

SSDの耐久性

HPワークステーション



ソリッドステートデバイス (SSD) は従来のハードディスクドライブ (HDD) と比較して、パフォーマンス上の利点があること、より丈夫な設計であること、および消費電力が低いことから、多くのマーケットセグメントによって急速に採用されています。その反面、SSDとHDDの1つの大きな相違点として、SSDに情報を格納するために使用されるNANDが消耗材であることが挙げられます。信頼性とは異なり、耐久性は、SSDが消耗せずに使用される期間が尺度となります。この期間の長短は、多数の要因に左右されます。以降のセクションでは、これらの要因の一部、およびSSDの耐久性を最適化するために推奨されるテクニックについて検証します。

目次

SSDが消耗する理由	2
耐久性の示し方	2
寿命の計算方法	2
種々の耐久性の定格値が存在する理由	2
耐久性を向上するために現在SSDに行われていること	3
SSDの寿命を延ばす方法	4

SSDが消耗する理由

SSDの消耗は、情報をNANDに格納する方法が原因で発生します。NANDに書き込みを行うには、まずページを空にする必要があります。1つのページを空にするために、複数のページからなるブロック全体を消去する必要があります。データを変更するときには、そのページ内のデータが読み取られます。書き込むデータは、既存のページとマージされてから、NANDアレイ内の別の位置に書き込まれます。その後、NANDブロック内の残りのページがクリーンアップされて、ブロックが消去され、空きプールに戻されます。ブロック内のページへの初回の書き込みから、再使用のためのブロックの消去までのプロセスを、プログラム/消去 (P/E) サイクルと呼びます。NANDの定格P/Eサイクル数が下限値であることに注意することが重要です。故障するまでにNANDブロックが耐え得るP/Eサイクル数は、書き込み耐久性として表されます。各NANDストレージエレメントのP/Eサイクル数は、有限です。時間と共にこれらのエレメントは劣化するため、電子を保持する能力が低下します。NANDフラッシュメモリのこの特徴は、半導体物質の物理的特性と、ストレージエレメントに対する書き込みの繰り返しにより絶縁膜が徐々に劣化することが原因となっています。

耐久性の示し方

NANDブロックの耐久性は、アーキテクチャーが耐え得るP/Eサイクルの数によって示されます。メーカーがSDの耐久性を示す方法は複数あります。最も一般的な方法は2種類あり、1日あたりのドライブ書き込み回数 (DWPD) または総書き込みバイト数 (TBW) が示されます。これらの値は通常、ドライブの定格寿命が考慮されます。このため、データシートに「3年間40 GB/日」または「5年間1 DWPD」と示されたリストが記載されていることがあります。多くの場合、不足している重要な詳細情報があるため、1つの方式から他の方式へ直接変換することはできません。SSDでは、その寿命を計算するために役立つ方法が存在します。

寿命の計算方法

NANDの定格P/Eサイクル数は、SSDの書き込み耐久性というパズル全体を解く上での1ピースにすぎません。

ホストがSSDへの書き込みを実行すると、ドライブのコントローラーは、実際にはNANDの異なる部分への複数の書き込みを実行する必要があります。各ホスト書き込みに対する内部書き込み数は、ライトアンプリフィケーションとして知られています。ライトアンプリフィケーションは、ドライブに書き込まれるものおよび以前ドライブに書き込まれていたものによって、1倍から10倍以上の幅があります。

SSDの寿命を計算するには、次の公式を使用します。

$$\text{年} = \left(\frac{\text{容量} \times \text{P/Eサイクル数}}{\text{1日あたりのホスト書き込み数} \times \text{ライトアンプリフィケーション}} \right) / 365$$

たとえば、NANDのP/Eサイクル数が5,000、ユーザーワークロードが1日あたり120GB、およびライトアンプリフィケーションが5倍の240GBのSSDの場合、デバイスが消耗するまでの寿命は5.4年です。しかし同様のSSDでも、NANDのP/Eサイクル数が500であれば、寿命は6か月を少し超えるだけとなります。

種々の耐久性の定格値が存在する理由

SSDストレージに対する使用モデルが異なることで、種々の耐久性の定格値が存在します。一般的なクライアントデスクトップ環境では、書き込みワークロードは高くないため、コスト重視のマーケットでは耐久性の低いデバイスも受け入れられます。データセンターでは、温度および連続した書き込みワークロードが突出しているため、高いコストの耐久性の高い部品を採用するのも妥当です。ワークロードを把握することで、既定のストレージ予算に対して最善の耐久性/パフォーマンスの組み合わせを選択することができます。

1つのデバイスクラス (エンタープライズ、クライアントなど) でも種々の耐久性の定格値が存在するもう1つの理由は、デバイスで使用されているNANDテクノロジーのタイプに関係しています。NANDには、シングルレベルセル (SLC)、マルチレベルセル (MLC)、およびトリプルレベルセル (TLC) の3つの基本的なクラスがあります。定格P/Eサイクル数は、NANDクラスにより異なっています。一般的に、コストが高いほどP/Eサイクル数が多い傾向にあります。HPワークステーションのSSDは、現時点ではすべてMLCデバイスです。

表1. SSDのNANDの3つのタイプ

NANDタイプ	シングルレベルセル (SLC)	マルチレベルセル (MLC)	トリプルレベルセル (TLC)
データストレージ	1ビット	2ビット	3ビット
書き込み耐久性	~100,000 P/Eサイクル	3,000 ~ 10,000 P/Eサイクル	300 ~ 3,000 P/Eサイクル
コスト	高	中	低

耐久性を向上するために現在SSDに行われていること

SSDおよびSSDコントローラーの設計者は、ドライブの耐久性を向上させるために複数の方法を採用しています。このような方法の多くは、NANDで行われるP/Eサイクル数を最小にすることに関連しています。耐久性を向上させるための一般的な方法のいくつかを、以下に説明します。デジタルシグナルプロセッシング (DSP)、改良された誤り訂正符号 (ECC)、およびライトアンプリフィケーション軽減技術など、使用されている方法は他にも多数ありますが、これらは本書では取り扱いません。

改善されたウェアレベリング

フラッシュのブロックでは、消去/書き込みサイクルが一定数行われた後、ビット障害が発生し始めます。ウェアレベリングを行わないと、ホストアプリケーションは特定の少数のブロックに書き込みおよび再書き込みを行うことになるため、ブロックの消耗が早くなります。ウェアレベリングにより、NANDフラッシュの消去/書き込みサイクルがすべてのNAND素子に均等に分散されます。

ウェアレベリングには、スタティックおよびダイナミックという、2種類の基本的なカテゴリがあります。

ダイナミックウェアレベリングでは、ウェアレベリングアルゴリズムに2種類のブロック (変更が行われたブロックと未使用のブロック) が含まれています。ダイナミックウェアレベリングルーチンは、変更されなかったデータのブロックはそのままとします。ダイナミックウェアレベリングは、USBフラッシュドライブおよびフラッシュカードでよく採用されています。

スタティックウェアレベリングでは、デバイス内の利用可能なすべてのフラッシュのすべてのブロックが、ウェアレベリング操作の対象となります。これにより、すべてのブロックが同じ程度消耗します。スタティックウェアレベリングは、デスクトップおよびノートブックのSSDでよく使用されています。

外部データのバッファリング

消去/書き込みサイクルごとに、NANDフラッシュが劣化します。消去/書き込みサイクルを減らすために、ドライブの設計者は、揮発性のデータバッファ (メインシステムメモリとアーキテクチャーが類似) をデータの一時的なコレクションおよびステージング用の領域として使用しています。このRAMは、ドライブのコントローラー内に存在していても、ドライブのプリントサーキットボード上にマウントされている外部DRAMチップ上に存在していても構いません。このRAMは、複数の短い書き込みをまとめて、NANDへ送信する1つの大きな書き込みにするために使用されます。これにより、NANDへの書き込みの回数が最小化され、ドライブのパフォーマンスも向上します。このプロセスは、「ライトコアレスシング」と呼ばれます。

外部RAMにはもう1つ、同じセクターへの複数の連続した書き込みを、データがNANDに置かれる最終「バージョン (形態)」になるまでフラッシュに実際に書き込まずにバッファするという機能があります。ホストから見ると、このデータはドライブ上の同じ位置に繰り返し書き込まれています。実際には、ホストはRAMに対して書き込みを繰り返し行っています。このモードでは、1つのセクターへの数百の書き込みを、NANDへの書き込み1回だけにすることができます。

オーバープロビジョニング

オーバープロビジョニングは、SSDエンジニアが、NANDがサポートしている定格耐久年数よりもSSDの寿命を長くするために採用している最も一般的な方法の1つです。オーバープロビジョニングでは、デバイスのインターフェイスに提示されているよりも多くのフラッシュストレージを使用します。この予備のフラッシュはウェアレベリング操作で使用されますが、ユーザーデータの容量としては追加されません。SSDのオーバープロビジョニングスペースが多いほど (実用的な範囲で)、SSDの寿命が長くなります。

公表されているユーザー容量を調べることで、オーバープロビジョニングされたドライブを簡単に見分けることができます。一般的に、バイナリ境界 (128 GB、256 GB、および512 GBなど) で境界付けされているドライブには、オーバープロビジョニングスペースは存在しません。これらのドライブには、ウェアレベリング操作に使用される予備ブロックの基本的なプールが存在することがあります。バイナリ境界付けされていない容量のドライブ (180 GB、240 GB、および480 GBなど) は、バイナリのraw容量と公表されているユーザー容量の差の分、オーバープロビジョニングされています。たとえば、ユーザー容量が240 GBのドライブは、

NANDの合計が256 GBで、オーバープロビジョニングは約7%になります。耐久性の高い一部のエンタープライズドライブはさらに一歩先に進んでおり、256 GBのraw容量を200 GBとして示しており、基本的にオーバープロビジョニングは20%となります。

オーバープロビジョニングされていないドライブがある主な理由は、単にコストです。ドライブの寿命を長くすることと引き換えに、アクセスできないストレージスペースに対してエンドユーザーがお金を支払うこととなります。

TRIM

ブロックを解放する別の方法として、TRIMコマンドの使用があります。TRIMコマンドを使用すると、オペレーティングシステム(OS)が、使用されなくなったセクターをSSDに知らせることができます。SSDはその後、OSが使用しなくなったブロックを消去して、解放し、ウェアレベリング操作に含まれるようになります。SSDはアイドル時に、バックグラウンド操作の一部としてこれらのブロックを解放します。これにより、回転式ハードドライブのデフラグ操作のように、ドライブのパフォーマンスが改善されます。SSDを使用している場合は、SSD上でデフラグ操作は行わないでください。この操作は、ドライブの寿命を大幅に縮める上、SSDでは必要ありません。

SSDの寿命を延ばす方法

SSDの設計者がその製品の寿命を延ばそうとする多大な努力に加え、SSDの寿命をさらに延ばすためにユーザーができることがあります。

まず、SSDに余分のスペースを用意してください。アプリケーションが必要とする消費量が120 GBの場合は、128 GBデバイスを超える256 GBデバイスを選択します。一般的に、小さいSSDは大きいSSDよりも早く消耗します。これは、主に2つの要因によります。1つ目として、小さいSSDは通常、最大ユーザーデータ容量ぎりぎりまで詰め込まれることが挙げられます。この結果、ウェアレベリングに利用可能なスペースが少なくなり、多くの消去/書き込みサイクルが、限られたスペースでウェアレベリングを実行しなければならなくなります。2つ目として、小さい容量のSSDは通常、消耗を複数のNANDダイにわたって分散させるためのNANDチャネルが少ないことが挙げられます。大きな容量のデバイスには追加のコストが必要となりますが、このコストは、交換サイクルが長くなることで十分相殺されます。

次に、ドライブをオーバープロビジョニングしてください。デバイスの総容量の一部をパーティショニングするだけで、寿命を延ばすことができます。たとえば、256 GBのドライブの場合は、240 GBだけをパーティショニングします。これにより、ドライブの寿命が大幅に伸びます。オーバープロビジョニングレベルを20%に(200 GBだけをパーティショニング)すると、さらに寿命が伸びます。目安としては、ドライブのオーバープロビジョニングを倍にするたびに、ドライブの耐久性が1倍分追加されます。

ドライブの寿命を延ばすもう1つの方法は、ワークロードをよく理解することです。対象とするワークロード環境を分析することで、使用するドライブのタイプ、および必要なオーバープロビジョニングの量をより適切に決定することができます。たとえば、大規模な連続した読み取りおよび書き込みを必要とする4Kビデオを編集している場合、耐久性がより高いSSDが必要となります。これらの環境では、エンタープライズクラスのSSDがコスト効率の良い選択肢です。

ワークロードが主にデスクトッププロダクティビティ(email、スプレッドシート、ライトエンジニアリング)の場合、大多数のディスクアクセスはランダムで、サイズは4K以下です。これらの環境では、クライアントクラスのデバイスで十分に機能します。HPワークステーションではMLCデバイスのみを提供し、そして最大の耐久性と最高の品質を提供するドライブのみを慎重に選択しています。

最後に、ドライブの耐久性を向上するために環境を最適化してください。SSDの寿命を大幅に延ばすために行うことが可能な、オペレーティングシステムに対する変更が多数あります。検討すべき事項を以下にいくつか説明します。

- メインメモリが8 GB以上のシステムでは、ページファイルをオフにする(または最小の設定にする)ことを検討してください。
- システムハイバネーションをオフにしてください。システムはハイバネーションを行うごとに、システムメモリの内容をSSDに書き込まなければなりません。
- SSDがブートドライブの場合、データドライブとしてHDDを設置し、「マイドキュメント」フォルダーをHDDに移動することを検討してください。これにより、SSDへの書き込みの量が大幅に削減されます。
- スーパーフェッチとプリフェッチの両方を無効にすることを検討してください。これらのアクセラレーションツールは、ハイバネーションを無効にしていない場合は特に、SSDへの書き込み負荷を高くします。
- Windows 8/8.1₂では、「ドライブの最適化」を有効にしてください。これにより、ドライブが「TRIM」されます。
- Windows 7₂では、「ディスクデフラグ」を無効にしてください。SSDでデフラグを行うと、読み取り-変更-書き込み操作が繰り返されることで、SSDの消耗が早くなります。
- モニターアプリケーションを定期的に行うことで、ドライブの消耗割合を監視してください。これによ

り、消耗してしまう前に、ドライブを交換する時期を予測できます。

耐久性はSSDの選択において重要な検討事項ですが、HPワークステーションのSSD選択プロセスでは、お客様のニーズに合わせて多くの事項を検討しています。高いワークロード、極端なパフォーマンス、エンタープライズ品質と信頼性、およびエンドツーエンドのデータ保護はすべて、SSD選択プロセスに影響します。HPは品質および信頼性について、すべてのストレージデバイスをHP内部の標準だけでなく業界の標準に対してもテストしています。業界には新しいテクノロジーが多数あり、ユーザーはHPワークステーションを使用することで、パフォーマンス、品質、および信頼性の最新の市場動向を保ち続けることができます。

1 ハードドライブおよびソリッドステートドライブでは、1 GB = 10億バイト、TB = 1兆バイトです。実際のフォーマット済み容量は少なくなります。システムディスクの最大10 GB (Windows 7) がシステム復旧ソフトウェア用に確保されます。

2 すべての機能がWindowsのすべてのエディションまたはバージョンで利用可能であるというわけではありません。Windowsの機能をフル活用するには、システムのアップグレードや、ハードウェア、ドライバー、またはソフトウェアの購入が別途必要になる場合があります。 microsoft.comを参照してください。

© 2015 Hewlett-Packard Development Company, L.P. 本書の内容は、将来予告なしに変更されることがあります。HP製品、またはサービスの保証は、当該製品、およびサービスに付随する明示的な保証文によってのみ規定されるものとします。ここでの記載で追加保証を意図するものは一切ありません。ここに含まれる技術的、編集上の誤り、または欠如について、HPはいかなる責任も負いません。

MicrosoftおよびWindowsは、米国におけるMicrosoft企業グループの登録商標です。

2015年4月

