

# 電気・油圧サーボ弁に匹敵する高応答 サーボ比例弁

High Response Proportional Control Valve

## キーワード

高応答、フィードバック制御、耐コンタミ性、バルブ・アンプ別置形、低コスト

部品事業部 技術二部

小倉 祐二

## 1. はじめに

産業機械の電子化が急速に進む中で、電磁比例制御弁は電子化の中心となるシーケンサ、FA コンピュータ等からの指令を油圧の圧力、流量に変換する手軽な商品として幅広く使用されている。

近年、機械の高速化、高精度化のために電磁比例制御弁の高応答化が強く要求されるようになった。このため電磁比例制御弁の比例ソレノイドを改良し、電気・油圧サーボ弁と同等の応答性能を実現したサーボ比例弁 ESV-G04 を商品化したのでここに紹介する。

## 2. サーボ比例弁 ESV-G04 の概要

### 2.1 概要

ESV-G04 はバルブ、アンプ、接続ケーブルで構成されている。外観を図 1 に、基本仕様を表 1 に、外形図を図 2 に示す。アンプの外形図を図 3 に、ブロック図を図 4 に、アンプ基本仕様を表 2 に示す。また、ケーブル詳細図を図 5 に示す。

### 2.2 特徴

#### (1) 高応答性能（動特性）

従来商品である高速応答比例弁 ESH-G04 のパイロットバルブは 1 個のコイルとスプリングを使用し、コイルでスプールを押し、スプリングでスプールを戻すことでスプールを左右に駆動させていた。しかしスプリングでの応答性能には限界があるため、サーボ比例弁 ESV-G04 ではパイロットバルブに 2 個のコイルをもつ複コイル比例ソレ

ノイドを使用した。即ち、スプールの押し戻し両方ともコイルに行わせることで、瞬間的に大電流を流す過励磁等の電気的なコントロールも可能となり、高速駆動を達成した。さらにパイロットスプール、メインスプールともに差動トランスを設けてフィードバック制御を行うことにより高応答性能と高精度を実現した。

図 6 は 4~35MPa までのパイロット供給圧力におけるステップ応答特性を示している。パイロット供給圧力 7MPa 時の 0→100%変位の応答時間は 13ms と高速であり、同一条件において高速応答比例弁 ESH-G04 と比較して約 2 倍の応答性能を有している。また、パイロット供給圧力は内蔵した減圧弁で一定圧に制御しているため、パイロット供給圧力の変動があっても、バルブ応答時間の変化はほとんどなく、安定性、再現性が更に改善されている。

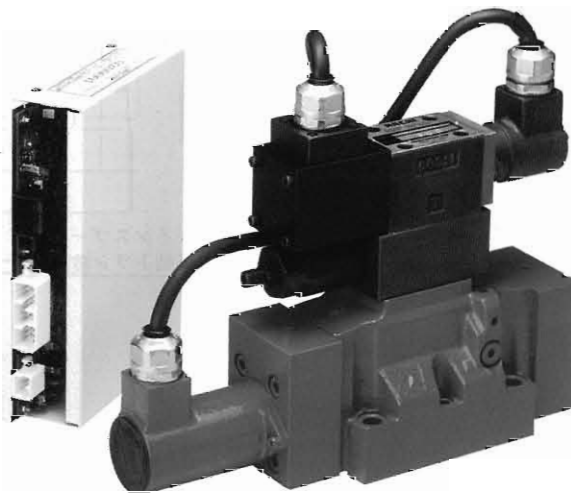


図 1 ESV-G04 外観

表 1 ESV-G04 の基本仕様

項目	形式	ESV-G04-C5200-**-10
最高使用圧力 MPa (P, A, B, X(Pp)ポート)		35
Tポート許容背圧 MPa	外部ドレン	21
	内部ドレン	0.5
Y(DR)ポート許容背圧 MPa		0.5
最低パイロット圧力 MPa		3
パイロット流量 ℓ/min		15
定格流量 ℓ/min (定格ストローク時, 1ランド当りの圧力降下 $\Delta P=1\text{MPa}$ 時の流量)		200
最大流量 ℓ/min		300
パイロット減圧弁セット圧力 MPa		9
ヒステリシス %		0.5以下
ステップ応答 ms (0→100%変位)		13(注1)
周波数応答 Hz ( $\pm 25\%$ 入力 $90^\circ$ 位相遅れ)		65(注1)
使用条件	防塵・防水ランク	IP64 (耐塵形・防まつ形)
	周囲温度 $^\circ\text{C}$	0~50
	作動油	温度範囲 $^\circ\text{C}$
粘度範囲 $\text{mm}^2/\text{s}$		15~140
ガスケット面寸法		ISO 4401-07-06-0-94 に準拠
質量 kg		12

(注1) ステップ応答と周波数応答は、供給圧力 7MPa、油温 40 $^\circ\text{C}$  (動粘度 40 $\text{mm}^2/\text{s}$ ) の代表値である。

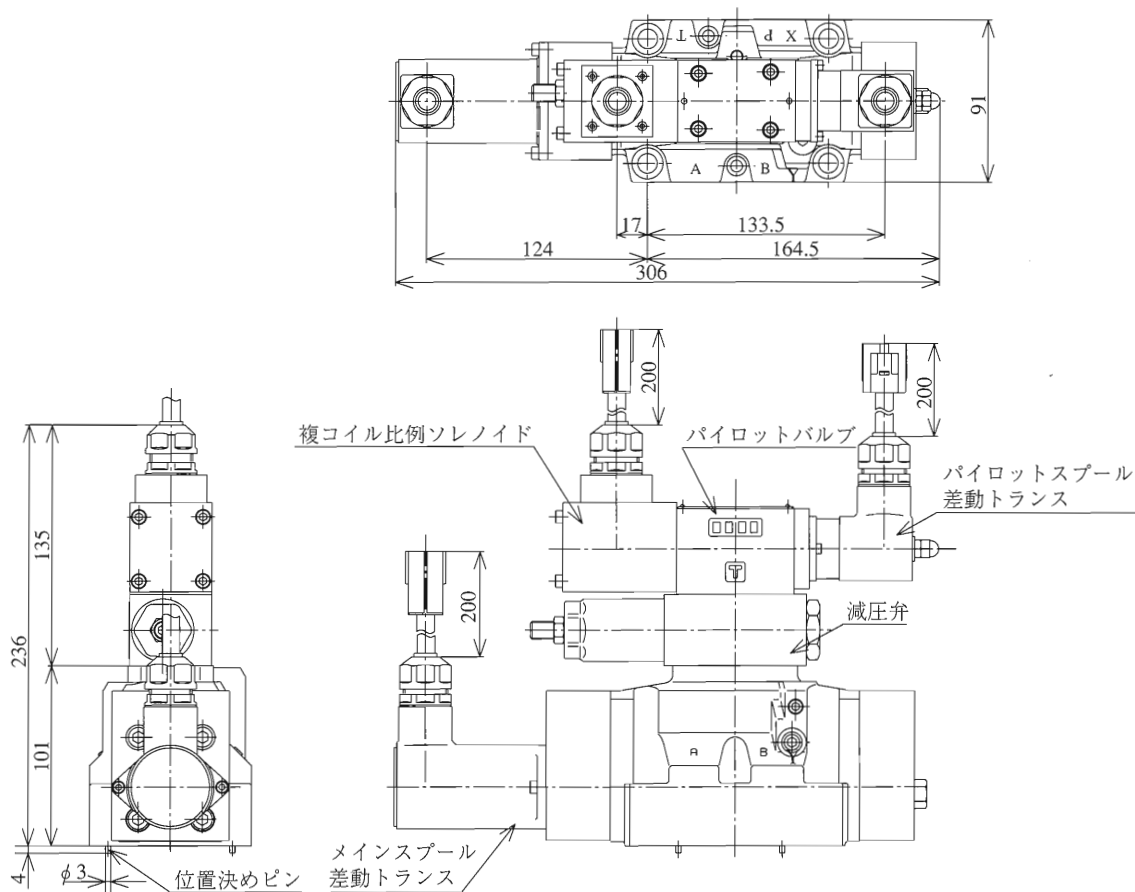


図 2 ESV-G04 外形図

形式：EVA-PD2-1004-D2-10

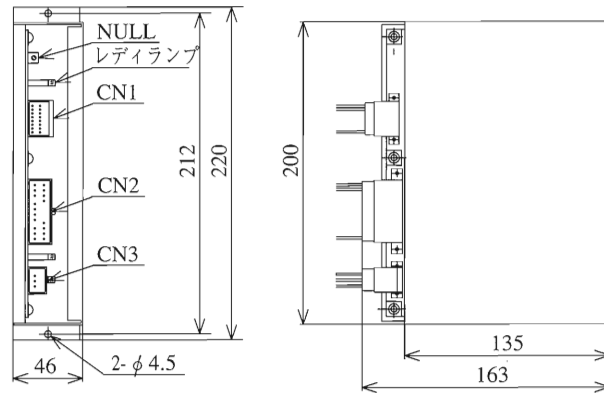


図3 アンプ外形図

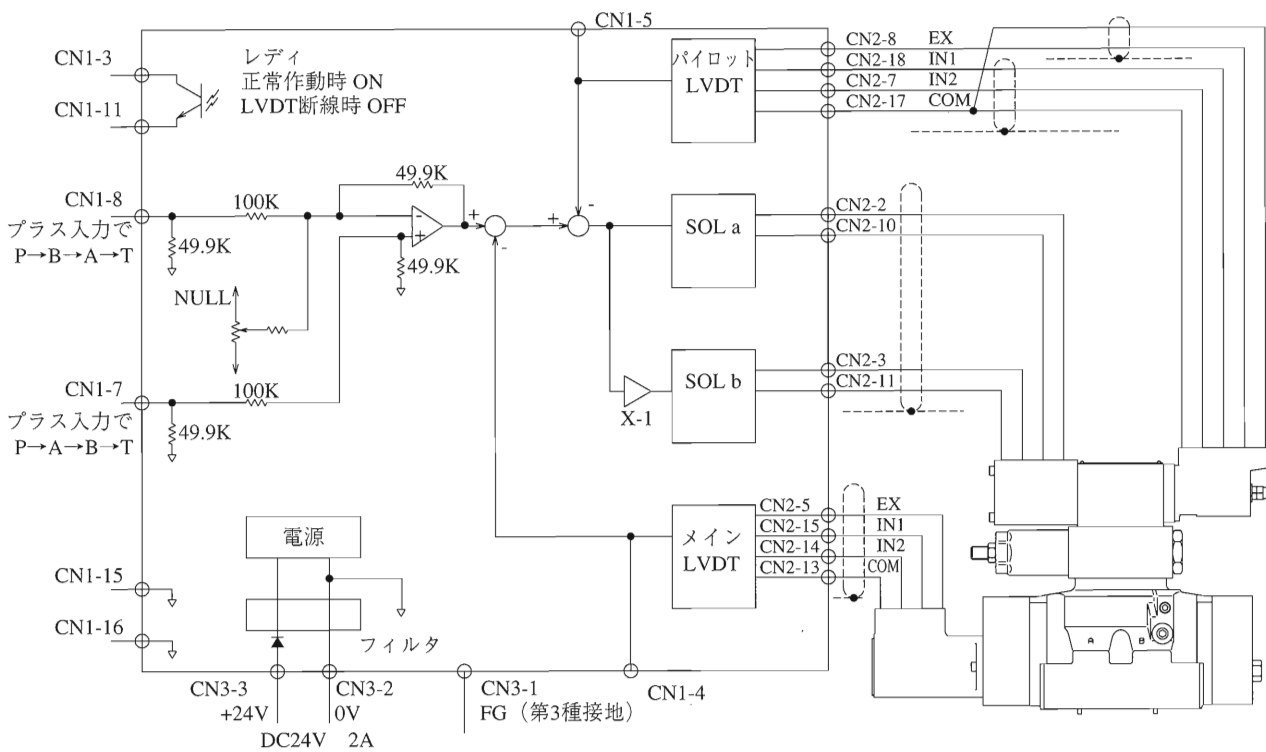
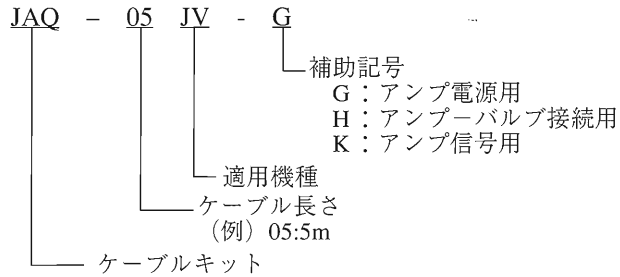


図4 アンプ ブロック図

表2 アンプ基本仕様

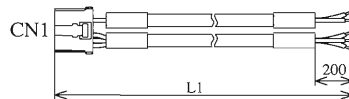
形式	EVA-PD2-1004-D2-10
項目	
電源電圧	DC24V (22~28V) 容量 2.0A 以上のスイッチングレギュレータ使用のこと
最大消費電力	36W 以下
入力信号数	2
入力信号電圧	DC0~±10V
入力インピーダンス	50KΩ
中立点調整-NULL	3 回転トリマ×1
レディ信号	オープンコレクタ出力 (正常時 ON)
スプール変位モニタ	DC0~±5V
駆動コイル	3Ω・最大 2AX2 (複コイル)
スプール変位測定器	差動トランス×2 (パイロット, メイン)
使用温度	0~50℃
使用湿度	35~85%RH (結露無き事)
保存温度	-20~60℃
保存湿度	20~90%RH (結露無き事)
耐振性	2G (10~55Hz X, Y, Z 各 1 時間)
耐衝撃	20G (11msec X, Y, Z 各 1 回)
質量	1kg

ケーブルキット形式説明



アンプ信号ケーブルキット

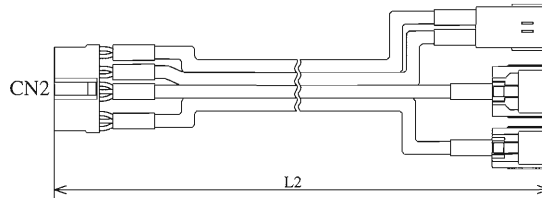
形式：JAQ-\*\*JV-K



アンプバルブ接続ケーブルキット

形式：JAQ-\*\*JV-H

注) ケーブル4本の長さは全てL2である。



アンプ電源ケーブルキット

形式：JAQ-\*\*JV-G

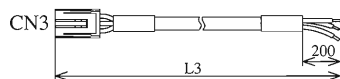


図5 ケーブル詳細図

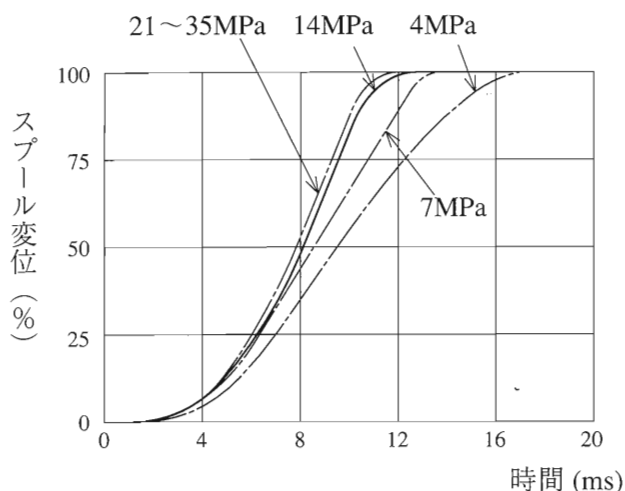


図6 パイロット供給圧カーステップ応答特性

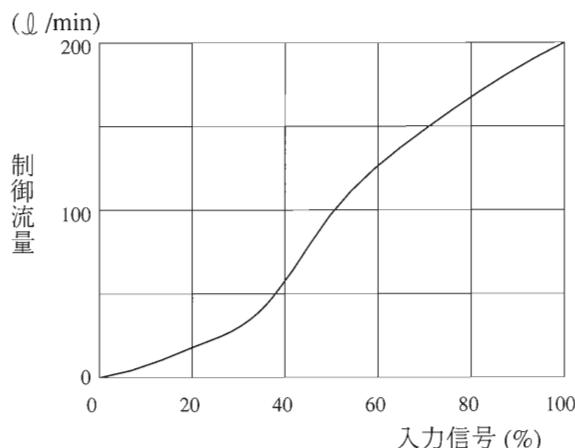


図8 流量特性  
(1ランド当り圧力降下1MPa)

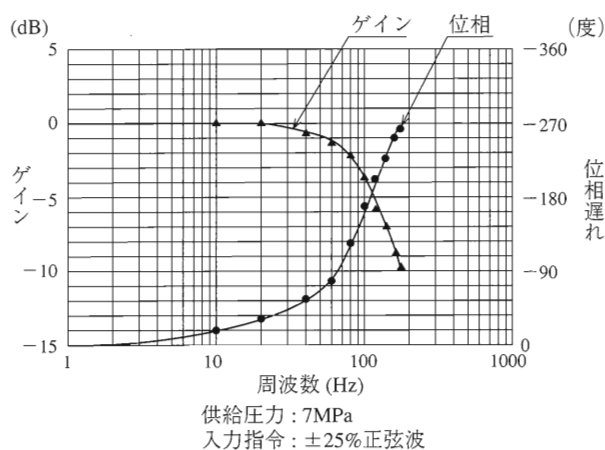


図7 周波数応答特性

周波数応答はパイロット供給圧力 7MPa 時、±25%入力指令に対し 90 度位相遅れで 65Hz まで追従する。(図7)

(2) 静特性

図8に流量特性を示す。P→A, P→B, A→T, B→T いずれかのランドの圧力降下 1MPa 時の入力信号に対する制御流量を示す。メインスプールは、0~30%入力時における低流量域の制御性を大幅に向上させたデュアルゲイン形スプールを使用している。

(3) メインスプール回転防止機構付

デュアルゲイン形スプールを使用すると油を流した時ラジアル方向の力のバランスがくずれ、スプールが回転をする可能性がある。この現象を防止するため、メインスプールにスプール回転防止機構を装備した。これによりバルブに大流量を流

すことが可能となり、呼び管径 04 サイズでは最高レベルの最大流量 300l/min を実現した。

(4) 耐コンタミ性

電気・油圧サーボ弁の最大の欠点はゴミに弱いことにある。このため、回路全体のコンタミ管理が必要となりシステム全体が高価になり使いづらい。これに対しサーボ比例弁は、ゴミに強い比例ソレノイドを使用し、本質的にゴミに強い構造とした。結果として従来の電磁比例制御弁並のコンタミレベル (NAS 9 級以内) で十分使用できる。

(5) バルブ・アンプ別置構造

バルブ、アンプの構成として、アンプ搭載形とアンプ別置形がある。当社は、アンプは熱や振動に弱いという欠点を踏まえ、周囲環境の影響を受けにくいことを重視して別置形を採用した。別置形は、バルブ取付姿勢の自由度が増える、コンパクトにできる、メンテナンスがやり易くなる等の利点がある。

(6) 周辺機器との接続方法

図9に接続例を示す。ケーブルはバルブ、アンプとセットで販売するが、ノイズ等の影響を受けにくいシールド線を標準採用した。また、ケーブル長さはオーダ時自由に指定できるよう配慮した。またバルブとアンプの接続は全て異なったコネクタを使用しているため、接続ミスを防止できると同時に、ワンタッチで接続が可能である。

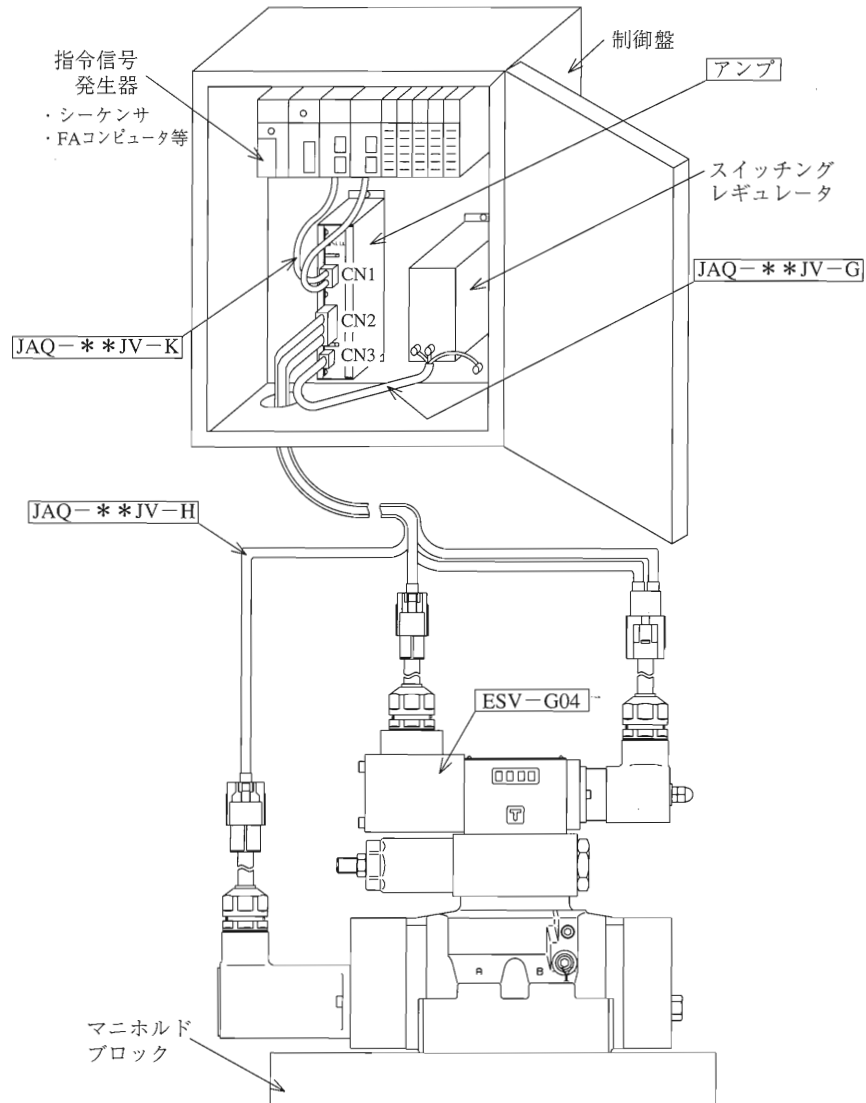


図9 ESV-G04 接続例

表3 サーボ比例弁と電気・油圧サーボ弁の比較

項目	サーボ比例弁 ESV-G04	電気・油圧サーボ弁
呼び管径	04	04
最高使用圧力 MPa	35	21
定格流量 ℓ/min (定格ストローク時, 1 ランド当りの圧力降下 $\Delta P=1\text{MPa}$ 時の流量)	200	280
スプール構造	標準 (スプール回り止め機構付)	スタブシャフト付 (ゴミに弱い)
スプールラップ量	ゼロラップ	ゼロラップ
スプールストローク mm	±5	±4
パイロットバルブ構造	複コイル比例ソレノイドによるダイレクトドライブ+差動トランスセンサー付 (ゴミに強く再現性良) (現場での分解点検可能)	二段形サーボ弁 ノズルフラップタイプ (ゴミに極端に弱い) (現場での分解点検不可)
ステップ応答 ms	13	12
周波数応答 Hz	65	80
ヒステリシス %	0.5	1
アンプ	別置形 (振動、熱に弱いアンプを弁から離す事で、信頼性の高いシステムを構成)	搭載形 (振動、熱に弱い)
作動油管理	NAS9 級以内	NAS7 級以内
コスト	安価	高価

### 2.3 電気・油圧サーボ弁との比較

表 3 は性能、コストが中クラスの電気・油圧サーボ弁との比較表である。電気・油圧サーボ弁と比較して、応答性能はほぼ同等レベルを達成し、尚且つコストは 3/4 程度であり安価となっている。また、作動油管理及びメンテナンス性といった使い易さの面でも大幅に改善されていると考えている。

### 3. 適用事例

タレットパンチプレスラム駆動と射出成形機の射出シリンダへの適用例を図 10, 11 に示す。サーボ比例弁はこのように従来電気・油圧サーボ弁を使用していた油圧回路にそのまま置換え可能である。また、電気・油圧サーボ弁は外部パイロット方式であるためパイロットポンプが必要であったが、バルブを置換えることで内部パイロット方式での使用も可能となる。その場合パイロットポンプを省くことができるという利点がある。この他にも従来電気・油圧サーボ弁を使用していたがメンテナンスコストを抑えたいという用途に最適である。

### 4. おわりに

以上、新たに商品化したサーボ比例弁は、電気・油圧サーボ弁に匹敵する高応答性能を実現した。

また最近、油圧機器に対し高応答性能と並んで、省エネルギー化の要求が高まっており、これからはこのニーズも視野に入れた商品開発を進めていく。

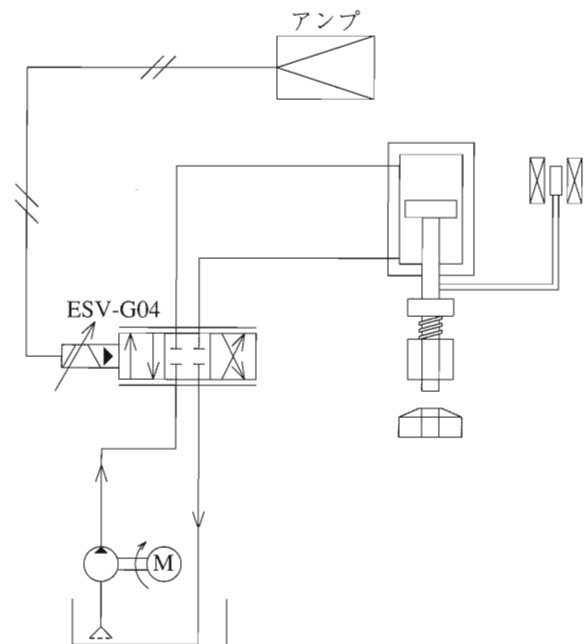


図 10 タレットパンチプレスへの適用例

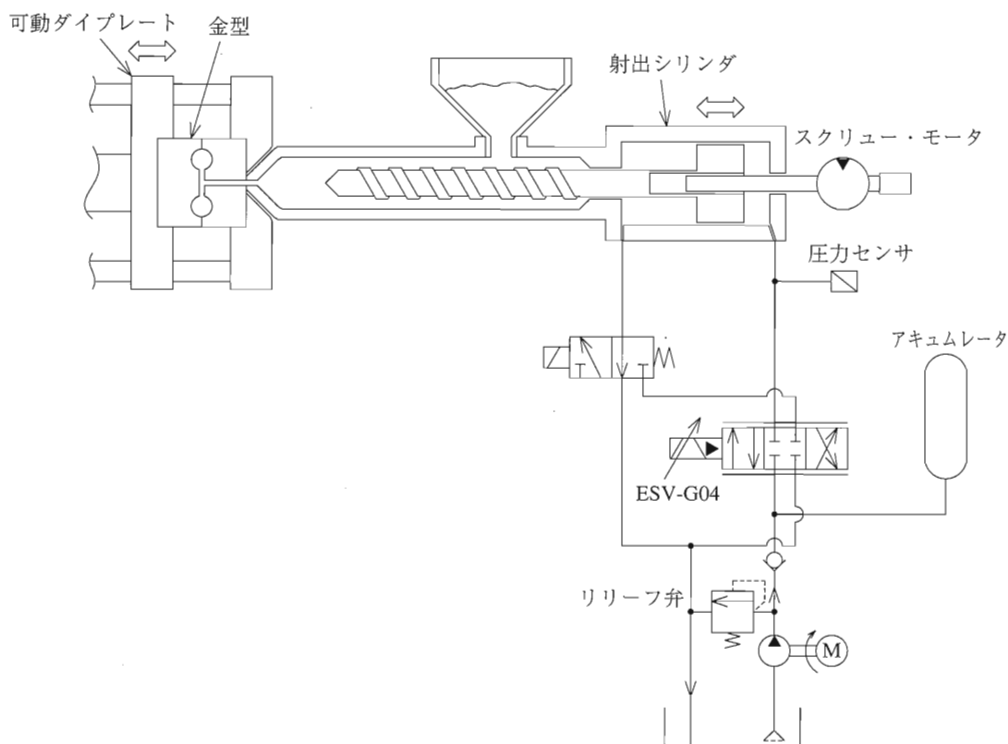


図 11 射出成形機・射出シリンダへの適用例