

手首ハンガー反射時の振動提示による力知覚増強

中村 拓人^{†1} 西村 奈令大^{†1} 蜂須 拓^{†1†2} 佐藤 未知^{†1} 梶本 裕之^{†1†3}

針金ハンガーを頭にかぶると不随意に頭部が回転してしまう現象はハンガー反射として知られ、手首や腰などの頭部以外の部位でも類似現象が確認されている。皮膚圧迫のみで力覚を提示可能なため、ハンガー反射は力覚提示装置への応用が期待されているが、高品位な力覚提示装置の実現のためには提示力覚の強度調整が必要であると考えられる。我々は手首でのハンガー反射時に振動提示を行うと、体験者が感じる力覚が増強される現象を新たに見出した。本稿では今回見出された振動による提示力覚増強の詳細を報告する。ユーザーテストの結果、被験者は振動提示の時のみ力覚の増強を感じ、振動提示によって力覚の強さの制御が可能であることが示唆された。

Enhancement of the Hanger Reflex on the Wrist by Presenting Vibration

TAKUTO NAKAMURA^{†1} NARIHIRO NISHIMURA^{†1}
TAKU HACHISU^{†1†2} MICHI SATO^{†1} HIROYUKI KAJIMOTO^{†1†3}

Involuntary rotation of a head by wearing a wire hanger is known as the hanger reflex, and the similar phenomena are observed on the wrist and the waist. Due to its simple setup and strong illusory force, the hanger reflex is expected to be applied to haptic devices. However, to apply to high-quality haptic devices, we must control the strength of the virtual force. We discovered that the illusory force is enhanced when vibration is presented to the wrist under the hanger reflex. This paper reports the details of the enhancement of the illusory force by presenting vibration. User study revealed that all participants detected the enhancement of the illusory force when vibration is presented. This result suggested that it is possible to control the strength of the illusory force by presenting vibration.

1. はじめに

針金ハンガーを頭にかぶると不随意に頭部が回転してしまう現象をハンガー反射と呼ぶ¹⁾。佐藤ら²⁾はハンガー反射時にハンガーから頭部にかかる圧力分布の計測を行うことで、側頭部前方と対向する側頭部後方の2点への圧迫が本現象を発生させる“ツボ”のような部位であることを確認した。また、中村ら³⁾は手首や腰などの頭部以外の部位でも本現象を確認し、同じく手首にかかる圧力分布を計測することで同様の“ツボ”相当の部位を発見した⁴⁾。これらの現象は圧迫時の皮膚せん断変形が寄与していることが実験によって確認されている⁵⁾。

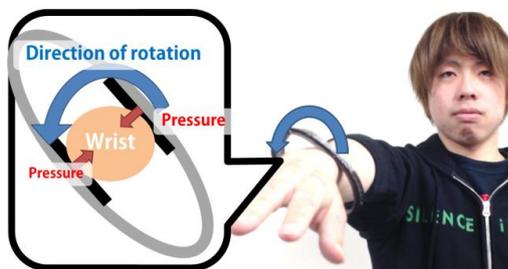


図 1 手首でのハンガー反射
Figure 1 the hanger reflex on the wrist

従来の力覚提示装置は実際の力を体験者に加えて力覚を提示していたため、大きな力を提示するためには装置の大型化が避けられなかった。一方、本現象を力覚提示装置へ応用すれば、皮膚圧迫のみで擬似的な力覚を感じさせるため、小規模な装置での実現が期待される。

Nakamuraら⁴⁾は発見された手首の“ツボ”相当部位をリニアアクチュエータで圧迫することで力覚を提示することに成功したが、この際左右の回転方向のみ提示可能であり、細かい力覚の制御は実現出来ていない。より高品位な力覚提示装置の実現のためにはこの強度調整が必要であると考えられる。

我々は手首でのハンガー反射時に振動提示を行うと、体験者が感じる力覚が増強される現象を新たに見出した(図2)。本現象は提示する振動を変化させることで、強さを制御可能である。また振動子を用いるため、提示に要する時間も短く、高い応答性を持つ。

本報告では、今回見出された振動による提示力覚増強の詳細を報告するとともに、その機序を考察する。



^{†1} 電気通信大学 総合情報学専攻
Department of Informatics, The University of Electro-Communications.
^{†2} 日本学術振興会 特別研究員
JSPS Research Fellow
^{†3} 科学技術振興機構 さきがけ
Japan Science and Technology Agency

図 2 ハンガー反射時の振動提示

Figure 2 the vibration added to the hanger reflex

2. システム構成

本研究で用いたシステムはプラスチックギブス(キャストライト α , アルケア社製)を楕円形に成型して製作した手首用ハンガー、振動提示を行う振動子 2 個(LBV10B-009, コパル社製)、振動子の駆動及び制御を行うマイクロコントローラ(mbed1768, NXP Inc.製)からなる(図 3 上左)。

体験者は手首用ハンガーを図 3 右のように手首に装着し、皮膚にせん断変形を生じさせることで手首でのハンガー反射を発生させる(図 3 下)。振動子は手首用ハンガーによる圧迫点の上に設置し振動提示を行う。振動提示には偏心タイプの振動子を用い、皮膚に対して横揺れの振動を提示する。

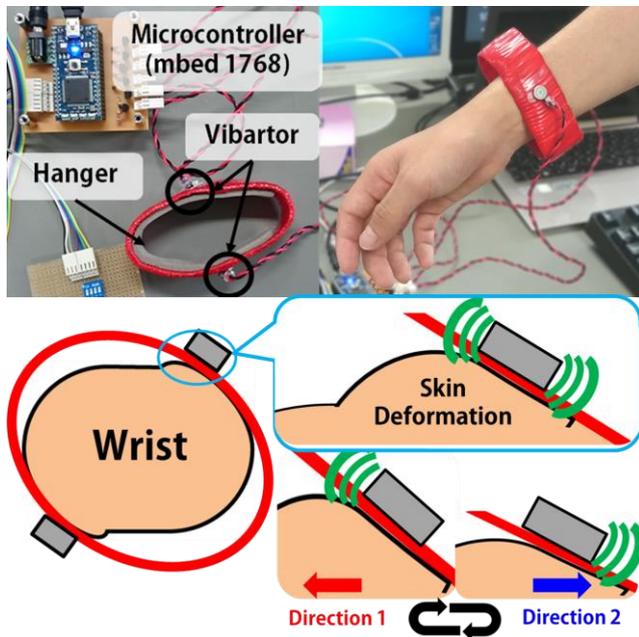


図 3(上左) システム構成 (上右) 装着図 (下)手首断面模式図: 手首用ハンガーによって皮膚せん断変形を起こし、振動によって変形量は増減する。

Figure 3 (Upper Left) configuration of the system (Upper Right) the wrist equipped the device (Low) schematic of the cross-sectional view in the wrist: the hanger deform the skin, and the vibration changes the deformation

3. ユーザーテスト

本現象の発生率を確認するため、4 名の 21 歳~27 歳の男性に本システムを試した。被験者は事前に手首用ハンガーによってハンガー反射が起きることを確認している。被験者には振動子付きの手首ハンガーを手首に装着し、ハンガーを回しずらして手首を圧迫しつつせん断変形を生じさせた状態で振動提示を行った。振動提示は 200ms 毎に閉眼状態でいき、振動提示の有無で感じる力覚に変化があるかを

確認した(図 4 左)。

ユーザーテストの結果、4 人全員が振動付与時に通常のハンガー反射よりも強い力覚が生じたとコメントした。また強くなったと感じたタイミングは振動提示をしている間であったといったコメントも得られたため、振動提示によって知覚する力覚の増強が行われていることが確認できた。

ここで本現象の発生原因の考察を行う。頭部でのハンガー反射については佐藤ら⁹⁾がハンガー装着時の皮膚せん断変形により回転方向の外力が知覚され、それに従って頭部が回旋するという仮説を立て、実験により検証した。頭部以外の部位でも皮膚せん断変形によって力覚が生じることが報告されている⁹⁾。手首でのハンガー反射でも同様の皮膚せん断変形が見られ、力覚提示及び回旋に寄与したと考えられる(図 4 右)。

本研究では手首用ハンガーによって皮膚せん断変形を起こした手首へ振動子を用いて振動をくわえた。システムで用いた偏心タイプの振動子は、皮膚上で皮膚変形を増加させる方向と減少させる方向に横揺れの振動を起こす(図 3 下)。両方向で振動子の振幅は一樣であるが、皮膚変形の増減によって人が知覚する刺激の強さは変化する。この変化を知覚する際に、人の知覚の非線形性によって皮膚変形が増加する方向の動きをより強く知覚し、今回の現象に繋がったと推測される。このような人の知覚の非線形性を用いた例としては、クランク機構を用いたものや⁷⁾や把持した振動子を用いて非対称な加速度を起こすことで擬似的な力覚を提示したものが挙げられる⁸⁾。

今回のシステムでは我々は非対称な振動は与えていない。その代わりに皮膚変形をあらかじめ加えることで、類似の効果が生じ、一樣な振動でも力覚提示が可能となるということが示唆された。



図 4(左)ユーザーテストの様子 (右) 手首用ハンガーによる皮膚変形

Figure 4 (Left) the environment of the user test (Right) the skin deformation caused by the hanger for the wrist

4. おわりに

本報告では手首でのハンガー反射時に振動の付加を行うことで生起する力覚が増強される現象を報告した。ユーザーテストの結果、被験者は振動提示の時のみ力覚の増強

を感じ、振動提示によって力覚の強さの制御が可能であることが示唆された。今回用いたシステムは1方向の力覚のみの増強であるが、今後は多方向に対する同様のシステムを開発し、より細かな力覚提示を行う。

参考文献

- 1) 松江里佳, 佐藤未知, 橋本悠希, 梶本裕之: 側頭部圧迫による反射運動の研究, 第12回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, (2007).
- 2) 佐藤未知, 松江里佳, 橋本悠希, 梶本裕之: ハンガー反射 - 前側頭部圧迫に誘発される頭部回旋運動 -, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.19, No.2, pp.295-301 (2014).
- 3) 中村拓人, 西村奈令大, 佐藤未知, 梶本裕之: 手首と体幹部におけるハンガー反射, 第18回一般社団法人情報処理学会シンポジウム インタラクション, (2014).
- 4) Nakamura, T., Nishimura, N., Sato, M., Kajimoto, H.: Development of a Wrist-Twisting Haptic Display Using the Hanger Reflex, In Proc. 11th Advances in Computer Entertainment Technology Conference, (2014).
- 5) 佐藤未知, 中村拓人, 梶本裕之: ハンガー反射における皮膚せん断変形による触錯覚と運動誘発, 第5回トレイグジスタンス研究会, (2014). (to appear)
- 6) Minamizawa, K., Kajimoto, H., Kawakami, N., Tachi, S.: A wearable haptic display to present the gravity sensation-preliminary observations and device design, In Proc. Euro Haptics, pp.133-138, (2007).
- 7) 雨宮智浩, 安藤英由樹, 前田太郎: 知覚の非線形性を利用した非接地型力覚惹起手法の提案と評価, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 11, No. 1, pp. 47-58, (2006).
- 8) Rekimoto, J.: Traxion: a tactile interaction device with virtual force sensation. In Proc. 26th ACM Symp. User Interface Software and Tech., pp 427-432, (2013).