

車載用Blu-rayデッキメカニズムの開発

Development of Blu-ray Deck Mechanism for Vehicle

藤田 嘉和 *Yoshikazu FUJITA*
小野 俊幸 *Toshiyuki ONO*
山口 達也 *Tatsuya YAMAGUCHI*
堀山 実 *Minoru HORIYAMA*



要旨

アナログ停波によりTV放送はデジタルハイビジョン放送に移行し、家庭用TVで薄型ハイビジョンTVが普及した。ハイビジョン映像を見慣れたユーザーにとっては、これまでの映像コンテンツであるDVDディスクの画質では物足りなくなる。その中でハイビジョンコンテンツとして登場したBlu-rayディスクは、2006年の発売開始以来着実に売上げを伸ばし、2012年には映像メディアにおけるBlu-ray比率は30%を超え、将来映像メディアの主力となる事は間違いないと考えられる。今回、Blu-rayディスクの再生に対応した車載デッキメカニズムを開発したのでここに紹介する。

Abstract

Since the TV broadcasting system has transitioned from analog broadcast to high-definition digital broadcast, thin hi-resolution digital televisions are now widely used at home. After having been used to watch high-definition images, a user is hardly satisfied with the image quality provided from a DVD disc. Therefore, the sales of high-resolution contents, Blu-ray discs, have been steadily increasing since the discs have been released in 2006. It is safe to assume that Blu-ray will be sold in the higher rate exceeding 30% among the image media sold in 2012, and will become the main image medium in the future. This paper introduces the in-vehicle deck mechanism that supports the Blu-ray discs for replay.

1

はじめに

当社では、下記のようにCD・MD・DVDの車載光ディスクデッキメカニズムの開発をいち早く手がけ、商品化を行ってきた。

- ・1983年 世界初CD deck mechanism
- ・1997年 世界初In-dash changer deck mechanism MD deck mechanism
- ・2000年 DVD-ROM deck mechanism
- ・2002年 DVD-VIDEO deck mechanism
- ・2005年 In-dash DVD changer deck mechanism

なかでもDVD deck mechanismは多くの顧客に採用され、2011年度には年間250万台を超える生産台数となり世界中の車両に搭載されている。

DVD discの次世代メディアとして期待されるBlu-ray Discは、2006年の発売開始以来売上げを伸ばし、2015年にはVideo Discの過半数を占めると推定され、今後車への持ち込み要求が強くなると考えられる。また、Tablet情報端末普及の影響もあり車載ディスプレイの大型化が進み、今後車載用においても高画質なBlu-ray Disc再生の要求がでてくると考えられる。そこで、これまでの光ディスクデッキ開発のノウハウを活かし、Blu-rayデッキBD-01を開発したのでここに紹介する。

2

開発のねらい

ここにBlu-rayデッキBD-01の開発コンセプトについて紹介する。

2.1 コンパチビリティ

Blu-rayの商品化に当たっては、DVDデッキ搭載製品をベースにBlu-rayデッキを搭載して製品開発される。また、Standard ModelはDVDでPremium ModelとしてBlu-rayを設定するケースが想定される。そこで、DVDメカからの置き換えを容易なものとするよう、DVDメカの設計案画段階よりBlu-ray化を想定した構想設計を行うことでメカ取付けコンパチ化を実現した。

2.2 対応メディア拡大

現在存在する全ての8cm/12cm光ディスクの再生を目標に設計を行った。BD・BD-R・BD-REのみならず、AVCREC,AVCHDといったDVDへのハイビジョン記録フォーマットにも対応した。

2.3 車載化課題への対応

Blu-rayの車載化にあたっては、Blu-ray規格と民生用製品操作のベンチマークより課題を抽出し、設計着手前に目標値を決めて開発を行った。熱や振動といった車載搭載環境への対応項目に加え、車室内で使用されることを想定し

たストレスの無い操作性といったユーザビリティの観点で、起動時間の短縮やRESUME機能（続き再生）といった利便性の改善を行った。

3

コンパチビリティ確保

今回、開発したBlu-rayデッキBD-01（図1）は、当社のDVDデッキDV-05（図2）から容易に置き換えが行えるよう互換性を持たせるコンセプトとした。製品への取り付け性、デッキ外形（高さ方向は一部凸あり）、ディスク開口部の高さなど、メカ部分のインターフェースを共通として開発を行った。また、品質安定化のため部品共通化率にも重点的に取り組んだ。その結果、部品共通化率85%、とりわけ挿排機構については共通化率100%を達成した。



図1 BD-01
Fig.1 BD-01



図2 DV-05
Fig.2 DV-05

3.1 取付けコンパチビリティの実現方法

Blu-ray用ピックアップはDVD用ピックアップに比べて対物レンズが左右に2個搭載されるため、特に、ピックアップの横方向の外形が大きくなる。このため、ピックアップの送り角度をDV-05と同じ角度にすると、ピックアップ外形がデッキ外形よりはみ出す（図3）。BD-01ではピックアップの送り角度を最適化（29° → 40°）することでDVDデッキとのメカ互換を実現させた（図4）。また、ピックアップ駆動部周辺の変更を最小限に留めた。

4

システムの概要

システム構成についても当社DVDデッキとの互換性をコンセプトとし、BD-01のメカは共通として電気回路基板のバリエーションでROMデッキ、ROM+VIDEOデッキの2タイプのデッキを開発した。

ROMデッキはデータ転送の高速化に対応するため、DVDデッキで採用するParallel-ATAからSerial-ATAへと通信インターフェースを変更するとともに、通信品質やノイズ性能確保のため、パターン設計、シールドFFC (Flexible Flat Cable) 及びコネクタの採用等により、信号路のインピーダンス整合を行った。

ROM+VIDEOデッキは、AVデコード機能及び従来デッキ相当のアプリケーション機能を実現するAVデコード回路・ソフトウェアを開発し、上記ROMデッキとの組み合わせにより実現した。また、AVデコード基板上でのATA変換 (Serial-ATA<->Parallel-ATA) やインターフェースコネクタの信号配列を考慮することで、既存DVD ROM+VIDEOデッキとの互換性を図った。また、Blu-rayの特徴である高画質、高音質に対して、新たにフルHDアナログコンポーネントビデオ出力、7.1チャンネルデジタルオーディオ出力を備えるが、この点においても既存製品への搭載性を考慮して従来相当のオーディオビデオ出力を併せ持ち、高画質、高音質を追及するハイエンド製品から、とにかくBlu-rayの再生を対応したいといったローエンド製品まで、幅広い製品への適用を可能なものとした。加えて、2014年から適用となるBlu-rayコンテンツのアナログ映像出力規制に対して、デジタル映像インターフェース化にも備えている。



図3 DV-05ピックアップレイアウト
Fig.3 Pickup Layout on DV-05

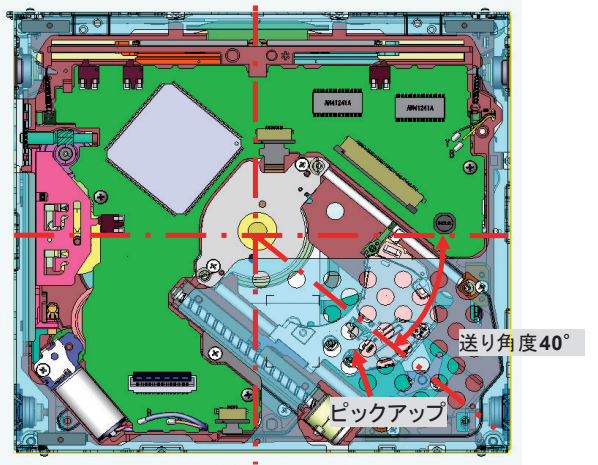


図4 BD-01ピックアップレイアウト
Fig.4 Pickup Layout on BD-01

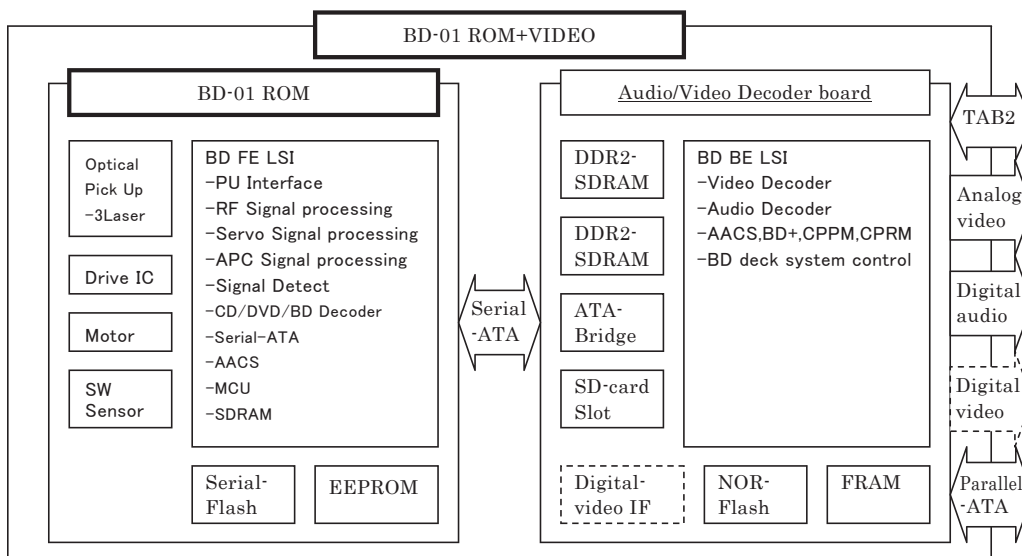


図5 システムブロック図
Fig.5 System Block Diagram

また、ホストマイコンとのコマンドインターフェースについても、ROM、ROM+VIDEOタイプともに、既存DVDデッキ仕様に対して上位互換とすることで、DVD製品のBlu-ray化、新規製品でのDVD&Blu-rayモデルの共通設計において、ホストマイコンのデッキ制御ソフトウェア開発の負荷を軽減している。

5 車載化への課題取り組み

5.1 起動時間短縮

民生Blu-rayプレーヤーは起動時間が遅く、電源ONから映像・音声出力されるまでに時間がかかっていた。(電源ON～再生開始まで約1分～)

この数値は、車載用の既存DVDデッキ(DV-05)等と比較して圧倒的に遅く、エンジン始動毎に再生開始までに分単位で待たされるのはユーザビリティの低下として、車載化にあたっての最大の課題であった。

改善にあたり目標値の設定が必要となるが、Blu-rayデッキの実績はなく、開発当初は他社車載用で比較対象としてふさわしいものがなかった。そこで、今回民生機器・他社車載DVDモデルのベンチマークだけでなく社内でのユーザビリティ調査を実施した。その結果から、BD-01としての目標値をCD・DVDについては現行DVDデッキ同等のDVD:10sec・CD:9sec、Blu-rayについてはユーザが許容できるぎりぎりの値23secと設定した。

上記目標値を達成するための方策としては大きく以下の内容となる。

- ・システム構成の変更
- ・Linux起動処理の最適化
- ・ディスク判別処理の最適化

5.1.1 システム構成の変更

Blu-rayの再生には規格対応やソフト規模からOSにLinuxを採用する必要がある。しかし、Linux起動の遅さがそのまま、映像・音声出力までの遅さに直結していた。

今回BD-01では内部にCPUを2つ搭載しているLSIを採用し、この2つのCPUに対して、OSに μ iTronとLinuxを搭載した。システム全体の管理とCD・DVD再生についてはリアルタイム性に優れた起動時間の速い μ iTron側で処理、BD再生についてはLinux側と使い分けることで、CD・DVDの再生に関しては既存DVDデッキと同等の時間で映像・音声の出力ができるようになった。

また、このシステム構成により、従来はLinux側のCPUのみでシステム起動⇒Linux起動の順に実施していたのを、システム起動を μ iTron側のCPUで実施、並行してもう一方のCPUでLinuxを起動させるようにしたためLinux起動開始までの時間が約9秒短縮できた。

5.1.2 Linux起動処理の最適化

Blu-ray再生についてはさらにLinux起動処理の遅さを改善する必要がある。ベースソフトはホーム用途のため、車載用として最適化を図った。例えば、ネットワーク接続や様々なファイルシステムのマウント、起動時のログ出力などLinux起動時に実施している各処理の内容を詳細に分析し、ウェイト時間の見直しや不要な処理を実行しないようにすることで、当初は19秒程度かかっていたLinux起動処理時間を約14秒短縮した。

5.1.3 ディスク判別処理の最適化

Linux起動後に実施するディスク判別処理についても、再生対象外ファイル(PC用途のファイル)の有無を確認する処理を実行しないようにしたり、Blu-ray特有となるAACSR認証処理におけるディスクリード手順の見直しなどにより、約12秒短縮した。

これらの対応によりBlu-rayでは計約35秒もの時間短縮を図ることができ、CD・DVDについてもそれぞれ目標値を達成するとともに他社製品に対してアドバンテージを確保することができた。

表1 起動時間目標値と現状

Table 1 Target Start-up Time and Current Time

メディア	測定Disc	起動時間(sec)		
		目標	当初	現状
Blu-ray	ABD-520	23.0	52.0	17.5
DVD	TDV-520C	10.0	32.0	9.2
CD	TCD-785	9.0	30.0	8.5

表2 起動時間 他社比較

Table 2 Start-up Time Comparison with Other Companies

メディア	測定Disc	起動時間(sec)	
		他社(車載)	当社
Blu-ray	ABD-520	18.3	17.5
DVD	TDV-520C	17.0	9.2
CD	TCD-785	14.9	8.5

5.1.4 ROMドライブの起動時間短縮

前記、AVデコーダ部の起動時間短縮に合わせて、ROMドライブ部でも起動の高速化を図った。

ディスクに記録されたデータをより正しく読み取るには、デッキ(メカ、回路)及びディスクの特性のバラツキに対する調整が必要であるが、従来はディスク挿入時や電源投入時にこの調整制御を行っていた。今回、デッキ部分に起因する調整をあらかじめ製造工程で行い、その結果をデッキ内の不揮発メモリに記憶しておくことで、その後の調整を最適値のより近傍から開始できるようになり、調整時間の短縮と共に、より安定した状態で正確な調整が可能となった。

5.2 BD-JavaアプリディスクのResume対応

Blu-ray規格には従来のDVD規格にはなかったBD-Javaと呼ばれる規格が存在する。BD-Javaとは、Blu-ray規格で初めて導入された再生の仕組みで、ディスクに記録されたJava言語のプログラム（以下BD-Javaアプリ）をデッキ制御ソフト内にダウンロードして実行することで、従来のDVDよりもよりインタラクティブ（凝ったメニュー、ゲーム、ネット接続）な操作が可能となるものである。一方、Resume機能とは再生中のACC OFF・ONやラジオ等の他モード遷移により、一旦再生を止めた後、前回再生停止させた位置から継続して再生させる機能である。

従来、DVDデッキではデッキ制御ソフトがディスクに記録されている管理情報を元に、再生順等を管理していた。ACC OFF時はデッキ制御ソフトがこの管理情報を不揮発メモリに記憶しておき、ACC ON時に読み出すことでResume機能を実現していた。しかし、BD-Javaでは再生順等を管理するのはデッキ制御ソフトではなく、BD-Javaアプリになる。この時、DVDのような管理情報を持っていないため不揮発メモリに記録できる情報がない。また、BD-Javaアプリの動作状態をそのまま残すには不揮発メモリの容量の関係上困難（MAX数百MB必要）である。

しかし、エンジン始動毎に再起動がかかる車載用製品としてResume機能は必須と考え、様々な方法を検討した結果、映画本編については映像・音声の続き再生を可能とする機能を実現できた（図6）。

本編以外をResume再生させると、再生動作が異常になる可能性があり、本機能開発のポイントとしては再生中の映像が本編であったかどうかの特定が可能か否かである。

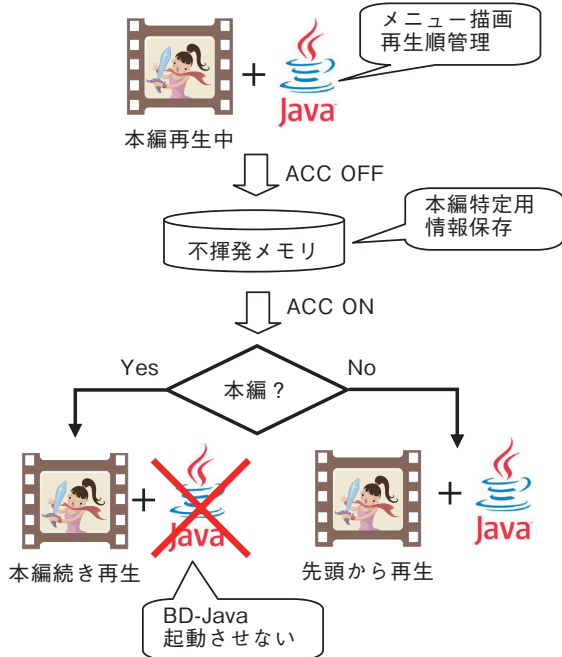


図6 擬似レジューム実施イメージ
Fig.6 Pseudo Resume Processing Image

これについては、ディスク中のデータベースファイルの各種パラメータの組み合わせ（プレイリストやチャプターのポイントとなるマークの数、時間情報、ユーザ操作設定など）から本編特定のアルゴリズムを開発した。本編再生時は、ACC ON時にBD-Javaアプリを起動させずに、本編の映像・音声のみを擬似的（BD-Javaアプリが管理するメニュー等の操作はできない）にResume再生させることが可能となった。

5.3高温動作対応

Blu-rayデッキ用ピックアップは、3波長レーザ対応化やレーザ駆動回路の内蔵によってピックアップ単体の発熱量が増えており、従来のDVDデッキよりもピックアップが高温状態になる。また、ピックアップに搭載されているBlu-ray用レンズは紫外線に近いBlu-ray波長に耐える光学樹脂材料を採用しているため耐熱性能が低下しやすくなっている。そのため、ピックアップ周辺の放熱が必要になる。ピックアップ周辺の放熱性向上のため、メインシャーシ、PUシャーシそれぞれに通気用の穴を追加し放熱性の向上を行った（図7、図8）。

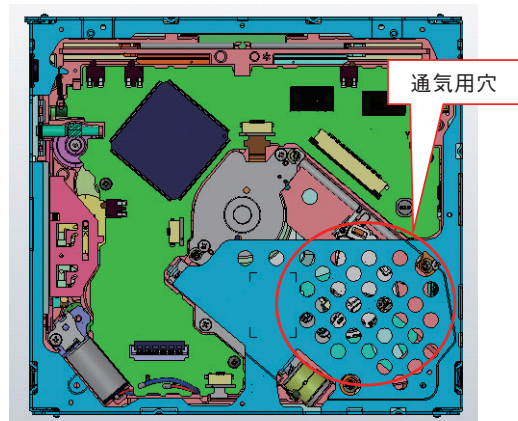


図7 デッキシャーシ放熱穴
Fig.7 Heat Release Hole of Deck Chassis

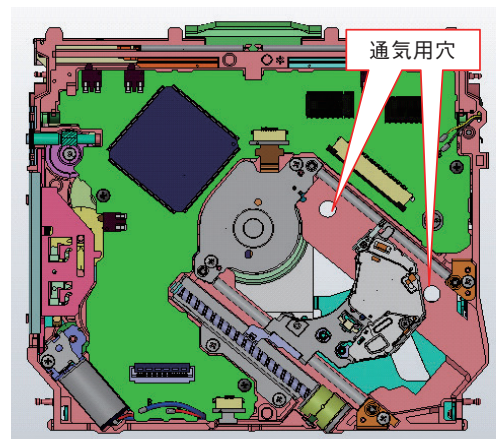


図8 ピックアップシャーシ放熱穴
Fig.8 Heat Release Hole of Pickup Chassis




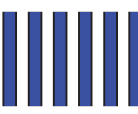
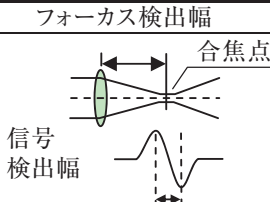
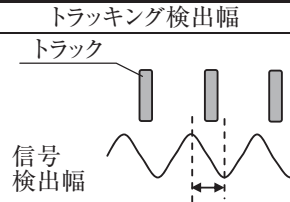
レーザーダイオードは高温動作の限界を超えるとレーザー電流増加に正帰還がかかり熱暴走を起こすことで、再生不能となり破壊に至ることがある。従来のDVDデッキにおいては基板上のサーミスタで温度を検知して限界温度に至る前に停止して保護していたが、Blu-rayではピックアップ自体の発熱が大きく限界領域に対するマージンが下がっており、離れた基板上での温度測定では精度に問題があった。BD-01ではピックアップ自体にサーミスタを搭載し精度よく温度検出する事で、限界領域に達する前に確実に停止して保護できるようにした。

5.4 耐震性確保

Blu-rayにおいては、光スポット径やトラックピッチの差によって、DVDより高精度にサーボ追従する事が必要になる。それらの違いにより表3に示すように、設計計算でサーボ設計の見直しを実施した。

表3 ディスクの差によるサーボ設計値見直し

Table 3 Redesigned values for servo due to differences of discs

光スポット径		トラックピッチ	
DVD	Blu-ray	DVD	Blu-ray
1.32 μ m	0.58 μ m	0.74mm	0.32mm
			
フォーカス検出幅		トラッキング検出幅	
			
DVD	Blu-ray	DVD	Blu-ray
9 μ m	2.6 μ m	0.37 μ m	0.16 μ m
11dB Gain Up		7.3dB Gain Up	

設計上は、耐振性能を確保できる見込みであったが、評価上で90Hz～100Hzにて落ち込みが発生し、性能確保できない問題が発生した。12cmのディスクメディアは元々90Hz～100Hzで共振点をもっている。それに加えBlu-ray化によって対物レンズが2個となり可動部の重量増加と重量バランス悪化によって、TILTアクチュエータ (ACT) の共振点が90Hz～100Hzに低下した (図9)。そのためにACTがローリング動作をしてしまい正常再生できなくなる事が原因であった。

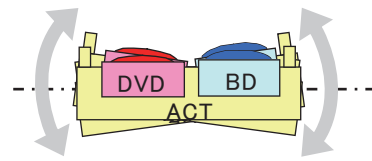


図9 TILTアクチュエータのローリング
Fig.9 Rolling of TILT Actuator

本来なら、ACTのチルト共振点をずらす、あるいは重量バランスを見直すといった改善を進めるのであるが、本ピックアップは民生仕様品との共通設計をすることで価格低減を図っており、車載向けのみカスタム設計を行うと目標価格達成が難しくなる。そこで、BD-01では回路的にPUレンズのローリングを補正する回路を組み込む事で、必要性能を確保をした (図10)。

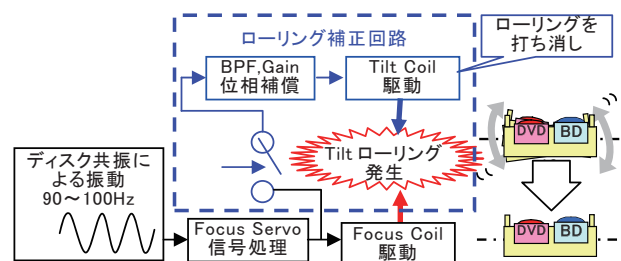


図10 ローリング補正回路ブロック図
Fig.10 Block Diagram of Rolling Correction Circuit

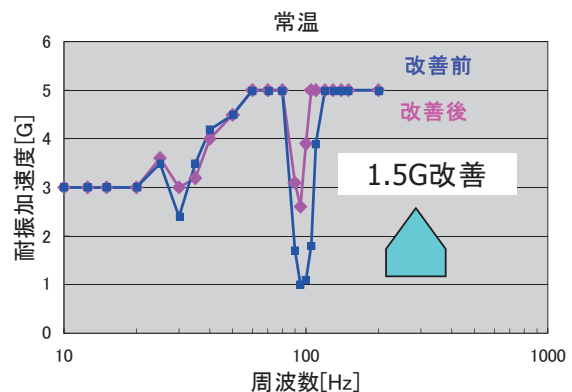


図11 ローリング補正回路効果
Fig.11 Rolling Correction Circuit Effect

6

品質への取組み

6.1 自己検査・自己診断機能

デッキメカの市場品質を向上するには、製造工程において不安定なメカをいかに検出して流出防止するかが重要となってくる。これまで、CD→DVDと機能追加に従って検査項目や測定機器を増やし、不安定なデッキメカを検出する為に製造工程での検査強化を行ってきた。しかし、検査システムの複雑化・生産台数の増加に伴う設備磨耗により、検査設備側に品質的に不安定要因が生まれ、安定した

検査をする為の設備メンテナンスに悩まされてきた (図12)。

そこで、Blu-rayデッキの開発においては、検査測定器によらずデッキ自身に必要な検査を実施し、工程を簡素化する事で品質確保できるようにした (図13)。不安定な部分を対策するのではなく、不安定な部分を無くしてしまう事で信頼性の高い検査工程を実現した。

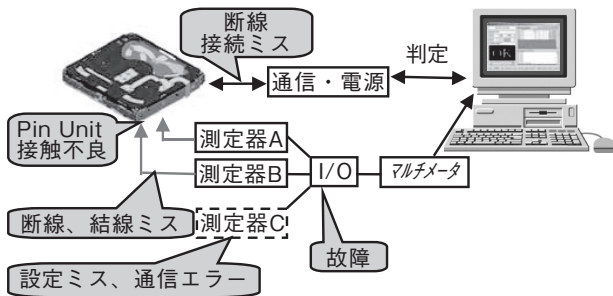


図12 従来の工程
Fig.12 Conventional Process

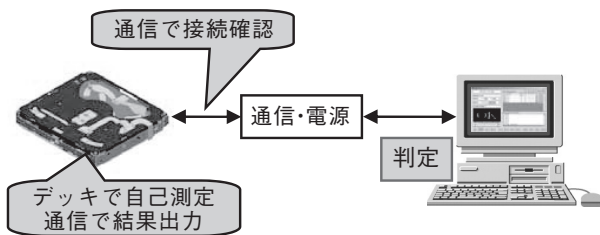


図13 自己検査によるシンプルな工程
Fig.13 Simplified Process with Self-Check

また、LSIの高集積化や高度化・内部処理のデジタル化によって、設計者以外では不具合品を解析する事が難しくなっており、原因解明に時間がかかる事が問題となっていた。生産工場も海外であり、設計者がすぐに立ち会って解析する事はできない。また、デッキ自身に不安定な部分があっても、デッキ制御には強力なフェールセーフ・調整機能が組み込まれており、動作上は不安定さを認識できないため、機能のOK・NG検査だけでは、不安定な部分を検出できない場合がある。

そこで、デッキ内部で正常な動作を行えたか自己診断し、その事で機能的にNGとはならない不安定なメカを検出する様にした。例えば、挿入動作時にセンサの電圧値や遷移・タイミングが設計どおりになっているか検査し、その事でセンサ・SWの異常・モータやメカ負荷の異常を検出できるようにした。これらにより専門的な設計知識を持たない解析者でも問題箇所の絞込みができるようになった。

また、これら自己検査・診断機能を、製品のダイアグ機能として活用した。市場でのサービス場面において、製品を車両から外さずにその製品の良否判断・ディスクの良否

判断が求められてきた。これら要求に応えられる機能をデッキ内部の測定機能を用いて実現した。

#LDCurrent	
LD種別	CD DVD BDH BDL
出荷データ	INI 071mA068mA042mA039mA
周囲温度	TMP 036c 036c 035c 033c
測定値	MES 073mA070mA043mA041mA
周囲温度	TMP 042c 041c 040c 039c
LD毎動作時間	TIM 0000h0007h0000h0043h

図14 ダイアグ表示例 レーザ電流値

Fig.14 Sample Display of Diagnosis Result regarding Laser Current Value

ディスク再生機器においては、市場で長期間使われた場合にはレーザダイオードが劣化し電流値が増加して再生不能となるといった故障モードが存在する。BD-01においては、CD・DVD・BDのそれぞれのレーザにおいて、EEPROMに記憶した工程検査時のデータと現在の測定データを表示させてレーザ劣化の有無を確認できる機能を入れた (図14)。また、各レーザの累積動作時間も記録して表示する事ができる。

Disc種別	#JITT/FES	Disc内周		Disc外周
		INI	IN	OUT
出荷データ Jitter性能 レベル	JITT	07.7%		06.4%
	FES	1250mV		
	#DVDSL	MEAS		
測定データ Jitter性能 レベル	JITT 0	07.4%		06.9%
	1	----%		----%
	FES	0988mV		
	TEMPB	025c		
	TEMPP	035c		

図15 ダイアグ表示例 Jitter性能

Fig.15 Sample Display of Diagnosis Result regarding Jitter Performance

また、デッキ及びディスクにおいての再生性能の指標にその精度を示すJitter性能がある。これまではデッキ単品状態で専用の測定器を使用しなければ測定できなかった。BD-01においては自己検査機能を使って、製品完成品状態でもこの性能を測定表示できるダイアグ機能を織り込んだ (図15)。EEPROMに記憶した工程検査時の値とテストディスクでの測定データを比較する事でデッキの良否判断が可能となる。また、再生が問題となった顧客のディスク

で測定を行い、テストディスクでの値と比較する事によって顧客ディスクの良否判断ができるようになった。

6.2 規格外ディスクへの対応

従来のDVDデッキの市場不具合を分析した結果、規格外ディスクが要因となるものが90%にのぼることが分かった。

過去機種 of 規格外ディスクへの対応を振り返ると、市場不具合で指摘されたものに対して対策を繰り返して品質を向上させていく“後追い”の形であった。一方、Blu-ray規格は従来のDVD規格に対して、規格項目数が単純に3倍あり、従来の開発方法を踏襲した場合、市場不具合の数も単純に3倍に増加する懸念があった(表4)。

表4 Blu-ray規格とCD・DVD規格の項目数比較

Table 4 Item Number Comparison between Blu-ray Standard and CD/DVD Standard

Blu-ray(新規メディア)		CD/DVD(既存メディア)	
メディア	規格項目数	メディア	規格項目数
BDAV	550	CD	258
BDMV	720	DVD	884
BD-J	2,208		
Total	3,478	Total	1,142

そこで、BD-01開発に当たっては、従来の後追いではなくあらかじめ設計段階において、全規格項目に対して、規格外も含めたフェールセーフ対応仕様を織り込む方針で開発を進めた。

仕様作成に当たっては以下の考え方とした。

①規格違反があっても可能な限り再生させる

例) ファイル識別子の文字列が間違い

↓従来	↓改善
異常値検知で再生停止。	無視して再生継続。

②再生できない場所でも正常終了させる

(フリーズせず、EJECTできる)

例) データ長異常(規格上固定値)

↓従来	↓改善
異常値を使用しメモリ破壊を起こし暴走。	固定値で使用し再生継続。

③再生できない箇所を飛ばして再生継続する

この考え方で作成した仕様を織り込み、問題の発生が懸念される部分に対策を実施(約150件)した。当社としては初のBlu-rayであるが、未経験の規格外ディスクにも対応できるデッキとすることができた。

7

まとめ

以上、今回開発したBlu-rayデッキBD-01の概要及び開発技術について述べた。本デッキはOEM向けで'12年3月より出荷を開始しており、6月より日本国内市場に導入されている。当社以外のOEM Tier1顧客数社より採用決定を頂くなど反応はおおむね好評であり、ねらいどおりのBlu-rayデッキ開発ができたと考える。

なお、本デッキ開発においては、部品サプライヤー・設計会社の協力を得て行なってきた。本開発にあたり、ご指導を賜ったOEM先の顧客をはじめ技術協力を賜った関係各位に対して深く感謝いたします。

※Blu-ray Discは商標です。

筆者紹介



藤田 嘉和
(ふじた よしかず)
CI技術本部第二技術開発室
チームリーダー



小野 俊幸
(おの としゆき)
CI技術本部第二技術開発室



山口 達也
(やまぐち たつや)
CI技術本部第二技術開発室



堀山 実
(ほりやま みのる)
SS技術本部ソフト技術部