

両手協応操作型インタフェースにおける 教示実験システムの開発

Development of an Instruction-Experiment System for a Bimanual Coordinated Manipulation Interface

上杉 繁^{1*} 時村 文遊² 多胡 尚²

Shigeru WESUGI¹, Fumiyo TOKIMURA², and Hisashi TAGO²

¹ 早稲田大学理工学術院

¹ Faculty of Science and Engineering, Waseda University

² 早稲田大学大学院創造理工学研究科

² Graduate School of Creative Science and Engineering, Waseda University

Abstract: A bimanual coordinated manipulation interface is the device developed to research an ability of operating a physical tool with both hands. It has been found that it's difficult for novices to manipulate the device for indicating a target, and authors intended to design an approach for novices to improve their skills in manipulating the device. Therefore, authors devised an experimental system which supports a user's manipulation as if a veteran taught the user with the veteran's both hands. The system is composed of a mechanism that two handles grasped by a user move on the horizontal plane independently in the two axes, and the handles apply force adjusted by powder clutches to the hands.

1. はじめに

日常生活において両手を協調的に使用し道具を操作する場面は数多くある。例えば、はさみで紙を切るときは一方の手ではさみを動かし、もう一方の手で紙を押えたり回したりする。また、自動車のハンドル操作においては、左折や右折の場面で両手を協調的に使用し、ハンドルを大きく回しつつ、細かい調整も行う。こうした両手の協応動作に関し、左右で異なるリズム動作を習得する際における、両手の向きの影響の調査^[1]など、基礎的な研究も行われている。また、両手を使うコンピュータ・インタフェースに関しては、仮想空間内でのタスクに対し両手の能力を活かして処理するために開発された SPIDAR-G^[2]や、ヒューマノイドの操作性の向上を目的として、両手動作の指示のための手袋型デバイス^[3]などが開発されている。

こうした状況において著者らは、コンピュータ・インタラクション領域での活用を想定し、両手間の調整能力の特性について調査するための実験装置として、両手協応操作型インタフェースを開発した^[4]。このインタフェースは Bernstein のレバー操作モデル^[5]を参考に構築し、根元が回転する指示棒に取り付けた 2 本のバネを操作者が両手で巧みに操作するこ

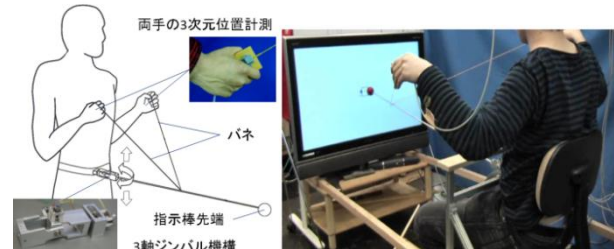


図 1: 両手協応操作型インタフェース

とにより先端位置を調整し、表示されるターゲットに先端を合わせて静止させるタスクを行う (図 1)。この装置はバネの弾性力や取り付け位置の変更、ターゲットの大小などでタスクの難易度を容易に変更できる。また操作者は、初めは操作が難しいものの、比較的短時間で指示棒を自由に操作できるようになる傾向が見られた。以上の特徴から、本インタフェースは両手協応動作の習得プロセスを研究する上で有効な実験システムであると考え、本研究では、熟達者の操作を教示する手法について検討するための実験システムの開発に取り組んだ。

2. 実験システムの開発

例えば、ゴルフのスイングや舞踊の型などの動作を習得する際、熟達者動作の観察(視覚)や、直接手

*連絡先: 〒169-0072 東京都新宿区大久保 3-4-1, 59-308

E-mail: wesugi@waseda.jp

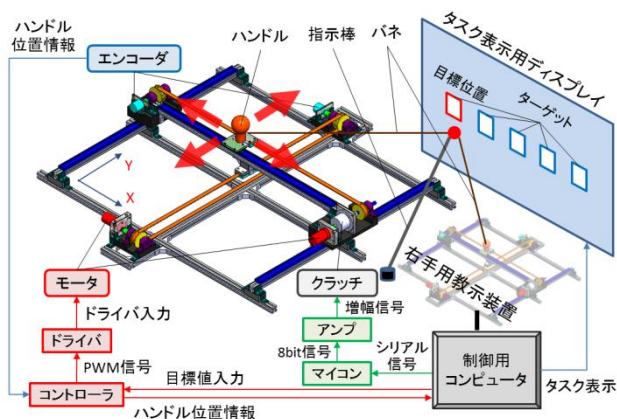


図 2: 教示実験システムの構成 (左手用教示装置)

を取って動かす指導(力触覚), 適切なタイミングでの声かけ(聴覚)などの手法があり, 本インタフェースにおいても, 教示におけるモダリティの違いについて検討したいと考えている. 本研究ではまずは力触覚に着目し, 熟達者が初心者の手を取って動かすような教示方法について検討することにした. そこで, 操作者が把持するハンドルが熟達者の動きを再現して駆動することにより, それを操作する人に動かし方を教示するシステムを構想した. ただし, 3次元空間内において本インタフェースを操作する際の手の動きは複雑であるので, 水平面上のみでの動きを対象とし, 左右それぞれのハンドルが2軸で独立に直動駆動して位置を制御するシステムを構築することにした.

図 2 に教示実験システムの構成を示す. 両腕の可動範囲を踏まえ, 各ハンドル駆動機構は 600[mm]四方内で動作する. ハンドルに手を載せることにより生じる構造の曲げ等を考慮し, 奥行き方向にはレールを2本組み込んだ. そして駆動方式は, ハンドル周辺の小型化および軽量化のためにベルト機構とし, DC モータとロータリエンコーダを各駆動軸に組み込んだ. また, 操作者に提示する力を調整する仕組みとして, プーリ軸とモータ軸の間にパウダクラッチを搭載した.

性能試験により, ハンドル位置分解能は 1[mm], ハンドルの最高速度は 880[mm/s], ハンドルに加えることのできる最大外力は 6.9[N]であることを明らかにした.

3. モデル動作のデザイン

操作者に提示する熟達者の動作として, 問題の簡潔化のために, 平面上ではなく1軸方向のみに限定することにした. そして, 本インタフェースを操作した熟達者の左右の手の動きの特徴を検討したところ, 図 3 に示す傾向が明らかになった. この特徴を

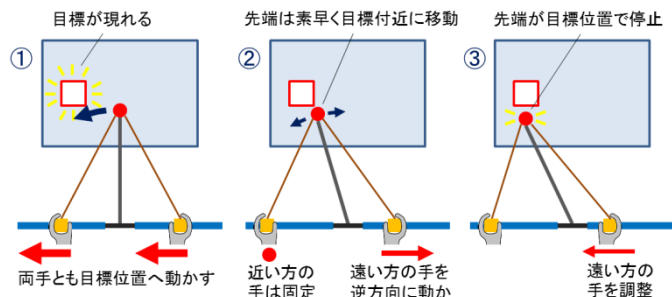


図 3: 熟達者の操作の特徴

踏まえ, 指示棒先端を最短時間で目標位置に停止させるための両手の動きに関する最適な制御値を, MATLAB 上のシミュレーションで算出し, 熟達者のモデル動作を構築した. このモデルを教示実験システムに実装して駆動したところ, 人間の熟達者と同等以上のパフォーマンスであることを確認した.

そして, このモデル動作に基づいてパウダクラッチが調整する大きさと方向の力を操作者が感じながら, 自らハンドルを操作することが可能な実験システムを構築した.

4. おわりに

両手協応操作型インタフェースにおいて, 把持するハンドルの動作によって両手の動かし方を教示する実験システムを開発し, 熟達者のモデル動作について検討した. 今後は教示実験を通して, 以下に示す内容について検討する予定である.

- 初心者が覚えやすい教示動作およびその教示方法
- モダリティの違いによる教示効果
- 動きの自由度を増やした際の教示効果

参考文献

- [1] 駱, 村山, 赤羽, 長谷川, 佐藤: 力学フィードバック機能をもつ両手 6 自由度操作環境の実現について, 信学技報, MVE2003-70, pp29-32, (2003)
- [2] 神崎, 福本, 西脇, 稲邑, 稲葉, 井上: 音声指示可能な手袋型統合インタフェースによる全身動作の誘導, <http://www.jsk.t.u-tokyo.ac.jp/~kanzaki/pub/imitation2004.pdf>
- [3] J. J. Summers, A. S. Davis, W. D. Byblow: The acquisition of bimanual coordination is mediated by anisotropic coupling between the hands, Human Movement Science, Vol.21, pp699-721, (2002)
- [4] 多胡, 上杉: 両手協応操作型インタフェース～指示棒操作に関する実験システムの開発～, 情報処理学会研究報告, Vol. 2009-HCI-134, No. 11, pp. 1-4, (2009)
- [5] N. A. Bernstein 著, 工藤訳, 佐々木監訳: デクステリティ 巧さとその発達, 金子書房 (2003)