

ホワイトペーパー

FUJITSU PRIMERGY サーバ

RAID コントローラーのパフォーマンス

本書は、Fujitsu PRIMERGY サーバのディスク I/O パフォーマンスの担当者を対象としています。内蔵ディスクサブシステムに適用する各種 RAID コントローラーのオプションやアプリケーション分野について、パフォーマンスの観点から理解するための情報を提供しています。推奨するコントローラの選択およびパラメータ設定は、データの安全性やパフォーマンスに対する要件、およびサーバ構成により異なります。



バージョン

1.0b
2011-09-15

目次

ドキュメントの履歴	2
はじめに	3
PRIMERGY 用 RAID コントローラー：基本	4
RAID コントローラーの概要	4
コントローラーインターフェースとそのスループット	6
パフォーマンス関連の設定	8
オンボードコントローラーの特性	10
測定内容	11
測定方法	11
測定環境	12
コントローラーの比較	14
RAID 0、1、10（最大 4 台のハードディスクで構成） ..	15
RAID 0 および 10（5 台以上のハードディスクで構成）	19
RAID 5	26
低負荷レベル	31
結論	32
関連資料	33
お問い合わせ先	33

ドキュメントの履歴

バージョン 1.0b

はじめに

ハードディスクは、サーバ環境においてセキュリティ上の要素であると同時に、パフォーマンスを左右する重要なコンポーネントでもあります。そのため、ハードディスクがシステムのボトルネックとならないように、インテリジェントな方法で複数のハードディスクのパフォーマンスを統括することが重要です。また同時に、特定のコンポーネントで障害が発生した場合、他のコンポーネントで補う必要があります。複数台のハードディスクを組み合わせることで、いずれかのハードディスクが故障したときに、他のハードディスクでそれを補うという方法があります。これは RAID (Redundant Array of Independent Disks : 独立ディスク冗長配列) と呼ばれる方法です。RAID の構成には、通常、特別な RAID コントローラーを使用します。

PRIMERGY サーバは、種々の RAID コントローラーとハードディスク構成によるさまざまな内部構成で利用できます。PRIMERGY ファミリーのすべてのサーバに標準で提供される「モジュラー RAID」コンセプトは、RAID コントローラーファミリーと富士通製 RAID Manager ソフトウェア「ServerView RAID Manager」で構成されています。幅広い RAID ソリューションが用意されているため、ユーザーは特定のアプリケーションシナリオに合った適切なコントローラーを選択できます。ディスクサブシステムのパフォーマンスは、コントローラー、選択したハードディスク、および RAID レベルの機能によって決まります。

これまでの PRIMERGY ホワイトペーパーシリーズでは、「モジュラー RAID」のパフォーマンスに関して、次のようにあらゆる側面を取り上げてきました。

- ディスク I/O パフォーマンスの概要については、『[ディスク I/O パフォーマンスの基本](#)』を参照してください。
- 現在 PRIMERGY に対応している各種ハードディスクと、さまざまな状況でのそれぞれのパフォーマンスについては、『[単一ディスクのパフォーマンス](#)』を参照してください。
- 現在 PRIMERGY に対応しているすべての RAID コントローラーとそれぞれのパフォーマンスについては、本書『[RAID コントローラーのパフォーマンス](#)』を参照してください。
- 各 RAID レベルのパフォーマンスの詳細と最適な構成については、『[RAID のパフォーマンス](#)』を参照してください。

PRIMERGY サーバの内蔵ディスクサブシステムをサイジングする際は、最初に適切なハードディスクタイプを選択し、次に、所要の RAID レベルを確立するために必要なハードディスクの数を経験則から見積もります。接続するハードディスクの数およびテクノロジーと、所要の RAID レベルにより、RAID コントローラーが決まります。ディスクサブシステムを的確にサイジングするには、数年かかるかもしれません。

しかし、SSD (Solid State Disk : ソリッドステートディスク) などのストレージメディアやサーバの内部インターフェースは日々技術的に進化しており、それにより増大した要件が、サイジングしたディスクサブシステムで満たされなくなります。あるいは、実環境のサーバ構成では、アプリケーションシナリオの変化により、ハードディスクの数は十分でも期待どおりのディスク I/O パフォーマンスが得られないこともあります。このような場合、RAID コントローラがパフォーマンスに与える影響をさらに詳しく検証すると効果的です。適切なコントローラーを選択すること、あるいは単にコントローラーを正しく構成することが、最高のパフォーマンスを得るための必須条件になることがあります。

本書の目的は、上記の課題を解決することです。最初に、PRIMERGY システムに搭載可能な内蔵 RAID コントローラーの概要を説明します。次に、関連するコントローラーインターフェースの最大スループットについて、パフォーマンスの観点から説明します。さらに、測定の背景を簡単に説明した後、さまざまな RAID コントローラーを各 RAID レベルおよび異なるアプリケーションシナリオで測定し、測定結果を元に比較します。

従来、「ハードディスク」や「ハードディスクドライブ (HDD)」という用語は、直接アドレス指定できる、硬質で磁気コーティングされた、回転式のデジタル非揮発性ストレージメディアを指していました。現在では技術の進歩により、新しい形の「ハードディスク」がストレージメディアとして登場しています。これらはサーバに対して従来と同じインターフェースを持ち、サーバからはハードディスクと同様に扱われます。代表的な例が SSD です。これは可動部分のない電子ストレージメディアですが、通常、ハードディスクとして扱われます。本書では、総称として「ハードディスク」という用語を使用し、区別する場合に「SSD」や「HDD」という用語を使用します。

本書では、ハードディスクの容量を示す場合は 10 のべき乗 (1 TB = 10 億バイト)、その他の容量やスループットを示す場合は 2 のべき乗 (1 MB/s = 2²⁰ バイト/s) で表記しています。

PRIMERGY 用 RAID コントローラー : 基本

ここでは、まず PRIMERGY サーバに搭載可能な RAID コントローラーとそれらの基本的な機能について説明します。次に、各コントローラーとサーバ内インターフェースの組み合わせにより得られる最大スループットについて詳しく見ていきます。次に、コントローラーで選択できる設定について解説し、最後にオンボードコントローラーの特性について述べます。

RAID コントローラーの概要

次の表は、利用可能な RAID コントローラーの機能性に関する最も重要なデータをまとめたものです。

本書では、コントローラーの名称を簡略化するため、表の「略称」列に記載した略称を使用します（例：LSI2108）。これらの略称はコントローラーの基本チップ名に基づいており、必要に応じてキャッシュサイズも併記しています。

コントローラー名	略称	キャッシュ	周波数	対応 インターフェース		最大 ディ スク数	RAID レベル	BBU
オンボード SATA RAID ICH10R	ICH10R		3G	SATA		4	0、1、5*、10	
オンボード SATA RAID Ibex Peak	Ibex Peak		3G	SATA		4	0、1、5*、10	
オンボード SATA RAID Cougar Point	Cougar Point		3G	SATA		4	0、1、5*、10	
RAID 0/1 SAS based on LSI MegaRAID 4Port	LSI1064		3G	SATA SAS-1.0	PCIe 1.0 x4	4	0、1、1E	
RAID 0/1 SAS based on LSI MegaRAID 8Port	LSI1068		3G	SATA SAS-1.0	PCIe 1.0 x4	8	0、1、1E	
RAID 5/6 SAS based on LSI MegaRAID 256 MB	LSI1078-256	256 MB	3G	SATA SAS-1.0	PCIe 1.0 x4	8	0、1、5、6、 10、50、60	✓
RAID 5/6 SAS based on LSI MegaRAID 512 MB	LSI1078-512	512 MB	3G	SATA SAS-1.0	PCIe 1.0 x4	8	0、1、5、6、 10、50、60	✓
RAID Ctrl SAS 6G 0/1 (D2607)	LSI2008		6G	SATA SAS-1.0 SAS-2.0	PCIe 2.0 x8	8	0、1、1E、10	
RAID Ctrl SAS 6G 5/6 512 MB (D2616)	LSI2108	512 MB	6G	SATA SAS-1.0 SAS-2.0	PCIe 2.0 x8	8	0、1、5、6、 10、50、60	✓

*) 一部の PRIMERGY サーバでは、追加オプションの「iButton」を使用すると、オンボードコントローラーの RAID 5 を有効にできます。

「最大 ディスク数」列は、コントローラーで直接操作できるハードディスクの最大数を示します。この情報により、コントローラーが理論的なボトルネックになるかどうか判断できます。一部の PRIMERGY モデルでは、特定のコントローラーモデルに「エクスパンダー」（SAS 規格で定義されている専用コンポーネント）を接続することで、ハードディスクの最大数をさらに増やすことができます。この場合、エクスパンダーは既存のポートの帯域幅を拡大することはできませんが、接続されているすべてのハードディスクでその帯域幅を利用できるようにします。

「RAID 0/1」SAS-RAID コントローラーでは、LSI2008 コントローラーが LSI1068 コントローラーの 6G 後継となり、LSI2108 コントローラーが LSI1078 コントローラーの 6G 後継になります。いずれも「RAID 5/6」SAS-RAID コントローラーファミリーの製品です。

LSI1078 コントローラーには、キャッシュサイズの違いにより、LSI1078-256 と LSI1078-512 の 2 モデルがあります。以降で LSI1078 とだけ記載している場合は、両方のモデルを指します。

ディスクサブシステムのパフォーマンスの評価では、プロセッサパフォーマンスとメモリ構成は、今日のシステムでは、ほとんどの場合大きな要因ではありません。通常、考えられるボトルネックはサーバシステムの CPU やメモリにではなく、ハードディスクや RAID コントローラーに影響を及ぼします。したがって、ハードディスクの拡張性の違いのためすべての PRIMERGY ですべての構成を実現できない場合でも、使用する PRIMERGY のモデルに関係なく、さまざまな RAID コントローラーを比較できます。

次の表は、本書の作成時に各 PRIMERGY システムでリリースしている、ハードディスク接続用の RAID コントローラー（過去にリリースされたものも含む）と、各モデルでサポートする最大ハードディスク数をまとめたものです。PRIMERGY 構成バージョンとコントローラーの可能な組み合わせについては、システムのコンフィギュレータを参照してください。

PRIMERGY	最大 ディスク数	エクspander	オンボードコントローラー	LSI1064	LSI1068	LSI2008	LSI1078-256	LSI1078-512	LSI2108
BX620 S5	2			✓	✓				
BX620 S6	2			✓	✓				
BX920 S1	2			✓					
BX920 S2	2			✓					✓
BX922 S2	2		ICH10R						
BX924 S2	2		ICH10R						
BX960 S1	2		ICH10R						
CX120 S1	2		ICH10R						
CX122 S1	2		ICH10R						
RX100 S6	4		IbexPeak	✓		✓			✓
RX100 S7	4		CougarPoint	✓		✓			✓
RX200 S5	8		ICH10R	✓	✓		✓	✓	
RX200 S6	8		ICH10R	✓		✓			✓
RX300 S5	12	✓			✓		✓	✓	✓
RX300 S6	12	✓			✓	✓			✓
RX600 S4	8							✓	
RX600 S5	8					✓			✓
RX600 S6	8					✓			✓
RX900 S1	8								✓
RX900 S2	8								✓
SX940 S1	4			✓		✓		✓	✓
SX960 S1	10	✓							✓
TX100 S2	4		IbexPeak						✓
TX120 S2	4		ICH9R	✓		✓	✓		✓
TX120 S3	4		CougarPoint	✓		✓			✓
TX140 S1	8		CougarPoint		✓	✓			✓
TX150 S7	8		IbexPeak		✓	✓			✓
TX200 S5	16		ICH10R		✓	✓	✓	✓	✓
TX200 S6	16		ICH10R		✓	✓			✓
TX300 S5	20	✓			✓		✓	✓	
TX300 S6	20	✓				✓			✓

LSI1064 コントローラーは、BX920 S1 および BX920 S2 サーバブレードのマザーボード上にあらかじめ搭載されています。LSI2108 コントローラーは、BX920 S2 サーバブレードのメザニンカードとして利用可能です。LSI1064 コントローラーと LSI1068 コントローラーは、BX620 S5 および BX620 S6 サーバブレードで、それぞれ SAS ストレージモジュールと SAS/RAID ストレージモジュールとして実装されています。

ただし、これらのコントローラーは同等の PCIe プラグインカードコントローラーの別の技術実装に過ぎないため、パフォーマンスレベルには影響しません。

コントローラーインターフェースとそのスループット

RAID コントローラーには、ハードディスクに接続するインターフェースと、マザーボード上のチップセットに接続するインターフェースが必要です。ハードディスクとのインターフェースは、一般に SAS または SATA です。チップセットとのインターフェースは一般に PCIe ですが、統合型オンボードコントローラーの場合は、マザーボードの内部バスインターフェースを使用します。SAS、SATA、PCIe の最大スループットは次のとおりです。

SAS および SATA

「Serial Attached SCSI」 (SAS) および「Serial Advanced Technology Attachment」 (SATA) は、ハードディスクを接続するためのシリアルインターフェースであり、データスループットは周波数に依存します。

タイプ	周波数	理論スループット	実効スループット (85 %)
SAS-1.0、SAS 3G	3000 MHz	286 MB/s	243 MB/s
SAS-2.0、SAS 6G	6000 MHz	572 MB/s	486 MB/s
SATA、SATA 3G	3000 MHz	286 MB/s	243 MB/s

周波数は、コントローラーやハードディスクの名前に含まれる 3G または 6G という略語で確認できます。または、SAS のバージョン番号で確認できます。バージョン番号が 1.0 であれば 3G、2.0 であれば 6G です。

理論的に達成可能なスループットは、1 Hz あたり 1 ビットから、いわゆる 8b/10b コーディングで割ったシリアル転送の冗長性 20 % を引いて計算します。実際に達成可能なスループットは、この値に 0.85 を掛けることで見積もれます。この 85 % という値は、長年観測してきたさまざまなコンポーネントの値から算出された平均経験値です。

端末間を接続するすべてのコンポーネントは、同じバージョンの SAS または SATA プロトコルを使用する必要があります。このコンポーネントには、ハードディスクのほかに、使用する可能性のあるコントローラーおよびエクспанダーも含まれます。バージョンが異なるコンポーネントを混在させると、すべてのコンポーネントでサポートされる最も高いパフォーマンス基準が自動的に選択されるため、周波数が低くなる可能性があります。この点では、上位のプロトコルには下位互換性があります。

SATA 対応の各ポートは、通常それぞれハードディスクに接続されます。一方 SAS の場合は、SAS ケーブル 4 本をひとまとめにすることが多く、「x4 SAS」または「x4 ワイドポート」と呼ばれます。これにより、バックプレーン経由で最大 4 台の SAS ハードディスクを直接接続できます。x4 SAS のスループットは SAS 接続を個別に使用した場合の 4 倍になります。これは SATA の場合でも同様です。

インターフェース	接続	周波数	理論スループット	実効スループット (85 %)
SAS-1.0	x4 × 1	3000 MHz	1144 MB/s	973 MB/s
SAS-1.0	x4 × 2	3000 MHz	2289 MB/s	1945 MB/s
SAS-2.0	x4 × 1	6000 MHz	2289 MB/s	1945 MB/s
SAS-2.0	x4 × 2	6000 MHz	4578 MB/s	3890 MB/s
SATA	x4 × 1	3000 MHz	1144 MB/s	973 MB/s
SATA	x4 × 2	3000 MHz	2289 MB/s	1945 MB/s

一部の PRIMERGY モデルは、コントローラーのハードディスクチャンネル数より多くのハードディスクを接続できます。この場合、接続可能なハードディスクの数は、エクспанダーを使用して拡張します。すでに述べたように、エクспанダーはデータフローを分散するだけで、スループットを増加させるわけではありません。

SAS プロトコルは、周波数が同じか、より低い SATA プロトコルも転送（トンネリング）できるように定義されています。これにより、どちらのバージョンの SAS コントローラーでも、標準的なハードディスクである SATA 1.5 Gbit/s および SATA 3.0 Gbit/s と通信できます。逆に、SATA インターフェース経由で SAS ハードディスクを接続することはできません。

PCIe

PCIe は、コントローラーとマザーボード間のシリアルインターフェースでもあります。コネクタには、数種類の帯域（レーン数）があります。通常は x4（4 レーン）と x8（8 レーン）ですが、ここで重要なのは電氣的に使用される実際のレーンの数（以降、「PCIe 有効帯域」と呼びます）です。レーンのスループットは周波数によっても変化します。

インターフェース	接続	周波数	理論スループット	実効スループット (90 %)
PCIe.1.0、PCIe Gen1	x4	2500 MHz	954 MB/s	858 MB/s
PCIe.1.0、PCIe Gen1	x8	2500 MHz	1907 MB/s	1716 MB/s
PCIe.2.0、PCIe Gen2	x4	5000 MHz	1907 MB/s	1716 MB/s
PCIe.2.0、PCIe Gen2	x8	5000 MHz	3815 MB/s	3433 MB/s

PCIe 1.0 は「PCIe Gen1」、PCIe 2.0 は「PCIe Gen2」とも表記します。

理論的に達成可能なスループットは、1 Hz あたり 1 ビットに接続数（x4 または x8）を掛けたものから、いわゆる 8b/10b コーディングで割ったシリアル転送の冗長性 20 %を引いて計算します。実際に達成可能なスループットは、この値に 0.90 を掛けることで見積もれます。この 90 %という値は、長年測定してきたさまざまなコンポーネントの値から算出した、経験的な平均値です。

2010 年の導入世代以降のすべての PRIMERGY サーバ（つまり、PRIMERGY RX300 S5 以降）は、PCIe 2.0 をサポートしています。バージョンが異なるコンポーネントを混在させると、すべてのコンポーネントでサポートされる最も高い周波数が選択されます。

RAID コントローラーへの適用

次の表は、すべての RAID コントローラーのパフォーマンスを判断するためのデータです。前述の「[SAS および SATA](#)」と「[PCIe](#)」で示した最大スループット値を、ここに記載しています。各ケースの最大スループットで重要なものを太字で示しています。

コントローラーの略称	キャッシュメモリタイプ	ディスクチャネルの数	ディスクインターフェースの最大スループット	PCIeバージョン	有効PCIe幅	PCIe インターフェースの最大スループット
ICH10R		SATA × 4	973 MB/s			
Ibex Peak		SATA × 4	973 MB/s			
Cougar Point		SATA × 4	973 MB/s			
LSI1064		SAS-1.0 × 4	973 MB/s	1.0	x4	858 MB/s
LSI1068		SAS-1.0 × 8	1945 MB/s	1.0	x4	858 MB/s
LSI1078	DDR2 / 667 MHz	SAS-1.0 × 8	1945 MB/s	1.0	x4	858 MB/s
LSI2008		SAS-2.0 × 8	3890 MB/s	2.0	x4	1716 MB/s
					x8	3433 MB/s
LSI2108	DDR2 / 800 MHz	SAS-2.0 × 8	3890 MB/s	2.0	x4	1716 MB/s
					x8	3433 MB/s

ほとんどの場合、最大可能スループットはボトルネックにはなりません。ランダムアクセスのアプリケーションシナリオは、トランザクションレートは高くなりますが、高いスループットは達成できません。にもかかわらず、実際には優れたパフォーマンスを達成します。

PCIe 1.0 での制限は、完全なシーケンシャルアクセスのアプリケーションで、6 台から 7 台の従来型ハードディスクを使用した場合のみ発生します。PCIe 2.0 に対応するコントローラーと PRIMERGY サーバは互いの同調性が高いため、PCIe-x4 スロットによる最大サーバ構成で、高パフォーマンスの SAS-2.0-HDD を使用して、完全なシーケンシャルアクセスを行っても、コントローラーでのスループットに対する顕著な制限は発生しません。

パフォーマンス関連の設定

RAID コントローラーが最高のパフォーマンスを発揮するには、パラメータ設定を正確に行う必要があります。設定できるパラメータの数は、コントローラーによって異なります。RAID コントローラーとハードディスクの設定を簡単かつ確実にを行うため、現行サーバ向けに提供されている RAID-Manager ソフトウェア「ServerView RAID」の使用を推奨します。あらかじめ定義されている「Performance」モードまたは「Data Protection」モードを使用すると、特定のアプリケーションに合わせたコントローラーおよびハードディスクのキャッシュ設定を一度に行えます。「Performance」モードでは、ほとんどのアプリケーションシナリオに対応した、最高のパフォーマンス設定を行えます。

「Performance」モードでは、既存のコントローラーとハードディスクのすべてのキャッシュが有効になります。このため、このモードでは、電源障害が発生した場合に備え、バッテリーバックアップ装置（BBU）を使用して RAID コントローラーのキャッシュをデータ損失から守る必要があります。さらに、ハードディスクのキャッシュも、無停電電源装置（UPS）を使用して保護する必要があります。

特殊なケースでは、「Performance」モードのパラメーター設定を標準から変更したほうが効果的な場合もあります。変更が効果的な場合については、「[コントローラーの比較](#)」の該当する箇所を参照してください。

「ServerView RAID」ソフトウェアのキャッシュ設定には、次の RAID コントローラーおよびハードディスクの設定オプションがあります（設定できるオプションは、コントローラーにより異なります）。最初の 3 つの設定オプションは RAID コントローラーを制御し、最後のオプションは RAID アレイのハードディスクを制御します。

Read mode

「Read mode」パラメーターでは、リード時のキャッシュの動作を変更することができます。「設定できるオプションは「No read ahead」、「Read ahead」、「Adaptive」の 3 種類です。「No read ahead」に設定した場合は、リード時のキャッシュは行われません。「Read ahead」に設定した場合は、あるデータブロックがリクエストされると、その先のデータもリクエストされることを予想して、後続する一連のデータブロックがハードディスクから先読みされ、コントローラーにキャッシュされます。「Adaptive」に設定した場合は、コントローラー自体が「Read-ahead」が適切かどうかを判断します。

Write mode

「Write mode」は、ライトリクエスト時のコントローラーキャッシュの動作を制御する設定オプションです。ライトキャッシュの設定には、「Write-through」、「Write-back」、「Always Write-back (independent of BBU state)」という 3 つのオプションがあります。「Write-through」オプションでは、コントローラーからの各ライトリクエストは、ハードディスクから応答があった時点で初めて完了済みとしてレポートされます。「Write-back」および「Always Write-back」オプションでは、リクエストはコントローラーキャッシュにキャッシュされ、完了済みとして直ちにアプリケーションにレスポンスが返されます。リクエストが実際にハードディスクに転送されるのはその後になります。この方法により、コントローラーのリソース利用が最適化され、ライトリクエストの処理が速くなり、スループットが向上します。電源障害には、オプションの BBU により対応できるので、コントローラーキャッシュのデータ整合性が保証されます。「Always Write-back」オプションでは、キャッシュへの書き込みが常時確保されます。BBU のバッテリーが空になったときや BBU を設置しない場合にも書き込みは有効です。これに対し、「Write-back」オプションでは、コントローラーキャッシュがバッテリーでバックアップされていない場合は、自動的に「Write-through」に切り替わります。

Cache mode

「Cache mode」パラメーター（「I/O キャッシュ」という場合もあります）は、リード時のコントローラーキャッシュの動作に影響を与えます。「Direct」オプションに設定した場合は、データはハードディスクから直接読み取られます。また、そのデータはコントロールキャッシュに保存されません。「Cached」に設定した場合は、まずコントローラーキャッシュ内に、リードリクエストを満たすデータ（ハードディスクから先読みされたもの）がないか、検索が行われます。この設定では、以降のリードリクエストで利用できるように、すべてのデータがコントローラーキャッシュに書き込まれます。

Disk cache mode

設定できる値は「enabled」および「disabled」です。ほとんどの場合、ディスクキャッシュを有効（enabled）にすると、ライトアクセスのスループットが向上します。システムが UPS で保護されている場合は、パフォーマンスの向上のためにディスクキャッシュを有効にすることを推奨します。

各コントローラーで選択できる設定オプションは次のとおりです。

コントローラーの略称	Read mode		Write mode	Cache mode
	Read ahead / No read ahead	Adaptive		
オンボードコントローラー ICH10R	✓			
オンボードコントローラー Ibex Peak	✓			
オンボードコントローラー Cougar Point	✓			
LSI1064				
LSI1068				
LSI1078	✓	✓	✓	✓
LSI2008				
LSI2108	✓	✓	✓	✓

最後に、ServerView RAID の「Data Protection」および「Performance」モードでの標準設定を、次の表にまとめます。なお、キャッシュ付きのコントローラーの場合、BBU の有無によっても設定が異なりますが、RAID レベルは本設定には無関係です。

コントローラーの略称	BBU?	Data Protection				Performance			
		Read mode	Write mode	Cache mode	Disk cache	Read mode	Write mode	Cache mode	Disk cache
オンボードコントローラー ICH10R		Read ahead			オフ	Read ahead			オン
オンボードコントローラー Ibex Peak		Read ahead			オフ	Read ahead			オン
オンボードコントローラー Cougar Point		Read ahead			オフ	Read ahead			オン
LSI1064					オフ				オン
LSI1068					オフ				オン
LSI1078		Read ahead	Write-through	Direct	オフ	Read ahead	Always Write-back	Direct	オン
	✓	Read ahead	Write-back	Direct	オフ	Read ahead	Write-back	Direct	オン
LSI2008					オフ				オン
LSI2108		Read ahead	Write-through	Direct	オフ	Read ahead	Always Write-back	Direct	オン
	✓	Read ahead	Write-back	Direct	オフ	Read ahead	Write-back	Direct	オン

オンボードコントローラーの特性

一部の PRIMERGY モデルには、ICH10R、IbexPeak、CougarPoint のいずれかのオンボードコントローラーが搭載されています。これらのオンボードコントローラーは、最大 4 台の SATA ハードディスクを運用できる、シンプルで低価格なエントリーレベルのソリューションです。また、これらのオンボードコントローラーは、RAID (0、1、10) 機能をサポートすることで一般的な RAID レベルに幅広く対応し、PCIe スロットを占有しません。

本書では、PCIe インターフェース経由で接続されるすべてのコントローラーは、マザーボードに組み込まれている場合でも、オンボードコントローラーとして扱いません（「[RAID コントローラーの概要](#)」の表を参照）。

オンボードコントローラーは、ファームウェア/ドライバベースのソフトウェア RAID ソリューションとして実装されます。通常は、マザーボードのチップセットの 1 つである「サウスブリッジ」チップに組み込まれます。ここで説明するオンボードコントローラーには、4 つの SATA ポート (3 Gbit/s) があります。サーバー起動時は、RAID アレイへのアクセスは、ファームウェアから行われます。オペレーティングシステムが起動すると、RAID アレイへのアクセスは、対応するドライバに引き継がれます。

オンボードコントローラー自体は CPU を持ちませんが、RAID 機能を実行するためにサーバシステムの CPU を使用します。プロセッサパフォーマンスの使用率は、新しいサーバになるほど重要性が低下します。例えば、PRIMERGY TX200 S6 に、2009 年以降の CPU である × Xeon E5506 (2.13 GHz) を 2 基と ICH10R チップを搭載した場合、このシステムに SATA-SSD を最大限 (4 台) 搭載し、ハードディスクリクエストでフル負荷を与えても、オンボードコントローラーをサポートするために使用する CPU パフォーマンスは 10 % 未満です。

このタイプのコントローラーを効果的に使用するには「RAID」モードが適していますが、ここでは SATA コントローラーのすべてのモードについて説明します。プロセッサパフォーマンスの使用率は、新しいサーバになるほど重要性が低下します。最大 4 つのモードがあります。

- | | |
|------------|---|
| RAID | 柔軟性に優れた推奨モードです。SATA-HDD を非 RAID から RAID 構成にスムーズに移行できる唯一のモードです。NCQ や「ホットスワップ」を含む、SATA のすべての機能をサポートします。PRIMERGY サーバのコントローラー BIOS には、サポートする RAID レベルに対応した「LSI Logic Embedded MegaRAID」というファームウェアが組み込まれています。起動フェーズで RAID アレイが有効になるのはこのモードのみです。また、RAID-Manager ソフトウェアの「ServerView RAID」でコントローラーとハードディスクを認識して管理できるのもこのモードのみです。専用のドライバが必要です。 |
| AHCI | AHCI (Advanced Host Controller Interface) は、メーカー共通の SATA コントローラーのインターフェース規格です。NCQ と「ホットスワップ」をサポートしています。AHCI の場合も、オペレーティングシステムで専用のドライバが必要です。 |
| Compatible | SATA ポートを PATA (パラレル ATA : SATA 規格の前身) ポートとしてエミュレートします。このエミュレーションにより、NCQ は未サポートとなります。このモードは、使用するオペレーティングシステムに「サウスブリッジ」チップ用の SATA ドライバがない場合、あるいは別の理由で SATA ドライバを使用しない場合のみ使用します。 |
| Native | このモードでは、SATA ポートがオペレーティングシステムで認識されるようになります。NCQ はサポートしません。また、適切な SATA ドライバが必要です。「ServerStart DVD」に各種オペレーティングシステム用のドライバが収録されています。 |

測定内容

ここまでは、各種コントローラーを紹介し、その技術的特徴について説明してきました。次の「[コントローラーの比較](#)」では、さまざまなアプリケーションシナリオでのコントローラーについて、測定結果に基づいて説明します。そのため、まず測定方法と測定環境について簡単に説明します。

測定方法とディスク I/O パフォーマンスの基本については、ホワイトペーパー『[ディスク I/O パフォーマンスの基本](#)』を参照してください。

測定方法

PRIMERGY サーバのディスクサブシステムのパフォーマンス測定は、実際のアプリケーションシナリオでのディスクアクセスを、規定に基づいてモデル化して行います。

規定する項目は次のとおりです。

- ランダムアクセス／シーケンシャルアクセスの比率
- リードアクセス／ライトアクセスの比率
- ブロックサイズ (KB)
- 同時アクセス数 (未処理 I/O の数)

規定した値の組み合わせを「負荷プロファイル」と呼びます。次の 5 つの標準負荷プロファイルは、典型的なアプリケーションシナリオに相当します。

標準負荷プロファイル	アクセス	アクセスの種類		ブロックサイズ [KB]	アプリケーション
		リード	ライト		
ファイルコピー	ランダム	50 %	50 %	64	ファイルのコピー
ファイルサーバ	ランダム	67 %	33 %	64	ファイルサーバ
データベース	ランダム	67 %	33 %	8	データベース (データ転送) メールサーバ
ストリーミング	シーケンシャル	100 %	0 %	64	データベース (ログファイル)、データバックアップ、ビデオストリーミング (一部)
リストア	シーケンシャル	0 %	100 %	64	ファイルのリストア

異なる負荷密度で同時にアクセスするアプリケーションをモデル化するため、「未処理 I/O の数」を 1、3、8 から 512 まで増やしていきます (8 以降は 2 の累乗で加算していきます)。

本書の測定は、これらの標準負荷プロファイルに基づいて行いました。

主な測定結果は次のとおりです。

- スループット [MB/s] 1 秒あたりのデータ転送量 (メガバイト単位)
- トランザクション [I/O/s] 1 秒あたりの I/O 処理数
- レイテンシー [ms] 平均応答時間 (ミリ秒単位)

通常、シーケンシャルな負荷プロファイルでは「スループット」が使用され、小規模なブロックサイズを使用するランダムな負荷プロファイルでは「トランザクション」が使用されます。スループットとトランザクションは互いに正比例の関係にあるので、次の計算式で相互に算出できます。

データスループット [MB/s]	= トランザクションレート [I/O/s] × ブロックサイズ [MB]
トランザクションレート [I/O/s]	= データスループット [MB/s] / ブロックサイズ [MB]

測定環境

本書で示すすべての測定は、次のハードウェアとソフトウェアのコンポーネントを使用して行いました。

SUT (System Under Test : テスト対象システム)	
モデル	PRIMERGY RX300 S6 PRIMERGY TX120 S3 PRIMERGY TX150 S7 PRIMERGY TX200 S6
オペレーティングシステム	Windows Server 2008, Enterprise Edition Version: 6.0.6001 Service Pack 1 Build 6001
RAID Manager ソフトウェア	ServerView RAID Manager 5.0.2
RAID アレイの初期化	RAID アレイは、測定前に 64 KB の基本ブロックサイズ（「ストライプサイズ」）で初期化
ファイルシステム	NTFS
測定ツール	Iometer 2006.07.27
測定データ	32 GB の測定ファイル（1～8 台のハードディスク用）、64 GB の測定ファイル（9～16 台のハードディスク用）
オンボード SATA コントローラー「ICH10R」	Intel 82801JR I/O コントローラーハブ、ICH10R（PRIMERGY TX200 S6 で使用） ドライバ名 : megasr1.sys、ドライババージョン : 13.2.0614 BIOS : A 09.04151432R SATA RAID モード
オンボード SATA コントローラー「Ibex Peak」	Intel BD3420 PCH、Ibex Peak（PRIMERGY TX150 S7 で使用） ドライバ名 : megasr1.sys、ドライババージョン : 13.2.0614 BIOS : A 09.04151432R SATA RAID mode
オンボード SATA コントローラー「Cougar Point」	Intel BD82C202 PCH、Cougar Point（PRIMERGY TX120 S3 で使用） ドライバ名 : megasr1.sys、ドライババージョン : 14.04.0322 BIOS : A. 10.03031333R SATA RAID モード
コントローラー「RAID 0/1 SAS based on LSI MegaRAID 4Port」（LSI MegaRAID SAS 1064）	ドライバ名 : lsi_sas.sys、ドライババージョン : 1.32.00.04 ファームウェアバージョン : 1.30.00.00 BIOS バージョン : 2D.35
コントローラー「RAID 0/1 SAS based on LSI MegaRAID 8Port」（LSI MegaRAID SAS 1068）	ドライバ名 : lsi_sas.sys、ドライババージョン : 1.25.06.22 ファームウェアバージョン : 1.30.00.00 BIOS バージョン : 2D.35
コントローラー「RAID Ctrl SAS 6G 0/1」（LSI MegaRAID SAS 2008）	ドライバ名 : megasas2.sys、ドライババージョン : 4.23.0.64 ファームウェアバージョン : 20.7.1-0025 BIOS バージョン : 4.18.00
コントローラー「RAID 5/6 SAS based on LSI MegaRAID 256 MB」（LSI MegaRAID SAS 1078）	ドライバ名 : megasas2.sys、ドライババージョン : 4.23.0.64 ファームウェアパッケージ : 11.0.1-0028 ファームウェアバージョン : 1.40.152-0827 BIOS バージョン : 2.07.00 コントローラーキャッシュ : 256 MB
コントローラー「RAID 5/6 SAS based on LSI MegaRAID 512 MB」（LSI MegaRAID SAS 1078）	ドライバ名 : megasas2.sys、ドライババージョン : 4.23.0.64 ファームウェアパッケージ : 11.0.1-0028 ファームウェアバージョン : 1.40.152-0827 BIOS バージョン : 2.07.00 コントローラーキャッシュ : 512 MB

コントローラー 「RAID Ctrl SAS 5/6 512MB (D2616)」 (LSI MegaRAID SAS 2108)	ドライバ名 : megasas2.sys、ドライババージョン : 4.23.0.64 ファームウェアパッケージ : 12.4.0-0031 ファームウェアバージョン : 2.40.33-0894 BIOS バージョン : 2.07.00 コントローラーキャッシュ : 512 MB
SATA-HDD	Seagate ST9500530NS、2.5 インチ、500 GB、7200 rpm、3 Gb/s
SAS-2.0-HDD	Seagate ST3146356SS、2.5 インチ、146 GB、15000 rpm、6 Gb/s
SATA-SSD	Intel SSDSA2SH064G1GC、2.5 インチ、64 GB、3 Gb/s

ここで再び、コントローラーの比較に使用したハードディスクモデルとその基本的なパフォーマンス値を詳しくまとめ、次の表に示します。これらは、コントローラーで得たパフォーマンス値を理解するために重要です。高性能の SATA および SAS-2.0 ハードディスクは、従来型のハードディスク（HDD）として各ケースで選択されています。また 64 GB SATA-SSD は、SATA-SSD クラスとして表記しています。

表では、前述の「[測定方法](#)」で説明した 5 つの標準負荷プロファイルに従って、1 台のハードディスクで測定した場合の最大値を示しています。最適なパフォーマンスが得られるように、ハードディスクキャッシュはすべてのケースで有効になっています。

ハードディスクタイプ	省略名 (略称)	シーケンシャル最大 スループット [MB/s]		ランダムアクセスの最大トランザク ションレート [IO/s]		
		64 KB ブロックサイズ		8 KB ブロックサイズ	64 KB ブロックサイズ	
		リード	ライト	リードの割合 :	リードの割合 :	
				67 %	67 %	50 %
HDD SATA、3 Gb/s、2.5 インチ 500 GB、7200 rpm ホットプラグ対応 カテゴリー : ビジネスクリティカル (BC)	SATA- HDD	96 MB/s	93 MB/s	181 IO/s	180 IO/s	171 IO/s
HDD SAS、6 Gb/s、2.5 インチ 146 GB、15000 rpm、 カテゴリー : エンタープライズ (EP)	SAS-2.0- HDD	155 MB/s	155 MB/s	589 IO/s	470 IO/s	454 IO/s
SSD SATA、3 Gb/s、2.5 インチ 64 GB、 ホットプラグ対応、 カテゴリー : エンタープライズ (EP)	SATA-SSD	252 MB/s	187 MB/s	8083 IO/s	2023 IO/s	1580 IO/s

ここに記載した情報、および PRIMERGY サーバ向けにリリースされたハードディスクの詳細については、ホワイトペーパー『[単一ディスクのパフォーマンス](#)』を参照してください。

コントローラーの比較

ここまでは、コントローラに関する重要な予備情報について解説しました。多くの場合、この情報により、所定のアプリケーションで選択すべきコントローラーを絞り込めます。しかし、コントローラーの想定用途に関する顧客情報がさらに追加されると、個々のコントローラーのパフォーマンスに関して、より詳細な情報が求められる可能性があります。このため、ここでは、さまざまな RAID レベル、アプリケーションシナリオ、負荷密度、ハードディスク数、およびハードディスクテクノロジーにおいて、コントローラーを比較し、測定結果を分析しながら解説します。比較は、「[RAID 0、1、10\(最大 4 台のハードディスクで構成\)](#)」、「[RAID 0 および 10 \(5 台以上のハードディスクで構成\)](#)」、「[RAID 5](#)」の 3 つに分けて行いました。これらの比較は、それぞれ単独で参照できます。

比較に関する一般的な前提事項：

- 比較では、「[測定方法](#)」で説明した 5 つの負荷プロファイル（ファイルコピー、データベース、ファイルサーバ、ストリーミング、リストア）を主に使用しています。これにより、ランダムおよびシーケンシャルアプリケーションシナリオを十分にカバーできます。顧客の負荷プロファイルがこれと大幅に異なる場合は、ここでの解説は制限付きでの適用となります。
- ディスクサブシステムのパフォーマンスを測定するベンチマークでは、一般の規定に従い、ランダム負荷プロファイルではトランザクションレート（IO/s）を、シーケンシャル負荷プロファイルではスループット（MB/s）を使用しています。
- RAID レベルをサポートするすべてのコントローラーと、これまで解説してきたハードディスクタイプについて検討します。
- わかりやすくするため、以降のほとんどのグラフで、達成可能な最大値のみ示しています。これらは通常、ディスクサブシステムが高負荷密度の場合にのみ達成される値です。
- ハードディスクテクノロジーの代表として、「[測定環境](#)」で詳しく説明している 3 種類のハードディスク（SATA-HDD、SAS-2.0-HDD、SATA-SSD）を使用しています。また、これらの重要なパフォーマンスデータも示します。以降の比較の一部では、達成したパフォーマンス値を、これらのハードディスクタイプのパフォーマンスデータに基づいて説明しています。
- 本書では、コントローラーで達成できる最高のパフォーマンスをテーマとしています。このため、「ServerView RAID」の設定は「Data Protection」モードではなく、「Performance」モード（キャッシュおよびハードディスクの設定は規定のまま）で測定しています。この設定は、顧客が電源障害に対して十分な保護対策を行っている場合に有効です。これらの設定を変更した方が効果的な場合は、ケースごとに明記します。
- 以降のコントローラーの比較では、従来のハードディスクと SSD を区別するため、従来のハードディスクを「HDD」と表記します。

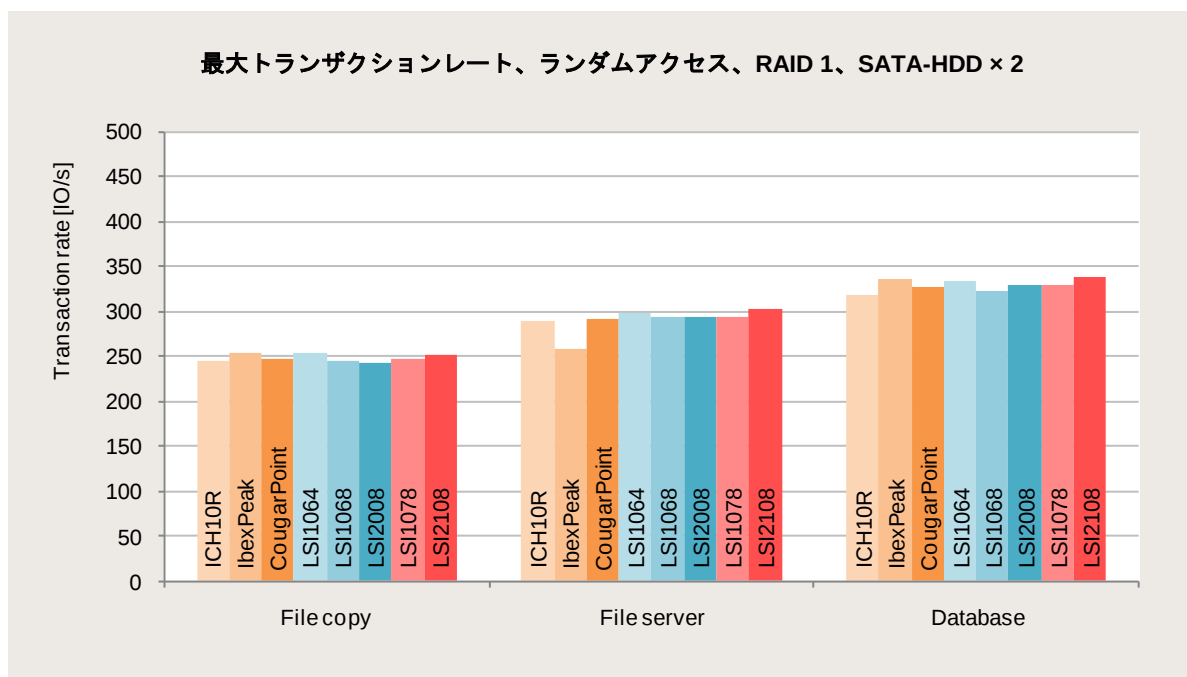
RAID 0、1、10（最大 4 台のハードディスクで構成）

オンボードコントローラーと PCIe コントローラーの比較はハードディスク 4 台以下でのみ可能なため、5 台以上のハードディスクを使用する場合とは分けて検証する必要があります。レビュー対象のすべてのコントローラーが SATA をサポートしているため、比較は SATA-HDD を使用して行います。SATA-HDD の詳細は、「[測定環境](#)」を参照してください。この数の HDD ではコントローラーの能力は限界に達しないため、各負荷プロファイルでのパフォーマンス値は主に HDD によって決まります。

ランダムアクセス

RAID 1（SATA-HDD × 2 で構成）

次のグラフは、2 台の SATA-HDD で RAID 1 を構成した場合におけるコントローラーの比較を示しています。グラフの 3 つのグループは、それぞれ標準負荷プロファイル「ファイルコピー」（ランダムアクセス、50 % リード、64 KB ブロックサイズ）、「ファイルサーバ」（ランダムアクセス、67 % リード、64 KB ブロックサイズ）、「データベース」（ランダムアクセス、67 % リード、8 KB ブロックサイズ）でのトランザクションレートを示しています。このケースでは、コントローラーの違いによるパフォーマンスへの影響はほとんどありません。



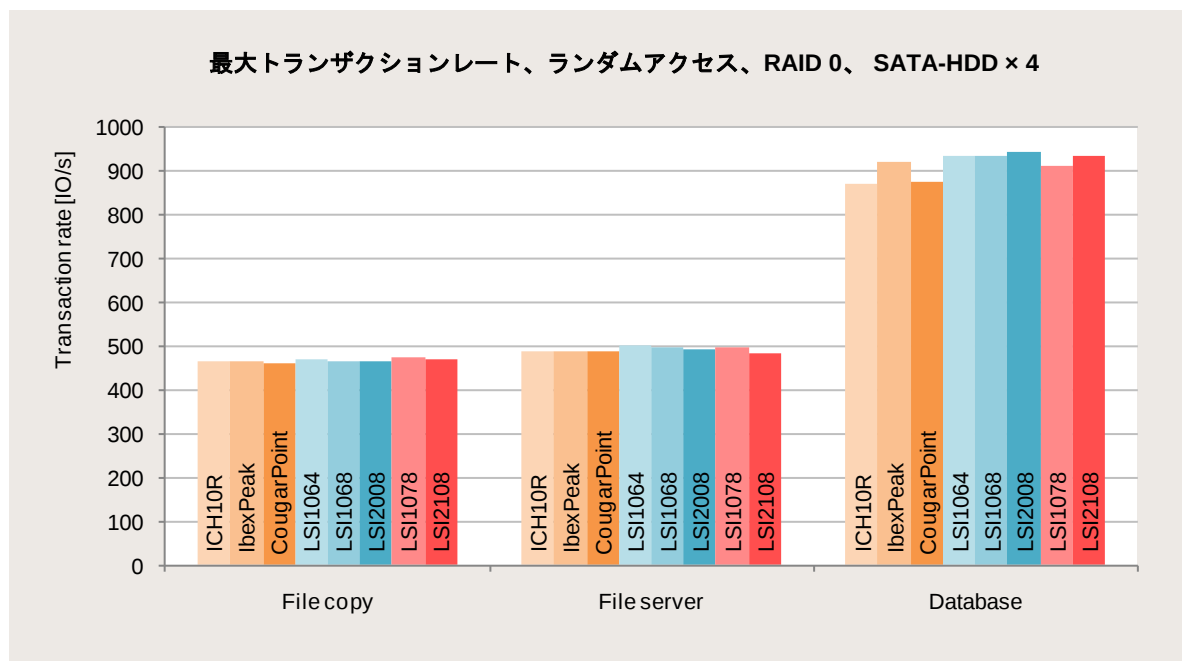
RAID 1 の場合、キャッシュ付きのコントローラーでは、通常、コントローラーキャッシュを無効にした方がパフォーマンスが向上します。このため、グラフの LSI1078 および LSI2108 コントローラーのトランザクションレートは、ServerView RAID の「Performance」モードの[標準設定](#)を次のように変更したうえで測定しています。

- Read mode : 「Read ahead」から「No read ahead」に変更
- Write mode : 「Always write back」から「Write through」に変更

通常、RAID 1 ではこれらの変更を行うことを推奨します。

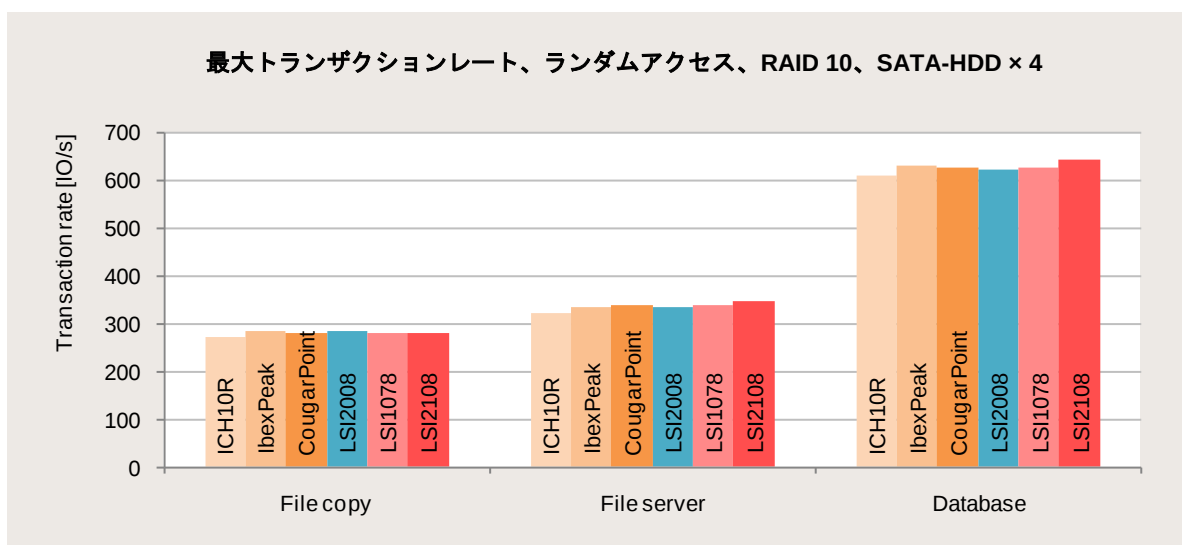
RAID 0 (SATA-HDD × 4 で構成)

次のグラフは、ランダム負荷プロファイルでの RAID 0 のハードディスクアレイにおけるトランザクションレートを示しています。このレートはさまざまなコントローラーで達成可能です。グラフの 3 つのグループは、それぞれ標準負荷プロファイル「ファイルコピー」（ランダムアクセス、50 % リード、64 KB ブロックサイズ）、「ファイルサーバ」（ランダムアクセス、67 % リード、64 KB ブロックサイズ）、「データベース」（ランダムアクセス、67 % リード、8 KB ブロックサイズ）でのトランザクションレートを示しています。これらのケースでは、各コントローラーのパフォーマンスはほとんど同じです。



RAID 10 (SATA-HDD × 4 で構成)

次のグラフは、ランダム負荷プロファイルでの RAID 10 のハードディスクアレイにおけるトランザクションレートを示しています。このレートはさまざまなコントローラーで達成可能です。グラフの 3 つのグループは、それぞれ標準負荷プロファイル「ファイルコピー」（ランダムアクセス、50 % リード、64 KB ブロックサイズ）、「ファイルサーバ」（ランダムアクセス、67 % リード、64 KB ブロックサイズ）、「データベース」（ランダムアクセス、67 % リード、8 KB ブロックサイズ）でのトランザクションレートを示しています。これらのケースでは、各コントローラーのパフォーマンスはほとんど同じです。

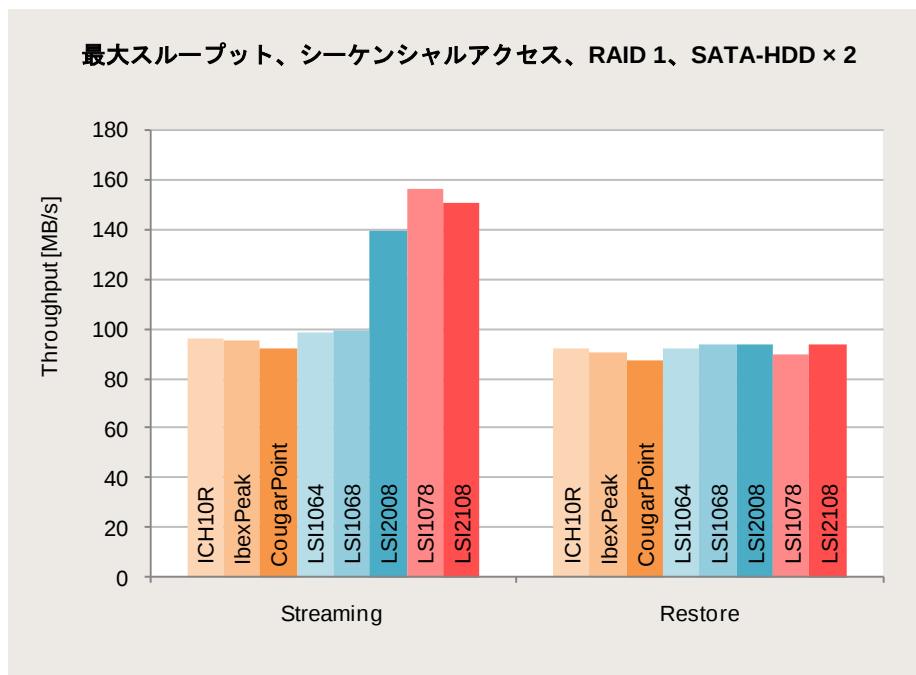


シーケンシャルアクセス

RAID 1 (SATA-HDD × 2 で構成)

次のグラフは、2 台の SATA-HDD で RAID 1 を構成した場合におけるコントローラーの比較を示しています。グラフの 2 つのグループは、それぞれ標準負荷プロファイル「ストリーミング」（シーケンシャルアクセス、100 % リード、64 KB ブロックサイズ）と「リストア」（シーケンシャルアクセス、100 % ライト、64 KB ブロックサイズ）でのスループットを示しています。一般的に、この RAID レベルでは、最大スループットは単一ハードディスクのしきい値に近いものになります。

LSI2008、LSI1078、LSI2108 コントローラーは 2 台のハードディスクを高負荷密度で使用するため、リードでの最大スループットが高くなります。



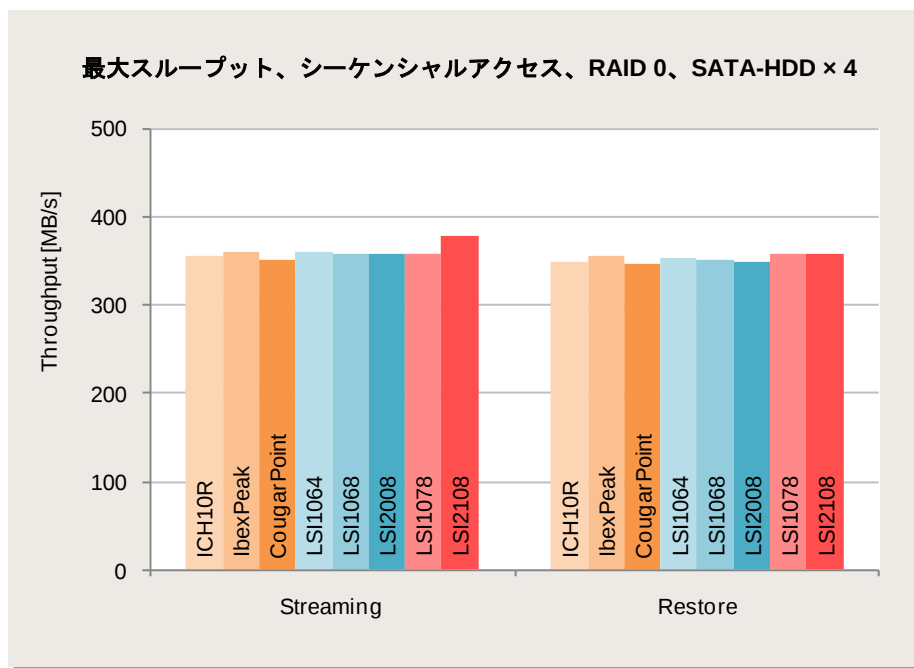
RAID 1 の場合、キャッシュ付きのコントローラーでは、通常、コントローラーキャッシュを無効にした方がパフォーマンスが向上します。このため、グラフの LSI1078 および LSI2108 コントローラーのトランザクションレートは、ServerView RAID の「Performance」モードの[標準設定](#)を次のように変更したうえで測定しています。

- Read mode : 「Read ahead」から「No read ahead」に変更
- Write mode : 「Always write back」から「Write through」に変更

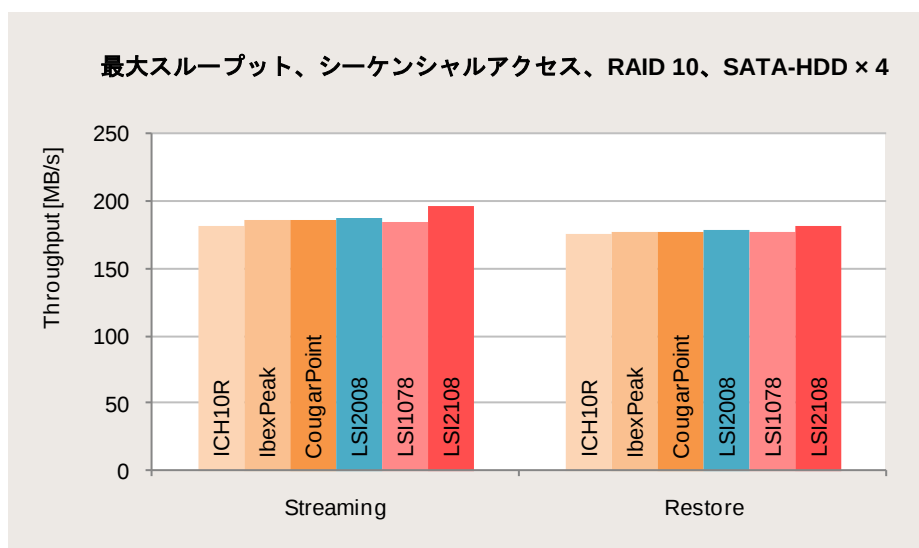
通常、RAID 1 ではこれらの変更を行うことを推奨します。

RAID 0 (SATA-HDD × 4 で構成)

次のグラフは、シーケンシャル負荷プロファイルでの RAID 0 のハードディスクアレイにおける最大スループットを示しています。このスループットはさまざまなコントローラーで達成可能です。グラフの 2 つのグループは、それぞれ標準負荷プロファイル「ストリーミング」（シーケンシャルアクセス、100 % リード、64 KB ブロックサイズ）と「リストア」（シーケンシャルアクセス、100 % ライト、64 KB ブロックサイズ）でのスループットを示しています。これらのケースでは、各コントローラーのパフォーマンスはほとんど同じです。

**RAID 10 (SATA-HDD × 4 で構成)**

次のグラフは、シーケンシャル負荷プロファイルでの RAID 10 のハードディスクアレイにおける最大スループットを示しています。このスループットはさまざまなコントローラーで達成可能です。グラフの 2 つのグループは、それぞれ標準負荷プロファイル「ストリーミング」（シーケンシャルアクセス、100 % リード、64 KB ブロックサイズ）と「リストア」（シーケンシャルアクセス、100 % ライト、64 KB ブロックサイズ）でのスループットを示しています。これらのケースでは、各コントローラーのパフォーマンスはほとんど同じです。



RAID 0 および 10 (5 台以上のハードディスクで構成)

オンボードコントローラーは、現在の PRIMERGY サーバで 5 台以上のハードディスクを操作するには不十分です。このため、ここでは PCIe コントローラーのみを比較しています。ここでは、より高いパフォーマンス要件のしきい値が特に重要なので、高パフォーマンスの SAS-2.0-HDD または SATA-SSD (いずれも通常 12 台) による測定をもとに解説しています。これらのハードディスクについての詳細は「[測定環境](#)」を参照してください。

LSI1068 コントローラーの場合は、現在使用可能な PRIMERGY モデルで接続できる最大ハードディスク数が 8 台なので、LSI1068 コントローラーのパフォーマンス値は 12 台ではなく 8 台のハードディスクの測定値をもとに解説しています。

LSI1068 コントローラーとは異なり、LSI1064 コントローラーはリリースされているすべての構成で最大 4 台のハードディスクしか接続できないため、ここでは扱いません。このコントローラーのパフォーマンス関連の詳細については、前述の「[RAID 0、1、10 \(最大 4 台のハードディスクで構成\)](#)」を参照してください。

ランダムアクセス

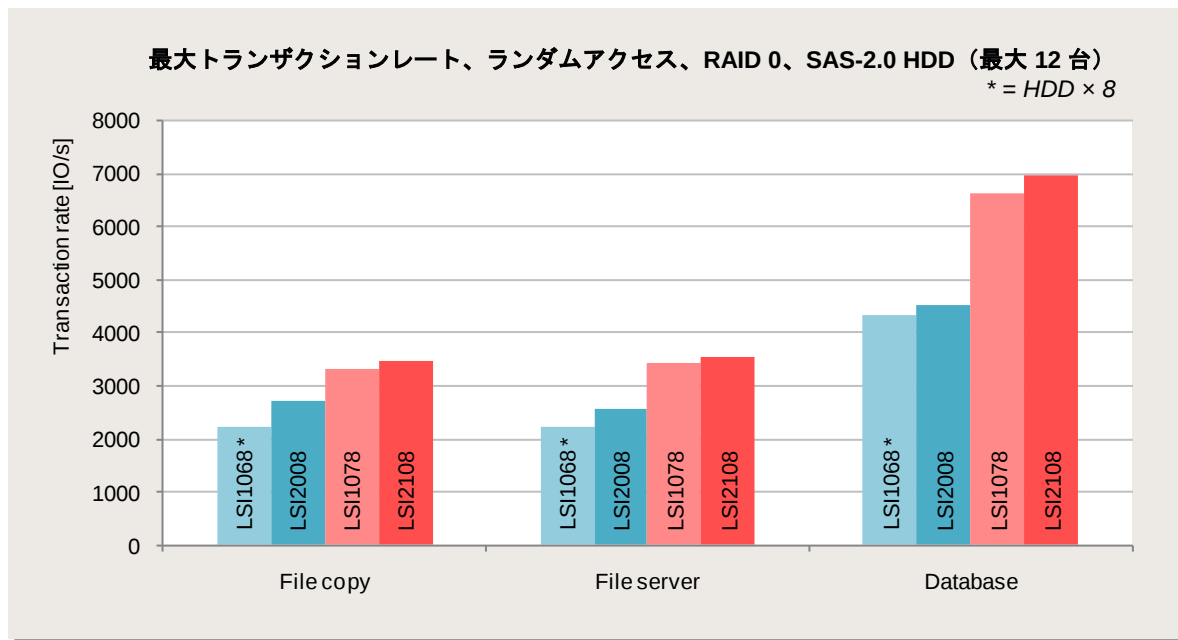
多数のハードディスクへのランダムアクセスでは、SSD のしきい値が大幅に異なるため、HDD と SSD を区別して検討します。

HDD

以降では、コントローラーによる HDD へのランダムアクセスを比較しています。ここでは、各負荷プロファイルでのストレージメディアの最大トランザクションレートが、最も重要な制限要因になります。ただし、こうしたケースでのパフォーマンスは、コントローラーと完全に独立しているわけではありません。キャッシュなしのコントローラー (LSI1068 および LSI2008) では別の影響要因もあります。これについては、該当する箇所で説明します。次に示す測定結果は最大 12 台の SAS-2.0 HDD で得られたものですが、他のタイプで期待できる最大トランザクションレートやハードディスクの数を見積もる場合にも使用できます。HDD へのランダムアクセスで得られるスループットは非常に低いため、コントローラーの PCIe または SAS インターフェースの限界には達しません。

RAID 0 (最大 12 台の SAS-2.0 HDD で構成)

次のグラフは、ランダム負荷プロファイルでの RAID 0 のハードディスクアレイにおけるトランザクションレートを示しています。このレートはさまざまなコントローラーで達成可能です。すでに述べたように、LSI1068 コントローラーは 8 台のハードディスクで測定しました。使用した SAS-2.0 ハードディスクの最大トランザクションレートは、「データベース」負荷プロファイル（ランダムアクセス、67 % リード、8 KB ブロックサイズ）で 589 IO/s になります。したがって、このハードディスク 12 台で構成されるアレイは、理論上は最大で $589 \text{ IO/s} \times 12 = 7068 \text{ IO/s}$ のトランザクションレートを達成できることになります。「データベース」負荷プロファイルで測定した最大トランザクションレートは 6951 IO/s なので、この予測値が実測値に非常によく近似していることがわかります。ここに示す測定では、ブロックサイズが 64 KB の負荷プロファイルの場合、ブロックサイズが 8 KB の負荷プロファイルの約半分のトランザクションレートになります。¹



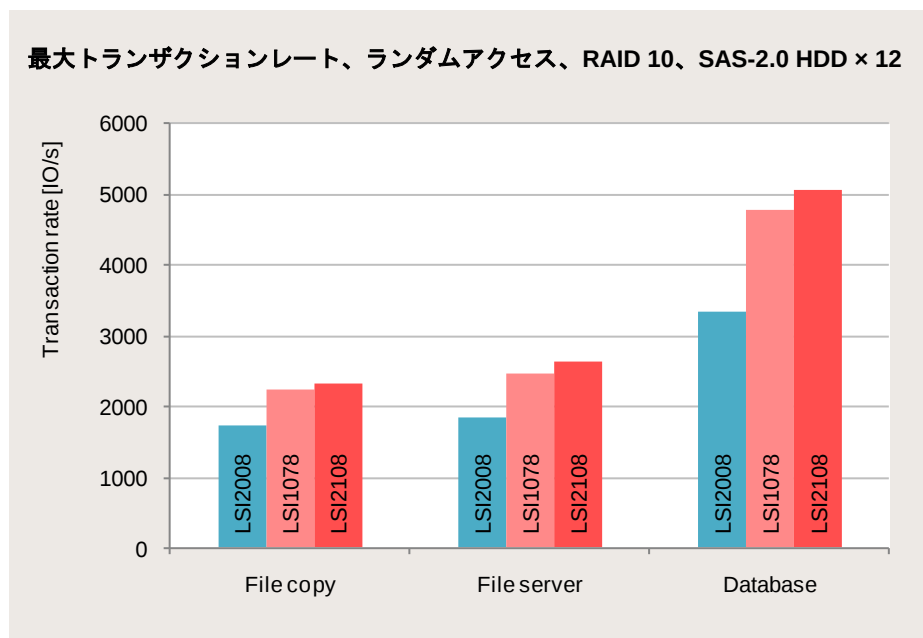
このグラフの各プロファイルの右側 2 列は、キャッシュ付きのコントローラー（LSI1078 および LSI2108）を示しています。この 2 つのコントローラーは、各負荷プロファイルでこの RAID アレイの最大トランザクションレートをほぼ達成しています。残り 2 つのコントローラー（LSI1068 および LSI2008）のトランザクションレートは、それぞれ 70 % 未満です。トランザクションレートをより精密に分析すると、ランダム負荷プロファイルの場合、同時アクセスの回数が約 32 回までは、キャッシュなしのコントローラーも、キャッシュ付きのコントローラーと同程度のパフォーマンス値を達成しています。同時アクセスの回数がそれ以上になると、キャッシュなしのコントローラー（LSI1068 および LSI2008）では、トランザクションレートが停滞します。

ここでは、12 台（または 8 台）のハードディスクでランダムアクセスを行った場合を例に、2 つのコントローラーグループの主な違いを示しています。後者（HDD 8 台のキャッシュなしコントローラー）について、32 回以上の同時アクセスでもパフォーマンスの向上が見られる場合は、より少数のハードディスクで構成された RAID アレイでも同様の違いが生じます。ただし、「[RAID 0、1、10 \(最大 4 台のハードディスクで構成\)](#)」で測定した小規模な RAID アレイでは、約 16 回の同時アクセスですでに最大パフォーマンスに達していたため、この前提条件は該当しません。このため、キャッシュなしのコントローラー（LSI1068 および LSI2008）と、キャッシュ付きのコントローラー（LSI1078 および LSI2108）の間でパフォーマンスに大きな差は生じませんでした。

¹ これは、RAID アレイが 64 KB の基本ブロックサイズ（「ストライプサイズ」）で初期化されるためです。「ストライプサイズ」より小さい 8 KB のブロックサイズでのランダム負荷プロファイルは、「HDD の数 × HDD パフォーマンス」という式で直接予測できます。RAID アレイを初期化したときと同じブロックサイズを負荷プロファイルで使用すると、約半分のトランザクションレートしか達成できません。この現象の詳細な理由については、ここでは触れません。RAID アレイの基本についての詳細は、『[RAID のパフォーマンス](#)』を参照してください。

RAID 10 (SAS-2.0 HDD × 12 で構成)

次のグラフは、ランダム負荷プロファイルでの RAID 10 のハードディスクアレイにおけるトランザクションレートを示しています。このレートはさまざまなコントローラーで達成可能です。グラフの 3 つのグループは、それぞれ標準負荷プロファイル「ファイルコピー」（ランダムアクセス、50 % リード、64 KB ブロックサイズ）、「ファイルサーバ」（ランダムアクセス、67 % リード、64 KB ブロックサイズ）、「データベース」（ランダムアクセス、67 % リード、8 KB ブロックサイズ）でのトランザクションレートを示しています。LSI1068 コントローラーは RAID 10 をサポートしていないため、ここでは扱いません。



グラフは、RAID 0 と同様の傾向を示しています。つまり、各負荷プロファイルにおいて、キャッシュなしのコントローラー（LSI2008）が達成できるのは、キャッシュ付きのコントローラーのトランザクションレートの約 70 % です。また、RAID 10 においても、このようにパフォーマンスの差異が生じるのは、RAID アレイへ 32 回以上の同時アクセスを行った場合のみです。

SATA-SSD

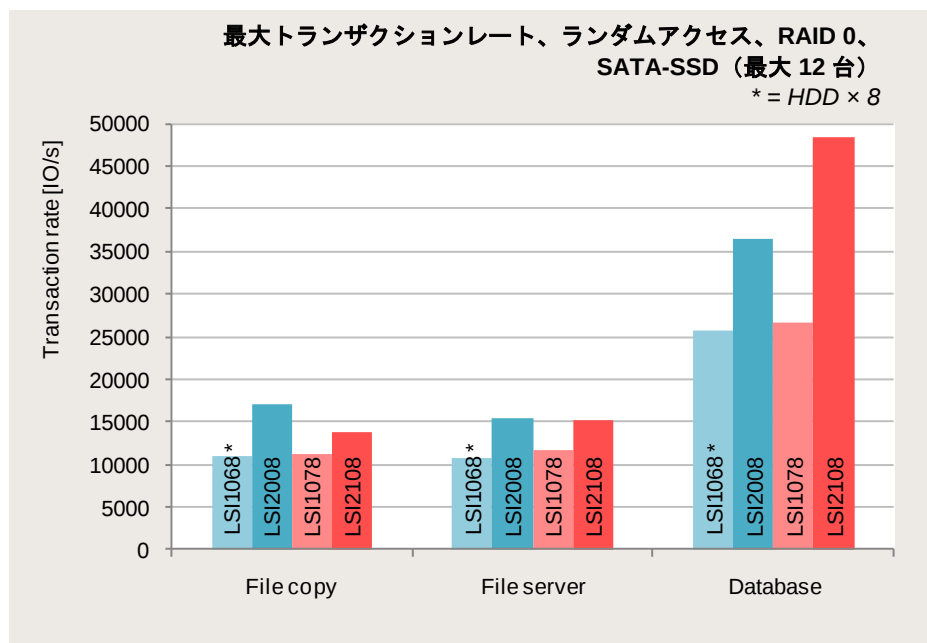
通常、個別の HDD にランダムアクセスを行った場合の最大トランザクションレートは、ハードディスクキャッシュを有効にした場合でも 700 IO/s 未満ですが、SATA-SSD の場合のトランザクションレートはその約 10 倍になります。このようにトランザクションレートが高いため、複数の SATA-SSD でアレイを構成すると、ランダムアクセスで数百 MB/s のスループットを提供できます。つまり、コントローラーのリソースとインターフェースに HDD よりはるかに高い負荷がかかるため、コントローラー世代間で差が生じます。これらのケースでは、キャッシュ付きのコントローラー（LSI1078 および LSI2108）のパフォーマンスは、キャッシュ設定を正しく選択することで大きく左右されます。このため、ServerView RAID の「Performance」モードの[標準設定](#)を次のように変更する必要があります。

- Read mode : 「Read ahead」から「No read ahead」に変更
- Write mode : 「Always write back」から「Write through」に変更

通常、SSD を使用したランダム負荷プロファイルの RAID 0、10 では、これらの変更を行うことを推奨します。

RAID 0（最大 12 台の SATA-SSD で構成）

次のグラフは、ランダム負荷プロファイルでの RAID 0 の SATA-SSD アレイにおけるトランザクションレートを示しています。このレートはさまざまなコントローラーで達成可能です。すでに述べたように、LSI1068 コントローラーは 8 台のハードディスクで測定しました。グラフの 3 つのグループは、それぞれ標準負荷プロファイル「ファイルコピー」（ランダムアクセス、50 %リード、64 KB ブロックサイズ）、「ファイルサーバ」（ランダムアクセス、67 %リード、64 KB ブロックサイズ）、「データベース」（ランダムアクセス、67 %リード、8 KB ブロックサイズ）でのトランザクションレートを示しています。LSI2008 および LSI2108 コントローラーは、ここで最高のパフォーマンスを発揮するコントローラーです。LSI2008 は「ファイルコピー」負荷プロファイルで高いパフォーマンスを実現します。LSI2108 は「データベース」負荷プロファイルでさらに大きなパフォーマンスを示します。

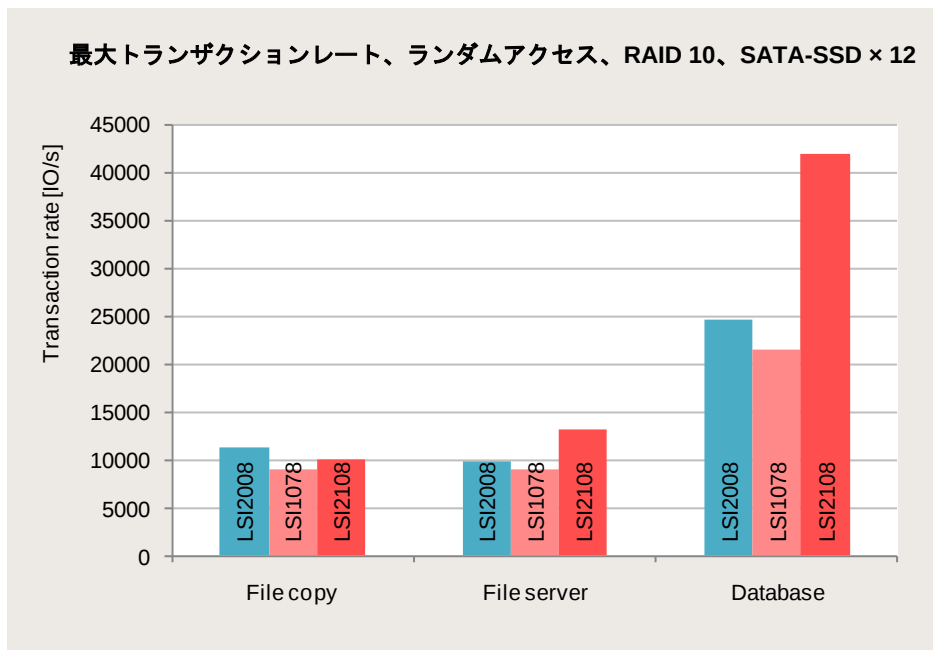


これらのトランザクションレートに関連するスループット値を理解すると興味深いことがわかります。トランザクションレートが低くても、64 KB ブロックサイズの 2 つの負荷プロファイルではスループットが高くなります。例えば、LSI2008 コントローラーは、「ファイルコピー」負荷プロファイルで約 1062 MB/s のスループットを処理します。

最大トランザクションレートを SATA SSD の数で表すと、例えば RAID 0 構成で LSI2108 コントローラーの速度性能を最大限活用するには、ランダム負荷プロファイルに応じて、6 ～ 9 台の SATA SSD が必要です。

RAID 10 (SATA-SSD × 12 で構成)

次のグラフは、ランダム負荷プロファイルでの RAID 10 の SATA-SSD アレイにおけるトランザクションレートを示しています。このレートはさまざまなコントローラーで達成可能です。グラフの 3 つのグループは、それぞれ標準負荷プロファイル「ファイルコピー」（ランダムアクセス、50 % リード、64 KB ブロックサイズ）、「ファイルサーバ」（ランダムアクセス、67 % リード、64 KB ブロックサイズ）、「データベース」（ランダムアクセス、67 % リード、8 KB ブロックサイズ）でのトランザクションレートを示しています。LSI2008 および LSI2108 コントローラーは、ここで最高のパフォーマンスを発揮するコントローラーです。LSI2008 は「ファイルコピー」負荷プロファイルでパフォーマンスにわずかな向上が見られます。LSI2108 は「ファイルサーバ」負荷プロファイルで若干の向上、「データベース」負荷プロファイルでは大きな向上が見られます。



シーケンシャルアクセス

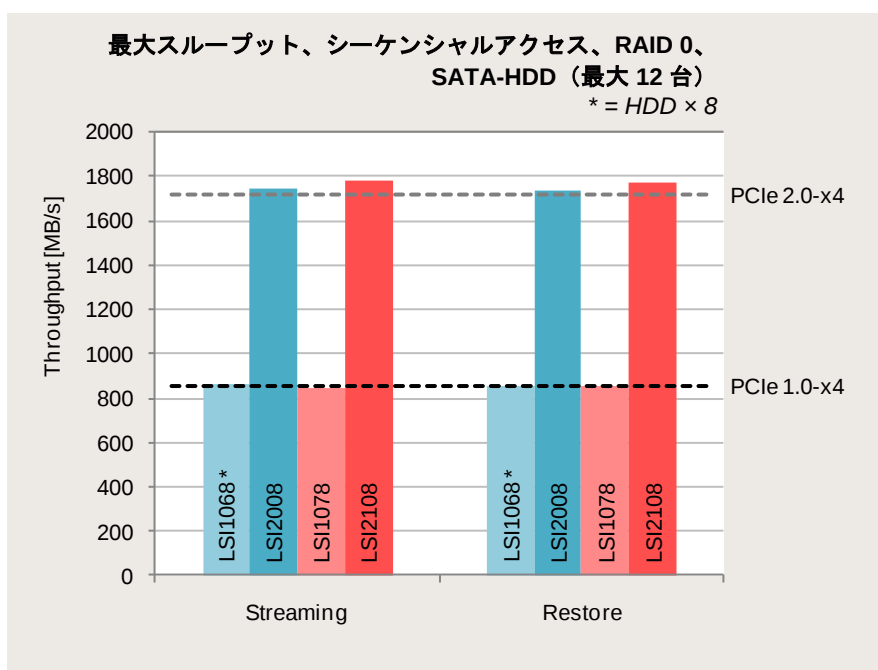
多数のハードディスクへのシーケンシャルアクセスを検討する場合は、それぞれのしきい値がほとんど同じなので、HDD と SATA-SSD を区別する必要はありません。以降では、最大 12 台の SAS-2.0 HDD での測定に基づいて、各コントローラーの概要を説明します。ここで他の種類や任意の数のハードディスクを使用した場合に予想される最大スループットは、適切な乗算により算出できます。- この方法で計算したスループットがコントローラーのしきい値を超える場合は、コントローラーのしきい値が有効になります。

RAID 0 (最大 12 台の SAS-2.0 HDD で構成)

次のグラフは、シーケンシャル負荷プロファイルでの RAID 0 のハードディスクアレイにおけるスループットを示しています。このレートはさまざまなコントローラーで達成可能です。すでに述べたように、LSI1068 コントローラーは 8 台のハードディスクで測定しました。グラフの 2 つのグループは、それぞれ標準負荷プロファイル「ストリーミング」（シーケンシャルアクセス、100 % リード、64 KB ブロックサイズ）と「リストア」（シーケンシャルアクセス、100 % ライト、64 KB ブロックサイズ）でのスループットを示しています。キャッシュ付きとキャッシュなしのコントローラーを公平に比較するために、キャッシュ付きのコントローラー（LSI1078 および LSI2108）の値は、ServerView RAID の「Performance」モードの標準設定次のように変更したうえで測定しています。

- Read mode : 「Read ahead」から「No read ahead」に変更
- Write mode : 「Always write back」から「Write through」に変更

この設定変更により、RAID 0 のシーケンシャルライトではより高いスループットを達成できました。シーケンシャルリードでは、設定変更による変化はみられません。このため、RAID 0 アレイでシーケンシャル負荷プロファイルを使用する場合は、これらの設定変更を行うことを推奨します。

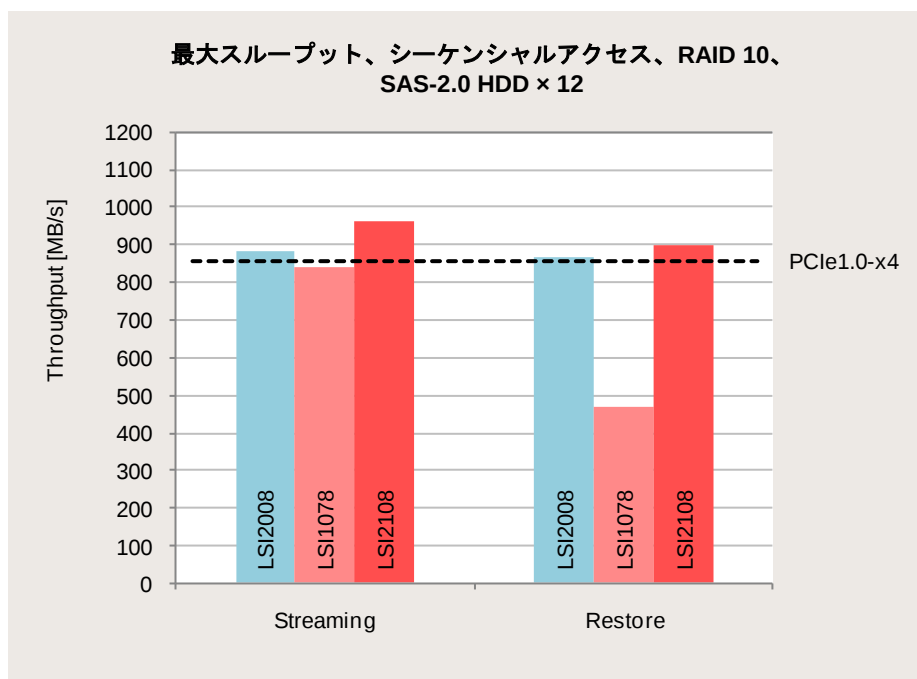


内部 RAID コントローラーは通常、PCIe 2.0-x4 用スロットで運用されます。このため、灰色の破線を上限とするスループットを達成できます。グラフからわかるように、PCIe インターフェースは、この最大構成でも HDD の速度性能をほぼ最大限活用するように調整されます。最新のコントローラ（LSI2008 および LSI2108）を PCIe 2.0-x8 用スロットで使用した場合でも、スループットの向上はわずかです（棒グラフの灰色の破線を超える部分を参照）。したがって、これらのコントローラーは、HDD で達成できるスループットをほぼ達成していることとなります（SAS-2.0 HDD の最大リード/ライトスループットは 155 MB/s。つまり、RAID アレイでは最大 155 MB/s × 12 = 1860 MB/s を管理可能）。

前世代のコントローラー（LSI1068、LSI1078）は、約 860 MB/s を達成し、PCIe インターフェースの速度性能を最大限活用しています（PCIe 1.0、x4、黒の破線）。

RAID 10 (SAS-2.0 HDD × 12 で構成)

次のグラフは、シーケンシャル負荷プロファイルでの RAID 10 のハードディスクアレイにおけるスループットを示しています。このレートはさまざまなコントローラーで達成可能です。グラフの 2 つのグループは、それぞれ標準負荷プロファイル「ストリーミング」（シーケンシャルアクセス、100 % リード、64 KB ブロックサイズ）と「リストア」（シーケンシャルアクセス、100 % ライト、64 KB ブロックサイズ）でのスループットを示しています。



LSI2008 および LSI2108 コントローラーは、シーケンシャルリードおよびライトで、予想通りの値 930 MB/s (= 155 MB/s × 6) またはそれ以上のスループットを達成しています。

LSI1078 コントローラーは、シーケンシャルリードで 840 MB/s を達成しています。つまり、PCIe インターフェースの許容値（グラフの「PCIe 1.0-x4」の破線）とほぼ同等のスループットが得られます。このコントローラーを使って RAID 10 の構成でシーケンシャルライトを実行する場合、キャッシュ設定を変更しても、スループットは 471 MB/s を超えることはありません。

RAID 5

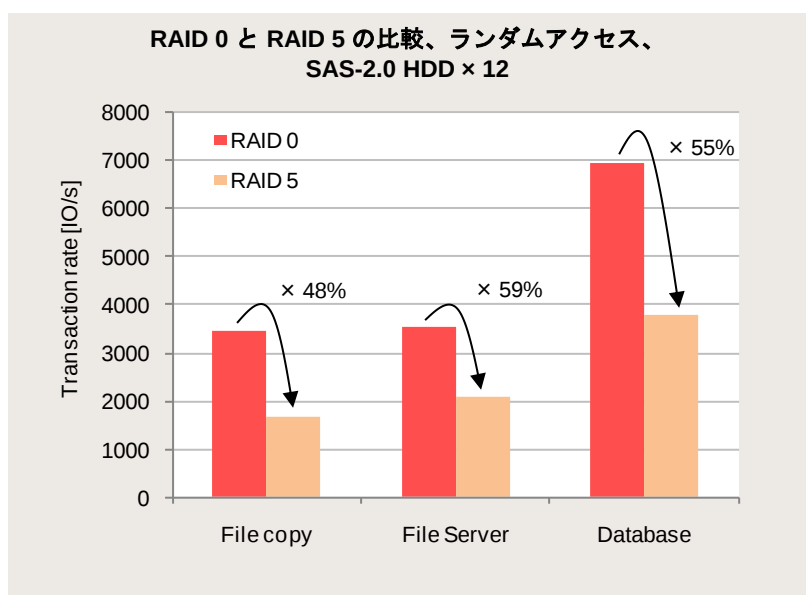
RAID レベル 0、1、10 では、コントローラーの機能は、データブロックの論理ポジションを RAID アレイの物理ポジションへ割り当てる動作（「ストライピング」）や、必要に応じて、ブロック全体のミラー形式でのライト（「ミラーリング」）に限定できます。

一方、RAID 5 のような RAID レベルでは、コントローラーは、非常に高い要件に対応する必要があります（特にライトについて）。こうした RAID レベルでは、パリティデータのブロックが必要であり、まず最初に実際のデータからパリティデータを計算しなければならないからです。

RAID 5 を標準でサポートするコントローラーは LSI1078 および LSI2108 のみなので、ここではこれらのコントローラーで測定しました。ここでは、より高いパフォーマンス要件のしきい値が特に重要なので、高パフォーマンスの SAS-2.0-HDD または SATA-SSD（いずれも 12 台）による測定に基づいて解説しています。これらのハードディスクについての詳細は「[測定環境](#)」を参照してください。

ランダムアクセス

RAID 5 のアプリケーションシナリオでは、ライトリクエストにより、RAID アレイへのアクセスが大幅に増加します。これはランダムアクセスに特に影響があります。この結果、同数のハードディスクによる RAID 0 構成と RAID 5 構成を比較した場合、アプリケーション側からみると、RAID 5 で達成可能な最大トランザクションレートが一定の割合まで低下します。次の例では RAID 5 でランダム負荷プロファイルを使用した場合の比較に限定してこれらの割合を示していますが、コントローラーによっても割合は異なります。次のグラフは、最初に RAID 0 として構成され、その後に RAID 5 として構成された 12 台の SAS-2.0 HDD アレイの最大測定トランザクションレートを示しています。RAID 0 での測定値は、この HDD アレイの技



術的な最大値をほぼ達成しています。グラフの 3 つのグループは、それぞれ標準負荷プロファイル「ファイルコピー」（ランダムアクセス、50 % リード、64 KB ブロックサイズ）、「ファイルサーバ」（ランダムアクセス、67 % リード、64 KB ブロックサイズ）、「データベース」（ランダムアクセス、67 % リード、8 KB ブロックサイズ）でのトランザクションレートを示しています。RAID 5 での測定値は、各負荷プロファイルでそれぞれの RAID 0 の値の一定の割合（%）に留まっています。グラフの各矢印の上に、割合（%）を記載しています。

LSI2108 コントローラーにおいて、この割合は、50 % ライトの負荷プロファイル（「ファイルコピー」）で 48 % 相当になります。また 33 % ライトの負荷プロファイル（「ファイルサーバ」と「データベース」）では、それぞれ 59 % と 55 % 相当になります。ライトリクエストの増倍率に基づく、これらの割合の理論値は、「ファイルコピー」では 40 %、「ファイルサーバ」および「データベース」では 50 % と推計できます。したがって、LSI2108 コントローラーは、すべてのケースで理論値よりも明らかに高い割合を達成しています。なお、この割合はコントローラキャッシュが有効の場合にのみ実現されます（標準では有効に設定されています）。これらのパーセンテージが高いほど、コントローラー設計が良いと言えます。

40 % と 50 % の理論的なパーセンテージの詳細な予測方法は、ここでは扱いません。

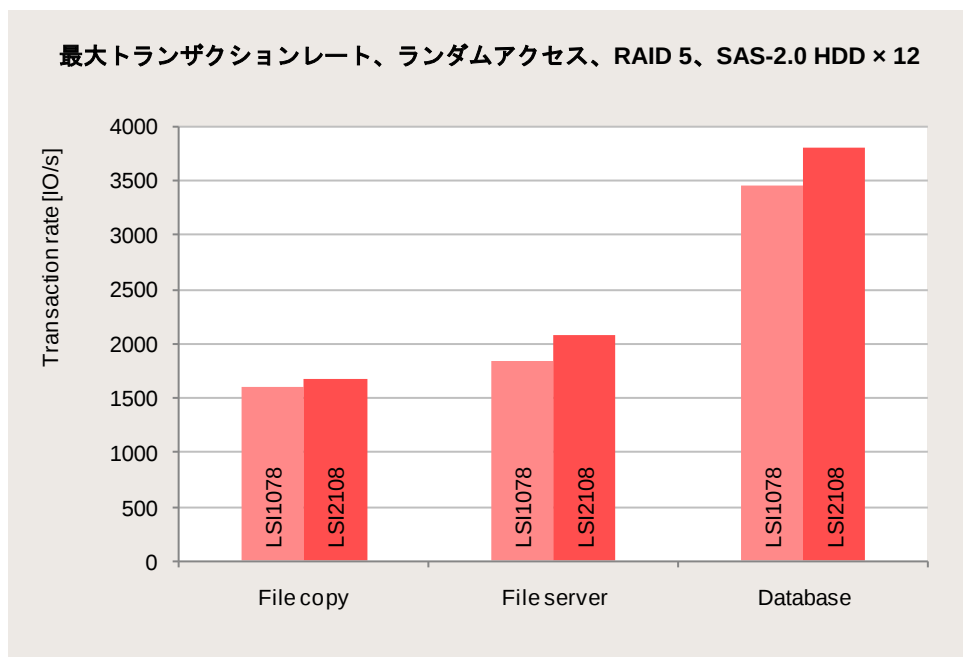
RAID レベルの基本についての詳細は『[RAID のパフォーマンス](#)』を参照してください。

HDD

RAID 5 のランダム負荷プロファイルで達成できるパフォーマンス値について、まず HDD のケースで説明します。RAID レベル 0、1、10（パリティ計算なし）の場合と同様、RAID 5 においても HDD と SSD の最大パフォーマンスには大きな違いがあります。このため、HDD と SSD を分けて検討します。

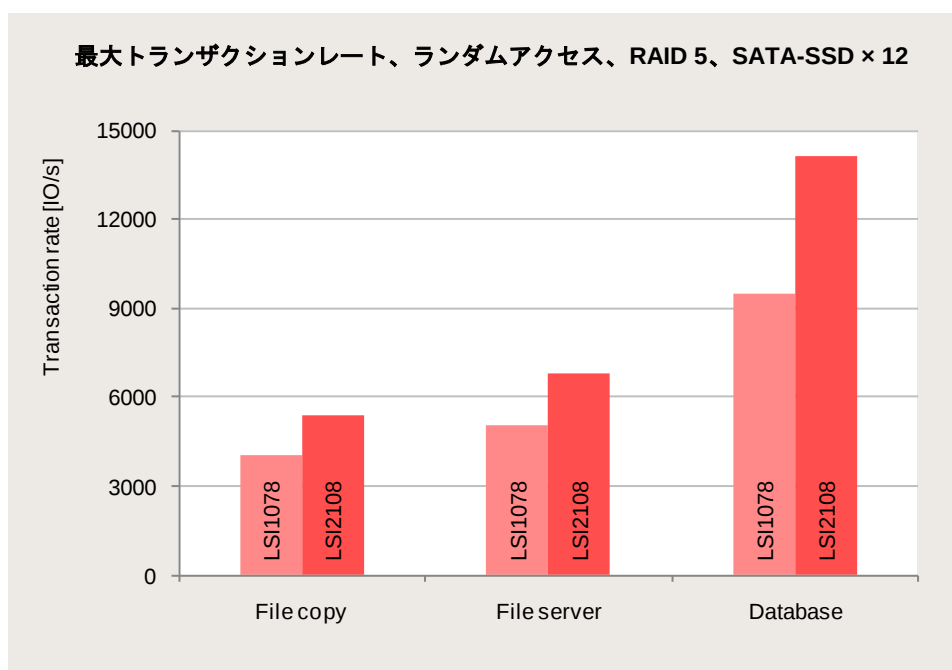
RAID 5（SAS-2.0 HDD × 12 で構成）

次のグラフは、ランダム負荷プロファイルでの RAID 5 のハードディスクアレイにおけるトランザクションレートを示しています。このレートはさまざまなコントローラーで達成可能です。グラフの 3 つのグループは、それぞれ標準負荷プロファイル「ファイルコピー」（ランダムアクセス、50 % リード、64 KB ブロックサイズ）、「ファイルサーバ」（ランダムアクセス、67 % リード、64 KB ブロックサイズ）、「データベース」（ランダムアクセス、67 % リード、8 KB ブロックサイズ）でのトランザクションレートを示しています。LSI2108 コントローラーのトランザクションレートは、前述の RAID 0 と RAID 5 の比較でも記載しています。キャッシュが増加された最新コントローラー LSI2108 が、わずかに優れています。



SATA-SSD

ここでは、SATA-SSD で達成できるトランザクションレートについて説明します（前述と同様、RAID 5 のランダム負荷プロファイルでのケースです）。前述の RAID 0、10 と同様に、RAID 5 でも SATA-SSD の使用によりコントローラー間の差が明確になります。次のグラフは、12 台の SATA-SSD で構成したアレイを使用する各コントローラーの最大トランザクションレートをまとめたものです。グラフの 3 つのグループは、それぞれ標準負荷プロファイル「ファイルコピー」（ランダムアクセス、50 % リード、64 KB ブロックサイズ）、「ファイルサーバ」（ランダムアクセス、67 % リード、64 KB ブロックサイズ）、「データベース」（ランダムアクセス、67 % リード、8 KB ブロックサイズ）でのトランザクションレートを示しています。



これらの最大値を SATA-SSD の数で表すと、LSI2108 コントローラーは RAID 5 構成で、コントローラーでボトルネックを発生させずに、ランダム負荷プロファイルによって 3~7 台の SATA-SSD にフル負荷を与えることができます。この推計は、「[測定環境](#)」で説明している SATA-SSD 固有のしきい値と、「[ランダムアクセス](#)」の冒頭に示した RAID 5 における最大トランザクションレートの低下の割合に基づいています。これらの 2 世代のコントローラー間の差は、SATA-SSD 3 台の場合でも明らかです。このため、検討のする際は、最適なパフォーマンスが得られる LSI2108 コントローラーを推奨します。

シーケンシャルアクセス

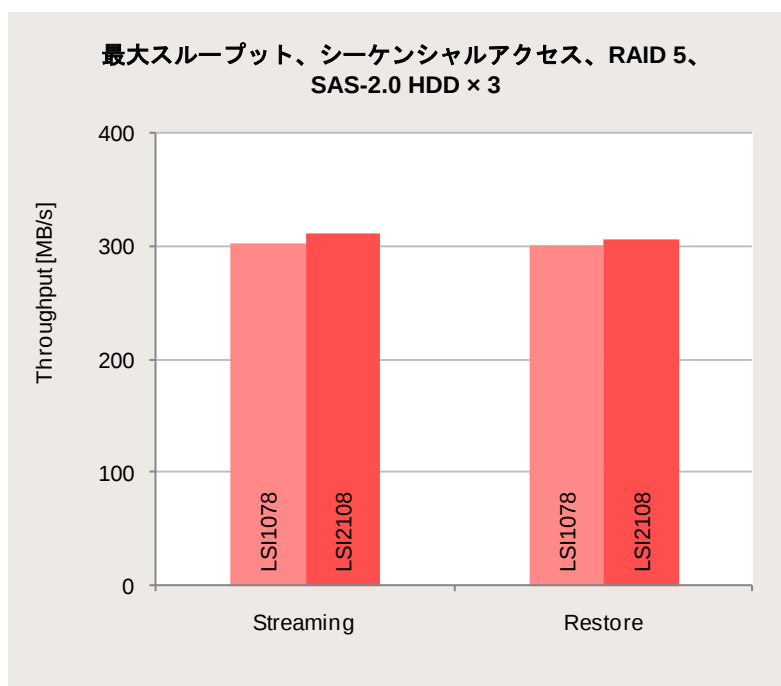
多数のハードディスクで RAID 5 を構成した場合のシーケンシャルアクセスを検討する場合も、それぞれのしきい値がほとんど同じなので、HDD と SATA-SSD を区別する必要はありません。以降では、12 台の SAS-2.0 HDD での測定に基づいて、各コントローラーの概要を説明します。他の種類や任意の数のハードディスクを使用した場合に予想される最大スループットは、算出できます。予想されるスループットがコントローラーのしきい値を超える場合は、コントローラーのしきい値が有効になります。

RAID 5 の場合、N 台のハードディスクで構成したアレイの、論理的に関連付けられたブロックグループでは、常に (N-1) 個のブロックに実データ、1 個のブロックにパリティデータが格納されます。このため、このようなグループが完全にシーケンシャルで処理される場合、どのケースでも、1/ (N-1) の割合でパリティデータが含まれます。したがって、このようなシーケンシャル処理では、アプリケーションで使用するハードディスク 1 台でのスループットの (N-1) 倍を超える値は得られません。

次の 2 つのグラフは、それぞれ異なる台数の SAS-2.0 HDD で構成された RAID 5 アレイによるシーケンシャルアプリケーションシナリオでのコントローラーを示しています。

RAID 5 (SAS-2.0 HDD × 3 で構成)

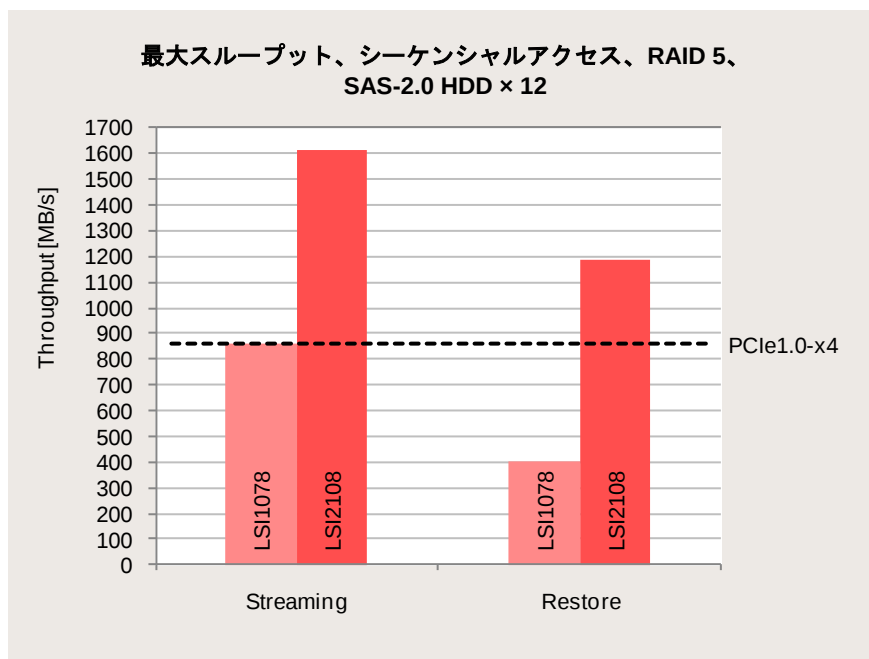
グラフの 2 つのグループは、それぞれ標準負荷プロファイル「ストリーミング」（シーケンシャルアクセス、100 % リード、64 KB ブロックサイズ）と「リストア」（シーケンシャルアクセス、100 % ライト、64 KB ブロックサイズ）でのスループットを示しています。HDD が 3 台の場合は、どのケースでも、ほぼ予測値どおり、使用する HDD タイプの約 2 倍の最大スループットが得られます ($155 \text{ MB/s} \times 2 = 310 \text{ MB/s}$)。ハードディスクの数が少ないので、コントローラー間で大きな差はまだ生じていません。



RAID 5 (SAS-2.0 HDD × 12 で構成)

HDD が 12 台の場合、LSI1078 コントローラーのしきい値が再び見られます。LSI2108 コントローラーでは、リードで 1611 MB/s のスループットを達成し、この場合の最大理論スループット 1705 MB/s (= 155 MB/s × 11) に近い値となっています。LSI1078 コントローラーでは、リードで 858 MB/s の最大スループットを達成し、PCIe 1.0-x4 インターフェースの速度性能を最大限活用しています。

この RAID レベルのシーケンシャルリードでは、LSI1078 コントローラーは約 400 MB/s、LSI2108 コントローラーは約 1200 MB/s の最大スループットを達成しています。



すでに述べたように、3 ～ 12 台のハードディスク (N) を使用する場合、このシーケンシャル負荷プロファイルの予想されるスループットは、ハードディスク 1 台でのスループットの (N-1) 倍で計算できます。この場合、コントローラーのしきい値を超えることはありません。

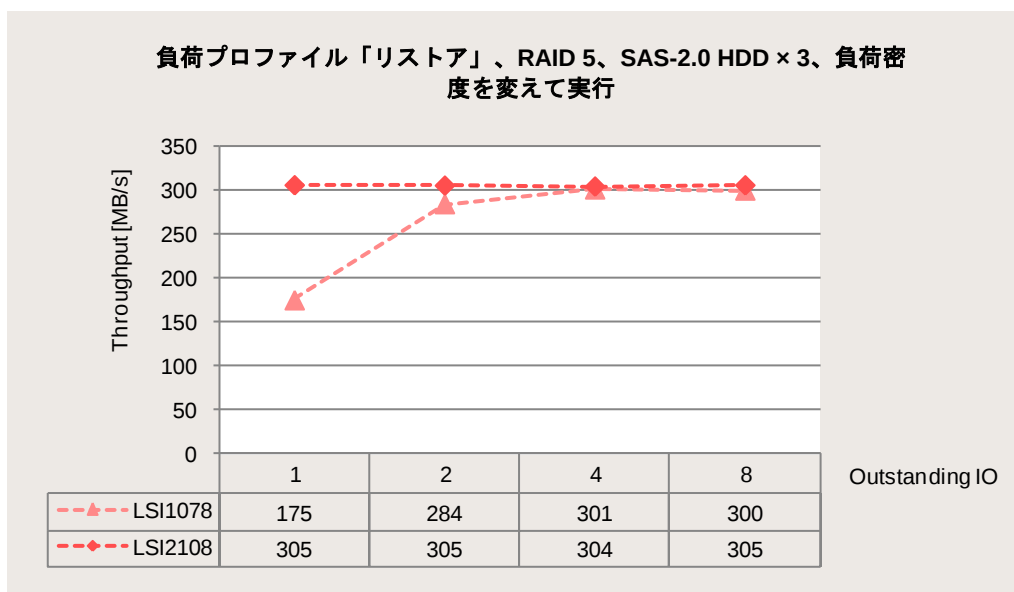
低負荷レベル

コントローラー間の差は、高負荷時の最大達成値だけでなく、低負荷時にも見られます。そのため、次の表では、同時アクセスなし（下記では「同時アクセス（未処理 I/O）× 1」と表記）で動作する、単一アプリケーションのシーケンシャルスループットについて、個々のコントローラのしきい値をまとめました。これらのしきい値は、コントローラーがサポートするすべての RAID レベルに適用されます。また、この値が超過されることはありません。これらのスループットは、RAID 0 でのみ得られます。RAID 0 以外の RAID レベルでは、多くの場合、スループットはしきい値未満に留まります。

コントローラー	シーケンシャルスループットのしきい値、 同時アクセス（未処理 I/O）× 1、64 KB ブロックサイズ	
	100 % リード （負荷プロファイル「ストリーミング」）	100 % ライト （負荷プロファイル「リストア」）
LSI1068	230 MB/s	180 MB/s
LSI2008	310 MB/s	340 MB/s
LSI1078	290 MB/s	250 MB/s
LSI2108	670 MB/s	670 MB/s

「同時アクセス（未処理 I/O）× 1」で 300 MB/s 以上のシーケンシャルスループットが得られる RAID アレイの場合、コントローラー間の差が大きくなります。この場合、コントローラーの選択を誤ると、制限に影響が出ます。

このことについて、次の例で説明します。この例は、SAS-2.0 HDD 3 台で構成した RAID 5 アレイに負荷プロファイル「リストア」（シーケンシャルアクセス、100 % ライト、64 KB ブロックサイズ）を適用した場合のスループットの測定に基づいています。比較は、LSI1078 および LSI2108 コントローラー間で、同時アクセスの数（「同時アクセス（未処理 I/O）」）を変えながら行いました。



このケースでは、同時アクセス（未処理 I/O）が 1 および 2 の場合、LSI1078 コントローラーは、LSI2108 コントローラーと同等のスループットを達成していないことが明確にわかります。LSI2108 コントローラーは、同時アクセス数（未処理 I/O 数）が 1 のときにすでに RAID 5 アレイの最大スループットを達成しています（ここでは、使用している SAS-2.0 ハードディスクの 2 倍、すなわち $155 \text{ MB/s} \times 2 = 310 \text{ MB/s}$ ）。一方、LSI1078 コントローラーは、50 % をわずかに超える値しか達成していません。

応答時間の観点からみると、低負荷密度では、LSI2108 コントローラーの応答時間は LSI1078 の約半分です。

結論

PRIMERGY サーバは、「モジュラー RAID」のコンセプトによって、さまざまなアプリケーションシナリオの多様な要件を満たすことができます。

オンボードコントローラーは、RAID レベル 0、1、10 に対応する低価格なエントリーレベルの代替ソリューションです。PCIe スロットを 1 つ節約できますが、SATA ハードディスクは 4 台に制限されます。プロセッサパフォーマンスの使用率は、新しいサーバになるほど重要性が低下します。

キャッシュなしの「SAS 0/1」RAID コントローラーは、基本的な RAID ソリューションである RAID 0、1、1E、10 をそれぞれサポートし、これらの RAID レベルで高いパフォーマンスを発揮します。

「SAS 5/6」RAID コントローラーは、現在のすべての標準 RAID ソリューション RAID 0、1、5、6、10、50、60 を提供します。これらのコントローラーにはコントローラーキャッシュが搭載され、オプションで BBU を使用したバックアップも可能です。キャッシュの使用を設定する多様なオプションにより、使用する RAID レベルに合わせた最適なパフォーマンスを柔軟に引き出すことができます。プロセッサパフォーマンスの使用率は、新しいサーバになるほど重要性が低下します。

PRIMERGY サーバを内部ハードディスクとともに使用する場合、SAS-2.0 および PCIe 2.0 の出現や、ソリッドステートディスク (SSD) の普及により、RAID コントローラーの要件が増加しています。このため、このような場合は、SAS-2.0 世代 (6G バージョン) のコントローラーを使用することを推奨します。

ディスクサブシステムに負荷をかけるアプリケーションシナリオのほとんどは、ランダムリード/ライトアクセスが伴います。SSD を使用して非常に高い I/O レートを管理する場合は、コントローラーが最大トランザクションレートに大きく影響します。このため、例えば SSD 3 台で構成した RAID 5 アレイで、データベース型アクセスを行う場合、前世代のコントローラーではなく「RAID Ctrl SAS 6G 5/6 512 MB」(LSI2108) コントローラーを使用することで、最大トランザクションレートが 2 倍になります。

900 MB/s 以上のスループットは、SSD によるシーケンシャルリードアクセスに限らず、例えば 6 台の最新 SAS-2.0 ハードディスクでも達成できます。PCIe 2.0 に準拠した新しい世代のコントローラーを使用しない場合は、約 850 MB/s で PCIe 1.0 x4 の制限に達します。

より高速なコントローラーでは、シーケンシャルアクセスの負荷プロファイルで、同時アクセスが少ないケースで達成したスループットを達成できます。RAID アレイの効率が十分であれば、このようなアプリケーションで 600 MB/s を超えるリードおよびライトのスループットも実現可能です。このような特別なケースでは、旧世代のコントローラーと比較して、約 2 倍の最大スループットが得られることになります。

コントローラーとハードディスクの構成には、現行の PRIMERGY サーバに添付される RAID-Manager ソフトウェア「ServerView RAID」の使用を推奨します。このソフトウェアを使用すると、パフォーマンスやデータセキュリティに関する顧客要件に合わせて、コントローラーとハードディスクの設定を容易に調整できます。設定は、ほとんどのアプリケーションシナリオでコントローラーに依存せずに行えます。電源障害時の緩衝措置として BBU および UPS を使用している場合は、データの安全性を確保しながら最大パフォーマンスを得ることができます。

関連資料

PRIMERGY システム

<http://ts.fujitsu.com/primergy>

PRIMERGY のパフォーマンス

http://ts.fujitsu.com/products/standard_servers/primergy_bov.html

ディスク I/O パフォーマンスの基本

<http://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=35801735-a223-491a-a879-43f506444366>

単一ディスクのパフォーマンス

<http://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=de940140-2f25-4207-8862-563c4d91f30c>

RAID のパフォーマンス

<http://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=c852cc6b-e5af-46aa-ab60-4a5a154d42a8>

Iometer についての情報

<http://www.iometer.org>

PC サーバ PRIMERGY (プライマジー)

<http://jp.fujitsu.com/platform/server/primergy/>

お問い合わせ先

富士通テクノロジー・ソリューションズ

Web サイト : <http://ts.fujitsu.com>

PRIMERGY のパフォーマンスとベンチマーク

<mailto:primergy.benchmark@ts.fujitsu.com>

知的所有権を含むすべての権利は弊社に帰属します。製品データは変更される場合があります。納品までの時間は在庫状況によって異なります。データおよび図の完全性、事実性、または正確性について、弊社は一切の責任を負いません。本書に記載されているハードウェアおよびソフトウェアの名称は、それぞれのメーカーの商標等である場合があります。第三者が各自の目的でこれらを使用した場合、当該所有者の権利を侵害することがあります。詳細については、http://ts.fujitsu.com/terms_of_use.html を参照してください。

2011-09-15 WW JA

Copyright © Fujitsu Technology Solutions GmbH 2011