

運動後に感覚呈示を行う触力覚運動教示システム

Motion Instruction System by Haptic Display Presenting Sensory Input after Motion

○ 蜂須 拓 (電通大) 梶本 裕之 (電通大)

Taku HACHISU, University of Electro-Communications, hachisu@kaji-lab.jp

Hiroyuki KAJIMOTO, University of Electro-Communications, kajimoto@kaji-lab.jp

Previous motion instruction systems with haptic displays have often been following “Sensation before Motion” flow, which means that desirable behavior is presented to one’s sense before one’s actual motion. Although they can present intuitive cues such as “where, how and when to move”, they can’t present motional feedback such as “how one has moved”. This feedback is important for constructing one’s body image. This paper proposes a new strategy “Sensation after Motion” flow that presents the enhanced sensory inputs after motion, to support acquiring his/her body image haptically.

Key Words: Haptic display, haptic teaching, motion feedback training, body image

1. 緒言

1.1 身体イメージの取得

スポーツや武道、ダンス等、身体表現を伴う行為において、初心者はまずその基本となる型を習得し、徐々に難しい動きを覚えていく。この新たな運動学習の過程には自己の身体姿勢や運動を認識すること、すなわち身体イメージの取得が重要である。身体イメージ取得は、視覚、体性感覚および平衡感覚などの複数の感覚モダリティが統合的に処理されることによって行われ、とりわけ視覚情報による影響が大きいことが知られている[1]。

エアロビクス等の鏡越しに練習を行う競技では自分の身体姿勢を視覚的に確認しながら運動することができる。しかし大抵の運動では目前に鏡があることは稀であり、自己の身体姿勢を視覚的に取得することは困難であるため、正確な身体イメージの取得を行っていないことがしばしばある。本研究では触力覚ディスプレイによる体性感覚の拡張によってこの問題を解決する。

1.2 従来の触力覚ディスプレイによる運動教示システム

触力覚ディスプレイによる運動教示に関する研究は盛んに行われている。

例えば、Kikuuwe ら[2]は指を爪側から圧迫することで、物体表面への指の押し込み量を教示するシステムを試作している。また、Erp ら[3]は身体に設置した振動子によって動かすべき身体部位とそのタイミングを触覚的に呈示している。Erp らは触力覚ディスプレイによる運動教示が「どこへ動かか」、「どのように動かか」、「いつ動かか」を直感的に呈示できると述べている。

これらの運動教示は共通して、望ましい行動を運動前に感覚呈示する、「感覚→運動」という流れ、つまり感覚入力により運動を制御するという戦略に従っている (Fig. 1 上)。

1.3 運動後に感覚呈示を行う触力覚ディスプレイ

視覚による運動教示では、熟練者の運動を記録したビデオ教材を基に正しい運動姿勢を習得する方法や、鏡やビデオカメラによって訓練者の運動の様子を撮影し自身の運動を確認する方法がある。

前者においては、訓練者が運動前に閲覧し、そのとおりに身体を動かすという手順をたどる。これは前節で述べたような「感覚→運動」という流れである。後者では訓練者が運動後に自身がどのように運動したかを確認することで、運動学

習において重要である身体イメージの取得を行う。これは前者の過程とは逆である「運動→感覚」の流れ (Fig. 1 下) であり、前者同様、運動学習に有効である。

しかし前節で述べたように、触力覚ディスプレイによる運動教示は運動前の感覚呈示ばかりに着目され、運動後の感覚呈示はあまり行われていない。

Rosenberg[4]によって提案された Virtual Fixture では、操作者は望ましい軌跡に対する自身の運動のずれを力覚より認識する。また嵯峨ら[5]は操作者がデバイスから呈示される力覚を打ち消すようにデバイスを操作することで、操作者が主体的に運動を学習するシステムを提案している。これらの手法は「運動→感覚」の流れに一応従っているものの、操作者は望ましい軌跡を描くことはできても、自己の姿勢に基づく運動計画を学習することはできない。

本研究ではこれらの事実を考慮し、運動によって生じる感覚を触力覚ディスプレイによって拡張することで運動教示を行うシステムを提案する。このシステムによって「どのように動いたか」、「どう動いているか」を直感的に呈示し、視覚に頼らず身体イメージを取得することを目的とする。

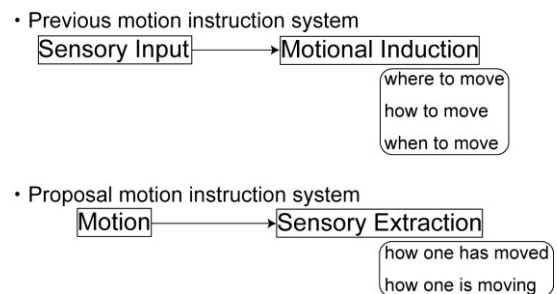


Fig. 1 Comparison of previous and proposed motion instruction system

2. 提案手法

2.1 ロータリスイッチのような触力覚

ロータリスイッチのような触力覚フィードバックはモータ等の出力制御によって再現でき、ダイヤル型スイッチ等の操作性向上に応用されている[6]。ロータリスイッチ特有の周期的な抵抗感によってダイヤルを視覚に頼ることなく一定量ずつ回転できる。この特性はまさに運動の結果生じる感覚を拡張したものである。

本稿ではこのロータリスイッチのアナロジーを肘の屈伸運動に適用することで、直感的に肘をどのように屈伸したか、

あるいは屈伸しているのかといった運動の結果生じる感覚を拡張して呈示する。

2.2 システム構成

Fig. 2 にシステム構成を示す。

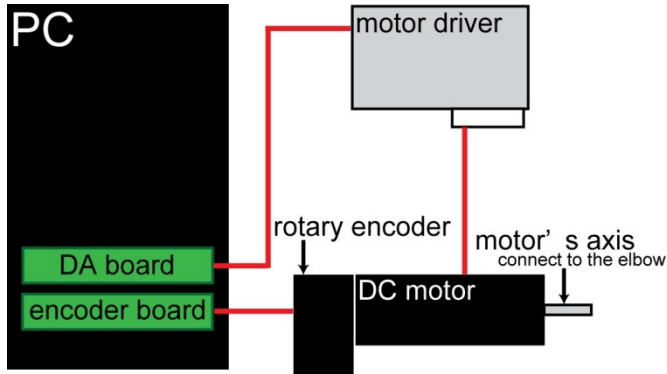


Fig. 2 System configuration

DC モータ (MAXON 社, 10W DC モータ) の回転軸を肘の回転中心に一致させる。DC モータにはロータリエンコーダ (MAXON 社, HEDS 5540) が接続されており, 回転角度のセンシングを行う。ロータリエンコーダからの信号はエンコーダボード (Interface 社, PCI-6205) を介して PC に送られる。モータドライバ (Okatech 社, JW-143-2) によって DC モータを制御する。モータドライバへの指令値を PC から DA ボード (Interface 社, PCI-3523) を介して出力する。

2.3 DC モータの制御

佐藤ら[7]は, ロータリスイッチのような触力覚フィードバックは周期的な操作方向に対する抵抗感の変化と, それに伴う衝撃感から構成されると述べている。この二つの要素を再現するために DC モータを Fig. 3 に示すように制御した。

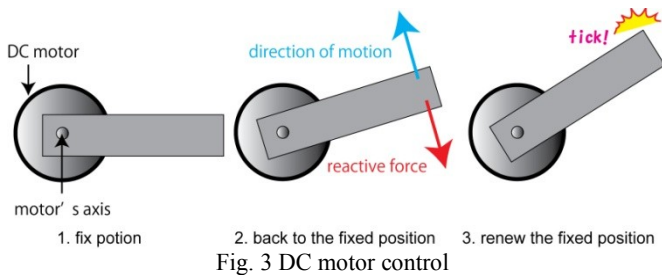


Fig. 3 DC motor control

DC モータの回転軸は PD 制御によって一定の位置に留まるように制御されている (Fig. 3-1)。肘の屈伸運動によって回転軸を動かそうとすると, 回転軸は一定の位置に留まろうとするため運動方向に対して反力が生じる (Fig. 3-2)。これによって運動方向と逆方向に生じる抵抗感の変化を呈示する。回転軸の制御位置は, 初期位置より反力によって逆方向に一定量回転させると, その位置に更新される (Fig. 3-3)。したがって抵抗に逆らって肘が一定角度屈伸されると, 制御位置がその位置に更新されるため, 瞬時に抵抗感から解放される。これによって衝撃感を呈示する。

2.4 実装

Fig. 4 にプロトタイプの外観を, Fig. 5 に装着した際の様子を示す。

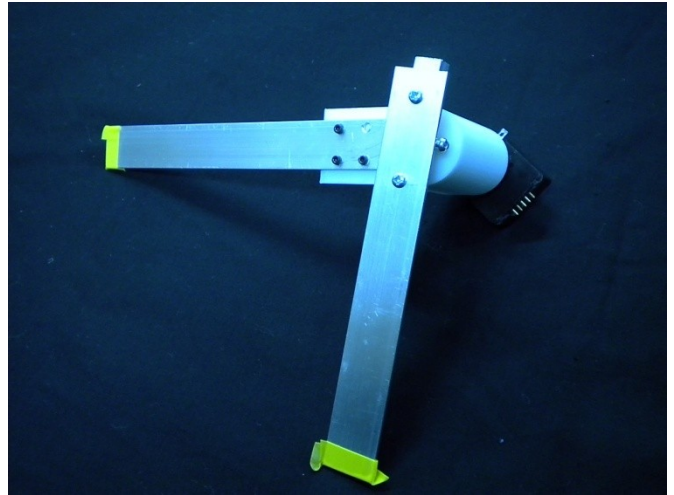


Fig. 4 Exterior appearance of prototype



Fig. 5 Picture of wearing the prototype

DC モータ側の固定リンクは上腕に, 回転リンクは前腕にそれぞれリストバンドによって固定されている。

3. 結言

本論文では, 新たな触力覚ディスプレイによる運動指示システムの概念として, 運動の結果生じる感覚を拡張することによって「どのように動いたか」を直感的に呈示するという戦略について論じた。またその概念に基づいて, 肘の屈伸運動にロータリスイッチのような触力覚フィードバックを付与するシステムを提案し, 実装を行った。今後は期待される効果が得られるかを検証する評価実験を行う予定である。

文 献

- [1] J. R. Lishman, D. N. Lee. The autonomy of visual kinaesthesia. Perception, 2, pp. 287-294, 1973.
- [2] R. Kikuuwe, T. Yoshikawa. Haptic display device with finger tip presser for motion/force teaching to human. In Proc. of the 2001 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 863-873, 2001.
- [3] J. B. F. van Erp, I. Saturday, C. Jansen. Application of tactile displays in sports: where to, how and when to move. In Proc. of the EuroHaptics 2006, 2006.
- [4] L. B. Rosenberg. Virtual fixtures: Perceptual tools for telerobotic manipulation. In Proc. of the IEEE Annual International Symposium on Virtual Reality, pp. 76-82, 1993.

- [5] 嗟峨, 川上, 舘. 力覚の主体性を活用した教示手法に関する研究, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 10, No. 3, 2005.
- [6] M. Badesc, C. Wampler, C. Mavroidis. Rotary Haptic Knob for Vehicular Instrument Controls, In Proc. of the 10th Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, 2002.
- [7] 佐藤, 橋本, 梶本. カメラ回転時の「カチカチ感」付与による操作性の向上, インタラクション 2008, 2008.