

腰ハンガー反射が歩行に与える影響

Effect of Waist-type Hanger Reflex on Walking.

今 悠気 (電通大) 中村 拓人 (電通大) 佐藤 未知 (電通大) 梶本 裕之 (電通大)

Yuki KON, The University of Electro-Communications, kon@kaji-lab.jp

Takuto NAKAMURA, The University of Electro-Communications, n.takuto@kaji-lab.jp

Michi Sato, The University of Electro-Communications, michi@kaji-lab.jp

Hiroyuki KAJIMOTO, The University of Electro-Communications, kajimoto@kaji-lab.jp

When a wire hanger is placed on the head, the head rotates involuntarily. This phenomenon is called the "Hanger Reflex", and it was also found at the waist and wrist. This paper focuses on the waist-type hanger reflex and its effect on walking. We found that the waist-type hanger reflex turn the direction of walking to the same direction as the rotation direction of hanger reflex, which can be applied to navigation interface.

Key Words: hanger reflex, haptic display, walking navigation

1. はじめに

スマートフォンの普及により地図アプリケーションと GPS を用いた目的地までのナビゲーションは現在広く普及している。しかし視覚的な教示はいわゆる「歩きスマホ」という安全性の問題を生じ、聴覚的な教示は屋外では雑音等の問題により使い難い。このため視覚や聴覚に依存しないナビゲーション手段が求められる。

こうしたナビゲーション手段の一つが触覚を用いたナビゲーションである。塚田らは多数の振動モーターを搭載したベルト型デバイスによって方位情報を提示した[1]。Amemiya [2]、Rekimoto [3]は把持した振動子の振動波形の工夫によって擬似力覚を生成し、歩行者のナビゲーションを実現している。以上のような研究は、ユーザに解釈しやすい情報を提供するという点では十分に直感的なインタフェースを実現しているといえる。

一方で我々は、解釈の必要すらない歩行ナビゲーションの可能性に着目した。ユーザが教示を意識せず、「自然に」歩くだけで目的地の場所に到達するというものである。装置を装着するのがユーザ自身である以上、ユーザが教示を完全に意識しないことは難しいと考えられるが、自然な歩行に無意識に影響を与えるように設計されたデバイスは、ナビゲーションに対してユーザが割く注意の量を限りなく削減できると考えられ、結果として安全性に繋がると考えられる。

「自然に歩いている状況の歩行に影響を与える」というコンセプトもすでに幾つか提案されている。Maeda ら [4]、Fitzpatrick ら [5]は前庭電気刺激によって人間のバランス感覚（前庭感覚）に介入することで歩行を制御することに成功している。Frey [6]は靴底の傾きを変えることで歩行を制御するコンセプト CabBoots を提案している。Furukawa ら [7]は視覚的な流れ場（ベクション）を利用すると姿勢が変化するという知見 [8]を用い、歩行時に流れ場を提示することで歩行者に右側通行を誘発させる手法を提案している。

本研究はこうした「自然に歩いている状況の歩行に影響を与える」コンセプトを、より簡便な触覚提示装置によって実現することを目的とする。擬似的な力覚を提示する手法の一つとしてハンガー反射がある [9]。ハンガー反射は錯覚現象を用いた力覚提示の手法の一つで、針金製ハンガーを頭に被ると不随意に頭部が回旋してしまう現象である。擬似的な力覚を生じる現象はこれまでに多く知られているが [2][3][10]、本錯覚現象は力覚を生じると同時に、大きな自発的運動（頭部回旋）を生じることが特徴である（なおこの運動をユーザは他動的であると感ずる）。この特徴から、ハンガー反射は「行

動に影響を与える」インタフェースとして好適であると考えられる。

佐藤らは頭部ハンガー反射発生時の圧力分布を計測し、側頭部前方あるいはその反対側後方への圧迫がハンガー反射の条件であることを確認している [11]。また皮膚の横ずれ（せん断変形）が擬似力覚の原因であり、その結果として運動を生じることを見出している [12]。この知見を元に中村らはハンガー反射に類似した現象が手首や腰でも起こることを確認した [13][14]。前腕部皮膚に対する皮膚剪断変形による行動のナビゲーションは近年数多く提案されている [15][16][17][18]。

本稿では、足と唯一繋がり身体を支え姿勢を保持するなど歩行において重要な要素である腰に対して擬似力覚を提示するハンガー反射を発生させることで、「自然に歩いている状況の歩行に影響を与える」というコンセプトの歩行ナビゲーションを実現する。先行研究で明らかとなったハンガー反射の発生条件に従った腰用ハンガーデバイスを開発し、腰ハンガー反射の歩行への影響を調査する。

2. 腰ハンガー反射

中村らは医療用プラスチックギプスを用いて腰を圧迫しハンガー反射を発生させた [13]。しかしこの手法ではデバイスのサイズ変更ができず装着者の腰回りの大きさに合わせた複数のデバイスを作成する必要がある。我々はハンガー反射の発生条件 [12][14]を満たしつつ、装着者の腰回りの大きさに合わせてサイズを変更できる腰ハンガー反射誘発デバイスを開発した。Fig 1、Fig 2 に腰ハンガー反射誘発デバイスとその構造を示す。

アルミプレートを U 字に湾曲させ両端をマジックテープで繋ぐことで装着者の腰回りの大きさに合わせて調整可能な構造とした。デバイスは腰回りを覆うように装着した後に回しずらし、ハンガー反射を発生させる。デバイスを回しずらした際のアルミプレートの弾性力とマジックテープの締め付けによってハンガー反射発生に必要な圧迫とその結果としての皮膚剪断変形を発生させる。また内側にウレタンを貼ることで局所的な圧迫を軽減している。

腰ハンガー誘発デバイスの装着方法は、デバイスを身体の一部の側面から装着した場合に 3 種類存在する (Fig 3)。今後右回旋、非回旋、左回旋と呼ぶ。



Fig 1 Hanger reflex device for waist

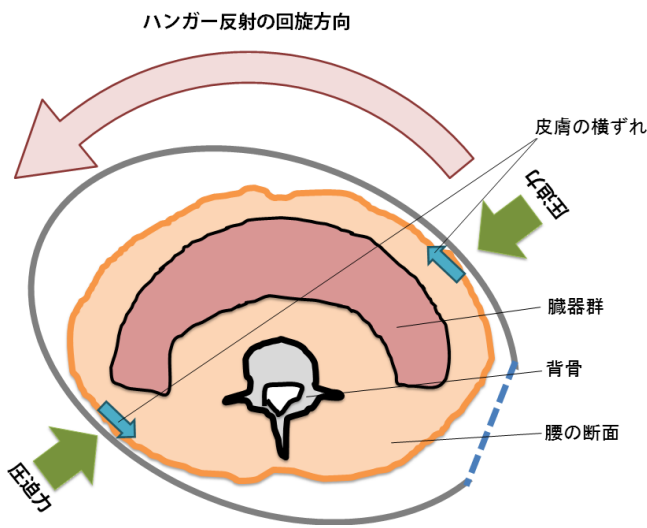


Fig 2 Structure of aluminum board for rotating waist

生時に歩行がどのように変化するかを調べるため、一定の距離の歩行を行わせた後の位置ずれを計測した。

被験者は視覚情報を遮断するアイマスク、音響定位を防ぐためのカナル型ヘッドセット、腰ハンガーデバイスを装着した(Fig 4)。被験者は腰ハンガー装置を装着後、ゴール地点を目視で確認し、その後アイマスクをしてゴール地点に向かって歩行した。ゴールラインに達した際の位置が記録された。腰ハンガーデバイスを左回旋、右回旋、無回旋の3条件で装着した時の歩行を各1回、合計3回行った。被験者ごとに装着条件の順番はランダムにした。

被験者は実験前に腰ハンガー反射誘発デバイスを装着してもらい、口頭でハンガー反射発生の有無を確認した。

腰ハンガーデバイスを回転させ装着させた際に身体が歩行開始前から曲がってしまうことを避けるため、歩行開始前に目視で正面を確認させた。また歩行時は100bpmのメトロノーム音をヘッドセットから流し、可能な限りそのリズムで歩行するよう指示し、歩行が曲がっていることを自覚した際は修正しようとせず歩き続けるように指示した。

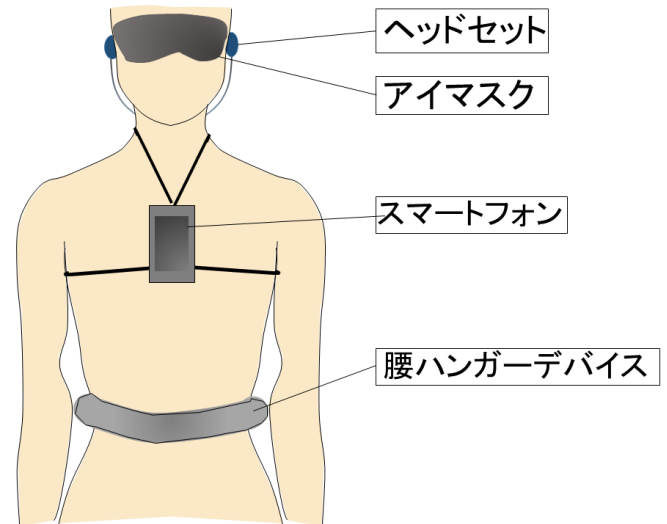


Fig 4 System for the measurement of the degree at the bust

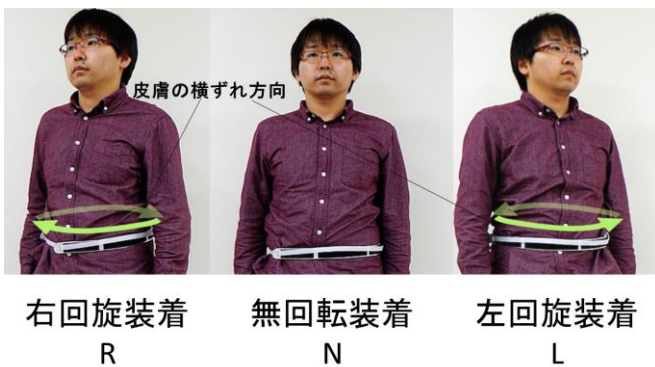


Fig 3 Pattern of wearing a Hanger Reflex device

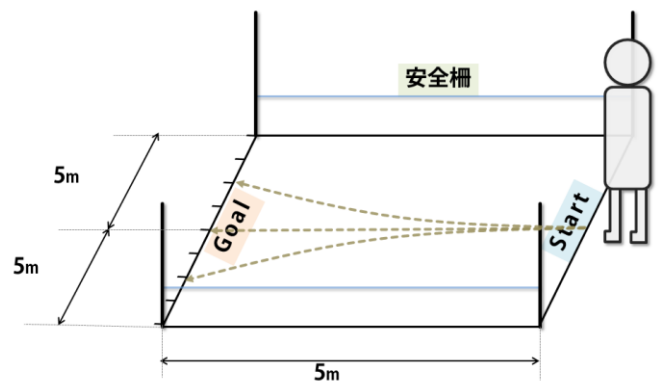


Fig 5 Walking experimental overview

3. 実験

A) 実験概要

腰ハンガー反射を歩行時のナビゲーションへ応用するために、腰ハンガー反射の歩行への影響を調べる実験を行った。被験者は5名(男性、21歳—23歳)である。腰ハンガー反射発

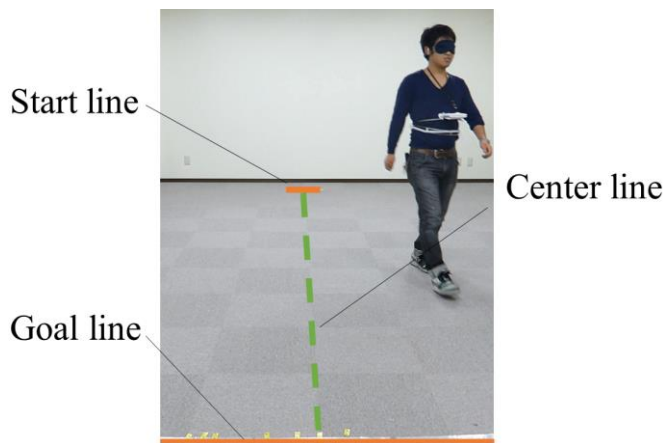


Fig 6 Overview of an experiment

B) 実験結果・考察

実験結果を Fig 7 に示す。グラフの縦軸は腰ハンガー反射の歩行への影響を表しており、負の値は左方向、正の値は右方向へのずれ量を表している。横軸は腰ハンガー反射誘発デバイスの装着条件であり、R が右回旋、N が非回旋、L が左回旋時である。



Fig 7 Result of the walking experiment

Fig 7 より非回旋時には歩行のずれはほぼ無く、右回旋の装着時には右方向に歩行が曲がっていることが確認できる。また左回旋装着時には左方向に歩行が曲がっていることが確認できるが、明らかに逆方向に曲がってしまった結果が一名の被験者で存在した。この被験者はどのパターンの装着方法でも歩行への影響がほぼ見られなかった。実験前に腰ハンガー反射発生の有無を確認した際には回旋力を感じていたため、回旋力が生じていても歩行に影響が出ない人も存在する可能性が示唆された。

今回の実験では全体的に結果が左方向に偏る結果であった。

この原因はいくつか考えられる。今回、デバイスを装着する方向は5名全員が左からであった。また実験は同一方向に複数回歩行したため、視覚聴覚を遮断したとはいえ部屋の音響的な条件や窓からの光による影響の可能性も考えられる。さらに直立静止時に踏み出す足を利き足と定義すると、今回は3名が右足、1名が左足を利き足としており1名は利き足が不定であったため、このことが結果に影響した可能性もある。なお利き足が左足の被験者は他の被験者と異なる傾向を示した前述の被験者であった。

4. おわりに

本稿では、腰ハンガー反射が歩行に及ぼす影響を調査するためにサイズ変更可能な腰ハンガー反射誘発デバイスを制作した。実験の結果、腰ハンガー反射による腰の回旋方向と同一の方向に歩行が曲がることを確認された。

今後は装着向きによる歩行への影響や部屋の音響的光学的偏りを考慮することで腰ハンガー反射の歩行への影響をより詳細に調べていく。

将来的には圧迫位置と圧迫力を制御可能なデバイスを作成し、装着者が目を瞑ったまま歩くだけで目的地に到達できるようなナビゲーション体験を提供することを目標とする。

文 献

- [1] 塚田, 安村: Active Belt: 触覚情報を用いたベルト型ナビゲーション機構, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, pp2649-2658(2003)
- [2] Amemiya, T., Maeda, T.: Asymmetric Oscillation Distorts the Perceived Heaviness of Handheld Objects, IEEE Transactions on Haptics, 1(1): 9-18, 2008.
- [3] Rekimoto, J.: Traxion: a tactile interaction device with virtual force sensation. Symposium on User Interface Software and Technology, 2013
- [4] Maeda, T., Ando, H., Amemiya, T., Inami, M., Nagaya, N., Sugimoto, M.: Shaking The World: Galvanic Vestibular Stimulation As A Novel Sensation Interface, ACM SIGGRAPH Emerging Technologies, 2005.
- [5] Fitzpatrick, R.C., Wardman, D.L., Taylor, J.L.(1999): Effects of galvanic vestibular stimulation during human walking. J. Physiol., 517(3): 931-939.
- [6] Martin, F.: CabBoots, 2005 Ars Electronica <http://www.freymartin.de/en/projects/cabboots>
- [7] Furukawa, M., Yoshikawa, H., Hachisu, T., Fukushima, S., Kajimoto, H.: "Vection field" for pedestrian traffic control", Augmented Human 2011.
- [8] Bronstein, A. M., Buckwell, D.: Automatic control of postural sway by visual motion parallax, Experimental Brain Research, 113(2): 243-248, 1997.
- [9] Matsue, R., Sato, M., Hashimoto, Y., Kajimoto, H.: Hanger reflex - a reflex motion of a head by temporal pressure for wearable interface, SICE Annual Conference 2008
- [10] Minamizawa, K., Kajimoto, H., Kawakami, N., Tachi, S.: A wearable haptic display to present the gravity sensation-preliminary observations and device design, EuroHaptics, pp. 133-138, 2007.
- [11] Sato, M., Matsue, R., Hashimoto, Y., Kajimoto, H.: Development of a Head Rotation Interface by Using Hanger Reflex, IEEE RO-MAN2009, pp.534-538.
- [12] 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覚と運動誘発, 第5回レイトレグジスタンス研究会, 2014
- [13] Nakamura, T., Nishimura, T., Sato, M., Kajimoto, H.: Application of Hanger Reflex to wrist and waist. IEEE VR 2014, March 31-April 2, 2014, Minneapolis, United States.
- [14] 中村, 西村, 佐藤, 梶本: 手首でのハンガー反射発生時の手首圧力分布の計測, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014
- [15] Shull, P., Bark, K., and Cutosky, M. 2010. Skin nonlinearities and their effect on user perception for rotational skin stretch. In Proceedings of the 2010 IEEE Haptics Symposium, 77-82.
- [16] Yem, V., Kuzuoka, H., Yamashita, N., Ohta, S., Takeuchi, Y.: Hand-Skill Learning using Outer-Covering Haptic Display, Proceedings of EuroHaptics'14, in Lecture Notes in Computer Science, pp. 201-207.

- [17] Kuniyasu, Y., Sato, M., Fukushima, S., Kajimoto, H.: Transmission of Forearm Motion by Tangential Deformation of the Skin, Proceedings of the 3rd Augmented Human International Conference, 2012.
- [18] 中村, 西村, 佐藤, 梶本:ハンガー反射を用いた前腕への回旋力提示デバイス, 第19回日本バーチャルリアリティ学会大会