

# テレオペレーションにおける自然な把持動作のための ハプティックインタフェース開発

○明石融貴, 金安晃宏, 李周浩(立命館大学)

Development of Haptic Interface for Natural Grasping Operation in Teleoperation

○Yuuki AKASHI, Akihiro KANEYASU, Joo-Ho LEE(Ritsumeikan University)

**Abstract:** In teleoperation, it is important for operator to understand remote environment and objects. Therefore sense of touch is often used besides the visual information in teleoperation. In this research, we develop a haptic interface that provides intuitive and natural grasping operation in teleoperation.

## 1. 緒言

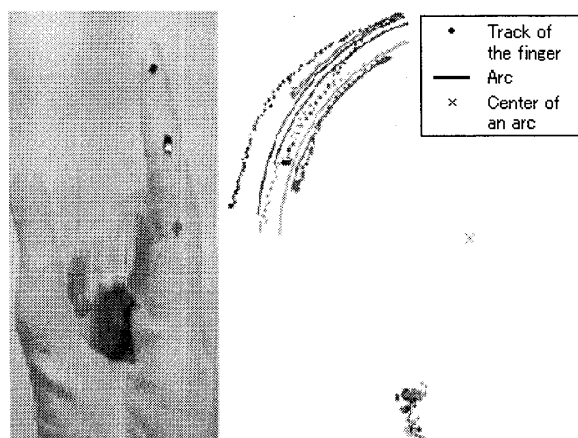
テレオペレーションでは操作対象物とその状況を操作者に正しく伝えることが重要であり、視覚情報以外に力覚情報を導入しその操作性を向上させている[1]. 作業を行う際には物体を把持する動作が必要になる場面が多く、特に物体の操作では物体からの反力が知覚できなければ操作は困難となる。物体把持に関する研究は数多く行われているが[2], 装置の規模や機構などから腕や指の動きが制限され自然な把持動作ができない場合が多い。より臨場感のある把持動作のためにはインタフェースに指の動きを制限しないことが望ましい。そこで本研究では、人差し指と親指での把持を想定し直観的かつ違和感のない操作が可能なハプティックインタフェースを開発し評価する。

## 2. インタフェースの開発

### 2.1 指の動きの計測

装置に指の動きを制限されることのない自然な把持動作を実現するインタフェース作成のため、成人男性 10 人の把持動作を計測した。

Fig.1(a)に示すように指を開いた状態から把持の動作を行い、人差し指先端に付けた赤色マーカと



(a) Finger Tracking (b) Trajectory  
Fig.1 Tracking of grasp movement.

付け根に付けた黄色マーカをトラッキングした結果が Fig.1(b)である。被験者それぞれの把持動作の軌跡を色分けし、人差し指先端と付け根の把持動作の軌跡を表してある。ここでは 5 人分の結果を表示してある。人差し指先端の軌跡を円運動とみなし各人の回転中心を求め、さらにその回転中心の平均(×印)を求めた。これを中心とし各人の人差し指の軌跡の始点から弧を描いている。数 mm 程度の軌跡と弧のずれと、手の大きさの違いに伴う半径の違いが数 cm 程度あることが確認できた。この結果から、装置の機構として Fig.2 に示すように、×印を中心に回る棒とそれに対し平行に動く指ホルド部とでの構成を考えた。

### 2.2 システム構成

把持力提示のために maxon 社製エンコーダ(分解能 256[カウント/回転]), ギアヘッド(減速比 19:1), DC サーボモータ(定格出力 6.0[W], 停動トルク 27.8[mNm], 質量 100[g])を使用した。またモータの制御には同社製位置制御ユニット EPOS を使用し、電流制御により反力を提示させた。

開発したデバイスを Fig.3 に示す。作成した把持インタフェースは SensAble 社製力覚提示デバイス PHANToM omni に取り付けた。これにより 3 次元座標を取得し指の動きに加え、手の位置を入力できる。インタフェースの軽量化を図るため、今回は親指を固定し人差し指のみを動かす機構とした。インタフェース全体の重さは約 200g であ

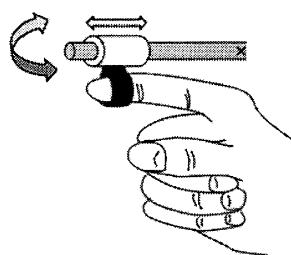


Fig.2 Mechanism for grasp.

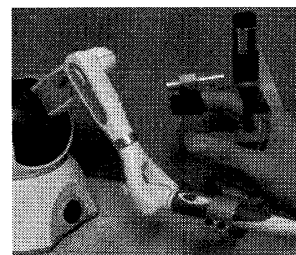


Fig.3 overview of interface.

る。人差し指をマジックテープで固定し親指を 55×10[m]の板にあてがい、残りの指で PHANToM omni との連結部を握り操作する。

マニピュレータは ROBOTIS 社製 Dynamixel[3] RX-28, RX-64, 先端のグリップには DX-117 を用いて作成した。指の動きに合わせてグリップが開閉し、手の位置に合わせてマニピュレータが移動する。物を持ちあげた場合にはマニピュレータのトルクの値の変化から PHANToM omni により重さを提示できる[1]。

### 2.3 把持力提示

物体を把持したときの反力を提示するために、グリップが物を掴んだときの Dynamixel DX-117 にかかる負荷力を利用する。この値に応じてマスタ側のモータのトルクを制御し反力を提示する。

## 3.実験と考察

### 3.1 実験内容

2 章で説明したシステム構成で Fig.4 に示すように、マスタによりマニピュレータを動かして 50×30×60[mm]の箱を白い台から網目状の台まで運ぶ物体把持の実験を行った。被験者は初めて本インタフェースを使用する成人男性 10 名である。練習と力覚提示あり、力覚提示なしの条件下でそれぞれ一度ずつ物体把持を行った。インタフェースの評価項目として、(1)普段通りの自然な把持動作ができるか、(2)直観的な操作が可能か、(3)操作性は良いか、(4)インタフェースの重さ、(5)インタフェースの持ちやすさ、(5)物体を掴んだ感覚が伝わるか、を 5 段階で評価した。また作業時間と物体把持失敗回数を計測し力覚提示の有無による違いを比較した。

### 3.2 結果と考察

実験の結果、力覚提示ありの評価の平均値と標準偏差を示したのが Table.1 である。

(1)についてはほとんどの被験者から良い評価を得た。このことから提案した機構を用いれば、手の大きさや指の動きかたの違いにも対応できる



Fig.4 Experimental setup

Table.1 Evaluation of interface.

	平均値	標準偏差
(1)自然な把持動作	3.6	0.84
(2)直観的な操作	4.4	0.52
(3)操作性	2.9	0.74
(4)重さ	2.2	1.23
(5)持ちやすさ	2.7	0.67
(6)把持した感覚	2.9	1.10

ことがわかった。低評価をつけた被験者からは、指ホルド部がうまく棒をスライドせず窮屈であったなどの回答を得た。(2)についてもほとんどの被験者が直観的に動かせると回答があり、誰でも簡単に使用可能であることが期待できる。(3)についてはタイムラグや、マニピュレータの可動範囲の狭さが低評価につながったと考えられる。(4)(5)については、前述の(1)のことも踏まえ改良の必要があることを認識した。(6)の評価が振るわなかった理由としては、グリップの負荷力の検知が不安定でマスタの力覚提示に支障が出たことが考えられる。

力覚提示の有無による作業時間、把持失敗回数の違いはほとんど表れず、むしろ後に行った力覚提示なしのほうでの結果が良かった。これは今回の実験の作業においては力覚提示が作業にあまり影響を及ぼさなかったことと、慣れによる操作の上達が原因であると考えられる。しかし被験者からは力覚提示なしの場合では操作に違和感があり、自然な把持動作とは言えないとの回答があり、力覚提示が臨場感ある操作には不可欠であることが確認できた。

## 4.結言

本研究ではテレオペレーションにおける操作性向上のために、自然な把持動作のためのハプティックインタフェースの開発を行った。物体把持の実験により直観的で誰でも自然な把持動作ができるインタフェースの可能性を示すことができた。タイムラグの問題やインタフェースの改良、正確な力覚提示などは今後の課題である。

## 参考文献

- [1] 金安晃宏, 李龍中, 李周浩: "テレオペレーションの操作性向上のための状況に応じた力覚提示手法", ロボティクス・メカトロニクス2008, 1P1-G14(1-4), 2008.
- [2] 佐野, 西, 宮西, 藤本: "触覚情報に基づく遠隔臨場感多指ハンドシステムの構築", 計測自動制御学会論文集, vol.40, No2, pp.164-171, 2004.
- [3] Dynamixel  
<http://www.robotis.com/zbxe/main>