

身体全体でのハンガー反射

Hanger Reflex that occurred on the Whole Body

中村拓人¹⁾, 今悠気²⁾ 佐藤未知¹⁾, 旭雄士³⁾ 梶本裕之¹⁾

Takuto NAKAMURA, Yuki KON, Michi SATO, Takashi ASAHI and Hiroyuki KAJIMOTO

1) 電気通信大学 総合情報学専攻 2) 総合情報学科

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘1-5-1, {n.takuto, kon, michi, kajimoto}@kaji-lab.jp)

3) 金沢脳神経外科病院 脳神経外科

(〒921-8841 石川県野々市市郷町262-2, takashi-tym@umin.ac.jp)

Abstract: Hanger Reflex is a phenomenon in which the head involuntarily rotates when the head is fastened with a wire hanger. The occurrence conditions of this phenomenon is a pressure to particular points of the head, and the induced shear deformation of the skin. Because Hanger Reflex presents the force and motion with a simple device, it is expected to be applied to haptic display. This phenomenon is also found on the wrist and waist, and expected to apply to the whole body. However, Hanger Reflex was found only on the head, wrist, and waist. In addition, the direction of the force from these is limited. This paper reports new positions and directions of Hanger Reflex; rotation of the ankle, and two rotational directions, and four translation directions on the head, and one rotational direction and four translation directions on the waist.

Key Words: Hanger Reflex, Perceptual Force, Haptic Display

1. はじめに

ハンガー反射とは針金ハンガーを頭部に装着した際に頭部が不随意に回旋してしまう現象である[1]。佐藤ら[2]は針金ハンガーを被った際の圧力分布と頭部の回旋角度を同時に計測することで、本現象を効率的に発生させる圧迫部位、いわゆる「ツボ」が側頭部前方とその対側に有ることを確認した。また、ハンガー反射の回旋方向は皮膚のせん断変形が寄与していることも実験により確認されている[3]。このように本現象は発生の容易さに対して大きな力覚・運動の提示が可能であり、力覚提示装置への応用が期待され、現象の機序及び発生条件が研究されてきた。また、本現象は頭部だけでなく、同じく圧迫による皮膚のせん断変形を手首や腰に提示すると、類似の回旋運動及び回旋方向の力覚が確認された[4]。これにより、本現象を用いた全身への力覚提示の可能性が示唆された。

このように身体各所で発見されているハンガー反射は、発生時の圧迫状態を再現することで、現象の再現・制御が頭部と手首において試みられている[2][5]。しかし、全身への力覚提示を実現するには、本現象が確認されているのは上記の頭部、手首、腰のみであり不十分であった。また、提示する力覚も回旋方向のみのため、応用先が限られる。

そこで、我々は頭部で確認された2点への皮膚のせん断変形を適用することで、頭部のロール軸及びピッチ軸の回

旋方向、前後左右の並進方向への力覚生起を新たに発見した。また身体各所に類似デバイスを開発し、足首のヨー軸、腰のピッチ軸、前後左右の並進方向への力覚も新たに発見した。これらの発見により課題となっていた力覚提示部位と提示方向の課題解決が期待できる。本稿では新たに発見した各部位での力覚提示現象の詳細を報告すると共に、その機序を考察する。

2. 身体各所での擬似力覚提示及び誘発デバイス

先行研究で得られた皮膚のせん断変形を各部位で発生させるため、適用部位に合わせてデバイスを開発した。

2.1 頭部用デバイス

頭部で皮膚圧迫及び皮膚変形を発生させるため、弾性のある強化プラスチック製の楕円形状のデバイスを開発した。本デバイスは装着し回しずらすことで、圧迫と皮膚変形を発生させ力覚を誘発する。人の頭部は楕円形状となっているため、複数方向の力覚誘発を確認するため、提示する力覚の方向に合わせて皮膚変形するようにデバイスを複数用意した(図1左上)。すると、先行研究[4]では、頭部ではヨー軸のみ力覚の生起が確認されていたが、新たにピッチ軸及びロール軸でも同様の現象を確認した。また、皮膚変形を並進方向に提示することで、前後左右への力覚も確認した(図1左)。



図 1 各所用力覚提示デバイス：(左)各軸用の頭部用デバイス、(中)足首用デバイス、(右)腰部用デバイス

2.2 足首用デバイス

足首で皮膚圧迫及び皮膚変形を発生させるため、アルミフラットバーをベルクロで繋いだU字型デバイスを開発した(図 1 中上)。デバイスの内側にはウレタン材を貼り、足首から過度な圧迫による損傷を防いだ。本デバイスを装着し回しずらすことで、圧迫及び皮膚変形を発生させ力覚提示を行った。足首状態で皮膚圧迫及び皮膚変形を発生させた結果、新たに足首でヨー軸の左右回旋の力覚を確認した(図 1 中)。

2.3 腰部用デバイス

ステンレスフラットバーをベルクロで繋いだU字型のデバイスを開発した。皮膚変形をより発生させるため、接触子を用意し、提示皮膚変形に合わせて付け替えた。回旋方向の場合はU字の先端及び湾曲部分、並進方向の場合はU字の湾曲部位2点へ接触子を取り付けた(図 1 右)。頭部デバイスと同様に装着しデバイスを回旋方向または並進方向へずらすことで圧迫及び皮膚変形を発生させる。先行研究[4]では、ヨー軸回旋のみ確認されていたが、ピッチ軸の前後屈の方向、前後左右方向の力覚を確認した(図 1 右)。

3. ユーザーテスト

本現象の再現性を確認するため、被験者6名(21-25歳、全員男性)に開発したデバイスを装着させ、力覚を感じる方向を回答させた。提示する力覚の方向は頭部において、前後回旋2方向・左右回旋2方向・前後左右方向の並進全8方向、腰部において前後回旋2方向・前後左右方向の並進全6方向、足首において内外回旋2方向を用意した。

ユーザーテストの結果、頭部での各方向の力覚提示では約半数の被験者が正しい力覚方向を回答した(チャンスレート)。誤答の理由はデバイスを装着する際に、髪の毛のすべりによってデバイスが上に移動してしまい、ハンガー反射の発生条件である皮膚圧迫及び皮膚変形を発生させられなかったことが考えられる。

腰部では左方向において4人、前後回旋及び前後右方向への力覚提示では5人以上の被験者が正しい方向を回答し

た。被験者からは「頭部よりも強い力を感じた」というコメントが得られた。これは腰部のデバイスはステンレス製のため腰部への接触面積が広く、圧迫及び皮膚変形量が頭部より大きいためと考えられる。足首では外回旋では4名、内回旋では6名全員が正しい方向を回答した。

4. 終わりに

本稿では、頭部、手首、腰で確認されてきたハンガー反射が、発生条件である皮膚圧迫と皮膚圧迫のせん断変形を再現することで、新たに頭部において8方向、腰部において6方向、足首において6方向発生することを確認した。ユーザーテストの結果、被験者に各方向の力覚を知覚させることに成功した。今後は各部位における詳細な発生条件及び、現象の誘発デバイスの改良を行っていく。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 15K12079 の助成を受けている。

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, 日本バーチャルリアリティ学会第12回大会論文集, (2007年9月).
- [2] 佐藤, 松江, 橋本, 梶本: 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] 佐藤, 中村, 梶本: 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回テレイグジスタンス研究会, (2014).
- [4] Nakamura, T., Nishimura, N., Sato, M., and Kajimoto, H.: Application of hanger reflex to wrist and waist. In IEEE Virtual Reality (VR), IEEE (2014), 181-182.
- [5] Nakamura, T., Nishimura, N., Sato, M., Kajimoto, H.: Development of a Wrist-Twisting Haptic Display Using the Hanger Reflex; In Proc. of 11th Advances in Computer Entertainment Technology Conference (ACE2014), (2014)