



二本の鋼線の速度差運動による ベルベットハンドイリュージョンの強度変化

阿部航平¹⁾, 小村啓¹⁾, 大岡昌博¹⁾

1) 名古屋大学 情報学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

概要 : ベルベットハンドイリュージョン(VHI)とは, 滑らかな触覚を演出する錯覚現象である. 本研究では, 触覚のVRに資するVHIの錯覚強度の変化させるための物理刺激条件を調査する. このため, 平行な二本の鋼線に速度の異なる運動をさせ, 間隔尺度法によって被験者に速度差なしのVHIを基準とした錯覚強度を評価させた. その結果, 速度差が生じている場合でもVHIは発生するが, 速度差が大きいほど錯覚強度は低下することが明らかになった.

キーワード : Velvet Hand Illusion, 触覚ディスプレイ, 錯覚強度

1. 緒言

近年, 触覚ディスプレイの研究が盛んであり, 医療やエンターテインメントなど広範な分野での活用が期待されている. 従来の触覚ディスプレイに関する研究として, ピンアレイ式[1], 空気噴流圧式[2], 電気刺激式[3]など様々なアプローチが行われ, 表面の凹凸感や力覚の呈示が可能となってきた. しかし, 材質感の呈示については, ディスプレイ表面の材質を感じるだけで, 例えば凹凸のある樹脂で出来たディスプレイ面をすべすべした面に感じさせることはできていない. 材質感の呈示が可能となれば, VRの現実感の高度化が期待できる.

従来の研究では, 上述の問題に対してハードウェアの改良による解決を目指してきた. しかし, 表面の滑らかさや硬さを可変にするようなアクチュエーション技術の開発は困難である. これに対して本研究では, 人間の錯覚現象に着目し, 脳を欺くことにより操作者にそこには存在しない材質感を信じ込ませるというアプローチを用いる.

滑らかな手触りを感じさせることから, 種々の錯覚現象の中から Velvet Hand Illusion(以下 VHI)に注目する. VHIが生み出す面の滑らかさを制御するため, 2本のワイヤーをモータによって独立に制御可能な装置を開発し, 速度差とVHIの錯覚強度の関係を調査する.

2. VHI

VHIとは, Fig. 1(a)に示すように六角形メッシュの金網を両手で挟んで擦ると, 金網の存在しない空間にベルベット生地のような滑らかな触覚を得る現象である. 過去の研究により, 既に以下のことが明らかになっている.

1. 2本の平行なワイヤーを擦っても生じる(Fig. 1(b)).
2. 能動触, 受動触のどちらでも誘起される. また, 受動

触の方が能動触よりも強くVHIが誘起される.

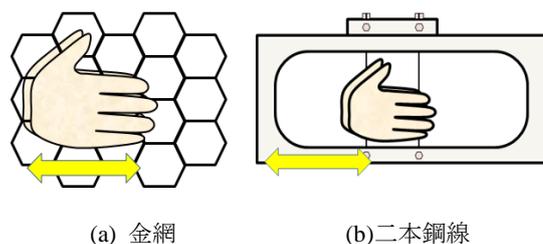


Fig. 1 VHIを生じる試料

本研究では Fig. 1(b)のような2本のワイヤーによる受動触のVHIを用いた実験を行う.

3. 実験

23歳から28歳の健康な男性6名を実験参加者とした. 実験参加者には予め実験内容の説明を行い, 同意を得ている.

3.1 実験装置

本研究で用いた実験装置を Fig. 2 に示す. 実験装置は2本のワイヤーが別個のフレームに取り付けられており, 独立に運動できる. ワイヤーの弛みはVHIの錯覚強度の低下をもたらすため, 十分に強く張られている.

各フレームはリンクによって歯車Bに接続されている. さらに歯車Bと歯車Aがかみ合い, 歯車Aとモータの歯車とかみ合っている. 制御ユニットによって個別に操作可能なモータが2つ取り付けられており, それぞれ各ワイヤーに対応する. モータは位置制御, 速度制御が可能である. このため, 例えば二台のモータの角速度を一定とし, 位相差を 180° とすると Fig. 3(a)と(b)に示す状態を繰り返す様に

動かすことが可能である。さらに、二台のモータの角速度を任意に設定可能であり、前報[4]の装置より複雑な運動の生成を可能としている。各ワイヤーを別個の速度で運動させる実験プログラムを作成して実験を行う。

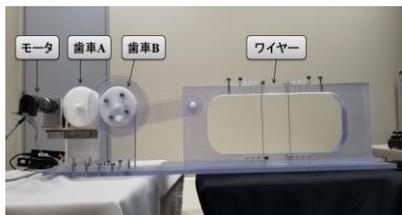


Fig. 2 実験装置



(a)最近接 (b)最遠隔

Fig. 3 ワイヤーの稼働域

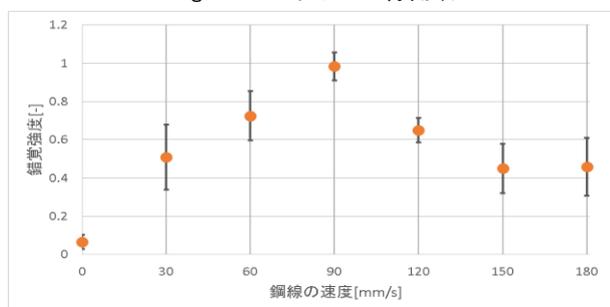


Fig. 4 VHI の錯覚強度と速度差の関係

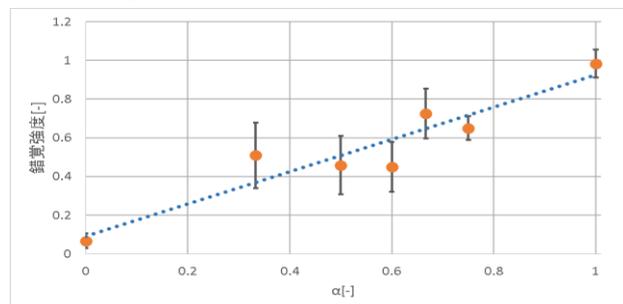


Fig. 5 VHI の錯覚強度と α の関係

3.2 実験方法

2本のワイヤーの速度差とVHIの錯覚強度の関係を調査する。全7種類の速度差刺激を呈示する。ワイヤー速度の時間変化は正弦波状であるため、以下ではワイヤー速度を振幅で代表する。一方のワイヤーは、すべての刺激で同一の速度振幅(90mm/s)で動かす。他方のワイヤーは(0, 30, 60, 90, 120, 150, および180[mm/s])の7種の速度で動かす。

まず2本のワイヤーが等速(共に90mm/s)の刺激を基準として呈示する。次に速度差のある刺激を比較刺激としてランダムな順で呈示する。評価方法はマグニチュード推定法[4]を採用した。実験参加者には速度差の無い刺激の錯覚強度を1として基準を与え、それぞれの比較刺激の錯覚強度を0以上の実数で回答してもらう。

4. 実験結果と考察

実験参加者6人に対して、回答から得られたデータの平均値をFig.4に示す。横軸は速度振幅を変化させた方のワイヤーの速度振幅、縦軸は回答で得られた錯覚強度の大きさである。横軸の値が90[mm/s]のとき、2本のワイヤーが等速で運動している刺激である。錯覚強度は、ワイヤーの速度差が大きくなるに伴い減少していることが見て取れる。しかし、等速時を軸とした対称性は観察できない。そこで速度比に注目してデータを再整理する。2本のワイヤーの速度振幅をそれぞれ V_1 , V_2 と置き、速度比パラメータを次のような式で定義する。

$$\alpha = \frac{\min\{V_1, V_2\}}{\max\{V_1, V_2\}} \quad (1)$$

式(1)では、 V_1 と V_2 の間で速度差が全くない、すなわち $V_1=V_2$ のとき α は1となり、速度差があるほど0に近い値をとる。式(1)で示す α を新たに横軸にとってFig.4を描き直すとFig.5となる。

さらにFig.5の結果を最小二乗法によって一次式で近似すると、相関係数0.94と強い相関を示した。したがって、2本のワイヤーの速度の比 α によってVHIの錯覚強度が制御可能であると考えられる。

5. 結 言

VHIにおいて2本のワイヤーに速度差を与え、錯覚強度の変化を調査した。速度差を与えることにより、錯覚強度が大きく変化することが明らかになった。この結果は、VHIの錯覚強度はワイヤーの速度比によって制御可能であることを示唆する。今後、実験の被験者及び回数を増やし、データの信頼性向上を目指すとともに、VHIの発生メカニズムを明らかにしていく。

参考文献

- [1] 小森優: "触覚情報の医療応用～もう一つの3次元レンダリング～", 医用画像情報学会雑誌, 第23巻, 第4号, pp.108-111, 2006.
- [2] 大道武生, 樋口優, 大西献: "極限作業ロボットマニピュレータの設計法に関する研究(その2)ー低拘束多本指マスタマニピュレータの設計法ー", 日本ロボット学会誌, Vol.16, No.7, pp.942-950, 1998.
- [3] Y. Ikei, M. Yamada and S. Fukuda: "Tactile Texture Presentation by Vibratory Pin Arrays Based on Surface Height Maps", in International Mechanical Engineering Conference and Exposition, pp. 51-58, 1999.
- [4] 小村啓, 中村俊樹, 宮岡徹, 大岡昌博: "二本のワイヤーの位相差運動がバルベットハンドイリュージョンに及ぼす影響", 第22回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 1C1-02, 2017
- [5] G. A. Gescheider: "心理物理学ー方法・理論・応用ー(上巻)", 宮岡徹監訳, 倉片憲治, 金子利佳, 川本朱美訳, 北大路書房, 2002