



光ディスクの標準化

II. 90 mm 書換形/再生専用形の フォーマットとデータ入出力の実際†

瀬川 秀 樹†

本稿では、92年6月ごろに ISO 規格が発行される予定の 90 mm 書換形/再生専用形を中心に光ディスクの具体的な内容を紹介する。

1. MO 光ディスクの概要

90 mm MO 光ディスクの具体的な内容を紹介する前に、まず一般的な MO 光ディスクの概要について述べる。

MO 光ディスクは、フロッピディスクやハードディスクと同様に、コンピュータの外部メモリとして用いられ、ユーザのデータはデジタル信号として記録される。

データの消去・記録原理を図-1 に示す。

データの消去は、図-1(a)のように、外部から磁界を与えた状態でレーザ光を連続照射して記録膜を熱し、外部磁界と同じ方向に記録膜の磁界をそろえる。

データの記録は、図-1(b)のように、外部磁界を消去時と反転させた状態にし、データマークを記録するところだけレーザ光の出力を大きくして記録膜を熱し、記録膜の磁界を反転させる。

また、再生は、弱いレーザ光を連続照射して反射してくるレーザ光の偏光面が光磁気効果 (MO: Magneto-Optics effect) により回転することを利用してデータを読み出す。このために MO 光ディスクと呼んでいる。

MO 光ディスク上に記録されるデータは、セクタという単位に分割されている。各セクタには、そのアドレスなどを示すヘッダ部が前もって凹凸ピットで記録されている。

2. 規格化の概要

MO 光ディスクを規格化する場合、大別すると次のような 4 項目に関して詳細な内容を決めることになる。

- (1) カートリッジや MO 光ディスクの寸法・精度など
- (2) 使用環境条件など
- (3) 再生信号の品質規定や記録条件など
- (4) MO 光ディスク上のデータの配置方法など

上記の項目を規定することにより、各社のドライブ間で問題なく使用できる MO 光ディスクを規格化することが、標準化の作業である。

3. 90 mm 書換形/再生専用形

次に、「90 mm 書換形/再生専用形」の MO 光ディスクの特徴をまとめてみると以下のようなになる。

- (1) ディスク直径 86 mm
- (2) 片面ディスク
- (3) Full ROM (再生専用形), Partial-ROM (一部の領域が再生専用形 (ROM)) のタイプの光ディスクも認められている。
- (4) 128 Mbyte/ディスク

4. フォーマットの実際

上記の MO 光ディスクのフォーマットの概略は次のようになっている。

- (1) 512 Byte/セクタ
- (2) 25 セクタ/1トラック
- (3) データ領域; 半径=24-40 mm (10,000トラック)
- (4) データ領域セクタ数; 250,000 セクタ ((1), (4)より, データ領域 Byte 数; 512×250,000=128 MByte)

† Format and Data Input/Output for 90mm Optical Disk Cartridges, Rewritable and Read Only by Hideki SEGAWA (Ricoh, Production Technology Research Center).

† (株)リコー生産技術研究所

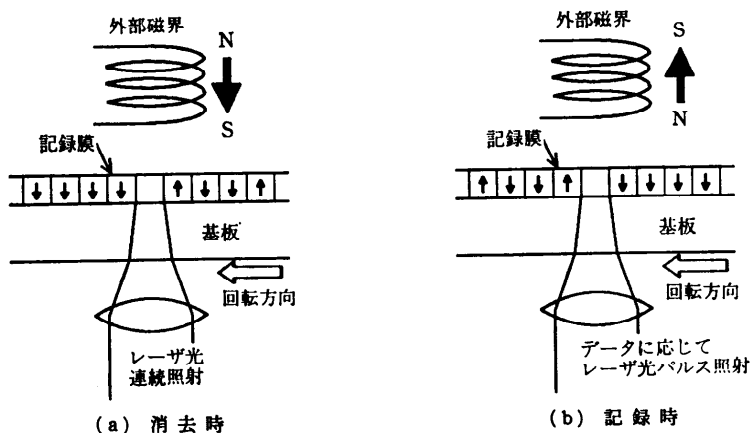


図-1 MO 光ディスクの消去・記録原理

(5) 変調方式; (2,7) RLL マークポジション (マークの長さは全て 1 channel bit, マークの間隔が 2~7 channel bit.)

(6) エラー訂正符号; (ECC: Error Correction Code)

リードソロン・ロングディスタンスコード, 5 系列のインタリーブ ECC (音楽用 CD でおなじみのエラー訂正符号と同タイプのものであるが, かなり強力. 訂正はセクタ単位で行われるが, 大量のセクタにわたって見た場合, $1/10^8$ Byte のエラーを $1/10^{12}$ Byte 以下のエラーに訂正できる. すなわち, ディスク 1 枚には $128 \text{ MByte} \div 1 \times 10^8 \text{ Byte}$ のデータがあるので, 一枚のディスクに 100,000 個の Byte エラーがあっても ECC を用いると 10,000 枚に 1 Byte しかエラーは発生しない.)

(7) 交代処理方式;

エラーが多く, ECC で訂正できない (もしくは訂正不能直前の) ようなセクタは, 使用せずに, 同じデータを別のセクタに移し換える. この処理を交代処理と呼び, 光ディスクの信頼性をより一層向上させている. (方式の詳細は後述)

5. メディアとドライブのインタフェース

MO 光ディスクを使うとき, 「この光ディスクはこういうものです」という種々の情報を, 光ディスクからドライブに伝える必要がある.

その内容は大別すると,

- (1) 記録・再生条件に関する情報
- (2) レイアウトに関する情報

となる.

5.1 MO 光ディスクの記録・再生条件に関する情報

MO 光ディスクに用いられている記録層はメーカー各社で異なっている. そのため, 記録や再生に用いるレーザー出力の最適値や, 記録時のレーザーパルス幅の最適値などが, MO 光ディスクによって異なる. したがってドライブは, 最適値の情報をそれぞれの MO 光ディスクから得て, 種々の値を設定してから MO 光ディスクを使用する必要がある.

これらの情報は,

- ① カートリッジ識別孔
- ② コントロールトラック

の 2カ所に表示されている.

①のカートリッジ識別孔とは, MO 光ディスク用のカートリッジケースについてのスイッチのことである (図-2).

②のコントロールトラックは, MO 光ディスク上のユーザ領域 (ユーザのデータを記録再生する領域) 以外のところに設けられている.

表-1 に①, ②に記録されている情報の内容の概略を示す.

次に表-2 に 90 mm MO 光ディスクのレイアウトを示す.

コントロールトラックは, ユーザ領域の内外におのおの 15 トラックずつある. 1 トラックには 25 個のセクタがある. それぞれのセクタには同じ内容のデータが記録されている (1 セクタは 512 Byte). つまり, $2(\text{内外}) \times 15(\text{トラック}) \times 25(\text{セクタ}) = 750(\text{セクタ})$ となり, 同じ情報が 750 回繰り返して記録されている. コントロールトラッ

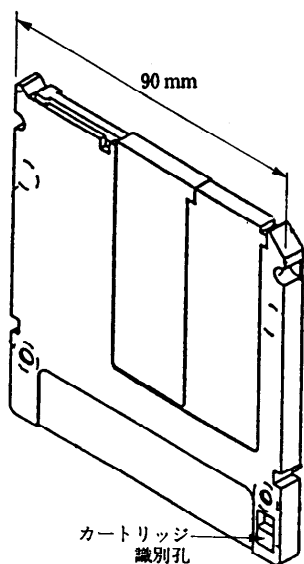


図-2 カートリッジの外観

表-1 記録・再生条件に関する情報の概略

[カートリッジ識別孔が示す情報]	
①	記録禁止になっているか否か
②	ROM 用の高反射率ディスクか否か
[コントロールトラックが示す情報]	
①	最適記録のためのレーザパワーやパルス幅
②	最適消去のためのレーザパワー
③	再生のために照射してよいレーザパワーの上限
④	種々の回転数での①②③の情報
⑤	種々のレーザ波長での①②③の情報

表-2 MO 光ディスクのレイアウト

名称	各領域の名称	トラック数	半径 (mm)
Lead-in Zone	INITIAL ZONE	規定なし	22.6
	LEAD-IN TRACKS	672	
	FOCUS TRACKS		
	INNER TEST ZONE		
	INNER CONTROL ZONE	16 (1 Buffer)	24.00
Data Zone	DMA 1, 2	3	24.00
	REWRITABLE ZONE	9,994	
	EMBOSSED ZONE		
	DMA 3, 4	3	40.00
Lead-out Zone	OUTER CONTROL ZONE	16 (1 Buffer)	40.00
	OUTER TEST ZONE	276	
	BUFFER ZONE	333	

クの情報是非常に重要であるので、このように多重記録をすることで高い信頼性を確保している。

また、130 mm MO 光ディスク (IS 10089) の

場合は、上記のようなコントロールトラックを SFP (Standard Formatted Part) と呼び、SFP の上位 18 Byte と同じデータがディスクの最内周にバーコードのような形で記録されている領域を PEP (Phase-Encoded Part) と呼ぶ。

PEP ではドライブはレーザ光を精密な位置にトラッキングすることなく情報を入手することができる。これは、130 mm MO 光ディスクの場合、レーザのトラッキング方式が2方式存在するためである。

また、①、②以外にもドライブを最適条件に調整するための領域がいくつかある。これらの領域では、ドライブが MO 光ディスクの情報を得るというよりも、ドライブがこの領域を用いて、ドライブ自身の各種条件を最適化する。たとえば、「Test Zone」では、ドライブは「試し記録・再生」を行うことができる。

また、「Focus Tracks」は、レーザの焦点を最適位置に調整するとき用いる。

5.2 MO 光ディスク上のレイアウトに関する情報

MO 光ディスクのデータ領域は「セクタ」という単位で分割されている。データ領域には半径 24 mm から 40 mm にある 10,000 本のトラックがあり、1トラックに 25 セクタ含まれるので、250,000セクタがデータ領域である (表-2 参照)。

しかし、データ領域には図-3 のような種類のセクタがあるので、この 250,000 セクタの全てでユーザが自由にデータを記録・再生できるというわけではない。

[ROM 領域のレイアウト]

ROM 領域のは再生専用領域である。

ROM 領域のデータは音楽用 CD と同様に、凹

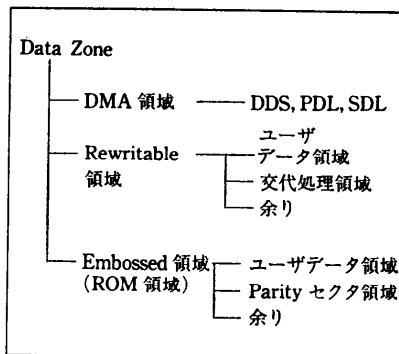
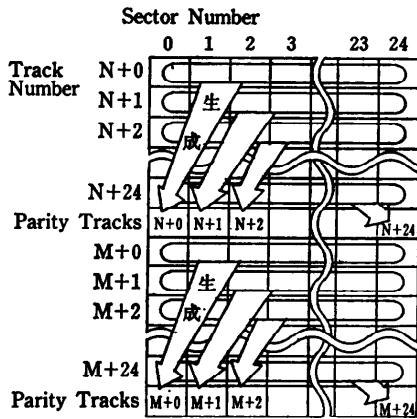
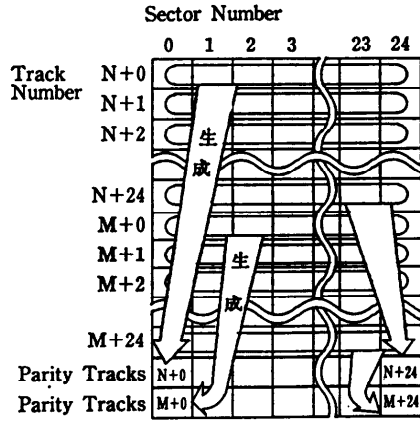


図-3 データ領域にある各種セクタ



(a) Parity Sector を 1トラックずつまとめた例



(b) Parity Sector を 2トラックずつまとめた例

図-4 Parity Sector の配置例 (ROM 領域)

凸のピットで形成されている。

(Rewritable 領域のデータは磁性体上の磁化マークで形成されている。)

ROM 領域のデータは交代処理ができないので、そのかわりに「Parity Sector」と呼ばれる特殊なセクタが配置されている。1セクタの Parity Sector は 25 セクタ分のデータから生成される。もし、この 25 セクタの中で欠陥などによって、セクタ内にある ECC (Error Correction Code) でも訂正できないデータがある場合でも、Parity Sector を用いると訂正することができる。

Parity Sector の配置の規定は、次の二つである。

- (1) 25 セクタ (1トラック分) から、1セクタの Parity Sector を生成する。
- (2) Parity Sector は 25 セクタを集めて1トラック分にして配置する。

この配置規定を満足していれば、ROM 領域のアプリケーションソフトによって、いくつかのパターンが選択できるようになっている。

配置の具体例を図-4 に示す。

上述のような ROM 領域のレイアウトに関する情報は、

- ① コントロールトラック
- ② DDS (Disk Definition Sector)

に記録される。

[Rewritable 領域のレイアウト]

(1) 交代処理

Rewritable 領域の特徴は「交代処理」がなされることである。

「交代処理」は前述の Parity Sector のように訂

正能力をもったセクタを付加するのではなく、エラーが多いセクタのデータをそのまま別のセクタに移し換える動作を指す。

「交代処理」の説明の前に、「物理アドレス (PBA ; Physical Block Address)」と「論理アドレス (LBA ; Logical Block Address)」の概略を述べる。

ディスク上の各セクタは凹凸ピットによる「セクタ番号 (アドレス)」をもっている。このセクタ番号が PBA である。PBA はディスク作製時に決定され、変わることはない。

これに対し、ユーザが各種のインタフェース (たとえば SCSI) を用いる場合は、LBA でセクタを指定する。LBA は以下に述べるディスク上のレイアウトや交代処理の結果により変化する。

「交代処理」の方式には次の 2 方式がある。

- ① Linear replacement 方式
- ② Slipping 方式

① Linear replacement 方式

ユーザが実際にデータを記録・再生する場合はこの方式で交代処理が行われる。

具体的な交代処理プロセスの流れ図を図-5 に示す。

エラーが多く、交代処理されてしまったセクタを「元セクタ」、交代処理先のセクタを「交代セクタ」と名付けると、まず、「元セクタ」にユーザが所望のデータを記録した直後に、この記録結果が正しいかどうかを調べるために、この元セクタを読む (virify という)。その結果、エラーが一定値以下ならば (すなわち ECC で十分に訂正が可能ならば) 「OK」として、記録動作を終了する

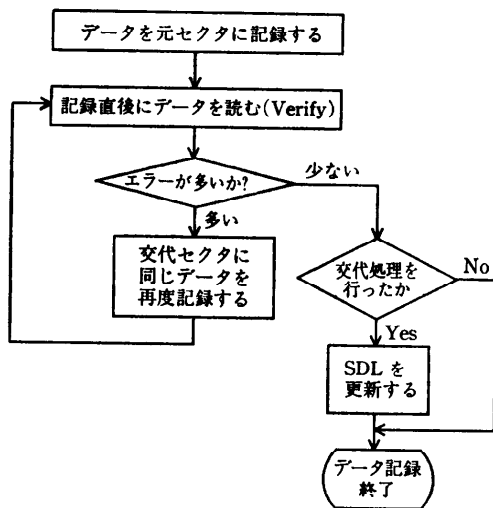


図-5 交代処理プロセス

が、エラーが一定値を越えている場合（すなわち、あと少しエラーが増えるだけで ECC を用いても訂正できなくなる場合）「元セクタ」は使用せずに「交代セクタ」に再記録する。（エラーが一定値を越え、交代処理される必要があるセクタを「Bad sector」と呼ぶ。）

もし、この「交代セクタ」も Bad sector の場合は、次の交代セクタに再々記録する。

「交代セクタ」は「交代処理領域」と呼ばれる領域にまとめてレイアウトされている。

また、「元セクタ」と「交代セクタ」の PBA は、SDL (Secondary Defect List) に記録され、ドライブは SDL を読むことで、使用されなかった「元セクタ」と実際に正規に記録が行われた「交代セクタ」を知ることができる。もともと「元セクタ」に割り当てようとしていた LBA は「交代セクタ」が代行することになる。

図-6 に、Linear replacement 方式の模式図を示す。

② Slipping 方式

この方式は、ディスクをサーティファイするときに同時に行われる。

サーティファイとは、MO 光ディスクを使用する前に、ディスク全面で「試し記録・再生」を行い、Bad sector を抽出する作業である。

サーティファイによって発見された Bad sector の PBA は、PDL (Primary Defect List) に登録される。

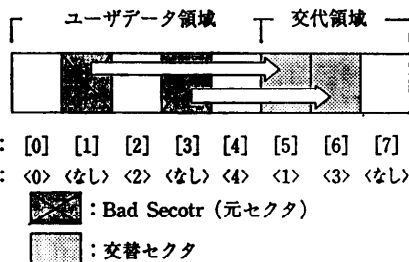


図-6 Linear replacement 方式

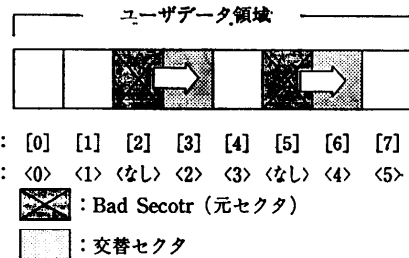


図-7 Slipping 方式

前述の Linear replacement 方式では、「元セクタ」と「交代セクタ」の二つの PBA が SDL に登録されるが、この Slipping 方式では「元セクタ」の PBA だけを PDL に登録する。

PDL に登録されたセクタに割り当てようとしていた LBA は、このセクタの直後のセクタが代行する。つまり、LBA が1セクタ後にスリップするのである。

図-7 に Slipping 方式の模式図を示す。

(2) グループ分け (Grouping)

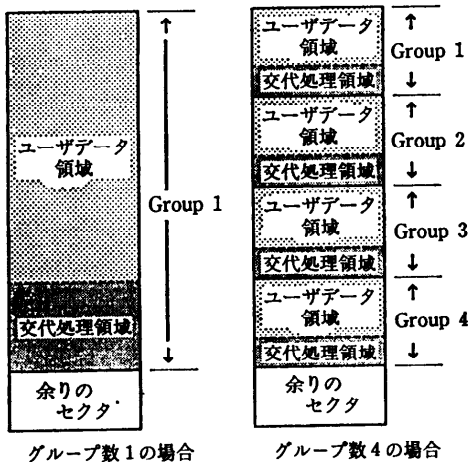
Rewritable 領域は「グループ」と呼ばれるまとまりに分割される。

おのおののグループには、「ユーザーデータ領域」と「交代処理領域」がある。

グループの数は、ユーザが 1~1,024 の間で選択することができる。

グループの数が少ないと、一つのユーザーデータ領域にあるセクタ数が多いので、交代処理領域を使用することが少ない場合（つまり Bad sector が少ない場合）は、連続して LBA が得られるので高速の転送レートとなる。

逆に、グループの数が多いと、「ユーザーデータ領域」と「交代処理領域」の距離が近いので、交代処理領域を使用することが多い場合でも、レーザー光すなわちピックアップの移動距離が少なくてすむ。そのため、転送レートを大きく劣化させることがない。



グループ数1の場合 グループ数4の場合
 図-8 グループ分けの例 (Rewritable 領域)

図-8 に例としてグループの数が1の場合と4の場合を示す。

(3) Grouping と Slipping

前述の Grouping と Slipping は相互に関係している。90 mm と 130 mm の MO 光ディスクでは、この両者の関係が以下のように異なる。

① 90 mm MO 光ディスク

「Slipping after Grouping」

② 130 mm MO 光ディスク

「Slipping before Grouping」

① Slipping after Grouping

グループ分けをした後に Slipping を行う方式である。

図-9(a) に Slipping after Grouping 方式による各グループの境界と、各グループ内の交代処理領域を示す。

まず、グループ分けを行い、各グループの境界を決定する。その後、サーティファイによって発見された Bad sector を Slipping して、LBA を決める。このとき、各グループ内にあるユーザーデータ領域用セクタの数を一定にするために、Bad sector の数だけユーザーデータ領域の最後のセクタが、交代処理領域に食い込んでいく。この結果、各グループは、同じ数のユーザーデータセクタをもつが、グループによって、交代セクタの数が異なる。

② Slipping before Grouping

この場合は、Slipping をした後にグループ分けを行う。

図-9(b) に Slipping before Grouping 方式による

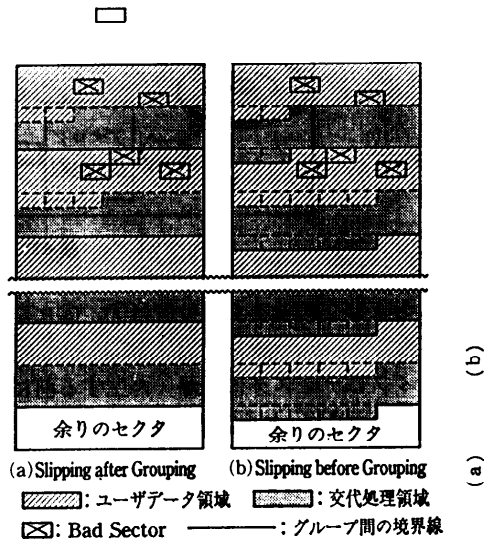


図-9 Slipping と Grouping (90 mm と 130 mm の相違)

各グループの境界と、各グループ内の交代処理領域を示す。

前述の Slipping after Grouping 方式では、グループの境界は変化しないが、交代セクタの数が Bad sector の数によって変化する。

これに対し、Slipping before Grouping では、各グループ内にあるユーザーデータセクタの数および交代セクタの数は一定である。そのかわり、グループ間の境界が Bad sector の数により異なる。

(4) Rewritable 領域のレイアウト情報

上述のような、グループ分け、Bad sector の位置などの情報は全て DMA に記録されている。(DMA ; Defect Management Area)

DMA はディスクの最内周付近と最外周付近にそれぞれ3トラックずつ設けられている。

DMA には、

- ① DDS (Disk Definition Sector)
- ② PDL 登録用セクタ
- ③ SDL 登録用セクタ

がある。

グループ分けの情報は①に、また、Bad sector

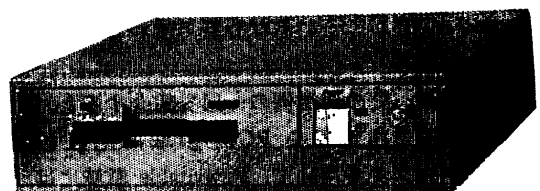


図-10 MO 光ディスクドライブ (90 mm 用)

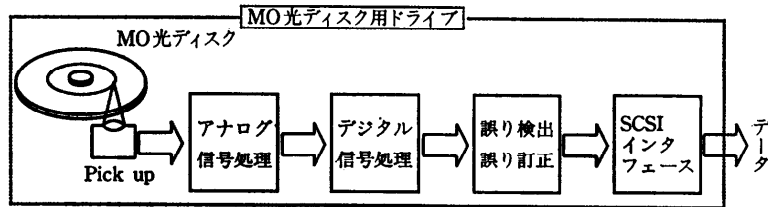


図-11 ドライブ内での情報の流れ

の位置および交代セクタの位置は②、③に記録される。

ドライブはディスクに記録・再生する前にこれらの情報を DMA から読み取る。

6. MO 光ディスクドライブの実態

図-10 に 90 mmMO 光ディスクのドライブの例を示す。(日本 IBM(株)3.5 型光磁気ディスク装置/A」のカタログから転載)

このドライブには SCSI が内蔵されており、データ転送レートは 4.35 Mbit/sec である。

図-11 に一般的なドライブ内での情報の流れを示す。

MO 光ディスクからレーザ光で読みだされた信号(偏光面回転角度差)は、フォトディテクタの電気信号に変換された後、2値化(デジタル化)され、エラー検出・エラー訂正がなされた後、SCSI インタフェースを介してホストコンピュータに伝達される。

7. 90 mm 光磁気ディスクの応用分野

現在、130 mm の MO 光ディスクが大容量のメモリとして、画像情報の記録を中心にワークステーションなどで活用されている。

1991 年から各社が出荷しだすと予想される 90 mmMO 光ディスクは、パソコン市場を大きく塗り替えていくと期待されている。

90 mmMO 光ディスクでは、一部に ROM 領域をもつ「Partial-ROM」が認められているため、各種のアプリケーションソフトを抱き合わせた Partial-ROM がいろいろな分野で使われるようになるであろう。

たとえば、その使用例の一部を紹介すると、

① 全国道路地図を ROM 領域に記録した MO 光ディスクを用いて、Rewritable 領域には、自分が通過した道を記録したり、発見した裏道を

記録したりすることができるカーナビゲーションシステム。

② ROM 領域は改ざんができませんので、改ざんされては困る基本ソフトや基本データを ROM 領域に記録する。

③ FAX の送信・受信のデータを記録する媒体として使用し、会社内で共通の相手先の電話番号や、共通のフォーマットを ROM 領域に記録し、自分のデータは Rewritable 領域に記録するなど、さまざまな方面での使用が可能である。

8. むすび

まもなく ISO の規格化が完了する 90 mmMO 光ディスクの具体的内容をレイアウトや欠陥セクタの扱い方を中心に紹介した。

「大容量」「1 Byte 当たりが低価格」「とりはずせる」「ROM 領域を作ることができる」などの特徴を生かして、MO 光ディスクが立派な市民権を獲得できる日が早くやってくることを心待ちにしている。

参考文献

- 1) 尾上守夫他：光ディスク技術、(株)ラジオ技術社。
- 2) 安倍：光ディスク用有機記録材料、ぶんしん出版。
- 3) 光ディスク標準化動向説明会テキスト、情報処理学会情報規格調査会 SC 23 委員会および光産業技術振興協会光ディスク懇談会共催(東京 1990.11.26/17)。
- 4) ISO/IEC JTC 1 SC 23 WG 2 N 259, N 259 R.
- 5) ISO/IEC 10089. (平成 3 年 6 月 1 日受付)



瀬川 秀樹

1958 年生。1982 年大阪大学工学部精密工学科卒業。同年(株)リコー勤務。光ディスクの評価、90 mm 光磁気ディスクの標準化活動などに従事。