

状態診断機能付自動車用バッテリー 「SENSIA」の開発

Development of Automotive Battery "SENSIA" with Battery State Sensor

桐 林 基 司* 益 子 渉** 前 田 満 紀** 中 村 憲 治*
今 村 智 宏** 石 本 信 二** 大 角 重 治*

Motoshi Kiribayashi Wataru Mashiko Mitsunori Maeda Kenji Nakamura
Tomohiro Imamura Shinji Ishimoto Shigeharu Osumi

Abstract

A new SLI battery "SENSIA" with a battery state sensor, named CCU (Condition Check Unit), has been developed for no water-refilling type. The CCU is capable to diagnose the extent of decrease in performance of battery during cranking as well as the state of charge (SOC) and electrolyte shortage. Moreover, CCU has a function of detecting the abnormal state of battery to operate LED and buzzer for drivers. Therefore, SENSIA is expected to realize the ideal circumstance of "0" (zero) project to eliminate battery problems on the road after the wide expansion of its market.

Key words: Automotive battery; Condition check unit; Electrolyte level sensor; Double lid type

1 緒言

2005年度のJAFロードサービスの出動理由第1位はバッテリートラブルであり、ここ数年この傾向が続いている¹⁾。このような状況のなか、当社ではバッテリートラブルに遭遇するユーザを少しでも減少させることがバッテリーメーカーの使命であると考え、「バッテリートラブル 0 (ゼロ)」を掲げて商

品化をはじめ販売促進など、設計から販売まで一体となって各種取り組みを実施してきた。今回、その一環として状態診断機能付自動車用バッテリー「SENSIA」を開発し、2006年10月から販売を開始した。以下に、開発品の概要について報告する。

2 開発品のコンセプト

本開発品は、バッテリーの状態を常時自己診断し、異常を光と音で知らせる機能がある。シリーズ名である「SENSIA (センシア)」は、診断・チェックのための「SENSOR (センサ)」と感受性豊かなという意味の「SENSITIVE (センシティブ)」の2つの語か

* (株)ジーエス・ユアサ マニュファクチャリング
技術開発本部 研究開発部

** (株)ジーエス・ユアサ マニュファクチャリング
生産本部 自動車電池技術部

らなる造語で、車の使用状況に合わせたきめ細やかなチェックでバッテリートラブルを未然に防ぐという思いが込められている。市場調査等の結果を踏まえ、開発品の商品コンセプトを以下のような内容に決定した。

- (1) B19 から D31 サイズまでラインナップし、市場への普及をはかる。
- (2) 耐溢液性を改善し、市場での溢液トラブルをなくす。
- (3) 充電状態、劣化状態および液面状態等、総合的な診断をおこない、わかり易い内容で顧客に知らせることによって、バッテリートラブルを未然に防ぐことを目指す。

3 開発品の概要

今回開発した状態診断機能付自動車用バッテリー“SENSIA”の外観写真を Fig. 1 に示す。



Fig. 1 Outside view of newly developed automotive lead-acid battery "SENSIA".

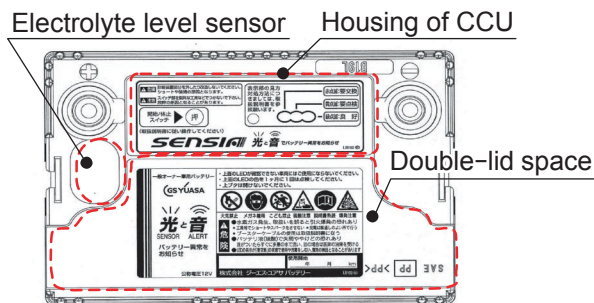


Fig. 2 Top view of automotive lead-acid battery "SENSIA".

3.1 バッテリー構造

センシアは、蒸発した水蒸気を凝結させ、セル内に戻して減液を抑制するための二重蓋構造、バッテリー状態を診断するためのコンディションチェックユニット（以下、CCU と略す.）、および液面高さの情報を CCU に伝えるためのセンサを装備している。各構造のレイアウトをあらわした上面図を Fig. 2 に示す。

3.1.1 二重蓋構造

センシアの二重蓋構造を Fig. 3 に示す。この構造を採用することによって、バッテリー内部で蒸発した水蒸気を凝結・回収することができる。その機能によって、寿命にいたるまでの補水を不要とすることができた。さらに、トップカバーの両端に防爆フィルター付きの外部排気口を配置することによって外部引火に対する防爆性も向上している。また、当社では従来から二重蓋構造のバッテリーを商品化しているが、今回のセンシアではこの構造も一層改良され、バッテリー転倒時の耐溢液性がよりすぐれたものとなっている。

3.1.2 診断回路収納部

Fig. 4 に、ブッシング部と CCU 接続導体の断面を

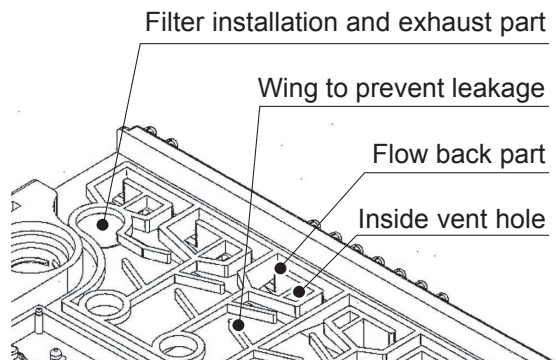


Fig. 3 Structure of double lid part of automotive lead-acid battery "SENSIA".

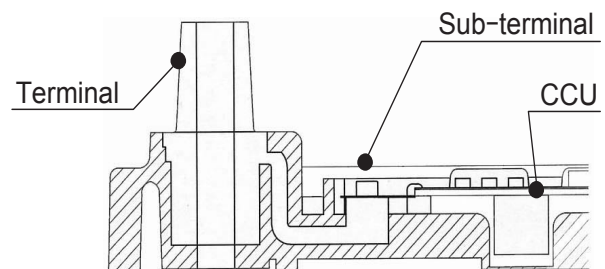


Fig. 4 Cross section of terminal joint with condition check unit (CCU) of automotive lead-acid battery "SENSIA".

示す。CCUは、ブッシングから伸びた副端子と呼ばれる部分と接続されている。また、耐水性や耐酸性を考慮して、CCUは薄肉の透明カバーで基板上部を覆っている。さらに、側部および底部の耐水性、耐酸性および耐振動性を向上させるために、蓋と回路との空隙をエポキシ樹脂で封口している。なお、CCUと副端子との接続部も完全に密封している。

3.1.3 液面センサ

センシアには、光学式のインジケータではなく、電極式の液面センサを搭載した。この液面センサからの情報をCCUに伝達し、充電状態や始動性能に加え、液面情報についても加味した総合的な診断をおこなっている。また、従来のインジケータは、通常2セル目に装着されていたが、本開発品は、最も減液が進みやすい1セル目に装着している。さらに、セルの中心部にセンサを装着することによって、傾斜や振動による影響を少なくしている。

液面センサもブッシング部と同様の方法で、CCU接続導体と接続しており、ブッシングの代わりに蓋にインサート成形された鉛合金製の接続導体と接続される。その接続部分の断面図をFig. 5に示す。この接続導体は、本蓋に鉛合金の接続導体をインサート成形することによって、バッテリー上面に配線を露出させることなく、かつ、その上面に余計な突起部分を設けることなく配置することも実現できた。

3.2 回路構成

今回開発した、センシアの電子回路ブロック図をFig. 6に示す。小形化・低コスト化のために、発振回路、

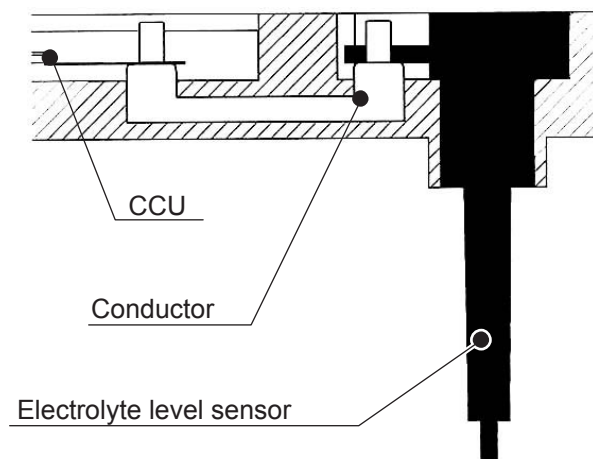


Fig. 5 Cross section of terminal joint of electrolyte level sensor and condition check unit (CCU).

リセット回路、基板電源およびA/D変換回路を内蔵した1チップフラッシュマイコンを採用した。A/D変換回路には、バッテリー端子電圧、液面センサ電圧、サーミスタ電圧（バッテリー温度）およびスイッチからの情報が常時入力され、マイコンで演算した結果を3色のLEDとブザーによって出力するような構成となっている。また、EEPROM（不揮発性ROM）には、学習値が記憶されるため、仮にバッテリーが過放電し、マイコンの演算が一時停止しても、車両毎に学習したしきい値を保持することができる。また、長期間車両を使わないときには、タクトスイッチを所定の操作で押すことによって、CCUを休止モードにしてバッテリーの放置中の電圧低下を抑えることができる。この回路の各種信頼性や安全性を評価した。その評価項目は、自動車技術会規格JASO D001-94などを参考に決定した。その項目をTable 1に示す。いずれの結果においても問題のないことが確認できた。

3.3 状態診断アルゴリズムの開発

センシアは、エンジン始動時のバッテリー電圧特性、充電状態および液面状態の3項目について常時監視をおこない、その内容を総合的に判断して診断をおこなっている。その結果をLEDの点滅色でもって示し、また要点検および要交換と判定された場合は、その直後と、その後の車両使用後にエンジンが停止したのを検出して一定時間アラーム音を鳴らして異常を知らせる。

また、バッテリーを長期間使用しない場合にCCUを一時的に停止させることによって放置時の電圧低下を抑える「休止モード」、使用開始時に搭載される車両にあわせて異常と判定する条件を学習する「学習

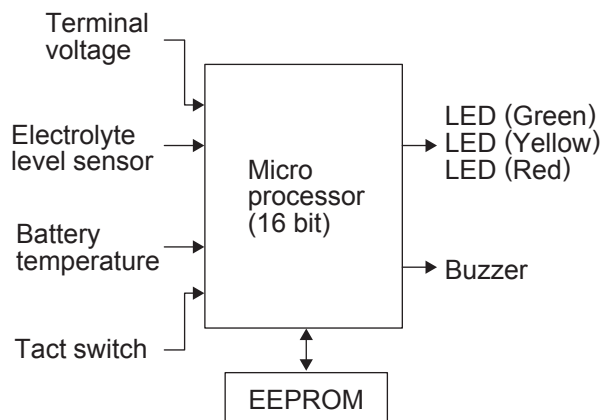


Fig. 6 Block diagram of condition check unit (CCU) for automotive lead-acid battery "SENSIA".

Table 1 Evaluation items on reliability and safety performance of condition check unit (CCU).

Items
Normal power supply voltage examination
Power supply voltage examination at engine starting
Power supply reverse polarity examination
Over-voltage test
Transient voltage characteristic test
Static electricity test
Conductive electromagnetism test
Emission electromagnetism test
Temperature characteristic test
Low temperature storage test
Low temperature operation test
High temperature storage test
High temperature operation test
Heat cycle test
Thermal shock test
Temperature and humidity duty cycle test
Regularity humidity test

モード」, および学習した結果にしたがってバッテリーの状態を常時診断する「診断モード」の3状態がある. 各モードへ遷移する先と遷移させるための条件を Fig. 7 に示す. まず, タクトスイッチを操作して休止モードから学習モードに移行させて車両に搭載する. 学習モードでは新品満充電状態のバッテリーでの, 搭載された車両固有のエンジン始動時のバッテリー電圧特性を学習し, その結果を不揮発性メモリに書き込み, 学習を完了させる. 完了後, 自動的に診断モードに移行した後は, スイッチ操作で再び休止モードにされるまで常時診断をおこなう. 今回開発した診断アルゴリズムのフローチャートの概略を Fig. 8 に示す.

3.3.1 エンジン始動の認識と始動時のバッテリー電圧特性の診断

自動車用バッテリーは, SLI 用バッテリーとも呼ばれ, エンジン始動 (Start), 負荷への電源供給 (Lighting) および混合気の点火 (Ignition) からなる3つの役割を果たしている. エンジン始動は, 瞬間的に大電力が必要であり, 3つの用途のなかで最も寿命の律速因子となりやすいことから, センシアでは始動時のバッテリー特性から寿命を診断することにした.

これまでもエンジン始動時の電圧波形からバッテリーの内部抵抗値を算出し, 寿命診断するバッテリー状態診断装置または診断装置付バッテリーが, 発売されてきた. しかし, 近年スタータモータやエンジンの性能が向上し, より高効率なエンジン始動が実現される一方, 車両の軽量化・コスト削減のために大きな排気量の車両にも小形のバッテリーが搭載されるようになる傾向がある. エンジン排気量と搭載されている

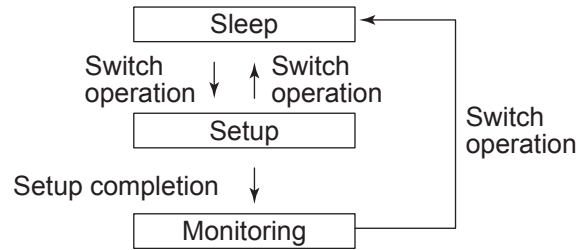


Fig. 7 Transition of operation mode of the program for automotive lead-acid battery "SENSIA".

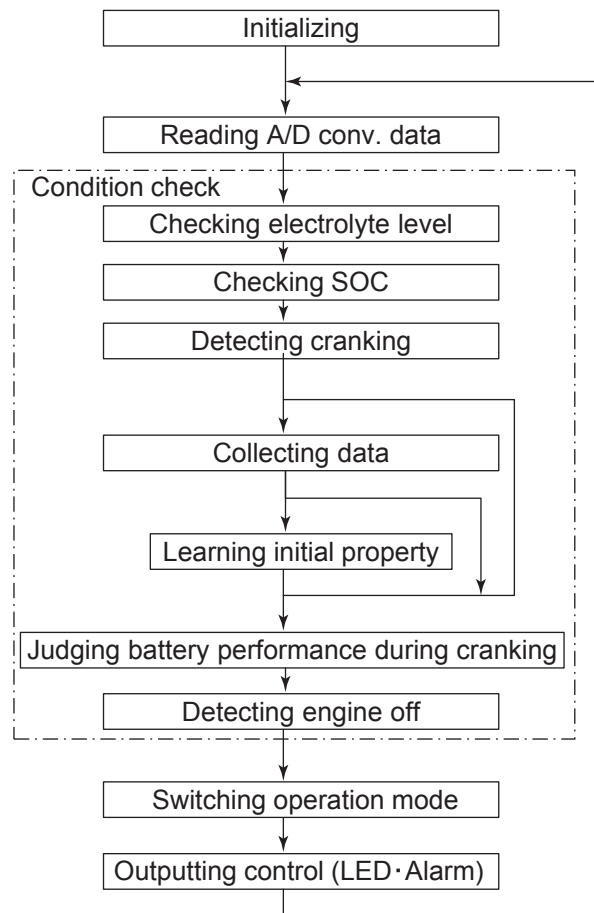


Fig. 8 Flow chart of the program detecting battery state.

バッテリー容量との関係の一例を Fig. 9 に示す²⁾.

また, 同一車種でも車両の個体差によってエンジン始動開始時の突入電流の大きさや, その後の脈動波形の振幅や周期等が異なっている. 一例として, 同一車種で使用履歴の異なる車体を用意し, 同じ雰囲気温度下で, 同一のバッテリーを用いてエンジン始動をしたときの放電電流および端子電圧の推移を Fig. 10 に, さらに, この推移を I-V 特性としてプロットした結

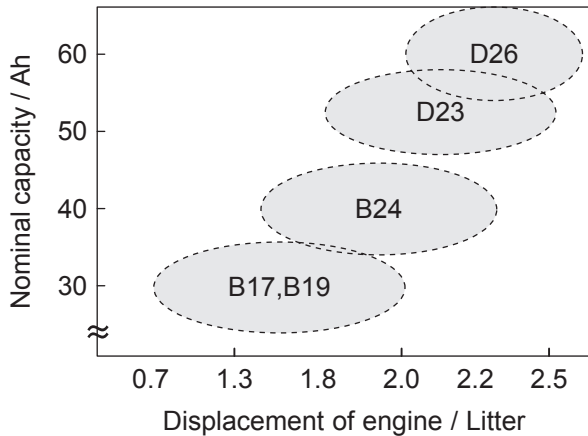


Fig. 9 Relation between displacement of engine and battery capacity.

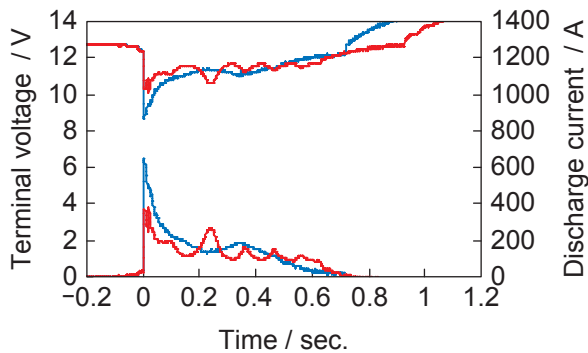


Fig. 10 Change in terminal voltage and discharge current during cranking for vehicle A (—) and vehicle B (—).
 Test vehicle: Station wagon (2300 cc gasoline engine).
 Test battery: D23 size SENSIA (52 Ah).

果を Fig. 11 に示す。図からわかるように、放電開始直後に大電流が流れているが、このときには、まだクランクロッドは回転していない。そののち脈動しながら電流は垂下するが、この時点でクランクロッドを回し、所定の回転速度にまで達したときに、初めてエンジンが始動する。

以上のことから、車種、搭載する装備の種類、およびバッテリーサイズの多様な組み合わせによって、エンジン始動時に流れる電流や最低限必要な電力量も大きく異なってくるといえる。したがって、寿命をバッテリーの内部抵抗のしきい値によって、一律に判断することは困難である。つぎに、エンジン始動時における電圧が変化する過程について説明する。

車両におけるバッテリーと各負荷の等価回路を Fig.

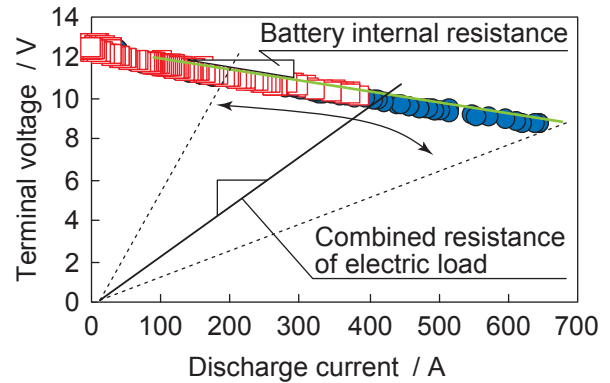


Fig. 11 V-I Characteristics during cranking for vehicle A (●) and vehicle B (■).
 Test vehicle: Station wagon (2300 cc gasoline engine).
 Test battery: D23 size SENSIA (52 Ah).

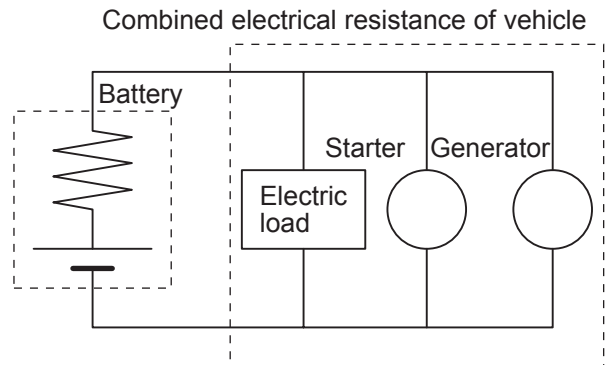


Fig. 12 Equivalent circuit of vehicle.

12に示す。この車両負荷の合成抵抗は、電気抵抗(ハーネス、スタータモータ等の合成抵抗)、圧縮抵抗(シリンダ内を圧縮するための反力)、摩擦抵抗(オイルの粘度、シリンダ等の摩擦の抵抗)、回転慣性抵抗(クランクロッドを回すときの抵抗)といった車両負荷によって影響を受ける³⁾。これらの抵抗の発生部位を Fig. 13 に示す。一方、スタータの出力特性は、Fig. 14 のように示される⁴⁾。車両におけるバッテリーや各負荷の電気抵抗により、スタータに印加される電流が大きいほど、それぞれの抵抗で電圧降下が生じるため、実際にスタータに印加される電力はある点からは低下していく。モータは、流れている電流が大きいほど回転数は低下するという特性があり、その回転数が0になる電流(ロックアップ電流)は、バッテリーのI-V特性と車両負荷のI-V特性が交差する点から求められる⁵⁾。この値は、Fig. 10 の0秒目の最大放電電流に

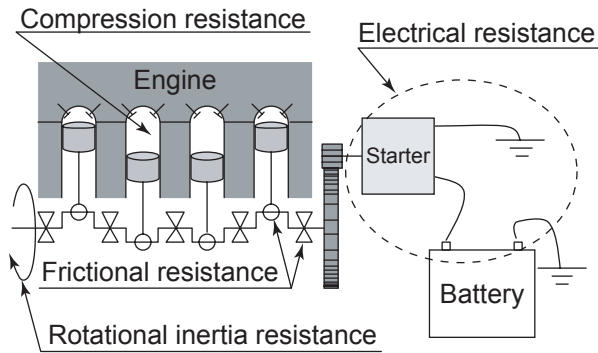


Fig. 13 Combined resistance during engine starting.

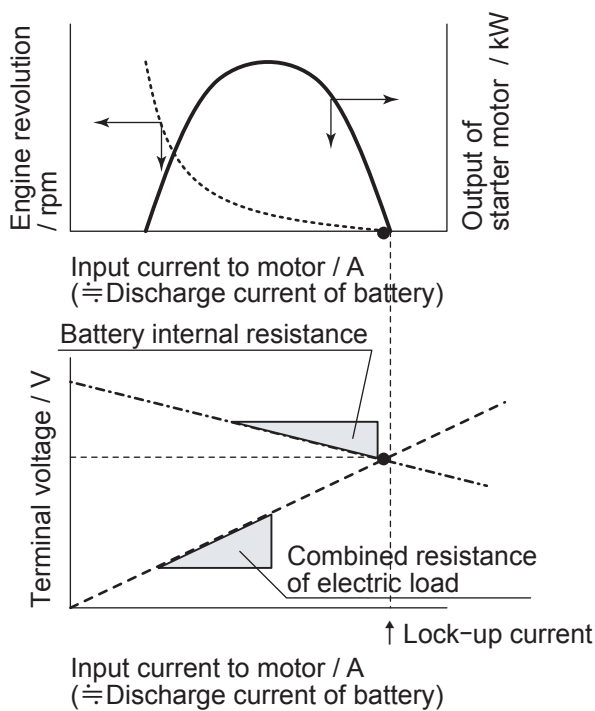


Fig. 14 Output characteristics of startermotor: output of startermotor (—), engine revolution (---), V-I characteristic of battery (-.-), and V-I characteristic of combined resistance of vehicle (-.-).

相当する。Fig. 10 のデータから、エンジン始動時の電氣的抵抗を算出した結果を Fig. 15 に示す。

0 秒目の大電流放電時は、合成抵抗は最小になる。そのち合成抵抗も脈動しながら変化するが、これはスタータモータが回転することによって、車両負荷の合成抵抗が変化しているからである。スタータモータにかかる負荷が大きいとき回転数は低下するが、抵抗が低下する、すなわちエンジンのかかりが悪いほど合成抵抗は 0 秒目の値にまで近づいていく。そして回転

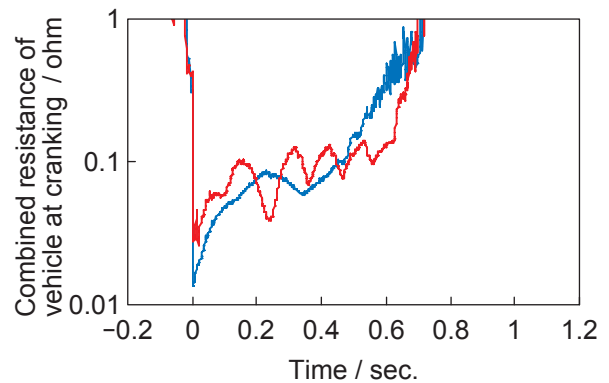


Fig. 15 Change in combined resistance of vehicle during cranking for vehicle A (—) and vehicle B (—). Test vehicle: Station wagon (2300 cc gasoline engine).

Test battery: D23 size SENSIA (52 Ah).

数が 0 になったときが、クランキングできない状態であり、このとき合成抵抗は 0 秒目の値にまで低下する。

以上のことから、センシアではエンジン始動時のバッテリー電圧特性の診断方法としては、波形が脈動している期間での合成抵抗が最も小さくなる箇所の電圧で寿命を診断することが最良であると結論づけた。具体的には、所定以上の瞬間的な電圧降下の発生をトリガにして、電圧の脈動を検知し、脈動中の最低電圧を用いてエンジン始動時のバッテリー電圧特性を診断する方式とした。すなわち、センシアでは、バッテリー状態を内部抵抗で診断するのではなく、エンジン始動時の電圧特性から診断することとした。また、その診断のしきい値は新品の満充電状態での特性を収集して、寿命と判断するためのしきい値を自動的に学習するようにした。

3.3.2 充電状態の診断

実使用を重ねることによってバッテリー内部の劣化が進行し、その容量は経年的に低下していく。劣化には、内部抵抗の上昇もともない、エンジン始動のような大電流放電に使用される際には、より寿命の律速因子となり得る。加えて、充電状態がある程度低下したときの大電流放電特性は、交互作用的に低下していく。バッテリーの劣化状態とエンジン始動時のバッテリー性能低下の過程の模式図を Fig. 16 に示す。

エンジン始動時のバッテリー性能を正確に把握するためには、充電状態の低下を検出する際に劣化の因子も考慮する必要があるのは明らかである。センシアは、充電状態の低下検出を、端子電圧が一定の値まで低下したときにおこなっているが、始動時のバッテ

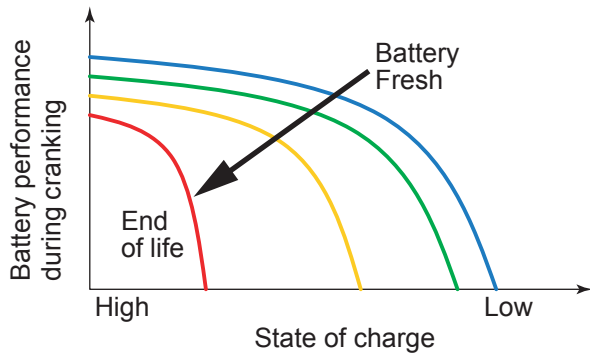


Fig. 16 Trend of performance degradation for lead-acid battery during cranking with year and its use.

り性能の診断結果にしたがい、その判定しきい値を補正しておこなうようにした。

3.3.3 液面の診断

センシァは、二重蓋構造をしており、メンテナンスフリー性能にすぐれたバッテリーである。そのため、補償期間内に減液による寿命を迎えることはなくなったが、補償期間を大きく超えた期間で使用されたり、用途外に使用され続けた場合、過度の減液による路上でのバッテリートラブルや、場合によっては爆発等がおこる可能性がある。センシァは、電極式の液面センサを装備することで常時の液面診断も可能となり、また、減液時にはアラーム音でユーザに交換を訴求することで、頻繁にボンネットを開ける手間を省きながらも未然にトラブルを防止できるようにした。その液面低下検出時のセンサ挙動を Fig. 17 に示す。

3.3.4 バッテリー状態の診断

バッテリー状態は、まず、上述した3項目について診断し、つぎにそれらを総合してバッテリーの状態は良好か、詳細な点検が必要か、あるいは交換が必要かを Fig. 18 のマトリクスにしたがっておこなう。そして、その結果を LED やアラームで知らせることとした。なお、診断の優先順位は、液面>充電状態>始動時のバッテリー性能の順とした。

始動時のバッテリー電圧特性の診断しきい値は、3.3.1 項で述べた結果から、車両搭載後にエンジン始動時のバッテリー特性を収集・学習することによって決定するという学習機能を持たせて各々の車両にあわせた診断が可能ないようにした。

4 結論

状態診断機能があるメンテナンスフリー性能にす

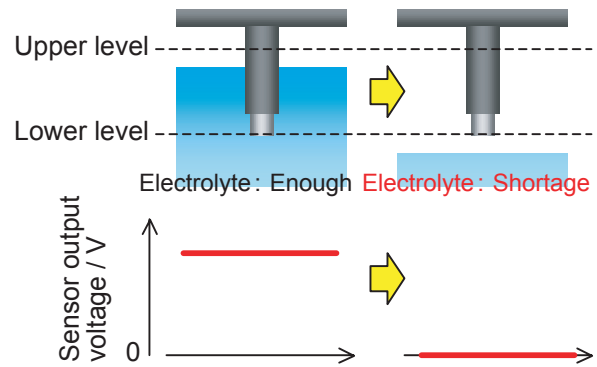


Fig. 17 Detection of electrolyte level by sensor.

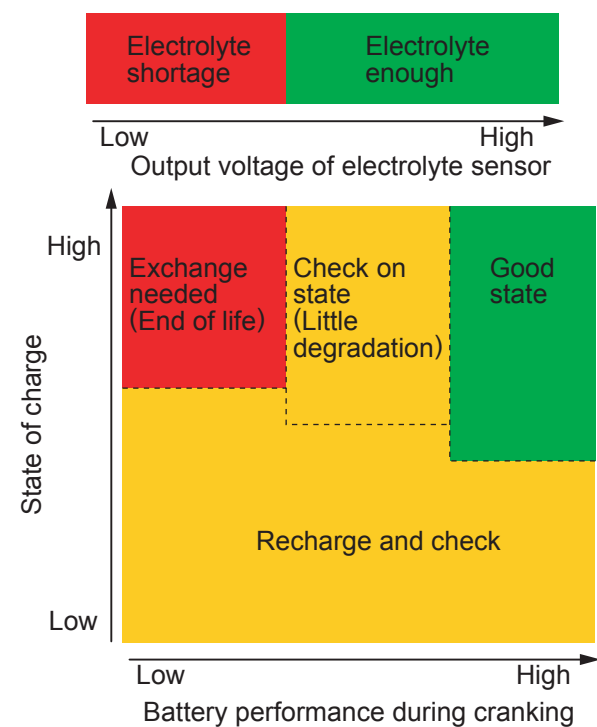


Fig. 18 Matrix of diagnosis results of battery state for lead-acid battery.

ぐれた自動車用バッテリーを開発し、2006年10月から発売を開始した。その状態診断の特長は、端子電圧の推移からエンジン始動時のバッテリー性能の低下や、充電状態の低下を診断するのみでなく、電解液面の低下も監視し、これらの情報を総合的に診断して、LED やブザーの動作によって診断結果を出力することである。本開発品は B19 から D31 サイズまでの R, L 各形式をラインナップし、年間 30 万個の販売を予定している。今後、このバッテリーを市場に普及させることによって、路上での「バッテリートラブル 0(ゼロ)」を目指していきたい。

文 献

- 1) 日本自動車連盟 (JAF) ホームページ, 平成 17 年度
事業報告ロードサービス救援内容 TOP10
<http://www.jaf.or.jp/>.
- 2) 荒井 宏, 自動車の電子システム, 理工学社, p.201
(1992).
- 3) 荒井 宏, 自動車の電子システム, 理工学社, p.197
(1992).
- 4) 三谷涓三 監修, エンジン電装品研究会編著, 自
動車工学シリーズ エンジン電装品, 山海堂, p.91
(1996).
- 5) 三谷涓三 監修, エンジン電装品研究会編著, 自
動車工学シリーズ エンジン電装品, 山海堂, p.42
(1996).