

ビッグデータ時代における 光ディスクを用いた デジタルデータの長期保存の実際

2016年 11月18日

公益社団法人日本文書情報マネジメント協会
アーカイブ委員会 光メディアWG

光ディスクWGは、関連業界や団体、及び有識者で組織されたワーキンググループです。文書情報管理に適した記録ドライブとメディアに関するガイドラインを作成し、デジタルデータ長期保存の啓発活動を行っています。

発表内容

- 光ディスクの種類と構造
- 一般市販用光ディスクの保存性
- 長期保存用光ディスクの保存性
- データの長期保存における光ディスクの優位性
- アーカイブ用光ディスク製品認証制度
- 長期保存用光ディスクの運用
- 実技 1 ディスク取扱い
- 実技 2 エラー測定
- 実技 3 データアーカイバー装置動作紹介

光ディスクの種類と構造

光ディスクの種類

再生専用型	追記型	書換型
 CD(-DA), CD-ROM  	 CD-R 有機色素	 CD-RW 相変化
 DVD-video, DVD-ROM   	DVD-R, +R  	DVD-RW, +RW, -RAM   
 BD-ROM	BD-R 無機材料	BD-RE

図 3・1 光ディスクの規格一覧表

光ディスクの記録再生原理



レーザー光
(波長 λ)

対物レンズ

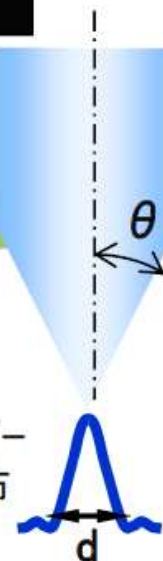
開口数 NA
(Numerical Aperture)

$$NA = n \sin \theta$$

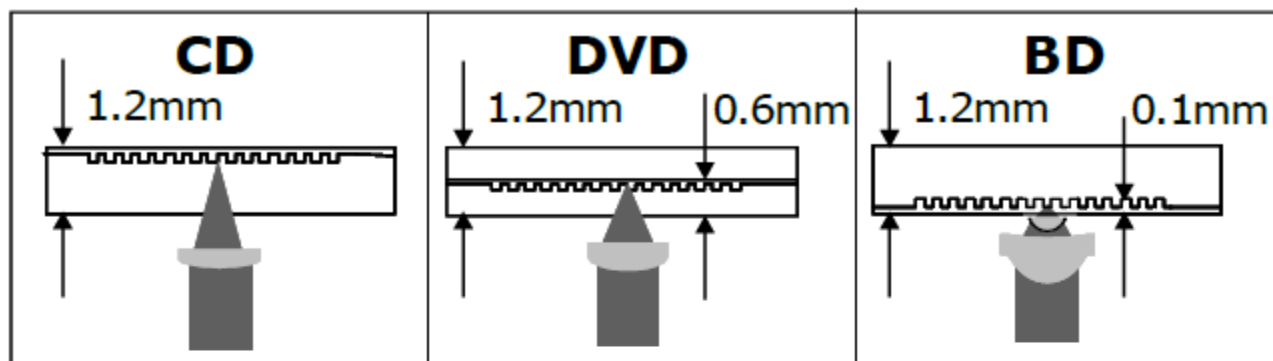
(n : 空気中の屈折率=1)

集光されたレーザー
ビームの強度分布

ビーム直径 $d = 1.22 \lambda / NA$



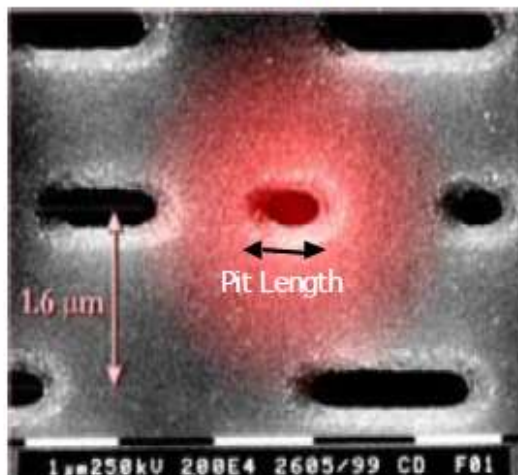
各種光ディスクの構造



ディスクの厚み	1.2 mm	1.2 mm	1.2 mm
光透過層の厚み	1.2 mm	0.6 mm	0.1 mm
対物レンズのNA	0.45	0.6	0.85
光源波長(λ)	780 nm	650 nm	405 nm
面密度 $(NA/\lambda)^2$	1 (基準とする)	$\div 2.6$	$\div 13.6$
トラックピッチ	1.6μm	0.74μm	0.32μm
線記録密度	0.59μm / bit	0.27μm / bit	0.12μm / bit

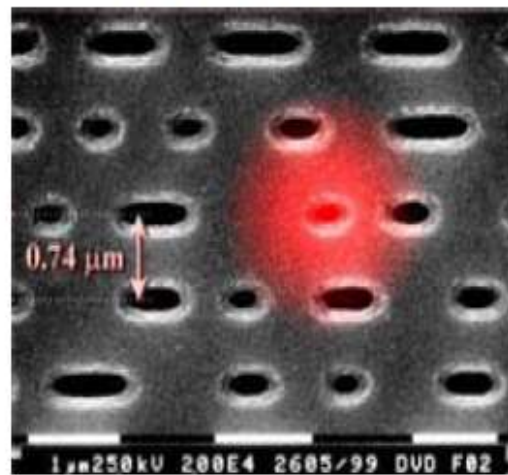
各種光ディスクの構造

CD 0.7GB



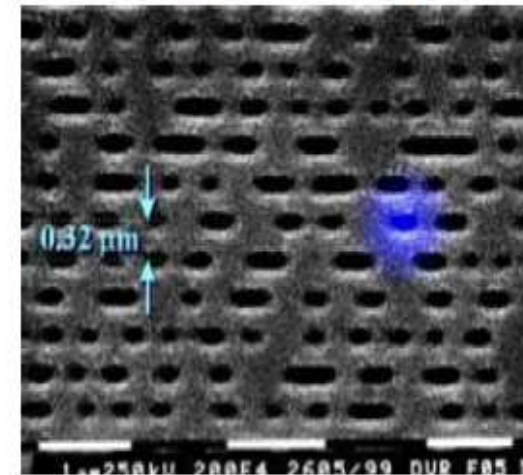
トラックピッチ : 1,6 μm
最短マーク長 : 0,8 μm

DVD 4.7GB



トラックピッチ : 0,74 μm
最短マーク長 : 0,4 μm

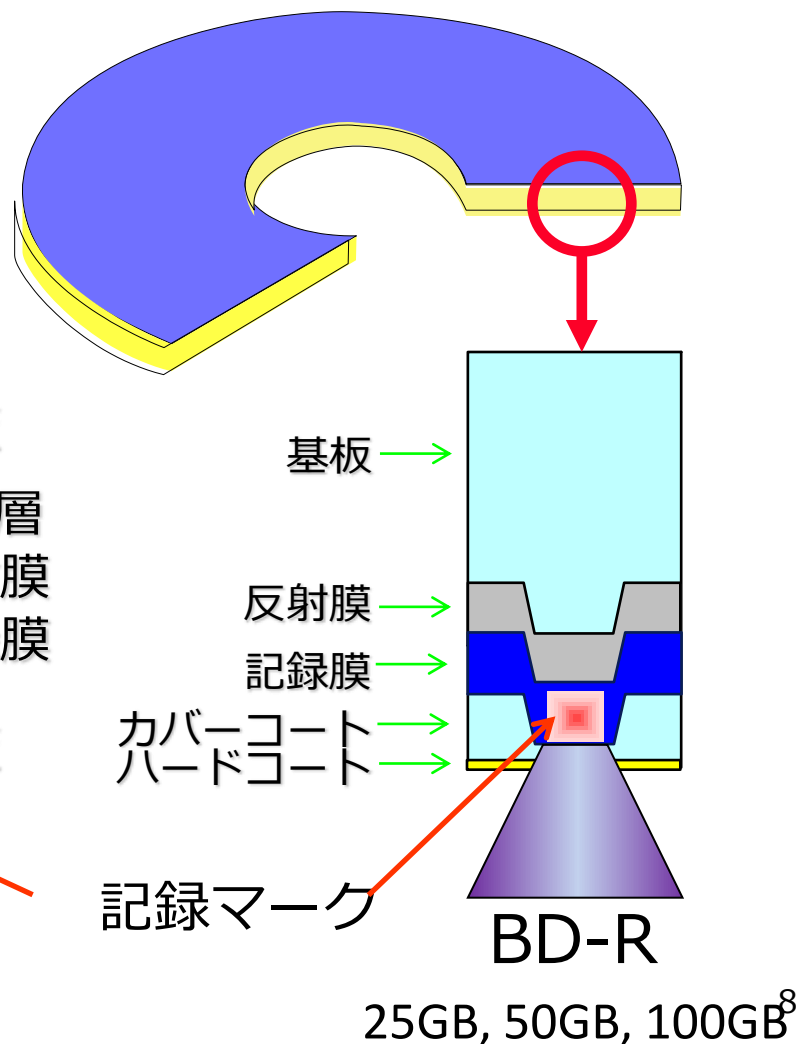
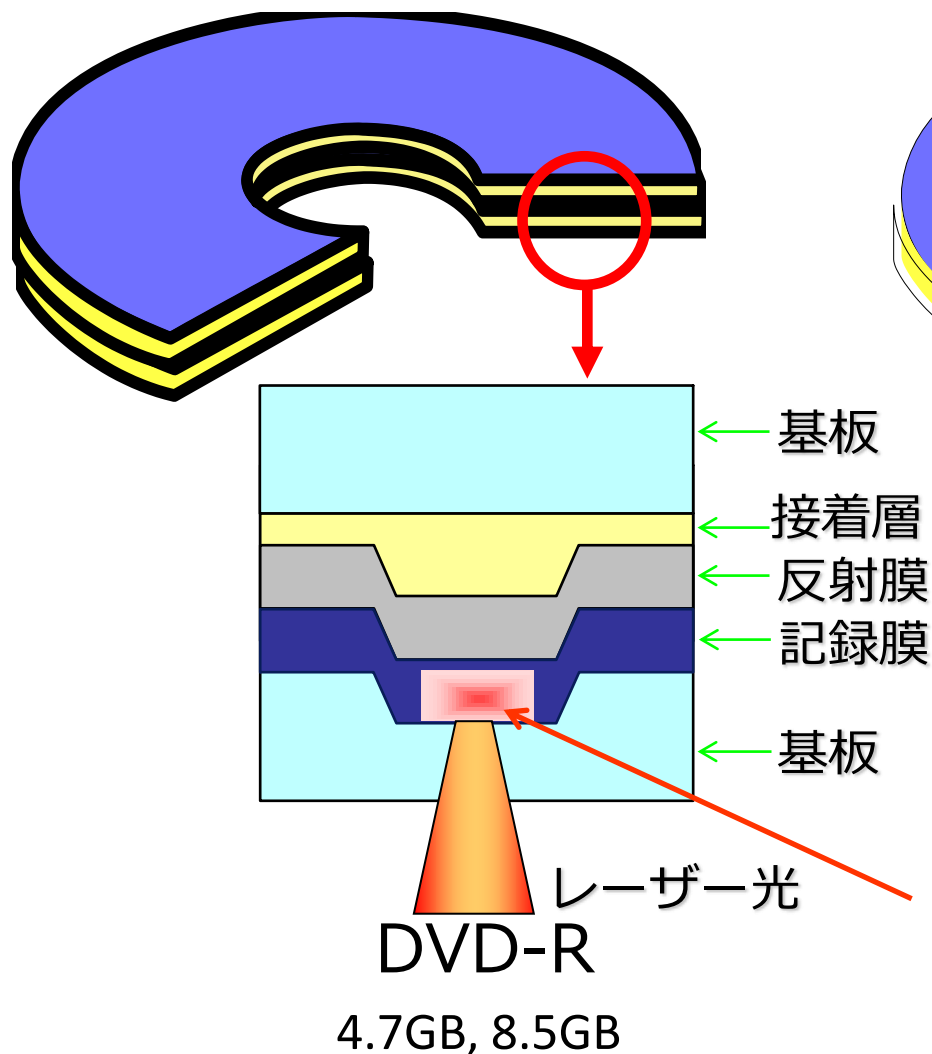
Blu-ray Disc 25GB



トラックピッチ : 0,32 μm
最短マーク長 : 0,15 μm

各種光ディスクの構造

耐久性の観点から記録膜、反射膜、各種樹脂層を選択する必要有

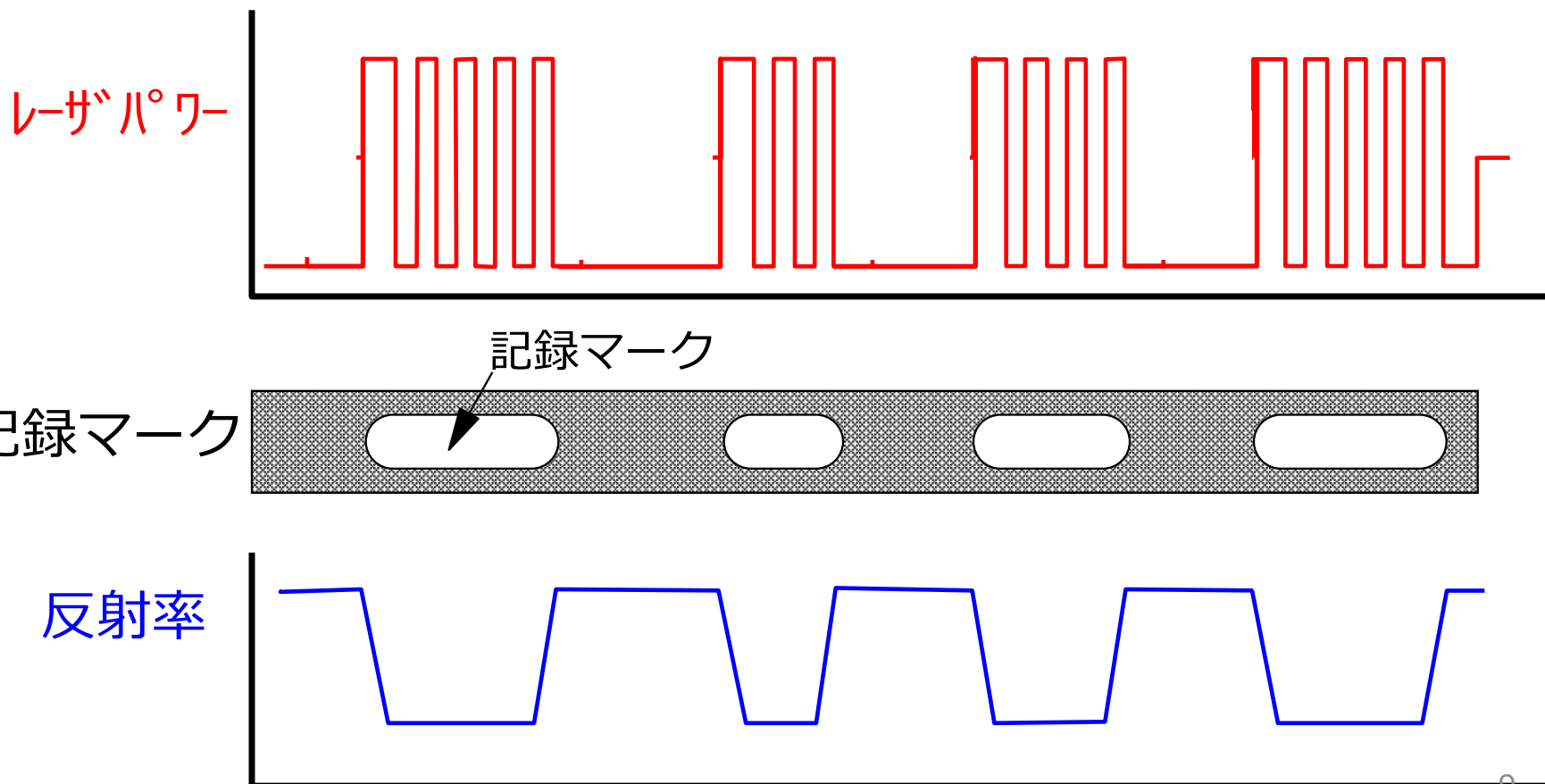


光ディスクの記録原理

適切な形状のマークを形成するために
レーザーパワー・波形を最適化する必要有



ドライブとディスクの
合せ込みが必要



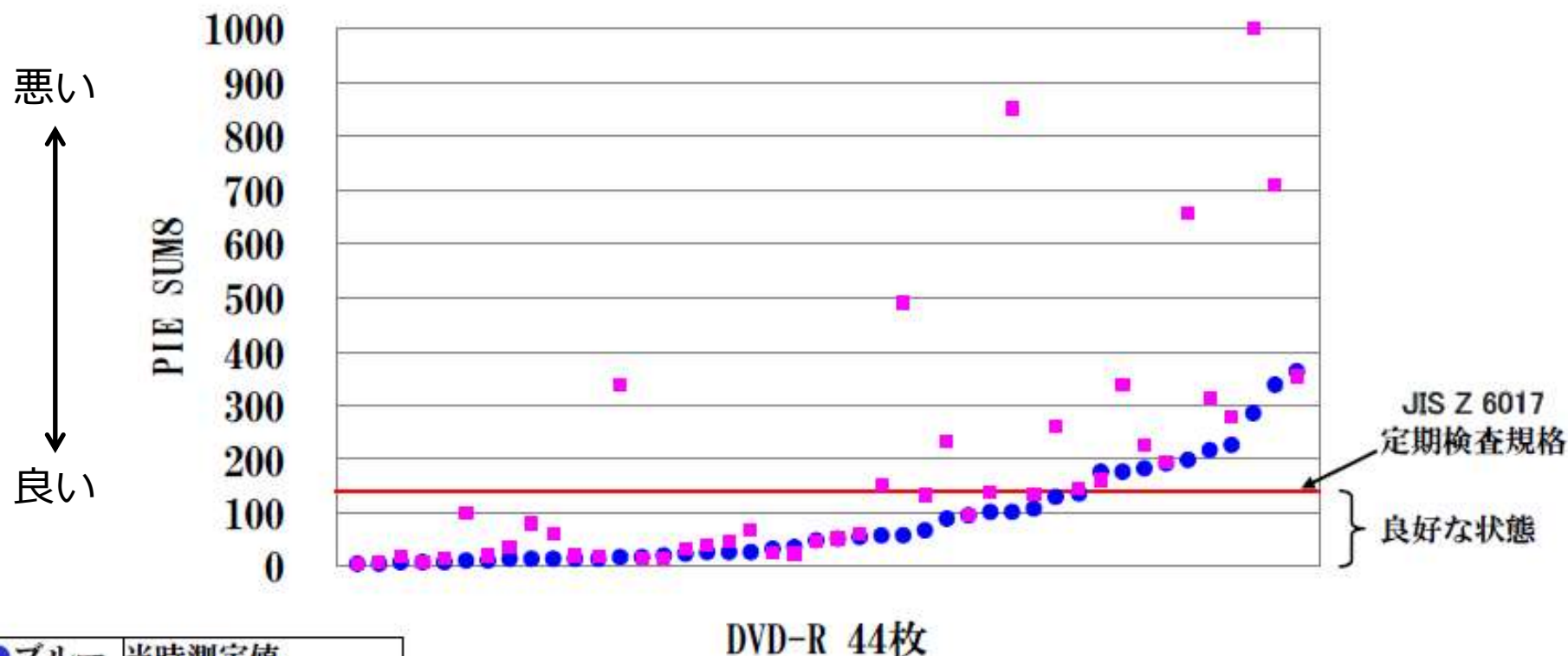
一般市販用光ディスクの保存性

一般市販用光ディスク

デジタルエラーの変化

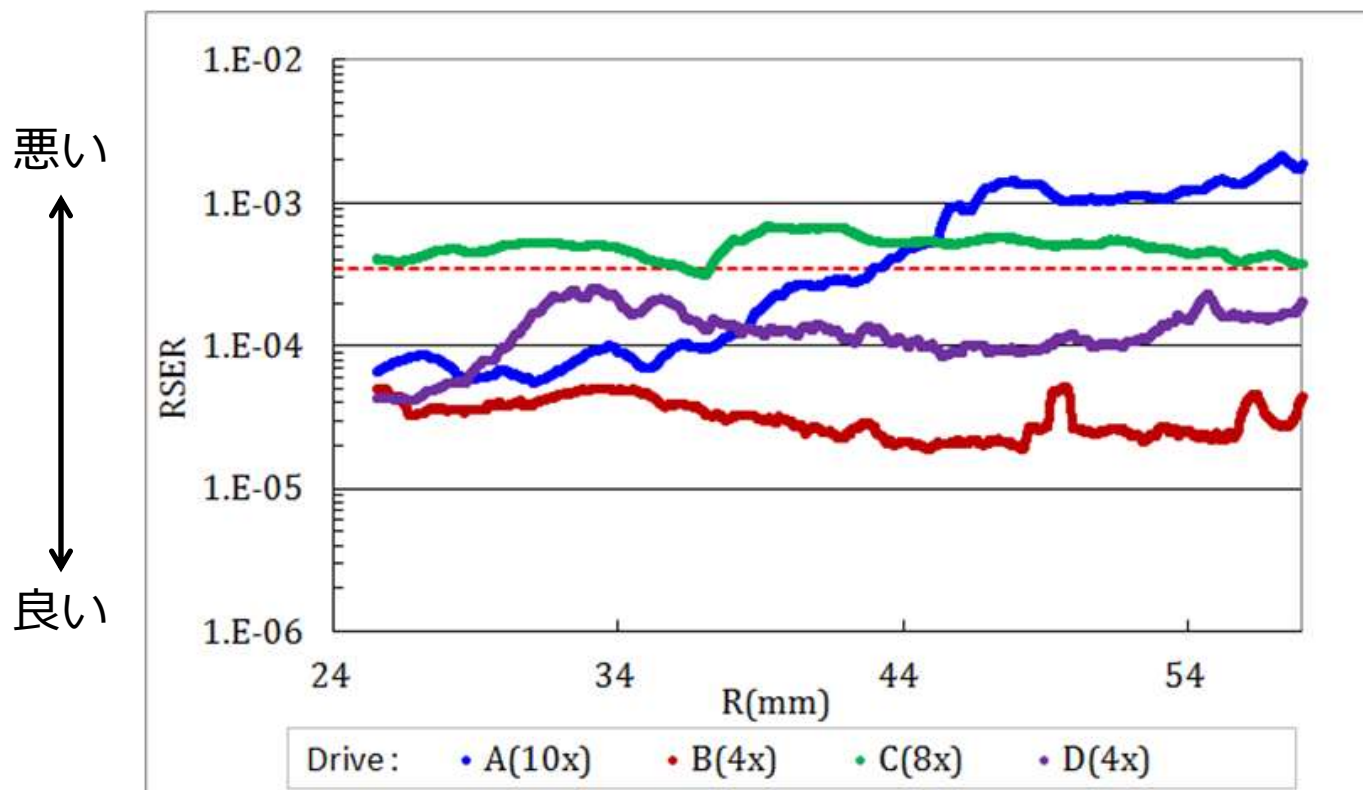
2002年～2009年に記録したDVD-Rディスクを2013年に測定
(アルメディオ)

経時変化が著しいディスクが存在する



最適化されたドライブによるサポート

ドライブ及び記録速度によりエラーレート（RSER）に差があるため、最適なドライブを選択する必要があります。



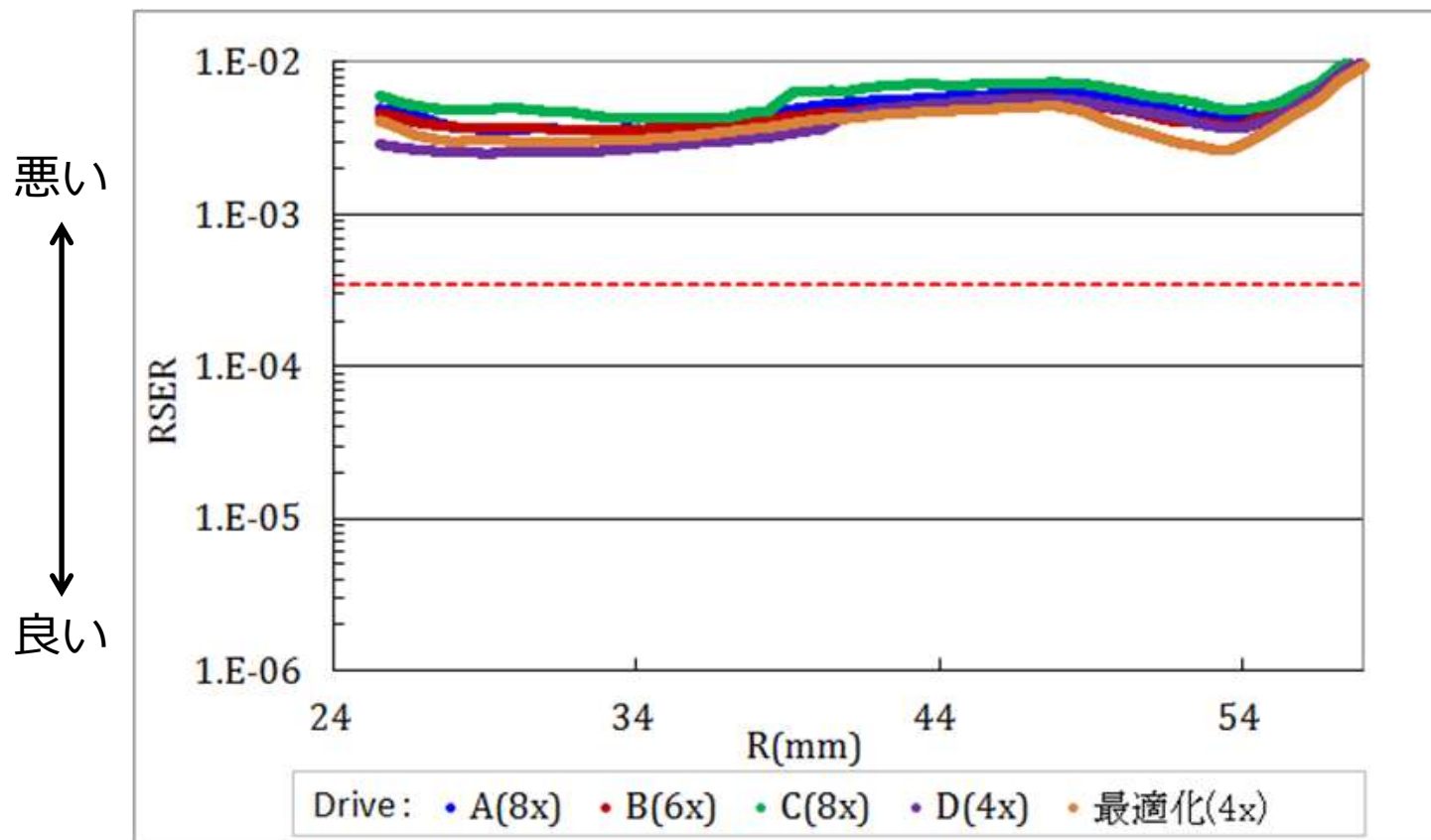
BD-R SL disc RSER試験結果例（高倍速記録で初期記録品質が低下する例）

経済産業省委託 平成26年度経済産業省 高機能JIS等整備事業 高機能JIS開発
光ディスクにおいてデジタルデータの期保存を可能とする高品質アーカイブグレード評価基準に関するJIS開発
成果報告書

平成27年2月 一般財団法人光産業技術振興協会

最適化されたドライブによるサポート

ディスクの基本特性が悪い場合もあります。



BD-R SL disc RSER試験結果（ディスクの基本性能が悪い例）

経済産業省委託 平成26年度経済産業省 高機能JIS等整備事業 高機能JIS開発
光ディスクにおいてデジタルデータの期保存を可能とする高品質アーカイブグレード評価基準に関するJIS開発
成果報告書

平成27年2月 一般財団法人光産業技術振興協会

一般市販用光ディスク

BD-Rディスクとドライブのマッチング

相性が悪い組み合わせが存在する(アルメディオ)

市販ディスク 12 種 × 市販ドライブ 9 種 = 108 通り

→ OK 64 通り (59%)

→ NG 44 通り (41%)

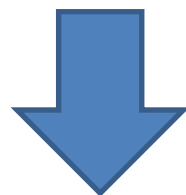
(JIS Z6017の初期記録検査の基準)

デジタルエラー

		Disc											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Drive	A	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	OK	OK	NG
	B	NG	OK	NG	OK	OK	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
	C	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	NG	OK	NG	OK	NG
	D	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	NG	OK	NG	NG	OK
	E	OK	NG	OK	OK	OK	NG	OK	NG	NG	NG	NG	NG
	F	OK	NG	NG	OK	OK	NG	OK	OK	OK	NG	NG	NG
	G	OK	OK	OK	OK	OK	NG	OK	NG	NG	OK	NG	NG
	H	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	OK	NG	OK
	I	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	OK	NG	OK

一般市販用光ディスクのまとめ

- 初期記録品質が悪いディスクが存在する
- 経時変化が著しいディスクが存在する
- ディスクとドライブのマッチング問題が存在する



一般市販ディスクを
長期保存用に用いるのは不安がある

長期保存用光ディスク

ディスク品質を左右する4大要素

①エラー発生を防ぐ記録膜

- ①記録膜の材料設計・熱設計
- ②高度な生産技術・品質管理

②物理的変形の無いディスク

反りやぶれを抑える成型技術

この複合体が
長期保存メディアの
重要な要素

③劣化しにくい材料・構造

- 耐久性の高い材料の選択
- ①記録膜
 - ②反射膜
 - ③各種樹脂層

④低エラーレートの書き込み

- ①安定した回転
- ②適切にコントロールされたレーザーパワー・波形

ディスクに最適チューニングされた
専用ドライブ

長期保存用光ディスク（BD-Rの例）

高い耐久性

海水浸漬試験（三菱化学メディア）



かごに入れたディスクを海中1.5mに 1 週間放置

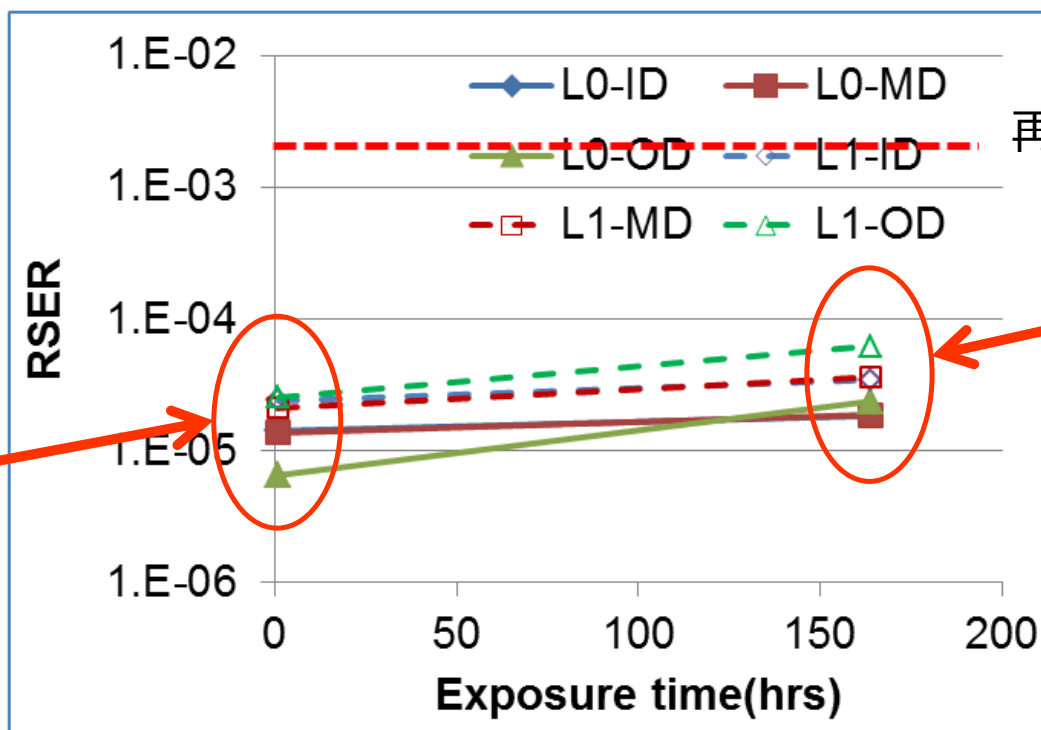
長期保存用光ディスク（BD-Rの例）

高い耐久性

海水浸漬試験（三菱化学メディア）

エラーレートはほとんど変化しない

悪い
↑



再生可能なレベル

Before

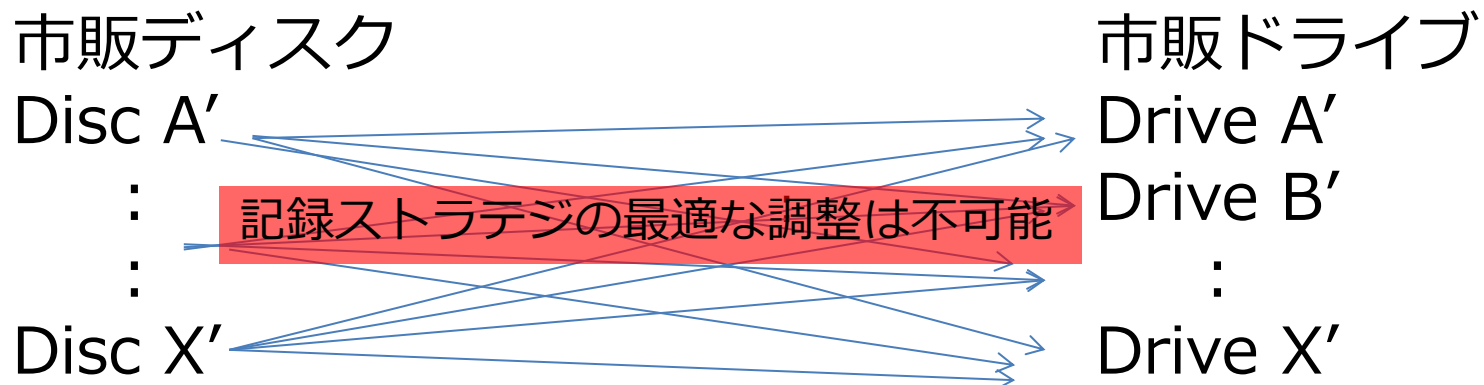


After



最適化されたドライブによるサポート

一般サポート

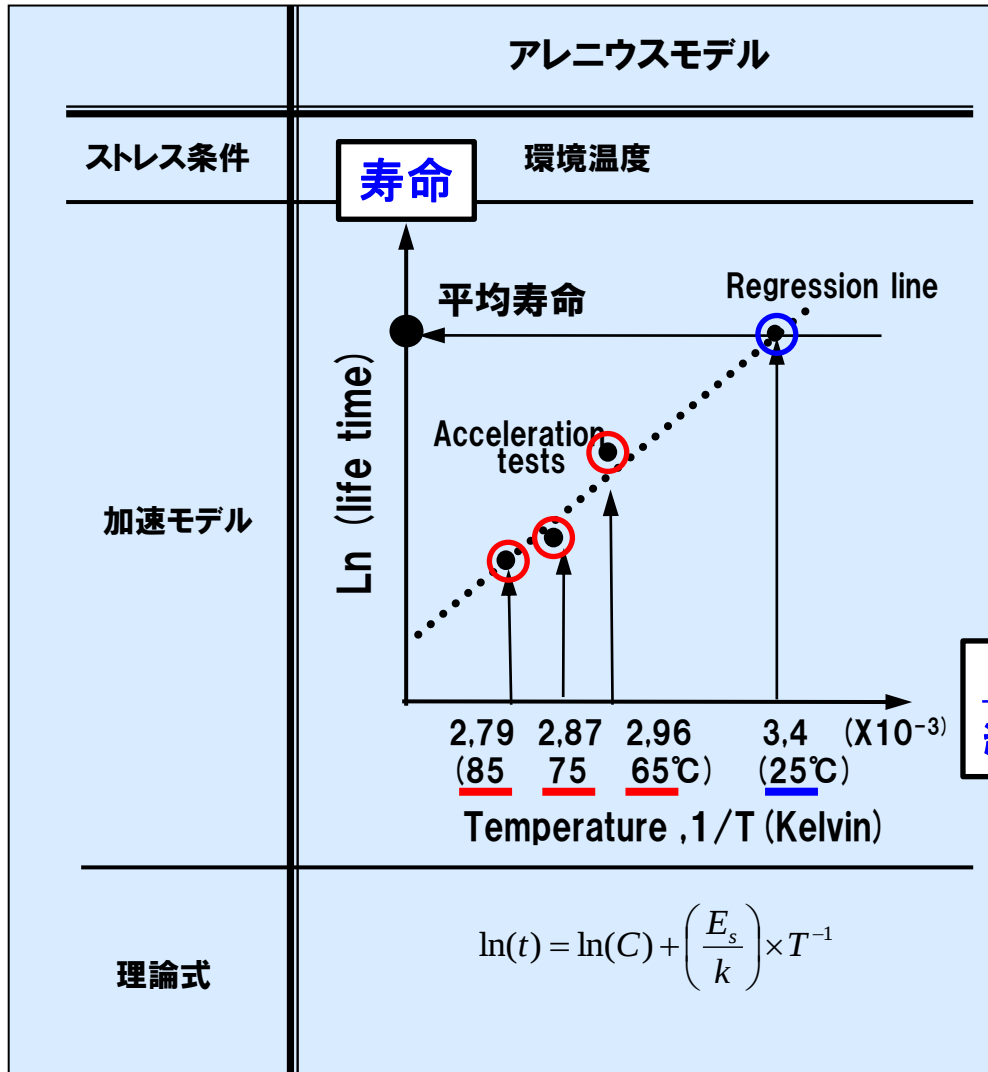


専用サポート

長期保管用ディスク ↔ 最適化されたドライブ

最適化されたストラテジと記録方式で記録。
高品質な記録特性を実現

ISO10995/16963規格に 採用された加速試験法



寿命の対数は $\frac{1}{\text{絶対温度}}$ に比例

寿命の対数は 相対湿度 に比例

$$\ln(t) = \ln(A) + \left(\frac{E_s}{k}\right) \times T^{-1} + B \times R$$

E_s : 活性化エネルギー,
 k : ボルツマン定数,
 T : 環境温度,
 R : 相対湿度,
 t : 寿命データ
 A, B, C : 定数,

$\frac{1}{\text{絶対温度}}$

高温・高湿条件で寿命を求め
定数を決定

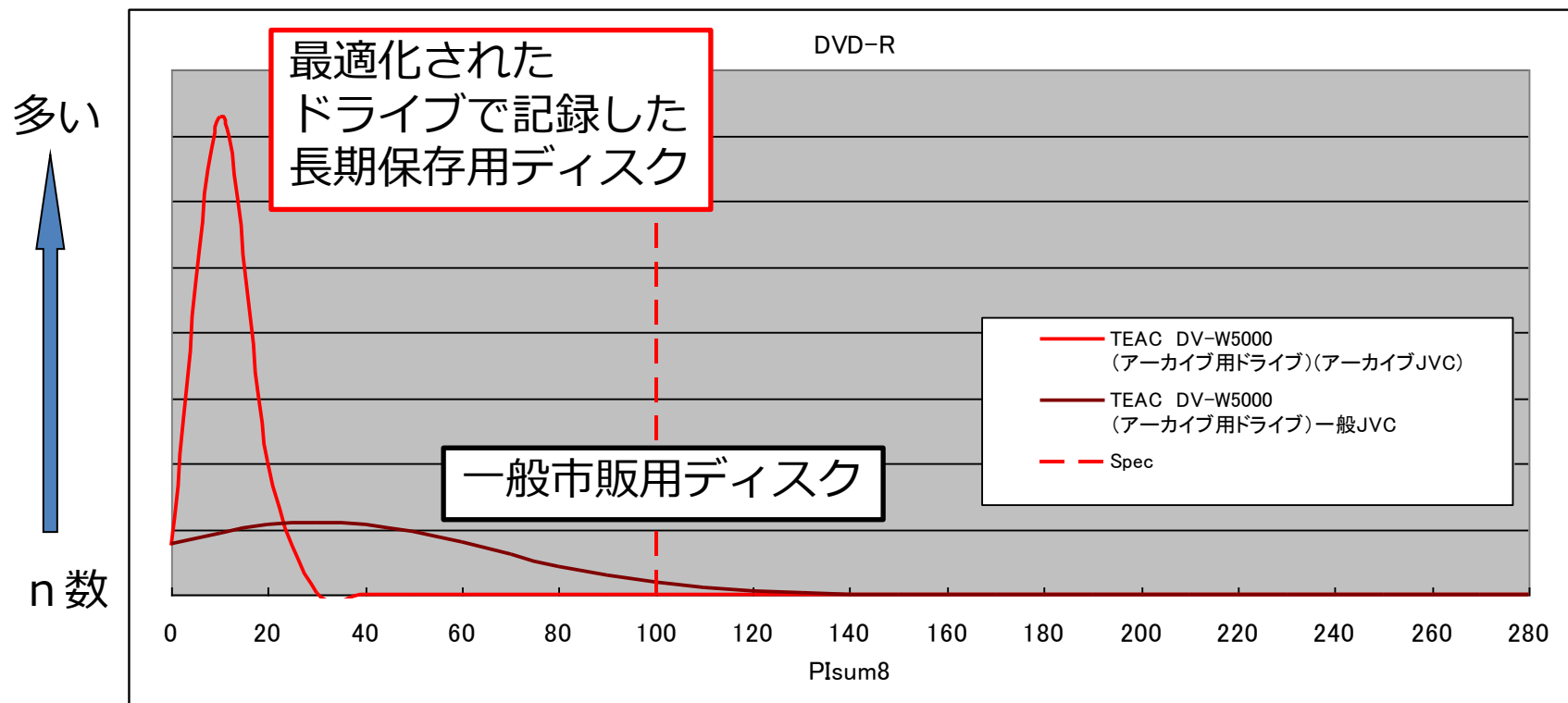
→ 任意の温湿度で
期待寿命を推定

業務用ディスクでは25°C/50%RHでの
推定寿命が数千年のディスクが存在

http://www.mcmedia.co.jp/enterprise/pdf/report_dj_j.pdf
http://www.mcmedia.co.jp/enterprise/pdf/report_tl_j.pdf

高度な生産技術・品質管理

厳しい管理のもと生産された長期保存用ディスクと最適化されたドライブとの組合せにより、初期特性値を極めて低い値に抑え、かつ均質に作成することができます。



初期特性 (エラー値)

悪い

アーカイブ用光ディスク製品認証制度

背景 アーカイブ用光ディスク製品認証

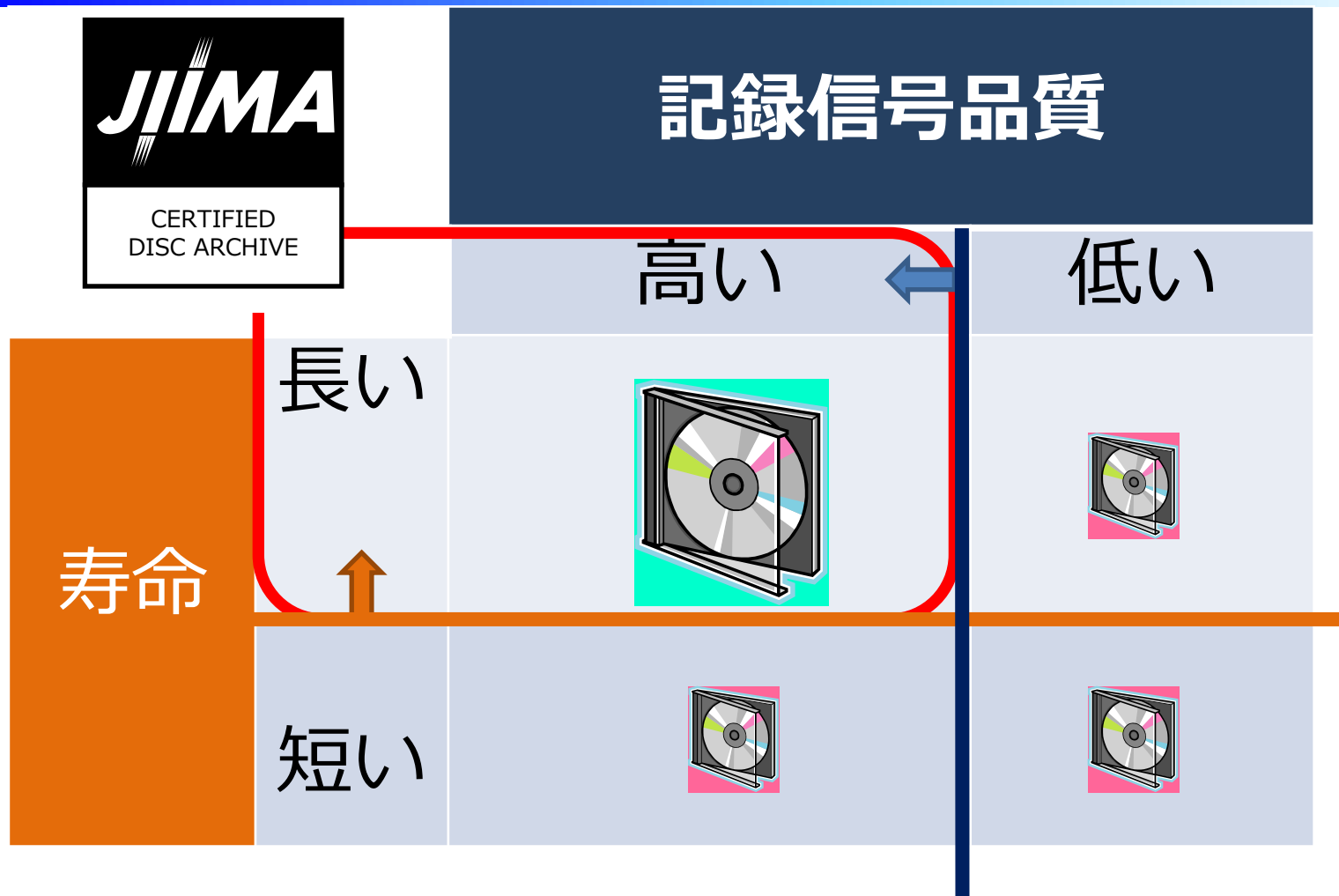
IT社会での爆発的に増加するデジタル情報に対し、現在、永続的かつ安全に保存・蓄積する方法がなく危機的な状況に直面

- ✓ 日本発の技術である光ディスクは…
 - 今も年間3億台の再生機（世界推定稼働15億台）
 - 使い方簡単、安価。高互換性、保存中の電力不要
 - 物理規格、運用規格、寿命推定試験規格がそろっている

<課題>

正しくディスクと記録ドライブを選定すれば、長期保存可能。
だが、その選択方法の指針が無かった。

認証制度とは



光ディスクアーカイブ関連規格

3つが揃っているのは、光ディスクだけ

		フォーマット規格	寿命試験規格	運用管理規格
CD	ISO JIS	ISO/IEC 10149 JIS X 6281	ISO/IEC 18927 ISO/IEC 16963	JIS Z6017
DVD	ISO JIS	ISO/IEC 16448 JIS X6241	ISO/IEC 10995 ISO/IEC 16963	ISO/IEC 29121 JIS Z6017
BD	ISO JIS	ISO/IEC 30190 ISO/IEC 30191	ISO/IEC 16963 ^{*1}	JIS Z6017 ^{*2}

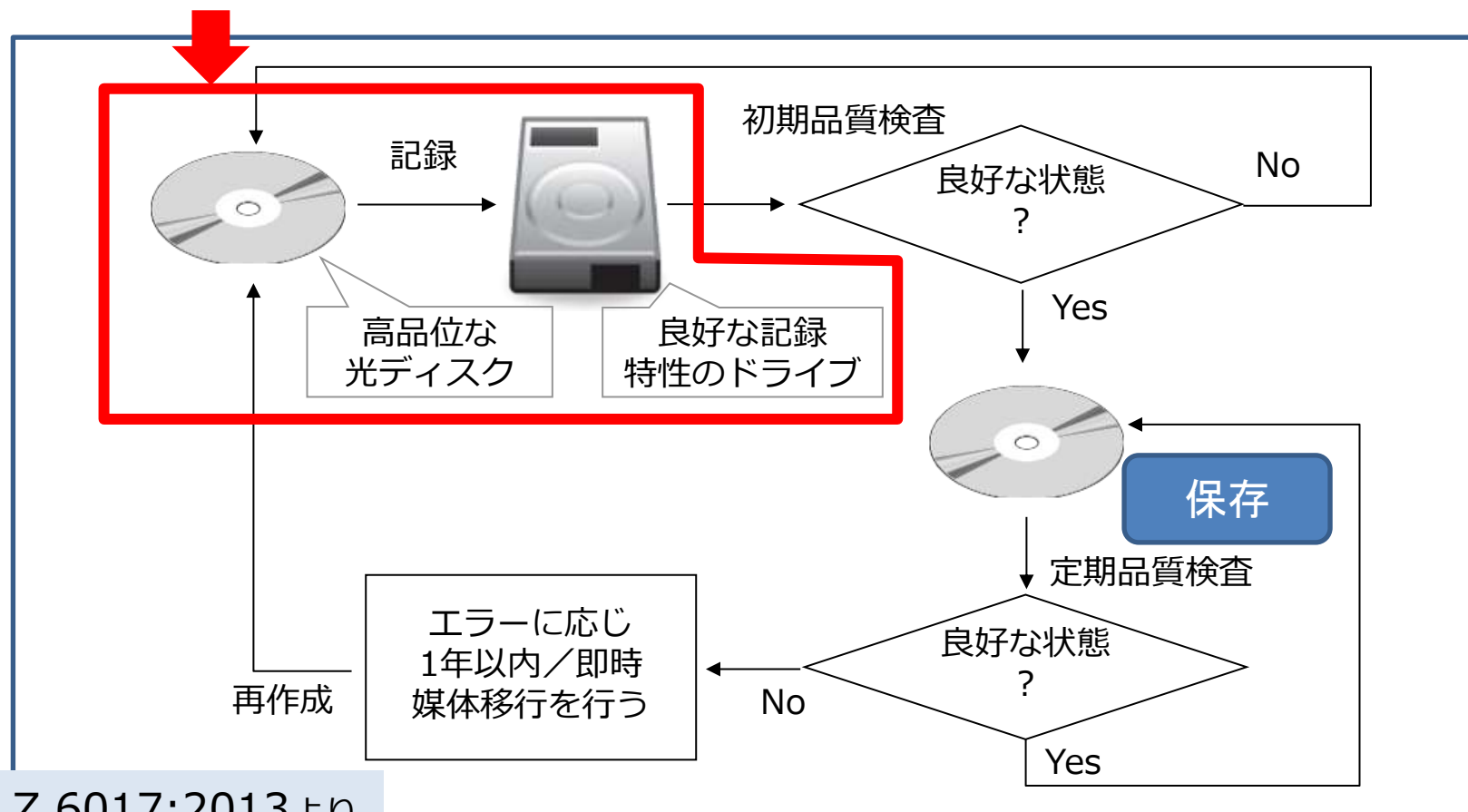
30年以上

*1:2015年3月改定

*2:2013年10月改定

認証品のメリットは？

- ①確実に文書情報を保存
- ②公的規格で判定
- ③記録機とディスクの組合わせにJIIMA認証審査委員会が認証付与



認証制度の詳細について…



JIIMA について

案内図

お問い合わせ

入会のご案内

English

公益社団法人日本文書情報マネジメント協会

検索

▶ 文書情報管理士

▶ 文書情報マネージャー

▶ 委員会

▶ ナレッジ会員に
なりませんか

▶ 月刊 IM 電子版

▶ 政策提言・
ガイドラインなど

▶ 出版物・販売品

▶ 展示会・セミナー

▶ マイクロフィルム
に関して

▶ 長期保存のための
光ディスク

▶ 文書の安全な保管・保存

▶ 文書情報管理士更新

文書管理用語辞典

アーカイブ用
光ディスク製品認証制度



第8回 文書情報マネージャー認定セミナー

2015年7月10日(金)～11日(土) 申込み受付中

詳細はこちら

JIIMA セミナー2015 東京

クラウド・ビッグデータ時代の文書情報マネジメント
～加速する紙から電子の社会～

2015年5月28日(木) 大手町ファーストスクエアカンファレンス

JIIMA セミナー2015 大阪

クラウド・ビッグデータ時代の文書情報マネジメント
～加速する紙から電子の社会～

2015年6月12日(金) 大阪産業創造館



ecm ECM 総合サイト
Portal

ISO11506-1と35mmCOMシステム
ブックスキャナー
35mmCOM-複製機 System-2

世界シェアNo.1のイメージスキャナ
fi Series
Pfu

Canon
ImageFORMULA
多様なスキャンニーズに幅広く対応するラインアップ

Kodak alaris
プロフェッショナルのための
ドキュメントスキャナー

TERRADA
PREMIUM
機密文書の管理・活用
おまかせください！

JIIMA 会員へのリンク
JIIMA 会員各社の
Web サイトへのリンクです。

寄附のお願い

最新の情報はJIIMA HPにて

<ロゴの例>




ドライブとディスク組み合わせ一覧(製造者名 あいうえお順)

(BD-R)

ドライブ	ドライブ型番	ディスク	容量	認証記録速度(注1)	製品番号
パイオニア	BDR-PR1MA-P BDR-PR1MA-* BDR-PR1EPA BDR-PR1MC-P BDR-PR1MC-* BDR-PR1EP	業務用アーカイブディスク (三菱化学メディア株式会社)	50GB(DL)	4×	ASBSxxRDyy AABSxxRDyy
			100GB(TL)	4×	ASBFxxRTyy AABFxxRTyy

<http://www.jiima.or.jp/certification/list.html>

データの長期保存における 光ディスクの優位性

出展：日本文書情報マネジメント協会
電子化文書長期保存のための
Blu-ray Disc™検査基準及び取扱いに関するガイドライン
http://www.jiima.or.jp/pdf/7_JIIMA_guideline.pdf

デジタルメディア

フラッシュメモリ



一次保存

モバイル アプリケーション



再生専用光ディスク



コンテンツの大量配布

CD, DVD, BD

HDD



データ処理・保存

大量のデータ
高転送レート
一次保存
PC, レコーダ



テープ



バックアップ

大量のデータ
高転送レート
サーバシステム

記録形光ディスク

長期保存

高信頼性
将来的な見読性
DVD-R, BD-R



デジタルアーカイブの要件 I

見読性（可視性）

- 音楽、映像コンテンツ、PC用途により、他のシステムに比べて再生装置が桁違いに普及しており、どこでも再生できます。
- CDの発売は1982年ですが、現在もサポートされ続けています。

完全性（真正性）

- 追記型光ディスクを用いることで、誤操作や意図的な上書き、消去ができません。

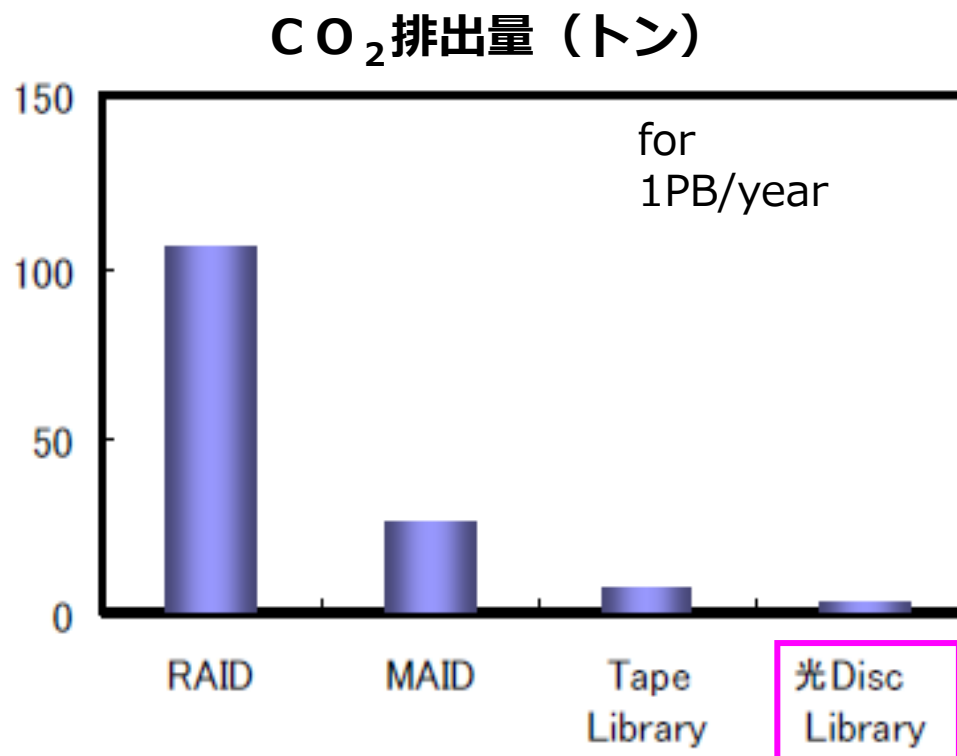
機密性

- オフライン媒体であるため、ネットワーク上の攻撃を受けることがありません。

デジタルアーカイブの要件 II

環境性

- 保存環境は通常のオフィス環境、特別な空調を必要としません。
- 記録媒体の中で CO_2 排出量が最も少ない。



デジタルアーカイブの要件 III

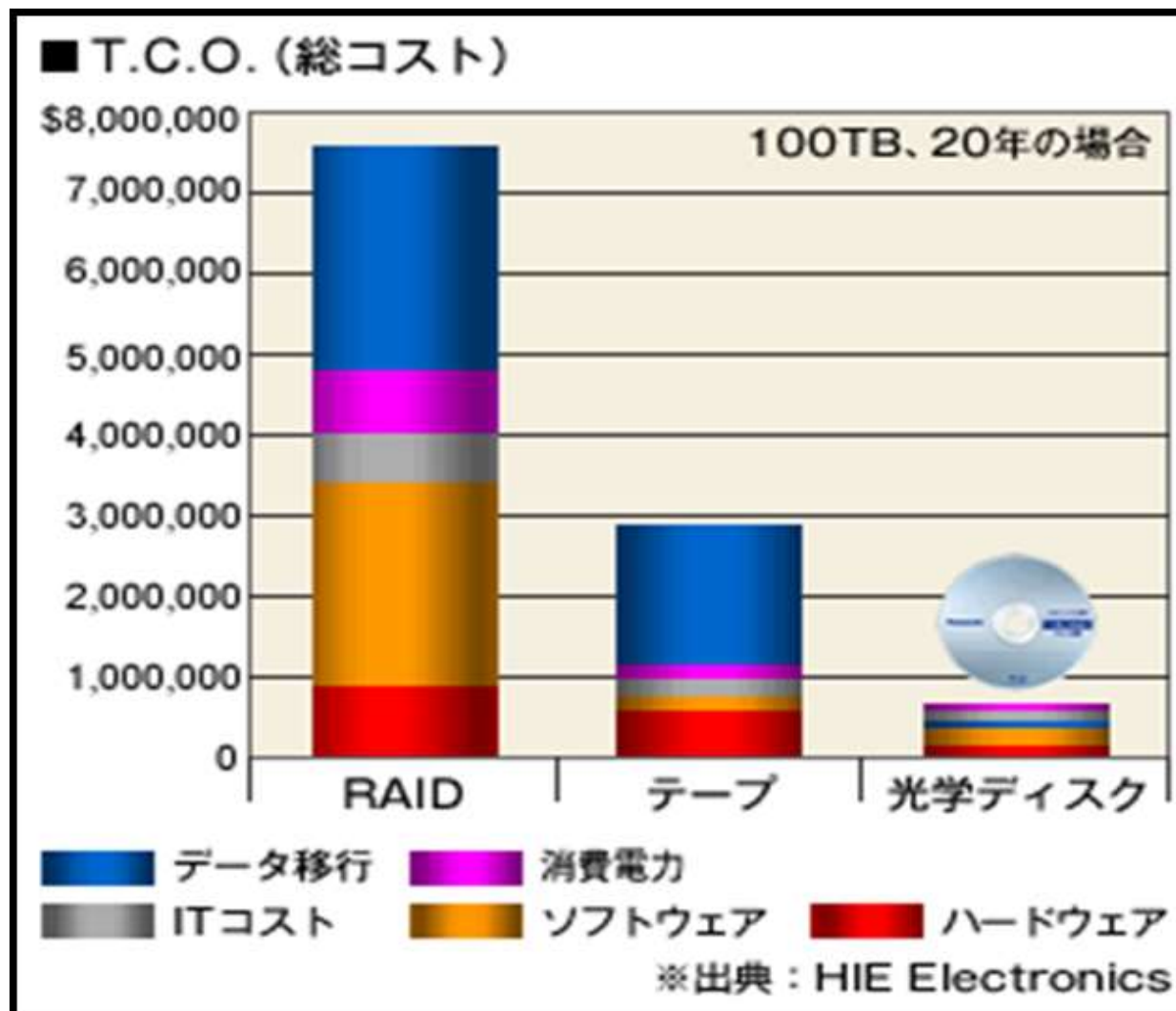
取扱い性

- ディスク表面を汚してしまっても、ほとんどの場合は**クリーニング**をすることで回復可能です。

経済性

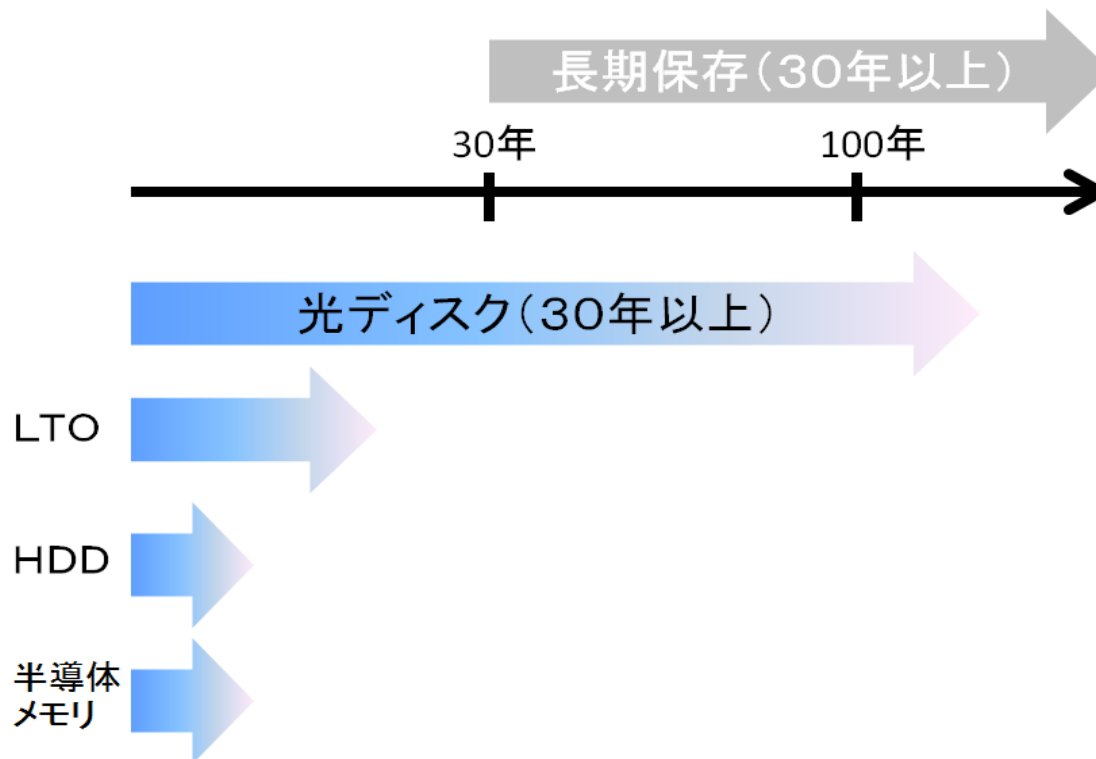
- 光ディスクの長期保存性によって、データの移し変えを頻繁に行う必要がありません。よって、長期保存中のマイグレーションにかかる費用が少なくなります。

100TBのデータを20年保存した場合の トータルコスト比較



媒体間パフォーマンス比較

デジタルメディア寿命イメージ



※適切な保存環境におかれた場合

光ディスクアーカイブの優位性

	Optical (BD-R 100GB)	LTO
長期保存性	○ 50年以上	△ 20年程度
異常事象耐性	○	△
トータルコスト (100TBを20年保存)	○ (～70百万円)	△ (～290百万円)
環境負荷 (保存環境)	○ (-10～55℃/5～90%)	△ (16～32℃/20～80%)
ランダムアクセス性	○ 十数秒～数十秒	× 数分
機器互換性	再生機 下位互換性有	2世代前まで 再生可能
再生環境	豊富	限定的
データ堅牢性・真正性	○ (Real Write-once)	× (書換可能)
物理接触	○	×

媒体間パフォーマンス比較

カートリッジ+ライブラリースystemとして

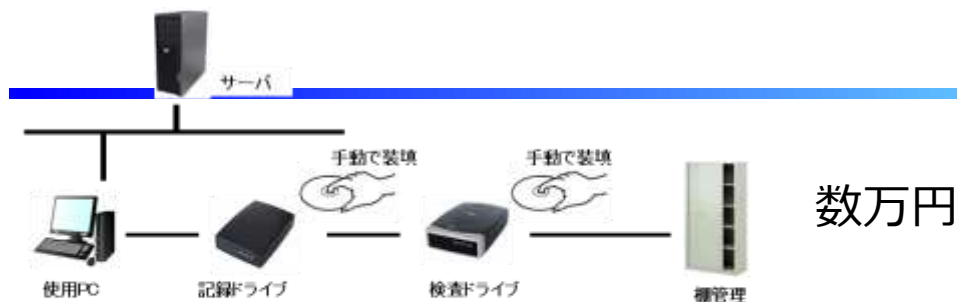
	Optical (BD-R TL)	LTO(Ultium7)
データ転送速度	△ 216MB/s (12×18MB/s)	○ 300MB/s
記憶容量	△ 1.2TB (12×100MB)	○ (6.0TB)
マガジンサイズ	129.5×20.8×131.3	105.4×102.0×21.5

*非圧縮時

- 転送速度という点では、HDD, TAPEに劣る
→複数枚を複数台のドライブの同時再生で改善

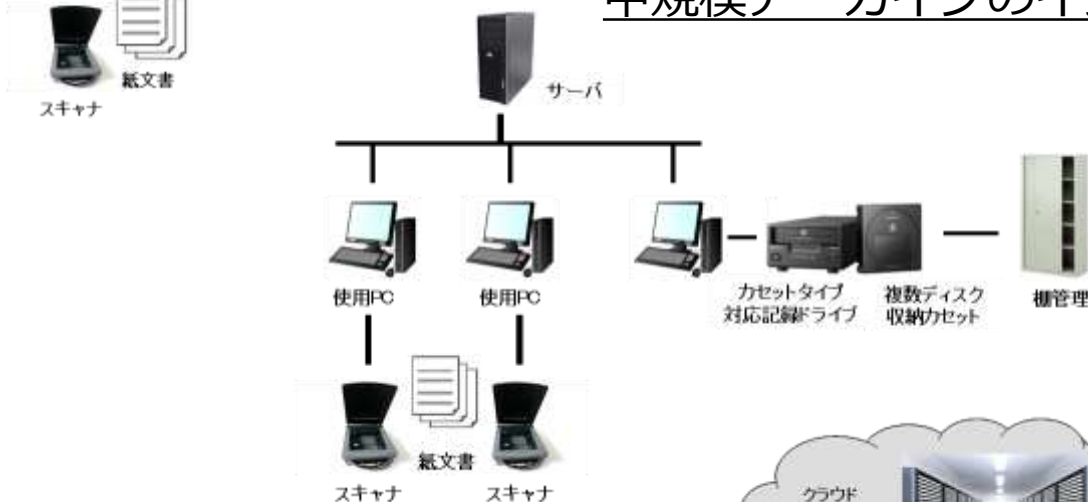
長期保存用光ディスクの運用方法

小規模アーカイブのイメージ

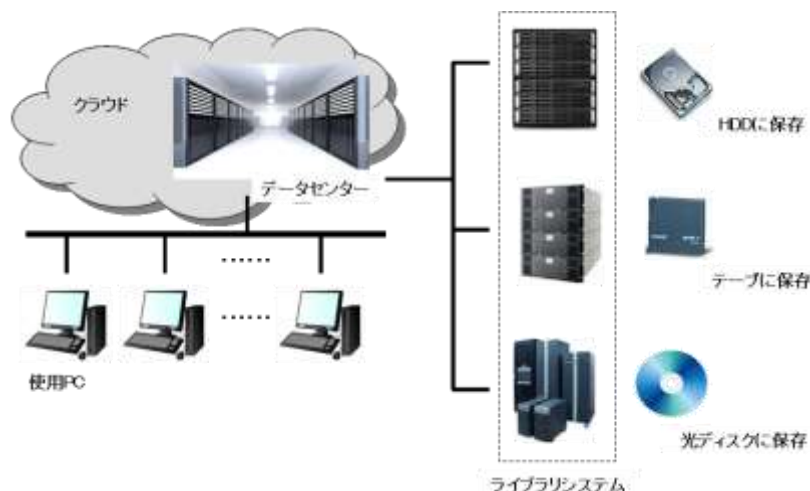


規模と予算に応じて最適なシステム構築が可能

中規模アーカイブのイメージ



大規模アーカイブのイメージ



HDD + 光ディスク
保存と活用を両立した
最適なシステム

活用方法

- 貸出用：DVD、BDで棚保管
 - 豊富な再生環境
 - 緊急時の持ち出し・活用が可能
- 保存用：ライブラリー
 - オンラインで活用が可能
 - 自動で定期品質管理が可能

セキュリティ

- コピープロテクション
 - DVD-ROM : CSSで暗号化されている
 - BD-ROM : AACCSで暗号化されている
 - 市販のコピープロテクションソフトでコピー防止が可能
 - DVD-Rの例 : Patronus
 - BD-Rの例 : Blu-Lock
(<http://www.fortiumtech.com/>)

アーカイブシステムの例



写真3 長期保存用画像の光ディスク保存の様子
(普段は消灯) 写真提供 国立国会図書館関西館



写真1 (上) 中之条町歴史と民俗の博物館「ミュゼ」
写真2 (下) 作成された長期保存用光ディスク

核融合研究所

ユーザ：核融合科学研究所様
(岐阜県 土岐市)

使用状況：

1日1.5TB、年70TBの新規データ
コールドストレージ兼バックアップ
ミドルウェア：独自開発

採用のポイント：

- ・運用の手軽さ
最少単位が50GB ⇒ 1.2TB
- ・高速性：
1日以上 ⇒ 約100分で書き込み完了
- ・信頼性：
マガジン構造とRAID機能による信頼性
正副データ ⇒ RAID6 正データのみ



実験設備



データ取得サーバ
1.5TB/日
圧縮データ



ローカルI/F

LAN

1.5TB/日
圧縮データ



データ参照
クライアント



データフロー
制御サーバ
/NASストレージ



アーカイブ装置

Facebook

**貴重なデータを長期間、安全に保存
Facebookと連携して光ディスクを使ったデータ
センター用データアーカイブシステムを開発
データセンターのコスト削減に貢献**

2016年1月6日
パナソニック
プレスリリース

パナソニック株式会社（以下、パナソニック）は本日、光ディスクを使ったデータアーカイブシステム「freeze-ray」をFacebook, Inc.（米国、以下Facebook）と連携して開発したことを発表いたしました。

同社との連携により、パナソニックは世界中のデータセンターにおけるコールドデータ、すなわちアクセス頻度が低いあるいはアクセスされることがないものの長期間保存が必要なデータの保存とアクセスにおいて、高効率で持続可能なシステムへのニーズに応えることができる「freeze-ray」を開発しました。

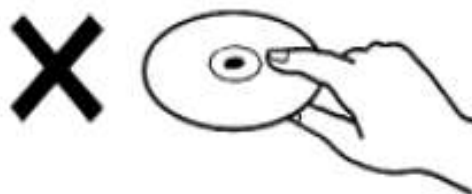


ディスクの取扱い上の注意 I

ディスクの持ち方



図A 正しいディスクの持ち方



図B 誤ったディスクの持ち方

ディスクを曲げたり落さないようにご注意ください



出典：日本記録メディア工業会

ディスクの取扱い上の注意 II

タイトルの書き方

レーベル面の記入領域に先の柔らかい油性フェルトペンなどで記入して下さい。



シートやラベルを貼らないで下さい



出典：日本記録メディア工業会

ディスクの取扱い上の注意 III

ディスク記録面の汚れやホコリの取り方

記録面に汚れ、ホコリが付着した場合は、メガネ拭きのような柔らかい布でキズが付かないように軽く拭きとって下さい。

拭くときには内から外へ(ディスクの中心から外周に向かって)直線的に拭いて下さい。



内から外



円周方向

出典：日本記録メディア工業会

光ディスクの取扱い上の注意

http://www.jiima.or.jp/pdf/disk_20110810.pdf

ディスクの取扱い上の注意 IV

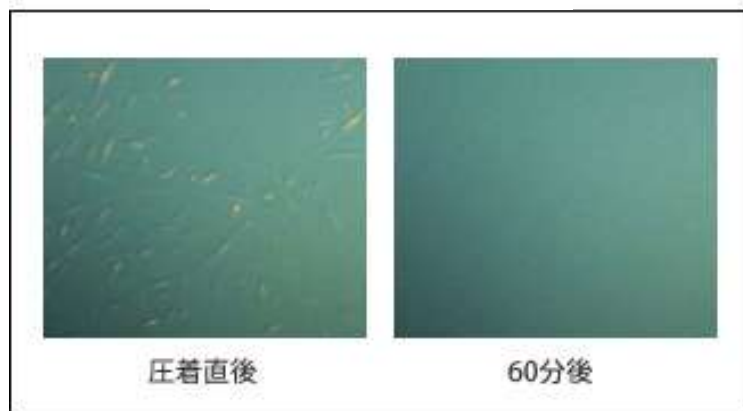
保管方法

直射日光下、高温多湿の場所を避けて保管して下さい。

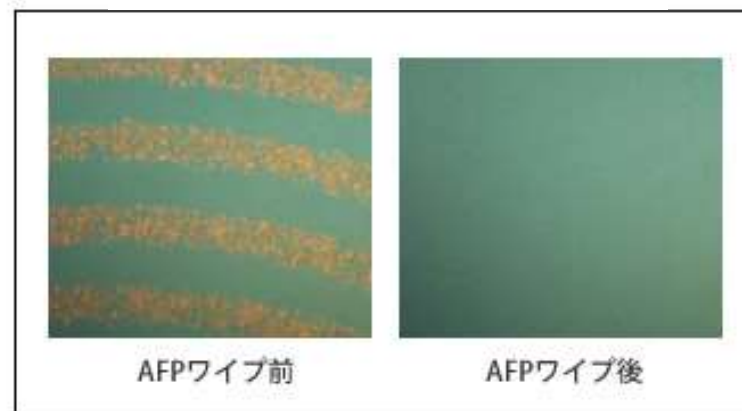
レベル面が直接触れるような軟質系ケース、不織布ケース等での保管は避けて下さい。

BD プロテクションコート

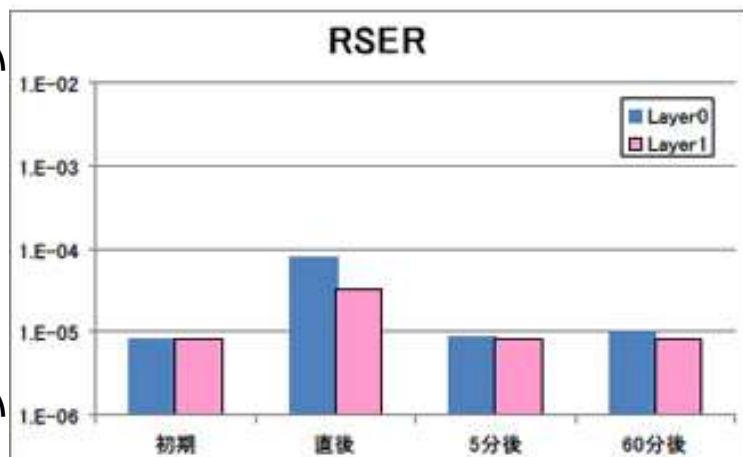
圧着試験



人工指紋 (AFP) 試験

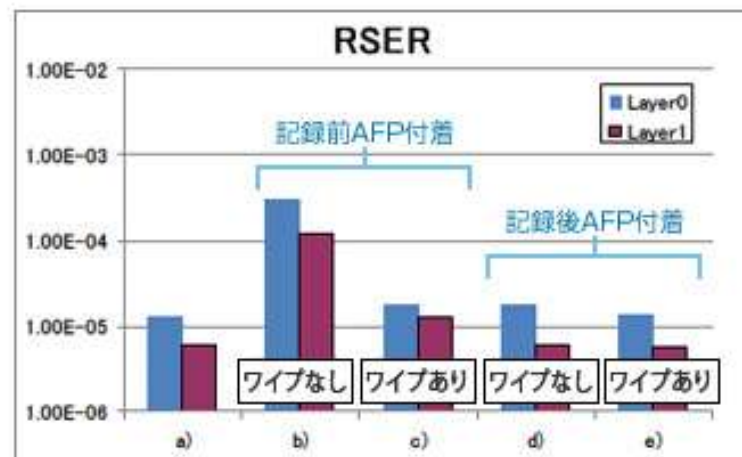


悪い
↑
↓
良い



*φ 12mm, 5kgの重りを不織布の上にのせ5分荷重をかけた後、SER測定

耐圧着痕性能：傷がついても5分後には傷が軽減



a: Write-read b: AFP-write-wipe-read c: AFP-wipe-write-read
d: Write-AFP-read e: write-AFP-wipe-read

*AFP=Artificial Finger Print

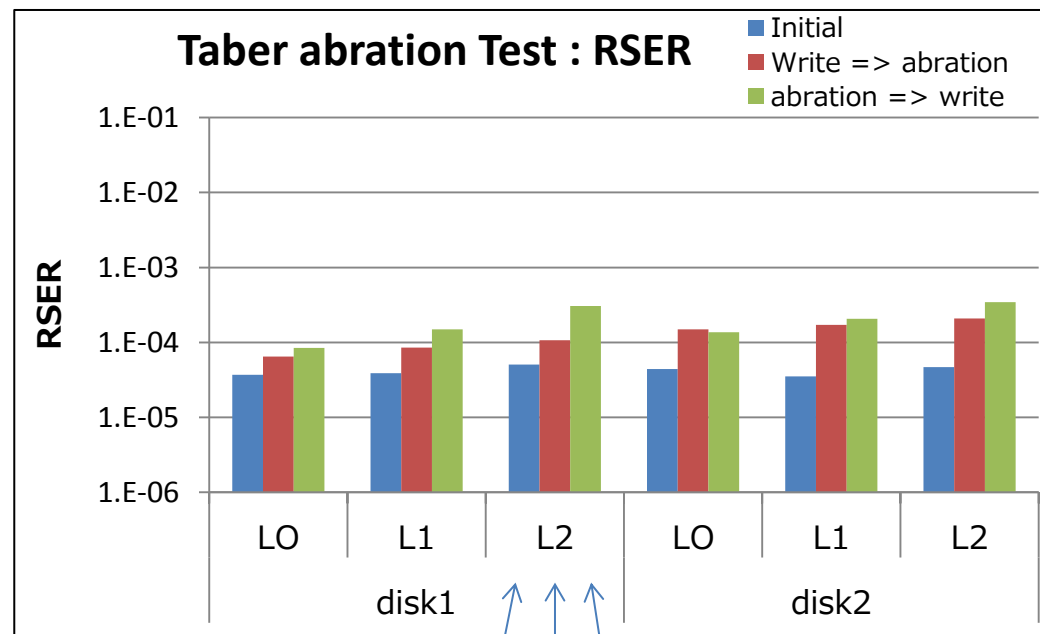
防汚性能：記録前後に指紋が付着した場合でも
拭き取れば信号特性に影響はない。

BD プロテクションコート

摩耗試験



悪い
↑
↓
良い



何れに記録
↑
記録後に摩耗試験
↑
摩耗試験後に記録

参考文献

- 光ディスクの原理説明
電子情報通信学会「知識の森」
<http://www.ieice-hbkb.org/portal/>
- 各種光ディスクの性能比較
経済産業省委託 平成 2 6 年度経済産業省 高機能 J I S 等整備事業 高機能 J I S 開発
光ディスクにおいてデジタルデータの期保存を可能とする高品質アーカイブグレード評
価基準に関する J I S 開発 成果報告書
平成 2 7 年 2 月 一般財団法人光産業技術振興協会
- 長期保存用光ディスクの寿命推定結果の例
http://www.mcmedia.co.jp/enterprise/pdf/report_dl_j.pdf
http://www.mcmedia.co.jp/enterprise/pdf/report_tl_j.pdf
- 日本文書情報マネジメント協会 アーカイブ用光ディスク製品認証制度
<http://www.jiima.or.jp/certification/index.html>
- 日本文書情報マネジメント協会 電子化文書長期保存のためのBlu-ray Disc™検査基準及び
取扱いに関するガイドライン
http://www.jiima.or.jp/pdf/7_JIIMA_guideline.pdf
- コピー防止ソフトの例
<http://www.fortiumtech.com/>
- ディスクの取り扱い上の注意 http://www.jiima.or.jp/pdf/disk_20110810.pdf

ご清聴ありがとうございました。