

穴部を有する小物体のバラ積みピッキングに向けたフレキシブルハンドの開発

信州大学大学院 総合理工学研究科 ○阿部泰樹, 山崎公俊

要旨：本稿では、円形の穴のある小さな部品(例：ワッシャー、スペーサ)を把持するために新たに提案したエンドエフェクタについて報告する。小さな金属部品のバラ積みピッキングの自動化には多くの問題がある。このような部品は把持対象を特定できても、テーブル上から取り出すことが困難である。そこで、穴の内側から外側へワイヤを射出し部品の把持を行うエンドエフェクタを製作し、21個の円筒状金属を水平・傾斜した状態で把持を行い有効性を示した。

キーワード：把持、バラ積みピッキング、小型扁平で穴のある部品

1. はじめに

近年の生産現場では、「多品種少量」に対応する生産工程の自動化が求められている。ある一つの生産ラインで多様な製品を作ることが期待される。上記生産工程を自動化する方法として、(1)製品を構成する部品が各箱に適当に入れられた状態からビジョンセンサ等により認識、(2)物体の姿勢情報に基づいて部品供給ロボットが部品を把持して組み立てロボットに供給、(3)組み立てロボットが製品を組付け、という流れが望ましい。しかし、現実には人手に頼り部品供給を行っていることが多い。特に小型部品、扁平形状部品、光沢のある金属部品は認識と把持動作のどちらも困難である。

認識において、中原ら[1]はバラ積み物品の深度情報を取得し、分割した領域と対象物の3Dデータを照合して物品の姿勢を推定した。この方法には、光沢があると深度情報が正確に取れない問題がある。把持機構では、ジャミング転移を利用したハンド[2]や馬場らの3指ハンド[3]がある。様々な物体を掴めるが、バラ積み環境では対象以外を掴んだり、掴み上げ次に山を崩す恐れがある。このように、認識・把持動作共に様々な研究があるが、小型・扁平形状であり金属光沢があるものを想定した研究はほぼない。そこで、ある程度の認識からハードウェアの持つ機能で器用に把持できるアプローチを考える。

2. 問題設定とアプローチ

把持の対象は Fig.1 に示す薄い円環状の金具とする。半径 5.5, 6, 7, 8, 10, 11, 12mm の 7 種類、各厚み 1, 2, 3mm の合計 21 個である(材質:SS400)。

筆者らの最終目的はバラ積みピッキングであるが、本研究は把持対象の検出処理は含んでいないため、金具は単一で置かれているものとする。ただし、バラ積み状況への対応を考慮して、各部品は多少の傾きをもって置かれていることがあり得るとする。すなわち、エンドエフェクタの設計は、斜めになった金具でも把持できることを前提とする。また、扁平形状の場合は外周が他の部品と接触していることが多いため、外周側面からの把持は困難である。そこで、内周側面から把持するアプローチをとる。



Fig.1 Examples of ring metal parts

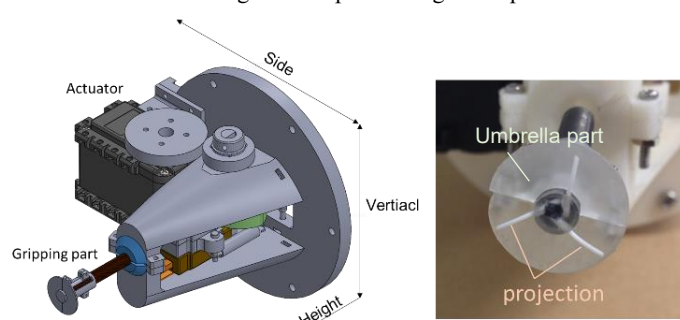


Fig.2 Appearance of Robot Hand

3. ワイヤ射出機構を備えたエンドエフェクタ

3.1. エンドエフェクタ外観

設計したエンドエフェクタの外観を Fig.2 に示す。それぞれ、縦 95mm×横 110mm×高さ 110.5mm(把持動作前)の大きさであり、対象を把持するための把持部と、その把持部を動作させる駆動部、マニピュレータ等に取り付けるための連結部を備えている。

3.2. 把持機構

対象物体の内周側面を把持する方法として、円筒の先端部からポリスチレン材質のワイヤ(直径 0.5[mm]の円柱)を外に向かって三方向に射出し、物体の側面に押し当てることで把持する機構を考案した(Fig.2)。これによって、多少中心からずれた状態把持を始めても、位置関係を調整して把持することが可能である。ワイヤを射出する経路部品は、試行の結果 Fig.3 の形状となり、射出量はこの射出経路部の設計の幾何学関係から計算される。

3.3. ワイヤ押出機構

ワイヤを射出するための機構として、精度の良い射出量を実現できるカムスライダ機構を採用した。設

計したカム動作による変位量は(1)式で決定される。(θ_{cam}:カムの回転量, m:変位量)

$$m = 7 \cdot \frac{2}{\pi} \theta_{cam} \quad (0 \leq \theta_{cam} \leq \frac{\pi}{2}) \quad (1)$$

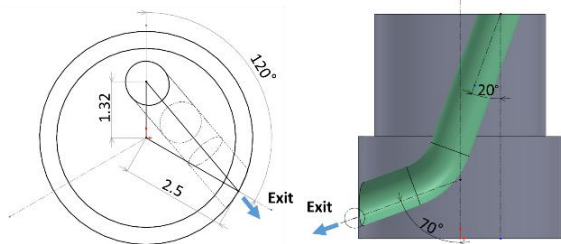


Fig.3 Extrusion route (Left: bottom view, Right: side view)

3.4. 姿勢誤差吸収機構

小型で光沢のある部品は、高精度な姿勢推定が困難である。そこで、エンドエフェクタの一部にフレキシブル性を持たせることにより、把持動作中に姿勢を明確にする方法を採用。フレキシブル性は把持部と基体をつなぐ円筒部材を持たせる。そこには密着バネを利用する。バネは無負荷時において円筒形状を保ち、横方向の負荷をかけると曲がる性質がある。これと Fig.2 で示す傘部の底面を利用することでエンドエフェクタと物体の姿勢関係を明確にする。具体的には、①対象に向かって降下、②傘部の一部が接触、③バネの柔軟性により接触した点を中心に回転し面に沿う、といった遷移をする (Fig.4)。

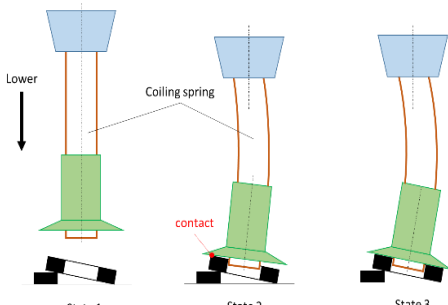


Fig.4 Error absorption procedure

4. 検証実験

4.1. 2種の把持パターン

設計ではワイヤの射出は真横ではなく 70 度の角度を持った状態で射出されるため、金具の半径と厚みによって内周側面を把持する場合と金具の底面に引掛ける形での把持となる場合がある (Fig.5)。

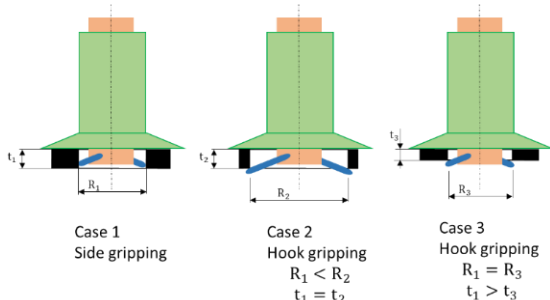


Fig.5 Gripping patterns

4.2. 水平に置かれた金属部品の把持

把持機構が 21 個の金具に対して内周側面・引掛把持に分かれるかを検証する。金具上面を傘部の底面と平行になるように置き、エンドエフェクタを降下させ接触後にワイヤを射出し把持する。実際の把持結果を内周側面把持なら緑○、引掛把持を赤△とし、横軸：対象物体の半径、縦軸：傘部底面からの距離 (金具の厚み) のグラフにプロットしたものが Fig.6 になる。青線は対象半径に対するワイヤ先端の垂直距離の理論線を示し、これより上ならば内周側面把持、下ならば引掛把持になるので、把持検証の結果は正しいといえる。また、青の理論線より上となる部品においては、重複して置かれた場合でも一番上の部品のみを器用に取り上げることができた。

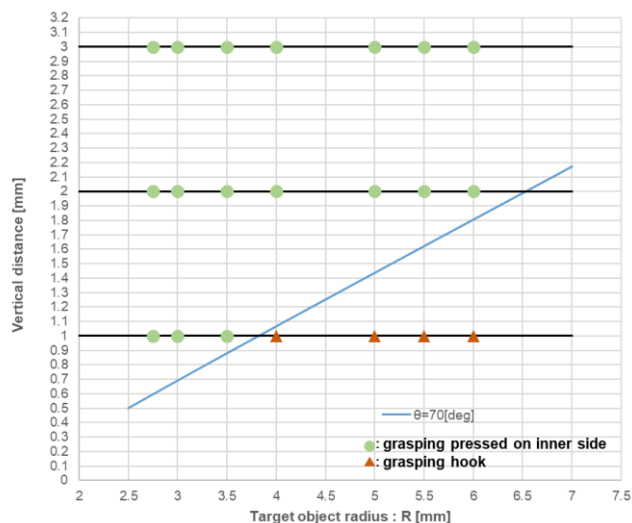


Fig.6 The relationship between the radius of inner circle and vertical distance.

4.3. 傾斜をつけた金属部品の把持

金具を徐々に傾斜させ何度まで把持が行えるかを検証した。結果として、18 度までの傾斜であればフレキシブル性が良好に働き水平把持と同等に把持できた。

5. まとめ

本稿では、小さく扁平形状で、穴部のある金属部品を対象とした把持機構の提案した。特徴は、内側からの締め付け把持と、部品の位置ずれの吸収できるフレキシブル性である。21 個の試験用部品で水平・傾斜状態で把持実験を行い有効性を示した。

参考文献

- [1] 中原智治, “3次元認識によるピンピッキングシステムの実用化”, SCI, vol. 14, no. 4, pp. 226-232, 2001
- [2] E. Brown, “Universal robot gripper based on the jamming of granular material”, Proc. National Academy of Sciences (PANS), vol. 107, no. 44, 2010
- [3] 馬場恒星, “爪を有する多指ハンドの把持計画”, JSME, vol. 14, no. 2, 2014