

# Harmonic Planetary<sup>®</sup>

## HPF中空軸ユニットタイプ

### サイズ

型番:25,32

2  
種類

### ピークトルク

型番:25=100N・m  
型番:32=220N・m

### 減速比

1/11

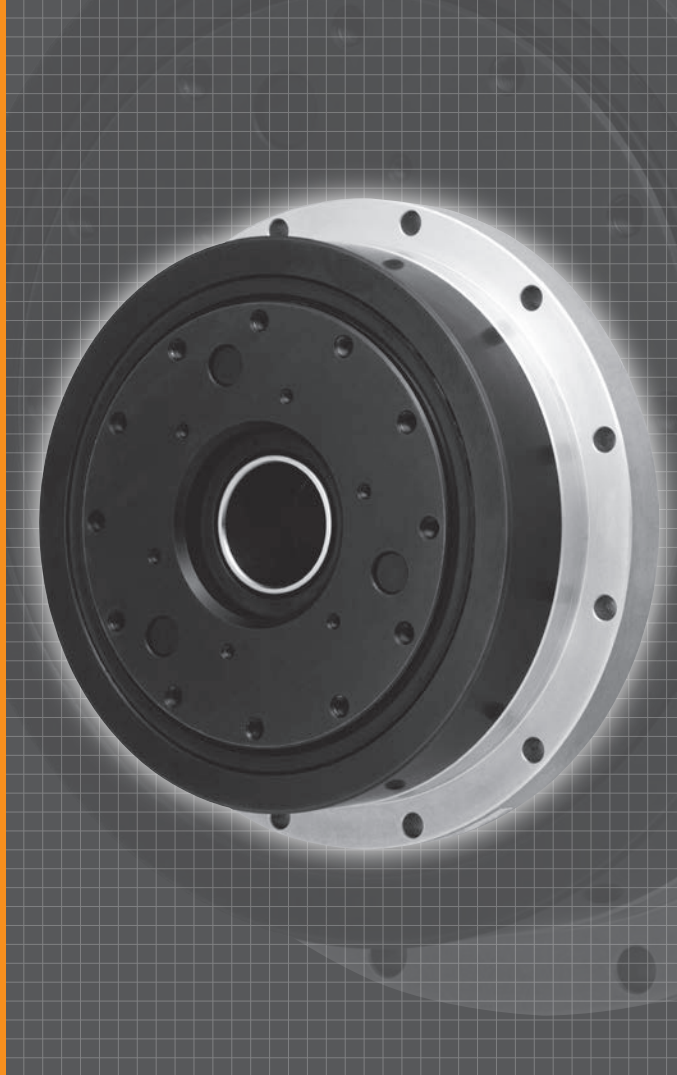
### 小バックラッシ

標準:3分以下

### 中空軸内径

型番:25=φ25mm  
型番:32=φ30mm

ハーモニックプラネタリ<sup>®</sup>をベースに中空構造型のユニットを開発しました。HPGシリーズの優れた性能、仕様を引き継ぎ、新たに中空構造という形状メリットを手に入れました。入出力軸が同軸上の貫通穴なので装置をコンパクトに設計し、配管、配線、レーザー光などを通したり、ボールねじと組み合わせるなど、お客様の多彩なニーズにお応えします。

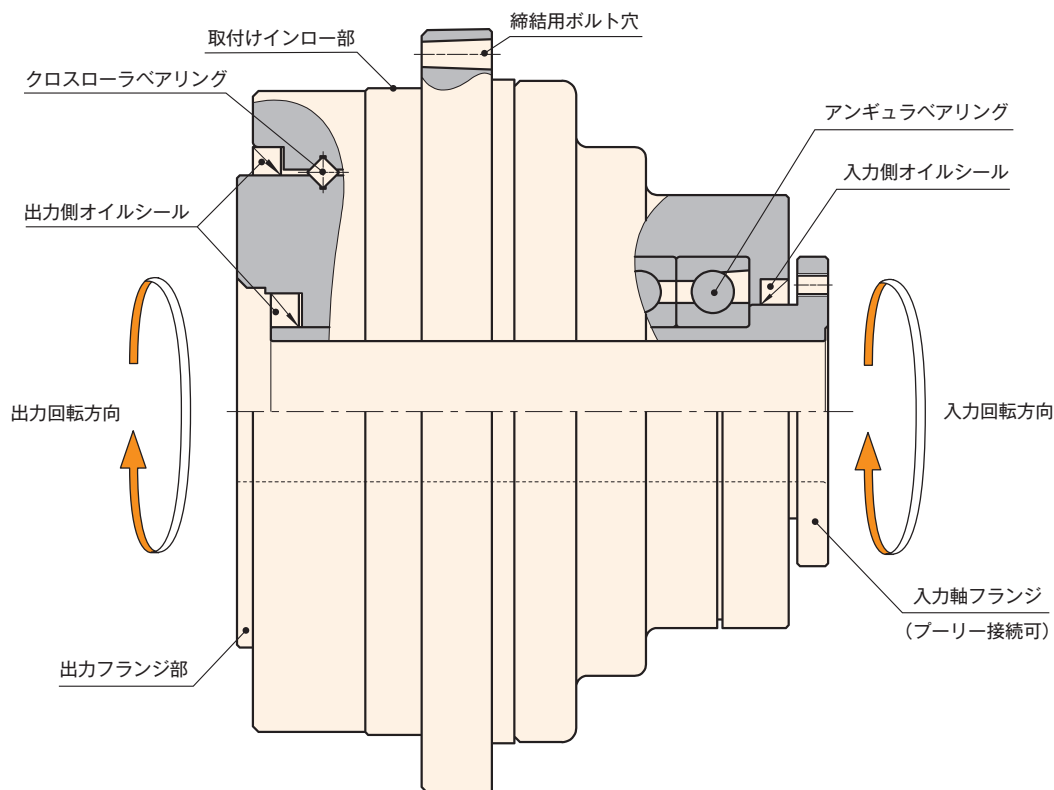


ユニットタイプ  
HPFシリーズ(中空軸タイプ) Harmonic Planetary<sup>®</sup>

ユニットタイプ  
HPGシリーズ(入力軸タイプ) Harmonic Planetary<sup>®</sup>

構造図

図 079-1



## 型番の選定

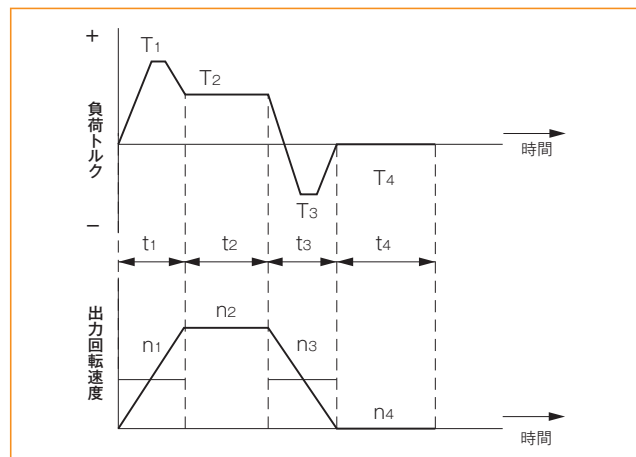
ハーモニックプラネタリ®HPFシリーズの優れた性能を十分発揮させるために、使用条件の確認とフローチャートを参考に型番選定を行ってください。

一般的に、サーボシステムにおいては、連続一定負荷の状態はほとんどありません。入力回転速度の変動にともない負荷トルクが変化し、起動・停止時には比較的大きなトルクがかかります。また、予期しない衝撃トルクがかかることもあります。これらの使用条件を、下図により負荷トルクパターンを確認し、および右記のフローチャートに基づいて型番の選定を行います。クロスローラベアリングと、入力側軸受(入力軸タイプのみ)の寿命および静的安全係数の確認も合わせて行ってください。(P114~119出力軸受および入力側軸受の仕様 参照)

### ■負荷トルクパターンの確認

まず始めに、負荷トルクパターンを把握する必要があります。下図の各仕様を確認してください。

グラフ 080-1



#### 各運転パターン時の条件を求める

負荷トルク	$T_1 \sim T_n$ (N·m)
時間	$t_1 \sim t_n$ (sec)
出力回転速度	$n_1 \sim n_n$ (r/min)

#### <通常運転パターン>

起動時	$T_1, t_1, n_1$
定常運転時	$T_2, t_2, n_2$
停止(減速)時	$T_3, t_3, n_3$
休止時	$T_4, t_4, n_4$

#### <最高回転速度>

出力最高回転速度	$n_{o\ max} \geq n_1 \sim n_n$
入力最高回転速度 (モータなどで制限)	$n_{i\ max} \geq n_1 \times R \sim n_n \times R$ R: 減速比

#### <衝撃トルク>

衝撃トルク印加時	$T_s$
----------	-------

#### <要求寿命>

$L_{10} = L(H)$
-----------------

### ■型番選定のフローチャート

型番選定は、次のフローチャートに従って行ってください。いずれかひとつでも定格表の値を超える場合は、ひとつ上の型番で再検討するか、負荷トルクなどの条件の低減を検討してください。

負荷トルクパターンから、出力側にかかる平均負荷トルクを算出:  $T_{av}$  (N·m)

$$T_{av} = \sqrt[10/3]{\frac{|n_1| \cdot t_1 \cdot |T_1|^{10/3} + |n_2| \cdot t_2 \cdot |T_2|^{10/3} + \dots + |n_n| \cdot t_n \cdot |T_n|^{10/3}}{|n_1| \cdot t_1 + |n_2| \cdot t_2 + \dots + |n_n| \cdot t_n}}$$

負荷トルクパターンから、出力平均回転速度を算出:  $n_{o\ av}$  (r/min)

$$n_{o\ av} = \frac{|n_1| \cdot t_1 + |n_2| \cdot t_2 + \dots + |n_n| \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

次の条件で型番の仮選定を行う。  
 $T_{av} \leq$  平均負荷トルク (P082 定格表 参照)

OK

出力最高回転速度 ( $n_{o\ max}$ ) と入力最高回転速度 ( $n_{i\ max}$ ) から減速比 (R) を決める。

$$\frac{n_{i\ max}}{n_{o\ max}} \geq R$$

( $n_{i\ max}$  はモータなどで制限されます。)

出力最高回転速度 ( $n_{o\ max}$ ) と減速比 (R) から  
入力最高回転速度 ( $n_{i\ max}$ ) を算出  
 $n_{i\ max} = n_{o\ max} \cdot R$

OK

出力平均回転速度 ( $n_{o\ av}$ ) と減速比 (R) から入力平均回転速度 ( $n_{i\ av}$ ) を算出:  
 $n_{i\ av} = n_{o\ av} \cdot R \leq$  許容平均入力回転速度 ( $n_r$ )

OK

入力最高回転速度が定格表の値以内であるか確認する。  
 $n_{i\ max} \leq$  最高入力回転速度 (r/min)

OK

$T_1, T_3$  が定格表の起動・停止時ピークトルク (N·m) の値以内であるか確認する。

OK

$T_s$  が定格表の瞬時最大トルク (N·m) の値以内であるか確認する。

OK

寿命時間を算出し、要求に合うか確認する。

$T_r$ : 定格出力トルク

$n_r$ : 許容平均入力回転速度

$$L_{10} = 20,000 \cdot \left( \frac{T_r}{T_{av}} \right)^{10/3} \cdot \left( \frac{n_r}{n_{i\ av}} \right) \quad (\text{時間})$$

OK

型番の決定

#### 注意

下記の場合は、減速機の温度上昇、加減速時の振動などの影響の確認をお願いします。  
安全を考慮する必要がある場合は「減速機サイズをあげる」、「運転条件の見直しを行う」などの検討をお願いします。特に連続運転に近い場合はご注意ください。

平均負荷トルク ( $T_{av}$ ) > 平均負荷トルクの許容最大値 (P 082)  
入力平均回転速度を算出 ( $n_{i\ av}$ ) > 許容平均入力回転速度 ( $n_r$ )

注意(下記)の内容を確認

運転条件または型番、速比の再検討

## ■型番選定例

## 各負荷トルクパターンの値

負荷トルク  $T_n$  (N・m)時間  $t_n$  (sec)出力回転速度  $n_n$  (r/min)

&lt;最高回転速度&gt;

出力最高回転速度  $no_{max} = 120\text{r/min}$ 入力最高回転速度  $ni_{max} = 5,000\text{r/min}$  : モータで制限

&lt;通常運転パターン&gt;

起動時  $T_1=70\text{N}\cdot\text{m}$   $t_1=0.3\text{sec}$   $n_1=60\text{r/min}$ 定常運転時  $T_2=18\text{N}\cdot\text{m}$   $t_2=3\text{sec}$   $n_2=120\text{r/min}$ 停止(減速)時  $T_3=35\text{N}\cdot\text{m}$   $t_3=0.4\text{sec}$   $n_3=60\text{r/min}$ 休止時  $T_4=0\text{N}\cdot\text{m}$   $t_4=5\text{sec}$   $n_4=0\text{r/min}$ 

&lt;衝撃トルク&gt;

衝撃トルク印加時  $T_s=120\text{N}\cdot\text{m}$ 

&lt;要求寿命&gt;

 $L_{10} = 30,000$ (時間)負荷トルクパターンから、出力側にかかる平均負荷トルクを算出:  $T_{av}$ (N・m)

$$T_{av} = \sqrt[10/3]{\frac{|60\text{r/min}| \cdot 0.3\text{sec} \cdot |70\text{N}\cdot\text{m}|^{10/3} + |120\text{r/min}| \cdot 3\text{sec} \cdot |18\text{N}\cdot\text{m}|^{10/3} + |60\text{r/min}| \cdot 0.4\text{sec} \cdot |35\text{N}\cdot\text{m}|^{10/3}}{|60\text{r/min}| \cdot 0.3\text{sec} + |120\text{r/min}| \cdot 3\text{sec} + |60\text{r/min}| \cdot 0.4\text{sec}}}$$

負荷トルクパターンから、出力平均回転速度を算出:  $no_{av}$ (r/min)

$$no_{av} = \frac{|60\text{r/min}| \cdot 0.3\text{sec} + |120\text{r/min}| \cdot 3\text{sec} + |60\text{r/min}| \cdot 0.4\text{sec} + |0\text{r/min}| \cdot 5\text{sec}}{0.3\text{sec} + 3\text{sec} + 0.4\text{sec} + 5\text{sec}}$$

次の条件で型番の仮選定を行う。 $T_{av}=30.2\text{N}\cdot\text{m} \leq 48\text{N}\cdot\text{m}$ (型番25、減速比11の平均負荷トルク(P082定格表 参照)によって**HPF-25A-11**を仮選定)

OK

出力最高回転速度( $no_{max}$ )と入力最高回転速度( $ni_{max}$ )から減速比(R)を決める。

$$\frac{5,000\text{r/min}}{120\text{r/min}} = 41.7 \geq 11$$

出力最高回転速度( $no_{max}$ )と減速比(R)から入力最高回転速度( $ni_{max}$ )を算出:  $ni_{max} = 120\text{r/min} \cdot 11 = 1,320\text{r/min}$ 出力平均回転速度( $no_{av}$ )と減速比(R)から入力平均回転速度( $ni_{av}$ )を算出:

$$ni_{av} = 46.2\text{r/min} \cdot 11 = 508\text{r/min} \leq \text{型番25の許容平均入力回転速度 } 3,000(\text{r/min})$$

OK

入力最高回転速度が定格表の値以内であるか確認する。  $ni_{max} = 1,320\text{r/min} \leq 5,600\text{r/min}$ (型番25の最高入力回転速度)

OK

 $T_1$ 、 $T_3$ が定格表の起動・停止時ピークトルク(N・m)の値以下であるか確認する。 $T_1=70\text{N}\cdot\text{m} \leq 100\text{N}\cdot\text{m}$ (型番25の起動・停止時ピークトルク) $T_3=35\text{N}\cdot\text{m} \leq 100\text{N}\cdot\text{m}$ (型番25の起動・停止時ピークトルク)

OK

 $T_s$ が定格表の瞬時最大トルク(N・m)の値以内であるか確認する。  $T_s=120\text{N}\cdot\text{m} \leq 170\text{N}\cdot\text{m}$ (型番25の瞬時最大トルク)

OK

寿命時間を算出し、要求に合うか確認する。

$$L_{10} = 20,000 \cdot \left( \frac{21\text{N}\cdot\text{m}}{30.2\text{N}\cdot\text{m}} \right)^{10/3} \cdot \left( \frac{3,000\text{ r/min}}{508\text{ r/min}} \right) = 35,182(\text{時間}) \geq 30,000(\text{時間})$$

OK

上記の結果により、**HPF-25A-11**と決定

注意(P 080 下)の内容を確認

運転条件または型番、速比の再検討

## 定格表

HPFシリーズ 中空軸ユニットタイプは、入出力同軸上に中空軸がとれる唯一の低減速 1/11 の高精度減速ユニットです。

表 082-1

型番	減速比	定格トルク (注1)		平均負荷トルクの許容最大値 (注2)		起動・停止時の許容ピークトルク (注3)		瞬時許容最大トルク (注4)		許容平均入力回転速度 (注5)	許容最高入力回転速度 (注6)	慣性モーメント	質量
		N·m	kgf·m	N·m	kgf·m	N·m	kgf·m	N·m	kgf·m	r/min	r/min	×10 <sup>-4</sup> kg·m <sup>2</sup>	kg
25	11	21	2.1	48	4.9	100	10.2	170	17.3	3000	5600	1.63	3.8
32	11	44	4.5	100	10.2	220	22.4	450	45.9	3000	4800	3.84	7.2

- (注) 1. 入力回転速度が、一般的なサーボモータの定格回転速度 3000r/min のとき、寿命時間  $L_{10}$  = 20000 時間の値で設定した定格出力トルクです。  
 2. 負荷トルクパターン (P080) から計算した平均負荷トルクの許容最大値で、入力回転速度 2000r/min で運転した場合に寿命が 2000 時間以上を目安としています。  
 3. 運転サイクルの中で、起動停止時にかかるトルクの許容最大値です。  
 4. 非常停止時の衝撃トルク、および外部からの衝撃トルクの許容最大値です。  
 このトルクを超えた場合、減速機が破損する恐れがあります。  
 5. 許容平均入力回転速度は、減速機の発熱による温度上昇を制限する為に設定しております。  
 お客様でご用意される減速機取付部品 (筐体) の放熱条件および周囲温度によって温度上昇値は異なりますが、減速機の表面温度 70℃ を上限の目安とお考えください。  
 特に型番 32 は、発熱による温度上昇値を十分ご注意の上、必要に応じ冷却、もしくは平均入力回転速度を下げて運転パターンを設定いただくをお願いします。  
 6. 連続運転でない条件下での許容最高入力回転速度です。

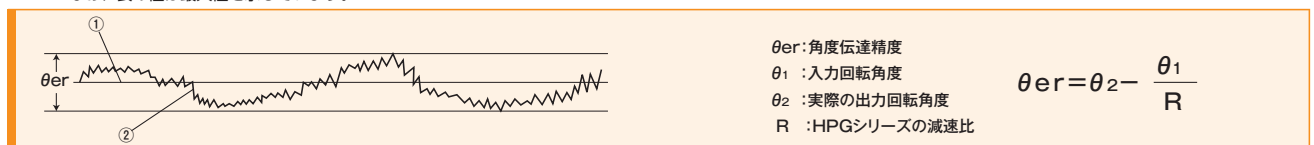
## 性能表

表 082-2

型番	減速比	角度伝達精度 (注1)		繰返し位置決め精度 (注2)		起動トルク (注3)		増速起動トルク (注4)		無負荷ランニングトルク (注5)	
		arc-min	×10 <sup>-4</sup> rad	arc-sec		cN·m	kgf·cm	N·m	kgf·m	cN·m	kgf·cm
25	11	4	11.6	±15		59	6.0	6.5	0.66	78	8.0
32	11	4	11.6	±15		75	7.7	8.3	0.85	105	10.7

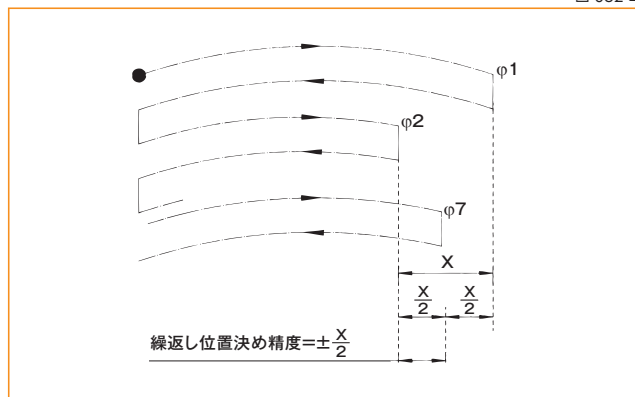
- (注) 1. 角度伝達精度は、任意の回転角を入力に与えたときの、①理論上回転する出力の回転角度、②実際に回転した出力の回転角度の差を表しています。  
 なお、表の値は最大値を示しています。

図 082-1



2. 繰返し位置決め精度は、任意の位置に同じ向きからの位置決めを 7 回繰り返して出力軸の停止位置を測定し、最大差を求めます。測定値は角度で表し、表示は最大差の 1/2 に ± をつけて表します。なお、表の値は最大値を示しています。

図 082-2



3. 起動トルクとは、入力側にトルクを加えたとき、出力側が回転を始める瞬間の「起動開始トルク」をいいます。なお、表の値は最大値を示しています。

表 082-3

負荷	無負荷
HPF 減速機表面温度	25℃

4. 増速起動トルクとは、出力側にトルクを加えたとき、入力側が回転を始める瞬間の「起動開始トルク」をいいます。なお、表の値は最大値を示しています。

表 082-4

負荷	無負荷
HPF 減速機表面温度	25℃

5. 無負荷ランニングトルクとは、無負荷状態で減速機を回すために必要な入力側のトルクをいいます。なお、表の値は平均値を示しています。

表 082-5

入力回転速度	3000r/min
負荷	無負荷
HPF 減速機表面温度	25℃

## トルク-ねじれ特性

■中空軸ユニットタイプ標準品

表 083-1

型番	減速比	バックラッシュ		T <sub>R</sub> ×0.15 時の片側ねじれ量		ねじれ剛性	
		arc-min	×10 <sup>-4</sup> rad	arc-min	×10 <sup>-4</sup> rad	A/B	kgf-m/arc-min
25	11	3.0	8.7	2.0	5.8	1.7	570
32	11	3.0	8.7	1.7	4.9	3.5	1173

## ■ねじれ剛性 (windupカーブ)

減速機の入力およびケーシングを固定し、出力部にトルクをかけていくと、出力部にはトルクに応じたねじれが発生します。①正回転定格出力トルク→②ゼロ→③逆回転定格出力トルク→④ゼロ→⑤正回転定格出力トルクという順序で徐々にトルク値を変化させますと、図083-1「トルク-ねじれ角線図」のように①→②→③→④→⑤ (①に戻る) のループを描きます。

「0.15×定格出力トルク」から「定格出力トルク」の領域での傾きは小さく、HPFシリーズのねじれ剛性値はこの傾きの平均値です。

「ゼロトルク」から「0.15×定格出力トルク」の領域での傾きは大きく、これは、かみあい部の微少な片当たりや軽負荷時での遊星歯車の荷重等配不均衡などにより生じます。

## ■総ねじれ量 (windup) の求め方

減速機が無負荷状態から負荷をかけたときの片側総ねじれ量の求め方 (平均値) を次に示します。

計算式 083-1

## ●計算式

$$\theta = D + \frac{T - T_L}{A/B}$$

## 計算式の記号

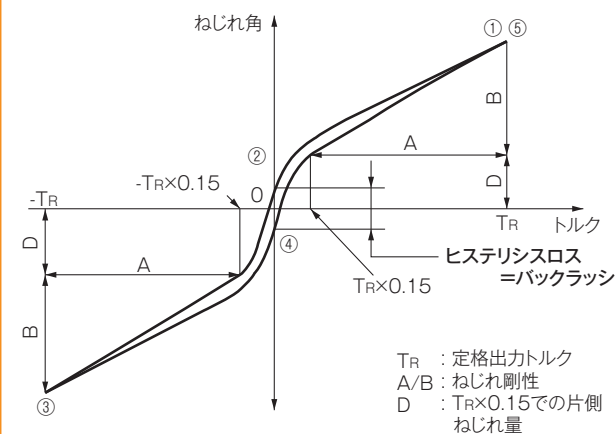
$\theta$	総ねじれ量	—
D	定格出力トルク×0.15トルクでの片側ねじれ量	図083-1、表083-1参照
T	負荷トルク	—
T <sub>L</sub>	定格出力トルク×0.15トルク(=T <sub>R</sub> ×0.15)	図083-1参照
A / B	ねじれ剛性	図083-1、表083-1参照

## ■バックラッシュ (ヒステリシスロス)

図083-1「トルク-ねじれ角線図」のゼロトルク部幅②④をヒステリシスロスと呼びます。「正回転定格出力トルク」から「逆回転定格出力トルク」時のヒステリシスロスを、HPFシリーズのバックラッシュと定義します。HPFシリーズのバックラッシュは、初期出荷時で3分以下です。

図 083-1

トルク-ねじれ角線図



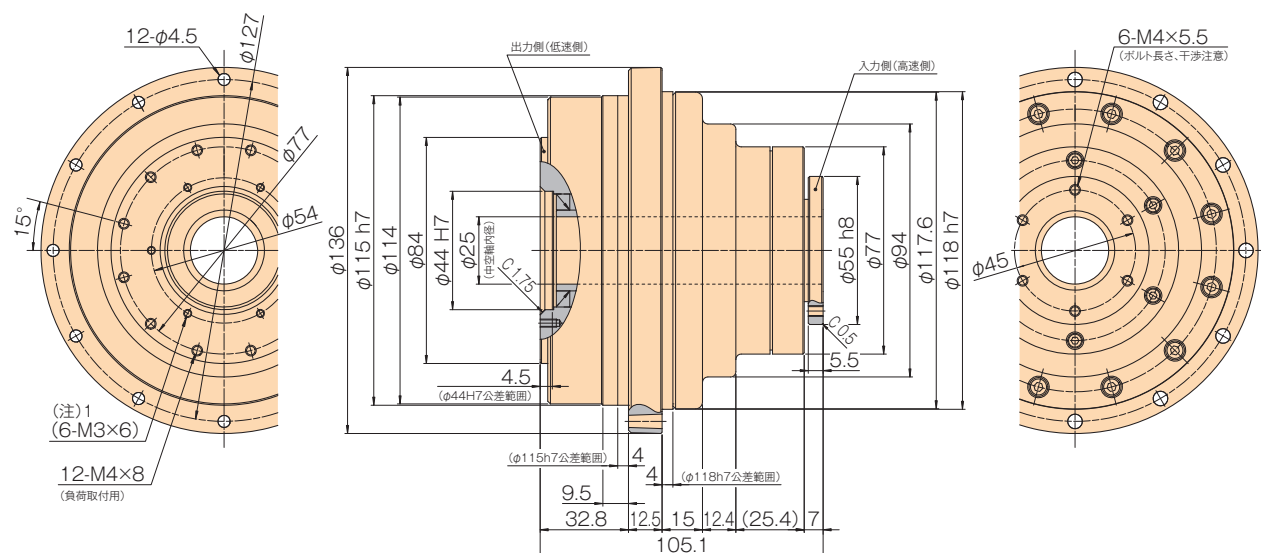
## 外形寸法図

この寸法図は、主な寸法を記載しています。寸法および形状の詳細は、弊社発行の納入仕様図にてご確認ください。  
中空軸ユニットタイプの入力側軸受の仕様は、P118をご参照ください。  
この製品のCADデータはホームページよりダウンロードできます。URL : <https://www.hds.co.jp/>

## ■外形寸法図－型番 25

図 084-1

(単位:mm)



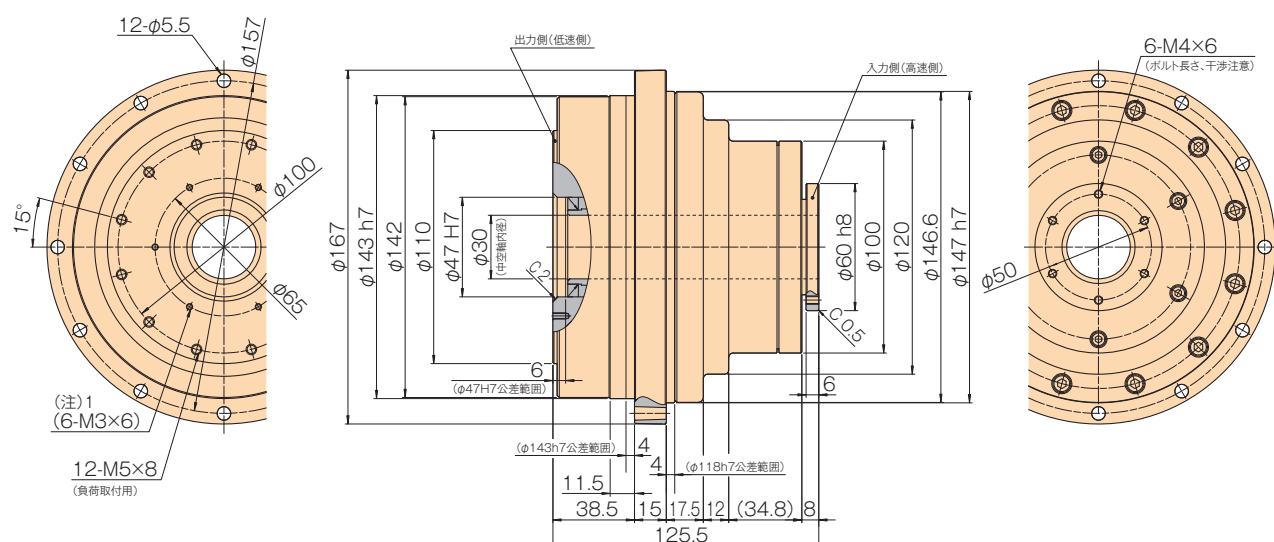
(注)1: 中空軸内径部は、入力軸と同期して回転します。  
出力側から入力側へ内径スリーブを設置する場合に使用してください。(負荷取付用ではありません)

※部品の製造方法(鋳造品、機械加工品)によって公差は異なります。公差表記のない寸法の公差については、お問い合わせください。

## ■外形寸法図－型番 32

図 084-2

(単位:mm)



(注)1: 中空軸内径部は、入力軸と同期して回転します。  
出力側から入力側へ内径スリーブを設置する場合に使用してください。(負荷取付用ではありません)

※部品の製造方法(鋳造品、機械加工品)によって公差は異なります。公差表記のない寸法の公差については、お問い合わせください。