

**BladeSymphony と Hitachi Storage Solutions を利用した
Hyper-V 2.0 Dynamic Memory 環境における
運用監視ガイドライン**

第 1.0 版

2011 年 4 月

株式会社日立製作所
プラットフォームソリューション事業部

著作権について

この文書は著作権によって保護されています。この文書の内容の一部または全部を、無断で転載することは禁じられています。

Copyright © 2011 Hitachi, Ltd., All rights reserved.

登録商標・商標について

- Microsoft、Windows、Windows Server、Hyper-V は米国 Microsoft Corporation の米国およびその他の国における登録商標または商標です。
- Intel、Intel Core、Xeon は米国およびその他の国における Intel Corporation またはその子会社の商標または登録商標です。

その他、このガイドラインで記載する製品名および会社名は、各社の商標または登録商標です。本文中では、® および ™ は明記していません。

変更履歴

項番	版数	内容	更新日
1	1.0 版	新規作成	2011 年 04 月

目次

1. はじめに	1
2. Windows Server 2008 R2 SP1 について	2
2.1. Windows Server 2008 R2 SP1 の強化点	2
2.2. Dynamic Memory 機能概要	3
2.3. Dynamic Memory の詳細	5
3. 検証概要	7
3.1. システム構成	7
3.1.1. 物理マシン構成	7
3.1.2. 仮想マシン構成	8
3.1.3. 外部ストレージ構成	9
3.1.4. 検証構成概要図	10
3.2. 検証シナリオ	11
3.2.1. 仮想マシン最大同時起動数の検証	11
3.2.2. 単一仮想マシン稼働時におけるメモリ割り当て・回収動作の検証	12
3.2.3. 複数仮想マシン稼働時におけるメモリ割り当て・回収動作の検証	13
3.2.4. メモリリソース枯渇時の物理マシン動作の検証	14
3.3. 監視カウンタ	15
3.4. メモリ負荷内容・設定	16
4. 検証結果	17
4.1. 仮想マシン最大同時起動数の検証結果	17
4.2. 単一仮想マシン稼働時におけるマシンへのメモリ割り当て・回収動作の検証結果	20
4.3. 複数仮想マシン稼働時におけるメモリ割り当て・回収動作の検証結果	22
4.4. メモリリソース枯渇時の動作の検証結果	24
5. まとめ	27

用語および略号

Hyper-V	マイクロソフト社が提供するハイパーバイザー型のコンピューター仮想化技術。Windows Server 2008 の主要機能の一つ。 特に Windows Server 2008 R2 の場合は、Hyper-V 2.0 となる。
仮想マシン	コンピューター仮想化技術により仮想化されたコンピューター。
ハイパーバイザー	仮想マシン環境とハードウェアの中間に位置する層。ハードウェアをエミュレートし仮想マシン環境を提供するソフトウェア。
FC	Fibre Channel: コンピューターと周辺機器を接続するためのデータ転送方式の 1 つ。主に、高い性能が必要なサーバーにおいて、外部記憶装置を接続するために利用される。

1. はじめに

昨今、サーバーのダウンサイジングや、業務部門ごとのサーバー導入などより分散化したサーバーのコンソリデーションを目的に、サーバーの仮想化技術が注目されています。

サーバーの仮想化技術を用いてシステム構築をする背景に、IT システムへの投資額を減らす経営判断が行われています。IT システムへのコスト削減を行う方法の一つに、サーバー仮想化技術を用いて物理マシンの台数を減らす手法が挙げられます。

物理マシンを減らすため、物理マシンを仮想マシンに変換することを行います。仮想マシンも物理マシンと同様に CPU、メモリ、HDD などの構成情報を必要とし、これら構成情報の見積もりをサイジングと言います。仮想マシンをサイジングする際は、物理マシンのサイジングと同様に、ピーク時に必要な性能を振り所にします。

しかしながら、ピーク時に必要な性能で仮想マシンを構成すると、定常的には余剰割り当てとなり、物理マシンのメモリリソースが不足してしまうことが起こります。そのため、CPU リソースは余っているのにも関わらず、仮想マシンが搭載できず、仮想マシンの集約率が上がらない課題が存在しています。その結果として、IT システムへの投資効率が低下してしまう場合があります。

上記課題に対して Windows Server 2008 R2 SP1 では、Dynamic Memory 機能がサポートされました。Dynamic Memory 機能とは仮想マシンへ動的にメモリを割り当てる機能です。この機能の実現により、仮想化を導入するメリットの一つであるコスト削減を、仮想マシンの集約率向上を通して実現します。

本ガイドラインでは、仮想マシンの集約率向上に着目し、仮想マシンの動的メモリ割り当ての動作について検証を実施し、本機能の有用性を確認します。

本ガイドラインは、マイクロソフト大手町テクノロジーセンター内に設置した「日立-マイクロソフト総合検証センター」にて、株式会社日立製作所と日本マイクロソフト株式会社の共同で実施した検証に基づき執筆しております。

本検証では、プラットフォームとして BladeSymphony BS2000(以下、BS2000)および Hitachi Adaptable Modular Storage 2300(以下、AMS2300)を利用しております。

本ガイドラインでは、Windows Server 2008 R2 SP1 での Hyper-V によるサーバー仮想化を検討している企業やエンジニアを対象に以下の情報を提供することを目的としています。

本ガイドラインに記載する内容は、弊社環境にて実施した検証結果に基づいており、実運用環境下での動作および性能を保証するものではありません。あらかじめご了承ください。

2. Windows Server 2008 R2 SP1 について

2.1. Windows Server 2008 R2 SP1 の強化点

Windows Server 2008 R2 SP1 は、Windows Server 2008 R2 の製品発売以降に公開された更新プログラムに加えて、メモリを効率的に利用し仮想マシンの集約率を高める「Dynamic Memory」と、リモートへの高度なグラフィックス画面の転送や、様々なデバイスの転送を実現する「RemoteFX」などの新機能を実装しています。

●Dynamic Memory

Dynamic Memory を使用すると、物理サーバーを仮想環境に統合する際、または、仮想デスクトップインフラストラクチャ(VDI)を導入する際に、パフォーマンス低下を押さえつつ実行できる仮想マシンの集約率の向上させることができます。IT 管理者は、物理マシンに利用可能なメモリをプールし、現在のワークロードのニーズに応じて、実行している仮想マシンにメモリを動的に分配できます。

●RemoteFX

リモートデスクトップサービス(RDS)の主要機能である RemoteFX を使用すると、IT 管理者は仮想デスクトップインフラストラクチャまたはセッションバーチャリゼーションによって導入されたリモートデスクトップを通じてエンドユーザーに優れたエクスペリエンスと拡張された USB のリダイレクション機能を提供できます。プロトコルの機能強化により、エンドユーザーは、さまざまなデバイスからリモートデスクトップおよびアプリケーションにアクセスできるようになりました。また、その際には、サーバー側のグラフィック処理によって、優れたグラフィック操作が提供されます。

2.2. Dynamic Memory 機能概要

仮想マシンの動的メモリ割り当てを実現する Dynamic Memory 機能は、Windows Server 2008 R2 SP1 で実装されました。以下に追加機能の概略を記載します。

Dynamic Memory 機能は、仮想マシンのメモリ要求に応じてペアレント OS が仮想マシンに割り当てるメモリ容量を動的に変える機能です。ゲスト OS 側でメモリが必要となった場合には Hot-Add メモリ動作で仮想マシンへのメモリ追加割り当てを行い、ゲスト OS 側で使用しなくなったメモリはバレーニングによって仮想マシンからペアレント OS へ回収されます。ペアレント OS に回収されたメモリは、別の仮想マシンに割り当てることが可能となり、効率的に物理メモリリソースを活用することが可能になります。

Dynamic Memory 機能の動作イメージを以下に示します。

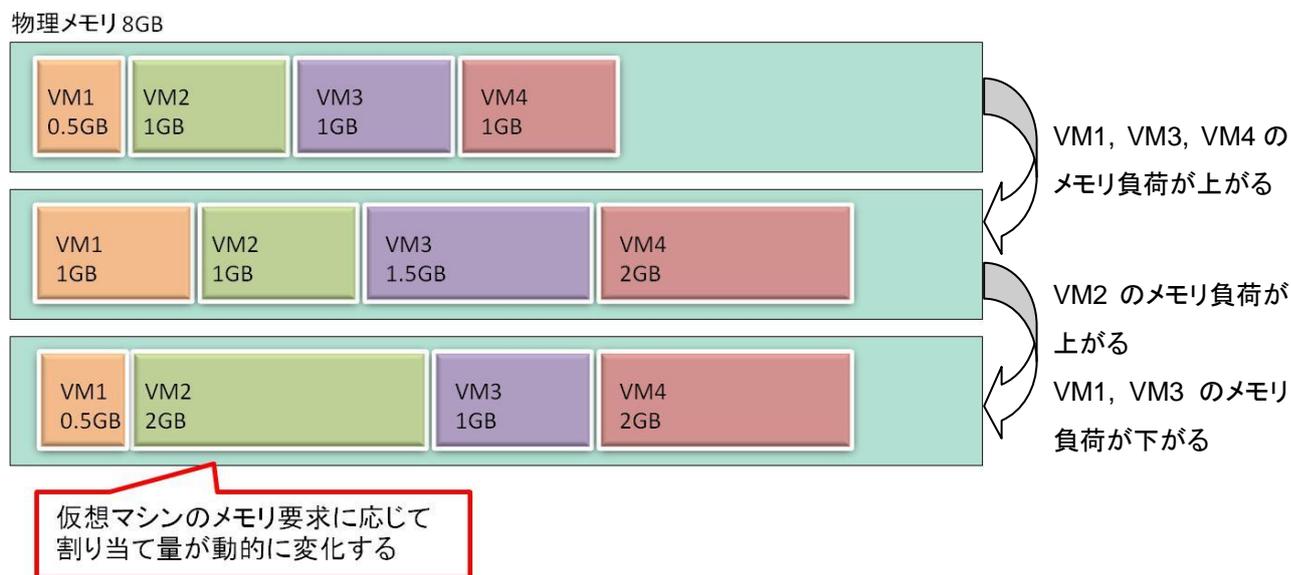


図 2-1 Dynamic Memory の動作イメージ

Dynamic Memory 機能は Hyper-V 2.0 上で稼働する一部のゲスト OS でのみサポートされているため、注意が必要です。Dynamic Memory 機能に対応しているゲスト OS を以下に示します。

表 2-1 Dynamic Memory 対応ゲスト OS

項番	サポート OS	エディション	x64	x86	本検証の対象
1	Windows Server 2008 R2 SP1	Web, Standard	○	-	-
2	Windows Server 2008 R2 ※1 ※2	Enterprise, Datacenter	○	-	○
3	Windows Server 2008 SP2 ※2	Web, Standard, Enterprise, Datacenter	○	○	-
4	Windows Server 2003 R2 SP2 ※2	Web, Standard, Enterprise, Datacenter	○	○	○
5	Windows Server 2003 SP2 ※2	Web, Standard, Enterprise, Datacenter	○	○	-
6	Windows 7※1 ※2	Enterprise, Ultimate	○	○	-
7	Windows Vista SP2 ※2	Enterprise, Ultimate	○	○	-

※1 マイクロソフト社はゲスト OS にも SP1 を適用することを推奨しています。

※2 ゲスト OS に Dynamic Memory 対応 (Windows Server 2008 R2 SP1)の統合サービスが必要です。

Hyper-V Dynamic Memory Configuration Guide

[http://technet.microsoft.com/en-us/library/ff817651\(WS.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/en-us/library/ff817651(WS.10).aspx)

2.3. Dynamic Memory の詳細

ペアレント OS の Windows Server 2008 R2 に Service Pack1 を導入すると、(Hyper-V マネージャーの)仮想マシン設定画面のメモリにおいて、枠内の設定項目が増えます。以下に画面イメージと各項目の説明を示します。

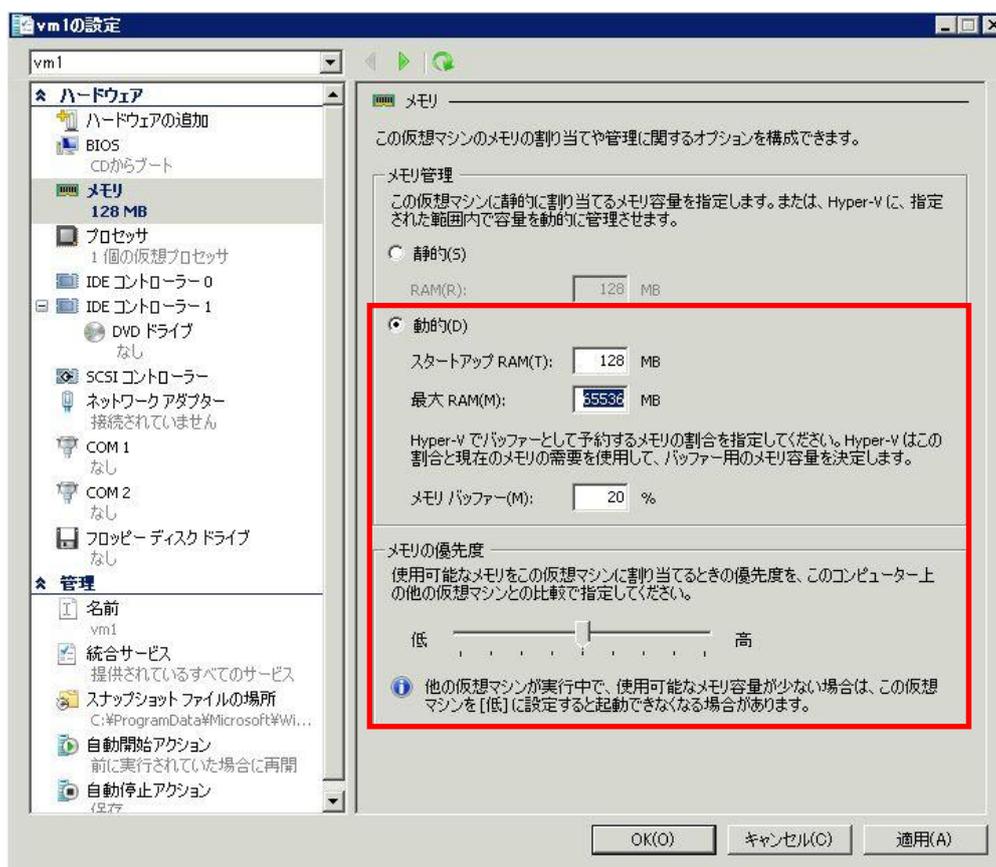


図 2-2 仮想マシン設定画面

表 2-2 仮想マシンのメモリ設定項目

項番	項目	説明
1	RAM	Dynamic Memory を使わずに仮想マシンに割り当てるメモリ量
2	スタートアップ RAM	仮想マシン起動時に割り当てる初期メモリ量
3	最大 RAM	仮想マシンの Hot-Add の上限メモリ量
4	メモリ バッファ	仮想マシンに割与えるメモリバッファ量(割合)
5	メモリの優先度	同一物理マシン上の他仮想マシンと比較したメモリ割り当て優先度

Dynamic Memory の構成要素を以下に示します。

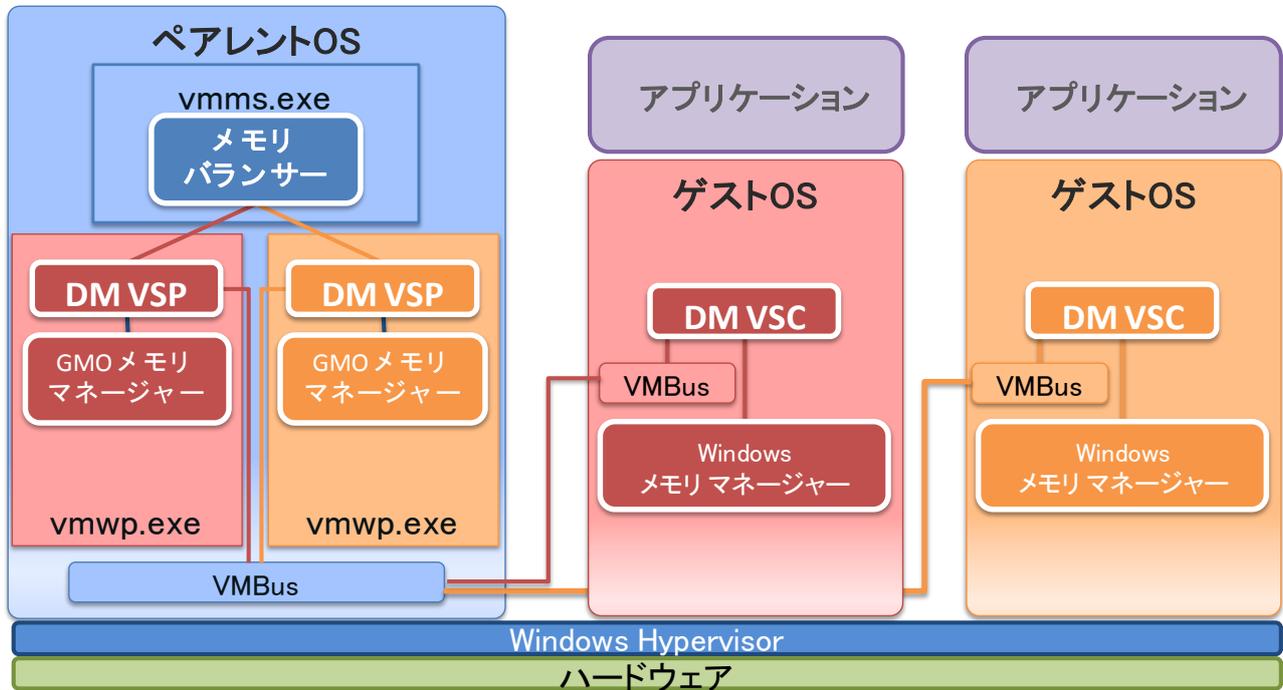


図 2-3 Dynamic Memory 全体構成図

表 2-3 Dynamic Memory の構成要素

項番	項目	説明
1	メモリバランサー	仮想マシンのメモリ使用状況を収集
2	DM VSP	DM VSC からメモリ使用状況をメモリバランサーへ伝える
3	GMO メモリマネージャー	仮想マシンのメモリマップを管理
4	VMBus	仮想的なバス
5	DM VSC	メモリの使用状況をペアレント OS へ伝える
6	Windows メモリマネージャー	ゲスト OS 自身のメモリ管理

3. 検証概要

3.1. システム構成

3.1.1. 物理マシン構成

本検証で使用した物理マシンの構成情報を、以下に示します。

表 3-1 物理マシン構成

項番	OS	ハードウェア	追加役割	役割
1	Windows Server 2008 R2 Enterprise	BladeSymphony BS2000 CPU:Xeon X5570 (2.93GHz) x 2 メモリ:32GB 内蔵 HDD:SAS 147GBx4 (RAID5) 外部ディスク: 190GB, 588GB FC-HBA 4Gbps	Hyper-V	Hyper-V ホスト
2	Windows Server 2008 R2 Enterprise SP1	BladeSymphony BS2000 CPU:Xeon X5570 (2.93GHz) x 2 メモリ:32GB 内蔵 HDD:SAS 147GBx4 (RAID5) 外部ディスク: 190GB, 588GB FC-HBA 4Gbps	Hyper-V	Hyper-V ホスト
3	Windows Server 2008 R2 Enterprise	BladeSymphony BS320 CPU:Xeon E5520 (2.26GHz) x 2 メモリ:32GB 内蔵 HDD:SAS 147GBx2 (RAID1)	Active Directory ドメイン サービス	ドメインコント ローラ

3.1.2. 仮想マシン構成

本検証で使用した仮想マシンの構成情報を、以下に示します。

表 3-2 仮想マシン構成

項番	VM 名	OS	CPU 数	メモリ	HDD
1	VM1	Windows Server 2003 R2 Enterprise SP2	1	4096MB	10GB
2	VM2	Windows Server 2008 R2 Enterprise SP1	1	4096MB	40GB
3	VM3	Windows Server 2003 R2 Enterprise SP2	1	4096MB	10GB
4	VM4	Windows Server 2008 R2 Enterprise SP1	1	4096MB	40GB
5	VM5	Windows Server 2003 R2 Enterprise SP2	1	4096MB	10GB
6	VM6	Windows Server 2008 R2 Enterprise SP1	1	4096MB	40GB
7	VM7	Windows Server 2003 R2 Enterprise SP2	1	4096MB	10GB
8	VM8	Windows Server 2008 R2 Enterprise SP1	1	4096MB	40GB
9	VMn n:奇数	Windows Server 2003 R2 Enterprise SP2	1	4096MB	10GB
10	VMn n:偶数	Windows Server 2008 R2 Enterprise SP1	1	4096MB	40GB

本検証においては、Windows Server 2003 R2 と Windows Server 2008 R2 の稼働比率が 1:1 の環境を想定しました。

Dynamic Memory 機能の効果を確認するため、Service Pack1 を適用した物理マシンと Service Pack1 を適用していない物理マシンを用意しました。Service Pack1 の適用可否に関わらず、仮想マシンは同一構成としました。ただし、Service Pack1 を適用していない Windows Server 2008 R2 が稼働する物理マシンにおいては、Service Pack1 を適用していない Windows Server 2008 R2 を仮想マシンに使用しました。

Service Pack1 を適用した物理マシン上で稼働する仮想マシンにおいて、メモリの動的割り当てを行う際の設定値を以下に示します。

表 3-3 Dynamic Memory 設定値

項番	パラメータ	説明
1	スタートアップ RAM	Windows Server 2003 R2: 128MB Windows Server 2008 R2: 512MB
2	最大 RAM	表 3-2 のメモリ列の値
3	メモリ バッファ	20% (既定値)
4	メモリの優先度	中間値 (既定値)

上記のスタートアップ RAM 値は、マイクロソフト社の推奨値に従いました。

Hyper-V Dynamic Memory Configuration Guide

[http://technet.microsoft.com/en-us/library/ff817651\(WS.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/en-us/library/ff817651(WS.10).aspx)

3.1.3. 外部ストレージ構成

本検証で使用した外部ストレージ装置の構成を、以下に示します。

表 3-4 外部ストレージ構成

項番	項目	内容
1	機種	Hitachi Adaptable Modular Storage 2300
2	コントローラ数	2
3	ポート数	6 ポート/コントローラ
4	キャッシュ容量	4GB/コントローラ
5	ホストインタフェース	FC(8Gbps) x 4/コントローラ iSCSI(1Gbps) x 2/コントローラ

3.1.4. 検証構成概要図

本検証を行った構成概要図を、以下に示します。

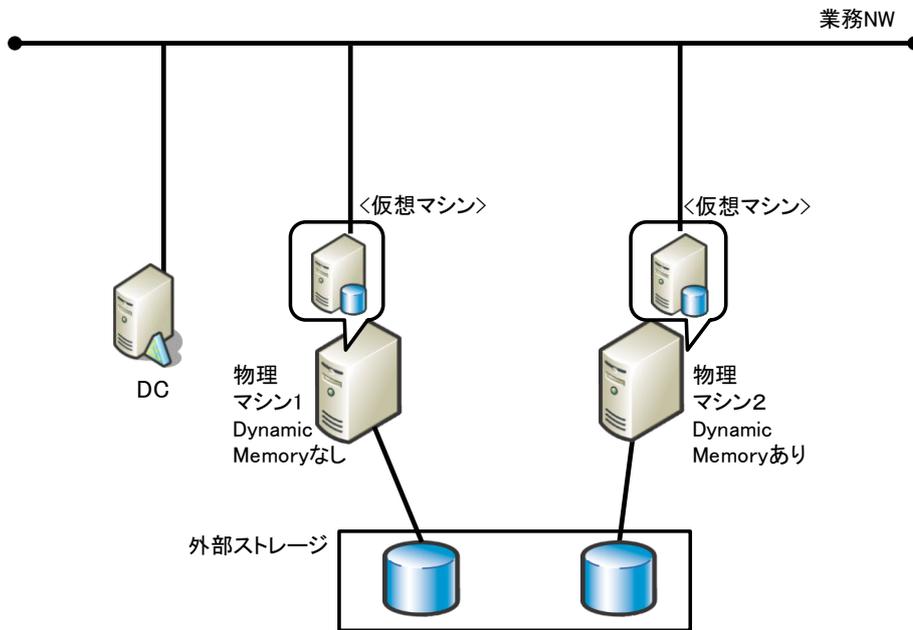


図 3-1 検証環境概要図

3.2. 検証シナリオ

3.2.1. 仮想マシン最大同時起動数の検証

本検証シナリオでは、Dynamic Memory 機能を使用した場合と、使用しなかった場合における仮想マシンの最大同時起動数を確認します。Dynamic Memory 機能を使用しない物理マシンは Windows Server 2008 R2 のままとし、Service Pack1 を適用しません。

本検証において、仮想マシンの起動の定義は、仮想マシンのログイン画面を表示するまでとします。仮想マシンの起動は、表 3-2 の項番 1 から昇順に行います。

以下の 3 つのパターンの動作を確認し、各パターンを比較します。

- ①Dynamic Memory を使用しない物理マシン上で仮想マシンを起動できるだけ起動させます。
- ②Dynamic Memory を使用した物理マシン上で仮想マシンを①で起動した同数だけ起動させます。
- ③Dynamic Memory を使用した物理マシン上で仮想マシンを①と同量の消費メモリ分だけ起動させます。

これらの検証によって Dynamic Memory 機能を使用した場合の仮想マシンの集約率と、物理マシンで消費しているメモリの値を確認し、効率的にメモリリソースを利用していることを確認します。

3.2.2. 単一仮想マシン稼働時におけるメモリ割り当て・回収動作の検証

本検証シナリオでは、Dynamic Memory 機能を使用して、単一仮想マシンへのメモリ割り当てを行う際の動作を確認します。

Dynamic Memory 機能が有効な環境では、仮想マシンのメモリ負荷が高くなったとき、仮想マシンに対するメモリの割り当てが行われます。また、仮想マシンのメモリ負荷が低くなったときに、仮想マシンへのメモリ割り当てが減り、物理マシンの空きメモリ容量が増えます。

仮想マシンへのメモリ負荷は以下のように行います。

- ・メモリ負荷は、仮想マシンに設定しているメモリ割り当て上限値付近まで行います。
- ・メモリ負荷は 3.4 章に示す方法で行います。
- ・メモリ負荷を掛ける仮想マシンは Windows Server 2003 R2 SP2 と Windows Server 2008 R2 SP1 の両方とします。ただし 2 台の仮想マシンに対して、同時にはメモリ負荷を掛けません。

この検証によって、仮想マシンのメモリ負荷の動作を物理マシンと、仮想マシンの両方からパフォーマンスカウンタを確認し、メモリ負荷を監視する上でのポイントを確認します。

3.2.3. 複数仮想マシン稼働時におけるメモリ割り当て・回収動作の検証

本検証シナリオでは、Dynamic Memory 機能を使用して、複数仮想マシンへのメモリ割り当てを行う際の動作を確認します。特に複数の仮想マシンを起動し、メモリ負荷が高くなった状態で、物理マシンのメモリリソースが枯渇したときの動作を確認します。

仮想マシンへの動的メモリ割り当ては、物理マシンのメモリリソースに余裕がある場合においては、同一物理マシン上の他仮想マシンへの影響はないと考えられます。そのため、物理マシンのメモリリソースを枯渇させるため、7 台の仮想マシンを起動し、メモリ割り当ての設定上限値になるまでメモリ負荷を掛けます。その後さらに仮想マシンをもう 1 台起動し、メモリ負荷を掛けます。

メモリ負荷の掛け方については、3.2.2 章のシナリオを複数の仮想マシンに適用します。

この検証によって、仮想マシンの動的メモリ割り当て動作における、同一物理マシン上の他仮想マシンへの影響を確認します。

3.2.4. メモリリソース枯渇時の物理マシン動作の検証

本検証シナリオでは仮想マシンのメモリ負荷が高くなり、物理マシンのメモリリソースが枯渇したときの動作を確認します。

メモリリソースを枯渇する方法として、3.2.3 章のシナリオを適用します。

物理マシンのメモリ枯渇問題に対する対策として、予めペアレント OS のレジストリを編集することで、ペアレント OS 分のメモリ予約を設定することが可能です。

ペアレント OS に設定を行うレジストリ値を以下に示します。

表 3-5 ペアレント OS のレジストリ設定内容

項番	項目	内容
1	キー	HKEY_LOCAL_MACHINE¥SOFTWARE¥Microsoft¥Windows NT¥CurrentVersion¥Virtualization
2	名前	MemoryReserve
3	種類	DWORD
4	データ	ペアレント OS に予約するメモリサイズ(MB)

本検証においては、ペアレント OS 用に予約するメモリサイズを 2048(MB)としました。

この検証ではレジストリ設定の有無によって、メモリ枯渇時に動作の差異があるかを確認します。

3.3. 監視カウンタ

ペアレント OS の Windows Server 2008 R2 に Service Pack1 を導入することによって、新規に増えるペアレント OS のパフォーマンスカウンタの一覧を以下に示します。

表 3-6 Hyper-V Dynamic Memory Balancer カウンターグループ

項番	Performance Counter	説明
1	Added Memory	仮想マシンに追加された累積メモリ容量
2	Available Memory	メモリバランサーに残っているメモリ容量
3	Average Pressure	メモリバランサー以下の各仮想マシンの平均負荷
4	Memory Add Operations	追加操作の総数
5	Memory Remove Operations	削除操作の総数
6	Removed Memory	仮想マシンから削除された累積メモリ容量

表 3-7 Hyper-V Dynamic Memory VM カウンターグループ

項番	Performance Counter	説明
1	Added Memory	仮想マシンに追加された累積メモリ容量
2	Average Pressure	仮想マシンの平均負荷
3	Current Pressure	仮想マシンの現在の負荷
4	Guest Visible Physical Memory	仮想マシンで表示されるメモリ容量
5	Maximum Pressure	仮想マシンの最大負荷帯域
6	Memory Add Operations	仮想マシンに対する追加操作の総数
7	Memory Remove Operations	仮想マシンに対する削除操作の総数
8	Minimum Pressure	仮想マシンの最小負荷帯域
9	Physical Memory	仮想マシンの現在のメモリ容量
10	Removed Memory	仮想マシンから削除された累積メモリ容量

追加されるパフォーマンスカウンタは、それぞれ、メモリの割り当てを行うメモリバランサーのカウンタ(表 3-6)と各仮想マシンの状態を示しているカウンタ(表 3-7)です。

本検証ではこれらの値を取得し、内容を確認します。

3.4. メモリ負荷内容・設定

仮想マシンのメモリ負荷を掛けるプログラムとして、MS ペイントを使用します。

仮想マシン上で MS ペイントを起動し、描画領域を広げることで、仮想マシンのメモリ負荷を掛けます。

サーバーOS で利用されるアプリケーションの中には、OS の代わりにアプリケーションが独自のメモリ管理を行う製品があります。このようなアプリケーションでは、パフォーマンスを最適化しようと動作するため、仮想マシンのメモリ負荷が低い状態においても最大 RAM 値までメモリを確保しようと動作します。このような動作をするアプリケーションにおいては Dynamic Memory の適用に向かないとされております。

MS ペイントを利用してメモリ負荷を実現する理由は以下の 2 点です。

理由1: Dynamic Memory の適用に向いているメモリ負荷の検証が行えるため。

MS ペイントは描画領域に比例しメモリを消費するため、Dynamic Memory の効果を確認することが可能です。

理由2: 特定の業務アプリケーションに依存することなくメモリ負荷を掛けることができるため。

MS ペイントは OS 標準添付のアプリケーションであり、特定のサーバー向けアプリケーションに依存せず、メモリ負荷の動作を確認できます。

4. 検証結果

4.1. 仮想マシン最大同時起動数の検証結果

仮想マシン最大同時起動数の検証結果を以下に示します。

まず 3.2.1 章の①と②における物理マシンのメモリ消費量を比較します。

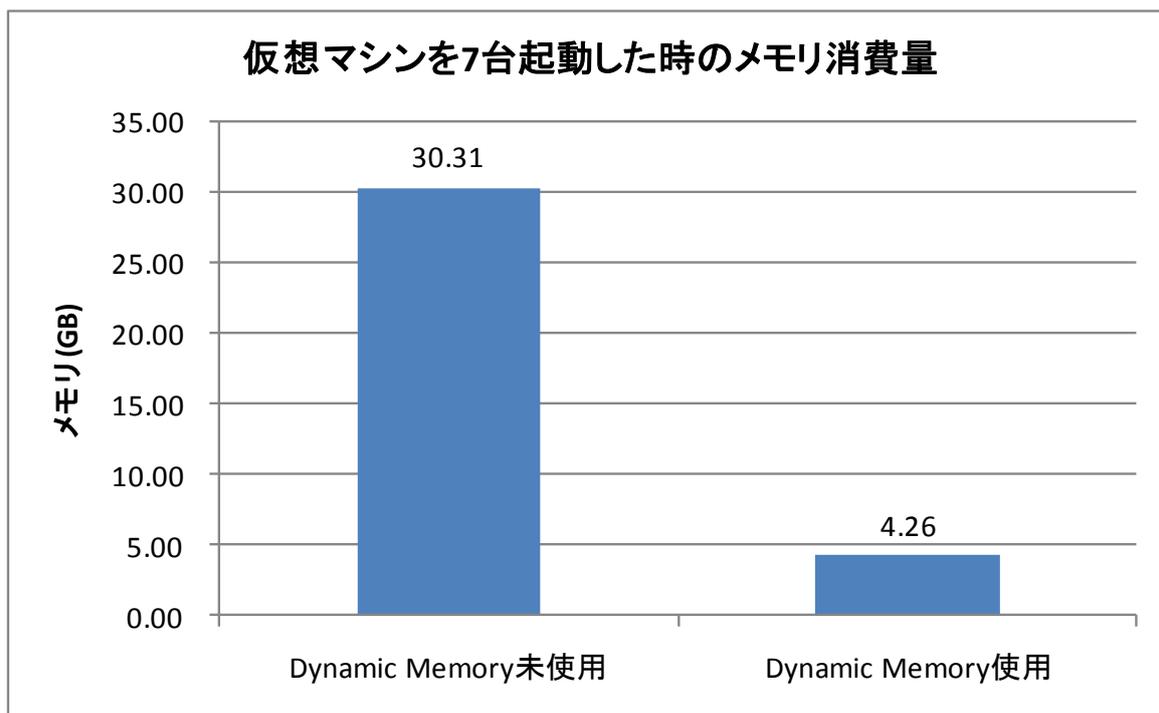


図 4-1 メモリ消費量の比較

Dynamic Memory 未使用の物理マシンにおいて、仮想マシンは7台(Windows Server 2003 R2:4台、Windows Server 2008 R2:3台)まで起動することを確認できました。そのため、以下に仮想マシンを7台起動したときの物理マシンのメモリ消費量を記載します。

Dynamic Memory を使用していない場合には、7台の仮想マシンを起動するのに、メモリを30.31GB消費しました。一方、Dynamic Memory を使用した場合には7台の仮想マシンを起動した状態でメモリを4.26GBしか消費しないことが確認できました。

Dynamic Memory を使用していない場合は、7台の仮想マシンがそれぞれ4GBの物理メモリを消費するため、仮想マシン分で28GBのメモリを消費しました。ペアレント OS は約2GBのメモリ消費であることが確認できました。

Dynamic Memory 未使用の物理マシンにおいて、8 台目の仮想マシンを起動する操作を行うと下図のような画面が表示され、仮想マシンの起動に失敗します。

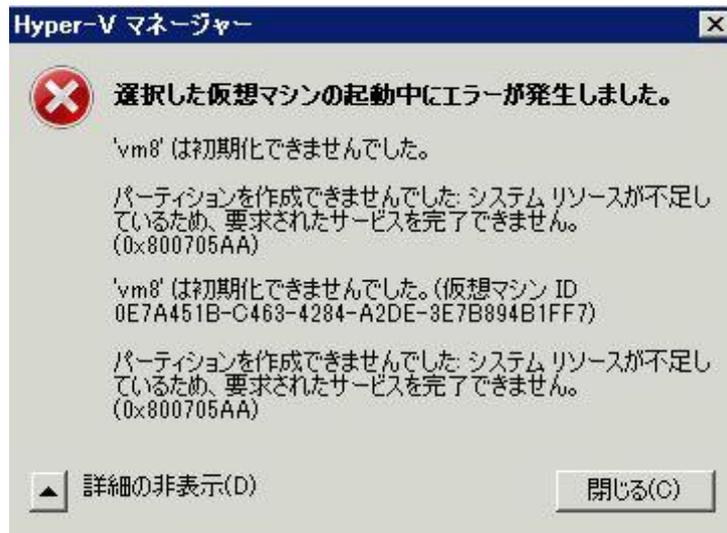


図 4-2 仮想マシン起動失敗通知

一方で Dynamic Memory を使用した物理マシンにおいて仮想マシンが 7 台起動している時、物理マシンのメモリ消費量は 1/7 以下に減っていることを確認しました。

Dynamic Memory を利用していると、仮想マシン起動時は、仮想マシンにスタートアップ RAM 値分だけ割り当て、仮想マシンのメモリ要求に応じて物理マシンのメモリリソースを割り当てます。本シナリオの場合は、仮想マシンを起動するだけであるため、物理マシンのメモリ消費量が少ないです。

本検証では、予め設定している仮想マシンのスタートアップ RAM 値は仮想マシンの OS 種によって異なります。そのため、本検証においては Windows Server 2003 R2 SP2 が 4 台(各 128MB)と Windows Server 2008 R2 SP1 が 3 台(各 512MB)起動した環境となり、仮想マシンに割り当てた物理マシンメモリは 2GB です。ペアレント OS は Dynamic Memory 未使用の場合と変化はなく、約 2GB のメモリを消費したことが確認できました。

次に 3.2.1 章の①と③における仮想マシンの同時起動数の比較を示します。

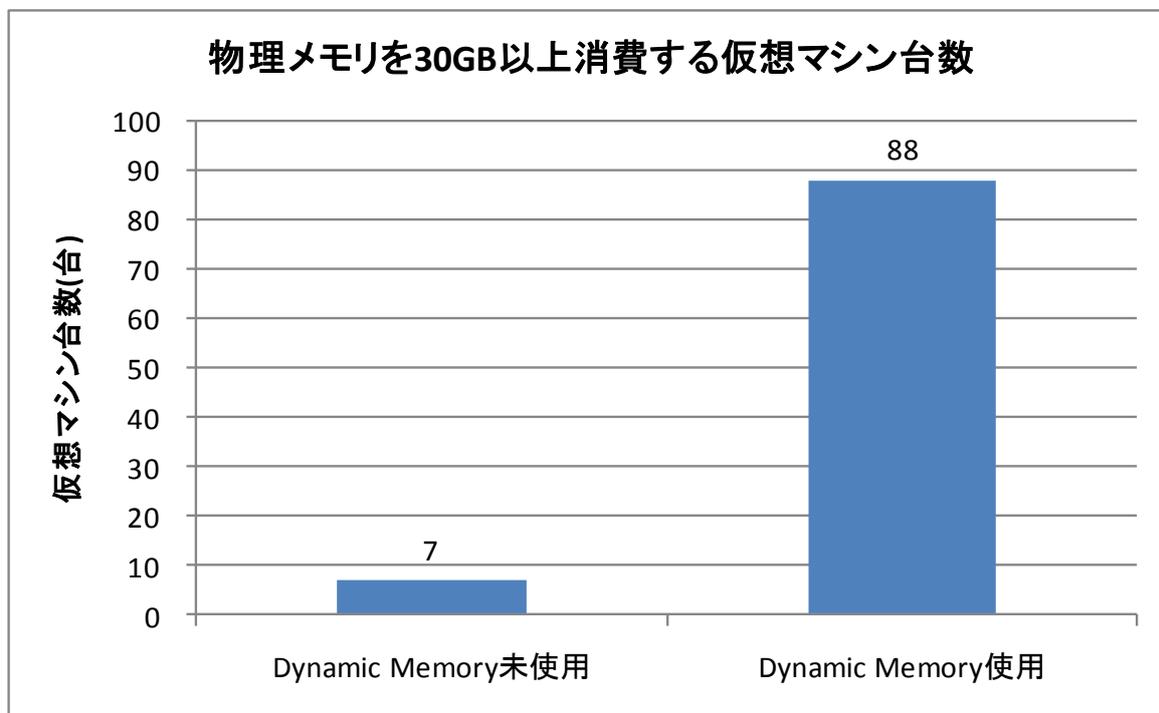


図 4-3 仮想マシンの最大同時起動台数の比較

Dynamic Memory を使用していない物理マシンでは 8 台目の仮想マシンを起動しようとしたときにエラーが発生して起動することができませんでした。このときのメモリ消費量は 30.31GB でした。

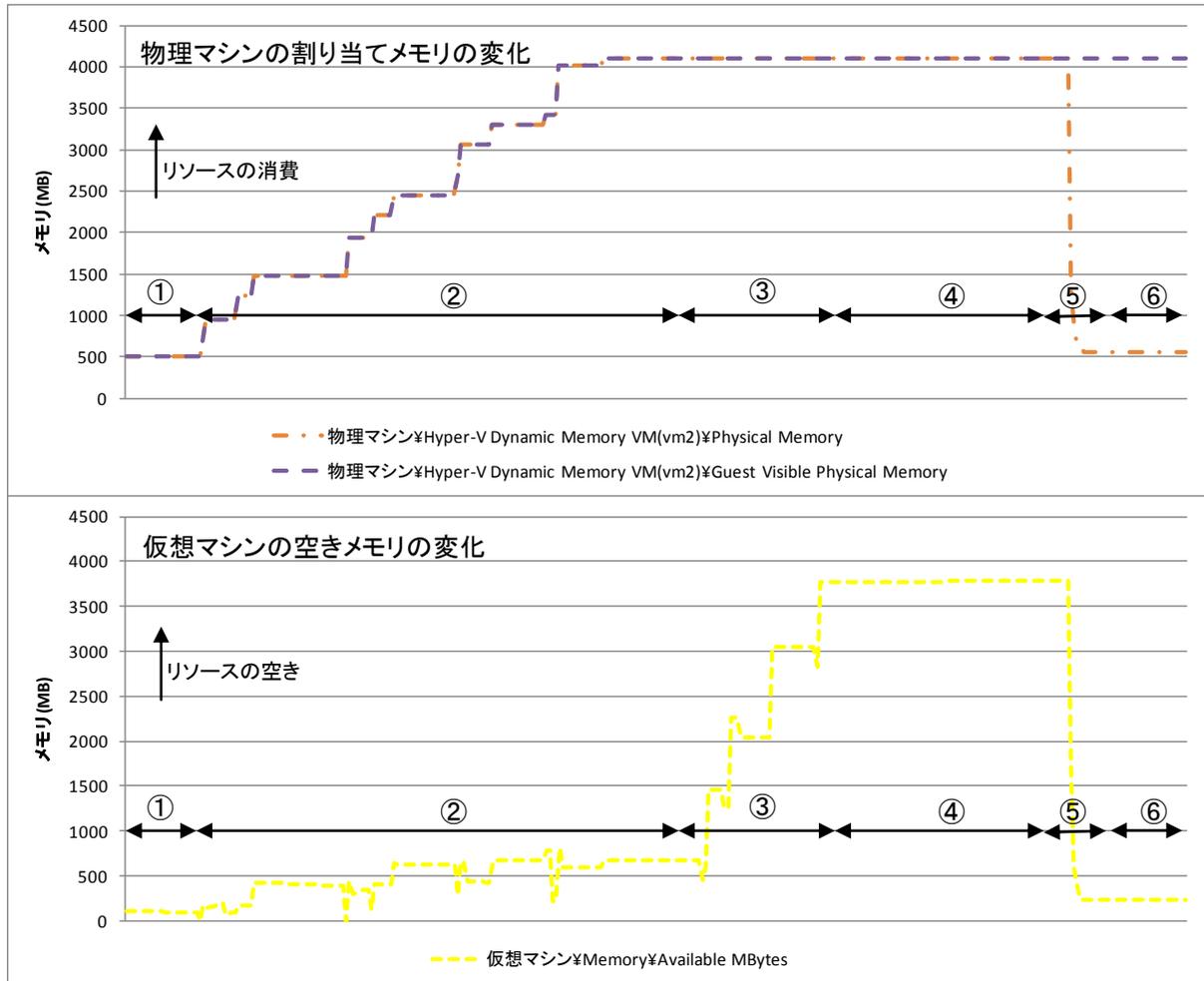
一方で Dynamic Memory を使用した物理マシンにおいては、メモリを 30GB 以上消費するまで仮想マシン起動した場合は、仮想マシンが 88 台起動しました。

そのため、本検証環境において、Dynamic Memory を使用した場合は未使用の場合と比較して 12 倍以上の仮想マシンを同時に起動することが確認できました。

ただし、本検証環境は仮想マシンを起動したまま負荷を掛けていない状態であるため、すべての環境においてこの集約率を適用できるとは限りません。しかしながら、仮想マシン起動時にエラーが出ることはありませんでした。

4.2. 単一仮想マシン稼働時におけるマシンへのメモリ割り当て・回収動作の検証結果

単一仮想マシン(VM2:Windows Server 2008 R2 SP1)上でメモリ負荷を掛けたときの動作を以下に示します。



記号	仮想マシンの状態	説明
①	アイドル状態	-
②	メモリ負荷の増加	仮想マシンのメモリ要求に応じて仮想マシンに割り当てられるメモリ量が増加する
③	メモリ負荷の減少	メモリ負荷が無くなるため、仮想マシンの空きメモリ量が増加する
④	アイドル状態	仮想マシンに多くメモリは割り当てられたまま
⑤	割り当てられたメモリの回収	仮想マシンのメモリ負荷が無く、ペアレント OS が仮想マシンの空きメモリ量を回収する
⑥	アイドル状態	-

図 4-4 単一仮想マシンへのメモリ割り当て・回収の動作

仮想マシン空きメモリの変化について、①と②の動作における説明を以下に記載します。

①の状態は、仮想マシンが起動した状態のまま負荷が無いため、スタートアップ RAM 値の割り当てのままとなります。このときの空きメモリ量は約 98MB でした。

②の状態は、メモリ負荷が増加しているにもかかわらず、空き容量が徐々に増加しています。

ペアレント OS は、仮想マシンからのメモリ要求量と設定済みのバッファ量を加えて仮想マシンにメモリを割り当てます。

グラフが極端に落ちている部分は、メモリ負荷の発生により空きメモリが消費されたためです。その直後の上昇は、ペアレント OS からメモリが割り当てられたことによる、空き容量の増加です。

図 4-4 の結果から以下の 2 点が確認できました。

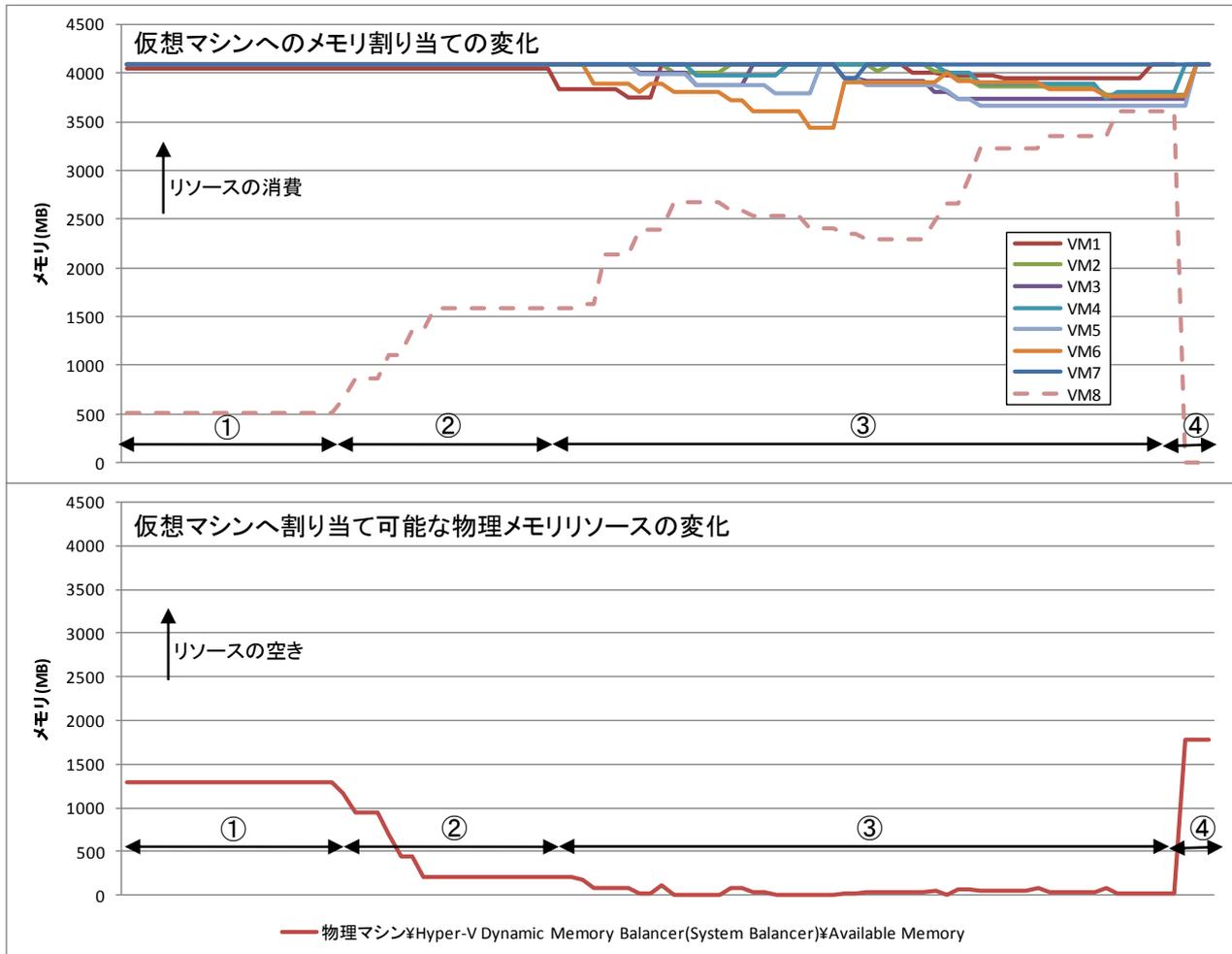
- ・③において、仮想マシンのメモリ負荷を減らす動作を行っているため、ゲスト OS 上の Memory Available Mbytes のカウンタ値が増加していることが確認できます。しかし、ペアレント OS の動作はカウンタ上で変化はありませんでした。

- ・⑤において、メモリ回収するため、ペアレント OS 上の Hyper-V Dynamic Memory VM Physical Memory とゲスト OS 上の Memory Available MBytes のカウンタ値が減少していることが確認できます。しかし、ペアレント OS 上の Hyper-V Dynamic Memory VM Guest Visible Physical Memory のカウンタ値は一度割り当てた仮想マシンのメモリ値から減少していないことが確認できます。

また、図 4-4 の④の期間(ゲスト OS 上で使用しなくなったメモリをペアレント OS 上で回収するタイミング)に関しては、ユーザが設定できる項目が無く、ペアレント OS が自動的に調整しています。なお、ゲスト OS のバージョン違い(本検証では、Windows Server 2003 R2 SP2 と Windows Server 2008 R2 SP1)におけるメモリ割り当て・回収動作の差異は見られませんでした。

4.3. 複数仮想マシン稼働時におけるメモリ割り当て・回収動作の検証結果

複数仮想マシン上でメモリ負荷を掛けたときの動作を以下に示します。



記号	仮想マシンの状態	説明
①	VM1～VM7:メモリ高負荷状態 VM8:アイドル状態	VM1～VM7のメモリ割り当て状態は変化なし
②	VM1～VM7:メモリ高負荷状態 VM8:メモリ負荷の増加	VM8のメモリ負荷の増加によりVM8へのメモリ割り当ては増加するが、VM1-VM7への影響はない
③	VM1～VM7:メモリ高負荷状態 VM8:メモリ負荷の増加	継続してVM8のメモリ負荷が増加しているため、VM1～VM7に割り当てられているメモリが減る
④	VM1～VM7:メモリ高負荷状態 VM8:メモリ負荷の減少	VM8のメモリ負荷が下がり、メモリリソースが増えるため、VM1～VM7の上限値までメモリを再び割り当てる

図 4-5 複数仮想マシンへのメモリ割り当て・回収の動作

仮想マシンへのメモリ割り当ての変化については、ペアレント OS 上の Hyper-V Dynamic Memory VM¥Physical Memory のカウンタにて確認しました。

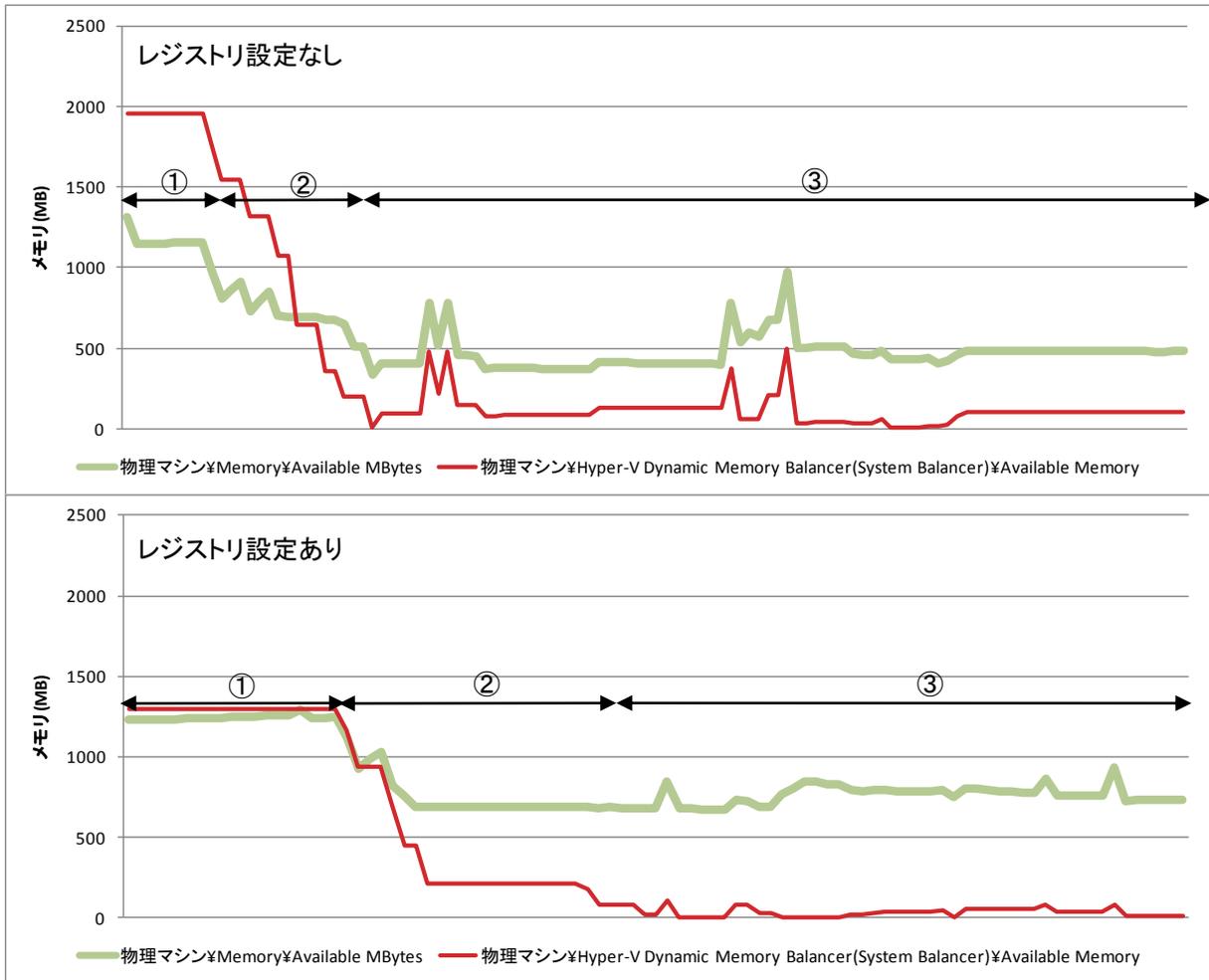
図 4-5 の結果から以下の 2 点が確認できました。

- ・③において、負荷の高い仮想マシンへ割り当てられているメモリリソースがペアレント OS に回収され、新たに負荷が発生した仮想マシンへメモリリソースを割り当てます。
- ・④において、メモリ負荷が無くなると、同一物理マシン上の他の仮想マシンへ再度メモリを割り当てます。

特に③において、ペアレント OS 上の Hyper-V Dynamic Memory Balancer(System Balancer)¥Available Memory の値が 1 桁になることもありました。そのため、本カウンタの監視も必要となります。

4.4. メモリリソース枯渇時の動作の検証結果

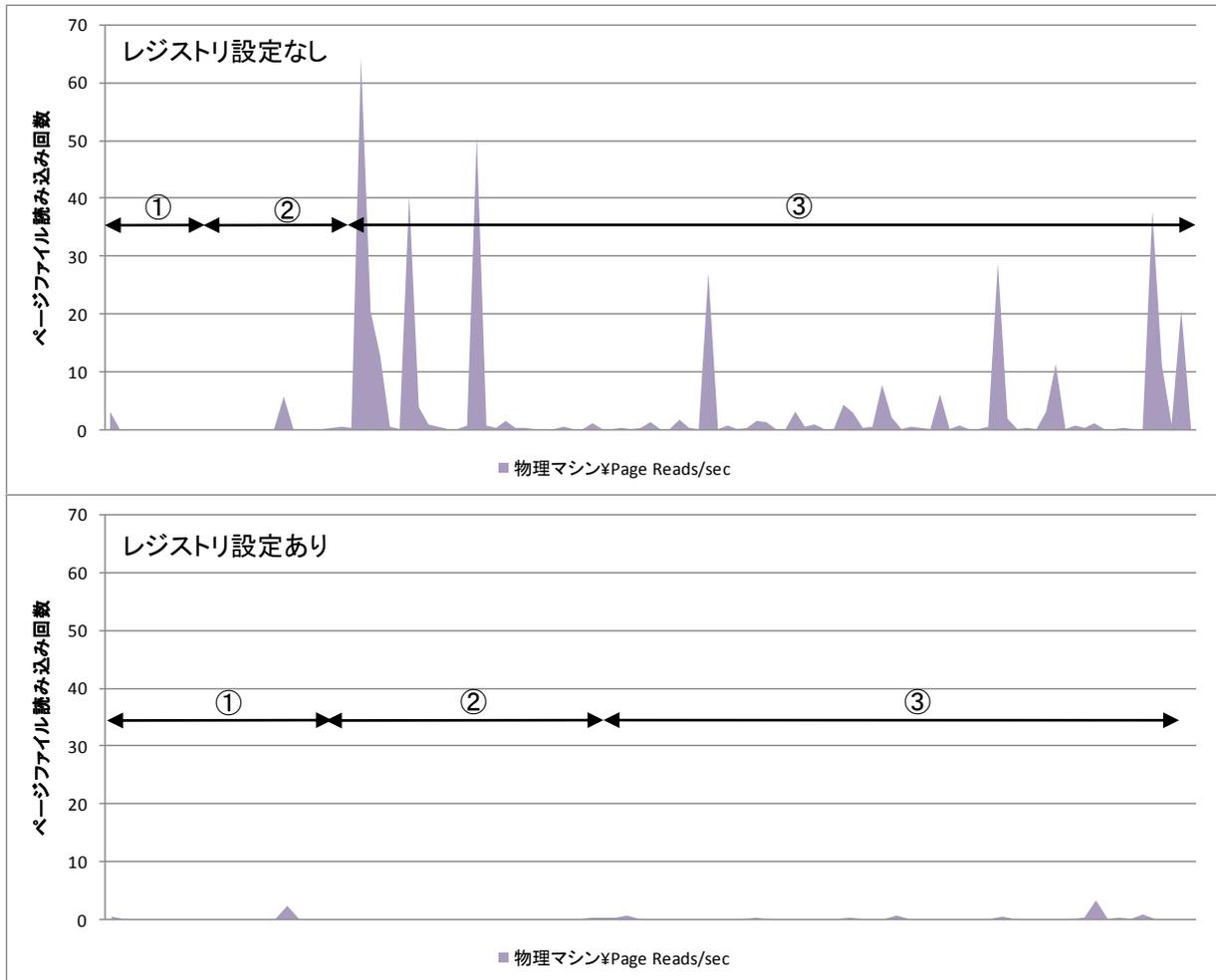
メモリリソース枯渇時におけるペアレント OS のメモリ空き容量とメモリバランサーの空き容量の動作を以下に示します。



記号	仮想マシン状態	ペアレント OS のメモリ空き容量とメモリバランサーの空き容量の推移
①	VM1～VM7: メモリ高負荷状態 VM8: アイドル状態	ペアレント OS のメモリ空き容量の推移は安定。 メモリバランサーの空き容量については変化なし。
②	VM1～VM7: メモリ高負荷状態 VM8: メモリ負荷の増加	ペアレント OS のメモリ空き容量とメモリバランサーの空き容量が逆転。
③	VM1～VM7: メモリ高負荷状態 VM8: メモリ負荷の増加 (VM1～VM7: 割り当てメモリが減る)	ペアレント OS のメモリ空き容量とメモリバランサーの空き容量が共に、上下の小幅な推移あり。

図 4-6 メモリ枯渇時におけるペアレント OS のメモリ空き容量とメモリバランサーの空き容量の動作

メモリ枯渇時におけるペアレント OS のページファイルの読み込み回数の動作を以下に示します。



記号	仮想マシンの状態	ペアレント OS のページファイル読み込み動作
①	VM1～VM7:メモリ高負荷状態 VM8:アイドル状態	数回の読み動作はあるが、大きな変化なし。
②	VM1～VM7:メモリ高負荷状態 VM8:メモリ負荷の増加	数回の読み動作はあるが、大きな変化なし。
③	VM1～VM7:メモリ高負荷状態 VM8:メモリ負荷の増加 (VM1～VM7:割り当てメモリが減る)	レジストリ設定なし:ページファイルの読み込み動作は多発。 レジストリ設定あり:読み込み動作は少ない。

図 4-7 メモリ枯渇時におけるペアレント OS のページファイル読み込み動作

物理マシンのメモリリソース枯渇時の動作において、ペアレント OS のレジストリ設定有無によって、以下の 3 点の差異があることを確認しました。

- ・ペアレント OS の空きメモリ容量(図 4-6)
- ・メモリバランサーの空き容量(図 4-6)
- ・ペアレント OS のページファイルの読み込み動作(図 4-7)

それぞれの差異については以下に示します。

表 4-1 ペアレント OS のレジストリ設定有無によるメモリ枯渇時の動作の差異

項番	差異項目	内容
1	ペアレント OS の空きメモリ容量	レジストリ設定なし: 400MB~500MB で推移 レジストリ設定あり: 750MB~850MB で推移
2	メモリバランサーの空き容量	レジストリ設定なし: 平均値が約 108MB レジストリ設定あり: 平均値が約 35MB
3	ペアレント OS のページファイルの読み込み動作	レジストリ設定なし: 多発(最大: 64.1 回/秒) レジストリ設定あり: 少ない(最大: 3.4 回/秒)

上記の動作差異より、ペアレント OS にレジストリ設定を行うことでレジストリ設定なしの場合と比較して、以下の違いが確認できました。

- ・仮想マシンのメモリ割り当て要求が多い場合においても、ペアレント OS 上の空きメモリが確保されました。また、メモリバランサーの空き容量が少なく、より効果的に仮想マシンにメモリを割り当てていました。
- ・ペアレント OS のページファイルの読み込み回数が少なく、ペアレント OS のディスクアクセスが減りました。

5. まとめ

本検証を通して、Hyper-V 2.0 によるサーバー仮想化を用いる場合は、Windows Server 2008 R2 SP1 の Dynamic Memory を利用することで、仮想マシンの集約率が向上することを確認しました。

Dynamic Memory を使用する際は、ペアレント OS に追加されるパフォーマンスカウンタを利用することで状態を確認できます。特に、ペアレント OS 上の Hyper-V Dynamic Memory VM \times Physical Memory の値が仮想マシンに割り当てたメモリ量を示すため、監視運用する上で重要であると考えます。また、これまでと同様に、仮想マシン(ゲスト OS)内の空きメモリ状況については、ペアレント OS からは確認できません。そのため、仮想マシン上のパフォーマンスカウンタを監視運用する時はゲスト OS 上の Memory \times Available Mbytes を確認する必要があります。

また、Dynamic Memory によって仮想マシンの集約率を上げることは可能となりますが、メモリ負荷が高い場合には、同一物理マシン上の仮想マシンが物理メモリを取り合う動作を確認しました。

この動作を防ぐためには、ペアレント OS 上の Hyper-V Dynamic Memory Balancer(System Balancer) \times Available Memory の値を監視する必要があります。

物理マシン上の仮想マシンのメモリ負荷が高くなり、メモリリソースの枯渇が予想される場合は、ペアレント OS のレジストリを編集することで、ペアレント OS 用にメモリを予め確保することができます。レジストリを編集している場合にはメモリリソースの枯渇時においてもページファイルの読み込み回数が減っていることが確認できました。

ページファイルの読み込みなどによるディスクへのアクセスは応答速度を低下させる要因になるため、メモリリソースが枯渇したまま仮想マシンを稼働させてシステムを運用するよりも、物理マシンのリソースに余裕を持たせたシステムの運用を行うことが重要です。