

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 4 月 27 日現在

機関番号：22605

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25280125

研究課題名(和文) 器用な手操作のためのアーカイブとインストラクション法の提案と検証

研究課題名(英文) Development of Archive and Instruction Methods for Dexterous of Hand Manipulation

## 研究代表者

橋本 洋志 (Hashimoto, Hiroshi)

産業技術大学院大学・産業技術研究科・教授

研究者番号：60208460

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 6,700,000円

研究成果の概要(和文)：人間の手が、器用に道具を操作するとき、手の動きの状態遷移と操られている道具、この二つの相互関係を考究する。本研究の目的は、この相互関係の特徴を明らかにしたアーカイブを作成し、これを基に個人に適する器用な手操作のインストラクション法を開発する。研究では、非接触手センサを用いたデジタルハンドを開発し、このデジタルハンドの情報から器用さの特徴量を抽出し、効果的なアーカイブとインストラクション法を開発した。

研究成果の概要(英文)：Human hand, when operating the tool dexterity, tools that have been manipulated with the state transition of the movement of the hand, elaboration of these two mutual relationship. The purpose of this study, this correlation feature to create an archive that was revealed of, this is to develop the instruction method of dexterous hand operation suitable for the individual based on. The study has developed a digital hand using a non-contact hand sensor, extracts a feature amount of dexterity from the information of the digital hand, we have developed efficient archiving and instructions methods.

研究分野：システム制御

キーワード：器用な手操作 インストラクション法 アーカイブ法 デジタルハンド 実時間操作

### 1. 研究開始当初の背景

道具を使う(医療、工場などの)熟練者は、小ネジを爪で器用に扱ったり、固定されていない道具を指の動きや皮膚の柔らかさを利用して、落とすことのない器用な手のスキルを示す。このスキルは、道具のデザイン(形状、機能、材質などを総合したもの)にケースバイケースに依存する。器用な手操作と道具との関係に関する先行研究[1][2]は、把持(じっと持っている静的状態)に注目しており、道具を動かしながら器用に操作することに関する研究は見当たらない。

一方、我が国の手の器用さは、若い年代になるに従い低下している。また、日本型ものづくり技術を導入している東南アジア・中近東では、教育文化や価値観の相違から、一般人の手先の器用さは日本に比べて非常に低い。彼らに対する器用さのインストラクションは、他人の動きを見てまねるという方法がほとんどであり、効率的、かつ、異なる身体サイズに適するインストラクション法が熱望されている。

[1] Joshua Z. Zheng, et.al., An Investigation of Grasp Type and Frequency in Daily Household and Machine Shop Tasks, IEEE Int. Conf. RA, 2011

[2] 遠藤、他、デジタルハンドとプロダクトモデルとの結合によるエルゴノミック評価システムの開発、精密工学会誌、2009

### 2. 研究の目的

人間の手が、器用に道具を操作するとき(ハサミ片手持ち替え、ペン回しなど)、手の動きの状態遷移と操られている道具、この二つの相互関係を考究する。

本研究の目的は、この相互関係の特徴を明らかにしたアーカイブを作成し、これを基に個人に適する器用な手操作のインストラクション法を提案し、実証実験を通して、本方法の有効性を検証することにある。

本研究の特徴は、手の状態遷移と動く道具との相互関係を明らかにして、利用しやすい形のデータベース型アーカイブを提案すること、および、人の手の指や爪のサイズの個体差を考慮して、同じ器用な操作でも手の動かし方が異なるという、個人に適應する手操作のインストラクションを提示することにある。また、従来よりも器用な操作法を発見的に見出すことも合わせて行う。

### 3. 研究の方法

研究目的で述べた内容を明らかにするため、研究方法は大きく次の三つを実施した。

- (1) デジタルハンドの設計論 所有のADP(Augmented Digital-hand with Physics-engine)におけるデジタルハンドのソフトボディ化および個人差をシミュレートできるようにする。また、道具の3次元データ化を図る。
- (2) 器用な手操作と道具との相互関係のア

ーカイブ法 変化する手と道具の相互関係をインストラクションに適用できるように、画像情報と力情報を表現する階層型アーカイブを構築する。

- (3) 器用な手操作のインストラクション法: 個人の手パラメータに合わせたADPを用いたシミュレーション、アーカイブ、実際の操作における計測などを多角的に融合して、手の操作のインストラクションを検証する。

以上の結果から、どのようなインストラクションが有効であるかを見出し体系化の作業を行った。

上記の方法を詳しく次に述べる。

項目(1)は次の、②に分けて実施した。

#### 手パラメータの調整

所有のデジタルハンドはハードボディであり、これに皮膚の柔らかさを実現するためソフトボディを導入して、このサイズを自由に定められるようにデジタルハンドのバージョンアップを図った。このソフトボディは、申請者が解説した物理エンジン Bullet Physics を用いて、そのパラメータ選定は次のA-2)と相互に関連させながら決めた。

#### ② 手と道具の接触部の力分布と道具の回転力の可視化

本研究では、手と道具の面接触を小領域に分割して、各小領域での接触因子を統一的にパラメータ表現して取扱いがしやすい形での局所パラメータ表現を用いた。この表現のもとで、すべり、慣性モーメントまで考慮した力学的解析を行った。

このとき、二つの観測系を用いてソフトボディの柔らかさの調整を図る。1番目は、力分布計測器による方法、2番目は、高速度カメラを用いて、器用な操作を行う手を撮影した(下図)。



図 高速度カメラで撮影した器用な物体操作(ペン回し)の高速度撮影結果(2000fps, 手への物体の作用がわかる)

これに対する画像処理を通して各種物理量(姿勢、速度、加速度、手表面の変形率など)や、接触因子(道具の手の上での滑り、接触面の形、道具位置・動き、手そのものの位置・動き、など)を詳細に抽出して定めた。

項目(2)は次の、②に分けて実施した。

#### 器用な手の姿勢の分類

手の把持形態と動作の標準分類法に基づき、把持形態の種類を増やして、次に各種の動作を状態遷移の時間軸に関して細分化を行い、手動作のデータベースを作成した。なお、研究を進めていくに従い、手の動きと体の動きが密接に関連することが判明した。こ

のため、特に介護機器を用いた場合の身体動作姿勢と手の姿勢との関連に関するデータベースを作成した。

## ② 相互関係のアーカイブ法

(2) の成果に従いアーカイブの作成を行った。すなわち、身体動作姿勢と手の姿勢との関連性に対して、定性的に関連がわかるようなテキストを割り当て、コンピュータで検索できるようにした。これを基に、手姿勢の動画、静止画、およびそのときの機器使用環境、使用状態、身体動作姿勢のデータをアーカイブできる仕組みを開発した。

項目(3)は次の、②に分けて実施した。

ADP を用いたシミュレーションに基づくインストラクション

次図のようなインストラクション法を実施した。

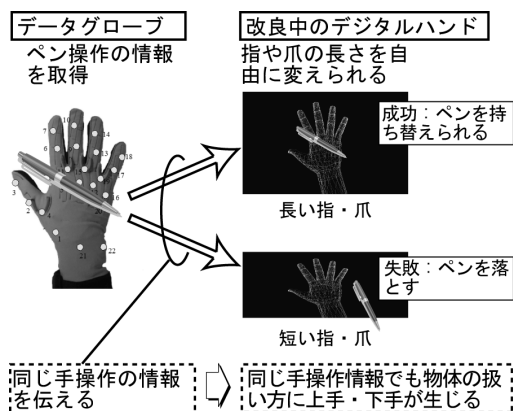


図 所有のADPの改良計画

- 初めに、器用な手操作の種類を指定する。
- 次に、デジタルハンドの手パラメータを変化させて、アーカイブの手操作の標準データを用いてシミュレートする。
- このシミュレーションで、失敗した場合、ADPを用いて、デジタルハンドと道具間の動きや力分布を再検証することで、失敗した手パラメータでも成功するためのアーカイブの標準データの補正法を検討する。

## ② 実操作におけるインストラクション検証

(3) の成果は、被験者の手パラメータに合わせた器用な動きのインストラクションにつながる。しかし、C-1)の成果は、デジタルハンドの動きと力分布の変化の画像を示すだけで、この教示は、被験者にとってわかりづらいものである。そのため、インタビュアーが傍にいて、そのデザインの良しあしに関するインタビューを行い、動的な手操作とデザイン形状との関連性について考察を行った。

## 4. 研究成果

研究成果の第1点は、手の器用な動きと変化する道具との相互関係に、器用さを発揮で

きる要因を見出したことにある。例えば、介護用電動車を介護者が操作する場合に、被介護者を支えつつ、電動車操作用ジョイスティックを操作する場合、介護者の姿勢が直立の場合、従来の形のジョイスティックで十分に操作が行えるが、介護のために、姿勢がかがんだとき、手の上腕と手首が傾き、ジョイスティックを動的に操作しにくくなることわかった。この場合、直立姿勢でも操作しやすいことも勘案して、ジョイスティック形状を試行錯誤的に変形することで、直立姿勢、かがんだ姿勢、どちらでも扱える形状のデザインに関する知見を得た。

成果の第2点は、変化する道具と動きの相互関係を力学的観点から明らかにしたアーカイブ化の方法にある。すなわち、手姿勢は身体動作の姿勢、および、操作機器の操作状況と密接に関連するため、アーカイブには使用動画や力学的情報のみならず、説明のためのドキュメント(テキスト)を埋め込むことが有効であることがわかった。これを利用すれば、使用機器のインターフェースのデザイン、およびその使用に関するインストラクションに貢献できるものと考えられる。

## 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 5 件)

全て査読あり

- 1) Hiroshi Hashimoto and Kaoru Mitsuhashi, Development of Soft Skin of Digital Hand in Real Time Operation, The Eighth International Conference on Creative Content Technologies (CONTENT2016), pp.21-24, 2016, [https://www.google.co.jp/url?sa=t&ct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjohOSC1K7MAhW KjJQKHf7DA8gQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fns2.thinkmind.org%2Fdownload.php%3Farticleid%3Dcontent\\_2016\\_2\\_20\\_60028&usg=AFQjCNG2fd-Ns6j5oG0a-8DrzePIFmaplg&sig2=pElksHiymDgQTnqGympvKQ](https://www.google.co.jp/url?sa=t&ct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjohOSC1K7MAhW KjJQKHf7DA8gQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fns2.thinkmind.org%2Fdownload.php%3Farticleid%3Dcontent_2016_2_20_60028&usg=AFQjCNG2fd-Ns6j5oG0a-8DrzePIFmaplg&sig2=pElksHiymDgQTnqGympvKQ)
- 2) Hiroshi Hashimoto, Sho Yokota, Daisuke Chugo and Kaoru Mitsuhashi, A Digital Hand to Mimic Human Hand in Real Time Operation -Making of Digital Finger with Partial Soft Skin and Rigid Bone-, International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (VISIGRAPP2016), pp.22-27, 2016, [http://www.visigrapp.org/Abstracts/2016/GRAPP\\_2016\\_Abstracts.htm](http://www.visigrapp.org/Abstracts/2016/GRAPP_2016_Abstracts.htm)
- 3) Daisuke Chugo, Takahiro Yamada, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota and Hiroshi Hashimoto, Assistive Robot

for Standing with Physical Activity Estimation based on Muscle Arrangements of Human Legs, International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO2015), pp.35-43, 2015,

[http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=7347748&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D7347748](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=7347748&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D7347748)

- 4) Sho Yokota, Kosuke Takizaki, Hiroshi Hashimoto, Daisuke Chugo and Kuniaki Kawabata, Pedestrian's Visual Impression to the Personal Mobility - Towards the design guideline -, The 8th International Conference on Human System Interaction (HSI2015), pp.329-333, 2015, DOI:10.1109/HSI.2015.7170688
- 5) Jinhua She, Hiroshi Hashimoto, Qi Lei and Min Wu, Construction of Reduced-Order Biothermal Model of Human Body for Brain Hypothermia, The 24th IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE2015), pp.952-957, 2015, DOI:10.1109/ISIE.2015.7281588

〔その他〕

ホームページ等

<http://hhlab.org/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

橋本 洋志 (HASHIMOTO, Hiroshi )  
産業技術大学院大学・産業技術研究科・教授  
研究者番号：60208460

### (2) 研究分担者 無し

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

横田 祥 (Yokota Sho)  
東洋大学・理工学部・准教授  
研究者番号：40434386

しゃ 錦華 (SHE, Jin - Hua)  
東京工科大学・コンピュータサイエンス  
学部・教授  
研究者番号：10257264