

## バッテリー・ドレイン解析による 移動機の動作時間の延長

専用のツールと解析手法を使用することにより、  
移動機のバッテリー寿命を延ばすことができます。

**Edward Brorein, Agilent Technologies**

---

バッテリーの動作時間は移動体デバイスのデザインにおいて常に重要な要素です。移動機の小型化、軽量化の傾向が進む中、大きなバッテリーを使用すると生き残ることはできません。むしろ、デザインでは、バッテリーをなくしてしまいたいものです。バッテリー電流ドレインを解析することにより、バッテリーの動作時間の最適化を行うことができます。

バッテリー・ドレイン解析はバッテリー寿命を予測するだけではありません。バッテリー・ドレイン解析では、デバイス、サブ回路、バッテリーのテストや検証を個別に行ったり、これらを組み合わせて行われます。様々なデ

バイス動作モードやパラメータを使ってバッテリーからの電流ドレインを検証しているため、デバイス動作がバッテリー・ドレインにどのように影響を与えるかについて理解することができます。このように電流ドレインに影響を与えるトレードオフを解析することで、バッテリー寿命が最長になるようにデバイスを設計できます。

移動体デバイスのバッテリー・ドレイン解析により、以下のようにバッテリー寿命を延ばすことができます。

- データ伝送時の状態の違いによる電流ドレインの相違を解析して動作寿命を最適化します。状態の違

いとしては、パケット・サイズ対パケット数や使用データ・チャンネル数対伝送時間があります。

- デジタル・ベースバンド動作の変化による電流ドレインの変動を定量化してデータ処理のパワー効率を最適化します。
- 正常でない動作の特定と消費電力への影響を測定します。異常には通常とは異なる長さや振幅のパルス、ランダムな過負荷などがあり、これらにより低電圧シャットダウンが早まったり、バッテリーの動作時間が短くなります。



**Agilent Technologies**

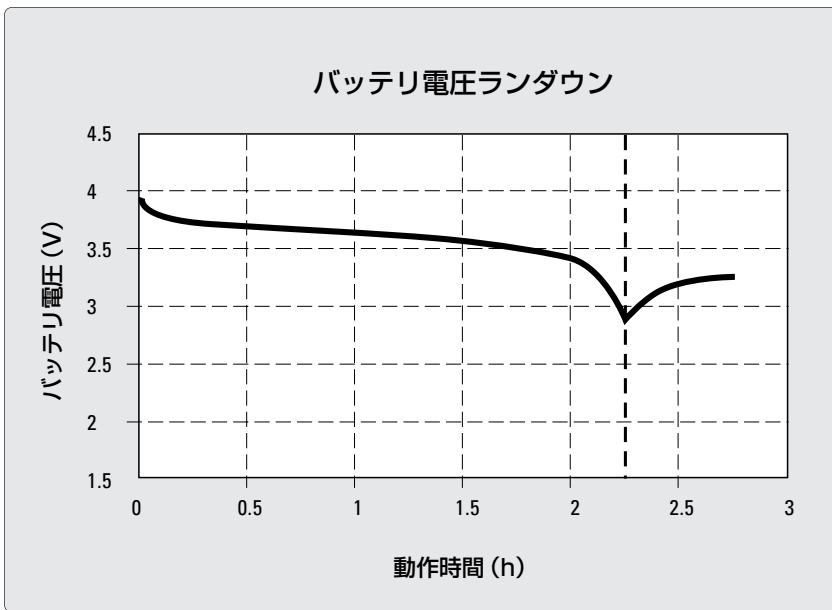


図1. バッテリー電圧ランダウン時間テストはバッテリーの動作時間を測定する直接的な方法ですが、DUTの電流ドレインやその他の情報は得られません。

- 電流ドレインの分布を定量化することにより、ダイナミック・パワーや電流要件を決定して、適切なバッテリー、パワー・レギュレータ、パワー・マネジメント回路を選択できます。

#### 従来の方法

バッテリー寿命を検証するための方法をレビューすることで、従来の方法がバッテリー・ドレイン解析になぜ適していないかを理解し、より良いシステムについて考えます。

バッテリーの動作時間を検証する従来の方法の1つに、電圧ランダウン時間テストがあります。バッテリーを十分に充電した後に、被試験デバイス(DUT)を評価する動作モードに設定します。DUTの起動からシャットダウンまでのバッテリー電圧を記録します。図1では、2.25時間のところにある電圧の変曲点で、低電圧シャットダウンが発生するまでにDUTが動作していた時間がわかります。

この方法には複数の利点があります。まず、簡単に実現できることです。直接、電圧を測定するため、正確に時間がわかります。変化が低速なため、低速のサンプリング・レートが適しています。また、耐久テストであるために、実環境での動作条件でベンチマーク・テストを行うことができます。

この方法の短所の1つは長い時間がかかることです。動作時間を求めるために終了するまで実行しなければなりません。この他の短所として、測定結果がバッテリーの初期状態に左右される点があります。この初期状態にはかなりばらつきがあり、代表的なバッテリーの初期状態が必ずしも示されません。しかも、得られるものは唯一、動作時間だけです。

従来の方法に代わるバッテリーの動作時間を求めるための方法に、電流ドレイン測定があります。DUTの電流ドレインとバッテリー容量を検証することにより、さらに信頼性の高い動作時間を求めることができます。ここでも、バッテリーを充電した後に、DUTを評価する動作モードに設定します。次に、定義した時間で、平均電流ドレインを測定します。最後に、バッテリー容量を測定した電流ドレインで割って動作時間を求めます。

この方法の長所は、耐久時間テストに比べかなり短い時間で、バッテリーの動作時間を求めることができます。また、平均電流ドレインを定量化できます。バッテリー容量がDUT負荷を代表する場合は、動作時間はかなり正確になります。

電流ドレインによる方法の短所は、高速で振幅の大きいパルスを加えるため、正確な平均値を求めるために電流を高速サンプリングする必要があります。仕様で50kHzのサンプリング・レートを推奨するものもあります。別の短所として、短時間のテストは一連の様々な動作条件下で行う長時間のベンチマーク・タイプのテストには向かない点があります。さらに、電流測定は電圧測定よりも難しく、誤差が生じやすくなります。

### 理想的なシステム

従来のバッテリー寿命の測定には制約があり、デザインを最適化するために必要な情報を得ることはできません。バッテリー・ドレイン測定／解析を実行するには、以下の機能が必要になります。

- DUTへの適切な電源供給
- 動作時間を検証するためのバッテリー・ランダウン電圧の記録
- mAからAレベルでの正確な電流測定
- 必要な種々のテスト・シナリオに対応するための、数分から数日間に及ぶ電流ドレインやその他のデータの記録の実現

- 動作時間、平均電流、平均電圧、Ah、Whのような基本的な情報の提供
- 動作異常がどのようにバッテリー寿命に影響を与えるか理解し、デザインの最適化を行うためのデータ解析

以上の要件から、バッテリー電流ドレインの測定／解析用システムは、図2に示す構成要素を備えている必要があります。各構成要素について、従来のソリューションと新しいソリューションのどちらが適しているかを、以下で説明します。

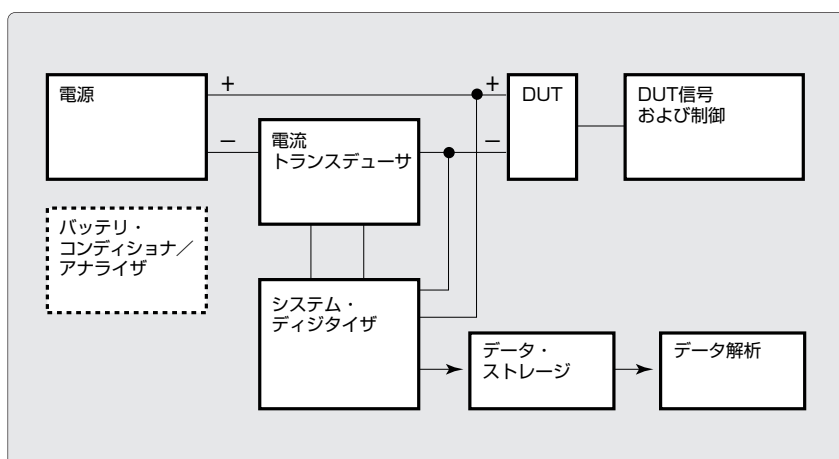


図2. バッテリー電流ドレインの測定／解析用システム

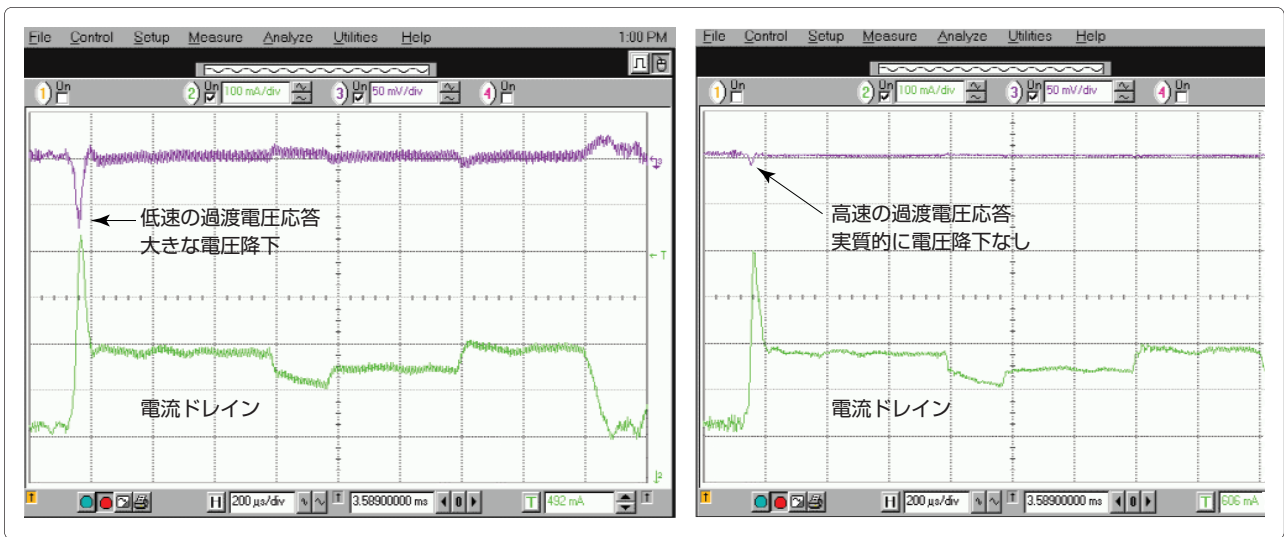


図3. Bluetooth対応ヘッドセットに電源を供給する場合の2種類の電源の過渡電圧応答：汎用電源(左)、専用電源(右)

最初に、目的のテストに合わせてDUTを適切な動作モードにする手段(DUT信号)が必要となります。移動機の場合、通常、相互に通信したり、DUT動作についての必要なプロトコルを提供したりするために基地局エミュレータが使用されます。次に、バッテリーまたは電源のいずれかを使用して、DUTに適切に電源を供給する手段が必要です。バッテリーに依存しないDUTをテストするには、電源が便利です。一方、DUTに依存しないバッテリーを評価する場合は、バッテリー・コンディショナ/アナライザが便利です。この他のシステム構成要素として、正確に電流測定を行うためのトランスデューサ、電圧/電流信号を長時間にわたりデジタル化し、記録するための機器、デジタル化したデータを保存するためのシステムがあります。

### 電源

電源は制御した電力をDUTに供給します。バッテリーは動作時間検証テストを実行するための従来の電源です。実際のバッテリーを使用することに意味があり、この場合はバッテリーとDUTの組み合わせでテストします。しかし、バッテリーは制御型電源ではなく、使用法、温度、充電状態によって電圧が常に変化します。このため、その他のテストでは制御電圧源を使用します。

電源は、変動しない電圧を供給できます。また、リモート電圧センシングにより、DUTの入力部で適切に電圧を制御できます。しかし、汎用電源を使用する際の問題として、過渡応答が低速で出力抵抗がゼロであるために、電圧応答がバッテリーとは異

なる点があります。理想的な電源は、バッテリーの応答をエミュレートできるように、出力抵抗を設定でき、高速過渡応答の専用電源です。

わずかな電圧変動でも影響を受けやすいデジタル無線デバイスの場合、すべての電圧降下を最小にすることが非常に重要です。汎用電源はさまざまな負荷や条件に対して安定したDC電力を提供します。通常、出力リップル電圧を低減するために大きな出力容量を有していますが、このために電圧の過渡応答が低速になります。図3(左)は、Bluetooth™対応ヘッドセットのパルス負荷に対する応答で、汎用電源では約80mVの過渡電圧降下が生じていることを示しています。これは、代表的なセットアップで配線をかなり短く(1m)したときの結果です。

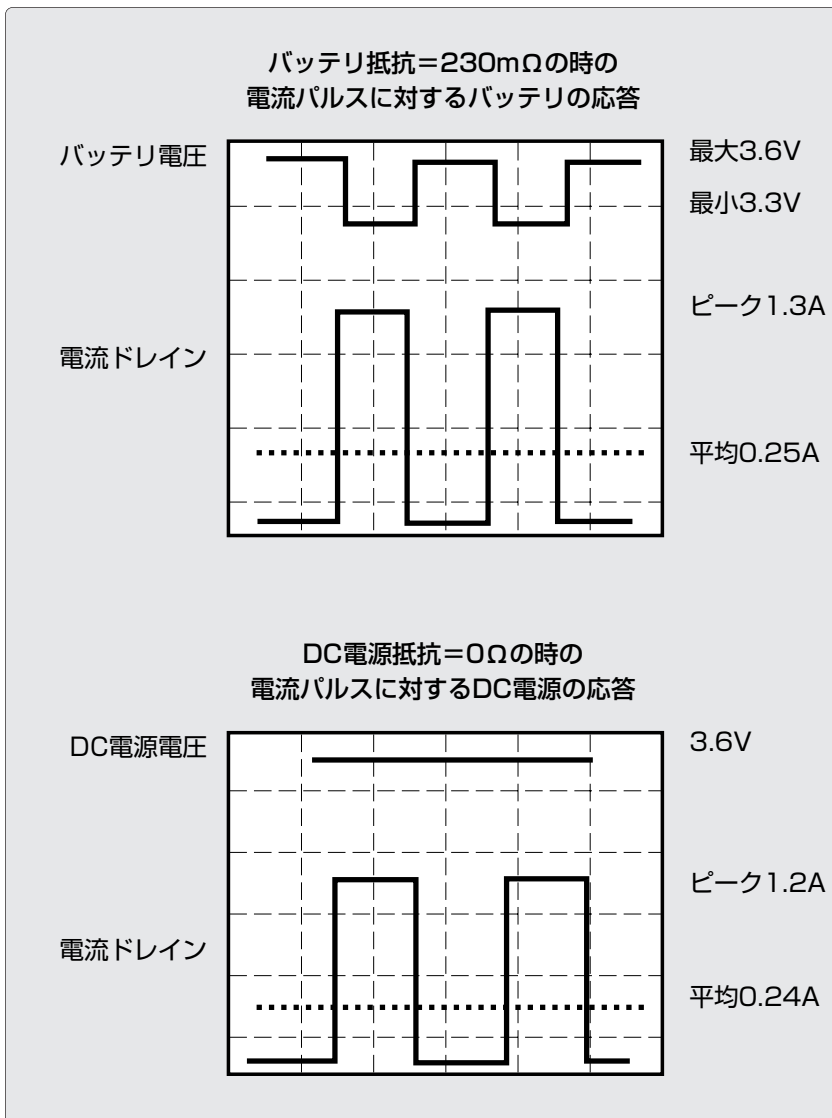


図4. 実際のバッテリーとゼロ出力抵抗の電源とで電力を供給した場合、GSM移動機はそれぞれ異なる動作を行い、ゼロ出力抵抗の電源ではバッテリーの動作時間は現実的な環境下にくらべ長くなります。

これに比べ、過渡電圧応答が高速な専用電源を使用した場合、過渡電圧降下は大幅に低減されます。図3(右)は、Agilentの移動体通信用直流電源

でヘッドセットに電力を供給した場合、過渡電圧降下が約12mVにまで低減することを示しています。

また、バッテリー抵抗はデバイスの動作時間にも影響を与えます。図4は、実際のバッテリーと電源とで電力を供給した場合を比較したもので、それぞれのGSM移動機の負荷特性を示しています。多くの移動機デバイスでは、抵抗による電圧降を補償するためピーク電流と平均電流が増えます。

上のグラフ(実際のバッテリーによるテスト)では、バッテリー抵抗のために、GSM移動機の伝送バースト電流に対する応答としてバッテリー電圧が約300mV低下しています。この応答により電流ドレインが約5%増加します。また、ピーク電圧降下が原因で移動機がより早く低電圧シャットダウンに達することになります。

下のグラフ(出力抵抗がゼロの電源によるテスト)では、バッテリーを実際に使用した場合よりも電流ドレインが5%減少します。この正確な違いは、個々の移動機のデザインに依存します。この結果、出力抵抗がゼロの電源を使用した電流測定を基にして予測される動作時間は、実際のバッテリーを使用する場合よりも長くなります。

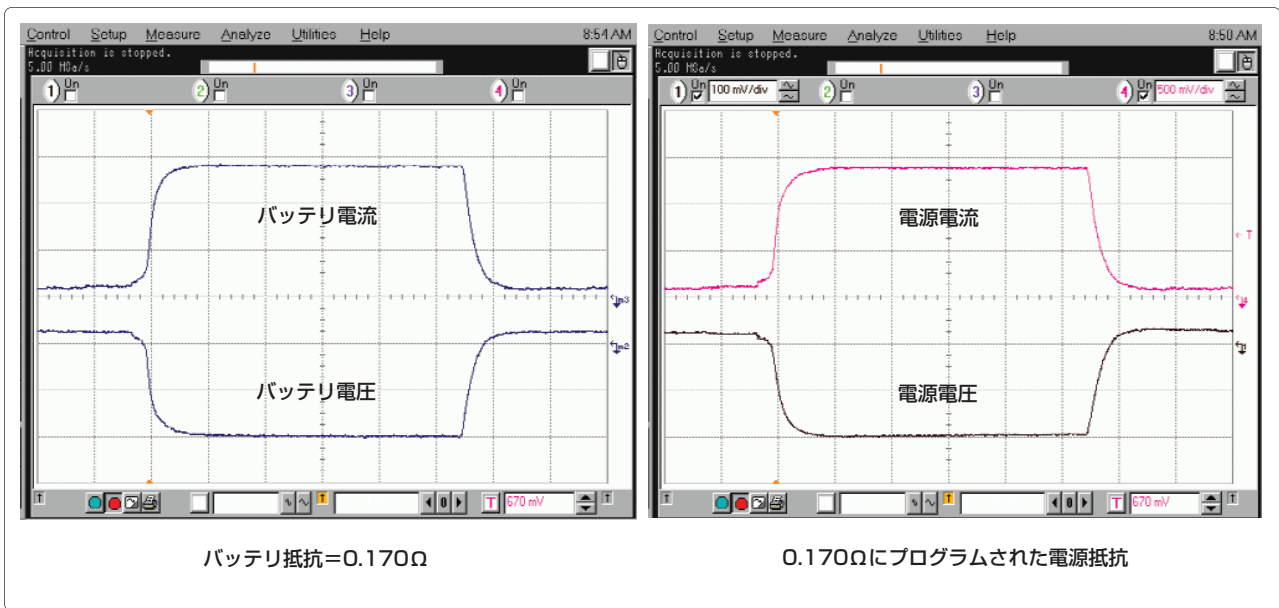


図5. Agilentの移動体通信用直流電源の出力抵抗を正しくプログラムすると(右)、バッテリーと同じ電圧応答性能(左)が得られます。

図5(左)は、バッテリーの内部抵抗のために、負荷電流に対する応答としてバッテリーの出力電圧がどのように低下するかを示しています。電源は、高速の過渡電圧応答に加え、バッテリーの内部抵抗や電圧応答をエミュレートできるプログラミング可能な出力抵抗を備える必要があります。

図5(右)は、バッテリーの内部抵抗の170mΩに整合するように出力抵抗をプログラムしたAgilentの移動体通信用直流電源の電圧応答を示しています。バッテリーを完全にエミュレートできることがわかります。

多くの方法において、電流ドレイン解析では、出力電圧や出力抵抗を制御でき、時間的な変動があってはならないので、専用電源が実際のバッテリーよりも適しています。また、電力を一定に保持できれば、異なるデバイスやデザインの比較に電源の影響を除去することができます。

#### 電流ドレインの測定方法

バッテリー・ドレイン解析システムにおける次の構成要素は、電流トランスデューサです。電流ドレインのダイナミック・レンジは広いので、待機モードとアクティブ・モードの2つの動作テスト用に、2つの測定レンジが必要です。ピーク値が大きく、DC平均電流がかなり小さいパルスド電流ドレイン測定では、適切な確度を得るために、非常に良好なフルスケール確度と広い測定レンジが必要です。一般に、フルスケールの0.2%の基本確度で、待機モードでは1Aレンジ、アクティブ動作モードでは5Aレンジが必要です。

従来のソリューションの1つは電流シャント抵抗を使用する方法です。また、DC電圧降下はシャントに関連した問題でもあります。GSM TW.09仕様では、待機モード・テスト用に0.5Ω、アクティブ・モード・テスト用に0.1Ωのシャント抵抗を要求しています。ピーク電流や動作電圧によっては、特に低バッテリー電圧時には、これにより問題が生じる場合があります。それぞれのモードのピーク値を最大で1Aと5Aと仮定すると、シャント抵抗による電圧降下は0.5V(ピーク)となります。これはバッテリー電圧が4V未満の場合、適切ではありません。

シャント抵抗を使用する場合、この他にも、熱EMF電圧により大きなオフセット誤差が生じたり、グラウンド信号やコモン・モード信号に対処する必要があったり、そのために誤差が生じたりという問題があります。

最大抵抗を制限し、電圧降下を測定レンジのハイ・エンドに制限し、誤差信号を測定レンジのロー・エンドに制限することにより、電流シャント使用時に必要なダイナミック・レンジが得られます。

2つ目の従来のソリューションはクランプオンDC電流プローブです。この方法では電圧降下はわずかですが、オフセット・ドリフトについて定期的に再校正する必要があります。同様に、オフセットのゼロアウト機能やドリフト制御機能により、電流プローブを使用した測定のダイナミック・レンジも制限されます。

電流測定機能を内蔵する専用電源を使用すれば、外付け電流トランスデューサに起因する問題の多くを解決できます。

### デジタル化手法

次の構成要素であるシステム・デジタル化では、電流シャント電圧とバイアス電圧を測定して、保存および後処理のために測定値をデジタル・データに変換します。ms未満のパルスやデジタル無線デバイス特有の異常を正確に捕捉するには、50kHz以上のサンプリング・レートが必要です。

従来のソリューションでは、高速A/Dコンバータ、サンプリングDVM、高速データ収集用のロングメモリを内蔵したデジタル・オシロスコープを利用します。また、高価ですが、専用高速データ・ロギング/ストレージ・システムもあります。ロー・エンド・ソリューションでは、各測定器をカスタム構成するために非常に手間がかかる場合があります。また、時間を延長してテストを行う場合、高速データ転送が問題となります。

高速デジタル化測定システムを内蔵した電源は、DUTに電力を供給しながら測定値をデジタル化できます。Agilentの移動体通信用直流電源には、デジタル・オシロスコープに使用されているようなDSPベースの高速デジタル化測定システムが内蔵されています。アクティブ、待機、オフ・モードで正確に電流測定が行えるようにDC電流レンジを3つ備え、特にデジタル無線デバイスのテスト用に最適化されています。

## データ・ストレージ／解析

バッテリー・ドレイン解析システムを構成する最後の要素は、データ・ストレージ／解析機能です。データ・ストレージでは、数分から数日のデジタル化されたデータを記録、保存する機能が必要です。一方、解析には平均電流、平均電圧、Ah、Whを含む動作時間と基本的な測定結果を後処理する機能が必要です。

解析ソフトウェアには、データ内の異常を識別できる機能も必要です。デジタル無線デバイスの異常には、ドレインに影響を与える非常に長いパルスの発生や、発生頻度が少なくランダムに生じる過負荷スパイクがあります。過負荷スパイクは、バッテリー電圧降下を引き起こし、デバイス・シャットダウンを招く可能性があります。

従来のストレージ用ソリューションには、PCとディスク・ドライブ、またはハイ・エンド・データ・ロガーがあります。一般的には、市販の Spreddsheet が解析用に使用され、異常検出には専用のプログラムが必要です。

記憶装置付きの市販のデータロガー・システムは非常に高価です。数時間から数日間に渡って実行するテストでは、数Gバイトの大量のデータや非常に大きなファイルが作成されます。この結果、高速データ捕捉を利用したテストは現実的にはわずか数分間行われるだけです。

理想的なシステムは、最初にデータを処理して削減した後、保存と解析を行う機能を備えたものです。Agilent 14565A デバイス特性評価ソフトウェアは、Agilent の移動体通信用直流電源用のグラフィカル・フロント・パネルを提供します。PC上で起

動し、プログラミングをすることなしに、信号源の制御、測定、解析が行えます。

波形捕捉／解析動作モードでは、バッテリー電流ドレインを短時間に、効率良く取り込みオシロスコープのように表示することができます。内蔵測定機能では、アベレーシング、パルスの最小／ロー／ハイ／最大の値を求めることができます。これらの機能により、バッテリーの電流ドレインと動作時間の予測と解析が行えます。

データ・ロギング／解析モードでは 10s～1000h のデータ・ロギングが可能です。ロギング中、Agilent の移動体通信用直流電源は連続的に電流を 64kHz でサンプリングして高速信号の詳細やランダムな過負荷を捕捉します。また、遅いレートで電圧をサンプリングして平均電圧や Wh 測定を行うこともできます。



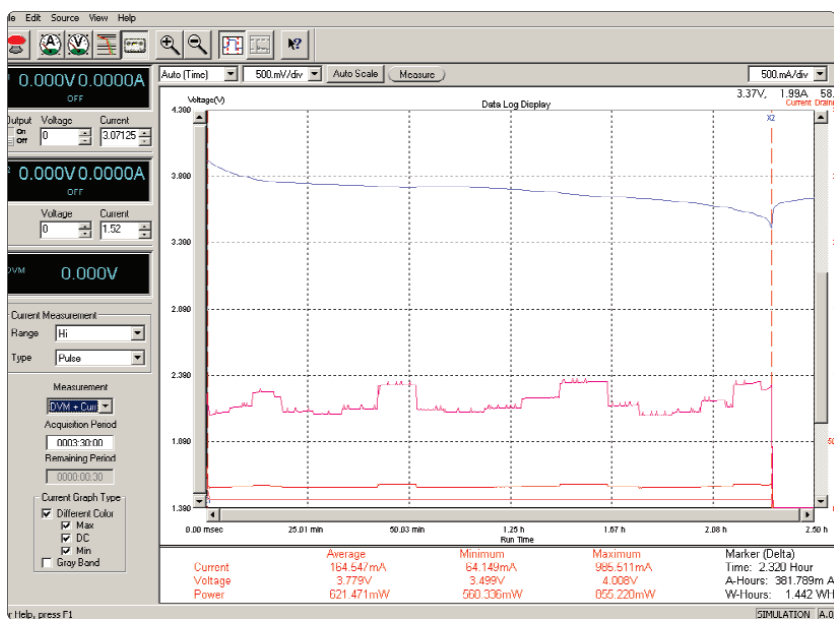


図6. 最小、最大、平均電流と平均電圧の各波形を時系列で表示したデバイス特性評価ソフトウェアのスクリーン・キャプチャ

図6は、最小、最大、平均電流と平均電圧の各波形と各測定値を時系列で表示しているスクリーン・キャプチャです。これは、アクティブな出力送信パワー・レベルを変化させて、ダイナミック・シーケンスでDUTをテストしたものです。特別な積分機能により、従来問題であった大量のデータという問題を解決できます。

積分機能は、リアルタイム捕捉時にデータ数を削減して、意味のある管理可能な結果だけにします。従来の方法では、64kHzでサンプリングすると1秒後には64,000個のデータ・ポイントとなります。これに比べ、デバイス特性評価ソフトウェアの積分機能を使用すると、64kHzでサンプリングしたデータに対して積分周期(最長1秒間)毎の最小値、最大値および平均値が得られます。これにより、64,000分の1までにデータを削減できます。

少ないデータであっても、平均値およびピーク値が捕捉されているため、非常に有用です。ピークの追跡により、予定より早い低電圧シャットダウンの原因となる、発生頻度の少ないランダムな(このため捕捉が難しい)過負荷を特定することができます。また、データ数が少ないため、保存、テスト後の解析、エクスポートの管理が容易になります。データ量は、100時間未満では約5MB、その後の100時間毎に5MBです。このシステムではデータをディスク・ドライブに記録することにより、テストが不注意で中断された場合にもデータの損失はありません。PCへの高速データ・ストリーミングは必要ありません。

### CCDFで複雑な解析が容易に

3Gのような最新のデジタル通信システムでは、データ・レートを高速化するために振幅変調を伴う複雑な変調フォーマットが使用されています。この結果、電流ドレイン波形をタイム・ドメインで表示すると複雑なランダム波形になります。

図7は3つのデータ・チャンネルで伝送しているcdma2000ハンドセットのRFパワー増幅器の電流ドレイン対時間を示しています。

長期間、バッテリーの動作時間テストを実行する場合、電流ドレインも同様に複雑で予測できなくなります。この結果、バッテリーの動作時間を予測するための平均値やピーク値の予想が難しくなり、バッテリーの動作時間を最適化が難しくなります。このような複雑な電流ドレイン・パターンの表示／解析に適した方法は、相補累積分布関数 (CCDF) グラフなどを使って統計分布を調べることです。

CCDFグラフは、ヒストグラムまたは確率分布関数の代わりとなる累積グラフです。横軸に電流または電圧、縦軸に発生の累積%が表示されます。14565Aデバイス特性評価ソフトウェアには、長期間の電流ドレイン測定用にCCDFキャプチャ／解析モード(図8)もあります。これは、デジタル無線デバイスのDC電流ドレインの定量化や解析に使用されます。CCDFグラフの長所は、電流の振幅が高い位置でスケールを拡大できる点です。

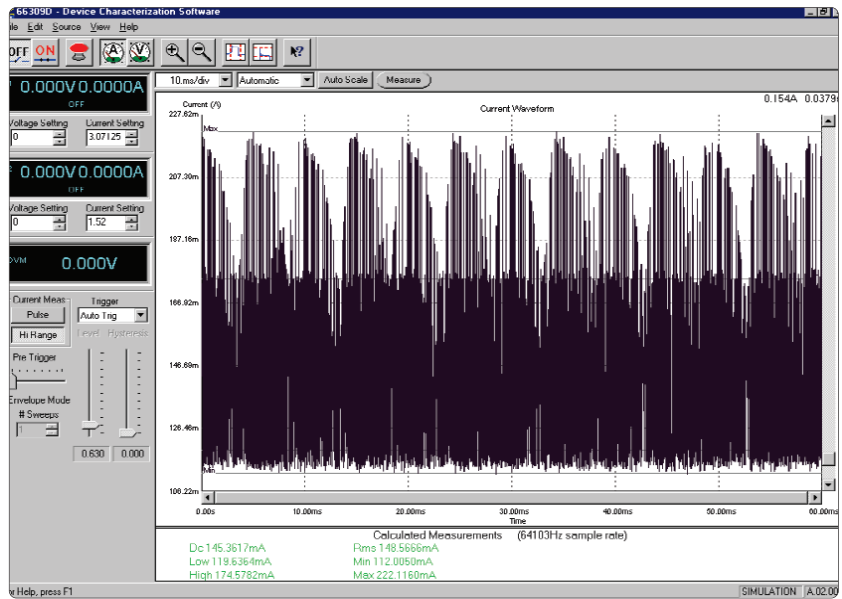


図7. cdma2000ハンドセットのRFパワー増幅器の電流ドレインはタイム・ドメインで表示すると複雑で予測できません。

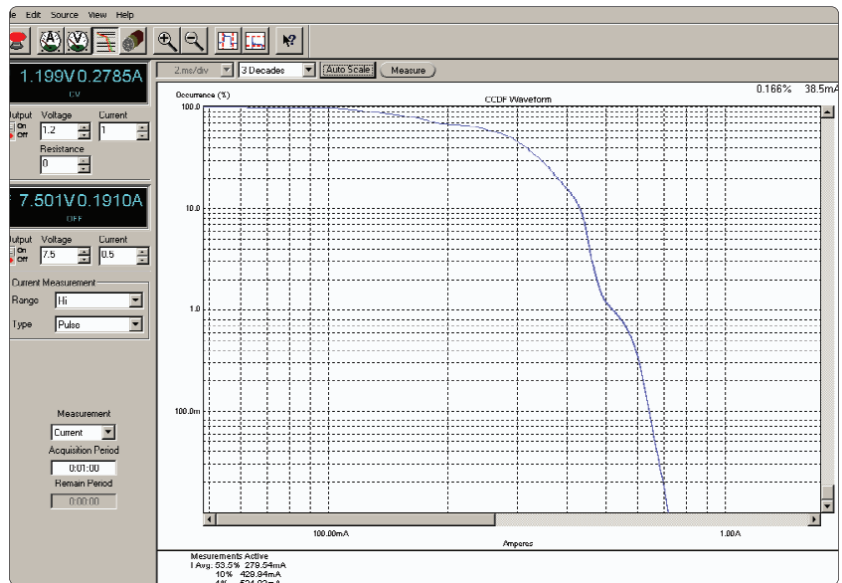


図8. CCDFグラフの垂直および水平シフトにより、デザイン変更による電流ドレインの違いを定量化できます。

CCDFモードでは、デバイス特性評価ソフトウェアは10s~1,000hの周期で電流または電圧を連続的に累積できます。この期間中、データは64kHzでサンプリングされ、信号の高速部分も捕捉、評価できます。また、CCDFは内部で累積して作成されるので、高速データ・ストリーミングや大容量データ・ファイルの保存は必要ありません。

数値結果には、平均値対発生%、ピーク値、10%の発生毎の中間値が含まれています。保存、呼出し、比較用の内蔵ツールにより、各CCDFグラフ間の違いを定量化することができます。さらに、デザイン変更によるわずかな影響を解析するための機能も内蔵しています。

CCDFグラフでは、垂直シフトと水平シフトでデザインの相違を定量化でき、動作の解析やバッテリー寿命を最適化することができます。垂直シフトは時間に関係した変化を示します。垂直シフトは、振幅のパルス幅が異なる場合に発生します。水平シフトは振幅に関係した変化を示します。水平シフトの1つの原因として、RF出力パワーの校正が不適切なため、パルスの電流量が異なった場合があります。

#### **専用ツールによりデザインの最適化を実現**

バッテリー・ドレイン解析ツール／手法を使用すれば、バッテリーの動作時間の解析と最適化が行えます。

Agilentの移動体通信用直流電源のような専用ソリューションを使用すれば、以下のようなさまざまな機能を活用できます。

- 電流ドレイン測定の色度と確度の向上。
- プログラマブル抵抗によるバッテリー性能のシミュレート。
- 高速デジタル化測定システムによる従来の電流シャント、プローブ、デジタルイザの問題の解消。
- デバイス特性評価ソフトウェアのデータ・ロギング／解析機能によるデザインの解析と最適化。

これらの機能を活用すれば、移動機の無線デバイスの開発期間がさらに短縮されます。

## サポート、サービス、およびアシスタンス

アジレント・テクノロジーが、サービスおよびサポートにおいてお約束できることは明確です。リスクを最小限に抑え、さまざまな問題の解決を図りながら、お客様の利益を最大限に高めることにあります。アジレント・テクノロジーは、お客様が納得できる計測機能の提供、お客様のニーズに応じたサポート体制の確立に努めています。アジレント・テクノロジーの多種多様なサポート・リソースとサービスを利用すれば、用途に合ったアジレント・テクノロジーの製品を選択し、製品を十分に活用することができます。アジレント・テクノロジーのすべての測定器およびシステムには、グローバル保証が付いています。製品の製造終了後、最低5年間はサポートを提供します。アジレント・テクノロジーのサポート政策全体を貫く2つの理念が、「アジレント・テクノロジーのプロミス」と「お客様のアドバンテージ」です。

## アジレント・テクノロジーのプロミス

お客様が新たに製品の購入をお考えの時、アジレント・テクノロジーの経験豊富なテスト・エンジニアが現実的な性能や実用的な製品の推奨を含む製品情報をお届けします。お客様がアジレント・テクノロジーの製品をお使いになる時、アジレント・テクノロジーは製品が約束どおりの性能を発揮することを保証します。それらは以下のようなことです。

- 機器が正しく動作するか動作確認を行います。
- 機器操作のサポートを行います。
- データシートに載っている基本的な測定に係わるアシストを提供します。
- セルフヘルプ・ツールの提供。
- 世界中のアジレント・テクノロジー・サービス・センタでサービスが受けられるグローバル保証。

## お客様のアドバンテージ

お客様は、アジレント・テクノロジーが提供する多様な専門的テストおよび測定サービスを利用することができます。こうしたサービスは、お客様それぞれの技術的ニーズおよびビジネス・ニーズに応じて購入することが可能です。お客様は、設計、システム統合、プロジェクト管理、その他の専門的なサービスのほか、校正、追加料金によるアップグレード、保証期間終了後の修理、オンサイトの教育およびトレーニングなどのサービスを購入することにより、問題を効率的に解決して、市場のきびしい競争に勝ち抜くことができます。世界各地の経験豊富なアジレント・テクノロジーのエンジニアが、お客様の生産性の向上、設備投資の回収率の最大化、製品の測定精度の維持をお手伝いします。



[www.agilent.com/find/emailupdates-Japan](http://www.agilent.com/find/emailupdates-Japan)

Agilentからの最新情報を記載した電子メールを無料でお送りします。

## Agilent電子計測ソフトウェアおよびコネクティビティ

Agilentの電子計測ソフトウェアおよびコネクティビティ製品、ソリューション、デベロッパ・ネットワークは、PC標準に基づくツールによって測定器とコンピュータとの接続時間を短縮し、本来の仕事に集中することを可能にします。詳細については[www.agilent.co.jp/find/jpconnectivity](http://www.agilent.co.jp/find/jpconnectivity)を参照してください。

詳細は、以下のページを参照してください：

<http://www.agilent.co.jp/find/batterydrainanalyzer>

アプリケーション・ノート、トレーニング・コース、FAQ、チュートリアルについては、以下のAgilentのライブラリをご覧ください。

[www.agilent.co.jp/find/test](http://www.agilent.co.jp/find/test)

BluetoothおよびBluetoothロゴは、米国Bluetooth SIG, Inc.が所有する商標で、Agilent Technologiesにライセンスされています。

アジレント・テクノロジー株式会社  
本社 〒192-8510 東京都八王子市高倉町9-1

## 計測お客様窓口

受付時間 9:00-12:00、13:00-19:00(土・日・祭日を除く)  
FAX、E-mail、Webは24時間受け付けています。

TEL ■■ 0120-421-345  
(0426-56-7832)

FAX ■■ 0120-421-678  
(0426-56-7840)

Email [contact\\_japan@agilent.com](mailto:contact_japan@agilent.com)  
電子計測ホームページ  
[www.agilent.co.jp/find/tm](http://www.agilent.co.jp/find/tm)

- 記載事項は変更になる場合があります。  
ご発注の際はご確認ください。

Copyright 2003  
アジレント・テクノロジー株式会社



Agilent Technologies

December 9, 2003  
5988-7772JA  
0000-00DEP