

# AT用ベーンポンプの開発

五味 裕 希

## 1 はじめに

今回紹介するAT<sup>注1)</sup>用ベーンポンプは、マツダ(株)殿が開発した新型SUV<sup>注2)</sup>に搭載される新型ATの変速機構の油圧源として使用されるものである。本製品は、2021年12月より生産を開始している。

注1) Automatic Transmission (自動変速機) のこと。

注2) Sport Utility Vehicle (スポーツ用多目的車) のこと。

## 2 ATユニットについて

今回開発したベーンポンプが搭載されるATユニット(写真1)は厳密にはステップAT(以下AT)であり、カヤバにてベーンポンプを開発し生産してきたCVT<sup>注3)</sup>とは動力伝達方式が異なる。そのため使用するポンプに要求される吐出圧力もATとCVTでは異なり、AT用は当社で初のラインナップとなる。表1にそれぞれのユニットの仕様を示す。

注3) Continuously Variable Transmission (無段階変速機) のこと。

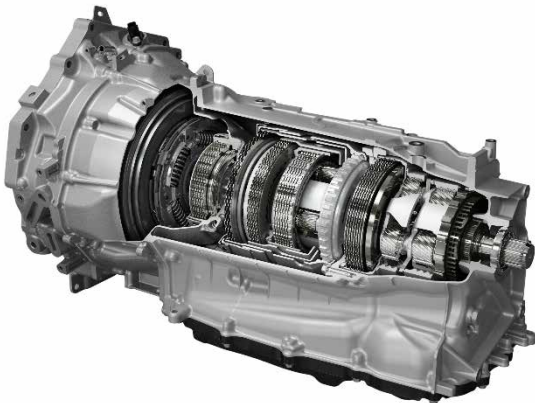


写真1 ユニット外観※

※マツダ株式会社の利用合意を受けています。他への転載、転用を一切禁ずる。

表1 ATとCVTの仕様差

形式	AT	CVT
変速方式	歯車	ベルト
必要油圧	~2.1MPa	~6.0MPa

## 3 開発したベーンポンプについて

今回開発したベーンポンプは既存のCVT用の製品をベースとしているが、前述のようにAT用とCVT用ではポンプの要求仕様が異なるため、全ての仕様を一から見直しAT用に最適となるよう開発を行った。

まず、AT用は吐出圧力が低いため、必要な耐久性を確保しながら既存品と比較して最大限の低フリクション化を行い車両の燃費向上に貢献した。

また、ポンプの始動特性や車両の快適性に欠かさないNVH<sup>注4)</sup>などに関しても工夫を凝らし、要求された仕様を満足するよう最適設計を行った。

開発したベーンポンプの外観を写真2、仕様詳細を表2に示す。



写真2 開発ベーンポンプ外観

表2 開発したベーンポンプの仕様

形式	平衡型ベーンポンプ
基本吐出量	15.9cm <sup>3</sup> /rev
使用回転数	~7,420rpm
使用圧力	~2.1MPa
使用温度	-40~165℃
生産拠点	日本

注4) Noise, Vibration, Harshness (騒音・振動・ハーシュネス) のこと。

## 4 性能改善アイテムの紹介

### 4.1 容積効率の向上

今回開発したベーンポンプでは吐出圧力に合わせて各摺動部の隙間(クリアランス)の最適化すなわち縮小を実施した。クリアランスを縮小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、FEM解析による変形量検討(図1)と限界確認耐久試験により最適なクリアランス量を設定し、必要な耐久性を確保しながら容積効率を向上した。

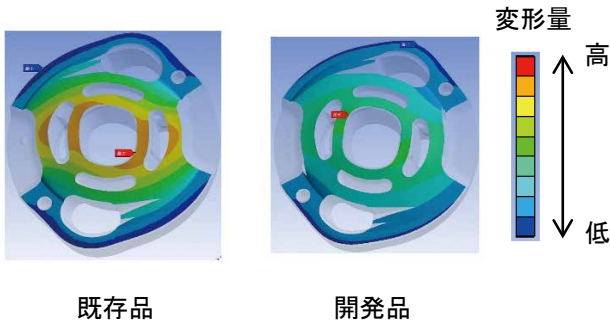


図1 FEM解析例

### 4.2 機械効率の向上

ベーンポンプの駆動トルクは理論トルクとロストトルク(フリクション)の合計となっており、機械効率の改善には主にロストトルクの削減が必要である。主なロストトルクの成分としては流量制御弁を動作するための圧力損失によるトルク<sup>注5)</sup>とベーン押付力による摺動トルクが挙げられる。この二種類のロストトルクを削減するため、下記の改善を行った。

注5) 流量制御弁内蔵タイプのポンプの場合

#### ①流量制御弁の作動圧力低減

- ②カムリング薄型化
- ③ベーン薄肉化

①については流量制御弁の作動圧力を低減すると圧力損失によるロストトルクを削減することが出来る。一方で流量制御弁は余剰流量を内部循環させることで、その流れの力を使い、吸込み性を向上させている(図2)が、作動圧力を低減すると内部循環させる油の圧力が下がってしまうため、キャビテーション耐性が下がってしまうデメリットがある。キャビテーションとは作動油中に溶解している空気が気泡として析出する現象で、その気泡の析出、消滅を繰り返すことで、構成部品に摩耗、損傷の影響を及ぼす。

対策として吸入油路であるカムリングの吸入部に“切り欠き”を採用し、吸入油路を拡大することで圧力損失を低下させ、吸込み性を向上させた(図3)。

②については基本吐出量を決めるカムリングの内径カーブを既存品よりも拡大したことでカムリングの幅を24%薄型化(図4)し、ベーン受圧面積、摺動面積を小さくし摺動トルクを低減した。

③については当社で初となる最薄(従来比29%減)のベーンを採用し、更なる受圧面積、摺動面積の低減を行った(図5)。

これらの改善によりロストトルクを低減し、同等の仕事量を行う既存品に対し、約20%ロストトルクを削減し機械効率を向上することができた。

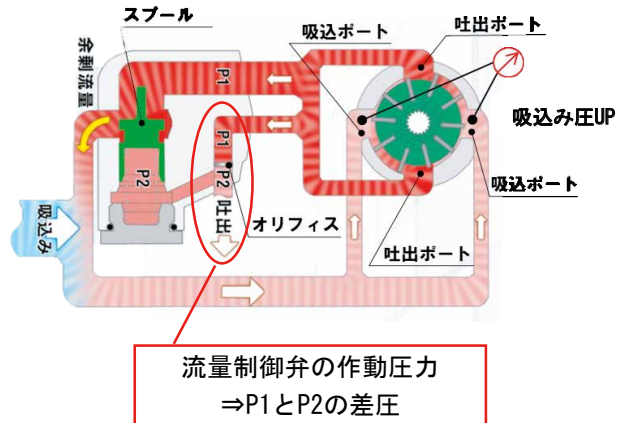


図2 ベーンポンプ内部の循環油路

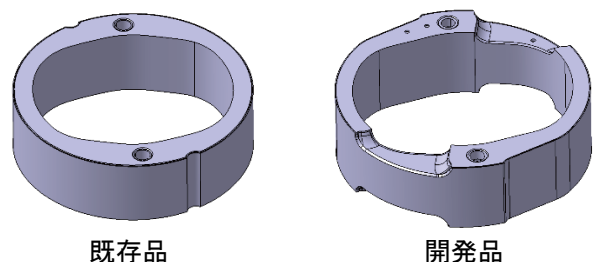
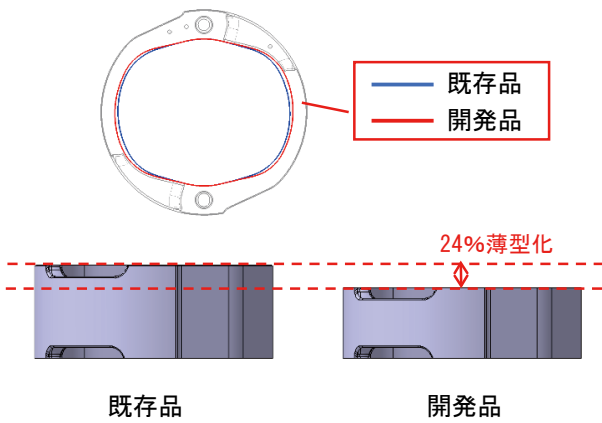
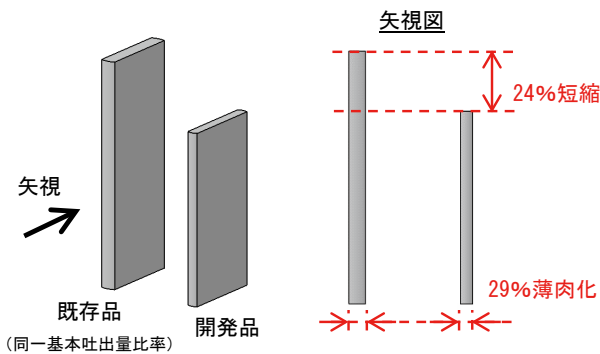


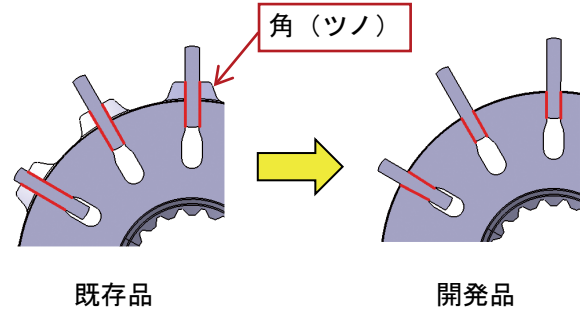
図3 カムリングの仕様比較



既存品 開発品  
図4 カムリング薄型化イメージ



矢視図  
既存品 開発品  
(同一基本吐出量比率)  
図5 ベーン薄肉化



既存品 開発品  
図6 ロータ形状

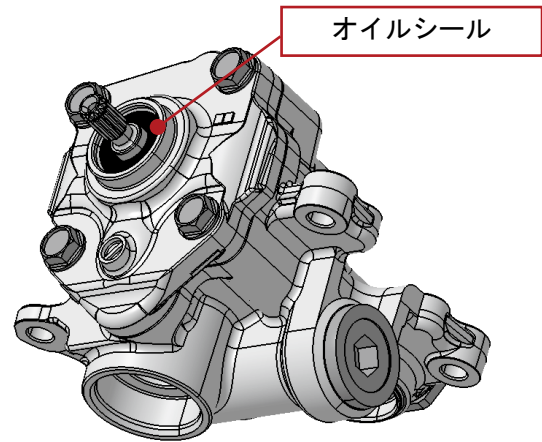


図7 オイルシール

### 4.3 始動性の向上

前述のようにロストルク削減のためにベーンを薄肉化することによって押し付け力を低減していることから、始動性については不利となる。近年トランスミッション用ポンプに求められる始動性は自動車の機能向上の観点から短時化を要求されており、改善が必要であった。

今回開発したベーンポンプではロータの形状を変更し“角(ツノ)部”を無くすことでベーン飛び出し時の摺動抵抗を減らし(図6)、さらにベーンを押し出す背圧とベーン摺動部のクリアランスを最適化することで低温始動性を向上し、従来品以上の始動性を達成することが出来た。また、カバーにオイルシールを追加し気密性を向上させたことでポンプ停止時にポンプ内部の油が抜けることを防止でき、再始動時に油の吸い上げ時間が短縮したことで更なる始動性の向上が図れた(図7)。

### 4.4 NVH改善

近年自動車の静粛性は年々向上しており、トランスミッションの静粛性の要求も高まっている。ポンプについてもNVH改善は必須事項である。

今回開発したベーンポンプではサイドプレートのポート形状をユニットの仕様環境に合わせて最適化(図8)し、吐出脈動を低減することで振動を抑制

した。また、ベーン室とポートを繋ぎベーン室の圧力の立ち上げに寄与するノッチについてシミュレーションを用いてチューニングを行い(図9)、常用回転時と高回転時の静粛性を向上した。

また、既存品ではサイドプレートAのみに設定していたノッチをサイドプレートBに追加することでベーン室への高圧油の供給量を増やし、高回転、高エア含有時における圧力の立ち上がり遅れを抑制しキャビテーション発生対策を図った(図10)。

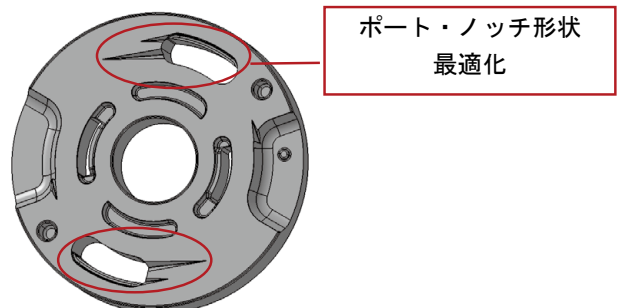


図8 サイドプレート ポート・ノッチ

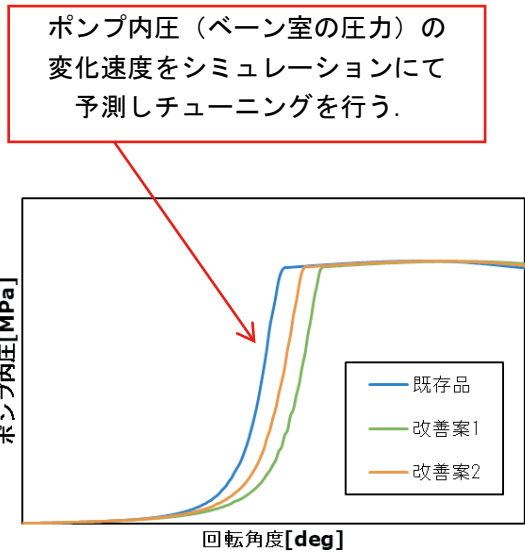


図9 ベーン室内圧シミュレーション例

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マツダ(株)殿のプログラム関係者をはじめ、関連協力業者、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。

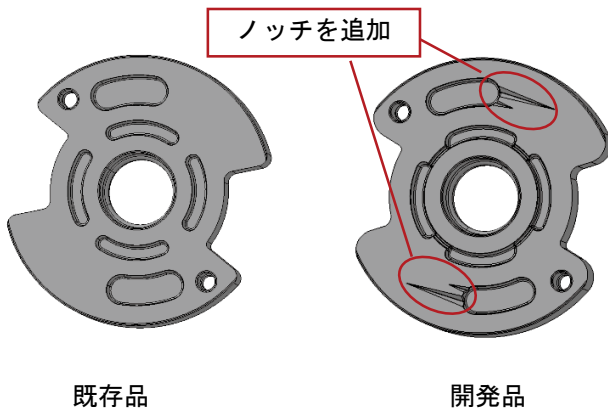


図10 ノッチ追加

## 5 まとめ

今回当社で初となるAT用ベーンポンプを開発し、下記の内容を実現した。

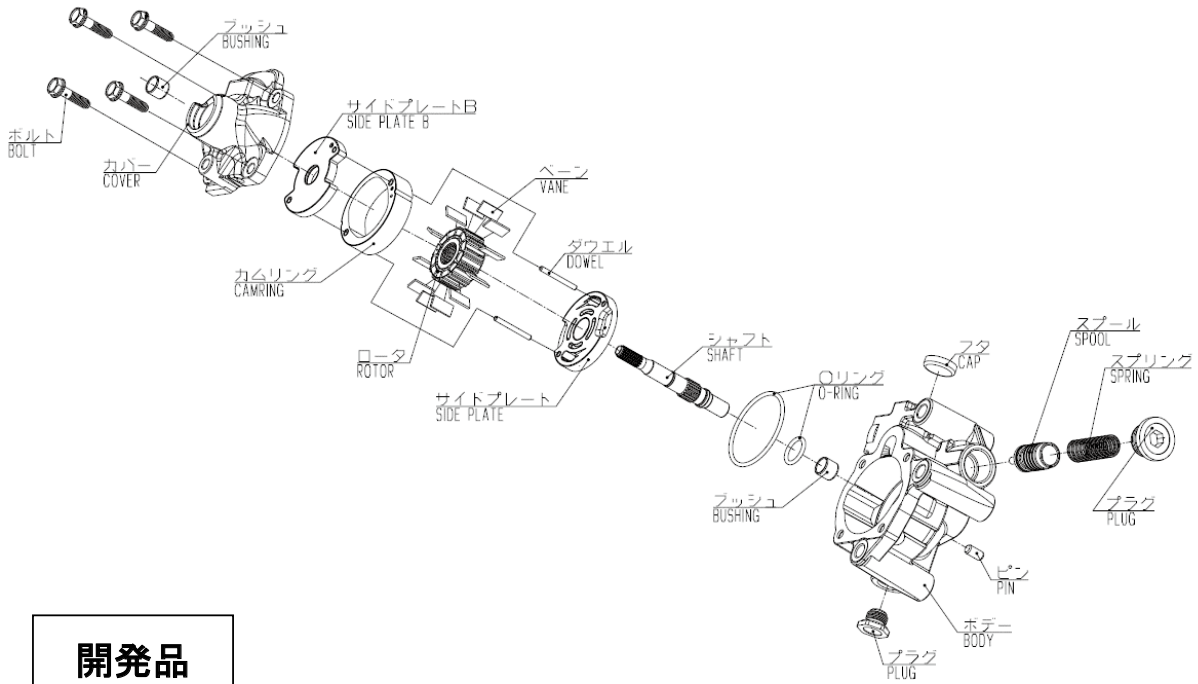
- ①AT用に最適化したベーンポンプを開発
- ②従来品に対しロストトルクを約20%低減
- ③耐久性と低駆動トルク化の両立
- ④始動性向上
- ⑤低騒音化

また、既存品と開発品の傾斜展開図（図11）に、今回の開発で検討を行った内容を示す。

## 6 おわりに

今回開発したAT用ベーン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スペックで

既存品



開発品

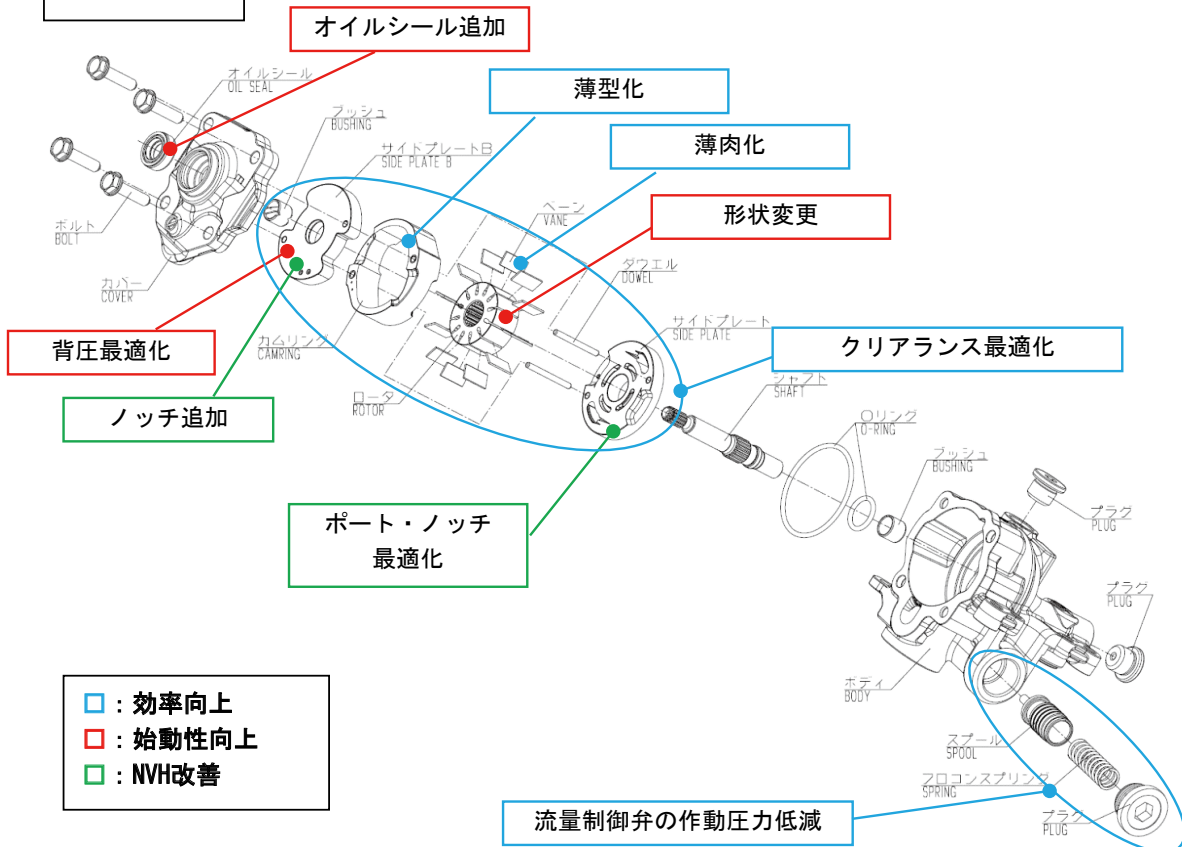


図11 既存品と開発品の傾斜展開図

— 著 者 —

---



**五味 裕希**

2012年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部ステアリング事業部ポンプ技術部所属。ベーンポンプの設計に従事。