



Adaptec maxCache 3.0 リード & ライト SSD キャッシングソリューションでレイテンシを削減し アプリケーションパフォーマンスを最大 44 倍に増加

要旨

今日のデータセンタやクラウドコンピューティング環境では、ウェブサーバやファイルサーバ、データベース、オンライントランザクション処理(OLTP)、Microsoft Exchange Server、ハイパフォーマンスコンピューティング(HPC)といった大規模なアプリケーションをサポートするためにI/Oパフォーマンスを増加させ、レイテンシを削減することが求められています。このホワイトペーパーでは、これら重要なデータセンタアプリケーションに対し、Adaptec maxCache 3.0 SSDキャッシングソリューションを使用した時のパフォーマンスメリットと、その改善されたパフォーマンスによって得られるコスト削減について焦点を当てています。

I/Oパフォーマンスと平均レイテンシの観点では、SSDはランダムアクセスのリードとライトにおいてハードディスクドライブ(HDD)の100倍以上のパフォーマンスが提供可能です。AdaptecのmaxCacheは、リードとライト負荷に対して頻繁にアクセスする(別名 "ホット") データのコピーをキャッシュするためにSSDを使用することでこれらのメリットを活用します。

6Gb/秒 Adaptec 7Qシリーズアダプタに搭載の maxCache 3.0のパフォーマンスと経済性のメリットについて、同じAdaptec RAID アダプタでmaxCache 3.0使用時と未使用時のパフォーマンスレベルの比較で説明します。IOメータで100%のランダムリード負荷の場合とOLTP負荷の場合です。これら定量化されたパフォーマンス改善効果を使い、設備コスト(CapEx)と運用コスト(OpEx)の潜在的な削減効果をまとめて、総所有コスト(TCO)計算に適用します。

パフォーマンスに関するハイライト

アプリケーションパフォーマンスの加速、レイテンシの削減、サーバ1台当たりの対応ユーザ数の増加は、データセンタやクラウドコンピューティング環境において重要な必要条件です。

maxCache 3.0の理論上の最大の利点を説明するために設計されたベンチマークテストにおいて、すべてのデータがSSDキャッシュから提供される(100%のヒット率)場合と、10K RPMのSAS HDDを8台使用したHDDのみのRAIDアレイの比較を行いました。結果は以下の通り：

- **最大44倍のパフォーマンス改善** — RAID 0構成時、リード集中型の1秒あたりのI/Oオペレーション(IOPS)で。
- **最大31倍のパフォーマンス改善** — RAID 5構成時、リード集中型のIOPSで。
- **レイテンシを最大1/44へ削減** — RAID 0構成時、リード集中型のアプリケーションで。

- **レイテンシを最大1/31へ削減** — RAID 5構成時、リード集中型のアプリケーションで。

maxCacheを使用してHDDとSSDの両方からデータが提供されるような現実の一般的な環境においても、maxCacheソリューションはHDDのみのアレイに対して大きなメリットがあります：

- **4倍のパフォーマンス改善** — RAID 5構成時、負荷混在型のIOPSで。
- **レイテンシを最大1/4へ削減** — RAID 5構成時、負荷混在型のアプリケーションで。
- **サーバの使用可能容量を7倍に増加**し、GBあたりのコストとI/Oあたりのコストを大きく削減。

はじめに

データセンタやクラウドコンピューティング環境では、高いサービス品質(QOS)をエンドユーザに提供するために、アプリケーション向けにチューニングされた高密度のサーバ群が必要です。通常、これらのサーバの採用は、ウェブサーバやファイルサーバ、データベース、OLTP、Microsoft Exchange Server、HPCといった特定のアプリケーションをターゲットとしています。データセンタやクラウドコンピューティングアプリケーションの顧客は一般的に、運営者が事前に設定したレベルの信頼性、可用性、サービス性(RAS)、パフォーマンスを提供する義務を負うサービスレベルアグリーメント(SLAs)にサインします。これらの要件に対応するために、データセンタの運営者は、SLAの遵守を確実にする、「アプリケーション向けにチューニングされた」高いI/Oスループット、高いIOPSのサーバを採用します。SLAの条件を遵守できない場合は、体験に対する顧客からのマイナスの反応は言うまでもなく、データセンタの運営者に対して経済的に厳しいペナルティが課せられることになります。

SLAの要求に加えて、データセンタの予算が、追加ハードウェアのための資本コスト(CapEx)や運用コスト(OpEx)を削減することはもちろん、ユーザあたりのサービスのコスト(COS)を削減するためにサーバ1台あたりの対応ユーザ数を増やすよう求めています。

サーバあたりのエンドユーザ数の増加は、レイテンシの増加とIOPSの減少を引き起こします。これら2つの問題は、ストレージ容量が限界に達する前に発生することが多いため、データセンタやクラウドコンピューティング環境では、既存サーバにより多くのユーザが使えるストレージ容量が残っていたとしても、サービス要求レベルを維持するために、新しいサーバを追加しなくてはなりません。結果的に、ストレージ容量の使用率は低くなり、資本コストや運用コスト(メンテナンス、電力、冷却コストなど)の増加と物理スペースの必要性が増加することになります。

Adaptec maxCache 3.0

さらに、SLAの要求する高速な反応速度と可用性に答え、COS削減のために対応ユーザ数を増加させるために、管理者は、全てのデータがユーザに均等にアクセスされていないにもかかわらず、システムキャッシュへデータをプールしておくようにサーバをチューニングします。例えば、ウェブサーバでは、他のページよりも頻繁に表示される、ウェブサイトのホームページをプールしておきます。

eコマース用アプリケーションでは、他（「コールド」）の製品に比べてよりアクセス頻度の高い（「ホット」）製品のイメージ画像をより多く要求し、それによってこれら人気の製品をより多く販売します。しかしそれはSLAがかかっているだけではありません。エンドユーザと顧客は、ますますレイテンシと貧弱なIOPSパフォーマンスを受け入れなくなっているからです。Equation Research^{*1}によると：

- ・ ピーク時間帯におけるパフォーマンス(反応)の悪さにより、78%のサイト訪問者は競合サイトへ離脱。
- ・ パフォーマンス（反応）の悪さを経験した人の88%は、再度そのサイトを訪れそうにない。
- ・ 他へ移動した人の47%は、サイト運営企業に対してあまり好意的でないイメージを持って離脱。

パフォーマンスの劣るウェブサイトには、定量化された経済的な影響があります。例えば、Amazonは、ほんの0.1秒のレイテンシが売り上げ1%の減少を招くことを見つけました。^{*1}

レイテンシ問題に取り組んだ企業では既に結果を出しています。例えば、Shopzillaは、ウェブサイトパフォーマンスを5秒改善したところ、ページビューが25%が増加し、売り上げが12%増加したとレポートしています。巨大な金融機関では、0.5秒の速度優位性で1秒あたり数百万のオード処理を可能にしたことにより、売り上げの新記録を達成しました。^{*1}

アクセス頻度の低い（「コールド」）データのための大きなデータ容量はそのままに、アクセス頻度の高い（「ホット」）データへ高速な反応を可能にするテクノロジーは、直接的なサーバ稼働台数の削減につながります。言い換えると、サーバI/O能力のいかなる改善も、サーバあたりのユーザ数を増やし、ユーザあたりのコストを下げることになるのです。パフォーマンス改善を提供するテクノロジーは、サーバで利用可能なデータ容量を増加させることにもなるため、ユーザあたりのコストとサーバあたりのユーザ数という評価基準をよりいっそう改善します。

Adaptec maxCache 3.0 SSDキャッシングは、業界の標準的なサーバをコスト効率が高く、ハイパフォーマンスで、スケールアウトなアプリケーションストレージアプライアンスに転換するのを可能にします。これにより、重大な環境での使用、パフォーマンス、経済的な評価基準といったものを最適化し、I/O負荷の大きいデータセンターやクラウドコンピューティング環境のニーズに応えます。

Adaptec maxCache SSDキャッシングソリューションについて

Adaptec maxCacheは、キャッシュとして使用するSSDと

AdaptecのmaxCache SSDキャッシングソフトウェアを組み合わせることで、既存の運用に影響することなくI/Oパフォーマンスを劇的に加速し、コストを低減します。仮想的に、CPU、メモリとストレージ間で発生するボトルネックを取り除きます。

SSDはHDDと比較して、いくつかの優位性を持っています。これには、より高いリード帯域、より高いIOPS、稼働部品が無いことによるより良い機械的な信頼性、より高い耐衝撃性と耐振動性などが含まれます。しかし、これらの優位性を提供する特徴は同時に、容量の制限やストリーミングライト時の低い帯域など、HDDに比べて固有の短所ともなっています。SSDの寿命もまた、デバイスへの書き込み回数に大きく依存しています。

SSDの短所を抑えながらもその優位点を利用するために、maxCache SSDキャッシングは、リードとライトオペレーションにパフォーマンスの利点を提供します。特許申請中の「ラウンドパスアルゴリズム」は、読み出し頻度の高いデータを見分けて、このデータをSSDキャッシュ内に格納し、次にこのデータの読み出し要求があった際により早く取り出すことでリードとライト性能を最適化します。SSDキャッシュ内に「ホット」データだけを格納することで、SSDのパフォーマンスと容量のバランスを最適化します。データバス内に存在するユニークさを利用して「ホット」データの「キャッシュプール」を作り出し、maxCache 3.0 SSDキャッシングは、HDDだけのアレイと比較して顕著なパフォーマンスメリットを提供します(図1)

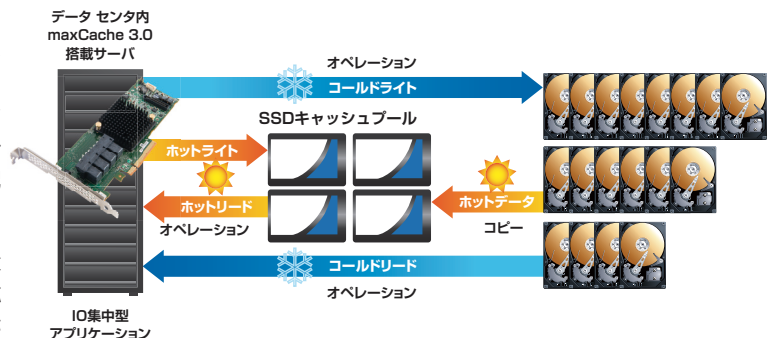


図1. Adaptec maxCache 3.0のしくみ

maxCache 3.0のラウンドパスアルゴリズムの進化により、非冗長キャッシュプール(RAID 0)の場合をサポートするためにリードキャッシング機能を改善しました。この場合、データがすべてHDD RAID上に安全に保存されるので、HDDが冗長性のあるRAID構成である限り、SSDがフェイルしてもデータの可用性に影響はありません。

Adaptec maxCache 3.0はまた、ライトバックキャッシング機能も追加して進化しました。ライトデータを冗長性を持ったSSDキャッシュプール(RAID 1EあるいはRAID 5のいずれか)にキャッシュすることで、maxCache 3.0は、リードとライト両方に対してSSD技術の持つパフォーマンスとレイテンシ能力を活用します。

SSDキャッシングの使用範囲を拡大することにより、maxCache 3.0はハードウェアデザインや設置を能率的にして経済的なメリットを増加させ、スケールの大きなデータセンタでの利用に適しています。

^{*1} "When more Website visitors hurt your business: Are you ready for peak traffic?," Equation Research, 2010

Adaptec maxCache 3.0

更にmaxCache 3.0で新しいのは、最適化ドキュメントライゼーション(ODU)機能の追加です。SSDの容量が増加し続けるのに伴い、その全容量をキャッシュプールにあてることは魅力的でなくなってきました。ODUは、キャッシュプールと論理ドライブの両方へSSDをパーティショニングすることを可能にします(図2)。論理パーティションは、キャッシュプールと異なり、オペレーティングシステムに開示され、OSブートドライブとして使用したり、あるいは速さと低レイテンシを要求する他のデータを格納するために使用できます。

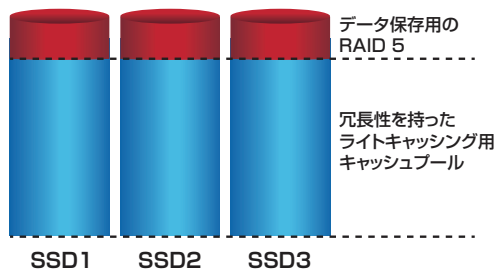


図2 Adaptec maxCache 3.0
オプティマイズドディスクユーティライゼーション(ODU)

Adaptec maxCache 3.0 vs. 標準的なSSDやPCIeベースのフラッシュカード

フラッシュベースのストレージデバイスは、購入し易い価格となり、コンピューティング環境で普及してきました。しかし、これらはmaxCache 3.0ソリューションとは異なることにご注意ください。

標準的なSSDやPCIeベースのフラッシュカードで最大のパフォーマンスを得るためには、高いIOPSを必要とするデータをハイパフォーマンスなSSDやフラッシュカード上に格納するよう、アプリケーションがチューニングされている必要があります。そのため、管理者は高いIOPSが必要なデータをSSDにルーティングするようマニュアルでチューニングするために、その特定のアプリケーションについて詳細な知識を持っている必要があります。

Adaptec maxCacheは、自動的かつ透過的にリードとライトのデータを分析し、ルーティングすることにより、アプリケーション固有のマニュアルチューニングを不要にします。

さらにmaxCache 3.0は、PCIeベースのフラッシュカードにはない柔軟性を提供します。maxCache 3.0を使用すると、エンドユーザは、アプリケーションに最適なパフォーマンスマトリクスと書き込み耐久性でSSDをインストールできます。maxCacheのSSDがフェイルした場合、容易に交換することができます。対してPCIeベースのフラッシュの場合、フラッシュの一部がフェイルしてもフラッシュカード全体を交換する必要があります。

Adaptec maxCache 3.0に推奨のSSD

ライトキャッシングの場合にSSDに書き込まれるデータ量は膨大なため、maxCache 3.0には、エンタープライズクラスのSSDを必要とします。ウルトラブロックやラップトップ、デスクトップコンピュータなどのパーソナルシステムで見つけることができるクライアントク

ラスのSSDと比較して、エンタープライズクラスのSSDは優れた書き込み耐久性（使用できなくなる前にフラッシュメモリのブロックが受け入れることができる書き込みサイクル数）を提供し、より厳しい書き込み条件（データセンタで毎日24時間使用 vs. 従業員用パソコンで平日8時間使用）や、より極端な環境条件での稼働をサポートします。

リードキャッシングだけの場合、ライトの量は限られています。ここでもエンタープライズクラスのSSDを推奨しますが、書き込み許容量の少し少なく、書き込み耐久性の少し低いといった、よりコスト効率の良いSSDも使用することができます。

テスト方法

Adaptec 7QシリーズRAIDアダプタとHDDの基本的組み合わせと、同じ組み合わせにSSDとmaxCacheを加えた場合を比較することでAdaptec maxCache 3.0 SSDキャッシングソリューションのパフォーマンス上の利点を測定するためにIOmeterを使用しました。

試験の一つは、RAID 0とRAID 5で100%リード負荷時で実行されました。もう一つの試験はRAID 5でリードとライト混在負荷の場合で実行されました。RAID 0においてライトキャッシングを使用することも可能ですが、冗長性のあるRAID構成での使用を強く推奨します。

リードキャッシングパフォーマンス - RAID 0

ウェブサーバやファイルサーバ、e-コマースアプリケーションなどリード集中型のアプリケーションではmaxCache 3.0を利用することで直接的なメリットがあり、IOPSにおいて大きなパフォーマンス改善をもたらします。RAID 0では、HDDのみのアレイに対して44倍のリードIOPSを提供しました。

- 100%ランダムリードIOメーター負荷時のRAID 0 パフォーマンス比較(図3)。
- HDDのみの構成: 7200回転 6Gb/秒 SAS HDDを10台、各 500GB、RAID 0。
- アダプテック maxCache 3.0の構成: 7200回転 6Gb/秒 SAS HDDを10台、各 500GB、6Gb/秒 SATA SSDを6台、各 50GB、RAID 0。

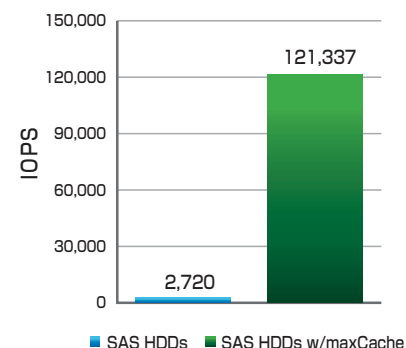


図3 maxCache 3.0でリードキャッシングIOPSが44倍増加

Adaptec maxCache 3.0

リードキャッシングパフォーマンス - RAID 5

RAID 5では、HDDのみのアレイに対して31倍のリードキャッシングIOPSの増加をもたらしました(図4)。

- ランダムリードI/Oメーター負荷時のRAID 5 パフォーマンス比較。
- HDDのみの構成: 7200回転 6Gb/秒 SAS HDDを10台、各 500GB、RAID 5。
- アダプテック maxCache 3.0の構成: 7200回転 6Gb/秒 SAS HDDを10台、各 500GB、6Gb/秒 SATA SSDを6台、各 50GB、RAID 5。

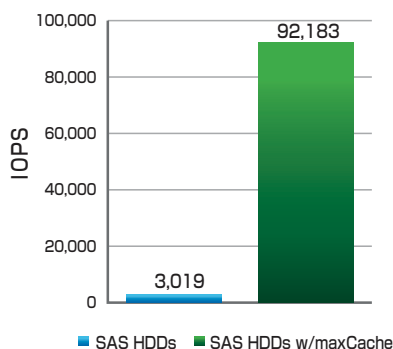


図4 . maxCache 3.0でリードキャッシングIOPSが31倍増加

ライトキャッシングパフォーマンス

改善されたライトキャッシング機能によりmaxCache 3.0の利点を、OLTPやMicrosoft Exchange Server、HPCといったいろいろな負荷が混合したI/O集中型のアプリケーション環境にも提供します。maxCache 3.0を使用することで、非常に高いパフォーマンスを得ながらも、サーバに対してより大きな容量を持たせるデザインを可能にします。

このパフォーマンスは、高回転（15k RPM）のSAS HDDのサーバ構成の代わりにmaxCache 3.0を使用したコスト効率が良く、高容量のSATA HDD構成にすることで得られました。

構成の変更により利用可能なソリューション容量は2.4TBから18TBへと増加しました。7倍の容量増加は、データセンタのGB容量あたりのコストやI/Oあたりのコストを劇的に削減します。

ライトキャッシングパフォーマンス - RAID 5

RAID 5では、HDDのみのアレイに対して4倍のライトキャッシングIOPSの増加をもたらしました(図5)。

- ランダムリードI/Oメーター負荷時のRAID 5 パフォーマンス比較。
- HDDのみの構成: 7200回転 6Gb/秒 SAS HDDを10台、各 500GB、RAID 5。
- アダプテック maxCache 3.0の構成: 7200回転 6Gb/秒 SAS HDDを10台、各 500GB、6Gb/秒 SATA SSDを6台、各 50GB、RAID 5。

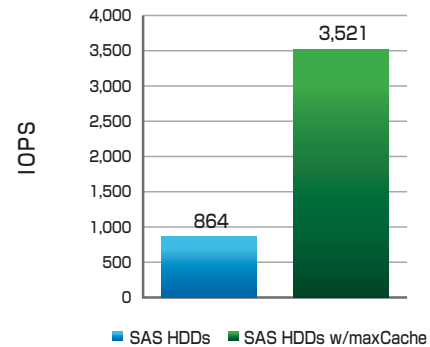


図5 . maxCache 3.0でライトキャッシングIOPSが4倍増加

現実世界におけるmaxCacheの資本コストと運用コストへの影響

上記のテストデータは、100%のデータがSSDキャッシュからリードまたはSSDキャッシュにライトされているシナリオで、理論上の最大の性能メリットを示しています。しかしながら現実の世界では、データの一部だけが「ホット」であり、それをSSDキャッシュからリードしたり書き込むはずで、したがって、ほとんどのアプリケーションでは、得られるメリットは上述の最大能力以下となるでしょう。

リードのみの環境

典型的な現実世界でmaxCache 3.0環境によるコスト削減効果を計算するために、弊社はデータの90%が「ホット」（SSDから提供される）で、10%が「コールド」（HDDから提供される）であると仮定します。

この条件下ではアプリケーションの最大性能は、遅いHDDがそのデータの10%を処理するために必要な時間の量によって決定されます。

弊社ではSSDはランダムアクセスリードでHDDより9倍高速と仮定しており、そのため、maxCache 3.0ソリューションはHDDのみのアレイと比較して、ホットデータのリードで9倍のパフォーマンスメリットをもたらすと考えられます。

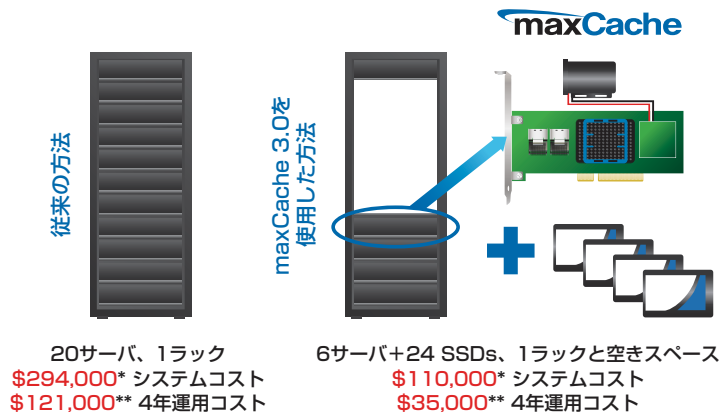
負荷が混在する環境

負荷が混在したRAID 5の場合、現実世界でのパフォーマンス改善は、前述したようにmaxCache 3.0はHDDのみのアレイの4倍のIOPSと1/4倍のレイテンシを提供します。

したがって、maxCache 3.0はデータセンターやクラウドコンピューティング環境において、現在のHDDのみのサーバ環境の1/4で、同数のユーザをホスティングしたり、同数の秒当たり処理を可能にします。

これらのパフォーマンス獲得は、データセンター内におけるハードウェアの利用効率改善とサーバ設置面積の削減につながり、企業の設備コストを削減します。

Adaptec maxCache 3.0



* \$15,000/台のハードウェアコストとソフトウェアライセンス料が無し仮定とした場合

** 800W/サーバの電力と\$0.11/kWH (National DOE average) と仮定した場合

図6. ハードウェア投資削減に関する効果

上記のように実証されたパフォーマンスの向上を考えれば、SSDとHDDを組み合わせる代わりにSSDのみのRAIDアレイを構築する方が望ましいと思われるかもしれません。しかし覚えておいて頂きたいのは、標準的なSSDの容量はHDDに比べてまだ比較的小さいため、GBあたりのコストが非常に高いということです。あまりに多くのSSDを追加すると、設備コストを大幅に増加させることになります。

maxCache 3.0は、データセンタやクラウドコンピューティング環境の管理者が直面する特殊な課題を解決するため、SSDパフォーマンスとHDD容量の最適化されたバランスを提供します。Adaptec maxCache 3.0 SSDキャッシングであれば、データセンタにおいてSSDの改善されたI/Oパフォーマンスを生かしつつ、大容量というHDDの利点も生かすことができます。

結論

データセンタの運営者とクラウドアプリケーションは、高いスループットのアプリケーションや増加するユーザの要求に応えるために、継続的にサーバパフォーマンスを改善することを求められています。

同時に、データセンタでは物理的なスペースの制限や電力や冷却の制限のために、コスト的、省スペース的、省電力的に最適化された製品を探す必要性に迫られています。

前述のテスト結果からもわかるように、maxCache 3.0はウェブサーバやeコマースアプリケーションに対して最大44倍のサーバパフォーマンスを提供することでレイテンシとI/Oボトルネックを軽減

adaptec
by PMC

ピーエムシー・シエラ・ジャパン株式会社
チャネルストレージ事業部
〒164-0003 東京都中野区東中野5-5-5
徳母ビル4階

お問い合わせ先: www.adaptec.co.jp/contact

Copyright PMC-Sierra, Inc. 2013. All rights reserved. PMC, PMC-SIERRA, Adaptec は、PMC-Sierra, Inc. の登録商標です。「Adaptec by PMC」は PMC-Sierra, Inc. の商標です。その他、使われているすべての製品や会社名は、各権利所有者による商標の可能性あります。情報は印刷された時点において、正確であると確信していますが、本書中の誤記や情報の抜けに起因する結果に関して何ら責任を負うものではありません。また、記載された製品の仕様や情報等は予告無しに変更される可能性があります。

Part Number: WP_MAXCACHE3.0_100313_JP

します。このパフォーマンス潜在能力により、データセンタでは44台の標準的なサーバの代わりに、1台のmaxCache 3.0 使用サーバだけで済むため、設備コストと運用コストを大きく削減します。

maxCache 3.0によりアプリケーションパフォーマンスとソリューションの容量を増加させる高容量のSATA構成でSAS HDD構成を置き換えることで、データセンタはハードウェアへの投資最適化が可能となります。

Adaptec by PMCはmaxCache 3.0 SSDキャッシングにより、次世代のデータセンタが持つビジネス課題を解決し、環境的、経済的コストを最小化することでクラウドコンピューティングの拡大に寄与します。

メモ：すべてのテストはAdaptec 7Qシリーズ(6Gb/秒) RAIDアダプタにて実施されましたが Adaptec 8Qシリーズ(12Gb/秒)を使用した場合も同様の利点を得ることができます。

maxCache 3.0の主な利点：

maxCache 3.0 SSDキャッシング機能搭載のAdaptec 8Q (12Gb/秒) シリーズと7Qシリーズ RAIDアダプタは以下のような利点を提供します：

- HDDのみのソリューションに対し最大44倍高速：**
Adaptec maxCache 3.0 SSDキャッシングソフトウェアは、アクセス頻度の高い（「ホット」）データを見分けて、このデータをSSDキャッシュプール内にコピーし、次にこのデータの要求があった際により早く取り出すことでアプリケーションパフォーマンスを最適化するラウンドバースアルゴリズムを改善。
- ライトキャッシング機能を提供：**
Adaptec maxCache 3.0 SSDキャッシングソフトウェアは、より幅広いアプリケーション負荷に対応するためにライトキャッシング機能を提供。より多くの負荷でもパフォーマンス向上させるために、SSDのライトパフォーマンスの利点を利用。
- 設備と運用コストを削減：**
Adaptec maxCache SSDキャッシングは、より少ないハードウェアでIOPSを増加させることで設備コストを削減し、それゆえに関連する電力やメンテナンスに関連する運用コストを劇的に削減。
- コスト削減しながらSSD選択の柔軟性を拡大：**
maxCache 3.0 SSDキャッシング機能搭載のAdaptec RAIDアダプタは、キャッシュとしてどのエンタープライズ向けSSDでも使用できるため、ベンダの幅を広げることでSSDコストを低減。最新のエンタープライズ向けSSD製品の改善されたパフォーマンスやエンタープライズ向け機能、耐久性を利用できるようにアダプタとの互換性テストを実施。