

HDD vs. SSD

比較検証

コンピュータアプリケーションにおける
HDDとSSDの用途を
価格、容量、性能の面から徹底的に追求

金子峻 IDEMA JAPAN 名誉理事

2009年4月クォーターリーセミナー・コーディネータ

2009年4月27日、IDEMA JAPAN主催のクォーターリーセミナーが開催された。

今回のテーマは今最もホットな話題である、コンピュータシステムにおける

HDDとSSDの競合性などを徹底的に検証するものであった。

国内外を代表する幅広い講師による講演が行われ、パネルディスカッションでは

熱心な討議が行われた。以下はその内容についての報告である。

| 講演 | 時間 | テーマ | 講師 |
|----|-----------------|---|---------------------------------------|
| | 13:00- 13:05 | 挨拶 | IDEMA JAPAN 専務理事 安達三郎氏 |
| 1 | 13:05- 13:40 | 【基調講演】 Where Our Digital Content Will Reside: A Reality Check | IDC John Rydning氏 |
| 2 | 13:40- 14:15 | Server/RAID における SSD 市場 | 株式会社 野村総合研究所 加藤貴一氏 |
| 3 | 14:15- 14:50 | ノートブックパソコン市場から見た SSD/HDD の位置づけと今後の期待 | 株式会社 東芝 高島由彰氏 |
| 4 | 15:10- 15:45 | A Paradigm Change ? Testing of the SSD vs. HDD | Flexstar Technology Mark D. Meyer氏 |
| 5 | 15:45- 16:20 | HDDとSSDのベンチマークテスト | 株式会社 日経 BP WinPC 編集部 坂口裕一氏 |
| 6 | 16:30- 17:30 | コンピュータシステムにおける HDD/SSD の選択基準 | 講師各位 IDEMA JAPAN 会長 久保川昇氏 |
| | 17:30- | 懇親会 | |

1. Where our digital contents will reside 講師：Mr. John Rydning, IDC Research Director

□ モバイル市場、SSDとHDD

- ・モバイルデバイス市場の急伸している。その中核にあるストレージには「信頼性」、「頑強さ」、「バッテリー駆動時間」、「セキュリティ」が要求されるが、最も重要な要素は「コスト」である。
- ・2007年にはモバイル機器にも数GBのストレージが搭載されるようになった。この中で容量比で半導体デバイスが8%、HDDが91%を占めている。
- ・PCはポータブルの比率が伸び、2008/2009年にはデスクトップより多くなる。
- ・PCの価格帯では2008年は\$800- \$900が最大。\$399以下のローエンドと、\$2000以上のハイエンド領域ではSSDが使用されるが、その間の価格帯はHDDが使用された。
- ・2012年にはPCの価格帯は\$399以下が最大になる。このため、SSDの数量ベースでの市場は大きくなる。
- ・一定の容量ポイントにおいては、SSDが魅力的になる。
- ・ネットブック（ミニノート）は\$500以下でSSD搭載機からスタートしたが、現在では高機能・大容量の要求により75%がHDD搭載機となっている。
- ・ネットブックをストレージの観点からみれば、本体には必要かつ十分な容量があれば良く、データはクラウド（ネットワークにおかれたサーバー群）に置く方法もある。
- ・現在、システムにおける「ハードウェア（構成）」、「性能」、「サイズ」、「OS」HDDに最適化されている。SSD採用にはそれなりのチューニングが必要。

□ エンタープライズ向けSSD

- ・SSDが適しているのは、「大容量が不要なサーバーブートドライブ」、「高速I/Oが求められる用途」、「HDDとのコンビネーション」である。
- ・SSDを採用していないユーザの採用しない理由は、「必要性や価値がない—49%」、「価格が高い—32%」、「互換性の心配—13%」、「信頼性の心配—13%」などとなっている（2008年における317社からの回答）。

□ まとめ

- ・モバイル機器の種類が増大し、それぞれ異なるストレージが求められる。
- ・無線でのデータやり取りが増え、（ストレージは）クラウドへの依存が増える。
- ・モバイル機器向けのSSD、HDD市場はともに2012年にかけて伸長する。
- ・データセンターでのストレージは引き続きHDDが主体。
- ・SSDはデータセンターの性能向上に寄与する。

2. Server/RAID におけるSSD市場

講師：加藤貴一氏 株式会社 野村総合研究所 経営戦略コンサルティング部

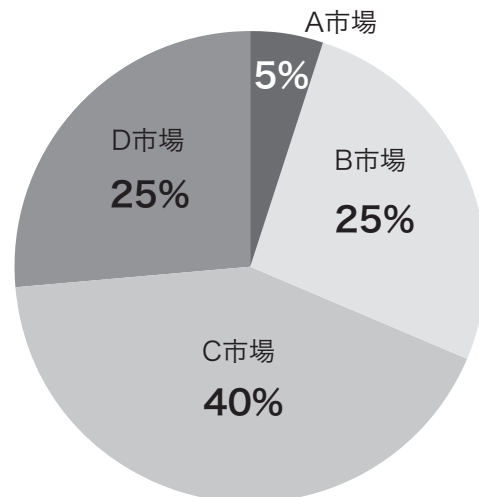
□ Server/RAID市場でのSSD利用の着目は3つ。

- ・パフォーマンス
 - Server/RAIDにおけるパフォーマンス上のボトルネックはストレージ。
 - SSDの性能はHDDを上回る。
- ・製品コスト
 - SSDのビット単価はHDDに追いつかない。
 - 容量二重に上限を設けたBit単価で比較すべし。
 - SSDの製品寿命はHDDより長い。
 - MLCは書き込み回数制限が少ないが製品コストは増加する。

- ・ランニングコスト
 - SSD にはランニングコストを低減できる要因がある。
 - 省電力、低発熱による空調費節減など。
 - 省スペース、低故障率。

Server/RAID におけるストレージは 4 つの市場に分類できる。

- ・ A 市場 (5%) パフォーマンスのみ 容量ニーズなし
- ・ B 市場 (25%) パフォーマンス重視 容量ニーズ 80GB ~
- ・ C 市場 (40%) 容量重視 容量ニーズ 320GB ~
- ・ D 市場 (25%) 容量のみ 容量ニーズ ∞



Server/RAIDにおけるストレージ市場の分類

SSD 市場予測

- ・ TCO (Total Cost of Ownership) を判断基準とする。
- ・ A 市場
 - 性能追及のため、DRAM や SSD が使用される。
 - 高頻度アクセス、プロキシサーバー、仮想化ストレージにおける高 IOPS 部分。
 - 市場規模は小さい。
- ・ B 市場
 - TCO シミュレーション結果では、2012 年頃から SSD への転換が起こる。
 - WEB サーバー、DB のスレーブサーバー、仮想化サーバーの高 IOPS 部分、動画サイト用サーバーなど。
- ・ C 市場と D 市場では TCO 的には SSD が HDD を上回る事はない。

3. ノートブックパソコン市場から見た SSD/HDD の位置づけと今後の期待

講師：高島由彰氏 株式会社 東芝 PC & ネットワーク社 PC 商品企画部 第一担当グループ長

欧州、米国、国内での SSD/HDD 搭載モデルの価格帯 - 容量による製品マップの説明があった。以下は高島氏の講演資料から読み取ったものである。

- ・ W-W ノート PC の状況と将来予測 (IDC Mar. 2009)
- ・ FY2009 の World-Wide でのノート PC 市場の成長率は 6.8%だが、FY2010 以降は約 20%に回復する。中国のみは 20%を越える (FY2009) 成長を維持、FY2010 以降は 40%に回復。

欧州 Retail チャンネルでの SSD/HDD 搭載モデル販売状況 (GFK:EU20 Retail)

- ・ SSD モデルの最多販売領域は、Netbook (注) (€500 以下) で容量は 4-16GB、並びに高価格帯 (€1800 ~ €4000) で容量は 33-64GB 以上に 2 極分化している。
- ・ Netbook 市場での SSD 搭載モデルは 45%程度。
- ・ 現在、160GB HDD 搭載機と同価格帯の SSD 搭載機の容量は 16GB。
- ・ ノート PC での最多販売価格帯は HDD 容量が 120 ~ 250GB、価格が€500 ~ 1100。
- ・ Volume Zone では 120-250GB の HDD が必要。
- ・ SSD 搭載モデル (80-120GB) の価格を€1299 以下にしなければならず、未だギャップは大きい。
- ・ 米国 Distribution Channel の SSD/HDD 搭載モデル販売状況 (NPD Retail)
- ・ 傾向としては欧州と似ている。
- ・ Netbook 市場での SSD 搭載モデルは 45%程度。
- ・ Volume Zone では 120-250GB の HDD が必要。
- ・ 国内量販店販売での SSD 搭載モデル販売状況 (GFK Japan)

- ・日本市場での Netbook は CY008Q2 までは 8-16GB の SSD 搭載モデルが中心であった。
- ・CY08Q3 から HDD 搭載モデルの比率が急上昇。CY08Q4 では 70%以上が HDD 搭載モデル。
- ・ノート PC 市場での SSD 搭載モデルの割合は非常に低い。

(注)：講演では Mininotebook と称されていたが、本報告書では Netbook に統一する。

□ノート PC/Netbook の Positioning (価格サイズ)

| | SSD (64GB) | HDD (160GB) |
|---------------------|------------|-------------|
| データ入出力 | 約 5 倍のスコア | |
| 記憶容量 | | 2.5 倍の記憶容量 |
| 消費電力 | 約 1/2 | |
| サイズ | ○ | |
| 重さ | ○ | |
| データ信頼性 (Durability) | 約 4 倍 | |
| 静音性 | ○ | |
| 単体コスト | | 1/3 |

(注)：講演資料では評価は○、◎、△で表示されていたが、講演では具体的な数字が述べられた。

- ・データ信頼性 (約 4 倍) についての質問があったが、これについての具体的な根拠は明らかにされなかった。
- ・現在はビット単価の安さのため、160GB HDD が多く採用されているが、ムーアの法則に従えば、近い将来、SSD の単体コストは HDD に追いつくと見込まれる。

□ノート PC/Netbook の Positioning (価格サイズ)

- ・ノート PC/Netbook について、LCD サイズ対価格による位置付け分布図が示された。
- ・これによれば、現時点での SSD 搭載機のポテンシャル市場は LCD12" 以下、低価格帯では SSD 容量が 4-16GB、高価格帯では 64/128GB。
- ・128GB 以上の SSD が使用されるのは LCD19" 以上の Premium ノート PC。
- ・Ultra Portable Premium モデル (軽量・薄型) はコスト削減により、今後 Mainstream になる。

4. A Paradigm Change ? Testing of the SSD vs. HDD

講師：Mark D. Meyer 氏 Flexstar Technology Vice President, Strategic Accounts

□ SSD と HDD はデータの蓄積という機能では同じであり、サーバーから見ればいずれに記録されていても良い。しかし、機能性能は大幅に異なる。

- ・その主なものは、
 - IOPS は HDD の 100~300 に対し、SSD は 40,000~150,000
 - MTBF は HDD の 300 k ~1M 時間に対し、SSD は 1.5M~3M 時間
 - 耐ショック性は HDD の 200~400G に対し、1,500G

□ SSD の優位点

- ・SSD の高性能により、利用率は高く、HDD の 20-30% に対し、ほぼ 100%。
- ・SSD の高い MTBF と高利用率によりデバイスは少なくて済み、IT 効率が高い。
- ・サーバーと HDD の性能ギャップ (速度の違い) により、サーバーは HDD からのデータを待っている状態になっている。

- CPU の性能向上はムーアの法則に則って 18 カ月ごとに 2 倍になっている。HDD の容量は 18 ヶ月毎に 2 倍になっているが、性能向上率は低い。このため、SSD を使用することにより、性能ギャップを縮めることができる。

□ HDD と SSD の性能の違いは下表のとおり。

| | HDD 3.5" 15K RPM | HDD 2.5" 15K RPM | SSD 2.5" |
|----------|------------------|------------------|----------|
| Capacity | 300GB | 146GB | 64GB |
| Read | 100 MB/s | 130 MB/s | 300 MB/s |
| IOPS | 700 | 580 | 6900 |
| Price | ~ \$600 | ~ \$500 | ~ \$800 |
| Watts | 15 W | 8.3 W | 1.5 W |

□ テストに関する顧客の要求

- SSD メーカーは NAND デバイスの検査だけで良いと考えているが、ユーザは HDD と同じようにコントローラやインターフェース、パワーマネジメント、ドライブライフなども含めたサブシステムとしての信頼性テスト体制を求めている。
- HDD のテスト例
 - 1000 台の HDD を 1000 時間 (6 週間)
 - CSS テスト (5 万回またはそれ以上)
 - 環境テスト
 - Dwell (ヘッドを同一トラックに静止したテスト) / Off track erasure
 - 保存中の腐食
- SSD と NAND フラッシュデバイスに期待される主要事項
 - サブシステムとして
 - NAND 素子のマネジメント
 - ウェアレベリング
 - エラーマネジメント (NAND 素子単体のエラー)
 - ECC
 - パワーマネジメント
 - コントローラインターフェース
 - NAND 素子として
 - サイクリング
 - ディスターブ (Program や Erase)
 - データリテンション (保持、保存)

□ ウェアレベリング (Wear Leveling)

- SSD の書込み制限緩和の機能で、最も良く質問される事項
- メディア全体に渡り、erase 数を均一にする
- NAND 素子の長期信頼性の確認
- テストアルゴリズムは簡単ではない。

SSD に対して新しいテスト方法の提唱

・Virtual RPM (Sandisk 提唱) / 耐久性テストの新方法 (Sandisk 提唱) / Write Amplification (Intel 提唱)

まとめ

- ・SSD に対する新しいテスト方法が提唱されている。
- ・NAND 素子と（それを組み込んだ）SSD サブシステムの信頼性を区別すべし。
- ・SLC と MLC の信頼性と性能の違いを良く理解すべし。
- ・（企業向けかコンシューマ向けかの）アプリケーションにより、テスト方法を区別すべし。
- ・信頼性についての（SSD、HDD の）共通テスト方法を確立することが必要であろう。
それには HDD 業界で学んだ知識をさらに高めることが肝心である。

5. HDD と SSD のベンチマークテスト 講師：坂口裕一氏 株式会社 日経 BP 日経 WinPC 編集

高速 HDD と SSD の比較

- ・現時点での高速 HDD の代表は、500GB ディスク 2 枚で 7200rpm (Seagate 「barracuda 7200.12」) や 150GB ディスク 2 枚で 1 万回転 (Western Digital 「WDVelociRaptor」)。対する SSD は 120GB の OCZ Technology 「Vertex Series」。
- ・SSD の速度は 2008 年秋ごろから急速に向上している。

SSD の性能を世代ごとに纏めると下記ようになる。

| | 順次/ランダム読出し | ランダム書込み | 特徴 |
|---------------------|------------|------------|------------------------|
| 第1世代 2008年秋頃 | 約140MB / 秒 | 約10MB / 秒 | JMicron JMF602コントローラ内臓 |
| 別格 Inte製SSD 2008年9月 | 約250MB / 秒 | 約72MB / 秒 | Intelコントローラ内臓 |
| 第2世代 2008年末頃 | 約220MB / 秒 | 約43MB / 秒 | JMicron製コントローラ2個搭載 |
| RAID構成 | 約4倍 | | |
| 第3世代 2009年3月 | 約240MB / 秒 | 155MB / 秒 | Indilinxコントローラチップ |
| 64MBキャッシュ | | 1/3 | |
| 第4世代? 2009年5月 | 約600MB / 秒 | 約500MB / 秒 | 256GB SSD4台でRAIDを構成 |

ベンチマークテスト結果

- ・第2世代 SSD と HDD (Barracuda 7200.12) との比較では、書込みでは HDD が上回るが、読み出しでは SSD が上回る。
- ・第3世代 SSD のランダム読み出しは Intel 製 SSD をも上回る。
- ・第3世代 SSD は読み出し、書込みとも Seagate 「Barracuda 7200.12」を上回る。
- ・Ultra ATA モデルの SSD の性能は高速 HDD をかなり下回る。

SSD を使うメリット

- ・XP では起動が早くなるが、Vista では大差はない。Vista では内部処理のために時間がかかるため。
- ・ウイルスチェックでは SSD が短時間で終了する。

6. パネルディスカッション

パネラー：講師各位ならびに IT 総研・IDEMA JAPAN 会長 久保川昇氏の6名

モデレータ：金子峻 IDEMA JAPAN 名誉理事

事前に本セミナー参加者からの質問を元に討議を実施。

SSD のアプリケーションはハイエンドとローエンドの両極にあるため、質疑応答は両アプリケーション毎に行った。

・信頼性（質問が一番多かった項目）

- ハイエンドユーザーの一番の懸念は SSD の信頼性である。
- 信頼性に関する統一基準作成の動きがある。
- SSD では HDD と違った信頼性確認のテスト方法が必要。種々の提案がなされている。
- PC 分野ではデータ信頼性は SSD の方が高いと考えられているが、詳細については明確にされなかった。
- PC に使用される SSD の MTBF については、PC メーカーは SSD メーカーから或る数字の提示を受けている。
- SSD のビットエラーレートやリトライ等については今後明確にする。

□コスト

- ・野村総研の加藤氏は TCO から「サーバー／RAID の B 市場では、2012 年に HDD と SSD のコストがクロスオーバーし、HDD から SSD への転換が起こる」としているが、IDC の Rydning 氏は TCO の考え方を取っていない。あくまで SSD と HDD の単体コストを比較したい。
- ・安価な価格が魅力であるローエンド PC では、SSD の絶対価格が低いことから当初ネットブックに SSD（低容量）が採用されたが、間もなく低容量では用途に限界があるため、ネットブックでも現在は HDD 搭載機が主体となっている。
- ・PC に必要な容量帯では SSD は高価である。SSD の性能が高いからとの理由で、プレミアムを支払うユーザはどれだけいるだろうか？

□性能

- ・SSD の性能が HDD より高いことは分かったが、これ以上高くする必要性はあるか。これについては「その必要性はない」という意見と「ユーザはやはり高性能を求める（IDC、Flexstar）」との意見に分かれた。
- ・HDD 高速化の手段として RAID 0 があるが、あまり普及していない。

ハイブリッド HDD は現時点ではあまり普及していないが、種々の改善が加えられ、将来普及するであろう。

□市場

- ・今から2年後の2011年の時点で、全PCの内、SSD搭載の比率は？
1年前は「2010年で10%、2011年で25%（東芝セミコンダクター、斎藤社長）」との見通しもあったが？
これに対するパネリストの意見は；
 - 急激な経済状況悪化で SSD 搭載機の普及は遅延している。
 - 5%以上、10%以下。
 - 数%のマニアと、安価な SSD で良いというユーザが数%いる。
 - 5%以下。

上記のように種々の意見が出たが、SSD 搭載 PC の比率は総じて5%前後と昨年4月セミナーの時よりかなり低い見通しであった。

（執筆・2009年5月5日）