

KVM と Xen Server 上のゲスト OS の ベンチマーク結果の比較

土田隆裕[†] 趙武魁[†] 黒木一平[†] 渡辺勝弘[†] 黒川原佳[†] 姫野龍太郎[†]

1 つの物理ホスト上で、複数のサーバマシンを稼働させる仮想化技術が普及している。特に注目の大きいものがクラウドシステムである。ハイパ・バイザが導入されたサーバマシンを大量に導入し、それを一括で管理するシステムである。Amazon EC2 などのパブリックなクラウドサービスの増加もあるが、一方で自社内や学内のみで利用できるプライベートクラウドの導入事例なども増加している。

クラウドシステムの利用例としてあげられるのが、計測・計算用などの一時的な環境を構築するためにクラウドシステムを利用するものである。即座にサーバを展開できるクラウドシステムと相性が非常に良いためである。

しかし計算用途の仮想ホストでは実行するプログラムの実行速度が重要になってくる。仮想ホストの演算速度などに大きく影響するのが、仮想ホストが動作しているハイパ・バイザである。

そこで本稿では Xen と KVM の 2 つのハイパ・バイザで演算能力やメモリの IO 速度などについてベンチマークを行いその結果の比較を行った。本稿はそのベンチマーク結果について述べる物である

Compare to result of benchmark about guest-OS on KVM and xen-servers

TAKAHIRO TSUCHIDA[†] BUKAI CHO[†] IPPEI KUROKI[†]
KATSUHIRO WATANABE[†] MOTOYOSHI KUROKAWA[†] RYUTARO HIMENO[†]

Virtual technology which is some servers can run on physical server become widespread. Especially cloud system is get attention. Cloud system is management system for a lot of hypervisor in bulk. Increasing public cloud systems which like Amazon EC2. On the other hand, introduction example of private cloud system which can use within the company or campus.

Temporary server for experiment or calculation is example of the use for cloud system. Cloud system has a good chemistry, because be able to rapid construction.

However calculation server is important for running speed at program. Performances of virtual machine depend on hypervisor.

Therefor on this paper, to compare result of benchmarking to examine performance of calculation, IO speed of memory, networks and others on Xen and KVM. On this paper stets for that result.

1. はじめに

サーバの仮想化技術の発達により、単位物理ホストに対して複数のマシンを構築してサービスを提供することができる。特に DNS や DHCP などのサーバ類は重要性こそ高いものの、リソースをほとんど必要としないため仮想化技術とは非常に相性が良い。こういったインフラに関連するシステムの仮想化は研究所や一般企業を問わずに積極的に取り入れており、物理的なマシン数の削減や消費電力の削減にも非常に貢献している。

またインフラを提供するサーバの仮想化とは別に、Amazon EC2 や nifty クラウドなどのクラウドシステムを用いることで高速にサーバを展開し、利用者に貸し出すサービスも見られる。こういったサービスの利用者はユーザー自身が物理的なサーバを購入せずに、サーバを利用することが可能になるというメリットがある。

上記のクラウドシステムを自社内や学内などにローカルで提供するサービスの導入事例が見られる。アカデミッ

クな分野での代表的な事例として北海道大学で導入しているアカデミッククラウドが例に挙げられる。この北海道大学のクラウドシステムでは hadoop などの研究開発に必要なクラスタシステムのサーバ環境の提供が可能システムとなっている。これにより web サーバなどのインフラを提供するハードウェア基盤とするだけではなく、仮想ホストを必要な時に必要な分だけ提供可能な基盤技術と、することができる。

しかし仮想ホストはホストマシンの性能と共に使用するハイパ・バイザによって大きく性能の変化が起きる。インフラを提供するサーバの種類によっては過剰にリソースを要求することが少ないため、性能低下よりも安定性などを考慮してハイパ・バイザを選択する傾向にある。しかし一方で研究開発用のサーバでは計算用クラスタの構築を行ったり、テラバイトクラスの大容量のデータからアライメントを行い、類似したデータの検索を行ったりするなど、高い演算能力や IO 速度が求められる傾向にある。今回の想定は後者のリソースをより多く求められるサーバが提供可能なプライベートシステムの構築にある。このため、安定性に加え、IO 速度や演算能力などを考慮してハイパ・バ

[†] 理化学研究所 情報基盤センター
riken acc

イザを選択する必要がある。

そこで本稿では XenServer(以降: Xen)と KVM をベースに、演算能力や IO 速度の高いプライベートクラウドシステムを構築するためのハイパ・バイザとして有効かの調査を行うことを目的とする。またその調査方法として各ハイパ・バイザ上に仮想ホストを立ち上げ、ベンチマークソフトを実行させてそのスコアの差を比較した。

2 章では従来すでに行われているベンチマーク例の調査結果を、3 章では本計測において利用したベンチマークの環境を述べる。4 章では CPU 速度を計測するベンチマークの内容とそれぞれの結果を、5 章ではメインメモリの速度の測定を、6 章ではネットワークの通信速度を、7 章ではサーバーマシンのローカル HDD の IO 速度を述べる。8 章にてそれぞれのベンチマーク測定の結果を踏まえた考察を述べたのちに 9 章にてまとめとする。

2. 仮想環境でのベンチマークなどの例

2.1 単一のハイパ・バイザでの性能評価

仮想環境を利用したベンチマークテストとして、富士通が PowerFLOW や SCERY/Tetra を行った例がある¹⁾²⁾。この計測では複数のノード数で仮想 OS 時と実機時のスコアの差を比較している。この計測例は仮想環境に関しては vmware のみでその他のハイパ・バイザは比較していない。本稿では複数のハイパ・バイザを用いて比較を行っている。

大内ら³⁾は KVM を利用してネットワークスループットの計測を行った。この計測では仮想ホストと実機、また NIC の通信速度が 1G の場合と 10G の場合でそれぞれ比較をしている。しかし他のハイパ・バイザとの比較は行っていない。

金田ら⁴⁾は仮想環境を利用して、複数のマシンを単一のクラスタとして利用できるシステムを構築した。この研究では仮想環境を利用して計算用クラスタの用途として耐えうる環境の構築を目指しているが、計測環境は Xen のみで他のハイパ・バイザの利用は行われていない。

中尾ら⁵⁾は同様に仮想環境上にて計算用クラスタを構築し HPL を利用して性能評価を行っている。この研究では単位ホストあたりのノード数を増やすことで性能の低下が発生するとある。この研究も同様に利用したハイパ・バイザは Xen のみで他のハイパ・バイザとの比較は行っていない。

豊島ら⁶⁾は Xen を利用して仮想環境上にて計算用クラスタの構築を行い、iSCSI による外部ストレージへのベンチマークを行っている。しかしこの研究ではクラスタでのベンチマークを行っており、実機の場合でのデータを取得・比較を行っていない。また他のハイパ・バイザによる計測も行っていない。

2.2 仮想化に適したハードウェアを確認する研究

より仮想化に適した CPU の比較として、日本仮想化技術研究所による研究がある⁷⁾。しかし本研究では仮想化基盤

をのせるハードの CPU の優劣を比較するものであり、ハイパ・バイザの比較を行っている物ではない。

3. ベンチマーク環境

ベンチマークを行った環境に関して述べる。3.1 では構築した仮想環境について、3.2 ではベンチマークに利用したベンチマークソフトなどに関して述べる。また今回検証に利用したマシンのスペックを表 1 に示す。

表 1 実機計測環境

機器	スペック
CPU	Intel Xeon CPU E5506 (4Core/2.13GHz) * 4
Memory	24GB
HDD	SAMSUNG HE161HJ 7200RPM 160GB * 2 RAID1 構成
NIC	Broadcom Corporation NetXtreme II BCM5716 Gigabit Ethernet
Kernel	Linux 2.6.x x86_64 GNU/Linux
Compiler	GCC 4.4.6 (x86_64-linux-gnu)

3.1 ハイパ・バイザ

ハイパ・バイザには red hat 社の KVM, Citrix 社の Xen の 2 種類を用いて計測を行った。ハイパ・バイザのスペックを表 2 に、またそれぞれの仮想ホスト上で動作させる OS のスペックを表 3 に示す。

また KVM は仮想環境をチューニングできるが⁸⁾、今回はすべての計測をデフォルトの設定で行っている。

表 2 ベンチマークに利用した仮想環境

	分類	バージョン
KVM	Kernel	Linux 2.6.x x86_64 GNU/Linux
	Compiler	gcc 4.4.6 (x86_64-linux-gnu)
	Qemu-kvm	qemu-kvm-0.12.3
	Libvirt	0.7.5
Xen	Xen	6.0.201
VMware	EXSi	5.0

表 3 仮想 OS のスペック

項目	性能
CPU(KVM)	QEMU Virtual CPU version 0.12.3 (1Core/2.13GHz) * 4
CPU(Xen)	Intel Xeon CPU E5506 (1Core/2.13GHz) * 4
MEMORY	10GB
Hard Disk	Virtual Disk Over NFS 20GB
NIC	Virtual NIC Gigabit Ethernet
Kernel	Linux 2.6.x x86_64 GNU/Linux
Compiler	GCC 4.4.6 (x86_64-linux-gnu)

3.2 ベンチマークソフト

今回の調査では CPU の処理速度、メモリへの IO 速度、ローカルストレージへの IO 速度、ネットワークスループ

ットについてベンチマークソフトを使用して計測を行った。

CPU リソースを計測するために使用したベンチマークソフトとその結果について4章で、メモリについては5章で、ネットワークスループットについては6章で、ローカルストレージについて7章で述べる。またベンチマークではないがSCPによるファイル転送の比較も行ったこのファイル転送について8章で述べる。

3.3 ベンチマーク結果のスコアの算出方法

ベンチマークソフトごとに12回の試行を行った。得られた結果から、最大値と最低値をアノマリとしてのぞいた値の平均値を抽出し、計測結果とした

4. CPU 演算速度の計測

仮想環境でのCPU速度に関して述べる。CPUの演算速度の計測に姫野ベンチマーク、SuperPI、Blast(アプリケーションベンチマーク)の3種類のベンチマークソフトを利用した。

4.1 姫野ベンチマーク

姫野ベンチマークのパラメーターには”m = 256 x 128 x 128”を指定した。表4に各環境でのスコアを示す。表4にあるように、姫野ベンチマークではXenの方がKVMよりも高い性能を示した。

表4 姫野ベンチのスコア(単位: FLOPS)

分類	スコア
実機	1962.766657
KVM	1850.256810
XEN	1903.083931

4.2 SuperPI

SuperPIでの計測結果を示す。今回の計測では”m-20”のパラメーターで計算を行った。その結果を表5に示す。SuperPIの計測結果はKVMの方が高い性能を示した。

表5 SuperPIのスコア(単位: 秒)

分類	スコア(秒)
実機	16.482
KVM	17.5139
XEN	19.7678

4.3 Blast

Blastの計測結果を示す。与えたパラメーターは”time blastn -query test_query.fa -db refseq rna -task blastn -dust no -outfmt 7 -num_alignments 2 -num_descriptions 2”である。Blastはシーケンスデータベースやライブラリから検索を行うプログラムである。今回の計測では、小さいサイズのデータベースから検索を行うパラメーターを与えているが、これはローカルディスクのIO速度の低下などの影響を受けるのを避けるためである。表6にBlastの計測結果を示す。

す。表6にあるように、実機と各ハイパバイザのスコアの差をとると、Xenの方がより実機に近い結果になっていることがわかる。

表6 Blastのスコア(単位: 秒)

分類	スコア(秒)
実機	19.573
KVM	21.6831
XEN	20.9145

4.4 計測結果の考察

上記のCPUベンチマークの結果を見ると、SuperPI以外はXenが高いスコアを出している。高い性能を示した姫野ベンチマークとBlastはメモリのIO性能に依存するベンチマークソフトであることから、XenはメモリのIO性能において高い性能を出せる可能性があると考えられる。

実際に各ハイパバイザのメモリパフォーマンスに大きな差が出るか検証するために、メモリIO速度の計測を行った。そのベンチマーク結果を5章で述べる

5. メモリIO速度の計測

メモリIOに関するベンチマークソフトとしてStreamを使用した。この計測をシングルプロセスとマルチプロセスについて行った。またマルチプロセスでは4プロセス実行した

シングルプロセスに関する結果を5.1にマルチプロセスを5.2に示す。また与えたパラメーターはそれぞれ”Array size = 10000000 と run times = 20”である。

5.1 シングルプロセスの結果

シングルプロセスの計測結果について述べる。計測結果を図1に示す。Xenに関しては実機とほぼ変わらない結果となった。

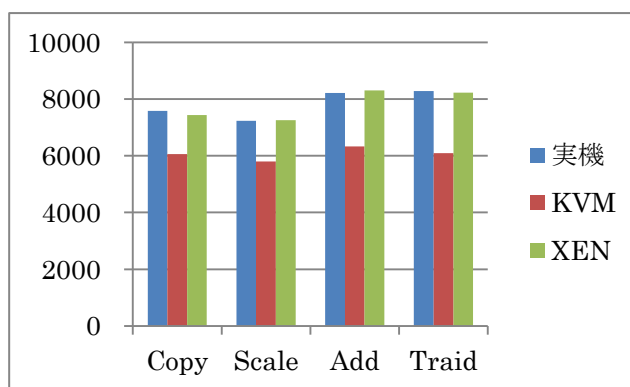


図1 Streamのシングルプロセスのスコア(単位: MB/s)

5.2 マルチプロセスの結果

マルチプロセスの計測結果を図2に示す。この計測の結果としてシングルプロセスと同様にXenのスコアが非常に高く、実機よりも高いスコアがでていることもあった。

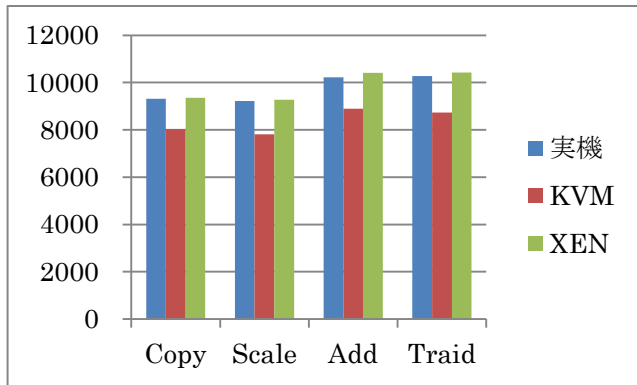


図 2 Stream のマルチプロセスのスコア(単位: MB/s)

5.3 計測結果の考察

実際に細かい数値まで含めて確認してみると、Xen についてはメモリ IO が非常に高速であるという結果が得られた。これより姫野ベンチマークや Blast はメモリ IO への依存が大きいため、KVM よりもスコアが高かったと考えられる。

またマルチプロセスの計測結果では Xen に関しては実機以上のスコアを出していることがある。

これはハイパ・バイザの設計が並列処理を重視して行われているため、マルチプロセスのベンチマークとマッチングが取れているものと推測する。

6. ネットワークの通信速度の計測

ネットワークスループットに関する計測では nettcp を利用した。今回の計測におけるサーバとクライアント間での通信方式とクライアント側でのパラメーターの一覧を表 7 と表 8 に示す。またサーバ側のパラメーターは一律で nettcp -S -4“である。

表 7 nettcp(単数接続)計測条件一覧(単位: Mbps)

接続数	通信方式	パラメーター
1	同時双方向	nettcp -v -v サーバ
1	受信のみ	nettcp -v -v -B サーバ
1	送信のみ	nettcp -v -v -D サーバ

表 8 nettcp(複数接続)計測条件一覧(単位: Mbps)

接続数	通信方式	パラメーター
10	同時双方向	nettcp -v -v -N10 サーバ
10	同時双方向	nettcp -v -v -N10 -B サーバ
10	同時双方向	nettcp -v -v -N10 -D サーバ

6.1 単数接続の計測結果

本計測では表 7 の 3 種類のパターンで行った。この結果を表 9 に示す。

この計測結果では、実機と比較して Xen において若干の性能低下が見られ、KVM に関しては 6 割程度まで性能が低下していた。

表 9 nettcp を利用した単数接続のスコア(単位: Mbps)

送信方向	実機	KVM	XEN
双方向(送信)	944.3754	589.0836	938.1328
双方向(受信)	941.3028	588.9579	935.0289
送信のみ	941.3792	588.1625	934.0783
受信のみ	944.3258	590.3447	937.0030

6.2 複数接続の計測結果

接続が複数の場合の計測では、すべて送受信を同時に双方向で行う方式で通信を行った。通信時の引数に関しては表 8 の 3 種類で行った。この計測結果を表 10 に示す。

単数接続と同様に、Xen においてはほとんどパフォーマンスの低下が発生していないことがわかる。一方で KVM は単数接続よりも平均して高いスコアを出していることがわかる。

表 10 nettcp を利用した複数接続のスコア(単位: Mbps)

送信方向	実機	KVM	XEN
双方向(送信)	947.6934	606.7871	964.9879
双方向(受信)	941.2245	606.6470	936.5656
送信のみ	941.2421	605.4597	937.5612
受信のみ	946.2930	612.1526	965.3821

6.3 計測結果の考察

これらから、ネットワークスループットは Xen が有効なことがわかった。また複数接続の一部の項目で実機よりも高速な通信結果を行っている項目がある。これは 5 メモリ IO 速度の計測での考察 5.3 と同様の理由であると推測する。

また今回は仮想ホストと実機との通信を計測した。これとは別に同じ物理ホスト内の仮想ホスト間での通信を行わせ、ハイパ・バイザ内の仮想スイッチを経由させた場合にどのような結果が得られるのかの調査が引き続き必要である。

7. ローカルディスク IO 速度の計測

本章ではローカルディスクの計測結果を示す。本計測では dd, hdparm, IOR, の 3 種類のソフトを利用して、Write 性能, Read 性能 を測定した。各ソフトウェアでの計測内容とパラメーターを表 11 に示す。またキャッシュの効くソフトウェアに関してはすべてキャッシュをクリアしてから 2 回目以降の計測を行っている。

表 11 ローカルディスクの計測方法と計測内容

ソフトウェア	計測内容	パラメーター
DD	Write 性能	file size = 1GB
Hdparm	Read 性能	hdparm -t 評価対象ファイルシステム
IOR	RW 性能	ior -w -r -k -o test

7.1 dd を利用した計測

表 11 にあるように dd では Write 性能の計測を行った。dd を利用して 1GB のファイルをローカルディスクへ書き込む速度の計測を行った。その結果を表 12 に示す。

表 12 に有るように、両方のハイパ・バイザでかなり大きな性能低下が見られた。実機でのスコアと比較すると、ともに 1/4 以下の書き込み速度であった。

表 12 dd を利用時のスコア(単位：MB/s)

分類	スコア
実機	788.23
KVM	149.50
XEN	199.69

7.2 hdparam を利用した計測

hdparam をローカルディスクからの読み込み速度の計測を行った。この計測の結果を表 13 に示す。この結果からわかるように KVM は 75% 程度に低下が見られた、一方で Xen ではほとんど性能低下は見られなかった。

表 13 hdparam を利用したスコア(単位：MB/s)

分類	スコア
実機	115.41
KVM	85.71
XEN	110.59

7.3 IOR を利用した計測

IOR を用いてローカルディスクに対する読み書き速度を計測した。この計測結果を表 14 に示す。

表 14 IOR のスコア(単位：MB/s)

操作	実機	KVM	XEN
Write	834.12	368.98	507.39
Read	2590.15	1877.42	1727.51

7.4 計測結果の考察

各仮想ホストと実機で得られた通信速度を比較した表を表 15 に示す。実機で得られた通信速度と比較して、1 割以上の差があった場合には×、なければ○となっている。この計測結果を見ると、Xen の hdparm 以外に性能低下がみられた。

また IOR において書き込みでは Xen が優勢、読み込みでは KVM の方が優勢と非常に興味深い結果が得られた。これに関しては、引き続き調査が必要である。他のベンチマークソフトを利用したブロックアクセスの IO の追加計測を行う予定である

表 15 実機との hdd 通信速度の比較

ベンチマーク	KVM	Xen
Dd	×	×
Hdparm	×	○
IOR(write)	×	×
IOR(read)	×	×

上記以外にも IOR と Hdparm の read 性能において大き

な差がみられた。ベンチマークソフトの実装方式と各ハイパ・バイザの実装方式の相性が存在すると考えられ今後さらに詳細なる調査が必要である。

8. SCP を利用した計測

SCP によるファイル転送速度の比較を行った。SCP によりおよそ 1.3GB の対象ファイルをそれぞれの暗号化方式で特定のサーバに転送した。また転送完了率 50% の際の通信速度の抽出を行い性能の評価を行った。この結果を表 16 に示す。また転送に使用したファイルは「CentOS-6.2-x86_64-bin-DVD2.iso」である。

この計測では閉じたネットワークを用意し、他の影響を受けることがないように行った。いずれの計測も送信元は物理ホスト、通信先の環境がそれぞれの環境である。簡易的なネットワークの構成図を図 3 に示す。

計測結果を見ると KVM の arcfour128 の暗号方式による通信方法が最も実機との乖離が大きい。他のハイパ・バイザや暗号方式では低いものでも 5 割程度の性能低下だが、上記のもののみ 3 割近くのスコアになっている。

またいずれのスコアも Xen のほうが KVM よりも高い計算速度を出している。

8.1 SCP の計測の考察

SCP により転送速度はいずれも Xen での通信の方が速い結果が得られた。これまでのベンチマークテストで Xen が高い性能を示していたことから予想していた通りの結果となった。一般的には SCP は暗号の符号化や復号化の速度に依存が大きい。今回の計測結果では複合化に当たりメモリ IO がボトルネックになり Xen が優勢な結果になったと考えられる。

表 16 SCP のスコア(単位：MB/s)

	実機	KVM	XEN
3des	14.43	9.2	11.3
aes128-ctr	43.33	22.2	32.4
aes128-cbc	45.20	30.2	36
arcfour128	102.83	28.70	54

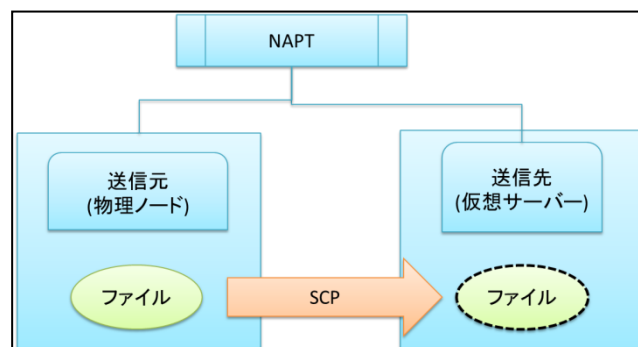


図 3 SCP 計測のネットワーク構成の簡易図

9. 計測結果の考察

本稿では実機、Xen, KVM の3種類の環境において、ベンチマークを行った。本ベンチマークではCPU演算速度、メモリアクセス速度、ローカルストレージへのIO速度、ネットワークスループットの4つの項目に関して計測を行った。その結果を以下に述べる。

Xen においてはメモリアクセス速度の低下がほとんど見られなかった。とくにマルチプロセスにおいて実機よりも優れたスコアを出している。これはハイパ・バイザの性質が、並列処理を前提としており、メモリ管理も並列処理に最適化した実装を行っているからではないかと推測される。

上記のように Xen は KVM よりもメモリ IO 速度が優れておりという結果が得られた。実際にメモリ IO 速度に大きく依存する姫野ベンチマークや Blast は KVM よりも高いスコアを記録している。またメモリに限らず Xen は全体的に KVM よりも IO 性能に関して優れており、KVM よりも処理性能の高いハイパ・バイザであると考えられる。

一方で KVM では SuperPI のスコアが Xen よりも高かった。これよりメモリなどへの IO に依存しない CPU の処理性能に関しては KVM が優勢である可能性がある。しかし今回の計測では単位物理ホストすべてのリソースを、1 台の仮想ホストで占有して行ったため、複数台の仮想ホストが稼働する環境で同様の結果が得られるかは、引き続き調査が必要である。また KVM はパラメータチューニングで性能向上が可能であるとの情報もあり、今後さらに詳細な調査を必要とする。

10. まとめ

本稿では Xen と KVM の2種類の環境でベンチマークを行った。その結果として以下のことが分かった。

Xen は KVM と比較すると全体的に IO 性能が高い結果が得られた。特にメモリの IO 速度は非常に秀逸なことがわかる。このことから Xen は姫野ベンチマークや Blast などのメモリアクセスの多いプログラムを得意とする。

KVM は全体的に IO 周りにボトルネックが多く、IO 処理に関わる物は不得手であると考えられる。しかし SuperPI のスコアが Xen よりも高かったことからメモリ IO に依存せずに CPU のみで処理を行う場合には Xen よりも相性が良い可能性がある。

これらの結果より、KVM をチューニングなしで利用するよりも Xen を利用したほうが、今想定しているプライベートクラウドシステムに相応しいハイパ・バイザであると考えられる。

また今後の展望として、外部ストレージを利用したパフォーマンスの低下の比較や Blast においてより大容量サイズの DB からの検索時のパフォーマンスの比較、また単位物理ホストあたりの仮想ホストの実効数の増減によるパフォーマンスの変動などの調査、および KVM のチューニン

グによる性能の変化の調査などを行う予定である。

11. 謝辞

本論文を記述するにあたり、仮想環境のボトルネックの調査例として情報提供をしていただいた富士通株式会社にご場を借りてお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 富士通株式会社, PC クラスタ 仮想環境 ベンチマークテスト性能情報 — PowerFLOW® —, <http://jp.fujitsu.com/platform/server/primergy/pccluster/virtual-hpc/pdf/benchmark-pf.pdf>, 富士通, 2011
- 2) 富士通株式会社, PC クラスタ 仮想環境 ベンチマークテスト性能情報 — SCRYU/Tetra —, <http://jp.fujitsu.com/platform/server/primergy/pccluster/virtual-hpc/pdf/benchmark-st.pdf>, 富士通, 2011 年
- 3) 大内 明, KVM 環境におけるネットワーク速度ベンチマーク, オープンソースカンファレンス 2010 Tokyo/Fall, 日本仮想化技術研究所, 2010
- 4) 金田憲二, 大山恵弘, 米澤明憲: 単一システムイメージを提供するための仮想マシンモニタ, 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 13, pp. 27-39 (2006)
- 5) 中尾昌広, 廣安知之, 三木光範, 吉見真聡, 仮想クラスタの構築と性能評価, 同志社大学理工学研究報告 50(4), 20-24, 2010-01
- 6) 豊島詩織, 原明日香, 小口正人, 仮想マシン PC クラスタにおける並列データ処理-アプリケーション実行時のストレージアクセスに関する一検討-, 電子情報通信学会技術研究報告. CPSY, コンピュータシステム 109(168), 7-11, 2009
- 7) 仮想化技術研究所, AMD Opteron 6200 シリーズ 仮想化環境ベンチマーク検証 結果報告書, <http://virtualtech.jp/download/AMDOpteron6200BenchReport.pdf>, (2012)
- 8) http://www.linux-kvm.org/page/Tuning_KVM
- 9) <http://linuxjm.sourceforge.jp/html/hdparm/man8/hdparm.8.html>