

AV機器を支えるストレージのキーデバイス

Core Storage Devices for Audio-Visual Systems

田中 靖史 Yasushi Tanaka

樽林 正明 Masaaki Kurebayashi

武田 秀和 Hidekazu Takeda

門間 淳也 Jun'ya Momma

福島 秋夫 Akio Fukushima



注：略語説明

HDD(Hard Disc Drive)

DVD(Digital Versatile Disc)

HDD/DVDレコーダ「Woooシリーズ」DV-DH400T (a)に搭載される大容量HDD(b)と、スーパーマルチ対応DVDドライブ(c)の外観

HDD/DVDレコーダをはじめとする主力のAV(Audio-Visual)製品には、キーデバイスとなる株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ製HDDか、株式会社日立エルジーデータストレージ製DVDドライブが搭載される。

わが国では、VTRに代表された家庭用ストレージAV機器に、HDDやDVDドライブといったパソコン系のストレージデバイスを搭載することで、今までとは異なる、特徴的な性能・機能をユーザーに提供できる新たなカテゴリーの製品群が急成長している。

日立製作所は、これらのキーデバイス事業をグループ内に持ち、最先端の技術開発を進めることで他社との競合優位化を図ってきており、現在、プラズマテレビやHDD/DVDレコーダ、AV機能を付加したAV融合パソコンに展開中である。大きな特徴は、(1)3.5型

サイズでの最大容量と高信頼性を持つ株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ製HDDと、(2)すべてのDVD記録フォーマット¹⁾に対応し、業界最高の記録速度を特徴とする株式会社日立エルジーデータストレージ製DVDスーパーマルチドライブの二つを採用したことである。これら独自の技術を持つキーデバイスを搭載することで、性能面・機能面でのいっそうの相乗効果を生み出し、デジタルAV事業の拡大につなげている。

1 はじめに

近年、HDD(Hard Disc Drive)やDVD(Digital

Versatile Disc)ドライブを搭載した家庭用ストレージAV(Audio-Visual)機器が急成長し、各社から高画質・長時間録画対応、HDDとDVDドライブの連携による高機能対応製品が多数発売されている。

¹⁾ 2004年4月30日時点で規格化されている記録型DVDのフォーマットDVD-RAM/R/RWとDVD+R/RWフォーマットを指す。

日立製作所は、このような状況下で、HD(High Definition) 放送の高画質・長時間録画にも対応し、かつ録画済みコンテンツの高速検索を可能とする大容量の高速HDDの搭載と、DVDメディアを選ばないすべてのDVD記録フォーマットに対応し、高速ダビングを可能とする高速DVDスーパーマルチドライブの搭載を特徴とした製品化を進めている。日立グループは、それぞれの特徴に対応したキーデバイスを保有することにより、他社に先行した製品展開を可能にした。HDDの大容量化については、他社に先駆けて3.5型クラスで業界最大容量(2004年3月現在)400 GバイトのHDDを、2004年度前半の製品から搭載している。また、DVDドライブの高速化については、2004年度後半以降、DVD-RAM(Random Access Memory) で5倍速記録に対応した高速DVDスーパーマルチドライブの展開を図った。

ここでは、AV機器を支えるストレージのキーデバイスにおける日立グループ独自の技術、および今後の技術動向について述べる。

2 400 GバイトHDD “ Deskstar 7K400 ”

2.1 400 GバイトHDD開発のねらい

400 GバイトHDD“ Deskstar 7K400 ”の開発を企画した2003年5月時点では、3.5型HDDの業界最大容量が250 Gバイトであった。パソコンに搭載するHDDとしてはすでに十分な容量であり、一時の容量競争は沈静化の方向に向かっていると考えられていた。

日立製作所は、その一方で、世界最大の容量となる3.5型HDDを世に出し、パソコンだけではなく新しい市場を開拓するという考えから、“ Deskstar 7K400 ”の企画・検討を開始した。

2003年から急速な普及と発展を見せているHDD付きDVDレコーダは、その当時120 GバイトのHDDを搭載したものがあり、最長録画時間にしておよそ160時間であった。ほぼ同じ時期に、NHKのハイビジョン放送“ BS-hi ”が普及し、地上波デジタル放送が開始されたことにより、テレビ放送を録画する機器はAV機器に必須となる要件も付加され、さらに大容量のストレージが求められるようになってきた。また、AV機器としてのマーケティング上の観点から、高機能、かつ搭載されるHDDの容量の大きさを優位化を図るため、大容量HDDへの需要がますます高まってきた。

HDD/DVDレコーダは、長時間の録画だけにHDDを利用するのではなく、これまでより先細かな画像をさらに長時間記録するという新しい付加価値を持ってHDDを使うようになってきている。ハイビジョン放送でも、画質を損なうことなく記録再生させるために十分なパフォーマンスを備えたHDDであることが求められている。そのため、400 GバイトのHDDでおよそ

40時間分のハイビジョンの録画を可能にすることを視野に入れ、“ Deskstar 7K400 ”の開発を開始した。

2.2 特 徴

AV機器に搭載されるHDDは、大容量であるとともに、高い読み書き性能を持つことで、ハイビジョン放送を高画質のまま録画再生することを可能にする。

株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズは、長年培ってきたHDDの技術開発力により、業界最大容量、かつ業界最高水準の性能を備えた“ Deskstar 7K400 ”を2004年3月に開発した(図1 参照)。

磁気ディスク5枚が毎分7,200回転するモータには新設計の流体軸受を採用し、回転に伴う振動を最小限に抑え、モータ音を、気にならないレベルにまで低減させている。

“ Deskstar 7K400 ”には、書き込み・読み出しデータを一時的に保持するデータキャッシュメモリとして8Mバイトのメモリを搭載している。書き込み動作時は、磁気ディスクへの書き出しを待たず、メモリにデータを書き込んだ時点でHDDへの書き込み動作の完了を通知することができる。また、読み出し動作のときは、AV機器特有の連続的な読み出しを想定して、あらかじめ磁気ディスクからデータを読み出し、メモリに格納しておくことにより、データを即座に送り出すことを可能とし、業界最高水準の高速アクセス性能を達成している。

“ Deskstar 7K400 ”には、従来機である“ Deskstar 7K250シリーズ ”とともに、ヘッドロード・アンロード機構を搭載している。ヘッドロード・アンロード機構は、HDDの電源が切られているときや、上位からの命令によって設定されたある一定時間に書き込み・読み出し動作が行われないうちに、磁気ヘッドが磁気ディスクの外部に退避する機構である。この機



図1 株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ製 “ Deskstar 7K400 ”の外観

HDD(Hard Disc Drive)DVD(Digital Versatile Disc)レコーダ“ MSモデル ”および“ DVモデル ”に搭載された400 GバイトのHDD “ Deskstar 7K400 ”のカバーを取り外した外観を示す。毎分7,200回転で5枚の磁気ディスクを回転させ、高い読み書き性能を実現した。

構により、運搬中などに不測の衝撃や振動が加わった場合にも、磁気ディスクや磁気ヘッドを保護できることから、信頼性が向上している。

2.3 主要技術

HDDを搭載するAV機器の進歩と普及は急速である。特に、2004年はアテネオリンピック開催の年であり、かつてない大きな需要が存在することが想定されていた。このような状況を踏まえて、需要時期に合わせて製品化できるように、既存の技術を最大限利用して仕上げることを重点に開発した(表1参照)。

“Deskstar 7K400”は、従来機の“Deskstar 7K250”(最大容量250 Gバイト)が設計のベースになっている。“Deskstar 7K250”では、磁気ディスク1枚当たりの記憶容量は80 Gバイトであり、磁気ディスク5枚と磁気ヘッド10個を使うことで記憶容量400 Gバイトを目指した。しかし、磁気ディスク5枚を従来機と同じ大きさ・高さのHDDに仕上げるためには、さまざまな技術的課題を解決しなければならず、特にAV機器用として使う場合、(1)ヘッドの高精度位置決め、(2)騒音低減、および(3)AV機器使用を想定したアクセス制御をクリアする必要があった。

上記三つの課題に対する対応技術について以下に述べる。

2.3.1 ヘッドの高精度位置決め

磁気ディスクが毎分7,200回転した場合、磁気ディスク外周の周速は時速約130 kmに達し、HDD内部で発生する空気の流れは、アクチュエータやベースとの干渉によって生じる高速な乱流となる。その乱流は磁気ディスクを不規則に揺らすこととなり、同時に磁気ヘッドも揺らすことで位置決め精度を悪化させる。この問題を解決するために、新しくエアスポイラ(空気整流板)を搭載し、磁気ディスクとベースとの間隔を0.3 mmに狭めた垂直壁を採用した(図2参照)。どちらも、

表1 “Deskstar 7K400”と“Deskstar 7K250(従来機)”の仕様比較

“Deskstar 7K400”では、磁気ディスク5枚と10本の磁気ヘッドで400 Gバイトを実現した。

項目	Deskstar 7K400	Deskstar 7K250
記憶容量	400 Gバイト	250 Gバイト
ディスク枚数	5	3
ヘッド本数	10	6
面記憶密度	96 Mビット/mm ²	96 Mビット/mm ²
平均シーク時間	8.5 ms	8.5 ms
平均回転待ち時間	4.17 ms	4.17 ms
ディスク回転数	7,200 r/min	7,200 r/min
記録方式	PRML	PRML
媒体記録データ転送速度	757 Mビット/s	757 Mビット/s
データバッファ容量	8 Mバイト	8 Mバイト
アイドル時騒音	3.1 B	3.0 B
アイドル時消費電力	9.0 W	7.0 W

注：略語説明 PRML(Partial Response Maximum Likelihood)

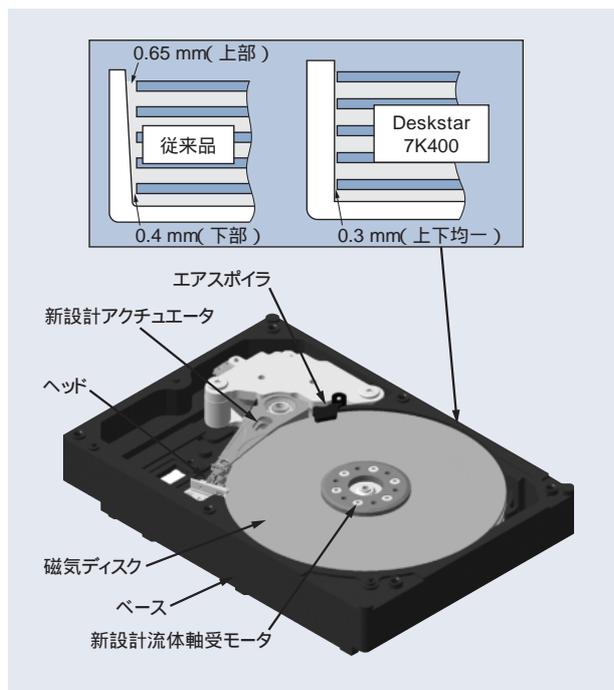


図2 垂直壁の構造比較とエアスポイラほかの位置関係

“Deskstar 7K400”では、磁気ディスクと向き合う壁との間隔を0.3 mmの垂直壁にし、同時にエアスポイラを追加した。毎分7,200回転で生じる風の乱流を抑え、回転安定性とヘッドの位置決め精度を高めている。

いっそう安定した磁気ディスクの回転と磁気ヘッドの位置決め精度を確保するためであり、400 Gバイトの大容量化を達成する重要技術である。加えて、アクチュエータの形状も流体力学的に再設計を行い、乱流による影響を抑えるくふうを取り入れた。これらの技術により、従来品に比べてヘッド位置決め精度を約30%改善した。

2.3.2 騒音低減

AV機器でHDDを使う場合、その動作音にも気を配る必要がある。これは、深夜の時間帯に予約録画を行う場合などを想定しての配慮である。一般的に、HDDには、上位からの命令にかかわらず、ヘッドを定期的に移動させる機能が備わっている。この機能が働いたときに発する音を低減させるくふうも取り入れた。具体的には移動距離と休止期間を適切に組み合わせることで、人間が聞いても気にならないレベルを達成している。しかし、この課題はAV機器に用いられるHDDとして継続的に改善が求められており、今後もさらに低騒音化のくふうを図っていく。

2.3.3 AV機器使用を想定したアクセス制御

AV機器での上位からHDDに与えられる命令パターンは、パソコンとはまったく異なった命令体系である。パソコンでは多くの場合、分散した場所への読み書きが主であり、一度書いた部分を直ちに読み返すことはほとんどない。しかし、AV機器では、数時間にわたる長い連続的な読み出し、あるいは書き込みとなる。従来のアナログ地上波放送の録画・再生では、必要なデータ転送速度はおよそ4 Mビット/sであることから、“Deskstar 7K400”の性能は十分に高く、むしろデータ

転送への待ち時間が発生している。一方、ハイビジョンの高画質録画・再生では、データ転送速度が20 Mビット/sを超える場合があり、「Deskstar 7K400」の毎分7,200回転の高速回転と8 Mバイトのキャッシュメモリ搭載が実力を発揮する。また、「追いかけ再生」の場合を考えると、同一のファイルに時間差を持って読み書きが発生することになり、ある一定の連続書き込みと読み出しが同時進行している命令体系となる。「Deskstar 7K400」では、AV機器特有の命令体系を認識して、読み出しと書き込みを適切な長さ単位で処理することで、ヘッドのむだな移動が最小になる動作によって性能の向上を図っている。

2.4 AV機器用HDDの今後の動向

HDDを搭載したAV機器の需要は、ここ数年間は拡大し続けると考えられる。その中でHDDに求められる要件として大容量化は必須であり、これに伴い、録画時間が増えるだけでなく、いっそう高画質で録画することが可能になる。HDDの容量そのものが、AV機器のセールスポイントとなることもしばらく続くと予測される。

一方、ハイビジョン放送が広く一般放送として普及するまでの間は、これ以上のHDDの高速化の要求は少ないと考える。磁気ディスクの面記録密度の増加によるHDDの高速化は必然的に達成される。一方で、磁気ディスク回転の高速化は消費電力と発熱の増大をもたらす、むしろ、さらに静かで発熱が少なく、低消費電力化の要求が今後もさらに強くなると考える。

これまでパソコン部品として開発されてきたHDDは、AV機器に搭載されて普及が加速されるに従い、AV機器向けに特化したHDDが求められると考える。

3 DVDスーパーマルチドライブ “GSA-4120B”

3.1 開発のねらい

約2年前、パソコン用記録型DVDドライブでは各社ごとに採用するフォーマットが異なり、多くのユーザーが不便を感じていた。またフォーマットの将来性への不安もあり、普及に大きな障害となっていた。

このような障害を解消したいとの考えから、DVDフォーラムで策定された記録型DVDマルチ対応ドライブ(DVD-RAM/R(Recordable)/RW(Rewritable))を開発し、2002年5月、世界で初めて製品化に成功した。2003年6月には対応フォーマットをさらに拡大し、すべてのDVD記録フォーマットに対応したスーパーマルチドライブを製品化した。

これにより、ドライブ側で実質的なフォーマットの統一が実現でき、パソコン用記録型DVDドライブの普及が急速に進んでいる。



メディアタイプ	書き込み時	読み取り時
DVD-ROM(SL)	-	16倍速
DVD-ROM(DL*1)	-	8倍速
DVD-R	8倍速	10倍速
DVD-RW	4倍速	8倍速
DVD-RAM	5倍速	5倍速
DVD+R(SL)	12倍速	10倍速
DVD+R(DL*2)	2.4倍速	8倍速
DVD+RW	4倍速	8倍速
CD-ROM	-	40倍速
CD-R	40倍速	40倍速
CD-RW	24倍速	40倍速

注：略語説明 ROM(Read-Only Memory)、SL(Single Layer Disc)
*1 DL(Dual Layer Disc)、*2 DL(Double Layer Disc)、
R(Recordable)、RW(Rewritable)、
RAM(Random Access Memory)

図3 DVDドライブ“GSA-4120B”とメディアの外観、対応速度

2004年4月30日時点で規格化されている記録型DVDのフォーマット(DVD-RAM/R/RWと+R/RWフォーマットすべてに対応するスーパーマルチドライブである。速度の倍数は、規格化されているDVD系の最高速度(2004年6月時点)比を示す。

3.2 特徴

“GSA-4120B”は、記録速度も規格化されているDVD系の最高速度(2004年6月時点)、DVD-R 8倍速、DVD-RAM 5倍速、DVD-RW 4倍速記録に対応するDVDドライブである。さらに、DVD+R 12倍速/DVD+RW 4倍速、DVD+R DL(Double Layer Disc)の記録もサポートするスーパーマルチドライブである(図3参照)。

AV用のDVDレコーダとして見た場合も、以下の特徴を持ち、高速ダビング機能の実現、スーパーマルチ化によるユーザーの利便性、安心感の向上など、スーパーマルチドライブの特徴を生かしたDVDレコーダが実現できる。“GSA-4120B”の特徴は以下のとおりである。

(1) 書き換え型DVD-RAMの最高速に対応

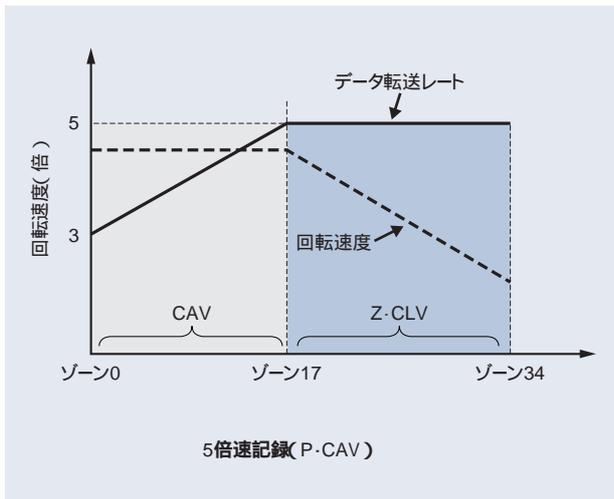
わが国のビデオレコーダとして主流のDVD-RAMフォーマットに対応し、追いかけ再生にも対応できるようにアクセス性能を向上させた。

(2) 高速記録に対応するためのサーボ制御

高速記録の要求に対応するため、毎分9,000回転以上での安定した記録再生を実現するサーボ制御技術を開発した。

(3) 大容量の2層ディスク記録再生技術

長時間記録に対応することができる2層対応技術をいち早く導入した。



注：略語説明 CAV(Constant Angular Velocity), Z-CLV(Zone Constant Linear Velocity), P-CAV(Partial CAV)

図4 Z-CLVとP-CAVにおけるデータ転送レートとディスク回転速度の関係

3倍速で記録を開始し、5倍速までCAV記録した後に、CLV記録となるP-CAV方式を採用したことにより、転送速度とアクセス性能の両立を実現した。

3.3 主要技術

3.3.1 DVD-RAM 5倍速記録技術

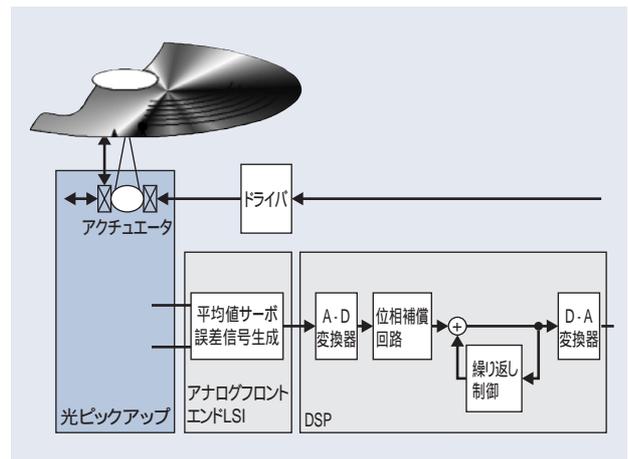
日立製作所は、DVD-RAMメーカーのリーダーとして、規格と製品ともにそのけん引役を担ってきた。DVD-RAM 5倍速記録では、世界に先駆けてP-CAV(Partial Constant Angular Velocity)方式によるDVD-RAMの製品化を実現した。P-CAV方式は、ディスクの一部の領域をCAV、残りをZ-CLV(Zone Constant Linear Velocity)による記録としたもので、この方式により、3倍速記録以上の高い転送レートを全面で確保しつつ高速アクセスを実現した。ゾーン位置とデータ転送レート、およびディスク回転速度の関係を図4に示す。

光ディスク記録では、記録ストラテジと呼ばれるレーザパルス制御が重要となる。最適記録ストラテジは倍速によって異なるため、このドライブでは3倍速、5倍速の2点で最適記録条件の学習を行い、独自の補間制御により、ディスク各領域での最適ストラテジを確保し、安定した記録品質を実現している。

3.3.2 高速対応サーボ技術

光ドライブでは、記録位置に精度よく光ビームを収束させ、追従させるフォーカストラッキングサーボ制御を行っている。このサーボ制御の帯域は、一般にはディスクを高速回転させるほど広帯域化する必要がある。しかし、サーボ系にはメカニカルな要素も含まれており、容易に広帯域化することはできない。そのため、特に大きなひずみ成分であるディスクの面ぶれ・トラックの偏心成分に対し、信号処理で精度を向上させる繰り返し制御方式を適用することにより、高倍速でも十分な追従性能を得られるようにした(図5参照)。

サーボ誤差信号検出方法として、従来は、記録時と再生



注：略語説明 A-D(Analog-to-Digital), D-A(Digital-to-Analog), DSP(Digital Signal Processor)

図5 サーボ系構成図

繰り返し制御を採用することで高倍速での追従精度を向上し、「シーク」の安定化を図っている。

時の誤差検出感度が変化しないようにレーザ出力が再生時と同じとなるスペース部分で誤差信号をサンプリングする方式を採用していた。しかし、ここではスペース部分のサンプル時間が短い高速記録に対応するために、サンプリングを行わずに記録時の誤差信号の平均レベルを検出する平均値方式を採用している。この平均値方式では、再生時と記録時でサーボ誤差検出感度が大きく異なることから、この変化の量をあらかじめ学習して補正する平均値学習を導入し、高倍速記録時のサーボ系の安定化を図った。

3.3.3 2層記録対応

2層記録媒体の特有の課題として、何らかの外乱要因により、記録中にフォーカス外れが発生すると他層へ記録してしまう可能性がある。このため、2層ディスクで精度よくフォーカス外れを検出できるように、フォーカス誤差信号に着目した新たなフォーカス外れ検出方法を考案した。この方法により、

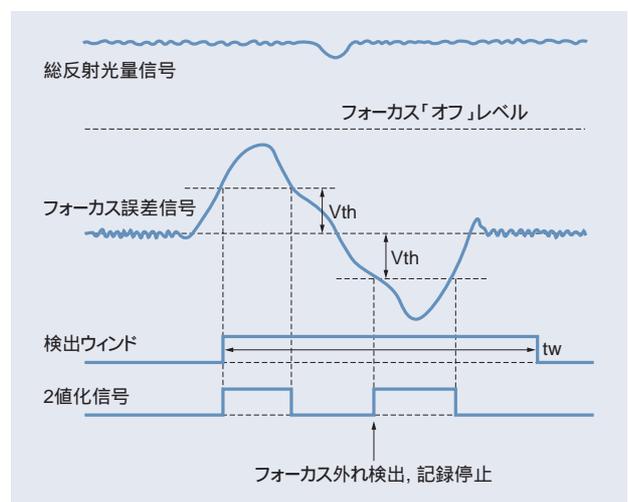


図6 記録中のフォーカス外れ検出例

フォーカス誤差信号が検出ウインド(t_w)内で正負のしきい値電圧(V_{th})を両方も超えると、フォーカス外れと判断して記録動作を停止する。

表2 Blu-ray関連の主な仕様

2時間以上の高精細画像記録を実現するための技術である。

項目	仕様
ディスクタイプ	BD-RE(書き換え型), BD-R(追記型), BD-ROM(再生専用)
記憶容量	1層: 23.3 Gバイト, 25 Gバイト, 27 Gバイト 2層: 46.6 Gバイト, 50 Gバイト, 54 Gバイト
ディスク仕様	直径: 120 mm, 全厚: 1.2 mm, 保護層厚さ: 0.1 mm
ユーザーデータ転送レート	標準速: 36 Mビット/s, 2倍速: 72 Mビット/s
レーザ波長, レンズ開口数	405 nm(青紫色), 0.85
ディスクカートリッジ	あり 2種: オープン型, 密閉型)
画像, 音声記録方式	MPEG2 video, AC3, MPEG1 Layer ほか
記録時間 (1層23.3 Gバイトの場合)	HDテレビ BSデジタル相当): 2 h以上

注: 略語説明 BD(Blu-ray Disc), MPEG(Moving Picture Experts Group), HD(High Definition)

他層への誤記録を防止して, ドライブの信頼性を向上させている(図6参照)。

3.4 今後の光ディスクドライブ

3.4.1 DVDの今後の動向

DVDドライブは登場以来, 年間2, 3倍のペースで記録速度が上昇しており, 今後も書き換え型ディスク, 2層ディスクを中心に記録速度の向上が進むと考えられる。

しかし, ディスク強度の制約で16倍速を超えるのは困難とされ, 記録速度以外に特徴を持つドライブが増える傾向が拡大すると推測される。例えば, 騒音・振動の低減はさらに静粛で快適なレコーダを, 記録・再生時の実効的なデータ転送能力の向上は, 記録・再生同時進行, 多番組同時記録・再生など使い勝手のよいレコーダを提供することにつながる。また, 2層ディスクによる大容量化と高効率符号化技術を組み合わせれば, いっそう高画質な映像の記録再生が可能となる。

記録型DVDドライブは大半がAV用に用いられており, 今後はAV対応性能の向上も進んでいくと考えられる。

3.4.2 Blu-ray技術

Blu-ray(ブルーレイ)は, DVDの次の光ディスクとして2002年にBlu-ray Disc Founders(Blu-ray Discの規格化団体)から提案され, 現在数社から第一世代のAV用レコーダが発売されている。Blu-rayは, 高精細画像の2時間記録を実現するために, レーザの短波長化, 保護層厚の最適化, 17PP変調方式の採用など, さまざまな技術を組み合わせたものである。

Blu-rayに関連する仕様を表2に示す¹⁾。Blu-rayは第三世代の光ディスクと言える。しかし, CDやDVDは音楽, 画像, パソコンデータ用のメディアとして主流であることから, 3者が

共存するために一つの光ピックアップでBlu-ray, DVD, CDのすべてに対応する方法が研究されている。

4 おわりに

ここでは, AV機器搭載のキーデバイスとして, 大容量・高信頼性HDDと高速DVDスーパーマルチドライブの特徴, および今後の技術開発動向について述べた。

日立製作所は, 今後も, さらに進化を続けるデジタルAV事業の拡大に向けて, これらキーデバイスの強みを十分生かした製品展開を図っていく考えである。

参考文献など

- 1) Blu-ray Disc Foundersホームページ,
<http://www.blu-raydisc-official.org/>

執筆者紹介



田中 靖史

2003年株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ入社, 3.5型コンシューマ アンド コマーシャル本部 製品開発統括部 所属
現在, 3.5型ATA HDDのエンジニアリングサポートに従事
E-mail: yasushi.tanaka @ hitachigst.com



門間 淳也

1978年日立製作所入社, 株式会社日立エルジーデータストレージ 戦略支援本部 経営企画グループ 所属
現在, 経営戦略の企画業務・広報業務に従事
E-mail: monma @ hlds.co.jp



樽林 正明

1982年日立製作所入社, ユビキタスプラットフォームグループ ユビキタスプラットフォーム開発研究所 DVD開発部 所属
現在, スーパーマルチドライブの開発に従事
E-mail: kureba @ msrd.hitachi.co.jp



福島 秋夫

1985年日立製作所入社, ユビキタスプラットフォームグループ ユビキタスプラットフォーム開発研究所 DVD開発部 所属
現在, 高密度光ディスクドライブの開発に従事
E-mail: fukushia @ msrd.hitachi.co.jp



武田 秀和

1981年日立製作所入社, ユビキタスプラットフォームグループ 事業企画部 所属
現在, ユビキタス事業の開発戦略企画関連業務に従事
品質工学会会員
E-mail: takeda-h @ itg.hitachi.co.jp