

製品紹介

電動ポンプ用カートリッジ式ベーンポンプの開発

久 保 康 平

1 はじめに

カヤバは1955年からベーンポンプを油圧パワーステアリング用として生産を開始し、現在ではCVTやAT向けの油圧源として市場のニーズに合わせた製品を開発し提供している。

今回紹介する電動ポンプ^{注1)}用カートリッジ式^{注2)}ベーンポンプは、車両の燃費向上に貢献する新たな変速機構のAT^{注3)}及びCVT^{注4)}の油圧源として使用されるものである。

本製品は、2022年10月より生産を開始している。

注1) 電動モータを駆動源とするオイルポンプのこと。

注2) 母機側にポンプのハウジングが設けられ、装着することでアセンブリとなる形式。

注3) Automatic Transmission（自動変速機）のこと。

注4) Continuously Variable Transmission（無段階変速機）のこと。

2 電動ポンプについて

まず初めに、電動ポンプについて説明する。

電動ポンプとは、車両（母機）からの信号を受け独自で制御可能なモータを駆動源としたポンプのことを指す（図1）。主な特徴としては、必要な時に必要な流量を吐出させることで無駄を大きく抑制できる点である。

近年車両の電動化により電動ポンプは様々な用途に使用され、その需要が高まっている。例として電動駆動用のモータやバッテリーの冷却・潤滑用やハイブリッド車向けのATやCVTの油圧源などが挙げられる。

なお、従来当社で量産しているCVTやATに使用されるベーンポンプは、エンジンで駆動されるためメカポンプと呼ばれている。

メカポンプは改善を重ね性能が非常に良くなっているが以下課題が残っている。

- ①低回転時でも必要な流量を確保するためにポンプの押しのけ容積を大きくする必要があり、ポンプの理論トルクが大きくなる
- ②高回転時に必要以上の流量が吐出されるため、無駄が多い
- ③アイドリングストップ時に吐出することができないため、保圧用の電動ポンプが必要となる

一方で電動ポンプは用途に応じて回転数を制御させることで前述したメカポンプの課題を解決させ、車両の航続可能距離の向上に繋げることが可能となる。

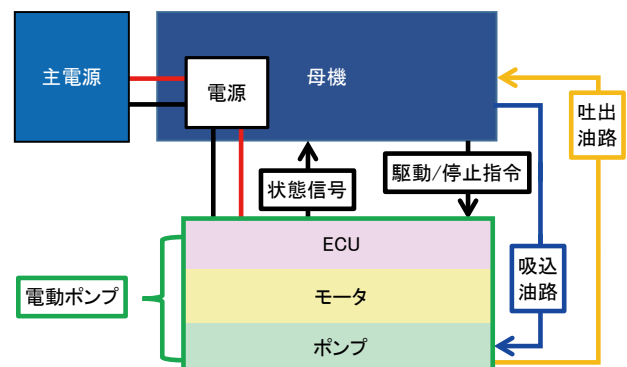


図1 電動ポンプ

3 開発内容の紹介

今回開発したカートリッジタイプのベーンポンプの外観を図2、傾斜展開図を図3、仕様詳細を表1に示す。

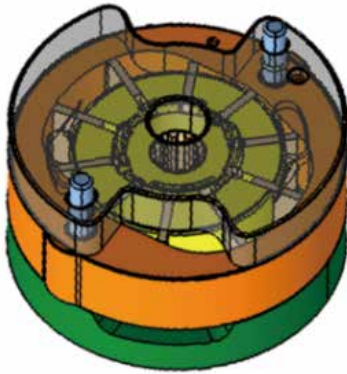


図2 電動ポンプ用外観

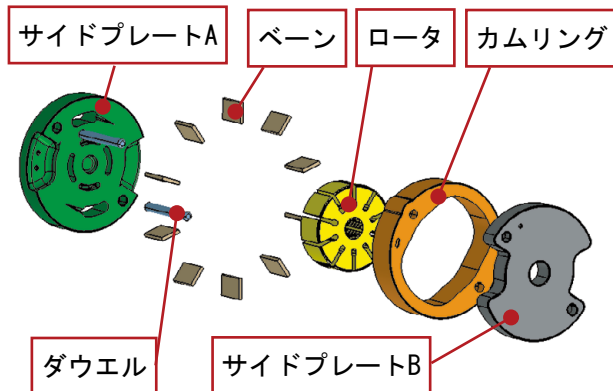


図3 傾斜展開図

表1 開発したポンプの仕様

形式	平衡型ベーンポンプ
押しのけ容積	～4 cm ³ /rev
最大回転数	3,300rpm
最大圧力	4.0MPa
使用温度	－40～165℃

3.1 開発コンセプト

電動ポンプが車両に採用されるためには、従来のメカポンプが搭載されたシステムに対し費用対効果で勝る必要があるため、省スペース/省エネルギー/低ノイズ/低コストであることが要件となる。

そこで、モータ駆動用に最適化したポンプを開発するため、従来のメカポンプに対し以下項目の設計見直しを行った。

3.1.1 小型化・ロストルクの低減

車両への搭載自由度を高めるため、電動ポンプは小型であることが求められる。

また、モータはポンプを駆動させるためだけの機能に限定されており、ポンプの駆動トルクが消費電力に直結する。そのため、ポンプの小型化とトルク低減を最優先事項とし開発を行った。

ベーンポンプの駆動トルクは理論トルクとロストルク（フリクション）の合計となっており、機械効率の改善には理論トルクの他にフリクションの削減が必要となる。

そこで、生産性を考慮し限界まで小型化することで、以下部品の摺動面積を減らしフリクションの低減を図った。

- ①カムリングの薄型化
- ②ロータの小径化
- ③薄肉（1mm厚）ベーンの採用

耐久性と量産性を確保できる製造限界まで小型化を行い、カムリングの幅は従来のメカポンプに対し46%（図4）、ロータの外径は32%（図5）の小型化を実現させた。

また、ベーンについては当社2例目となる薄肉のベーンを採用し、受圧面積、摺動面積の低減を行った（図6）。

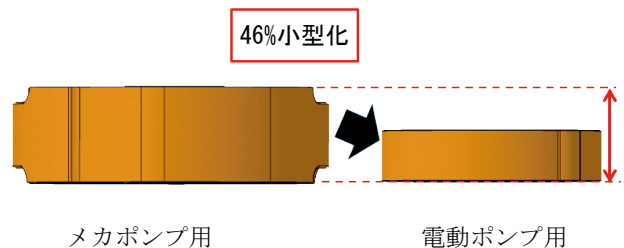


図4 カムリング薄型化イメージ

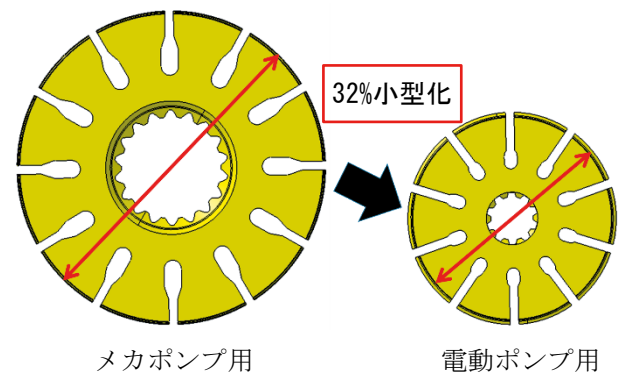


図5 ロータ外径小径化イメージ

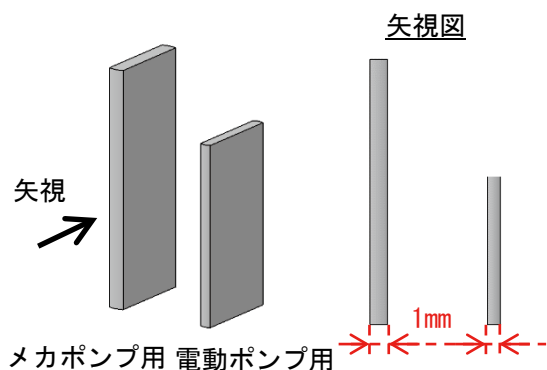


図6 ベーン薄肉化

その結果、搭載性に非常に優れかつ高効率、低コストなポンプとなり、同等の仕事量を行う既存品に対し、約52%ロストルクを削減することができた。

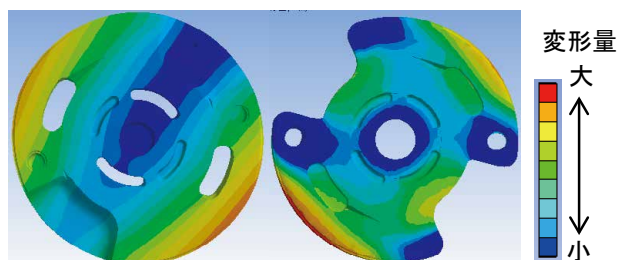
従来当社で量産しているメカポンプとのサイズ比較を写真1に示す。



写真1 カートリッジサイズ比較

3.1.2 容積効率の向上

今回開発したベーンポンプでは使用環境に合わせ各摺動部の隙間（クリアランス）の最適化を実施した。クリアランスを縮小する方向で最適化することによりポンプ内部のリーク量すなわち流量損失が減ることで、容積効率の向上につながる。背反として摺動部の焼き付きの発生など耐久性が悪化するが解析や耐久試験により最適なクリアランス量を確保しながら容積効率を向上した。一例としてサイドプレートのFEM解析を図7に示す。



サイドプレートA サイドプレートB

図7 FEM解析結果

3.1.3 10枚ベーンの採用

自動車の静粛性は年々向上しており、車両の電動化によりその要求は増々高くなっている。それは電動ポンプにおいても例外ではなく、低騒音のポンプの開発が必要不可欠である。そこで着目したのが電動ポンプの振動低減である。ベーンポンプの音の周波数はベーン枚数に大きく影響される。従来のCVT、AT向けメカポンプは静粛性のため12枚のベーンにより設計されていたが、本開発品はモータの極数（2の倍数）およびスロット数（3の倍数）との共振を避けるためにベーン数を10枚に変更し再設計を行うこととした。

ポンプの吸込みポート及び吐出ポートのタイミング位置を10枚ベーン用に最適化しモータとの共振を防ぐことで電動ポンプとしての静粛性を確保することができた。

更にベーン枚数を2枚減らすことができたためコスト低減にも貢献した。

3.1.4 カートリッジ化の採用

現在当社で生産しているメカポンプはポンプをハウジングに内蔵した状態（以下ポンプASSY）で納入している（図8）。

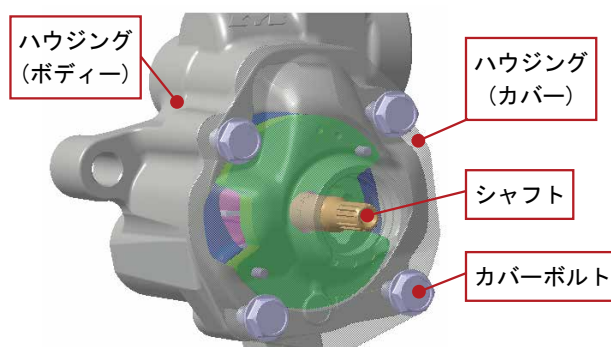


図8 ポンプASSY形状

本開発においても、当初はポンプASSYでの納入を前提として検討を実施していたが、ポンプの機能部品だけを提供することで部品点数が削減されコスト低減につながるため、当社のポンプでは初となるカートリッジのみでの納入を採用した。

そのために、以下新たな課題への対策が必要となった。

- ①量産時の手扱い性
- ②輸送時の打痕対策
- ③機能保障範囲の明確化

①について、手作業でも持運びしやすく分解し辛い形態であり、かつコンタミの侵入も防ぐことが可

能となるサイドプレートAおよびサイドプレートBまでを一体化した。これによりポンプとしての性能を担保できる最低限の部品構成とすることが出来た。

②について、本開発品はポンプに動力を伝達させるシャフトがモータ側に設置されているので、単品ではシャフトにより位置が規制できず、ロータが自由に動くことができる。そのため、輸送時等の振動によりロータが移動し別部品と接触することで打痕が発生してしまう可能性が考えられる（図9）。

そこで、カートリッジ専用にロータの位置やカートリッジの回転を規制し、かつ着脱のしやすい新たなトレーを開発し、特許を取得した（図10）。

③について、ポンプを寸法だけの保証だけではなく、当社で性能試験まで実施することで機能部品とし納入可能な形態とした。

結果として構成部品を極小化しながらも機能を保証することができ、かつ重量やサイズを抑え輸送効率も向上し、製品性とコストを両立させ、ニーズに合わせた製品開発を実現させることができた。

3.1.5 新規材料の採用

今回開発目標とした電動ポンプの使用環境は従来量産しているメカポンプに対し圧力や回転数が低い。そのため、一般流通材の採用や、小型化における

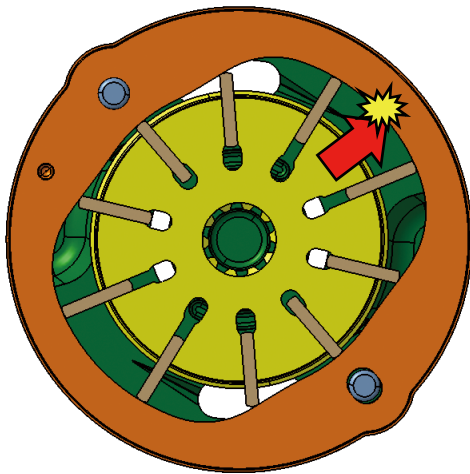


図9 ロータの移動による接触

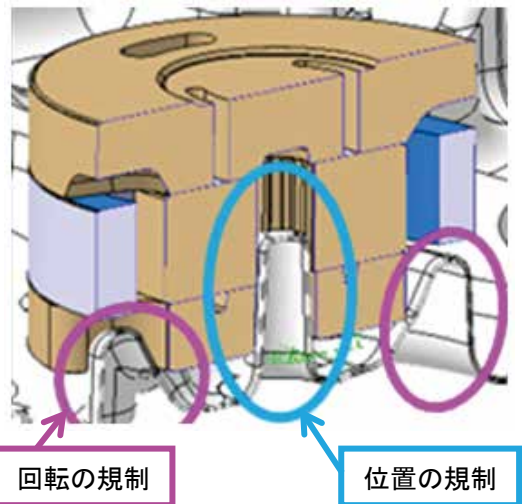


図10 トレー形状

生産性を考慮した材料の採用を目指し、開発当初から耐久評価を重ねることで耐久性を確保できる新規材料を採用することができた。

4 まとめ

今回当社で初となる電動ポンプ用バネポンプを開発し、下記の内容を実現した。

- ①電動ポンプ用に最適化した当社最小のバネポンプを開発
- ②当社初となるカートリッジタイプのバネポンプの開発
- ③新規材料の採用
- ④モータの特性に合わせた最適なポンプ仕様の確立

5 おわりに

今回開発した電動ポンプ用バネポンプはこれまで当社が開発してきた製品の中で経験の無い仕様であったが、本開発に携わって頂いた関係者の多大なご協力により量産化することができた。本開発にあたってご協力頂いた協力会社様、社内関係部門の皆様がこの場を借りて深く感謝を申し上げます。

著者



久保 康平

2009年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部車載機器事業部技術部ポンプ設計室所属。バネポンプの設計に従事。