

# ストレージプロダクツの技術動向と東芝の取組み

Trends in Storage Product Technologies and Toshiba's Approach

柳 茂知      大島 成夫      伊藤 淳

■ YANAGI Shigenori      ■ OHSHIMA Shigeo      ■ ITO Jun

東芝は、40年以上にわたりストレージ業界の先頭に立ち、ハードディスクドライブ (HDD) や、NAND型フラッシュメモリ (以下、NANDと略記)、ソリッドステートドライブ (SSD) など幅広いストレージプロダクツとそれらを用いたストレージソリューションを提供してきた。ビッグデータ社会とも呼ばれる現代、われわれの生活の中ではデジタル技術がかつてないほど普及しており、ストレージプロダクツは今やもっとも重要な社会の構成部品の一つになってきている。当社は、様々な技術開発によって製品の記録容量、処理性能、信頼性、及び可用性を向上させ、今後更に、幅広い市場要求に応えていく。

Toshiba has remained at the forefront of the storage industry for more than 40 years and offers a wide range of storage technologies, including hard disk drives (HDDs), NAND flash memories, and solid-state drives (SSDs), as well as storage solutions applying these technologies. In the present era, often referred to as the "big data era," digital technologies are showing unprecedented expansion and storage products have become one of the most vital components of society.

We will continue to support the broad spectrum of requirements for storage products and solutions by developing and implementing various technologies to improve device storage capacity, processing performance, reliability, and availability.

## 軽量・小型化で市場が拡大する クライアントSSD

### SSDの特長

SSDは、NANDを記憶媒体としたストレージデバイスであり、基本的にはHDDと互換性のあるインタフェースを備えている。

HDDと比較したSSDの特長を表1に示す。SSDは、(1)機械的可動部品を必要としないため、HDDに比べて衝撃や振動に強い、(2)機械的動作がなく電気的にデータの読出し及び書込みを行うため、HDDのシークタイムのようなオーバーヘッドがなく、データ処理速度が速い、及び(3)NANDなど半導体素子が主な構成部品であるため、HDDよりも形状設計に自由度があり、小型・軽量化が可能である、などの特長がある。

現在、SSDはターゲットとする応用機器により、ノートPC (パソコン) などのコンシューマー機器向けのクライアントSSDと、サーバなどのハイエンド機器向けのエンタープライズSSDの二つのカテゴリーに大きく分けられる。

クライアントSSDはノートPCを中心にHDDからの置換えで採用され始め、NANDの先端微細加工技術により大容量化が進み、その応用分野が拡大してきている。

小型・軽量化によりノートPCや、タブレット、カムコーダなどの携帯機器での応用をはじめ、振動や揺れに強いという特長を生かして航空機内エンターテインメント機器、更には高速データ処理が可能ということから近年ではデータセンターなどでの需要も伸長している。

### 形状の変遷

前述のとおり、SSDは形状設計に自由度があり、小型・軽量化が可能というのが特長の一つである。クライアントSSD形状の変遷を図1に示す。

クライアントSSDは当初、HDDからの置換えを目的として商品化されたため、その形状もHDDとまったく同じで互換性のある2.5型ケース (あるいは3.5型ケース) が主流であった。これは小型化が可能であるにもかかわらず、わざわざHDDと同じ大きさにしていたような

表1. HDDと比較したSSDの特長

Main advantages of SSDs compared with HDDs

項目	特長
高速読出し・書込み性能	機械的動作を必要とせず、電気的な動作だけであるため高速アクセスが可能。
耐衝撃性と耐振性	可動部品がないため衝撃に影響を受けない
低消費電力	モータを必要としないので消費電力が小さく、データ処理能力当たりの発熱も少ない
軽量化と小型化	機械的部品などの制約を受けないため、軽量・小型化が可能で形状の自由度も高い
静音性	可動部品がないため、無音で動作

ものであった。

その後、DRAMモジュールなど同様に、小型のプリント基板にNANDなどを搭載して、ケースを使用しないmSATA (mini Serial Advanced Technology Attachment) と呼ばれるモジュールタイプのフォームファクタが登場し、ノートPCなどSSD応用機器の小型・薄型化に大きく貢献した。更に近年では、より薄く、細長い形状にしたモジュールタイプのM.2と呼ばれるフォームファクタが規格・標準化され、様々な機器に適用され始めている。SSDが小型化される

と、一定の大きさの携帯応用機器で電池を大きくすることが可能になり、電池の持ち時間を長くすることができるというメリットもある。

クライアントSSDの小型・軽量化は、今後更に進むと予想される。東芝で開発したシングルパッケージSSD、及びそれを小型のプリント基板に搭載したモジュールタイプのM.2 2230 SSDを図2

に示す。2015年1月に米国ラスベガスで開催された2015 International CES (コンシューマーエレクトロニクスショー)に参考展示した。シングルパッケージSSDは、最大容量256 Gバイトを16×20×1.65 mmサイズのBGA (Ball Grid Array) パッケージで実現した。携帯機器をはじめ、様々な応用分野での活用が期待される (この特集のp.21-24参照)。

Express<sup>(®)</sup>(PCIe<sup>(®)</sup>)を備えるSSDが登場し、より高い性能を要求されるハイエンド機器から採用され始めている。PCIe<sup>(®)</sup>は動作周波数を高めるだけではなく、レーン数を増やすことによる高速化も可能で、今後、SATAからPCIe<sup>(®)</sup>への移行が進むことが予想される。

## エンタープライズ向けフラッシュストレージの技術動向

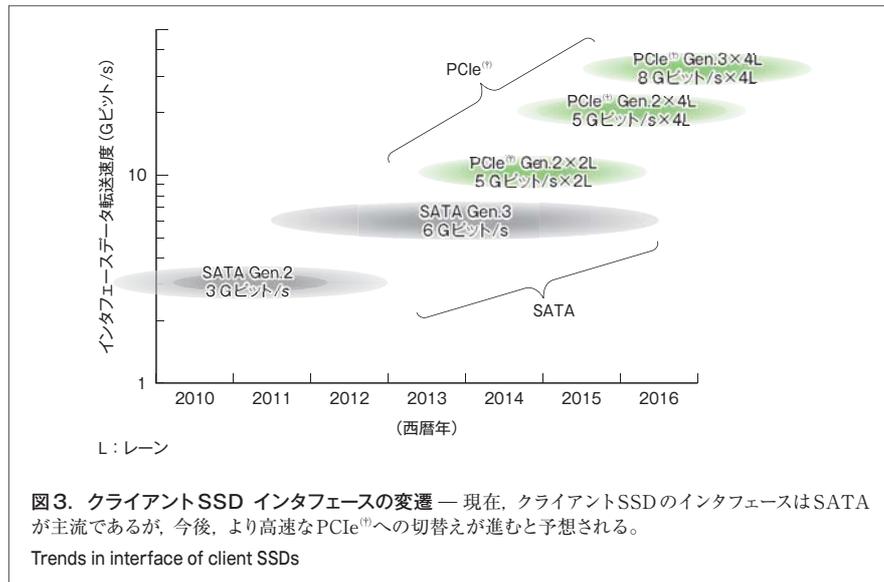
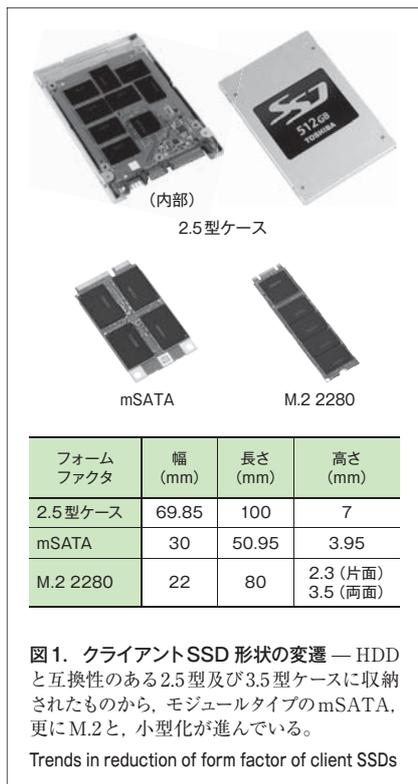
### ■ インタフェースの変遷

機械的な動作部品がなく、データ処理にHDDのシークタイムのようなオーバーヘッドがないSSDは、高い性能も特長の一つとなっている。ドライブ内部での高速なデータ処理を効率よく活用するために、インタフェースの仕様も高速化されている。

近年のクライアントSSDインタフェースの変遷を図3に示す。SSDはHDDの置換えを第一の目的として商品化されたため、基本的にHDDと互換性のあるインタフェースを持つ。2010年頃はSATAのGen.2が主流で、インタフェース仕様上のデータ転送速度は3 Gビット/sであった。その後、2倍のデータ転送速度である6 Gビット/sのSATA Gen.3に移行し、現在、市場に流通しているSSDにはもっとも多く採用されている。近年、更に高速なインタフェース仕様であるPCI

### ■ データ爆発におけるフラッシュストレージの機会

2020年には44 Z (ゼタ:10<sup>21</sup>) バイトものデータが世界で生成される (データ爆発) という予測がある<sup>(1)</sup> (図4)。しかし、ストレージの主要記録メディアである、HDDのディスク及びSSDのNANDの製造工場への設備投資予測から導き出される2020年の総ストレージ容量で、44 Z バイト全てのデータを保存することは不可能である。この大量のデータを分析することで得られる価値のある情報を利用することがビッグデータビジネスである。これを実現するためには、一時的にデータを保存し、そのデータをリアルタイムで解析することが必要であるが、その処理量が爆発的に増える可能性があることを意味する。このことは、ストレージを単なる容量で評価していた時代から、単位



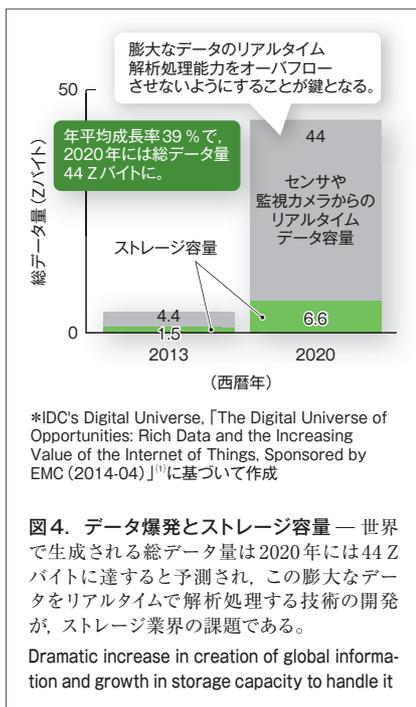
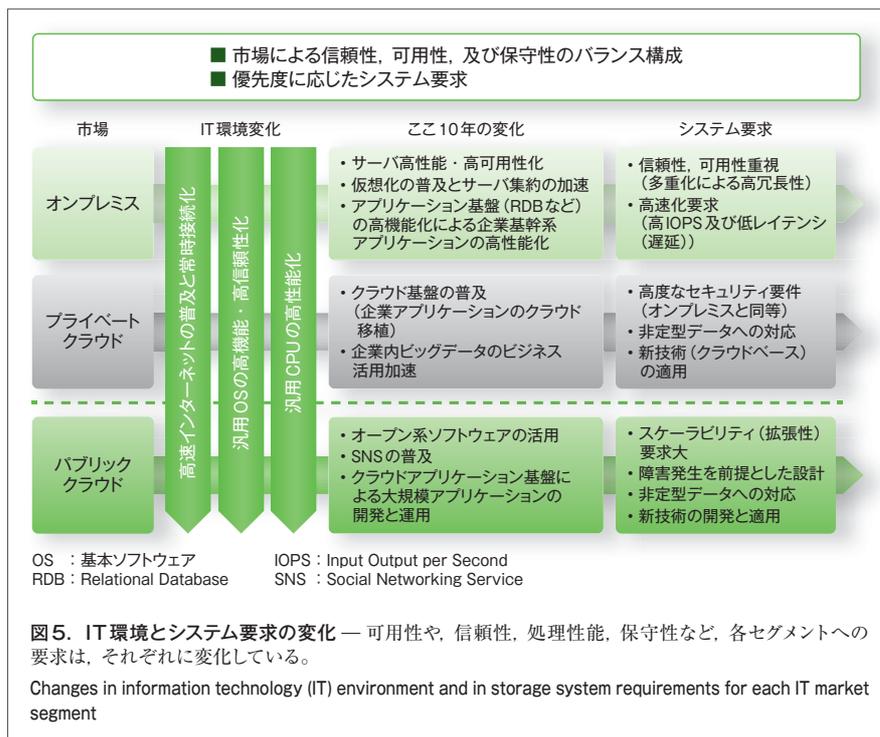


図4. データ爆発とストレージ容量 — 世界で生成される総データ量は2020年には44 Zバイトに達すると予測され、この膨大なデータをリアルタイムで解析処理する技術の開発が、ストレージ業界の課題である。

Dramatic increase in creation of global information and growth in storage capacity to handle it



時間当たりの入出力容量や処理容量が非常に重要な指標となる時代への変革を示唆する。このような状況のなか、ストレージに使われる装置には次のような特長を持ったものが求められる。

- (1) 大容量のデータを一時的に保存し、処理することに適した高速な入出力と記憶
- (2) 大容量のデータを分析することに特化した、高速な演算処理
- (3) 変化及び増大する要求に柔軟にスケールアップが可能で、かつ高速な入出力と記憶

これらの要求を満たすには、NANDの高密度大容量と高速ランダムアクセス性が、まさに最適である。

### ■ IT市場セグメントとその要求

IT (情報技術) 市場は大きく三つのセグメントに分けられ、それぞれのセグメントでの要求は異なっている (図5)。オンプレミスは、高い信頼性、可用性、及び保守性が前提で、サービスに応じて高性能なサーバと大規模ストレージシステムのオーダーメイドで構築される従来型の集中型データ処理システムである。プライベートクラウドは、企業の大規模

システムを複数の汎用サーバで構成することで、特定分野の処理をより低いコストで実現している。パブリッククラウドは、規模によるコストダウンを追求し、それをシェアードサービスとして従量販売するビジネスである。

サーバやストレージに対する要求もそれらが扱うデータの特徴に応じて変わるため、高性能で高信頼性なものから適正な性能を可能な限り低TCO (Total Cost of Ownership) で実現するものまで、幅広い製品ラインアップが存在している。

以下では、三つの市場セグメント要求に対し、サーバやストレージに求められる機能をより具体的に分析していく (図6)。オンプレミス市場には高性能、高信頼性、及び高寿命な製品が、高い付加価値を伴って供給される。“スケールアップ” (囲み記事参照) によりオンプレミスの処理量が増強されるが、それにはシステムの更新という投資が必要になる。そのためには正確な処理量の予測と、それに必要なシステムスペックを導き出す必要がある。44 Zバイトというデータ爆発は予測値であるが、そのため投資は正確な予測値に基づかなく

てはならない。

プライベート・パブリッククラウドには、結果的に増大した処理量に対し、“スケールアウト”により柔軟に増強が可能というメリットがある。処理量の正確な計数予測が困難なケースでは、この特長はオンプレミスよりも有利である。プライベートクラウドには、要求に対しコストと性能を考慮してサーバが選択される。パブリッククラウドには、よりコモディティ化した低コストの製品が求められる。

ビッグデータ活用の手法としてHadoop<sup>(\*)</sup>による並列分散処理が知られるが、オンプレミスではクラスタサイズの拡張性が、プライベートクラウドでは処理速度の向上が、それぞれ問題になる。両者とも幅広いアプリケーションやサービスに対応可能なプラットフォームがベースになっており、それらにあまりにも巨大で、かつサイズの予測が困難なHadoop<sup>(\*)</sup>を動作させることのギャップが大きくなりつつある。この結果、並列分散処理に最適化され、かつスケールアウトが可能なサーバやストレージが採用される機会となっている (この特集の p.13 - 16 参照)。

- オンプレミス市場は実証済技術を優先
- プライベートクラウドはSW基盤以外は、オンプレミスに近い要件
- パブリッククラウドは導入サーバ台数が膨大なため、極端にコスト重視

市場	製品セグメントと全般的な要求	SSD要件
オンプレミス	サーバ	<ul style="list-style-type: none"> <li>高性能SSD継続開発</li> <li>最新NAND適用迅速化</li> <li>ホストマネージドSSD開発</li> </ul>
	ストレージ	<ul style="list-style-type: none"> <li>更なる高性能・高信頼性・高可用性要求 実証済技術の採用</li> <li>サーバ内蔵ストレージとの差別化 高性能オールフラッシュストレージへの期待</li> <li>・高速IF (PCIe Gen.3<sup>TM</sup>)やSAS Gen.3) 対応</li> <li>・低DWPD SASドライブ提供</li> <li>・ホスト管理機能強化 (ハイレベルSLA 対応)</li> </ul>
プライベートクラウド	サーバ	<ul style="list-style-type: none"> <li>大容量・高密度SSD開発</li> <li>最新NAND適用迅速化</li> <li>ホストマネージドSSD開発</li> </ul>
	ストレージ	<ul style="list-style-type: none"> <li>スケールアウトシステム基盤 高密度実装 (省スペース)</li> <li>業界標準HWとOSによる高価格性能比 仮想ストレージ (VSANなど) 稼働基盤</li> <li>・最新NANDによるコスト構造改善・大容量・高密度ドライブ開発 (性能重視)</li> <li>・ホスト管理機能強化 (TCOとSLAのバランス)</li> </ul>
パブリッククラウド	サーバ*	<ul style="list-style-type: none"> <li>最新NAND適用迅速化</li> <li>ホストマネージドSSD開発</li> </ul>
	ストレージ*	<ul style="list-style-type: none"> <li>TCO及びTCA重視 (省電力CPU) 同一モデル大量展開 (千台規模)</li> <li>専用機としての要求は低い アーカイブ用途、TCO及びTCA重視</li> <li>・最新NANDによる超低コスト実現</li> <li>・HDD置換え用SASドライブ開発</li> <li>・ホスト管理機能強化 (TCO重視)</li> </ul>

SW : ソフトウェア  
 HW : ハードウェア  
 VSAN : Virtual Storage Area Network  
 TCA : Total Cost of Acquisition  
 IF : インタフェース  
 DWPD : Drive Write per Day (SSDの信頼性指標の一つで“1日当たり何回、ディスク全体を書き換えられるか”を意味する)  
 SLA : Service Level Agreement

\*パブリッククラウドベンダーでも中枢システム (顧客管理や、アクセス管理、課金など) にはオンプレミス相当のシステムを適用

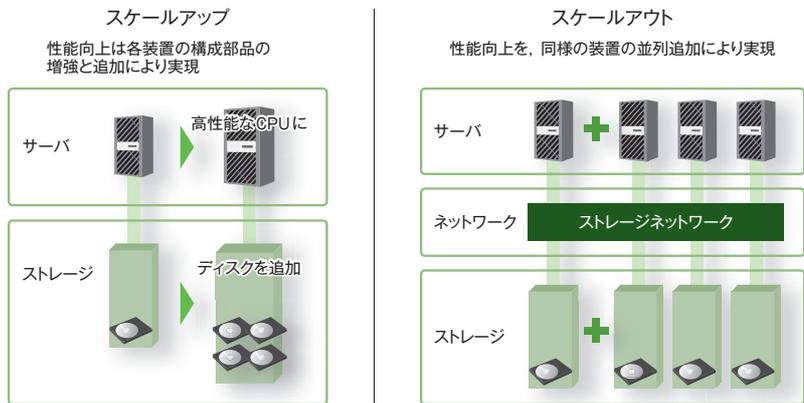
図6. 市場、セグメント別の要求とSSD要件 — エンタープライズSSDは、仕向け先市場や製品セグメントに応じて様々な要求への対応が求められる。  
 General requirements for each IT market segment and requirements for SSDs

## スケールアップとスケールアウト

サーバやストレージの性能や容量を向上させる方法として、スケールアップとスケールアウトとがある。

個々の装置 (サーバ又はストレージ) ごとに、上位モデルへの乗換えや部品の追加によって性能や容量を向上させるのがスケールアップである。一方スケールアウトは、装置の性能や容量はそのまま、複数の装置を並列にネットワーク接続することによって、システム全体の性能及び容量を向上させる (図A)。

システムの応用分野やアーキテクチャによって、スケールアップが適切な場合とスケールアウトが適切な場合とがある (表A)、インターネットの普及やソフトウェア技術の進展によって、クラウドコンピューティングに代表されるスケールアウトが適用できる分野が増えている。



図A. スケールアップとスケールアウトの概念

表A. スケールアップとスケールアウトの長所及び短所

項目	スケールアップ	スケールアウト
導入前のプランニング	事前に厳密に計画	運用時調整可能
システム拡張	困難	容易
適用可能な応用分野とアーキテクチャ	一般的	限定的
導入コスト	将来の最大構成分必要	業務拡張に合わせて段階的に導入可能
管理コスト	小 (管理対象が少ないため)	大 (管理対象が多いため)

## ■ストレージデバイスの ホストインタフェースの技術動向

1990年代のHDDのホストインタフェースは、エンタープライズ市場ではSCSI (Small Computer System Interface) インタフェースが、PCクライアント市場ではATAインタフェースが使用されてきたが、2006年前後からパラレルインタフェースからシリアルインタフェースへの移行が始まり、現在のHDDは、SAS (Serial Attached SCSI) とSATAの二つがホストインタフェースとなっている。フラッシュストレージの代表であるSSDは、エンタープライズSASとPCクライアントSATAのインタフェースそれぞれに対してHDDと同じ仕様で動作するように設計されている。

SAS及びSATAから歴史が始まったSSDであるが、読出し及び書込みの性能、特にランダムアクセス性能は、HDDのそれを2桁も上回る速度が可能になり、SASやSATAのホストとデバイスの通信のプロトコルオーバーヘッドがSSDコマンド応答時間に占める割合が無視できないものとなってきた。高帯域が必要とされるグラフィックスカードに広く使用されていた、物理インタフェースPCIe<sup>(\*)</sup>と、コマンドの多重並列処理を大幅に拡張した論理プロトコルNVMe Express<sup>(\*)</sup> (NVMe<sup>(\*)</sup>) が新しいSSDのインタフェースとして採用されSSDの高速性能が十分に発揮できる条件が整いつつある。

SASや、SATA、PCIe<sup>(\*)</sup>などの記憶領域は、512バイトを単位とする論理ブロックアドレスで書込み及び読出しの処理が行われるが、基本的にアプリケーションはその論理ブロックを扱うことはない。一義的に定められたファイル名というオブジェクトや、論理ブロックアドレスを通訳するいわゆるファイルシステム、ハードウェアの故障に備えたRAID (Redundant Arrays of Independent (Inexpensive) Disks) に代表される冗長性の提供など、アプリケーションからストレージデバイスまでの仲介を担っている階層

がある。昨今の半導体の微細化及び高速化により、これらの階層を一気にストレージデバイス内に取り込んで、アプリケーションから直接オブジェクトストレージに対して書込み及び読出しを行うという新しい仕組みの製品が提案されている。オブジェクトストレージは、ハードウェア固有のふるまいが秘匿可能であることや、高い拡張性、ファイルシステム、RAIDハードウェアが存在しないことなどのメリットがあり、長期の保存を目的とするストレージやクラウドストレージに適していると言われている。

オブジェクトストレージは、従来のHDDやSSDにファイルシステムが走行するCPUを組み込み、オブジェクト領域と、そのヘッドとなるメタデータ領域が記録されるが、その構成としてはEthernet<sup>(\*)</sup> インタフェース、CPU、メモリ、及びストレージから成る小規模なサーバである。単なるストレージとしてだけでなくサーバとして多種多様な発展の可能性を秘めた製品である (同p.9-12参照)。

## ■SSDの製品セグメント

NANDをストレージのメディアとして採用するにあたっての懸念は、書換え寿命が有限なことであった。当初は、可能な限り書換え寿命を確保するためにSLC (Single Level Cell) NANDが使用された。数年の市場実績経験を学習するにしたいが、NANDの書換え寿命が、製品ライフに対して大きな制限とならない

ことが明らかになり、より書換え回数の少ないMLC (Multi Level Cell) NANDの採用が幅広く進んだ。最近では、PCクライアント向けに更に書換え回数の少ないTLC (Triple Level Cell) NANDの採用も一部で始まっている。

更に、NANDを用いるSSDは性能・寿命性設計の自由度が高く、ホストインタフェースという大きなカテゴリーでも、性能と寿命で分類された製品をラインアップすることで前述のIT市場の多様な要求に対応している (表2、表3)。書換え寿命が有限なSSD特有の製品ラインアップであるが、結果的に製品の品種数が増えることになり、製品管理の複雑さやフレキシビリティの低下を招いている。

SSD開発としては、価格の低減が重要な目標である。当社は、NANDの高密度化や、NANDの使用効率改善のための技術、性能・寿命性設計の自由度を高めるための機能 (同p.17-20参照)、大容量化による部品コストのオーバーヘッド低減、といった施策をロードマップとして展開し、更なる低価格化を達成する。

## ■東芝のエンタープライズSSDと NAND応用技術

HDDからの置換えで歴史が始まったSSDであるが、データ爆発に代表されるIT市場の環境変化に対応するため、当社への期待は高まっている。ここでは、こうした期待に応えるNANDの応用製品群を紹介する。メモリをベースにした

表2. エンタープライズSSDの製品セグメント (SAS及びSATA: 2015~2016年)

Product segments estimation of enterprise SSDs (Serial Attached Small Computer System Interface (SAS) type and Serial Advanced Technology Attachment (SATA) type), 2015-2016

インタフェース	分類	DWPD	フォーム ファクタ	容量帯	消費電力 (平均)	性能 (ランダムリード)	想定用途
12 Gビット/s SAS	High Endurance	25	2.5型 厚さ15 mm	200 Gバイト~1.6 Tバイト	9~14 W	200 k IOPS	・階層化ストレージ (オールフラッシュ 及びハイブリッド) ・ミッドレンジ~ ハイエンドサーバ
	Mid Endurance	10		400 Gバイト~3.2 Tバイト			
	Value Endurance	3		400 Gバイト~4 Tバイト			
	Read Intensive	1					
6 Gビット/s SATA	Mid Endurance	5~10	2.5型 厚さ7 mm	200 Gバイト~2 Tバイト	2~5 W	90 k IOPS	・サーバ全般 ・ハイバースケール システム ・ローエンドサーバ
	Value Endurance	3		240 Gバイト~3.2 Tバイト			
	Read Intensive	<1		480 Gバイト~4 Tバイト			

T: テラ (10<sup>12</sup>)

\*東芝の推定に基づいて作成

表3. エンタープライズSSDの製品セグメント (PCIe<sup>®</sup>: 2015 ~ 2016年)

Product segments estimation of enterprise SSDs (PCI Express<sup>®</sup> type), 2015-2016

分類	DWPD	フォームファクタ	容量帯	消費電力 (平均)	性能 (ランダムリード)	想定用途
High Performance (アドインカード)	10	FHFL (×16) FHHL (×8/×16) HHHL (×8)	6.4 Tバイト 3.2 Tバイト	25 ~ 50 W	<3.2 M IOPS (×16) <1.6 M IOPS (×8)	・サーバサイド キャッシュ ・アプリケーション アクセラレータ
	5					
	1~3					
Mid Range Performance	10	2.5型 (×4, 厚さ15 mm)	400 Gバイト~3.2 Tバイト	9 ~ 25 W	600 ~ 800 k IOPS	・ミッドレンジ~ ハイエンドサーバ
	3		400 Gバイト~4 Tバイト			
	1					
Low-End Performance	5	2.5型 (×4, 厚さ7 mm)	400 Gバイト~2 Tバイト	6 ~ 12 W	150 ~ 300 k IOPS	・ハイバースケール システム ・ローエンドサーバ ・マイクロサーバ
	3	M.2 (22110) 2.5型 (×2 及び ×4, 厚さ7 mm)	400 Gバイト~4 Tバイト			
	<1					

FHFL: Full-height Full-length FHHL: Full-height Half-length HHHL: Half-height Half-length

\*1: ×2, ...×16はレーン数2, ...16を表す

\*2: 東芝の推定に基づいて作成

応用製品の可能性に限りはなく、柔軟な発想と実行力が開発する側にも求められている。

当社は、長年のHDD開発で得られたインテグレーション技術及び信頼性技術と、急速に発展するSSD開発で得られた高性能かつ高信頼性技術をNAND応用に活用していくが、これに加えNAND自身による新たな付加価値を創造することで、今後のIT産業の発展と革新に貢献していく(図7)。

### HDDの技術動向

#### ■ HDDを取り巻く環境の変化

HDDは、ノートPCやデスクトップPCだけでなく、サーバなどの用途でも、性能や、容量1 Gバイト当たりのコスト(以下、GB単価と呼ぶ)のバランスの良さから、長年外部記憶装置として主役の位置を保ってきたが、現在は、その役割が変わりつつある過渡期にある。

HDDは、機構部や記録媒体をスピン

ドルモータで回転させながらデータを読み取るという構造のため、書込み及び読出しスピードの点ではNANDを中心とする半導体メモリに対抗することは原理的に難しい。HDDの最大のメリットは、記録の面積効率の良さ(この特集のp.25-28参照)を生かした、GB単価の安さにあると言える。NANDの値段も年々下がってはいるが、現時点では3.5型HDDがGB単価3セントであるのに対して、NANDは10倍以上高い。HDDにとっては、GB単価で、最低でもNANDの5倍から10倍の差を維持することが、記憶装置として継続して採用されるために必須な条件と言ってよい。過去から将来に至る記録密度向上のトレンドを、図8に示す。

GB単価の優位性を維持するためには、将来に向けて、年率15%以上の記録密度向上を実現することが重要である。

#### ■ 記録密度向上を支える技術

当社は、記録密度を高める技術として、瓦記録(SMR: Shingled Magnetic Recording)と呼ばれる記録方式を導入する予定であり(同p.29-32参照)、これにより記録密度がおおよそ20%向上する見込みである。更に、TDMR(Two Dimensional Magnetic Recording)や、64kセクタを採用した新しいフォーマット方式、より強力なエラー訂正技術としてのトラックレベルECC(Error Correction Code)など、様々な技術開発も進んでいる。こうした技術開発と、ヘッドやディスクの技術の進歩を合わせて、2025年までは、年率15%程度の記録密度の向上を実現する。

2016年には2.5型フォームファクタで、メディア1枚で1 T(テラ: 10<sup>12</sup>)バイトの容量を持つ装置の製品化を計画している。これは、現在主流の2.5型HDDにおける1枚当たり500 Gバイトの容量の2倍である。更に、2019年には、3.5型ニアラインHDDで16 Tバイト(ディスク8枚)を実現し、GB単価で1セントを実現する(図9)。

- 最新NAND技術の迅速な適用により、常に高いレベルのコストパフォーマンスを実現
- 大容量・高密度製品やホストマネージド機能などにより、急速な普及が予想される Software Defined Storageに最適化された技術及び製品を逐次投入



A19/15 nm MLC: Advanced 19/15 nm MLC 3D: 3次元  
BiCS: Bit Column Stacked API: Application Programming Interface

図7. 東芝のエンタープライズSSD製品開発戦略(2015~2018年) — 最新NAND技術の迅速な適用による性能強化、新しい機能の実装、及び標準化によりSoftware Defined Storageなどへ対応する。 Toshiba's development strategy for enterprise SSDs, 2015-2018

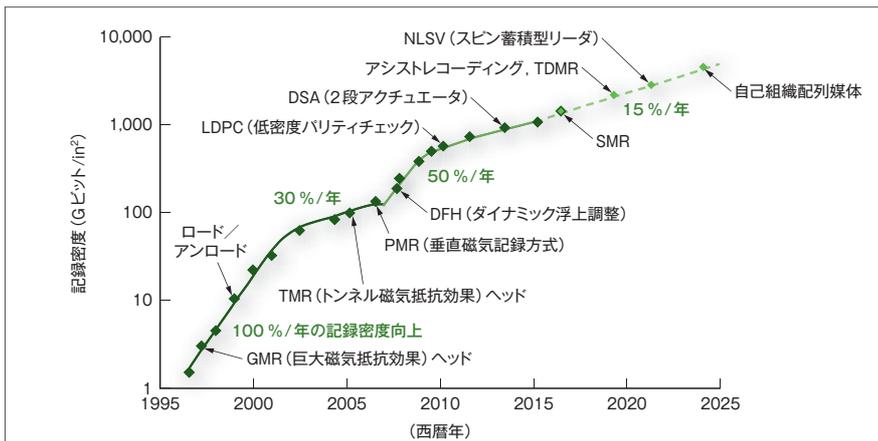


図8. 記録密度向上の推移 — HDDの記録密度の伸び率を、今後15%/年をキープすることで、NANDに対するGB単価の優位性を維持していく。

Trends in areal density of HDDs and innovation technologies

西暦年	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>ニアラインHDD</b>	6Tバイト/6枚	8Tバイト/6枚	10Tバイト/7枚	12Tバイト/8枚	16Tバイト/8枚	
ヘッド				TDMR アシストレコーディング		
ディスク				アシストレコーディングディスク		
機構部				GMA (次世代DSA)		
<b>アーカイブHDD</b>	8Tバイト/6枚	10Tバイト/6枚	14Tバイト/7枚	16Tバイト/8枚		
記録方式				瓦記録 (SMR)		
信号処理				マルチレベルLDPC		
インタフェース				IPドライブ及びデータ圧縮		

GMA : Gimbal Micro Actuator

図9. 東芝のニアラインHDDの開発動向 — SMRやTDMRなどの導入により、GB単価を向上させる。  
Toshiba's development plan for nearline HDDs

## HDDの付加価値戦略

2.5型のSSHD (Solid State Hybrid Drive) がノートPCのユーザーを中心に需要を拡大し始めている。従来の2.5型HDDに8 Gi (ギビ:  $2^{30}$  バイト)のNANDを搭載して、キャッシュメモリとして使用することで、従来のHDDでは飛躍的な向上が難しかった書き込み・読出しスピードを改善し、高いコストパフォーマンスを実現した装置である。NANDとHDDを持つメーカーとしての強みを生かして、こうしたNANDとのシナジーを生み出せるHDD製品の開発も進める予定である。

また、サーバの分野で、オブジェクトストレージという言葉が聞かれるように

なって久しいが、HDDでもIP (Internet Protocol) HDDと呼ばれる、Ethernet<sup>(\*)</sup> インタフェースを持つHDDの開発が進んでいる。ユーザーファイルをHDDの論理ブロックアドレスと論理ブロック長に配置し直すよう変換する、という従来はホスト側で行われていた作業を、IP HDDでは自装置内で行う。これによりIP HDD内部でデータ圧縮を適用しやすくなるなど、GB単価低減にもメリットがある。

HDDはまだまだその形を変えながら、進化する可能性を秘めている。現在のHDDは、性能と容量のバランスをとるために、記録密度の面で磁気記録の能力を最大限に出し切っていないとも考えら

れる。当社の持つ研究開発能力を最大限に生かして、特長ある磁気記録装置を提供していくことが重要と考えている。

## 今後の展望

当社は今後も、様々な技術開発によって、HDDや、NAND、SSDなどストレージプロダクツの記録容量や、処理性能、信頼性、可用性などを向上させ、幅広い市場要求に応えるストレージソリューションを提供していく。

## 文献

- Turner, V. et al. "IDC's Digital Universe, The Digital Universe Opportunities: Rich Data and Increasing Value of the Internet of Things, Sponsored by EMC (2014-04)". IDC White paper #IDC\_1672. IDC Homepage. <<http://idcdocserv.com/1678>>, (accessed 2015-05-25).

- PCI Express, PCIeは、PCI-SIGの登録商標。
- Hadoopは、Apache Software Foundationの米国及びその他の国における登録商標又は商標。
- NVM Express, NVMeは、NVM Express, Inc.の商標。
- Ethernetは、富士ゼロックス(株)の商標。



柳 茂知  
YANAGI Shigenori

セミコンダクター&ストレージ社技師長。  
SSD及びストレージソリューション製品の技術開発に従事。

Semiconductor & Storage Products Co.



大島 成夫  
OHSHIMA Shigeo

セミコンダクター&ストレージ社技師長。  
フラッシュストレージシステムの技術開発及び戦略統括に従事。

Semiconductor & Storage Products Co.



伊藤 淳  
ITO Jun

セミコンダクター&ストレージ社技師長。  
HDDの技術開発に従事。

Semiconductor & Storage Products Co.