

IA サーバー仮想化 基盤技術検証

野村総合研究所

基盤技術一部 主任テクニカルエンジニア

田原 広海(たばる ひろみ)

情報技術本部にてシステム基盤を中心とした新技術の調査・評価を行うテクニカルエンジニア。近年はサーバー仮想化技術のR&Dに従事。



1. サーバー仮想化の背景と市場動向	43
2. サーバー仮想化製品の評価	45
3. 運用管理機能検証結果	46
4. 性能検証結果	59
5. システム全体の評価基準の検証結果	63
6. おわりに	66

要旨

IA (Intel Architecture) サーバーは、その高性能化、低価格化を背景に、企業システムへの普及が急速に進んできた。しかしその一方で、サーバー数の増加に伴う弊害として、システム管理の複雑化や余剰リソースによるサーバー利用効率の低下、設置スペース不足や消費電力、発熱量の増加など、さまざまな問題を引き起こす結果となった。そこで、増え続けるサーバーの利用率改善や、データセンターの運用コスト削減などのニーズに応える手段としてサーバーの仮想化技術が注目を浴び、それを実現する仮想化製品も各種リリースされている。NRI (野村総合研究所) では、2008 年度に代表的な IA サーバー仮想化製品の性能、機能面について実機評価を行った。本稿では、この結果と実プロジェクトへの適用可能性について報告する。

キーワード：サーバー仮想化、ハイパーバイザー、仮想マシン、運用管理

IA (Intel Architecture) Server has been spreading rapidly to Enterprise systems due to their high performance and low prices. However, on the other hand the increasing number of servers has caused various problems like complication of system management, decrease in usage efficiency from extra server resource, shortage of installation space, increase in power consumption and heat value and so on. In this regard, server virtualization technologies have been focused as means to meet the needs like improving usage efficiency of increasing number of servers and reducing data center operation costs etc. Nomura Research Institute, Ltd.(NRI) performed performance and functional evaluation of some of major IA Server virtualization products in 2008. This article will report the evaluation result and applicability to real projects.

Keywords : Server Virtualization, Hypervisor, Virtual machine, Operation management

1. サーバー仮想化の背景と市場動向

(1) サーバー仮想化が注目される背景

近年、企業システムでは、安価で性能に優れた IA サーバーが普及し、その設置台数が増加する一方で、余剰リソースの搭載によるハードウェアの利用効率の低さや増大する運用管理コストが課題となっている。

企業が恒常的に抱えるこうした IT 基盤の課題に対し、有効な解決策になると期待されているのがサーバーの仮想化技術である。サーバーの仮想化とは、コンピューターリソース (CPU やメモリー、ディスク、ネットワークなど) を抽象化するための技術で、単一の物理サーバーのリソースを論理的に分割してあたかも複数のサーバーのように見せたり、逆に複数の物理サーバーのリソースを論理的に単一のリソースの

ように扱うことができる。

この技術により、業務、業態によってピーク特性の異なる複数のシステムを 1 台のサーバーに統合し、遊休リソースを有効活用できることに加え、物理的な管理対象のサーバー台数が減ることで、ハードウェアコストや運用管理コストの削減が期待できる。

IDC Japan 株式会社^[1]の国内仮想化サーバー市場動向に関する調査によると、2008 年から仮想化サーバーの導入が加速し、2008 年～2013 年の年間成長率は 26.1% で、2013 年には国内における仮想化市場は 498 億円に達すると予測されている。

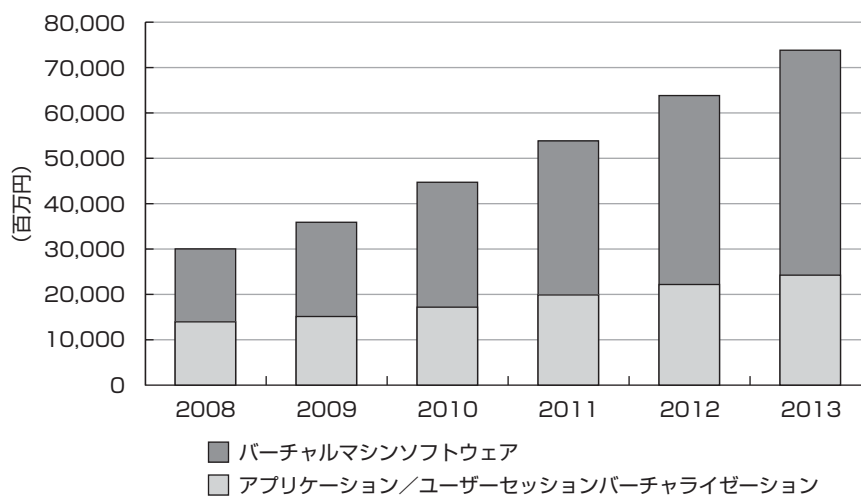


図1 国内仮想化ソフトウェア市場規模予測

出所：IDC Japan 株式会社

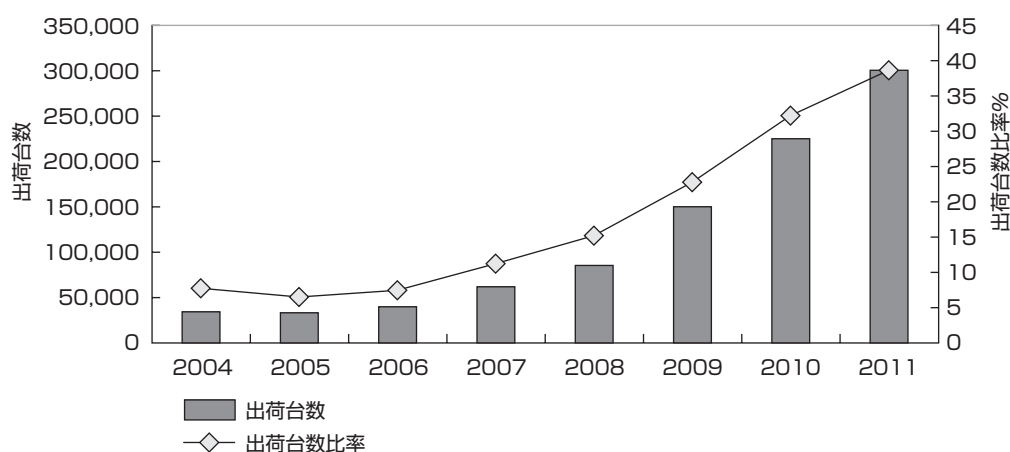


図2 国内仮想化サーバー市場規模予測

出所：IDC Japan 株式会社

※「出荷台数比率」は、国内サーバー市場全体の出荷台数に占める仮想化サーバーの比率を表す

(2) サーバー仮想化技術の動向

サーバー仮想化の実装技術として、現在の主流となっているのが「ハイパーバイザー型」と呼ばれるアーキテクチャーである。

ハードウェアとOSの間に仮想化機構を司

るレイヤー（ハイパーバイザー）を稼働させることで、OS 及びその上で稼働するソフトウェアをカプセル化し、ハードウェアと分離することができる。

従来からある、仮想化レイヤーを特定の OS

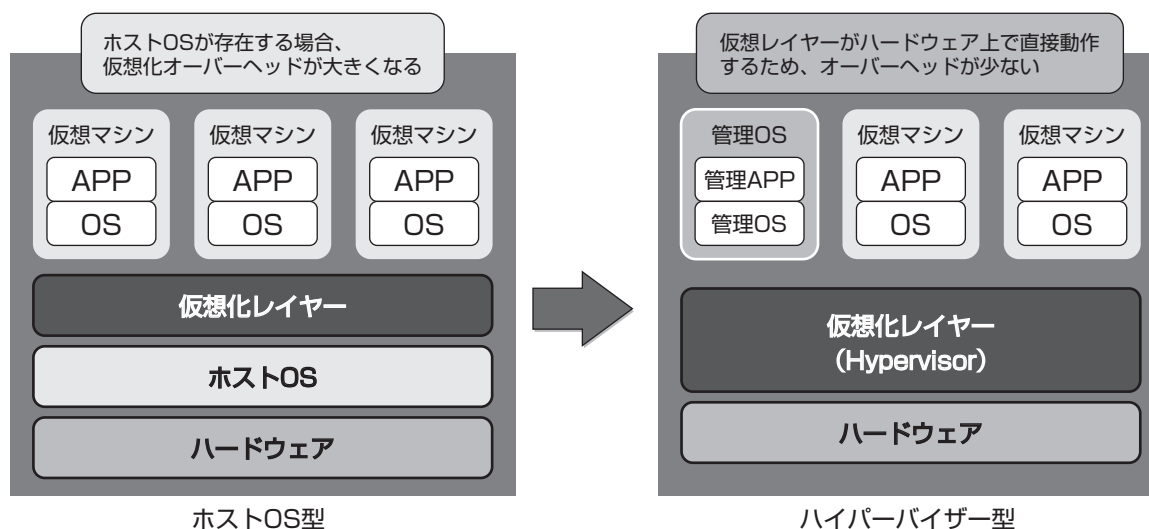


図3 サーバー仮想化の実装方式

上にインストールする（仮想化ソフトがホスト OS 上で 1 つのアプリケーションとして動作する）形態の「ホスト OS 型」のアーキテクチャーと比べ、ハイパーバイザーがハードウェアリソースを直接制御できるため、オーバーヘッドが少ないというメリットがある。

2. サーバー仮想化製品の評価

(1) 評価の目的

前述のように、仮想化技術はサーバーの利用効率改善や運用コスト削減を実現する技術として注目され、ここ数年のうちに商用、オープンソースともにさまざまな製品が出揃い、ユーザーの選択肢が広がってきた。

しかしその一方で、仮想化の適用領域は開発環境やテスト環境にとどまるケースも多く、プロダクション環境への導入にあたっては、実用に耐えうる性能が確保できるか、信頼性や運用面で不安があるなどの理由で本格利用に二の足を踏むユーザーがいるのも事実である。

そこで、仮想化市場におけるハイパーバイザー型アーキテクチャーの主要製品（商用）について 2008 年度に検証を行い、実システムでの利用を視野に入れた適用可能性の評価を行った。

(2) 評価の視点

本評価は、仮想化の導入を検討するユーザーが最も懸念する項目としてよく挙げられる項目のうち、以下の 3 つの視点で実施した。

① 運用管理機能検証

サーバー仮想化製品の主要機能のうち、仮想環境特有の運用管理機能について検証し、物理環境との違いや設計上の留意点をまとめる。

② 性能検証

物理マシン（非仮想環境）と比べて、仮想マシンのオーバーヘッド（性能劣化）の程度を明らかにする。

③ システム全体の評価基準の検証

ユーザーの要求品質を確保するための基盤アーキテクチャーや導入コスト、ベンダーのサポート体制など、仮想化技術の利用にあたりシステム全体で検討すべき一般的な評価基準について整理し、留意点をまとめる。

(3) 評価ポイント

上記の視点に基づき、それぞれの検証項目を表 1、表 2、表 3 に示すように設定した。

評価項目（運用管理機能検証）	
仮想マシンの作成・展開	テンプレート作成
	クローン
仮想マシンの移行	P2V
	ライブマイグレーション
バックアップ/リストア	オフラインバックアップ
	オンラインバックアップ
障害監視	ホストマシン障害時の動作確認
	仮想マシン障害時の動作確認
	ネットワーク障害時の動作確認
ワークロード管理	リソース監視
維持管理運用	CPU 負荷に伴う仮想マシンの動的再配置
	パッチ適用
異種混在環境の管理	仮想環境と物理環境の一元管理
	マルチベンダー仮想化環境の管理

表 1 運用管理機能の検証項目

評価項目（性能検証）	
ハードウェア性能 (CPU/メモリー/ディスク/ネットワーク)	物理マシンとの比較
	⇒ 物理マシンと比べて、仮想マシンのオーバーヘッド（性能劣化）の有無や程度を明らかにする
	仮想マシン数の増加に伴う性能の変化
	⇒ 物理マシン上で稼働させる仮想マシン数を増加させた場合の性能劣化の有無や程度を明らかにする

表2 性能の検証項目

評価項目（システム全体の評価基準の検証）	
仮想化アーキテクチャー	ハイパーバイザー型の仮想化アーキテクチャーの比較
サポートするゲストOS	仮想マシン上で稼働するOSの種類
リソースの割り当て	仮想マシンに割り当て可能なリソース制限
独自開発の容易性	拡張機能の開発のしやすさ
導入コスト	仮想化導入時のライセンス料や課金単位
サポート体制	ベンダーサポート状況

表3 システム全体の評価基準検証項目

（４）評価対象製品

仮想化市場におけるハイパーバイザー型アーキテクチャーの主要製品として、以下を評価対象とした。

- Windows Server 2008 Hyper-V 1.0 RC1
- VMware Infrastructure 3.5
- Oracle VM 2.1
- Virtual Iron 4.3
- RedHat Enterprise Linux 5 (Xen)

3. 運用管理機能検証結果

（１）仮想マシンの作成、展開

仮想環境では、ゲストOSやその上で稼働する複数のアプリケーションなど、仮想マシンを構成するすべてのデータをファイルとして扱うことができる。また、ハードウェアとの間にハイパーバイザーが入ることで、ハードウェア非依存のプロビジョニングを実現す

ることができる。

こうした仮想化のメリットを活かした機能として、テンプレート及びクローンがある。

① テンプレート

テンプレートとは、ある仮想マシンのマスターイメージを雛形（テンプレート）として保存できる機能である。新しい仮想マシンを展開する際、OSやパッチレベルなどが完全に共通化された環境を迅速にプロビジョニングできるため、すべてのマシンをOSのインストールから手動で構築する従来の方法と比べ、遥かに作業効率がよく、人為的なミスも減らすことができる。

② クローン

クローンとは、仮想マシンをコピー（複製）する機能で、内部的には仮想マシンが利用する仮想ハードディスクや設定ファイルなどが

すべてコピーされる。特定の用途にチューニングされた仮想マシンのクローンを作成することで、同じ構成の仮想マシンを短時間で大量に展開するような場合、環境構築の作業負荷を軽減することができる。

■ 評価結果

テンプレート及びクローン機能は、主要製品のほとんどが標準実装しており、機能的な差はほとんどなく、いずれも十分実用レベルにある。

強いて違いをあげると、製品によってはテンプレート作成時にファイル圧縮が可能であったり、特定のOSやアプリケーションがプリインストールされたテンプレートの雛形をビルトインで提供するものがあるという点である。

テンプレートは新しい仮想マシンを展開す

る際のマスターイメージであり、複数の要件を集約し、OSやミドルウェアの設定を標準化した汎用性の高いものである必要があるため、その設計には十分な検討が必要である。

以下に、実装上の考慮点を示す。

- ゲストOSがWindowsの場合、仮想マシン展開時にSID (Security Identifier) の競合を避けるため、テンプレート作成前にsysprepツールを利用してSIDをリセットしておく必要がある
- ホスト名やIPアドレスなど、マシンの固有情報については、ゲストOSごとに適切なカスタマイズが必要となる
- IISやデータベースなどミドルウェア固有の設定ファイルに登録されたマシンの固有情報については個別に変更が必要となる
- ゲストOSに割り当てる仮想ディスクがフ

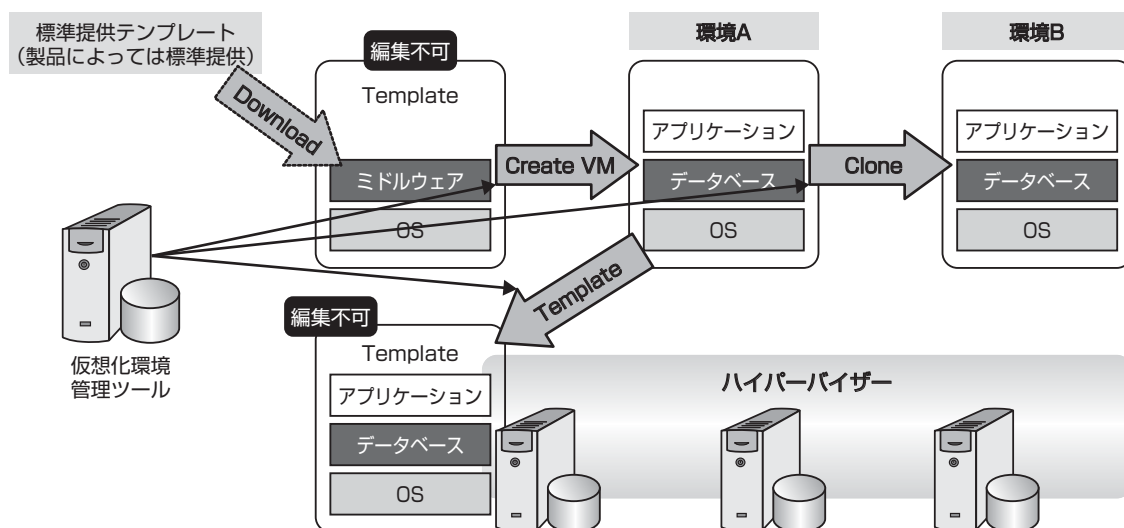


図4 テンプレート／クローン

ファイルではなく物理ディスクの場合、クローンの実行そのものがサポートされていないか、サポートされていてもいったんファイル形式への変換が必要となるなど制約が発生するため注意が必要である

あり、移行元の物理マシンが稼働中の状態で移行する「オンライン移行」と、いったんシャットダウンしてから移行する「オフライン移行」がある。いずれも移行元の物理マシンで取得したディスクイメージのコピーが移行先に転送される。

(2) 仮想マシンの移行

① P2V

P2Vとは、「Physical to Virtual」の略で、既存の物理環境を仮想環境へ移行する機能で

■ 評価結果

P2Vは、主要製品のほとんどが標準実装しており、これも機能レベルではほぼ同等だが、

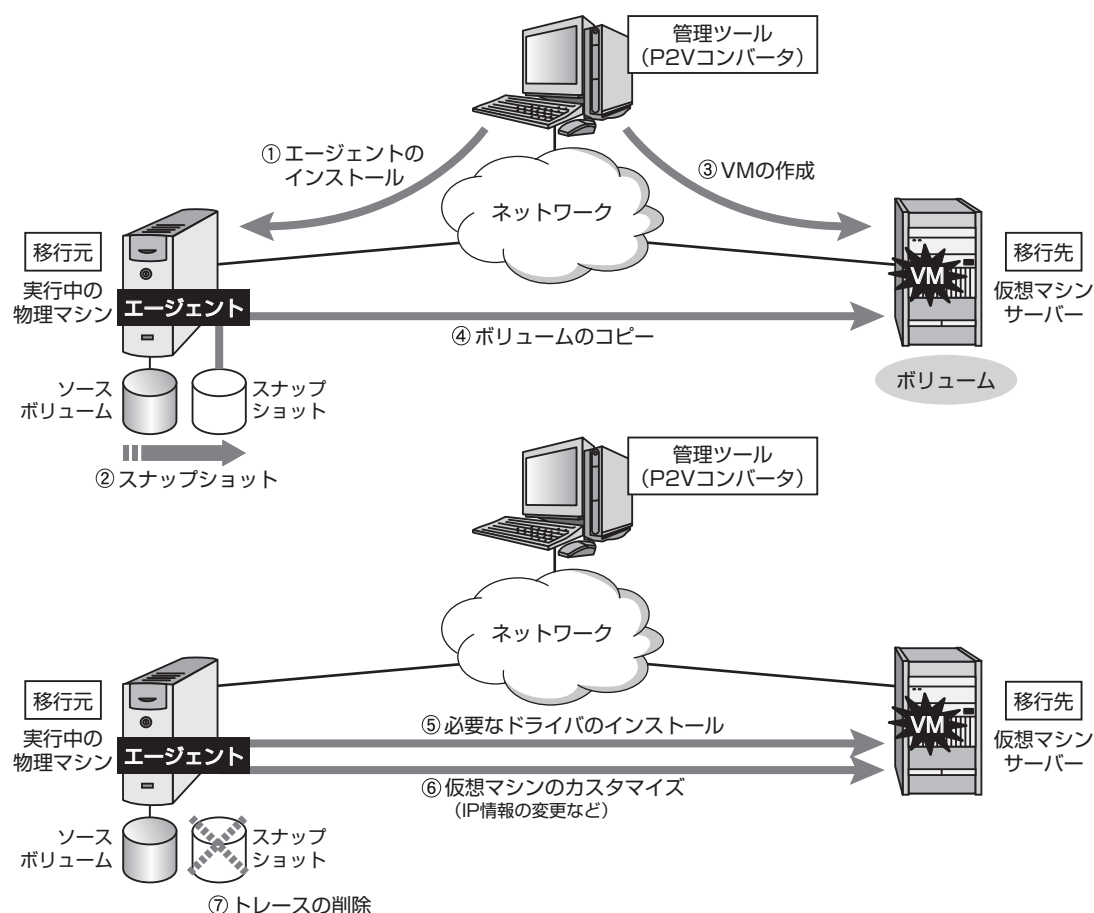


図5 P2V (オンライン移行)

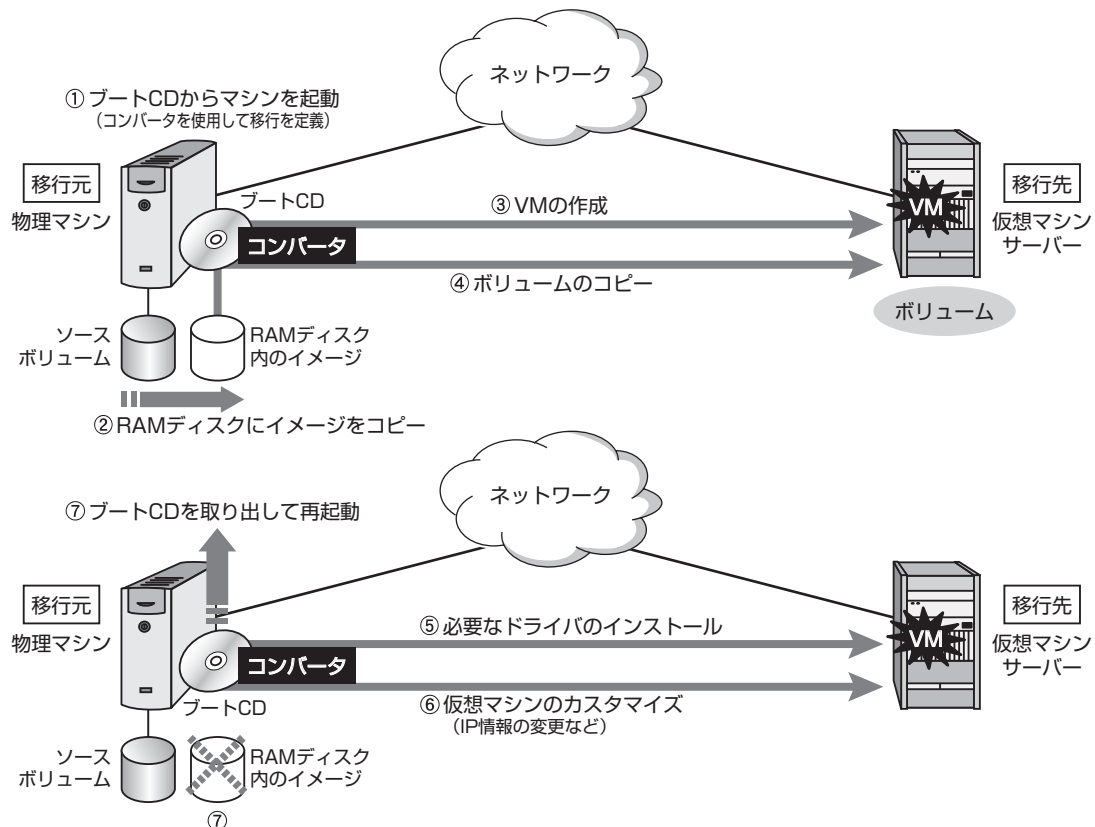


図6 P2V (オフライン移行)

オンラインP2Vはデータの整合性がとれない可能性があるなどのリスクがあるため、どの製品も原則としてオフライン移行を推奨している。

また、異なるハードウェアへの移行は環境への依存度が高いため、P2Vは常に成功するとは限らない。本検証では、以下に示す物理環境において、実際にP2Vが失敗する問題が発生した。

- 物理マシンがマルチブート環境の場合

- 物理マシンにハードウェア依存のドライバやソフトウェア (RAID 管理ソフトやリカバリツールなど) がインストールされている場合

移行対象となる物理マシン環境はシステムによってさまざまであり、P2Vの成否については実際のところやってみなければわからない場合が多いのが現状である。

P2V機能を利用する上で、こうした不確定な要素は必ずあるものと考え、移行作業は仮

想化導入時において最も詳細な計画と検証を行うべき作業のひとつである。

② ライブマイグレーション

ライブマイグレーションは、稼働中の仮想マシンを、オンライン状態で別の物理マシンに移動する機能である。これにより、複数の物理マシンをまたがって負荷調整を行ったり、ハードウェアの定期メンテナンスなどで計画停止が必要な場合でも、ほぼ無停止で仮想マシンを別の物理マシンへ退避し、サービスを継続させることができる。

■ 評価結果

ライブマイグレーションの内部的な仕組みとしては、移動元の仮想マシンの実行環境

(メモリーイメージ) をネットワーク経由で移動先のサーバーにコピーする。そのため、移動先のメモリーに十分な空きがない場合、仮想マシンが移動できずエラーとなる可能性もあるが、製品によってはあらかじめ移動先のリソースを予約してから実行できるものもある。

ライブマイグレーションが完了するまでの時間は、仮想マシンのメモリーサイズや負荷状況に依存するが、本評価で検証した仮想化製品は、いずれも数十秒～2分程度であった。ただし利用者から見たダウンタイムは瞬間的なものであり、実行中のアプリケーションやサービスにも影響がなく、実用レベルにあるといえる。

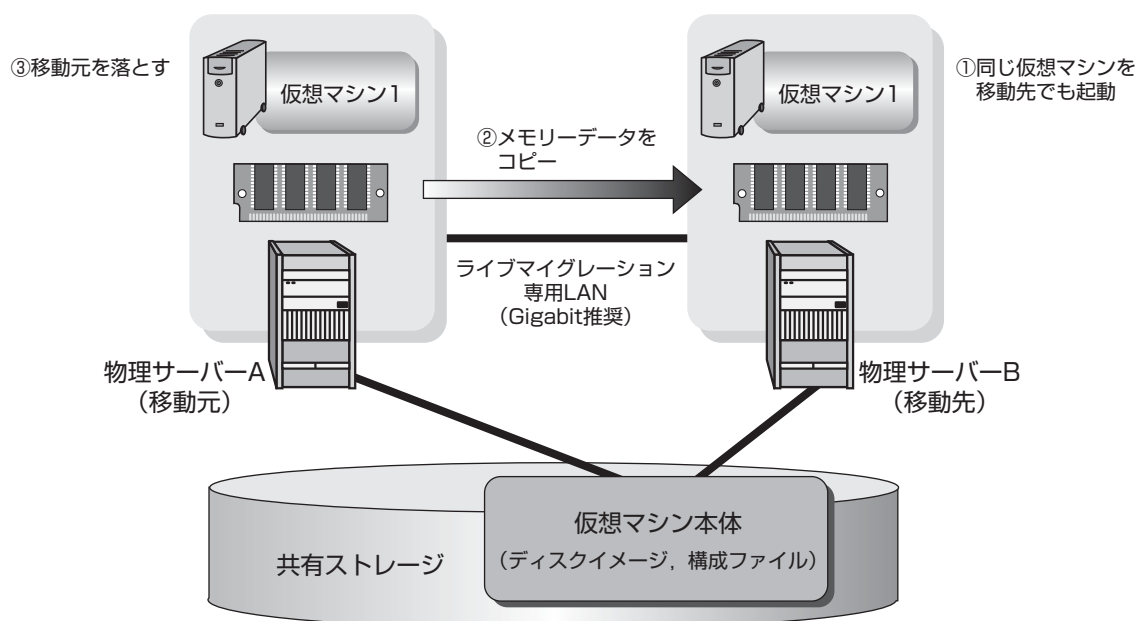


図7 ライブマイグレーション

以下に、実装上の考慮点を示す。

- 仮想マシンのデータは共有ストレージに配置し、移動元／移動先の両サーバーからシェアされている必要がある
- 移動元／移動先の CPU アーキテクチャーが同じであること
(異なる CPU 間でのマイグレーションは失敗する可能性がある。ただし、仮想化製品によっては CPU チェック機能を無効にしたり、仮想マシンで利用可能な CPU 機能をあらかじめ制限するなどの回避策を提示しているものもある。)
- 移動先の負荷が高いとマイグレーションに失敗する可能性があるため、できるだけリソースに余裕のある時間帯に実施するなど運用上の考慮を行うこと

(3) バックアップ/リストア

仮想化環境のバックアップにはいくつかの方法が考えられる。

バックアップソフトウェアをゲスト OS にインストールしてデータバックアップを行ったり、ストレージ装置の機能を利用したボリューム全体のバックアップを行うなど、従来の物理環境と同じ手法を使うこともできるが、仮想マシンそのものをファイルとして扱うことができる仮想化のメリットを活かし、仮想マシンのディスクイメージや構成ファイルをコピーすることで、システム及びデータをまとめてバックアップすることができる。

仮想マシンの Export/Import は、こうした仮想マシンを構成するファイルをまとめて保存する機能で、仮想マシン全体のフルバックアップを容易に行うことができる。

ただし、データの整合性を保つために仮想マシンをあらかじめオフラインにしておく必要がある。また、仮想マシン単位のバックアップとなるため、差分、増分バックアップがとれない、サイズの大きいファイルのバックアップ処理であるため物理マシン全体への負荷が大きいといった制約がある。

こうした課題に対応する機能として、一部の仮想化製品では仮想マシンのオンラインバックアップ機能を実装しているものもある。

仮想サーバーに 1 つのバックアップエージェントを展開することで、仮想マシンごとにバックアップソフトウェアをインストールする必要がなく、その上で稼働するすべての仮想マシンをオンラインでバックアップすることができる。

主な実装方法としては以下のような方法がある。

- 共有ストレージに取得した仮想マシンのスナップショットを、バックアップ専用サーバーからマウントしてバックアップ処理を行うことで、LAN やゲスト OS へ負荷をかけずにバックアップを行う
- 稼働中のシステムボリュームのバックアップ機能を利用してネットワーク経由でバックアップを行う

	方式①	方式②	方式③	方式④	方式⑤
方式概要	従来型のバックアップ方式		仮想環境独自のバックアップ方式		
			オフラインバックアップ		オンラインバックアップ
	ファイルコピー ※ゲストOSにバックアップソフトウェアを導入する	ボリュームコピー ※ストレージ装置の機能を利用したボリューム全体のバックアップ	仮想マシン全体のファイルコピー ※管理OSにバックアップソフトウェアを導入する	Export / Import	仮想マシンまたはボリュームのスナップショット機能を利用したバックアップ
取得単位	データ	VHD	VHD	VHD+構成ファイル	VHD（データ） または VHD+構成ファイル
オンライン可否	○	○	×	×	○
メリット	・従前の運用方式を維持できる ・ファイル単位や差分だけでなく柔軟なバックアップが可能	・仮想サーバーへの負荷を軽減できる ・仮想化製品の種類を選ばない	・OSとデータの両方を含む仮想マシン全体のバックアップが可能 ・ほとんどの仮想化製品で実行可能	・ほとんどの仮想化製品で実行可能 ・仮想マシンを構成するファイルをまとめてバックアップできる ・GUIから実行可能	・オンライン状態のままスナップショット機能を使って仮想マシン全体のバックアップが可能 ・仮想化製品によっては、VHDだけでなくファイル単位、差分など柔軟なバックアップが可能 ・仮想サーバーへの負荷を軽減できる
デメリット	・すべてのゲストOS上でバックアップソフトウェアを稼働させる必要がある ・仮想化のメリットを享受できない	スナップショット機能を持つストレージ製品が必要	・仮想マシンをオフラインにする必要がある ・特定のデータファイルや差分単位でのバックアップができない	・仮想マシンをオフラインにする必要がある ・仮想マシン全体のイメージ単位でしかバックアップできない	オンラインバックアップ機能を実装する仮想化製品が限定される
制約事項等	・機能は導入するバックアップソフトウェアに依存する ・仮想サーバーリソースを圧迫しないようスケジューリング調整が必要	主に仮想ディスクタイプがRawDiskの場合に使用する	構成ファイルは必要に応じてバックアップを行う	仮想ディスクタイプがRawDiskの仮想マシンでは実行できない場合がある	サードベンダーが提供するバックアップソフトウェアとの併用が必要なものもある

表4 仮想環境のバックアップ方式

クアップ対象の複製を作成し、このレプリカをマスターとして、その後変更差分のみを複数世代にわたって記録していく

■ 評価結果

Export/Import は、主要製品のほとんどが標準実装し、仮想マシンを構成するファイル

をまとめてバックアップできる便利な機能だが、これを自動化するには各仮想化製品が提供する API を使って何らかのプログラムを作る必要があり、管理負荷の効率化という点ではやや手間がかかる。

オンラインバックアップは、一部の仮想化製品のみ実装している機能だが、バックアッ

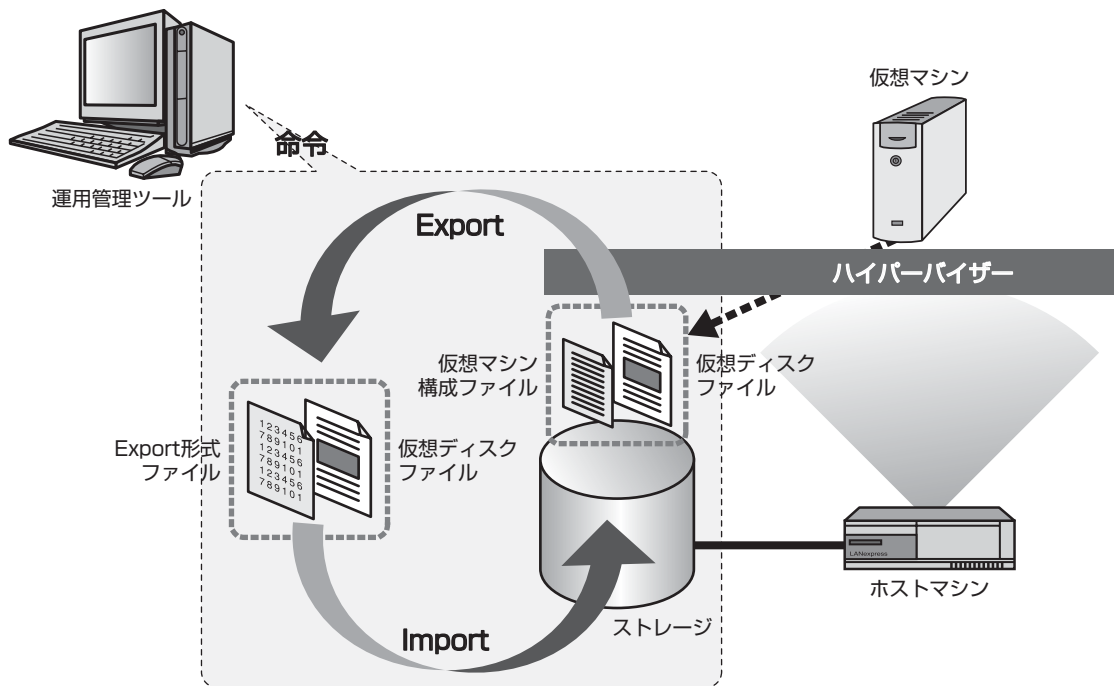


図8 仮想マシンのExport/Import

ブ専用のサーバーを使用した構成とすることで、ホストマシンに負荷をかけることなくバックアップを行うことができる。こうした機能はスナップショット技術をベースとしており、使用中のファイル（この場合仮想マシン）を、状態の一貫性を維持したままバックアップすることができる。バックアップ処理そのものはバックアップ専用サーバーが行うが、サードベンダーが提供するバックアップソフトウェアと連携して動作する製品の場合、当該仮想化ソフトウェア用の統合コンポーネントが用意されたバックアップソフトウェアを選定する必要がある。その際、バックアップの単位や設定可能な項目はバックアップソフ

トウェアの機能に依存する。

上記のように、仮想化環境のバックアップにはいくつかの方法があるため、システムの特長や重要度により、バックアップの取得単位（データのみかOSも含めたシステム全体を対象とするか）やオンラインバックアップの必要性などの要件をふまえて採用する方式や仮想化製品を選定する必要がある。

（４）障害監視

本検証では、仮想環境の障害時において、管理ツールから見たときの障害検知や検知後の動作として仮想マシンの復旧処理がどのように行われるかについて確認を行った。障害発生箇所は以下のとおり。

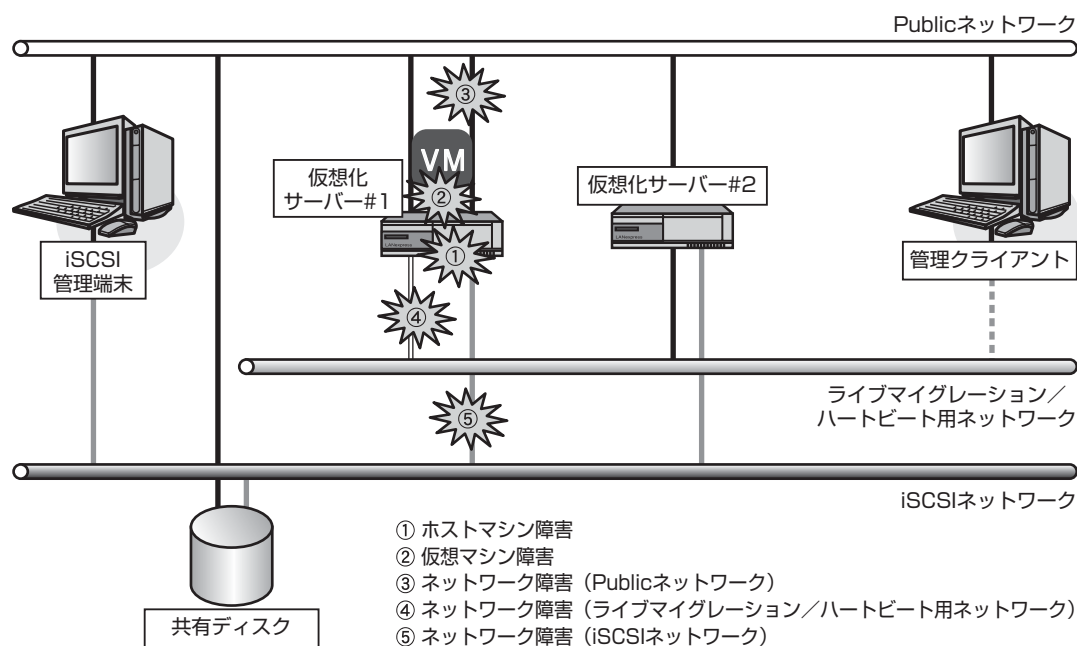


図9 障害監視テストにおける障害発生箇所

■ 評価結果

① ホストマシン障害

仮想化環境では、ホストマシンに障害が発生すると、その上で稼働するすべての仮想マシンも停止し、サービスの続行ができなくなる。

そこで、仮想マシンの可用性を確保するための対策として、一部の仮想化製品ではホストマシン障害時に仮想マシンを自動的に別の仮想ホスト上で再起動する機能が実装されており、仮想マシンのダウンタイムを最小限に抑えることができる。

こうした機能は、複数のホストマシンでリソースと管理インタフェースを共有し、ホストマシン同士のハートビートを通じて互いの

ノードが正常に動作しているかを監視することで実現される。

したがって、仮想マシンを構成するファイルが共有ストレージに格納され、ハートビート用のネットワークを構成しておく必要がある。また、障害を検知するためのハートビート間隔や仮想マシン再起動の優先順位なども設定することができる。

障害発生から仮想マシンの再起動完了までに要する時間は製品によって若干異なるが、本検証ではおおよそ1分弱～1分30秒程度であった。

② 仮想マシン障害

サーバー仮想化のメリットの1つとして、

ある仮想マシンが障害で停止しても、他の仮想マシンには影響しないという各仮想マシンの独立性の高さがあげられる。

本検証においても、1つの仮想マシンに擬似的な障害を発生させても、同じホストマシン上で稼働するその他の仮想マシンには影響が及ばないことを確認することができた。

しかし、仮想マシン障害時に仮想マシンを再起動させる機能については、今回検証した製品はいずれも対応していない、もしくは限られた条件(特定のプロセスが停止するなど)に合致した場合にのみ動作するなど限定的な仕様であった。

また、仮想化ソフトウェアにはゲスト OS 上のログやアプリケーションプロセスを監視する機能はなく、ゲスト OS のハングアップやアプリケーションのフリーズなどは、ハードウェア自体は稼働しているため検知自体が難しい。こうしたケースは、単なる冗長化では解決できないため、包括的な障害監視を行うサードベンダー製品との連携を検討する必要がある。

③ ネットワーク障害

本検証における仮想化製品の監視機能では、仮想環境を構成する一部のネットワークに障害が発生しても、ホストマシン同士または管理クライアントとホストマシンの通信が正常に行われている間は障害として検知できなかったり、仮想マシンの再起動が行われず

アクセス不能な状態のままとなるケースが多く見られ、実システムの監視環境としては対策が不十分である。

ルータやスイッチ、各サーバーの NIC などのネットワークインフラから HTTP や DNS などアプリケーションレベルでのサービス稼働監視までを漏れなく定期的に行うには、サードベンダーが提供するネットワーク監視システムとの併用を検討する必要がある。

また、実用上、物理環境と同様にネットワークを冗長化し、チーミング構成にすることが推奨されるが、その際、仮想化製品自体がチーミング機能をサポートするものと、ハードウェアベンダーやサードベンダーが提供するツールを利用する製品とがある。

(5) ワークロード管理

① リソース監視

仮想環境では、適切なワークロード管理を行うために、個々の仮想マシンに加え、仮想マシンの稼働するホストマシン全体のリソース使用状況を正しく把握する必要がある。そこで、リソースの稼働履歴をリアルタイムに収集し、レポートしたり、あるリソースが閾値に達した際に特定の動作を自動的に行ったりする機能が求められる。

■ 評価結果

個々の仮想マシン及びホストマシン全体の CPU、メモリー、ディスク、ネットワーク帯

域といったハードウェアリソース使用率のリアルタイム表示、履歴の保存、閾値による監視などは主要製品のほとんどが標準実装している。いずれもホスト OS 側から複数のゲスト OS のリソース情報を一括して取得したり、そのためのメトリクスが用意されている。

ただし、監視可能な項目や閾値設定の細さは仮想化製品によって異なる。例えば複数の CPU を搭載したサーバーの場合、個々の CPU 使用率を収集できる製品もあれば、全体の平均値でしか監視できないものもある。また、すべての監視リソースに対し閾値を設定できるものと、CPU とメモリーのみに限定される製品とがある。

② リソースの負荷状況に伴う仮想マシンの動的配置

仮想化製品の中には、上記で述べたようなリソース監視とともにライブマイグレーション機能を組み合わせることで、リソース使用状況に応じて仮想マシンを動的に別ホストへ移動（再配置）し、全体のワークロードを適切な状態に保つことのできるものがある。

■ 評価結果

仮想マシンが動的に配置されるタイミングとしては、以下の2つがある。

- 仮想マシンの初期配置
- 仮想マシン稼働中の再配置

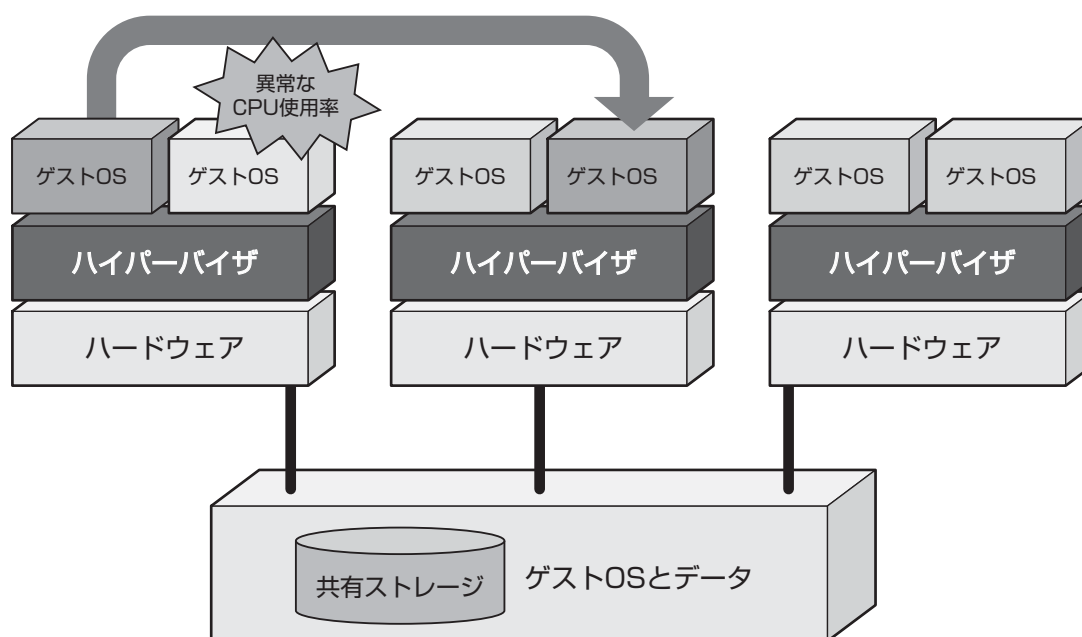


図10 リソースの負荷に応じた仮想マシンの動的再配置

前者は、仮想マシンをパワーオンする際、各ホストマシンのリソース使用状況を分析し、適切なホストマシンに配置する機能である。

後者は、稼働中の仮想マシンとホストマシンの利用状態をリアルタイムに把握し、システム全体のワークロードを適切な状態に保つため、閾値超えなど特定の条件やルールに基づいて仮想マシンを別ホストへ動的に移動させる機能である。

いずれも複数のホストマシンやハードウェアリソースをまとめて管理するためにグループ化しておき、そのグループ内で仮想マシンの配置先候補となる推奨ホストが選定される。選定の結果、管理画面に推奨ホストの表示のみ行う製品と、推奨ホストへ実際の配置までを自動化できる製品とがある。

仮想マシン稼働中の動的再配置について

は、「何をトリガとして仮想マシンの再配置が行われるか」「どういう仮想マシンが移行対象となるか」「どういうホストマシンが配置先として選定されるか」といった判定基準が仮想化製品ごとに異なる。本検証で使用した製品では、表5のとおりであった。

なお、負荷に応じたきめ細かな制御と環境設計の複雑さはトレードオフとなるため、システム要件や運用ポリシーによって適用する製品を選択し、適切な設計を行う必要がある。

また、ワークロードの最適化のために、どのホストマシンにも仮想マシンの動的再配置が行われる可能性があることを考えると、ある程度の余剰リソースを抱えたサーバーは必要であり、仮想化環境を構成するサーバーのサイジングの重要性は更に高くなると考える。

	製品A	製品B	製品C
動的再配置のトリガ	ホスト間で負荷の偏りが生じた場合 (詳細なロジックはベンダー非公開)	CPU使用率が閾値を超えた状態が一定時間続いた場合	CPU及びメモリー使用率が閾値を超えた状態が一定時間続いた場合
移動対象となる仮想マシンの選択基準	最も負荷分散効率のよい仮想マシン (詳細なロジックはベンダー非公開)	移動した際に、移動先ホストの閾値を超えない負荷の仮想マシン	最も負荷の高い仮想マシン
移動先ホストの選択基準	CPU及びメモリー使用率を考慮した結果、負荷分散効率のよいホスト 注) 完全に同一条件のホストが複数存在する場合は、ホスト名の昇順で決定される	以下の条件を満たすホスト ①最もCPU負荷が低い ②仮想マシンを移行しても監視リソースの閾値を超えない	以下の条件を満たすホスト ①ホストのリソースに「CPU予約」分の空きがある ②CPU及びメモリーの負荷が最も低い (or 最も高い) 注) 配置オプションにより異なる (その他のルール参照)
その他のルール	特定の仮想マシンを常に同じ (or 異なる) ホスト上で動作させるようルールを定義可能	仮想マシンの移動先となったホストは、移動後一定時間は再び動的再配置のターゲット (移動元/移動先) になることはない	ホスト間の負荷をできるだけ均一化する (or 単一のホストリソースをできるだけ使い切るようにする) よう配置オプションを設定可能

表5 仮想マシンの動的再配置の判定基準

（６）維持管理運用

① パッチ適用

仮想環境におけるパッチ管理、適用については、従来からある Windows Update や WSUS (Windows Server Update Services) などを使った方式に加え、仮想化製品自体が提供するソリューションがある。

その特徴的な機能として、通常稼働している仮想マシンだけでなく、オフラインの仮想マシンへの対応や、ホストマシンのメンテナンス時（ファームウェアの更新など）において、ホストマシン上で稼働するすべての仮想マシンを別のホストへダウンタイムなしに退避する機能を実装した仮想化製品もある。

■ 評価結果

仮想化製品としてパッチ適用機能を実装しているものは現時点ではごく一部に限られる。それらは、パッチ情報の収集や仮想マシンの自動スキャン、ベースライン（パッチ基準）に準拠しない仮想マシンの抽出、自動パッチ適用、オフライン仮想マシンへのパッチ適用といった基本機能についてはほぼ類似の機能を有する。

中には、仮想マシンをパッチ適用前の状態に戻せるよう直前にスナップショットを自動取得したり、ホストマシンへのパッチ適用時に仮想マシンを自動退避する機能を持つ製品もある。

（７）異種混在環境の管理

① 仮想環境と物理環境の一元管理

仮想化の導入を検討する際、ターゲットとするサーバーが仮想化に適しているかどうかの見極めは重要な作業である。

一般的には、CPU やメモリーなどハードウェアリソースを多く占有するサーバーについては、ほかの仮想マシンと共存する上で競合が起りやすいため仮想化には向かないと言われている。また、特殊なハードウェアを接続しているサーバーについても、仮想化ソフトウェアがこれらのデバイスドライバに対応しておらず利用できない可能性があるため、事前に各ベンダーに動作状況を確認しておく必要がある。

このように、アプリケーション特性や環境面での制約上、現実的には仮想化できないサーバーが存在する場合、物理サーバーと仮想サーバーの混在環境を一元的に運用管理できるソリューションが求められる。

現時点で、仮想化ベンダーが提供する管理ソリューションは仮想化環境向けに特化されたものが多く、物理環境も含めたシームレスな管理が行える製品はごく一部に限られる。

そこで最近では、仮想化ベンダーだけでなく、既存の物理環境を対象とした運用管理ツールを提供するベンダーが、物理／仮想両方のサーバーを同時に、同じ方法で管理するための機能強化を行うケースが増えている。

複雑化するデータセンター環境において、

あらゆるサーバーを可視化し、柔軟かつダイナミックな構成変更や状態監視などを、統一された GUI の管理画面から行うことのできる運用管理ツールは必須であり、今後ますます高度な機能が求められていくだろう。

② マルチベンダー仮想化環境の管理

ハイパーバイザーのコモディティ化が進み、目的やニーズに応じて異なる仮想化製品を導入していくと、仮想化ベンダーがそれぞれ専用の管理ツールを用意している現在、運用管理者はそれぞれのツールを習得し使いこなさなければならなくなり、負担が大きい。

そこで、さまざまなベンダーの仮想化プラットフォームが混在するヘテロジニアスな環境を統合的に管理できるツールが必要となる。しかしこれも仮想/物理環境の一元管理と同様、対応している仮想化製品はごく一部であり、サポートする仮想化プラットフォームも限定される。

しかし、複数の仮想化プラットフォームをまたぐ管理やオーケストレーション、自動化など、マルチベンダー仮想化環境における運用管理機能の拡充には、仮想化製品を提供する多くのベンダーが取り組んでおり、これからもその動向から目が離せない。

【運用管理機能検証 総括】

上記のとおり、仮想化環境における運用管理ツールは、製品によって実装機能の豊富さ

や成熟度の違いは若干あるものの、仮想マシンを制御するための基本的な機能ラインナップは、どの製品もほぼ同等であると考ええる。

競合上の優位性を示すポイントとしては、個々の機能における制御項目のきめ細かさや柔軟性、オンラインバックアップや HA (High Availability：高可用性)、自動化されたワークロード管理など先進的な機能の充実度といった点があげられる。

それぞれの製品の特性を理解し、求められるサービスレベルに従って適切に選択することが重要である。

サーバー仮想化技術の普及には、仮想化のメリットを引き出し、煩雑性を解消するための運用管理機能の充実が必須である。

今後はサードベンダー製品も含め、仮想化環境を統合的に管理し、運用管理負担を軽減するための機能拡張がますます進むだろう。

4. 性能検証結果

本検証では、同一機種、同一スペックの IA サーバーを 2 台用意し、1 台を仮想化しない

性能測定ツール
OS (Windows/Linux)
H/W (HP ProLiant DL360 G5) Quad Core Xeon 5355 (2.66GHz) x2 13GB×メモリー 72GB SAS HDD (内蔵) x2

図 11 性能検証環境（非仮想化環境）

仮想マシン1	仮想マシン2	仮想マシン3	仮想マシン4
性能測定ツール ゲストOS (Windows/Linux)	性能測定ツール ゲストOS (Windows/Linux)	性能測定ツール ゲストOS (Windows/Linux)	性能測定ツール ゲストOS (Windows/Linux)
仮想化レイヤー (ハイパーバイザー)			
H/W (HP ProLiant DL360 G5) Quad Core Xeon 5355 (2.66GHz) x2 13GBメモリー 72GB SAS HDD (内蔵) x5			

図12 性能検証環境（仮想化環境）

物理マシンとして、もう1台を仮想化したホストマシンとして性能検証に使用した。

仮想化したホストマシンには、WindowsまたはLinuxをゲストOSとする仮想マシンを最大4つまで作成し、それぞれに同量の物理リソースを割り当てる構成とした。

各ゲストOS上ではハードウェア性能（CPU、メモリー、ディスクI/O、ネットワーク）を計測するための性能測定ツールを稼働させ、物理マシン性能を基準にして仮想化環境の性能特性を明らかにし、また、同一筐体内

	対物理性能				4仮想マシン同時稼働時			
	製品A	製品B	製品C	製品D	製品A	製品B	製品C	製品D
CPU	93%	96%	99%	90%	70%	67%	69%	72%
メモリー	99%	95%	98%	94%	62%	52%	50%	49%
ディスク(Read)	95%	89%	94%	94%	82%	92%	98%	91%
ディスク(非同期Write)	70%	86%	75%	85%	92%	95%	104%	96%
ディスク(同期Write)	異常値	87%	65%	100%	93%	40%	41%	97%
ネットワーク	100%	100%	100%	98%	25%	25%	25%	26%

表6 ハードウェア性能検証結果（一部を抜粋）

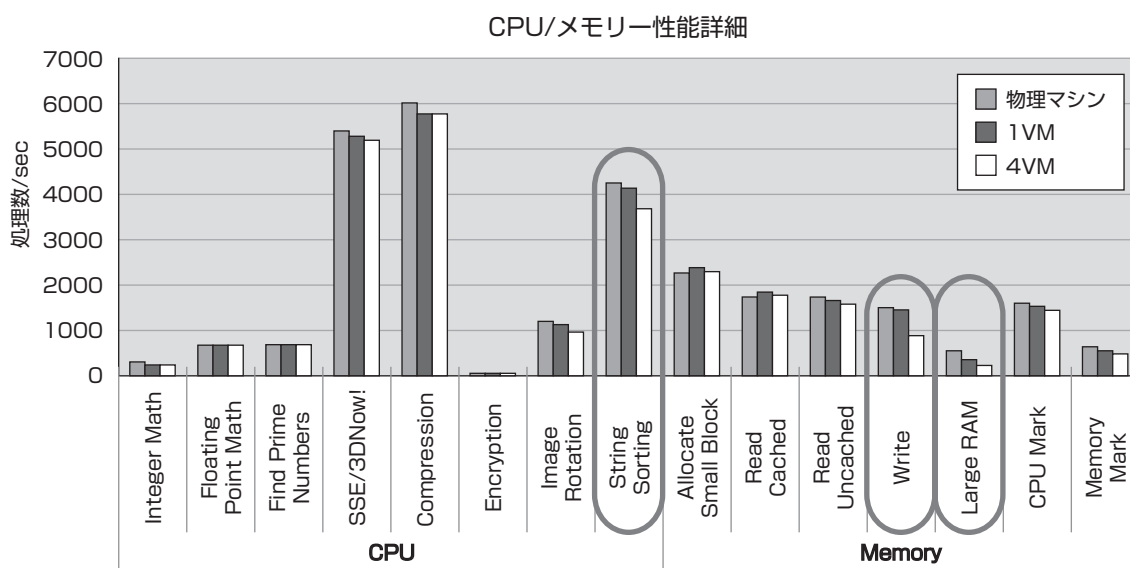


図13 CPU/メモリー性能のオーバーヘッド（一部の処理のオーバーヘッドが高い）

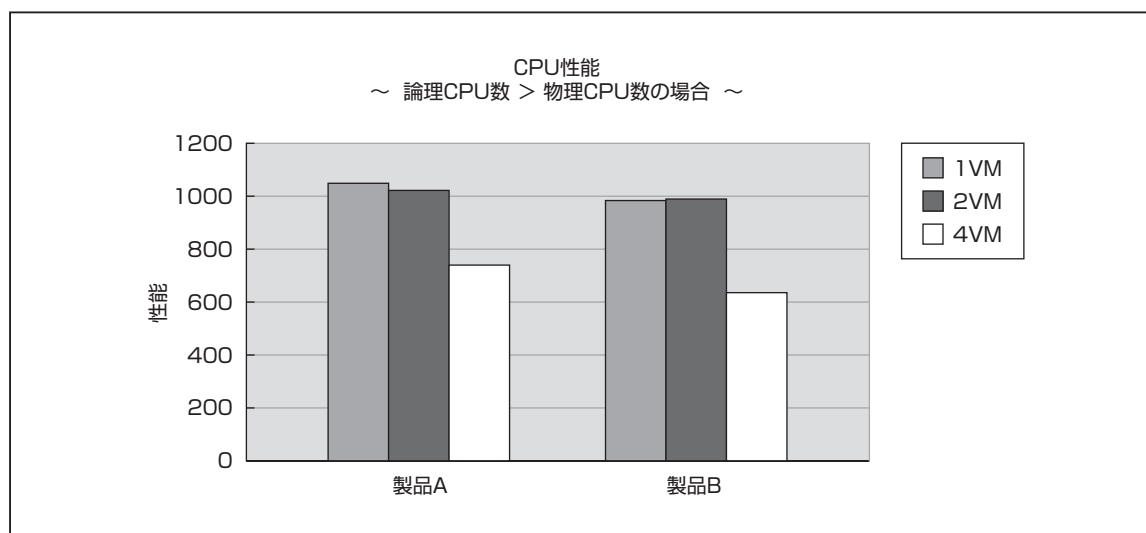


図14 仮想マシンに割り当てるCPUの合計が物理CPU数を超えた際のオーバーヘッド
(4仮想マシン稼働時に物理CPU数を超えるケース)

で稼働する仮想マシンの数が増えた場合の性能劣化がどの程度発生するかについて検証を行った。

(1) 物理マシンとの比較

物理マシン性能を100%とした場合の、仮想マシン性能(ホストマシン上に1仮想マシンのみ稼働させた環境)について以下に記述する。

① CPU 性能

CPU 性能は、どの仮想化製品もおおむね物理マシンに対し90%以上の性能が得られ、仮想化による性能劣化はごく軽微である。

② メモリー性能

メモリー性能についても1仮想マシンの場合

はオーバーヘッドはほとんど見られなかった。

ただし、今回使用した性能測定ツールでは、メモリー性能を計測する際、いろいろな種類のメモリー処理を複合的に実行することができ、それらの結果を個別に見ると、ゲストOSがWindowsの場合、少量ブロックのアロケートやRead性能については物理マシンとほぼ同等の性能を得られたが、メモリーの大量アロケートでは50～60%程度の性能しか出していない製品もあり、実運用では注意が必要である。

③ ディスク性能

ディスク性能は、アクセス方式(同期/非同期、ランダム/シーケンシャル)やI/Oブロックサイズなどによってばらつきがあり、物理

性能を大きく上回る異常値なども見られたため一概には比較できないが、製品によっては60%程度まで劣化するケースもあるため、適用にあたっては、実システムのアプリケーションを使った十分なテストが必要である。

④ ネットワーク性能

ネットワーク性能は、1仮想マシンの場合、ほとんどの仮想化製品において性能劣化はほとんど見られなかった。

ただし、ゲスト OS が Windows の場合に、ネットワーク性能（特に送信性能）が極端に遅い製品もあった。

（2）仮想マシン数の増加に伴う性能の変化

ホストマシン上に1仮想マシンのみ稼働させた環境での性能を100%とした場合の、複数仮想マシン性能（ホストマシン上に最大4仮想マシンを稼働させた環境）について以下に記述する。

① CPU 性能

1仮想マシン性能と比べ、どの仮想化製品もおおむね70%前後の性能を得た。

ただし、各仮想マシンに割り当てるCPUの合計が物理CPU数を超えてしまうとオーバーヘッドが大きくなるため、注意が必要である。

② メモリー性能

最大4仮想マシンのテストでは、50～60%程度の性能を得た。中には文字列ソートやWrite処理の性能劣化が比較的大きい製品も見られ、物理マシンとの比較結果とあわせ、注意が必要である。

③ ディスク性能

対物理マシン性能と同様、ばらつきが大きい結果となり、非同期I/Oの性能劣化が激しいもの、ブロックサイズが小さい場合のRead性能が悪いものなど仮想化製品によって特性も異なる。4仮想マシンで40%程度まで劣化する製品もあり、同時稼働する仮想マシン数の増加に伴いリソース競合が発生しやすくなり、これらの性能はさらに劣化する可能性があるため、注意が必要である。

④ ネットワーク性能

本検証環境では、1つの物理NICを複数の仮想マシンで共有する構成であったため、同時稼働する仮想マシン数の増加に比例して性能劣化する結果となった。

【性能検証 総括】

上記のとおり、仮想化環境における性能は、一部のメモリー処理についてオーバーヘッドが問題となる傾向が見られた。

しかし最近では、CPUベンダーによる仮想化支援機能の強化に向けた取り組みも積極

的に行われており、仮想メモリアドレスから物理メモリアドレスへの変換方式の改善などによるメモリアクセスの効率化が図られ、今後は性能向上が期待できる。

また、ディスク性能については、最も競合が発生しやすくボトルネックとなりやすいリソースであることに加え、テストケースによるばらつきも多く見られたため、仮想化導入時には実システムと同等の環境において、アプリケーション特性に則した十分なテストを行う必要がある。

5. システム全体の評価基準の検証結果

(1) 仮想化アーキテクチャー

ハイパーバイザー型の仮想化アーキテクチャーは、デバイスドライバの実装方法によって大きく2つに分類される。^[3]

モノリシック型は、ハードウェアにアクセ

スするためのデバイスドライバがハイパーバイザーの中に存在するタイプで、ゲストOSからハードウェアへのアクセスが必要になると、ハイパーバイザーとそのデバイスドライバを通してアクセスが行われる。

マイクロカーネル型は、ハイパーバイザー上で動作する仮想マシンの1つがゲストOSを管理したりハードウェアにアクセスできる特権を持っており（管理OSという）、ここにデバイスドライバを保持するタイプで、各ゲストOSは管理OS経由でハードウェアにアクセスする。

モノリシック型ハイパーバイザーは、ハイパーバイザー層にドライバが実装されるため、仮想化ベンダーは自社ハイパーバイザー専用の独自ドライバを開発する必要があり、対応可能なハードウェアがある程度限定され

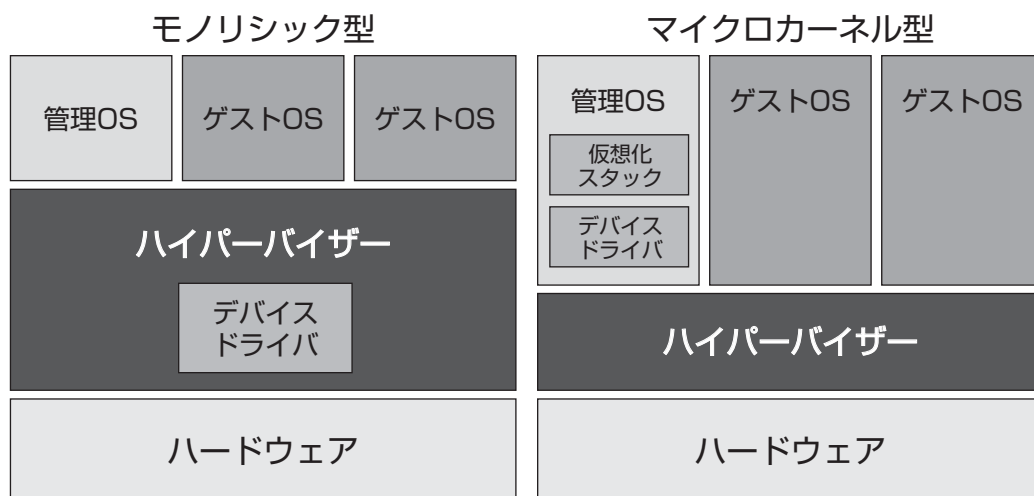


図15 ハイパーバイザー実装方法の違い（出所：マイクロソフト）

る。しかし、仮想化レイヤーの構成は比較的複雑になるものの、ゲスト OS がハイパーバイザーを介しハードウェアにアクセスできるため、一般的にパフォーマンスに優れるといわれる。

マイクロカーネル型ハイパーバイザーは、管理 OS (Windows や Linux) で動作する標準的なドライバが利用可能で、豊富なハードウェアに対応できる。しかし一方で、I/O 処理をはじめとする多くの制御が管理 OS を介して行われるため、ゲスト OS のパフォーマンスや安定性は管理 OS の影響を受けやすい。

(2) サポートするゲスト OS

サポートするゲスト OS の種類は、仮想化製品によってそれぞれ異なるため、Service Pack のバージョンなども含め事前に確認しておく必要がある。特に Windows NT 4.0 などのレガシー OS はサポートする製品に限られるため注意が必要である。

また、仮想化製品の中には、複数の仮想マシン間で同一のメモリーページ (ゲスト OS のシステム領域など) を共有することでメモリーをより効率的に使用できる機能を持つものがあるため、同一ホストマシン上で同じ種類のゲスト OS を稼働させるとそうしたメリットをより享受できるだろう。

(3) リソースの割り当て

各仮想マシンに割り当て可能なシステムリ

ソースの配分単位や最大量は、仮想化製品によって異なる。

例えば CPU の場合、1 物理 CPU 単位での割り当てのほか、割合 (物理マシンが持っているすべての CPU のうち、何パーセントを仮想マシンに割り当てるか) やクロック数 (MHz) 単位での配分指定を行うことができる。

また、1 つの仮想マシンに割り当てることのできる CPU やメモリー量の上限值も製品によってそれぞれ異なるため、求められるリソース配分のきめ細かさやスケーラビリティ要件に則してこれらの仕様を事前に確認しておく必要がある。

(4) 独自開発の容易性

GUI による仮想マシンの管理操作を自動化したり、既存の運用管理ツールと連携するような場合、独自にプログラム開発を行うための API や開発キットが必要になる。

主要製品のほとんどが、ソフトウェア開発者向けに仮想マシン制御用の開発キットやスクリプティング言語を用意しており、公開されている API を使ってプログラムを独自開発することができる。

もともと作り込みしなくても GUI 操作でほとんどの管理操作を自動化設定できる製品もあれば、ウィザードによる GUI 操作の内容をそのままスクリプトとして出力でき、それをスケルトンとして修正できる製品もある。

(5) 導入コスト

サーバー統合によってシステムリソースの利用率を向上し、コスト削減に貢献することは仮想化技術の主たるメリットのひとつであるが、ここで注意しなければならないのは、ハードウェアコストだけでなくソフトウェアのコストについてである。

仮想化によってハードウェアは統合すればするほどコストを下げられるが、仮想マシン上で稼働させる OS やミドルウェアなどのコストは、そのライセンス体系に依存するため、意外に減らない可能性もある。仮想化製品そのものの課金単位や金額もちろんだが、その上で稼働するソフトウェアに関するライセンス体系にも考慮する必要がある。

仮想化環境で特定のソフトウェアを使用する場合、そのライセンスの考え方はソフトウェアベンダーによって異なり、仮想マシン単位で課金されるものもあればホストマシン単位で課金されるものもある。

また、ホストマシンに搭載された CPU の一部を仮想マシンに割り当てる場合でも、物理 CPU 数分のライセンスが必要となるものや、ライブマイグレーションで移動する可能性のあるすべてのサーバーごとにライセンスが必要なものもある。

ソフトウェアベンダーの中には、柔軟な「仮想化ライセンス」を提供している製品もあるが、仮想化環境を想定したライセンス体系の見直しが追いついていない製品も多い。したがって、

各製品の最新動向を継続的にウォッチし、検討することが必要である。

(6) サポート体制

ユーザーが仮想化を採用する際、最も大きな課題の 1 つとなるのが、ゲスト OS および ISV 各社が提供するソフトウェアのサポートの問題である。

正式なサポートが発表されていない場合、仮想化環境で稼働するゲスト OS やアプリケーションで問題が発生した際、非仮想化環境（ハードウェアに直接 OS をインストールした通常の物理マシン環境）でも同じ問題が再現しないとベンダーがサポートしてくれない場合がある。

そのため、問題の原因が仮想化ソフトウェアにあるのか、OS にあるのか、アプリケーションにあるのかといった切り分け作業や、非仮想化環境における問題の再現性検証をユーザー自身が行う必要がでてくる。

これらはいずれも時間とコストがかかる作業であり、サポートを重視するユーザーにとっては、仮想化を開発やテスト環境レベルの利用に留まらせ、本番環境への導入の障壁となる問題となっている。

そこで、最近では OS ベンダーが自社 OS に同梱する形で仮想化機能を提供し、ゲスト OS も含めたワンストップサービスが可能な製品も登場してきた。

また、仮想化ベンダー同士が互いの検証/

認定プログラムに参加することで、仮想化プラットフォームの相互検証を行い、ユーザーに協調的な技術サポートを提供する取り組みや、ISV 各社による仮想化環境での検証作業や動作保証も行われ始めている。

こうした仮想化環境を安心して使うことのできる仕組み作りが加速するにつれ、今後サーバー仮想化の普及は更に進んでいくだろう。

6. おわりに

今回の検証を通して、仮想化市場におけるハイパーバイザー型アーキテクチャーの主要製品は、運用管理の基本機能については大差がなく、管理の自動化や高可用性ソリューションといった先進的な機能によって差別化が図られていることがわかった。

性能面については、製品によってメモリーやディスク I/O の性能劣化が懸念される可能性があるため、仮想環境で実際に動作させるアプリケーション特性に即した十分なテストを行う必要がある。

このように、製品によって多少の機能差はあるものの、本評価以降もベンダー各社による仮想化ソフトウェアおよび仮想化を支えるハードウェアの機能増強への取り組みが加速していることから、その差も近い将来埋まってくる事が予測される。

一方で、仮想マシンイメージの標準規格である OVF (Open Virtualization Format)^[2] の策定が、標準化団体である DMTF

(Distributed Management Task Force) によって進められ、さまざまな仮想化プラットフォームが混在する環境における相互運用性の向上が期待できる。こうした動きによって仮想化プラットフォームへの非依存性が進み、かつハイパーバイザーの成熟度が高まると、今後ますます各ベンダーによる管理性向上に向けたソリューション強化は加速することになるだろう。

したがって、進化する製品の特長を押さえながら、仮想化するシステムの特性や重要度、要件をふまえて採用する製品を選択する必要がある。

今後も日々進歩する仮想化技術の最新動向を的確に捉え、最適なソリューションの提供を目指した取り組みを引き続き進めていきたい。

●参考文献●

- [1] IDC Japan 株式会社
<http://www.idcjapan.co.jp/top.html>
<http://www.idcjapan.co.jp/Press/Current/20090423Apr.html>
- [2] OVF
<http://www.dmtf.org/home>
- [3] マイクロソフト株式会社
<http://www.microsoft.com/ja/jp/default.aspx>
<http://technet.microsoft.com/ja-jp/magazine/2008.10.hyperv.aspx>