

# 電気自動車用ワイドレンジ直流電流センサー

## Wide-range DC Current Sensor for Electric Vehicle

川上 誠/Makoto Kawakami・住友特殊金属㈱ 事業推進部 電流センサー事業推進室 室長

山中政明/Masaaki Yamanaka・住友特殊金属㈱ 事業推進部 電流センサー事業推進室 担当副長

山口 茂/Shigeru Yamaguchi・住友特殊金属㈱ 事業推進部 電流センサー事業推進室

### 要 約

電気自動車の充電装置からバッテリーへ、及びバッテリーからモーターへの充・放電電流を測定する測定精度、温度特性、応答性に優れた直流電流センサーを開発した。

### Synopsis

A DC current sensor was developed for measuring the charging current from a charging system to a battery and the discharging current from the battery to a motor.

Characteristics of the sensor are good measuring accuracy, temperature insensibility, and quick response.

## 1. はじめに

電気自動車が、地球環境問題、代替エネルギー問題などの解決手段の一つとして期待されてから久しいが、最近その実用化に向けての開発に拍車がかかってきた。

その背景には、米国カリフォルニア州の大気浄化法がある(1998～2000年の3年間で3750台、2003年から電気自動車の比率10%)。

当社は、電気自動車のジャンクションボックスに収納される、バッテリーの充・放電管理用直流電流センサー(ガソリン車の燃料計に相当)を開発したので紹介する。

## 2. 直流電流センサーの役割と現状の問題点

バッテリー充電時の小電流から走行時の大電流までの非常に広い範囲(ダイナミックレンジで約60dB)を精度良く測定して、時間積分後の積算誤差を極力抑えなければならない。

サーボ式のホールCTが一般的に使われているが、ホール素子のホールノイズと温度特性のために、小電流の領域で必要な精度が確保できていないのが現状である。

## 3. 直流電流センサーの開発目標

精度上問題のあるホール素子を使わずに、第1表に示す特性を目標に開発を行った。

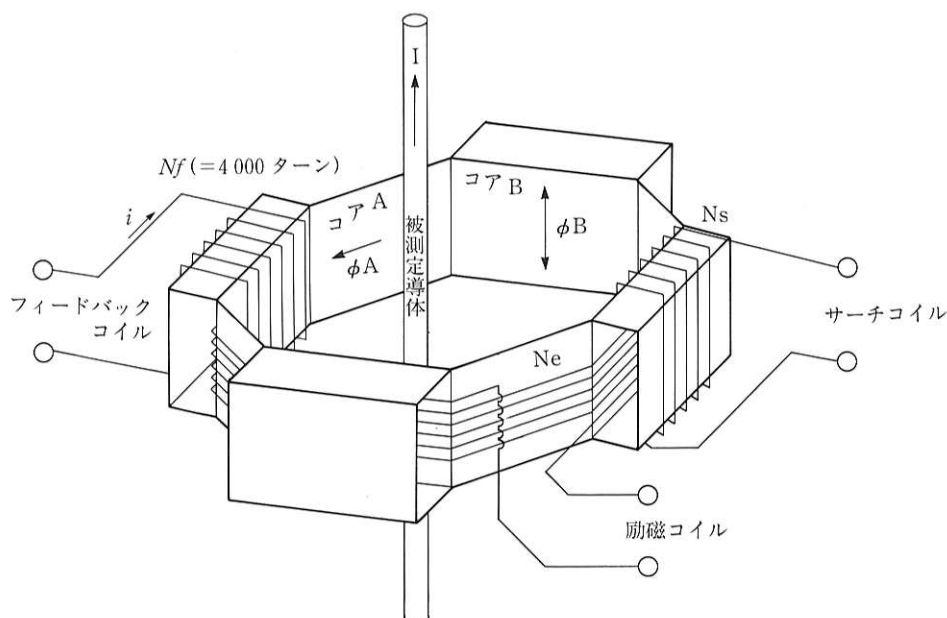
第1表 直流電流センサーの目標特性  
Table 1 Target characteristics

被測定電流	最大測定誤差の絶対値
-400 A～-4 A	6 A(1.5%) at -400 A～0.1 A(2.5%) at -4 A
-4 A～0	0.1 A
0～4 A	0.1 A
4 A～400 A	0.1 A(2.5%) at 4 A～6 A(1.5%) at 400 A

## 4. 直流電流センサーの構造と測定原理

当社が開発した直流電流センサーの構造を第1図に示す。コアは被測定電流によって発生する磁界を通すコアAと、励磁電流によって発生する磁界を通す4個のコアBとからなっている。コア材料としては、高感度・低残留電流特性を達成するために、当社の超高透磁率・低保磁力パーマロイ(PC-2)が採用されている。

そして、コアAにはサーチコイル $N_s$ とフィードバックコイル $N_f$ が、コアBには励磁コイル $N_e$ がそれぞれ巻線されており、励磁コイルに交流を流すことにより、コアBには交番磁束 $\phi_B$ が常時発生している。



第1図 直流電流センサーの構造

Fig. 1 Construction of wide-range DC current sensor

さて、コア A は貫通する被測定導体に流れる電流によって磁化され、直流磁束  $\phi A$  が発生する。磁束  $\phi A$  は、コア A とコア B の共通部で、交番磁束  $\phi B$  によってスイッチングされ、周波数が励磁周波数の 2 倍の脈動磁束に変調される。したがって、サーチコイルの両端に次式で表される電圧が誘起され、直流電流を検出することができる。

$$V = \frac{1}{2} \cdot N_s \cdot \mu (I / \ell) S \cdot 2 \omega \cos(2 \omega t)$$

$N_s$  : サーチコイルの巻数

$\mu$  : コア材料の透磁率

$I$  : 測定電流

$\ell$  : コア A の磁路長 (= 周長)

$S$  : コア A の断面積

$\omega$  : 励磁電流の角周波数

ところが、コア材料の B-H 曲線の非線形性と磁気飽和のために  $\mu$  は  $I$  に対して一定でなく、広範囲な電流を精度良く測定することは不可能である。

その対策として、コア A の磁束がゼロ ( $\phi A = 0$ )、即ちサーチコイルの誘起電圧がゼロ ( $V = 0$ ) になるまでフィードバックコイルに電流を流し、その電流値を計測するようにした。

$$i = I / N_f$$

$i$  : フィードバック電流

$N_f$  : フィードバックコイルの巻数

この結果、広範囲な電流の計測はもとより、コア材料の磁気特性の温度変化に起因したセンサーの温度特性も大幅に改善することができた。

## 5. 直流電流センサーの特徴

写真 1 に外観を示す。以下  $N_f = 4000$  ターン ( $i = 0.25 \times 10^{-3} I$ ) のときの諸特性を説明する。

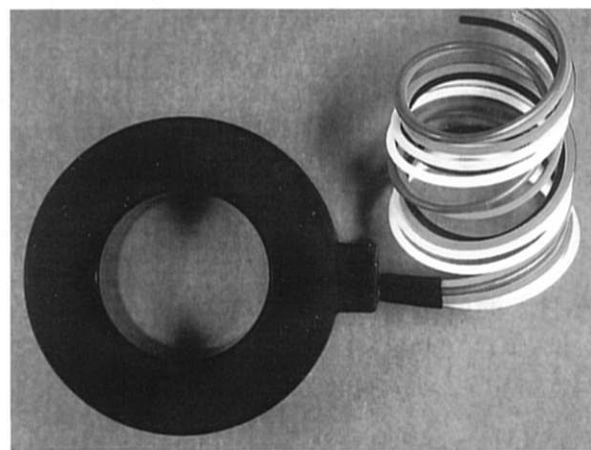


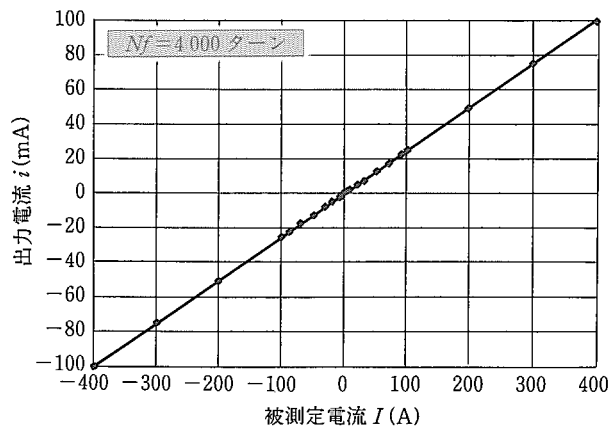
写真1 ワイドレンジ直流電流センサーの外観

Photo 1 Outward view

### 5-1 入・出力特性

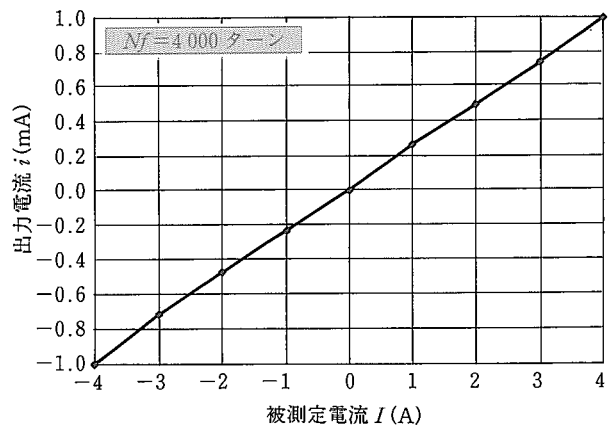
入・出力特性を第 2 図に示すが、超高透磁率・低保磁力コア材料とゼロフラックス制御技術の採用により、 $-400 \text{ A} \sim 400 \text{ A}$  の範囲でリニアであり、ヒステリシスもほとんどない。

## 製品紹介



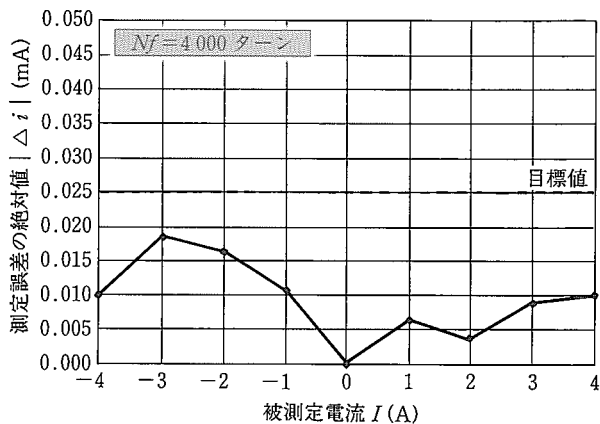
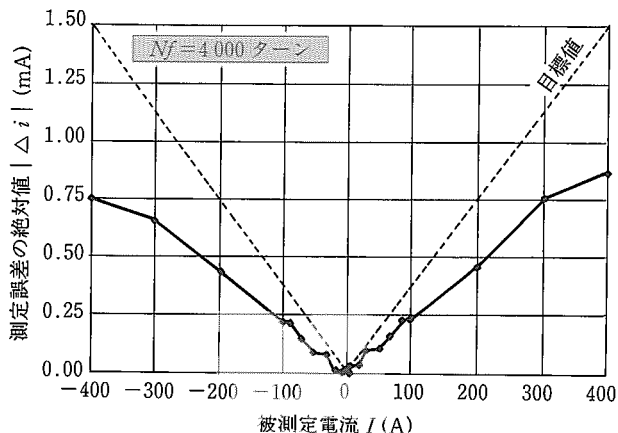
第2図 入・出力特性

Fig.2 Relation between input current and output current



## 5-2 測定誤差

測定誤差を第3図に示すが、余裕を持って目標値をクリアしている。



第3図 測定誤差

Fig.3 Accuracy of output current as dependent on input current

## 5-3 温度特性

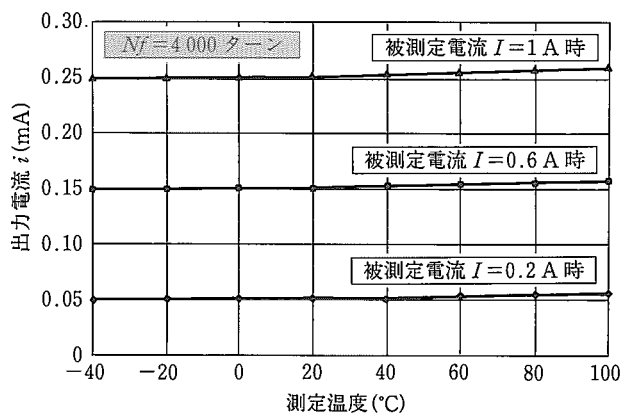
ホール CT で問題となっている小電流領域での温度特性を第4図に示すが、ほとんどフラットである。

## 5-4 周波数特性

周波数特性の一例を第5図に示すが、-3 dBで約7 kHzである。応答性は問題ないと考えているが、励磁の高周波化により応答性の改善は可能である。

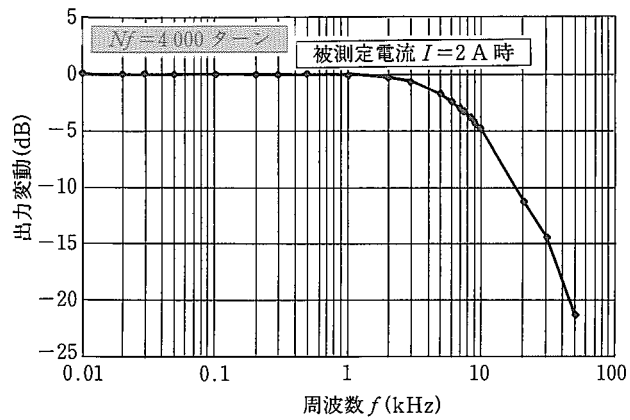
## 6. まとめ

高精度で、温度特性及び応答性にも優れた、電気自動車のバッテリー充・放電管理用ワイドレンジ直流電流センサーを開発した。今後、試作品活動を通しての問題点の指摘や改善点の要望を反映して、より完成度の高い商品に育てていくとともに、他用途への展開も図っていきたい。



第4図 温度特性

Fig.4 Temperature characteristics



第5図 周波数特性

Fig.5 Frequency response

問合せ先

住友特殊金属㈱事業推進部

電流センサー事業推進室 室長

☎ 06(381)6272 川上