

CD-I プレーヤ

CD-I Player

小川 秀明⁽¹⁾ 鈴木 慶一⁽²⁾
Hideaki Ogawa Keiichi Suzuki

要 旨

究極のオーディオとも言われたコンパクトディスク（CD）は、大量生産可能なデジタル情報記録媒体として既にコンピュータシステムやゲーム機に広く利用されている。その代表例がCD-ROMであり、それをさらに発展させ、スタンドアローンの対話形マルチメディアシステムとして登場してきたものが、CD-Iである。

本稿第2～5章では、CD-Iを支える主要技術およびハード／ソフト構成について述べる。第6章では、当社が開発したCD-Iプレーヤおよび花博での運用状況について述べ、第7章では、CD-Iの応用例について述べる。

Compact Discs (CDs), which have provided ultimate audio sound, are now widely applied to computer systems and game machines as digital information recording media available for massproduction. In such applications, CD-ROM is the most popular one. Further, CD-ROM has extended to a stand-alone type of interactive multimedia system, that is CD-I.

This paper summarizes some of important technologies and hardware/software structures of CD-I in chapters 2 through 5. Chapter 6 describes CD-I player developed by Fujitsu Ten and its practical use in the international Garden and Greenery Exposition, held in Japan during April and September, 1990. Chapter 7 proposes some practical applications of CD-I.

(1)、(2) 開発部

1. ま え が き

CD-I (Compact Disc-Interactive) とは、昨今急速に普及した音楽用CD-DA (Compact Disc-Digital Audio) をもとに、その論理フォーマットを発展させたものであり、従来のオーディオは勿論、画像や文字、コンピュータプログラム・データなどの情報を組込んだディスクを用いて利用者がテレビモニタの図面と会話するようなスタイルで、情報を得たり楽しむことのできるインタラクティブなマルチメディアである。また、製品の互換性が保証されているので応用範囲が広く、ポストCDシステムとしての市場が期待されている。

当社では、CD/CD-ROMの技術を背景に、対話型マルチメディアシステムであるCD-Iの研究開発に着手し、昨年10月にCD-Iプレーヤ1号機(1989年東京モーターショーに出展)の開発を経て、本年4～9月大阪で開催された国際花と緑の博覧会に据え置き型CD-Iプレーヤを出展した。本稿では、CD-Iとは何か、その特長やそれを支える技術、当社における開発成果およびCD-Iの応用例について述べる。

2. 技 術 的 背 景

2. 1 マルチメディアの動向

最近、「マルチメディア」という言葉が目につくようになってきた。これは、メモリー素子の大容量化・低価格化に加え、大容量の記憶媒体である光ディスクの使用が可能になったことで、従来の文字を中心とした情報に加えて音声、映像等のマルチメディア情報が扱えるようになったためである。この媒体として、CDは読み出し専用ではあるが、小型、低価格で扱いやすく、ディスク1枚

で600メガバイト(フロッピー600枚分)という大容量で、しかもランダムにアクセスが可能であり、注目されるようになった。このデジタル記憶が可能なメディアであるCDとコンピュータがドッキングすることでまったく新しいインタラクティブなマルチメディア・システムが登場するに至った。マルチメディア・システムの代表例としては、FM-TOWNS、マッキントッシュ、PCエンジン、CD-I等が上げられる。前者3例は、パソコン(若しくは専用マイコン)にCD-ROMを搭載、又は、接続したシステムであるが、一言にCD-ROMと言っても異機種間での互換性は必ずしも保証されていない。それに比して、CD-Iは開発当初から互換性の保証を前提としている点が特長である。

2. 2 CD系メディアの発展

1981年に音楽用CDの規格が発表され、翌年商品化された。その後、空きスペースを利用しグラフィックス再生を可能にしたCDグラフィックスの規格が1985年に追加された。主に、CDカラオケとして商品化されている。また、1987年には、CDにLD(レーザー・ディスク)のアナログ動画を複合させたCDV(シングル)発表され、商品化された。更に、翌年には、従来の12cm CDに加えて、8cm CD(記録時間20分)、即ち、CDシングルが登場した。

一方、音楽用として開発されたCDにデジタル情報を記録する汎用メディアとして、CD-ROMの規格が発表された。CD-ROMは、パソコンシステムを中心に、カーナビゲーション、ゲーム機等に幅広く利用されている。更に、CD-ROMを拡張して、OS、CPU等まで規定したCD-Iの規格が1986年に発表され、紆余曲折を経て、1991年により商品化される見通しである。

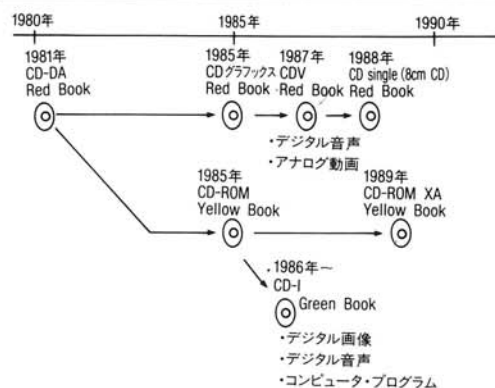


図-1 CD系メディアの発展図
Fig.1 Development of CD media

図-1にCD系メディアの発展図を示す。

3. 特 長

3.1 互換性

CD-Iは、CD-DAと同様にどのCD-Iディスクでも自由に世界中のメーカーのCD-Iプレーヤで利用できる高い互換性を持っている。

これは、再生するシステム間でソフトウェアの互換性を持たせるために、ハードウェア、ディスクフォーマット、オーディオ・ビデオフォーマット、そしてOSに至るまで標準化されているからである。

この中で、システムの中心となるのがソフトウェア、ハードウェアの全てを管理するOS (Operating System) である。CD-Iには、リアルタイムでの情報管理が必要のためにOS-9/68000をCD-I用に発展させたCD-RTOS (Compact Disc-Real Time Operating System) が標準化されている。また、OSが採用されたことでハードウェアを意識することなくディスクソフトを制作することが可能となる (図-2 参照)。

3.2 操作性

「文字、画像、音声といったマルチメディア情報を数々の参照関係を表すリンクによって非線形にむすびつける」というハイパーテキストの概念を利用することで、必要な情報を芋づる式に対話する形で得ることができ、操作性も一段と向上する (図-3 参照)。

操作するための入力装置としては、マウス、トラックボール、タッチスイッチなどのポインティングデバイスが利用でき、CRT画面に表示されたメニュー、画像等を選択することにより簡単に音楽、映像を楽しんだり、情報を検索したりすることができる。

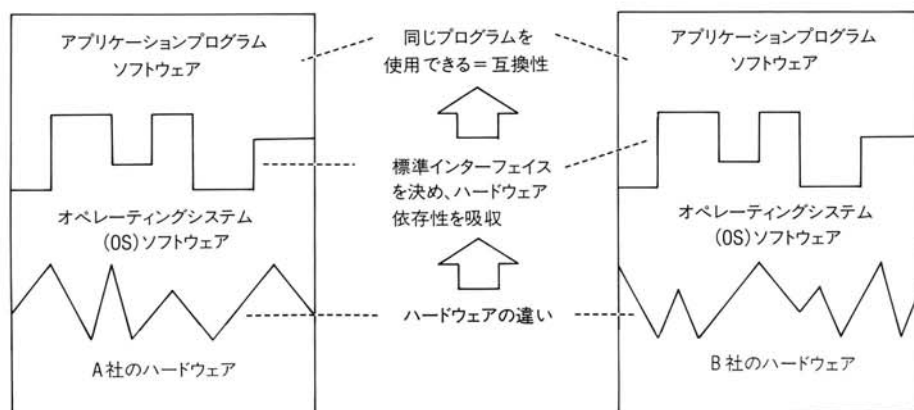


図-2 OSソフトウェアの役割
Fig.2 Role of OS software

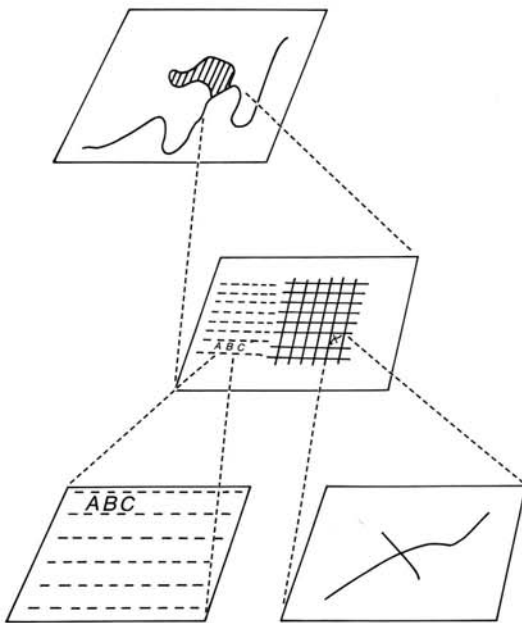


図-3 ハイパーテキスト概念図
Fig. 3 Concept of hyper text

3. 3 マルチチャンネル

CD-Iでは、最大32ch（オーディオは16ch）を平行に記録することが可能である。

例えば、数か国語を各チャンネルに割り当てたアプリケーションを作れば、世界中使用できるソフトタイトルが可能となる。図4にマルチチャンネル概念図（例：オーディオ3ch+ビデオ1ch）を示す。

4. 構 成

4. 1 CD-Iプレーヤ

4. 1. 1 プレーヤ構成

CD-Iの規格は、Green Bookと呼ばれる標準規格書で定められている。

この中で米モトローラ社の68000系マイクロプロセッサとマイクロウェア社のOS-9をCD-

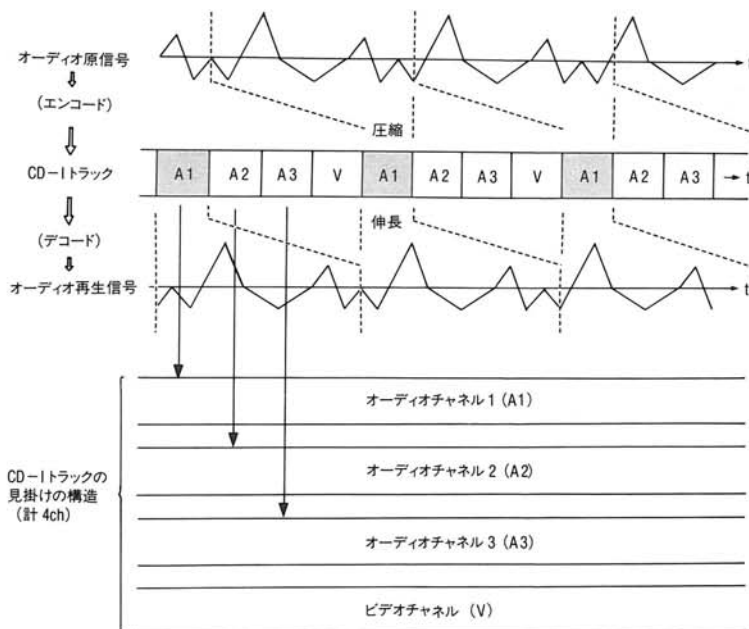


図-4 マルチチャンネル概念図
Fig. 4 Concept of multichannel

I用に発展させたCD-RTOSの採用が標準化されている。図-5にCD-Iプレーヤのハードウェア構成を、図-6にCD-RTOSのソフトウェア構成を示す。また、図-7にCD-Iプレーヤの動作概要を示す。

4. 1. 2 基本仕様

CD-Iの仕様は基本システム（ベースケース）と拡張システムに大別される。CD-IプレーヤおよびCD-Iのディスクは基本システムの範囲で完全互換性が保証される。表-1にCD-I基本システムの主な仕様を示す。

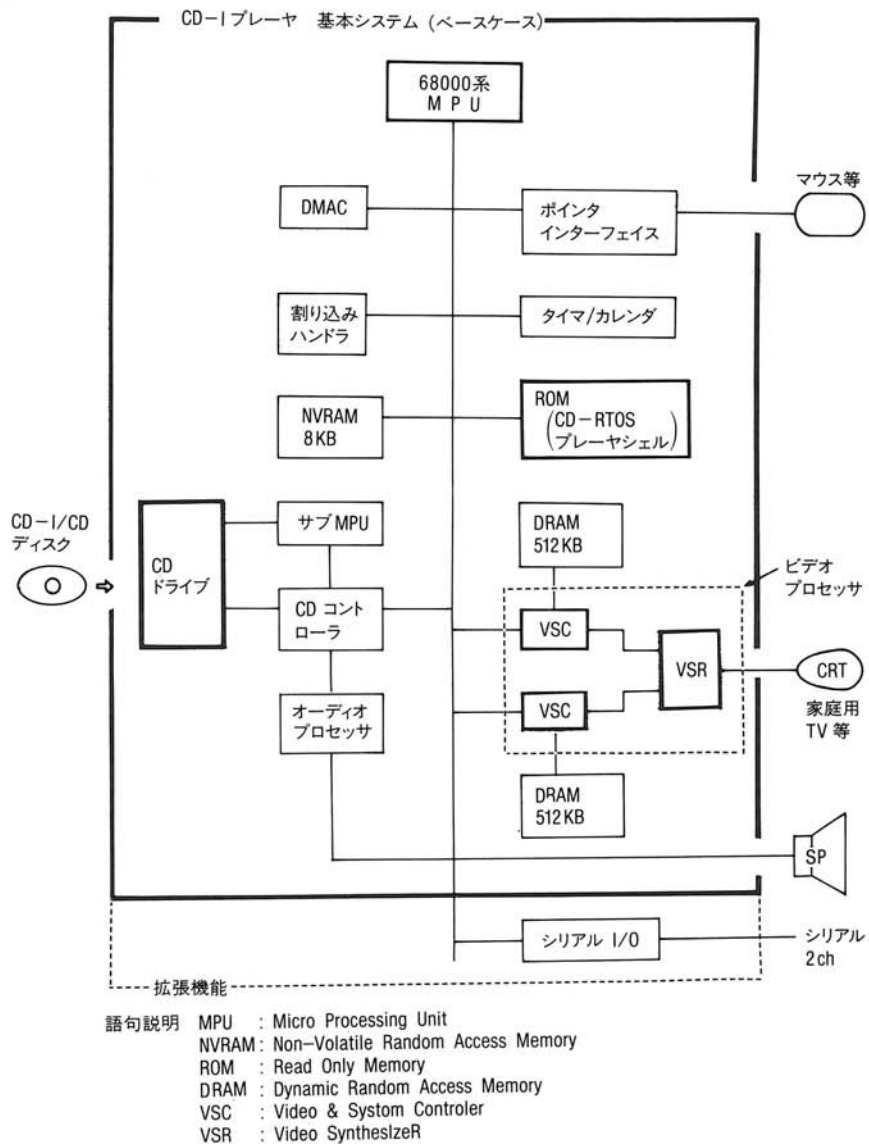


図-5 CD-Iプレーヤハードウェア構成図

Fig. 5 CD-I player hardware

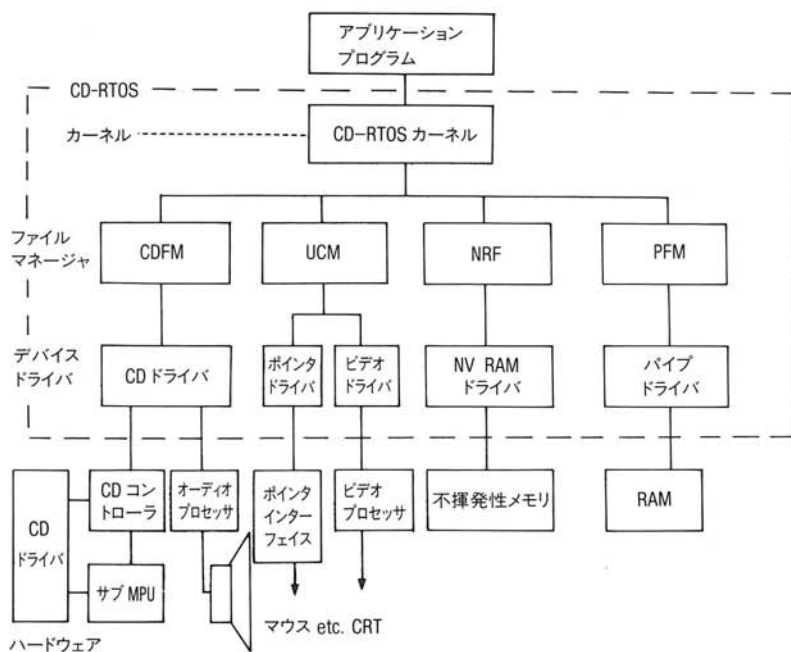
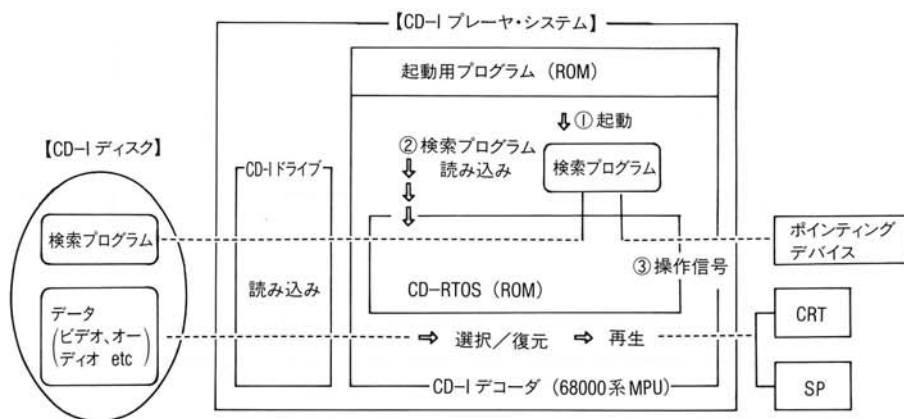


図-6 CD-RTOS ソフトウェア構成図

Fig. 6 CD-RTOS software



- ① CD-I プレーヤ電源 ON と同時に起動用プログラムがスタートしディスクから検索プログラムがロードされる。プレーヤ内に CD-RTOS と共にシステム起動用のプログラム(ブートプログラム)は ROM 化されている。
- ② ロードされた検索プログラムがスタート。
- ③ ポインティング デバイス からの操作信号によりプログラム実行。

図-7 CD-I 動作概要

Fig. 7 CD-I operation

表-1 CD-I 基本システムの主な仕様

項 目	仕 様
ディスク・データ容量 ディスク読出し速度	約600MByte 176.4KB/sec
データ記録方式	各種データ（オーディオ、ビデオ、コンピュータプログラム・データ）のブロック単位の時分割多重
MPU メモリ OS	68000系MPU 1 MB CD-RTOS
オーディオデータ	CD-DA (PCM) ハイファイミュージック (ADPCM レベルA) ミュージック (ADPCM レベルB) スピーチ (ADPCM レベルC)
ビデオデータ	解像度 標準 360×240 倍 720×240 高 720×480 自然画、グラフィックス

4. 2 CD-I ディスク

CD-I ディスクは、音声、映像（自然画、グラフィックス）、文字、コンピュータプログラム・データ情報を自由に組み合わせ、標準化された圧縮方法によって圧縮して記録したものである。CD-I ディスクには、CD-DA、CD-ROM と同様にリードイン、プログラム、リードアウト領域がある。CD-I ディスクの物理的フォーマッ

トは、CD-ROM Mode 2 を使用し、Form 1 と Form 2 が定められている。

CD-I のセクタ構造を図-8 に示す。CD-I セクタ長は2352バイトで、この中にはシンクロナイゼーションを先頭に、ヘッダ、サブヘッダと続き、その後にデータが続いている。

ヘッダは、分、秒で表されるセクタアドレスを表している。サブヘッダは、データのタイプ（オーディオ、ビデオ等）、Form 1 or 2、トリガビット、コーディング情報で構成されている。

Form 1 セクタは、2048バイトのユーザデータと280バイトの誤り検出、訂正コードが含まれ、エラーが許されないプログラム・データ等に使用される。

Form 2 セクタは、2324バイトがユーザデータとして使用でき、データの信頼性よりはむしろスループットを重視するオーディオデータ、一部のビデオデータの格納に使用される。

5. 主 要 技 術

5. 1 データ圧縮

CD-I では、オーディオ、ビデオデータを効率よく記録し、データ量を最小限におさえるために種々のデータ圧縮技法が標準化されている。

表-2 CD-I ビデオ圧縮の種類

種 類	圧 縮 方 法	表 示 色	デ ー タ 量
Delta-YUV (DYUV)	輝度色差分離デルタ方式	16,772,216 色	1 画面/86.4KB
RGB555	な し	32,768 色	172.8KB
CLUT 8	な し	256 色	86.4KB
CLUT 7		128 色	86.4KB
CLUT 4		16 色	86.4KB (ダブル)
RL7 (Run-Length) RL3 (Run-Length)	ランレングス	128 色 8 色	86.4KB以下 86.4KB以下 (ダブル)

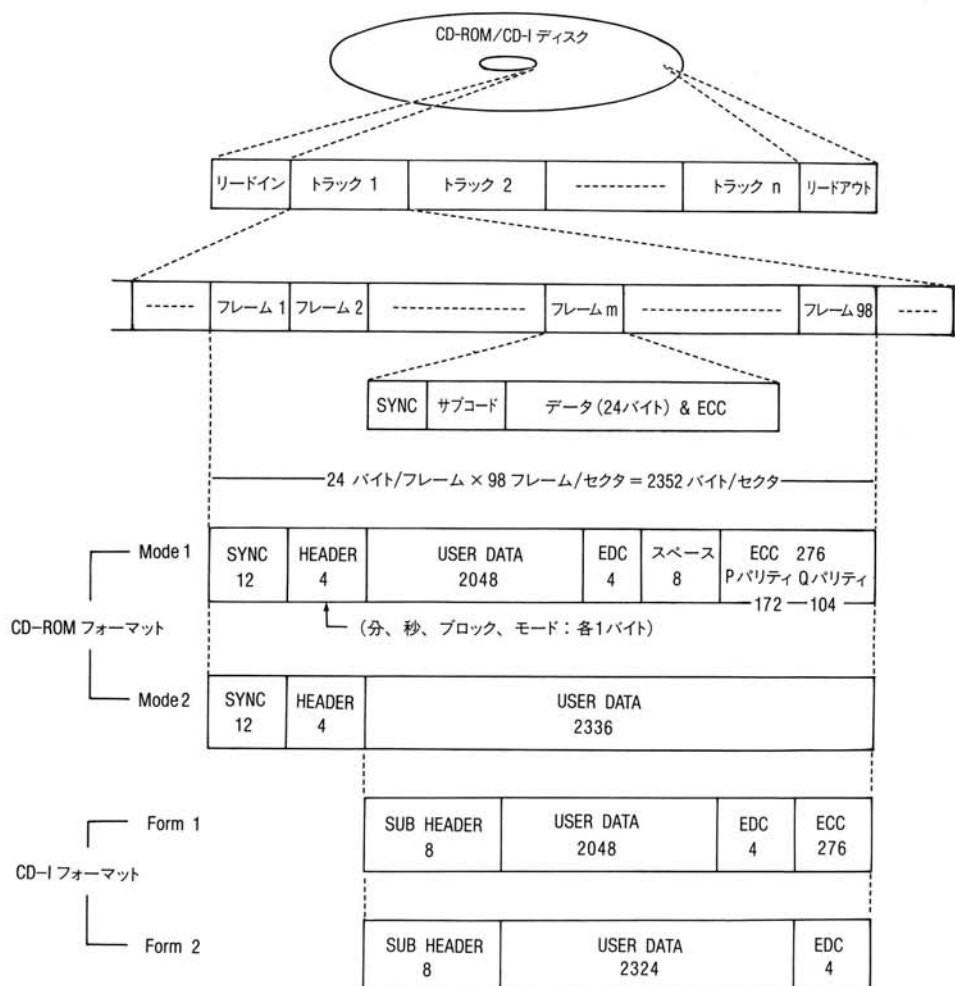


図-8 CD-ROM/CD-I セクタフォーマット
CD-ROM/CD-I sector format

5. 1. 1 ビデオ圧縮

自然画、グラフィックス等の画像を圧縮する技法として、4種類、即ち、DYUV、RGB555、CLUT、Run-Lengthが用意されている。(表-2参照)

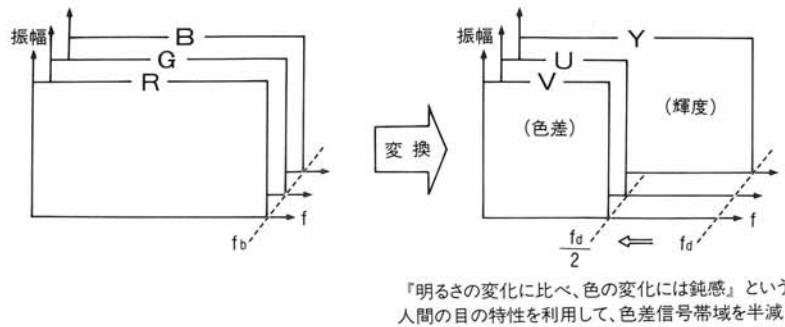
1) 自然画像の圧縮

自然画(写真)の表現には、Delta-YUV技法が使用される。この圧縮方法は、人間の視覚特性(特に色の変化には鈍感)を利用したもので、色差信号UVの帯域を輝度信号Yの $\frac{1}{2}$ に制限し($\frac{2}{3}$

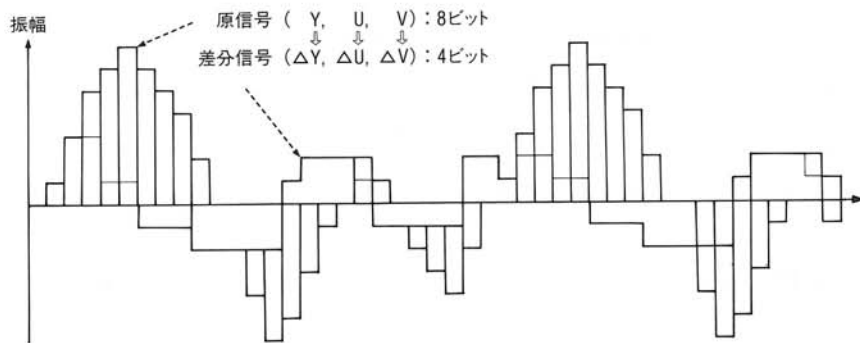
の圧縮)、また、各8ビットで表されるYUV成分値の隣接サンプル(画素)間の差分をとり、それを非線型量子化器で4ビットに変換する($\frac{1}{2}$ の圧縮)ことで、総合 $\frac{1}{3}$ の圧縮率を実現している(図-9参照)。

2) グラフィックスの画像の圧縮

グラフィックスの表現には、RGB、CLUT、Run-Length技法が用意されている。RGB555は、R、G、B各8Bitから下位3Bitを切り落とし、5Bitで量子化したもので、32,768色が使用可能



(a) 色差信号帯域の半減 (圧縮率=2/3)



(b) DPCM による圧縮 (圧縮率=1/2)

図-9 DYUV方式による画像圧縮
Fig. 9 Image suppression by DYUV

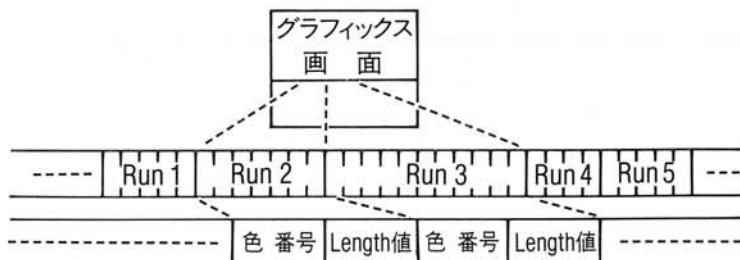


図-10 ランレングス方式による画像圧縮
Fig. 10 Image suppression by run-length

となる。

CLUT (Color Look-Up Table) は、予め、約 1670 万色から、例えば 256 色を選定し、テーブル (パレットとも呼ばれる) に、色番号毎に RGB 値を定義しておき、各画素の色指定はテーブル上の色番号で行う方法である。この方法はパソコン等で多く用いられている。

また、ライン方向に同じ色が多く続くような画像では、RL (Run-Length) コーディング法を使用して効率の高い圧縮が可能となる。同一色が連続する部分 (Run) は色番号と連続画素 (Length 値) の 2 バイトで表される (図-10 参照)。また、単一画素は色番号の 1 バイトだけで表される。画像再生時、色番号は CLUT テーブルを通して RGB 値に変換される。RL7 と RL3 の 2 種類が用意されており、それぞれ 128 色、8 色が使用できる。単純なグラフィック画面の場合、この RL コーディング法を使用すると、1 画面当たりのデータ量が非常に少なくなるため、CD-I ではアニメーションによく利用される。この方法は、より高度な形でファクシミリに利用されている。

5. 1. 2 オーディオ圧縮

CD-I のオーディオは CD-DA に加えて 3 つのレベルが標準化されている (表-3 参照)。

16 ビットのオーディオデータは、ADPCM (適応型差分パルス符号変調) により 8 ビット、または、4 ビット差分値に変換され、これにより、 $\frac{1}{2}$ (レベル A)、または、 $\frac{1}{4}$ (レベル B) に圧縮される。差分値を 4 ビットとし、さらに、サンプリングレートを $\frac{1}{2}$ (したがって、帯域幅も $\frac{1}{2}$) にすることで $\frac{1}{8}$ の圧縮 (レベル C) も可能となる。これを利用して 3. 3 で述べたマルチチャネルが実現できる。例えば、レベル B・ステレオでは、圧縮率が $\frac{1}{4}$ なので 4 セクタ間隔でオーディオ・データ 1 ch が記録できるため、4 セクタ毎に 3 セクタ空くことになる。この空いたセクタに他の音声や画像、文字等をいれることが可能となる (図-4 参照)。

5. 2 データ検索

CD-I ディスク上のデータはファイルと呼ばれる単位で記録されており、任意のファイルを容易に読み出せるように階層的なファイル構造 (木構造) となっている。

データ検索の仕組みを図-11 に示す。図中、①～③の作業が検索に先立って実行され、予め、パステابلと呼ばれるファイル構造に関わる情報がコンピュータのメモリに読み込まれる。検索は④以降の作業手順にしたがって行われるが、目的

表-3 CD-I オーディオ仕様

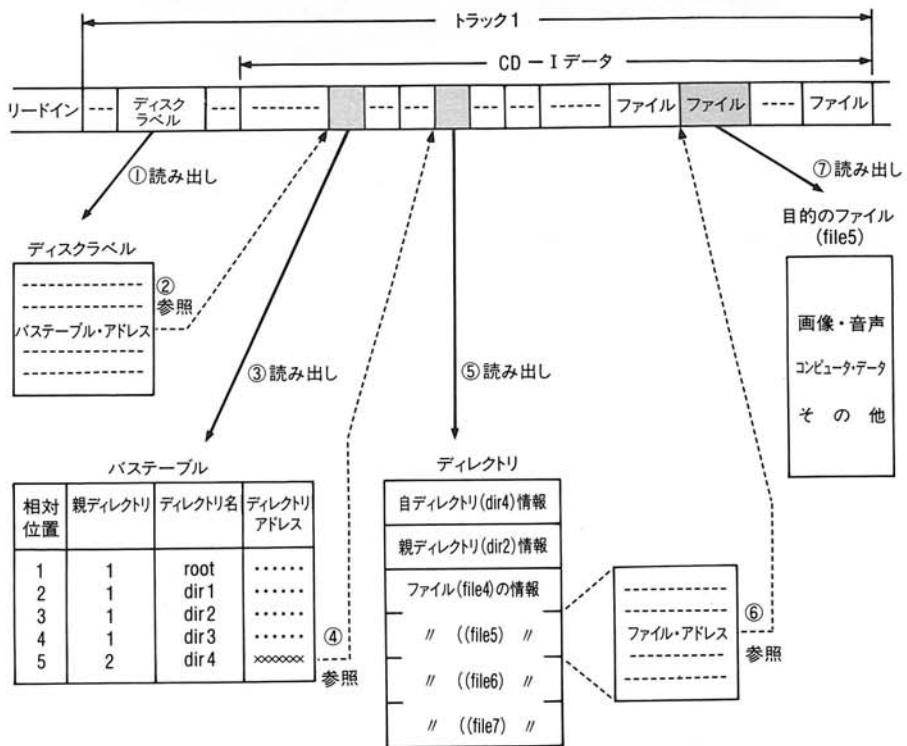
レ ベ ル 名	サンプリング周波数	データ/サンプル (Bit)	帯 域 幅	最大チャネル数	圧縮率	音質の目安
CD Digital Audio 16Bit PCM	44.1 (kHz)	16	20 (kHz)	1 ch ステレオ	1	HiFi
CD-I ADPCM A	37.8	8	17	2 ch ステレオ	$\frac{1}{2}$	LP 相当
				4 ch モノラル		
B	37.8	4	17	4 ch ステレオ	$\frac{1}{4}$	FM 相当
				8 ch モノラル		
C	18.9	4	8.5	8 ch ステレオ	$\frac{1}{8}$	AM 相当
				16 ch モノラル		

のファイルのアドレスを知るためには、そのファイルの属するディレクトリを1回読み込むだけで済むため、高速検索が可能となっている。

6. 花博向けCD-Iプレーヤ試作機

『国際花と緑の博覧会におけるインターラクティ

ブ・マルチメディア展開実行委員会』を参画し、本年4月1日から9月30日までの大阪で開催された「国際花と緑の博覧会」にCD-Iプレーヤを2台出展した。その試作機の仕様、外観および花博での設置状況について以下に示す。(表-4、図-12参照)



ディレクトリ構造例

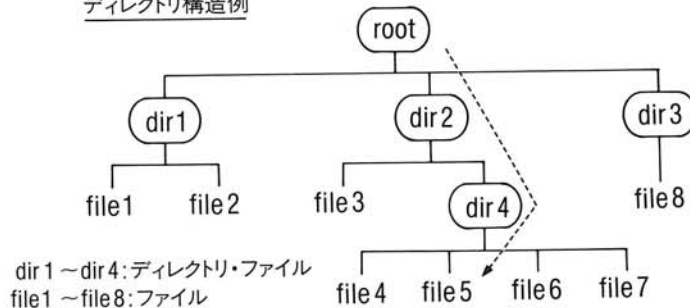


図-11 データ検索の仕組み

Fig. 11 Data detection

6. 1 仕様および外観



図-12 CD-I プレーヤー外観図

Fig. 12 CD-I player

表-4 花博向けCD-I プレーヤー仕様

項 目	仕 様
CD-I プレーヤーシステム区分	CD-I エクステンションシステム
基本機能	CD-DA およびCD-I ディスクの再生
基 板	ガラス布エポキシ樹脂積層板使用 高密度実装配線方式
MPU	HD68C000 8MHz
ROM	512KB
OS(オペレーティング・システム)	CD-RTOS Ver. 1.0D
VIDEO & SYSTEM RAM	1 MB
拡張機能	RS232Cポート① (ターミナル用、背面) RS232Cポート②(汎用、背面) 拡張用バス
ポインティング・デバイス	マウス、トラックボール等 (マイクロソフトマウス仕様)
映像・音声出力	EIAJ 規格 TTC-003準拠 (RGB21Pマルチコネクタ)
音声出力	ヘッドフォンジャック 音量可変 ピンジャック 音量固定
消費電力	20W
外形寸法	440W×123H×350D (mm)

D-Iの採用が決定した。

国際花と緑の博覧会におけるインタラクティブ・マルチメディア展開実行委員会は、CD-I普及・促進を図ると同時に、花博各種イベントを演出・支援する目的で通産省の指導の下に業界18社(表-5に参画メーカを示す)が参画し、(財)ニューメディア開発協会内に事務局が設置された。本委員会の任務は、花博の支援を行うと同時に、ソフトウェアを共同開発し、各メーカのCD-Iシステムで動作させることで互換性を確認することであった。

花博会場では、CD-Iプレーヤー計25台が、政府苑(生活未来館)、エンポーリアム、国際陳列館、いちよう館、咲くやこの花館等に設置され、花ずきんちゃんが登場する会場案内や性格判断、花と緑に関する生活情報、ゲーム等様々なCD-IソフトウェアがCD-Iプレーヤーを使用して体験することができた。CD-I開発メーカのプレーヤーが公衆の場で勢揃いするのは、今回が初めてのケースであり、各業界から注目を浴びた。図13a～dおよび図14a～dに当社プレーヤーで実演したソフトの画面を紹介する。(15頁に掲載)

6. 2 花博での設置状況

「自然と人間の調和」をテーマとする花博は、世界中の花と緑等で賑わう国際的規模の園芸博覧会であり、花と緑に関する情報を来場者に提供・サービスする支援目的で新しいメディアであるC



a 会場案内タイトル画面



b 花博会場上空図



c バクハツ君の性格診断



d バクハツ君性格診断結果

図-13 花博会場案内（エンポーリアム設置分）

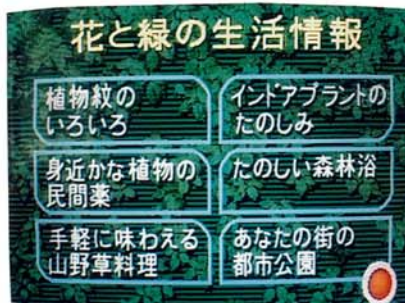
Fig. 13 Display image of EXPO's exhibition guide.



a 誕生花と花ことば



b 誕生花と花ことばの月日選択



c 花と緑の生活情報メニュー画面



d あなたの街の都市公園選択

図-14 花と緑の生活情報（政府宛設置分）

Fig. 14 Display image of informations on flower and greenery.



a ジェネラルスクリーン



b エリアパート (a画面をクリック)



c 情報パート (b画面をクリック)



図-17 東京モータショウ (1989) に出展のCD-I
Fig. 17 CD-I system in Tokyo Motor Show 1989.

図-16 ドライブガイドの図面例

Fig. 16 Display image of drive guide.

表-5 CD-I プレーヤ設置状況と出展台数

パビリオン名	政 府 苑（生活未来館）					エンポー リアム	咲くや この花 館		国 際 陳列館		光の 館	いち よう 館	苑長 室	VIP	花博 協会 本部	出 展 台 数		
ソフトタイ トル メーカ	ライ ブラ リ ①	生活 情報 ②	タッチ ③	ゲーム ④	案内 ⑤	案 内 ⑤	ゲ ー ム ④	案 内 ⑤	ゲ ー ム ④	案 内 ⑤	案 内 ⑤	案 内 ⑤	案 内 ⑤	ソフト 限定 せず	案内 ⑤			
富士通 テン		1				1										2		
ソ ニ ー	1									1				1		3		
松 下 電 器	1				1					1						3		
フィリップス	1						1	2	1		1	2		1	1	10		
三 洋 電 機		1														1		
ヤ マ ハ		1	1									1				3		
パイオニア	1															1		
シャ ー プ	1															1		
リ コ ー				1												1		
① 花と緑のライブラリ															④ 冒険ノビーグル号（ゲーム）		合計（台）	25

【参画企業】

富士通テン、ソニー、松下電器、フィリップス、三洋電機、ヤマハ、パイオニア、シャープ、リコー、伊藤忠商事、NHKサービスセンター、新学社、新日本製鐵、大日本印刷、電通、凸版印刷、ヤマハ音楽振興会、センチュリ・リサーチ・センタ（計18社）

等を利用することで、国道134号線に沿って三浦、湘南地方のホテル、レストラン、観光地、ガソリンスタンドの情報を得ることができる。

図-16 a～c にドライブガイドの画面例を、また、図-17に1989年東京モータショウ出展での状況（車載CD-Iシステム）を示す。

7. 応 用 案

CD-I は、コンピュータを意識しないで簡単に利用が可能なため、一般家庭向けに最も応用範囲が広がる。娯楽、教育、実用ソフトとして、絵つき音楽、料理、ゲーム、ハウツーもの多種多様のソフトが考えられる。

7. 1 応用アイデア

図-15（次頁）に利用イメージ図を示す。

7. 2 ドライブガイドへの応用

CD-I を応用した例として、ドライブガイドへの応用例を示す。CD-I の持つ自然画、音声

8. 今 後 の 課 題

CD-I プレーヤは、一般ユーザにコンピュータを意識させないで対話しながら操作できることが一つの特長となっている。この入力手段としては、現在、マウス、トラックボール等が使用されているが、CD-I の使用環境やソフトウェアの種類によっては必ずしもマウス、トラックボールのみで対応することは、好ましくない。

今後、あらゆる使用環境に適したポインティングデバイスを開発していくことが不可欠であり、積極的に取り組んでいきたい。

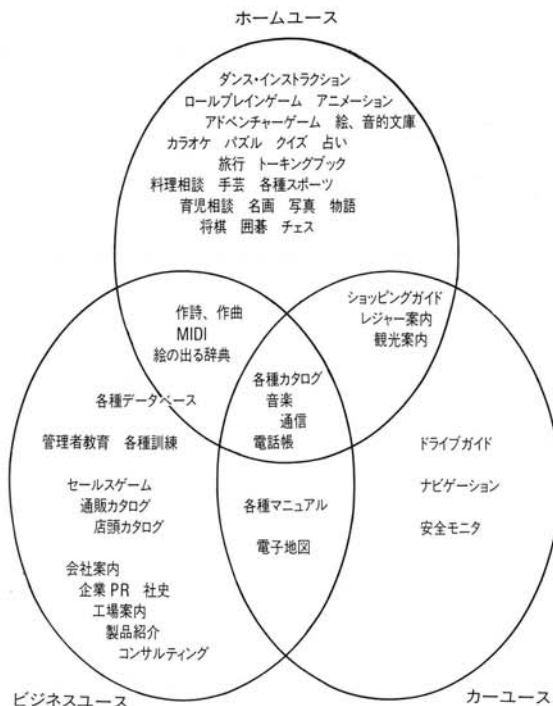


図-15 利用イメージ図

Fig. 15 Utility image

9. あとがき

1986年CD-Iの暫定規格が発表されて以来、既に4年余りを経過している。OSソフト、LSI等キーコンポーネントの開発や規格整備に手間取り、一時は、CD-Iは失敗するのでは？との危機感もあった。しかし、昨年夏頃、ようやくそれらが整い始め、各社の開発が本格化して本年4月、花博への設置にこぎつけた。更に、CD-I国際会議(6月)、エレクトロニクスショウ(10月)等を機に、1991年発売を公表するメーカーが現れ、ビジネス立ち上がりの気運が急速に高まっている。

その中で、当社も、鋭意開発を進めてきており、先のような成果を得ることができた。今後は、商品企画、技術、営業等関連部門のご協力を得て、業界を一步リードする商品作りを進めていきたい。

最後に、これまでの開発に際して、深いご理解と多大なご協力、ご支援をいただいた関係各位に心から感謝いたします。

【参考文献】

- 1) R. A. ボルト : The Human Interface、マサチューセッツ工科大学、(1987)
- 2) S. ランバート、他 : CD-I and Interactive Videodisc Technology、SAMS、(1986)
- 3) 土井 利忠、他 : デジタルオーディオ、ラジオ技術社、(1982)
- 4) フィリップス・インターナショナル編 : CD-I デザイナーズオーバービュー、ヤマハ出版、(1988)
- 5) OS-9/68000 ユーザーズマニュアル、秀和システムトレーディング、(1985)