

ラック搭載機器への 給電構成に基づく 可用性の比較

White Paper 48

改訂1

by Victor Avelar

> 要約

IT システムの可用性は切換スイッチと二系統給電によって強化されてきましたが、統計的な可用性を分析したところ一般的にいくつかの方法の間で可用性に大きな差異があることが分かりました。

このホワイトペーパーでは、データセンタ（サーバールームおよび電算室）で使用されているさまざまな配電構成の冗長性について検証します。そして、それぞれの構成の可用性について分析を行い、その結果から全体的な性能が最も高い方法を選び出し、性能やコストの面からその他の方法と比較します。

コンテンツ

セクションをクリックして次に進む

はじめに	2
ラックへの給電方法	2
可用性の分析方法	8
結果	9
結論	12
リソース	13
付録	14

はじめに

冗長電源を備えた機器は、電源コードが2本あることからデュアルコード機器と呼ばれることがあります。ダウンタイムは配電システム内のたった1つの故障からも発生します。デュアルコード機器の使用は、冗長性を提供することによりダウンタイムを防止し、IT機器に最適な可用性を維持する現実的な方法です。また、電源管理も容易にするという利点があります。しかし、残念なことに、ミッションクリティカルなシステムの多くはこの方法を取り入れていません。本書では、現在のデータセンタ（サーバールームおよび電算室）で使用されているさまざまな配電構成を紹介し、それぞれの可用性分析を行い、その結果を提示します。

ラックへの給電方法

以下の図は、ラックマウントタイプの機器の可用性を向上する方法を示していますが、ラックマウントではない機器にも適用できます。コストは可用性レベルに比例して増加するので、通常は目標とする可用性のレベルに合った方法を選択します。図1と図2は、データセンタ（サーバールームおよび電算室）のラック内の給電方式を示しています。

図1 (left)

典型的なラックマウント
タイプ方式電源源

図2 (right)

典型的な集中設置方式電

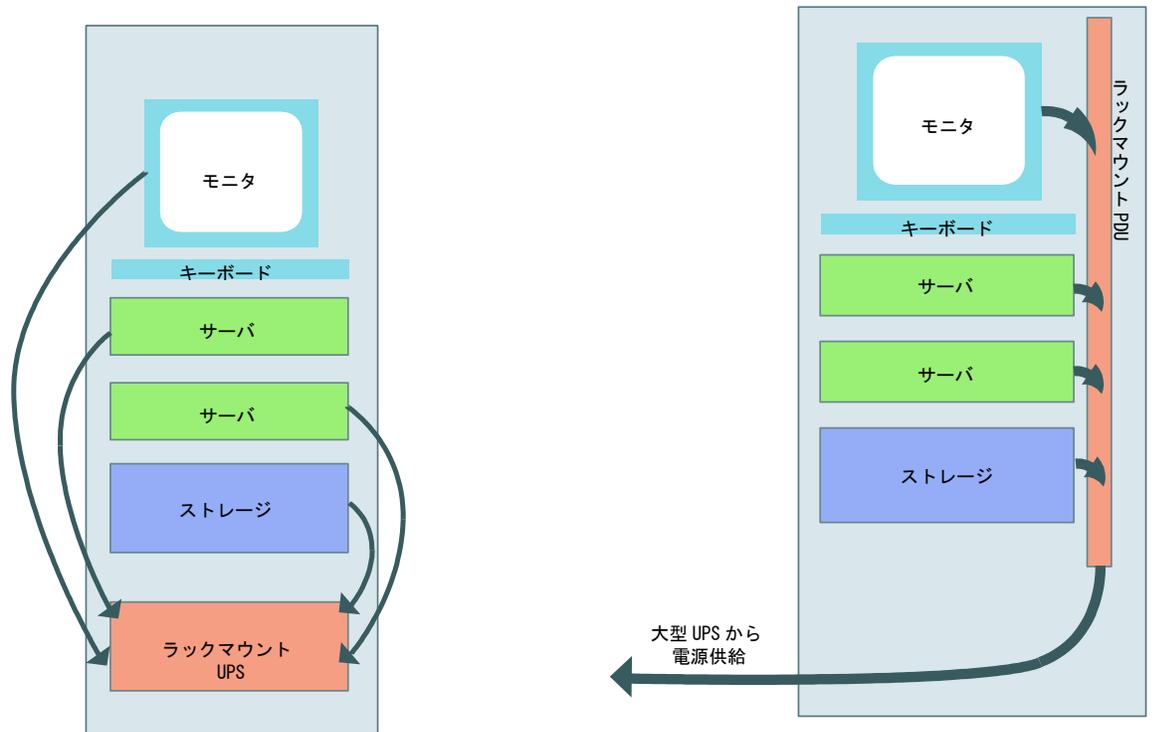


図1は小中規模のサーバールームとワイヤリングクロゼットで一般的に使用される構成です。内部にUPS（無停電電源装置）によるバックアップとサージ保護を備え、ラックを簡単に移動できるようなっています。一方、数十本から数百本のラックを使用しているデータセンタでは、一般的に図2のような大きなUPSを集中設置する方法が適用されています。どちらの方法も、電力の冗長性はありません。

その他の給電構成として、主電源から副電源への切換装置を使用する方法があります。例えば静止型切換スイッチ（STS）と自動切換スイッチ（ATS）があります。どちらも1キロワットから1メガワットまでのサイズが揃っています。詳細はAPC White Paper 62『Powering Single Corded Equipment in a Dual Path Environment』（URL: <http://www.apc.com/>）を参照してください。以下に例を示します。

リソース
APC White Paper 62

Powering Single Corded
Equipment in a Dual Path
Environment



ラックマウント3相 6kVA ATS



3相 300kVA STS

図3と図4は、大規模なデータセンタ（サーバールームおよび電算室）での給電構成を示します。どちらの例も図1と図2のデータセンタの構成を改善したものでSTSに2つの冗長電源経路が繋がっていますが、UPSに接続されている電源は、電力会社の変電所の可用性やコストによって冗長でない場合があります。この2つの例の差異は1点だけです。図3はSTSの下流に単一の変圧器を使用し、図4はSTSの上流に変圧器を2台使用しています。しかし、どちらの例でも、STSと下流の分電盤、それらの間の配線のどこか一カ所が故障することによりダウンタイムが発生する可能性があります。ある程度の冗長性は得られますが、冗長性のないコンポーネントに故障の危険があり、管理が複雑になります。

図 3

STS を使用した冗長性
(単一の変圧器)

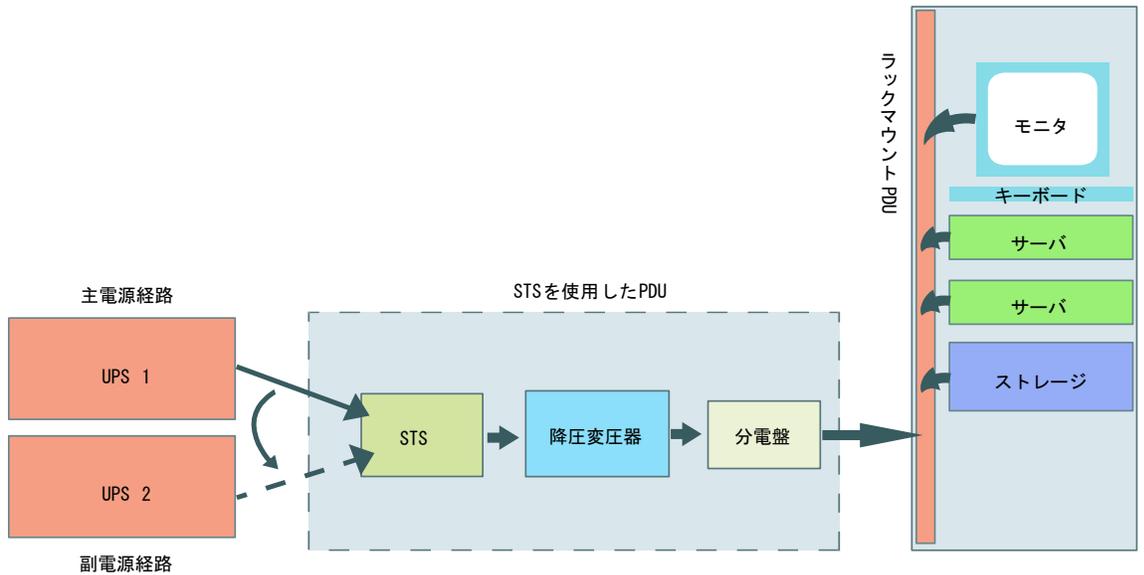


図 4

STS を使用した冗長性
(複数の変圧器)

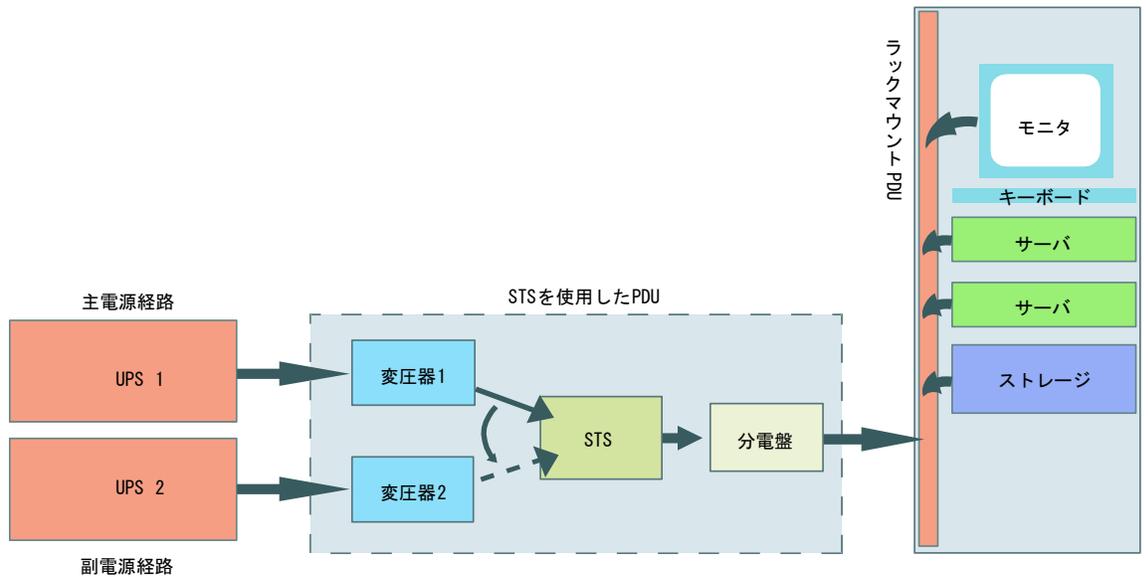


図 5 は、冗長性を推進して図 3 と図 4 に見られた欠点を改善したものです。この方法は、STS を使用せず分電盤を追加し、ラックマウントATSに到達するまで冗長性を得られるようにしています。ラックマウントATSより上流のコンポーネントの保守は、稼働を停止しなくてもできるようになりました。この方法は図 3 と図 4 よりは冗長性がありますが、ラックマウントATS (自動切換スイッチ) とその電源がダウンタイムの原因となる可能性があります。

図 5

ATS を使用した冗長性

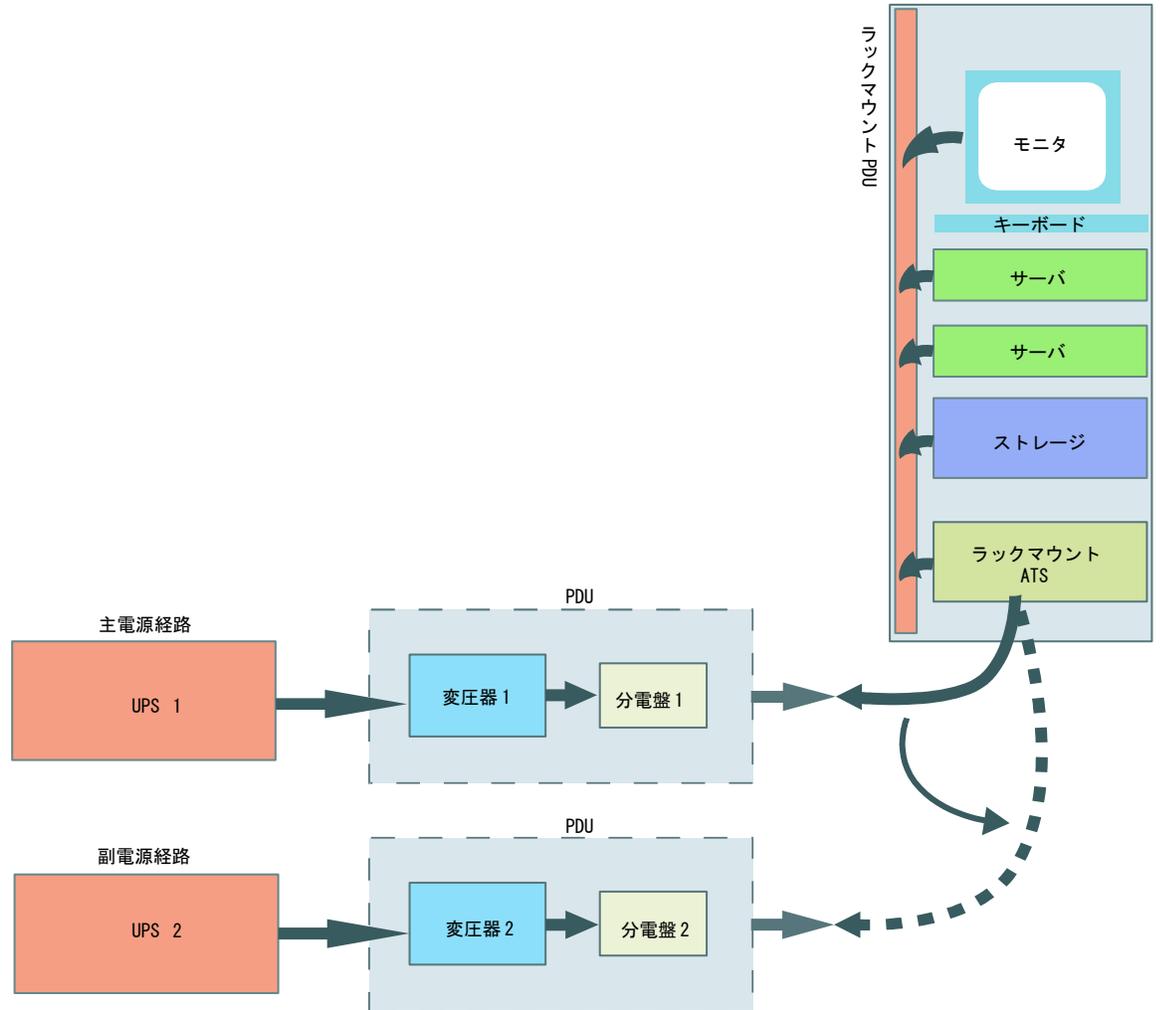


図 6 は、デュアルコード機器に冗長電源を使用して完全な冗長性を実現する方法を示します。図 5 の方法と比較するとラックマウントATSが取り除かれ、デュアルコード機器が使用されているという 2 つの大きな改善点があります。完全な冗長性がIT機器全体に適用されています。冗長性を維持するため、ラックマウントPDUが1つ追加されていることに注目してください。この方法は今までに紹介した方法より高い可用性を提供しますが、最もコストがかかり、特別に設計されたデュアルコード機器を使用しなければならないという問題点があります。

図 6

デュアルコード機器を使用した冗長性

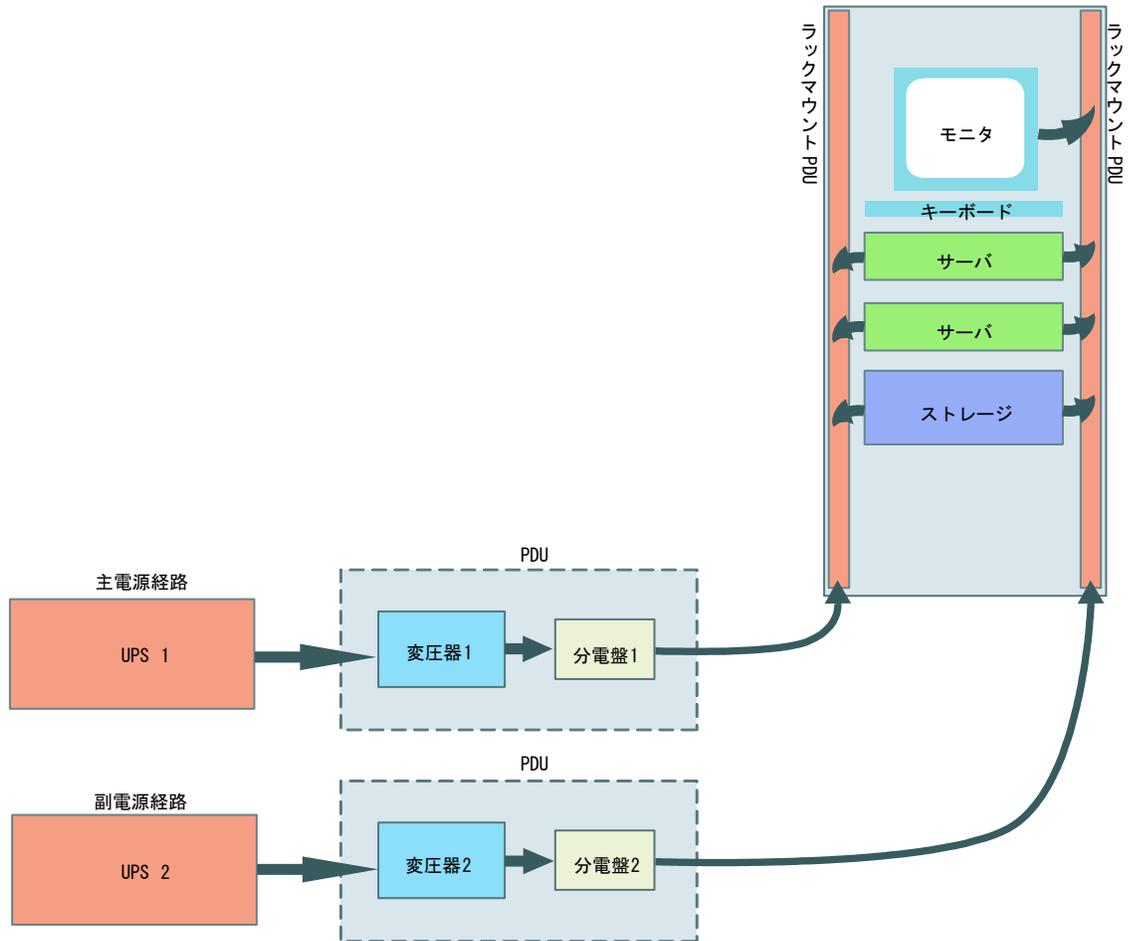


図 7 は、図 5 と図 6 の構造を組み合わせ、シングルコード（電源コードが 1 本）とデュアルコードの両方の機器に対応する方法を示しています。今までに検証してきた方法を組み合わせました。デュアルコードのコンピュータ機器には完全な電力の冗長性があります。シングルコードの機器に対しては、ラックマウントATSまでは冗長性が確保されていますが、ATSとその下流の機器には冗長性はありません。

図 7 には物理的な配置の分離も加わっています。これはしばしば「区画分け」と呼ばれ、給電系統内のサブシステムやバックアップシステムが異なる場所に設置されます。配置の分離が正しく実行されると、一方の経路で機械の故障などの深刻な事態が発生しても、他方の経路はそのまま稼働を継続することができます。

図 7
シングルコードと
デュアルコードを
併用した冗長構造

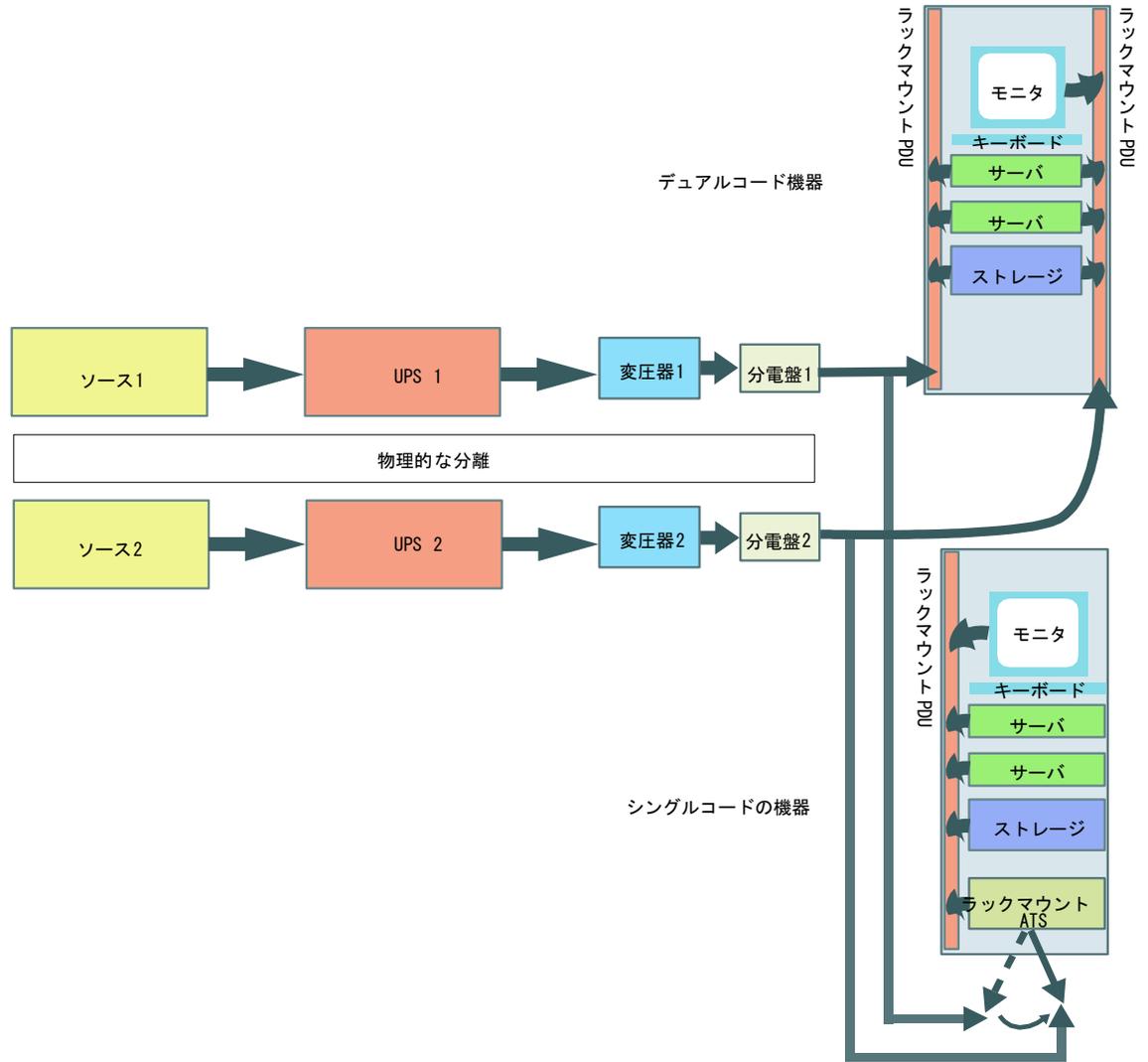


図 3、図 4、図 5、図 7 の構成は切換スイッチを採用しています。大きな切換スイッチの場合は一カ所が故障すると広い範囲の機器に影響が出ますが、小さなスイッチであればラック 1 本のみが使用できなくなるだけです。企業によっては、1 本のラックが使えなくなることで 50 本のラックが使えなくなった場合と同様の結果になることもあります。一般的に使用不可能になるラックが少ない方が有利であるといえます。ラックマウント ATS は故障の影響を狭い範囲に限定します。

考慮すべきもう 1 つの要因は、これらのスイッチの修理にかかる時間です。小さな切換スイッチの場合、修理せずにスペアの装置と取り換えてしまうことにより、すぐに稼働を再開できます。それに加えて、必要ならばバイパスさせることも素早くできます。大きなスイッチの場合は修理が必要で、設置されている場所によっては修理業者が到着するまでに相当な時間を要する場合があります。システムの診断と修理の時間、さらに部品が足りない場合は取り寄せの時間もかかります。つまり、高度な設計を評価するときにはこれらの問題点も評価の対象に加え、最適な決定を下す必要があります。修理時間は後述の統計可用性モデルに含まれています。

一般的に、高可用性を持つデータセンターやサーバールームには、シングルコードの機器は不適切であるといえます。ラックマウントタイプの機器だけでなく、どのような重要機器に対しても同様です。十分に練られた最高の設計でも、どこか一カ所が故障すれば結果的にダウンタイム

が発生します。真の高可用性環境が必要な場合は、給電システムの故障が最小限に、可能ならば皆無になるような構成にする必要があります。

可用性の分析

ここではシングルコード装置を使用したときとデュアルコード装置を使用したときの影響度を算出し、可用性の分析を行います。以下の5種類の可用性分析を実行しました。

- ケース1 - 図2で示したシングルコードの機器
- ケース2 - 図3で示したSTSを用いたシングルコードの機器（単一の変圧器）
- ケース3 - 図4で示したSTSを用いたシングルコードの機器（複数の変圧器）
- ケース4 - 図5で示したラックマウントATSを用いたシングルコードの機器
- ケース5 - 図6で示したデュアルコードの機器

信頼性ブロック図（RBD）としても知られる一次結合分析を使用して、これら5つのケースの電力の可用性を示します。システムをモデル化する方法は最も直接的で、システムの状態がほとんど変化しない場合に有効です。信頼性のあるデータを使用して分析中の構成のシステムモデルを作成します。この分析は構成の違いのみに焦点をあてるので、UPSシステムの上流にあるコンポーネントは商用電源も含めて全て問題がないと見なします。従って、ここで示される可用性は実際の可用性よりも高くなります。

分析の詳細は「付録」を参照してください。

分析に使用したデータ

コンポーネントのモデルに使用したデータのほとんどは第三者から入手しました。ラックマウントATSのデータはAPCのラックマウントATS製品のフィールドデータを基にしています。この製品は米国で発売されてから約5年になり、豊富な使用実績があります。この分析の主なコンポーネントは以下のとおりです。

1. 端子
2. サーキットブレーカ
3. UPSシステム
4. PDU
5. 静止型スイッチ（STS）
6. ラックマウントATS

PDUは3つの基本サブコンポーネント（サーキットブレーカ、降圧変圧器、端子）に分解されます。分電盤は、1つのメインブレーカ、1つの分岐回路ブレーカ、複数の端子を直列に繋いでいます。4番目のケースでラックマウントATSを使用しています。各サブコンポーネントの

故障率 $\left(\frac{1}{MTTF}\right)$ と回復率 $\left(\frac{1}{MTTR}\right)$ の値とデータソースは「付録」に記載されています。

MTTF（Mean Time To Failure）は平均故障時間、MTTR（Mean Time To Recover）は平均回復時間を意味します。

各ケースの故障率と回復率も「付録」に記載されています。

分析の前提条件

どの可用性分析でも、有効なモデルを作るには前提条件を設定する必要があります。表1はこの分析で使用した基本的な前提条件を示します。

表 1

分析の前提条件

前提条件	説明
コンポーネントの故障率	分析されるコンポーネントは全て一定の故障率を示しているとします。機器が設計耐用期間だけ使用されていると仮定する場合に最も合理的な方法です。機器が設計耐用期間以上使用される場合には、故障率に非線形性を組み込む必要があります。
修理チーム	コンポーネントと同数の修理担当者が作業を行うと仮定します。
稼働可能なシステムコンポーネント	故障したコンポーネントの修理中、システムの他のコンポーネントはすべて稼働していると仮定します。
故障の独立性	これらのモデルは業界が推奨する最良の方法によって構築されていると仮定します。つまり、物理的な隔離と電気的な分離によって、障害が他に波及する可能性は非常に低くなっています。
配線の故障率	配線故障率は非常に低く、確実性と統計的な妥当性のある予測が難しいので、構成内の各コンポーネント間の配線は計算に含まれていません。以前の調査によれば、配線の故障は非常にまれであるため、全体の可用性にほとんど影響しません。主要な端子は計算に含まれています。
人的エラー	この分析では人為的ミスの原因とするダウンタイムは考慮されていません。人為的ミスはデータセンターのダウンタイムの原因としてかなりの比重を占めますが、この分析の目的は電源インフラの構造を比較し、各構造の物理的弱点を明らかにすることです。また、人為的ミスが可用性にどのように影響するかについてはデータがありません。
電力の可用性を分析	この分析は電力の可用性に関する情報を提供します。電力が回復しても仕事がすぐに再開できるとは限らないので、一般的に業務上の可用性は電力の可用性よりも低くなります。ITシステムを再起動するには多少の時間がかかりますが、この起動時間は分析には含まれていません。
故障隔離の利点なし	ラック1本が故障しただけでも、全ラックが一度に故障した場合と同じ結果になるときもあります。ここではケース4とケース5の利点を考慮し、ラック1本の故障は全ラックの故障よりもビジネスに与える影響は少ないものと仮定します。

結果

この分析の目的は理論上の可用性をケース間で比較することであり、まずこれを理解することが大切です。5つのケースで使用される全てのコンポーネントに同じ故障率のデータを適用しています。ケース間の違いは、数、MTTR、コンポーネントの配置だけです。この方法はある構成の可用性を他の構成と比較するときに効果的な検証を提示します。

可用性は重要な機器の接続コンセントに供給される電力を基に測定されます。どのケースにも同じコンポーネント信頼性データが適用されています。ケース1では、どのコンポーネントに故障が起きても機器停止の原因になります。これが基準となるケースです。

ケース2とケース3では、両方の冗長経路のコンポーネントが同時に故障しない限り機器は停止しませんが、STSとその下流のコンポーネントが1つでも故障すると機器は停止します。このケースで注目すべき点は、STSを導入してもシステムの可用性はほとんど増加しないということです。上流のUPSに比べてSTSの信頼性がそれほど高くないのは、STS自体が故障する可能性があるからです。さらにケース2では変圧器のMTTRに妨げられ、STSから得られる利点が生かされません。

ケース 4 では、両方の冗長経路のコンポーネントが同時に故障しない限り機器は停止しません。ラックマウントATSが故障する可能性はありますが、予備ユニットが常備されていれば素早く取り換えることができ、MTTRを短縮できます。これは重要なポイントです。大きなSTSと比べてラックマウントATSの信頼性は高くありませんが、MTTRが低ければ多大な可用性が得られます。

ケース 5 では、両方の冗長経路のコンポーネントが同時に故障しない限り機器は停止しません。表 2 は各ケースの可用性の計算結果を示します。

表 2

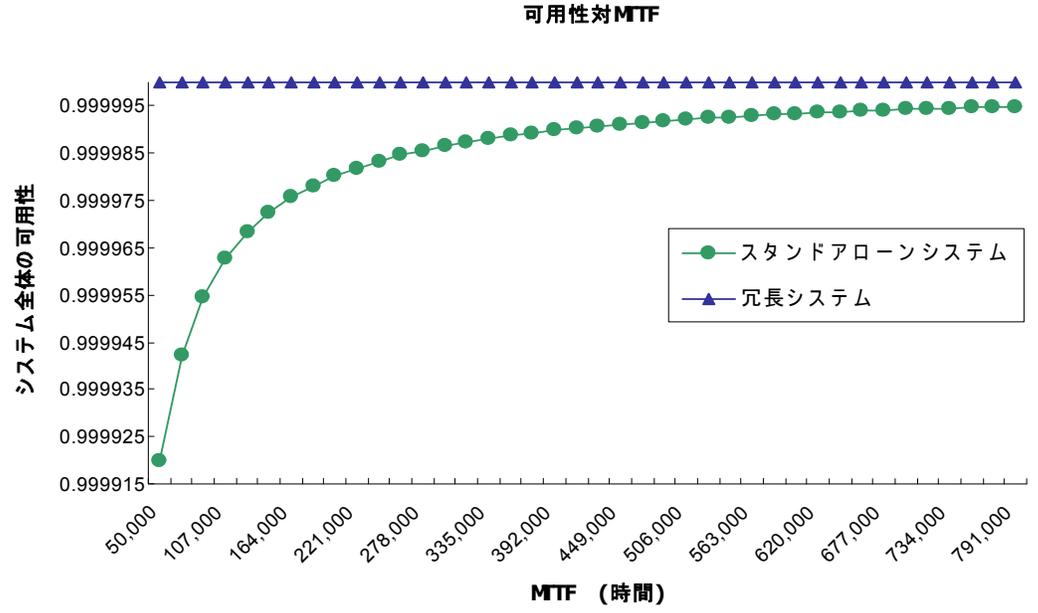
可用性の結果一覧

ケース	設定	可用性	「9」の桁数
ケース 1	シングルコードの機器	99.985 %	3.8
ケース 2	STSを用いたシングルコードの機器（単一の変圧器）	99.98596 %	3.85
ケース 3	STSを用いたシングルコードの機器（複数の変圧器）	99.99715 %	4.5
ケース 4	ラックマウントATSを用いたシングルコードの機器	99.999931 %	6.2
ケース 5	デュアルコードの機器	99.9999977 %	7.6

この分析で、デュアルの配電構成で高可用性を得るにはデュアルコード機器が重要であることがわかりました。どんな設計をしてもシングルコードの機器では完全にその利点を生かせませんが、ラックマウントATSを使用することで少しでも利点を活用することはできます。

上記の結果から、機器に冗長性を加えることで可用性が向上することは明らかです。図 8 は、製品の信頼性（MTTF）が数段階高くなっても、その可用性は冗長システムの最低信頼レベルの可用性にも及ばないことを示しています。冗長システムにはほぼ 100%に近い可用性があります。

図 8
可用性とMTTF



結論

高可用性が求められる構成を適用するときは、ラックへの給電について入念に計画します。本書で説明した典型的な給電方式の違いによって、発生するダウンタイムは **10,000 倍** も変化します。

この分析で、重要なデータセンタにはデュアルコード機器の使用が重要であることがはっきりと示されました。完全なデュアル経路構成とシングル経路構成を比較すると、ダウンタイムは最大 **1 万分の 1** にまで削減できます。

一般的にシングルコード機器の可用性を増加するために切換スイッチを利用しますが、その結果は導入方法によって大きく異なります。大型の STS を使用してもほとんど効果を得られない場合もあります。反対に、切換スイッチをラックに移動すると、給電が原因で発生するシステムダウンタイムが **250 分の 1** に減少します。

その上、ラックベースに切換スイッチを付けることによって故障が局所化され、使用不可能になるのは単一のラックのみです。デュアル経路構造内では、必要なときに必要な場所へラックベースの切換スイッチを設置することができます。

このデータは、大きな STS システムでシングルコード機器に配電する一般的な方法には再考慮を促し、同等の経費で著しい利益を得られるラックベースの切換スイッチを推奨しています。

つまり、この分析は可用性を改善するには機器に冗長性を与えるという一般的な原則を提案しています。

慎重な分析は高可用性システムに投資する前の必須条件です。電須インフラの強化に出費可能な金額によって選択肢が変わってきます。個々のビジネスでそのプロセスを正しく理解し、ダウンタイム経費を算出してみましょう。この経費が最終的に可用性への投資額を左右します。



About the author

Victor Avelar is a Senior Research Analyst at APC by Schneider Electric. He is responsible for data center design and operations research, and consults with clients on risk assessment and design practices to optimize the availability and efficiency of their data center environments. Victor holds a Bachelor's degree in Mechanical Engineering from Rensselaer Polytechnic Institute and an MBA from Babson College. He is a member of AFCOM and the American Society for Quality.



**Powering Single Corded Equipment in
a Dual Path Environment**

APC White Paper 62



すべてのホワイトペーパー
を閲覧する

whitepapers.apc.com



すべての **APC TradeOff Tools**
を閲覧する

tools.apc.com



お問い合わせ

このホワイトペーパーに関するご意見やお問い合わせに関して

Data Center Science Center, APC by Schneider Electric
DCSC@Schneider-Electric.com

計画中のデータセンタープロジェクトに関する具体的なご質問がありましたら

シユナイダーエレクトリックグループ A P C までお問い合わせください

付録

表 A1

コンポーネントと検討に用いた数値

コンポーネント	故障率	修復率	データソース	備考
UPS 675kW / 750kVA	4.0000E-06	0.125	故障率はPower Quality Magazineから。修復率のデータは保守担当者の到着までに4時間、システムの修理に4時間を要するものとして計算。	• 交流の電力を無停電で分電回路に供給します。
静止型切換スイッチ (STS)	4.1600E-06	0.1667	ノースカロライナ州ローリーのGordon Associates	• 制御装置を含みます。
降圧変圧器	7.0776E-07	0.00641	MTBFはIEEE Gold Book Std 493-1997 (40 ページ) から、MTTRはMarcus Transformer Dataによる平均。	• 400 VACの入力を機器に必要な200-100Vに降圧します。
サーキットブレーカ	3.9954E-07	0.45455	IEEE Gold Book Std 493-1997、40 ページ	• 故障の局所化や点検のために電力を分離します。
6 個の端子	8.6988E-008	0.26316	IEEE値の6倍 IEEE Gold Book Std 493-1997 (ページ 41) の値から計算。	• 変圧器の一次側。3相接続ごとに3個の端子が存在します。コンポーネント間には2セットの端子が存在するので、合計で6個の端子が使用されています。
8 個の端子	1.1598E-007	0.26316	8 x IEEE value IEEE Gold Book Std 493-1997 (ページ 41) の値から計算。	• 変圧器の二次側。3相接続とニュートラルごとに4個の端子が存在します。コンポーネント間には2セットの端子が存在するので、合計で8個の端子が使用されています。
ラックマウント ATS	2.0E-06	3	APC冗長スイッチフィードデータ	• APCラックマウントATSのMTTFは100万時間と算出されていますが、より無難な50万時間を採用しました。

シングルコード
機器の可用性[ケース 1]

シングルコード機器の可用性 (図 2) を以下のRBDを基準に計算しました。図 9 は一連のコンポーネントの安定した可用性を算出するRBDのトップレイヤを示しています。このRBDは「変圧器部」と「分電盤部」という「分解可能な」ブロックを組み込んでいます。拡張可能なブロックがあるということは、それらのサブコンポーネントを定義する下位レベルのRBDが存在するという事です。このようにRBDを図示すると可用性の計算が容易になります。分電盤は重

要な機器に直接電力を供給するときに使用します。これらのブロックの内容は図10と図11に示されています。

図9 シングルコード機器

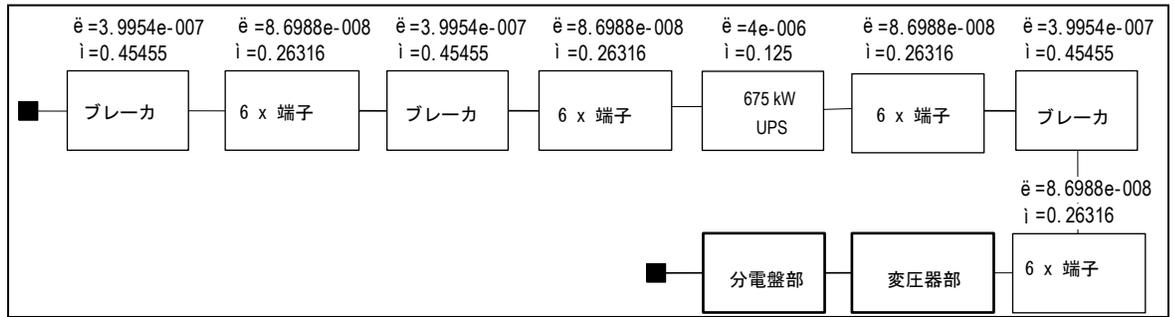


図10 変圧器部

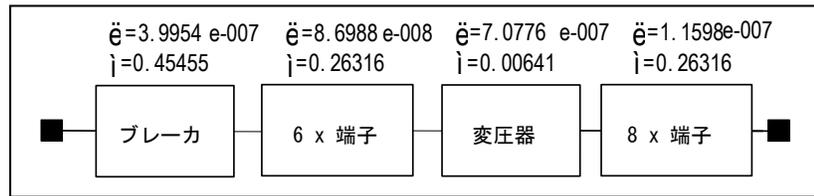
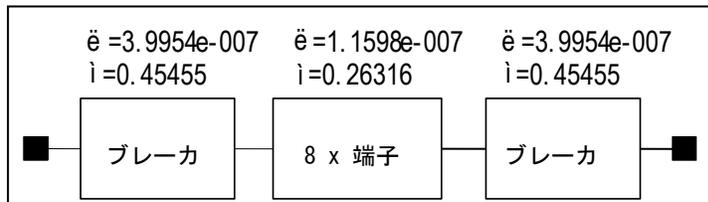


図11 分電盤部



上記のRBDを基準にしたシングルコードシステムの可用性は下記のとおりです。

表A2 シングルコード機器の可用性[ケース1]

モデル名	可用性	非可用性	MTTR (時間)	MTTF (時間)	年間のダウンタイム (時間)
シングルコードの機器	99.98498 %	1.5021E-04	19.3	128,665	1.3158
UPS システム	99.99640 %	3.5958E-05	6.5	180291	0.31499
変圧器部	99.98879 %	1.1205E-04	85.5	763,201	0.98158
分電盤部	99.99978 %	2.1987E-06	2.4	1,092,825	0.01926

分析されるデータは5桁の数値なので、非可用性を結果として示すことも1つの方法です。非可用性は(1-可用性)で計算します。

静止型切換スイッチ (STS) を用いたシングルコード機器の可用性 (単一の変圧器) [ケース 2]

図 3 の配電方法は STS を使っています。STS の上位のコンポーネントには冗長性がありますが、STS とその下流に配置された変圧器には冗長性がありません。この方法の可用性は、わかりやすくするために分割された RBD の 7 つのストリングを基準に計算されます。図 12 は RBD のトップレイヤを示しています。「UPS システム」ブロックは 2 つあり、そのうちの一方です。つまり、そのブロック内の全てのコンポーネントに冗長性があります。図 13 は「UPS システム」ブロックの内容です。

図 12

STS を用いたシングルコードの機器

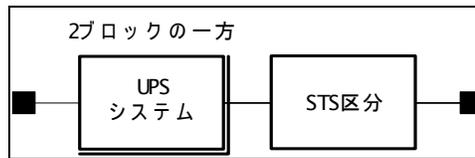
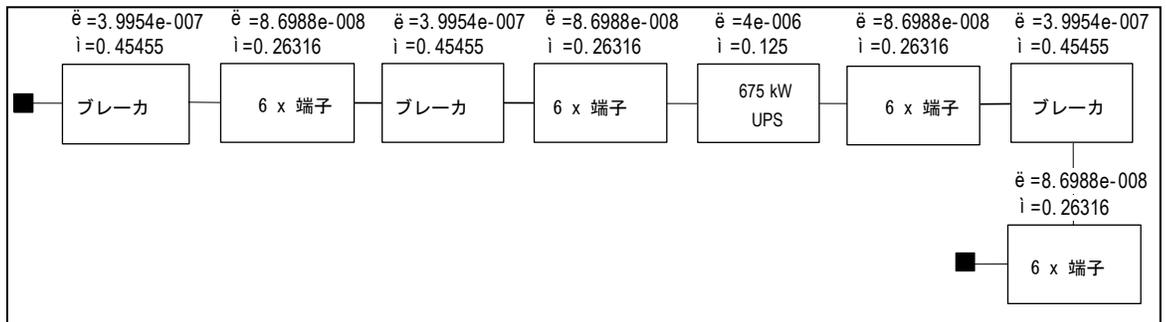


図 13

UPS システム



STS の上流側のコンポーネントは全て冗長性がありますが、図 12 の「STS区分」ブロック内のコンポーネントは故障によってダウンタイムを引き起こす可能性があります。図 14 が示すように、「STS区分」ブロックには STS システム、変圧器部、分電盤部が含まれています。STS システムは上流のどの冗長コンポーネントを使用するかを決定します。STS システムはブレーカ、端子、静止型切換スイッチを含みます。その RBD が図 15 です。

図 14

STS 区分

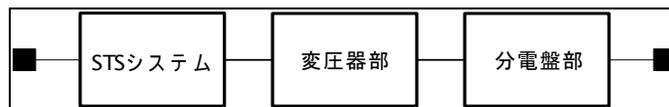


図 15

STS システム

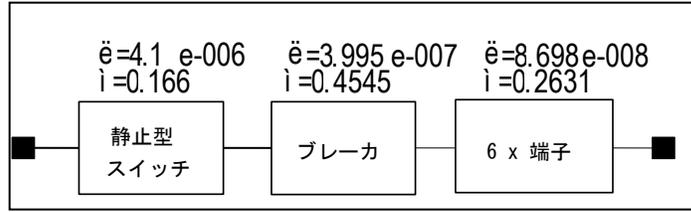


図 14 の「変圧器部」と「分電盤部」ブロックの内容を図 16 と図 17 で示します。

図 16

変圧器部

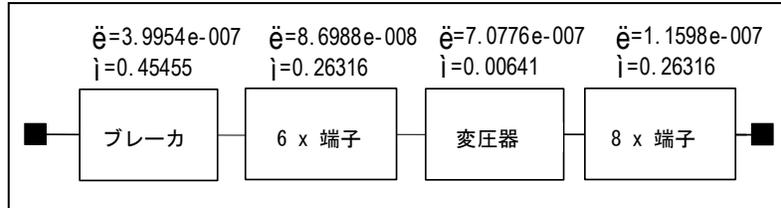
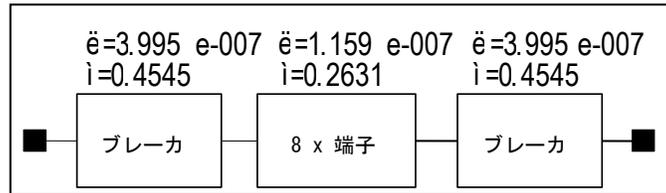


図 17

分電盤部



上記のRBDを基準にSTSを用いたシングルコードシステムの可用性（単一の変圧器）を算出しました。結果は下記のとおりです。

表 A3

STS を用いたシングルコード機器の可用性（単一の変圧器）【ケース2】

モデル名	可用性	非可用性	MTTR (時間)	MTTF (時間)	年間のダウン タイム (時間)
STS を用いたシングルコード の 機器（単一の変圧器）	99.98596%	1.4041E-04	20.4	145,513	1.23002
UPS システム	99.9999987%	1.2930E-09	6.5	5,025,125,628	0.00001
単一の UPS	99.99640%	3.5958E-05	6.5	180,291	0.31499
STS 区分	99.98596%	1.4041E-04	20.4	145,518	1.23001
STS システム	99.99738%	2.6164E-05	5.6	215,214	0.22920
変圧器部	99.98879%	1.1205E-04	85.53	763,201	0.98158
分電盤部	99.99978%	2.1987E-06	2.4	1,092,825	0.01926

静止型切換スイッチ (STS) を用いたシングルコード機器の可用性 (複数の変圧器)
[ケース 3]

図 4 の給電方法は STS を使用し、変圧器を含む STS の上位のコンポーネントに冗長性があります。この方法の可用性は、前述の分析と類似する RBD の 7 つのストリングを基準に計算されます。図 18 は RBD のトップレイヤを示しています。「UPS システムと変圧器」ブロックは 2 つあり、そのうちの一方です。つまり、そのブロック内の全てのコンポーネントに冗長性があることを意味します。図 19 は「UPS システムと変圧器」ブロックの内容を示します。「変圧器部」ブロックの内容は図 16 と同じです。ここまでの全てのコンポーネントは冗長性がありますが、図 18 の「STS 区分」ブロック内のコンポーネントは故障によってダウンタイムを引き起こす可能性があります。

図 18

STS を用いたシングルコードの機器

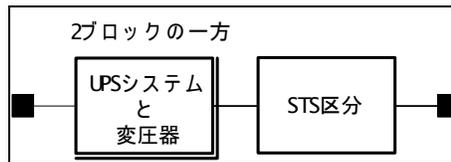
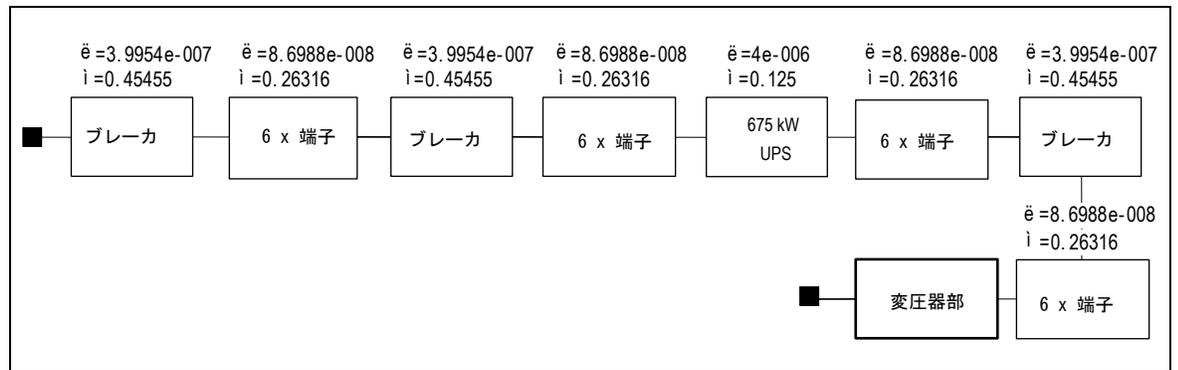


図 19

UPS システムと変圧器



このケースでは、図 20 のように「STS 区分」ブロックは STS システムと分電盤部のみを有し、変圧器は冗長コンポーネントとして上位に配置されています。図 21 の「STS システム」は 6 端子から 8 端子に変わっている以外は図 16 と同じで、「分電盤部」は図 17 と同じです。

図 20

STS 区分

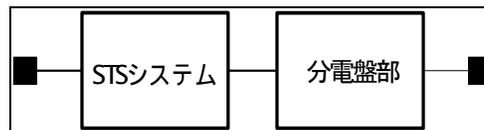
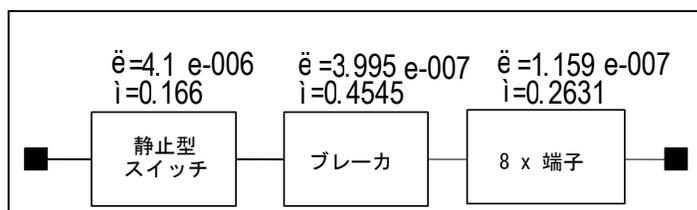


図 21

STS システム



上記のRBDを基準にSTSを用いたシングルコードシステムの可用性（複数の変圧器）を算出しました。結果は下記のとおりです。

表 A4

STS を用いたシングルコード機器の可用性（複数の変圧器） [ケース 3]

モデル名	可用性	非可用性	MTTR (時間)	MTTF (時間)	年間のダウン タイム (時間)
STS を用いた シングルコードの機器（複数 の変圧器）	99.99715%	2.8495E-05	5.1	178,839	0.24961
UPS システムと変圧器	99.9999978%	2.1906E-08	21.6	985,221,675	0.00019
UPS システム	99.99640%	3.5958E-05	6.5	180,291	0.31499
変圧器部	99.98879%	1.1205E-04	85.5	763,201	0.98158
STS 区分	99.99715%	2.8473E-05	5.1	178,872	0.24942
STS システム	99.99737%	2.6274E-05	5.6	213,880	0.23016
分電盤部	99.99978%	2.19867E-06	2.4	1,092,825	0.01926

ラックマウント ATS を用いたシ ングルコード機 器の可用性[ケ ース 4]

ラックマウントATSを用いたシングルコードの機器（図 5）は、RBDのトツブレイヤを示す図 22 を基準に計算されました。このモデルはラックに冗長性を与えますが、ラックマウントATSが故障することでダウンタイムが発生する可能性があります。図 23 は「UPSシステム区分」ブロックのコンポーネントを示します。「変圧器部」と「分電盤部」ブロックの内容は、それぞれ図 16 と図 17 と同じです。

図 22

ラックマウントATSを用いたシングルコードの機器

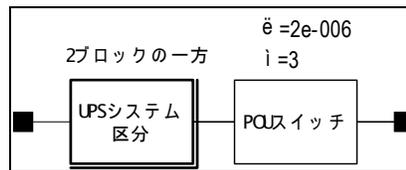
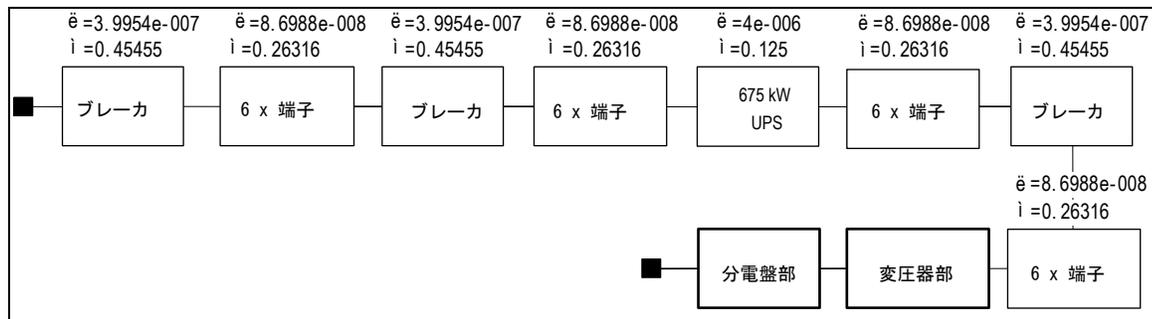


図 23

UPS システム区分



これらのRBDを基準にATSを用いたシングルコードシステムの可用性を算出しました。結果は下記のとおりです。

表 A5

ATS を用いたシングルコード機器の可用性[ケース 4]

モデル名	可用性	非可用性	MTTR (時間)	MTTF (時間)	年間のダウン タイム (時間)
ラックマウント ATS を用いた シングルコードの機器	99.999931 %	3.558950E-07	0.4	499,705	0.00604
UPS シス テム区分	99.999998 %	2.2562E-08	19.3	856,898,029	0.00018
変圧器部	99.98879 %	1.1205E-04	85.5	763,201	0.98158
分電盤部	99.99978 %	2.1987E-06	2.4	1,092,825	0.01926
ラックマウント ATS	99.999933%	3.3333E-07	0.3	500,000	0.00584

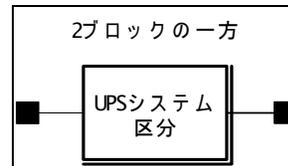
このケースでは、PDUをもう1つ追加すると可用性が大幅に向上します。しかしながら、ラックマウントATSがダウンタイムの原因となる可能性があるため、全体的な可用性は6桁の「9」が限界です。ラックマウントATSはその信頼性で選び、MTTRを最小限に抑えるためにスペアを常にサイト内で確保しておきます。

デュアルコード 機器の可用性[ケ ース 5]

デュアルコードの機器(図6)は、RBDのトップレイヤを示す図24を基準に計算されました。ラックマウントATSを用いたシステムと同様に、このRBDも全体的なUPSとPDUの故障率と回復率を基に安定した状態の可用性を算出しています。このケースはデュアルコードの機器で冗長経路を十分に利用できるため、ラックマウントATSは使用していません。2つの経路のうち、片方が稼働していれば機器を維持できます。一カ所が故障してもダウンタイムは発生しません。電源も冗長になっています。

図 24

デュアルコードの機器



下位レベルのRBD、「UPSシステム区分」ブロックの内容は図9～図11と同じです。これらのブロックを基準にしたデュアルコードシステムの可用性は下記のとおりです。

表 A6

デュアルコード機器の可用性[ケース 5]

モデル名	可用性	非可用性	MTTR (時間)	MTTF (時間)	年間のダウン タイム (時間)
デュアル コードの機器	99.9999977 %	2.2562E-08	19.3	856,898,029	0.0001976
UPS システム区分	99.9999977 %	2.2562E-08	19.3	856,898,029	0.0001976
変圧器部	99.98879 %	1.1205E-04	85.5	763,201	0.98158
分電盤部	99.99978 %	2.1987E-06	2.4	1,092,825	0.01926

「UPS システム区分」の可用性はケース 4 と同じですが、全体的な可用性は 7 桁の「9」に増えています。デュアルコードの機器を使用することでラックマウントATSが不要になり、この違いが生じました。ケース 4 で記したように、ラックマウントATSを使用する方法では、ラックマウントATS自体が故障することでダウンタイムが発生する可能性があり、6 桁の「9」が限界です。