

# 電動グリッパ EH シリーズの特長と機能

鈴木 健一 庄山 直人

グリッパはロボットや自動機のエンドエフェクタとして用いられており、これらは主に空気圧を用いた「空気圧グリッパ」と、モーターを用いた「電動グリッパ」に大別されます。空気圧グリッパは、軽量・安価で簡単に駆動できますが、把持力・速度の微調整が困難です。一方、電動グリッパは、ワークに合わせて把持力・速度・位置を自由に設定でき、衝撃の抑制、最適な力での把持、およびタクトタイムの短縮が図れます。また、モーターの位置情報によりワークの有無の判定と寸法確認を行えます。電動グリッパ **EH** シリーズは、把持機構にラック & ピニオン、駆動モーターに **AZ** モーターを採用し、把持力の調整のしやすさに強みを持った製品です。本稿では **EH** シリーズの特長、機能、ならびに活用方法を説明します。

## 1. はじめに

グリッパは物をつかむためのアクチュエータです。主にロボットや自動機のエンドエフェクタに用いられます(図1参照)。グリッパは動力源で大別すると空気圧を用いた空気圧グリッパ(エアハンドやエアチャックとも呼ばれます)と、モーターを用いた電動グリッパがあります。表1に空気圧グリッパと電動グリッパとの比較を示します。



図1 グリッパの用途例 (アームロボット)

表1 グリッパの比較

項目	空気圧グリッパ	電動グリッパ*
駆動源	空気圧	モーター
必要機器	コンプレッサー レギュレータ スピードコントローラ ソレノイドバルブ	直流電源 コントローラ 駆動回路 (ドライバ)
制御方法	把持力と速度を空気 の圧力と流量で制御	把持力をトルクで制御 速度を回転速度で制御 位置を回転角度で制御
価格	安価	高価
把持力に対する 製品質量比	小	大

\* 位置制御モーターを用いたグリッパ

空気圧グリッパは軽量・安価で簡単に駆動でき、ピック & プレイスなどでワークの把持に多く用いられます。しかし、剛性が低いワークを繊細に把持することは難しく、このような用途では電動グリッパが適しています。また、電動グリッパは制御モーターによる駆動であることから、ワークの把持完了や寸法確認などの機能を追加のセンサを使用せずに実装でき、作業時間の短縮や自動化に有効です。直流電源で動作する電動グリッパは、移動ロボット、無人搬送車 (AGV: Automated Guided Vehicle) など、バッテリーで駆動させることが多い移動式の装置にも適しています。

オリエンタルモーターは電動グリッパとして、ラック & ピニオン機構にステッピングモーターを組み合わせた **EH** シリーズ (**EH4-AZAKH**) を開発しました(図2参照)。本稿では **EH** シリーズの特長や機能、活用方法を実機での測定結果を示しながら説明します。



図2 電動グリッパ EH シリーズ

## 2. 電動グリッパEHシリーズ

### 2.1. 構造

グリッパの把持機構には、一般的にカムやすべりねじ、ウォームギヤ、ラック&ピニオンが用いられます。表2に各把持機構の特徴を示します。**EH**シリーズは、伝達効率が高く、把持力のばらつきが小さいラック&ピニオンを採用しています。

表2 グリッパに用いられる把持機構の特徴

把持機構	メリット	デメリット
すべりねじ (台形ねじ)	セルフロックにより 電源遮断時のワーク落下を 防止できる 把持力が大きい	伝達効率が低い
ウォームギヤ	セルフロックにより 電源遮断時のワーク落下を 防止できる 把持力が大きい	伝達効率が低い
カム	軽量	セルフロックがないため 電源遮断時のワーク保持が できない
ラック& ピニオン	伝達効率が高く 把持力のばらつきが小さい	セルフロックがないため 電源遮断時のワーク保持が できない

**EH4-AZAKH**は、ラック&ピニオンに取付角寸法28 mmのモーターを組み合わせることで小型化を図っています(図3参照)。



図3 外形寸法

また、2本のラックとガイドを平行に設置し、その中央にピニオンを配置することで長いストロークを確保しました(図4参照)。

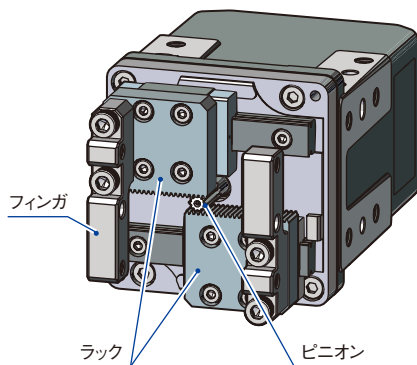


図4 把持機構

ワークを把持するには、自作のアタッチメント(ツメ)を用意していただき、フィンガの先端に取り付けて使用します(図5参照)。多品種混合生産などで形状が異なるワークを把持する場合、寸法差が25 mmまではアタッチメントやグリッパを交換せずに使用でき、ツールチェンジの作業時間や費用、設置スペースの削減が可能です。

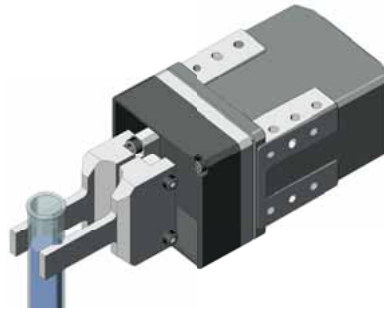


図5 アタッチメント取付例

ラックとピニオンには、長寿命化のために歯面へのグリース塗布を実施しています。最大把持力で把持回数2000万回の実力試験を行い、正常に動作することを確認しています。

### 2.2. モーター

モーターはバッテリーレス機械式多回転アブソリュートセンサ(ABZOセンサ)搭載の**AZ**シリーズ(以下**AZ**モーター)を採用しています(図6参照)。電源が遮断されても、ABZOセンサが位置情報を機械的に保持しているため、原点復帰をせずに運転を再開できます。原点復帰用の外部スイッチが不要になることで、設計・配線・調整などの作業を削減できます。

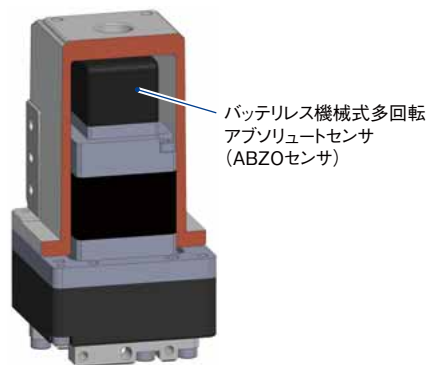


図6 モーター部

## 2.3. 装置への取り付け

EHシリーズは、側面取付3方向と背面取付の計4方向の取り付けが可能です(図7参照)。これにより、装置に合わせて方向を変えた取り付けが可能です。各取付面には位置決めピン挿入用の穴を設けています。

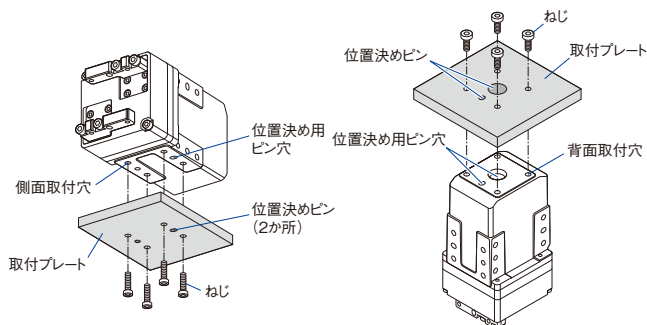


図7 取付例

## 3. 特長

### 3.1. 把持力制御

空気圧グリッパは圧力計を確認しながらレギュレータ(減圧弁)で把持力を調整する必要があり、微調整が容易ではありません。また、空気圧の損失は、エアコンプレッサーからレギュレータまでの配管の長さや内径、周囲温度により変化するため、これらの条件が変わると再調整が必要です。

EHシリーズは、ワークを連続して加圧する「押し当て運転」によりワークを把持できます。モーターの電流を最大値に対して1%単位で調整することにより、把持力の微調整が可能です。

また、把持機構に損失が少ないラック&ピニオンを採用することで、使用周囲温度によらず、安定した把持力で動作できます。さらに、ドライバは定電流駆動方式のため、接続ケーブルの長さの影響を受けずに一定の把持力を発生します。図8に把持力の測定方法、図9に使用周囲温度、接続ケーブル長さを変えたときの測定結果を示します。EH4-AZAKHは約6N(運転電流値20%)の小さい把持力でも使用周囲温度や接続ケーブル長さの影響を受けないことがわかります。

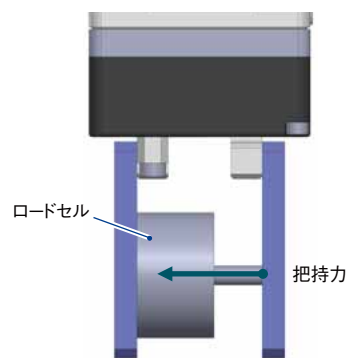


図8 把持力の測定方法

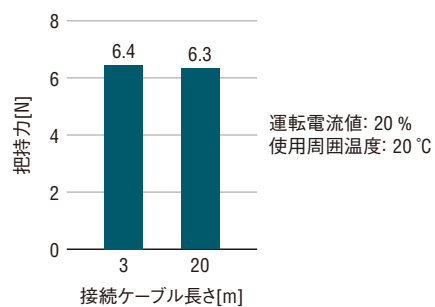
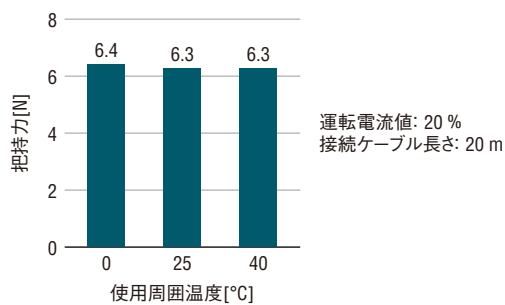


図9 周囲温度・ケーブル長さによる把持力への影響

### 3.2. 速度制御

空気圧グリッパは、スピードコントローラ(速度制御弁)で空気量を変更することによりフィンガの開閉速度を調整しますが、空気は圧力や温度の変化により収縮・膨張するため、速度安定性が悪く、速度調節が困難です。

**EH**シリーズはモーター駆動のため、速度安定性が良く、またフィンガ開閉の速度・加速度・移動量をデータで簡単に設定が可能であり、タクトタイムの算出も可能です。図10はフィンガの開閉速度を変化させた場合の、速度の設定値と測定値の比較です。設定どおりの運転ができていることがわかります。

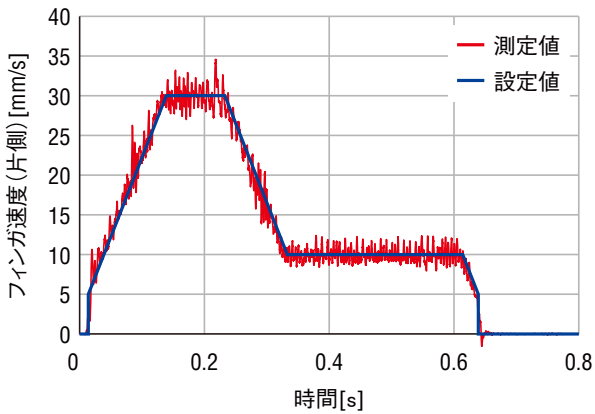


図10 運転速度

### 3.3. 電動グリッパによるタクトタイムの短縮

空気圧グリッパは、空気圧と流量を変化させて把持力と速度を調整しますが、それぞれが相互作用で影響し、独立して調節することが困難です。運転途中で流量を変更し、変速することも容易ではありません。また、電磁弁の開閉によりレギュレータからグリッパに供給する空気の流れを切り替えたときは、電磁弁に通電してからフィンガが動き始めるまでに10 ms～数十msほど遅れが生じます。そのため、フィンガの開閉速度は速いですが、把持完了までの時間は長くなります。図11に**EH4-AZAKH**と最大把持力が同等の空気圧グリッパで測定したときのタクトタイムを示します。

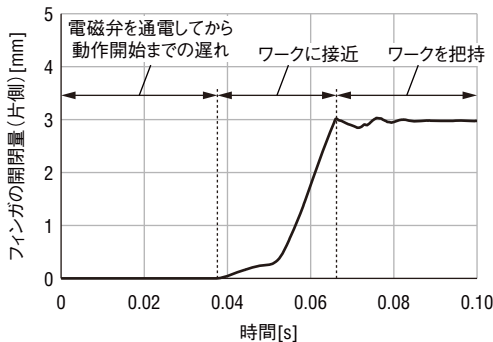


図11 空気圧グリッパのタクトタイム (圧力0.1 MPa)

**EH**シリーズは、把持力・速度・位置を独立して制御できます。目標位置までフィンガを高速で近づける位置決め運転と、低速でワークを把持する押し当て運転を組み合わせたことが可能です(図12参照)。これにより短いタクトタイムで動作できます。

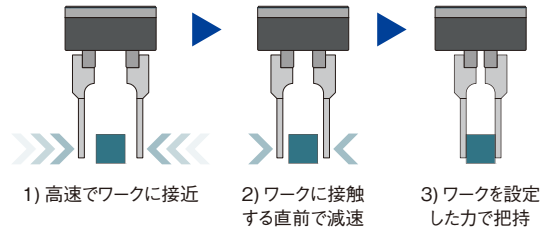


図12 把持動作例

また、運転を実行するSTART信号の入力から動き始めるまでの遅れが非常に少なく、空気圧グリッパより短いタクトタイムを実現できます。図13に**EH4-AZAKH**のタクトタイムの測定結果を示します。

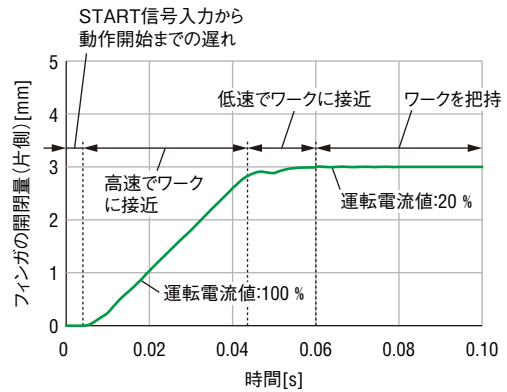


図13 **EH4-AZAKH**のタクトタイム

**EH**シリーズは、把持直前に低速にすることで、ワークに与える衝撃を抑制できます。ワークに接触する瞬間の把持力変化について、空気圧グリッパとの比較を図14に示します。把持を開始した瞬間、把持力のオーバーシュート・アンダーシュート量は、空気圧グリッパよりも小さく抑えられており、ワークに加わる衝撃が小さいことがわかります。

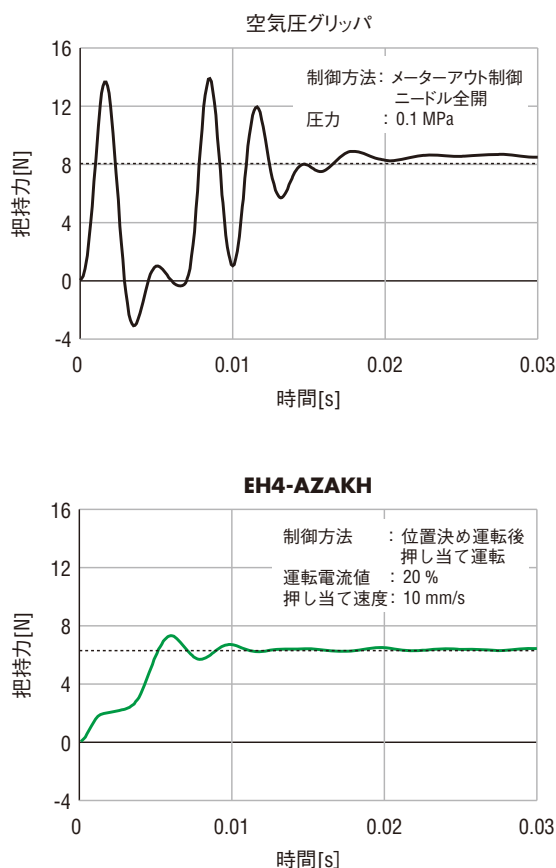


図14 押し当て運転時の把持力の比較

### 3.4. グリッパ位置情報の出力

空気圧グリッパはセンサを内蔵していないので、動作の開始や把持完了を確認するためには外部スイッチが必要です。**EH**シリーズは、モーターのABZOセンサにより位置情報が確認できるため、外部スイッチは不要です。ワークの把持完了はTLC出力信号(設定した把持力になると出力される信号)、ワークの有無や大きさ判定は、AREA出力信号(設定されたエリア内にフィンガがあるとときに出力される信号)により判別可能です(図15参照)。

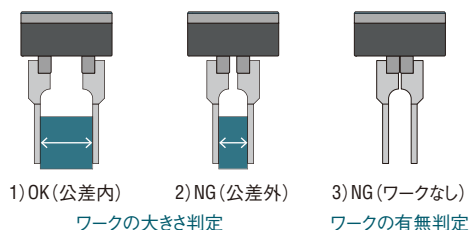


図15 ワークの判別

## 4. 活用方法

ここでは、**EH**シリーズの機能・特性を活用した「ワークの寸法測定」の方法と、「微小な把持力」を発生させる方法について説明します。使用条件は限られますが、寸法を確認する作業時間の削減や、剛性が低く変形しやすいワークの把持などに活用できます。

### 4.1. 把持したワークの寸法測定

**EH**シリーズは、ABZOセンサの位置情報によりワークの把持と同時に寸法測定ができます。図16にワーク寸法の測定方法の一例を示します。まず、ワークがない状態で把持を実行し、CLR信号(現在の検出位置で運転を停止させる信号)と、P-PRESET信号(現在位置を0に設定する信号)を入力することで原点を設定します。次に実際にワークを把持します。このときにドライバから出力される検出位置からワーク寸法を算出します(式(1))。

$$L = 2 \cdot x \cdot \Delta L \quad \text{..... (1)}$$

$L$ : ワーク寸法の算出値 [mm]  
 $x$ : 検出位置 [step]  
 $\Delta L$ : 最小移動量 (1パルスあたりの移動量) [mm]

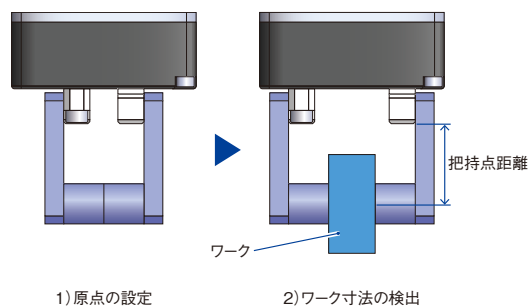
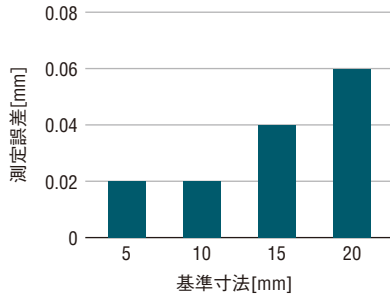


図16 ワークの寸法測定方法

寸法差が大きいワークの良否を判定する場合は、マスターワークを使用しない原点設定で使用可能です。ただし、把持力の影響によりアタッチメントやワークが変形することで測定誤差を生じるため(図17参照)、改善が必要な場合があります。





【測定条件】

運転電流値：75%                      押し当て速度(片側)：10 mm/s  
 最小移動量(片側)：0.01 mm      把持点距離                      : 20 mm  
 アタッチメント：幅33 mm、厚さ4.7 mm、鉄

図 17 測定誤差 (EH4-AZAKH)

測定誤差を小さくするためには、以下の対策が有効です。

- a) ワーク寸法に近いマスターワークで原点を設定する
- b) ワークの剛性に合わせて把持力を調整する
- c) アタッチメントの剛性を高くする
- d) 把持点距離を短くする

a) によって測定精度が向上し、b)、c)、d) によってワークやアタッチメントの変形の影響を小さくできます。

a) の方法で原点を設定する場合、(1) 式の算出値はマスターワークと実際のワークの寸法差になります。

図 18 はアタッチメントの厚さと把持点距離を変化させたときの測定誤差を示したものです。アタッチメントを厚く、把持点距離を短くするほど剛性は高くなり、測定誤差は小さくなります。

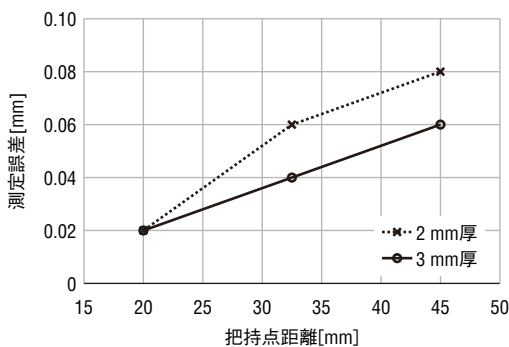


図 18 アタッチメントの厚さと把持点距離による影響

4.2. 位置決め運動を用いた把持方法

これまでは、ワーク寸法のばらつきに関係なく、一定の力で把持が可能な押し当て運動について説明しましたが、壊れやすいワークを把持する方法として、ステッピングモーターの角度-トルク特性を利用した位置決め運動による方法を説明します。

ステッピングモーターのステーターとローターにはそれぞれ小歯が設けられています(図 19 参照)。ステーターの主極の巻線(コイル)を励磁すると、その主極の小歯とローターの小歯が引きつけあい、対向した状態で停止します。停止しているモーターのシャフトにトルクを加えると、わずかに回転させることができます。このとき、加えたトルクとシャフトの回転角度の関係を表したものを、角度-トルク特性( $\theta$ -T特性)といいます<sup>(1)</sup>(図 20 参照)。ステッピングモーターの角度-トルク特性による把持力はフィンガの閉じ幅で変化します。位置決め運動により微小な力で把持するときは、図 20 の①~③のトルクを利用します。

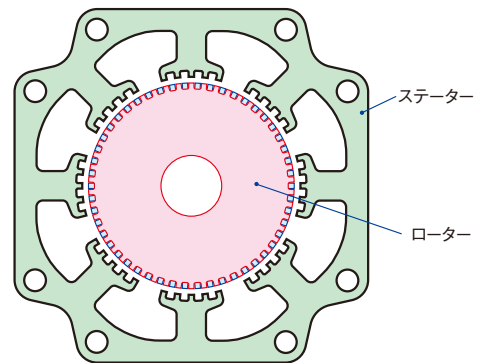


図 19 ステッピングモーターの断面図

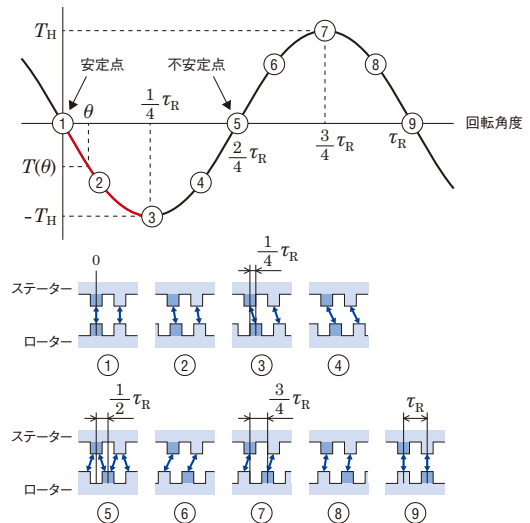
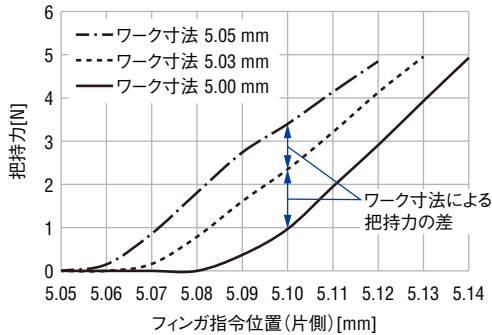


図 20 角度-トルク特性 ( $\theta$ -T 特性)

- (1) オリエンタルモーター株式会社,「テクニカルマニュアル ステッピングモーター編」, (2018), pp.25-26

**EH**シリーズは、位置決め運転でワーク寸法よりわずかに狭くアタッチメントを閉じることで把持力が発生します。

位置決め運転による把持力は運転電流値とワークに接触してからのフィンガの閉じ幅で決まります。ワーク寸法のばらつきが小さければ、押し当て運転では難しい、6 N未満の微小な把持力を実現できます。ただし、ワーク寸法のばらつきが回転角度に影響するため、寸法のばらつきが小さいワークのみに活用できる方法となります(図21参照)



【測定条件】

運転電流値 : 20%                      停止電流値 : 20%  
 最小移動量 (片側) : 0.01 mm              把持点距離 : 20 mm  
 アタッチメント : 幅33 mm、厚さ4.7 mm、鉄

図 21 ワーク寸法のばらつきが把持力に及ぼす影響 (位置決め運転)

5. まとめ

**EH**シリーズは、把持力・速度をデータ設定で制御することにより、ワークに与える衝撃を抑えながら短いタクトタイムで運転が可能です。また、**AZ**モーターの機能・特性を活用することでワークの寸法測定や微小な力によるワーク把持も可能です。

本稿で紹介した**EH**シリーズの特長や機能は、お客様の課題解決に貢献できると考えます。今後は、より小型・軽量で微小な把持力要望にも対応できるラインアップを追加していく予定です。

筆者



鈴木 健一

機構商品事業部



庄山 直人

技術標準部