

アナログディスクレコード技術の系統化報告と現存資料の状況

～機械式録音から電気式録音へ、そして長時間化とステレオ化へ～

1

Historical Development of Analog Disc Recording Technology and Artifacts Now in Existence
— Shift from Mechanical to Electrical Recording Methods for Longer Duration Recordings, and Stereo Sound —

穴澤 健明 Takeaki Anazawa

■ 要旨

本報告書第2章「レコードの誕生からその繁栄まで」では、次の内容について記述した。アナログレコードの歴史は1877年（明治10年）のアメリカ人エジソン（Thomas Edison）の録音再生が可能な円筒（シリンダ）方式の蓄音器「フォノグラフ」の発明に始まる。その10年後の1887年（明治20年）には、ドイツ人ベルリナー（Emile Berliner）が円盤式蓄音器「グラモフォン」を発明し、第1次世界大戦の終了後までの円筒方式と円盤方式との競合の時代を経て、大量複製が容易な円盤方式のアナログレコードが大勢を占めるに至った。

続く本報告書第3章「アコースティック式（機械式）吹込みレコードとそのプレーヤの誕生」では、我が国の以下の状況を記述した。19世紀末に円筒方式の蝋管の輸入が始まり、20世紀に入ると既に存在していた欧米のレコード会社が日本での録音を開始し、製造を欧米で行った後日本に輸出した。その後の1909年（明治42年）には、日米蓄音器製造（株）が日本で最初の円盤レコード（直径10インチ78回転片面盤）を製造し、日米蓄音器商会在販売を開始した。その翌年の1910年（明治43年）に日本蓄音器商會（前年日米蓄音器商會を改称）が国産第1号蓄音器を発売した。

本報告書第4章「電気吹込み時代の到来」では、第1次世界大戦終了後の状況を記述した。放送が始まり、このために真空管やマイクロフォン等多数の開発が行われた。これに伴い1924年（大正13年）には、アナログレコード録音にも、それまでの電気を使わない機械式レコード録音法に代わってより音質の優れた電気録音法の時代が到来した。蓄音器は当初自分で録音しその後自分で再生する機械であったが、溝を切削したアナログレコードの原盤に導電性を付加し、プレス原盤を作成し成型を行うと大量の複製が容易になった。この利点を生かし、アナログレコードは音楽流通手段として活用されると共に、海賊盤にも悩まされることとなった。

一方放送局での番組制作では、磁気録音機が導入される1950年（昭和25年）ごろまで、番組制作のために円盤録音機が使用され、1936年（昭和11年）のベルリンオリンピックはその代表的な例であった。我が国でもその次の1940年（昭和15年）の東京オリンピックのために円盤録音機の開発が行われ、海外製をしのぐ音質と性能を持ちながら、中止となった次の東京オリンピックに生かすことはできず、終戦の詔勅の放送に使われた。この戦前戦中戦後の時代、我が国では多くの先人たちが独創的な開発を行い、最長36分間の録音再生時間を誇ったフィルモン、上記円盤録音機、放送用マイクロフォン、磁気録音機等の画期的な開発が行われ、戦後に発展する日本の民生用機器開発の基礎を築いた。

本報告書第5章では、「アナログレコードの長時間化とステレオ化」の推移を辿った。まずマイクロフォンからその收音方法と音場再生の概要について触れる。その後で録音から、編集、ミックスダウン、カッティング（マスタリング）までの音源收音収録技術の変遷を辿った。その次に、録音再生イコライザの統一や円盤レコードの較正法と機器の測定に使われたテストレコードについて触れた。併せて円盤レコードの再生ひずみの補正技術や4チャンネルレコードに至るまでの溝切削技術の発展について解説を加えた。同じ第5章の後半では再生専用円盤レコードの製造技術と円盤レコードの材料の改善についても触れた。具体的には、レコード原盤への導電性の付加、ラッカー盤への銀鏡法の適用、マスター、マザー、スタンパーの製法、円盤レコード製造工程の変遷、レコード原材料の変遷に触れ、フォノシートなど各種特殊レコードについても説明を加えた。その後、円盤レコードプレーヤの発展と題し、蓄音器、電蓄、LP、ステレオの各時代についてカートリッジを中心にトーンアームやフォノモータについても説明加えた。

本報告書第6章以降は、状況の推移を理解するための背景となる情報を中心に記述した。第6章では、レコード業界、レコードプレーヤ業界の変遷及び出荷推移について報告した。次の第7章では、レコード関係の国際規格、国内規格、業界規格などの各種規格について説明を加えた。第8章では音楽録音物の付番方法とその権利保護方法について解説を加えた。第9章では現存資料の状況について報告した。

オーディオの黎明期の発展は本文で述べる通り米国の会社の技術開発によるところが大きい。規模は限られるが日本でも米国勢のレベルを凌駕した技術開発が情熱に燃えた技術者によって行われた。その代表的な例として、優れた特性を持つカッターヘッドを開発した坪田、世界に先駆けてコンデンサーピックアップやコンデンサーイヤースピーカを開発した林、民生用磁気録音機を開発した井深などがあげられる。その後世界に誇れる民生機器が我が国で数多く誕生した。中でも1970年代はじめの我が国でのデジタル録音の実用化とその10年後のCDの開発導入は特筆に値する。その一方で、デジタル技術は、芸術に近い分野ではアナログでの達成レベルを超えられないのではとの指摘もある。日本をはじめとするオーディオ技術者が、叡智を結集してこのハードルを越えていくことが望まれる。

■ Abstract

Chapter 2 of this study, titled "From the Advent of Sound Recording to Its Overwhelming Acceptance," touches on related developments, as follows. The history of analog recordings dates back to 1877 when American inventor Thomas Edison came up with a new phonograph that enabled users to record sound onto a recording cylinder and replay that audio. In 1887, just 10 years later, German inventor Emile Berliner created the gramophone. The era from that time up until the end of the World War I was one where the cylinder-based recording medium competed with the disc-based medium. Later, the disc medium which was more conducive to mass replication went on to dominate in the realm of analog recordings.

Chapter 3 of this study, titled "Birth of Acoustic (Mechanical) Recording and Acoustic Players," describes developments in Japan with respect to audio recordings, as follows. Toward the end of the 19th century, Japan began importing wax cylinder audio devices. At the beginning of the 20th century, already-established Western record companies began making recordings in Japan, and then reproduced those recordings back home for export to Japan. In 1909, a Japanese company began manufacturing disc-shaped records (single sided 78-rpm records, 10-inches in diameter), which were released under the "Nipponophone" label. One year later, in 1910, Japan's first domestically produced gramophone player was released.

Chapter 4 of this study, titled "Arrival of the Electrical Recording Era," describes circumstances ensuing after the end of the World War I. This era marked the advent of broadcasting, the success of which hinged on numerous developments such as with respect to vacuum tube and microphone technologies. Such efforts ushered in an era in analog recording, beginning in 1924, where electrical recording offering superior audio quality came to replace earlier mechanical recording techniques that did not use electricity. Initially, users of gramophones would have to make their own recordings for playback sometime later. However, it became easier to mass-reproduce analog recordings with the advent of electronic recording, where records could be produced using conductive analog record masters with pre-cut grooves. Whereas this enabled distribution of analog recordings of music, it also gave rise to issues with respect to the piracy of music recordings.

Meanwhile, up until the introduction of magnetic recording devices in 1950, broadcasters would create program content using disc-based recording equipment, one prime example of this being coverage of the Berlin Olympics in 1936. Japan also embarked on development of disc-based recording equipment offering performance and audio quality exceeding that of equipment from overseas, with the intent of using it in what were to have been the 1940 Tokyo Olympic Games. However, whereas the eventual cancellation of those games meant that those devices were ultimately not used for that purpose, they would later be used in broadcasting the imperial edict that brought World War II to an end. During the immediate pre-war to post-war era many Japanese engineers engaged in original development efforts, which yielded breakthrough technologies such as Filmon sound belt devices which offered up to 36-minute recordings, the disc recording equipment mentioned previously, broadcast microphones, and magnetic recording devices. These technologies would go on to form the foundations of consumer devices developed in Japan after the war.

Chapter 5 of this study, titled "Longer Duration Analog Recordings and Shift to Stereo Sound," traces such developments. First, the chapter overviews developments with respect to methods for picking up sound with microphones and sound field reproduction. It then goes on to trace changes in sound pick-up and recording technology from the recording stage to that of editing, mix down, and cutting (disc mastering), both analog and digital. The chapter then touches on the topic of integrating recording and playback equalizers, and that of test recordings that draw on recording disc calibration methods and monitoring of recording devices. Explanations are also given with respect to development of technologies for correcting recording disc playback distortion and those for cutting grooves on recording media with up to four channels of audio. The latter half of Chapter 5 touches on technologies for manufacturing read-only records and looks at improvements in materials used in making records. More specifically, this section provides details on developments with respect to conductive properties of master recordings, use of electroplating techniques with lacquer masters, manufacturing processes for master plates, mother plates and stampers, and record manufacturing processes. It also touches on changes with respect to base materials used in making records, and adds details about the flexidisc format (flexible records) and other special types of records. The chapter later introduces the subject of developments in record player technology, providing details about pick-up cartridges, tone arm and phono motors, throughout the respective gramophone, tuner equipped player and stereo set.

Chapter 6 and later chapters delve into background details necessary in understanding technological developments. Chapter 6 goes into changes in the record and record player industries, and trends with respect to factory shipments. Chapter 7 looks at various standards, such as international, Japanese and industry standards related to recordings. Chapter 8 delves into numbering schemes of the International Standard Recording Code and respective means of copyright protection. Chapter 9 conveys details about artifacts still in existence.

As this study suggests, American companies played a large role in the early days of analog audio recordings. On a more limited scale, Japanese engineers fueled by a passion for such technology also developed superior technologies, on par with those coming from the U.S. Some prime examples of this include the likes of Koichi Tsubota who developed a superior cutter head, Naotake Hayashi who developed a world-leading condenser pick-up and condenser "ear speakers," and Masaru Iwuka who developed magnetic recording devices for consumer use. Many other world class consumer devices were later conceived of in Japan, including noteworthy developments with respect to the introduction of practical digital recording applications in the 1970s and development and market launch of compact disc technology 10 years later. Meanwhile, some have asserted that digital technology is unlikely to surpass levels achieved using analog means in areas with a close connection to the arts. Going forward, it is hoped that audio engineers from Japan and other countries will mobilize their collective talents and knowledge in order to overcome such hurdles.

■ Profile

穴澤 健明 *Takeaki Anazawa*

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

1967年3月 早稲田大学理工学部電気通信学科卒。
1969年3月 同大学院理工学研究科音響工学専攻修士課程修了。
1970年4月 日本コロムビア株式会社入社、同社録音部に音楽コンテンツのデジタル化、4チャンネルオーディオ、カラオケ等の開発とその制作現場での運用に従事。
1972年4月 録音制作現場用PCM/デジタル録音装置実用化。
1974年より1985年 欧州、米国でのクラシック他のデジタル録音制作に従事。
1992年3月 デジタル・オーディオ技術での顕著な功績によりAESシルバメダル受賞
1995年6月 日本コロムビア株式会社取締役役に就任。
2001年10月 同社取締役を退任し、同社及び株式会社デノン常務執行役に就任。
2002年3月 両社常務執行役を退任。
2002年5月 株式会社ディアールエムソリューションズ代表取締役役に就任。
2009年3月 同社代表取締役退任。
2013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に就任。

一般社団法人日本オーディオ協会理事
AES (Audio Engineering Society) フェロー
日本音響学会会員

■ Contents

1. はじめに	3
2. レコードの誕生から繁栄まで	4
3. アコースティック式(機械式)吹き込みディスク・レコードとそのプレーヤの誕生	6
4. 電気吹き込み時代の到来	10
5. 円盤レコードの録音再生時間の長時間化とステレオ化	19
6. レコード業界及びレコードプレーヤ業界の変遷及び出荷推移	54
7. レコード関係各種関連規格他について	58
8. 音楽録音物の付番方法及び保護方法について	60
9. 現存資料の状況	63
10. おわりに	66

1 | はじめに

音響学は古代エジプトや古代ギリシャの時代から存在した自然科学の一分野をなす学問であるが、その音響学はまず数学や物理学での理論の構築と証明ばかりでなく、楽器や教会、寺院等の会堂建築の設計など実践的な場にも生かされた。その後19世紀後半にレコードが発明され、20世紀になってこのレコードがハードという古典的な物作り産業だけに限定されることなく、当初あまり期待されていなかったコンテンツ産業と言う新しい強力な助っ人が登場し、産業としての発展と繁栄の時期を迎えた。

このコンテンツ産業には、機械工学、電気工学、音響学、化学など広範な技術や学問が関わり、その根幹をなす音響学は、理学と工学の両領域の境界領域に位置する基礎境界領域の学問である。したがって純粋に工学的な事象ばかりではなく、工学とは領域の異なる事象が多く存在する。この産業で特筆すべきことは、工学的な機器の領域内の技術は勿論のこと、工学の領域外の芸術までもが含まれていたことにある。

事実レコードの技術革新の歴史には、偉大な芸術家達が登場した。SPの初期は、イタリアの名歌手エンリコ・カルソーの最盛期であり、人々はSPレコードと蓄音器で彼の美声を楽しみ、エジソンの愛した作曲家スーザの行進曲がレコードや放送を介して米国人を楽しませた。SPレコードには、ピカソと並ぶスペインの芸術家であり、ファシズムにも対抗した名チェリスト、パブロ・カザルスの名演も、哲学者でありバッハ研究者でもあり、オルガン奏者でもあったアルバート・シュヴァイツァーの深遠な精神世界を代表するオルガン演奏も残された。LPやステレオLPレコードの時代には、国産LPの最初の盤（5.5.5参照）となっ

たブルーノ・ワルター他ナチスドイツの圧制を逃れた名演奏家たちが活躍した。戦後のハンガリー動乱で西欧に亡命した名演奏家達のレコードでの活躍も見逃せない。ハンガリーを代表する作曲家ベラ・バルトークの息子ピーター・バルトークは、ニューヨークで録音技師として活躍し、母国ハンガリーを逃れた名チェリスト、ヤーノシュ・シュタルケルの演奏するコダーイの無伴奏チェロソナタを録音し、この録音は「松脂の飛び散る音がする」と言われ、録音史上もっとも有名なLPとなった。国産初のステレオLPレコードの指揮を担当したフリッツ・ライナーもハンガリー系であった。EPレコードは、美空ひばり、エルヴィス・プレスリー、ビートルズという日米英を代表する歌手たちの存在とは無縁ではなかった。日本が世界に向かって取り組んだPCM/デジタル録音活動では、無名であった才能豊かなポルトガルの新人ピアニスト、マリア・ジョアオ・ピリス（ピレシュとも呼ばれる）をモーツァルトのピアノソナタ全集で世界に送り出した。またチェコの至宝スメタナ弦楽四重奏団によるベートーヴェンの弦楽四重奏曲全集、エリアフ・インバル指揮によるマーラーの交響曲全集も世界に問うた作品であった。成功を取めたレコードの技術革新の傍らには、いつも第一級の芸術家が存在したのである。

レコードの歴史の中で蓄えられた技術の中には記録再生媒体の製造技術、コンテンツデータの書き込み技術、その長期保存技術、大量複製技術、流通システム、著作権保護技術等も含まれている。これらの経験や成果は、今後の本格的なネットワーク社会での大量複製の伴わないデジタルメディアコンテンツの流通にも、生かされてゆくものと思われる。

2 | レコードの誕生から繁栄まで

レコードはトーマス・エジソンによって1877年に発明され、その歴史はその時からすでに137年目を迎えている。この137年に渡る変遷を図2.1に示す。

この図2.1には、それぞれの時代の収録、録音等の制作方法、円盤レコードの直径、回転数、音溝、円盤レコードの材料、演奏時間、再生周波数帯域、ダイナミックレンジ等が示されている。

また図2.1には、SP、LP、EP、CD以外の音楽メディアとして円筒（シリンダ）、1930年代に日本で開発された30分以上の記録再生時間を誇ったフィルモン、音楽メディアとしてもそれなりの地位を築いたコンパクトカセット、その後提案されたMD、SACD、DVD Audio等も併記した。最下段には放送での変遷についても記載し、本稿で取り上げた円盤録音機、PCM/デジタル録音機の試作、MHマイクロフォン等も示されている。

この図に見る通り、円盤レコードの歴史は四半世紀毎の大きな変革を重ねてきている。19世紀の終わりからの機械吹き込みによる円筒（シリンダ）とSPレコードの時代、電気吹き込みによるSPの時代、LPレコードと45回転17cm盤EPレコードの時代、12cm及び8cmのCD（コンパクトディスク）の時代が

の137年の歴史を彩っている。

まず円筒方式と円盤方式のレコードが競合したレコードの黎明期が到来し、その後の第1次大戦終結の時期までの4半世紀は機械吹き込みによる78回転の円盤レコードの時代であった。その後の世界恐慌から第2次大戦までの四半世紀には、放送の実現を目的として電気吹き込みや電気信号の伝送系の開発が行われ、その成果が放送だけでなくレコードにも生かされ、レコードも電気吹き込みの時代を迎えた。この時期に始まった放送では、放送番組の制作に使用する録音機として円盤録音機が放送局に導入された。一方、レコードでは記録再生時間の長時間化と立体再生化（ステレオ化）を意図して様々な試みが行われた。レコードは、第2次大戦中から戦後にかけてのモノラルLPの時代を経た後、1950年代に入って、本格的なLP、EPそしてステレオの時代を迎えた。ステレオLPの最盛期となった1960年代の後半には、次の時代のレコードの担い手となる技術を求めて開発が行われ、1972年にPCM/デジタル録音が世界で初めて実用化され、その録音現場での運用が開始された。

それから10年を経てデジタル録音コンテンツも400点以上の蓄積がなされ、1982年に、CDという形



図2.1 円盤レコード、137年の変遷

でデジタル録音された音楽録音物がデジタル信号のまま家庭にまで届いた。それは本格的なステレオ LP の時代が始まって四半世紀を経たところであった。

図 2.1 に示す円盤レコードの 137 年の変遷の項目の中には、日本が世界で初めて実用化し普及した技術もあれば、フィルモンや CD4 (4 チャンネルレコード) のように世界で初めて実用化しながら普及しなかった技術もある。我が国で開発した初期のレコード技術には、米国 AT & T 社ベル研究所とその周辺の会社等が開発した外国の技術のものまねも多く含まれている。その中で日本独自で開発を行った PCM/ デジタル録音機/ 編集機/ 調整卓 (5.1.3、5.1.4 参照) と日本とヨーロッパの会社が協力して開発を行ったプレッシャー型マイクロフォン (5.1.1 参照) と CD (コンパクトディスク) は、開発後に世界中の演奏家や音楽関係者からの積極的な支援を得て、世界的に普及した日本の技術として特筆に値する。

その CD はたとえば、市場導入後 30 年以上を経た今日に至っても、変革があまりなく、四半世紀毎の世代交代による技術革新が続行されず、CD の代わりが出てこない状況を心配する声が日に日に大きくなっている。

当初のレコードの発明や開発の目標は、一つの機材でまず記録を行い、その後にその記録機で再生を行う自己完結型の音響機器であったが、音楽コンテンツ流通ビジネスという新しいビジネスがレコードの普及によって登場し、20 世紀初めになると音楽コンテンツ

の流通手段としてのレコードが一般化した。その音楽コンテンツの流通媒体の歴史は、高品質の収録を行ったコンテンツの効率の良い複製を実現しようとした歴史であり、再生側での音質の改善の歴史でもあり、再生時間の長時間化や立体音再生 (ステレオ) 化の歴史でもあった。

効率よく容易に高品質の複製が行えるレコードは、当初より不正複製による海賊版の脅威にさらされてきた。買ってきたレコードをメッキ層に入れスタンプを作成し、海賊盤を製造販売したという我が国最初の海賊盤の報告は、レコードの発売開始まもない明治の最終年 (1912 年) に早くも登場している。

20 世紀はレコードの発展が著しかった録音の世紀と呼ぶこともできるが、海賊盤との戦いに終始した世紀でもあった。海賊盤や許可なく注文以上のレコードや CD を作成し、その納品以前に不正配布するオーバープレッシング等の大規模な不正流通を防止するための権利保護技術の進展が望まれた世紀でもあった。

本稿では四半世紀ごとに変革を遂げてきたレコードに関する技術の系統化について以下に報告する。

本章で参考にした主な文献

- 1) 日本オーディオ協会編「オーディオ五十年史」1. オーディオの幕開け、2. 電気蓄音器時代へ、4. '30 年代のオーディオ事情他 (1986.12)
- 2) 蓄音器とレコードの歴史 池田圭著、社団法人日本蓄音器協会発行 (昭和 34 年 10 月発行)

3 | アコースティック式（機械式）吹込みディスク・レコードとそのプレーヤの誕生

3.1 円筒方式と円盤方式の競合

1877年（明治10年）12月6日、トーマス・エジソン（Thomas Edison）は、世界初の録音再生が可能な円筒方式の蓄音器「フォノグラフ（Phonograph）」を米国で発明した。

この録音実験には彼自身が朗読した童謡「メリーさんの羊」が使われた。残念ながらこのオリジナルソースは残されていないが、フォノグラフの誕生10周年記念イベントでエジソン自身が再度「メリーさんの羊」を朗読した録音が残されており、この録音は現在でも聴くことができる（2012年12月発行一般社団法人日本オーディオ協会創立60周年記念CD）。このフォノグラフは、らせん状に溝を切った金属の円筒に錫箔を張り、これに電話の送信機振動板に針を取り付けたものを押し付けて録音し再生するものであり、当初より録音再生が自己完結する用途での応用を意図していた。

その後音楽再生用録音済み円筒レコードのニーズが高まり、1888年（明治21年）にエジソンはワックスの円筒に録音する改良型を発売し、翌年にはコロムビア・フォノグラフ社は複製円筒レコードを発売した。エジソンは、その後も改良を重ね、1896年（明治29年）には一般家庭用トリアンプA型、1901年（明治34年）にはスタンダードB型蠟管用蓄音器を発売した。図3.1に蠟管用蓄音器の外観を示す。



図3.1 エジソン スタンダードB型蠟管用蓄音器の外観
1901年（明治34年）米国製（金沢蓄音器館所蔵）

エジソンのフォノグラフ発明から10年を経過した1887年（明治20年）9月26日、ドイツ人エミール・ベルリナー（Emile Berliner）が史上初の円盤式蓄音器「グラモホン」を発明した。

彼はその最初の録音実験に童謡「きらきら星」の歌詞を口ずさんだ。この肉声も聴くことができる（2012年12月発行一般社団法人日本オーディオ協会創立60周年記念CD他）。

シリンドラ（円筒）と円盤（SP盤）の外観を図3.2に示す。



図3.2 シリンドラ（円筒）と円盤（SP盤）

このグラモホンでは、ワックスを塗った亜鉛の平らな円盤の上に音波を横振動の形で記録し、次に酸でエッチングして音溝を形成した。この方法は、原盤からメッキ工程を経てスタンパーを作成し、これを適切な材料に刻印し、大量のレコードを複製できる点に特色があった。しかし、円盤式レコード（一般に横溝記録）は円筒式レコード（一般に縦溝記録）に比較し、レコード溝の振幅が小さく、酸でエッチングした音溝の表面が粗く、その上レコード材料が硫化ゴムやエポナイトであったためスクラッチノイズがひどく、1890年代の前半までは円筒方式レコードより音質が劣るとされていた。

ベルリナーは音質の改善のため1897年（明治30年）にワックスの円盤にカッティングし原盤とする方法や材料の改善を行った。

20世紀に入ると円筒式蓄音器と円盤式蓄音器の競合はますます激化し、1902年（明治35年）には円筒式蓄音器を製造していたコロムビア・グラモホン社（前身コロムビア・フォノグラフ）が円盤レコードを

発売し、1907年には円筒式レコードを発売していたフランスのパテ社が、円筒式と同じ縦振動記録の円盤式レコードを発売した。

1912年（大正元年）にはエジソン自身が高音質の縦振動記録円盤レコード「ダイヤモンド・ディスク・レコード」（レコードが厚いため、縦振動振幅の大きな信号の記録が可能であった）を発売した。

この厚みのあるダイヤモンドディスクの外観を図3.3に示す。



図3.3 エジソン「ダイヤモンドディスク」外観
（金沢蓄音器館所蔵）

エジソンまでもが円盤レコードを発売し、その上1914年（大正3年）に始まった1次世界大戦の膠着した戦線では英軍兵士が退屈しのぎに英グラモホン社の円盤式ポータブル蓄音器「デッカ」を多用し、ポータブル蓄音器と円盤レコードが軍需品に近い存在となるころには、その大量複製の容易さから円盤式レコードが勝利する様相を示した。

わが国では1896年（明治29年）に、大阪の荒木商店主荒木和一が、その年に発売されたエジソンの蠟管式蓄音器や蠟管の輸入販売を開始したと伝えられる。

我が国での円盤レコードの録音は、諸説あるが、1901年（明治34年）に英国グラモホン社が録音機材を日本に運び、日本の楽曲を収録した時点から始まったとする説が有力である。神戸の「カメロン商会」を通して、東京築地にあったメトロポールホテルで1ヶ月余りをかけ、7インチ盤170枚、10インチ盤110枚を吹き込んだ。吹き込んだ内容は雅楽、常磐津、清元、長唄などであった。この原盤は英国に運ばれ、その円盤レコードが英国で製造され、日本に輸出された。その円盤レコードの外観を図3.4に示す。



図3.4 日本で最初に録音された円盤レコードの外観
（金沢蓄音器館所蔵）

1901年（明治35年）の英国グラモホン社の日本での吹き込み以後も、欧米各社による日本での吹き込みは続いた。1905年（明治38年）と1906年（明治39年）には、米国コロムビアが日本で片面盤900枚分の明治の名演奏家の演奏の吹き込みを行い、1906年（明治39年）には独ベガが、1907年には米ビクターが日本での吹き込みを行った。独ベガのSPレコード製造枚数は3000枚に及んだという。

3.2 国産初の円盤レコードと蓄音器

20世紀に入って10年も経ずに国産初の円盤レコード、蓄音器も登場した。

1909年（明治42年）、日米蓄音機製造(株)が日本で最初の平円盤（直径10インチの片面盤）レコードを製造し、日米蓄音器商会在販売を開始する。

明治末に日米蓄音器商会からシンフォニー、ニッポノフォン等のレーベル名で発売された国産円盤レコードの例として芳村伊十郎演奏の長唄「鞍馬山」のSPレコード（片面盤）の外観を図3.5に示す。

国産円盤レコードの発売が始まった直後の明治末には、図3.5の正規盤と同じ曲の海賊盤が安価な価格で市場に現れた。その外観を2例図3.6に示す。

これらのSPレコードは、当時の法制では明確に違法とされていなかったため海賊盤ではないとの主張もなされたが、演奏者への演奏料は支払われていなかった。大正中期の法制面での整備までこの種の海賊盤の横行が続いた。演奏家に払う印税の高い高価な円盤レコードが狙われ、ヒット曲の片面盤を2種1枚ずつ購入し、メッキをかけて型を取り、複製し、もっともらしいきれいなレーベルを貼り、演奏家印税を払わずに両面盤で発売したのである。

円盤レコードの発売開始直後の1910年（明治43



図 3.5 最初の頃の国産円盤レコード長唄「鞍馬山」(演奏：芳村伊十郎)の外観
(金沢蓄音器館所蔵)



図 3.6 大正時代に横行した海賊盤の例 (図 3.5 と同じ曲の海賊版)
(金沢蓄音器館所蔵)

年)に日本蓄音器商会(前年日米蓄音器商会を改称、現在の日本コロムビア株式会社)が、国産第一号蓄音器ニッポノン25号(販売価格25円)、同32号半、同35号(35円)、同50号(50円)の4機種を発売。この頃より、蘇言器、蘇声器、撮言器と呼ばれてきた蓄音器が、「蓄音器」という名称で一般化した。図3.7と

図3.8に国産第1号蓄音器ニッポノホンモデル35号とモデル50号の外観を示す。

翌年の1911年(明治44年)には、日本蓄音器商会より朝顔状のラッパの無いラッパ(ホーン)内蔵型の蓄音器2機種が発売された。そのうちの1機種ユーホンは、宮沢賢治が愛用したことで良く知られている。



図 3.7 国産蓄音器第1号：ニッポノホン朝顔ラッパ付蓄音器モデル35号(金沢蓄音器館所蔵)



図 3.8 国産蓄音器第1号：ニッポノホン朝顔ラッパ付蓄音器モデル50号(金沢蓄音器館所蔵)

その外観を図 3.9 に示す。



図 3.9 宮沢賢治が愛用した 1911 年発売のユーホン朝顔ラッパ無し蓄音器モデル 正面右側にラッパ（ホーン）が内蔵されている（金沢蓄音器館所蔵）

3.3 円盤式レコード用蓄音器名機の誕生

20 世紀初頭の蓄音器は、円筒式でも円盤式でも機械部分が露出し、大きなラッパ（ホーン）がついており、主婦のひんしゆくを買っていた。そこで米ビクター社は、1906 年（明治 39 年）にホーンを箱の中に収納した形態のビクトローラ形蓄音機を発売した。このような外観の改善と共に、ホーンの等価長の拡張やサウンド・ボックス（蓄音器の溝音を取り出す部分）でのジュラルミン振動板の採用などの音質改善が 1920 年代後半まで続き、HMV 蓄音器モデル 194 型（イギリス、1927 年～1930 年）、ビクトローラのクレデンザー（米国、1925 年～1928 年）などのグランド型蓄音器と呼ばれる豪華な名機をはじめ、ラッパ付蓄

音器、卓上型蓄音器、ポータブル型蓄音器の数多くの傑作モデルが誕生した。

価格が家 1 軒の価格に相当したと言われる名機が登場した。その代表例とも言えるビクトローラ クレデンザーの外観を図 3.10 に示す。



図 3.10 名機ビクトローラ クレデンザーの外観
Model: Victrola Credenza VV8-30 型米国製
1926 年（昭和元年）から 1927 年（昭和 2 年）にかけて製造（金沢蓄音器館所蔵）

本章で参考にした主な文献

- 1) 蓄音器とレコードの歴史 池田圭著、社団法人日本蓄音器協会発行（昭和 34 年 10 月発行）
- 2) 懐かしい音の贈り物、金沢蓄音器館発行
- 3) 日本オーディオ協会創立 60 周年記念 CD「音で迎えるオーディオの世紀」CD 及び解説書（JAS Journal 2013 Vol.53 No.2）

4 | 電気吹き込み時代の到来

4.1 本格的な円盤レコード時代の到来と放送との競合

1920年代の初頭は第1次大戦後の好景気に支えられて、米国のレコード業界は1921年（大正10年）にピークを迎えたが、その後徐々に生産額は下降線を辿り始めた。その原因は当時定時放送を始めたラジオ放送に、一般消費者の興味が移り始めたからである。

エジソンの蓄音器の発明以来1924年まで、レコードの録音は電気を使わないアコースティック吹き込みが行われてきた。演奏者はホーンの前に立って演奏し、ホーンの喉元に取り付けられた振動板を駆動し、この振動板に取り付けられたカッター針によってワックス盤にカッティングしていた。この録音法では低音域はホーンの遮断周波数で、高音域は振動板の共振周波数で制限されるため、蓄音器のサウンドボックスを含めた総合再生帯域は300~1,500Hz程度に制限されていた。この帯域は人間の声のスペクトラムに適合しているため声楽曲の取音が容易であったためか、当時のレコードの大部分は声楽曲であった。一方の放送は、音質がよくその上無料であるという利点を持っていた。1924年（大正13年）5月アメリカ電信電話会社傘下のウエスタン・エレクトリック社のH. C. ハリソンが、レコードの電気録音法の特許を受けた。これにより再生帯域は100~5,000Hzに拡がり、同時に複数のマイクも使えるようになった。

4.2 電蓄の誕生

電気録音法が発達して再生帯域が広がったが、このレコードをサウンドボックスで再生すると、摩擦音が強調された異常な音質となるため電気再生法の導入が望まれた。ベル研究所ではレコードの電気録音法の研究と同時に、電気再生法の研究も進められた。1926年（大正15年）には最初の電気蓄音機すなわち電蓄が発売され、一時売り上げの下降線は持ち直したが1929年（昭和4年）秋の経済大恐慌のあおりで売り上げは一挙に低下した。最初の頃の電蓄 Victrola RE-45の外観を図4.1に示す。売り上げの低下に更に追い討ちをかけたのは1930年頃からのトーキーの導入であった。この電蓄では円盤レコード電気再生機能、ラジオ受信機能が付加されていた。



図4.1 Victrola（ビクトローラー）RE-45 ラジオ付電蓄の外観
1929年（昭和4年）11月にRCAより輸入販売された。当時の価格 ¥1,075
（金沢蓄音器館所蔵）

4.3 円盤録音機の放送局への導入

エジソンの発明当時のレコードは、自分で録音し再生する自己録音再生を主たる目的としていたが、円盤レコードが一般化するにしたがって、コンテンツの流通のための大量複製を目的とした技術開発に立ち位置を移した。

多量複製を必要としない放送では、円盤録音再生機が磁気録音機の導入までの間、積極的に導入された。この間の我が国での円盤録音機の歴史は阿部美春著「円盤録音機物語」（参考文献2）参照）に詳しく記載されている。

1936年（昭和11年）になって、ベルリン・オリンピックでドイツの放送局が競技中継に大量の独テレフンケン社製円盤録音機を使用した。これに刺激されたNHKは同機を輸入し、来るべき1940年の東京オリンピックに備え、機材の輸入が次第に困難な状況になったこともあり録音機の国産化を推進した。当時録音機には鋼带式や鋼線式の磁気録音機や光学式のフィルム録音機も存在していたが、録音現場での録音直後の再生が可能で、音質も使えるレベルにあったのは円盤録音再生機だけであった。円盤録音機が、その放送での主役の座を磁気テープ式の録音機に明け渡したのはドイツで1942年（昭和17年）、米国で1947年（昭和22年）、日本では1950年（昭和25年）ごろのこと

ずっと後のことであった。

坪田耕一（元日本コロムビア株式会社常務）は、1934年（昭和9年）に日本電気音響研究所を設立し、電気音響機器の研究開発に従事し、5年間研究室にこもって独テレフンケン社製録音機互換の小型溝切削ヘッドを開発した。この試作切削ヘッドをテレフンケン社製録音機に装着しての実験がNHKで繰り返されたのち、1938年（昭和13年）に上記独テレフンケン製円盤録音機の性能を超える円盤録音機が完成した。その後の特性改善作業には谷勝馬（後にティアックを設立し、代表取締役として活躍）が加わり、特性や雑音も改善され製造コストも低減された改良1号機が1939年昭和14年9月に完成した。この円盤録音機には、坪田の開発した溝切削ヘッドが装備された。このヘッドはその後も改善が加えられ、汎用ヘッドとして小型軽量でありながら当時最高レベルの特性を持っていた。このヘッドの外観を図4.2に示す。

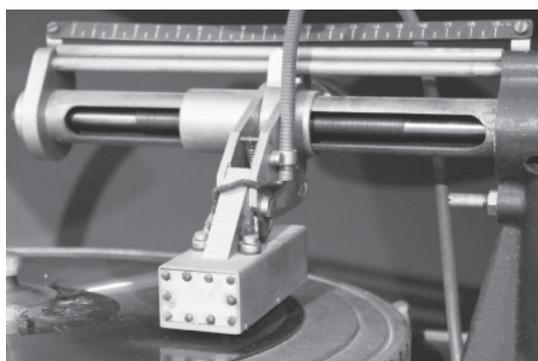


図 4.2 坪田開発の汎用カッターヘッドの外観

この溝切削（カッターヘッド）の特性を図4.3に示す。

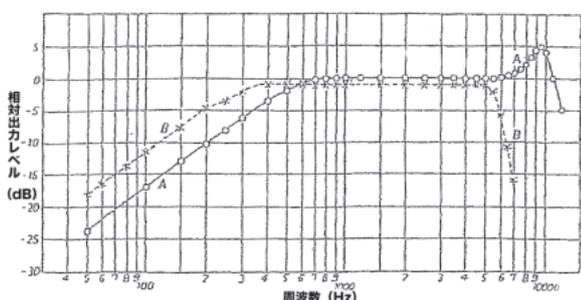


図 4.3 汎用カッターヘッドの特性

A は日本電気音響研究所製カッターヘッドの特性
B はウエスタン・エレクトリック社製カッターヘッドの特性

この坪田開発のカッターヘッドの特性（図4.3 A参照）は、当時の最高峰のカッターヘッドと考えられていたウエスタン・エレクトリック社製カッターヘッ

ドの特性（図4.3 B参照）と比較することが出来る。図4.3に見る通り、坪田開発のカッターヘッドは、振動系が軽量化され、高音域の特性は、それまでの5kHzまでに対し12kHzまで特性が伸び、飛躍的に拡大している。そしてこの優れた特性を持つカッターヘッドが次項で説明を加えるフィルモンの溝切削や終戦の詔勅時の溝切削に使われた。

この録音機の録音用ディスクには、その後も長く使われることとなった特性の優れた可燃性のセルロースを使用し、その開発は、経験豊富な楯豊（元日本ビクター技師長）の支援によるものであった。1938年（昭和13年）6月4日（土）の東京日日新聞では「録音放送に凱歌、国産優秀機の発明、両学徒のコンビで完成」という記事で坪田耕一、楯豊両氏の発明を扱い、外国製録音機の輸入途絶で恐慌をきたしていた放送局の人達を安心させたと報じている。残念ながら1940年（昭和15年）に開催が予定されていた東京オリンピックは第二次大戦の影響で実施されなかった。

4.3.1 国産初の円盤録音機について

この国産初の円盤録音機（DENON TPR-14-C）全体の外観と機構部の外観を図4.4と図4.5に示す。

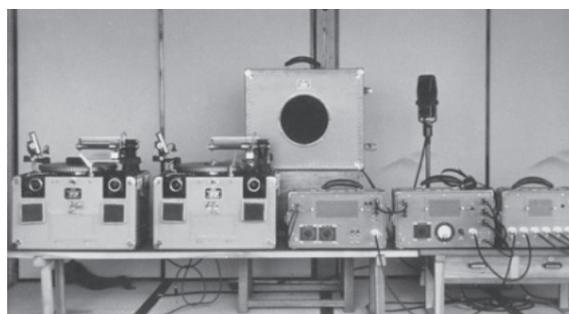


図 4.4 国産初の円盤録音機 DENON TPR. 14C 型円盤録音機の全体構成



図 4.5 DENON TPR. 14C 型円盤録音機の機構部

図 4.4 に示すこの円盤録音機の全体構成は可搬型とは呼ばれてはいたものの、94kg の録音再生機構部に加え 40kg 以上の録音増幅部、再生増幅部、スピーカ部、電源部を備え、総重量が 135kg にも及ぶ大規模なものであった。

図 4.5 に示す録音再生機構部では直径 34cm のターンテーブルを 78 回転の低速シンクロモーターで駆動し、25cm の円盤で約 3 分の録音が可能で、より長時間の録音を行う必要がある場合は 2 台の録音再生機構部と録音盤を交互に使用できるようにしている。録音溝は通常のアナログレコードとは異なり内側から外側に切削され、切り屑が溝切削ヘッドに絡みつかないようにしている。溝切削ヘッドは工作用旋盤と同様にフィードスクリューにより送られ 1 インチ当たり 90 本の溝が切削される。溝切削ヘッドはメカニカルフィルタの応用によるオイルダンプ式で能率が良いため、0.5W で当時の録音基準レベル信号 (1kHz、75mm/sec) を切削することができ、800Hz 以下を一定振幅、800Hz 以上を一定速度で録音し、録音周波数特性は 50Hz から 10,000Hz を超える周波数まで確保されていた。これは当時としては極めて広帯域の特性を持つものであった。切削針には鋼鉄を使用しその溝切削ヘッドの針先から見た機械インピーダンスは非常に高く、硬さの異なるワックス盤やアセテート盤であっても特性の変化無く切削を行うことが可能であった。

録音盤は直径 25cm、厚さ 1mm 程度の高純度のアルミ板を芯盤としその両面にニトリセルロース系の塗料を塗布 (塗布厚片面 0.3mm) したもので、通常アセテート盤又はラッカー盤と呼ばれている。アセテート盤の再生回数は再生針圧の軽いピックアップで再生した場合、数 10 回程度であり、再生回数を重ねると雑音が増え 30 回程度で新品の SP レコード (シェラック盤) と同等の雑音レベルになったと伝えられている。

この国産初の円盤録音機はその後若干の改良が加えられ、DS-15-A 据置録音装置、NHK の各主要放送局に配備された DS-14-B、DP-16-B (可搬型)、DP-16-C (据置型)、C-16-E (カッター)、スリム型の DP-16-K へと引き継がれ、放送だけでなく陸海軍での様々な軍事用途にも使われた。

1945 年 (昭和 20 年) 8 月 15 日、終戦の詔勅を録音するために軍部の目を避けながら宮中にこの重い DP-16-K 型の録音機 2 台を運んだスタッフの苦労が思いやられる。この 2 台の録音機を用いて 2 枚の録音盤を制作し、軍部の目を避けつつ内幸町の放送会館に運び、終戦の詔勅の放送が行なわれた。このときに使わ

れたと同型の円盤録音再生機と円盤レコードは、NHK 放送博物館で見ることができる。その円盤録音再生機とマイクロフォンの外観を図 4.6 に、放送に使われた円盤レコードの外観を図 4.7 に示す。



図 4.6 1945 年 (昭和 20 年) 8 月 15 日、終戦の詔勅放送に使われたと同型の円盤録音再生機とマイクロフォン (録音再生機の右側、東京電気製 A 型マイクロフォン) (NHK 放送博物館所蔵)



図 4.7 1945 年 (昭和 20 年) 8 月 15 日、終戦の詔勅の放送に使われた円盤 (NHK 放送博物館所蔵)

戦後になっても円盤録音機の需要はあり、1948 年 (昭和 23 年) から R-23-A 可搬型円盤録音機が NHK に導入され、その後も記録再生時間の長時間化のために円盤の径を 16 インチなどに大きくし、回転数を下げ、溝間の間隔 (ピッチ) も増加させた円盤録音機の開発が続けられ、1950 年 (昭和 25 年) には R-24-B 据置型円盤録音機が導入され、1952 年 (昭和 27 年) にはわが国最初で且つ最後の放送局用 LP 円盤録音機の試作展示が行われた。尚この円盤録音機は 1957 年 (昭和 32 年) に溝の間隔を信号に従って変化させる可変ピッチをサポートし、国内レコード数社に導入されレコード会社での LP レコードや EP レコードの原盤製作に使用された。

円盤録音機の歴史で特筆すべきは民生用のポータブル円盤録音機（デンオン RC-1 型）が 1949 年（昭和 24 年）に商品化されたことである。図 4.8 に示すこの録音機は話題にはなったものの、安価な磁気録音機が発売されて一般化されるに及び、普及せずに円盤録音機は衰退の道を進んだ。



図 4.8 民生用ポータブル円盤録音機の外観 DENON RC-1 型

円盤録音機から磁気録音機への移行後も、EP や LP レコードの普及により放送番組でも EP や LP レコードが盛んに使用されたため、円盤再生機は放送局でも普及した。

4.3.2 放送局用円盤録音機の終焉と放送局用円盤再生機の発展

戦時中にほとんど進歩が見られなかったわが国の円盤録音機は、78 回転 10 インチまたは 12 インチの SP レコードの世界に留まっていたが、戦後直ちに始まった進駐軍の放送では、33-1/3 回転や 16 インチの長時間ディスクを使用していた。この動きを追って円盤録音機の改良がわが国でも行われたが、その一方で磁気録音機の台頭が目立つようになって来た。銅帯や銅線による磁気録音装置はすでに存在していたが普及にまでは至っていなかった。その後、井深 大他が取り組んだ磁気テープによる録音装置が開発されるに至り、円盤録音装置を脅かす存在となった。

当時の円盤録音機は磁気録音機に比較し、録音再生の手間は簡単で再生時の頭出しが容易などの長所を有するが、極端に外部振動を嫌い、使用状態（水平使用など）の制約があり、1 台での多チャンネル並列録音が困難で、再生可能回数にも制約があり、消去が困難で、反復録音ができなくて、その上重くて高価といった難点を有していた。当時音質や再生帯域、録音直後の再生の可否、大きさや重量、価格といった点での両者の

差は小さくなっていったが、円盤録音機は、録音時再生時共に外部振動に対して極端に弱く、水平使用に限定されるという欠点により放送局での使い勝手は磁気録音機の方が優れていた。

レコード会社でも円盤録音機に相当したカッティングマシン（カッティングレース）を設置する際には、設置する建物から空調機などの振動源を分離していた。その上カッティングマシンを防振台上に設置することにより、外部振動を避けていた。また仮令小規模な地震であっても、体感地震の発生時には必ずカッティング作業を中止していた。

外部振動に弱いといった理由もあり、1950 年代に入ると放送局では磁気テープ式録音機が円盤録音機にとって代わってゆくこととなった。その後放送局では、円盤録音機の導入を中止する一方で、LP レコードやステレオレコードの普及に伴い、民放局の開局も相まって円盤再生装置の導入が盛んに行われた。

その間での唯一の例外は、1959 年（昭和 39 年）に NHK 技術研究所が開発した磁気円盤録音機であり、円盤録音機と磁気録音機の長所を併せ持つ録音機であったが内周での音質劣化などの欠点もあり普及にまでは至らなかった。デジタル化が進行した今であれば光ディスクや磁気ディスクを用いて円盤録音機と磁気録音機の長所を併せ持つ録音機の実現は極めて容易であることは言うまでも無い。

放送局用円盤再生機では、フォノモータ、カートリッジ及びトーンアームからなるピックアップが主要構成部分となるが、戦後の開発は疲弊した状況の下、米国メーカー他の製品のデッドコピーが盛んに行われつつ進められ、戦後のわが国のオーディオ産業の隆盛の礎となった。フォノモータでは、市販されていた東京テレビ音響（ヤマハ株式会社の子会社）の開発した製品が放送局にも導入され、この東京テレビ音響は後に東京電気音響（TEAC）と合併した。トーンアームでは、回転支持部分に鋼製ボールを使ったクラークスタン社（Clarkstan）の製品、トーンアームの支点を 1 点としその支持部分にシリコンオイルを充填したオイルダンパ型と呼ばれたグレイ社（Gray）社の製品（図 4.9、図 4.10 参照）、カートリッジ支持部分が上下に可動するピカリング社（Pickring）の製品（図 4.11 参照）などが主として米国より輸入され、国内各社によるそのコピー製品が放送局で使われた。

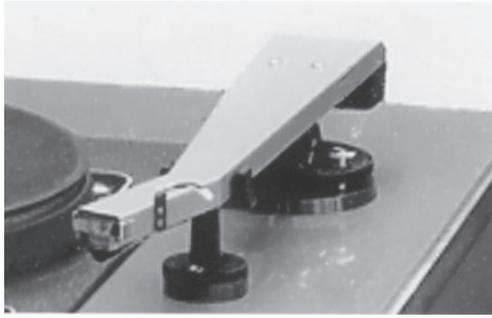


図 4.9 グレイ型トーンアーム (DENON 製) の外観

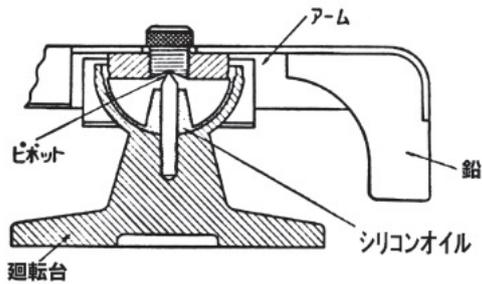


図 4.10 グレイ型トーンアームの構造

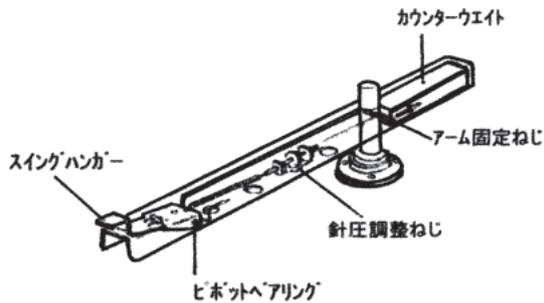


図 4.11 ピッカリング型トーンアーム

最終的にはクラークスタンはSPの再生用に使われた後オイルダンブ型に置き換えられ、ピッカリングがLPの再生用に使用された。カートリッジではGE社のバリエブル・リラクタンズ (VR) 型、ピカリング社のバランスド・アマチュア型、フェアチャイルド社のムービング・コイル (MC) 型などの米国製カートリッジが有名であり、これらを改良した製品やコピー製品が多く現れた。中でもデンオンのPUC-3型カートリッジは特性の優れたカートリッジであったがフェアチャイルド社の製品に酷似していたためマネチャイルドと呼ぶ人もいた。このような海外製品のコピーの時代を経た後、日本の独自技術が生まれるに至った。

カートリッジでの日本の独自開発の代表例として1965年(昭和40年)にFM放送現場に導入されたNHK技術研究所の山本武夫(元パイオニア副社長)、

似鳥他及びデンオンの松田らによって共同開発されたデンオン DL-103 ムービング・コイル型ステレオカートリッジ(図 4.12 及び図 4.13 参照)が挙げられる。

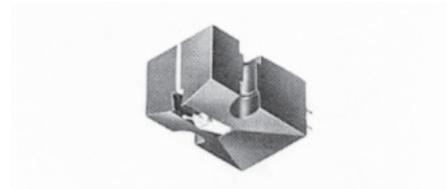


図 4.12 国産放送局用ムービングコイル型カートリッジ (DENON DL103) の外観

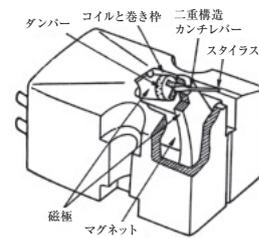


図 4.13 国産放送局用ムービングコイル型カートリッジ DENON DL103 の構造

ムービングコイル型は、基本的に性能の優れたカッターヘッドと同じ構造を待ち、可動部の質量がムービングマグネット型に比較し、軽量なためカッターヘッドの入力に近い平坦な周波数特性が容易に得られる。しかしながら、コイルの巻き方も含め構造が複雑なため、針交換を簡単に行うことが難しいなどの欠点もあった。

このDL103カートリッジはカッターヘッドへの入力すなわちマスターテープの出力に近い音質が得られると評価されたが、ユーザーでの針交換はできなかった。その後このカートリッジは1969年(昭和44年)に民生用として市販され、現在でも生産が続けられている。このカートリッジは、これまで約半世紀にわたってわが国の放送及びオーディオ産業の発展に寄与した名器であるがその音質の良さによっていまだに多くのオーディオファンを魅了している。

4.3.3 日本で生まれた長時間再生メディア、フィルモンについて

音楽等の再生流通メディアとしてのレコードが本格的に注目され始めた時代にあって、なんとかSPレコードの再生時間を長くしたいと多くの関係者が思っていた。この要望に応じて小西正三が発明したのがフィルモンであり、1937年(昭和12年)にその導入が始まった。フィルモンは、家庭用では他に類を見な

い36分という当時としては驚異的な再生時間を持つ日本独自の長時間再生システムであった。

フィルモンはフィルムと音を示すフォンの合成語であり、複数の円盤レコードの溝をほぐし音帯と呼ばれるエンドレステープに張り付け長時間の再生時間を得たシステムである。記録再生方式は円盤レコードと同じ、溝記録再生原理を用いており、音帯と呼ばれる幅35mm、長さ13m、厚さ0.3mmのセルロイド系23回巻きエンドレステープに、溝ピッチ80本/インチ、線速度は610mm/秒で音楽信号を記録し、フィルム上の溝の全長は1000m以上に及んだ。この音帯の再生時間は35分にも達した。フィルモンの製造工程は全体として円盤レコードの製造工程を踏襲し、円盤レコードで使用された坪田開発の広帯域小型カッターヘッド（外観図4.2参照、特性図4.3参照）を用いてカッティングが行われ、円盤レコードよりも長く、広い面積を持つ音帯のために、直径3mを越えるメッキ槽を用意する等、大がかりな原盤作成からプレス、音帯貼り付けなどの大量生産工程を揃えた。

このフィルモンの音帯の外観を図4.14に、図4.15に巨大なフィルモン音帯プレス機内部を示す。



図 4.14 フィルモン音帯、エンドレスフィルム（フィルム長13m）、ケース、解説書（金沢蓄音器館所蔵）

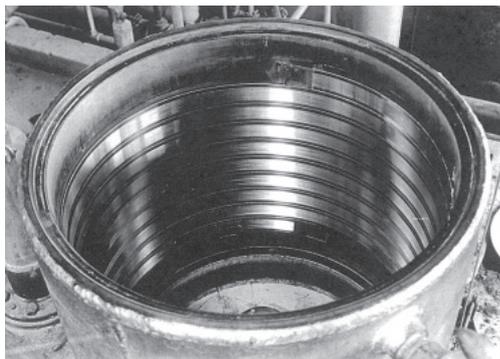


図 4.15 巨大なフィルモン音帯プレス機内部

この大がかりな日本独自の長時間記録再生システムの普及のため、数万台のフィルモン再生機が製造販売された。その一方、専用のスタジオでの音楽コンテンツの収録も意欲的に行われ、記録済み再生媒体のタイトル数は、当時の名演奏家による浪曲、長唄、講談などを中心に300タイトルに達したと伝えられる。これは当時のSPレコードに換算すると約2000タイトルにも相当する。

第2次大戦突入寸前の極めて困難な時期に、当時夢と考えられていた長時間再生の実現に向けて新しい再生システムと新しい再生媒体の開発やその記録済みタイトルの制作に1社で取り組んだ、坪田他の意欲は感心するばかりである。

図4.16に1937年（昭和12年）に発売されたフィルモンの再生機「Filmon FA100」の外観を示す。

このフィルモン再生機は、78回転円盤レコードの再生も行えるもので、左側上部に電気モータ駆動の円盤レコード用ターンテーブル、その手前下部にフィルモン再生機構を備え、右側に小型のホーンが装備され、蓄音器と同様、サウンドボックスにより駆動される。



図 4.16 日本フィルモン株式会社 Filmon FA100 卓上型フィルモン/円盤兼用再生機の外観 1937年（昭和12年）フィルム長さ13m、最長再生時間36分（同じモデルを金沢蓄音器館が所蔵する）

フィルモンは、録音機や再生機のみ開発だけでなく、コンテンツの開拓や制作まで行われた新しい日本独自の意欲的な音楽メディアであった。それだけに技術者に突き付けられた課題も困難で、成功は難しかったが、結果として戦後のオーディオ産業を担った多くの優秀な技術者を育てた。

このフィルモンの溝切削にも、4.3項で説明を加えた放送局用円盤録音機とはほぼ同様の坪田耕一の開発による汎用カッターヘッド（図4.2に示す外観参照、図4.3に示す特性参照）が使用された。

残念ながら、このフィルモンの工場は、建設からわ

ずか数年後の1940年（昭和15年）に戦争の激化により解体され、フィルモンも消滅した。

この日本独自の音楽メディア「フィルモン」については、坪田耕一の一番弟子であった谷 勝馬（ティアック創始者）が1980年（昭和55年）のオーディオ協会誌に「フィルモンの思い出」と題する感動的な文章を綴っている。その中で谷は、“日本のオーディオ業界はまさに世界の最高水準にあるが、この環境づくりをされた背景には斯界の先輩諸氏の払われた苦勞と努力がある。これに対し、深甚の敬意を表するものである。”と述べている。

4.3.4 日本のオーディオ技術、レコード技術の発展を担った先駆者達

ここで第2次世界大戦の末期から戦後にかけての我が国のオーディオ産業、レコード産業の発展に寄与した先駆的な技術者達に目を向けてみよう。1939年（昭和14年）に日本電音機製作所（略称デンオン、現デノン）を設立した前述の坪田耕一と東通工（後のソニー）の設立者である井深 大、そして元NHK技術研究所所長の島 茂は、同じ大学の電気工学科の同期生（昭和8年卒）であったことは良く知られている。この3者に対する母校の伊藤 毅（元早稲田大学理工学部教授）が行った学問的支援も忘れるわけには行かない。井深は1950年に磁気テープ録音機を開発し、本田宗一郎とも親交を重ねた根っからの技術者であり、幼児教育にも多大な関心を示し、浜口庫之助（作曲家）、川上源一（元ヤマハ株式会社代表取締役）と共に幼児のリズム教育等のプロジェクトも起こした。井深は1989年（平成元年）に文化功労者、1992年（平成4年）産業人として初の文化勲章を受章している。井深開発の東通工（現ソニー株式会社）製の国産初のテープレコーダソニーG型の外観を図4.17に示す。



図 4.17 井深他開発の国産初の磁気録音機
ソニーG型テープレコーダ
(NHK 放送博物館所蔵)

このテープレコーダの最初の頃の購入者に、2014年（平成26年）に生誕百年を迎える日本の放送作家の父三木鶏郎がいた。三木は、東京帝国大学法学部在学中にヴァイオリンを小野アンナ、ピアノを渡辺シーリーに師事し、卒業後日本の作曲界の父、諸井三郎に作曲を習った。1946年（昭和21年）よりラジオに関わり、1947年（昭和22年）より放送時に町から人が消えたといわれる「日曜娯楽版」の中の冗談音楽を担当した。三木は、時の首相吉田茂までも著しく刺激した世相を痛烈に風刺する辛口のユーモアに富んだ名ラジオ番組の制作者として知られている。この番組の制作時と放送番組の収録時に、この三木個人の所有するテープレコーダが使用された。そのおかげで三木の制作した番組のほとんどを今でも私たちが耳にできる。

坪田、井深、島の同門で同世代の林尚武も忘れるわけにはゆかない。独創的な発想と執念を持つ電気音響変換器の開発技術者であった林は、1938年に昭和光音工業株式会社を創業した後、1950年にスタックスブランドのコンデンサーマイクロフォンを商品化し、1952年（昭和27年）開催の第1回全日本オーディオフェアには日本独自の技術によるコンデンサー・ピックアップCP-20を出品した。その後コンデンサーヘッドフォンやコンデンサースピーカの開発に取り組み、1960年（昭和35年）には世界初のコンデンサーヘッドフォンの製品化に成功した。その外観を図4.18に示す。



図 4.18 スタックス静電型イヤースピーカ SR-1 の外観
(今でも正常に動作する。傷みの激しいイヤーパードのみ新しいものが使われている)

この昭和光音工業株式会社は1963年（昭和38年）にスタックス工業株式会社に社名変更した。このスタックスのヘッドフォンはイヤースピーカと呼ばれ、最初の商品化されたモデル SR-1 から50年以上を経

過した今日でも初代製品の後継機種は市場での最高級ヘッドフォンの一つとして不動の地位を築いている。尚このイヤースピーカはコンデンサー型のため振動板が軽量という長所がある反面、専用のアンプを必要とし、低価格化や普及に制約があった。

円盤録音用カッターヘッドの開発で米国製をしのぐ特性を実現した坪田は、自身ヴァイオリニストであり、学生時代には学生オーケストラのコンサートマスターをつとめ、1967年（昭和42年）には「円盤録音再生技術の発展に寄与した功績」により紫綬褒章を受章した。

伊藤は日本の作曲界の育ての親、諸井三郎（作曲家、三木鶏郎の先生でもあった）の弟子で日本での音響工学の古典的名著音響工学原論上下（コロナ社発行）を執筆し、その傍ら作曲も行った。井深は伊藤の協力を得て、文芸評論家の中島健蔵と共に最近60周年を迎えた日本オーディオ協会の設立に深く関わった。また米国に本拠を置くAES（Audio Engineering Society）日本支部の設立時の主要メンバでもあった。伊藤は日本音響学会や電気通信学会と協力しての電気音響研究会など学会での研究活動に多くの弟子を参加させ指導と支援を惜しまなかった。

坪田の門下からは、前述の谷勝馬（ティアック創業者）をはじめ、持田康典（日本楽器製造、現ヤマハ、元専務取締役）、阿部美春（元ティアック取締役）等戦後の日本のオーディオ産業を担った多くの逸材を輩出した。

NHK技術研究所で放送用カートリッジの開発を行った山本武夫（元パイオニア副社長）は、パイオニアに移り、パイオニアでのレーザーディスクの開発で中心的な役割を担った。後にソニーでCD開発プロジェクトの指揮を取った中島平太郎（元アイワ社長）は、NHK技術研究所での山本の上司であった。

オーディオの発展の歴史は本稿に見る通りAT & T社のベル研やその周辺の米国の会社による開発の寄与するところが大きい。ベル研の日本版とも言える電電公社の電気通信研究所のオーディオへの寄与も忘れるわけにはゆかない。その一例として三浦種敏（元日本音響学会会長）を挙げておこう。三浦種敏は電電公社での研究を重ねた後、日立製作所中央研究所に移り、その後東京電機大学でオルソステレオフォニック（正当なステレオ）の本格的な研究を行った。三浦は1960年代末に、将来の注目すべき技術としてデジタル録音、ヘッドフォンでの不自然な頭内定位の問題や日本人の頭部伝達関数測定的重要性、ダミーヘッド取音、サラウンドステレオでの問題点等を挙げ

ていた。

我が国のレコード業界団体である日本レコード協会は1943年（昭和18年）に設立され、その黎明期から和田正三郎（元海軍技術中佐、元キングレコード取締役）が協会に対する技術支援を行い、後に和田はレコード協会顧問に就任した。和田に加え日本のテレビの父と言われる高柳健次郎（元日本ビクター副社長）、その部下の井上敏也（元日本ビクター専務）、前述の坪田耕一（DENON創業者）や圧電素子の結晶の切り出し方法を工夫し一組の圧電素子からステレオ信号が取り出せる「シガーカートリッジ」の発明者志賀健雄（元日本コロムビア常務）等、日本を代表する技術者がレコード協会に対して様々な支援を行った。

高柳健次郎は、遠くの光景を目の前に再現する「無線遠視」を夢見て1924年に浜松高等工業学校（現静岡大学工学部）の助教授となり、念願のテレビ開発に没頭し、1926年に機械式円盤で「イ」の文字を撮像、伝送、ブラウン管を用いた受像に成功した（図4.19にNHK放送博物館展示中の「イ」の字の復元模型を示す）。



図 4.19 高柳健次郎開発の「イ」の字伝送実験（NHK放送博物館所蔵）

高柳は、1937年にNHK技術研究所に移り、走査線441本、画像数毎秒30枚のテレビを完成し、1939年には日本初のテレビジョン放送公開実験に成功した。1940年開催予定の東京オリンピックの中継を目標に開発を続けたが東京オリンピックは中止となった。第2次大戦後は日本ビクター（現JVCケンウッド）に移り、テレビの改良と技術者の育成に尽力した。1980年には文化功労者に選ばれ1981年に文化勲章を受章した。

高柳健次郎の教えを受けた井上敏也は録音技術の開発を担当した。1958年（昭和33年）に日本ビクター築地スタジオで国産初の45-45方式ステレオのレコー

下の発表会とデモを行い、戦後の回復期にあった人々に明るい話題を提供し、このデモが、以降の日本オーディオ業界急成長の引き金になったと言われる。同年8月には国産初のステレオLP「チャイコフスキーピアノ協奏曲第1番、エミール・ギレルス（ピアノ）、フリッツ・ライナー指揮シカゴ交響楽団」（日本ビクターSLS-2001）が発売され、その年の11月には日本ビクターの第2回発売そして日本コロムビアの初回ステレオLPが発売された。

その後の井上敏也の活躍はめざましかった。ビデオデッキとビデオテープで一世を風靡したVHSやレーザーディスクに対抗する存在であったVHD、そしてディスクリット4チャンネルレコード「CD-4」の開発を手掛け、昭和54年には高名な著書「レコードとレコードプレーヤ」の監修も行った。

「シガーカートリッジ」の発明他の功績により、ニューヨークに本拠を置くAES（Audio Engineering Society）のシルバーメダルを受賞（後に井上敏也もこの賞を受賞）した志賀健雄は、「日本の宇宙開発・ロケット開発の父」と呼ばれる糸川英夫（元組織工学研究所）が音響の研究を行っていた時代の弟子であった。同時期の弟子に森園正彦（元ソニー副社長）がいる。糸川英夫は1935年に東京帝国大学工学部航空学科を卒業し、中島飛行機に入社し戦闘機「隼」などの設計に従事した。1941年に軍部の影響力が比較的弱かった千葉市の東京帝国大学第二工学部の助教授に就任し、1949年に学位を取得したが、その学位論文は「音響インピーダンスに依る微小変位測定法に関する研究」であった。1954年に東京大学生産技術研究所内に「航空と超音速空気力学研究班」を組織し、ペンシルロケット、ベビーロケット、カップロケットの開

発や発射実験を行った後、1960年代にはラムダロケットやミューロケット、「おおすみ」等に関わった。糸川英夫は高校で音楽部の委員となりチェロの演奏やバレエなどで音楽へのかかわりも深かった。

一方、森園正彦は、1953年に東京通信工業（現ソニー）に入社し、その後テレビ番組取材システムの開発に従事し、1991年に放送界のアカデミー賞と言われるエミー賞を受賞した。

本章で参考にした主な文献

- 1) 「懐かしい音の贈り物」、金沢蓄音器館発行
- 2) 日本オーディオ協会創立60周年記念CD「音で辿るオーディオの世紀」CD及び解説書（JAS Journal 2013 Vol.53 No.2）
- 3) 阿部美春「円盤録音機物語」日本オーディオ協会 JAS Jarnal（2003年より2004年計8回連載）
- 4) 日本オーディオ協会編「オーディオ五十年史」IX 放送、3.1放送用録音機（1986.12）
- 5) 山本、似鳥「放送用ステレオピックアップの試作」NHK技研月報、第8巻、第5号 pp.49～55（1965-5）
- 6) 坪田耕一「フィルモン式録音及び再生機構に就いて」無線と実験（昭和14年12月）
- 7) 日本オーディオ協会編「オーディオ五十年史」II ディスク・レコードよりフィルモンに関する記述（1986.12）
- 8) 谷 勝馬「フィルモンの思い出」日本オーディオ協会 JAS Jarnal（1980.7）
- 9) 早稲田大学坪内博士記念演劇博物館所蔵物
- 10) NHK放送博物館所蔵物

5 | 円盤レコードの録音再生時間の長時間化とステレオ化

5.1 デジタル録音に至る音源收音収録技術の変遷

1925年（大正14年）に電気吹き込み法の開発が行われる以前の吹き込み法は、電気信号を使用しない機械式で、いわゆるラッパ吹き込みが行われた。

スタジオの演奏家は自分の出番が来るとラッパの前に行き演奏を行っていた。

1924年（大正13年）に、ウエスタン・エレクトリック社が電気吹き込み法を開発し、翌年の1925年（大正14年）に米ビクターと米コロムビアが採用し、米ビクターは「オルソフォニック」、米コロムビアは「ヴィヴァ・トーン」と名付けている。この後米ビクター社は、1933年（昭和8年）に「オルソフォニック」という名称を、我々になじみのある「ハイ・フィデリティ・レコーディング」と言う名称に代え、日本ビクター社ではこの名称が1936年（昭和11年）に採用された。この1925年（大正14年）には、わが国最初のラジオ放送が始まり、それまでの無声映画の時代から、ウエスタン・エレクトリック社の「ムービー・トーン」等の開発により本格的なトーキーの時代も始まろうとしていた。これに伴いウエスタン・エレクトリック社は、映画館での音響システムのため、555Wという中音域用のドライバーと開口部1.5mの大型ホーン15Aによるスピーカシステムという歴史に残る名機を開発し、日本でも戦後まで映画館や公会堂などで広く使用された。

機械吹き込み（ラッパ吹き込み）から電気吹き込みへの移行に伴う再生帯域の改善は著しく、300Hzから3kHzおよそ3オクターブであったラッパ吹き込みの帯域が、電気吹き込みにより一挙に100Hzから5kHzという5オクターブ以上にも及ぶ帯域が確保された。戦時中の1944年（昭和19年）には英デッカ社により軍事利用を主な目的として開発された「ffrr (Full Frequency Range Recording)」が発表された。このffrrの帯域は30Hzから12kHzであった。

以上に述べた1925年以降の高忠実度再生への試みと並行して、フィルム映画用の音声をレコードに入れ、無声映画フィルムに合わせてその音声を再生したいという欲求があった。当時の映画フィルム1巻約10分の音声を1枚のレコードに収録しなかったのだが、78回転12インチ（30cm）径のSPレコードではその要求仕様を満足できなかった。回転数を下げる

か、時間をかけて記録密度を上げるか、径を大きくするかであったが、記録密度を上げると材料や製法の見直しが必要となるため、手っ取り早く、16インチ（40cm）径のレコードを選択し、その上で約10分の記録再生時間が得られる回転数を選ぶこととなったようである。結果として33から40rpm程度の回転数を選択する必要があった。映写機と速度を合わせるためには電源周波数によって回転数が決まる同期モータと簡単な比のギヤの採用が必要とされた。電源周波数60Hzの米国で1800回転の同期モータから1:54で減速した場合33-1/3回転が得られ、電源周波数50Hzで1500回転の同期モータから1:45で減速した場合にも同じ回転数が得られる。1949年（昭和24年）になって発売された45回転盤では、電源周波数60Hzの地域で1800回転の同期モータから1:40で減速した場合45回転が得られるが、電源周波数50Hzの地区で1500回転の同期モータを使用した場合は正確に45回転を出すことは不可能であり多少の誤差が伴った。

一方米コロムビア社は米ビクター社に対抗するためにマイクログループ化（溝幅を細くし、溝と溝の間隔をつめた高密度化）に取り組んだ。やがて回転数の減少とマイクログループ化が結びついてLPとなるが、材料の改善による雑音の低減が必要とされ、LPの市場導入は戦後まで待たされることとなった。

立体再生についても長いいきさつがある。1845年にドイツの生理学者ウエーバーが、人間は両耳を使って音源の方向や遠近を聞き分けられるという「双耳効果」を証明した。1928年（昭和3年）にはジョーンズが「ダミーヘッド（擬似頭）によるバイノーラル録音システム」の特許を出している。このバイノーラル録音は現在でも問題視されているヘッドフォン受聴時の頭内定位問題の解決の役に立つため注目されている。円盤レコードでの立体再生に関連する基本特許については1931年（昭和6年）に英コロムビア社のブルムラインによって「1本溝ステレオディスクに関する特許 (PAT. No.394, 325)」が出された。この特許を使って1957年（昭和32年）に米ウエストレックス社により45/45方式ステレオが実用化され、同じ頃英デッカ社によりV（縦）/L（横）方式のステレオも実用化されたが、最終的に45/45方式が一般化することとなった。

1920年（大正9年）の初め頃より高忠実度再生と立体音響再生の研究に取り組んできたベル研究所は、1933年（昭和8年）4月27日にワシントンとフィラ

デルフィアを電話線で結んでの3次元立体再生実験を行った。この実験にはストコフスキー指揮のフィラデルフィア管弦楽団も参加し、この実験の先頭に立った当時のベル研究所音響物理研究部長のフレッチャー博士は、後年ハイファイ再生の条件として表5.1に示す条件を挙げている。

表5.1 ベル研究所のフレッチャー博士が1933年（昭和8年）の実験から得た高忠実度再生の条件

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1) 伝送された雑音が再生する部屋の騒音より小さいこと、 2) シンフォニーの再生には、ピークで100dB S.P.Lの音が出せる程度のダイナミックレンジが必要であること、 3) 伝送特性の非直線性によって発生するひずみは、判別できないほど小さいこと、 4) 周波数範囲は、人の可聴周波数範囲を超えていなければならないこと、 5) 定位が明確であること |
|--|

この80年前の実験結果は本来あるべきステレオ「オルソステレオフォニック」そのものであり、今我々の前にフレッチャー博士が出てきて、お前たちの進歩はいかにもお粗末だぞと我々を叱咤激励するのではないかと恐れている。

個々の收音収録録音技術について以下に説明を加える。

5.1.1 マイクロフォンについて

マイクロフォンは音響から電気への変換器であり、電話で最初に実用化され、その後放送のための開発が行われた。その起源を1920年（大正9年）にウエスタン・エレクトリック社により導入された323W電話用送話器（炭素粒型マイクロフォン）に見ることができる。1925年（大正14年）3月1日の我が国でのラジオの試験放送ではこのマイクロフォンが使われた。同年3月22日の本放送では、1925年製のウエスタン・エレクトリック社373形ダブルボタンマイクロフォンも使われた。これらのマイクロフォンは密閉構造を持たなかったため、隙間から湿気が入り、炭素粒子の流動性が悪化して雑音が増加するという欠点があった。このため粒子の流動性を確保するための様々な対策が講じられた。当初は使用中に炭素粒子が固まり、その固まりをほぐすため、時々使用を中止し、攪拌していた。この対策のために現在イヤホンではやりのバランスド・アマチュアと呼ばれる方式も導入された。この方式ではマイクロフォン内に障壁を設置することにより炭素粒子の流動性を向上させると共に、

音声の低音部の特性を改善していた。

その後1930年代に入ると国内ラジオ放送局の電力増強のため英国Marconi社、独Telefunken社の大出力送信機が相次いで輸入された。この送信機には、炭素粒子と大理石を用いた密閉構造のライツ・マイクロフォンが付属していた。その後このライツマイクロフォンの開発が我が国でも行われ、1932年（昭和7年）にNHK技術研究所で丸毛 登と星 佶兵衛が2人の頭文字を冠した純国産のMHマイクロフォンを開発した。このMHマイクロフォンは、前面にマイカ振動板とカーボン電極を取り付けることが出来、側面にカーボン粒封入孔を持つ大理石ブロックが使用され、カーボン粒子が充填されていた。このMHマイクロフォンは一応の耐湿性があり、感度も良く、音質も良かったためNHK各局に配備された。

MHマイクロフォンの外観を図5.1に示す。



図5.1 純国産のライツマイクロフォン“MHマイクロフォン”の外観（NHK放送博物館所蔵）

この辺りの資料は当時炭素粒子に関するノウハウが機密とされていたため少ない。このマイクロフォンは長時間（10時間くらい）放置すると徐々に炭素粒子が沈降し、内部抵抗が低下するため過電流が流れ、感度が低下する。このため使用開始前に、天地を逆に持って軽い衝撃を与えて沈降した粒子をほぐし、規定電流に戻してから使用したとのことである。

ライツマイクロフォンは、大理石を使用していたが、第2次大戦後に大理石の代わりに瀬戸焼を用いたマイクロフォンが登場し、新憲法下での第1回衆参両院総選挙の拡声用として大活躍したという。この開発には戦前から加藤四郎（元株式会社アイホン監査役）が取り組み、富田義郎（元NHK技術研究所、元日本ビクター株式会社）の指導を得て製品化した。

1933年に入ると振動版にリボンを用いたリボン・マイクロフォン等のペロシティ型のマイクロフォンが登場し、レコード会社のスタジオを中心に、この時代から戦後にかけて、アルテック社の639B型マイクロ

フォン、RCA社の44BX型マイクロフォン、77DX型マイクロフォン等が使われていた。

その外観形状から鉄仮面と呼ばれた639B型マイクロフォンの外観を図5.2に示す。このマイクロフォンはリボン型単体ではなく、ムービングコイル型と組み合わせたハイブリッド構成であった。



図 5.2 ALTEC 社 639B 型マイクロフォンの外観
(日本コロムビア株式会社所蔵)

汎用用途のリボン型マイクロフォンとして高名をかせたRCA社の44BX型マイクロフォンの外観を図5.3に示す。



図 5.3 RCA 社 44BX 型マイクロフォンの外観
(日本コロムビア株式会社所蔵)

リボン型マイクロフォンが日本でも多用されると、日本でリボンのゆるみを直したいと言った修理の要望が出た。そのような状況のもと1937年(昭和12年)に、東京電気(現在の株式会社東芝)により国産初の

ベロシティマイクA型が誕生した。このマイクは終戦の詔勅の放送にも使われたため、図4.6の円盤録音再生機の右側に図5.3のRCA社44BXによく似たA型マイクの外観を見ることが出来る。戦後の復興期に、東京電気は、島原正男(元東京芝浦電気株式会社)を中心にベロシティマイク(リボンを分割固定したリボンマイクロフォン等)の開発に取り組み、相次いでB型、E型、F型等のマイクロフォンを開発した。

これらのベロシティマイクロフォンは、偶然演歌の歌声や邦楽器に適した魅力ある音色を持っていたため、我が国の戦後のヒット曲の録音に盛んに使用された。中でも、RCA社の戦前の名器77DXは、戦争直後の時代を彩った美空ひばり他の多くのヒット曲の録音に使われ、今でも使われることがある。

このRCA社の77DX型マイクロフォンの正面から見た外観を図5.4に、その裏側を図5.5に示す。

図5.5に見る通り、このマイクロフォンの裏側には指向性の選択スイッチがあり、幾多の名録音で使われたことを示す純邦楽専用を示すラベルが貼られている。



図 5.4 RCA 社 77DX 型マイクロフォンの正面外観
(日本コロムビア株式会社所蔵)



図 5.5 RCA 社 77DX 型マイクロフォンの背面外観
(日本コロムビア株式会社所蔵)

ベル研究所によって基礎が確立された可動コイル型マイクロフォンとヘッドフォンについては1940年代に入るとウエスタン・エレクトリック社の618A型マイクロフォンが導入され、提携先のNECにより国産化も行なわれた。

戦前から特性の良いことはわかっていながら、戦前は放電が生じる等動作が不安定であったコンデンサーマイクロフォンも戦後になると動作が安定し、図5.6に示す。独Telefunken社のM49型コンデンサーマイクロフォン等が登場した。



図5.6 独Telefunken社M49コンデンサーマイクロフォンの外観（日本コロムビア株式会社所蔵）

国産の放送局用コンデンサーマイクロフォンについては、1953年（昭和28年）にNHK技術研究所で企画され単一指向性のCU-1が開発された。図5.7にCU-1の外観を示す。



図5.7 放送局用コンデンサーマイクロフォンCU-1の外観（NHK放送博物館所蔵）

当時のスタジオは白熱灯による高輝度照明であったため、輻射熱によりダイヤフラムが弛緩し、絶縁不良が生じ雑音が発生するなどのトラブルが発生し、この開発で辛酸を嘗めたと言う。

1955年（昭和30年）に、このCU-1を原型として東通工（現ソニー）のC-37A型マイクロフォンが誕生した。このC-37Aでは、カプセルの1枚のダイヤフラムの背面に4個の小開孔部を設け、シャッター（カプセルの中ネジ）を開閉して無指向性と単一指向性を選択できるようにしていた。

このマイクロフォンの音色は、遠隔音の収録に対して輝き（ブリリアンス）が不足するという否定的な評

価もあったが、琴、三味線をはじめ洋楽の弦楽器の収録には定評があり、放送局での標準的な地位を築くマイクロフォンとなった。その後国内は勿論海外も含め民間の放送局のスタジオや一部のレコード会社のスタジオで多くのC-37Aが使用されるに至った。

1960年代から1970年代にかけて新しいマイクロフォンが多数登場した。目的の音源の音を明瞭に収録できる各種指向性マイクロフォン、テレビ放送などで欠かせない接話マイクロフォン、1本のマイクでステレオ収録が可能なMSステレオマイクロフォン、普通に録音したものをヘッドフォンで聴くと音像は頭内に定位するがこの頭内定位の生じないダミーヘッドマイクロフォン等、それぞれの目的や用途に適した各種のマイクロフォンが導入されている。

その代表的な例を以下に挙げる。

図5.8に外観を示す独NEUMANN社のSM69型ステレオコンデンサーマイクロフォンは、1本でステレオの収録が可能のため、コンサートホール等で多用された。



図5.8 独NEUMANN社SM69型ステレオコンデンサーマイクロフォンの外観（日本コロムビア株式会社所蔵）

また独NEUMANN社は図5.9に示すKU100型ダミーヘッド録音用のダミーヘッドマイクロフォンを市場導入した。



図 5.9 独 NEUMANN 社 KU100 型ダミーヘッドマイクロフォンの外観（日本コロムビア株式会社所蔵）

Schoeps 博士が多くの開発を行った独 Schoeps 社も、音響特性に優れ、テレビ放送でも目立たないように配慮した光学的な低反射マイクロフォンなどを導入した。（図 5.10 参照）



図 5.10 独 Schoeps 社の反射の異なるコンデンサーマイクロフォン等の外観（日本コロムビア株式会社所蔵）

1924 年（大正 13 年）に江口元太郎（元海軍技術研究所）の発見したエレクトレット現象は、高分子材料で強い直流電界をかけつつ冷却凝固すると電界を除いた後も残留電荷が持続する現象である。海軍技術研究所は最近になってエレクトロニクス王国の先駆者達と呼ばれる研究者たちの集団で、クリスタルマイクの材料などで先駆的な研究を行い、現在のリオン株式会社につながっている。江口のエレクトレット現象に関わる特許は、ほぼ全ての電気音響変換器への応用を網羅していたが、エレクトレット現象の発見から 1962 年（昭和 37 年）のベル研究所によるエレクトレットマイクの発明までには 40 年近くを要した。1968 年（昭和 45 年）にはソニーが小指の先ほどの小さなエレクトレットマイクを開発し、同年 12 月 1 日発売の同社 TC-1160 形カセットレコーダにビルトインし、電話以外の汎用マイクロフォン分野での先鞭をつけた。

マイクロフォンは可聴帯域全体に渡って微小音圧から大音圧まで目的の音がひずみなく収録でき、残留雑音レベルが十分に低いことがまず必要とされる。その上で特性や音質の改善に取り組むこととなるが、多くの先人の努力は認めるものの、音場内のある点で、あらゆる方向からその点に到来する音波を平坦に収録できる理想マイクロフォンは今もって存在しない。理想に近いと思われる無指向性のマイクロフォンであっても、正面特性は比較的平坦なもの、正面特性以外は理想とは程遠い状況にある。より多くの問題を抱えている指向性マイクロフォンでは、指向方向では比較的平坦な特性が得られるが共通して低音が不足する。指向性マイクロフォンの指向方向以外の特性は、レベルは下がっても平坦な特性を持つまともな音の収録が望まれるが、実際の指向性マイクロフォンでは指向方向以外で貧弱な音が収録される場合が多い。

無指向性のマイクロフォンであってもまともな音をあらゆる方向で収録することは難しい。楽器から反射を経ず直接到来する直接音と反射を経て到来する反射音の双方を平坦に収録できるマイクロフォンが望まれるが、直接音を平坦に収録できるマイクロフォンは多く存在するものの、反射音などの間接音については明瞭度に欠けた音しか収録できないマイクロフォンが多い。

1970 年代半ばに日本コロムビアはデンマークの音響振動測定器製造会社ブリュエル&ケアー（B&K）社と共同で、録音用高音質マイクロフォンの見直し作業を行った。このとき日本コロムビアの代表として穴澤健明（元日本コロムビア株式会社取締役、現日本オーディオ協会理事）が参加した。なお、この作業には、両社を仲介したデンマーク人の高名な録音技師ピーター・ヴィルモースも加わった。

当時は測定用マイクロフォンと録音用マイクロフォンとは全く別の世界に属し、技術者間の人的交流もほとんどなく、両者のコネクタや接続ケーブルは異なり、マイクへの供給電源の仕様も全く異なっていた。

測定用マイクではひたすら広範囲の温度での平坦な周波数特性を求め、録音用マイクでは使い勝手と個性ある音質と低雑音を求めている。

穴澤らは双方の長所を生かすことを目的として見直しを行い、測定用マイクロフォンの平坦な周波数特性と録音用マイクロフォンの低雑音や使い勝手の良いコネクタ、接続ケーブルそして電源を生かすことを試みた。

1970 年代の末期になって、B&K 社が直接音が平坦に収録できるフィールド（音場）型録音用マイクロフォンと録音音場内の間接音が平坦に収録できるプ

レッシャー（音圧）型録音用マイクロフォンを試作し、日本コロムビアのヨーロッパでのデジタル録音での実験を開始するに到った。この試作マイクロフォンの特性を図 5.11 に示す。

双方とも無指向性マイクロフォンであるが、両者では特性が異なる。音場型では正面方向のみで平坦な周波数特性が得られ、正面以外の方向から到来する音波については高音域が低下した音になる。一方音圧型では正面特性は高音域で上昇し、80 度方向で平坦な特性が得られ、正面以外の方向ではそれぞれの方向で特性が異なるが全体として平坦な特性が得られる。直接音、間接音の双方で平坦な特性を得ようとするれば音圧型で正面から 80 度傾けて楽器に向ければ達成できる。

このデンマーク B & K 社との共同検討と試作は、来るべき CD のようなデジタル録音メディアの時代を念頭に置いたもので、幸い 1982 年の CD 導入時にはこの試作マイクロフォンを収録に使用した多数の録音を導入することが出来た。また 1985 年 2 月の、ドレスデンのゼンパーオペラの爆撃後 40 周年復興記念公演の、西ドイツ他全世界への中継放送でこのマイクロフォンを多数使用した。オペラという地味なジャンルでありながらこの中継放送は当時の西ドイツで 19% という驚異的な視聴率を得た。このマイクの後継機種は、当初の試作導入後 30 年以上を経た今日でも製造され、音質を重視する際のマイクロフォンとして欠かせない存在となっている。

ステージ上の楽器からの直接音を平坦な周波数特性で収録することは難しくない。それに比較し、周囲の

壁で反射する間接音を平坦に収録することは困難であり、多くの場合実際よりも遠いピントの外れた音になる。これまでこの問題を避けるために直接音のマイクをより楽器に近づけてきたが、結果として相対的に間接音が更に遠くなるという悪循環に陥る。この悪循環は間接音を平坦に収録できるプレッシャー（音圧）型のマイクの導入により解決できた。

5.1.2 収録方法と音場再生について

吹込みは収録と呼ばれ、機械式吹込み（ラップ吹込み）では、演奏者は入れ替わり立ち代わりラップの前に行って演奏を行っていた。その後の電気吹き込みの導入により複数のマイクロフォンが使えるようになった。

1950 年代の米国のポップス録音の現場では、調整の必要なソロ歌手をセンターに置き、伴奏のバンド演奏を左右のスピーカー位置に置く 3 点ステレオ（皮肉も込めて 3 点ステレオではなく、これを 3 点モノラルと呼ぶことも多い）が一般化し、これに伴い 3 トラックの磁気録音機が導入され、そのトラック数はその後も増え続け 1960 年代後半には 16 トラックにまで達し、その後 24 トラックや 32 トラックの録音機も登場し、24 トラックや 32 トラックを複数台使用する録音も行われた。このトラック数の増加と共に使用するマイクロフォンの数も増加した。

ステレオで再生する際に、左右のスピーカ位置は実際のスピーカが存在する実音源であり、定位が特に明確になる位置である。左右のスピーカの中央位置に音

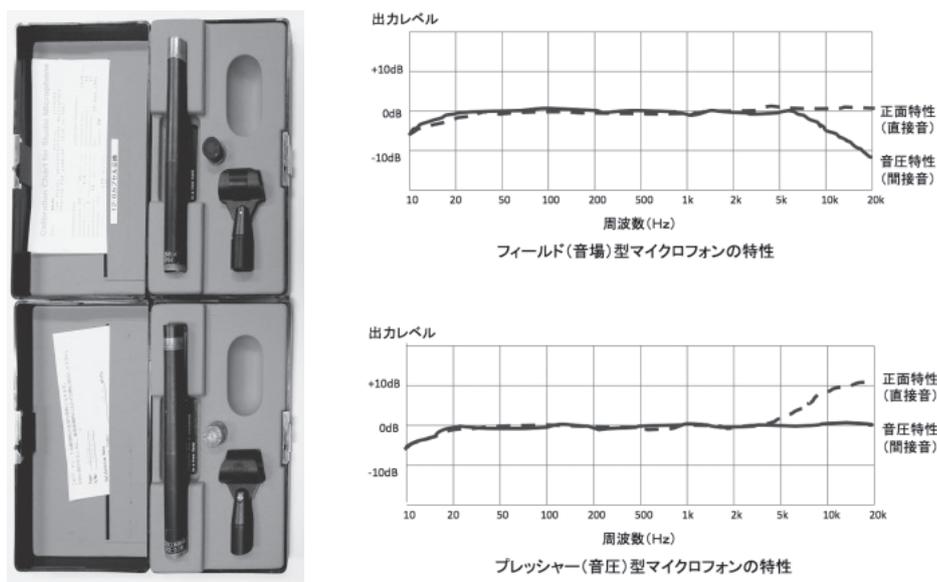


図 5.11 デンマーク B&K 社音場型（フィールドタイプ）試作マイクロフォンと音圧型（プレッシャータイプ）試作マイクロフォンの特性例（日本コロムビア株式会社所蔵）

像が定位するセンターは実音源ほどではないが、虚音源の中では特に定位が明確になる位置である。ポップス音楽でのソロ歌手や放送番組でのアナウンスなどではこの明確な定位を好み、ステレオの初期よりセンター重視の傾向が一般化し、3点モノラルも同じ理由により登場した。

一方クラシック音楽や純邦楽などでは、コンサートホールなどの比較的残響の豊かな会場で収録を行うためマイクロフォンを多数使っても互いのマイクロフォンへの音漏れが大きくポップスの収録と違ってマイクロフォンを多数使った効果を得ることは難しかった。その上繰り返しの練習により会場での各楽器間の音量バランスも保たれていることが多かった。このような場合には、その会場の雰囲気再現することに注意が払われ、左右とかセンター位置で定位が他の位置よりも明確になることを嫌い、定位の明確さが均等になるポップスでの3点モノの位置以外の定位を好み、「3点モノ以外ステレオ」を目的とした収録が行われた。

上記の収録手法に従った実際のマイクロフォンの使用方法は、大別して、全体として多数のマイクロフォンを使用するマルチマイクロフォン収録と全体として少数のマイクロフォンを使用するワンポイント収録などと呼ばれる少数マイクロフォン収録がある。マルチマイクロフォン収録は、全体としてスタジオなどの収録音場で音量バランスが取れていないときに有効で、一般に後での調整を可能にするため各楽器に近接してマイクロフォンを置き、各マイクロフォン出力を調整卓に集めた後、後処理によって音量バランスを取っている。一方少数マイクロフォン収録では、楽器間のバランスが取れているという前提で行うため、マイクロフォンを必要以上に楽器に近づけることはしない。少数マイクロフォン収録で、収録音場内での1点又はその近傍で収録を行う場合はワンポイント収録と呼ばれる。この場合は収録音場で楽器間のバランスが取れていることが重要であり、演奏者にもバランスの取れた演奏を心がけてもらう必要がある。演奏の行われるスタジオやホールでバランスが取れている場合は、その中での最良の場所に直接音と間接音がきれいに収録できるマイクをおけばよい。

一般に音が出ている場に複数のマイクロフォンを置き、その両出力を電氣的にミックス（加算）すると櫛の歯状のフィルタが構成され音が著しく濁る。この音の濁りを避けるためには、他のマイクに同じ音ができるだけ漏れないように配慮することが重要である。従ってマルチマイクロフォン収録では楽器に近づけて

マイクを置き、他のマイクにその音が漏れないようする。この場合楽器に近接してマイクロフォンを置くため、大入力時にひずみが発生しない許容入力の大きなマイクロフォンを必要とする。

モノラル再生からステレオ再生の変化は大きな変化をもたらし、多くの人を魅了した。正統的なステレオの達成を目標としたオルソステレオフォニックの出番であり、音像は左右の広がりを持ち、音場情報の再生側での再現の可能性が出てきたのである。このステレオの始まりの時期から、後に音場再生と呼ばれる原音場（収録や録音の行われたコンサートホールやライブハウスの音場、スタジオで制作時に想定した音場も含む）の雰囲気を伝えるための様々な試みが始まった。この音場再生には、大別して以下の3種がある。

1) 再生側だけの処理による音場再生

これは、通常の2チャンネルステレオと同様に収録や録音を行い、その録音物の再生時の処理により、音場の再現を図る方法である。ステレオ初期の一部のアンサンブルステレオには、その前面に音像の左右の広がりを調整するDSC等と呼ばれる拡がりコントロールのつまみがついていた。これは左右の信号の和と差を求め、和と差のレベル調整を行った上で左右の信号に戻し、和を強調すれば、左右の広がりが狭まり、差信号を強調すれば左右の広がりが増すことになる。聴取者はこのつまみを回して再生する部屋の音響条件やアンサンブルステレオの設置状態や聴く人の好みに合った最適な広がりを設定し再生音を聴いていた。一般に音像の広がりや左右の耳に到来する音の相互関係によって変化し、定量的には左右両耳間の相互相関係数によって測定することが可能である。このような評価法は建築音響の評価にも使われている。

1961年（昭和36年）にはスプリング式の残響付加装置付のステレオが発売された。このステレオを用いると残響を家庭で付加することが可能になった。1970年代後半になると残響付加機能他を持つ再生システムに付加するデジタル信号処理プロセッサ（DSP）が導入され、当時「音場創成」と呼ばれた再生時の電子的な残響付加が可能になった。

このような残響付加機能は、収録や録音時に対象とするプログラムソースに対して最適な残響として選択し導入した残響とは異なる残響を付加されるという制約があった。また元の残響を減らすことはできず常に加える方向にしか動作しないという制約もあった。

2010年（平成22年）になって、以上の制約を打破する画期的な音場再生技術が登場し、古くて新しい話

題「音場再生」の今後の発展が待たれる。それはNTTのコミュニケーション基礎科学研究所の木下、中谷他による残響分離制御技術の発明である。残響は最初に到来した音の繰り返しであることから、この発明では入力された音を分析し、その音に含まれる直接音と残響音を判別分離している。分離さえできれば両者の割合を調整し再度信号を構築することが可能である。この方法により元のプログラムソースに入っていた音に含まれる直接音や残響音の制御が可能となり、元の残響を減少させることも可能になった。

2) 特殊な収音方法を用いた音場再生

ダミーヘッド録音などがこれに当たり、2チャンネルステレオでありながら、特定の再生環境での再生を目的とした特殊な収音を行い、その特殊な再生環境での音場再生を図る方法である。ダミーヘッド録音は古くからおこなわれてきた音場再生の実現方法であるが、その普及はスピーカ再生との互換性が無かったことやスピーカ再生を対象として発展してきた既存の音楽プログラムソースの制作手法を生かすことが困難であったことなどによりその導入は進んでいない。これらの問題は当初より抱えており、現在でも解決されていない。

その一方で最近のポータブルオーディオの普及によりヘッドフォンやイヤフォンでオーディオを楽しむ人は特に若者を中心に増えてきている。皮肉なことにこれらのヘッドフォンやイヤフォンのユーザーは、ダミーヘッド録音による音楽プログラムソースは市場にほとんど存在しないために、現在でもスピーカでの再生を対象とした録音物を聴き、頭内定位と呼ばれる前方に音像定位が来ない状態で音楽を楽しんでいる。

3) 2チャンネル以上の伝送チャンネルを用いた音場再生

4チャンネルや5.1チャンネルなどの2チャンネル以上の伝送系を用いて音場の再現を図る方法である。

1960年代後半のオーディオ業界では猫も杓子も4チャンネルオーディオに浮かれていたが、肝心のユーザーは冷めていた。このような状態にあった1969年に日立製作所中央研究所の三浦種敏（元日本音響学会会長）は、日立グループの傘下に入ることが決まればかりの日本コロムビアと共に多種類の楽団を使った4チャンネルオーディオの心理評価実験を行った。この実験からスピーカの位置や収音方法や曲のジャンルにより多少のバラつきがあったが、2チャンネルステレオを4チャンネルにした時の効果はどんなに頑張ってもモノラルが2チャンネルステレオになった効果の半分以下であり、4チャンネルを6チャンネルや8チャンネルにしても

その効果はモノラルがステレオになった時の効果の4分の1以下の改善しか得られないという非常に冷めた結果が得られた。併せて同じ4チャンネルでもスピーカは後方ではなく、側方に置く方が良い結果が得られた。

音場再生には上記1)項で述べた会場の雰囲気再生する消極的な音場再生とともっと積極的なサラウンドと呼ばれる前後左右上下に音像を置く音場再生がある。

このサラウンドについては1970年代初めになるとサラウンドを実現する4チャンネルレコードが話題となり、1970年6月には山水電気株式会社によりマトリックス方式4チャンネル円盤レコードがまず発表された。このマトリックス方式4チャンネルレコードはカッティング前にマトリックスエンコーダにより通常帯域の音楽信号を生成し、この信号を盤上に切削していた。再生にはそのマトリックスデコーダを介して再生するため、カッティングそのものは溝の縦成分が多かったものの、通常のレコードの溝との大きな差異は無かった。

1970年（昭和45年）9月には、5.4項に説明を加える日本ビクター(株)がCD-4と呼ばれるディスクリット方式の4チャンネルレコードを発表した。その翌年1971年（昭和46年）6月25日には、世界最初のディスクリット方式の4チャンネルレコード「驚異のC. D. 4サウンド」(CD4B-5001)が日本ビクターより発売された。

このレコードの外観を図5.12に示す。



図5.12 世界最初のディスクリット方式4チャンネルレコード「驚異のC. D. 4サウンド」のレーベル

4チャンネルレコードについては、多くの興味ある技術的な試みがなされたものの、残念ながら普及にまでは至らなかった。普及しなかった最大の理由はコンテンツ作品の質そのものにあっただと思われる。作曲時から前後左右上下の定位を求めるサラウンドを想定した音楽の名作は少ない。まずパリのアンバリッド（虜兵院）で初演されたフランスの作曲家エクトール・ベルリオーズの作曲した「レクイエム」が挙げられるがそ

れに続く名作が無く、ポップスでも名作はほとんど存在しない。

一方映画では制作時に前後左右上下の音像の定位や音像の動きを想定した作品が存在する。このような作品の映画館や家庭での上映時には、5.1チャンネルや7.1チャンネルのサラウンド再生が有効である。

5.1.3 録音方法について

録音は、戦前から戦後のある時期まで当初スタジオやホールでの演奏をそのまま円盤レコードのカッティングマシンに入力し溝の切削を行うダイレクトカッティング（ダイレクトツーディスクとも呼ばれる）が行われていた。しかしこの方法では、演奏の修正を行う編集や再録（もう1枚溝を切って原盤を用意する）や様々な効果を加えることが困難であったため、戦後1950年代以降より磁気録音機が導入された。磁気録音機のトラック数は当初モノラルであり、その後のステレオの時代に入って2トラックが一般化した。1950年代のアメリカンポップの時代になって中央に位置する唄の調整を容易にするため、いち早く3トラック録音機が導入された。その後の1960年代後半にはブリティッシュサウンドの流行などもあってトラック数が次第に増大した。この時期になると磁気録音機のトラック数は大別して2トラックや4トラック等の少数トラック録音と8トラック/16トラック/24トラック/32トラック等のマルチトラック録音の2種が存在した。前者は主に少数マイクロフォン取音で使用され、後者は主にマルチマイクロフォン取音で使用された。

アナログ2トラック録音機の外観例を図5.13に示す。



図 5.13 スイスチューダー社 A820 型 2 トラックアナログ録音機の外観
(日本コロムビア株式会社所蔵)

同型のアナログ2トラック録音機で、カッティング時に切削溝ピッチの間隔と溝の深さを決めるためのアドバンス再生信号を取り出すことのできるカッティング用アナログ2トラック再生機の外観を図5.14に示す。



図 5.14 スイスチューダー社 A80 カッティング用 2 トラック再生機の外観
(日本コロムビア株式会社所蔵)

この再生機には、カッティング時に溝の深さや溝ピッチを制御するために必要なアドバンス信号を得るための追加再生ヘッドとテープの迂回用ローラが用意され、テープの速度と円盤の回転数によって最適なアドバンス信号を選択し、カッティングマシンの制御を行っている。

図 5.15 にスイスチューダー社 A827 型 24 トラックアナログ録音機の外観を示す。



図 5.15 スイスチューダー社 A827 型 24 トラックアナログ録音機の外観
(日本コロムビア株式会社所蔵)

1960年代末は、円盤レコードの技術に関するそれまでの長年の取り組みが一段落し、売り上げも安定し付加価値のあるレコードの販売が望まれていた。このような状況から、新たなブレイクスルーが望まれる時期でもあった。

この時期に、レコード各社で録音やレコードの製造過程に様々な改善を加える試みがなされ、実際にレコードも販売されオーディオ愛好家による評価も行われた。その改善例を図5.16に示す。

図5.16では、最上部に示す一般レコードの制作製造工程に対し、(A)から(G)までの改善を行い、実

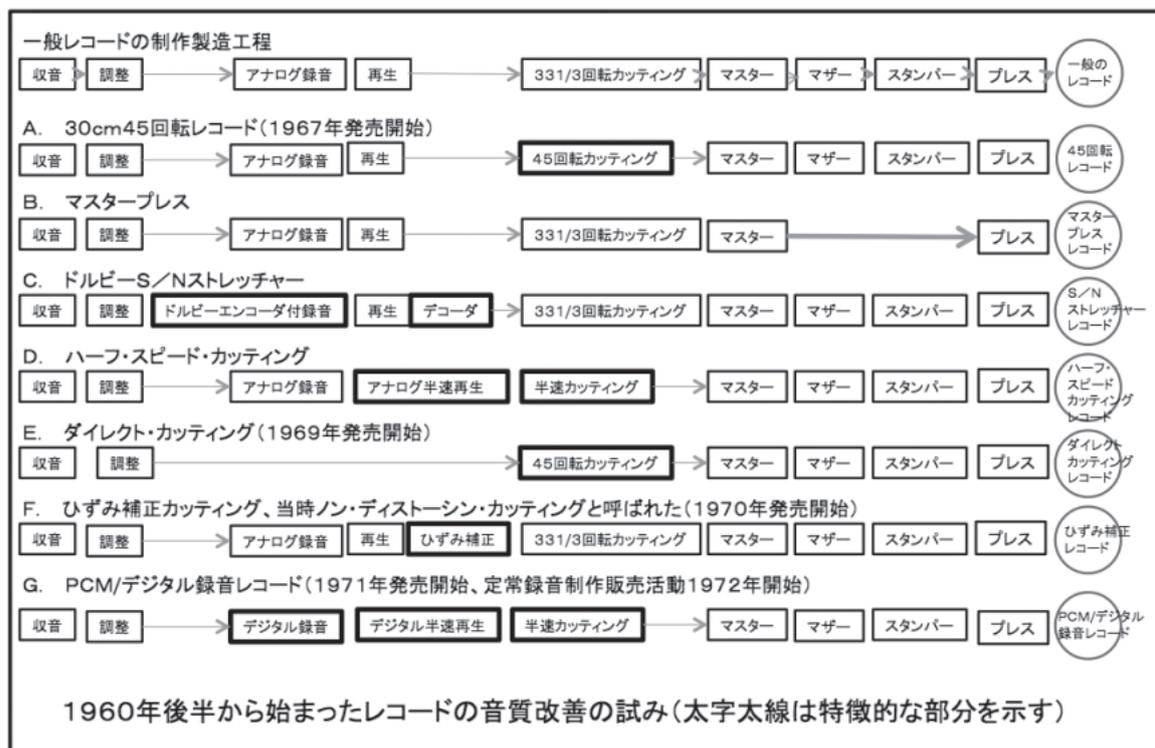


図 5.16 レコードの制作製造工程での様々な改善の試みの例

際にどの方法が受け入れられるか評価した。当時このような改善にオーディオファンが関心を持ち、自分の再生システムと自分の耳で評価したいという要望があったため、可能な限り改善方法を明示してレコードを発売した。

(A) は 30cm、33¹/₃ の LP レコードの回転数を 45 回転に増したレコードであった。このレコードは 1967 年（昭和 42 年）に市販され、記録時間が短いという欠点があるため曲種が限られたが、オーディオ愛好家からの支持を得た。

(B) のマスタープレスは、マザーとスタンパーを作成せずにマスターから直接プレスした盤で、マザーとスタンパーの工程を省略したため量産性に欠けていた。数千枚程度の販売しか期待できない価格に高いクラシックの秘蔵豪華盤が発売され、好評を博した。

(C) のドルビー S/N ストレッチャーは、英国ドルビー社（後に米国に本拠地を移した）の開発した磁気テープの再生時に発生する雑音を低減するための機材で、雑音の気になる低レベルの信号を録音時に実際のレベルより上げて録音し、再生時に上げた分だけ下げることにより雑音を低減している。特にポップス他でのアナログマルチトラック録音では、多数の楽器が演奏している部分は良いとしても、少数の楽器のみが演奏している部分では演奏音は加算されず、各トラックのテープの雑音を加算されるため、この S/N スト

レッチャーが有効である。ドルビー社は、A 型と呼ばれる上記の業務用の S/N ストレッチャーを発売し各スタジオに導入したが、その後 B 型、C 型と呼ばれるカセットテープ用の S/N ストレッチャーも開発し発売した。

(D) のハーフ・スピード・カッティングは、高音域でのカッターヘッドの溝切削性や音質の改善を目的として行う手法で、カッティングマシンへの信号の送り出しの速度を 1/2 にし、カッティング速度を 1/2 にしている。一般にカッティング系は低音から高音までの全ての可聴域をカバーするように設計されている。従って低音の含まれている楽曲でのハーフ・スピード・カッティングでは、低音域でのレベル低下やひずみの増大に伴うリスクも抱えている。このリスクを逃れるためには 10Hz 程度の最低音域でも安定した特性が得られる PCM/ デジタル録音再生機のような送り出し用再生機の導入が必要とされた。アナログ録音でも三味線等低音域成分の多くない楽曲でのハーフ・スピード・カッティングの効果は良く知られていた。

(E) のダイレクト・カッティングは、磁気テープレコーダを省略しているため、磁気録音機で生じるワウ・フラッター、雑音、高調波ひずみ、変調ひずみを改善することが可能である。

(F) の再生ひずみ補正カッティング・レコードは、1970 年に導入されたカッティング針と再生針の形状

の違いによって生じるひずみをカッティング時に補正を行って低減する方法である（5.4項図5.54～図5.58参照）。

(G)は、アナログ磁気録音機をPCM/デジタル録音機に置き換えた工程で、制作製造されたレコードである。1971年に実験的に制作されたレコード（図5.21、図5.22参照）が発売され、1972年より今日までLP、CDでの継続的な販売が始まった（図5.24参照）。

上記の(A)から(F)までの改善方法の中で最も音質の改善度が大きいと評価されたものは、磁気録音機で発生する雑音と高調波ひずみや変調ひずみを解消する「ダイレクト・カッティング」であった。

このLP時代になって初ともいえるダイレクト・カッティングの実験は、1969年に赤坂の日本コロムビアの第2スタジオでの生演奏の出力信号を同じビルの階下にある3室のカッティングルームに呼び込む形で行われた。通常のカッティングと異なり、溝ピッチや溝の深さを前以て知ることが不可能なため、3台のカッティングマシンのカッティングレベル、溝ピッチ、溝の深さを1台ずつ変えて余裕のあるレベルから余裕のほとんどないレベルに設定し、成功を期した。曲目は演奏ミスが発生確率の低い即興性のある音楽の中からアルゼンチンタンゴとフラメンコとジャズが選ばれた。回転速度は音質と演奏や操作ミスの発生確率を考慮して片面15分強の45回転とし、商品は45回転場2枚組としその再生時間は計1時間強であった。

この時に発売されたダイレクトカッティングのディスクの外観を図5.17、図5.18、図5.19に示す。



図5.17 1969年6月に発売されたアルゼンチンタンゴのダイレクトカッティングディスクの外観（日本コロムビア株式会社所蔵）



図5.18 1960年9月発売されたフラメンコのダイレクトカッティングディスクの外観（日本コロムビア株式会社所蔵）



図5.19 1969年11月に発売されたジャズのダイレクトカッティングディスクの外観（日本コロムビア株式会社所蔵）

ダイレクトカッティングに次いでカッティング速度を半分にして高音のきれいな音溝の切削が可能な「ハーフ・スピード・カッティング」が高い評価を得た。

この他「マスター・プレス」、「ドルビーS/Nストレッチャ録音」、「再生ひずみ補正カッティング」なども実施されたが、それなりの評価を得たものの高い評価を得るまでには至らなかった。

以上からダイレクトカッティングとハーフスピードカッティングという原理的には同時に実現することが不可能な事柄を実現すればよいという結論が得られた。

同じ時期に放送でも磁気録音機の介在しない実況中継の音質の良さが注目された。1967年から1969年にかけてNHK技術研究所の林謙二他は、この磁気録音機による変調ひずみの発生の改善に取り組み、工業用ヘリカルスキヤニングVTRを記録機として用いた世界最初のPCM/デジタル録音機（最初はモノラルそ

の後ステレオ化)が開発された。この録音機は編集ができないため制作現場に導入するには不十分な仕様であったが、実験機としての十分な仕様を有し、世界を驚かせた。しかしながらNHKの制作現場での評価は必ずしも高くなく、このPCM録音機の開発者たちは外部での評価実験参加の機会を求めている。

5.1.2 3) 項に述べた日立グループによる4チャンネルオーディオの評価実験には、このNHK技術研究所開発のPCM/デジタル録音機が参加し、この録音機が貴重な評価結果を実験の参加者にもたらした。

同じ2チャンネルではPCM/デジタル録音が従来方式の録音機を圧倒し、この実験に参加したすべての人たちの脳裏には、4チャンネルよりまずPCM/デジタル録音を実用化してその上での4チャンネルだとの思いが芽生えた。

そして実際には4チャンネルは途中で消滅し、数年後にPCM/デジタル録音の実用化され、その10数年後にデジタル録音された音楽がCDという形で家庭に届く時代が到来した。

この評価実験の進行役を務めた穴澤健明は、直ちにNHK技術研究所より図5.20に示すPCMデジタル録音機を借用し、日本コロムビアの録音スタッフ及び製作スタッフの協力を得て、スタジオやコンサートホール他での本格的なPCM/デジタル録音テストを開始した。



図 5.20 NHK 技術研究所開発の PCM/デジタル録音機の外観

このNHKのPCM/デジタル録音機を使用した録音テスト期間中に、図5.21と図5.22に示す2枚のアナログディスクが誕生した。図5.21は1971年1月に

日本コロムビアより発売されたレコードで、録音にはNHK技術研究所の開発した録音機が使われた。尚この録音機は、編集ができなかったため作業効率と録音の歩止まりはダイレクトカッティングより多少改善されたという程度に留まっていた。



図 5.21 初期 PCM/ デジタル録音機による録音を記録したレコード「サムシング」スティーブ・マークス+稲垣次郎&ソウルメディア (日本コロムビア株式会社所蔵)

図5.22は、1971年4月に発売にされたNHK技術研究所の開発した録音機(編集不可)による実況録音を記録したレコードである。



図 5.22 初期 PCM/ デジタル録音機による録音を記録したレコード「打!」ツトム・ヤマシタの世界 1971年1月11日東京文化会館小ホールでの演奏会の録音 (日本コロムビア株式会社所蔵)

以上の現場での実験を行う一方で、NHKでの開発を担当した林謙二(元日立製作所家電研究所部長)他の協力を得て、表5.2に示す仕様を確定した。

表 5.2 PCM/ デジタル録音機への要求仕様（1969年）と DENON DN-023R の性能、構成、方式（1972年）

1. 評価実験時にまとめた要求仕様(1969年)	2. 1972年に達成された仕様
1) ダイナミックレンジが広い。 2) 低ひずみ率。 3) ワウフラッターが発生しない。 4) チャネル間クロストークが発生しない。 5) 広帯域で平坦な周波数特性。 6) 4チャンネル以上の多チャンネルの録音再生。 7) チャネルごとのデータコピー可能 8) ハーフ・スピード・カッティングが可能。 9) 保存時の音質劣化が少ない。 10) ゴースト等が生じない。 11) カッティング用アドバンスヘッドを装備。 12) 編集が可能。	1) ダイナミックレンジ; 75dB以上 2) ひずみ率; 0. 1%以下(動作レベル時) 3) ワウフラッター; 測定限界以下 4) チャネル間クロストーク; -80dB以下 5) 0(DC) - 20kHz(偏差±0. 5dB以下) 6) 8チャンネルの録音再生可能 7) 記録機2台で全データコピー可能、システム2式で個別コピー可能。 8) 可能; 0(DC) - 20kHz(偏差±0. 5dB以下) 9) 本機後のデータエラーの増大は認められるが音質の劣化は未確認。 10) ゴーストレベル; -80dB以下 11) 約1秒(331/3回転の半周強)のステレオアドバンス信号出力可能 12) 編集; テープ手切り編集
3. DENON DN-023R PCM/デジタル録音システムの構成と方式	
1) PCM/デジタルオーディオ変換器 2) 4ヘッド・ローバンドVTR(改造) 3) VTR動作モニター装置 4) 方式 変調方式; パルス符号変調(PCM) PCM符号構成; 13ビット自然2進コード 伝送クロック周波数; 7. 1825MHz 音声標準化周波数; 47. 25kHz 伝送波形; 標準NTSCテレビ信号(但し垂直同期信号を含まず) 音声チャンネル数; 8/4/2 切替 アドバンス信号記録方式; アナログ信号の直接記録 アドバンス信号チャンネル数; 2 磁気テープ装置; 改造した4ヘッド・ローバンドVTR テープ速度; 記録時 38cm/秒、再生時 38cm/秒、19cm/秒 切替	

その後日本コロムビア新経営陣の承認を得て、1970年にNHK技術研究所と日本コロムビア(株)との共同開発が始まった。開発は、坪田耕一が戦前戦後に開発を行った日本コロムビア(株)三鷹工場で坪田の後輩である林、宮下、轟、大新田、穴澤によって行われた。CDの導入によりデジタル録音が家庭にまで届いた1982年の丁度10年前の1972年に、図5.23に示す世界最初のレコードマスター用PCM/デジタル録音機が完成し、同年4月より録音現場とレコード制作現場に導入された。



図 5.23 世界最初のレコードマスター用PCM/デジタル録音機(1972年)
(日本コロムビア株式会社所蔵)

このようなデジタル録音機には、デジタルデータの安定した記録再生を行えるデータ記録機が必須とな

る。図5.20に示すNHK開発のPCM/デジタル録音機ではデジタルデータの記録機として1インチ幅の工業用VTRが使われた。録音現場でのこの録音機による録音テストの結果から、データ記録機として動作の安定性に問題があり、編集ができないことなどが問題点として浮上し、抜本的な改善の必要性を認識した。

仮に標準化周波数48kHz、語長16ビットの音声データを8チャンネル分同時に記録再生するとなると毎秒6メガビット強のデジタルデータの記録再生を行う必要がある。その上編集を可能にするための記録テープの手切り編集ができ、カッティング時にピッチやデプスを制御するアドバンス信号(約1秒前の信号)を得ることが出来、ハーフスピードカッティングを実現するための半分の速度でのデータ再生が可能といった条件を満足するデータ記録機は当時存在しなかった。

動作の安定性、改造の容易さ等を考慮しつつ候補となるデータ記録機を探したところ放送局用4ヘッドVTRにたどり着いた。偶然であるが、当時放送局用4ヘッドVTRを製造していた芝電気株式会社が日立電子株式会社(現日立国際電気株式会社)の一部となり、日本コロムビアとほぼ同時期に日立グループの一員となった。その上で日立グループ内での4ヘッドVTRの改造が始まった。日立電子側でこの改造の指揮を取ったのが2001年3月の国立科学博物館技術の系統化報告で「VTR産業技術史の考察と現存資料の状況」の執筆を担当した川村俊明であった。

図5.22に示すPCM/デジタル録音装置の記録機部

分(図5.23の右側)には、放送用ローバンド4ヘッド白黒用VTRが使われた。これは1964年の東京オリンピック時の放送のカラー化により放送局での活躍の場を失い放出されたものであり、このVTRにデジタルオーディオデータを白点として記録していた。チャンネル数も4チャンネルの時代に開発を行ったため、4チャンネル以上と言うことで8チャンネルまでの録音を可能にし、チャンネル数を減少させた録音を行うと信頼性が向上する構成を取っていた。レコード制作では必須となる編集については手切り編集が可能であった。カッティング時のピッチやデプスを制御するアドバンス信号の再生機能も備えていた。その上高音域での忠実度の高いカッティングを可能にするためにハーフスピードでの音楽データの送出機能も備えていた。

この図5.23に示す録音機による最初の録音は、1972年(昭和47年)4月に、折から来日中のチェコの至宝スメタナ弦楽四重奏団の演奏による、モーツァルトの弦楽四重奏曲「狩」他であり、収録会場は東京青山タワーホールであった。

当時弦楽四重奏曲という伝統的に最も緻密なアンサンブルが要求される曲種では、編集無しでレコードの発売に関する承諾を演奏者から得ることは、アルゼンチン・タンゴ、フラメンコ、ジャズ、打楽器アンサンブルとは異なり無理であった。

1972年(昭和47年)の4月録音後に行われた編集作業を、図5.24に示す。



図5.24 1972年(昭和47年)当時の編集作業風景

この編集作業では、まず収録した2インチテープのアナログトラックを再生し、音を聞いて編集箇所を見つけ出した。前述の如く、このアナログ信号はディスクカッティング時に溝のピッチと深さを変えるためにも使用されていた。次に編集位置付近の2インチ磁気テープの信号記録面に磁性粉を揮発性の液体に溶かした液を塗り、顕微鏡で記録トラックの位置を探り、記録トラックがつながる位置で編集前後のテープを切断

し、磁性粉を清掃した上で、薄いアルミのスプライングテープで接着するという方法が取られた。この方法による計数万か所を越える編集作業は、多少の改善はあったものの、約8年間、図5.36に示すランダムアクセス編集システムの登場まで続けられた。40年後の今日では大容量の小型メモリー媒体を持つ信号処理能力のあるノートパソコン単体で簡単に編集ができるようになっている。

この世界最初の編集が可能で本格的なPCM/デジタル録音機で録音し、アナログレコードに記録した製品は1972年10月に発売された。そのレコードの外観を図5.25に示す。



図5.25 世界最初の編集が可能で本格的なPCM/デジタル録音機で録音したアナログレコード
東京のスメタナ弦楽四重奏団 モーツァルト作曲弦楽四重奏曲第17番「狩」、第15番
1972年4月24日、25日、26日青山タワーホールにて録音(日本コロムビア株式会社所蔵)

その2年後の1974年に小型堅牢な録音機を作り、西欧で最初のデジタル録音を開始し、1975年には東欧で最初のデジタル録音、1977年には米国で最初のデジタル録音を行った。積極的な欧米でのPCM/デジタル録音活動により、1962年にフランスのドゴール大統領が、訪問した池田勇人首相を「トランジスタラジオ商人」と揶揄した関係はここに解消した。その揶揄が解消したばかりでなくフランスをはじめ各国の芸術関連の賞と技術関連の賞を受賞するまでに至った。その受賞例を表5.3に示す。

表 5.3 日本の欧米他での PCM/ デジタル録音活動により受賞した各国の賞

1976年	フランス	ADFディスク大賞(対象:日本コロムビア、1974年ピリス演奏モーツァルト・ピアノソナタ全集)
1976年	ハンガリー	リスト賞録音賞(対象:1975年ランキ演奏リスト・ピアノソナタ集の録音)
1977年	オランダ	エジソン賞(対象:日本コロムビア、1974年ピリス演奏モーツァルト・ピアノソナタ全集)
1978年	アメリカ	ビルボード社トレンドセッター賞(対象:日本コロムビア、世界初のPCM/デジタル録音の実用化)
1980年	スイス	モントルー国際レコード大賞名誉技術賞(対象:日本コロムビア、世界初のPCM/デジタル録音の実用化)
1985年	フランス	ACCディスク大賞(対象:日本コロムビアユゲット・ドレイフェス演奏パッサ及びスカルラッティ曲集)
1986年	日本	日本オーディオ協会日本オーディオ協会賞(対象:ソフト技術部門、PCM/デジタル録音の実用化の功績)
1987年	日本	第2回文化庁芸術作品賞(対象:日本コロムビア、1985-1987インバル指揮マーラー交響曲全集)
1988年	フランス	第1回ディアパゾン・ドール賞(対象:日本コロムビア、1985-1987インバル指揮マーラー交響曲全集)
1988年	ドイツ	ドイツレコード賞(対象:日本コロムビア、1985-1987インバル指揮マーラー交響曲全集)
1992年	アメリカ	Audi Engineering Society(本部ニューヨーク) Silver Medal 受賞(対象:個人、PCM/デジタル録音の実用化の功績)

このようにして技術の支援を得て我々日本人の念願であった大物芸術作品の完成を見るまでに至ったのである。この中で多くの賞を得たインバル指揮マーラーの交響曲全集の録音が行われたフランクフルトのアルテオパーの外観とその收音風景をそれぞれ図 5.26 と図 5.27 に示す。



図 5.26 フランクフルトアルテオパーの外観

毎年議論と練習を重ねつつ 10 年の歳月を投じてスメタナ弦楽四重奏団によるベートーヴェンの弦楽四重奏曲全 16 曲の現地録音が 1985 年に完了した。この団体はこのプロジェクト完了後まもなくして解散した。この他にも美空ひばりのアルバムや米国でのジャズ録音やオトマル・スイートナーの指揮によるベートーヴェンの交響曲全集等の録音も完成し、CD の発売が開始された 1982 年には 400 タイトル近くのデジタルコンテンツを揃えることができた。

ビット数とダイナミックレンジの理論値との関係はビット数に 6dB を掛け 1.8dB を加算した値となるため、12 ビットでのダイナミックレンジは 73.8dB、16 ビットでのダイナミックレンジは 97.8dB となる。しかしながらビット数の数そのものは比較器の数さえ増やすことにより容易に増やせるが、実際に精度が取れているかとは全く別問題である。16 ビットという数字を示すことは容易であるが、実際に 16 ビットの理論的精度を対象帯域全体で絶対精度相対精度の両面で満足させることは極めて困難である。



図 5.27 インバル指揮フランクフルト放送管弦楽団によるマーラーの交響曲全集のフランクフルトアルテオパーでの收音風景 (図 5.11 に示すデンマーク B & K 社製マイクロフォンを使用)

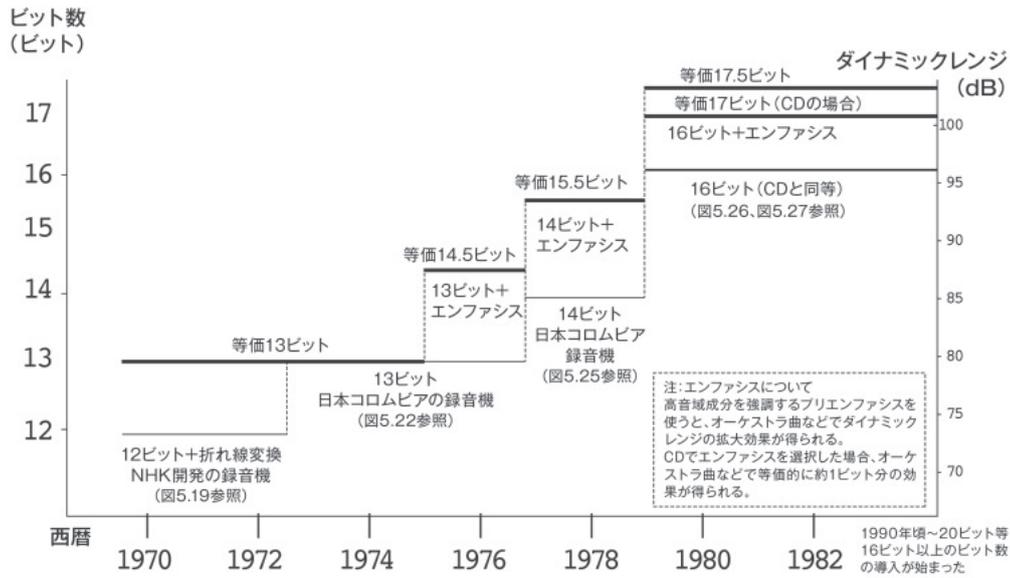


図 5.28 初期 PCM/ デジタル録音機のビット数とダイナミックレンジの推移

1960年代末からの録音機のビット数やダイナミックレンジは、1970年代後半になるとCDの仕様である1チャンネルあたり16ビットにまで到達した。図5.28にその間の推移を示す。

図5.28に示めされている等価15.5ビットの特性を持つ録音機は、DENON DN-034Rであり、その外観を図5.29に示す。この録音機は1970年の後半にニューヨークに運ばれ、ジャズの8トラックのマルチトラック録音に使用された。この録音は米国での最初の商業的なデジタル録音と言うことで1978年（昭和53年）に米ビルボード誌よりトレンドセッター賞を受賞した。



図 5.29 1970年代後半のニューヨーク他でのマルチトラック録音で活躍したDENON DN-034R 8チャンネルPCM/ デジタル録音機 (日本コロムビア株式会社所蔵)

尚この録音機の上部は、4ヘッドVTR時代に名器と言われた日立電子SV-7400型VTRであり、図5.29の下部のプロセッサの代わりにタイムベースコレクタユニットが接続され、放送局で活躍した。このVTRは、国立科学博物館の未来技術遺産に登録されNHK放送博物館に展示されている。

CDの導入の数年前の1970年代の終わりにはセミプロ用のUマチックVTRを記録機として使用するデジタルオーディオプロセッサ（ソニー株式会社PCM1600、PCM1630）などが登場し、この時期には同じUマチックテープとUマチックVTRを使用する4チャンネルの16ビットデジタル録音機（DENON DN-035RMKII）も登場した。ソニーPCM1630とUマチックVTRの外観を図5.30に、DENON DN-035RMKIIを図5.31に示す。



図 5.30 SONY Digital Audio Processor PCM-1630 (上部) とUマチックVTR (下部) (日本コロムビア株式会社所蔵)

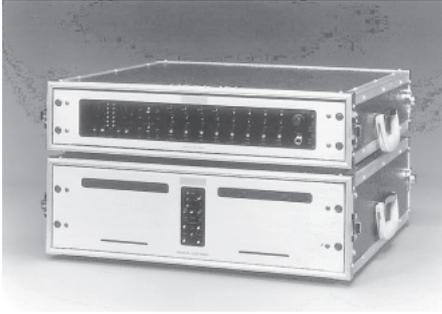


図 5.31 UマチックVTRを使った4チャンネルPCM/デジタル録音機 DENON DN-035RMKII (プロセッサ部分のみの外観)
(日本コロムビア株式会社所蔵)

VTRを記録機に使わない固定ヘッドのデジタル録音機も三菱電機やソニーより発売された。

ソニーの2トラック固定ヘッドデジタル録音機の外観を図 5.32 に示す。



図 5.32 ソニー2トラック固定ヘッドデジタル録音機 3402の外観 (日本コロムビア株式会社所蔵)

三菱電機の2トラック固定ヘッドデジタル録音機の外観を図 5.33 に示す。



図 5.33 三菱電機の2トラック固定ヘッドデジタル録音機の外観 (日本コロムビア株式会社所蔵)

その後マルチトラック録音機も登場した。

図 5.34 にソニーの48トラックデジタル録音機 PCM-3348の外観を、図 5.35 に三菱電機の32トラックデジタル録音機 X-850の外観を示す。

これらは何れも固定ヘッド式の録音機である。



図 5.34 ソニーPCM-3348、48トラックPCMデジタル録音機の外観 (日本コロムビア株式会社所蔵)



図 5.35 三菱電機 X-850 32トラックデジタル録音機の外観 (日本コロムビア株式会社所蔵)

CDの発売が開始された1982年前後には、このような録音システムが各社で使われた。

收音と録音作業にはマイクアンプや音質調整回路、ミキシング回路などからなる調整卓が必要となる。この調整卓の分野に関しては、巨大な会堂が数多く存在し、そこでの拡声の需要が大きかった英国で戦後調整卓メーカーが多く誕生し、現在でも大きなシェアを保持している。

アナログ調整卓のアンプや音質調整回路、ミキシング回路に演算処理を、高速乗算器とその制御プログラムを使ってデジタルでの実時間処理を行うことが出来ればデジタル調整卓が実現できる。このデジタル調整卓の開発は、1970年代半ばから各社で始まり、当時の半導体技術の発展を見るとCDのようなデジタルメディアが導入される1980年代初めには実用レベルまで到達すると見られていたが、使い勝手の良い安価な高速乗算器の市場導入の遅れや、変換誤差、演算誤差の発生による音質劣化の発生解決のための研究、調整卓自体のマンマシンインターフェースの開発の遅れ等

により、CD 導入後の 1980 年代半ばにまで持ち越された。

5.1.4 編集とミックスダウンについて

演奏他のミス修正し作品を完成する作業を編集と言う。

編集では表 5.4 に示す各項目が重要である。

表 5.4 編集を行う上で重要な事柄

- (1) 編集すべき箇所を聴きながら又は波形を見ながら探せること
- (2) 編集すべき箇所と箇所を接続できること
- (3) 接続したところで音の不連続（クリック音）が生じないこと、

戦前の編集作業では、円盤再生機複数台と円盤録音機を置き、タイミングを合わせて記録機への送出手行コピー編集が限定的に行われていた。その後 1950 年代に磁気テープを用いた磁気録音機が導入されると磁気テープの手切り編集が一般化した。この手切り編集では、テープをゆっくり手で動かして音を聴きながら編集すべき箇所を捜しだしマークを付ける。そして編集箇所でのクリック音を避けるためにマークの付いた磁気テープを斜めに切りスプライシングテープで接着する。磁気テープの手切り編集は記録テープ幅の狭い少数トラック録音で行われ、記録テープ幅の広いマルチトラック録音では、手切り編集でなく、マルチトラックの一部のトラックをミスのあった部分について

のみ記録し直す作業により演奏他の修正を行っている。このマルチトラック録音では、多数のトラックから少数トラックのマスターテープを仕上げるミックスダウンやトラックダウンと呼ばれる後作業が伴い、この処理を経て目的のステレオ音源などを仕上げていく。

デジタル録音の導入当初には、4ヘッドVTRを記録機に用いた録音機や少数トラックの固定ヘッド録音機では手切り編集が行われ、UマチックなどのヘリカルスキャニングVTRを記録機に用いた録音機ではコピー編集が行われた。

このように編集では、コピー編集やテープの手切り編集などが行われてきたが、CDの導入前夜の1981年には、メインフレーム（IBM プラグコンパチブルマシン）用のハードディスクユニット（コントローラはTI社 9900 マイコンボードを使用）を用いたランダムアクセス編集機がコンテンツ製作現場に導入された。

この巨大な編集機の外観を図 5.36 に示す。

この編集機により編集効率が大幅に向上し、CD用音源の品質向上と制作効率の改善に寄与した。現在では十分な記憶容量を持つ安価なパソコンが存在するため簡単なソフトを使って家庭でのランダムアクセス編集も可能になっている。演奏者を変えて同じ曲を何回も録音するクラシック音楽では、その録音以前の演奏よりも欠点の少ない演奏を実現しようとなると人間の能力には限界があるため、編集が多くなる。多いときは約 50 分間の演奏時間を有する 1 枚の LP や CD で

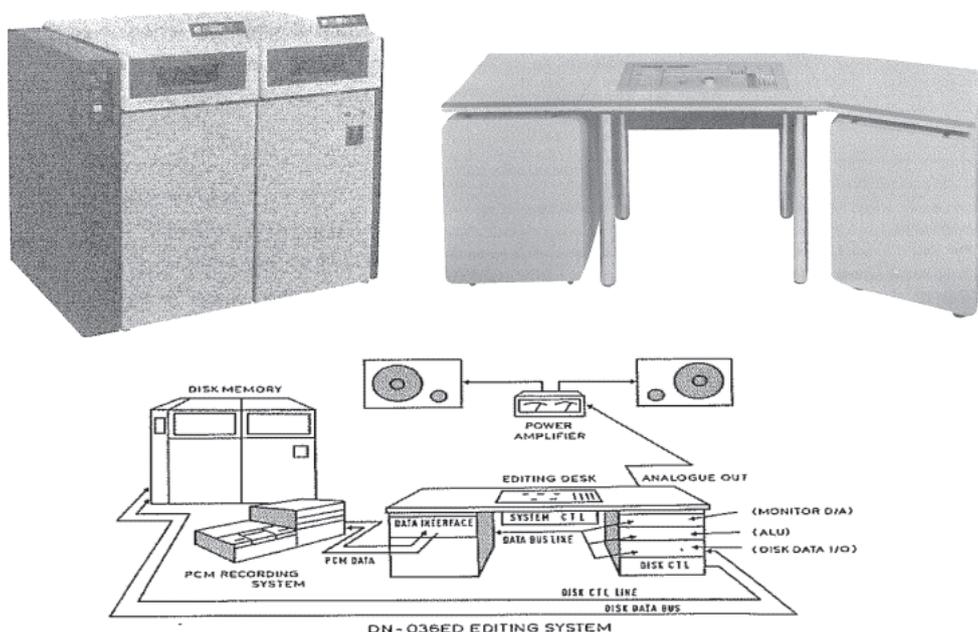


図 5.36 DENON DN-036ED ランダムアクセス編集システム

編集箇所が200箇所とか300箇所以上にも及ぶことがある。この場合、演奏の継続性を維持し、如何に芸術性を確保するかが重要になる。

その後、図5.37に示すDENON DN-050MD カッティング用デジタルマスタリング／ミキシング調整卓が導入され、録音からカッティングアンプ直前までのデジタル系が確立した。

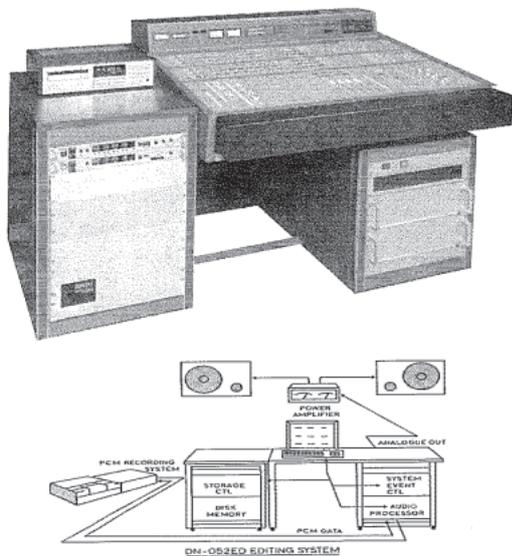


図 5.37 DENON DN-050MD デジタルマスタリング／ミキシング調整卓
(日本コロムビア株式会社所蔵)

5.1.5 カッティング (マスタリング) について

磁気録音機の導入以前は、円盤録音機で円盤レコードの原盤 (モンタン WAX 主成分としてミツロウ、木ロウを添加した WAX 盤) を作製し、円盤レコードの複製工程に送られていた。磁気録音機導入後は、編集やミックスダウンとその後の調整作業および検査工程を経て、円盤レコード上のコンテンツの姿を持つ磁気テープが作成され、これをマスターテープと呼び、溝切削工程に送られた。溝切削工程はカッティング又はディスクマスタリングと呼ばれる。

溝切削は、カッティングマシン (カッティングレース (旋盤) に取り付けられたカッターヘッドと呼ばれる溝切削ユニット) の切削針によってラッカー盤と呼ばれる原盤に対して溝切削が行われる。このラッカー盤は、平滑なアルミ芯盤に硝酸セルロース、ベンゾール、酢酸ブチルエステル、ブチルアルコール、酢酸エチルエステル、DOP、ひまし油、エチルアルコール、染料の混合溶液を塗布したものである。

カッターヘッドは、通常 1kHz 付近に共振周波数をもつ単一共振系であり、30dB 以上の多量の動的な

フィードバックを付加することにより 50Hz 付近から 18kHz 付近まで平坦な特性が比較的容易に得られる。この動的なフィードバックを行うためにカッターヘッドには駆動コイルと共に、検出コイルが装備されている。この検出コイルでは溝そのもののチェックはできないが、カッティング針の動きが信号として得られ、カッティング時の音質のチェックが可能である。このため通常作業者はカッティング時にこの信号を聴いてカッティング系の動作状態をチェックしている。

円盤レコードの本質的な限界は、回転数と溝の位置する直径によって決まる速度限界だけである。カッターヘッドの駆動については、対象とする回転数と溝の位置する直径でこの速度限界を十分に満足する出力 (代表的なカッターヘッドである独ノイマン社のカッターヘッド SX74 の場合 8 オーム換算で 300W 以上) を持つアンプで駆動する必要がある。この他にカッティング系の限界として低音域の信号レベルに関係するカッターヘッドの振幅限界 (SX74 の場合 プラスマイナス 150 ミクロン) がある。但し通常の円盤レコードの最大振幅は プラスマイナス 50 ミクロン程度であり、プラスマイナス 150 ミクロンという振幅限界は余裕がある。カッターヘッドの振幅限界に近い信号を切削したレコードの記録時間は短くなり、トレースが困難であるため安定した再生も困難である。

以上がカッティング側の限界であるが、この他に再生時に発生する限界として、再生針の曲率半径 (例 16.5 ミクロンの丸針) と溝の置かれている直径によって決まる再生限界と再生時に発生する盤上の雑音が挙げられる。

雑音以外の円盤レコード (LP) の録音再生限界を図示すると図 5.38 のようになる。

再生限界は内周部で顕著であり、再生針の曲率半径を小さく (細く) すれば改善できるが、円盤レコード上の溝を傷つけることもあるので注意を要する。この図 5.38 には下限としての盤の雑音が表示されていないがこの雑音も考慮に入れておく必要があり、レコード盤の材料等の改善によって可能な限り低減する必要がある。

切削針 (カッティング針) の形状を図 5.39 に示す。

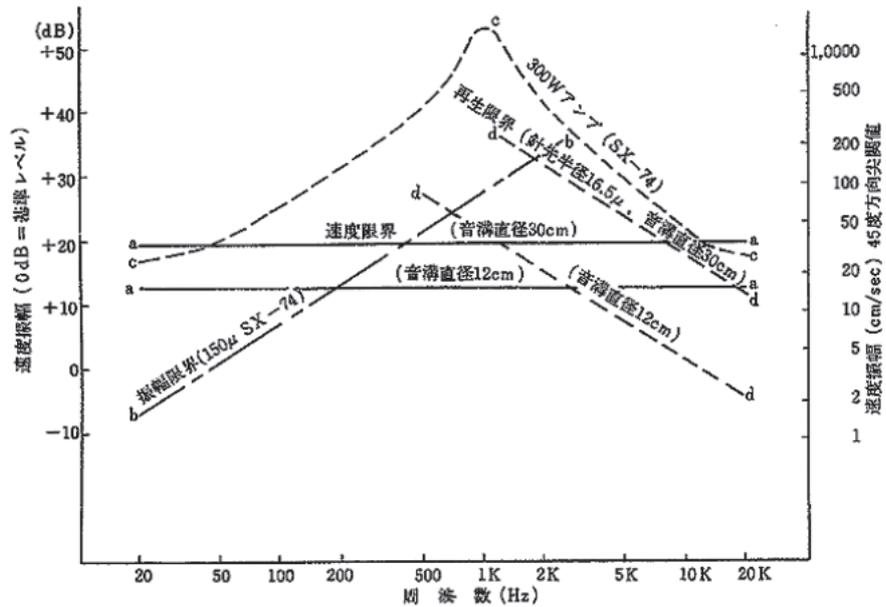


図 5.38 ディスクレコードの録音再生限界例 (33 1/3r.p.m の場合)

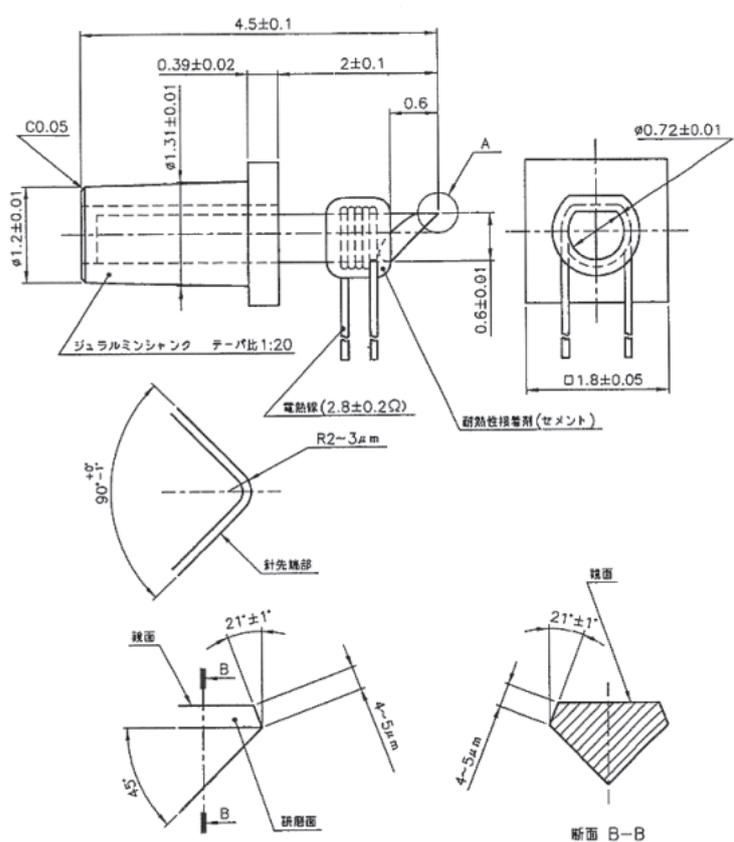


図 5.39 ステレオ LP 時代の切削針 (カッティング針) の形状

溝切削時には溝の切削性を改善し、雑音を低減する(溝の切れ味を良くする)ため、図 5.39 に見る通り切削針の先端部にニクロム線を巻き付け、熱を加える。その一方で切削針を駆動するコイルにはコイルの酸化や炭化による切断を防止するために不活性ガス(ヘリウム)の噴射が一般に行われている。

ここで各種の再生針の先端形状と接触面積の関係を図 5.40 に図示する。

円盤レコード上の溝に長時間のステレオコンテンツを、左の信号を 45 度方向、右の信号をマイナス 45 度方向に(左右の和分を横方向、左右の差分を縦方向に)切削するためには、溝のピッチと深さ(デプス)を前以っ

	点接触針		線接触針
	0.5mil 丸針	ダエン針	S.A.S.
前方より見た図			
A-A' 断面			
レコードの接触部			
接触面積	23.4 μm^2	20.6 μm^2	62.1 μm^2
L ₁ / L ₂	1	1.8	9



図 5.40 再生針の先端形状と接触面積の関係

て知り、コンテンツに最適のピッチとデプスを設定する必要がある。このためカッティング（マスタリング）に使用する磁気録音再生機（例 図 5.14 参照）やデジタル録音再生機（例 図 5.23、図 5.29 参照）には、先行ヘッド（アドバンスドヘッド）が用意され切削する信号の到来前にどのような信号が来るかを知り、カッティングレースのピッチ（溝と溝の間隔）を設定し、カッターヘッドの垂直保持部分を制御し溝の平均深さ（デプス）を設定している。平均ピッチが狭すぎれば隣の溝と接触し隣の溝の音が聞こえてしまうし、広すぎれば長時間記録が不可能となる。また平均デプスが浅すぎれば、溝切れを起こし再生時に再生針が溝を辿れなくなり、深すぎると長時間記録が不可能となり、極端な場合はラッカー盤の芯のアルミ層にまで溝が到達し切削針が破損する。特に低音域に過剰な左右の差分が存在すると長時間記録が困難になるため、低音域での左右の差分を抑制するエレプティカル（楕円）イコライザなども用いられている。このイコライザを用いると旧来のモノラルカートリッジでの再生もある程度可能になるというメリットもある。

カッターヘッドは、カートリッジに比較し注目されることが少ない地味な技術であるが、アナログディスクレコードの根幹をなす技術の一つに数えられ、4.3 で述べた戦前の円盤録音機の開発でその基礎が築かれた。

以下に代表的なカッターヘッドとカッティングマシンを紹介する。

図 5.41 から図 5.44 までに示す 4 種のカッターヘッドは、いずれも SP 末期から LP 初期やステレオ初期にかけての代表的なカッターヘッドであり、特にブルムラインのカッターヘッドは磁石に電磁石を使用していたため、図 5.41 の写真内に示したステレオの最も盛んだった時代のカッターヘッド SX74 との比較からもわかる通り、巨大であった。

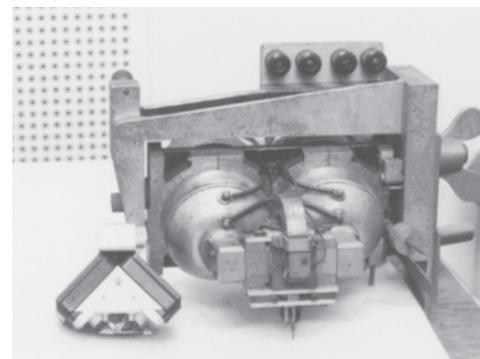


図 5.41 Blumlein カッターヘッドの外観（大きさの比較のため SX74 の外観も加えてある）
（日本コロムビア株式会社所蔵）



図 5.42 DENON C-28-G カッターヘッドの外観
（日本コロムビア株式会社所蔵）



図 5.43 Fairchild カッターヘッドの外観
（日本コロムビア株式会社所蔵）

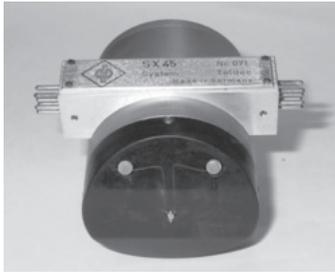


図 5.44 Neumann SX-45 カッターヘッドの外観
(日本コロムビア株式会社所蔵)



図 5.46 Westrex 3D カッターヘッドの外観
(日本コロムビア株式会社所蔵)

ステレオ LP の黄金時代に使用された各社のカッターヘッドの外観を図 5.45、図 5.46、図 5.47 に示す。



図 5.45 デンマーク Ortofon カッターヘッドの外観
(日本コロムビア株式会社所蔵)

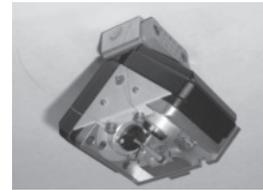
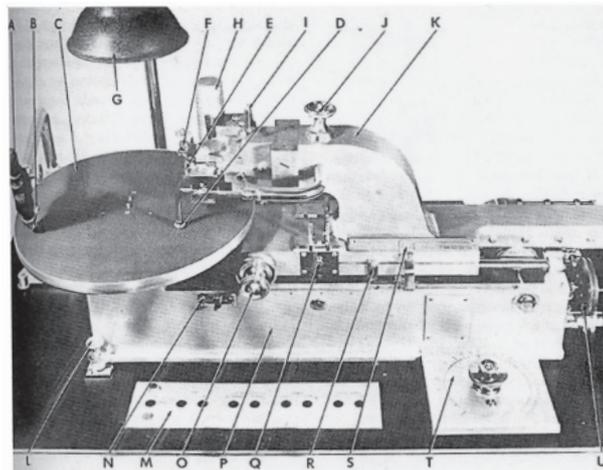


図 5.47 Neumann SX-74 カッターヘッドの外観
(日本コロムビア株式会社所蔵)

図 5.48 に上記カッターヘッドを搭載するカッティングレース (カッティングマシン) の外観例として米国 Scully 社のカッティングレースとその各部の名称を示す。



- | | |
|---------------------|-----------------|
| A 顕微鏡 | L 水平調整ねじ |
| B 顕微鏡ライト | M 押ボタン・コントロール |
| C ターンテーブル | O キャリエッジ・ハンドル |
| D 真空吸引パイプ | P レコーダーベース |
| E カッティングヘッド | Q フィードナット調整 |
| F 深さ調整 | R キャリエッジ停止位置決め |
| G 照明スタンド | S 音溝目盛 |
| H カッティングヘッド・ダッシュポット | T 録音溝ピッチ調整 |
| I カッティングヘッド・コネクター | U リードスクリュー・ハンドル |
| K スレッド (sled) | |

図 5.48 米 Scully 社カッティングレースと各部の名称
(日本コロムビア株式会社所蔵)

図 5.49 には WAX 盤時代の DENON 製カッティングレースの外観を示す。



図 5.49 WAX 盤時代の DENON 製カッティングレース
(日本コロムビア株式会社所蔵)

図 5.50 に 1956 年頃の DENON 製カッティングレースの外観を示す。

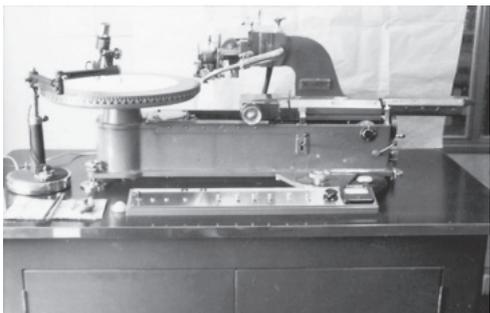


図 5.50 1956 年頃の DENON 製カッティングレース
(日本コロムビア株式会社所蔵)

図 5.51 にデンマーク Lyrec 社カッティングレースと同じデンマーク Ortofon のカッターヘッドの外観を示す。

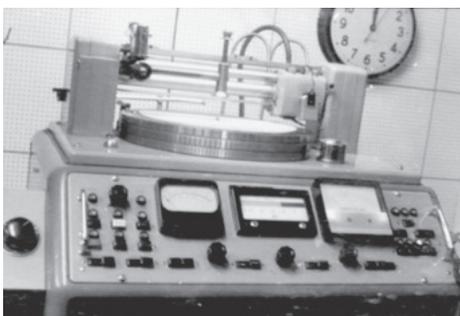


図 5.51 デンマーク Lyrec 社カッティングレース、カッターヘッドはデンマーク Ortofon 製
(日本コロムビア株式会社所蔵)

図 5.52 に米 Scully 社カッティングレースとカッターヘッドの Westrex 3D の外観を示す。

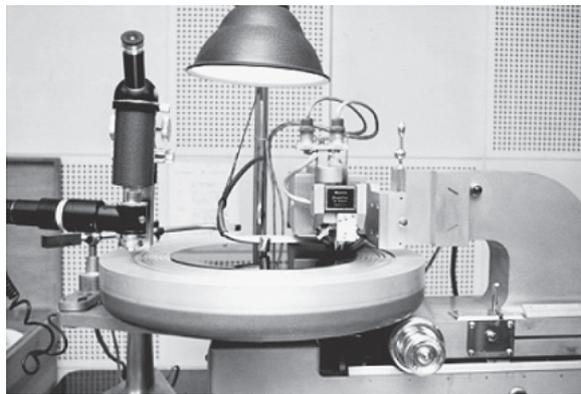


図 5.52 米 Scully 社カッティングレース、カッターヘッドは Westrex 3D
(日本コロムビア株式会社所蔵)

図 5.53 に独 Neumann 社カッティングレースと同じ Neumann 社のカッターヘッド SX74 の外観を示す。

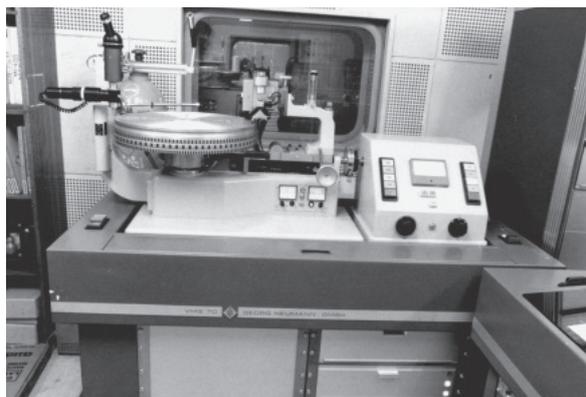


図 5.53 独 Neumann 社カッティングレースと同じ Neumann 社のカッターヘッド SX74
(日本コロムビア株式会社所蔵)

民生用プレーヤー向けのダイレクトドライブターンテーブルの導入が始まった時期には、カッティングマシン用ダイレクトドライブターンテーブルも登場した。図 5.54 にカッティングマシン用 DENON 製ダイレクトドライブモータの外観を示す。

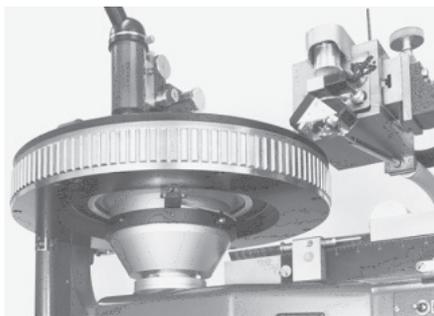


図 5.54 DENON 製カッティングマシン用ダイレクトドライブモーターの外観
(日本コロムビア株式会社所蔵)

現在でも日常の作業で使われているカッティングマシンの例を図 5.55 に示す。



図 5.55 最新カッティングマシンの構成
(日本コロムビア株式会社所蔵)

カッティングマシンの後方にはカッターヘッドのコイルを冷やすためのヘリウムガスボンベが設置され、右端の流量計を経て SX7 カッターヘッドの正面の孔を介してチューブがカッターヘッド内部に入り、ヘリウムガスがコイルに噴射される。ターンテーブル上にラッカー盤を置き、このラッカー盤の中央にあるパイプとターンテーブル上の孔を介して空気によってラッカー盤はターンテーブルに吸い付けられる。ターンテーブル奥のピックアップは、校正や音質チェック等の目的に使用され、図 4.12 と図 4.13 に示した DENON DL-103 型カートリッジが今でも使われている。ターテーブル左側の顕微鏡は溝形状や切削状態をチェックするために使われる。

5.2 録音再生イコライザ特性の統一

前述のごとく、円盤レコードでは、回転数と溝の位置する直径によって決まる速度の上限とカッターヘッ

ドや再生時のトレース能力に依存する振幅の上限、再生針の曲率半径と溝の位置する直径によって決まる再生限界がある。以上が上限であるが、この他に下限として円盤レコード盤の雑音が挙げられる。以上の上限と下限そしてコンテンツの周波数分布を考慮した音楽再生に適したイコライザカーブを導入する試みが各所で行なわれた。このため最も大きなダイナミックレンジを必要とすると想定されるオーケストラコンテンツなどについて信号の周波数分布レベルの測定が行なわれた。この苦労は残念ながら SP の電気吹き込み時代には実らず、このイコライザカーブの統一を実現することはできなかった。LP の時代に入っても各社が異なるイコライザカーブを採用したため、再生機に少なくとも 11 種のイコライザカーブを用意し、レコード(会社名)によってスイッチ等でイコライザカーブを切り替えなければならない状況にあった。この問題は、1954 年 2 月に RIAA (Record Industry Association of America ; 米国レコード協会) によって RIAA カーブという形でこのイコライザカーブの統一が行われ解決を見た。同じカーブは IEC (International Electrotechnical Commission 国際電気標準会議、本部ジュネーブ) にも採用され、1976 年(昭和 38 年)にその改定がなされた。RIAA 規格と IEC 規格のイコライザカーブを表 5.5 と表 5.6 に示す。

表 5.5 RIAA のイコライザ特性 (1954 年)

RIAA録音特性・再生特性		
周波数(Hz)	録音特性(dB)	再生特性(dB)
30	-18.61	+18.61
50	-16.96	+16.96
70	-15.31	+15.31
100	-13.11	+13.11
200	-8.22	+8.22
300	-5.53	+5.53
400	-3.81	+3.81
700	-1.23	+1.23
1,000	0	0
2,000	+2.61	-2.61
3,000	+4.76	-4.76
4,000	+6.64	-6.64
5,000	+8.23	-8.23
6,000	+9.62	-9.62
7,000	+10.85	-10.85
8,000	+11.91	-11.91
9,000	+12.88	-12.88
10,000	+13.75	-13.75
11,000	+14.55	-14.55
12,000	+15.28	-15.28
13,000	+15.95	-15.95
14,000	+16.64	-16.64
15,000	+17.17	-17.17

表 5.6 IEC のイコライザ特性 (1976 年改訂)

周波数 (Hz)	録音特性 (dB)		再生特性 (dB)	
	Coarse groove	Fine groove	Coarse groove	Fine groove
2	-	-	-3.2	-0.2
2.5	-	-	-1.3	+1.8
3.15	-	-	+0.7	+3.7
4	-	-	+2.7	+5.7
5	-	-	+4.5	+7.6
6.3	-	-	+6.4	+9.4
8	-	-	+8.2	+11.2
10	-	-	+9.7	+12.8
12.5	-	-	+11.1	+14.1
16	-	-	+12.4	+15.4
20	-16.3	-19.3	+13.3	+16.3
25	-16.0	-19.0	+13.8	+16.8
31.5	-15.5	-18.5	+14.0	+17.0
40	-14.8	-17.8	+13.8	+16.8
50	-14.0	-16.9	+13.3	+16.3
63	-12.9	-15.9	+12.5	+15.4
80	-11.6	-14.5	+11.3	+14.2
100	-10.2	-13.1	+10.1	+12.9
125	-8.8	-11.6	+8.7	+11.5
250	-4.5	-6.7	+4.5	+6.7
315	-3.3	-5.2	+3.3	+5.2
400	-2.3	-3.8	+2.3	+3.8
500	-1.5	-2.7	+1.5	+2.7
630	-0.9	-1.6	+0.9	+1.6
800	-0.4	-0.8	+0.4	+0.8
1,000	0	0	0	0
1,250	+0.4	+0.8	-0.4	-0.8
1,600	+0.9	+1.6	-0.9	-1.6
2,000	+1.4	+2.6	-1.4	-2.6
2,500	+2.1	+3.7	-2.1	-3.7
3,150	+3.0	+5.0	-3.0	-5.0
4,000	+4.2	+6.6	-4.2	-6.6
5,000	+5.5	+8.2	-5.5	-8.2
6,300	+7.0	+10.0	-7.0	-10.0
8,000	+8.7	+11.9	-8.7	-11.9
10,000	+10.5	+13.7	-10.5	-13.7
12,500	+12.2	+15.6	-12.2	-15.6
16,000	+14.3	+17.7	-14.3	-17.7
20,000	+16.2	+19.6	-16.2	-19.6

表 5.6 の IEC 規格には SP レコードのイコライザカーブ (表中 Coarse Groove と記載されている値) も併記されている。表 5.5 と表 5.6 の LP の値 (Fine Groove の値) が一致していない理由は、RIAA と IEC で規定する周波数が異なるためである。よく知られている通り、我々の聴覚は、100Hz と 200Hz の音程の差を 1kHz と 1.1kHz ではなく 1kHz と 2kHz の差と等価と判断している。これは対数で示した周波数に相当しているため規格で規定する周波数は低音域中音域では規格によって選び方が異なるものの対数軸からほぼ均等に選んでいる。高音域については録音系や再生系での特性偏差が生じやすいため RIAA でも IEC でもより細かく周波数を規定している。

このイコライザカーブは円盤レコードの速度限界や振幅限界などの上限とレコード再生時の材料他によって生じる雑音レベル等の下限の限られたダイナミックレンジを有効に活用するために決められたカーブである。このカーブを決めるためには対象とする音源の音圧レベル及び周波数分布を考慮に入れる必要がある。最も高い音圧レベルが必要とされるとイコライザ制定時に考えられていたフルオーケストラ演奏時のコンサートホール内の客席前方での音圧及び周波数分布がその対象となっていることに注意を要する。これには名指揮者ストコフスキーやフィラデルフィア管弦楽団他の協力を得てのベル研究所の戦前の研究成果が生きている。

ここで記録再生媒体がレコードからカセットテープや CD (コンパクトディスク) に変わればこのイコライザカーブを変更する必要がある。実際にカセットテープでは別のイコライザカーブが使われ、CD では使いたい人が使えるようにエンファシスと呼ばれる簡単なイコライザカーブが用意され、その ON/OFF が CD の盤上に記録され、再生時に自動的にエンファシスを戻すディエンファシス回路が働く。

前述の如くアナログレコードのイコライザはオーケストラの周波数分布を前提に決められたが、アナログレコードのカッティングエンジニアを悩ませるのは、西洋のオーケストラの周波数分布と全く異なる周波数分布を持つ楽曲や効果音である。その典型がギリギリス等の虫の声であり、純邦楽等の楽器にも虫の音と似た成分を持つものがある。その周波数分布は高音域に偏り、高音域での振幅の変化 (振幅変調) や周波数の細かい変化 (周波数変調) が含まれている。仮に高音域にひずみの発生要因となる非直線性が存在すると元の音では聞こえなかった低音域の成分を持つ振幅や周波数の細かい変化が聞こえるようになり、さらにイコライザカーブにより低音域が持ち上げられるため強調され、元の音とは全く異なるギリギリスとは思えない音が出てしまう。このような現象はいたずらに帯域を広げ、管理されていない帯域 (非直線帯域) まで使って信号を伝送すると発生するため、どんな場合でも信号の伝送帯域は管理できる範囲にとどめておくことが重要である。

5.3 円盤レコードの較正法と「周波数レコード」について

一般に、円盤レコードの記録再生系は、レコード会社などで行われる記録と一般家庭での再生とに別れ、両者の接点となるのが円盤レコードである。

この接点で再生系の特性管理のために使用する円盤レコードは周波数レコード或はテストレコードと呼ばれる。周波数レコードを作製するためには、溝の測定法の確立が必須であり、溝の変位、波長、切削方向、溝の形状などを正確に計測する必要がある。その測定法を表 5.7 に示す。

表 5.7 レコード溝の測定法

- i) 光帯法
- ii) 干渉縞による光帯法 (B ライン法)
- iii) 速度可変法
- iv) 干渉顕微鏡による測定法
- v) 電子顕微鏡による測定法

光学顕微鏡については溝の概寸、溝間隔、溝の底や壁面の傷などが観測できるため、カッティングマシンに常備され、カッティング作業で常時使用されている。

光帯法は、溝の速度や振幅を溝の切削中に溝に触れずに測定を行う最も一般的な方法であり、1930年にBuchman-Meyerにより発明され導入された。この方法は溝壁に光線を投射した時に得られる反射模様の幅が、記録されている信号の速度振幅と一義的な関係にあることを利用したものである。この光帯法では信号周波数が高くなると記録波長が短くなり、反射光の散乱が生じ精度の良い光帯幅の測定が困難になるため、この欠点を補うのが干渉縞による光帯法であり、1955年にBuerによって導入されている。一方信号周波数が低くなると、カッターヘッドの振幅限界により一定の速度振幅を切削することが難しくなり、速度振幅の低下に伴って、光帯法による測定精度が低下する。測定精度を確保するためには、再生時の回転数を変化させて周波数の異なる信号のレベルを較正する可変速度法が有効である。この方法では絶対較正は不可能であるが、ピックアップの直線性の保証されている範囲では、簡便に精度の良い較正を行なうことが出来る。

干渉顕微鏡による方法は、溝を直接干渉顕微鏡で観測し、干渉縞の本数や形状によって、溝の変位、振幅、形状を知る方法である。一般に0.546ミクロンの波長を持つ光源が用いられ、干渉縞の間隔はその光源波長の1/2の0.273ミクロンに相当している。JISの基準レベルの1kHz正弦波を観測する場合、溝壁の変位の

理論値 (p-p 値) は11.26ミクロンであり、誤差範囲を干渉縞の1/2とした場合0.1dB程度の精度が得られると推察される。クロストークについても-38dB程度までの測定が出来、記録レベルを上げれば精度も向上できる。電子顕微鏡による測定法は水平カッティング角、垂直カッティング角、切削針の切削状態、メッキ工程での仕上がり状態等を観測する上で欠かせない方法となっている。実際の周波数レコードの制作時には、一つの方法に限定することなく数種の方法を組み合わせ合わせて使用している。周波数レコードを用いた主な再生系の測定項目を表5.8に示す。

表 5.8 周波数レコードを用いた主な再生系の測定項目

- | |
|-------------------------|
| a) 感度 (基準レベル) |
| b) 周波数特性 (超低域、可聴帯域、超高域) |
| c) 再生損失 |
| d) クロストーク |
| e) ひずみ (高調波ひずみ、混変調ひずみ他) |
| f) ワウ・フラッタ |
| g) S/N 比 (無音溝) |
| h) 電機インピーダンス |
| i) 機械インピーダンス |
| j) 垂直トラッキング角 |
| k) 位相特性 (2チャンネル間) |
| l) 遅延特性 |
| m) 過渡特性 |

ほぼすべての測定項目の測定が可能になった1970年代前半までに発売された主だった周波数レコードの例と概要を表5.9に示す。

表 5.9 主な周波数レコードその内容

会 社 名	レコード番号	主 な 内 容
Audio Fidelity	XMS-100AF	F 特 (30~15kHz スポット) 低域共振 (70~15Hz) デモ音楽
Capitol	LF-1002	デモ音楽
CBS	STR-100	F 特 (40~20kHz スイープ) 低域共振 (200~10Hz)
〃	STR-110	トランジェント 混変調歪
〃	STR-120	F 特 (10~500~50kHz スイープ) 再生損失
〃	STR-130	F 特 (40~20kHz スイープ) RIAA
〃	STR-140	1/3Oct ピンクノイズ (30~15kHz) RIAA
〃	BTR-150	放送規格テストレコード
〃	STR-101	耳で聴くテストレコード
Clarkstan	WR J-105R	F 特 (70~15kHz スイープ)
	WR J-103L	
Command	SC-1	F 特 ワウフラ バランス デモ音楽
Concert Disk	PTX-10	F 特 (60~10kHz スポット) ワウフラ S/N トラッカビリティ
NAB		F 特 (30~15kHz スポット) ワウフラ クロストーク
Pacific Transducer	STR-103、105	F 特 位相テスト
Shure	TTR-101	トラッカビリティ
Stereo Review	SR-12	F 特 (20~20kHz) ワウフラ S/N トラッカビリティ
〃	MODEL-211	F 特 ワウフラ S/N チャンネルバランス
B & K	QR-2009	F 特 (20~20kHz スイープ)
Decca	T22-222	デモ音楽
DIN	45541	F 特 (31.5~20kHz、スイープ スポット) 低域共振 (5~125Hz)
〃	45542	垂直トラッキング角テスト 相互変調歪
〃	45543	クロストーク測定
〃	45544	ランブル測定
〃	45545	ワウ・フラッター測定
EMI	TCS-101	F 特 (30~20kHz スポット)
〃	TCS-105	F 特 (30~20kHz スポット) ヴァーティカル
HiFi STEREO TEST	No1	音、音楽についての説明
〃	No2	F 特 (20~20kHz) 位相 ランブル クロストーク
London	SLC-1107	F 特 (40~12kHz スポット)
〃	SLC-1650	耳で聴くテストレコード
TELEFUNKEN	TST-72212	F 特 (60~12kHz スポット)
〃	TST-72213	溝の変調方向測定
オーディオテクニカ	AT-6601	F 特 ワウフラ アーム共振 トラッカビリティ
東芝 EMI	LF-1003	F 特 ワウフラ S/N (モノラル)
〃	LF-9001	F 特 (20~1kHz スイープ、スポット), S/N, トランジェント, 音楽
日本ビクター	TRS-1001	F 特 (30~15kHz スポット), ワウ・フラッター, S/N
〃	TRS-1002	F 特 (30~15kHz スポット)
〃	TRS-1003	F 特 (1K~50kHz スイープ), スポット, 50k, 40k, 30k, 20kHz
〃	TRS-1004	CD-4 カートリッジチェック, スポット, 40k, 30k, 20k, 10kHz, クロストーク
〃	TRS-1005	F 特 (1K~50kHz スイープ)
〃	TRS-1	F 特 (30~15kHz スポット)
日本コロムビア	XL-7001	F 特 (20~20kHz スイープ) 低域共振 (4~100Hz) S/N ワウフラ
〃	XL-7002	マイクの種類 位置 再生条件等による音の違い
〃	XL-7003	楽音の変化 (F 特クロストーク ワウフラ 歪 ダイナミックレンジ)

わが国での円盤レコードの基準レベルは JIS で規定されており、表示方法の混乱もないが、海外の周波数レコードでは、基準レベルや表示の仕方が異なる。その例を表 5.10 「1kHz 基準レベルとその表示方法の違い」に示す。JIS 以外の基準レベルを持つ周波数レコードを使用する際には、測定時にレベルの換算を行なう必要があることは言うまでもない。

わが国での円盤レコードの基準レベルは JIS で規定されており、表示方法の混乱もないが、海外の周波数レコードでは、基準レベルや表示の仕方が異なる。その例を表 5.10 「1kHz 基準レベルとその表示方法の違い」に示す。JIS 以外の基準レベルを持つ周波数レコードを使用する際には、測定時にレベルの換算を行なう必要があることは言うまでもない。

表 5.10 1kHz 基準レベルとその表示方法の違い

	JIS ステレオ基準レコード JIS C-5514	NAB TEST RECORD	DIN FREQUENZ-MESS-SCHALLPLATTE 45541		CBS-Lab. TEST RECORD STR-100
表示レベル	水平方向 50mm/sec・尖頭値	水平方向 7cm/sec・尖頭値	ステレオ（各チャンネル） 8cm/sec・尖頭値	モノラル（水平方向） 10cm/sec・尖頭値	水平方向 5cm/sec・実効値
ステレオ 片チャンネル換算 尖頭値	3.54cm/sec	5cm/sec	8cm/sec	7cm/sec	5cm/sec

5.4 再生ひずみ補正によるひずみ低減と溝切削技術の発展

カッティング針と再生針の形状の違いによって再生時に発生するトレーシングひずみと呼ばれる再生ひずみの補正については、カッティング時に予め再生ひずみを逆補正する信号を生成し、その上でカッティングを行う再生ひずみ対策が、1960年代後半から1970年代初めにかけて米RCA社、独テレフンケン社、日本コロムビア、東芝EMI等で行われた。その効果の例を図5.56から図5.59の4枚に示す。

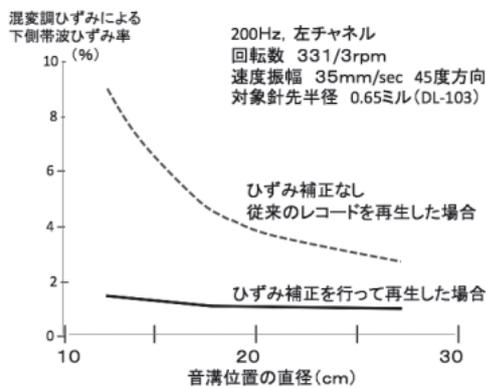


図 5.56 再生ひずみ補正の効果（信号周波数 200Hz、左チャンネル）

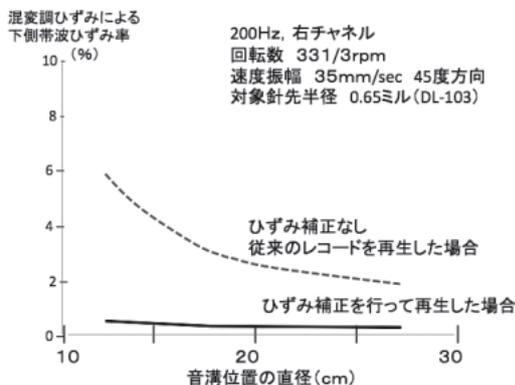


図 5.57 再生ひずみ補正の効果（信号周波数 200Hz、右チャンネル）

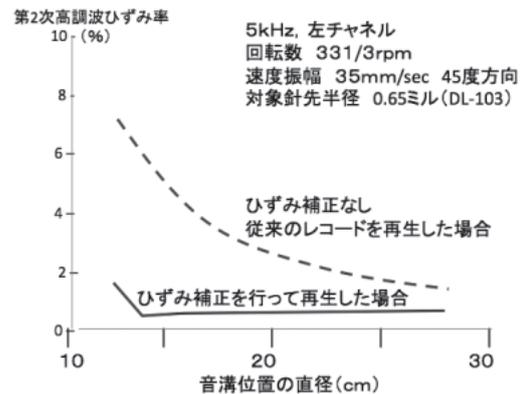


図 5.58 再生ひずみ補正の効果（信号周波数 5kHz、左チャンネル）

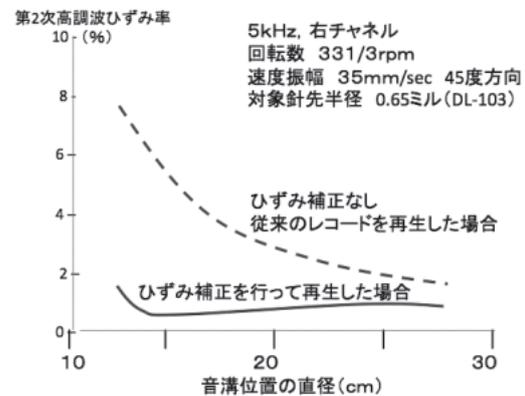


図 5.59 再生ひずみ補正の効果（信号周波数 5kHz 右チャンネル）

以上の結果は、丸針の再生針を対象に、再生ひずみを算出しその逆補正信号を生成し、カッティングした後、丸針で再生した時の結果であるが、どれも再生ひずみの補正を行なわなかった場合に比較し、大幅に改善されていることがよくわかる。よく知られている通りこの再生ひずみは再生針の形状の違いによって生じており、楕円針ではその改善の度合いが大きく変化する。図 5.60 にその例を示す。

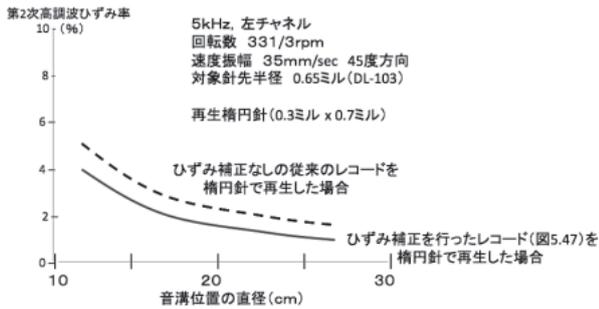


図 5.60 再生ひずみ補正レコードと従来のレコードを楕円針で再生した場合

この図から丸針での再生ひずみの補正を行った後、楕円針で再生すると改善度合いが低下し、丸針での再生ひずみを行わない場合に近い値を示すことがよくわかる。全ての再生針が丸針であれば、再生ひずみの補正により再生ひずみの大幅な改善が見込める状態ではあったが、1960年代後半になると丸針より細い楕円針が販売されるようになり、音にうるさいオーディオマニアが飛びついた。このようなオーディオマニアでの再生ひずみの補正の効果は限定され、折角開発を行い、一部のレコードの取り入れられたものの普及するまでには至らなかった。

この再生ひずみの補正や針先を細くするための検討が役に立った分野がある。それは、1970年（昭和45年）9月に、日本ビクター(株)が発表したCD-4と呼ばれるディスクリット方式の4チャンネルレコードでは、図5.61に示す通り、左チャンネル、右チャンネルそれぞれの前方向及び後方向の信号の和分を通常の左右チャンネルに記録し、その差分を40kHzのキャリアでFM変調し左右の溝に記録していた。

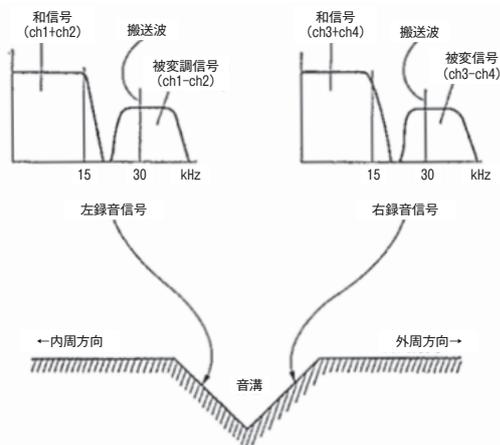


図 5.61 CD-4レコードの記録信号

このCD-4の再生には、高周波でのひずみの少ない

再生が必須となるため、シバタ針などの細い針が開発導入される一方、このような細い針での再生ひずみの補正も行われた。しかしながら当時の技術を結集したこのCD-4も、残念ながらコンテンツ側での積極的なニーズが望めず短命に終わった。

4チャンネルレコードについては、5.1.3項で述べた三浦他の評価実験の結果が生きたのか、多チャンネルのデジタル録音が容易に実現可能な今でも、本格的な4チャンネルの導入が期待されながら依然としてコンテンツ側のニーズが発掘できず、DVDなどでの映画用サラウンドを除き今以って普及にまで至っていないことは興味深い。

5.5 再生専用円盤レコード製造技術と円盤レコード材料の改善

円盤レコードのラッカー盤からスタンパーまでの原盤のあらましを図示すると図5.62の如くなる。

その開発のいきさつとレコード材料の改善経過について以下に説明を加える。

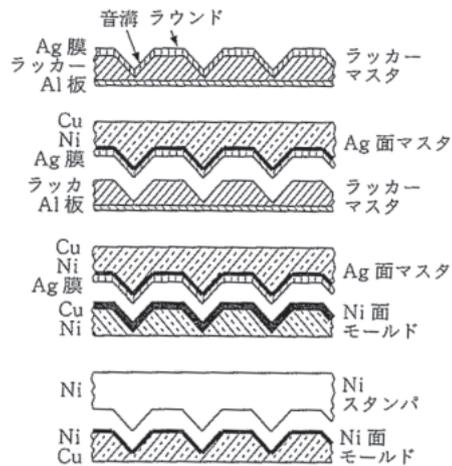


図 5.62 レコード原盤のあらまし

5.5.1 円盤レコード原盤への電導性の付加の試み

円盤録音レコードのオリジナル盤の制作は以下の方法に依った。モンタンWAXを主成分としてミツロウ、木ロウを適当な比率で溶解混合し、型に流し込んでWAX盤を作成する。出来上がったWAX盤の表面を旋盤で平滑に仕上げ、厚さ約30mmのWAX盤の表面に録音（カッティング）が行われていた。この録音済みのWAX盤には電導性がないため電導性の付与が必要になり、WAX盤の表面に黒鉛を刷毛で塗布したり、WAX盤の周辺に銅線を埋め込みメッキを行なうなどの方法が取られた。しかし黒鉛結晶の粒径や塗布時の筆による変形、傷などにより表面の平滑性

を確保できず、表面ノイズの問題を抱えていた。この黒鉛法に代わって1930年代後半には米国ベル研究所において金のスパッタリング法によって電導性を付与する方法が開発された。この方法でもWAX盤の組成が均一でないため真空にしてのスパッタリング時にWAX盤表面からの脱ガスにより金の蒸着が均一にならなかった。蒸着時の過熱によりWAX盤表面温度が摂氏80度から100度まで上昇することも問題となった。

このような段階でラッカー盤が登場した。しかしながらラッカー盤であっても金のスパッタリングを行う際には、WAX盤と同様真空スパッタリング時の熱により原盤中の可塑剤や残留溶液の蒸発が生じる問題は解決されず、銀や銅でも結果は改善されなかった。またスパッタリング装置そのものも当時は高価であったと聞く。以上の状況によりスパッタリング法は普及せず単純な銀鏡法に移行したと考えられる。

5.5.2 ラッカー盤への銀鏡法の適用

銀鏡法は、カッティング原盤への電導性の付与を行う以前にもガラス盤に応用されていたが、1950年頃よりこの銀鏡法がラッカー盤に応用された。ラッカー盤への電導性付与のための銀鏡法処理に使用する銀液と還元液の組成例を表5.11に示す。

表 5.11 ラッカー盤への電導性付与のための銀鏡法処理に使用する銀液と還元液の組成例

銀液	硝酸銀	5グラム
	水	600ml
	アンモニア水	適
還元液	市販ホルマリン液	9ml
	水	100ml

同じ1950年代にこの工程にスプレー法が導入され徐々に自動化が行なわれた。

以下に実際の工程例を挙げる。ラッカー盤をターンテーブルに乗せ回転させながら、水洗、洗浄液による洗浄、水洗、活性化処理、水洗、銀スプレー、水洗の各工程をタイマーなどを併用して自動化している。

5.5.3 マスター、マザー、及びスタンパーの製法

円盤レコードの微細な音溝を精密に複製する方法は電鍍技術の応用である。電鍍とは基本的にメッキと同じであるが、金属の電着によって母型に所用の厚さに金属を析出させて、これを母型から剥離して、母型と同一の金属型を正確に複製する方法であり、母型から

剥離するために、電着との間に剥離皮膜を生成する必要がある。電鍍は、機械加工のできないものや、加工の難しい複雑なものを光沢寸度で精密に複製し、その誤差は数ミクロン以下であると言われている。

まずレコード原盤の銀表面にニッケルメッキを施す。ここで使用するニッケルメッキ浴はWATT浴であり、その組成例を表5.12に示す。

表 5.12 WATT浴組成と条件例

硫酸ニッケル	250~350g/l
塩化ニッケル	15~45g/l
ホウ酸	30g/l
Ph	3.0~4.0
浴の温度	40~60℃
電流密度	15~30A/dm ²
メッキ条件は10~25A/dm ² の電流密度で約1時間、メッキ厚み0.05mmである。	

このニッケルメッキ後に、銅の電鍍を行っていた。銅の電鍍の歴史は古く19世紀前半には印刷電胎版などに使用され、一般に銅の電着析出物の内部応力は他の金属に比較して少なく電鍍に適している。しかしながらLPレコードが生産されるにつれ銅のスタンパーではレコードの成型時にスタンパーに大きな応力が働きこれに耐えられるような強度と柔軟性が要求された。このためニッケル電鍍が試みられたが、内部応力が大きいため、改善が困難な状況にあった。第2次大戦寸前に米国で内部応力の著しく少ないスルファミン酸ニッケルによる電鍍法が開発された。スルファミン酸ニッケル浴の組成と条件例を表5.13に示す。

表 5.13 スルファミン酸ニッケル浴の組成と条件例

スルファミン酸ニッケル	350~450g/l
ホウ酸	300g/l
pH	3.0~4.0
浴の温度	40~60℃
電流密度	15~30A/dm ²

この条件で1~2時間かけて0.2mm程度のニッケル電鍍を行い、表面にクロムメッキを行った後、裏面をサンドで研磨し、型台に合うよう様に取り付け成型作業が行われた。

1950年代後半になると、スタンパーだけでなくマスターやマザーも銅電鍍からニッケル電鍍に変わり、ニッケルマスターやニッケルマザーが一般化し現在に至っている。

現在では、アナログレコードの生産は、一部の国で

少量生産される程度に縮小し、コンパクトディスク (CD) やデジタルビデオディスク (DVD) の生産に移行している。CD、LD (レーザーディスク)、DVD の原盤、スタンパーの製造は、アナログレコードの製造工程と変わらず、同一の技術が使用されている。仮に電鍍技術が無ければ、アナログレコード、CD、LD、DVD の大量生産は不可能であり、特にこれらの原盤、スタンパーの製造は、母型の伝導性付加、母型からの剥離複製、均一電着性、電流密度等のメッキ条件によって発生する電着応力、電鍍金属 (ニッケル) の物理的機械的性質等、広範囲の電鍍技術が網羅され、高度の技術レベルが要求されてきた。

5.5.4 レコード製造工程の変遷

SP レコード盤は、1910 年 (明治 43 年) から 1959 年 (昭和 34 年) まで製造され、その前半の 1928 年 (昭和 3 年) までは、ソリッド盤 (単層盤) が製造され、1929 年 (昭和 4 年) から 1959 年 (昭和 34 年) までは、音質、耐摩耗性、低雑音性にすぐれた表面材料と中心材料からなるラミネート盤 (積層盤) が製造された。双方共にレコード盤周囲にオーバーフローが付属しているためこれを落とし縁削り器にかけて縁の仕上げを行っていた。

わが国では 1951 年 (昭和 26 年) から LP、1954 年 (昭和 29 年) から EP の製造が開始された。

この 1951 年 (昭和 26 年) に日本コロムビアより発売された国産初の塩化ビニール製 LP レコード (ブルーノ・ワルター指揮ニューヨーク・フィルハーモニー管弦楽団演奏、ベートーヴェン作曲交響曲第 9 番「合唱」) の外観を、図 5.63 に示す (尚このレコードは「国産初の塩ビ LP レコード」として国立科学博物館未来技術遺産第 00097 号に登録されている)。



図 5.63 国産初の塩化ビニール製 LP レコード

EP レコードは当初より、オートチェンジャーでの利用を考慮していたため、中央の孔が大きく、ドーナツ

ツの形状をしていたためドーナツ盤と呼ばれた。国産初の EP レコードは、1954 年に日本ビクターより発売され、曲内容は、ダイナショアの歌うブルー・カナリーであった。

LP や EP の原料は SP レコードと異なり、塩化ビニール樹脂を主体としたもので、針音は小さく、耐久性に優れ、軽量で、破損しにくく、着色自由で、録音時間が長く、高忠実度特性を持ち、SP レコードの欠点のほぼ全てを補うものであった。

原料については当初ビスケット状の材料を米国より輸入し成型を行っていたが、塩化ビニール樹脂の国産化がはかられ、1956 年 (昭和 31 年) には国内生産が可能になった。

円盤レコードの成型工程は、材料予熱部分、材料押し出し部分圧縮成型部分、包装工程、試聴器、自動雑音検出器などからなり、1965 年 (昭和 40 年) には一部の EP で射出成型方式も採用された。

5.5.5 レコード原材料の変遷

1951 年 (昭和 26 年) 頃までは、SP レコードの録音には、ワックス盤 (ロウ盤) が使用され、その後アセテート盤が使われるに至った。SP レコード用材料については 1897 年 (明治 30 年) にエミール・ベルリーナが初めてレコードにシェラックを使用することを考えてから半世紀以上、1948 年 (昭和 23 年) に LP レコードが発明されるまで、シェラックがレコード原材料の中心的位置を占めた。シェラックは天然樹脂であり、介殼虫科に属するラック虫の代謝物質であり、インド、タイなどで産する。このシェラックは、ロジン (松脂)、コーパルなどの天然樹脂、クレイ、バライトなどの充填材、カーボン黒と混合し、加熱ロールで練り合わせる。初期の SP レコードで採用されたソリッドレコード (単層レコード) ではシェラックが主に使われた。その後のラミネートレコード (積層レコード) ではこのシェラックが主として表面材料として使われた。

LP、EP レコードの録音には、硝酸セルローズ・ラッカーの塗膜をアルミニウム板の両表面に持つアセテート盤 (通常ラッカー盤とも呼ばれる) を使用した。この盤は米国トランスコ社や米国オーディオ・ディスク社により長年供給されてきている。

LP、EP の材料については、1930 年 (昭和 5 年) から 20 年以上に渡って米国ユニオン・カーバイド・プラスチック社がレコード材料の研究を行い、塩化ビニール・酢酸ビニール共重合体であるポリ塩化ビニールを完成した。このレコード材料の開発に当たっ

ては、78回転セラックレコードの製造に用いたプレス機をそのまま使用できることを条件とした。

この共重合体は、他のプラスチックに比較し、レコード成型時の加工性がよく、成形時間も短く、レコードとしての機械的強度や耐摩耗性が優れ、高音域の損失も少なく、音響特性が優れていた。

一般にポリ塩化ビニールレコードでは可塑剤が増すに従い、音溝の磨耗が増加し、高音域の音質が劣化し、温度の影響を受けやすくなる。このためポリ塩化ビニールは可塑剤を使用しないで大きな可塑性が得られる材料でなければならない。レコード用塩化ビニール樹脂は、硬質ビニール製品で、比較的low重合度で共重合比率の高いコポリマーが使われる。硬質塩化ビニール配合副材料として、安定剤、充填材、滑剤、着色剤があり、これらを混練工程で均等に分散させたビニール・コンパウンドを圧縮成型してビニール・レコードを製造する。

レコード用ポリ塩化ビニール樹脂として、米国ベークライト社のビニライト VYHH-3 は、塩化ビニール 87%、酢酸ビニール 13%の世界的によく知られた共重合樹脂で、わが国にも輸入された。1950年（昭和25年）頃から国産レコード用硬質塩化ビニールの開発が始まり、1956年（昭和31年）ごろより、日本ゼオン、信越化学、鐘淵化学工業他により国産材料の供給が始まった。

米国ベークライト社 VYHH-3 の配合例と日本ゼオン社 400x150P の配合、表 5.14 と表 5.15 に示す。

表 5.14 VYHH-3 を用いた LP、EP レコードの配合例

黒色レコードの場合	VYHH-3	97.5%
	DS-207	1.5%
	カーボン黒	1.0%
赤色レコードの場合	VYHH-3	98.4%
	DS-207	1.5%
	オイルレッドダイ	0.1%

表 5.15 (株)日本ゼオンにより開発された 400X150P による配合例

黒色レコードの場合	400x150P	100%
	二塩基性ステアリン酸鉛	1.5%
	黒色顔料	1.0%
赤色レコードの場合	400x150P	100%
	二塩基性ステアリン酸鉛	1.5%
	オイルレッドダイ	0.5%
透明着色レコードの場合	400x150P	100%
	有機錫系安定剤	1.5-2.0%
	透明着色剤	若干

以上に述べた材料とスタンパーを使ってレコードを作成する作業を成型と言う。成型法については大別して、プレス機により加圧成型を行うコンプレッション法と材料の注入成型を行うインジェクションモールドイング（射出成型）法の2種があり、30cm、25cmのアナログレコードの成型では主に前者が使われ、後者は17cmレコードやCDの成型で使われている。

成型条件によってレコードの生産効率、特性、音質は大きく変化することは良く知られている。このためレコード各社内で最適条件を見出す作業が行われ、その内容は外部に対して秘密扱いとしていた。このため文献がほとんど存在しない。

コンプレッション法による成型工程ではプレス機にニッケル及びクロームのスタンパーを取り付け予熱と言われる加熱を行い、レーベルや材料を入れ、その後材料が均等に行き渡るようにするため加熱加圧し、その後冷却し成型作業を終了する。この間の予熱時間、加熱時間、加圧時間、冷却時間については、短くすれば生産効率は上がるが、溝が忠実に成型されなかったり、雑音が増えたりする。材料についてもその成分を変化させると成型性が変化する。

ここで成型サイクルを決める条件を列記すると、表 5.16 の如くなる。

表 5.16 成型サイクルを決める条件

1) レコードのサイズ
2) 材料の流動性
3) スタンパーの音溝形状
4) 金型の構造及び熱伝導性
5) 成形装置の構造
6) 成型条件
6) - 1 材料
6) - 2 温度
6) - 3 蒸気圧力
6) - 4 冷却水温度及び圧力
6) - 5 プレス圧力

5.5.6 特殊レコード

5.5.6.1 カードレコード

写真や絵画を印刷した葉書やカードにレコード溝をプレスし、音の出るレコードについては、SPの時代から様々な試みがなされた。最初は印刷された台紙の表面に直接音溝をプレスしたが、雑音の発生などにより実用にならなかった。その後、酢酸繊維素フィルムを台紙にラミネートし、このフィルムに音溝をプレスする方法が開発され、民謡を入れた観光案内、コマースナルなどに使用された。この方式のレコードでは印

刷部分の図柄と音溝部分のずれを防止するため1枚ずつプレスする必要があり量産が難しく、台紙の表面の凹凸が音質に影響する難点があり、フィルムと台紙の収縮性の違いによりシートがそり、再生に支障を与えるなどの欠点があった。その後酢酸繊維素フィルムは塩ビフィルムに変わり、両面のシートレコード、すなわち次項の絵入りレコードへと変革を遂げた。

5.5.6.2 絵入りレコード

各種の製法が開発されたが、表面印刷紙に塩化ビニールの粉末をふりかけてその上で音溝を作成する方法が主流であったが、所定のレコード寸法に打ち抜かれた円形の塩ビフィルムの裏面に、グラビア印刷を施し、表面から見て浮き立たせるための白色塗料を裏に塗布するなど方法もあり、この場合はこのシート2枚を裏面を中にして重ね、通常の工程で1枚ずつプレスしていた。

5.5.6.3 フォノシート

1958年(昭和33年)秋、フランスのレコード会社SAIP社は、ビニール硬質シート(0.13~0.2mm厚)を連続スタンパーでプレスする薄レコードを製造する技術開発した。この薄レコードを雑誌に綴じこんで「ソノラマ」と称し、発売した。このフォノシートの生産枚数は高速連続プレス機の導入により、1963年から1965年にかけてピークを迎え月産600万枚にまで達したが、その後凋落した。

5.5.6.4 謎のレコード

SP時代の1932年((昭和7年)3月に日本ビクターから音溝が数本あって針を落とす位置によって異なる音が出るレコードを「謎のレコード」と名付けて発売し話題を集めた。

5.5.6.5 ソノピック&パナピック

フォノシートを応用した静止レコード演奏システムであり、フォノシートを動かさずに、針を動かすことによって再生を行なっている。印刷物としては英会話、絵本などが発売された。

5.5.6.6 いろいろな大きさのレコード

SP時代のレコードの大きさは、10インチ(25cm)と12インチ(30cm)が主流であったが、SPの時代でも8インチ、5インチなどのレコードも発売されていた。

LPやEPの時代になって12インチ(30cm)、10イ

ンチ(25cm)、7インチ(17cm)が主流となったが、8インチ(20cm)、6.3インチ(15.6cm)、6インチ(15cm)、3インチ(7.5cm)のレコードも存在した。

5.5.6.7 フィルモン

日本独自のメディア「フィルモン」については、本誌2.3.2項を参照されたい。

5.6 再生ピックアップと円盤レコードプレーヤの発展

5.6.1 蓄音器の時代

円筒型レコードと円盤型レコードの開発競争は20世紀に入っても続き、エジソンは、円筒型レコードの再生機を開発し対抗したが、1912年になって彼自身が音質の大変すぐれた縦振動形の高品質円盤型レコード再生機を開発するに及び、両者の競合は混乱し、結果として円盤型レコードの優位性が決定的となった。

5.6.2 電蓄の時代

1924年までのレコード録音は電気を使用しないアコースティック録音が行われてきたが、低音の録音が難しく声楽曲の録音には向いていたが、オーケストラ楽曲の録音は困難であった。また当時は無料で聴けるラジオ(帯域150Hzから1,500Hzと言われていた)の方が、レコード(帯域300Hzから1,500Hzといわれていた)より音が良かったようである。当時発明もなくの真空管を利用したマイクロフォンなどの電気音響機器の実用化が図られ、低音の録音が可能となり電蓄の時代を迎えた。ピックアップでは、高インピーダンス入力の真空管に適し、電源ハムの誘導を受けにくく、出力レベルが大きく、比較的安価なクリスタルピックアップが目されるに至った。

5.6.3 LP用カートリッジ

LPの普及に寄与したのが小型で安価なクリスタルピックアップであった。その一方で1950年代に入ると米国でオーディオ専門メーカーが台頭し、バリアブル・レクタンス型カートリッジのゼネラル・エレクトリック(GE)社、バランスド・アマチュア型カートリッジ他のピッカリング社、ムービングコイル型カートリッジのフェアチャイルド社は、当時LPカートリッジの御三家と呼ばれていた。当時国産のカートリッジメーカーも登場したがまだ米国製品の物真似が主流であった中で、1952年(昭和27年)開催の第1回全日本オーディオフェアに世界に誇れる日本独自の昭和光音(スタックス)製コンデンサー・ピッ

プ CP-20 が出展されたことは特筆に値する。このピックアップの振動系は極端に軽く、針圧 1g で LP レコードの再生が可能であった。

5.6.4 ステレオ用カートリッジ

45/45 方式ステレオのカッターヘッドは 1957 年までに、ベル研究所の関連会社であったウエストレックス社が試作し、ステレオレコードへの移行はその標準規格の決定以前の 1958 年に、米国の 19 レーベルが参入し、日本ビクター、日本コロムビアもこの年にステレオレコードを発売した。このステレオ・レコードの出現が、1960 年代における米国のオーディオ産業の興隆、さらに 1970 年代以降の日本のオーディオ産業の隆盛を招いたといっても過言ではない。クリスタルピックアップでは、1960 年に志賀健雄（元日本コロムビア常務）が圧電結晶の切り出し方法の工夫により一組の圧電素子からステレオ信号を取り出すシガーカートリッジと呼ばれるカートリッジを発明した。クリスタルカートリッジは、安価で軽量という利点があるが、インピーダンスが高く、アンプへのトランジスタの導入に伴う入力の高インピーダンス化や軽針圧でのトレース能力不足の問題があり、ステレオ時代の前半では普及したがその後半ですたれた。

5.6.5 LP 用トーンアーム

LP レコードの初期には、依然として重量の大きいアームが使われており、グレイ社の 108B 型オイルダンプ・アームはその典型的な例であり、GE 社のバリアブル・レラクス型カートリッジと組み合わせてよく使用された。ステレオのカートリッジが導入されるとこのアームは衰退した。その理由は、このアームの支点は 1 点支持であるためアームが左右に自由に動き、ステレオカートリッジと組み合わせた場合にクロストークが生じることが挙げられる。またこのアームは質量が重い、ステレオのハイコンプライアンスカートリッジと組み合わせると、アームの共振周波数が数 Hz まで下がり、レコードのそりや偏心に伴う雑音が再生されることもその理由であった。

5.6.6 ステレオ用トーンアーム

ステレオ用トーンアームでは、モノラル時代に一世を風靡したグレイ社のオイルダンプ・アームとは異なる設計方針が必要とされ、1958 年にステレオ・レコードが導入されるや否や、トーンアームの設計は大きく変化した。等価質量の小さい、2~3 グラムの軽針圧で再生が可能なトーンアームが必要とされ、アームの

共振周波数も 10Hz 付近に設定されるようになった。また軽針圧での再生時に問題となるレコードの回転時に生じる遠心力に伴って生じるインサイドフォースをキャンセルする機構（インサイドフォースキャンセラーと呼ばれている）が多くのアームで採用された。またステレオレコードの再生に際してカートリッジの垂直トラッキング角をカッティング時の角度 15 度に合わせる高さ調整機構も多くのアームで採用されるようになった。ステレオ用トーンアームでの針圧の付加は、スタティックに付加するものとスプリング等を使用してダイナミックに付加する方式が併存した。

5.6.7 フォノモーター

ターンテーブルの駆動源であるモーターについては、一般的なくま取りコイル型インダクション・モーター、コンデンサ進相型インダクション・モーターが使われ、高級なプレーヤにはヒステリシス・シンクロナス・モーター（同期モーター）が使われていた。ターンテーブルの駆動方式としては、1938 年（昭和 13 年）に米国のアライアンス社がアイドラードライブ式（リムドライブ式とも呼ばれる）を開発し低価格方式プレーヤの普及のきっかけとなった。LP 用プレーヤではわが国では普及を見なかったが、欧米ではオートチェンジャーが普及したことも見逃せない。

5.6.8 ダイレクトドライブフォノモーター

1960 年代に入るとワウ&フラッターの改善のためリムドライブ式はベルトドライブ式に代わったがその改善度は十分ではなかった。同じ頃サーボモーターが各種の機器に採用された。フォノモーターでは 1969 年（昭和 44 年）6 月に最初のダイレクトドライブフォノモーターの技術発表が松下電器により行われ、直流サーボダイレクトドライブフォノモーターが導入された。直後に日本コロムビアにより交流サーボフォノモーターも導入され、その後各社の製品化発表が続いた。

本章で参考にした主な参考文献

- 1) 日本オーディオ協会編「オーディオ五十年史」Ⅱ ディスクレコード、Ⅲレコードプレーヤー、Ⅳマイクロフォン（1986.12）
- 2) 林 謙二「ステレオ用録音機」NHK 技研月報、第 12 巻、第 11 号、p12-17（1969-11）
- 3) 林 英明、宮下 彪、大新田 耕一、轟 茂夫、穴澤 健明「ディスクレコードマスター用 PCM 録音装置について」昭和 47 年 10 月 日本音響学会講演論文集 3-4-20

- 4) 寺島 明、山本 薫、穴澤 健明「デジタルマスタリング／ミキシング調整卓とPCM／デジタル録音機」放送技術 昭和60年4月号 p78-84
- 5) 高橋幸夫、矢澤弘行、石原 肇「ランダムアクセス形編集装置、DN-036 ED」放送技術 35 (1982)
- 6) 穴澤 健明「デジタルテープ編集上の諸問題」日本音響学会誌 39 卷 9 号 (1983) p624-63
- 7) 木下慶介、中谷智広 (NTT コミュニケーション基礎科学研究所)、三好正人 (金沢大学) “残響除去原理に基づき作成したステレオ音楽サラウンド再生音の主観評価”日本音響学会講演論文集 p.759-760、2009年9月
- 8) 穴澤 健明「周波数レコード」日本音響学会誌 30 卷 2 号 (1974)
- 9) 「ノン・ディストーションカッティングについて」ラジオ技術 1970年11月号
- 10) 伊勢秀夫著「電鑄技術と応用」 槇書店発行
- 11) 伊勢秀夫著「レコードの材料と成型」、塩化ビニールとポリマーVol.10, No.10

6 | レコード業界及びレコードプレーヤ業界の変遷及び出荷推移

6.1 レコード業界の変遷及び出荷推移

日本のレコード会社の歴史は、1907年（明治40年）10月横浜のホーン商会により川崎に日本蓄音器製造株式会社が創設され、日本における最初の円盤レコードと蓄音器の製造を開始した。その2年後にこの会社は株式会社日本蓄音器商会（現日本コロムビア株式会社）となり、その生産は1912年（大正元年）にはレコード月産15万枚、蓄音器月産5千台と躍進した。

1915年（大正5年）には片面盤のレコードが存在していたが、この年すべて両面盤に切り替えられた。

その後1927年（昭和2年）5月には株式会社日本ポリドール蓄音器商会が、9月には日本ビクター蓄音器株式会社が創設された。

その翌年の1928年（昭和3年）に日本蓄音器商会より日本最初の電気吹込みレコードが発売された。

1930年（昭和5年）には講談社がキングレコード、1934年（昭和9年）に帝国蓄音器株式会社（現テイテック）が創設された。

1942年（昭和17年）4月には、日本蓄音機文化協会（現日本レコード協会）が設立された。

戦後は1945年（昭和20年）10月レコード生産再

開で始まった。

1951年（昭和26年）には国産初の30cmLPが日本コロムビアより発売され、国産初の17cm45回転のEP盤は、LP発売の3年後の1954年（昭和29年）5月に日本ビクターより発売された。

その間の1952年（昭和27年）10月に本稿で前述の日本オーディオ協会が設立された。

その後1958年（昭和33年）8月に国産初の45/45方式ステレオレコードが発売され、この年から翌年にかけて各社よりステレオレコードが発売された。

1967年（昭和42年）7月に、いわゆる第1次資本自由化が行われ、レコード製造業での50%の外資参加が認められた。この自由化を受けて、1968年（昭和43年）3月にソニーと米CBSの折半出資によって株式会社CBS・ソニーレコードが設立された。

これらのレコード産業での重要事項をまとめると表6.1のようになる。

日本国内でのアナログレコードの年間生産数量と年間生産金額の推移を示すと図6.1の如くなる。

この図に見る通り、78回転のSPレコードでは、1936年（昭和11年）に3千万枚を記録し、30cm又は25cmのLPレコードでは、1976年（昭和51年）に年間9460万枚の生産量（この年のLPレコードの

表 6.1 我が国レコード産業の重要事項

1877年(明治10年)	トーマス・エジソンによる円筒式蓄音器「フォノグラフ」の発明。
1887年(明治20年)	エミール・ベルリーナによる円盤式蓄音器「グラモホン」の発明。
1907年(明治40年)	日米蓄音器製造(株)創設。円盤レコードと蓄音器製造の開始。
1909年(明治42年)	日米蓄音器製造(株)、(株)日本蓄音器商会(現日本コロムビア)と円盤レコードの製造販売に当たる。
1912年(大正元年)	(株)日本蓄音器商会円盤レコード月産150,000枚、蓄音器月産5,000台。
1915年(大正4年)	(株)日本蓄音器商会、片面盤から両面盤に切り替え。
1927年(昭和2年)	(株)日本ポリドール蓄音器商会設立、日本ビクター蓄音器(株)設立。
1928年(昭和3年)	(株)日本蓄音器商会日本最初の電気吹込みレコード発売。
1930年(昭和5年)	講談社キングレコード設立。
1931年(昭和6年)	米RCAビクター331/3回転長時間レコード発表。
1934年(昭和9年)	帝国蓄音器(株)(現テイテック)設立。
1942年(昭和17年)	(社)日本蓄音機レコード文化協会(現日本レコード協会)設立。
1948年(昭和23年)	米コロムビア331/3回転LP紹介。
1949年(昭和24年)	米RCAビクター7インチEP盤を紹介。
1951年(昭和26年)	日本コロムビア、国内初の12インチLPを発売。
1955年(昭和30年)	レジン国産化成功。
1958年(昭和33年)	8月日本ビクター日本最初の45/45方式ステレオレコード発売。その後各社よりステレオレコード発売。東芝帯電防止レコード発売。
1959年(昭和34年)	朝日ソノラマ発行。シートレコードの製造開始。
1966年(昭和41年)	日本ビクター フィリップス式カセットテープレコード発売。
1967年(昭和42年)	第1次資本自由化(レコード製造業は50%の外資参加が認められる)。日本コロムビア、30cm45回転レコード発売。
1968年(昭和43年)	50%外資参加の形で(株)CBS・ソニーレコード設立。
1969年(昭和44年)	日本ビクター、4チャンネル・システム(CD-4)を発表。日本コロムビア、ダイレクトカッティングレコード発売。
1970年(昭和45年)	日本コロムビア、ノンディストーション・カッティング・レコード(再生ひずみ補正レコード)発売。
1971年(昭和46年)	日本コロムビア、PCM/デジタル録音方式によるレコード発売。各社よりマトリックス方式4チャンネルレコードが発売される。
1972年(昭和47年)	日本コロムビア、PCM/デジタル録音方式による継続的な国内外での録音制作販売活動開始。
1982年(昭和57年)	10月国産CD、CBS・ソニー、エピック・ソニー、コロムビア発売。
1986年(昭和61年)	貸レCDの許諾始まる。CDの国内生産金額が、30cm/25cmLPレコードの国内生産金額を超える。
1987年(昭和62年)	国産DAT発売(松下、アイワ、シャープ)。
1989年(平成元年)	アテネ合意成立(SCMS方式の採用)。
1990年(平成2年)	通産省、DAT商品化にSCMSの行政指導。この年より日米政による合同レコード技術会議開始。ISRCの国際的な導入を決議。

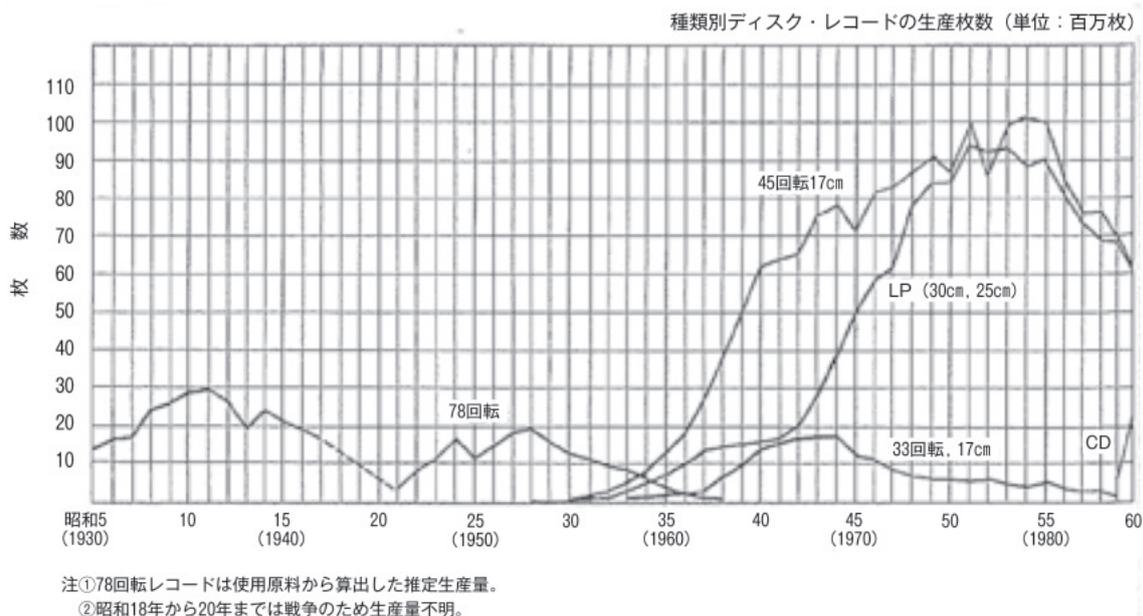


図 6.1 日本国内でのアナログレコードの年間生産数量と年間生産金額の推移
 (日本レコード協会資料による)

生産金額は 1236 億円) を記録し、17cm45 回転の EP レコードでは 1979 年 (昭和 54 年) に年間 1 億枚強の生産量を記録している。1980 年代の半ばになると、LP レコードと EP レコードの生産量は落ち、CD (コンパクトディスク) にとってかわられた。この間の状況をレコードプレーヤのほうから眺めると以下のようになる。

アナログレコードの輸出入については、国内で最多の LP レコード生産枚数を記録した 1976 年 (昭和 51 年) で見ると以下のようになる。

表 6.2 アナログレコードの輸出入

輸出数	約 72 万枚	輸出金額	約 4.3 億円
輸入数	約 360 万枚	輸入金額	約 29.5 億円

数量では輸入が輸出の 5 倍、金額では 7 倍の入超となっていた。これに海外のアーティストのヒットレコードを日本で製造販売する際に生じるライセンス料を加えると入超は大幅に増大する。上記の輸出は、音や材質の良い日本のオーディオファイルレコードを望む外国人や海外に住む日本人とその周辺の人達に供給するものがほとんどであった。海外でのデジタル録音による制作活動が開始されてからは、制作を行った国への輸出が大勢を占めるようになった。

この大幅な入超と言う異常な状態を解消するためには、世界市場に通用する日本の楽曲、歌手、制作者、制作技術等が必要とされることは言うまでもない。

ドゴール大統領の揶揄した現象はまだ続いているのである。

6.2 レコードプレーヤ業界の変遷及び出荷推移

オーディオには各種の分野があるがレコードの再生を行うオーディオ機器の原点は、レコードと同じく、1907 年 (明治 40 年) 10 月横浜のホーン商会により川崎に日本蓄音器製造株式会社が創設され、日本における最初の円盤レコードと蓄音器の製造を開始したことに遡る。その 2 年後にこの会社は株式会社日本蓄音器商会 (現日本コロムビア株式会社) となり、その生産は 1912 年 (大正元年) にはレコード月産 15 万枚、蓄音器月産 5 千台と躍進した。

アナログレコードとプレーヤは鶏と卵の関係にあり、ビジネスとして成り立つかどうかは、ひとえにステレオ演奏機の普及率にかかっている。普及率の推移は表 6.3 に示す通りであり、1961 年 (昭和 36 年) には普及率が 3.7% であったがその後徐々に増加し、1970 年 (昭和 45 年) には多数の関係者の念願であった 30% を超え、LP レコードの生産量がピークに達した 1976 年 (昭和 52 年) には普及率が 53.8% に達した。

当初電気と関係のなかった蓄音器は、電気を使う電蓄に代わり、そして電化製品の一部をなすステレオとなり本格的なアンサンブルステレオの時代を迎える。その後は、図 6.2 に見る通り、セパレートステレオ (最盛期 1973 年頃、昭和 48 年頃、ステレオ演奏機普及率

44.4%)、モジュラステレオ（最盛期1974年頃昭和49年頃ステレオ演奏機普及率47%）、コンポーネント（最盛期1977年、1988年頃、2001年頃）、システムコンボ（最盛期1979年頃昭和54年頃ステレオ演奏機普及率56.5%）、ミニコンボ（最盛期1984年頃）の各時代を経てきており、この間オーディオ製品は約8年（6年から10年）の寿命で変遷を繰り返してきた。

コンポーネントについてはこのような寿命が無く、40年以上技術革新を取り入れつつ供給が続けられている。アナログレコードプレーヤーは、このコンポーネントに含まれ、アナログディスクの発売が中止された後も継続して販売されている。

ステレオ演奏機の輸出入についてはドゴール大統領が1962年に半ばあきらめたように1963年（昭和38

表 6.3 国内でのステレオとテープレコーダの普及率推移（経済企画庁「消費と貯蓄の動向」より）

年月	農家	非農家	人口5万以上の都市	全所帯	テープレコーダー全所帯
1961年(昭和36年)2月	—	—	3.7%	—	—
1962年(昭和37年)2月	—	—	7.2%	—	—
1963年(昭和38年)2月	2.1%	—	10.8%	—	—
1964年(昭和39年)2月	3.4%	11.3%	13.4%	9.0%	8.7%
1965年(昭和40年)2月	5.0%	17.2%	—	13.5%	14.6%
1966年(昭和41年)2月	5.5%	20.2%	23.9%	16.7%	17.9%
1967年(昭和42年)2月	9.2%	23.5%	25.8%	19.8%	22.5%
1968年(昭和43年)2月	13.4%	27.5%	28.9%	24.1%	24.5%
1969年(昭和44年)2月	15.8%	30.5%	32.5%	27.3%	28.6%
1970年(昭和45年)2月	18.6%	34.6%	36.6%	31.2%	30.8%
1971年(昭和46年)2月	21.9%	37.1%	38.7%	33.9%	33.3%
1972年(昭和47年)2月	27.3%	43.6%	43.1%	40.4%	38.1%
1973年(昭和48年)2月	31.5%	47.0%	48.5%	44.4%	42.1%
1974年(昭和49年)2月	35.0%	49.2%	50.4%	47.0%	47.0%
1975年(昭和50年)2月	41.5%	53.7%	55.6%	52.1%	51.6%
1976年(昭和51年)2月	43.7%	55.4%	56.2%	53.8%	55.9%
1977年(昭和52年)2月	45.6%	56.8%	57.9%	54.9%	56.2%
1978年(昭和53年)2月	48.8%	57.6%	57.8%	56.3%	59.3%

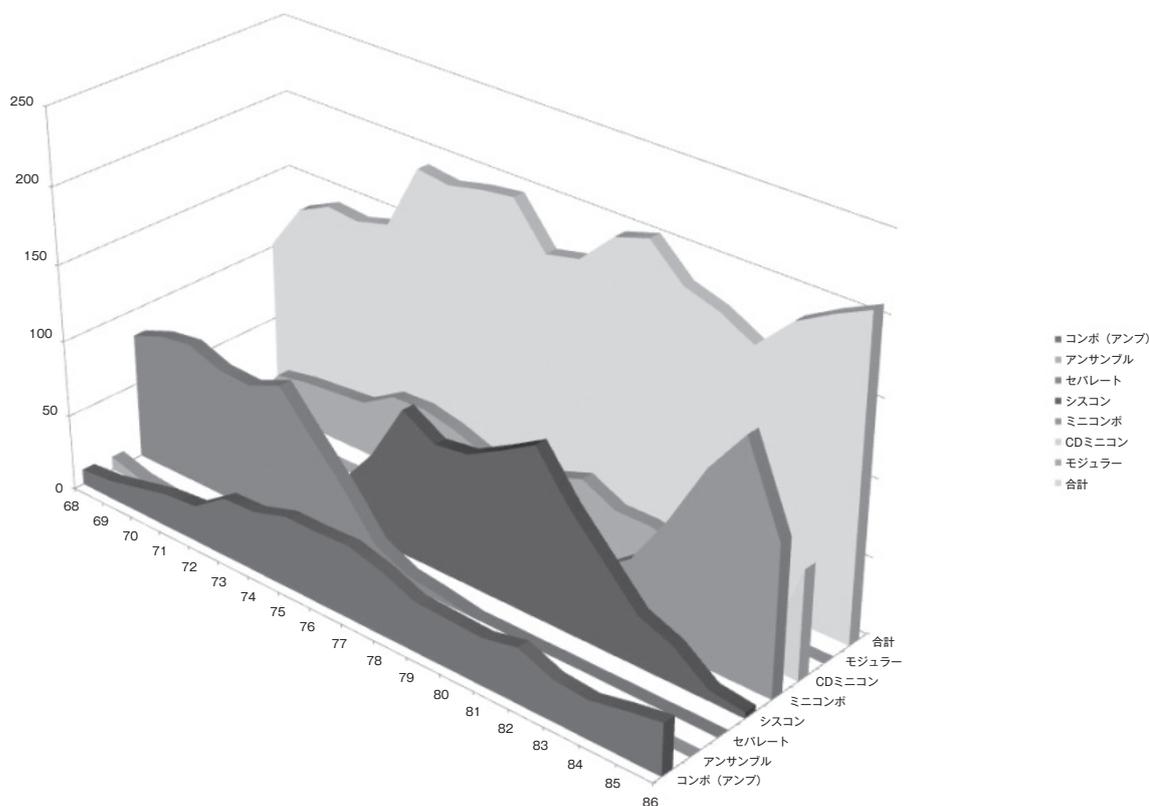


図 6.2 日本国内でのオーディオ製品の市場規模（1968年～1986年）

年)には輸入が約3万台なのに対し、輸出はその20倍の約60万台に達しており、アナログレコードとはちょうど逆の様相を示していた。

CDの本格導入後はCDラジカセ(最盛期1988年頃)、ミニミニコンボやマイクロコンボの時代(最盛期1995年頃)を経て配信の時代に入っている。

本章で参考にした主な文献

- 1) 日本レコード協会50年史～ある文化産業の歩いた道～社団法人日本レコード協会1993年(平成5年)3月1日発行
- 2) 日本のレコード産業 2013版、一般社団法人日本レコード協会2013年4月発行
- 3) 「消費と貯蓄の動向」経済企画庁
- 4) 通産省調査統計部、通関実績、日本電子機械協会出荷資料他

7 | レコード関係各種関連規格他について

レコードは世界中に流通し世界中の再生機で再生されるものではなくてはならない。

そのためには互換性を確保するための規格が重要である。その規格は参入障壁を排すものでなければならない。

規格には国際機関により制定される国際規格、国家等により制定される国内国家規格、業界団体により制定される業界規格がある。アナログディスクレコードにおいても世界中での互換性が確保され、輸出入が自由に行われるような規格を制定する必要がある。日本はこの規格制定作業に通産省（経産省）、工業技術院、ハード業界、レコード業界は積極的な取り組みを行い、我が国のオーディオ産業特にハード産業の発展をもたらした。しかしながら我が国のレコード産業については、互換性は確保されているものの、コンテンツそのものの問題で輸出がほとんど無いという閉塞的な状況を抜け出せないでいる。

アナログディスクレコードでの規格の概要を以下に報告する。

7.1 アナログレコードと ISRC 関連国際規格、国内規格、業界規格について

アナログディスクレコードそのものの国際規格は、電気との関係が深いため IEC (International Electrotechnical Commission 国際電気標準会議、本部ジュネーブ) により制定されている。また ISRC 等のアナログディスクに関わりを持つ情報分野の規格は ISO (International Standardization Organization 国際標準化機構、本部ジュネーブ) により制定されている。国家規格である日本工業規格 (JIS) は、アナログディスクレコードと ISRC の規格が制定している。国際規格や日本工業規格 (JIS 規格) に従った商品の生産や流通の合理化と市場での混乱防止を目的として、日本レコード協会等の業界団体が表示事項や表示方法、包装ジャケットや付属品の規格を規定している。ただしこれらの規格は特殊用途等の標準タイプ以外の使用を規制するものではない。また情報関連の規格では業界団体が管理運用規定を規定する場合がある。

表 7.1 にアナログレコードの規格を示す。

表 7.1 アナログレコードの規格

アナログレコード：	
国際規格	IEC 60098 「アナログディスクレコード及び再生装置」
国内規格	JIS 規格
業界規格	RIAJ (日本レコード協会) 規格： RIS202 「アナログディスクレコードの表示事項及び表示方法」 RIS201 「ディスクレコード用ジャケット及び付属品」

以上のアナログレコードの規格は混乱の防止や互換性の確保を目指して業界全体で長年にわたって取り組んだ成果である。

表 7.2 に ISRC の規格を示す。

表 7.2 ISRC の規格

ISRC：	
国内規格	ISO 3901 「International Standard Recording Code」
国内規格	JIS X 0308 「国際標準レコーディングコード」
業界規格	RIAJ (日本レコード協会) 規格： RIS503 「国際標準レコーディングコード」 RIS505 「ISRC 管理運営規程」

この ISRC は、長年音楽コンテンツ業界で取り組み、ISO に提案し制定された規格であり、この ISRC の国の表記や各国国内管理団体の選定等の国際管理は IFPI (International Federation of Phonograph Industry 国際レコード協会) が担当し、国内管理は IFPI が日本の国内管理団体に選定した日本レコード協会が担当している。このため ISRC の国内管理運営規定等の制定は日本レコード協会が行っている。

7.2 アナログレコード以外の規格例

前項に示したアナログディスクと ISRC の規格は、当初より業界全体として制定に取り組んだ規格である。規格の中には、当初開発を行った特定企業のプライベート規格であったが、その後普及や互換性の確保を考慮に入れ、IEC 等の国際規格制定機関にプライベート規格を持ち込み、国際機関での討議を経て国際規格となり普及した例も存在する。その代表的な例をオーディオカセットテープレコードと CD (コンパクト

トディスク)に見ることが出来る。

表 7.3 にオーディオカセットテープレコードの規格を、表 7.4 に CD (コンパクトディスク) の規格を示す。

表 7.3 オーディオカセットテープレコードの規格

オーディオカセットテープレコード：	
国際規格	IEC60094 “Magnetic Tape Sound Recording and Reproducing System” Psrt1-7 国内規格 JIS S 8604 「カセットテープレコード」
業界規格	RIAJ (日本レコード協会) 規格：
	RIS306 「オーディオカセットテープレコードの表示事項及び表示方法」
	RIS307 「カセットテープレコード附属品」

表 7.4 CD (コンパクトディスク) の規格

CD：	
国際規格	IEC908 「Compact Disc Digital Audio System」
国内規格	JIS S 8605 「コンパクトディスクデジタルオーディオシステム」
業界規格	RIAJ (日本レコード協会) 規格：
	RIS204 「オーディオ CD の表示事項及び表示方法」
	RIS203 「コンパクトディスク用附属品」

尚、上記業界規格 (日本レコード協会 RIAJ RIS 規格) は、下記のホームページから現物 (PDF) をダウンロードすることができる。

<http://www.riaj.or.jp/issue/ris/>

この他に、利用者の混乱を防止するなどを目的とした業界規格が多数存在する。スピーカやアンプやプレーヤの JIS 規格に対応して、測定法や相互接続などについて多くの業界規格もその例である。

本章で参照した主な資料；本文中に掲載。

8 | 音楽録音物の付番方法と保護方法について

8.1 音楽録音物の付番方法 ISRC について

音楽コンテンツビジネスの普及した現在、音楽録音物は商品であり、その付番はビジネスを構築する上で重要である。音楽録音物及び映像の伴う音楽録音物のユニークな付番方法については、ISO で審議され、1986 年に ISO3901 ISRC (International Standard of Recording Code) が制定された。尚この ISRC の ISO 制定後 JIS (日本工業規格) 化、RIS (日本レコード協会規格) 化も行われ、JIS では JISX0308 が制定された。この ISRC の運用基準については、ISO で国際管理機関に指名された IFPI (International Federation of Phonograph Industry) で審議され、1989 年に 11 月に制定され、これを受けて日本レコード協会では実践ガイドラインのとりまとめを 1991 年 7 月までに行い、同年 10 月に理事会に報告し、承認された。以上の規格書やガイドラインでは、大文字、アルファベット、数字 12 桁で構成される ISRC の構成とその運用基準が示され、国際管理機関 IFPI のもと、IFPI の認定した各国の国内管理機関が運用にあたり、日本では日本レコード協会が国内管理機関として運用にあっている。この 12 桁のコードは、国名 2 桁、登録者コード 3 桁、年次コード 2 桁、録音物番号 5 桁で構成されている。

8.2 音楽録音物の保護について

録音物の保護を行う際には法制面と技術面の両面を考慮する必要がある。本稿では主に技術面での検討を行うが、その前に法制面での基本的な事柄について触れておく。

著作権は、財産権だけでなく基本的人権の一部をなす人格権も含んでおり、図 8.1 に示す「主な知的財産権の分類」に見る通り、音楽では作曲者、作詞者の権利である著作権とその著作物の伝達者の権利である著作隣接権がある。著作隣接権者として演奏者、編曲者、レコード製作者、放送事業者、有線放送事業者が挙げられる。

この図 8.1 に見る通り、録音物に関する権利は著作隣接権に關与する権利であり、前項で触れた ISRC は、ユニーク性さえ守られれば、著作隣接権者が便利に使える付番方法である。例えば、多くのコンパクトディスク (CD) には、そのサブコードと呼ばれる付加情報を記録する部分に ISRC が記録されており、放送番組でもこの ISRC を伝送し、著作隣接権料の自動支払いシステムの構築などの著作隣接権の管理に役立てようとしたが、残念ながらその利用は限られていた。その主な理由は、米国と日本及び欧州で著作権法上での著作人格権と著作隣接権の扱いが異なり、世界

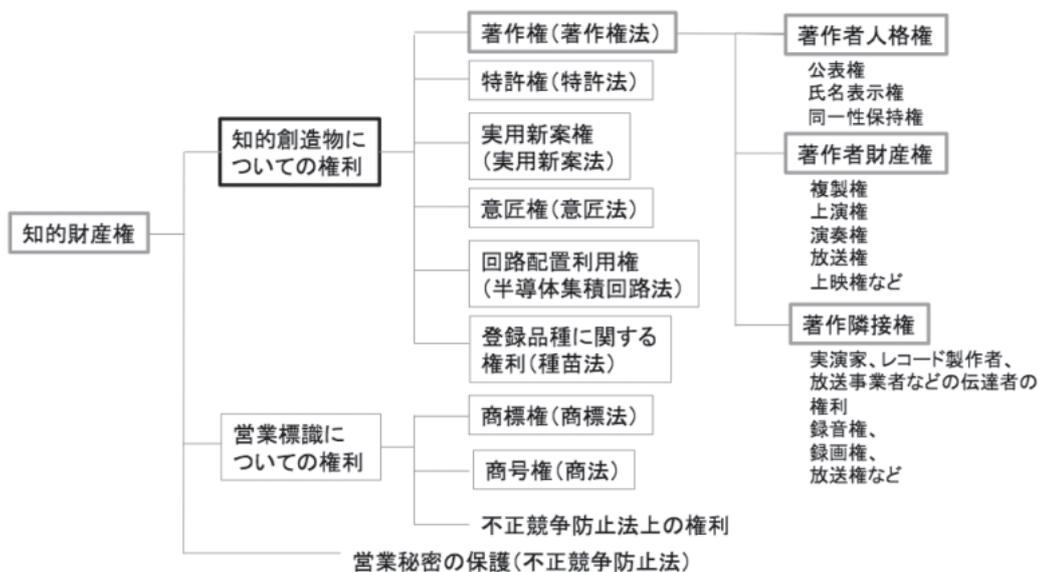


図 8.1 主な知的財産権の分類 (太枠は音楽に関連する知的創造物の権利を示す)
(仲田信弘、村上正博、内田盛也著「知的所有権」153 ページを参考にした)

中に通用する音楽であっても世界各国で著作権を同じように扱うことができなかつたことにある。米国では伝統的に放送事業者の権利が強く、放送事業者がレコード等の録音物の放送利用料を支払わずに放送に使えるのに対し、欧州と日本では、放送での利用料の支払いが発生する。欧州では半世紀以上前から放送番組毎にどの曲を何分使ったという届出を放送局が行い、権利者に利用料を支払っていた。日本では長く権利料の正確な発生額の正確な集計をせずに、権利者と利用者が集まって、談合山分け的にその年の額を決め利用者はその額を支払い、権利者はその額を権利者間で分配してきた。最近になって公正かつ公平な徴収と分配の実現のため、発生額を正確にカウントし根拠を示すことも行われ始めている。このような状況では、欧州ではISRCが機能するのに対し、米国ではISRCの採用による権利者の増収が図れないため、ISRCの付番に熱心とは言えず、日本では多少改善はされてはいるものの談合的な土壌の改善が充分に行われていないためISRC採用のメリットが望めないでいた。

戦後になって、知的所有権を事業の基本に据えたコンテンツ産業やソフト産業が注目され、日本の資本自由化もこの分野でまず行われた。欧米では、戦前から大手電機会社のこの分野への進出が行われていたが、日本では1960年代になって、電機会社がレコード会社の経営に関心を持ち、各社の資本進出が続いた。この電機会社のレコード会社への資本進出が行われた直後に、音楽コンテンツのデジタル化が行われ始め、家庭用デジタル録音機が市場に導入されるようになったが、元と全く変わらないクローンな複製ができることから、電機業界とレコード業界間の軋轢いわゆる著作権問題が急遽浮上した。この問題でも欧州と日本と米国の著作権法の違い、特に著作隣接権の違いが問題を複雑にした。アナログの録音機と録音テープですでに、コピーによって著作権者、著作隣接権者で生じる損害を補償する報酬請求権を認めていた欧州の電機産業とレコード産業は、デジタルコピーだからと言って新たな制限を導入するのが難しい状況にあったため、1世代のみのデジタルコピーを許可するSCMS（シリアルコピーマネージメントシステム）の提案を行っていた。米国では当時電機産業が衰退し、レコード産業は世界への輸出を増加させていたが、著作隣接権の違いもあって欧州と同じ方法で解決することに難色を示していた。一方日本では電機産業が隆盛を極め、音響機器の世界への輸出をのばし、電機産業は欧州以外の日本や米国への報酬請求権の普及導入に深い懸念を持ち、報酬請求権の伴わない形でのSCMSの採用を

目指していた。日本のレコード産業はこの報酬請求権の実現を悲願とし、SCMSとは異なるデービットシステムと呼ばれる報酬請求権をも網羅する公平で、安全な新たな解決策を模索すべきとの立場を貫いていた（1989年5月にワシントンで行われたDATアテネ会議予備会議）。その後、解決に時間がかかることを恐れていた欧州他の電器産業の意向を受けて、主催者のIFPIから日本レコード協会にアテネ会議に欠席しろとの要請がなされた。結果としてSCMSの採用ということで日本レコード協会の合意なくDATが市場導入された。

以上に見る通り、これまでの録音物の保護状況は、保護とも言えない不十分な状況にあり、これからの抜本的な改善が必要になっている。

一般に録音物の権利保護を達成するためには以下の3通りの方法が考えられる。

1. 大金持ちの利用者のみに通用する方法；配信事業者や流通事業者等の利用者が著作隣接権を保有する権利者と契約し、一切の保護は利用者が責任を持ち、万一保護が破られた時にはその損害額を利用者が弁済する。この場合利用者内での反乱があっても利用者が一切の責任を持つことは言うまでもない。
2. これまでの一般的な方法；利用者が配信システムや保護システムを考え権利者に提案する。この場合セキュリティ計画の構築が必要となるがこれまでその存在例は稀有であり、利用者の対応を信じるしかなく、通常利用者の社内での反乱については考慮がなされていなかった。
3. これからの望ましい方法；録音物は人類共通の財産と考え、保護をおこないつつその有効利用を利用者と権利者が相談し、公平で安全なシステムを構築する。セキュリティ計画や反乱対応についても検討する。

DVDでは上記2の方法が採用され、仲間のハード会社を信用して、共通鍵暗号化技術を用いた保護が採用されたが、信用していたハード会社の中の1社の不注意により保護が破られ、他のハード会社やユーザーに多大な迷惑をかける事態が発生した。このような事態は企業内の内部反乱が日常化する今日、他人事とは言えない状況にある。

一方日本レコード協会では、最も望ましいと思われる上記3の方法を実現するために公開鍵暗号化技術を用いたコンテンツ保護での鍵の管理が民主的に行える

公開鍵認証局「コンテンツセキュリティ管理センター」を設立し、利用者の相談に乗った。残念ながら普及にまでは至らなかったがコンテンツ管理での鍵の管理の重要性とその将来の在り方を示す一例となった。

今後このような問題を迅速に解決してゆくためには、世界の著作権法、著作隣接権法の整合性が取れ、安全なシステムを導入し、公平かつ民主的な安全管理

を行うことが必要とされる。

本章で参照した主な参考文献

- 1) 穴澤、武村、常広、長谷部、畠山著 「コンテンツ保護の柔軟化を実現した開放型流通基盤」
情報処理学会研究会報告 EIP14-5 2001.11.30

9 | 現存資料の状況

アナログレコードに関連する世界で初めての制作機材、商品、そして我が国初の制作機材、商品を中心に機材名、商品名と現存資料の状況を以下に列記する。

図 3.4 に示す日本で最初に録音された SP レコードについては金沢蓄音器館が保有する。

図 3.5 (芳村伊十郎演奏) に例を示す日本で最初に生産された頃の一連の国産最初の SP レコードは金沢蓄音器館が保有する。

図 3.6 に示す図 3.5 の伊十郎の各種海賊レコード盤 (ラビットレコード、ヨシノレコード等) は金沢蓄音器館が所蔵する。

図 3.7、図 3.8、図 3.9 に示す国産蓄音器について

図 3.7 の「国産蓄音器第 1 号：ニッポノホン朝顔ラップ付蓄音器モデル 35 号」については、金沢蓄音器館、日本コロムビア株式会社他が動作するモデルを保有し、金沢蓄音器館はこのモデルを常設展示している。日本コロムビアの保有するモデルは、ラップを構成する金属の枚数が異なるため、後に別売のラップに変更されたと想像される。金沢の蓄音器館は、上記 35 号の発売と同時に発売されたモデル 50 型 (図 3.8) も保有し、翌年に発売されたラップの無いモデル ユーホン (図 3.9) も保有している。この機種は宮沢賢治が保有し愛用していたことで良く知られている。

国産初の蓄音器 (1910 年) の現存資料の状況を整理すると以下の如くなる。

- ・ニッポノホン 25 号資料のみ
- ・ニッポノホン 32.5 号資料のみ
- ・ニッポノホン 35 号 (金沢蓄音器館) 図 3.7 に示す。
- ・ニッポノホン 50 号 (金沢蓄音器館) 図 3.8 に示す。その翌年の 1910 年にラップなし 2 機種が発売された。そのうちの 1 機種である図 3.9 に示すユーホン型は宮沢賢治が所有し愛用した。

図 4.2 に外観を示す「汎用カッターヘッド」は、図 4.6 の NHK 放送博物館に常設展示されている「終戦の詔勅の放送に使われた円盤録音機」に搭載されている。

図 4.7 に示す終戦の詔勅の放送に使用されたディスク

は、NHK 放送博物館が常設展示している。

図 4.2 より形状の小さいカッターヘッドが金沢蓄音器館の保有する円盤録音機に装備されている。

図 4.12 に外観を示す放送局用ムービングコイル型カートリッジ (DENON DL103) は現在でも市販されている。

図 4.14 に外観を示すフィルモン音帯については、早稲田大学演劇博物館、東京文化財研究所が共同所有している。この他に金沢蓄音器館も 5 巻所有している。

図 4.16 に外観を示す卓上型フィルモン/円盤兼用再生機については、金沢蓄音器館が所有する。ただし改造が加えられているため復元することが望ましい。

図 4.17 国産初のテープコーダ。
NHK 放送博物館所有、展示中。

図 4.18 に外観を示すスタックス静電型イヤースピーカ SR-1 については、後継機種が市販されている。当初のモデルは数人以上の個人が所有しており、今でも良い音を出している。

図 4.19 に示す高柳健次郎の「イ」の伝送実験については、再現実験システムの展示が NHK 放送博物館で展示され「イ」の原盤は高柳健次郎財団にある。

図 5.1 の MH マイクロフォンについては、NHK 放送博物館が保有し展示している。

以下の外国製マイクロフォンは、日本コロムビア株式会社が保有し、録音現場で使用されている。

図 5.2 ALTEC 社 639B マイクロフォン、

図 5.3 RCA 社 44BX マイクロフォン、

図 5.4 RCA 社 77DX マイクロフォン、

図 5.5 純邦楽の録音で使用されてきた 77DX マイクロフォン、

図 5.6 Telefunken 社 M49 コンデンサーマイクロフォン、

図 5.7 国産初の放送局用コンデンサーマイクロフォン CU-1、

図 5.8 Neumann 社 69 型ステレオコンデンサーマイ
クrofフォン、

図 5.9 Neumann 社 KU-100 型ダイミーヘッドマイク
rofフォン、

図 5.10 Schoeps 社各種マイクrofフォン。

東京電気（現在の株式会社東芝）開発の国産初のベロ
シティマイクrofフォン A 型（図 4.6 の左側部分）は、
NHK 放送博物館で常設展示されている。

図 5.11 のデンマーク B&K 社音場 / 音圧型試作マイク
rofフォンは、日本コロムビア株式会社が所有し、現在
でも録音に使用されている。

ダイレクトカッティングディスク

図 5.17、図 5.18、図 5.19 に示す 3 タイトル（各 2 枚組）
は全て日本コロムビアが所有。

図 5.21 に示す、図 5.20 の NHK 技術研究所の開発し
た録音機（編集不可）による録音を記録した 1971 年
1 月発売のレコード

日本コロムビア NCB7003「サムシング」ステー
ブ・マーカス + 稲垣次郎 & ソウルメディア
日本コロムビアが保有。

図 5.22 に示す、図 5.20 の NHK 技術研究所の開発し
た録音機（編集不可）による録音を記録した 1971 年
4 月発売のレコード：日本コロムビア NCC8004-N
「打！」ツトム・ヤマシタの世界
1971 年 1 月 11 日東京文化会館小ホールでの演奏会の
録音、日本コロムビア保有。

図 5.23 に示す「世界最初のレコードマスター用
PCM/ デジタル録音機」（DN-023R）は現在日本コロ
ムビア株式会社が保管し住友倉庫に預けている。

図 5.25 に示す世界最初のレコードマスター用 PCM/
デジタル録音機（図 5.23 参照、編集可能）による最
初の録音を記録した 1972 年 10 月発売のレコード、日
本コロムビア NCC8501 東京のスメタナ弦楽四重奏
団：モーツァルト作曲弦楽四重奏曲第 17 番「狩」、第
15 番
1972 年 4 月 24 日、25 日、26 日青山タワーホールに
て録音、日本コロムビアが保有。

1974 年以降に日本コロムビアで開発されたデジタル

録音機の状況は以下の通り。

- ・ DN-023RA（1974 年、ヨーロッパで最初に使用さ
れた PCM/ デジタル録音機、記録機は 4 ヘッド
VTR）資料のみ。
- ・ DN-034R（1977 年、記録機は 4 ヘッド VTR）実
機日本コロムビア南麻布にあり（図 5.29 参照）
- ・ DN-035R（1979 年、記録機は U-maticVTR）実
機日本コロムビア南麻布にあり
- ・ DN-035RMK II（1982 年、記録機は U-maticVTR）
日本コロムビア南麻布にあり（図 5.31 参照）
- ・ DN-039R（1984 年、記録機は U-maticVTR）実
機日本コロムビア南麻布にあり。

CD の制作現場で活躍した以下のソニー株式会社開発
のデジタル録音機は現在でも各所で使用されている。

- 図 5.30 ソニー デジタルオーディオプロセッサー
PCM-1630（日本コロムビア株式会社所蔵）、
図 5.32 ソニー 2トラック固定ヘッドデジタル録音
機 PCM-3402（日本コロムビア株式会社所蔵）、
図 5.34 ソニー 48トラックデジタル録音機 PCM-
3348（日本コロムビア株式会社所蔵）。

CD の制作現場で活躍した以下の三菱電機株式会社開
発のデジタル録音機は現在でも各所で使用されている。
図 5.33 に示す三菱電機 X-86 2トラック固定ヘッドデ
ジタル録音機、

図 5.35 に示す三菱電機 X-850 32トラックデジタル録
音機（日本コロムビア株式会社所蔵）。

図 5.36 に示す、1982 年に開発され、制作現場に導入
された世界最初のランダムアクセス型 PCM/ オー
ディオ編集機（DN-036ED）は、すでに廃棄され資料
しか残っていない。

図 5.37 に示す、1984 年に開発され、制作現場に導入
された世界最初のマスタリング用デジタル調整卓、現
在日本コロムビア株式会社が所有し、現在も使用中。

図 5.41 ブルムラインカッターヘッド、日本コロムビ
ア株式会社所有。

図 5.42 DENON カッターヘッド、日本コロムビア株
式会社所有。

図 5.43 Fairchild カッターヘッド、日本コロムビア
株式会社所有。

図 5.44 Neumann SX-45 カッターヘッド、日本コロムビア株式会社所有。

図 5.45 デンマーク オルトフォン社カッターヘッド、日本コロムビア株式会社所有。

図 5.46 Westrex 3D カッターヘッド、日本コロムビア株式会社所有。

図 5.47 Neumann SX-74 カッターヘッド、日本コロムビア株式会社使用中。

図 5.54 カッティングマシン用 DENON ダイレクトドライブモーター、日本コロムビア株式会社使用中。

図 5.55 Neumann カッティングレース、日本コロムビア株式会社使用中。

図 5.63 国産初の塩ビ LP レコード、未来技術遺産登録済み。

10 | おわりに

レコードは一般消費物資と異なる側面を持つユニークな商品である。特許や生産や流通の面では一般消費物資との共通点が多いが、芸術や著作権及び著作隣接権とも関わりを持ち、文化に関わりを持つため再販製品にも指定されているなどの特殊性を抱えている。またレコードはそれのみではビジネスが構築できず、魅力ある音楽作品他のコンテンツと再生機があって初めて成立するビジネスである。したがってオーディオ技術はレコード製造ばかりでなく、その前後に位置する收音から再生までの各段階で発揮される。

オーディオの黎明期の発展は本稿に見る通り AT & T 社のベル研究所やその周辺の米国の会社による意欲的な開発の成果によるところが大きい。このような状況のもとで、規模は限られていたが我が国でも米国勢のレベルを凌駕したオーディオの開発が情熱に燃えた技術者によって行われた。その代表的な例として、AT & T 勢を凌駕する特性を持つカッターヘッドを開発した坪田、世界に先駆けてコンデンサーピッ

クアップやコンデンサーイヤースピーカを開発した林、民生用磁気録音機を開発した井深などが挙げられる。オーディオの黎明期を過ぎ、我が国のオーディオが産業として発展するに従い、世界に誇れる民生機器が我が国で多く誕生した。この時期のレコードに関係する技術の分野では、デジタル録音の実用化とデジタル録音された音楽の家庭までの伝送を可能にした CD の開発が特筆に値する。

オーディオはこれまでアナログ技術として発展してきたが、デジタル技術を活用した更なる改善が望まれている。しかしながらデジタル技術の発展により、コスト面での恩恵には浴したものの、芸術に近い分野ではこれまでのアナログで達成したレベルというハードルを超えられないでいるとの意見を多く聞く。我が国のオーディオ技術者の叡智を結集してこのハードルを越えることが望まれる。

おわりに本稿の執筆にあたってご協力をいただいた多くの方々に紙面を借り謝意を表す。