2. CD-ROM の規格

井 橋 孝 夫[†]

1. ま え が き

利用範囲が急速に広がっている分野に CD-ROM ファミリー群がある。最近のパーソナルコンピュータ等への応用は目ざましく、95年度で約2500万台もの CD-ROM ドライブが、パーソナルコンピュータに搭載される可能性がある。マルチメディア機器のマイルストーンとして、画像、音声を扱う必然性から、ますます利用範囲は拡大しており、パーソナルコンピュータの周辺機器として、ハードディスクドライブと並んで必要不可欠な位置を占めるに至っている。一方、CD-ROM のソフトウェアは、年間数億枚が出版され、データベースを主とする分野から、映像、音声を取込む分野、および、ゲーム用データ、ナビゲーション用データ等、あらゆる情報データが CD-ROM ディスクとして出版され始めている。パーソナルコンピュータに標準装備され、パッケージメディアの長所を生かした CD-ROM ソフトと、最近の情報ネットワークとの密接な関係で双方の利点・欠点を補完する形で構築できれば、不明確なマルチメディアビジネスに一石を投げられると期待している。

この章では、CD-ROM の基本である CD-DA との関係について説明し、CD-ROM の規格の内容について説明する。CD ファミリーは大別すると、図1に示すように CD-DA ファミリーと、CD-ROM ファミリー群に分類できる。CD-DA ファミリーはレッドブック (Red Book) と呼ばれる規格上に構成され、主な応用は、デジタルオーディオ (Digital Audio) で、CD グラフィックス (CD-Graphics) 等のグラフィックス信号を付加し、簡易グラフィックスの応用を規定してある。一方、CD-ROM ファミリーは、イエローブック (Yellow Book) と呼ばれる規格上に構成され、主な応用は、情報データベース (CD-ROM DATA)、各

図1 CD-ROM 規格関連図

種ゲームデータ (特有) および、映像・音声データ (CD-I, Video CD, EPWING 等) がある。図1に示した CD-R は、一度だけ書込めるシステムで、CD-DA/CD-ROM 両方に互換性を持つものである。また、CD-R で追記書込みのために制定したマルチセッション (Multisession) 機能を使用したフォト CD (Photo CD) は、写真をデジタル化し CD-ROM として記録するものである。CD プラス (CD-Plus) は、CD-DA 領域と CD-ROM 領域をマルチセッションで分離し、音楽分野と CD-ROM (画像) 分野を結びつけ、CD プレーヤーでは CD-DA を、パーソナルコンピュータ等では

[†] ソニー株式会社 コーポレート R&D

“CD-ROM Format” by Takao Ihashi (Corporate R&D, Sony Corporation, Tokyo)

CD-DA および CD-ROM データを再生し、CD-ROM ビジネスの拡大とともに、今後導入が期待されている。

2. CD-ROM データフォーマット

CD-ROM フォーマットは、CD-DA フォーマットのデジタルオーディオデータ部分をデータ応用に開放したものである。その意味で、CD-DA フォーマットとデータの構成は基本的に同等である。CD-DA との関連のため図 2 に CD/CD-ROM 基本データ構成を示したが、中心の円形の図は、コンパクトディスク上に信号を記録した時の状況を示したもので、ディスクの内径からリードイン (Lead in) 領域、プログラム領域 (Program Area)、およびリードアウト (Lead out) 領域に大別され、その記録ピットは、EFM 変調をされた後、0.87 μm から 3.18 μm まで 9 通りのピット長で表現され、記録される¹⁾。音楽データと CD-ROM データの差は、そのサブコードの設定のしかたが異なり、デジタル情報 (CD-ROM データ) を記録

する場合、1 ブロック (セクタ) をサブコードフレーム (98 フレーム)、すなわち 24 (バイト/フレーム) × 98 (フレーム) = 2352 バイトで構成し、これを基本にしたデータ処理を行う。参考のため図 2 には、音楽信号領域のサブコード等の規定を並記した。

CD-ROM データ構成を図 3 に示したが、前述した 2352 バイトの各ブロックは、12 バイトの同期信号 (00 FFFFFFFF FFFFFFFF 00) により区別される。この同期信号の保護のため、残りの全データ 2340 バイトは、M 系列によるスクランブルがかけられている。ブロックアドレスには、サブコードフレームの Q チャンネルの絶対的なタイムコードと同じ値が記録されている。したがって、サブコードとこのブロックアドレスとの時間のずれがある CD-ROM でも、ドライブ側で一度このオフセットを修正すれば、サブコードのアドレス情報だけで、正しい位置のブロックヘシークすることが可能である。

CD-ROM データの種類により、データ構成はモード 0 (mode 0)、モード 1 (mode 1)、モード 2 (mode 2) の 3 種類を規定している。

モード 0 は、同期信号、ヘッダ以外はすべてゼロデータであり、リードイン・リードアウト領域等を CD-ROM 構造とする場合のダミーブロックとして使用される。一方、モード 1 は、一般のコンピュータデータを記録する場合に使用するモードで、音楽データよりさらにデータの品質を向上させるため、補助データ領域を使用して、エラー検出、訂正符号等を導入している。このモードでは、エラー検出符号をチェックし、ユーザデータにエラーが生じた場合のみこのエラー訂正符号を用いた処理を行い、エラーがない場合は、ユーザデータ 2048 バイトを連続的に読出せるように構成している。

モード 2 は、同期信号およびヘッダ以外はすべてユーザに開放しているモードである。これは CD の CIRC エラー訂正により得られるエラーレート (10⁻¹¹ 以下) で問題のないデータを記録する場合に使用可能である。しかし、CD-ROM データとしてビデオデータやオーディオデータを取入れるマルチメディアアプリケーションの要望が多数あり、1988 年、このモード 2 に追加して CD-ROM XA (CD-ROM Extended Architecture) を規定し、フォーム 1 (FORM 1)、フォーム 2 (FORM 2) を制定したものである。オーディオデータは ADPCM (Adaptive Differential PCM) 仕様として、レベル B (4 ビット、37.8 kHz サンプリング)、レベル C (4 ビット、18.9 kHz サンプリング) 等を規定してある。フォーム 1、フォーム 2 は、CD-

図 3 CD-ROM の物理フォーマット

ROM XA のみならず、CD-I (CD Interactive) にも使用されているもので、ユーザデータの中に、リアルタイム処理のための各種フラグを収めるサブヘッダ(8 バイト)を定義したものである。これによりブロック単位のオーディオ、ビデオ、コンピュータデータの分割多重記録が可能になった。

サブヘッダの情報により定義されるフォーム 1 は、コンピュータデータなど信頼性を必要とするデータを記録するためのものであり、モード 1 と同じエラー検出符号、訂正符号が適用されている。フォーム 2 は、オーディオ、ビデオデータのように、エラーに対して補間処理が可能なデータを取めるためのものであり、4 バイトのリザーブデータを除いて、すべてユーザデータとして使用可能である。サブヘッダは 8 バイトから成り、4 バイトの 2 重記録が施こされている。これには、①ファイルナンバ、②チャンネルナンバ、③サブモード、④データタイプが各 1 バイトずつ割り当てられており、特に①ファイルナンバは同一ファイルに属するブロックが物理的にインタリーブされても同じファイルナンバが記録されているため、別のブロックとの混在が可能で、オーディオデータを記録したブロックが、リアルタイム処理のため固有のインタリーブがなされても同一のファイルのブロックのみを読み出す等の特徴を持っている。②のチャンネルナンバは、同一ファイル内に固有の値を記録することが可能なので、関連した必要とするブロックの選択等に使用可能である。③のサブモードは、ブロックの属性を示すフラグを記録し、ブロック内のデータの区別を必要とする時使用する。また、フォーム 1, 2 の識別信号もここに入っている。④データタイプは、各種データの属性を示すフラグが記録されている。このように CD-ROM のデータ構成は、その記録するデータの種類によりモード 0, 1, 2, フォーム 1, 2 の相違があり、最適なフォーマットを選択して使用可能で、最近の MPEG デジタル動画をもこの中に取込み、各分野への応用が拡大している。

3. CD-ROM ファイルフォーマット

CD-ROM の大量・安価な複製が可能な利点を生かすためには、物理フォーマットを定めるだけでなく、どのようなコンピュータでも使用可能なように、論理フォーマットすなわち、ファイル構造を規定する必要がある。CD-ROM のファイルフォーマットは、ハイシェラグループ (High Sierra Group, メンバー 14 社) の提案を受けて ISO 9660 として規定されたものである。

	BP	Contents	Description
①	1	1	Disk label record type - standard
	2	"CD-I"	FSVD
	7	1	Volume structure standard ID
	8	0	Volume structure version number
②	9	"CD-RTOS"	Volume flags
	41	"Games"	- standard file Structure -
	73	0	System identifier
	85	200,000	Volume identifier
③	89	0	Reserved
	121	0	Volume space size
	123	1	- 200,000 Blocks used on this volume -
	125	0	Coded Character Set identifier
④	127	1	- Must be zero if standard FS -
	129	0	Reserved
	131	2048	Number of volumes in album
	133	0	Album set sequence number
⑤	137	2358	Reserved
	141	0	Logical block size
	149	19	Reserved
	153	0	Path table size
⑥	191	"Games"	Reserved
	319	"RG Software"	Address of path table
	447	"Larry Hobbs"	Reserved
	575	"Menu"	Album identifier
⑦	703	"Copyrightfile"	Publisher identifier
	735	0	Data preparer identifier
	740	"Abstractfile"	Application identifier
	772	0	Copyright file name
⑧	777	"Bibliofile"	Reserved
	809	0	Abstract file name
	814	"1957100207340000"	Reserved
	830	0	Bibliographic file name
⑨	831	"0000000000000000"	Reserved
	847	0	Creation data and time
			Reserved
			Modification data and time
			- not used if zero -
			Reserved

BP : Byte Position

図 4 ポリリュームディスクリプタ構造例

このファイルは、記録容量が大きく、ファイル数が膨大になることが多いために、ルートディレクトリを基本にした階層構造をとり、何層かにわたるサブディレクトリのもとにファイルを格納する分散配置サブディレクトリ構造や、ファイルへのアクセス時間を短くするためパステーブルを採用している。図 4 にポリリュームディスクリプタ (Volume Descriptor) の記述例を示した。この図の中で、①部はシステム (ポリリューム) 識別子を表し、②部はポリリューム情報を表し、③部はパステーブル情報を表す。また、④部はオーサリング情報等を表している。

①部のシステム (ポリリューム) 識別部には、ディスクラベル、ポリリューム ID 等が明記され、②部にはシステム (ポリリューム) 名その他、ポリリュームサイズから論理ブロック長までを明記する構造になっている。一方、③部はパステーブルサイズからパステーブルアドレスまでを記述し、④部はオーサリング情報の中で、出版者識別子、著作権ファイルネーム等から、このポリリュームの発行された日時までが記述可能な構成になっている。

ファイルのアクセス方法は、図 5 に示すように、まず物理アドレス 0 分 2 秒 16 ブロックに規定されているディスクラベルを読み、ここからパステーブルのアドレスを調べ、このテーブルを RAM に取込む。次にこのテーブルにより、ファイルの属するサブディレクトリのアドレスを調べ、ここにシークを行う。このサブディレクトリから連絡的にブロックを読み出しな

図 5 CD-ROM のディスクファイルアクセス方法

(relative position)	directory block address	parent directory number	name size	directory file name
1	xxxxxx	0	5	Sub-1
2	xxxxxx	0	5	Sub-2
3	xxxxxx	0	5	Sub-3
4	xxxxxx	0	5	Sub-4
5	xxxxxx	0	5	Sub-5
6	xxxxxx	1	5	Sub-6
7	xxxxxx	1	5	Sub-7
8	xxxxxx	3	5	Sub-8
9	xxxxxx	3	5	Sub-9
10	xxxxxx	5	6	Sub-10
11	xxxxxx	5	6	Sub-11
12	xxxxxx	7	6	Sub-12
13	xxxxxx	7	6	Sub-13
14	xxxxxx	9	6	Sub-14
15	xxxxxx	9	6	Sub-15

図 6 CD-ROM のファイル構造とパステープル

がら、このディレクトリからファイルのアドレスを調べ、目的のファイルを読み出す。この手法により、ファイルが何層にわたる場合でも、一度のシークで読出せるようになり、ファイルのアクセス時間は大幅に改善可能になる。

このように、すべてのディレクトリの位置の一覧表をパステープルと呼び、図 6 にその例を示した。パステープルは、各ディレクトリを識別し、そのロケーションと親ディレクトリとを識別する記録を合わせ持っている。検索の優先順位は、①ディレクトリ階層レベルに従う場合、②親ディレクトリのディレクトリ番号に従う場合、③ディレクトリ識別欄の値に従う場合、により順序づけられ、各ファイルへの高速アクセスを行うものである。

4. CD-ROM フォーマットの位置づけ

CD-ROM フォーマットの応用を図 7 に示した。最も下の層はレッドブック (Red Book) で規定される物理フォーマットであり、その上にイエローブック (Yellow Book) で規定されるロジカルフォーマットが置かれる。一方、ファイルフォーマットは前述した ISO 9660 を中心に、再生専用でユニーク (Unique)、および Apple 専用の HFS 等のファイルが存在し、記録用には ECMA 168 で規定される記録に適したファイルも存在し利用されている。

この中で XA と呼ぶシステムは、前述した通りビデオ、オーディオの規定までを含み、図 7 に示した位置を占めると考えられる。一方、アプリケーションソフトとして UNIX に利用されるロックリッジ (Rock Ridge)、ビデオ CD 特有のアプリから、EP ウィング (EP-WING: 日本語電子出版規約)、またフォト CD 特有のアプリ等をこのファイルの上に位置づけることができる。

これらの応用は、ゲーム、MAP のようなアプリケーションには、レッドブック規格、イエローブック規格 + ユニークファイルが重なり、特有の CD-ROM システムを形成している。一方、パーソナルコンピュ

図 7 CD-ROM フォーマットの位置づけ

ータで使用する場合は、イエローブック規格 + ISO 9660 が一般的な形態であり、UNIX 等のアプリケーションには Rock Ridge のアプリケーションが追加されることを意味している。またフォト CD のような記録を必要とするフォーマットは、レッドブック規格とは別のこの図 7 には記述してないオレンジブック (Orange Book) 規格の上にレッドブック、イエローブック規格が位置し、ECMA 168 等の書き込み用のファイルの上にフォト CD のアプリが存在しているものである。最近、アプリケーションレベルで各パーソナルコンピュータでの互換性をとった試みの例で、“アクロバット (Acrobat)” 等のソフトも開発され、各種プラットフォームや各種アプリケーションに依存しない共通フォーマットが出現し始めている。このようにマルチプラットフォームのファイル構造のとれるハイブリッドソフトを適用すれば、1 枚の CD-ROM で各種ターゲットマシンで読出せるわけで、より一層、電子出版が身近になるものと期待されている。

5. む す び

CD-ROM は、CD-DA フォーマットを基本に構築したにもかかわらず、コンピュータ周辺に利用され、ソフトウェア、ドライブ共に重要な位置を占めるまでに急速に発展してきた。規格上から見ると、コンピュータでのデータ処理に最適フォーマットとはいえないものの、AV 分野における機器・ディスク等の生産、コスト等の巨大なインフラを利用することにより、その欠点を補ってパッケージメディアの主座を占めるに

至ったと推察している。10 年前、約 600 M バイトものデータを扱うことは大変な労力および技術的課題でもあったが、コンピュータの処理スピードの進歩により、現在ではより高容量、高データ伝速スピード、高速シーク等の要望をユーザから要求され始めている。要望のある高密度 CD-ROM は、現在の CD-ROM の延長上に位置づけられ、現在までのソフト資産の互換性をとることを条件に、'95 年度中には規格化が完成すると予測している。今後、到来が予測されているネットワーク社会においては、伝送コスト等の点から CD-ROM (高密度 CD-ROM) がより一層認知され、著作権、コンテンツ内容等の課題はあるが、巨大なソフト資産が活用され、ネットワークとの共存が図られれば幸いである。

(1995 年 7 月 5 日受付)

【参 考 文 献】

- 1) 光ディスク技術ハンドブック, 日経マグロウヒル (1987)
- 2) CD-ROM AdHoc Advisory Committee: "Volume and File Structure of CD-ROM" (May, 1986)
- 3) ISO 9660, Volume and File Structure of CD-ROM (1988)
- 4) 石井: "光ディスク論理フォーマット標準規格について", 光ディスク標準化委員会フォーマット分科会資料 (Sep. 1992)
- 5) 小町: "電子出版技術入門", オーム社 (1993)

いはし たかお
井橋 孝夫 昭和 42 年、ソニー(株)入社。中央研究所を経て、光ディスクシステムの開発に従事。事業部部長、マルチメディア推進室長を経て、平成 6 年より、R&D 主席。