

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 30 年 6 月 6 日現在

機関番号：12612

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12079

研究課題名（和文）触覚入力に誘発される不随意頭部回旋の機序解明と運動性疾患への適用

研究課題名（英文）Elucidation and application of involuntary head movement associated with skin deformation

研究代表者

梶本 裕之（Kajimoto, Hiroyuki）

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：80361541

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究はハンガーを頭部にかぶると不随意に頭部が回旋する現象であるハンガー反射の生起条件を明らかにし、得られた知見に基づいた装具の小型軽量化を実現することを目的とした。生起条件の解明については、皮膚刺激への注意が必要であるかどうかを観察するため睡眠時および振動提示時の観察を行った結果、ハンガー反射には少なくとも覚醒している必要があることが明らかとなった。装具の小型化については空気圧アクチュエータを用いて広い面積への触覚提示を可能とし、腰部のハンガー反射を用いることで歩行の制御を行った。本装置によりユーザの歩行を精細に制御できること、およびその誘導量は教示内容に強く依存することが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to clarify the occurrence condition of hanger reflex, which is a phenomenon in which the head rotates involuntarily when a hanger is worn on the head. We also aimed at realizing compact and lightweight device based on the obtained findings. As for the elucidation of the occurrence condition, observation at the time of sleeping and vibration presentation were conducted to observe whether attention to skin stimulation is necessary or not. The result showed that the hanger reflex at least requires awakening state. Regarding the miniaturization of device, we made it possible to present the tactile sense to a large area using a pneumatic actuator, and control walking by using the hanger reflex at the waist. By using the device, it has become clear that we can precisely control the walking of the user with the device and that the amount of effect strongly depends on the teaching content.

研究分野：バーチャルリアリティ

キーワード：力覚 触覚 ヒューマンインタフェース バーチャルリアリティ

1. 研究開始当初の背景

本研究はハンガーを頭部にかぶると不随意に頭部が回旋してしまう現象である「ハンガー反射」(図1)の原理解明に関するものである。本現象はTV番組等で広く知られていたが、申請者の研究により初めて圧力分布上の「ツボ」が存在すること、皮膚のせん断方向の変形が寄与していることが判明した。さらに同様に不随意の頭部回旋を伴う疾患である痙性斜頸の症状緩和に利用可能であることが示唆されている。しかし現段階でハンガー反射を生じるプロセスについては未知のままであった。

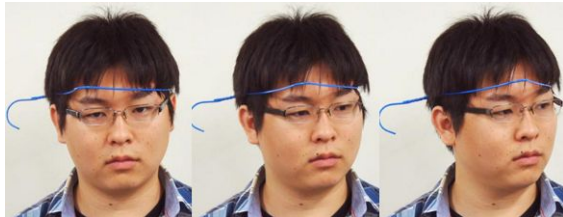


図1 ハンガー反射

2. 研究の目的

本研究は第一に、ハンガーを頭部にかぶると不随意に頭部が回旋してしまう現象である「ハンガー反射」の生起条件を明らかにすることを目的とする。第二に、得られた知見に基づいた装具の小型軽量化を実現することを目的とする。本結果は運動疾患やリハビリテーションにおいて本錯覚現象を適用する合理性・妥当性を示すことに繋がると共に、「強い運動生起を伴う錯覚」という知覚運動現象に関する新領域の開拓に繋がると期待できる。

3. 研究の方法

ハンガー反射の生起条件の解明については、まず皮膚刺激への「注意」が必要であるかどうかメカニズムの理解および応用展開に重要であると考えられる。これを観察するため、睡眠時にハンガー反射を生じるか否かを検証することとした。また最適な皮膚変形を求めるための予備的な検討を行った。装具の小型化については空気圧アクチュエータを用いて広い面積への触覚提示を可能とし、装置をポータブル化、頭部以外の身体部位への応用事例として歩行の制御を行った。

4. 研究成果

まずハンガー反射に皮膚刺激への注意が必要であるかどうかを確認するために、皮膚刺激に対して意識が集中していない状態(睡眠状態)を作り、ハンガー反射が生じうるかを検証した。

図2に実験装置を示す。側頭部を空気圧バルーンによって圧迫することで触覚刺激を与え、ハンガー反射を誘発する。睡眠中の頭部回転を妨げないよう頭部重量を支える台座等も作成した。またハンガー反射は頭部のみならず手首や胸部でも生じることが分かっているため、より睡眠を妨げない条件として手首による実験も行った。

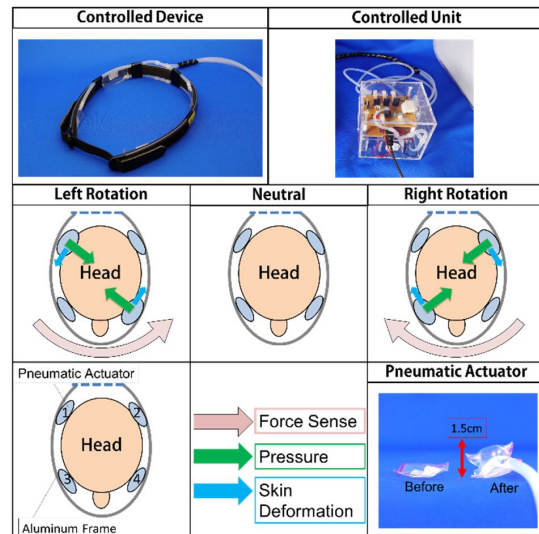


図2 空気圧バルーンを用いたハンガー反射生起装置

実験の結果、頭部、手首いずれの場合も睡眠中のハンガー反射は確認されなかった。このことからハンガー反射は少なくとも覚醒している状態でないと生じないと考えられる。一方で睡眠イコール意識のない状態とは言えず、単に睡眠自体が運動を阻害する要因となっていることや、睡眠によって無意識下の擬似力覚生起自体が阻害されている可能性も考えられる。

逆に注意を生じやすい状況を作成するために、ハンガー反射装置に振動提示機能を追加する試みを行った(図3)。その結果、ハンガー反射を生じる皮膚変形を生じさせた上で振動を与えるとハンガー反射の生起量が增大することが明らかとなった。これはハンガー反射に注意が関係している可能性を示唆していると考えられるが、同時にせん断方向の皮膚変形を予め与えた状態で振動を提示すると皮膚に非対称の刺激が物理的に加えられ、それを知覚して擬似力覚を生じた可能性もある。主観的な力覚量も増大していることから後者の可能性は高いと考えられる。

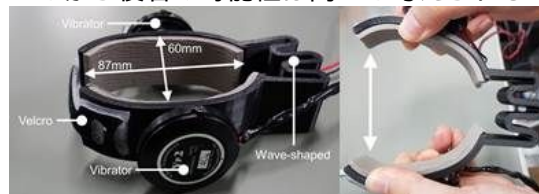


図3 振動提示可能なハンガー反射生起装置

次にハンガー反射の生起条件を皮膚変形の観点から明確にするため、人の頭部と同じ形状の弾性体を用いた触覚センサを作成した。これを用いてハンガー反射の主観量と皮膚変形の物理量との関係を観察した。

並行してハンガー反射に関連した、皮膚変形による外力の認識と運動を伴う現象としていわゆる観念運動に着目した。特に有名な観念運動である「こっくりさん」現象は、複数の参加者がコイン等に指を置くと指ないし

コインが動かされると感じられるものである。まずユーザの指が引っ張られる感覚を生起する卓上型触覚デバイスを作成し(図4), さらに外力を与えること無く皮膚変形のみを提示するために指先装着型の皮膚せん断変形提示デバイスを作成した(図5)。頭部搭載型ディスプレイを用いたVR環境中での実験により, 皮膚変形と視覚的な手の動き, さらに力の元と考えうる他者の存在が実際の運動生起に關与することを確認した。



図 4 1 自由度力覚提示装置

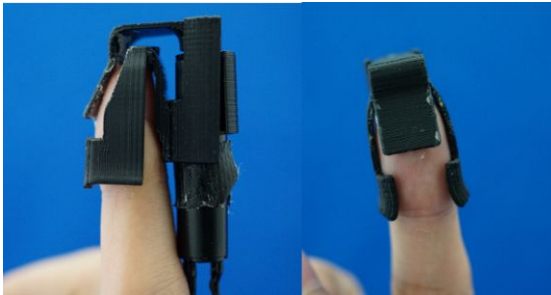


図 5 指先用皮膚変形提示装置

ハンガー反射の応用に関しては, 歩行に関するハンガー反射を利用した実験を行った。装具は頭部以外に腰部, 脚部にも取り付け, 各部位においてハンガー反射を生じることを確認した後, 閉眼状態で自然に歩かせた時に歩行軌跡にどのような影響が生じるかを検証した。その結果, 特に腰部に装着した際に歩行軌跡が大きく影響を受けること, またその影響は, ハンガー反射によって曲げられた上半身の方角と一致することが確認された。さらに歩行を動的に制御するために空気圧バルーンを用いた制御装置を開発した(図6)。本デバイスが駆動する空気圧アクチュエータの位置と提示するハンガー反射による力覚の関係を図7に示す。番号を割り振った4つの空気圧アクチュエータは独立に制御することで, 皮膚圧迫(緑矢印)および皮膚ずれ(青矢印)を生じさせる。これによって皮膚ずれの生じる方向への力覚と運動(赤矢印)を生じることを確認した。本装置を用いることで, ユーザの歩行を精細に制御できることが判明した。またその誘導量は教示内容に強く依存することが明らかとなった。

あわせて腰部ハンガー反射装具のポータブル化, 無線化を行った(図8)。これをパー

チャルリアリティ環境下でもちいる予備的な検討の結果, ユーザは左右に回旋する方向に誘導されている事自体には気づくものの, 強制的な感覚を与えることなく歩行を制御することが可能であることが判明した。本研究成果は国際会議 SIGGRAPH の emerging technologies セッションにおいてデモンストレーション展示され, 数百名の体験者を得た。



図 6 腰部ハンガー反射装置

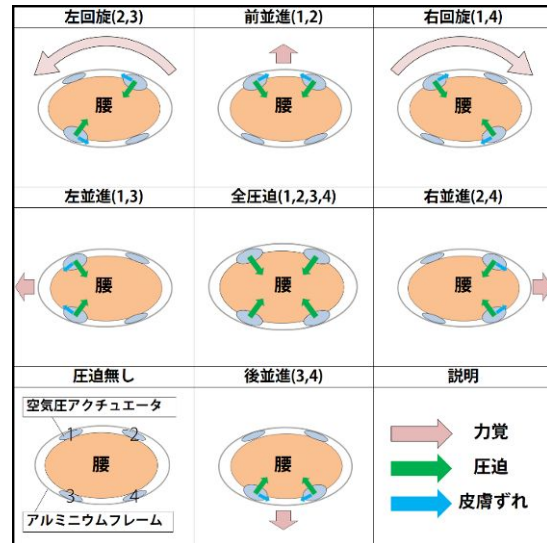


図 7 腰部力覚提示一覧

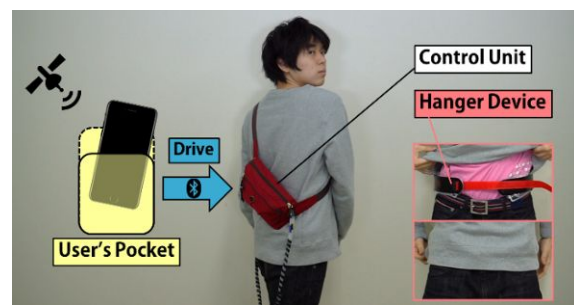


図 8 腰部ハンガー反射装置ポータブル化

また手首部に対するハンガー反射についても応用展開を行った。手首の皮膚を牽引するウェアラブルな装置を開発し, 回旋力を制御できること, また同装置が振動を含めた広範な触覚を提示できることをあわせて検証した。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)



〔雑誌論文〕(計 3 件)

- [1] 今悠気, 中村拓人, 梶本裕之: 腰ハンガー反射を用いた歩行ナビゲーションにおける教示の影響, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.22, No.3, pp.335-344, 2017. DOI: 10.18974/tvrsj.22.3\_335, 査読有
- [2] 今悠気, 中村拓人, 梶本裕之: ハンガー反射の歩行への影響, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.21, No.4, pp.565-574, 2016. DOI: 10.18974/rvrsj.21.4\_565, 査読有
- [3] T. Asahi, M. Sato, H. Kajimoto, M. Koh, D. Kashiwazaki, S. Kuroda; Rate of Hanger Reflex Occurrence: Unexpected Head Rotation on Fronto-temporal Head Compression, Neurologia medico-chirurgica, June, Vol.55, pp.587-591, 2015. DOI: 10.2176/nmc.oa.2014-0324, 査読有

〔学会発表〕(計 14 件)

- [1] Y. Kon, T. Nakamura, H. Kajimoto: HangerON: A Belt-type Human Walking Controller Using the Hanger Reflex Haptic Illusion, ACM SIGGRAPH 2017 Emerging Technologies, 2017.
- [2] Y. Kon, T. Nakamura, H. Kajimoto: Interpretation of Navigation Information Modulates the Effect of the Waist-Type Hanger Reflex on Walking, IEEE 3DUI2017, 2017.
- [3] 山地康之, 今悠気, 中村拓人, 梶本裕之: ハンガー反射の機序解明を目的とした睡眠時の応答の観察, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2017.
- [4] 今悠気, 中村拓人, 梶本裕之: 空気圧アクチュエータを用いた頭部ハンガー反射回旋角度制御の試み, インタラクシオン 2017(第 21 回一般社団法人情報処理学会シンポジウム), 2017.
- [5] Y. Kon, T. Nakamura, M. Sato, T. Asahi, H. Kajimoto: Hanger Reflex of the Head and Waist with Translational and Rotational Force Perception, AsiaHaptics2016, 2016.
- [6] T. Nakamura, H. Kajimoto: Enhancement of Perceived Force from the Hanger Reflex on Head and Ankle by Adding Vibration"AsiaHaptics2016, 2016.
- [7] T. Nakamura, N. Nishimura, T. Hachisu, M. Sato, V. Yem, H. Kajimoto: Perceptual Force on the Wrist under the Hanger Reflex and Vibration, EuroHaptics2016, 2016.
- [8] Y. Kon, T. Nakamura, M. Sato, H. Kajimoto: Effect of Hanger Reflex on Walking, IEEE Haptics Symposium 2016,

2016.

- [9] 今悠気, 中村拓人, 梶本裕之: ハンガー反射を用いた腰部への回旋・並進力提示デバイス, 第 21 回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2016.
- [10] 今悠気, 中村拓人, 梶本裕之: 腰部ハンガー反射発生時の圧力分布の計測, 第 16 回 公益社団法人 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門 講演会, 2016.
- [11] 設楽幸寛, 中井優理子, 植松遥也, Yem Vibol, 梶本裕之, 嵯峨智: 観念運動を用いた擬似力覚提示(第 2 報) 指置き型デバイス 2.5 次元ディスプレイを用いた検証, インタラクシオン 2016(第 20 回一般社団法人情報処理学会シンポジウム), 2016.
- [12] 今悠気, 中村拓人, 佐藤未知, 梶本裕之: 腰ハンガー反射が歩行に与える影響, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015, 2015.
- [13] 中村拓人, 今悠気, 佐藤未知, 旭雄士, 梶本裕之: 身体全体でのハンガー反射, 第 16 回力触覚の提示と計算研究会, 2015.
- [14] 設楽幸寛, 中井優理子, 植松遥也, Yem Vibol, 梶本裕之: 観念運動を生起する擬似力覚提示マウス, 第 20 回日本バーチャルリアリティ学会, 2015.

〔図書〕(計 1 件)

- [1] H. Kajimoto: Haptic Interfaces that Induce Motion and Emotion. In Pervasive Haptics, Science, Design, and Application, Springer Japan, pp.265-274, 2016

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称: 動き誘発装置および動き誘発プログラム  
発明者: 今 悠気, 中村 拓人, 梶本 裕之  
権利者: 同上  
種類: 特願番号: 特願 2016-247988  
出願年月日: 2016 年 12 月 21 日  
国内外の別: 国内

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等  
<http://kaji-lab.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梶本 裕之 (KAJIMOTO, Hiroyuki)  
電気通信大学・大学院情報理工学研究所・教授  
研究者番号: 80361541