

電動機構ライブラリー No.12

Electric Mechanism Library

1 機構名

ロータリーストッカー

構成軸 RCS2-RTC10L-I-60-15-360-T2-S-L

コントローラー SCON2-CG-S-NP-2-2

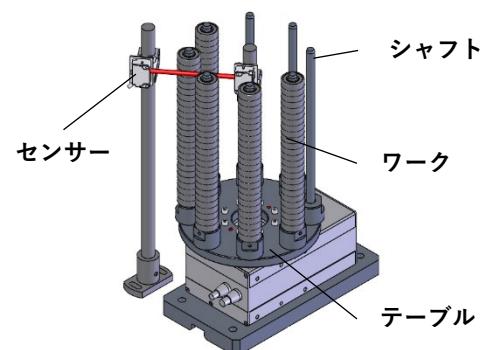


図1 ロータリーストッカー

2 装置概要

ロボシリンダーでテーブルを回転させ、ワークをシャフトにストックする装置

3 要求仕様

用途	完成品ワークをシャフトにストック	
シャフト間角度	45	°
ワーク質量	0.02	kg
ストック部質量 (シャフト+テーブルΦ158)	1.217	kg
ワーク形状	円形(中空)	-
ワークサイズ	10(内径)×26(外径)×8(高)	mm
ワーク1個のストック時間	18	秒
最大ストック数	200 (シャフト8列×ワーク25個)	個
テーブル動作範囲	360	°

4 確認フロー

- ① 慣性モーメントの確認
- ② サイクルタイムの確認
- ③ 負荷モーメントとスラスト荷重の確認
- ④ 寿命計算
- ⑤ デューティー比の確認

※負荷トルクについては、水平設置のため確認は不要です。

1 慣性モーメントの確認

1 慣性モーメントの計算

慣性モーメントの計算は、全てのシャフトにワークが満杯になった状態で行います。計算を行う形状としては、下記図の①テーブルと②のシャフト、ワークを一体とした円柱に分割して考えます。なお円柱の直径はワーク外径 $\phi 26\text{mm}$ であることから外径 $\phi 30\text{mm}$ とします。それぞれ計算を行い、算出した値を合算します。

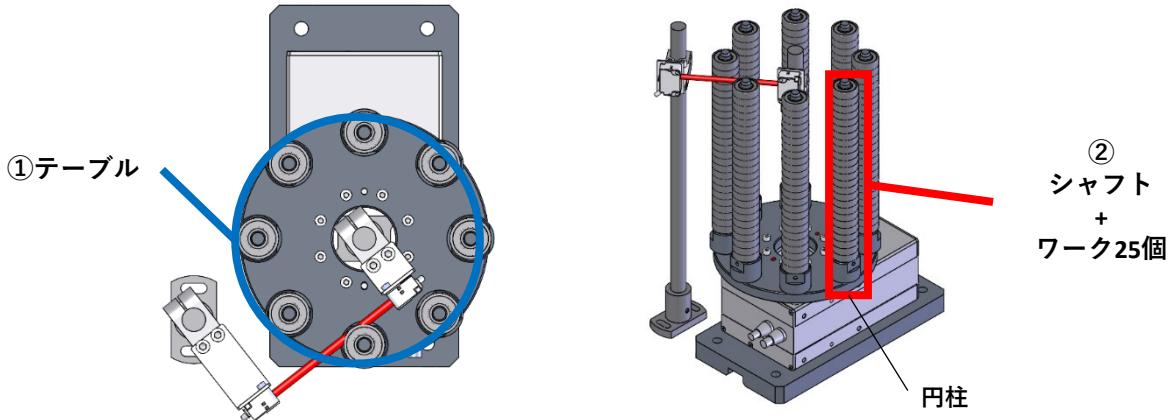


図2 慣性モーメントの計算について

以下の表はそれぞれの仕様になります。

表1. ①の仕様

項目	単位	数値
テーブルの質量: m_1	kg	0.555
テーブルの直径: D_1	m	0.158

表2. ②の仕様

項目	単位	数値
ワークの質量: m_2	kg	0.02
シャフトの質量: m_3	kg	0.0828
ワーク数量(1シャフト分): S	個	25
円柱の直径: D_2	m	0.03
回転軸から中心までの距離: L_2	m	0.068

まず①の慣性モーメントを計算します。

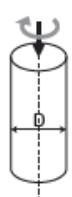
$$\begin{aligned} \text{①慣性モーメント } I_1 [\text{kg} \cdot \text{m}^2] \\ = \text{テーブルの質量 } m_1 [\text{kg}] \times (\text{テーブルの直径 } D_1 [\text{m}])^2 / 8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{よって、 } I_1 [\text{kg} \cdot \text{m}^2] &= 0.555 \text{ kg} \times (0.158 \text{ m})^2 / 8 \\ &= 0.001732 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \end{aligned}$$

円柱の慣性モーメント
※円柱の高さに関わらず(円板でも)、同一の式を適用可

$$\text{計算式 } J = M \times (D \times 10^{-3})^2 / 8$$

円柱の慣性モーメント : J ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)
円柱の質量 : M (kg)
円柱の直径 : D (mm)



次に②の慣性モーメントを計算します。

②の慣性モーメント $I_2[\text{kg} \cdot \text{m}^2]$

$$= (\text{ワークの質量}m_2[\text{kg}] \times \text{ワークの数量}S + \text{シャフトの質量}m_3[\text{kg}]) \times ((\text{円柱の直径}D_2[\text{m}])^2/8 + (\text{回転軸から中心までの距離}L_2[\text{m}])^2)$$

よって、 $I_2[\text{kg} \cdot \text{m}^2] = (0.02 \text{ kg} \times 25 + 0.0828 \text{ kg}) \times ((0.03 \text{ m})^2/8 + (0.068 \text{ m})^2)$
 $= 0.00276 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

最後にそれぞれの慣性モーメントを合算します。

(②の円柱は8本分合算します)

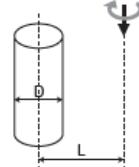
慣性モーメント $I[\text{kg} \cdot \text{m}^2]$

$$= \text{慣性モーメント}I_1[\text{kg} \cdot \text{m}^2] + \text{慣性モーメント}I_2[\text{kg} \cdot \text{m}^2] \times 8\text{本}$$

よって、 $I[\text{kg} \cdot \text{m}^2] = 0.001732 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0.00276 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \times 8\text{本}$
 $= 0.023815 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

円柱の慣性モーメント
※円柱の高さに影響わらず(円板でも)、
同一の式を適用可

《計算式} $J = M \times (D \times 10^3)^2 / 8 + M \times (L \times 10^3)^2$



2025年総合カタログ6-34より

◆ 慣性モーメントは $0.023815 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ となります。

2 選定軸の使用条件確認

慣性モーメントが許容慣性モーメント以下であるかを確認します。

項目	内容	
駆動方式	ハイポイドギヤ	
繰返し位置決め精度	±0.005度	
原点復帰方式	近接センサー方式	
原点復帰精度	±0.005度	
ロストモーション	±0.05度以下	
許容スラスト荷重	600N	
動的許容負荷モーメント	10N·m	
許容慣性モーメント	減速比 1/15	0.033kg·m ²
	減速比 1/24	0.054kg·m ²
使用周囲温度・湿度	0~40°C、85%RH以下(結露なきこと)	
保護等級	IP40	
耐振動・耐衝撃	4.9m/s ²	
海外対応規格	CEマーク、RoHS指令	
モーター種類	ACサーボモーター	
エンコーダー種類	インクリメンタル/アブソリュート	
エンコーダーパルス数	16384 pulse/rev	
納期	ホームページ[納期照会]に記載	

2025年総合カタログ6-250より

選定軸の許容慣性モーメントは上記カタログの通りです。

許容慣性モーメント : $0.033 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

慣性モーメント : $0.023815 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

許容慣性モーメント > 慣性モーメント

◆ 許容慣性モーメントが慣性モーメントを上回るため、
動作条件を満たします。

2 サイクルタイムの確認

選定した機種で要求仕様のサイクルタイムを確認します。
IAIホームページの「サイクルタイム計算ソフト」で確認します。

こちらをクリック

IAI Corporation

サイクルタイム計算 Ver3.6 AC200V ServoMotorSeries

速度・加減速度・移動距離から単軸ロボットの位置決め時間（サイクルタイム）を自動で算出します。
以下の<a>～<e>で使用する製品を選択してください。<1>～<5>に使用する時の運動条件を入力してください。
「最速運動設定」ボタンを押すと、移動距離と搬送荷重から、速度と加減速度を設定します。

<a> シリーズ	RCS2
 型式	RCS2-RTC10L
<c> 減速比	15 : 1
<d> ストローク	360 mm
<e> 設置姿勢	水平
<1> 移動距離 [mm]	45
<2> 搬送け-シヤ [kgm ²]	0.02382
<3> 速度 [mm/s]	300
<4> 加速度 [G]	0.30 (1G = 9806mm/s ²)
<5> 減速度 [G]	0.30
<6> 位置決め幅 [mm]	0.10

●計算結果

位置決め時間 [s] 0.457

※位置決め幅に到達するまでの時間を表します。
※計算結果は参考値です。
負荷状況により実際の位置決め時間とは異なる場合があります。
※ゲイン調整により計算結果より早く位置決めできる場合があります。
詳しくは使用するコントローラーの取扱説明書をご確認ください。

図3. サイクルタイム計算ソフト

サイクルタイム計算ソフトにて、各動作条件を記入し、位置決め時間を算出します。

◆ 45° の移動時間は 0.457秒となるため、ワーク1個のストック時間内で動作可能

3 負荷モーメントとスラスト荷重の確認

出力軸に掛かる負荷モーメントとスラスト荷重について、動的許容負荷モーメント、許容スラスト荷重と比較し、許容値以下か確認します。許容値を超えて使用した場合は、寿命の低下や故障の原因となります。

モーメントが最大となる状態で計算を行うため、8つのシャフトのうち5つがワークで満杯の状態を考えます。重心はテーブル、シャフト、ワーク質量の合計より求めます。

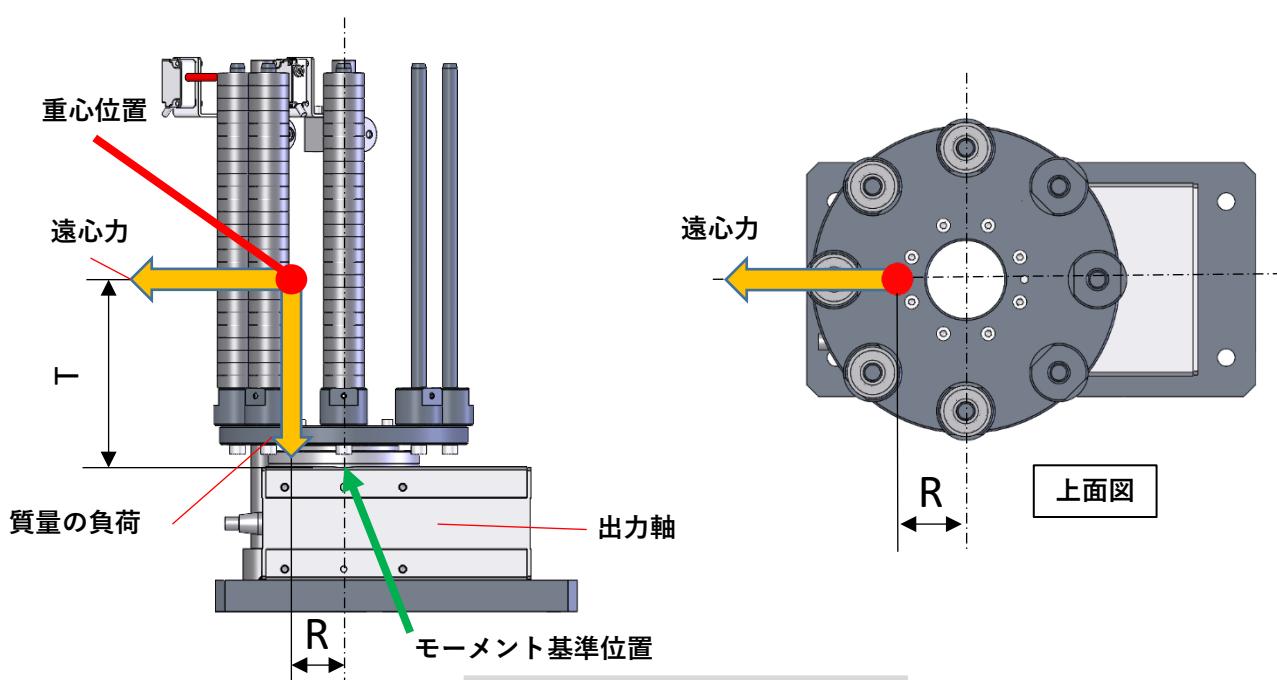


図3 力のかかる方向について

以下の表はそれぞれの仕様になります。

表3. 仕様

項目	単位	値
テーブルの質量: m_1	kg	0.555
ワークの質量: m_2	kg	0.02
シャフトの質量: m_3	kg	0.0828
重力加速度: g	m/s^2	9.8
速度	° /s	300
回転中心から重心までの距離: R	m	0.022
重心から取付面までの距離: T	m	0.157

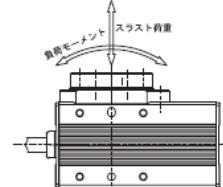
※垂直方向のモーメント基準位置は
本体フレーム端としています。

負荷モーメント

慣性モーメントが制御的(電気的)な目安であるならば、負荷モーメントは強度的(機械的)な使用限界の目安です。

モーメントの基準位置は出力軸付け模の本体端面とし、出力軸に掛かる負荷モーメントがカタログの許容負荷モーメント以内かどうか確認してください。

許容負荷モーメントを超えて使用した場合は、寿命を縮めたり故障の原因となりますのでご注意ください。



2025年総合カタログ6-37より

◆負荷モーメントの確認

$$\text{質量 } m[\text{kg}] = m_1[\text{kg}] + 5 \times 25 \times m_2[\text{kg}] + 8 \times m_3[\text{kg}]$$

質量の負荷によるモーメント $MT = \text{質量 } m[\text{kg}] \times \text{重力加速度 } g[\text{m/s}^2] \times \text{回転軸から重心までの距離 } R[\text{m}]$

遠心力によるモーメント $MR = \text{質量 } m[\text{kg}] \times \text{回転軸から重心までの距離 } R[\text{m}]$

$$\times (\text{角速度 } [\text{rad/s}])^2 \times \text{重心から取付面までの距離 } T[\text{m}]$$

$$MT = (0.555\text{kg} + 5 \times 25 \times 0.02\text{kg} + 8 \times 0.0828\text{kg}) \times 9.8\text{m/s}^2 \times 0.022\text{m} = 0.801471\text{N}\cdot\text{m}$$

$$MR = (0.555\text{kg} + 5 \times 25 \times 0.02\text{kg} + 8 \times 0.0828\text{kg}) \times 0.022\text{m} \times (300^\circ / \text{s} \times \pi / 180) \times 0.157\text{m} = 0.3520131\text{N}\cdot\text{m}$$

$$\text{負荷モーメント } MF = MT + MR = 0.801471 + 0.3520131 = 1.1534846\text{N}\cdot\text{m}$$

RCS2-RTC10Lの仕様(カタログ)より、動的許容負荷モーメント = 10N·m

動的許容負荷モーメント > 負荷モーメントとなります。

◆スラスト荷重の確認

全てのシャフトにワークが満杯状態で質量 $M[\text{kg}]$ の負荷を確認します。

$$Mg = (0.555\text{kg} + 8 \times (25 \times 0.02\text{kg} + 0.0828\text{kg})) \times 9.8\text{m/s}^2 = 51.13052\text{N}$$

RCS2-RTC10Lの仕様(カタログ)より、許容スラスト荷重 = 600N

許容スラスト荷重 > スラスト荷重となります。

◆ 負荷モーメントとスラスト荷重は許容値以下になります。

寿命の計算

RCS2-RTC10Lは、 $0^\circ \leftrightarrow 360^\circ$ を往復動作させた場合で、1,000万回が目安となります。(以下のように取扱説明書に記載しています。)



11. 中空ロータリーの寿命

出力軸が片道 360° の回転する場合、寿命は 1000 万回往復（目安）となります。

取扱説明書より

以下の仮定条件で走行寿命を概算します。

1時間のストック数：200個

1日平均稼働時間：24時間

年間稼働日数：365日

要求寿命：10年以上

1個のシャフトに25個のワークを積載可能なので、1台で $25 \times 8 = 200$ 個のワークが積載可能です。

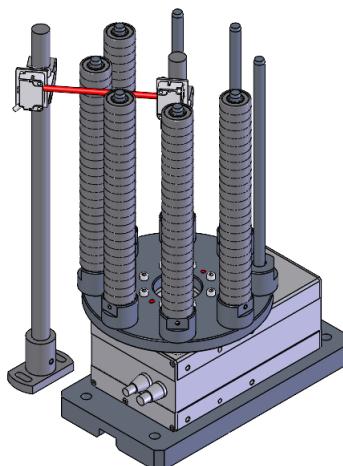


図4 ストッカーメージ

1台が 360° 回転するのにかかる時間は、2時間

1日の回転回数は、 $24\text{時間}/2\text{時間} = 12\text{回}$

よって、1年の回転回数は、 $12\text{回} \times 365\text{日} = 4380\text{回}$

アクチュエーターの寿命目安が 360° 往復で1,000万回のため、年数に換算すると、 $20,000,000\text{回} / 4,380\text{回} \approx 4566\text{年}$ が走行寿命の目安となります。

◆アクチュエーターの寿命は要求寿命10年以上を満たします。

デューティー比の確認

ACサーボモーターの場合、動作条件により動作可能なデューティー比が変化します。下記で動作可能なデューティー比を確認します。

①以下の算出式から負荷率LFを算出してください。

負荷率LF算出式は、機種によって異なります。対象機種をご確認のうえ、負荷率を算出してください。

① RCA/RCA2/RCS2シリーズの場合

$$\text{① 負荷率: } LF_{①} = \frac{M \times \alpha}{M_1 \times \alpha_1} \quad (\%)$$

- ・定格加速時の可搬質量 : M_1
- ・定格加減速度 : α_1
- ・実際の搬送質量 : M ($M \leq M_1$)
- ・指令加減速度 : α ($\alpha \leq \alpha_1$)

(注)定格加減速時の可搬質量、定格加減速度は、各機種の型式/スペック表をご参照ください。

2025年総合カタログ 1-336

※今回負荷率は加減速ではなく慣性モーメントから算出します。

②以下の算出式から、加減速度時間比率 t_{od} を算出してください。

※NSAシリーズは、算出する必要はありません。②、③は省略し、④へ

$$\text{加減速度時間比率: } t_{od} = \frac{\text{加速時間} + \text{減速時間}}{\text{運転時間}} \quad \%$$

$$\text{加速時間} = \frac{\text{速度 (mm/s)}}{\text{加速度 (mm/s}^2)} \quad (\text{秒})$$

$$\text{加速度 (mm/s}^2) = \text{加速度 (G)} \times 9,800 \text{mm/s}^2$$

$$\text{減速時間} = \frac{\text{速度 (mm/s)}}{\text{減速度 (mm/s}^2)} \quad (\text{秒})$$

$$\text{減速度 (mm/s}^2) = \text{減速度 (G)} \times 9,800 \text{mm/s}^2$$

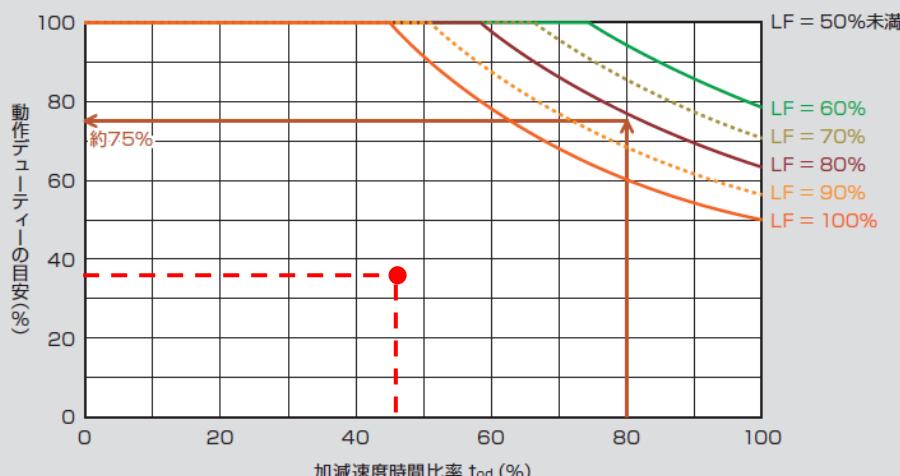
2025年総合カタログ 1-337

③算出した「負荷率」と「加減速度時間比率」からデューティー比の目安を読み取ります。

RCA、RCS2高加減速オプション使用機種の場合は、「デューティー比目安グラフ2(高加減速仕様用)」をご使用ください。

デューティー比目安グラフ 1(標準用)

例: 負荷率80%で加減速度時間比率80%の場合、デューティー比の目安は約75%となります。



2025年総合カタログ 1-338

WEB版カタログはこちら

◆ 負荷率LFは以下のように計算します。

$$\text{負荷率LF}[\%] = \frac{M \times \alpha}{M_1 \times \alpha_1} \times 100$$

M1：許容慣性モーメント
 α_1 ：定格加減速度
 M：慣性モーメント
 α ：指令加減速度

<今回の要求仕様より>

$$M_1 : 0.033 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\alpha_1 : 0.30 \text{ G}$$

$$M : 0.023815 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\alpha : 0.30 \text{ G}$$

$$\text{よって、LF} = (0.023815 \times 0.30) \div (0.033 \times 0.30) \times 100 = 72.16 \%$$

◆ 加減速度時間比率todは以下のように計算します。

$$\text{加減速度時間比率tod}[\%] = \frac{\text{加速時間} + \text{減速時間}}{\text{運転時間}} \times 100$$

<今回の要求仕様より>

加速度 = 減速度のため、加速時間 = 減速時間

$$\text{加速時間[s]} = \frac{\text{速度}[\text{mm/s}]}{\text{加速度}[\text{G}] \times 9800 \text{ mm/s}^2} = \frac{300 \text{ mm/s}}{0.3 \text{ G} \times 9.800 \text{ mm/s}^2} = 0.102 \text{ s}$$

$$\text{よって、tod} = (0.102 + 0.102) \div (0.457) \times 100 = 44.6 \%$$

◆ デューティー比は以下のように計算します。

$$\text{デューティー比 D} [\%] = \frac{T_M}{T_M + T_R} \times 100$$

T_M ：動作時間
 T_R ：停止時間

<今回の要求仕様より>

要求サイクルタイム : 18 秒

片側移動時間 : 0.457 秒

$$T_M = \text{片側移動時間} \times 8 = 0.457 \times 8 = 3.656 \text{ 秒}$$

$$T_M + T_R = \text{要求サイクルタイム} = 18 \text{ 秒}$$

$$\text{よって、D} = 3.656 \text{ 秒} \div 18 \text{ 秒} \times 100 = 20.3 \%$$

◆ 選定した機種はLF=90 %のラインが目安となり、
 要求仕様では加減速度時間比率は44.6 %、デューティー比20.3 %のため
 動作可能です。

補足

1 コントローラーの設定

今回のストッカーは円盤上に8本のシャフトが等間隔で設置しています。すなわち、1回のポジション移動で45° ずつ移動する必要があります。そこで、コントローラーのポジションデータを次のように設定します。

位置 [mm]	速度 [mm/s]	加速度 [G]	減速度 [G]	動作種別 (押付け力[%])	負荷電流 しきい値[%]	位置決め幅[mm] /押付け幅[mm]	
45.000	300.00	0.30	0.30	位置決め			
ゾーン+側 [mm]				加減速モード		停止位置 指定方法	
0.000	0.000	0:台形	1:相対位置	0	0	0	

※「」以外の項目は初期値

上記のように停止位置指定方法を「1:相対位置」とすることで、指令時に現在位置から45° 移動するポジションデータとなります。

2 センサーの設置

センサー(透過型光電センサー)はあるシャフトにワークが満杯になった時に反応するように、レーザーを25個目のワークにのみ照射するように設置します。



図5 センサー設置位置のイメージ

また、レーザーは下図のようにシャフトを避けてワークにのみ照射するように設置します。

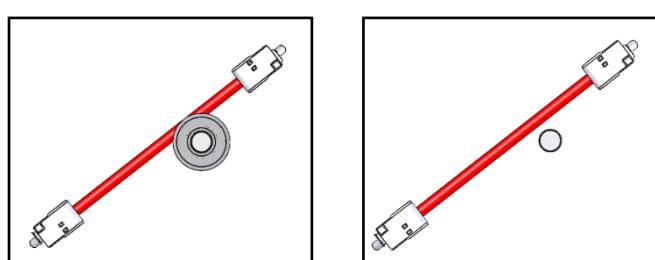


図6 レーザー照射位置のイメージ
(左：ワーク満杯時 右：ワーク未満杯時)