

# 電動パワーステアリングの技術動向

## Technical Trend of Electric Power Steering Systems

井尻和一郎 W. IJIRI 筒井高志 T. TSUTSUI

*Koyo has provided electric power steering systems (hereafter EPS) into market for more than 10 years and recently EPS has come into very wide use quickly. Initially EPS was needed for such a vehicle model that required low fuel consumption or was difficult to equip hydraulic power steering system. But now, EPS seems to be progressing to be more safety and comfortable steering system due to increase of needs for added value that can be satisfied only by EPS.*

*Herein, each EPS type and future technical trends on EPS are described.*

**Key Words:** electric power steering, EPS, trend, components

### 1. はじめに

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、日本の軽四輪市場を中心に普及拡大してきた。

欧州においても、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を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。

2002年には小型SUVに米国生産車として初めてKoyo製コラムタイプEPSが搭載され、中、大型車中心の北米においても、EPSの拡大が見込まれている。今後も、地球環境保全、省エネの流れにのり、EPSは将来のパワーステアリングシステムの主流となる事は確実であり、今後益々技術革新に拍車がかかって来ると思われる。

当初EPS化のニーズは、省エネ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の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兆しが見受けられる。以下に、各種EPSの技術動向と将来について述べる。

### 2. EPSの種類

EPSは、動力源である電動モータをコラム部、又はギヤ部のステアリング系のどの部位に設置し動力を供給するかにより大きく3つのタイプに分類される。その分類を図1に示す

EPSを選定する際、次の2つの条件についての検討が重要である。

#### (1)必要アシスト力

車両前輪軸荷重およびタイヤを含むサスペンション構造で決まるラック軸力とドライバのマニュアル入力から決まり、それに対応可能な出力のモータ+減速機の選定が必要である。

ただこの動力源であるモータ+減速機は、後述べる搭載スペース条件よりあまり大きなサイズは使えず、現在の車両電源電圧の12Vでは小型乗用車系が限界であり、更に大きな車種への展開には42V化が必要となってくる。また中、大型車への展開のもう1つの課題としてラック&ピニオンギヤ部の強度が挙げられるが、油圧パワーステアリングの場合は、マニュアル入力を伝達するメカ部と油圧補助動力が油圧シリンダからラック軸に直接入力される。それに対してC-EPS、ピニオンタイプEPS(以下P-EPSと称す)の場合はマニュアル力と補助力が同時にラック&ピニオンギヤ部に伝達される為、歯強度の面での制約に留意が必要である。この課題への対応として2段減速タイプの減速機構を持つラックタイプEPS(以下R-EPSと称す)では、減速機部から直接ラック軸をアシストしラック&ピニオン部への入力を緩和することが可能となり、中・大型車への展開が可能となった。

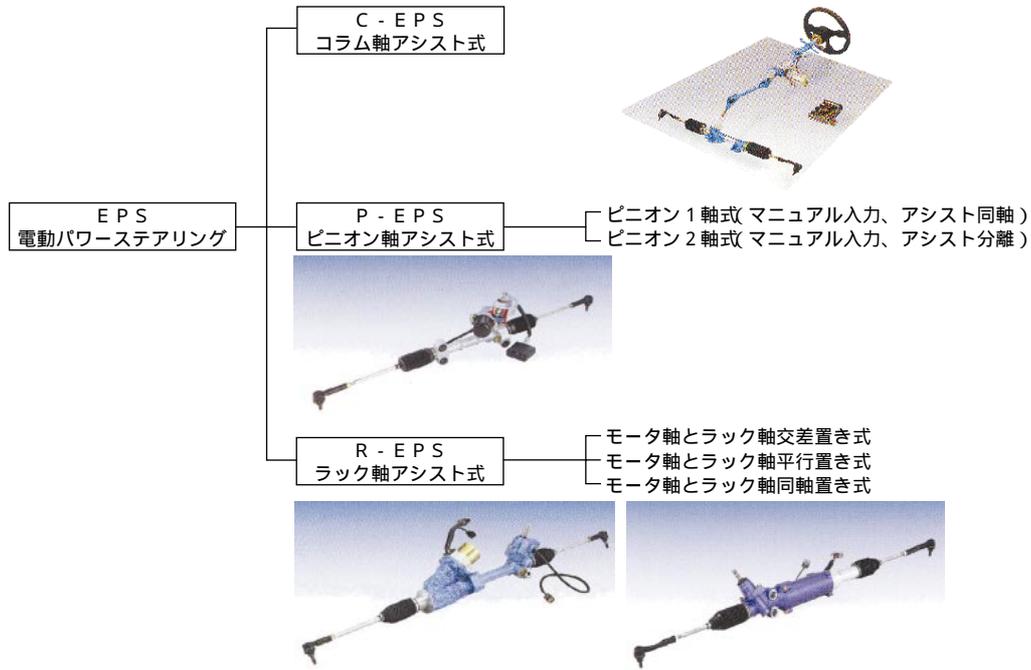


図1 EPSの分類  
EPS classification

(2) 搭載スペース

EPSはモータ+減速機という容積、重量のある機構をステアリング系のどこかに追加することが必要である。したがって従来の油圧パワーステアリングやマニュアルステアリングを基準にレイアウトされていることが多い車両前部のスペースに適合する構造の選定が必要である。その際、コラム部のエネルギー吸収量やエンジンルームのクラッシュゾーンへの減少が無いように留意することやエンジン廻りへの搭載に対する電装機器の放熱および遮熱対策も必要である。

現在、KoyoのEPSについてラック軸力を基準とした、EPSタイプとモータ電流/電圧の一般的な使い分けを図2示す。

但し、操舵応答性の要求条件等により軸力以上に大出力のモータが必要となる場合もある。

ラック軸力[kN]	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12以上	
電圧	12V					42V					
C-EPS P-EPS	25A 35A 45A 60A 75A					バリアブルラック					
R-EPS 交差/平行式	84A		42V 30A		35A						
同軸式	60A		42V 43A								

図2 EPSのモータの軸力別使い分け  
EPS motor classification by rack force

3. C-EPSの技術動向

C-EPSの構造は図3に示すようにコラム軸上に搭載されウォーム減速機を介してコラムシャフトに補助動力を与えている。

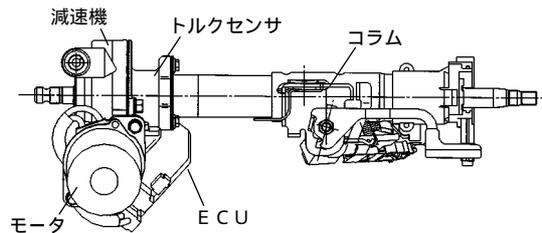


図3 C-EPS

補助動力は、モータへの電流制御によって行う。モータへの必要電流はコラム軸内部に組み込まれたトーションバーのねじれ角(操舵力に比例)に応じて電気信号を送るトルクセンサからの信号と、車両側(通常トランスミッション)に設置された車速センサからの信号をコントロールユニット(ECU)に入力し、ECU内で最適値を演算で求めている。

ECUは、車室内に搭載されるものとコラム上に搭載するもの(図3)と2種類ある。

最近はハーネス類が短縮でき、車両への搭載工程が削減できるコラム取り付けタイプが増加してきている。このタイプは、モータ+減速機が比較的スペースの確保しやすい車室内にある為、油圧

パワーステアリングからの置き換えが容易であり、小型車などで車両のマイナーチェンジの時に採用された事例もある。またコンパクトで高出力のモータの開発やマニュアルギヤにバリアブルギヤレシオラック(中央付近のギヤ比を低く、端を高く：図5)を採用することにより中型車への採用も近年増えている。コスト面でも電装品への防水、耐熱対策が特に必要なく、構造的に一番安価であり、現在最も多く量産されている。

ただし、コラム軸上に減速機構、トルクセンサを設置する為、衝突時のエネルギーを吸収するスペースに制約があり、欧州の新しい衝突安全規制への対応が課題となる場合がある。

また最近の傾向としてインゲニッションスイッチやATセクタ、スイッチレバーブラケットのモジュール化およびコラムEPS+インターミディエイトシャフト+マニュアルギヤのシステムでの開発を1つのサプライヤで開発するケースが増えてきている。その事例を図4に示す。

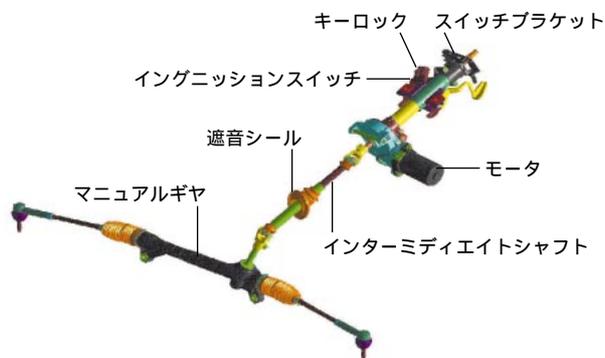


図4 モジュール化されたC-EPSシステム  
Moduled C-EPS system



図5 バリアブルラックバー  
Variable gear-ratio rack bar

#### 4. P-EPSの技術動向

P-EPSは、図6に示すようにラック&ピニオン式ステアリングギヤ部にモータを設置し、ピニオン軸上に搭載されたウォーム減速機を介してピニオンシャフトに補助動力を与えている。減速機、トルクセンサ共に基本的な構造は、C-EPSと同一であるが、エンジンルーム内の下部に搭

載され、近傍をエンジンの排気管が設置されている場合もあり、耐熱性、防水性を考慮した材料選定、構造が必要となる。ECUは当初車室内搭載がほとんどであったが、ハーネス長さが長くなる為ラジオノイズへの影響や、車両メーカーでの組立て工数削減を考慮し、エンジンルーム内設置が主流となってきている、最近ではギヤに一体化する例もあり、ECUの仕様環境としては非常に過酷で遮熱板などの設置が必要な場合もある。

モータ、ECUの加熱保護制御も従来の電流と時間だけでなくサーミスタをECUまたはトルクセンサのアンプ部に設置し、きめ細かな制御でアシスト力の低下開始までの時間の延長、復帰時間の短縮を図っている<sup>2)</sup>。P-EPSでは、タイヤが縁石に乗り上げた際などの過大逆入力が入力ラック&ピニオンギヤを介して減速機の樹脂製リダクションホイールに伝達され、途中にインターミディエイトシャフトのあるC-EPSより入力の緩衝の面では不利な為、トルクリミッタを設置し樹脂ギヤを保護している例もある。P-EPSを採用した場合、コラムはマニュアルタイプとなり衝突時のエネルギー吸収機構のスペースに余裕ができる為、欧州での採用が増えてきている。また最近のFF車ではエンジンルームがコンパクトになり搭載スペースの制約及び車両前部クラッシュゾーン確保の為にハンドルホイールからの入力とアシスト部を分離し2本のピニオンシャフトを設置し助手席側に減速機とモータを設置したダブルピニオンタイプ構造をとるものもある。

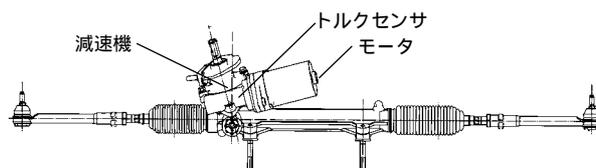


図6 P-EPS

#### 5. ラックタイプEPS(R-EPS, DD-EPS)の技術動向

車両の省エネ化要求の高まりにより、中型車や大型車へのEPS搭載が進みつつあるが、C-EPSやP-EPSでは、大きな入力に対するラック&ピニオンギヤ部の強度に限界がある、この課題への対応として2段減速タイプの減速機構を持つラックタイプEPSがある。このタイプでは、減速機で直接ラック軸をアシストしラック&ピニオン部への入力を緩和することが可能となり中、大型車への展開に適している。ラックタイプEPSには、図7に示すような、モータをラック軸に

オフセットさせたタイプ(R-EPS)と図8のようにモータ軸を中空にし、その中にラック軸を通した同軸タイプ(DD-EPS)の2種がある。

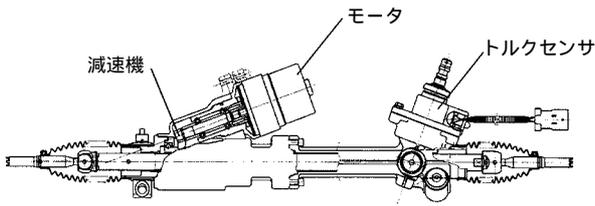


図7 R-EPS

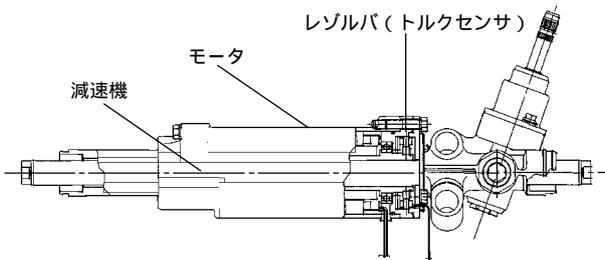


図8 DD-EPS

R-EPSは、ラック&ピニオンギヤ部にモータを設置しベベルギヤ減速機(交差置き式)又はベルト減速機(平行置き式)およびラック軸上に形成された特殊ネジの2段式減速機を介してラックバーに補助動力を与えている。このタイプでは、モータがC-EPSやP-EPS用モータとシャフトを除く部品について共通化でき、またモータの搭載角度、位置に対する自由度が高く、搭載範囲の広いタイプである。

一方同軸式は、ラックハウジング内にモータを形成し、モータ軸から特殊ネジを介してラックバーへ補助動力を与えている。ラックをモータ内に全て収められるため、更にコンパクトになるが大出力化するにつれ、ラック径の増大、モータ部品

の大型化によりハウジング部全長に渡り外形が大きくなりトランスミッションやエンジンオイルパンとの干渉が発生する場合がある。

但し、本タイプでのEPS化を最初から考慮したパッケージングでの車両開発がされた場合、減速機効率も高く、一番理想的なシステムである。

ラックタイプEPSでは、車両電源電圧が42V化された場合、モータの出力が大幅に上がり、更に大きな車への展開が可能となる<sup>1)</sup>。

## 6. EPS付加機能への展開

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、車両統合制御システムの一部として変化を遂げつつある。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ていくと思われる。

### < 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。

自動配光ヘッドランプシステム：EPSからは舵角信号を供給し、操舵した方向のランプを点灯するシステム。

これまで述べてきたEPSの今後の技術動向およびその他の動向を含めまとめたものを図9に示す。

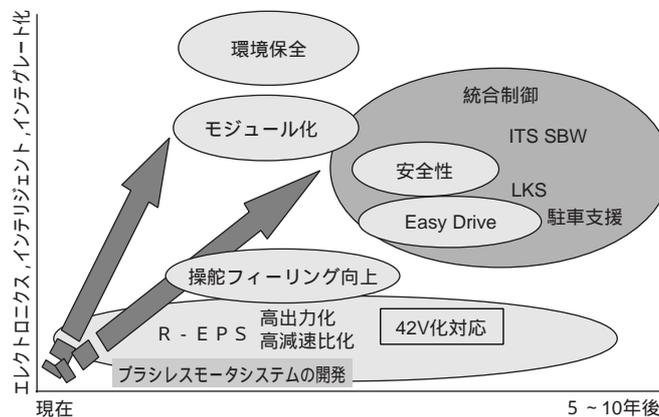


図9 EPSシステムの今後の動向

Future trend of EPS

## 7. おわりに

欧州を中心とした42V化の動きは、中大型車向けのEPS搭載を現実の物とする可能性が出てきた。スタビリティコントロール機能に必要な、絶対舵角センサの採用拡大は、ステアリングの舵角、タイヤの切れ角をインプット情報として利用できる数々の付加機能の開発を容易にする事ができ、ステアリングの制御の最適化のみならず、自動配光ヘッドランプシステム、車線逸脱防止システム、後進制御機能、自動駐車機能等々の機能への可能性が高まってきた。

今後ともEPS化は、操舵情報を発信する事により、自動車の安全性の向上、快適性の向上等より重要な役割を担って行く事と思われる。

## 参考文献

- 1) 野口昌彦：Koyo Engineering Journal no. 159 (2001) 39.
- 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



井尻和一郎\*  
W. IJIRI



筒井高志\*\*  
T. TSUTSUI

\* 理事 ステアリング事業本部  
ステアリング技術センター  
ステアリングシステム技術部

\*\* ステアリング事業本部  
ステアリング技術センター  
ステアリングシステム技術部