

ハンドル把持における触覚提示に関する研究

-局所的に相殺する水平ひずみ群による圧覚提示-

A Study on Tactile Display through Grasping Handle
-Pressure Presentation by Locally Balanced Horizontal Strains-

小島雄一郎¹⁾, 橋本悠希¹⁾, 梶本裕之¹⁾

Yuichiro KOJIMA, Yuki HASHIMOTO, Hiroyuki KAJIMOTO

1) 電気通信大学 人間コミュニケーション学科

(東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {y-kojima,hashimoto,kajimoto}@kaji-lab.jp)

Abstract: We study a tactile display on grasping handle. Previous works on tactile display on handle utilized vibration to alert the user. On the contrary, we propose to display pure pressure. As the user's grasping force is unconsciously controlled by the pressure sensation, presentation of pressure may have the ability to navigate proper grasping force intuitively. To achieve this goal, we cut the handle into round slices, and rotate them. Directions of the adjacent rotations are set opposite with each other, so that the horizontal distortion is locally cancelled. As the spatial resolution of horizontal distortion is much larger than that of pressure, we cannot perceive the direction of rotation, while we perceive pure pressure.

Key Words: Tactile display, Grasping, Handle, Horizontal Strain

1. はじめに

ハンドルを用いた作業において重要な把持感覚は、触覚(本論文では皮膚感覚とする)と力覚が共に関与する複合的な感覚である。従来のハンドルを用いた研究の多くは、ハンドルそのものを力覚提示デバイスとして用い、触覚は手とハンドルの相互作用の結果として提示されるものであった。これに対して本論文では、ハンドル把持において触覚を力覚とは独立に提示することを試みる。

ハンドルに触覚を付与する試みは、自動車のハンドルからの振動提示[1]など、アラート情報を伝える事が主な目的であった。もし、従来の振動提示に加えて、圧覚をも提示できるなら、人間の把持力制御ループに介入し、望ましい把持力を誘導する等の応用が考えられる。

2. 提案手法

圧覚を提示するには、ハンドルの直径を変化させれば良いと考えられる。しかし圧力を直接的に変化させることになり、握り圧を誘導するという目的に反する。さらに、太くするには握力に対抗するだけの力が必要で、システムが大型化する。そこで我々は皮膚感覚の錯覚を利用した圧覚提示手法を提案する。

ハンドルを細かく輪切りにし、隣り合う二輪を互いに逆相回転させる(図1)。隣り合う二輪の逆相回転によって、皮膚には互いに逆向きの横ずれが生じる。この向きは、通常静的な横ずれを検出されると言われている触覚受容器、ルフィニ終末により知覚されるはずだが、皮膚深部に存在するルフィニ終末の空間分解能は比較的低い[2]ことから、二

点弁別閾内に提示された逆向きの横ずれの局所的な和が0の時、歪み方向は知覚できず、圧覚と感ずる可能性が考えられる。牧野[3]らは、同様に皮膚へ横ずれを提示し、触覚受容器を選択的に刺激する手法を提案している。本研究はこれを把持力の誘導等に拡張する事を目指したものである。

本論文では、我々が提案した仮説を検証するため、指先腹部を互いに逆回転する車輪に接触させ、生起する感覚を検証した。今回は特に二点弁別閾が最も小さいと言われている指先で実験を行った。

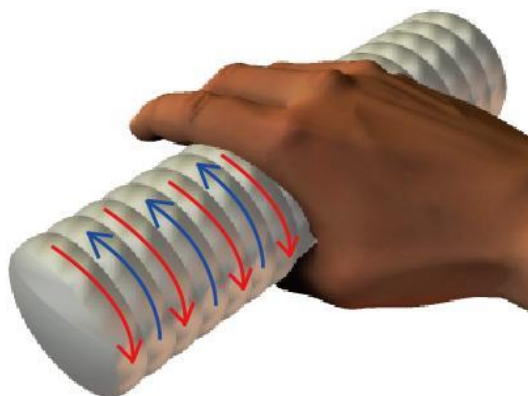


図1 提案するハンドルへの触覚提示手法

3. 評価実験

図 2に実験装置の写真を、図 3に実験系のブロック図を示す。中心には幅2 mm、直径10 mmの円柱状接触子が右側のモータの出力軸に接続され、両脇には幅1 mm、直径10 mmの円柱状接触子が左側のモータの出力軸に接続されている。本実験で使用したモータはmaxon社製 20W DC モータ、モータドライバは図工社製のTITech Driver PC0121-2、エンコーダ及びDAボードはインターフェース社製のGPC-6204、GPC-3300を使用した。本実験は調整法で行った。

予備実験として、中心の円柱と両端の円柱との中心間距離幅を、1.0 mm, 2.0 mm, 3.0 mm とし、モータを微小に逆相駆動した時の生起感覚の変化を調べた (図 4)。幅を広げることで円柱間に0.0 mm, 1.0 mm, 2.0 mm の隙間が空き、「つねられる」局所的な歪みの分散が可能と考えられるが、一方で感覚が広すぎると横ずれの感覚を生じると考えられる。実験の結果、確かに感覚を広げることによって「つねられる」感覚が低減し、また 2.0 mm 幅の場合でも水平運動は知覚されず、圧覚と感ずる事が可能であった。

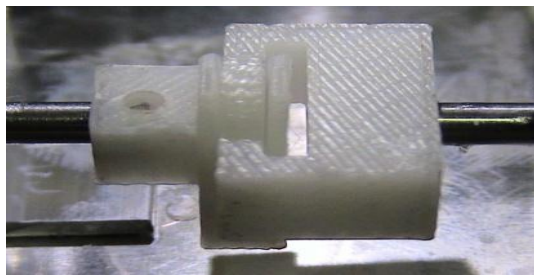


図 2 実験装置写真

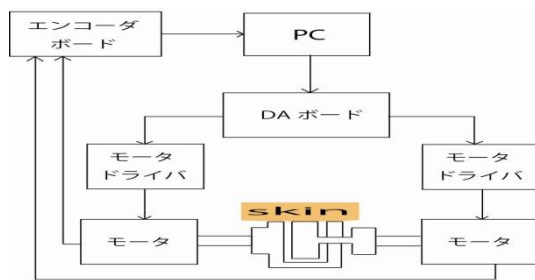


図 3 実験系ブロック図

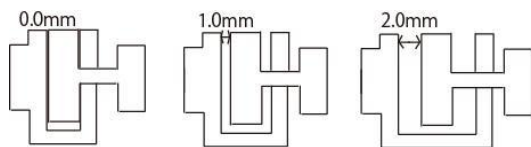


図 4 予備実験器具

本実験では車輪間の中心間距離を 3.0 mm とし、次の実験を行った。周波数を 0.5 Hz ~ 3 Hz、0.5 Hz 刻みでふり、回転軸を 0.18 ~ 3.6 度、0.18 度刻みで正弦波を提示した。1 回の提示につき、2 周期分提示した。

周波数を固定したうえで、提示角度を広げていき、動いている感覚が生じる値 (感覚閾値) を被験者に回答させた。次に「押し広がる感覚、押しこまれる感覚」を覚える値 (圧覚閾値) を被験者に回答させた。成人男性4名で実験を行い、触覚提示部分は被験者には見えないように覆い、左手中指腹部を提示部分に接触させて実験を行った。結果を図 5に示す。

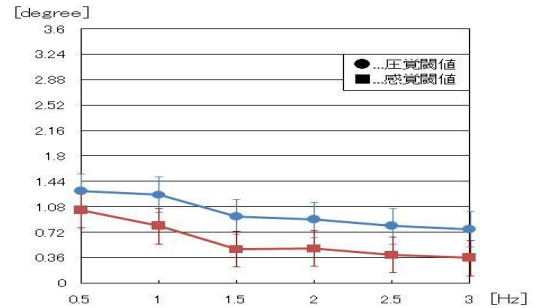


図 5 実験結果

全被験者は、周波数が高くなるにつれ感覚閾値、圧覚閾値ともに低下することが分かった。周波数、及び角度に比例した知覚率の上昇は、先行研究[3]と同様の結果であるといえる。

角度をさらに広げることにより、水平運動だと感じ出す角度があると考えられるが、本実験の最大提示角 3.6 度を提示の際、被験者は圧覚と感じていた。さらに大きい角度で検証する必要がある。

今回正弦波を提示したことにより、被験者は、山が徐々に盛り上がってくる感覚を感じるという回答があった。提示するパルスを制御することにより、今回提示した感覚以外に、皮膚が感じる触感を変化させることが可能であると考えられる。

4. おわりに

本論文は、二点弁別閾内への逆相回転歪みを提示することにより、ハンドル把持時のナビゲーションへの応用を考慮に入れた、新たな触覚提示手法を提案し、従来の振動提示に加え、圧覚を提示可能であることを示した。

参考文献

- [1] Thomas Debus, Theresia Becker, Pierre Dupont, Tae-Jeong Jang, Robert Howe : Multichannel vibrotactile display for sensory substitution during teleoperation, SPIE International Symposium on Intelligent Systems and Advanced Manufacturing, Newton MA, 2001
- [2] Johansson R. S. & Vallbo, A. B. : Tactile sensory coding in the glabrous skin of the human hand, Trends in Neuroscience, 6, pp27 31, 1983
- [3] 牧野泰才, 澤田清彦, 篠田裕之 : 歪みエネルギーの選択的制御に基づく触覚提示法, 日本バーチャルリアリティ学会第 9 回大会論文集, 2004