

# 並進関節を用いた柔軟3指ハンドの試作

石川淳一(立命館大) 平井慎一(立命館大)

## 1. 緒言

人間は、指先を用いて比較的容易に対象物を把持し、対象物の姿勢を操作することができる。人間がこのような、対象物を安定して把持することができる要因のひとつに、人間の指先が柔軟であることが考えられる。この点に着目し、回転関節を用いた柔軟指ロボットハンドの研究が進められてきた。

回転関節を用いた柔軟指ハンドは、ハンドの持つ自由度と、ハンドが把持対象物に対して操作できる自由度が一致する。たとえば、1自由度の回転関節で駆動される柔軟指2本から成るハンドは、把持対象物の傾き角と把持力を制御できる[1]。また、1自由度の回転関節で駆動される柔軟指3本から成るハンドは、把持対象物の傾く角度と傾いた方向の2種類の姿勢、把持力を制御できる[2]。ただし、把持対象物の傾き角は最大10deg.にとどまる[3]。

ハンドにおいては回転関節の代わりに並進関節を用いることができる。1自由度の並進関節で駆動される柔軟指2本からなる成るハンドは、把持対象物の傾き角をより大きく制御できることがわかっている[4]。したがって、並進関節で駆動される柔軟指3本より成るハンドにより、把持対象物の姿勢をより大きく制御することが期待できる[5]。

本報告は、並進関節を用いた柔軟な指先を有する柔軟3指ハンドの駆動部分を手動操作からアクチュエータに変更した新しい並進関節を用いた柔軟3指の産業界での期待、実機の詳細について示す。

## 2. スカラアームと並進関節を用いた柔軟3指ハンドによる物体操作

図2(c)に、並進関節を用いた柔軟3指ハンドをスカラアームに、取り付けた例を示す。スカラアームはX, Y, Z方向の移動とZ軸回りの回転の4自由度の動作が可能である。並進関節を用いた柔軟3指は、X, Y軸回りの回転の2自由度の動作と、把持力の制御が可能である。したがって、この3自由度のハンドを4自由度のスカラアームに取り付けることで、剛体の6自由度の運動と把持力の制御が可能となる。このスカラロボッ

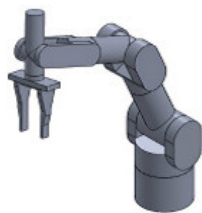
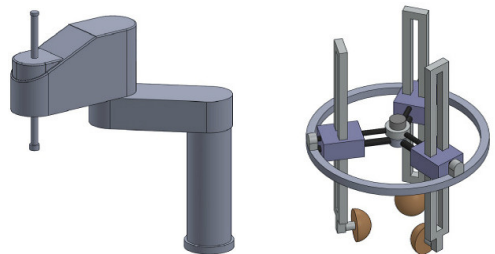
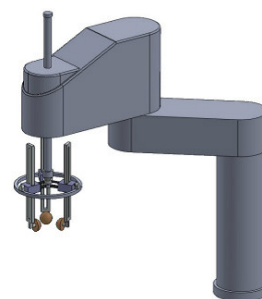


図1 グリッパ+ 6自由度ロボットアーム



(a) スカラアーム

(b) 並進関節を用いた柔軟3指ハンドのモデル



(c) スカラロボットハンド

図2 スカラアームの応用

トハンドを使用することで、動作を独立させて操作することが期待される。まず、図1に示す6自由度アームにグリッパが付いたマニピュレータの動作について図3のペグインホール作業を用いて説明する。

1. 図3(a), 図3(b)に示すように、6自由度ロボットアームを使用してX, Y方向の移動を行い、対象物Aのある座標上にハンドを持っていく。
2. 図3(c)に示すように、6自由度ロボットアームを使用してZ方向の移動を行い、対象物が掴める高さまでハンドを持っていく。
3. 図3(d)に示すように、グリッパを使用して物体の把持を行う。
4. 図3(e)に示すように、6自由度ロボットアームを使用してZ方向の移動を行い、物体を持ち上げる。
5. 図3(f)に示すように、6自由度ロボットアームを使用して物体の姿勢変更を行う。
6. 図3(g)に示すように、6自由度ロボットアームを使用してX, Y方向の移動を行い、対象物Bのある座標上にハンドを持っていく。
7. 図3(h)に示すように、6自由度ロボットアームを使用してZ方向の移動を行い、対象物Aを対象物Bに挿入する。

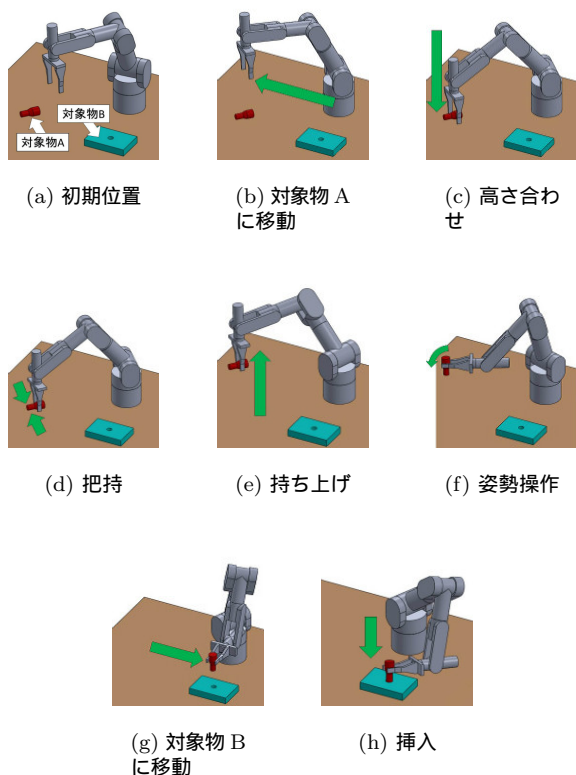


図3 グリッパ+ 6自由度ロボットアームによるペグインホール作業

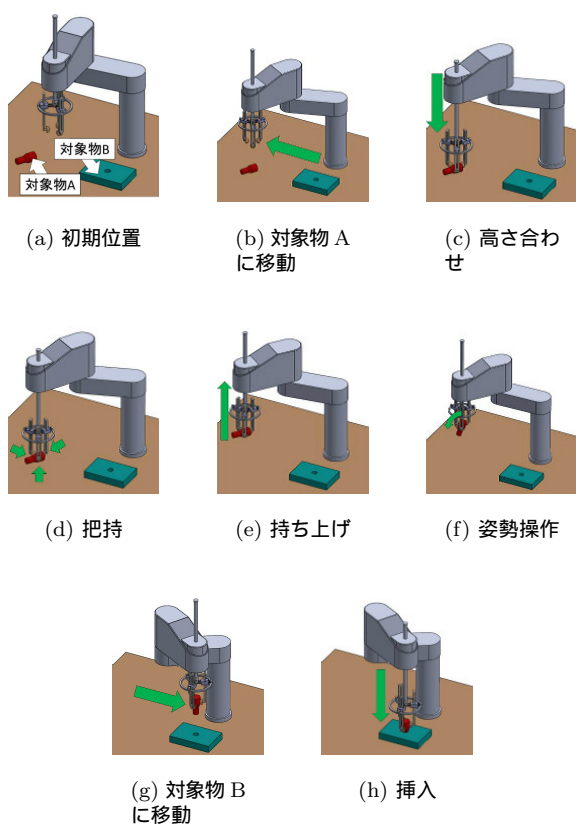


図4 スカラロボットハンドによるペグインホール作業

次に、図2(c)の動作について、図4に示すペグインホール作業を用いて説明する。

1. 図4(a), 図4(b)に示すように、スカラアームを使用してX, Y方向の移動を行い、対象物Aのある座標上にハンドを持っていく。
2. 図4(c)に示すように、スカラアームを使用してZ方向の移動を行い、対象物が掴める高さまでハンドを持っていく。
3. 図4(d)に示すように、ハンドを使用して物体の把持を行う。
4. 図4(e)に示すように、スカラアームを使用してZ方向の移動を行い、物体を持ち上げる。
5. 図4(f)に示すように、ハンドを使用して物体の姿勢変更を行う。
6. 図4(g)に示すように、スカラアームを使用してX, Y方向の移動を行い、対象物Bのある座標上にハンドを持っていく。
7. 図4(h)に示すように、スカラアームを使用してZ方向の移動を行い、対象物Aを対象物Bに挿入する。

このように、6自由度ロボットアームにグリッパがついたマニピュレータの場合、把持した物体の姿勢を保ったまま動作させるとき、多くの関節を動作させる必要がある。それに対して、スカラロボットハンドの場合、把持した物体の姿勢を保ったまま動作させるとき、1個または2個の関節を動作するだけで行うことができる。

### 3. 並進関節を用いた柔軟3指ハンド

#### 3-1 実機システム

図5に実機のシステム構成を示す。実機は指機構と把持機構の2種類の機構で構成されている。実機の動作手順を以下に示す。

1. 指機構の指の位置を初期位置に移動させるために、指機構のモータを使用する。初期位置に取り付けられているマイクロ・フォトセンサが反応するまで、指機構のモータを動作させる。
2. 把持機構のモータを動作させ対象物の把持を行う。対象物の把持判別を指機構の指に取り付けられている圧力センサによって、対象物にかかる力を計測し把持機構のモータ制御を行う。
3. 指機構のモータを動作させて、対象物の姿勢操作を行う。対象物の中には3軸加速度センサが取り付けられており、これによって把持対象物の姿勢計測を行う予定である。

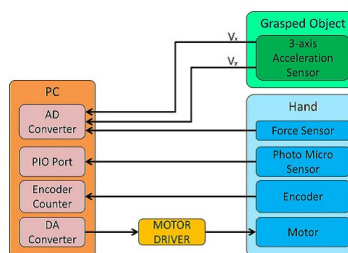


図5 実機のシステム構成

なお、姿勢操作を行うさいは、指機構のモータは2つのみ使用する。そのため、把持機構に1自由度、姿勢操作に2自由度のロボットハンドとなる。

### 3.2 実機のサイズ

図6、図7、図8に、実機の上面図、正面図、全体図を示す。実機のサイズは縦550mm、横660mm、高さ550mmであり、重量は指機構同士のなす角度は等間隔に120deg.である。

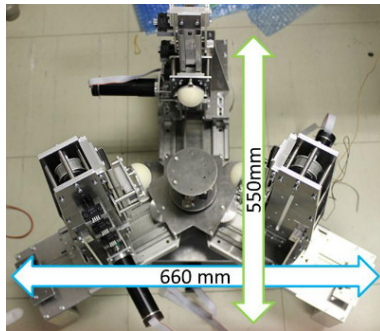


図6 実機の上面図

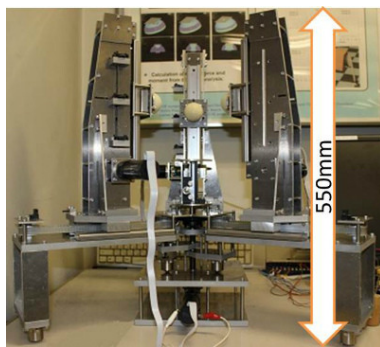


図7 実機の正面図

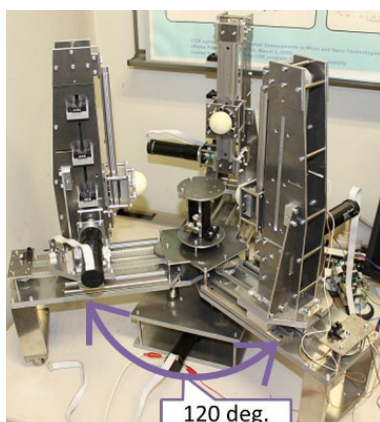


図8 実機の全体図

### 3.3 実機の各機構について

#### 3.3.1 指機構

図9に指機構を示す。図10のように、上下方向に駆動し最大可動範囲は150mmである。指機構には、フォト・マイクロセンサが各指機構に3個ずつ取り付けられている。中央に取り付けられたセンサは、把持するときの位置決めを使用する。また、上下に取り付けられたセンサは安全装置である。加えて、指の中に圧力センサが取り付けられている。この圧力センサは最大50Nまで計測することができる。図11に指機構の内部構造を示す。指部分の機構にプーリとベルトを使用している。ベルトの長さを変更することで、指部分の動作範囲を調整することができる。プーリを駆動させているモータは定格電圧が24Vであり、減速比は14:1である。指先には、ポリウレタン製の柔軟部材が取り付けられている。柔軟部材の形状は半径20mmの半球である。

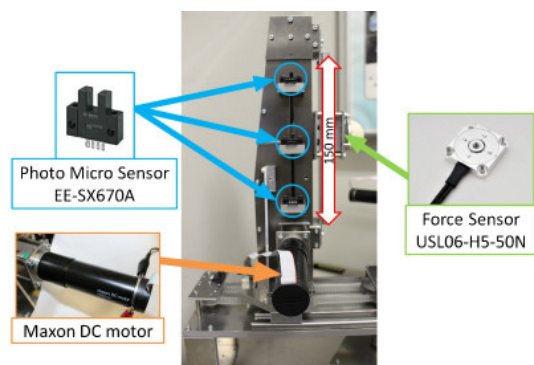


図9 指機構の概要図



(a) 上昇時



(b) 初期位置



(c) 下降時

図10 指機構の動作



図11 指機構の内部構造

## 3.3.2 把持機構

図 12 に把持機構を示す。把持機構は図 13 のように、指機構が 3 個連動しながら駆動し、最大可動範囲は 130 mm である。把持機構の中心には、位置調整機構が取り付けられている。これによって、対象物の初期位置を常に同じ条件で実験を行うことができる。また、位置調整機構の高さを下げることで、対象物の姿勢操作のさい、対象物が位置調整機構に接触することがなくなる。図 14 に把持機構の内部構造を示す。真ん中にある 1 番のギヤが回転することで、2, 3, 4 番のギヤも連動して回転する。ギヤに取り付けられたプーリが回転し、ベルトを伝って指機構が中心または外に向かって動作する。1 番のギヤは歯数 72 であり、2, 3, 4 番のギヤは歯数 48 である。1 番ギヤを駆動させているモータは定格電圧が 24 V であり、減速比は 14:1 である。

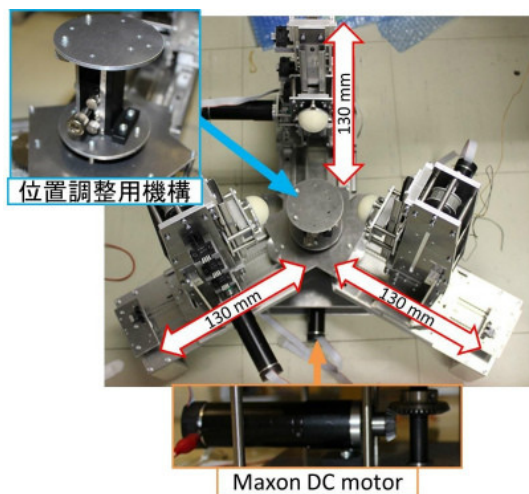
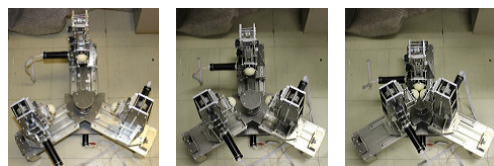


図 12 把持機構の概要図



(a) 開放時 (b) 中間時 (c) 閉鎖時

図 13 把持機構の動作

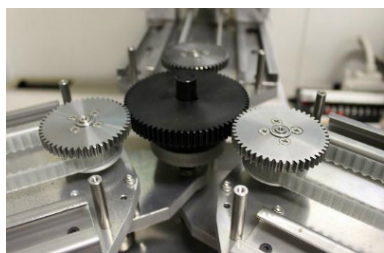


図 14 把持機構の内部構造

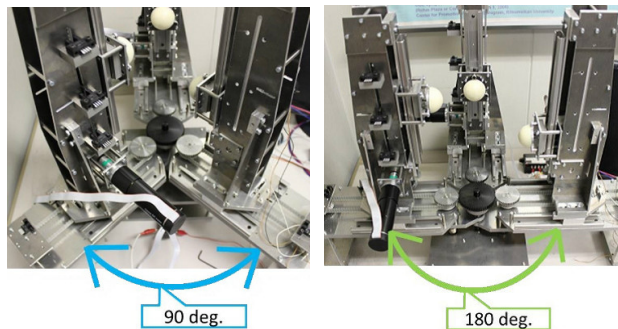


図 15 指機構配置 90 deg.

図 16 指機構配置 180 deg.

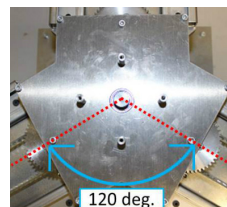


図 17 指機構の配置固定板

## 3.4 指機構の配置変更

図 15, 図 16 に指機構の配置が 90 deg., 指機構の配置が 180 deg. を示す。図 17 に示す矢印の部分の角度を変更することで、指機構同士のなす角度を 90 deg. から 180 deg. まで、1 deg. 刻み毎に変更することができる。指機構同士のなす角度を変更することで、指機構の配置が対象物の姿勢制御に、どのような影響があるかを容易に検証することができる。

## 4. 結言

本報告では、並進関節を用いた柔軟 3 指ハンドとスカラーームによる物体操作について示した。また実機の大きさ、形状、機構について示した。

今回の報告では、実機の制御を行うことができなかったため、実際に動作させ、把持対象物の操作を行うことが可能であるかが不明である。そこで、制御則を構築し、把持対象物の操作を実現する。さらに、制御可能であることを確認した上で、対象物の大きさ、形状、指機構の配置の変更し、操作を行う。また、現状の実機の大きさや重量では、現在使用されているロボットアームの先端に、取り付けることが不可能であるため、実機の小型化や軽量化を試みる。

## 参考文献

- [1] 井上 貴浩, 平井 慎一, “柔軟指による物体操作のダイナミクス”, ロボティクスシンポジウム予稿集, pp.156-162, 2007.
- [2] 平井 慎一, 井上 貴浩, “柔軟指による三次元把持と操作”, 第 26 回日本ロボット学会学術講演会予稿集 CD-ROM, 神戸, Sept. 2008.
- [3] 上本 宏明, “柔軟 3 指による把持対象物の姿勢角制御”, 立命館大学修士論文, p.30, 2011.
- [4] 中谷 泰隆, 平井 慎一, “並進関節による把持物体操作”, 第 29 回日本ロボット学会学術講演会, 豊洲, Sept. 7-9, 2011.
- [5] 石川 淳一, 平井 慎一, “並進関節を用いた柔軟 3 指による把持対象物の姿勢操作”, ロボティクス・メカトロニクス'12 講演会予稿集 CD-ROM, 浜松, May 28-29, 2012.