Fujitsu Server PRIMERGY & PRIMEQUEST パフォーマンスレポート

RAID コントローラーのパフォーマンス 2021

本書は、Fujitsu PRIMERGY および PRIMEQUEST サーバのディスク IO 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ー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。本書では、2021 年以降の PRIMERGY および PRIMEQUEST システムに搭載可能な現世代のコントローラーを紹介します。

バージョン
1.4 2023-10-03

© 2023 Fujitsu Limited

目次

はじめに **5**

測定対象の RAID コントローラー **6**

コントローラーインターフェースとそのスループットの限界 6

RAID レベルと期待される性能 7

測定内容 **9**

測定方法 9

測定環境 10

Intel VROC SATA RAID Controller RX2540 M6 onboard **11**

RAID 設定、テストボリューム 11

SATA-HDD 接続 11

SATA-SSD 接続 12

Intel VROC NVMe RAID Controller RX2540 M6 onboard **13**

RAID 設定、テストボリューム 13

NVMe 接続 13

Embedded MegaRAID [Intel C620 PCH SATA Controller] RX2540 M5 onboard **15**

RAID 設定、テストボリューム 15

SATA-HDD 接続 15

SATA-SSD 接続 16

Microsoft storage pool [Intel PCIe Device Adapter] RX2540 M5 onboard **17**

RAID 設定、テストボリューム 17

NVMe 接続 17

PSAS CP2100-8i PCIe option **18**

RAID 設定、テストボリューム 18

SAS-HDD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定) 18

SAS-SSD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定) 19

PRAID CP400i PCIe option **21**

RAID 設定、テストボリューム 21

SAS-HDD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定) 21

SAS-SSD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定) 22

PRAID CP500i PCIe option **24**

 © 2023 Fujitsu Limited

RAID 設定、テストボリューム 24
SAS-HDD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定) 24
SAS-SSD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定) 25
PRAID CP600i PCIe option 27
RAID 設定、テストボリューム 27
SAS-HDD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定) 27
SAS-SSD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定) 28
PRAID EP400i PCIe option 29
RAID 設定、テストボリューム 29
SAS-HDD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定) 29
SAS-SSD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定) 30
PRAID EP420i PCIe option 32
RAID 設定、テストボリューム 32
SAS-HDD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定) 32
SAS-SSD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定) 33
PRAID EP540i PCIe option 35
RAID 設定、テストボリューム 35
SAS-HDD 接続 35
SAS-SSD 接続 36
NVMe 接続 37
PRAID EP640i PCIe option 39
RAID 設定、テストボリューム 39
SAS-HDD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定) 39
SAS-SSD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定) 40
PRAID EP680i PCIe option 42
RAID 設定、テストボリューム 42
SAS-HDD 接続 42
SAS-SSD 接続 43
NVMe 接続 44
PRAID EP3254-8i PCIe option 46
RAID 設定、テストボリューム 46

 © 2023 Fujitsu Limited

SAS-HDD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定) 46
SAS-SSD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定) 48
PRAID EP3258-16i PCIe option 49
RAID 設定、テストボリューム 49
SAS-HDD 接続 49
SAS-SSD 接続 51
NVMe 接続 52
コントローラーキャッシュの効果 53
RAID 設定、テストボリューム 53
SAS-HDD 接続 54
SAS-SSD 接続 58
多重化によるトランザクションレートの向上 62
PRAID EP680i 62
おわりに 63
付録 1：結果一覧 64
HDD 接続 64
SSD 接続 67
NVMe 接続 70
付録 2：キャッシュ効果測定結果一覧 71
HDD 接続 71
SSD 接続 76
関連資料 80

 © 2023 Fujitsu Limited

はじめに

サーバ環境において内蔵ストレージは、システム性能を左右する重要なコンポーネントであるとともにハードウェア故障からのデータ保護、容易に復旧できる仕組みが必要です。そのため、サーバでは RAID（Redundant Array of Independent Disks：独立ディスク冗長配列）と呼ばれる方法を採用し、複数ドライブを統括しアクセスすることで性能を向上させるとともに、ドライブ故障が発生した場合に他のドライブで補う機能を提供しています。PRIMERGY および PRIMEQUEST サーバは、種々の RAID コントローラーとドライブによりさまざまな構成が利用できます。
本書では、第 2 世代以降の Intel Xeon スケーラブル・プロセッサ搭載 PRIMERGY および PRIMEQUEST で新規にサポートされている RAID コントローラーと主なストレージドライブを接続した際の性能データをまとめ、ストレージシステムを構築する際に参照していただくことを目的としています。コントローラーの持つ機能や各設定値については各コントローラーのユーザーマニュアルを参照ください。また、従来の RAID コントローラーについては以下のホワイトペーパーを参照ください。

- 「RAID コントローラーのパフォーマンス 2018」
  PRIMERGY および PRIMEQUEST 向けに提供されている RAID コントローラーについて、そのパフォーマンスを含めて説明しています。
- 「ディスク I/O パフォーマンスの基本」
  ディスク I/O パフォーマンスの概要について説明しています。

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^{12} バイト）、その他の容量やファイルサイズ、ブロックサイズ、スループットを示す場合は 2 のべき乗（1 MiB/s = 2^{20} バイト/s）で表記しています。

 © 2023 Fujitsu Limited

測定対象の RAID コントローラー

以下の RAID コントローラーと各種ストレージドライブ接続時の性能を測定しています。

コントローラー名	搭載方法	キャッシュ	対応インターフェース		最大ドライブ数	RAID レベル
			CPU 側	ドライブ側		
Intel VROC SATA RAID Controller	RX2540 M6 Onboard	-	DMI3 x4	SATA 6G	8	0/1/10
Intel VROC NVMe RAID Controller	RX2540 M6 Onboard	-	PCIe Gen4 x16	NVMe Gen4	8	0/1/10/5
Embedded MegaRAID [Intel C620 PCH SATA Controller]	RX2540 M5 Onboard	-	DMI3 x4	SATA 6G	8	0/1/10
Microsoft storage pool [Intel PCIe Device Adapter]	RX2540 M5 Onboard	-	PCIe Gen3 x16 x2	NVMe Gen3	8	0/1/10
PSAS CP2100-8i	PCIe Option	-	PCIe Gen3 x8	SATA 6G SAS 12G	8	0/1/10/5
PRAID CP400i	PCIe Option	-	PCIe Gen3 x8	SATA 6G SAS 12G	8	0/1/1E/10/5/50
PRAID CP500i	PCIe Option	-	PCIe Gen3 x8	SATA 6G SAS 12G	8	0/1/10/5/50
PRAID CP600i	PCIe Option	-	PCIe Gen4 x8	SATA 6G SAS 12G	8	0/1/10
PRAID EP400i	PCIe Option	1 GB	PCIe Gen3 x8	SATA 6G SAS 12G	8	0/1/1E/10/5/50 /6/60
PRAID EP420i	PCIe Option	2 GB	PCIe Gen3 x8	SATA 6G SAS 12G	8	0/1/1E/10/5/50 /6/60
PRAID EP540i	PCIe Option	4 GB	PCIe Gen3 x8	SATA 6G SAS 12G	16	0/1/1E/10/5/50 /6/60
				NVMe Gen3	4	
PRAID EP640i	PCIe Option	4 GB	PCIe Gen4 x8	SATA 6G SAS 12G	8	0/1/1E/10/5/50 /6/60
PRAID EP680i	PCIe Option	8 GB	PCIe Gen4 x8	SATA 6G SAS 12G	16	0/1/1E/10/5/50 /6/60
				NVMe Gen4	4	
PRAID EP3254-8i	PCIe Option	4 GB	PCIe Gen4 x8	SATA 6G SAS 24G	8	0/1/10/5/50 /6/60
PRAID EP3258-16i	PCIe Option	8 GB	PCIe Gen4 x8	SATA 6G SAS 24G	16	0/1/10/5/50 /6/60
				NVMe Gen4	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の限界

RAID コントローラーには、ストレージドライブに接続するインターフェースと、CPU に接続するインターフェースがあります。ドライブのインターフェースは、Serial Attached SCSI(SAS)、Serial Advanced Technology Attachment(SATA)および Non-Volatile Memory Express(NVMe)です。NVMe は、フラッシュストレージ向けに設計された通信プロトコルで接続に PCIe が使用されています。通常の NVMe ドライブは、PCIe 4 レーンが使用されています。CPU のインターフェースは Peripheral Component Interconnect-Express(PCIe)ですが、オンボード SATA コントローラーの場合は、Direct Media Interface(DMI)で接続されます。

ストレージドライブ側インターフェースと CPU 側インターフェースのスループットの上限は次のとおりです。

ストレージドライブ側

インターフェース	通信帯域	論理スループット	実効スループット(90%)
SATA 6G	6 Gbps	572 MiB/s	515 MiB/s
SAS 12G	12 Gbps	1,144 MiB/s	1,030 MiB/s
NVMe Gen3	8 Gbps x4	3,756 MiB/s	3,380 MiB/s
NVMe Gen4	16 Gbps x4	7,512 MiB/s	6,760 MiB/s

 © 2023 Fujitsu Limited

SATA、SAS の理論的に達成可能なスループットは、8b/10b コーディングによるシリアル転送の冗長性 20%を引いて計算しています。NVMe の場合、128b/130b コーディングによる冗長性 1.54%を引きます。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、従来測定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。
デバイス側最大スループットは、接続に使用するインターフェースのスループット×ドライブ数になります。エキスパンダーを使用し、接続ドライブ数を拡張することができますが、エキスパン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。例えば SAS 12G を 8port 持つコントローラーにエキスパンダーを使用して 16 ドライブを接続しても 1,030 MiB/s x 8port の 8,240 MiB/s が上限になります。

CPU 側

インターフェース	レーン数	通信帯域	論理スループット	実効スループット(90%)
DMI Gen3	x4	8 Gbps x4	3,756 MiB/s	3,380 MiB/s
PCIe Gen3	x8	8 Gbps x8	7,512 MiB/s	6,760 MiB/s
PCIe Gen3	x16	8 Gbps x16	15,024 MiB/s	13,520 MiB/s
PCIe Gen4	x8	16 Gbps x8	15,024 MiB/s	13,520 MiB/s
PCIe Gen4	x16	16 Gbps x16	30,048 MiB/s	27,040 MiB/s

理論的に達成可能なスループットは、128b/130b コーディングによる冗長性 1.54%を引いて計算しています。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、測定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。

RAID コントローラーが実際に達成可能な最大スループットは、デバイス側最大スループットと CPU 側最大スループットのうち小さな方となります。例えば RAID コントローラーに SAS 12G のストレージドライブ 8 台を接続すると、ドライブ側スループットは、1,030 MiB/s x 8 台で 8,240MiB/s のスループットが見込まれますが、CPU 側が PCIe Gen3 x8 の場合、スループットは 6,760 MiB/s に留まります。同様に NVMe Gen3 のストレージドライブ 4 台接続の場合、ドライブ側スループットは、3,380 MiB/s x 4 台で 13,520MiB/s が見込まれますが、CPU 側が PCIe Gen3 x8 では、6,760 MiB/s に制限されます。RAID コントローラーの採用にあたっては、使用するストレージドライブの種類とドライブ数、CPU 側インターフェース種類の検討が必要です。

RAID レベルと期待される性能

RAID には接続ドライブの制御方法により RAID0 から RAID6 のレベルが定義されています。一般に使用されているのは、以下のレベルです。

RAID0　ストライピング

複数台のドライブにデータを分散させ読み書きをおこなうことで高速化できます。冗長性が無く 1 台のドライブ故障で全データが失われてしまいます。このため、故障率も接続台数分高くなります。

RAID1　ミラーリング

2 台のドライブに同一データを書き込むことで、ドライブが故障した際もう一方のドライブで稼働し続けることができます。リード性能は 2 台のドライブを並列にアクセスすることで向上することができますが、ライト性能は 2 台のドライブに同一データを書き込むため低下します。

RAID10

高信頼性を求めた RAID1(ミラーリング)と高速化を目指した RAID0(ストライピング)を組み合わせ、アクセス性能と耐障害性を向上できます。ライト性能もミラーセット数分の向上が図れます。

 © 2023 Fujitsu Limited

RAID5

複数のドライブに分散してデータを書き込むと同時に、パリティデータを生成して書き込みます。パリティデータは全ドライブに分散して書き込まれます。パリティデータからデータを再生することにより 1 台のドライブ故障に耐性があります。パリティデータのために接続ドライブの 1 台分の容量を使用します。このため、ドライブ台数－1 台分の容量を使用することができます。

RAID6

複数のドライブに分散してデータを書き込むと同時に、二重にパリティデータを生成して書き込みます。パリティデータを二重に持つことにより 2 台のドライブ故障に耐性があります。パリティデータのため接続ドライブの 2 台分の容量を使用するため、ドライブ台数－2 台分の容量を使用することができます。

各 RAID レベルで、リード性能はドライブ数分の向上が期待できますが、ライト性能は接続ドライブへの IO 数とパリティ生成処理時間に依存します。下表は各 RAID レベルでコントローラーが発行する IO 数と最大帯域幅をまとめたものです。実際の性能値はコントローラーの処理性能とストレージドライブのインターフェース帯域幅によって異なります。

RAID レベル		バックエンドへの IO 数		シーケンシャル	シーケンシャル
		ランダムリード	ランダムライト	リード転送性能	ライト転送性能
RAID0	Stripe	1	1	N×SR	N×SW
RAID1	Mirror	1	2	N×SR	N×SW /2
RAID10	Mirror + Stripe	1	2	N×SR	N×SW /2
RAID5	Single Parity	1	4	N×SR	(N－1) ×SW
RAID6	Double Parity	1	6	N×SR	(N－2) ×SW

N:ドライブ数、SR:単体リード性能、SW:単体ライト性能

※ RAID コントローラーに接続されているドライブへの IO 命令の実行数です。
ランダムリードでは、ターゲットとなるデータを記録しているドライブからの 1 回のリードアクセスが実行されます。
RAID1/10 のランダムライトでは、ミラーリングのためデータストライプへの 2 回ライトアクセスが実行されます。
RAID5 のランダムライトでは、以下の処理により、ドライブへのアクセスが合計 4 回実行されます。

1) 元のデータストライプの読み出し。
2) 元のパリティストライプの読み出し、元のデータストライプと書き込みデータから新しいパリティストライプを計算する。
3) データストライプを更新する。
4) 新しいパリティストライプを書き込む。

 © 2023 Fujitsu Limited

測定内容

測定方法

PRIMERGY および PRIMEQUEST 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、以下の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（KiB）
- キューデプス（一度に発行する IO 要求数）

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[kiB]	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

本書の測定は、Iometer というツールを使用し、これらの標準負荷プロファイルに基づいたアクセスパターンで、キューデプス（一度に発行する IO 要求数）を変化させてその最大値を測定しています。
ストレージシステムの応答時間を含めた測定を行うため、”# of Worker Threads＝1”で実行しています。

主な測定項目は次のとおりです。

- スループット [MiB/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 [IO/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）

アクセスが、シーケンシャルな負荷プロファイルでは「データスループット」値を、ランダムな負荷プロファイルでは「トランザクションレート」値を使用しています。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 *[MiB/s]*	= トランザクションレート *[IO/s]* × ブロックサイズ *[MiB]*
トランザクションレート *[IO/s]*	= データスループット *[MiB/s]* / ブロックサイズ *[MiB]*

 © 2023 Fujitsu Limited

測定環境

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）				
ハードウェア				
モデル		PRIMERGY RX2540 M6 PRIMERGY RX2540 M5		
Onboard	RX2540 M6	Intel VROC SATA RAID Controller Intel VROC NVMe RAID Controller		
	RX2540 M5	Embedded MegaRAID [Intel C620 PCH SATA Controller] Microsoft storage pool [Intel PCIe Device Adapter]		
RAID コントローラー		PSAS CP2100-8i PRAID CP400i PRAID CP500i PRAID CP600i PRAID EP400i PRAID EP420i PRAID EP540i PRAID EP640i PRAID EP680i PRAID EP3254-8i PRAID EP3258-16i		
ストレージドライブ	SATA	Seagate Micron	ST1000NX0313 MTFDDAK240TDS	7.2krpm, 512e Read Intensive
	SAS	Toshiba Toshiba Seagate Seagate	AL15SEB030N AL15SEB090N XS400ME70084 XS400ME70094	10krpm, 512n 10krpm, 512n Write Intensive Write Intensive, SED
	NVMe	Intel	SSDPE2KE032T8	Mixed Use
ソフトウェア				
オペレーティングシステム		Microsoft Windows Server 2019 Standard		
管理ソフトウェア		ServerView RAID Manager 7.6.3		
測定ツール		Iometer 1.1.0		

 © 2023 Fujitsu Limited

Intel VROC SATA RAID Controller RX2540 M6 onboard

オンボード SATA インターフェースに接続した SATA ドライブを RAID0/1/10 にて使用することができます。8 台まで SATA ドライブを接続できます。

RAID 設定、テストボリューム

以下の設定と論理ボリュームを対象に測定しました。

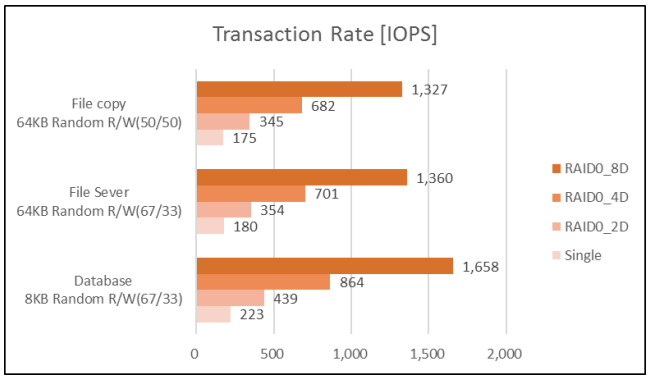
Strip Size	Controller Cache policy		Disk Cache
RAID0: 128 KiB RAID1: N/A RAID10: 64 KiB	Write Cache	off	Disabled
	Cache Policy	off	

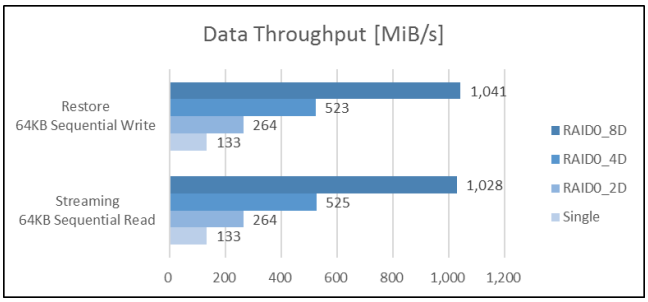
Test Volume	Volume Size	File system	Note
#1	Full size	RAW	Sequential test volume Random test volume

SATA-HDD 接続

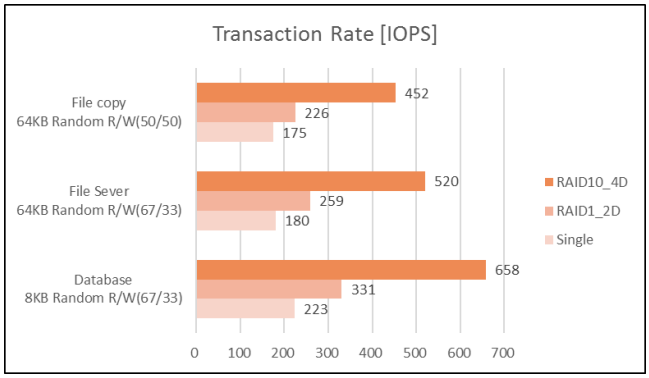
RAID0 では、接続したドライブの数に比例した性能値が得られています。RAID1/10 ではリード性能が期待性能より低い傾向がありますが、ライト性能は期待性能が得られています。

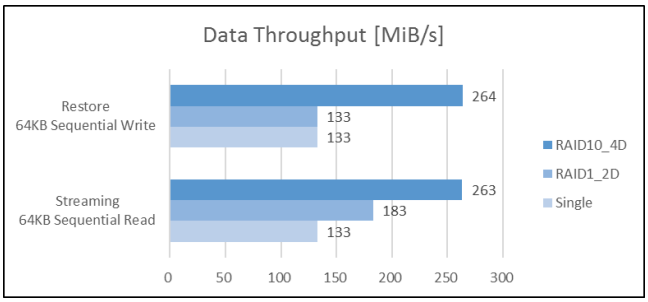
【RAID0】





【RAID1/10】



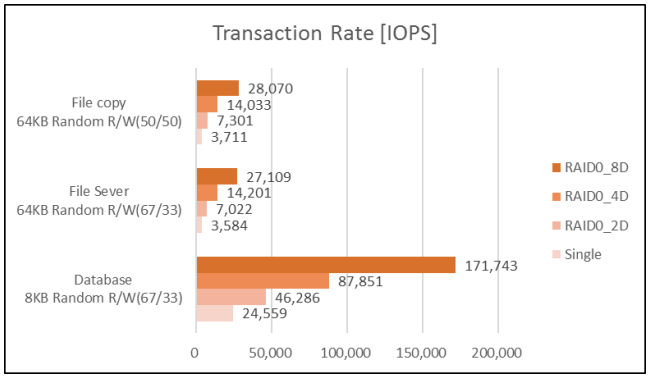


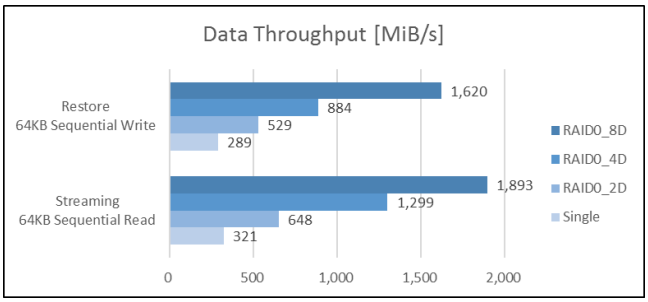
 © 2023 Fujitsu Limited

SATA-SSD 接続

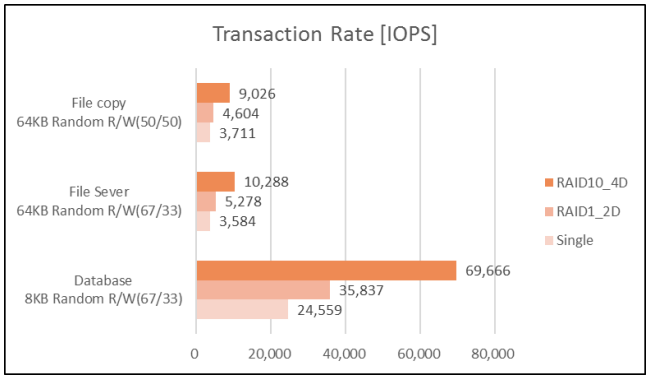
RAID0 では、接続したドライブの数に比例した性能値が得られています。RAID1/10 は、ほぼ期待の性能が得られています。

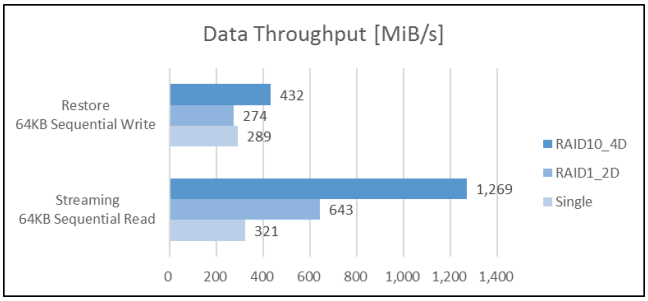
【RAID0】





【RAID1/10】





 © 2023 Fujitsu Limited

Intel VROC NVMe RAID Controller RX2540 M6 onboard

Intel Xeon Scalable Processor の PCIe レーンに接続した NVMe ドライブを RAID0/1/10/5 にて使用することができます。2 プロセッサで 8 台まで NVMe ドライブを接続できます。

RAID 機能を使用するには"Intel VROC アップグレードキー (Premium)"を搭載する必要があります。

RAID 設定、テストボリューム

以下の設定と論理ボリュームを対象に測定しました。

Strip Size	Controller Cache policy		Disk Cache
RAID0: 128 KiB RAID1: N/A RAID10: 64 KiB RAID5 x3: 64 KiB RAID5 x4: 32 KiB RADI5 x8: 16 KiB	Write Cache	off	Disabled
	Cache Policy	off	

Test Volume	Volume Size	File system	Note
#1	Full size	RAW	Sequential test volume Random test volume

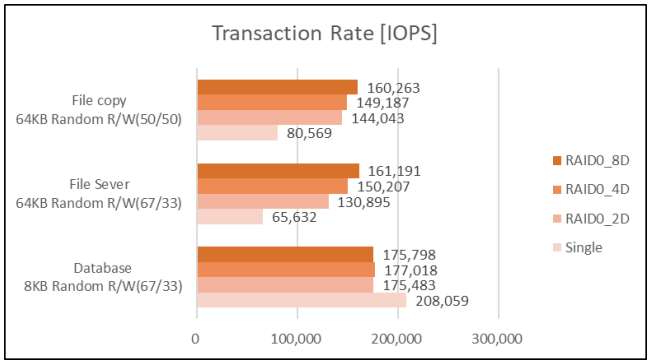
NVMe 接続

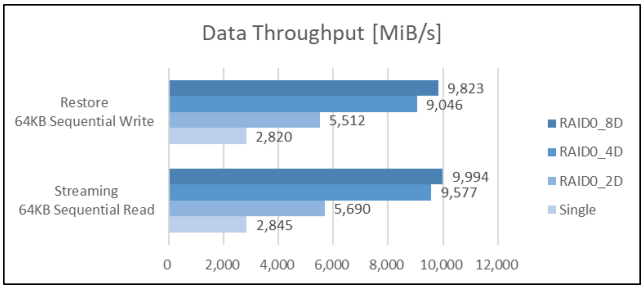
RAID0 のシーケンシャル性能は、4 台接続で限界に達しており 8 台接続時とほぼ同等となっています。

ランダムアクセスであるデータベースパターンの性能値は、"# of Worker Threads＝1"で測定しているために転送処理のレイテンシーがネックとなり、トランザクションレートが頭打ちとなっています。

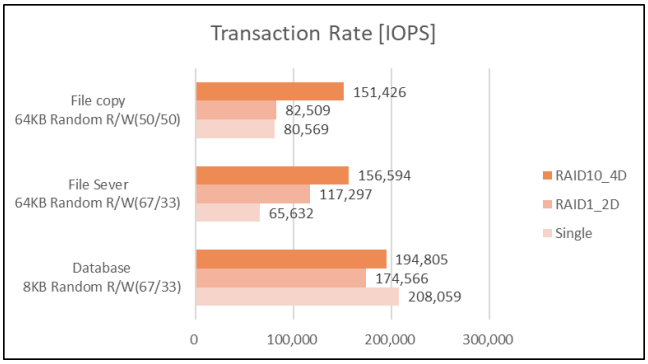
RAID1/10 は、シーケンシャルアクセスでほぼ期待の性能が得られています。

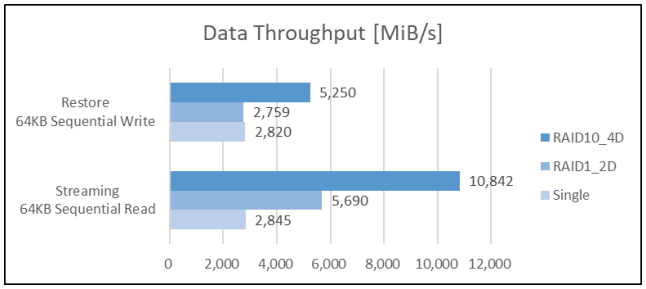
【RAID0】





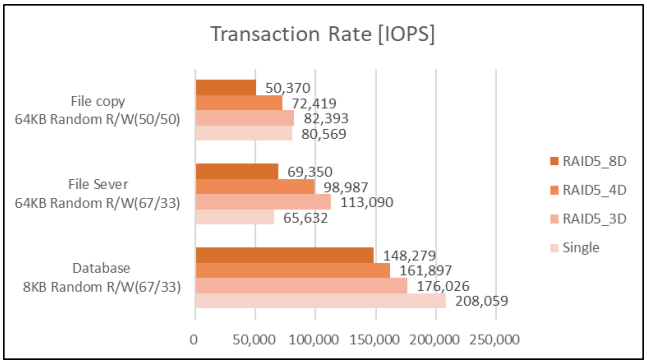
【RAID1/10】

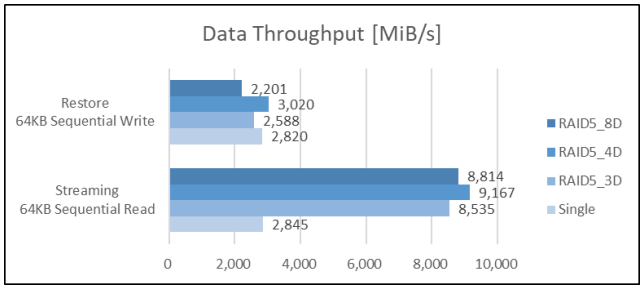




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】





 © 2023 Fujitsu Limited

Embedded MegaRAID [Intel C620 PCH SATA Controller] RX2540 M5 onboard

オンボード SATA インターフェースに接続した SATA ドライブを RAID0/1/10 にて使用することができます。8 台まで SATA ドライブを接続できます。

RAID 設定、テストボリューム

以下の設定と論理ボリュームを対象に測定しました。

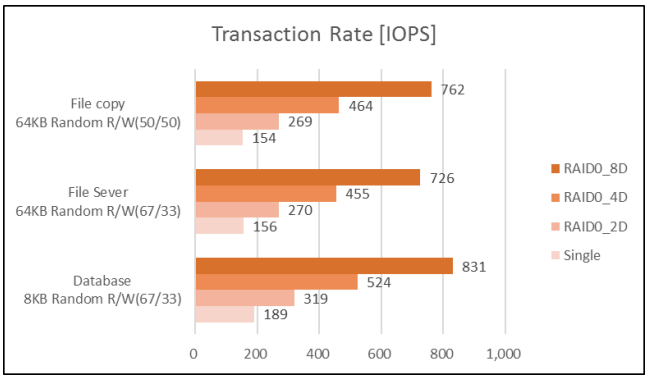
Strip Size	Controller Cache policy		Disk Cache
64 KiB	Read	Read Ahead	Disabled
	Write	Write Through	

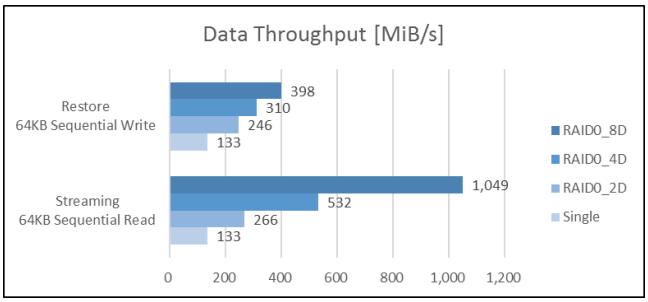
Test Volume	Volume Size	File system	Note
#1	full	RAW	Sequential test volume Random test volume

SATA-HDD 接続

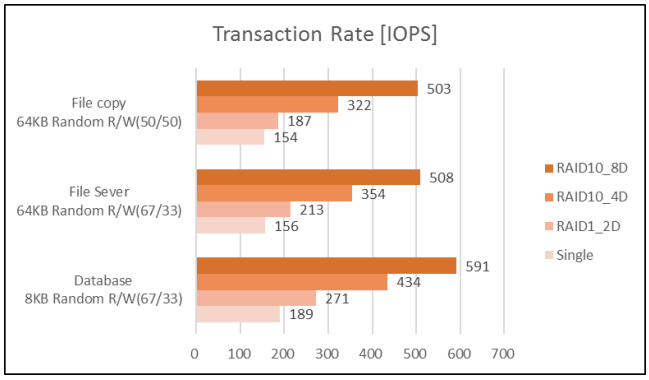
RAID0 のリードアクセスは、接続したドライブの数に比例した性能値が得られていますがライト性能は低い増加率に留まります。RAID1 はほぼ単体性能と同等、また、RAID10 では、ライト性能が RAID0 と同様に低い増加率に留まります。

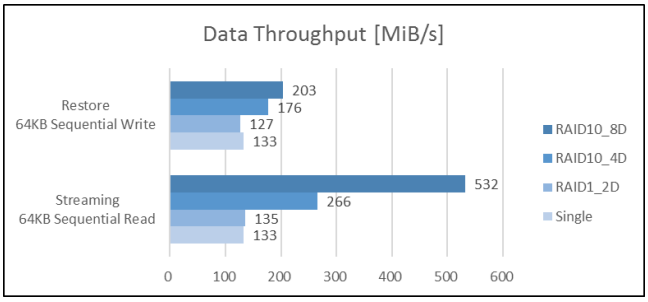
【RAID0】





【RAID1/10】



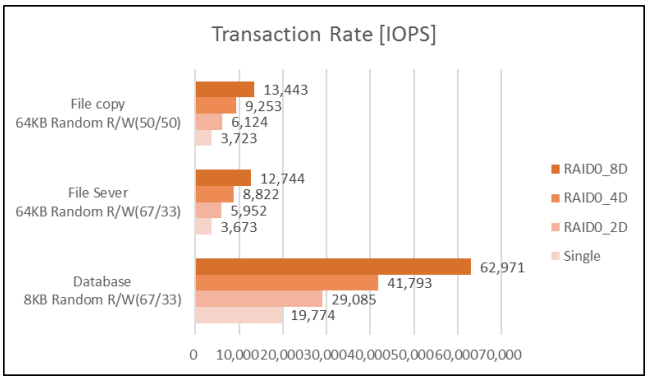


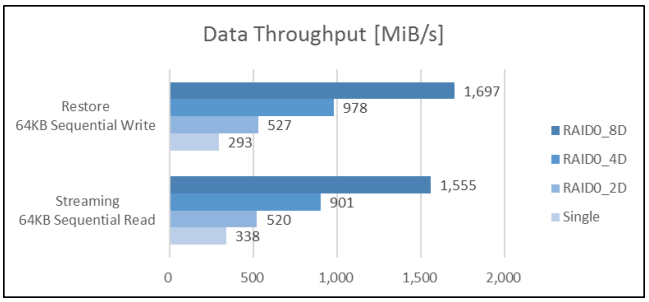
 © 2023 Fujitsu Limited

SATA-SSD 接続

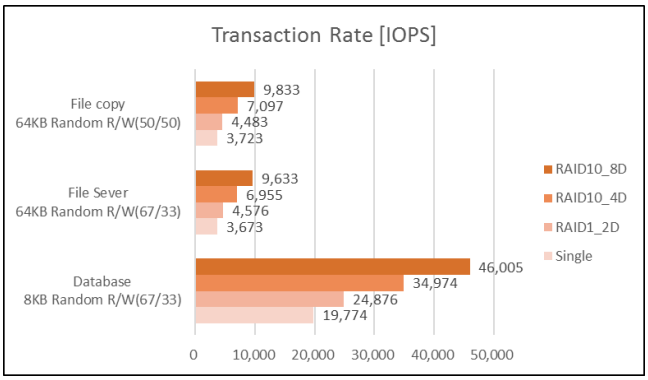
RAID0 では、接続したドライブの数に比例した性能値が得られています。RAID1/10 は、ほぼ期待の性能が得られています。

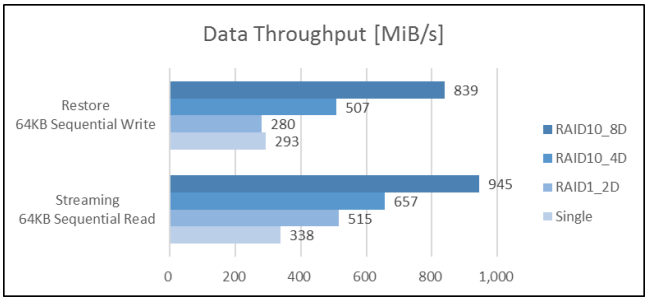
【RAID0】





【RAID1/10】





 © 2023 Fujitsu Limited

Microsoft storage pool [Intel PCIe Device Adapter] RX2540 M5 onboard

Intel Xeon Scalable Processor の PCIe レーンに接続した NVMe ドライブを Microsoft storage pool により仮想ドライブとして使用することができます。Simple モード(RAID0 相当)や Mirror モード(RAID1/10 相当)を指定することができます。2 つのプロセッサを搭載して 8 台までの NVMe ドライブを接続できます。

RAID 設定、テストボリューム

以下の設定と論理ボリュームを対象に測定しました。

Strip Size	Controller Cache policy		Disk Cache
256 KiB	Read	-	Enabled *
	Write	Enabled	

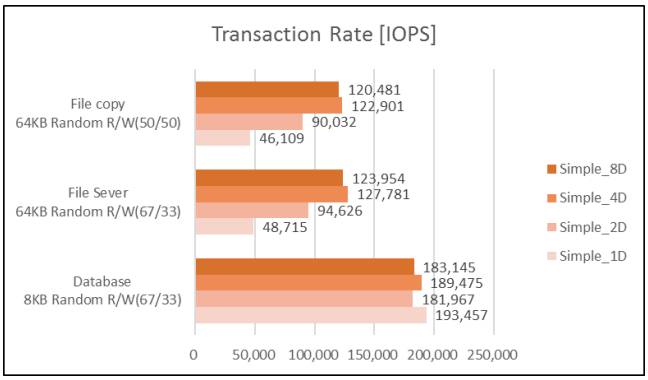
*キャッシュ有効に設定されているが、使用している NVMe ドライブは、ライトキャッシュがありません。

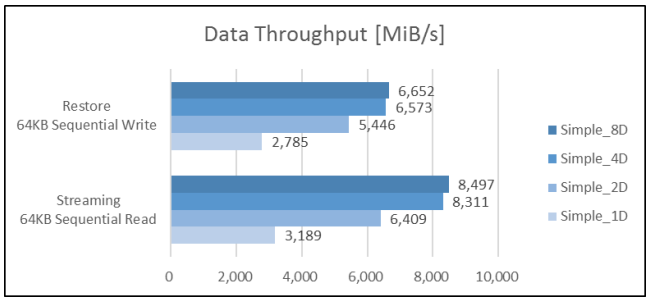
Test Volume	Volume Size	File system	Note
#1	64GiB	NTFS	Sequential test volume Random test volume

NVMe 接続

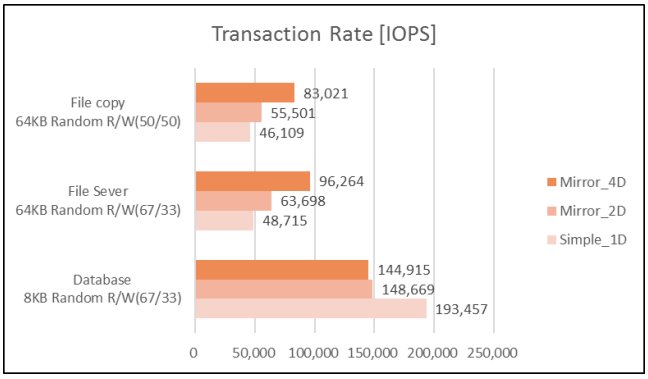
シーケンシャル性能は、4 台接続で限界に達しており 8 台接続時とほぼ同等となっています。
ランダムアクセスであるデータベースパターンの性能値は、"# of Worker Threads = 1"で測定しているために転送処理のレイテンシーがネックとなり、トランザクションレートが頭打ちとなっています。
RAID1 は、単体ドライブと同等性能です。RAID10 は、リードが RAID1 の倍以上の性能が得られていますが、ライトは低下する傾向があります。

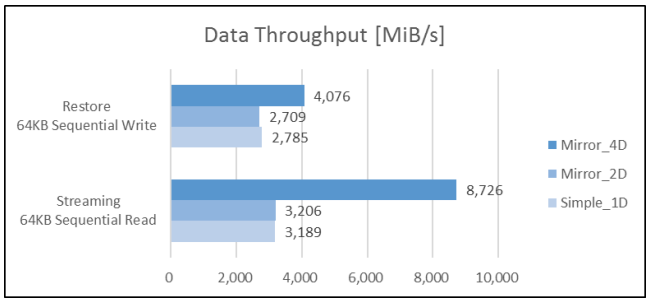
【Simple】





【Mirror】





 © 2023 Fujitsu Limited

PSAS CP2100-8i PCIe option

SAS/SATA ドライブを 8 台までを直結することができます。接続可能なドライブ数は、搭載するサーバ本体構成に依存します。測定は、SAS スイッチを使用し 16 台のドライブを接続して行っています。

RAID 設定、テストボリューム

以下の設定と論理ボリュームを対象に測定しました。

Strip Size	Controller Cache policy	Disk Cache
256 KiB	-	Disabled

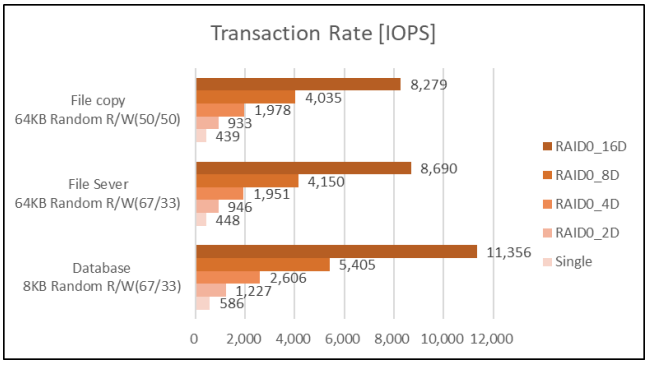
Test Volume	Volume Size	File system	Note
#1	64 GiB	RAW	Sequential test volume Random test volume

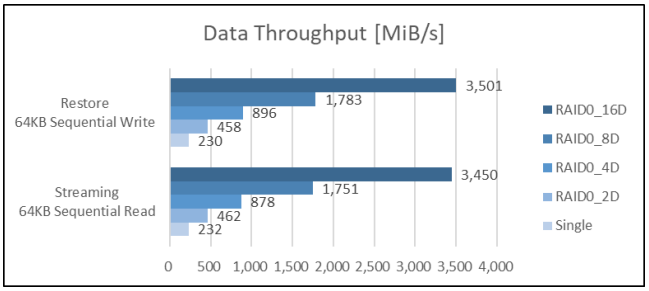
SAS-HDD 接続*(SAS* スイッチ経由で *16* ドライブまで測定*)*

RAID0/1/10 で、接続したドライブの数に比例した性能値が得られています。

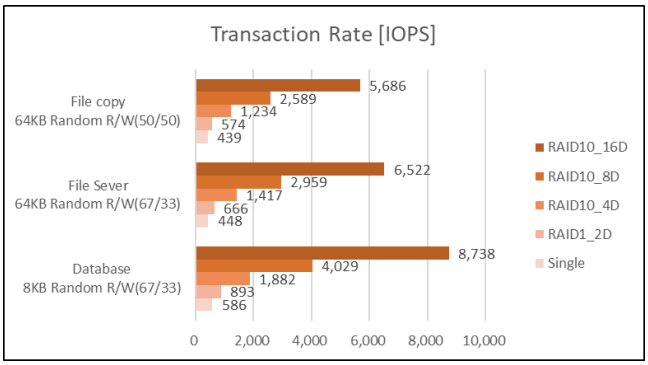
RAID5 では、リード性能はドライブ数に比例した性能値が得られていますが、ライト性能が向上しません。

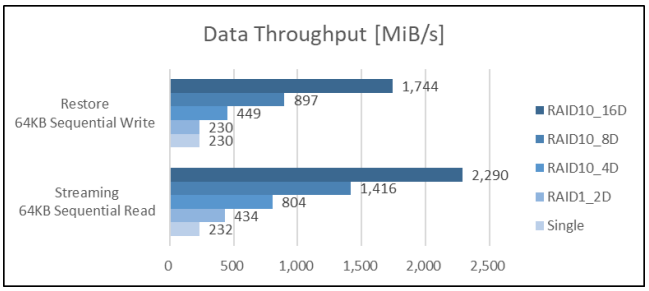
【RAID0】





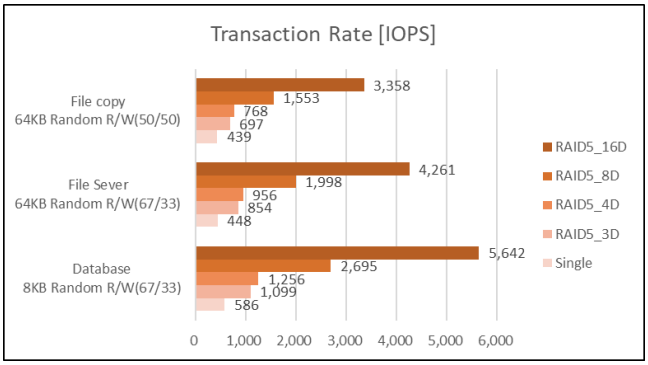
【RAID1/10】

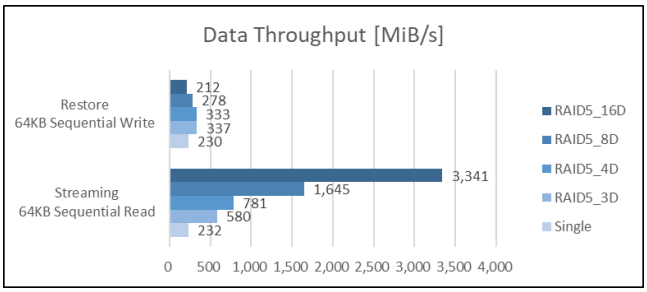




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】

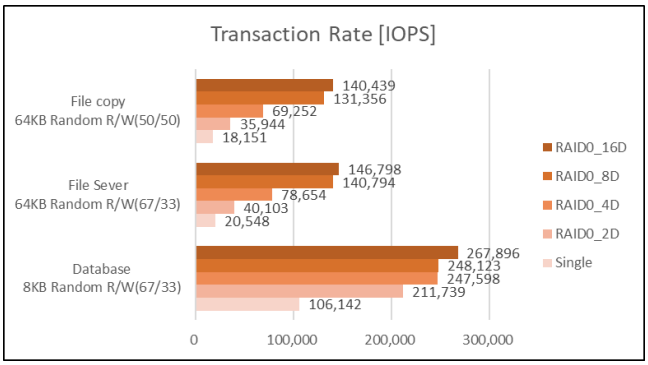


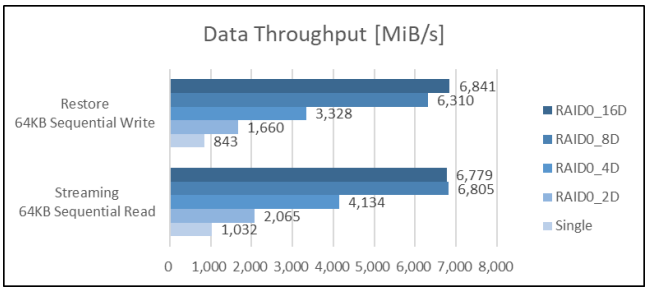


SAS-SSD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定)

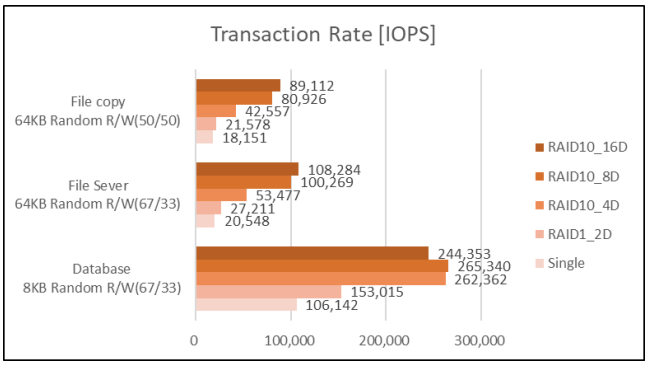
16 台接続のシーケンシャル性能がほぼ 8 台接続と同じになっています。これは、ドライブ 1 台当たり約 1,000 MiB/s の転送能力がありドライブを 8 台接続することで約 8,000 MiB/s の転送能力を持ちますが、CPU 側インターフェースである PCIe Gen3 x8 レーンの理論スループットが 7,512 MiB/s であるため、ドライブを 8 台接続した時点で CPU 側インターフェースの性能限界に達しているためと推測されます。

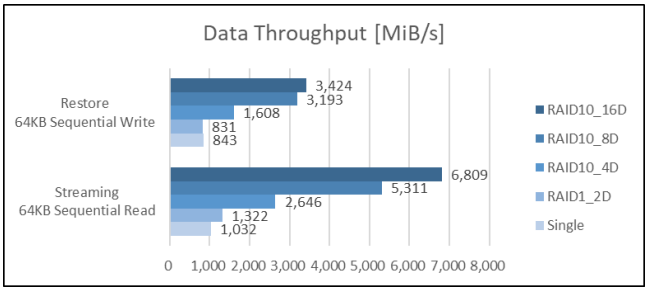
【RAID0】





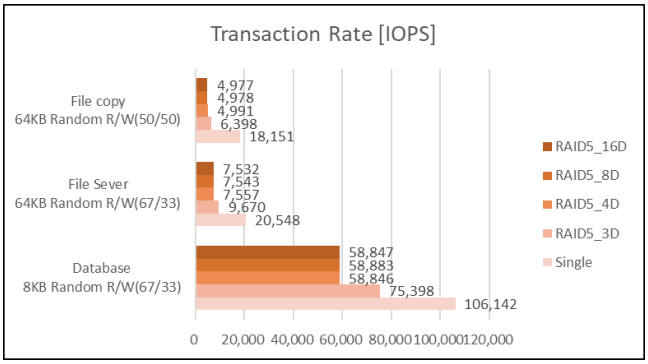
【RAID1/10】

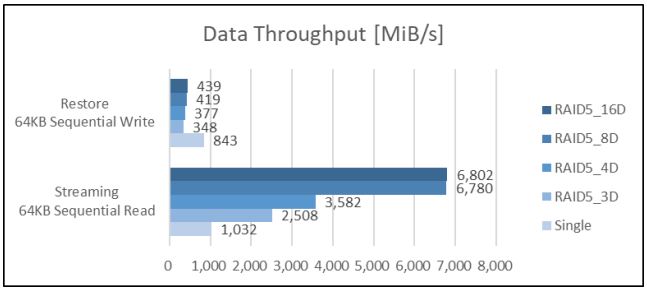




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】





 © 2023 Fujitsu Limited

PRAID CP400i
PCIe option

SAS/SATA ドライブを 8 台までを直結することができます。接続可能なドライブ数は、搭載するサーバ本体構成に依存します。測定は、SAS スイッチを使用し 16 台のドライブを接続して行っています。

RAID 設定、テストボリューム

以下の設定と論理ボリュームを対象に測定しました。

Strip Size	Controller Cache policy		Disk Cache
64 KiB	Read	No Read Ahead	Disabled
	Write	Write Through	

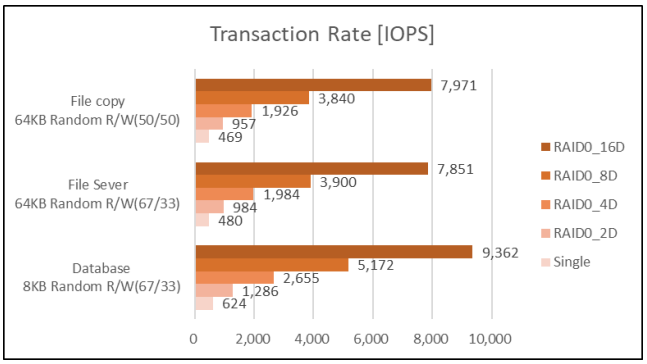
Test Volume	Volume Size	File system	Note
#2	32 GiB	RAW	Sequential test volume
	64 GiB	RAW	Random test volume

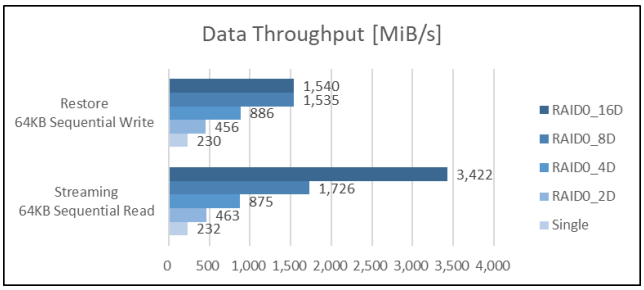
SAS-HDD 接続*(SAS* スイッチ経由で *16* ドライブまで測定*)*

RAID0/RAID5 では、接続したドライブの数に比例した性能値が得られていますが、8 台を超えるとシーケンシャルライトで頭打ちの傾向となります。

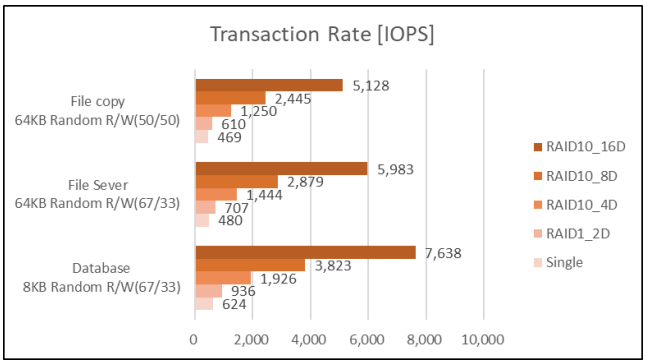
RAID1 のシーケンシャル性能は、単体ドライブ性能とほぼ同等の性能。RAID10 は、RAID1 の性能に比例した性能(4 ドライブでは 2 倍、8 ドライブでは 4 倍)が得られています。

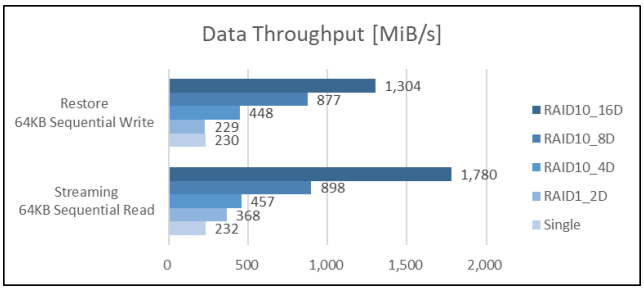
【RAID0】





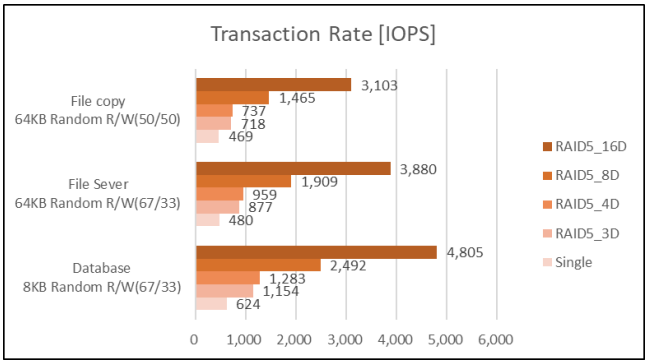
【RAID1/10】

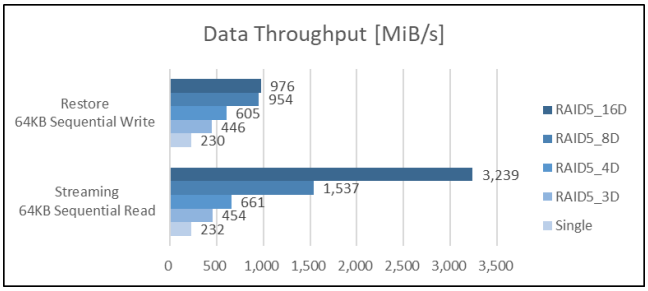




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】



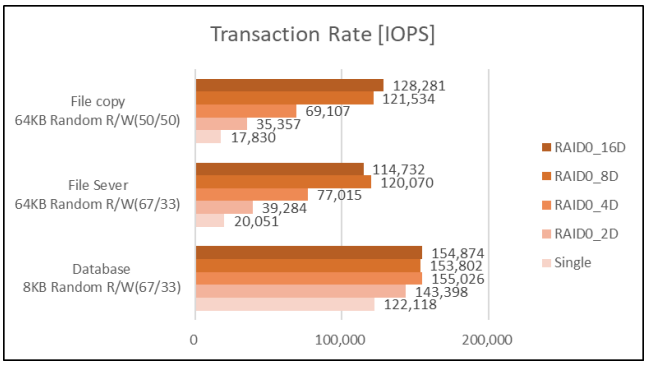


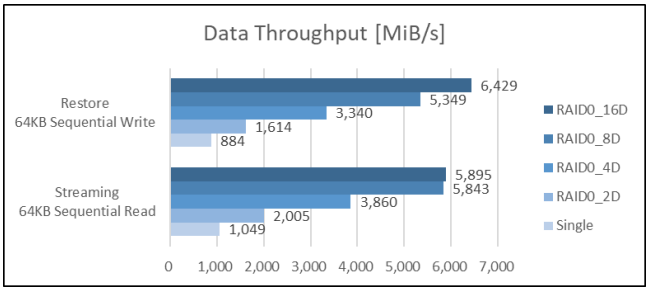
SAS-SSD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定)

16 台接続のシーケンシャル性能がほぼ 8 台接続と同じになっています。これは、ドライブ 1 台当たり約 1,000 MiB/s の転送能力がありドライブを 8 台接続することで約 8,000 MiB/s の転送能力を持ちますが、CPU 側インターフェースである PCIe Gen3 x8 レーンの理論スループットが 7,512 MiB/s であるため、ドライブを 8 台接続した時点で CPU 側インターフェースの性能限界に達しているためと推測されます。

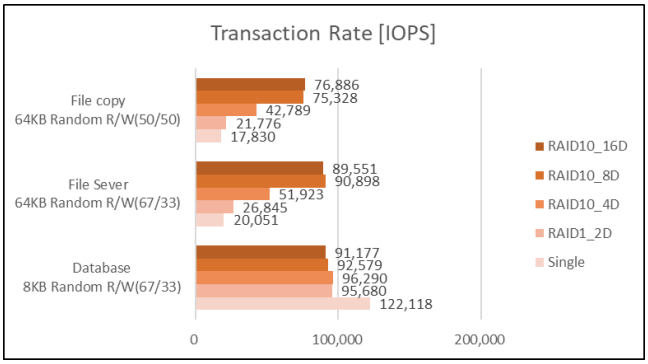
また、RAID1/10 ライト性能で約 3,200 MiB/s のスループット、RAID5 ライト性能で約 1,900 MiB/s のスループットが得られています。

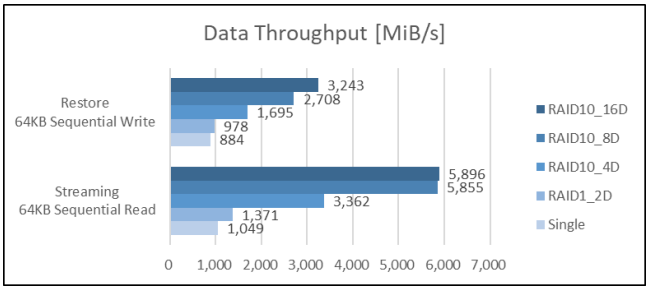
【RAID0】





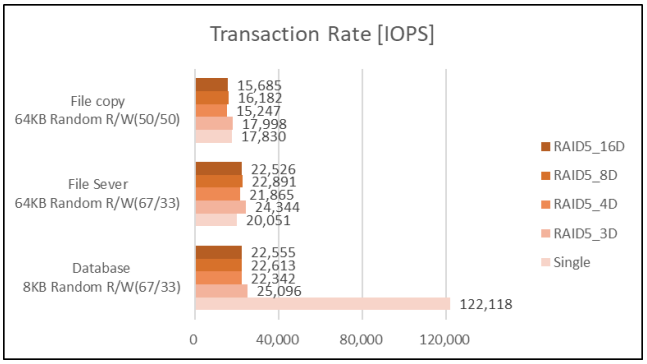
【RAID1/10】

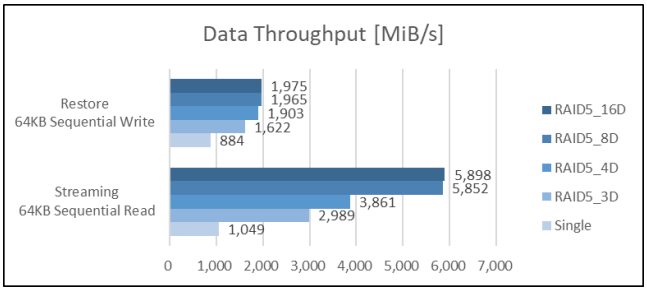




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】





 © 2023 Fujitsu Limited

PRAID CP500i
PCIe option

SAS/SATA ドライブを 8 台までを直結することができます。接続可能なドライブ数は、搭載するサーバ本体構成に依存します。測定は、SAS スイッチを使用し 16 台のドライブを接続して行っています。

RAID 設定、テストボリューム

以下の設定と論理ボリュームを対象に測定しました。

Strip Size	Controller Cache policy		Disk Cache
64 KiB	Read	No Read Ahead	Disabled
	Write	Write Through	

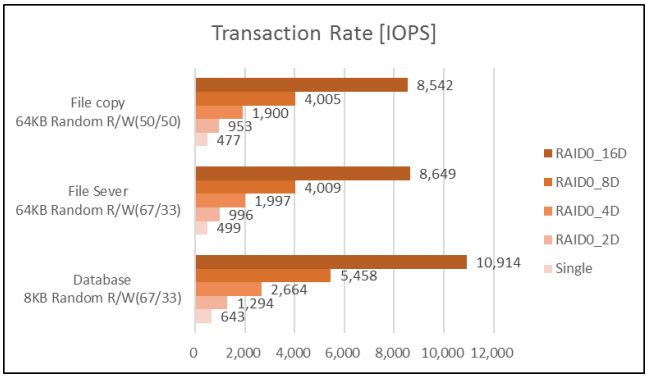
Test Volume	Volume Size	File system	Note
#2	32 GiB	RAW	Sequential test volume
	64 GiB	RAW	Random test volume

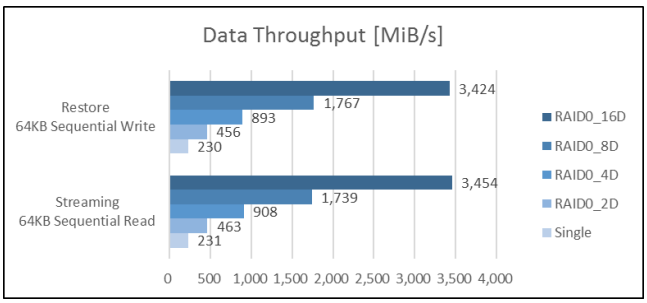
SAS-HDD 接続*(SAS* スイッチ経由で *16* ドライブまで測定*)*

RAID0/RAID5 では、接続したドライブの数に比例した性能値が得られています。

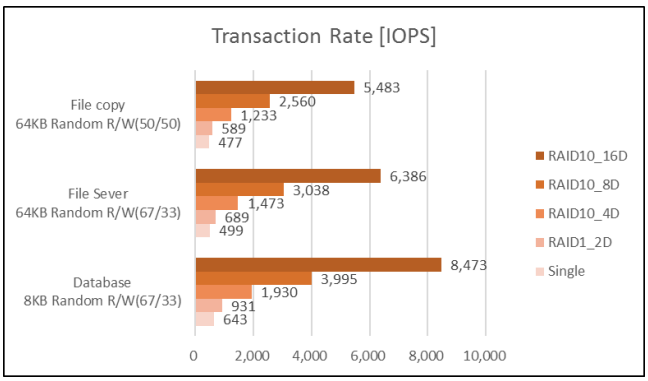
RAID1 のシーケンシャル性能は、単体ドライブ性能とほぼ同等の性能。RAID10 は、RAID1 の性能に比例した性能(4 ドライブでは 2 倍、8 ドライブでは 4 倍)が得られています。

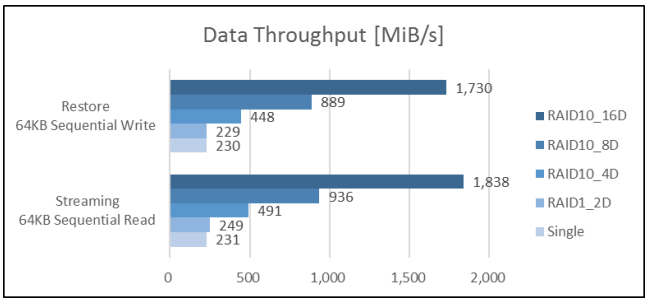
【RAID0】





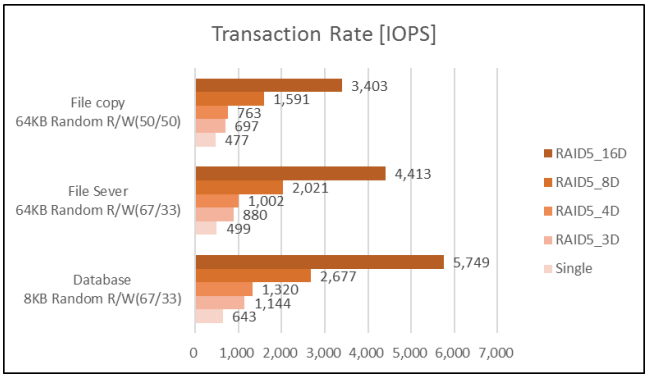
【RAID1/10】

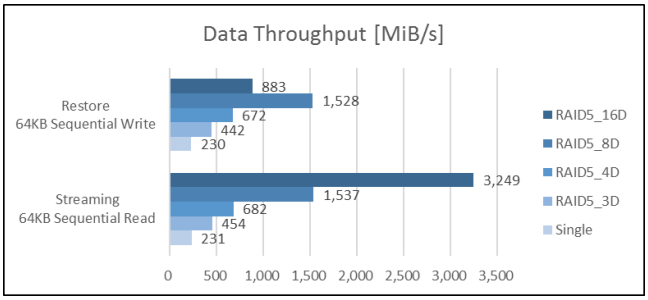




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】



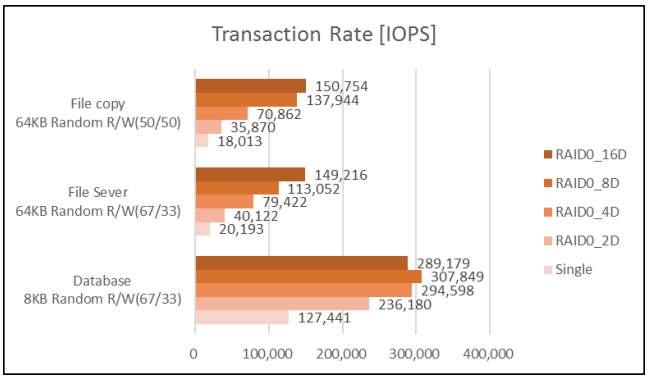


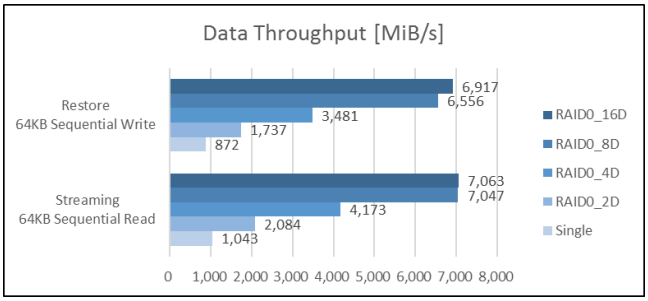
SAS-SSD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定)

16 台接続のシーケンシャル性能がほぼ 8 台接続と同じになっています。これは、ドライブ 1 台当たり約 1,000 MiB/s の転送能力がありドライブを 8 台接続することで約 8,000 MiB/s の転送能力を持ちますが、CPU 側インターフェースである PCIe Gen3 x8 レーンの理論スループットが 7,512 MiB/s であるため、ドライブを 8 台接続した時点で CPU 側インターフェースの性能限界に達しているためと推測されます。

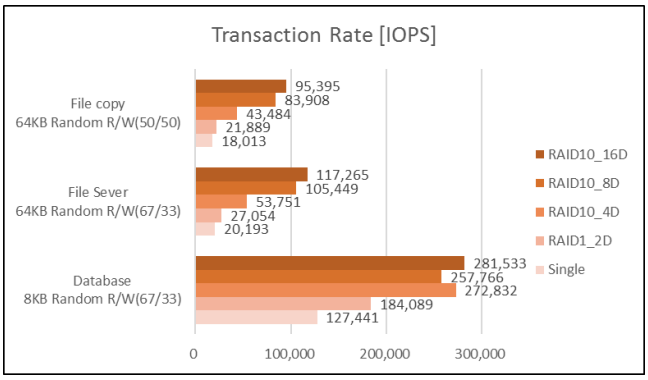
また、RAID1/10 ライト性能で約 2,300 MiB/s のスループット、RAID5 ライト性能で約 2,200 MiB/s のスループットが得られています。

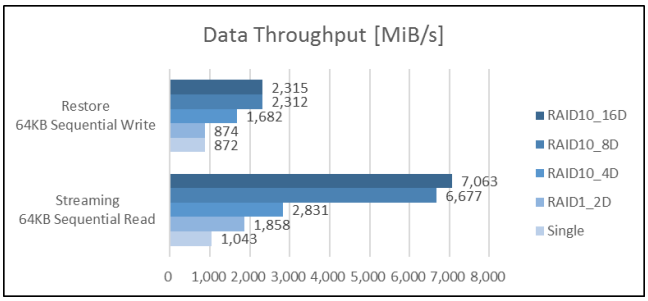
【RAID0】





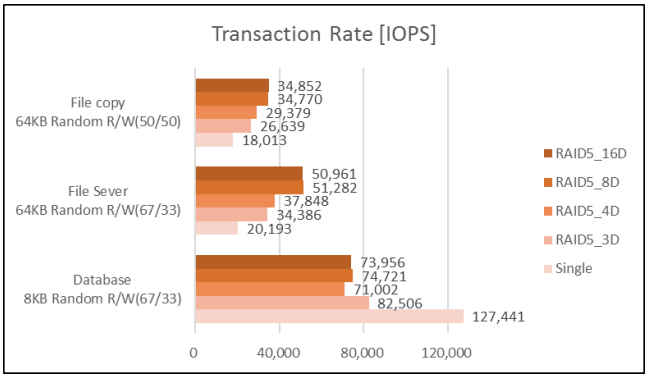
【RAID1/10】

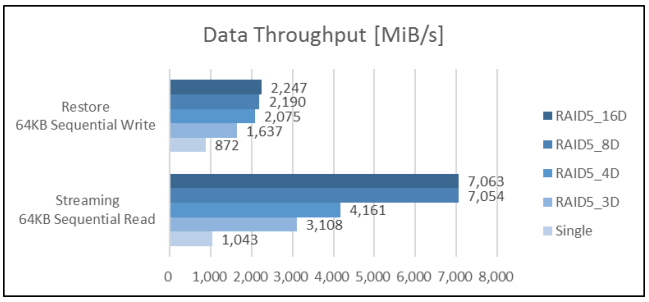




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】





 © 2023 Fujitsu Limited

PRAID CP600i
PCIe option

ホストバスが PCIe 4.0 に対応し、データバス帯域が向上しています。SAS/SATA ドライブを 8 台までを直結することができます。接続可能なドライブ数は、搭載するサーバ本体構成に依存します。測定は、SAS スイッチを使用し 16 台のドライブを接続して行っています。

RAID 設定、テストボリューム

以下の設定と論理ボリュームを対象に測定しました。

Strip Size	Controller Cache policy		Disk Cache
64 KiB	Read	No Read Ahead	Disabled
	Write	Write Through	

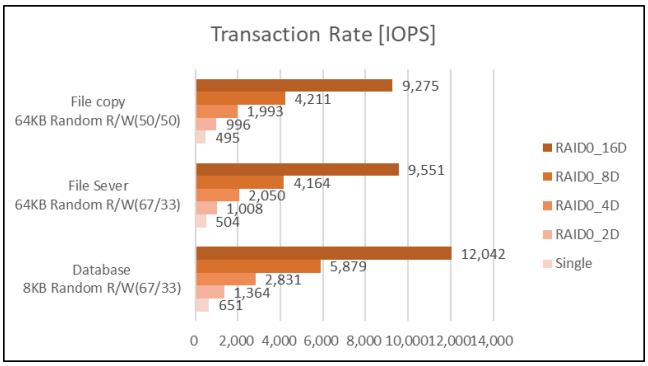
Test Volume	Volume Size	File system	Note
#2	32 GiB	RAW	Sequential test volume
	64 GiB	RAW	Random test volume

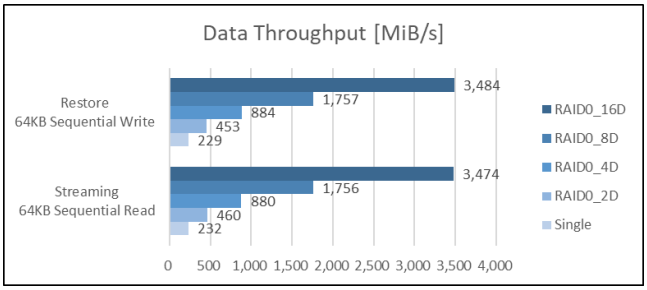
SAS-HDD 接続*(SAS* スイッチ経由で *16* ドライブまで測定*)*

RAID0 では、接続したドライブの数に比例した性能値が得られています。

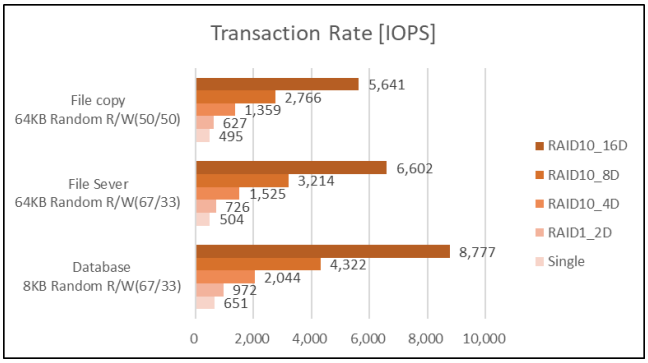
RAID1 のシーケンシャル性能は、単体ドライブ性能とほぼ同等の性能。RAID10 は、RAID1 の性能に比例した性能(4 ドライブでは 2 倍、8 ドライブでは 4 倍)が得られています。

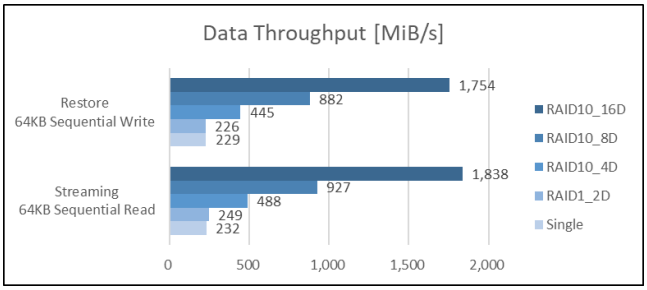
【RAID0】





【RAID1/10】





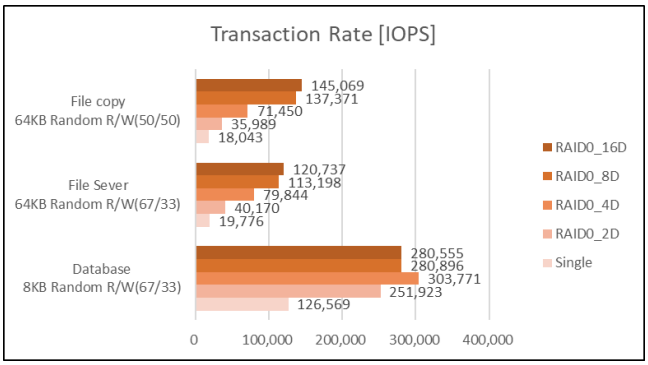
 © 2023 Fujitsu Limited

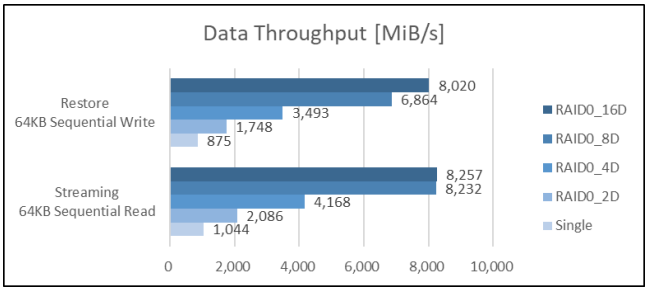
SAS-SSD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定)

16 台接続のシーケンシャル性能がほぼ 8 台接続と同じになっています。これは、ドライブ側ポート数が 8 ポートであるため、ドライブを 8 台接続した時点でドライブ側スループットの上限の約 8,000 MiB/s に達してしまっているためと推測されます。上限性能に達しているためドライブ数を増やしても性能は向上しません。

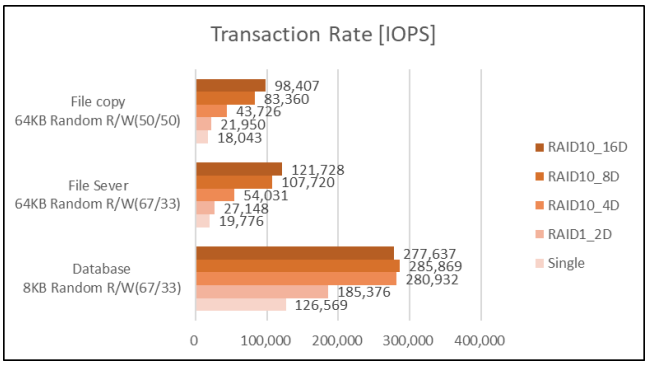
RAID1/10 ライト性能で約 4,000 MiB/s のスループットが得られています。

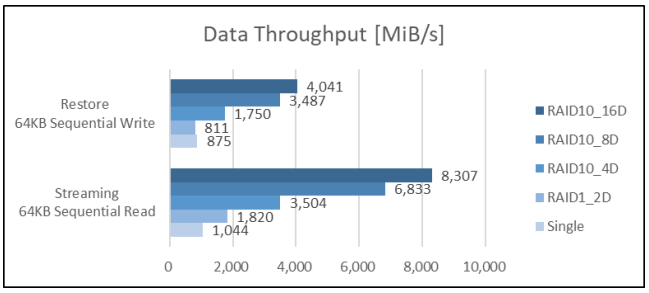
【RAID0】





【RAID1/10】





 © 2023 Fujitsu Limited

PRAID EP400i
PCIe option

SAS/SATA ドライブを 8 台までを直結することができます。接続可能なドライブ数は、搭載するサーバ本体構成に依存します。キャッシュメモリによるバッファリングにより書き込み処理のパフォーマンスの向上が期待できます。

本測定では、RAID コントローラーの基本的な特性を見るためにキャッシュメモリによるバッファリング機能を使用せず測定を行っています。

RAID 設定、テストボリューム

以下の設定と論理ボリュームを対象に測定しました。

Strip Size	Controller Cache policy		Disk Cache
HDD: 256 KiB SSD: 64 KiB	Read	No Read Ahead	Disabled
	Write	Write Through	

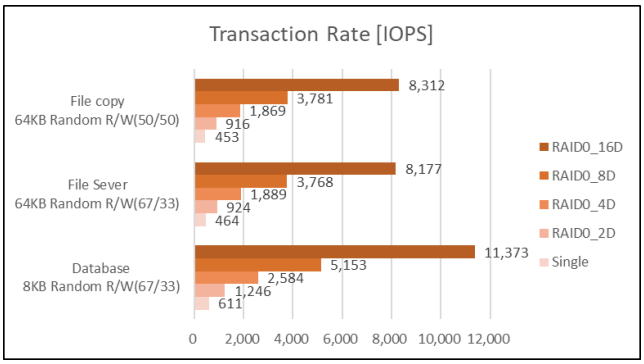
Test Volume	Volume Size	File system	Note
#2	32 GiB	RAW	Sequential test volume
	64 GiB	RAW	Random test volume

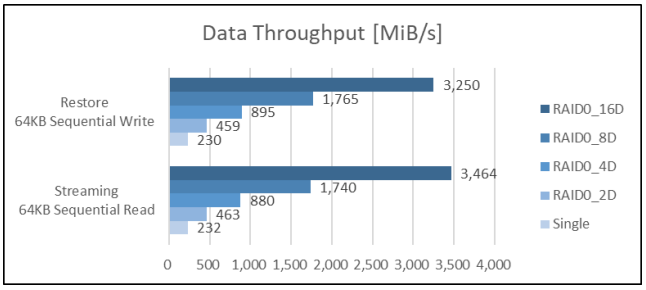
SAS-HDD 接続*(SAS* スイッチ経由で *16* ドライブまで測定*)*

RAID0/RAID5 では、接続したドライブの数に比例した性能値が得られています。

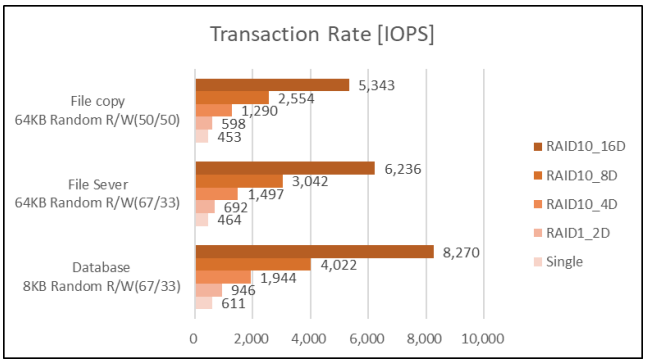
RAID1 のリード性能が、単体ドライブ性能より向上しているため、RAID10 でも同様にリード性能が向上しています。

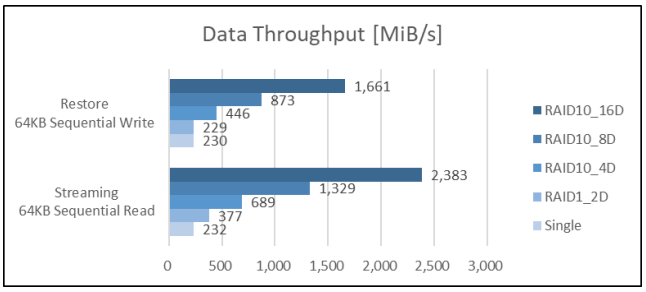
【RAID0】





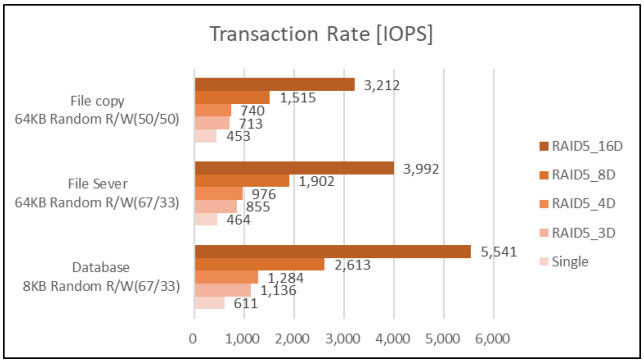
【RAID1/10】

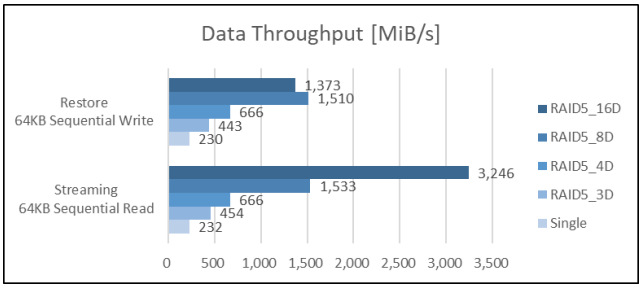




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】



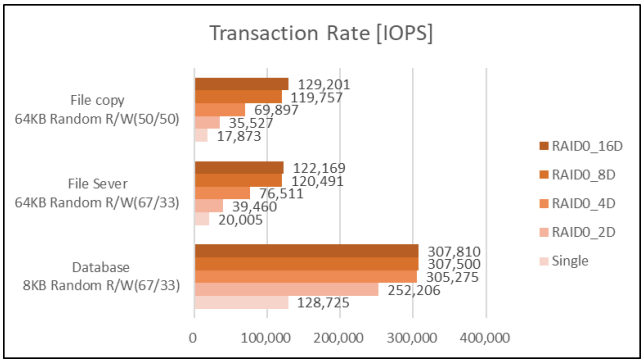


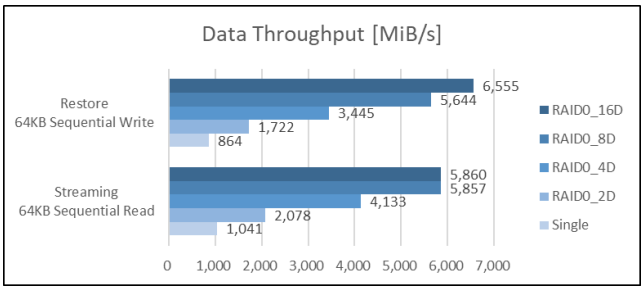
SAS-SSD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定)

16 台接続のシーケンシャル性能がほぼ 8 台接続と同じになっています。これは、ドライブ 1 台当たり約 1,000 MiB/s の転送能力がありドライブを 8 台接続することで約 8,000 MiB/s の転送能力を持ちますが、CPU 側インターフェースである PCIe Gen3 x8 レーンの理論スループットが 7,512 MiB/s であるため、ドライブを 8 台接続した時点で CPU 側インターフェースの性能限界に達しているためと推測されます。

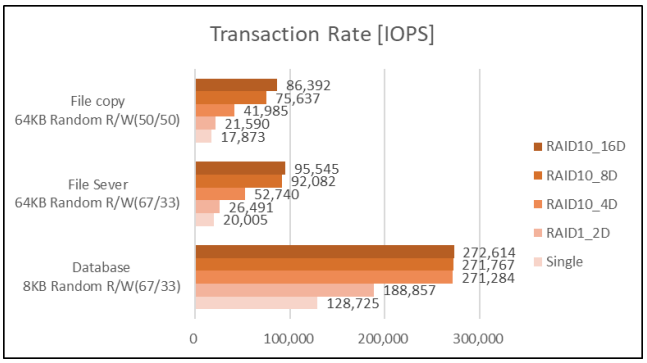
また、RAID1/10 ライト性能で約 3,200 MiB/s のスループット、RAID5 ライト性能で約 3,100 MiB/s のスループットが得られています。

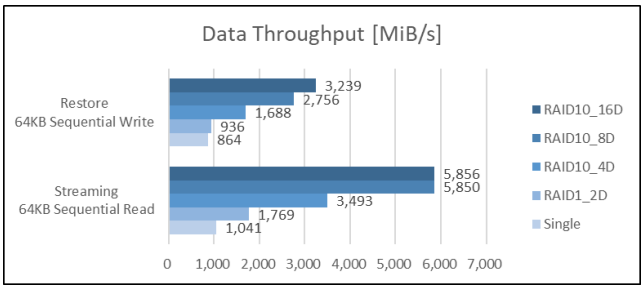
【RAID0】





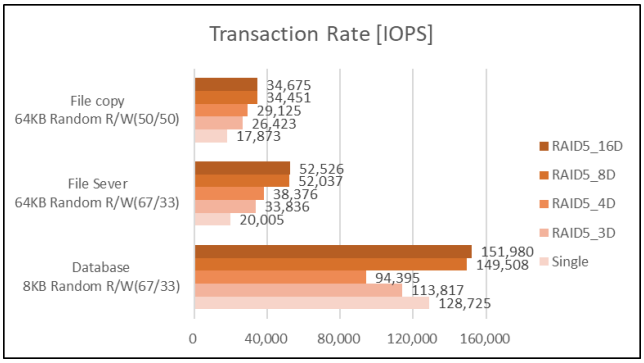
【RAID1/10】

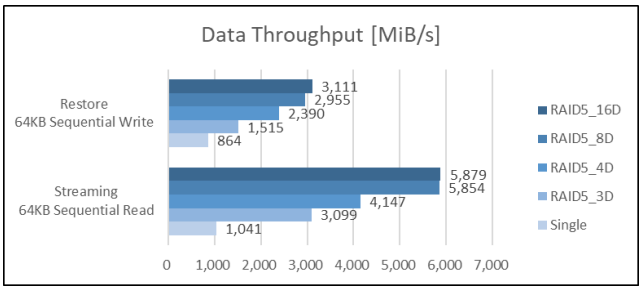




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】





 © 2023 Fujitsu Limited

PRAID EP420i
PCIe option

SAS/SATA ドライブを 8 台までを直結することができます。接続可能なドライブ数は、搭載するサーバ本体構成に依存します。キャッシュメモリによるバッファリングにより書き込み処理のパフォーマンスの向上が期待できます。

本測定では、RAID コントローラーの基本的な特性を見るためにキャッシュメモリによるバッファリング機能を使用せず測定を行っています。

RAID 設定、テストボリューム

以下の設定と論理ボリュームを対象に測定しました。

Strip Size	Controller Cache policy		Disk Cache
HDD: 256 KiB SSD: 64 KiB	Read	No Read Ahead	Disabled
	Write	Write Through	

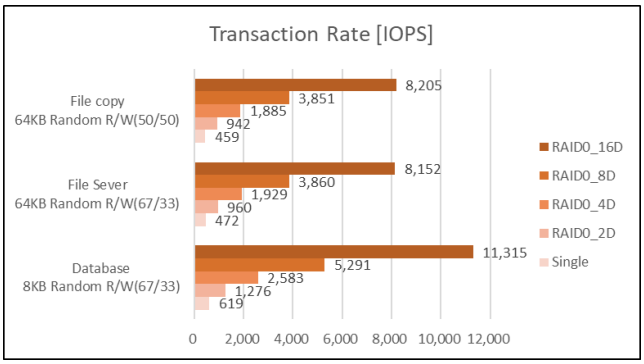
Test Volume	Volume Size	File system	Note
#2	32 GiB	RAW	Sequential test volume
	64 GiB	RAW	Random test volume

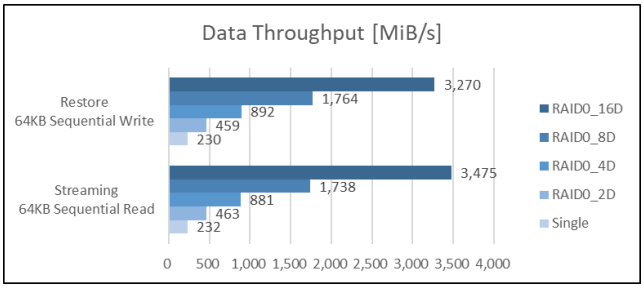
SAS-HDD 接続*(SAS* スイッチ経由で *16* ドライブまで測定*)*

RAID0/RAID5 では、接続したドライブの数に比例した性能値が得られています。

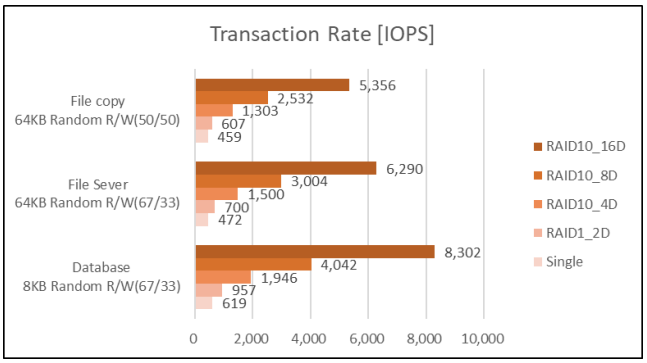
RAID1 のリード性能が、単体ドライブ性能より向上しているため、RAID10 でも同様にリード性能が向上しています。

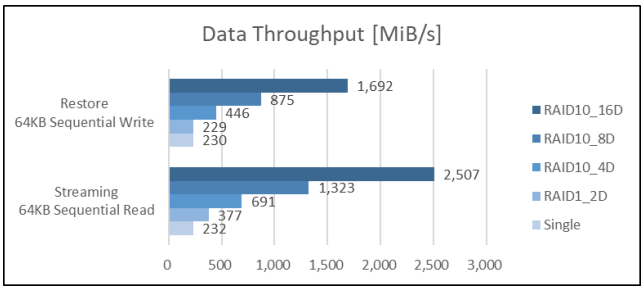
【RAID0】





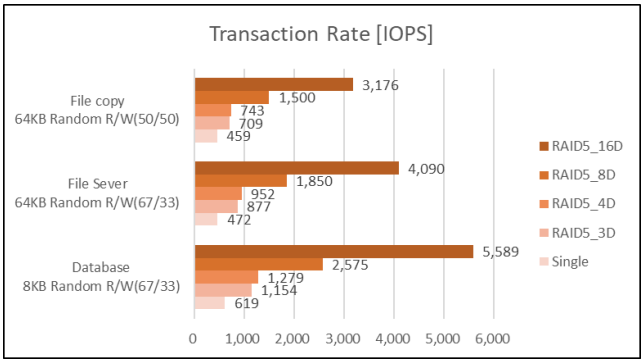
【RAID1/10】

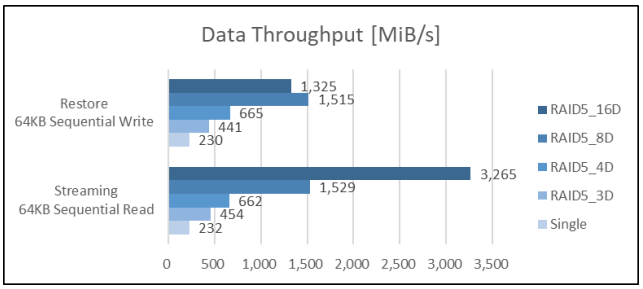




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】



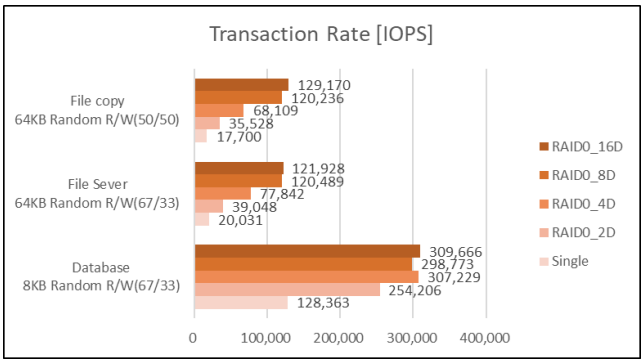


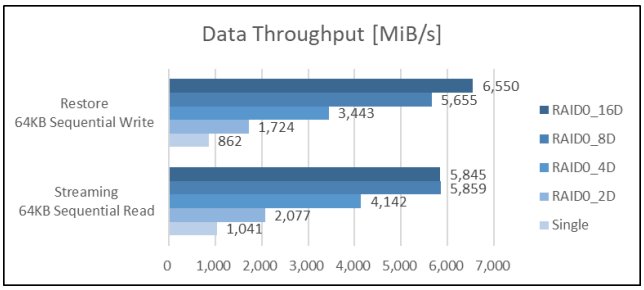
SAS-SSD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定)

16 台接続のシーケンシャル性能がほぼ 8 台接続と同じになっています。これは、ドライブ 1 台当たり約 1,000 MiB/s の転送能力がありドライブを 8 台接続することで約 8,000 MiB/s の転送能力を持ちますが、CPU 側インターフェースである PCIe Gen3 x8 レーンの理論スループットが 7,512 MiB/s であるため、ドライブを 8 台接続した時点で CPU 側インターフェースの性能限界に達しているためと推測されます。

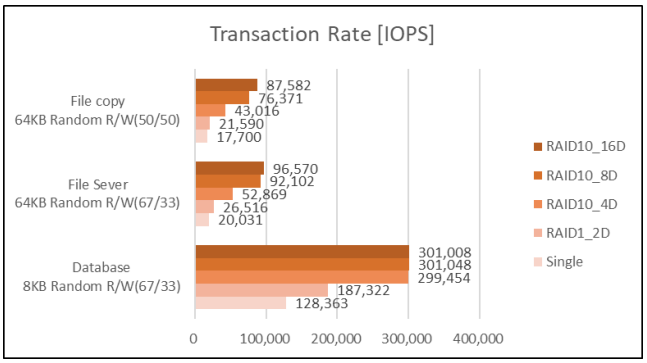
また、RAID1/10 ライト性能で約 3,200 MiB/s のスループット、RAID5 ライト性能で約 3,000 MiB/s のスループットが得られています。

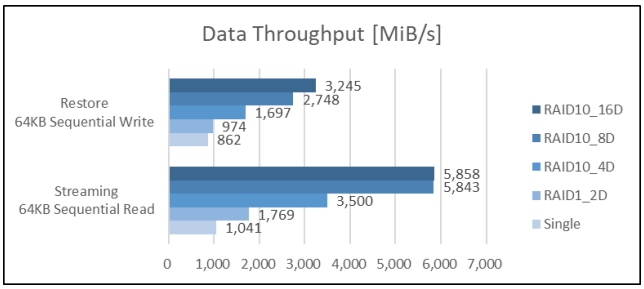
【RAID0】





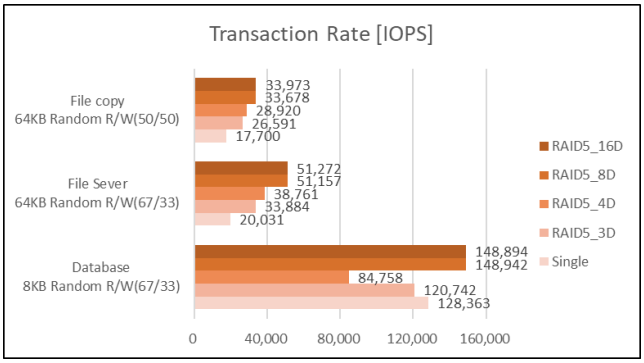
【RAID1/10】

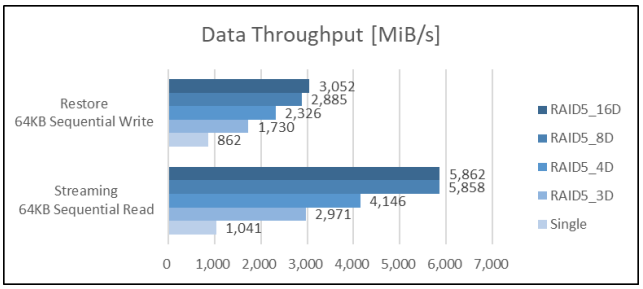




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】





 © 2023 Fujitsu Limited

PRAID EP540i
PCIe option

SAS/SATA ドライブを 16 台まで、NVMe ドライブは 4 台を直結することができます。接続可能なドライブ数は、搭載するサーバ本体構成に依存します。キャッシュメモリによるバッファリングにより書き込み処理のパフォーマンスの向上が期待できます。本測定では、RAID コントローラーの基本的な特性を見るためにキャッシュメモリによるバッファリング機能を使用せず測定を行っています。

RAID 設定、テストボリューム

以下の設定と論理ボリュームを対象に測定しました。

Strip Size	Controller Cache policy		Disk Cache
HDD: 256 KiB SSD/NVMe: 64 KiB	Read	No Read Ahead	Disabled
	Write	Write Through	

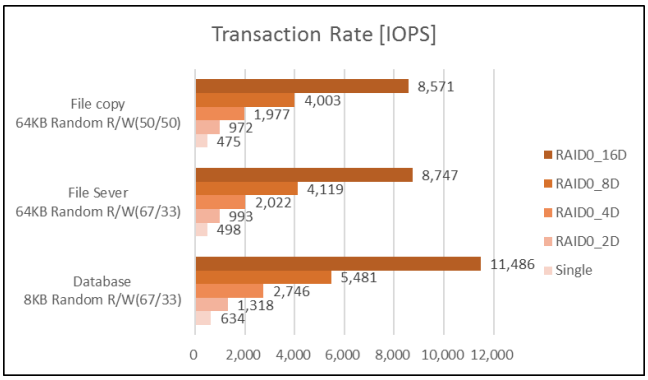
Test Volume	Volume Size	File system	Note
#2	32 GiB	RAW	Sequential test volume
	64 GiB	RAW	Random test volume

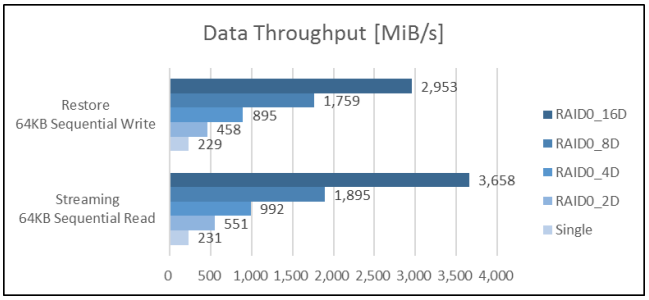
SAS-HDD 接続

RAID0/RAID5 では、接続したドライブの数に比例した性能値が得られています。

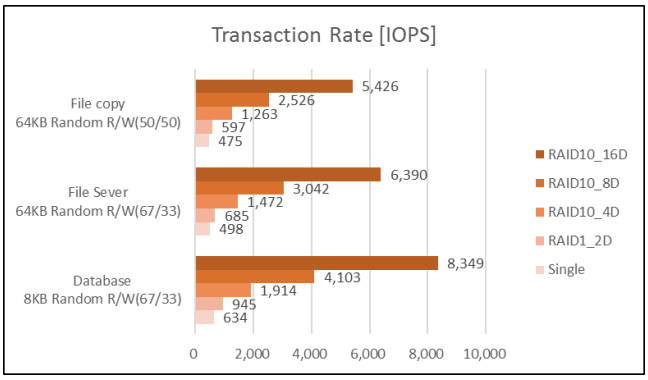
RAID1 のリード性能が、単体ドライブ性能より向上しているため、RAID10 でも同様にリード性能が向上しています。

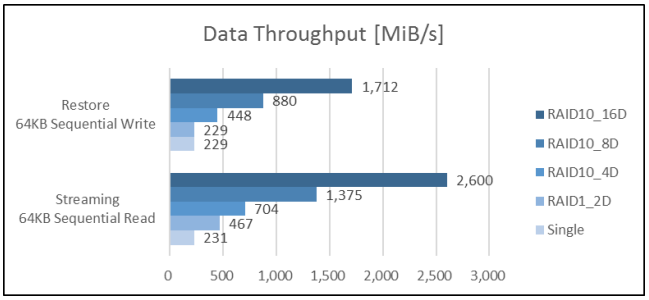
【RAID0】





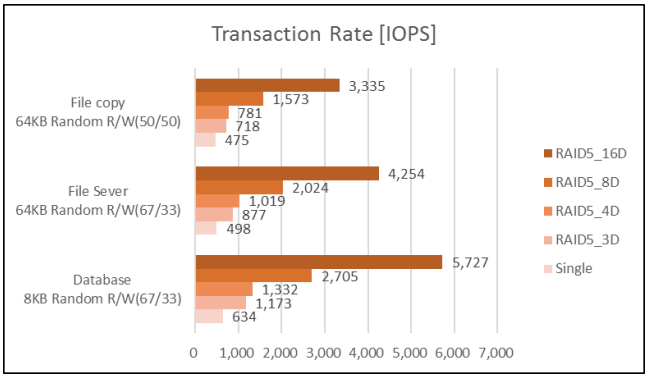
【RAID1/10】

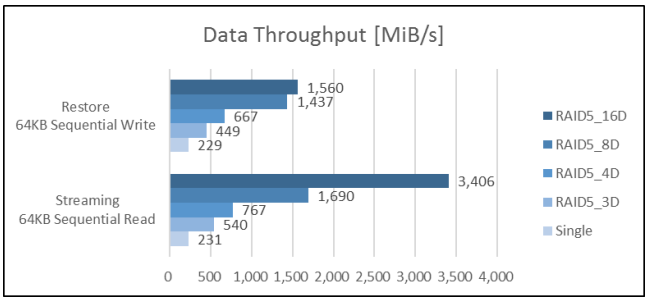




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】



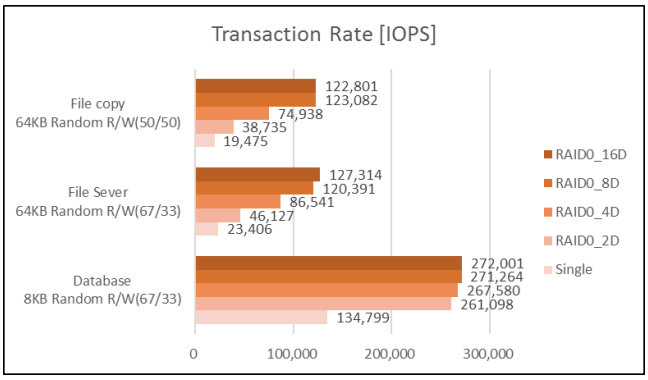


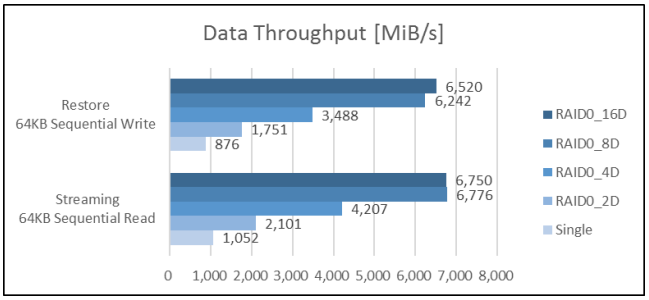
SAS-SSD 接続

16 台接続のシーケンシャル性能がほぼ 8 台接続と同じになっています。これは、ドライブ 1 台当たり約 1,000 MiB/s の転送能力がありドライブを 8 台接続することで約 8,000 MiB/s の転送能力を持ちますが、CPU 側インターフェースである PCIe Gen3 x8 レーンの理論スループットが 7,512 MiB/s であるため、ドライブを 8 台接続した時点で CPU 側インターフェースの性能限界に達しているためと推測されます。

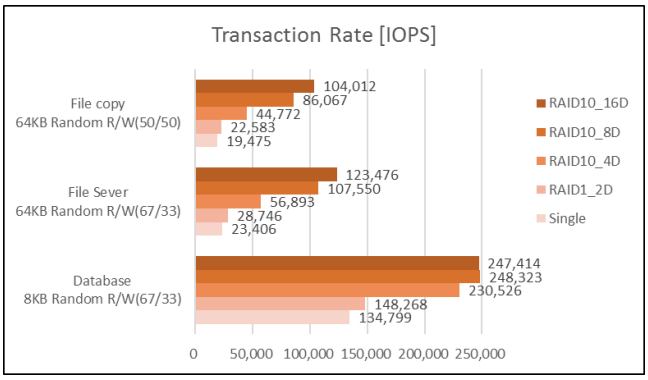
また、RAID1/10 ライト性能で約 4,100 MiB/s のスループット、RAID5 ライト性能で約 3,400 MiB/s のスループットが得られています。

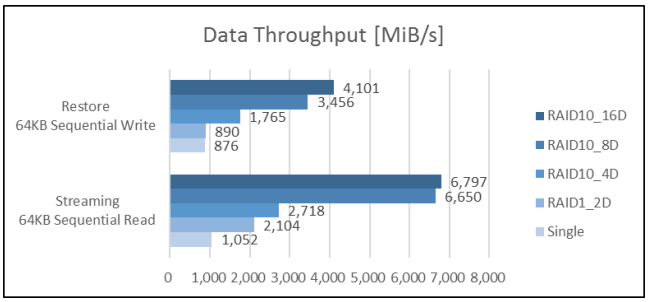
【RAID0】





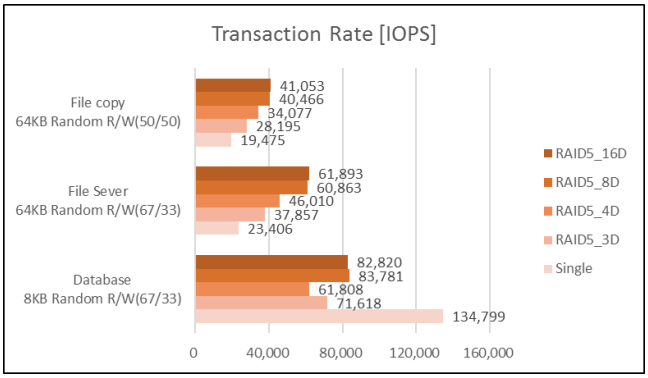
【RAID1/10】

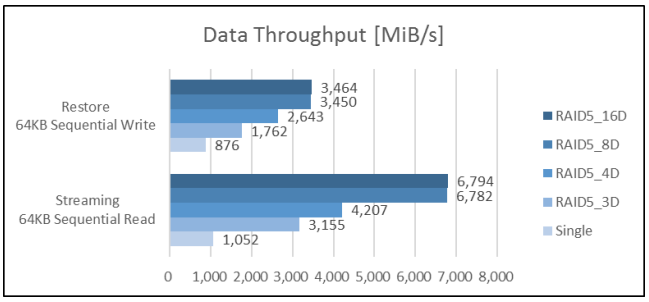




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】



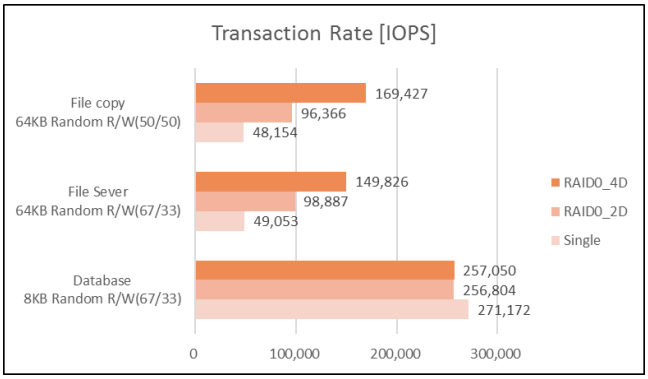


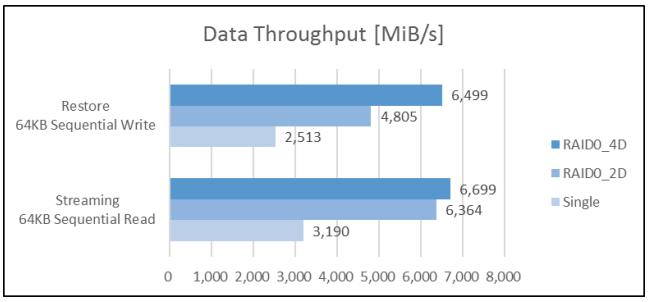
NVMe 接続

2 台接続でリード性能がほぼ限界に達しているため、4 台接続時の性能値が頭打ちになっています。

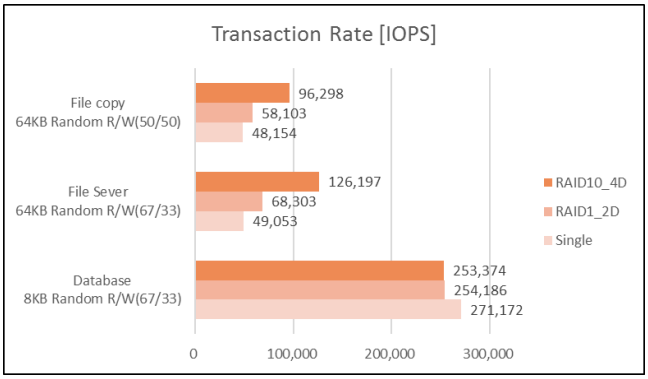
ランダムアクセスであるデータベースパターンの性能値は、”# of Worker Threads = 1”で測定しているために転送処理のレイテンシーがネックとなり、トランザクションレートが頭打ちとなっています。

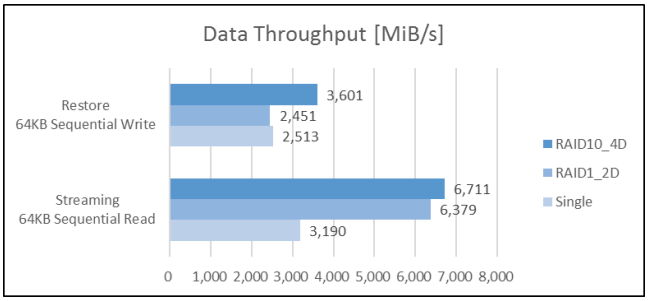
【RAID0】





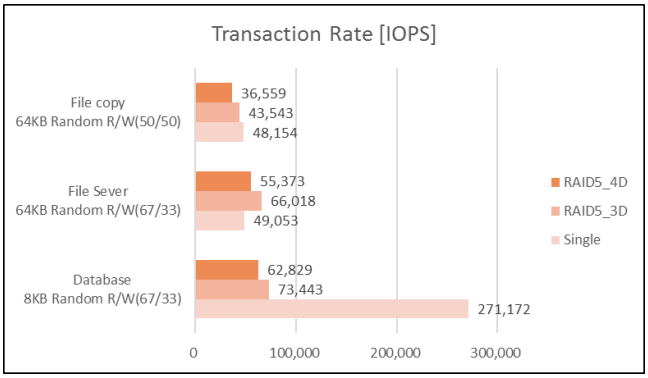
【RAID1/10】

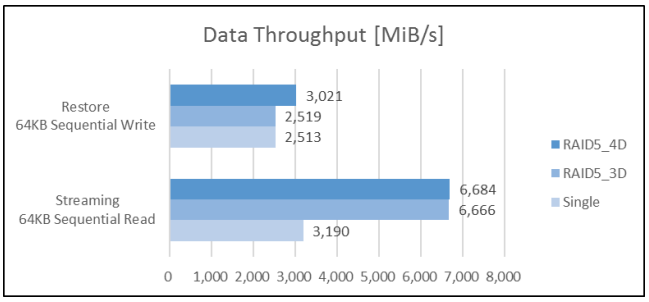




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】





 © 2023 Fujitsu Limited

PRAID EP640i
PCIe option

ホストバスが PCIe 4.0 に対応し、データバス帯域が向上しています。RAID コントローラーに SAS/SATA ドライブを 8 台まで直結することができます。接続可能なドライブ数は、搭載するサーバ本体構成に依存します。キャッシュメモリによるバッファリングにより書き込み処理のパフォーマンスの向上が期待できます。

本測定では、RAID コントローラーの基本的な特性を見るためにキャッシュメモリによるバッファリング機能を使用せず測定を行っています。

RAID 設定、テストボリューム

以下の設定と論理ボリュームを対象に測定しました。

Strip Size	Controller Cache policy		Disk Cache
HDD: 256 KiB SSD: 64 KiB	Read	No Read Ahead	Disabled
	Write	Write Through	

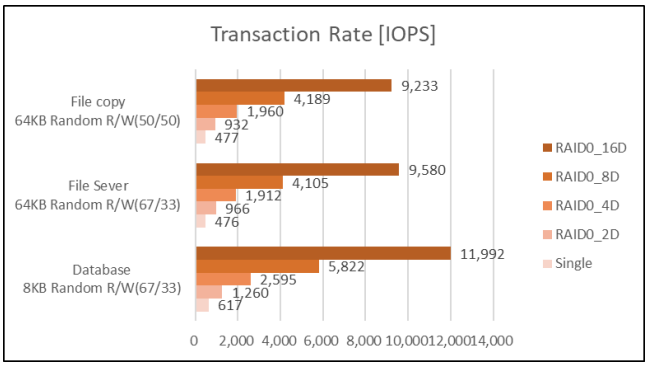
Test Volume	Volume Size	File system	Note
#2	32 GiB	RAW	Sequential test volume
	64 GiB	RAW	Random test volume

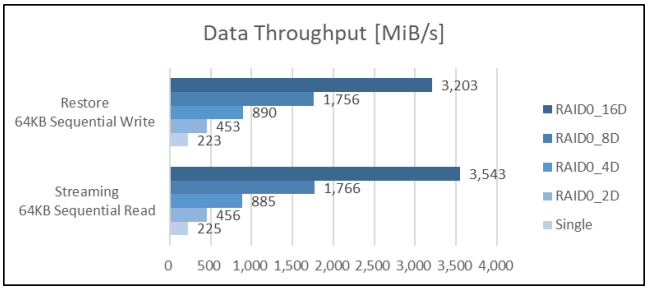
SAS-HDD 接続*(SAS* スイッチ経由で *16* ドライブまで測定*)*

RAID0/RAID5 では、接続したドライブの数に比例した性能値が得られています。

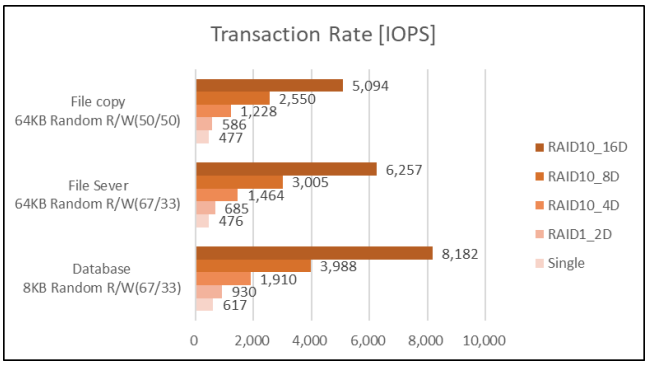
RAID1 のシーケンシャル性能は、単体ドライブ性能とほぼ同等の性能。RAID10 は、RAID1 の性能に比例した性能(4 ドライブでは 2 倍、8 ドライブでは 4 倍)が得られています。

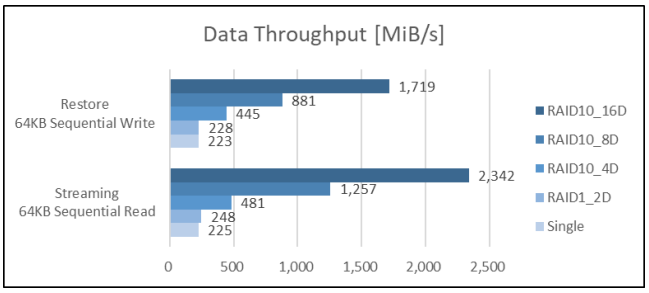
【RAID0】





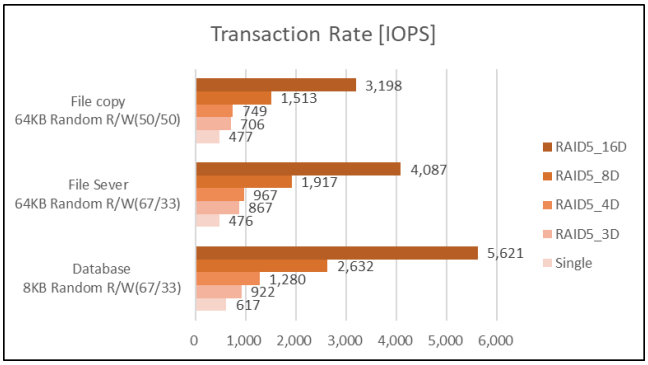
【RAID1/10】

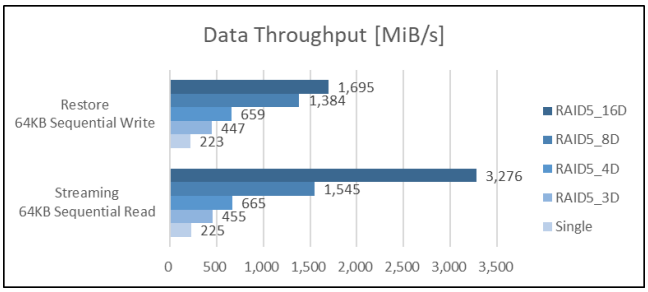




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】



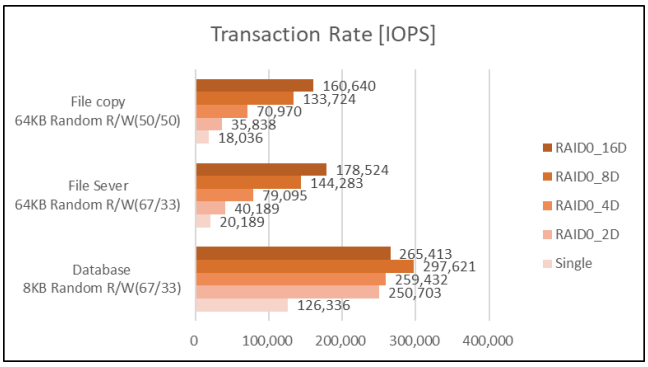


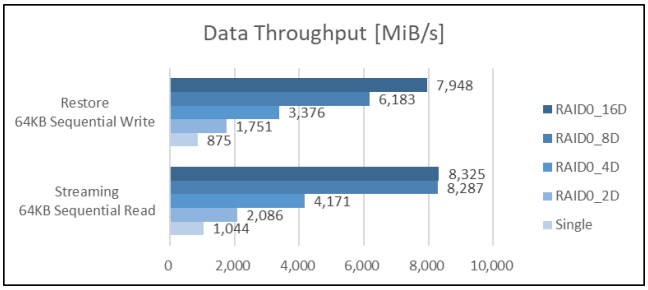
SAS-SSD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定)

16 台接続のシーケンシャル性能がほぼ 8 台接続と同じになっています。これは、ドライブ側ポート数が 8 ポートであるため、ドライブを 8 台接続した時点でドライブ側スループットの上限の約 8,000 MiB/s に達してしまっているためと推測されます。上限性能に達しているためドライブ数を増やしても性能は向上しません。

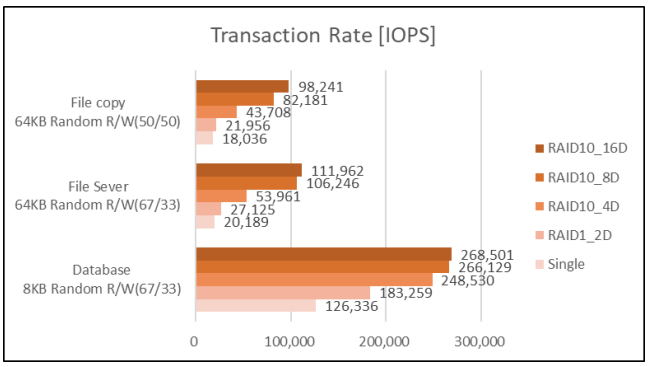
シーケンシャルライト性能は、RAID1/10 で約 4,000　MiB/s のスループット、RAID5 で約 5,200 MiB/s のスループットが得られています。

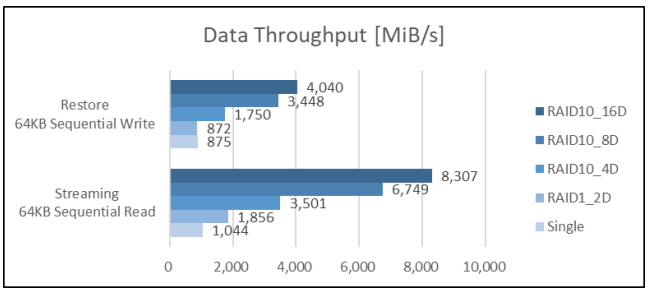
【RAID0】





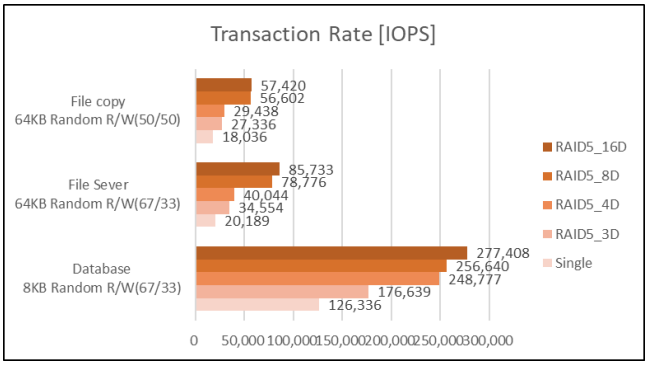
【RAID1/10】

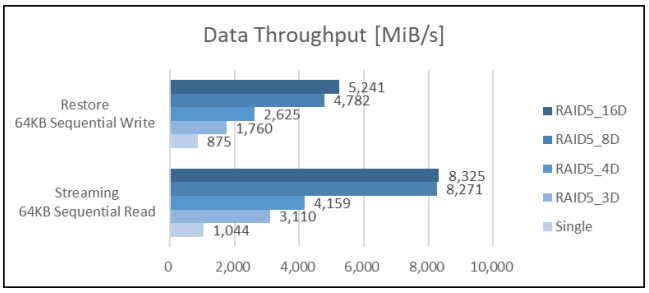




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】





 © 2023 Fujitsu Limited

PRAID EP680i PCIe option

ホストバスが PCIe 4.0 に対応し、データバス帯域が向上しています。RAID コントローラーに SAS/SATA ドライブを 16 台まで、NVMe ドライブは 4 台を直結することができます。接続可能なドライブ数は、搭載するサーバ本体構成に依存します。キャッシュメモリによるバッファリングにより書き込み処理のパフォーマンスの向上が期待できます。

本測定では、RAID コントローラーの基本的な特性を見るためにキャッシュメモリによるバッファリング機能を使用せず測定を行っています。

RAID 設定、テストボリューム

以下の設定と論理ボリュームを対象に測定しました。

Strip Size	Controller Cache policy		Disk Cache
HDD: 256 KiB SSD/NVMe: 64 KiB	Read	No Read Ahead	Disabled
	Write	Write Through	

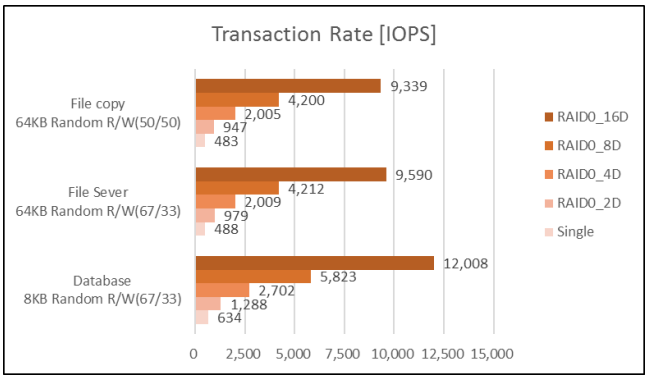
Test Volume	Volume Size	File system	Note
#2	32 GiB	RAW	Sequential test volume
	64 GiB	RAW	Random test volume

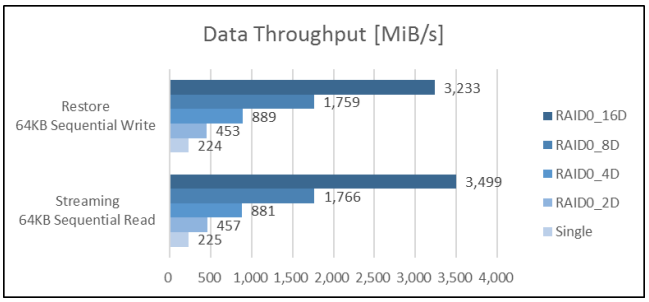
SAS-HDD 接続

RAID0/RAID5 では、接続したドライブの数に比例した性能値が得られています。

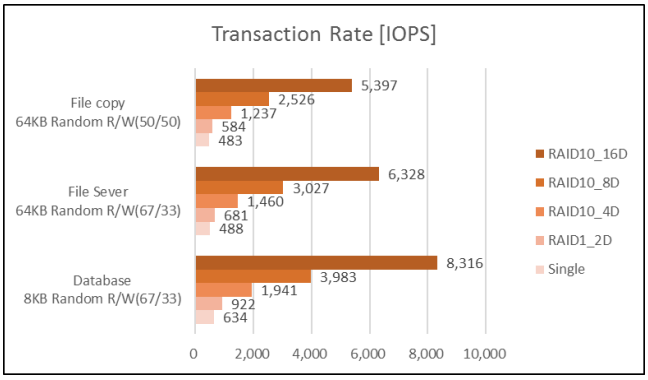
RAID1 のシーケンシャル性能は、単体ドライブ性能とほぼ同等の性能。RAID10 は、RAID1 の性能に比例した性能(4 ドライブでは 2 倍、8 ドライブでは 4 倍)が得られています。

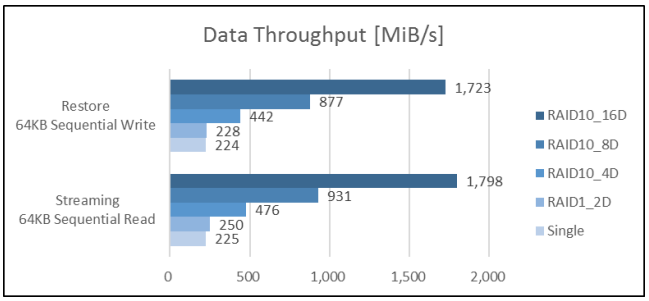
【RAID0】





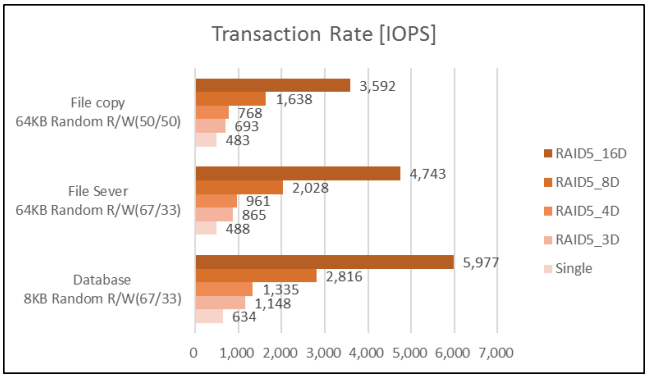
【RAID1/10】

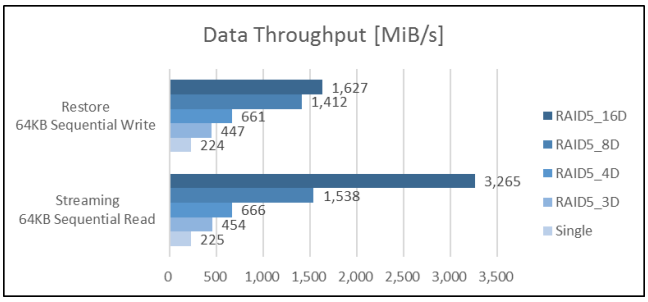




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】

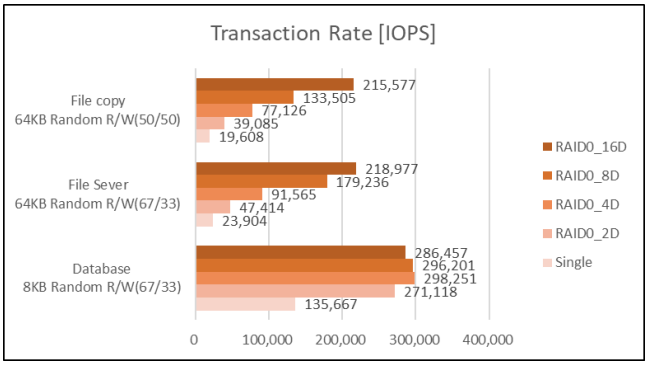


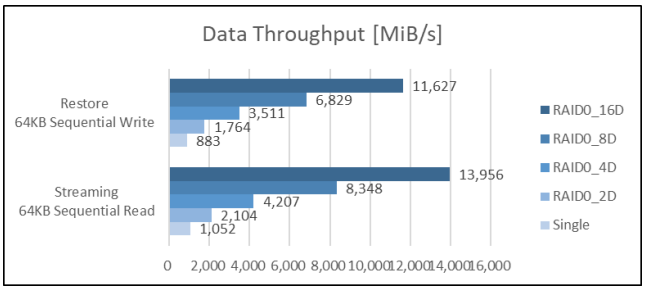


SAS-SSD 接続

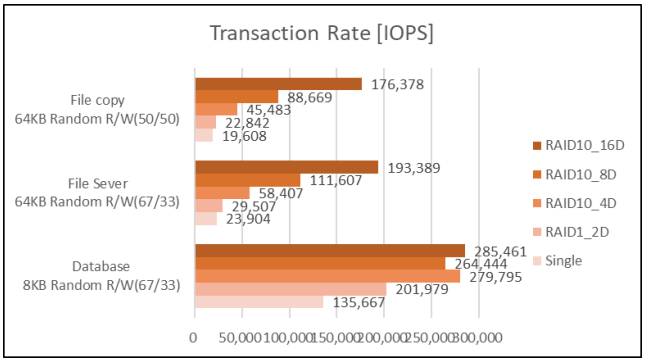
CPU 側インターフェースが PCIe Gen4 になったことで帯域が向上し接続台数に応じた性能値が得られています。また。RAID1/10/5 ライト性能は、コントローラーの処理能力を示しており、RAID1/10 で約 6,500　MiB/s のスループット、RAID5 で約 4,700 MiB/s のスループットが得られています。

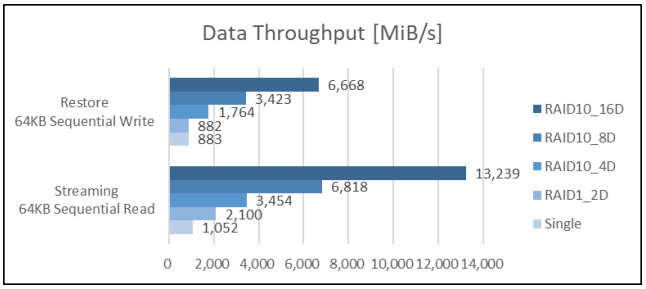
【RAID0】





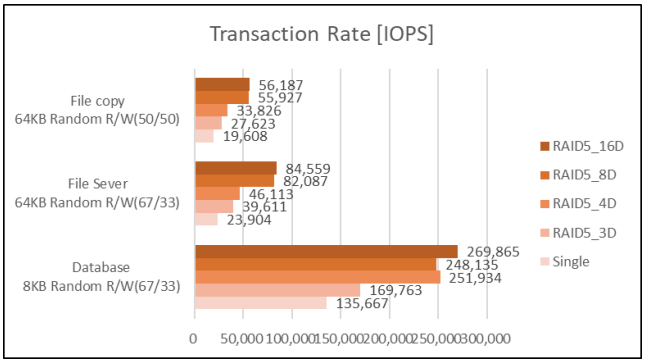
【RAID1/10】

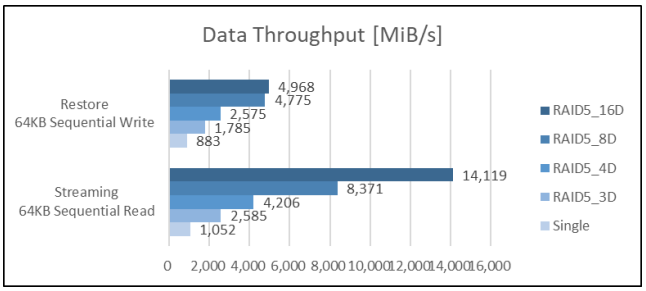




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】

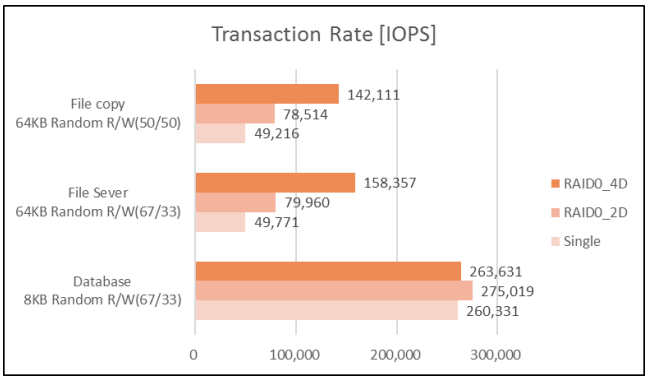


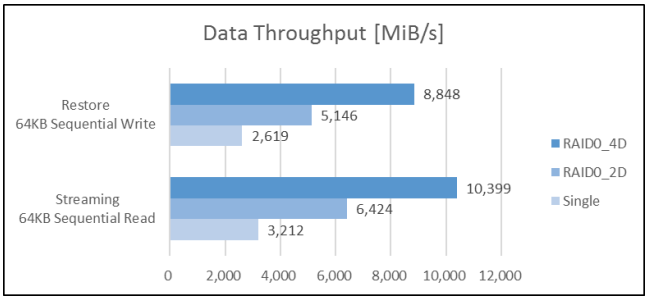


NVMe 接続

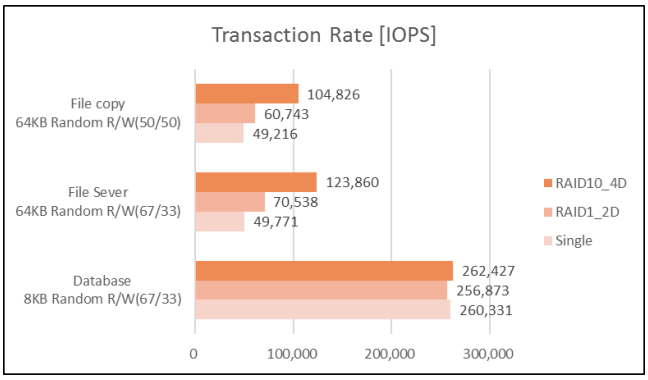
CPU 側インターフェースが PCIe Gen4 になったことで帯域が向上し接続台数に応じた性能値が得られていますが、RAID0 の 4 台接続時、リード性能でコントローラーの性能限界に達し約 10,000 MiB/s に留まっています。RAID1 では、単体ドライブに対しリードが 2 倍、ライトが同等であり期待性能が得られています。RAID5 のライト性能は、コントローラーの処理能力を示しており、約 4,100 MiB/s のスループットが得られています。(PRAID EP540i では、約 3,000 MiB/s)
ランダムアクセスであるデータベースパターンの性能値は、"# of Worker Threads = 1"測定しているために転送処理のレイテンシーがネックとなり、トランザクションレートが頭打ちとなっています。

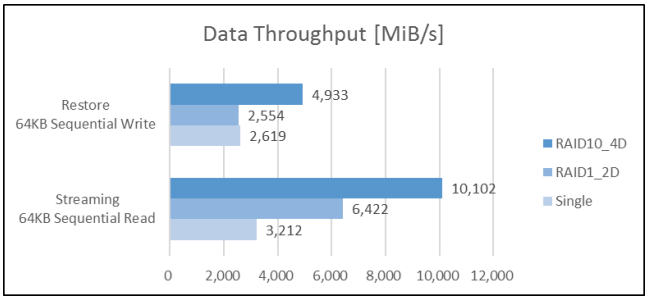
【RAID0】





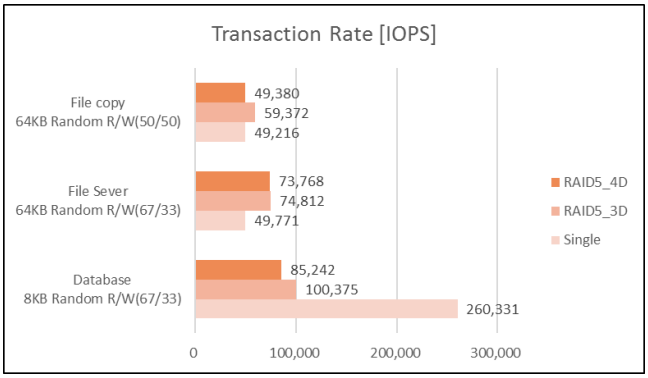
【RAID1/10】

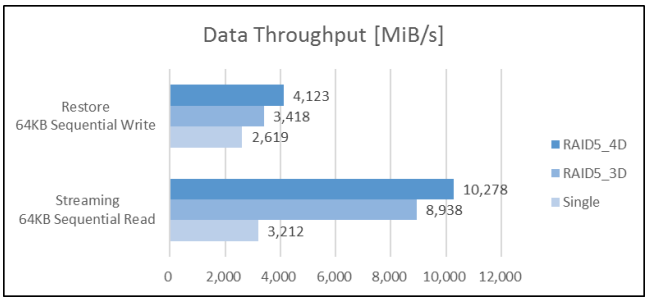




 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID5】





 © 2023 Fujitsu Limited

PRAID EP3254-8i PCIe option

ホストバスが PCIe 4.0 に対応し、SAS/SATA ドライブを 8 台までを直結することができます。接続可能なドライブ数は、搭載するサーバ本体構成に依存します。キャッシュメモリによるバッファリングにより書き込み処理のパフォーマンスの向上が期待できます。

本測定では、RAID コントローラーの基本的な特性を見るためにキャッシュメモリによるバッファリング機能を使用せず測定を行っています。

RAID 設定、テストボリューム

以下の設定と論理ボリュームを対象に測定しました。

Strip Size	Controller Cache policy		Disk Cache
HDD: 256 KiB SSD: 64 KiB	Read	-	Disabled
	Write	Write Through	

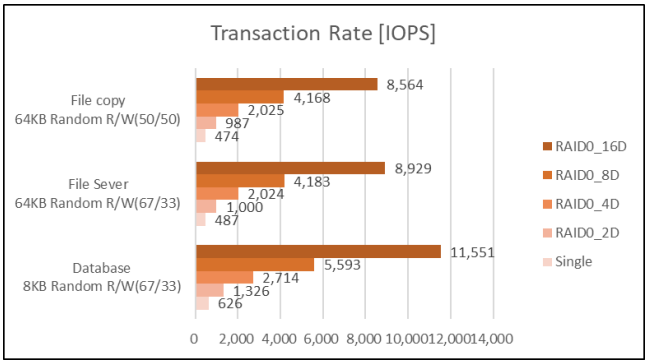
Test Volume	Volume Size	File system	Note
#1	64 GiB	RAW	Sequential test volume Random test volume

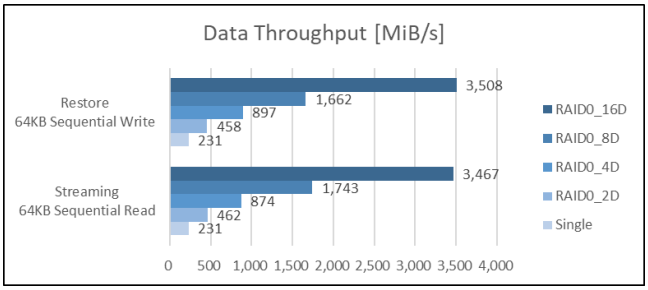
SAS-HDD 接続*(SAS* スイッチ経由で *16* ドライブまで測定*)*

RAID0 では、接続したドライブの数に比例した性能値が得られています。

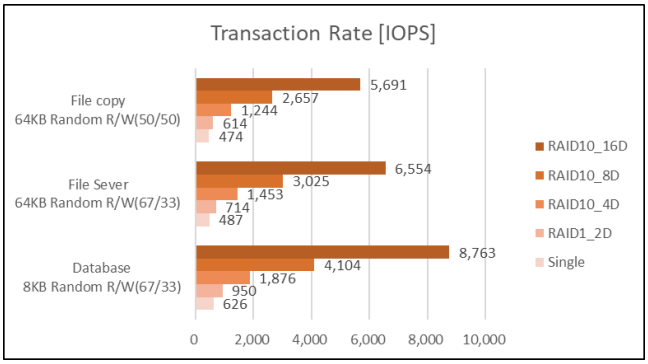
HDD 接続時には、RAID1/10/5 のシーケンシャルライトでは低い性能値に留まるため、フラッシュバックアップユニットを使用したライトバックでの運用を推奨します。

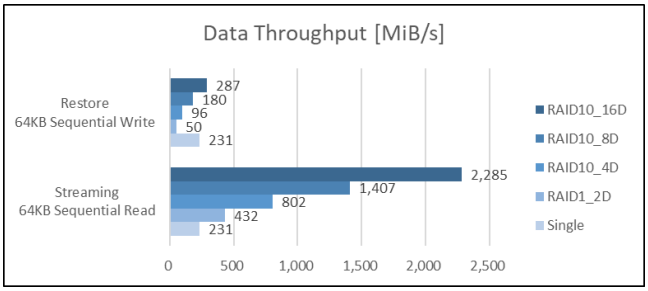
【RAID0】





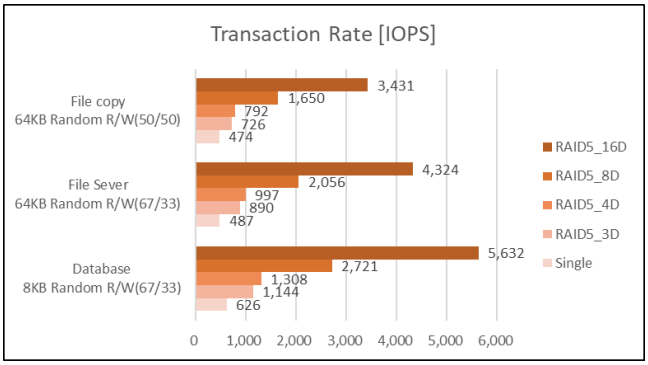
【RAID1/10】

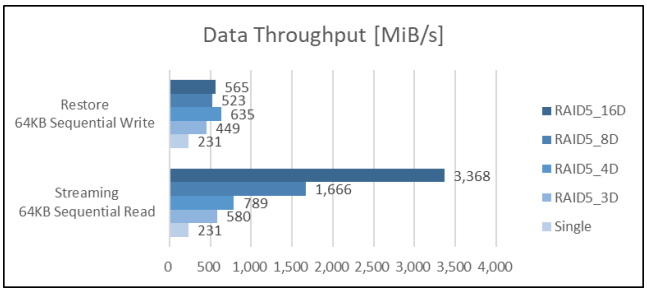




 © 2023 Fujitsu Limited

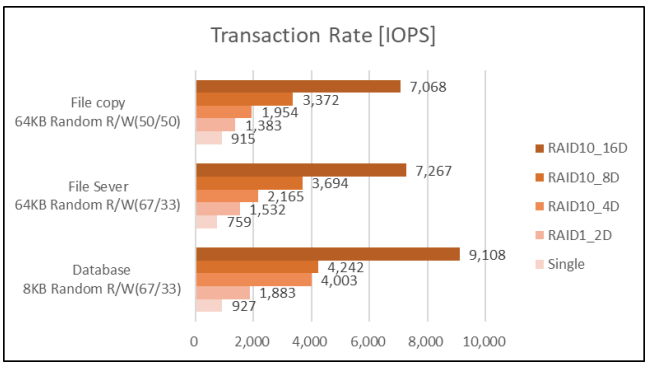
【RAID5】

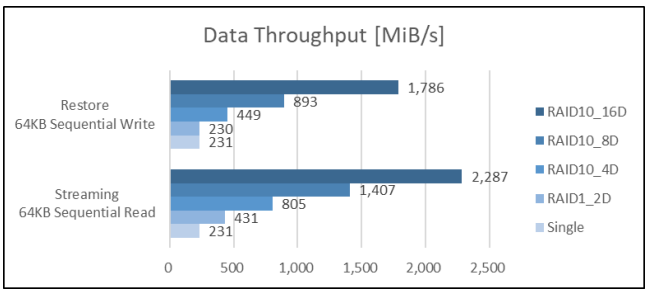




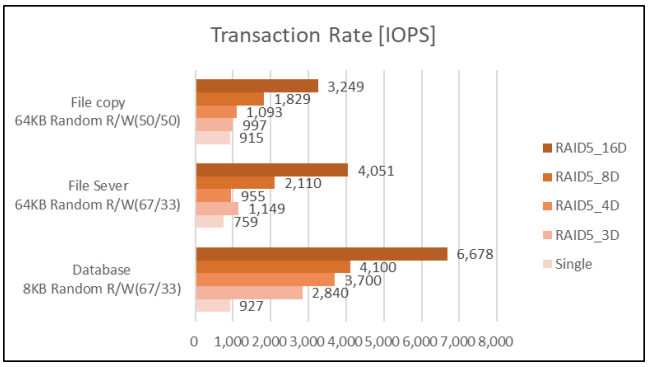
参考：ライトバック設定時の性能

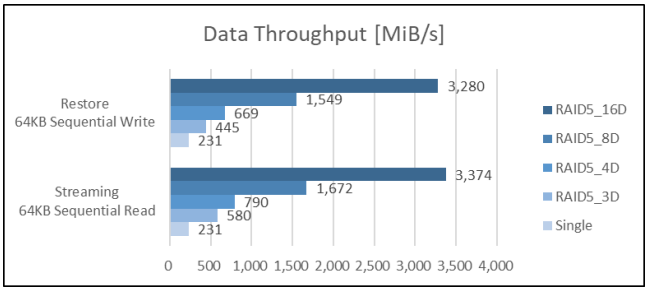
【RAID1/10】





【RAID5】





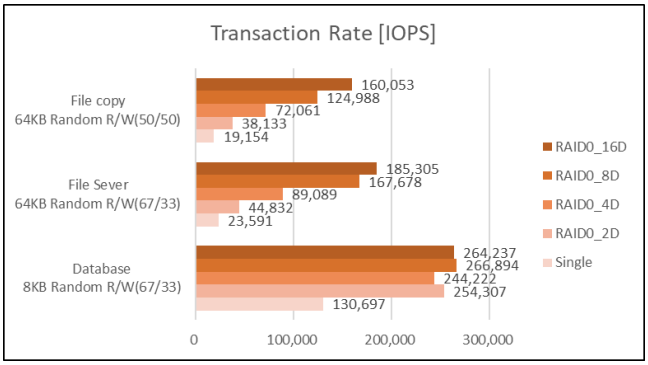
 © 2023 Fujitsu Limited

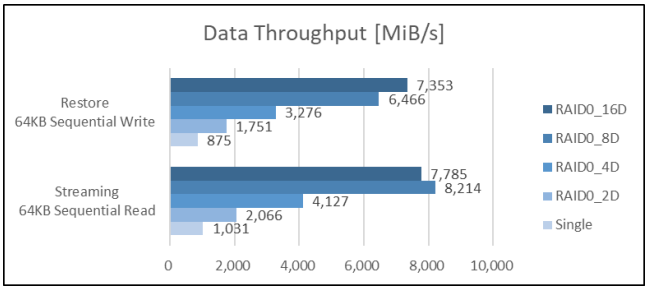
SAS-SSD 接続(SAS スイッチ経由で 16 ドライブまで測定)

16 台接続のシーケンシャル性能がほぼ 8 台接続と同じになっています。これは、ドライブ側ポート数が 8 ポートであるため、ドライブを 8 台接続した時点でドライブ側スループットの上限の約 8,000 MiB/s に達してしまっているためと推測されます。上限性能に達しているためドライブ数を増やしても性能は向上しません。

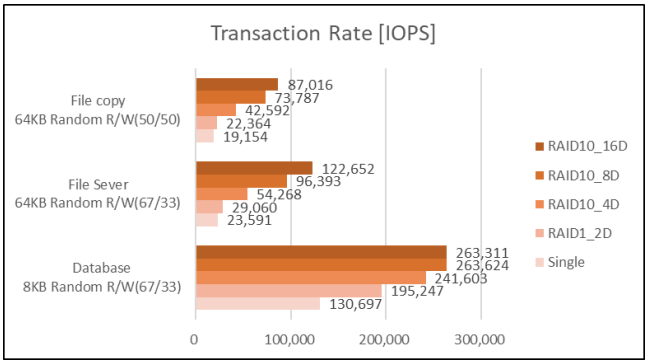
シーケンシャルライト性能は、RAID1/10 で約 3,600 MiB/s のスループット、RAID5 で約 5,000 MiB/s のスループットが得られています。

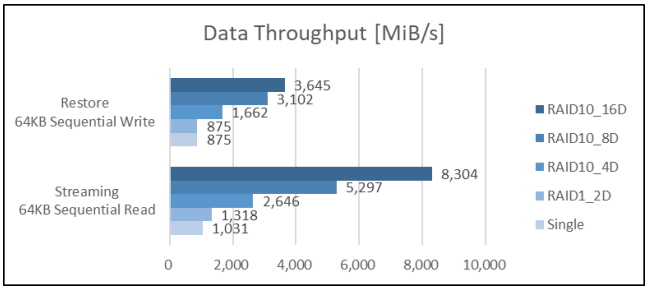
【RAID0】



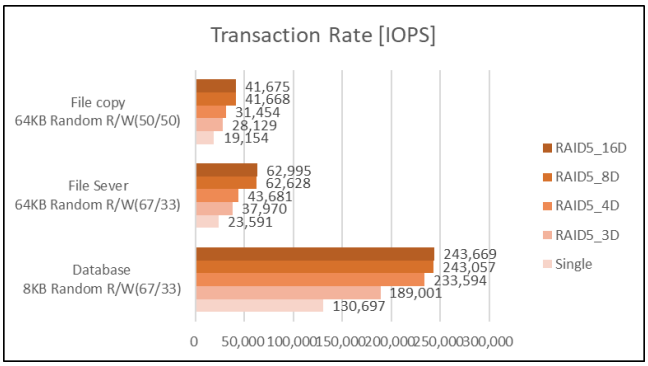


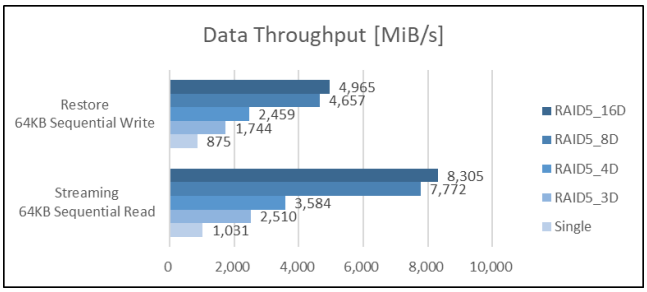
【RAID1/10】





【RAID5】





 © 2023 Fujitsu Limited

PRAID EP3258-16i PCIe option

ホストバスが PCIe 4.0 に対応し、SAS/SATA ドライブを 16 台まで、NVMe ドライブは 4 台を直結することができます。接続可能なドライブ数は、搭載するサーバ本体構成に依存します。キャッシュメモリによるバッファリングにより書き込み処理のパフォーマンスの向上が期待できます。

本測定では、RAID コントローラーの基本的な特性を見るためにキャッシュメモリによるバッファリング機能を使用せず測定を行っています。

RAID 設定、テストボリューム

以下の設定と論理ボリュームを対象に測定しました。

Strip Size	Controller Cache policy		Disk Cache
HDD: 256 KiB SSD: 64 KiB	Read	-	Disabled
	Write	Write Through	

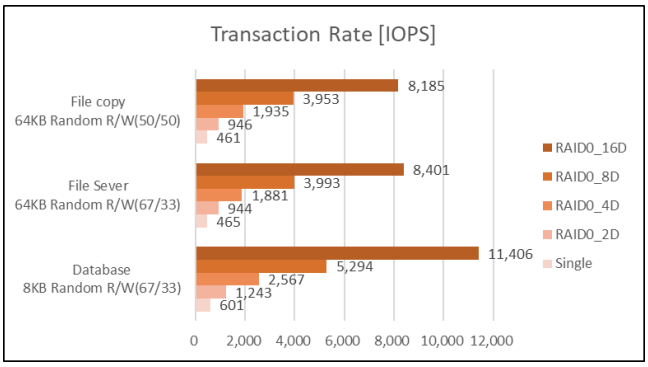
Test Volume	Volume Size	File system	Note
#1	64 GiB	RAW	Sequential test volume Random test volume

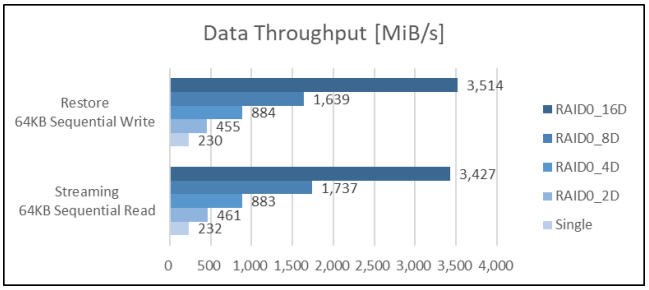
SAS-HDD 接続

RAID0 では、接続したドライブの数に比例した性能値が得られています。

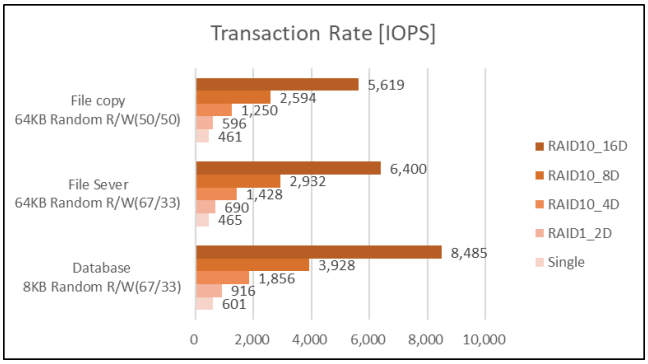
HDD 接続時には、RAID1/10/5 のシーケンシャルライトでは低い性能値に留まるため、フラッシュバックアップユニットを使用したライトバックでの運用を推奨します。

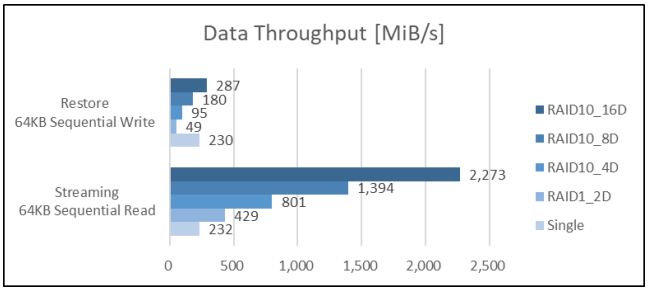
【RAID0】





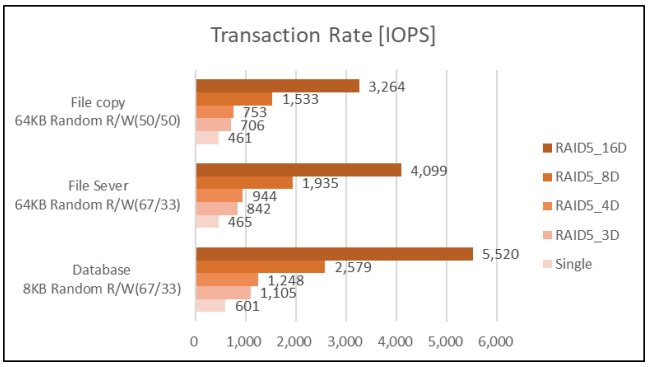
【RAID1/10】

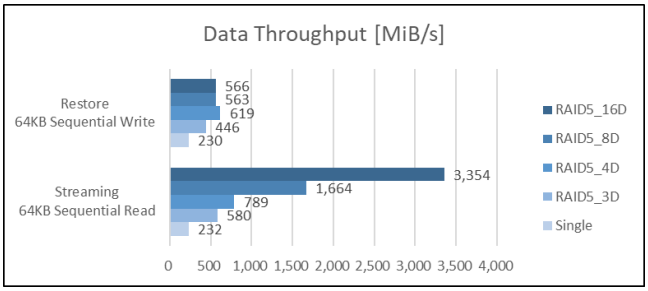




 © 2023 Fujitsu Limited

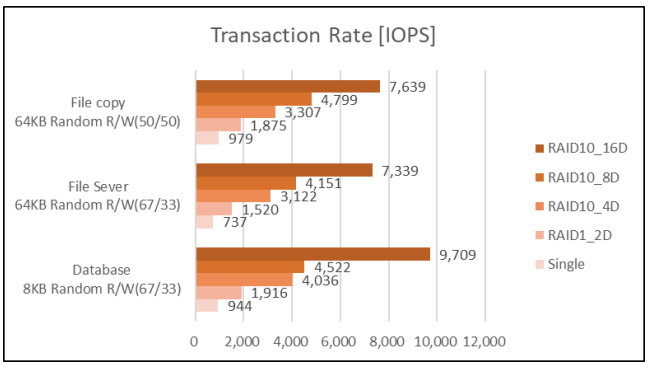
【RAID5】

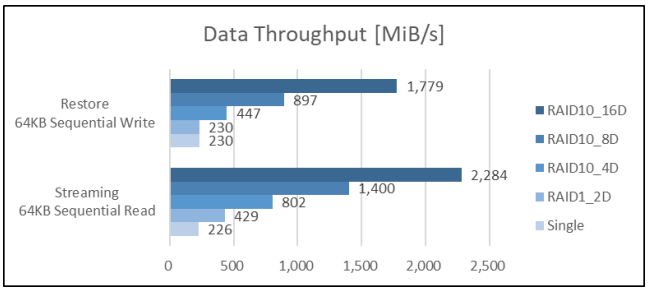




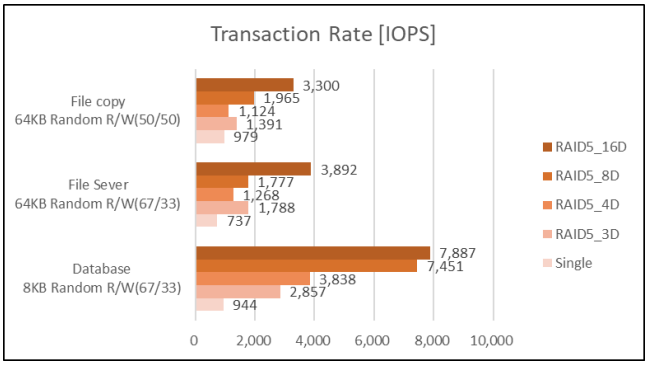
参考：ライトバック設定時の性能

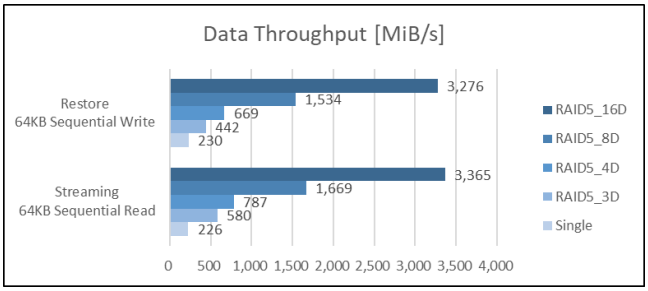
【RAID1/10】





【RAID5】



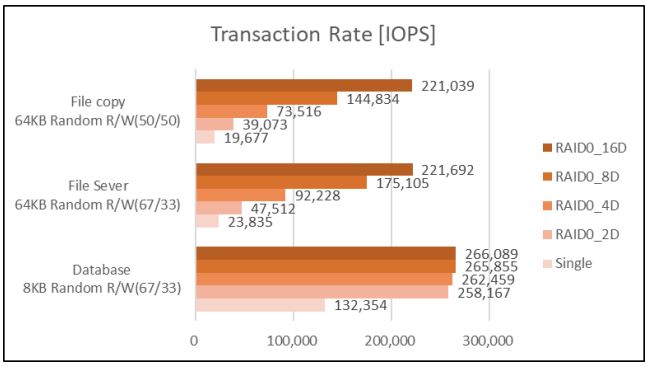


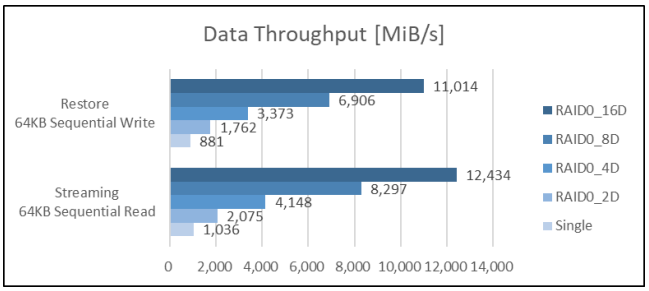
 © 2023 Fujitsu Limited

SAS-SSD 接続

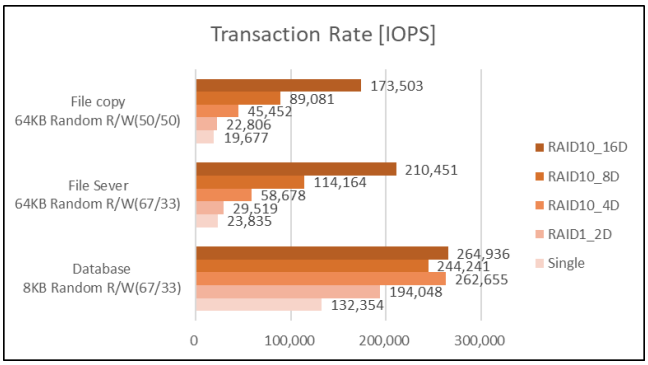
CPU 側インターフェースが PCIe Gen4 になったことで帯域が向上し接続台数に応じた性能値が得られています。また。RAID1/10/5 ライト性能は、コントローラーの処理能力を示しており、RAID1/10 で約 6,300 MiB/s のスループット、RAID5 で約 5,000 MiB/s のスループットが得られています。

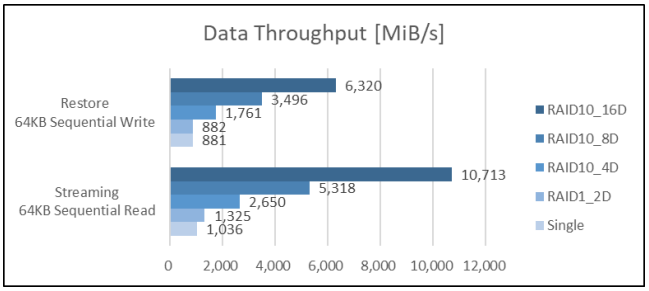
【RAID0】



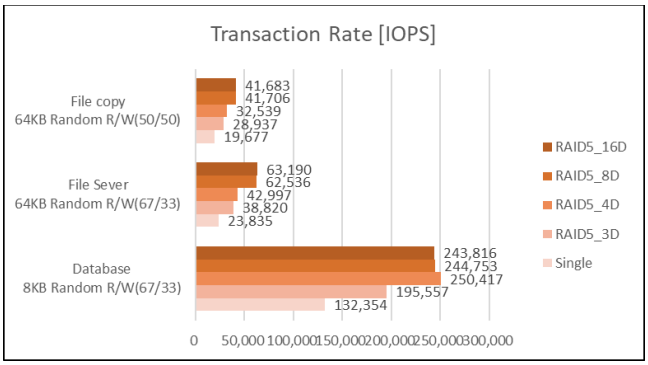


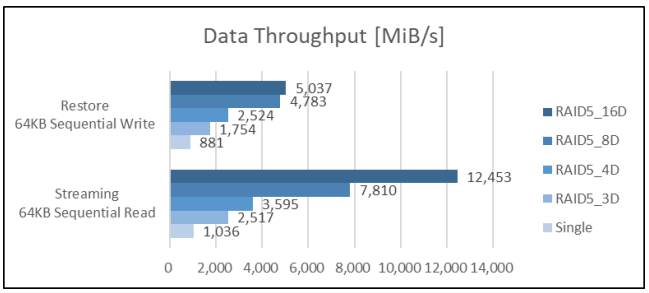
【RAID1/10】





【RAID5】





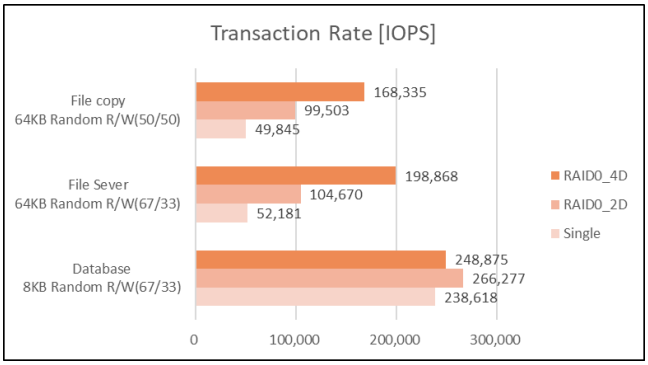
 © 2023 Fujitsu Limited

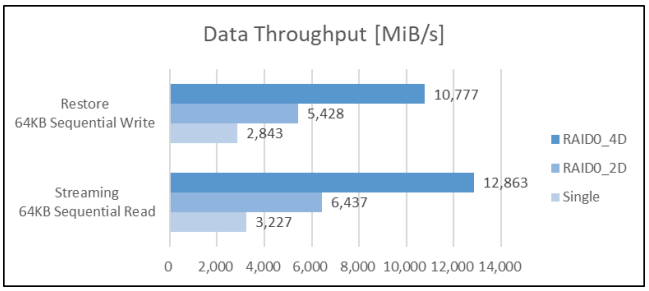
NVMe 接続

CPU 側インターフェースが PCIe Gen4 になったことで帯域が向上し接続台数に応じた性能値が得られています。RAID0/1/10 でドライブ数に応じた期待性能が得られています。RAID5 のライト性能は、コントローラーの処理能力を示しており、約 4,200 MiB/s のスループットが得られています。

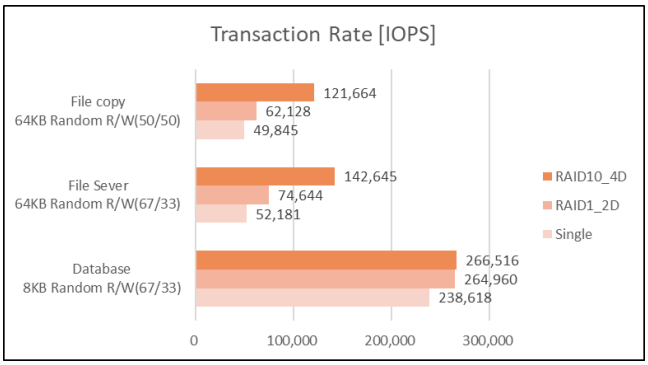
ランダムアクセスであるデータベースパターンの性能値は、"# of Worker Threads = 1"測定しているために転送処理のレイテンシーがネックとなり、トランザクションレートが頭打ちとなっています。

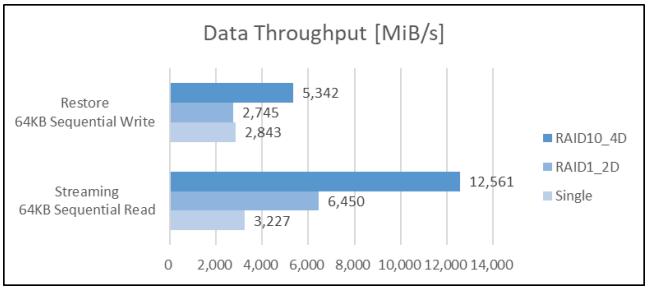
【RAID0】



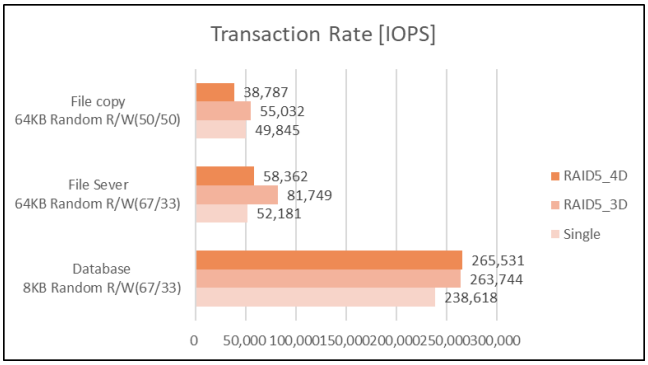


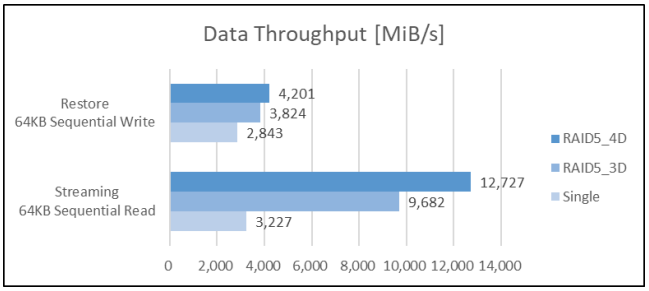
【RAID1/10】





【RAID5】





 © 2023 Fujitsu Limited

コントローラーキャッシュの効果

コントローラーキャッシュを使用することでランダムアクセス性能の向上が期待できます。

WT(Write Through): ライトアクセスの際、ドライブからの完了レスポンスを待つモードです。コントローラーキャッシュを使用しないモードです。

WB(Write Back): コントローラーキャッシュを使用するモードです。ライトアクセスは、コントローラーキャッシュにキャッシュされただちにアプリケーションに完了レスポンスを返します。ドライブへのライトアクセスはその後に行われます。アプリケーションはドライブへのライトアクセスの完了を待たずに次の処理を行えるためスループットが向上します。フラッシュバックアップユニット等が接続されず、コントローラーキャッシュのデータが保護できない状態を検出した場合自動的に WT 動作に切り替わります。

AWB(Always Write Back): 強制的にコントローラーキャッシュを使用するモードです。フラッシュバックアップユニット等が接続されていない場合は、コントローラーキャッシュのデータは保護されません。

下記の RAID 設定を行い各 RAID コントローラーのアクセス性能を測定しました。

詳細データは、「付録 2：キャッシュ効果測定結果一覧」に記載しています。

RAID 設定、テストボリューム

以下の RAID 設定とテストボリュームを対象に測定しました。

Controller	Drive	Cache Setting	Strip Size	Controller Cache policy		Disk Cache
				Read	Write	
PSAS CP2100-8i	HDD SSD	-	256 KiB	-	-	Disable
PRAID CP400i PRAID CP500i PRAID CP600i	HDD SSD	-	64 KiB	No Read Ahead	Write Through	Disable
PRAID EP400i PRAID EP420i PRAID EP520i PRAID EP540i PRAID EP640i PRAID EP680i	HDD	WT	256 KiB	Read Ahead	Write Through	Disable
		AWB			Always Write Back	Enable
	SSD	WT	64 KiB	No Read Ahead	Write Through	Disable
		AWB			Always Write Back	Enable
PRAID EP3254-8i PRAID EP3258-16i	HDD	WT	256 KiB	-	Write Through	Disable
		AWB			Always Write Back	Enable
	SSD	WT	64 KiB	-	Write Through	Disable
		AWB			Always Write Back	Enable

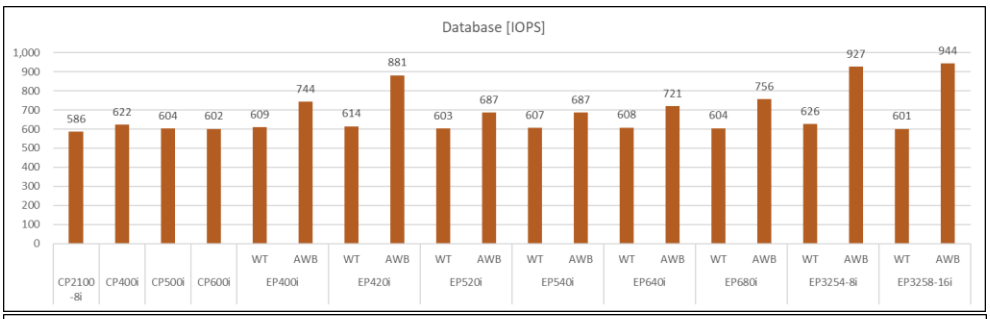
Test Volume	Volume Size	File system	Note
#1	64 GiB	RAW	Sequential test volume Random test volume

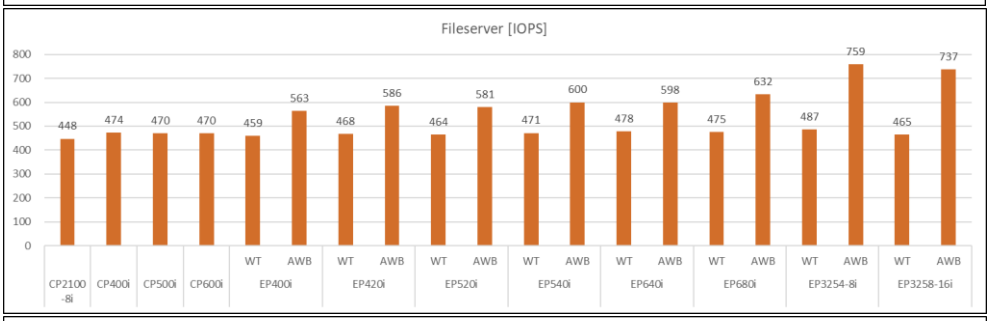
 © 2023 Fujitsu Limited

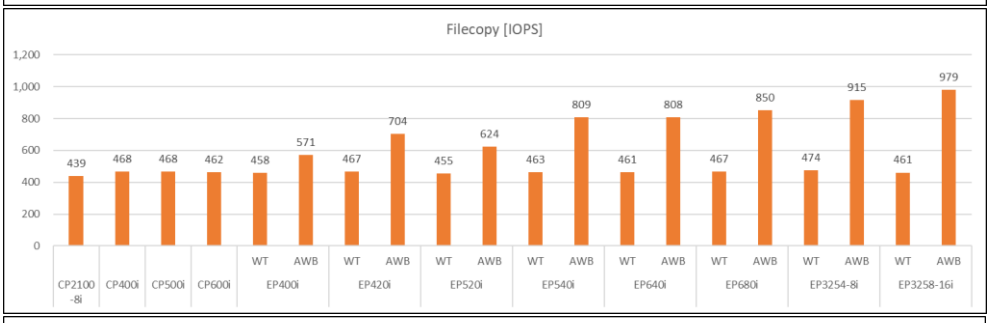
SAS-HDD 接続

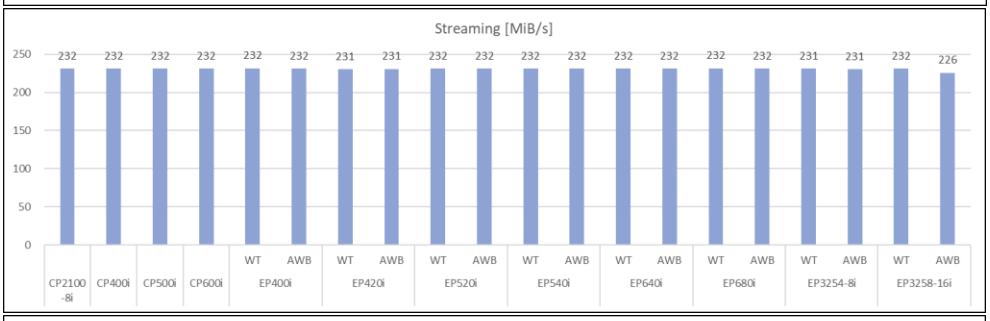
シングルドライブ、および、4 ドライブ接続時の各 RAID レベルでの比較データです。
キャッシュを有効とすることで、スループットが向上します。特に効果が期待できるのが、RAID5 の場合でスループットが大幅に向上しています。

【Single ドライブ】



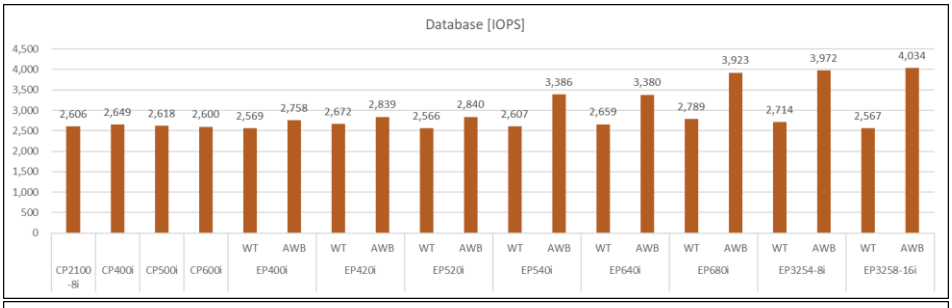


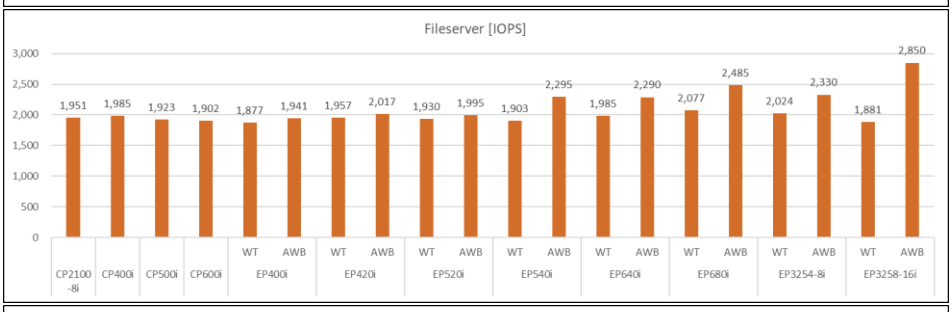


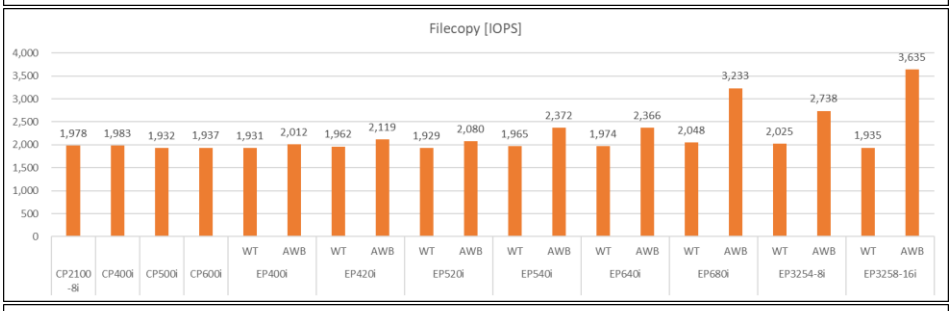


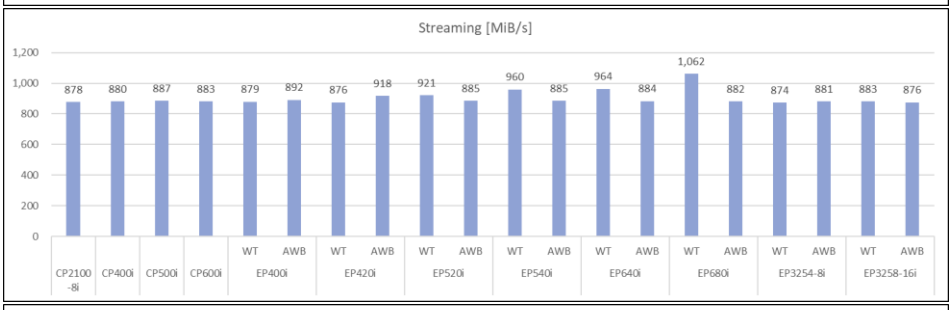
 © 2023 Fujitsu Limited

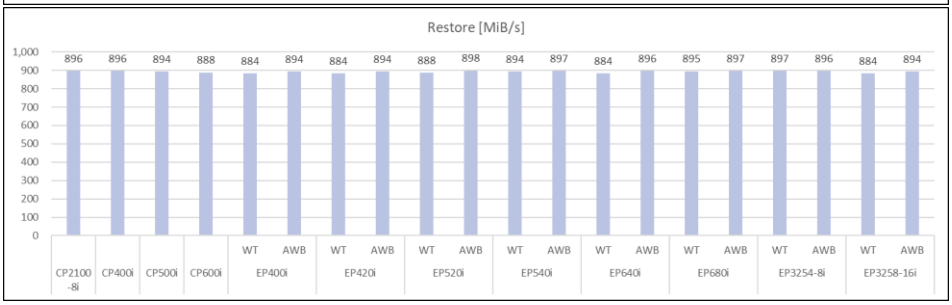
【RAID0 x4 ドライブ】





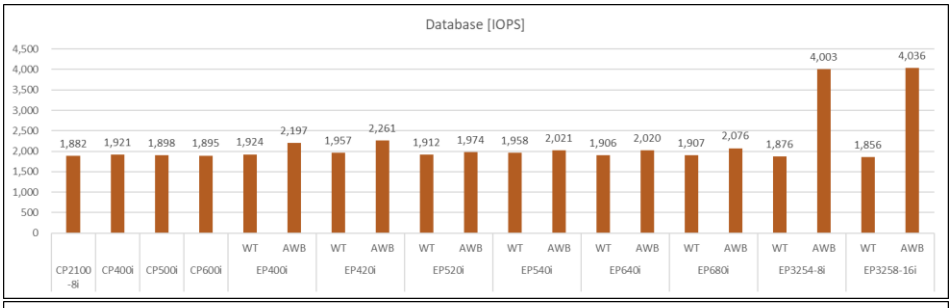


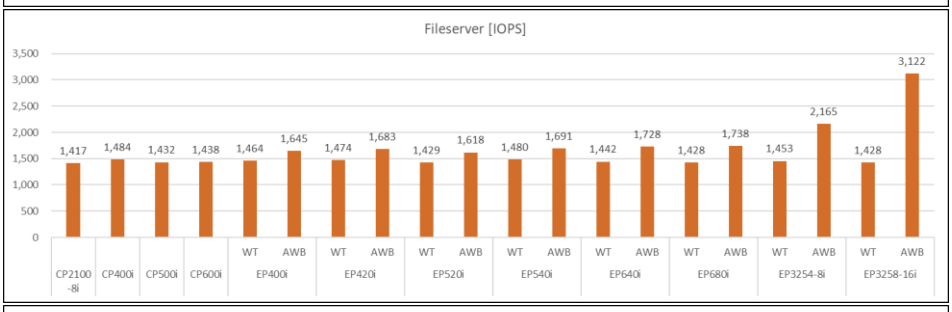


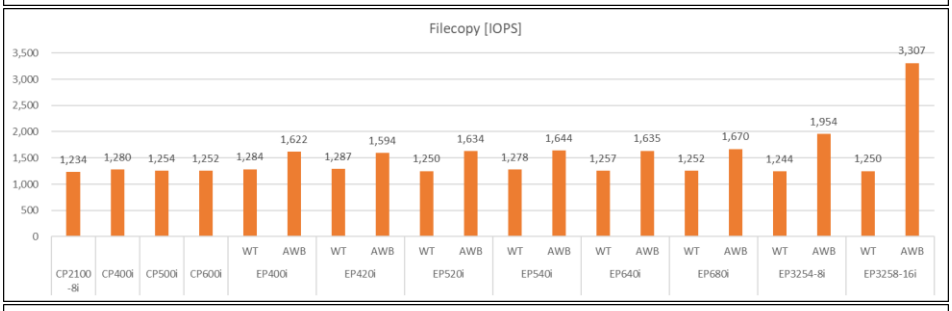


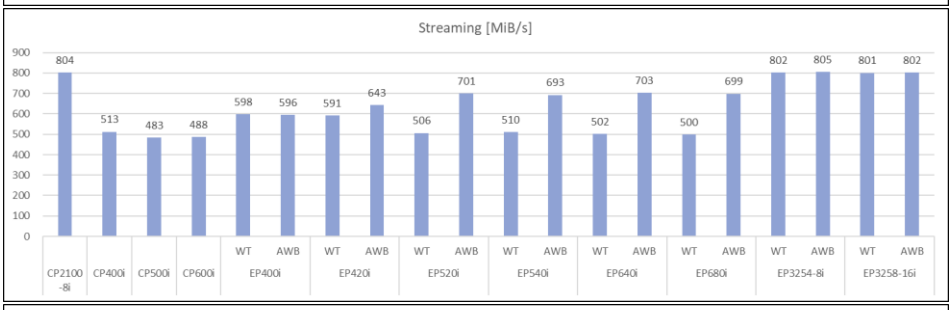
 © 2023 Fujitsu Limited

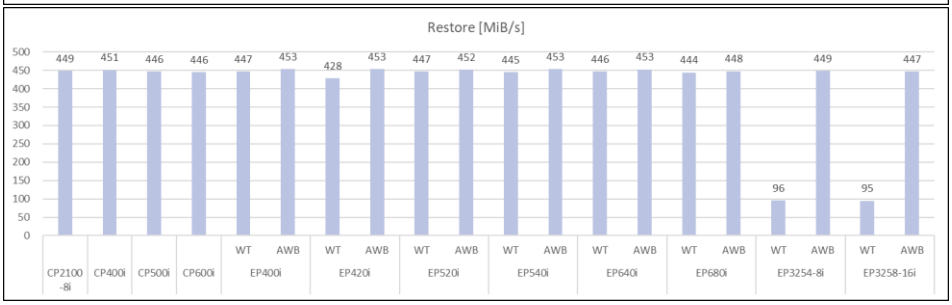
【RAID10 x4 ドライブ】





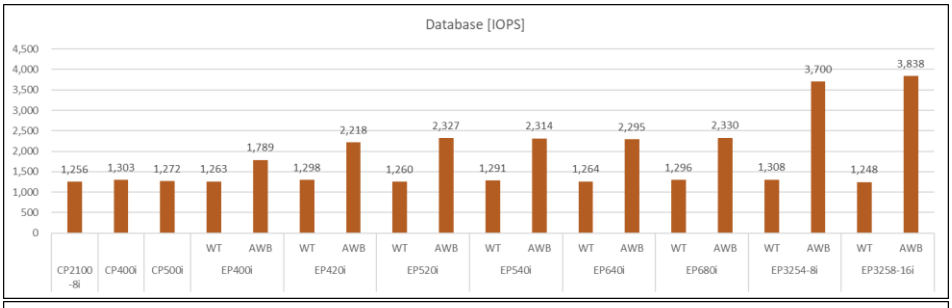


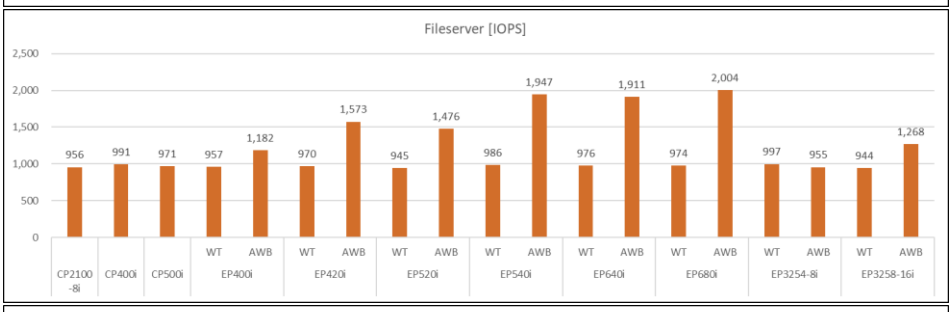


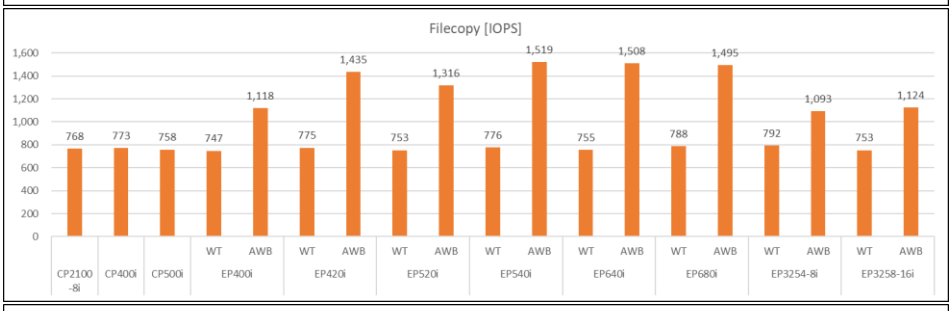


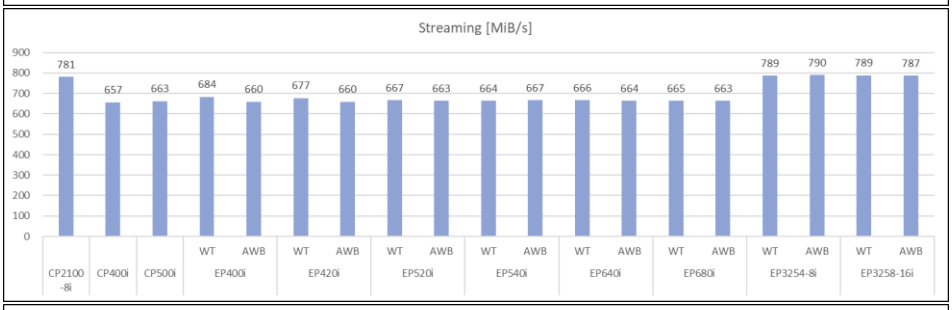
 © 2023 Fujitsu Limited

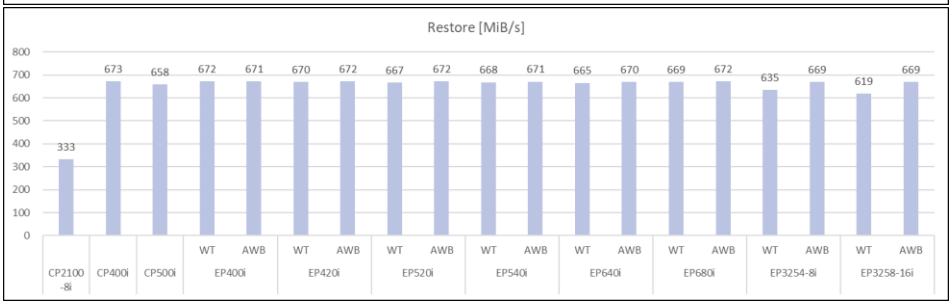
【RAID5 x4 ドライブ】











 © 2023 Fujitsu Limited

SAS-SSD 接続

シングルドライブ、および、4 ドライブ接続時の各 RAID レベルでの比較データです。

PRAID EP4x0i/5x0i/6x0i の場合、キャッシュを有効にするとデータサイズが小さいデータベースプロファイルでは、大きく性能低下してしまいます。他のプロファイルでも 10%程度の向上に留まります。

PRAID EP325x-xxi では、ライトスルーとライトバックはほぼ同等の性能です。

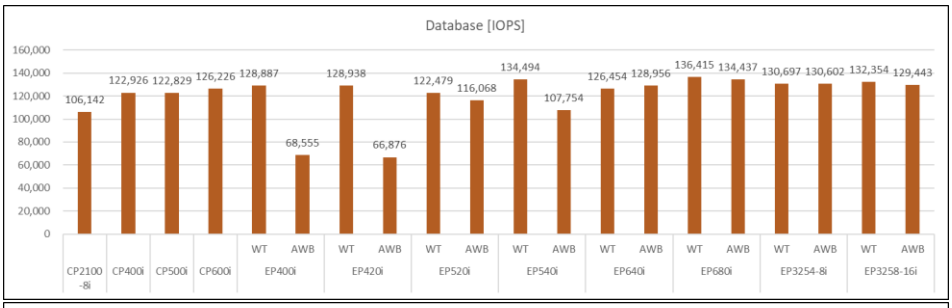
SSD 接続の場合ライトスルー設定での運用を推奨します。

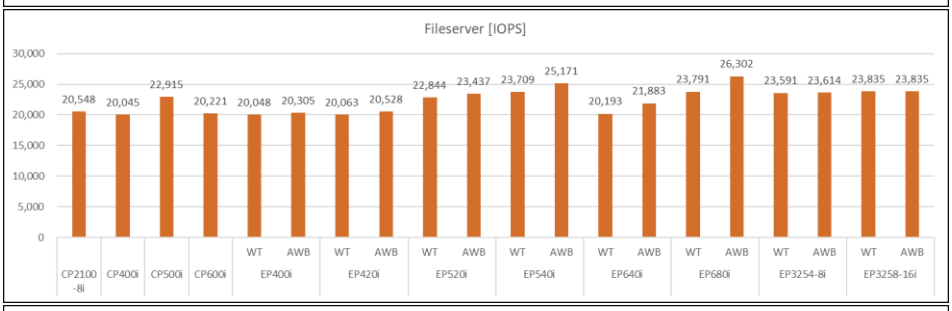
【推奨】

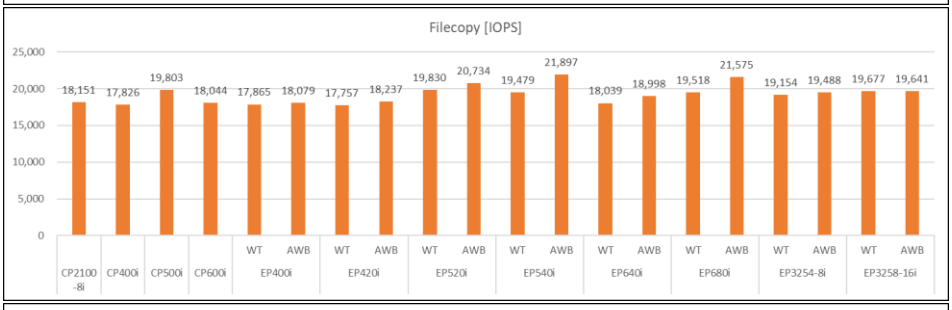
SSD 接続の場合、ServerView RAID Manager で論理ドライブを作成する際、「キャッシュ設定」は、[最適な Fast Path] (Fast Path optimum)を選択してください。以下の RAID 設定で論理ボリュームが作成されます。

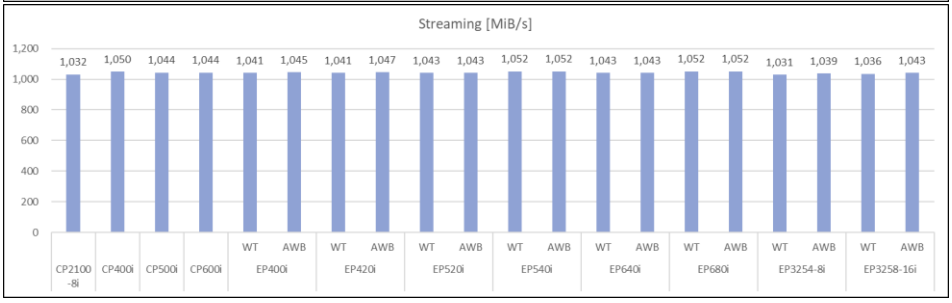
Controller Cache policy		Cache Mode	Disk Cache
Read	Write		
No Read Ahead	Write Through	Direct	Enable

【Single ドライブ】

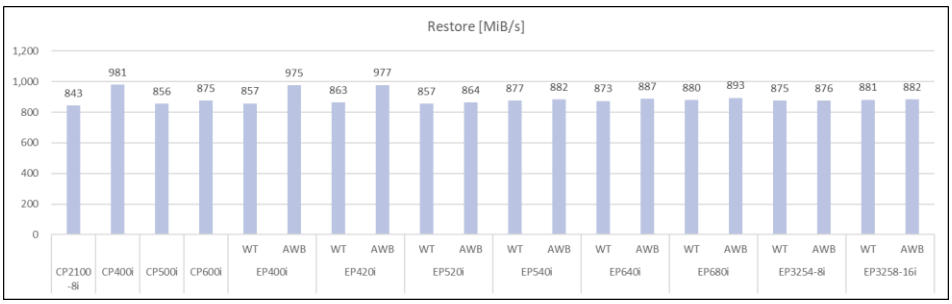




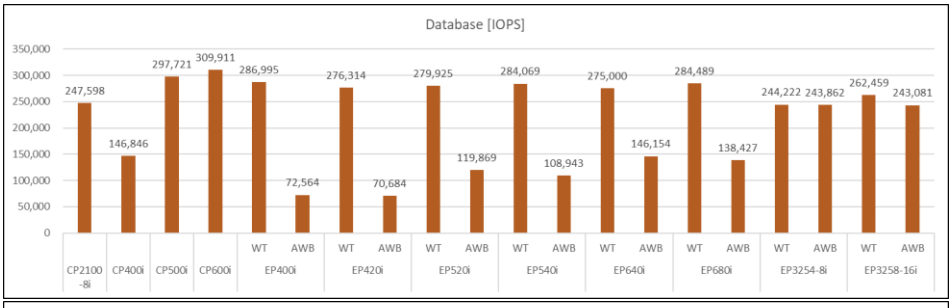


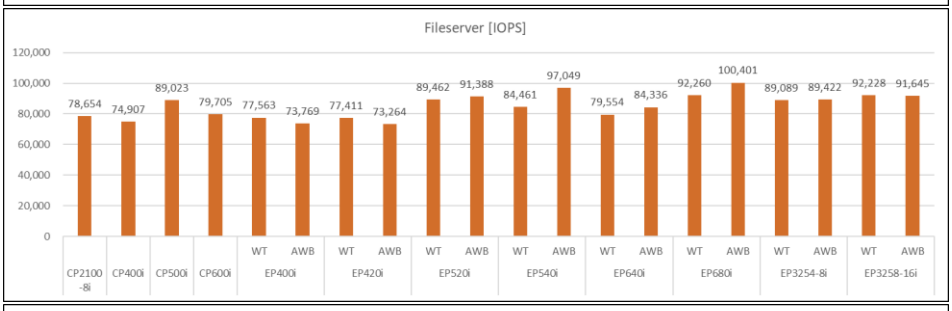


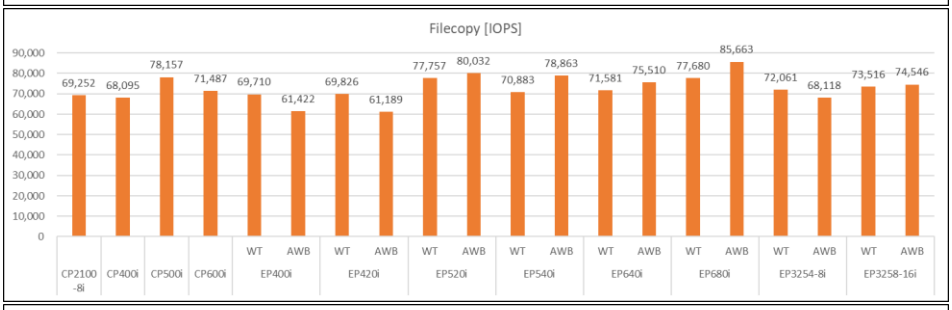
 © 2023 Fujitsu Limited

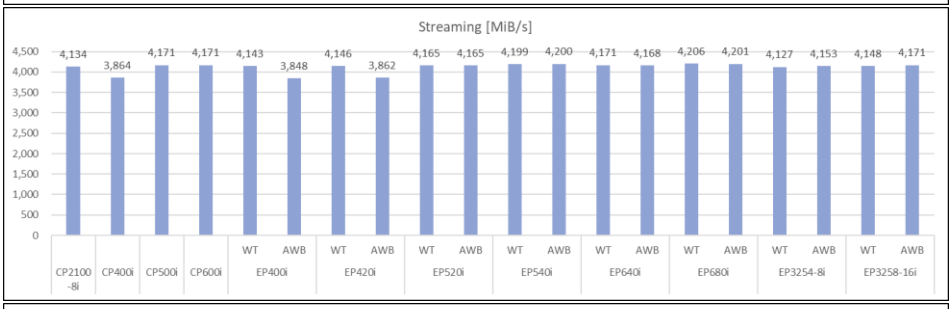


【RAID0 x4 ドライブ】



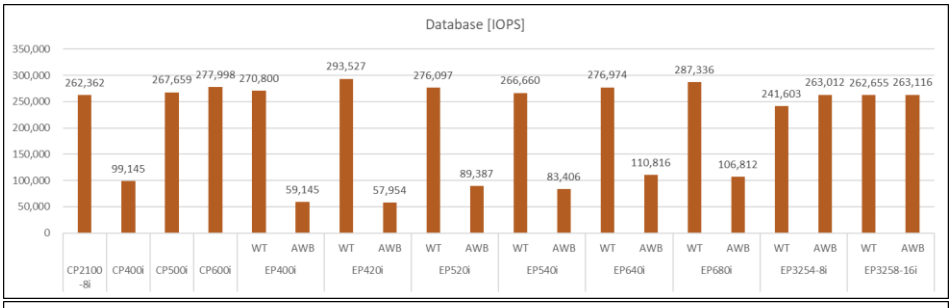


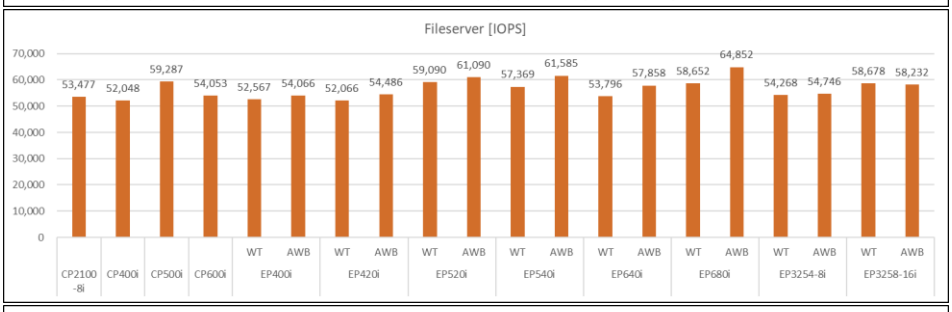


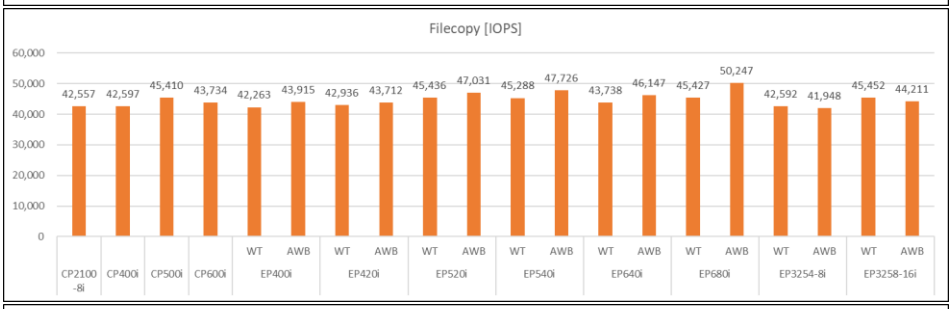


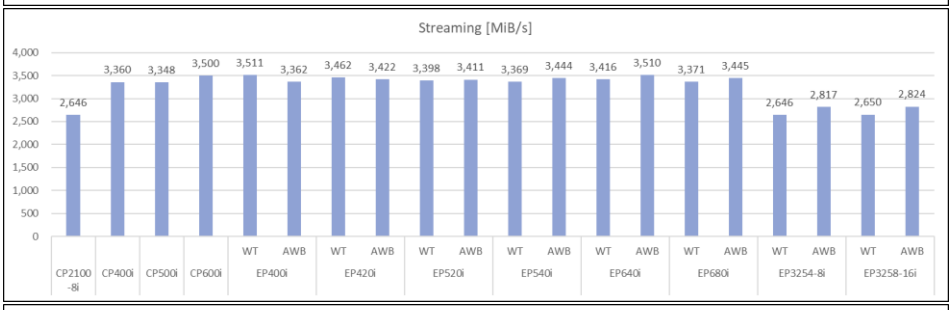
 © 2023 Fujitsu Limited

【RAID10 x4 ドライブ】



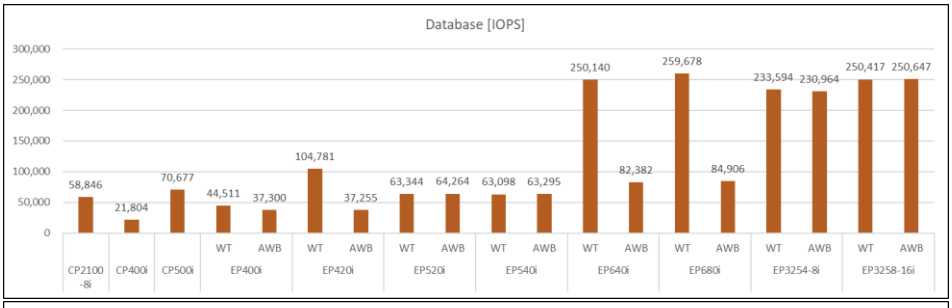


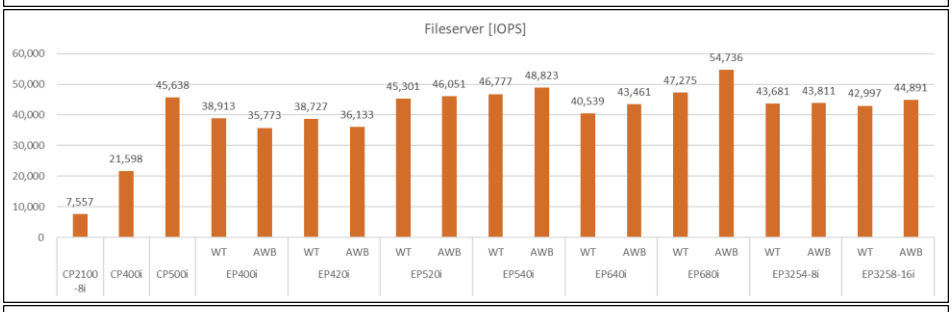


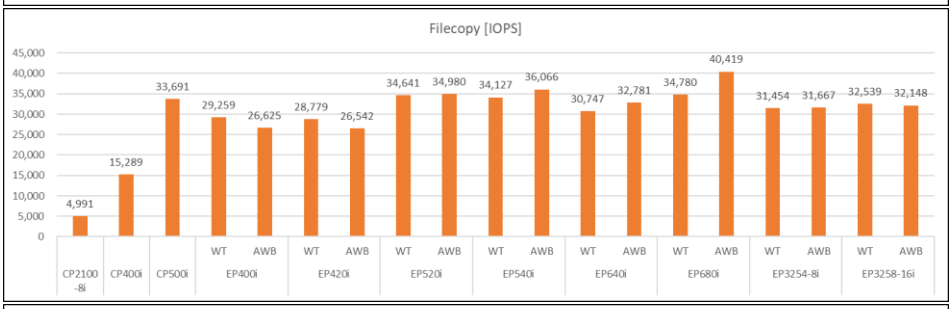


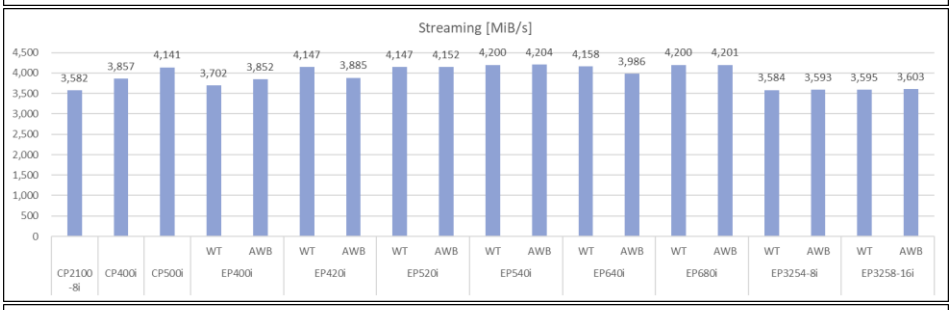
 © 2023 Fujitsu Limited

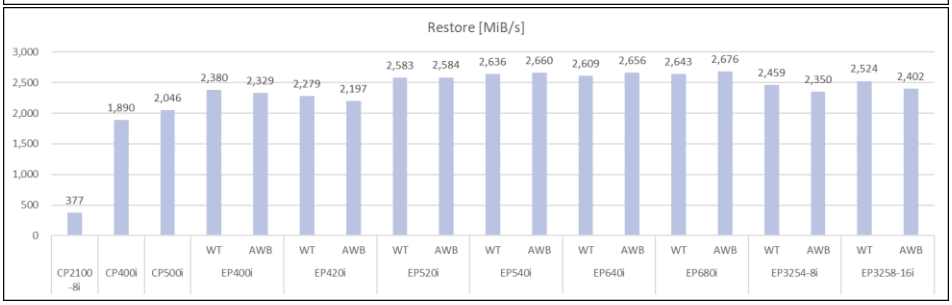
【RAID5 x4 ドライブ】











 © 2023 Fujitsu Limited

多重化によるトランザクションレートの向上

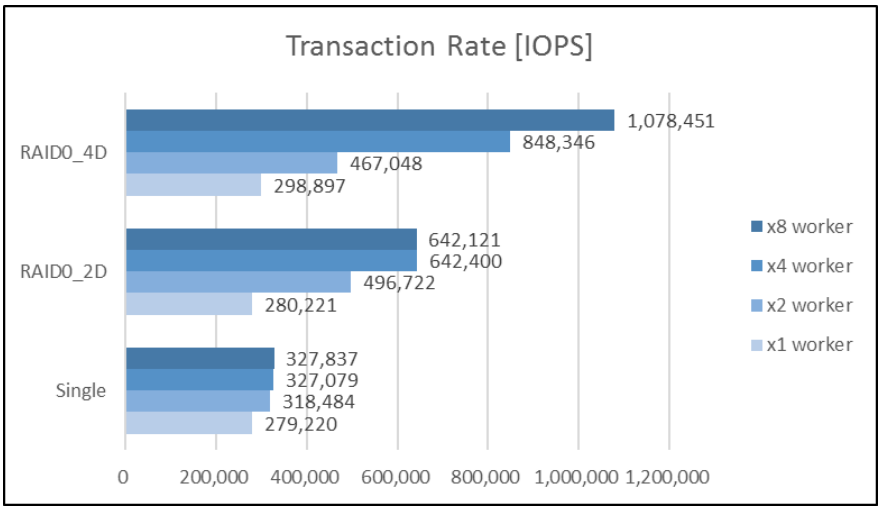
これまでの測定結果は、測定ツールとして使用している IOMeter において worker 数を 1 として測定した結果です。データベースのプロファイルの様にデータサイズが小さい処理の場合、SAS-SSD や NVMe ドライブでは転送処理のレイテンシーがネックとなりトランザクションレートが頭打ちになっていました。"# of Worker Threads"を増やす、すなわち転送処理を多重化しコントローラーへの負荷を増やすことで、トランザクションレートを向上することができます。

コントローラーの処理能力を見るため、データベースのプロファイルで worker 数を増やした場合のトランザクションレートを測定しました。

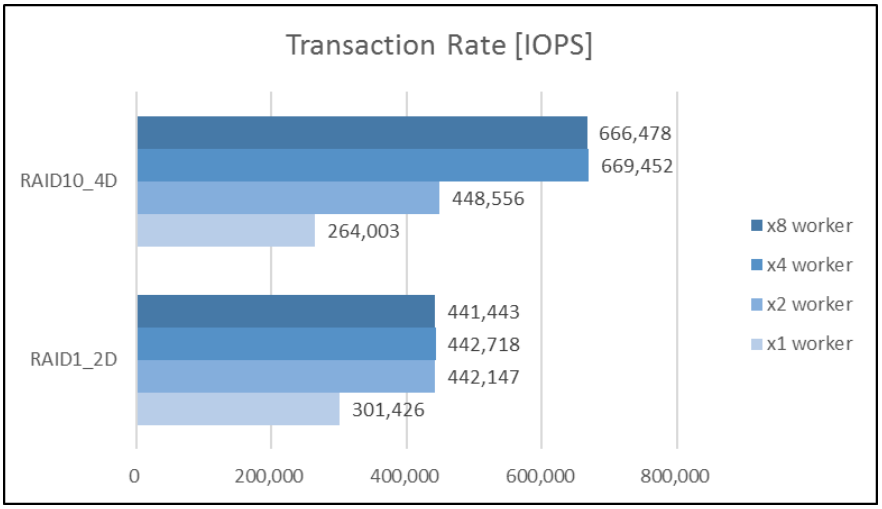
PRAID EP680i

1 ドライブでは、少ない worker 数で最大性能に達し約 300k IOPS に留まります。4 ドライブ接続では、worker 数を増やすことで 1,000k IOPS を超えるトランザクションレートが得られています。

RAID0 の場合



RAID1/10 の場合



 © 2023 Fujitsu Limited

おわりに

PRIMERGY および PRIMEQUEST サーバでは、種々の RAID コントローラーをサポートしています。
オンボードコントローラーは、チップセットの SATA インターフェースやプロセッサの PCIe バスにストレージドライブを接続することでオプション追加なしに RAID0/1/10 のストレージシステムを構築できます。
PCIe スロットに搭載する PRAID CP500i/EP540i/EP680i では、一般に使用される RAID レベル 0/1/10/5/50 をサポートしており、ストレージシステムを安定して稼働運用するために以下の機能を備えています。

- ドライブの媒体エラー自動修復、不良プロック代替機能、バックグランド媒体チェック機能、RAID 整合性確保機能、ホットスペア等の高信頼性機能がサポートされています。
- オンライン容量拡張(OCE)、オンライン RAID レベル変換(RLM)によりシステム稼働中のアレイ構成変更が行えます。
- サーバ本体に搭載される iRMC と連携し、ストレージドライブやロジカルドライブの状態監視が可能です。

また、ServerView RAID Manager をインストールすることで、オペレーションシステム上からロジカルドライブやコントローラーの状態を監視することができます。

インターネットやクラウドサービスの普及により年々増大する情報量に対応するため、ストレージへの需要はますます増大しています。
HDD は種々の技術開発により大容量化が進んでおり、今後も大容量のデータ保存には重要な役割を果たしていくと思われます。
SSD や NVMe ドライブは、高速性が求められる分野で採用が進んで行くことが予想されます。このため、ストレージシステムを設計する際は、用途に応じたドライブの選択が大切で、場合により混在での運用も有効です。また、SSD/NVMe でコントローラーに多数のドライブを接続する際は、HDD では問題とならなかった CPU 側インターフェースも考慮してストレージシステムを構築する必要があります。各 RAID コントーラーの仕様を検討して用途に適したストレージシステムを構築してください。

 © 2023 Fujitsu Limited

付録 1：結果一覧

以下測定結果の一覧です。

HDD 接続

RAID controller	RAID level	# drive	Transaction Rate [IOPS]			Data Throughput [MiB/s]	
			Database	Fileserver	Filecopy	Streaming	Restore
Intel VROC SATA RAID Controller	Single	1	223	180	175	133	133
	RAID0	2	439	354	345	264	264
		4	864	701	682	525	523
		8	1,658	1,360	1,327	1,028	1,041
	RAID1/10	2	331	259	226	183	133
		4	658	520	452	263	264
Embedded MegaRAID	Single	1	189	156	154	133	133
	RAID0	2	319	270	269	266	246
		4	524	455	464	532	310
		8	831	726	762	1,049	398
	RAID1/10	2	271	213	187	135	127
		4	434	354	322	266	176
		8	591	508	503	532	203
PSAS CP2100-8i	Single	1	586	448	439	232	230
	RAID0	2	1,227	946	933	462	458
		4	2,606	1,951	1,978	878	896
		8	5,405	4,150	4,035	1,751	1,783
		16	11,356	8,690	8,279	3,450	3,501
	RAID1/10	2	893	666	574	434	230
		4	1,882	1,417	1,234	804	449
		8	4,029	2,959	2,589	1,416	897
		16	8,738	6,522	5,686	2,290	1,744
	RAID5	3	1,099	854	697	580	337
		4	1,256	956	768	781	333
		8	2,695	1,998	1,553	1,645	278
		16	5,642	4,261	3,358	3,341	212
PRAID CP400i	Single	1	624	480	469	232	230
	RAID0	2	1,286	984	957	463	456
		4	2,655	1,984	1,926	875	886
		8	5,172	3,900	3,840	1,726	1,535
		16	9,362	7,851	7,971	3,422	1,540
	RAID1/10	2	936	707	610	368	229
		4	1,926	1,444	1,250	457	448
		8	3,823	2,879	2,445	898	877
		16	7,638	5,983	5,128	1,780	1,304
	RAID5	3	1,154	877	718	454	446
		4	1,283	959	737	661	605
		8	2,492	1,909	1,465	1,537	954
		16	4,805	3,880	3,103	3,239	976
PRAID CP500i	Single	1	643	499	477	231	230
	RAID0	2	1,294	996	953	463	456
		4	2,664	1,997	1,900	908	893
		8	5,458	4,009	4,005	1,739	1,767
		16	10,914	8,649	8,542	3,454	3,424
	RAID1/10	2	931	689	589	249	229
		4	1,930	1,473	1,233	491	448
		8	3,995	3,038	2,560	936	889
		16	8,473	6,386	5,483	1,838	1,730
	RAID5	3	1,144	880	697	454	442
		4	1,320	1,002	763	682	672
		8	2,677	2,021	1,591	1,537	1,528
		16	5,749	4,413	3,403	3,249	883

 © 2023 Fujitsu Limited

RAID controller	RAID level	# drive	Transaction Rate [IOPS]			Data Throughput [MiB/s]	
			Database	Fileserver	Filecopy	Streaming	Restore
PRAID CP600i	Single	1	651	504	495	232	229
	RAID0	2	1,364	1,008	996	460	453
		4	2,831	2,050	1,993	880	884
		8	5,879	4,164	4,211	1,756	1,757
		16	12,042	9,551	9,275	3,474	3,484
	RAID1/10	2	972	726	627	249	226
		4	2,044	1,525	1,359	488	445
		8	4,322	3,214	2,766	927	882
		16	8,777	6,602	5,641	1,838	1,754
PRAID EP400i	Single	1	611	464	453	232	230
	RAID0	2	1,246	924	916	463	459
		4	2,584	1,889	1,869	880	895
		8	5,153	3,768	3,781	1,740	1,765
		16	11,373	8,177	8,312	3,464	3,250
	RAID1/10	2	946	692	598	377	229
		4	1,944	1,497	1,290	689	446
		8	4,022	3,042	2,554	1,329	873
		16	8,270	6,236	5,343	2,383	1,661
	RAID5	3	1,136	855	713	454	443
		4	1,284	976	740	666	666
		8	2,613	1,902	1,515	1,533	1,510
		16	5,541	3,992	3,212	3,246	1,373
PRAID EP420i	Single	1	619	472	459	232	230
	RAID0	2	1,276	960	942	463	459
		4	2,583	1,929	1,885	881	892
		8	5,291	3,860	3,851	1,738	1,764
		16	11,315	8,152	8,205	3,475	3,270
	RAID1/10	2	957	700	607	377	229
		4	1,946	1,500	1,303	691	446
		8	4,042	3,004	2,532	1,323	875
		16	8,302	6,290	5,356	2,507	1,692
	RAID5	3	1,154	877	709	454	441
		4	1,279	952	743	662	665
		8	2,575	1,850	1,500	1,529	1,515
		16	5,589	4,090	3,176	3,265	1,325
PRAID EP540i	Single	1	634	498	475	231	229
	RAID0	2	1,318	993	972	551	458
		4	2,746	2,022	1,977	992	895
		8	5,481	4,119	4,003	1,895	1,759
		16	11,486	8,747	8,571	3,658	2,953
	RAID1/10	2	945	685	597	467	229
		4	1,914	1,472	1,263	704	448
		8	4,103	3,042	2,526	1,375	880
		16	8,349	6,390	5,426	2,600	1,712
	RAID5	3	1,173	877	718	540	449
		4	1,332	1,019	781	767	667
		8	2,705	2,024	1,573	1,690	1,437
		16	5,727	4,254	3,335	3,406	1,560

 © 2023 Fujitsu Limited

RAID controller	RAID level	# drive	Transaction Rate [IOPS]			Data Throughput [MiB/s]	
			Database	Fileserver	Filecopy	Streaming	Restore
PRAID EP640i	Single	1	617	476	477	225	223
	RAID0	2	1,260	966	932	456	453
		4	2,595	1,912	1,960	885	890
		8	5,822	4,105	4,189	1,766	1,756
		16	11,992	9,580	9,233	3,543	3,203
	RAID1/10	2	930	685	586	248	228
		4	1,910	1,464	1,228	481	445
		8	3,988	3,005	2,550	1,257	881
		16	8,182	6,257	5,094	2,342	1,719
	RAID5	3	922	867	706	455	447
		4	1,280	967	749	665	659
		8	2,632	1,917	1,513	1,545	1,384
		16	5,621	4,087	3,198	3,276	1,695
PRAID EP680i	Single	1	634	488	483	225	224
	RAID0	2	1,288	979	947	457	453
		4	2,702	2,009	2,005	881	889
		8	5,823	4,212	4,200	1,766	1,759
		16	12,008	9,590	9,339	3,499	3,233
	RAID1/10	2	922	681	584	250	228
		4	1,941	1,460	1,237	476	442
		8	3,983	3,027	2,526	931	877
		16	8,316	6,328	5,397	1,798	1,723
	RAID5	3	1,148	865	693	454	447
		4	1,335	961	768	666	661
		8	2,816	2,028	1,638	1,538	1,412
		16	5,977	4,743	3,592	3,265	1,627
PRAID EP3254-8i	Single	1	626	487	474	231	231
	RAID0	2	1,326	1,000	987	462	458
		4	2,714	2,024	2,025	874	897
		8	5,593	4,183	4,168	1,743	1,662
		16	11,551	8,929	8,564	3,467	3,508
	RAID1/10	2	950	714	614	432	50
		4	1,876	1,453	1,244	802	96
		8	4,104	3,025	2,657	1,407	180
		16	8,763	6,554	5,691	2,285	287
	RAID5	3	1,144	890	726	580	449
		4	1,308	997	792	789	635
		8	2,721	2,056	1,650	1,666	523
		16	5,632	4,324	3,431	3,368	565
PRAID EP3258-16i	Single	1	601	465	461	232	230
	RAID0	2	1,243	944	946	461	455
		4	2,567	1,881	1,935	883	884
		8	5,294	3,993	3,953	1,737	1,639
		16	11,406	8,401	8,185	3,427	3,514
	RAID1/10	2	916	690	596	429	49
		4	1,856	1,428	1,250	801	95
		8	3,928	2,932	2,594	1,394	180
		16	8,485	6,400	5,619	2,273	287
	RAID5	3	1,105	842	706	580	446
		4	1,248	944	753	789	619
		8	2,579	1,935	1,533	1,664	563
		16	5,520	4,099	3,264	3,354	566

 © 2023 Fujitsu Limited

SSD 接続

RAID controller	RAID level	# drive	Transaction Rate [IOPS]			Data Throughput [MiB/s]	
			Database	Fileserver	Filecopy	Streaming	Restore
Intel VROC SATA RAID Controller	Single	1	24,559	3,584	3,711	321	289
	RAID0	2	46,286	7,022	7,301	648	529
		4	87,851	14,201	14,033	1,299	884
		8	171,743	27,109	28,070	1,893	1,620
	RAID1/10	2	35,837	5,278	4,604	643	274
		4	69,666	10,288	9,026	1,269	432
Embedded MegaRAID	Single	1	19,774	3,673	3,723	338	293
	RAID0	2	29,085	5,952	6,124	520	527
		4	41,793	8,822	9,253	901	978
		8	62,971	12,744	13,443	1,555	1,697
	RAID1/10	2	24,876	4,576	4,483	515	280
		4	34,974	6,955	7,097	657	507
		8	46,005	9,633	9,833	945	839
PSAS CP2100-8i	Single	1	106,142	20,548	18,151	1,032	843
	RAID0	2	211,739	40,103	35,944	2,065	1,660
		4	247,598	78,654	69,252	4,134	3,328
		8	248,123	140,794	131,356	6,805	6,310
		16	267,896	146,798	140,439	6,779	6,841
	RAID1/10	2	153,015	27,211	21,578	1,322	831
		4	262,362	53,477	42,557	2,646	1,608
		8	265,340	100,269	80,926	5,311	3,193
		16	244,353	108,284	89,112	6,809	3,424
	RAID5	3	75,398	9,670	6,398	2,508	348
		4	58,846	7,557	4,991	3,582	377
		8	58,883	7,543	4,978	6,780	419
		16	58,847	7,532	4,977	6,802	439
PRAID CP400i	Single	1	122,118	20,051	17,830	1,049	884
	RAID0	2	143,398	39,284	35,357	2,005	1,614
		4	155,026	77,015	69,107	3,860	3,340
		8	153,802	120,070	121,534	5,843	5,349
		16	154,874	114,732	128,281	5,895	6,429
	RAID1/10	2	95,680	26,845	21,776	1,371	978
		4	96,290	51,923	42,789	3,362	1,695
		8	92,579	90,898	75,328	5,855	2,708
		16	91,177	89,551	76,886	5,896	3,243
	RAID5	3	25,096	24,344	17,998	2,989	1,622
		4	22,342	21,865	15,247	3,861	1,903
		8	22,613	22,891	16,182	5,852	1,965
		16	22,555	22,526	15,685	5,898	1,975
PRAID CP500i	Single	1	127,441	20,193	18,013	1,043	872
	RAID0	2	236,180	40,122	35,870	2,084	1,737
		4	294,598	79,422	70,862	4,173	3,481
		8	307,849	113,052	137,944	7,047	6,556
		16	289,179	149,216	150,754	7,063	6,917
	RAID1/10	2	184,089	27,054	21,889	1,858	874
		4	272,832	53,751	43,484	2,831	1,682
		8	257,766	105,449	83,908	6,677	2,312
		16	281,533	117,265	95,395	7,063	2,315
	RAID5	3	82,506	34,386	26,639	3,108	1,637
		4	71,002	37,848	29,379	4,161	2,075
		8	74,721	51,282	34,770	7,054	2,190
		16	73,956	50,961	34,852	7,063	2,247

 © 2023 Fujitsu Limited

RAID controller	RAID level	# drive	Transaction Rate [IOPS]			Data Throughput [MiB/s]	
			Database	Fileserver	Filecopy	Streaming	Restore
PRAID CP600i	Single	1	126,569	19,776	18,043	1,044	875
	RAID0	2	251,923	40,170	35,989	2,086	1,748
		4	303,771	79,844	71,450	4,168	3,493
		8	280,896	113,198	137,371	8,232	6,864
		16	280,555	120,737	145,069	8,257	8,020
	RAID1/10	2	185,376	27,148	21,950	1,820	811
		4	280,932	54,031	43,726	3,504	1,750
		8	285,869	107,720	83,360	6,833	3,487
		16	277,637	121,728	98,407	8,307	4,041
PRAID EP400i	Single	1	128,725	20,005	17,873	1,041	864
	RAID0	2	252,206	39,460	35,527	2,078	1,722
		4	305,275	76,511	69,897	4,133	3,445
		8	307,500	120,491	119,757	5,857	5,644
		16	307,810	122,169	129,201	5,860	6,555
	RAID1/10	2	188,857	26,491	21,590	1,769	936
		4	271,284	52,740	41,985	3,493	1,688
		8	271,767	92,082	75,637	5,850	2,756
		16	272,614	95,545	86,392	5,856	3,239
	RAID5	3	113,817	33,836	26,423	3,099	1,515
		4	94,395	38,376	29,125	4,147	2,390
		8	149,508	52,037	34,451	5,854	2,955
		16	151,980	52,526	34,675	5,879	3,111
PRAID EP420i	Single	1	128,363	20,031	17,700	1,041	862
	RAID0	2	254,206	39,048	35,528	2,077	1,724
		4	307,229	77,842	68,109	4,142	3,443
		8	298,773	120,489	120,236	5,859	5,655
		16	309,666	121,928	129,170	5,845	6,550
	RAID1/10	2	187,322	26,516	21,590	1,769	974
		4	299,454	52,869	43,016	3,500	1,697
		8	301,048	92,102	76,371	5,843	2,748
		16	301,008	96,570	87,582	5,858	3,245
	RAID5	3	120,742	33,884	26,591	2,971	1,730
		4	84,758	38,761	28,920	4,146	2,326
		8	148,942	51,157	33,678	5,858	2,885
		16	148,894	51,272	33,973	5,862	3,052
PRAID EP540i	Single	1	134,799	23,406	19,475	1,052	876
	RAID0	2	261,098	46,127	38,735	2,101	1,751
		4	267,580	86,541	74,938	4,207	3,488
		8	271,264	120,391	123,082	6,776	6,242
		16	272,001	127,314	122,801	6,750	6,520
	RAID1/10	2	148,268	28,746	22,583	2,104	890
		4	230,526	56,893	44,772	2,718	1,765
		8	248,323	107,550	86,067	6,650	3,456
		16	247,414	123,476	104,012	6,797	4,101
	RAID5	3	71,618	37,857	28,195	3,155	1,762
		4	61,808	46,010	34,077	4,207	2,643
		8	83,781	60,863	40,466	6,782	3,450
		16	82,820	61,893	41,053	6,794	3,464

 © 2023 Fujitsu Limited

RAID controller	RAID level	# drive	Transaction Rate [IOPS]			Data Throughput [MiB/s]	
			Database	Fileserver	Filecopy	Streaming	Restore
PRAID EP640i	Single	1	126,336	20,189	18,036	1,044	875
	RAID0	2	250,703	40,189	35,838	2,086	1,751
		4	259,432	79,095	70,970	4,171	3,376
		8	297,621	144,283	133,724	8,287	6,183
		16	265,413	178,524	160,640	8,325	7,948
	RAID1/10	2	183,259	27,125	21,956	1,856	872
		4	248,530	53,961	43,708	3,501	1,750
		8	266,129	106,246	82,181	6,749	3,448
		16	268,501	111,962	98,241	8,307	4,040
	RAID5	3	176,639	34,554	27,336	3,110	1,760
		4	248,777	40,044	29,438	4,159	2,625
		8	256,640	78,776	56,602	8,271	4,782
		16	277,408	85,733	57,420	8,325	5,241
PRAID EP680i	Single	1	135,667	23,904	19,608	1,052	883
	RAID0	2	271,118	47,414	39,085	2,104	1,764
		4	298,251	91,565	77,126	4,207	3,511
		8	296,201	179,236	133,505	8,348	6,829
		16	286,457	218,977	215,577	13,956	11,627
	RAID1/10	2	201,979	29,507	22,842	2,100	882
		4	279,795	58,407	45,483	3,454	1,764
		8	264,444	111,607	88,669	6,818	3,423
		16	285,461	193,389	176,378	13,239	6,668
	RAID5	3	169,763	39,611	27,623	2,585	1,785
		4	251,934	46,113	33,826	4,206	2,575
		8	248,135	82,087	55,927	8,371	4,775
		16	269,865	84,559	56,187	14,119	4,968
PRAID EP3254-8i	Single	1	130,697	23,591	19,154	1,031	875
	RAID0	2	254,307	44,832	38,133	2,066	1,751
		4	244,222	89,089	72,061	4,127	3,276
		8	266,894	167,678	124,988	8,214	6,466
		16	264,237	185,305	160,053	7,785	7,353
	RAID1/10	2	195,247	29,060	22,364	1,318	875
		4	241,603	54,268	42,592	2,646	1,662
		8	263,624	96,393	73,787	5,297	3,102
		16	263,311	122,652	87,016	8,304	3,645
	RAID5	3	189,001	37,970	28,129	2,510	1,744
		4	233,594	43,681	31,454	3,584	2,459
		8	243,057	62,628	41,668	7,772	4,657
		16	243,669	62,995	41,675	8,305	4,965
PRAID EP3258-16i	Single	1	132,354	23,835	19,677	1,036	881
	RAID0	2	258,167	47,512	39,073	2,075	1,762
		4	262,459	92,228	73,516	4,148	3,373
		8	265,855	175,105	144,834	8,297	6,906
		16	266,089	221,692	221,039	12,434	11,014
	RAID1/10	2	194,048	29,519	22,806	1,325	882
		4	262,655	58,678	45,452	2,650	1,761
		8	244,241	114,164	89,081	5,318	3,496
		16	264,936	210,451	173,503	10,713	6,320
	RAID5	3	195,557	38,820	28,937	2,517	1,754
		4	250,417	42,997	32,539	3,595	2,524
		8	244,753	62,536	41,706	7,810	4,783
		16	243,816	63,190	41,683	12,453	5,037

 © 2023 Fujitsu Limited

NVMe 接続

RAID controller	RAID level	# drive	Transaction Rate [IOPS]			Data Throughput [MiB/s]	
			Database	Fileserver	Filecopy	Streaming	Restore
Intel VROC NVMe RAID Controller	Single	1	208,059	65,632	80,569	284495%	2,820
	RAID0	2	175,483	130,895	144,043	569017%	5,512
		4	177,018	150,207	149,187	957698%	9,046
		8	175,798	161,191	160,263	999383%	9,823
	RAID1/10	2	174,566	117,297	82,509	569021%	2,759
		4	194,805	156,594	151,426	1084152%	5,250
	RAID5	3	176,026	113,090	82,393	853519%	2,588
		4	161,897	98,987	72,419	916685%	3,020
		8	148,279	69,350	50,370	881388%	2,201
Microsoft storage pool	Single	1	193,457	48,715	46,109	318875%	2,785
Intel PCIe Device Adapter	Simple	2	181,967	94,626	90,032	640945%	5,446
		4	189,475	127,781	122,901	831078%	6,573
		8	183,145	123,954	120,481	849696%	6,652
	Mirror	2	148,669	63,698	55,501	320568%	2,709
		4	144,915	96,264	83,021	872635%	4,076
		8	140,606	94,734	83,503	844052%	3,988
PRAID EP540i	Single	1	271,172	49,053	48,154	318989%	2,513
	RAID0	2	256,804	98,887	96,366	636381%	4,805
		4	257,050	149,826	169,427	669918%	6,499
	RAID1/10	2	254,186	68,303	58,103	637916%	2,451
		4	253,374	126,197	96,298	671076%	3,601
	RAID5	3	73,443	66,018	43,543	666599%	2,519
		4	62,829	55,373	36,559	668423%	3,021
PRAID EP680i	Single	1	260,331	49,771	49,216	321229%	2,619
	RAID0	2	275,019	79,960	78,514	642433%	5,146
		4	263,631	158,357	142,111	1039927%	8,848
	RAID1/10	2	256,873	70,538	60,743	642244%	2,554
		4	262,427	123,860	104,826	1010180%	4,933
	RAID5	3	100,375	74,812	59,372	893806%	3,418
		4	85,242	73,768	49,380	1027781%	4,123
PRAID EP3258-16i	Single	1	238,618	52,181	49,845	322731%	2,843
	RAID0	2	266,277	104,670	99,503	643670%	5,428
		4	248,875	198,868	168,335	1286348%	10,777
	RAID1/10	2	264,960	74,644	62,128	644962%	2,745
		4	266,516	142,645	121,664	1256119%	5,342
	RAID5	3	263,744	81,749	55,032	968189%	3,824
		4	265,531	58,362	38,787	1272694%	4,201

 © 2023 Fujitsu Limited

付録 2：キャッシュ効果測定結果一覧

キャッシュの効果確認のために行った測定結果の一覧です。

HDD 接続

RAID controller	RAID level	# drive	Transaction Rate [IOPS]			Data Throughput [MiB/s]	
			Database	Fileserver	Filecopy	Streaming	Restore
PSAS CP2100-8i	Single	1	586	448	439	232	230
	RAID0	2	1,227	946	933	462	458
		4	2,606	1,951	1,978	878	896
		8	5,405	4,150	4,035	1,751	1,783
		16	11,356	8,690	8,279	3,450	3,501
	RAID1/10	2	893	666	574	434	230
		4	1,882	1,417	1,234	804	449
		8	4,029	2,959	2,589	1,416	897
		16	8,738	6,522	5,686	2,290	1,744
	RAID5	3	1,099	854	697	580	337
		4	1,256	956	768	781	333
		8	2,695	1,998	1,553	1,645	278
		16	5,642	4,261	3,358	3,341	212
PRAID CP400i	Single	1	622	474	468	232	230
	RAID0	2	1,284	982	972	463	457
		4	2,649	1,985	1,983	880	896
		8	5,437	4,021	4,039	1,750	1,757
		16	11,160	8,365	8,331	3,463	2,887
	RAID1/10	2	951	706	609	367	230
		4	1,921	1,484	1,280	513	451
		8	4,043	3,006	2,646	904	878
		16	8,413	6,334	5,574	1,777	1,730
	RAID5	3	1,155	880	727	455	450
		4	1,303	991	773	657	673
		8	2,707	2,008	1,606	1,533	1,190
		16	5,614	4,231	3,344	3,226	1,193
PRAID CP500i	Single	1	604	470	468	232	228
	RAID0	2	1,254	955	943	463	456
		4	2,618	1,923	1,932	887	894
		8	5,357	3,935	3,933	1,767	1,764
		16	11,389	8,327	8,342	3,499	3,473
	RAID1/10	2	937	675	588	250	229
		4	1,898	1,432	1,254	483	446
		8	3,979	2,976	2,583	935	887
		16	8,416	6,284	5,500	1,838	1,720
	RAID5	3	1,130	845	697	454	445
		4	1,272	971	758	663	658
		8	2,595	1,930	1,535	1,536	1,500
		16	5,681	4,113	3,286	3,274	941
PRAID CP600i	Single	1	602	470	462	232	228
	RAID0	2	1,249	944	948	460	452
		4	2,600	1,902	1,937	883	888
		8	5,332	3,890	3,989	1,753	1,767
		16	11,369	8,425	8,304	3,484	3,472
	RAID1/10	2	934	676	588	249	227
		4	1,895	1,438	1,252	488	446
		8	3,970	2,977	2,617	939	885
		16	8,361	6,329	5,523	1,835	1,743

 © 2023 Fujitsu Limited

RAID controller	RAID level	# drive	Transaction Rate [IOPS]			Data Throughput [MiB/s]	
			Database	Fileserver	Filecopy	Streaming	Restore
PRAID EP400i WT: Write Through	Single	1	609	459	458	232	229
	RAID0	2	1,259	938	955	482	457
		4	2,569	1,877	1,931	879	884
		8	5,332	3,810	3,916	1,758	1,682
		16	11,392	8,315	8,133	3,475	2,954
	RAID1/10	2	942	705	606	373	229
		4	1,924	1,464	1,284	598	447
		8	4,049	3,048	2,648	1,179	874
		16	8,369	6,365	5,487	1,936	1,663
	RAID5	3	1,111	862	707	453	448
		4	1,263	957	747	684	672
		8	2,506	1,909	1,517	1,531	1,502
		16	5,678	4,034	3,201	3,275	1,302
PRAID EP400i AWB: Always Write Back	Single	1	744	563	571	232	229
	RAID0	2	1,351	979	1,109	461	457
		4	2,758	1,941	2,012	892	894
		8	5,682	3,818	4,053	1,764	1,784
		16	11,430	8,144	8,663	3,476	3,553
	RAID1/10	2	1,196	943	876	358	217
		4	2,197	1,645	1,622	596	453
		8	4,473	3,332	3,147	1,165	898
		16	9,044	7,035	6,497	2,042	1,793
	RAID5	3	2,063	1,067	891	452	447
		4	1,789	1,182	1,118	660	671
		8	2,996	2,299	2,011	1,552	1,568
		16	6,575	4,593	3,928	3,273	3,278
PRAID EP420i WT: Write Through	Single	1	614	468	467	231	229
	RAID0	2	1,296	969	973	507	456
		4	2,672	1,957	1,962	876	884
		8	5,424	3,928	3,865	1,775	1,692
		16	11,604	8,439	8,325	3,486	2,927
	RAID1/10	2	943	701	616	374	228
		4	1,957	1,474	1,287	591	428
		8	4,055	3,053	2,671	1,157	874
		16	8,552	6,421	5,560	1,937	1,686
	RAID5	3	1,138	872	722	452	448
		4	1,298	970	775	677	670
		8	2,656	1,909	1,511	1,556	1,458
		16	5,750	4,038	3,181	3,258	1,368
PRAID EP420i AWB: Always Write Back	Single	1	881	586	704	231	229
	RAID0	2	1,458	1,027	1,286	461	459
		4	2,839	2,017	2,119	918	894
		8	5,846	3,854	4,117	1,777	1,792
		16	11,153	8,234	8,562	3,478	3,561
	RAID1/10	2	1,410	1,001	1,049	376	233
		4	2,261	1,683	1,594	643	453
		8	4,574	3,376	3,178	1,272	899
		16	9,187	7,061	6,682	1,962	1,805
	RAID5	3	2,063	1,370	1,297	453	448
		4	2,218	1,573	1,435	660	672
		8	3,111	2,604	1,951	1,548	1,566
		16	6,826	4,681	4,004	3,276	3,216
PRAID EP520i WT: Write Through	Single	1	603	464	455	232	229
	RAID0	2	1,253	953	952	498	455
		4	2,566	1,930	1,929	921	888
		8	5,350	3,842	3,922	1,799	1,751
		16	11,341	8,255	8,067	3,528	3,255
	RAID1/10	2	933	688	591	250	229
		4	1,912	1,429	1,250	506	447
		8	3,983	2,977	2,593	968	885
		16	8,344	6,168	5,451	1,857	1,731
	RAID5	3	1,106	836	699	455	447
		4	1,260	945	753	667	667
		8	2,608	1,895	1,515	1,573	1,384
		16	5,664	3,969	3,092	3,306	1,652

 © 2023 Fujitsu Limited

RAID controller	RAID level	# drive	Transaction Rate [IOPS]			Data Throughput [MiB/s]	
			Database	Fileserver	Filecopy	Streaming	Restore
PRAID EP520i	Single	1	687	581	624	232	229
AWB:	RAID0	2	1,265	970	1,249	461	457
Always Write Back		4	2,840	1,995	2,080	885	898
		8	5,810	3,939	4,251	1,796	1,788
		16	10,908	8,350	8,486	3,546	3,562
	RAID1/10	2	1,046	888	986	377	229
		4	1,974	1,618	1,634	701	452
		8	4,222	3,270	3,108	1,333	899
		16	8,738	6,940	6,302	2,526	1,806
	RAID5	3	2,056	1,196	1,106	454	448
		4	2,327	1,476	1,316	663	672
		8	3,220	2,334	1,962	1,573	1,562
		16	6,919	5,056	4,344	3,316	3,336
PRAID EP540i	Single	1	607	471	463	232	229
WT:	RAID0	2	1,296	975	958	550	455
Write Through		4	2,607	1,903	1,965	960	894
		8	5,336	3,922	3,980	1,831	1,474
		16	11,403	8,519	8,221	3,592	3,280
	RAID1/10	2	939	701	597	250	228
		4	1,958	1,480	1,278	510	445
		8	4,116	3,032	2,607	1,017	887
		16	8,489	6,500	5,537	1,900	1,731
	RAID5	3	1,131	849	713	454	447
		4	1,291	986	776	664	668
		8	2,600	1,988	1,532	1,616	1,410
		16	5,588	4,111	3,332	3,422	1,641
PRAID EP540i	Single	1	687	600	809	232	229
AWB:	RAID0	2	1,309	1,033	1,321	461	470
Always Write Back		4	3,386	2,295	2,372	885	897
		8	6,089	4,438	4,600	1,837	1,788
		16	11,392	9,208	9,889	3,552	3,561
	RAID1/10	2	1,059	987	1,220	359	212
		4	2,021	1,691	1,644	693	453
		8	4,331	3,443	3,214	1,331	900
		16	9,021	7,074	6,775	2,511	1,808
	RAID5	3	2,102	1,752	1,328	455	446
		4	2,314	1,947	1,519	667	671
		8	4,423	2,612	2,180	1,615	1,563
		16	7,442	5,671	5,040	3,398	3,334
PRAID EP640i	Single	1	608	478	461	232	228
	RAID0	2	1,289	986	956	552	452
Write Through		4	2,659	1,985	1,974	964	884
		8	5,433	3,954	3,903	1,845	1,744
		16	11,348	8,130	7,952	3,601	3,247
	RAID1/10	2	945	683	590	251	227
		4	1,906	1,442	1,257	502	446
		8	3,995	2,933	2,560	1,019	779
		16	8,495	6,147	5,452	1,893	1,128
	RAID5	3	1,119	852	712	425	439
		4	1,264	976	755	666	665
		8	2,582	1,912	1,496	1,625	1,395
		16	5,606	4,104	3,247	3,422	1,692
PRAID EP640i	Single	1	721	598	808	232	229
AWB:	RAID0	2	1,280	1,020	1,293	462	457
Always Write Back		4	3,380	2,290	2,366	884	896
		8	5,763	4,318	4,656	1,852	1,790
		16	11,896	9,221	9,675	3,654	3,562
	RAID1/10	2	1,097	980	1,310	376	228
		4	2,020	1,728	1,635	703	453
		8	4,298	3,377	3,183	1,333	900
		16	8,924	7,068	6,699	2,527	1,812
	RAID5	3	2,080	1,683	1,439	454	447
		4	2,295	1,911	1,508	664	670
		8	4,181	2,572	2,047	1,547	1,563
		16	7,686	5,541	4,821	3,437	3,342

 © 2023 Fujitsu Limited

RAID controller	RAID level	# drive	Transaction Rate [IOPS]			Data Throughput [MiB/s]	
			Database	Fileserver	Filecopy	Streaming	Restore
PRAID EP680i	Single	1	604	475	467	232	229
WT:	RAID0	2	1,328	1,009	998	652	457
Write Through		4	2,789	2,077	2,048	1,062	895
		8	5,672	4,079	4,068	1,927	1,750
		16	11,364	8,263	8,193	3,723	3,223
	RAID1/10	2	936	686	589	252	227
		4	1,907	1,428	1,252	500	444
		8	4,139	2,951	2,504	1,113	721
		16	8,393	6,339	5,602	1,819	1,720
	RAID5	3	1,132	863	707	454	448
		4	1,296	974	788	665	669
		8	2,586	1,964	1,544	1,719	1,401
		16	5,637	4,107	3,222	3,404	1,673
PRAID EP680i	Single	1	756	632	850	232	229
AWB:	RAID0	2	1,337	1,088	1,349	461	459
Always Write Back		4	3,923	2,485	3,233	882	897
		8	7,120	4,960	5,326	1,931	1,818
		16	11,063	9,934	11,156	3,779	3,570
	RAID1/10	2	1,133	994	1,343	377	229
		4	2,076	1,738	1,670	699	448
		8	4,326	3,401	3,231	1,331	900
		16	8,923	7,322	6,973	2,521	1,885
	RAID5	3	2,063	1,750	1,520	454	448
		4	2,330	2,004	1,495	663	672
		8	6,116	3,868	2,751	1,730	1,561
		16	9,483	6,292	5,686	3,579	3,345
PRAID EP3254-8i	Single	1	626	487	474	231	231
	RAID0	2	1,326	1,000	987	462	458
Write Through		4	2,714	2,024	2,025	874	897
		8	5,593	4,183	4,168	1,743	1,662
		16	11,551	8,929	8,564	3,467	3,508
	RAID1/10	2	950	714	614	432	50
		4	1,876	1,453	1,244	802	96
		8	4,104	3,025	2,657	1,407	180
		16	8,763	6,554	5,691	2,285	287
	RAID5	3	1,144	890	726	580	449
		4	1,308	997	792	789	635
		8	2,721	2,056	1,650	1,666	523
		16	5,632	4,324	3,431	3,368	565
PRAID EP3254-8i	Single	1	927	759	915	231	231
AWB:	RAID0	2	1,893	1,427	1,649	462	459
Always Write Back		4	3,972	2,330	2,738	881	896
		8	6,062	4,440	4,289	1,753	1,787
		16	11,054	9,346	9,185	3,446	3,532
	RAID1/10	2	1,883	1,532	1,383	431	230
		4	4,003	2,165	1,954	805	449
		8	4,242	3,694	3,372	1,407	893
		16	9,108	7,267	7,068	2,287	1,786
	RAID5	3	2,840	1,149	997	580	445
		4	3,700	955	1,093	790	669
		8	4,100	2,110	1,829	1,672	1,549
		16	6,678	4,051	3,249	3,374	3,280
PRAID EP3258-16i	Single	1	601	465	461	232	230
	RAID0	2	1,243	944	946	461	455
Write Through		4	2,567	1,881	1,935	883	884
		8	5,294	3,993	3,953	1,737	1,639
		16	11,406	8,401	8,185	3,427	3,514
	RAID1/10	2	916	690	596	429	49
		4	1,856	1,428	1,250	801	95
		8	3,928	2,932	2,594	1,394	180
		16	8,485	6,400	5,619	2,273	287
	RAID5	3	1,105	842	706	580	446
		4	1,248	944	753	789	619
		8	2,579	1,935	1,533	1,664	563
		16	5,520	4,099	3,264	3,354	566

 © 2023 Fujitsu Limited

RAID controller	RAID level	# drive	Transaction Rate [IOPS]			Data Throughput [MiB/s]	
			Database	Fileserver	Filecopy	Streaming	Restore
PRAID EP3258-16i	Single	1	944	737	979	226	230
AWB:	RAID0	2	1,912	1,437	1,917	462	460
Always Write Back		4	4,034	2,850	3,635	876	894
		8	6,190	5,515	4,922	1,744	1,778
		16	10,805	10,330	9,828	3,469	3,510
	RAID1/10	2	1,916	1,520	1,875	429	230
		4	4,036	3,122	3,307	802	447
		8	4,522	4,151	4,799	1,400	897
		16	9,709	7,339	7,639	2,284	1,779
	RAID5	3	2,857	1,788	1,391	580	442
		4	3,838	1,268	1,124	787	669
		8	7,451	1,777	1,965	1,669	1,534
		16	7,887	3,892	3,300	3,365	3,276

 © 2023 Fujitsu Limited

SSD 接続

RAID controller	RAID level	# drive	Transaction Rate [IOPS]			Data Throughput [MiB/s]	
			Database	Fileserver	Filecopy	Streaming	Restore
PSAS CP2100-8i	Single	1	106,142	20,548	18,151	1,032	843
	RAID0	2	211,739	40,103	35,944	2,065	1,660
		4	247,598	78,654	69,252	4,134	3,328
		8	248,123	140,794	131,356	6,805	6,310
		16	267,896	146,798	140,439	6,779	6,841
	RAID1/10	2	153,015	27,211	21,578	1,322	831
		4	262,362	53,477	42,557	2,646	1,608
		8	265,340	100,269	80,926	5,311	3,193
		16	244,353	108,284	89,112	6,809	3,424
	RAID5	3	75,398	9,670	6,398	2,508	348
		4	58,846	7,557	4,991	3,582	377
		8	58,883	7,543	4,978	6,780	419
		16	58,847	7,532	4,977	6,802	439
PRAID CP400i	Single	1	122,926	20,045	17,826	1,050	981
	RAID0	2	141,107	39,201	35,291	2,007	1,700
		4	146,846	74,907	68,095	3,864	3,371
		8	148,405	117,768	119,148	5,866	5,135
		16	147,216	115,152	126,130	5,905	6,469
	RAID1/10	2	102,454	26,806	21,752	1,410	977
		4	99,145	52,048	42,597	3,360	1,695
		8	94,574	89,859	74,725	4,870	2,669
		16	97,379	93,090	82,093	5,915	3,262
	RAID5	3	24,628	23,521	18,202	3,025	1,552
		4	21,804	21,598	15,289	3,857	1,890
		8	22,374	22,158	15,665	5,874	1,975
		16	22,270	21,409	15,816	5,903	1,994
PRAID CP500i	Single	1	122,829	22,915	19,803	1,044	856
	RAID0	2	243,848	45,270	39,244	2,085	1,710
		4	297,721	89,023	78,157	4,171	3,412
		8	282,813	147,029	139,454	7,052	6,564
		16	305,327	155,304	142,847	7,070	6,970
	RAID1/10	2	178,125	29,698	22,771	1,865	857
		4	267,659	59,287	45,410	3,348	1,652
		8	279,259	106,458	85,678	6,615	2,311
		16	276,908	117,672	95,724	7,063	2,317
	RAID5	3	82,048	38,952	29,266	3,108	1,650
		4	70,677	45,638	33,691	4,141	2,046
		8	73,855	51,184	34,745	7,025	2,184
		16	73,622	50,808	34,867	7,061	2,236
PRAID CP600i	Single	1	126,226	20,221	18,044	1,044	875
	RAID0	2	252,036	40,196	36,023	2,084	1,753
		4	309,911	79,705	71,487	4,171	3,496
		8	287,801	114,369	123,188	8,044	6,867
		16	293,834	134,987	142,628	8,326	8,090
	RAID1/10	2	185,902	27,173	21,872	1,863	876
		4	277,998	54,053	43,734	3,500	1,746
		8	283,883	106,428	84,462	6,791	3,480
		16	276,074	112,505	98,204	8,307	4,039
PRAID EP400i WT: Write Through	Single	1	128,887	20,048	17,865	1,041	857
	RAID0	2	250,919	39,173	35,488	2,079	1,720
		4	286,995	77,563	69,710	4,143	3,337
		8	305,907	120,381	122,936	5,864	5,669
		16	275,701	121,748	128,378	5,856	6,557
	RAID1/10	2	147,207	26,695	21,618	1,498	968
		4	270,800	52,567	42,263	3,511	1,670
		8	303,606	93,048	73,661	5,847	2,705
		16	274,420	95,426	86,430	5,858	3,247
	RAID5	3	126,155	34,004	26,588	3,098	1,734
		4	44,511	38,913	29,259	3,702	2,380
		8	150,545	52,085	34,373	5,864	2,941
		16	151,351	52,329	34,699	5,864	3,120

 © 2023 Fujitsu Limited

RAID controller	RAID level	# drive	Transaction Rate [IOPS]			Data Throughput [MiB/s]	
			Database	Fileserver	Filecopy	Streaming	Restore
PRAID EP400i	Single	1	68,555	20,305	18,079	1,045	975
AWB:	RAID0	2	72,416	39,994	35,999	2,002	1,711
Always Write Back		4	72,564	73,769	61,422	3,848	3,358
		8	72,376	74,535	61,655	5,853	5,363
		16	71,750	74,465	61,244	5,864	6,482
	RAID1/10	2	60,127	27,355	21,940	1,642	976
		4	59,145	54,066	43,915	3,362	1,724
		8	58,856	60,275	48,307	5,822	2,652
		16	57,542	59,423	47,559	5,891	3,251
	RAID5	3	41,526	34,316	26,869	3,016	1,714
		4	37,300	35,773	26,625	3,852	2,329
		8	38,460	37,415	27,323	5,877	2,831
		16	40,426	37,673	27,569	5,888	3,007
PRAID EP420i	Single	1	128,938	20,063	17,757	1,041	863
WT:	RAID0	2	249,835	39,275	35,387	2,077	1,724
Write Through		4	276,314	77,411	69,826	4,146	3,433
		8	275,445	120,141	121,473	5,860	5,651
		16	304,281	121,701	128,507	5,866	6,554
	RAID1/10	2	185,714	26,582	21,595	1,739	969
		4	293,527	52,066	42,936	3,462	1,610
		8	274,276	90,914	72,259	5,847	2,612
		16	271,568	95,865	86,759	5,857	3,250
	RAID5	3	124,038	33,912	26,468	3,098	1,730
		4	104,781	38,727	28,779	4,147	2,279
		8	149,668	51,124	33,831	5,860	2,903
		16	151,285	51,238	33,987	5,862	3,056
PRAID EP420i	Single	1	66,876	20,528	18,237	1,047	977
AWB:	RAID0	2	70,448	40,425	36,227	2,000	1,704
Always Write Back		4	70,684	73,264	61,189	3,862	3,348
		8	70,578	74,485	61,471	5,845	5,305
		16	69,532	73,700	61,187	5,891	6,430
	RAID1/10	2	58,615	28,059	21,806	1,654	918
		4	57,954	54,486	43,712	3,422	1,714
		8	40,514	53,580	42,598	5,194	2,722
		16	56,140	58,932	47,262	5,873	3,243
	RAID5	3	40,901	34,760	27,221	3,016	1,709
		4	37,255	36,133	26,542	3,885	2,197
		8	38,870	37,433	27,473	5,840	2,780
		16	42,277	38,331	28,149	5,887	2,954
PRAID EP520i	Single	1	122,479	22,844	19,830	1,043	857
WT:	RAID0	2	242,888	45,347	39,218	2,085	1,710
Write Through		4	279,925	89,462	77,757	4,165	3,406
		8	287,457	146,521	139,091	7,048	6,511
		16	291,734	153,556	153,804	7,063	6,929
	RAID1/10	2	177,081	29,706	22,707	1,862	866
		4	276,097	59,090	45,436	3,398	1,720
		8	267,193	105,661	85,124	6,661	3,381
		16	265,025	116,117	94,633	7,076	3,878
	RAID5	3	73,409	39,151	29,588	3,110	1,733
		4	63,344	45,301	34,641	4,147	2,583
		8	87,110	62,921	41,901	7,028	3,580
		16	86,374	63,142	41,933	7,063	3,713
PRAID EP520i	Single	1	116,068	23,437	20,734	1,043	864
AWB:	RAID0	2	120,351	44,756	40,234	2,086	1,759
Always Write Back		4	119,869	91,388	80,032	4,165	3,465
		8	120,364	123,842	88,670	7,061	3,688
		16	121,613	123,408	88,630	7,060	3,747
	RAID1/10	2	90,970	30,311	23,262	1,866	858
		4	89,387	61,090	47,031	3,411	1,715
		8	88,601	99,914	70,360	6,661	3,265
		16	87,930	99,375	69,677	7,063	2,371
	RAID5	3	75,959	39,489	29,782	2,623	1,607
		4	64,264	46,051	34,980	4,152	2,584
		8	62,546	58,788	40,237	7,040	3,614
		16	67,064	57,071	38,750	7,063	3,713

 © 2023 Fujitsu Limited

RAID controller	RAID level	# drive	Transaction Rate [IOPS]			Data Throughput [MiB/s]	
			Database	Fileserver	Filecopy	Streaming	Restore
PRAID EP540i	Single	1	134,494	23,709	19,479	1,052	877
WT:	RAID0	2	268,245	47,232	38,958	2,103	1,753
Write Through		4	284,069	84,461	70,883	4,199	3,415
		8	289,854	143,761	131,897	7,050	6,584
		16	304,910	164,775	194,031	7,036	6,942
	RAID1/10	2	198,453	29,277	22,705	2,102	887
		4	266,660	57,369	45,288	3,369	1,734
		8	278,278	109,254	85,270	6,664	2,849
		16	265,592	144,441	108,336	7,065	4,094
	RAID5	3	73,263	39,579	29,362	3,154	1,763
		4	63,098	46,777	34,127	4,200	2,636
		8	86,094	62,127	41,344	7,028	3,509
		16	85,555	62,213	41,178	7,066	3,540
PRAID EP540i	Single	1	107,754	25,171	21,897	1,052	882
AWB:	RAID0	2	109,017	47,731	41,259	2,102	1,838
Always Write Back		4	108,943	97,049	78,863	4,200	3,518
		8	110,146	110,417	83,353	7,050	3,691
		16	112,722	110,350	83,403	7,064	3,729
	RAID1/10	2	84,789	30,852	23,928	2,099	885
		4	83,406	61,585	47,726	3,444	1,747
		8	82,738	91,427	67,212	6,728	2,953
		16	82,002	90,545	66,327	7,066	2,361
	RAID5	3	73,112	40,685	30,516	3,155	1,773
		4	63,295	48,823	36,066	4,204	2,660
		8	61,210	59,535	40,427	7,038	3,592
		16	71,524	59,854	40,608	7,065	3,542
PRAID EP640i	Single	1	126,454	20,193	18,039	1,043	873
	RAID0	2	251,719	40,177	35,941	2,087	1,743
Write Through		4	275,000	79,554	71,581	4,171	3,474
		8	284,802	112,878	122,324	8,226	6,689
		16	280,034	147,462	143,780	8,325	8,033
	RAID1/10	2	183,208	27,152	21,903	1,861	818
		4	276,974	53,796	43,738	3,416	1,731
		8	265,509	103,510	85,362	6,635	3,223
		16	270,683	121,784	98,415	8,307	4,041
	RAID5	3	187,887	34,933	27,258	3,100	1,757
		4	250,140	40,539	30,747	4,158	2,609
		8	274,137	77,834	57,160	8,306	4,832
		16	274,909	85,812	57,429	8,324	5,139
PRAID EP640i	Single	1	128,956	21,883	18,998	1,043	887
AWB:	RAID0	2	146,594	43,426	37,727	2,086	1,766
Always Write Back		4	146,154	84,336	75,510	4,168	3,426
		8	146,680	119,905	113,251	8,288	4,866
		16	149,546	147,540	112,996	8,325	5,097
	RAID1/10	2	112,465	28,507	23,049	1,864	887
		4	110,816	57,858	46,147	3,510	1,763
		8	109,397	98,147	71,338	6,643	2,518
		16	108,671	97,948	70,944	8,270	2,485
	RAID5	3	95,084	36,493	27,081	3,115	1,770
		4	82,382	43,461	32,781	3,986	2,656
		8	79,824	74,987	52,457	8,215	4,722
		16	91,683	75,018	53,227	8,325	5,205
PRAID EP680i	Single	1	136,415	23,791	19,518	1,052	880
WT:	RAID0	2	269,477	47,227	39,093	2,104	1,757
Write Through		4	284,489	92,260	77,680	4,206	3,502
		8	291,944	176,044	152,008	8,385	6,988
		16	288,110	232,800	223,623	13,762	13,334
	RAID1/10	2	198,253	29,550	22,816	2,101	876
		4	287,336	58,652	45,427	3,371	1,755
		8	275,871	114,832	89,192	6,640	3,506
		16	277,427	205,177	165,809	13,242	6,650
	RAID5	3	201,994	39,663	29,414	3,152	1,780
		4	259,678	47,275	34,780	4,200	2,643
		8	280,608	83,212	56,026	8,397	4,810
		16	287,720	85,413	56,805	14,096	4,983

 © 2023 Fujitsu Limited

RAID controller	RAID level	# drive	Transaction Rate [IOPS]			Data Throughput [MiB/s]	
			Database	Fileserver	Filecopy	Streaming	Restore
PRAID EP680i	Single	1	134,437	26,302	21,575	1,052	893
AWB:	RAID0	2	138,567	51,679	43,666	2,104	1,783
Always Write Back		4	138,427	100,401	85,663	4,201	3,560
		8	139,324	130,861	105,662	8,346	5,033
		16	141,154	131,671	106,637	13,699	5,128
	RAID1/10	2	108,019	32,493	25,187	2,103	895
		4	106,812	64,852	50,247	3,445	1,785
		8	105,995	90,946	68,572	6,831	2,509
		16	104,840	91,017	68,349	13,371	2,495
	RAID5	3	94,238	45,212	32,805	3,151	1,706
		4	84,906	54,736	40,419	4,201	2,676
		8	82,277	76,510	55,830	8,397	4,890
		16	91,832	82,091	57,758	13,744	4,923
PRAID EP3254-8i	Single	1	130,697	23,591	19,154	1,031	875
	RAID0	2	254,307	44,832	38,133	2,066	1,751
Write Through		4	244,222	89,089	72,061	4,127	3,276
		8	266,894	167,678	124,988	8,214	6,466
		16	264,237	185,305	160,053	7,785	7,353
	RAID1/10	2	195,247	29,060	22,364	1,318	875
		4	241,603	54,268	42,592	2,646	1,662
		8	263,624	96,393	73,787	5,297	3,102
		16	263,311	122,652	87,016	8,304	3,645
	RAID5	3	189,001	37,970	28,129	2,510	1,744
		4	233,594	43,681	31,454	3,584	2,459
		8	243,057	62,628	41,668	7,772	4,657
		16	243,669	62,995	41,675	8,305	4,965
PRAID EP3254-8i	Single	1	130,602	23,614	19,488	1,039	876
AWB:	RAID0	2	252,516	46,230	38,093	2,076	1,750
Always Write Back		4	243,862	89,422	68,118	4,153	3,252
		8	266,477	166,122	124,377	8,288	5,593
		16	265,724	177,097	159,866	8,304	7,356
	RAID1/10	2	195,190	28,970	22,410	1,412	876
		4	263,012	54,746	41,948	2,817	1,717
		8	265,853	96,905	73,163	5,647	3,177
		16	244,903	121,579	86,815	8,341	3,621
	RAID5	3	188,744	37,950	28,111	2,517	1,726
		4	230,964	43,811	31,667	3,593	2,350
		8	263,873	62,627	41,586	7,783	4,584
		16	264,108	63,061	41,676	8,305	4,963
PRAID EP3258-16i	Single	1	132,354	23,835	19,677	1,036	881
	RAID0	2	258,167	47,512	39,073	2,075	1,762
Write Through		4	262,459	92,228	73,516	4,148	3,373
		8	265,855	175,105	144,834	8,297	6,906
		16	266,089	221,692	221,039	12,434	11,014
	RAID1/10	2	194,048	29,519	22,806	1,325	882
		4	262,655	58,678	45,452	2,650	1,761
		8	244,241	114,164	89,081	5,318	3,496
		16	264,936	210,451	173,503	10,713	6,320
	RAID5	3	195,557	38,820	28,937	2,517	1,754
		4	250,417	42,997	32,539	3,595	2,524
		8	244,753	62,536	41,706	7,810	4,783
		16	243,816	63,190	41,683	12,453	5,037
PRAID EP3258-16i	Single	1	129,443	23,835	19,641	1,043	882
AWB:	RAID0	2	258,454	47,492	39,071	2,085	1,762
Always Write Back		4	243,081	91,645	74,546	4,171	3,516
		8	265,906	167,655	153,268	8,335	6,711
		16	245,354	204,708	205,213	12,269	11,457
	RAID1/10	2	192,269	28,830	22,325	1,413	870
		4	263,116	58,232	44,211	2,824	1,655
		8	244,454	104,494	84,214	5,657	3,171
		16	244,343	195,611	143,915	11,347	6,127
	RAID5	3	192,548	33,479	27,593	2,526	1,667
		4	250,647	44,891	32,148	3,603	2,402
		8	243,208	62,789	41,644	7,798	4,707
		16	243,824	63,112	41,719	12,471	5,029

 © 2023 Fujitsu Limited

関連資料

PRIMERGY & PRIMEQUEST サーバ

https://www.fujitsu.com/jp/products/computing/servers/

PRIMERGY のパフォーマンス

https://jp.fujitsu.com/platform/server/primergy/performance/

RAID コントローラーのパフォーマンス 2021

このホワイトペーパー：

https://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=454bdca2-90d1-4386-ac28-18fe043e901a
https://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=c5488ccc-aeef-47a4-99c5-3098f2fda66f

RAID コントローラーのパフォーマンス 2018

https://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=51032738-c49e-4cd6-ae0f-6de5d79a369d
https://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=db3036e9-12f2-47f1-af66-77d03ca5f773

Xeon スケーラブル・プロセッサ搭載システムのメモリパフォーマンス

https://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=0a62cad1-469d-4b70-a028-ba6f8b74c7f1

PRIMERGY Xeon スケーラブル・プロセッサ搭載 RX/TX システムのための BIOS 最適化

https://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=089d43c7-1f33-4df4-af11-489d86621afc

PRIMERGY Xeon スケーラブル・プロセッサ搭載 CX システムのための BIOS 最適化

https://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=88f451a3-20ee-4989-a0ec-e21ec824ecd3

PRIMEQUEST Xeon スケーラブル・プロセッサ搭載 システムのための BIOS 最適化

https://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=43e8db1f-dee6-441c-9d6c-94df20f0f3a5

Xeon E5-2600 v4 搭載システムのための BIOS 最適化

https://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=6caa932b-38c5-4088-8c13-7dcc9366f6a0

RAID コントローラーのパフォーマンス 2016（過去のホワイトペーパー）

https://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=3075886a-3c79-4b5b-8d9f-e9269e083bef

512e HDD：テクノロジー、パフォーマンス、構成

https://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=12ee4986-3782-460f-b26c-8ba9c6acfacf

ディスク I/O パフォーマンスの基本

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

Iometer についての情報

https://www.iometer.org

 © 2023 Fujitsu Limited

文書変更履歴

版数	日付	説明
1.4	2023-10-03	更新 ・ 新 Visual Identity フォーマットに変更。 ・ 軽微な記載内容の修正
1.3	2023-03-27	更新 ・ RAID コントローラー(PRAID CP600i, PRAID EP640i, PRAID EP3254-8i, PRAID EP3258-16i)性能値を追記 ・ RAID コントローラー(PSAS CP2100-8i)性能値を更新 ・ 軽微な記載内容の修正
1.2	2022-09-09	更新 ・ RAID コントローラー(PRAID CP400i, PRAID EP400i, PRAID EP420i)性能値を追記 ・ 軽微な記載内容の修正
1.1	2022-07-05	更新 ・ RAID コントローラー(VROC NVMe, PSAS CP2100-8i)性能値を追記 ・ PRAID EP680i の SAS-SSD 性能データを更新 ・ 「コントローラーキャッシュの効果」、「付録 2」の追記 ・ 軽微な記載内容の修正
1.0	2021-12-02	新規

お問い合わせ先

富士通株式会社

Web サイト: ：http://www.fujitsu.com/jp/

PRIMERGY のパフォーマンスとベンチマーク

mailto:fj-benchmark@dl.jp.fujitsu.com

 © 2023 Fujitsu Limited