

ストレージの技術トレンド

— ストレージはどこに向かうのか —

IT インフラは今、クライアント・サーバー・モデルから、クラウド・コンピューティング、ビッグデータ、ソーシャル・ネットワークキング・サービス（以下、SNS）、モバイルなどの新しい技術に対応したモデルに変化してきています。これらの新しいプラットフォームには、けた違いに多くのデバイスやユーザーがアクセスし、多様なコンテンツやデータが生成されています。この流れはデータを保管するストレージ装置に対して、これまで以上に大容量と高速性を求めてきており、特にデータ量の増加はかなり深刻な問題となっています。また、それと同時にコストの面でも廉価な提供を期待するユーザーのニーズに応えなければなりません。ここでは、ストレージは今どのような状況に置かれており、どのような技術がどういった理由で脚光を浴びているのかを解説していきます。

① データ増加に歯止めは掛かるのか

今や爆発と表現されるほど世の中のデータは増え続けています。そこで最初に「なぜデータは増え続けているのか」という疑問について考えてみたいと思います。

データが増える原因は多々あります。もともと、主に企業や研究所などで使われていたコンピューターが、マイクロプロセッサの技術進歩に伴い、パソコンという形で各家庭でも利用できるようになったことは大きな要因の1つでしょう。データを取り扱う場所の増加は、すなわちデータの発生源の増加を意味します。今日ではスマートフォンなどの携帯端末の普及に伴い、個々人にまで情報機器の活用が浸透しています。

データの管理方法にも変化があります。一昔前の技術者は、必要なデータは高価なディスクに保管し、重要度の低下したデータはテープに移していました。そして一定期間後にそのテープに別のデータが上書きされると、データは自然と消去されていました。しかし個人が自分のために保管したデータを、定期的に掃除するという話はあまり聞いたことがありません。結果的に現在ではデータはどんどん増え続けているのです。

データの種類にも変化があります。文字や数値といったコンピューター・システム内で比較的簡単に表現できる、情報量が少ないデータが中心であった時代から、写真やイメージ、音楽、動画、ゲームなど、より情報量の多いデータが取り扱われる時代へ変化しています。節約重視だった時代から便利さと生産性を重視した時代へ変化してきているともいえるでしょう。

データの発生場所にも変化があります。インターネットの普及に伴い、世界へ続く広大なネットワークが身近な

ものになりました。今や企業や特定の集団だけではなく、個人がブログや Facebook、Twitter などを通じて情報を作り出しています。いわゆる SNS の登場です。SNS の普及は、世界の情報量増大に大きく影響を与えています。

データの発信源は、何も人間だけとは限りません。街角にある監視カメラや、各住宅に設置された電気メーターも情報を作り続けています。工場では製造装置の至る所にセンサーが設置され、温度や湿度、振動など製品品質を維持するために必要な情報が蓄積され続けています。スーパー・マーケットやブティックに並べられている商品にも IC タグが付けられています。これも流通管理のためのデータを発信し続けています。

データの重要度の基準にも変化が見られます。インターネットのブログへの書き込みがきっかけとなって、取り上げられた商品の爆発的な人気につながった例のように、今まで重要視していなかったデータが、明日のビジネス・チャンスを生む重要なデータである可能性が出てきました。世の中にある膨大なデータを分析することで、新たな知見を得る手法も昨今注目されています。

ここまで、データが爆発的に増加する理由として考えられる事柄を、幾つか例としてご紹介しました。ここで理解していただきたいことは以下の結論です。

「理由はさまざまだが、データは確実に増えている。増えている原因は1つではなく、複数の要素、およびそれらの要素が絡んだ複合的要因、社会的要因による。従って、原因を究明して根本的にデータ増加を食い止めることはできない」

これがわたしたち 21 世紀に生きる人間が直面しているデータ爆発なのです。

② HDD 記録密度に関する技術トレンド

データを保管するストレージ装置において、現在主役の座を占めているのはハードディスク・ドライブ（以下、HDD）です。ここではHDDの現在と未来について技術的なトレンドを見て行きたいと思います。

2.1 記録密度に関する技術進歩は

図1はHDDの磁気記録密度がどのように変遷してきたかについてのIBMの調査結果を、予測を含めて示したものです。この図の2000年から2010年までのグラフの傾きが示すように、この間はHDDの記録密度向上の黄金時代といえます。この時代は記録密度の平均伸び率が年率100%の時代でした。年率が100%であるとは、今年売っているHDDの容量が10ギガバイト（GB）だとすると、来年は同じ大きさで20GBのもの、すなわち2倍の容量が手に入るということを意味します [1]。

21世紀に入り、10年間連続で年率100%の勢いで記録密度の向上が達成されたため、今でも来年になれば倍の容量のHDDが出るのだと思い込んでいる方も多いよう

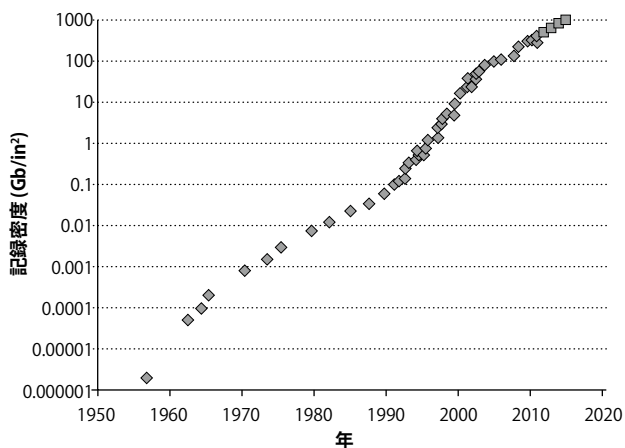


図1. ハードディスク記録密度増加の歴史

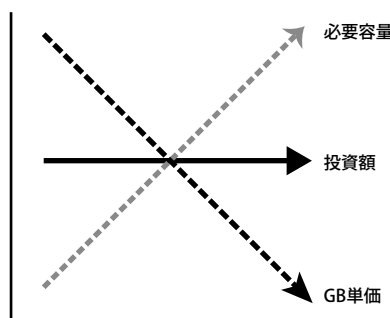


図2. 過去10年間の投資傾向

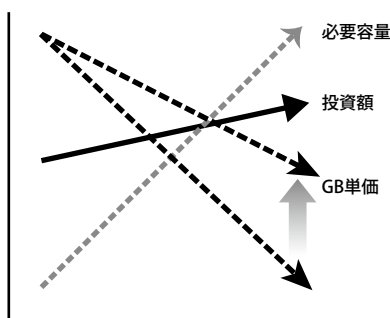


図3. 今後10年間の傾向予測

です。一方で、データの増加量は年率60%とIBMは見えています。これをHDDの記録密度向上年率100%の時代に当てはめて考えると、データ量は増えるがそれをしのぐようにHDDの記録密度が上がっていて、結果的には図2で示すようにストレージへの投資額をフラットに維持できました。つまり2つの成長率が拮抗していたためにうまく行っていた時代だったといえます。

では今後の10年間はどのようなのでしょうか。データの増加傾向はそのまま続くことが推察されます。しかし記録密度については、図1のグラフから、やや鈍化していくことが伺えます。IBMは2020年ごろまでは年率25～40%程度の伸びで推移していくものと見えています。

2.2 今後10年はどうなるのか

これらをかんがみ、今後10年間のストレージに対する投資状況を予測したのが図3です。記録密度の向上が25～40%に鈍化するため、GB当たりの単価の下落傾向が緩やかになることが推察されます。もちろん、技術進歩とは無関係に価格に影響を与える要素も世の中には存在しますが、GB単価の下落傾向を前提とすると、投資額は当然ながら増加傾向になることが推察できます。

③ HDD スピードに関する技術トレンド

次はHDDのパフォーマンスについて考えてみましょう。

3.1 ディスクの回転数

HDDのアクセス速度はディスクの回転速度やアクセス・アームが移動するシーク時間などに依存します。図4はHDDのアクセス速度の歴史的な変化傾向とディスクの回転速度の関係を示したものです。

HDDの回転数が上がると、データへのアクセス速度が向上します。この回転数は歴史的にはだんだん速くなってきているのですが、企業向けディスク装置についてみると、21世紀に入ってから1分間に7,200回転、10,000回転、15,000回転の3種類のものしか市場に出ていません。

では今後、1分間に20,000回転や30,000回転するHDDが出てくるのでしょうか。IBMの予測では、残念ながらこのように高速回転するHDDは出てこないと思っています。これは回転数が上

がると記録密度が落ちるという影響を受けるためです。廉価大容量 HDD である SATA (Serial Advanced Technology Attachment) ディスクなどの回転数が毎分 7,200 回転にとどまっているのはこのためです。

先に述べたように今後 10 年の記録密度の向上スピードは、過去 10 年よりも遅くなると予測されているため、ディスクの回転スピードを上げることも、記録密度への影響を最小化することが優先されるのではないかと考えられます。結果的には 1 分間に 20,000 回転を超える HDD は出現しないと考えられます。

3.2 平均シーク時間

HDD のアクセス速度に影響するもう 1 つの大きな要因として、シーク時間が挙げられます。シークとは、アームがディスク上のトラック間を移動する動作です。図 5 は平均シーク時間の歴史の変遷をグラフ化したものです。右下へと緩やかに弧を描くラインが近似曲線として引かれていますが、ここ数年は平均シーク時間の向上は見られません。この面でもパフォーマンスの向上はほとんど見られません。

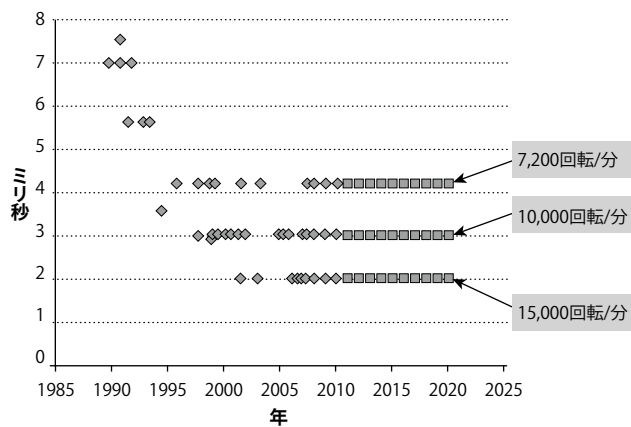


図4. アクセス速度の変遷

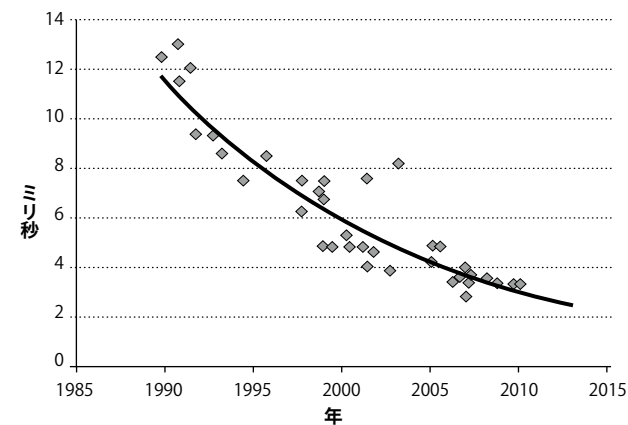


図5. 平均シーク時間の変遷

ディスクの回転速度とシーク時間の技術動向を踏まえると、HDD 単体でのパフォーマンス向上は今後まったく期待できないという結論になります。

④ ストレージ装置の作られ方の変化

1990 年代前半まで、ストレージ装置は専用のハードウェアをゼロから設計していました。主に初期のパソコンや小型計算機で利用されていた普及型の HDD は、当時すでに世の中に存在していましたが、専用に設計された高性能なディスク部品に比べ信頼性の面で劣っており、残念ながら企業向けのストレージ装置には利用されていませんでした。しかし 90 年代後半に入り、ある程度信頼性の高い HDD が共通部品として普及し始め、HDD の可用性を向上させる RAID (Redundant Arrays of Independent Disks) の普及とも相まって、企業向けストレージ製品の主要部品としても採用されるようになりました。同時に、ストレージ制御装置にはサーバー技術が活用されるようになります。共通部品である HDD や CPU の性能が向上していた時代では、それをどうやって素早くストレージ装置に組み込んで効率的に使っていくかが競われていました。しかし共通化の進んだ今、より良いストレージ製品を作り出すためには、一体どうしたらよいのでしょうか。この課題を解決するために、IBM は 2012 年 6 月にストレージの戦略的ビジョンである IBM Smarter Storage を発表しました (本誌 2 ページ以下: マネジメント最前線参照)。この中で特に注目していただきたいのは Efficient By Design です。これは開発設計段階から効率性を追求するという意見表明です。共通部品を利用しつつ、さらにストレージ装置そのものの設計に工夫を施すことによって、ユーザーにより良い製品を提供できるという考え方で、IBM System Storage SAN Volume Controller (以下、SVC) や IBM Storwize V7000 (以下、Storwize V7000)、IBM XIV Storage (以下、XIV) などは、そのユニークな設計思想を具現化したものの代表例です。

⑤ データ量の増大に対処するには

冒頭にも述べたようにデータ量は際限なく伸びていく傾向にあり、HDD の記録密度のトレンドから、相対的にストレージへの投資やコストがどんどん増えていくのではないかと懸念があります。ここでは、この問題に対処する

技術についてご紹介します。

5.1 使用効率を上げるプール化

ディスクの投資コストを下げる方法として最初に考えるべき手法はプール化です。プールは複数の HDD の容量を集め合わせてひと固まりに束ねたもので、再度小さく切り分けて使います。

企業内で利用しているディスクやボリュームの 1 つ 1 つを調べてみると、当然ながら使用率にはばらつきがあります。この状態を棒グラフで表すと図 6 の左側のように、ディスクの平均利用率はグラフ中の横棒線の通りです。特定のディスクでは利用率が高いにもかかわらず、容量不足のためこれ以上データを保管できません。一方でほかのディスクでは利用率が低く、無駄なスペースがある状態です。すべてのディスクを束ねて、1 つのプールのように見立てると図 6 の右図のように表現できます。プール化を行えば、各ディスクの空き領域を融通し合うことが可能になり、全体で利用することができます。こうすることにより、ストレージ全体の利用効率を向上させ、投資効率を上げることが可能になるのです [2]。

ここで示した平均値がどの程度なのかが大きな問題になりますが、IBM の経験ではこの平均値は通常 50% 以下です。21 世紀に入り、この平均値はジワジワと低下する傾向があり、30% 前後の数値を示すユーザーが多くみられます。プール化を実装することで、今まで行ってきたような非効率な投資を改善し、より効率的なストレージ投資ができるのです。

プール化という手法はかなり以前より知られていたものですが、現在ではストレージ仮想化という手法で具現化し

ています。これにシン・プロビジョニングという手法を加味することにより、データをさらに削減できます。シン・プロビジョニングとプール化は、組み合わせて利用することでより大きな効果を発揮します。

5.2 書いた分だけ使用するシン・プロビジョニング

シン・プロビジョニングとは書かれたデータ量以上のディスク・スペースを占有しないという手法です。旧来は、100GB のボリュームを割り振ると、あらかじめ 100GB の領域を確保していました。これでは使っていないスペースもこのボリュームに占拠されてしまうので効率的ではありません。シン・プロビジョニングを実装したストレージ装置は、たとえ 100GB のボリュームを作成しても、その段階ではスペースをまったく占有しません。サーバー側からデータが書き込まれた時点で、必要な分だけディスク領域を割り振ります。こうすることで、ストレージの利用効率を上げることができるのです。

5.3 ティア型とティア・レス型

プール化を適用するストレージ装置を管理特性によって大別すると、階層型(ティア型)と非階層型(ティア・レス型)の 2 つに分けられます。

階層型はストレージを複数の階層に分け、データの重要度や参照頻度などに応じてデータを移動させて配置するもので、各階層はそれぞれ別の特性を持ちます。例えば高速プール、一般プール、低速プールなどです。プール化された階層型ストレージでは、サーバーからアクセスされた状態にあるデータでも、別のストレージ階層に移動できます。IBM では SVC や Storwize V7000 といった製品がこの機能を有しています。

非階層型は階層の概念を持たず、すべてのディスクを単一のプールとして保持する形態です。ストレージ装置に書き込まれたデータは全 HDD に分散され、そのため HDD の使用量は常に均等化されます。この均等化によって、使用量が平準化されるだけでなく、アクセス数の平準化も行われます。これはホット・スポットと呼ばれるアクセス頻度が高い特異点をなくすことにつながり、パフォーマンスの向上にも貢献するのです。IBM の非階層型ストレージでは XIV が代表例になります。

階層型と非階層型ではどちらを選択した

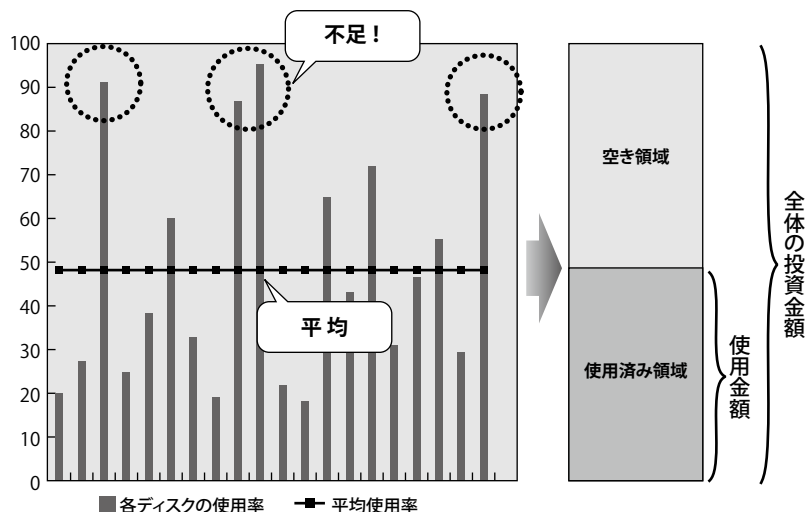


図 6. 各ディスク使用率と平均使用率の関係

らよいのでしょうか。この選択基準はユーザーが扱うデータや業務の特性によって変化します。例えばデータの重要度を明確に分類することができる業務では、適材適所型でもある階層型が好まれます。これに対してビッグデータなどを意識し、一様の価値を有するようなデータを多数持つ業務は、非階層型を採用する傾向があります。

5.4 データ量そのものを少なくする技術

データを効率的に保管する方策は、プール化やシン・プロビジョニングによってある程度実現できますが、保管すべきデータ量を少なくするという根本的な解決策にはつながっていません。これに対応する技術が重複削減とリアルタイム圧縮です。

重複削減は同じデータ・パターンを見つけ出した場合、重複してデータを記録することはせずに、その分を節約しようという記録方法です。特にバックアップ先として利用する場合、大きな効果を発揮します。バックアップはその性格上、同じデータを何度もバックアップしようとします。また、更新されたファイルであっても、ファイル全体が変更されたのでなければ以前と同一パターンが存在するため、効果的なデータの削減が可能です。この機能は IBM System Storage ProtecTIER ファミリーや IBM System Storage N シリーズに備わっています。

バックアップ用データではなく、本番用データを少なくする手法がリアルタイム圧縮です。リアルタイム圧縮はサーバーから 10MB のデータが送られると、ストレージ制御装置の機能で圧縮し、例えば 5MB の大きさに圧縮するという機能です。この例の場合、物理的なディスク容量を 50%節約できます。リアルタイム圧縮はストレージの設計者にとって長年の夢といえる機能の 1 つです。一般的な圧縮では、元のデータに対し圧縮後のサイズが可変長となってしまう特性があります。IBM は圧縮後のデータ長を固定長に変換して保管する方式を採用し、データの一部更新の際にも全体を復号せずに済む圧縮方式を開発しました。この先進的な機能は SVC や Storwize V7000、それに IBM Real-time Compression Appliance に実装されています（本誌 38 ページ以下：解説③参照）。

⑥ パフォーマンスをもっと速くするには

パフォーマンスを向上させるために、ストレージ装置はキャッシュと呼ばれる半導体メモリーをストレージ制御装置に装備し、参照頻度の高いデータをここに配置させること

で処理の高速化を図ってきました。この方式は現在でも利用されています。しかしストレージ装置 1 台で収容するデータ量の増加は、キャッシュの利用だけではパフォーマンスをカバーしきれない状況をつくり出しています。キャッシュにヒットしなかったデータは、通常 HDD へ直接アクセスして読み取ることになります。この HDD のスピードは前述の通り将来的にも改善は期待できません。従って別の方法を模索する必要があります。

6.1 SSD は HDD に取って代わるのか

SSD はソリッド・ステート・ドライブ (Solid State Drive) の略であり、一般にはフラッシュ・メモリーで構成される HDD 互換の製品です。HDD と互換性があるので、今まで HDD で使っていたエリアでは、SSD がそのまま使えます。SSD はフラッシュ・メモリーを使うために機械的動作がなく、HDD に比べて動作速度が速いというメリットがあります。しかしコスト面での課題は残ります。容量にもよりますが、HDD に比べ SSD は GB 単価で 10 ~ 30 倍程度高額になります。確かに技術の進歩は早いので、いつか SSD が HDD より安くなる日が来るだろうと思われるかもしれませんが、本当に近い将来 SSD は HDD より安くなるのでしょうか。

IBM の予測では、今後 10 年間でフラッシュ・メモリーを利用した SSD が HDD より安くなることはないと考えています。HDD も記録密度の伸びが鈍化してきたとはいえ、残念ながら SSD の技術がそれをしのぐほど記録密度を上げるとは考えにくいのです。従って今後 10 年間は今と同じような状態が続くと考えています。IBM では、このような状況をより早期に解消するために、PCM (Phase Change Memory) やレース・トラック・メモリー (Racetrack Memory) といったフラッシュ・メモリーに代わるストレージ用メモリーの開発に取り組んでいます（本誌 62 ページ：IBM の注目トピック①参照）。

6.2 少量の SSD を有効に使う Easy Tier

SSD は HDD に比べて GB 単価が高いからといって、これを全然使わない理由はありません。SSD は厳然として HDD より速いからです。HDD で構成されたストレージ装置に少量の SSD を装備し、利用頻度の高いデータを自動的に SSD へ再配置できれば、全体としてのパフォーマンスは向上します。IBM ではこの自動 ILM (Information Lifecycle Management) 機能を Easy Tier と呼んでいます。名前の通り、ティア（階

層)型のストレージ装置に実装される機能です。SVCや Storwize V7000、IBM System Storage DS8000などで利用できます。

6.3 フラッシュ・メモリーをもっと高速に

SSDはフラッシュ・メモリーで構成されていますが、実はHDDとの互換性を維持するため、フラッシュ・メモリーが本来持つ能力を十分には発揮できていません。

例えばフラッシュはメモリー・チップなのですから、すべてのチップは同時並行的に稼働してしかるべきです。しかし現在のSSDはHDDのふりをしてしているため、そのようなデータ転送を行うことはできません。HDDにはアームが1本しかなく、1時点では1つのデータしか転送できないので、SSDもそれに倣ってデータ転送を行うからです。

フラッシュはメモリー・チップで構成されているので、チップ単位にRAIDを組んだりすることができるはずですが。しかし現在のSSDは、HDDのように複数のSSDで1つのRAIDを構成します。仮にSSD内の1つのフラッシュ・チップに障害が発生しても、SSD全部が壊れたチップと同じ振る舞いをします。現在、RAID機能を実装したSSDは存在しません。これはフラッシュ・メモリーにとって、とてももったいないことです。

この状況を打破する1つの答えとして、IBMは2013年4月にIBM FlashSystemを発表しました。これはフラッシュをフラッシュとして利用し、最高のパフォーマンスと可用性を提供できるように設計されたストレージ装置です。たった1U(1.75インチ)の筐体サイズきょうたいの中に、最大20TBもの容量を装備し、400MB/秒のスループットと45万回を超えるIOPS(I/O per second)を提供します。通常のストレージ装置のようにSSDを装備するのではなく、専用に設計されたボードにフラッシュ・メモリーを配置し、サーバーにメモリーを挿すようなイメージでフラッシュ・メモリーを実装します。メモリー・チップを意識して設計されているため、チップが装備されたボード1枚1枚がRAID機能を持っています。これはSSDではできなかったことです。また、ボードをまたいだフラッシュ間でも同時にRAIDを組むことができ、フラッシュ・チップから見ると縦横方向に異なるRAIDを組めるという独特な実装形態を実現しています。SSDが装備されたストレージ装置を市販のスポーツ・カーに例えるなら、IBM FlashSystemは、レースに勝つために設計されたレーシング・カーに匹敵するものといえるでしょう(本誌57ページ:コラム①参照)。

7 まとめ

ユーザーにとってデータを保管するストレージは、データが爆発的に増殖し続ける今日において、投資の面でも保管の面でも気掛かりとなる課題の1つです。ストレージは単純化するとデータを書いて読むだけのシステムですが、ユーザーのニーズが多岐にわたるため、数多くの種類が世に出されています。ユーザーの皆さまがストレージ装置を選択する上で、この記事がお役に立てば幸いです。

【参考文献】

- [1] Freitas, R., Slember, J., Sawdon, W., et al.: GPFS Scans 10 Billion Files in 43 Minutes, <http://www.violin-memory.com/wp-content/uploads/IBM-Violin-GPFS-Record.pdf?d=1>
- [2] 日本アイ・ビー・エム:ピック・データ時代は、ストレージ効率化が課題解決の鍵を握る, <http://www.ibm.com/systems/jp/storage/solution/optimization/>



日本アイ・ビー・エム株式会社
ストレージ事業部
システムズ & テクノロジー・エバンジェリスト

佐野 正和 Masakazu Sano

【プロフィール】

1986年日本IBM入社。1988年よりストレージ製品のテクニカルサポートを担当。以後ストレージ製品の技術サポート、ストレージ・ソリューションを中心とした製品の企画や営業推進業務に25年間にわたり従事。2006年からシステムズ&テクノロジー・エバンジェリストとして執筆や講演活動も精力的に行っている。現在はストレージ事業部ソリューション部長。



日本アイ・ビー・エム株式会社
システム・テクノロジー開発製造
先進ストレージ開発
シニア開発マネージャー

石本 健志 Takeshi Ishimoto

【プロフィール】

1987年日本IBM入社。グローバル市場向けIBMハードウェア製品の設計・開発に従事。2000年よりストレージ製品の開発を携わり、これまでにディスク製品、テープ製品、ファイル・システム製品の開発プロジェクトに参画。2009年よりLTFSソフトウェアの開発を担当。