

次世代要求に応える電動パワーステアリングの開発

松 村 亮 一

1 はじめに

電動パワーステアリング(以下EPS)の需要は年々増加傾向にある。その市場規模は年間6千万台で、自動車生産数のうちEPSが搭載されている車両の割合は、60%に迫る勢いである。EPSの操舵フィーリングやアシスト出力等は、市場の主力であった油圧パワーステアリング(以下HPS)に対して劣ると言われ続けてきたが、需要拡大の背景にはその差を埋めるためのEPSメーカーの努力がある。

近年の電子制御技術の大きな進化は、自動車の高性能化をめまぐるしく推し進めている。電子制御でモータを駆動するため、HPSでは実現できない機能を付加できるという特徴を持ったEPSは、車両デバイスとの統合制御に優れ、貢献割合が高い。新たな機能を付加していくためには、EPSは不可欠なデバイスである。

今後もEPSの需要は増加の一途をたどる予測であり、EPS開発は激動期を迎えている。絶えずより良い製品を市場に投入するのは、我々技術者の責務であり決して現状に満足してはならない。本報では、次世代の要求に応えるべく開発を行ったEPS(写真1)について紹介する。

2 求められる次世代EPS

運転を楽しく安全に、低燃費で環境にやさしい車を実現するため、EPSに求められる性能は以下である。

- ①操舵性の向上
- ②製品の小型/軽量化
- ③安全性の向上

2.1 操舵性の向上

車を意のままにコントロールできた時、ドライバーは運転する楽しさを感じる。それは、気持ち良さや満足感といった感性で現れる。

ドライバーの意図した通りに舵入力をタイヤへ伝達する機能を持ったEPSが、車両にとっての理想的なデバイスであり、追い求める操舵フィーリングを実現する。

2.2 製品の小型化

新たな車両機能のためのデバイス増による搭載スペースの縮小や、燃費向上を目的としたお客様要求に対応するため、EPSの小型/軽量化が必要である。

2.3 安全性の向上

近年、車載電気電子システムのISO 26262規格準拠を求められており、自動運転を見据えた時にEPSシステムには更に高いレベルの安全性が要求される。



写真1 開発を行ったEPS

3 操舵性の向上

ラックバー（図1）が動きだすまでの力の伝達経路を分析し改善を行い、以下の部位に着目して、スムーズなラックバーの動きだしを実現した。

- ①ラック&ピニオン部
 - A) プレッシャパッドシート
 - B) プレッシャパッド弾性リング
- ②入力軸部
- ③減速機部
- ④制御によるチューニング

3.1 ラック&ピニオン部

A) プレッシャパッドシート

ステアリングホイール操舵入力は、ラック&ピニオン（以下R&P）噛合い部（図1）にて車両左右方向への力となり、ラックバーを摺動させる。如何にしてラックバーの動きを滑らかにするかが改善のポイントである。

R&P噛合い部には、プレッシャパッドと呼ばれる噛合いを保持するための部品が存在する。ラックバーとは樹脂製のシートで接触しており、ラックバーはシート上で摺動を行う。動きを滑らかにするため、摺動抵抗の低減を目的とした低 μ シート材を探し、テフロン製のシート材を選択した。過去、テフロン製シートの擦過による耐久性低下問題から、EPSではHPSで採用していたテフロン製シートを、耐摩耗性に優れたナイロン製シートに変更してきた経緯がある。ラックバーとの接触面積の見直し及び添加剤の変更による、耐久性と摺動性を備えたシートの採用により、狙いの操舵フィーリングへ近づくことができた。

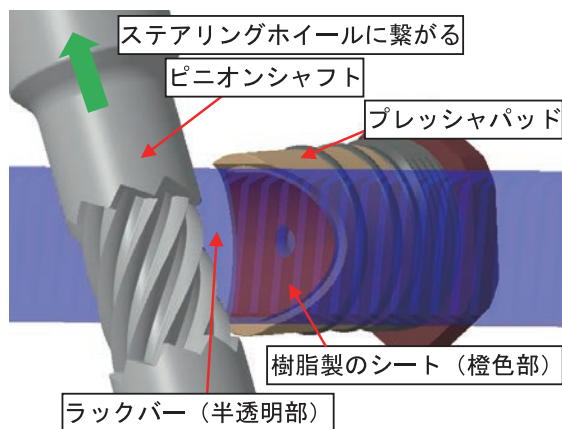


図1 R&P噛合い部

B) プレッシャパッド弾性リング

プレッシャパッドは、スプリング荷重を受けラックバーをピニオンシャフト側に押し付ける噛合いサポート（図2）の役割をもつ。これにより歯車間の摩耗に追従し、常にガタをなくす構造が成立する。プレッシャパッドをラックバーに追従させるという機能上、ハウジングとの間には、クリアランス（図3）を設ける必要があり、僅かではあるがプレッシャパッドがラジアル方向に動くことで、シートとラックバーとの接触変化が生じる。そこで、プレッシャパッド外周に弾性リングを設け、ラジアル方向に対する調芯機能を持たせることにより、操舵フィーリングの安定を実現した。

同時に弾性リングはハウジングとの接触音を和らげる役割も持っているため、異音防止の効果もある。

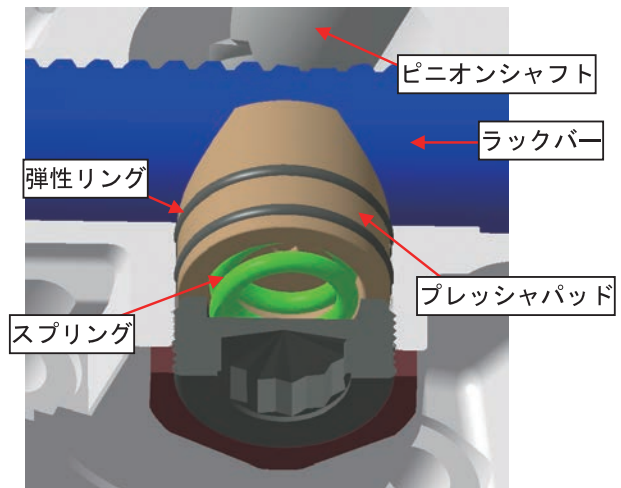


図2 噛合いサポート

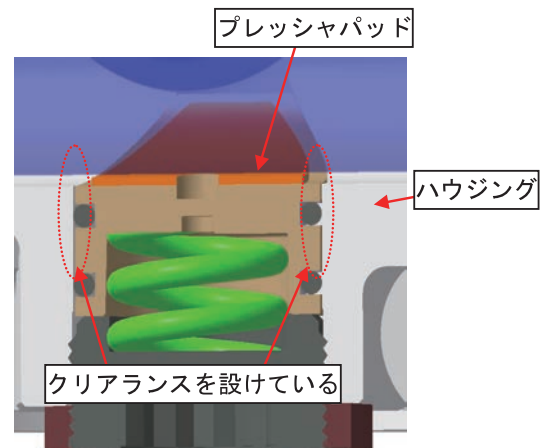


図3 プレッシャパッド-ハウジングのクリアランス

3.2 入力軸部

EPSにはスタブシャフト、マグネット、トーションバ、リングカイロ、ブッシュ、ピニオンシャフトから構成された入力軸と呼ばれる部品が存在する(図4)。この入力軸はステアリングホイールからの舵力を受け取り、トーションバのねじれ角をトルクセンサで読み取るという役割を持つ。

舵力は、コラムシャフトとセレーション嵌合されたスタブシャフトに回転力として伝わる。スタブシャフトはトーションバを介して、負荷に応じた量だけピニオンシャフトと回転位相差を生じるが、回転力を正確に伝達するために、ブッシュと呼ばれるスタブシャフト軸受の見直しを実施し、伝達効率の向上を達成した。

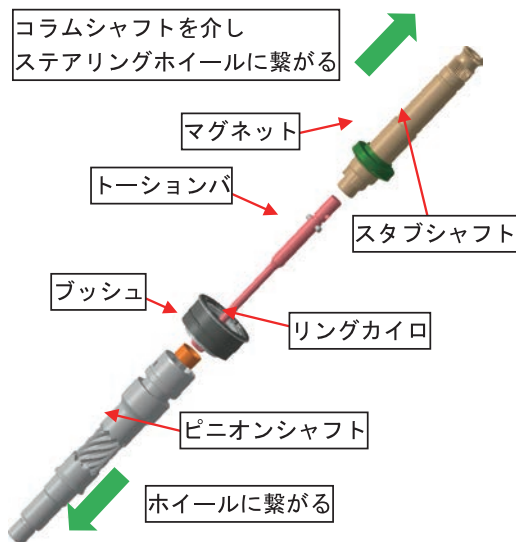


図4 入力軸展開図

3.3 減速機部

ウォームシャフト、樹脂ホイールからなる減速機部には、樹脂ホイールの摩耗や膨張などの歯車軸間寸法変化が生じた時に、噛み合い部バックラッシを均一に保つため、ウォームシャフト先端に樹脂ホイール方向に向かって、コイルスプリングにて付勢力を与えるノンバックラッシ機構(図5)を採用している。ノンバックラッシ部の反力(図6)は、操舵方向(右切り、左切り)により、生じる方向と大きさが異なる。方向、大きさの解析により、右切り時と左切り時の噛み合い反力の発生方向が釣り合う方向へ付勢力を与えるという構造の見直しを行い、左右差を解消した。

左右差とは操舵右切り時と左切り時の操舵力に差が生じることを意味する。操舵フィーリングに違和

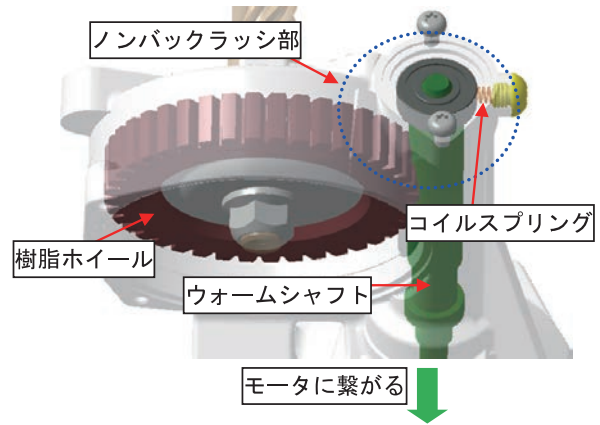


図5 ノンバックラッシ機構

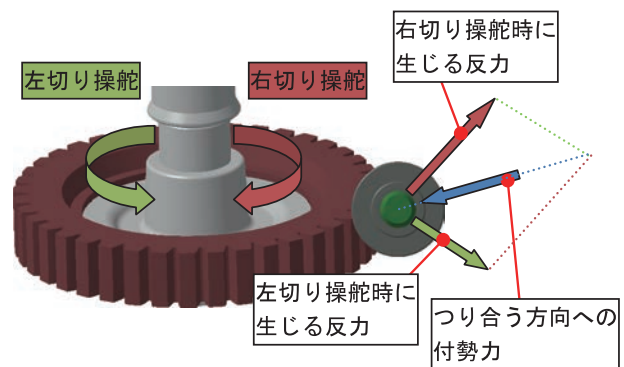


図6 ノンバックラッシ部に生じる反力

感を与えるマイナス因子である。

3.4 制御によるチューニング

EPSは電子制御によりさまざまな特性や操舵フィーリングを実現可能である。以下に性能向上に寄与する制御の一例を紹介する。

- ①アシスト制御 … 操舵力特性の決定
- ②位相補償制御 … 操舵時の発振防止
- ③ダンピング制御 … 微小な振動を抑制
- ④慣性補償制御 … 操舵応答性改善
- ⑤ハンドル戻り制御 … ハンドルの戻り特性改善

上記、各制御パラメータの調整により、車両に適した操舵フィーリングを実現できた。

4 製品の小型/軽量化

近年、小型化、軽量化を目標としたEPS開発の中でのトレンドはECUとモータの一体化である。これを、パワーパックと呼ぶ。電装技術の進化によりECUを大幅に小さくできたことで、パワーパックは実現した。これによりEPSの小型化、車両搭載性を大きく改善することになる。

パワーパックの構成として、EPSとの取り付け側

から見た時、ECUをモータ軸の後方に配置する後方配置タイプ（写真2）とモータ軸の前方に配置する前方配置タイプ（写真3）がある。両者の特徴の違いはECUの配置によるコネクタ設置箇所により、前者は同軸上にコネクタを設置できるため、径方向はスマートとなるが軸長は長くなる。後者はコネクタが径方向に張り出すため、径方向は大きくなるが、全長は短くなる。

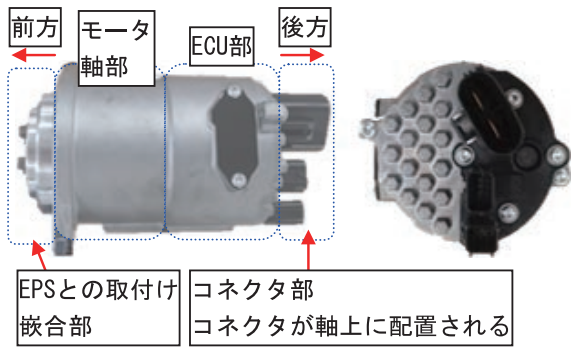


写真2 後方配置型パワーパック

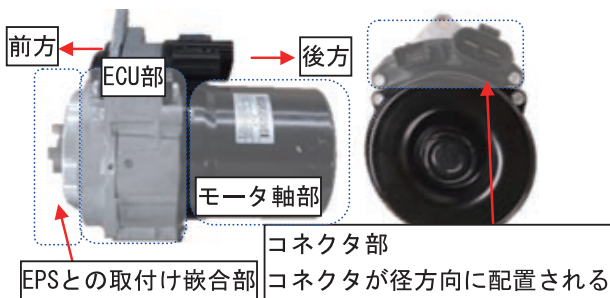


写真3 前方配置型パワーパック

どちらのタイプが車両搭載性に有利となるかは、車両レイアウト要求により異なるため判断はできないが、新規に後方配置型を開発したことで、様々な車両レイアウトへ対応できる選択肢が広がった。

5 安全性の向上

車載電気電子システムの安全性について、ISO 26262規格準拠を証明するためには、規格に基づいた社内開発プロセスを定義し、それに従い開発することが重要である。今回、開発した製品がお客様からの安全要求を満足することを、機能安全アセスメントにて確認した。アセスメントには、ISO 26262規格に基づいた約650項目のチェックリストを使用した。開発プロセスにおいて作成した設計および検証ドキュメントを用いて、チェックリスト全項目に対する妥当性を説明することにより、規格への準拠かつ安全要求を満たすことをお客様、取引先を含めた関係者全員で確認した。

6 おわりに

開発を行ったEPSが搭載された車両を試乗したジャーナリストの方々からの高評価や、エンドユーザーによる走行性能への感心の意見を頻りに目にする。その度に此度の開発がKYB製EPSのレベルを一段階上げ、求められる次世代EPSに近づくことができたことを確信する。今回の開発にご協力いただいたの方々に対しこの場を借りてお礼を申し上げたい。

著者



松村 亮一

2012年入社。経営企画本部経営企画部。ステアリング事業部ステアリング技術部を経て現職。ステアリング技術部では電動パワーステアリングの設計、開発に従事。