

# アイドリングストップ車用鉛蓄電池 のSOC, SOH判定装置の開発

## Development of SOC and SOH Monitor of Lead-Acid Batteries used in "Idling Stop" Automotives

加納 哲也 \*1 佐藤 敏幸 \*2  
Tetsuya Kanou Toshiyuki Satou

### Abstract

An SOC and SOH monitor of lead-acid batteries used in engine idling-stop cars has been developed based on a new algorithm. Using input data of current, voltage and temperature, SOH is estimated from the DC resistance at engine startups, while SOC is estimated from the current balance during driving. During idling stops, the SOC is periodically updated with a new SOC that is estimated from the current and voltage relation of battery, and the relation is modified by an I-V reference containing the temperature and degradation data (SOH) of the battery.

The prototype of an SOC and SOH monitor was tested on cars, achieving satisfactory results.

### 1. 背景

近年、排ガス削減と燃費改善の観点から、アイドリングストップを行なう車両が増えてきている。アイドリングストップ中は電装品の電力供給源は電池からのみとなるため、従来の使用方法に比べ、電池にとっては過酷な状態となる。場合によっては、アイドリングストップ後にエンジン再始動ができなくなる可能性もある。そのため、これまでに比べより電池の充電状態や劣化状態すなわち、SOC (State Of Charge=残容量)、SOH (State Of Health=劣化状態) を随時モニターする必要性が高まっている。また、SOC,SOHを知ることによって最適な電池管理を行ない、電池の寿命延長等の効果も期待される。

さらに、既に実用化が始まった昇圧電池システム(36V/42V)やHEVなどの新しいシステムの自動車においては必要不可欠な技術となっている。

本稿では、新たに開発したSOC, SOH判定アルゴ

リズムおよびプロト機について報告する。

一般的にSOCの定義として、満充電状態を100%とする方法と、初期容量を100%とする方法があるが、本稿では後者の意味として用いている<sup>1)2)</sup>。

### 2. SOC,SOH判定方法

今回、SOC, SOH測定のために電池の電流、電圧、温度をモニタリングする方法について検討した。

本判定方法のアルゴリズムの要点は以下の3点から成っている。

- (1) エンジン始動時：直流抵抗の算出によるSOH判定
- (2) 通常走行時：電流積算によるSOC判定
- (3) アイドリングストップ時：電流、電圧のI-V特性データに基づくSOC判定、および(2)の電流積算値のプリセット

なお、(1)～(3)については温度補正を行ない、(1)で得られたデータは(3)の劣化補正にも用いる。

\*1 技術開発部

\*2 古河電気工業株式会社

研究開発本部環境・エネルギー研究所

図1に判定方法の概要図を示す。

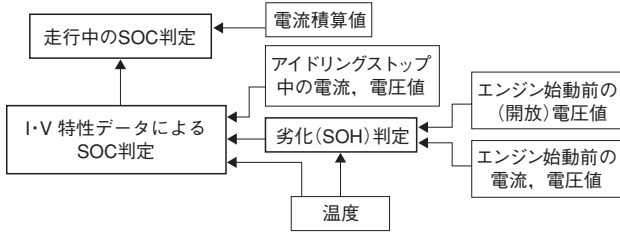


図1 SOC,SOH判定方法の概要  
fig.1 Algorithm for the measurement of SOC and SOH

### 2.1 エンジン始動時

一般的な車のエンジン始動時の電流、電圧波形は図2の様な挙動を示す。

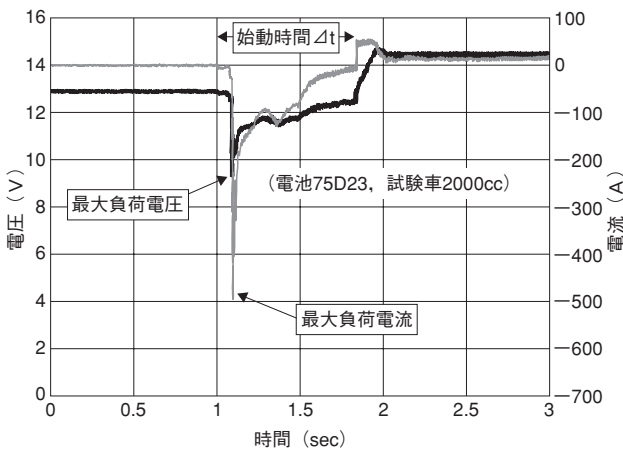


図2 エンジン始動時の電流と電圧の波形  
fig.2 Current and voltage curve at engine start

直流抵抗の算出は、エンジン始動前の開回路時と最大負荷時の電圧値より降下電圧 $\Delta V$ を求め、同時に最大負荷時の電流値を用いて $\Delta V=I \times R$ より直流抵抗 $R$ を求め、さらにこの値に温度補正を行なう。この値をSOHの指標とし、劣化補正に用いる。

電池の劣化に伴う上記直流抵抗の変化を図3に示す。

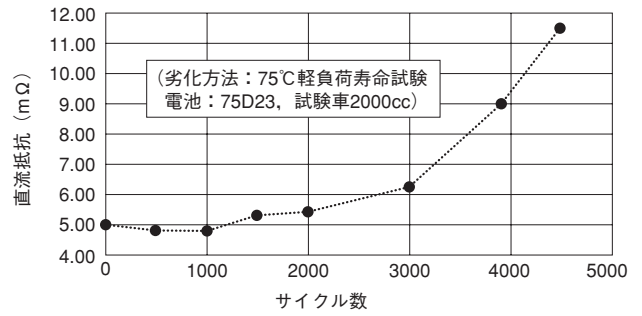


図3 電池の劣化に伴うエンジン始動時の直流抵抗の変化  
fig.3 Change of direct current resistance at engine start

また、直流抵抗と一般的に劣化の指標としている1000Hz交流抵抗の関係を図4に示す。

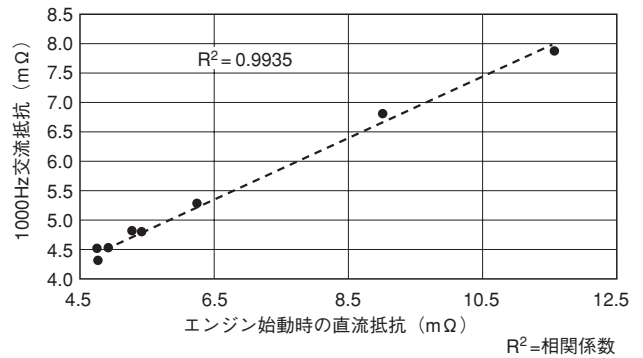


図4 エンジン始動時の直流抵抗と1000Hz交流抵抗の関係  
fig.4 Relationship between direct current resistance at engine start and alternating current resistance at 1000Hz

図3より直流抵抗は軽負荷寿命試験のサイクル数の経過に伴って上昇し、寿命末期には加速度的に上昇している。また、図4より1000Hzの交流抵抗との関係は非常に良い相関を示している。従ってエンジン始動時の直流抵抗を用いることにより、SOHの推測ができるものと考えられる。さらに、電池温度により、直流抵抗値も変動するため電池温度による補正を行なってSOHを出力する。

SOH判定のフローチャートを図5に示す。

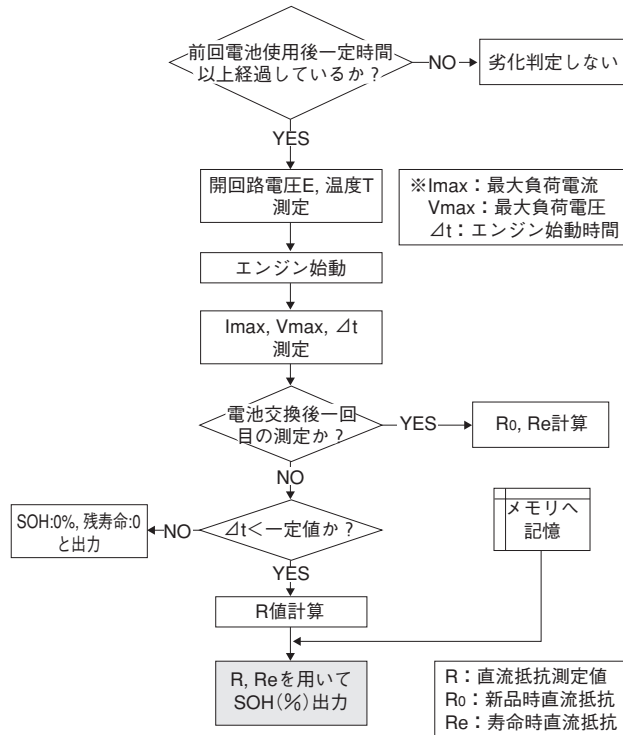


図5 SOH判定フローチャート  
fig.5 Flow chart of SOH measurement

2.2 通常走行時

通常走行時は、電流積算によって残容量を算出する。しかしながら、長時間電流積算を行なうと、充放電の効率の違いにより実際の値とずれてしまう。特に充電末期には、ガス発生が伴うため充電効率が大きく下がってしまう。また、この充電効率は電池温度、充電電流値によっても変化する。さらに、ベント形電池、制御弁式電池による違いも生じる<sup>3)</sup>。

そのため、電流積算においてもこの点を考慮し、SOCの大きい領域では、充電効率を下げるようにした。さらに、電池温度、電流値、電池種(ベント形、制御弁式)についても考慮している。

また、次項2.3のアイドリングストップ中におけるSOCの判定により電流積算値のプリセットを行なう。

2.3 アイドリングストップ時

アイドリングストップ時には、電流,電圧を測定

し、定電流放電の条件を満たした場合、劣化状態、温度による補正を行なったI-V特性テーブルに、上記測定データを参照することで、SOCを判定する。

図6に75D23新品電池の25℃でのI-V特性テーブルを示す。

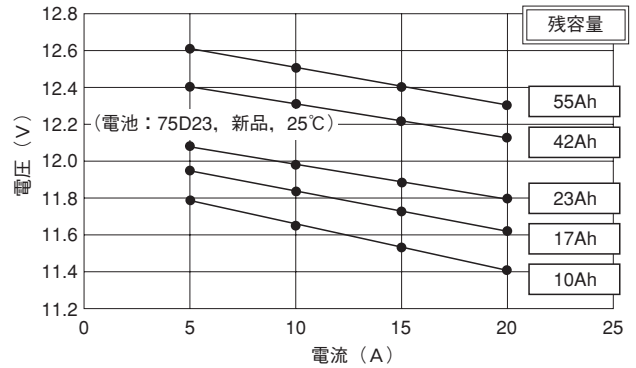


図6 I-V特性テーブル  
fig.6 I-V characteristics

25℃, 新品時のI-Vテーブルを基準として、温度、劣化により補正してI-Vテーブルを算出する。

図7に一例として満充電状態における5A~20Aの各電流で放電した時の電圧の温度依存性について示した。これらを用いてI-V特性テーブルの補正を行うことができる。

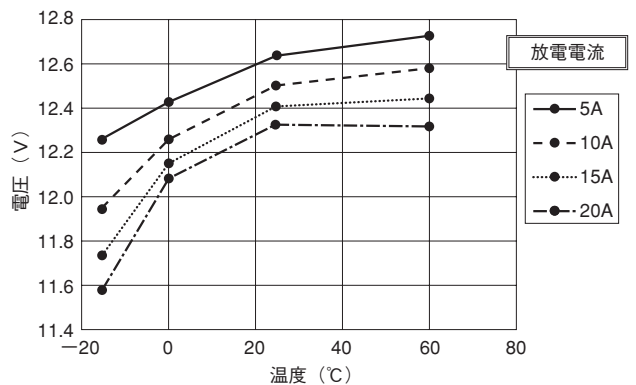


図7 満充電状態における温度別I-V特性  
fig.7 I-V characteristics dependence on temperature at full charge

図8は実際に電池を車載して電装負荷を与えた際に、I-V特性テーブルを用いて算出した予測残容量と、試験に用いた電池を実際に放電して得られた残

容量との関係をプロットしたものである。

図8よりI-V特性テーブルを用いた残容量の予測値と実測値とは概ね一致しており、本方法の妥当性、真憑性が確認された。

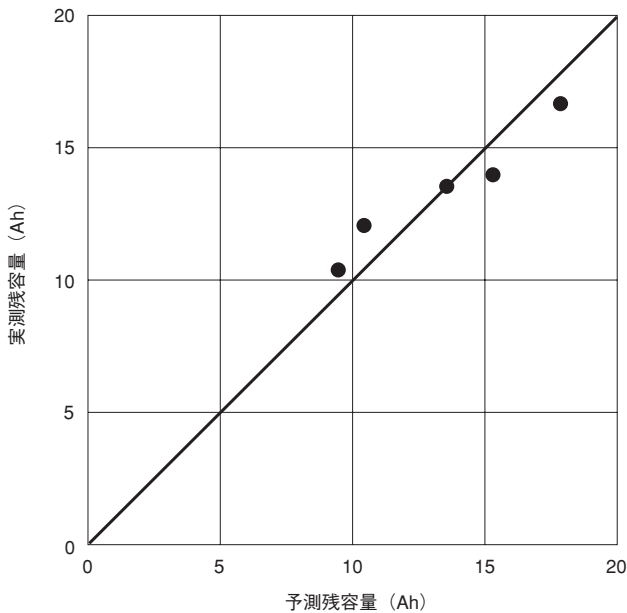


図8 I-V特性テーブルによる残容量の推測値と実測値の関係  
fig.8 Relationship between residual capacity speculated from I-V characteristics and experimental residual capacity

### 3. SOC, SOH 判定機

前述したSOC, SOH判定方法を用いた判定装置の試作機を作製した。試作機の仕様を表1に、外観写真を図9に示す。また、試作機の回路ブロック図を図10に示す。

電流測定は電流センサ（ホール素子）を用いて検出し、電池電圧と共にCPUに入力される。また、電池温度は電池に取り付けたサーミスタを用いて測定を行った。本試作機は、パソコンとデータ通信を行うためRS232Cのシリアルインターフェースを設けており、パソコンでデータの確認や解析を行うことが可能となっている。

現在、試作機を実車に取り付けて模擬走行試験を行っており、判定装置の機能、実用性評価を実施している。図11は、電気負荷が大きい条件として前照灯を使用し渋滞を想定した夜間走行で、30分間に

走行と10回のアイドリングストップを一定間隔で繰り返す模擬走行条件で得られた、パソコン画面での測定例を示した。

時間の経過に伴って残容量は減少しており、最終的には約7Ahの放電をおこなっていることが判った。本走行モードにおけるアイドリングストップ中の放電電流と放電時間から積分すると、放電量とほぼ一致することから判定数値は正しいと考えられる。

また、I-V法はアイドリングストップ中以外には判定できないため、電流積算結果と併用することによって常時、残容量を表示することが可能となった。

さらに、試作機のSOC, SOHの表示は数値によるデジタル表示およびインジケータによるアナログ表示（段階表示）を備えている。

表1 SOC,SOH判定試作機の仕様概要  
table 1 Specifications for the prototype of an SOC and SOH monitor

項目	仕様内容
電圧測定範囲	0～+45V
電流測定範囲	-1000～+1000A
温度測定範囲	-40～+100℃
外部 I/F	RS-232C
外形寸法	110×95×30mm
重量	390g
電源電圧	+12V



図9 試作機外観  
fig.9 Appearance of prototype

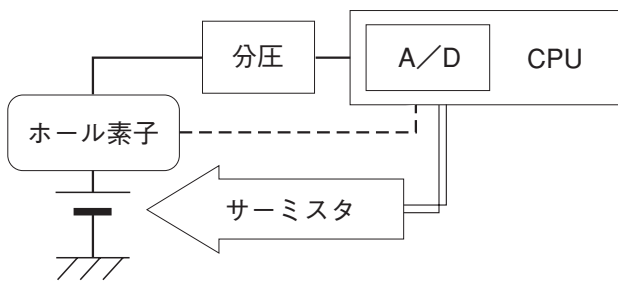


図10 試作機のブロック図  
fig.10 Block diagram of prototype

- 2) Qi Guoguang, "A New Battery State of Charge Indicator for Electric Vehicles", EVS-13 (1996)
- 3) Katsuyoshi Kawai, "Optimization of Charging Condition of Valve Regulated Lead-Acid battery", EVS-13 (1996)

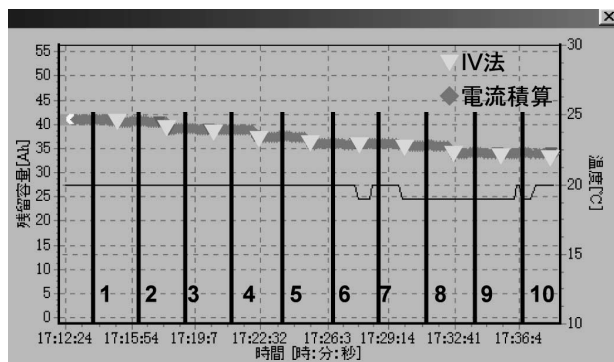


図11 試作機の測定画面例  
fig.11 An example of measurement displayed on the monitor of prototype

### 4. まとめ

以上に述べた通り、本開発で得られたアルゴリズムとこれを用いた試作機は、車の模擬運転条件において、電池の状態をモニターし、SOC, SOHを正しく判定できることが判った。しかし、あらゆる車の走行環境、例えば温度や電池寿命、走行パターンについてデータを集積することにより、より一層の精度向上や信頼性評価を行うことができる。

さらに、本技術を新しい昇圧電池システム（36V電池）へ適用する計画である。

#### (参考文献)

- 1) M.Ceraolo, D.Prattichizzo, "Experimences on Residual-Range Estimation of Electric Vehicles powered by Lead-Acid batteries", EVS-15 (1998)