

不揮発性メモリの信頼性評価

Reliability Evaluation of Non-volatile Memories

長野 真人^{*}, 小関 健哲, 岩井 泰之, 今井 康雄

Makoto NAGANO, Takenori KOZEKI, Yasunobu IWAI, Yasuo IMAI

概要

大容量化, 多品種化が著しい不揮発性メモリは, 多くの利点があるため急速に市場が拡大している. 反面, 採用前の調査不足, 評価不十分で装置の使用環境に不適切な採用により, 想定外の不具合が発生し, 特に信頼性が要求される産業機器等では, 重大事に繋がる可能性も否定できない.

この問題を解決するためには, 各メーカーの仕様に掲載されていない評価項目を同一条件で試験を実施し, 使用目的に適合したストレージデバイスを選定することが重要である.

本稿では, 自社で構築した評価システムを使用した不揮発メモリ評価事例について述べる.

AEC-Q100^{*1}の基準に準拠した試験による品質確保の重要性も増えると予想される.

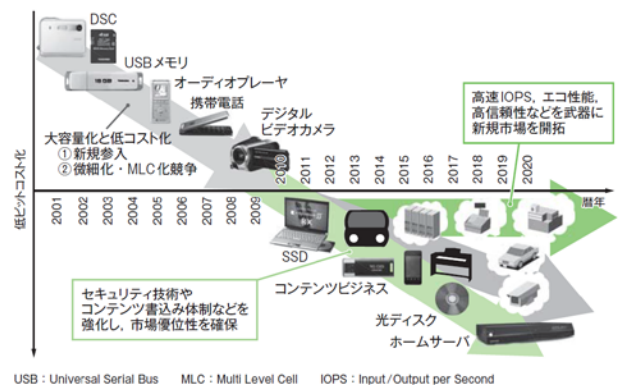


図1 ビットコストと応用製品の推移[1]

1. はじめに

1.1 不揮発性メモリの動向

不揮発性メモリを使用したストレージデバイスの特徴は, 騒音がない, PCの起動時間が短い, 読み書きが速い, 衝撃に強い等, 多くの利点があり, 大容量化, 多品種化により不揮発性メモリが広範な装置で使用され, 急速に市場が拡大している. 図1は NAND Flash に着目した図で, ビットコストが下がるにつれて応用製品が広がっていることを示している. 例えば, 2020年東京オリンピックの頃には, 電気自動車, 燃料電池車が普及しはじめることも予想され, 今まで以上に多く電子部品が自動車へ使用されることは疑う余地が無いと考えられる.

1.2 不揮発性メモリ 信頼性の問題

不揮発性メモリには, 次の様な技術的課題が有り用途の広がりに伴って, これらの問題が今まで以上に顕在化することが予想される.

- エンデュランス (書換え回数)
- データリテンション (データ保持)
- ディスターブ (読出し, 周辺部への書込みによるデータの揮発)
- その他 (IOPS 性能等)

これらの問題は, メーカーや品種によって重視する性能が異なるため, ストレージ利用環境によってはユーザー企業の想定する性能が発揮できないことがある. これらの性能はデータシートに記載されている.

^{*1} 【AEC-Q100】 オートモーティブ集積回路 (IC) のための各種信頼性試験の基準.

ない等もあり，使用する際には，その信頼性について十分に評価することが重要である。

1.3 不揮発性メモリ信頼性評価への要求

評価の性質上，多数のデバイスへ短期間に高頻度でライト/リードを実施することが要求される。更に，多くの場合，数日～数ヶ月と長期間の試験期間を要する。

2. 事例紹介

自社で構築した評価システムを使用した事例について以下で述べる。

2.1 事例1 不揮発性メモリ AEC-Q100

エンデュランス・リテンション評価

AEC-Q100 規格のエンデュランス・リテンション評価について述べる。

AEC-Q100 規格ではエンデュランス評価で必要とされる 231 個の不揮発性メモリへ短期間に高頻度でライト/リードを実施することが要求される。このために全不揮発性メモリへ同時ライト，同時リード，同時コンペアチェックを可能とするシステムを構築した。

本システムは，1 個の不揮発性メモリ全領域へのライト/リード/コンペアを 1 回とすると 1 日 200 万回程度のライト/リード/コンペアが可能である。

(1)AEC-Q100 評価環境

評価環境の構成を図 2 に示す。

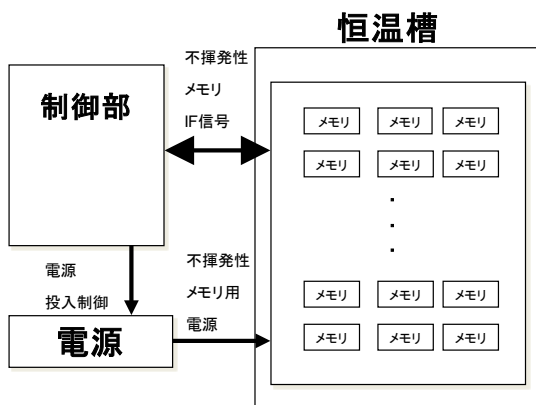


図 2 AEC-Q100 評価システム構成図

評価システムは以下の特徴を有する。

- ・全不揮発性メモリへの同時ライト/同時リード/同時コンペアを実施。
- ・固有の電源投入初期化制御に対応。
- ・不揮発性メモリのコンペアエラーを監視し，エラー情報(累積エラー回数, 累積ライト/リード回数, エラーアドレス, エラーデータパターン, エラー時の期待値, 累積エラー回数)を 231 個 個別に記録可能である。

(2)評価内容詳細

- ・評価試料:不揮発性メモリ
- ・試料数量:77 個/ロット x 3 ロット 合計 231 個
- ・エンデュランス評価の方法
試験温度は 70°C，試験時間は 120 時間で，試験中，不揮発性メモリ全領域へライト/リード/コンペアチェックを繰り返す。
- ・リテンション評価の方法
エンデュランス評価を実施した試料に対して，全領域へ 1 回書込みを実施し，無通電で 150°C の環境下に 2 時間放置後，常温に戻して，書込みしたデータが揮発していないか確認する。

(3)評価結果

エンデュランス，リテンション両評価ともエラーは発生せず，試験に合格した。

2.2 事例2 eMMC デバイスの信頼性 総合評価

2.2.1 eMMC デバイスとは

eMMC とは，NAND Flash メモリとコントローラ回路を一つのパッケージにしたメモリ規格の一つである。eMMC を使用することによって NAND Flash 特有のエラー訂正，ウェアレベリング^{*2}，バッドブロック管理^{*3}等の制御部開発から開放され，システム開発負担の低減，開発期間の短縮が可能となるため，装置設計者にとって使い勝手が良く，NAND Flash から eMMC への置き換えが進んでいる。

3.2.2 評価環境と評価内容

評価環境の構成を図 3 に示す。eMMC と制御部は 1 対 1 接続で，全ての評価に於いて同一の構成であ

^{*2} 【ウェアレベリング】 Flash メモリの書換え回数には上限があるため，一部のブロックに書換え回数が集中しないように分散化を図ること。

^{*3} 【バッドブロック管理】エラーが発生してライト/リード不可のブロックを記録し，使わないようにする機能。

る. 図3のeMMC制御部は以下の機能を有する.

- eMMCへのライト/リード制御
- リード時はコンペアチェックを実施
- 全域リード/ライトの時間を計測可
- PCとの通信

PCからの動作パラメータを受信して, eMMCへのアクセスを開始する. 各種結果をPCへ表示する.

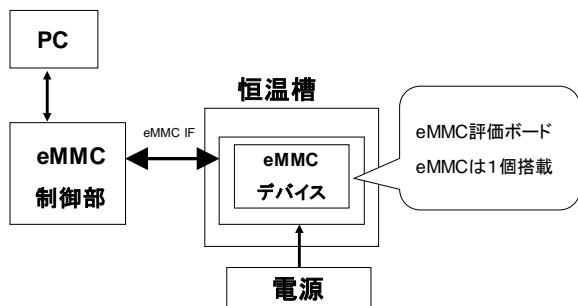


図3 eMMC評価システム構成図

(1) 対象試料

5社 各1品種 各3個, 容量は全品種4Gバイト.

(2) 評価内容

- 高温/常温エンデュランス (書換え) 評価
- 高温リテンション評価 (データ保持) 評価
- 常温ランダムライト IOPS 評価
- 常温シーケンシャルライト評価

2.2.3 評価結果

(1) 高温/常温エンデュランス評価

エンデュランス評価結果を図4に示す.

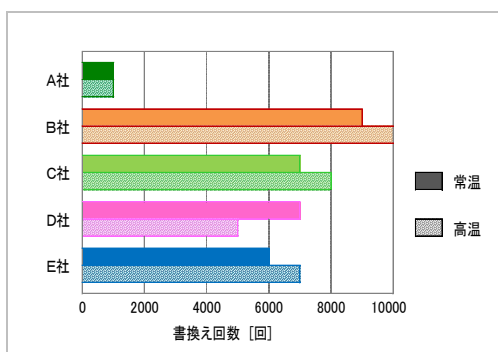


図4 高温/常温エンデュランス評価結果

A社の実力が低いことが分かった.

(2) 高温リテンション評価

データ保持力の評価結果を図5に示す.

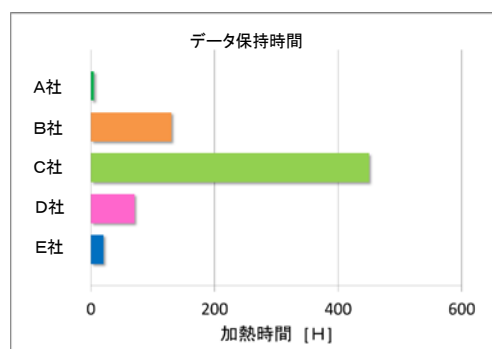


図5 高温/常温エンデュランス評価結果

メーカー間で実力差が大きいことが分かった.

(3) 常温ランダムライト IOPS 評価

HDDなどの記憶装置の性能指標の一つで, 1秒間にランダムライトできる回数のことをランダムライト IOPS と言う.

ランダムライト IOPS 2000回測定までの結果を, 図6に示す.

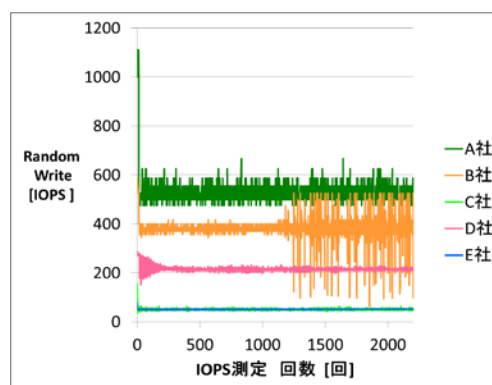


図6 ランダムライト IOPS 2000回測定までの推移

B社の結果が, 1200回近傍以降で, 乱高下しており, 実際の運用で問題になることがないのか検討が必要である.

(4) 常温シーケンシャルライト評価

常温シーケンシャルライトの結果を図7に示す.

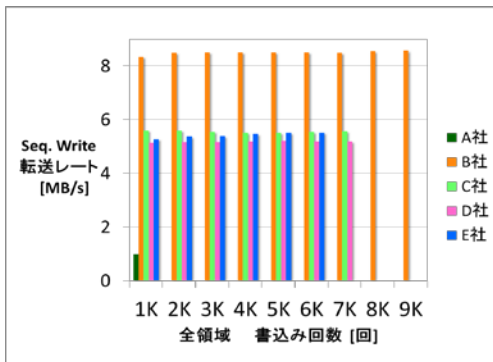


図7 常温シーケンシャルライト評価結果

ランダムライト IOPS 評価では A 社が最も高い性能を示したが、シーケンシャルライト評価では A 社が最も低い性能を示した。

2.2.4 eMMC デバイス信頼性総合評価結果まとめ

eMMC 評価結果のまとめ一覧を表 1 に示す。総合判定のために、表 1 の結果を図 8 のチャートで表現した。

表 1 eMMC 総合評価結果一覧表

	エンデュランス (書換え)	リテンション (データ保持)	IOPS (ランダムライト)	転送レート (シーケンシャルライト)
A社	1000回程度	5時間 以下	1110~ 480 IOPS	2.1MB/s
B社	8000回以上	130時間以上	590~ 60 IOPS	8MB/s以上
C社	7000回以上	450時間以上	160~ 40 IOPS	5.6~5.5MB/s
D社	7000回以上	70時間以上	190~ 150 IOPS	5.2~5.1MB/s
E社	5000回以上	20時間以下	80~ 50 IOPS	5.5~5.3MB/s

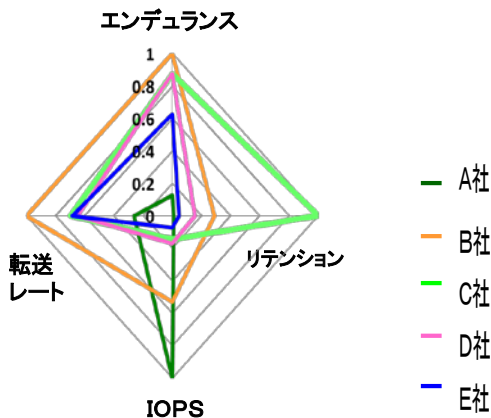


図 8 eMMC 信頼性 総合力チャート

図 8 の一番外側が 1 で最も性能が高いことを示しており、中心の 0 が最も性能が低いことを示している。面積が広いメーカーほど総合力が高いことを示している。B 社, C 社は相対的に面積が広く総合力が高いことが分かる。

3. まとめ

- 産業機器、自動車等の高信頼性が要求される装置に於いて、採用前のデバイス信頼性評価、実力評価は非常に重要であり、その評価方法を事例にて紹介した。
- 複数メーカーを共通試験条件にて評価することにより、各社製品の信頼性試験結果に大きなバラツキがあることがわかった。
- 今回構築したシステムによる評価手法は、詳細な条件設定が可能であり、使用目的に適合したストレージデバイスを選定する手法として有効であることがわかった。
- 今後は本評価手法を応用して、SSD 総合評価（信頼性評価+プロセス診断^{*4}）へ展開する。

参考文献

[1] 東芝レビュー Vol. 66 No. 9(2011)

(ながの まこと/沖エンジニアリング株式会社)

^{*4} 【プロセス診断(OEG 独自手法)】

電氣的に良品であるデバイスの内部構造を観察し、将来、故障の要因となりうる不具合要素の有無や構造のばらつき等から故障にいたる危険性や品質を推測・評価・選別を行う手法である。