

双腕ロボットを用いた製品組み立て工程における フラットケーブルの引掛け配線

Flat-Flexible-Cable Manipulation for Constructing Electric Appliance by a Dual-armed Robot

○佐野 知樹 (信州大) 正 山崎 公俊 (信州大) 山崎 正 (セイコーエプソン(株))

Kazuki SANO, Shinshu University,
Kimitoshi YAMAZAKI, Shinshu University, kyamazaki@shinshu-u.ac.jp,
Tadashi YAMAZAKI, Seiko EPSON Corp.

This paper describes a manipulation method for Flat-Flexible-Cable(FFC). To construct electric produces, A FFC should insert on hooks shaped on a manufacturing component. We focus on this manipulation and propose novel end-effectors and inserting motion sequence. A dual-armed robot was used to proof them and we confirmed that the cabling task was achieved with acceptable success rate.

Key Word: Cable Manipulation, FFC, end-effector.

1. はじめに

紐やケーブルなどの線状柔軟物は、様々な場面に存在しており、様々な用途がある。例えば、紐は複数の物品を縛り上げる目的に使えるし、ケーブルは電流や電気信号等を機器に伝える目的で利用される。もし、線状柔軟物に所望の操作を加える作業が自動化できれば、役立つ場面は多いと思われる。

本研究では、電化製品の内部に組み込まれるようなケーブルの取り回しを扱う。特に、製品の製造過程において筐体等へケーブルをはめ込む作業に着目する。家電製品の内部には多くのケーブルが組み込まれており、製造の過程でそれらを設置することは手間のかかる作業である。この自動化ができれば、製造のコスト削減に寄与できると考えられる。

ケーブル等の紐状物体のハンドリングを対象とした従来研究としては、コネクタ付きケーブルの配線接続[1]や、ひもの形状認識[2]、結び[3]や解き操作[3]の研究が挙げられる。本研究では、紐状物体としてフレキシブルフラットケーブルを使用し引掛け配線作業を行う点が従来研究とは異なる。

2. 引掛け配線について

引掛け配線とは、電化製品の内部にケーブルを固定しながら組み込む工程において、製品の筐体等の一部として造作された突起状のツメ等にケーブルを挟み込む作業を意味する。図1に、本研究の作業対象を示す。ここでは引掛け配線を終了した状況を示している。赤丸、白丸、青四角のそれぞれのツメ部に対してフレキシブルフラットケーブルの配線がな

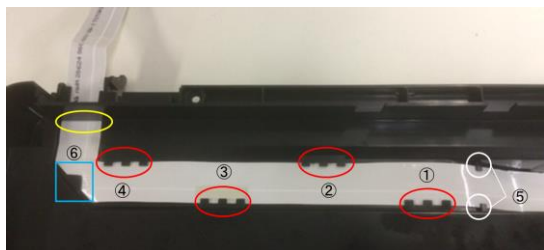


図1. 配線されたケーブル

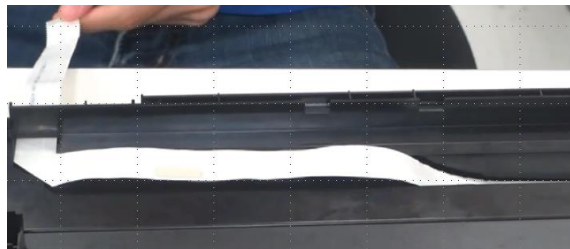


図2. 引掛け配線作業の初期状態

れている。本研究で目的とする作業は、①から⑥で示されたツメ部のそれぞれに対してフラットケーブルを差し込み、図1の状態を作成することである。

3. 引掛け配線手順

指定の配線対象部品がテーブル上に固定されており、指定のフレキシブルフラットケーブルが与えられるものとする。本研究では、二本の多関節アームを有する双腕ロボットを用いる。配線作業の中でも、ケーブルをツメに引掛ける作業を主題としているため、その他のケーブルに関する作業については深く検討しない。

配線手順を策定するにあたり、人手により実際に配線作業をおこなうことで配線手順を検討した。その結果、おもにケーブルハンドリングの複雑さから、以下2点に従う手順が適切であると判断した。

- ケーブルは、あらかじめ伸ばした状態でエンドエフェクタにより保持されている。
- ツメ⑥からツメ⑤へ向かって、順番に引掛け作業をおこなう。

すなわち、ケーブルは図2のように概ねツメの近くに初めから配置されており、かつ片方のロボットハンドによって把持されているとする。この状態から、⑥より配線作業を開始する。

引掛け作業においては、ケーブルの形状を適切に制御し、それぞれのツメに差し込む動作が必要になる。それを検討するために、行動の単位を、抑える、引っ張る、滑らせるなど

の単純なものに分けて、二本のアームの役割を整理した。図1の配線対象部品には3種類のツメが存在するが、以下では最も数の多い①～④のツメに対する配線方法を説明する。

図3, 4によって、①～④の各ツメに対する引掛け動作の手順とその目的および効果を説明する。引掛け配線を達成させるうえで、2つの動作が重要であると考えた。

1つ目は、ケーブルの押さえつけ動作である。ケーブルを押さえつける動作を図3のように2段階にすることで引掛け配線の向上を図った。1段階目の動作では、ロボットハンドを斜めに動かし、ツメとケーブルの重なりを防ぐ役割として用いる。2段階目の動作は、1段階目の動作終了後から垂直に下すことでケーブルを押さえつける役割を果たす。この2段階の動作を用いることで、ケーブルとツメが重ならず効率的に引掛け配線ができるようになった。

2つ目は、引掛け動作後のケーブルを離す動作である。ケーブルを離す動作を図4のように2段階にすることで引掛け配線の向上を図った。引掛け動作後、ケーブルには元の状態に戻ろうとする反力が働く。この反力を利用して引掛け動作を作成することにした。図4の左上は引掛け動作後のケーブルに反力が生じている状態を表している。第1段階目の動作では、この状態からケーブルを押さえつけたロボットハンドをケーブルの厚さ以上、ツメの高さ以下の範囲で持ち上げる。その動作によってケーブルの反力が働く唯一のスペース生まれ、ケーブルがツメに導かれることで引掛け配線を行うことになった。

4. エンドエフェクタ

作成したエンドエフェクタを図5に示す。エンドエフェクタを作成するにあたり、人手により実際に配線作業を行うことでエンドエフェクタを考案した。その結果、二本のアームの役割を分担させることが適切であると判断した。双腕ロボットの左腕では、ケーブルの把持や滑らせる動作など、ケーブルの操作を目的としたエンドエフェクタを、また、右腕では、ケーブルの押さえと離しを繰り返す操作を目的としたエンドエフェクタを、それぞれ作成することにした。

右：押さえ用のエンドエフェクタの先端にはスポンジを付けた。また、エンドエフェクタの先端の形状に関してもいくつかの実験の上で決定した。具体的には、先端の形状を、点状、ばね状、直線形状、円形状の4種類から、どの形状でケーブルを押さえつけるのが有効かの実験を行った。その結果、エンドエフェクタの先端形状を円形にすると、押さえつけ動作の際にケーブルのたわみとフィットするため、配線作業に最も適した。

5. 実験

2章に説明した配線作業に対して、3章、4章で提案した内容の検証をおこなった。双腕ロボットとして川田工業製のHIROを利用し、もとの二指ハンドの先端に図4のエンドエフェクタを取り付けた。ケーブルはあらかじめ左エンドエフェクタに把持させておき、それによってケーブルを動かし、

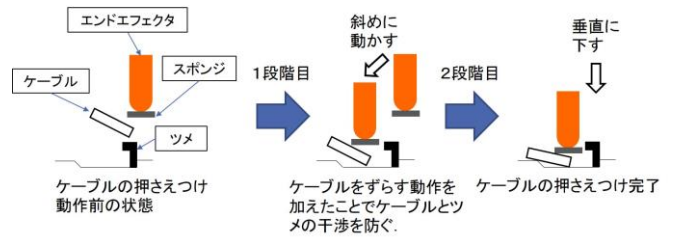


図3. ケーブルの押さえつけ動作

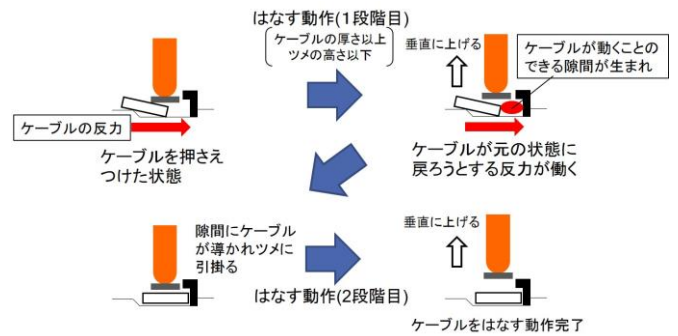


図4. ケーブルをはなす動作

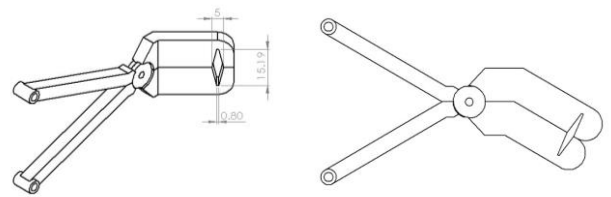


図5. エンドエフェクタの形状
(左：ケーブル操作作用、右：押さえ用)

右エンドエフェクタによって押さえと離しを繰り返すことで、配線作業をおこなった。

試行20回の結果、成功回数は17回、成功率は85%となった。3回の失敗の要因は、ツメ⑤においてケーブルの押さえつけが不十分でツメ⑤に引掛らないためであった。

6. まとめ

本稿では、家電製品組み立ての過程で生じる作業のうち、フラットケーブルの引掛け配線作業について述べた。配線手順とエンドエフェクタの提案・検証をおこない、特定の配線対象部品に対しての有効性を示した。今後は、センシングと融合して配線の失敗検知をおこなったり、様々な配線作業への展開を目指す。

参考文献

- [1] 鷺見和彦, "柔軟物も取り扱える生産用ロボットシステムの開発", 日本ロボット学会誌, vol.27 No.10, pp.1082-1085, 2009.
- [2] 白川智也, 向井啓祐, 松野隆幸, 矢納陽, 見浪護, "ひもの形状モデリングと距離カメラを用いた認識", ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2015, "2A1-R01(1)"-"2A1-R01(4)", 2015.
- [3] 若松栄史, 妻屋彰, 荒井栄司, 平井慎一, "結び/解き操作を含めた線状物体のマニピュレーション", 日本ロボット学会誌, vol.23 No.3, pp.344-351, 2005.