

## ベンチマークの概要 SPECjbb2015

本書では Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC) により開発、公表されているベンチマーク SPECjbb2015 (Java サーバベンチマーク) について説明します。

SPECjbb2015 は、スーパーマーケット企業の IT インフラストラクチャーでの業務活動をモデルとした Java 業務アプリケーションベンチマークです。SPECjbb2015 では、Java の新機能など最新のトレンドが取り入れられました。また、サービスレベル契約を考慮し、応答時間の制約を伴う最大スループットが評価指標として追加されました。

### バージョン

1.1  
2023-10-03



## 目次

SPECjbb2015 の概要 .....	3
ベンチマークモデル .....	4
ベンチマークのコンポーネント.....	5
ベンチマークコンポーネントと JVM の構成 .....	6
SPECjbb2015 テストシーケンス.....	7
パフォーマンスの評価指標 .....	8
測定結果とその解釈 .....	9
結論 .....	11
関連資料.....	12

# SPECjbb2015 の概要

Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC) は、コンピュータシステムのパフォーマンスを評価する標準化されたベンチマークの開発と公表に特化した組織です。SPEC のメンバーは、富士通などのコンピュータ業界のリーディングカンパニーです。

SPECjbb2015 は、SPEC により開発された、SPECjbb2000、SPECjbb2005、SPECjbb2013 から続く一連の Java ベンチマークの最新版です。“jbb” は、Java Business Benchmark (Java 業務 アプリケーション ベンチマーク) を表します。

SPECjbb2015 は、Java ビジネスアプリケーション環境の性能およびスケーラビリティの評価を目的として開発されました。また、様々な構成のシステムにおいてシステム性能の評価が可能な柔軟なフレームワークを提供します。これらの要件を満たすために、以下の目標が設定されました。

- 現実的なアプリケーションモデルをシミュレートする
- Java ランタイムのコンポーネントと OS、およびハードウェア環境を稼働させる
- サービスレベル契約の主要な要素である、応答時間を指標に含める
- すべての利用可能なプロセッサとメモリのリソースを使用するようスケールさせる

SPECjbb2015 には、以下を含む複数の改善が取り入れられています。

- Fork-join フレームワークなどの最新の Java 7 の機能だけでなく、圧縮を使用しての XML データフォーマット、圧縮を使用した通信、セキュリティ付きメッセージングも使用するよう対応
- 持続可能なシステム容量全体でのスループットの指標 (max-jOPS)、および応答時間制約がある状況下でのスループットの指標 (critical-jOPS) を提供
- 複数階層のシステムスタックにおいてボトルネックの分析および克服ができるよう、複数の実行時構成をサポート (Composite、MultijVM、Distributed)
- プライベートクラウド、パブリッククラウド環境を含む、仮想化された環境のサポート
- より現実的なサブリニアスケーリングとなるよう、トランザクションが JVM プロセス間で対話するように変更

SPECjbb2015 は、Java 7 以降の JRE (Java 実行環境) を対象とします。

SPECjbb2015 の測定結果には、JRE だけでなくオペレーティングシステム、およびその下にあるハードウェアの性能が反映されます。JRE 部分については、Java 仮想マシン (JVM)、JIT (ジャストインタイム) コンパイル、ガーベージ コレクション、ユーザースレッドのパフォーマンスが性能値に影響します。また、ハードウェアについては、プロセッサ、メモリ、ネットワークのパフォーマンスが性能値に影響します。SPECjbb2015 では、ディスク入出力のパフォーマンスは測定しません。

## ベンチマークモデル

SPECjbb2015 は、世界規模のスーパーマーケット企業における IT インフラストラクチャー上の業務活動をモデル化したベンチマークです。企業には複数のスーパーマーケット店舗と、これらを統括するヘッドクォーターおよびスーパーマーケットに在庫を補充するサプライヤーが存在し、顧客や企業内部からの要求に基づいて以下の処理が行われます。

- スーパーマーケットでの POS（販売時点情報管理）処理、オンラインでの購入処理
- クーポンや割引の発行と管理、および顧客の支払い情報管理
- 領収書、請求書、顧客データベースの管理
- 在庫補充のためのサプライヤーとの対話
- 販売パターンの特定や四半期の業務報告書作成のためのデータマイニング

スーパーマーケットは顧客に製品を販売し、サプライヤーはスーパーマーケットからの要求に基づき、必要な在庫を補充します。ヘッドクォーターは顧客情報や領収書、請求書を管理し、売れ筋製品の分析などのためにデータマイニングを行います。

処理内容では購入処理が多くを占めますが、バランスの取れた設計を実現するため、他の Java API も実行されるように処理内容が決定されています。

## ベンチマークのコンポーネント

SPECjbb2015 ベンチマークは「バックエンド」、「トランザクション インジェクター」、「コントローラー」の3つの論理的なコンポーネントから構成されます。

- **バックエンド**：ベンチマークの Java 業務アプリケーションが動作するコンポーネントです。ベンチマークモデルで説明した業務処理を行うための業務ロジックと業務データを持ちます。次で説明するトランザクション インジェクターから発行される処理要求を受け取って業務処理を行い、処理結果をトランザクション インジェクターに返します。  
ベンチマークでは2つのスーパーマーケット店舗、2つのサプライヤー、1つのヘッドクォーターを単位として、バックエンドを構成します。テスト実施者はシステム性能を最大化するために、必要に応じて複数のバックエンドを測定対象システム上に配置できます。
- **トランザクション インジェクター**：バックエンドに対してベンチマークで規定された処理要求を発行するコンポーネントです。各要求に対する応答時間を計測して蓄積し、その情報を次で説明するコントローラーに送ります。  
1つのバックエンドに対し、1つまたはそれ以上のトランザクション インジェクターが配置されます。この組をグループと呼びます。複数のバックエンドが配置される場合、複数のグループが構成されます。
- **コントローラー**：ベンチマーク全体を制御するコンポーネントです。ベンチマークの設定情報をトランザクション インジェクターとバックエンドに渡し必要な構成をセットアップします。その後トランザクション インジェクターに対して負荷の設定、ベンチマークの開始と終了を指示します。最後に、測定ログの出力や測定結果レポートの作成を行います。  
コントローラーは測定環境に1つだけ存在します。

トランザクション インジェクターとバックエンド内のエンティティ間は、インターコネクトを介して通信を行います。複数のグループがある場合は、インターコネクトを介してグループ間のリモート通信が発生します。これによりさらに現実的なサブリアスケーリングを実現します。

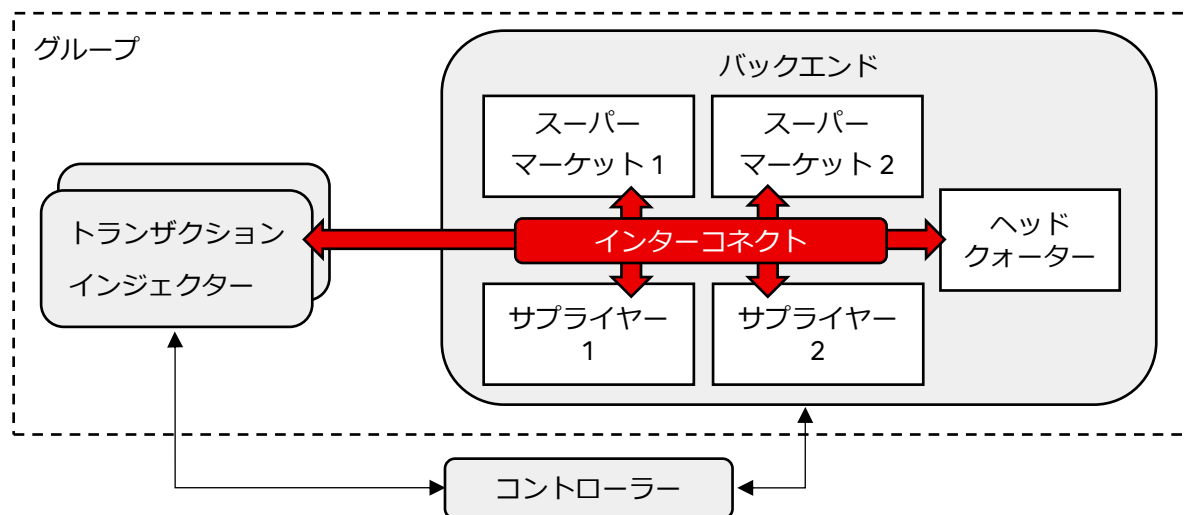


図1：各コンポーネント間の関係

## ベンチマークコンポーネントとJVMの構成

SPECjbb2015 ベンチマークは、コンポーネントのJVM への配置方法により以下の 3 つのカテゴリに分かれています。

- SPECjbb2015 Composite
- SPECjbb2015 MultijVM
- SPECjbb2015 Distributed

SPECjbb2015 Composite は最も基本的な構成で、コントローラー (Ctr)、トランザクション インジェクター (TxI)、バックエンド (BE) の 3 つのコンポーネントが、1 つのホスト上にある 1 つの Java 仮想マシン (JVM) 上で動作します。

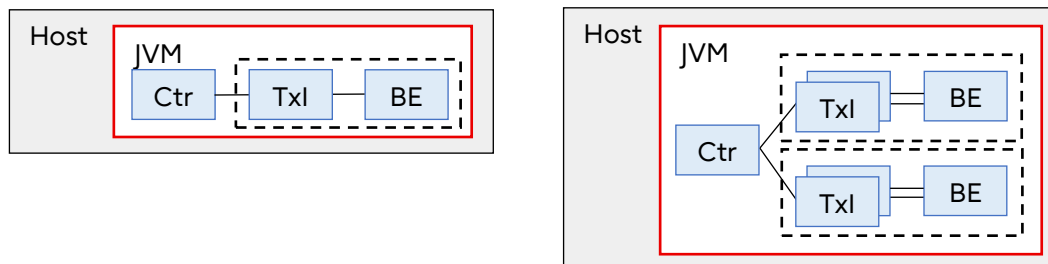


図 2 : SPECjbb2015 Composite の構成例

SPECjbb2015 MultijVM では、コントローラー、トランザクション インジェクター、バックエンドはそれぞれ別の JVM 上で動作します。これにより、JVM のボトルネックを超えて性能をスケールさせることが可能になります。ただし、Composite と同様にこれらの JVM はすべてが同じ 1 つのホスト上で動作します。

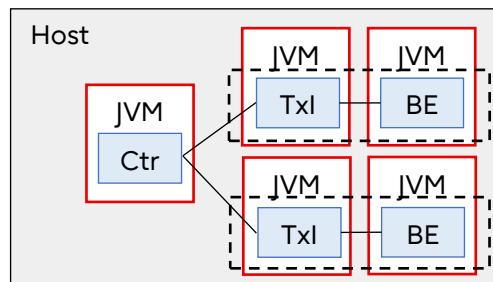


図 3 : SPECjbb2015 MultijVM の構成例

SPECjbb2015 Distributed では、バックエンドを他のコンポーネントとは別のホストで動作させます。コントローラー、トランザクション インジェクター、バックエンドをそれぞれ別のホスト上で動作させることもできます。ホスト間はネットワークで接続され、その性能が性能値に影響します。バックエンドを複数のホスト上に配置することもできます。この場合、高いスケーラビリティが得られます。なお、バックエンドの各ホストは同一の構成になっている必要があります。

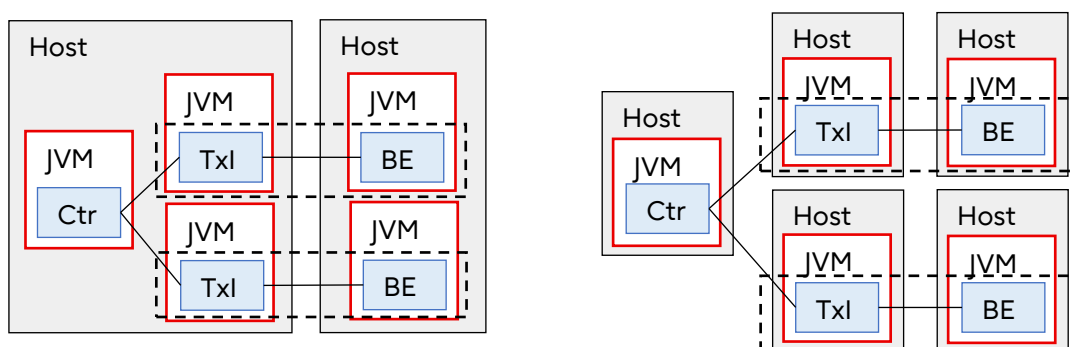


図 4 : SPECjbb2015 Distributed の構成例

# SPECjbb2015 テストシーケンス

SPECjbb2015 ベンチマークの実行は、以下の 5 つのフェーズに分けられます。

- HBIR（High Bound Injection Rate）探索
- RT（応答時間—スループット）カーブ作成
- 検証
- プロファイリング
- レポート作成

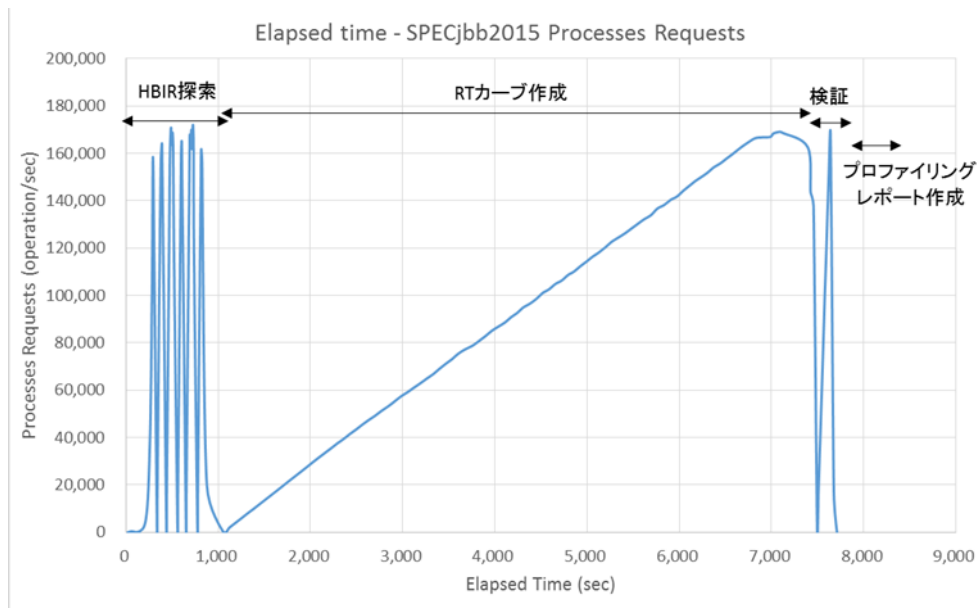


図 5 : SPECjbb2015 のテストシーケンス

HBIR 探索フェーズでは、ベンチマークの制約なしに達成できる最大のスループットの概算値を探します。この最大値を元に、トランザクション要求の投入速度の上限（HBIR）を決定します。

RT カーブ作成フェーズでは、繰り返しトランザクション要求の投入速度（IR）を増やしながら、処理できたトランザクション数（スループット）とその時の応答時間のデータを測定し、RT カーブを作成します。IR は HBIR の 1% 単位で増やしていきます。予定した IR に対し、実際の IR と要求の処理速度がベンチマークの制約範囲内に収まる場合はその IR での測定は成功と見なし、さらに IR を増やして測定を継続します。このようにして、ベンチマークの制約を満たしながらシステムが達成可能な最大スループットを求めます。

検証フェーズでは、測定後のシステムの状態が正常で、業務ロジックを正しく実行できることを検証します。

プロファイリングフェーズでは、詳細レポートに記載するベンチマーク実行中の統計情報を収集します。

レポート作成フェーズでは、ベンチマークの結果レポートを作成します。

ベンチマークの平均的な実行時間は、約 2 時間です。

## パフォーマンスの評価指標

SPECjbb2015 のパフォーマンス評価指標には、以下の 2 種類があります。

- max-jOPS :評価対象システムがベンチマークの制約を満たしながら達成可能な最大のトランザクション速度です。すなわち、システムの最大処理スループットを見る指標です。
- critical-jOPS : 10、25、50、75、100 ミリ秒の応答時間を満たしながら達成可能なトランザクション速度の幾何平均です。すなわち、応答時間の制約がある場合においてシステムの最大処理スループットを見る指標となります。応答時間を満たすかどうかは、99 パーセンタイル応答時間で判断されます。これは、トランザクション要求の 99%を満たすことのできる応答時間です。

SPECjbb2015 には Composite、MultijVM、Distributed の 3 つのカテゴリがあるため、指標は「112,233 SPECjbb2015-MultijVM max-jOPS」のようにカテゴリ名をつけて表記されます。

SPECjbb2015 ベンチマーク結果を比較するとき、2 つの評価指標に言及する必要があります。

SPECjbb2015 の結果は、過去の SPECjbb ベンチマークとの比較はできません。また、カテゴリが異なる SPECjbb2015 の結果間でも比較はできません。



測定結果とその解釈

SPECjbb2015 の測定結果レポートでは、大きく分けて以下の 3 つが記載されています。ここでは、性能値に直接関係する最初の 2 つについて説明します。

- 測定結果の詳細情報
- 評価対象システムの構成、設定情報
- 測定結果の検証情報（トランザクション要求種類の比率、致命的ではない失敗の比率など、測定が正しく行われたことを示す情報）

測定結果の詳細情報として、スループットに対する応答時間の変化を示す RT カーブが「Benchmark Results Summary」に記載されています。これには 99 パーセンタイル応答時間だけでなく、応答時間の最大値、最小値、中央値、および 90 パーセンタイル応答時間も記載されています。そのため、これらの情報はサービスレベル契約の下での応答時間制約に対して参考にできます。

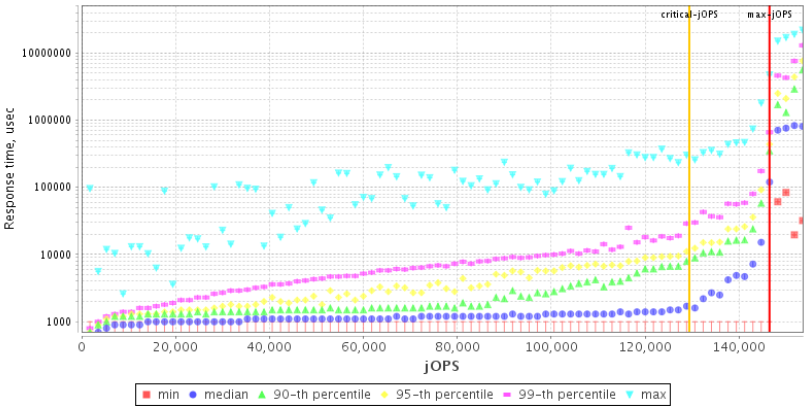


図 6 : Overall Throughput RT curve の例

詳細な測定値は、「max-jOPS and critical-jOPS Details」の表に示されています。

max-jOPS and critical-jOPS Details						
Last Success jOPS/First Failure jOPS for SLA points						
		Percentile				
		10.th	50.th	90.th	95.th	99.th
500us	14118 / 15883	1765 / 3529	- / 1765	- / 1765	- / 1765	- / 1765
1000us	137649 / 139414	33530 / 35295	5294 / 7059	3529 / 5294	3529 / 5294	- / 1765
5000us	144708 / 146473	141178 / 142943	116472 / 118237	95295 / 88236	58236 / 60001	19412 / 1765
10000us	144708 / 146473	142943 / 144708	130590 / 132355	127061 / 128825	100590 / 102354	19412 / 1765
25000us	146473 / -	144708 / 146473	142943 / 144708	139414 / 141178	127061 / 128825	45883 / 1765
50000us	146473 / -	144708 / 146473	142943 / 144708	142943 / 144708	135884 / 137649	77648 / 1765
75000us	146473 / -	144708 / 146473	144708 / 146473	142943 / 144708	141178 / 142943	77648 / 1765
100000us	146473 / -	144708 / 146473	144708 / 146473	144708 / 146473	142943 / 144708	100590 / 28236
200000us	146473 / -	146473 / -	144708 / 146473	144708 / 146473	144708 / 146473	114707 / 90001
500000us	146473 / -	146473 / -	146473 / -	146473 / -	144708 / 146473	141178 / 142943
1000000us	146473 / -	146473 / -	146473 / -	146473 / -	146473 / -	142943 / 144708

max-jOPS = jOPS passed before the First Failure

Pass/fail	Pass	Pass	Fail	Fail	Fail
jOPS	144708	146473	148237	150002	151767

critical-jOPS = Geomean ( jOPS @ 10000; 25000; 50000; 75000; 100000; SLAs )

Response time percentile is 99.th					
SLA (us)	10000	25000	50000	75000	100000
jOPS	101472	127943	136766	142060	143825
					129399

図 7 : max-jOPS and critical-jOPS Details の例

SPECjbb2015 の情報は特定のワークロードに基づくものであるため、SPECjbb2015 の結果から実際の業務アプリケーションがどの程度の性能を達成できるかを知ることはできません。一方で、SPECjbb2015 の結果を用いて JVM 製品を含む Java 業務アプリケーション環境を公平な立場で比較できます。

評価対象システムの構成、設定情報には、使用したハードウェアとその構成情報、ソフトウェア製品名、および JVM、オペレーティングシステム、BIOS の設定情報が「SUT Description」、「SUT xxx Configuration」の表として記載されています。

SUT Description	
Hardware hw_1	
Name	Fujitsu Server PRIMERGY RX2540 M4
Vendor	Fujitsu
Vendor URL	<a href="http://www.fujitsu.com/">http://www.fujitsu.com/</a>
Available	Jul-2017
Model	Fujitsu Server PRIMERGY RX2540 M4
Form Factor	2U
CPU Name	Intel Xeon Platinum 8180
CPU Characteristics	28 core, 2.50GHz, 38.5MB L3 Cache (Turbo Boost Technology up to 3.80 GHz)
Number of Systems	1
Nodes Per System	1
Chips Per System	2
Cores Per System	56
Cores Per Chip	28
Threads Per System	112
Threads Per Core	2
Version	None
CPU Frequency (MHz)	2500
Primary Cache	32 KB I + 32 KB D on chip per core
Secondary Cache	1 MB I+D on chip per core
Tertiary Cache	38.5 MB I+D on chip per chip
Other Cache	None
Disk	1x 400GB SAS SSD
File System	xfst
Memory Amount (GB)	768
# and size of DIMM(s)	24 x 32 GB
Memory Details	32GB 2Rx4 PC4-2666V-R
# and type of Network Interface Cards (NICs)	1x 1 Gbit NIC

Operating System os_1	
Name	Red Hat Enterprise Linux Server 7.4
Vendor	Red Hat
Vendor URL	<a href="http://www.redhat.com/">http://www.redhat.com/</a>
Version	3.10.0-693.11.6.el7.x86_64
Available	Jan-2018
Bitness	64
Notes	None

Java Virtual Machine jvm_1	
Name	Oracle Java SE 10.0.2
Vendor	Oracle Corporation
Vendor URL	<a href="http://www.oracle.com">http://www.oracle.com</a>
Version	Java HotSpot 64-bit Server VM, version 10.0.2
Available	Jul-2018
Bitness	64
Notes	note

Other Software other_1	
Name	None
Vendor	None
Vendor URL	<a href="#">None</a>
Version	None
Available	None
Bitness	None
Notes	None

SUT config_1 Configuration	
Hardware	
OS Images	os_image_1(1)
Hardware Description	<a href="#">hw_1</a>
Number of Systems	1
SW Environment	non-virtual
Tuning	BIOS Configuration: <ul style="list-style-type: none"><li>Patrol Scrub set to Disable</li><li>SNC set to Enabled</li><li>Imcinterleaving set to 1way</li></ul>
Notes	notes

OS Image os_image_1	
JVM Instances	jvm_Composite_1(1)
OS Image Description	<a href="#">os_1</a>
Tuning	<ul style="list-style-type: none"><li>ulimit -l 800000000</li><li>ulimit -m 800000000</li><li>ulimit -v 800000000</li><li>echo 0 &gt; /proc/sys/kernel/numa_balancing</li><li>tuned-adm profile latency-performance</li><li>echo 16000000 &gt; /proc/sys/kernel/sched_latency_ns</li><li>echo 6000000 &gt; /proc/sys/kernel/sched_min_granularity_ns</li><li>echo 1000 &gt; /proc/sys/kernel/sched_migration_cost_ns</li><li>echo 990000 &gt; /proc/sys/kernel/sched_rt_runtime_us</li></ul>
Notes	None

JVM Instance jvm_Composite_1	
Parts of Benchmark	Composite
JVM Instance Description	<a href="#">jvm_1</a>
Command Line	-server -Xms690g -Xmx690g -Xmn660g -XX:SurvivorRatio=69 -add-modules=java.xml.bind -XX:MaxTenuringThreshold=15 -XX:+UseLargePages -XX:LargePageSizeInBytes=2m -XX:+UseParallelOldGC -Xnoclassgc -XX:+AggressiveOpts -XX:+UseNUMA -XX:-UseBiasedLocking -XX:+AlwaysPreTouch -XX:-UseAdaptiveSizePolicy -XX:-UsePerfData -XX:TargetSurvivorRatio=90 -XX:ParallelGCThreads=112 -verbose:gc -XX:+PrintGCDetails -XX:+UseHugeTLBFS -XX:+UseTransparentHugePages -XX:+AggressiveHeap
Tuning	None
Notes	None

図 8 : SUT Description、SUT xxx Configuration の例

SPECjbb2015 の情報は特定のワークロードに基づくものであるため、実際の業務で使用されている Java サーバ設定にそのまま適用することはできません。一方で、レポートに記載されている JVM などのチューニング設定は、実際の業務環境での性能改善に当たりスタートラインとして活用できます。

## 結論

SPECjbb2015 は、JDK7 新機能の採用など現実的な Java 業務アプリケーション向けベンチマークとして開発されました。これはサーバ環境の JVM 製品を公平な立場で比較できるツールです。プロセッサ、メモリサブシステム、オペレーティングシステム、ネットワークといった JVM が動作するプラットフォームの構成要素も性能値に反映されるため、各社のサーバ製品の性能比較にも使用できます。

システムの最大スループットを評価する従来の指標に加え、応答時間の制約を伴った最大スループットが評価指標として追加されました。これはサービスレベル契約の下での応答時間制約に対して、参考になる情報を提供します。

レポートに記載されている JVM などのチューニング設定は、実際の業務環境での性能改善に当たりスタートラインとして活用できます。

## 関連資料

### PRIMERGY サーバ

<https://www.fujitsu.com/jp/products/computing/servers/primergy/>

### PRIMEQUEST サーバ

<https://www.fujitsu.com/jp/products/computing/servers/primequest/>

### PRIMERGY のパフォーマンス

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

### PRIMEQUEST のパフォーマンス


PRIMEQUEST 3000 シリーズ


<https://www.fujitsu.com/jp/products/computing/servers/primequest/products/3000/benchmark/>

### SPECjbb2015

<https://www.spec.org/jbb2015/>

このホワイトペーパー

 <https://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=00aa8521-1cda-4bfd-a19b-b1242f5ee6a4>

 <https://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=551abd3a-400c-4d62-8bee-307129c7451f>

## 文書変更履歴

版数	日付	説明
1.1	2023-10-03	新 Visual Identity フォーマットに変更 マイナーな修正
1.0	2018-11-30	初版

## お問い合わせ先

富士通株式会社

Web サイト: <https://global.fujitsu/ja-jp/>

PRIMERGY のパフォーマンスとベンチマーク

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