

# ディアボロジャグリングに基づく In-Hand マニピュレーション

市倉 ひなの\*

\*大阪大学工学研究科機械工学専攻 大阪府吹田市山田丘 2-1  
\*Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Engineering,  
Osaka University, 2-1 Yamadaoka, Suita, Osaka, Japan  
\*E-mail: ichikura@ims.mech.eng.osaka-u.ac.jp

キーワード：動的マニピュレーション (dynamic manipulation), In-Hand  
マニピュレーション (in-hand manipulation), 柔軟ロボティクス (flexible  
robotics).

JL 0005/23/6205-0302 ©2023 SICE

## 1. 受賞論文に取り組むまでの道のり

筆者の研究のスタートは、図 1 (a) に示す、ディアボロと呼ばれるコマを回転させるジャグリング技術である。このジャグリングは、紐の両端に振動入力を与えることで、紐の上に乗ったコマを回転させるという技術である。このメカニズムに疑問をもった筆者は、シミュレーションで再現しながら、また実際にディアボロジャグリングで遊びながら、解析モデルを立てて、検証を行った。そして、柔軟な紐の変形によってコマを安定に保持しながら、振動入力によって対象物の回転運動が生成される点に対し、マニピュレーション技術としての簡便性を見出し、本研究の着想に至った。

## 2. 受賞論文<sup>1)</sup>の紹介

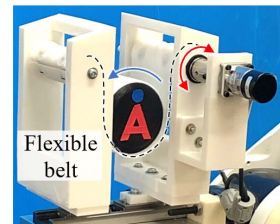
近年、ロボットによる複雑なタスクの実現のために、ロボットハンド内で物体を操作する、In-Hand マニピュレーションの研究が行われている。受賞論文では、ディアボロジャグリングから着想を得た、斬新な In-Hand マニピュレーション手法を提案した。この手法は、図 1 (b) に示すように、柔軟ベルトをハンドの指先に取り付け、指先を振動させることで、対象物の連続的な回転運動を生成する。柔軟ベルトが有する高適応性により、複雑なセンシングや制御、複雑な機構を必要とせず、多様な形状・サイズの対象物を回転させることが可能である。はじめに、二次元解析モデルを導入し、円柱状対象物の連続回転操作を行うためのマニピュレーション戦略について示した。ここでは、対象物の滑り回転の生成条件、連続回転操作のために必要なベルト両端へ与える入力の非対称性について明らかにしたうえで、対象物の平均角速度を理論的に導出した。続いて、プロトタイプを開発し、提案手法の有効性を実験により確認した。さらに、多様な形状・サイズの対象物に対する回転操作を行い、提案手法が優れた簡便性・汎用性を有することを示した。

## 3. 今後の展望

以上が受賞論文の概要であるが、その後の研究において、重量の異なる対象物や、非一様の密度を有する対象



(a)



(b)

図 1 (a) ディアボロジャグリング, (b) 柔軟ベルトを用いた In-Hand マニピュレーション

物に対する回転操作についてさらなる検証を行った<sup>2)</sup>。今後は、柔軟ベルトの高いなじみ性を利用し、提案手法が、食品など大変形や破壊が起きるような柔軟対象物の操作に適用可能か検討する予定である。さらには、提案手法を 3 次元に拡張し、対象物の In-Hand<sup>3</sup> 自由度回転操作について検討する予定である。 (2023 年 2 月 21 日受付)

### 参考文献

- 1) 市倉, 東森: ディアボロジャグリングに基づく In-Hand マニピュレーション, 第 22 回システムインテグレーション部門講演会 SICE-SI 論文集, 514/519 (2021)
- 2) H. Ichikura and M. Higashimori: In-hand Manipulation Inspired by Diabolo Juggling, *IEEE Robot. Autom. Lett.*, 7-4, 12227/12234 (2022)

受賞種別 [研究奨励賞]

論文タイトル [ディアボロジャグリングに基づく In-Hand マニピュレーション]

発表講演会名 [第 22 回システムインテグレーション部門講演会]

### [著者紹介]

市倉 ひなの 君 (学生会員)



2022 年大阪大学工学部応用理工学科卒業。同年大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻博士前期課程に進学し、現在に至る。柔軟体を用いたロボットマニピュレーションに関する研究に従事。