

電動パワーステアリングシステムの電装部品技術の動向

Technical Trend of Electric Components for Electric Power Steering Systems

福留富久男 F. FUKUDOME

At first, electric power steering (EPS) systems were mainly demanded for energy-conservation models, or when hydraulic power steering systems were hard to be mounted.

Recently, however, demands for EPS have been diversified and types of target models have been expanding. It appears that in the future, demands for functions exclusively added in EPS system will be rising, and EPS system will be evolving into the system with more safety and comfort.

Present technology and future trends of electrical components which are key components in EPS system are described below.

Key Words: electric power steering, EPS, trend, electric component

1. はじめに¹⁾

電動パワーステアリング(以下EPSと称す)は、Koyoが1988年にステアリングコラムに直流モータによるアシスト機構を一体に組み込んだコラムタイプ電動パワーステアリング(以下C-EPSと称す)を世界に先駆けて商品化し、軽四輪車に搭載して以降、日本市場の軽四輪車を中心に普及拡大してきた。

欧州市場においても、パワーステアリングの搭載率の拡大に伴い、小型車へのパワーステアリング装着のニーズが高まり、油圧パワーステアリングが装着し難い小型車を中心として、1996年からEPSの採用が始まった。

当初EPS化のニーズは、省エネ目的や油圧パワーステアリングが搭載困難な車種へのパワーステアリング展開が主であったが、今後はEPSであるゆえに達成できる付加機能に関するニーズが高まり、より安全で快適なステアリングシステムに向け進化していくものと考えられる。

そこで、EPSシステムの中で特に電装部品に関して、その技術動向と将来について述べる。

2. EPSシステムの要素部品

図1にC-EPSの構成を示す。

本文では、図1の構成部品のうち、トルクセンサ、モータ、ECU(コントローラ)について述べる。

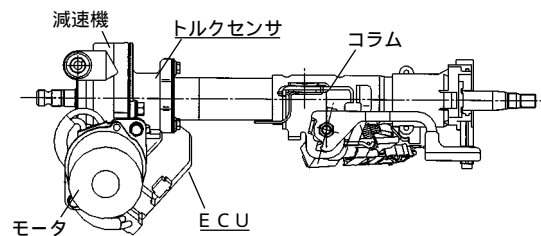


図1 C-EPS

3. トルクセンサの技術動向

Koyoでは、ステアリングの操舵トルク検出のため、現在非接触式トルクセンサを実用化している。

これまで種々の設計変更を加え、性能改良と低コスト化を図ってきたが現在下記2つのセンサの開発を進めている。

1)低コスト化センサ：

現行トルクセンサと同じ機能でコスト低減を図ったセンサ

2)高機能センサ：

トルク信号に操舵角信号出力を追加し、機能アップを図ったセンサ

3.1 低コスト化センサ

低コスト化センサは、現在量産中のセンサの構造を基本として、新材料の採用及び部品点数の削減で低コスト化を計ったものである。

図2に現行品と低コスト化品の対比を示す。

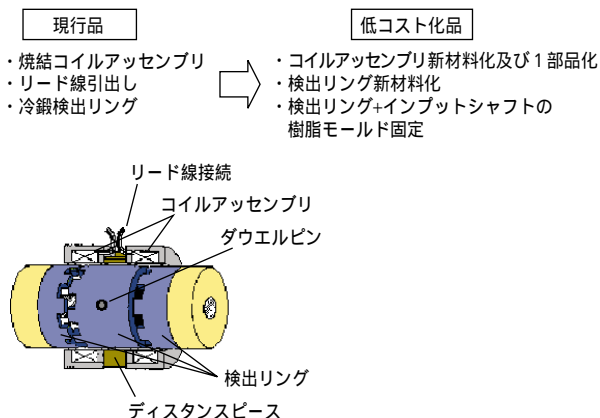


図2 トルクセンサ低コスト化
Cost reduction of torque sensor

低コスト化品と、現行品の主な相違点には、下記2点が挙げられる

現行品ではコイルアセンブリのコアや検出リングにSUS材を使用していたが低コスト化品では、新材料に変更した。また材料の変更に伴い焼結工程等を廃止した。

低コスト化品では、新材料に変更するとともに現行品では、3部品で構成されていた検出及び補償コイルアセンブリとディスタンスピースを低コスト化品では、樹脂一体成形とすることで、1部品とした。

上記構造に関する特許を申請中である。

3.2 高機能センサ

EPSシステムへの付加機能として最近のユーザーからのニーズでは、EPSシステムに操舵角検出機能をもたせEPS以外のECUに対して舵角信号を出力することを要求している。

その背景に車両の安全性の高まりや運転時の快適性の向上等からABS, ESP, BCM等のシステムが普及し、それらのシステム制御に操舵角信号が必要なことが挙げられる。

現在、操舵角信号出力のため、コラム部に専用の舵角センサが搭載されている。その舵角センサは高価なものとなっている。そのような状況の中、EPSの搭載率が上がってくるにつれて、これまでの舵角センサ単体製品と同機能のものをEPSシステムの中に持たせようとする動きが広まってきた。その一番の狙いは、センサ価格の低減と搭載性の改善である。

そのため、今後トルクセンサと舵角センサを統合したセンサをもつEPSシステムの開発の重要性が増してくるものと考えられる。

4. モータの技術動向

EPS用モータは、25Aクラスから量産が始まり、EPSを搭載する車両が軽自動車から小型車まで広がりをもせたことで現在65Aクラスまで出力が上がってきた。モータ出力が上がることで、モータサイズも大きくなり車両搭載上の制約も出てきた。そのため、巻線技術の改良を加え高密度巻線の採用を推進してモータサイズの最適化を図ってきた。その結果、現在ほぼブラシ付きモータとして出力毎でのシリーズ化ができ、要求されるアシスト力に対し減速機との組合せで最適なモータ選定及びシステム提案が行えるようになってきている。

そのような中、軽自動車から小型車さらには中型車等へのEPS搭載が進み、車両の静粛性が上がってきたことからEPSシステムの音に対する要求も厳しくなっている。その反面モータ出力アップに比例しモータの作動音は大きくなってきた。そのため、モータ音低減のためいくつかの改良が必要となった。その1例を図3に示す。

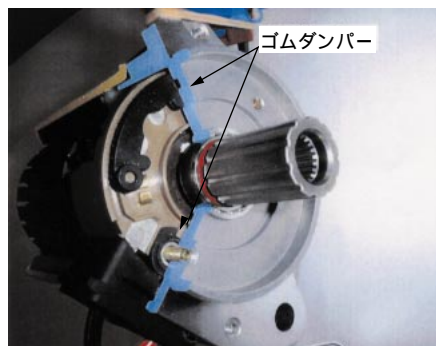


図3 低騒音対策

Noise reduction structure

本例は、ブラシとコンミテータが摺動することにより発生するブラシの振動がブラシホルダ、モータフランジを介して減速機側ウォームハウジングへ伝わることを抑制する効果を狙ったものである。

EPSを搭載する車両がさらに広がりをもせることにより、EPSの出力を左右するモータに対して当然これまで以上の出力が必要となってきている。大出力タイプのEPSシステムに対応していくためには現行のブラシ付きモータでは出力不足である。

そのため、ブラシレスモータの開発が必須となってきた。

表1にブラシレスモータの特徴を示す。

表1 ブラシレスモータの特徴

Features of brushless motor

| 長 所 | 短 所 |
|--------------------------|-----------------------|
| 1) 慣性モーメントがブラシ付きに比べて小さい。 | 1) 使用部品の仕様が異なるため高コスト。 |
| 2) 口ストルクがブラシ付きに比べて小さい。 | 2) ECUの構造, 制御が複雑化。 |
| 3) ブラシ付きに比べて小型化できる。 | 3) トルクリプル等制御の改善余地有り。 |
| 4) 放熱性に優れている。 | |
| 5) 機械的接触がないため長寿命。 | |

ブラシレスモータは現行のブラシ付きモータに比べて性能上のメリットが多く見られるが、特にコストの面からEPSには採用されていなかった。

しかし今後、コスト面や技術的課題が解決されていくとEPSの主流となっていくと考えられる。

ブラシレスモータとブラシ付きモータの主な技術的違いは、

ブラシ付きモータにあるブラシと整流子との機械的スイッチ機構が、非接触の電子回路スイッチ機構に置き換わっていることである。その結果、ブラシの磨耗により決まっていたモータの寿命が電子スイッチにより長寿命となり、ブラシと整流子用のスペースが不要となり小型化ができることとなる。また、機械的接触がないことから騒音に対しても有利である。

ブラシレスモータでは、永久磁石(界磁システム)がロータで巻線(電機子)がステータの一部になっている。

その結果、構成形状、構成材料の比重差によりブラシ付きモータよりモータ慣性を低く抑えることができ、EPSのフィーリングに好影響を与えることが可能となる。

5. コントローラの技術動向

コントローラの開発はモータと同様25Aクラスから始まり、現在65Aクラスまでのコントローラの量産を行っている。そしてモータ同様電流クラスでのサイズ、形状のシリーズ化を図っている。一方では、これまで車室内だけに置いていたコントローラをエンジンルームにも搭載する車種もあり、防水構造、熱対策等で特別仕様となるコントローラもある。現在量産中および開発中のコント

ローラの種類を図4に分類した。大きくコラムタイプ用(車室内用)、ピニオンタイプ用(エンジンルーム内)、大出力タイプ用(ブラシレス)の3タイプに分類できる。またコラム用のコントローラの中には、トルクセンサの回路部を取り込みながらコラムに搭載されているものもある。

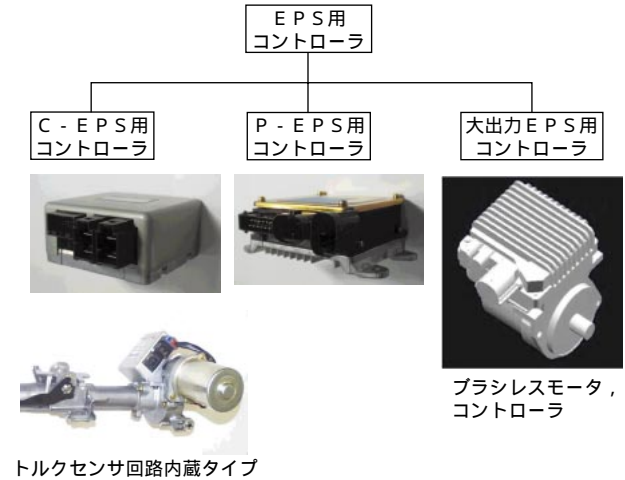


図4 EPS用コントローラの種類

Classification of EPS controllers

エンジンルーム内に搭載されるコントローラでは、耐環境性の要求が車室内に比べてかなり厳しいことから通常設定しているシステムの保護機能を更に強化する必要がある。そのための一例として、コントローラやトルクセンサ等のEPSシステム内に温度センサを追加することで、みずからの温度を直接測定し、その信号により最適な保護制御を行っている。図5にその1例を示す。これは、高温時にはモータへの通電時間を短くし発熱を抑え、システムを保護しようとするものである²⁾。

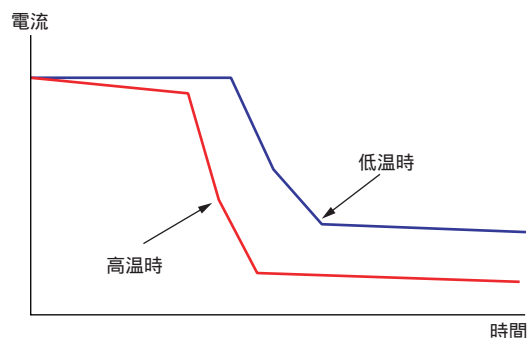


図5 雰囲気温度に対する制御例

Example of derating control corresponding to ambient temperature

現在、高温対応のためにコントローラ部品の耐熱仕様の向上や熱抵抗の低減、放熱仕様の改善等が重要課題となっている。

一方、最近は特にソフト面での要求が増えておりその対応が非常に重要になってきている。

ソフト面に関する主な要求例を下記に示す。

5.1 複数の特性マップの記憶と選択

これまでのEPS搭載車両において、設定グレードもあまりなく一つのアシスト特性でその対象車種に対して十分であった。しかし、EPSの搭載率が上がるにつれ同車種の中でのバリエーションも増え、各々のバリエーションに全てマッチした特性をチューニングすることは難しくなってきた。そのため、数種類のアシスト特性を記憶しておき、車メーカーでの最終組立て工程において搭載されたグレード、オプション等により都度前もって設定された特性の中からそのバリエーションに合った特性を選択するケースが増えてきている。このように特性を選択できることは、自動車メーカーから指摘があった場合や市場での評価等を受け、当初の特性を別の特性に変更することも可能であり、今後多種多様な顧客の要望にこたえていくために更にこの種の特性記憶の要求は増えていくことは確かである。

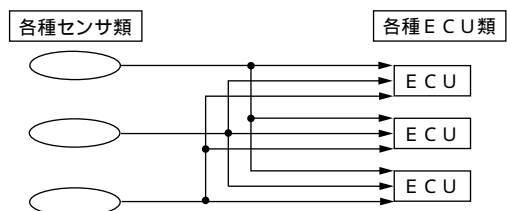


図6 - a CANバス無し時の配線例
(必要な信号分だけ入出力が必要)

Example of block diagram without CAN bus

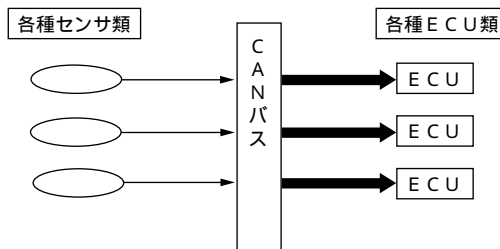


図6 - b CANバス有り時の配線例
(CANバスとのラインのみで必要な信号類のやり取りができる)

Example of block diagram with CAN bus

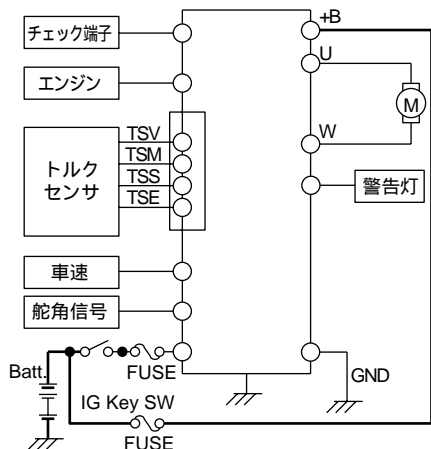


図7 - a CAN信号なし

Example of wiring diagram without CAN

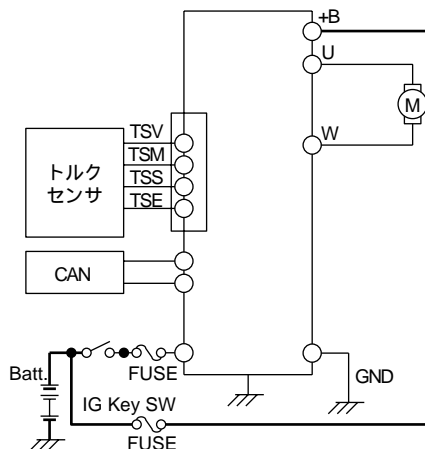


図7 - b CAN信号あり

Example of wiring diagram with CAN bus

5.2 通信機能の充実

これまでのコントローラでは、各種信号(主に車速信号、エンジン回転数信号)はそれぞれのセンサ本体からまたは他のコントローラを介して各々入力されていた。最近では各カーメーカーとも車両搭載されたいくつかのコントローラが必要な情報を1ラインで共有することにより、各コントローラが使用している配線を大幅に削減できるため車両ネットワーク(CAN)の普及が進んできている。

図6にCANの有無での配線の違いを示す。

また、図7にコントローラに対する入力例を示す。CAN回路のない図7 - aと比較すると、図7 - bに示すように入力回路部がCANラインで簡略化できる。トルクセンサ回路内蔵のECUの場合は、図7 - bのトルクセンサ信号の入力ラインもなく、入力信号はIG Key入力、電源とCAN信号のみで出力はモータラインのみという非常に簡略化された製品もある。

6. EPS付加機能への展開¹⁾

EPSシステムはこれまでの単なる油圧パワーステアリングの電気式への移行といったものから、車両統合制御のシステムの一部として変化しつつある。既に他社で量産化を開始したものも含めて下記のようなシステムが現在検討されている。これらの実現性については、安全性の議論を十分に行っていく必要があるが、EPSとしての新機能やEPSのもつセンサデータの他のシステムとの共有化等、車両統合制御の周辺技術も含めて今後さらに広がりを見せしていくことと思われる。そのためにも、前述した高機能トルクセンサの開発や通信機能の充実が重要となってくる。

< 将来の車両統合制御システム >

自動駐車機能：

車両の操舵角，位置情報，車速等の各種情報を用いて自動で駐車する機能。

車線逸脱防止システム：

車線，車速をモニターしながら車両の直進走行をサポートする機能。

これまで述べてきたEPSの今後の動向をまとめて図8に示す。

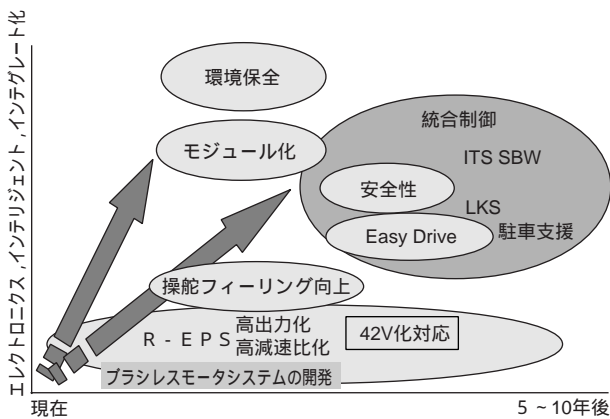


図8 EPSシステムの今後の動向

Future trend of EPS system

7. おわりに

EPSシステムにおいて、これまでも電装部品が重要な基幹部品であった。EPSに対するステアリング機能を越えた付加機能や他システムとの統合等の要求が高まっていくことにより、電装部品特に制御部(コントローラ)の重要性がますます増してくると考えられる。今後、本来のEPS機能としての制御技術をさらに発展させ操舵感の向上に取り組んでいくとともに、自動車の安全性、快適性を向上させるため、EPS単独でまたはEPS以外のシステムとの連携等による付加機能の開発や提案をしていくことが重要である。

参考文献

- 1) 井尻和一郎，筒井高志：Koyo Engineering Journal no. 162 (2002) 28.
- 2) 大須賀章朗，松岡祐樹，筒井高志，小幡佳史，A. Droulers：Koyo Engineering Journal no. 161 (2002) 47.

筆者



福留富久男*

F. FUKUDOME

* (株)ファーベス 電子技術部