

ハイパースケールストレージシリーズ

階層型ストレージ

最適なストレージインフラの構築



データが飛躍的に増加し続ける中、ある時点でどのアプリケーションにどのストレージデバイスを使用するかは、アクセスの頻度(性能)、コスト、容量を総合的にみて決める必要があります。ハイパースケールデータセンター(HSDC)とは、大規模データセンターのことであり、その多くはクラウドサービスプロバイダー(CSP)です。HSDCではコストが一番の差別化要因になることが多く、小規模データセンターと比較して、ストレージ階層のすべての局面を最適化しなくてはならない、より一層厳しい課題に直面しています。ストレージ階層化は、ストレージリソースの使用を最適化し、コストを削減し、ストレージ技術をデータ分類ごとに最大限利用するという重要な戦略になってきています。

階層型ストレージの基盤は30年以上も前に始まっており、このときから、ディスク、自動テープライブラリー、ポリシーベースの高度なデータ管理ソフトウェア(HSMなど)を組み合わせることで、非アクティブなデータを低コストのストレージデバイスに効率的に移行するようになりました。階層型ストレージでは、ハードウェアとストレージ管理ソフトウェアを統合することで、シームレスな操作を実現できるため、ストレージ実装の最適化によって顧客のTCO(Total Cost of Ownership: 総保有コスト)とROI(Return On Investment: 投資利益率)の非常に大きな経済的利益を実現できます。大部分のデータセンターにとって、階層型ストレージ実装は最適であり、ストレージプールが大きいほど、このコストメリットは大きくなります。そのためHSDCは特にメリットが得られます。今日のストレージ階層では、最下位層の超大容量で低コストのストレージから、最上位層の最高レベルの性能と機能を備えたストレージまで、さまざまな技術が提供されています。データの増加は止まらないため、階層型ストレージと管理機能に対して、さらに先進的な新しいアプローチを絶え間なく展開することが求められるでしょう。

技術革新により最新のテープストレージ時代へ

今日の事実上の標準となっているストレージ階層は、4つの層(ティア)で定義されています。最小限のストレージ階層化システムには2つの階層があり、一つはアクセス頻度の高いデータ用で、もう一つはアーカイブデータ用です。使用できる階層が多いほど、管理者にとってデータ配置の選択肢が多くなり、ストレージリソースの使用効率も高くなります。階層は、価格、性能、容量、機能という4つの主要属性の違いで表されます。

以下の理由から、ストレージプールが大きくなるにつれて、自動化された階層型ストレージ環境が、最もコスト効率に優れた最適なストレージアーキテクチャとなります。

- 1) 手動でのデータ移動は操作が複雑で時間がかかる
- 2) デジタルデータの量が増え続けている
- 3) 大部分のデータは不適切なストレージティアに保存されている
- 4) 人材が限られており、ストレージ管理者の負担が限界に達している

CSPおよびオフラインのデータポルト層は、ティア0からティア4までのストレージ階層のいずれか、または全てを使用するサービスのことです。

世界の主要なストレージベンダーは、データのライフサイクル全体を通じてデータ要件に対応するために、ハイパフォーマンスなNVM(不揮発性メモリー)、SSD、HDD、自動化されたテープライブラリーなど、階層型ストレージの製品群をラインアップしています。テープは、管理の手間がこれらの中でもはるかに少なく、オフサイトで数十年間保管できるため、外部の災害復旧時においてアーカイブデータを確実に復旧できるようにします。

階層型ストレージのメリットは、ティア3のテープ層をアーカイブデータに使用する場合に最も大きくなります。テープ層は、他のティアよりも購入費用とTCOが大幅に低いからです。アーカイブデータは最大規模のストレージ分類であるので、このメリットは朗報と言えます。

IDCが2019年に発行したホワイトペーパー『Tape and

Cloud: Solving Storage Problems in the Zettabyte Era of Data』では、保管されるデータの量は2025年には最大7.5ゼタバイトになると予測されています。全データの少なくとも60%はアーカイブに分類でき、2025年までには80%以上に達する可能性があるため、今後の大きな課題も見込まれていますが、成長速度が最も速い最大規模のストレージクラスとなっています。このデータの大部分は、テープストレージを使用するCSPで利用されます。将来のソフトウェア開発とストレージ開発はその兆しが見えており、階層全体で価格、性能、信頼性、容量、セキュリティ、スループットが大幅に向上することが示されています。階層型ストレージの価値提案を促進するために、テープ業界は、最小レベルのコストで最高レベルの信頼性を備えた魅力的な新機能を開発、提供し続けています。このテープ業界の試みにより、アーカイブとティア3における最もコスト効率に優れた選択肢としてテープの地位が確立されています。また、バックアップ、業務復旧、および災害復旧において、テープがさらに大きな役割を果たすことが可能になっています。

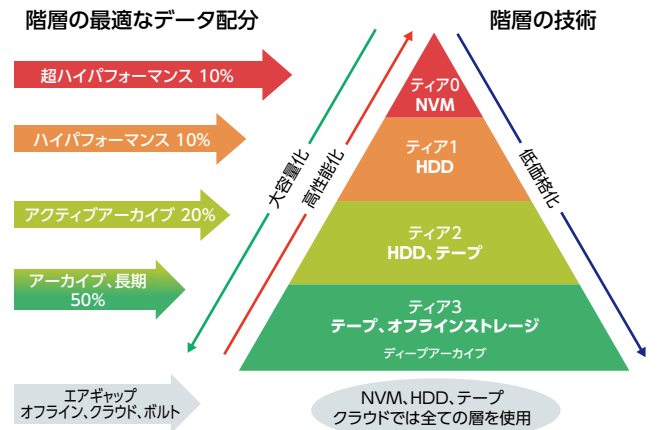
Key Point

階層型ストレージを利用すると、適切な時、適切な場所に適切なデータを保存することが可能です。急成長しているHSDCは特に、TCOが高額にならないうちに、階層型ストレージのメリットを享受できます。

以下の階層型ストレージ図を、事実上の標準となっている4つのストレージ階層の主要な技術属性を示すモデルとして使用します。

■ 階層型ストレージモデル

データ分類および階層の最適配分 (2020年)



■ ストレージ階層の内部 - 物理的観点(2020年)

ストレージ層	ティア0 超ハイパフォーマンス	ティア1 ハイパフォーマンス	ティア2 アクティブアーカイブ	ティア3 アーカイブ、長期
各層のデータ量	10%	10%	20%	60% (または60%以上のアーカイブデータ)
主要な技術とインターフェース	NVM (DRAM、3D フラッシュSSD、PCM、3D XPoint)	エンタープライズのディスクアレイ	ミッドレンジのディスクアレイ - スケールアウト	テープライブラリー、オフサイトデータボルト、クラウドサービス
公称アクセス時間	1~10マイクロ	5~10ミリ秒	5~20ミリ秒	25~121秒
データ転送速度	550/520 MB/s 書き込み/読み取り速度 3,500/2,300 MB/s 書き込み/読み取り速度	160~220 MB/s	80~220 MB/s	360 MB/s (LTO) 400 MB/s (エンタープライズ)
一般的なファイルアクセス	ランダム/シーケンシャル	ランダム/シーケンシャル	ランダム/シーケンシャル	シーケンシャルのみ
データ分類のカテゴリ	入出力集中型 応答時間が重要、OLTP、 超ハイパフォーマンス	ミッションクリティカルな アプリケーション、 OLTPアプリケーション、 収益を創出するアプリケーション	不可欠なアプリケーション、 機密性の高いアプリケーション、 業務に重要なアプリケーション	アーカイブ、固定コンテンツ、 ビッグデータ、参照データ、 政府規制、高速データ
2020年推定価格	~140ドル/TB	~40ドル/TB	~30ドル/TB	~4ドル/TB
信頼性 (BER)	1x10 ¹⁷	1x10 ¹⁶	1x10 ¹⁵	1x10 ¹⁹
メディア寿命	3~5年	4~5年	4~5年	30年以上
電力定格	3~5 W	6~15 W	6~15 W	最小

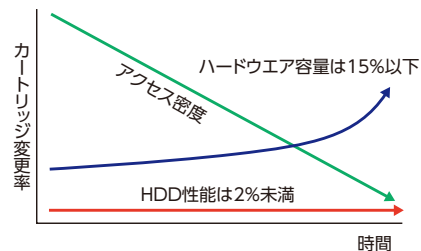
ティア0 超ハイパフォーマンスストレージ

ティア0は、取得、分析、取り込みを可能な限り高速に実行する必要がある、高IOPSの超ハイパフォーマンスのデータを保存するために使用されます。Non-Volatile Memory Express (NVMe) や相変化メモリー (PCM) などのストレージクラスメモリーや、3D XPointなどの新技術の登場によって、NVMソリューションの今後のロードマップが確実になるのに伴い、ティア0ソリューションが拡大することが見込まれています。NVMe仕様の登場によって、SSDでサーバーの高速PCIeバスを極めて効率よく使用できるようになり、入出力性能のさらなる向上が大きく実現されてきています。ティア0ソリューションは、GB当たりのコストでは、コストが最も高い層です。ただし一般に、コストはティア0のストレージの選択において重要な要素ではありません。通常、ハイパフォーマンスなフラッシュSSDに必要な電力はHDDの1/2~1/3です。ハードドライブのアクセス時間はミリ秒単位ですが、SSDはマイクロ秒単位で動作します。フラッシュSSDは、面密度が2,770Gb/in²発表されており、HDD技術を超えています。単一層から64~96層(増える可能性あり)の3Dフラッシュへの移行によって、HDD業界の市場シェアはSSD業界に奪われ続けています。

■ HDDスケーラビリティの課題 ~HDDでの性能向上はごくわずか

$$\int \left(\frac{x}{y} \right) \text{ アクセス密度} = \frac{\text{IOPS}}{\text{TB}}$$

IOPS (10ms/IOの場合)	HDD容量 (TB)	アクセス 密度
100	1.0	100
100	4.0	25
100	8.0	12.5
100	16.0	6.25



- ・HDD性能(速度)は、HDD容量の増加やサーバー速度とともに向上しない
- ・今後のHDD性能向上は、仮にあったとしても最小限
- ・HDDの容量が増加するにつれて、アクセス密度は低下
- ・SSD/NVM(ティア0)システムへのさらなる需要を創出
- ・結果として、性能を維持するためにHDDの容量が低減(最終段階) - または非アクティブなファイル

ティア1 ハイパフォーマンスストレージ

ティア1はミッションクリティカルなデータに使用され、顧客対応のアプリケーションや収益を創出するアプリケーションに対応するために、ハイパフォーマンス、ほぼゼロダウンタイムの高可用性、および短い目標復旧時間(RTO)を必要とするエンタープライズクラスのディスクシステムが使用されます。フルに機能を備えている場合は、これらのシステムでさまざまな機能が割増料金(GB当たり)で提供されますが、性能や信頼性が低いと顧客満足度、事業収益、企業の存続可能性に直接影響するため、この割増料金は正当と見なされています。ミッションクリティカルなデータの場合は、リカバリを高速に実行するため、多くの場合、ミラー化されたRAIDまたはダブルパリティのRAIDが使用されます。将来的に、ディスクドライブでは、HAMR(熱アシスト磁気記録)とMAMR(マイクロ波アシスト磁気記録)は継続的な容量増加に役立ちますが、最小限の性能向上しか期待できず、容量を増加するためには大きな課題に直面することが見込まれています。ディスクでは、容量は引き続き増加していますが、それに伴って性能(IOPS)が向上していないため、スケーラビリティ(アクセス密度)の課題に直面しています。一般的なディスクは、4~5年使用した後、交換になります。

ティア2 アクティブアーカイブストレージ

このティアでは、タイムクリティカル性の低いデータにティア1のディスクよりも低コストで対処する、ミッドレンジ(ニアライン)のディスクストレージが使用されます。ティア2は、アクティビティの少ないデータベース、アクティブアーカイブ(ニアラインディスクとテープの組み合わせ)、バックアップ、電子メール、ファイルシステム、バッチワークロード、ERP(エンタープライズリソースプランニング)など、幅広い主要ビジネスアプリケーションに対応します。ティア2ソリューションでは、1秒未満の応答が必須ではないが適切な応答時間が必要となる、アクティブなビジネスデータを安全に保存する必要があります。最適なティア2ソリューションを選択するには、一般に、コストと性能のバランスを取ります。

ティア3 アーカイブ、長期保存

ティア3は、全デジタルデータの60%以上を占めるアーカイブ部分にあたります。大部分のデータは、古くなるにつれてアクセスアクティビティが急速に減少し、データは一般に90~120日間でアーカイブ状態に達して「コールドデータ」になります。ティア3では、

低コストであることが最も重要な決定要因です。幸いにも、最新のテープはメディア寿命が30年以上になっており、長期のデータ保存に最適です。新しいテープソリューションが登場しており、これらのソリューションを利用すると、テープに対してオブジェクトやメタデータの書き込みと読み取りをネイティブフォームで効率的に実行できます。テープ業界では、容量、信頼性、およびメディア寿命がディスクドライブを超えるかつてないレベルにまで向上しています。研究所での先進的な実験で、テープ技術が今後10年間、制限事項がほぼない状態で着実に進歩し、カートリッジ容量も580TBを超えることが示されています。

Key Point

テープはGB当たりのコストとTCOがストレージオプションの中で最も低く、現在、ティア3のデータに対して最もコスト効率に優れた選択肢となっています。HSDCでは、データリストアに大量のデータが伴い、データ保存期間が2年以上必要です。できるだけ低コスト化を検討している場合は、テープ導入をぜひご検討ください。

データ分類 — データアクセスと入出力パターンの把握

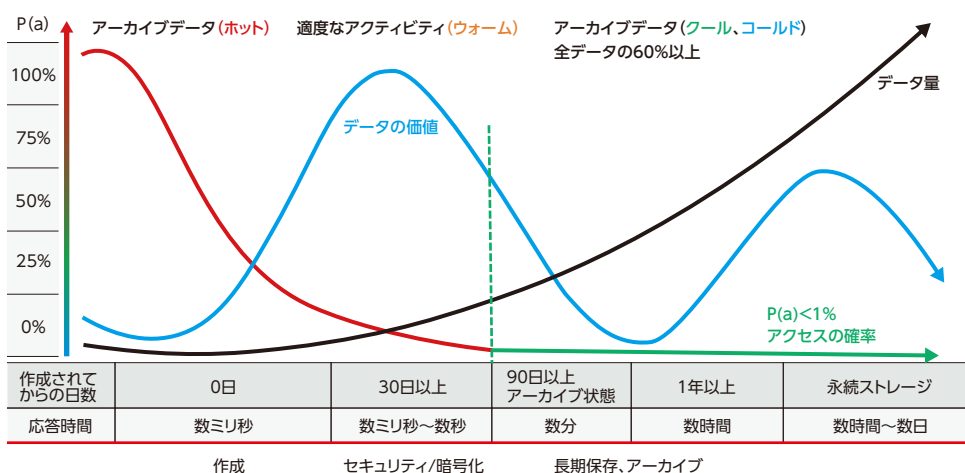
階層化ストレージにおいては、データ分類が重要です。実際には、データは一般に4つのティアに分類されており、この4つのティアは、それぞれの特性に最も適合しているストレージ層に割り当てられています。データを分類して、アプリケーションの入出力特性と参照パターンを把握するというのは、これまで長い間面倒なタスクであり、ときに非常に難易度の高いタスクとなっています。大量のデータを迅速に分類できるように、データ分類プロセスは十分洗練されていなくてはなりません。

入出力アクティビティとアクセスパターンを把握すると、アプリケーションに合わせてストレージソリューションを調整できます。データアクセスパターンを把握することや、その特性を特定することは、極めて重要ですが、それだけでは十分ではありません。ハードウェアとソフトウェアの両方について、ストレージインフラ自体の特性も把握する必要があります。近い将来に、AIによってこのプロセスが改善されることが期待されます。

グローバルネームスペース間の移動、移行、保護、導入や、メタデータの追加を実行でき、変化するデータライフサイクルニーズに対応できる、先進的なツールを導入すると、階層型ストレージをはるかに低コストで効率的に管理できます。データのライフサイクル全体を通じてデータの動作をさらに把握するのに役立つ、常に観測できる3つのプロファイルが進化を遂げています。

参照用に、下記に図を示します。

■ データライフサイクルモデル



大部分のデータは、90日経過するとアーカイブに全データの60%以上がアーカイブ
50～100年以上の保存が一般的

- 1 大部分のデータでは、データが古くなるにつれて再利用の確率が低下
- 2 企業にとってのデータの価値はさまざまな状況に応じて時間とともに変化
- 3 さらに多くのデータがかつてないほど長期間保存されているため、また、非アクティブな古いデータがティア3の状態に移行されているため、データが古くなるにつれてデータ量が増加

多くの企業では、データは最も重要な資産となっているため、データのライフサイクル全体を通じてデータを管理および保護することが、企業にとって最も重要なストレージ管理タスクとなっています。高度なツールの有無にかかわらず、大部分の組織では、最も重

要なアプリケーションを特定し、事業の成功に向けてこれらのアプリケーションで得られる価値を明確に把握することができなくてはなりません。かつて、階層型ストレージの実装は、以下の理由のために制限されていました。

- 1) 自動データ分類機能が欠如しており、データ移動ツールの導入が限られていた
- 2) 異種サーバー環境や異種ストレージ環境(サイロ化したシステム)のサポートが欠如していた

Key Point

CSPとHSDCでは、データが蓄積され、保存期間も永続的になる可能性があるため、アクティビティの少ないデータとアーカイブデータを稼働状態のHDDで保存すると、保存コストがすぐに手に負えないほど拡大することが懸念されます。

ティアごとのデータ分類の詳細

データ分類によって、最適なストレージ層にデータを割り当てます。データ分類ソフトウェアとデータ分類ツールがすぐに利用できない場合は、以下の分類表を使用すると、特定のアプリケーションの必須となるデータ特性を最適ティア層に対応付けて、簡単に分類プロセスを開始できます。データを分類するときには、以下のことを考慮します。

- 1) データアクセスに、どの程度の速度(性能要件)が必要か
- 2) どの程度の期間、データを保存する必要があるのか
- 3) 非構造化データをどのように管理するのか
- 4) データの損失や破損が発生した場合や、データにアクセスできなくなった場合に、どの程度迅速にデータを復旧する必要があるのか
- 5) どの程度のレベルのセキュリティが必要か(該当するデータの機密性はどの程度か)
- 6) どのような規制要件に対応する必要があるのか

ストレージクラスおよびストレージ層によるアプリケーションの分類

■ 超ハイパフォーマンス	ハイパフォーマンスデータベース、オペレーティングシステムファイル、OLTP、予約システム、インデックス、ログ、ロールファイル、ディレクトリ、システムカタログ、HPC/科学技術アプリケーション、リアルタイム分析/シミュレーション、加速度データ、最高レベルの入出力性能(IOPS)を必要とするデータ、人工知能、機械学習
■ ハイパフォーマンス	基幹業務のデータベース、遠隔医療、オンライン金融システム、衛星ナビゲーションシステム、予約システム、ATM、POS、仮想マシン、警察、軍/国家安全システム、鉄道/航空機/交通の運行および制御システム、電力網システム、原子炉制御
■ アクティブアーカイブ	業務に不可欠なアプリケーション、インターネットアプリケーション、データ保護/バックアップ/リカバリ、セキュリティシステム、監視、画像のキャプチャと取り出し、アプリケーションの開発とテスト、データウェアハウス、ERP、ビッグデータ、携帯機器、エッジデバイス、BC/DR
■ アーカイブ、長期保存	長期保管が必要なデータ、アーカイブとバックアップ、未分析のビッグデータ、コンプライアンスデータ、GDPR、医療記録、写真と画像、電子メール履歴、文書、非構造化ファイル、科学技術アプリケーション、動画、映像、音声、ソーシャルメディアの履歴、アーカイブクラウドアプリケーション、監視カメラとセキュリティシステムの履歴とアーカイブ、オフサイトのメディアストレージ、リモートデータポルト、BC/DR

人工知能(AI)とメタデータによるデータ分類の改善

データを新たな通貨と例えるなら、ストレージは新たな銀行です。日々のワークロード管理は大量かつ複雑であるため、容量が限界に達したら単にドライブを追加するという従来の手法は通用しなくなっており、IT担当者の負担が増大しています。さらに、生産性を高める分析アプリケーションやリアルタイムアプリケーションを効率的にサポートするために、データを分析、タグ付け(メタデータを使用)、処理し、他のプロセスに渡すことが必要になります。組織では、地理的に分散され複雑化している階層型インフラ全体で、データの移行、復元、複製、ミラー化を動的に行うことが必要となり、これは決して容易な作業ではありません。階層型ストレージとデータの管理を十分に賢く行う必要があります。つまり、AI(人工知能)が必要です。

AIによってデータの使用状況に関する大量の情報を収集することで、データ管理の大きな改善が見込まれます。誰がアクセスしているのか、アクセス頻度はどの程度なのか、どのような種類のファイルなのか、どのようなタイプのデータが保存されているのか。こうした情報を収集すると、学習アルゴリズムに基づいて、データが今後どのように使用される可能性が最も高いのかを示す予測モデルを作成できるようになり、最適なティアにデータを配置できるようになります。ストレージ業界はAIツールを待ち望んでいますが、すぐに実現するものではなく、長い期間をかけて進化し、機能が改善されることになるでしょう。

階層型ストレージの実装での取得コストおよびTCOの比較

以下の例は、さまざまな階層型ストレージシナリオで10PBのストレージの初期取得コストを比較したものです。平均販売価格(ASP)は、各ティアの2020年の予測から計算したものです。価格が大幅に変化する可能性があるため、一例として紹介します。企業では、特定ティアのコストを判断するためには、それぞれのストレージコストメリットを適用するか、ストレージベンダーから提供された実際の価格見積が必要で、シンプルにするために、2つのディスク層を組み合わせる平均値を得ています。各層のデータのパーセンテージには、前述の「データ分類モデル」の業界平均を用いています。

合計容量	例：容量10PBの取得コスト			
ストレージ層	ティア0(SSD)	ティア1およびティア2(ディスク)	ティア3(テープ)	合計
ティアごとの最適なデータ配分(%)	10% (1PB)	30% (3PB)	60% (6PB)	10PB
ティアごとのTBあたりのASP(2020年推定価格)	140.00ドル	40.00ドル/30.00ドル(推定35.00ドル)	4.00ドル	NA
ティアごとの10PB合計価格(各層に全データを保存する場合)	140万ドル	35万ドル	4万ドル	NA
最適価格合計(SSD層およびディスク層のみ)	10% 14万ドル	90% 31万5,000ドル	0%	100% 45万5,000ドル
最適価格合計(SSD、ディスク、およびテープ)	10% 14万ドル	30% 10万5,000ドル	60% 2万4,000ドル	100% 26万9,000ドル (41%削減)

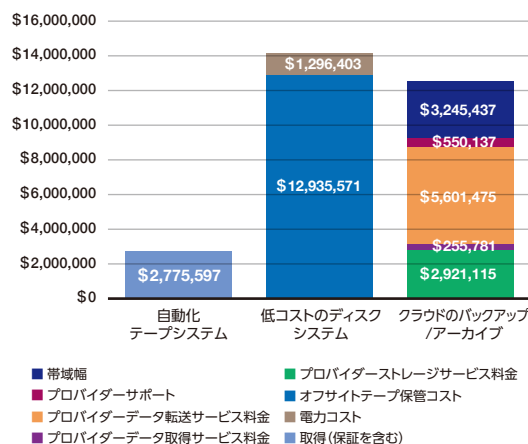
TCOの主な前提：20PBのストレージ

- 30%の年平均成長率
- 年間12%のデータ取り出し
- 技術の更新は5年ごと
- 電力コスト0.105ドル
(US Energy Information Agencyによる商業コストに基づく)
- TCOには、購入、電力、保守、クラウドストレージ、ネットワーク、技術更新の各コストが含まれる
- テープのTCOには、完全自動化(ロボティクス)のテープライブラリーとドライブシステムのコストが含まれる

10年間でのTCOの結果

- テープのコスト削減とディスクストレージの比較 - 80%削減
- テープのコスト削減とクラウドストレージの比較 - 78%削減

TCOの比較



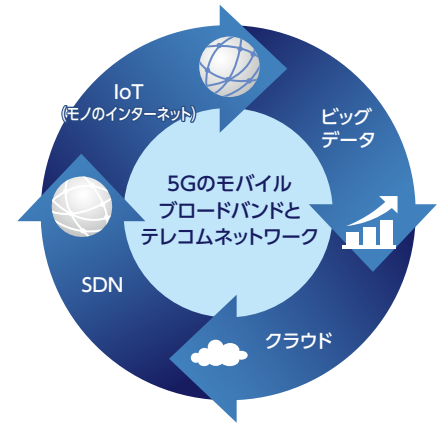
Key Point

テープにアーカイブデータを保管した場合のTCOは、HDDやHDDベースのクラウドサービスの場合よりも大幅に低くなります。HSDCがCSPでもある場合は、クラウドストレージサービスにテープを取り入れると、最低価格のクライアントモデルを実現できます。

データが急増中

多くのCIOは増え続けるディスク数の保管に苦勞しながら、高価なディスクを使用し続けていますが、ディスク内のデータの半分は長年にわたりほとんどアクティビティがありません。データセンターのストレージが増加するにつれて、このような非効率性を許容し続けられる企業がほとんどないのは明らかであり、階層型ストレージの価値は明白です。規模が計り知れないIoT、蓄積されるビッグデータ、モバイルアプリケーション、監視、ソーシャルメディアや、新型コロナウイルスの世界的流行による遠隔医療への多くの新しい要求のために、データ量は年間25%を超える勢いで増加しています。

また、4Gよりも最大20倍高速な5Gネットワークの登場と相まって、IoTによって無数のデータが利用可能になり、数十億や数兆ものエンドポイントが生み出される見込みです。



まとめ

効果的な階層型ストレージ戦略では、ストレージのコスト、データのライフサイクル管理、およびストレージパフォーマンスに関するストレージテクノロジーの優先順位のバランスが取られていなければなりません。HSDCにとって最適な選択は、最もTCOに優れたストレージ層にデータが自動的に移行される、多層のストレージシステムを利用することです。今日、HSDCにとって、ストレージ管理の課題がますます大きくなり、複雑さも増す一方であるのが明らかです。階層型ストレージにより、「適切な時間、適切な場所に適切なデータを保存する」という長年の課題を現実化できます。

Horison Information Strategiesは、データストレージ業界に関する分析やコンサルティングを提供しています。エグゼクティブ向けブリーフィング、市場戦略の策定、現在および将来のストレージ技術に関するホワイトペーパーや調査レポートのサービスを専門としています。Horisonは、エンドユーザー、ストレージ業界のプロバイダー、およびベンチャー企業向けに、新興の破壊的なデータストレージに関する傾向や成長機会を明らかにしています。

© Horison Information Strategies, Boulder, CO. All rights reserved.

FUJIFILM

富士フイルム株式会社 記録メディア事業部 〒107-0052 東京都港区赤坂9-7-3 TEL.03-6271-2084 FAX.03-6271-2185

[データアーカイブソリューション dternity] の情報はこちら

