.26 は記録方式別の輸出台数及び輸出金額の推移を示したものである。

図 7.23 と図 7.25 の対比から言えることは、①輸出台数が増加傾向にあること。②国内に比べ台数が

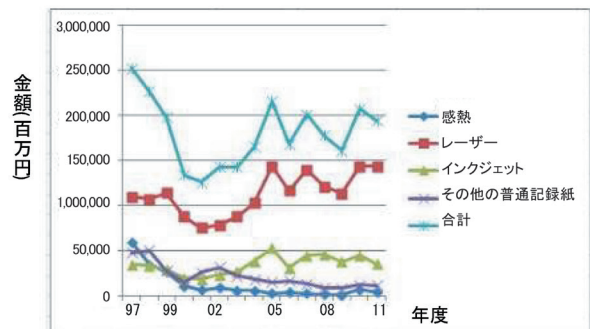


図 7.26 ファクシミリ記録方式別出荷 輸出金額推移<sup>(20)</sup>

出典：一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会

2000 年ころまでは 2 倍程度であったのが最近では約 4 倍になっている。③感熱記録は '97 年以降急減していることは国内と同様である。④その代替として国内ではその他の普通紙記録(熱転写)が増えているのに対し、インクジェット記録が最も多い記録方式となりこれが全体の数量増加を押し上げている。⑤レーザー記録も増加傾向にあり、国内に比べて全体に占める比率が約 30% と高い。その訳は、日本国内のレーザー記録方式のファクシミリは A3 サイズや B4 サイズといった記録紙に記録が可能な機器が多いのに対して輸出機の中心は A4 サイズの機器である。従って価格が A3 機や B4 機に比べて安いことが挙げられる。

## 7.3 画質改善技術

成長期である 1980 年以降は半導体技術の進歩によって、高速かつ複雑な画像処理が普及価格帯のファクシミリでも採用が可能となってきた。ここでは、代表的な画質改善であり、広く実用化されている 2 つの画質改善を紹介する。

### 7.3.1 MTF 補正<sup>(21)(22)</sup>

MTF とは、Modulation Transfer Function の略で、レンズの性能を評価する指標のひとつで、被写体の持つコントラストを、どれくらい忠実に再現できるかを数値化したものと定義されている。

G3 ファクシミリの場合は白黒 2 値なので、細線の再現性を高める為に、周辺画像のアナログ出力を参照して原画像を強調することによって画像の再現性を高める。このことを MTF 補正という。

一般に、原信号を  $f_0(x)$ 、観測信号を、 $f_1(x)$ 、補正関数を  $g(x)$  とすると、 $f_1(x) = g(x) * f_0(x) \cdots (1)$

(\* はコンボリューション)

と表わされる。よって原信号  $f_0(x)$  は、

$$f_0(x) = g^{-1}(x) * f_1(x) \cdots \cdots (2)$$

となり、補正関数  $g^{-1}(x)$  を観測信号にコンボリュートすれば原信号が得られる。歪関数  $g(x)$  は伝達系のインパルス応答を測定することで得られる。MTF 補正

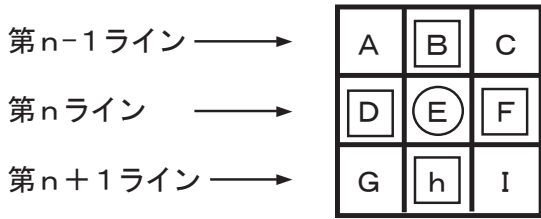


図 7.27 3X3 マトリックス<sup>9)</sup>

とは読み取り装置内での伝達系での空間周波数特性の歪  $g(x)$  を補って、劣化した画情報信号  $f_1(x)$  を補正することである。

MTF 補正は図 7.27 のように  $3 \times 3$  のマトリックスレジスタを用いて補正を行う。いま読み取った各画素の画素濃度を A、B、C … I とし、画素 E に対して補正を行う場合を考える。画素 E をそれ自身と隣接する 4 個の周辺画素 (B、D、F、H) による 2 次元、5 要素のコンボリューションフィルタである。いま補正関数  $g^{-1}(x)$  に用いるコンボリューションフィルタの係数を表 7.1 に示

表 7.1 フィルタ係数

0	-0.5	0
-0.5	3	-0.5
0	-0.5	0

したものとする。補正関数  $g^{-1}(x)$  としては補正後画素を  $E'$  とすると、(3) 式で表わされる。

$$E' = 3 E - 1/2 (B + D + F + H) \cdots \cdots (3)$$

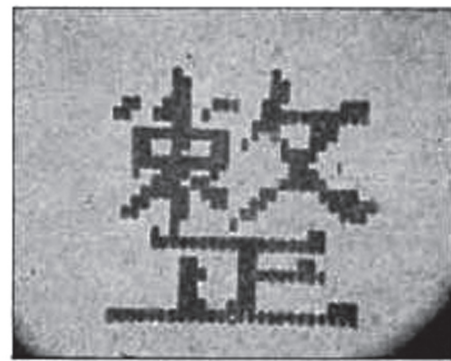
MTF 補正無しの場合とありの場合の画像サンプル例は図 7.28 に示す。この例から判るように細線の再現性が著しく改善されている。

### 7.3.2 ハーフトーン処理

我が国のファクシミリは写真電送から始まったのであるが、CCITT の G3 ファクシミリは画像をデジタル化して白黒 2 値画像を伝送している。つまり、スキャナで読み取られた画像信号はアナログ出力であっても、それ以降はすべてデジタル化された信号として扱われる。しかし、市場では、写真等の中間色を含む画像の電送ニーズが根強い。そこで、グレースケールの



(a) MTF 補正なし



(b) MTF 補正あり

図 7.28 MTF 補正画像サンプル<sup>9)</sup>

伝送を可能にするための工夫が生まれ、ファクシミリに採用されるにいたった。その手法は、ディザ法や誤差拡散法といった所謂網点処理である。この手法は細かな画素は白黒 2 値のものであるが、ある面積でみるとハーフトーンが再現できているというものである。このような手法であれば、白黒 2 値を扱う G3 機でも電送や再現が可能である。図 7.29 はハーフトーンを



図 7.29 原画像<sup>26)</sup>





図 7.30 単一閾値<sup>26)</sup>

含む原画像である。これを一定の閾値でデジタル化すると図 7.30 に示した画像となる。この画像は原画像をある程度想像することができるが原画の持つ滑らかさが失われ、きつい画像となっている。原画の持つ多くの状況が正しく再現されているとは言い難い。そこで2値でありながら多値画像に近い再現方法としていくつもの試みがなされ、ファクシミリにも搭載された。

・組織的ディザ法

図 7.31 は 16 個の画素に対応する 4×4 のディザマト

15	7	13	5	9	8	7	6
2	11	0	9	10	15	14	5
12	4	14	6	11	12	13	4
1	8	3	10	0	1	2	3
ディザ1				ディザ2			

図 7.31 4X4 ディザマトリックス<sup>9)</sup>

リックスを示す。各セルの数值は読み取り画像を黒とする際の閾値を表している。各画素位置で閾値を 16 段階に分散させ、灰色の画像(中間調の画像)に対しては 16 個のマスの中での黒の発生数の比率で人の目の錯覚を利用し中間調を表現するものである。

ここでディザ1は4×4の中で閾値を左右でバランスするように分散させたもので、ディザ2は閾値を渦巻き状に配置したものである。このディザ1とディザ2の違いはディザ1がドット分散型で柔らかいハーフトーンとなるのに対して、ディザ2はドット集中型となり中間調表現が硬い感じとなる。図 7.32 はドット集中型のディザ画像を示す。ドット分散型、ドット集中型のどちらも線密度が高いほど、中間調表現が自然



図 7.32 ディザ画像<sup>26)</sup>

に近くなる。また、線密度を上げ、マトリックスの数を 16 よりも多くすることによってよりリニアな中間調表現ができる。閾値の割り付けは一般にガンマ特性ともいい、閾値を白側に寄せるか、アナログ出力に対して等間隔にするかで実画像の階調性が異なってくる。

・誤差拡散法<sup>23)</sup>

誤差拡散法は 1976 年に Robert W. Floyd と Louis Steinberg によって発表された。この方法は、ディザ法では閾値と実際の画素の階調値との差(誤差)を無視して 2 値化するのに対して、閾値と画像の階調値との誤差を周辺画素の階調値に分配して 2 値化する方法である。こうした 2 値化判定をすることによってディザ法とは異なった画質のハーフトーン再現がなされる。誤差拡散法では常に同じ方向から 2 値化処理を行うとモアレが出やすい。そこで走査線ごとに奇数行は左から右に、偶数行では、右から左に向かって処理を



図 7.33 誤差拡散画像<sup>26)</sup>



行うなど、工夫がされている。図 7.33 は誤差拡散のサンプル画像である。ディザ法とは画面全体の画素数が同じであるが誤差拡散処理の方が細かな画像を再現できているといえる。

### 7.3.3 像域分離<sup>(24)</sup>

書画情報には白黒 2 値からなる画像領域(主に文字領域)と、多値画像からなる領域(主に写真画像領域)から成るものがある。特に近年、インターネットから取得する web 情報や、カタログなどには絵文字混在のものがある。こうしたドキュメント画像をファクシミリ通信する際に、文書領域は白黒 2 値で高いコントラストで送り、写真の領域は前記のような中間調処理を行い、原画に忠実に再現したいといったニーズがある。これに応える方法として自動像域分離技術が生まれ、様々な改良がなされてきた。こうした自動像域分離が搭載されたファクシミリであれば、操作者が、文字情報を優先するか、写真情報を優先するかといった、難しい判断をせずとも、装置が自動的に原稿情報からどのモードで処理すべきかを判断し、原画像に対してより忠実に電送することができる。

### 7.3.4 スムージング

ファクシミリでは画像を細かなドットとして読み取って送信し、受信したのもドットで表示される。

その結果斜めの線は階段状のギザギザ画像となる。ドットを細かくしてたくさんのドットを送ればギザギザも目立たなくなるが、電送時間が増えてしまう。そこで、受信側で原稿の画像を予測し、送られたドットよりも細かなドットでギザギザの階段状の部分のドット間の段差を少なくするように補正する技術がスムージングである。これによって通信コストを増加させることなくより現画像に近い受信画像が再現できる。

### 7.3.5 その他の画像処理技術

対象とする画像によって種々の画像改善技術が発明されている。

例えば画像濃度が全体に薄く、文字がぼけているような画像に対しては MTF 補正のほかにエッジ強調などの画像先鋭化技術がある。

原稿面の照度が平坦でない場合には、CCD 等の光電変換素子出力をシェーディング補正して見かけ上の原稿面照度が平坦となるようにする補正技術もある。

光電変換した信号をハーフトーン処理するに際し、画像の明るさの変化に対する電圧換算値の変化の比であるガンマ特性がリニアでない場合には、光電変換器

の出力特性に演算を行い、リニアとする方法がある。こうした補正をガンマ補正という。実際のビデオ処理ではよく使われているが、記録プロセスの濃度特性も考慮した補正が、行われることもある。

ハーフトーン処理をセールスポイントにした商品として 1988 年キヤノンからキヤノファクス 705 が発表された。この製品はエッジ強調と誤差拡散技術を搭載



図 7.34 キヤノファクス 705

し、64 階調の中間調処理を行っていた。図 7.34 はキヤノファクス 705 である。

## 7.4 ファクシミリにおける半導体技術の活用

Bain によるファクシミリの発明以来ファクシミリは、通信基盤の進歩、記録技術の革新読取り技術の革新、制御技術の革新、伝送、通信技術の革新、機構電装技術の革新といった、各機能領域毎の技術革新によって機器の性能において大きな発展を遂げた。これらを支えた基盤となる技術にエレクトロニクスの発展があるといえる。とりわけ、半導体技術の発展は通信基盤に革新を招来し、製品分野に於いても大きな変化をもたらしてきた。読み取りのイメージセンサとしては CCD リニアセンサの開発があり、複雑な演展が必要な画情報の圧縮、復号機能の達成、高度化するシステムの制御等には、マイクロコンピュータの発展が必須であった。このような半導体素子の活用があってこそ今日のファクシミリがある。そうした半導体技術とファクシミリとのかかわりを振り返ってみる。この節では半導体技術の変化とファクシミリへの影響を概観し、後に、主に制御系技術の変化について述べる。他の読み取り、書き込み技術については別の節で述べる。

### 7.4.1 半導体技術の歩み

半導体技術の歩みとファクシミリの係りを振り返っ

てみよう。

・1947年 米国 AT&T ベル研究所のバーデンとブラッデンが点接触型トランジスタで音声信号を増幅する実験に成功した。点接触型では安定動作の点で課題があった。

・1948年 同じくベル研究所のショックレーが接合型トランジスタの原型になるサンドイッチ型トランジスタを発明した。これにより、点接触型の弱点が克服された。

・1952年 テキサス インストルメンツ (TI) 社が半導体の事業を開始<sup>25)</sup>した。これにより、日本にもトランジスタが流通し従来のリレーや真空管をトランジスタに切り替え、機器の高速化や小型低消費電力化が進むことになった。

・1958年 テキサス インストルメンツ社のキルビーが集積回路の発明を行った。これにより、今までの個別素子利用から集積回路使用となり、制御回路の簡素化が可能となり、ファクシミリ的小型化に貢献した。

・1965年 ゴードン・ムーア(米国)が“ムーアの法則”を提唱した。その概要は以下のとおりである。

「半導体産業のニーズとそれに答える工場生産においては、1.5年から2年で、集積回路の機能(トランジスタ数等)が倍になる。」1975年ごろからは転じて「マイクロプロセッサの性能(クロック周波数×命令数/クロック/秒)は、1.5年から2年で、倍になる。」と提唱し、これをシリコンサイクルと称した。

・ファクシミリのコントローラ開発はこの“ムーアの法則”から将来を予測し先行開発が行われた。

・1971年 アメリカのインテル社が4ビットマイクロプロセッサ 4004を開発した。1970年代中ごろから日本のファクシミリメーカーでは制御の中核にマイクロプロセッサを用いた例が発表された。

・1979年 AT&T Bell 研究所が DSP(Digital Signal Processor)を開発した。以後、高速演算ができる為、ファクシミリ用の MODEM やファクシミリの画像処理用の演算装置に使用され、ファクシミリ装置の小型化と高性能化がもたらされた。

・1981年 アメリカの LSI ロジック社がゲートアレイの開発に成功した。これまで LSI 化の場合はフルカスタムで、開発コストや開発期間を多く要していたものが、ゲートアレイの出現によって、開発コストと期間を劇的に削減できることからファクシミリの制御回路などに多用され、機能の向上と価格低下がもたらされた。

・1982年 アメリカの VLSI テクノロジー社がゲートアレイよりもさらに高集積で性能を高められるセル

ベースデザインの開発に成功した。ファクシミリにこの手法を用いることで制御チップのサイズを大幅に縮小でき、小型化、低消費電力化、低コスト化が更に進んだ。

・1983年 32ビットマイクロプロセッサが開発され、PCの低価格化や操作性が改善され、1990年代後半にはPCが普及し、ファクシミリにもPCとの接続性が問われることになった。その結果、今までのスタンドアロンファクシミリからコンピュータやIP(Internet Protocol)と接続できる製品が多数出現し、MFP(Multi Function Products)の出現となっていった。またMFPにもPCのアーキテッチャーを採用する例が増えた。

・1989年 東芝が NAND 型フラッシュメモリを発明した。この素子は電源を切っても記憶内容が保持できることからファクシミリのアドレス帳や通信記録の保持のために用いられている。

・1993年 日亜化学工業が青色発光ダイオードの発明を行った。これにより、蛍光体を選ぶことで様々な波長分布を持つ光源の製作が可能となった。そのため、ファクシミリ用の読み取り光源としても用いられるようになり、小型化と低消費電力化に貢献するようになった。

・1993年 米国の IBM 社、モトローラ社が PC 用 RISC(Reduced Instruction Set Computer)「縮小命令セットコンピュータ」の開発に成功した。このプロセッサの高速性を活かし、複雑な制御が必要な MFP の制御装置に用いることで高速高性能化が可能となった。

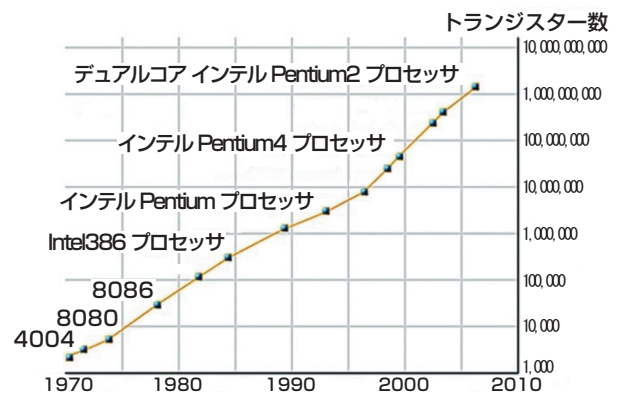


図 7.35 ムーアの法則<sup>27)</sup>

図 7.35 はインテル社が販売したマイクロプロセッサの発売時期とプロセッサを構成したトランジスターの数量の変化である。8080では1万個弱のトランジスター規模であったものが2007年発売のデュアルコ

ア (Itanium2 : Montecito) は 10 億個以上のトランジスタからなっている。プロセッサを構成するチップサイズは極端に大きくなっていないので、微細化が進んでいることになる。このような半導体の進化はパソコンやサーバーの進化にとどまらず、ファクシミリや MFP の構成にも大きな変化を与えてきた。

### 7.4.2 ファクシミリにみる半導体技術活用の実例

ここではファクシミリの電子回路の主要部分であるファクシミリ制御装置 (Facsimile Control Unit : FCU) 部の変化で特に集積回路の変遷によってどのように変化してきたかを紹介する。紹介する実例は G3 ファクシミリに属するものを対象とした。表示年は製品のおおよその発売年を示す。

#### 1) IC 化初期 (1960 ~ 1970 年頃)

ファクシミリの IC 化初期は、電話回線として使用が許されていたのは、専用線のみであったことから、回線使用料も高額であった。したがって、ファクシミリの用途が極めて閉鎖的で、専用用途となっていた。そのため生産数量も少なく開発にも多くの資金を投入できないので汎用の個別素子と、汎用の SSI (Small Scale Integration) によって構成されていた。SSI としては当初 DTL (Diode Transistor Logic) が売り出されたが、消費電力や動作スピードの改善から TTL (Transistor Transistor Logic) に切り替わった。IC の出現によってそれまでのトランジスタ中心の論理回路の構築を一変し、IC によってより複雑な制御が行われるようその都度高められていった。

G3 ファクシミリをこうした SSI や MSI で構成した場合は符号化装置だけでも数百個のパッケージを必要とした。装置全体では基板枚数が多くなり基板を収容するラックや冷却ファンを必要としていた。

#### 2) フルカスタム LSI 多用の時代 (1971 年 ~ 1980 年ころ)

1970 年代に入り、電話回線の開放を控え、今までにない大量の需要を予測し、G3 ファクシミリの拡販を見込んだ企業もあった。こうした企業では、大規模な LSI 化に踏み切り、G3 ファクシミリを開発し、商品化した。このファクシミリでは、符号化・復号化器、変復調装置の MODEM、システム制御装置、等の高度な機能を有する部分をすべてカスタム LSI 化した。LSI の生産は電卓で LSI 化の経験を持つ米国の大手半導体会社が担当した。この商品は開発に成功し、全世界を対象に販売された。しかしファクシミリ 1 台の

価格が大変高価であった。1970 年代中盤にはマイクロコンピュータ 8080 がインテル社から発売されたのをきっかけに、システム制御装置部分をマイクロコンピュータ化し、それまでランダムロジックといわれる電子回路構成部分をソフトウェアに置き換えていった。

### 3) マイクロコンピュータによるファクシミリ制御 (1970 年代後半 ~ 1980 年代前半)

インテル社のマイクロコンピュータ 8080A は業界の標準となり、NEC、東芝、三菱、AMD、テキサスインスツルメンツ、シーメンスなど多くの半導体メーカーからセカンドソース品として販売された。価格はインテルよりも安いものがほとんどであったがわずかに仕様の違いがあり、注意が必要であった。競合品としてもモトローラからは MCS6800、そしてザイログからは Z80 等も登場した。こうしてファクシミリにマイクロコンピュータが使用されると、従来ハードウェアで構成していた部分をソフトウェアに置き換えてコストダウンする動きが加速していった。

マイクロコンピュータ化することで新たな効果も生まれた。それは、ハードウェアの設計に問題があったとき、その修正のためには回路の変更に応じて、回路基板の変更、組立の変更、部品の変更などたいへん多岐にわたる変更が必要となり、修正にもかなりの時間とコストがかかる。しかし、設計上の不具合があってもソフトウェアだとプログラムの変更つまりプログラムを記憶する ROM (Read Only Memory) の変更

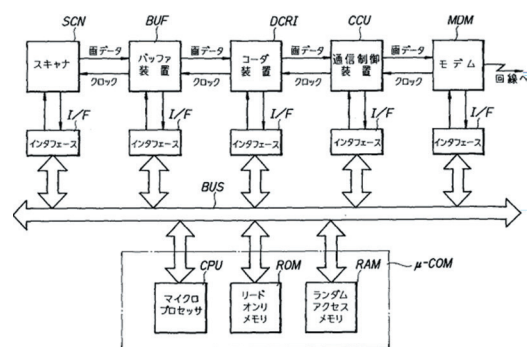


図 7.36 マイクロコンピュータを用いた Fax

で行うことができる。図 7.36 はマイクロコンピュータを使用した初期の G3 ファクシミリの構成図である。通信制御や、画情報の符号化、復号化はシステム制御用のマイクロコンピュータ (以降 CPU と云う) とは別に構成されたコーダー装置、通信制御装置からなっている。従って価格を下げるには限界があった。シリコンの微細化技術が進歩し、ROM の価格が下がり、



可能な限りソフトウェア化する動きが出てきた。そうした中で先陣を切ったのが昭和54年7月9日出願の、特許、特公平7-67132「ファクシミリ装置」である。この特許の中では次のことが記されている。

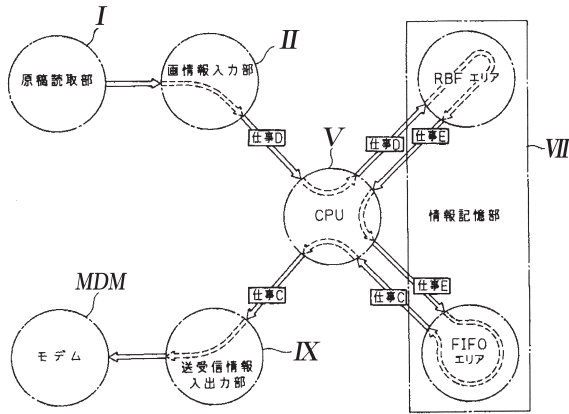


図 7.37 1CPU 送信動作<sup>28)</sup>

図 7.37 は 1 個の CPU で送信のほとんどを行う動作を示している。I で原稿から読み取った画情報は直列に出力されるのでこれを II で 8 ビット毎、直並列変換する。直並列変換ができると、v の CPU が情報を受け取り、CPU が管理している RBF (Read Buffer) に一時蓄える。1 ライン分の画情報が RBF に蓄えられると v の CPU がランレングスを数えて MH 符号化を行う。符号化されたデータは FIFO (First In First Out) のメモリーに一時蓄えられる。送信の準備が整うと FIFO から読みだしたデータを並列直列変換してモデムに一定の速度、例えば 4800bps のデータレートで転送する。モデムはそのデータを変調して受信側に送る。これが送信の動作である。

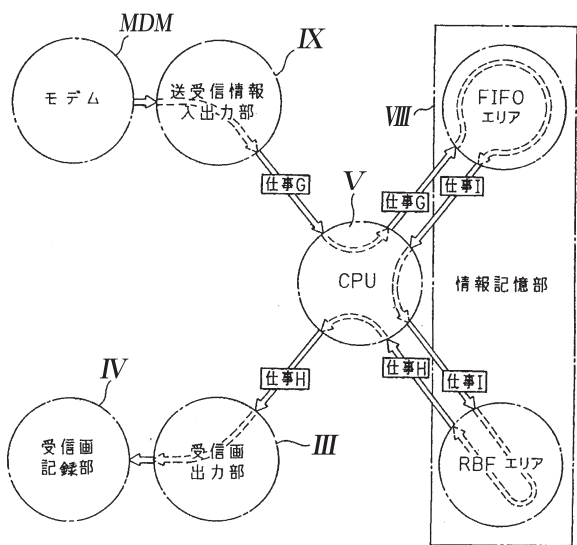


図 7.38 1CPU 受信動作

こうした処理を行いながら CPU は、原稿送り等の比較的ゆっくりした動作の制御も行う。こうしたアーキテクチャー(システム構成)によってハードウェアを激減させている。図 7.38 は受信の動作を示している。

#### 4) ファクシミリ用 ASIC の進化 (1980 年代中盤～ 1990 年代後半)

ファクシミリ用の A S I C (Application Specific Integrated Circuit 特定用途向け集積回路) は、半導体、とりわけ LSI のデザインルールの進展に歩調を合わせたロードマップを描き、半導体メーカーとの連携で進めてきた企業が多い。戦略的なパートナーシップを結

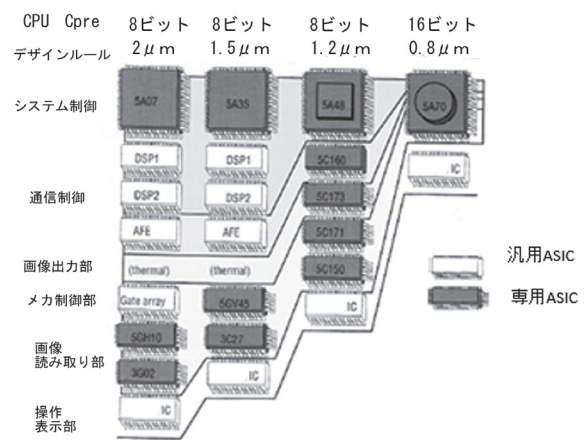


図 7.39 ファクシミリ LSI 構成の変化<sup>29)</sup>

び進化してきた。図 7.39 はその事例<sup>29)</sup>である。図 7.39 に示したシステム制御 LSI は前述の 1982 年、VLSI テクノロジー社が開発したセルベースデザインを応用したものである。セルとしては当初は CPU Core のみを採用してそのほかの機能については Gate Array を使用した。最終的にシングルチップの制御チップとしたがこのときには CPU の他に、DSP や、AFE (Analog Front End) といわれるアナログ回路も Cell として集積化を図った。この技術は今では更に LSI のデザインルールの微細化を図り、2012 年の今でも SOC (System on a Chip) として半導体各社からも商品化されている。今ではさらに進化したソフト Fax の動きも出てきている。CPU の処理能力が高くなったことでハードをさらに減らすためのソフトウェア化を進めている。

### 7.5 光源技術

受光素子が個別素子であるディスクリート・フォト・ダイオードや、ディスクリート・フォト・トランジスタからライン型 PDA (Photo Diode Array) そしてライ

ン型 CCD に代わり、併せてこれらの素子の感度特性が改善された。このことによって、原稿面を照射する照度が徐々に少なくともよくなっていった。また、時代の要請から機器の小型化や、環境面への配慮も必要になっていった。このことによって、ファクシミリ送信器の原稿読み取り装置の光源にも変化が現れた。ここでは G3 ファクシミリが定義された 1970 年代から今日までの原稿面照射用の光源の変遷を紹介する。

### 7.5.1 ハロゲンランプ<sup>30)</sup>

タングステンフィラメント電球は高温になるとフィラメントがガラス管内壁に蒸着され、ガラス管が黒化し、初期の明るさが得られなくなる。1959 年米国 GE 社の Edward.G.Zubler はタングステンフィラメント電球に不活性ガスとともに微量のヨウ素を封入すると、ハロゲンサイクルにより電球内面の黒化が防止され、効率は著しく向上することを発見した<sup>31)</sup>。その後、ハロゲンランプは大きな光出力が得られることから、光電変換器の感度が低かった時代に光源の主役となった。ここではハロゲンランプの特徴や構造的な特色を紹介する。

ハロゲンランプはその封入ガスに微量のハロゲンガスを添加した白熱電球のことである。ハロゲンランプは封入されたハロゲンガスとフィラメントから加熱蒸発したタングステンの循環再生反応（ハロゲンサイク

表 7.2 ハロゲンランプの特徴

特長	内容
一定した光出力 (全光束)	ハロゲンサイクルによって、バルブ壁の黒化が生じない。したがって、光出力 (全光束) や色温度の減衰が少なく長時間にわたって安定している。
長寿命	ハロゲンサイクルによって、一般白熱電球よりも長寿命が得られる。また、同じ寿命であれば色温度を高くすることができる。
コンパクトサイズ	バルブ温度を 205 度以上に保つために、必然的にコンパクトなバルブとなる。例えば、電力を同じにすれば、体積は一般白熱電球の 1/200 程度となる。
熱衝撃に強い	バルブを高温に保つため、バルブに石英ガラスを使用している。そのため、熱衝撃に極めて強くなっている。

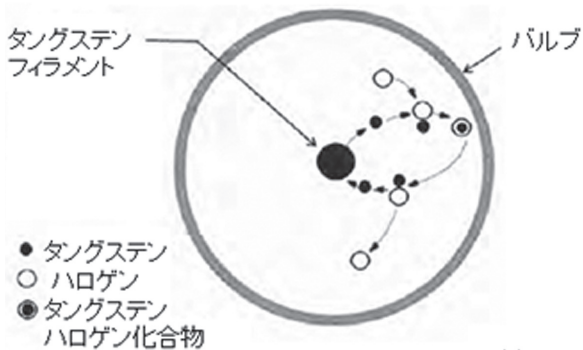


図 7.40 ハロゲンサイクル

ル) によって表 7.2 のような特長を有している。ハロゲンサイクルの原理を図 7.40 で説明する。

点灯中にフィラメントから蒸発したタングステン原子とヨウ素が反応し、ヨウ化タングステンになる。ヨウ化タングstenは蒸気圧が高いのでバルブ温度を高くしておけば内面に付着せず黒化は発生しない。ヨウ化タングstenはフィラメント近傍でヨウ素とタングsten原子に分解し、タングsten原子はフィラメントの低温部に付着し、ヨウ素ガスは再度蒸発したタングstenと反応する。このヨウ素の作用はハロゲンサイクル<sup>32)</sup>と呼ばれている。

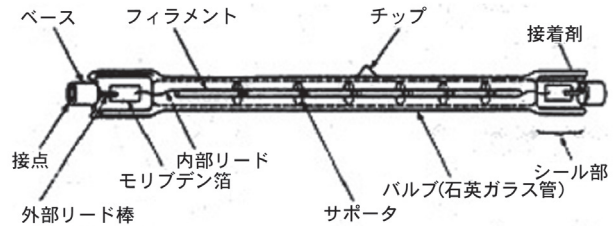


図 7.41 ハロゲンランプの構造と各部の名称

ハロゲンランプの一般的構造を図 7.41 に示す。図 7.41 において、バルブとしてはハロゲンサイクルに必要な高温を維持することと、分光透過特性が平坦であるといった、特性を有する石英ガラス管を使用する。以前は透明石英ガラス管をそのまま使用していたものもあるが、現在はフィラメント像を散らすため、ほとんどのハロゲンランプは透明石英ガラス管をフロスト加工 (サンドブラスト加工) して使用している。これによりシェーディング補正による光量低下を軽減できる。

1970 年代、CCD が使用される前までは表 7.2 の特徴からハロゲンランプは使用されたが、冷却のための構造が必要となること、消費電力が大きい

ことからファクシミリのスキヤナ用光源としては使用されなくなり、その座を熱陰極蛍光灯が奪っていった。ハロゲンランプは、可視域で連続な分光分布を有しているため、カラー複写機に使用した場合、色再現性に優れていることや、原稿面で蛍光灯の 10 倍程度の照度が得られることから、高速の MFP やカラー MFP には 2000 年以降も使用された。

### 7.5.2 熱陰極蛍光灯<sup>30)</sup>

熱陰極蛍光灯は、家庭や事務所で使用されている直管式蛍光灯のことである。ここではその起源を紹介し、ファクシミリに使用された際のメリットや構造を明らかにする。

・熱陰極蛍光灯の起源 蛍光灯は、ガラス管中にガスを封入し、電極間に高圧をかけることで起こる放

電による発光現象を利用したものである。この現象は1856年の、ハインリッヒ・ガイサーによる観測に始まるが、蛍光体の粉をガラス管に封じ込め管内の圧力を高めて、放電させると白い光が出ることを発見したのはドイツ人のエトムント・ゲルマーで、1926年の発明である。また、生産及び市販はこのゲルマーの特許を購入した米国のGE社(General Electric)が最初とされている。1934年、GEのジョージ・インマンによって蛍光灯が実用化されたが量産<sup>(33)</sup>は1937年からであった。1939年東京芝浦電気(現・東芝/東芝ライテック)がGE社インマン博士から直接技術指導を受け、翌年には少量ながら蛍光ランプの製作に成功<sup>(33)</sup>した。・ファクシミリへの応用 G3ファクシミリへの利用は1970年代後半からであり、CCDの実用化と同時期であった。ファクシミリへの利用では光量変動を抑える為に高周波点灯を行っていた。点灯周波数は可聴周波数以上の20KHz程度を用いた。タングステンランプに比べ、熱陰極蛍光ランプは発光効率が著しく向上し、且つ、原稿照射面上での光量ばらつきも少なくなったので、シェーディング補正が簡易なものでよく

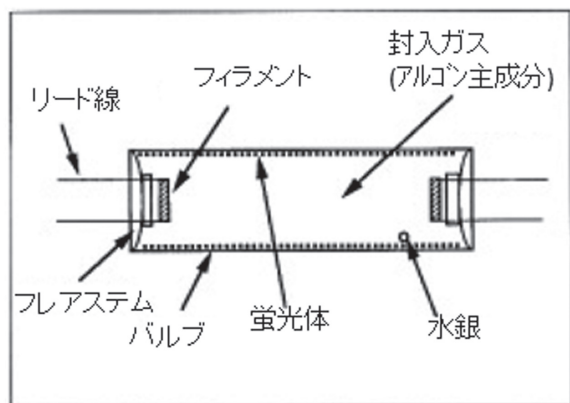


図 7.42 熱陰極蛍光ランプの構造

なった。図 7.42 に示した熱陰極蛍光ランプは、ランプの発光効率が高く、光出力も高いことが特徴である。熱陰極蛍光ランプは、読み取り速度に対して重要な光量については、蛍光ランプの中で最も高いが、非発光部寸法では、多くの場合シール部にフレアステムを用いるため冷陰極などに比べ管長が長くなってしまふ。また、寿命の点では、点灯開始時に、冷陰極動作から熱陰極動作に移行するプロセスを含んでいるために、点滅点灯においては、冷陰極蛍光ランプに比べて短くなる。またランプの構造は、フィラメントの予熱回路が必要なため、冷陰極蛍光ランプの点灯回路に比べて、複雑で高価である。ファクシミリの小型化が進むにつれて、非発光部が長いことや、管径が太く、点

灯装置も高価なため、冷陰極管やキセノンランプに代わっていった。

### 7.5.3 冷陰極蛍光ランプ<sup>30)</sup>

熱陰極蛍光ランプでは陰極構造が複雑な故に、管径を細くできなかつたが、冷陰極蛍光ランプでは陰極の構造がシンプルなため、細くできる。更に蛍光ランプ左右の非発光部の寸法を短くできることから機器の小型化の流れの中で使用されていった。

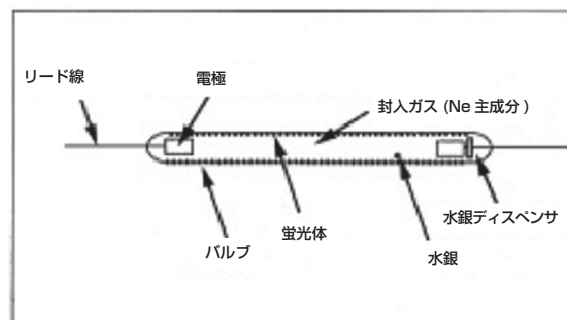


図 7.43 冷陰極蛍光ランプの構造

図 7.43 に示す冷陰極蛍光ランプは、読み取り速度に対して重要となる光量については、熱陰極蛍光ランプに比べ低くなるが、寸法の点では、ステムの構成が熱陰極のフレアステムと異なりビーズシステムのため非発光部を短くできる。その他寿命の点では、熱陰極動作でなく冷陰極動作のため、毎回の点灯後、電極の動作温度に達するまでの時間が不要なため点滅点灯に強い。またランプの構造も、回路構成も簡単であるため、他のランプに比べ全体に低価格に構成できることが特徴<sup>(30)</sup>である。その他の特性は、冷陰極蛍光管ランプのみに特徴的なことではなく、いずれの蛍光ランプでも可能である。こうした特徴を持ちながら、冷陰極蛍光ランプは温度依存性が高く、光量が安定するまでの時間が長いことから、次第にキセノンランプやLED光源に切り替わっていった。

### 7.5.4 内部電極型希ガス蛍光ランプ<sup>30)</sup>

#### (キセノンランプ) :

キセノンランプを希ガス蛍光ランプともいう。また、キセノンランプには内部電極型と外部電極型<sup>(30)</sup>がある。電極が内部か外部かで扱いが変わるが、ここでは両方を紹介する。

内部電極型希ガス蛍光ランプ<sup>(30)</sup>は、フラットベッドスキャナを主とした市場で使用されているランプで、日本国内のフラットベッドスキャナでは、かなり一般的である。その理由は、ランプ点灯後直ちにスキャ



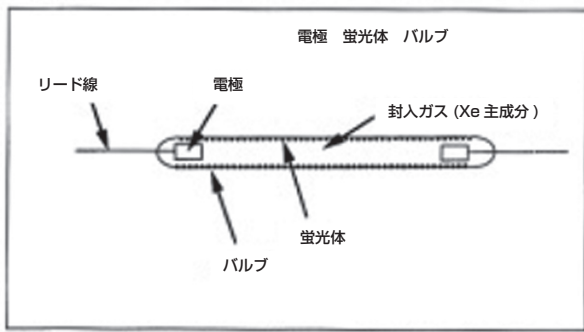


図 7.44 内部電極型希ガス蛍光ランプ (冷陰極型)

ニングを開始できる使いやすさにある。構造図を図 7.44 に示す。また、水銀入りの蛍光ランプに比べ、輝度をはじめとする諸特性の周囲温度依存性が少ない点も重要である。欠点としては内部に電極を有しているため、電極付近が長期の使用でスパッタリング作用によって黒化する場合がある点である。2010 年ころから LED 光源のコストが徐々に下がり、低消費電力を志向するため、ファクシミリ用原稿照明光源は LED 光源にシフトした。

### 7.5.5 外部電極型希ガス蛍光ランプ<sup>30)</sup>

(キセノンランプ) :

外部電極型希ガス蛍光ランプ<sup>(30)</sup> は、通常の放電ランプのようにランプ内部に電極を持たず、外部に電極を設けて内部ガスを放電させることから、一般には無電極放電ランプ (Electrodeless Discharge Lamp) と呼ばれる。無電極放電ランプに関する総説としては、Wharmby<sup>37)</sup>、東方ら<sup>38)</sup> によるものがある。

・外部電極型希ガス蛍光ランプの概要 内部に電極を持たずに内部ガスを放電させる手段は次の 4 つに分類される。

(1) 静電結合 (E 放電) による場合、(2) 電磁誘導結合 (H 放電) による場合、(3) マイクロ波による場合、そして (4) 表面波による場合がある。ファクシミリ用及び複合機用の原稿面照射光源としては (1) の E 放電が利用された。E 放電では、誘電体を介して直接内部ガスを放電させることから、放電電流は誘電体の静電容量に制限されるため、ランプ効率がよくないことが一因となって研究は H 放電ほど盛んではなかったと考えられる。しかしながら E 放電そのものに関する研究は、無声放電あるいはオゾナイザとして古くから研究されており、我が国でも 1960 年にはすでに体系化されたハンドブック<sup>34)</sup> があり、外部電極型希ガス蛍光ランプの構造、材料を検討する上で役立つ。E 放電による放電ランプにおいては、ランプ外表面に少なくとも 1 つ以上の電極を設けなければならない場合

がほとんどである。誘電体 (ガラス) を介して直接内部ガスを放電させることから、ランプ電流は誘電体の静電容量に制限されるため効率よく電力を投入するためには、このランプの構造において、電極の幅を大きくするか点灯周波数を最適化することで効率が改善できる。電極の幅を大きくするために、冷陰極管よりも管径が大きくなる。読み取り用光源としては、全管長に対する有効発光長の比率が高く、発光効率を高くする必要がある。読み取り用光源として、E 放電の特長を引き出した例が、外部電極型希ガス蛍光ランプである。

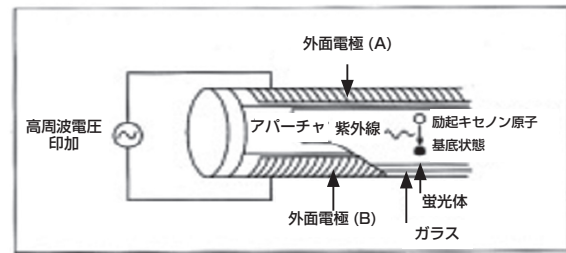


図 7.45 外部電極型希ガス蛍光ランプの構造

図 7.45 に実際に使用された外部電極型希ガス蛍光ランプの構造<sup>30)</sup> を示す。ガラス管の外部に、管軸に平行に 2 本の電極を配置し、誘電体であるガラス管内部に蛍光体を塗布し、ちょうど外部電極間の位置にあたる部分の蛍光体を取り除いてアパーチャを設け、このアパーチャから光を取り出す構造となっている。封入ガスとしては、純 Xe または Xe を主体とする希ガス混合ガスが利用され、蛍光体を発光させる目的での水銀は不要である。従って温度依存性が少なく、短時間に光量が安定する。

ファクシミリ用読み取り用光源に求められる特性をまとめると、① 発光スペクトルがリニア CCD の感度に合致しており、かつ高い照度が得られること。② 光の立ち上がりが早いこと。③ 主走査方向の配光が必要領域でフラットであること。④ 主、副走査方向の照度の時間的な変化が少ないこと。⑤ 赤外および熱の発生が少ないこと。などがあげられる。図 7.46 は③の主走査方向の配光特性を示す。図に示すように

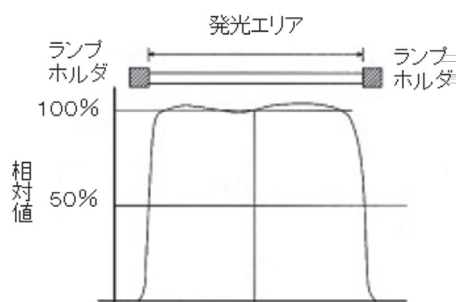


図 7.46 主走査方向の配光特性

発光エリア内の光量分布は概ね平坦であるといえる。キセノンランプは消費電力が10W～20Wと大きく、環境面で課題があり、価格の点でも課題があることから、LED光源に切り替わりつつある。こうした背景からキセノンランプは生産を打ち切るメーカーが多くなっている。

### 7.5.6 LED光源<sup>40) 41) 42)</sup>

LED(Light Emitting Diode)発光ダイオードを用い、主走査方向に線光源としたものを原稿面照射光源として用いる。OA機器製造各社は環境対応の観点から、機器の使用電力削減はもちろん、再利用可能な部材の使用によるリサイクル率の向上や、使用部品点数の削減による工数削減や部品コスト低減を積極的に進めており、読み取り用光源も従来の希ガス蛍光ランプからLEDへの代替が進んでいる。<sup>41)</sup> LED光源は青色発光ダイオードの実用化以前では、黄緑色の砲弾型パッケージLEDをアレイ状に並べたものを用いた例が1980年代後半ごろから出現している。ここでは現在のファクシミリ用スキャナの光源として最も多用されているLED光源の特徴や構造を概説する。

1) LED光源の特徴LED光源には以下の特徴<sup>30)</sup>がある。

- ・応答性が速いので迅速なON/OFF切り替えが可能である。
- ・駆動回路無しあるいは、シンプルな駆動回路で発光できる。
- ・任意の光量分布を設定できる（したがって、縮小光学型、密着型（等倍型）のどちらの光学系でも使用できる）。
- ・消費電力が小さい。
- ・発熱が少ない。
- ・有効発光長に対する光源の外形寸法を短くできる。
- ・振動やショックに強く、寿命が長い。
- ・チップの数を増減すれば様々な寸法に対応できる。
- ・ノイズの少ない駆動が可能。加えて2012年の近年、薄型テレビやパソコン、携帯電話、スマートフォンのバックライト用途のために大量生産され、LEDの価格が低下し、安価に生産が可能となってきた。ただし、次のような欠点もある。
- ・各LEDの光量バラツキが大きい。
- ・光量の周囲温度依存性が高い。これらの欠点については、LEDチップのランク分けによる選別や、ドライブ電流の制御、パルス制御など<sup>(37)</sup>による調光により対策を行っている。

2) LED光源の構造：LED光源の構造にはアレイタイプと導光棒タイプの2種類がある。ここではその2種類を紹介する。

・アレイタイプは、図7.47に示したように、LEDが主走査方向にアレイ状に並べて実装されている。

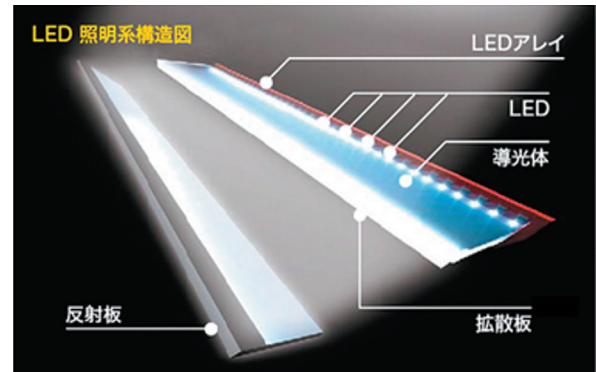


図 7.47 LEDアレイ光源の構造例<sup>40)</sup>

図7.47は富士ゼロックス(株)が開発し、自社の製品に搭載されているものである。このLED光源は第9回(2011)照明学会「照明技術開発賞」の受賞対象となったものである。アレイタイプでは、個別のLEDの発光によって光軸上とそうでないところでの明るさむらが出る。これを軽減し、配光をそろえる為の工夫が導光体と拡散版である。アレイに対向させて反射板を有している。これにより光量のロスを少なくしている。また、原稿面にあてる光は1方向からだけだと、原稿の端部に影がでやすい。それを軽減するためLEDと反射板からの2方向から照射することもできる。この光源はメーカーの測定で、従来のキセノンランプに比べて約1/3の消費電力で1.5倍の明るさを実現<sup>40)</sup>しているとしている。アレイタイプのメリットは・個々のLEDの使用電流値が小さいことから発光効率が低下しない・発熱量が小さい等である。また、デメリットは、使用するLEDが多いことから光量ばらつきが大きい。色度ばらつき大きいといったことがある。こうしたばらつきを低減させるために実装にあたっては選別によりばらつきの範囲を狭くしている。そのために、同一ランクの素子が得られる歩留まりが悪く、コストアップ要因となっている。

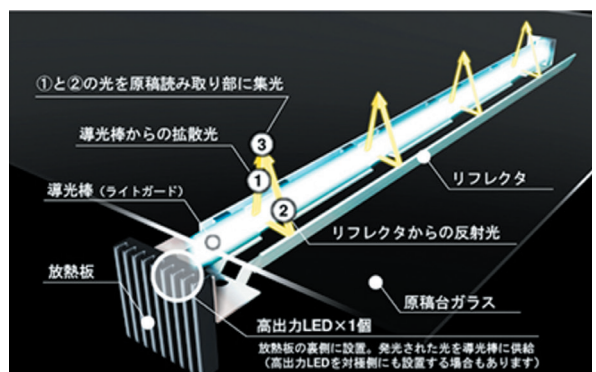


図 7.48 LED光源導光棒タイプ構造例

図 7.48 は導光棒タイプの構造<sup>(39)</sup>を示したものである。導光棒タイプは1本の光源にアレイタイプのように多くのLEDチップを実装せず、光源の端部に高出力のLEDを1個取り付け、導光棒を介して主走査方向に均一な配光がなされるように導光棒にプリズムを形成してLEDからの光を広げている。より強い光が必要な場合は左右の両端面に高出力LEDを具備する。従って使用するLEDの数が1個の場合は主走査方向の色度のばらつきはアレイタイプの様にばらつき要因がなく、ほぼ一様とすることができる。また使用するLEDが1個の場合、1本の光源の中でLEDの光量がばらつくことはない。導光棒タイプの光源はウシオ電機<sup>(42)</sup>より発売され、効率はキセノンランプの4倍とうたっている。

ただし、主走査方向で読み取り幅の範囲での原稿面照度が一様となるためには導光棒に形成されるプリズムの特性が大きく作用する。導光タイプでは1個のLEDから多くの光量を得る為に電流を多く流す。そうすると発熱箇所がLED一箇所に集中するのでそのために放熱に対する配慮が必要となる。形状面では放熱板を光源端部に取り付ける為アレイタイプに比べて長くなる点も欠点である。導光棒タイプの場合もアレイタイプと同様に、導光棒の対向側に反射板を具備している。LEDが発した光を有効に使用する効果があるが、その他に、原稿面にあてる光は一方向からだけだと、原稿の端部に影ができやすい。これを軽減する効果もある。

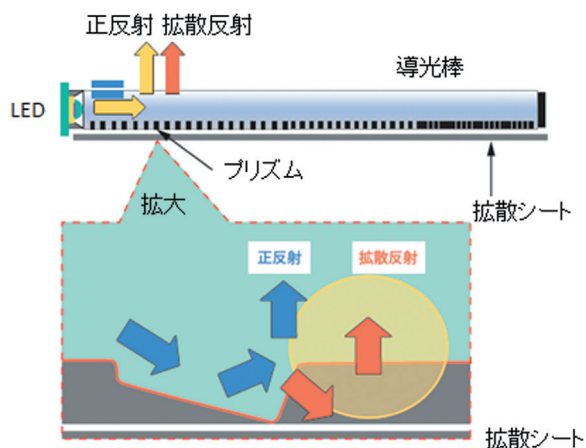


図 7.49 光取り出し方法

図 7.49 には LED で発した光が導光棒を介して原稿主走査方向に光を均一に取り出すための仕組みを表している。LED から発した光は導光棒に形成されたプリズム面で方向が変えられる。プリズムでの正反射成分と導光棒の外側に配置された拡散シートにより拡散

反射した成分が導光棒から外部に出力される。導光棒の形状は光の利用効率を高める為に様々な試みになされている。

#### 参考文献、

- 1) 野村、清水、坂本 リコーテクニカルレポート No.11979 年 4 月 25 日発行 レコーダー用感熱記録紙リコーサーマルペーパーの一部を引用
- 2) リコー 60 年史 Rifax3300 P207,208
- 3) 新宅純二郎、小川紘一、善本哲夫 光ディスク産業の競争と国際的協業モデル すり合わせ要素のカプセル化によるモジュラー化の進展 赤門マネージメント・レビュー 5 巻 2 号 2006 年 2 月
- 4) 山戸 紙パ技協誌 ,27,8,44 (1977)
- 5) 下間 他 National Technical Report,18,4,455 (1972)
- 6) 高野、松永 電子通信学会論文誌 J59-C,8,483 (1976)
- 7) 坂本洋 リコーテクニカルレポート No.9 1984 年 12 月 15 日発行 リコーサーマルペーパータイプ 120F 1984 年 12 月 15 日発行から一部を引用
- 8) 柴田 画像電子学会第 53 回 研究会予稿 80-01-1 1980 年
- 9) 小川 リコーテクニカルレポート No.12 超小型高解像ファクシミリ RIFAX121 1984 年 12 月 15 日発行から一部を引用
- 10) 矢吹、玉置、吉村 リコーテクニカルレポート No.10 ラインバッファ付薄膜形サーマルヘッド RH-B48-02 1983 年 12 月 5 日発行から一部を引用
- 11) 雨宮正：リコーテクニカルレポート No.16 P71 高速ファクシミリ技術 1987 年 1 月 20 日
- 12) 特願昭 57-37611、特願昭 58-132534 他
- 13) 小夫真 ノンインパクトドットプリンタ用気泡発生方法 特公昭 61-58313 出願 1975 年 4 月 30 日
- 14) 遠藤一郎 他 熱エネルギーを利用するインクジェット記録用の記録液体 特公昭 62-11035 出願 1977 年 10 月 3 日
- 15) 加藤久美、大野茂 事業を守る特許はいかにして生まれたか 特技懇 特許庁技術懇話会 258 2010 年 8 月 24 日
- 16) 藤井雅彦 インクジェット 日本画像学会編 東京電機大学出版局 2008 年 9 月 10 日
- 17) 高橋宏 4 分ファクシミリ「COPIX440」東芝レビュー (31 巻 10 号) 1976 年 P858 ~ 860
- 18) マックジェット LPP6010N LG 電子
- 19) ブラザー HL-S7000DN
- 20) CIAJ (一般社団法人 情報通信ネットワーク産業



- 協会)による出荷統計データ 2011年実績を基に  
グラフ化
- 21) 小川陸夫 超小型高解像 G3 ファクシミリ RI  
FAX121 リコーテクニカルレポート No.12  
1984 から一部を引用
  - 22) 江尻公一、他 実時間 MTF 補正回路によるボケ  
画像の修正 リコーテクニカルレポート No.6  
1981 から一部を引用
  - 23) Robert W. Floyd、Louis Steinberg 「Floyd-  
Steinberg Dithering」1976年
  - 24) 小池和正 特許第 3038816 号 平成 2 年 6 月 27  
日出願 画像処理装置
  - 25) JEITA 半導体部会 半導体の歴史より引用加筆
  - 26) [http://www.visgraf.impa.br/Courses/ip00/proj/  
Dithering1/floyd\\_steinberg\\_dithering.html](http://www.visgraf.impa.br/Courses/ip00/proj/Dithering1/floyd_steinberg_dithering.html)  
2012 年 10 月 22 日現在 より画像を引用
  - 27) 坏昭二：明治大学連合駿台会オープン講座  
講座コード 11270017 (2011 年 11 月 11 日) 講演会  
資料より一部引用
  - 28) 特公平 7 - 67132 「ファクシミリ装置」より引用
  - 29) IPS への道 リコー 60 年技術史 1996 年 2 月  
P238
  - 30) ウシオ電機(株)光技術情報誌「ライトエッジ」No.10
4. 情報機器用光源の現状と動向(1997 年 6 月発行)
  - 31) E. G. Zubler and F. A. Mosby, III Eng 54 734 (1959)
  - 32) 石崎 有義：独立行政法人 国立科学博物館 白熱電  
球の技術の系統化調査 Vol.4 2011.
  - 33) 東芝科学館 東芝 1 号機物語
  - 34) 電気学会編、オゾナイザハンドブック、コロナ社  
(1960)
  - 35) 伊藤 他：NEC 技報 95.47(1994)
  - 36) 蛍光体同学会編：蛍光体ハンドブック、オーム社  
(1987)
  - 37) D.O.Wharmby：36：I LS5(1989)
  - 38) 東方、四宮：J.Illum.Engng.Inst.Jpn,238,77(1993)
  - 39) 佐久間伸夫：光走査用素子と光学系、オプトエレ  
クトロニクス '93 6-8 (1993)
  - 40) 富士ゼロックスプレリリース、「白色 LED 光源を  
用いたカラーキャナが第 9 回 (2011) 照明学会  
「照明技術開発賞」を受賞 2011 年 9 月 21 日
  - 41) ウシオ電機(株) 光技術情報誌「ライトエッジ」  
No.37 〈特集号第二回〉2012 年 6 月発行
  - 42) ウシオ電機(株) ニュースリリース OA 機器の原  
稿読み取り用 LED モジュールの販売を開始 2011  
年 1 月 20 日

# 8 | ファクシミリ系統化のまとめ

## 8.1 ファクシミリの誕生と第1の転機

ファクシミリは2章で紹介したように Alexander Bain によって発明された。Bain がなぜ発明に至ったかは本人のみぞ知るところであるが、Bain の発明以前にモールス電信は実用化されていた。モールス電信に比べてファクシミリの優れている点は、送信文書(画像)と受信文書(画像)とが略相似形であり、受信文書(画像)は他の人の手を介さずにそのまま判読することができるというところにある。

こうした機能は今でもファクシミリの基本機能となっている。電信は符号を扱うため発信者の送った情報を伝えたい相手に届けるには符号を普通文に変換する中間作業を必要とする。Bain はこの中間作業を介することなく読み手に伝えられたのであろう。電信の実用化が少なからず Bain のファクシミリの発明を動機づけたものと考えられる。Bain の発明をヒントに、Giobanni Caselli が Pantelegraph を発明し、操作性を改善し、同期の安定性を確保した。これにより、1863年に実用化にこぎつけた。動力としては分銅による振り子を用い、商用電源やモータが十分実用化に至っていない時代の大きな1歩であった。これがファクシミリの第1次転機である。

## 8.2 第2の転機となった国産技術の開花

Bain の発明から85年が経過し、技術やインフラが著しい変化を遂げた。電話は世界規模で実用化し、商用電源も発達した。小信号を扱う真空管や光電変換器である光電管も実用化されていた。それまでのファクシミリは欧米製のもののみで国産品はなかった。そこで登場したのが NE 式写真電送装置であった。NE 式はそれまでの欧米の技術を流用するのではなく、よりファクシミリの性能を高め、構成をシンプルにすることに独特の配慮がなされた。伝送においては、日本国内の回線特性に十分配慮した伝送同期をとり入れるなど、送信走査、伝送、受信走査のそれぞれが独創的なものであった。性能面では、それまで高く評価されていたシーメンス式、ATT 式、Korn 式を凌ぐものがあった。この NE 式写真電送装置の出現により、逓信省は写真電送業務を1930年にスタートさせた。その後も国産機が製品化され、報道、鉄道、警察などをはじめ

め、国内の各機関で写真電送網、模写電送網が構築された。この第2の転機によって国産技術が著しい成長を示し、ファクシミリ本体だけでなく、情報用紙、更には後年のことになるが、画像処理などの技術も発展していった。

## 8.3 第3の転機となった回線開放

ファクシミリの国産技術は成長したものの、ファクシミリの市場は閉鎖的であった。電話回線への自営機器の接続が制限されていたからである。この制限を緩和したのが1972年の電話回線開放(3.4.5参照)であった。これにより、ユーザーが自分で選んだファクシミリを加入電話回線に接続することが許され、交換網を通じて日本全国でファクシミリ通信できるようになった。こうした中で、写真電送(CCITT T.1)、6分機のG1ファクシミリ、3分機のG2ファクシミリの標準化がなされ、不特定多数間とのファクシミリ通信が可能となった。G1機、G2機が市場に設置されたがその普及度合いは大きくはなかった。ユーザーは6分機や3分機の伝送速度では満足しないばかりかG1機、G2機の画質にも満足しなかった。このことはファクシミリをより短時間で伝送するための技術開発と高画質化の技術の開発を盛んにした。そうした中、回線開放の翌年1973年にA4原稿を1分で伝送でき、画質も一気に2倍、4倍に高めたG3ファクシミリ(リファクス600S)が出現した。その後、国内通信機メーカー、電機メーカー、事務機メーカーなど各社からG3ファクシミリの発表、発売が相次いだ。開放前と比べるとファクシミリの普及台数は劇的に増えた。しかし、その使われ方を調べてみると3.4.5.3に記述のとおりで、同一企業内の通信が圧倒的であった。その理由は、異なるファクシミリメーカーの機器間に互換性がないためであった。この互換性をいかに確保するかについて世界中の技術者が精一杯の取り組みをした。日本も高い性能で互換性を確保することに大いに貢献した。その結果1979年のCCITT京都会議でG3ファクシミリの標準案が採択され、互換性確保の全容が定まった。

## 8.4 第4の転機となったG3国際標準の成立

ファクシミリの技術は高くなった。そしてインフラの使用についても規制が緩和された。それでも普及が

芳しくなかったファクシミリが G3 国際標準 (CCITT T.4, T.30) の制定によってメーカーを問わず機器間の互換性を確保できる素地が整った。日本のファクシミリメーカー各社は 1979 年 11 月の CCITT 京都会議で G3 の端末特性 (T.4) と通信手順 (T.30) が採択されたことを受けて G3 機の開発と発表を急いだ。1980 年の正式決定を待たず、多くのメーカーから G3 機の発表、発売が相次いだ。G3 ファクシミリが互換性を得たことにより 4 章、図 4.1 に示すようにファクシミリの設置台数が急拡大した。1980 年の東芝による感熱記録 G3 ファクシミリ (COPIX4800: 図 4.4 参照) の発売以降、感熱記録ファクシミリの開発が各社で盛んになり、製品発表が相次いだ。こうした中で 1984 年 4 月に発売されたリファクス 120 シリーズ (図 4.7 参照) は、G3 ファクシミリの概念を変える、ファクシミリの軽薄短小化に先鞭をつけたものとなった。電子部品の実装で SMT (面実装技術) を採用し、さらには樹脂成型技術を多用した超小型軽量の感熱記録ファクシミリであった。この後、ファクシミリ市場は 2 極化していった。事務用途には高速大量処理が可能な電子写真方式で対応し、SOHO やパーソナル・ユースには感熱記録方式で低価格化していった。事務用では普通紙化の流れがパーソナル・ユースよりも早く、次第に大きくなっていった。この流れを作ったのが 1983 年に発売されたトナー方式と熱転写方式の普通紙ファクシミリであった。(図 4.4, 4.5 参照) その後、電子写真の作像エンジンとして、レーザーや LED と、感光体ドラムを組み合わせたカールソンプロセスのファクシミリが出現し、オフィスファクシミリの記録方式の主流を占めるにいった。キヤノンと NEC はともに 1985 年 5 月にレーザー記録電子写真方式を採用した G3 ファクシミリを発表した。一方パーソナル・ユースのファクシミリにおいては 1985 年に電電公社民営化に伴って本電話機が自由化されたことにより、ファクシミリに本電話を内蔵する動きが活発となり、この電話機能が次第に充実し、無線式の子機を有したファクシミリを誕生させた。パーソナル・ユースのファクシミリにおいても普通紙化の動きが活発となり、感熱記録普通紙の熱転写式が主流を占めるにいった。

## 8.5 第 5 の転機となった MFP 化

ファクシミリは原稿情報の読み取りと受信画像の記録機能を有している。したがって、自機で読み取った画像情報を記録するコピー機能は容易に具備することができる。1980 年代のコピー機はほとんどがカー

ルソンプロセスの電子写真方式を採用していた。1987 年の当時オフィスの普通紙複写機は、すべてが原稿の画像を感光体に投影する、いわゆるアナログ方式のものであった。事務機メーカーのリコーは、カールソンプロセスを用いたボックスキャナ搭載のデジタル方式の複写機とファクシミリを組み合わせた MFP (Imagio MF 320) を 1987 年に発表した。デジタル方式とは、シートや本などの画像を光電変換器で読み取り、記録は読み取った画像をレーザーまたは LED ヘッドなどで感光体に記録するといったものである。こうしたデジタルコピーとファクシミリ機能を一体化したものが MFP である。G3 ファクシミリはデジタルであり、持ち運びに便利な縮小コピーや、細かな画像を拡大して読みやすくする画像の拡大や用途に応じて縮小が電子的に可能である。これにより、アナログ複写機では苦手な変倍コピーや、複数部数のコピーを一部毎にページ順をそろえて出力するソーティングなどの機能が付加装置無しに達成できる。こうした機能が顧客のニーズとマッチし、デジタルコピーが新たな市場となって育った。コピーとファクシミリといった 2 つの機能に留まらず、パソコンと接続し、プリンター、スキャナーの機能も具備した。この機能も急拡大するパソコンの普及に伴い顧客に好まれた。更に、オフラインとしてのプリンター・スキャナ機能からネットワークを通じたシェアード MFP として、LAN や無線 (Wi-Fi) への接続に発展して現在にいたっている。図 5.4 に示すように今ではファクシミリ専用機に比べて MFP のほうが多く出荷されている。メーカー側からすれば、ファクシミリが発展し、プリンターやコピーの顧客にも機器を提供する立場となり、市場の拡大となっている。肝心の画像伝送に関しては以下の節で述べる。

## 8.6 ファクシミリの現在そして未来

現在のファクシミリの使用実態について、HATS (Harmonization of Advanced Telecommunication Systems: 高度通信システム相互接続推進会議) が、年に一度 CEATEC 会場にてアンケートにより調査している。それによると、2011 年度の調査では表 8.1 のような回答が得られた。

アンケートの結果では、オフィスではファクシミリ専用機よりも MFP が多数を占めている。ファクシミリの使用頻度も少なくなっている。その理由としては、メールで十分目的を達成しているとのことであった。今後のファクシミリの出荷台数、金額についてはデータサプライ株式会社が調査を行い、予測を行っている。



表 8.1 ファクシミリの使用実態

CEATEC2011HATS ファクシミリコーナーアンケート調査結果 (2) より一部抜粋

〔出典：一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会発行 HATS アンケート結果 2011 年度〕

職場にある FAX の機種は？		ご使用の FAX (複合機) はネットワークに繋がっていますか？どのようにお使いでしょうか？ (複数回答可)	
カラー複合機	50%	プリンタ	36%
モノクロ複合機	16%	スキャン画像を PC のフォルダへ取り込み	27%
Fax 専用機 (ビジネス機)	11%	スキャン画像を E-mail で配信	12%
Fax 専用機 (パーソナル器)	8%	インターネットファクシミリ (ネットワークで相手 Fax へ配信)	7%
無い	10%	繋がっていない (アナログ Fax のみ)	19%
Fax の使用頻度は？ (回答者自身)		インターネット FAX (FAX 文書をインターネットを介して通信) を使っていますか？	
送信		使っている	17%
10 回以上 / 日	9%	知っているが使っていない	46%
1 ~ 数回 / 日	17%	知らない	38%
1 ~ 数回 / 週	18%	通信費を削減する為に、職場で取り組んでいる事は？ (複数回答可)	
めったに使わない	57%	ひかり回線 (IP 電話) を導入している	27%
受信		極力メールを使用している	53%
10 回以上 / 日	13%	インターネット FAX を活用している	8%
1 ~ 数回 / 日	14%	その他	12%
1 ~ 数回 / 週	20%		
めったに使わない	53%		
Fax を使わない理由は？			
メールで十分	70%		
近くに Fax がない	7%		
相手の Fax 番号がすぐに分らない	7%		
操作方法がわからない	2%		
セキュリティ上心配	9%		
通信時間が遅い	6%		

図 8.1 はオフィス向けファクシミリの出荷台数および金額の推移を示す。国内ビジネスファクシミリ市場は全体的に縮小してきているが、A3 機の需要は今後微減となり当面一定規模は残る (図示せず) と予測されている。一般 OA 利用の多くは MFP に移行したが、特定業務のユーザーは一定の FAX 通信の需要量があり専用機の利用を継続している。

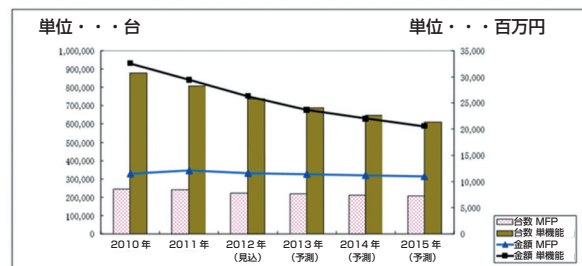


図 8.1 ファクシミリの出荷台数推移予測 (3)

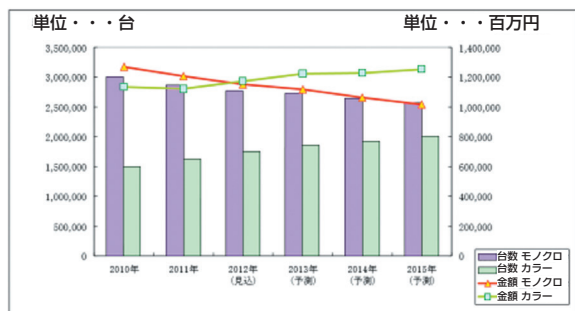


図 8.2 オフィス向け MFP 出荷台数推移予測 (3)

今後の MFP の出荷台数、金額面ではカラーが増える予測となっている。したがって、カラーを含む情報が、e-mail で、送られ、受信サイドでは必要に応じてカラー、モノクロで紙に出力されるが、紙に出力されずに処理される情報が多くなる予測もある。ファクシミリの良さは送られた情報を取り出すためのパソコン操作などの必要がなく、即時性に優れていることである。こうしたメリットと、受発注の伝票などに見られる情報の信用性、証拠性などのニーズにはまだファクシミリに取って代わられる代替手段がない。こうしたニーズは代替手段の出現までは継続するであろう。一方で、e-mail で伝達される情報に関しては今後もクラウド化が進み、形態も変化していくであろう。ペーパー出力の減少傾向が進展することによる MFP の減少も予測されている。しかし一度普及したファクシミリの機能はすぐには消えることがなく、長期間続くであろう。ただし、伝送の技術は今のままではなく、今後のネットワークや通信網の形態に合わせて変化していくことになろう。ファクシミリ機能の構築がハードからソフトに代わり、コストが下がる限りにおいてファクシミリ機能は当分の間、搭載されると予測している。ただし、欧米ではファクシミリを必要としないビジネスの仕組みがあることも事実である。ファクシミリは今後、欧米のこうした仕事の仕組みが拡大することによって終焉を迎える可能性もある。

ファクシミリは発明から今日の成熟期まで 170 年を要した。そして今、主役交代の時期を迎えている。ファクシミリの歴史調査から判明した通信関連の商品、事業の繁栄にとって重要なことを以下のようにまとめた。

- ① 今ある通信手段、通信機器の課題は何か。その本質を明らかにする
- ② その課題から今ある手段よりも、より利便性の高い手段を創造すること
- ③ その手段の実現を支える技術が備わっていること

- ④ それを利用できるインフラがあること
- ⑤ そのインフラが地球規模で広がっていること (世界中から支持されていること)
- ⑥ インフラの利用が許されること
- ⑦ 世界共通のルールが設定されていること (互換性を有していること)

ファクシミリの発展は上記のプロセスをたどり、顧客のニーズを満たし発展してきた。電信で果たせなかったこと、電話では不十分なことをファクシミリである程度解決してきた。そしてファクシミリでは不十分なことが電子メールやスマートフォンである程度解決できるようになってきた。しかしこれで情報伝達や情報共有のすべてのニーズを満たしているわけではない。情報の利活用場面を考えるとまだ様々な解決せねばならない事柄が横たわっている。

これらの革新の基本は上記の①のように現状を深く考察し、課題の本質に迫ることである。①から⑦は、ファクシミリだけのことではない。通信手段、通信機器を他の商品や事業に置き換えることができる。

ファクシミリを含む ICT がさらなる発展をし、人類のために役立っていくこと、そして第 2、第 3 のファクシミリとして成長する新たな産業が育成されることを強く望む。

#### 参考文献、引用文献

- 1) 小林一雄 戦前電送写真及び関係資料 ―その 3― 技術編：創意と苦心を辿る 画像電子学会誌第 25 巻第 3 号 (1996)
- 2) 一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会 (CIAJ) CEATEC2011 HATS ファクシミリコーナー アンケート調査結果の一部を抜粋
- 3) データサプライ [2012 年版 MFP マーケット総覧] 『市場中心主義の 開発が進む MFP (複合機) 市場の将来性』より引用

## 謝辞

本報告書「ファクシミリの技術系統化調査」を作成するにあたり、多くの方々から貴重な資料・情報の提供をいただいた。また、たいへん詳しい説明や話を伺うことができた。さらには歴史事実の解釈について種々議論していただいたこと併せて深くお礼を申し上げる次第である。画像電子学会名誉会員の小林一雄氏からはファクシミリの歴史上の重要な事実について多くを教えていただいた。Egretcom 株式会社の水谷幹男氏からは MODEM に関する執筆をお手伝い頂いた。2 次元符号化の発明者である元 KDD の山崎泰弘氏からはファクシミリ開発の貴重な情報に加えて国際標準化にあたっての画期的な取り組みの数々を開示頂いた。画像電子学会会長(早稲田大学教授)の松本充司氏からは、Alexander Bain に関する情報や肖像権者や英国滞在中の早稲田大学学生とのコンタクト方法及び、国際標準化組織の変遷など多岐にわたる情報提供を頂いた。一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会 宮繁行氏、大坪正男氏からはファクシミリ、MFP に関する統計データ、アンケート結果など多くの情報をご提供頂いた。一般社団法人情報通信ネットワーク

産業協会：画像情報ファクシミリ委員会 委員長(株  
リコー) 受川猛氏からは、ファクシミリメーカー各  
社の製品、技術に関する過去の情報収集を一手に引き  
受けて頂いた。そのほか大勢の方々からご支援を頂い  
た。氏名を記載し謝意を伝えたい。(順不同)

東京大学 教授 若原恭氏

画像電子学会(東京工芸大学教授) 小野文孝氏

画像電子学会(大阪工業大学教授) 小町祐史氏

画像電子学会 関沢秀和氏

通信総合博物館 木島克彦氏

株式会社リコー 軽部康一氏、上田智延氏

奥石隆保氏

電気通信大学 有澤豊志氏

ホットテクノ株式会社 大谷弘氏

株式会社オクト映像研究所 竹村裕夫氏

TCI 株式会社 坏昭二氏

NTT アドバンステクノロジー(株) 岩田玲子氏

元 NEC 永田宇征氏

一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会加盟

ファクシミリメーカーの各氏

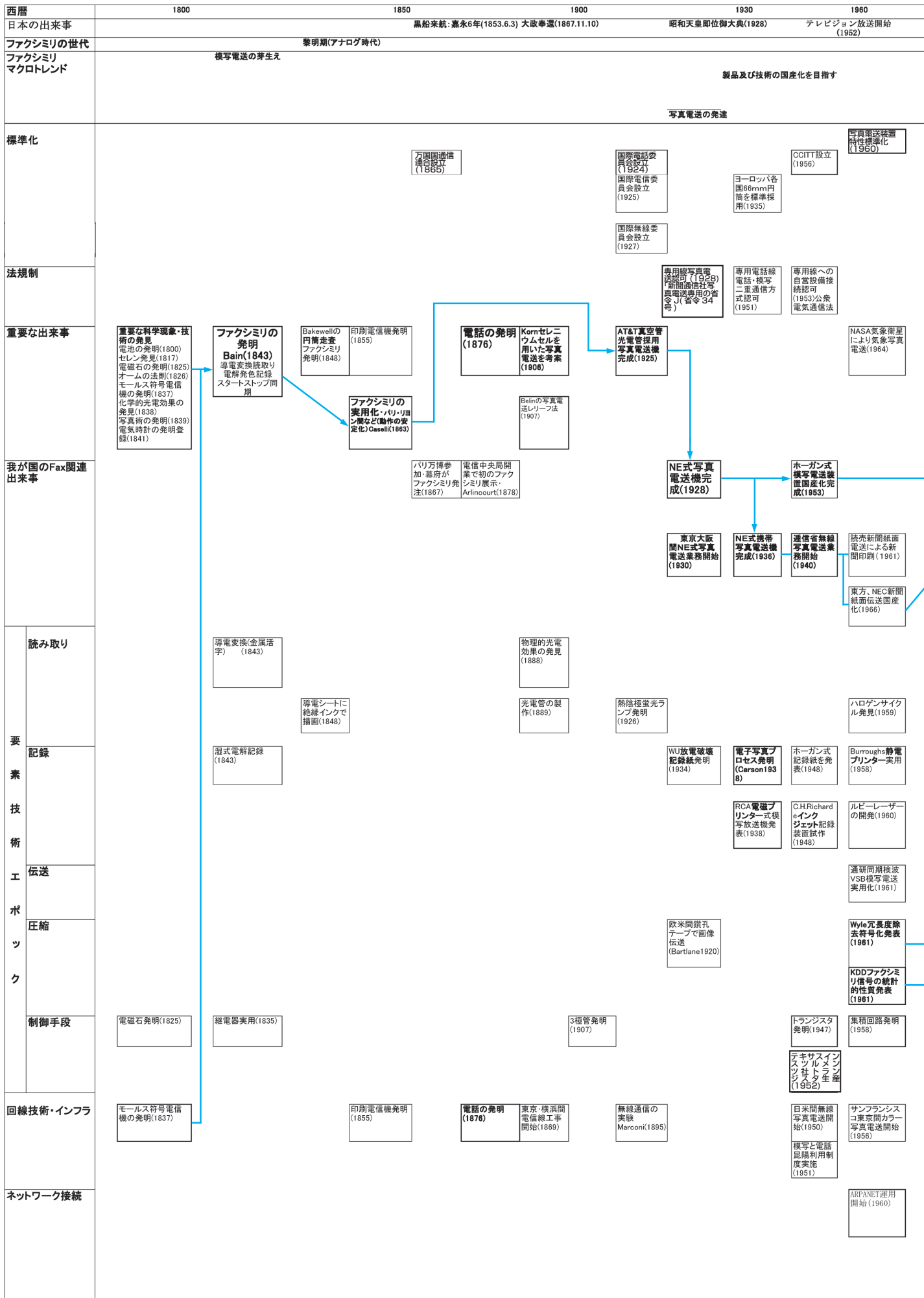
(順不同)



ファクシミリ年表		1800	1900	1950
年				
世代				黎明期
関連する出来事		モールス符号電信機の発明(1837) 印刷電信機発明(1855) 電話の発明(1876)	写真フィルムの製造開始(1885) 真空管の発明(1904)	ゼロックス電子複写機(Xerox Copier)実用化(1950)
重大な出来事		<b>ファクシミリの発明(1843)</b> ファクシミリの実用(1863)	テレオートグラフ発明(1890) ロンドンーパリ間などでファクシミリ商用化(1907) SKT式写真電送機(独立同期方式)完成(1926)Siemens 昭和天皇即位ご大典(1928)	NHKテレビジョン公開実験放送開始(1950)
我が国のFax関連出来事		江戸幕府パリ万博参加・ファクシミリ発注(1867)	大阪毎日、東京日日はNE式、朝日新聞社と電通はSKT式を採用(1928) Korn式電送機実演(1923) Korn式(導電変換)長距離電送実験(東京ー大阪間で公衆複写電信業務を開始(1946) Belin式写真電送(レリーフ法)有、無線実験(東京)(1926) 東京大阪間写真電送にSKT式を採用(1927) 警察通信に複写電送を導入(1948) <b>NE式写真電送機完成(1928)</b> 御大典報道に写真電送を利用、大阪毎日新聞社と東京日日新聞社はNE式採用(1928) わが国初のテレビジョン実験成功(1928) NECホーガン式複写電送機国産化完成(1953) 天気図放:天気図放送実験(1934) 東京ー大阪間写真電送(NE式)業務開(1930) NE式携帯写真電送機完成(1936) ベルリンオリンピックでNE式写真電送)利用(1936)	
ファクシミリ技術	読み取り技術		光電効果の発見(1888) 光電管の製作(1889) セレンウム・セルを使用した写真電送(光学式走査)を考案(1906)	アイコノスコープ発明(RCA1933)
	記録技術	写真術の発明(1838) 湿式電解記録(1843)		<b>WU放電破壊記録紙発明(1934)</b> 1号模写伝送装置放電破壊記録紙採用(1943) <b>電子写真:“Electro-photography”発明(1938)</b> 感熱記録紙の登場(1930年代)  3M、金属化合物感熱紙発明(1940) NCR、ロイコ型感熱紙の発明(1954) 1号模写受信装置ロール紙に改良(1945) C.H.Ri charde(米)インクジェット記録装置試作(1948) Bumman(米)静電プリンタ実用化(1958) Maiman(米)レーザーの開発(1960)
	伝送技術	ベースバンド伝送(1843)		副搬送波周波数変調の発明(1932) NE式時変調(1936)
	符号化			Wyle(米)冗長度除去ファクシミリ用デジタル符号化方式発表(1961)
	制御技術	電磁石の発明(1820) 電磁石駆動(1843)	3極管の発明(1907)	ベル研、ゲルマニウムダイオード発明(1939) ベル研、トランジスタ発明(1947) テキサスインスツルメンツ、集積回路発明(1959) RCA、MOSトランジスタ発明(1962)
	駆動技術	モータ発明(1827)ファクシミリ円筒走査(1848) 直流モータ発明(1932) 振り子駆動(1843)		
	同期	スタートストップ式(1843)	シーメンス独立同期完成(1926) ファクシミリに調歩同期適用(1869)	<b>伝送同期(1928)</b>
標準化			ヨーロッパ各国、66mm円筒を標準に採用(1935)	
法規制	適用回線規格無		米FCCファクシミリによる商業放送を許可(1946) <b>専用回線写真電送に使用許可(1928)</b> 通信省複写と電話混用利用制度実施(1951)	

1970		1980		1990		2000	
助走期		成長期		成熟期			
<p><b>CCITT,G3規格を勧告(1980)</b></p> <p><b>CCITT,SGXIV京都会議開催、G3勧告案決まる(1979)</b></p> <p>CCITT,G2規格ファクシミリとして電電公社とグラフィックサイエンス(米)提案のAM-PM-Vs方式を勧告(1976)</p> <p>電電公社、キャプテン商用サービス開始(首都圏、京阪地区)(1984)</p> <p>電電公社、G2規格電話ファックス完成、3分機サービス開始(1978)</p> <p>G2規格ファクシミリ相互通信試験(1978)</p> <p><b>CIAJスーパー-G3ロゴ制定(1996)</b></p> <p><b>電気通信事業法など電電改革3法施行、電電公社は民営化してNTTに(1985)</b></p>				<p>出荷台数ファクシミリ機能搭載MFPがFax専用機を上回る(2007)</p>			
<p>NEC、東方電機、新聞紙面電送装置の国産化(1966)</p> <p>松下電送レーザー記録光源採用の新聞紙面電送装置開発(1971)</p> <p>電電公社複写電送サービス制度廃止(1972)</p> <p>郵政省、ファクシミリ放送実験開始(1991)</p> <p>KDD、国際ISDNサービス開始(AT&amp;T、BTと共同)(1989)</p> <p>村田機械、5万円を切るG3ファクシミリ発売(1991)</p> <p>電電公社電話ファクスサービス開始(1973)</p> <p><b>リコー世界初のG3ファクシミリ発表(1973)</b></p> <p>郵政省、ISDN国内標準決定(電信電話技術委員会)(1987)</p> <p>NTT、NS64サービス開始(1988)</p> <p>松下電送、CCITTG3規格準拠機UF20SGを発表(1979)</p>							
<p>東方電機、NHK、ファイバ管使用の電子走査ファクシミリ装置発表(1965)</p> <p>ベル研、CCDを発表(1970)</p> <p>フェアチャイルド、CCDイメージセンサを量産(1974)</p> <p>松下電送、電電公社、ファクシミリ用密着型イメージセンサ開発(1978)</p> <p>富士ゼロックス、アモルファスシリコンイメージセンサ開発(1982)</p> <p>通研、巴川製紙、静電記録紙および静電記録ファクシミリ発表(1961)</p> <p>松下技研静電記録管発表(1968)</p> <p>東芝、インクジェット記録ファクシミリ開発(1972)</p> <p>松下電送、インクジェットカラーファクシミリ開発(1978)</p>				<p>TI、サーマルヘッド発明(1965)</p> <p><b>沖電気、サーマルヘッド採用の感熱記録ファクシミリ発売(1974)</b></p> <p>キヤノン半導体レーザープリンタ開発(1979)</p> <p>キヤノン レーザー走査式フルカラー普通紙複写機開発(1986)</p>			
<p>通研、AM-PMファクシミリ伝送方式発表(1975)</p> <p>CCITT勧告G 誤り訂正方式(ECM)勧告(1987)</p> <p>CIAJ、G3規格ファクシミリ誤り訂正方式相互接続試験(1987)</p> <p>KDD変化点相対アドレス符号化(RAC)方式発表(KDD JBIG符号化方式開発(1992))</p> <p><b>CCITTG3規格の1次元符号化方式にモディファイド・ハフマン方式を採択(1977)</b></p> <p><b>(CCITT,SGXIV京都会議)G3規格の2次元符号化方式に日本原案のモディファイドREAD方式を採択(1979)</b></p> <p><b>ビジコンとインテルがマイクロコンピュータ開発(1971)</b></p> <p>インテル、8080完成(1973)</p>				<p>富士通、G3ファクシミリでA4版原稿を4秒電送を達成(1992)</p>			
<p><b>G1規格勧告(1968)</b></p> <p><b>G2規格勧告(1976)</b></p>		<p><b>CCITT,G3規格を勧告(1980)</b></p> <p>CCITT,ビデオテックス国際標準方式内定(1983)</p> <p>ITU-T T.82(JBIG)勧告(1993)</p> <p><b>G4規格ファクシミリ、ビデオテックス国際標準3方式勧告(1984)</b></p> <p>郵政省、G4規格ファクシミリ、ミクストモードの推奨通信方式告示(1985)</p> <p>郵政省、ISDN国内標準決定(電信電話技術委員会)(1986)</p> <p><b>誤り訂正方式(ECM)勧告(1987)</b></p> <p><b>CCITT ISDN用G4規格ファクシミリ勧告(1988)</b></p> <p>CCITT、テレビ電話、テレビ会議システム国際標準成立(1991)</p>		<p>NTT,KDDIがIEEE Milestoneに認定(2012)</p> <p>ITU-T T.2,T.3(G1,G2規格)末梢(1996)</p> <p>ITU-T T.81勧告(1996)</p>			
<p><b>広域時分割が導入され、回線開放が始まる(1972)</b></p>				<p>郵政省、国際VAN事業者にはファクシミリサービスを認める(1989)</p> <p>郵政省、公衆電気通信法改定、データ通信回線利用規制緩和(1982)</p> <p>本電話機自由化(1985)</p>			

ファクシミリ技術系統図







ファクシミリ登録候補一覧

No.	名称	製造年	資料形態	所在場所	郵便番号	所在地	コメント
1	OKIFAX7100	1977年	実物	株式会社 沖データ	370-8585	群馬県高崎市双葉町3-1	一般電話回線で使える感熱式ファクシミリを開発し、1974年9月に世界に先がけて商品化(アナログ式)したが、より高速で画質も良く、コストも安いデジタル式のOKIFAX7100を開発、1976年5月に発売した。
2	リファクス-600S	1973年	実物	株式会社リコーテクノロジーズセンター	243-0460	神奈川県海老名市下今泉810	世界初の事務用高速デジタルファクシミリである。当時のファクシミリはアナログ方式でありA4原稿の伝送に6分もかかった。これに対しリファクス600Sは、読み取り・データ圧縮・伝送をデジタル化し、原稿を1分で伝送した画期的なものであった。製品は、官庁、金融機関を皮切りに、海外でもNASA、ボーイング社に大量採用された。搭載通信技術は、他社機種間通信の国際標準(GCITT)にも提案、採択された。
3	キヤノンファクスL910	1985年	(実物)	キヤノン株式会社	146-8501	東京都大田区下丸子3-30-2	キヤノン初のG3レーザーファクシミリ 当時、感熱ロール紙が一般的だったFAX市場に電子写真方式を採用、普通紙カット紙対応を実現したハイエンドマシン
4	4号写真電 信送信台	1951年	実物	日本電信電話株式会社 NT T技術史料館	180-8585	東京都武蔵野市緑町3-9-11 NTT武蔵野研究開発センター内	公衆写真電報サービス用としてNE式装置を改良し画質の向上を図った。この装置には光学系移動の円筒走査方式が採用された。変調方式は光電管ブリッジ変調方式が採用されたため、通研で発案したプッシュプル光電管等が使用されている。
5	VF-6形模 写電送機 (送信・受 信)	1967年	実物	日本電信電話株式会社 NT T技術史料館	180-8585	東京都武蔵野市緑町3-9-11 NTT武蔵野研究開発センター内	静電記録法式のファクシミリとして、日本電信電話公社の社内業務連絡用に初めて実用化した。(製造:東方電機)二線式電話回線に接続して自動受信を行い電話機と切替えて使用する
6	NTTFAX-41	1993年	実物	日本電信電話株式会社 NT T技術史料館	180-8585	東京都武蔵野市緑町3-9-11 NTT武蔵野研究開発センター内	暗号符号化方式、FEAL8を搭載しており画像信号の鍵となる16桁の数字(サイファークーキー)を用いて、暗号化(データスクランブル化)して送信することにより、機密通信として重要文書も安心して通信することが可能である。また、誤り訂正方式であるECM(Error Correction Mode)通信機能を搭載しており誤り率の大きい通信回線においても良好な通信が行なえる。
7	COPIX440	1974年	実物	株式会社東芝 東芝科学館	212-8582	神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地	世界初のインクジェットファクシミリ

## 正誤表(第19集1編 ファクシミリの系統化)

年月日	箇所	誤	正
2013年5月31日	p.6右13行目2字修正	走査針→走査面の針金→括字部を通じて外部回路に流	走査針→走査面の針金→活字部を通じて外部回路に流
	p.10右13行目6文字削除4文字追加	ハーフトーンの送信を可能にした。	写真画像の送信を可能にした。
	p.13左9行目、右1行目、右3行目、伝送を電送に変える	丹羽らが開発したNE 式写真伝送装置が	丹羽らが開発したNE 式写真電送装置が
		NE 式写真伝送装置が採用されていた。	NE 式写真電送装置が採用されていた。
		NE 式写真伝送装置によって国際間の	NE 式写真電送装置によって国際間の
	p.13表2.1 NE式伝送 AMSSB変調をAM変調に変更	AMSSB変調	AM変調
	p.14左4行目 2字削除3字追加 読点を句読点に	東京／横浜間の折り返し試験や。	東京／小田原間の折り返し試験や、
	p.14右31行目27文字削除	の国際間無線写真電送の実験に成功している。この成功を契機に、短波同報模写電送が実用化20)されている。このように、画像品質については課題を有して	の国際間無線写真電送の実験に成功している。このように、画像品質については課題を有して
	p.17右11行目 1字削除	札幌受信所、西四日市受信所との間で行った。	札幌受信所、四日市受信所との間で行った。
	p.17右15行目 2字削除3字追加	無線模写電送による同報通信などの実用化が行われた。	無線テープ模写電送による同報通信の実用化が行われた。
	p.17右36行目37文字削除5文字追加	昭和35年から41年にかけては電電公社と国鉄電報 取扱所などで公衆電報集配信用としてVF5形模写電送装置が逐次実用化されていった。受信方式は音の出る電磁プリンター方式から放電破壊記録方式や静電記録方式へと変わっていった。	昭和35年から電電公社と国鉄電報取扱所などで公衆電報集配信用としてVF2形模写電送装置が実用化されていった。受信方式は音の出る電磁プリンター方式であった。
	p.17右41行目70文字追加	受信方式は音の出る電磁プリンター方式であった。日本国有鉄道では昭和31年ころから合理化の一環として貨車組成表の電送に	受信方式は音の出る電磁プリンター方式であった。昭和38年から電電公社は、公衆電報システムの集配用として放電記録のVF4形模写電送装置を、さらに低価格化を図ったVF5形装置を後に導入した。日本国有鉄道では昭和31年ころから合理化の一環として貨車組成表の電送に
	p.27左14行目13文字追加	MR符号化は日本国が提案した符号化方式である。	MR符号化は日本国が提案したREAD符号化方式をベースとした方式である。
	p.56右5行目14文字追加	テストチャートの#7は日本語のチャートである。	テストチャートの#7は日本が主張して提案した日本語のチャートである30)。
	p.69参考文献33文字追加		30) 小林一雄 画像電子学会 ファクシミリ史 P257 テストチャート昔話
2013年6月5日	p.44左下から6行目3文字削除2文字追加	ムラタ機械	村田機械
2013年6月27日	p.69引用文献 23)1行目 1字修正	野水康之	野水泰之