

電動機構ライブラリー

No.1

Electric Mechanism Library

1 機構名

揺動機構

構成軸 1	EC-RR6M-115-3-ACR-B-NJ-QR-WA
-------	------------------------------

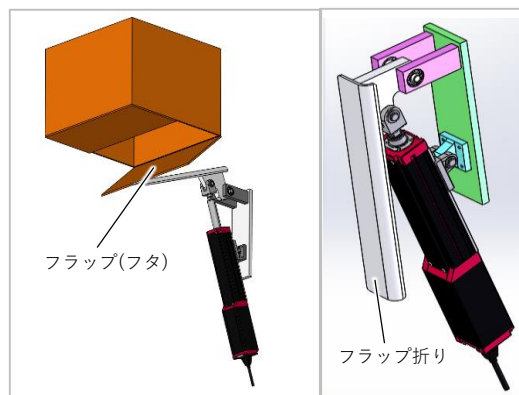


図1 揺動機構外観

2 装置概要

ロッドタイプのアクチュエーターを動作させて、揺動させる装置

3 要求仕様

用途	段ボール箱のフラップ（フタ）の折り畳み	
必要ストローク	100	mm
フラップ折り部品質量	2	kg
フラップ折りの負荷	4.9	N
片道移動時間	0.8	秒
装置全体サイクルタイム	6	秒

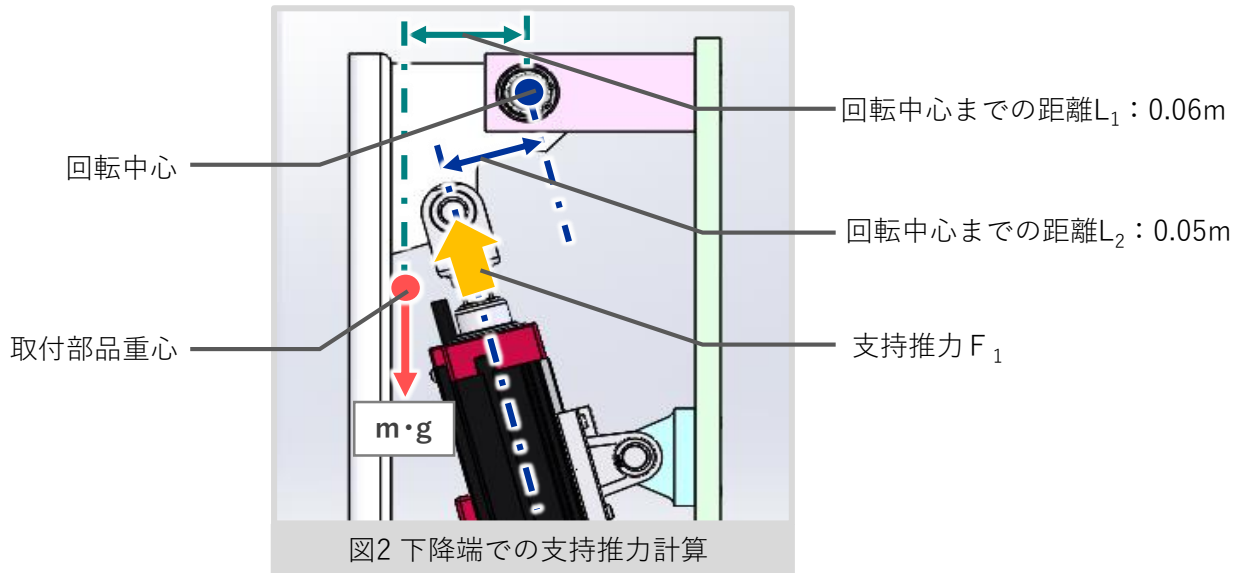
4 確認フロー

- ① 必要推力の確認
- ② 速度別推力の確認
- ③ サイクルタイムの確認
- ④ 走行寿命の計算
- ⑤ デューティー比の確認
- ⑥ 消費電力量の計算

① 必要推力の確認

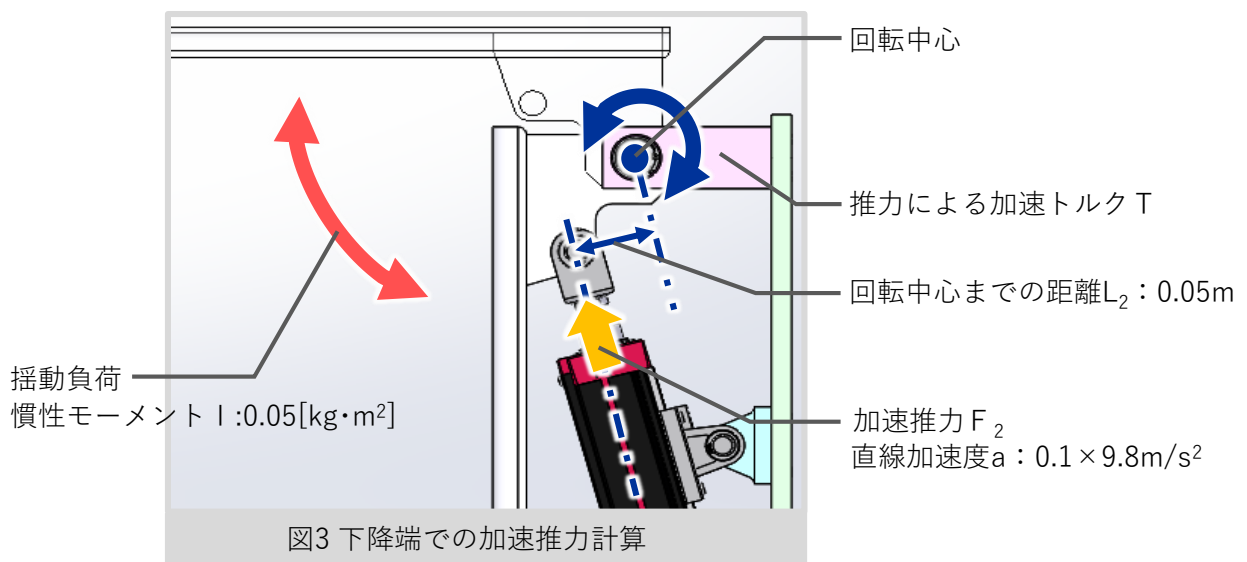
第一に、必要推力が最大となる状態を検討します。
 本事例は、フラップを支持する推力と加速する推力が同方向にかかる下降端と、支持推力が最大となる上昇端での必要推力をそれぞれ計算します。

1 下降端でフラップを支持するために必要な推力(支持推力)



- 支持推力 F_1 [N] × 回転中心までの距離 L_2 [m]
 = 質量 m [kg] × 重力加速度 g [m/s²] × 回転中心までの距離 L_1 [m]
- よって、 $F_1 = 2\text{kg} \times 9.8\text{m/s}^2 \times 0.06\text{m} / 0.05\text{m} = 23.5\text{N}$

2 下降端でフラップを加速するために必要な推力(加速推力)



- 角加速度 α [rad/s²] = 直線加速度 a [m/s²] / 距離 L_2 [m]
- 加速トルク T [N·m] = 慣性モーメント I [kg·m²] × 角加速度 α [rad/s²]
- 必要推力 F_2 [N] = 加速トルク T [N·m] / 距離 L_2 [m]

直線加速度は、最終的にはサイクルタイムとの兼ね合いで決定します。
 しかし、揺動機構の場合、加速度を高く設定すると歪みやガタなどの影響により、
 装置に高い負荷がかかってしまう恐れがあります。
 そのため、今回は最初に0.1G(推奨：0.1G以下)として検討をします。

$$\alpha = 0.1 \times 9.8 \text{m/s}^2 / 0.05 \text{m} = 19.6 \text{rad/s}^2$$

$$T = 0.05 \text{kg} \cdot \text{m}^2 \times 19.6 \text{rad/s}^2 = 0.98 \text{N} \cdot \text{m}$$

よって、

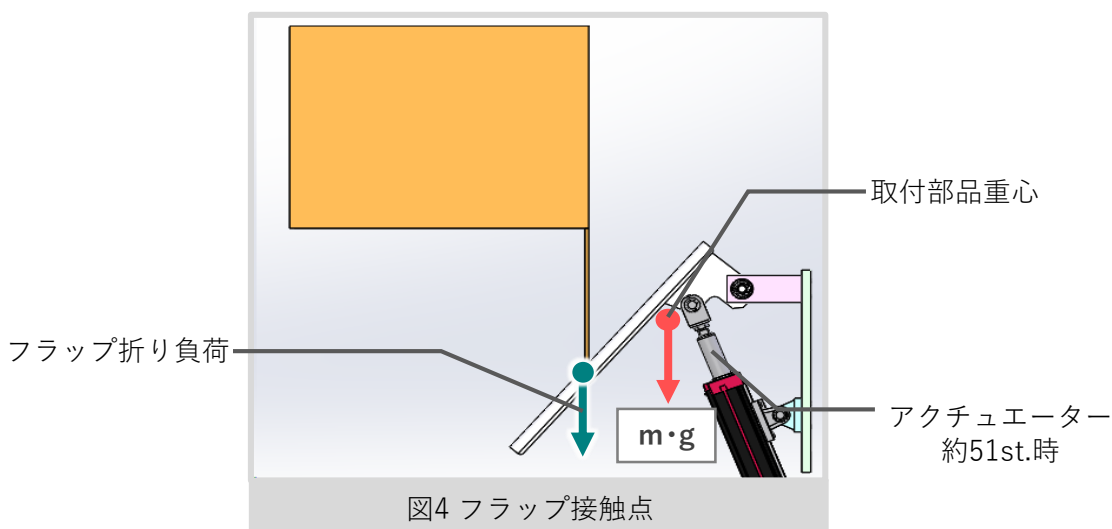
$$F_2 = 0.98 \text{N} \cdot \text{m} / 0.05 \text{m} = 19.6 \text{N}$$

以上より、必要推力 $F = \text{支持推力 } F_1 + \text{加速推力 } F_2$ より、

$$F = 23.5 \text{N} + 19.6 \text{N} = 43.1 \text{N}$$

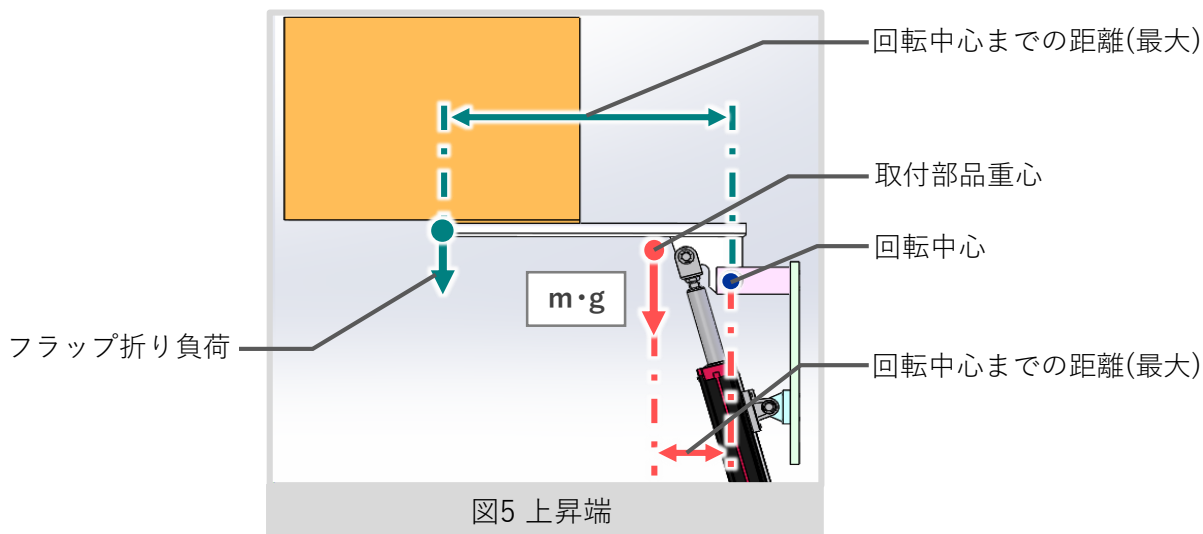
3 フラップ折りの負荷について検討

本事例では、アクチュエーターは0st. → 100st. へ移動してフラップを折り曲げますが、
 約51st. 地点でフラップと接触が始まります。



設定速度・加減速度により加速の完了点は変化します。加速度と減速度を同値(0.1G)に
 設定すると仮定した場合、移動ストロークの中央である50st. が加速完了点の最大となります。
 加速完了後は加速推力は0Nとなるため、50st.以降は支持推力のみ考慮します。

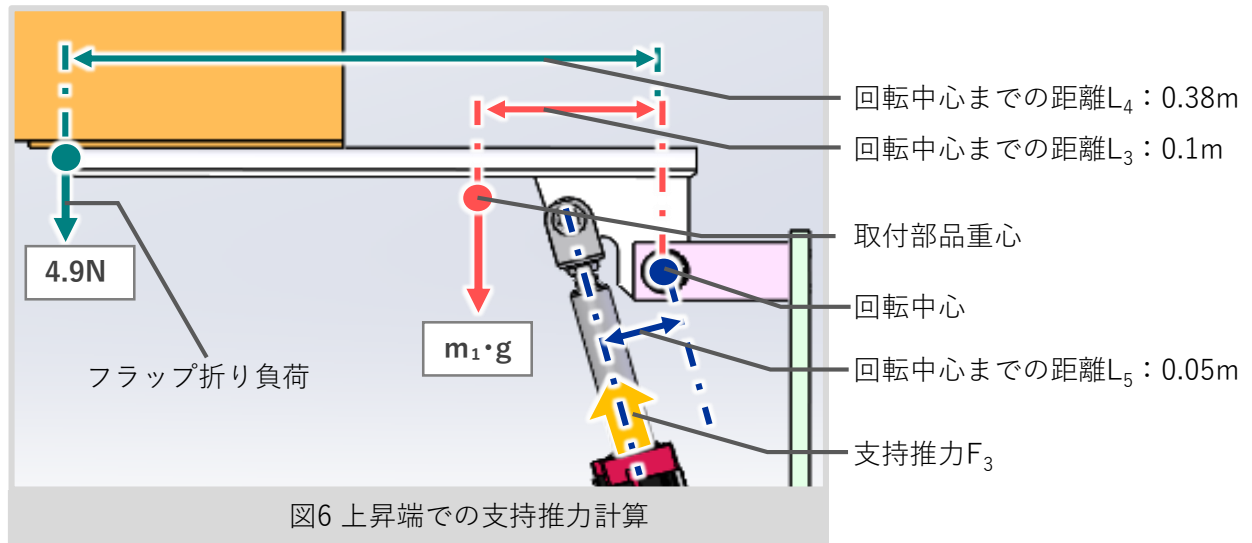
この時、フラップ折りの負荷が一定であるとした場合、必要推力が最大となるのは
 取付部品重心とフラップ折り負荷点が回転中心より最も水平方向に距離が大きくなる
 上昇端(100st.地点)になります。



4 支持推力が最大となる上昇端での必要推力について検討

上昇端→下降端へアクチュエーターが移動する加速推力は、支持推力と反対方向となるため、支持推力についてのみ計算します。

また、今回はフラップ折り負荷は取付部品先端に全てかかると仮定して概算します。



- 支持推力 F_3 [N] × 回転中心までの距離 L_5 [m]
= 質量 m_1 [kg] × 重力加速度 g [m/s²] × 回転中心までの距離 L_3 [m]
+ フラップ折り負荷[N] × 回転中心までの距離 L_4 [m]

よって、

$$F_3 = (2\text{kg} \times 9.8\text{m/s}^2 \times 0.1\text{m} + 4.9\text{N} \times 0.38\text{m}) / 0.05\text{m} \doteq 76.4\text{N}$$

下降端での必要推力43.1N < 上昇端での必要推力(支持推力)76.4Nとなるため、上昇端の方が必要な推力が大きくなるのが分かります。

よって、選定計算は上昇端での必要推力(76.4N)を用いて行います。

ここで、機械装置の設計に際して必要推力を検討する場合、機械効率に起因する適切な余裕を見込んでください。
本事例では、樹脂のすべり軸受けでトランオン・クレビスのシャフト部分を支持しています。
例えば安全余裕を1.3倍とした場合、必要推力を $76.4\text{N} \times 1.3 \doteq 99.3\text{N}$ として考えます。

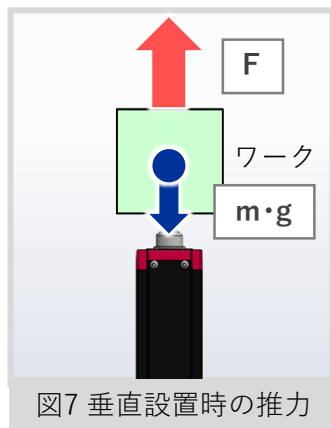
◆ 以上より、安全余裕を1.3倍とした場合、99.3Nの推力が必要です。

2 速度別推力の確認

揺動機構の場合、ラジアルシリンダーの選定を推奨いたします。
(詳細は【補足】をご参照ください。)

今回選定したEC-RR6Mはパルスモーター搭載機種のため、速度・加減速度に応じて可搬質量が変化します。そのため、動作させたい速度における推力を概算する必要があります。
今回は垂直姿勢と仮定します。

アクチュエーターのカatalogにおける速度別垂直可搬質量表から、
垂直可搬時の速度別推力は慣性力+重力($m \cdot a + m \cdot g$)で概算することができます。



加速度: $a[m/s^2]$

- ・ 推力 $F =$ 慣性力 $m \cdot a +$ 外部負荷 F_t
 - ・ 外部負荷 $F_t =$ ワークの重力 $m \cdot g$
- として簡易計算します。

垂直で計算する場合、揺動機構では実際の推力よりも安全余裕のある値になります。
なお、水平搬送では、速度別水平可搬質量表から慣性力($m \cdot a$)で概算します。

リード6

姿勢 速度 (mm/s)	水平				垂直	
	加速度 (G)					
	0.3	0.5	0.7	1	0.3	0.5
0	40	35	30	25	10	10
50	40	35	30	25	10	10
100	40	35	30	25	10	10
200	40	30	25	20	10	10
250	40	27.5	22.5	18	9	8
350	30	14	12	10	5	5
400	18	10	6	5	3	3
450	8	3			2	1

2024年総合カタログ2-396より

[WEB版カタログはこちら](#)

速度250mm/sのとき、

$$8\text{kg} \times 9.8\text{m/s}^2 + 8\text{kg} \times 0.5 \times 9.8\text{m/s}^2 = 117.6\text{N}$$

速度350mm/sのとき、

$$5\text{kg} \times 9.8\text{m/s}^2 + 5\text{kg} \times 0.5 \times 9.8\text{m/s}^2 = 73.5\text{N}$$

- ◆ よって、速度別推力が必要推力99.3Nを上回る250mm/s以下で使用する場合は、当機種で能力を満たしていると考えます。

3 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満たすことができるか確認します。

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。片道移動時間の計算を行います。

[こちらをクリック](#)

IAI Corporation

サイクルタイム計算 Ver1.5 EC-Series [High-Spec]

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>に使用する時の運転条件を入力してください。
「最速運転設定」ボタンを押すと、移動距離と搬送負荷から、速度と加減速度を設定します。

<a> シリーズ	EC-RR
 型式	EC-RR6M
<c> リード	6 mm
<d> ストローク	115 mm
<e> 設置姿勢	垂直
<1> 移動距離[mm]	100
<2> 搬送質量[kg]	2.000
<3> 速度[mm/s]	250
<4> 加速度[G]	0.10 (1G=9806mm/s ²)
<5> 減速度[G]	0.10
<6> 位置決め幅 [mm]	0.10

最速運転設定

● 計算結果

位置決め時間 [s] **0.700**

※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8 サイクルタイム計算ソフト

◆ 片道移動時間は0.7秒となるため、要求仕様0.8秒を満たします。

EC-RR6は、最大可搬質量・最大加速度・減速度の条件で動作させた場合で、5,000km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。)

6.1.1 寿命 (目安)

ロッドタイプ (EC-(D)R□□)、ラジアルシリンダー (EC-(D)RR□□)、高剛性ラジアルシリンダー (EC-(D)RR□(X)□AH)、高剛性ラジアルシリンダー (EC-RR□□H)、ラジアルシリンダー折返し (EC-(D)RR□□R)、高剛性ラジアルシリンダー折返し (EC-(D)RR□□AHR)、ロッドタイプダブルガイド仕様 (EC-SRG□□) の最大可搬質量・最大加速度・減速度の条件で動作させた場合で、5,000km^(※1) が目安となります。

(※1) 使用条件・環境やメンテナンス状態により、大きく変わります。

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。

装置サイクルタイム：6秒

1日平均稼働時間：9時間 (= 32,400秒)

年間稼働日数：240日

要求寿命：10年以上

1日の生産数[個]は、 $32,400\text{秒}/6\text{秒}=5,400\text{個}$

1個生産するにあたり、アクチュエーターは往復で $100\text{mm} \times 2 = 200\text{mm}$ 移動するので、1日の走行距離は、 $5,400\text{回} \times 200\text{mm} = 1,080,000\text{mm} = 1.08\text{km}$

よって、1年の走行距離は、 $1.08\text{km} \times 240\text{日} \approx 260\text{km}$

アクチュエーターの走行寿命目安が5,000kmのため、年数に換算すると、 $5,000\text{km}/260\text{km}/\text{年} \approx 19\text{年}$ が走行寿命の目安となります。

◆以上より、アクチュエーターの走行寿命は要求寿命10年以上を満たします。

5 デューティー比の確認

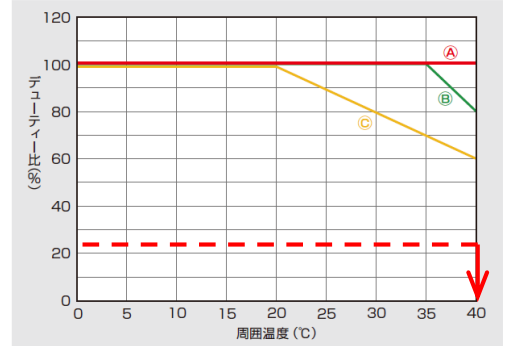
選定した機種で、周囲温度とデューティー比の関係を確認します。

ECの場合

周囲温度とデューティー比の関係は形状別の以下6つのグラフからご確認ください。

■ ロッド・ラジアルシリンダー

パターン	型式
Ⓐ	GDB3、RR2(□R)、(D)RR3(□R)、(D)RR4、RR8(□R)、RR10(□R)、RP3、RP4、RP5、GS4、GD3、GD4、GD5、SRG11、SRG15
Ⓑ	(D)R6、(D)R7、(D)RR6(X)(□AH)、(D)RR7(X)(□AH)
Ⓒ	(D)RR4 □ R、(D)RR6 □ (AH)R、(D)RR7 □ (AH)R



2024年総合カタログ (WEB版) 1-457

[WEB版カタログはこちら](#)

◆ 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 : 6 秒

片側移動時間 : 0.7 秒

$T_M = \text{片側移動時間} \times 2 = 0.7 \times 2 = 1.4 \text{ 秒}$

$T_M + T_R = \text{要求サイクルタイム} = 6 \text{ 秒}$

よって、 **$D = 1.4 \text{ 秒} \div 6 \text{ 秒} = 23.3 \%$**

◆ 選定した機種はグループⒷとなり、周囲温度40°C以下で要求仕様の動作可能です。

6

消費電力量の計算

消費電力量は、IAIホームページの「カリキュレーターソフト」で確認可能です。サイクルタイムや電源容量の計算も可能です。

[こちらをクリック](#)



図9 カリキュレーターソフト

※CO₂排出係数：0.434kg-CO₂（環境省・経済産業省 令和3年度実績 電気事業者別排出係数より（全国平均係数））

※電力単価：18.86円/kwh（2024年中部電力ミライズ 電気料金 高压電力 第2種プランB（夏季）より）

◆ 以上より、消費電力量は 26.39Whになります。

補足

本事例はクレビス支点がロッドの軸方向の延長線上にないため、そのオフセット距離に応じたラジアル荷重が発生します。

加えて、アクチュエーターが鉛直方向から傾いて取付けられているため、自重に応じたラジアル荷重も発生します。そのため、リニアガイドを内蔵したラジアルシリンダーの使用を推奨いたします。

1 まずは、クレビス支点のオフセットによるラジアル荷重 F_{r1} を以下に概算します。

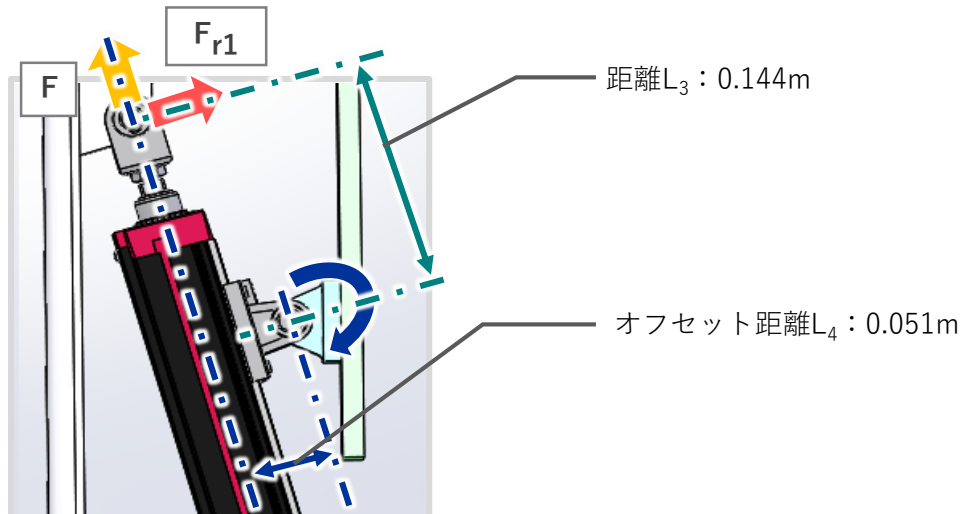


図10 クレビス支点のオフセット量に応じたラジアル荷重

● 推力 F [N] × 距離 L_4 [m] = ラジアル荷重 F_{r1} [N] × オフセット距離 L_3 [m]

距離 L_3 は一番小さい時(0st.時)がラジアル荷重最大となるので、下降端の値で概算します。

本事例において、 $F=56.0$ Nとすると、 $F_{r1}=56.0\text{N} \times 0.051\text{m} / 0.144\text{m} \approx 19.8\text{N}$ と概算できます。

2 次に、自重によるラジアル荷重 F_{r2} を概算します。

アクチュエーターの重心位置はセンターにあると仮定し、簡易計算を行います。

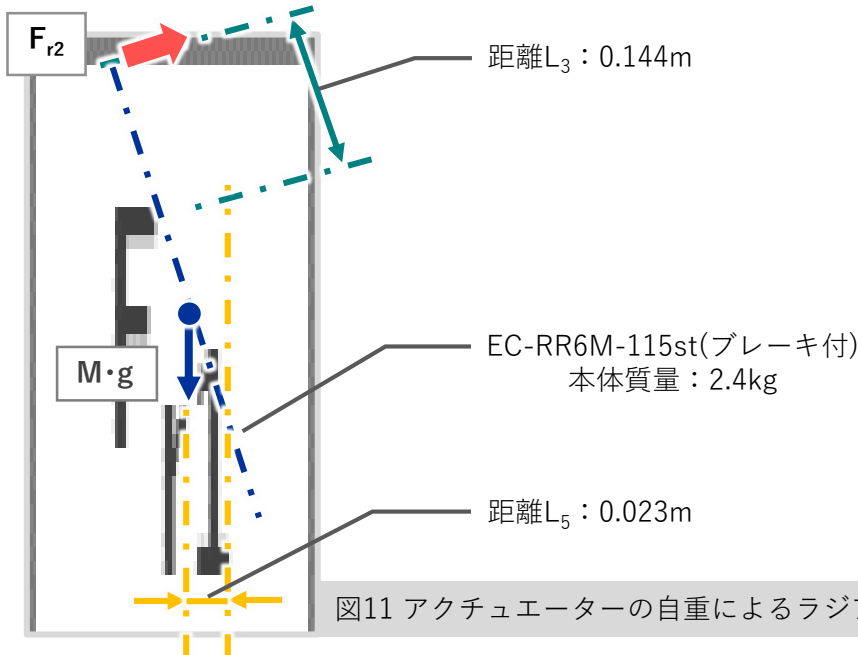


図11 アクチュエーターの自重によるラジアル荷重

●ラジアル荷重 F_{r2} [N]×距離 L_3 [m]=質量 m [kg]×重力加速度 g [m/s²]×距離 L_5 [m]

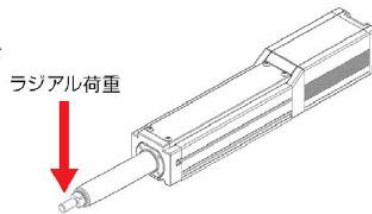
よって、

$F_{r2}=2.4\text{kg}\times 9.8\text{m/s}^2\times 0.023\text{m}/0.144\text{m}\doteq 3.8\text{N}$ と概算できます。

3 したがって、ラジアル荷重の合計 $Fr=F_{r1}+F_{r2}$ より、 $Fr=19.8\text{N}+3.8\text{N}=23.6\text{N}$ 程度と推測できます。

EC-RR6のロッド先端における動的許容ラジアル荷重は45Nであるため、基本定格寿命5,000kmの場合、上記ラジアル荷重を受けることができると考えられます。(機種別の動的許容ラジアル荷重については、取扱説明書をご参照ください。)

1. ロッドに作用するラジアル荷重が許容値以下であること。



タイプ	ロッド先端 静的許容ラジアル荷重	ロッド先端 動的許容ラジアル荷重 (注1)
(D)RR6□	90N	45N
(D)RR7□	120N	60N

注1 基本定格寿命 5,000km の場合の値です。

取扱説明書より