

手掌部への触覚刺激による自己受容感覚拡張デバイス

Augmented Self-body Sensation of an Arm Device by Tactile Stimulation to the Hand

山川 隼平¹⁾, 加藤 寛士¹⁾, 福嶋 政期¹⁾, 古川 正紘¹⁾²⁾, 梶本 裕之¹⁾³⁾

Shumpei YAMAKAWA, Hroshi KATO, Shogo FUKUSIMA, Masahiro FURUKAWA and Hiroyuki KAJIMOTO

1) 電気通信大学 情報理工学部 総合情報学科

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, <http://kaji-lab.jp>)

2) 日本学術振興会特別研究員 PD 3) 科学技術振興機構さきがけ

Abstract: This study propose a device that permits the haptic perception of virtual rod. While human can estimate the length of the rod with haptics, we hypothesized that human can do that with only cutaneous inputs. This paper reports a preliminary experiment that supports previously explained hypothesis, its result and the device we propose.

Key Words: *haptic, length, moment, perception*

1. はじめに

人は、道具をまるで体の一部であるかのように巧みに使うことができる。人を外界と感覚・運動のやり取りを行う一つの情報処理系としてとらえると、人は感覚の入力を受けて運動の出力を行う。道具を使うとき、人は自己運動とそれに伴う触覚的自己受容感覚のフィードバックループの中に道具を取り込んでいると言える。盲人の卓越した白杖による周辺知覚能力などはその能力を利用した好例と言えよう。

日常的によく使われる傘、杖、箒、箸、筆などは棒に近似できる。これらの長さを知覚するのに、人は視覚と触覚から得た情報を利用していると考えられるが、我々はこのうち触覚的な情報に着目した。

1.1 先行研究

これまで、長さ知覚に関する研究は多く行われてきた [1][2]。Carello らは、被験者に重さが一様でない木の棒の中心部分付近を把持させ、棒を被験者に手首中心で回転させて長さを推測させた結果、人はより重い側を長いと知覚することを実験により検証している [3]。Carello らの報告から、手掌部から得られるモーメントだけを手掛かりとしても長さ知覚が可能であることが分かった。

1.2 長さ提示の応用可能性

Carello らは、手を原点に取った座標系における棒の姿勢から、慣性モーメントを触覚情報として長さ知覚が行われることを示唆している。ここで、手掌部へのモーメントの提示のみでバーチャルな長さ提示が出来る可能性が考えられる。これまでモーメントを提示できるポータブルデバイスはいくつか提案されている [4] が、物理的に正しいモーメントを提示するにはシステムが大掛かりになりが

ちである。そこで我々は、モーメントによって発生する手掌への触覚提示のみによって長さを知覚させるためのデバイスを提案する。

本稿ではまず、自己受容感覚の中でも触覚情報に着目することで、人の長さ知覚にどのような影響を与えるのかを実験から検証し、触覚刺激によって任意の長さ知覚を与えるために想定されるデバイスの設計について検討する。

2. モデル設計とデバイス設計への仮説

図 1 に手に剛体棒を把持した様子を示す。把持部中心に原点 O を取り、剛体棒は原点 O を回転軸中心に回転運動をすると仮定する。いま、把持部から外力を与えて剛体棒に回転運動を与えると、回転の接線方向成分は把持部にモーメント M として伝達される(図 1)。このモーメント M は、外力に対して位相遅れを持つ応答であり、同時にこれが掌全体への触覚分布となる。この入力(外力)と出力(触覚分布)の関係によって長さ知覚が生じると考えられる。この設計は Carello らの知見によって支持されるため、我々は「人は手に持った棒を積極的に振ることで、掌に伝わるモーメントから長さを推定している」という仮説を立てた。

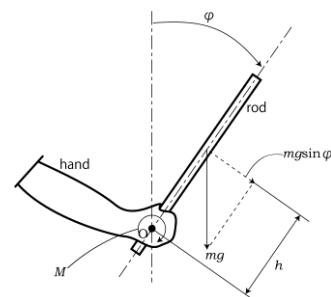


図 1 : 剛体棒と把持部周りのモーメントのモデル

3. 予備実験

前述の仮説を検証するための予備実験を行った。その詳細を以下に示す。

3.1 実験装置

実験装置の概要を、図 2 に示す。装置は 2 本の塩ビ管 (100g) と重り (45g×3 個) からなっている。合計 135g の重りが図のように配置され、塩ビ管内壁との間に敷き詰められたスポンジで固定されている。この重りは、棒の重心位置を変える役目を持つ。図 3 において上方の棒を A、下方の棒を B と名づける。A は視覚的に長いが重心は低く、B は視覚的には短いが重心は高い。被験者が棒を振った時、把持部にはその質量 m と重心距離 h に応じたモーメント M が加わる(図 1)。つまり、視覚的に長さの違う棒の内部に重りを配置すると本来棒の持つ h を変化させることができ、把持部に加わるモーメントの大きさを変えられると考えられる。

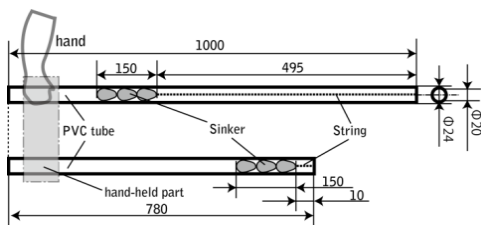


図 2: 実験装置の概要図

3.2 被験者

被験者 9 名 (健康な成人, 男性 7 名, 女性 2 名) を対象に実験を行った。視覚情報が長さ知覚に影響を与えないよう、閉眼状態で実験した。

3.3 実験方法

被験者を閉眼状態で両腕を前に突き出した姿勢を取るように伝え、実験装置を両手に 1 本ずつ握らせた。このとき、把持部は図 2 に網掛けで示した部分で固定した。被験者に自由に棒を振らせたあと、長く感じた棒を強制二択で回答させた。

3.4 結果と得られた知見

被験者 9 名全員から、B の方が長く感じたという回答を得た。また実験終了後、被験者の多くが触覚的に知覚した長さと視覚的な長さの違いに驚いたという感想を述べた。これは完全に触覚の手がかりのみで長さ知覚が行われたことを意味する。また「把持したまま棒を振らなければ、長さが分らない」といった感想も得た。この内観報告は、第 2.1 節に示した我々の設計したモデルを強く支持するものである。

4. 装置

前述の仮説に従ったデバイスを試作した(図 3)。我々は人のモーメント知覚が触覚のみでも成立すると考えている。原理的には、人が棒から受ける触覚分布から「質量」と「モーメント」の 2 パラメータを分離して知覚するため

には、2 点以上での触覚知覚が必要と考えられる。このためデバイスには二つの触覚入力を用いる。デバイスはジャイロスコープと二つのスピーカから成り、掌に装着する。装着にはベルクロテープのベルトを用いる。ジャイロにより手のピッチ方向角速度を計測し、その値から求まる周波数応答をスピーカに出力させる。今後、本稿で設計したモデルを実装予定である。

本デバイスは、多様な長さを持ったバーチャルな剛体棒とのインタラクションを再現する。本デバイスを掌に装着することで、ユーザの掌に押下力を与える。押下力は把持点を回転中心としたモーメントから計算され、このモーメントは、手首を軸としたピッチ方向の回転運動から求められる。このとき、バーチャルな棒による触覚刺激の位相遅れ、およびゲインを持つ出力を押下力として手に返すことで、粘性項による振幅減衰などが応答として得られることが期待される。

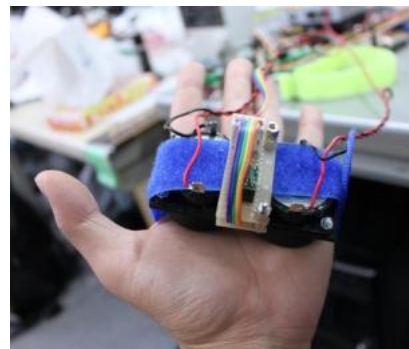


図 3: スピーカを用いた長さ提示デバイスの外観

5. おわりに

予備実験から、人は手に伝わるモーメントがより大きいほど長いと判断していると考えられる。このことから、適切にモデルを模倣する装置を作成すれば任意の長さ提示が可能だと予想される。今後は実際に装置を作成し、長さ知覚にどれほど影響を与えられるのか、検証を行っていく。

参考文献

- [1] Hsin-Yun Yao, Vincent Hayward : An Experiment on Length Perception with a Virtual Rolling Stone, Proc. Eurohaptics 2006. pp. 325-330., 2006
- [2] Pierre Wydoob, Edouard Gentaz, Arlette Streri : Role of force cues in the haptic estimations of a virtual length, Exp Brain Res (2006) 171: 481-489, 2005
- [3] M.T. Turvey, Hyeonsaeng Park, Shirley Morgan Dumais, Claudia Carello : Nonvisible Perception of Segments of a Hand-Held Object and the Attitude Spinor, Journal of Motor Behavior, 1998, Vol. 30, No. 1, 3-19, 1998
- [4] Yokichi Tanaka, Sakai Masataka, Kohno Yuka, Yukiko Fukui, Juli Yamashita, Norio Nakamura : Mobile Torque Display and Haptic Characteristics of Human Palm, ICAT 2001, 2001