



# HP ProLiant G6サーバーで 推奨される DDR3メモリ構成



インテルXeonプロセッサ5500番台搭載のHP ProLiantサーバーに関するベストプラクティスのガイドライン  
エンジニアリング ホワイトペーパー 初版

## 目次

概要	2
対象読者	2
アーキテクチャー	2
DDR3メモリテクノロジー	2
インテルXeonプロセッサ5500番台	3
HP ProLiant G6サーバー	4
<b>DIMMの種類</b>	<b>5</b>
Unbufferedメモリ (UDIMM)とRegisteredメモリ (RDIMM)	5
DRAMテクノロジー	5
ランク	6
速度	6
HP ProLiant用のDDR3メモリ	7
<b>メモリ保護機能</b>	<b>7</b>
ECC	8
アドバンスTECC	8
アドレスパリティ	8
ミラーメモリモード	8
ロックステップモード	8
高度なメモリ保護機能の有効化	9
<b>DIMMの実装規則</b>	<b>9</b>
DIMMの実装順序	10
DIMMの容量と速度	11
<b>DIMMの実装に関する一般的な推奨事項</b>	<b>13</b>
<b>容量の最適化</b>	<b>13</b>
<b>パフォーマンスの最適化</b>	<b>13</b>
レイテンシ	13
スループット	15
容量が異なるDIMMの混在	18
<b>消費電力の最適化</b>	<b>18</b>
<b>コストの最適化</b>	<b>21</b>
<b>アンバランスなメモリ構成</b>	<b>23</b>
チャンネル間でアンバランスなメモリ構成	23
プロセッサ間でアンバランスなメモリ構成	24
<b>アプリケーション固有の留意事項</b>	<b>25</b>
<b>BIOSの設定</b>	<b>25</b>
<b>詳細情報</b>	<b>26</b>
<b>付録A</b>	<b>27</b>
パフォーマンステストの結果	27
<b>付録B</b>	<b>28</b>
2プロセッサ搭載サーバーで推奨される構成	28

## 概要

このホワイトペーパーは、HP ProLiantサーバーの各モデルのDDR3メモリに関する規則、推奨されるベストプラクティス、およびパフォーマンスデータの提供を目的としています。インテルXeonベースのProLiantサーバーでは、第6世代(G6)の製品とそれよりも前の世代の製品でシステムアーキテクチャーが大きく異なるため、最適なメモリタイプと容量を選択するには多くの規則とトレードオフ問題について評価する必要があります。

## 対象読者

このホワイトペーパーは、HP ProLiantサーバー構成環境を扱うHPのパートナー企業およびお客様を対象としています。

## アーキテクチャー

2基のインテルXeonプロセッサ5500番台を搭載した第6世代(G6)のHP ProLiantサーバーには、DDR3メモリテクノロジーが採用されています。DDR3メモリの新機能、インテルXeonプロセッサ5500番台、およびインテルXeonベースのHP ProLiant G6サーバーの登場により、メモリサブシステムのパフォーマンスを最適化する方法が変わりました。

## DDR3メモリテクノロジー

DDR SDRAMテクノロジーとしては第3世代となるDDR3は、DDR2を帯域幅と消費電力の面で改良したものです。DDR3では、同じ速度のDDR2と比べて最大40%の電力を節約できるようになり、さらに帯域幅はDDR2よりも66%広くなりました。

DDR3 DIMMは、DDR2 DIMMと同じ240ピンのコネクタを使用しますが、ノッチの位置が異なります。

DDR3 DIMMは、異なる速度(周波数)で動作させることができます。DDR3は、800~1,600Mb/秒のデータレートで動作します。DDR3-1600 DIMMは、2010年に発売される予定です。詳細については、[表1](#)を参照してください。

表1: DDR3の速度

JEDECでの名称	一般的な名称	ビットデータレート*	DIMMの最大スループット
PC3-12800	DDR3-1600	1600MT/秒	12.8GB/秒
PC3-10600	DDR3-1333	1333MT/秒	10.6GB/秒
PC3-8500	DDR3-1066	1066MT/秒	8.5GB/秒
PC3-6400	DDR3-800	800MT/秒	6.4GB/秒

\*ビットデータレートの値は一般的にDIMMの「周波数」と呼ばれ、単位はメガヘルツ(MHz)です。

DIMM上での実際のクロック周波数は、ビットデータレートの値の半分になります。混乱を避けるために、この文書では、ビットデータレートについて実際に記述する場合は一般的な定義である「MHz」を使用します。

一般的な名称は最大スループット(単位はメガビット)から算出された数値を表しており、この数字を8倍にするとJEDECが規定した名称に含まれる数字に変換できます。したがって、DDR3-1066 DIMMはPC3-8500とも呼ばれます(1066×8バイト÷8500)。

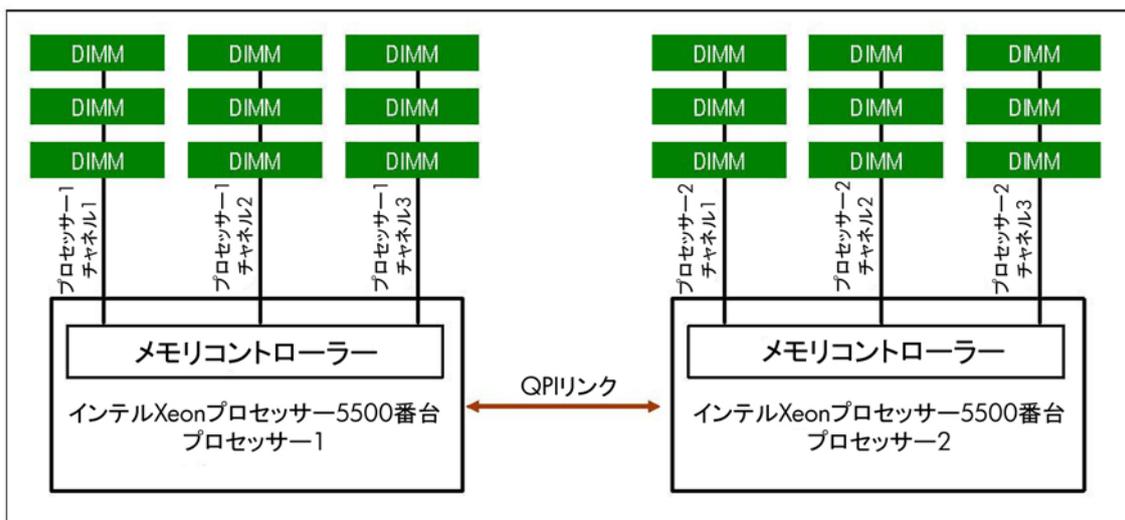
DDR3ではパフォーマンスを向上させ消費電力を削減するために、次のようにいくつかの重要な機能強化が実施されています。

- DDR2 DIMMの動作電圧は1.8Vでしたが、DDR3では1.5Vになりました。DDR3規格では、これよりもさらに低い電圧で動作する低電圧DIMMが将来登場することも想定しています。
- CPUがデータを必要とする前にデータを先読みして格納するプリフェッチバッファの幅は、DDR2では4ビットでしたが、DDR3では8ビットになったためより多くのデータを格納できるようになりました。
- フライバイトポロジ(コマンド、アドレス、制御信号、およびクロックに関係)により、スタブの数を減らすと同時にその長さを短くすることで、信号整合性が向上しました。この機能を使用するには、メモリコントローラーがDDR3 DIMMの「ライトレベリング」をサポートしている必要があります。
- DIMMモジュールに内蔵されている温度センサーは、プログラム可能な臨界トリップ点をDIMM温度が超えるとチップセットに信号を送り、DIMMへのメモリトラフィックを抑制します。

## インテルXeonプロセッサ5500番台

インテルXeonプロセッサ5500番台では、3つのメモリコントローラーが内蔵されています。以前のインテルXeonプロセッサのアーキテクチャーではメモリコントローラーがプロセッサの外部に分離されていましたが、メモリコントローラーを内蔵したことで帯域幅がさらに広くなりました。

図1: インテルXeonプロセッサ5500番台のアーキテクチャー



内蔵メモリコントローラーのそれぞれには、「チャンネル」と呼ばれる独立したパスがあります。各チャンネルには、最大3個のDIMMスロットを接続できます。したがって、各プロセッサに最大で9枚のDIMMを直接接続すること、または2プロセッサシステムでは最大で18枚のDIMMを直接接続することができます(図1を参照)。

メモリコントローラーがプロセッサに内蔵されているため、プロセッサに直接接続されているDIMMスロットのみが使用されます。つまり、HP ProLiant DL380 G6などの2プロセッササーバーには18個のDIMMスロットがあり、18個のDIMMスロットをすべて使用するには2基のプロセッサを搭載する必要があります。プロセッサが1基しか搭載されていない場合は、使用できるDIMMスロットの数が最大で9個になります。

この内蔵メモリコントローラーの存在は、インテルXeonプロセッサ5500番台搭載のサーバーではNUMA(Non Uniform Memory Access)アーキテクチャーが採用されていることを意味します。NUMAアーキテクチャーでは、各プロセッサはメモリの異なる領域へのダイレクトアクセスを行います。すべてのメモリにアクセスするために、プロセッサは、DIMMスロットに直接接続する代わりにメモリ要求を別のプロセッサに渡すことが必要になる場合があります。この設計における注意点の1つは、メモリへのアクセスにかかる時間が大きく変化することです。この時間は、プロセッサがローカルにあるメモリにアクセスするか、要求の処理を別のプロセッサに任せるかで大きく変わります。

インテルXeonプロセッサ5500番台は、インタリーブをサポートしています。インタリーブは、CPUにある3つのチャンネルのすべてにメモリを分散させる手法です。これによって全体のメモリ帯域幅を大幅に拡大できますが、インタリーブを使用する場合は、メモリのサーバーへの取付方法に関するいくつかの制限事項に従う必要があります。

インテルXeonプロセッサ5500番台には、さまざまなモデルがあります。モデルによって、コアの数、プロセッサの最大動作周波数、キャッシュメモリの容量、およびサポートされている機能（インテル ハイパー スレディング テクノロジーなど）が異なります。さらに、モデルごとにサポートされている最大メモリ速度が異なるため、それによってパフォーマンスと消費電力も影響を受けます。

**表2: インテルXeonプロセッサ5500番台の各モデル**

モデルのプロセッサ番号	CPUの動作周波数	Level 3キャッシュの容量	最大メモリ速度	メモリの最大スループット(1チャンネル当たり)
X5570	2.93GHz	8MB	1333MHz	10.6GB/秒
X5560	2.80GHz	8MB	1333MHz	10.6GB/秒
X5550	2.66GHz	8MB	1333MHz	10.6GB/秒
E5540	2.53GHz	8MB	1066MHz	8.5GB/秒
E5530	2.40GHz	8MB	1066MHz	8.5GB/秒
E5520	2.26GHz	8MB	1066MHz	8.5GB/秒
E5506	2.13GHz	4MB	800MHz	6.4GB/秒
E5504	2.00GHz	4MB	800MHz	6.4GB/秒
E5502*	1.86GHz	4MB	800MHz	6.4GB/秒
L5520	2.26GHz	8MB	1066MHz	8.5GB/秒
L5506	2.13GHz	4MB	800MHz	6.4GB/秒

\*E5502モデルはデュアルコアプロセッサです。その他のモデルは、すべてクアッドコアプロセッサです。

## HP ProLiant G6サーバー

表3に示すように、HP ProLiant G6サーバーの複数のモデルで、インテルXeonプロセッサ5500番台とDDR3メモリが使用されています。モデルにより異なりますが、これらのHP ProLiantサーバーには、9、12、または18個のDIMMスロットがあります。

**表3: DDR3メモリを使用するHP ProLiantサーバーのモデル**

HP ProLiantサーバーのモデル	最大CPU数	DIMMスロット	最大メモリ (GB)	ミラーメモリモードのサポート	ロックステップモードのサポート
ML370 G6	2	18	144	あり	あり
ML350 G6	2	18	144	あり	あり
ML330 G6	2	18	144	あり	あり
ML150 G6	2	12	96	なし	なし
DL380 G6	2	18	144	あり	あり
DL360 G6	2	18	144	あり	あり
DL320 G6	1	9	72	なし	なし
DL180 G6	2	12	96	なし	なし
DL160 G6	2	18	144	なし	なし
BL460c G6	2	12	96	あり	あり
BL490c G6	2	18	144	あり	あり
BL280c G6	2	12	96	あり	あり

## DIMMの種類

### Unbufferedメモリ(UDIMM)とRegisteredメモリ(RDIMM)

DDR3 SDRAM DIMMのメーカーが製造しているDIMMには、Unbuffered DIMM(UDIMM)とRegistered DIMM(RDIMM)の2種類があります。UDIMMは最も基本的な形式のメモリモジュールで、低レイテンシおよび(比較的)低電力が特徴ですが、容量に制限があります。ECC付きのUnbuffered DIMMの場合は、メーカーのモジュール名の末尾に追加されているEの文字で識別できます(例:PC3-8500E)。UDIMMは、メモリ容量の確保よりもDIMMの数を少なくして消費電力を低くする必要があるシステムに適しています。

RDIMMは、UDIMMと比べて容量が大きく、またアドレスパリティ保護機能が搭載されています。Registered DIMMの場合は、メーカーのモジュール名の末尾に追加されているRの文字で識別できます(例:PC3-8500R)。

表4: RDIMMとUDIMMの比較

	RDIMM	UDIMM
利用可能なDIMM容量	2GB、4GB、8GB	1GB、2GB
低電力バージョンのDIMMが利用可能	√	
ECCのサポート	√	√
アドバンスECCのサポート	√	√
アドレスパリティ	√	
ミラーメモリモードとロックステップモードのサポート	√	√
相対的なコスト	高い	低い
9個のDIMMスロットを装備したサーバーでの最大容量	72GB	12GB
12個のDIMMスロットを装備したサーバーでの最大容量	96GB	24GB
18個のDIMMスロットを装備したサーバーでの最大容量	144GB	24GB

### DRAMテクノロジー

DIMMは、1つのグループにまとめられたDRAMチップで構成されています。各DRAMチップには、個々のビットストレージの配列が含まれています。10億のビットストレージを含むDRAMチップは、1ギガビット(1Gb)テクノロジーと呼ばれます。Gbの小文字のbは、ビットを表していることに注意してください。8個の1Gbチップを1つにまとめると、1ギガバイト(1GB)のメモリになります。GBの大文字のBは、バイトを表していることに注意してください。

現時点のDDR3 DIMMは、1Gbまたは2GbのDRAMチップで構成されています。1枚のDIMMの中に異なるDRAMテクノロジーを混在させることはできません。DDR3規格では、512MbのDRAMチップで構成されているDIMMはサポートしていません。DRAMチップには、4本または8本のデータ入出力信号があります。これらはx4またはx8と表記され、「4本」または「8本」と呼ばれます。

## ランク

ランクは、メモリバス上で64ビット(8バイト)のデータを提供するために1つにまとめられたDRAMチップのグループです。ランクの中にあるすべてのチップは、同じチップ選択信号、アドレス信号、コマンド信号により同時に制御されます。DDR3 DIMMでは、シングルランク、デュアルランク、クアッドランク(それぞれ1、2、4ランク)が利用可能です。ランクは、8個のx8 DRAMチップまたは16個のx4チップで形成されます。ECC付きのDIMMでは、各ランクに9個のx8チップまたは18個のx4チップを使用しています。

## 速度

速度とは、メモリクロックの周波数のことを指しています。メモリサブシステムは、プロセッサコアとは異なるクロックを使用します。このクロックは、メモリコントローラーとDIMM間のデータ転送を調整するために使用されます。特定のサーバーにおいてクロックを動作させた場合の実際の速度は、次の5つの要因によって決まります。

- **プロセッサの定格メモリ速度:** インテルXeonプロセッサ5500番台の各モデルでは、サポートしている最大メモリ速度が異なります。「**Error! Reference source not found.**」を参照してください。
- **DIMMの定格メモリ速度:** DDR3 DIMMは、異なる速度(周波数)で動作させることができます。「**Error! Reference source not found.**」を参照してください。HPは、2つの速度のDDR3メモリを提供しています(DDR3-1333とDDR3-1066)。
- **DIMMのランク数:** メモリチャネル上のランクが1つ増えるごとに、その分だけ電氣的負荷も増加します。電氣的負荷が増えるほど、信号整合性は低下します。信号整合性を維持するには、メモリチャネルを低速で動作させることが必要になる場合があります。
- **取り付けるDIMMの数:** メモリコントローラーに接続されるDIMMの数は、コントローラー回路の負荷と信号整合性に影響を与えます。信号整合性を維持するために、メモリコントローラーはDIMMを定格速度以下で動作させることがあります。一般に、取り付けるDIMMの数が増えるほど、DIMMの動作可能な速度が低下します。
- **BIOSの設定:** 特定のBIOS機能を有効にすると、メモリ速度に影響する可能性があります。たとえば、HP ProLiantサーバーに搭載されているROMベースセットアップユーティリティ(RBSU)を使用すると、ユーザーは、メモリを強制的に定格速度以下で動作させるように設定できます。詳細については、「BIOSの設定」の章を参照してください。

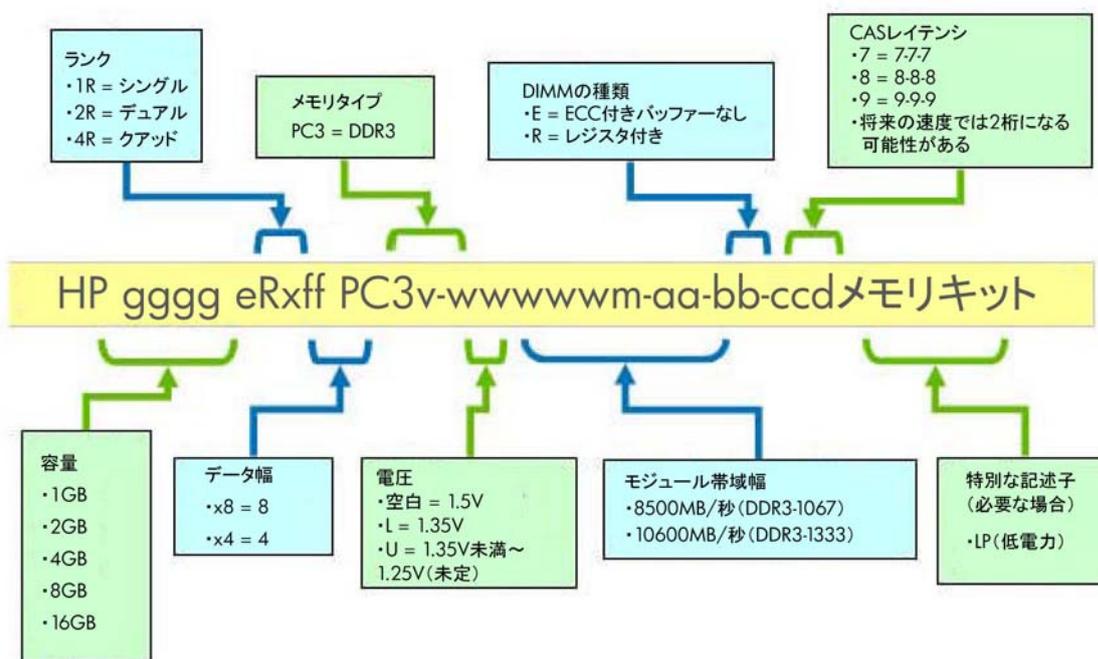
## HP ProLiant用のDDR3メモリ

表5に、インテルXeonプロセッサ5500番台搭載のHP ProLiantサーバー用として認定されているDDR3 DIMMを示します。HPの製品名では、JEDEC規格で規定されたDIMMの種類と速度を示すコードを使用しています。製品名の詳細については、図2を参照してください。

表5: HPのDDR3 DIMM

Registered DIMM (RDIMM)	HP製品番号
HP 2GB 2Rx8 PC3-10600R-9	500656-B21
HP 4GB 2Rx4 PC3-10600R-9	500658-B21
HP 4GB 4Rx8 PC3-8500R-7 LP	500660-B21
HP 8GB 2Rx4 PC3-10600R-9	500662-B21
HP 8GB 2Rx4 PC3-8500R-7	516423-B21
Unbuffered DIMM (UDIMM)	
HP 1GB 1Rx8 PC3-10600E-9	500668-B21
HP 2GB 2Rx8 PC3-10600E-9	500670-B21

図2: HP DDR3メモリの製品名の表記規則



## メモリ保護機能

HP ProLiantサーバーのDDR3メモリに格納されているデータは、特定のDIMMで障害が発生しても、ECC(エラー訂正コード)テクノロジーによって保護されます。さらに、いくつかの高度なメモリ保護技術も利用できます。

## ECC

HP認定のDDR3 DIMMは、すべてECCデータ保護機能を備えています。通常のECCでは、シングルビットエラーの訂正とダブルビットエラーの検出ができます。

## アドバンストECC

HPの用語である「アドバンストECC」は、サーバーがマルチビットエラーを訂正できることを意味しています。訂正可能なビット数は、実装によって異なります。通常は、ニブル内の最大4ビットエラーまで訂正できます。ニブル境界を超えるマルチビットエラーは、それらが2ニブル内にあればすべて検出されます。アドバンストECCは、IBMの用語であるChipKill™とまったく同じというわけではありません。<sup>1</sup>インテルXeonプロセッサ5500番台では、アドバンストECCはChipKillと同様の機能を提供し、ロックステップモードの機能はx8または8ビットのChipKillと同等になります。

## アドレスパリティ

RDIMMの場合、メモリコントローラーはアドレス信号、コマンド信号、およびパリティビットをDIMM上の共通レジスタに送ります。さらに、レジスタは、アドレス信号とコマンド信号をDIMM上にある各DRAMチップに送ります。レジスタはアドレス信号とコマンド信号のパリティを計算して、受け取ったパリティビットと比較します。パリティビットが違っていた場合、レジスタは、アドレスパリティエラーがあったことを示す信号をメモリコントローラーに送ります。その後、システムは予期しないデータ破壊を防止するためにシャットダウンを実行します。この機能は、RDIMMでのみ使用できます。

## ミラーメモリモード

ミラーメモリモードは、フォールトトレラントを実現するためのメモリオプションで、アドバンストECC保護よりもさらに高度な可用性を提供します。ミラーメモリモードでは、どのようなシングルビットエラーおよびマルチビットエラーにも対処できる完全な保護機能が適用されます。ミラーメモリモードを有効にすると、同じデータが2つのチャンネルに同時に書き込まれます。1つのチャンネルからのメモリ読み取りを実行したときに、訂正不能メモリエラーが原因で不正なデータが返された場合、システムは自動的に別のチャンネルから正しいデータを取得します。ミラー化による保護は、1つのチャンネルにおける一時的エラーまたはソフトウェアで失われることはありません。まずあり得ないことですが、DIMMおよびミラー化されたDIMM上のまったく同じ場所で同時にエラーが発生した場合にのみ動作を停止します。ミラーメモリモードでは、オペレーティングシステムが使用できるメモリ容量が半分に減ります。これは、メモリが取り付けられている2つのチャンネルの片方だけがデータを提供するからです。

インテルXeonプロセッサ5500番台を搭載したサーバーのミラーメモリモードをサポートしているモデルでは、ミラーメモリモードを有効にした場合、2つのチャンネルのみにメモリを取り付けることができます。ミラーメモリモードでは、チャンネル3を空けたままにしておきます。チャンネル1と2には同じメモリを取り付けます。ミラーメモリモードをサポートしているHP ProLiant G6サーバーのモデルについては、表3を参照してください。

## ロックステップモード

ロック ステップ メモリ モードは、2つのメモリチャンネルを同時に使用して、さらに高度な保護機能を提供します。ロックステップモードでは、2つのチャンネルがシングルチャンネルとして動作します。読み取り動作と書き込み動作のそれぞれにおいて、データワードを2チャンネル分の幅で移動します。キャッシュラインは両方のチャンネルに分割されるので、単一のDRAM内で2×8ビットエラー検出および8ビットエラー訂正が可能です。インテルXeonプロセッサ5500番台搭載のサーバーを含む3チャンネルメモリシステムでは、チャンネル3を使用しないで空いたままにしておきます。

<sup>1</sup> Chipkillは、International Business Machines Corporationの商標です。

ロックステップモードをサポートしているHP ProLiant G6サーバーのモデルについては、**表3**を参照してください。

ロック ステップ メモリ モードは、きわめて高い信頼性を提供しますが、利用可能なシステムメモリが最大容量の3分の2になります。

ロックステップモードの利点：

- ChipKillと同じレベルの保護が実現し、さらにシステムがメモリエラーを訂正することも可能です。アドバンスドECCの機能は、4ビットChipKillと同等であることに注意してください。ロックステップモードの機能は、8ビットChipKillと同等です。ChipKillとは、1つのDRAMチップの全体が故障してもサーバーが稼働し続けることだけを意味しています。

ロックステップモードの欠点：

- 各プロセッサ上にある3つのメモリチャネルの1つを空けたままにしておく必要があるため、利用可能なDIMMスロット数が3分の2に減ります。
- 通常のアドバンスドECCモードよりも、パフォーマンスが多少低下します。
- 訂正不能メモリエラーが発生した場合は、それを2枚1組のDIMMから分離する必要があります(単一のDIMMから分離するのではなく)。

## 高度なメモリ保護機能の有効化

アドバンスドECCメモリ保護は、デフォルトで有効になっています。サーバーのROMベースセットアップユーティリティ(RBSU)を使用すると、ミラーメモリモードおよびメモリ ロック ステップ モードを有効にすることができます。

## DIMMの実装規則

DDR3 DIMMを取り付ける際には、サーバーを正しく機能させるために一定の規則に従う必要があります。ほとんどの場合、この規則に従わないと、サーバーが起動中に停止したりエラーメッセージが表示されたりします。

- 18個のメモリスロットを装備したサーバーの場合：
  - プロセッサ当たり3つのチャネル、サーバー当たり6つのチャネルがあります。
  - 各メモリチャネルに3個のDIMMスロット、合計18個のスロットがあります。
  - メモリチャネル1は、プロセッサに最も近い3枚のDIMMで構成されます。
  - メモリチャネル3は、プロセッサから最も離れている3枚のDIMMで構成されます。
- 12個のメモリスロットを装備したサーバーの場合：
  - プロセッサ当たり3つのチャネル、サーバー当たり6つのチャネルがあります。
  - 各メモリチャネルに2個のDIMMスロット、合計12個のスロットがあります。
  - メモリチャネル1は、プロセッサに最も近い2枚のDIMMで構成されます。
  - メモリチャネル3は、プロセッサから最も離れている2枚のDIMMで構成されます。
- Unbuffered DIMM(UDIMM)とRegistered DIMM(RDIMM)を混在させて使用することはできません。
  - サーバーに取り付けるDIMMは、すべてUDIMMにするかまたはすべてRDIMMにする必要があります。
- DIMMスロットは、対応するプロセッサが搭載されている場合にのみ使用できます。
  - 対応するプロセッサが搭載されていないスロットには、DIMMを取り付けしないでください。
  - 2プロセッサ対応のサーバーにプロセッサが1基しか搭載されていない場合は、半分のDIMMスロットのみを使用できます。
- 1つのチャネルには、合計8ランクまでのDIMMを取り付けることができます。

- 1つのチャンネルに取り付けられるクアドランクDIMMの数は、2枚までです。
- クアドランクDIMMを使用する場合は、メモリチャンネルの1枚目のDIMMとして取り付ける必要があります。DIMMスロットを簡単に識別できるように、HP ProLiant G6サーバーでは、各メモリチャンネルの1枚目のDIMMスロットは白色で色分けされています。
- システム内のどこかに1枚でもクアドランクDIMMが取り付けられていると、どのチャンネルでも3枚目のDIMMを取り付けることができなくなります。
- 1つのチャンネルには、UDIMMを2枚まで取り付けることができます。
- ミラーメモリモードとロックステップモードでの実装規則：
  - ミラーメモリモードの場合は、チャンネル3を空けたままにしておく必要があります。チャンネル1と2には同じメモリを取り付けます。
  - ロックステップモードの場合は、チャンネル3を空けたままにしておく必要があります。チャンネル1と2のDIMMは、2枚1組で取り付けます。ペアになっているスロットは、18スロットのシステムでは1と4、2と5、3と6、また12スロットのシステムでは1と4、2と5です。
- サーバーには少なくとも1枚のDIMMを取り付ける必要があります。搭載されている各プロセッサに少なくとも1枚のDIMMを取り付けることが推奨されますが、必須ではありません。
- DIMMは、特定の順序で実装する必要があります（以下を参照）。

## DIMMの実装順序

- チャンネル内では、最も負荷の大きいDIMM(クアドランク)から最も負荷の小さいDIMM(シングルランク)の順に取り付けてください。
- チャンネル内では、最も負荷の大きいDIMM(最も多くのランクを持つDIMM)がプロセッサから最も遠くなるように取り付けてください。

次の表6と表7を使用すれば、これらの実装規則を確実に順守することができます。1枚目を「A」、2枚目を「B」、3枚目を「C」という順番でDIMMを取り付けていきます。すべてのサーバーで、スロットA、B、Cは白色で色分けされており、最初にDIMMを取り付ける必要があります。

**表6：18個のDIMMスロットを装備したサーバーでのDIMMの実装順序**

	CPU1		CPU2	
	スロット番号	実装順序	スロット番号	実装順序
チャンネル1	1	G	1	G
	2	D	2	D
	3	A	3	A
チャンネル2	4	H	4	H
	5	E	5	E
	6	B	6	B
チャンネル3	7	I	7	I
	8	F	8	F
	9	C	9	C

表7: 12個のDIMMスロットを装備したサーバーでのDIMMの実装順序

	CPU1		CPU2	
	スロット番号	実装順序	スロット番号	実装順序
チャンネル1	1	D	1	D
	2	A	2	A
チャンネル2	3	E	3	E
	4	B	4	B
チャンネル3	5	F	5	F
	6	C	6	C

## DIMMの容量と速度

表8は、HP ProLiant G6サーバーにおけるDDR3 DIMMの動作速度を示しています(この表では、BIOSの設定またはプロセッサの定格メモリ速度の影響は考慮されていません)。

表8: 取り付けられたメモリの動作速度

DIMMの種類	Registered DIMM (RDIMM)				Unbuffered DIMM (UDIMM)		
	デュアルランク(2R)				クアドランク(4R)	シングルランク(1R)	デュアルランク(2R)
DIMMのランク	デュアルランク(2R)				クアドランク(4R)	シングルランク(1R)	デュアルランク(2R)
DIMMの容量	2GB	4GB	8GB	8GB	4GB	1GB	2GB
DIMMのネイティブ速度(MHz)	1333	1333	1066	1333	1066	1333	1333
<b>取り付け可能な枚数</b>							
9スロットのサーバー	9	9	9	9	6	6	6
12スロットのサーバー	12	12	12	12	12	12	12
18スロットのサーバー	18	18	18	18	12	12	12
<b>最大容量(GB)</b>							
9スロットのサーバー	18	36	72	72	24	6	12
12スロットのサーバー	24	48	96	96	48	12	24
18スロットのサーバー	36	72	144	144	48	12	24
<b>取り付けられたDIMMの速度(MHz)</b>							
チャンネル当たり1枚のDIMM	1333	1333	1066	1333	1066	1333	1333
チャンネル当たり2枚のDIMM	1066*	1066*	1066	1066*	800	1066**	1066**
チャンネル当たり3枚のDIMM	800	800	800	800	サポートなし	サポートなし	サポートなし
* ROMベースセットアップユーティリティ(RBSU)で設定することにより、333MHzに対応							
** 12個のDIMMスロットを装備したサーバーのみが、RBSUで設定することにより、333MHzに対応							

取り付けられたメモリの動作速度に関するその他の注意事項:

- 速度の異なるDIMMを混在させることはできますが、システムプロセッサの速度ルールが常にDIMMの機能に優先します。
- 速度の異なるDIMMを混在させた場合、メモリバスは、サーバーにあるすべてのDIMMの中でクロック速度が最も低いDIMMに合わせて初期化されます。
- 両方のプロセッサは、同じメモリクロック速度で動作します。
- チャンネル1に1,066MHzのDIMMを1枚取り付け、チャンネル2に1,333MHzのDIMMを1枚取り付けたら、動作速度は1,066MHzになります。
- チャンネル1に1,066MHzのDIMMを1枚取り付け、他の各チャンネルに1枚ずつ、合計5枚の1,333MHzのDIMMを取り付けたら、動作速度は1,066MHzになります。
- 1つのチャンネルに3枚のDIMMを取り付け(妥当な場合)、他のすべてのチャンネルに1枚ずつDIMMを取り付けたら、動作速度は800MHzになります。

## DIMMの実装に関する一般的な推奨事項

次の一般的なガイドラインに従うことで、全体のパフォーマンス、消費電力、コストのバランスを適切に取ることができます。

- 各プロセッサにある3つのチャンネルのすべてにDIMMを取り付けてください(2プロセッサ構成の場合は、6枚1組の同じDIMMを取り付けてください)。
- ランク数が最も少ないDIMMを使用してください。
- 総メモリ容量が24GB以下の構成では、UDIMMを使用してください。

## 容量の最適化

最大メモリ容量は、RDIMMを使用することで実現できます。

表9: 最大メモリ容量

DIMMスロットの数	DIMMの種類	最大容量	構成
18	UDIMM	24GB	2GB 2R×12
18	RDIMM	144GB	8GB 2R×18
12	UDIMM	24GB	2GB 2R×12
12	RDIMM	96GB	8GB 2R×12
9	UDIMM	12GB	2GB 2R×6
9	RDIMM	72GB	8GB 2R×18

## パフォーマンスの最適化

メモリサブシステムのパフォーマンスを計るための2つの主要な尺度は、レイテンシとスループットです。

### レイテンシ

メモリレイテンシは、プロセッサのコア内にある論理演算ユニット(ALU)がデータを要求してから受け取るまでにかかる時間を示す尺度です。無負荷レイテンシは、システムがアイドル状態のときに測定されます。ロードレイテンシは、メモリのサブセクションが飽和しているときに測定されます。

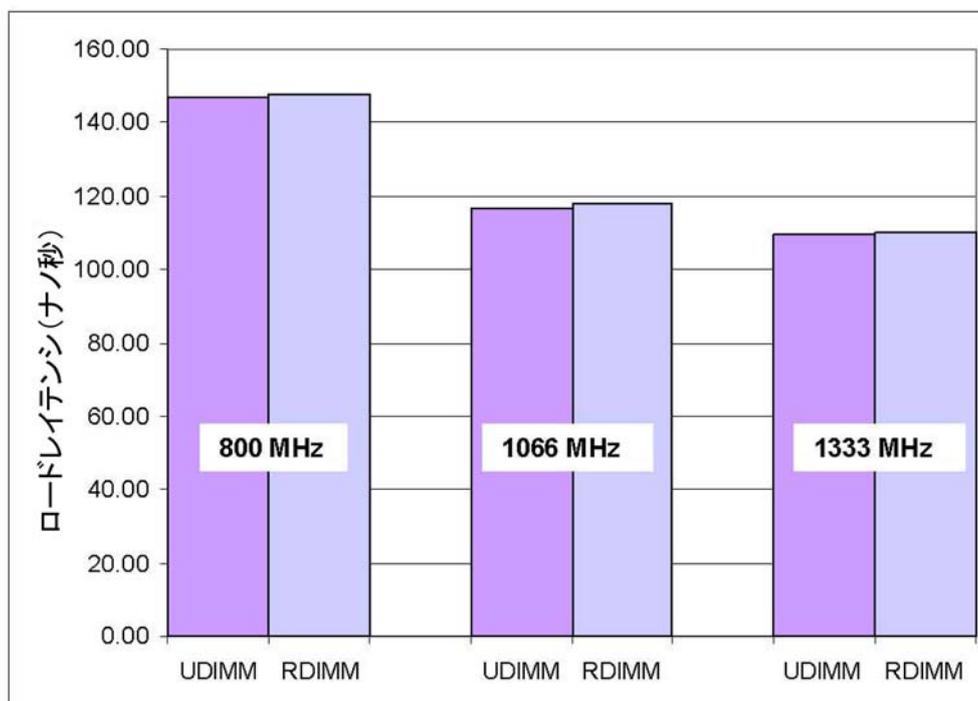
レイテンシに影響を与える要因としては、DIMMの種類、速度、ランク、CASタイミングなどがあります。

**DIMMの定格速度** レイテンシを最小化するために、入手可能な最速のDIMMを使用してください。1,333MHzのDIMMを各チャンネルに2枚を超えない範囲で取り付ければ(DIMMの総数は最大12枚まで)、レイテンシを最小にできます。1,333MHzで動作するメモリでは、800MHzで動作するメモリよりもレイテンシが35%小さくなります。

また、メモリ速度がプロセッサにも依存していることに注意してください。レイテンシを最小化するために、DIMMの動作速度として1,333MHzをサポートしているプロセッサを使用してください。

UDIMMとRDIMMのレイテンシは、ほぼ同じです。

**図3: DIMMの種類と速度によるロードレイテンシの変化**



2GBデュアルランクDIMM×6枚の構成で測定したレイテンシ

- **CASレイテンシ:** CAS(列アドレスストロブ)レイテンシとは、列アドレスを指定する信号が発行されてからDRAMがメモリバスにデータを提供するまでのDRAMの読み取りに関する応答時間をバスクロックの数で表したものです。CASレイテンシは「6」や「7」などの数字で表記され、レイテンシの数字が小さいほど、動作速度が速くなります。ナノ秒単位のレイテンシは、CASレイテンシの数字とクロック速度から計算できます。

**表10: CASレイテンシのタイミング(時間)**

DIMMの種類	DIMMの動作速度(MHz)	CASレイテンシ(CL)、クロック単位	シングルDIMMのレイテンシ(ナノ秒単位)
UDIMM	800	6	15.00
UDIMM	1066	7	13.13
UDIMM	1066	8	15.00
UDIMM	1333	9	13.50
RDIMM	800	6	15.00
RDIMM	1066	7	13.13
RDIMM	1066	8	15.00
RDIMM	1333	9	13.5

HPが提供するすべてのシングルランクDIMMおよびデュアルランクDIMMの定格動作は、DDR3-10600R/E -9です。DIMMをDDR3-1333で動作させると、CLは9クロックまたは13.5ナノ秒になります。DIMMをDDR3-1066で動作させると、CLは調整されて7クロックまたは13.13ナノ秒になります。DIMMをDDR3-800で動作させると、CLは調整されて6クロックまたは15ナノ秒になります。

HPが提供するすべてのクアッドランクDIMMの定格動作は、DDR3-8500R -7です。DIMMをDDR3-1066で動作させると、CLは7クロックまたは13.13ナノ秒になります。DIMMをDDR3-800で動作させると、CLは調整されて6クロックまたは15ナノ秒になります。

- **ランク:** DIMMのランク数がレイテンシに与える影響はわずかです。動作速度が同じであれば、ランクの数が多いほどレイテンシは小さくなります。これは、スーパーマーケットにあるレジの数に例えることができます。レジの数が少ないと、待ち行列が長くなり、待ち時間も長くなります。レジの数が多くなるほど、待ち行列は短くなり、待ち時間も短くなります。チャンネル上のランクが多くなれば、アドレスを指定して必要なメモリを取得する場所が、メモリコントローラーに対してより多く提供されます。ランクの数が少ないと、多くの要求が待ち行列に並ぶこととなります。

**表11: DIMMのランク数によるレイテンシとスループットの変化**

	無負荷 レイテンシ (ナノ秒)	ロード レイテンシ (ナノ秒)	スループット (GB/秒)
DDR3-800デュアルランク	82.50	148.80	30.70
DDR3-800クアッドランク	87.21	151.19	29.89
DDR3-1066デュアルランク	87.36	118.46	37.10
DDR3-1066クアッドランク	85.40	117.44	37.35
DDR3-1333デュアルランク	86.54	110.45	38.52

- **プロセッサアフィニティ:** NUMAアーキテクチャーでは、1つのプロセッサから別のプロセッサに接続されているメモリ領域にアクセスする場合、ローカルプロセッサに接続されているメモリ領域にアクセスするときよりもレイテンシが非常に長くなります(応答が遅くなる)。

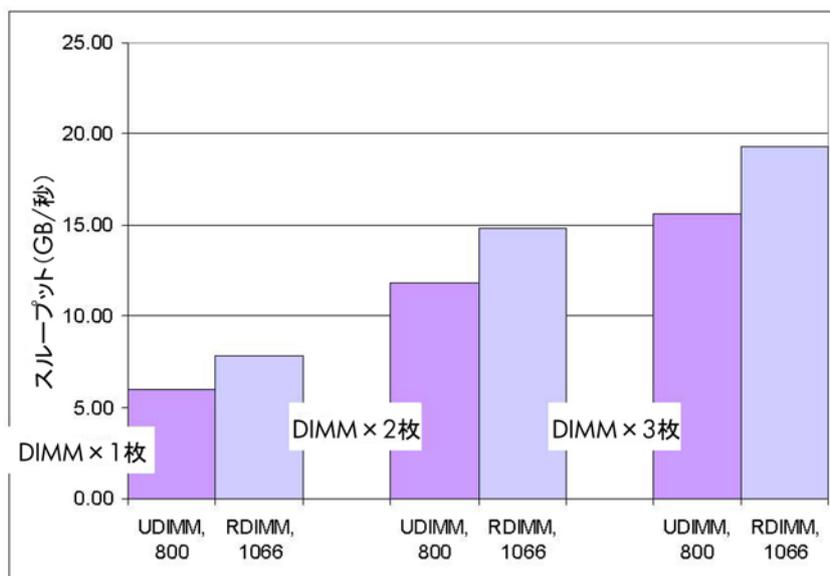
## スループット

メモリスループットに影響を与える要因としては、DIMMが取り付けられているメモリチャンネルの数、およびメモリが動作するときの速度があります。

**メモリチャンネル:** スループットに最も大きく影響するのは、DIMMが取り付けられているメモリチャンネルの数です。インテルXeonプロセッサ5500番台の内蔵メモリコントローラーでは、メモリアクセスを複数のメモリチャンネルにインターリーブすることにより、メモリスループットの大幅な拡大が可能です。HPは、装着されている各プロセッサの3つのチャンネルすべてに、常にDIMMを取り付けることを推奨しています。したがって、インテルXeonプロセッサ5500番台を使用しているHP ProLiant G6サーバーでは、各プロセッサに対して3枚1組のDIMMを取り付けることとなります。

図4に示すように、2枚目のDIMM(この場合は2番目のメモリチャンネルに取り付け)を追加すると、帯域幅が85~95%増加します。3枚目のDIMMを追加すると、帯域幅はさらに30~35%増加します。

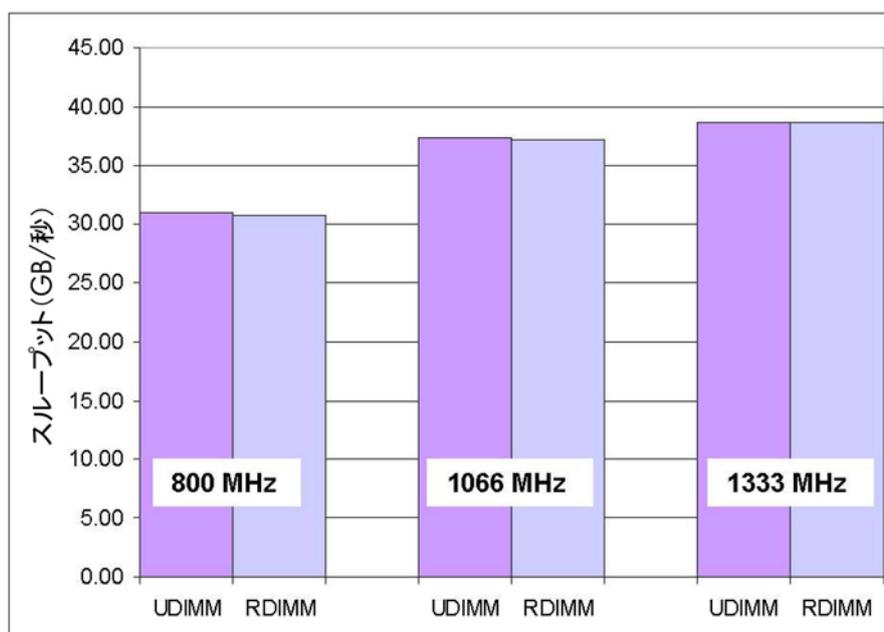
図4: 1~3つのチャンネルを使用した場合のスループット



1つのプロセッサで、1GBのシングルランクUDIMMを800MHzおよび8GBのクアドランクRDIMMを1,066MHzで動作させた場合のメモリスループット

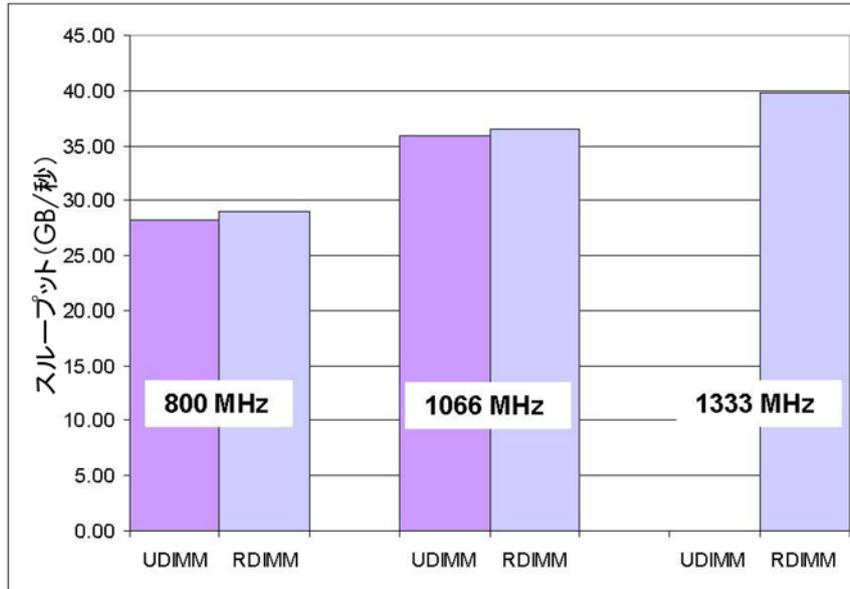
- **メモリ速度:** メモリ速度が高くなるほど、スループットも増加します。図5、図6、図7は、メモリ速度が1,066MHzの場合のスループットが、800MHzの場合よりも20~25%増加することを示しています。メモリ速度が1,333MHzの場合のスループットは、1,066MHzの場合よりも3.5~9%増加します。

図5: 2GB DIMM × 6枚の構成におけるDIMMの速度とスループット



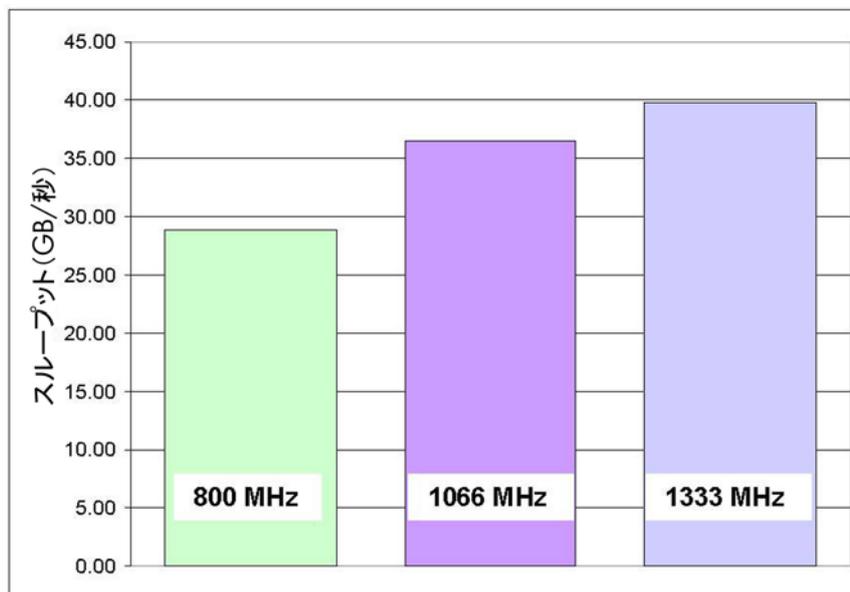
2基のプロセッサおよび2GBデュアルランクDIMM × 6枚を搭載した構成で測定したスループット

図6: 2GB DIMM × 12枚の構成におけるDIMMの速度とスループット



2基のプロセッサおよび2GBデュアルランクDIMM × 12枚を搭載した構成で測定したスループット

図7: 4GB DIMM × 12枚の構成におけるDIMMの速度とスループット



2基のプロセッサおよび4GBデュアルランクDIMM × 12枚を搭載した構成で測定したスループット

- **各チャンネルに2枚のDIMMを取り付け1,333MHzで動作:** DIMMを1,333MHzで動作させる場合、インテルの設計上の制約により各チャンネルに取り付けられるDIMMは1枚のみとなっています。しかし、HPの技術は、HP ProLiant G6サーバーの信頼性を維持しながら、各チャンネルに2枚のDIMMを取り付けて1,333MHzで動作させることを可能にしています。

各チャンネルに2枚のDIMMを取り付けて1,333MHzで動作させると、同じ構成でDIMMを1,066MHzで動作させる場合よりも、スループットは約10%増加し、レイテンシは15%小さくなります。ただし、消費電力は約10%増加します。

**表12: 各チャンネルに2枚のDIMMを取り付け1,333MHzで動作させた場合の効果**

	1,066MHzのDIMM × 2枚/チャンネル	1,333MHzのDIMM × 2枚/チャンネル	差分
無負荷レイテンシ(ナノ秒)	86.5	87.4	1%
ロードレイテンシ(ナノ秒)	125.3	109.3	-15%
スループット(GB/秒)	36.5	39.7	8%
アイドル時消費電力(W)	37.7	42.3	11%
負荷時消費電力(W)	120.0	132.8	10%

## 容量が異なるDIMMの混在

容量が異なるDIMMを混在させても、動作速度が同じであればパフォーマンスに影響することはありません。たとえば、6枚の4GBデュアルランクDDR3-1333 DIMMに加えて、6枚の2GBデュアルランクDDR3-1333 DIMMを取り付けても(各チャンネルに取り付けるDIMMは1枚のみ)、レイテンシとスループットに対する負の影響はありません。

## 消費電力の最適化

DIMMの消費電力は、DIMMテクノロジー、容量、ランク数、動作速度に影響を受けます。また、それほどではありませんが、DIMMの消費電力は、DIMMおよびメモリコントローラーのDDR3インターフェイスに電力を供給する電圧レギュレーターの効率にも影響を受けます。

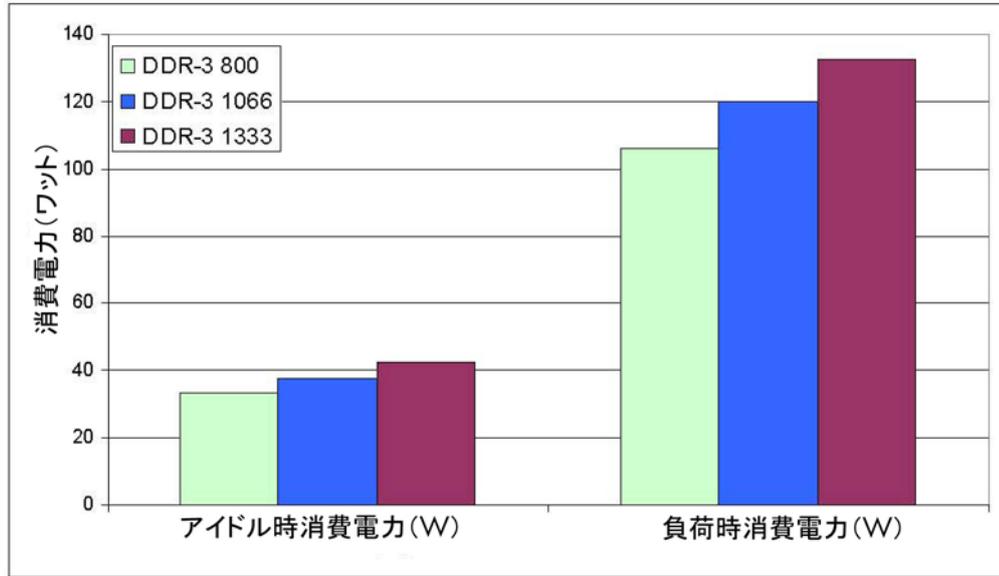
一般的に、消費電力を最適化するには次の規則を適用する必要があります。

- RDIMMではなく、UDIMMを使用してください。
- 大容量のDIMMを使用して、DIMMの数をできる限り少なくしてください。
- デュアルランクDIMMではなく、クアドランクDIMMを使用してください。
- メモリをできる限り低速で動作させてください。

消費電力に影響を与える要因としては、次のものがあります。

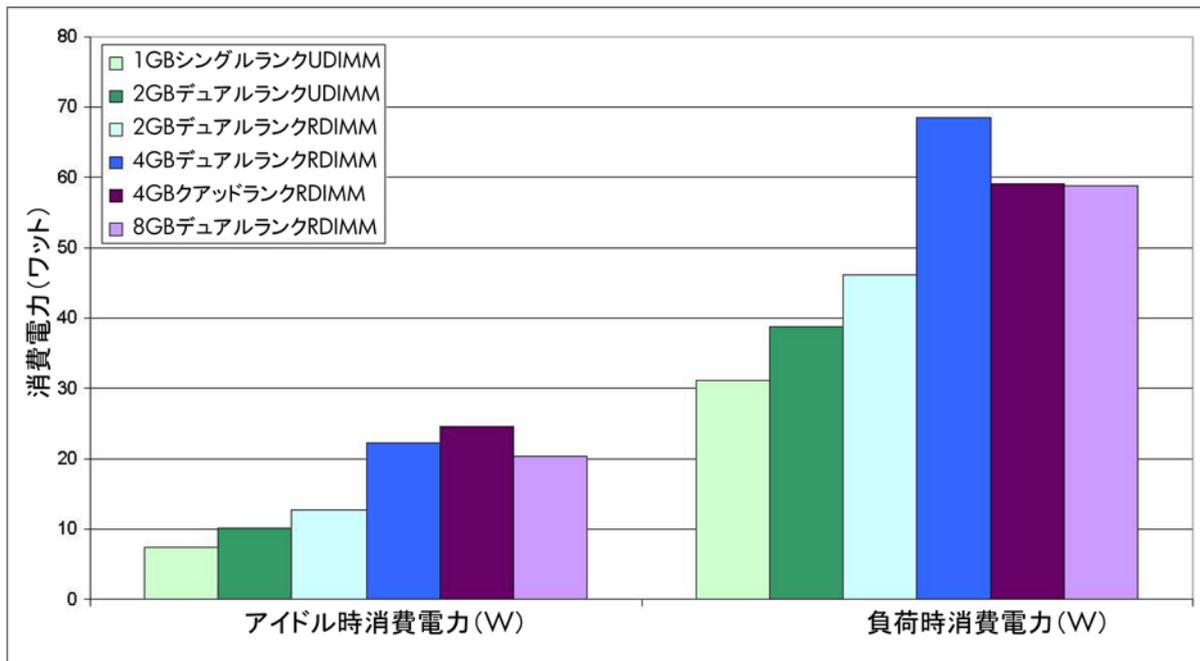
- **メモリ速度:** 負荷がかかっている状態では、1,333MHzの速度で動作しているメモリの消費電力は、800MHzの速度で動作しているメモリよりも約25%多くなります。

図8: メモリの動作速度と消費電力(4GBデュアルランクRDIMM × 12枚)



**DIMMの種類と容量:** 通常はDIMMの容量が大きくなるほど、消費電力も増加します。ただし、ギガバイト当たりの消費電力で見ると、容量の大きいDIMMの方がより効率的です。この点では、2Gb DRAMで構成されているDIMM (8GBデュアルランクDIMMなど)が最も効率的です。容量とランク数が同じであれば、UDIMMの方がRDIMMよりも消費電力は少なくなります。動作速度がDDR3-1066の2GB UDIMMでは、同じ動作速度の2GB RDIMMと比較して、負荷がある状態での消費電力が約1.2ワット少なくなります。

図9: DIMMの容量と消費電力(DDR3-1066 DIMM × 6枚)



**DIMMのランク数:** クアッドランクDIMMでは、デュアルランクDIMMと比較して消費電力が約15%少なくなります。

図10: ランク数の消費電力への影響(DDR3-1066)

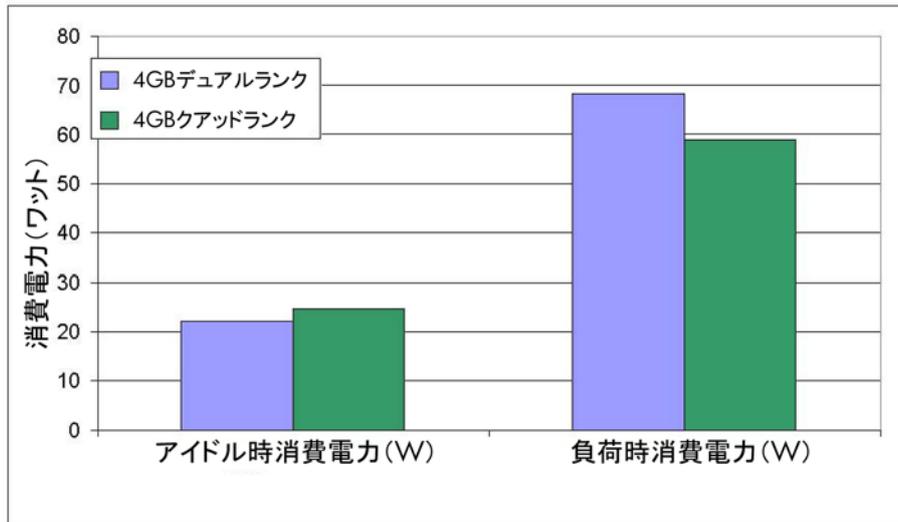


表13と表14は、総メモリ容量が24GBまたは48GBのさまざまな構成における負荷時の消費電力を比較したものです。

表13: 総メモリ容量が24GBのさまざまな構成における消費電力

総メモリ容量 (GB)	メモリの構成	DIMMの数	DIMMの容量	DIMMのランク数	UDIMMまたはRDIMM	DIMMの速度	DDR3動作の負荷時消費電力 (W)
24	4G4R_800_R×6	6	4GB	4	RDIMM	800	51.82
24	4G4R_1066_R×6	6	4GB	4	RDIMM	1066	58.96
24	4G2R_800_R×6	6	4GB	2	RDIMM	800	59.34
24	2G2R_800_U×12	12	2GB	2	UDIMM	800	59.88
24	12G2R_1066_U×12	12	2GB	2	UDIMM	1066	67.33
24	4G2R_1066_R×6	6	4GB	2	RDIMM	1066	68.45
24	2G2R_800_R×12	12	2GB	2	RDIMM	800	72.99
24	4G2R_1333_R×6	6	4GB	2	RDIMM	1333	75.24
24	2G2R_1066_R×12	12	2GB	2	RDIMM	1066	80.29
24	2G2R_1333_R×12	12	2GB	2	RDIMM	1333	87.04

表14: 総メモリ容量が48GBのさまざまな構成における消費電力

総メモリ容量 (GB)	メモリの構成	DIMMの数	DIMMの容量	DIMMのランク数	UDIMMまたはRDIMM	DIMMの速度	DDR3動作の負荷時消費電力 (W)
48	8G2R_800_R×6	6	8GB	2	RDIMM	800	52.79
48	8G2R_1066_R×6	6	8GB	2	RDIMM	1066	58.92
48	8G2R_1333_R×6	6	8GB	2	RDIMM	1333	62.96
48	4G4R_800_R×12	12	4GB	4	RDIMM	800	90.23
48	4G2R_800_R×12	12	4GB	2	RDIMM	800	106.08
48	4G2R_1066_R×12	12	4GB	2	RDIMM	1066	119.97
48	4G2R_1333_R×12	12	4GB	2	RDIMM	1333	132.80

**低電力DIMM:** HPIは、パフォーマンス重視の4GBデュアルランクPC3-10600と低電力の4GクアドランクPC3-8500 RDIMMを提供しています。デュアルランクDIMMの最大動作速度はDDR3-1333で、最大帯域幅は10.6GB/秒になります。クアドランクDIMMの最大動作速度はDDR3-1066で、最大帯域幅は8.5GB/秒になります。デュアルランクDIMMでは、一度にアクティブになるのは全体のDRAMチップの半分です。クアドランクDIMMでは、一度にアクティブになるのは全体のDRAMチップの4分の1で、消費電力は15%少なくなります。

## コストの最適化

一般的に、メモリ容量を一定とした場合は、容量が最も小さいDIMMを使用してその容量を確保することでコストを最小化できます。ただし、メモリの価格は頻繁に変動するので、最新の価格情報を使用してさまざまなメモリ構成の価格を計算することが重要です。

メモリのコストを最小化するための一般的な規則は、次の3つです。

- 総メモリ容量が24GB以下の構成では、UDIMMを使用してください。
- 大容量のDIMMではなく、より多くの4GB DIMMを使用してください(通常、1GB、2GB、4GB DIMMのギガバイト当たりのコストはほぼ同じです。容量が8GB以上のDIMMでは、ギガバイト当たりのコストは割高になります)。
- 低電力のメモリではなく、標準的な消費電力のメモリを使用してください。

## パフォーマンスの比較

図11～13は、3つの異なる構成におけるレイテンシ、帯域幅、消費電力をまとめたものです。

これらの図では、分かりやすくするために、DIMMの種類と構成を省略形で表記しています。DIMMの数と容量、ランク数、メモリ速度、DIMMの種類が省略形式で示されています。たとえば、「2G2R\_800\_U×6」は、デュアルランク(2ランク)のDDR3-800 UDIMMである2GB DIMMが6枚あることを表しています。

図11: 総メモリ容量12GBの構成におけるパフォーマンス

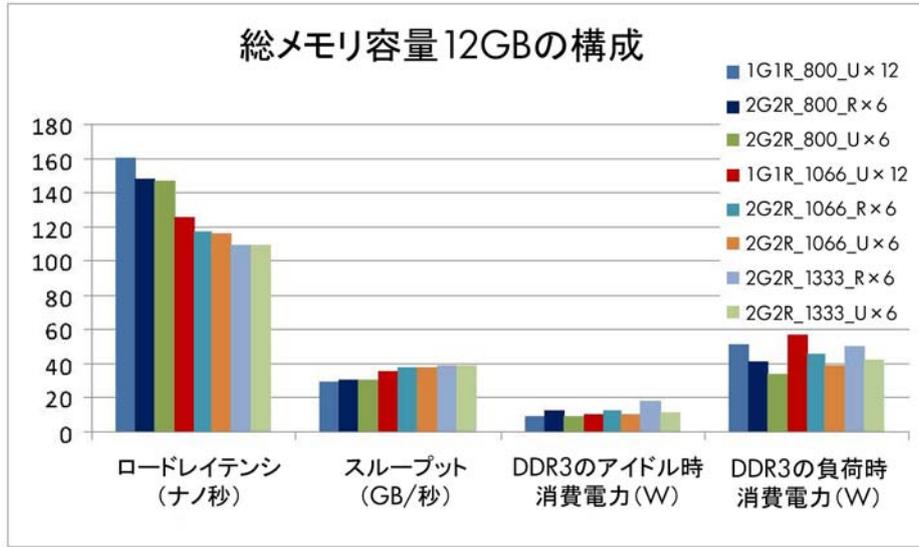


図12: 総メモリ容量24GBの構成におけるパフォーマンス

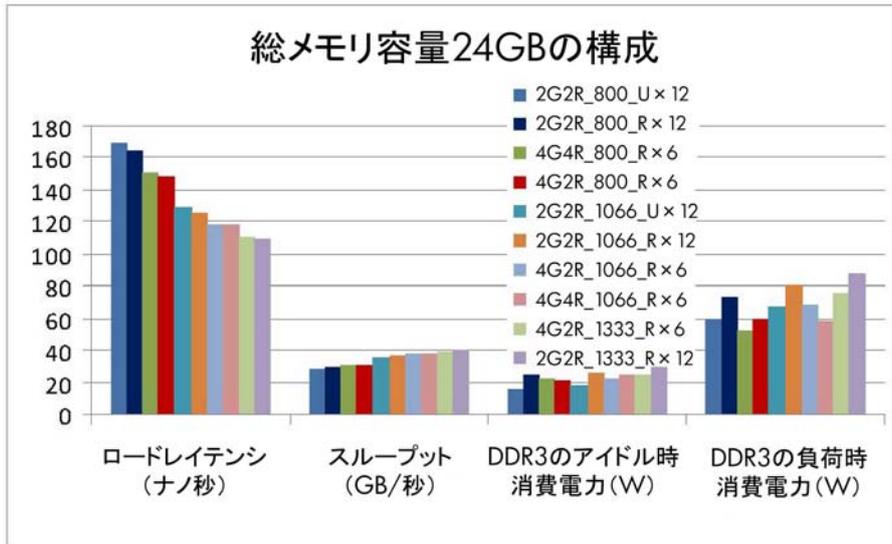
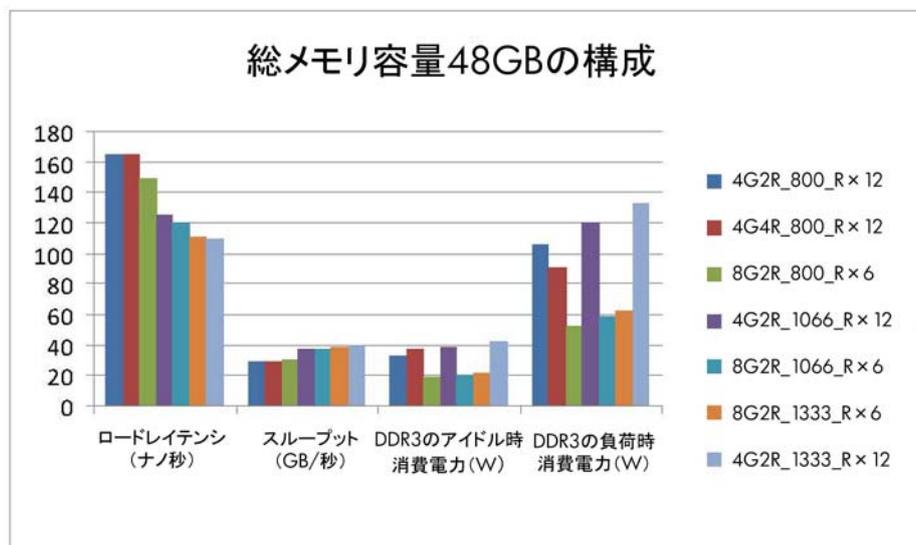


図13: 総メモリ容量48GBの構成におけるパフォーマンス



## アンバランスなメモリ構成

アンバランスなメモリ構成は、2つのカテゴリに分類されます。

- チャンネル間でアンバランスなメモリ構成: 各プロセッサにある3つのチャンネルのそれぞれで、取り付けられているメモリの容量が異なっています。たとえば、各プロセッサに4枚の4GB DIMMを取り付けると、チャンネル間でアンバランスなメモリ構成になります。
- プロセッサ間でアンバランスなメモリ構成: 各プロセッサに取り付けられているメモリの容量が異なっています。たとえば、1つのプロセッサに3枚の4GB DIMMを取り付け、2番目のプロセッサに6枚の4GB DIMMを取り付けると、プロセッサ間でアンバランスなメモリ構成になります。

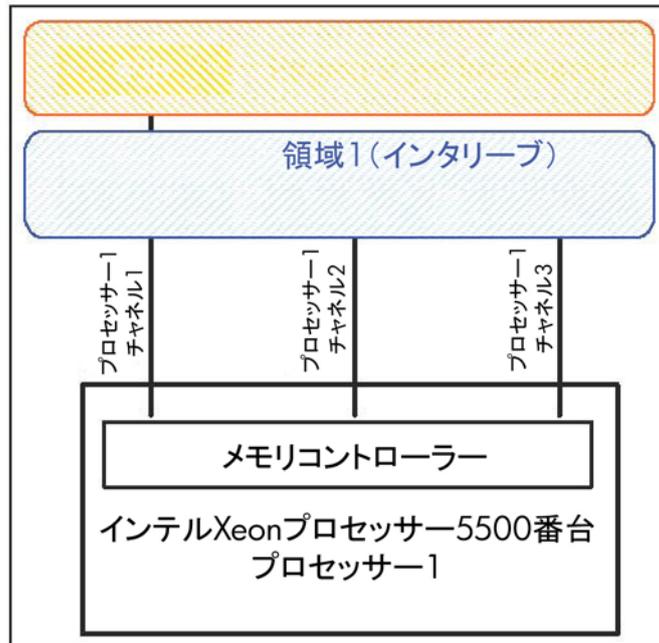
チャンネル間でアンバランスなメモリ構成では、メモリコントローラーはメモリを複数の領域に分割します。メモリの各領域は、異なるパフォーマンス特性を持つこととなります。メモリコントローラーは、チャンネルを超えてメモリをできる限りグループ化することで複数の領域を作成します。メモリコントローラーは、3つのメモリチャンネルのすべてにまたがる領域を、DIMMを利用してできるだけ多く作成します。次に、メモリコントローラーは2つのメモリチャンネルにまたがる領域の作成に移り、さらにその後で1つのチャンネルのみに接続される領域を作成します。

## チャンネル間でアンバランスなメモリ構成

領域の総合的なシステム帯域幅は、領域のタイプによって異なります。3つのチャンネルすべてにまたがる領域では、メモリパフォーマンスが最高になります。2つのチャンネルにまたがる領域に移ると、パフォーマンスは約3分の2に低下します(3つあるチャンネルの1つが切り離されるため)。さらに、1つのチャンネルのみに接続されている領域に移ると、パフォーマンスは3つのチャンネルにまたがっている領域と比較して3分の1にまで低下します。

たとえば、2基のプロセッサを搭載したサーバーで、8GB DIMMを8枚使用して64GBのメモリを構成したとします。それぞれのプロセッサには、4枚のDIMMが取り付けられています(8GB x 4 + 8GB x 4の構成)。

図14: チャンネル間でアンバランスなメモリ構成



1. パフォーマンスは、メモリが3つのメモリチャンネルにまたがっている領域1で最も高くなります。
2. 領域2では、パフォーマンスが低下します。領域2は各プロセッサの4番目のメモリ上にあり、またこのメモリはチャンネル1のみに接続されています。さらに、このメモリチャンネルでは、レイテンシも大きくなります。

この例の構成 (8GB×8) とバランスが取れた構成 (8GB×6枚+4GB×6枚) のパフォーマンスを比較すると、次のようになります。

8GB×8の構成と8GB×6+4GB×6の構成のどちらであっても、メモリバスは同じ速度のDDR3-1066で動作します。これは、1つのチャンネルの論理的な最大帯域幅8.5GB/秒と一致します。

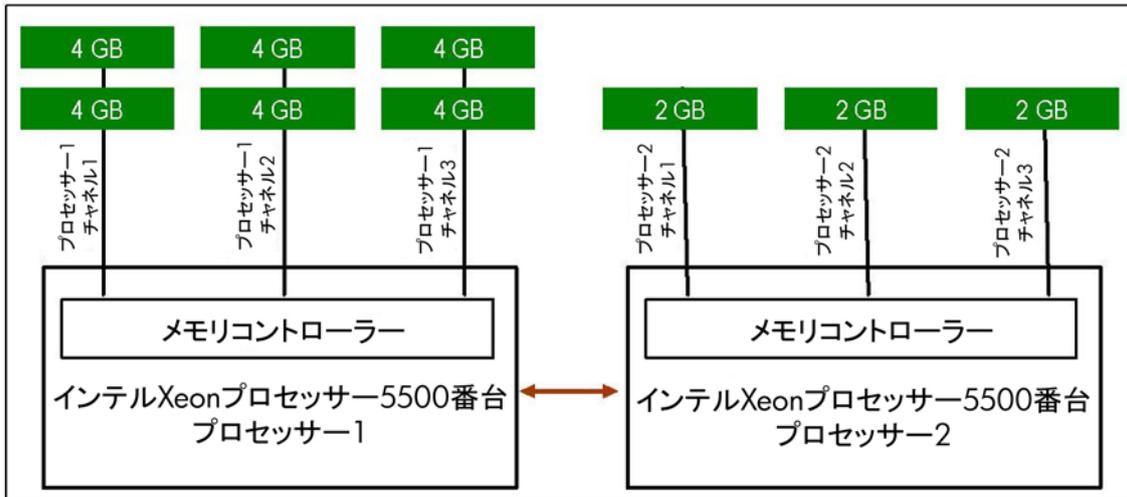
8GB×6+4GB×6の構成、および8GB×8の構成で3つのチャンネルにまたがっているメモリの領域では、領域の最大帯域幅はプロセッサ当たり25.5GB/秒になります。8GB×8の構成で1つのチャンネルのみに接続されている領域では、領域の最大帯域幅はプロセッサ当たり8.5GB/秒になります。つまり、アンバランスなメモリ構成ではピーク帯域幅が66%低下することになります。

バランスの取れた8GB×6+4GB×6の構成では、総帯域幅は51GB/秒になります。アンバランスな8GB×8の構成に含まれるすべてのメモリに対してアプリケーションがメモリアクセスを均等に行う場合は、両方のプロセッサがすべてのメモリ領域にアクセスするので、アンバランスなメモリ構成における平均のシステムスループットは約42GB/秒となり、バランスの取れたメモリ構成よりも平均で16%ほど帯域幅が狭くなります。

## プロセッサ間でアンバランスなメモリ構成

プロセッサ間でアンバランスなメモリ構成では、各プロセッサ上で実行されるスレッドが異なるパフォーマンス特性を持つこととなります。

図15: プロセッサ間でアンバランスなメモリ構成



## アプリケーション固有の留意事項

仮想化を行う場合は、できるだけ少ない数の大容量DIMMを使用してメモリ要件を満たすようにしてください。

VMwareのベストプラクティスのガイドラインは、パフォーマンス低下を回避するためのアドバイスをお客様に提供しており、その中でアンバランスなメモリ構成を回避する必要があるとしています。「物理ホストのメモリがNUMAノード全体で完全にバランスが取れた状態になるように、ホストハードウェアを構成する必要があります。」

詳細については、[http://pubs.vmware.com/vi35/resmgmt/wwhelp/wwhimpl/common/html/wwhelp.htm?context=resmgmt&file=vc\\_best\\_practice.13.8.html](http://pubs.vmware.com/vi35/resmgmt/wwhelp/wwhimpl/common/html/wwhelp.htm?context=resmgmt&file=vc_best_practice.13.8.html) (英語)を参照してください。

## BIOSの設定

HP ProLiant G6サーバーのBIOSにあるROMベースセットアップユーティリティ(RBSU)では、メモリ構成に関する次の設定を行うことができます。

- 最大メモリ速度
  - メモリの動作速度を制限するために使用します。
  - [自動] (通常の実装規則に従って速度を決定)、[1066MHz]、または[800MHz]に設定できます。
  - この設定を[1066MHz]または[800MHz]に設定すると消費電力を節約できますが、その代わりにパフォーマンスがいくらか低下します。
- メモリインタリーブ
  - メモリインタリーブを無効にするとDIMM当たりの消費電力を多少節約できますが、その代わりにパフォーマンスがいくらか低下します。

## 詳細情報

『Memory technology evolution: an overview of system memory technologies』:

<http://h20000.www2.hp.com/bc/docs/support/SupportManual/c00256987/c00256987.pdf> (英語)

DDR3 Online Memory Configuration Tool: <http://www.hp.com/go/ddr3memory-configurator> (英語)

HP ProLiant BL460c G6サーバーブレード:

<http://h10010.www1.hp.com/wwpc/jp/ja/sm/WF05a/3709945-3709945-3328410-3328419-3328419-3884098.html>

HP ProLiant DL380 G6サーバー:

<http://h10010.www1.hp.com/wwpc/jp/ja/sm/WF05a/15351-15351-3328412-241475-241475-3884082.html>

『Optimizing the Performance of IBM System x and BladeCenter Servers using Intel Xeon 5500 Series Processors』:

<ftp://ftp.software.ibm.com/common/ssi/sa/wh/n/xsw03025usen/XSW03025USEN.PDF> (英語)

『Dell™ PowerEdge™ Server 2009 – Memory』:

<http://www.dell.com/downloads/global/products/pedge/en/server-poweredge-11g-white-paper.pdf> (英語)

『The Intel processor roadmap for industry-standard servers』:

<http://h20000.www2.hp.com/bc/docs/support/SupportManual/c00164255/c00164255.pdf> (英語)

HPが提供するその他の技術情報については、<http://h18004.www1.hp.com/products/servers/technology/whitepapers/index.html?jumpid=servers/technology> (英語) および <http://h50146.www5.hp.com/products/servers/proliant/technology.html> (日本語) を参照してください。

HP ProLiantサーバーの詳細については、<http://h50146.www5.hp.com/products/servers/proliant/> を参照してください。

本書についてご意見がありましたら、Daniel R. Bowers (daniel.r.bowers@hp.com) までお送りください。

## 付録A

### パフォーマンステストの結果

18個のDIMMスロットを装備した2プロセッサ搭載サーバーで測定しました。

構成	総メモリ 容量 (GB)	DIMM の容量 (GB)	DIMM のランク 数	データ 速度	チャネル 当たりの DIMM数	DIMM の総数	DIMMの 総数	ロードレ イテンシ (ナノ秒)	スルー プット (GB/秒)	アイド ル時消 費電力 (W)	負荷時 消費電 力(W)
1G1R_800_Ux6	6	1	1	800	1	6	89.77	145.56	29.49	7.01	28.63
1G1R_1067_Ux6	6	1	1	1067	1	6	87.95	123.24	34.00	7.50	31.14
1G1R_1333_Ux6	6	1	1	1333	1	6	89.19	120.17	34.95	8.44	34.00
1G1R_800_Ux12	12	1	1	800	2	12	82.84	160.57	29.19	9.52	51.14
2G2R_800_Rx6	12	2	2	800	1	6	89.16	147.61	30.77	12.72	40.62
2G2R_800_Ux6	12	2	2	800	1	6	80.11	146.59	30.98	9.30	33.94
1G1R_1067_Ux12	12	1	1	1067	2	12	89.29	125.62	35.75	10.50	56.47
2G2R_1067_Rx6	12	2	2	1067	1	6	86.91	117.78	37.19	12.68	46.08
2G2R_1067_Ux6	12	2	2	1067	1	6	86.52	116.76	37.38	10.24	38.92
2G2R_1333_Rx6	12	2	2	1333	1	6	70.23	109.77	38.60	18.38	50.67
2G2R_1333_Ux6	12	2	2	1333	1	6	87.61	109.43	38.69	11.58	42.42
2G2R_800_Ux12	24	2	2	800	2	12	83.18	168.58	28.23	16.21	59.88
2G2R_800_Rx12	24	2	2	800	2	12	89.70	164.48	28.93	23.76	72.99
4G4R_800_Rx6	24	4	4	800	1	6	87.21	151.19	29.89	21.89	51.82
4G2R_800_Rx6	24	4	2	800	1	6	82.50	148.80	30.70	20.12	59.34
2G2R_1067_Ux12	24	2	2	1067	2	12	89.25	128.52	35.81	18.16	67.33
2G2R_1067_Rx12	24	2	2	1067	2	12	86.25	124.77	36.52	26.13	80.29
4G2R_1067_Rx6	24	4	2	1067	1	6	87.36	118.46	37.10	22.27	68.45
4G4R_1067_Rx6	24	4	4	1067	1	6	85.40	117.44	37.35	24.54	58.96
4G2R_1333_Rx6	24	4	2	1333	1	6	86.54	110.45	38.52	24.71	75.24
2G2R_1333_Rx12	24	2	2	1333	2	12	86.12	109.60	39.77	28.89	87.04
2G2R_800_Rx18	36	2	2	800	3	18	81.13	160.39	29.21	32.50	98.65
4G2R_800_Rx12	48	4	2	800	2	12	79.77	165.00	28.88	33.30	106.08
4G4R_800_Rx12	48	4	4	800	2	12	90.62	165.00	28.89	36.98	90.23
8G2R_800_Rx6	48	8	2	800	1	6	79.77	150.00	30.53	19.18	52.79
4G2R_1067_Rx12	48	4	2	1067	2	12	86.50	125.28	36.46	37.70	119.97
8G2R_1067_Rx6	48	8	2	1067	1	6	88.19	119.49	36.80	20.40	58.92
8G2R_1333_Rx6	48	8	2	1333	1	6	87.20	111.47	38.30	21.78	62.96
4G2R_1333_Rx12	48	4	2	1333	2	12	87.41	109.26	39.70	42.25	132.80
4G2R_800_Rx18	72	4	2	800	3	18	86.93	161.76	29.20	47.29	145.94
8G2R_800_Rx12	96	8	2	800	2	12	80.11	165.00	28.77	30.88	95.33
16G4R_800_Rx6	96	16	4	800	1	6	80.11	153.92	29.77	28.92	66.57
8G2R_1067_Rx12	96	8	2	1067	2	12	71.93	125.96	36.23	33.30	104.20
16G4R_1067_Rx6	96	16	4	1067	1	6	72.61	119.31	37.12	31.30	73.79
8G2R_1333_Rx12	96	8	2	1333	2	12	70.91	110.11	39.47	34.51	111.20
8G2R_800_Rx12	144	8	2	800	3	18	80.11	161.59	29.04	43.57	131.39
16G4R_800_Rx12	192	16	4	800	2	12	80.45	166.53	28.70	49.55	123.32

## 付録B

### 2プロセッサ搭載サーバーで推奨される構成

18個のDIMMスロットを装備した2プロセッサ搭載サーバーでパフォーマンスを最適化する場合の推奨事項です。

必要なメモリ容量	使用するDIMM	
	CPU 1	CPU 2
6GB未満	推奨されていません	
6GB	1GB UDIMM×3	1GB UDIMM×3
12GB	2GB UDIMM×3	2GB UDIMM×3
18GB	1GB UDIMM×3+ 2GB UDIMM×3	1GB UDIMM×3+ 2GB UDIMM×3
24GB	4GB 2R RDIMM×3	4GB 2R RDIMM×3
36GB	2GB RDIMM×9	2GB RDIMM×9
48GB	4GB 2R RDIMM×3	4GB 2R RDIMM×3
60GB	4GB 2R RDIMM×6+ 2GB RDIMM×3	4GB 2R RDIMM×6+ 2GB RDIMM×3
72GB	4GB 2R RDIMM×9	4GB 2R RDIMM×9
96GB	8GB RDIMM×6	8GB RDIMM×6
108GB	8GB RDIMM×6+ 2GB RDIMM×3	8GB RDIMM×6+ 2GB RDIMM×3
120GB	8GB RDIMM×6+ 4GB 2R RDIMM×3	8GB RDIMM×6+ 4GB 2R RDIMM×3
144GB	8GB 2R RDIMM×9	8GB 2R RDIMM×9

12個のDIMMスロットを装備した2プロセッサ搭載サーバーでパフォーマンスを最適化する場合の推奨事項です。

必要なメモリ容量	使用するDIMM	
	CPU 1	CPU 2
6GB未満	推奨されていません	
6GB	1GB UDIMM×3	1GB UDIMM×3
12GB	2GB UDIMM×3	2GB UDIMM×3
18GB	1GB UDIMM×3+ 2GB UDIMM×3	1GB UDIMM×3+ 2GB UDIMM×3
24GB	4GB 2R RDIMM×3	4GB 2R RDIMM×3
36GB	4GB 2R RDIMM×3+ 2GB RDIMM×3	4GB 2R RDIMM×3+ 2GB RDIMM×3
48GB	4GB 2R RDIMM×3	4GB 2R RDIMM×3
60GB	8GB RDIMM×3+ 2GB RDIMM×3	8GB RDIMM×3+ 2GB RDIMM×3
72GB	8GB RDIMM×3+ 4GB 2R RDIMM×3	8GB RDIMM×6+ 4GB 2R RDIMM×3
96GB	8GB RDIMM×6	8GB RDIMM×6

© 2009 Hewlett-Packard Development Company, L.P. 本書の内容は、将来予告なしに変更されることがあります。HP製品およびサービスに対する保証については、当該製品およびサービスの保証規定書に記載されています。本書のいかなる内容も、新たな保証を追加するものではありません。本書の内容につきましては万全を期しておりますが、本書中の技術的あるいは校正上の誤り、脱落に対して、責任を負いかねますのでご了承ください。

Proliantは、Hewlett-Packard Development Companyの商標です。Intel、インテルItanium、インテルXeonは、インテルコーポレーションまたはその子会社のアメリカ合衆国およびその他の国における商標または登録商標です。

Dell™およびPowerEdge™は、Dell Inc.のアメリカ合衆国およびその他の国における商標です。

IBMは、International Business Machines Corporationの登録商標です。

MicrosoftおよびWindowsは、Microsoft Corporationの米国およびその他の国における登録商標です。

Oracleは、Oracle Corporationまたはその関連会社の登録商標です。

2009年5月