

サーバールームおよび データセンタインフラ の効果的なMTBF 比較

ウェンディ トレル

ビクター アヴェレール

White Paper #112

APC[®]
Legendary Reliability™

要約

平均故障間隔（MTBF）は、サーバールームおよびデータセンタのインフラシステムを比較する際の重要な意思決定基準として使用されることがよくあります。この時、誤解を招くおそれのある数値やデータがベンダーから提示されるケースが多く見られ、ユーザは正確な比較を行うことができません。数値データの背後にある可変要素や前提条件を把握していなかったり誤解したりしていると、必然的に判断を誤ることになります。このホワイトペーパーでは、前提条件を明確にすることによって、システムの特長と選択の基準となる1つの要因として、いかに効果的にMTBFを利用できるかについて説明します。

はじめに

重要なサーバーームおよびデータセンタにおいて故障を回避することは、常に最優先事項です。数分のダウンタイムが企業の市場価値にマイナスの影響を及ぼす場合、ネットワーク環境を支える物理インフラに信頼性があるかどうかは極めて重要です。高信頼性のソリューションを確実に実行する方法とはどのようなものでしょうか。MTBFは、信頼性を比較するための最も一般的な方法です。ただし、MTBFの十分な理解なしには、企業が目標とする信頼性に到達することはできないでしょう。MTBFの基本原則については、APCホワイトペーパー #78『MTBF（平均故障間隔）の解説と規準』で紹介しています。故障の定義が不明確であったり、前提条件が非現実的であったり、誤って認識されていたりすると、MTBFは結局、無意味なものとなります。

このホワイトペーパーでは、MTBFの効果的な利用方法と、MTBFの特定および選択用ツールとして使用するときの制限事項について説明します。また、システム間の公平で価値ある比較を確認するためのガイドラインとしてチェックリストを提供します。

MTBF比較分析のための現実的なアプローチ

APCホワイトペーパー #78では、MTBF予測に関するいくつかの方法を紹介しています。同じ方法を採用するシステムは2つとして存在しないと考えられるほど、使用可能な方法が多数存在します。しかし、大部分の組織における各種プロセスを通して共通する1つの方法があります。それは、フィールドデータ計測法です。フィールドデータ計測法は、実際の故障データを使用するため、シミュレーションよりも故障率の計測が正確です。このデータは、少量生産品や新製品には使用できない可能性があります。出荷台数の多い製品には必ず使用する必要があります。そのため、このデータは最も論理的で現実的なシステム比較の出発点であると言えます。他の多くの方法と同様に、この方法も、APCホワイトペーパー #78で説明した通り「故障率は一定である」という前提条件に基づくことに注意してください。

このホワイトペーパーでは、このフィールドデータ計測法の手順を紹介するとともに、結果に影響を及ぼす手順内の変数を列挙して解説します。比較対象のシステム間で重要な前提条件や変数の一部が変化した場合は、そのMTBF値に及ぼす潜在的な影響を見極めることが大切です。図1は、フィールドデータ計測プロセスのタイムラインを示しています。タイムラインの中の各要素については、以下の手順で説明します。

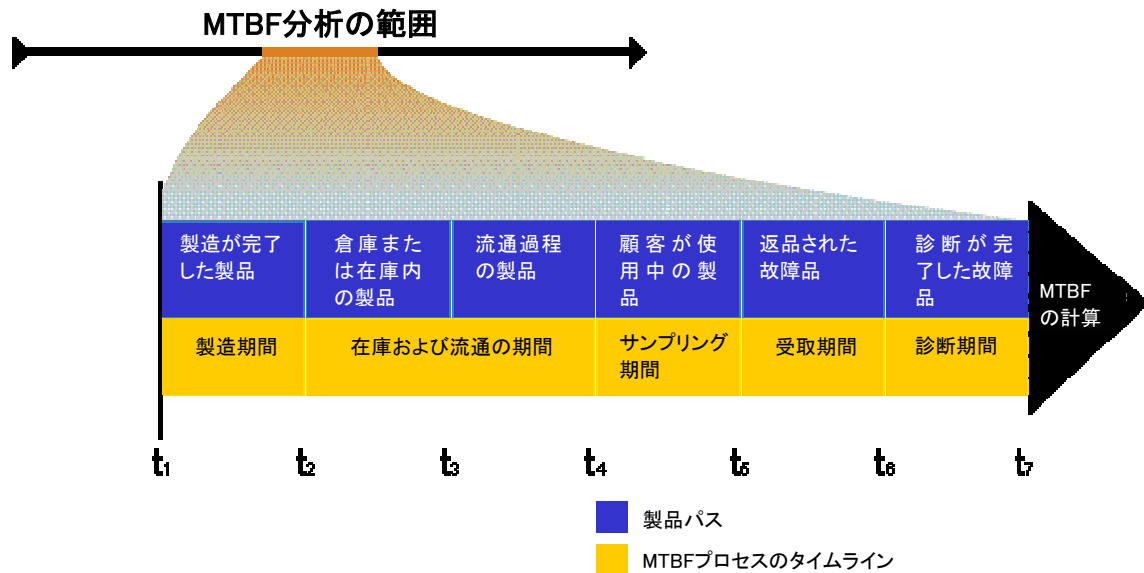


図1 - フィールドデータ計測プロセス

手順1：母集団のサイズの定義と見積もり

製品の年間故障率（AFR：Average Failure Rate）と最終的なMTBFを決定するプロセスの最初の手順では、分析する製品の母集団を特定します。まず、特定の製品モデルと製品ファミリー全体のどちらを基本に計算するかを決定します。次に、母集団に含める製品の製造期間（何日間または何か月間）を決定します。最後に、製造開始日と製造終了日を決定します。母集団として選択された製品が設計上ほぼ同等であることと、収集したデータの統計的妥当性を得るために十分な量があることが重要です。

手順2：データ収集用のサンプリング期間の決定

このプロセスの2番目の手順では、故障に関するデータを母集団からサンプリングする期間を決定します。通常、このデータは、製品のユーザがベンダーに故障について電話で問い合わせたときに収集されます。母集団の製造期間の終わりからサンプリング期間の始めまでの十分な時間は、製品、地域、流通プロセス、および在庫状況によって異なります。たとえば、製品が出荷されるまでに工場の倉庫で2か月、流通機構で2か月かかるとすると、サンプリング期間を開始するまでに必要な最低期間は、製造後4か月となります。卸業者や再販業者、小売業者を経由する製品では、4か月がこれらの変数を含む現実的な期間であると考えられます。

この場合、(1) 母集団の製造期間の終わりからサンプリング期間の始めまでの十分な時間、(2) 結果の信頼性を確保するために十分なデータ収集期間、という2つの重要な変数があります。

母集団の製造期間の終わりからサンプリング期間の始めまでに十分な時間が取れない場合は、母集団に含まれる製品の展開が完了する前にサンプリング期間を開始することがあります。この条件下では、2つの影響が現れます。1つは、展開されていない製品は当然故障しないため、故障率が過小評価されるおそれがあることです。もう1つは、サンプリング期間に多数の据付や調整のエラーが含まれるおそれがあることです。伝統的な「バスタブ」型の故障率を示す可能性のある新製品を多数設置する場合には、故障率の過大評価を招きます。この2つの相対する影響力が非常に強力であることは分かっていますが、お互いにバランスをとっているとは言えません。

サンプリング時間に関して検討しなければならない別の項目は、継続期間です。故障に関するデータの収集期間は、何日間が妥当でしょうか。サンプリング時間枠は、標本から統計的な「ノイズ」を取り除くために十分な長さを選択する必要があります。ほぼ正確な結果を得るために必要な期間は、母集団のサイズに依存します。たとえば、大量生産品では1か月、少量生産品では数か月必要な場合があります。

手順3：故障の定義

故障のカウントを開始する前に、一貫した計測プロセスが確認できるように故障を明確に定義する必要があります。「故障した」製品が工場に返されるたびに、個々の技術者が故障を定義している場合を想定してください。ある技術者は、致命的に故障した製品だけをカウントするかもしれませんが、別の技術者は、致命的な状態のものも含めて故障したすべての製品をカウントするかもしれません。この2名の技術者の極端な方法は、特定の製品の故障率について正確な評価を混乱させることとなります。これが、その製品の製造プロセスの管理に影響を及ぼすことは言うまでもありません。そのため、ベンダーは、製品を診断する前に、故障について明確に定義しておく必要があります。ベンダーによっては、特定のイベントのMTBFの計算に関して、複数の故障定義を備えていることがあります。たとえば、UPSベンダーは、重要負荷に影響を与えた出力断から機器が継続して動作できる程度の軽度な故障までを加えた製品のMTBFも計測する傾向があります。

手順4：製品の受領、診断、および修理

故障が報告された製品の受領、診断、および修理に要する時間を考慮して、サンプリング期間の終わりからAFR計算を開始するまでに十分な時間を取る必要があります。診断によって故障の種類が判明し、修理によって診断の正当性が立証されます。小型製品の場合は、通常、ユニットがベンダーに送り返されるため、受領遅延やユニットが到着するまでの時間が発生します。ユニットがベンダーに到着してから、診断と修理を行う必要があるため、診断期間と呼ばれる別の遅延が発生します。大型製品の診断と修理は、通常、客先で実施されるため、遅延はほとんど発生しません。いずれの場合も、AFRを計算する前に製品を診断して修理する必要があります。大量生産品の場合は、診断遅延の終了後もユニットを修理することができます。この時、修理前のユニットと修理後のユニットの故障率は等しいという前提条件が設定される場合があります。計測する製品の生産量と種類によっては、受取期間と診断期間が生じたことを理由として、AFRが計算可能になった時点で、サンプリング期間の最後に数週間を追加することができます。

手順5：年間故障率の計算

年間故障率は、特定の製品の1年間の予想される故障数を明らかにするために計算されます。この計算における最初の手順では、故障データを「年率に換算」します。これは、サンプリング期間における故障数に年間のサンプリング期間数を乗算することで算出されます。2番目の手順として、母集団全体に対する故障率を決定します。これは、年率換算した故障数を製造期間に製造されたユニット数で除することによって算出されます。**式1**を以下に示します。

$$\text{AFR} = \frac{\text{サンプリング期間内の故障数} \times (\text{年間52週} / \text{サンプリング期間内の週数})}{\text{母集団内のユニット数}} \quad \text{式1}$$

この数式には、次の2つの前提条件が必要です。(1) 製品は、1日24時間、1年356日動作し、(2) 母集団に含まれるすべての製品は、同じ時間に動作を開始します。そのため、この数式は、任意の製品に使用可能ですが、連続的に動作している製品に、より適合します。断続的に動作することが判っている製品の設備では、**式2**を使ってAFRを計算した方が正確です。この種の製品の例として、待機型の非常用発電システムが挙げられます。

$$\text{ARF} = \frac{\text{サンプリング期間内の故障数} \times (\text{年間52週} / \text{サンプリング期間内の週数})}{\text{母集団内のユニットの累積稼働年数}} \quad \text{式2}$$

この式を使用すれば、AFRは、そのユニットが実際に動作している時間に対してだけ計算されます。実際には、**式1**と**式2**は同じ式ですが、前提条件が異なります。以下の仮定に基づいた例は、連続的には動作しない製品を分析したときに、どのくらいの差が出るかを示しています。

標本の母集団には、10,000台の自動車が含まれる。

2か月(サンプリング期間)に渡って、この母集団の故障に関するデータを収集する。

自動車は、平均年間400時間稼働する。

2か月間で10台の自動車が故障した。

式1の使用:

故障率は、故障10回 \times (年間52週 / サンプリング期間8週間) / 母集団10,000ユニット = 0.0065または0.65%になる。

式2の使用:

製品が同時に稼働し始めたと仮定した場合(*)の母集団の稼働年数は、10,000 \times 年間400時間 = 4百万累積自動車時間、または4百万 / 年間8760時間 = 457自動車年になる。

故障率は、故障10回 \times (年間52週 / サンプリング期間8週) / 457累積自動車年 = 0.14または14%になる。

*この前提条件は例を簡単にするために設定された。実際には、製品は期間を通して販売されるため、結果として稼働時間は下がる。稼働時間が下がるとAFRが上がる。

上の例が連続的に動作する製品で実施された場合は、2つのAFRの値は同一になります。すべてのユニットが同時に動作を開始するという前提条件が満たされなかった場合でも、2つのAFRの値はかなり近い値になります。従って、製品が連続的に動作するのか、連続的には動作しないのかを把握しておくことが正確な分析を行う上では重要です。

手順6：AFRからMTBFへの変換

AFRからMTBFへの変換（時間単位）は、すべての手順の中で最も簡単ですが、おそらく最もよく誤解されます。AFRからMTBFへの変換は、故障率が一定であるという前提条件のもとでのみ有効です。この計算式を次に示します（式3）。

$$\text{MTBF} = \frac{\text{年間時間}}{\text{AFR}} = \frac{8760}{\text{AFR}} \quad \text{式3}$$

AFR計測プロセスによるMTBFの計算例

以下の仮定に基づいた例を使って、プロセス全体を示します。

手順1:

母集団は、すべてブランド“X”の15kVA UPSシステムで、2003年の36週から47週（9月1日から12月21日）の12週間の製造期間に製造されたものとする。この母集団は、2000ユニットで構成される。

手順2:

サンプリング期間は、2004年2月2日から2004年7月16日まで（24週間）とする。これには、製品の在庫と流通用の10週間の遅延が含まれる。

手順3:

故障は、人為的ミスを含めて、何らかの原因で発生した重大な出力断として定義する。

手順4:

サンプリング期間中に、20回の故障が報告された。このうち、9回は重大な出力断に分類され、残りの11回は重大ではない故障に分類された。従って、手順3で設定された定義に基づいて、9回の故障を以下の計算で使用する。AFR計算の前に故障した製品の受領、診断、修理が完了した。

手順5:

AFRの計算式:

$$\text{AFR} = \frac{\text{故障9回} \times (\text{年間52週} / \text{サンプリング期間内の24週})}{\text{母集団内の2000ユニット}} = 0.00975 = 0.975 \%$$

手順6:

MTBFの計算式:

$$\text{MTBF} = \frac{8760}{\text{AFR}} = \frac{8760}{0.00975} = 898,462 \text{時間}$$

AFRに影響を及ぼす変数

多くの場合、MTBF値は、それを裏付ける基礎資料なしでベンダーから提供されます。前述したように、複数のシステムのMTBF値（またはAFR値）を比較するときは、分析に使用された内在している前提条件と変数、特に故障の定義方法を把握することが重要です。これらを把握しないまま比較を実行すると、結果が偏る危険性が高まり、500%以上のばらつきが予想されます。これは、最終的に、不要な経費と予想外のダウンタイムにつながるおそれがあります。一般に、複数のシステム間のMTBF値は、変数の明確な定義、前提条件、および故障の定義を無視して比較するべきではありません。2つのMTBF値が近い場合でも、偏った比較の可能性は残っています。そのため、MTBFの結果をそのまま受け取らず、なぜそのような値になったのかを分析して理解することが必要不可欠です。

各変数とその変数が結果に及ぼす潜在的な影響について以下に説明します。複数のシステム間の変数の比較に役立つツールとして、チェックリストを付録に示します。完成したら、チェックリストを見直して、システム間の変数の違いを確認する必要があります。これらの違いのそれぞれとMTBFに対する影響を細かく分析することによって、公正な比較が、製品の特定や購入の決定に対する主要な検討要素になり得るかどうかを判断することができます。

製品の機能、用途、および境界

複数のMTBF値を比較する前に、比較しようとしている製品が同等のものかどうかを確認することが重要です。比較する製品は、機能、能力、および用途が同様である必要があります。比較する製品がUPSである場合、この製品の機能は、接続された機器に保護された電源を供給することです。この製品の用途は、データセンター環境内部の重要なIT機器をサポートすることです。用途が全く異なる場合は、公正なMTBF比較を実施することはできません。たとえば、産業用に設計されたUPSと、IT用に設計されたUPSを比較することは現実的ではありません。

さらに重要なことは、MTBFの比較に使用されるシステムの境界条件が同等である必要があります。各システムの構成要素の設定が異なっている場合は、比較結果が偏ることが避けられません。外部バッテリー付きのUPSシステムを想定してください。ベンダーによっては、外部バッテリーは、あくまでも「外部」であり、システムの一部ではないため、その故障を含めないことを選択するかもしれません。別のベンダーは、外部バッテリーは、システム動作に不可欠なコンポーネントであるため、その故障を含めることを選択するかもしれません。図2はこの例を示しています。境界条件が曖昧になるおそれのあるその他のコンポーネントとして、入力サーキットブレーカ、出力サーキットブレーカ、並列システム、ヒューズ、および制御システムがあります。購入前に、ベンダーにMTBFの計算に含まれているコンポーネントやサブシステムは何かを尋ねるべきで、すべてのベンダーが同じ方法で物事を定義しているとは受け取らないようにしてください。

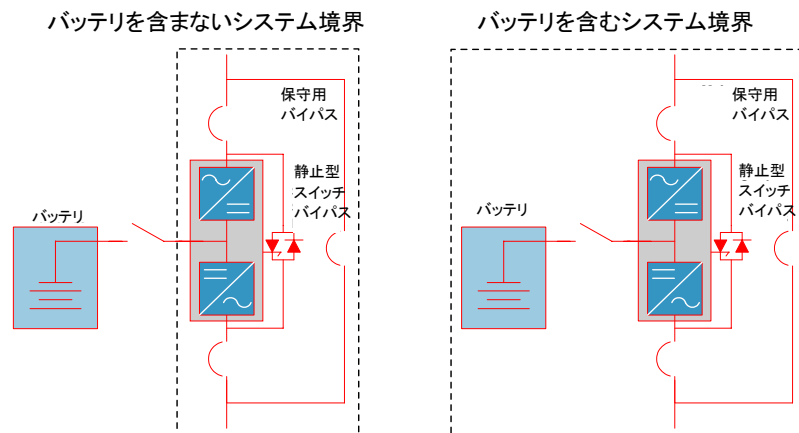


図2 - UPSシステムの「境界条件」の比較

故障率が一定であるという前提条件

有効なAFRとMTBFを計算するフィールドデータ計測法では、分析する製品の故障率が一定であると仮定する必要があります。この前提条件が適切かどうかは、比較する製品の種類から判断することが重要です。これは、電子システムや電子部品のための前提条件として、一般に認められています。製品はこのカテゴリに含まれるでしょうか。このカテゴリに含まれない場合は、計算された値が予想される故障を示しているとは言えず、公正な比較が実施できる可能性はほとんどありません。

母集団のサイズ

製品とその用途が同様なこと became 明らかになったら、フィールドデータの収集プロセスに注目することが重要です。母集団のサイズ（製造されたユニット数）を定義することが、このプロセスの最初の重要な変数です。母集団の中に定義された製品の生産量が非常に少ない場合は、そのMTBF値はあまり役に立たない可能性があります。そのため、MTBF値を比較するときは、十分なサイズの母集団に基づいていることを確認することが重要です。

比較する製品の一定期間あたりの生産台数が異なる可能性がある場合でも、考慮すべき点は母集団内のユニット数です。製品の一定期間あたりの生産台数が少ない場合は、適切な生産量にするために製品の製造期間を長くする必要があります。たとえば、ベンダー“A”は製品を1か月に1000ユニット生産し、ベンダー“B”は「同様の」製品を1か月に50ユニット製造するとします。ベンダー“A”の生産量が1か月分で十分であれば、ベンダー“B”が統計的に有効な結果を得るためには、数か月分の製品を母集団に含める必要があります。

母集団の製造期間の終わりからサンプリング期間の始めまでの時間

製造期間の終わりからサンプリング期間の始めまでに十分な時間が取れない場合は、AFRとMTBFの値が誤って提示されるおそれがあります。比較する各システムのベンダーは、故障データの収集を開始する前に、母集団が在庫と流通のプロセスを通過するための十分な時間を提供する必要があります。

たとえば、特定の製品が、通常、1か月間の在庫期間を経て、1か月間の流通期間を通過する場合、故障を計測する前に割り当てなければならない最低期間は2か月です。この「待ち」時間のトータルは、製品の種類によって異なります。比較するには、製品の種類が同様でなければならないため、製造期間とサンプリング期間の間の時間も同様にする必要があります。あるベンダーの待ち時間が不十分、または待ち時間が全くないことが判明している場合は、そのシステムのAFRが実際の値よりも低い可能性があるため、値を比較するときには注意が必要です。

標本データの収集期間

このプロセスの手順2で説明したように、適切な標本データの収集期間を選択することが重要です。比較するシステムが、生産量と販売台数が同様であり、同じ長さのサンプリング期間に設定されている場合は、公正な比較を実施することができます。ただし、このようなケースばかりではありません。サンプリング期間の長さがシステムによって異なる場合は、そのシステムが、時間超過になるかもしれないという故障率の正確な値を提供しているかどうかを判断するために、それぞれを個別のサンプリング期間で評価することが重要になります。

製品の生産量が少ないほど、サンプリング期間を長くするべきです。たとえば、月間あたりの生産量が10ユニットのベンダーが、1か月間だけ故障に関するデータを収集しても不十分です。生産量が少ないため、その1か月に報告された故障数（もしあったとしても）が、将来の故障率に適用できるとは考えられません。

故障の定義

比較する2つの製品間の故障の定義が異なっていた場合、その分析は、リンゴとオレンジを比較するのと同じくらい役に立ちません。そのため、有効なMTBF比較を実施するための必須課題として、比較する製品ごとの故障の原因を正確に調査することが挙げられます。そこで、ベンダーは、MTBF計算に関して何を故障と見なすべきでしょうか。

- 顧客の誤用による故障はカウントすべきでしょうか。設計者が見落とした人的要因が、ユーザーの誤用につながる可能性があります。
- 電源保護業界におけるUPS故障の最も有名な「定義」は、「出力断」故障です。これは、機器に投入されていた電源が許容量を超えたことによって、機器の電源が落ちたことを意味します。しかし、ベンダーのサービス技術者による出力断をカウントすべきでしょうか。製品の設計そのものが、すでに故障しやすい製品の故障率を上げることはないでしょうか。

- コンピュータのLED（発光ダイオード）が作動しなくなった場合、コンピュータの動作には影響がなくても故障と考えられますか。
- バッテリーなどの有寿命部品が耐用期間未満で使用不可能になった場合は故障と考えられますか。
- 配送時の損傷は故障でしょうか。これは梱包設計が不十分であった可能性を示しています。
- 繰り返し発生する故障はカウントされますか。つまり、同じ顧客の同じシステムに対する一度の診断で発生した故障はその個数だけカウントされますか、それとも1つとしてカウントされますか。
- 設置中に発生した故障は故障としてカウントされますか。この故障はベンダーの技術者が原因である可能性があります。
- 顧客が、推奨されている保守契約やモニタリングシステムを購入しなかった場合も故障はカウントされますか。
- 地震などの災害による建物の損傷や、システムが故障した場合も故障はカウントされますか、それとも「不可抗力」として除外されますか。
- システムの特定のコンポーネントの故障は除外されますか。UPSシステムの場合は、バッテリーまたはバイパススイッチがこれに該当します。
- システムダウンにつながる連鎖的な故障が発生した場合は、システムごとに故障としてカウントされますか、それとも最初の故障だけがカウントされますか。
- システムがなんらかの方法で「カスタマイズ」されている場合は、そのシステムの故障は母集団から除外されますか。

業界内で使用されているMTBFを計算するための故障定義は、複数の可能性を考慮しています。上述したリストは、ほんの一部です。何を故障としてカウントするかに関する例外を多く作ることによって、MTBF値は、顧客が実際に経験する以上に信頼できるシステムであることを明らかにします。AFR値とMTBF値をパートナーと顧客に提供するためには、MTBF値を比較するときの故障の明確な定義が必要です。

3つの簡単な定義を次に示します。

タイプ0 製品に使用に耐えられない欠陥または故障がある

タイプI 必須機能を実行するための製品全体の能力が終了¹

タイプII 製品全体として動作する能力は保持しているが、あるコンポーネントの必須機能が実行不可能²

¹ IEC-50: International Electrotechnical Commission (国際電気標準会議) 規格

² IEC-50: International Electrotechnical Commission (国際電気標準会議) 規格

各ベンダーがどの定義を選択したかを知ることに加えて、人為的故障が含まれているかどうかを知ることにも必要です。MTBFの計算に人為的ミスが含まれている場合は、MTBF値の比較がさらに困難になります。これは、故障を引き起こす人為的ミスにはさまざまなものがあるため、ベンダーによっては故障に関連した人為的ミスのいくつかを除外する可能性があるためです。ベンダーによって除外する故障の種類が異なる場合は、システムの比較自体が疑わしいものになります。

この点を説明するために、ブランド“X”の例を再び取り上げます。表1は、複数の故障定義が存在するときのMTBF値の比較を示しています。システム“A”は、ブランド“X”の製品で、故障は重大（タイプI）故障として定義されており、すべての種類の人為的ミスと消耗品の故障が含まれています。システム“B”は、同じブランド“X”の製品で、故障はタイプI故障ですが、人為的ミス、連鎖故障、および消耗品の故障は除外されています。MTBF計算式の特徴から、サンプリング期間の1つの故障の違いであっても、MTBFの結果に大きな影響を及ぼす可能性があります。この例では、5回のシステム故障数の差（システムAの場合は9回、システムBの場合は4回）によって、MTBFに125%の違いがあります。故障定義は、簡単にかつ頻繁に誤解されますが、この例で示したように、有効な比較と無効な比較の差を明らかにすることができます。

表1 - 複数の故障定義によるMTBF値比較の例

システム A				MTBF 比較				システム B				
サンプリング期間の総故障数	サンプリング期間に再発した故障数	サンプリング期間に「初めて」発生した故障数	MTBF 計算に含めるか	故障の種類				MTBF 計算に含めるか	サンプリング期間に「初めて」発生した故障数	サンプリング期間に再発した故障数	サンプリング期間の総故障数	
タイプ 0 の故障 = 製品に使用に耐えられない欠陥または故障がある												
0		0	No	出荷の損傷による故障				No	0		0	
0		0	No	「認定された」設置中に発生した故障				No	0		0	
0		0	No	「認定されていない」設置中に発生した故障				No	0		0	
タイプ I の故障 = 必須機能を実行するための製品全体の能力が終了												
0		0	Yes	正常動作として判断された「報告された故障」				Yes	0		0	
1		1	Yes	連鎖故障(別のシステムが原因の故障)				No	1		1	
1		1	Yes	APC のサービス技術者または APC 認定のサービス技術者が原因の故障(システムの稼動中)				No	1		1	
0		0	Yes	APC 以外の技術者が原因の故障(システムの稼動中)				No	0		0	
1	0	1	Yes	顧客の誤用が原因の故障				No	1	0	1	
2	0	2	Yes	バッテリーなどの消耗品の故障				No	2	0	2	
1	0	1	Yes	アップグレードまたは修理されたハードウェアコンポーネントまたはファームウェアの故障(技術変更指示)				Yes	1	0	1	
3	0	3	Yes	* ハードウェアコンポーネントまたはファームウェアの故障				Yes	3	0	3	
タイプ II の故障 = 製品全体として動作する能力は保持しているが、あるコンポーネントの必須機能が実行不可能												
2		2	No	正常動作として判断された「報告された故障」				No	2		2	
1		1	No	連鎖故障(別のシステムが原因の故障)				No	1		1	
1		1	No	APC のサービス技術者または APC 認定のサービス技術者が原因の故障(システムの稼動中)				No	1		1	
1		1	No	APC 以外の技術者が原因の故障(システムの稼動中)				No	1		1	
1	0	1	No	顧客の誤用が原因の故障				No	1	0	1	
2	0	2	No	バッテリーなどの消耗品の故障				No	2	0	2	
1	0	1	No	アップグレードまたは修理されたハードウェアコンポーネントまたはファームウェアの故障(技術変更指示)				No	1	0	1	
2	0	2	No	* ハードウェアコンポーネントまたはファームウェアの故障				No	2	0	2	
トータルに連鎖故障を含めるか?			No	連鎖故障は、同じ顧客、同じシステム、同じ故障モードに関する故障である				No	トータルに連鎖故障を含めるか?			
9				MTBF 計算のサンプリング期間における総故障数				4				

MTBF 計算	システム A	システム B	システム A と同じ故障定義のシステム B
MTBF 計算のサンプリング期間における総故障数	9	4	9
サンプリング期間内の週数	24	24	24
母集団内のユニット数	2000	2000	2000
AFR = [サンプリング期間内の故障数 × (年間 52 週 / サンプリング期間内の週数)] / 母集団内のユニット数	0.975%	0.433%	0.975%
MTBF = 8760 / AFR	898,462	2,021,538	898,462

システム B の MTBF は、システム A の MTBF の 125% に相当する。これは、故障定義が異なることによる不正な比較結果である

システム B の MTBF は、システム A の MTBF と同じである

このような違いを軽減するために、APCは、MTBF値に含めるものと含めないものの定義に関する最良の方法を提案します。この最良の方法は、妥当な故障だけを顧客に提示するという目標に基づいて作成されたものです。妥当な故障は、ベンダーの管理範囲を明確に表現する必要があります。たとえば、ベンダーのサービス技術者が故障の原因の場合は、ベンダーの責任である以上、この故障をMTBFに反映させる必要があります。一方、顧客が委託した認定されていないサードパーティのサービス技術者による作業が故障の原因の場合は、ベンダーの管理の範囲外であるため、この故障をMTBFに反映させる必要はありません。付録のチェックリストに、この最良の方法にどの定義が含まれるかを示しています。

この最良の方法の故障定義をベンダー間の製品比較に使用してください。あるベンダーがこの定義の一部の範囲しか提供できない場合は、比較する別のベンダーからも同じ範囲を入手する必要があります。さらに、この一貫性は、公正な比較を実施するためにも必要です。ただし、これによって「公正な」比較が可能になるかもしれませんが、必ずしも実態を忠実に反映しているとは限りません。ベンダーが含める故障の範囲が小さければ小さいほど、実際のMTBF値からは遠ざかることになります。

サンプリング期間の最終日とAFR計算日の間の時間

ベンダーは、サンプリング期間に報告されたすべての故障品の受取、診断、修理が完了してから、はじめてAFRを計算することができます。実際には、客先で診断と修理が行われた少量生産品の場合にこれが可能です。ただし、工場に送り返された大量生産品の場合には当てはまりません。同じ種類の製品のMTBF比較するためには、サンプリング期間の最終日とAFR計算日の間の遅延も同様にする必要があります。たとえば、ベンダー“A”がサンプリング期間終了1か月後にAFRを計算し、ベンダー“B”がサンプリング期間終了4か月後にAFRを計算したと仮定します。比較する製品が大量生産品の場合は、おそらく、ベンダー“A”の方が好ましいAFR値を提示するでしょう。これは、一部の「故障した」製品（まだ、受取、診断、修理が行われていない）が、AFR計算の中にカウントされていないためです。

このようなシステム間の期間の違いがあっても、比較が無効にならない1つの条件があります（他に違いがない場合）。その条件とは、すべてのベンダーが、修理前のユニットと修理後のユニットは同じ率で故障すると仮定し、返品された製品の大部分の受取、診断、修理が完了していることです。

データの収集と分析のドキュメント化されたプロセス

MTBF比較の信頼性を評価するには、各ベンダーがデータの収集と分析用に準備したプロセスを理解することが重要です。安定した品質管理プログラムを実行するためには、プロセスを明確に定義して、ドキュメント化することが必要不可欠です。これによって、分析手順全体の一貫性と正確性が確認されます。注意すべきプロセスの問題点に関する3つの例を以下に示します。プロセスの問題点やその他の問題点が明らか場合は、それがMTBF計算（および最終的な比較）に及ぼす影響を綿密に調査する必要があります。

- 地域が異なると使用している故障データと修理データの追跡システムや集積システムも異なるため、ベンダーが世界中のデータを正確に追跡することができない場合。データ不足や不正確なデータによって、国外に販売されたユニットのAFR計算でエラーが発生するおそれがあります。
- ベンダーが、返品を分類するための明確に定義されたプロセスを設定していない場合。支払猶予期間に返品された未使用品と未開封品が故障による返品として分類されると、AFRの計算結果が大きくなります。
- ベンダーの追跡システムの大部分が手動の場合。人為的プロセスが増えれば、データと最終的なAFR計算の中に一連の潜在的エラーが取り込まれるおそれがあります。プロセスを自動化すればするほど、一般に、結果の精度が上がります。自動化の1つの例として、手動によるシステムへの番号入力から、シリアル番号のスキャンングへの変更が挙げられます。

AFRの計算式

製品によっては、ベンダーが使用するAFR計算式（式1または式2）が、MTBF比較を無意味にするおそれがあります。（運用中は）連続的に動作する製品を比較する場合は、どちらかの式を使用することができますが、連続的には動作しない製品を比較する場合は、式2だけしか使用することができません。式1を使用すると、比較結果が無効になります。表2は、どちらのシナリオが有効な比較を実施可能か示しています。

表2 – AFR計算式の比較表

製品の稼動状態	AFR計算式1を使用した場合	AFR計算式2を使用した場合
連続稼動製品の比較 UPS"A"とUPS"B"（両方とも重要機器のバックアップ用）	有効な比較	有効な比較
非連続稼動製品の比較 ラップトップ"A"とラップトップ"B"	無効な比較	有効な比較

年間時間

故障率が一定であるという前提条件のもとでのみ、AFRをMTBFに変換することができます。この場合は、式3を使用することができますが、比較する全てのシステムが同じ年間時間を使用しているかどうかを確認することが重要です。たとえば、あるベンダーは年間8,000時間を使用し、別のベンダーは年間8,760時間という正確な値を使用しているかもしれません。

MTBFを超える判断基準

MTBFは、方法、変数、および前提条件が、比較するすべてのシステムで同じ場合、製品の特定と選択に役立つ決定ツールにすることができますが、これを唯一の基準にすべきではありません。複数のベンダーの製品を評価するときに考慮すべき基準は他にも多数あります。たとえば、ベンダーの品質管理プロセスはどの程度安定しているか、製造している製品の種類は何であって、どのような製造環境であるか、ISO 9000に認定されているか、などの基準が挙げられます。これらの基準によって、品質と信頼性を最適化するプロセスの標準化の度合いが示されます。各製品はユーザのニーズをどの程度満たしているのでしょうか。この基準には、製品の柔軟性やモジュール性、故障から迅速に回復する能力（MTTR）、製品のTCO（総所有コスト）などの検討が必要になります（TCOの重要性については、APCホワイトペーパー #6『データセンタと電算室における物理インフラ（NCP1）の総所有コストを求める』を参照してください）。別の比較の方法として、顧客の製品照会や製品評価に注目する方法があります。最終的には、検討中である複数のシステムに対する第三者による公平な評価が、最適な製品の特定と購入の意思決定に導きます。

結論

一般に、複数の製品を比較するときには、MTBFが主要な意思決定基準になります。ただし、MTBF値を比較する場合には注意が必要です。まず、MTBF値の予測方法が同じでなければなりません。また、フィールドデータの収集プロセスと分析プロセス中に多くの変数と前提条件が使用され、それぞれが結果に対して大きな影響を及ぼしている可能性があります。従って、これらの変数と前提条件が一致していなければ、公平なMTBFの比較は実施できません。実際には、これらの変数と前提条件が異なっている場合がほとんどです。付録のチェックリストを使うと、その判断が容易になります。また、重要な変数がMTBF値に及ぼす影響を定量化するときには、オンラインのMTBF算出ツールが役立ちます。

このホワイトペーパーの説明を基礎にすることで、MTBFをより公平に比較できるようになります。同様の前提条件と変数が使用され、故障定義が同じであれば、比較結果に十分な信頼性があると考えられます。

著者について

ウェンディ トレルは可用性エンジニアで、ロードアイランド州ウエストキングストンにあるAPC本社に勤務しています。クライアントと可用性の科学的アプローチについて協議し、それぞれのデータセンタ環境の可用性を最適化する方法を検証しています。ニューヨーク州スケネクタディのUnion Collegeで機械工学を専攻し、学士号を取得しました。彼はASQ (米国品質学会)の公認可用性エンジニアです。

ビクター アヴェレールはAPCの可用性エンジニアです。クライアントの電気システムやデータセンタ設計の可用性に関する助言や分析を担当しています。1995年にRensselaer Polytechnic Instituteで機械工学を専攻して学士号を取得しました。彼はASHRAEとASQの会員です。

付録 - MTBF故障定義チェックリスト

故障定義	APC の最良の方法	ベンダー-A	ベンダー-B
ベンダーの MTBF 値に含まれている故障定義に印を付けてください			
タイプ 0: 製品に使用に耐えられない欠陥または故障がある			
出荷の損傷による故障			
「認定された」設置中に発生した故障			
「認定されていない」設置中に発生した故障			
タイプ I: 必須機能を実行するための製品全体の能力が終了			
正常動作として判断された「報告された故障」			
故障定義の 2 つの例: (1) 停電中に UPS がバッテリーに切り換えたが、バッテリーが放電した結果、機器の電源が落ちた。 (2) 異常な気象状態によって、空調設備の冷房が効かなくなったために、クリティカルサーバーがシャットダウンした。			
連鎖故障(別の「同様の」システムが原因で発生した故障) この故障定義の例: 共通の出力バス上に 2 台の並列 UPS システムがある。1 台の UPS システム上のコンデンサがショートして、障害が出力母線に波及、機器の電源が落ちた。	○		
APC のサービス技術者または APC 認定のサービス技術者が原因の故障(システムの稼働中)	○		
APC 以外の技術者が原因の故障(システムの稼働中)			
顧客の誤用が原因の故障 この故障定義の 2 つの例: (1) 顧客がテストボタンの代わりにオフボタンを押した結果、機器の電源が落ちた。 (2) 顧客がフォークリフトで冷却水管を壊した結果、空調設備が冷房を停止した。	○		
バッテリーなどの消耗品の故障 消耗品とは、システムの耐用年数が切れるまで交換すべき減耗品として定義されている。 消耗品の故障とは、耐用年数が切れる前に期待された機能が実行不能になった場合と定義されている。 その他の例: (1) 大規模システム内の電解コンデンサ (2) エアークリスタルやオイルフィルタなどのフィルタ類 (3) 空調設備内部の冷媒。	○		
アップグレードまたは修理されたハードウェアコンポーネントまたはファームウェアの故障(技術変更) この故障定義には、以前はカウントされなかったすべてのタイプ I のハードウェアまたはファームウェアの故障が含まれる。これは、設計変更またはその他のドキュメント化された修正にて変更された。	○		
ハードウェアコンポーネントまたはファームウェアの故障 この故障定義には、以前はカウントされなかったすべてのタイプ I のハードウェアまたはファームウェアの故障が含まれる。	○		
タイプ II 故障 = 製品全体として動作する能力は保持しているが、あるコンポーネントの必須機能が実行不可能			
正常動作として判断された「報告された故障」			
連鎖故障(別の「同様の」システムが原因で発生した故障)	○		
APC のサービス技術者または APC 認定のサービス技術者が原因の故障(システムの稼働中)	○		
APC 以外の技術者が原因の故障(システムの稼働中)			
顧客の誤用が原因の故障			
バッテリーなどの消耗品の故障	○		
アップグレードまたは修理されたハードウェアコンポーネントまたはファームウェアの故障(技術変更指示)	○		
ハードウェアコンポーネントまたはファームウェアの故障	○		