

#### 4. モバイルオーディオ機器

概要：ソニーのウォークマンから始まり、CD、MD と記録メディアが変遷し、現在は iPod に代表されるデジタルオーディオプレーヤーの技術を、信号処理とハードウェアの観点から解説する。

##### <音楽メディア／モバイルオーディオ機器の歴史>

楽曲の頒布は、長い間、レコード盤で行われていたが、ソニーとフィリップス（蘭）の共同研究により CD（コンパクトディスク）が開発され、1982年に、日本とヨーロッパで CD プレーヤーが発売された。ソニーから発売されたプレーヤーの定価は、168,000円であった。

1984年には、ソニーから、定価 49,800 円のプレーヤーが発売されたが、原価は 10 万円ほどであった。すなわち、このころ既に、ハードウェアの赤字を、ソフトウェア（CD）で補うというビジネスモデルが使われていた（ジレットモデル：カミソリの替え刃で儲けるために、最初に持ち手の部分を安く売った。プリンタのインクやゲームソフトも同じビジネスモデル：このように、（再生）装置と（音楽）メディアは、カミソリの柄と替え刃の関係にある）。

いっぽう、音楽の録音は、1930 年代より、オープンリールのテープレコーダーで行われてきたが、1962年、フィリップスより、（コンパクト）カセットテープが発表され、日本では、1966年に国産のカセットテープが発売された。当初は、音質の点などに問題があったため、語学の勉強などに使用されていたが、1979年、再生専用で音楽再生向けのウォークマンが発売された。

その後、CD を携帯したときの音飛びの問題が解決され（何秒間かのデータを先に読んで、それを再生しているときに音飛びが起きても、再生を続けながら再び CD にアクセスする）、1984年には、携帯型の CD ウォークマン（ディスクマンとも呼ばれた）が発売された。

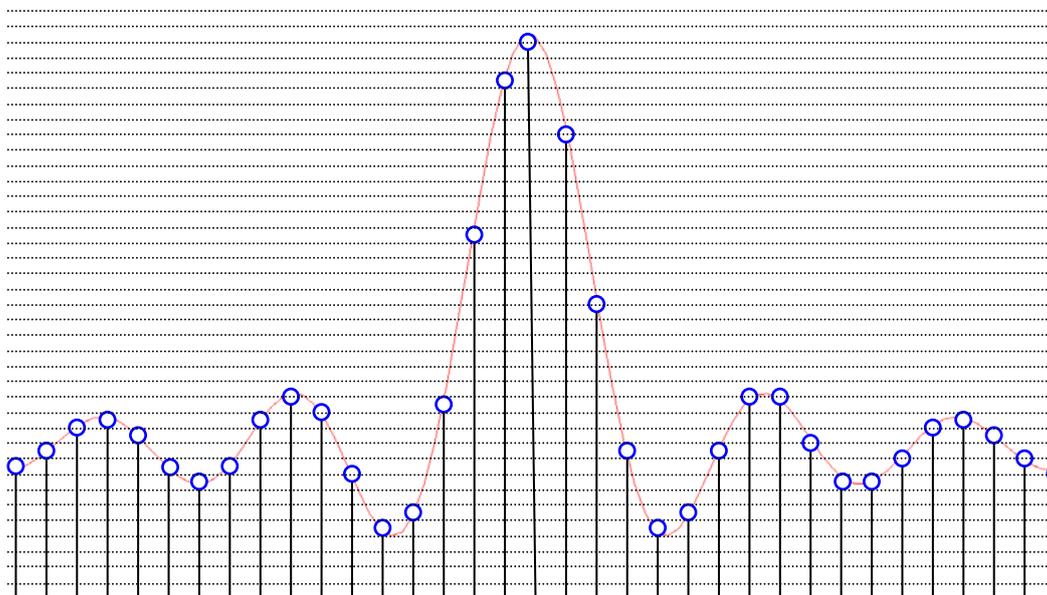
1992年には、光磁気ディスクを用いた、MD（ミニディスク）ウォークマンが発売され、2000年には、ソニーでは初めてとなるフラッシュメモリを用いた、ネットワークウォークマンが発売された。

2001年には、アップル社より iPod が発売され、ハードディスクやフラッシュメモリを用いた、本格的な携帯型デジタルオーディオプレーヤー時代を迎えることとなった。これにより、CD や MD を用いた携帯型オーディオプレーヤーは、市場から撤退した。

（ソニーやアップル以外にも、多くの会社がこの分野に参入したが、現時点で、メジャープレーヤーとして生き残っているのは、この二つの会社だけである。また、現在のデジタルオーディオプレーヤーも、今後は、単独で生き残ることは難しく、多くは、スマートフォンなどに吸収されることになるだろう）

## <アナログ信号のデジタル変換>

通常、左右 2 本のマイクロフォンで収録された音声信号は、音圧が電圧に変換された電気信号（電圧信号）であるため、音声信号をデジタル化するためには、電圧をデジタル値に変換する。この変換を行うユニットが、アナログーデジタル変換器（Analog-to-digital converter: AD converter もしくは ADC）である。



アナログ信号のデジタル化は、上に示すように、通常、一定の時間間隔（サンプリング間隔、この逆数をサンプリング周波数もしくは、サンプリングレートという）で行われる。

連続量である電圧信号をデジタル値にするときは、デジタル値がとびとびであることにより、真の値との誤差が発生し、これを量子化誤差（quantization error）と呼ぶ。量子化は、通常、最小電圧から最大電圧までの範囲を、 $2^n$  に分割して行われる。すなわち、量子化された値は、 $n$  ビットで表される。このような AD 変換器を、 $n$  ビット AD 変換器と呼ぶ。 $n$  は、通常、8、10、12、16 などである（ $n$  はビット分解能と呼ばれる）。

周波数帯域が制限された信号では、量子化誤差を無視すると、最高周波数の 2 倍以上のサンプリング周波数で標本化を行えば、元の信号を完全に再現できる（ナイキストの定理）。また、この信号の最高周波数の 2 倍の周波数をナイキスト周波数と呼ぶ。

たとえば、コンパクトディスクは、ビット分解能 16 ビット、サンプリング周波数は 44.1kHz であるが、これにより、22.05kHz までの音声周波数を忠実に再現することができる。人間の可聴周波数は、20Hz～20kHz と言われているので、このサンプリング周波数は、十分な周波数と考えられている。

## <CD（コンパクトディスク）（1982 年）>

CD では、16 ビット（2 バイト）、ステレオで 2CH、サンプリング周波数が 44.1kHz であるので、1 秒間記録するための記憶容量は、

$$2\text{byte} \times 2\text{CH} \times 44.1 \times 1000 = 176400 \text{ bytes} \quad (172.27 \text{ kbytes})$$

1 時間では、 $172.27 \times 3600 = 620156.25 \text{ kbytes} = 605.6 \text{ Mbytes}$  となる。

CD の最長記録時間は、ベートーベンの交響曲第九番（約 75 分）が収録できるようにと、ヘルベルト・フォン・カラヤンがソニーの当時の社長（大賀典雄）にアドバイスしたことによって決まったと言われている。しかしながら、これは一つのたとえ話で、実際、75 分にすることによって、ほとんどの楽曲が 1 枚に収録できるという客観的なデータによるものと考えられている。

（このため、実際の記憶容量は、750MB 程度である）

### <MD（ミニディスク）（1992 年）>

直径 64mm の光磁気ディスクが、縦横 72mm×68mm のケースに入れられた構造を持つ。当初は、CD を置き換えることを目標としていたが、コピーによる音質低下の問題（アナログ信号に戻してコピーが行われていた！）などがあり、日本国内でしか普及しなかった。

### <音声圧縮技術>

CD には、1 時間くらいの記録しかできないので、より多くの楽曲を、限られた記憶容量のメディアに記録するためには、**データ圧縮**の手法が必要となる。

音声圧縮には、情報が失われない**可逆圧縮法**と、一部の情報が失われる（ただし、ほとんど知覚されない）**非可逆圧縮法**がある。

可逆圧縮法は、せいぜい 50% くらいの圧縮しかできない（音声は冗長性が少ないため）が、非可逆圧縮法を使うと、10% 程度へ圧縮することも可能である。

非可逆圧縮法の代表的手法が、MP3（MPEG audio Layer-3）であり、1411.2 kbps（kilo bit per second：CD の規格である 44.1kHz×32 ビットの信号）の音声信号を、音楽では 128 kbps（9%）、会話ならば 32 kbps（2.3%）へと圧縮することも可能である。この手法は、CD を HDD やフラッシュメモリに保存する手法として広く普及した。

最近では、インターネットの高速化や、記憶装置の大容量化や低価格化により、可逆圧縮（音質低下なし）法も普及してきており、FLAC（Free Lossless Audio Cordec）は、その代表例である。なお、FLAC は、量子化ビット数は 8～24 ビット、サンプリング周波数は 8～192kHz、チャンネル数は 1～8ch である。

（注）JPEG：Joint Photographic Expert Group、MPEG：Motion Picture Expert Group

### <デジタルオーディオプレーヤー（携帯音楽プレーヤー）>

厳密には、CD や MD など、デジタルデータを用いているため、デジタルオーディオプレーヤーと言えるが、習慣として、iPod 以降の、ハードディスクやフラッシュメモリを用いたものを、このように称している。音声圧縮方式として、MP3 が用いられたことから、**MP3 プレーヤー**と呼ばれることもある。現在は、さまざまな音声圧縮方式が使われている。

Steve Jobs の iPod の発表ムービー（日本語字幕付き）

<http://www.youtube.com/watch?v=6rfvr-LcY-w>

（6 年後の iPhone の発表ムービーに比べると、あまり出来はよくない。観客のノリも悪い）