

第2世代ラックパラレルタイプ電動パワーステアリング (RP-EPS) の開発

Development of 2nd Generation Rack Parallel Type Electric Power Steering

1. はじめに

当社では、大型車に搭載可能なラックパラレルタイプ電動パワーステアリング (以下、RP-EPS) を2016年12月から量産開始している。カーボンニュートラルに対応するため、車両はプラグインハイブリッド車および電気自動車に移行してきている。これら車両の燃費・電費の良化に貢献するため、第1世代 RP-EPS (以下、第1世代) を改良し、第2世代 RP-EPS (以下、第2世代) は従来と同等の機能と性能を維持しながら軽量化とコスト低減を実現した。本報では、その開発内容について紹介する (図1)。



図1 第2世代 RP-EPS
2nd generation RP-EPS

2. RP-EPS のシステム構成

電動パワーステアリングの主な機能は、モーター出力で運転者のステアリング操舵をアシストし、操舵負荷を減らすことである。図2に RP-EPS の減速機部を示す。減速機は歯付きベルトとボールねじの2段階減速構造を採用しており、ボールねじ機構によりモーターの回転運動をステアリングラックの直線運動に変換している。減速機はステアリングシステムの耐久性や運転者の操舵感に大きな影響を及ぼす。また、ラックハウジングは周辺部品との搭載性を確保しながら各種機能を満足し、外部入力からの強度も満足する必要がある。エンドダンパーは、ステアリングホイールをエンド部まで回した状態で入力される衝撃荷重から、ラックハウジングと減速機部を保護するために搭載している。

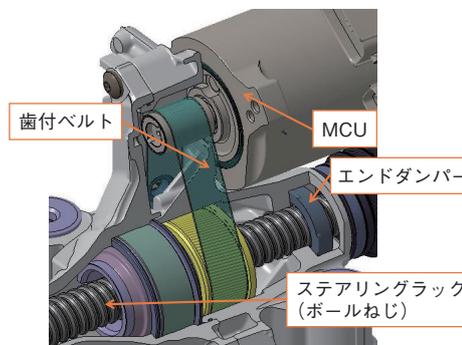


図2 RP-EPS (減速機部)
RP-EPS (Reducer)

3. 第2世代 RP-EPS の特徴

3.1 軽量化

3.1.1 設計のトポロジー最適化法の活用

図3に示すラックハウジングのリブ形状の設計手法として、トポロジー最適化法 (位相最適化法) を採用した。トポロジー最適化法とは、設計で使える空間にどのように材料を配置すれば適切な構造を得られるかを明らかにする解析手法である。第2世代では設計要件のみでなく、鋳造要件や組立て要件などの製造要件も考慮し、最適形状の検討を実施した。リブ形状と全体肉厚の変更により、強度要件を満たしながら第1世代比で20%の軽量化を実現した。

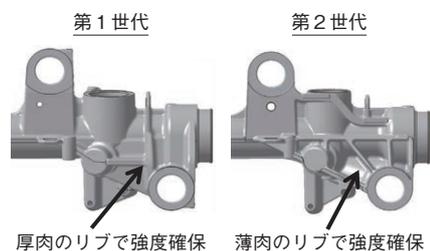


図3 ラックハウジングのリブ配置比較
Comparison of rib arrangement in rack housing

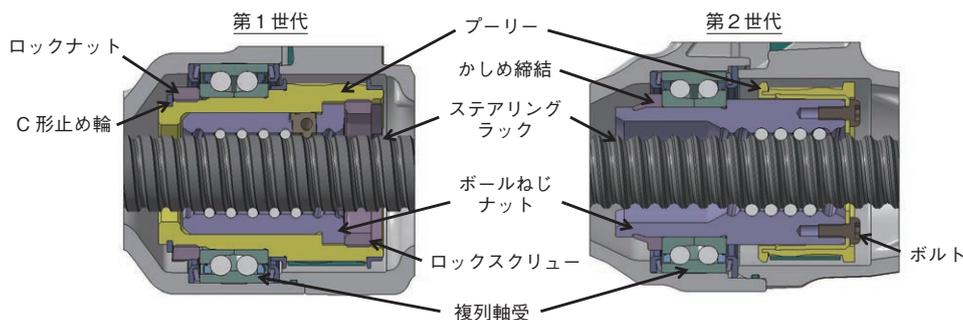


図4 ボールねじ部構造比較
Comparison of ball screw

3.1.2 ステアリングラック外径の縮小

図4に示すステアリングラックは、車両メーカーと共同で評価判定基準の適正化を行い、ステアリングラック外径を縮小（例： $\phi 30 \Rightarrow \phi 28$ ）し、従来比15%の軽量化を実現した。

3.1.3 減速機構造の見直し

図4に示す第2世代のボールねじ部構造のプーリーは、複列軸受の保持機能を廃止することにより、小型化と軽量化（樹脂化）を可能とした。

複列軸受の固定方法をロックナットとC形止め輪から、かしめ締結へ変更し、さらにボールねじナットとプーリーの締結をロックスクリューからボルト締結構造にすることで軽量化を実現した。ロックナットの回転ゆるみのフェールセーフとして、C形止め輪を採用していたが、かしめ締結を採用することで廃止した。上記の工夫により、第1世代と比べて第2世代品の質量を22%削減でき、図5で示すように同一クラス世界最軽量を達成した（当社調べ）。

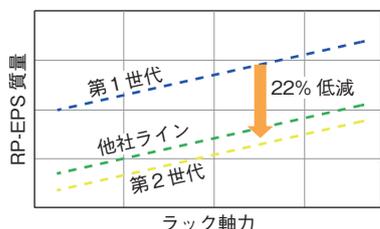


図5 質量比較
Comparison of mass

3.2 コスト低減

3.2.1 減速機の高減速比化

図2で示したMCU (Motor Control Unit) は、ステアリングシステムのコストに占める割合が高い。同じモーター出力でより高いアシスト出力を実現するため、高減速比化（従来比20%増）を実施した。その背反として、作動音の悪化が懸念されるが、ベルト諸元などの最適化により、同等レベルを維持している。

3.2.2 エンドダンパーの構造簡易化

図6に示すエンドダンパーは、従来の構造から金具枚数とダンパー部のゴム体積を削減し、簡易化を実施した。エンドダンパーへの衝撃荷重を制御することで、従来同等の耐久性を確保した。

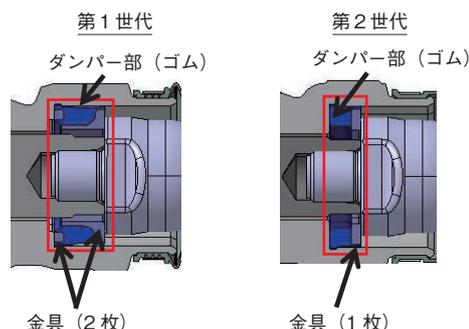


図6 エンドダンパーの構造比較
Comparison of end damper

3.2.3 ボールねじ工法の変更

作動音感度が低い車両（フレーム車など）用にボールねじの工法を切削から転造に変更することで、さらなるコスト低減を可能にした。図7に工法違いのボールねじの写真を示す。さらに、転造は切粉が生じない工法であるため、廃棄物削減だけでなくカーボンニュートラル

にも寄与する。また、3.1節で紹介した軽量化取り組み項目もコスト低減に貢献した。

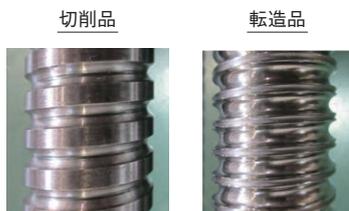


図7 工法違いのボールねじ比較
Comparison of ball screw processing

4. 第2世代 RP-EPS 生産ラインの自動化・省人化

国内工場の第2世代の生産ラインでは、加工ラインにおいて搬送や着脱の自動化することで無人化を達成した。図8に示す組立てラインにて、形状保持が困難な部品（ベルトやハーネス）は作業者が対応せざるを得ないが、樹脂ブーツについては一部設計変更を伴い、ロボットでの組立てを可能とした。製品全体の品質検査を作業者の目視からカメラに変更し、図9で示すように80%の省人化を実現している。



図8 ロボットアームによる複数部品の組立て
Assembling multiple parts with a robotic arm

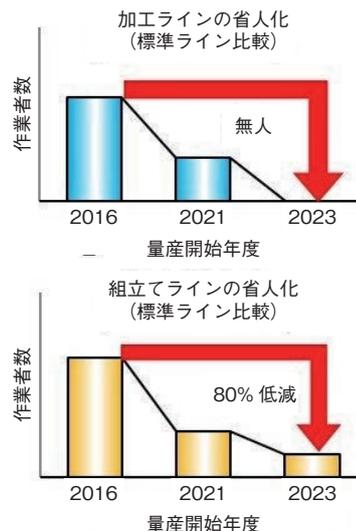


図9 国内工場での省人化実績
Domestic factory miniaturization achievements

5. おわりに

当社で新規に開発した第2世代 RP-EPS は、すでにトヨタ自動車株式会社の新型「センチュリー」「アルファード」「ヴェルファイア」に採用されており、量産をしている。今後は、自動車メーカー各社への販売拡大を予定している。

* RP-EPS は、株式会社ジェイテクトの登録商標です。

(自動車事業本部 ステアリングシステム技術部)