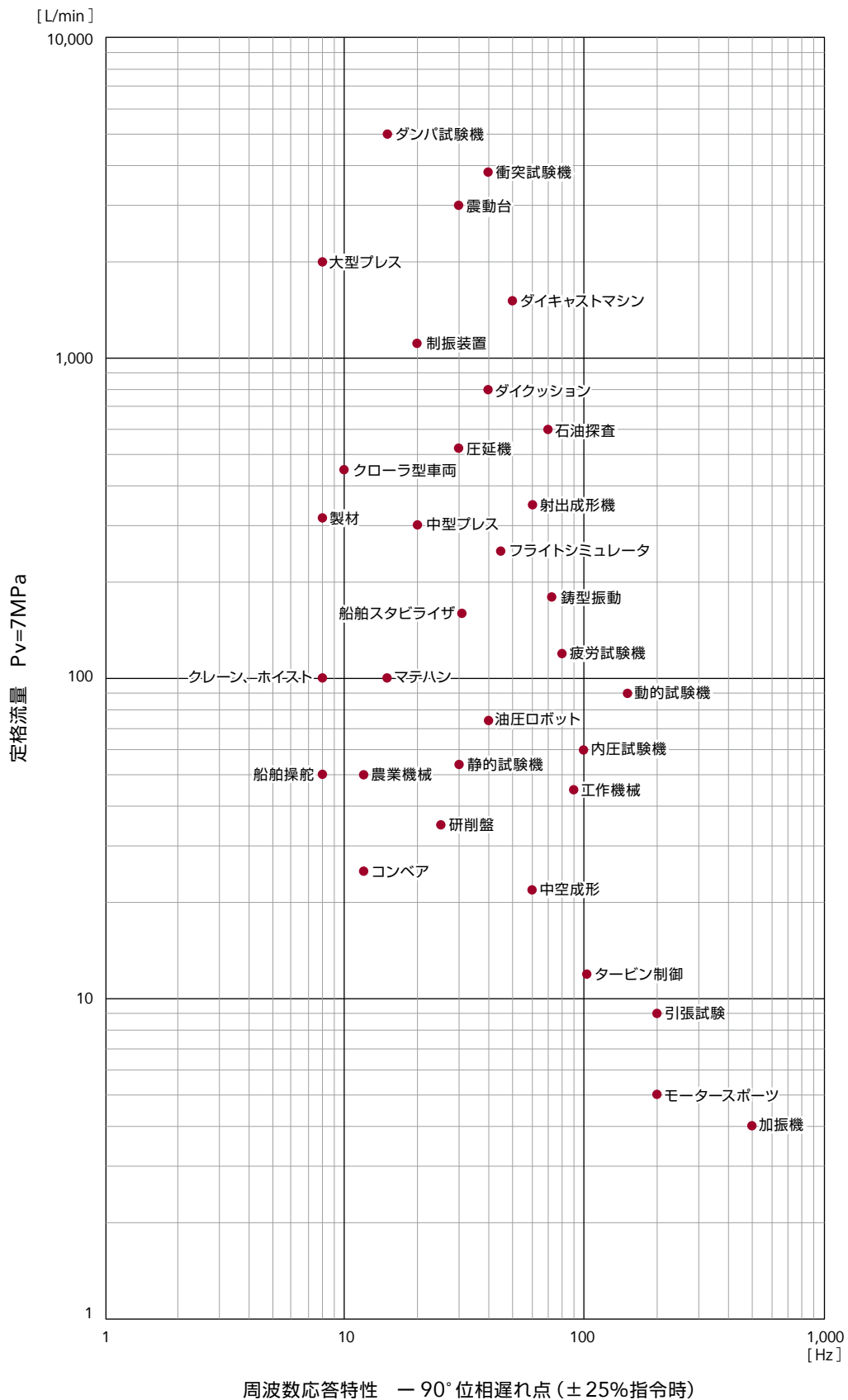




サーボ弁の選定ガイド

一般産業用の代表的アプリケーションにおける要求



サーボ弁の選定

- 2つの重要なパラメータである制御系のパワー・レベルとその周波数応答特性は、アプリケーションの条件を満足したものでなければなりません。
- サーボ弁の性能に余裕を持たせ過ぎると、コストが高くなったり、システムの性能が逆に低下することもあります。

ムーフでは、制御特性を使用条件によりマッチさせるため、各種の標準サーボ弁を取り揃えております。

正しいサーボ弁の選定基準

本書は、サーボ弁の、2つの重要なパラメータを決定する際のガイドとなるものです。

- コントロール・パワーまたは流量
- 周波数応答

この2つのパラメータの兼ね合いにより、必要なサーボ弁の形式が決まります。

各サーボ弁のそれぞれのカatalogには、下に示すような、二次的パラメータが記載されています。

- 定格圧力
- 電気仕様
- 取付方法
- 静的および動的性能
- アクセサリー（内蔵フィルター、機械的入力装置、ゼロ調整装置など）
- 外形寸法

サーボ弁による制御の特徴

サーボ弁は、絞り効果を利用して定圧供給源とアクチュエータ間の流量の調整を行いません。

そのため、サーボ弁を最も良い条件で使うには、できる限り、アクチュエータのすぐそばに取り付け、負荷応答時間を短くしなければなりません。

また、何台ものサーボ弁を同一供給源で、作動させることも可能です。

サーボ弁を使用した場合、他のいかなる種類の油圧装置を使用するよりも優れた制御精度や動特性が得られます。

しかし、系の効率は、サーボ弁の絞りの効果によるパワーの損失があるため、他の場合に比べ、やや低下します。

サーボ弁を選定する際の重要なパラメータ

サーボ弁の容量

■ 負荷条件に合うこと

アクチュエータは、普通、供給圧における最大出力（場合によってはトルク）で大きさが決定されます。これが最大負荷加速力であり、また、最大負荷保持力です。ついで、サーボ弁の容量を、限界負荷速度条件に合わせて決めます。これは、一般に、同時に要求される負荷速度と負荷力で表します。無負荷時の速度は、流量と圧力が平方根関係にあるのでかなり速くなります。

$$Q_{NL} = Q_L \sqrt{\frac{P_s}{P_s - P_L}}$$

Q_{NL} : 無負荷時にサーボ弁を流れる流量
 Q_L : 負荷時の流量
 P_s : 供給圧
 $P_s - P_L$: 負荷圧力差

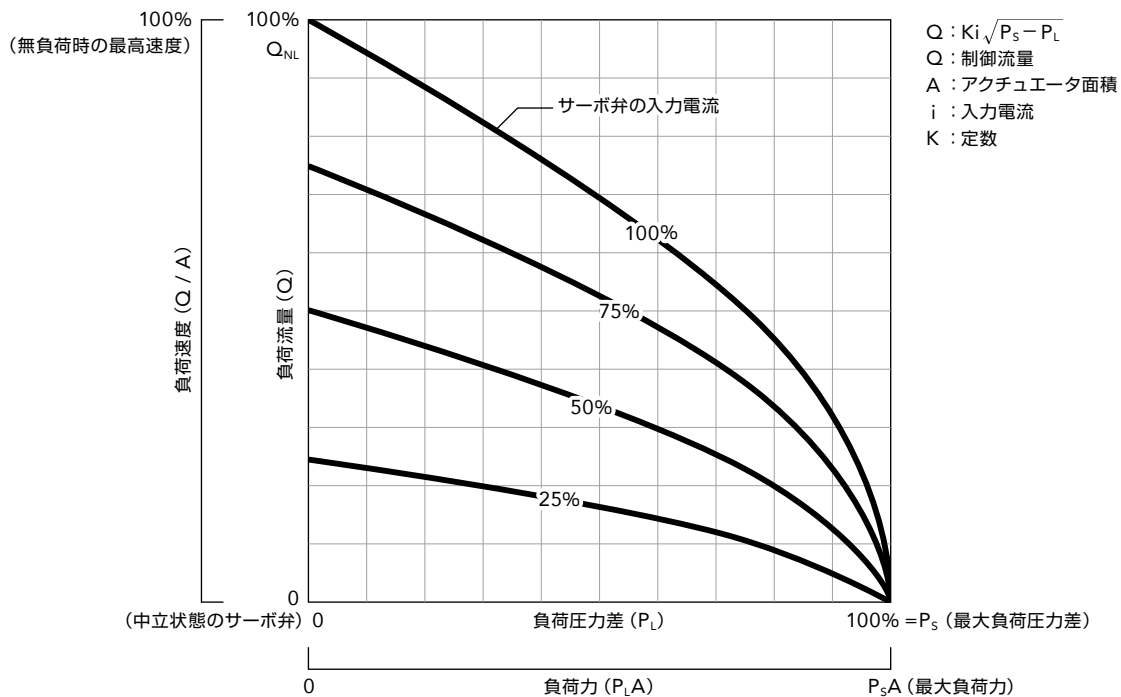
■ 標準サーボ弁仕様に符合していること

サーボ弁の容量は、普通、サーボ弁圧力降下7MPaの場合の値で表されます。この定格流量は、供給圧7MPaであれば負荷圧力差が0のときに最大制御流量に等しくなります。サーボ弁の定格流量は次の式で求める Q_R 以上のものを選定します。

$$Q_R = Q_{NL} \sqrt{\frac{7}{P_s}}$$

Q_R : 圧力7MPa時のサーボ弁の定格流量
 Q_{NL} : 上式で求めた、無負荷時にサーボ弁を流れる流量
 P_s : 実際の供給圧

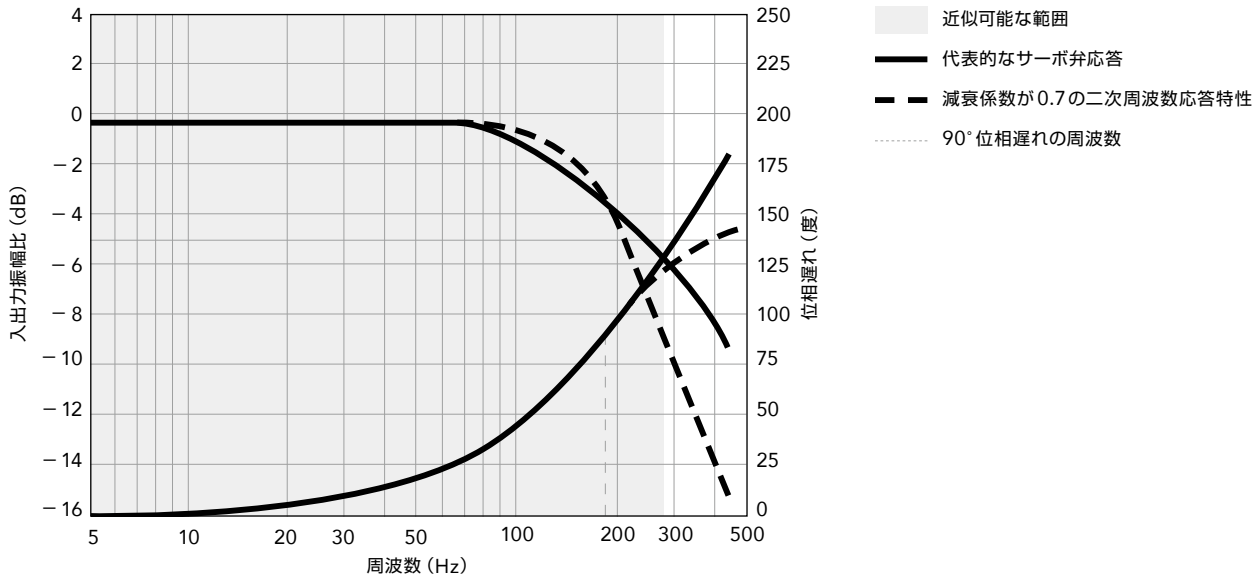
サーボ弁の容量は、システムの精度を低下させないように不必要に大きめに選ばない事が重要です。



電流および負荷圧力に対する制御流量特性
 サーボ弁の定格流量の公差は、通常±10%です。

サーボ弁の周波数応答特性

サーボ弁の位相遅れが90°のときの周波数は、その応答性を比較するのに使うことが可能です。位置遅れが90°以下の周波数範囲にあるサーボ弁の周波数応答特性は、減衰比が0.5と0.7の間の二次伝達関数で近似値を出すことができます。そのため、90°位相点は、サーボ弁の応答を比較する上においては、便利で、しかも簡単な方法です。



サーボ弁の周波数応答は、入力信号の振幅や供給圧によって変化します。そのため、条件を統一しないと相対的な比較ができません。比較する際には、±40%の正弦波入力信号および21MPaの供給圧で測定した応答を使うのがよいでしょう。サーボ弁の応答は、供給圧を高くすると若干よくなります。(各サーボ弁のカタログを参照してください)

■ 閉ループ制御 (電気的フィードバック付)

最高の性能を発揮させるためには、サーボ弁の90°位相遅れの点における周波数は、負荷の共振周波数の3倍以上が望ましいとされています。負荷の共振周波数は、普通、負荷の質量と流体の圧縮性で決定され、油柱共振とも呼ばれます。

$$F_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_o}{M}}$$

F_n : 負荷の共振周波数 (Hz)
 K_o : 流体のスティッフネス (N/m)
 M : 負荷の質量 (kg)

$$K_o = \frac{4\beta A}{X} \eta$$

β : 流体の体積弾性係数 普通 0.7 - 1.4 GPa
 A : 両ロッドシリンダの面積 (m²)
 X : ピストンの全ストローク (m)
 η : 体積効率

$$\eta = \frac{AX}{V}$$

AX : ピストンのストロークによる吐出量 (m³)
 V : サーボ弁のコントロール・ポートとシリンダ・ピストン間の全流体容量 (m³)

負荷共振周波数を上げるために、ときには、アクチュエータの面積を大きくした方がよいこともあります。そのためには、サーボ弁を大きくし、油圧供給装置の流量を上げる必要があります。もし、負荷共振周波数が、サーボ弁の90°位相点より高いと、系のループ・ゲイン(および精度)は、おそらく、サーボ弁の応答によって制限を受けます。

※ もし、取付構造が弱いと、負荷共振周波数は、アクチュエータの全体のスティッフネス(K_A)で決定されることになります。そして、この K_A は流体のスティッフネス(K_O)と構造物のスティッフネス(K_S)の兼ね合いで決まるもので、次の式で表されます。

$$K_A = \frac{K_O \cdot K_S}{K_O + K_S}$$

■ 計算例

選定の手順

つぎの手順に従って、正しいサーボ弁を選定してください。

- A. 可能な供給圧 P_s (MPa) と静止時*の所要負荷力 F_s (N) からアクチュエータの面積 A (cm^2) を決定します。
 ※動的な負荷力 F_d が与えられている時は、 $F_s=1.3 \times F_d$ として A を求めます。

$$A = \frac{F_s}{P_s} \times 0.01$$

- B. 限界負荷速度 X_L (cm/sec) とこの速度におけるアクチュエータの所要負荷力 F_L (N) から、サーボ弁の負荷時の流量 Q_L (L/min) と負荷圧力差 P_L (MPa) を求めます。

$$Q_L = A X_L \times 0.06 \quad P_L = \frac{F_L}{A} \times 0.01$$

- C. 無負荷時の流量(Q_{NL} , L/min) を計算します。

$$Q_{NL} = Q_L \sqrt{\frac{P_s}{P_s - P_L}}$$

- D. サーボ弁の定格流量(Q_R , L/minただし、圧力降下7MPaにおいて) を求め、10%の安全率を加えます。

$$Q_R = 1.1 \times Q_{NL} \sqrt{\frac{7}{P_s}}$$

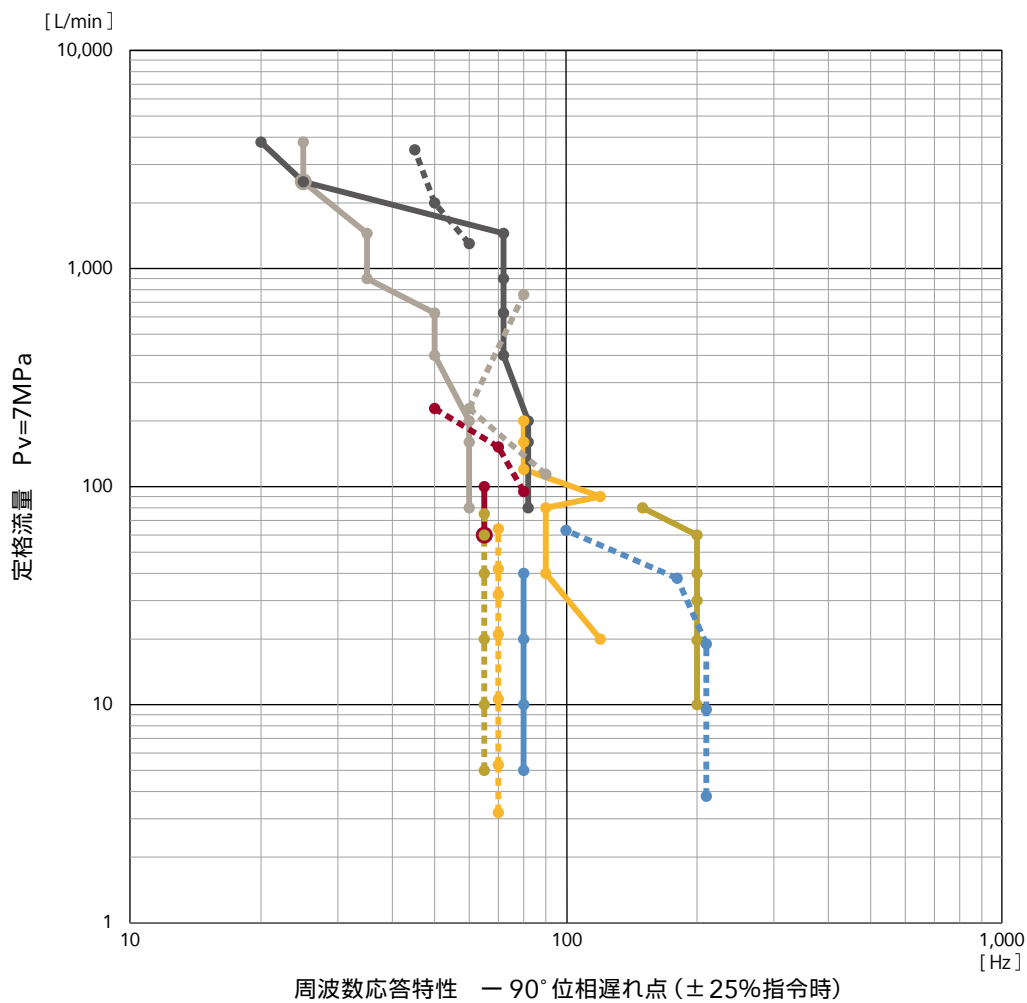
- E. フィードバック制御系の負荷共振周波数を計算します。(前ページ参照)
 サーボ弁の90°位相遅れ点の周波数は、負荷共振周波数の3倍以上を目安にします。
- F. サーボ弁の所要流量(手順D)と周波数(手順E)は7~8ページの表とチャートを参考に求めます。
- G. 流量容量と周波数が、同等かあるいはそれ以上のサーボ弁ならば、どんなサーボ弁でも十分です。
 ただし、サーボ弁の定格流量が大き過ぎると装置の精度に悪影響が出ますので選定に際してはご注意ください。
- H. データ・シートやカタログには、それぞれのサーボ弁のインフォメーションが載っており、定格電流、電気的接続、最大供給圧、パイロット供給などを選択する際の詳細な説明が記載されています。
- I. サーボ制御系の精度にサーボ弁のヒステリシス特性やスレシヨルド特性、中立点変動特性が影響しますので選定の判断材料にします。

サーボ弁 性能表

分類	型式	定格圧力	定格流量 Pv=7MPa	周波数応答特性 - 90°位相遅れ点(±25%指令時)
DDV-EFB	D633	28 MPa	5 L/min	80 Hz
			10 L/min	80 Hz
			20 L/min	80 Hz
			40 L/min	80 Hz
	D634	35 MPa	60 L/min	65 Hz
			100 L/min	65 Hz
DDV	J841	21 MPa	10 L/min	200 Hz
			20 L/min	200 Hz
			30 L/min	200 Hz
			40 L/min	200 Hz
			60 L/min	200 Hz
			80 L/min	150 Hz
EFB-ServoJetパイロット弁	D661-G..A	35 MPa	20 L/min	120 Hz
			40 L/min	90 Hz
			80 L/min	90 Hz
			90 L/min	120 Hz
			120 L/min	80 Hz
			160 L/min	80 Hz
			200 L/min	80 Hz
	D661	35 MPa	80 L/min	60 Hz
			160 L/min	60 Hz
			200 L/min	60 Hz
	D662	35 MPa	400 L/min	50 Hz
			625 L/min	50 Hz
	D663	35 MPa	900 L/min	35 Hz
	D664	35 MPa	1,450 L/min	35 Hz
D665	35 MPa	2,500 L/min	25 Hz	
		3,800 L/min	25 Hz	
EFB-DDVパイロット弁	D681	35 MPa	80 L/min	82 Hz
			160 L/min	82 Hz
			200 L/min	82 Hz
	D682	35 MPa	400 L/min	72 Hz
			625 L/min	72 Hz
	D683	35 MPa	900 L/min	72 Hz
	D684	35 MPa	1,450 L/min	72 Hz
	D685	35 MPa	2,500 L/min	25 Hz
3,800 L/min			20 Hz	
MFB	G761/761	31.5 MPa	4 L/min	210 Hz ※
			10 L/min	210 Hz ※
			19 L/min	210 Hz ※
			38 L/min	180 Hz ※
			63 L/min	100 Hz ※
	J072/072	21 MPa	95 L/min	80 Hz ※
			152 L/min	70 Hz ※
			228 L/min	50 Hz ※
	G631/631	31.5 MPa	5 L/min	65 Hz
			10 L/min	65 Hz
			20 L/min	65 Hz
			40 L/min	65 Hz
			60 L/min	65 Hz
			75 L/min	65 Hz
	J869	21 MPa	3 L/min	70 Hz
			5 L/min	70 Hz
			11 L/min	70 Hz
			21 L/min	70 Hz
			32 L/min	70 Hz
42 L/min			70 Hz	
64 L/min			70 Hz	
3段MFBパイロット弁	J079-100	35 MPa	114 L/min	90 Hz ※
			228 L/min	60 Hz ※
	J079-200	35 MPa	760 L/min	80 Hz
	J790-200	25 MPa	1,300 L/min	60 Hz ※
	J790-400	25 MPa	2,000 L/min	50 Hz ※
J790-600	25 MPa	3,500 L/min	45 Hz ※	

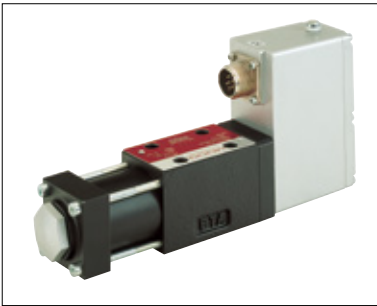
※ ±40%指令時

サーボ弁 制御条件

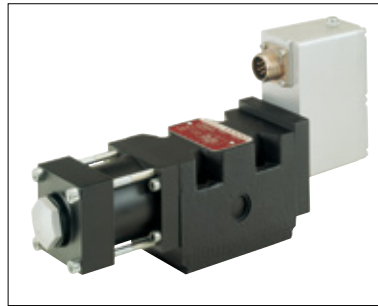


- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| — D633 | --- G761 / 761 |
| — D634 | --- J072 / 072 |
| — J841 | --- G631 / 631 |
| — D661-G..A | --- J869 |
| — D661, D662, D663, D664, D665 | --- J079-100, J079-200 |
| — D681, D682, D683, D684, D685 | --- J790-200, J790-400, J790-600 |

製品一覧



D633



D634



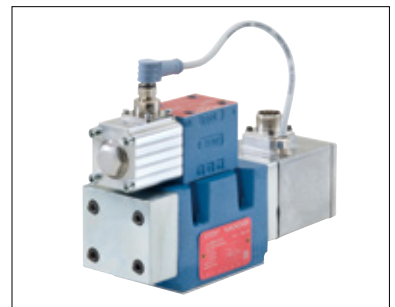
J841



D661-G..A



D661, D662, D663, D664, D665



D681, D682, D683, D684, D685



G761 / 761



J072 / 072



G631 / 631



J869



J079-100, J079-200



J790-200, J790-400, J790-600

より詳しい情報はこちらへ

ムーグの製品、各ソリューションおよびサービスに関する詳しい情報は、メールでお問い合わせいただくか、WEBサイトをご覧ください。また、最寄りのムーグの事業拠点にも直接お問い合わせいただけます。

アイルランド
+353 21 451 9000
info.ireland@moog.com

韓国
+82 31 764 6711
info.korea@moog.com

ノルウェー
+47 6494 1948
info.norway@moog.com

アメリカ
+1 716 652 2000
info.usa@moog.com

シンガポール
+65 677 36238
info.singapore@moog.com

フィンランド
+358 10 422 1840
info.finland@moog.com

アルゼンチン
+54 11 4326 5916
info.argentina@moog.com

スイス
+41 71 394 5010
info.switzerland@moog.com

フランス
+33 1 4560 7000
info.france@moog.com

イギリス
+44 168 429 6600
info.uk@moog.com

スウェーデン
+46 31 680 060
info.sweden@moog.com

ブラジル
+55 11 3572 0400
info.brazil@moog.com

イタリア
+39 0332 421 111
info.italy@moog.com

スペイン
+34 902 133 240
info.spain@moog.com

香港
+852 2 635 3200
info.hongkong@moog.com

インド
+91 80 4057 6666
info.india@moog.com

中国
+86 21 2893 1600
Info.china@moog.com

南アフリカ
+27 12 653 6768
info.southafrica@moog.com

オーストラリア
+61 3 9561 6044
info.australia@moog.com

ドイツ
+49 7031 622 0
info.germany@moog.com

ルクセンブルグ
+352 40 46 401
info.luxembourg@moog.com

オランダ
+31 252 462 000
info.netherlands@moog.com

トルコ
+90 216 663 6020
info.turkey@moog.com

ロシア
+7 8 31 713 1811
info.russia@moog.com

カナダ
+1 716 652 2000
info.canada@moog.com

日本
+81 46 355 3767
info.japan@moog.com

www.moog.co.jp

©2015 Moog Inc. 日本ムーグ株式会社
MoogおよびムーグはMoog Inc.の登録商標です。
本書に記された全ての商標はMoog Inc.および日本ムーグ株式会社の商標です。

Servo Valve Selection Guide-ja
YCO / YCO / PDF, April 2015