

EPS 技術開発の展望

Future Views on EPS Technological Development

宮崎博之 H. MIYAZAKI

This paper investigates the technologies demanded of future electric power steering (EPS) with a focus on the three indices of "Environment & Efficiency", "Safety & Peace of Mind" and "Comfort & Convenience". To contribute to the first index of "Environment & Efficiency", the wider application of EPS highly effective in reducing fuel consumption and the development of smaller, lighter EPS systems with higher efficiency are necessary. Furthermore, development of a highly reliable system which rarely malfunctions and technology allowing the EPS itself to provide "active safety" by supporting safe steering are necessary to contribute to the second index of "Safety & Peace of Mind". Finally, for the third index of "Comfort & Convenience", control and elemental technology enhancing the steering experience and an advanced steering function reducing the burden on the driver are required.

Key Words: electric power steering, environment, safety, comfort

展
望

1. はじめに

1988年に当社が世界で初めて開発した電動パワーステアリング（以下、EPS）が量産されて以来20年以上経過した。当初は操舵力を補助する機能しかなく、ラック軸出力も3kNに満たないものであった。EPSが採用される車両重量の増加と要求性能の高度化、多様化によって、現在ではさまざまな付加機能が追加され、ラック軸出力も約14kNまで高出力化された。

自動車メーカーは車両の燃費低減に貢献するEPSの採用を拡大してきた。ここではステアリングシステムとしてEPSに求められる技術を「環境・効率」、「安全・安心」、「快適・利便」の3つの指標を基に展望した(図1)。

2. 「環境・効率」

2.1 燃費性能向上

自動車に求められる環境性能としてCO₂排出量の削減があり、近年燃費の向上要求が高まってきている。自動車の低燃費化を図るうえでエンジンと駆動系の効率向上、および車両の軽量化が必要となってくる。

従来の油圧式パワーステアリング（以下、油圧式PS）システムでは、エンジンの駆動力を用いて常時油圧ポンプを作動させて、油圧を発生させることが必要であった。油圧ポンプを作動させるためにエンジンに余分な負荷がかかり、燃費悪化の一因となっている。ステアリングシステムのEPS化により、操舵時のみモータを作動させるためエンジンへの負荷が低減し、約2.5%の燃費改善効果が得られる。

また、燃費性能の高い電気自動車（以下、EV）・ハイブリッド自動車（以下、HV）では、エンジン駆動による油圧ポンプが使用できない。そのため、効率的なステアリングシステムとしてEPSの需要は増加することとなる。

車両の軽量化に対応するためEPSにも軽量化が要求

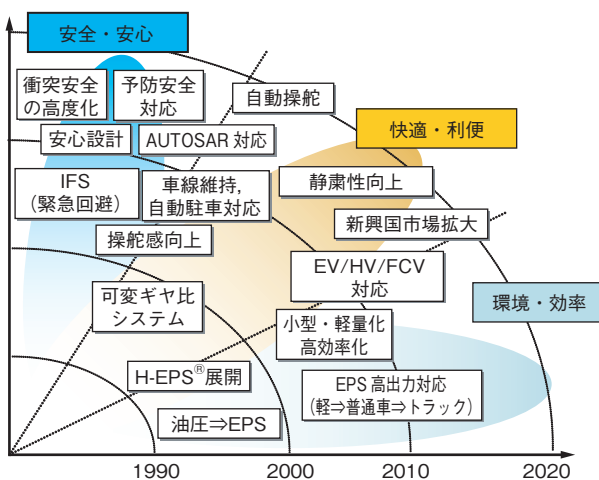


図1 ステアリング技術開発の方向性
Steering technology development roadmap

されるようになり、使用材料や構造面からの軽量化技術が必要となってきている。

EPSの軽量化に対する材料面からの取組みとして、樹脂材料の高強度化と適用範囲の拡大、アルミなどの軽合金材の使用範囲拡大、鋳造部品の薄肉化などの技術が必要となる。また、構造の見直しと解析技術の活用による形状の最適化も必要であり、その一例としてモータとECUの一体化により部品点数を削減し、軽量化を図る開発が進められている。

2.2 高出力化

先に、燃費向上に対してEPS化が有効であることを述べたが、現在のEPSでは従来の油圧式PSの出力領域に対応できていない(図2)。

EPSの中で最も生産量の多いコラムタイプのEPS(以下、C-EPS[®])でも高出力化が進められ、排気量が3Lクラスの車両にまで採用が可能となってきた。しかし、さらなる高出力化を目指すためにはC-EPS[®]やピニオンタイプのEPS(以下、P-EPS[®])では減速機構に樹脂製のウォームホイールを採用していることから、材料強度の限界などによる出力限界が存在する。

そこで、P-EPS[®]において、高出力化に対応するためにマニュアル入力用のピニオンとパワーアシスト用のピニオンを持ったDP-EPS[®]が商品化されている。

それ以上の高出力域に対応するためのEPSとして、ラック軸にボールねじ構造を持つラックタイプのEPS(以下、R-EPS[®])やモータ駆動の油圧ポンプを用いたH-EPS[®]が採用されている。

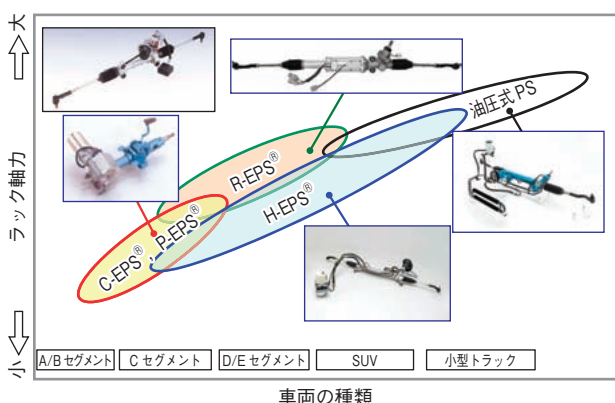


図2 PSシステムの出力域
Power steering system output range

乗用車は燃費向上の観点から車両の小型軽量化にシフトする可能性があり、必要なPS出力も小さくなることが考えられる。しかし、高級車や商用車向けに高出力のPSがますます必要とされ、高出力領域に対応する高性能、低価格のEPSが必要である。

2.3 高効率化

EPS化の時代の流れとともに、1台の自動車に採用される電装部品が増加してきている。電装部品の増加によって車両全体での電源マネジメントが必要となってきた。EPSに使用されているモータは車両内では大型の部類に属し、省電力化が求められている。

効率向上の方策として、下記5項目に着目した開発を進めている(図3)。

- ①配線損失の低減
- ②DC/DCコンバータ損失の低減
- ③ECU効率の向上
- ④モータ効率の向上
- ⑤機械効率の向上

配線損失の低減対策としては昇圧回路(DC/DCコンバータ)による駆動電圧の高圧化およびモータ、ECUの一体化による中間配線の廃止を進めている。モータ効率の向上策として高電圧化に対応するとともに、コイルの占積率を向上させた高効率モータを開発している。

現在のEPSは一般的な12V電源を使用しており、駆動電源の高圧化も12V電源を基本としている。しかし、将来的にはHV、EV、燃料電池自動車(FCV)において主電源が高圧化された車両の増加が見込まれており、EPSにおいても主電源となる高圧電源を効率よく利用できるシステムが必要となってくる。

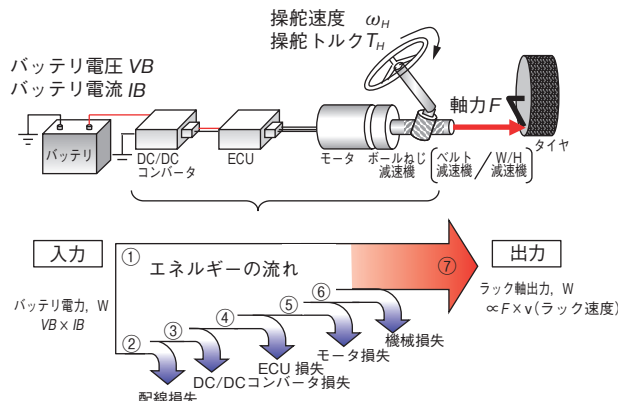


図3 PSエネルギー流れ模式図
Power steering energy flow diagram

3. 「安全・安心」

3.1 予防安全

R-EPS[®]と電子制御可変ギヤ機構（以下、E-VGR[®]）を組み合わせることで、操舵角度を制御する総合制御システム（以下、IFS[®]）により車両の走行条件に応じてタイヤ切れ角を制御し、より安全なシステムを運転者に提供することが可能となる（図4）。

たとえば、IFS[®]の採用によって左右のタイヤと路面との摩擦係数が異なる場合のハンドルとられ防止や突発的な横風などの外乱に対しても、車両の直進性を保つ制御が実現できる。将来的にはITS（高度道路交通システム）や車両搭載のセンサシステムと協調したステアリングシステムを提供することが求められる。

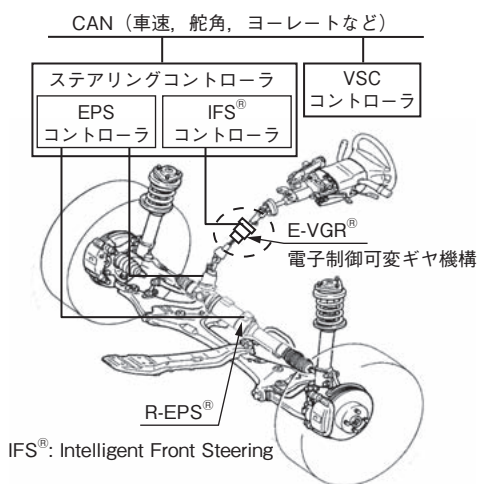


図4 E-VGR[®]システム構成
E-VGR[®] system configuration

3.2 操舵力アシストの継続

従来のEPSではシステム上に異常が発生した場合は、異常表示してシステムを停止させていた。EPSが停止した場合、操舵力アシストが行われなくなり運転者に対する負荷が大きくなる。本来異常が発生しないことが重要だが、仮に、異常が発生したときにも操舵力アシストを継続するシステムが求められている。

すでに商品化されている技術としては、トルクセンサ故障時のアシスト漸減停止機能、車速信号停止時の車速固定制御がある、これらが操舵力アシストを止めないEPSの制御技術の一部である。今後もモータ断線故障時のアシスト継続制御などの制御技術開発や冗長系の回路構成によって安全性を高めるための開発が必要である。

3.3 安全規格への対応

システム製品の安全性能を保証するために、さまざまな品質規格が制定され、ステアリングシステムにも適用されることから、これらの規格に適合することが自動車メーカーの採用条件となっている。EPSに関係する規格として①ISO 26262, ②Automotive SPICE (ISO 15504), ③AUTOSARがあり、それぞれが安全品質、プロセス品質、およびプロダクト品質に対応している（図5）。

従来各社が独自の考え方で安全対策を行ってきたが、各社共通の考え方に基づく対応が必要となってきている。このような状況下で特長を有する製品とするためには、さまざまな規格に適合させたいうえでより高い次元での安全性能の確保が必要である。

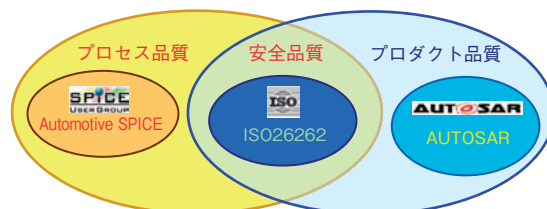


図5 安全規格の位置付け
Safety standard positioning

4. 「快適・利便」

4.1 操舵感の向上

EPS市場の拡大に伴い、操舵感を向上させるためにさまざまな要素技術と制御技術の開発が進められてきた。今までに開発された操舵感向上のための制御には下記のようなものがある。

- ①慣性補償制御：モータなどの慣性感を打ち消す
- ②ダンピング制御：操舵の収れん性確保
- ③位相補償制御：制御の安定性確保
- ④ハンドル戻し制御：ハンドル戻り性能確保

これらの制御の採用により、EPSの操舵感は著しく向上している。今後も操舵感の向上に役立つ制御技術の開発と制御精度の向上を進めていく必要がある。

4.2 高機能化

運転者の負担軽減と安全運転の支援のために、ステアリングシステムの機能として操舵力を補助するだけでなく、ハンドル操作量そのものを自動制御することにより快適性を向上させている。

たとえば、E-VGR[®] アクチュエータを搭載することにより、低速時の切返しや駐車時などで大きなハンドル切れ角が必要なときに操舵量を低減させることが可能になる (図6)。

最近では、駐車時のハンドル操作を補助するパーキングアシスト機能や、走行時の車線維持操作の補助を行うレーンキープアシスト機能などに対応したステアリングシステムも量産化されている。

今後も、小型、軽量で搭載性に優れた、より高度で使いやすいステアリング操作補助システムの開発が必要とされる。

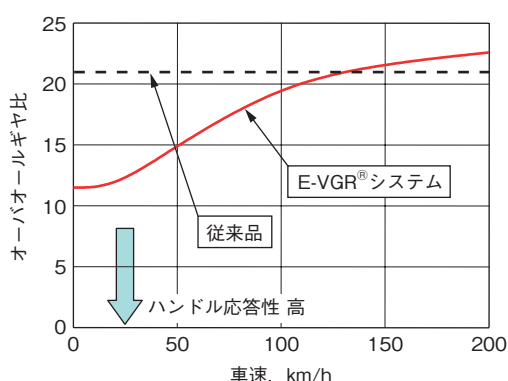


図6 E-VGR[®] ストロークレシオ図
E-VGR[®] stroke ratio chart

5. おわりに

現在、自動車の電動化の拡大とともに、自動車部品の産業構造が大きく変わろうとしている。ステアリングシステムも今まで以上に社会動向を配慮した商品開発を進めていくことが必要となり、当社の将来にとっても重要であるといえる。

私たちは、車両（車体、懸架装置、タイヤ、制駆動装置）に適合したステアリング性能の実現のみでなく、運転者の意思に基づく操作に対し、どのように補助し、その情報をどのように運転者に返すかのヒューマンマシンインタフェースを磨き上げて、運転者だれもが「より楽しく」、「より安全で快適に」、「自動車の舵を操る」ことを目的としたステアリングシステムを開発していかなければならない。

筆者



宮崎博之*
H. MIYAZAKI

* 執行役員