

# バッテリーの健康状態が一目瞭然

## 蓄電容量測定のための画期的新手法

By Isidor Buchmann, Cadex Electronics Inc.

isidor.buchmann@cadex.com

February 2004

AC コンダクタンスによるバッテリーのテスト方法は車のバッテリーの低温始動アンペア（CCA）を測定する新しい方法として 1992 年に紹介されました。この非侵襲的方法は主要な新発見として、またバッテリーの性能を測るのに負荷をかけないでできる方法として世の中で認められました。テストには数秒しかかかりません。測定結果は数字で表示されバッテリーの状態は文字で表示されました。バッテリー端子でスパークすることもなく、装置が熱くなることもありませんでした。

しかし、単一周波数を使う AC コンダクタンスを使う測定方法には限界があります。この方法では SAE 基準に従って CCA を測定することはできません。できるのはバッテリーパワーの概要を示すことだけです。この相対的なパワーの数値は充電状態やその他のバッテリーの状態でしばしば変化します。時々、間違っって良好なバッテリーが不良と判定されたり、不良のものが合格とされたりすることがあります。しかしもっとも重大な欠点は蓄電容量（RC）を読むことができないということです。これらの欠点があるにもかかわらず AC コンダクタンス法による測定方法はバッテリーの寿命を予測し、完全に使えなくなる前に古いバッテリーを交換する時期を決めるための標準的な方法として受け入れられてきました。

CCA と RC とでは一体何が違うのでしょうか？ CCA が高いということはバッテリーの伝導性が良いことの証明で、強力なエンジン始動能力を発揮します。CCA が高いことはバッテリーの内部抵抗が低いことと同じです。図 1 では、高い CCA と無制限に流れる大きくて開いた水道の蛇口を比較しています。



図1：高CCAのバッテリーと100%の蓄電容量の関係

高CCAバッテリーは大きく開いた水道の蛇口のように電流がどんどん流れます。

蓄電容量（RC）はバッテリーが蓄えることのできるエネルギー量を決めます。新品のバッテリーは額面容量 100%とみなされます。バッテリーが古くなるに従いRCは低下し、RCが70%以下に落ちたときには交換が必要となります。RC測定ではいつも満充電されたバッテリーが引き合いにだされますが、充電状態（SoC）の違いで測定に影響があってははいけません。

バッテリーによっては良好な CCA の測定値を示し、車を始動できるかもしれませんが、RC が低くなっているかもしれません。このようなバッテリーは車載電気装備に必要な電力を引き出すとするとたちまちダウンしてしまいます。図 2 はこのような状態のバッテリーを表しています。“Rock Content (岩石の内容物)” と表現した部分はバッテリーの経年変化とともに永久にたまり、元に戻すことができません。



**図2：高CCA だが低蓄電容量 (RC) のバッテリー**

このバッテリーでエンジンは始動できるが、車載電気装備を使ううちにバッテリーを急速に消耗させる。

図 3 は蓄電容量は良好にもかかわらず低 CCA を持ったバッテリーの一例です。このバッテリーは低負荷の用途には使えるもののエンジン始動は難しく交換が必要です。



**図3：低CCA だが高蓄電容量 (RC) のバッテリー**

このバッテリーはRC は高いものの、低CCA のためエンジン始動が難しい。

車載電気装備に必要な電力の需要が高まるにつれてバッテリーにどれだけ蓄電されているかを測定することのほうが CCA 測定よりもっと重要になります。車の始動はできてパワーステアリングやパワーブレーキは正常に動くだろうかという問題です。これからのバッテリーテスターはこの新しい要求に対応し RC の測定ができなければいけません。バッテリーの評価方法として北米ではまだ CCA 測定が標準とされていますが、ヨーロッパの自動車メーカーはどれも RC を重要視しています。また最新のバッテリーテスターでは充電状態 (SoC) も測定可能になっています。

RC の測定は CCA の測定よりずっと困難です。これまでマルチ周波数コンダクタンス法などのいろいろな方法が試されましたが、殆どが失敗に終わりました。この失敗の主な理由はマルチ周波数でバッテリーをスキャンするとき大量のデータ処理が必要となるからです。バッテリーからデータを収集することは簡単ですが、その情報をどう処理するかが問題です。高速度のマイクロプロセッサがこれまでなかったことと処理の難しさが高度なバッテリーテスターの開発を遅らせてきました。このため過去 12 年間、この分野での主要な改良がなされませんでした。しかしこれももう時間の問題で解決します。

ケーデックス・エレクトロニクスではマルチ周波数の EIS(電子的化学的インピーダンス分光学)を使ってバッテリーから得られる大量のデータ処理を行う方法を発明しました。 Spectro™と呼ぶテスターで 20 から 2000 ヘルツの 24 種の励起周波数をバッテリーに与えます。 鉛酸の熱バッテリー電圧の範囲に留まるように各信号は 10mV に調整されます。 これにより小型バッテリーでも大型バッテリーでも安定した計測が可能です。 テストは 20 秒間かかりますが、この間に約 4 千万回の処理が行われます。

通常、EIS 方法で処理するためには専用装置とともに、測定で得られたデータを分析するためのコンピュータが必要です。 そのような分析をハンドヘルド型の単体ユニットでするために高速のデジタル信号処理が用いられます。 Spectro™の発明は米国で特許申請中 ( 20030204328 (Jörn Tinnemeyer) ) です。

Spectro™は最初特に自動車用の 12V の鉛酸バッテリーで試験され、大量の自動車用バッテリーを使ってこの技術を検証してきました。 同じ技術がニッケル、そしてリチウムベースのバッテリーにも使えます。

この発明をもとに、ケーデックスはまた産業用のハンドヘルドバッテリーテスターを開発しています。 最初のモデル(Cadex CA-12)は自動車用バッテリーテスターですが、ベータテストプログラムが 2004 年の夏に開始されます。 据え置き型バッテリー用に少し大きめのテスターも開発中で、このモデル(Cadex CS-12)は 2005 年を目標にしています。

Spectro™の最大の長所は一回の測定で CCA、蓄電容量 (RC) それに充電状態 (SoC) の全てを測定できることです。 バッテリーメーカーやサービスセンターでは長年 RC が測定できるテスターの出現を望んでいました。 実際、市販のハンドヘルドテスターで非侵襲的方法 (バッテリーに負荷をかけない方法) によりこのような情報が得られるようになったのはこれが最初です。 図 4 はこのテスターの表示の一例です。

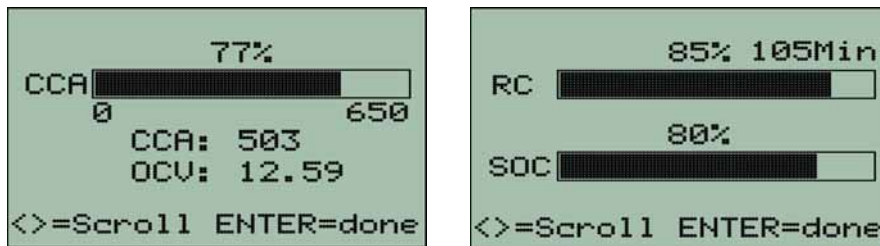


図 4 :  
CCA, RC 及び SoC の表示  
例

20 秒間のテスト時間で  
DSP は 4 千万回の計算をこ  
なす。

テストのためにはバッテリーは予め充電しておく必要があります。 通常、テストにはバッテリーの充電状態 (SoC) を 50% 以上にします。 電氣的ノイズに対しては強く、30A までの負荷がかかった状態で問題なく測定できます。 さらにまた、Spectro™は単一周波数の AC コンダクタンスによる方法より面電荷の影響を受けにくく、CCA 測定値はより安定します。 このテスターは酸化層の形成にある程度の耐性がありますが、化学添加物により測定値が影響を受けることがあります。

図 5 は CA-12 テスターのイラストで大判の書籍程度の大きさです。



**図 5 : Cadex CA-12 バッテリー高速テスター**

テスト結果はほとんどの世界標準で表示することができます。RC は名目容量のパーセントまたは放電時間で表示できます。

## 蓄電容量の初期テストの結果

新発明による測定方法が正確で常に安定した結果を得られることを確認するには時間と努力が必要です。Spectro™をテストするためケーデックスではさまざまな状態の自動車用バッテリー91個を使ったテスト台を作りました。準備したバッテリーは満充電した後、24時間放置し、更に25Aの放電で10.50V(1.75V/セル)に電圧を落としました。その間、蓄電容量(RC)が測定されました。この過程でテスト用バッテリー全体にわたって容量測定値に $\pm 15\%$ のバラツキがでました。従来の放電による方法と非侵襲的方法によって得られた容量測定値と比較する時には鉛酸の傷つきやすい性質を考慮に入れる必要があります。図6は任意に選ばれた38個の自動車用バッテリーの蓄電容量(RC)の比較表です。黒の菱形の点は完全放電によって測定されたRCで、紫色の四角い点はSpectro™で一般的母型(generic matrix)を使って推定されたRCを示しています。

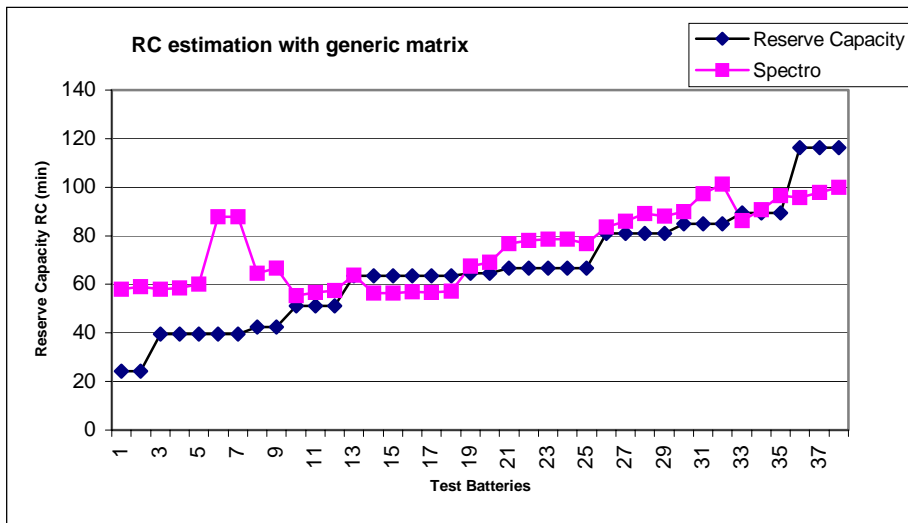


図6：38個のバッテリーに関する一般的母型(マトリックス)を使った場合のRCの比較

黒の菱形の点は完全放電から得られたRCで、紫色の四角い点はSpectro™を使って推定されたRC。

それでは一体どのようにすればRCはより正確に測定できるのでしょうか？バッテリーの構造とCCAの等級によってバッテリーを分類することでより正確な結果が得られます。我々はモデルごとの特定の母型(マトリックス)を開発し同じモデルのバッテリーをいくつかテストしました。図7は従来方法である完全放電で測ったRCとSpectro™で測ったRCの比較です。特定の母型(マトリックス)を使うと正確さの点で標準原器に近い結果が得られます。

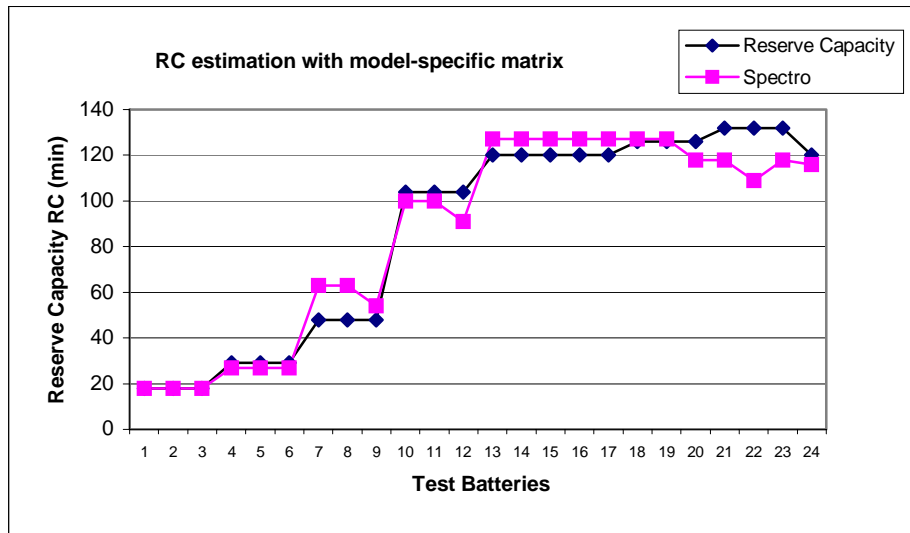


図7：  
24個のバッテリーに関する特定母型(マトリックス)を使った場合のRCの比較

紫色の四角(Spectro™)の点は黒の菱形の点に非常に近い。特定母型(マトリックス)を使うと標準原器の値とほぼ一致する。

図6や特に図7のテスト結果は非常に期待に近いものですが、Spectro™はこれから製品化されるどのようなバッテリーでも計測できるという汎用のバッテリーテスターではないことを覚えておく必要があります。どのような書類でも平らなものならボタンを押すだけでコピー可能なコピー機とは違います。Spectro™には比較の対象としての特定のバッテリーの母型(マトリックス)が必要です。

価格も従来品ほど安価にはできません。単一ACコンダクタンスによる方法と比較してより複雑で部品数も多いため、Spectro™技術の応用にはよりコストがかかります。現在普及しているバッテリーテスターとの価格比較はせずに、現在の方法では不十分でありより優れた技術を必要とされるところにその解決方法をご提供しようというものです。

## 結論

技術の進化によりバッテリーの性能測定を非侵襲的方法で行うことが受け入れ可能なレベルまでになりました。蓄電容量の測定のために完全放電をすることは過去のものとなるでしょう。より高度のデータ処理アルゴリズムを使ったマルチ周波数の EIS(電子的化学的インピーダンス分光学)を使うことでこれが可能になりました。

マルチ周波数 EIS でバッテリーをスキャンすることは単に RC 推測を可能にするだけではなく、CCA 測定も改善されます。単一周波数 AC コンダクタンスでは電氣的パワーを出す能力をただ単にシミュレートし、あいまいな数字しか得られませんが、EIS を正しく使えば実際の CCA 値が得られます。また、マルチ周波数スキャンで得られる豊富な情報により充電状態(SoC)の推定も改善されます。

AC コンダクタンスによる方法はサービスショップなどでのバッテリーテストに今後とも重要な役割を担っていくと思われます。しかしながら、バッテリーの状態を正確に管理したいと考えるユーザはいろいろな機能を持った、より高度なテスターの出現を歓迎すると思っています。

新しい EIS 技術を使ったテスターの代表的な用途として、自動車関連では保証期間内に返されたバッテリーを評価すること、産業用据え置き型バッテリーではその寿命状態の評価、そしてまた防衛機器で使用されているバッテリーの蓄電容量を確認することなどが考えられます。EIS はまた、各バッテリータイプに合った母型(マトリックス)が必要ですが、車椅子、ゴルフカート、ロボット、ボートやフォークリフト用のバッテリーのチェックに不可欠なものとなることでしょう。

---

## 著者について

*Isidor Buchmann* (イシドール ブックマン) はカナダ、バンクーバーにあるケーデックス・エレクトロニクス社の創業者で CEO です。ブックマン氏は無線通信のバックグラウンドを持ち、20 年にわたり日常で実際に使われている充電式バッテリーの研究をしてきました。バッテリーに関する著書が多数あり、世界中に技術論文を発表してきました。

ケーデックス・エレクトロニクス社は高度バッテリー充電器、バッテリーアナライザーとそのパソコンソフトなどを製造しています。製品情報に関しては [www.cadex.com](http://www.cadex.com) をご覧ください。