

電動パワーステアリング用次世代ステアリングセンサの開発

Development of The Next Generation Steering Sensor for Electric Power Steering

徳本欣智 Y.TOKUMOTO 柴 真人 M.SHIBA 前田直樹 N.MAEDA 古高研一 K.KOTAKA

Koyo developed a compact next-generation steering sensor for Electric Power Steering system (EPS). This sensor can detect the steer torque and steering angle. Conventional torque sensor for EPS had aimed only at the power assistance control of EPS. However, the developed sensor is capable of not only the EPS power assistance control but also the safety cruise control and intelligent driving of the vehicle. Moreover, this sensor can be installed in the engine room because of its excellent temperature characteristic. In this report, the structure, principle and performance of the developed next-generation steering sensor are introduced.

Key Words: EPS, torque sensor, angle sensor, MR sensor

1. はじめに

自動車の環境対応および安全性向上を求める社会背景から、電動パワーステアリング(以下EPSと称す)や、横滑り防止装置の装着率が増加中である。横滑り防止装置を含めた車両のインテリジェント化には操舵トルクセンサだけでなく、操舵角度センサも不可欠である。さらに、車両搭載上、これらのセンサを一体化し、コンパクトにすることが望まれる(図1, 2, 3参照)。

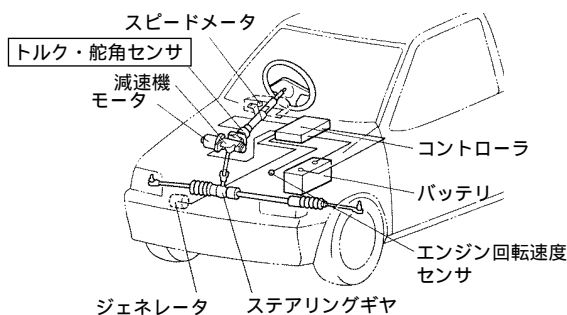


図1 EPSシステムと車両
EPS system and vehicle

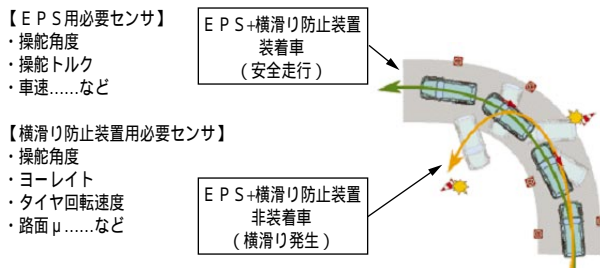


図2 横滑り防止装置
Electronic stability control system

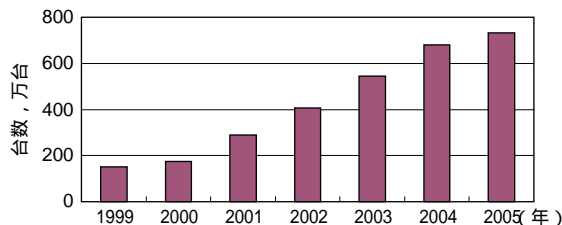


図3 横滑り防止装置装着予想
Electronic stability control system installation forecast

量産当初、EPSは車室内に搭載するコラムタイプEPS(C-EPS)だけであった。しかし、顧客の設計思想が多様化し、ピニオンタイプEPS(P-EPS)、ラッククロスタイプEPS(R-EPS)など、エンジンルームに搭載しなければならないタイプのEPSの需要が増加しており、過酷な使用条件が要求されてきている。

本報では、操舵トルクと操舵角度センサを一体化してコンパクトにし、車両のインテリジェント化、使用条件の過酷化に対応できる電動パワーステアリング用次世代ステアリングセンサとして開発した、トルク・舵角一体型センサについて報告する。

2. トルク・舵角一体型センサの概要

2.1 レイアウトおよび外観

トルク・舵角一体型センサをC-EPSに搭載した場合のレイアウトを図4、外観を図5に示す。この図で示すようにトルク・舵角一体型センサは、ターゲットとMRセンサアッセンブリだけのシンプルな構成である。軸長が短いので、EA(エネルギー吸収)ストロークが大きく確保できる。

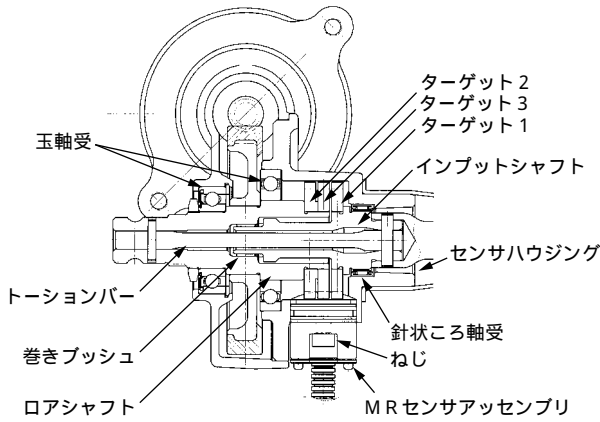


図4 レイアウト(C-EP Sの場合)
Layout (for C-EP S)

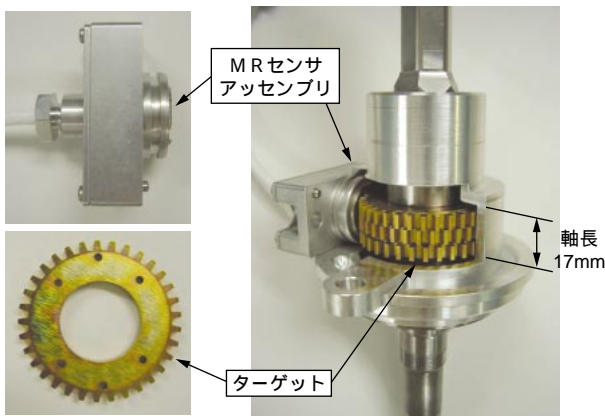


図5 外観
Appearance

2.2 システム

図6にシステムを示す。ターゲットの歯がMRセンサを1枚通過するごとに出力されるA相, B相信号をコントローラへ入力し, マイコンで演算処理を行うことにより, トルクと絶対舵角を求める。検出原理は別項で説明する。

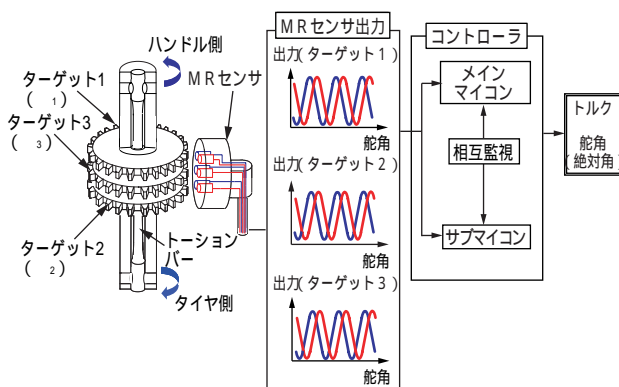


図6 システム
System

2.3 仕様

トルク・舵角一体型センサの仕様を表1に示す。

表1 仕様
Specification

項目	仕様	
作動温度範囲	- 40 ~ + 125	
軸長	30mm以下	
トルク 検知部	検出範囲	± 8 N・m以上
	分解能	0.02N・m以下
	リニアリティ (中点振れ回り含む)	± 2 %FS以下
	温度ドリフト	± 0.3N・m以下 (at - 40 ~ + 125) 但し, コントローラも温度特性に含める
角度 検知部	検出範囲	絶対舵角360deg
	分解能	0.5deg以下

3. MRセンサ

3.1 MR素子

MR素子は磁気抵抗素子と呼ばれ, 外部磁界を受けると, 図7のように磁束密度の大きさに応じて抵抗値の変わる抵抗素子である。センサ素子にはSN比が大きく, 外部磁界の影響を受けにくい半導体MR素子(インジウム・アンチモン半導体)を用いている。

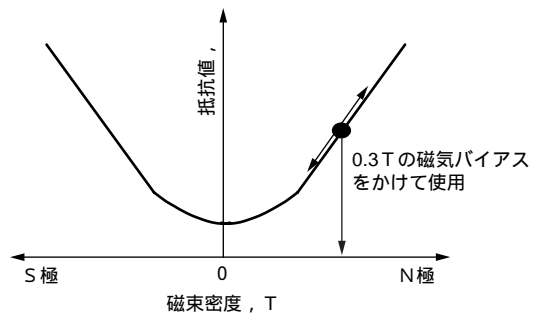


図7 磁束密度と抵抗値の関係

Relation between magnetic flux density and resistance

3.2 検出原理

MRセンサは, 温度補償効果を目的としてMR素子2個を用いたハーフブリッジ構成としている。

MRセンサアセンブリには磁石が内蔵されており, ターゲットの歯先が近づくと歯先部に磁束が集中する。このときのMR素子の抵抗値変化を分圧値の変化として検出する。以下の式(1)にその

関係を示す .

$$V_{out} = R_2 / (R_1 + R_2) \times V_{ref} \dots\dots\dots(1)$$

Vref : 基準電圧, V
 Vout : センサ出力, V
 R1, R2 : MR素子の抵抗値,

ターゲットが回転すると、磁石とターゲットの間に位置するMR素子を通る磁束密度が図8のように変化し、R1とR2がそれぞれ異なった抵抗変化を示す。このとき、式(1)の分圧比が変化し、正弦波状の出力波形が得られる。

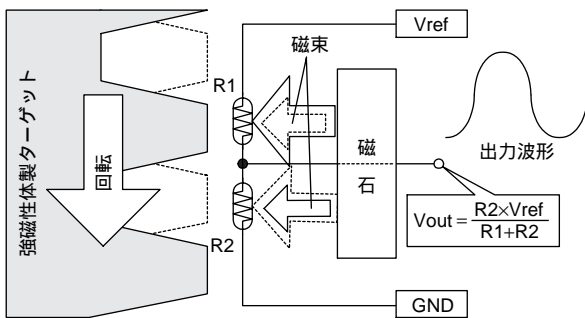


図8 MRセンサの検出原理
 Principle of detection of MR sensor

3.3 回路ブロック

MRセンサアセンブリの回路ブロックを図9に示す。MRセンサの出力信号はアンプで増幅して出力される。角度信号を計算するためにはターゲット1枚あたり2チャンネルのセンサ出力が必要であり、絶対舵角機能付の場合、ターゲットは1～3の3枚の構成なので、合計で6チャンネルのセンサ信号が出力される。

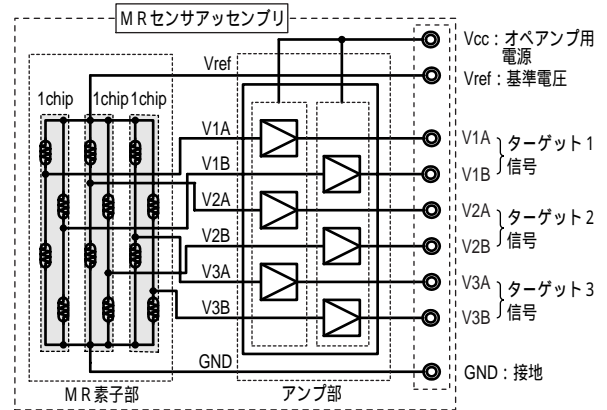


図9 MRセンサアセンブリの回路ブロック
 Circuit diagram of MR sensor assembly

3.4 出力波形

一定トルクでステアリングシャフトを回転させたときのMRセンサの出力波形例を図10に示す。ターゲット1信号(V1A, V1B)とターゲット2信号(V2A, V2B)の位相差は回転に対し変わらないが、ターゲット2信号とターゲット3信号(V3A, V3B)の位相差は徐々に変わっていく様子が分かる。

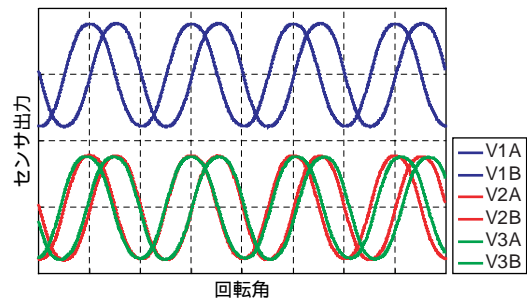


図10 MRセンサ出力波形例
 Example of MR sensor output waveform

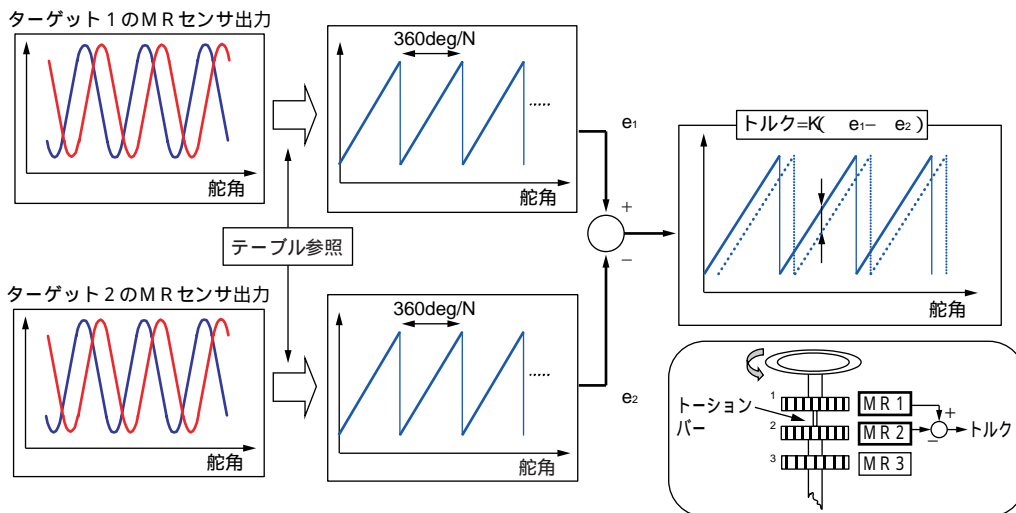


図11 トルク演算
 Torque operation

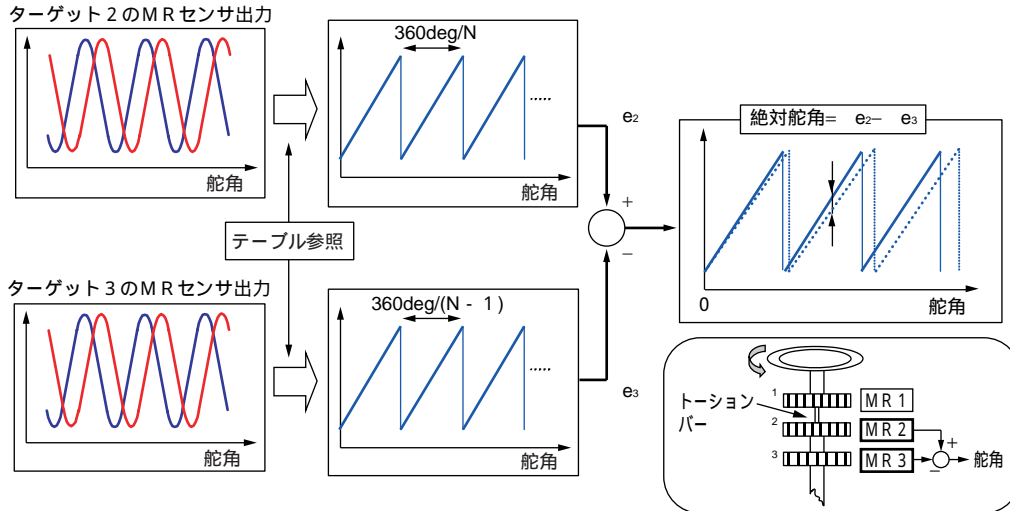


図12 絶対舵角演算
Absolute angle operation

4. ソフトウェア

4.1 トルク演算

トルクは、トーシヨンバーによって連結されたターゲット1とターゲット2との位相差と、トーシヨンバーのばね定数とから求める。図11にトルク演算の概要を示す。ターゲット1のセンサ出力からテーブル参照により得られた角度 e_1 (e : 電気角を示す)と、同様にターゲット2のセンサ出力から得られた角度 e_2 との位相差 ($e_1 - e_2$)を求め、トルクを演算している。

4.2 絶対舵角演算

絶対舵角は、一体化した歯数Nのターゲット2と歯数N - 1のターゲット3との、歯数の差によって生じる位相差から求めることができる。図12に絶対舵角演算の概要を示す。トルク演算と同様に、ターゲット2のセンサ出力から得られた角度 e_2 と、ターゲット3のセンサ出力から得られた角度 e_3 との位相差 ($e_2 - e_3$)を求め、絶対舵角を演算している。ターゲット2とターゲット3との位相差は、ハンドル1回転 (360deg)で1周期となるので、この求めた位相差がハンドル1回転の絶対舵角となる。

5. 性能評価結果

5.1 センサ基本性能

センサの基本性能評価結果を図13a) ~ c)に示す。トルクはストップ角までリニアな特性が得られ、絶対舵角は、ハンドル1回転の絶対角を正しく演算している。また、温度特性は、-40 から +125 において、目標仕様を満足することができた。いずれも目標どおりの良好な性能が確認できた。

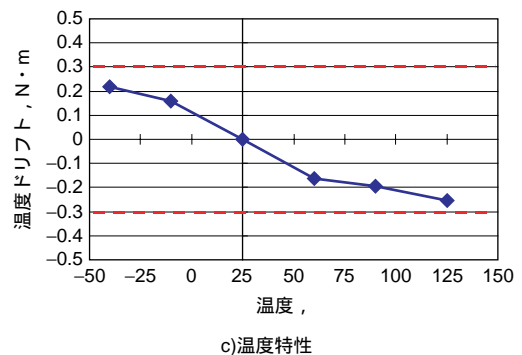
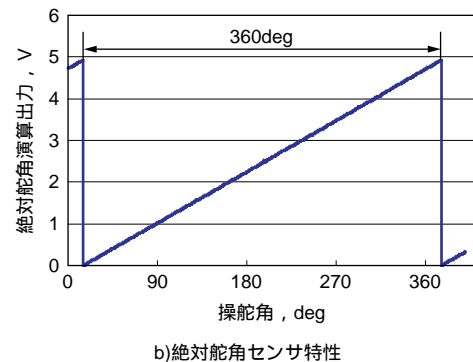
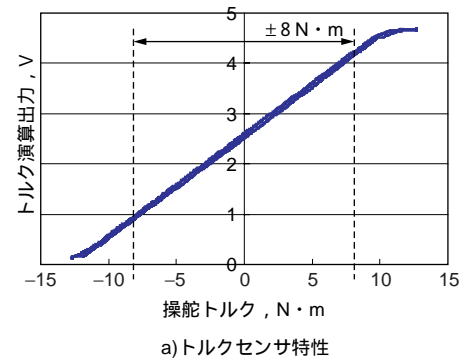


図13 基本性能
Essential performance

5.2 信頼性，耐久性試験結果

実車搭載時のさまざまな条件をもとに信頼性，耐久性試験を行った．結果を表2に示す．主に，基本特性であるセンサ出力中点変動，センサ出力ゲインについて評価を行ったが，すべての項目に対し合格となった．

表2 信頼性試験結果
Reliability trial result
(: 仕様に合格)

項目	試験条件	結果	
		中点変動	出力ゲイン
熱衝撃試験	- 40 + 125 , 500回		
アンテナ近接	400M ~ 1 GHz 100V/m, 2s		
TEM CELL	1 M ~ 400M Hz 200V/m, 2s		
横 力	ハンドルに 300N荷重		
ホーン電流	0 40A, 各 1s		
耐磁界試験	100G相当 スピーカ近接		

6 . おわりに

以上，電動パワーステアリング用次世代ステアリングセンサとして開発したトルク・舵角一体型センサの構造，原理，性能について説明した．

操舵トルクと操舵角度センサを一体化し，コンパクトにすることができ，また，目標性能も満足することができた．

車両のインテリジェント化，使用条件の過酷化，信頼性，安全性などの要求に対応できる次世代ステアリングセンサとして，必要とされる要件を満足したと考える．

最後に，本センサの開発にあたり多大なご協力をいただいた株式会社村田製作所をはじめ，多くの関係者の皆様にお礼申し上げます．

筆 者



徳本欣智*
Y. TOKUMOTO



柴 真人**
M. SHIBA



前田直樹**
N. MAEDA



古高研一***
K. KOTAKA

* 株式会社ファーベス 電子技術部

** 総合技術研究所 電子システム研究部

*** ステアリング事業本部 生産技術部