腰背部へのせん断力提示による歩行誘導に関する一検討

原田 玲央 *　　橋本 直 *

概要. 目的地へのナビゲーション手法として，スマートフォンの地図アプリケーションが一般に普及している．しかし，視覚的な教示は「歩きスマホ」を招く要因となり，安全面で問題が生じる．また，音声ガイダンスや振動による教示では，ユーザが提示された情報の意味を解釈する必要がある．このような課題を解決するには，ユーザを無意識的に誘導し，提示された情報の解釈を極限まで減らすことが理想である．本研究では，リュックサックに内蔵された機械装置によってユーザの歩行誘導を行う手法を提案する．リュックサックと腰背部の間にせん断力を与えることによって腰部の回転を相対的に感じさせ，無意識的に歩行方向を誘導する．腰背部へせん断力を提示するデバイスを実装し，歩行誘導への適用可能性について検証した．

1　はじめに

人を目的地に案内する手段として，スマートフォンによる地図アプリケーションが普及している．視覚的なナビゲーションは「歩きスマホ」を招く要因となり安全性に問題がある．一方，歩きスマホにならない方法として音声ガイダンスを用いる聴覚提示型のナビゲーションや振動によって方向を伝達する触覚提示型のナビゲーションが提案されているが，ユーザが聴覚情報や触覚情報の意味を解釈する必要がある．こうした課題を解決するには，ユーザを無意識的に誘導し，提示された情報の解釈を極限まで減らすことが理想である．

本研究では，リュックサックに内蔵された機械装置によってユーザの歩行誘導を行う手法を提案する（図 1）．腰背部とリュックサックの間に生じる力の相対的な関係に着目し，リュックサックと腰背部の間にズレを発生させることで，腰部が相対的に回転する感覚を誘発する．腰部の回転を感じさせることにより，ユーザは提示された情報の意味を解釈する必要がなく，無意識的に腰部の回転を感じた方向へ誘導される．リュックサックは日常的な外出において使用される道具であるため，リュックサックにナビゲーション機能を付与することは実用性の点でも理にかなっている．我々は，リュックサックから腰背部に対してせん断力を与えるデバイスを実装し，歩行誘導への適用可能性について検証した．

2　関連研究

触覚刺激によってユーザの認知負荷を減らし，無意識的な歩行誘導を実現しようとする手法については多くの研究がなされている．Pfeiffer らは，大腿部に電気刺激を与えることで無意識的な歩行誘導を実現している [1]．また Frey らは靴底を傾斜させ重心移動を誘発することで歩行方向を制御している [2]．人体に直接電気刺激を与える方法は安全性の点でリスクがあり，靴底を変化させる方法は転倒を誘発する危険性がある．一方，我々の手法は腰背部へのせん断力提示であるため，身体に与えるリスクはないと考える．また，錯覚を利用したアプローチの研究もある．Amemiya らは非対称の振動を発生させるハンドヘルドデバイスを用いて擬似的な牽引力を提示する手法を示している [3]．この手法ではデバイスを把持する必要があるが，我々の手法はリュックサック型デバイスであるため，両手を自由にできる．また Kon らは，腰部の前後を圧迫することで回転運動を誘発するハンガー反射の現象を利用した手法を示している [4]．この手法はベルト型デバイスによって腰部の前後に刺激提示を行なっているが，我々の手法はリュックサック型デバイスによって腰背部のみに刺激を与えている．

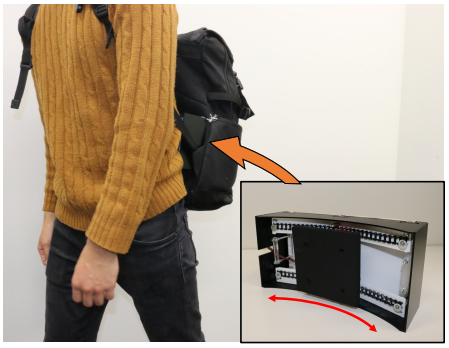

図 1. 提案システム

3　提案手法

3.1　仮説

リュックサックを背負っている時に肩部の位置を変えずに腰部のみを回転させると，リュックサック

Copyright is held by the author(s).

* 明治大学大学院先端数理科学研究科

が横方向にずれ，腰背部に対してせん断力が発生する．ズレが発生するのは，リュックサックの支点が肩部にあるためである．我々は図 2 に示すように，リュックサックと腰背部の間で相対的なズレを人工的に発生させることで，相対的に身体が回転した気になり，結果として腰部の回転運動を誘発することができるのではないかと考えた．

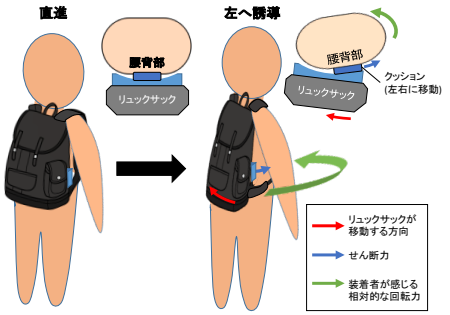

図 2．リュックサックと腰背部のズレによる回転力提示

3.2　デバイス設計

仮説検証のためにリュックサックと腰背部の間にせん断力を発生させるデバイスを作成した．デバイスの機構を図 3 に示す．本デバイスは，駆動部と従動部で構成される．駆動部はモータの駆動を利用して従動部に敷かれたレール上を水平方向に移動する．従動部はリュックサックに固定され，リュックサックの重量を利用して駆動部を腰背部に密着させる役割を果たす．腰背部に密着した駆動部を水平方向に移動させることで，腰背部にせん断力を発生させ，腰部の回転運動を誘発する．今回，腰部の回転を誘発しやすくするために，従動部のレールはカーブを描く設計としている．適切な曲率は今後詳しく検証していく．

デバイスの実装には，マイコンボード，バッテリー，ギヤードモータ (トルク 4522gf・cm)，モータドライバを使用した．今回は，ジョイスティックコントローラを用いて第三者がせん断力の提示方向を制御できるようにしている．

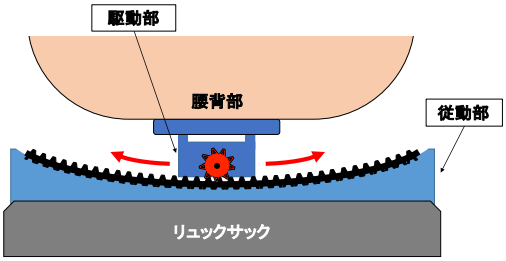

図 3．デバイスの構造

4　検証

研究室所属の大学生 14 名に作成したデバイスを体験してもらった．被験者は，以下に説明する静止条件と歩行条件の 2 条件を順番に体験した．

静止条件では，立ったままの被験者に対し，実験者がデバイスを操作して左方向または右方向のせん断力提示を行なった．体験中に「身体の向きが変えられる感じがするか? それはどちらの方向か? 」と質問した結果，14 名中 12 名が実験者による提示方向と一致する回答をし，残り 2 名は「何も感じない」と答えた．

歩行条件では，実験者が被験者に対し，「誘導されていると感じる方向へ歩いてください」と指示し，左または右のいずれか一方向に誘導するようにせん断力を提示した．その結果，静止条件で効果があった同じ 12 名の被験者が，実験者が提示した方向へと誘導された．14 名中 2 名の被験者に効果がなかった原因は，デバイスが腰背部に密着せず，身体に与えるせん断力が不十分であったことによるものと考えている．なお，効果があった被験者の衣服は薄手の T シャツから厚手のパーカーまでさまざまであり，衣服の違いによる影響は見られなかった．

5　まとめ

リュックサックと腰背部の間に生じるズレによって，相対的に身体が回転する感覚を誘発させる手法を提案した．機械的にズレを発生させるデバイスを作成して検証を行なった結果，提案手法が腰部の回転運動を誘発することが示唆された．今後はデバイスを改良して誘導の効果を高め，実環境での歩行誘導について検証していく予定である．

参考文献

[1] M. Pfeiffer et al. Cruise Control for Pedestrians: Controlling Walking Direction using Electrical Muscle Stimulation. ACM CHI2015, pp. 2505-2514, 2015.

[2] M. Frey. CabBoots: Shoes with Integrated Guidance System. ACM TEI2007, pp. 245-246, 2007.

[3] T. Amemiya, and H. Gomi. Buru-Navi3: Behavioral Navigations Using Illusory Pulled Sensation Created by Thumb-sized Vibrator. ACM SIGGRAPH2014 Emerging Technologies, Article 4, 2014.

[4] Y. Kon et al. HangerON: A Belt-Type Human Walking Controller Using the Hanger Reflex Haptic Illusion. ACM SIGGRAPH 2017 Emerging Technologies, Article 10, 2017.