



検証レポート

基幹 IA サーバ FUJITSU Server PRIMEQUEST と 最新 Microsoft SQL Server 2016 による 大規模トランザクション処理性能向上



基幹 IA サーバ FUJITSU Server PRIMEQUEST と最新環境での検証

富士通の基幹 IA サーバ FUJITSU Server PRIMEQUEST を使用し、最新の Windows Server 2016 と SQL Server 2016 の組合せで、インメモリ OLTP による大規模トランザクション処理において十分な性能を発揮できることを実証しました。PRIMEQUEST は最大 24TB のメモリを実装でき、大規模データベースをインメモリで超高速処理するためには最適な環境といえます。

検証は、OS およびデータベースともに初期インストールの状態（ノンチューニング）で、また CPU は 48 コアで実施しています。

インメモリ OLTP 機能を使用した大幅な性能向上

SQL Server 2016 のインメモリ OLTP 性能を検証するために、マイクロソフト社が公開しているサンプルデータベース(AdventureWorks2016CTP3)を利用し、商品注文システムに注文情報の登録処理(INSERT)を実施しました(図1)。

従来のディスクベースのデータベース処理(オンディスク)に比べ、インメモリ OLTP 機能を利用した場合の処理(インメモリ)が格段に高速に処理できています。同時接続数 1,500、処理繰り返し回数 100 (合計 300 万トランザクション)で実施した場合、インメモリでは約 50 秒、オンディスクでは約 1 時間 30 分で完了しており、オンディスクに比べてインメモリが約 108 倍速くなっています。

図 1：同時接続数 1,500 における登録処理の実行時間



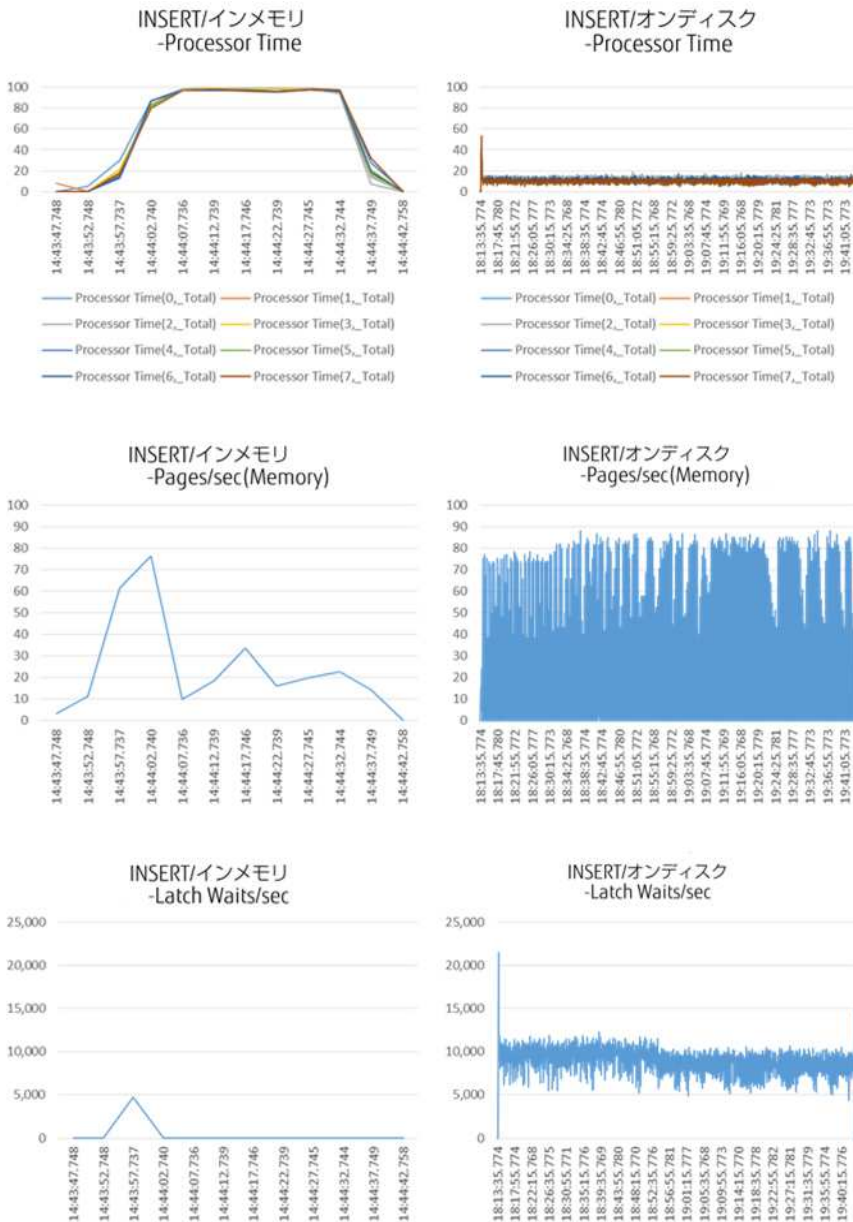
インメモリ OLTP による CPU リソースの有効活用

従来のディスクベースによる処理(オンディスク)では同時接続数が増えるほど処理が遅くなる要因となるラッチ待ち(Latch Wait)が多発していました。しかし、インメモリ OLTP はラッチを利用しないアーキテクチャのため、ラッチ待ちが発生せずに CPU が有効活用できている様子が確認できました。

図 2 は、INSERT 処理におけるインメモリ/オンディスクの CPU、メモリ、ラッチ待ちのパフォーマンスカウンタの様子を示しています。図 2 によると、オンディスクでは、CPU 使用率が 10% 前後を推移しています。ラッチ待機数(Latch Waits/sec)を確認すると 8,000~10,000 個出ており、ラッチ待ちが多発しています。そのため、ラッチ待ちがボトルネックとなり、CPU を有効活用できていない状態になっています。インメモリでは CPU 使用率が 90~100% で推移しており、CPU リソースを有効活用できていることがわかります。

図 2 : INSERT 処理におけるカウンタ結果

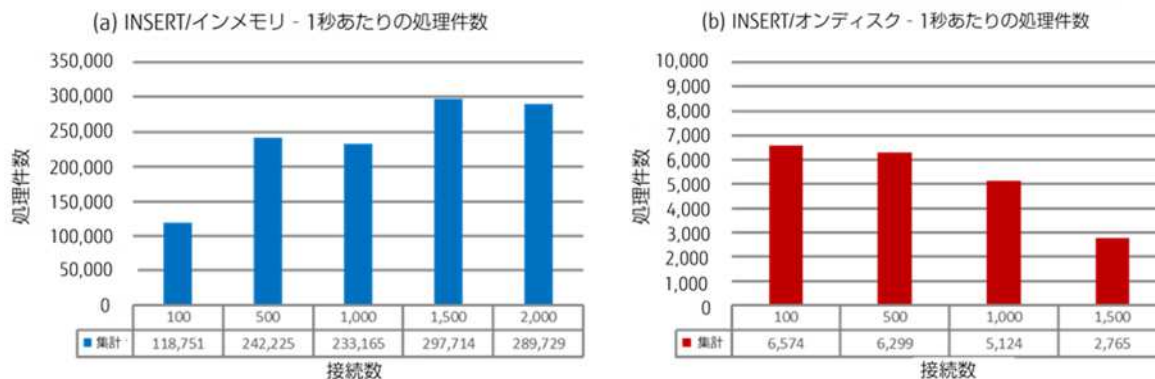
インメモリ/オンディスクの INSERT 処理における CPU、メモリ、ラッチ競合の様子(同時接続数:1,500)を示しています。なお、処理時間のスケールは異なるので注意してください。



同時接続数が増加しても劣化しにくい処理性能

同時接続数を変化させた場合、オンディスクでは接続数が 1,000、1,500 に増加するにつれ 1 秒あたりの処理件数が大幅に減少しましたが、インメモリでは接続数が 2,000 まで増えても 1 秒あたりの処理件数が増加傾向でした。インメモリ OLTP 機能を用いることで、大量のクライアントからの要求を高速に処理できるといえます。検証では 1 接続数あたりの処理件数を一定 (1 万件) にして実施しており、図 3 は処理時間結果を 1 秒あたりの処理件数としてまとめたものです。

図 3 : INSERT 処理における同時接続数を変化させた場合の 1 秒あたりの処理件数



検証環境

ハードウェアおよびソフトウェアに関する検証環境は次の通りです。

検証環境	
ハードウェア	
モデル	基幹 IA サーバ FUJITSU Server PRIMEQUEST 2800 E3
プロセッサ	Intel Xeon E7-8890 v4 2.20GHz 合計コア数 : 48 コア
メモリ	6TB
ディスク	Cドライブ (500GB) [内蔵] Eドライブ (2TB, SSD) [FUJITSU Storage ETERNUS] トランザクションログ (ldf)、tempdb 配置 Fドライブ (4TB, HDD RAID) [FUJITSU Storage ETERNUS] データベース (mdf, FILESTREAM DATA) 配置
ソフトウェア	
OS	Microsoft Windows Server 2016 Datacenter (ビルド番号 : 14393)
OS 設定	電源プラン : バランス (初期設定)
データベース	Microsoft SQL Server 2016 Enterprise (ビルド番号 : 13.0.1601.5)
データベース設定	MAXDOP : 2

なお、FUJITSU Storage ETERNUS の構成は次の通りとなっています。

FUJITSU Storage ETERNUS の構成	
FUJITSU Storage ETERNUS DX200 S3 (2.5"タイプ) × 1 台 [DX200S3#8]	
	16Gbit/s FC 2 ポート × 4CA=合計 8 ポート
	2.5"800G SSD × 8 個
	2.5" 900GB/10krpm SAS ディスク × 40 個
	2.5"S3 用ドライブエンクロージャー × 1 台 [S3-DE#104]
	FC ケーブル(LC-LC コネクタ, 被覆無し, 長さ 5m) × 8 本
	LAN ケーブル(長さ 5m) × 2 本
	電源ケーブル × 2 本 × 2
	フランジカバー × 1 式 × 2
	ラックマウントレール × 1 式 × 2
RAID 構成	
	HDD 全部で 40 本 (RAID5(6+1)+HS1) × 5 3 個割り当て。1 個は未使用 (予備)
	SSD 全部で 8 本 RIAD5(6+1)+HS1 この領域を半分割り当て。

検証シナリオ (登録処理)

■ SQL Server 2016 インメモリ OLTP 機能について

マイクロソフト社の公開情報によると、インメモリ OLTP は、SQL Server エンジンに統合されたメモリ最適化データベース エンジンで、オンライントランザクション処理の性能を大幅に向上させることができます。スループットを向上させ、トランザクション処理の待機時間を短縮するので、一時テーブルの保持や頻繁な挿入・更新等のシナリオにおいて、性能向上の利点が得られます。

インメモリ OLTP には、メモリ最適化テーブルやネイティブ コンパイルストアドプロシージャといった概念が含まれています。テーブル全体がメモリ内に存在しているメモリ最適化テーブルに対し、ネイティブにコンパイルされたストアドプロシージャがアクセスすることで、従来のストアドプロシージャより効率的な処理ができるようになっています。

<ご参考 URL> インメモリ OLTP (インメモリ最適化)
<https://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/dn133186.aspx>

■ 検証方法

マイクロソフト社が SQL Server 2016 のインメモリ OLTP 機能について紹介することを目的とした次の公開情報のシナリオに沿って検証を実施しました。

<ご参考 URL> インメモリ OLTP のサンプル データベース
<https://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/mt465764.aspx>

検証の概要は以下の通りとなります。

(1) 処理概要

商品注文システムをシミュレートしたサンプルデータベース (AdventureWorks 2016CTP3) のテーブルとプロシージャを利用し、ツールで多重度をかけて注文情報の登録処理 (INSERT) を実施します。処理は 1 つの注文で 5 つの明細品目を新規登録するワークロードとなっています。

(2) テーブルおよびプロシージャについて

インメモリ OLTP 機能を使用した処理と従来の処理を比較しやすくするために、登録処理では次の 2 つのパターンを実施します。

- (a) メモリ最適化テーブルに対するネイティブコンパイルストアードプロシージャによる登録処理 (インメモリ OLTP 機能)
- (b) 従来のテーブル (ディスクベーステーブル) に対するストアードプロシージャによる登録処理

本レポートでは、(a) のパターンを「インメモリ」、(b) を「オンディスク」と呼んでいます。

(3) 検証に使用するツール

検証を行うための負荷テストツールとして、マイクロソフト社が Replay Markup Language (RML) ユーティリティとして提供しているツールに含まれている ostress.exe を用います。これは任意のクエリを、指定した多重度で、指定した回数だけ繰り返し実行できます。

<ご参考 URL> Cumulative Update 2 to the RML Utilities for Microsoft SQL Server Released
<https://blogs.msdn.microsoft.com/psssql/2013/10/29/cumulative-update-2-to-the-rml-utilities-for-microsoft-sql-server-released/>

(4) 同時接続数と登録データ件数について

同時接続数は 100、500、1,000、1,500、2,000 (2,000 はインメモリのみ) のパターンを実施します。1 回のトランザクションで、2 つのテーブルにそれぞれ 1 件と 5 件ずつ INSERT 処理を行います。1500 多重で処理を 100 回繰り返した場合、300 万トランザクションで、2 つのテーブルにそれぞれ 300 万件と 1500 万件のデータを INSERT します。

更新処理における検証

本レポートでは、登録処理（INSERT）の性能を検証していますが、更新処理（UPDATE）についての検証結果を参考値として以下に示します。

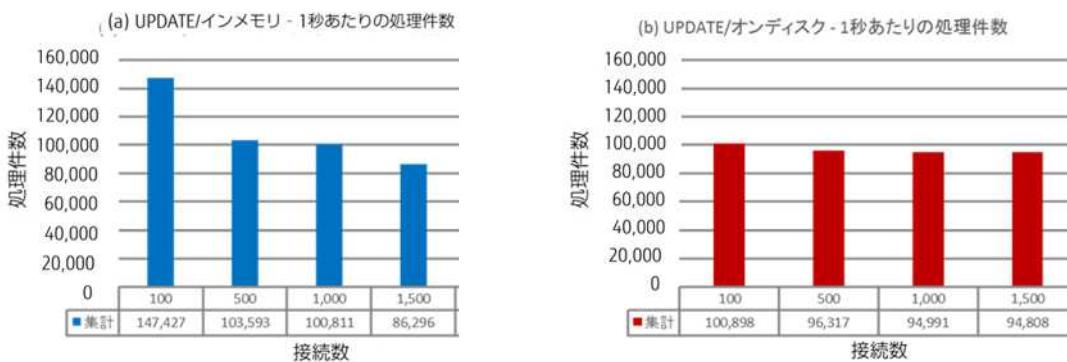
■ 検証シナリオ（更新処理）

更新処理（UPDATE）の検証シナリオでは、「検証シナリオ（登録処理）」（p5）の「検証方法」で説明している登録処理（INSERT）と同様の方法で更新処理（UPDATE）を実施します。処理は、登録済みの1つの注文とそれに関係する5つの明細品目の内容をランダムに更新するワークロードとなっています。

■ 検証結果（更新処理）

更新処理（UPDATE）についても、登録処理（INSERT）と同様に、1接続数あたりの処理件数を一定（1万件）にして実施しており、図4は処理時間結果を1秒あたりの処理件数としてまとめたものです。

図4：UPDATEにおける同時接続数を変化させた場合の1秒あたりの処理件数



更新処理（UPDATE）では登録処理（INSERT）と異なり、処理性能に大きな差異はない結果となっています。本検証では、ランダムな UPDATE 処理であったため、オンディスクでもページラッチが発生しにくかったと推測できます。

インメモリ OLTP でもトランザクションログへの書き込みは発生するため、トランザクションログの I/O 性能が全体の性能に対して支配的になり、その結果インメモリもオンディスクも処理性能に大きな差が出ない結果となったと考えられます。

そのため、インメモリ OLTP 機能を利用する場合、トランザクションログファイルは可能なかぎり高速なストレージに配置することを推奨します。また、更新データも永続化のためにデータファイルに書き込まれます。更新量が多いシステムでは、データベース全体を高速ストレージに配置することを検討してください。

高速ストレージとして、富士通は ETERNUS AF series オールフラッシュアレイを用意しています。ETERNUS AF は SSD の搭載に特化し、高負荷な環境においても極めて低いレイテンシを実現しています。SQL Server 2016 のインメモリ OLTP 機能の性能を最大限に引き出すために最適な高速ストレージです。

インメモリ OLTP におけるテーブルの永続化処理については下記を参考にしてください。

<ご参考 URL> メモリ最適化テーブルの持続性

<https://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/dn553125.aspx>

SQL Server 関連資料

- (a) インメモリ OLTP (インメモリ最適化)
<https://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/dn133186.aspx>
- (b) インメモリ OLTP のサンプル データベース
<https://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/mt465764.aspx>
- (c) Cumulative Update 2 to the RML Utilities for Microsoft SQL Server Released
<https://blogs.msdn.microsoft.com/psssql/2013/10/29/cumulative-update-2-to-the-rml-utilities-for-microsoft-sql-server-released/>
- (d) メモリ最適化テーブルの持続性
<https://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/dn553125.aspx>
- (e) SQL Server 2016 自習書シリーズ No.2 - Operational Analytics ~ OLTP とデータ分析の両立 ~
http://download.microsoft.com/download/F/D/3/FD3B890B-2043-4D0C-BD38-B821B23E9BEB/SQL13_SelfLearning02_prod_OperationalAnalytics.pdf

お問い合わせ先

- 基幹 IA サーバ FUJITSU Server PRIMEQUEST (プライムクエスト)
<http://www.fujitsu.com/jp/products/computing/servers/primequest/>
- FUJITSU Storage ETERNUS AF series オールフラッシュアレイ
<http://www.fujitsu.com/jp/products/computing/storage/all-flash-arrays/af/>
- Microsoft SQL Server (マイクロソフト エスキューエルサーバー)
<http://www.fujitsu.com/jp/products/software/partners/partners/sql/>

© Copyright 2016 FUJITSU LIMITED

Fujitsu と Fujitsu ロゴは、富士通株式会社の日本およびその他の国における登録商標または商標です。その他の会社名、製品名、サービス名は、それぞれ各社の登録商標または商標です。知的所有権を含むすべての権利は弊社に帰属します。製品データは変更される場合があります。納品までの時間は在庫状況によって異なります。データおよび図の完全性、事実性、または正確性について、弊社は一切の責任を負いません。本書に記載されているハードウェアおよびソフトウェアの名称は、それぞれのメーカーの商標等である場合があります。第三者が各自の目的でこれらを使用した場合、当該所有者の権利を侵害することがあります。

詳細については、<http://www.fujitsu.com/fts/resources/navigation/terms-of-use.html> を参照してください。