

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 28 日現在

機関番号：22605

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560009

研究課題名(和文)器用な操作がしやすい動的プロダクトデザイン論の展開

研究課題名(英文)Deployment of product design method of easy dexterous dynamic 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) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：人間の手が、固定されていない道具を器用に動的操作するとき、動的に操作しやすいプロダクトデザインの在り方と手姿勢の遷移状態、この二つの相互関係を考究した。このため、開発したADP(Augmented Digital-hand with Physics-engine)の活用、接触面の局所パラメータ表現や手動作の状態遷移の記号表現による解析アプローチ、さらに、操作状態と身体動作との相互関係を見出すための研究を実施した。これより、手の解剖学的機能と物体形状との相関性、物体形状や機器デザインとの関係性を見出した。さらに、手姿勢、身体姿勢との間、および機器インタフェースとの相関性があることを見出した。

研究成果の概要(英文)：It has been considered that when user do dexterity dynamic operation tools that have not been fixed, and the way of dynamically easy to operate product design transition state of hand posture, was elaboration these two mutual relationship. Utilization of developed ADP (Augmented Digital-hand with Physics-engine), local parameter representation and analysis approach symbolic representation of the state transitions of the hand operation of the contact surface, further, in order to find the mutual relationship between the operation state and the body motion we were conducting research. From this, the correlation with the anatomical features and object shape of the hand, we have found the relationship between object shape and equipment design. Furthermore, the hand posture between the body posture, and it has been found that there is a correlation between the device interface.

研究分野：デジタルヒューマン工学

キーワード：デジタルハンド 動的プロダクトデザイン 器用な操作 解剖学的機能 身体動作

1. 研究開始当初の背景

申請者らは、固定されていない道具を扱う（医療・福祉、工場などの）作業者は道具を操作しながら持ち替えたりするときに、落とさないよう、手の動きを多少拘束してでも、しっかりと把持をして、道具を落とさないが、手の器用さを十分に活かしてきていないことに注目した。

器用な手の姿勢やプロダクトデザイン（形状、機構、材質など）との関係に関する先行研究[1]は、道具の把持（手でじっと持っている静的状態）に注目しており、動的で器用な操作に関する考察は見当たらない。これは、手の自由度とプロダクトデザインの多様性が膨大であり、かつ、手と道具が動くことまでを考慮すると、学術的な議論がしにくいためである。

[1] 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] H.Hashimoto, et al., Bar Spinning as Dexterous Manipulation of Digital Hand Based on Human Hand, The 23rd IASTED International Conference on Modeling and Simulation, 2012

2. 研究の目的

人間の手が、固定されていない道具を器用に動的操作をするとき（ハサミの片手持ち替え、ペン回しなど）、動的に操作しやすいプロダクトデザイン（形状、機構、材質などを含む）の在り方と手姿勢の遷移状態、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て、器用で動的操作がしやすい動的プロダクトデザイン論を見出すことである。このため、開発した ADP (Augmented Digital-hand with Physics-engine) の活用（下図）、

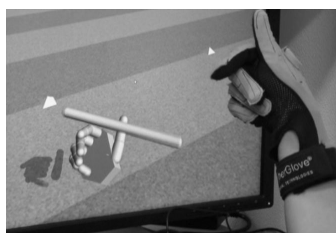


図 開発した ADP

接触面の局所パラメータ表現や手動作の状態遷移の記号表現による解析アプローチなど、これらを融合して相互関係を明らかにする。この結果に基づき、幾つかの動的プロダクトデザイン法を提案し、これに基づくプロトタイプ制作・操作実験を通して有効性を検証し、本方法の体系化を図る。

3. 研究の方法

本研究は、器用に操作しているときに手から離れにくい、または、さらに器用な手操作が可能となる動的プロダクトデザイン論を見出すことを目的とする。このため、次の 3 項目において特色ある方法を展開した。

A) デジタルハンドの設計パラメータ選定の指針 申請者が開発したデジタルハンドを有する ADP を改良して、手の道具操作を模倣するデジタルハンドの接触面の力分布が実際の現象に合うよう、デジタルハンド設計パラメータの選定するという実験的な方法を通してパラメータ選定指針を見出す。

B) 手動作の状態遷移と動的安定性の相互関係の解明 器用な手の動きの変化を表す状態遷移とその動きに対応して落ちにくさを表す動的安定性の相互関係を、力学的考察という方法により、後のプロダクトデザイン論に活用できるような体系化を図る。

C) 動的プロダクトデザイン論の展開 B) で得られた相互関係をプロダクトデザインに導入することを検討する。特に機器の操作性に合わせて身体特性と手操作が関連するという知見を得たことから、機器操作の手操作インタフェース論を実験的方法を通して検討する。

以上の 3 項目を実施するため、以下の研究方法を実施した。

初年度では、実験環境の整備と解析を行うため、研究方法の A)、 B) を実施した。

A)

A-1) 手と物体の接触面の観測系の整備 [H25 前期] 二つの観測系を用いる。一つは、高速度カメラ (VGA サイズ 10000fps まで撮影可能) を用いて、器用な操作を行う手を撮影し（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（位置、姿勢、手表面の変形率など）や、接触因子（手の上の滑り、接触面の形、物体位置・動き、手そのものの位置・動き、など）を詳細に抽出する。

二つ目は、圧力センサ（購入予定）を用いて、接触部の分布圧力を計測する。ここに、圧力センサを指腹に貼ると、センサが無い場合と比較して圧力分布が異なること、また、器用な動きを多少なりとも阻害する可能性があり、実際と異なる圧力分布が得られる可能性がある。この点に関しては、画像観測系、力学モデルからの考察を通して、補正した。

A-2) 力学的解析モデルによる検証

面接触は、点接触と異なり、扱いが厳密に体系化されていない。本研究では、面を小領

域に分割して、各小領域での接触因子を統一的に数学モデル表現して取扱いがしやすい形で考える。そのため、申請者が提唱する局所パラメータ表現を導入する。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う。現時点では、すべりまでは考慮できており、本研究では、回転力の導入を検討した。

また、実際の道具の3次元CGデータ化も同時に行う。道具の形状は三次元スキャナを用い、ジョイントの付加、材質の調整などを経て3次元CGデータとする。

B)

B-1) 手動作の状態遷移の記号化

先行文献[3]に示されている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、どの動作の細分化を行い、図4のようなツリー状を手動作のデータベースとして作成する。各図に対して、系統的な記号を割り当て、コンピュータで処理できるような図のデータベースを作成した。

[3] M.R.Cutkosky, On Grasp Choice, Grasp Models, and the Design of Hands for Manufacturing Tasks, IEEE Trans. on RA, vol.5, no.3, pp.269-279, 1989

B-2) 動的安定性の解析 ペン回しのように、ある瞬間不安定でも、動的状態では回転力が働いて動的安定状態を生みだしている。この動的安定状態になるための手の動かし方と物体形状の関係性を考察するため、具体的な道具操作を定め(例えば、回転するハサミなど)、その持ち方と形状との相互作用を多角的に観測・考察して見出す。この成果を基に、手を動かしながら操作する道具の動的プロダクトデザイン論を考案した。

C) 動的プロダクトデザインの提案・検証

器具を使うシーンを幾つか想定して、そのシーンの中で、プロダクトデザインを提案する過程において、機器の使用法と手の動作との間におおいに関連することが、実験を通して判明した。そのため、身体を用いて動かす機器に特に焦点を当てて、その機器そのものプロダクトデザイン、機器操作のインタフェースのデザイン、さらに手の動作の関連性について、フィールド実験を通して考察を行った。

4. 研究成果

人間の手が、固定されていない道具を器用に動的に操作するとき、動的に操作しやすいプロダクトデザインの在り方と手姿勢の遷移状態、この二つの相互関係を考究した。このため、開発したADP(Augmented Digital-hand with Physics-engine)の活用、接触面の局所パラメータ表現や手動作の状態遷移の記号表現による解析アプローチ、さらに、操作状

態と身体動作との相互関係を見出すための研究を実施した。

これより、手の解剖学的機能と物体形状との相関性、物体形状や機器デザインとの関係性を見出した。さらに、手姿勢、身体姿勢との間、および機器インタフェースとの相関性があることを見出した。

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 6件)

- Sho Yokota, Kyousuke Nagai, Keisuke Morishita, Makoto Mori, Daisuke Chugo and Hiroshi Hashimoto, An Automatic Adjustable Backrest for a Posture Coordination of a Seated Patient on a Wheelchair, International Conference on Human System Interaction (HSI2013), 214/218, 2013
- Sho Yokota, Hiroshi Hashimoto, Atushi Imadu, Daisuke Chugo, Kuniaki Kawabata, A Study on a Habituation to Imitated Motion - Report on the Preliminary Experiment -, Proc. of SICE Annual Conference 2013, 623/626, 2013
- Sho Yokota, Hiroshi Hashimoto, Daisuke Chugo, Kuniaki Kawabata, Motion Design based on Normative Motion derived from Human - Implementation to Personal Mobility, The 22nd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (Ro-Man2013), 536/541, 2013
- Akinori Sasaki, Hiroshi Hashimoto, Measurement of Hand Skin Deformation in Dexterous Manipulation, Proc. of Int. Conf. on IEEE Industrial Electronics, Control and Instrumentation (IECON2013), 8306/8311, 2013
- Hiroshi Hashimoto, Akinori Sasaki, Koji Makino and Kaoru Mitsuhashi, Reduced DoFs of Digital Hand Based on Anatomy for Real Time Operation, 11th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2014), 440/444, 2014
- Akinori Sasaki and Hiroshi Hashimoto, Hand Model with Soft Skin for Evaluation of Human Hand Motion, Proc. of Int. Conf. on IEEE Industrial Electronics, Control and Instrumentation (IECON2014), 4010/4015, 2014

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔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 無し
()

研究者番号：