

ハイパースケールへの ステップアップ

ハイパースケールストレージにおける課題に備える



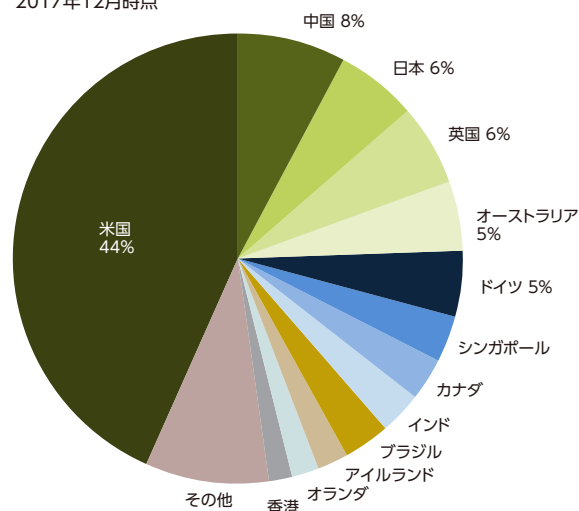
米国の少数のインターネットプロバイダーとクラウドプロバイダーが始めたハイパースケールデータセンター (HSDC) は、今や世界中に拡大し、かつてないデータストレージ要件に対応しています。Cisco Global Cloud Indexレポートによると、世界のHSDCの数は2016年には338カ所でしたが、2021年までに628カ所にまで増加するとされています。つまり、290ものデータセンターが規模を拡大して本格的なHSDCとなっており、これらのデータセンターが、先行のHSDCが直面した「スタートアップ企業の拡大」という過酷な課題を経験し始めると見られています。データのコストと量が年々増え続ける中で、この需要に対応するさらに低コストかつ高度なストレージソリューションへのニーズも同時に高まっています。HSDCでは今、テープのコストメリットを大規模環境で取り入れて活用する準備が整ったと言えます。

ハイパースケールデータセンターとは

「ハイパー」という言葉は、「極度の」あるいは「超過の」という意味を持っています。HSDCを表す単一の包括的な定義はありませんが、HSDCは一般的なエンタープライズデータセンターよりもはるかに大規模な施設です。Synergy Research Groupのレポートによれば、2017年末時点で世界には390のハイパースケールデータセンターが存在していたとされています。これらのデータセンターのうち、44%という圧倒的多数が米国にあり、2位の中国は大きく水をあけられ8%に過ぎません。現在、世界最大のデータセンター施設は110万平方フィートの広さがあります広さ6万平方フィートが標準とされるプロ用サッカー場に換算すると、およそ18.3面分に相当します。1つの施設内にずらりと並んだコンピューターを見渡すには双眼鏡が必要であり、その電力コストは想像の域を超えています。

ハイパースケール 計算能力、メモリー、高速ネットワークインフラ、およびストレージリソースを大幅に拡張したコンピューターアーキテクチャのことであり、比較的少数のアプリケーションで数百万ものユーザーにサービスを提供するというのが一般的です。大部分の企業は、ベンダーから提供されている既成のインフラを利用できますが、ハイパースケールプロバイダーは環境のほぼすべての要素をカスタマイズする必要があります。一般に、HSDCのアーキテクチャは小規模で低価格な数万台ものコモディティサーバーやノードで構成され、強力な計算機能、ストレージ機能、ネットワーク機能を提供します。HSDCでは、負荷に対応できるように人工知能(AI)と機械学習(ML)が実装されており、ストレージ階層が利用されています。このストレージ階層に、バックアップ、アーカイブ、アクティブアーカイブ、災害復旧の各アプリケーションに多用されているテープも含まれます。

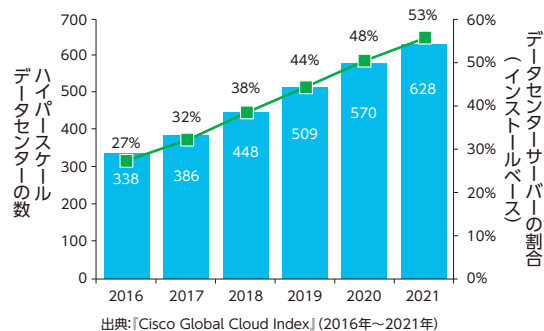
■各国にあるハイパースケールデータセンター拠点の割合
2017年12月時点



次世代のハイパースケーラーとなる大規模エンタープライズデータセンターがハイパースケールアーキテクチャを構築する際に重要となるのは、小規模に始めて先行投資をできるだけ低く抑えることです。需要が増大するにつれて、クラスターにノードを追加して、HSDCのインフラを容易に拡張できなければなりません。

これは、顧客の増加と同じペースで物理的なデータセンターを拡張できるため、サブスクリプションの組織にとって理想的な拡張モデルです。高度な階層型ストレージとスケールアウト型ソフトウェアは、ノードの集約と容量の拡張を可能な限り自動化するよう特別に設計されています。

■ ハイパースケールデータセンターの推移 (インストールベース)



大規模エンタープライズデータセンターのハイパースケール化 - 2021年までにHSDCは600カ所以上に

インターネット、クラウドコンピューティング、AI、ML、ビッグデータ、ソーシャルメディアの普及、ゲーム、オンラインショッピング、未知のIoTなど、さまざまなイノベーションによって、大規模エンタープライズデータセンターのハイパースケール化が加速しています。2021年までに、628のHSDCが、全世界の設置済みデータセンターサーバーの53%を占めるようになると予測されています。最大のクラウドプロバイダー (Amazon、Google、IBM、Microsoft) は最大規模の設置面積で運営しています。これら4つのハイパースケールクラウドプロバイダーは、45カ所以上のデータセンターを擁し、地域 (北米、南米、APAC、EMEA) 当たりにも少なくとも3カ所以上を保有しています。Synergyのレポート (前述) によると、世界の大手クラウドサービスプロバイダーとインターネットサービスプロバイダーの24社は、平均16カ所のデータセンターを擁し、数万台ものサーバーを設置しているとされています。

ハイパースケールデータセンターの特徴

HSDCのインフラについては、それほど多くの情報が公開されているわけではありません。HSDCの運営を計画している企業にとって、参入の一番の障壁はコストと思われるかもしれませんが、実際はそうではありません。最大の障壁となるのは自動化です。HSDCでは、避けることのできない予期せぬ障害と遅延に対処するために、できる限りAIとMLを活用して、環境の自動化と自己修復に重点的に取り組む必要があります。さまざまな領域で多くの専任担当者を起用しているエンタープライズデータセンターとは異なり、HSDCでは、技術を利用して管理プロセスの大半を自動化しているため、技術者の人数はわずかです。HSDCの特徴は以下のとおりです。

小さいフットプリント、高密度のラック HSDCでは、SANやDASを別個に配置するのではなく、サーバー、SSD (ソリッドステートディスク)、およびHDD (ハードディスクドライブ) をラックスペースにそのまま詰め込んでいて (ラックを多用)、設置面積をできるだけ小さく抑えます。一般に、HSDCのラックは標準の19インチラックよりも大型です。

自動化 ハイパースケールストレージはソフトウェア定義型ストレージが選ばれる傾向があります。AIを利用すると、高いレベルの自動化と自己修復を実現して人的関与が最小限に抑えられるというメリットがあります。AIは、各層の間でのデータ移行を自動化して、ストレージ資産をさらに最適化するのに役立ちます。

ユーザー HSDCでは一般に、少数のアプリケーションで数百万ものユーザーにサービスを提供していますが、従来型の企業では、ユーザー数はHSDCよりも少ないながらも、はるかに多くのアプリケーションを使用しています。

仮想化 施設には非常に高度な仮想化も実装されており、各物理サーバー上で可能な限り多くのオペレーティングシステムイメージが実行されています。

テープストレージの採用 自動テープライブラリがSSDおよびHDDの補完として増加しており、容易な容量の拡張、制御が難しいデータの増加への対処、アーカイブデータと非構造化データの保管、インフラコストと電力コストの大幅な削減、「テープエアギャップ」によりハッカーの侵入を防止する対サイバー犯罪セキュリティなどを実現できます。

素早く拡張できるバルクストレージ

HSDCではストレージ容量を迅速かつ簡単に拡張できる必要があります。15TB容量のディスクドライブを使用した場合、容量1PBにつき67台のドライブが必要となり、1EB(エクサバイト)の場合は、15TBのドライブが66,700台必要となります。一方、テープならカートリッジを追加すれば簡単に容量を拡張でき、ディスクの拡張はドライブの追加で対処できます。

最小限の機能セット

ハイパースケールストレージでは、ストレージスペースの最大化とコストの最小化が目標であるため、必要最小限の機能セットしか備えておらず、冗長性を備えていない場合もあります。

エネルギーに関する課題

HSDCでは、電力消費量が多く、炭素排出量が増加します。そのため、電力コストを削減でき、エコな新しいエネルギー源の構築を余儀なくされています。

Key Point

Googleは全世界のGoogleのデータセンターで少なくとも200万台のサーバーを使用していると推定されています。

〈ケーススタディ〉 最小のTCOの追求

数億もの顧客を抱える、あるクラウドサービスプロバイダー(CSP)では、アーカイブデータと社内の規制関連デジタルデータの保管にかかるコストを削減する必要がありました。日常業務に使っている内部データストレージが膨大な容量に達するという状況が、頻繁に生じていました。このCSPの場合、数百PBものデータが、実稼働中のHDDインフラにコールドデータの状態ですら保管されているだけでした。このCSPは、データセンター関連のイノベーションで複数の特許を保有していますが、大規模データストレージのイノベーションを継続することがコストを大幅に削減する唯一の方法であると判断しました。そこで、内部分析を行い、数百PBものデータの使用率と取得ニーズを特定するよう詳しく調査したところ、データの90%が使用されていないという事実が判明しました。

この事実に基づいて、サービス品質保証(SLA)を鑑み、最適な性能と最小の総所有コスト(TCO)を実現するソリューションを取り入れることになりました。選ばれたのは、オープン形式のデータを使用するテープインフラでした。

この場合の性能とは、SLAを満たすためではなく、生成されたデータを確実にできるだけ速くデバイスに転送して、コールドデータをアーカイブするためのものでした。

このデータがインフラに長年、場合によっては数十年も置かれたままになることが分かっているため、インフラチームは、HDDソリューションの場合とは比べ物にならないほどの削減を達成するTCOの実現を目指して取り組みました。CSPのインフラチームは、10年間でほぼ500%のTCO削減が実現するという計算のもと、データセンター全体のデータ保管にオープン形式のLTFSを使用する自動テープインフラを導入しました。

〈ケーススタディ〉 データ保護効率の最大化

あるCSPは、全世界で20を超える大規模データセンターで数EBのオンラインデータを保有しています。すべてのデータを確実にバックアップしてリカバリできるように、LTO*テープが導入されています。膨大なデータを保護する際の課題は、技術に加え、コストといった不確定要素など、多岐にわたります。

ハイパースケールで膨大なデータを管理する場合、最善の戦略は、インフラと管理に関連するすべてのオーバーヘッドコストを含め、ソフトウェアとハードウェアの両方で最も効率的なプロセスを採用することです。このCSPでは、まず初めに、すべてのプロジェクトおよびプロジェクトのデータセットに対し、最初に全データを必ずバックアップするという、全社的な原則を適用しました。この原則とハイパースケールの膨大なデータ量を考えると、これは一見、困難な課題のように思えますが、バックアップするだけの価値がデータにないのであれば、そのプロジェクトは実施する価値もない、といえるでしょう。

このCSPが適用した2番目の原則は、すべてのバックアップについて、データのサンプルをリストアしてバックアップをテストするというものです。この原則により、データのリカバリが実際に必要になる前に、データのリカバリに伴う問題を確実に見つけることができます。これらの基本原則を適用すると、かなりのコストが発生しますが、顧客データをリカバリできない場合に生じるコストのほうがはるかに大きくなります。

このCSPでは、データ保護システムを複数のサイトに分散し、各サイトに大規模なエンタープライズLTOテープライブラリを配置することで、耐障害性と地理的分散による保護を実現しています。どのサイトにもバックアップを書き込むことができ、プロセスを自動化しています。20+8のリード・ソロモン消去符号を利用してデータを共有しており、保護のオーバーヘッドは

40%です。テープへのデータ書き込みにはRAIT 4+1 (RAID 4と同様)が使用されており、データは4台のテープドライブに同時に書き込まれます。元のデータセットに関連付けられる5番目のパリティテープを作成するために、テープ上のデータはすべてのテープにわたって計算されます。RAITとパリティで、保護に25%のオーバーヘッドが発生します。

このCSPでは、顧客が設定したアーカイブデータ保管期間に基づき、アーカイブプロセスを利用してデータを長期間保管しています。アーカイブデータは「N」年間で新しい世代のメディアに自動的に移行され、この「N」年間は通常10年以内となっています。顧客がアーカイブデータ保管期間を21年間で設定し、「N」が10年間である場合、アーカイブデータは、データのライフサイクル期間中、削除されるまでに自動的に2回移行されます。

このCSPのテープベースのデータ保護とアーカイブ戦略は効率的であるため、結果的に、コスト効率と信頼性に優れたソリューションとなっています。このソリューションにより、単一の全く同じデータコピーの場合のオーバーヘッド100%や、2つのコピーの場合のオーバーヘッド200%と比較して、合計75%のオーバーヘッドで、リカバリ可能性が向上すると同時に複数の障害からも保護されます。

*LTOはHewlett-Packard社、IBM社、Quantum社が共同策定した磁気テープ記憶装置のフォーマット。Linear Tape-Open、LTO、LTOロゴ、UltriumおよびUltriumのロゴは、Hewlett-Packard社、IBM社およびQuantum社の米国およびその他の国における登録商標です。

大規模環境におけるハイパースケールストレージの課題の深刻化

データが新しい通貨であるなら、ストレージは新しい銀行です。HSDCは大規模であることから、ストレージ管理はHSDCのアーキテクチャにおいて最も重大な課題となっています。HSDCでは、クラスターに追加されたストレージは、ハイパーバイザーストレージソフトウェアによって各ノードにインストールされ、全ノードにわたってプール化されます。日々のワークロード管理は大量かつ複雑であるため、HSDCとIT担当者の負荷は増し、容量が限界に達したら高コストのディスクドライブをただ追加するという従来の手法は通用なくなっています。また、こうしたデータの大部分が最も高コストのストレージに保管されているのです。低コストのストレージオプションとして、大容量テープやクラウドなどを使用し、アクセス頻度の少ないデータやコールドデータを分けて保管するのが最適です。データセンターでは、適切なときに適切な場所に適切なデータを配置できることが重要であり、ハイパースケールレベルではこのことが一層重要になります。

HDDは容量の拡張において重要な役割を果たしており、近年ではフラッシュSSDもこの役割を果たしていますが、ハイパースケールストレージの要件とコストでは、スケールメリットに、より注目が高まっています。つまりそのためHSDCにおいてテープの役割がますます大きくなっており、その結果、HDD/SSDの成長は鈍化しています。これは、テープが容易に容量を拡張できること、およびディスク上の非アクティブなデータをテープに移行し、高いコストがかかるオンラインストレージのコストを抑えることで、ILM(情報ライフサイクル管理)のコスト効率を高めることができるためです。

ILMでは、データ自体の価値と特性が時間とともに変化していることを認識しており、適切なストレージ層にデータを移行して保管するためのポリシーを確立することで、データを管理しています。従来のストレージ管理手法では、データセンターは80%ものデータを不適切なストレージ層に保管しており、これにより年間数百万ドルものコストが発生しています。

• フラッシュSSDの課題

現在、フラッシュメモリーとソリッドステートメモリーは、HSDCの性能を向上する上で重要な役割を果たしています。HDDと比べてはるかに高速で、電力消費量が低く、管理も容易です。フラッシュ変換層 (FTL) は、キャッシュから性能、摩耗率、ガベージコレクションなどに至るまで、すべての処理をインテリジェントに管理します。ハイパースケールレベルでは、SSDデバイスの管理オーバーヘッドは膨大となり、このオーバーヘッドがスループット、遅延、コストに影響を及ぼします。高いパフォーマンスは大きなアドバンテージであるため、次の不揮発性メモリーアーキテクチャが登場するまで、フラッシュのオーバーヘッドは受け入れられると見込まれています。

• ディスクドライブの課題

大規模エンタープライズデータセンターのストレージがハイパースケールレベルに達すると、従来のRAIDアーキテクチャや複製リカバリのアーキテクチャは、非常に高コストになり、管理も難しくなる可能性があります。また、ディスク容量が大きいほど、冗長性を回復するよう障害のあるドライブをリストア/リカバリするだけでも、リビルドにかかる時間が長くなります。4TBのディスクではリビルドに少なくとも10時間かかり、15TBのディスクでは数日や数週間かかる可能性もあります。大部分のHSDCでは、RAIDは時代遅れになっているか、近いうちに時代遅れになると言われています。RAIDが実用の限界に達するにつれて、消去符号がRAIDに代わる手法として現れています。消去符号では、データはフラグメントに分割されて、単一のネームスペースを使用するさまざまな場所に分散して保管されます。

・ストレージの選別とTCO

どのストレージソリューションと比べても、テープはテラバイト当たりのコストとTCOが最も低いため、非常に有利です。大規模環境の場合、同等容量のストレージで比べると、HDDのTCOは一般にテープの5~8倍となります。

・電力コストの高騰

HSDCでは、電力消費量の多い旧式のサーバーハードウェアの使用を見直し、サーバー仮想化や階層型ストレージなど、より効率的な技術を採用しています。ストレージの電力コストを最も短期間で削減するには、ディスクに保管されているアクティビティの少ないデータをテープに移動する必要があります。すべてのストレージソリューションの中で、テープは電力コストが最も低いです。

・セキュリティの確保とサイバー犯罪からの保護

テープは、ハッキングを防ぐサイバー犯罪対策セキュリティを、エアギャップで容易に実現します。

・ハードウェアアップグレードサイクルの頻度

ディスクは4~5年で交換が必要になります。一方、テープドライブの寿命は一般に7~10年です。最新のテープメディアであれば寿命は30年以上と評価されています。

〈ケーススタディ〉容量ロードマップの活用

あるグローバルなクラウドサービスプロバイダー(CSP)では、アーカイブストレージビジネスの利益を改善する方法を模索していました。それと同時に、このCSPでは、ギガバイトあたりの月額料金を可能な限り値下げして競争力を高める必要がありました。

全世界に15ものデータセンターを擁するこのCSPでは、サービスによって生じるアーカイブタイプの保管データが年間15%以上増大していました。このCSPでは、自社のビジネスモデルが、いかに低コストのインフラを実現させられるかにかかっていると考え、全体的なアーカイブストレージコストを削減する新たな方法を検討しました。

このCSPでは、まず、従来の非構造化データの手法を使用してストレージのコストを削減することを目的とし、ストレージメーカーと提携しました。その結果、社内開発プロジェクトで、市場性のある製品において、密度とアクセスが大幅に向上しました。ただし、運用テストの結果は、それほど望ましいものではありませんでした。ストレージメディアのギガバイト当たりのコスト、大規模データセットでの全体的なアクセス性能、およびハードウェアの耐久性という、重要なカテゴリーで目標に大幅に達しませんでした。この結果から、新しい考え方が生まれました。

このCSPでは、テープ業界の第一線で活躍する専門家と連携し、十分に立証された容量テープロードマップを詳しく確認した後、LTOテープ技術に基づいて単一サイトのアーカイブを実装しました。そして、使い勝手、データセンターの統合、およびギガバイト当たりのコストに重点を置き、製品機能をテストしてイレージャーベースのテープ書き込みを開発しました。テープインフラで得られる規模の経済を予測することで、このCSPでは、非常に競争の厳しい「コールドデータ」IaaS市場で粗利益を維持しながら、ソリューションの一般価格を1年で28%下げることができました。

HSDCの増加に伴い増大するテープの価値

今日、HSDCではテープストレージが持つ多くの利点を活用することで、大幅なデータの増大と長期保管という課題を解決しています。大部分のデジタルデータはすぐにアクセスする必要がないため、テープサブシステムに長期間保管するのに最適です。一部のデータは、規制上の理由や、後にデータのコンテンツを分析して活用できるため、安全な長期保管のソリューションが必要となります。HSDCでは、高度なテープアーキテクチャによって、重要なデータ資産の保護、バックアップ、リカバリ、アーカイブ、容易な容量拡張、最小のTCO、最大限の信頼性、最大限のスループット、およびエアギャップによるサイバーセキュリティ保護を実現し、ビジネス目標を達成できます。テープで得られるこれらのメリットは、今後も高まる見込みです。

増え続けるサイバー犯罪との戦いは、多くのデータセンターにとって重要な問題となっており、HSDCも例外ではありません。テープは、サイバー犯罪の防止において重要な役割を果たします。テープはWORM(Write-Once-Read-Many)機能と暗号化機能を備えており、コンプライアンス関連、法律関連、および重要なファイルに対応するセキュアな保管媒体として利用できます。ネットワークとの接続が遮断されたテープにデータをコピーすることでサイバー攻撃を防ぐことができるため、テープは、「エアギャップ」ソリューションとして躍進を遂げています。一方、24時間365日オンラインになっているディスクシステムは、サイバー攻撃に対して

常に脆弱であるため、真っ先に標的にされてしまいます。

HSDCでは、高性能のSSD、HDDアレイ、および自動テープライブラリを統合して、階層型ストレージを利用しています。HSDCでは、IT予算の多くを占めるデータセンターの容量を圧迫するディスクの急増に悩まされていますが、それにもかかわらず、多くのHSDCでは、何年にもわたってほとんどアクティビティのないデータを高コストのディスクに保管しており、それらのデータがディスクの半分を占めている場合もあります。このような非効率を許容できるデータセンターがほとんどないのは明らかでしょう。ストレージ環境の規模が増加するほど、テープのスケラビリティやTCO削減の価値が増すため、階層型ストレージでは、テープを使用することで最大のメリットが得られます。ハイパースケールの世界において、「ディスクの追加は戦術であり、テープの追加は戦略」なのです。

面密度とは、磁気ディスクドライブまたはテープメディア上の所定の表面積に保存できる情報量(ビット数)のことです。2020年12月に富士フイルムはIBM Researchと共同で、新たな磁性体として「ストロンチウムフェライト(以下、SrFe)磁性体」を採用した磁気テープの実走行試験を行い、塗布型磁気テープにおいて世界最高の面記録密度317Gbps(ギガビット毎平方インチ)でのデータ記録・再生を実証しました。これは、1巻あたりの記録容量が従来比約50倍(LTO8との比較)となる世界最大容量580TB(テラバイト)データカートリッジの実現を可能とする画期的な技術です。

これらの面密度がテープのスケラビリティと相まって、しばらくはテープがHDDに対して大きな競争力をもち続ける見込みです。また、OCP(Open Compute Project)では、テープを含む固有のアーカイブソリューションに重点を置いたサブプロジェクト「Archival Storage」が運営されています。アーカイブストレージソリューションを改善するためのソリューションは、全体的なシステム設計から、使用するテスト手法や、メディアタイプの特性化にまでわたります。プロジェクトには、固有のワークロードとデータセンター設計が適用され、ハイパースケール導入に最適化されたソリューションを含みます。

最新のテープに関して覚えておくべき重要ポイント

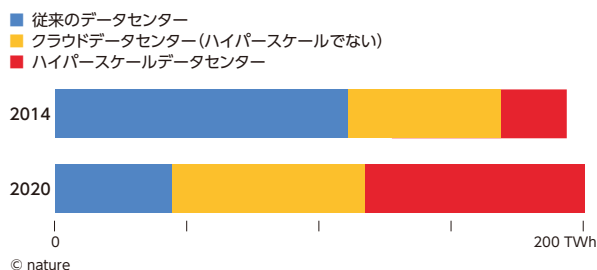
- テープは取得コスト(テラバイト当たりのコスト)と運用コストがディスクよりも安価
- テープの信頼性はディスクよりも少なくとも3桁高い
- 最新のテープ寿命は30年以上
- テープドライブのデータ速度は1秒あたり400 MBに達するが、HDDのデータ転送速度は1秒あたり160~265 MB
- テープライブラリは、インテリジェントで高速かつ高効率のロボット制御を搭載
- INSIC(Information Storage Industry Consortium)のロードマップと10年間のLTOロードマップは明確に定義されており、予想されている制限事項はほとんどない

ハイパースケールで増加する電力消費量の問題

HSDCは大量の電力を消費します。一般に、高密度でマルチコアのデータセンターサーバーは500~1,200Wを消費します。HDDは1時間当たり約6~15Wを消費し、SSDの消費量のおよそ3倍となっています。一般的なデスクトップコンピューターは、1時間あたり65~250Wを消費します。サーバーの台数を削減するとともに、アクティビティの少ないデータをディスクからテープに移動すると、HSDCでエネルギー消費量を最大限に削減できます。

■ ハイパースケールへの移行

効率性の低い小規模データセンターが閉鎖されるにつれて、効率性の高い「ハイパースケール」データセンターは2020年までにデータセンターの電力需要の半分を消費するようになる見込み



結論

HSDCは、現在最も急成長しているデータセンターセグメントです。今日のハイパースケールプロバイダーは、データの急増と長期のデータ保管要件に対応するために、ストレージ戦略を抜本的に見直しており、現在では遅れを取り戻し、テープのコストメリットを大規模環境で活用しています。過去10年間にわたるテープ技術の大きな改善により、テープは、HSDCが直面するかつてない課題に対処するための、最もコスト効率の良いストレージソリューションであり続けることが期待されています。新しいストレージアーキテクチャに移行するための評価と準備は、必要に迫られる前に行うのが理想です。ペタバイト規模のデータを管理している大規模エンタープライズデータセンターでは、新しいアーキテクチャを評価するのに最適なタイミングを既に逃しているかも知れません。ハイパースケール状態への到達は、徐々にではなく一気に進みます。近い将来、ハイパースケールに移行するにあたって、テープは厳しいコスト競争を生き抜くために不可欠なものとなるでしょう

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

