


ベーンタイプ ロータリアクチュエータシリーズ体系

外観	特長	機種選定のポイント	
<p>CRB2シリーズ サイズ/10, 15, 20, 30, 40</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ●揺動角度のいかんにかかわらずMAX.280°まで外觀寸法が変らずコンパクトです。 	<ul style="list-style-type: none"> ●丸型で、コンパクト 	<ul style="list-style-type: none"> ●特にコンパクト性が要求される場合。 ●小型軽量で、ロボットアームの一部として。 <small>(注)スイッチユニット、角度調整ユニットを取付けても半径方向への張出しがない。</small>
<p>CRBU2シリーズ サイズ/10, 15, 20, 30, 40</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ●構造上バックラッシュはありません。 ●配管取出しが本体側面と軸方向の2方向から選択可能です。 ●ダブルベーンタイプを採用されますとシングルベーンタイプと外觀形状が同一(サイズ10を除く)で2倍のトルクが得られます。 ●特殊シール構造の採用により、リーク量は極めて僅かです。 	<ul style="list-style-type: none"> ●縦、横、軸方向の取付が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ●取付方向に制約がありコンパクト性が要求される場合。
<p>CRB1シリーズ サイズ/50, 63, 80, 100</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ●オートスイッチ付でも配管取出しは、本体側面と、軸方向の2方向から選択可能です。 	<ul style="list-style-type: none"> ●揺動角度が280°までであり、トルクが大きく、かつ、コンパクト性が要求される場合。
<p>ロータリテーブル/高精度形 MSUAシリーズ サイズ/1, 3, 7, 20</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ●テーブル面の振れ精度向上0.03mm以内 	<ul style="list-style-type: none"> ●テーブル面の振れ精度が要求される場合。
<p>ロータリテーブル MSUBシリーズ サイズ/1, 3, 7, 20</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ●揺動角度のいかんにかかわらずMAX190°まで外觀寸法が変らずコンパクトです。 ●構造上バックラッシュはありません。 	<ul style="list-style-type: none"> ●負荷の直接取付が可能です。 ●揺動範囲の調整が容易です。 ●角度調整が標準装備されています。 ●本体取付時の芯出しが容易です。 	<ul style="list-style-type: none"> ●テーブル付が必要な場合。 ●取付方向に制約がありコンパクト性が要求される場合。 ●ロボットハンドの一部として使用。

ベーンタイプ

ベーンタイプ／ロータリアクチュエータシリーズ体系

★条件：0.5MPa時の値

作動方式	サイズ	揺動角度						★実効トルク N・m	速度調整可能範囲 s/90°	許容エネルギー J	ページ	
		90°	100°	180°	190°	270°	280°					
シングル ベーン	10							0.12	0.03~0.3	0.00015	P.47 } P.106	
	15							0.32		0.0001		
	20							0.70		0.003		
	30							1.83	0.04~0.3	0.020		
	40							3.73	0.07~0.5	0.040		
ダブル ベーン	10							0.25	0.03~0.3	0.0003		
	15							0.65		0.0012		
	20							1.45		0.0033		
	30							3.70	0.04~0.3	0.020		
	40							7.59	0.07~0.5	0.040		
シングル ベーン	10							0.12	0.03~0.3	0.00015	P.107 } P.137	
	15							0.32		0.0001		
	20							0.70		0.003		
	30							1.83	0.04~0.3	0.020		
	40							3.73	0.07~0.5	0.040		
ダブル ベーン	10							0.25	0.03~0.3	0.0003		
	15							0.65		0.0012		
	20							1.45		0.0033		
	30							3.70	0.04~0.3	0.020		
	40							7.59	0.07~0.5	0.040		
シングル ベーン	50							5.69	0.1~1	0.082	P.107 } P.137	
	63							10.8		0.120		
	80							18.0		0.398		
	100							35.9		0.600		
ダブル ベーン	50							11.8		0.112		
	63							22.7		0.160		
	80							36.5		0.540		
	100							72.6	0.811			
シングル ベーン	1							0.11	0.07~0.3	0.0065		P.139 } P.170
	3							0.31		0.017		
	7							0.69		0.042		
	20							1.78		0.073		
シングル ベーン	1							0.11		0.005		
	3							0.31		0.013		
	7							0.69		0.032		
	20							1.78		0.056		
ダブル ベーン	1							0.23		0.005		
	3							0.62		0.013		
	7							1.42	0.032			
	20							3.63	0.056			

- [注記] 1.実効トルク：上表の値は、代表値であり保証値ではありませんので採用にあたっては、注意してください。
 2.速度調整可能範囲：低速領域を超えての使用は、スティック現象あるいは作動停止を招きますので注意してください。
 3.MSUシリーズ・シングルベーンタイプは、角度表示の揺動端において±5°、ダブルベーンタイプは±2.5°の角度調整が可能です。
 4.MSUシリーズは、テーブルの慣性モーメントを考慮して、負荷の運動エネルギーを算出してください。

CRB2
CRB1
MSU
CRJ
CRA1
CRQ2
MSQ
MSZ
CRQ2X
MSQX
MRQ

D-□

ラックピニオンタイプ ロータリアクチュエータシリーズ体系

外観	特長	機種選定のポイント	
CRJBシリーズ サイズ/05, 1 (基本形) 	<ul style="list-style-type: none"> ●小型・軽量です。 ●配線・配管が正面または側面に集約可能です。 	<ul style="list-style-type: none"> ●本体上下面および背面の3方向の取付が可能です。 	<ul style="list-style-type: none"> ●特にコンパクト性が要求される場合。
CRJUシリーズ サイズ/05, 1 (外部ストッパ付) 	<ul style="list-style-type: none"> ●バックラッシュはありません。 	<ul style="list-style-type: none"> ●本体下面および背面の2方向の取付が可能です。 ●角度調整が可能です。 	<ul style="list-style-type: none"> ●特にコンパクト性が要求される場合。 ●角度調整が必要な場合。
CRA1シリーズ サイズ/30, 50, 63, 80, 100 	<ul style="list-style-type: none"> ●ベーンタイプに比べ、比較的低速での使用が可能です。 	<ul style="list-style-type: none"> ●小型オートスイッチ(D-M9□型)が取付可能です。 ●シングルピストン方式を採用していますので1°以内の僅かなバックラッシュがあります。 ●小型品から大型品までバリエーションが豊富です。 ●エアハイドロ仕様が可能です。(サイズ30除く) 	<ul style="list-style-type: none"> ●速度調整範囲に大きな幅が要求される場合。 ●エアハイドロ仕様の場合。
CRQ2シリーズ サイズ/10, 15, 20, 30, 40 	<ul style="list-style-type: none"> ●エアクション付が選択可能です。(CRQ2: 10, 15は除く) 	<ul style="list-style-type: none"> ●ダブルピストン方式を採用していますのでバックラッシュがありません。 	<ul style="list-style-type: none"> ●特に薄形が必要な場合。 ●ノーバックラッシュが要求される場合。
ロータリテーブル MSQシリーズ サイズ/1, 2, 3, 7, 10, 20, 30, 50, 70, 100, 200  サイズ/10, 20, 30, 50 (外部アブソーバ付) 	<ul style="list-style-type: none"> ●テーブル面の高さをおさえた薄型タイプの揺動テーブルユニット ●バックラッシュはありません。 ●配管取出しが本体端面と側面の2方向から選択可能です。 ●内部アブソーバ付が選択可能(サイズ10,20,30,50,70,100,200) ●外部アブソーバ付が選択可能(サイズ10,20,30,50) 	<ul style="list-style-type: none"> ●本体取付時の芯出しが容易です。 ●負荷の直接取付が可能です。 ●0°~190°の間で任意の角度調整が可能です。(アジャストボルトタイプ、内部アブソーバタイプ) ●本体をフランジとして利用可能です。 	<ul style="list-style-type: none"> ●テーブル付が必要な場合。 ●特に薄形が必要な場合。 ●ノーバックラッシュが要求される場合。
3ポジションロータリテーブル MSZシリーズ サイズ/10, 20, 30, 50 	<ul style="list-style-type: none"> ●3位置プレッシャセンタの電磁弁一つで制御可能です。 ●バックラッシュはありません。 	<ul style="list-style-type: none"> ●中間位置基準で左右各0~95°の範囲で揺動端の位置調整が可能です。 	<ul style="list-style-type: none"> ●3位置停止が必要な場合。
低速ロータリアクチュエータ CRQ2Xシリーズ サイズ/10, 15, 20, 30, 40  低速ロータリテーブル MSQXシリーズ サイズ/10, 20, 30, 50 	<ul style="list-style-type: none"> ●5s/90°での安定動作が可能です。 	<ul style="list-style-type: none"> ●CRQ2シリーズと同一寸法です。 ●MSQシリーズと同一寸法です。 	<ul style="list-style-type: none"> ●低速動作が必要な場合。

ラックピニオンタイプ

ロータリシリンダ
MRQシリーズ
サイズ/32, 40
P.343~361

／薄形シリンダとロータリアクチュエータをコンパクトに一体化した直進揺動ユニット



- 揺動角度/80°~100°、170°~190°
- 直進ストローク/5、10、15、20、25、30、40、50、75、100mm

ラックピニオンタイプ／ロータリアクチュエータシリーズ体系

★条件：0.5MPa時の値

作動方式	サイズ	揺動角度					★実効トルク N・m	速度調整可能範囲 s/90°	許容エネルギー J	ページ
		90°	100°	180°	190°	360°				
シングル ラック	05						0.042	0.1~0.5	0.00025	P.171 § P.182
	1						0.095		0.001	
	05						0.042	0.1~0.5	0.0004	
	1						0.095		0.002	
シングル ラック	30						1.91	0.2~1	0.010	P.183 § P.232
	50						9.27	0.2~2	0.050	
									*0.98	
	63						17.2	0.2~3	0.12	
									*1.5	
	80						31.7	0.2~4	0.16	
								*2.0		
100						74.3	0.2~5	0.54		
								*2.9		
ダブル ラック	10						0.3	0.2~0.7	0.00025	P.233 § P.260
	15						0.75		0.00039	
	20						1.84	0.2~1	0.025	
									*0.12	
	30						3.11		0.048	
									*0.25	
40						5.3		0.081		
								*0.4		
ダブル ラック	1						0.087	0.2~0.7	0.001	P.261 § P.286
	2						0.18		0.0015	
	3						0.29		0.002	
	7						0.56	0.2~1	0.006	
	10						0.89	0.2~1	0.007	
									*0.039	
	20						1.84		0.025	
									*0.116	
	30						2.73	(ショックアブソーバ付は 0.2~0.7)	0.048	
									*0.116	
	50						4.64		0.081	
									*0.294	
	70						6.79	(ショックアブソーバ付は 0.2~1.5 0.2~1)	0.24	
								*1.1		
100						10.1	(ショックアブソーバ付は 0.2~2 0.2~1)	0.32		
								*1.6		
200						19.8	(ショックアブソーバ付は 0.2~2.5 0.2~1)	0.56		
								*2.9		
ダブル ラック	10						0.90	0.2~1	0.007	P.287 § P.299
	20						1.78		0.025	
	30						2.65		0.048	
	50						4.75		0.081	
ダブル ラック	10						0.3	0.7~5	0.00025	P.301 § P.341
	15						0.75		0.00039	
	20						1.84		0.025	
	30						3.11		0.048	
	40						5.3		0.081	
ダブル ラック	10						0.89	1~5	0.007	P.341
	20						1.84		0.025	
	30						2.73		0.048	
	40						4.64		0.081	
	50						6.79		0.16	

〔注記〕 1. 実効トルク：上表の値は、代表値であり保証値ではありませんので採用にあたっては、注意してください。
2. 速度調整可能範囲：範囲を超えた低速での使用は、スティック現象あるいは作動停止を招きますので注意してください。

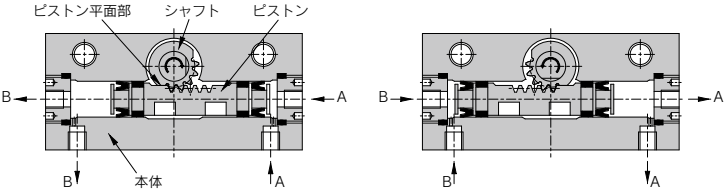
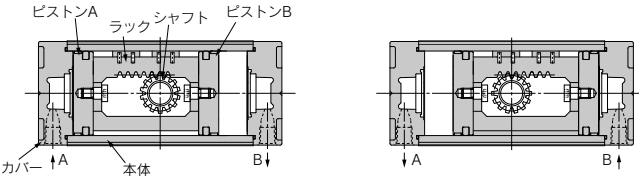
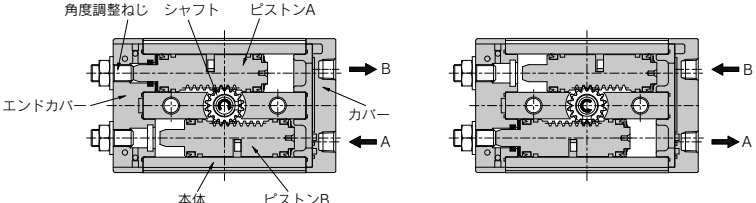
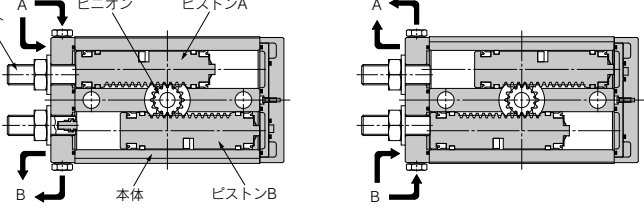
3. 許容エネルギー
※印：CRA1シリーズおよびCRQ2シリーズの許容エネルギーにおける※印は、エアクッション付の値を示します。
MSQシリーズは内部アブソーバタイプの値を示します。
4. MSQシリーズ外部アブソーバタイプ(Lタイプ、Hタイプ)の許容エネルギーについては、P.279を参照ください。

CRB2
CRB1
MSU
CRJ
CRA1
CRQ2
MSQ
MSZ
CRQ2X
MSQX
MRQ

D-□

作動原理

ラックピニオンタイプ

シリーズ	作動原理
CRJ	 <ol style="list-style-type: none"> 1. 本体シリンダ内を揺動するラックと一体となったピストンとシャフトにより構成されています。 2. Aポートから空気が供給されると、ピストンの右側が押され、ラックピニオンを介してシャフトにトルクが発生します。 3. 排気側の室の空気はBポートを通じて排気され、時計方向へ回転します。 4. シャフトの一部がピストン平面部に当たることにより回転は停止します。 5. Bポートから空気を供給されると、同様に反時計方向へ回転します。
CRA1	 <ol style="list-style-type: none"> 1. 本体シリンダ内を揺動する2個のピストンとピストンに挟まれたラックおよびシャフトにより構成されています。 2. Aポートから空気が供給されると、ピストンAが押され、ラックピニオンを介してシャフトにトルクが発生します。 3. 排気側の室の空気はBポートを通じて排気され、時計方向へ回転します。 4. シャフトはピストンBがカバーに当たり停止することにより止まります。 5. Bポートから空気を供給されると、同様に反時計方向へ回転します。
CRQ2	 <ol style="list-style-type: none"> 1. 2つの平行したシリンダ内を揺動するラックと一体となった2個のピストンとシャフトにより構成されています。 2. Aポートから空気が供給されると、ピストンAの右側が押されると同時に本体のエア通路を通り、ピストンAの左側も押され、シャフトにピストン2本分のトルクが発生します。 3. 排気側の室の空気はBポートを通じて排気され、時計方向へ回転します。 4. シャフトはピストンBが角度調整ねじに当たり停止することにより止まります。 5. Bポートから空気を供給されると、同様に反時計方向へ回転します。
MSQ	 <ol style="list-style-type: none"> 1. 2つの平行したシリンダ内を揺動するラックと一体となった2個のピストンとピニオンにより構成されています。 2. Aポートから空気が供給されると、ピストンAの左側が押されると同時に本体のエア通路を通り、ピストンBの右側も押され、ピニオンにピストン2本分のトルクが発生します。 3. 排気側の室の空気はBポートを通じて排気され、時計方向へ回転します。 4. ピニオンはピストンBがアジャストボルトに当たり停止することにより止まります。 5. Bポートから空気を供給されると、同様に反時計方向へ回転します。

作動原理／負荷の取付方法

ペーンタイプ

シリーズ	シングルペーンタイプ(S)	ダブルペーンタイプ(D)
CRB2 ・ CRB1 ・ CRBU2 ・ MSU	<ol style="list-style-type: none"> ボディ内面を揺動するペーンと一体であるシャフト、およびストッパにより構成されています。 Aポートから空気が供給されると、ペーンが押されてシャフトにトルクが発生します。 排気側の室の空気はBポートを通じて排気され、時計方向へ回転します。 ペーンはストッパにあたって停止します。 Bポートから空気が供給されると、同様に反時計方向へ回転します。 	<ol style="list-style-type: none"> ボディ内面を揺動する2個のペーンと一体であるシャフト、および2個のストッパにより構成されています。 Aポートから空気が供給されるとシャフトの通路を通り他方の室にも供給され、2つのペーンが押されシャフトにトルクが発生します。 動作はシングルペーンと同様に回転します。

CRB2

CRB1

MSU

CRJ

CRA1

CRQ2

MSQ

MSZ

CRQ2X

MSQX

MRQ

負荷の取付方法

一面取加工の回転軸における負荷の直接的な接続方法

負荷の固定用ボルトは、回転軸の一面取面圧強度などを考慮し、表1、2に示すボルトサイズを使用される事をお薦め致します。

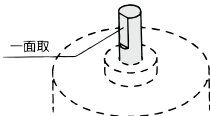


表1. ボルトで直接固定する場合 (図1参照)

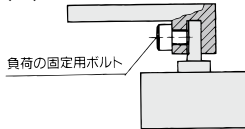
代表型式	サイズ	軸径	ボルトサイズ
CRQ2	10	5	M5以上
	15	6	
CRB2	10	4	M4以上
	15	5	M5以上
	20	6	M5以上
	30	8	M6以上
CRBU2	10	4	M4以上
	15	5	M5以上
	20	6	M5以上
	30	8	M6以上
CRJ	05	5	M5以上
	1	6	

表2. 固定ブロックを利用する場合 (図2参照)

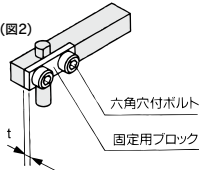
代表型式	サイズ	軸径	ボルトサイズ	板厚(t)
CRQ2	10	5	M3以上	2.3以上
	15	6	M4以上	3.6以上
CRB2	10	4	M3以上	2 以上
	15	5	M3以上	2.3以上
	20	6	M4以上	3.6以上
	30	8	M5以上	4 以上
CRBU2	10	4	M3以上	2 以上
	15	5	M3以上	2.3以上
	20	6	M4以上	3.6以上
CRJ	05	5	M3以上	2.3以上
	1	6	M4以上	3.6以上

上表の板厚(t)は、炭素鋼板を利用したときの参考値です。
なお固定ブロックの製作は、行っておりません。

(図1)



(図2)



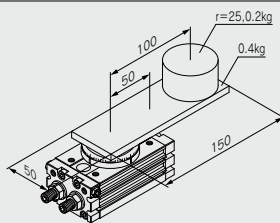
D-□

ロータリアクチュエータの機種選定手順

①慣性モーメントの算出	P.24
①-1 慣性モーメント計算式一覧表	P.25
①-2 慣性モーメントの算出例	P.26
①-3 慣性モーメント算出用グラフ	P.28
②必要トルクの算出	P.30
②-1 負荷の種類	P.30
②-2 実効トルク	P.31
②-3 機種毎の実効トルク	P.31
③揺動時間の確認	P.33
④運動エネルギーの算出	P.34
④-1 許容運動エネルギーと揺動時間調整範囲	P.35
④-2 慣性モーメントと揺動時間	P.36
⑤許容荷重の確認	P.39
⑥空気消費量および所要空気量の算出	P.40
⑥-1 内部容積と空気消費量	P.41
⑥-2 空気消費量算出グラフ	P.43

ロータリアクチュエータの機種選定手順

(低速ロータリアクチュエータ **CRQ2X/MSQX**の機種選定につきまして) については、P.302~307を参照ください。

機種選定の手順	備考	選定例
<p>◆使用条件の列挙</p> <p>使用条件を列挙します。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・仮選定機種 ・使用圧力 MPa ・取付姿勢 ・負荷の種類 <ul style="list-style-type: none"> ・静的負荷 ・抵抗負荷 ・慣性負荷 ・負荷の寸法 m ・負荷の質量 kg ・揺動時間 s ・揺動角度 rad 	<ul style="list-style-type: none"> ・負荷の種類につきましては、P.30を参照ください。 ・揺動角度の単位はラジアンとします。 $180^\circ = \pi \text{rad}$ $90^\circ = \pi/2 \text{rad}$ 	 <p>仮選定機種: MSQB30A 使用圧力: 0.3MPa 取付姿勢: 垂直 負荷の種類: 慣性負荷 揺動時間: t=1.5s 揺動角度: $\theta = \pi \text{rad}(180^\circ)$</p>
<p>① 慣性モーメントの算出</p> <p>負荷の慣性モーメントを算出します。 ⇒P.24</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・複数の部品から成る負荷は、それぞれの負荷について慣性モーメントを求め、合計します。 	<p>負荷1の慣性モーメント: I_1 $I_1 = 0.4 \times \frac{0.15^2 + 0.05^2}{12} + 0.4 \times 0.05^2 = 0.001833$</p> <p>負荷2の慣性モーメント: I_2 $I_2 = 0.2 \times \frac{0.025^2}{2} + 0.2 \times 0.1^2 = 0.002063$</p> <p>全体の慣性モーメント: I $I = I_1 + I_2 = 0.003896 [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$</p>
<p>② 必要トルクの算出</p> <p>負荷の種類に応じた必要トルクを求め、実効トルク範囲内であることを確認します。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・静的負荷(T_s)の場合 必要トルク $T = T_s$ ・抵抗負荷(T_f)の場合 必要トルク $T = T_f \times (3 \sim 5)$ ・慣性負荷(T_a)の場合 必要トルク $T = T_a \times 10$ <p>⇒P.30</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・抵抗負荷であっても、負荷を揺動させる場合は、慣性負荷から求めた必要トルクを加算する必要があります。 <p>必要トルク $T = T_f \times (3 \sim 5) + T_a \times 10$</p>	<p>慣性負荷: T_a $T_a = I \cdot \dot{\omega}$ $\dot{\omega} = \frac{2\theta}{t^2} [\text{rad/s}^2]$ 必要トルク: T $T = T_a \times 10$ $= 0.003896 \times \frac{2 \times \pi}{1.5^2} \times 10 = 0.109 [\text{N} \cdot \text{m}]$ $0.109 \text{Nm} < \text{実効トルク OK}$</p>
<p>③ 揺動時間の確認</p> <p>揺動時間調整範囲内であることを確認します。 ⇒P.33</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・90°あたりの時間に換算して検討します。(1.0s/180°は0.5s/90°として比較) 	<p>$0.2 \leq t \leq 1.0$ $t = 0.75 \text{s}/90^\circ \text{ OK}$</p>
<p>④ 運動エネルギーの算出</p> <p>負荷の運動エネルギーを計算し、許容範囲内であることを確認します。</p> <p>慣性モーメントと揺動時間のグラフからも確認できます。(P.36~38) ⇒P.34</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・許容値を超える場合は、外部にアブソーバ等の緩衝機構を設置する必要があります。 	<p>運動エネルギー: E $E = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$ $\omega = \frac{2 \cdot \theta}{t}$ $E = \frac{1}{2} \times 0.003896 \times \left(\frac{2 \times \pi}{1.5} \right)^2 = 0.03414 [\text{J}]$ $0.03414 [\text{J}] < \text{許容エネルギー OK}$</p>
<p>⑤ 許容荷重の確認</p> <p>製品に作用する荷重が許容範囲内であることを確認します。 ⇒P.39</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・許容値を超える場合は、外部に軸受け等を設置する必要があります。 	<p>モーメント荷重: M $M = 0.4 \times 9.8 \times 0.05 + 0.2 \times 9.8 \times 0.1$ $= 0.392 [\text{N} \cdot \text{m}]$ $0.392 [\text{N} \cdot \text{m}] < \text{許容モーメント荷重 OK}$</p>
<p>⑥ 空気消費量および所要空気量の算出</p> <p>必要に応じて、空気消費量および所要空気量を算出します。 ⇒P.40</p>		

- CRB□2
- CRB1
- MSU
- CRJ
- CRA1
- CRQ2
- MSQ
- MSZ
- CRQ2X
- MSQX
- MRQ

D-□

ロータリアクチュエータの機種選定手順

① 慣性モーメントの算出

慣性モーメントは回転体の慣性の大きさを表す値で、物体の回しにくさ、止めにくさを表しています。

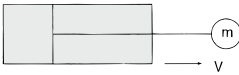
ロータリアクチュエータの選定においては、必要トルクや運動エネルギーを求めるときに負荷の慣性モーメントの値が必要となります。

アクチュエータによって負荷を動かすと、その負荷には運動エネルギーが生じます。このため運動している負荷を止めるときには、その負荷が持っている運動エネルギーをストッパやショックアブソーバ等で吸収する必要があります。

負荷の運動エネルギーは図1(直線運動の場合)および図2(揺動運動の場合)に示す式で計算することができます。

直線運動をする場合の運動エネルギーは(1)式より、速度 v が一定であれば質量 m に比例し、揺動運動の場合は(2)式より、角速度 ω が一定であれば慣性モーメントに比例します。

直線運動の場合

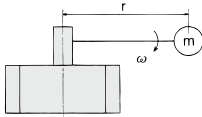


$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 \dots\dots\dots(1)式$$

E : 運動エネルギー
m : 負荷の質量
V : 速度

図1 直線運動

揺動運動の場合



$$E = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 \cdot \omega^2 \dots\dots(2)式$$

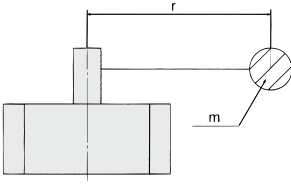
E : 運動エネルギー
I : 慣性モーメント(=m・r²)
 ω : 角速度
m : 質量
r : 回転半径

図2 揺動運動

慣性モーメントは負荷の質量と回転半径の二乗に比例するため、質量が同じ負荷でも、回転半径が大きい場合は慣性モーメントは二乗で大きくなり、それに伴って運動エネルギーも大きくなり、製品の破損につながる場合があります。このように揺動運動の場合は負荷の質量ではなく、慣性モーメントを考慮して選定する必要があります。

慣性モーメントの計算式

慣性モーメントの基本式は次式で示されます。



$$I = m \cdot r^2$$

m : 質量
r : 回転半径

この式は回転軸から r の距離にある質量 m の回転軸に対する慣性モーメントを表しています。実際の負荷では、次ページに示すように形状ごとに慣性モーメントの算出式が決まっています。

- ⇒P.25 慣性モーメント計算式一覧表
- ⇒P.26、27 慣性モーメントの算出例
- ⇒P.28、29 慣性モーメント算出用グラフ

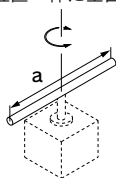
ロータリアクチュエータの機種選定手順

①-1 慣性モーメント計算式一覧表

I:慣性モーメント m:負荷質量

① 細い棒

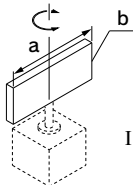
回転軸の位置：棒に垂直で重心を通る



$$I = m \cdot \frac{a^2}{12}$$

② 薄い長方形板

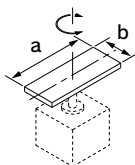
回転軸の位置：辺bに平行で重心を通る



$$I = m \cdot \frac{a^2}{12}$$

③ 薄い長方形板(直方体を含む)

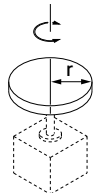
回転軸の位置：板に垂直で重心を通る



$$I = m \cdot \frac{a^2 + b^2}{12}$$

④ 円板(円柱を含む)

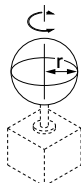
回転軸の位置：中心軸を通る



$$I = m \cdot \frac{r^2}{2}$$

⑤ 充実した球

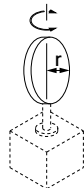
回転軸の位置：直径を通る



$$I = m \cdot \frac{2r^2}{5}$$

⑥ 薄い円板

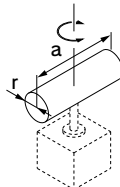
回転軸の位置：直径を通る



$$I = m \cdot \frac{r^2}{4}$$

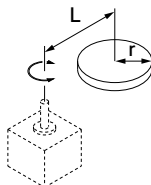
⑦ 円筒

回転軸の位置：直径および重心を通る



$$I = m \cdot \frac{3r^2 + a^2}{12}$$

⑧ 回転軸と負荷重心が一致しない場合

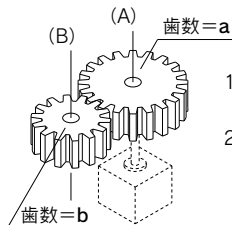


$$I = K + m \cdot L^2$$

K:負荷重心まわりの慣性モーメント

④円板の場合 $K = m \cdot \frac{r^2}{2}$

⑨ 歯車伝達の場合



1. (B) 軸回りの慣性モーメント I_B を求める

2. I_B を (A) 軸回りの慣性モーメント I_A に換算

$$I_A = \left(\frac{a}{b}\right)^2 \cdot I_B$$

CRB□2

CRB1

MSU

CRJ

CRA1

CRQ2

MSQ

MSZ

CRQ2X

MSQX

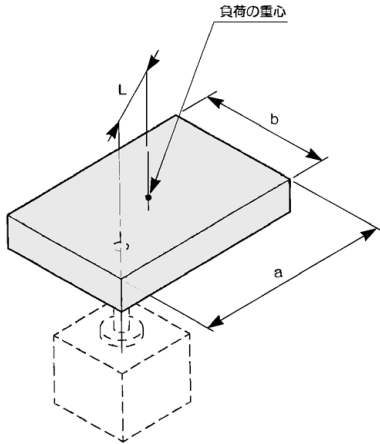
MRQ

D-□

ロータリアクチュエータの機種選定手順

①-2 慣性モーメントの算出例

1 回転軸が負荷の任意の点にある場合



例) ①負荷が薄い長方形板の時
負荷の重心を仮の回転軸として I_1 を求める。

$$I_1 = m \cdot \frac{a^2 + b^2}{12}$$

②負荷の重心点に負荷自身の質量が集中しているものとして、実際の回転軸回りの慣性モーメント I_2 を求める。

$$I_2 = m \cdot L^2$$

③実際の慣性モーメント I を求める。

$$I = I_1 + I_2$$

(m :負荷の質量
 L :回転軸から負荷の重心までの距離)

計算例

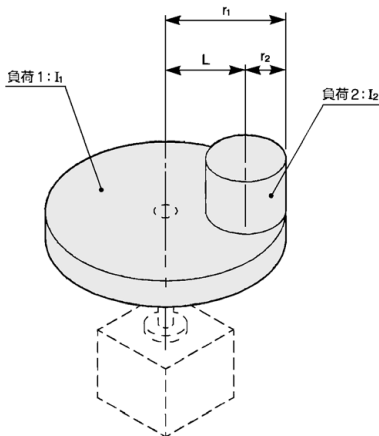
$a=0.2\text{m}, b=0.1\text{m}, L=0.05\text{m}, m=1.5\text{kg}$ の時

$$I_1 = 1.5 \times \frac{0.2^2 + 0.1^2}{12} = 6.25 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_2 = 1.5 \times 0.05^2 = 3.75 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I = (6.25 + 3.75) \times 10^{-3} = 0.01 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

2 複数の負荷に分割される場合



例) ①負荷が2個の円柱に分割される時
 { 負荷1の重心は回転軸と一致 }
 { 負荷2の重心は回転軸と異なる }
 負荷1の慣性モーメントを求める

$$I_1 = m_1 \cdot \frac{r_1^2}{2}$$

②負荷2の慣性モーメントを求める。

$$I_2 = m_2 \cdot \frac{r_2^2}{2} + m_2 \cdot L^2$$

③実際の慣性モーメント I を求める。

$$I = I_1 + I_2$$

(m_1, m_2 :負荷1、2の質量
 r_1, r_2 :負荷1、2の半径
 L :回転軸から負荷2の重心までの距離)

計算例

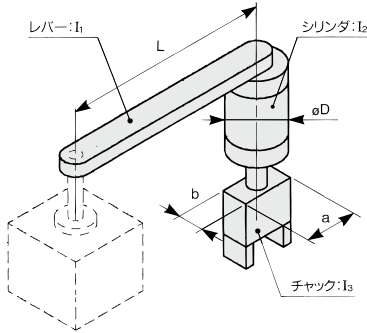
$m_1=2.5\text{kg}, m_2=0.5\text{kg}, r_1=0.1\text{m}, r_2=0.02\text{m}, L=0.08\text{m}$ の時

$$I_1 = 2.5 \times \frac{0.1^2}{2} = 1.25 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_2 = 0.5 \times \frac{0.02^2}{2} + 0.5 \times 0.08^2 = 0.33 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I = (1.25 + 0.33) \times 10^{-2} = 1.58 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

3 回転軸にレバーが付き、レバーの先端にシリンダとチャックが取り付けられている場合



例) ①レバーの慣性モーメントを求める。

$$I_1 = m_1 \cdot \frac{L^2}{3}$$

②シリンダの慣性モーメントを求める。

$$I_2 = m_2 \cdot \frac{(D/2)^2}{2} + m_2 \cdot L^2$$

③チャックの慣性モーメントを求める。

$$I_3 = m_3 \cdot \frac{a^2 + b^2}{12} + m_3 \cdot L^2$$

④実際の慣性モーメントを求める。

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\left(\begin{array}{l} m_1: \text{レバーの質量} \\ m_2: \text{シリンダの質量} \\ m_3: \text{チャックの質量} \end{array} \right)$$

計算例

$L=0.2\text{m}, \phi D=0.06\text{m}, a=0.06\text{m}, b=0.03\text{m}, m_1=0.5\text{kg}, m_2=0.4\text{kg}, m_3=0.2\text{kg}$ の時

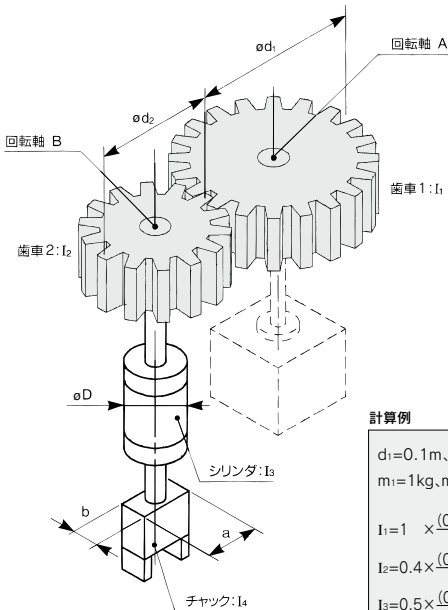
$$I_1 = 0.5 \times \frac{0.2^2}{3} = 0.67 \times 10^{-2} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_3 = 0.2 \times \frac{0.06^2 + 0.03^2}{12} + 0.2 \times 0.2^2 = 0.81 \times 10^{-2} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_2 = 0.4 \times \frac{(0.06/2)^2}{2} + 0.4 \times 0.2^2 = 1.62 \times 10^{-2} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I = (0.67 + 1.62 + 0.81) \times 10^{-2} = 3.1 \times 10^{-2} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

4 歯車を介して負荷を揺動させる場合



例) ①回転軸 A 回りの慣性モーメント I_1 を求める。

$$I_1 = m_1 \cdot \frac{(d_1/2)^2}{2}$$

②回転軸 B 回りの慣性モーメント I_2, I_3, I_4 を求める。

$$I_2 = m_2 \cdot \frac{(d_2/2)^2}{2} \quad I_3 = m_3 \cdot \frac{(D/2)^2}{2}$$

$$I_4 = m_4 \cdot \frac{a^2 + b^2}{12} \quad I_5 = I_2 + I_3 + I_4$$

③回転軸 B 回りの慣性モーメント I_5 を

回転軸 A 回りの慣性モーメント I_A に置き変える。

$$I_A = (A/B)^2 \cdot I_5 \quad (A/B: \text{歯数比})$$

④実際の慣性モーメントを求める。

$$I = I_1 + I_A$$

$$\left(\begin{array}{l} m_1: \text{歯車1の質量} \\ m_2: \text{歯車2の質量} \\ m_3: \text{シリンダの質量} \\ m_4: \text{チャックの質量} \end{array} \right)$$

計算例

$d_1=0.1\text{m}, d_2=0.05\text{m}, D=0.04\text{m}, a=0.04\text{m}, b=0.02\text{m}$

$m_1=1\text{kg}, m_2=0.4\text{kg}, m_3=0.5\text{kg}, m_4=0.2\text{kg}$ 、歯数比=2の時

$$I_1 = 1 \times \frac{(0.1/2)^2}{2} = 1.25 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2 \quad I_4 = 0.2 \times \frac{0.04^2 + 0.02^2}{12} = 0.03 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

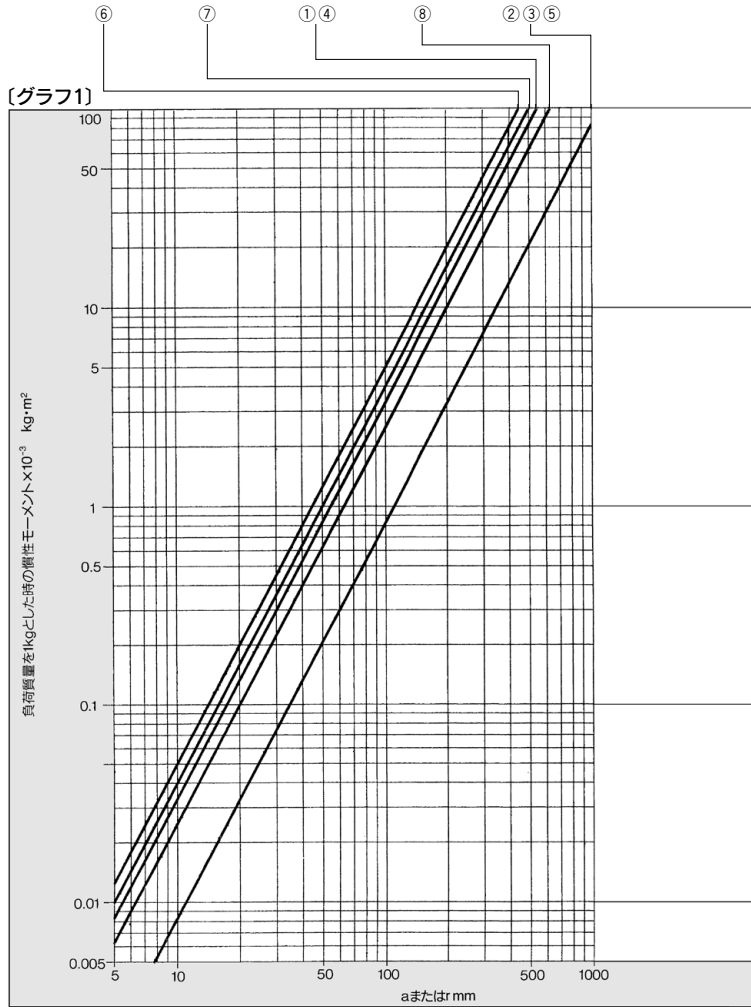
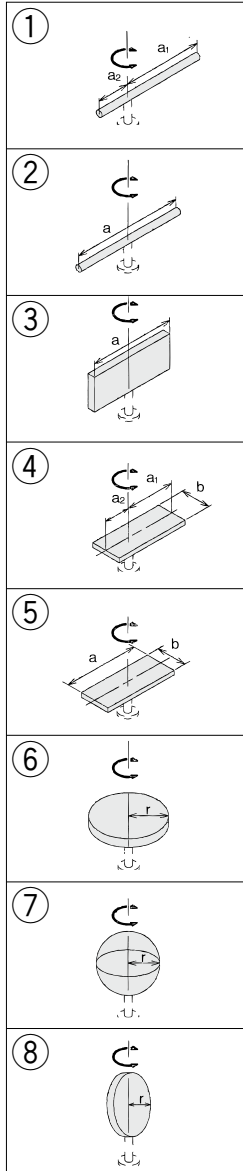
$$I_2 = 0.4 \times \frac{(0.05/2)^2}{2} = 0.13 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2 \quad I_5 = (0.13 + 0.1 + 0.03) \times 10^{-3} = 0.26 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_3 = 0.5 \times \frac{(0.04/2)^2}{2} = 0.1 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2 \quad I_A = 2^2 \times 0.26 \times 10^{-3} = 1.04 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I = (1.25 + 1.04) \times 10^{-3} = 2.29 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

ロータリアクチュエータの機種選定手順

①-3 慣性モーメント算出用グラフ



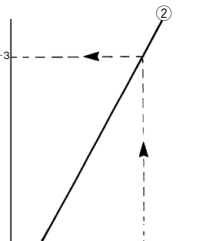
グラフの見方：負荷の寸法がaまたはrのみの場合

【例】負荷形状が②、 $a=100\text{mm}$ で負荷質量が 0.1kg の時

【グラフ1】で $a=100\text{mm}$ の縦線と負荷形状②線との交点を読むと質量 1kg における慣性モーメントは $0.83 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$ となる

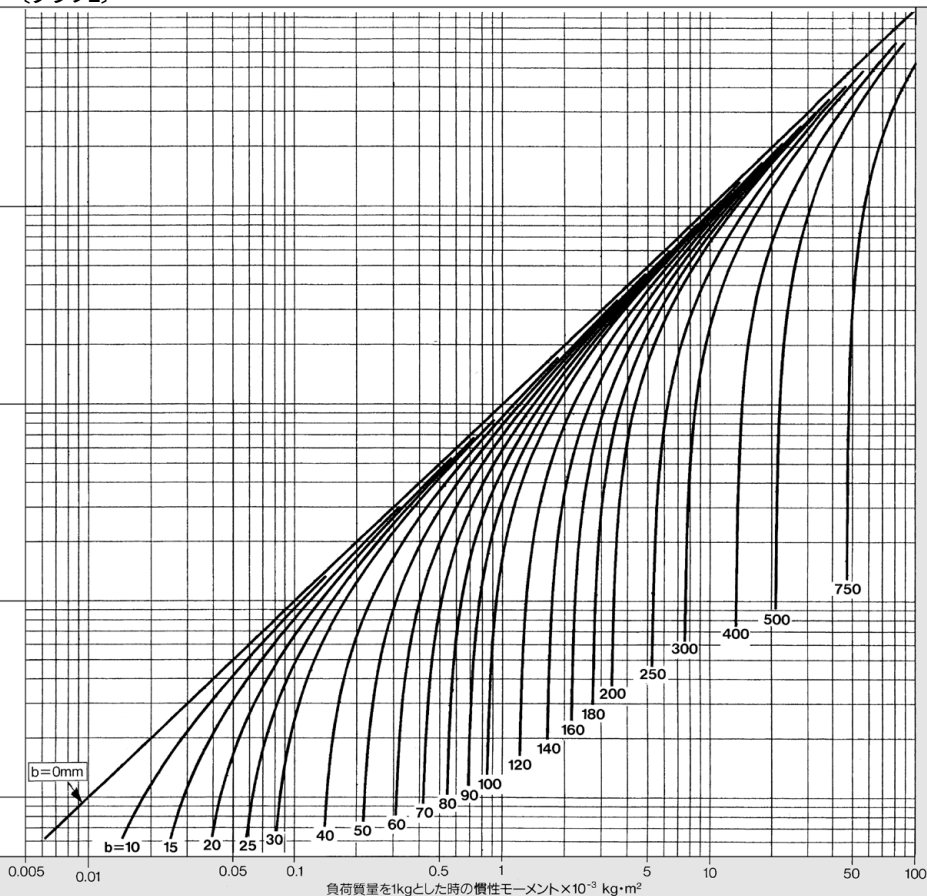
負荷の質量が 0.1kg であるから、実際の慣性モーメントは
 $0.83 \times 10^{-3} \times 0.1 = 0.083 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$

【注：aがa₁a₂に分かれる時は、別々に慣性モーメントを求め加算することにより求められます。】



ロータリアクチュエータの機種選定手順

〔グラフ2〕



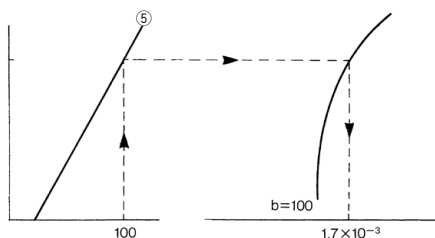
- CRB2
- CRB1
- MSU
- CRJ
- CRA1
- CRQ2
- MSQ
- MSZ
- CRQ2X
- MSQX
- MRQ

グラフの見方: 負荷の寸法がaとbの両方を含む場合

〔例〕負荷形状が⑤、a=100mm b=100mmで負荷質量が0.5kgの時

〔グラフ1〕でa=100mmの縦線と負荷形状⑤線との交点を求めその交点を〔グラフ2〕へ移行してb=100mmの曲線との交点を読むと質量1kgにおける慣性モーメントは $1.7 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$ となる

負荷の質量が0.5kgであるから、実際の慣性モーメントは
 $1.7 \times 10^{-3} \times 0.5 = 0.85 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$



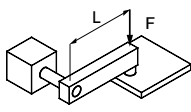
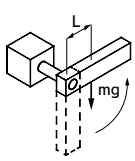
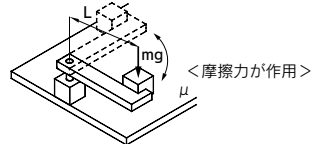
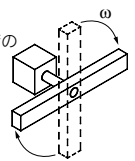
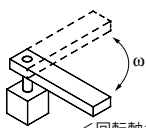
D-□

ロータリアクチュエータの機種選定手順

② 必要トルクの算出

②-1 負荷の種類

負荷の種類により、必要トルクの算出方法が異なります。下表を参考に必要トルクを求めます。

負荷の種類		
静的負荷:Ts	抵抗負荷:Tf	慣性負荷:Ta
<p>押付け力のみ必要とする場合(クランプ等)</p> 	<p>回転方向に重力や摩擦力が作用する場合</p> <p><重力が作用></p>  <p><摩擦力が作用></p> 	<p>慣性を持つ負荷を回転させる場合</p> <p><回転中心と負荷の重心が一致></p>  <p><回転軸が垂直(上下)方向></p> 
<p>$T_s = F \cdot L$</p> <p>Ts:静的負荷(N・m) F:クランプ力(N) L:揺動中心からクランプ位置までの距離(m)</p>	<p>回転方向に重力が作用する場合</p> <p>$T_f = m \cdot g \cdot L$</p> <p>回転方向に摩擦力が作用する場合</p> <p>$T_f = \mu \cdot m \cdot g \cdot L$</p> <p>Tf:抵抗負荷(N・m) m:負荷の質量(kg) g:重力加速度 9.8(m/s²) L:揺動中心から重力または摩擦力の作用点までの距離(m) μ:摩擦係数</p>	<p>$T_a = I \cdot \dot{\omega} = I \cdot \frac{2\theta}{t^2}$</p> <p>Ta:慣性負荷(N・m) I:慣性モーメント(kg・m²) ω̇:角加速度(rad/s²) θ:揺動角度(rad) t:揺動時間(s)</p>
必要トルク $T = T_s$	必要トルク $T = T_f \times (3 \sim 5)$ 注1)	必要トルク $T = T_a \times 10$ 注1)
<p>・抵抗負荷となる場合 → 回転方向に重力や摩擦力が作用</p> <p>例1) 回転軸が水平(横)方向で回転中心と負荷の重心が一致していない</p> <p>例2) 負荷が床を滑って移動する</p> <p>※必要トルクは、抵抗負荷と慣性負荷の合計となります。</p> <p>$T = T_f \times (3 \sim 5) + T_a \times 10$</p> <p>・抵抗負荷とならない場合 → 回転方向に重力や摩擦力が作用しない</p> <p>例1) 回転軸が垂直(上下)方向</p> <p>例2) 回転軸が水平(横)方向で回転中心と負荷の重心が一致</p> <p>※必要トルクは、慣性負荷のみとなります。</p> <p>$T = T_a \times 10$</p>		

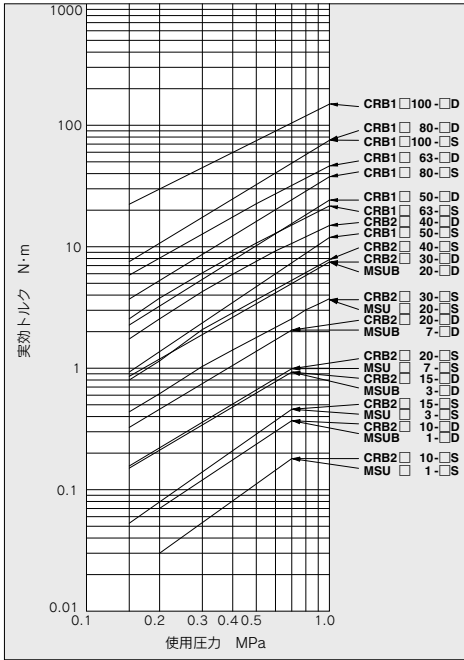
注1) 速度調整を行うため、Tf, Taに対して余裕が必要となります。

⇒P.31 実効トルク
⇒P.31,32 機種毎の実効トルク

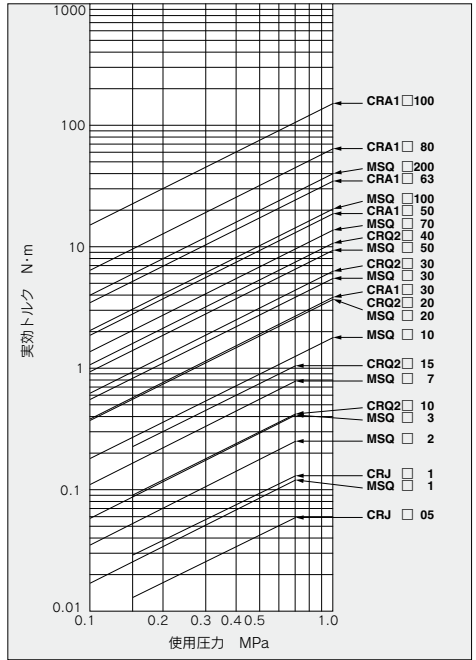
ロータリアクチュエータの機種選定手順

②-2 実効トルク

〔グラフ3〕CRB2/CRBU2/CRB1/MSUシリーズ



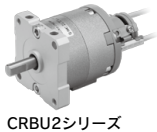
〔グラフ4〕CRA1/CRQ2/MSQ/CRJシリーズ



- CRB2
- CRB1
- MSU
- CRJ
- CRA1
- CRQ2
- MSQ
- MSZ
- CRQ2X
MSQX
- MRQ

②-3 機種毎の実効トルク

ベーンタイプ/CRB2・CRBU2・CRB1シリーズ



サイズ	ベーン形式	使用圧力(MPa)									
		0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
10	シングルベーン	—	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	—	—	—
	ダブルベーン	—	0.07	0.13	0.19	0.25	0.31	0.37	—	—	—
15	シングルベーン	0.06	0.10	0.17	0.24	0.32	0.39	0.46	—	—	—
	ダブルベーン	0.13	0.20	0.34	0.48	0.65	0.79	0.93	—	—	—
20	シングルベーン	0.16	0.23	0.39	0.54	0.70	0.84	0.99	—	—	—
	ダブルベーン	0.33	0.47	0.81	1.13	1.45	1.76	2.06	—	—	—
30	シングルベーン	0.44	0.62	1.04	1.39	1.83	2.19	2.58	3.03	3.40	3.73
	ダブルベーン	0.90	1.26	2.10	2.80	3.70	4.40	5.20	6.09	6.83	7.49
40	シングルベーン	0.81	1.21	2.07	2.90	3.73	4.55	5.38	6.20	7.03	7.86
	ダブルベーン	1.78	2.58	4.3	5.94	7.59	9.24	10.89	12.5	14.1	15.8
50	シングルベーン	1.20	1.86	3.14	4.46	5.69	6.92	8.14	9.5	10.7	11.9
	ダブルベーン	2.70	4.02	6.60	9.21	11.8	14.3	16.7	19.4	21.8	24.2
63	シングルベーン	2.59	3.77	6.11	8.45	10.8	13.1	15.5	17.8	20.2	22.5
	ダブルベーン	5.85	8.28	3.1	17.9	22.7	27.5	32.3	37.10	41.9	46.7
80	シングルベーン	4.26	6.18	10.4	14.2	18.0	21.9	25.7	30.0	33.8	37.6
	ダブルベーン	8.70	12.6	21.1	28.8	36.5	44.2	51.8	60.4	68.0	75.6
100	シングルベーン	8.6	12.2	20.6	28.3	35.9	43.6	51.2	59.7	67.3	75
	ダブルベーン	17.9	25.2	42.0	57.3	72.6	87.9	103	120	135	150

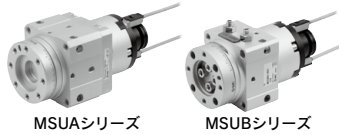
D-□

ロータリアクチュエータの機種選定手順

②-3 機種毎の実効トルク

ベーンタイプ/ロータリテーブル:MSUシリーズ

単位:N·m

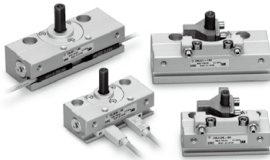


サイズ	ベーン形式	使用圧力(MPa)									
		0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
1	シングルベーン	—	0.03	0.06	0.09	0.11	0.14	0.17	—	—	—
	ダブルベーン	—	0.06	0.12	0.18	0.23	0.29	0.35	—	—	—
3	シングルベーン	0.05	0.09	0.16	0.23	0.31	0.38	0.45	—	—	—
	ダブルベーン	0.11	0.18	0.32	0.46	0.62	0.77	0.91	—	—	—
7	シングルベーン	0.14	0.21	0.37	0.52	0.69	0.83	0.98	—	—	—
	ダブルベーン	0.29	0.44	0.78	1.10	1.42	1.74	2.04	—	—	—
20	シングルベーン	0.40	0.58	0.99	1.38	1.78	2.19	2.58	2.99	3.39	3.73
	ダブルベーン	0.86	1.22	2.04	2.82	3.63	4.43	5.22	6.04	6.83	7.49

※ダブルベーンはMSUBシリーズのみ。

ラックピニオンタイプ/CRJシリーズ

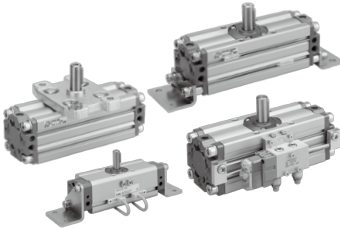
単位:N·m



サイズ	使用圧力(MPa)						
	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
05	0.013	0.017	0.026	0.034	0.042	0.050	0.059
1	0.029	0.038	0.057	0.076	0.095	0.11	0.13

ラックピニオンタイプ/CRA1シリーズ

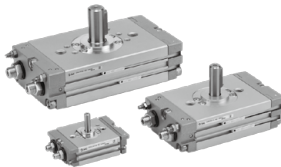
単位:N·m



サイズ	使用圧力(MPa)									
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
30	0.38	0.76	1.14	1.53	1.91	2.29	2.67	3.05	3.44	3.82
50	1.85	3.71	5.57	7.43	9.27	11.2	13.0	14.9	16.7	18.5
63	3.44	6.88	10.4	13.8	17.2	20.6	24.0	27.5	31.0	34.4
80	6.34	12.7	19.0	25.3	31.7	38.0	44.4	50.7	57.0	63.4
100	14.9	29.7	44.6	59.4	74.3	89.1	104	119	133	149

ラックピニオンタイプ/CRQ2シリーズ

単位:N·m



サイズ	使用圧力(MPa)										
	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
10	—	0.09	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	—	—	—
15	—	0.22	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.04	—	—	—
20	0.37	0.55	0.73	1.10	1.47	1.84	2.20	2.57	2.93	3.29	3.66
30	0.62	0.94	1.25	1.87	2.49	3.11	3.74	4.37	4.99	5.60	6.24
40	1.06	1.59	2.11	3.18	4.24	5.30	6.36	7.43	8.48	9.54	10.6

ラックピニオンタイプ/ロータリテーブル:MSQシリーズ

単位:N·m



サイズ	使用圧力(MPa)									
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
1	0.017	0.035	0.052	0.070	0.087	0.10	0.12	—	—	—
2	0.035	0.071	0.11	0.14	0.18	0.21	0.25	—	—	—
3	0.058	0.12	0.17	0.23	0.29	0.35	0.41	—	—	—
7	0.11	0.22	0.33	0.45	0.56	0.67	0.78	—	—	—
10	0.18	0.36	0.53	0.71	0.89	1.07	1.25	1.42	1.60	1.78
20	0.37	0.73	1.10	1.47	1.84	2.20	2.57	2.93	3.29	3.66
30	0.55	1.09	1.64	2.18	2.73	3.19	3.82	4.37	4.91	5.45
50	0.93	1.85	2.78	3.71	4.64	5.57	6.50	7.43	8.35	9.28
70	1.36	2.72	4.07	5.43	6.79	8.15	9.50	10.9	12.2	13.6
100	2.03	4.05	6.08	8.11	10.1	12.2	14.2	16.2	18.2	20.3
200	3.96	7.92	11.9	15.8	19.8	23.8	27.7	31.7	35.6	39.6

ロータリアクチュエータの機種選定手順

③ 揺動時間の確認

安定した動作のために、製品毎に揺動時間調整範囲が決まっています。下表に示す範囲内で揺動時間を設定してください。

代表型式	揺動時間調整範囲 S/90°															
	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1	2	3	4	5	10	20	30	
CRB2	サイズ:10, 15, 20															
	サイズ:30															
CRB1	サイズ:40															
	サイズ:50, 63, 80, 100															
CRBU2	サイズ:10, 15, 20															
	サイズ:30															
MSU□	サイズ:40															
	サイズ:1, 3, 7, 20															
CRJ	サイズ:05, 1															
	サイズ:30															
CRA1	サイズ:50															
	サイズ:63															
	サイズ:80															
	サイズ:100															
	※サイズ:50, 63, 80, 100(エアハイドロ仕様)															
CRQ2	サイズ:10, 15															
	サイズ:20, 30, 40															
	サイズ:1, 2, 3															
MSQ	サイズ:10, 20, 30, 50(内部アプソーバ付)															
	※サイズ:7, 10, 20, 30, 50															
	サイズ:70, 100, 200(内部アプソーバ付)															
	サイズ:70															
	サイズ:100															
サイズ:200																

※基本形・外部アプソーバ付の場合

調整範囲外の低速域で使用されますと、スティックスリップまたは作動停止を招くことがあります。

※CRA1シリーズのエアハイドロタイプにつきましては、エアハイドロユニット(CCシリーズ)と組合せて揺動時間の設定を行ってください。

CRB□2

CRB1

MSU

CRJ

CRA1

CRQ2

MSQ

MSZ

CRQ2X
MSQX

MRQ

D-□

ロータリアクチュエータの機種選定手順

④ 運動エネルギーの算出

負荷は回転することにより、運動エネルギーを持ちます。運動エネルギーは動作端において慣性力として製品に作用し、破損を招く恐れがあるため、製品毎に許容できる運動エネルギーの値が決まっています。

負荷の運動エネルギーを求め、使用する製品の許容値以下であることを確認します。

運動エネルギー

負荷の運動エネルギーは次式によって求めます。

$$E = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$$

E: 運動エネルギー (J)

I: 慣性モーメント (kg・m²)

ω: 角速度 (rad/s)

※MSUシリーズの場合は、負荷の慣性モーメントに下表の値を加算して計算してください。

機種	慣性モーメント加算値: I ₀
MSU□ 1	2.5 × 10 ⁻⁶
MSU□ 3	6.2 × 10 ⁻⁶
MSU□ 7	1.6 × 10 ⁻⁵
MSU□ 20	2.8 × 10 ⁻⁵

MSUシリーズの運動エネルギー計算式

$$E = \frac{1}{2} (I + I_0) \omega^2$$

角速度

$$\omega = \frac{2\theta}{t}$$

ω: 角速度 (rad/s)

θ: 揺動角度 (rad)

t: 揺動時間 (s)

ただし、エアハイドロタイプで90°あたりの揺動時間が2sより長い場合は以下の式を使用します。

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

⇒P.35 許容運動エネルギーと揺動時間調整範囲

⇒P.36~38 慣性モーメントと揺動時間

製品の許容運動エネルギーを超えない揺動時間を求める場合は、以下の式を使用します。

角速度 $\omega = \frac{2\theta}{t}$ の場合

$$t \geq \sqrt{\frac{2 \cdot I \cdot \theta^2}{E}}$$

t: 揺動時間 (s)

I: 慣性モーメント (kg・m²)

θ: 揺動角度 (rad)

E: 許容運動エネルギー (J)

角速度 $\omega = \frac{\theta}{t}$ の場合

$$t \geq \sqrt{\frac{I \cdot \theta^2}{2E}}$$

ロータリアクチュエータの機種選定手順

4-1 許容運動エネルギーと揺動時間調整範囲

表1(a) シングルベーン許容運動エネルギーと揺動時間調整範囲

型式	許容運動エネルギー (J)		作動上不安定な揺動時間調整範囲 (°/90°)	
	ラパークッション未使用	ラパークッション使用		
CRB2 □ 10	0.00015	—	0.03~0.3	
CRB2 □ 15	0.00025	0.001		
CRB2 □ 20	0.00040	0.003		
CRB2 □ 30	0.015	0.020		
CRB2 □ 40	0.030	0.040		
CRB1 □ 50	—	0.082		
CRB1 □ 63	—	0.120		
CRB1 □ 80	—	0.398		
CRB1 □ 100	—	0.600		
CRBU2 □ 10	0.00015	—		0.03~0.3
CRBU2 □ 15	0.00025	0.001		
CRBU2 □ 20	0.00040	0.003		
CRBU2 □ 30	0.015	0.020		
CRBU2 □ 40	0.030	0.040		
MSUA 1	0.0065	—	0.07~0.3	
MSUA 3	0.017	—		
MSUA 7	0.042	—		
MSUA 20	0.073	—		
MSUB 1	0.005	—		
MSUB 3	0.013	—		
MSUB 7	0.032	—		
MSUB 20	0.056	—		

表1(b) ダブルベーン許容運動エネルギーと揺動時間調整範囲

型式	許容運動エネルギー (J)		作動上不安定な揺動時間調整範囲 (°/90°)	
	ラパークッション未使用	ラパークッション使用		
CRB2 □ 10	0.0003	—	0.03~0.3	
CRB2 □ 15	0.0005	0.0012		
CRB2 □ 20	0.0007	0.0033		
CRB2 □ 30	0.015	0.020		
CRB2 □ 40	0.030	0.040		
CRB1 □ 50	—	0.112		
CRB1 □ 63	—	0.160		
CRB1 □ 80	—	0.540		
CRB1 □ 100	—	0.811		
CRBU2 □ 10	0.0003	—		0.03~0.3
CRBU2 □ 15	0.0005	0.0012		
CRBU2 □ 20	0.0007	0.0033		
CRBU2 □ 30	0.015	0.020		
CRBU2 □ 40	0.030	0.040		
MSUB 1	0.005	—	0.07~0.3	
MSUB 3	0.013	—		
MSUB 7	0.032	—		
MSUB 20	0.056	—		

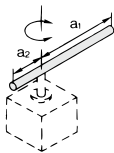
注) ラパークッション未使用とは、外部ストッパなどを利用し、揺動の途中で停止させ使用した場合があります。
注) ラパークッション使用とは、内部ストッパを利用し、それぞれ揺動端で停止させ使用した場合があります。

計算例

負荷の形状: 丸棒

- a.部長さ : 0.12m 揺動角度: 90°
- a.部長さ : 0.04m 揺動時間: 0.9₅₀
- a.部質量 (=m): 0.09kg
- a.部質量 (=m): 0.03kg

$$I = m_1 \cdot \frac{a_1^2}{3} + m_2 \cdot \frac{a_2^2}{3}$$



(手順1) 角速度をωを求めます。

$$\omega = \frac{2\theta}{t} = \frac{2}{0.9} \left(\frac{\pi}{2} \right) = 3.489 \text{ rad/s}$$

(手順2) 慣性モーメントIを計算します。

$$I = \frac{m_1 \cdot a_1^2}{3} + \frac{m_2 \cdot a_2^2}{3} = \frac{0.09 \times 0.12^2}{3} + \frac{0.03 \times 0.04^2}{3} = 4.48 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

(手順3) 運動エネルギーEを計算します。

$$E = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \times 4.48 \times 10^{-4} \times 3.489^2 = 0.00273 \text{ J}$$

表2. 許容運動エネルギーと揺動時間調整範囲

型式	許容運動エネルギー (J)		クッション角度	作動上不安定な揺動時間調整範囲 (°/90°)		
	クッションなし	クッションつき				
CRJ □ 05	*1 0.001	—	—	0.1~0.5		
CRJ □ 1	*1 0.002	—	—			
CRJA1 □ 30	0.010	*2 0.120	35°		0.2~1	
CRJA1 □ 50	0.050	*2 0.980			0.2~2	
CRJA1 □ 63	0.120	*2 1.500			0.2~3	
CRJA1 □ 80	0.160	*2 2.000			0.2~4	
CRJA1 □ 100	0.540	*2 2.900			0.2~5	
CRQ2 □ 10	0.00025	—	—		0.2~0.7	
CRQ2 □ 15	0.00039	—	—			
CRQ2 □ 20	0.025	*2 0.120	40°			0.2~1
CRQ2 □ 30	0.048	*2 0.250		0.2~1		
CRQ2 □ 40	0.081	*2 0.400		0.2~1		
MSQ □ 1	0.001	—		—		0.2~0.7
MSQ □ 2	0.0015	—		—		
MSQ □ 3	0.002	—	—			
MSQ □ 7	0.006	—	—			
MSQ □ 10	0.007	*3 0.039 52° *4 0.161 7.1° *5 0.231 8.6°	—	*3 0.2~0.7		
MSQ □ 20	0.025	*3 0.116 43° *4 0.574 6.9° *5 1.060 8.0°	—	*3 0.2~0.7		
MSQ □ 30	0.048	*3 0.116 40° *4 0.805 6.2° *5 1.210 7.3°	—	*3 0.2~0.7		
MSQ □ 50	0.081	*3 0.294 60° *4 1.310 9.6° *5 1.820 10.5°	—	*3 0.2~0.7		
MSQB 70	0.24	*3 1.100 71°	—	0.2~1.5		
MSQB 100	0.32	*3 1.600 62°	—	0.2~2 *3 0.2~1		
MSQB 200	0.56	*3 2.900 82°	—	0.2~2.5		

- *1 外部ストッパ付の場合を示します。
- *2 エアクッション付でクッションニードルの調整が最適に行われた場合を示します。
- *3 内部ショックアブソーバタイプの場合を示します。
- *4 外部・低エネルギー用ショックアブソーバタイプの場合を示します。
- *5 外部・高エネルギー用ショックアブソーバタイプの場合を示します。

計算例

使用する機種が決まっている場合、その機種の許容運動エネルギーより、使用可能な限界の揺動時間を求めます。

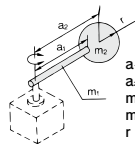
使用機種 : CRA1 □ □ 50 (クッションなし)

許容運動エネルギー : 0.05J [表2参照]

負荷の形状 : 下図参照

揺動角度 : 90°

$$I = m_1 \cdot \frac{a_1^2}{3} + m_2 \cdot a_2^2 + m_3 \cdot \frac{2r^2}{5}$$



- a: 0.12m
- a: 0.15m
- m: 0.1 kg
- m: 0.18kg
- r : 0.03m

(手順1) 慣性モーメントを計算します。

$$I = \frac{m_1 \cdot a_1^2}{3} + m_2 \cdot a_2^2 + \frac{m_3 \cdot 2r^2}{5} = \frac{0.1 \times 0.12^2}{3} + 0.18 \times 0.15^2 + \frac{0.18 \times 2 \times 0.03^2}{5} = 4.6 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

(手順2) 揺動時間を計算します。

$$t \geq \sqrt{\frac{2 \cdot I \cdot \theta^2}{E}} = \sqrt{\frac{2 \times 4.6 \times 10^{-3} \times (\pi/2)^2}{0.05}} = 0.67 \text{ s}$$

したがって、揺動時間を0.67sより速くして使えば問題ないことがわかります。しかし作動上不安定な揺動時間の上限値は表2より2sとなっていますので、揺動時間は、0.67s ≤ t ≤ 2sの範囲で使用すればよいことになります。

ロータリアクチュエータの機種選定手順

4-2 慣性モーメントと揺動時間

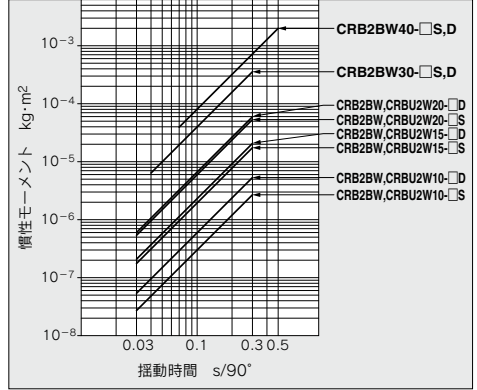
グラフの使い方

- 例1) 負荷の慣性モーメントおよび揺動時間ともに制約がある場合。
 [グラフ5]より負荷の慣性モーメント $1 \times 10^{-4} \text{kg} \cdot \text{m}^2$ および揺動時間設定 $0.35/90^\circ$ で作動させるとき
 CRB□30-□SおよびCRB□30-□Dとなります。
- 例2) 負荷の慣性モーメントには制約があり揺動時間には制約がない場合。
 [グラフ6]より負荷の慣性モーメント $1 \times 10^{-2} \text{kg} \cdot \text{m}^2$ のとき、
 CRB1□ 50-□Sの場合は $0.8 \sim 1/90^\circ$
 CRB1□ 80-□Sの場合は $0.35 \sim 1/90^\circ$
 CRB1□100-□Sの場合は $0.29 \sim 1/90^\circ$ となります。

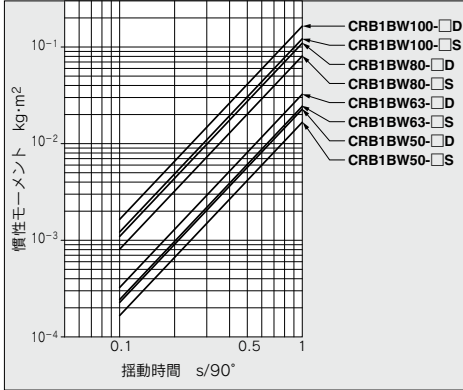
[注記] [グラフ5~15]における揺動時間につきましては、グラフの線上が速度調整可能範囲を示しており、線を超えた低速側において速度調整をしますと、スティック現象を招きます。なおペンタイプにおいては作動停止を招くこともあります。

<ペンタイプ/CRB2,CRBU2,CRB1,MSUシリーズ>

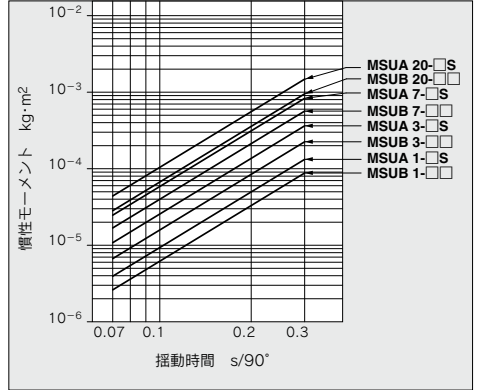
[グラフ5]CRB2□、CRBU2□/サイズ:10~40



[グラフ6]CRB1□/サイズ:50~100



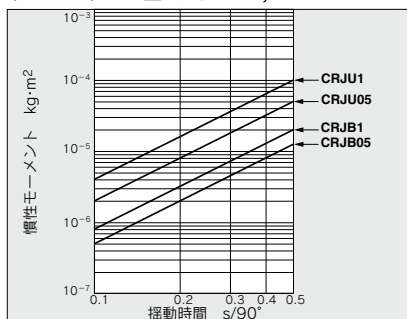
[グラフ7]MSU□/サイズ:1~20



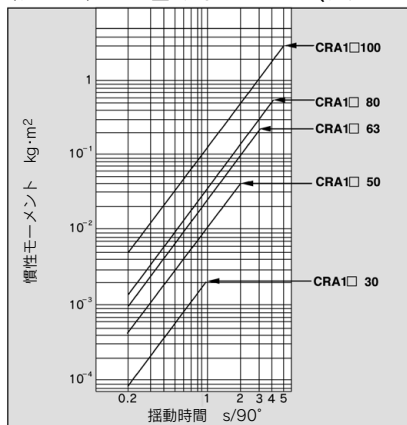
ロータリアクチュエータの機種選定手順

〈ラックピニオンタイプ/CRJ, CRA1シリーズ〉

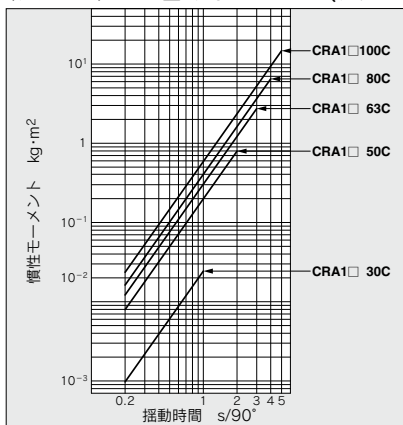
〔グラフ8〕CRJ□/サイズ:05, 1



〔グラフ9〕CRA1□/サイズ:30~100(クッションなし)

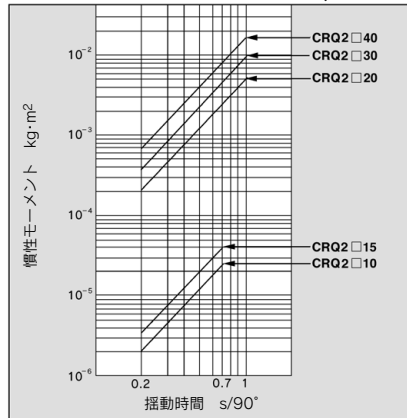


〔グラフ10〕CRA1□/サイズ:30~100(クッション付)

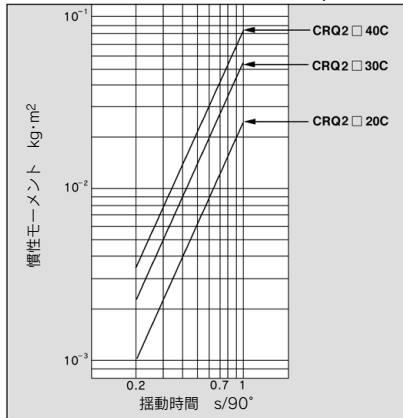


〈ラックピニオンタイプ/CRQ2, MSQシリーズ〉

〔グラフ11〕CRQ2□/サイズ:10~40(クッションなし)



〔グラフ12〕CRQ2□/サイズ:20~40(クッション付)



CRB□2

CRB1

MSU

CRJ

CRA1

CRQ2

MSQ

MSZ

CRQ2X

MSQX

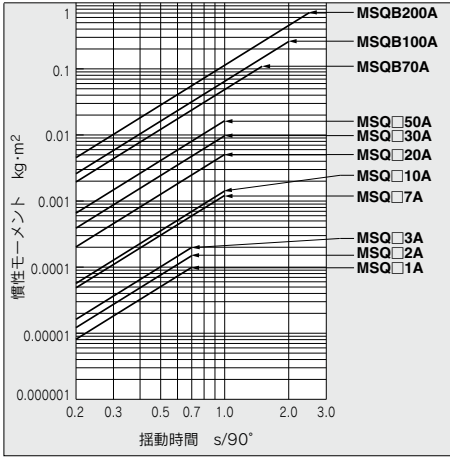
MRQ

D-□

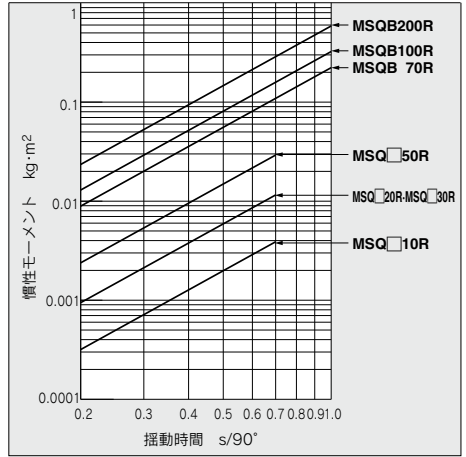
ロータリアクチュエータの機種選定手順

④-2 慣性モーメントと揺動時間

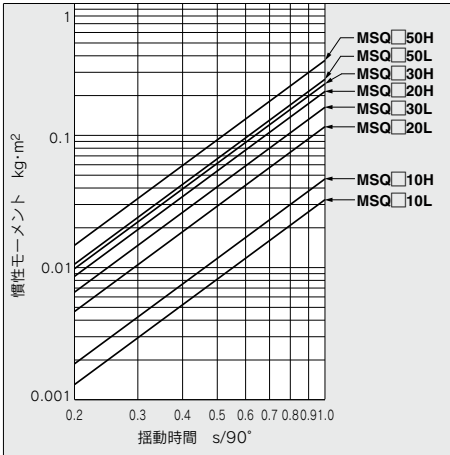
〔グラフ13〕MSQ□/サイズ:1~200(アジャストボルトタイプ)



〔グラフ14〕MSQ□/サイズ:10~200(内部アプソーバタイプ)



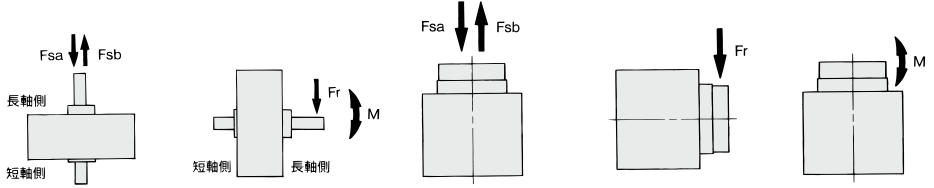
〔グラフ15〕MSQ□/サイズ:10~50(外部アプソーバタイプ)



ロータリアクチュエータの機種選定手順

⑤ 許容荷重の確認

軸方向への荷重は動負荷の発生しない状態においては下表の値まで荷重がかけられますが、できるだけ軸に直接荷重がかかるような使い方は避けてください。



ベーンタイプ

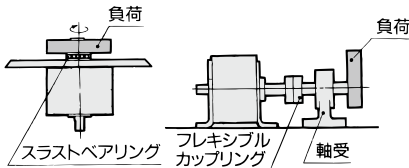
ベーンタイプ(シングルベーン、ダブルベーン)

シリーズ	型式	負荷方向			
		Fsa(N)	Fsb(N)	Fr(N)	M(N・m)
CRB	CRB2 □ 10	9.8	9.8	14.7	0.13
	CRB2 □ 15	9.8	9.8	14.7	0.17
	CRB2 □ 20	19.6	19.6	24.5	0.33
	CRB2 □ 30	24.5	24.5	29.4	0.42
	CRB2 □ 40	40	40	60	1.02
	CRB1 □ 50	196	196	245	8.09
	CRB1 □ 63	340	340	390	14.04
	CRB1 □ 80	490	490	490	20.09
CRBU2	CRBU2 □ 10	9.8	9.8	14.7	0.13
	CRBU2 □ 15	9.8	9.8	14.7	0.17
	CRBU2 □ 20	19.6	19.6	24.5	0.33
	CRBU2 □ 30	24.5	24.5	29.4	0.42
	CRBU2 □ 40	40	40	60	1.02
	CRBU1 □ 50	196	196	245	8.09
	CRBU1 □ 63	340	340	390	14.04
	CRBU1 □ 80	490	490	490	20.09

ベーンタイプ(シングルベーン、ダブルベーン)

シリーズ	型式	負荷方向			
		Fsa(N)	Fsb(N)	Fr(N)	M(N・m)
MSUA	MSUA 1	15	15	20	0.3
	MSUA 3	30	30	40	0.7
	MSUA 7	60	60	50	0.9
	MSUA20	80	80	60	2.9
MSUB	MSUB 1	10	15	20	0.3
	MSUB 3	15	30	40	0.7
	MSUB 7	30	60	50	0.9
	MSUB20	40	80	60	2.9

動負荷の発生しない状態においては、許容ラジアル・スラスト荷重まで荷重がかけられますが、できるだけ軸に直接荷重がかかるような使い方は避けてください。作動条件をより良くするために下図のような方法で軸に直接荷重がかからないようにすることをお薦めします。



ラックピニオンタイプ

ラックピニオンタイプ(シングルラック)

シリーズ	型式	負荷方向			
		Fsa(N)	Fsb(N)	Fr(N)	M(N・m)
CRJ	CRJ □ 05	20	20	25	0.26
	CRJ □ 1	25	25	30	0.32

ラックピニオンタイプ(シングルラック)

シリーズ	型式	負荷方向			
		Fsa(N)	Fsb(N)	Fr(N)	M(N・m)
CRA1	CRA1 □ 30	29.4	29.4	29.4	0.44
	CRA1 □ 50	490	196	196	3.63
	CRA1 □ 63	588	196	294	6.17
	CRA1 □ 80	882	196	392	9.80
CRA1 □ 100	980	196	588	19.11	

ラックピニオンタイプ(ダブルラック)

シリーズ	型式	負荷方向			
		Fsa(N)	Fsb(N)	Fr(N)	M(N・m)
CRQ2	CRQ2B □ 10	15.7	7.8	14.7	0.21
	CRQ2B □ 15	19.6	9.8	19.6	0.32
	CRQ2B □ 20	49	29.4	49	0.96
	CRQ2B □ 30	98	49	78	1.60
	CRQ2B □ 40	108	59	98	2.01

ラックピニオンタイプ(ダブルラック)

シリーズ	型式	負荷方向			
		Fsa(N)	Fsb(N)	Fr(N)	M(N・m)
MSQA	MSQA 1 □	41	41	31	0.84
	MSQA 2 □	45	45	32	1.2
	MSQA 3 □	48	48	33	1.6
	MSQA 7 □	71	71	54	2.2
	MSQA 10 □	107	74	86	2.9
	MSQA 20 □	197	137	166	4.8
	MSQA 30 □	398	197	233	6.4
	MSQA 50 □	517	296	378	12.0
	MSQB 1 □	41	41	31	0.56
	MSQB 2 □	45	45	32	0.82
MSQB	MSQB 3 □	48	48	33	1.1
	MSQB 7 □	71	71	54	1.5
	MSQB 10 □	78	74	78	2.4
	MSQB 20 □	137	137	147	4.0
	MSQB 30 □	363	197	196	5.3
	MSQB 50 □	451	296	314	9.7
	MSQB 70 □	476	296	333	12.0
	MSQB100 □	708	493	390	18.0
	MSQB200 □	1009	740	543	25.0

CRB □ 2
CRB1
MSU
CRJ
CRA1
CRQ2
MSQ
MSZ
CRQ2X
MSQX
MRQ

D-□

ロータリアクチュエータの機種選定手順

⑥ 空気消費量および所要空気量の算出

空気消費量は、ロータリアクチュエータの往復動作によって、アクチュエータ内やアクチュエータと切換弁間の配管内で消費される空気量で、コンプレッサの選定・ランニングコストの計算に必要となります。

所要空気量は、ロータリアクチュエータを所定の速度で作動させるために必要な空気量で、切換弁より上流の配管径やFRL機器の選定に必要となります。

※ロータリアクチュエータ単体での1往復に要する空気消費量(Q_{CR})を表1~5に示します。

① 空気消費量

計算式

Q_{CR}: ベンタイプは(1)式、ラックピニオンタイプは(2)式をご利用ください。
 容積が異なりますので(1)式をご利用ください。ベンタイプのサイズ50~100、およびラックピニオンタイプは(2)式をご利用ください。

$$Q_{CR} = (V_A + V_B) \times \left(\frac{P+0.1}{0.1} \right) \times 10^{-3} \dots \dots \dots (1)$$

$$Q_{CR} = 2 \times V_A \times \left(\frac{P+0.1}{0.1} \right) \times 10^{-3} \dots \dots \dots (2)$$

$$Q_{CP} = 2 \times a \times L \times \left(\frac{P}{0.1} \right) \times 10^{-6} \dots \dots \dots (3)$$

$$Q_C = Q_{CR} + Q_{CP} \dots \dots \dots (4)$$

Q_{CR} = ロータリアクチュエータの空気消費量 [L (ANR)]

Q_{CP} = チューブまたは配管の空気消費量 [L (ANR)]

V_A = ロータリアクチュエータの内部容積(Aポート加圧時) [cm³]

V_B = ロータリアクチュエータの内部容積(Bポート加圧時) [cm³]

P = 使用圧力 [MPa]

L = 配管の長さ [mm]

a = 配管の内断面積 [mm²]

Q_C = ロータリアクチュエータ1往復に要する空気消費量 [L (ANR)]

コンプレッサーを選定する際には、下流で空気を消費する空気圧アクチュエータの総空気消費量に対して、十分に余裕のあるものを選ぶ必要があります。これは、配管途中の漏れや、ドレン弁、パイロット弁などでの消費、また温度低下による空気体積の縮小などがあるためです。

計算式

$$Q_{c2} = Q_C \times n \times \text{アクチュエータ数} \times \text{余裕率} \dots (5)$$

Q_{c2} = コンプレッサーの吐出流量 [L / min(ANR)]

n = アクチュエータの1分間当たり往復回数

余裕率: 1.5~

② 所要空気量

計算式

Q_r: ベンタイプは(6)(7)式、ラックピニオンタイプは(7)式をご利用ください。

$$Q_r = \left\{ V_B \times \left(\frac{P+0.1}{0.1} \right) \times 10^{-3} + a \times L \times \left(\frac{P}{0.1} \right) \times 10^{-6} \right\} \times \frac{60}{t} \dots (6)$$

$$Q_r = \left\{ V_A \times \left(\frac{P+0.1}{0.1} \right) \times 10^{-3} + a \times L \times \left(\frac{P}{0.1} \right) \times 10^{-6} \right\} \times \frac{60}{t} \dots (7)$$

Q_r = ロータリアクチュエータの所要空気量 [L / min(ANR)]

V_A = ロータリアクチュエータの内部容積(Aポート加圧時) [cm³]

V_B = ロータリアクチュエータの内部容積(Bポート加圧時) [cm³]

P = 使用圧力 [MPa]

L = 配管の長さ [mm]

a = 配管の内断面積 [mm²]

t = 全揺動時間 [S]

チューブ、鋼管の内断面積

呼び	外径(mm)	内径(mm)	内断面積 a(mm ²)
T□ 0425	4	2.5	4.9
T□ 0604	6	4	12.6
TU 0805	8	5	19.6
T□ 0806	8	6	28.3
1/8B	—	6.5	33.2
T□ 1075	10	7.5	44.2
TU 1208	12	8	50.3
T□ 1209	12	9	63.6
1/4B	—	9.2	66.5
TS 1612	16	12	113
3/8B	—	12.7	127
T□ 1613	16	13	133
1/2B	—	16.1	204
3/4B	—	21.6	366
1B	—	27.6	598

⇒P.41, 42 内部容積と空気消費量

⇒P.43, 44 空気消費量算出グラフ

ロータリアクチュエータの機種選定手順

⑥-1 内部容積と空気消費量

<表3>ラックピニオンタイプ/CRJシリーズ

(L(ANR))

サイズ	揺動角度(度)	内部容積 V _A (cm ³)	使用圧力(MPa)						
			0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
05	90	0.15	0.00074	0.00089	0.0012	0.0015	0.0018	0.0021	0.0024
	180	0.31	0.0015	0.0018	0.0025	0.0031	0.0037	0.0043	0.0049
1	90	0.33	0.0016	0.0020	0.0026	0.0033	0.0039	0.0046	0.0052
	180	0.66	0.0033	0.0039	0.0052	0.0065	0.0078	0.0091	0.010

<表4>ラックピニオンタイプ:CRA1シリーズ

(L(ANR))

サイズ	揺動角度(度)	内部容積 V _A (cm ³)	使用圧力(MPa)									
			0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
30	90	7.4	0.030	0.044	0.059	0.074	0.089	0.104	0.118	0.133	0.148	0.163
	180	14	0.056	0.084	0.112	0.140	0.168	0.196	0.224	0.252	0.280	0.308
50	90	32	0.128	0.192	0.256	0.320	0.384	0.448	0.512	0.576	0.640	0.704
	100	36	0.144	0.216	0.288	0.360	0.432	0.504	0.576	0.648	0.720	0.792
	180	65	0.260	0.390	0.520	0.650	0.780	0.910	1.040	1.170	1.300	1.430
	190	68	0.272	0.408	0.544	0.680	0.816	0.952	1.088	1.224	1.360	1.496
63	90	60	0.240	0.360	0.480	0.600	0.720	0.840	0.960	1.080	1.200	1.320
	100	67	0.268	0.402	0.536	0.670	0.804	0.938	1.072	1.206	1.340	1.474
	180	120	0.480	0.720	0.960	1.200	1.440	1.680	1.920	2.160	2.400	2.640
	190	127	0.508	0.762	1.016	1.270	1.524	1.778	2.032	2.286	2.540	2.794
80	90	111	0.444	0.666	0.888	1.110	1.332	1.554	1.776	1.998	2.220	2.442
	100	123	0.492	0.738	0.984	1.230	1.476	1.722	1.968	2.214	2.460	2.706
	180	221	0.884	1.326	1.768	2.210	2.652	3.094	3.536	3.978	4.420	4.862
	190	233	0.932	1.398	1.864	2.330	2.796	3.262	3.728	4.194	4.660	5.126
100	90	259	1.036	1.554	2.072	2.590	3.108	3.626	4.144	4.662	5.180	5.698
	100	288	1.152	1.728	2.304	2.880	3.456	4.032	4.608	5.184	5.760	6.336
	180	518	2.072	3.108	4.144	5.180	6.216	7.252	8.288	9.324	10.36	11.396
	190	547	2.188	3.282	4.376	5.470	6.564	7.658	8.752	9.846	10.940	12.034

<表5>ラックピニオンタイプ:CRQ2シリーズ

(L(ANR))

サイズ	揺動角度(度)	内部容積 V _A (cm ³)	使用圧力(MPa)										
			0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
10	90	1.2	—	0.006	0.007	0.009	0.012	0.014	0.016	0.018	—	—	—
	180	2.2	—	0.011	0.013	0.018	0.022	0.026	0.031	0.035	—	—	—
	360	4.3	—	0.021	0.026	0.034	0.043	0.051	0.060	0.068	—	—	—
15	90	2.9	—	0.015	0.017	0.023	0.029	0.035	0.041	0.046	—	—	—
	180	5.5	—	0.028	0.033	0.044	0.055	0.066	0.077	0.088	—	—	—
	360	10.7	—	0.023	0.064	0.086	0.107	0.129	0.193	0.172	—	—	—
20	90	7.1	0.028	0.036	0.043	0.057	0.071	0.085	0.099	0.114	0.128	0.142	0.156
	180	13.5	0.054	0.068	0.081	0.108	0.135	0.162	0.189	0.216	0.243	0.270	0.297
	360	26.3	0.105	0.131	0.158	0.210	0.263	0.316	0.368	0.421	0.473	0.526	0.578
30	90	12.1	0.048	0.060	0.073	0.097	0.121	0.145	0.169	0.193	0.218	0.242	0.266
	180	23.0	0.092	0.115	0.138	0.184	0.230	0.276	0.322	0.368	0.413	0.459	0.505
	360	44.7	0.179	0.224	0.268	0.358	0.447	0.537	0.626	0.716	0.805	0.895	0.984
40	90	20.6	0.082	0.103	0.123	0.164	0.206	0.247	0.288	0.329	0.370	0.411	0.452
	180	39.1	0.156	0.195	0.234	0.313	0.391	0.469	0.547	0.625	0.703	0.781	0.859
	360	76.1	0.304	0.380	0.456	0.609	0.761	0.913	1.07	1.22	1.37	1.52	1.67

<表6>ラックピニオンタイプ:MSQシリーズ

(L(ANR))

サイズ	揺動角度(度)	内部容積 V _A (cm ³)	使用圧力(MPa)										
			0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
1	190°	0.66	0.0026	0.0039	0.0052	0.0065	0.0078	0.0091	0.010	—	—	—	—
2		1.3	0.0052	0.0077	0.010	0.013	0.015	0.018	0.021	—	—	—	—
3		2.2	0.0087	0.013	0.017	0.022	0.026	0.030	0.035	—	—	—	—
7		4.2	0.017	0.025	0.033	0.042	0.050	0.058	0.066	—	—	—	—
10		6.6	0.026	0.040	0.053	0.066	0.079	0.092	0.106	0.119	0.132	0.145	—
20		13.5	0.054	0.081	0.108	0.135	0.162	0.189	0.216	0.243	0.270	0.297	—
30		20.1	0.080	0.121	0.161	0.201	0.241	0.281	0.322	0.362	0.402	0.442	—
50		34.1	0.136	0.205	0.273	0.341	0.409	0.477	0.546	0.614	0.682	0.750	—
70		50.0	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	1.000	1.100	—
100		74.7	0.299	0.448	0.598	0.747	0.896	1.046	1.195	1.345	1.494	1.643	—
200		145.9	0.584	0.875	1.167	1.459	1.751	2.043	2.334	2.626	2.918	3.210	—

ロータリアクチュエータの機種選定手順

⑥-2 空気消費量算出グラフ

- 手順1** [グラフ16]を用いて、ロータリアクチュエータの空気消費量を求めます。内部容積と使用圧力(斜線)との交点より、横(左側)に見てロータリアクチュエータの1往復に要する空気消費量を求めます。
- 手順2** [グラフ17]を利用して、チューブまたは銅管の空気消費量を求めます。
 (1)使用圧力(斜線)と配管長との交点を求め、そこから垂直に縦線を上げます。
 (2)使用する配管のチューブ内径(斜線)との交点により、横(右でも左でも可)に見て配管に要する空気消費量を求めます。
- 手順3** 一分間当たりの総空気消費量を以下のように求めます。
 (ロータリアクチュエータの空気消費量(単位:L(ANR)) + チューブまたは銅管の空気消費量) × 一分間当たりの往復回数 × ロータリアクチュエータの使用本数 = 総空気消費量

例) CRQ2BS40-90 10台を使用圧力0.5MPaで一分間に5往復させるときの空気消費量は・・・? (アクチュエータ～切替弁間は内径6mmのチューブ2mで配管)

1. 使用圧力0.5MPa→CRQ2BS40-90の内部容積40cm³→空気消費量0.23L(ANR)
2. 使用圧力0.5MPa→配管長2m→内径6mm→空気消費量0.56L(ANR)
3. 総空気消費量=(0.23+0.56)×5×10=39.5L/min(ANR)

内部容積表 ラックピニオンタイプ 1往復分(cm³)

形式	揺動角度				
	90°	100°	180°	190°	360°
CRJ □ 05	0.3	0.34	0.62	0.66	—
CRJ □ 1	0.66	0.74	1.32	1.4	—
CRA1 □ 30	14.8	—	28	—	—
CRA1 □ 50	64	72	130	136	—
CRA1 □ 63	120	134	240	254	—
CRA1 □ 80	222	246	442	466	—
CRA1 □ 100	518	576	1040	1090	—
CRQ2 □ 10	2.4	—	4.4	—	8.6
CRQ2 □ 15	3.8	—	11	—	21.4
CRQ2 □ 20	14.2	—	27	—	52.6
CRQ2 □ 30	24.2	—	46	—	89.4
CRQ2 □ 40	41.2	—	78.2	—	152
MSQ □ 1	—	—	—	1.3	—
MSQ □ 2	—	—	—	2.7	—
MSQ □ 3	—	—	—	4.4	—
MSQ □ 7	—	—	—	8.4	—
MSQ □ 10	—	—	—	13.1	—
MSQ □ 20	—	—	—	27.0	—
MSQ □ 30	—	—	—	40.2	—
MSQ □ 50	—	—	—	68.4	—
MSQB 70	—	—	—	100	—
MSQB 100	—	—	—	149	—
MSQB 200	—	—	—	292	—

内部容積表 ベーンタイプ 1往復分(cm³)

形式	揺動角度				
	90°	100°	180°	190°	270° 280°
CRB □ 10-□S	1.6	—	2.4	—	3 —
CRB □ 15-□S	2.5	—	5.8	—	7.4 —
CRB □ 20-□S	8.4	—	12.2	—	15.8 —
CRB □ 30-□S	19.8	—	30	—	40 —
CRB □ 40-□S	25	—	31.5	—	41 —
CRB1 □ 50-□S	60	64	98	102	132 136
CRB1 □ 63-□S	70	73	94	97	118 121
CRB1 □ 80-□S	176	186	276	286	376 386
CRB1 □ 100-□S	372	394	562	584	752 774
MSU □ 1-□S	2.1	—	2.6	—	—
MSU □ 3-□S	5.0	—	6.2	—	—
MSU □ 7-□S	10.6	—	13.2	—	—
MSU □ 20-□S	26.9	—	33.6	—	—
CRB □ 10-□D	2	2.2	—	—	—
CRB □ 15-□D	5.2	5.4	—	—	—
CRB □ 20-□D	11.2	11.4	—	—	—
CRB □ 30-□D	28.8	29	—	—	—
CRB □ 40-□D	33	34	—	—	—
CRB1 □ 50-□D	96	104	—	—	—
CRB1 □ 63-□D	98	104	—	—	—
CRB1 □ 80-□D	272	292	—	—	—
CRB1 □ 100-□D	544	588	—	—	—
MSUB 1-□D	2.2	—	—	—	—
MSUB 3-□D	5.4	—	—	—	—
MSUB 7-□D	11.4	—	—	—	—
MSUB 20-□D	29.0	—	—	—	—

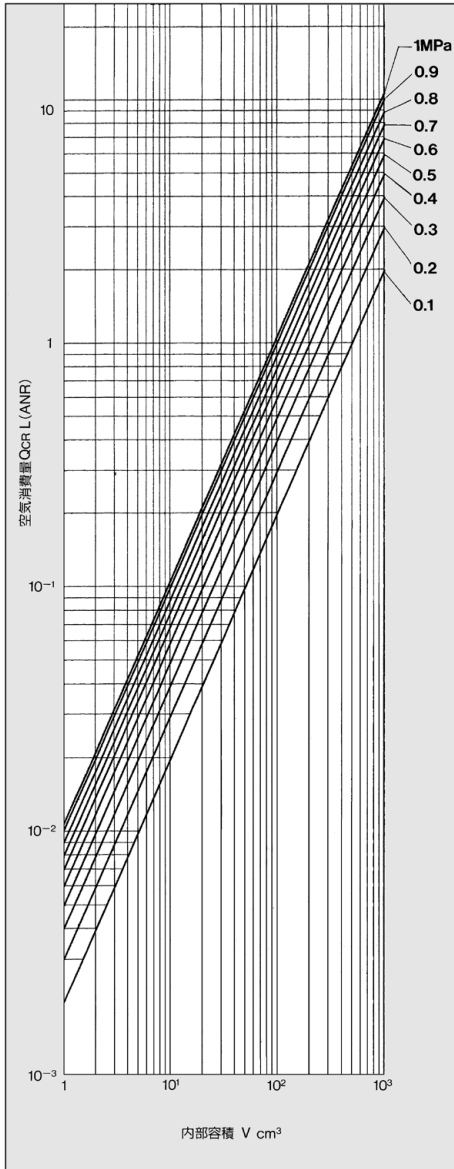
- CRB □ 2
- CRB1
- MSU
- CRJ
- CRA1
- CRQ2
- MSQ
- MSZ
- CRQ2X MSQX
- MRQ

D-□

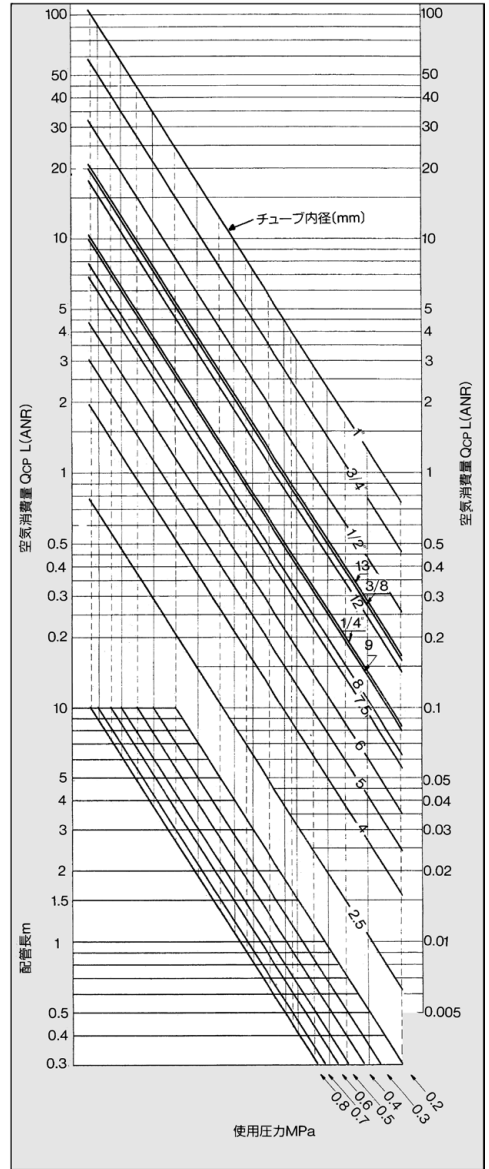
ロータリアクチュエータの機種選定手順

⑥-2 空気消費量算出グラフ

〔グラフ16〕空気消費量



〔グラフ17〕チューブ、鋼管の空気消費量(1往復分)



※配管はロータリアクチュエータと切換弁(電磁弁等)とを継ぐ鋼管またはチューブの長さです。
 ※チューブ、鋼管の寸法(内・外径)につきましては、P.40をご参照ください。