

Exadata 独自の Smart Flash Cache

ストレージ・キャッシング層の実装のためのガイド

October, 2025、バージョン 1.0

Copyright © 2026, Oracle and/or its affiliates 公開

目次

概要	3
Exadata ストレージ・オフロード	3
Exadata Smart Flash Cache の概要	3
Exadata RDMA Memory (XRMEM) Data Accelerator	4
Exadata Smart Flash Cache	4
ストレージ・サーバー上の Exadata インメモリ列キャッシュ	4
Exadata Smart Flash Log	4
Exadata Smart Flash Cache のハードウェアとパフォーマンス	5
Exadata Smart Flash Cache の利点	6
高度なアーキテクチャとインテリジェントなデータ階層化	7
優れたパフォーマンスとスケーラビリティ	7
エンタープライズグレードの信頼性と書き込みの最適化	7
共有リソース効率と堅牢なデータ保護	7
フラッシュ専用アレイと比較したパフォーマンスとコストの利点	7
Exadata Smart Flash Cache の管理	7
Exadata Storage Server のキャッシュの自動階層化	8
Exadata Smart Flash Cache の自動管理	8
フラッシュ・キャッシュへのオブジェクトの自動ロード	9
Exadata I/O リソース管理	10
Exadata ストレージ・キャッシュの可観測性	10
Exadata XRMEM キャッシュの可観測性	11
Exadata Smart Flash Cache の可観測性	11
Flash Cache User Reads	12
Flash Cache User Writes	13
Exadata Smart Flash Cache のミッション・クリティカルな可用性	13
結論	14

概要

Oracle Exadata は、AI、オンライン・トランザクション処理（OLTP）、分析などの Oracle Database ワークロード向けに最適化されたパフォーマンスを提供するように設計されたデータベース・プラットフォームです。Exadata は、特殊なハードウェアとソフトウェアを組み合わせ、高パフォーマンスのコンピューティング・サーバー、インテリジェント・ストレージ・サーバー、および Remote Direct Memory Access（RDMA）を備えた高速ネットワーキングを統合して、待機時間の短いデータ・アクセスを実現します。結果的に得られる究極のパフォーマンスにより、リソース効率が向上し、優れたスケーラビリティとすべてのワークロードの統合が実現します。Exadata プラットフォームは、オンプレミス、Oracle Cloud Infrastructure（OCI）、およびマルチクラウド環境（Azure、AWS、Google Cloud）のいずれにおいても 100% の互換性があるデプロイメントをサポートしており、一度開発すればどこにでもデプロイできます。

この技術概要は、Exadata ストレージ・サーバー内の複数のキャッシュ・コンポーネントで構成される機能である、Exadata Smart Flash Cache に焦点を当てています。Exadata Smart Flash Cache は、Exadata RDMA Memory（XRMEM）や Exadata Smart Flash Cache などの高度なキャッシュ・メカニズムを活用して、データベースのパフォーマンスを最適化します。ストレージ・サーバー内に統合された Exadata Smart Flash Cache は、表や索引などの頻繁にアクセスされる「ホット」データをインテリジェントに格納する高速キャッシュ・レイヤーとして機能し、待機時間を短縮し、I/O 操作を高速化します。メモベースのキャッシュ・テクノロジーである XRMEM は、最もホットなデータへの超低待機時間アクセスを提供することでこれを補完し、I/O 集中型のワークロードのパフォーマンスをさらに強化します。

Exadata Smart Flash Cache には、データをインテリジェントにキャッシュすることでパフォーマンスをさらに向上させるための多数の最適化が導入されています。ストレージ・サーバー上のインメモリ列キャッシュ（列キャッシュ）では、データの列表現はフラッシュ・キャッシュに保存されるので、行指向の業務系データの分析は高速化されます。Smart Flash Log は、REDO をフラッシュに直接格納することで、REDO ログのパフォーマンスを向上させます。これらのスマート・データ・キャッシュ機能は、従来のアーキテクチャでは不可能な方法でキャッシュを独自に活用し、卓越したパフォーマンスの向上を実現します。

Exadata ストレージ・オフロード

Exadata Smart Scan またはストレージ・オフロードは、Exadata ストレージ・サーバーのインテリジェント機能を活用してデータベース処理タスクをデータベース・サーバーからストレージ・サーバーにオフロードする、Exadata の中核機能です。この機能は、インテリジェントな Exadata System Software（Exadata ストレージ・サーバー上で実行され、データベース・サーバー上の Oracle Database と連携して動作する）によって実現します。Exadata ストレージ・サーバーは、組込みのインテリジェント機能がないハード・ディスクやオールフラッシュ・アレイを含む従来のストレージ・システムとは異なり、データをアクティブに処理し、データベース・サーバーの負荷を軽減し、ネットワーク通信量を最小限に抑え（関連する行と列のみを返す）、あらゆる種類のワークロードのパフォーマンスを向上させます。たとえば、従来のストレージ・システムでは、分析問合せが表をスキャンすると、データセット全体がネットワーク経由でデータベース・サーバーに送信され、帯域幅と CPU でボトルネックが生じますが、Exadata は問合せをストレージ層で処理し、フィルタされた結果のみを返します。Exadata は、復号やバックアップとリカバリのオフロードなど、他の重要なタスクもストレージ・サーバーにオフロードします。これも従来のシステムでは利用できない機能です。

Exadata Smart Flash Cache の概要

Exadata は、高度なキャッシュ・メカニズムを活用して、特に AI、分析、トランザクション処理ワークロードのデータベース・パフォーマンスを最適化します。キャッシュの実行は、Exadata RDMA Memory（XRMEM）、Exadata Smart Flash Cache、および基盤となるストレージ（高容量ディスクまたは容量最適化フラッシュ）を利用する階層構造を使用して実現されます。XRMEM と連携した Exadata Smart Flash Cache は重要なテクノロジーの 1 つです。これによって Oracle Exadata Database Machine 上の単一のストレージ・サーバーで、1 秒あたり最大 2,800,000 の SQL 読取り I/O 操作（IOPS）を処理し、最大 100 GB/秒の速度でフラッシュ内のデータをスキャンできるようになります。列キャッシュ（Columnar Cache）や Smart Flash Log などの高度なソフトウェア機能では、キャッシュを利用して特定のデータベース操作がさらに高速化されます。Exadata Smart Flash Cache のすべてのレイヤーは、透過的

データ暗号（TDE）を利用した暗号化データと互換性があり、信頼性とセキュリティを保証します。暗号化されたブロックは、XRMEM と Exadata Smart Flash Cache の両方に透過的にキャッシュされます。

Exadata RDMA Memory (XRMEM) Data Accelerator

Exadata RDMA Memory (XRMEM) Data Accelerator は、Exadata Storage Server の超高速機能で、Remote Direct Memory Access (RDMA) を利用して超低待機時間と高スループットのデータ・アクセスを提供します。XRMEM では、RDMA を利用することで、データベース・クライアントは従来のネットワーク・スタックと I/O スタックをバイパスして、ストレージ・サーバーのメモリから直接読み取ることができるため、CPU 割り込みやコンテキスト・スイッチが不要になります。これにより、従来のストレージ・ソリューションと比較して、レスポンス時間が大幅に短縮され、読取り待機時間が短縮されます。XRMEM Data Accelerator を使用すると、Exadata の単一のストレージ・サーバーで、最大 500 GB/秒の速度で列データをスキャンできます。XRMEM Data Accelerator は RDMA と組み合わせることで、OLTP 読取り待機時間が 14 マイクロ秒まで短縮されます。実際のデータベース・ワークロードでは、共有 XRMEM Data Accelerator を使用して、シングル・ラックで最大 2,520 万 OLTP 読取り IOPS (8K I/O) を実現できます。XRMEM は自動的に構成され、ユーザーによる操作は不要で、自動的に管理されます。

Exadata Smart Flash Cache

Exadata Smart Flash Cache (フラッシュ・キャッシュ) は、フラッシュ・ストレージを使用してデータベースの読取り操作と書込み操作を高速化する高性能キャッシュです。I/O 待機時間を削減し、頻繁にアクセスされるデータのスループットを向上させるように設計されています。フラッシュ・キャッシュはストレージ・サーバー内に常駐し、低速のディスク・ストレージ（または容量最適化フラッシュ）とデータベース・サーバーの間の仲介として機能します。最もホットなデータのコピーは XRMEM に保存されますが、フラッシュ・キャッシュは、頻繁にアクセスされる追加データを高性能 PCIe フラッシュ・カードに自動的にキャッシュします。各ストレージ・サーバーには、読取り操作と書込み操作を高速化するために、パフォーマンス最適化フラッシュが最大 27.2 TB 搭載されています。

ストレージ・サーバー上の Exadata インメモリ列キャッシュ

ストレージ・サーバー上の Exadata In-Memory Columnar Cache (列キャッシュ) では、フラッシュ・キャッシュと XRMEM を利用して、トランザクション・ワークロードをサポートしながら、分析問合せのパフォーマンスを大幅に高速化します。この機能により、Hybrid Columnar Compression (HCC) 形式を含む頻繁にアクセスされるデータは、フラッシュ・キャッシュと XRMEM に格納される純粋な列指向形式に自動的に変換され、必要な列のみにアクセスすることで、スキャン、結合、集計の高速化が可能になります。Exadata 向けに最適化された列キャッシュは、SIMD ベクトル処理などのインメモリ最適化を使用して、オンライン・トランザクション処理のための行ベースのキャッシュを維持しながら、分析のための I/O と CPU 使用率を削減します。

Exadata により、頻繁にアクセスされる列指向データはフラッシュ・キャッシュの列キャッシュから XRMEM に自動的に昇格され、分析問合せのパフォーマンスが強化されます。この昇格では、RDMA 経由の XRMEM の超低待機時間アクセスが活用され、分析ワークロードの列データの読取りは大幅に高速化されます。この機能は完全に自動化されており、アクセス・パターンに基づいて新しい列データを識別する Exadata のインテリジェント・ソフトウェアによって駆動され、手動による構成は不要です。この階層型キャッシュにより、OLTP と分析の混合ワークロードが最適化され、XRMEM では重要なデータへの高速アクセスが提供され、フラッシュ・キャッシュでは大規模なデータセットが処理され、トランザクション一貫性もすべて維持されます。

フラッシュ・キャッシュ内の列キャッシュのメタデータは再起動後も保持されるため、メンテナンスまたはストレージ・サーバーの再起動後もキャッシュがそのままの状態でも機能し続けることが保証され、信頼性が向上し、キャッシュを再び取り込む必要性が最小限に抑えられます。

Exadata Smart Flash Log

Oracle Database では、すべての REDO ログ・エントリは、大容量 (HC) ストレージ内の基礎となるディスク・ドライブ、または Extreme Flash (EF) ストレージ内の容量が最適化されたフラッシュに書き込まれる必要があります。OLTP ワークロードでは、データベース・ログ書込みのレスポンス時間が速いことは極めて重要です。ハード・ディスクへのログの書込みは、待機時間と I/O 帯域幅の制限により、パフォーマンスのボトルネックになる可能性があります。Exadata Smart Flash Log では、フラッシュ・ストレージをインテリ

ジェントに活用して Exadata での REDO ログの書き込みを最適化することで、データベースのパフォーマンスと信頼性が強化されます。この機能により、Exadata ストレージ・サーバーの高性能フラッシュ・デバイスに REDO ログが書き込まれ、従来のディスク・ベースのロギングと比較して、重要な書き込み操作における待機時間が短縮されます。ただしフラッシュへの書き込みでは、場合によってはパフォーマンスに支障をきたす外れ値となる長い待機時間が発生する可能性があります。Exadata Smart Flash Log Write-Back 機能は、REDO ログ・データを別のフラッシュ・デバイス上のフラッシュ・キャッシュに同時に書き込み、その書き込みをディスクに非同期にフラッシュすることで、これらの外れ値を排除します。Smart Flash Log またはフラッシュ・キャッシュにデータが永続的に保存されるとすぐに、データはコミットされたものとして認識されます。書き込みは異なる複数のフラッシュ・デバイスに行われ、2 つのデバイスで書き込み待機時間の外れ値が同時に発生する可能性は非常に低いため、ミッション・クリティカルな OLTP トランザクションのコミット待機時間は最小限に抑えられます。このテクノロジーにより、I/O ボトルネックは最小限に抑えられ、トランザクション処理は高速化され、高いトランザクション・スループットを必要とするアプリケーションのパフォーマンスは大幅に向上します。これは Exadata の高パフォーマンス・アーキテクチャの重要なコンポーネントの 1 つです。Smart Flash Log Write-Back 機能は、Oracle Data Guard のプライマリ・データベースおよびスタンバイ・データベースと連携して、オンライン REDO ログ・ファイルとスタンバイ REDO ログ・ファイルの両方に対して高速な高スループットの読取りと書き込みを提供します。

Exadata Smart Flash Cache のハードウェアとパフォーマンス

最もホットなデータは、Smart Flash Cache の XRMEM 層に格納されます。XRMEM は一群の DRAM で構成されており、RDMA テクノロジーを使用してデータベースから直接読み取ることが可能です。各 Exadata X11M High Capacity および Extreme Flash ストレージ・サーバーには 1.25 TB の XRMEM が搭載されており、RDMA over Converged Ethernet (RoCE) プライベート・ネットワークと組み合わせることで、わずか 14 マイクロ秒の超低待機時間 OLTP 読取りと 500 GB/秒のスキャン速度が実現されます。

Exadata Smart Flash Cache は、フラッシュ・ディスクではなく、最新の PCIe パフォーマンス最適化フラッシュ・テクノロジーを使用します。PCIe フラッシュでは、低速のディスク・コントローラやディレクタの背後ではなく、フラッシュが高速な PCIe バス上に直接配置されるため、パフォーマンスは大幅に高速化されます。各 Exadata Storage Server には 4 台の 6.8 TB PCIe パフォーマンス最適化フラッシュ・カードが搭載されており、合計で 27.2 TB のフラッシュ容量となります。単一の Exadata X11M ラックには、68 台の PCIe フラッシュ・カード（合計で 462.4 TB のフラッシュ容量を提供）を備えた、最大 17 台のストレージ・サーバーを搭載可能です。ソリッド・ステート・ストレージは、Exadata ストレージとの併用でパフォーマンスが劇的に向上します。データベースの読取り/書き込みの自動キャッシュを実装し、単一のストレージ・サーバーで 1,000,000 を超える 8K フラッシュ書き込み IOPS を実現できます。インフラストラクチャにデータベース・サーバーとストレージ・サーバーを追加すると、それに応じてパフォーマンスは向上します。

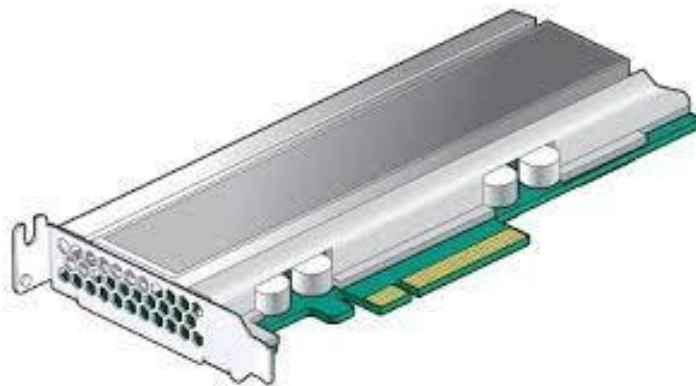


図 1 : Oracle Flash Accelerator F680 PCIe Gen 5 カード

Exadata では、High Capacity (HC)、Extreme Flash (EF)、High Capacity-Z (HC-Z)、eXTended (XT) の各ストレージ・サーバーを選択できます。HC、HC-Z、XT の各ストレージ・サーバーは大容量ディスク・ドライブを使用してデータを保存しますが、EF サーバーは容量最適化フラッシュ・デバイスにデータを保存します。X11M HC ストレージ・サーバーは、22 TB のディスク・ドライブ 12 台、1.25 TB の XRMEM、6.8 TB のパフォーマンス最適化フラッシュ 4 台で構成されます。X11M EF ストレージ・サーバーは、30.72 TB の容量最適化フラッシュ・ドライブ 4 台、1.25 TB の XRMEM、6.8 TB のパフォーマンス最適化フラッシュ 4 台で構成されます。X11M HC-Z ストレージ・

サーバーは、22 TB のディスク・ドライブ 6 台、576 GB の XRMRM、6.8 TB のフラッシュ 2 台で構成されます。X11M-XT ストレージ・サーバーは、22 TB のディスク・ドライブ 12 台、6.8 TB のフラッシュ 2 台で構成されます。どのタイプのストレージ・サーバーも、Exadata Smart Flash Cache を利用してパフォーマンスの向上を図っています。EF サーバーの容量最適化フラッシュは、HC サーバーのディスク・ストレージよりも大幅に高速ですが、両方のサーバーのフラッシュ・キャッシュで使用されるパフォーマンス最適化フラッシュは、容量最適化フラッシュよりも高速です。データは、パフォーマンス最適化フラッシュに常駐しているときには、HC または EF のいずれのストレージ・インフラストラクチャでワークロードを実行しても、同様のパフォーマンス・プロファイルを提供します。

8 台のデータベース・サーバーと 14 台のストレージ・サーバーを備えた（以前はフル・ラックと呼ばれていた）Exadata の一連の世代に対して、XRMEM と Smart Flash Cache がデータベース・レベルで提供するパフォーマンスを次の表に示します。

メトリック		Exadata Database Machine X7-2 フル・ラック ¹	Exadata Database Machine X8-2 フル・ラック ¹	Exadata Database Machine X8M-2 フル・ラック ¹	Exadata Database Machine X9M-2 フル・ラック ¹	Exadata Database Machine X10M ²	Exadata Database Machine X11M ²
RAW フラッシュ・データ帯域幅	HC	350 GB/秒	350 GB/秒	350 GB/秒	630 GB/秒	630 GB/秒	1,400 GB/秒
	EF ³	350 GB/秒	560 GB/秒	560 GB/秒	1,050 GB/秒	840 GB/秒	1,400 GB/秒
最大 SQL Exadata RDMA メモリ帯域幅	HC					5,320 GB/秒	7,000 GB/秒
	EF					5,320 GB/秒	7,000 GB/秒
データベース・フラッシュ読み取り IOPS ⁴	HC	4,776,000	4,776,000	12,000,000	22,400,000	22,400,000	22,400,000
	EF	4,776,000	4,776,000	12,000,000	22,400,000	22,400,000	22,400,000
データベース・フラッシュ書き込み IOPS ⁴	HC	4,352,000	4,352,000	6,580,000	8,596,000	12,824,000	14,000,000
	EF	4,352,000	4,352,000	6,580,000	8,596,000	12,824,000	14,000,000
¹ 単一の各ラックには、8 台のデータベース・サーバーと 14 台のストレージ・サーバーが搭載されています。 ² 各ラックには、マルチラック構成で 8 台のデータベース・サーバーと 14 台のストレージ・サーバーが搭載されています。 ³ Exadata X10M では、パフォーマンス最適化フラッシュ・カード 4 枚と、容量最適化フラッシュ・ドライブ 4 枚を使用する、Extreme Flash Storage Server の新しいアーキテクチャが導入されました。X9M 以前の EF サーバーは、データ・キャッシュと永続性モデルを組み合わせた、パフォーマンス最適化フラッシュ・カードを 8 枚利用していました。 ⁴ データベース・フラッシュ読み取り/書き込み IOPS では、データベース・サーバーがストレージ・サーバー上の OLTP ワークロードを駆動する必要があります。							

表 1 : XRMEM とフラッシュの I/O パフォーマンス (X7-2 ~ X11M)

Exadata Smart Flash Cache の利点

Exadata Smart Flash Cache の機能には独自性があります。Exadata は、パフォーマンスを向上させるためにフラッシュをディスクの代わりに追加できる従来のストレージ・システムとは異なり、協調的なデータ・キャッシュ戦略の一環としてフラッシュ・ストレージをいつどのように使用するかを決定するインテリジェントなソフトウェアを統合しています。スケーラブルな Exadata ストレージ、フラッシュのパフォーマンス、および RDMA と組み合わせた XRMEM などの利点をアプリケーション・レイヤーに直接提供できます。対照的に、従来のストレージ・アレイには内部のボトルネックやネットワークのボトルネックがあり、そのシステムにフラッシュが追加されたとしても、フラッシュの利点は制限されます。

高度なアーキテクチャとインテリジェントなデータ階層化

Exadata Smart Flash Cache は、フラッシュ・メモリと RDMA メモリの最適な使用を動的に判断する独自のソフトウェア・インテリジェント機能を備えた設計となっています。インテリジェント機能が組み込まれていないため、システムのボトルネックが頻繁に生じる従来のストレージ・アレイとは異なり、Exadata はフラッシュ・ストレージを協調的なデータ・キャッシュ戦略に直接統合します。ホット・データは高パフォーマンスを実現するためにフラッシュと XRMEM に自動的にキャッシュされますが、アクセス頻度の低い（コールド）データはディスク上に残ります。この高度な階層化により、Exadata は通常で 90 % 以上のキャッシュ・ヒット率を達成し、結果として物理ハードウェアの最大で 10 倍の有効フラッシュ容量を実現することができます。

優れたパフォーマンスとスケーラビリティ

Exadata では、データベース・レベルで比類のないスループットと IOPS スケーラビリティが実現されます。単一のストレージ・サーバーで、最もホットなデータに対して最大 100 GB/秒のフラッシュ・スループットと、500 GB/秒の XRMEM からのスループットを提供できます。これは、従来型ストレージ・アレイにおいて、フラッシュを追加した場合でも、ストレージ・コントローラーのボトルネックによってわずか数 GB/秒に制限されてしまうことが多い能力を大幅に上回っています。Exadata のアーキテクチャは、X11M データベース・サーバーとストレージ・サーバーでは最大 2,800,000 の読取り IOPS をサポートし、サーバーを追加することで、システム全体の容量とパフォーマンスをさらに向上させることができます。この設計では、スケーラブルな RoCE ネットワーキング、直接 RDMA メモリ・アクセスを活用し、メモリ、フラッシュ、ディスクで並行してスキャンを実行できます。

エンタープライズグレードの信頼性と書込みの最適化

Exadata では、レジリエンスと耐久性を確保するために、エンタープライズグレードのフラッシュのみを使用し、コンシューマグレードのフラッシュで見られるリスクや劣化の問題を回避しています。ライトバック・フラッシュ・キャッシュ機能は、データベース・ブロックの書込みをキャッシュすることで新たな次元を追加し、大規模な OLTP およびバッチ・ワークロードのディスク・ボトルネックを排除します。単一の X11M ストレージ・サーバーにより、1,000,000 8K 書込み IOPS と完全に冗長化された永続的な書込みキャッシュを提供することで、Exadata の I/O パフォーマンスは数千のディスク・ドライブを備えた複数のアレイのパフォーマンスに匹敵します。

共有リソース効率と堅牢なデータ保護

一般的な外部フラッシュ・カードは個々のサーバーに紐付けされており、サーバー間で共有できませんが、Exadata ではフラッシュとメモリをシステム全体で共有できるため、Oracle RAC などの高度な構成をサポートできます。このアーキテクチャは、シームレスな統合、スケーラビリティ、高可用性をサポートします。Exadata ソフトウェアは、パフォーマンスの低下したフラッシュを自動的に検出してバイパスし、障害や機能低下が発生した場合には I/O を再ルーティングし、データベースの停止を防ぎ、管理の複雑さを軽減します。ローカル・フラッシュのデプロイメントにはこのような機能はありません。

フラッシュ専用アレイと比較したパフォーマンスとコストの利点

一部のベンダーは、高価なフラッシュ専用アレイを構築することでボトルネックに対応していますが、効率的なデータ階層化が犠牲になり、パフォーマンスの利点は高価なフラッシュのサイズによって制限されることになります。Exadata のアーキテクチャは、より大きな有効容量と優れたパフォーマンスの両方を提供します。これは、最適化されたデータ移動、SQL オフロード処理、データベースの直接統合によって実現されます。このような機能は、フラッシュ専用ソリューションや従来のストレージ・アレイでは実現できません。

Exadata Smart Flash Cache の管理

Exadata Smart Flash Cache の機能は、出荷時の設定で利用することが可能で、手動による構成は必要ありません。たとえば、データベース・オブジェクトは、アクセス頻度に応じてフラッシュ・キャッシュに自動的にロードされます。データの頻繁なアクセスは、その操作、

特にキャッシュ・コンテンツがいっぱいになったときの管理に重要な役割を果たします。Exadata System Software では、索引ブロック、制御ファイル、ファイル・ヘッダーなどの頻繁にアクセスされるデータが優先されますが、反復されない I/O（バックアップ、Data Pump など）はキャッシュ汚染を避けるためにキャッシュされません。特にミッション・クリティカルなアプリケーションの表や索引では、手動による細かい調整によって、頻繁にアクセスされるオブジェクトを、スキャン前であっても確実にフラッシュ・キャッシュにロードできる場合があります。

Exadata Storage Server のキャッシュの自動階層化

Exadata ストレージ・サーバー上のキャッシュの自動階層化では、XRMEM やフラッシュ・キャッシュを含む複数のキャッシュ階層にわたってデータが動的に管理されることで、パフォーマンスが最適化されます。Exadata のインテリジェントなストレージ・アーキテクチャは、最も頻繁にアクセスされるデータを XRMEM やフラッシュ・キャッシュなどの最速層に自動的にキャッシュし、大量のホット・データに迅速にアクセスすることを可能にします。最も頻繁にアクセスされるデータについては、Exadata プライベート・ネットワーク経由での RDMA を使用して、データはストレージ・サーバーとデータベース・ノード間で効率的に移動します。これにより、データベース・サーバーはストレージ・サーバー上の XRMEM から直接データを読み取ることが可能になり、従来型の I/O ボトルネックが回避され、コンテキスト・スイッチが排除されます。Exadata では、ワークロード・パターンを継続的に監視し、フラッシュ、XRMEM、永続ストレージ（場合によってはハード・ドライブまたは容量最適化フラッシュ）全体におけるデータ配置に優先順位が付けられます。これにより、パフォーマンスは最大化され、待機時間は最小限に抑えられ、要求の厳しいデータベース・アプリケーションに対して最適なリソース使用率が確保されます。

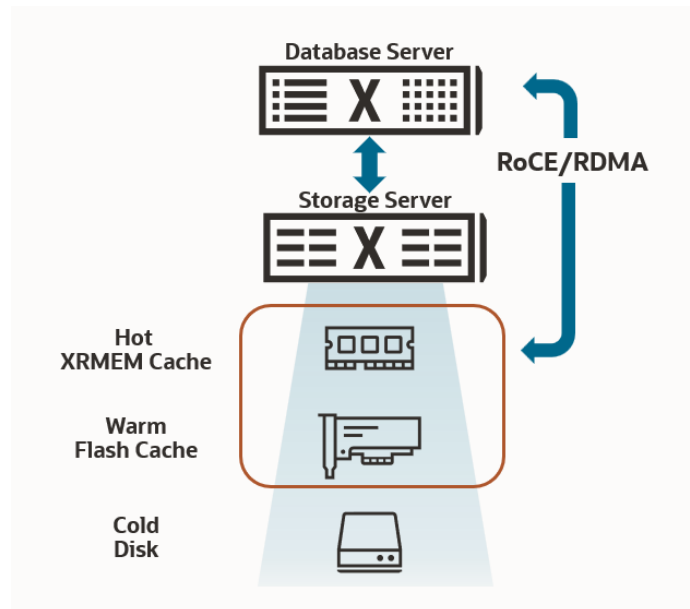


図 2 : ストレージ・セル内のキャッシュの自動階層化

Exadata Smart Flash Cache の自動管理

Exadata Smart Flash Cache は、頻繁にアクセスされるデータを非常に高速なフラッシュ・ストレージに保持し、ほとんどのデータは非常にコスト効率の高いディスク・ストレージに保持されます。これは、管理者が何もしなくても自動的にかつ透過的に行われます。Flash Cache がスマートと言えるのは、再利用されないデータやキャッシュに収まらないデータのキャッシュをいつ避けるべきかを把握できるからです。

データベースが Exadata ストレージ・サーバーに読み取り/書き込みリクエストを送信するとき、リクエストには、データが再度読み取られる可能性があるかどうか、およびデータをキャッシュする必要があるかどうかに関する追加情報が含まれます。Exadata System Software では、データベースが送信する情報に基づいて、再読み取りされる可能性が高くキャッシュする価値のあるデータと、キャッシュすることが無駄であるデータがインテリジェントに判断されます。表と索引に対するランダムな読み取り/書き込みは、それ以降にも読み取りが行われる可能性が高いため、

通常はキャッシュされ、データはフラッシュ・キャッシュから提供されます。さらに、フラッシュ・キャッシュはライトバック・モードで動作し、サーバーの再起動後も持続し、ウォームアップ期間を必要としません。

何をキャッシュすべきではないかを理解しておくことは、キャッシュの潜在的なパフォーマンスを引き出すために非常に重要です。たとえば、バックアップやミラーリングされたブロックのコピーを書き込む場合、そのようなブロックは短期的には再読取りされないため、貴重なキャッシュ領域をそれらのオブジェクトやブロックに割り当てるべき理由はありません。Oracle Database と Exadata System Software のみがこの可視性を持ち、Exadata で行われるすべての I/O 操作の性質を把握します。完全な I/O スタック全体を可視化することで、フラッシュ・キャッシュ・ハードウェアを最適に使用して、最も関連性の高いデータのみを保存できます。

Exadata System Software は、大規模な表スキャンで読み取られたオブジェクトを、オブジェクトの読取り頻度に基づいてフラッシュ・キャッシュに自動的にキャッシュします。このアルゴリズムでは、オブジェクトのサイズ、オブジェクトのアクセス頻度、アクセス・パターンに基づくキャッシュ内のオブジェクトの移動、およびデータベースによって実行されるスキャンのタイプが考慮されます。フラッシュ・キャッシュのサイズと他の同時ワークロードに応じて、オブジェクトのすべてまたは一部のみがキャッシュされます。フラッシュ・キャッシュのサイズより大きいオブジェクトの場合、ソフトウェアによってオブジェクトの一部のみが自動的にキャッシュされ、フラッシュ・キャッシュのスラッシングが排除されます。

Exadata System Software 25ai, Release 25.2 以降、ストレージ・サーバーでは、データベースがフラッシュ・キャッシュを使用する操作を完了した直後に、フラッシュ・キャッシュから TEMP 領域のデータが自動的に破棄されます。以前は、よりホットなデータがフラッシュ領域を必要とする場合、TEMP データがディスクに書き込まれていました。Exadata 固有のこの機能により、フラッシュ・キャッシュ領域の使用率は最適化され、不必要なディスク I/O が回避されることで、システム全体のパフォーマンスが向上します。

Exadata System Software 25.2 では、Exadata Smart Flash Cache 内で大規模な書込みを処理する方法など、キャッシュ・アルゴリズムの機能強化も導入されています。この仕組みでは、最大限のパフォーマンスの利点を一貫して提供する特定の操作（TEMP やフラッシュバック・ロギングなど）に関連する大規模な書込みに、高い優先順位が割り当てられます。フラッシュ・キャッシュへの大規模な書込みの優先順位付けは、フラッシュ・キャッシュ領域全体の使用量、または関連する Exadata I/O Resource Management (IORM) グループに割り当てられたフラッシュ・キャッシュ領域のいずれかに関して、フラッシュ・キャッシュの使用率が 50 %を超えた場合にのみ行われます。しきい値である 50 %を使用率が下回ると、すべての大規模な書込みで、キャッシュはそれ以前と同じように使用できるようになります。しきい値である 50 %を使用率が超えている間は、高い優先順位が割り当てられた大規模な書込みのみがキャッシュを使用できます。

フラッシュ・キャッシュへのオブジェクトの自動ロード

Exadata System Software および Oracle Database では、どのデータベース・オブジェクトをキャッシュするかに関する優先処理も提供されます。たとえば、オブジェクトをキャッシュに保持して常にキャッシュしたり、あるオブジェクトを決してキャッシュすべきでないオブジェクトとして識別したりすることもできます。この制御は、データベース表、索引、パーティション、および LOB 列に割り当てることができるストレージ句属性 CELL_FLASH_CACHE によって提供されます。

CELL_FLASH_CACHE 属性を設定できる値は 3 つあります。

1. DEFAULT は、前のセクションで説明したように、オブジェクトに使用するキャッシュを自動的に管理することを指定します。
2. NONE は、オブジェクトがキャッシュされないことを指定します。
3. KEEP は、オブジェクトがキャッシュにある場合はそれをキャッシュ内に保持することを指定します。

ほとんどのワークロードは、Exadata にキャッシュ内のオブジェクトを自動的に管理させることが最良の処理となります。デフォルト設定の変更は、Exadata によるキャッシュの使用が最適化されなくなるため、推奨しません。

次のコマンドを使用すると、CUSTOMERS 表を Exadata Smart Flash Cache に残すように指示できます。

```
ALTER TABLE customers STORAGE (CELL_FLASH_CACHE KEEP)
```

このストレージ属性は、表の作成時に指定することも可能です。

上記の例では、Exadata Storage Server は CUSTOMERS 表のデータをキャッシュしてフラッシュに保持しますが、KEEP 属性が指定されていない他の表では期限切れとなり、キャッシュに保持されません。CUSTOMERS 表が多くの Exadata Storage Server に分散されている通常のケースでは、各 Exadata セルは表のそれぞれの部分をそれぞれのフラッシュにキャッシュします。一般に、KEEP が指定されているオブジェクトよりも多くのフラッシュ・キャッシュが使用可能である必要があります。これにより、表は時間の経過とともに完全にキャッシュされるようになります。

オブジェクトに KEEP が指定されており、オフロードされた Smart Scan 経由でアクセスされる場合、オブジェクトはキャッシュに保持され、キャッシュからスキャンされます。フラッシュ・キャッシュのもう 1 つの利点は、キャッシュに保持されているオブジェクトのスキャン時に、Exadata ソフトウェアによりデータがフラッシュとディスクの両方から同時に読み取られ、どちらか一方のソースのみを読み取るときよりも高い集計スキャン速度を実現できることです。

Exadata System Software 24ai バージョン 24.1.0 以降を Oracle Database 26ai と併用すると、KEEP オプションを指定して構成されたデータベース・オブジェクトが Exadata Smart Flash Cache に自動的にロードされます。この機能は、KEEP オプションを指定して構成されたデータベース・オブジェクトのキャッシュ・ミス回避することで、オンライン・トランザクション処理（OLTP）ワークロードにとってメリットとなります。以前のリリースでは、KEEP オプションは、データがキャッシュに読み込まれた後にのみ有効になりました。この機能は、オブジェクトをフラッシュ・キャッシュ内に常駐させる必要がある特定のユースケースで役立ちます。ただし通常はデフォルト設定を推奨します。

Exadata I/O リソース管理

複数のデータベースを単一の Exadata に統合することは、顧客にとってはコスト削減ソリューションとなります。Exadata I/O Resource Manager（IORM）を使用すると、Exadata 上で実行されているさまざまなデータベースに対するフラッシュまたは XRMEM の使用に優先順位を付けることができます。IORM は、フラッシュ・キャッシュ内の重要な OLTP I/O リクエストに待機時間が生じないようにします。表スキャンが OLTP I/O リクエストと同時にフラッシュ上で実行されている場合、OLTP 待機時間が影響を受ける可能性があります。IORM は、表スキャンやその他の優先度の低いリクエストをキューに入れてスロットリングします。IORM は、さまざまなワークロードに対してフラッシュ・キャッシュ内の領域を保証することで、予測可能なパフォーマンスを提供できます。ストレージを共有する統合 Exadata 環境では、フラッシュ・キャッシュ領域が重要なリソースになります。IORM によって、重要度の低い（テストや開発などの）エンティティがフラッシュ・キャッシュ全体を消費するのを防ぎながら、重要なデータベースや PDB のためのフラッシュ・キャッシュを確保できます。IORM プランは、フラッシュを含め、同じストレージ・サーバー・リソースを共有する複数の Oracle Grid Infrastructure クラスタに拡張可能です。これにより管理者は、最もパフォーマンスが重要なデータベースとクラスタ用にフラッシュ領域を予約することが可能になります。

フラッシュ・キャッシュが IORM PLAN に従って割り当てられる場合、REDO ログ・ファイルのキャッシュは、各マルチテナント（コンテナ・データベース）または非 CDB データベースの領域計上に含まれます。Exadata RDMA メモリ（XRMEM）は、フラッシュ・キャッシュと同様の方法で割り当てることができ、優先順位の高いデータベースは待機時間の短い RDMA メモリの利用により恩恵を受けることができます。

Exadata ストレージ・キャッシュの可観測性

Oracle Database の自動ワークロード・リポジトリ（AWR）レポートは、Exadata System Software 20.1 で可観測性が導入されて以来、強化されています。この新しい機能を紹介するために、新しい Flash Cache Redo Caching セクションが追加されました。

Flash Cache Redo Caching

- These statistics are collected by the cells and are not restricted to this database or instance
- Flash cache may cache redo writes that would otherwise go to disk
- This works with, and does not replace, the use of flash log
- Total Writes - redo writes submitted, does not include population writes
- FC Writes - redo writes absorbed into flash cache
- Pop Writes - population writes into flash cache for redo reads

Cell Name	Read Reqs					Write Reqs					Read MB					Write MB				
	Total	per Sec	Hits/s	Misses/s	Skips/s	Total	per Sec	FC Writes/s	Skips/s	Pop Writes/s	Total	per Sec	Hits/s	Misses/s	Skips/s	Total	per Sec	FC Writes/s	Skips/s	Pop Writes/s
Total (14)						5,259,332	13,485.47	13,485.33	0.13							3,821,414.71	9,798.50	9,798.50	0.00	
celadm						1,753,651	4,496.54	4,496.51	0.04							1,273,866.13	3,266.32	3,266.32	0.00	
celadm						1,753,418	4,495.94	4,495.91	0.04							1,273,818.12	3,266.20	3,266.20	0.00	
celadm						1,752,263	4,492.98	4,492.92	0.06							1,273,730.47	3,265.98	3,265.98	0.00	

[Back to Exadata Flash Cache](#)
[Back to Exadata Smart Statistics](#)

図 3 : AWR の Flash Cache Redo Caching セクション

図 3 は、フラッシュ・キャッシュの Redo Caching メトリックが、フラッシュ・キャッシュ内の REDO ログの書き込みリクエストの個別のストレージ統計（Skips/s を含む）に加えて、合計 MB を書き込むセクションの概要を示しています。

Flash Log

- These statistics are collected by the cells and are not restricted to this database or instance
- Write Requests Flash Log - writes serviced by flash log
- Write Requests Redo Log - redo writes serviced including those that bypass flash log
- Database redo log writes are typically written to both flash log and redo log
- FC Writes - redo writes absorbed by flash cache that would have otherwise gone to database redo logs on disk
- FC Skips - redo writes bypassing flash cache
- Write MB - write bytes serviced by flash log
- First Writes Flash Log - writes written first to smart flash log
- First Writes DB Log - writes written first to database redo log file
- % Efficiency - percentage when flash log prevented writes from exceeding the threshold
- Prevented - flash log writes prevented from exceeding outlier threshold
- Actual - flash log writes that exceeded outlier threshold
- Disk I/O Errors - disk I/O errors encountered by flash log (should be 0)
- Flash I/O Errors - flash I/O errors encountered by flash log (should be 0)
- Keep - redo saved on flash due to disk I/O errors (should be 0)
- Skip Count - redo writes not serviced by flash log (should be 0)
- Ordered by Total Write Requests desc

Cell Name	Write Requests						Write MB		First Writes				Outliers			Errors			
	% Total	Flash Log	Flash Logs	Redo Log	Redo Logs	FC Writes/s	FC Skips/s	Total	per Sec	%Flash Log	Flash Log	DB Log	% Efficiency	Prevented	Actual	Disk I/O	Flash I/O	Keep (MB)	Skip Count
Total (14)		4,489,160	11,459.38	6,281,728	13,491.61	13,485.33	0.13	3,218,050.96	8,251.41	53.70	2,399,776	2,069,384						792,568	
celadm	34.16	1,526,698	3,914.61	1,754,222	4,496.01	4,495.91	0.04	1,101,195.11	2,823.58	53.46	816,222	710,476						227,524	
celadm	33.21	1,484,085	3,805.35	1,754,463	4,498.62	4,496.51	0.04	1,068,285.49	2,739.19	53.65	796,192	687,893						278,379	
celadm	32.63	1,458,377	3,739.43	1,753,043	4,494.98	4,492.92	0.06	1,048,570.36	2,688.64	53.99	787,362	671,015						294,666	

[Back to Exadata Smart Statistics](#)
[Back to Exadata Statistics](#)

図 4 : Smart Flash Log Write-Back が有効になっている AWR の Flash Log セクション

図 4 は、AWR レポートの Flash Log セクション内のフラッシュ・キャッシュ（FC）の書き込み（FC Writes/s）とスキップ（FC Skips/s）の列を強調しており、フラッシュ・キャッシュへの REDO ログの書き込み数を示しています。

Exadata XRMEM キャッシュの可観測性

AWR レポートには、XRMEM キャッシュに関する情報も含まれています。

RDMA はソフトウェアに依存しておらず、データベース・サーバーのメモリがストレージ・サーバーのメモリから直接読み取り、RDMA I/O のアカウントは存在していないため、XRMEM キャッシュの使用を把握するには Oracle Database の統計が重要です。AWR レポートの Exadata 固有セクションの XRMEM キャッシュ統計には、RDMA I/O ではなく、cellsrv によってサービスが提供される I/O のみが含まれます。

XRMEM Cache Configuration セクションには、キャッシュ・モード（Write Thorough または Write-Back（X8M および X9M））や全体のサイズなどのサマリー情報が含まれています。XRMEM Cache Space Usage セクションには、XRMEM キャッシュの領域使用量に関するサマリー統計が表示されます。

Exadata Smart Flash Cache の可観測性

Exadata Smart Flash Cache は、データの使用状況、アクセス・パターン、およびアクセスされているデータのタイプを示すデータベースからのヒントに基づいて、キャッシュするのもっとも有用なデータをインテリジェントに決定できます。Exadata Database Machine で実行されているすべてのデータベース間でフラッシュ・キャッシュの使用状況を監視することが重要です。

Oracle Exadata System Software 24.1 では、Exadata Smart Flash Cache に関するリアルタイムの統計を提供する Exadata ストレージ・キャッシュ統計ユーティリティ (ecstat) が導入されました。ecstat ユーティリティは、各 Exadata ストレージ・サーバーでのキャッシュの可観測性を向上させ、次の事柄についてレポートします。

- メイン・ストレージと Exadata Smart Flash Cache 間での I/O 操作のバランス
- 各ストレージ・サーバー上での I/O 操作 (small reads、large reads、small write、large writes)
- メイン・ストレージと Exadata Smart Flash Cache 別の I/O スループット
- Exadata Smart Flash Cache のサイジング。サイズが不足しているかどうか。

Exadata System Software 25.1 の ecstat ユーティリティには、次の追加機能があります。

- Exadata Smart Flash Cache を使用しても I/O が処理されない主な理由
- ecstat は、上位 I/O コンシューマのパフォーマンス統計をレポートするようになりました。コンシューマは、IORM プランで明示的に指定されたデータベースである場合があります。
- I/O スループットでソートされた上位 IOPS コンシューマ

ecstat ユーティリティは、キャッシュ・ミスやパフォーマンスの問題の根本原因を特定するのに役立ちます。これは、特定の I/O がフラッシュ・キャッシュを回避した正確な理由 (キャッシュなし、大規模な書き込みなど) を示します。

AWR には、Exadata Smart Flash Cache に関する豊富な情報が含まれています。AWR レポートには、Flash Cache Configuration と Flash Cache Space Usage に関する個別のセクションがあり、Exadata Smart Flash Cache の構成 (WriteBack または Write-Through) と領域使用量に関するサマリー統計が表示されます。

Flash Cache Configuration

• These statistics are collected by the cells and are not restricted to this database or instance

• Size (GB) - configured size for Flash Cache

Mode	Compression	Status	Size (GB)	Cells
WriteBack		normal	23845.81	All

Back to Exadata Flash Cache

Back to Exadata Smart Statistics

Flash Cache Space Usage

• These statistics are collected by the cells and are not restricted to this database or instance

• Space is at the time of the end snapshot

• Ordered by Space (GB) desc

Cell Name	Space (GB)	Default							Keep			
		OLTP			Large Writes			%Scan	%Columnar		OLTP	
		%Clean	%Synced	%Unflushed	%Temp Spill	%Data/Temp	%Write Only		%Clean	%Unflushed	%Scan	%Columnar
Total (3)	71,351.14	26.36	23.15	21.91	0.15	0.76	19.08	6.24	2.35	0.00	0.00	
dbm0celadm01	23,783.71	26.32	23.15	21.86	0.15	0.78	19.07	6.31	2.37	0.00	0.00	
dbm0celadm03	23,783.71	26.50	23.05	22.00	0.16	0.83	19.01	6.14	2.31	0.00	0.00	
dbm0celadm02	23,783.71	26.25	23.25	21.88	0.14	0.68	19.17	6.26	2.36	0.00	0.00	

図 5 AWR レポート : Flash Cache Configuration と Flash Cache Space Usage

Flash Cache User Reads

Flash Cache User Reads の各セクションには、データベース・クライアントからの読取りリクエスト(Read Requests)、読取りスループット(Read Megabytes)、および読取り効率に関する情報が表示されます。統計には、Exadata Smart Flash Cache のさまざまな領域に対する I/O が表示されます。

- OLTP (以前は Small I/O) - ブロック・リクエストに関連します
- Scan - スキャン要求に関連します
- Columnar - 列キャッシュ・リクエストに関連します
- Keep - KEEP プールに対する読取りリクエストに関連します

Flash Cache User Reads

- These statistics are collected by the cells and are not restricted to this database or instance
- Total - total number of reads from Flash Cache
- OLTP/Scan/Columnar reads include reads on keep objects
- Misses/Partial Hits - number of read request misses and partial hits
- Ordered by Total Hit Read Requests desc

Cell Name	Read Requests							Read Megabytes						
	Total Hits	Hits per Sec	OLTP	Scan	Columnar	Keep	Misses Partial Hits	Total Hits	Hit MB/s	OLTP	Scan	Columnar	Keep	Active Secondary Hits
Total (3)	184,127	93.85	184,020	107			26,231	11,506.77	5.86	11,486.26	20.51			
dbm0celadm11	79,162	40.35	79,124	38			6,423	4,947.43	2.52	4,940.37	7.06			
dbm0celadm10	52,976	27.00	52,950	26			7,320	3,309.45	1.69	3,304.27	5.18			
dbm0celadm12	51,989	26.50	51,946	43			12,488	3,249.89	1.66	3,241.62	8.27			

Flash Cache User Reads Per Second

- These statistics are collected by the cells and are not restricted to this database or instance
- Total - total number of reads per second from Flash Cache
- OLTP/Scan/Columnar reads include reads on keep objects
- Ordered by Total Hit Read Requests per Second desc

Cell Name	Read Requests per Second						Read MB per Second				
	Total Hits	OLTP	Scan	Columnar	Keep	Misses	Total Hits	OLTP	Scan	Columnar	Keep
Total (3)	93.85	93.79	0.05		13.37		5.86	5.85	0.01		
dbm0celadm11	40.35	40.33	0.02		3.27		2.52	2.52	0.00		
dbm0celadm10	27.00	26.99	0.01		3.73		1.69	1.68	0.00		
dbm0celadm12	26.50	26.48	0.02		6.36		1.66	1.65	0.00		

図 6 AWR レポート : Flash Cache User Reads

Flash Cache User Writes

Flash Cache User Writes セクションには、ライトバック・モードでの Exadata Smart Flash Cache の書き込みリクエストと書き込みスループットに関する情報が表示されます。

この AWR セクションでは、‘First Writes’は Exadata Smart Flash Cache に書き込まれる新しいデータを示し、‘Overwrites’は Exadata Smart Flash Cache でデータが上書きされることを示します。First Writes では、追加のフラッシュ・キャッシュ・メタデータを書き込む必要もあります。

Flash Cache User Writes

- These statistics are collected by the cells and are not restricted to this database or instance
- Total - total number of write requests or write megabytes to Flash Cache
- First Writes/Overwrites also include Keep Writes and Large Writes
- Ordered by Total Write Requests desc

Cell Name	Write Requests										Write Megabytes									
	Total	First Writes	Overwrites	Partial Writes	Keep	Large Writes	Total	First Writes	Overwrites	Partial Writes	Keep	Large Writes	Total	First Writes	Overwrites	Partial Writes	Keep	Large Writes	Total	First Writes
Total (3)	581,100,526	4,933,642	559,889,341	17,551,543	340,296,177	64	2,514.60	284,742.76	8,920.26	0.17	4,091,157.91	180,603.81	3,383,079.48	527,474.62	21,261,208.20	92.05	1,724.30	268.85	0.01	
dbm0celadm10	154,890,366	1,632,070	187,515,003	5,830,294	87	93,378,371	832.09	95,573.82	2,972.63	0.03	1,369,948.36	59,910.55	1,133,010.92	176,046.84	4,101,697.74	30.54	577.48	89.73		
dbm0celadm12	193,278,721	1,710,956	185,730,887	5,836,876	78	98,511,071	872.05	94,864.06	2,874.96	0.04	1,362,516.42	60,948.97	1,126,965.98	174,601.67	4,881,694.45	31.06	574.40	88.99		
dbm0celadm11	192,841,439	1,590,116	165,418,962	5,882,371	155	99,288,201	810.46	94,305.07	2,972.67	0.09	1,359,672.90	59,744.19	1,123,102.58	176,826.11	12,191,693.00	30.45	572.43	90.13		

図 7 AWR レポート : Flash Cache User Writes

Exadata Smart Flash Cache のミッション・クリティカルな可用性

Exadata Smart Flash Cache に使用されるハードウェアは非常に信頼性が高いものですが、すべてのハードウェアには障害が発生する可能性があります。フラッシュ・キャッシュを 4 枚の PCIe カードに分散することで、このリスクはある程度軽減されます。いずれかのフラッシュ・カードに障害が発生した場合、Exadata System Software はカードが利用できなくなったことを自動的に検出し、フラッシュ・キャッシュの障害が発生した部分をオフラインにします。この期間中、対象の Exadata ストレージサーバー自体は稼働し続け、残りのキャッシュからデータを提供します。これにより、Exadata ストレージサーバーをオフラインにすることができ、フラッシュ・カードを交換できる都合の良いタイミングまで、障害が発生したフラッシュ・カードの交換を延期することができます。フラッシュ・カードを交換すると、Exadata System Software が新しいフラッシュ・カードの存在を自動的に検出し、追加のフラッシュの使用を自動的に開始します。障害が発生したフラッシュ・カード内に、まだディスクに書き込まれていない‘ダーク’なブロックがあった場合、Exadata System Software は ASM または Exascale と連携して、他のストレージ・サーバーからミラーリングされたコピーを自動的に取得し、データの最新コピーをリカバリします。

ストレージ・サーバーがオフラインになるか、フラッシュ・デバイスに障害が発生すると、データベースは I/O をリダイレクトして、読取り操作にセカンダリ・ミラーを使用します。

Oracle Exadata System Software は、再起動後に交換されたフラッシュ・デバイスまたはストレージ・サーバー上のフラッシュ・キャッシュに、最も頻繁にアクセスされる OLTP データのセカンダリ・ミラーをバックグラウンドでプリフェッチします。Oracle Exadata System Software により、

フラッシュ・キャッシュ内のセカンダリ・ミラーは最適な方法で自動的に管理され、キャッシュ内のコールド・データはより新しい、またはよりアクティブなセカンダリ・ミラーで置き換えられます。フラッシュ・デバイスを交換すると、新しいフラッシュ・デバイスは、I/O 操作がリダイレクトされる前にウォームアップされます。この機能により、OLTP アプリケーションのワークロードの高可用性が保証されます。

Exadata System Software 25ai, Release 25.2 では、キャッシュ・アルゴリズムに拡張機能が追加され、ストレージ・サーバーは、ローカル・サーバーでのコストの高いディスク読み取りではなく、リモート・キャッシュへのパートナー読み取りを実行できるようになりました。この機能により、ローカル・フラッシュ・キャッシュ・ミスがリモート・キャッシュ・ヒットに効果的に変換され、読み取り I/O パフォーマンスが向上します。

結論

Exadata Smart Flash Cache は Exadata システムの重要な機能であり、頻繁にアクセスされるデータを高速フラッシュ・ストレージおよび XRMEM（Exadata RDMA Memory）にキャッシュすることで、OLTP アプリケーションのパフォーマンスを大幅に向上させるように設計されています。このインテリジェントなキャッシュ・メカニズムは、ディスク I/O をより高速なストレージ・レイヤーにオフロードすることで、待機時間を短縮し、I/O 操作を高速化し、問合せのパフォーマンスを向上させます。その結果、ボトルネックが軽減され、スループットが向上し、リソースの使用が最適化されます。

分析ワークロードの場合、Exadata 上の Oracle Database は列キャッシュを活用し、頻繁にアクセスされるデータ（Hybrid Columnar Compression（HCC）形式で格納されたデータを含む）をフラッシュ・キャッシュ内で純粋な列形式に自動的に変換します。これにより、データベースは必要な列のみにアクセスできるようになり、スキャン、結合、集計が高速化されます。最も頻繁にアクセスされる列データは、待機時間を最小限に抑えるために自動的に Exadata RDMA メモリに昇格されます。

Smart Flash Cache は、Exadata のスケーラビリティ、信頼性、効率性を保証し、ミッション・クリティカルなデータベース・アプリケーションを稼働する組織にとって不可欠なものとなります。要求の厳しいワークロードに対して優れた IOPS を実現し、データウェアハウスやレポート作成のスキャン・レートを 2 倍以上に高め、重要なデータベース・ロギング機能に特別なサポートを提供します。

Exadata Smart Flash Cache を搭載した Oracle Database on Exadata は、キャッシュされたデータをインテリジェントに選択および管理する機能を備え、XRMEM へのフラッシュと RDMA でのアクセスの両方に最適化された初の、そして唯一無二のデータベースであり、パフォーマンスと効率の新たな標準を確立します。

Connect with us

+1.800.ORACLE1までご連絡いただくか、**oracle.com**をご覧ください。北米以外の地域では、**oracle.com/contact**で最寄りの営業所をご確認いただけます。

 blogs.oracle.com  [facebook.com /oracle](https://facebook.com/oracle)  twitter.com/oracle

Copyright © 2026, Oracle and/or its affiliates. 本文書は情報提供のみを目的として提供されており、ここに記載されている内容は予告なく変更されることがあります。本文書は、その内容に誤りがないことを保証するものではなく、また、口頭による明示的保証や法律による黙示的保証を含め、商品性ないし特定目的適合性に関する黙示的保証および条件などのいかなる保証および条件も提供するものではありません。オラクルは本文書に関するいかなる法的責任も明確に否認し、本文書によって直接的または間接的に確立される契約義務はないものとします。本文書はオラクルの書面による許可を前もって得ることなく、いかなる目的のためにも、電子または印刷を含むいかなる形式や手段によっても再作成または送信することはできません。

Oracle、Java、およびMySQLは、Oracleおよびその子会社、関連会社の登録商標です。その他の名称はそれぞれの会社の商標です。