

# バッテリーの容量低下の検出と警告方法について\*

半田 譲治<sup>1)</sup>

佐野 翼<sup>2)</sup>

## The detection of the low battery condition and its warning system

Jyouji Handa

Yoku Sano

The automobile is essential for our daily lives. Therefore it can be very frustrating to find low battery condition. It will prohibit the start of the engine, thus resulting in a serious problem for customers. The trial to develop an effective warning system for low battery condition was done to prevent these troubles in advance.

Key Words: Electric Equipment, Battery, Warning system/Engine start trouble

### 1. はじめに

自動車の技術革新や道路整備などにより自動車の故障は年々少なくなっているように思えるが、故障は皆無ではない。特に、近年、自動車のあらゆる制御に電気、電子回路が組み込まれ、その電源となるバッテリー、オルタネータ等は益々重要な役割を果たすことになる。したがってこれらのトラブルは極力少なくしなければならない。

トラブルの一つにバッテリーの過放電がある。バッテリーが過放電すると、たちまちエンジン始動困難に陥り重大な支障を来すことになる。

そこで本研究は、バッテリーの容量の低下を早期に検出し、警告灯により運転者に警告することで、バッテリー上がりによるエンジン始動不能等のトラブルを未然に防止しようと試みたものである。

### 2. 路上故障の状況

2001年度JAF(日本自動車連盟)のデータ<sup>(1)</sup>によると、ロードサービス処理件数は全国で約300万件、その内、一般道路で283万件、高速道路で19万8000件となっている。

Fig. 1に両道路におけるロードサービス処理の主な理由の内訳が上位10位まで示されている。

トラブルの主な理由のうち、バッテリー関係では、過放電バッテリーが約77万8000件(25.7%)と第1位に、第2位に劣化バッテリーの約7万5000件(2.5%)がある。したがって両処理件数を合計すると約85万3000件になる。これらのデータを見るとバッテリーの過放電等バッテリー関係のトラブルの多いことが分かる。またそれ以外にもディーラ、專業整備工場等に取り扱われた件数を含めるとさらに増えることが予想できる。

故障の内容は、過放電、バッテリーの不良のため、主にスタータが回らず、エンジンが始動不能となった例である。

JAF Road service Data  
(2001.4.1 ~ 2002.3.31)

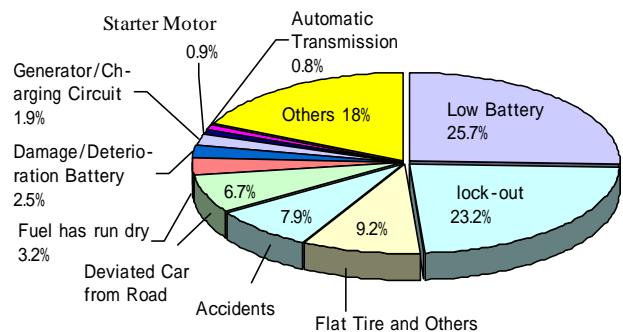


Fig.1 The number of road services on road and the reasons

特に、2月、8月にはエアコンディショナの使い過ぎによってバッテリー上がりを起こした例が多いようである。

### 3. 測定方法と装置

バッテリー上がりの原因としては、オルタネータの発電不良、負荷の増大による容量の低下等が考えられる。オルタネータの故障はインストルメントパネルにある警告等が点灯するため容易に判断ができるが、バッテリーの容量の低下の場合はスタータの回りが悪くなったり、回らなくなった時初めて分る。

一般にバッテリーの容量を調べるためには、電圧計を使った端子電圧の測定、比重計による電解液の比重の測定、または、バッテリーテスタによる測定方法がある。これらの方法は専用のテスタ等を用いるため、専門知識を必要とする。したがって一般の運転者には、バッテリーの容量の低下を予知することは非常に困難である。

上述したバッテリーの容量を調べる方法の中で比重を調べる方法は、電気的な測定が難しい。そのため警告灯回路に組み込むのが困難である。したがって本実験では、オンザカータイプのバッテリーテスタとして、基本的にエンジン始動時の

\*2002年8月2日受理

1)・2) 広島国際学院大学自動車短期大学部

バッテリー端子電圧を検出している。一般的に、エンジン始動時にはスタータモータに大電流が流れ、バッテリーには内部抵抗が存在するため、電流に応じた電圧降下が生じる。バッテリーの容量が低下すると内部抵抗も増大し電圧降下も大きくなることを利用した。本実験では、イグニションスイッチをスタートにしてエンジンが始動するまでの最大負荷時、すなわち、バッテリー端子電圧の一番低下した時を（以後始動時端子電圧と言う）検出した。

また、実験結果から、バッテリーの容量の低下により、始動前（無負荷端子電圧）と始動時端子電圧が共に基準値以下になった時、メータパネル内の警告灯（チャージランプ）を使って点滅させ、運転者に知らせるバッテリー容量低下警告灯回路を試作した。

### 3.1. 測定装置と測定対象車

Table.1 に A/D コンバータの仕様を示す。また、バッテリー電圧、電流、エンジン回転速度をパソコンに入力するため P/C カード型 A/D コンバータを使用した。Fig. 2 に測定装置を示す。A/D コンバータの入力電圧は  $\pm 5V$  のため、抵抗によりバッテリーの電圧を  $1/3$  に減衰し入力した。

エンジンの回転はアナログメータの両端の電圧を入力し、エンジン始動時電流は、バッテリー側にクランプ式電流計を使用し測定した。また、比重計はバッテリークーラントテストを使用した。なお、文中、図に示す比重は  $20$  に換算したものである。

測定対象車は、身近にある日常通勤で使用している車や実習で使用している  $1,600cc$  から  $2,300cc$  のガソリン乗用車とし、バッテリーやスタータモータの使用年数、容量の大小を問

Table.1 Specification of AD Converter

Type	REX-5054B
Input Voltage	-5V ~ +5V
Sampling Interval	20 $\mu$ sec
Resolution	12 bit



Fig.2 Measuring Device

わず、ターミナル等の状態も現状のままの状態でも測定した。測定時期、測定データは、主にエンジンの回転抵抗の大きいと思われる冷間始動時とし、冷却水温が  $3 \sim 15$  時のものである。

### 3.2. 警告灯回路の概略

警告灯回路略図を Fig. 3 に示す。

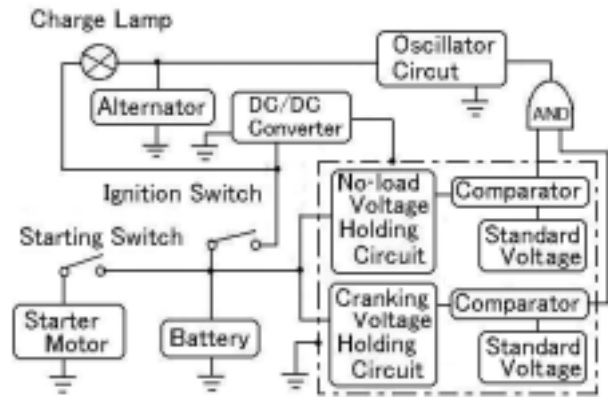


Fig.3 Warning Lamp Circuit

図のように警告灯回路は、オルタネータのチャージランプの回路に並列に組み込まれ、充電回路が不良の場合は、従来通りチャージランプが点灯する。バッテリーの容量が基準値より低下した場合は、チャージランプが点滅するようにし、両者を区別した。

次に、回路は始動時端子電圧を検知するが、始動時端子電圧の低下や、エンジンがかかった時の端子電圧の上昇によりバッテリー端子電圧が変動する。このホールド回路の電源を一定の電圧にするため、DC-DCコンバータ（型式：イタタ電気工業（株）製 15SC05, IN: 4V ~ 9V, OUT: 15V）を使用した。

さらに、バッテリー端子電圧が  $8V$  未満になった場合、チャージランプが点滅する点滅回路、警告電圧と始動前や始動時端子電圧を比較する比較回路、エンジンが回っている間、その電圧をホールドするためのホールド回路から成り立ち、運転者にバッテリーの容量低下を知らせる。また、ホールド回路は、一度、警告電圧を検出すると、イグニションスイッチを OFF にするまでチャージランプは点滅を続けて警告する。

### 4. 測定結果

Fig. 4 にバッテリー始動前電圧と始動時端子電圧の変化を、Fig. 5 に液比重に対する始動時端子電圧の変化をそれぞれ示す。なお、図中の印は、エンジンが始動出来なかった時のものを表す。Fig. 4 より、始動前の端子電圧が低くなると始動時に電圧が下がることが分かる。また、Fig. 5 より、放電してゆくと比重の低下に伴い内部抵抗が増大し電圧降下も大きくなっている。

比重が約1.2を下回ると始動時端子電圧がさらに下がって来る。すなわちバッテリーの容量が低下してくると始動時の電圧が低下しエンジンのかかりが悪くなる。本実験の範囲内においては始動前の電圧が12.3V以上、始動時端子電圧では7V以上、比重1.20以上あれば確実に正常にエンジンが始動した。また、始動前の電圧が12V未満の場合、始動が出来なかったり、ようやく始動が出来たものが多くの車に見られた。

Fig. 4, Fig. 5 のデータの中に始動時端子電圧が4V付近やそれ以下のものがあるが、これは Fig. 10 に示すように始動直後は5.76V位でもエンジンがかからず、スタータモータを回していくと電圧が下がってゆく、そのためテストは、エンジンキ - を切るまでの間の一番低い電圧を読み取るためである。

さらに始動前端子電圧や比重が大体同じ様な値でも、始動時端子電圧に多少のばらつきが見られるが、これは、バッテリー自体に起因するものや、エンジンの負荷、スタータモータ本体の抵抗、その回路抵抗等の違いによる影響も含まれているものと思われる。比重の低い方で始動時端子電圧値のバラツキは大きくなっている。

次に始動時に測定した波形の具体例を Fig. 6 ~ Fig. 11 に示す。これらの図は、バッテリー比重計に表示してある「良好」、「注意」、「要充電」の状態に該当するバッテリーを使用して、始動時端子電圧、始動電流、エンジンの回転を測定したもので、排気量：1590cc、バッテリー：75D23L、スタータモータ：1.0kW、エアコン、パワーステアリングを搭載した同一車両のものである。また、図の上部にその時の測定状態を示す。

Fig. 6 に正常に始動する車を故意に失火させた時の各波形を示すが、これは充電されたバッテリーを使用し、イグニッションコイルのハイテンションコードをプラグから外した状態で約7秒間位クランキングした時のものであるが、バッテリーの電圧降下も小さく、一定の電圧で安定して持続しているのが分かる。

Fig. 7 ~ Fig. 9 は、バッテリーの比重（容量）が低下して始動時端子電圧が下がってゆく様子が伺える波形を示す。

Fig. 10 に始動が出来なかった様子を示すが、容量が低下してくるとバッテリーの電圧降下もだんだん大きくなってエンジンがかからなくなることが分かる。

Fig. 11 に比重1.196の要充電のバッテリーで、Fig. 6 と同様に故意に失火させ測定した波形を示す。この場合、約10秒間クランキングし、約10秒間の休みを置いて再び10秒間クランキングという形で繰り返しながら測定したものである。

図が示すように僅かずつ電圧が下がってゆくが、サンプリング時間の200秒間は殆ど正常にクランキング出来た。

この中で、10回のクランキングデータを見ても毎回、始動時端子電圧が変化している。これは、同一エンジンでありながらエンジンが止まった位置、スタータモータの止まった

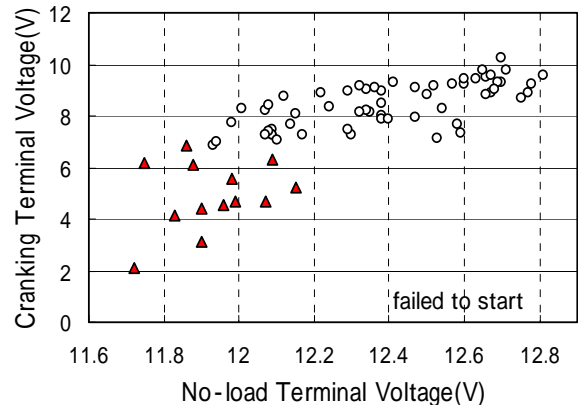


Fig.4 Terminal voltage at no-load and cranking

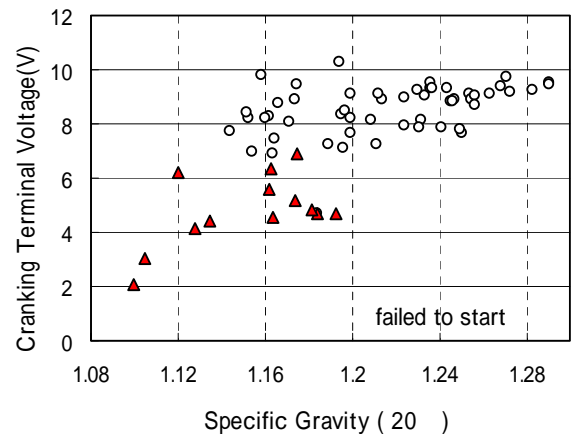


Fig.5 The specific gravity of electrolyte and cranking terminal voltage

位置等により変化したと考えられる。

また、同じ方法で測定した他の車（比重1.193、初期電圧12.07V）の場合、3回までは正常にクランキング出来たが、4回目は急にスタータの回りが悪くなった例もあり、始動可能回数のばらつきもあった。

Fig. 9 が示しているように要充電の範囲で比重が1.172位の時、スタータを回してエンジンがかかるまで約1秒弱を要している。したがって、ばらつきはあるが、比重が1.20以上あれば確実に安定してスタータが回ることが推測できる。

始動時端子電圧等はテストで測定して初めて判ることであり、エンジンが正常に始動すれば、始動時のエンジン音からは容量の低下は殆んど判断ができなかった。

したがって、一般の運転者にとってバッテリー容量の低下を知ることは非常に困難であろう。

Measurement condition: Cooling water temperature :6  
 No-load Terminal Voltage :12.7V Cranking Terminal Voltage :9.0V

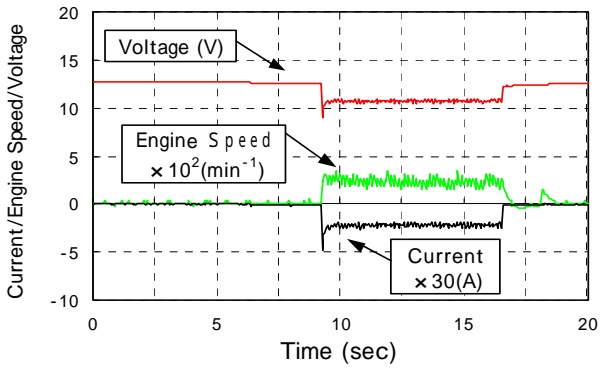


Fig.6 Waveforms at the Specific Gravity of 1.290 without firing

Measurement condition: Cooling water temperature :6  
 No-load Terminal Voltage :12.8V Cranking Terminal Voltage :10.1V

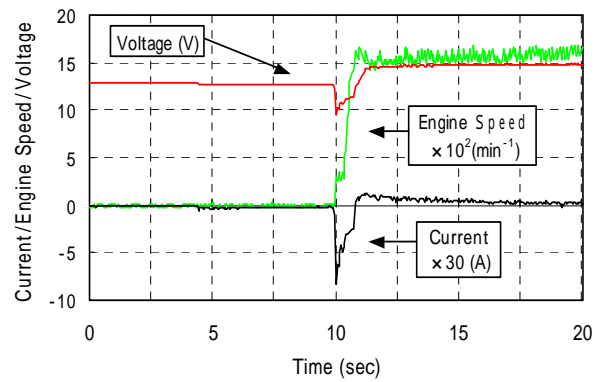


Fig.7 Waveforms at the Specific Gravity of 1.290

Measurement condition: Cooling water temperature :4  
 No-load Terminal Voltage :12.4V Cranking Terminal Voltage :8.8V

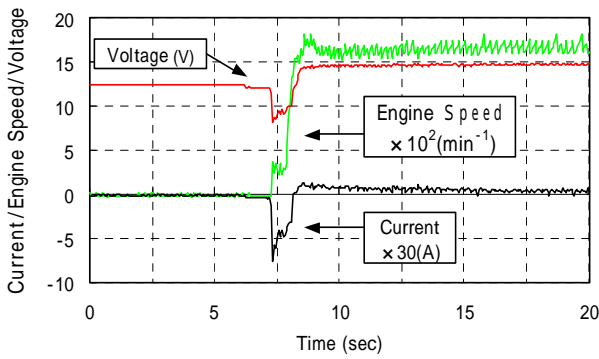


Fig.8 Waveforms at the Specific Gravity of 1.231

Measurement condition: Cooling water temperature :8  
 No-load Terminal Voltage :12.2V Cranking Terminal Voltage :7.6V

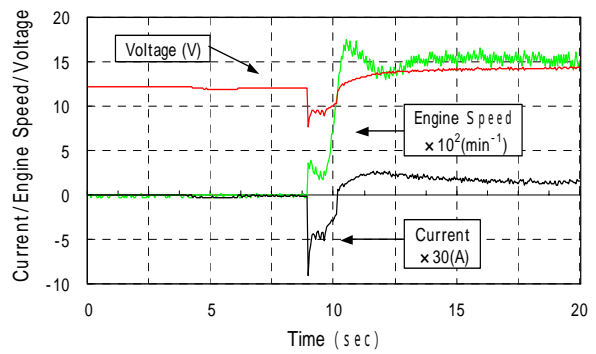


Fig.9 Waveforms at the Specific Gravity of 1.172

Measurement condition: Cooling water temperature :12  
 No-load Terminal Voltage :11.9V Cranking Terminal Voltage :2.3V

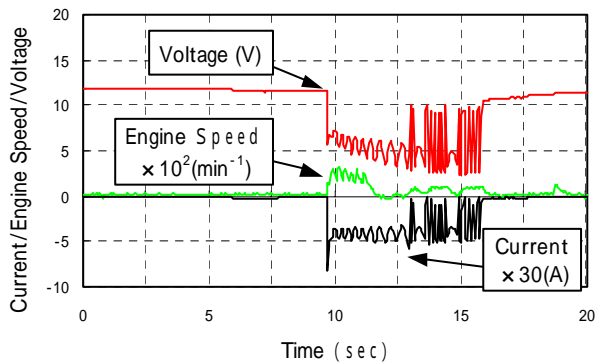


Fig.10 Waveforms at the Specific Gravity of 1.134 (failed to start)

Measurement condition: Cooling water temperature :14  
 No-load Terminal Voltage :12.4V Cranking Terminal Voltage :7.1V

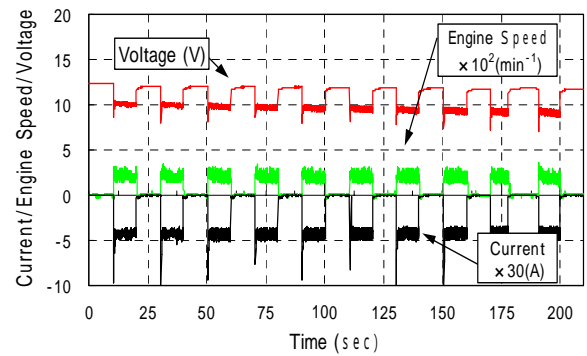


Fig.11 Waveforms at the Specific Gravity of 1.196 without firing



## 5. 警告電圧の決定とまとめ

Fig.12 に比重とバッテリーの放電量の関係を示す。(2)

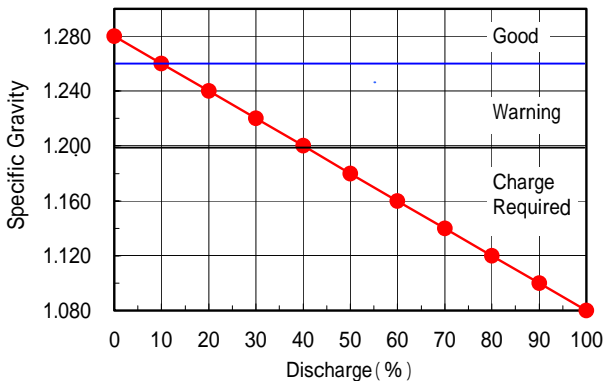


Fig.12 Specific Gravity and Discharge at 20

前述のバッテリー - ラントテストには比重(20)が1.30 ~ 1.25は「良好」、1.20まで「注意」、1.20を下回ると「要充電」と記されている。バッテリーの比重が1.20より低くなると放電量が40%以上になるため一般には充電が必要になる。このため、充電が必要な目安となるのは比重が1.20を下回った時である。次式(3)を使って比重が1.20の時の無負荷端子電圧を求めると12.30V位になる。

$$\text{起電力}(E_0) = \text{比重値} + 0.85 \text{ (V/セル)}$$

したがって、警告灯を作動させる電圧は、この充電が必要な目安となる比重1.20と、この時の起電力12.30Vを基準に考慮した。Fig.4, Fig.5の実験データからすると、始動時端子電圧が大体7V以上あれば正常に始動することが分かる。

そこで、早めに警告する意味において、また、余裕を持って十分にスタータモータを回す意味に於いても、警告する始動時端子電圧として8Vが必要と思われる。・・・

次に、警告する電圧を8Vにした場合、比重が1.20以上で充電の必要のない範囲(電圧12.30V以上)を上回っても始動時端子電圧が8Vを下回るケースも出て警告することになる。したがって、より正確に警告するため、さらに始動前端子電圧を要素として加えた。

Fig.5の実験データから、比重が1.20以上(電圧12.30V以上)あれば確実に安定してスタ - タが回る。・・・

したがって、より充電が必要な比重1.20(電圧12.30V)を下回り、始動時端子電圧が8V未満になった場合にバッテリーの容量低下と見なし、警告することにした。

この実験データには、バッテリーターミナル、スタータ本体等の抵抗による電圧降下のばらつきなどバッテリー以外の要素も多少含まれているものと考えられるが、何れにせよ、これらの要素を含んで始動時端子電圧が下がり過ぎればエン

ジンが始動不能となる。また、始動時電圧があまり下がらずスタータの回りが悪ければ、スタータ回路の抵抗の増大等も判断ができる。

現在の自動車は、各センサの入力信号を検知し、異常があれば警告する自己診断機能があり、更に、フェイルセーフ機能が備えてある。これはトラブルを回避するための手段であるが、バッテリーの容量が低下した場合にも自己診断機能が働くようになれば、かなりのトラブルが予防出来るものと考えられる。

## 6. おわりに

本研究は、冒頭で述べたとおり、バッテリーの容量低下によるエンジン始動不能となるトラブルを未然に防ぐことを目的とした一つの試みであるが、この度は、車両台数、エンジン冷却水温、エンジンオイル等限られた条件の中での実験であるためデータも限られたものになった。もっと広範囲のデータを集める必要がある。また、始動時端子電圧による容量低下の判定を行ったため、バッテリー以外の要素も含んでの判定となっている。したがって、比重1.20より下がっていても始動時端子電圧が8V以上あるため、警告の対象外になっているものもあるため、さらに検討する必要がある。今後は、電流等を加味し、容量の低下をより確実に検出することで、最適な警告が出せる方法を摸索したい。

最後に、本研究にあたり、財団法人東京自動車技術普及協会より助成金を頂いたことを記し、謝意を表します。

## 参考文献

- (1) JAFホ - ムベ - ジ, 「JAF NEWS Release」, 本部広報2002-05.2002.4  
<[http://www.jaf.or.jp/profile/news/file102\\_05.htm](http://www.jaf.or.jp/profile/news/file102_05.htm)>
- (2), (3) 自動車整備専門学校協会, 電装品構造, p.70 (2000)