
Dell™ PowerEdge™ R720、 内蔵 PCIe SSD ストレージ、 SQL Server® を使用した 高性能 OLTP データベースの実現

このデルテクニカルホワイトペーパーは、SQL Server データベース上で OLTP 性能を向上させる、Dell PowerEdge R720 サーバの強みについて説明します。

デルデータベースソリューションエンジニアリング

Jisha J

2012 年 3 月



**本書は、情報提供のみを目的に執筆されており、誤字脱字や技術上の誤りには責任を負いません。
本書の内容は執筆時現在のものであり、明示的、暗示的を問わず、いかなる内容も保証いたしません。**

© 2012 Dell Inc. ©2012 デル株式会社 All rights reserved. (著作権所有)

デルとその関連会社は、誤字、脱字、誤植や、図、写真の誤りや不備について一切の責任を負いません。Dell、DELL のロゴマーク、PowerEdge は、米国 Dell Inc. の商標です。Intel、インテル、Xeon は、アメリカ合衆国およびその他の国におけるインテルコーポレーションおよび子会社の登録商標または商標です。Microsoft、Windows、SQL Server、Windows Server は、米国やその他の国々における Microsoft Corporation の登録商標または商標です。本書では、マークや名前を届け出た実在のもの、もしくは、その製品のいずれかを参照するため、その他の商標、商号を使用している可能性があります。デルは、その他のマークや名称について、商標上の利権に対する要求に一切に応じません。

2012 年 3 月 | Rev 1.0

目次

要旨	5
はじめに.....	5
Dell PowerEdge R720 の概要	5
プロセッサ	7
メモリ	7
内蔵ドライブのサポートと、前面から搭載可能な PCIe SSD.....	7
PowerEdge R720 で期待されるデータベース性能.....	8
2U サーバ性能の新旧世代比較.....	8
テスト方法.....	8
テスト構成.....	8
テスト結果と分析.....	10
サーバ内蔵の PCIe SSD ドライブと、データベース性能上のメリット	13
テスト構成.....	14
PCIe SSD ドライブにユーザデータベースファイルを配置した場合	14
PCIe SSD ドライブに一時データベースファイルとユーザデータベースログを 配置した場合	18
まとめ	19
付録 A	21

表

表 1. 第 11 世代の PowerEdge を凌ぐ、第 12 世代 PowerEdge サーバのメリット.....	6
表 2. チャンネルあたりの RDIMM 数と動作速度	7
表 3. PowerEdge R710 と R720 の比較テストに採用した構成	9
表 4. PowerEdge R720 と R710 の性能比較：主なテスト結果	12
表 5. PowerEdge R720 と PCIe SSD の詳細なテスト構成	14
表 6. SQLIO テストパラメータ	21



図 1. PowerEdge R720	5
図 2. R720 と R710 の性能比較：TPS (トランザクション/秒).....	10
図 3. R720 と R710 の性能比較：応答時間	11
図 4. R720 と R710 の性能比較：プロセッサ利用率	12
図 5. PCIe SSD 性能：TPS (トランザクション/秒).....	15
図 6. PCIe SSD 性能：アプリケーション応答時間.....	16
図 7. PCIe SSD 性能：CPU 利用率	17
図 8. PCIe SSD 性能：ディスクアイドル時間 (平均).....	18
図 9. 前世代のサーバを凌ぐ PowerEdge R720 のデータベース性能.....	19
図 10. PCIe SSD ドライブの使用によって向上したデータベース性能	20
図 11. SQLIO テスト結果比較：OS RAID (ミラーリング) の採用 vs. 未採用 (4 x 350GB PCIe SSD ドライブ使用時).....	21

要旨

デルはこのたび、ハイパフォーマンス設計の PowerEdge R720 を含む、数機種の新世代サーバを発表致しました。これらの製品は、パワフルなプロセッサ、大容量メモリ、前面から搭載できる PCIe SSD をサポートしているため、高性能が求められるアプリケーションの導入に理想的です。Microsoft® SQL Server® は、最も普及しているデータベースの 1 つであり、性能を重視する世界中のアプリケーションから採用されています。SQL Server データベースアプリケーションは、このパワフルなデルサーバをバックエンドに配置することで、パフォーマンスの向上が期待できます。そこでデルでは、PowerEdge R720 を業界標準データベースワークロードでテストし、どれくらいの性能向上を果たすか調査しました。本テストでは、特定の OLTP (オンライントランザクション処理) 構成を使用し、CPU と PCIe SSD 性能を評価しています。

はじめに

昨今の業界では、あらゆるデータセンター製品に高い効率性が期待されています。しかもこの数年は、性能と電力の最適化を求める声が、以前にも増して高まってきました。常に最適なデータセンター製品を追い求めるお客様の姿勢が、デルを始めとする大手企業をも動かし、毎年より良い新製品を送り出す原動力となっています。

これに加え、ハイパフォーマンスデータベースに対応できる高効率ハードウェアへの要求も日に日に増すばかりです。そこで最近のデータセンター製品は、過酷なワークロードを想定し、その中で高い性能と高い業務効率を達成するように設計されています。効率性の高いハードウェア製品は、エンタープライズスタックのソフトウェアコンポーネントを強力に支えるバックエンドとなります。

デルは先日、「データセンター全体の効率性を最適化する」という理念のもとに設計された、次世代エンタープライズサーバを発表致しました。本書では、このデル最新の 2U サーバが SQL Server データベース環境にもたらす性能上のメリットについて説明します。

Dell PowerEdge R720 の概要

Dell PowerEdge R720 は、パフォーマンスとスケーラビリティを重視した 2 ソケット 2U のメインストリームラックサーバです。このパワフルなサーバは、極めて高いストレージ性能を発揮する PCIe SSD カードと、広バンド幅のネットワーク I/O を提供する 10GbE をサポートします。

図 1 に、PowerEdge R720 サーバの正面図を示します。

図 1. PowerEdge R720



PowerEdge R720 は、前世代のサーバから多くの進化を遂げました。その主な強化点を表 1 にまとめます。

表 1. 第 11 世代の PowerEdge を凌ぐ、第 12 世代 PowerEdge サーバのメリット

第 12 世代 PowerEdge R720	前世代を凌ぐメリット
新しいインテル® Xeon® プロセッサ E5-2600 ファミリ	演算結果をより迅速かつ効率的に提供
ライフサイクルコントローラ搭載の iDRAC7 エージェントフリーのモニタリング 交換部品の自動アップデート	アップタイムの大幅向上 たとえサーバがオフラインになっても監視可能 メンテナンス時間の短縮
ネットワークドーターカード (NDC) と セレクトネットワークアダプタ (SNA) お客様のニーズに合わせた柔軟な ネットワークファブリック スイッチ非依存パーティショニング (NPAR)	1 ベンダーに縛られない豊富な選択肢 投資の保護：必要に応じてアップグレード可能 VM 間で柔軟にリソースを割り当てることが可能
正面から搭載できるホットスワップ対応の PCIe SSD ドライブ	データを貴重な情報に素早く転換。 旧来の SSD より性能が最大 3 倍向上 ¹
PowerEdge RAID コントローラ (PERC) H710P/H810 は業界随一の IOPS を達成 スプリットミラー	旧世代の PERC から性能強化 ドライブの迅速な交換
適性サイズの PSU	高エネルギー効率でコストを節約
電力モニタリング (オプションのキャッピング)	冷却コストを抑えた運用
R720 内蔵 GPU	仮想デスクトップインフラストラクチャ (VDI)/ ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC) の 性能向上
メモリ 高密度メモリ：より柔軟な構成と RAS 機能のサポート	万全の仮想化対応 容易な注文/構成

¹ 出典：SNIA 発行『PCIe SSD Storage』（作成：Dell Inc. Gary Kotzur）
snia.org/sites/default/education/tutorials/2011/fall/SolidState/GaryKotzur_PCIe_SSD_Storage.pdf

以降のセクションでは、本サーバの主なコンポーネントとその機能について説明します。

プロセッサ

Dell PowerEdge R720 は、Sandy Bridge-EP アーキテクチャを採用した最新のインテル® Xeon® プロセッサ E5-2600 ファミリを搭載しています。このプロセッサには多彩な機能が備わっており、たとえば、ソケット内通信に広バンド幅を提供する QuickPath インターコネクト (QPI) リンクはその一例です。プロセッサあたり最大 8 コアをサポートし、各コアは最大 2 個のスレッドに対応できるので、プロセッサあたり最大 16 個のスレッドが稼働できます (ハイパースレッディング使用時)。本プロセッサは、すべてのコア間で共有される、最大 20MB の LLC (Last Level Cache、最終レベルキャッシュ) をサポートします (コアあたり最大 2.5MB)。

メモリ

Dell PowerEdge R720 は、ECC 対応の DDR3 DIMM – バッファ無し DIMM (UDIMM ECC)、レジスタ付き DIMM (RDIMM)、負荷低減 DIMM (LRDIMM) – をサポートします。対応する DIMM ランクは、シングル、デュアル、クアッドランクです。電圧は 2 種類をサポートし、標準の DIMM 電圧 (1.5V) では最高 1600 MHz、また、低電圧 (1.35 V) では最高 1333MHz のスピードに対応します。CPU あたり最大 12 枚の DIMM が搭載可能なため、2 ソケット構成では最大 24 DIMM がインストール可能です。R720 には CPU あたり 4 つのメモリチャネルがあり、各チャネルで最大 3 DIMM をサポートします。現時点でサポートする最大メモリ容量は、768GB です。

スピードは 1600、1333、1066、800 MHz をサポートしますが、実際の動作速度は DIMM の種類、DIMM の対応能力、チャネルあたりの搭載 DIMM 数によって変わってきます。表 2 は、動作電圧が 1.5V のときの搭載 DIMM 数と、サポートする動作速度を示した対応表です。

表 2. チャネルあたりの RDIMM 数と動作速度

チャネルあたりの DIMM 搭載数	動作電圧 = 1.5V のときのメモリ動作速度 (MHz)	チャネル内に搭載できる DIMM の最大ランク数
1	1600、1333、1066 (クアッドランクは 1066、800)	クアッドランク
2	1600、1333、1066 (クアッドランクは 800)	クアッドランク
3	1066、800	デュアルランク

内蔵ドライブのサポートと、前面から搭載可能な PCIe SSD

PowerEdge R720 R720 は、オプションのフレックスベイを使用しない場合、3.5 インチの SAS、SATA、ニアライン SAS ドライブを最大 8 台サポートします。また、オプションのフレックスベイを使用する場合は、2.5 インチの SAS、SATA、ニアライン SAS ドライブと、PCIe SSD ドライブを最大 16 台サポートします。この PCIe SSD ドライブのサポートにより、内蔵ストレージの IOPS (1 秒あたりの I/O 処理数) が大幅に高まっています。すべての第 8 世代 PERC (PowerEdge RAID コントローラ) は、ハードウェア RAID に対応するうえ、その他多くの RAID オプションも提供するので、高信頼性のストレージ環境が構築可能です。PERC H710P と H810 コントローラは、高い IOPS と SAS/SATA ディスクのサポートを通して、優れた内蔵性能を発揮します。

PCIe SSD ドライブを使用し、業界標準データベースワークロードを実行したときの性能向上については、後述の「サーバ内蔵の PCIe SSD ドライブと、データベース性能上のメリット」で詳しく説明しています。PowerEdge R720 の全機能は、Dell.com/PowerEdge をご覧ください。

PowerEdge R720 で期待されるデータベース性能

第 12 世代の PowerEdge サーバには、強力なコンポーネントが豊富に組み込まれていることから、アプリケーション性能への期待も自ずと高まります。データベースは性能を重視するアプリケーションの 1 つですが、クライアントを満足させるための性能要件は、アプリケーションによって千差万別です。たとえば、OLTP (オンライントランザクション処理) アプリケーションは、より高い TPS (1 秒あたりのトランザクション数) と応答性能が求められますが、OLAP (オンライン分析処理) は、より高いデータベーススループットが求められます。PowerEdge R720 は、広いプロセッサバンド幅、大容量メモリ、高性能・大容量ストレージを提供できるため、データベースアプリケーションに理想的です。

デルでは、PowerEdge R720 が達成し得るデータベース性能を評価するため、標準的な SQL Server 2008 R2 データベース構成を使用してテストを実施しました。本書の取り扱い範囲は OLTP ワークロードのみとなっており、その他のワークロード (OLAP/DSS、Exchange 等) については触れていません。

本書の後半では、PowerEdge R720 で OLTP データベースワークロードを実行したときの性能向上について詳しく説明します。

2U サーバ性能の新旧世代比較

デルは、PowerEdge R720 の性能が、前世代の PowerEdge R710 からどれくらい向上したか確認するため、ラボ環境で比較テストを実施しました。以降に、テスト方法、構成の詳細、比較結果を示します。

テスト方法

今回の比較テストは、PowerEdge R710 と R720 のプロセッサ性能を評価する形で実施しました。クライアントマシンから TPC-E 負荷をかけるワークロードのシミュレーションには、OLTP テストツールを使用しており、PowerEdge R710 と PowerEdge R720 上で同一のベンチマークテストを実行しています。

テスト構成

表 3 は、使用したハードウェアとソフトウェアコンポーネントをまとめたものです。PowerEdge R710 は、サポートし得る最高性能のプロセッサと最大容量のメモリで構成しました。これにより、ディスクバックエンドで深刻なボトルネックを引き起こすことなく、CPU に最大限の負荷をかけることができます。一方、PowerEdge R720 のテストに使用したメモリは、最大容量ではなく、最大メモリ速度 = 1600MHz を達成するための容量を選択しました (インストールガイドラインに基づいて容量を決定)。このため、インストールしたメモリ容量は 128GB となっており、R710 のメモリ容量 = 144GB より少なくなっています。しかし、この構成も、R710 と同様、本ワークロードからメモリとディスクのボトルネックが生じないことは確認済みです。

表 3. PowerEdge R710 と R720 の比較テストに採用した構成

コンポーネント	PowerEdge R720	PowerEdge R710
サーバ BIOS	0.3.35	6.1.0
メモリ (RAM)	128GB (8 x 16GB DDR3 1600MHz DIMM)	144GB (18 x 8GB DDR3 1333MHz DIMM) サポートする最大メモリ
プロセッサ	2 x 8 コア インテル® Xeon® 2690 (Sandy Bridge) プロセッサ 2.7GHz (ハイパースレッディング=有効)	2 x 6 コア インテル® Westmere X5690 プロセッサ 3.47GHz (ハイパースレッディング=有効)
ホストバスアダプタ (HBA)	2 x Qlogic 8Gbps QLE2562 デュアルポート HBA	2 x Qlogic 8Gbps QLE2562 デュアルポート HBA
外付ストレージ	1 x PowerVault MD3620F (24 x 15,000 回転 SAS 6Gbps 146GB ディスク)	1 x PowerVault MD3620F (24 x 15,000 回転 SAS 6Gbps 146GB ディスク)
オペレーティングシステム	Microsoft Windows 2008 R2 SP1	Microsoft Windows 2008 R2 SP1
データベース	Microsoft SQL Server 2008 R2 SP1	Microsoft SQL Server 2008 R2 SP1
データベースサイズ	500GB	500GB
データベース復旧モデル	完全 (Full)	完全 (Full)
テストワークロード	TPC-E ベンチマーク (OLTP)	TPC-E ベンチマーク (OLTP)

サイズ 500GB のテストデータベースは、外付ストレージ内に構成しました。2 個のデータファイルから成るデータベースは、2 つの論理ドライブ (それぞれ 10 ディスクで RAID 10 を構成した、合計 2 個の LUN) 上に構成し、さらに、1 つのログファイルを、別の RAID 1 LUN 上に配置しました。また、一時データベース (tempdb) ファイルも 2 個のデータ LUN 上に分散させています。

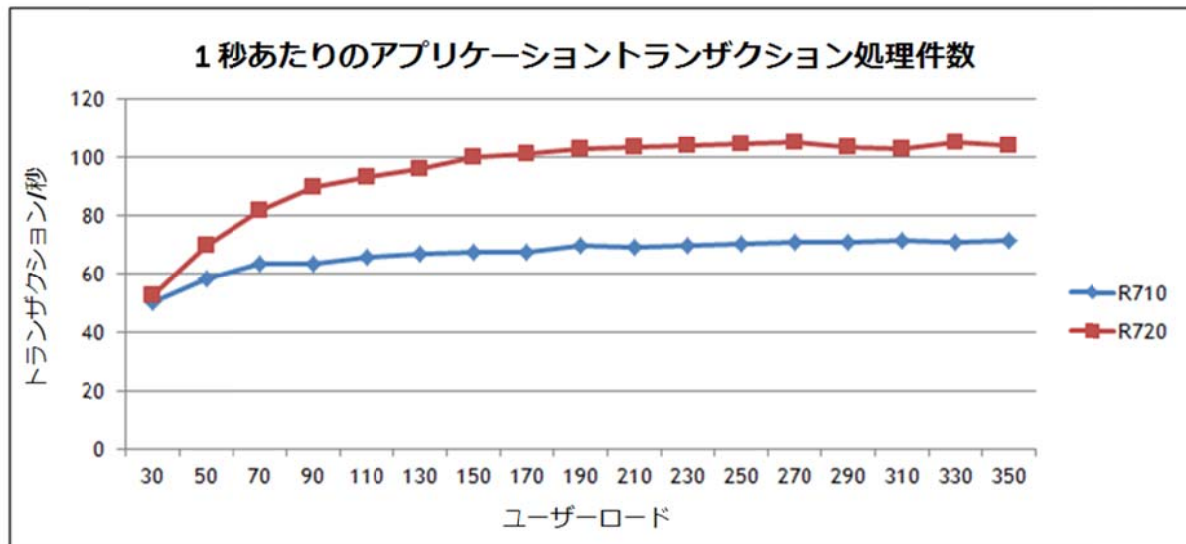
テストワークロードに TPC-E を選択したのは、CPU 集中型のトランザクションが生成されるからです。

注：TPC-E は TPC-C と大きく異なり、より I/O と CPU に負荷のかかるワークロードとなります。したがって、TPC-E と TPC-C ワークロードの性能テスト結果を比較すべきではありません。

テスト結果と分析

今回使用した TPC-E ワークロードの負荷テストでは、PowerEdge R720 が R710 の性能を上回りました。図 2 は、R720 と R710 の TPS を比較したグラフです。

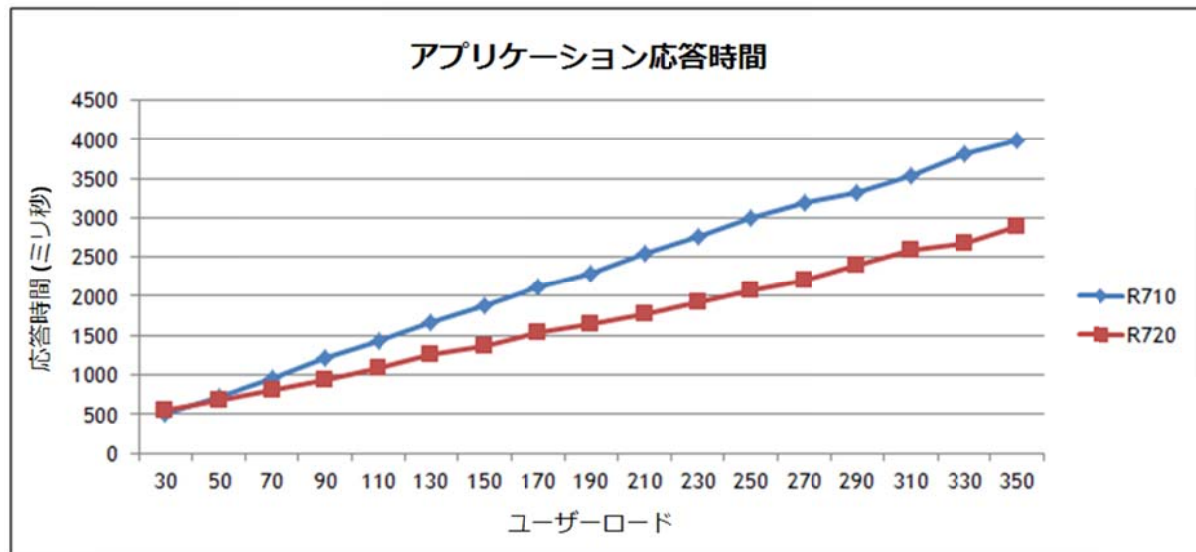
図 2. PowerEdge R720 と R710 の性能比較：TPS (トランザクション/秒)



このワークロードでは、R720 の TPS 性能が、R710 の 1.5 倍上回っています。さらに R720 は、たとえ負荷が増えても、一貫して 105 前後の TPS 性能を維持していることがわかります。

図 3 は、本ワークロードの実行中に測定したアプリケーション応答時間です。

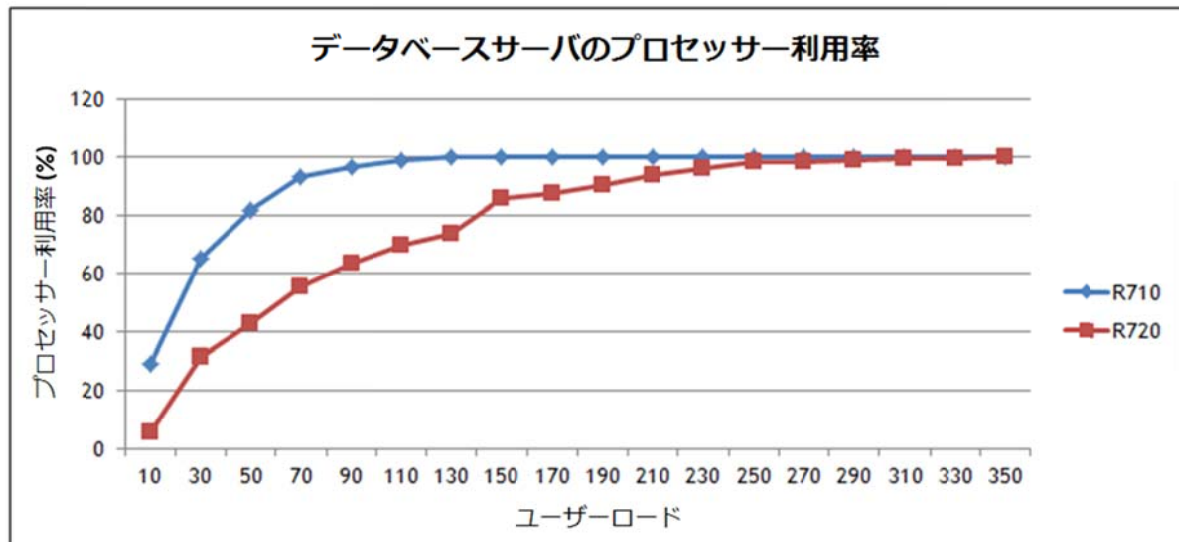
図 3. R720 と R710 の性能比較：応答時間



この結果から、R720 は、R710 より優れた TPS 性能をより高速に応答していることがわかります。R720 のアプリケーション応答時間は、ほぼ同等に構成した R710 より最大 30% 短縮できました。前述のとおり、R710 はサポートする最大メモリ容量 (144GB) を搭載していますが、R720 は 128GB のメモリを 1600MHz で動作させています (R720 がサポートする最大メモリ速度)。

図 4 は、本テストシナリオのプロセッサ利用率を示したグラフです。R710 では、110 ユーザでプロセッサ利用率が 100% に達してしまいましたが、R720 は 250 ユーザになるまで 100% に達しませんでした。

図 4. R720 と R710 の性能比較：プロセッサ利用率



その他の主なテスト結果を表 4 にまとめます。

表 4. R720 と R710 の性能比較：主なテスト結果

性能評価基準	PowerEdge R720 構成			PowerEdge R710 構成		
	最小	最大	平均	最小	最大	平均
キロバイト/秒 (KBps)	102	203	183	96	138	128
データベース行/秒	2738	5476	4943	2577	3718	3466

1 秒あたりの処理バイト数/行数結果を平均したところ、今回のデータベースワークロードテストでは、PowerEdge R720 の処理能力が R710 より約 43% 上回りました。

以上の結果から、最新最速のプロセッサと高速メモリをサポートする PowerEdge R720 は、このデータベースワークロードで R710 の性能を凌ぐことが確認されました。

サーバ内蔵の PCIe SSD ドライブと、データベース性能上のメリット

SSD (Solid State Disk、ソリッドステートディスク) ドライブとは、機械式の媒体を使用する従来のハードディスクとは異なり、NAND フラッシュメモリチップを使ってデータを保存するストレージです。SSD は可動部品を一切使っていないため、ディスクアクセス時のレイテンシが極めて低くなります。これまで SSD と言えば、機械式ドライブ用に設計されたインタフェースを共用していましたが、最近になって、PCIe インタフェースを使用する新しい SSD^{2 3} が登場しました。この種の製品は、専用ドライバを使用して高速 PCIe インタフェース上で通信し、複数のメモリチャネルと接続できるため、従来の最速ストレージアレイをも凌ぐ低レイテンシアクセスが達成できます。PCIe SSD は、極めて低いレイテンシを必要とするデータベースアプリケーションや、大量の乱読み取り/書き込み (ランダムリード/ライト) 処理が発生するデータベースアプリケーションに多大なメリットをもたらします。

PowerEdge R720 は、優れたストレージスループットを確実にお届けするため、SAS/SATA ニアライン SSD に加え、高性能な PCIe SSD ドライブもサポートしており、最大 4 個の PCIe SSD ドライブを前面のドライブベイから搭載できます。正面からアクセスできるこの PCIe SSD ドライブは、より柔軟 (ホットプラグ対応) なうえ、市場に出ている他社製 PCIe SSD より低コストです。

SQLIO でテストしたところ、4 x 350GB PCIe カードは、8K の乱読み取りで 600,000 以上の IOPS を、また、8K の乱書き込みで 400,000 以上の IOPS を達成しました。

また、I/O 集中型のデータベースワークロードで PCIe SSD ドライブを使用したときの性能を評価する、一連のテストも実施しています。このテストでは、前回行った R710 との比較テストよりさらにメモリ量を減らしており、SQL Server のターゲットメモリを 8GB に制限しています。これは、データベースバッファリングを抑えることで、より多くの I/O がディスクバックエンド側で実行されるようにするためです。

現時点で PCIe SSD は、ソフトウェア RAID のみサポートします。しかし、PCIe SSD カードでソフトウェア RAID を使用すると、ドライブへの過剰な負荷により性能低下が見られることから、デルではお勧めしていません。この件の詳細は、「付録 A」をご覧ください。したがって高可用性を達成するには、システムでデータベースミラーリングを構成するなど、アプリケーション側で実施できる高可用性ソリューションをお勧めします。

以降では、各種のデータベース構造を PCIe SSD 階層上に配置したときの性能評価について説明します。

² <http://searchsolidstatestorage.techtarget.com/tip/Is-PCIe-SSD-right-for-you-Deploying-PCI-Express-SSD-devices>

³ <http://searchstorage.techtarget.co.uk/feature/PCIe-SSD-What-it-is-and-how-you-can-use-it>

テスト構成

表 5 に、PCIe SSD 性能テストで使用したシステム構成をまとめます。

表 5. PowerEdge R720 と PCIe SSD の詳細なテスト構成

コンポーネント	PowerEdge R720 の詳細
サーバ BIOS	0.3.35
メモリ (RAM)	16GB、1600MHz (2 x 8GB DDR3 DIMM) [ディスク側で I/O を処理させるため、SQL メモリは 8GB に制限]
プロセッサ	2 x 8 コア インテル® Xeon® 2690 プロセッサ 2.7GHz (ハイパースレッディング = 有効)
ホストバスアダプタ (HBA)	2 x Qlogic 8Gbps QLE2562 デュアルポート HBA
外付ストレージ	1 x PowerVault MD3620F (24 x 15,000 回転 SAS 6Gbps 146GB ディスク)
内蔵 PCIe SSD	4 x 350GB Micron Real SSD ドライブ、 ファームウェア : B1390008、ドライバ : 6.24.0.8
オペレーティングシステム	Microsoft Windows 2008 R2 SP1
データベース	Microsoft SQL Server 2008 R2 SP1
データベースサイズ	500GB
データベース復旧モデル	完全 (Full)
テストワークロード	TPC-E ベンチマーク (OLTP)

PCIe SSD ドライブから最大の性能を引き出すには、アプリケーションと I/O の動作傾向を完全に把握する必要があります。したがって、PCIe SSD ストレージに配置するコンポーネントを検討する際は、ワークロードテストを注意深く行ってください。本書の調査では、以降に示すデータベースコンポーネントを PCIe SSD 層に配置したとき、どれくらい性能が向上するのかテストしました。TPC-E データベースワークロードは前回と同じものを使用し、その結果を 15,000 回転の SAS バックエンド構成 (24 ディスクで構成した MD3620F) と比較しています。

PCIe SSD ドライブにユーザデータベースファイルを配置した場合

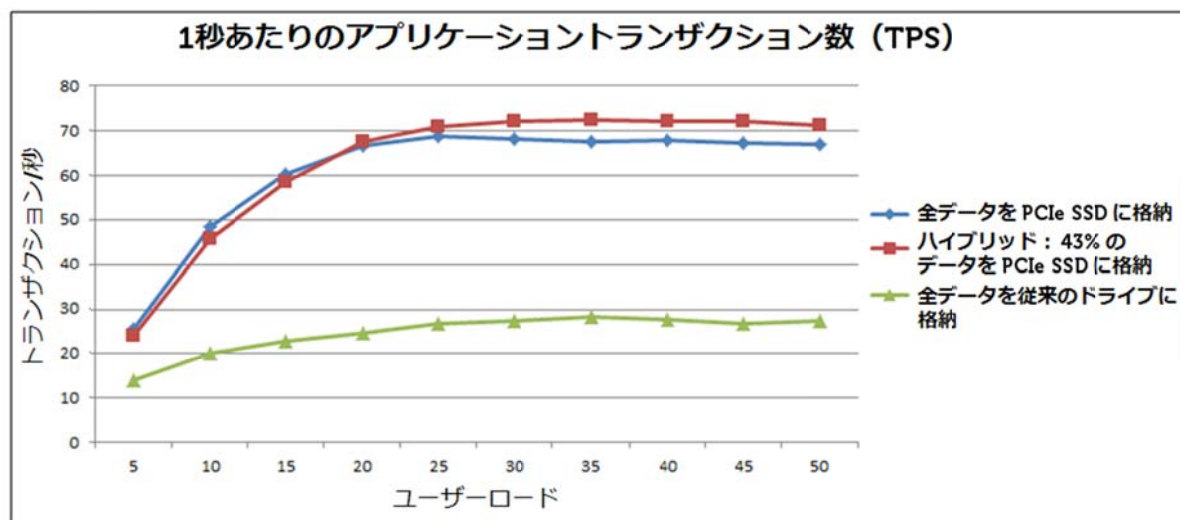
ユーザデータベースのデータファイルは、SSD 層での運用候補の 1 つです。小さなデータベースであれば、PCIe SSDs 内にデータベース全体をそっくりそのまま収めることをお勧めします。一方、大規模なデータベースの場合は、データベース内で最も I/O が集中するコンポーネントを特定し、それを SSD 上に配置すれば、高いアプリケーション性能が達成できます。SSD に格納するコンポーネントを決める際は、クエリーの動作傾向も重要な判断材料となります。

このテストでは、次のデータベースコンポーネントを PCIe SSD 層に配置しました。

- **すべてのユーザデータファイル**を SSD 層に移動：
データベースログと tempdb ファイルは、従来のストレージ上に残しています。
- **最もアクセスされるデータサブセット**を SSD 層に移動：
アクセス頻度の判断には、クエリー傾向を分析しました。その結果、今回のワークロードでは、「Trade」テーブルに最も I/O が集中することがわかったため、このデータサブセットを PCIe SSD 層に移動し、どの程度の性能向上が見られるか評価しました。このテーブル全体は、総データベースサイズの約 43 % (およそ 200GB) です。

図 5 は、バックエンドに PCIe SSD を採用したことで向上した TPS 性能結果を示しています。

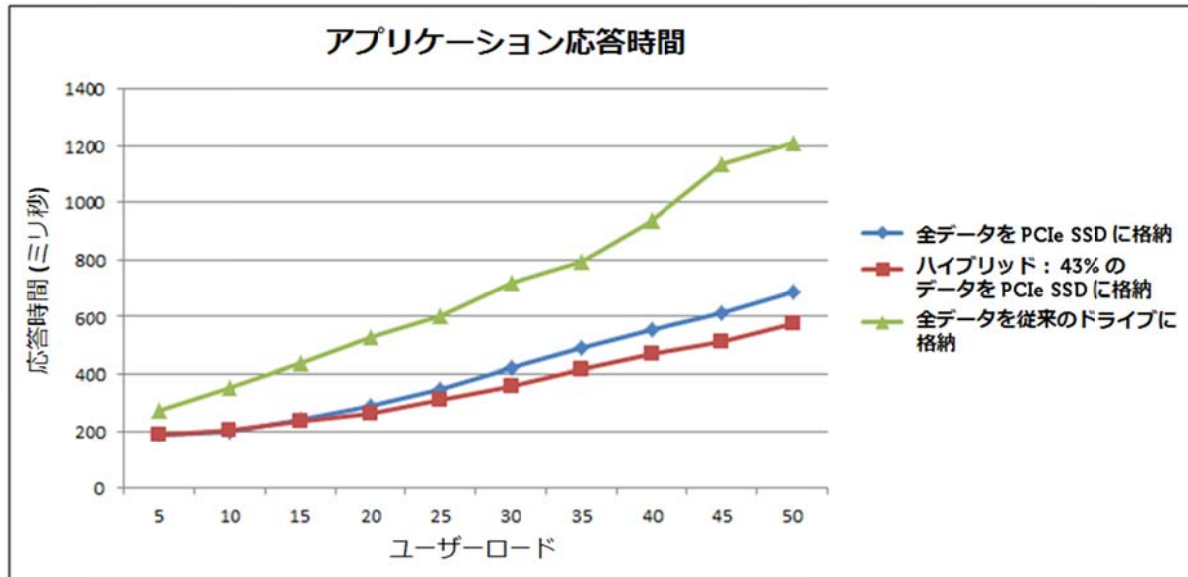
図 5. PCIe SSD 性能 : TPS (トランザクション/秒)



本テストでは、全データベースファイルをホストする PCIe SSD 層を導入したことで、TPS が最大 2.7 倍向上しました。また、頻繁にアクセスされるデータのみ PCIe SSD に格納したハイブリッド構成では、データベース全体を SSD ドライブに格納したときよりさらに TPS が向上しました。このような結果になったのは、ハイブリッドの場合、PCIe SSD と従来のデータ LUN の両方が TPS の向上に貢献したからだと思われます。さらに、PCIe SSD でストレージを階層化したことで、併用した従来 (しかも外付ストレージ内) のデータ LUN から負荷が一部取り除かれ、その分、TPS が向上したとも考えられます。

同じ傾向は、アプリケーションの応答時間でも観察されました。図 6 は、本テストで計測されたアプリケーション応答時間のグラフです。

図 6. PCIe SSD 性能：アプリケーション応答時間



PCIe SSD 層を構成すると、従来のドライブに比べ、全体的なアプリケーション応答時間が最大 120% 向上することが確認されました。

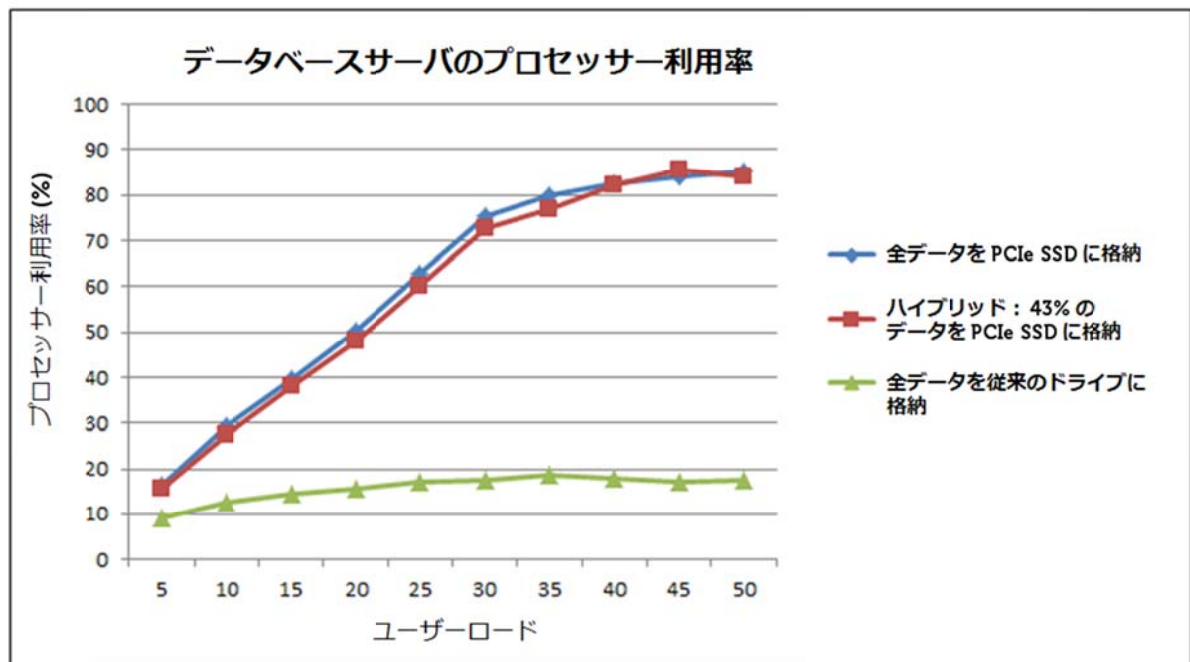
その他に注目すべき点は、全データを SSD ドライブ内に格納すると TPS が 20 ユーザ付近から平坦になりますが、ハイブリッド構成の場合は、30 ユーザに到達してから TPS が平坦になることです。一方、データを従来のストレージに格納したときは、TPS がやはり 20 ユーザ辺りで平坦になります。

このような傾向になるのは、このワークロードの性質が CPU 集中型であると同時に、ディスク I/O 集中型でもあるからです。このワークロードは、20 ユーザまでは CPU よりもディスクに処理が集中します。しかし、20 ユーザを超えると、データベースバッファリングのために、読み取り集中型のトランザクションが CPU 側にボトルネックをシフトさせます。

この点を境にサーバ上の CPU 負荷が増えると同時に、I/O 負荷も増えるため、TPS が伸び悩むと考えられます。本例におけるシステム全体の TPS は、早い段階ではディスク側にボトルネックが生じますが、後には CPU とディスクの両方に負荷がかかるため、SSD による性能向上効果はこのどちらにも作用します。特に PCIe SSD ドライブは、ディスクのボトルネック削減策として非常に有効なため、CPU 処理がさほど集中しないワークロードであれば、PCIe SSD による性能向上効果が最大になります。

図 7 は、本例の CPU 利用率を示したグラフです。

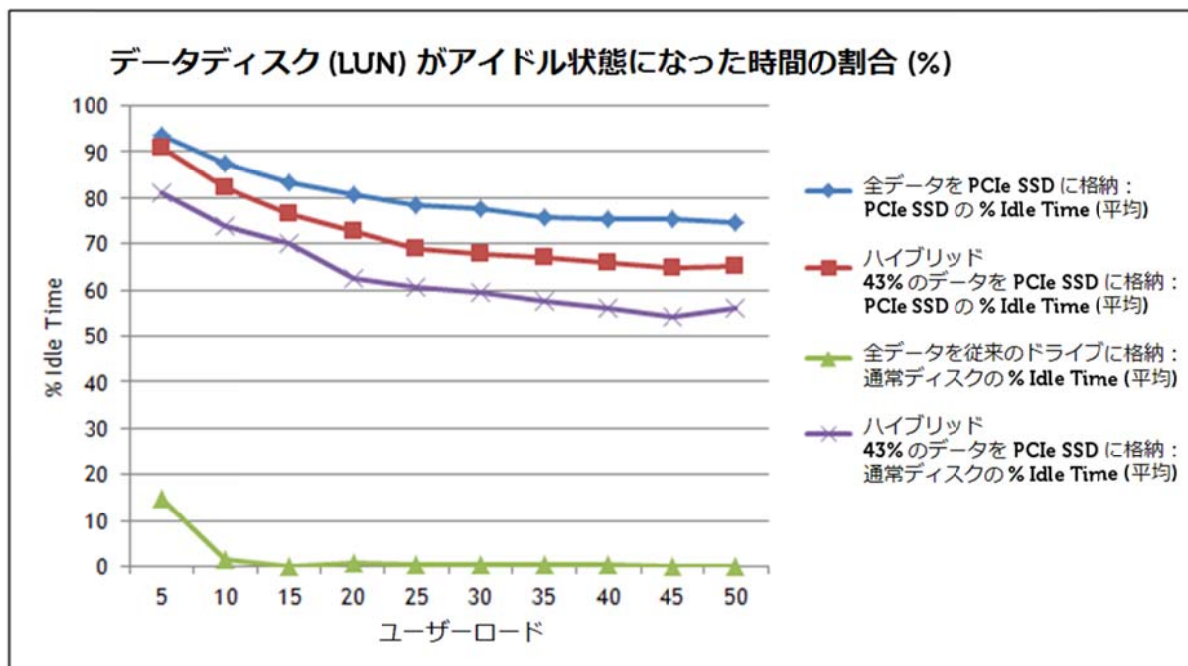
図 7. PCIe SSD 性能 : CPU 利用率



上図のうち、CPU 利用率が極端に下がっている従来型構成は、ワークロードによってディスクにボトルネックが生じていることがわかります。一方、PCIe SSD ドライブは、その高い IOPS 性能によってディスクのボトルネックが回避できるため、CPU の活動量が増えています。

図 8 は、本テストで測定されたディスクアイドル時間をグラフにしたものです。

図 8. PCIe SSD 性能：ディスクアイドル時間 (平均)



すべてのデータを従来のディスクに格納したときは、アイドル時間がほとんどなく、ディスク利用率がほぼ 100% になりました。PCIe SSD ドライブを 30 % 使用するハイブリッド構成では、この 100% のディスクビジータイム (ディスク使用時間) が 38% に下がります。この結果から、PCIe SSD ドライブが、データ処理要求を高速に完了していることがわかります。

PCIe SSD ドライブに一時データベースファイルとユーザデータベースログを配置した場合

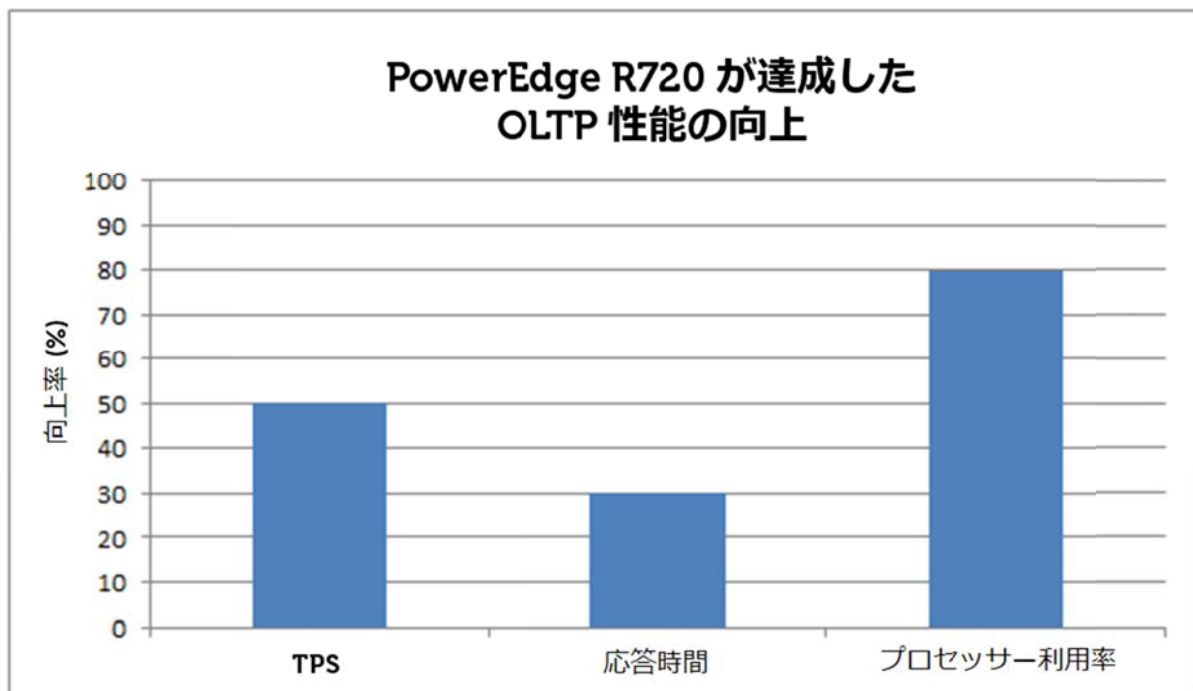
今回テストしたワークロード (読み取り集中型) の場合、データファイルディスクに比べると、Temp (一時) データベースとユーザデータベースログファイルにかかる負荷はそれほど重くありません。したがって、PCIe SSD に Temp DB とログファイルを格納しただけでは、性能は向上しませんでした。しかし、挿入、更新、ソート、その他のデータベース操作が頻繁に発生するワークロードであれば、高性能 PCIe SSD のメリットが得られると思われます。

ここでご注意いただきたいのは、たとえ SSD をアプリケーションの高性能ディスクバックエンドに採用しても、他のデータベースレイヤ (CPU、ネットワーク、その他のデータディスク) でアプリケーションにボトルネックが生じてしまえば、せっかくの能力も無駄になりかねないということです。したがって、PCIe SSD をインストールするときは、まず、現環境を徹底的に分析し、高性能 PCIe SSD の真価が存分に発揮されるようにしてください。

まとめ

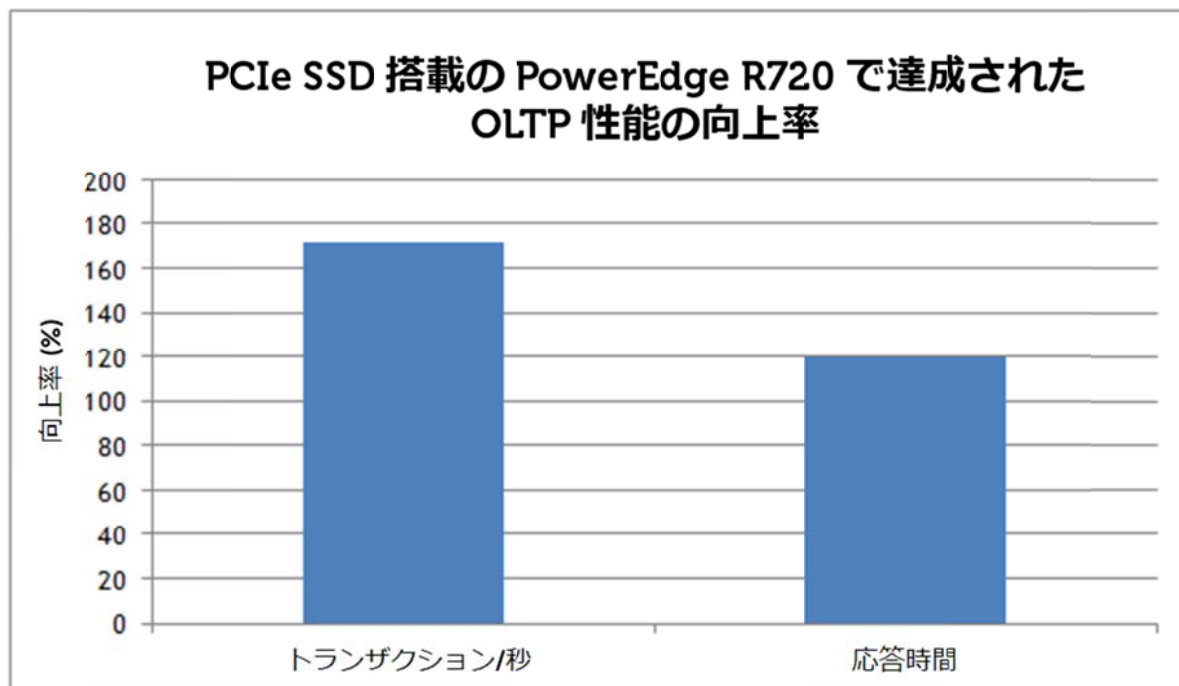
今回実施したデータベース性能テストでは、PowerEdge R720 のパフォーマンスが、前世代の R710 サーバを大きく上回りました。図 9 に、PowerEdge R720 で特定の TPC-E データベースワークロードを実行したときの性能結果を示します。

図 9. 前世代のサーバを凌ぐ PowerEdge R720 のデータベース性能



PowerEdge R720 がサポートする高性能 PCIe SSD ドライブは、データベース運用時のディスクボトルネック解消に絶大な効果があります。特に PCIe SSD は、OLTP ワークロードで優れた IOPS と極めて低いレイテンシが期待できます。図 10 は、今回のテスト結果として、データベース構造の保存に PCIe SSD ドライブを使用したときの性能向上率を示したものです。

図 10. PCIe SSD ドライブの使用によって向上したデータベース性能



以上の結果から、パワフルな CPU、大容量メモリ、高速 DIMM をサポートする PowerEdge R720 は、高いデータベース処理能力を備えた強力なサーバであることが確認されました。システムの正面から容易に搭載できる高速な PCIe SSD は、高性能データベースアプリケーションを効率良くサポートします。データベースサーバに PowerEdge R720 (と PCIe SSD) を使用する主なメリットは次のとおりです。

- データベース TPS 性能の向上
- データベース応答時間の短縮

付録 A

図 11. SQLIO テスト結果比較：OS RAID (ミラーリング) の採用 vs. 未採用
(4 x 350GB PCIe SSD ドライブ使用時)

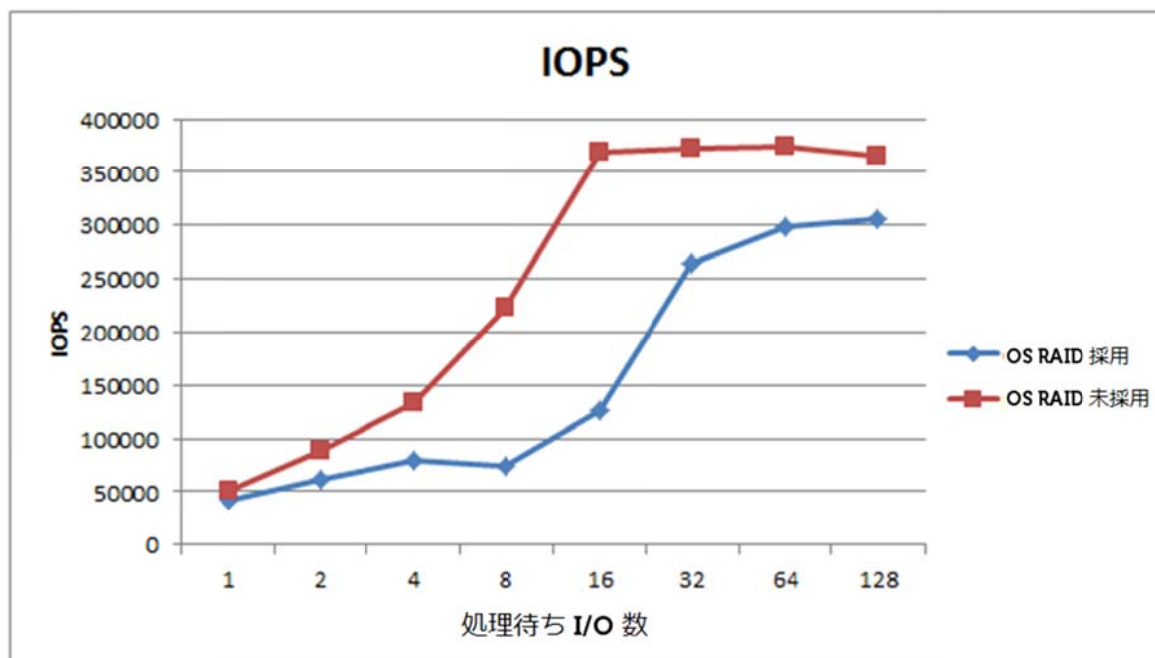


表 6. SQLIO テストパラメータ

Threads (スレッド数)	4
IOType (I/O の種類)	Random (ランダム)
FileSize (ファイルサイズ)	51200 MB
Duration (テスト時間)	30