

ハンガー反射を利用した頭部回旋装置の研究

佐藤 未知^{*1} 松江 里佳^{*1} 刀裨 太輔^{*1} 橋本 悠希^{*1} 梶本 裕之^{*1}

A Study of Head-Rotating Interface for Using Hanger Reflex

Michi Sato^{*1} Rika Matsue^{*1} Yuki Hashimoto^{*1} and Hiroyuki Kajimoto^{*1}

Abstract — When a head is equipped with a hanger made of wire sideways, and its temporal region is sandwiched by the hanger, the head rotates unexpectedly. We named the phenomenon “Hanger Reflex”, and we have studied this phenomenon to understand its mechanism and to show the possibility of utilizing the phenomenon as a human interface. This paper shows the development of the interface that can induce head rotation by using the Hanger Reflex, without giving pain to the user.

Keywords : Intuitive Interface, Navigation, Hanger Reflex, Haptic Interface

1. はじめに

現在、各分野において様々な新しいインタフェースが提案、開発されている。その中でも、人間の無意識の感覚に訴え、受け手に意識させることなく情報を提示するという形態をとるインタフェースの研究[1][2][3][4]は、コミュニケーションに介在する境界（インタフェース）の存在感を希薄にさせ、これまでになかった自分と外環境との関係を生み出す可能性を秘めている。たとえば杉本ら[1]の前庭感覚を電気刺激して人間の平衡感覚を操るインタフェースでは、体験者は実際に入力として与えられている頭部への電流を意識することなく平衡感覚のみに影響を受け、あたかも自身の眩暈によって身体の傾き、移動を起こしたかのように感じる。このようなインタフェースは人間を導くコンダクターとしてみることもでき、平衡感覚制御によって地図を見ることなく歩行方向が導かれる人間と誘導するコンピュータという新しい Man-Machine インタフェースを生み出した。

前庭感覚への刺激による平衡感覚の動揺と似た現象として、針金製ハンガーを頭に被ることによって頭部が回旋するという現象がある（図 1）。我々はこれを「ハンガー反射」と名付け、この現象が起こる原理の解明、および現象の工学的再現により頭部の回旋を制御するインタフェースの開発を目的として研究を重ねてきた[5]。

ハンガー反射は未だその原理が完全には解明されていないが、体験者への入力は一様な頭部への圧迫であり、また単に頭部の回旋のみに影響を与

えるという形態をとる。これは前庭感覚インタフェースに対し、一般に頭部に電流を流すということへの不安、および平衡感覚の動揺による危険性の両方が存在しないという点で優位であると考えられる。

一方で、実際にハンガーを被ると、その圧迫力の強さから頭部に痛みを伴うことが問題としてあげられる。本稿では、実際にハンガー反射を再現する装置を製作し、痛みを感じることなく頭部を回旋させることを試みる。



図 1 ハンガー反射

2. これまでの知見

本章では、これまでのハンガー反射の研究によって得られた知見をまとめ、本稿において製作する装置に要求される条件について検討する。

2.1 ハンガー反射

ハンガーを頭部に被った状態では、ハンガーは頭部に対して3点で接触し、支えられる。この際、ハンガーのフックを左右どちらに向けて被って

^{*1}: 電気通信大学, {michi, r_matsue, hashimoto, kajimoto} @kaji-lab.jp
^{*1}: The University of Electro-Communications

も、ハンガーの位置調節によって、やはり左右どちらにも頭は回旋する。ハンガー反射が起こっている時の、ハンガーの頭部に対する圧力分布を測定すると、頭部回旋方向の側頭部前方には共通の圧力ピークが見られる（図 2）。また、ハンガーの形を変えて頭部 2 点で支えるようにしてもハンガー反射は起こり（図 3: これを 2 点ハンガーと名付ける）、これらのことから、ハンガー反射には側頭部前方への刺激が重要であると推察される。

また、2 点ハンガーではその形状の性質上、頭部に与える力が 3 点ハンガーに比べて弱く、体験者の多くが 2 点ハンガーを頭に装着することによる痛みを生じないという回答が得られている。しかし 2 点ハンガーは頭部に対する安定感に欠け、装着の際に頭部から滑ってずれてしまうということが多くみられた。

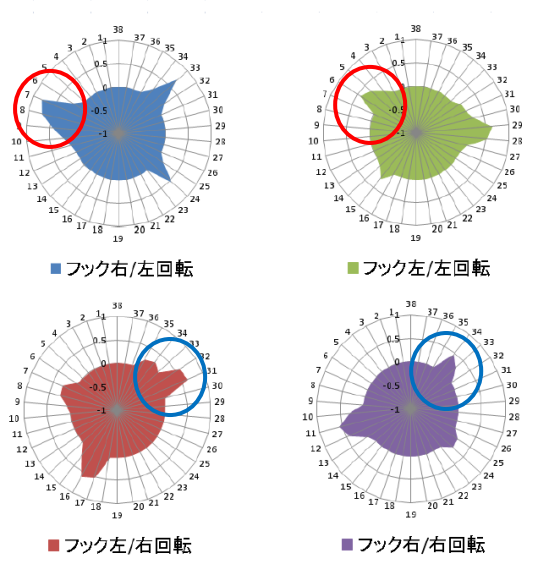


図 2 通常のハンガー装着による頭部回旋方向と圧力ピーク

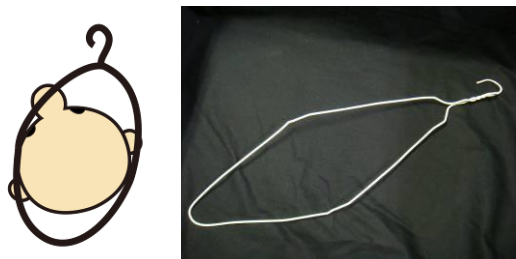


図 3 2 点ハンガー

2.2 上記の知見により製作された装置

我々は、側頭部前方 1 点のみへの圧迫でハンガー反射は起きるのではないかと予測の下、頭部の 1 点を圧迫する装置を製作した（図 4）。しかし、この装置を用いた頭部回旋には個人差が大きく表われ、また頭部が回旋した場合も強い痛みを伴った。これまでの知見からハンガー反射には大きな個人差はなく、前述の 2 点ハンガーにおいてはほとんど痛みを伴わないため、この装置はハンガー反射を正しく再現していないと言える。

この装置が所望の結果を出せなかった原因として、通常のハンガー様な線の圧迫ではなく点の圧迫であったこと、また側頭部前方以外のヘッドバンドの部分ほとんど頭部に接触・圧迫してしまっていたことなどが可能性として考えられる。



図 4 1 点刺激頭部回旋装置

2.3 装置に求められる条件

以上より、本稿において求められる頭部回旋装置の条件は、まず 2 点ハンガーのように体験者に痛みを与えず、かつ装置がしっかりと頭部に固定されることである。これは頭部にかかる力を制御するための力センサを使用することと、2 点ハンガーではなく本来の形のハンガーと同じように 3 点で装置を頭部に固定することで満たされる。また、1 点刺激装置から得られた、失敗要因となる可能性もここで排除しておく必要がある。よって装置の頭部に直接接触する部分については線状とし、かつ頭部を固定する 3 点以外の余計な箇所が頭部に触れないようにする。

3. 頭部回旋装置

ここまでの検討をもとに、ハンガー反射を再現する装置を制作した。装置の外観を図 5 に示す。天井から糸で吊るされた装置本体について、回転に対して拘束を受けないように配慮し、体験者の頭部回旋方向に対して外力が加わらないようにした。

頭部を圧迫する直動アクチュエータとしてツカサ電工社製リニア・アクチュエーター 47A-LA-100T を使用し、アクチュエータと頭部刺激子の間にはニッタ社製フィルム状力センサ FlexiForceA201-1 を取り付けた (図 6)。アクチュエータと力センサのユニットは全部で 4 つあり、前頭部と後頭部に左右 2 つずつ配置した。アクチュエータおよび力センサはルネサステクノロジ社製マイコン H8-3048F に接続され、マイコンは図 7 のブロック図に示すように、センサによって測定された力に応じてモータの正転/逆転/静止を切り替え、頭部に一定の力が加わるようにした。

頭部に直接接触する部分は 100mm×6mm にカットした 2mm 厚のベーク板を使用し、表面にゴムチューブを取り付けることで摩擦力を大きくした。刺激子にハンガーと同じ材質の針金ではなくベーク板を用いた理由としては、針金では 100mm という長さにカットした際に剛性が高すぎ、結果的に点の刺激になってしまうことがあげられる。また細い針金では皮膚への圧力が大きくなりすぎ、より強い痛み、あるいは怪我の恐れがある。これらの理由から、柔らかさと原型復帰力について適当であると思われるベーク板を刺激子として採用した。

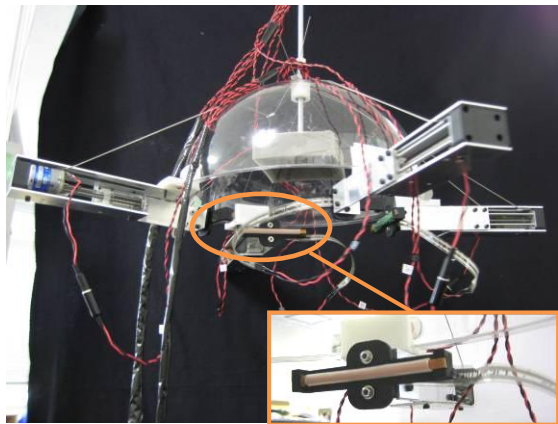


図 5 装置概観

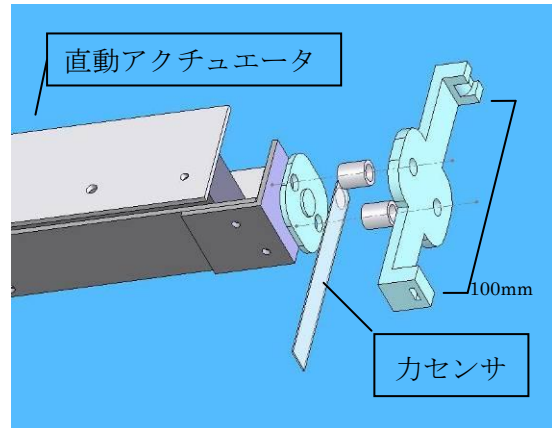


図 6 アクチュエータ部分

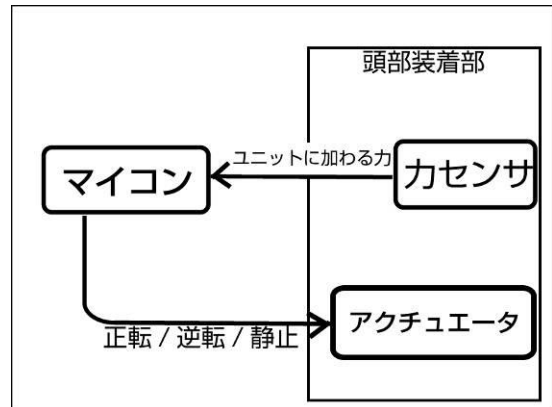


図 7 システムブロック図

4. 頭部回旋圧力計測実験

今回製作した装置では頭部への圧迫力を制御することにより、頭部回旋に最低限必要な力を調べた。

実験は被験者成人男性 1 名について行った。被験者には首の力を抜いてもらい、目を閉じた状態で実験を行った。はじめに 4 ユニットすべてから均等に圧力を加え、頭部に力を加え、前頭部左右どちらか 1 点を引くことで、側頭部前方の特異点を含めた 3 点に力が加わるようにした (図 8)。提示する力の範囲は 3N から 9N で、1N ずつ加わる力を大きくしていき、それぞれの場合について 5 回ずつ、頭の回旋する方向を調べ、その際に痛みがあったかどうかを回答させた。

結果は表 1 のようになった。

表 1 頭部にかけた力の左右とその方向
に頭の回った回数 (全 5 回中)

	3N		4N		5N	
	右	左	右	左	右	左
かけた力の 左右						
力の方向に 回った回数	1	0	4	3	4	5
痛み	無		無		無	

6N		7N		8N		9N	
右	左	右	左	右	左	右	左
5	5	4	5	5	5	5	5
無		有		有		有	



図 8 実験の様子

結果より、今回の条件下では 4N 以上の力により頭部は回旋し、かつ 4N~6N の範囲では痛みを伴わずに頭部が回旋することを確認した。

5. おわりに

本稿では、これまでのハンガー反射の研究から、その工学的再現について痛みを伴わずに達成する方法を検討し、実現させた。

しかしながら、今回の実験によって得られた結果は一つの接触子に加わった力であり、単位面積

当たりの力を測定した実際のハンガーの圧力分布との比較が不可能である。よって今後は接触子にかかる力ではなく圧力としての測定が求められる。

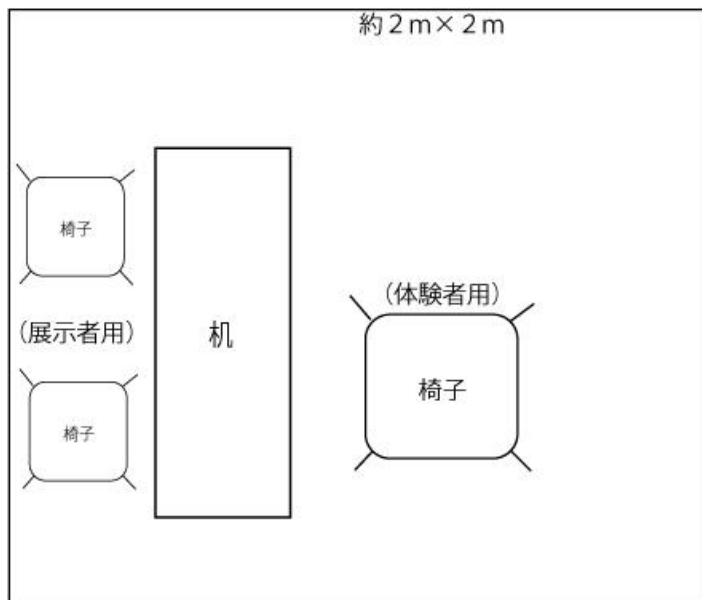
また、現時点では頭部が回旋したか、していないかの 2 択のみの評価にとどめているが、実際にはより強く頭が回る、少しだが回るといった回答も多く得られている。

今後は頭部の回旋具合の定量化、前述の圧力分布測定方法の検討、加えてより多くの被験者についても実験を重ね、現在「側頭部前方」としか表現できないハンガー反射の「ツボ」について、より具体的な部位の特定を行っていく。

参考文献

- [1] 杉本, 渡邊, 安藤, 前田: 前庭感覚刺激による歩行方向の誘導 -パラサイトヒューマンの研究第 17 報-, 日本バーチャルリアリティ学会 第 8 回大会論文集, pp.339-342, 2003.
- [2] 松尾, 岡野, 橋本, 梶本: 音響的な影の呈示による気配感覚の増強, 日本バーチャルリアリティ学会 第 12 回大会, 2007.
- [3] Martin Frey: CabBoots - Shoes with integrated Guidance System, Tangible and Embedded Interaction, 245-246, 2007.
- [4] 雨宮, 安藤, 前田, "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集, Vol. 11, No. 1, pp. 47-58, 2006.
- [5] 松江, 佐藤, 橋本, 梶本: 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, 2007.

<フロアプラン>



装置は2 m以上の位置から吊り下げる方式をとる。

可能ならば天井から吊り下げるためのフックなどを設置または用意していただければ非常に助かる。

装置は1.5 kg

体験者はイスに座った状態で、その場につり下げられたハンガーマシンに椅子の高さを合わせつつ装着。頭の向きをマイコンで操作される。

