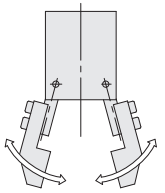
技術資料 ―ハンド選定―

ハンド選定

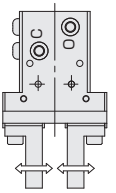
ハンドの種類やガイド方式を選定し、把持力、グリップポイント、荷重、モーメントが許容値以内であることを確認ください。

1. ハンドの種類

レバーが支点を中心に回転する「回転移動形ハンド」と、レバーがガイドに沿って平行に移動する「平行移動形ハンド」があります。ワークの大きさや形状、把持方法によってハンドを選定してください。



回転移動形



平行移動形

種類＼項目	ワークの大きさ	把　持　力	把　持　精　度	価　格
平行移動形	異なる大きさでもストローク範囲内で把持が可能	グリップポイントによりやや異なるが、ほぼ一定	非常に良い（ガイドの種類によって異なります）	高　価
回転移動形	一定の大きさのみ把持が可能	グリップポイントに反比例	標準的	安　価

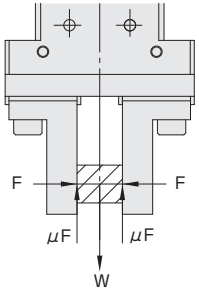
2. ガイド方式(平行移動形)

レバーはガイドに沿って移動します。そのガイド方式によって性能が異なる為、使用条件によって選定してください。

種類	スライドガイド	クロスローラガイド	リニアガイド
シリーズ	(C)KH(L)シリーズ EHPEシリーズ HP01シリーズ HP08シリーズ HP10シリーズ	HP03Eシリーズ HP05シリーズ	HP04Rシリーズ HP06シリーズ HP07シリーズ HP09Rシリーズ HP15シリーズ
性　能	メタルブッシュやスライドプレートにてレバー摺動及び荷重を受ける方式です。 　若干の上下ガタはあるものの、他のガイド方式に比べると安価です。	V溝レールに円筒コロを交互に直行配列したガイド方式です。上下ガタが少ない、剛性が高いといった利点があります。	レールにボールを直行配列したガイド方式です。 作動が軽く摺動抵抗が少ないため把持効率が高く、また精度・剛性が高いといった利点があります。

3. 把持力

ワークを把持して搬送や組立を行う為には、適正な把持力を選定する必要があります。下図のように、質量Wのワークを把持している状態とは**把持力F**×**摩擦係数μ**×**レバーの数n**が**質量W**×**重量加速度g**×**安全率s**より大きくなることで成り立っています。また、ワークを把持しながらハンドが運動を行う際にはこれに慣性力を加える必要があります。
これらの計算はバラツキや不確定要素が多く正確な把持力Fの算出が困難ですので、以下に選定方法を記します。



F：把持力（N）
μ：レバーとワークの摩擦係数
W：ワークの質量（kg）
n：レバーの数
s：安全率
g：重力加速度　9.8（m／s²）

$$F \cdot \mu \cdot n > W \cdot g \cdot s$$

$$F > \frac{W \cdot g \cdot s}{\mu \cdot n}$$

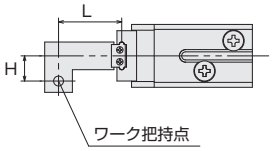
◆選定の目安

ハンドが把持するだけの場合　　：F＞10W･g～20W･g
ハンドが通常の運動を伴う場合　：F＞20W･g～30W･g
ハンドが急加減速運動を伴う場合：F＞30W･g～50W･g
（上記は、μ＝0.1～0.2の場合を示す）

注）より重いワークを把持する場合は、アタッチメントを摩擦係数μの大きな材質で製作してください。

4. グリップポイント

グリップポイントやオーバーハングが大きくなると、レバーに係るモーメントが大きくなり破損につながる可能性があります。各機種のグリップポイント制限範囲内で使用してください。
回転移動形ハンドに関しては実効把持力表のグリップポイント範囲内（実線の範囲内）で使用してください。



L：グリップポイント
H：オーバーハング

5. 許容荷重、許容モーメント

リニアガイド付ハンドの場合、レバーに外力を加えることができます。(例. ワークを押し付ける、アタ ッチメントの形状を大きくする等)
外力を加える場合は、各機種の「許容荷重及び許容モーメント」のページを参照して、適正な外力・モーメントの範囲内で使用してください。

6. その他

これまでの選定の他にも、使用温度や頻度、ストロークなどを確認していただく必要があります。
これらは各機種の「仕様」のページを参照して許容範囲内で使用してください。
またその他ご不明な点に関しては、別途お問合せください。

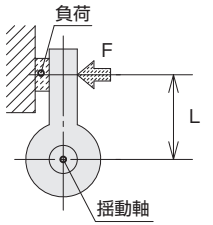
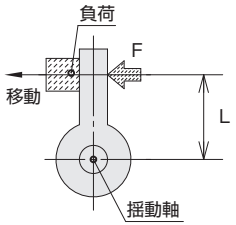
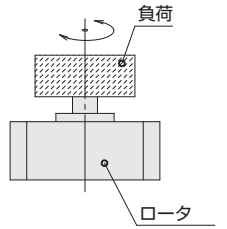
技術資料 —ロータ選定—

ロータ選定

トルク、揺動時間、運動エネルギー、荷重、モーメントが許容範囲以内であることを確認ください。

1. 負荷の種類

負荷の種類は、アクチュエータの取付姿勢、積載物の形状、使用方法により、次の3種類に分類することがきます。
慣性モーメントの計算式は積載物の形状によって異なります。606ページの「慣性モーメントの算出」を参照ください。
慣性負荷は揺動時間の二乗に反比例するため、計算時の揺動時間の設定には特に注意が必要です。

負荷の種類	静的負荷：Ts	抵抗負荷：Tr	慣性負荷：Ta
内　　容	クランプなど、静的な押付によって発生する負荷。	ワーク移動時の摩擦力や、鉛直面での揺動時の重力など、物体の移動に伴う外力によって発生する負荷。	物体の揺動に伴う慣性力によって発生する負荷。
計 算 式	Ts=F・L（N・m）	Tr=F・L（N・m） （例. F=μ・m・g）	$Ta=I\frac{2\theta}{t^2}$(N・m)
使 用 例			
	F：必要な押付力　(N) L：揺動軸芯から作用点までの長さ(m)	F：必要な押付力　(N) L：揺動軸芯から作用点までの長さ(m) μ：摩擦係数 m：質量　(kg) g：重力加速度　(m/s^2)	I：慣性モーメント　($kg \cdot m^2$) θ：揺動角度　(rad) t：揺動時間　(s)

2. トルク

負荷の種類で計算した算出トルクが各機種の実効トルクが以下になるようアクチュエータを選定してください。
実効トルクは理論出力トルクに摩擦抵抗を考慮した出力の目安です。
物体を静的に押付ける場合、クランプアームなどの積載物の揺動によって慣性負荷が発生します。
また、取付姿勢によっては抵抗負荷も発生しますので別途、検討が必要です。
静的負荷の場合は余裕を持った選定を行い、必要に応じてレギュレータの圧力を下げて、ご使用ください。
使用条件が許容値を超えると精度の劣化、動作不良、寿命の低下など、アクチュエータの故障や破損の原因となります。

物体を静的に押付ける場合	Te≧Ts
物体を移動する場合	Te≧5・Tr+10・Ta
物体を揺動する場合	Te≧10・Ta

Te：実効トルク　(N·m)
Ts：静的負荷の場合の必要トルク　(N·m)
Tr：抵抗負荷の場合の必要トルク　(N·m)
Ta：慣性負荷の場合の必要トルク　(N·m)

技術資料 —ロータ選定—

3. 許容揺動時間

揺動時間が各機種の許容揺動時間範囲内であることを確認してください。
許容揺動時間を超えた低速域で使用するとスティックスリップ現象が発生したり、停止したりすることがあります。

許容揺動時間	0.3～3s	※180°当たり

4. 許容運動エネルギー

次の式で算出した運動エネルギーが各機種の許容運動エネルギーより、小さいことを確認して下さい。
慣性モーメントは積載物の形状によって計算式が異なります。606ページの「慣性モーメントの算出」を参照ください。
ここで求められる角速度は等加速度運動の場合の終端角速度です。
積載物が下降する場合などでは、重力加速度によって角速度が上昇し、予想以上の運動エネルギーが発生します。
許容値を超えることが予想される場合、外部に緩衝装置を設け衝撃を緩和してください。
使用条件が許容値を超えるとアクチュエータが破損し、人体、ならびに機器・装置に損害を与える原因となります。

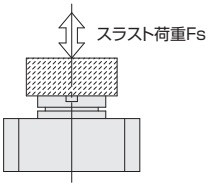
$$E=\frac{1}{2}I\omega^2 \qquad \omega=\frac{2\theta}{t}$$

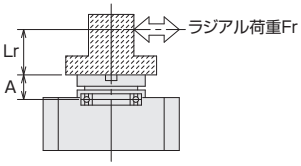
E：運動エネルギー（J）
ω：角速度（rad/s）
θ：揺動角度（rad）
t：揺動時間（s）
I：慣性モーメント（kg・m^2）

5. 許容荷重、許容モーメント

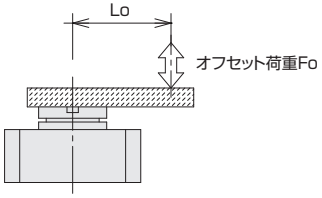
・テーブルタイプ
許容値を超えた荷重、およびモーメントをテーブルに作用させないでください。
・シャフトタイプ
スラストベアリングやラジアルベアリングなどを利用して荷重がシャフトに直接かからないように使用してください。
直接の荷重が避けられない場合は、各機種の許容荷重範囲以下で使用してください。

使用条件が許容値を超えると精度の劣化、動作不良、寿命の低下など、アクチュエータの故障や破損の原因となります。





モーメント:M=Fr×(Lr+A)



モーメント:M=Fo×Lo

種　類	RT01		RT02				
	18	22	10	14	16	18	22
テーブルからベアリングまでの距離A（mm）	18.5	20.5	9.2	11.5	13.5	15	17

6. その他

これまでの選定の他にも、使用温度や揺動角度などを確認していただく必要があります。
これらは各機種の「仕様」のページを参照して許容範囲内で使用してください。
またその他ご不明な点に関しては、別途お問合せください。

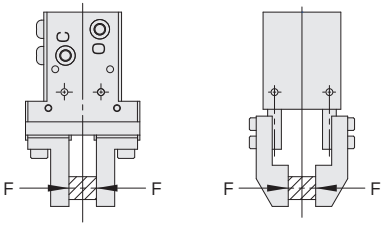
技術資料 —ハンド・ロータ用語説明—

ハンド用語説明

カタログ中に使用されているハンドの用語と説明を以下に記します。

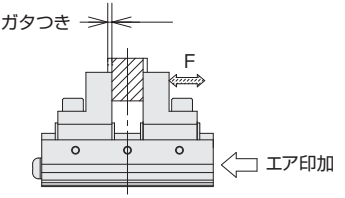
把持力

把持されたワークが、把持を行うレバーの間で釣り合っており、合力を生じない力を表します。



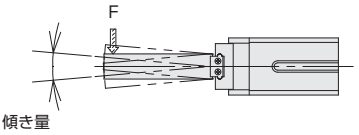
平行ガタ

ハンドにエアを印加しワークを把持している状態で、ワークもしくはレバーに開閉方向の外力を加えると若干のガタツキが生じます。これを平行ガタと言います。



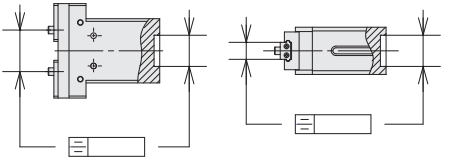
上下ガタ

開閉方向に対して鉛直方向の曲げモーメントをレバーに作用させたときのレバーの傾き量を表します。



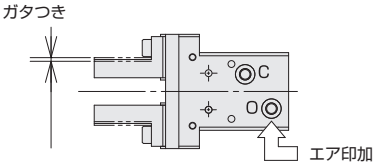
センタリング精度

ワークを把持した状態で、ワークの中心とハンド本体の位置決め穴の中心の振れ量を表します。(使用するアタッチメントの位置決めは、開閉方向をピン、上下方向をレバーの幅で行った状態です。センタリング精度にアタッチメントの精度は含みません)



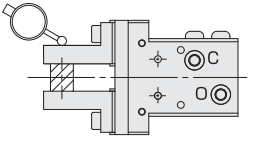
開閉ガタ

ハンドにエアを印加しワークを把持していない状態では、レバーの開閉方向に若干のガタツキがあります。これを開閉ガタと言います。



繰返し精度

同一のワークを10回繰返し把持した場合のワーク(レバー)の位置の振れ量を表します。
(アタッチメントのたわみは含みません。)



ロータ用語説明

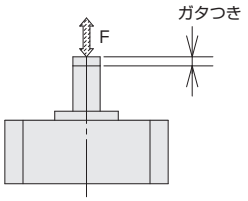
カタログ中に使用されているロータの用語と説明を以下に記します。

実効トルク

理論出力トルクに摩擦抵抗を考慮した出力の目安を表します。

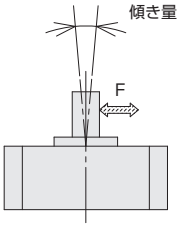
スラストガタ

ロータの旋回軸に対し、同軸方向に荷重を加えた場合のガタつき量を表します。



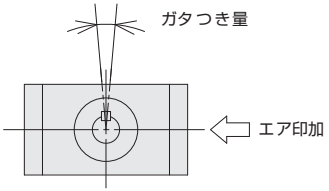
ラジアルガタ

ロータの旋回軸に対し、垂直方向に荷重を加えた場合の傾き量を表します。



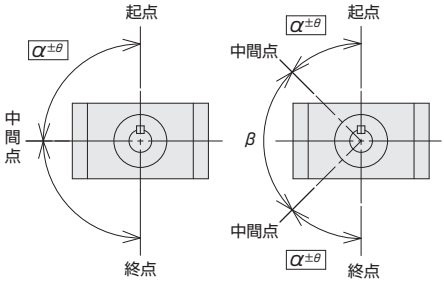
バックラッシュ

エアを印加して旋回端で停止している旋回軸の回転方向のガタつきを表します。



α角設定精度

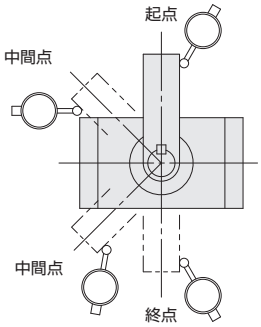
中間停止形ロータにおけるα角の実際に揺動する角度の公差を表します。α角設定精度は製品組立時の許容精度であるため、製品完成後に調整することはできません。以下に各サイズのα角設定精度を記します。



サイズ	10, 13, 14	16, 18, 22
α角設定精度(θ)	±1.5°	±1°

繰返し角度精度

各旋回端にて10回繰返し停止した場合の、停止角度の振れ量を表します。



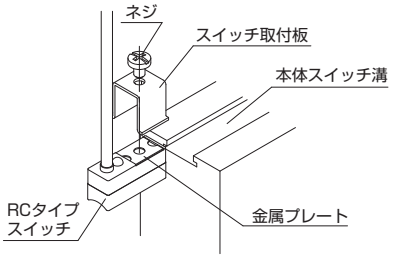
サイズ	全サイズ
繰返し精度	±0.1°

技術資料 —ロータ／スイッチ取付方法—

ロータスイッチ取付方法

■RCタイプの場合

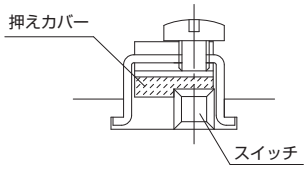
（1）スイッチ取付板を本体スイッチ溝に入れます。
（2）スイッチを感度位置に合わせます。
　　（ON幅、応差を考慮して下さい）
（3）取付板をスイッチの金属プレート部分に合わせます。
（4）ネジの締付トルクは0.3N·m以下として下さい。



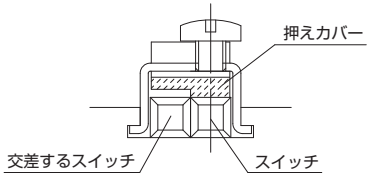
■ZCタイプの場合

ZCタイプのスイッチは最大4つまで取付可能です。
取付数量・取付位置によってスイッチ取付方法が変わりますので、ご注意下さい。

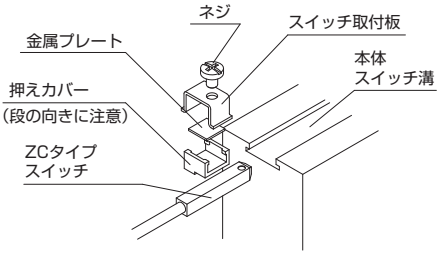
スイッチが交差しない場合（1個取付）



スイッチが交差する場合（2個取付）

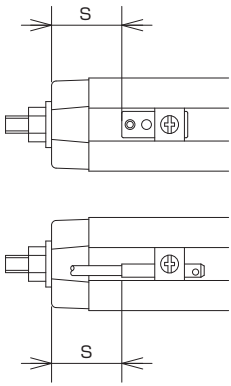


（1）スイッチの取付方法により押えカバーの段の方向を決めます。押えカバーに金属プレートを乗せてスイッチ取付板にはめ込みます。
（2）スイッチ取付板を本体スイッチ溝に入れます。
（3）スイッチを感度位置に合わせます。
　　（ON幅、応差を考慮して下さい）
（4）ネジの締付トルクは0.3N·m以下として下さい。



ロータスイッチ取付位置の目安

	タイプ	角度	RCA			RCM			ZC		
			S	作動角	応差角	S	作動角	応差角	S	作動角	応差角
RS01-10 (RT02共通)	B	90·180	6	100	13	2.5	45	4	2	52	5
	D	180	8.5			6.5			6		
RS01-13	B	180	15	130	10	12	47	4	6	58	6
RH01 RS01-14 (RT02共通)	B	180 90	13 17.5	80	10	10 14.5	30	3	4 8.5	38	3
	D	180	16			18			7		
RS01-16 (RT02共通)	B	90·180	16	85	6	13	30	2	8	33	3
	D	180	21			18			13		
RS01-18 (RT01·02共通)	B	90·180	16	52	4	14	20	2	9	26	3
	D	180	22			20			15		
RS01-22 (RT01·02共通)	B	90·180	20	47	3	18	20	2	13	22	3
	D	180	25			23			18		



取付位置：S(mm) ……ロータの端面からスイッチがONする位置の最高感度位置をON幅の中心にした時の端面までの距離
応差角度（°）……スイッチを固定し、軸を回転させたときに、ONしてから逆方向に回転させ、OFFするまでの角度
作動角度（°）……軸を固定した状態で、スイッチを左右に動かし、スイッチがONしている範囲を角度で表したもの

技術資料 —ロータ／停止位置の調整方法—

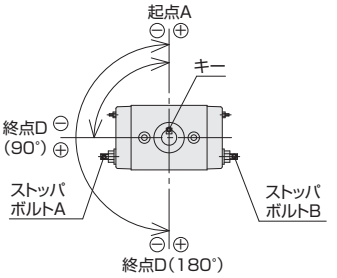
停止位置の調整方法（RS01・RT01・RT02・RH01共通）

■2位置停止（エアクッションタイプ）の場合

起点Aのキー位置を調整する時はストッパボルトAを、終点Dのキー位置を調整する時はストッパボルトBを調整してください。

㊉側調整範囲：MAX2.5°
㊀側調整範囲：MAX10°

注）㊀側の角度調整は30°まで調整可能ですが、
エアクッションの効きが悪くなりますので
調整は10°までとしてください。

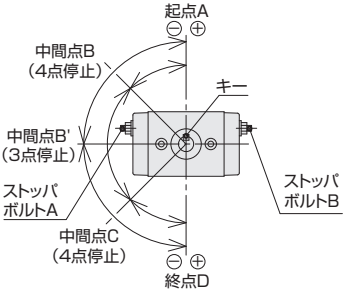


■3位置停止・4位置停止の場合

起点Aのキー位置を調整する時はストッパボルトAを、終点Dのキー位置を調整する時はストッパボルトBを調整してください。

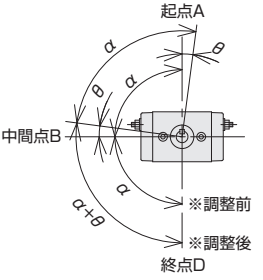
㊉側調整範囲：MAX2.5°
㊀側調整範囲：MAX30°

但し、キー位置を調整する場合は
下記の点に注意してください。



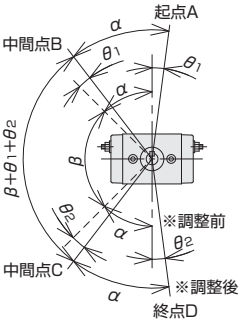
3位置停止の時

起点Aの位置をθ°調整すると、中間点Bの位置も同じ方向にθ°だけ変化します。(α角度は変化しません)
しかし、終点Dの位置は変化しないため、中間点Bから終点Dまでの角度は($\alpha+\theta$)°となります。起点Aの位置を調整する際には終点Dの位置も同じだけ調整するようにしてください。



4位置停止の時

起点Aの位置をθ_1°調整すると、中間点Bの位置も同じ方向にθ_1°だけ変化します。また、終点Dの位置をθ_2°調整すると、中間点Cの位置も同じ方向にθ_2°だけ変化します。(α角度は変化しません)この時、中間点Bから中間点Cまでの角度は($\beta+\theta_1+\theta_2$)°となります。



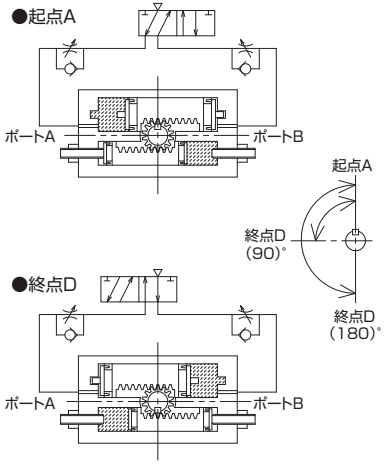
■ロッドの回転調整角度とストッパボルトA・Bの回転角度の関係

呼び径	φ10	φ13	φ14	φ16	φ18	φ22
ボルト1回転での ロッド回転角度の変化	11.5°	11.5°	9.5°	9.0°	7.8°	6.6°
ロッド回転角度が1°変化 する場合のボルト回転角度	31.4°	31.4°	37.7°	40°	46°	54.5°

技術資料 —ロータ／制御方法—

制御方法（RS01・RT01・RT02・RH01共通）

■2位置停止の場合



●動作制御方法

キー位置	ポート A	ポート B
	○	—
	—	○

左表に供給エアの条件と、その時のロッドキー位置の相関を示します。表中の○印はエア供給を示し、一印はエア排気を示します。

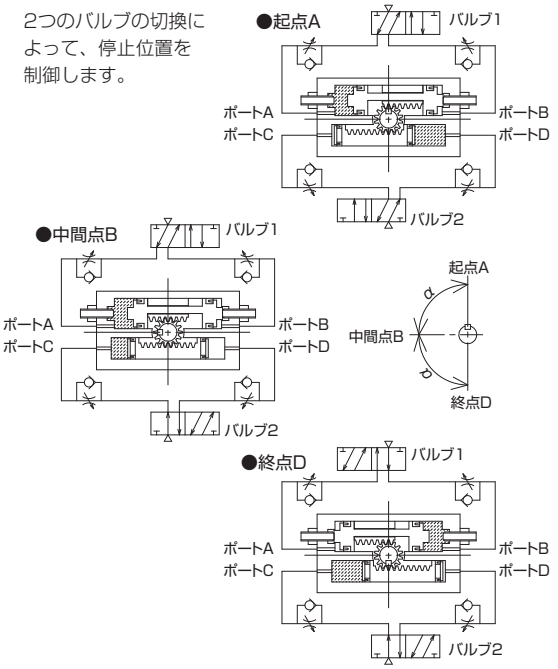
●速度制御方法

	調整ポート
⇨	ポートA
⇨	ポートB

左表にロッド回転方向と、その回転時に速度調整するために流量制御するポートの相関を示します。なお、速度制御はメータアウトのスピコンで行ってください。又、クラッキング圧力の高いスピコンの使用は避けて下さい。

■3位置停止の場合

2つのバルブの切換によって、停止位置を制御します。



●動作制御方法

キー位置	バルブ1 A	バルブ1 B	バルブ2 C	バルブ2 D
	○	—	—	○
	○	—	○	—
	—	○	○	—

上表に供給エアの条件と、その時のロッドキー位置の相関を示します。表中の ○印はエア供給を示し、一印はエア排気を示します。

●速度制御方法

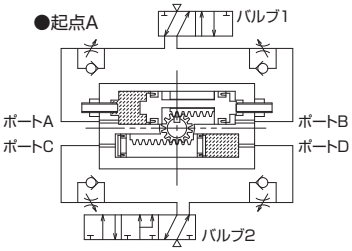
	調整ポート
⇨	ポートD
⇨	ポートA
⇨	ポートB
⇨	ポートC

上表にロッド回転方向と、その回転時に速度調整するために流量制御するポートの相関を示します。なお、速度制御はメータアウトのスピコンで行ってください。又、クラッキング圧力の高いスピコンの使用は避けて下さい。調整を行う際は、まず、C,Dポートの調整をした後、A,Bポートの調整を行ってください。

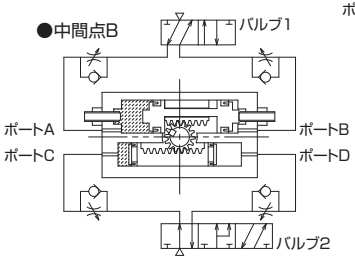
■4位置停止の場合

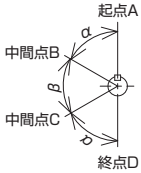
2種類のバルブの切換によって、
停止位置を制御します。

●起点A

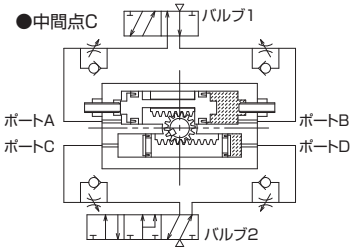


●中間点B

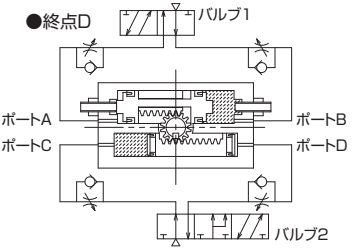




●中間点C



●終点D



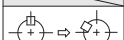
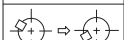
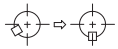
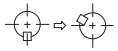
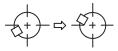
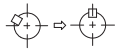
●動作制御方法

キー位置	バルブ1		バルブ2	
	A	B	C	D
	○	—	—	○
	○	—	○	—
注	○	—	○	○
注	—	○	○	○
	—	○	—	○
	—	○	○	—

上表に供給エアの条件と、その時のロッドキー位置の相関を示します。表中の ○印はエア供給を示し、ー印はエア排気を示します。

注） 間の順次動作をさせる制御には、2つの中間過程が必要です。

●速度制御方法

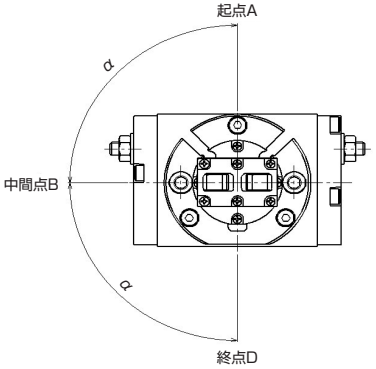
	調整ポート
	ポートD
	ポートA
	ポートD
	ポートC
	ポートB
	ポートC

左表にロッド回転方向と、その回転時に速度調整するために流量制御するポートの相関を示します。なお、速度制御はメータアウトのスピコンで行ってください。又、クラッキング圧力の高いスピコンの使用は避けて下さい。調整を行う際は、まず、C,Dポートの調整をした後、A,Bポートの調整を行ってください。

技術資料 —ロータ／制御方法—

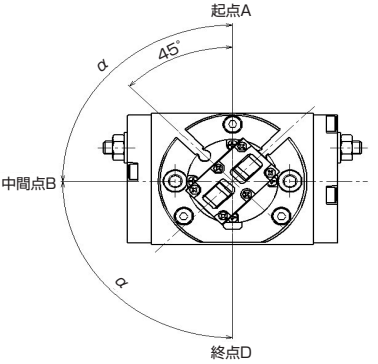
ローターハンド/停止位置について

■例：RH01-P16C-D90（通常タイプ）

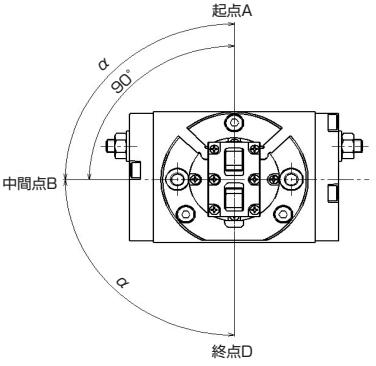


印加により、起点Aから反時計回りに回転します。

■例：RH01-P16C-D90-W1（45度振り）



■例：RH01-P16C-D90-W2（90度振り）



位置	バルブ1		バルブ2	
	A	B	C	D
起点A	○	—	—	○
中間B	○	—	○	—
終点D	—	○	○	—

技術資料 —用語の説明—

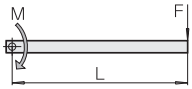
ベクトルとスカラ

力や速度のように空間において大きさと方向で決まる量を『ベクトル』と言います。質量、長さ、面積、体積、密度、時間などのように空間に方向を持たず、その大きさだけで決まる量を『スカラ』と言います。

力のモーメント

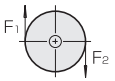
軸の回りに自由に回転することができる物体に力が作用する場合、物体の回転の度合は力Fと軸から力の作用点までの距離Lの積によって決まります。これを『力のモーメント』と言います。

M＝FL



偶力

物体を回転させる力において、方向が反対で、大きさの等しい平行な2つの力を『偶力』といいます。



$F_2 = -F_1$

慣性

物体は静止していれば静止し続けようとし、運動していれば永久に動き続けようとする。このように現在の状態を維持しようとする性質を『慣性』と言います。

ニュートンの運動法則

質量mの物体に加速度aが生じるための力Fとの間には、以下のような関係があります。

F＝ma

慣性力

運動している物体に対して、平衡状態にある見かけの力を『慣性力』と言います。例えば、物体に糸を付けて回す時、中心に向かって求心力が作用していますが、これにつり合う逆向きで大きさの等しい遠心力が働いているように見えます。この遠心力は慣性力のひとつです。

慣性モーメント

物体を回転軸まわりに回転させる時、回転運動に対する慣性の大きさの度合いを『慣性モーメント』と言います。物体の全質量をMとすると、慣性モーメントⅠは以下のように表されます。

$I = MK^2$

この式は回転軸から距離Kの点に全質量Mが集中したと考えた式であり、Kを回転半径といいます。Kは物体の形状により異なります。

重力加速度

地球上において、物体を自由落下させると、一定の加速度で落下します。この加速度を『重力加速度』といい、gで表します。正確には地球上の場所によって若干の違いはありますが、工学では一般的に$g = 9.8 m/s^2$を用います。

仕事とエネルギ

質量mの物体に力が作用してχだけ移動した時、仕事をしたことになり、仕事は以下のように表されます。

仕事　W＝mχ

物体が仕事をする能力を『エネルギ』と言います。

運動エネルギ

質量mの物体が速度Vで運動している場合の運動エネルギは以下の式より求められます。

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

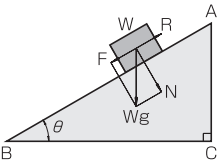
位置エネルギ

質量mの物体が高さhの位置で持つ位置エネルギは以下の式で求められます。

E＝mgh　g：重力加速度（$9.8 m/s^2$）

力のつりあい

下図のように斜面に物体がある場合の力のつり合いは以下のように表されます。



W：物体の質量　F：斜面と平行な力　N：斜面に垂直な力
R：摩擦力　θ：斜面の角度　μ：斜面の摩擦係数
g：重力加速度

$F = W\sin\theta$　$N = W\cos\theta$

摩擦力は斜面に垂直な荷重に比例するので、摩擦係数は

$F = R = \mu N$

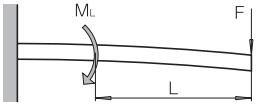
$$W\sin\theta = \mu W\cos\theta$$

$$\mu = \frac{W\sin\theta}{W\cos\theta} = \frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \tan\theta$$

技術資料 —用語の説明—

曲げモーメント

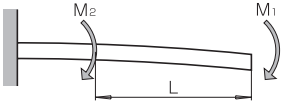
はり（棒）に外力Fが作用して曲がる時、この外力により生じたモーメントを『曲げモーメント』と言います。



L点における曲げモーメント

$M_L = F \times L$

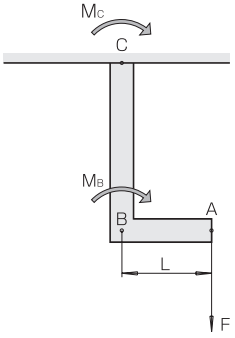
はり（棒）にモーメントが作用して曲がる時、作用しているモーメントは、はりのどの位置でも一定になります。



$M_1 = M_2$

上図において、モーメントM_1と、Lの位置のモーメントM_2は等しい。

例えば下図のようなL型アングルのA点に力Fが加わった場合のB点、C点でのモーメントは



B点でのモーメントは

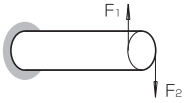
$M_B = F \times L$

上記の通り、はり（棒）にモーメントを受けた場合、モーメントはどこでも同じになるから、C点でのモーメントは

$M_C = M_B = F \times L$

ねじりモーメント

軸にねじりを発生させる時、そのねじりの力は偶力であり、この偶力によるモーメントを『ねじりモーメント』と言います。



断面二次モーメントと断面係数

はり（棒）が曲げモーメントを受けた場合、応力は以下の式で求められます

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

σ：曲げ応力
M：曲げモーメント
Z：断面係数

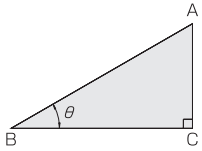
$$Z = \frac{I}{X}$$

I：断面二次モーメント
X：中立軸から断面上の任意の点までの距離
Z：断面係数

はりが曲げモーメントを受けた時、圧縮も引張も受けない面があり、この面を中立面と言います。この中立面と横断面が交わる部分を中立軸と言います。

三角関数

直角三角形において、



$\sin\theta=\frac{AC}{AB}$　　$\mathrm{cosec}\,\theta=\frac{AB}{AC}$

$\cos\theta=\frac{BC}{AB}$　　$\sec\theta=\frac{AB}{BC}$

$\tan\theta=\frac{AC}{BC}$　　$\cot\theta=\frac{BC}{AC}$

$\sin^{-1}\frac{AC}{AB}=\theta$

$\cos^{-1}\frac{BC}{AB}=\theta$

$\tan^{-1}\frac{AC}{BC}=\theta$

$\sin^2\theta+\cos^2\theta=1$

$\frac{\sin\theta}{\cos\theta}=\tan\theta$

$\sin(90^\circ+\theta)=\cos\theta$

$\cos(90^\circ+\theta)=-\sin\theta$

$\tan(90^\circ+\theta)=-\cot\theta$

$\sin(90^\circ-\theta)=-\cos\theta$

$\cos(90^\circ-\theta)=\sin\theta$

$\tan(90^\circ-\theta)=\cot\theta$

二次方程式

$ax^2+bx+c=0$　　$x=\frac{-b\pm\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$

指数法則

$(a^m)^n=a^{mn}$　　$\left(\frac{a}{b}\right)^n=\frac{a^n}{b^n}$

$(ab)^n=a^nb^n$

$a^{-n}=\frac{1}{a^n}$

$a^0=1$

累乗

$a^n=b$　ならば$a=\sqrt[n]{b}$　　$\sqrt[n]{a^m}=a^{\frac{m}{n}}$

$\sqrt{ab}=\sqrt{a}\sqrt{b}$　　$\sqrt{\frac{b}{a}}=\frac{\sqrt{b}}{\sqrt{a}}$

恒等式

$a^2-b^2=(a+b)(a-b)$

$a^3-b^3=(a-b)(a^2+ab+b^2)$

$a^3+b^3=(a+b)(a^2-ab+b^2)$

対数

$a^x=N$

aが1ではない正数の場合、xはaを底数とするNの対数といい、下記のように表します。

$x=\log_aN$

a＝10の対数を常用対数といい、この場合、底数の10の表記を省略する事も出来ます。
底数a＝e（＝2.718）の対数は自然対数といいます。

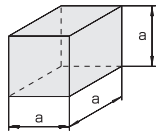
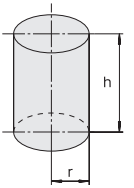
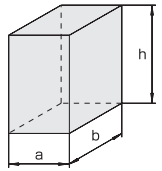
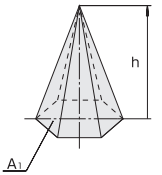
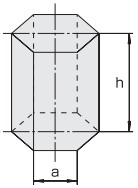
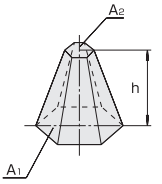
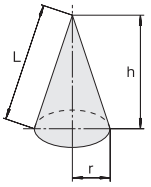
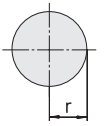
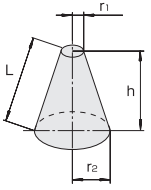
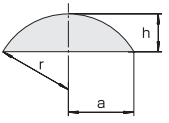
$\log AB=\log A+\log B$

$\log\frac{A}{B}=\log A-\log B$

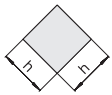
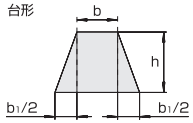
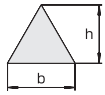
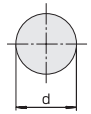
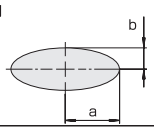
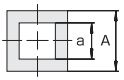
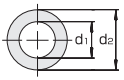
$\log A^B=B\log A$

$\log\sqrt[B]{A}=\frac{1}{B}\log A$

技術資料 —立体の体積・表面積—

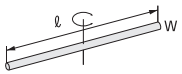
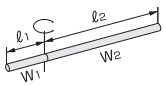
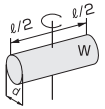
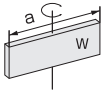
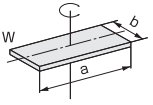
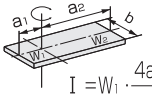
立体の形状	体　積：V　表面積：S	立体の形状	体　積：V　表面積：S
正方体 	$V=a^3$ $S=6a^2$	円柱 	$V=\pi r^2h$ $S=2\pi r^2+2\pi rh$
長方体 	$V=abh$ $S=2(ab+ah+bh)$	角すい 	$V=\frac{1}{3}A_1h$
正六角柱 	$V=\frac{3\sqrt{3}}{2}a^2h$ $S=2\left(\frac{3\sqrt{3}}{2}a^2\right)+6ah$	せつ頭角すい 	$V=\frac{1}{3}h(A_1+A_2+\sqrt{A_1A_2})$
円錐 	$V=\frac{1}{3}\pi r^2h$ $S=\pi rL+\pi r^2$	球 	$V=\frac{4}{3}\pi r^3$ $S=4\pi r^2$
せつ頭円錐 	$V=\frac{1}{3}\pi h(r_1^2+r_2^2+r_1r_2)$ $S=\pi(r_1+r_2)L+\pi(r_1^2+r_2^2)$	欠球 	$V=\frac{1}{6}\pi h(3a^2+h^2)$ $=\frac{1}{3}\pi h^2(3r-h)$

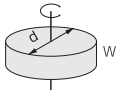
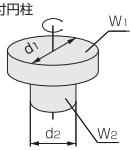
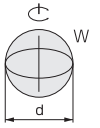
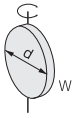
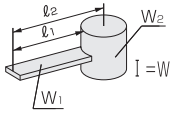
技術資料 —断面積、重心、断面二次モーメント、断面係数—

断　面　形　状	断　面　積	重心の位置	断面二次モーメント	断面係数
正方形 	h^2	$\frac{h}{2}$	$\frac{h^4}{12}$	$\frac{h^3}{6}$
長方形 	bh	$\frac{h}{2}$	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{bh^2}{6}$
ひし形 	h^2	$\frac{h}{2}\sqrt{2}$	$\frac{h^4}{12}$	$\frac{\sqrt{2}}{12}h^3$
台形 	$(2b+b_1)\frac{h}{2}$	$\frac{1}{3}\frac{3b+2b_1}{2b+b_1}h$	$\frac{6b^2+6bb_1+b_1^2}{36(2b+b_1)}h^3$	$\frac{6b^2+6bb_1+b_1^2}{12(3b+b_1)}h^2$
三角形 	$\frac{bh}{2}$	$\frac{2}{3}h$	$\frac{bh^3}{36}$	$\frac{bh^2}{24}$
円 	$\frac{\pi d^2}{4}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{\pi d^4}{64}$	$\frac{\pi d^3}{32}$
だ円 	πab	a	$\frac{\pi}{4}a^3b$	$\frac{\pi}{4}a^2b$
等辺六角形 	$\frac{3\sqrt{3}}{2}a^2$	$\frac{\sqrt{3}}{2}a^2$	$\frac{5\sqrt{3}}{16}a^4$	$\frac{5}{8}a^3$
正方形（中空） 	A^2-a^2	$\frac{A}{2}$	$\frac{A^4-a^4}{12}$	$\frac{1}{6}\left(\frac{A^4-a^4}{A}\right)$
円（中空） 	$\frac{\pi}{4}(d_2^2-d_1^2)$	$\frac{d_2}{2}$	$\frac{\pi}{64}(d_2^4-d_1^4)$	$\frac{\pi}{32}\left(\frac{d_2^4-d_1^4}{d_2}\right)$

技術資料 —慣性モーメントの算出—

I：慣性モーメント　　W：質量

No.	形　状	慣性モーメント	回転半径
1	細い棒 	$I=W\cdot\frac{\ell^2}{12}$	$K^2=\frac{\ell^2}{12}$
2	細い棒 	$I=W_1\cdot\frac{\ell_1^2}{3}+W_2\cdot\frac{\ell_2^2}{3}$	$K^2=\frac{\ell_1^2}{3}+\frac{\ell_2^2}{3}$
3	太い棒 	$I=W\left(\frac{\ell^2}{12}+\frac{d^2}{16}\right)$	$K^2=\frac{\ell^2}{12}+\frac{d^2}{16}$
4	薄い長方形板（直方体） 	$I=W\cdot\frac{a^2}{12}$	$K^2=\frac{a^2}{12}$
5	長方形板（直方体） 	$I=W\cdot\frac{a^2+b^2}{12}$	$K^2=\frac{a^2+b^2}{12}$
6	長方形板（直方体） 	$I=W_1\cdot\frac{4a_1^2+b^2}{12}+W_2\cdot\frac{4a_2^2+b^2}{12}$	$K^2=\frac{4a_1^2+b^2}{12}+\frac{4a_2^2+b^2}{12}$

No.	形　状	慣性モーメント	回転半径
7	円柱（薄い円盤を含む） 	$I=W\cdot\frac{d^2}{8}$	$K^2=\frac{d^2}{8}$
8	段付円柱 	$I=W_1\cdot\frac{d_1^2}{8}+W_2\cdot\frac{d_2^2}{8}$	$K^2=\frac{d_1^2}{8}+\frac{d_2^2}{8}$
9	球 	$I=W\cdot\frac{d^2}{10}$	$K^2=\frac{d^2}{10}$
10	薄い円盤 	$I=W\cdot\frac{d^2}{16}$	$K^2=\frac{d^2}{16}$
11	棒の先端に集中荷重のある場合 	$I=W_1\cdot\frac{\ell_1^2}{3}+W_2\cdot K^2+W_2\cdot\ell_2^2$	W_2の形状により算出する。

技術資料 —国際単位（SI）について—

量	単位記号	従来単位からSI単位への換算	SI単位から従来単位への換算
力	N	1kgf=9.8N	1N=0.102kgf
力のモーメント	N・m	1kgf・m=9.8N・m	1N・m=0.102kgf・m
圧　　力	MPa	1kgf/㎠=0.098MPa	1MPa=10.2kgf/㎠
慣性モーメント	kg・㎠	1kgf・m・s²=9.8kg・m²	1kg・m²=0.102kgf・m・s²
運動エネルギ	J	1kgf・m=9.8J	1J=0.102kgf・m

●力　N➡kgf（1N=0.102kgf）

N	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
kgf	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
N	1	2	3	4	5	6	7	8	9
kgf	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
N	10	20	30	40	50	60	70	80	90
kgf	1.0	2.0	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.2	9.2
N	100	200	300	400	500	600	700	800	900
kgf	10	20	31	41	51	61	71	82	92
N	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
kgf	100	200	310	410	510	610	710	820	920

●圧力　MPa➡kgf/㎠（1MPa=10.2kgf/㎠）

MPa	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
kgf/㎠	0.10	0.20	0.31	0.41	0.51	0.61	0.71	0.82	0.92
MPa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
kgf/㎠	1.02	2.04	3.06	4.08	5.10	6.12	7.14	8.16	9.18
MPa	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
kgf/㎠	10.2	11.2	12.2	13.3	14.3	15.3	16.3	17.3	18.4

基本単位

量	単位の名称	単位記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

補助単位

量	単位の名称	単位記号
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

接頭語

単位に乗ぜられる倍数	接頭語 名称	接頭語 記号	単位に乗ぜられる倍数	接頭語 名称	接頭語 記号	単位に乗ぜられる倍数	接頭語 名称	接頭語 記号
10^{18}	エクサ	E	10^{2}	ヘクト	h	10^{-9}	ナ　ノ	n
10^{15}	ペ　タ	P	10	デ　カ	da	10^{-12}	ピ　コ	p
10^{12}	テ　ラ	T	10^{-1}	デ　シ	d	10^{-15}	フェムト	f
10^{9}	ギ　ガ	G	10^{-2}	センチ	c	10^{-18}	ア　ト	a
10^{6}	メ　ガ	M	10^{-3}	ミ　リ	m			
10^{3}	キ　ロ	k	10^{-6}	マイクロ	μ			