

SSD

大阪医科大学放射線医学教室 非常勤講師
(関西福祉科学大学 保健医療学部 教授)

上杉 康夫

SSD (solid state drive: ソリッドステートドライブ) とは記憶装置として半導体素子メモリを用いたストレージ (特に、ディスクドライブ) として扱うことのできるデバイスです。シリコンドライブ、半導体ドライブ、メモリドライブ、擬似ディスクドライブなどとも呼ばれます。使用するメモリの種類によりRAM (Random access memory) を使うRAMディスク (ハードウェア方式)、フラッシュメモリを使うFlash SSDなどがあります。ハードディスクドライブ (HDD: hard disk drive, HDD) と比較すると以下のような特徴があります*1。

利点

- シークタイムがないためランダムアクセス性能に優れる
- 物理的な稼働箇所がないため省電力、動作音がしないので静か
- 物理的な稼働箇所がないためHDDよりはるかに振動・衝撃に強い

欠点

- 容量単位の価格がHDDより高い (2016年5月現在、HDDの1GBあたり2.6~10円に比べ、SSDでは27~70円程度だが、急速にその差は縮まっている)
- フラッシュメモリを用いたものでは、書き込み・消去 (内部動作) のたびに素子が劣化するため、サーバやデータベースなどの用途では寿命が短くなる場合がある
- フラッシュメモリを用いたものでは、故障時のデータ復旧の技術は現時点では確立されていない

上記が挙げられます。

SSDの増加

HDDとPC向けSSDの出荷台数を2014~2016年で比較しますと、HDDはこの間に出荷台数を23%減らしているのに対し、SSDは出荷台数を26%ほど増やしています。ただし、合計の出荷台数は減少しており、2014年が3億1,080万台であったのに対し、2016年は2億6,300万台と予測されて

います (図1) *2。

PC (personal computer: パーソナルコンピューター) 向けストレージに占めるSSDの割合は増加が続いています。2014年に15.4%を占めていたのが、2016年には22.8%と2割を超えています。SSD普及の主役はノートPCで、2015年の搭載率は25%です。2016年の搭載率は10ポイントも増え、35%に達すると予測されています (図1)。

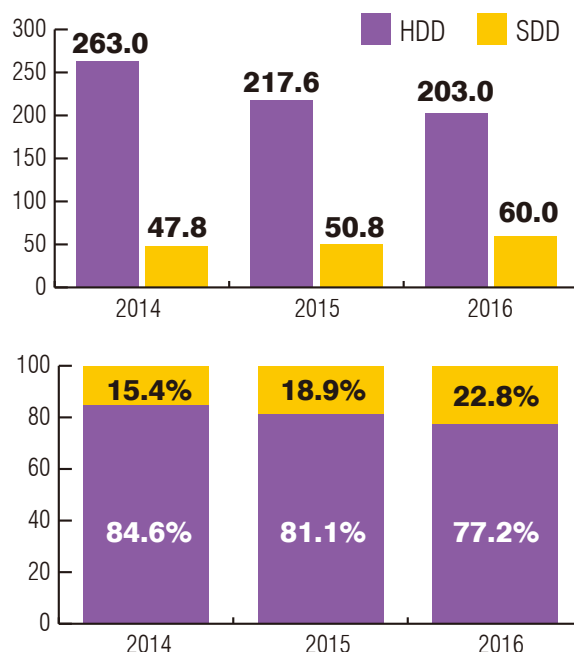


図1: 2014~2016年のHDDとSSDの出荷台数(上グラフ)
2014~2016年のPC向けストレージに占める
PC向けHDDとSSDの割合(下グラフ)*2

SSDでのデータの書き換え

SSDは高速ですが、実際にはいくつか弱点があります。そのほとんどは記録媒体であるフラッシュメモリの仕様による制限です。その1つに「書き換えが出来ない」特性によるものがあります。

書き換えが出来ないフラッシュメモリをうまく使うために、SSDでは工夫が凝らされています。通常、ハードディスクでは特定のセクターの内容を書き換える場合、そのセクターに「上書き」を行います。しかしフラッシュメモリは書き換えが出来ないデバイ

スです。このあたりのことをハードディスクと較べながら見てみましょう*3（図2）。

通常、ハードディスクでは特定のセクターの内容を書き換える場合、そのセクターに「上書き」を行います（図2：ハードディスク）。

しかしながら、フラッシュメモリは書き換えが出来ないデバイスです。

空きブロックの無いSSD場合（図2：SSD（空きブロックの無い場合））は、

- ①書き換えたいセクターを含むブロック全体をすべてバッファ（作業用メモリ）に読み出す
- ②バッファ上の目的のセクターを書き換える
- ③該当ブロックをすべて消去する
- ④バッファの内容をブロック全体に書き戻す

このようなアクセス方法では、たった1セクター（512バイト）の更新でもブロック全体（通常は数百キロ〜数メガバイト）の読み出し・消去・書き込み

作業が必要になり、さらにブロック消去にはミリ秒オーダーの時間を要するため、非常に長い時間を必要とします。またバッファ（作業用メモリ）を別途用意しなければなりません。

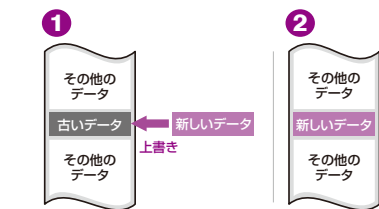
そこで実際のSSDでは、次のようなデータを消去済みとした空きブロックを用意した方式が取り入れられています（図2：SSD（空きブロックがある場合））。

- ①あらかじめ消去済みのブロックを用意しておく
- ②書き込み先のブロックから書き換えるセクター以外のデータをコピーする
- ③書き換えたいセクター（新しいデータ）を消去済みのブロックに書き込む
- ④書き込んだブロックを元のブロックと入れ替える（アドレステーブル更新）
- ⑤用済みになったブロックを消去し、次の書き込みに備える

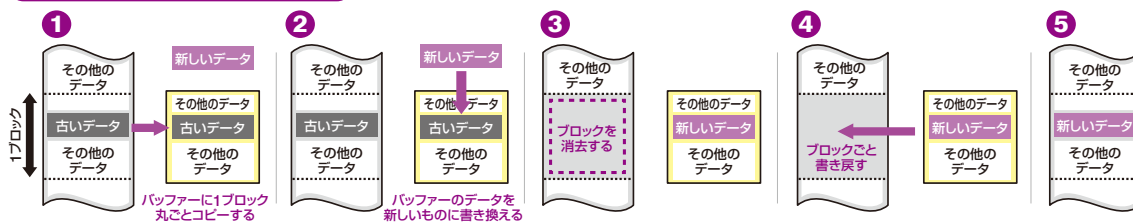
※②と③が逆のケースもあります

このように、空いているブロックをあらかじめ消去しておくことで、消去に要する時間を見かけ上隠蔽することができます。さらにアドレステーブルをブロック単位（最小消去サイズ）ではなくページ単位（最小書き込みサイズ）で管理することで、必要な書き換え範囲を最小化してさらなる高速書き換えを実現しているSSDもあります。

ハードディスク



SSD 空きブロックが無い場合



SSD 空きブロックがある場合

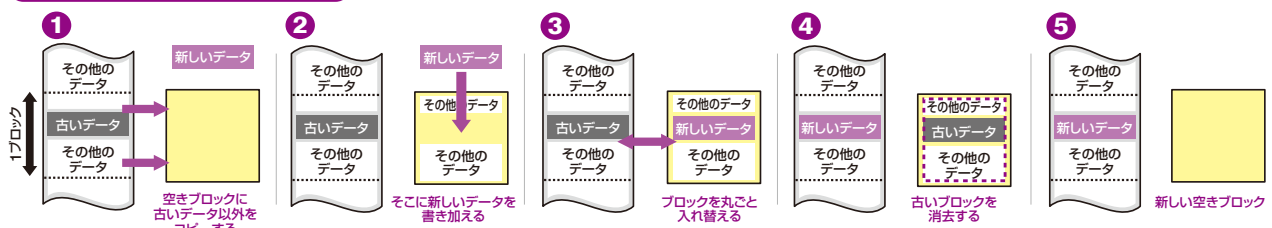


図2：ハードディスクとSSDに対して、1セクターのデータ書き換えを行った場合の実際の動作。
ハードディスクではデータの上書きを行うだけですが、SSDではかなり複雑な処理が行われることがわかります。*3

しかしながら、いずれのケースでも、あらかじめ消去済みのブロックがあることが高速書き換えの条件となります。書き込みたいデータサイズ分の空きブロックがない場合や、あるいはまだ未消去の状態であった場合には、新たにブロックを消去する必要があるため、アクセス速度が大幅に低下してしまいます。さらにSSDを使い込んでいくと、ファイルのフラグメンテーションによるデータの断片化が増加し、多くの空きブロックを確保することが困難になってきます。

このような背景から、SSDは残り容量が少ない状態で使い続けると、大幅にアクセス速度、特に書き込み速度が低下し、本来の性能を発揮できなくなるという問題があります。

Trim

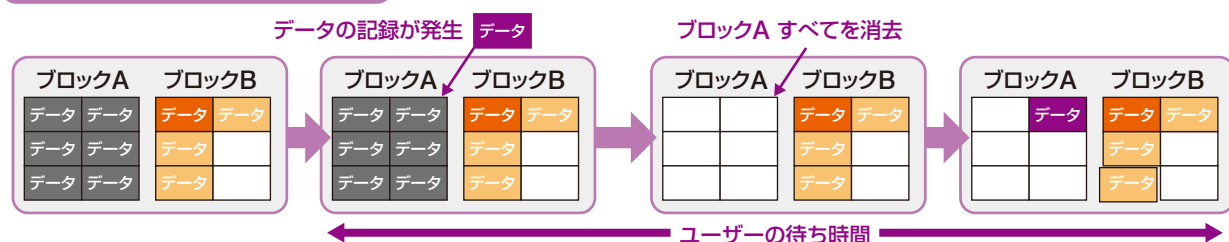
Windows Vista以前ではSSDをHDDとして認識していました。Windows 7で新たにSSDを最適化するサポートがされ、OSがHDDとSSDを区別するようになりました。Windows 7以降のOS (Operating System) はSSDを使うように設計され、SSDの性能アップや寿命を延ばすためにシステムに新たにTrimコマンドが実装されるようになりました。

Trimコマンドで、消去タイミングの調整～書き込み速度の低下を回避しています。

SSDではユーザーがデータをゴミ箱から消去しても、実際にはデータが残っています。ユーザーからは消滅したように見えますが、記録エリアには存在しています。単に消去マークが付くだけです。そのデータはOSが消去命令を出すまで残っています。SSDはそのデータが記録されているエリアへの上書きができません。一度、消去して空白にしてから書き込むため、データを完全消去するタイミングが肝心です。このためあらたに導入されたTrimコマンドでは不要なファイルだという情報をあらかじめSSDに伝えることで、最適な消去タイミングを図ることができようになっています。つまり、書き込み速度の低下を回避するコマンドです*4。

Trimコマンドがない場合を見比べてみます。まず、Trimコマンド無しの場合、ユーザーがゴミ箱で消去したデータは、SSDのシステム上では残っており、実際には消去されていない (グレーで表示)。そのためブロックAは記録できるエリアですが、データは残っています。ブロックAに新たにデータが記録される段階で、ブロックAすべてが消去されます。それからデータが記録されるため、待ち時間が長くなります (図3上)。

Trimコマンドがない場合



Trimコマンドのある場合

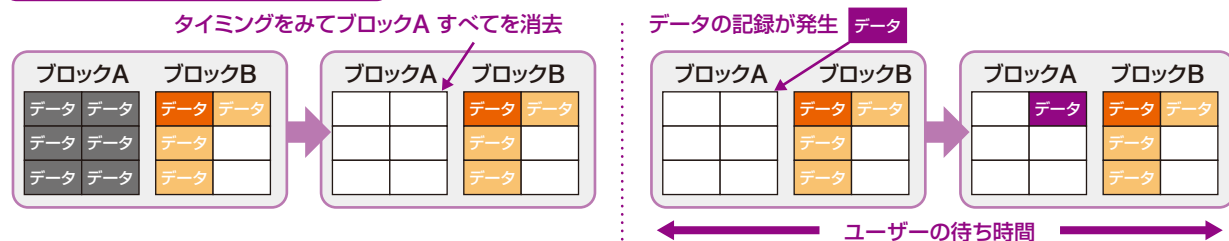


図3：Trimコマンドがない場合(上)・Trimコマンドのある場合(下)*4

Trimコマンドがある場合には、ゴミ箱で消去したことを、SDDのコントローラが情報を受け取っています。これでブロックAはすべて消去してよいと判断して、事前に消去が行われています。ブロックAにデータが記録されるときには、すでに書き込み可能な状態となっているので、待ち時間が少なく済みます。ただ、Trimコマンドで得た情報を「どう活用するのか」は規定がないので、SSD製品によって異なる場合もあります（図3下）。

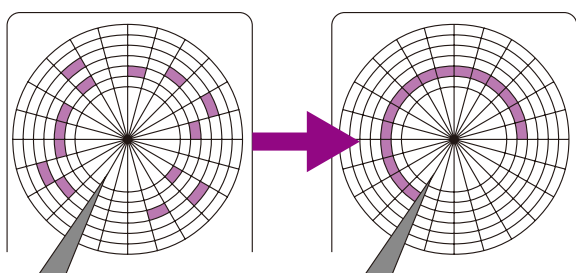
デフラグメンテーション

HDDでは効果あるデフラグメンテーション（defragmentation：デフラグ）も、SSDでは効果がでにくいとされています。

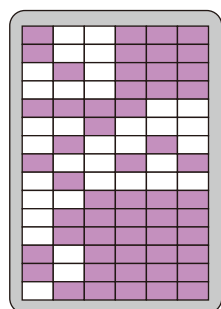
ファイルの断片化はデータが保存されている領域が分散していることです。（HDDではセクター、SSDならセルが領域です）。ソフトを使って断片化をデフラグすれば、HDDではアクセスが向上します。それはファイルがまとまって存在していれば、磁気ディスク装置の平滑な円盤状の記録用部品であるプラッタ（Platter）の回転もヘッドの移動も少なくて済むからです。しかし、SSDでは特定のセル

に記録を集中させない「ウェアレベリング機能（wear levelling）^{※5}」があり、連続したセルに記録されにくいのです。（セルの記録書き換え回数寿命が比較的少ないので、保護機能が働きます）。さらに電氣的なアクセスなので、断片化によるアクセス速度低下は起こりにくくなります。なお、デフラグをすると「シーケンシャルリード（Sequential Read：連続している領域への読み込み）が若干速くなるが、記録速度はほとんど変わらない」と言われています^{※4}。それゆえデフラグは、SSDでは効果がでにくいとされているのだと思われます。

今回は、SDDの概要について述べました。



HDDではデフラグ後、プラッタの回転数とヘッドの移動回数が減るのでアクセス速度が向上する。



SSDは電氣的なアクセスためファイル断片化の影響は少ない

図5：HDDとSSDのデータ保存領域^{※4}

参考文献

- ※1：ソリッドステートドライブ | Wikipedia
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%BD%E3%83%AA%E3%83%83%E3%83%89%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%BC%E3%83%88%E3%83%89%E3%83%A9%E3%82%A4%E3%83%96>
- ※2：SSDの世界市場、2016年は16.5%増の9,500万台と予測 ～日本HDD協会2016年1月セミナーレポート(SSD編) | PC Watch
<http://pc.watch.impress.co.jp/docs/news/744084.html>
- ※3：Trim命令の功罪 | Logitec データ復旧技術センター
http://www.logitec.co.jp/data_recovery/column/vol_005/
- ※4：Windows 7からTrimコマンド実装（消去タイミングの調整）
<http://www.pasonisan.com/pc-storage/ssd-trim.html>
- ※5：ウェアレベリング | Wikipedia
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A6%E3%82%A7%E3%82%A2%E3%83%AC%E3%83%99%E3%83%AA%E3%83%B3%E3%82%B0>