

# 次世代大容量(30 Gバイト/面) 青色レーザ光ディスク装置

30 Gbyte/Side Rewritable Optical Disc Utilizing Blue Laser Diode

渡部 一雄

WATABE Kazuo

CD や DVD の普及により、光ディスクは身近な記録メディアとして広く受け入れられている。また、近年、放送衛星(BS)のデジタル化に伴い、高精細(HD: High Definition)映像が各家庭で視聴できる環境も整いつつある。このような状況で、次世代光ディスクに対して、高精細映像が長時間録画できるようなメディアとしての需要が近い将来予想される。

当社は、このようなニーズを踏まえ、青色レーザを用いた次世代大容量光ディスク装置を開発した。ランド&グルーブ記録方式やPRML(Partial Response Maximum Likelihood)信号処理技術を用い、片面1層当り30Gバイトの大容量が実現可能なことを実験により確認した。今後、この技術も一提案として次世代光ディスクの規格化作業をオープンに進めていく。

Optical discs such as CDs and DVDs are now widely used as recording media for personal use. With the recent introduction of broadcast satellite (BS) digital broadcasting services in Japan, people can now watch high-definition television (HDTV) at home. This is creating strong demand for a next-generation optical disc that is capable of extended recording of HDTV programs.

To meet these requirements, Toshiba has developed a rewritable optical disc system utilizing a blue laser diode. It has been experimentally confirmed that this system can store 30 Gbyte per side with the land and groove recording method and partial response maximum likelihood (PRML) signal processing technology. We will also move forward with standardization processes.

## 1 まえがき

CDの普及を皮切りに、光ディスクは民生機器やパソコン(PC)、特定用途向けシステムなどにも広く利用されるようになった。1996年にはDVDが登場し、映画を2時間以上記録可能なパッケージメディアとして急速に普及している。99年には記録ができるDVDメディア、DVD-RAMが製品化され、VTRに代わる映像記録媒体として期待されている。

一方、近年、日本でBSデジタル放送がスタートし、高精細映像ソフトが家庭で視聴できる環境が整いつつある。このようなHD映像を媒体に記録するためには、CDやDVDと比べ格段に大きい記憶容量を持つ媒体が必要となってくる。

このため、最近、DVDに代わる次世代光ディスクの開発が活発化してきている。当社は、次世代光ディスクの一提案として片面1層当り30Gバイトの大容量を持つ書換え形光ディスクを開発した。

ここでは、次世代光ディスクに要求される仕様をレビューし、当社の開発した次世代大容量光ディスク装置について解説する。また、次世代光ディスクの規格化の方針についても述べる。

## 2 次世代光ディスクへの要求

80年代以降における光ディスクのトレンドの変遷を図1に示す。市場に大きく受け入れられた再生専用光ディスクのCD、CD-ROM及び1回書込み可能なCD-R(Recordable)は

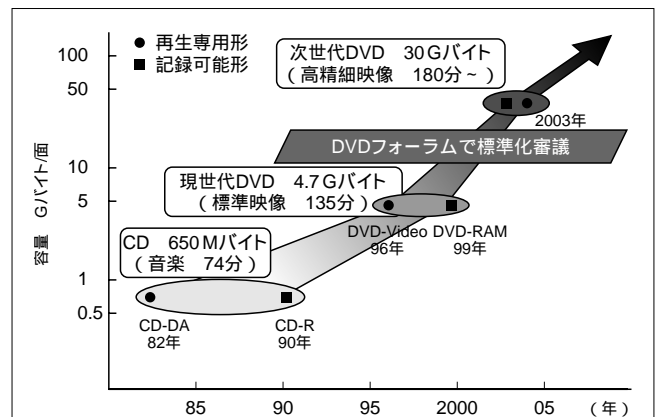


図1. 光ディスクのトレンド - CD以降における光ディスク規格の主流の変遷を示す。

Trends in optical discs

それぞれ650 Mバイトの容量を持つ。この規格はもともと音楽ソースを記録するために作成されたものである。一方、96年には、現在も急速に普及し続けている再生専用光ディスクのDVDが登場した。99年には書換え形のDVD-Rも同年規格化された。これらは片面1層当り4.7 Gバイトの容量を基本としている。これは標準精細(SD: Standard Definition)映像でほとんどの映画が1本収録できる容量をベースとしている。

次世代光ディスクでは、HD映像の記録をターゲットに置いている。既に、日本においては、HD放送であるBSデジタル放送が2000年に始まっており、地上波放送もデジタル化に伴いHD映像の放送となる予定である。これらが普及するに伴い、家庭におけるHD映像の録画の需要が発生することが予測される。この要求に応えるため、次世代光ディスクではHD映像が約3時間記録できる容量である30 Gバイトを目標に置いた。また、CDやDVDでは再生専用ディスクが先に規格化され、書換え形光ディスクが続いたが、次世代では需要を考慮し、書換え形光ディスクの規格化を同時に進行させる予定である。

### 3 当社の次世代大容量(30 Gバイト/面)光ディスク装置

#### 3.1 仕様

開発した光ディスク装置の主な仕様を表1に示す。参考のためDVD-RAMの仕様を併記する。光源にはDVD-RAMでの赤色波長レーザ(波長650 nm)に対して、波長405 nmの青紫色波長帯のいわゆる“ブルーレーザ”を用いる。また、対物レンズの開口数はDVD-RAMの0.6から0.85へ高める。この波長と開口数のパラメータにより、データを記録再生する微小ビームの径が物理的に決定される。ビーム径は波長に比例し、開口数に反比例するため、DVD-RAMに比べてビーム径は半分以下に縮小される<sup>1)</sup>。このビーム径の縮小がDVD-RAMに比べて高密度・大容量を達成する基本となる。

開発した次世代光ディスク装置の外観を図2に示す。この

表1. 次世代大容量光ディスクの主な仕様

Major specifications of 30 Gbyte/side rewritable optical disc

項目	次世代光ディスク	DVD-RAM
ユーザー容量 (Gバイト)	30	4.7
レーザ波長 (nm)	405	650
対物レンズ開口数	0.85	0.60
カバー層厚 (mm)	0.1	0.6
トラック構造	ランド&グループ	ランド&グループ
再生信号処理	PRML	スライス



図2. 次世代大容量光ディスク装置試作機の外観 - 30 Gバイト/面のディスク(右)及び装置(左)を試作し、2002年1月に米国のCESにてデモを行った。

Prototypes of optical disc and recorder

装置を用いて、HD映像デモを2002年1月に米国ラスベガスで開催されたCES(Consumer Electronics Show)で披露し、好評を博した。

#### 3.2 特長

この光ディスクシステムの高密度・大容量化を支える技術としては、ランド&グループ記録方式、PRML信号処理、2層記録対応フォーマットの3点が挙げられる。

最初に、ランド&グループ記録方式であるが、これは光ディスクの記録層上に刻まれたトラッキング用のグループと、隣接するグループ間のランドの両方にデータを記録する方式である。これは、DVD-RAMでも用いられている技術であり、トラックピッチの縮小による高密度化に寄与する。図3は、ランド&グループ記録方式と従来のグループ記録方式(グループあるいはランドのみにデータを記録する方式)におけるトラッキング誤差信号の計算結果を表す(トラックピッチが0.32 μmの場合)。ランド&グループ記録方式ではトラッキング誤差信号振幅がグループ記録と比較して3倍以上は得ら

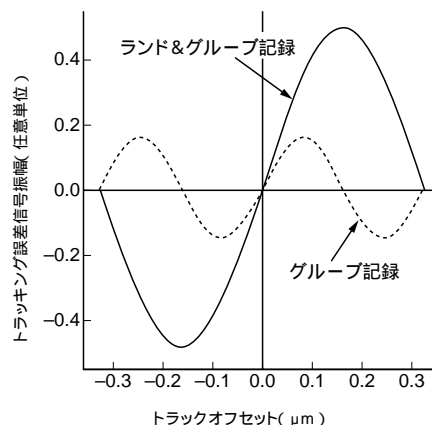


図3. トラッキングサーボ信号 - ランド&グループ記録方式では、原理的にグループ記録方式より大きなトラッキングエラー信号振幅が得られる。

Tracking servo signal

れている。トラッキング誤差信号振幅が大きいことはトラッキングサーボの安定につながるため、ランド&グループ記録方式のほうが装置全体の信頼性が高まると言える。

ランド&グループ記録方式によりトラック密度を向上させることができたが、ディスク全体の容量を向上させるためには、トラック延伸方向のデータ密度(線密度)も高める必要がある。これには、二つ目の特長として挙げたPRML信号処理が寄与する。PRMLとは、次に述べるPR等化方式とML復号方式を組み合わせた再生信号処理方式である。

線密度が高くなりマークとマークの間隔が短縮されると従来のレベルスライス方式では信号識別が困難となってくる。PR等化方式では、隣接する符号間の干渉を許容した信号応答をあらかじめ想定したうえで信号等化を行い、高線密度な情報の再生を可能としている。符号間干渉の許容量はPRクラスと呼ばれる仕様で決められる。この光ディスク装置の再生信号処理においてはPR(1,2,2,1)のクラスを採用した。また、ML復号とは、符号間の相関を許容した再生データ系列からもっとも確からしいデータ系列を識別する信号識別方式であり、PR等化と組み合わせて高線密度のデータ再生を実現している。

以上のような技術によりデータの面密度を高めるとともに、次世代光ディスクでは記録層を2層化してディスク1枚当りの記録容量を増加させる方式を視野に入れている。このためには、ディスク上のプリフォーマット(製造者側であらかじめディスクに記録するアドレスなどのフォーマット情報)を工夫する必要がある。これは、記録層を2層化した光ディスクにおいて、層間クロストークの問題があるからである。例えば、図4のようにビームがレンズから見て奥側の層(#2)に集光する場合、手前の層(#1)で反射したビームがレンズ開口内に戻ってきてしまう。特に、この場合、#1層上に比較的大きな構造変化があるとこれがクロストークとして観測されてしまうのである。従来のDVD-RAMではプリビットが半径方向に一列に並んでいるため、その部分がディスク上肉眼で観

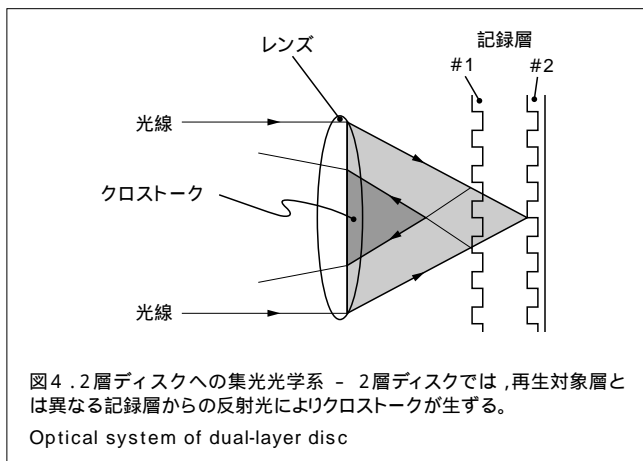


図4. 2層ディスクへの集光光学系 - 2層ディスクでは、再生対象層とは異なる記録層からの反射光によりクロストークが生ずる。  
Optical system of dual-layer disc

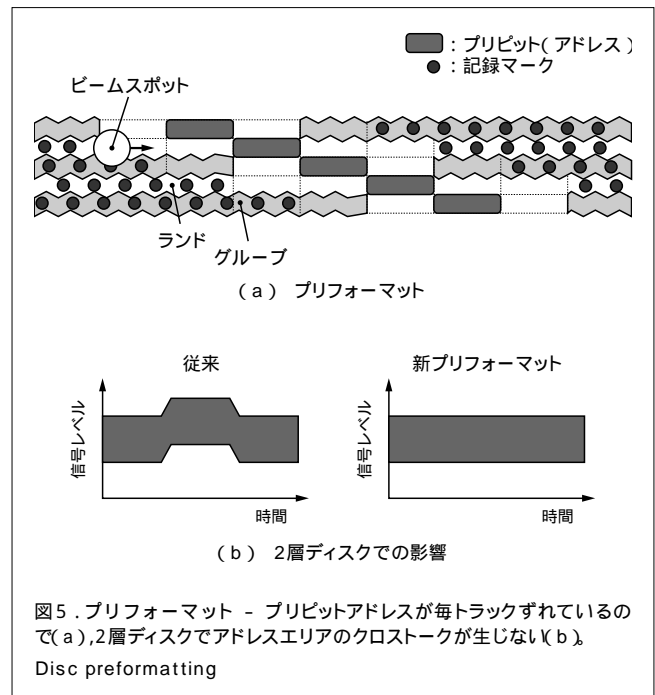


図5. プリフォーマット - プリビットアドレスが毎トラックずれているので(a)、2層ディスクでアドレスエリアのクロストークが生じない(b)。  
Disc preformatting

測できるほど大きな構造の変化を生じさせていた。これを回避するために開発したプリフォーマット概念を図5(a)に示す。

アドレス等の情報が含まれるプリビット列をトラックごとに一定長ずらして配置することで、ディスク全体として見た場合に、プリビットが半径方向に並ぶことがなく、大きな構造変化領域を生じさせない。図5(b)は、DVD-RAMのプリフォーマット方式と、開発した光ディスクのプリフォーマット方式とで2層ディスクを作成した場合のトラック再生信号のようすを比較したものである。次世代光ディスクでは、プリフォーマットにおけるプリビットがディスク面内で分散するように工夫されているため、トラック再生信号にクロストークによる波形のひずみが生じない。

### 3.3 実験結果

この光ディスク装置で、ディスクの片面1層当りの容量が30Gバイトに相当する密度で記録再生実験を行ったときの結果を次に示す<sup>(2)</sup>。実験条件は表1に示すとおりである。図6はディスクにチルト(傾き)を与えた場合のビットエラーレート(bER)の変化のようすを表す。エラー訂正後の誤り率が十分低くなる値として $bER = 3 \times 10^{-4}$ を基準とすると、図6(a)のラジアルチルト(ディスク半径方向の傾き)で $\pm 0.5^\circ$ の-marginがある。一方、図6(b)のタンジェンシャルチルト(トラック接線方向の傾き)では $\pm 0.3^\circ$ の-marginが確保できている。

一方、ディスクへの繰返し記録によるbERの変化のようすを図7に示す。繰返し記録は、測定対象トラックにデータを1,000回記録した後、測定対象トラックの両側隣接トラックに

#### 4 次世代光ディスクの規格化

光ディスクは、各メーカーが製造したディスクを異なるメーカーが製造したドライブで記録再生できるという互換性が要求されるため、一般的なハードディスクなどとは異なり、ディスクの規格を定めて公開する必要がある。DVDは光ディスクの規格化の好例であり、規格はすべてDVDフォーラムと呼ばれるオープンな組織により開発がなされてきた。当社では、次世代光ディスクもDVDフォーラムを通してオープンな議論を行い、規格化作業を進めていく方針である。既に、DVDフォーラムでは、ブルーレーザを用いた次世代光ディスクの規格検討を行う技術部会が新設され、議論を開始している<sup>1)</sup>。

次世代光ディスクの規格化において、当社は(1)Single Best Formatの実現(2)PC及びAVの両用途に適していることを指針として推進していく。今回開発した光ディスクシステムは、これらの要求を満たすことができるフォーマットとなっており、次世代光ディスクの一提案として考えている。ただし、DVDフォーラムではカバー層厚0.6mmシステムでも提案があり、まずは現行DVDとの互換性に優れる0.6mm案で開発を進める。

#### 5 あとがき

HD映像ソフトを約3時間記録可能な青色レーザを用いた次世代光ディスク装置を開発した。ランド&グループ記録方式、PRML信号処理技術を用いて片面1層当たり30Gバイトの大容量を達成している。また、記録層の2層化による更なる大容量化も可能なフォーマットを用いていることを特長としている。実験の結果、この光ディスクは広いチルトマージンと書換え可能回数1,000回を確保できることを確認した。

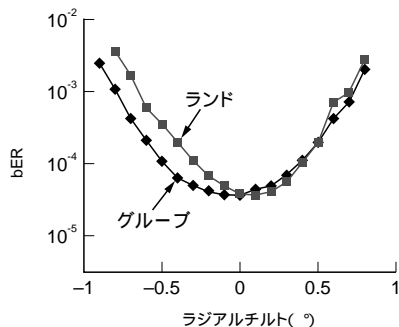
当社はDVDフォーラムを通して次世代光ディスクの規格化の議論に積極的に参加し、ユーザーニーズに応えることができる光ディスクの規格開発を行っていきたい。

#### 文 献

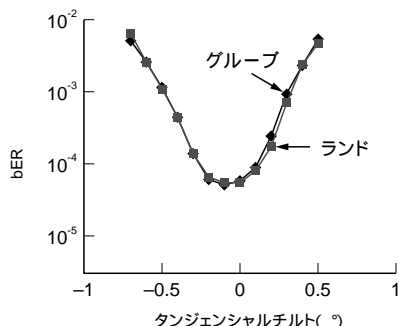
- (1) 田中陽一郎,ほか. 磁気記録技術及び光ディスク技術の現状と動向. 東芝レビュー .57,7,2002,p.2-7.
- (2) Kuwahara, M. ,et .al. " Experimental study of 30GB/side rewritable optical disk using a blue-laserdiode. "Technical Digest of Joint ISOM/ODS2002 . waikoloa ,HI ,2002 ,p.437 - 439.



渡部 一雄 WATABE Kazuo  
デジタルメディアネットワーク社 コアテクノロジーセンター 光ディスク開発部主務。高密度光記録技術、大容量光ディスクシステムの開発に従事。  
Core Technology Center



(a) ラジアルチルトマージン



(b) タンジェンシャルチルトマージン

図6.ビットエラーレートのチルトマージン - ラジアルチルトマージン(a),タンジェンシャルチルトマージン(b)ともに広いマージンを確保できる。  
Bit error rate as function of disc tilt: (a) radial tilt, (b) tangential tilt

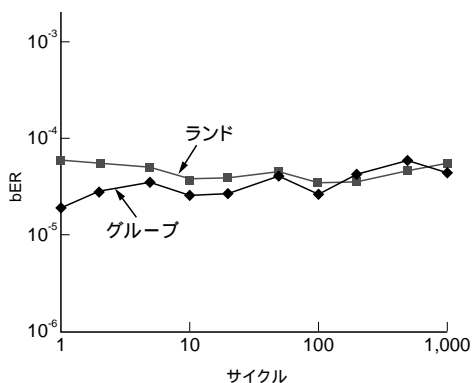


図7.繰返し記録特性 - 1,000回の繰返し記録後もエラーレートはほとんど上昇しない。  
Bit error rate as function of cross-write cycles

データを記録する。図7は隣接トラックへの繰返し記録回数に対するbERの変化を表している。1,000回にわたる繰返し記録によっても、データの劣化はほとんど見られない。この結果から、この光ディスクが1,000回の繰返し使用に十分耐えられる性能を持つことが確認できた。これらの実験結果から、1層当たり30Gバイトの容量を持つ光ディスク装置が実用レベルに到達していることが確認できた。