

情報用紙製造技術の系統化

1

Survey on Technologies Developed in Communication Paper Production in Japan

飯田 清昭 Kiyoaki Iida

■ 要旨

20世紀中頃から出現したコンピュータにより新しい情報の処理・伝達の方法が生まれると、それに合わせて情報用紙として分類される紙が開発されてきた。1970年以前ではコンピュータ用の統計機カードであり、テレックスのさん孔テープであった。日本の製紙産業はこれらの高価な特殊紙と言うべき紙を国産化することで技術力を高めてきた。1970年代に入ると、情報処理分野で力をつけてきた日本の電機メーカーや事務機メーカーが世界と対等のレベルで技術開発を進める。それに引っ張られるように製紙会社も関連する情報用紙の技術開発に参画した。製紙会社の間では、情報用紙が新しい紙の分野として期待されていたこともそれを推し進めた。

具体的には、ファクシミリであり、コピー機であった。日本では漢字を扱えることが求められ、それまで普及していたテレックスに代わるものとしてファクシミリの開発に大きなエネルギーが投入された。1970年代には、そのシステムとして放電記録、静電記録、感熱記録等が競合したが、開発間もない感熱システムがその主流となった。感熱紙は、NCRが開発した複写システムであるノーカーボン紙の技術から派生したもので、ポイントは、装置が簡単で、使用する感熱紙のコストが単層塗工のため他の方式より安いことであった。この感熱システムは、ファクシミリが高速化するのに合わせて品質が高度化し、結果として、テレックスに拘った欧米に対して装置、用紙共に抜きでた日本の製品が世界に広がっていった。

コピー機の分野でも、日本メーカーがゼロックスに対抗して技術開発を進め、低価格の高速機を開発し、市場が急速に拡大していった。この印字方式は、ノンインパクトプリンタやレーザービームプリンタにも利用された。この過程で、高速で印字する際の紙の走行性が問題となり、その主要な原因が紙面でのパルプの配向にあることが日本で見出され、抄紙機の上で管理する技術が開発された。これらの技術発展により1980年代に紙の使用量が急増し、オフィス古紙の回収が社会問題となった。

1980年代の成功で輸出展開していた感熱紙は、急激な円高で現地生産に代わっていった。そして、さらなるファクシミリの高速化、レーザープリンタの低価格化から、ファクシミリの主役の座を奪われる。そこへ電子メールが追い打ちをかけた。これに対し、感熱方式はプリンタが簡単なことを武器にリテール分野（レジロール、値付けラベル等）へ転身する。ここでは、皮肉にも多層塗工により要求品質を満たすこととなった。

1990年代に入るとインクジェットプリンタが急速に普及する。インクジェットプリンタは水性インクを使用するため今までと異なった紙の品質を求める。これにたいし、製紙会社は感熱紙に続くものとして開発に注力した。この方式は個人向けの印刷（文書の印刷からデジタル写真のプリントアウトまで）から大型の商業印刷にまで利用され、それに合わせた用紙の開発がすすめられている。

2000年代に入って、情報がネットワークで保持されることで、情報流通の方式が大きく変化している。それは紙の使用方法にも変化を引き起こし、使用量の減少となっている。

情報用紙の技術開発から日本の特徴と言えるものが見える。時系列として、まず、輸入品の国産化で力をつけ、国内の競争で技術レベルを高めて世界をリードするまでなり、それを武器に輸出、海外生産と展開する。同じことが電機メーカーや事務機メーカーを含めあらゆる業界で時期を合わせたように起きている。そして、日本全体が一つの動きに纏まったことで分厚いインフラが形成され、1980年代以降の日本の発展の原動力となっていたと推論する。その要因として、狭い国土のため情報がより早く効率的に共有されたことを上げたい。

現在では、グローバル化、インターネット等による情報の共有化により、以前の日本の情報伝達の優位さが失われている。新しい時代に合わせて、競合相手より、情報をより早く効率的に運用するシステムを作り上げるのが急務であろう。

■ Abstract

The computer, which was invented in the midst of the 20th century, has changed the way of processing and transferring information among people. As new systems have been developed one after another, new types of paper have also been developed alongside these systems, and they have been labeled “communication paper” as a group. In the 1950s and 1960s, the main such product was punched cards and punched tape, which were used to input data. Because they were imported and expensive, Japanese paper companies strived to manufacture them by themselves and were highly successful. This effort greatly improved the capabilities of the paper companies.

In the 1970s, facsimile (“fax”) machines and plain paper copiers (PPCs) were targets for product development. As Japanese companies had already acquired a certain level of technological ability, they soon became competitive with world-leading companies. The paper companies were involved in the R&D efforts by supplying paper for their printouts.

The facsimile machine looked very promising, and therefore, many electrical product companies got into the market and competed fiercely with each other with help from the paper companies. Although the telex system was commonly used in other countries, the Japanese preferred facsimiles because their complicated kanji characters were difficult to transfer by telex. Several systems such as electric discharge recording, electrostatic recording, and thermal recording were in rivalry. Thermal recording became dominant in the market because thermal printers were easy to handle and the paper was less expensive than others due to its single-layer coating. The fierce competition continued, which led to the development of advanced and refined products (machines and paper), which were successfully exported worldwide.

Japanese manufacturers worked hard to develop models of PPC machines that were inexpensive and that operated as quickly as those made by their rivals in the world, after the patents held by Xerox expired. The products were welcomed in the market, which expanded very quickly. This type of printing system was also applied to non-impact printers (NIPs) and later to laser beam printers (LBPs). As printing speeds increased, the printers, especially NIPs, required ever higher performance from the paper used with them. The fiber orientation in the sheet was found to be critical in satisfying this requirement, and thus, techniques to control it in the paper machine quickly became common in Japan. Then, the paper machine itself was redesigned, and an on-machine sensor was developed.

In the 1980s, the export business of thermal paper was hurt by the strong yen. Thermal paper makers set up manufacturing units abroad, including in Europe and the U.S. Then, facsimile machines were overtaken by other systems that used plain paper such as LBPs. Further, the increasing use of e-mail diminished even the market itself. Manufacturers of thermal systems, making use of their simplicity, explored new applications in the retail industry such as register rolls and food labels. Ironically, these applications required a multi-layer coating on the sheet.

In the 1990s, the inkjet printer surged into the market, although its development took a fairly long time. Because the ink used in these printers is aqueous, a different kind of quality is necessary for the paper. Paper companies took it to be a successor to thermal paper and have developed various kinds of ink jet paper suitable for documents, digital photos, and large commercial printing runs.

In the 2000s, an evolutionary change is occurring in communication, and more and more information is being stored in the network. This is changing the way paper has been used, and its consumption will undoubtedly decline.

The history of product development in communication paper shows certain characteristics in Japan. First, by substituting imported products with locally made ones, the technological level was improved. Then, fierce competition in Japan led to the products being refined to the highest quality, and they were then successfully exported worldwide. Similar moves occurred in every industry over the same course of time. Because of that spontaneity, a large and efficient nationwide infrastructure was quickly built in Japan, which was a driving force for growth in the 1980s and on. One factor that helped to spur the spontaneous growth was that information was exchanged rapidly and efficiently in Japan, where many people live in a small land area.

As the world becomes more globalized, and information is increasingly stored in the network, the advantage of this quick information exchange in Japan is disappearing. Japan therefore needs to develop a new model that fits the new generation.

■ Profile

飯田 清昭 *Kiyooki Iida*

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35年 東京大学工学部応用科学科卒業
同 年 十條製紙株式会社入社
昭和40年 トロント大学大学院化学工学科卒業(修士)
平成 2年 十條製紙(株)中央研究所長
平成 5年 紙バルブ技術協会 専務理事
平成15年 同 退職
平成 2年より平成12年まで九州大学非常勤講師
現在、製紙産業技術遺産保存・発信活動にボランティアとして協力している。
学協会賞 昭和60年 紙バルブ技術協会賞
昭和61年 紙バルブ技術協会賞

■ Contents

1. はじめに	3
2. 情報用紙概説	4
3. 情報用紙の変遷	6
4. 紙製造技術概説	13
5. 1970年代までの情報用紙各論	35
6. PPC用紙の技術開発	44
7. 感熱紙の技術開発	50
8. インクジェット用紙の技術開発	63
9. 情報用紙の変遷から見える日本の技術開発	73
情報用紙製造技術の系統化図	78
情報用紙の登録候補一覧	79
謝辞	80
情報用紙技術開発年表	81

■ 要旨

ガス機関は原動機の間であるが、広く世間に知られているガソリン機関、ディーゼル機関、蒸気機関、ガスタービン（ジェットエンジン）などに比べるとややマイナーな存在であったと言えると思う。しかし外燃機関である蒸気機関を除くと、内燃機関としては最も古い原動機であり、1820年ころから実用化が始まり、1910年代には世界で最も活躍した原動機であることも一般には知られていない。

しかし近年の大気汚染防止や温暖化防止など、地球環境保全が強く叫ばれている中でクリーンなエネルギーである天然ガスを燃料とするガス機関は環境に優しい原動機として、再び脚光を浴びている。

最初に実用化された原動機は、1712年にイギリスで発明された蒸気機関で、炭鉱の水を汲み上げるポンプ用としてこの蒸気機関が重宝され、それまで使われていた馬を炭鉱から追放したとのことである。しかし蒸気を水で冷やす際にシリンダの壁も一緒に冷やされるため、熱効率は1%程度であった。1760年代に産業革命が興ると蒸気機関は多用されたが、このころに登場したジェームス・ワット（英）は効率向上に取り組み、復水器を発明して効率を5%にまで向上させた。

1792年にイギリスで石炭ガスの生成法が発明されて、ガス機関が考案された。1823年に作られたガス機関は、初期の蒸気機関と同様に爆発真空機関であり、熱効率は約10%と云われているが、信頼性の面でまだ蒸気機関を駆逐するまでには至らなかった。

1860年、ルノアール（仏）が発明した複動式・電気点火のガス機関は、無圧縮であったため熱効率は約4%であったが、非常に滑らかに運転できたので評判が良く、多方面で使用された。

1876年にニコラス・オットー（独）はダイムラーらと、4サイクル・ガス機関を発明し、実用化した。熱効率は約14%に向上してガス機関は確固たる地歩を築き、世界中に普及していった。

こうしてガス機関は全盛期へと向かい、1910年代には3000馬力という巨大ガス機関が生まれたが、第一次世界大戦の終結（1918年）とともに、移動動力用として取り扱い易い液体燃料を使うガソリン機関やディーゼル機関に原動機としての主要な地位を奪われ、1930年代にはほとんどその姿を消した。因みにガソリン機関は1883年にダイムラーによって実用化され、ディーゼル機関は1893年にルドルフ・ディーゼル（独）によって発明され、1897年に実用化された。

わが国にはガス機関は1882年（明治15年）に初めて輸入され、吸入ガス発生装置が普及するとまだ電気がない地方の工場や小型船舶の動力用として広く使用され、太平洋戦争前まで多くの小型ガス発動機やガス機関が全国で活躍した。

ガス機関に復活の兆しが見えたのは、1950年代に入り中東で大油田が発見され、同時に発生する天然ガスを有効に活用するため、1960年代に液体燃料とガス燃料を併用できるデュアルフューエル（DF）機関が開発されてからである。1959年にはLNG船が試作され、世界各地で天然ガスが利用できるようになると、ガス機関やDF機関が再び普及し始めた。

1986年に電力に関する規制緩和があり、コスト低減を重視する企業にコージェネレーション（熱電併給）システムのキーハードとして、各種の原動機が採用されたが、ディーゼル機関に比べて熱効率が低いガス機関は、NOxの規制が厳しい大都市の近辺に限られた。

しかし環境保護政策が強化されると、環境に優しいガス機関が注目されるようになり、2000年ころからエンジンメーカーもこの動きに呼応して、精力的に技術開発を続けた。技術開発の命題は環境保護と経済性の追求であり、開発の過程で希薄燃焼方式の実用化、マイクロパイロット着火方式の実現、ミラーサイクルの採用、ノッキング抑制技術の開発、電子制御技術の応用など数々の新技術を生み出してきた。その成果として、ガス機関の熱効率や出力はディーゼル機関とほぼ匹敵するまでに向上し、同時に低NOx化も達成してコージェネのキーハードの主演として成長を遂げてきた。

近年では、船舶用機関の分野でもLNGや天然ガスを燃料とするガス機関やDF機関が開発され、北欧のフェリーやLNG船の主機関として採用が増えている。

このように社会状況の変化の中で、ガス機関は一度世の中から忘れ去られたが、第2次大戦後復活を果たし、近年は地球環境保護運動の活発化に伴って大きな注目を集めて国内外のメーカー各社はこぞって高性能ガス機関の開発に注力してきた。本稿は主に1980年（昭和55年）以降のわが国のエンジンメーカーのガス機関関係の開発技術について、系統化調査を行った結果についてまとめた。

■ Abstract

Although gas engines are prime movers of one sort, their existence is rarely recognized in comparison with widely known gasoline engines, diesel engines, steam engines, and gas turbines. However, gas engines are the oldest prime movers as internal combustion engines if steam engines, which are external combustion engines, are excluded, and it is not well known by the public that its practical application started around 1820. In fact, it was the prime mover which provided the most remarkable service throughout the world during the 1910s.

However, amid calls for global environmental protection such as air pollution prevention and global warming prevention, gas engines have been highlighted again recently as environmentally friendly prime movers that use natural gas, a clean energy source.

The prime mover put into practical use for the first time was a steam engine invented in the UK in 1712. It was greatly appreciated for use for pumps that pumped water from the coal mines, and it is said that horses that had been used up to then were set free. Nevertheless, cylinder walls needed to be cooled when steam was condensed by water, the eventual thermal efficiency of the steam engines remained as low as 1%. Although steam engines were used widely after the advent of the Industrial Revolution in the 1760s, improvement of efficiency was sought subsequently, and James Watt (UK) appeared on the scene to invent a condenser, which improved efficiency up to 5%.

In 1792, a coal gas production method was invented in UK, and then gas engines were devised. The gas engine produced in 1823 was an explosion vacuum engine similar to steam engines at an early stage. Its thermal efficiency was about 10%, but this gas engine was unable to overtake steam engines from the perspective of reliability.

In 1860, Renoir (France) invented a double-acting and electric ignition type gas engine. Its efficiency was only about 4% due to the non-compression system. However, this engine was accepted with good reputation because of its very smooth operation, and so it was used in various sectors.

In 1876, Nicholas Otto (Germany) invented a four-cycle gas engine jointly with Daimler and others and succeeded in its practical application. The thermal efficiency of this engine was improved to about 14%. Gas engines then established a definite presence and became widely used throughout the world.

As described earlier, gas engines entered their heyday: gas engines as powerful as 3000 horsepower were produced in the 1910s. When World War I ended (1918), gas engines' position as the principal prime mover was supplanted by gasoline engines and diesel engines, which are easily handled as portable power and which use liquid fuel. Gas engines almost disappeared in the 1930s. Incidentally, gasoline engines were put into practical use by Daimler in 1883 and the diesel engine was invented by Rudolf Diesel (Germany) in 1893. It was put into practical use in 1897 by him.

In Japan, gas engines were imported for the first time in 1882 (Meiji 15). After suction gas generators became popular, gas engines were used extensively in local factories where no electricity was available and were used for propulsion of small vessels. Many small-sized gas movers and gas engines played active roles nationwide until the outbreak of war in the Pacific.

Revival of the gas engine occurred when large oilfields were discovered in the Middle East in the 1950s and when dual fuel (DF) engines capable of burning both liquid fuel and gas fuel were invented in the 1960s for effective utilization of natural gas emitted from the oilfields. In 1959, an LNG tanker was constructed for trial purposes. Subsequently, natural gas became available throughout the world, gas engine and DF engines became common again.

In 1986, deregulation of electric power began in earnest. Corporations which placed importance on cost reduction employed various prime movers as key equipment for cogeneration (combined heat and power). However, adoption of gas engines, which are inferior to diesel engines in terms of thermal efficiency, was limited to large cities and peripheral areas where NOx regulations are stringent.

When environmental protection measures were strengthened, environmentally friendly gas engines attracted attention. From around 2000, engine manufacturers continued their technical development, energetically advancing the progression of this movement. The proposition of technical development is pursuit of environmental protection and economic efficiency engendered many new technologies including the practical application of lean combustion in the development stage, realization of a micro-pilot ignition method, adoption of the Miller cycle, development of knock-suppression technology, and application of electronic control technology. As an indication of this progress, gas engines' thermal efficiency and output are improved to a level compatible with those of diesel engines. NOx reduction is also accomplished. Gas engines have undergone remarkable growth as key equipment for use in cogeneration.

In recent years, gas engines and DF engines burning LNG and natural gas have been developed even in the marine engine field. They have been employed as the main engines of northern European ferries and LNG tankers.

Because of changes in social circumstances, gas engines were once forgotten by the world. They later made a comeback after World War II, and are currently attracting the attention of people who are actively concerned with the global environmental protection movement. All domestic and foreign manufacturers have continued to concentrate on the development of high-performance gas engines. This paper summarizes the results of systematic survey of gas-engine-related technical developments promoted by Japanese engine manufacturers since 1980 (Showa 55).

■ Profile

岩淵 文雄 *Fumio Iwafuchi*

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21年 4月 新潟県小千谷市に生れる
昭和44年 3月 東北大学工学部機械工学科卒業
昭和44年 4月 株式会社新潟鐵工所(現新潟原動機)入社
浦和工場設計課に配属 ディーゼルエンジンの設計業務に従事
平成 3年 6月 同社 太田工場設計室長
平成 7年10月 同社 太田工場品質管理室長
平成10年 5月 同社 新潟鑄造工場長(理事)
平成12年 4月 同社 太田工場長(々)
平成15年 2月 新潟原動機株式会社 品質保証室長(執行役員)
平成18年 7月 同社 技監
平成22年 6月 同社 退職
平成23年 4月 国立科学博物館 産業技術史資料情報センター 主任調査員

■ Contents

1. はじめに	85
2. 原動機と内燃機関	86
3. 原動機とガス機関の歴史	90
4. ガス機関の構造と燃焼	98
5. わが国におけるガス機関の歴史	107
6. 余剰ガス・バイオマスガスの活用と二元燃料機関 (昭和30年以降)	111
7. コージェネレーションシステムとガス機関 (昭和55年以降)	113
8. 大型ガスインジェクション機関(シリンダ内ガス 直接噴射機関)の開発	130
9. 環境保全とガス機関の高出力化・高熱効率化 (平成10年以降)	140
10. 船用ガス機関の開発と実用化	162
11. 海外メーカの最新状況	170
12. 系統化調査のまとめと考察	174
登録資料候補	177
13. ガス機関技術の系統化年表および系統化図	178

■ 要旨

音の記録の歴史は、1877年のトーマス・エジソンによる、円筒式蓄音機「フォノグラフ」の発明で始まり、1888年には米国のオバリン・スミスが、蓄音機とは原理の異なる磁気記録の構想を発表した。10年後の1898年にデンマークのヴァルデマール・ポールセンが世界初の磁気録音機である、ワイヤレコーダー「テレグラフォン」を完成させた。ワイヤレコーダーは大きく普及することはなかったが、磁気録音の研究は世界各国で続けられ、1920年代に鋼線の代わりに、細かい磁性体を塗ったテープを記録媒体として使う磁気録音機が発明された。これを原型として1930年代のドイツで近代的テープレコーダーにつながる「マグネトフォン」が作られた。第二次大戦後、マグネトフォンの技術は米国によって詳しく調査された結果、本格的なテープレコーダーが完成し、放送局で録音放送用に使われるようになった。テープレコーダーは従来の円盤式録音機に比べて、録音に適した特長を持っていたため短期間で受け入れられた。程なく民生用テープレコーダーも多く作られ普及が始まるが、日本では東京通信工業がテープレコーダーの開発に早くから取り組み、独力で磁気テープと録音機を開発し、1950年に日本初のテープレコーダーを発売した。

1960年代になると、カーステレオの増大が一つのきっかけとなってカートリッジ式テープレコーダーの提案が相次ぎ、コンパクト・カセットが誕生した。日本メーカーはコンパクト・カセット式テープレコーダーの性能向上と小型軽量化に、技術面、商品面で多大な貢献を果たし、世界のテープレコーダー市場を席巻するまでになった。1979年には、コンパクト・カセットの普及を背景に「ウォークマン」が登場し、音楽リスニングのスタイルを大きく変える大ヒット商品となった。

本報告書では、音の記録技術の誕生から初期のテープレコーダーまでの歴史を振り返り、1960年代以降のコンパクト・カセットを中心とした技術と商品の系統化を試みた。「ウォークマン」については、小型化のための技術開発と商品コンセプトについて述べ、またテープレコーダーの最終発展型であり、デジタル・オーディオの先導役となったDAT (Digital Audio Tape recorder) の開発についても概要をまとめた。

日本の音響メーカーは、戦後、比較的早くからテープレコーダーの製造、販売を始めていたが、1970年ころから部品メーカーの技術力が向上し、精密な機械部品や高性能な電子デバイスが手に入りやすくなった。製品設計と部品技術がお互いの進化を促す好循環が、製品の競争力を非常に強くし、コンパクトカセット式テープレコーダーで大きな成功を収め、さらに世界中のオーディオ機器と音楽の楽しみ方を大きく変えるウォークマンを生み出し、世界のオーディオ市場で確固たる地位を築いた。昨今の音響機器は小型のメモリータイプのデバイスで、音楽ソースは圧縮音源が主流になっているが、現状にとどまることなく、より良い音を、より心地よく簡単に楽しめるような、画期的な製品やサービスが日本の業界から生まれることを期待したい。

■ Abstract

The history of sound recording started with the “Phonograph,” the machine invented by Thomas Edison in the USA in 1877. Following that invention, Oberlin Smith, an American engineer, announced his idea for magnetic recording in 1888. Ten years later, Valdemar Poulsen, a Danish telephone engineer, invented the world's first magnetic recorder, called the “Telegraphone,” in 1898. The Telegraphone used thin metal wire as the recording material. Though wire recorders like the Telegraphone did not become popular, research on magnetic recording continued all over the world, and a new type of recorder that used tape coated with magnetic powder instead of metal wire as the recording material was invented in the 1920's. The real archetype of the modern tape recorder, the “Magnetophone,” which was developed in Germany in the mid-1930's, was based on this recorder.

After World War II, the USA conducted extensive research on the technology of the requisitioned Magnetophone and subsequently developed a modern professional tape recorder. Since the functionality of this tape recorder was superior to that of the conventional disc recorder, several broadcast stations immediately introduced new machines to their radio broadcasting operations. The tape recorder was soon introduced to the consumer market also, which led to a very rapid increase in the number of machines produced. In Japan, Tokyo Tsushin Kogyo, which eventually changed its name to Sony, started investigating magnetic recording technology after the end of the war and soon developed their original magnetic tape and recorder. In 1950 they released the first Japanese tape recorder.

In the 1960's several cartridge-type tape recorders were developed to meet the requirements of car-stereo devices, and finally, the compact cassette system was introduced. Japanese manufacturers contributed to improving the basic recording performance of compact cassette recorders and to expanding the variety of available products, especially small-sized tape recorders. As a result, they attained a large market share in the worldwide tape recorder market. In 1979 the “Walkman,” a portable compact cassette player, was introduced to the market, and in a very short period it became very popular all over the world. The product concept of the Walkman was well accepted, and it changed the style of audio listening dramatically.

In this report I briefly describe the history of sound recording, particularly the progress and relation of magnetic recording technologies in the compact cassette system. I also describe the product concept and downsizing technologies of the Walkman. In the last section, I explain the development of digital audio tape (DAT), an advanced tape recording system that led to the rise of digital audio technology.

Japanese audio manufacturers joined the tape recorder market relatively soon after the end of World War II. Around 1970 the technical capabilities of device manufacturers increased rapidly, and many superior devices such as precision mechanical components and high-performance electrical devices became available on the domestic market. The synergy effect between product design and device technologies improved the competitiveness of the final products, and Japanese audio manufacturers achieved success in the compact-cassette tape recorder market. They changed the style of listening and the audio product itself with their introduction of the stereo-headphone “Walkman” in 1979. They ultimately succeeded in getting a huge market share of the worldwide audio market.

Many people have recently been enjoying listening to music supplied in a digitally compressed format with small portable devices and headphones. However, it is hoped that the Japanese audio industry will develop a revolutionary new product or service for a more comfortable listening experience with even better sound.

■ Profile

君塚 雅憲 *Masanori Kimizuka*

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48年	3月	大阪大学工学部機械工学科卒業
昭和48年	4月	ソニー株式会社入社
		音響機器、ストレージ機器の開発・設計に従事
平成18年	2月	株式会社スタート・ラボ 代表取締役
平成23年	12月	同社退社
		ソニー株式会社退社
現	在	東京芸術大学 非常勤講師
		日本オーディオ協会 理事

■ Contents

1. はじめに	185
2. 音の記録	187
3. 磁気録音の発明	189
4. 戦後のテープレコーダー	197
5. 国産テープレコーダーの発展	206
6. カートリッジ式テープレコーダーの登場	215
7. コンパクト・カセット式テープレコーダーの構成と性能	224
8. コンパクト・カセットにおける磁気テープ	227
9. コンパクト・カセット用磁気ヘッドの進歩	229
10. コンパクト・カセットでの3ヘッド方式開発	234
11. ノイズリダクション・システム	238
12. 駆動モーターの進歩	244
13. ヘッドホン・ステレオへの道程	251
14. デジタル・オーディオ・テープレコーダー (DAT) の開発	258
15. まとめ	269
テープレコーダーの系統図	271
年表	272
テープレコーダー 登録候補一覧	273