

HDD組込機器に使用する HDDの評価方法

岡田真澄

株式会社 東陽テクニカ
report by Masumi Okada

IDEMA JAPAN (日本HDD協会) 技術委員会のコンシューマHDD部会においては、組み込み用途で使用するHDDについて新しい機能や評価方法を考えることにより、HDDと上手につきあう方法を日々模索しています。HDDはコンピュータと共に発展し、コンピュータに必要な条件をより満足するように発展してきました。しかし、このようなHDDを、使用条件の異なるHDD組込機器で使用すると、HDDに対する様々な要求の違いが現れてきます。また、要求が異なるとHDDの評価方法にも違いが現れてきます。このため、コンシューマHDD部会では、組込機器で使用するHDDのための新たな評価方法を"Command completion time measurement tool" White Paperとしてまとめました。また、現在、HDDの消費電力測定方法、SATA伝送路の評価方法についても議論を進めています。(IDEMAホームページ - 技術委員会 - White Paperに資料があります)

1. HDD 組込機器に求められる HDD とは

HDD 組込機器に使用する HDD はコンピュータに使用する場合に比べて、悪条件で使用される場面が多くあります。例えば、モバイル機器では、夏の車内、屋外の直射日光のあたる場所、冬のスキー場等、様々な悪条件で使用されることが容易に想像できます。そして、このような条件下においても支障なく使用出来ることが求められています。また、両者のユーザ層にも考え方の違いがあるように思います。

コンピュータのユーザでは、HDD が故障してもある程度は仕方ないとの考え方がありますが、民生機器においては製品自体の故障となり、HDD の故障であることについての説明は理解されない場合が多いと思います。

データの保存、バックアップの重要性についても、コンピュータのユーザにおいてはかなり認識されてきていますが、民生機器ではまだ認識が遅れていると思います。個人で撮影された画像等のデータは、データが失われた場合に再現することは難しいため、ユーザの失望も大きなものになります。バックアップも重要ですが、より信頼性の高いHDD が望まれていることも確かです。

HDD 組込機器側で HDD を使用方法を工夫することでも、信頼性を高めることが可能であると考えられますので、HDD メーカーと HDD 組込機器メーカーが共に信頼性に関して協力しあうことが必要となります。

2. 組み込み用途の HDD 評価方法について

コンピュータに使用する HDD の評価では今まで転送レートによる評価が一般的でしたが、HDD 組込機器では、HDD へのアクセス毎にかかる時間(コマンド発行からデータ転送完了までの時間)を重視しますので、組込機器に使用する HDD を評価する場合にはアクセス時間を評価する方法が適しています。用途による要求の違いを説明します。

●コンピュータの場合：

一般的に、一定量のデータをいかに早くリード、ライト出来るかを重視します。HDD へのアクセス時間は平均化されるため、アクセス時間が一時的に遅い時があってもあまり問題とならない場合がほとんどです。HDD のキャッシュを有効にして使用する場合が一般的です。

●HDD 組込機器の場合：

HDD へのアクセス時間が一定であることを重視します。速さはそれほど必要ではありませんが、アクセス時間が遅い時があると画像が抜けたりする可能性があるため極端にアクセス時間が遅い時が無いことが重要となります。また、HDD のキャッシュは予測出来ない動作が発生することを懸念して無効にして使用する場合があります。

なお、アクセス時間を評価する方法は、結果の合否判定を行うものではありません。

あくまでも、この評価方法で得たデータをもとに、HDD メーカーと HDD 組込機器メーカーが HDD の特性についての議論をすることを想定しています。この評価方法においては、HDD の機種による違いはもちろんのこと、HDD のファームウェアの違いにより特性が変化した場合においても違いを見ることが出来ます。このため、HDD の互換性や、ファームウェアが変更された場合の特性の違いを評価することにも使用出来ます。

なお、実際に試して頂ければ実感して頂けると思いますが、HDD によりかなり異なる結果となります。

3."Command completion time measurement tool" について

それでは、"Command completion time measurement tool" についてご説明いたします。

このツールの目的としては HDD 組込機器に使用する HDD のパフォーマンス測定となります。前述しましたが、HDD 組込機器のパフォーマンスとは、コンピュータの場合とは異なり、1 回のアクセス毎のアクセス時間が一定であることを意味します。

評価方法は、簡単な Simple benchmark と詳細な Detailed benchmark の 2 種類を規定しています。

Simple benchmark :

1. シーケンシャルでアクセス
2. リードのみ
3. データ転送量 128K バイト (256 セクタ)
4. キャッシュ On、Off 規定なし。通常は、Off (Disable)
5. データ転送モードは規定なし。通常は Ultra DMA Mode 5-0, または Multiword DMA mode 2

Detailed benchmark :

1. Outer-to-Inner, Inner-to-Outer, and Middle-to-Zigzag の 3 種類のアクセスパターン
2. リード、ライト
3. データ転送量 128K バイト (256 セクタ)
4. キャッシュ On、Off
5. シーク動作 (White Paper Tab.1: Measuree Command and Seek Command 参照)
6. データ転送モード Ultra DMA Mode 4

以上のような条件において、各コマンドのアクセス

時間を測定してグラフにします。詳細は "Command completion time measurement tool" White Paper を参照してください。

4."Command completion time measurement tool" の測定結果について

White Paper の測定結果のサンプル Fig.4: Example of Read Test Result について説明します。(図 1 参照)

この図は、測定した結果を LBA - Command completion time (msec) でプロットした図となります。

この図を見ると太い帯状になった部分とその上にまばらな点があるのが分かります。太い帯状になった部分はリードコマンドのアクセス時間のばらつきを表しています。このばらつきはリードコマンドが実行された時のヘッドの位置とメディア上のデータの位置関係によるタイミングにより発生します。回転待ち時間と呼ばれるもので、HDD の原理上必ず発生するものです。次に、まばらな点ですが、これはメディアへのリード・ライトを行う時に何らかの原因で特別に時間がかかってしまったことを意味しています。

主にメディアへのリード・ライトが 1 回で完了しなかつ

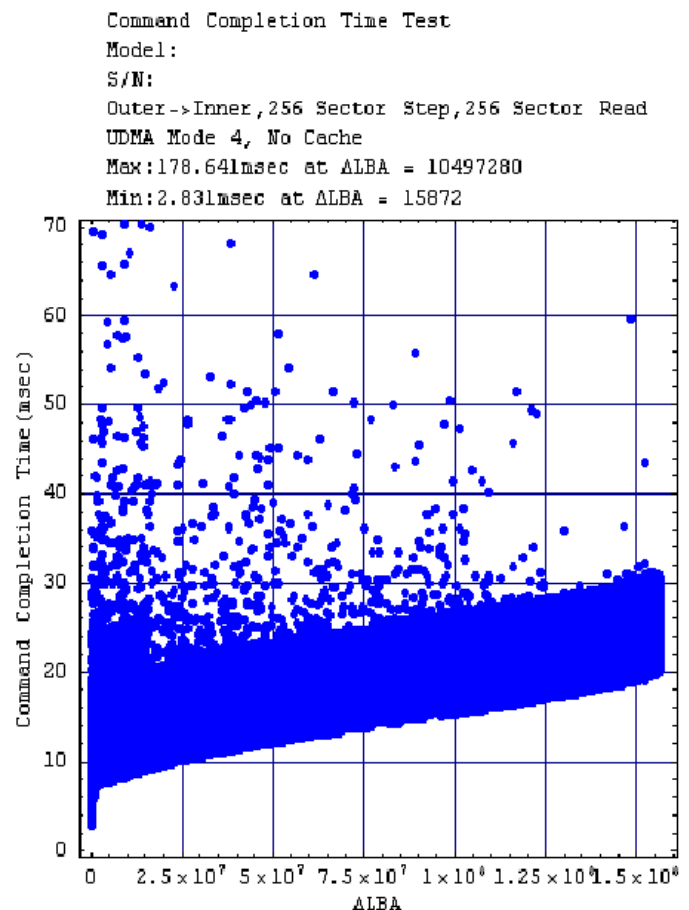


図 1 : Fig.4: Example of Read Test Result 抜粋

たために何回かリトライを行った時に、このような結果となります。

HDD 組込機器ではこのような、特別に時間がかかるアクセスがあると機器側で特別な配慮が必要となるために、このような HDD の動作が最小限であることを要望しています。

5. 測定結果の評価

前述のようなアクセス時間の変化は、振動、衝撃、温度等に HDD が敏感に反応することにより発生している場合や HDD の特性によるものである場合があります。

HDD は、振動、衝撃、温度等に敏感に反応しますので、HDD を組込用途で使用する場合には、なるべく HDD がより良い条件で動作するように HDD 組込機器側での配慮が必要となります。

現在すでに、HDD への防振対策、ファン等による冷却、HDD を取付ける方向の検討等の対策が行われていますが、その効果が十分であるのかを把握する必要があります。

一般的な測定方法では、HDD に外部的な振動がどれ位加わっているか、HDD の温度がどれ位かを知ることができます。しかし、この測定は HDD の使用条件が満たされているのかを確認するのが主で、実際に HDD がどのような影響を受けているのかを正確に知ることは出来ません。このような場合に、アクセス時間の変化を見ることで、HDD がどれ位影響を受けているのかを把握することが可能となります。また、組込機器では、数々の制約がありますが、この限られた環境の中での最適な条件を探し出すために、この評価方法がとても有効となります。

なお、HDD の特性、HDD の個体差によるものである場合もありますので、HDD を選定する場合には十分に評価する必要があります。

6. 実際の応用例

それでは実際にどのような評価方法があるのかをご説明します。以下に評価方法をカテゴリーに分けて説明します。

1. 通常の状態での評価を行う。

(HDD のメーカーや種類、HDD のファームウェアでの違いによる特性の確認等)

応用例：

- 1.HDD 組込機器設計時に考慮が必要なアクセス時間のばらつきを知る。
2. 2 社の HDD 使用を想定した場合に、特性の違いを見極めて設計する。

- 3.HDD のファームウェアが変更された場合に特性の変化が無いことを確認する。
4. 現在使用している HDD に特性が似ている HDD を探す。
5. 新品 HDD において将来不良となる可能性がある HDD を選別する。
6. ある程度使用した HDD の劣化状況を確認して寿命を推測する。

2.HDD に振動を与えながら評価を行う。

(振動に対する影響を把握)

応用例：

1. 振動を変化させることにより、振動の種類、周波数による影響を把握する。
- 2.HDD の取付け方向を変化させて振動に強い向きを把握する。
3. 衝撃を与えて影響を把握する。

3.HDD に温度変化を与えながら評価を行う。

(温度に対する影響を把握)

応用例：

1. 温度を変化させることにより、高温、低温による影響を把握する。
2. 急な温度変化があった場合の影響を把握する。
- 3.HDD の電源を入れた直後から動作が安定するまでの間の変化を把握する。

4.HDD を実際の HDD 組込機器に取付けて評価を行う。

(HDD 組込機器の動作に必要な HDD は外部に取付けて、本来 HDD を取付ける位置にテスト用 HDD を設置して評価を行う)

応用例：

1. 外的要因により発生する振動による影響を調べる。
たとえば、次のような外的要因が考えられる。
 - 1.DVD ドライブの開閉による振動。
 2. 冷却用ファンによる振動。
 3. スピーカ等の音響機器による音の振動。
 4. 子供がぶつかったり、飛び跳ねたことにより発生する振動。
 5. 車に乗っているときの振動。
 6. 飛行機に乗っているときに発生する加速や振動。

2. 実際の HDD 組込機器に取付けた HDD に対する防

振対策の効果を調べる。なお、固定がゆるいと HDD の自己振動による振動が発生します。

3.HDD 組込機器を実際に使用している状態をシミュレーションしながら影響を調べる。

4. 設計時に HDD を取付ける位置による影響を調べる。

5.RAID システムのような、HDD を複数台使用している場合に各 HDD 自身の振動により発生する振動がどのように影響を及ぼしているかを把握する。

5. 故障した HDD の故障内容の調査を行う。

(故障した HDD の詳細な不具合内容を知ることにより、故障の傾向を把握することが可能)

以上のように様々な評価を行うことが可能となります。ここで、実際に測定したサンプルをご紹介します。

振動による影響の例：

図 2 から図 4 にかけて徐々に振動を増やして、振動の変化による影響を調べた例です。振動を増加するとアクセス時間が遅い部分も増えることが分かります。

なお、図 2 は HDD 全域のデータ、図 3 と図 4 は最初の領域だけのデータです。

温度による影響の例：

温度を下げたときの变化による影響を調べた例です。

図 2～図 4 振動による影響の例

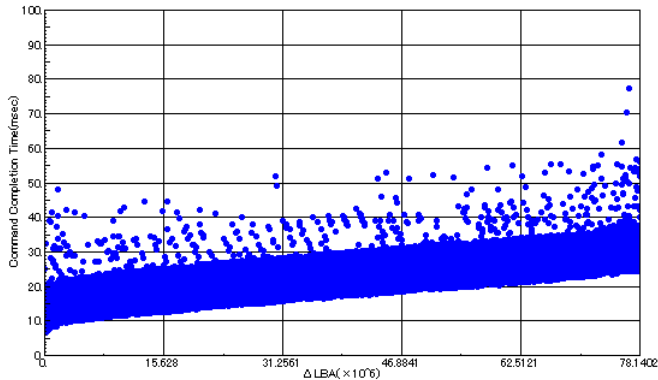


図 2：微振動

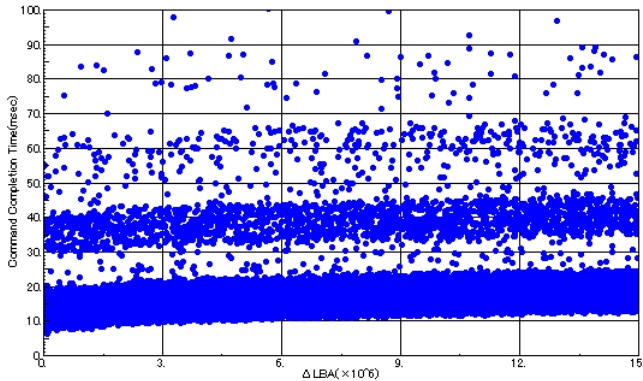


図 3：振動を増加

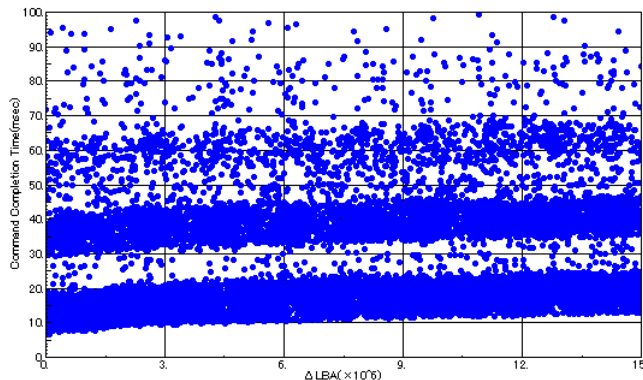


図 4：振動をさらに増加

図 5～図 6 温度による影響の例

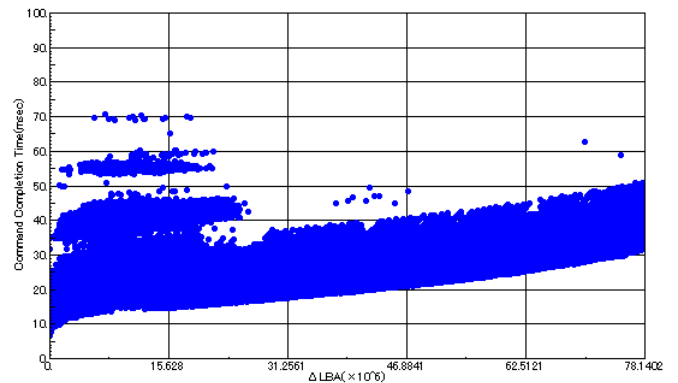


図 5：温度例 1

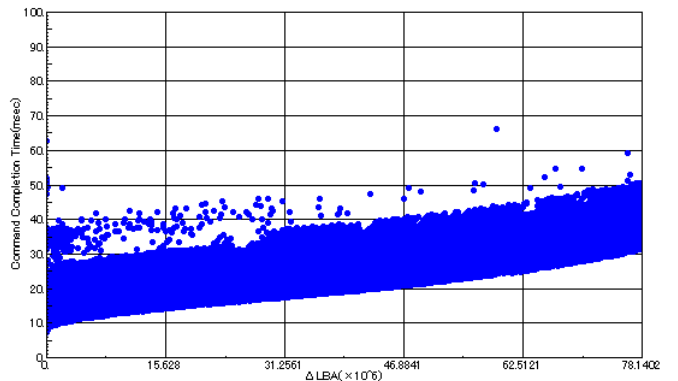


図 6：温度例 2

7."Command completion time measurement tool" の実現方法

再び、図1. Fig.4:Example of Read Test Result 抜粋を参照してください。

このサンプルは、パーソナルコンピュータ上で動作するソフトウェアを作成して評価を行った時のデータですが、このデータには、本来のHDDへのアクセス時間の変化に加えてパーソナルコンピュータのOS、ハードウェアによる時間の誤差もデータに含まれてしまっていることがわかりました。

このデータでは、ある程度の傾向はつかめたものの、本来のHDDへのアクセス時間の変化を正確に測定することは出来ませんでした。

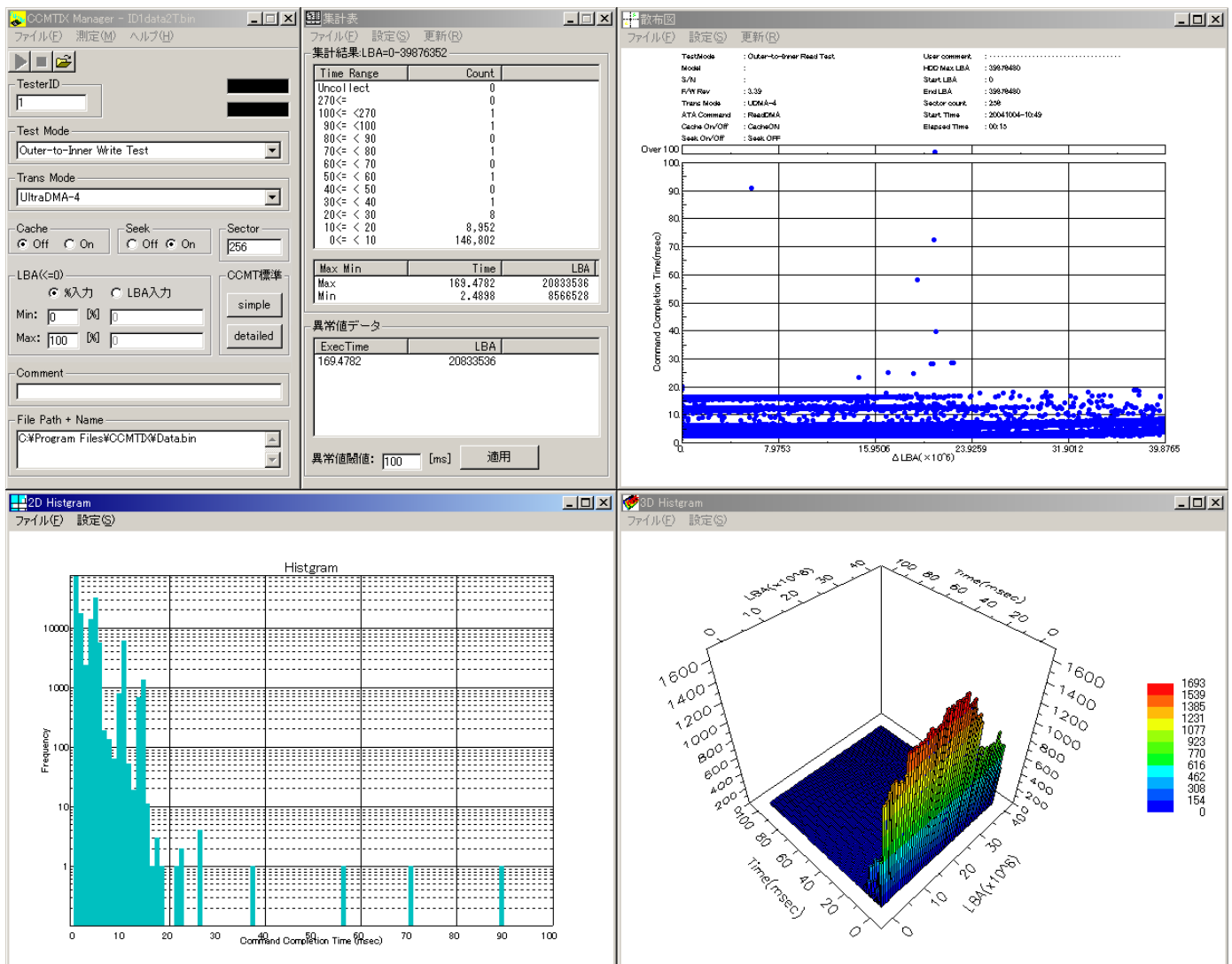
このため、測定を正確に行うためには、時間計測の専用ハードウェアを持つ測定装置を使用する必要があることが分かり、IDE-Pocket テスタとそのソフトウェア CCMTIX を開発しました。

IDE-Pocket テスタ (図7) と CCMTIX ソフトウェアの画面 (図8) を参照してください。このような、専用ハー



図7：IDE-Pocket テスタ

図8：CCMTIXソフトウェア画面



ドウェアを使用することにより正確な測定を行うことが可能になりました。PATA, SATA、両方の評価を行うことが出来ます。

8. CCMTIX について

CCMTIX ソフトウェアの各画面について説明します。

1. マネージャウインドウ - 測定条件の設定。
2. 集計表ウインドウ - 測定結果をアクセス時間の分布で表示。
3. 散布図ウインドウ - 測定結果を LBA - Command completion time(msec) で表示。
4. 2D ヒストグラムウインドウ - 2次元表示。
5. 3D ヒストグラムウインドウ - 3次元表示

なお、この CCMTIX ではユーザ様からのアドバイスにより、次のような機能追加が行われています。

1. データ転送量可変。
2. データコンペア機能
(リアルタイムでデータの比較を行いながら測定を行います)
3. サンプルレート変更機能
4. 3次元データ表示
5. ATAPI デバイスのサポート
6. ランダムアクセス
7. シークの有無指定

上記 3. サンプルレート変更機能についてですが、この機能はなるべく短時間で HDD 全体の挙動を見たい場合に使用する目的で追加されました。最近では、大容量の HDD を使用することが増えていますので通常の評価を行うには 24 時間以上かかる場合があります。このような場合にアクセスする LBA をスキップして測定することにより、通常の 1/100 の時間で全体の挙動を見ることが出来ます。

なお、HDD の場合にはサンプルレートを変更しても全体の挙動はほとんど変わりませんが、SSD(Solid State Drive) の場合には大きく挙動が変化する結果となりました。このことにより、このサンプルレート変更機能を使用して SSD を評価することも可能ではないかと考えられます。図 9、図 10 は SSD の評価例ですが、サンプルレートを 1/20 にした場合にはアクセス時間が極端に遅くなっていることが分かります。

IDE-Pocket テスタの詳細な説明をご希望の方は、「psg_sales@toyo.co.jp」まで連絡をお願いします。

図 9～図10 SSDの評価例

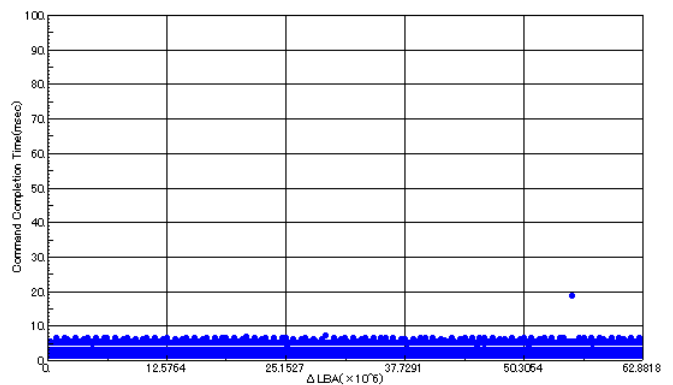


図 9：SSD—シーケンシャルライトアクセスの例

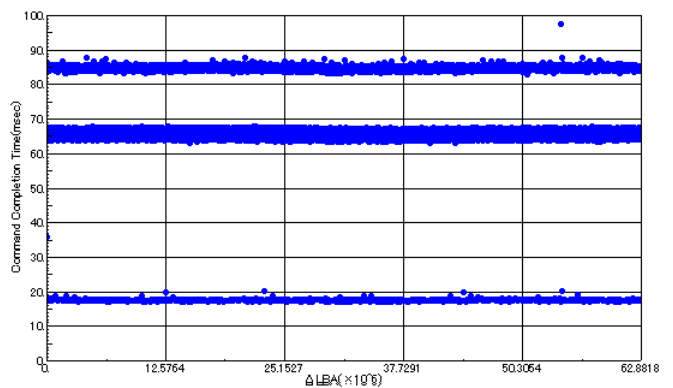


図10：SSD—サンプルレートを1/20にした例

9. HDD の消費電力測定について

現在、コンシューマ HDD 部会では HDD の消費電力測定方法について議論を進めています。

最近では環境に配慮するために、HDD 組込機器においても低消費電力を求められるようになってきました。このため、HDD 組込機器に使用する HDD についても低消費電力を求める声が高まって来ました。

今までも、HDD のスペックに消費電力は表示されていましたが、測定方法が各社統一されておらず、消費電力の比較が難しい状況でした。

このため、コンシューマ HDD 部会では、最初に HDD レコーダ系機器に使用した場合のアクセスの代表的な動作を抽出して、このときの HDD の消費電力を測定することにしました。この抽出した動作を次に列挙します。

1. 2chWrite-1chRead / WriteCache : off ReadCache:off
2. 2chWrite-1chRead / WriteCache:on ReadCache:on
3. 1chWrite / WriteCache : off
4. Performance Idle
5. Low Power Idle (Head on Ramp)
6. Standby (Head on Ramp)

以上の6種類の動作を行いながら、消費電力の測定を行います。

なお、上記の動作を現在、AV スキャン（モード）と呼んでいます。この中で代表的な 2chWrite-1chRead について説明します。この動作は HDD レコーダで2つの番組を録画しながら、再生を行っている時を考えたものです。具体的には HDD の領域を3つに分割して1番目と2番目の領域にはライトを行い、3番目の領域にリードを行う動作を繰り返すものです。

このときの動作を図にすると図 11 のようになります。HDD をこのような動作を行っている状態にして、消費電力を測定します。なお、4.Performance Idle 以降は HDD にアクセスしていない状態の消費電力となります。

図11：2chWrite-1chReadの動作

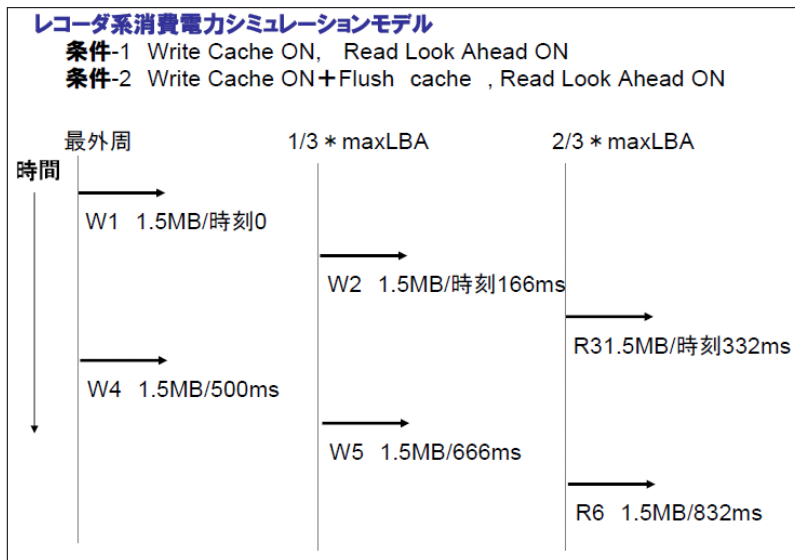
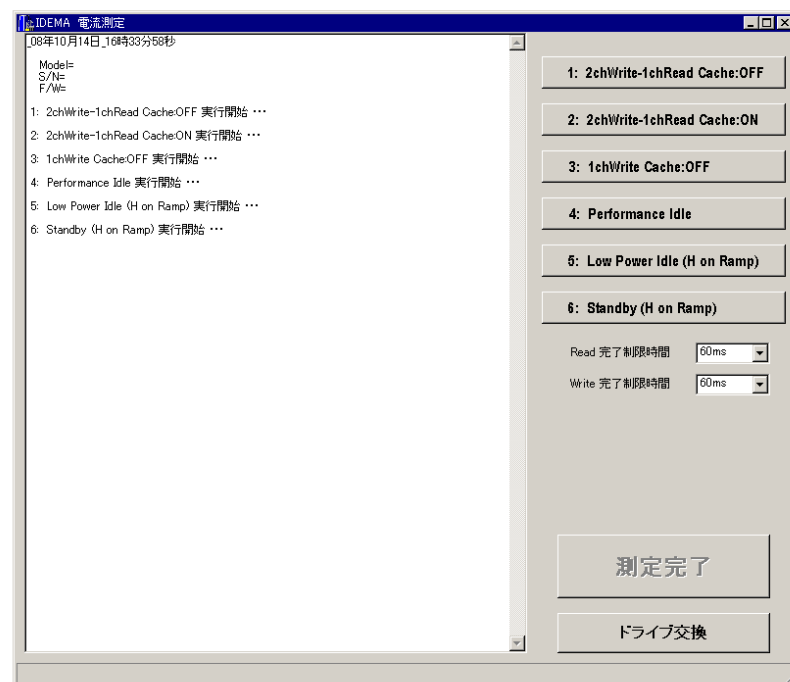


図12：AV_Scan画面



10. 消費電力測定の実現方法

消費電力を測定する場合に、実際の HDD レコーダを使用することは難しいので HDD レコーダの動作をシミュレーションして行います。また、正確なシミュレーションを行うために、前述の IDE-Pocket テスタを使用しています。上記の AV スキャン動作を行うための、専用のソフトウェア AV_Scan が用意されていますので、測定する動作を選択するだけで測定を行えるようになっています。この AV_Scan の画面は図 12 のようになっています。この IDE-Pocket テスタ /AV_Scan により HDD を上記の動作状態した後、オシロスコープを使用して電力を測定します。（実際の測定ではレクロイ社のオシロスコープを使用しています）

現在、コンシューマ HDD 部会では実際に数種類の HDD の消費電力測定を行い、安定に計測することが出来る事を検証しています。この、安定に計ることについては、試行錯誤していますがやっとゴールが見えてきました。まずは、HDD は起動してから消費電力が安定するまで時間がかかるので測定 30 分位前からエージングすること。測定する時には、正確な電圧の電源を使用すること。電源には 1 個の HDD しか接続しないこと等の注意点があります。最初に測定した時に、被測定 HDD が多かったため、測定途中から測定用とエージング用の電源を共用したのですが、この場合に消費電力が正確に測れていなかった経験をしました。また、オシロによる電力の測定方法にもノウハウがあります。

今後も実際の消費電力の測定を継続して問題が無いことを確認し、最終的には測定方法を White Paper としてまとめる予定です。

11. まとめ

以上のように、コンシューマ HDD 部会は HDD を使用するユーザの集まりで活発な意見交換を行っています。現在、コンシューマ HDD 部会では SATA 伝送路の評価方法の検討も進めていますので、ご興味のある方はぜひとも参加をお願いします。