

C-027

ATA ディスク適用ストレージ向け高信頼化技術の開発(1)  
 ～ ATA ディスク高信頼化対策 ～  
 Development of High-Reliable Controls for ATA-based Storage System (1)  
 ～ Improvement of Disk Reliability ～

新井 政弘†  
 Masahiro Arai

中川 豊†  
 Yutaka Nakagawa

松並 直人†  
 Naoto Matsunami

八木沢 育哉‡  
 Ikuya Yagisawa

## 1. はじめに

近年、高性能サーバ向けストレージとして、価格/性能比と信頼性に優れるRAID<sup>[1]</sup>技術を利用したストレージが一般に用いられている。このようなストレージには従来SCSIやFibre Channelなど高信頼なサーバ向けディスクが利用されてきた。

しかし、データ量の急増を背景に、長期アーカイブなどコスト重視の用途においては、安価で大容量なPC向けATAディスクを活用しようとする動きがエンタープライズシステムでも広まりつつある。

従来用いられてきたSCSIやFibre Channelディスクがサーバ向けに設計され、エンタープライズ用途において長きにわたり実績を積んできた製品であるのに対し、ATAディスクは、PC向けに設計された製品である。また、同用途でのATAディスク適用はまだ黎明期にあり、十分な実績が積まれていない。

このような状況下においてPC向け部品であるATAディスクをエンタープライズ用途で使いこなしていくためには、信頼性に十分な配慮をし、万全の対策を施すことが重要と考える。

本報告では、ATAディスクを対象に新規技術を適用する上でストレージとして考慮すべき信頼性の観点を設計要件としてまとめる。設計要件に基づく対策技術を提案し、具体例として予防保守機能の一例について説明する。

## 2. ストレージ信頼性設計要件

先に述べたように、ATAディスクはエンタープライズ用途におけるフィールドでの実績が十分とはいえない。それゆえ同用途にふさわしい貫した信頼性を確保することが重要となってくる。そのためには、考慮すべき観点を網羅的に検討することが必要と考える。

本報告では、データがストレージに記録されてから読み出されるまでに実施される制御に着眼し、これを軸としてATAディスク適用に関わる信頼性設計要件をまとめる。

### (1) 記録

RAIDでデータが保護されるためには、正しく記録されていることが前提となる。しかし、ATAディスクはサーバ向けディスクに比べNon-Recoverableエラーレートが高い。

そのため、データが確実に正確にディスク面に記録されている事を保証できることが必要となる。

### (2) 読出

(1)により正しく記録できたとしても、長期保管中の突発的・後発的な事象によりデータ損失する可能性が考えられる。(1)でも述べたようにATAディスクではNon-Recoverableエラーレートが高く、ディスク自身が備える誤り訂正・検出機構によってエラー検出できる確率が低下する。そのためストレージでも読み出した際にデータが誤っていないことを検査できる機能を備えることによりエラー検出率を高めることが重要となる。

### (3) 復元

読出し時にデータが誤っていた際には、正しいデータを回復しなければならない。そのための復元機能が備わっている必要がある。

### (4) 予防

復元機能が備わっていても、他のディスクのセクタ障害や、ディスクの二重障害により復元できなくなるケースもある。このため、復元を妨げる障害リスクを取り除いておく予防機能が重要である。特にPCなど比較的low dutyな環境に比べ、ストレージはhigh dutyな環境となるためATAディスクの疲弊が激しくなる可能性がある。

以上の観点を、ストレージ信頼性設計要件として表1に纏める。次節以降ではこの設計要件に照らし合わせ対策技術の考案を行う。

表1 信頼性設計要件

#	分類	内容
(1)	記録	正しく記録できた事を保証すること
(2)	読出	読出したデータが誤っていないかを検査できること
(3)	復元	データが誤っていた際、正しいデータを復元できること
(4)	予防	復元を妨げる障害を予防保守すること

† (株)日立製作所 システム開発研究所  
 Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.

‡ (株)日立製作所 RAIDシステム事業部  
 Disk Array Systems Division, Hitachi, Ltd.

ATA : AT Attachment  
 SCSI : Small Computer System Interface

3. 高信頼化対策の提案

表3に基づいて、各課題を解決するストレージ高信頼化技術を考案した。これらの対策技術を表4に示す。ここでは紙面上の都合から、表中の項目(4)の具体策として予防保守機能の一例について提案する。なお、項目(1)、(2)の対策技術に関しては文献[2]を参照されたい。

表4 ATAディスク高信頼化技術

#	分類	対策技術
(1)	記録	ライト&コンペア
(2)	読出	データ保証コード付加
(3)	復元	RAID
(4)	予防	オンラインベリファイ 円板潤滑剤均一化機能、他

4. 予防保守機能の一例

設計要件に示すようにATAディスクでは高デューティによるディスクの疲弊が懸念される。対策案としては、障害を早期に発見し保守する対策と、疲弊をできるだけ軽減し障害発生リスクの低減を図る対策との2種類が考えられる。

そこで、前者に対してはオンラインベリファイ機能と障害予兆検出機能を、後者には円板潤滑剤均一化機能およびヘッドアンロード機能を考案した。

4.1. オンラインベリファイ機能

オンラインベリファイは通常I/O継続しつつディスク全体のベリファイを定期的に行うことで、不良セクタを早期検出・修復を行う。随時障害を取り除いておくことで、不良セクタの累積に起因する、RAIDパリティ回復時の二重障害の発生を予防する。

4.2. 障害予兆検出・予防コピー機能

ATAディスクのエラー情報を統計管理することによって障害発生予兆のあるディスクを早期に発見し、実際に障害の発生する前にスペアディスクへのコピー退避を実施する(図1)。

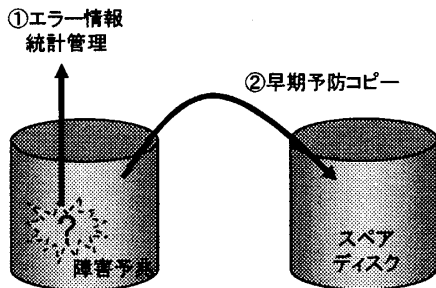


図1 障害予兆検出・予防コピー機能

4.3. 円板潤滑剤均一化機能

ヘッドと円板の間には潤滑剤が封入されている。ディスク全域への定期的なシークをI/O処理間にスケジューリングして実施することで、この潤滑剤の偏りをなくし、円板面を平滑に保つことで障害リスクを低減する(図2)。

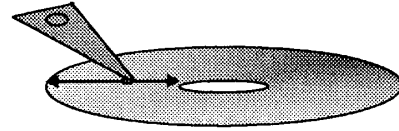


図2 円板潤滑剤均一化機能

4.4. ヘッドアンロード機能

ヘッドとディスク面とのクラッシュを予防するため、アイドル時にヘッドをディスクの記録面上に留めず、ストレージコントローラ側での制御によって、ヘッドを退避場所へ移動させる。これによってヘッドのストレスや接触リスクを低減する(図3)。

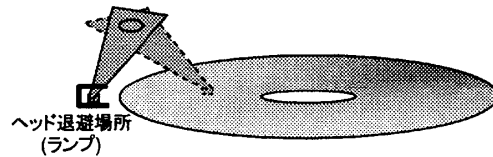


図3 ヘッドアンロード機能

6. まとめ

ATAディスクのストレージへの適用に当たり、考慮すべき信頼性観点を信頼性設計用要件をまとめた。また、同要件に基づく課題に対し対策技術を考案することで、ストレージとして一貫したATAディスク高信頼化の方式を提案した。

参考文献

[1] David A.Patterson, et al.: "A Case for Redundant Arrays of Inexpensive Disks (RAID)", Report no.UCB / CSD 87 / 391, Computer Science Division Department of Electrical Engineering and Computer Science, University of California, Berkeley, 1987.  
 [2] 中川 豊 他: "ATAディスク適用ストレージ向け高信頼化技術の開発(2) ~ データインテグリティ向上施策 ~", FIT2005 第4回情報科学技術フォーラム講演予稿集  
 [3] Thomas M. Ruwart, et al.: "Performance Impact of External Vibration Consumer-grade and Enterprise-class Disk Drives", Proceedings of IEEE / NASA Mass Storage Systems and Technologies 2005 (MSST2005), Apr. 2005  
 [4] Seagate : <http://www.seagate.com/>  
 [5] Maxtor : <http://www.maxtor.com/>  
 [6] Hitachi Global Storage Technologies: <http://www.hitachigst.com/>