

サーバ消費電力測定調査研究に関する報告書

2011年3月

社団法人 電子情報技術産業協会
サーバ事業委員会

序

近年、地球温暖化対策が重要な課題となっており、今後の台数の増加が見込まれるIT機器に関しても、消費電力量の削減を目的としたグリーンIT活動が世界各国で推進されている。

グリーンITを実現するためには、データセンタやサーバールームでの電力消費の実態を捉え、効率化を促していくための視点を築くことが求められる。しかし、現状、消費電力を測定しているユーザが1割に満たず、測定方法も認知されていない。このような状況を鑑み、当協会では、国立大学法人 北陸先端科学技術大学院大学や民間企業において消費電力の計測を行い、サーバ消費電力測定のガイドンスを作成した。

計測にご協力頂いた国立大学法人 北陸先端科学技術大学院大学と各企業を始め、サークル株式会社、パナソニック電工株式会社、ラリタン・ジャパン株式会社に厚く感謝申し上げるとともに、本報告書が各方面に利用され、今後のグリーンIT化への取り組みを推進する上での参考になることを念願する次第である。

2011年 3月

社団法人 電子情報技術産業協会

サーバ事業委員会名簿

(敬称略・順不同)

委員長	村野井 剛	三菱電機インフォメーションテクノロジー(株)
委員	清水 宏 司	沖電気工業(株)
"	末 永 司	東芝ソリューション(株)
"	石 原 良 一	東芝ソリューション(株)
"	堀 江 裕 子	日本アイ・ビー・エム(株)
"	西 岡 浩	日本電気(株)
"	浅 賀 博 行	日本電気(株)
"	石 橋 賢 一	(株)日立製作所
"	佐々木 一 名	富士通(株)
"	末 雅 宏	富士通(株)
"	西 崎 亨	三菱電機インフォメーションテクノロジー(株)
事務局	一 條 倫 子	(社)電子情報技術産業協会
"	大 塚 豊	(社)電子情報技術産業協会

サーバシステムプラットフォーム専門委員会名簿

(敬称略・順不同)

委員長	石橋賢一	(株)日立製作所
委員	花田浩行	沖電気工業(株)
”	大島豊	東芝ソリューション(株)
”	岩崎元一	東芝ソリューション(株)【2008～2009年度】
”	古寺雅弘	日本アイ・ビー・エム(株)
”	藤浪秀樹	日本電気(株)
”	西崎亨	三菱電機インフォメーションテクノロジー(株)
”	内藤貴雄	三菱電機インフォメーションテクノロジー(株)
事務局	大塚豊	(社)電子情報技術産業協会

サーバグリーンIT専門委員会WG3名簿

(敬称略・順不同)

主査	古寺雅弘	日本アイ・ビー・エム(株)
委員	秋山宏一	東芝ソリューション(株)【2008年度】
”	宮崎智美	日本電気(株)【2008～2009年度】
”	石橋賢一	(株)日立製作所
”	岸本哲哉	(株)日立製作所
”	伊藤雅樹	(株)日立製作所【2008年度】

目 次

序文

委員会名簿

目次

1. 背景／目的	1
2. 調査概要	2
3. 調査結果	3
3.1 フェーズ1	3
3.1.1 測定環境	3
3.1.2 測定結果	4
3.1.3 考察	5
3.1.4 フェーズ2への指針	5
3.2 フェーズ2 モニタ企業での消費電力測定	6
3.2.1 調査方法	6
3.2.2 事例ごとにみる電力測定結果	7
3.2.3 フェーズ2測定全体に関する考察	32
4. まとめ	33
4.1 サーバ消費電力実態調査の考察	33
4.2 推奨サーバ消費電力測定方法	35
4.3 サーバルーム内の配線系統における電力損失の簡易モデル	35
4.3.1 配電盤からPDUまでの電力損失モデル	37
4.3.2 2段目以降のPDU配線による、電力損失モデル	37
4.3.3 UPSによる配線分岐の電力損失モデル	38
4.4 簡易モデルを使用したIT機器の消費電力の推定	38
4.5 サーバグリーンIT化実現のポイント	40
4.5.1 グリーンITサイクルの確立	40
4.5.2 設備環境の改善	41
4.5.3 ITリソースの有効活用	42
付録	
付録1 簡易モデルの作成方法	43
付録2 2009年度JEITA-JAIST共同研究報告書:JAISTにおける負荷と電力消費の関係	44

1. 背景／目的

経済産業省によると、IT 機器の国内消費電力は、2025 年に 2006 年の 5 倍、2050 年に 12 倍に達すると見積もられている¹。このように IT 利活用の進展にともない機器の台数が爆発的に増加することが予想されており、地球温暖化の観点から消費電力削減が喫緊の課題となっている。米国では 2007 年に IT 機器やデータセンタの省電力化に取り組むための業界団体 Climate Savers Computing Initiative²と The Green Grid³が設立された。国内でも 2008 年にグリーン IT 推進協議会⁴が設立され、環境負荷低減の啓発活動、国際的連携による海外との協力関係構築、開発すべき革新技術の提案、IT・エレクトロニクス技術による省エネ効果等の調査・分析などを行なっている。

社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA) でも、2008 年にサーバグリーン IT 専門委員会を設置し、サーバグリーン IT ハンドブック⁵の作成、国内サーバ消費電力予測などの活動を始め、関係省庁やグリーン IT 推進協議会などの各種団体と連携しグリーン IT に関する活動を推進している。

グリーン IT 推進のためには、まず、企業や団体が使用している IT 機器の消費電力量を把握することが重要であるが、JEITA が実施した調査⁶では、IT に関わる電力使用量のアセスメントを実施している企業・団体の割合がわずか 9%にとどまり、調査を開始した 2008 年からほとんど変わらない状況にある。また、公表された測定データも少なく、実態が把握しにくい状況にある。

一方、サーバの消費電力を検討する場合、主に定格電力（または最大消費電力）を元に行うが、実際に使用するサーバは、プロセッサ数やメモリ容量などが最大構成でなく、最近は省電力モードが設定できる機種も増えている。サーバ構成時の消費電力値を提供するメーカーもあるが、実際の運用時には、サーバラームで使用するサーバの消費電力が定格電力の積算を下回るケースが多い。

本調査の目的は、一般的なサーバラームでの電力測定を通し、サーバ消費電力の推奨測定方法をガイドし、企業や団体に対し消費電力測定を普及・推進することにある。

¹ http://www.meti.go.jp/press/20071207005/03_G_IT_ini.pdf

² <http://www.climatesaverscomputing.org/japan/>

³ <http://members.thegreengrid.org/japanese/home>

⁴ <http://www.greenit-pc.jp/>

⁵ http://home.jeita.or.jp/is/new/contents/server/server_green_IT_2010.pdf

⁶ 「IT 化トレンドに関する調査報告書 (VI)」 (IS-10-情シ-8) 2010 年 6 月発行

2. 調査概要

本調査はフェーズ1、フェーズ2に分割し実施した。

フェーズ1

協力学術機関において約1ヶ月間の消費電力等の測定を実施し、サーバールーム内の配電系、UPS等での電力損失の評価、測定結果に基づいたサーバ消費電力の簡易計算モデルの作成、及びフェーズ2での測定方法の検討を実施する。

フェーズ2

モニタ企業を募り、複数の商用環境における約3ヶ月間のサーバ等の消費電力測定を実施し、日次、週次、月次変動の実態を調査する。また、フェーズ1での検討結果とあわせ、推奨するサーバ消費電力測定方法を確立する。

具体的には、フェーズ1の学術機関として国立大学法人 北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST) に、フェーズ2のモニタ企業として民間企業3社に協力をお願いし下記の日程で推進した。

2009年1月～2009年9月末 (フェーズ1測定)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学センターでの測定

2009年9月～2011年3月

実環境における、推奨測定方法及び簡易計算モデルの検討

2010年1月～2010年4月 (フェーズ2測定)

ユーザ商用環境でのサーバ等の実使用電力の測定

2010年5月～2011年3月

実環境測定結果の分析、報告書作成

簡易計算モデル再検討

3. 調査結果

3.1 フェーズ1

フェーズ1では、フェーズ2の実環境測定に関する測定方法の方針の元になる基礎データを収集するため、実験室レベルに近い測定環境が得られるかどうか、複数の学術研究機関に相談し、最終的に北陸先端科学技術大学院大学（JAIST）の環境で測定を行う事とした。フェーズ1の目標は、フェーズ2で実環境測定を行う際に問題となる点を洗い出し、どのような測定方法が実環境測定に適切かを検討し、実環境測定で使用する機材や、モニタの選定方法を議論する事である。また、実環境測定で使用する簡易モデルの検討を行った。

3.1.1 測定環境

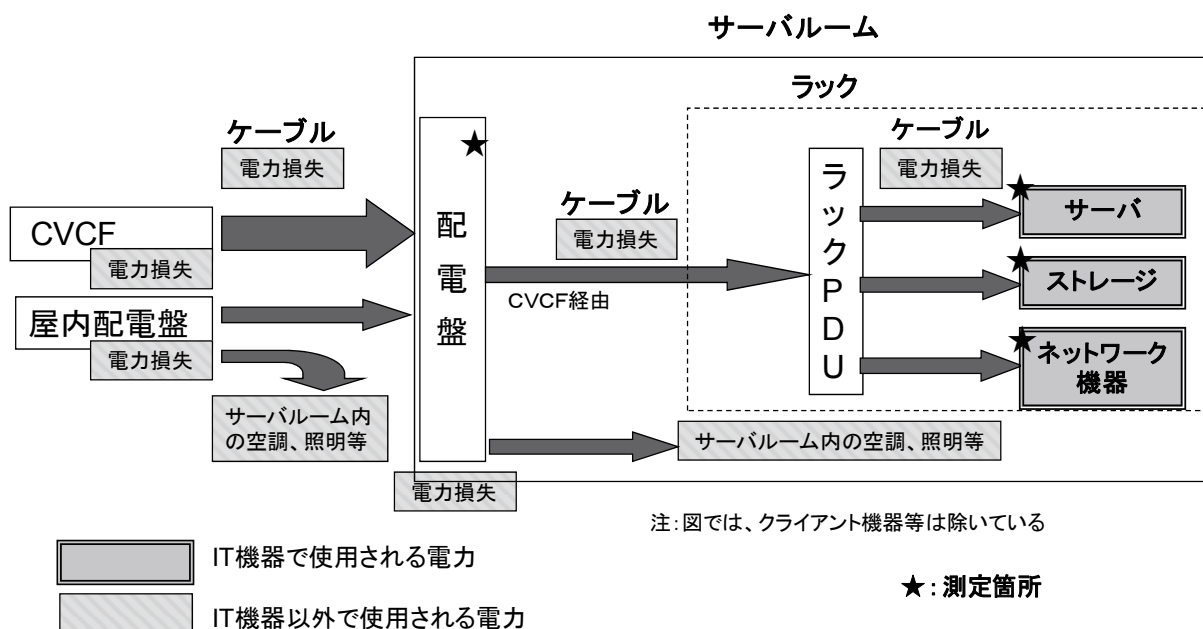


図 3-1 フェーズ1 JAIST 測定環境簡略図

図 3-1 は、JAIST の測定環境を簡略図にまとめたものである。サーバールームの配電盤には構内の CVCF⁷から電源が供給されている。配電盤と IT 機器が収納されているラックの PDU⁸の間の電源ケーブルの配線長は 5 m 以下で配線による電力損失はほとんど無いと考えられる。また、CVCF 経由の安定した電源が供給されるため、サーバールーム内には UPS⁹は設置されていない。今回の共同研究の開

⁷ CVCF： Constant Voltage Constant Frequency、定電圧定周波数装置、電圧及び、周波数が一定の交流電源を供給する。

⁸ PDU： Power Distribution Unit、電源分岐装置、複数のコンセントで電源を分岐する。コンセントの On/Off 制御や、電源、電流等のモニタができるインテリジェント型の PDU も販売されている。

⁹ UPS： Uninterruptible Power Supply、無停電電源装置、蓄電池を持ち、停電時等、電源が供給されない場合に、電源供給を行う。

始に伴い、ラック PDU にコンセント毎の電力測定が可能な PDU を設置し、各 IT 機器の使用電力が測定可能になっている。

3.1.2 測定結果

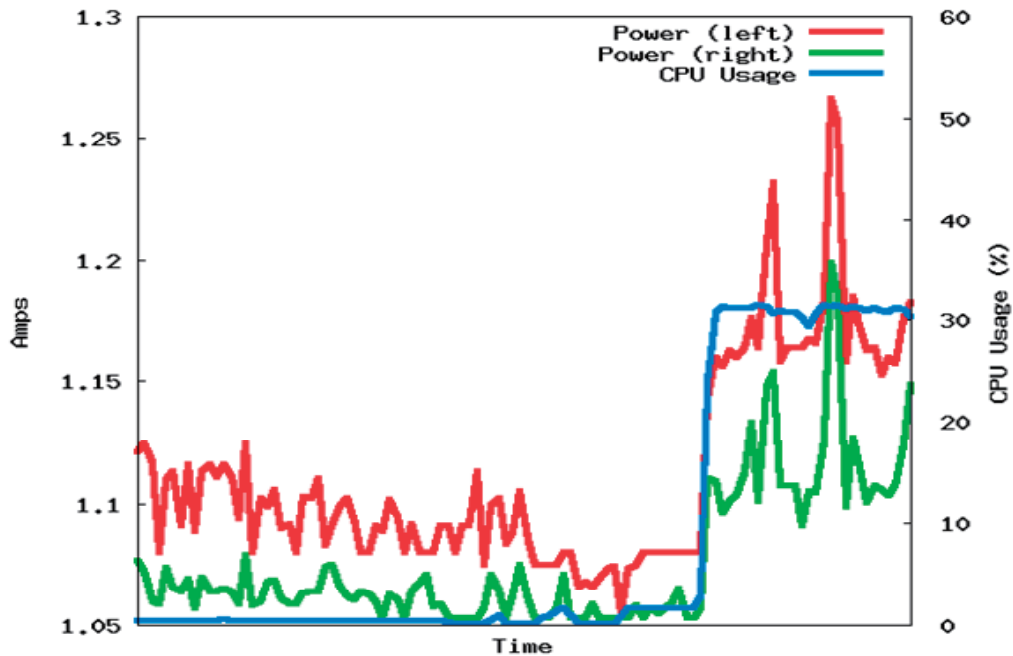


図 3-2 二重電源を持つサーバの消費電力変動

図 3-2 のグラフでは、メールサーバの各配電経路での使用電力を人為的な CPU 負荷を与える前と後で比較した結果である。これにより、測定に使用したサーバでは、

- (1) 二重電源の各経路の電力使用量は完全には、バランスしない
- (2) テストプログラムで CPU 負荷を与えた場合でも、消費電力は±10%前後の変動であった事がわかる。また、JAIST の環境では、消費電力の変動は極めて少なかった。

The Green Grid の White Paper、「データセンターのサーバ電力消費量を削減する 5 つの方法」¹⁰では、CPU 使用量と電力使用量が一次相関になっているが、実使用環境では、変動に幅があり、完全な一次相関にはなっていない。

¹⁰ http://members.thegreengrid.org/japanese/gg_content/J_White_Paper_7-Five_Ways_Save_Power.pdf

3.1.3 考察

配電盤からの電源供給は定電圧源と考えられるので、当初、配電盤で測定した電力使用量と、PDUの各コンセントで測定した電力使用量の総和との比較で、配線系統の電力損失を計算できると考えていたが、結果として、測定機器の測定方法及び、誤差の問題により、できない事が判明した。配電盤での消費電力測定は、積算電力の精度が一番高いが、それでも機器により、1-2%の誤差がある。電圧は、ほぼ一定で供給されている事から、電流値の測定精度が、消費電力測定の精度に影響する度合いが大きい。電流の計測精度はCT¹¹の精度が定格値に対する精度である事にも注意が必要で、特に二重電源で冗長化されたIT機器では、電流の大きさが約1/2になる事により、測定値の相対誤差が大きくなってしまう。

例：30AのCTを使用した場合、誤差を1%とすると、±300mAの誤差が生じる。

二重電源で冗長化された片側の電源経路で100V 10Aを消費している場合、
相対誤差は3%となる。

同様にコンセント毎に使用電力の測定ができるPDUを使用した場合に測定される、IT機器個別の消費電力の値も、±100mA程度の絶対誤差がある。

例：先の例で、機器の一台が片側の電源経路で一台のIT機器が100V 3Aを消費している場合、相対誤差は3.3%となる。

さらに、電力をサンプリング時の電圧、電流、力率を用いて計算し、積算した場合、積算電力をサンプリングした値に対し、別途、誤差が発生してしまう事になる。テスターを用いて、配電系の要所要所で測定した値は整合性のある値を測定できているので、使用電力のモニタリングを行う場合は、複数の機器の測定結果を組み合わせる事で整合性を保ったデータを解析する事は極めて難しい事が判明した。

JAISTの環境を使用した共同研究の詳しい内容は、別途、JAIST作成の報告書原文を本報告書の付録2として採録しているので、そちらを参照していただきたい。

3.1.4 フェーズ2への指針

電力測定は個々の機器では無く、配電盤での電力使用量を使用し、配線等の損失を推定する方法が適切だという結論を得た。これは、実稼動環境にコンセント毎の電力使用が可能なPDUを新たに追加設置するのは、オフライン作業が必要なためモニタ企業の負担が大きい事、コンセント毎の電力使用量の積算と配電盤での電力使用量の誤差が測定環境に依存する事が想定されたからである。また、フェーズ1の結果だけでは、簡易モデルを最終形にする事ができない事も理由の一つである。このため、フェーズ2のモニタ企業の選定は、サーバ機器に対し、なるべく独立した配線系統がある環境、

¹¹ CT： Current Transformer、変流器、電流値計測用のセンサ。

つまり、サーバ機器とその他の機器の配線が独立している環境を選定する方針を決定した。フェーズ2で使用する配電盤電力測定機器は、活線（オンライン）作業が可能な機器を確認し、事前に選定を行った。

3.2 フェーズ2 モニタ企業での消費電力測定

3.2.1 調査方法

民間企業の実稼動環境として Web 系（イントラネット系を含む）、グループウェア系、業務 DB 系で24時間稼動しているシステムを選定した。測定は図3-3のように、電力測定機器を配電盤に設置、電源系統別に計測を行った。測定機器の設置は電気工事事業者に依頼し IT 機器を停止せずに実施、測定機器に搭載する SD カードにてデータを収集した。

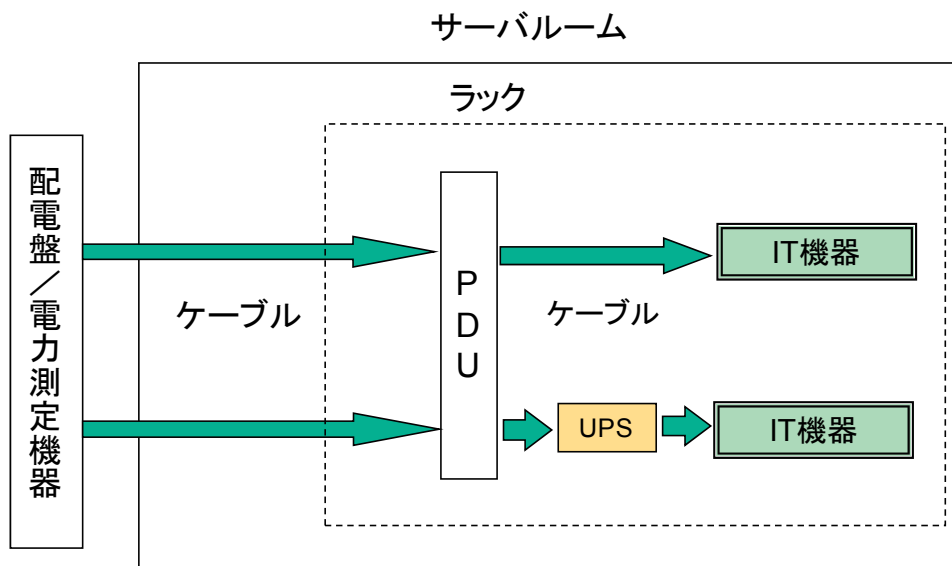


図 3-3 フェーズ2 測定環境簡略図

調査対象先3事例としては、

- ① 経理／分析システム（金融・保険業）
- ② 業務系システム（サービス業）
- ③ お客様相談システム（食品製造業）

を選定、3ヶ月間（2010年1月～4月の内、3ヶ月）にわたる実態調査の協力を得、次ページ以降に①～③の事例ごとの調査の実態と考察をまとめた。

3.2.2 事例ごとにみる電力測定結果

事例① 経理／分析システム

(1) IT 活用状況（システム構成図）と電力測定対象エリア

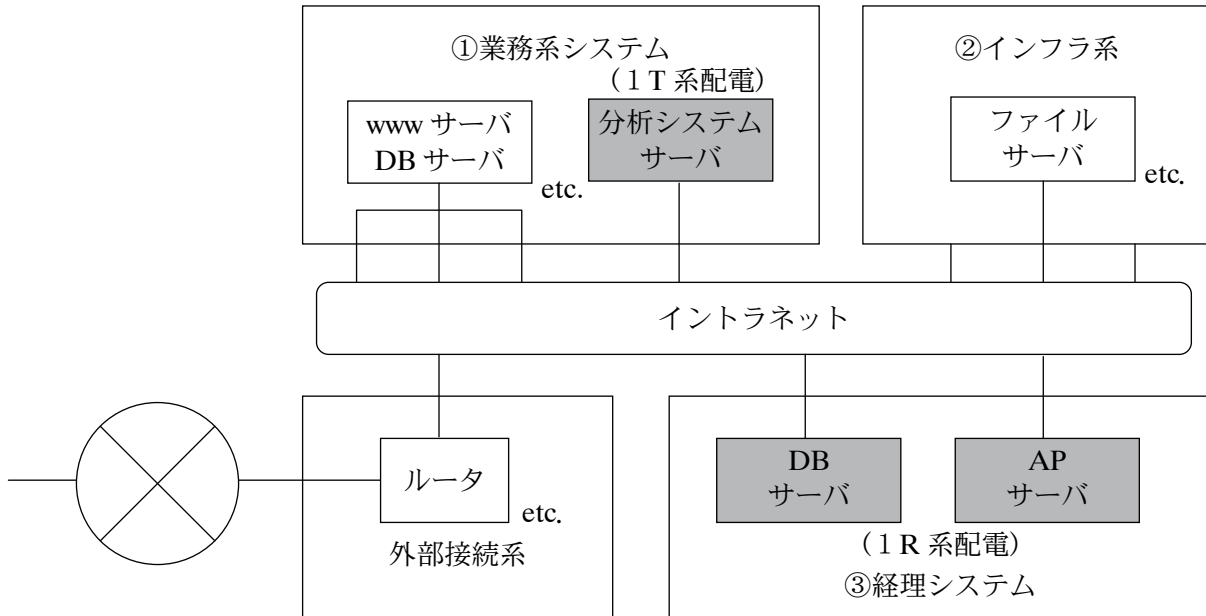


図 3-4 事例① システム構成図

協力頂いた会社のシステムは①業務系システム、②インフラ系システム、③経理システムの3つに大別される。今回電力測定を行うのは図 3-4 の網掛の部分であり、経理システム（DB サーバ及び AP サーバ）及び業務系の分析システムの2つとし、計 3 台のサーバを対象としている。

これらサーバは、UPS 経由で接続されている。

(2) 配線

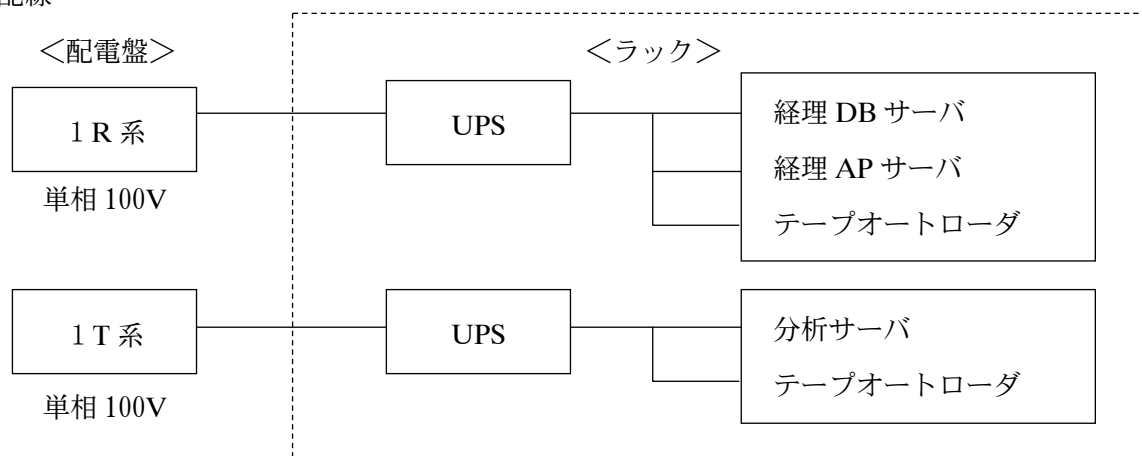


図 3-5 事例① 配線状況

(3) 電力測定結果

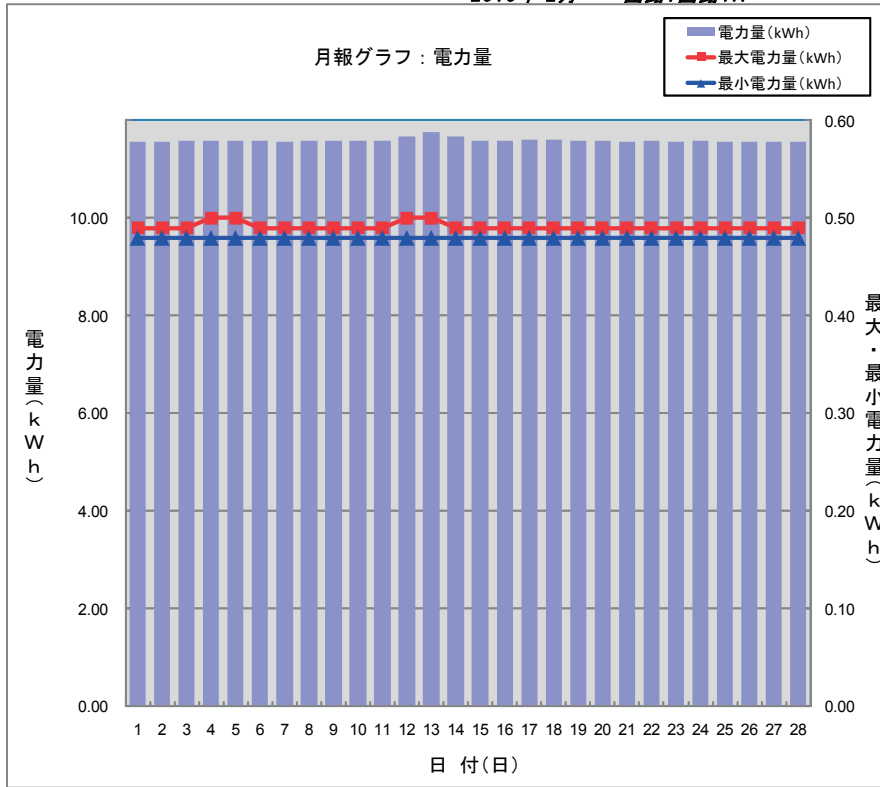
1 R 系（経理システム）における電力測定値

- ・次ページ以降に測定データ（グラフ及び表）を示す。測定対象システムにおいてはサーバ2台、テープオートローダ1台、及びUPS1台の消費電力が含まれ、1日当りの積算電力量は11.41～11.76kWh（2月平均値11.58kWh、3月平均値11.58kWh、4月平均値11.59kWh（法定点検日及び前後1日ずつを除く））であり、日による電力量の変動はほとんど見られない。
（実際の配電盤での電力測定値には上記機器の消費電力と電源から機器までの配線上の電力損失（ロス）だけが加算されたものと推測している。）
- ・この期間の1日における時間単位の積算電力量は最小で0.47kWh、最大で0.50kWhとなっており、日毎でみると最大・最小値の格差は0.01～0.02kWhの差しか認められず、1日における電力消費は昼間も夜間もフラットであった。

＜システム運用状況＞

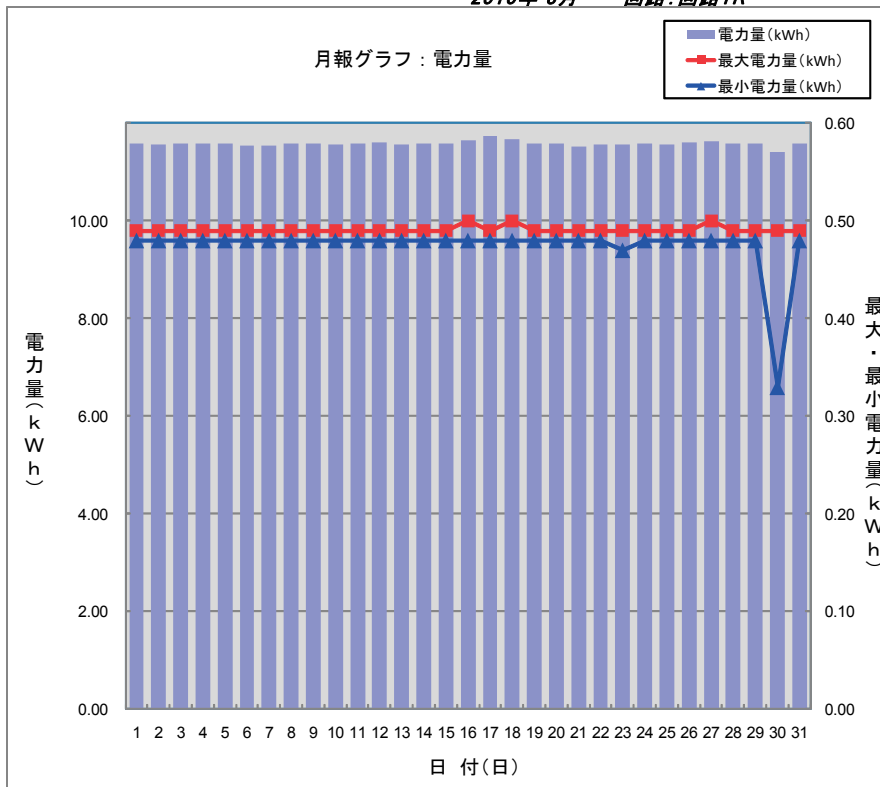
- ・当該システムにおいては火曜～土曜日の夜間 AM2時から30分程度のバックアップ処理が実行される。
- ・基本的にオンラインで処理をしているので高負荷な処理は少ない。
- ・測定期間に経理業務としての特別な業務集中は無かった。
- ・3月30日（火）はテープ装置が故障したため、2時間装置を停止していた。
（→このことにより3月30日の電力量が11.41kWhとなっている。）
- ・4月24日（土）、25日（日）はビルの法定点検による停電に備えて全サーバをシャットダウンしていた。

2010年 2月 回路:回路1R



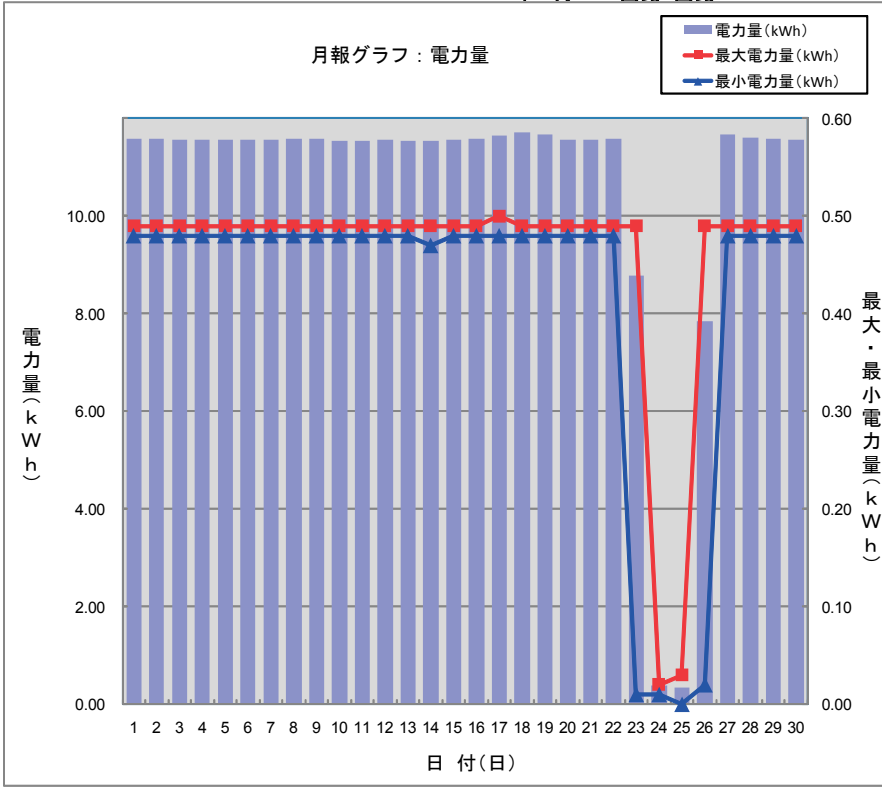
	合計		最大 電力量 (kWh)	最小 電力量 (kWh)
	電力量 (kWh)	CO ₂ 量 (kg-CO ₂)		
1	11.57	4.51	0.49	0.48
2	11.57	4.51	0.49	0.48
3	11.59	4.52	0.49	0.48
4	11.58	4.52	0.50	0.48
5	11.58	4.52	0.50	0.48
6	11.58	4.52	0.49	0.48
7	11.56	4.51	0.49	0.48
8	11.58	4.52	0.49	0.48
9	11.58	4.52	0.49	0.48
10	11.59	4.52	0.49	0.48
11	11.59	4.52	0.49	0.48
12	11.68	4.56	0.50	0.48
13	11.76	4.59	0.50	0.48
14	11.67	4.55	0.49	0.48
15	11.59	4.52	0.49	0.48
16	11.59	4.52	0.49	0.48
17	11.60	4.52	0.49	0.48
18	11.61	4.53	0.49	0.48
19	11.59	4.52	0.49	0.48
20	11.58	4.52	0.49	0.48
21	11.57	4.51	0.49	0.48
22	11.59	4.52	0.49	0.48
23	11.57	4.51	0.49	0.48
24	11.59	4.52	0.49	0.48
25	11.57	4.51	0.49	0.48
26	11.56	4.51	0.49	0.48
27	11.57	4.51	0.49	0.48
28	11.56	4.51	0.49	0.48
29				
30				
31				

2010年 3月 回路:回路1R



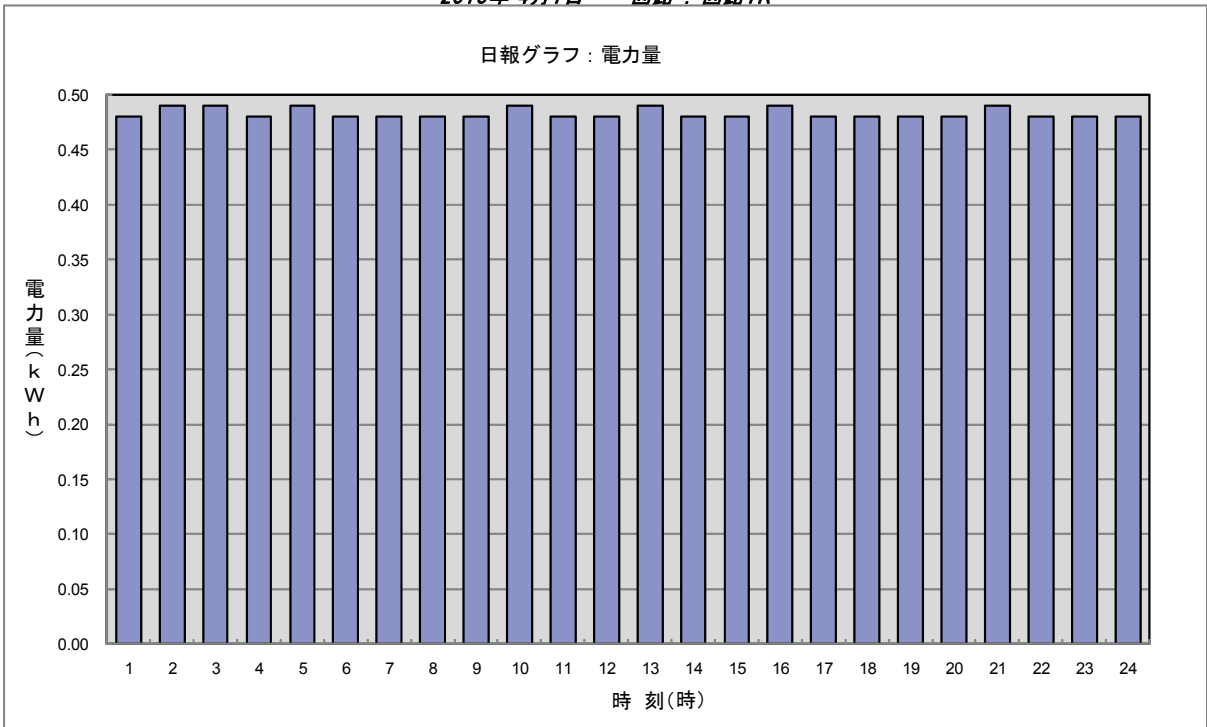
	合計		最大 電力量 (kWh)	最小 電力量 (kWh)
	電力量 (kWh)	CO ₂ 量 (kg-CO ₂)		
1	11.59	4.52	0.49	0.48
2	11.57	4.51	0.49	0.48
3	11.58	4.52	0.49	0.48
4	11.59	4.52	0.49	0.48
5	11.58	4.52	0.49	0.48
6	11.55	4.50	0.49	0.48
7	11.54	4.50	0.49	0.48
8	11.58	4.52	0.49	0.48
9	11.58	4.52	0.49	0.48
10	11.56	4.51	0.49	0.48
11	11.58	4.52	0.49	0.48
12	11.60	4.52	0.49	0.48
13	11.57	4.51	0.49	0.48
14	11.59	4.52	0.49	0.48
15	11.58	4.52	0.49	0.48
16	11.64	4.54	0.50	0.48
17	11.74	4.58	0.49	0.48
18	11.67	4.55	0.50	0.48
19	11.58	4.52	0.49	0.48
20	11.58	4.52	0.49	0.48
21	11.53	4.50	0.49	0.48
22	11.57	4.51	0.49	0.48
23	11.56	4.51	0.49	0.47
24	11.58	4.52	0.49	0.48
25	11.56	4.51	0.49	0.48
26	11.60	4.52	0.49	0.48
27	11.62	4.53	0.50	0.48
28	11.58	4.52	0.49	0.48
29	11.58	4.52	0.49	0.48
30	11.41	4.45	0.49	0.33
31	11.58	4.52	0.49	0.48

2010年4月 回路:回路1R



	合計		最大電力量(kWh)	最小電力量(kWh)
	電力量(kWh)	CO ₂ 量(kg-CO ₂)		
1	11.59	4.52	0.49	0.48
2	11.58	4.52	0.49	0.48
3	11.56	4.51	0.49	0.48
4	11.56	4.51	0.49	0.48
5	11.57	4.51	0.49	0.48
6	11.57	4.51	0.49	0.48
7	11.56	4.51	0.49	0.48
8	11.59	4.52	0.49	0.48
9	11.58	4.52	0.49	0.48
10	11.55	4.50	0.49	0.48
11	11.54	4.50	0.49	0.48
12	11.57	4.51	0.49	0.48
13	11.55	4.50	0.49	0.48
14	11.55	4.50	0.49	0.47
15	11.57	4.51	0.49	0.48
16	11.58	4.52	0.49	0.48
17	11.64	4.54	0.50	0.48
18	11.72	4.57	0.49	0.48
19	11.67	4.55	0.49	0.48
20	11.56	4.51	0.49	0.48
21	11.57	4.51	0.49	0.48
22	11.58	4.52	0.49	0.48
23	8.78	3.42	0.49	0.01
24	0.39	0.15	0.02	0.01
25	0.33	0.13	0.03	0.00
26	7.84	3.06	0.49	0.02
27	11.67	4.55	0.49	0.48
28	11.60	4.52	0.49	0.48
29	11.59	4.52	0.49	0.48
30	11.57	4.51	0.49	0.48
31				

2010年4月1日 回路:回路1R



表示日		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	木	0.48	0.49	0.49	0.48	0.49	0.48	0.48	0.48	0.48	0.49	0.48	0.48	0.49	0.48	0.48	0.49	0.48	0.48	0.48	0.48	0.49	0.48	0.48	0.48
		0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19

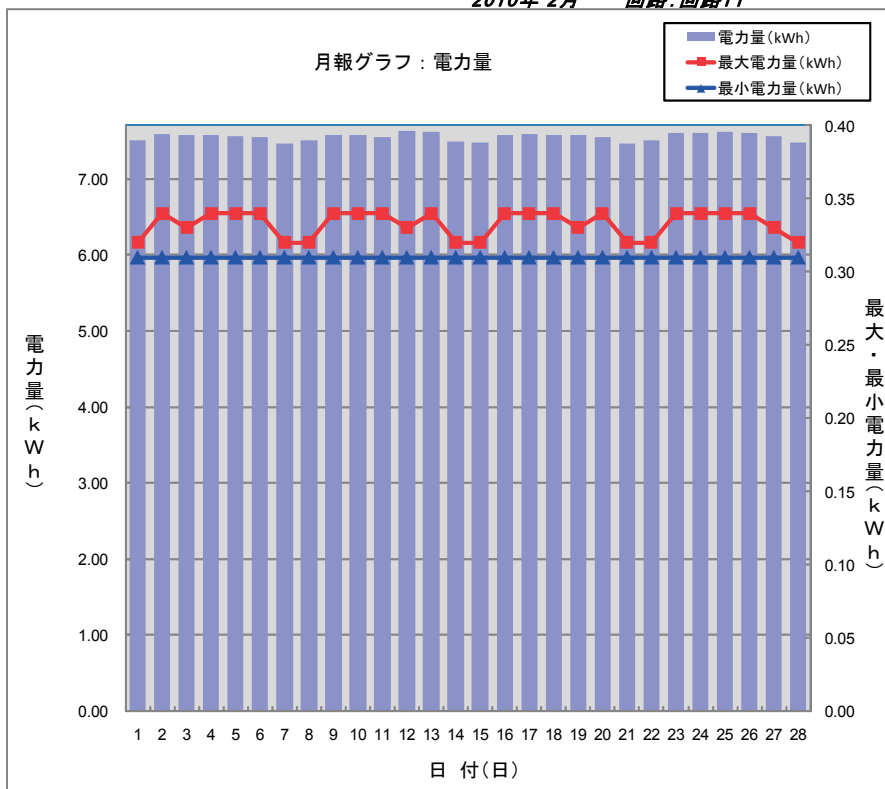
1 T系（分析システム）における電力測定値

- ・次ページ以降に測定データ（グラフ及び表）を示す。測定対象システムにおいてはサーバ1台、テープオートローダ1台、及びUPS1台の消費電力が含まれ、1日当りの積算電力量は7.44～7.68kWh（2月平均値7.55kWh、3月平均値7.56kWh、4月平均値7.58kWh（法定点検日及び前後1日ずつを除く））であり、日による電力量の変動はほとんど見られない。
この分析システムは日曜日・祝日にはほとんど利用されておらず（その日は7.47kWh前後）、日によって若干分析処理量の違いはあるものの、ウィークデーは1日7.57kWh前後であり、平均1日当たり7.55～7.56kWhの電力消費量となっている。
- ・この期間の1日における時間単位の積算電力量は最小で0.30kWh、最大で0.36kWhとなっており、日単位で見ると最大・最小値の格差は0.01～0.04kWhの差しか認められない（平均すると0.01～0.02kWh）。ウィークデーで分析処理を集中的に行ったり、そのための長時間バッチ処理を実行した日時に最大電力量がやや多くなるという程度である。
時間当たり0.31kWhを最小値とするケースが大半で、処理量が多くなった時で0.34kWhとなるケースが見られるが、平均的には0.32kWh弱となっている。
- ・処理量が多くなった時を除けば、時間当たり0.33kWhの電力消費量であり、変動は、±0.01～0.02kWhとなっている。日常的に1日当たり7.57kWh（平均値）の電力消費量である。

＜システム運用状況＞

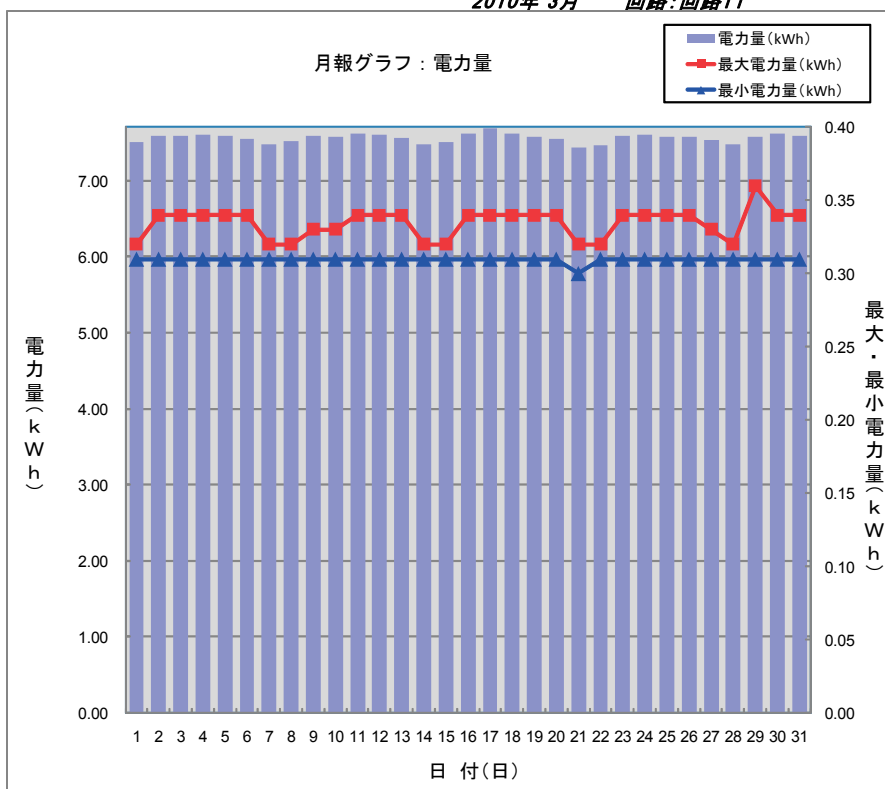
- ・当該システムにおいては火曜～土曜日の夜間AM2時から3時間程度のバックアップ処理が実行される。
- ・中には2月24日、4月13日等のように、比較的長時間（プラス1時間）のバッチ処理を実行する日もあるが、日曜・祝日は基本的にシステムを使用していない。
- ・分析業務としては2～3月にかけて、処理が集中した日があった。
- ・4月24日（土）、25日（日）はビルの法定点検による停電に備えて全サーバをシャットダウンしていた。

2010年 2月 回路:回路1T

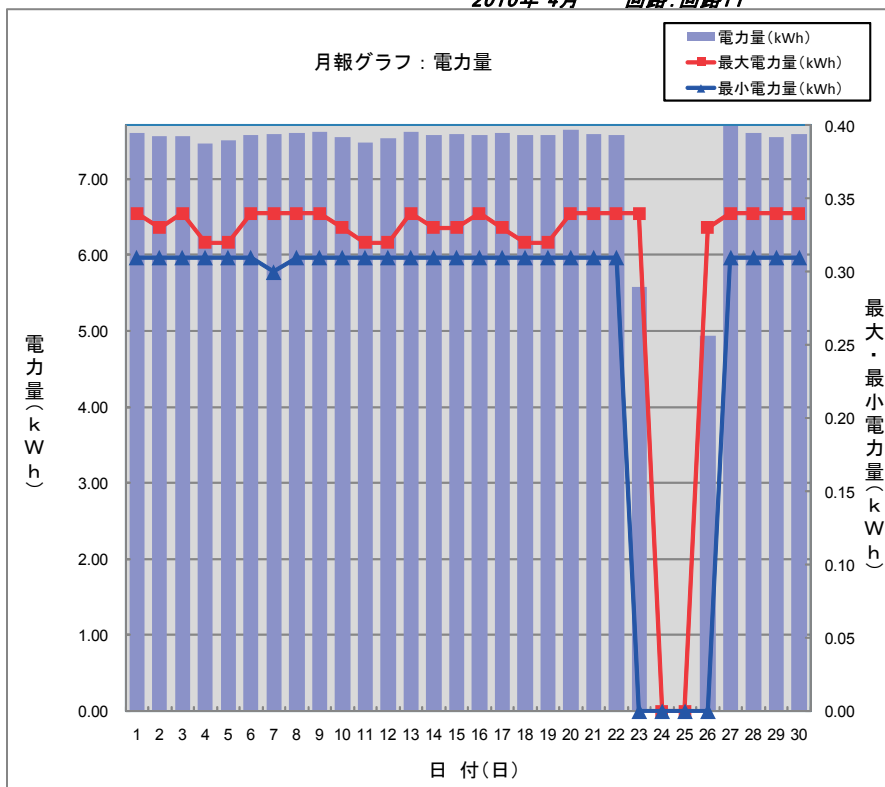


	合計		最大電力量 (kWh)	最小電力量 (kWh)
	電力量 (kWh)	CO ₂ 量 (kg-CO ₂)		
1	7.51	2.93	0.32	0.31
2	7.59	2.96	0.34	0.31
3	7.57	2.95	0.33	0.31
4	7.57	2.95	0.34	0.31
5	7.56	2.95	0.34	0.31
6	7.54	2.94	0.34	0.31
7	7.46	2.91	0.32	0.31
8	7.50	2.93	0.32	0.31
9	7.58	2.96	0.34	0.31
10	7.57	2.95	0.34	0.31
11	7.55	2.94	0.34	0.31
12	7.63	2.98	0.33	0.31
13	7.61	2.97	0.34	0.31
14	7.49	2.92	0.32	0.31
15	7.48	2.92	0.32	0.31
16	7.58	2.96	0.34	0.31
17	7.59	2.96	0.34	0.31
18	7.58	2.96	0.34	0.31
19	7.58	2.96	0.33	0.31
20	7.54	2.94	0.34	0.31
21	7.46	2.91	0.32	0.31
22	7.51	2.93	0.32	0.31
23	7.60	2.96	0.34	0.31
24	7.60	2.96	0.34	0.31
25	7.61	2.97	0.34	0.31
26	7.60	2.96	0.34	0.31
27	7.56	2.95	0.33	0.31
28	7.48	2.92	0.32	0.31
29				
30				
31				

2010年 3月 回路:回路1T



	合計		最大電力量 (kWh)	最小電力量 (kWh)
	電力量 (kWh)	CO ₂ 量 (kg-CO ₂)		
1	7.51	2.93	0.32	0.31
2	7.59	2.96	0.34	0.31
3	7.59	2.96	0.34	0.31
4	7.60	2.96	0.34	0.31
5	7.59	2.96	0.34	0.31
6	7.54	2.94	0.34	0.31
7	7.47	2.91	0.32	0.31
8	7.52	2.93	0.32	0.31
9	7.59	2.96	0.33	0.31
10	7.57	2.95	0.33	0.31
11	7.62	2.97	0.34	0.31
12	7.60	2.96	0.34	0.31
13	7.56	2.95	0.34	0.31
14	7.47	2.91	0.32	0.31
15	7.51	2.93	0.32	0.31
16	7.61	2.97	0.34	0.31
17	7.68	3.00	0.34	0.31
18	7.62	2.97	0.34	0.31
19	7.57	2.95	0.34	0.31
20	7.55	2.94	0.34	0.31
21	7.44	2.90	0.32	0.30
22	7.46	2.91	0.32	0.31
23	7.59	2.96	0.34	0.31
24	7.60	2.96	0.34	0.31
25	7.58	2.96	0.34	0.31
26	7.58	2.96	0.34	0.31
27	7.53	2.94	0.33	0.31
28	7.48	2.92	0.32	0.31
29	7.57	2.95	0.36	0.31
30	7.61	2.97	0.34	0.31
31	7.59	2.96	0.34	0.31



	合計		最大電力量 (kWh)	最小電力量 (kWh)
	電力量 (kWh)	CO ₂ 量 (kg-CO ₂)		
1	7.60	2.96	0.34	0.31
2	7.56	2.95	0.33	0.31
3	7.56	2.95	0.34	0.31
4	7.46	2.91	0.32	0.31
5	7.51	2.93	0.32	0.31
6	7.57	2.95	0.34	0.31
7	7.59	2.96	0.34	0.30
8	7.60	2.96	0.34	0.31
9	7.61	2.97	0.34	0.31
10	7.55	2.94	0.33	0.31
11	7.47	2.91	0.32	0.31
12	7.53	2.94	0.32	0.31
13	7.62	2.97	0.34	0.31
14	7.57	2.95	0.33	0.31
15	7.59	2.96	0.33	0.31
16	7.58	2.96	0.34	0.31
17	7.60	2.96	0.33	0.31
18	7.57	2.95	0.32	0.31
19	7.57	2.95	0.32	0.31
20	7.64	2.98	0.34	0.31
21	7.59	2.96	0.34	0.31
22	7.58	2.96	0.34	0.31
23	5.58	2.18	0.34	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.00	0.00
26	4.93	1.92	0.33	0.00
27	7.73	3.01	0.34	0.31
28	7.60	2.96	0.34	0.31
29	7.54	2.94	0.34	0.31
30	7.59	2.96	0.34	0.31
31				

- ・以下にシステムごとの機器の消費電力を示す。サーバの消費電力は CPU、メモリなどの構成から見積もった最大値、その他はカタログ値である。

	サーバ	テープオートローダ	UPS	計
経理システム（1R系）	DBサーバ 287W APサーバ 326W	80W	70.5W	763.5W
分析システム（1T系）	DBサーバ 511W	80W	70.5W	661.5W

- ・上表の計算値と、実際の測定値（2月～4月の1日当たりの平均値）との比較により、実効率を算出してみると

経理システム：計算値＝18.32kWh 実測値＝11.58kWh
より、約63%の実効率

分析システム：計算値＝15.88kWh 実測値＝7.56kWh
より、約48%の実効率

であった。

事例② 業務系システム

(1) IT 活用状況（システム構成図）と電力測定対象エリア

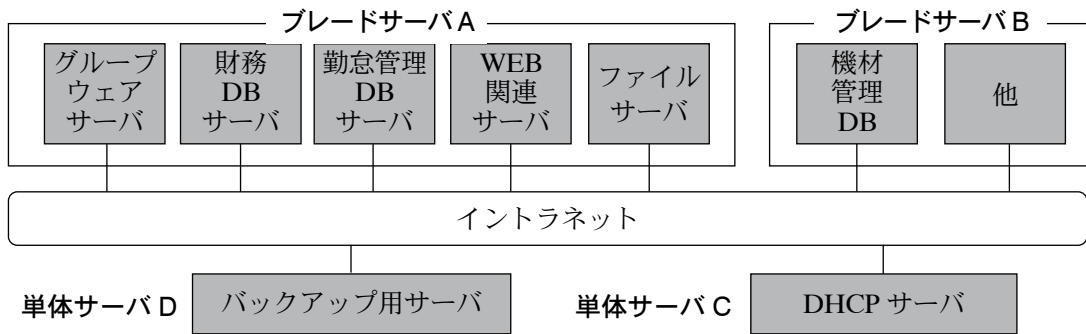


図 3-6 事例② システム構成図

協力頂いた会社のシステムは、業務系システム、インフラ系システムをブレードサーバ A、B で平行して実行稼働させており、A、B は電源の二重化がなされている。バックアップ用サーバ、DHCP サーバは各々単体サーバ（IA サーバ）で、ストレージ、ファイアウォール、スイッチとつながり、電源の二重化がなされると共に、上記 A、B とは別系統で給電されている。また、各サーバへは UPS 経由で給電されており、今回の電力測定対象エリアとしてはこれらのサーバを対象としている。（ブレードサーバについては、シャーシ内の個々のサーバ単位での電力測定はできず、シャーシ全体での測定としている。）

なお、上記とは独立した E 系で、PC により会計サーバを稼働していたが、測定対象外とした。

(2) 配線

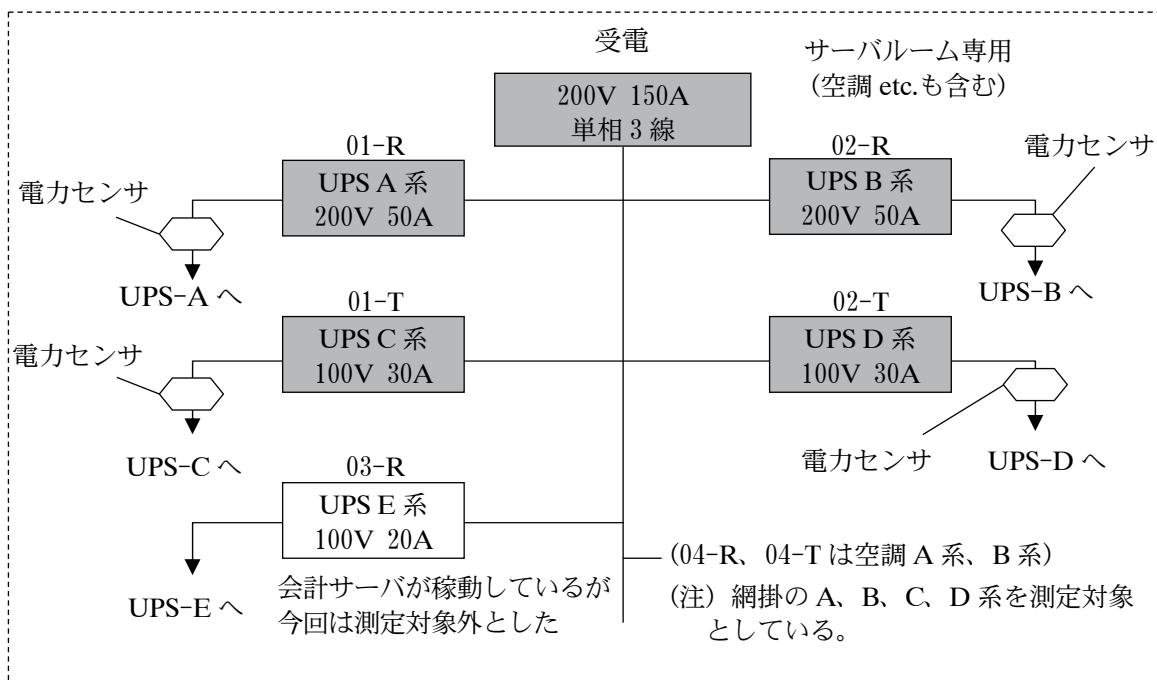
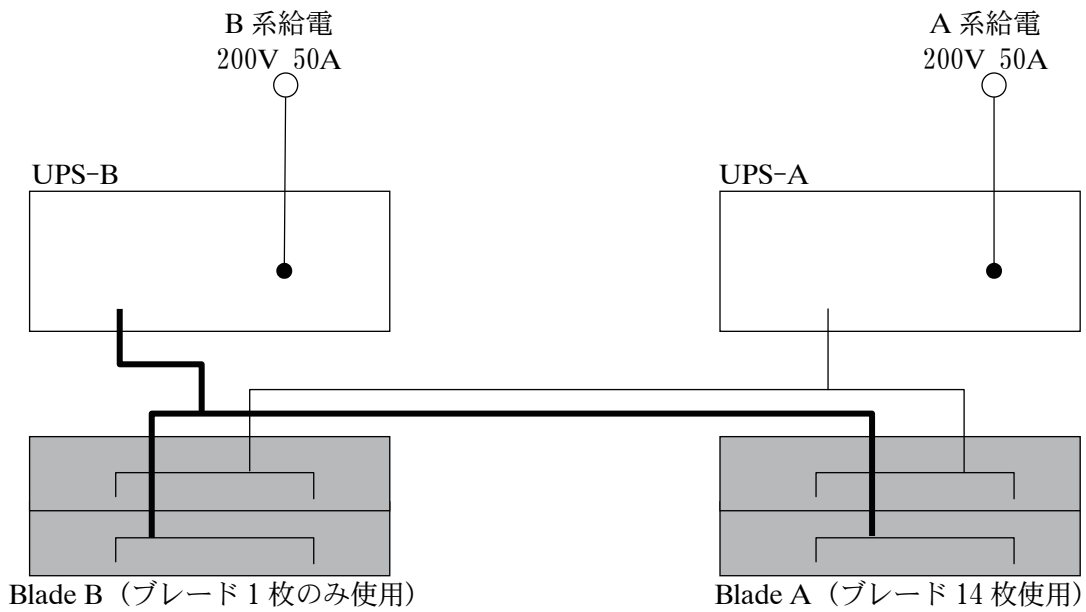
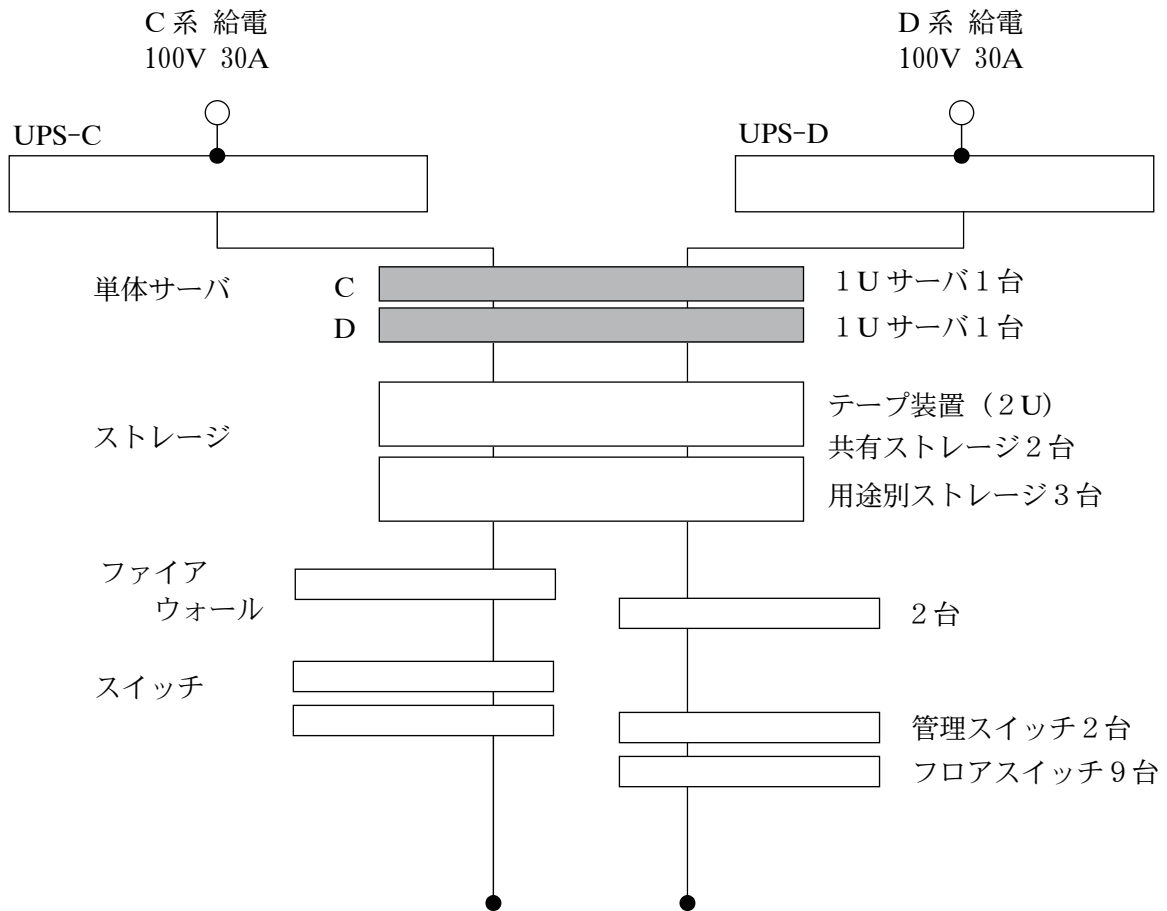


図 3-7 事例② 配線状況

<200V 給電系 — ブレードサーバ A、B 用>



<100V 給電系 — 単体サーバ C、D 用>



(3) 電力測定結果

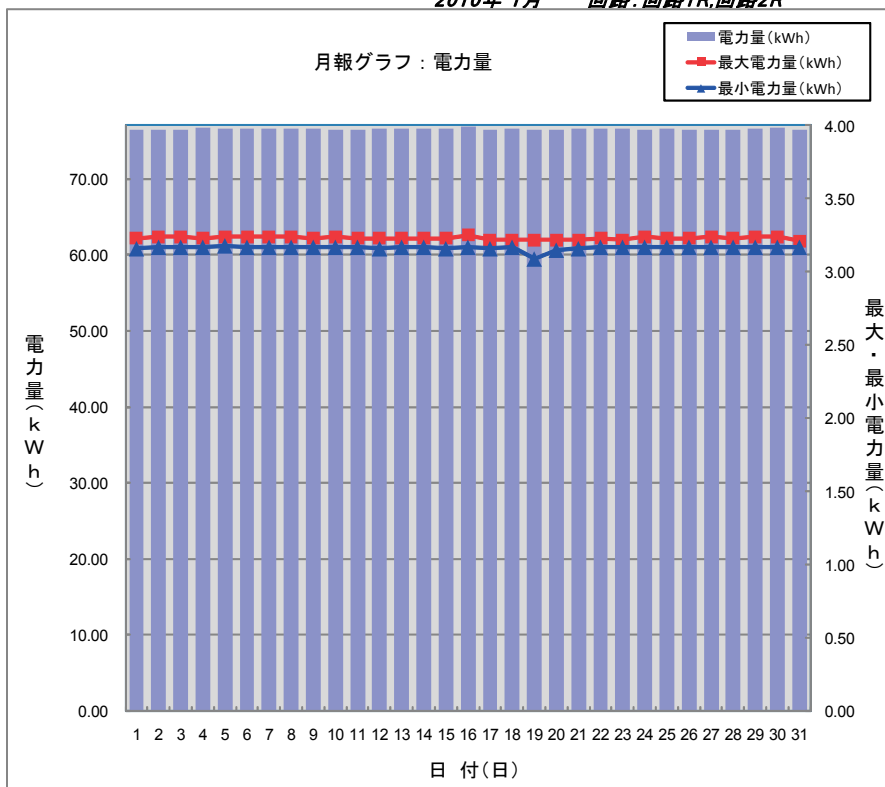
業務系インフラ系システム（ブレードサーバ A、B：200V）における電力測定値

- ・次ページ以降に測定データ（グラフ及び表）を示す。測定対象システムにおいては**ブレードサーバ A、B 2台、及び UPS 2台**の消費電力が含まれる。電源が二重化されているため、両電力使用量の合計を2台のブレードサーバの消費電力として現した。1日当りの積算電力量は76.30～76.81kWh（1月平均値76.54kWh、2月平均値76.49kWh、3月平均値76.55kWh）、平均値76.53kWhであり、日による電力量の変動はさほど見られなかった。
（実際の配電盤での電力測定値には上記機器の消費電力と電源から機器までの配線上の電力損失（ロス）だけが加算されたものと推測している。）
- ・この期間の1日における時間単位の積算電力量は最小で3.09kWh、最大で3.27kWhとなっており、日毎で見ると最大・最小値の格差は0.05～0.13kWhの差しか認められず、1日における電力消費を時間ごとにみても、昼間も夜間もほぼフラットである。

＜システム運用状況＞

- ・当該システムにおいては月曜～金曜日の夜間AM0～6時までのバックアップ処理が実行されているが、特別に高負荷な処理になっている訳ではない。
- ・1～3月の期間において、特別な業務集中は考えづらい。

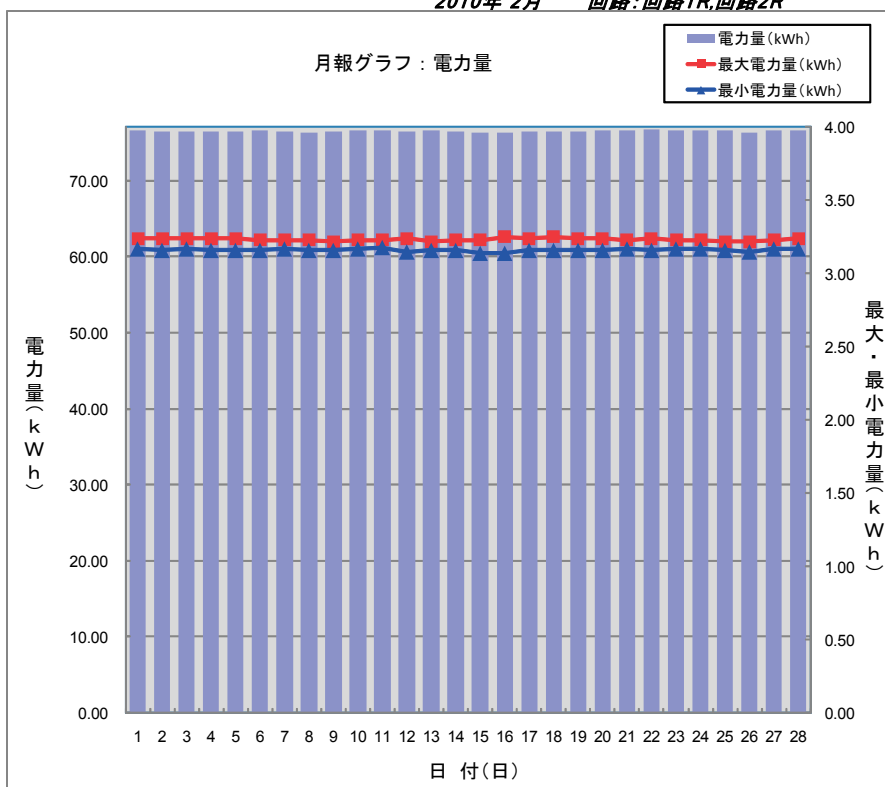
2010年1月 回路:回路1R,回路2R



	合計		最大電力量 (kWh)	最小電力量 (kWh)
	電力量 (kWh)	CO ₂ 量 (kg-CO ₂)		
1	76.49	29.83	3.23	3.16
2	76.50	29.84	3.24	3.17
3	76.50	29.84	3.24	3.17
4	76.67	29.90	3.23	3.17
5	76.62	29.88	3.24	3.18
6	76.55	29.85	3.24	3.17
7	76.57	29.86	3.24	3.17
8	76.55	29.85	3.24	3.17
9	76.64	29.89	3.23	3.17
10	76.47	29.82	3.24	3.17
11	76.45	29.82	3.23	3.17
12	76.51	29.84	3.23	3.16
13	76.59	29.87	3.23	3.17
14	76.54	29.85	3.23	3.17
15	76.57	29.86	3.23	3.16
16	76.81	29.96	3.25	3.17
17	76.48	29.83	3.22	3.16
18	76.53	29.85	3.22	3.17
19	76.48	29.83	3.22	3.09
20	76.46	29.82	3.22	3.15
21	76.55	29.85	3.22	3.16
22	76.53	29.85	3.23	3.17
23	76.58	29.87	3.22	3.17
24	76.49	29.83	3.24	3.17
25	76.51	29.84	3.23	3.17
26	76.47	29.82	3.23	3.17
27	76.46	29.82	3.24	3.17
28	76.49	29.83	3.23	3.17
29	76.57	29.86	3.24	3.17
30	76.66	29.90	3.24	3.17
31	76.42	29.80	3.21	3.17

※値は選択された回路の合計値です。

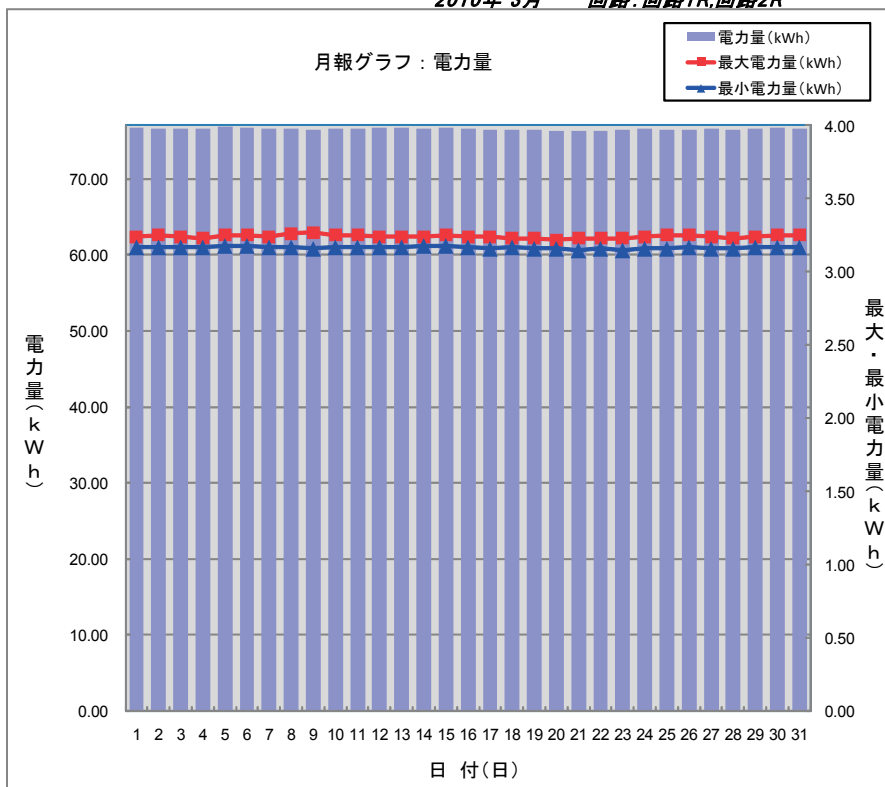
2010年2月 回路:回路1R,回路2R



	合計		最大電力量 (kWh)	最小電力量 (kWh)
	電力量 (kWh)	CO ₂ 量 (kg-CO ₂)		
1	76.57	29.86	3.24	3.17
2	76.48	29.83	3.24	3.16
3	76.49	29.83	3.24	3.17
4	76.47	29.82	3.24	3.16
5	76.42	29.80	3.24	3.16
6	76.52	29.84	3.23	3.16
7	76.49	29.83	3.23	3.17
8	76.34	29.77	3.23	3.16
9	76.38	29.79	3.22	3.16
10	76.56	29.86	3.23	3.17
11	76.63	29.89	3.23	3.18
12	76.45	29.82	3.24	3.15
13	76.58	29.87	3.22	3.16
14	76.39	29.79	3.23	3.16
15	76.30	29.76	3.23	3.14
16	76.31	29.76	3.25	3.14
17	76.38	29.79	3.24	3.16
18	76.43	29.81	3.25	3.16
19	76.49	29.83	3.24	3.16
20	76.64	29.89	3.24	3.16
21	76.55	29.85	3.23	3.17
22	76.67	29.90	3.24	3.16
23	76.56	29.86	3.23	3.17
24	76.54	29.85	3.23	3.17
25	76.61	29.88	3.22	3.16
26	76.30	29.76	3.22	3.15
27	76.54	29.85	3.23	3.17
28	76.54	29.85	3.24	3.17
29				
30				
31				

※値は選択された回路の合計値です。

2010年3月 回路:回路1R,回路2R



	合計		最大電力量(kWh)	最小電力量(kWh)
	電力量(kWh)	CO ₂ 量(kg-CO ₂)		
1	76.72	29.92	3.24	3.17
2	76.58	29.87	3.25	3.17
3	76.62	29.88	3.24	3.17
4	76.61	29.88	3.23	3.17
5	76.79	29.95	3.25	3.18
6	76.74	29.93	3.25	3.18
7	76.64	29.89	3.24	3.17
8	76.61	29.88	3.26	3.17
9	76.39	29.79	3.27	3.16
10	76.56	29.86	3.25	3.17
11	76.61	29.88	3.25	3.17
12	76.66	29.90	3.24	3.17
13	76.74	29.93	3.24	3.17
14	76.60	29.87	3.24	3.18
15	76.75	29.93	3.25	3.18
16	76.61	29.88	3.24	3.17
17	76.50	29.84	3.24	3.16
18	76.50	29.84	3.23	3.17
19	76.48	29.83	3.23	3.16
20	76.28	29.75	3.22	3.16
21	76.36	29.78	3.23	3.15
22	76.35	29.78	3.23	3.16
23	76.39	29.79	3.23	3.15
24	76.54	29.85	3.24	3.16
25	76.49	29.83	3.25	3.16
26	76.48	29.83	3.25	3.17
27	76.55	29.85	3.24	3.16
28	76.46	29.82	3.23	3.16
29	76.57	29.86	3.24	3.17
30	76.72	29.92	3.25	3.17
31	76.57	29.86	3.25	3.17

※値は選択された回路の合計値です。

DHCP サーバ C、バックアップサーバ D (100V) における電力測定値

- ・次ページ以降に測定データ（グラフ及び表）を示す。測定対象システムにおいてはサーバ2台、テープオートローダ1台、ストレージ5台、ファイアウォール2台、スイッチ11台、及びUPS2台の消費電力が含まれ、1日当りの積算電力量は50.20～51.50kWh（1月平均値50.37kWh、2月平均値50.58kWh、3月平均値50.66kWh）、平均値50.54kWhであり、日による電力量の変動はさほど見られなかった。

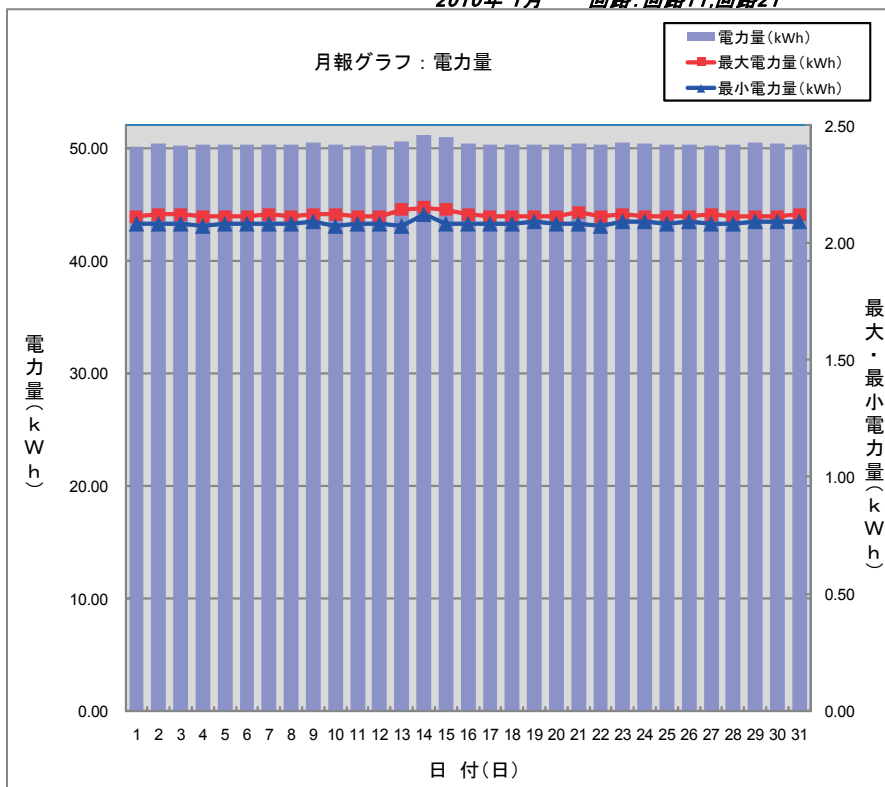
（実際の配電盤での電力測定値には上記機器の消費電力と電源から機器までの配線上の電力損失（ロス）だけが加算されていると推測している。）

- ・この期間の1日における時間単位の積算電力量は最小で2.07kWh、最大で2.17kWhとなっており、日毎でみると最大・最小値の格差は0.04～0.06kWhの差しか認められず、1日における電力消費は昼間も夜間もフラットであった。

＜システム運用状況＞

- ・当該システムにおいてはネットワーク上の設定・割り当ての機能が中心であり、日によって特別な高負荷な処理は考えづらい。

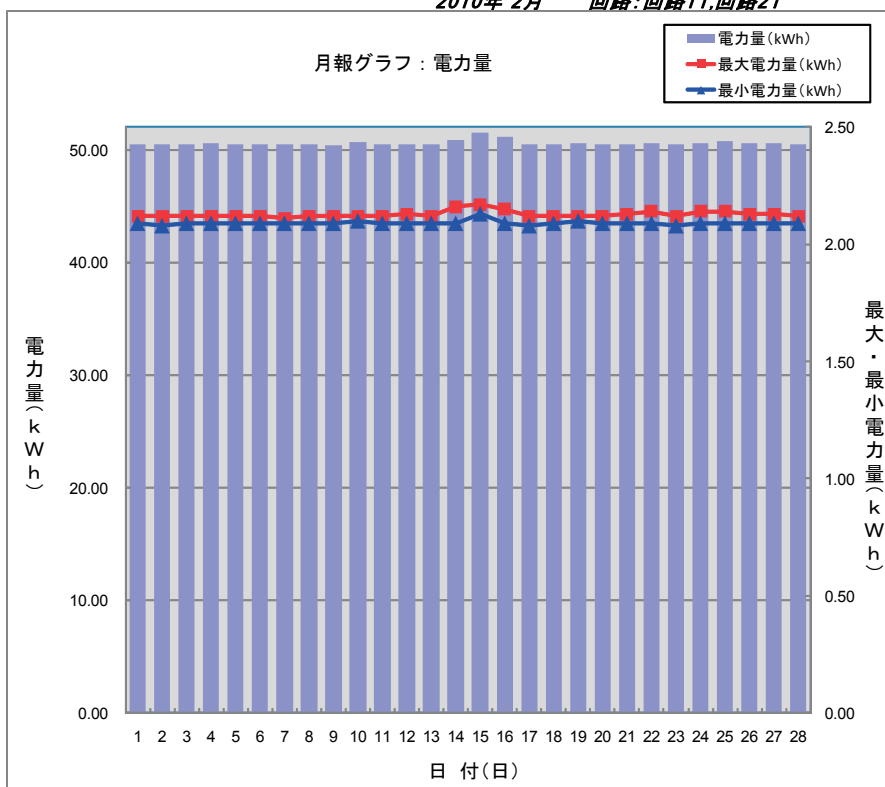
2010年1月 回路:回路1T,回路2T



	合計		最大電力量 (kWh)	最小電力量 (kWh)
	電力量 (kWh)	CO ₂ 量 (kg-CO ₂)		
1	50.14	19.55	2.11	2.08
2	50.35	19.64	2.12	2.08
3	50.21	19.58	2.12	2.08
4	50.30	19.62	2.11	2.07
5	50.28	19.61	2.11	2.08
6	50.26	19.60	2.11	2.08
7	50.30	19.62	2.12	2.08
8	50.31	19.62	2.11	2.08
9	50.53	19.71	2.12	2.09
10	50.27	19.61	2.12	2.07
11	50.20	19.58	2.11	2.08
12	50.22	19.59	2.11	2.08
13	50.56	19.72	2.14	2.07
14	51.16	19.95	2.15	2.12
15	50.91	19.85	2.14	2.08
16	50.35	19.64	2.12	2.08
17	50.28	19.61	2.11	2.08
18	50.34	19.63	2.11	2.08
19	50.31	19.62	2.11	2.09
20	50.28	19.61	2.11	2.08
21	50.41	19.66	2.13	2.08
22	50.32	19.62	2.11	2.07
23	50.48	19.69	2.12	2.09
24	50.35	19.64	2.11	2.09
25	50.28	19.61	2.11	2.08
26	50.27	19.61	2.11	2.09
27	50.20	19.58	2.12	2.08
28	50.31	19.62	2.11	2.08
29	50.46	19.68	2.11	2.09
30	50.41	19.66	2.11	2.09
31	50.32	19.62	2.12	2.09

※値は選択された回路の合計値です。

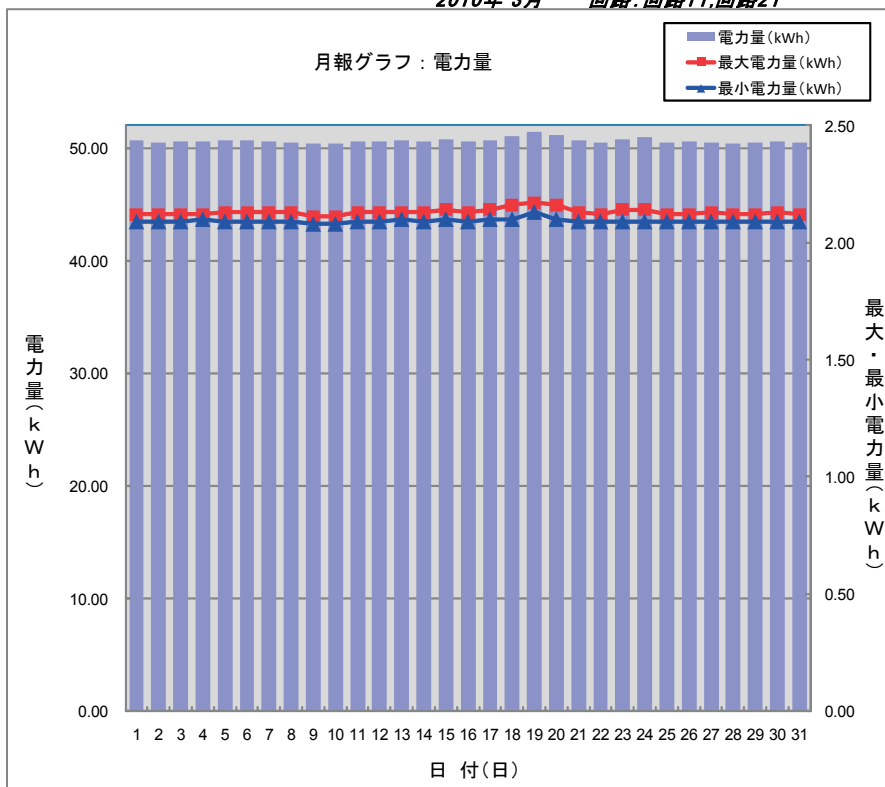
2010年2月 回路:回路1T,回路2T



	合計		最大電力量 (kWh)	最小電力量 (kWh)
	電力量 (kWh)	CO ₂ 量 (kg-CO ₂)		
1	50.47	19.68	2.12	2.09
2	50.45	19.68	2.12	2.08
3	50.46	19.68	2.12	2.09
4	50.55	19.71	2.12	2.09
5	50.47	19.68	2.12	2.09
6	50.49	19.69	2.12	2.09
7	50.47	19.68	2.11	2.09
8	50.45	19.68	2.12	2.09
9	50.41	19.66	2.12	2.09
10	50.64	19.75	2.12	2.10
11	50.51	19.70	2.12	2.09
12	50.47	19.68	2.13	2.09
13	50.49	19.69	2.12	2.09
14	50.88	19.84	2.16	2.09
15	51.50	20.09	2.17	2.13
16	51.16	19.95	2.15	2.09
17	50.45	19.68	2.12	2.08
18	50.47	19.68	2.12	2.09
19	50.54	19.71	2.12	2.10
20	50.48	19.69	2.12	2.09
21	50.47	19.68	2.13	2.09
22	50.55	19.71	2.14	2.09
23	50.48	19.69	2.12	2.08
24	50.59	19.73	2.14	2.09
25	50.73	19.78	2.14	2.09
26	50.55	19.71	2.13	2.09
27	50.61	19.74	2.13	2.09
28	50.48	19.69	2.12	2.09
29				
30				
31				

※値は選択された回路の合計値です。

2010年3月 回路:回路1T,回路2T



	合計		最大電力量(kWh)	最小電力量(kWh)
	電力量(kWh)	CO ₂ 量(kg-CO ₂)		
1	50.64	19.75	2.12	2.09
2	50.47	19.68	2.12	2.09
3	50.59	19.73	2.12	2.09
4	50.56	19.72	2.12	2.10
5	50.66	19.76	2.13	2.09
6	50.66	19.76	2.13	2.09
7	50.54	19.71	2.13	2.09
8	50.52	19.70	2.13	2.09
9	50.39	19.65	2.11	2.08
10	50.41	19.66	2.11	2.08
11	50.60	19.73	2.13	2.09
12	50.60	19.73	2.13	2.09
13	50.70	19.77	2.13	2.10
14	50.60	19.73	2.13	2.09
15	50.77	19.80	2.14	2.10
16	50.59	19.73	2.13	2.09
17	50.72	19.78	2.14	2.10
18	51.04	19.91	2.16	2.10
19	51.43	20.06	2.17	2.13
20	51.17	19.96	2.16	2.10
21	50.65	19.75	2.13	2.09
22	50.44	19.67	2.12	2.09
23	50.80	19.81	2.14	2.09
24	50.92	19.86	2.14	2.09
25	50.46	19.68	2.12	2.09
26	50.59	19.73	2.12	2.09
27	50.49	19.69	2.13	2.09
28	50.37	19.64	2.12	2.09
29	50.47	19.68	2.12	2.09
30	50.57	19.72	2.13	2.09
31	50.51	19.70	2.12	2.09

※値は選択された回路の合計値です。

- ・以下にシステムごとに使用されている機器の電力仕様を示す。サーバの消費電力は CPU、メモリなどの構成から見積もった最大値、その他はカタログ値である。

	サーバ	UPS	ストレージ	ファイアウォール	スイッチルータ
200V 電源 (R1、R2系)	ブレードサーバ A 約4,500W	UPS-A 450W	-	-	-
	ブレードサーバ B 約1,000W	UPS-B 450W			
100V 電源 (T1、T2系)	1UサーバC(DHPC) 194W	UPS-C 114W	テープ 90W	350W ×2	749.6W
	1UサーバD(バックアップ) 194W	UPS-D 55W	ストレージ 999W		

- ・上記で計算した、消費電力値と、実際の測定値（1月～3月の1日当たりの平均値）とを比較して、実効率を算出すると

R1、R2系： 計算値＝153.6kWh 実測値＝76.53kWh
より、約50%の実効率

T1、T2系： 計算値＝74.29kWh 実測値＝50.54kWh
より、約68%の実効率

であった。

事例③ お客様相談システム

(1) IT 活用状況（システム構成図）と電力測定対象エリア

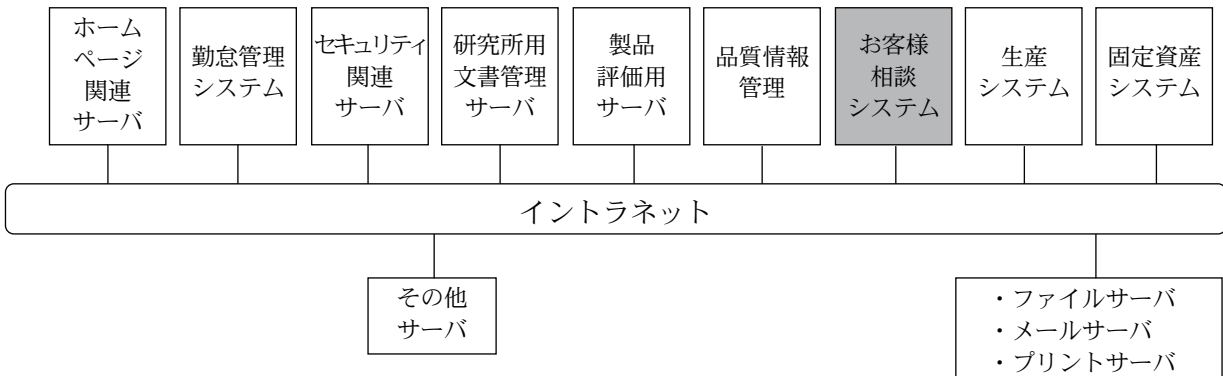


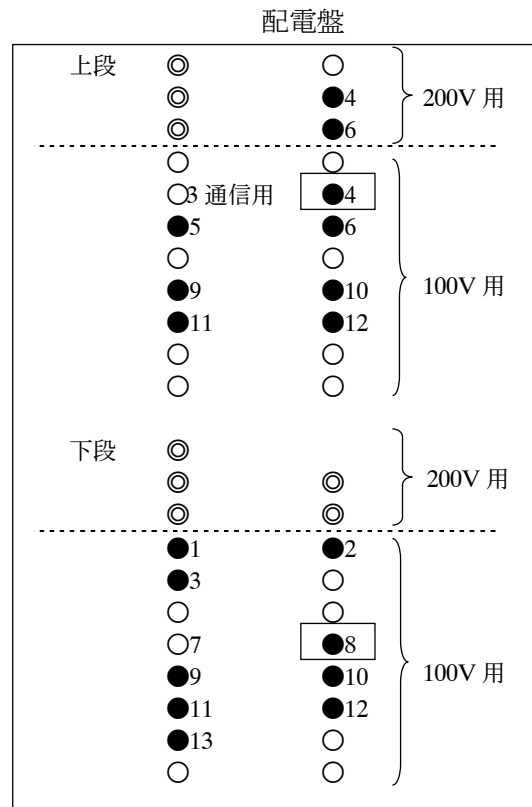
図 3-8 事例③ システム構成図

協力頂いた会社のシステムは、上記に示した本社専用ルームにあるシステム、別途外部データセンタに設置しているトランザクション用システム、工場内にある工場用システムとなっている。本社の専用ルーム内は、イントラネットを中心とするファイル系（管理用）、Web 系のシステムである。

今回電力測定を行うのは、図 3-8 網掛の部分であり、本社設置のサーバシステムのうち「お客様相談システム」を対象としている。

(2) 配線

- ・右に示した、上段 200V 用# 4、# 6、100V 用# 4～6、# 9～#12、下段 100V 用# 1～3、# 8～13 のブレーカから、各サーバラックに結線されている。サーバ総数は 50 台強である。その他に、アプライアンスサーバが 2 台、テープ装置・ストレージ等が 7 台搭載されている。
- ・18ヶ所のブレーカから UPS を経由する形でサーバ 50 台強に接続している。
- ・今回対象とした「お客様相談システム」は配電盤の上段 4（DB サーバ、AP サーバ）及び下段 8（CTI¹²サーバ、通話録音サーバ）に結線されている。
- ・図 3-9 はお客様相談システム部分の配線である。



(注)●印がサーバと接続されている。

(注)上下段上部にあるブレーカ(◎印)は 200V 電源であり、4、6 はバックアップ用サーバと結線されている。

¹² CTI： Computer Telephony Integration、電話や Fax をコンピュータに統合（したシステム）。

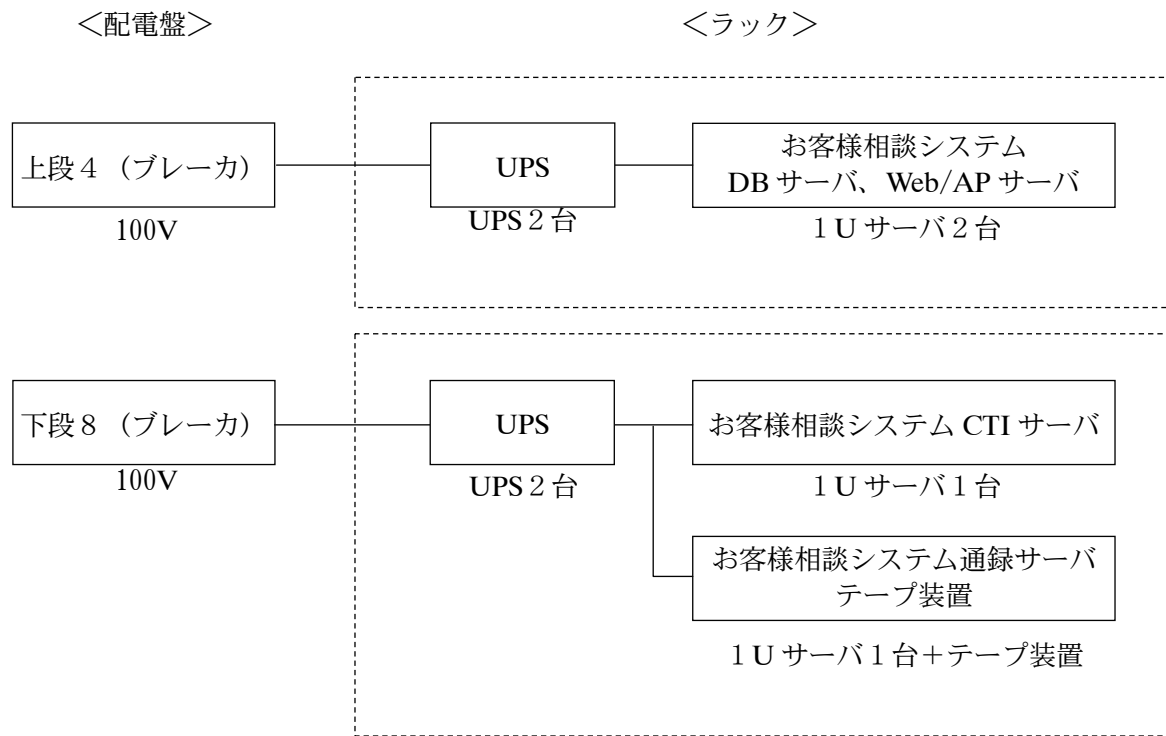


図 3-9 お客様相談システム部分の配線

(3) 電力測定結果

お客様相談システム（DB サーバ、Web/AP サーバ）における電力測定値

- ・次ページ以降に測定データ（グラフ及び表）を示す。測定対象システムにおいてはサーバ2台、及びUPS2台の消費電力が含まれ、1日当りの積算電力量は7.9～8.2kWh（1月平均値8.06kWh、2月平均値8.05kWh、3月平均値8.06kWh）であり、日による電力量の変動はほとんど見られなかった。

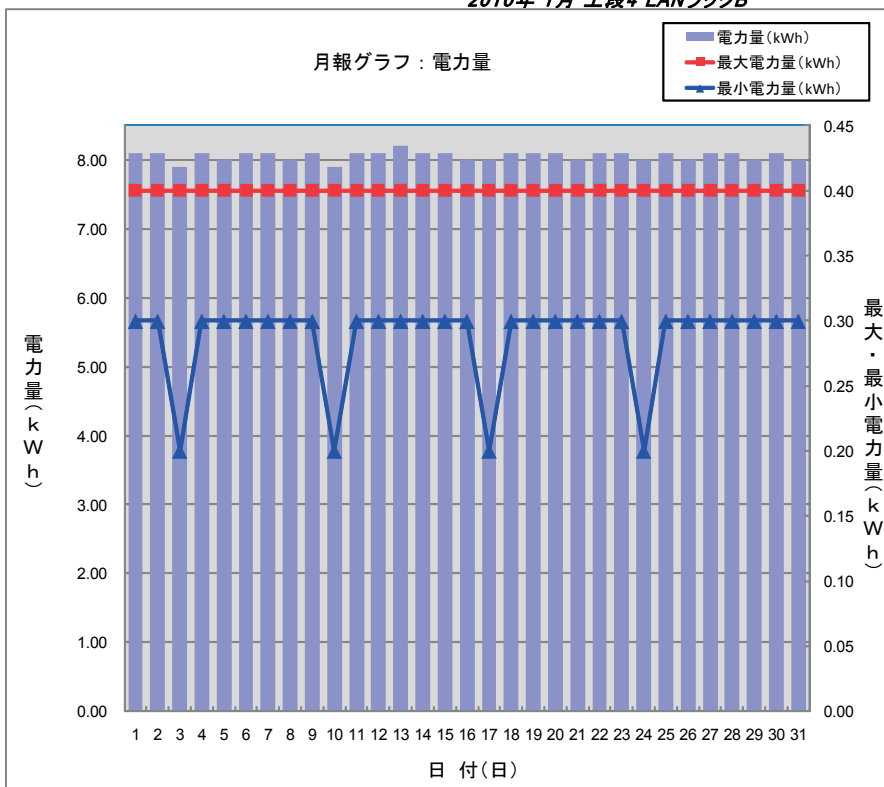
（実際の配電盤での電力測定値には上記機器の消費電力と電源から機器までの配線上の電力損失（ロス）だけが加算されたものと推測している。）

- ・この期間の1日における時間単位の積算電力量（平均値）は最小で0.29kWh、最大で0.4kWhとなっており、日毎でみると最大・最小値の格差は0.11～0.12kWhの差しか認められず、1日における電力消費は昼間も夜間もフラットであった。

＜システム運用状況＞

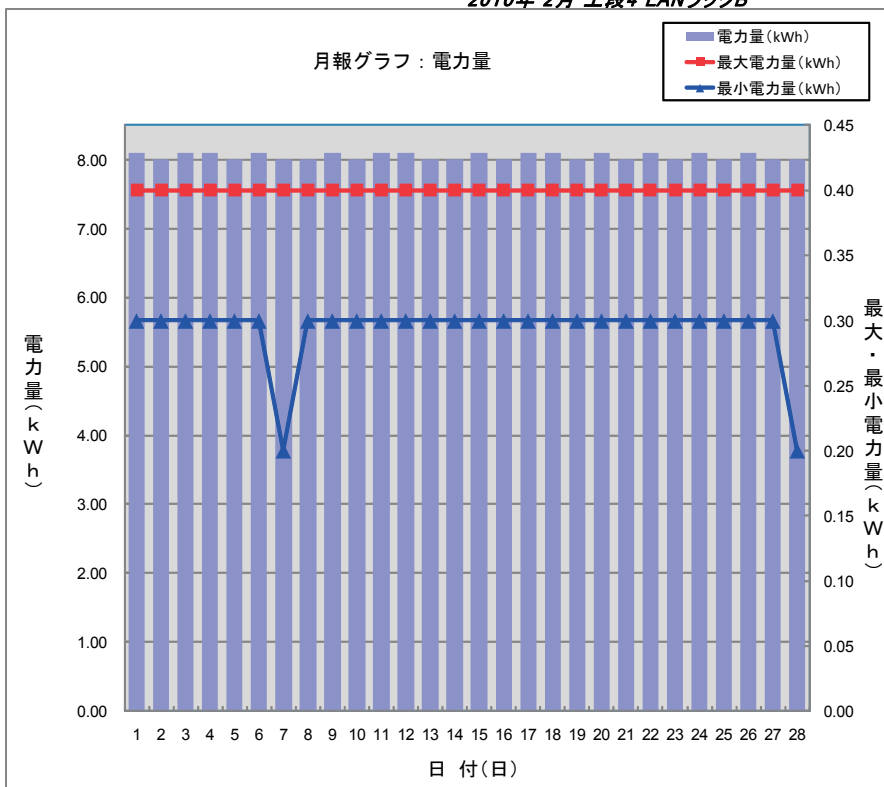
- ・当該システムは、土・日曜日及び祝日には利用されていない。
- ・お客様相談業務としては特別な業務集中はなかったと思われる。

2010年 1月 上段4 LANラックB



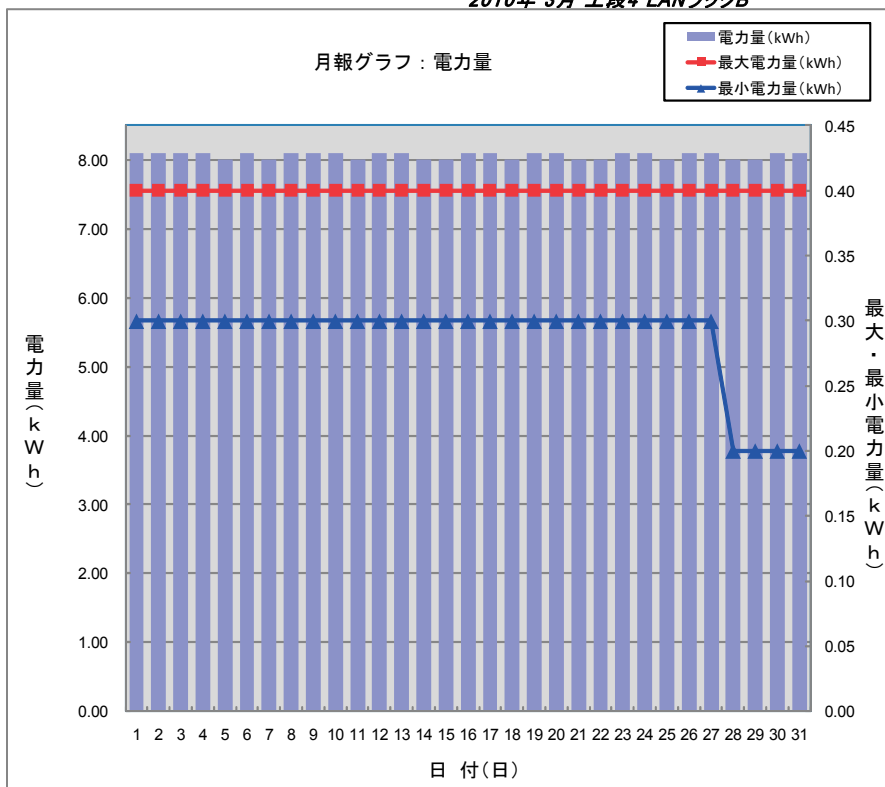
	合計		最大電力量(kWh)	最小電力量(kWh)
	電力量(kWh)	CO ₂ 量(kg-CO ₂)		
1	8.10	2.75	0.40	0.30
2	8.10	2.75	0.40	0.30
3	7.90	2.68	0.40	0.20
4	8.10	2.75	0.40	0.30
5	8.00	2.71	0.40	0.30
6	8.10	2.75	0.40	0.30
7	8.10	2.75	0.40	0.30
8	8.00	2.71	0.40	0.30
9	8.10	2.75	0.40	0.30
10	7.90	2.68	0.40	0.20
11	8.10	2.75	0.40	0.30
12	8.10	2.75	0.40	0.30
13	8.20	2.78	0.40	0.30
14	8.10	2.75	0.40	0.30
15	8.10	2.75	0.40	0.30
16	8.10	2.75	0.40	0.30
17	8.00	2.71	0.40	0.20
18	8.10	2.75	0.40	0.30
19	8.10	2.75	0.40	0.30
20	8.10	2.75	0.40	0.30
21	8.00	2.71	0.40	0.30
22	8.10	2.75	0.40	0.30
23	8.10	2.75	0.40	0.30
24	8.00	2.71	0.40	0.20
25	8.10	2.75	0.40	0.30
26	8.00	2.71	0.40	0.30
27	8.10	2.75	0.40	0.30
28	8.10	2.75	0.40	0.30
29	8.00	2.71	0.40	0.30
30	8.10	2.75	0.40	0.30
31	8.00	2.71	0.40	0.30

2010年 2月 上段4 LANラックB



	合計		最大電力量(kWh)	最小電力量(kWh)
	電力量(kWh)	CO ₂ 量(kg-CO ₂)		
1	8.10	2.75	0.40	0.30
2	8.00	2.71	0.40	0.30
3	8.10	2.75	0.40	0.30
4	8.10	2.75	0.40	0.30
5	8.00	2.71	0.40	0.30
6	8.10	2.75	0.40	0.30
7	8.00	2.71	0.40	0.20
8	8.00	2.71	0.40	0.30
9	8.10	2.75	0.40	0.30
10	8.00	2.71	0.40	0.30
11	8.10	2.75	0.40	0.30
12	8.10	2.75	0.40	0.30
13	8.00	2.71	0.40	0.30
14	8.00	2.71	0.40	0.30
15	8.10	2.75	0.40	0.30
16	8.00	2.71	0.40	0.30
17	8.10	2.75	0.40	0.30
18	8.10	2.75	0.40	0.30
19	8.00	2.71	0.40	0.30
20	8.10	2.75	0.40	0.30
21	8.00	2.71	0.40	0.30
22	8.10	2.75	0.40	0.30
23	8.00	2.71	0.40	0.30
24	8.10	2.75	0.40	0.30
25	8.00	2.71	0.40	0.30
26	8.10	2.75	0.40	0.30
27	8.00	2.71	0.40	0.30
28	8.00	2.71	0.40	0.20
29				
30				
31				

2010年3月上段4 LANラックB



	合計		最大電力量 (kWh)	最小電力量 (kWh)
	電力量 (kWh)	CO ₂ 量 (kg-CO ₂)		
1	8.10	2.75	0.40	0.30
2	8.10	2.75	0.40	0.30
3	8.10	2.75	0.40	0.30
4	8.10	2.75	0.40	0.30
5	8.00	2.71	0.40	0.30
6	8.10	2.75	0.40	0.30
7	8.00	2.71	0.40	0.30
8	8.10	2.75	0.40	0.30
9	8.10	2.75	0.40	0.30
10	8.10	2.75	0.40	0.30
11	8.00	2.71	0.40	0.30
12	8.10	2.75	0.40	0.30
13	8.10	2.75	0.40	0.30
14	8.00	2.71	0.40	0.30
15	8.00	2.71	0.40	0.30
16	8.10	2.75	0.40	0.30
17	8.10	2.75	0.40	0.30
18	8.00	2.71	0.40	0.30
19	8.10	2.75	0.40	0.30
20	8.10	2.75	0.40	0.30
21	8.00	2.71	0.40	0.30
22	8.00	2.71	0.40	0.30
23	8.10	2.75	0.40	0.30
24	8.10	2.75	0.40	0.30
25	8.00	2.71	0.40	0.30
26	8.10	2.75	0.40	0.30
27	8.10	2.75	0.40	0.30
28	8.00	2.71	0.40	0.20
29	8.00	2.71	0.40	0.20
30	8.10	2.75	0.40	0.20
31	8.10	2.75	0.40	0.20

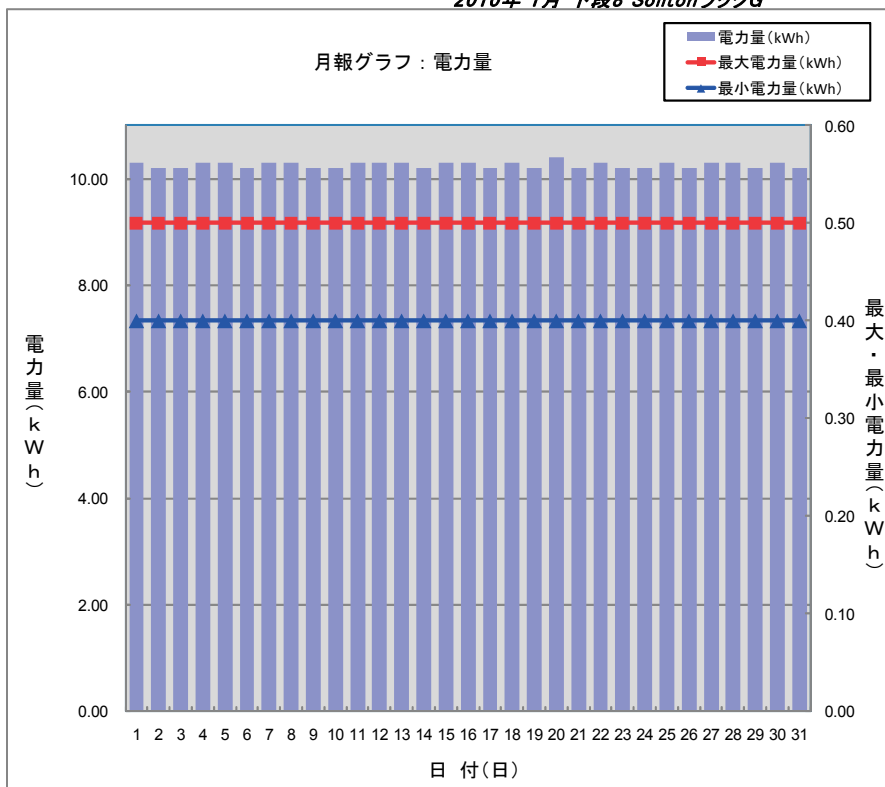
お客様相談システム（CTI サーバ、通話録音サーバ）における電力測定値

- ・次ページ以降に測定データ（グラフ及び表）を示す。測定対象システムにおいてはサーバ2台、テープ装置1台、及びUPS2台の消費電力が含まれ、1日当りの積算電力量は10.1～10.4kWh（1月平均値10.25kWh、2月平均値10.25kWh、3月平均値10.26kWh）であり、日による電力量の変動はほとんど見られない。
システムは土・日曜日・祝日にはほとんど利用していないとのことであるが、シャットダウンされているわけではない為、電力の利用がある。日によって若干の違いはあるものの、1日10.25kWh前後であり、平均1日当り10.25～10.26kWhの電力消費量となっている。
- ・処理量が少ない時を除けば、時間当り0.45kWh前後の電力消費量であり、変動は、±0.01～0.03kWhとなっている。休日で10.2kWhのケースもあるが、1日当り10.3kWh前後（平均値）の電力消費量であった。
- ・1日における時間単位の積算電力量（平均値）は最小で0.3kWh、最大で0.5kWhとなっており、日毎でみると最大・最小値の格差は0.1～0.2kWhの差しか認められない（平均すると0.01～0.02kWh）。時間当り0.4kWhを最小値とするケースが大半であり、平均は0.45kWh弱であった。

＜システム運用状況＞

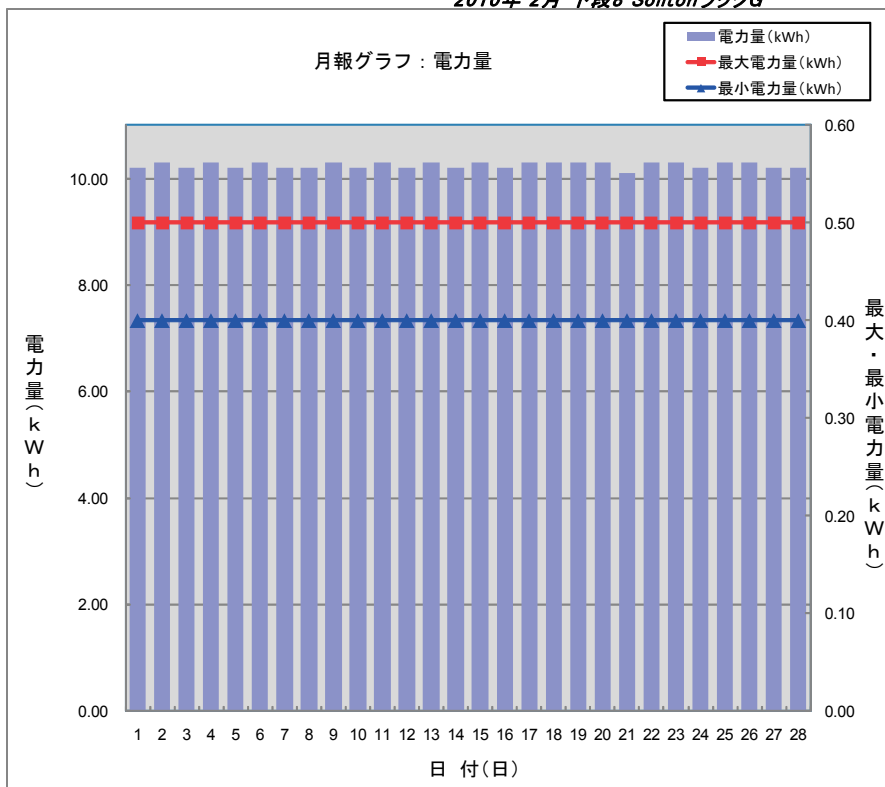
- ・当該システムは、基本的に、土・日曜日及び祝日は利用されない。
- ・お客様相談業務としては特別な業務集中はなかったと思われる。

2010年1月 下段8 SolitonラックG



	合計		最大電力量 (kWh)	最小電力量 (kWh)
	電力量 (kWh)	CO ₂ 量 (kg-CO ₂)		
1	10.30	3.49	0.50	0.40
2	10.20	3.46	0.50	0.40
3	10.20	3.46	0.50	0.40
4	10.30	3.49	0.50	0.40
5	10.30	3.49	0.50	0.40
6	10.20	3.46	0.50	0.40
7	10.30	3.49	0.50	0.40
8	10.30	3.49	0.50	0.40
9	10.20	3.46	0.50	0.40
10	10.20	3.46	0.50	0.40
11	10.30	3.49	0.50	0.40
12	10.30	3.49	0.50	0.40
13	10.30	3.49	0.50	0.40
14	10.20	3.46	0.50	0.40
15	10.30	3.49	0.50	0.40
16	10.30	3.49	0.50	0.40
17	10.20	3.46	0.50	0.40
18	10.30	3.49	0.50	0.40
19	10.20	3.46	0.50	0.40
20	10.40	3.53	0.50	0.40
21	10.20	3.46	0.50	0.40
22	10.30	3.49	0.50	0.40
23	10.20	3.46	0.50	0.40
24	10.20	3.46	0.50	0.40
25	10.30	3.49	0.50	0.40
26	10.20	3.46	0.50	0.40
27	10.30	3.49	0.50	0.40
28	10.30	3.49	0.50	0.40
29	10.20	3.46	0.50	0.40
30	10.30	3.49	0.50	0.40
31	10.20	3.46	0.50	0.40

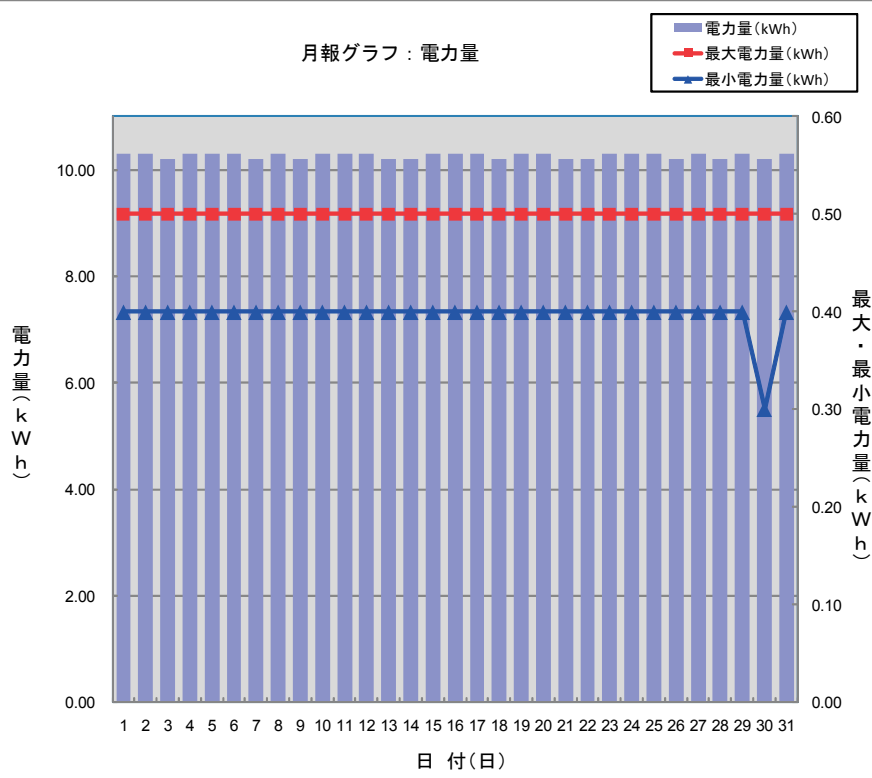
2010年2月 下段8 SolitonラックG



	合計		最大電力量 (kWh)	最小電力量 (kWh)
	電力量 (kWh)	CO ₂ 量 (kg-CO ₂)		
1	10.20	3.46	0.50	0.40
2	10.30	3.49	0.50	0.40
3	10.20	3.46	0.50	0.40
4	10.30	3.49	0.50	0.40
5	10.20	3.46	0.50	0.40
6	10.30	3.49	0.50	0.40
7	10.20	3.46	0.50	0.40
8	10.20	3.46	0.50	0.40
9	10.30	3.49	0.50	0.40
10	10.20	3.46	0.50	0.40
11	10.30	3.49	0.50	0.40
12	10.20	3.46	0.50	0.40
13	10.30	3.49	0.50	0.40
14	10.20	3.46	0.50	0.40
15	10.30	3.49	0.50	0.40
16	10.20	3.46	0.50	0.40
17	10.30	3.49	0.50	0.40
18	10.30	3.49	0.50	0.40
19	10.30	3.49	0.50	0.40
20	10.30	3.49	0.50	0.40
21	10.10	3.42	0.50	0.40
22	10.30	3.49	0.50	0.40
23	10.30	3.49	0.50	0.40
24	10.20	3.46	0.50	0.40
25	10.30	3.49	0.50	0.40
26	10.30	3.49	0.50	0.40
27	10.20	3.46	0.50	0.40
28	10.20	3.46	0.50	0.40
29				
30				
31				

2010年3月 下段8 SolitonラックG

月報グラフ：電力量



	合計		最大電力量 (kWh)	最小電力量 (kWh)
	電力量 (kWh)	CO ₂ 量 (kg-CO ₂)		
1	10.30	3.49	0.50	0.40
2	10.30	3.49	0.50	0.40
3	10.20	3.46	0.50	0.40
4	10.30	3.49	0.50	0.40
5	10.30	3.49	0.50	0.40
6	10.30	3.49	0.50	0.40
7	10.20	3.46	0.50	0.40
8	10.30	3.49	0.50	0.40
9	10.20	3.46	0.50	0.40
10	10.30	3.49	0.50	0.40
11	10.30	3.49	0.50	0.40
12	10.30	3.49	0.50	0.40
13	10.20	3.46	0.50	0.40
14	10.20	3.46	0.50	0.40
15	10.30	3.49	0.50	0.40
16	10.30	3.49	0.50	0.40
17	10.30	3.49	0.50	0.40
18	10.20	3.46	0.50	0.40
19	10.30	3.49	0.50	0.40
20	10.30	3.49	0.50	0.40
21	10.20	3.46	0.50	0.40
22	10.20	3.46	0.50	0.40
23	10.30	3.49	0.50	0.40
24	10.30	3.49	0.50	0.40
25	10.30	3.49	0.50	0.40
26	10.20	3.46	0.50	0.40
27	10.30	3.49	0.50	0.40
28	10.20	3.46	0.50	0.40
29	10.30	3.49	0.50	0.40
30	10.20	3.46	0.50	0.30
31	10.30	3.49	0.50	0.40

- ・以下にシステムごとに使用されている機器の電力仕様を示す。サーバの消費電力は CPU、メモリなどの構成から見積もった最大値、その他はカタログ値である。

	サーバ		テープ装置	UPS	計
お客様相談システム (上段4)	DBサーバ 307W	APサーバ 257W	—	138W(69×2)	702W
お客様相談システム (下段8)	CTIサーバ 257W	通録用サーバ 297W	108W	138W(69×2)	800W

- ・上記で計算した、消費電力値と、実際の測定値（1月～3月の1日当たりの平均値）とを比較して、実効率を算出すると

お客様相談システム（DB、APサーバ）

：1日当り計算値=16.85kWh 実測値=8.06kWh

となり、約48%の実効率

お客様相談システム（CTI、通録サーバ）

：1日当り計算値=19.20kWh 実測値=10.25kWh

となり、約53%の実効率

であった。

- ・お客様相談システムトータル（上記サーバ4台分）で見ると、1日当り理論値=36.05kWh、実測値=18.31kWhであり、50.8%の実効率であった。

3.2.3 フェーズ2測定全体に関する考察

- ・いずれの事例も日次、月次の消費電力の変動は小さい。消費電力の実効率（計算値と実測値の比）は、48%から68%であり、CPU利用率が低いことが推定される。今回測定した環境では、余裕をもったシステム設計になっていることがわかる。
- ・配電盤からIT機器への配電経路が正確に管理されていないケースがあった。グリーンIT化のためにはどの機器でどのくらいの電力を消費しているかを把握することが出発点となるため、機器構成を変更する際には配電経路図の見直しが必要である。

4. まとめ

サーバ消費電力実態調査により、今後、消費電力測定を行う時の環境の課題点と推奨するサーバ消費電力測定方法についてまとめた。さらに、測定においては、サーバラームの配電盤における測定を簡易方法として推奨するが、その場合に考慮すべき、電力ケーブル等の電力損失の簡易モデルについて述べる。最後にサーバのグリーン IT 化実現のポイントを提言する。

4.1 サーバ消費電力実態調査の考察

フェーズ1のJAISTにおける電力測定、及び、フェーズ2のユーザ企業における電力測定を実施することにより、日本国内における、サーバ運用の電力環境、電力計測における特性、及び、実測定における難しさが判明したので、以下に考察する。

電源品質

CVCFを使用していない場合でも、近年の国内オフィス環境の配電では、配電盤での電圧変動はほとんど無い。また、適切な配電を行った場合、IT機器のみの使用では、力率もほとんど98%以上で変化が無い。また、内線規程¹³により、配電盤から、最初に分岐するPDUまでは、配線事業者により、工事時点で厳格に管理されているので、IT機器の使用には極めて良い電源環境と言う事ができる。

IT機器以外の電力損失

近來のオフィスビル内のサーバラーム等では、同じ階の配電盤から電力が供給され、配線長もそう長くは無く、配線途中にさらに配電盤やスイッチ等で分岐する事は極めてまれである。また、照明、空調機器等は、別の配電システムが使用され、動力機器が同一配電盤に接続される事も無い為、IT機器以外の主な電力損失は、配線、PDU、ブレーカ、及びUPSになる。

常時使用電流が意外と少ない

実測環境の数が少ない事を考慮しても常時使用電流が意外と少ない事が判明した。実際の配線等を確認すると、冗長性、可用性を考慮した結果であるとも言え、国内のサーバ使用環境の特長であるとも言える。具体的には、

- 冗長性を持った二重電源を使用したサーバを使用し、常時流れる電流は、片系では、半分程度(3.1で述べたように、正確に半分にはならない)

¹³ 内線規程 2005 東京、(社)日本電気協会 需要設備専門部会、オーム社 ISBN4-88948-123-0

- 特に 100V 系の配電では、20A の配線に対しても、1.5KVA の UPS を使用し、UPS の制約で、接続される IT 機器を制限している為、配電盤からの電力供給を考えると、結果として余裕をもった（電流使用量が少ない）配電となっている。

電力使用量の変動が意外と少ない

今回の測定環境に依存する部分があるとは言え、電力使用量の日次変動、週次変動、月次変動等は予測より小さかった。今後の研究課題となる要素もあるが、現時点で以下の理由が考えられる。

- 近來の CPU の高速化で CPU 使用率がそれほど高くない。また、今回の測定環境では、CPU 負荷の高い検索系のアプリケーションは使用していなかった。
- 測定結果を見ると、変化している場合は階段状に変化している。これは、実際の CPU 使用量による変動よりも、副次的な温度変化により、サーバ機器の冷却ファンの On/Off の制御で電力使用量が変化しているのではないかと推測される。
- 上記にからみ、UPS を使用した測定環境では、短時間の CPU 使用率の変化による、電力変動は、UPS が吸収している可能性がある。

電力使用量をモニタする事自体の難しさ

測定機器の仕様、及び、誤差に加え、電力量計算の積算方法や、測定間隔の違い等により、複数の測定機器を組み合わせた測定結果を統合して管理する事は非常に困難である事が判明した。電力使用量の変動を時間軸で管理する場合は、同じ測定機器、測定方法を継続して使用する必要がある。また、オフィスビル内のサーバールーム等での使用を考慮すると、配電盤で電力使用量を測定するのが、IT 機器の電力使用量の把握するための現実的な方法であると言える。

配線情報管理の問題

オフィスビル内のサーバールームの様な環境では、正確な配線経路の情報が管理されていない事が判明した。特にエンドユーザと SIer の管理データの不整合が散見された。モニタ企業の協力により、サーバールーム内の配線等を実地に見分させていただく事ができたが、稼働中の機器の配線を抜いて調べる事はできない為、現状で確認する事は限界がある。情報が管理されていない（あるいは、できない）原因としては以下がある。

- SIer からエンドユーザに引き継いだ時点ですでにデータの欠落もしくは、不整合があった。
- 変更管理の問題。担当者が変更になり、引継ぎが不完全、つまり、変更を行った事自体が引き継がれていない。
- 履歴に残らない変更。サーバ機器の増設時に、配線毎、もしくはラック毎の電源容量を考慮して、空き配線等を現場で変更した。

サーバ機器の管理は行っているが、配線までは管理されていないのが実態である。グリーン IT の観点では、配線自体も重要な管理項目である事をユーザに啓蒙すべきである。

想定外の電源接続

測定環境は、すべて、ラックサーバを使用していたにもかかわらず、100V系では、配電盤 - コンセント BOX - UPS - IT 機器と接続し、ラック PDU を使用しない配線が散見された。これは、デスクサイドサーバから、ラックサーバに移行する際に既存の配線を有効利用したと思われる。後述の簡易モデルでは、コンセント BOX も PDU として扱う様に考慮した。また、エンドユーザに使用をさせていただきたい事例もあり、DC 駆動のネットワーク機器の配線を、ラックに設置したコンセントレールに、複数の AC-DC アダプタをつないで行っているケースがあった。短絡等の可能性も排除できないため、おすすめできない配線である。

4.2 推奨サーバ消費電力測定方法

サーバも含め、IT 機器全体の消費電力の測定として以下を推奨する。

- 消費電力測定に仕様の異なる複数の機器、複数の手法を併用しない。
- IT 機器単体の精密な測定が必要で無い環境では、配電盤で電力をモニタする。
- 二重電源等を使用する場合は、すべての配線系をモニタする。(片系だけを測定して2倍にしない)
- モニタは積算電力値を基本とし、電圧・電流・力率の瞬時値(または平均値)から、再計算はしない。
- 配電系統に動力系統が並存する場合は、モニタを行う前に分離する事を考える。

4.3 サーバルーム内の配線系統における電力損失の簡易モデル

電圧の変動が少なく、力率もほぼ、一定の配電環境の場合、IT 機器の総消費電力、Pits を、配電盤からの各配線毎に、

$$\text{IT 機器の消費電力 (Pit)} = \text{配電盤計測の消費電力 (P)} \\ - \text{ライン損失 (Pl)} - \text{PDU 損失 (Pp)} - \text{UPS 損失 (Pu)} - \text{他の損失 (Po)}$$

とすれば、Pits は、各配線における、消費電力の積算となるので、

$$\text{Pits} = \text{Pit1} + \text{Pit2} + \text{Pit3} + \dots \quad (\text{n は、配電盤からの各配線})$$

Pl, Pp, Pu, Po は、以下のパラメータにより、計算できる。

Pl : ケーブルの種別、配線長

Pp : PDU の個数

Pu : UPS の消費電力

Po : 特殊な電力測定機器等の消費電力

しかしながら、「4.1 サーバ消費電力実態調査の考察」でも述べた様に、既設のサーバールームの配線系統に関し、これらのパラメータをすべて入手する事はほとんど不可能であり、また、電力損失が仕様として入手できる場合でも、定格（ほとんどの場合、定格電流）に対しての電力損失率が公開されている場合が多い。これに対し、実環境では、定格に比べ、50%未満の電流量で、稼動している場合がほとんどである。従って、簡素化したモデルを考慮する必要がある。サーバシステムプラットフォーム専門委員会とサーバグリーン IT 専門委員会の合同委員会で検討した結果、実環境での実測に適用可能な簡易モデルの作成が必要との結論となり、以下の簡易モデルを作成した。

今回作成した簡易モデルでは、以下の環境を想定している¹⁴。

電 圧：対象とする電源は、100V 単層及び、200V 単層とし、配電盤の測定値が定格電圧を下回らない。

電力供給環境、及び、力率：

近年の一般的なビル等の電力環境、また、同一配電盤より、同時に動力系の供給は行っていない事を想定。

力率は、平均して 98%以上、最低が 97%を下回らない。(力率は、IT 機器の負荷によってだけ、変動する事を仮定)

電流・電力：

配電盤で測定した電力値を使用した計算を行い、各サンプリング点での電圧、電流、力率を用いた電力値の計算は行わない。

これは、サンプリングされる電力値が、サンプリング間隔での積算電力値の平均である事、また、電圧がほぼ一定で電流が変動する環境では、測定器の仕様上、電力値を用いる方が、誤差が少なくなる為である。

¹⁴ 近來のオフィスビルの品質の良い電力環境を想定している。データセンター事業者の電力環境及び、電源系統が動力系と併用される、工場等の使用環境での適用は想定していない。

4.3.1 配電盤から PDU までの電力損失モデル

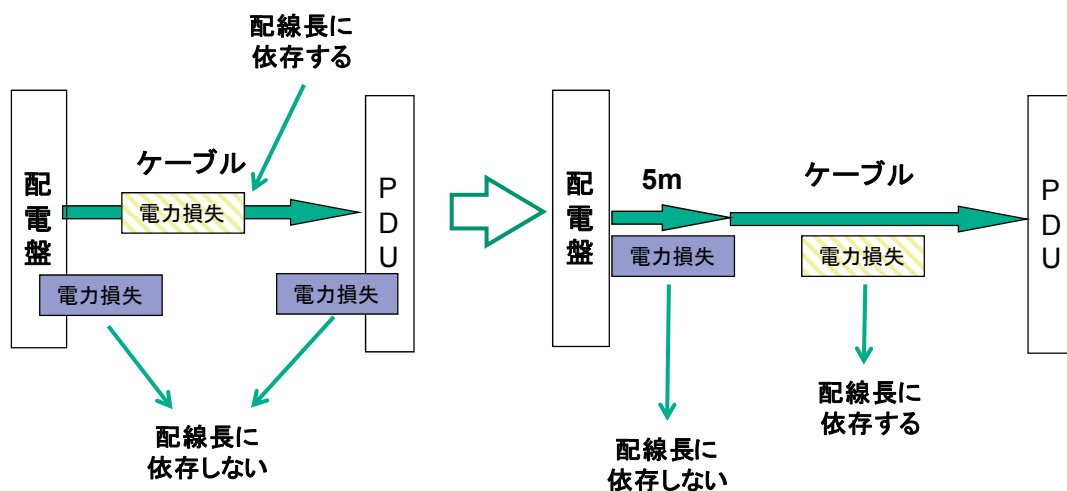


図 4-1 配電盤から PDU までの電力損失

図 4-1 で示す様に、電力損失を配線長に依存する部分と、依存しない部分に分割する。配線長に依存しない部分の損失は、5m の配線と等価¹⁵とした。また、電力損失には、配電盤や、PDU で使用されるブレーカの電力損失も含まれるモデルとした。

4.3.2 2 段目以降の PDU 配線による、電力損失モデル

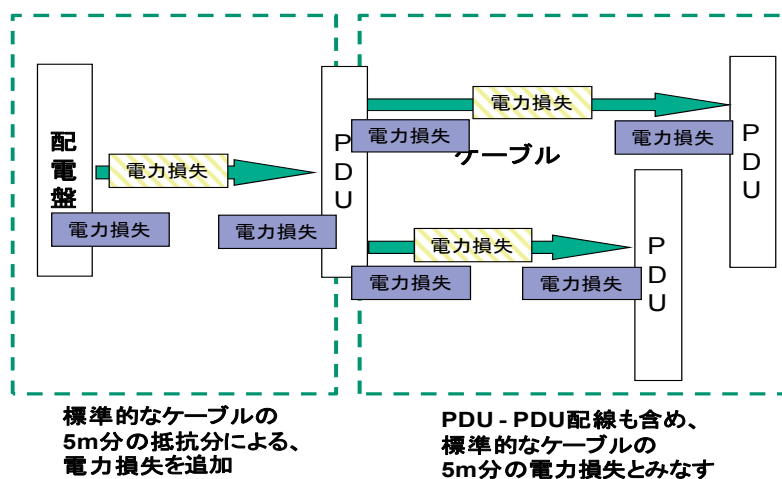


図 4-2 2 段目以降の PDU 配線による、電力損失

PDU がスタックした場合は通常、複数経路に電流が分岐し、配電盤からコンセント、また、コンセントから、ラック PDU に直結している場合等、様々な形態があるが、分岐した場合は、各分岐に流

¹⁵ 公称断面積 5.5mm² で配線していると仮定 (100V/200V 単相でプラグが指定され、抵抗値は、3.232Ω/Km)。電流は行きと帰りに流れるので、電力損失は、0.03232*I² [W] (I は電流量) となる。

れる電流が少なくなるため、配線系統による電力損失の合計が分岐によって、増大するわけでは無い。従って、2段目以降のPDU配線による電力損失は、同様に5mの配線と等価とした。これは、一般的にPDU-PDU間の配線長が2-3mになる事も考慮している。

4.3.3 UPSによる配線分岐の電力損失モデル

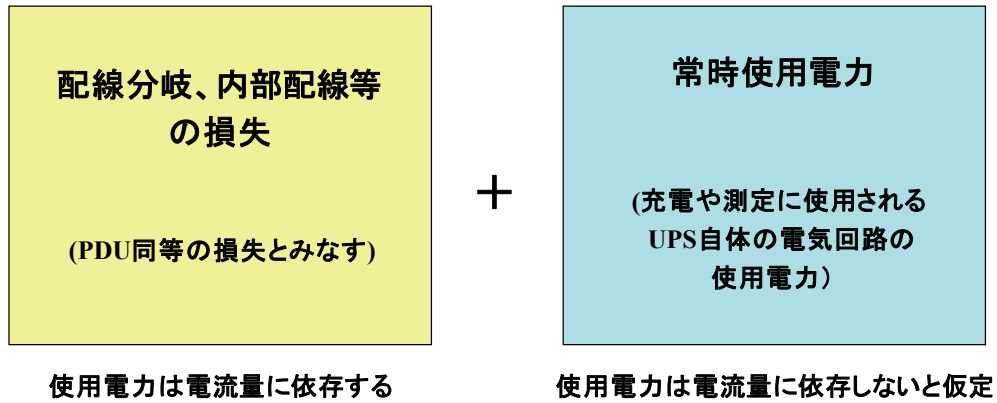


図4-3 UPSによる、電力損失

UPSを使用する場合は、図4-3に示すとおり、UPSをPDU配線と等価な部分、及び、UPS自体の常時使用電力の和とみなす。ここでは、UPSで使用する2次電池は、充電完了状態と仮定している。また、UPSの常時使用電力は、仕様として公開されているものとする。UPS配線と等価部分は、電流量により、消費電力が変化する項、UPSの常時使用電力は電流量により、消費電力が変化しない項としてモデル化を行った。PDU配線部分に関しては、先ほどの2段目以降のPDU配線で使用したのと同じ、配線長5mの電力損失とした。

出力電力が測定可能なPDUに関しても同様なモデル化を行う事ができるが、先に述べた様に二つの測定、推定方法を同時に使用する事は意味が無いので、今回の簡易モデルでは考慮していない。

4.4 簡易モデルを使用したIT機器の消費電力の推定

表4.1は、 5.5mm^2 の配線を使用した場合の配電盤からPDUまでの電力損失を、電源ケーブル長で大まかに区切った形でまとめたものである。表自体は、配線容量毎に使用される電線のパラメータを用いて、再計算する事が望ましいが、一般的な100V配線では、同表が適用できるであろう。表は、配電盤での消費電力に対して、IT機器が使用している消費電力の割合であり、名称を「IT機器みなし使用消費電力率」とした。

表 4.1 IT 機器みなし使用消費電力率 (100V 20A 配線)

総消費電力	IT機器みなし使用消費電力率(100V 20A配線)					
	5m以下	10m以下	15m以下	20m以下	15m以下	30m以下
500W以下	99.7%	99.6%	99.4%	99.2%	99.1%	98.9%
1KW以下	99.4%	99.1%	98.8%	98.4%	98.1%	97.8%
1.5KW以下	99.1%	98.6%	98.1%	97.6%	97.1%	96.7%
2KW以下	98.8%	98.1%	97.5%	96.8%	96.2%	95.5%

表 4.2 は同様に 200V 30A 配線の場合の IT 機器みなし使用消費電力率である。200V 配線の場合、100V の場合に比べ、同一消費電力における、損失が少ない事が自明である。

表 4.2 IT 機器みなし使用消費電力率 (200V 30A 配線)

総消費電力	IT機器みなし使用消費電力率(200V 30A配線)					
	5m以下	10m以下	15m以下	20m以下	25m以下	30m以下
1KW以下	99.9%	99.8%	99.7%	99.6%	99.6%	99.5%
2KW以下	99.7%	99.6%	99.4%	99.2%	99.1%	98.9%
3KW以下	99.6%	99.3%	99.1%	98.8%	98.6%	98.4%
4KW以下	99.4%	99.1%	98.8%	98.4%	98.1%	97.8%
5KW以下	99.2%	98.8%	98.4%	98.0%	97.6%	97.2%
6KW以下	99.1%	98.6%	98.1%	97.6%	97.1%	96.7%

表 4.3 は 100V 20A 配線に UPS を組み合わせた場合の IT 機器みなし使用消費電力率である。UPS の常時使用電力は 1.5KVA タイプのものでも、60W から、200W を越えるものまで、いろいろなバリエーションがある。ここでは、常時使用電力が 75W の UPS を仮定して、表を作成している。

表 4.3 IT 機器みなし使用消費電力率 (100V 20A 配線、PDU から UPS で分岐)

総消費電力	IT機器みなし使用消費電力率(100V 20A配線)					
	5m以下	10m以下	15m以下	20m以下	15m以下	30m以下
500W以下	84.6%	84.4%	84.2%	84.1%	83.9%	83.8%
1KW以下	91.6%	91.3%	90.9%	90.6%	90.3%	90.0%
1.5KW以下	93.6%	93.1%	92.6%	92.1%	91.7%	91.2%

注：UPS の仕様として、最大電力損失のみが公開されている場合は、簡易モデルで使用した 5 m 配線の抵抗率から最大電流での消費電力を計算した差分を常時使用電力とする。この場合、常時使用電力の値が極端に小さくなる場合（例えば、50W を下回る場合）は簡易モデルを使用する事はできない。

簡易モデルで使用する電線、及び、UPS の常時使用電力が異なる場合の計算方法に関しては、付録 1 を参照されたい。

4.5 サーバグリーン IT 化実現のポイント

グリーン IT 化実現のためには、実際に使用している電力量を測定し、消費電力削減目標の設定・対策検討・実行というサイクルを確立することが重要である。以下では、グリーン IT 化実現のポイントをいくつか紹介する。

4.5.1 グリーン IT サイクルの確立

(1) 電力量の測定

まず、配電系統図や機器構成図を作成し、レイアウト変更や、機器の導入／増設時にも常に最新の状態にしておくことが重要である。その上で、本報告書のサーバ消費電力の推奨測定方法を参考とし配電系統ごとの消費電力の測定を実施する。

(2) 消費電力削減目標の設定

目標値としては、全社的な温暖化対策の中で、あるいはコスト的な観点から削減量を設定する、ある指標に基づき値を設定する等が考えられる。ここでは、The Green Grid が提唱している IT 機器の電力使用効率の指標 PUE (Power Usage Effectiveness) を活用した目標設定について説明する。

PUE は下式で表され、値が 1 に近づくほど効率が良いことになる。グリーン IT 推進のためには、IT 機器だけでなく、IT 機器を冷却するための空調や電源などの設備を含めた省電力化が重要である。

$$\text{PUE} = \text{センタ全体の消費電力} / \text{IT 機器の消費電力}$$

JEITA が実施した調査（「IT 化トレンドに関する調査報告書(VI)」）によると、データセンタまたはサーバールームでの電力使用量は、IT 機器関連が 45%であるのに対し、空調関連が 30%、電源関連が 17%であった (PUE=2.22)。現状の PUE を確認し、他の事例を参考にしながら目標設定を行う。

(3) 対策検討・実行

消費電力削減のための対策としては、空調などの設備に関わる対策と IT 機器に関わる対策が考えられる。以下で詳細を示す。

4.5.2 設備環境の改善

一般的なサーバームは、室内の温度が必要以上に低く設定されている。温度センサなどを用い機器の入出力温度をモニタし、熱だまりがでない範囲で適切な温度になるよう空調機出力を設定することにより最適化が可能となる。特にブレードサーバでは局所的に温度が高くなる可能性があるので、ラック空調機や天吊型の空調機などで局所的に冷却することも効果的である。

ラック本数が多い場合には、ホットアイルとコールドアイルを構成するようなラック配置や、冷氣、暖気のエアフロー改善も有効である。

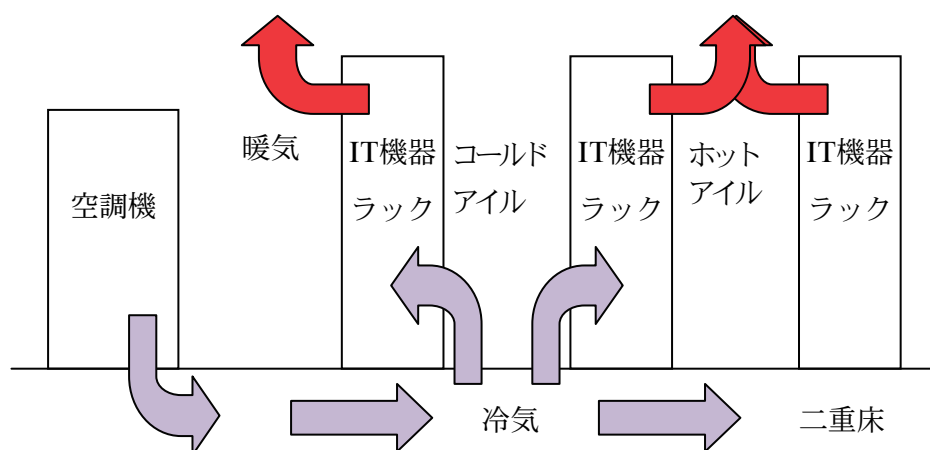


図 4-4 一般的なデータセンターのエアフロー

図 4-4 のように国内のデータセンターは一般的に床下から冷気を送風しており、IT 機器の前面から吸気し、背面より暖気を排気する。機器の前面同士、背面同士を向かい合わせ、冷気と暖気を分離することが効率的な冷却には欠かせない。冷気と暖気が混ざらないようパネルなどを設置する、IT 機器に適切に冷風が供給されるように床下やラックのケーブル類を整理する、室内のレイアウトを見直すことも効果がある。

また、高効率な空調機や電源設備の導入や、人感センサを活用した照明の自動オンオフなども考えられる。

4.5.3 ITリソースの有効活用

一般的に IA サーバの平均 CPU 利用率は 2 割程度と言われている。仮想化技術を採用し利用率の低いサーバやストレージを集約することにより、機器の台数を削減することがグリーン IT 化にも有効である。また、日々の運用においても、図 4-5 のように負荷が軽い時期に業務を移動し、未使用となったサーバの電源をオフにする。一方、負荷が増えた場合は、復帰させることにより効率良いサーバ運用が可能となる。サーバは CPU 利用率がほとんどゼロの場合でも 6 割から 7 割の電力を消費するため、未使用のサーバを積極的に作り電源をオフにすることが省電力化には有効である。

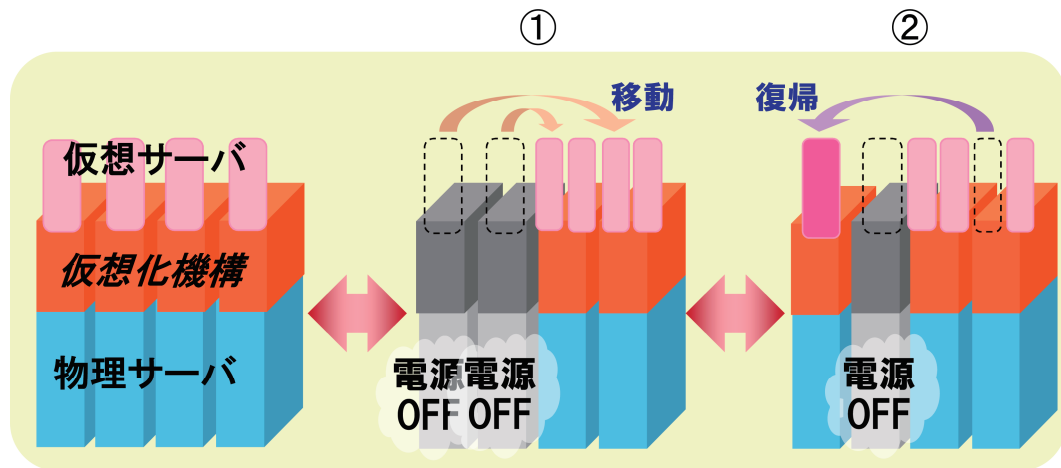


図 4-5 仮想化技術を活用した省電力化

付 録

付録1 簡易モデルの作成方法

付録2 2009年度 JEITA-JAIST 共同研究報告書：JAIST における負荷と電力消費の関係

付録1 簡易モデルの作成方法

以下は簡易モデル計算に使用したエクセルの例である。ここでは、一番複雑な UPS を使用した例を図で示した。使用するパラメータ及び、図中の注記に従って、配線に使用する電線の抵抗値が異なる場合や、UPS の常時使用電力値が違う場合の簡易モデルの作成に利用していただきたい。

壁電源電圧	V	100.00	
壁電源からの配線抵抗値	Ω/Km	3.232	0.003232 Ω/m
PDU等見なし配線長	m	5.000	
PDU等見なし抵抗値	Ω	0.03232	
UPS常時使用電力	W	75.00	

電流は行きと帰りを流れるので、1m当たりの消費電力は、2倍(0.006464*1*) UPS使用の場合、PDU二つ分の損失を計算

		電力損失(PDU+UPS配線)					
壁電源配線長	電流値	5	10	15	20	25	30
m	5	1.6	3.2	4.0	4.8	5.7	6.5
	10	9.7	12.9	16.2	19.4	22.6	25.9
	15	21.8	29.1	36.4	43.6	50.9	58.2
	20	38.8	51.7	64.6	77.6	90.5	103.4
	25	60.6	80.8	101.0	121.2	141.4	161.6
	30	87.3	116.4	145.4	174.5	203.6	232.7

計算した電力損失を電力使用量に対する百分比(%)を計算
範囲毎の配線長、電流は最大値で計算

		総電力損失						電力損失(%)					
壁電源配線長	電流値	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30
m	5	76.62	78.23	79.04	79.85	80.66	81.46	15.32%	15.65%	15.81%	15.97%	16.13%	16.29%
	10	84.70	87.93	91.16	94.39	97.62	100.86	8.47%	8.79%	9.12%	9.44%	9.76%	10.09%
	15	96.82	104.09	111.36	118.63	125.90	133.18	6.45%	6.94%	7.42%	7.91%	8.39%	8.88%
	20	113.78	126.71	139.64	152.57	165.50	178.42	5.69%	6.34%	6.98%	7.63%	8.27%	8.92%
	25	135.60	155.80	176.00	196.20	216.40	236.60	5.42%	6.23%	7.04%	7.85%	8.66%	9.46%
	30	162.26	191.35	220.44	249.53	278.62	307.70	5.41%	6.38%	7.35%	8.32%	9.29%	10.26%

100% - 電力損失(%)を計算
小数点以下、一桁で切り上げ

総消費電力	IT機器みなし使用消費電力率(100V 20A配線)					
	5m以下	10m以下	15m以下	20m以下	15m以下	30m以下
500W以下	84.7%	84.4%	84.2%	84.1%	83.9%	83.8%
1KW以下	91.6%	91.3%	90.9%	90.6%	90.3%	90.0%
1.5KW以下	93.6%	93.1%	92.6%	92.1%	91.7%	91.2%

2009年度 JEITA-JAIST 共同研究報告書:
JAIST における負荷と電力消費の関係

小原 泰弘 岡本 忠男 佐藤 幸紀 宇多 仁

北陸先端科学技術大学院大学

yasu, tadao, yukinori, zin @jaist.ac.jp

平成 21 年 9 月 30 日

概要

CPUの消費電力の増加、発熱量増加、サーバ機器の高密度化が進んでおり、電力の消費量は増加傾向にある。一方で、地球環境の保全、グリーンITへの要請から、消費電力の低減および効率的利用が求められる。電力の効率的な利用を実現するための第一歩として、現状の実運用コンピュータサーバ環境における電力消費量の実態を調査することが必要である。

本共同研究は、我が国における数多くのコンピュータサーバ群が電力消費にどのように関わっているかを調査するための、プロトタイプ調査環境について考察し、将来行われていく消費電力調査についての知識を深めるものである。本報告書では、当初の環境として北陸先端科学技術大学院大学のメールシステムにおける消費電力の調査と考察をまとめる。

第1章 はじめに

近年、環境への配慮が進み、発熱量の低減や電力の効率的な利用に注目が集まっている。データセンターの電力消費の効率化に向けた技術標準の導入と促進に取り組む団体、グリーングリッド [1] は、CPU の使用率と消費電力は 1 次相関関係にあるとし、省電力機能（CPU の周波数と電圧を制御する機能）の利用、サービスにあったサーバ投資の適切なサイジングなどを勧めている [2]。東京大学では、グリーン IT 推進協議会 [3] の一環として、グリーン東大プロジェクト [4] の名で、エネルギーサプライドチェーン管理制御システムの構築を目指し、マルチベンダーでのファシリティマネージメントシステムの実践に取り組んでいる。

一般的にグリーン IT (ICT: Information Communication Technology) には、“Green of ICT” と “Green by ICT” があると言われる。前者は情報通信技術自身の省エネルギー化/効率化であり、後者は情報通信技術を利用した地球環境問題の改善を目的とする。前述のグリーングリッドが前者にあたり、グリーン東大プロジェクトは後者にあたる。

社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA: Japan Electronics and Information Technology Industries Association) [5] は、北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST, 以下本学) と共同研究契約を結び、実運用下におけるサーバ群の消費電力を調査した。本学での消費電力調査は、他の組織における電力消費を推測するための、Preparatory Study (事前調査) の位置づけとなる。本報告書では、この事前調査の結果として、JAIST におけるメールサーバの負荷と電力消費の関係を報告する。

第2章 消費電力調査の環境

本共同研究では、北陸先端科学技術大学院大学 [6](以下本学, もしくは JAIST) のメールシステム, およびターミナルサーバにおける消費電力を調査した. 本章では, これらの電力供給と機器構成を述べる.

2.1 メールサーバの電力供給, 構成

本学のメールシステムは, 主に, 6 台のワークステーションサーバ (Sun SPARC Enterprise T5120 [7]) と 2 台のメールアプライアンスサーバ (IRONPORT C350 [8]) で構成される. 図 2.1 にそのシステム概要を示す. 図では, 右上にバックアップ用メールサーバとして C350 が一台配置され, 残りが通常のメールサーバシステムとして右下に配置されている. 右下の 7 台のうち, 一番右が C350 であり, 左の 6 台が T5120 である.

これらメールサーバへの電力供給の接続を図 2.2 に示す. 図 2.1 で右上に示されたバックアップ用 IronPort C350 は, メールシステムの主幹機器とは物理的に離れた地点に配置されている. そのため, 主幹機器の電源接続を示している図 2.2 には, バックアップ用 IronPort C350 は示されていない.

分電盤の各系統は, パナソニック電工の多回路電力チェッカー BT3710 [9] によって電力測定されている. メールシステムは電源を二系統利用しており (図中左下と右下の 1,2 系-No.9T), 各系統は, Raritan PX DPCR8-15-J [10] を介して, それぞれ各機器の二つの冗長化された電源装置に接続されている. 左右の ① の装置は, 明工社のラック用コンセントバー MR7669 [11] である. BT3710 (BCRN2500 を介してアクセスする) は分電盤の各系統の消費電力の総和を, DPCR8-15-J は各機器の電源装置ごとの消費電力を調べることができる.

どのような環境で何を測定したのかについて理解を深めるため, メールシステムの動作概要を図 2.3 に示す. 本学のメールシステムは, 主に 3 種類の役割を持つ機器によって構成されている. それは, メール受信サーバ ($\text{mailrelay}\{i,j\}$), メールプロキシ ($\text{mailproxy}\{1,2\}$), メールストア ($\text{mailstore}\{1,2\}$) である. IronPort C350 が $\text{mailrelay}\{i,j\}$ の役割を果たし, 前述したようにそのうち一台 ($\text{mailrelay}j$) は物理的に離れた位置に配置されている. $\text{mailstore}\{1,2\}$ はメール (IMAP) のストレージサーバの役目を持つ. $\text{mailproxy}\{1,2\}$ は内部ユーザへのインターフェイス (webmail), および外部メールサーバ (mailrelay) とメールストレージ (mailstore)

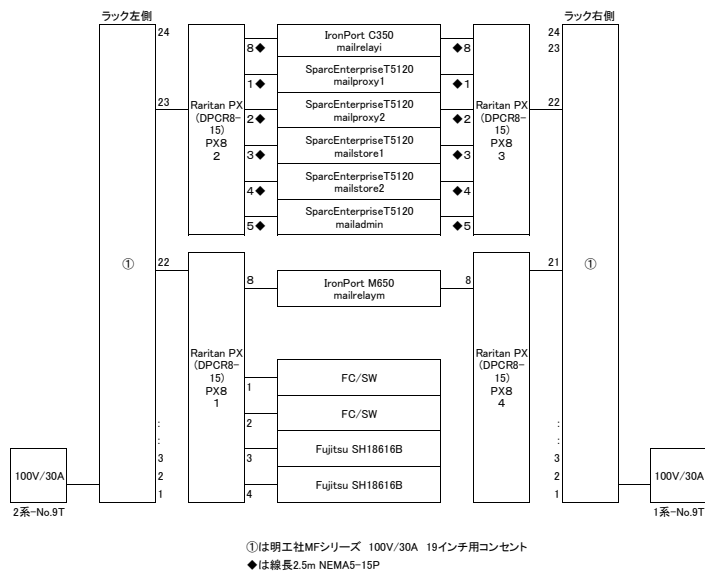


図 2.2: メールサーバの電力供給図

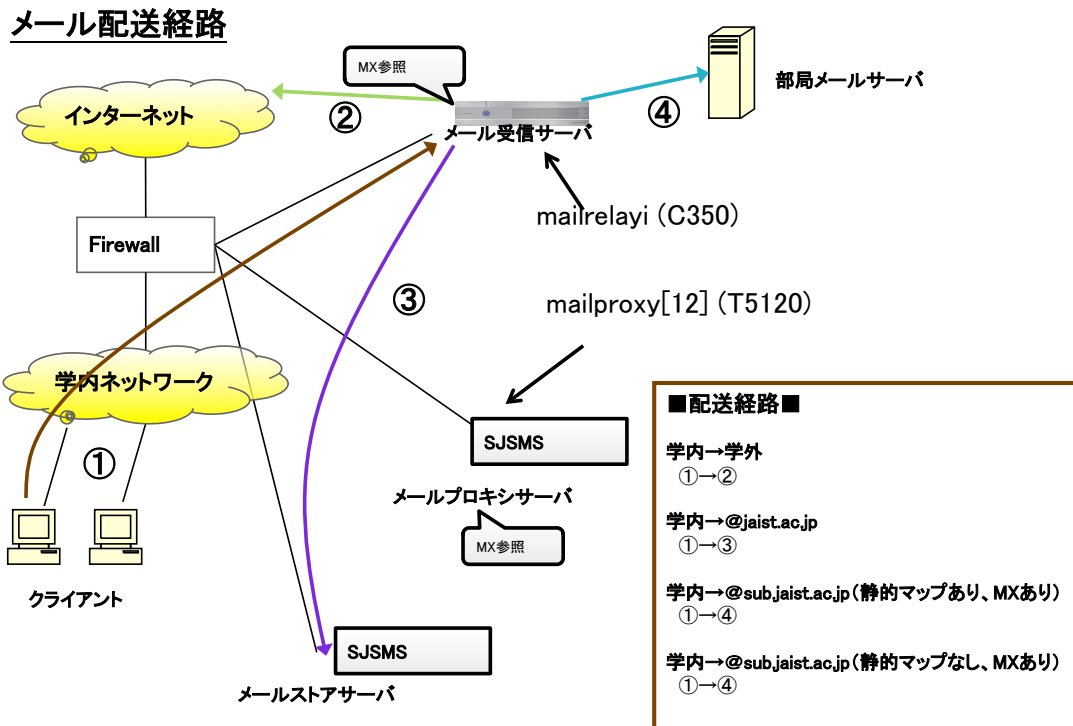


図 2.3: メールシステム動作概要

表 2.1: メールサーバ定格消費電力

IRONPORT C350	750W
Sun SPARC Enterprise T5120	641W

の仲介をするサーバとなっている。mailproxy と mailstore の役割は Sun SPARC Enterprise T5120 が担っている。6 台ある T5120 のうち残りの 2 台は、メールシステム管理用マシン (mailadmin) と、スパムに関するストレージサーバである (spamspool)。本研究では、主に mailproxy と mailadmin を利用して消費電力を測定した。

各機器の定格消費電力を表 2.1 に示す。

2.2 負荷

本学では、前述のメールシステムで、全学約 1,300 人のメールを送受信している。受信は約 12~14 万通/日、そのうちの約 6,000~10,000 通程度が正常なメールであり、残りはスパムメールである (全体の 90~95%程度)。送信は平日で約 1.5

～2.7万通/日，休日で約3,000～6,000通/日である．送信にはスパムが約10%程度含まれている．

次章では，これらの環境での消費電力調査の結果を示す．

第3章 メールサーバの消費電力調査

3.1 測定手法と結果（一週間）

測定は Raritan PX DPCR8-15-J [10] を用いた。mailproxy1 (T5120) に電源を供給している二つの DPCR8-15-J, 左側 PX8-2 および右側 PX8-3 に対し, cacti [12] で毎分ポーリングしデータを取得した。DPCR8-15-J が計測する電流値の精度は 0.1A であり [13], これは瞬間値である。これを cacti に付随する RRDtool で平均化したものを, cacti から export し比較のために重ね合わせた。電流も CPU Usage も 120 分平均の値となっている (電流値は 1 分間隔, CPU Usage は 5 分間隔の値取得となっている)。

mailproxy1 の 2009-08-24 00:00 から 2009-08-31 00:00 までの一週間の消費電力と CPU Usage の関係を, 図 3.1 に示す。ここでは, 電源システムの 1 系を "Power (left)" (図 2.2 における左の系統), 2 系を "Power (right)" としている。誤差の範囲内であるが, 左右の電源が均等に電力を消費しているわけではないことが見て取れる。

図 3.1 の左右の電源の消費電流を足し, CPU Usage と消費電流の総和を比較したものが図 3.2 である。図から, 緩い相関関係が疑われる。図 3.2 の CPU Usage と消費電流の総和について, ピアソンの積率相関係数を求めたところ, 0.82 となった。

同時刻の mailproxy2 での CPU Usage と消費電流の関係は, これとは若干異なるものとなった。mailproxy2 の左右の消費電流と CPU Usage の比較を図 3.3 に, 消費電流の総和と CPU Usage の比較を図 3.4 に示す。

図 3.4 についての相関係数は, 0.38 となった。

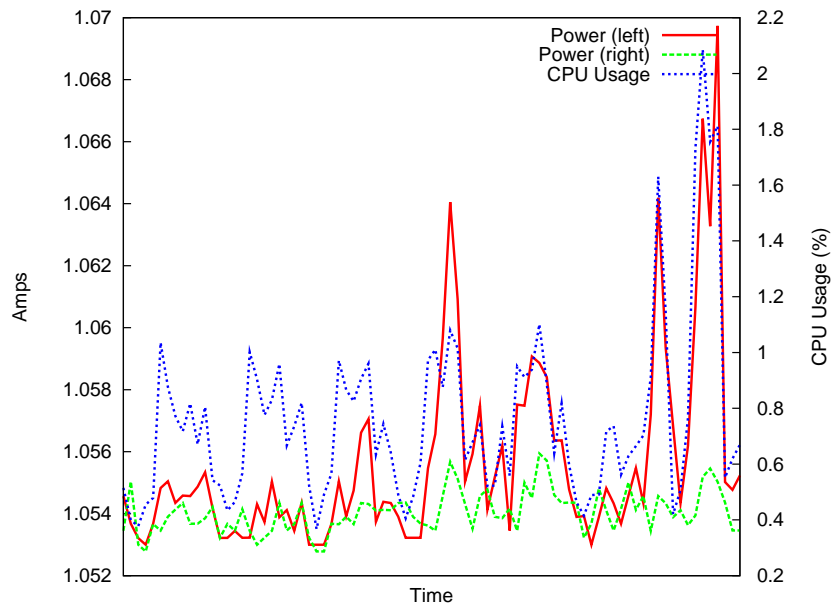


図 3.1: mailproxy1: 電流 (左右) と CPU Usage の関係 (一週間)

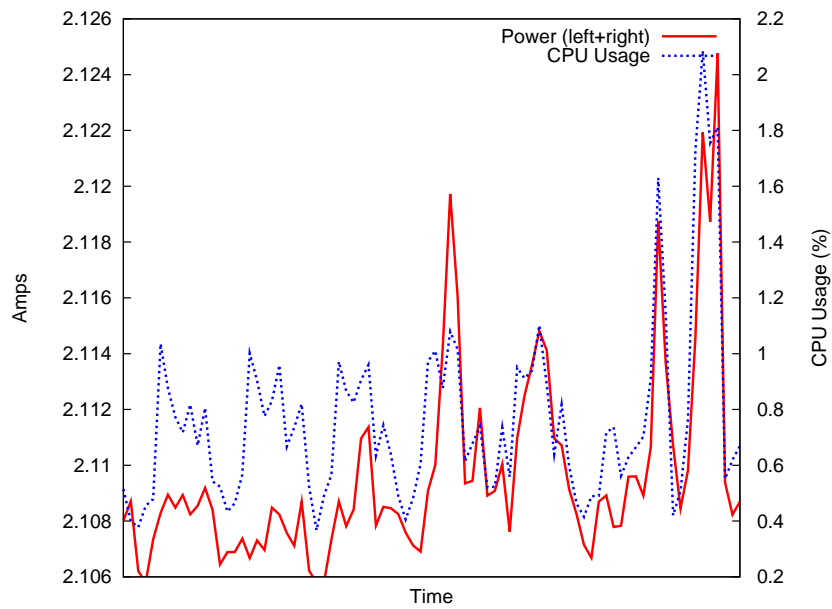


図 3.2: mailproxy1: 電流 (和) と CPU Usage の関係 (一週間)

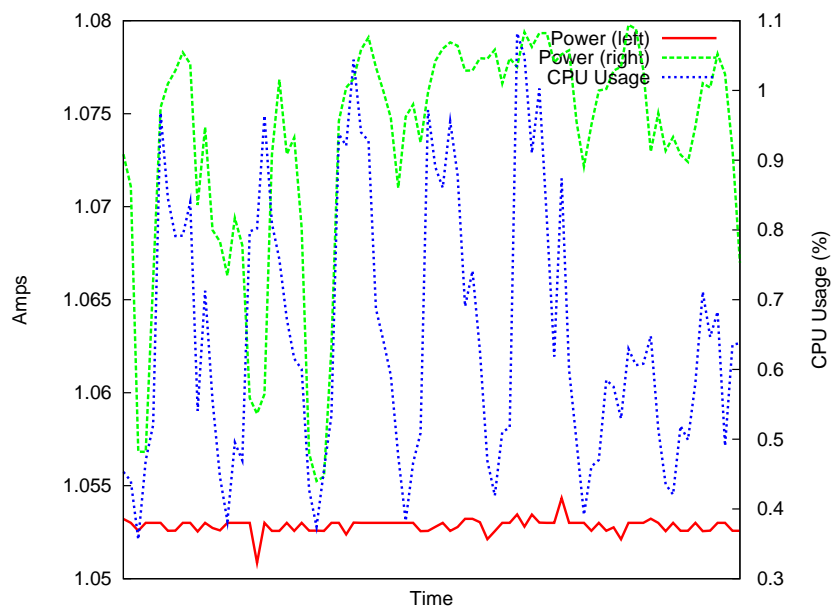


図 3.3: mailproxy2: 電流 (左右) と CPU Usage の関係 (一週間)

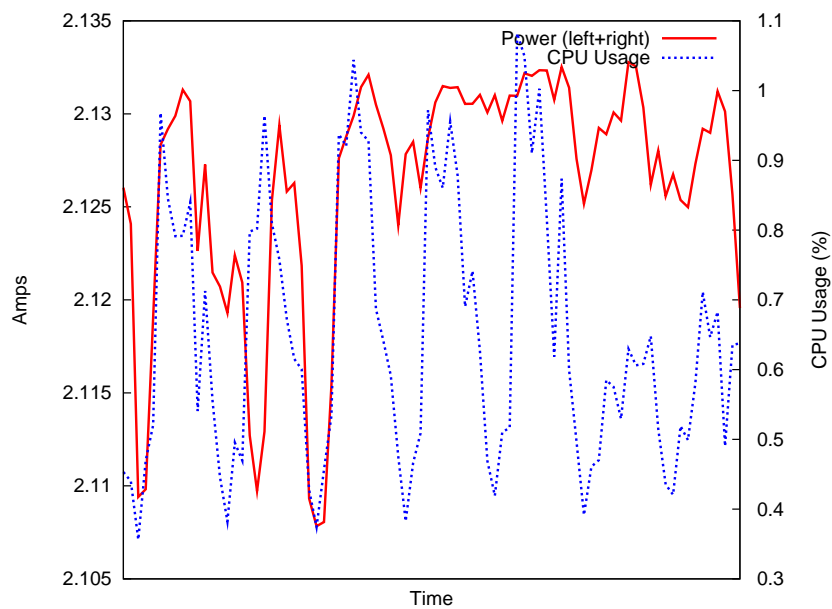


図 3.4: mailproxy2: 電流 (和) と CPU Usage の関係 (一週間)

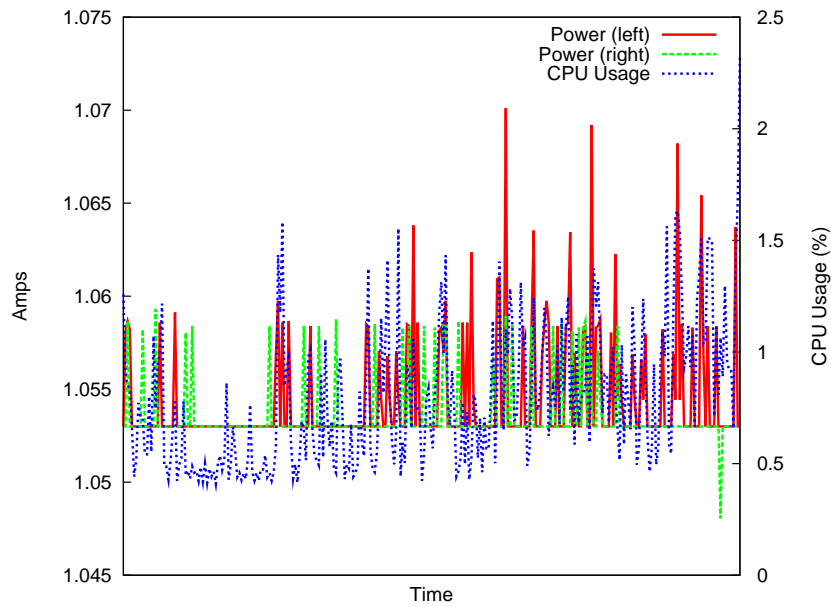


図 3.5: mailproxy1: 電流 (左右) と CPU Usage の関係 (一日内)

3.2 測定手法と結果：一日内

cacti の制約から、古いデータは荒い粒度でのみ保存されるため、3.1 節の比較は 120 分以上の時間で平均した値となっている。より細かい時間単位で比較するため、ここでは一日の中で 5 分平均の値を比較する。

2009-09-13 00:00 から 2009-09-14 00:00 における、5 分平均の値での比較を、図 3.5, 図 3.6, 図 3.7, 図 3.8 に示す。

mailproxy1 (図 3.6) についての相関係数は 0.35 であった。

mailproxy2 (図 3.8) についての相関係数は 0.09 であった。

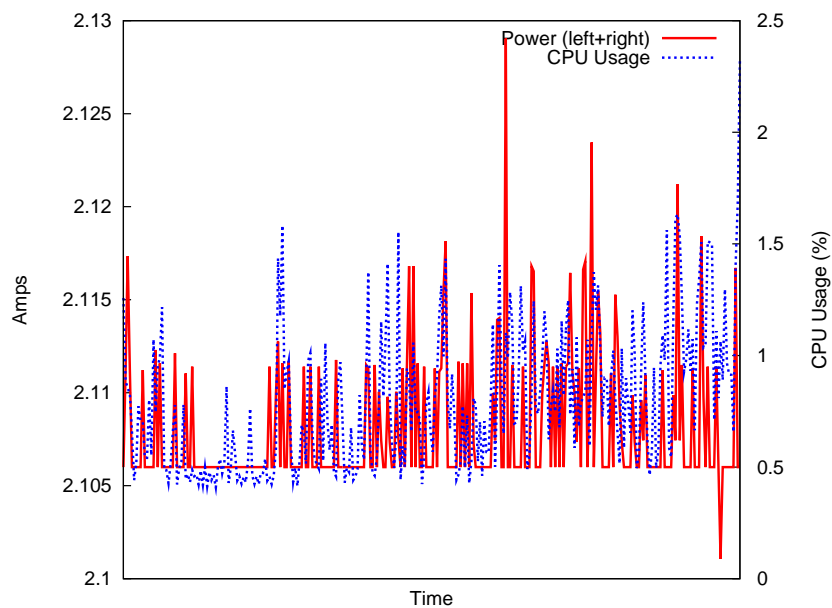


図 3.6: mailproxy1: 電流 (和) と CPU Usage の関係 (一日内)

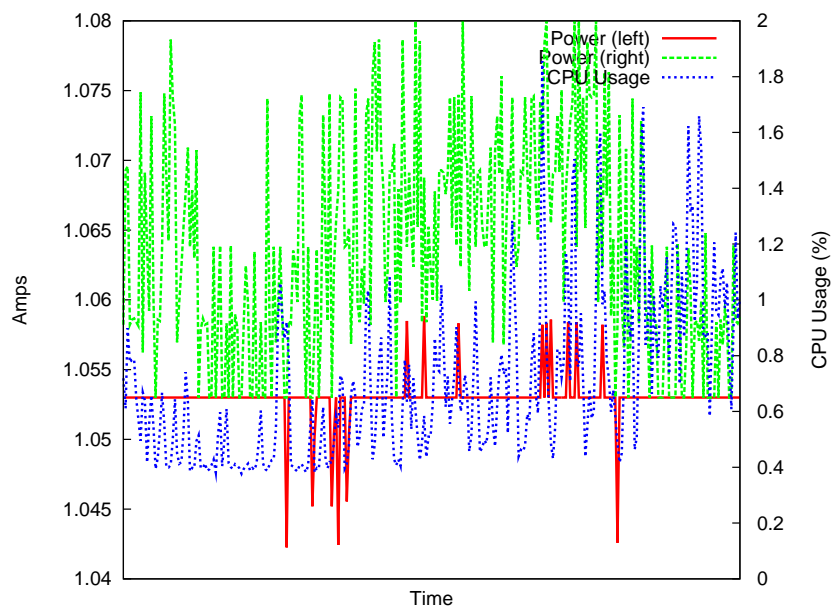


図 3.7: mailproxy2: 電流 (左右) と CPU Usage の関係 (一日内)

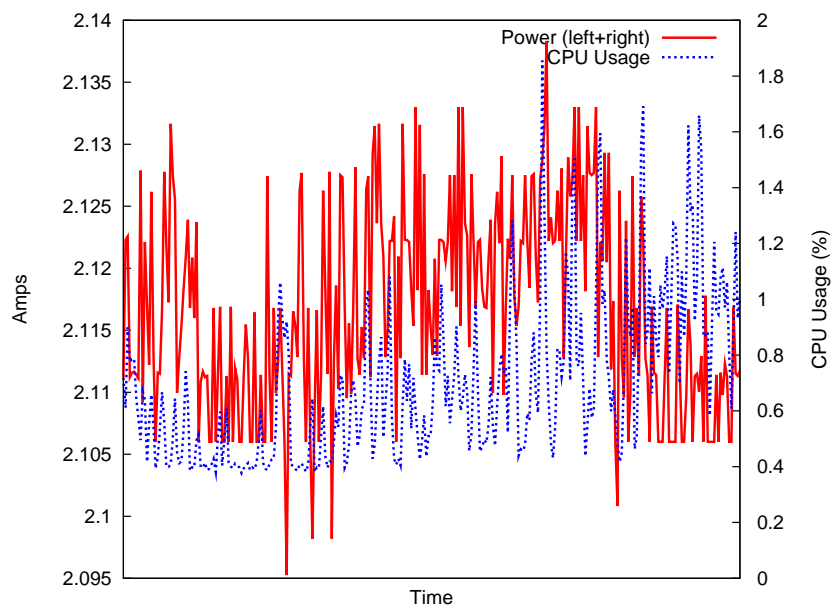


図 3.8: mailproxy2: 電流 (和) と CPU Usage の関係 (一日内)

3.3 考察

JAIST では、メールサーバが負荷を十分に低く (約 1.2%以下) 保てるようなシステム構成であるため、負荷が低く、消費電力への影響はあまり見られなかった。消費電力への影響が低いことには、低消費電力を目指した Sun SPARC Enterprise T5120 のアーキテクチャの特徴も影響している可能性がある。

相関係数を見ると、相関があるとは言えない。これは、負荷と消費電力の相関が測定精度 (0.1A) に比べて低く、相関が測定誤差に隠れてしまっているのではないかと考察する。測定精度を向上する、より負荷や消費電力が大きいシステムで調査する必要がある。

加えて、相関はシステムのアーキテクチャや外部要因などから影響を受けることも容易に想像できる。相関が隠される要因には、以下が考えられる。

- ディスク IO などから、消費電力のみ向上する
- ある程度の CPU 負荷では消費電力が変化しない (何らかの閾値の存在)
- CPU 負荷が存在しない場合でも、一定の電力を消費する

相関係数の調査や、より精度の高い計測は、今後の課題である。

T5120 が低負荷であるのは、IRONPORT C350 でスパム (メール処理量の 80 %程度) を処理していることにもよる。C350 も交えた負荷と消費電力の相関を調査する必要がある。

第4章 人工的な負荷を発生させた場合の比較

人工的に負荷を作り出す調査は容易であり実運用サーバで実施する価値は薄い
が、Sun SPARC Enterprise T5120 のアーキテクチャの特徴を見極めるためにも、
故意にメールサーバの負荷を高めて消費電力の変化を見る調査を実施した。

4.1 SpecCPU

第2章で述べた mailadmin の役割を担う T5120 に対して、SpecCPU 2000 [14]
(CINT2000) を用いて人工的な負荷を発生させ、消費電流値への影響を調べた。
図 4.1, 4.2 に示す。

負荷発生時の mailadmin (図 4.2) の相関係数は 0.89 となった。これは CPU 負
荷と消費電力の高い正の相関を示しており、当然妥当なものである。

次節では、より簡易な負荷生成を行い、CPU 負荷と消費電力の関連を調べる。

4.2 より簡易な負荷生成

本節では、CPU Usage を 30% 以上高めた際の消費電力がどのように変化する
かを調査するため、簡易な負荷生成手法を用い、消費電力との関連を調べた。

まず、浮動小数点演算を排除するために、とても簡易なプログラムを作成した。
これを図 4.3 に示す。これは、変数 c を 0 からカウントアップするのみのプログ
ラムである。

このプログラムを、Sun Studio 10 [15] の C コンパイラを用いてコンパイルし
た。オプションには `-x00` を指定し、`for` 文の展開と最適化を行わないようにし
た (Sun Studio 10 のマニュアルでは、`-x0n` に指定できるのは 1 から 5 までであ
る。しかし、`cc` がエラーを出力しないこと、負荷を生成するのに成功しているこ
とから、ここでは問題視しない)。

このプログラム実行体を、5 分ごとに 4 プロセスずつ増やし、72 プロセスに
なるまで実行した。72 プロセスになってから 5 分実行した後は、30 分の休止を
置き、また 4 プロセスから始める。このようにした結果、CPU Usage を 100%

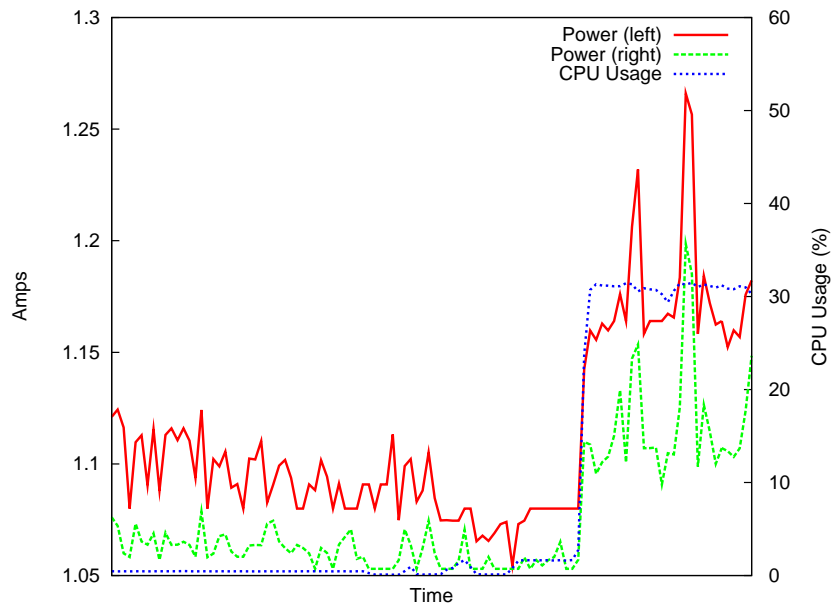


図 4.1: mailadmin: 電流 (左右) と CPU Usage の関係: SpecCPU 2000 による負荷生成

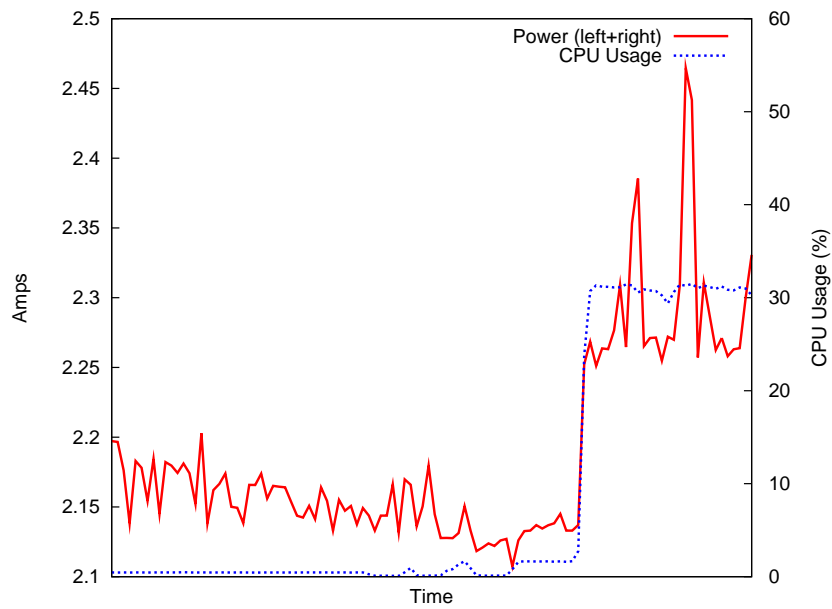


図 4.2: mailadmin: 電流 (和) と CPU Usage の関係: SpecCPU 2000 による負荷生成

```
#include <stdio.h>

void main ()
{
    int c = 0;
    for (;;)
        c++;
}
```

図 4.3: 負荷生成のための簡易プログラム

まで増加させることに成功した。同時に、CPU Usage の値、および raritan での消費電流の値を、cacti で収集した。これは、5 分間隔のデータ取得 (5 分毎の平均) で実行した。データの取得期間は、2009-12-15 02:00 – 2009-12-15 12:00 である。結果を、図 4.4 に示す。

図 4.5 に示した CPU Usage と電流の和について、相関係数を計算したところ、0.95 となった。

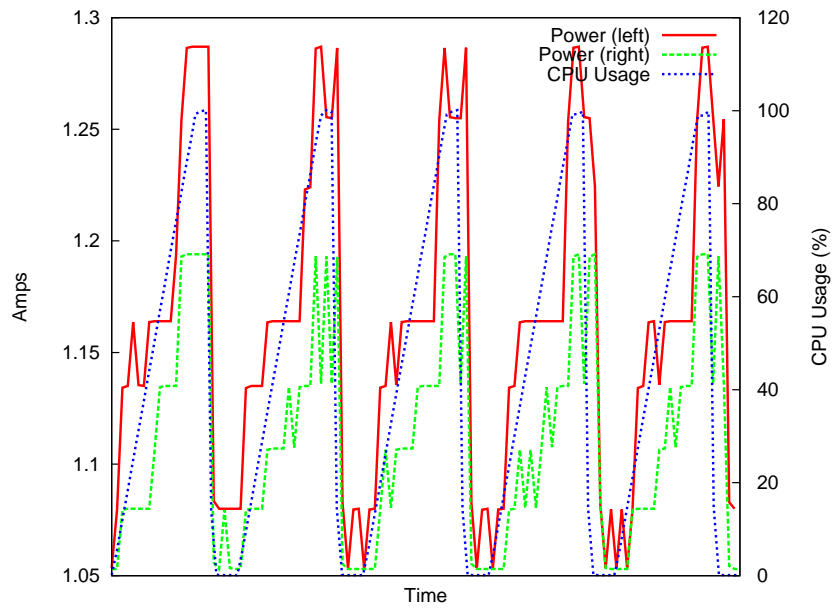


図 4.4: mailadmin: 電流 (左右) と CPU Usage の関係: 簡易負荷生成

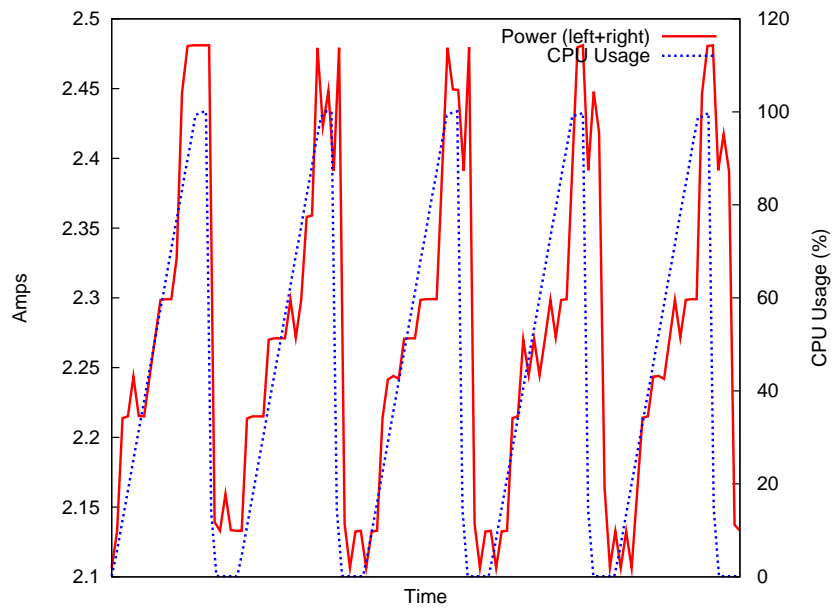


図 4.5: mailadmin: 電流 (和) と CPU Usage の関係: 簡易負荷生成

第5章 分電盤における電力調査と raritan 調査との比較

本章では、分電盤からラックに配置された raritan までの間に、電力のロスがあるかどうかを調べる。

DPCR8-15-J (raritan) は cacti による 30分平均の値、分電盤 (BT3710, BCRN2500) によって計測) は 1分ごとの瞬間値である。

DPCR8-15-J での測定結果には、DPCR8-15-J 自身の消費電力は含まれていない。raritan 社によれば、DPCR8-15-J の消費電力は 12W 以下だろうとのことであった¹。そこで、各系統の分電盤の値から 0.12A を引いたもので比較する。

Raritan (DPCR8-15-J) の 3 と 4 (図 2.2 参照) の各ポートの消費電流の総和と、分電盤 (BCRN2500) における系統 1 (前述 0.12A を引いたもの) の比較を図 5.1 に示す。

Raritan (DPCR8-15-J) の 1 と 2 の各ポートの消費電流の総和と、分電盤 (BCRN2500) における系統 2 (前述 0.12A を引いたもの) の比較を図 5.2 に示す。

図 5.1, 図 5.2 の比較によると差分が 1A 弱にも上っていて、ロスにしては大きすぎると思われる。

表 5.1: 電流測定手法による誤差

系統	回路名	BT3710 表示	電流計実測値	差分
系統 1	10-R	6.0A	5.72A	0.28A
系統 1	9-T	8.5A	7.90A	0.60A
系統 2	10-R	6.2A	5.85A	0.35A
系統 2	9-T	10.2A	9.56A	0.64A

¹raritan 社において DPCR8-15-J を別の DPCR8-15-J に接続して消費電力を測ったところ、8-10W 程度だった。余裕を見て、12W としている。

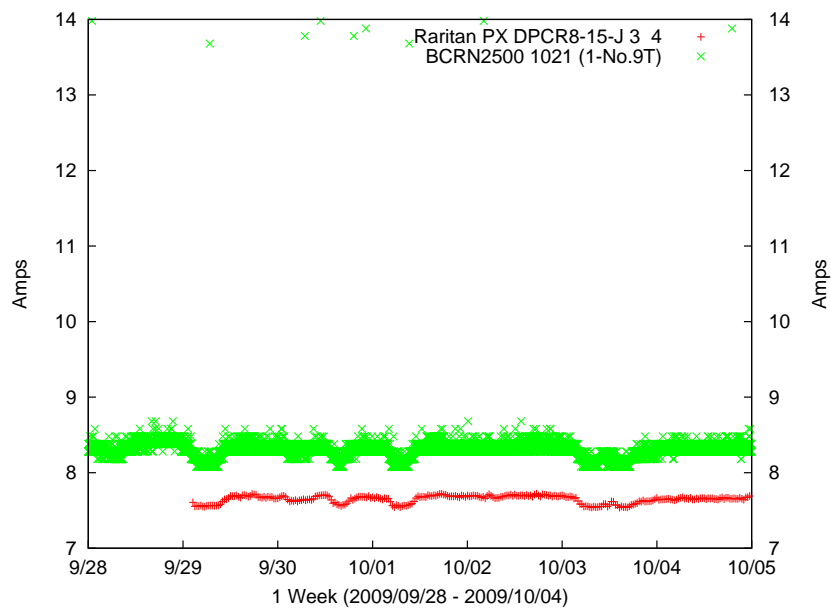


図 5.1: 分電盤電流測定とコンセントユニットの比較:系統 1

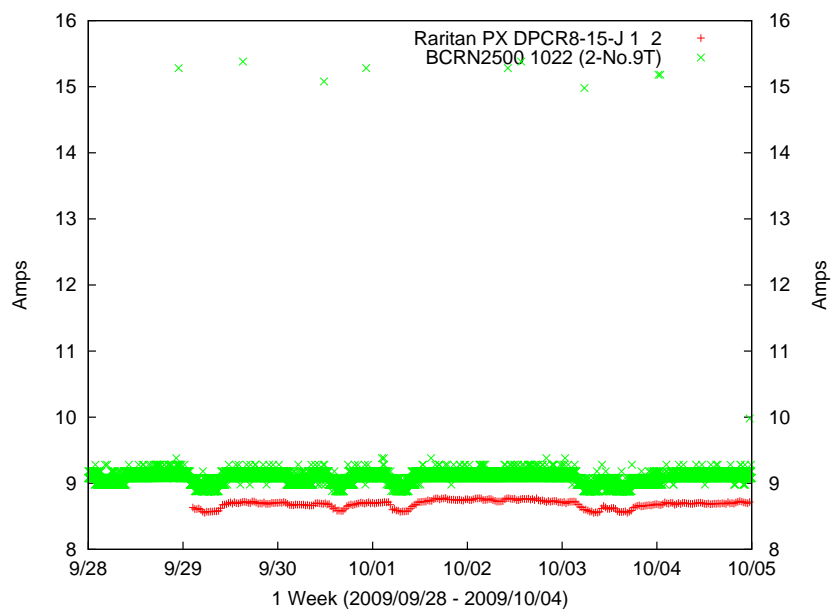


図 5.2: 分電盤電流測定とコンセントユニットの比較:系統 2

第6章 電圧調査

消費電流は電圧に関わるものであり，電圧の変動が前章の電流の誤差を説明する可能性がある．そのため，図 2.2 の環境におけるそれぞれの電圧を調査した．測定箇所を明示するために，図 6.1 を示す．

図 6.1 において，V1, V2, V3 の 3 箇所の電圧を，電圧チェッカで測定した．V1 のみ，分電盤に設置された BT3710 での測定値も併記する．測定結果を表 6.1 に示す．

表 6.1 では，raritan-4 と raritan-3, raritan-1 と raritan-2 の電圧差はともに $-0.4V$ である．

V1 と V2 における 1 系と 2 系の電圧チェッカーによる電圧差は， $-0.8V$ である．V3 における電圧差は $-0.7V$ である．

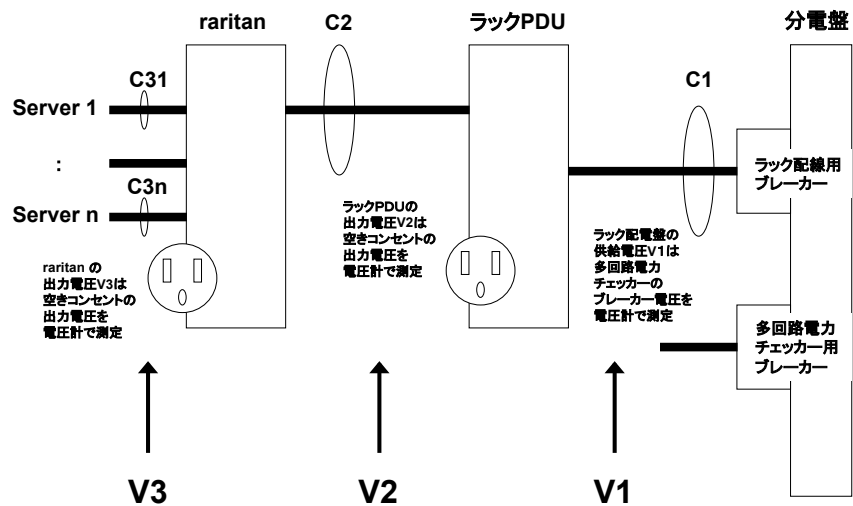


図 6.1: 電圧測定箇所

表 6.1: 電圧測定結果

測定箇所 系統	V1		V2	V3
	電圧チェッカ	BT3710		
1系	104.6V	103.7V	104.2V	raritan-4 103.9V raritan-3 103.5V
2系	103.8V	103.3V	103.4V	raritan-1 103.2V raritan-2 102.8V

第7章 まとめと今後の課題

本研究によって得られた知見を以下にまとめる。

- サーバの冗長電源装置は均等に電力を消費するわけではないこと
- PDU における電圧の変動は無視できるものではないこと
- 電圧変動や電流測定の方法によって消費電流値は多く (1A 単位で) 変動すること
- より精度の高い電流測定装置が望ましいこと

関連図書

- [1] the green grid. The Green Grid: ホーム. <<http://members.thegreengrid.org/japanese/home>>.
- [2] Mark Blackburn. データセンターのサーバ電力消費量を削減する 5 つの方法 . <http://members.thegreengrid.org/japanese/gg_content/J.White_Paper_7-Five_Ways_Save_Power.pdf>.
- [3] グリーン IT 推進協議会. ホームページ. <<http://www.greenit-pc.jp/>>.
- [4] 江崎 浩. ICT を用いたグリーンキャンパスに向けた取り組み. Technical Report 108(74), 社団法人電子情報通信学会, 2008.
- [5] Japan Electronics and Information Tecnology Industries Association. JEITA 社団法人電子情報技術産業協会. <<http://www.jeita.or.jp/>>.
- [6] Japan Advanced Institute of Science and Technology. JAIST 北陸先端科学技術大学院大学. <<http://www.jaist.ac.jp/>>.
- [7] サン・マイクロシステムズ. Sun SPARC Enterprise T5120 サーバ – 概要. <<http://jp.sun.com/products/servers/coolthreads/t5120/>>.
- [8] シスコシステムズ. IronPort C シリーズ メール セキュリティ アプライアンス. <http://www.ironport.com/jp/pdf/ironport_jp_datasheet_c-series.pdf>.
- [9] パナソニック電工. 電路システム PDF2008-2010—622-623 ページ PDF. <<http://denko.panasonic.biz/Ebox/ex-route/catalog/ZFCT1A210-200803-15XZ/pages/311/frame.html>>.
- [10] Raritan Japan Inc. Dominion PX DPCR8-15-J. <<http://www.raritan.co.jp/products/power-management/Dominion-PX/DPCR8-15-J/>>.
- [11] 明工社. 明工社配線器具. <<http://www.meiko-g.co.jp/seizo-cyusi/long-normal-30.html>>.

- [12] The Cacti Group. Cacti: The Complete RRDTool-based Graphing Solution. <<http://www.cacti.net/>>.
- [13] Raritan Inc. Dominion PX User Guide Release 1.3.5. <<http://www.raritan.com/support/dominion-px/v1.3.5/user-guides/english/DPX-OK-v1.3.5-E.pdf>>.
- [14] Standard Performance Evaluation Corporation. SPEC CPU2000. <<http://www.spec.org/cpu2000/>>.
- [15] Sun Microsystems. Sun Studio 10. <<http://jp.sun.com/products/software/tools/studio10/>>.

————— 禁 無 断 転 載 —————

サーバ消費電力測定調査研究に関する報告書

発 行 日 平成23年 3 月

編集・発行 社団法人 電子情報技術産業協会

インダストリ・システム部

〒100-0004 東京都千代田区大手町 1 丁目 1 番 3 号

大手センタービル

TEL (03)5218-1057

印 刷 三 協 印 刷 株 式 会 社

