

EPS 一体型舵角センサの開発

Development of an EPS-Integrated Angle Sensor

村越 豊 Y. MURAKOSHI 中村匡秀 M. NAKAMURA

JTEKT has developed a small, lightweight, low-cost electric power steering (EPS)-integrated angle sensor to meet market needs. The magnetic yoke of the torque sensor mounted in the column and the main gear of the angle sensor have been molded as one single piece for common use, and positioned in the sensor housing. The electronic control unit (ECU) provides the electronic circuit of the angle sensor. These efforts have made it possible to reduce the size and weight of the developed sensor. In addition, the number of parts has been reduced and target cost has been reduced.

Key Words: electric power steering, angle sensor, ESC, torque sensor

1. はじめに

自動車は、より安全・安心・便利な乗り物を目指しており、各社はそれに向けた新技術を開発している。たとえば、自動車の安全性を向上させる横滑り防止装置（以下、ESC:Electronic Stability Control）については、米、欧州、カナダ、豪州が相次いで2011年以降の新型車にESC装備の義務化を発表し、また新型車以外の生産車についても数年以内に標準装備されていく予定である。日本においても2012年以降の新型車にESC装備が義務化された。以上の背景から、ESCに必要な舵角センサの需要拡大が見込まれており、また後退駐車支援システム、車線維持支援システムなども舵角センサを必要とすることから、舵角センサのさらなる需要の拡大が予想される。これらのニーズに対して、当社は従来のアドオン型から、より小型・軽量化を目指した電動パワーステアリング（以下、EPS:Electric Power Steering）一体型の舵角センサを開発したので以下に紹介する。

2. 開発の目的

従来、舵角センサは車両のハンドルコラム部にユニットで取り付けられる形（アドオン型）が一般的であり、舵角センサの取付けスペースを確保しておく必要があった。

当社はEPSメーカーであることを活かし、舵角センサ

に必要な機械部品や電子部品をEPSシステムの部品と共用化することで、小型・軽量・低コストの舵角センサを提案し、また、EPSの各制御に舵角情報を加えることで、操舵感の向上につなげることを目的として、EPSと舵角センサの一体化に着手した。

3. 開発品の構成

3.1 舵角センサの基本構造

舵角センサの基本構造は、ハンドルシャフトに連動して回転するメインギヤを設け、その回転動作を検出ギヤに伝達する。検出ギヤに搭載されたマグネットの回転角度を磁気センサで検出し、ステアリングホイール角度に演算して出力する（図1）。市場品の多くは、舵角センサのメインギヤ、検出ギヤ、演算回路を一体としてユニット化している。

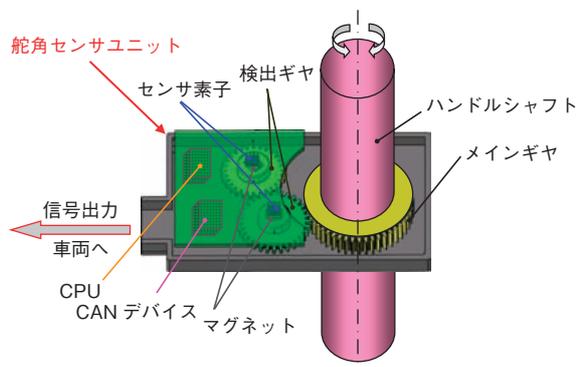


図1 舵角センサの基本構造
Basic structure of the angle sensor

シャシー

3.2 EPS との一体化構造とメリット

当社では、ユニット化された舵角センサを EPS と一体化し、以下のような構造とした (図2)。

- (1) 舵角センサのメインギヤを EPS のトルクセンサ部品と一体成形することにより、部品点数を削減しメインギヤを保持するケースも不要となるため、部材と組立てコストの低減ができる。
- (2) 検出ギヤ、磁気センサをトルクセンサハウジング内に納める。
- (3) 舵角演算、信号出力回路は、EPS の ECU が受け持つ。

一体化によるメリットとして、以下に示す 5 点が挙げられる。

- (1) 舵角センサのメインギヤをトルクセンサ部品と一体成形することにより、部品点数を削減しメインギヤを保持するケースも不要となるため、部材と組立てコストの低減ができる。
- (2) 舵角演算、信号出力回路を EPS の ECU が兼用することにより、舵角センサの Central Processing Unit (CPU) や Controller Area Network (CAN) デバイスを削減できる。これらによる容積・質量・コストへの効果を図3に示す。

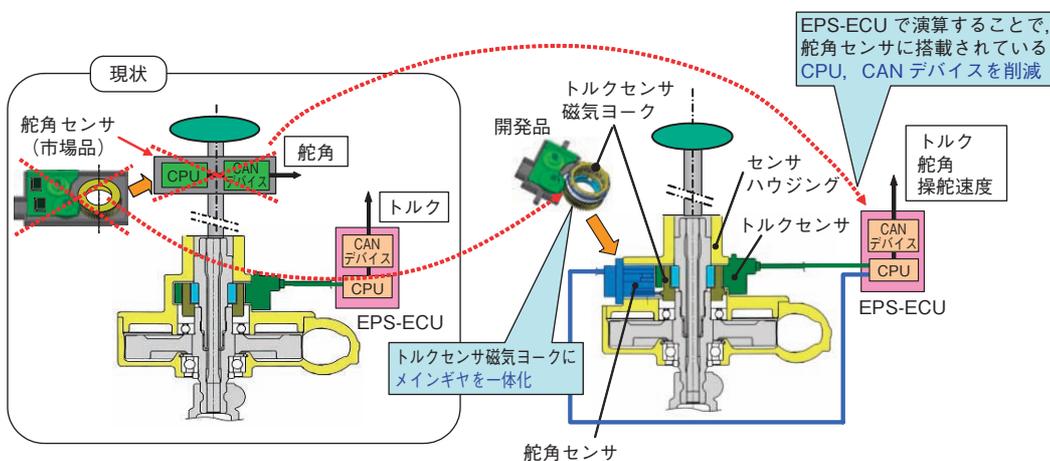


図2 EPS と舵角センサの一体化
Integration of the EPS and angle sensor

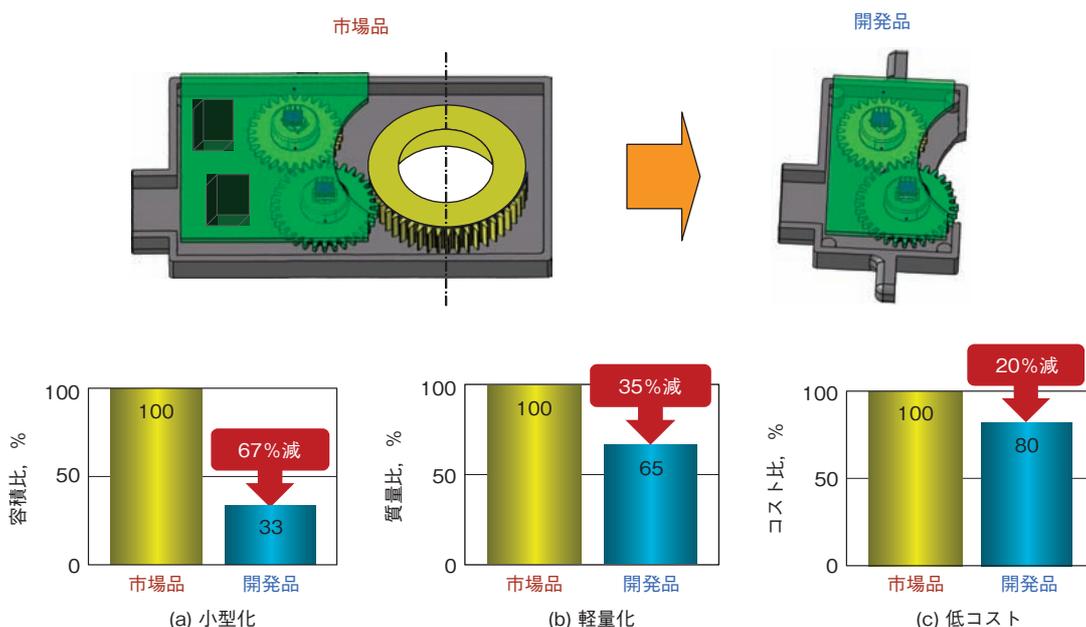


図3 容積・質量・コストへの効果
Volume, mass and cost benefits

- (3) 舵角センサの検出ギヤや磁気センサが EPS のハウジング内に収納されているため、自動車メーカーでの車両への組付けやハーネス接続作業が不要となる。
- (4) 舵角情報を EPS に取り込むことで、操舵感向上に向けたチューニングが可能となる。
- (5) モータ回転情報と舵角センサの信号は相互監視することで、安全性が向上する。

図4に示すように、EPSにはパワーアシスト用のモータが搭載されている。ブラシレスモータにはそのモータの制御に必要な回転角センサを内蔵しており、それと舵角センサのどちらか一方が故障して異常信号を出力したときに、相互監視で故障検知が可能となる。また、ブラシ付きモータにおいてもモータ電流値を使って舵角の回転方向と速度を推定し、同様に故障検知が可能となる。



図4 舵角センサ信号とモータ回転情報との相互監視
Mutual monitoring of angle sensor and motor rotation information

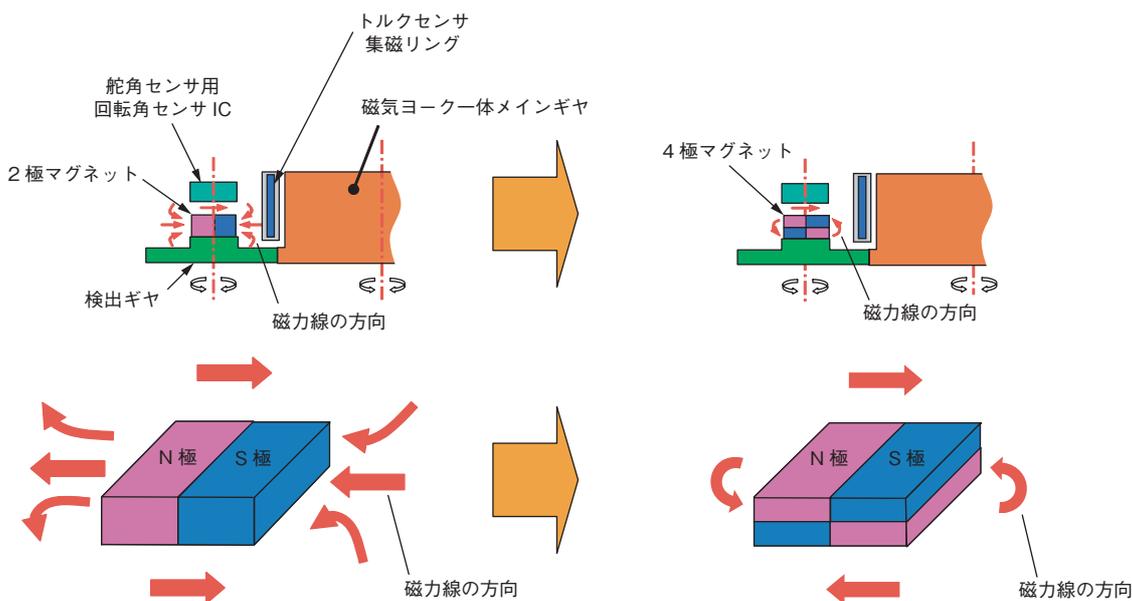


図5 4極マグネットによる漏れ磁束の低減
Reduction of flux leakage using a 4-pole magnet

3.3 一体化による課題の解決

EPSのトルクセンサと舵角センサは双方ともマグネットを使用した磁気方式を採用している。一体化によりセンサ同士の位置が接近するため、相互の磁気干渉による検出精度の低下が課題であった。

図5に示すように、舵角センサ用マグネットは、トルクセンサの集磁リング方向に出る漏れ磁束により、トルクセンサの精度に影響を与える。そこで、舵角センサ用マグネットを4極マグネットとすることで、トルクセンサ側への漏れ磁束を低減させ、トルクセンサへの磁気影響を抑えることができた。ステアリングホイールを回転させたときのトルクセンサ信号の出力変動結果を図6に示すが、舵角センサ用マグネットからの漏れ磁束の影響は問題ない。

シャシー

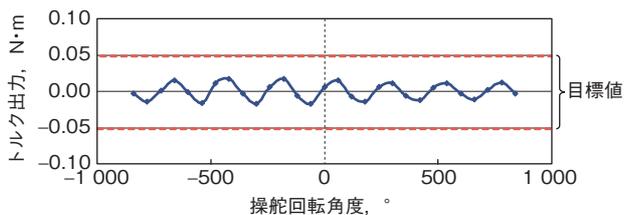


図6 トルクセンサへの磁気干渉低減
Reduction of magnetic interference to a torque sensor

4. 舵角センサの性能

4.1 開発目標値

舵角センサに求められる性能を表1に示す。この開発目標値は、顧客各社の要求の中で最も厳しい条件を基にして設定した。性能のヒステリシスとリニアリティの定義については図7に示す。

表1 開発目標値
Development targets

項目	開発目標値	
使用温度範囲	-40 ~ 85°C	
検出範囲	± 800°	
性能	分解能	± 0.1°
	ヒステリシス	1.5°
	リニアリティ	± 1.5°
	総合精度	4.5°

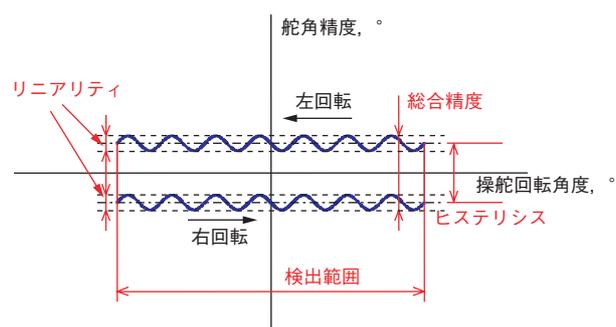


図7 精度の定義
The definition of precision

4.2 コラムアッセンブリにおける舵角センサの舵角精度確認

コラムアッセンブリに搭載した舵角センサの舵角精度は、ステアリングホイール舵角（車の動きに近いロアシャフト側の角度）とそれに対する舵角センサの出力で確認する。ステアリングホイール舵角は、基準となる角度を高精度なロータリエンコーダでモニタする。このステアリングホイール舵角と舵角センサ信号から、信号演算ソフトにより舵角検出精度を算出している。図8に評価装置の概要を示す。舵角センサ精度の評価結果を総合精度の代表として図9に示したが、表1のその他のすべての性能項目についても目標値を満足した。

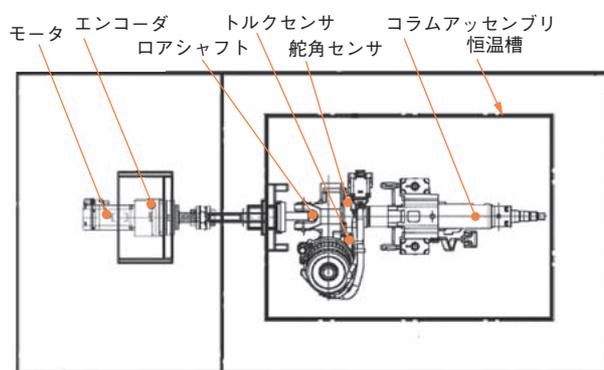


図8 舵角センサの性能測定装置
Measurement equipment for angle sensor performance

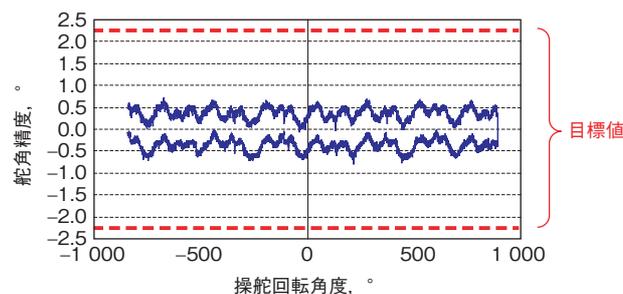


図9 コラムアッセンブリでの舵角センサ精度
Precision of an angle sensor mounted on a column assembly

4.3 耐久性能

実車搭載時の環境条件を基にして種々の耐久評価を実施した結果、すべて目標仕様を満足しており、良好な結果であった（表2に試験項目、条件、結果を示す）。

表2 耐久試験結果
Endurance test results

試験項目	目的	試験条件	評価結果
作動耐久1	樹脂ギヤの耐久性評価	揺動角 ± 800° 速度 60min ⁻¹ 温度 - 40°C, 25°C, 80°C	○
作動耐久2	①繊維入り樹脂との摩耗量評価 ②冷熱サイクルによる割れ, クリープ変形	揺動角 ± 5°, 15Hz 温度 - 40°C, 25°C, 80°C	○
複合サイクル (温度, 振動)	コラムアセンブリで温度環境下での各部の緩み	加振方向 XYZ 温度 - 40°C, 85°C	○
振動耐久	コラムアセンブリでの振動による耐久性	加振方向 XYZ 振動加速度 2 ~ 37m/s ² , 対数掃引	○

○：目標仕様を満足する

5. おわりに

本 EPS 一体型舵角センサの開発は完了したが、拡販に向けてさらなる構造の簡素化とコスト低減を推進していく。

また、舵角情報を使って EPS を制御し、操舵感を向上させることが可能となるため、当社主力商品のコラムアシストタイプ EPS (C-EPS[®]) のみならず、ピニオンアシストタイプ EPS (P-EPS[®])、ラックアシストタイプ EPS (R-EPS[®])、電動ポンプ式油圧アシストタイプ (H-EPS[®])、電子制御式ギヤ比可変機構 (E-VGR[®]) システムへの搭載も並行して検討しており、多様なお客様のニーズに対応していく。

筆者



村越 豊*

Y. MURAKOSHI



中村 匡秀**

M. NAKAMURA

* ステアリング事業本部 電子技術部

** ステアリング事業本部 実験解析部