

## 製品紹介

## ミニモーションパッケージ5型 (MMP5)

田 中 大 介

## 1 はじめに

ミニモーションパッケージ（以下MMP）は、油圧シリンダとDCモータで油圧ポンプを駆動する小型パワーユニットを一体化した、電動油圧アクチュエータである。製品外観を写真1に示す。

MMPは「油圧配管が不要」、「電気配線のみで高推力が出力可能」、「取付姿勢を問わない」、「シリンダ伸縮時のみポンプが駆動し省エネルギー」といった長所を特徴に、様々な分野で広く利用されている。

旧モデルのMMP“4型 (MMP4)”は、軽量小型、信頼性の向上（極低温環境への対応・長寿命化等）、生産性向上を図ったモデルであり、KYB技報第35号や第46号で紹介された<sup>1)2)</sup>。

現在の市場において競合他社や代替製品（電動アクチュエータ等）の参入に対抗し、更なる市場拡大を狙う上では、MMP4の機能を維持しつつ、シリンダ推力増強、小型化、低電流化等の性能向上が必要である。これら課題を解決する為、軽量小型を維持しながら電力油圧変換効率を従来比で高めて商品性を向上させた、新型MMP“5型 (MMP5)”を開発した。

本報では、その製品概要について紹介する。

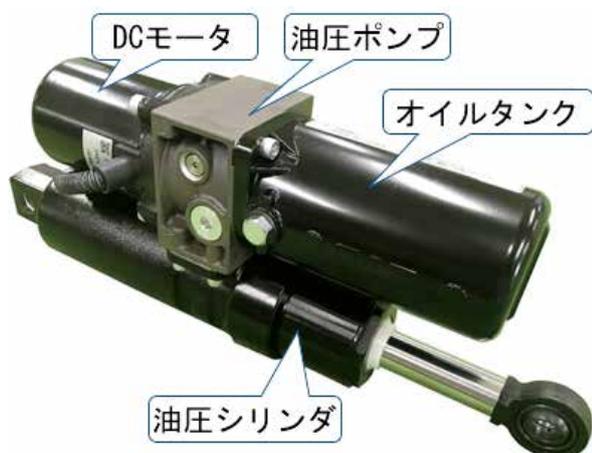


写真1 MMP5 外観

## 2 MMPの概要

## 2.1 基本構成

MMPの構造図を図1に示す。

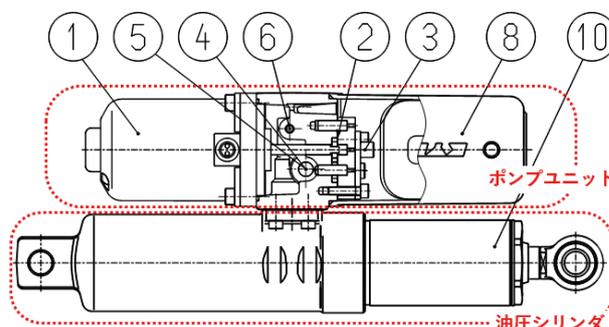


図1 MMP5 構造図

MMPは主に下記2つのパートから構成される。

## 1) ポンプユニット

DCモータ・ギヤポンプ・各種油圧バルブ・オイルタンクから構成される、MMPの動力源のパート。

ギヤポンプ・各種油圧バルブについては中央部のボディ内部に内蔵され、MMP5型モデルで共通使用される。

DCモータは、仕様に応じて選定が可能である。電圧違い（電源電圧DC12V, DC24V, DC100V用）や、出力違い（108W, 250W, 350W（電圧24Vのみ））の仕様を用意しており、バッテリー電源や屋内交流100V電源（全波整流器を介して駆動）等、様々な電源に対応でき、車両搭載用途から工場・家庭内の固定機械用途等、広範囲の分野で使用可能である。

## 2) 油圧シリンダ

ポンプユニットにて発生した油圧力を、仕事（推力や作動速度）に変換するパート。

複筒式で構成され、2つの管の間（隙間）を油路とする為、油圧ホース等の配管を必要としない構造となっており、製品のコンパクト化に寄与している。

シリンダサイズ（ボア・ストローク）を変更することで、様々な出力（推力・作動速度）に対応でき

る構成となっている。

### 3) 油圧回路及び動作説明

MMPの油圧回路図を図2に示す。

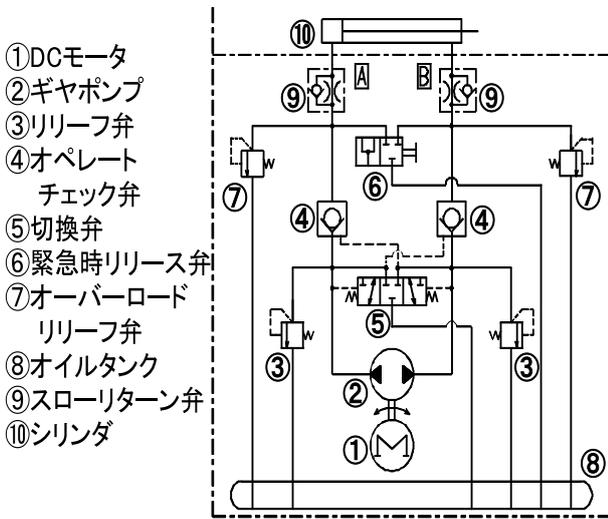


図2 MMP油圧回路図

MMPの油圧回路は閉回路で構成される。

①DCモータを電源に接続し、正転・逆転駆動する事で⑩油圧シリンダの伸縮作動を行う事ができる。

#### 〈シリンダ伸作動〉

- (1)①DCモータ駆動にて②ギヤポンプを回転させ、⑩シリンダ伸側室に圧油を吐出させる。
- (2)圧油により⑤切替弁が図中右側に移動しつつ、縮側④オペレートチェック弁（以下④チェック弁）を開弁し、⑩シリンダ縮側室と⑧オイルタンクから②ギヤポンプへの吸込み流路を形成する。このとき、⑩シリンダの伸側室・縮側室の体積差による油量の不足分を、⑧オイルタンクより補填する。
- (3)伸側の④チェック弁を開弁して⑩シリンダ伸側に流入し、伸作動する。
- (4)⑩シリンダの伸端到達時等、伸側油路内の圧力が③リリーフ弁の設定圧力を超えると、③リリーフ弁が作動し圧油を⑧オイルタンクへ返す。MMP作動中の⑩シリンダの推力（内圧）は、③リリーフ弁セット圧力によって決まる。

#### 〈シリンダ停止・負荷保持〉

- (1)①DCモータへの通電を止めると、②ギヤポンプの圧油の吐出が止まり、⑩シリンダが停止する。
- (2)④チェック弁が開弁し、⑩シリンダは入力される圧縮負荷・引張負荷を保持することができる。
- (3)負荷保持状態にて、過大外力や温度上昇に伴う、過大な内圧上昇があった場合は、⑦オーバーロードリリーフ弁により内圧を抑える制御をする。このとき⑩シリンダは負荷に応じて変位する。

#### 〈シリンダ縮作動〉

- (1)シリンダ伸作動の反対向きの動作で作動する。
- (2)⑩シリンダの伸側室・縮側室の体積差による油量の余剰分を、⑧オイルタンクに補填する。

## 2.2 MMPの特徴

MMPの特徴として、次のような長所がある。

- (1)小型・軽量
- (2)安全・確実
  - (a)注油・配管やエア抜きといった油圧施工を特に必要とせず、ユーザは電気配線と母機への取り付けのみを行えば良い。メンテナンス性に優れる。
  - (b)耐水性JIS D0203 D2 に適合（屋外使用を想定、防水コネクタ使用時に限る）。
  - (c)耐振性JIS D1601 3B に適合（車両搭載を想定）。
  - (d)前述のリリーフ弁で内圧制御し破損を防止。
  - (e)モータ内部に安全装置（サーキットブレーカ）を配置し、モータ過負荷からの焼損・発火等、2次災害を生みかねない破損を防止する。
  - (f)電源喪失等の緊急時を想定し、手動でシリンダ伸縮を可能とする緊急時リリース弁を備えている。
- (3)簡便・清潔
  - (a)油圧配管が不要、ホース等からの油漏れなし。
  - (b)電気配線のみで高推力が出力可能。
  - (c)取付姿勢を問わず作動可能。
  - (d)シリンダ伸縮時のみポンプが駆動するため省エネルギー。

## 3 MMP 5 の開発

### 3.1 開発背景

旧MMP 4は2007年の量産開始以降、12年以上続くロングセラー製品である。様々な母機のアクチュエータとして好評いただいていたが、近年の市場要求に出力や仕様で応えられない事案が増えていた。

そんな中、大手客先より、MMP 4に対しシリンダを小型化（小径化）しつつ推力は現行同等以上という要求があり、対応には高圧化が必要で、そのためには「高効率化による出力向上」が必要となった。

また、同時期に、より高出力な競合製品も台頭しており、高効率化は必須課題となった。

以上より、競合製品を出力性能で凌駕する、高効率なMMP新モデル（5型）の開発を行った。

### 3.2 開発目標値

開発課題の高効率化とは、電力（入力）から油圧力（出力）に変換できる割合を高めることをいう。

図3に電動油圧シリンダの効率実測値を示す。

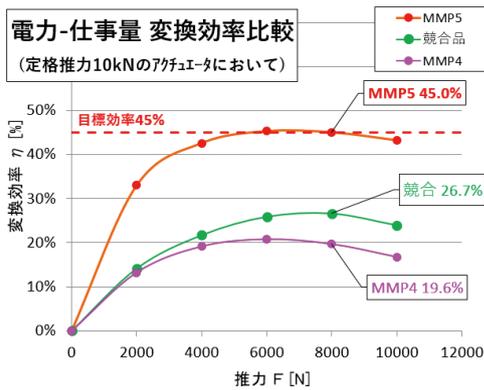


図3 各電動油圧シリンダの効率線図

最大効率は、MMP4は約20%、競合品は約27%である。

これに対し、市場要求出力を達成する為のMMP5目標効率は45%以上（推力8.0kN出力時）であり、旧MMP4+25%という高い目標を目指し開発を行った。

変換効率のうち、改善（向上）すべき主な項目として下記の2つが挙げられる。

- (1)油圧ポンプの駆動力から油圧力への変換効率
- (2)DCモータの電力から駆動力への変換効率

上記2つの項目を、同時にバランスを取りながら改善を進める必要があった。よって開発課題を下記として開発を進めた。

- (1)油圧ギヤポンプ（以下ポンプ）の高効率化
- (2)新モータ採用と新ポンプとの出力調整

### 3.3 開発課題(1)ポンプの高効率化

MMPのポンプ構造図を図4に示す。

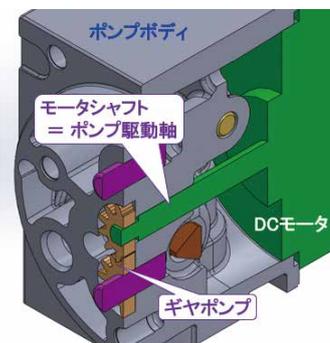


図4 MMP ポンプ構造図

MMPのポンプの特徴として、ポンプ駆動軸をモータシャフトが兼ねている。これにより構造簡略化・組立工数低減・部品点数低減ができ、リーズナブルな価格での製品提供に寄与している。MMP5はこの構造を保ちつつ高効率化を目指すこととした。

図5にポンプの効率線図を示す。

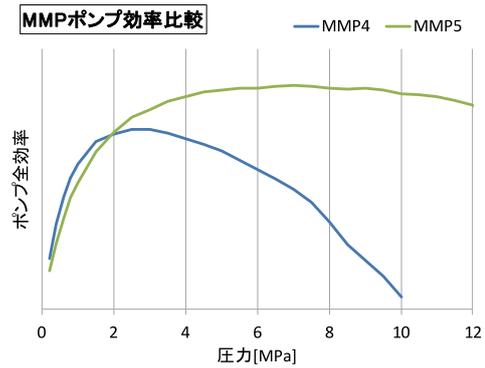


図5 ポンプ効率線図

旧MMP4のポンプ効率の特徴として、吐出圧力3MPaを超えると急激に効率が悪化する。MMPは4～8MPaでの使用割合が高く、この圧力領域の効率改善が必要であった。

高圧領域（4MPa以上）でのMMP4のポンプ特性を調査した結果、低圧領域（4MPa未満）比で高電流値＝大トルクが必要な特性（＝ポンプ機械効率悪化）であり、さらに高トルクに伴うモータの回転数の低下による吐出流量の低下と内部漏れ増大（＝ポンプ容積効率悪化）を招き、急激な効率低下を起こしていた。

MMP5のポンプでは、この高圧領域での効率低下の改善を行った。高トルクの原因となる回転抵抗要素を排除する為、ポンプ可動各部の形状・寸法を見直し、各部クリアランスの最適化を行った。さらに、後述する新DCモータの出力特性・効率特性より、MMPにおける使用割合の高い圧力領域と、モータの効率が最も高くなる領域が重なるよう性能調整を行った。

これにより、油圧ポンプの駆動力から油圧力への変換効率を向上させた。

### 3.4 開発課題(2)新モータ採用と出力調整

MMP5より、従来の内製モータから、社外製新モータを採用している。採用にあたり前述した高圧領域でのトルク増大・回転数低下対策として、モータのトルク-回転数特性を高トルク領域での回転数低下が少ない特性に変更している。これにより、ポンプ高圧領域（高トルク）でも高い回転数を維持でき、ポンプの効率向上に寄与している。

また、前述したモータの効率が最も高くなる領域が、MMPにおける使用割合の高い圧力領域と重なるよう性能調整を行ったことで、DCモータ使用における電力から駆動力への変換効率を向上させた。

### 3.5 MMP 5 の出力特性について

MMP 4 及びMMP 5 の出力特性線図を図 6 に示す。

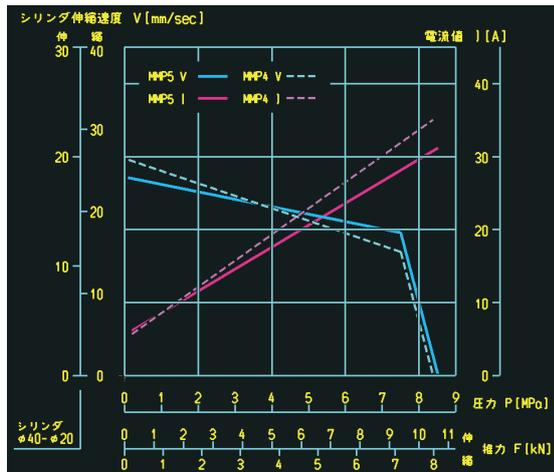


図 6 出力特性新旧比較 (電圧12V, シリンダ径φ40)

横軸に発生推力 (圧力) を示し, 青線が左縦軸の速度 (ポンプ吐出量) のライン, 赤線が右縦軸の電流値のラインを示す. 効率を改善したMMP 5 の出力特性は, 旧MMP 4 の出力特性に対し変更されている. 大きな出力特性変更点として, 下記が挙げられる.

- (1)高推力 (圧力) 領域での作動速度 (吐出量) を向上.
- (2)推力 (圧力) に対する電流値増加率を低減.  
(推力が増す毎に電流値の低減量は増える)
- (3)推力 (圧力) 変化に対し速度 (吐出量) 変化少.

使用割合が高い高推力 (高圧力・高トルク) 領域での速度増・電流値低減を達成できた. また, 作動速度変化が少なく, かつ電流値増加率を低減できたことで, 開発目標設定の根拠となった高圧化への対応が可能になった. 小径シリンダでの推力維持や, 同径シリンダでの推力アップ等, ポンプユニットとシリンダサイズの組合せ次第で対応できる範囲を広げることができるようになり, 新たな市場 (ニーズ) への拡販の土台ができた.

## 4 特殊用途向け仕様の改善

MMPには標準機能 (仕様) として, 外部からの圧縮・引張負荷が一定値を超えると, シリンダを伸縮させて機器の破損・脱落等を防止する, オーバロードリリーフ弁が内蔵されている.

この機能を拡張し, 瞬間的に大きなシリンダ変位を伴う過大負荷に対応した, 大流量オーバーロードリリーフ弁 (以下, 大流量OLRV) を特殊仕様として用意している. 代表的な用途としては, 北米に多い小型車両 (UTV) 等に装備されるスノーブラウ (雪掻き装置) の角度調整用途で, 雪掻き時にブラウ (雪

掻き板) に作用する衝撃負荷を逃がす機能に用いられている.

従来の大流量OLRV仕様は, 標準MMPのポンプユニットとシリンダの間に外付けの大流量OLRV内蔵プレートを設ける為, 本体サイズが大きくなり, 取付時に取り回しがやや難になることがあった.

MMP 5 型開発にあたり, この機能をより簡略化してサイズダウンを図った.

図 7 に大流量OLRV仕様の新旧外観と回路図を示す.

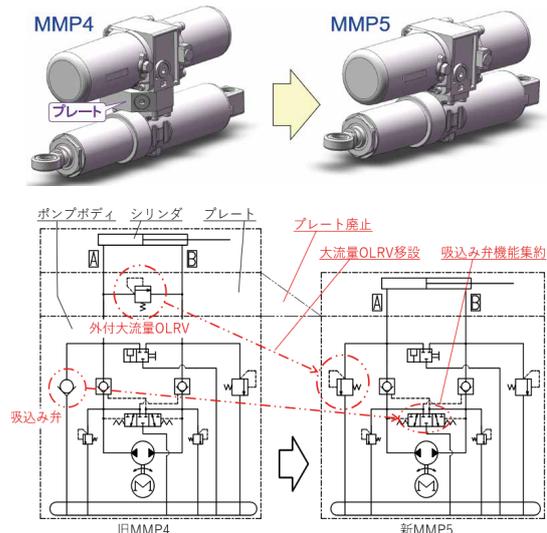


図 7 大流量OLRV仕様 新旧外観と油圧回路図

旧MMP 4 の大流量OLRV回路は, 標準MMPの油圧回路に対し, ポンプボディ内蔵の大流量OLRVと外付けの大流量OLRV, タンクの作動油をシリンダに返す吸込み弁の3つが付与されている. MMP 5 では, オペレートチェック弁部の吸込み許容量を向上することで, 単体の吸込み弁を廃止, 空いたスペースに大流量OLRVを設置することで, 外付け大流量OLRVを廃止した. これにより大流量OLRV仕様は標準MMPと同じ外観にサイズダウンする事ができた.

## 5 ラインナップの拡充

### 5.1 分離型MMP

前項において特殊仕様MMPのサイズダウンについて言及したが, MMPは小型サイズの油圧機器としてのニーズが高い. しかし, 小型なMMPであっても, 母機によっては取付場所が狭く, 母機と干渉して設置できない用途もある. これらのニーズを受け, MMPの新たなラインナップとして「分離型MMP」を提案している.

分離型とは, MMPのポンプユニットとシリンダとを2本の油圧ホースで繋いだ, 1つのパッケージである. 使用時は母機可動部にアクチュエータであ

るシリンダを配置し、動力部であるポンプユニットを母機の空いたスペースに設置する。母機可動部周辺に干渉物が多くても、細長いシリンダであれば設置が容易な為、母機への取付自由度が増える。また、従来の一体型MMPと同様に1つのパッケージである為、お客様において各油圧装置の接続やエア抜きといった油圧作業は一切必要がなく、シリンダとユニットを取付けて電源を繋ぐだけで使用できる手軽さを持っている。

分離型MMPの外観写真を写真2に示す。



写真2 分離型MMP外観

分離型MMPは現在、北米向け用途で販売している。狭いスペースでも干渉なく母機に取付けができ、油圧作業が不要な為、お客様より好評を得ている。

## 5.2 高推力MMP (高圧化)

MMP5開発のきっかけとなった「シリンダを小型化(小径化)しつつ推力は現行シリンダ同等」の要求は、言い換えれば各シリンダサイズでの高推力化=ポンプ吐出圧力の高圧化の要求である。前述した高効率化により、同一のシリンダ径・推力にて必要な電流値を下げる事ができた為、逆に従来の高い電流値領域まで、出力(ポンプ吐出圧力)を上げる余力ができたとも言える。

高圧化については現在市場のニーズを見ながら開発中である。

## 6 おわりに

MMP5は電力-油圧変換効率を向上し、従来品比で出力の向上や作動時電流値の低減をすることで、より扱いやすく適用範囲を広げた製品である。

現在、市場を広げるべく様々な分野に拡販活動を行っている。

最後に、開発に際して多大なご協力を頂いた関係各位に対して厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 佐藤, 西岡: 改良型ミニモーションパッケージ, KYB技報第35号, (2007年10月).
- 2) 細川, 田中: 農業用油圧機器の紹介, KYB技報第46号, (2013年4月).

## 著者



田中 大介

2001年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統轄部岐阜南油機技術部設計室。  
MMPの開発に従事。