消費電力の削減： ホットスペア

デルテクニカルホワイトペーパー

Mark Muccini
Wayne Cook

目次

要旨 3
はじめに 3
従来の電源ソリューション 3
ホットスペア 5
ホットスペアソリューション 6
省電力の重要性 8

本書は、情報提供のみを目的に執筆されており、誤字脱字や技術上の誤りには責任を負いません。
本書の内容は執筆時現在のものであり、明示的、暗示的を問わず、いかなる内容も保証いたしません。

© 2012 Dell Inc. ©2012 デル株式会社 All rights reserved.（版権所有）
デルとその関連会社は、誤字、脱字、誤植や、図、写真の誤りや不備について一切の責任を負いません。
Dell、DELL のロゴマーク、PowerEdge は、米国 Dell Inc. の商標です。本書では、マークや名前を届け出た実在のもの、もしくは、その製品のいずれかを参照するため、その他の商標、商号を使用している可能性があります。デルは、その他のマークや名称について、商標上の利権に対する要求に一切に応じません。

2012 年 2 月 | Rev 1.0

要旨

エネルギーコストは増加の一途を辿っており、データセンターではエネルギー効率に優れたソリューションの重要性が増すばかりです。本書では、電源装置を 1+1 の冗長構成で稼働する従来の電源管理アプローチと、デルの斬新な省エネアプローチ「ホットスペア」について説明します。ここで言う「ホットスペア」とは、システム運用時のエネルギーコストを削減するため、電源装置をより節電できる条件に合わせながら動作させる高効率ソリューションことです。

はじめに

IT 業界の継続的な成長に伴い、サーバデプロイメントの省エネ対策には一層力が入れられるようになりました。多くのデータセンターでは、増え続けるデータプロセッシング、通信、アプリケーションのために拡張を余儀なくされ、また、市場の需要に歩調を合わせるためには、より高密度なソリューションが必須となっています。しかし、電源供給量には限りがあるため、これが、導入拡大の阻害要因となりかねません。そこでもし、各アプリケーションの電力消費量を減らすことができれば、既存インフラでより多くのサーバを運用することができます。消費電力を削減する 1 つの手段は、冗長 AC-DC 電源装置で典型的に構成される「フロントエンド電力変換ブロック」での電力損失量を減らすことです。

デルは、このフロントエンド変換ブロックにまつわる電力損失の削減策を数多く実装してきました。このような削減策には、電源装置 (PSU) の効率化、適切にサイジングされた電源ソリューション、電力管理技術の強化、その他があります。第 12 世代の Dell™ PowerEdge™ サーバには、消費電力削減を目的とした電力管理テクノロジーが豊富に採用されていますが、本書では、そのうちの 1 つ「ホットスペアテクノロジー」を取り上げます。以降では、まず、従来の冗長 PSU 構成にまつわる課題を説明し、次に、ホットスペアの概要と、これらの課題の解決方法を説明します。

従来の電源ソリューション

多くのサーバ構成では、電源供給が断たれた時や PSU の保守時でもサーバの稼働を維持するため、冗長電源装置が導入されています。デルのホワイトペーパー『High Efficiency Power Supplies』(Dell.com、日本語版は『消費電力の削減： 効率性に優れた電源装置』) でも説明していますが、通常、冗長電源装置はサーバの出力負荷を共有するため、電源装置 1 台あたりの負荷は 50% 未満になります。ここで留意点を 1 つ挙げておくと、標準規格 (「80 PLUS」など) の多くは、電源装置が定格の 50% で稼働しているときに最大の PSU 効率を求めています。この要件は、設計に影響を与えます。たとえば：

1) 制御機能や監視機能から発生する、PSU の固定損を削減する必要があります。

2) 多くのスイッチモード電源装置設計に伴う、スイッチング損失を削減する必要があります。

3) 上記のスイッチング損失を極度に増やさぬよう、適度な伝導損失を保つ必要があります。

しかし、たとえ負荷が軽いときの PSU 効率を向上したとしても、今度は、2 台の PSU ではなく、1 台の PSU だけを稼働させたときに、さらに効率性を上げられる負荷の範囲が存在しています。図 1 は、1 台の PSU と 2 台の冗長 PSU を対象に、負荷の推移と PSU の電力損失を示したグラフです。また、表 1 は「80 PLUS プラチナ」レベルで定められている効率性の仕様です。

表 1. 80 PLUS プラチナレベル

負荷率 (%)	変換効率 (%)
20	90.0
50	94.0
100	91.0

本書では以降、展開する論旨の評価基準として、この変換効率仕様をたびたび参照しています。本書に掲載されている負荷 - 効率性グラフは、上記の変換効率ポイントに適合させる「カーブフィッティング (曲線適合)」手法を使って作成されています。これらのポイントは、指定されたテスト条件下 (入力電圧＝230VAC、特定の周辺温度、他) で測定されたものです。詳細は、80 PLUS の Web サイトをご覧ください： http://www.plugloadsolutions.com/ 80PlusPowerSupplies.aspx

図 1. 負荷と PSU の電力損失 (シングル PSU 対 デュアル PSU)： プラチナ対応の 750 W 電源装置

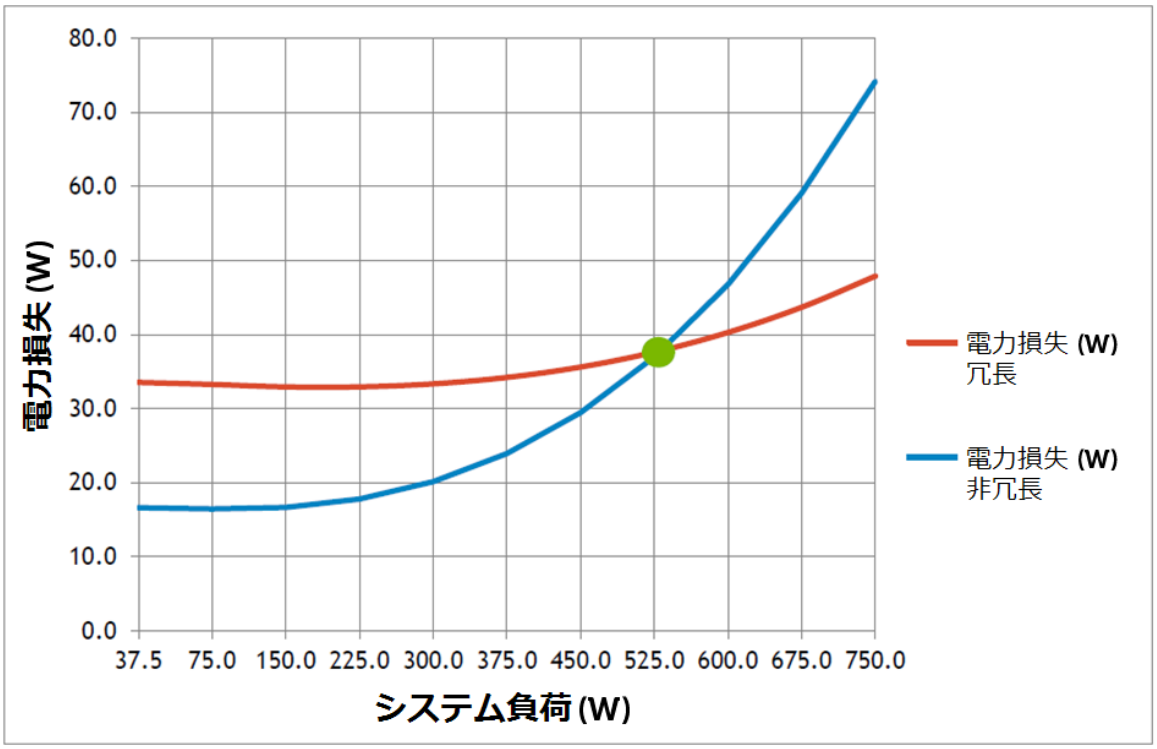
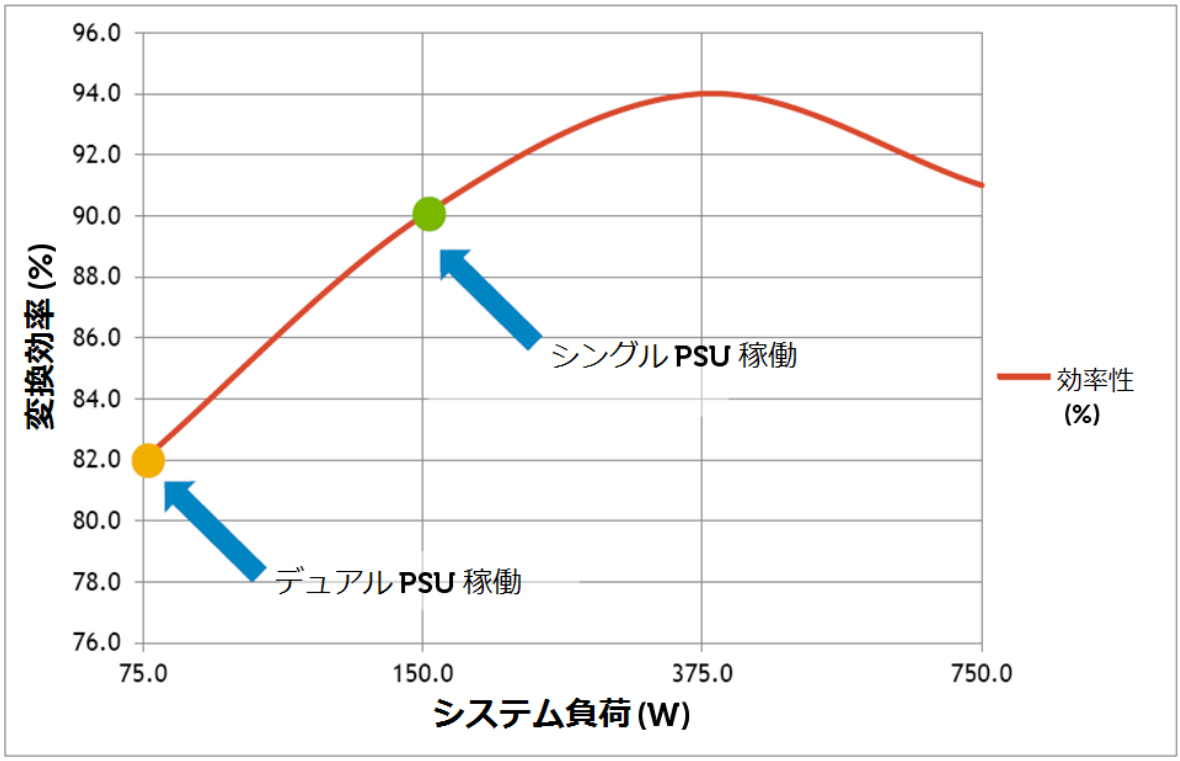


図 1 を見ると、負荷が 525W 未満 (PSU 定格の 70% まで) であれば、1 台の PSU を稼働する方が、デュアル PSU を稼働するより電力損失が抑えられます。しかし、システム負荷が 525W を超えると、デュアル PSU 構成で稼働する方が、シングル PSU 構成よりも効率的です。このように、525W までは 1 台の電源装置だけを稼働し、525W 以上では両電源装置を駆動するようなシステムがあれば、終始、2 台の電源装置を稼働するより節電になります。これが、「ホットスペア」を着想したきっかけです。

ホットスペア

上記の課題を解決するため、デルは、消費電力を節約すると同時に、冗長性・可用性も維持できる電力管理技術を開発しました。以降は、説明をわかりやすくするため、変換効率がプラチナレベルの 750W PSU を 1x1 で冗長構成したものとして話を進めます。大前提となる機能は、負荷の軽いうちは 2 台の電源装置のうち 1 台だけをアクティブにし、残り 1 台はサスペンド (休止) 状態に置く、というものです。この場合、アクティブな電源装置 1 台だけでシステム全体の負荷を担うことになるため、効率性グラフのうち、より高い方で稼働できるようになります。その後、システム負荷が重くなり、1 台の電源装置から得られる省電力効果が限界 (スレッショルド) に達すると、今度は、2 台の電源装置がアクティブになります。たとえば、次のグラフは、AC-DC 電力変換ブロックの効率性を示したものです。システム負荷が 150W (シングル PSU の出力容量の 20%) までの場合、1 台の PSU 稼働時の効率性は最大 90% (最大 16.7 ワットの電力損失) となります。一方、デュアル PSU 稼働時は、それぞれの電源装置が 150W を半分ずつ共有するので、PSU あたりの負荷は 75W (シングル PSU の出力容量の 10%) となります。この電源装置の変換効率は、75W のとき最大 82% (最大 16.5 ワットの電力損失) です。つまり、2 台の電源装置が負荷を担うと合計の損失は 33W となり、1 台のみ稼働したときの損失 (16.7W) より大幅に増えてしまいます。以上のように、負荷がこの範囲にあるときは、シングル PSU 稼働の方が、デュアル PSU 稼働時より損失が少なく、電力が最大 16.3W 節約できると試算できます。したがってこの条件下での最善策は、1 台の電源装置のみを稼働させることですが、その場合、PSU の冗長性が失われかねません。そこで持ち上がったのが、「実際には 2 台の PSU が存在し、どちらも稼働可能な状態ながら、どうやってシングル PSU 構成のごとくシステムを動作させるか」という問題です。デルは、この問題を「ホットスペア」ソリューションで解決しました。

図 2. 変換効率と負荷： 750W 電源装置のプラチナ仕様



ホットスペアソリューション

このようなソリューションで省電力を達成するには、負荷の軽いときに電力供給を休止 (サスペンド) させられる PSU の能力が必須です。これが実現できれば、もう一方 (アクティブな方) の PSU にすべての負荷を担当させることができます。そこでデルの取った手法は、一方をスリープモード状態で稼働させ、負荷を強制的に他方に引き継がせるというものです。シングル PSU 稼働を保証する負荷条件下では、一方のアクティブ PSU だけに電源を供給させ、他方の PSU には電源供給を休止させます。サスペンド中の PSU はたとえ休止状態でも、アクティブな PSU が稼働できなくなったときに備えて、冗長バスをサポートし続けます。この間は、最小限の電力だけ消費し、常に応答できる状態でスタンバイしています。サスペンド中の PSU が負荷を担うことはないので、この PSU の電力損失量は、固定損となります。ホットスペア対応の両電源装置が損失する合計電力を計算するには、次の式を使用します。

フロントエンド電力ブロックの電力損失 = 稼働 PSU の電力損失 + 休止 PSU の電力損失

休止状態にある PSU の消費電力は、先進の電力管理テクノロジーによって最小限に抑えられており、節電効果を最大限に上げています。サスペンドモードに入る/出るタイミングを決定するのは、システム負荷の状態と PCU の効率性です。電源装置には、出力負荷の状態を監視する機能が付いているため、休止状態と稼働状態の遷移を適切に切り替えることができます。この仕組みを説明するため、引き続き、プラチナ準拠の 750W PSU を使った 1+1 対応の冗長構成をもとに話を進めていきます。

図 3. システム負荷と電力損失 (シングル PSU 対 デュアル PSU)： プラチナ対応の 750 W 電源装置

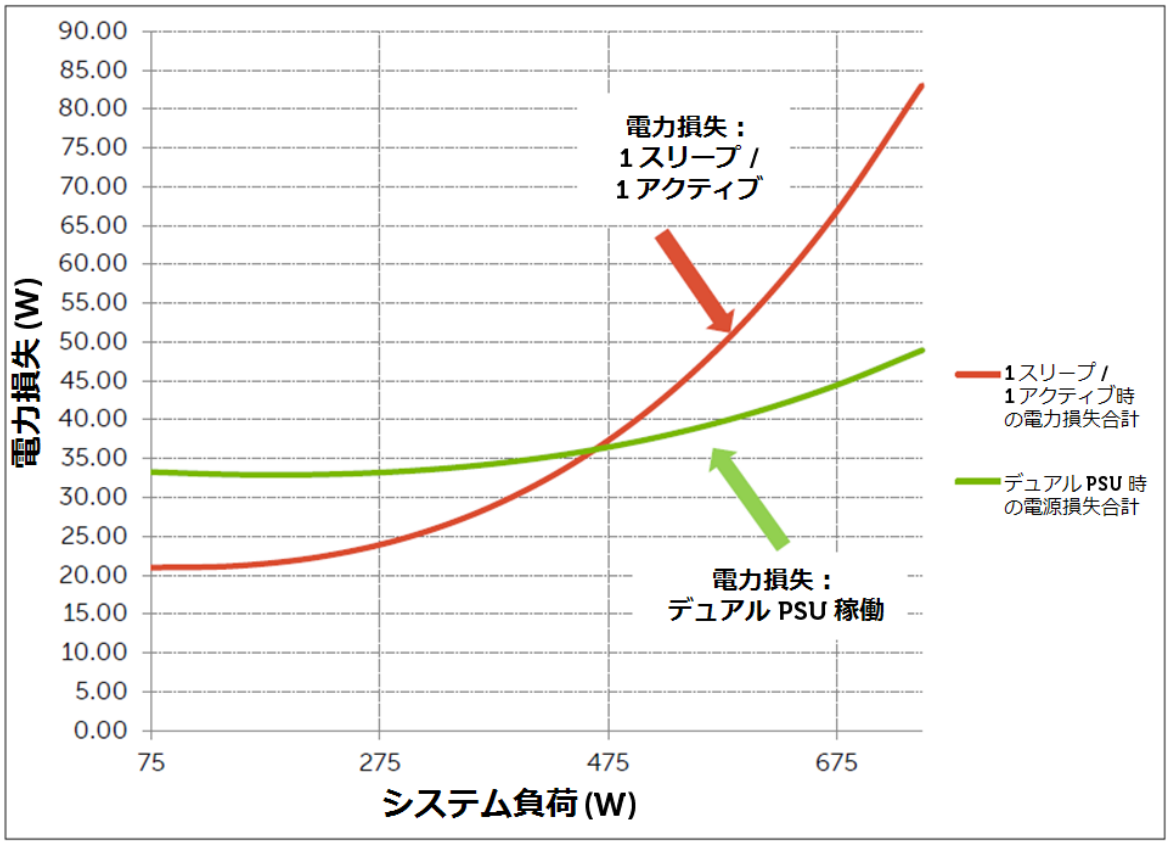


図 3 は、サーバタイプのアプリケーションを実行したときのシステム負荷と、それに対する電力ブロックの合計電力損失 (計算値) を、1 台の PSU 稼働時と、2 台の PSU 稼働時で比較したものです。これを見ると、システムへの入力電力が 450W を下回るときは、シングル PSU 稼働の方が、デュアル PSU 稼働より電力損失が抑えられています。逆に 450W を超えると、両方の PSU をアクティブに稼働させた方が、高効率となっています。このように電力損失の分布が明らかになれば、電源システムは、いつスリープ状態に入り、いつ稼働状態に戻るべきか判断できます。図 4 は、システム負荷に対する電力損失 (計算値) が、ホットスペア使用時にどう変わるか予測したものです。

図 4. システム負荷と.電力損失： ホットスペアアルゴリズムを適用した 1+1 構成の 750 W PSU

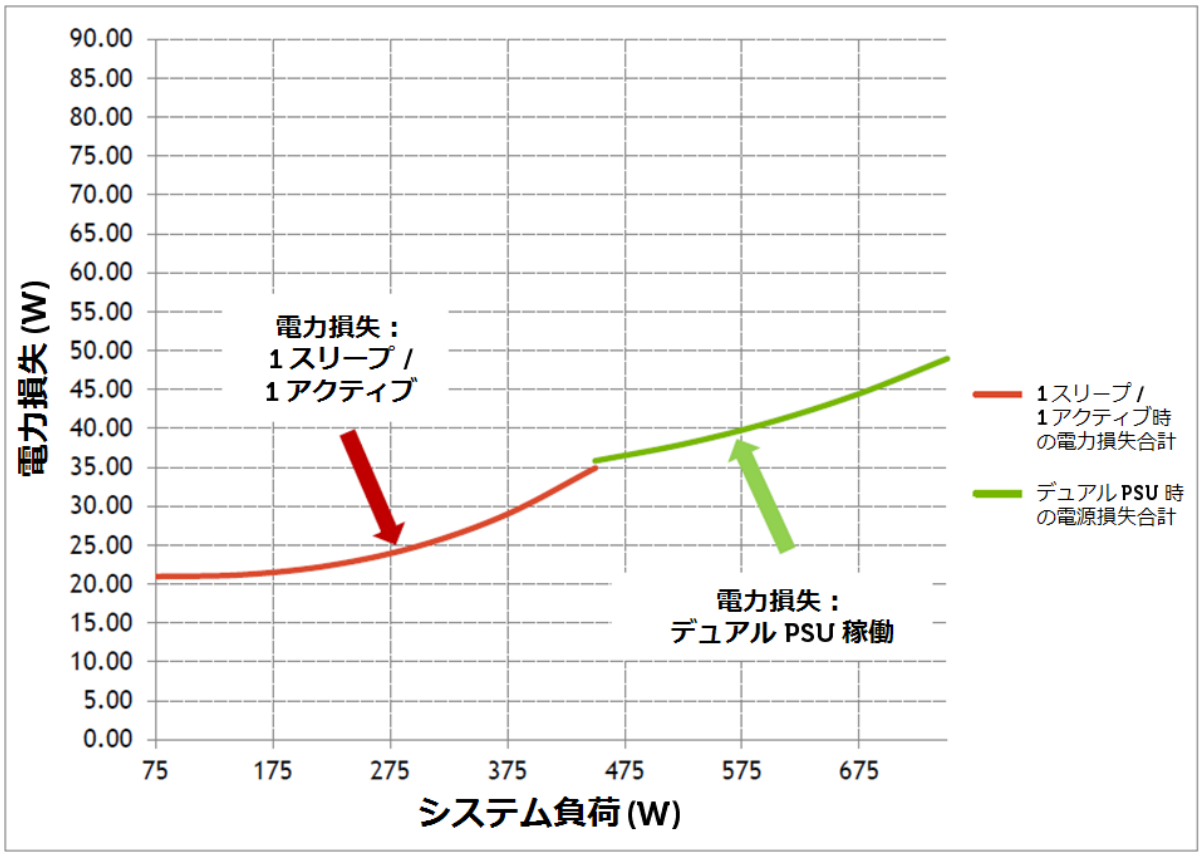
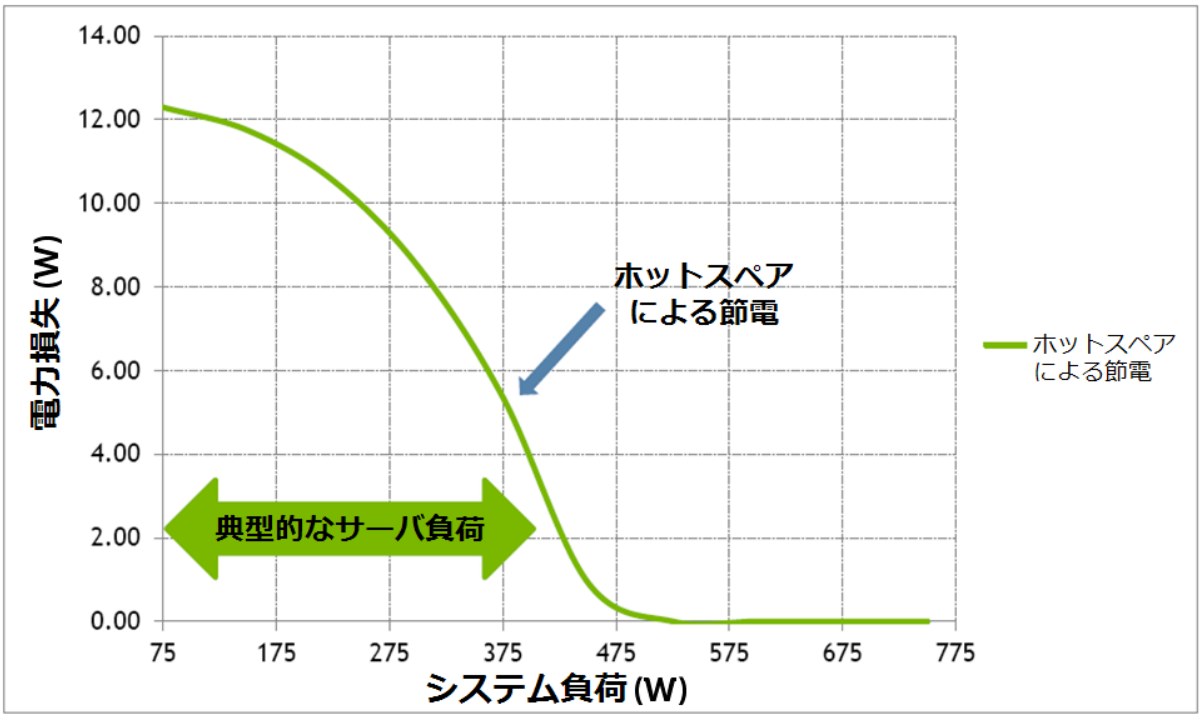


図 5 は、ホットスペアアルゴリズムを実装したときの、合計電力損失 (計算値) を示したものです。これを見ると、「典型的な稼働域」と思われる範囲で、最も高い省電力効果が得られています。お使いのシステムの節電量は、様々な条件によって変わるためご注意ください。たとえば、PSU の効率性は設計の違いによって変わってきますし、その他、入力電圧の状態や環境の違いも、結果を左右します。

図 5. システム負荷と節電： ホットスペアを採用した 1+1 構成の 750 W PSU



省電力の重要性

データセンター環境では依然として消費電力の低減が重要課題となっており、サーバと PSU レベルでの省電力化はごく自然な流れとなっています。デルはこうした動きに応えるため、PSU の効率化、適切なサイズのソリューション、ホットスペアなどの機能、その他、様々な電力対策を打ち出してきました。お客様は、新しい「ホットスペア」というインテリジェントな電力管理機能によって、可用性や冗長性をあきらめることなく、消費電力をさらに削減することができます。本機能は、PSU に組み込まれた監視・管理機能を使用しながら、冗長電源装置間で負荷を動的にシフトできるため、フロントエンド電力ブロックの効率性を、負荷特性に応じて最適化することができます。その結果、エネルギー消費と冷却の必要性が減り、ひいては、PSU とサーバの運用費も削減できます。

詳細は：

デルの電力・冷却テクノロジーに関する詳細は、Dell.com/PowerandCooling をご覧ください。