

省電力パソコンをバッテリーで動かす実験

倪 永 茂

はじめに

今日の IT 社会では数多くの情報機器が活用されている。バッテリーをエネルギー源として使う携帯電話・スマートフォンやタブレット・ノートパソコン等がある一方、外付け AC アダプターや内蔵電源ユニットを通して商用電源（日本の一般家庭では交流 100 V、周波数 50 Hz または 60 Hz）を使うデスクトップパソコン、サーバーコンピュータ等がある。もっとも、バッテリーを使う情報機器はバッテリーへの充電が必要なため商用電源を使うことも一般的に可能であるが、内蔵バッテリーの電力不足によって商用電源だけでは動作しない機器も一部存在する。

バッテリーを使うメリットは複数考えられる。① 室外等コンセントのない場所での利用、② 災害等による停電時での利用、③ 発電機等を持たずに移動しながらの利用、等など。そのうち、とくに災害多発の日本では災害時の安否確認、情報収集・情報発信において、停電対策としてバッテリーが極めて重要なエネルギー源である。

モバイル使用のために開発されたのがスマートフォンであり、ノートパソコンである。本文ではあえて省電力パソコン（ミニパソコン等、電気エネルギーをそれほど多く必要としないパソコン）を実験対象にしたのは、バッテリーの可能性に注目したいこと、ユーザの選択肢を増やすこと、時代の流れに先取りすること、等が理由である。

スマートフォンやノートパソコン等の内蔵バッテリーが近年、ユーザによる交換が不可能になった機種が大幅に増え、複数の内蔵バッテリーを用意しておき、必要に応じて取り替えるといった長時間の運用が難しくなった。それを改善するために、USB（Power Delivery Type C）等の外付けモバイルバッテリーの需要が増えたわけである。バッテリーには、鉛蓄電池、マンガンまたはアルカリ乾電池、ニカドまたはニッケル水素充電池、リチウムイオン充

電池、リチウムポリマー充電池等、様々なものが存在する。さらに、安全でエネルギー密度が高く繰り返し充電可能なバッテリーの開発は電気自動車に欠かせないので、新しいバッテリーが次々と生まれることと思われる。

スマートフォンやノートパソコンは、デスクトップパソコンと違って、ユーザの好みに応じて、インターフェースユニットを取り換えることは一般的ではない。好きなキーボード（たとえば、日本語キーボードか英語キーボード）を使いたいとか、画面サイズの大きい（あるいは、逆の小さい）ディスプレイを使いたいとか、多くの選択肢を同時に満たすことは困難であろう。ディスプレイや、キーボード、マウス等の周辺機器をユーザが気分次第、あるいは、必要に応じて組み合わせて使えば、より効率的で低コスト、楽しい IT ライフを送ることができると思われる。

パソコンはバッテリーで駆動することがまだ一般的ではない。ミニパソコンと呼ばれるものでもメーカーは省スペースという点に着目して開発されたわけである。しかし、消費電力が高い、重たくて運べない、大きくて移動できない等、それらが理由でやむを得ず固定して使う情報機器には商用電源が相応しいかもしれないが、一般的に人間が身近に使いたいものなら、電線を必要とする商用電源よりも、バッテリー駆動が圧倒的に便利で、使い勝手がよいであろう。将来的に、一般用途のパソコンはワイヤレス充電技術の実用化と相まってバッテリー駆動になっていくことと予想する。

本実験では、省電力パソコンを選定する条件について説明したうえで、バッテリーとして、身の回りによく見かける鉛蓄電池（公称電圧 12 V）、単一型アルカリ乾電池（公称電圧 1.5 V）、ニッケル水素充電池（公称電圧 1.2 V）、リチウムイオン充電池（公称電圧 3.7 V あるいは 3.6 V）をそれぞれパソコン

に給電し、駆動持続時間に関するテストを行う。

バッテリーの給電によってパソコンが正常に動作する時間を実測するために、海人氏が制作したフリーソフト bbench (Ver. 1.01) を利用した。実測にあたって、bbench に対する設定として、Web ページを 60 秒間隔で 10 サイト巡回、10 秒間隔でキーストロークを行った。また、パソコンに対する設定として、Windows 10 Home 64 bit を使用し、電源プランを「バランス」、外付けディスプレイの輝度を 40 %、Wi-Fi 無線と Bluetooth 機能を常時接続することにした。バッテリーは満充電の状態からテストをスタートし、パソコンが数時間～数十時間の持続動作後、バッテリーの電圧低下による強制終了までの時間を駆動持続時間とする。

I 実験対象となる省電力パソコン

1 パソコンの選定

本実験の対象となるパソコンの使い方は以下のように想定する。多くのユーザの使用実態に近い。

OS は Windows 10 とする。Mac OS が動くパソコンは Apple 社の方針によって Apple 社製パソコンに限定されてしまい、選択肢は大幅に狭められるので、本実験では選定対象から外した。また、ユーザの利用するソフトは Office 系や、ブラウザ、メーカー、音楽鑑賞、動画視聴等とする。

さらに加えて、パソコンの公称電源電圧を 12 V とする。車載用鉛蓄電池は公称電圧 12 V となるものが多く、乗用車が日本の各家庭に普及して以来の約 50 年間、乾電池の 1.5 V 以外に最も入手しやすい電圧である。確かに、近年になるとスマートフォン等への充電といったニーズから 5 V 電圧も普及し始めたが、5 V で駆動するパソコンはほとんどない。

上記の要件を満たす、しかも省電力のパソコンは数多く販売されているが、本実験で最終的に選定した機種とそのスペックは以下の通りである。

中国深圳安卓微科技会社製 Beelink M1。(写真 1 がその外観)。

OS: Windows 10 Home 64 bit

CPU: Intel Celeron Apollo Lake N 3450 Quad Core

グラフィックス: Intel HD 500 (CPU 内蔵)

メモリ: DDR3 8 GB

ストレージ: eMMC 64 GB + SSD 240 GB

LAN 1000 Mbs, Wi-Fi 802.11 a/b/g/n, Bluetooth 4.0

DC 電源: 12 V/ max 1.5 A

サイズ: 12 × 12 × 2.4 cm

質量: 0.34 kg

その他: SD カードスロット、ファンレス



写真 1 本実験で使う Beelink M1



写真 2 実験用パソコン一式 (バッテリー駆動)

省電力に貢献したのは Celeron N 3450、非 HDD ストレージ、ファンレス等である。また、Quad Core の CPU であること、8 GB メモリ、64 GB +240 GB ストレージであることから、一般ユーザのパソコンに対するニーズは満たされていると考える。

パソコン本体以外に、実験に利用したデバイスは以下の通り (写真 2) である。

モバイルディスプレイ: Gechic 社 On Lap 1503A

キーボード: Logicool 社 K240 (2.4 GHz 無線)

マウス: Logicool 社 M212 (2.4 GHz 無線)

バッテリーの持続動作時間に大きく影響するディスプレイはつぎのスペックである。パネスサイズ 15.6 インチ、解像度 1366 × 768、輝度(典型値) 200 (cd/m²)、コントラスト比 (典型値) 500:1、応答速度 (典型値) 8 ms とメーカーが公表している。

本パソコンはメーカーが AC アダプターの使用を前提にしているが、バッテリーで駆動して使うことが本文の着想である。

2 動作するのに必要な電力

選定したパソコンが動作するのに必要な電力はいくらか。OS の設定によっても、内部・外部デバイスの如何によっても消費電力が変わるが、前述した外部デバイスおよびフリーソフト **bbench** の設定のもとで、パソコンの消費する電力を調べた。

調べる手順はつぎのとおりである。すなわち、パソコンの電源スイッチを入れ、手動で Windows にログイン、手動でソフト **bbench** を起動し、設定として「キーストロック出力」と「Web 巡回」にチェックを入れ、**bbench** を動作させた。その後、**bbench** 画面下部に表示されている経過時間をみて、ちょうど1時間になった瞬間に、最大電流、平均電流をマルチメータ Fluke 87V の DC A レンジにより読み取った。最大電流も平均電流もパソコンの電源スイッチを入れた瞬間からの経過時間での値であり、表1に示す。

表1 消費電力の実測値 (電源電圧 12 V)

測定対象	最大電流 (A)	平均電流 (A)
パソコン本体	0.911	0.281
パソコン本体+ディスプレイ	1.164	0.504

なお、表1の測定対象とは、①パソコン本体：外部ディスプレイを別の専用電源で給電し、パソコンのみの通電に消費する電力、②パソコン本体+ディスプレイ：外部ディスプレイへパソコンの USB ポートによる給電し、システム全体の通電に消費する電力、ということである。最大電流は Windows が起動した直後に現れたもので、多くのサービスを起動するために消費した電力であろう。

テスト結果からわかったこととして、パソコンシステムが正常に動作するには、約 1.2 A を上回る最大瞬間電流が必要で、また平均消費電力は約 6 W (=12 V × 0.504 A) である。そのうち、パソコン本体の平均消費電力は約 3.4 W (=12 V × 0.281 A)、外部ディスプレイの平均消費電力は約 2.7 W (=12 V × (0.504-0.281) A) である。選定したパソコンシステムは確かに省電力といえよう。

3 動作電圧の変動に関する実験

AC アダプターを使うパソコンでは、その付属 AC アダプターの定格電圧が公称動作電圧として発表される。つまり公式的に、パソコンの対応する入力電圧はマルチ電圧ではなく、ある特定の電圧になる。無論、工業製品である以上、入力電圧にある程度

の変動幅があってもパソコンが安定して動作するように設計されている。問題はその許容する変動幅の大きさである。

入力電圧を絶えず厳しくチェックするパソコンが存在する。たとえば、ソニー社製ノートパソコン Vaio Pro 13 (モデル番号 SVP132A1CN) は、公称入力電圧 10.5 V を厳格にチェックしている。実測では、入力電圧が 9.7 ~ 11.8 V の間だけ、内蔵バッテリーへの充電やパソコンの立ち上げができる。それ以外は正しい入力電圧と認められないようである。

しかし、幅広い入力電圧に対応するほうが、多様な使用環境に適するだけでなく、日本で多発する災害時の停電でも稼働する可能性が高くなる。なぜかという、ほとんどのバッテリーは性質上、出力電圧をある値にキープすることができないだけでなく、時間とともに出力電圧が少しずつ低下していく。その電圧変動の範囲内にパソコンが安定して動作すれば、商用電源だけでなく、外部バッテリーも緊急時の電気エネルギー源として利用できるわけである。

確かに、技術の進歩によって、DC-DC コンバータ等の付加装置を使えば、変動するバッテリーの電圧を特定の値に固定させることが可能である。しかし、災害や停電が起きた時にそういう付加装置を入手することは困難であろう。したがって、ケーブル1本だけでパソコンが稼働するメリットは計り知れない。たとえば、緊急時に AC アダプターのケーブルを切断して車載用バッテリーにつけ直すことで、ケーブルを容易に得ることはサバイバル術として記しておく。

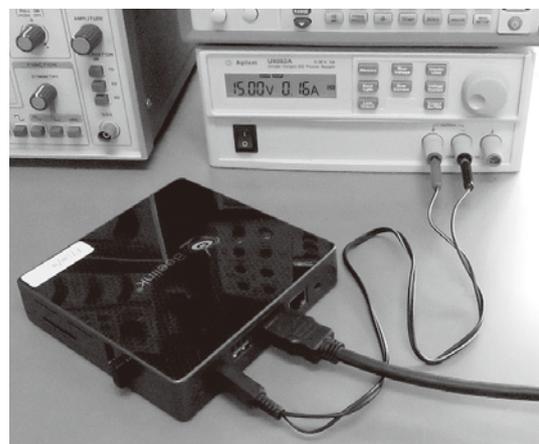


写真3 パソコンの動作電圧に関する実験

さて、公称動作電圧が12 V となっている Beelink M1 は、実際の動作電圧はどうなっているのだろうか。

実験では、実験用電源 Agilent Technologies 社製 Agilent U8002A を使い、写真3のように、0.5 V おきに 9 ~ 15 V の入力電圧を Beelink M1 に与えて、それぞれ ①電源オフの状態から Windows 10 が立ち上がるかどうか、②安定した動作であるかどうか、という2点を確認した。

表2 Beelink M1 の動作電圧

入力電圧 (V)	立ち上げ可能	計算時間 (mm:ss)	計算結果
15.00	○	12.33	一致
14.50	○	12.33	一致
14.00	○	12.32	一致
13.50	○	12.32	一致
13.00	○	12.33	一致
12.50	○	12.33	一致
12.00	○	12.33	一致
11.50	○	12.32	一致
11.00	○	12.32	一致
10.50	○	12.32	一致
10.00	○	12.31	一致
9.50	○	12.32	一致
9.00	○	12.32	一致

②の安定動作の確認では、Windows 上で動く円周率計算プログラム・スーパー π (Ver. 1.1、東京大学金田研究室作成) というフリーソフトを使った。1677万桁の計算桁数を選択し、出力ファイル pi.dat を比較することによって、パソコンが正しく動作しているか否かを調べる。その実験結果を表2にまとめた。表2では、左の列よりそれぞれ、実験用電源の出力電圧(値は装置のLCDディスプレイ上に表示されるデジタル値)、Windows 10 が電源オフの状態から正常に起動したかどうか、スーパー π の計算時間(単位は分:秒)、およびスーパー π の計算結果が互いに一致したかということを示している。なお、Windows 10 はバックグラウンドでは様々なタスクやサービスが動いており、計算するたびに数秒の差が現れることがよくあることから、計算時間はあくまでもひとつの目安にすぎない。

表2から、Beelink M1 は幅広い入力電圧に対応していることがいえよう。出力電圧に変動幅のあるバッテリーを直に接続して使うことが可能である。

II 各種バッテリーの持続時間に関する実験

ここでは、鉛蓄電池、乾電池、ニッケル水素電池、

リチウム電池等(写真4)、様々なバッテリーを実際に用いて実験した結果をまとめる。



写真4 様々なバッテリー

1 鉛蓄電池

最も身近な鉛蓄電池といえば、車載用のバッテリーであろう。多くは公称電圧12 Vである。鉛蓄電池の長所と短所はそれぞれつぎの通りで、よく知られている。長所は①身近に存在する、②内部抵抗が小さく大電流で放電可能、③安全性が高い、等であり、短所は①エネルギー密度が低い、②一般的に重い、③自然放電するのでこまめのチェックや充電が欠かせない、④寿命が比較的短い、⑤希硫酸を使っているため、取扱や廃棄時に特別な注意が必要、等である。

今回の実験で用いた鉛蓄電池は通信用のもので車載用バッテリーと特性が若干異なるが、商品名とスペックは以下の通りである。

Kung Long Batteries Industrial Co., Ltd. (台湾廣隆光電科技会社) 製 WP20-12IE。

定格容量: 12 V 20 Ah

充電電圧: 14.4 ~ 15.0 V (サイクルユース)

13.5 ~ 13.8 V (スタンバイユース)

最大充電電流: 0.3 CA (最大6 A)

内部抵抗: 10 m Ω (@1 kHz)

寿命: 225 サイクル (100% 放電、サイクルユース)

3 ~ 5 年 (スタンバイユース)

サイズ: 約 181 × 76 × 167 mm

重量: 約 6.1 kg

放電曲線: メーカー公表(図1)

22 Ω 抵抗器を定負荷として満充電したバッテリーに接続して、時間 - 電圧の放電特性を実測したもの

を図2に示した。抵抗器をつけた直後の抵抗器両端電圧が13.04Vであった。終止放電電圧を11.37Vとしたときに、持続時間が32時間30分(=32.5時間)に及んだ。終止放電電圧をもっと低く設定すれば持続時間は伸びるが、鉛蓄電池が再充電不能というリスクを考慮しないとイケない。

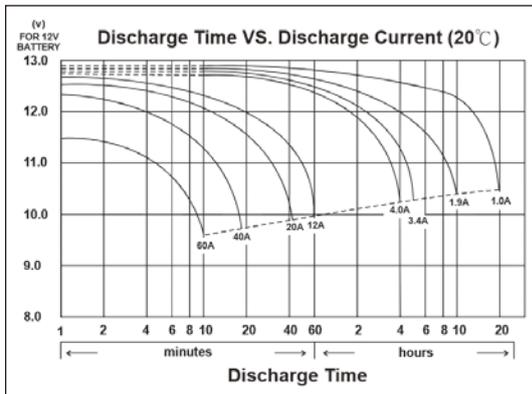


図1 鉛蓄電池の放電特性(メーカー公表)

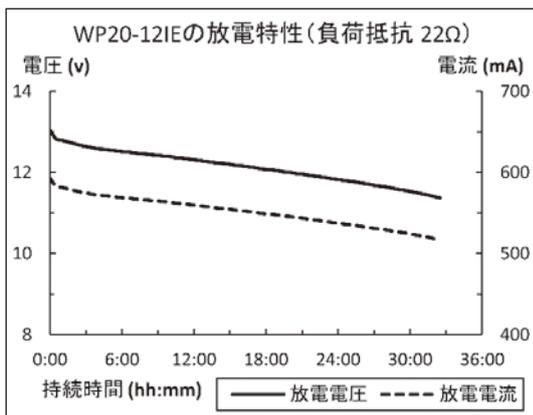


図2 WP20-12IEの放電特性(実測値)

鉛蓄電池でパソコンシステムに給電した場合の持続時間はソフト bbench によって実測したところ42時間29分(=42.5時間)であった。

毎日8時間のパソコン使用を考えれば約5日間使えることになるので、20Ahという定格容量は本実験用パソコンにとってひとつの目安になるのではないかと。問題はやはりその重さである。6キロをモバイルで利用するのは多くのひとにとって困難であろう。しかし、車社会では車載用鉛蓄電池は簡単に入手できるため、自然災害等の停電対策として威力が発揮する。緊急時の有力な選択肢として考えよう。

2 乾電池

単一、単二、単三等と呼ばれる最も身近な乾電

池は公称電圧が1.5V、長所と短所はそれぞれつぎの通りである。長所は①長い歴史ゆえのグローバルスタンダードであり、世界のどこに行っても入手できる、②購入価格が安い、③安全性が高い、等であり、短所は①充電できない(一次電池と呼ばれる所以)、②劣化すると液漏れする(マンガン乾電池よりもアルカリのほうがとくに液漏れが起きやすい)ので、使用する機器をいためてしまう、③内部抵抗が高く大電流での放電ができない、等である。

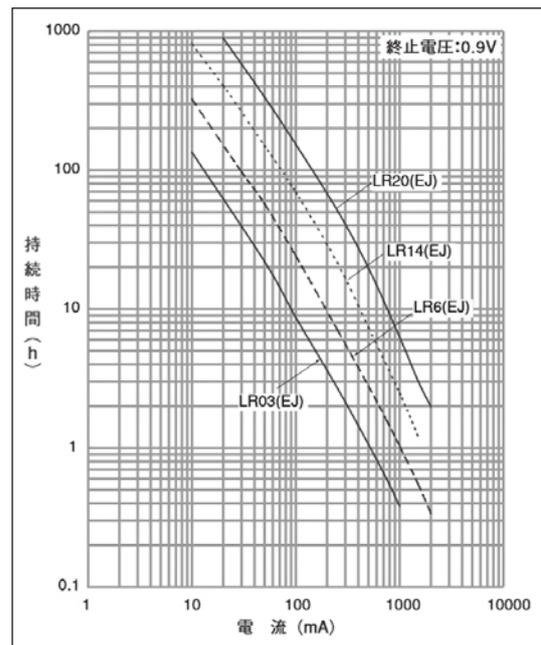


図3 EVOLTAの放電特性(メーカー発表)

乾電池それぞれの放電曲線をメーカーが公表することはあまりないが、Panasonic製アルカリ乾電池EVOLTA(メーカーがトップ性能と自称している)が図3のようになっている。なお、LR20が単一、LR14が単二、LR6が単三、およびLR03が単四型乾電池を表している。

図3でわかったことは、単二~単四型乾電池が放電電流および持続時間との観点から本実験に相応しくない。そこで、図4のとおり、新品購入した単一型乾電池EVOLTA(型番LR20EJ、使用推奨期限2028月3月、開放電圧1.626V)に抵抗器3Ωを接続して、放電特性を実測した。

乾電池の公称電圧が1.5Vに対して、実験では抵抗器を接続した直後に乾電池両端の電圧が約1.2Vに低下した。また実験では終止放電電圧を0.9Vにした理由は、メーカーが発表した特性に合わせたためである。

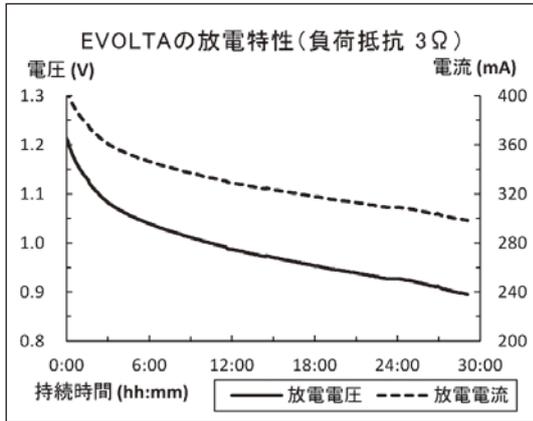


図4 EVOLTAの放電特性(実測)



写真5 10本の直列した乾電池

パソコンシステムに給電した場合の持続時間を測定するために、新品購入した乾電池を写真5のように、10本直列して使った。乾電池ユニットの開放電圧は16.26Vであったが、パソコンに接続した瞬間、電圧は15Vに低下した。パソコンの電源スイッチを入れた瞬間から、電圧低下によるWindowsの強制終了までの時間は18時間29分(=18.5時間)であった。その間、ソフト**bbench**をひたすら動かした。

持続時間は鉛蓄電池につき、長いものになっているが、乾電池は再充電できないため、ランニングコストが高いことが難点であろう。

3 ニッケル水素充電電池

ニッケル水素充電電池は近年、再充電して繰り返し使用できるというエコブームによって広く知られている。公称電圧は1.2Vである。その他の特徴として、リチウムイオン電池と比べて発火の危険性が少なく安全性が高いこと、公称電圧が乾電池に近く、多くの場合乾電池のかわりに使用できること、液漏れの可能性が低いこと、メモリ効果

があること等があげられる。

本実験では広く知られている旧三洋電機製単三型 eneloop (型番 HR-3UTGA、定格容量 1900mAh 以上) を対象にした。

満充電した充電電池(開放電圧 1.45V)に2.4Ω抵抗器をつないで放電させて、抵抗器両端の電圧を実測したのが図5である。ただし、終止放電電圧を0.9Vとした。

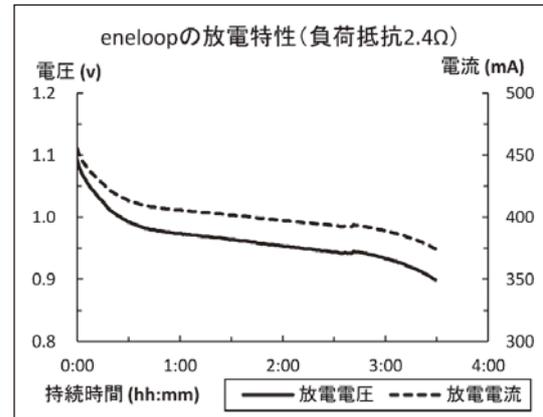


図5 eneloopの放電特性(実測)

さらに、満充電した eneloop を10本直列(開放電圧 14.24V)してパソコンシステムに給電したときの持続時間はソフト **bbench** で計測したところ、3時間18分(=3.3時間)であった。

ニッケル水素充電電池はセル単体の電圧が低く、密度エネルギーがリチウムイオン充電電池に及ばないため、パソコンに給電するバッテリーとしての魅力が薄れているのは確かであろう。

4 リチウムイオン充電電池

リチウムイオン充電電池は携帯電話やノートパソコン等の携帯機器の登場によって広く使われるようになった。公称電圧は3.6か3.7Vである。特徴として内部抵抗がとても小さく大電流放電が可能なこと、エネルギー密度が高いこと、自己放電が極めて少ないこと、発火する危険性が高いこと等があげられる。情報社会を支えるキーパーツのひとつとして新しいタイプのリチウム充電電池がこれからも次々と生まれることだろう。

本実験では、単独商品として最も多く見かける円筒形リチウムイオン充電電池 18650 を使う。満充電した 18650 (実測容量 2800mAh) に8Ω抵抗器をつないで放電し、抵抗器両端の電圧を実測し

たのは図6である。ただし、終止放電電圧を2.7Vとした。放電電圧が3Vを切ったところで急になるところが特徴的である。

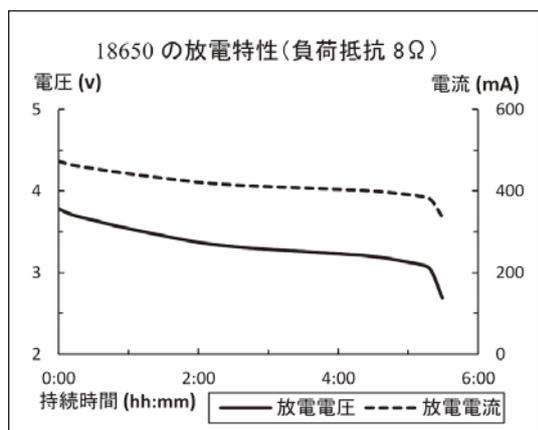


図6 18650の放電特性(実測)



写真6 3本直列したリチウムイオン充電電池

満充電した同タイプ18650を写真6のように、3本直列(開放電圧12.62V)してパソコンシステムに給電したときの持続時間はソフト**bbench**で計測したところ、4時間18分(=4.3時間)であった。

また、国内パソコンメーカーの多くが利用しているJEITAバッテリー動作時間測定法(Ver. 2.0)に従って測定したところ、繰り返し動画再生(OSはWindows 10、ソフトはVLCメディアプレイヤー Ver. 3.0.4、内蔵SSDに格納した動画ファイルはJEITAが提供した130MBのもの)の持続時間は3時間54分(=3.9時間)であり、デスクトップ表示のみの持続時間は4時間46分(=4.7時間)であった。つまり、JEITA測定法2.0によるバッテリーの持続動作時間は4時間20分(=4.3時間)となる。なお、ほかの設定として、Bluetoothをオン、外部ディスプレイの輝度を100%(=200

cd/m²)にした。輝度を下げれば、持続時間ももう少し長くなるはずであろう。

リチウムイオン充電電池の問題点はその安全性にある。発火や爆発等の事故がよく報道されるので、ショートさせない、衝撃を加えない、過放電・過充電しない等、常識的で丁寧な取扱が不可欠であろう。なお、実験ではリチウムイオン充電電池は1ユニットの持続時間がそれほど長くはないが、サイズが小さく軽量なため、複数のユニットを用意しておけば長い時間の運用というニーズにも対応できるだろう。

終わりに

今年(2018年)の夏に台風や、暴雨、地震等の自然災害によって多くの地域が長期間の停電に直面してしまった。とくに北海道胆振東部地震では道内全域がブラックアウトに陥り、停電対策がクローズアップされた。

本文ではデスクトップパソコンをバッテリーで駆動するための条件、すなわち、①省電力であること、②バッテリーの幅広い電圧変動に対応すること、を指摘した。これら2つの条件をクリアしたパソコンを実際に選定したうえで、身の回りによく見かける4種類の異なるタイプのバッテリーについて、放電特性および持続時間に関する実験を行い、それぞれバッテリーの特徴を確認することができた。パソコンの停電対策やモバイル利用に寄与することが本文の願いである。

今後の課題として、ソーラーパネル+2次電池というハイブリッド・給電システムに関する実験を行うことがあげられる。

参考文献

- 梅尾良之(2006)、『新しい電池の科学—高性能乾電池から燃料電池まで』講談社
- 岡田和夫(1997)、『電池のサイエンス』森北出版
- 小林弘典(2014)、「リチウムイオン二次電池の最新の開発動向」『化学と教育』62(11)、532-535、日本化学会

Experimental Analysis of Operating a Power-Saving PC with Batteries

NI Yongmao

Abstract

Batteries are a component that is absolutely vital to the operation of information appliances in situations such as outdoor or disaster blackouts. The PC (desktop personal computers) usually uses AC as the power supply. In this paper, for PCs, we consider the possibility of using batteries such as Lead-acid batteries, dry cells, and NiMH or Li-ion cells. We analyzed the conditions for driving a PC with batteries, that is, (1) the PC must be power saving, (2) the PC responds to a wide range of voltage fluctuation of batteries. After actually selecting a PC that satisfies these two conditions, we conducted experiments on the discharge characteristics and durations of the batteries, and confirmed the duration of the 18650 Li-ion rechargeable cells in notebook computers.

(2018年10月29日受理)