

機関番号：13301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20760162

研究課題名（和文） 操り空間モジュール化に基づく直接触不可能物体のピンセットマニピュレーション

研究課題名（英文） Pincette manipulation of objects which can not be touched directly with modularization of manipulation space

研究代表者

渡辺 哲陽（WATANABE TETSUYOU）

金沢大学・機械工学系・講師

研究者番号：80363125

研究成果の概要（和文）：家庭，医療，福祉など人間生活に近い場で作業可能な多指ロボットハンドシステムの開発を目指し，ピンセット道具による物体把持・操作法を開発することで，ロボットハンドの機能向上を目的とした．主な成果は，物体操作性評価方法の確立，接触領域が曖昧であっても物体把持を実現できる手法の確立，物体把持に関するデータベースの構築と，それらデータベース検索に基づいて物体把持・操作が可能となる手法の確立，である．

研究成果の概要（英文）：The purpose of this project is to improve the functions of multi-fingered hands by developing the schema for object grasping and manipulation with tools such as tweezers controlled by multi-fingered robot hands. Its final goal is to develop multi-fingered robot hand systems which are available at the human environment such as home, medicine and welfare. The main contributions are as follows; establishment of evaluation schema for object manipulability, establishment of schema for realizing object grasping even when contact uncertainties exist, development of database for object grasping, and establishment of the method to plan object grasping and manipulation based on database searching.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：ロボティクス・メカトロニクス

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：ロボットハンド，把持，物体操作

## 1. 研究開始当初の背景

近年，家庭，医療，福祉など人間生活に近

い場でのロボット活用が求められている．中でも多指ハンドは，多くの機能を付加できることから，外界を操作する最大の“器官”と

して大きく期待されている。人間と同じような様々な作業をロボットハンドにさせることが可能となつてはじめて家庭や医療現場におけるロボットの活用が可能になると考えられる。しかしながら、現在のところ、多指ハンドは人間の手ほど多くの機能を有することができていない。その一つが道具利用である。道具を利用することができれば、熱い、微小、危険であるなど直接扱えない物体を扱えるようになり、料理、掃除、手術など、関連する家事や医療業務の負担を大きく軽減することができる。以上のような背景により本研究の着想に至った。

## 2. 研究の目的

以上のような背景を踏まえ、本研究では、道具利用の機能をロボットハンドに付加することを目標とした。中でも人間が使う基本的な道具であるピンセット形道具に着目し、ピンセット形道具により、直接接触することのできない物体を把持・操るシステムの開発を目的とした。まず、ピンセット型道具による物体の把持を実現するために、物体把持の解析を行うことを目標とした。次いで、その結果をもとに、実際に把持・操りに実行するための方法を構築することを目標とした。

## 3. 研究の方法

(1) 物体操作性評価：従来の物体把持時の物体操作性の評価は、物体把持が成立しているという前提のもとでの評価であり、物体把持に必要な力の影響は全く考えられていなかった。ピンセット型把持のように物体（ピンセット）で物体を持ち、さらにそれら全体をロボットハンドで把持する以上、物体把持に必要な力の影響は無視できない。そこで、ロボットを動かすアクチュエータ（モータ）の作動範囲に着目した。作動範囲は、発生可能な力と発生可能な速度、さらにはそれらの関係を提供する。そこでまず、物体把持に必要な力（関節トルク）を導出し、その関節トルク下で発生可能な関節速度を、作動範囲をもとに導出した。この発生可能な関節速度をもとに、発生可能な対象物速度の集合を導出した。なお、発生可能な対象物速度は操作性に対応することに注意されたい。

(2) 接触領域が曖昧であっても物体把持を実現できる手法：ピンセットで物体を把持する場合、必ずしも望み通りの正確な接触位置で、物体を把持できるとは限らない。そこで、ピンセット把持実現のため、接触位置があいまいであっても物体把持が実現できる手法の構築を行った。関節レベルにおいてコンプ

ライアンス制御を行うことで、まず、望み通

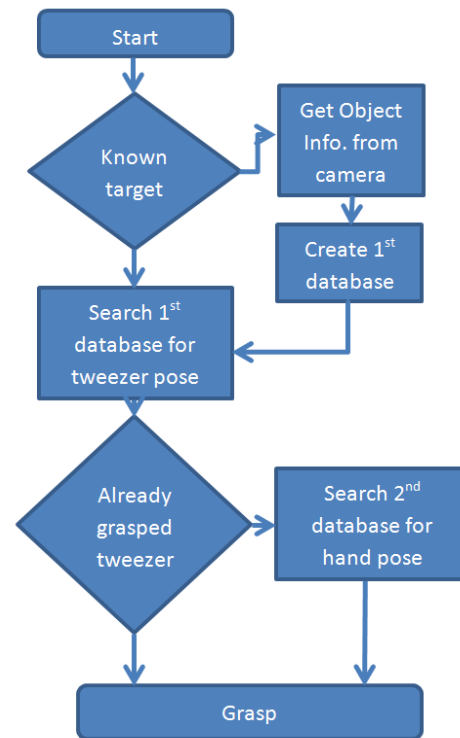


図1：体把持のためのデータベースと把持・操りのプランニングを同時に行うシステム

りの接触位置で物体把持できなくてもシステム全体の安定性を保つことができるようにした。対象物自身に関しても、形状、重量、重心位置他の曖昧さはどうしても存在する。そこで、この曖昧さを考慮したうえで、対応しなければならぬ（重力や不確定性に応じて発生してしまう力やモーメントなどの）外力の集合を定義した。この外力集合をもとに、接触領域の不確定性を考慮して把持に必要な関節トルクを導出した。この必要関節トルクをもとに、把持実現のための制御入力を先に述べたコンプライアンス制御をもとに導出した。

(3) 物体把持に関するデータベースの構築と、それらデータベース検索に基づいて物体把持・操作が可能となる手法：実際の現場においては、カメラなどのセンサ情報から物体を認識し、それをもとに物体把持・操り方法をプランニングする。似たような対象物を似たやり方で操る場合、何度もこの手法を繰り返すのは、効率が悪い。また、事前に把持・操りの方法が分かっているのであれば、その手法をとる方が効率が良く、かつ早い行動を実行できる。そこで、物体把持のためのデータベースと把持・操りのプランニングを同時に行うシステムを構築した（図1）。未知対象物を検知した場合は把持・操り方法をプラ

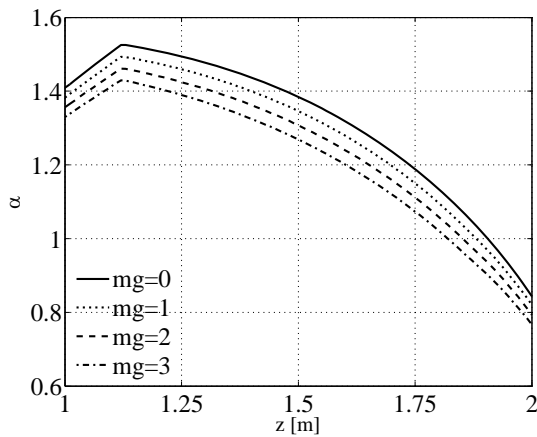


図2：把持に必要な力を考慮した対象物操作性指標：対象物重量による操作性の変化（縦軸：操作性指標 $\alpha$ ，横軸：対象物の持ち上げ量）

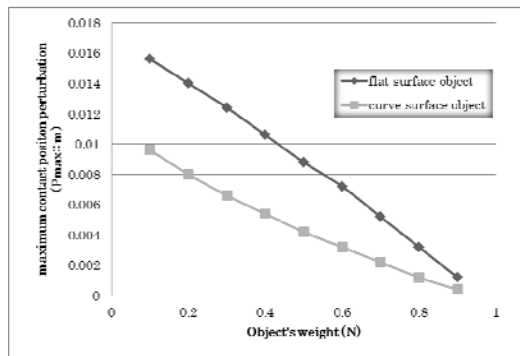


図3：把持位置の曖昧さと把持可能な最大対象物重量の関係

ンニングし、既知あるいは類似対象物を検知した場合はデータベース検索に基づき物体把持・操作方法を導出するシステムである。本研究では、(初期状態などの) ロボットハンドが何も持たない状態でのプランニングと、(作業途中など) ピンセットを持った状態でのプランニング、の両方を想定し、ピンセット本体による物体把持のためのデータベースとピンセットを把持するためのデータベースの二種類を開発した。

#### 4. 研究成果

(1) 物体操作性評価：導出した発生可能な対象物速度の集合をもとに作成した評価指標の結果を図2に示す。対象物を持ち上げるに従い、どのように操作性が変化するかを示した図である。また、対象物の重量(図中でmgで示されている値)に応じてどのように評価指標が変わるのかも示している。図から分かるように、対象物重量が大きくなると操作

性が減少している。これは、物体把持を維持するのに必要な力が増えるに従い、対象物操

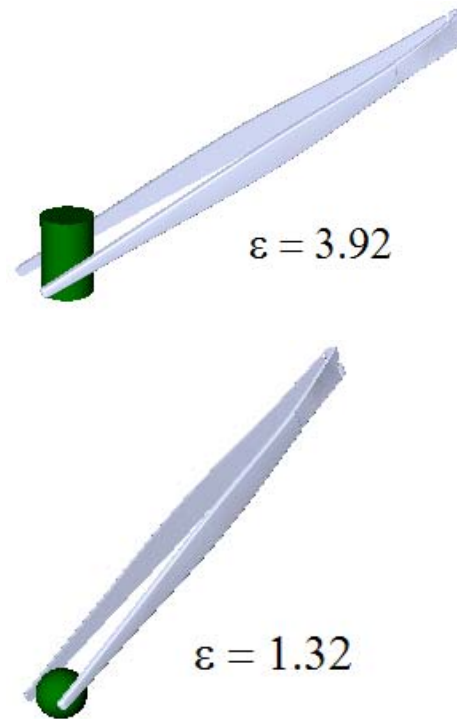


図4：プランニングされ、データベース化されたピンセットによる把持

作性が減少することを示している。実際に即した評価が出来ていることが分かる。従来手法では出来なかった評価である。

(2) 接触領域が曖昧であっても物体把持を実現できる手法：図3に把持位置の曖昧さが把持可能な対象物の重量に与える影響を示す。曖昧さが増すにつれ、把持可能な対象物重量が小さくなる事が分かる。

(3) 物体把持に関するデータベースの構築と、それらデータベース検索に基づいて物体把持・操作が可能となる手法：開発したシステムにより導出した物体把持姿勢を図4、5に示す。図から分かるように、ピンセットで物体を把持する姿勢、ピンセットをロボットハンドで把持する姿勢が上手く導出できているのが分かる。

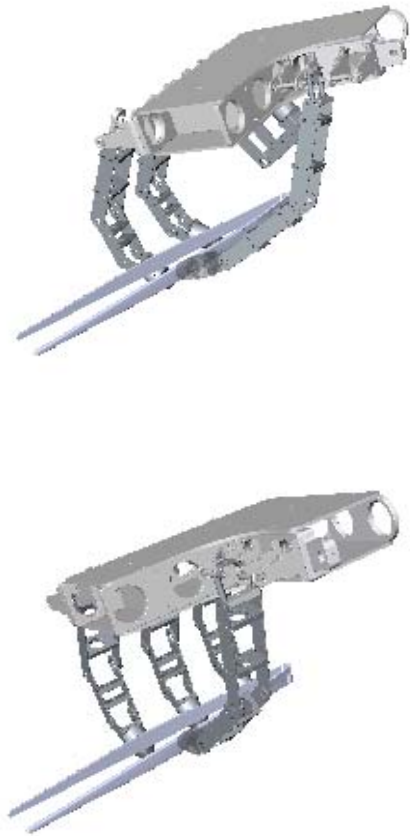


図5：プランニングされ、データベース化されたロボットハンドによるピンセット把持

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計8件)

- ① 渡辺哲陽, 作動範囲に基づく把持システム可操作性指標, 日本ロボット学会誌, 28(8), 2010, pp.923-929, 査読有
- ② Hiroki Takeuchi and Tetsuyou Watanabe, Development of a Multi-fingered Robot Hand with Softness-changeable Skin Mechanism, Proceedings of the International Symposium on Robotics, 2010, pp.606-612, 査読有
- ③ Tetsuyou Watanabe, Manipulability Measures taking Necessary Joint Torques for Grasping into consideration, Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on

Intelligent Robots and Systems, 2010, pp.598-603, 査読有

- ④ 渡辺哲陽, 把持システムのための関節トルク・速度対ベースド可操作性, 日本ロボット学会誌, 27(3), 2009, pp.100-109, 査読有
- ⑤ Tetsuyou Watanabe, ZhongWei Jiang and Tsuneo Yoshikawa, Task Based Hybrid Closure Grasping Optimization for Autonomous Robot Hand edited by Dikai Liu, Lingfeng Wang, and Kay Chen Tan, Design and Control of Intelligent Robotic Systems, 2009, pp.425-451, 査読有
- ⑥ Tetsuyou Watanabe and Michael Beetz, Grasp Motion Planning for box opening task by multi-fingered hands and arms, Proc. of Int. Sympo. on Computational Intelligence in Robotics and Automation, 2009, pp.1-7, 査読有
- ⑦ 渡辺哲陽, 関節トルク・速度対に基づくロボットマニピュレータのための可操作性, 日本機械学会論文集C編, 74(748), 2008, pp.3012-3018, 査読有
- ⑧ Tetsuyou Watanabe, Joint Torque-velocity Pair Based Manipulability for Grasping System, Proc. of the IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, 2008, pp.2264 - 2270, 査読有

[学会発表] (計2件)

- ① 渡辺哲陽, 接触点変動を考慮した把持計画, 日本ロボット学会 学術講演会, 2010年9月22日, 名古屋工業大学 (愛知県)
- ② 片山恵史, 渡辺哲陽, 柔軟物整形システムの開発, 日本機械学会 北陸信越支部 第47回総会・講演会, 2010年3月10日, 新潟大学 (新潟県)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

渡辺 哲陽 (WATANABE TETSUYOU)  
金沢大学・機械工学系・講師  
研究者番号：80363125

### (2) 研究分担者

該当なし

### (3) 連携研究者

該当なし