

プラネタリウム技術の系統化調査

Systemized Survey on Planetarium Technology

1

児玉 光義 Mitsuyoshi Kodama

■ 要旨

古代の人々にとって天体の運行は理解が難しい現象であった。彼等は、それを理解するため天球儀とオラリィ（太陽系運動儀）を作った。しかし、それらは宇宙の外側から眺めた模型で、直感的に理解するのが難しかった。

1923 年になって、ドイツのカール・ツァイス社が、天球の中から天体の運動を眺めるという画期的な装置を発明した。投映式プラネタリウムの誕生である。

このツァイスのプラネタリウムは、早速日本にも輸入され、1937 年に大阪四ツ橋の電気科学館に、翌年には東京有楽町の東日天文館に設置された。しかし、東日天文館のものは、1945 年 5 月の東京空襲で惜しくも焼失した。一方、電気科学館のものは 1989 年に閉館するまで 52 年間も活躍した。戦後、地方に住む子供たちにもプラネタリウムの魅力を伝えたいと考えた人々がいた。彼らはみな関西の人で、電気科学館のプラネタリウムを参考に、いろいろな簡易式プラネタリウムを開発し子供たちを楽しませた。その後、東京の五藤光学と大阪の千代田光学（現：コニカミノルタ）が、本格的な国産プラネタリウムの開発に参入した。そして、1959 年に五藤光学が中型プラネタリウム M-1 型を、1960 年に千代田光学がノブオカ式Ⅲ型を開発し、ここに本格的な国産プラネタリウムが誕生した。

1960 年代は、国産プラネタリウム黎明の時代で、ツァイスが大型機種のみだったのに対し、日本では各地の様々な施設で利用できるよう、大型から小型までいろいろな大きさのプラネタリウムが開発された。また、1970 年代は、発展の時代で、美しい星空の追及と惑星運動の高精度化および操作の自動化が行われた。さらに、1970 年代後半から 1980 年代前半までは、安定の時代で、1979 年が国際児童年に制定されると、プラネタリウムをより使い易いものにするためのモデルチェンジ等が行われた。

1980 年代後半からは、宇宙型の時代であった。1982 年にハレー彗星が検出され、1986 年に近日点を通過することが分かれると、宇宙に対する関心が急に高まった。これまでのプラネタリウムは、地球上から眺めた惑星の運動しか再現できなかった。そこで、太陽系近傍から眺めた惑星の運動をも再現する、宇宙型プラネタリウムの開発がさげられるようになった。そして、ついに 1984 年に五藤光学によって世界初の宇宙型プラネタリウム GSS-I 型が、1985 年にミノルタによって INFINIUM が開発された。

■ Abstract

The movement of celestial bodies was a difficult phenomenon for people who lived in ancient times to comprehend. They created celestial globes and orreries (models of the solar system) to help themselves understand. However, it was difficult for them to relate intuitively to the cosmos with models that represented the planets as seen from outside the solar system.

In the year 1923, German company Carl Zeiss AG invented a revolutionary device that enabled the movement of celestial bodies to be observed from within the celestial sphere. This represented the birth of the projection-type planetarium.

Zeiss planetariums were swiftly imported to Japan and installed in the Osaka Electric Science Museum in Yotsubashi in the year 1937 and in the Tonichi Tenmonkan in the Tokyo Nichi Nichi Shimbun Building in Yurakucho, Tokyo, the following year. However, the one in the Tonichi Tenmonkan was unfortunately destroyed by fire due to the Tokyo Air Raid of May 1945. On the other hand, the planetarium installed in the Osaka Electric Science Museum continued to be used for fifty-two years up until 1989, when the museum was closed. There were also people in the post-war period who wanted to treat children who lived in rural areas to the charm of planetariums. They were all from the Kansai region, and they developed various types of simple planetarium to delight children based on the model in the Electric Science Museum. Following this, Goto Inc. of Tokyo and Chiyoda Kogaku Seiko of Osaka (currently Konica Minolta) entered the race to develop the first authentic planetarium produced in Japan. This resulted in Goto Inc. developing a medium-sized M-1 planetarium in 1959 and Chiyoda Kogaku Seiko developing the Nobuoka Mark-III planetarium in 1960, which launched the start of genuine Japan-made planetariums.

The 1960s represented the dawn of Japan-produced planetariums, and whereas Zeiss produced mainly large-scale models, the Japanese manufacturers developed planetariums of various sizes, from small to large to be used in a wide range of facilities in all localities. During the period of growth in the 1970s, increased effort was put into reproducing beautiful starlit skies and the accuracy of planet movements, and operations were automated. And, during the period of stability from the late '70s through to the early '80s, planetariums were upgraded, etc., to make them easier to use in alignment with 1979 being designated the International Year of the Child.

The era of space-centric models began in the second half of the 1980s. Haley's Comet was detected in 1982 and it was discovered that it would reach its perihelion and pass close to the sun in 1986, which led to a rapid heightening of interest in space. Up until this point, planetariums were able to reproduce only the movement of the planets as seen from earth. It was around this time, however, that space-centric planetariums that could reproduce the movements of the planets as seen from the solar system's neighbourhood began to be developed. This resulted in the development of the world's first GSS-1 space-centric planetarium by Goto Inc. in 1984, and the INFINIUM by Minolta in 1985.

■ Profile

児玉 光義 Mitsuyoshi Kodama

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

1963 年 山形県立寒河江高等学校 卒業
1963 年 株式会社五藤光学研究所 入社
製造部でプラネタリウムの据付調整を担当
1972 年 ミノルタカメラ株式会社 入社
プラネタリウム設計課で恒星原板の開発に従事
1973 年 宮崎交通株式会社 入社
宮交シティ・宇宙ミュージアム、チーフ・ディレクター
1981 年 株式会社五藤光学研究所 再入社
Yプロジェクトで宇宙型プラネタリウムの開発
1986 年 株式会社五藤光学研究所 システム設計課 課長
1995 年 株式会社五藤光学研究所 企画部 課長
1998 年 株式会社五藤光学研究所 第一営業 主幹
1999 年 株式会社五藤光学研究所 第一営業 執行役員
2002 年 株式会社五藤光学研究所 経営企画室
SE プロジェクト担当

■ Contents

1. はじめに	4
2. 投映式プラネタリウム誕生の背景	5
3. 国産プラネタリウムの誕生以前	11
4. 国産プラネタリウムの誕生	20
5. 国産プラネタリウムの仕組みと構造	35
6. 国産プラネタリウムの発展	74
7. 宇宙型プラネタリウムの開発	90
8. おわりに・謝辞	103

磁気テープ技術の系統化調査

Systemized Survey on Magnetic Tape Technologies

2

斉藤 真二 Shinji Saito

■ 要旨

本調査報告は磁気テープの数十年の歴史を製品と技術の二つの側面から系統的にまとめたものである。

19世紀最後の年である1900年、鋼線に音声信号を記録する最初の磁気記録のデモンストレーションが行われた。磁気テープへの最初の記録は1928年であった。第二次世界大戦後に磁気テープは米国で急速に技術開発が進み、1950年代に入ると音声記録だけでなく映像記録、黎明期のコンピュータのデータ記録用として実用化されるようになった。その後、現在に至る60年以上にわたり磁気テープは進化し続け、産業社会の発展に貢献し個人の生活を豊かなものにしてきた。光ディスクやフラッシュメモリの出現やハードディスクの進化は20世紀末であり、磁気テープはそれまでの約半世紀にわたり一般に広く普及した唯一の記録メディアと言っても過言ではない。

磁気テープと言えば、多くの人はVHSテープやコンパクトカセットテープを思い浮かべるであろう。これらは21世紀になると一般家庭からは徐々に姿を消したが、放送用やコンピュータ用で今も活躍している。半世紀以上の歴史の中で様々な磁気テープが生まれその種類は数十にも及ぶ。この間に磁気テープの面記録密度は10年で10倍のペースで向上し音声、映像記録システムの高品位化や小型化を実現し、IT時代の今日においても大容量データの保存を可能にし社会に貢献している。

本調査報告は主に磁気テープのメディア技術に主眼を置いたものだが、最初に比較的社会に馴染みのあるシステム製品の変遷を、次にそれを実現したメディア技術の進歩とハード技術との融合の経緯をまとめた。システムの歴史の重要な節目は、音声／映像用の分野では1970年代の民生用への展開と1990年代のアナログ記録からデジタル記録への転換であり、コンピュータ用の分野では1980年代のハードディスクとの競合の始まりと2000年代のビッグデータ時代への対応である。メディアの歴史の重要な節目は磁性体の進化と磁性層の薄層化である。

磁気テープシステムの製品と技術の多くは欧米発祥であるが、磁気テープの全盛期である1980年代、1990年代の民生用、放送用システムの発展には日本企業が大きく貢献した。一方でコンピュータ用システムは今日に至るまで一貫して米国企業が主導している。これに対し、メディアは黎明期を除き用途を問わず日本企業の独壇場であった。磁気テープの実用化には微細な領域での高度な摺り合わせ技術が必要であり、それが日本企業のもつ開発力の強みと合致していたことがその理由と考える。

21世紀になり競合メディアの台頭により、磁気テープシステムはデータのバックアップとアーカイブの用途に限定されるようになった。一方で、記録が必要な情報量は膨張し続けている。情報化社会における磁気テープの今後の役割についても考察した。

■ Abstract

This research report systematically summarizes the several decades of history of magnetic tape from two aspects: product and technology.

In 1900, the last year of the 19th century, the first magnetic recording demonstration of audio signals on steel wires was performed. The first recording on magnetic tape was in 1928. After World War II, further, rapid development of magnetic tape took place in the United States, and in the 1950s, magnetic tape was put to practical use not only for audio recording but also for video recording, and data recording at what was then the dawn of the computer age. Since then, magnetic tape has continued to evolve over the past 60 years, contributing to the development of industry and enhancing the quality of people's lives. With optical disks and flash memory having emerged only at the end of the 20th century, along with the evolution of hard disks, it can safely be said that magnetic tape was the only recording medium generally used in the preceding half century or so.

Mention magnetic tape, and most people will think of VHS tapes and compact cassette tapes. These gradually disappeared from ordinary households in the 21st century, but are still actively used in broadcasting and computer applications. In the more than half-century-long history of magnetic tape, dozens of types of it were created. During this time, the areal recording density of magnetic tape increased ten-fold every ten years, allowing the achievement of high audio video recording quality and the miniaturization of recording systems. And it still makes a contribution in today's IT era by enabling the storage of large volumes of data.

This research report mainly focuses on the media technology of magnetic tape, but firstly summarizes the changes that have happened in relatively familiar system products, the progress of media technology that facilitated these changes, and how this media technology has merged with hardware technology. Important milestones in audio-video recording systems are their opening up for consumer use in the 1970s and the transition from analog recording to digital recording in the 1990s, and, in computers, the start of competition with tape from hard disks in the 1980s, and, as a result, the development of kinds of tape suitable for the big data era of the 2000s. Important milestones in media history are the evolution of magnetic materials and the thinning of magnetic layers.

Most magnetic tape and media technology originated in Europe and the United States, but Japanese companies contributed greatly to its development for consumer use and broadcast systems in the 1980s and 1990s, the heyday of magnetic tape. Meanwhile, computer system development has been consistently led by US companies to date. On the other hand, regardless of their use, Japanese companies have been at the forefront of media development except in the early days. This is thought to be because Japanese companies' development capabilities are fitted to the high level of skill needed to enable the fine integration of interfaces necessary for the practical application of magnetic tape.

In the 21st century, with the rise of competing media, magnetic tape systems have been limited to data backup and archive storage, but the amount of information that needs to be recorded continues to expand. The future role of magnetic tape in the information age was also discussed.

■ Profile

斉藤 真二 *Shinji Saito*

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

1981 年 東京大学工学系大学院修了
 富士写真フイルム入社 磁気記録研究所に配属
 磁気テープを中心とした記録メディア開発に従事
1993 年 磁気材料研究開発センター 主任研究員
2004 年 記録メディア研究所 部長
2008 年 記録メディア研究所 所長
2012 年 知的財産本部 部長
 全社事業の知財戦略立案に従事
2013 年 市村産業賞 本賞受賞
2017 年 富士フイルム退職

■ Contents

1. はじめに	110
2. システム製品からみた磁気テープの変遷	112
3. メディア技術からみた磁気テープの進歩	137
4. 磁気テープ技術における変革点	171
5. 磁気テープ産業の特徴と日本企業の貢献	179
6. 磁気テープの社会貢献 過去と将来	183
7. おわりに	186
8. 謝辞	188

電力系統と電力系統技術発展の系統化調査

3

Comprehensive Survey on the History of Power Systems and Power System Technologies in Japan

鈴木 浩 Hiroshi Suzuki

■ 要旨

本調査では、わが国における電力系統と電力系統技術の歴史の体系化に取り組んだ。

電力系統とは、電力を需要家の受電設備に供給するための、発電・変電・送電（66 kV 以上）・配電（100 V まで）を統合したシステムである。日本では、10 の電力会社がそれぞれ電力系統をもち、沖縄電力を除いた 9 電力会社の電力系統は近隣の電力系統と弱い連系で接続されている。相互影響が少ないが、ある電力系統が不安定になると、接続された他の電力系統に影響を与える。

一方、電力系統技術とは、電力系統を構成、計画、運用、制御、解析する技術であり、電力系統の実装のために必要な工学的技術をいう。わが国の電力系統技術は、1960 年代にアメリカで開発されたものを技術輸入してわが国で開発を開始した。その後、わが国の電力系統の特殊性を考慮した多くの電力系統技術が開発されている。こうした技術開発を担っていたのが重電メーカーといわれる企業である。日立、東芝、三菱電機をはじめとする総合電機メーカー、富士電機、明電舎、日新電機などの多くの重電メーカーが存在し、しのぎを削っていた。

本報告書では、まず、わが国の電力系統発展の歴史を東京電力、関西電力、中部電力を例としてそれらと比較しながら年代、社会的背景を追って紹介した。次に、わが国の電力系統の構成、制御システムを実現するきっかけとなった大規模な停電を紹介した。また、わが国の電源計画、送電系統の計画とはどのようなものかを示した。将来の電力系統を考えるにあたって検討されたが、現在は使われていない電力系統技術がほかへの展開が図られた例や将来への期待とともに紹介した。

電力系統技術として、現在も幅広く使われている機器、システム、解析技術を中心にその歴史的背景と、開発上の困難さを紹介した。具体的には、需給制御と周波数制御、系統安定性を維持するのに必要な電力系統制御の発展の歴史をまとめた。また、系統解析技術、STATCOM、シミュレータの開発の歴史を紹介した。

わが国では、当初 9 つの電力会社が供給義務と引き換えに地域独占を行っていたことから、電力会社が国内では大きな力を有していた。重電メーカーは電力会社の厳しい仕様に沿った最高の技術を用いた高性能の素子、機器やシステムを生んできた。この点で、わが国電力産業の構造は利点であったと言える一方、国際的にみると、わが国のメーカーの競争力はこれまで強い力を有していたとはいえない。本報告ではこうした点にも触れている。

■ Abstract

In this study, the author aims to systematize the history of power systems and power system technologies in Japan.

An electric power system is a system that integrates power generation, transformation, transmission (66 kV or more), and distribution (up to 100 V) to supply power to customers' facilities. In Japan, 10 electric power companies have their own electric power systems, and the 9 electric power systems except Okinawa Electric Power are weakly interconnected to the neighboring electric power systems. Although the mutual influence is limited, the instability of a certain power system can affect other connected power systems.

Power system technology is for designing, planning, operating, controlling and analyzing a power system, and involves engineering techniques necessary for implementing a power system. Japan's power system technology was developed by importing technology developed in the United States in the 1960s. Since then, power system technologies to address the uniqueness of Japanese power systems have been developed. Electrical manufacturers, such as Hitachi, Toshiba, Mitsubishi Electric, Fuji Electric, Meidensha and Nissin Electric, were responsible for this technological development and engaged in fierce competition.

In this report, the author first illustrates the history and social background of power system development in Japan over the years, comparing Tokyo Electric Power, Kansai Electric Power and Chubu Electric Power as examples. Secondly, he focuses on the large-scale power outages that triggered the achievement of the current power system configurations and control systems in Japan and also on power generation planning and transmission system planning in Japan. Thirdly, the author refers power system technologies that were originally developed to shape future power systems. Some of them were eventually diverted to other applications and others are candidate technologies for the future. Fourthly, this report explains the historical background and the difficulties in power system technology development centering on the equipment, control systems and analysis technologies that have been broadly used up to the present. Specifically, the history of the development of power system controls necessary to maintain supply and demand control, frequency control, and system stability control is summarized. Fifthly, the report also covers such topics as the history of the STATCOM, system analysis technologies and simulator development.

In Japan, electric power companies held dominant power because the above-mentioned 9 companies had a regional monopoly in exchange for their obligation to supply power. Electrical manufacturers have produced high-performance elements, devices and control systems combining optimum technologies in order to meet the specifications demanded by electric power companies. In this respect, it can be said that the industrial structure of the power industry was an advantage in Japan. Nevertheless, from an international perspective, the competitiveness of Japanese electrical manufacturers has never been strong. These issues are also discussed in this report.

■ Profile

鈴木 浩 *Hiroshi Suzuki*

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

1974 年 3 月 東京大学工学系大学院博士課程修了、工学博士
1974 年 4 月 三菱電機株式会社に入社、以後 29 年間電力系統
技術開発に従事
1979 年 米国ウエスティングハウス社にて実習
2000 年 4 月 三菱電機株式会社 役員技監
2003 年 4 月 ゼネラルエレクトリックに入社
2012 年 4 月 日本経済大学大学院教授、研究科長
2018 年 4 月 国立科学博物館 主任調査員

■ Contents

1. はじめに	198
2. 社会変化と系統構成	200
3. わが国における大停電の歴史	207
4. 電源開発計画	220
5. 送電網の計画	222
6. 将来のための技術	227
7. 需給・周波数・運用制御の歴史	235
8. 系統安定化制御の歴史	244
9. 電圧制御の歴史	249
10. 電力系統技術の開発史	252
11. 電力系統技術を支えてきた組織	266
12. おわりに	268

書込型光ディスク技術の系統化調査

Systematized Survey on Writable Optical Disc Technologies

4

武田 立 Toru Takeda

■ 要旨

1980年代後半から日本で本格的に始まった「光ディスク産業」の技術的足跡について、産業史的背景とともに述べている。

「ディスク再生」という単語は1970年代に発表された独国テレフンケン社の発表に遡る。この「ディスク」は1面で10分程度の動画を再生できるもので、ピックアップは今のようないレーザー光ではなく、「圧電素子」であった。これを現在の「レーザー光」読み出しに「変革」したのは1910年創業のかつてのベンチャー・日立製作所(株)の研究陣であった。その背景には、H. H. Hopkinsという1950年代に活躍した英国の物理学者の学術的成果^{*1}があった。また、パソコンで書き換えが可能な「記録再生」できる相変化記録膜を発明したのは同じく国内の松下電器(株)(現パナソニック)の研究陣であった。さらに、現在では圧倒的に安価な記録媒体として普及しているCD-RやDVD-Rに使われている「色素記録膜」の発明もまた日本企業・太陽誘電(株)の女性研究員であった。したがって、現在用いられている「光ディスク」の要素技術は「日本産業界の発明」と言っても過言ではない。

本書はこれらの経緯を紹介するとともに、1980年代に始まった「光ディスクの国際標準化」と、「デジタル映像記録」の先駆けとなった「記録型DVD」誕生のいきさつを含む、「技術の系統化」について詳述するものである。

一方、「産業史」として眺めた場合の「光ディスク産業」には、他の産業と同様に多くの「思い違い」や「想定外」の出来事が起こった。これらも記録にとどめておく必要性が高いと思われるので取り上げ、事実とその結果を記述した。その「代表」は、現在も「CD」として広く世に使われている120mm径ディスクとの互換を念頭に置かなかった「ISO標準化」の「失敗」であり、もうひとつは、「1回しか書き込みのできない」CD-RやDVD±Rの大成功である。その結果、やや混乱気味に林立したDVDフォーマットを用いた映像記録ディスクについても解説を加えた。

また「産業史」として「光ディスク産業」を眺めた場合、いわゆる「団塊の世代」が当時の主要な活躍世代であったので、どのような領域に重点配置され、どのように活躍したのかを探るため、特許庁の検索システム「Plat-Pat」を用いてこれを概観した。

これらの考察の結果として、一連の「光ディスク産業」史を「ゼロから立ち上がった1兆円産業」と、著者は呼称することにした。

■ Abstract

The paper outlines the traces of technology in the optical disk industry, which started in earnest in Japan in the late 1980s, together with the historical background of the industry.

The term “disk playback” can be traced back to an announcement made by German company Telefunken in the 1970s. The disk referred to at this time was capable of playing back ten-minutes’ of video footage from each side, and the pickup used was not a present-day laser beam pickup, but a piezoelectric element. The innovation that changed the method of reading data with laser beams currently in use was conceived by a team of researchers at Hitachi Ltd., a company that started off as a venture company founded in 1910. Behind this innovation lay the academic achievements of a British physicist named H. H. Hopkins in the 1950s^{*1}. And, the invention of phase-change recordable layer technology, which enabled data to be overwritten onto personal computers, was made by a team of researchers at Matsushita Electric Ltd. (currently Panasonic Corporation), which was also a Japanese company. In addition, the die-based recording layer currently used on CD-Rs and DVD $\pm$ Rs, which are overwhelmingly used as inexpensive recording media, was invented by a female researcher at Taiyo-Yuden Co., Ltd., another Japanese company. It is therefore no exaggeration to say that the elementary technologies for optical disks in present-day use were all invented by Japanese industry.

In addition to details on the events leading to the above, this paper also outlines the international standardization of optical disks, which began in the 1980s, and the systematization of technologies that led to the birth of the DVD, which was one of the first mediums for recording digital video footage.

On the other hand, when observing the optical disk industry from the point of view of its history, it is clear that it experienced as many misunderstandings and unintended events as any other industry. These items are raised in the paper due to it being believed that there is a need to maintain records of this, as well as the facts and results pertaining to them. One of the events representative of this was the failure of ISO standardization to take into account NO compatibility with 120mm-diameter disks, which are now widely used throughout the world in the shape of CDs, and another was the outstanding success of CD-Rs and DVD $\pm$ Rs on which data could only be written once. The paper also includes an explanation of video recordings using DVDs as a result of this, which was surrounded with a certain amount of confusion.

When examining the optical disk industry from the point of view of its history once again, the so-called baby-boomers were the main active generation at that time, and the paper uses the Plat-Pat search system adopted by Japan Patent Bureau in order to learn where the main focus was placed and what activities were initiated with regard to this.

As a result of this study, the author has named this series of events in the optical disk industry “a trillion-yen industry raised from scratch”.

*1 : H.H. Hopkins, Wave Theory of Aberrations, Oxford University Press, 1950.

■ Profile

武田 立 *Toru Takeda*

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・工博

1974 年 北海道大学大学院工学研究科修士課程修了
同年 旧電電公社入社、同社武蔵野電気通信研究所配属
大型コンピューター用記憶装置等の開発に従事
1989 年 ISO/IEC/SC23 光ディスク標準化機構日本代表委員、
同国内 WG 副査等
1992 年 ソニー(株)入社、総合研究所でPC用記憶装置の研究
開発等に従事
1996 年 DVD+RW の6社アライアンス主宰
2004 年 小樽商大・同志社大：非常勤講師、「技術と事業革新」
等担当
2006 年 ソニー(株)技術戦略部統括部長、社内新規技術開発
案件の改廃を担務
2010 年 ソニー(株)退職、三菱化学(株)情報電子本部フェ
ロー
2013 年 東北大学特任教授、東北大学ベンチャーパートナーズ
(株)設立等
大学発ベンチャーの発掘と育成に参画
2017 年 一般社団法人 研究産業・産業技術振興協会所属
2019 年 現職

■ Contents

1. はじめに	276
2. 要素技術の出発点	279
3. 光ディスクに用いられる要素技術の詳細	281
4. 光ディスクに必須な互換性とその範囲・種類	293
5. 書込型光ディスク国際標準化作業の軌跡	298
6. 事業展開上の課題	307
7. 可換媒体のサイズ競争と光技術の競合	309
8. 「映像」のデジタル化	311
9. 旧 SD 陣営の逆襲	313
10. DVD の市場投入	316
11. 「製造産業」としての「光ディスク」	320
12. むすび	323
13. 謝辞	325