

# Dynamic Object Grasping and Manipulation of a Multi-Fingered Robotic Hand under Inadequate Sensory Information

崔, 乘賢

<https://hdl.handle.net/2324/4110506>

---

出版情報 : Kyushu University, 2020, 博士 (工学), 課程博士

バージョン :

権利関係 : Public access to the fulltext file is restricted for unavoidable reason (3)

氏 名 : 崔乘賢 (Choi Seunghyun)

論 文 名 : Dynamic Object Grasping and Manipulation of a Multi-Fingered Robotic Hand under Inadequate Sensory Information

(不十分な感覚情報下での多指ロボットハンドによる動的物体把持と操作)

区 分 : 甲

### 論 文 内 容 の 要 旨

現在、工場などの産業現場において、産業用ロボットによる自動化が行われている。従来の産業用ロボットは、決められた部品や商品の仕分けや組み立てが主目的であり、対象物の形状が既知であるため、グリッパなどのエンドエフェクタ（手先効果器）は一部機能に特化した専用構造となっている場合が多い。一方、近年では、人間の生活空間で日常生活をサポートするロボットシステムの開発が行われている。不特定な環境下で様々な形状の物体の把持・操作や、同時に人間との共同作業が要求されるロボットの場合、特定の機能に特化したエンドエフェクタでは作業範囲が限定されてしまうため、特に汎用性が求められる。そこで、人間のように様々な対象物を把持・操作することができる汎用的な多指ハンドロボットと、それを用いた対象物の安定把持や操作などの実現が重要となってくる。

対象物を操作するためには、まず安定に物体を把持する必要がある。これまで、多指ハンドを用いて対象物を安定に把持する際の安定度の指標として **Force-closure** という概念がよく用いられているが、**Force-closure** を用いた多くの把持手法では、形状や質量、質量中心位置等の物体情報を基に多指ハンドの把持力や位置を決める事で安定把持を実現しており、すなわち物体の事前情報が必要である。しかし、実環境では物体情報を事前に得ることは困難であり、さらに **Force-closure** は静的や準静的な状態を仮定しているため、把持しながら操作を素早く行うと行った動的な状況には利用できない。事前情報の取得が困難な場合や、動的な運動の実現を目標とする場合は、何らかのセンサからの実環境情報を用いることが必要となり、実際にそういった研究も幾つか行われているが、物体把持を行っている最中に接触力や接触位置、物体の形状や質量などを実時間で遅れなく正確に計測する事は現状でも困難であり、センサから得られる情報にはノイズや誤差、遅れなど望まれない情報も含まれることになる。ここで人間に注目すると、人は一般的に視覚や触覚といった感覚情報を用いて物体操作を行っていると考えられるが、感覚情報が不確実（遮蔽や光量不足による視覚情報の遮断、手袋を着けての物体操作など）であったとしても、巧みに物体操作を実現することができる。これは、他の感覚情報を用いた情報の補間や、自身の身体構造に関する事前知識（体性感覚）などにより実現していると思われる。

以上を踏まえて本研究では、視覚や触覚などのセンサ情報が不適切（そもそも無い、欠損、ノイズ、遅れ等を含む）場合においても、ロボストに物体把持・操作を実現する事を目的とした、対象物体の安定把持および姿勢制御手法の提案を行う。特に、既に安定把持している状態において外力が把持物体に加わった際のロボストな把持手法と、光学センサを利用した簡便な指先接触位置検出センサを用いた姿勢制御手法を提案し、その有効性を数値シミュレーションおよび試作機による実験を通して明らかにする。

まず、第 1 章で本研究の意義・位置づけを述べた後、第 2 章では、本研究で対象とする多指ハン

ドロボットシステムの構造と、本研究で利用する安定把持、物体操作制御について述べる。第3章では、既に安定把持している状態において、物体に対して外力が加わった場合における安定把持手法を提案する。安定把持を実現している最中において、把持物体に加わる外力は安定把持を破綻させる可能性がある。しかし、外力を直接センシングすることは容易ではない。そこで、外力が加わった場合にそれに対して抵抗力を発生して把持の破綻をできるだけ防ぐためのセンサレス制御手法を提案する。また、外力を含む物体と多指ハンドロボットの全システムが安定領域に収まる条件について、理論解析を行うと共にシミュレーションにより確認する。最後に、試作機を用いた実験により、提案手法の有効性を確認する。第4章では、光学センサを利用した簡便な指先接触センサを開発し、それを用いた把持物体の姿勢制御手法を提案する。前章までに提案しているセンサレス物体把持手法では、センサレスであるが故に把持物体の姿勢制御に大きな誤差が生じるため、高精度ではないが安価で壊れにくい接触センサを開発し、それを用いて目標とする把持物体の姿勢を逐次更新する物体姿勢制御手法を提案する。制御入力において、接触センサから得られる物体の姿勢情報はノイズや計測誤差、遅れなどを含むことを前提としているため、センサ情報が高精度でなくても不安定にならず、かつ完全なセンサレス制御よりも高精度な姿勢制御を実現する。提案手法による把持物体の姿勢制御について、シミュレーションおよび試作機による実験により、先行研究と比較することでその有効性を示す。最後に、第5章で本論文の結論について述べる。