

# 小型アキシャルピストンポンプの開発

辻 井 喜 勝

## 1 はじめに

(株)タカコでは写真1に示す小型アキシャルピストンポンプ（以下、小型ポンプ）を量産製造販売している。あらゆる分野への販売を行っているが、特に将来有望なロボット市場への参入を目指し、同業界の展示会への出展や、ホームページで小型ポンプの紹介を掲載した。その結果、ロボット関連の研究開発を行っている大学、大手企業でも使用いただき、高い評価をいただいている。中でも、装着型ロボット、義足関連の客先では、装置による力補助動作を必要であり、装着型ゆえに小型・軽量かつ省電力化を実現できる効率の良い油圧ポンプを求められている。しかし、現行の小型ポンプでは、ロボット市場のニーズである小型、軽量、低圧時の高効率化を満たすことができていない。

以上より、同市場の要求を満足できるポンプの開発が必要であり、そのために、回転速度の高速化、小型・軽量化、低フリクション化と、低圧時の高効率化が重要となる。

よって、本報ではロボット市場の要求を満足できる小型ポンプの開発の取り組みについて紹介する。また、量産品と開発品との概略仕様の比較を表1に示す。



写真1 小型アキシャルピストンポンプ (0.4cc/rev)

表1 量産品と開発品との概略仕様の比較

仕様項目	量産品	開発品
押しのけ容積 [cc/rev]	0.4	0.4
回 転 速 度 [rpm]	2000	5000
圧 力 [MPa]	14	8
全 長 [mm]	61.4	40

## 2 現状のニーズ・具体的な内容と課題解決方法

現状のニーズ・具体的な内容とそれらの課題解決方法を表2に示す。

表2 現状のニーズ・具体的な内容と課題解決方法

ニーズ	具体的な内容	課題解決方法
①小型化	装着フレームに収めたい	合わせ面の形状見直し、ケースドレン油路の見直し、ポンプ内蔵部品の設計見直し
②高速化	動作速度を速くしたい	油路形状の見直し、シユアの浮き上がり防止のためセンタースプリング荷重の見直し
③低騒音化	人体装着のため静音化したい	Vノッチ・油路形状の見直し、筐体形状・材質
④高効率化	バッテリー消費を低減したい	油圧バランスの見直し、センタースプリング荷重の見直し、しゅう動部の低摩擦化
⑤軸シールの高圧化	システム圧を高くしたい	高圧軸シールの選定
⑥軽量化	人体装着のため軽量化したい	ポンプ筐体部品および内蔵部品の小型化による軽量化

### 3 品質目標

ロボット関連の研究開発を行っている大学，大手企業などの研究部門から収集したニーズを整理し，開発品質目標を設定した．表3に量産品と開発品との品質の対比を示す．

表3 量産品と開発品との品質の対比

品質項目	量産品	開発品目標
①小型化 全長 [mm]	61.4	40以下
②高速化 回転速度 [rpm]	2000	5000以上
③低騒音化 ポンプ騒音 [dB(A)] ※測定条件 ・ポンプ後方1m ・暗騒音34dB(A) ・圧力8MPa	54 (2000rpm時)  5000rpm時 データなし	50以下 (5000rpm時)
④高効率化 全効率 [%] ※測定条件 ・回転速度3500rpm ・圧力3MPa	confidential	量産品より 10%以上 向上

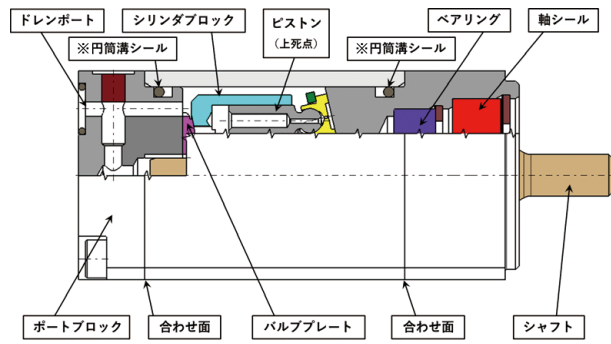


図1 量産品の部分断面図

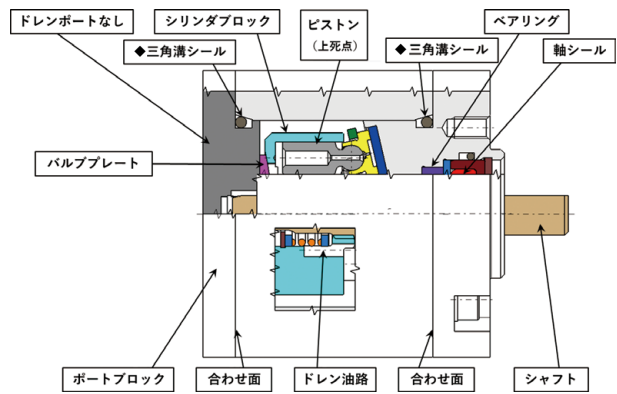


図2 開発品の部分断面図

### 4 開発の取り組み内容

#### 4.1 小型化

小型化に対する取り組み内容は以下の通りで，目標である全長40mm (21.4mm短縮) が達成できた．量産品と開発品の断面を図1，図2，全長比較を写真2に示す．

- ①筐体部品合わせ面のOリングシール形状を見直し，円筒溝シール形状 (図1内の※) から三角溝シール形状 (図2内の◆) に変更した．
- ②ピストンの入り込み長さなど，ポンプ内蔵部品を再検討した．
- ③ケースドレンは，図3に示すようにポートブロックの吸込ポートへドレンが連通する設計にした．  
(公開番号：特開2018-141389にて出願済)
- ④より小型なベアリングを再選定し，軸シールも再選定した．

#### 4.2 高速化

高速化に対する取り組み内容と検証結果を下記に示す．

##### ①油路形状の見直し

5000rpm化への課題としては，ポンプ自吸性能の

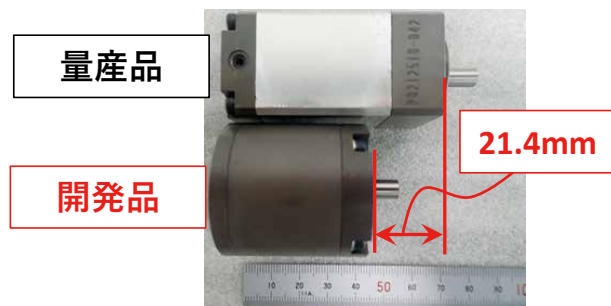


写真2 量産品と開発品の全長比較

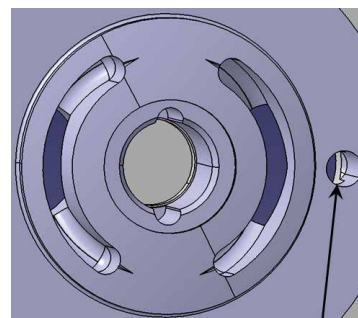


図3 ドレンと吸込ポートとの連通

低下がある。ここで、油路形状を5000rpmでも自吸できる形状に変更した。特に、図4に示すシリンダブロックのキドニーポート部の吸い込み圧損の低減を図った。

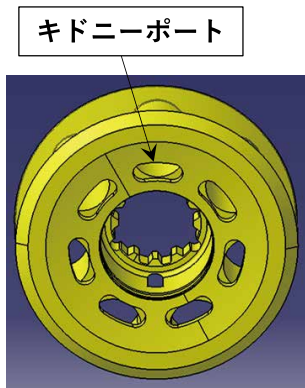


図4 開発品のシリンダブロック（底・背面側）

②シューの浮き上がり

高速化による遠心力の増大に伴い、図5に示すピストンに組付けられているシューが斜板とのしゅう動面から浮き上がる現象（離れる）が発生しやすくなる。よって、5000rpm時において、シュー端面が斜板としゅう動する面から浮き上がらないように、シューの浮上力の計算を行った。

結果、5000rpmでシュー端面が浮き上がる可能性があることが分かったことより、浮上力を制御しているセンタースプリングの荷重を見直し、シューの浮き上がりを防止した。

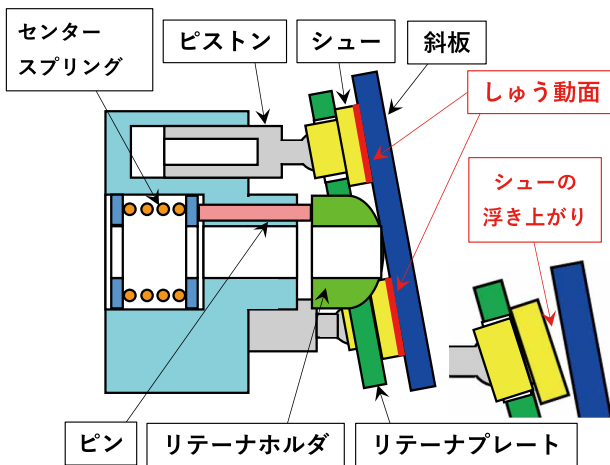


図5 シューの浮き上がりに関連する部品

③高速化の検証結果

高速化の取り組みの有効性を確認するため、ポンプ自吸性能試験を実施したので、結果を図6に示す。圧力は無負荷の状態回転速度を上昇させていき、流量が著しく低下しないか確認した。結果として流

量低下率は目標以下で有効性を確認できた。また、客先からもポンプ自吸性能について高評価をいただいた。

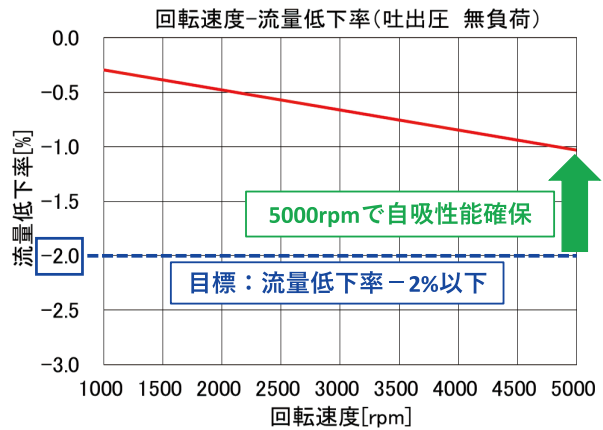


図6 ポンプ自吸性能結果

4.3 低騒音化

4.2項の高速化に伴い必然的にポンプ騒音は大きくなる。客先からも可能な限り騒音低減して欲しいとの要望もあり、以下にその取り組み内容と検証結果を示す。

①Vノッチ、キドニーポートの見直し

ポンプ騒音に繋がるポンプ脈動を低減するために、シリンダブロックの内圧パターンを計算し、圧力変動が小さくなるように設計した。バルブプレートのVノッチ形状を数パターン、ポートブロックのキドニーポートも2種類を設計し効果を確認した。Vノッチ形状を図7、キドニーポート形状を図8に示す。

②シリンダブロック内圧パターンの計算

Vノッチ形状とキドニーポート形状の各組合せで最終的に8パターンに絞り、シリンダブロックの内圧パターンを算出したところ、量産品の脈動幅に対し、開発品は量産品と比較し脈動幅を低減できる結

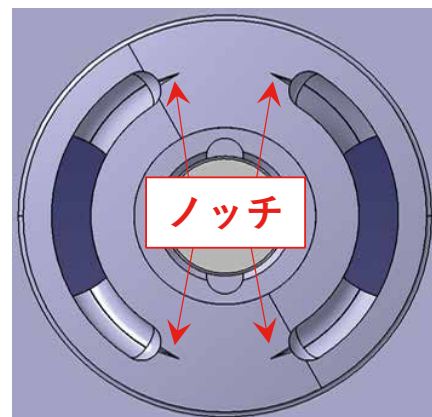


図7 バルブプレートのVノッチ形状の例

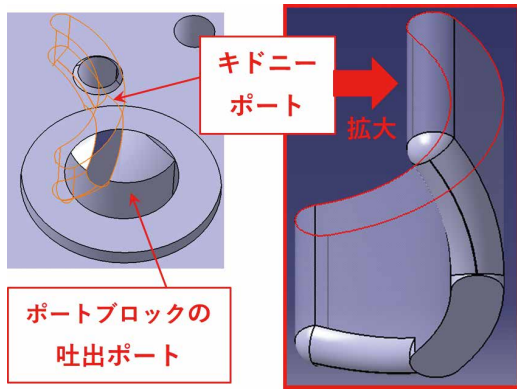


図8 ポートブロックのキドニーポート形状

果となった。内圧パターンの計算結果の一例を図9に示す。

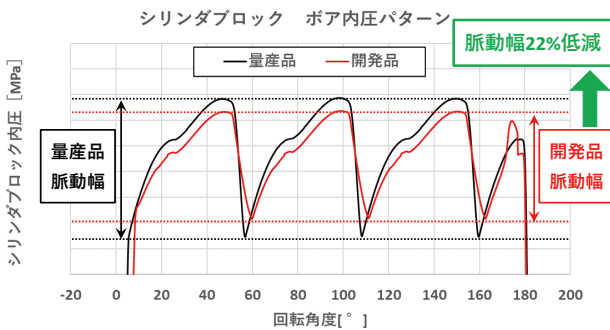


図9 シリンダブロック内圧パターンの計算結果例

### ③ポンプ筐体形状・材質の見直し

ポンプ筐体の振動に対するエネルギー損失を大きくすることで、騒音低減に効果があると考え、材質の見直しを行った。また、筐体形状は厚みを確保した円柱形状に変更し、筐体を曲がりにくく剛性を向上させることで防振対策を図った。

### ④低騒音化の検証結果

低騒音化の取り組みの有効性を確認するため、各対策を組み合わせる騒音試験を実施した。結果、マイク位置をポンプ後方1mで騒音計測したところ、開発品は約53dB(A)という結果となり、目標値に対して未達成であったが、客先からは高評価をいただいた。

## 4.4 高効率化

高効率化に対する取り組み内容と検証結果を下記に示す。

### ①軸シールの低フリクション化

低圧時ではロストルクがポンプ効率に大きく悪影響を及ぼすが、軸シールによるロストルクは特に影響が大きい。そこで、低フリクション軸シールの再選定を行い(特にリップ部材質)、高効率化を図った。

### ②油圧バランス比の見直し

図10に示すシリンダブロックとバルブプレートのしゅう動面間では静圧バランス(油圧バランス)が形成されており、摩耗・焼き付き対策などを行っている。このバランスは油圧により発生した押付力と開離力の比で表現し、仕様によって様々な数値となっている。今回の開発品の仕様から量産品に対して、最適なバランス比を再検討し変更した。

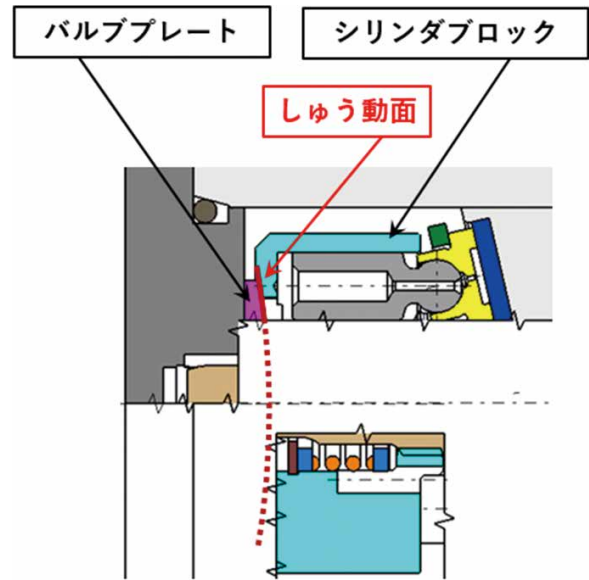


図10 しゅう動面

### ③高効率化の検証結果

高効率化の取り組みの有効性を確認するため、効率試験を実施した。条件は回転速度3500rpm、全効率で差が表れやすい低圧域(3MPa)で行い、試験結果を図11に示す。全効率は量産品より約6.3%向上した結果となり、目標値に対して未達成であったが、客先から高評価をいただいた。

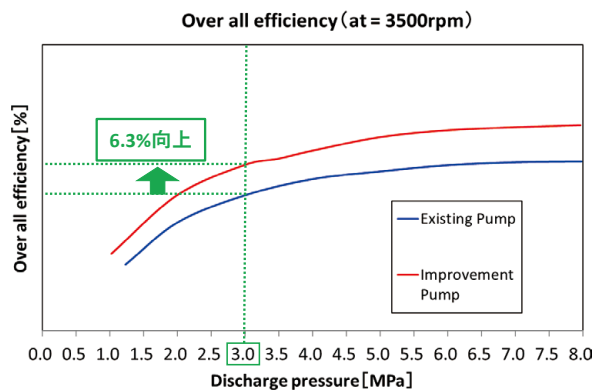


図11 ポンプ全効率性能線図

## 5 結果

表 4 に開発品目標に対する結果を示す。

表 4 開発品目標と結果

品質項目	開発品目標	結果
①小型化 全長 [mm]	40以下	40 達成
②高速化 回転速度 [rpm]	5000以上	5000 達成
③低騒音化 ポンプ騒音 [dB (A)] ※測定条件 ・ポンプ後方 1 m ・暗騒音 34dB (A) ・回転速度 5000rpm ・圧力 8 MPa	50以下	53 ⇒更なる 改善必要
④高効率化 全効率 [%] ※測定条件 ・回転速度 3500rpm ・圧力 3 MPa	量産品より 10%以上 向上	6.3%向上 ⇒更なる 改善必要

## 6 おわりに

現状の状態でも客先から高評価をいただいているが、引き続き目標未達の項目に対して、性能改善を実施し、ロボット市場で必要とされるポンプの開発に取り組む。

最後に、本開発に多大なご支援・ご協力をいただいた社内外関係者各位に厚く御礼申し上げます。

## 著者



### 辻井 喜勝

2006年入社. (株)タカコ技術本部  
第一開発部PPM開発課主務. マ  
イクロポンプ・モータの開発に従  
事.