

HyperFast™ 技術による ソリッド ステート ストレージの最適化

問題

ソリッド ステート ドライブ (SSD) には、伝統的な磁気ハード ディスク ドライブ (HDD) に代わりプライマリ ストレージメディアとして使用される場合に生じるいくつかの問題があります。現在まで、ファイル システムは HDD を前提として設計されており、新しい NAND フラッシュ/SSD 技術を適切に考慮していません。

これにより、長年にわたり市場で優勢であったHDD 向けに設計された従来のファイル システムがコンシューマーやビジネス向けのマーケットで、NAND フラッシュ メモリを大量に採用する場合に悪影響を及ぼす問題が発生します。

問題分析

本質的な問題は、空き領域の断片化に伴う書き込み速度の低下です。論理レベルでボリューム全体にわたり分散する小さな空き領域により、ファイル システムでは断片化した小さな空き領域にファイルが書き込まれます。**これにより、ソリッド ステート ストレージ デバイスの書き込みパフォーマンスが最大約80%低下します。**アプリケーション ソフトウェアが他の方法で大きなバッファを使用したとしても、断片化した空き領域により SSD ブロック境界の書き込みまたは消去で不利なブロックの書き込みが強制されることとなります。

Diskeeper 社は、空き領域の断片化の影響によるファイルの書き込み速度低下について、様々なメーカーの SSD をテストしました。最も一般的な Windows ファイル システムである NTFS では、何も手を打たなければ、わずか数か月でかなり激しく空き領域が断片化し、その後断片化の進行速度は低下します (図 1)

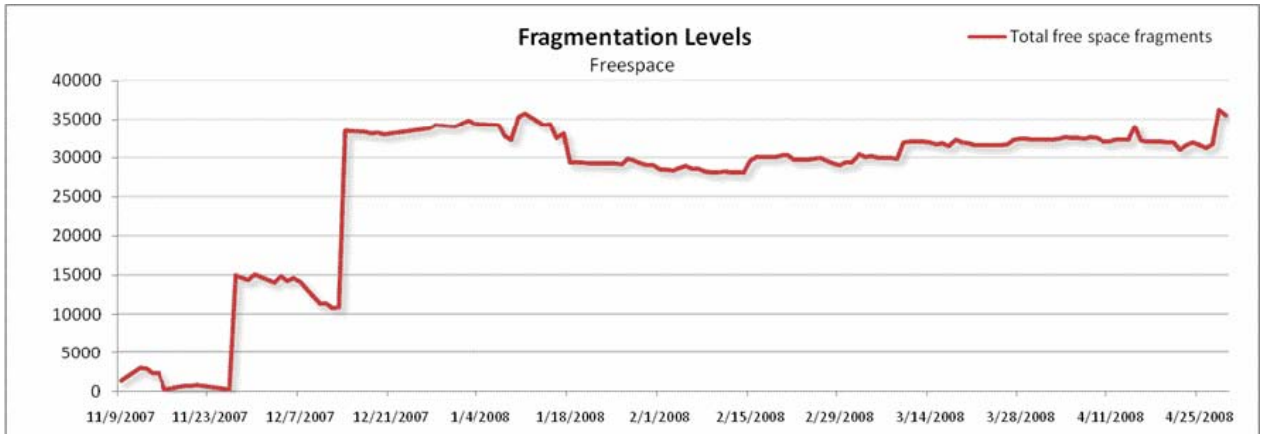


図 1 : 通常のシステム使用による空き領域断片化の進行

書き込みのパフォーマンスは、空き領域の断片化の増大に比例して低下します。以下（図 2）のグラフは、この影響によりさまざまなドライブ上で書き込み速度が約80%も低下することを示しています。このテストでは、断片化した空き領域を含む SSD に 1GB のファイルをコピーしました。このグラフ軸は、不連続な空き領域クラスタによるファイルの書き込みが強制されるファイルの断片数に対する I/O 書き込みスループットを 1 秒あたりのメガバイト（MB/s）で示しています。新しい SSD デバイスは当初、80MB/s の書き込みパフォーマンスを提供しますが、数週間の使用の後、短期間でそのパフォーマンスは 35 MB/s まで低下します。数か月の期間で、書き込み速度はゆっくりとさらに悪い 10 MB/s まで落ち込みます。

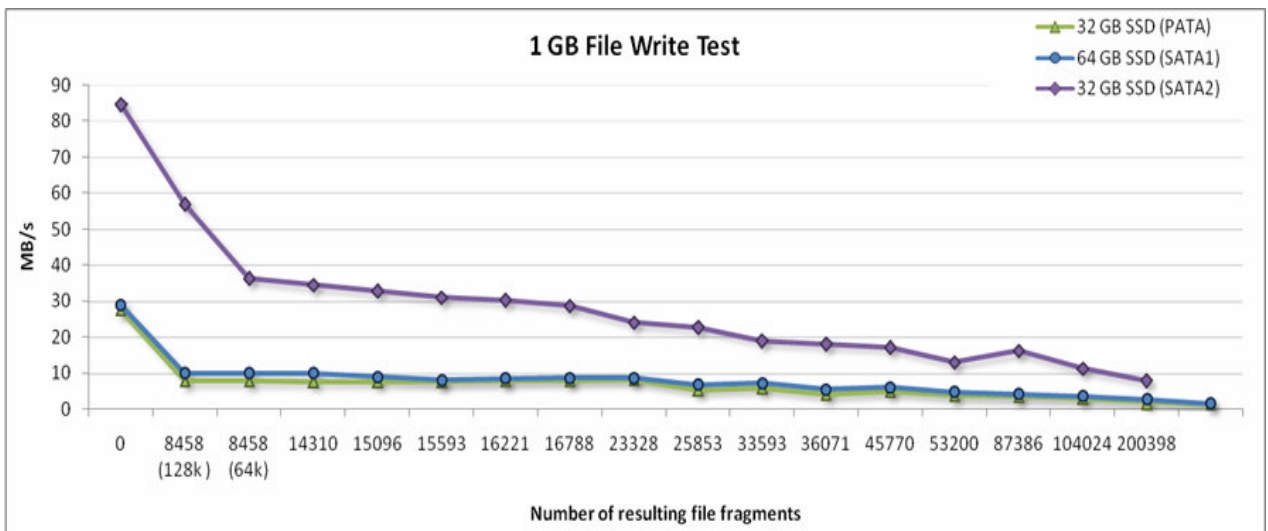


図 2 : 断片化した空き領域による書き込み I/O スループットの低下。

断片化した空き領域によるパフォーマンスの低下は、現在販売されている大半の各 NAND フラッシュ メモリ ドライブに影響することに注意してください。

ソフトウェアによる解決策 : HyperFast

前述したように、問題の原因はオペレーティング システムがストレージ ハードウェアを処理する方法にあります。現代のオペレーティング システムの性質と、定期的に行われる更新、およびそこで実行するアプリケーションでは、空き領域の断片化の影響および SSD NAND フラッシュに対するその固有の影響について、事前の考慮が行われていません。実証的証拠によれば、NAND フラッシュは、読み取りベースのファイルの断片化の影響について適度な免性を持ちますが、空き領域の断片化が中度以上進んでいる場合の書き込み速度の低下については非常に脆弱であることがわかっています。

Diskeeper 社と Microsoft により当初共同で記述された Windows FSCTL (ファイル システム制御) を使用することにより、HyperFast はファイル システムの 100% 安全な自動保守機能を提供し、特殊な最適化技法を通じて空き領域の断片化を低レベルに維持しながら、ランダムではなく順次に書き込みを行うようにファイル システムを予防的に強制します。

パフォーマンス:

この技術は、SSD のパフォーマンスを大幅に向上させます。こうした向上を実証する特別なテストが実施されました。このテストは、約6ヶ月間の一般的なシステムの使用から想定される同程度の空き領域の断片化を含む環境を示しています。

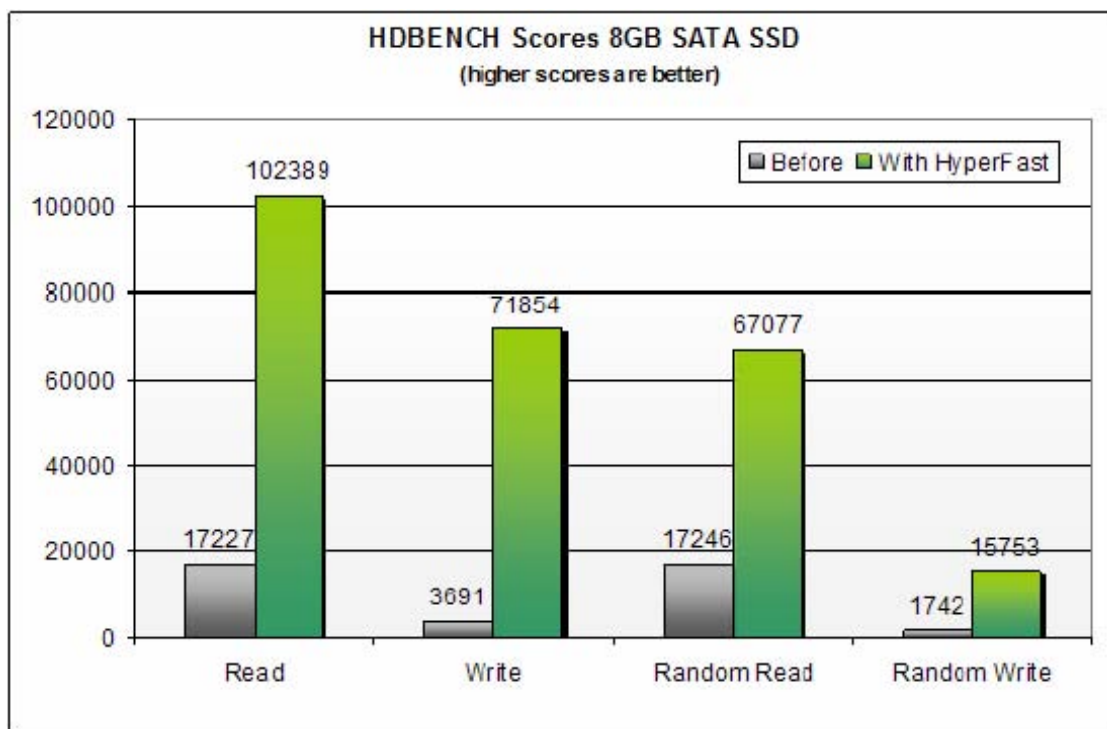


図 3 :HDBench™ ソフトウェアによる 8GB SATA SSD のベンチマーク スコア

8GB SSD（SATA）デバイスの結果では、読み取り速度が 5.9 倍、書き込み速度が 19.5 倍、ランダム読み取り速度が 3.9 倍、ランダム書き込み速度が 9.0 倍のパフォーマンス向上を記録しました。

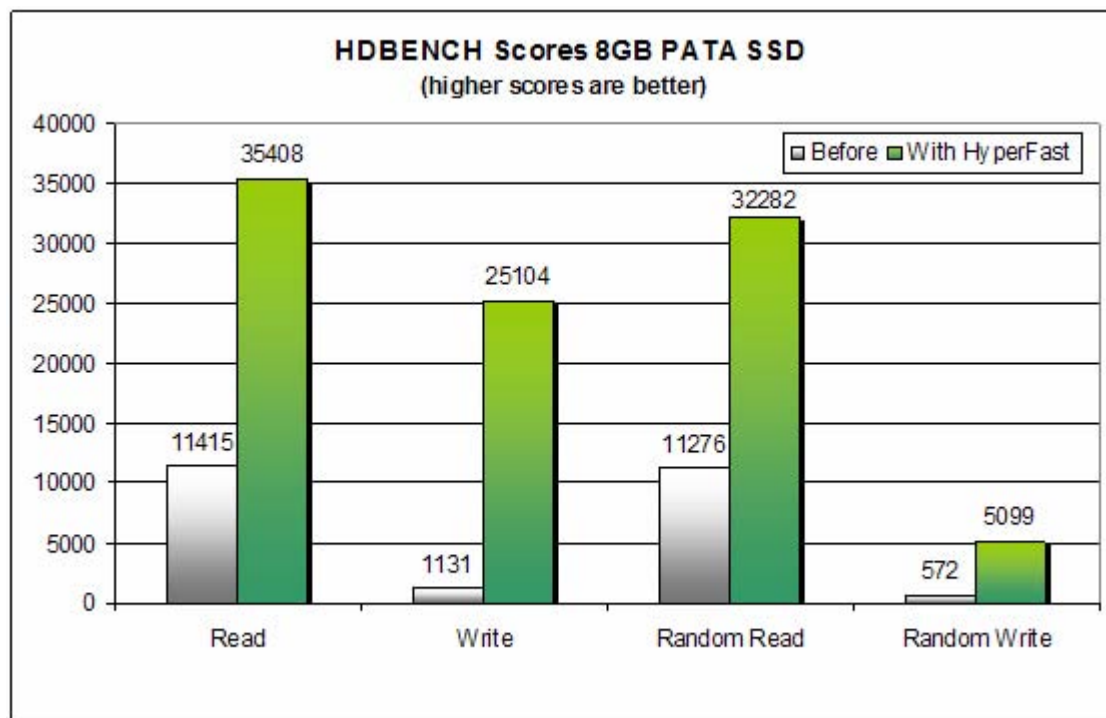


図 4 :HDBench™ ソフトウェアによる 8GB PATA SSD のベンチマーク スコア

8GB SSD（PATA）デバイスの結果では、読み取り速度が 3.1 倍、書き込み速度が 22.1 倍、ランダム読み取り速度が 2.8 倍、ランダム書き込み速度が 8.9 倍のパフォーマンス向上を記録しました。

一般的に SSD では順次の書き込み I/O のスループット（MB/s）がランダムな書き込み I/O よりもはるかに優れているので、ファイル システムの断片化した領域を予防的に統合する HyperFast の処理により、他の方法ではランダムな書き込み I/O としてディスク サブシステムに渡されることになる順次の書き込み I/O の分割が防止され、パフォーマンスが向上します。

起動:

HyperFast による書き込み I/O のパフォーマンスの向上には、高速な起動というその他の利点もあります。このことを実証するために、通常のオペレーティング環境が作成され、起動時間を測定するために Microsoft のツール、Xperf および BootVIS が使用されました。

テストは、16GB の SSD を含む新しいシステムで行われました。CD から Windows XP Home エディション サービス パック 2 がインストールされた後、サービス パック 3 と (2009 年/2 月までの) すべての更新がダウンロードおよびインストールされました。次に、Microsoft Outlook および Adobe Acrobat もインストールされました。次に、このテスト結果を示します。

起動のパフォーマンス - xperf.exe のテスト			
5 回の実行平均	使用前	HyperFast を使用	向上率
bootDoneViaPostBoot ¹	23923.2	22670.2	5.23%

図 5 : エクスプローラの起動と完全な起動にかかる時間のベンチマーク (Microsoft Xperf を使用)

起動のパフォーマンス - bootvis.exe のテスト			
6 回の実行平均	使用前	HyperFast を使用	向上率
ログオン + サービス ²	13.57	12.99	4.3 %
起動完了 ³	11.06	10.63	3.89%

図 6 : ログオンおよびサービスの開始にかかる時間のベンチマーク (Microsoft BootVis を使用)。

このデータは、HyperFast 技術により通常の起動時間がさらに向上することを示しています。空き領域の断片化の増加に関する上記のデータから、起動時間が使用期間に比例して増大する可能性が大きいことがわかります。HyperFast は、新規時の起動よりも高速な起動を可能にするとともに、その速度の向上を維持します。

¹ システムが合理的にアイドルとなり、ユーザー入力に応答する時点、「PostBoot」フェーズが完了したとみなすことができる時点まで測定します。

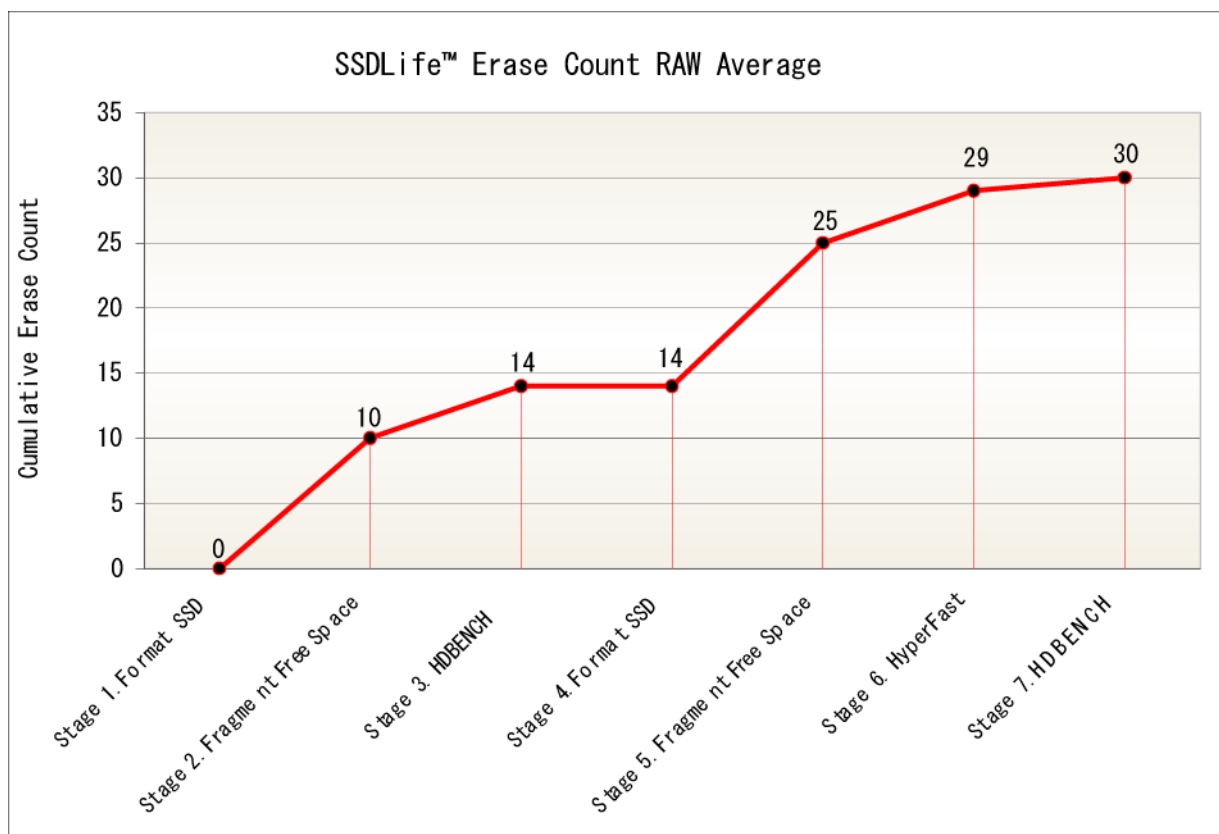
Xperf.exe の詳細については、<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/cc305221.aspx> を参照してください。

² Windows ログオンおよびファイアウォールやウイルス対策ソフトウェアなどのサービスおよびアプリケーションを開始するためにかかる時間を測定します。

³ XP がブートするまでにかかる総時間を測定します。BootVis の詳細については、http://articles.techrepublic.com.com/5100-10878_11-5034622.htmlを参照してください。

寿命:

NAND フラッシュ ドライブでは、消去/書き込みサイクルが制限されています。パフォーマンスの改善を意図するすべての最適化プログラムは、ドライブの寿命を縮めることで目的を実現することはできません。さまざまな作業における SSD デバイス上の平均消去/書き込み処理を測定するために、BinarySense Inc のツール SSDLife™ が使用されました。このツールは、消去/書き込み処理を「評価」するために独自の方法を使用しています。



ステージ 1. SSD のフォーマット ステージ 2. 空き領域の断片化 ステージ 3. HDBENCH
ステージ 4. SSD のフォーマット ステージ 5. 空き領域の断片化 ステージ 6. HyperFast ステージ 7. HDBENCH

図 7 :SSDLife ソフトウェアにより測定された 8GB PATA SSD の累積的な消去処理。

Windows の新たにフォーマットされたドライブ（ステージ 1）から開始して、空き領域の断片化（ステージ 2）により、SSDLife の独自形式の評価システムによる 10 段階のスコアが得られます。次に、ハードウェア パフォーマンスを測定するためにファイルの作成と読み取りを行う HDBench プログラム（ステージ 3）の実行により、4 回の処理が生成されます。再フォーマット（ステージ 4）による変更は発生しませんでした。空き領域の断片化ルーチンの 2 回の実行により（ステージ 5）、平均して 9 回の消去処理が行われます。次に、SSD を最適化するために HyperFast が実行されました（ステージ 6）。これによ

り、平均 4 回（ステージ 3 の HDBench と同一）の消去処理が生成されました。そして、最適化された SSD 上で HDBench が実行され（ステージ 7）、今回は 1 回のみの平均消去回数が発生しました。

このテストは、HyperFast により採用された SSD 最適化手法により、消去/書き込み処理が時おり増大しても、その作業の結果として SSD の通常の日常的使用で消去/書き込み処理が減少することを示しています。HyperFast を使用する最終的な結果として、フラッシュ ドライブ上の消去/書き込み処理が減少し、それによりドライブの寿命が増大します。

上記のテスト ケースでは、HyperFast（ステージ 6）から要求された作業が、数か月で累計した空き領域の断片化の復旧であったことに注意してください。HyperFast の特別なアルゴリズムにより、ドライブのパフォーマンスがインテリジェントに最適化され、有効寿命が最大化します。

まとめ:

通常のシステムの使用で、ソリッドステート記憶デバイスを搭載するコンピュータ システムはパフォーマンスが低下します。これは、ハードウェアの品質または設計によるものではなく、ファイル システム固有の属性の長期的な顕在化に基づくものです。

（この場合は主に空き領域の）断片化は、すべてのファイル システムで時間経過に伴って発生および蓄積する生来の副次的効果です。空き領域の断片化が進むと、それに比例してパフォーマンスが低下します。これにより、NANDフラッシュ メモリ デバイス上の過度の書き込み処理が増加し、デバイスの寿命が減少するとともに、特に書き込み速度のパフォーマンスが劇的に低下します。

要約すれば、Diskeeper 社のこの飛躍的に進歩した SSD 最適化技術は、NAND フラッシュストレージ デバイスの寿命を延ばし、その全寿命期間でより優れたパフォーマンスと高速なシステム ブートを可能にします。



Diskeeper Corporation
7590 North Glenoaks Blvd.
Burbank, California 91504, USA
www.diskeeper.com

個々の所有者のものです。



相栄電器株式会社
東京都品川区東五反田 5-21-15
www.sohei.co.jp

免責: Diskeeper 社は、このドキュメントに記載されたサード パーティ製品の動作またはサポートについて責任を負いません。

© 2009 Diskeeper Corporation. All Rights Reserved. Diskeeper、Innovators in Performance and Reliability Technologies、HyperFast、および InvisiTasking は、Diskeeper 社の登録商標または商標です。Microsoft および Windows は、米国および（または）その他の国の Microsoft 社の登録商標または商標です。その他の商標は、

日本国内における Diskeeper 社製品の販売元は相栄電器株式会社です。Diskeeper、HyperFast、Undelete についてのお問い合わせは左記 WEB サイトよりお願いいたします。