

2019 OEGセミナー

不揮発性メモリの最適評価へ向けた取り組み

~JESD219AのSDカードへの適用事例~

2019年10月31日

沖エンジニアリング株式会社

デバイス評価事業部

長野 真人

目次

- 1 .はじめに
- 2 .OEGのメモリモジュール評価試験の特長
- 3 .SDカード評価試験の事例ご紹介
 - 3.1 常温エンデュランス評価
 - 3.2 高温リテンション評価
 - 3.3 電源遮断耐性評価
 - 3.4 SDカード評価結果 まとめ
- 4 . まとめ

1.はじめに

【不揮発性メモリとは】 電源を切ってもデータが揮発しない半導体メモリ
(NAND,NOR,EEPROM,PROM,MRAM,FeRAM, eMMC,SSD,SD,etc)



アプリケーションの開発と共に
NAND市場が大きく成長
・車載、産業、医療等の
高信頼性が要求される分野
採用前の評価は重要

NAND Flashの長所

- ・駆動部が無いため故障が少ない
- ・高速アクセスが可能
- ・大容量化が可能

NAND Flashの短所

- ・書換え寿命が有る
- ・データが揮発する
- ・大容量化にともなった新たな問題

NAND Flash を使用したアプリケーション

出典：<https://business.toshiba-memory.com/ja-jp/product/memory/slc-nand.html>

目次

1.はじめに

2.OEGのメモリモジュール評価試験の特長

3.SDカード評価試験の事例ご紹介

3.1 常温エンデュランス評価

3.2 高温リテンション評価

3.3 電源遮断耐性評価

3.4 SDカード評価結果 まとめ

4. まとめ

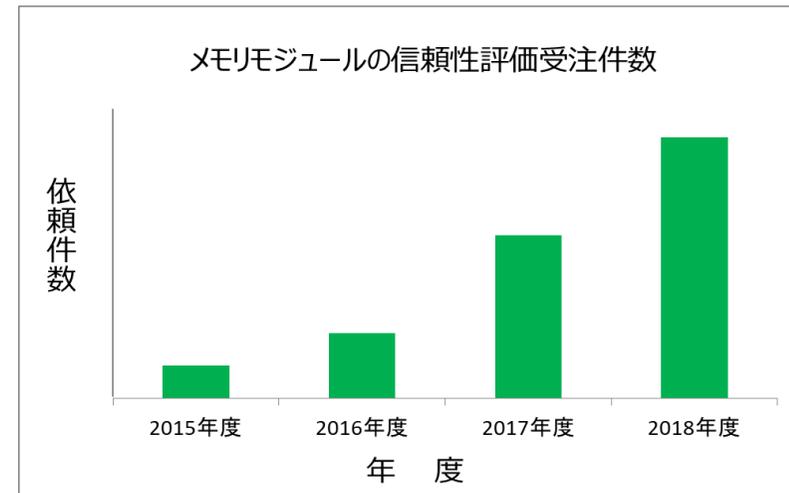
2.OEGのメモリモジュール評価試験の特長

●背景

車載を含む高信頼性分野のお客様から部品選定評価としてeMMC、SSD、SDカードの評価試験を受託しており、年々依頼件数が増加。これまでのノウハウをもとに、SDカードの評価試験の事例をご紹介します。

●OEGのメモリモジュール評価試験の特長

- ・ OEGは第三者の立場で同一基準で評価試験を実施
→製造メーカーは各社独自の評価で評価内容は未公開



- ・ エンデュランス試験（書換え耐久試験）
JEDEC(JESD219A)に準拠した評価試験は国内で唯一
JESD219AのSSD以外メモリモジュールへの適用（SDカード事例）
試験環境は自社開発、お客様の要求に合わせて仕様変更も可能
- ・ エンデュランス以外の評価環境も自社開発であり、柔軟に対応可能

2.OEGのメモリモジュール評価試験の特長

●JESD219Aの概要

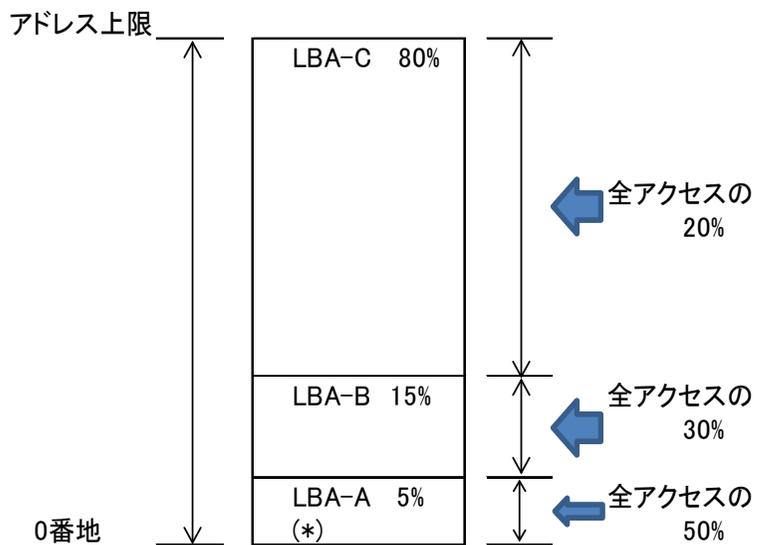
- ・ JEDECで規定しているエンタープライズ向けSSDのエンデュランス試験規格
- ・ 12種類のファイルサイズ(512byteから64Kbyte)のランダムデータを規定の頻度で書き込む
- ・ 3つの論理ブロックアドレス空間に規定のアクセス頻度でランダムにアクセスして書き込む

書き込み効率WAF(*1)、ウェアレベリング(*2)等、コントローラに高い負荷をかける試験

(*1)WAF : Write Amplification Factor ホストからのライト量に対しSDカード内NAND Flash へのライト量が何倍かで表現される書き込み効率

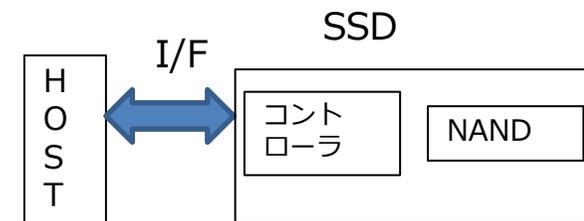
(*2)ウェアレベリング : NAND Flashの書き換え回数には上限あるため、特定の領域に書き換えが集中しないように分散化を図ること。

●JESD219Aの試験条件



・ アドレス、データはランダム

*LBA:logical block address



- ・ 書き込み時のデータサイズ
下記の頻度で書き込みが発生する。
- 512 bytes (0.5K) ----- 4%
 - 1024 bytes (1K) ----- 1%
 - 1536 bytes (1.5K) ----- 1%
 - 2048 bytes (2K) ----- 1%
 - 2560 bytes (2.5K) ----- 1%
 - 3072 bytes (3K) ----- 1%
 - 3584 bytes (3.5K) ----- 1%
 - 4096 bytes (4K) ----- 67%
 - 8192 bytes (8K) ----- 10%
 - 16,384 bytes (16K) ----- 7%
 - 32,768 bytes (32K) ----- 3%
 - 65,536 bytes (64K) ----- 3%

SSD アドレス空間と書き込み発生頻度の関係

目次

1.はじめに

2.OEGのメモリモジュール評価試験の特長

3.SDカード評価試験の事例ご紹介

3.1 常温エンデュランス評価

3.2 高温リテンション評価

3.3 電源遮断耐性評価

3.4 SDカード評価結果 まとめ

4. まとめ

3.SDカード評価試験事例

●評価試験項目

(1)常温エンデュランス評価（書き込み寿命評価）

シーケンシャルでの書き込みとJESD219Aの書き込み比較

(2)高温リテンション評価（データ保持特性評価）

(3)電源遮断耐性評価

●評価試料(SDカード)

4社 各1モデル(8GBモデル)

(エンデュランス 各6個、リテンション 各3個、電源遮断耐性 各3個)

評価試料SDカードの性能・寿命 仕様

(*Multi Level Cell)

項目	A社	B社	C社	D社
用途	産業機器	産業機器	民生	民生
Flash Type	MLC (*)	MLC	MLC	MLC
W/R性能	4MB/s	10MB/s	10MB/s	10MB/s
Endurance (書換え耐久性)	3000P/E cycles	3000P/E cycles	公表無し	公表無し
Data Retention (データ保持力)	公表無し	1year at end of life/100% of cycles	公表無し	公表無し
電源機能	電源遮断リカバリー	公表無し	公表無し	公表無し
価格（相対比較）	6.4	2.5	1.1	1

3.1 常温エンデュランス評価 評価方法

評価方法

(1)(条件1)と(条件2)の結果を比較してJESD219Aの有効性を確認する

(条件1) シーケンシャルでの書き込み

(条件2) シーケンシャルでの書き込み & JESD219Aの書き込み

(2)各社の書き換え耐久性を相対比較する

(条件1) シーケンシャルでの書込み実施

- ・ 各社3個ずつ実施。
- ・ SDカード全域へアドレス昇順、データはAA/55のチェッカーパターン繰り返し。
- ・ SDカード全域へ100回ライトごとにデータを読み出し、期待値チェックを実施する。

(条件2) シーケンシャルでの書込み & JESD219Aの書込みを実施

- ・ 各社3個ずつ実施。
- ・ シーケンシャルで全域3000回書込みを実施後、JESD219Aに準拠した書込みを実施する。

温度条件：常温

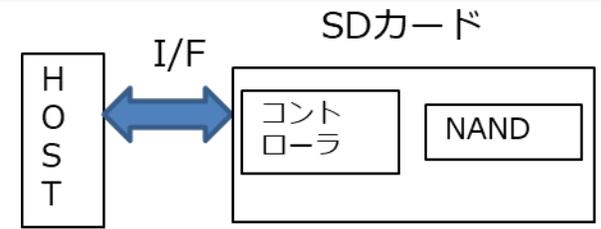
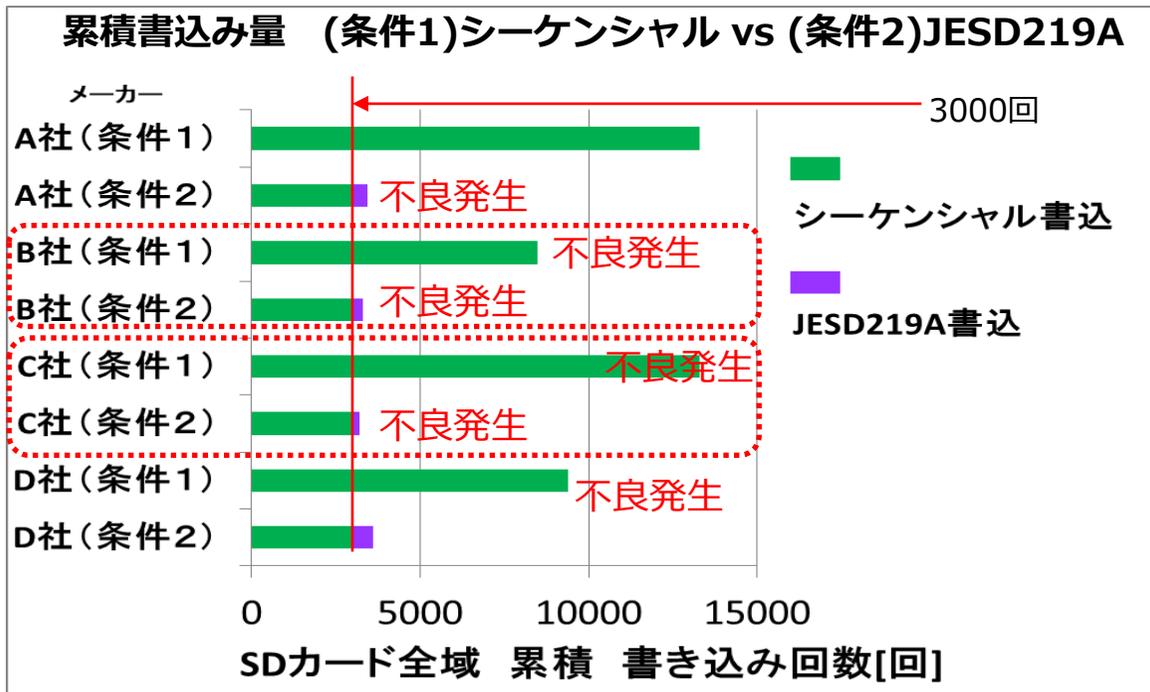
3.1 常温エンデュランス評価 結果

●JESD219Aの有効性の確認

- ・B社及び、C社の試験結果より、JESD219Aは、シーケンシャルより少ない書き込み量で書き込み寿命に到達することを確認した
3000回 以降の書き込み量 JESD219A/シーケンシャル ⇒ B社 1/180, C社 1/550
- ・書き込み効率WAF(*1)、ウェアレベリング(*2)等の効率が低下した等が考えられる
- ・JESD219Aは、コントローラに高い負荷(ストレス)を与える加速試験として有効

●4社の書き換え耐久性 相対比較

(条件1)シーケンシャル 書き込み耐久性 [耐久性高い] **A社** > **C社** > **B社** > **D社** [耐久性低い]
 (条件2)JESD219A 書き込み耐久性 [耐久性高い] **D社** > **A社** > **B社** > **C社** [耐久性低い]



総書き込み量

メーカー	試験条件	総書き込み量
A社	条件1	96.94 TByte
	条件2	22.27 TByte
B社	条件1	69.58 TByte
	条件2	22.04 TByte
C社	条件1	93.76 TByte
	条件2	21.28 TByte
D社	条件1	68.25 TByte
	条件2	22.59 TByte

(*1)WAF : Write Amplification Factor ホストからのライト量に対し SDカード内NAND Flash へのライト量が何倍かで表現される

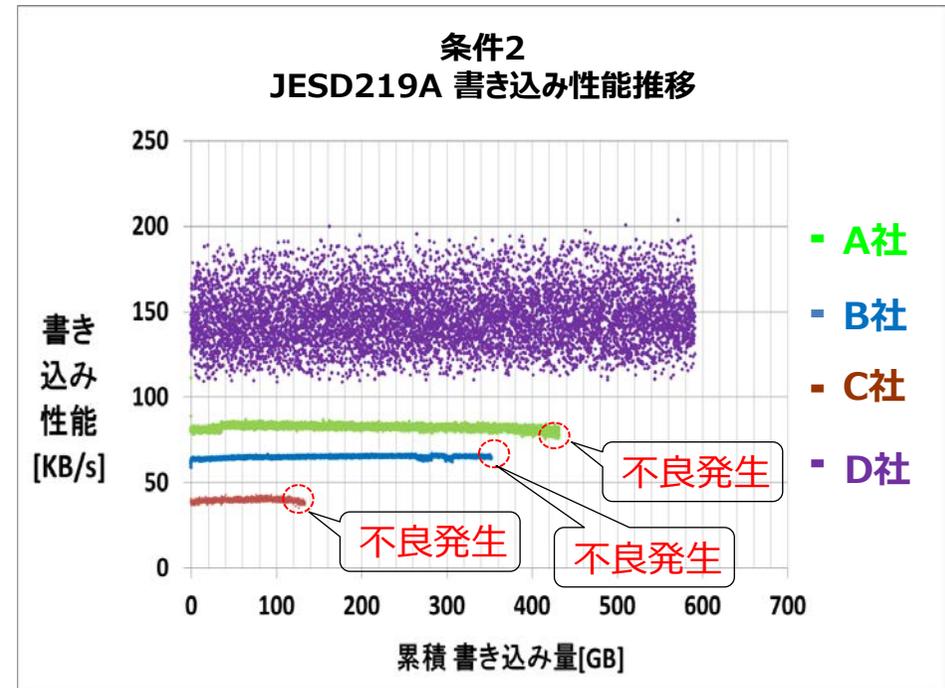
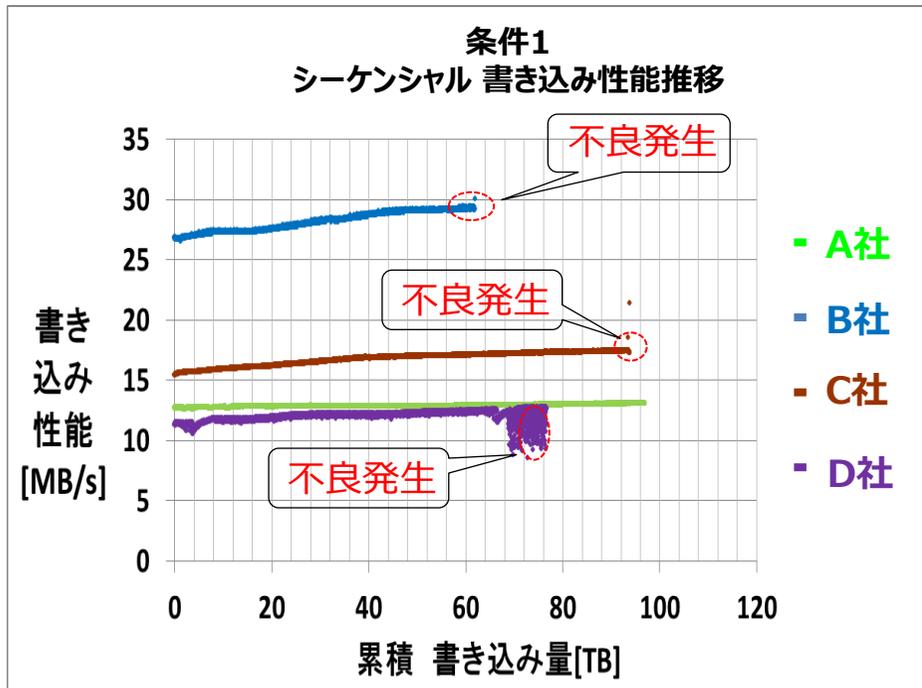
(*2)ウェアレベリング : NAND Flashの書き換え回数には上限あるため、特定の領域に書き換えが集中しないように分散化を図ること。

3.1 常温エンデュランス評価 結果

- 条件が異なると、書き込み性能が大きく変わる
評価によりシーケンシャルとJESD219Aで 性能が異なることが分かった

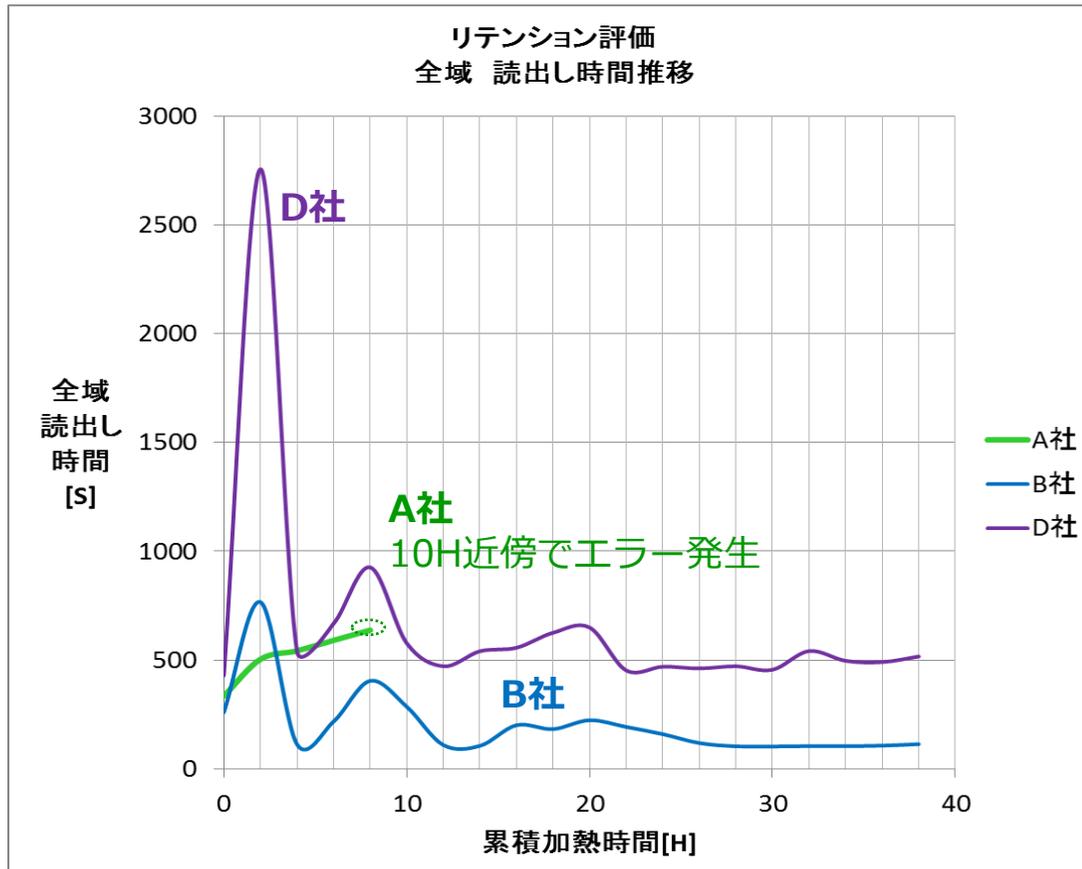
(条件1)シーケンシャル 書き込み性能 [性能高い] **B社** > **C社** > **A社** > **D社** [性能低い]
 (条件2)JESD219A 書き込み性能 [性能高い] **D社** > **A社** > **B社** > **C社** [性能低い]

- シーケンシャル、JESD219A 両者の書き込み性能の確認が必要



3.2 高温リテンション評価 試験方法と結果

- A社はリフレッシュ（エラー訂正、予備セルへの書直し等）機能を有していない可能性
- B社、D社は加熱当初、読出し時間が長時間化している
- D社はリフレッシュ（エラー訂正、予備セルへの書直し等）の性能が低い
- 実運用の温度条件で実力を推定することも可能



(リテンション評価 試験方法)

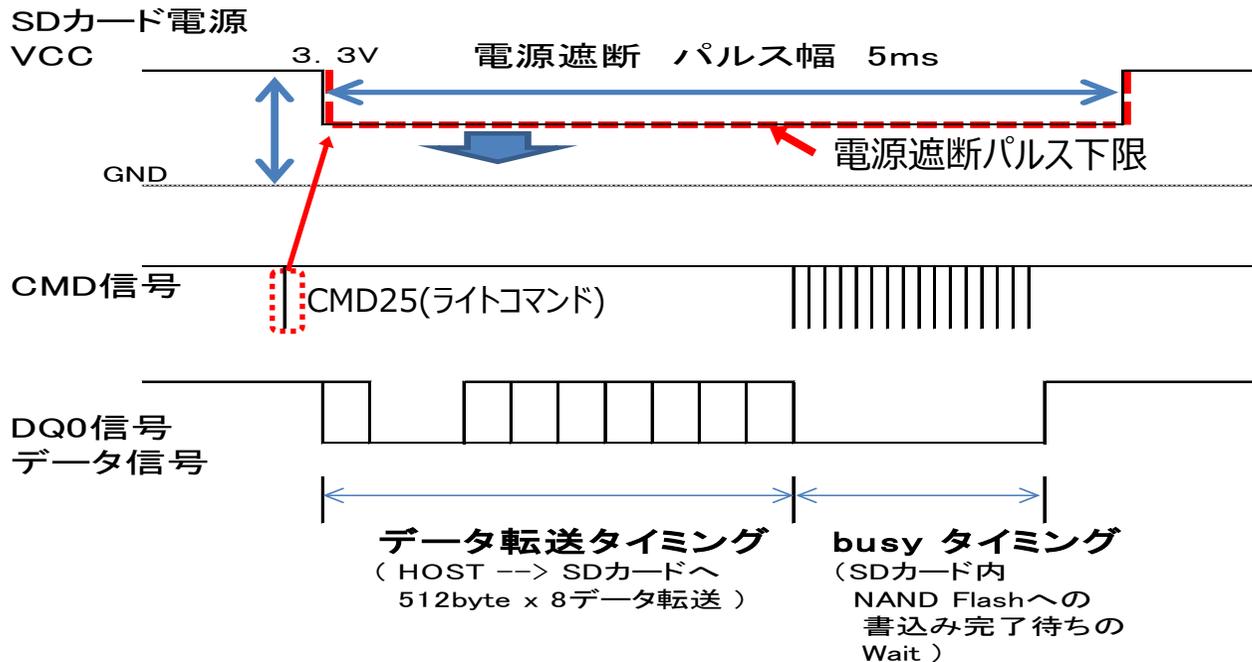
- SDカード全域へ保障書込み容量(*)を書き込み後、通電無し125℃環境下で放置。
- 高温放置によりデータ抜けが発生しないか2時間ごとに室温に戻し、通電後期待値チェックを実施する。
- C社は加熱による耐性がないことが判明したため、本評価から除外する。

(*) A社,B社：3000P/E cycles
D社：公表無し

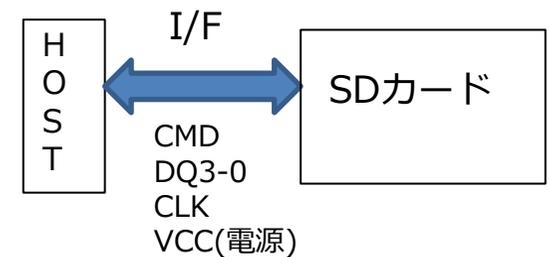
3.3 電源遮断耐性評価 評価方法

評価方法

- SDカードへ4KBのデータ 書き込み中、書き込み動作に同期させて、SDカードの電源に5ms幅のパルス重畳する方法で電源遮断パルスを印加する。
- 電源遮断パルス下限レベルを徐々に下げて、誤動作する電源遮断パルスレベルを調査する。



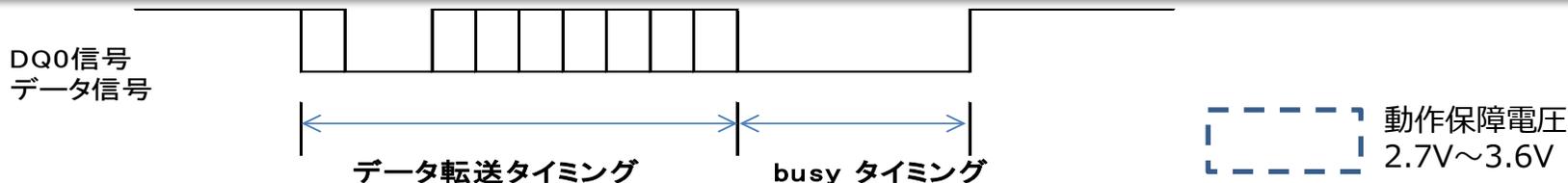
・電源ノイズの形状は、フレキシブルに変更することも可能。



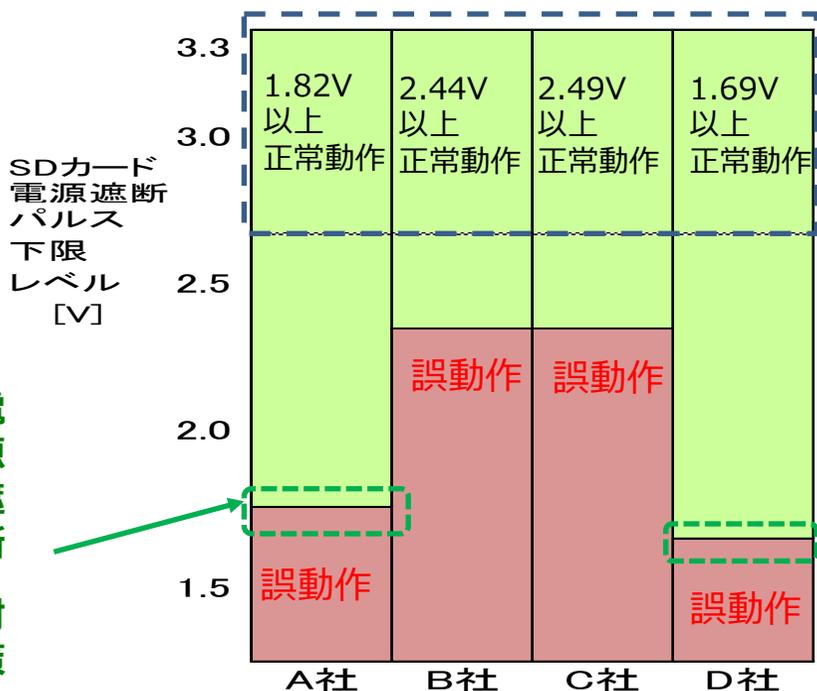
SDカード I/F 書き込み動作へ 電源遮断パルス印加の図

3.3 電源遮断耐性評価 結果

- 4社とも動作保障電圧 (2.7V~3.6V)では、正常動作している
- A社とD社は、電源遮断対策の機能を有していると考えられる挙動が確認された
- D社がSDカード電源遮断耐性に於いて最も優れている

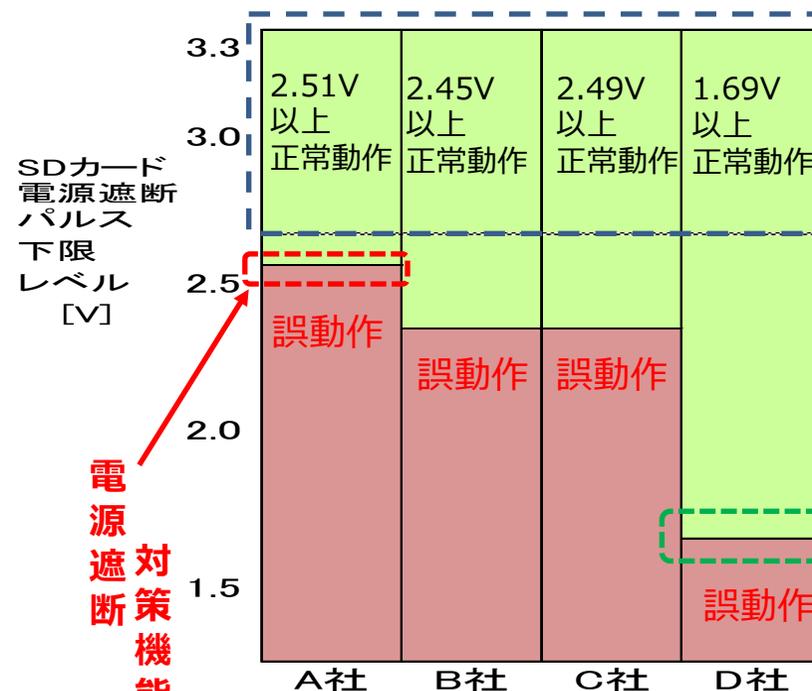


電源遮断対策の効果



データ転送タイミング電源遮断 耐性

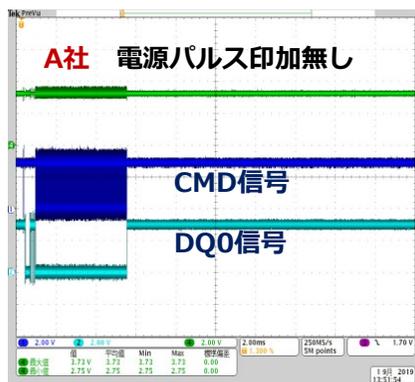
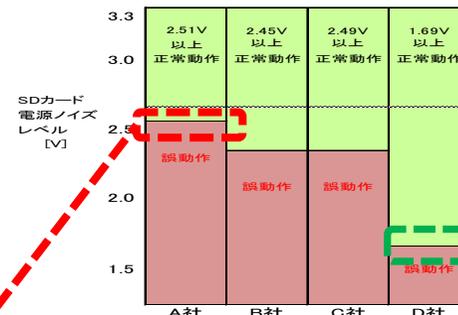
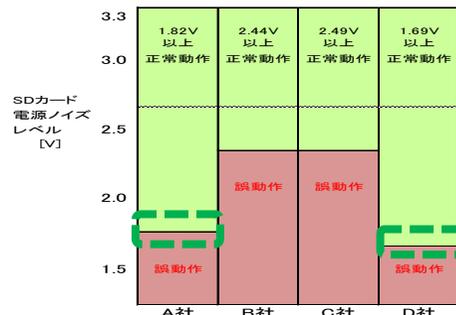
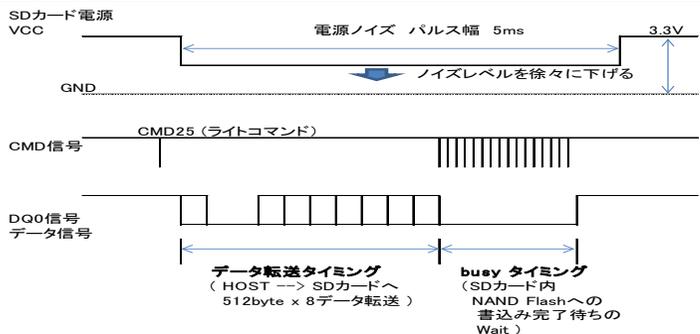
電源遮断対策の効果



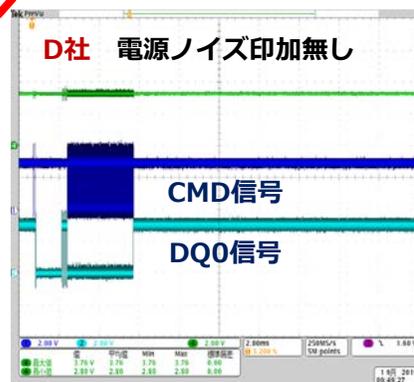
busyタイミング電源遮断 耐性

電源遮断対策の効果

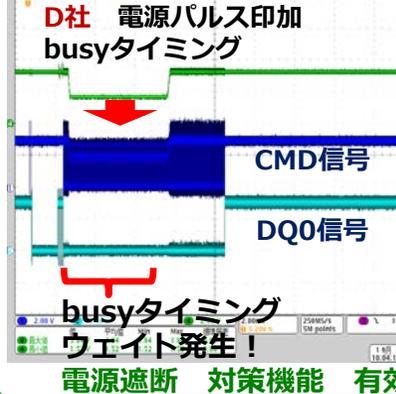
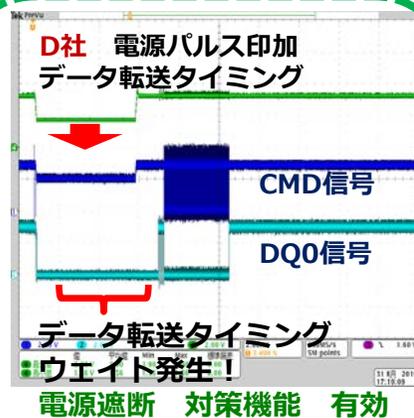
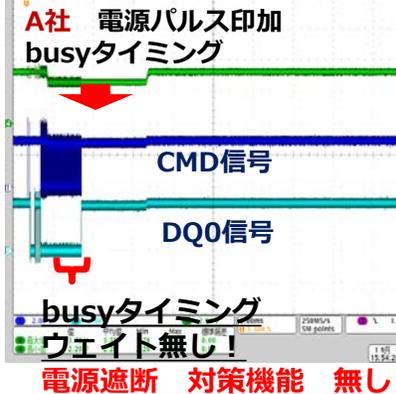
3.3 電源遮断耐性評価 結果



A社 電源遮断パルス印加時
オシロスコープ波形



D社 電源遮断パルス印加時
オシロスコープ波形

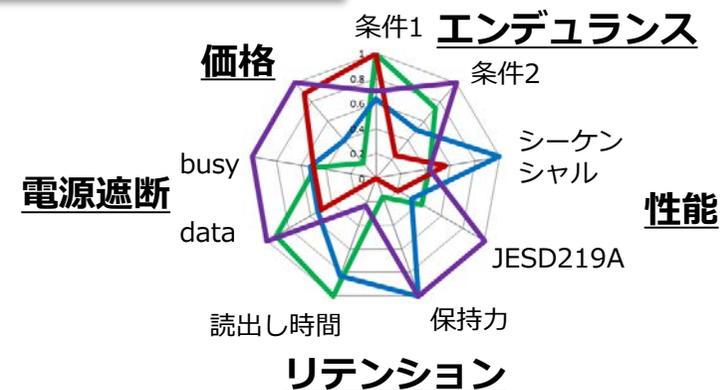


3.4 SDカード評価結果 まとめ

	エンデュランス (書き込み耐久性)		エンデュランス (書き込み性能)		リテンション		電源遮断		価格
	条件1 累積 書き込み 量	条件2 累積 書き込み 量	シーケン シャル	JESD219A	データ 保持 時間	最大 読出 し 時間	Data 転送 タイミ ング	Busy タイミ ング	相対 比較
A社	13312 回以上	3000回 +58回 以上	13~ 12 MB/s	86~ 77 KB/s	6 時間	637 秒	1.82V 以上	2.51V 以上	6.4
B社	8500 回以上	3000回 +40回 以上	30~ 27 MB/s	66~ 59 KB/s	38 時間 以上	766 秒	2.44V 以上	2.45V 以上	2.5
C社	13300 回以上	3000回 +19回 以上	17~ 15 MB/s	42~ 37 KB/s	-	-	2.49V 以上	2.49V 以上	1.1
D社	9300 回以上	3000回 +79回 以上	13~ 9 MB/s	203~ 109 KB/s	38 時間 以上	2756 秒	1.69V 以上	1.69V 以上	1



評価結果より装置の要求に応じた最適なSDカードを選択することが重要！



目次

1.はじめに

2.OEGのメモリモジュール評価試験の特長

3.SDカード評価試験の事例ご紹介

3.1 常温エンデュランス評価

3.2 高温リテンション評価

3.3 電源遮断耐性評価

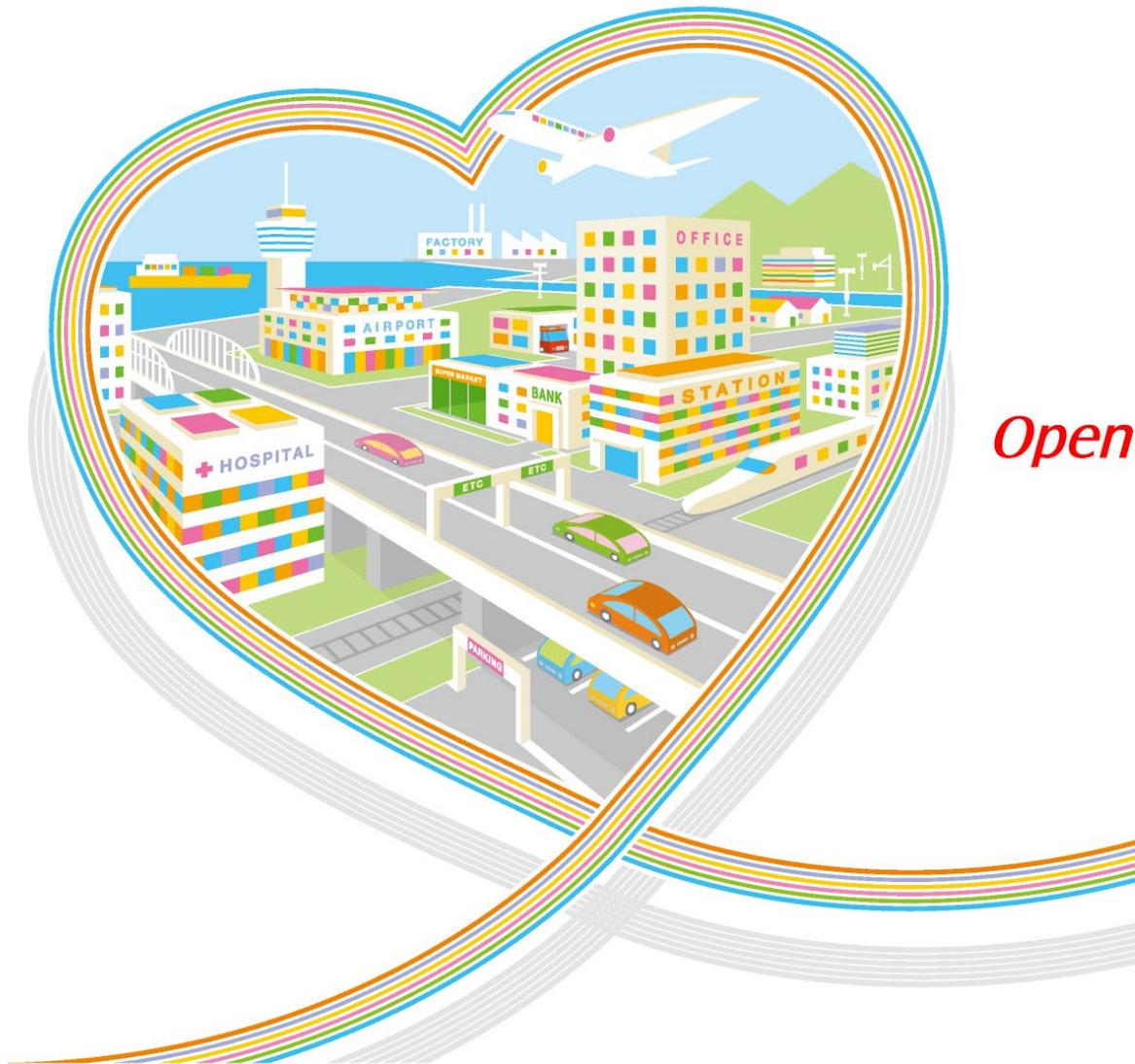
3.4 SDカード評価結果 まとめ

4. まとめ

4.まとめ

- OEG不揮発性メモリの最適評価への取り組みとして、JESD219Aによるエンデュランス評価を事例にて紹介した。本手法がSDカードへも有効であることが分かった。
- JESD219Aの評価は、メモリモジュールのコントローラに高い負荷（ストレス）を与えるエンデュランスの加速試験として有効。
- 評価事例より、SDカードの選定は、用途、装置の要求に応じた、最適なSDカードを選択することが重要である。
- 車載等、信頼性が要求される用途では、採用前評価が重要である。
- 今後の取り組み
 - (1) JESD219AをeMMCへ適用
 - (2) メモリモジュールの高速化・大容量化への評価対応
 - eMMC (UFS: Universal Flash Storage)
 - SSD(NVMe メモリ)

ご清聴いただき、ありがとうございました



Open up your dreams

沖エンジニアリンク株式会社

- デバイス評価事業部
- 担当 : 長野 真人
- TEL : 03-5920-2366
- E-mail : oeg-dsales-g@oki.com
- URL : <https://www.oeg.co.jp/>