

# HVDC+12V方式と OCP V2バスバー給電のご紹介



2017-5-10

篠原電機(株)  
犀川真一

## 直流送電の始まり

エジソンがニューヨークで直流発電機を設置し直流送電を提唱1882年  
テスラとウェestingハウス交流を提唱して勝利

## 直流送電(HVDC)の実用化は

ASEA社(現ABB)がスウェーデンで実用化1930年代  
日本の国内でも多く使われている。

北海道と本州、本州と四国(紀伊水道直流連携)

## 直流の今後

世界的な電源系統接続と遠方への給電は直流でしか  
実現できないといわれている。表皮効果、電圧ドロップ小さい。

(交流で長距離はリアクタンス、静電容量)、二条の導体で送電できる

今なぜ直流なのか・・・送電は別として機器周り

多くの機器は直流で動作する。

機器周りは直流のほうが便利



## 私と直流送電。直流給電のかかわり

約40年前にEHVの実用化の仕事にかかわる。現在はHVDCと呼ばれている。

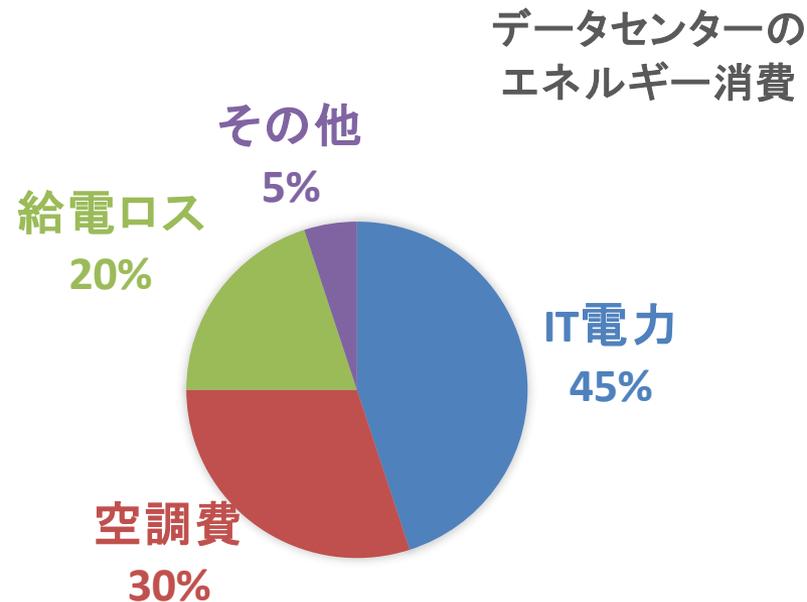
制御盤内は直流設計 DC24V

約6年前サーバの直流給電バスバーを設計

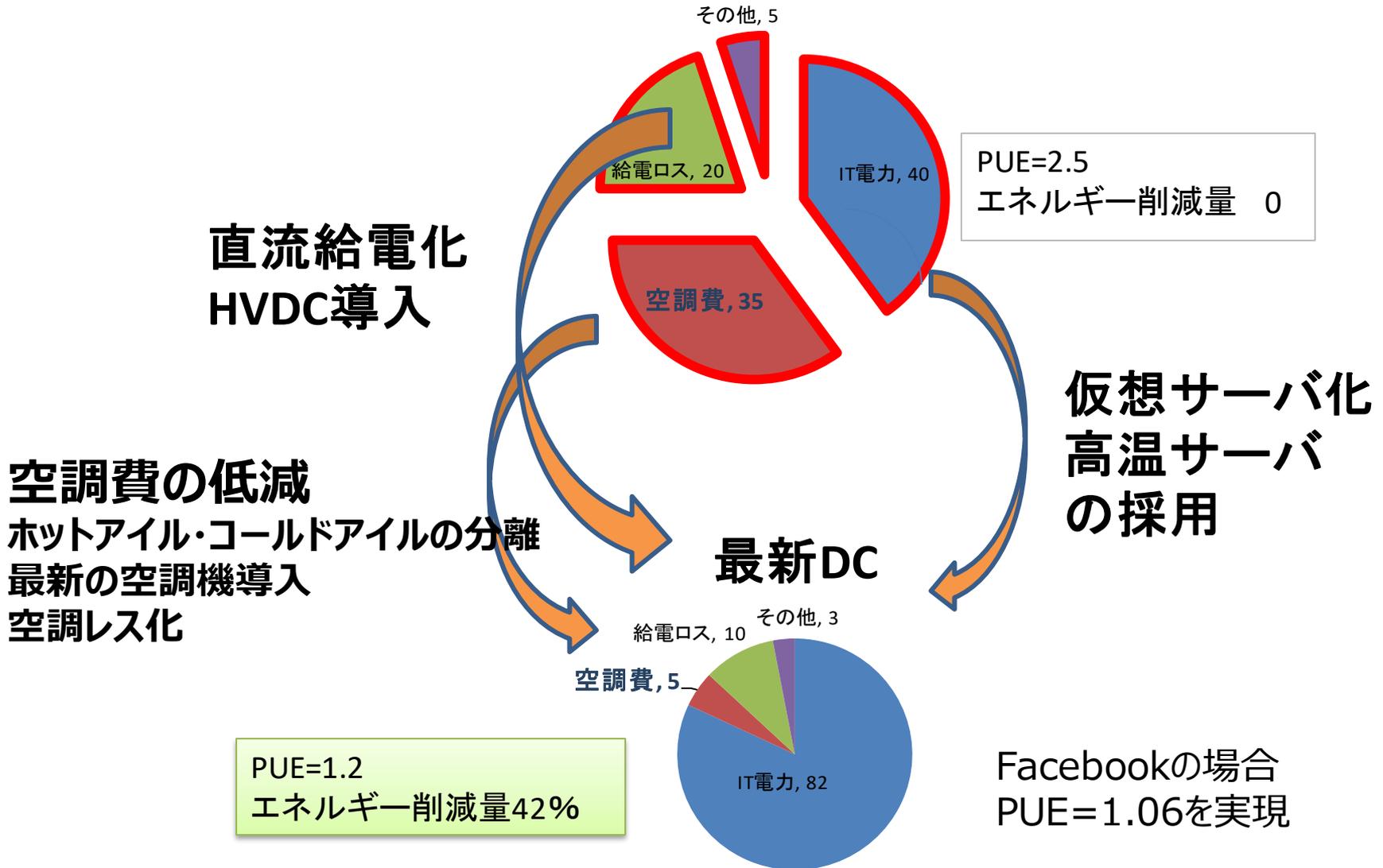
約3年前OCPに出会う。

## 直流給電システム HVDC 12V方式

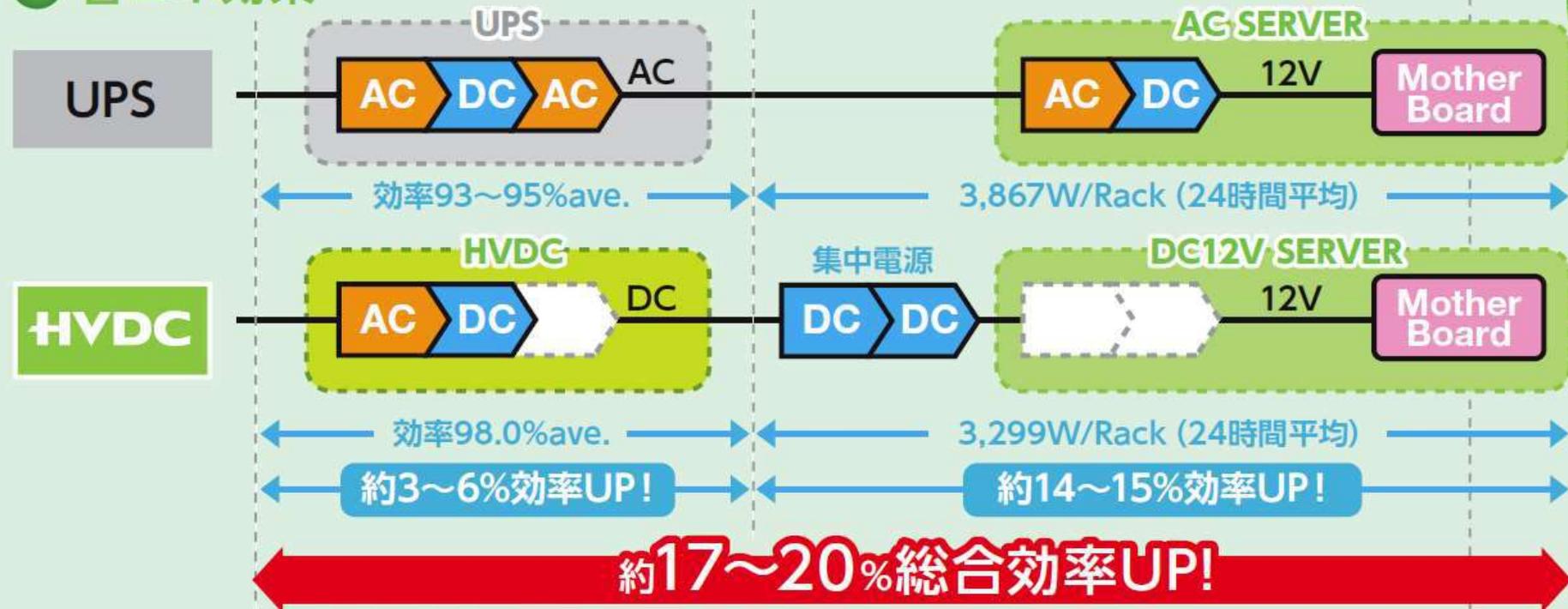
データセンターの電力消費量削減が課題となっています。  
空調システムの電力低減とともにサーバと給電系のロス低減に  
直流給電システムが有効です。サーバの電力消費の内  
AC/DC変換ロスが約3割を占めると言われている。  
交流直流交換を無くすHVDCが有効です。



## 標準的DC電力消費分布



## ● 省エネ効果



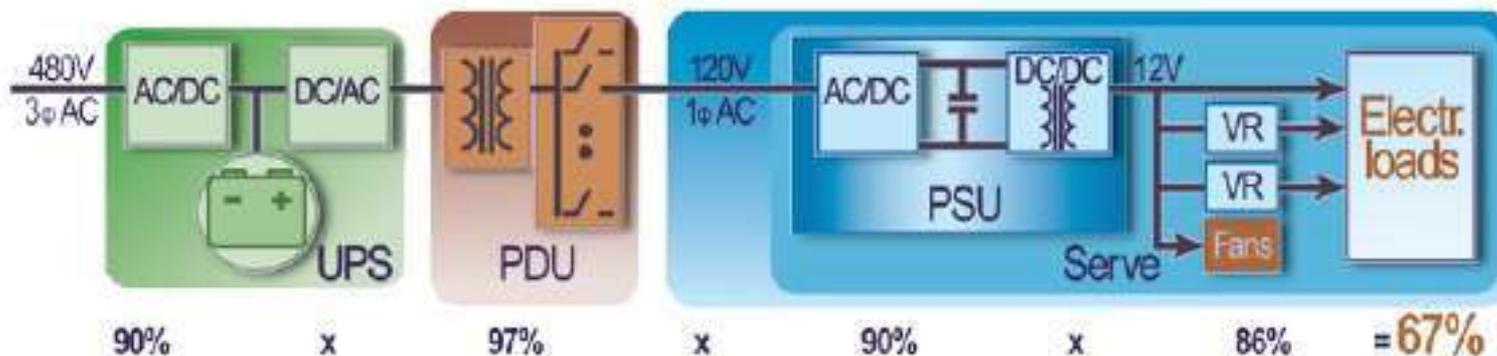
※さくらインターネット社はトランスレスの高効率UPSを業界で最も早く採用されています。  
従来のUPSの場合は、3相交流を単相交流に変換するトランスを設置するためにさらに3%程のロスが発生します。

さらに

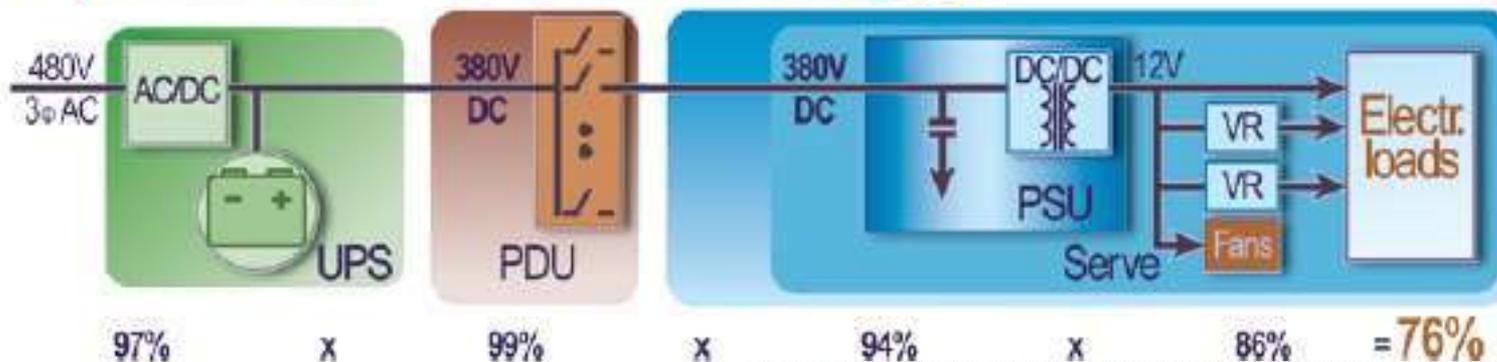
## ● 信頼性

**アラーム発生率 ACに比べ6割減!**

# HVDC+12V方式による電力変換ロス削減



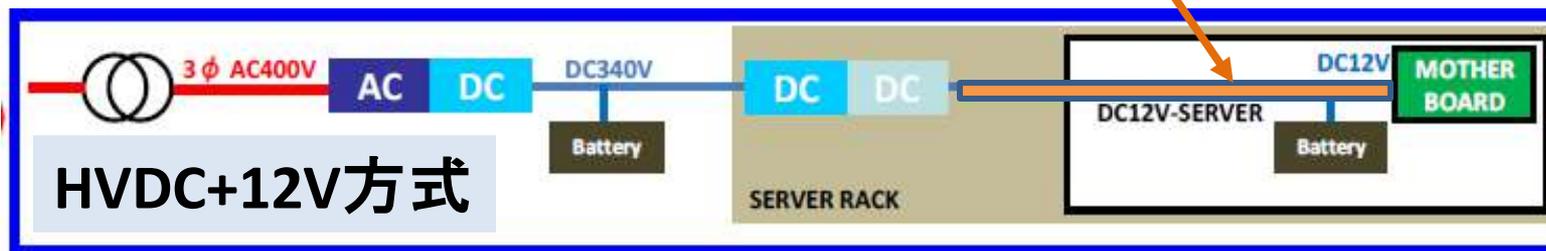
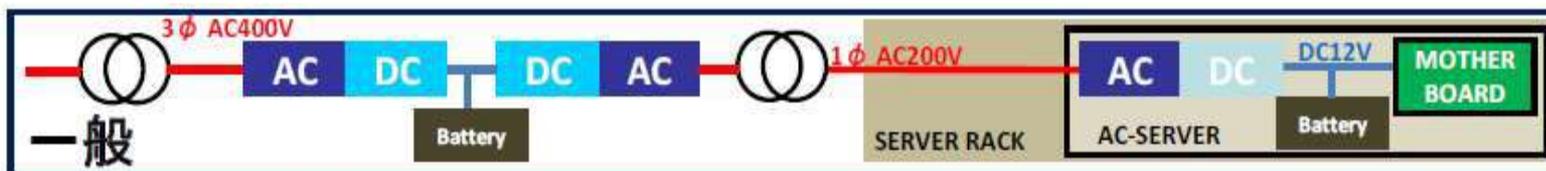
## Chip2Grid™ Technology



The current wars of Edison/Westinghouse are obviously history, but is there an actual winner or just a temporary leader? Ask a neighbor, friend or associate and the answer would most likely be that Westinghouse, advocate of AC, is the clear winner. Who could argue? Doesn't ALMOST 100% of the utilities on North America transform energy to electric power and distribute it via AC circuits? Don't ALMOST 100% of the homes in the United State use, 240VAC, split to a popular 120VAC DISTRIBUTION? So when Virginia Tech informs us that 80% of the energy/power/electricity consumed in the US goes through semi-conductor technology; this means that a substantial amount of the energy consumed is converted, often many times from AC to DC, then DC to AC, then back to DC within semiconductor devices. We should also note that at MIT's Fusion Initiative, future power generation using sea water as a fuel will produce electricity which is DC and be distributed via superconductor technology. With the creation of smart grid technology and alternate energy solutions the concept of DC Micro Grids is introduced. As we entered a new millennium, and power density was becoming the topic of discussion, our engineers found it useful to look for solutions starting with the load rather than starting with the grid. This helped uncover solutions which lead to the initiative of using 380VDC directly into IT equipment. The Chip2Grid™ process helps explain the approach to Direct Power Technologies, Inc. (DPT) patented technology.

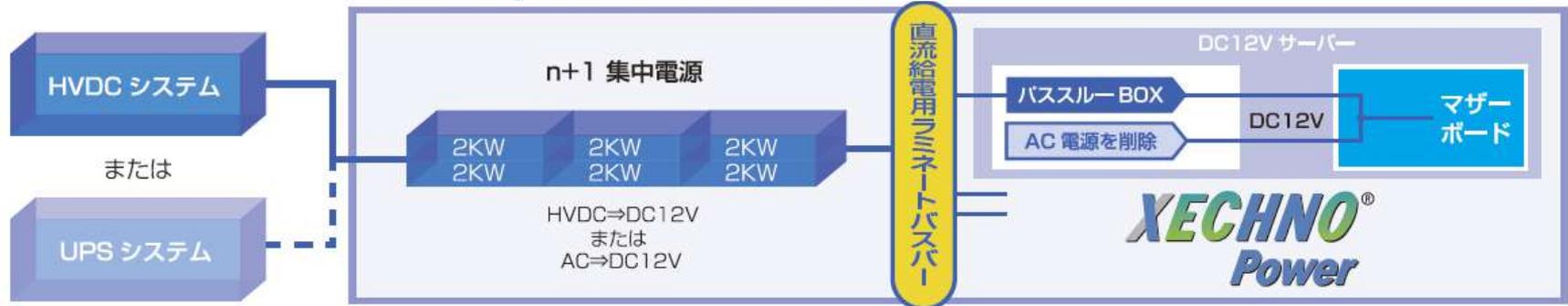
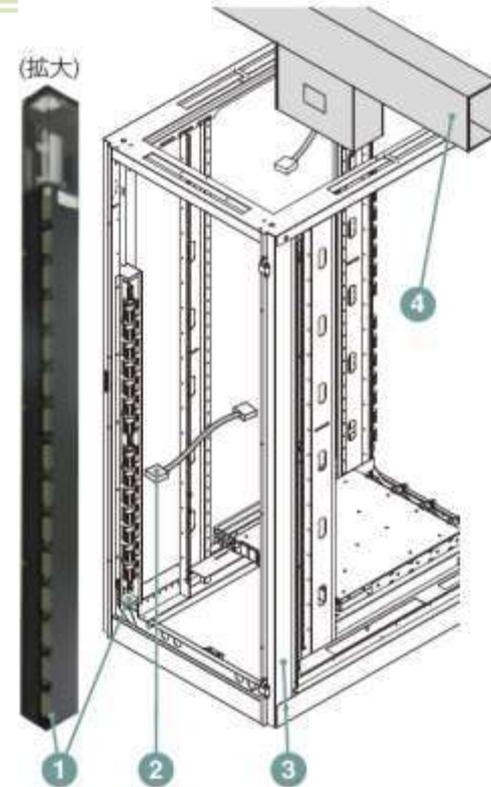
Starline社資料より

HVDC+12V方式は日本で生まれました。  
ラック間を高電圧直流で給電するHVDCの良さと  
ラック内のサーバのマザーボードの電圧DC12Vを融合



# ラック内直流給電システム ラミネートバスバーシステム

- ① 直流給電用  
ラミネートバスバー PAT-P
- ② 直流給電用電源コード
- ③ 直流給電用サーバラック
- ④ 直流BUS DUCT



NTT データ先端技術(株)様資料より

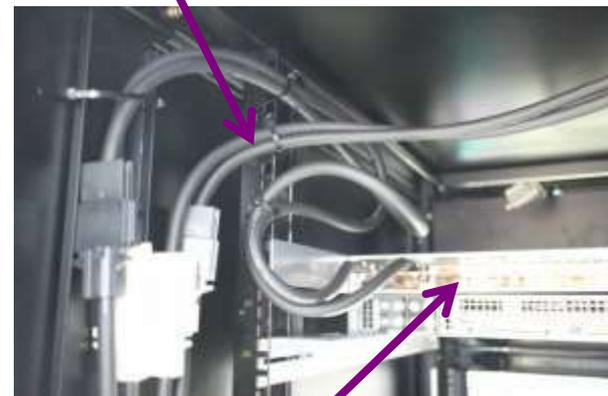


DC12V直流サーバー



DC12V給電用ラミネートバスの実際事例

DC12V給電用ラミネートバスと  
DC/DC集中電源の接続例



DC12V/DC340V  
DC/DCコンバータ

DC12V給電用  
ラミネートバス  
左新開発リムタイプ<sup>®</sup> 右現行品

## ① DC12Vバスバーの容量

+側500A -側1000Aが必要

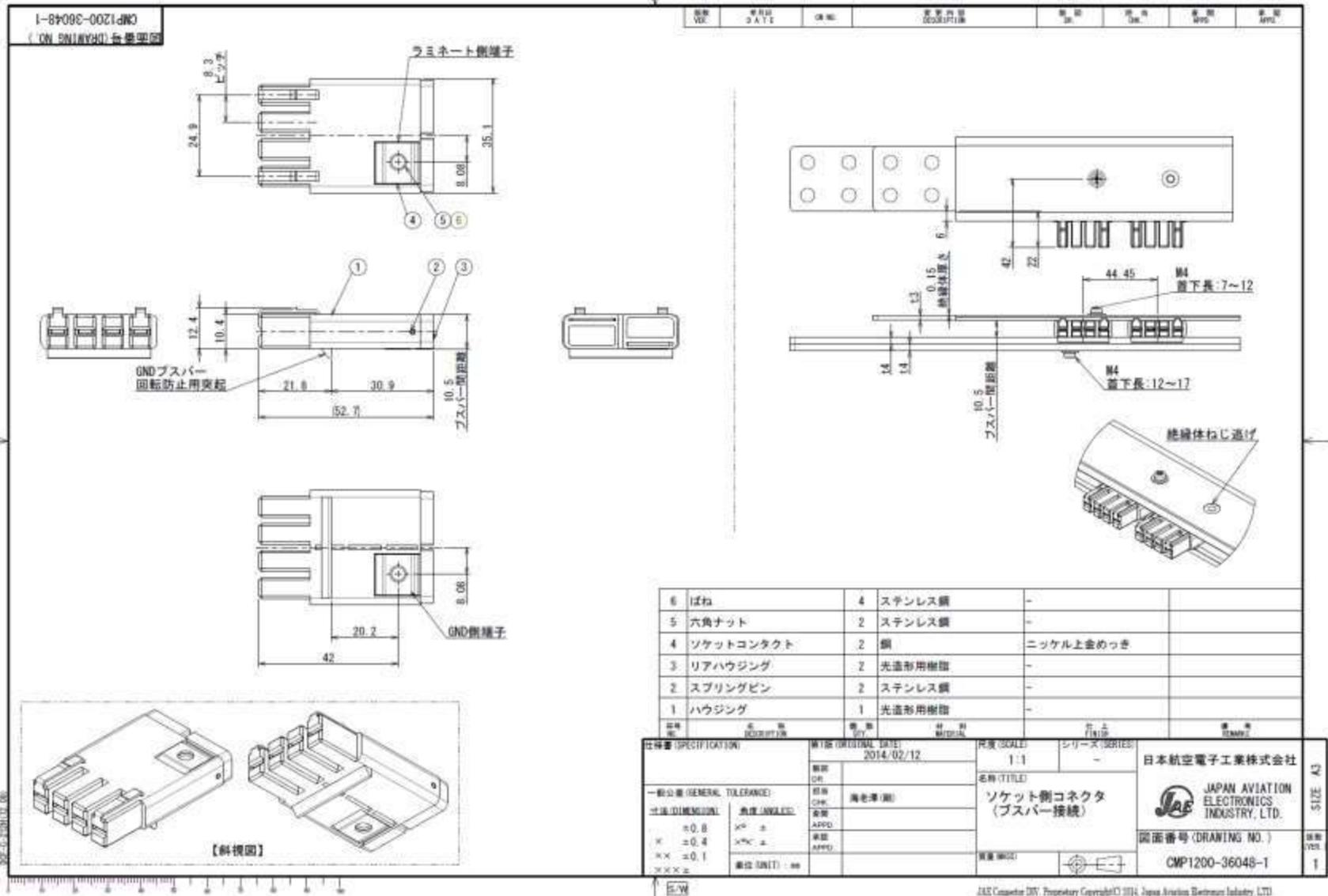
## ② バスバーとDCDC電源間の大電流問題

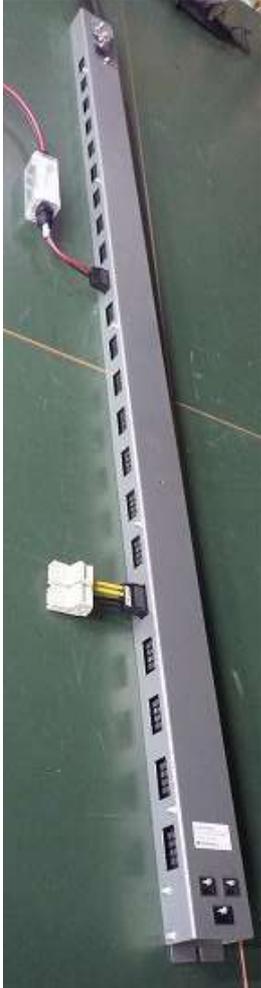
接続部位の接触抵抗と接続信頼性が必要。

## ③ 迷走電流(横流問題)

ラック内の電流通路とくにリターン経路をしっかりと管理しておかないと最悪他のマザーボード内に電流が流れてサーバ破壊に至る恐れがある。

# サーバ接続バスバー側コネクタ 外形図





裏側



給電部



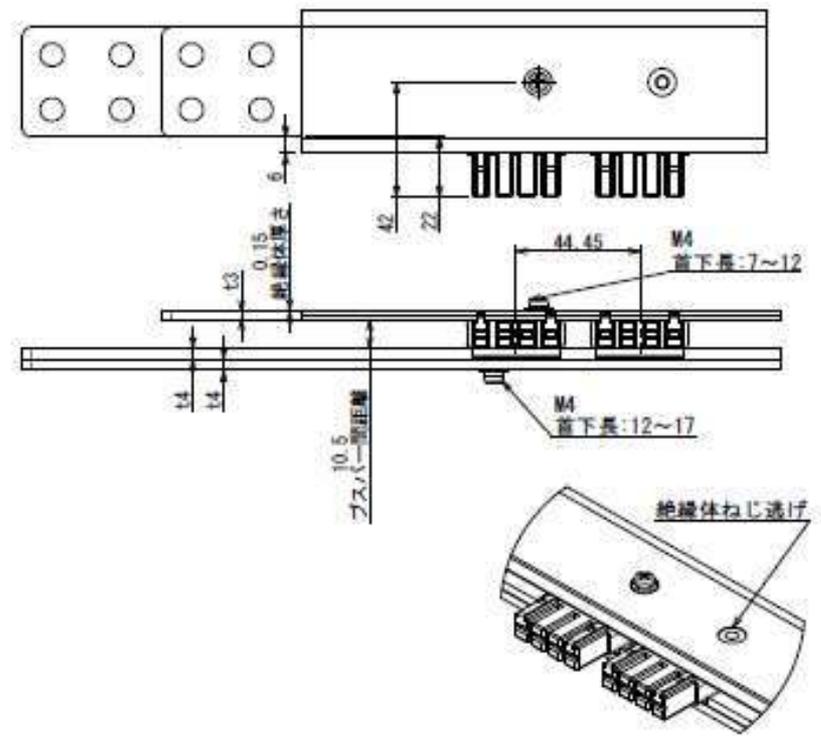
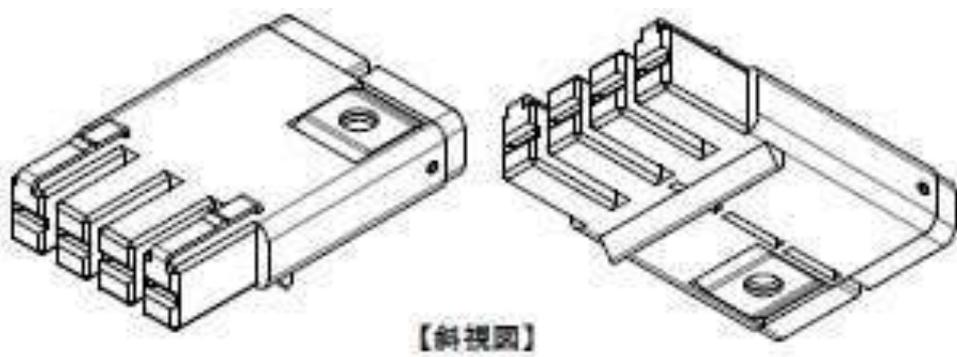
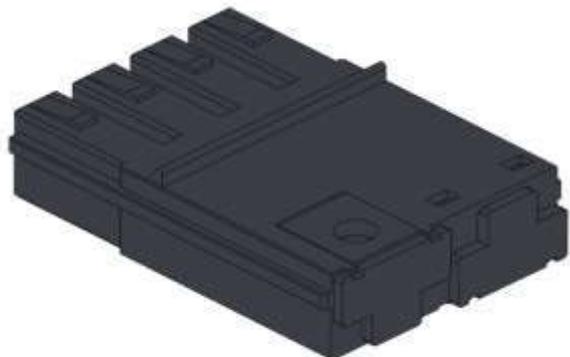
バスバーとコネクタ結合部



給電部拡大 アース側2枚重ね

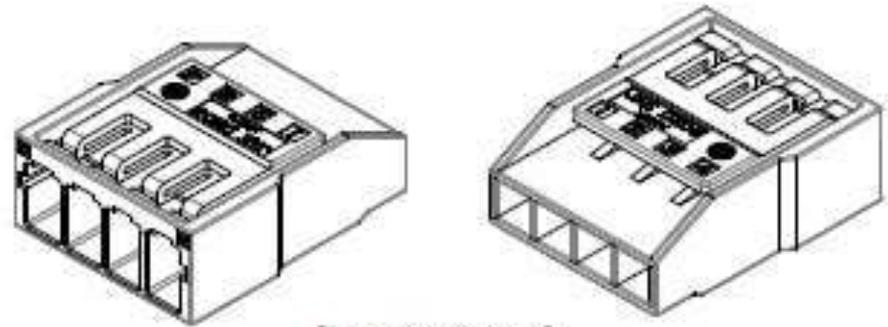
項目	仕様	補足
層構成	1層+2層 計3層	
導体寸法	幅40×長さ1090×厚み3 重さ 計算中	
実使用電圧・電流	+12V 500A 最大	
使用環境温度	-40°C~+85°C	
最高使用温度	105°C	
導体表面処理	Sn 無効扱	
電流密度	4.0A/mm <sup>2</sup> 以下	
導体抵抗値	プラス側 0.015mΩ マイナス側 0.008mΩ	
累積ドロップ電圧	41.3mv以下/500A +/-合計値	実際はタブ毎に分流するため詳細計算参照

\*導体抵抗計算  $1.724(\text{銅抵抗値}) \times 10^{-6} \times 10.9(\text{全長寸法}) / 0.9(\text{導体断面積}) = 0.02\text{m}\Omega$



バスバーを両側から挟んでいる。

日本航空電子製



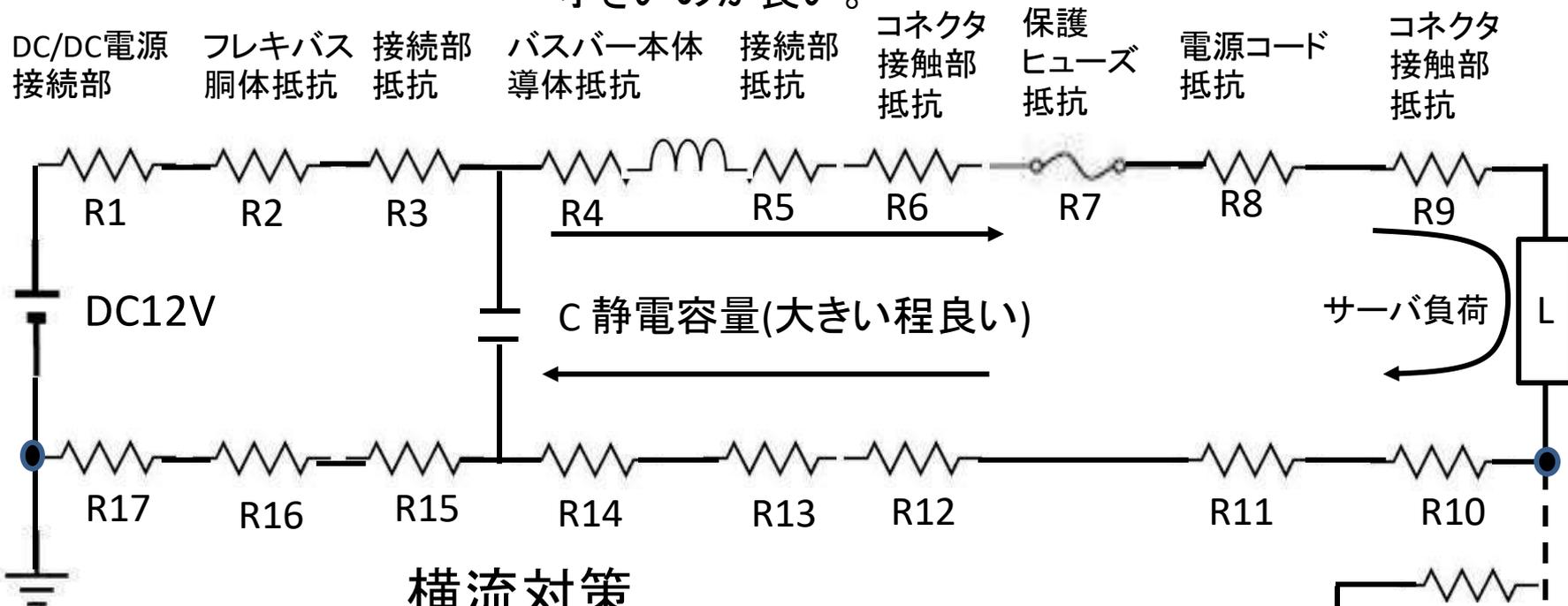
【Perspective View】



ケーブル側コネクタ  
GND端子が長い。

仕様項目		
極数	4極	
定格電流	40A/極	
耐電圧	DC600V	
定格電圧	DC60V	
接触抵抗	5mmΩ以下	
接触部メッキ	金メッキ0.76μ	
電線接続最大径	5.5sq	
使用温度	-55°C～+105°C	
材質	コンタクト 銅合金 ハウジング PBTガラス入りUL94V0	
コンタクトピッチ	8.3mm	
バスバーとの接続方式	バスバー両面止め M4ネジ	

インダクタンス(瞬時給電能力面より小さいのが良い)  
小さいのが良い。

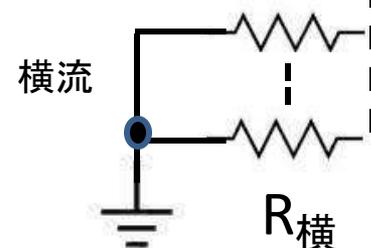


## 横流対策

$$\Sigma_{R10-R17} < R_{横}$$

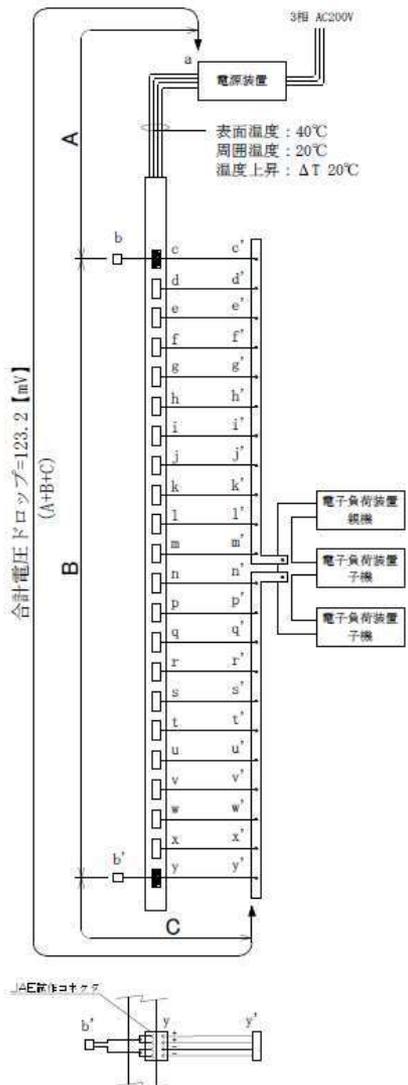
リターン抵抗をできるだけ小さくすることで横流を無くして不要なところに電流が流れてサーバを壊さないようにする。

R14の直流対抗をR4の1/2以下としておく必要がある。すなわちバスバーのリターン側の銅の厚さを倍にする。



# バスバーの性能実測結果

## DC12Vサーバーラック 負荷試験



※全体負荷250A  
 ※シェルフ/バスバー間電源用電線：アイソラムズ、t0.8×16巾×4枚重ね、1a  
 ※バスバー/負荷装置間配線：S.5sq、55cm

測定点	電圧測定値	電流測定値	備考
a	12.00 V	250 A	電源出力端子
b	11.81 V	- A	
c	11.81 V	- A	コネクタ圧着部で測定
d	11.81 V	- A	
e	11.81 V	- A	
f	11.80 V	- A	
g	11.80 V	- A	
h	11.79 V	- A	
i	11.79 V	- A	
j	11.79 V	- A	
k	11.79 V	- A	
l	11.79 V	- A	
m	11.79 V	- A	
n	11.78 V	- A	
p	11.78 V	- A	
q	11.78 V	- A	
r	11.78 V	- A	
s	11.78 V	- A	
t	11.78 V	- A	
u	11.78 V	- A	
v	11.77 V	- A	
w	11.77 V	- A	
x	11.77 V	- A	
y	11.77 V	- A	

測定点	電圧測定値	電流測定値
-	-	-
b'	11.79 V	- A
c'	11.79 V	- A
d'	11.79 V	- A
e'	11.79 V	- A
f'	11.78 V	- A
g'	11.78 V	- A
h'	11.78 V	- A
i'	11.77 V	- A
j'	11.77 V	- A
k'	11.76 V	- A
l'	11.76 V	- A
m'	11.75 V	- A
n'	11.75 V	- A
p'	11.75 V	- A
q'	11.75 V	- A
r'	11.77 V	- A
s'	11.77 V	- A
t'	11.77 V	- A
u'	11.77 V	- A



電子負荷装置  
 500A  
 電源装置  
 266A×2

### 結果：

#### 1. 電圧ドロップについて：

村田電源出力電圧12.07Vとした場合、サーバー末端電圧は  
 $11.876V + 0.07V = 11.946 \text{ [V]}$

要求末端最小電圧=11.514 [V] (12.12V±5%)範囲内のため問題なし。

j-j'	10.6 mV	12.2 A
k-k'	11.5 mV	13.1 A
l-l'	13.1 mV	14.9 A
m-m'	15.4 mV	17.5 A
n-n'	16.1 mV	19.6 A
p-p'	13.2 mV	16.0 A
q-q'	11.6 mV	13.2 A
r-r'	9.3 mV	10.2 A
s-s'	8.2 mV	9.6 A
t-t'	6.9 mV	8.1 A
u-u'	6.0 mV	7.0 A
v-v'	5.1 mV	6.1 A
w-w'	4.8 mV	5.6 A
x-x'	4.5 mV	5.3 A
y-y'	4.3 mV	4.6 A

ハーネスドロップ

C (b'-y')	4.3 mV	- A
-----------	--------	-----

※サーバー末端電圧 (y') = 基準電圧-電圧ドロップ  
 $= 12.00V - 0.124V = 11.876 \text{ [V]}$

#### 結果：

##### 1. 電圧ドロップについて：

村田電源出力電圧12.07Vとした場合、サーバー末端電圧は  
 $11.876V + 0.07V = 11.946 \text{ [V]}$

要求末端最小電圧=11.514 [V] (12.12V±5%)範囲内のため問題なし。

##### 2. 電源配線被覆部の温度上昇について：

サーバーラック内背面周囲温度40℃の場合、40℃+ΔT20℃=60℃になる。  
 安全面上、許容範囲内の温度と考える (手が触ってもOK)。

さくらインターネット様の国内最大級石狩  
データセンターにHVDC導入。  
2013/5よりサービス開始

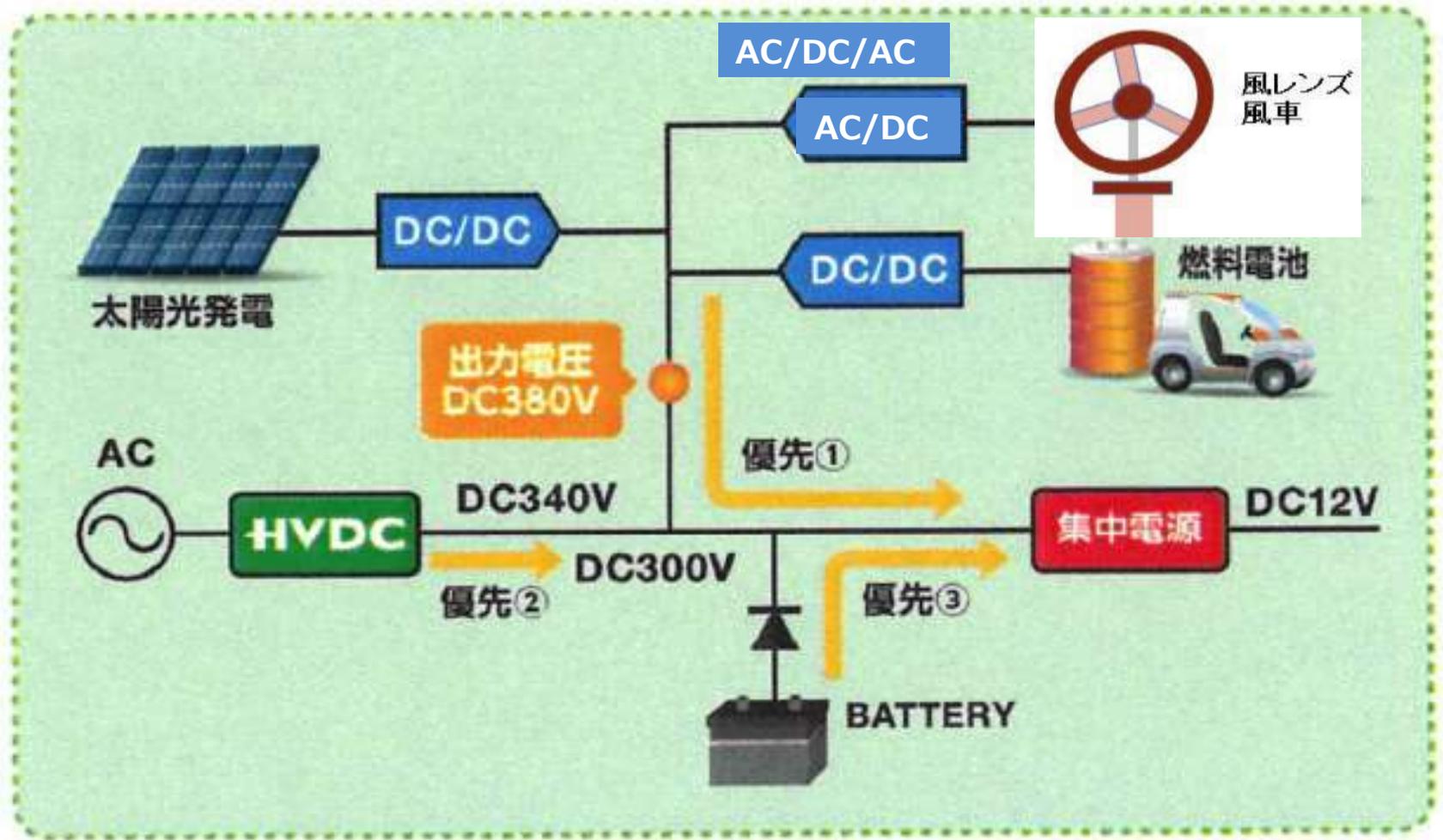
 SAKURA Internet

# 石狩データセンター

クラウドコンピューティングに特化した  
国内最大級の郊外型大規模データセンター



## 直流電圧の優先制御による無制御接続の実現



NTTデータ先端技術資料より

## エネルギー試算書

IT負荷

12 ラック

72 kW

環境基準

ASHRAE TC9.9 2008基準 AllowableClass1 (15°CDB~32°CDB、20%RH~80%RH)

チラー案

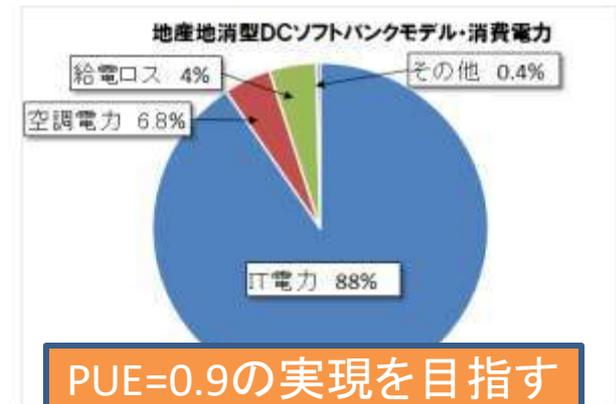
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
チラー	0	0	0	30	43	179	2,668	2,763	1,404	6	0	0	7,093
主管冷水ポンプ	0	0	0	15	53	128	675	883	473	10	0	0	2,235
冷水タンク回路ポンプ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
外気導入ファン	75	67	82	167	424	620	1,494	1,962	1,169	246	85	75	6,467
局所熱交換器ファン	1,375	1,242	1,375	1,331	1,375	1,331	1,375	1,375	1,331	1,375	1,331	1,375	16,188
サーバ室換気扇(スポットラン)													0
緊急エアコン(スポットラン)													0
加湿器													0
空調設備計													31,983
自立電力・太陽光	1,860	1,680	1,860	1,800	1,860	1,800	2,480	2,480	2,400	1,860	1,800	1,860	23,740
自立電力・風力	255	230	255	247	255	247	255	255	247	255	247	255	3,000
自立電力計	2,115	1,910	2,115	2,047	2,115	2,047	2,735	2,735	2,647	2,115	2,047	2,115	26,740

瞬時PUE評価

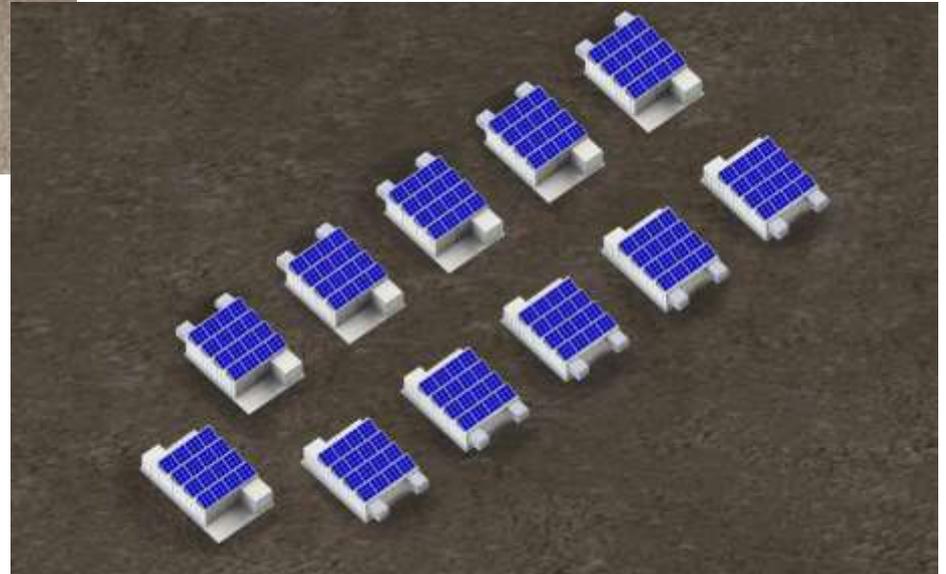
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
IT電力(月間)	53,568	48,384	53,568	51,840	53,568	51,840	53,568	53,568	51,840	53,568	51,840	53,568	630,720
空調設備(月間)	1,450	1,309	1,457	1,543	1,894	2,258	6,212	6,982	4,376	1,637	1,416	1,450	31,983
Light(月間)	201	181	201	194	201	194	201	201	194	201	194	201	2,365
Other(月間)	20	18	20	19	20	19	20	20	19	20	19	20	237
HVDC損失(月間)	2,678	2,419	2,678	2,592	2,678	2,592	2,678	2,678	2,592	2,678	2,592	2,678	31,536
設備電力(月間)	4,349	3,928	4,356	4,348	4,793	5,063	9,111	9,881	7,182	4,536	4,221	4,350	66,120
自立電力(月間)	2,115	1,910	2,115	2,047	2,115	2,047	2,735	2,735	2,647	2,115	2,047	2,115	26,740
iPUE(自立電力あり月間)	1.04	1.04	1.04	1.04	1.05	1.06	1.12	1.13	1.09	1.05	1.04	1.04	1.06
iPUE(自立電力あり瞬時)	0.94	0.94	0.94	0.94	0.95	0.96	1.03	1.05	1.00	0.95	0.94	0.94	0.97

IT電力	時間当たり	年間	72 kW	(72 kW x 365日 x 24時間)
空調設備		630,720 kWh/年	31,983 kWh/年	
Light(照明等)		2,365 kWh/年	237 kWh/年	10% (照明負荷の10%とする)
Other(その他電力)		237 kWh/年	31,536 kWh/年	5% (IT負荷の5%とする)
HVDC給電損失		31,536 kWh/年	0 kWh/年	動力電力は自給
太陽光・動力/制御電源		0 kWh/年	0 kWh/年	動力電力は自給
風力・動力/制御電源		0 kWh/年		
設備電力計		66,120 kWh/年		
自立電力計		26,740 kWh/年		

pPUE1(自立電力あり年間)	1.06	←	IT電力+設備電力計 - 自立電力 = 670,100 / 630,720
pPUE2(自立電力なし年間)	1.10	←	IT電力+設備電力計 = 696,840 / 630,720
iPUE(自立電力あり瞬時)	0.94	←	IT電力(時)+設備電力(時) - 自立電力(時) ÷ IT電力(時) 上記pPUE(自立電力あり瞬時)算出の最低値







米Facebookが自社使用のハードウェアの設計を行った理由  
徹底的に無駄を排除し、効率化によってデータセンターにかかるコストを削減。  
具体的には、(1) 省電力、(2) 省スペース、(3) メンテナンス性の向上  
により、これらコスト削減を実現。

## Open Hardware

HWスペックとベスト・プラクティスを共有



Facebook社を中心にOpen Compute Projectとして広く公開されている標準化団体 空調レスによりPUE=1.06を実現、

## OCPプロジェクト一覧

C&I

Data Center

Hardware Management

HPC

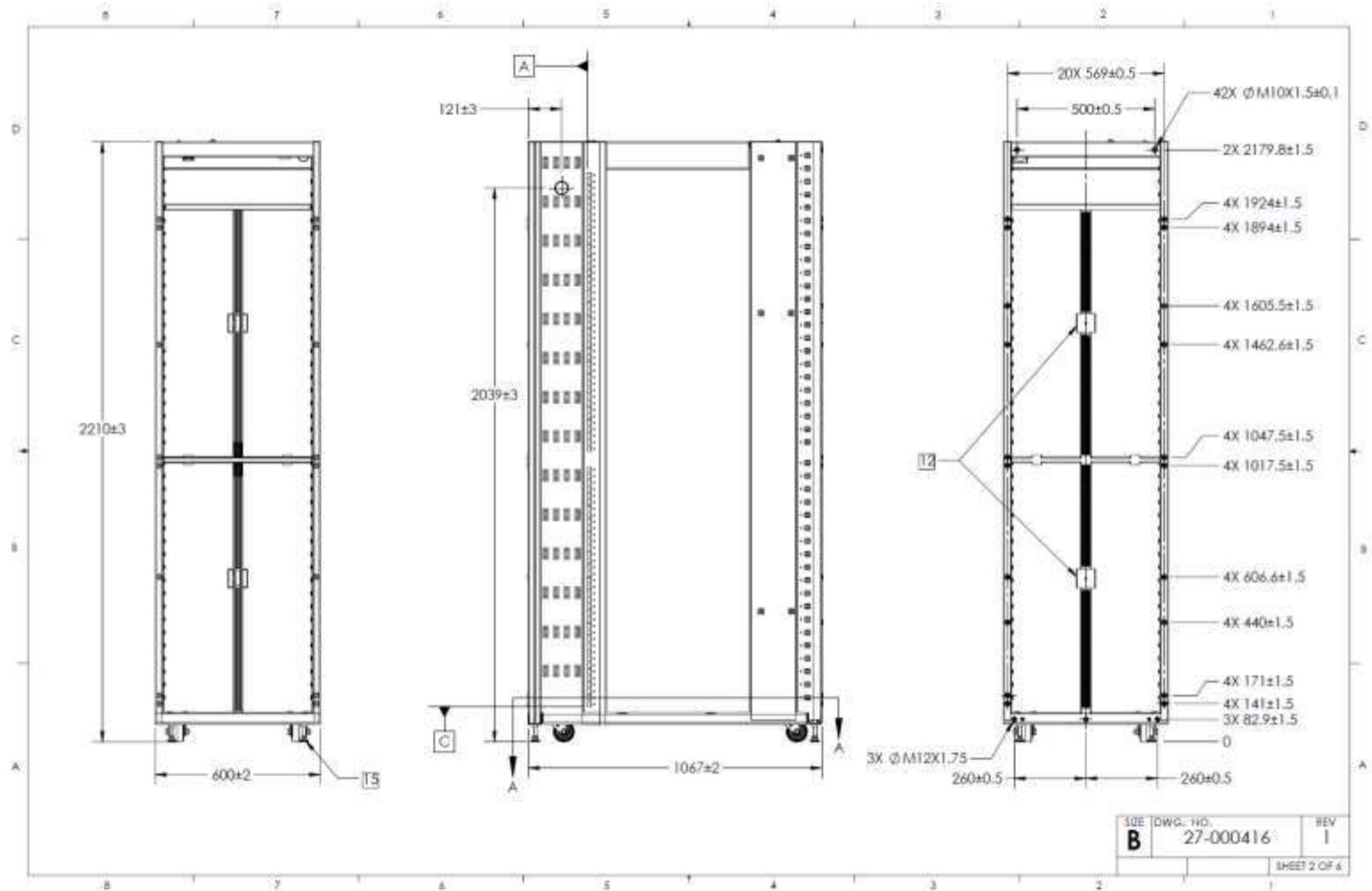
Server

Networking

Open Rack

Storage

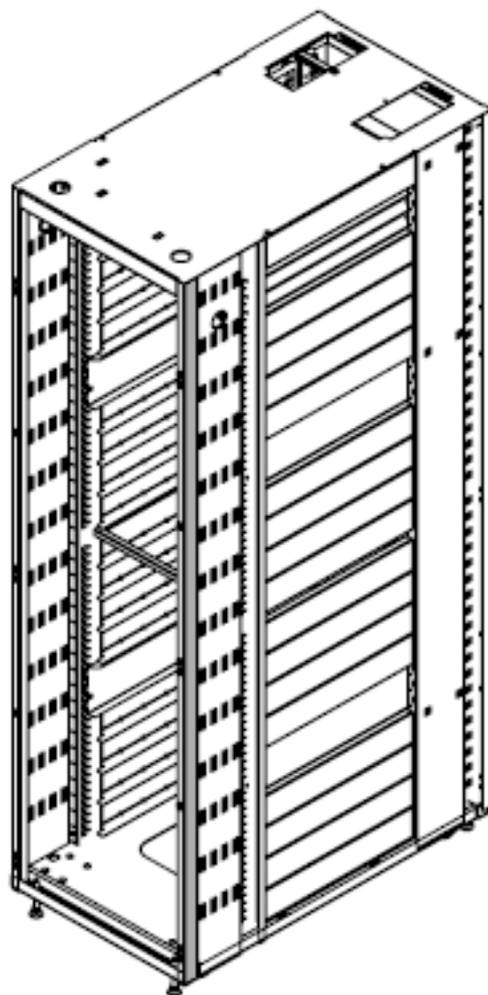
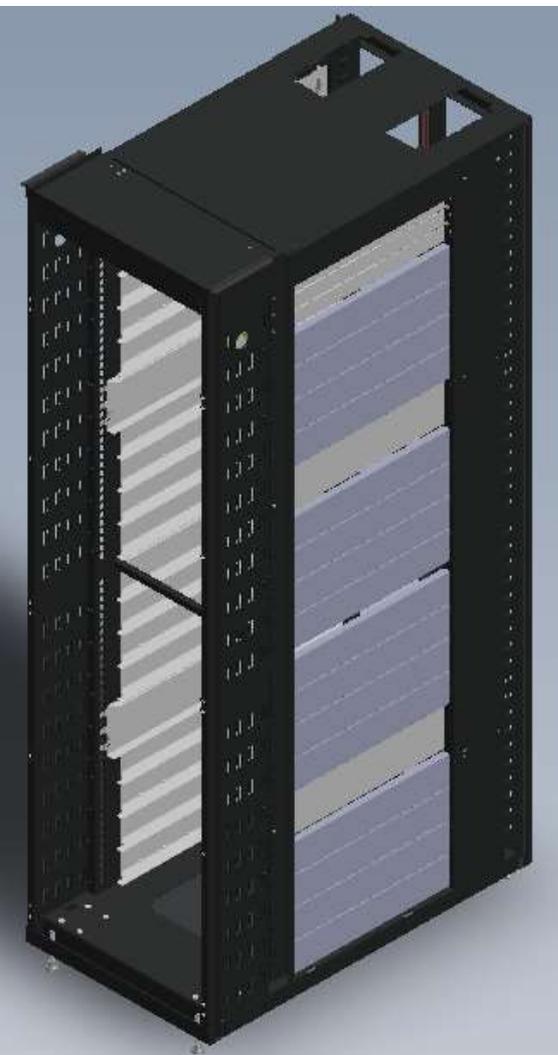
Telco

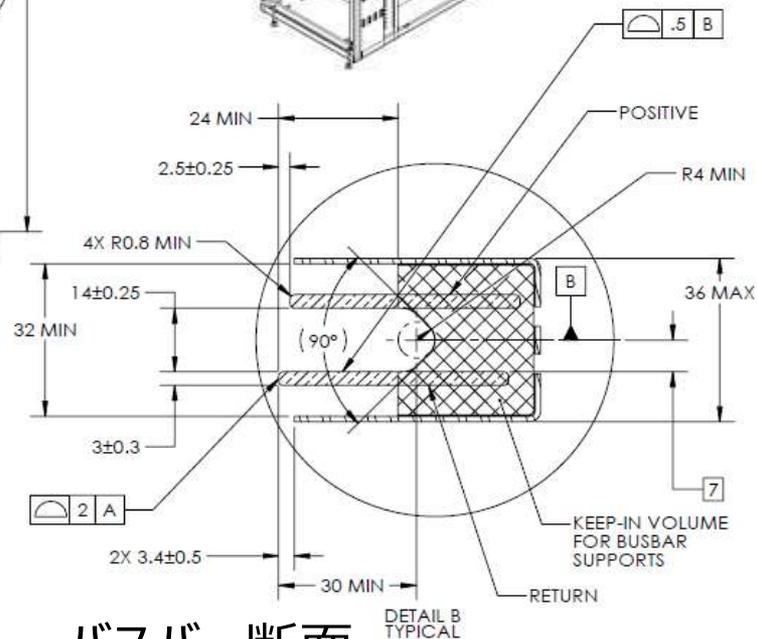
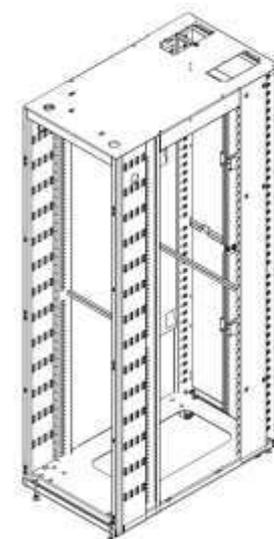
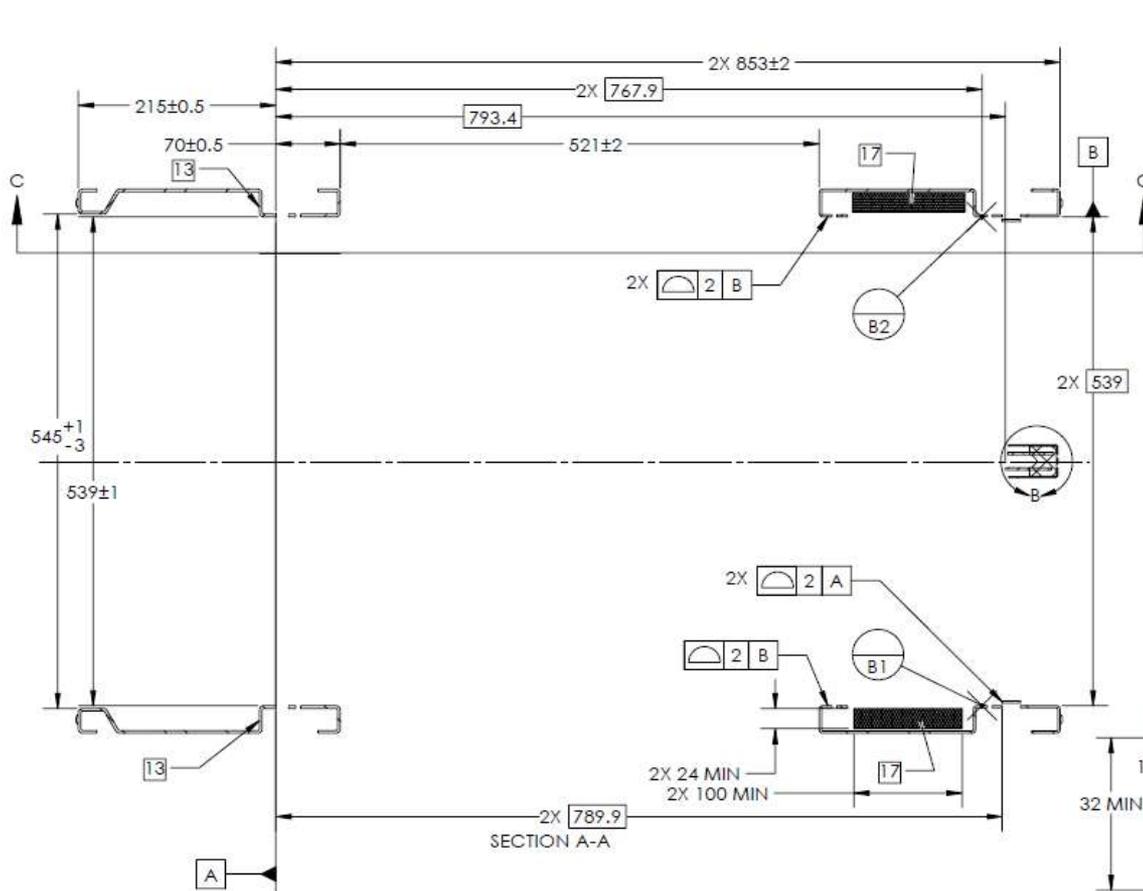


Steve Mills Facebook  
Mechanical Engineer

## V1からの改良点

- ラックの断面プロファイル変更  
ケーブルを通すスペースが確保された。
- 直流給電バスバーが  
3本 (9本)→1本(2本)
- 耐震強化  
フレーム剛性UP  
天井、底部の強度UP  
シェルフ受け台剛性UP  
ラックセンターの補強金具溶接
- ネットワーク機器ケーブルダクト(シールド)  
ラック上部に配管を溶接





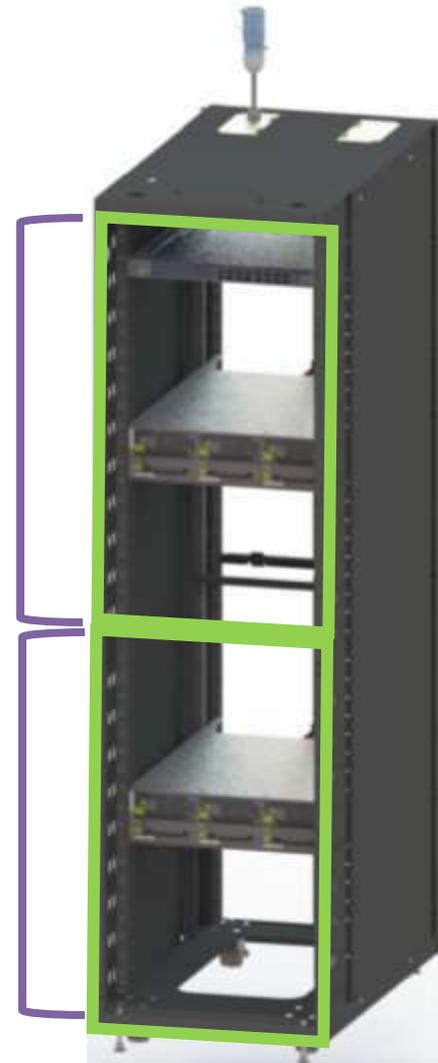
バスバー断面

- ・ラックの断面プロファイルが変更されている。  
ケーブルを通すスペースが確保された。

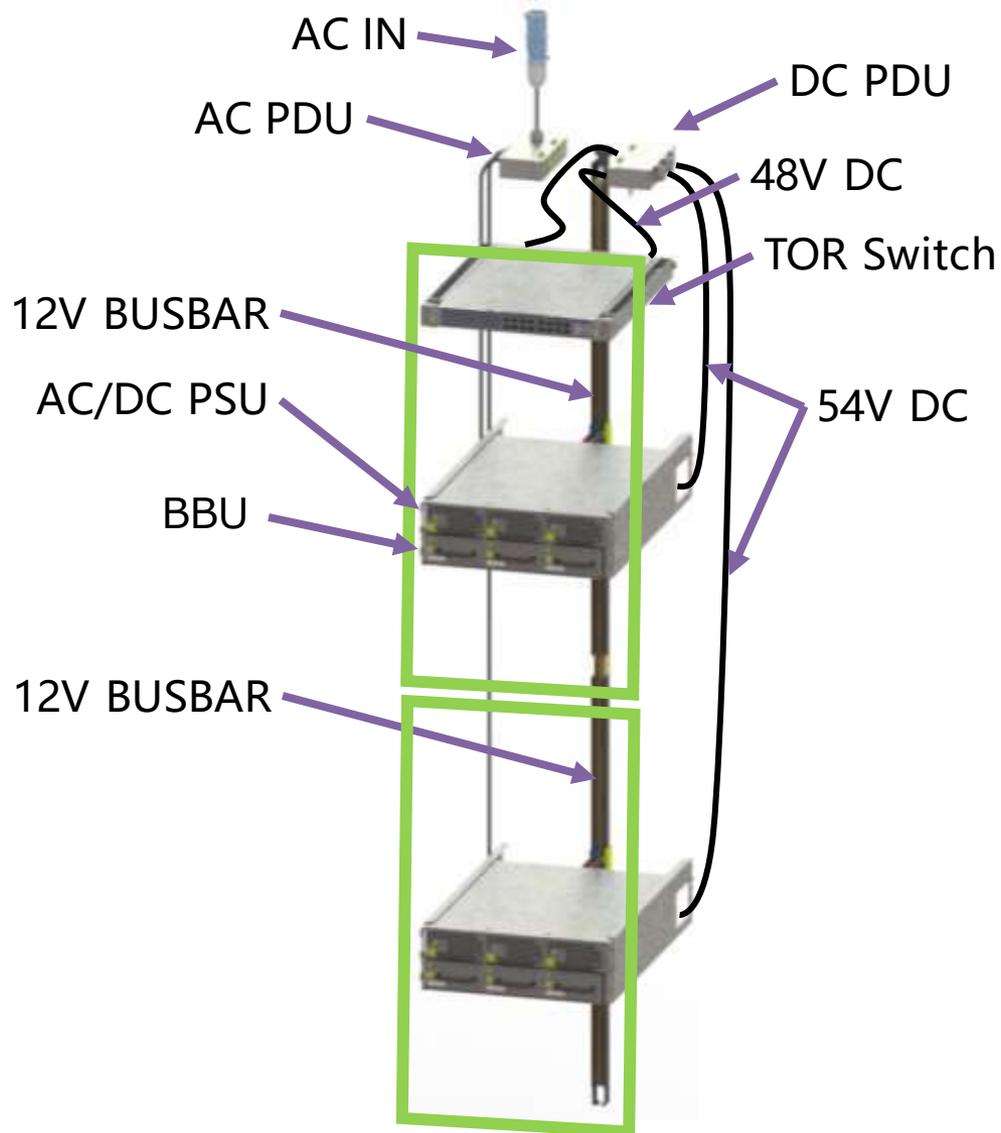


1 Power Zone  
= 22 OU

1 Power Zone  
= 19 OU



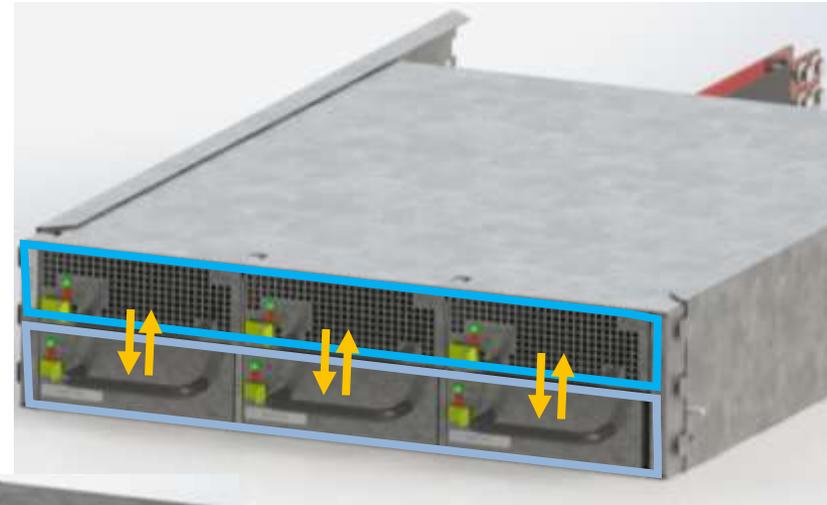
# FB V2 Power Overview



Shelf provides 6.6kW DC @ 12V  
2+1 redundant with integrated BBU

3x PSU acting as Master

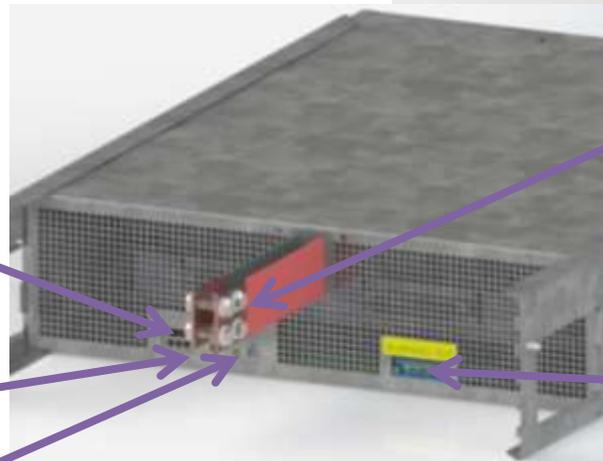
3x BBU acting as Slave



Output 54V to DC PDU

MGMT to DC PDU

Status LED



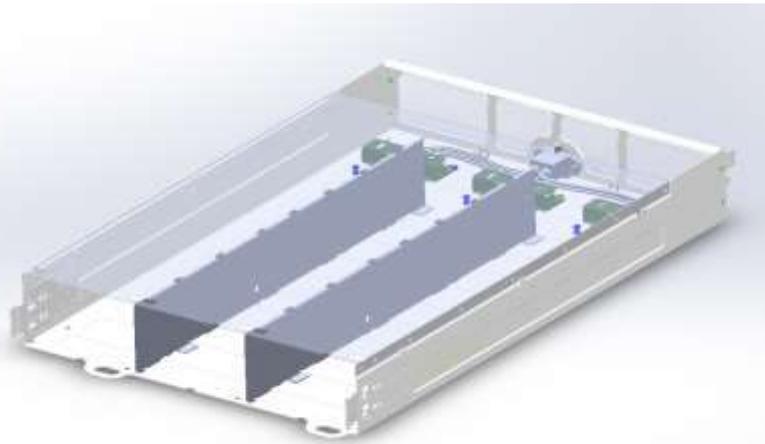
12V Output Busbar  
interconnect to Rack

AC Input from PDU

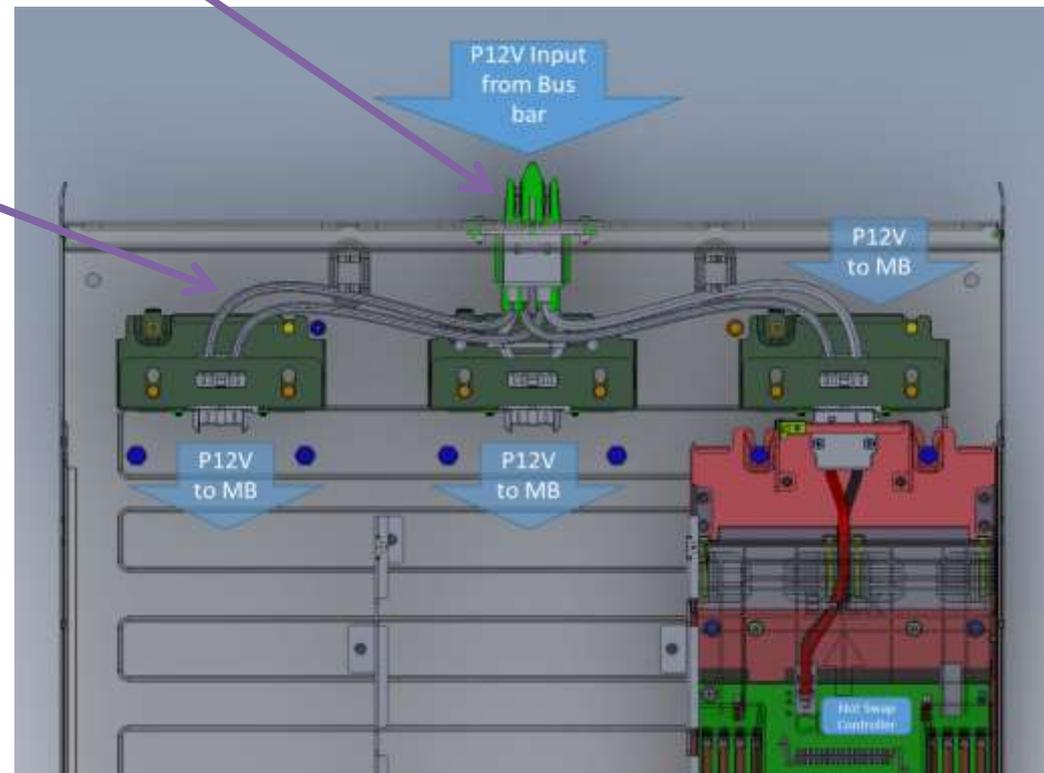
# Splits Power from 12VDC to each Slot

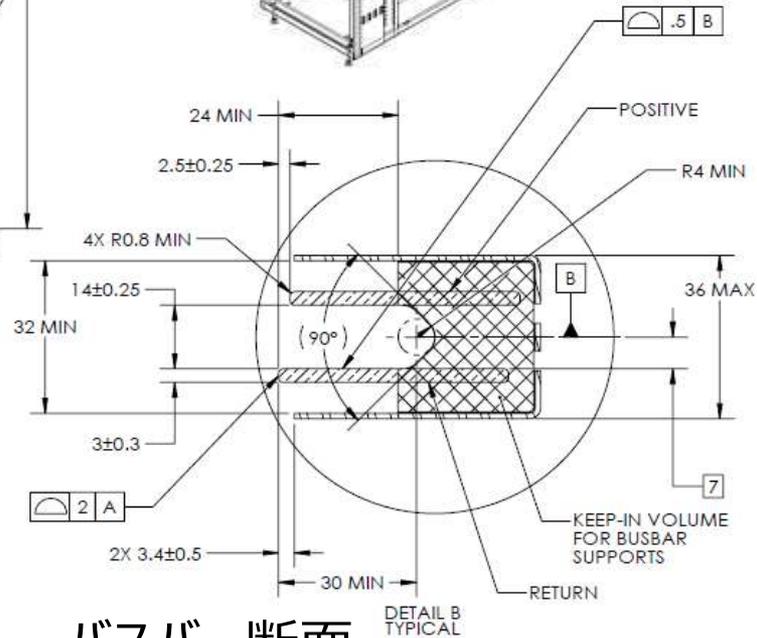
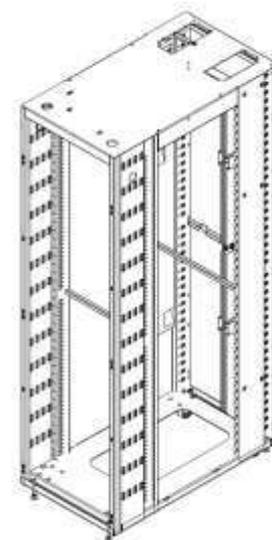
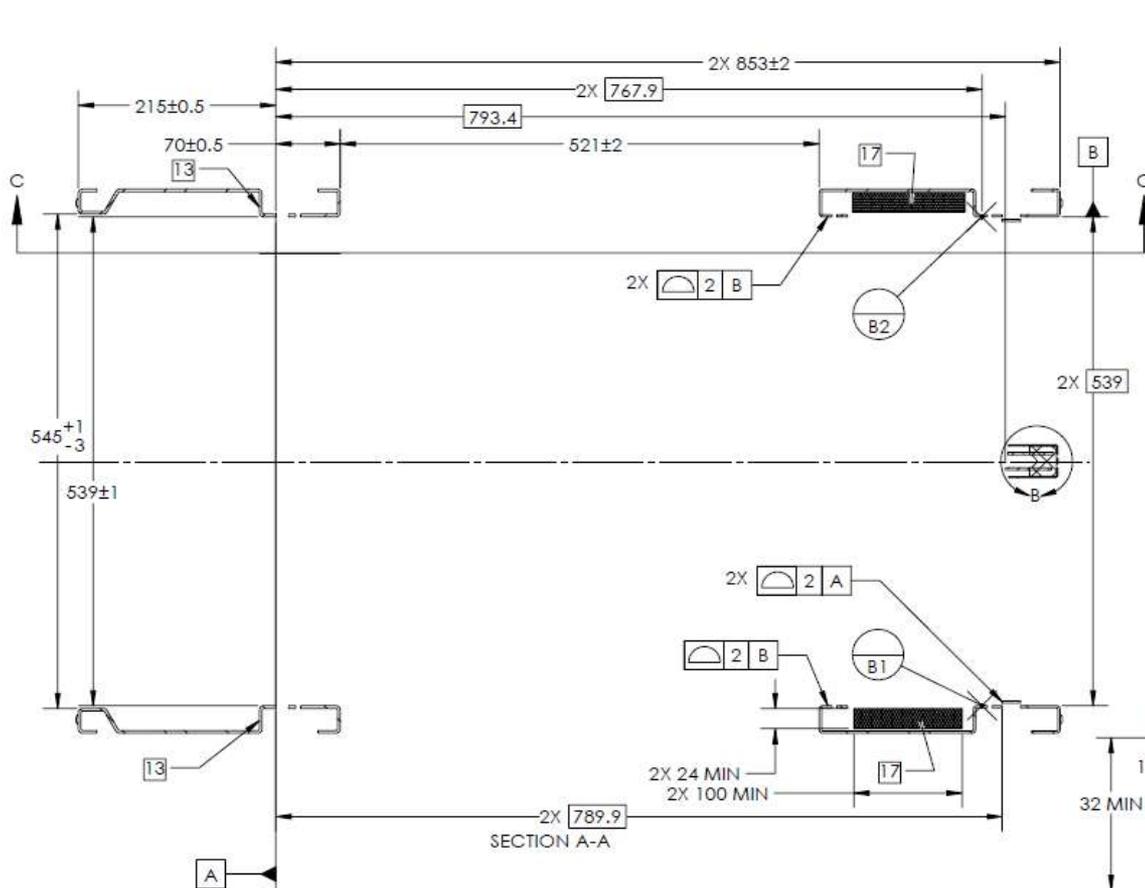
バスバー接続コネクタはV1から改良されてガードがついている。コネクタはTYCO一社からFCI,メソード、TYCOの三社

1シェルフでDC12Vを3分割バスバーを1本化している。



1シェルフで3台のサーバ実装可能





・ラックの断面プロファイルが変更されている。  
ケーブルを通すスペースが確保された。

・直流給電バスバーが9本→1本

バスバー断面

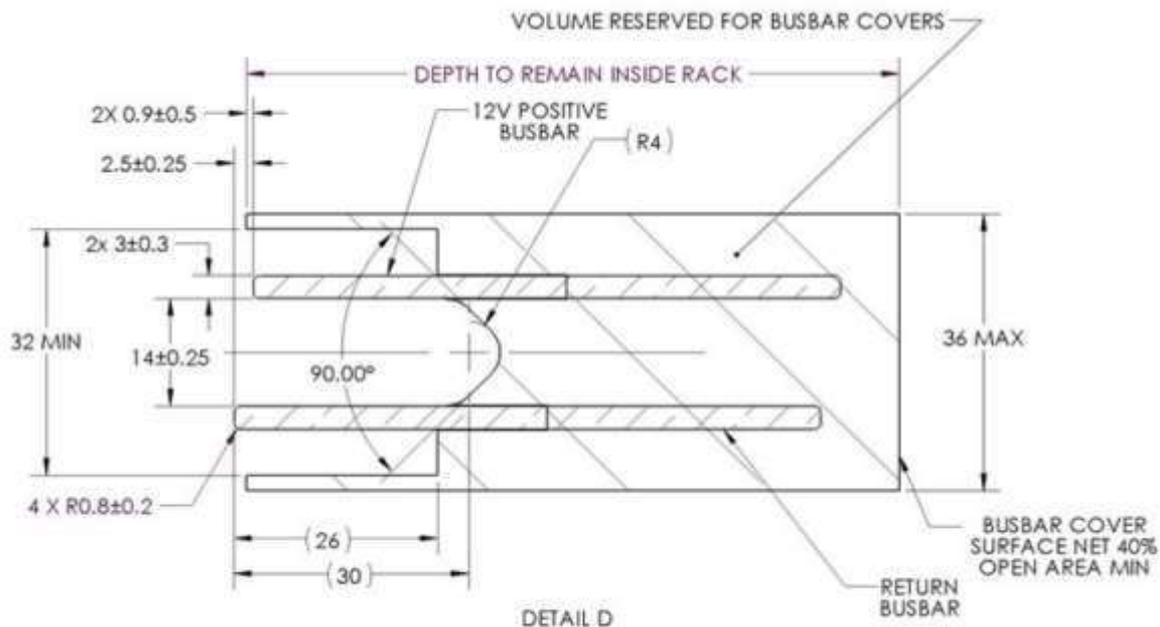


Figure 8: 12V Busbar Detail

バスバー断面

シェルフ側バスバー接続コネクタ

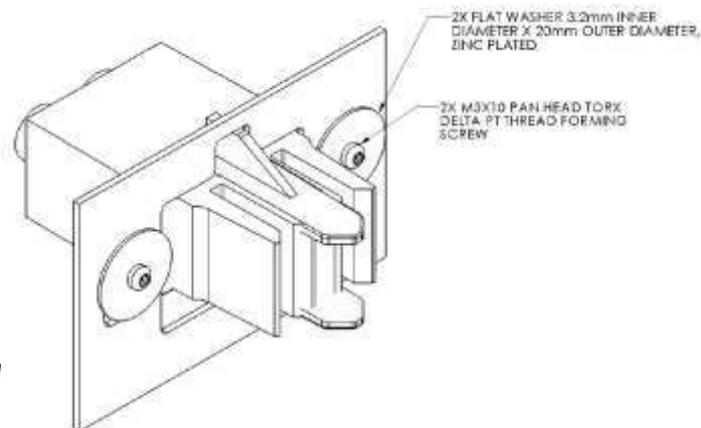
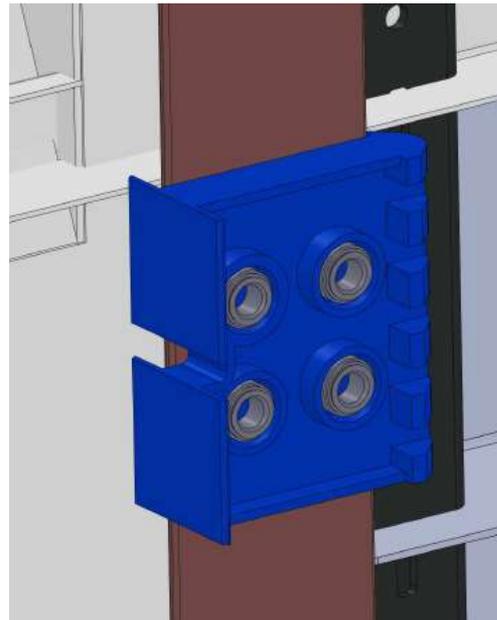
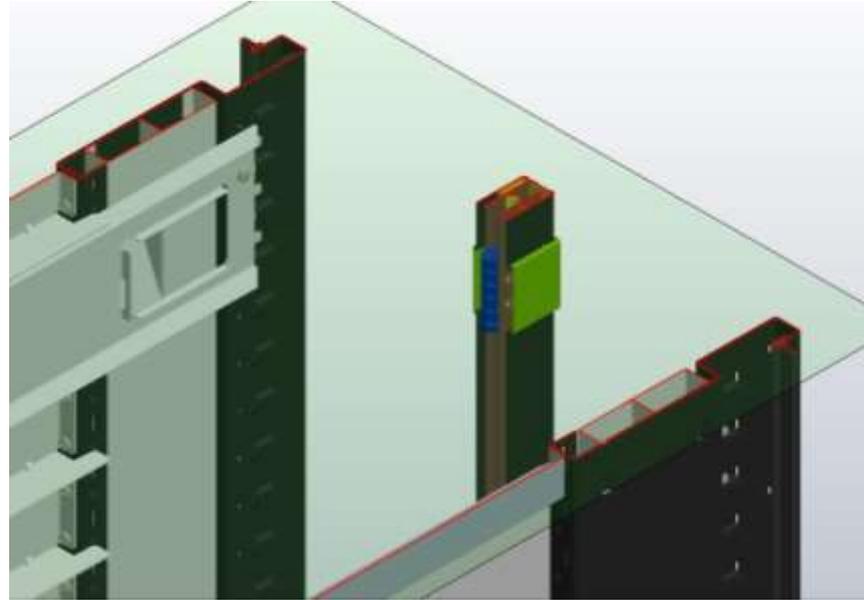


Figure 12: 12V IT Gear connector mounted to rear panel



DC12V給電部

## Open Compute Project (OCP) V2対応 ラック/サーバシェルフ

Facebook社が提唱するオープンコンピュートプロジェクト (OCP) とは、最も効率の良いサーバー・ストレージ・データセンターなどのハードウェアを設計し、仕様をオープン化しながら提供・共有していくためのエンジニアコミュニティです。  
OCPでは業界の標準化と高効率大規模データセンターの容易な構築が可能になると考えられています。

### OCP V2対応ラック 【ヤマト通信工業株式会社製】



ヤマト通信工業製

#### 高強度 板厚 2.9mm (ヤマト通信標準ラック=2.3mm)

- 組み立て式から **全溶接方式** に変更
- バスダクト背面に **1本取り付けタイプ** (V1は3本)
- **1 (OU) オープンユニット=48mm**  
(19インチラックではありません)

#### OCP V2とV1の違い

- (1) ラックの骨組み強化
- (2) ラックの詳細寸法が見直されており、ケーブルスペースを確保  
開口寸法 V1 540.5mm ⇒ V2 545mmに変更
- (3) 直流給電用バスバー本数削減  
V1 3本 (内部9本) ⇒ V2 1本 (内部2本)
- (4) シェルフ構造の見直し
- (5) シェルフとバスバー接続ケーブル強度UP。  
プラグイン性改善
- (6) OCP V2にV1シェルフ搭載可能。互換性を確保
- (7) ラック上部にSWITCH用シールドダクト  
(金属製) を用意
- (8) OCP V2にてシェルフ受け台装備

### OCP V2対応サーバシェルフ

- ストレージもしくはサーバ機器が3台実装
- 2 OU (96mm) サイズで大型のファンを使用可能
- 幅539mmのため十分な実装スペース



**SHINOHARA 篠原電機株式会社**

2017 3月のOCP サミットにてDC48Vサーバが発表されました。合わせてOPEN RACK V2もDC48V対応となりDC48VBUSBARやコネクタが開発されています。

OCPJは2017年度現在109社 参加 <http://opencomputejapan.org/about/member-logo>

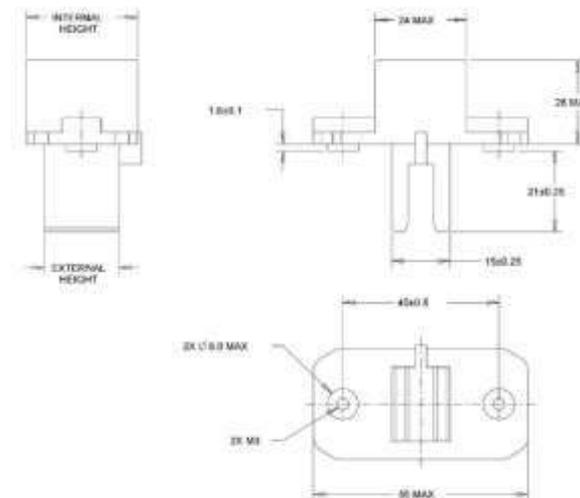
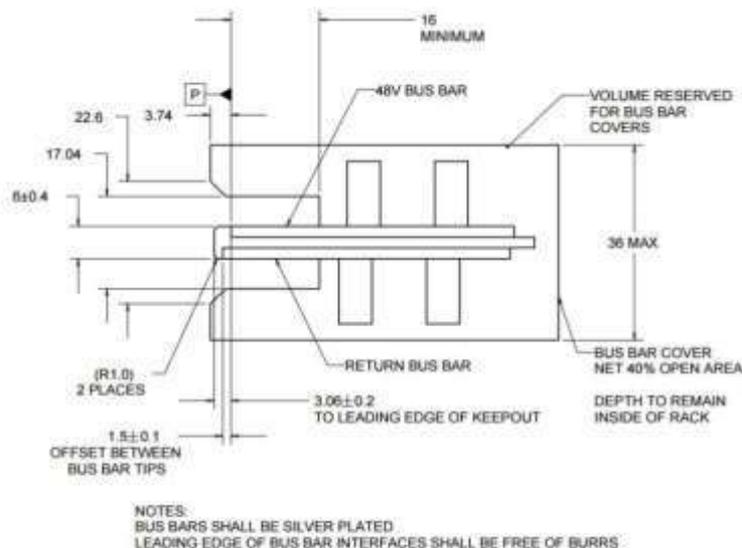


クアンタコンピュータ  
Rackgo X



Rackgo X Big Sur

2017 3月のOCP サミットにてDC48Vサーバが発表されました。  
 2016年のサミットでGOOGLEより紹介され、本格化しつつある。  
 DC60Vで動作可能なPOコンバータが開発されたことでDC48Vマザー  
 ボードが開発可能となった。  
 合わせてOPEN RACK V2もDC48V対応となりDC48VBUSBARやコ  
 ネクタが開発されています。



## DC48V BUSBAR断面

## シェルフ側DC48Vコネクタ

# OCP OPEN RACK StdV2.0 プロファイル

OPEN RACK V1が機能拡張されてDC48V対応となっている。V2とは異なる。

**[破線]** 破線の範囲が変更されている。V2とはプロファイルが異なり寸法も少しことなる。

OPEN RACK V2のDC48V対応時期等は不明。

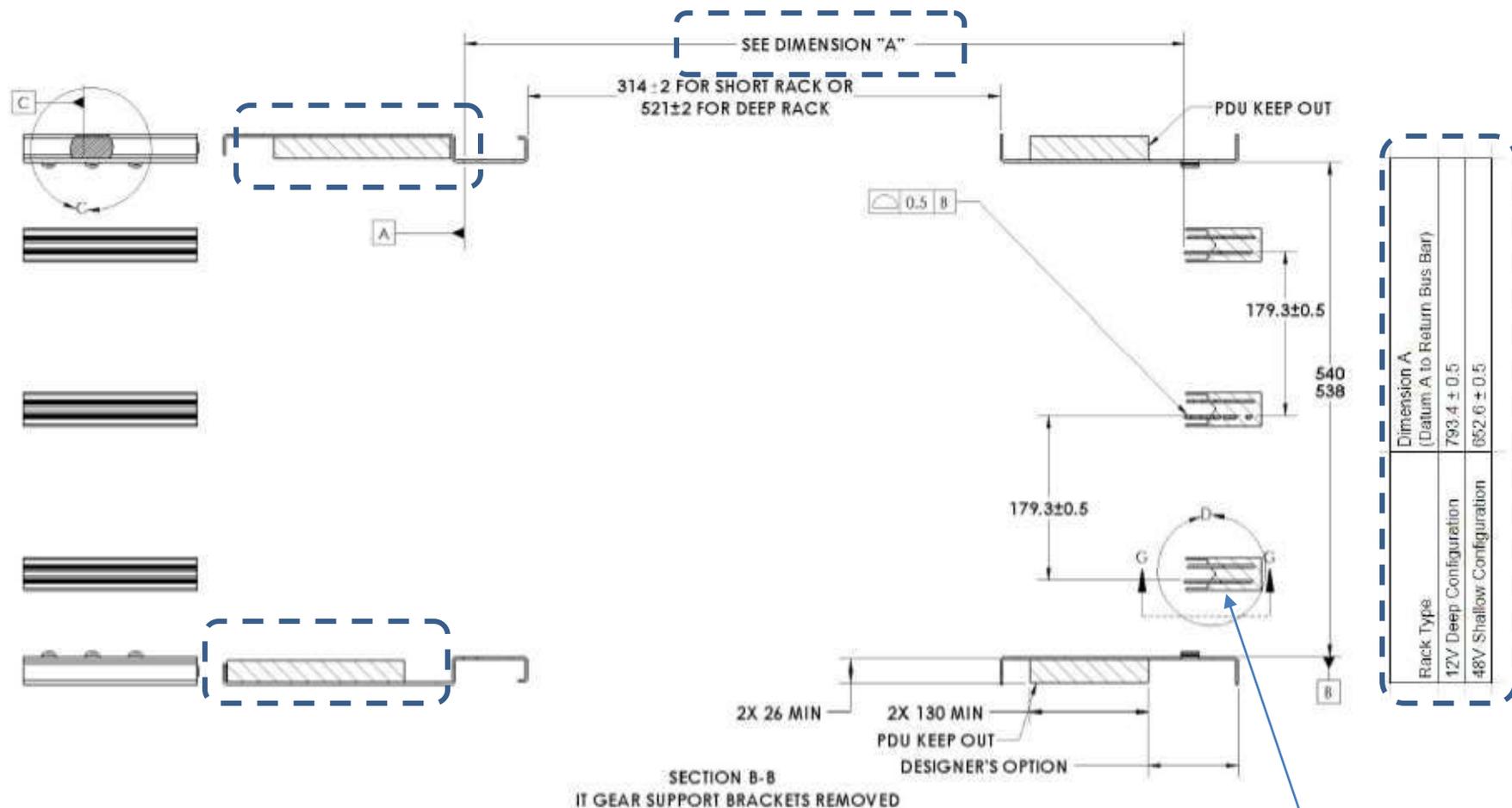


Figure 7: Open Rack Cross-Section

DC48Vバスバーの記載は無い。

# 高発熱サーバラックへのBUSWAYの活用 STARLINEバスウェイシステムご紹介



ありがとうございました。



saikawa@shinohara-elec.co.jp