

多様化する顧客要求に柔軟に対応する エンタープライズ向け SAS インタフェース SSD

SSD Series for Enterprise Use with Configurable Specifications to Flexibly Accommodate Applications

茂呂 祐行 金子 淳

■ MORO Hiroyuki ■ KANEKO Atsushi

今日のクラウドコンピューティングを支えるエンタープライズ向けのサーバやストレージでは、その高速性から NAND 型フラッシュメモリを記憶媒体とした SSD (ソリッドステートドライブ) の活用が急速に拡大している。その一方で、システム構成に合わせて SSD に要求される記憶容量、書換え耐性、アクセス性能、及び消費電力は多様化の一途にある。

このような状況に鑑み、東芝は単に性能を向上させるだけでなく、用途に合わせて仕様を変更できる機能を備えたエンタープライズ向け SSD を開発した。

The use of solid-state drives (SSD) utilizing NAND flash memory is rapidly expanding in the field of cloud computing, which is highly dependent on enterprise servers and storage devices. Accompanying the dissemination of SSDs, their characteristics have become widely known and users' requirements have diversified, with priority being placed on specific features such as lower bit cost, higher read/write performance, larger capacity, higher endurance, or other characteristics.

Taking this trend into consideration, Toshiba has developed a new SSD series that not only provides improved performance, but also allows its specifications to be configured to accommodate the user's applications.

1 まえがき

今日のクラウドコンピューティングやネットワークコンピューティングを支える SSD も黎明 (れいめい) 期から拡大期へと移行しつつあり、ユーザーの間では SSD に対する知識や使用方法のノウハウの蓄積が進んでいる。これに伴い、ユーザーの SSD のスペックに対する要求も変化するとともに、多様化してきている。

このような変化に対応するため、東芝では顧客の多様な要求に応えつつビット単価を下げたエンタープライズ向け SSD PX04S ファミリーを開発した。ここでは、PX04S ファミリーの概要と、多様な要求に応えるために採用した技術について述べる。

2 PX04S ファミリーの概要

今回開発した PX04S ファミリー (図 1) は当社として第 3 世代となるエンタープライズ向け SSD である。主な仕様を表 1 に示す。

PX04S ファミリーは、ホストインタフェースとして SAS (Serial Attached SCSI (Small Computer System Interface))-3 規格 (12 Gビット/s 転送速度) を採用し、最大ユーザー容量 3.84 T (テラ: 10¹²) バイトを実現した。ホストインタフェース用コネクタには SAS と PCI Express⁽⁴⁾ の両者に対応する新規格を採用し、今後、特にサーバプラットフォームで普及が見

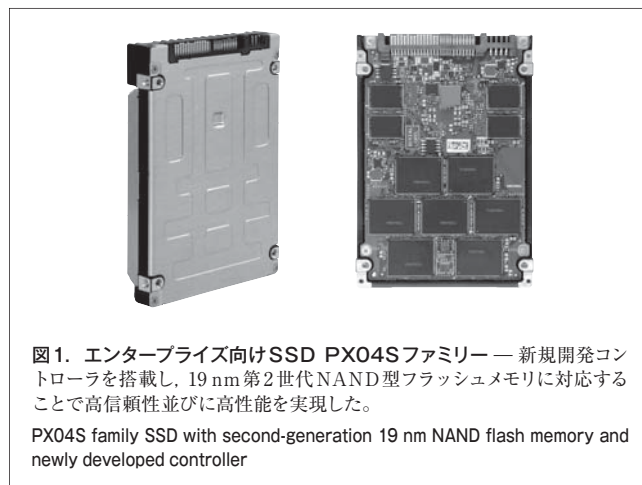


図 1. エンタープライズ向け SSD PX04S ファミリー — 新規開発コントローラを搭載し、19 nm 第 2 世代 NAND 型フラッシュメモリに対応することで高信頼性と並びに高性能を実現した。

PX04S family SSD with second-generation 19 nm NAND flash memory and newly developed controller

表 1. PX04S ファミリーの主な仕様

Main specifications of PX04S family

項目		仕様
記憶容量	(Gバイト)	200~3,840
NAND プロセス		19 nm 第 2 世代
ホストインタフェース		SAS-3 (12 Gビット/s)
アクセス性能	シーケンシャルリード (Miバイト/s)	1,500~1,900
	シーケンシャルライト (Miバイト/s)	750~1,900
	ランダムリード (k IOPS)	270
	ランダムライト (k IOPS)	22~145
消費電力効率	(k IOPS/W)	27
データ信頼性	(ビットエラー率)	1×10 ⁻¹⁷

Miバイト: メビ (2²⁰) バイト IOPS: Input Output per Second

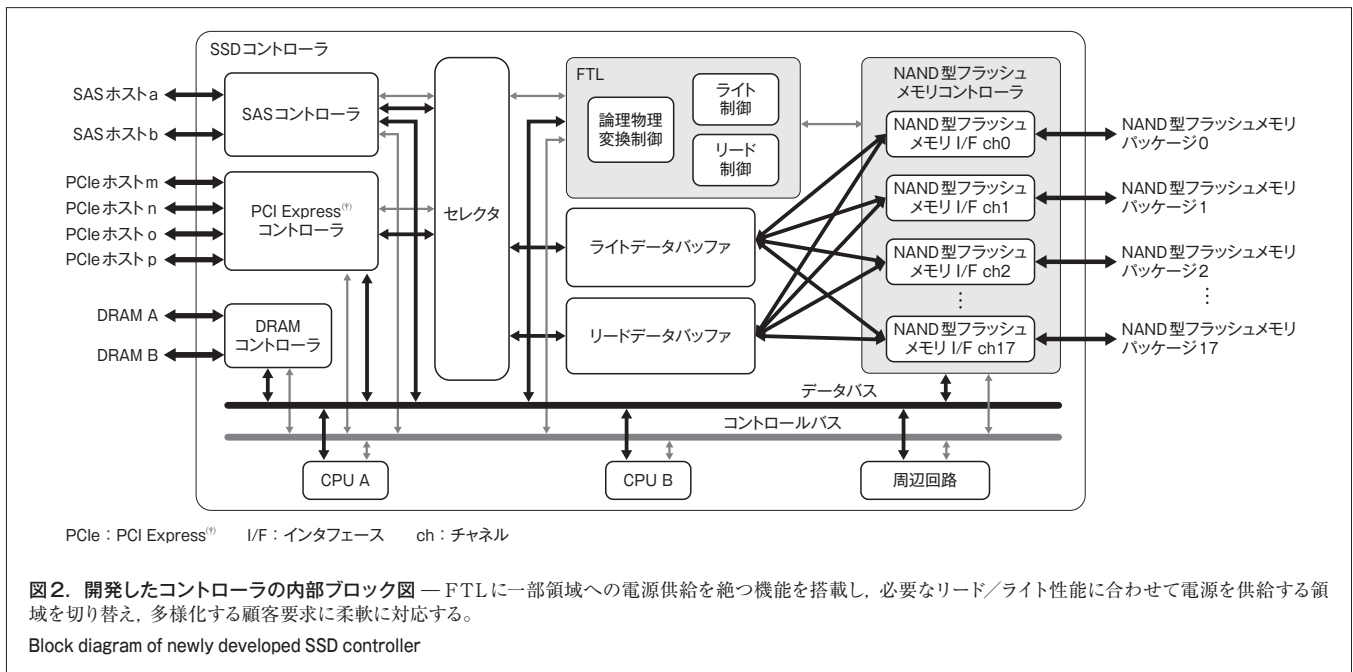
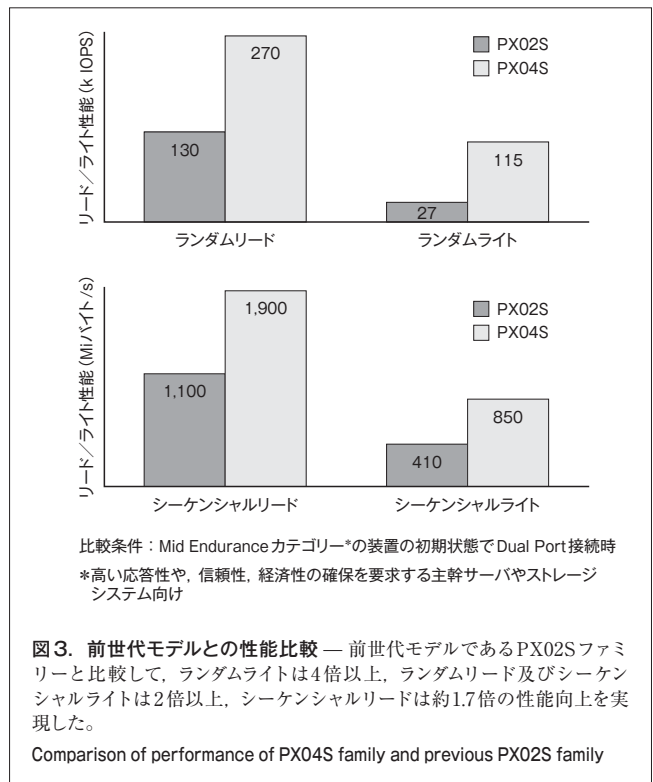
込まれるPCI Express^(*)接続のNVM Express^(*)(以下、NVM Express^(*)/PCI Express^(*)と略記)への展開も容易にしている。記憶媒体には、ビット単価の低減要求に応えるため、19 nm 第2世代プロセスのMLC (Multi Level Cell) NAND型フラッシュメモリを採用している。また、高まるリード/ライト性能向上の要求に応えるため、基本アーキテクチャは当社の第2世代エンタープライズ向けSSD用に開発したコントローラ⁽¹⁾を踏襲しつつ、内部データ処理能力を大幅に向上させた新規コントローラを開発した。これにより、SAS-3規格の上限近くまで性能を高め、PX04Sファミリーは業界でも高レベルのリード/ライト性能を持つ製品となった。

3 コントローラ

今回PX04Sファミリー向けに開発したコントローラの構成を図2に示す。PX04SファミリーはホストインタフェースとしてSASを採用しているが、コントローラはSASとPCI Express^(*)の2種類のホストインタフェースを備えている。別途開発のNVM Express^(*)/PCI Express^(*)仕様のSSDにも適用し、SASは第3世代Dual Portへ、PCI Express^(*)は第3世代4レーンへの対応となる。

このコントローラの一番の特長は、ホストインタフェースからのリード/ライト要求をNAND型フラッシュメモリのコマンドに変換するFTL (Flash Translation Layer)にある。FTLには一部の領域への電源供給をオン/オフできる機能が搭載されており、低消費電力が求められるSAS製品では必要最小限のFTL領域だけを使用し、高いリード/ライト性能が求められるPCI Express^(*)製品では全FTL領域を使用することによ

り、それぞれの製品への要求に対応できるようにした。また、第2世代のエンタープライズ向けSSD用のコントローラでは16チャンネルであった⁽²⁾NAND型フラッシュメモリインタフェースを18チャンネルに増やし、動作周波数を引き上げ、データバス幅を倍増することで、FTL内部のデータ処理能力を大幅に増強した。これにより従来モデルであるPX02Sファミリーと比較してランダムリードで2倍以上、ランダムライトで4倍以上の性能向



上を実現している(図3)。また、シーケンシャルリードにおいては約1.7倍、シーケンシャルライトでは2倍以上の性能向上となった。

更に、微細化するNAND型フラッシュメモリを使用する際の対応として、NAND型フラッシュメモリへの格納データフォーマットを切り替えてエラー訂正能力を向上させる独自技術により信頼性の向上を実現した。この信頼性向上技術は、次世代のNAND型フラッシュメモリにも対応できるので、一つのコントローラで複数世代のNAND型フラッシュメモリの性能をフルに引き出すことが可能になった。

4 設定・構成変更機能

PX04Sファミリーの最大の特長は、製品出荷後にユーザーの手元で、性能や耐用年数に関わる三つの項目について設定・構成変更が可能なことである。設定・構成変更をシステム稼働中に行えるオンライン設定と、システムに組み込む前などにパソコンなどを使って行うオフライン設定を用意している。設定・構成変更時にも装置の再フォーマットは必要なく、変更による容量の変化や耐久性予測などのS.M.A.R.T. (Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology) へ報告される値も自動的に反映されるようになっている。このため、設定・構成変更の作業を簡略に行える。

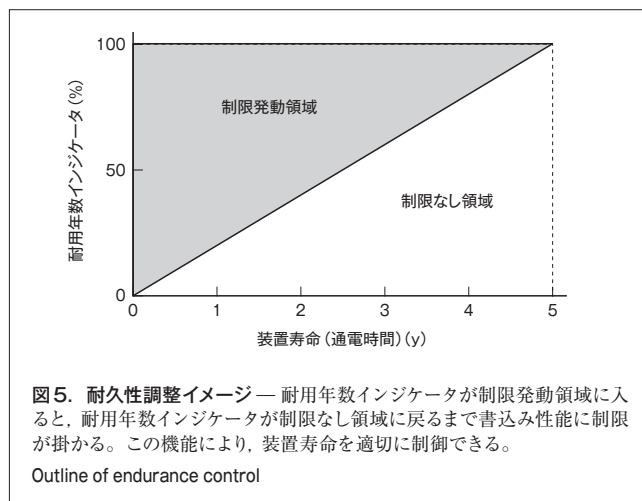
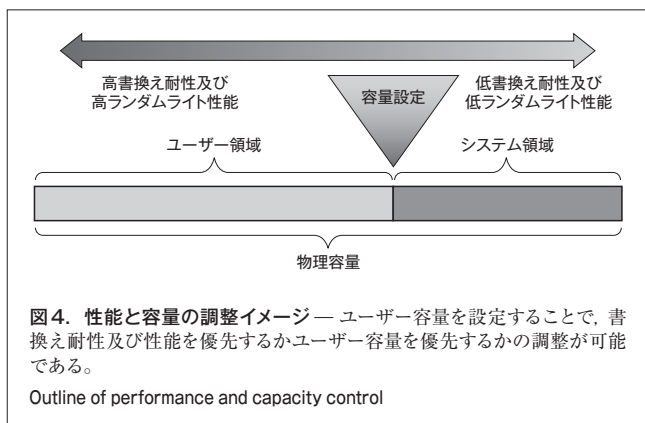
次に、設定可能な3項目について詳細を述べる。

4.1 性能と容量調節

性能向上と容量増加にはトレードオフの関係がある。

PX04Sファミリーでは、前世代のSSDまでは固定であった容量を、ユーザーが調整できるようにした。ユーザー容量を減らすとランダムライト性能が向上し、装置の書換えに対する耐久性も高くなる。逆にユーザー容量を増やすとランダムライト性能は下がり、装置の書換えに対する耐久性は低下する(図4)。

例えば、データライト頻度が少なくリードが主であるユーザーに対しては、ランダムライト性能を下げ、より多くの記憶領域を提供することが可能であり、サーバ・ストレージシステム



当たりの総記録容量を増加させることができる。

このように性能と容量を調節可能にすることで多様化する顧客要求に応えられる。

4.2 パフォーマンスモード

消費電力低減と性能向上にはトレードオフの関係がある。

PX04Sファミリーでは、一般的に使用される消費電力におけるアクセス性能を初期状態として設定しているが、用途に合わせて顧客が選択可能な機能として、パフォーマンスモードを提供している。パフォーマンスモードに設定することで消費電力は増加するものの、最大で30%のランダムライト性能の向上を見込むことができる。

4.3 耐久性調整

PX04Sファミリーは内部に耐用年数インジケータを備えており、製品寿命に対して単位時間当たりのライト頻度が高い場合にライト性能を制限して耐久性を調整する機能を提供している。

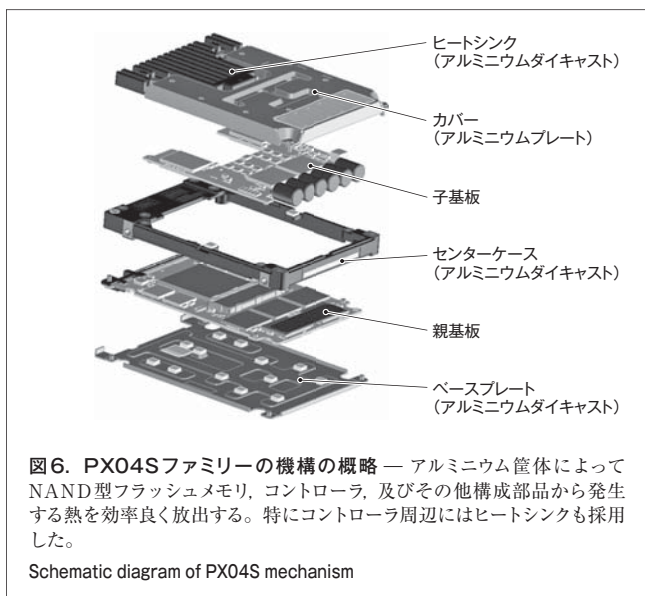
例えば、性能優先でライト頻度が高くなり、耐用年数を超えて早く寿命を迎えることが予測された場合、この機能を使用することで自動的にライト性能を制限し、耐用年数を保たせることができる。これを図5を用いて説明する。耐用年数インジケータと装置寿命の関係が境界線より上側の制限発動領域に入ったことが検出された場合、ライト性能を制限して制限なし領域に復帰できるように制御する。

この機能はオン/オフ、及びライト性能の上限をどのレベルに制限するかの設定が可能である。

5 筐体設計

5.1 機構設計

PX04Sファミリーの筐体(きょうたい)の概略を図6に示す。最大18個のNAND型フラッシュメモリを実装するため、最大容量モデルにおいてはPCBA(印刷回路基板アセンブリ)2枚の構造を採用した。筐体にはアルミニウムを使用することで放



熱性能を高めている。

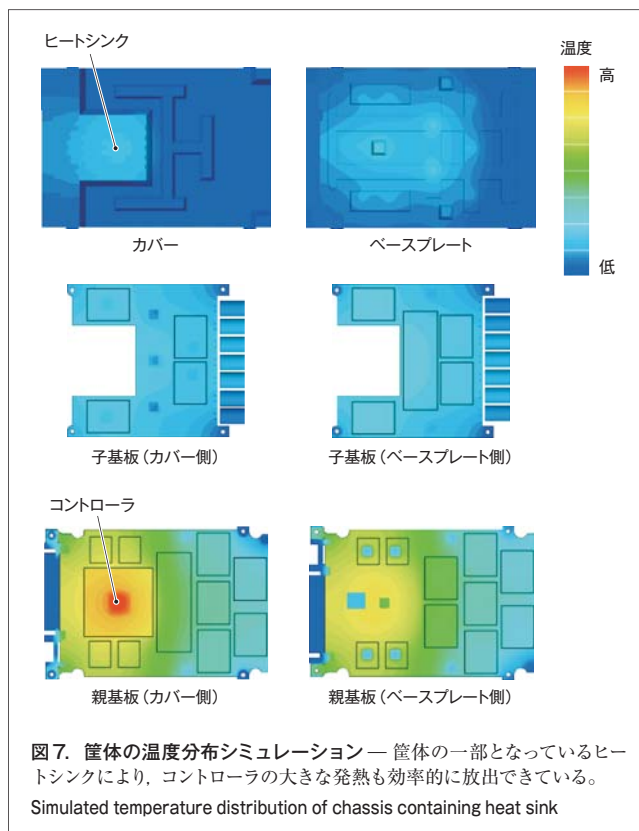
また、カバー及びベースプレートに対しては絞り加工を施すことで剛性を高め、耐衝撃性を確保した。

5.2 放熱設計

高性能に伴い構成部品の消費電力がますます増加するなか、動作条件として従来のエンタープライズ向けSSDと同等の装置仕様を維持するために、放熱対策は非常に重要である。特にSSDの心臓部であるコントローラは内部発熱量が大きい。筐体設計が共通のNVM Express^(注1)/PCI Express^(注2)姉妹機では、PCI Express^(注2)インタフェースの高速性能を最大に生かすために、PX04Sファミリーに対し約2倍の消費電力となる。

この大きな消費電力による内部発熱を効率的に外部へ放出するために、コントローラの直上に熱伝導シートを設置し、更に筐体の一部としてヒートシンクを配置した。また、NAND型フラッシュメモリや、その他の構成部品と筐体の間にも熱伝導シートを設置し、更に筐体にアルミニウムを使用することで放熱特性を高めている。

温度シミュレーション結果の一例を図7に示す。コントローラの大きな発熱も、効率良く放出できていることがわかる。



FLASHTM(注1)に対応した次世代エンタープライズ向けSSDの開発を加速していく。

文献

- (1) 木村彰宏 他. MLC NANDフラッシュメモリを用いたエンタープライズ向け1.6 TバイトSSD. 東芝レビュー. 68, 9, 2013, p.46 - 48.
- (2) 木内英通. 高性能と高信頼性を両立させたエンタープライズ向けSSD MK4001GRZB. 東芝レビュー. 66, 8, 2011, p.40 - 43.

・PCI Expressは、PCI-SIGの商標又は登録商標。
 ・NVM Expressは、NVM Express, Inc.の商標。

6 あとがき

当社が保有する様々なアイデアや技術を結集し、顧客の多様化する要求に応えられるエンタープライズ向けSSDを製品化した。

この製品開発で得た知見を基にNVM Express^(注1)/PCI Express^(注2)対応の姉妹機や、3次元フラッシュメモリBiCS

(注1) 従来のシリコン平面上にフラッシュメモリ素子を並べた構造ではなく、シリコン平面から垂直方向にフラッシュメモリ素子を積み上げ、素子密度を向上させた構造。



茂呂 祐行 MORO Hiroyuki

セミコンダクター&ストレージ社 ストレージプロダクツ事業部 eSSD技術部参事。SSDコントローラLSIの開発に従事。Storage Products Div.



金子 淳 KANEKO Atsushi

セミコンダクター&ストレージ社 ストレージプロダクツ事業部 ストレージプロダクツ応用技術部主務。エンタープライズ向けSSDの技術支援に従事。Storage Products Div.