



空気噴出を用いた白杖型力覚提示装置による誘導検証

Verification of Guidance by a White Cane Type Force Feedback Device using Air Jets

大島熙恭¹⁾, 澤橋龍之介²⁾, 奥井学³⁾, 西濱里英⁴⁾, 中村太郎⁵⁾

Hirochika OSHIMA, Ryunosuke SAWAHASHI, Manabu OKUI, Rie NISHIHAMA, Taro NAKAMURA

- 1) 中央大学 理工学研究科 精密工学専攻 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-37-27, a17.86tt@g.chuo-u.ac.jp)
- 2) 中央大学 理工学研究科 精密工学専攻 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-37-27, r_sawahashi@bio.mech.chuo-u.ac.jp)
- 3) 中央大学 理工学部 精密機械工学科 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-37-27, m-okui@mech.chuo-u.ac.jp)
- 4) 中央大学 理工学部 研究開発機構 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-37-27, r_nishihama@bio.mech.chuo-u.ac.jp)
- 5) 中央大学 理工学部 精密機械工学科 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-37-27, nakamura@mech.chuo-u.ac.jp)

概要: 視覚障害者の行動範囲を拡大する技術が求められている。本研究では、空気噴出を用いた白杖型力覚提示装置による誘導を提案する。装置は 4 方向への空気噴出ノズルを備えており、ノズルからの空気噴出により力覚を提示できる。本発表では提案装置による誘導の実現可能性を検証するために、視界を遮断した被験者の誘導実験を実施し、その結果を報告する。

キーワード: 力覚, 誘導, 視覚障害者

1. 緒言

中程度から失明の視覚障害を持つ人は世界中で 2 億 5000 万人程いると言われており、今後高齢化が進むにつれこの数はさらに増加すると想定されている[1, 2]。視覚障害者の安全な経路誘導のため、現在は、音声案内、点字ブロック、盲導犬、白杖などが用いられる。音声案内や点字ブロックは特定の場所への誘導が可能だが、設置個所と提供できる情報量が制限される。また、個人を対象とした支援は行えない。盲導犬や白杖は個人での使用を対象とするため、場所を選ばずに使用できる。しかし、盲導犬は育成や訓練への経済的負担が大きい[3]。また白杖は半径 1m 程度の範囲内の情報しか得られず、歩行支援や誘導に十分とはいえない[4]。加えて、盲導犬と白杖は、特定の場所への誘導が困難であるという課題も存在する。以上の問題点から、視覚障害者個人が利用場所を制限せずに使用可能な経路誘導を行える装置が求められている。

視覚障害者の経路誘導に関する研究開発はこれまでも行われている。例えば、振動による周囲の状況や進行方向の提示[5]、小型牽引車による誘導[6]、音響信号装置[7]などがある。振動型は強弱の調整により提示情報の変化が可能だが、認知負荷が大きい。また、進行方向を提示するためには、装置を複数個所に設置する必要があり、装置が複雑化する。牽引車は大型のセンサや装置を搭載可能だが、段差や階段の昇降が困難である。音声案内は、聴覚からの周辺情報の取得を阻害する可能性がある。

これらの問題点に対して白杖型装置に着目した。白杖型

装置は白杖にセンサやアクチュエータを搭載して機能を拡張した装置である[8, 9]。白杖を用いることで、聴覚を利用することなく、個々の利用者に対して誘導が可能であると期待される。白杖の先端にモータで駆動されるタイヤを備え進行方向を提示できる白杖装置では、通常の白杖と比較して短い時間で経路誘導できることが報告されている。しかし、モータを用いていることから重量増加が避けられず、提示可能な方向が左右に限定される。また、力覚の提示には常に地面との安定した接触が必要であり、不整地や段差のある場所では利用できない。

そこで本研究では空気噴出による力覚提示(以下: 空気力覚)に着目した。空気力覚とはノズルから圧縮空気を噴出する際に発生する反力を力覚として使用者に提示する手法である。力覚は視覚や聴覚と異なり、向きと大きさを持つベクトル量であるため、複数の方向に誘導が可能だと考えた。本研究で開発した白杖型力覚提示装置を Fig.1 に示す。本装置は白杖に取り付けたノズルから圧縮空気を噴出する際に白杖に発生するモーメントを力覚として提示する。ノズルを 4 方向に備えており、空気噴出するノズルを変えることで、提示力覚の方向を変化できる。本装置は地面と非接触でも使用可能なため、地面の状況に依存しないと期待できる。また、白杖自体には動力源を持たないため、モータと比較して白杖部分の軽量化が可能である。本論文では装置開発の初期検討として、空気噴出による方向提示の有効性の検証とデモンストレーションを行った。

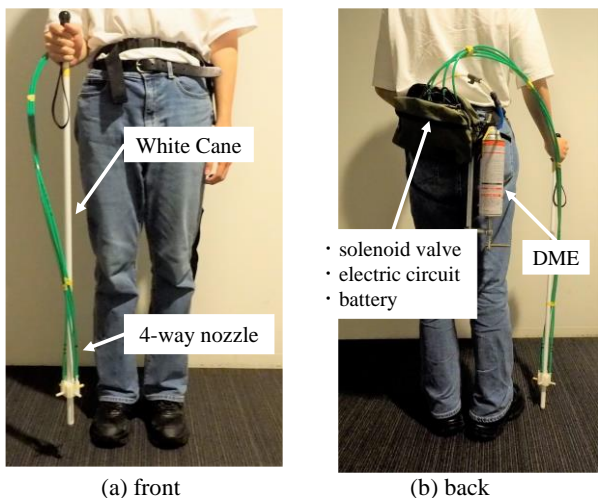


Fig.1 White Cane Type Force Feedback Device using Air Jets



Fig.2 4-way nozzle

2. 空気噴出による誘導のコンセプト

白杖型各提示装置は空気噴出により発生する反力を、モーメントとして使用者に伝達する。発生するモーメントは、空気を噴出する方向によって向きが変わるため、方向提示が可能だと考えた。これまでに先行研究では空気噴出を用いて仮想弾性体の提示[10]や、手先姿勢誘導[11]、卓球のラケットの姿勢誘導[12]に成功している。

システムは携帯可能な構成とする。空気圧源は DME 充填缶を想定する。DME は常温で 0.53 MPa 程度の蒸気圧を有しており、空気圧源として利用できる[13]。また、軽量の容器に液体状態で保存が可能であり、エアダスタなどに用いられている。空気圧源に加えて、電磁弁、電気回路、バッテリーも携帯可能であり、利用者の移動を制限しない。

3. 試作機

製作した装置を Fig.1 に、試作した 4 方向ノズルを Fig.2 に示す。電磁弁の開閉を通して空気圧源より供給された圧縮空気がノズルから噴出される。ノズルは先行研究[12]で設計したものと同形状とした。Fig.3 に圧縮空気の圧力と発生する力の関係のグラフを示す。白杖部分の重量は 0.17kg である。

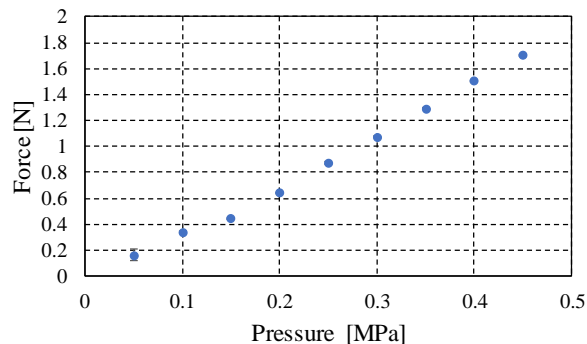


Fig.3 Relationship between pressure and force[12]

4. 方向提示実験

4.1 実験目的

本装置を用いて方向の提示が可能か検証されていない。そこで本実験では、20 代の被験者 5 名を対象に本装置を使用して方向を正確に認知できるか検証した。

4.2 実験概要

実験環境を Fig. 4 に示す。コンプレッサから 0.3MPa の圧縮空気が供給され、電磁弁の開閉は arduino によって制御される。すなわち、Fig. 3 よりノズルには 1N 程度の力が生じる。被験者はヘッドフォンとアイマスクを着用して視覚と聴覚を遮断した状態で、白杖型装置を持つ。なお、実験前に目隠しとヘッドフォンを装着し、慣れる時間を設けた。実験者はパソコンから白杖に提示する方向を順番に入力し、被験者は感じた方向を答え、正答率を算出した。方向は 4 種類で、入力する順番は Excel でランダムに作成した。

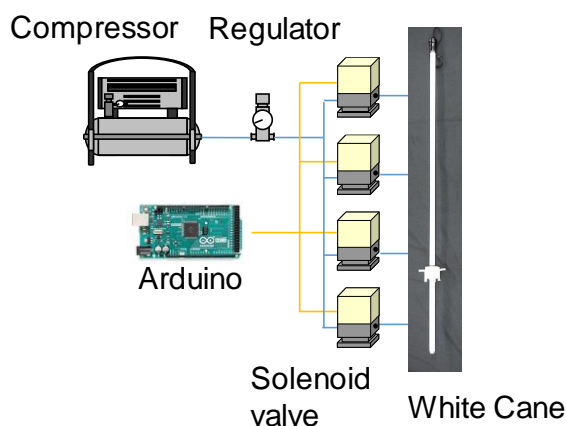


Fig.4 environment of experiment

Table 1 Correct answer rate of direction presentation experiment

Subject No.	1	2	3	4	5
Correct answer rate [%]	100	100	100	100	100

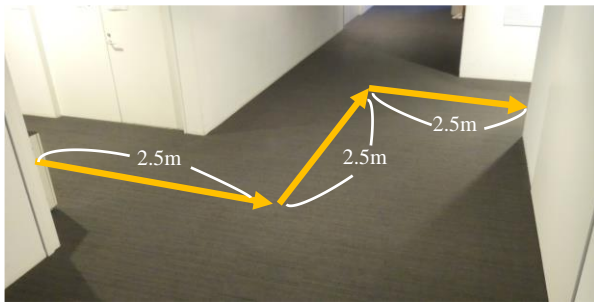


Fig.5 Walking route in the demonstration



(a) start

(b) goal

Fig.6 Demonstration

4.3 実験結果

5人の被験者の正答率を Table.1 に示す。表から、すべての被験者において正答率は 100% だった。よって、空気力覚による方向提示は認知可能だと確認した。

持ち手からノズルまでは約 0.7 m 程度離れていて、ノズルからは 1N 程度発生するため、0.7Nm 程度のトルクで認知が可能だと考える。

5. デモンストレーション

5.1 概要

装置の実用化には、進行方向を提示して視覚障害者を誘導する必要がある。そこで、本装置を用いて誘導実験を行った。Fig.6 に実験の様子を示す。試作機の駆動環境は方向提示実験と同様であるが、空気圧源はコンプレッサではなく DME を利用した。試作機は実験者の PC から送られる信号により、4 方向に力覚を提示できる。

実験に用いたルートを Fig.5 に示す。実験では、被験者の後方で実験者が被験者の位置や姿勢を目視で確認しながら、力覚提示方向を入力して誘導を行った。

5.2 結果と考察

ルートをおよそ 60 秒で歩行できた。しかし力覚を左右方向に提示し、進行方向を変更する際、目隠しをした被験者は実験者の想定よりも大きく回転してしまった。そのため、反対方向に力各提示し軌道修正を行う必要があった。左右方向に力覚を提示された際、回転角度は個人差があると考えられる。

6. 結言

本論文では空気噴出を用いた白杖型力覚提示装置を提案し、試作機を開発した。また試作機を用いて経路誘導が可能であることを示した。

今後は方向提示方法、方向提示に対する被験者の移動量の検証を行う。また、屋外での誘導実験や障害物回避の実験を行う。

参考文献

- [1] R. R. Bourne, S. R. Flaxman, T. Braithwaite, M. V. Cicinelli, A. Das, J. B. Jonas, J. Keeffe, J. H. Kempen, J. Leasher, H. Limburg, K. Naidoo, K. Pesudovs, S. Resnikoff, A. Silvester, G. A. Stevens, N. Tahhan, T. Y. Wong, H. R. Taylor : Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: A systematic review and meta-analysis. *Lancet Glob. Health* Vol. 5, e888–e897 ,2017.
- [2] Timothy R Fricke, Monica Jong, Kavin S Naidoo, Padmaja Sankaridurg, Thomas J Naduvilath, Suit May Ho, Tien Yin Wong, Serge Resnikoff: Global prevalence of visual impairment associated with myopic macular degeneration and temporal trends from 2000 through 2050: systematic review, meta-analysis and modelling, *British Journal of Ophthalmology*, Vol. 102, pp 855-862, 2018.
- [3] 白田剛, 高柳友子, 水上言, 佐藤江利子, 石垣千秋 : 介助犬にかかる費用の障害・疾患別推計, *日本補助犬科学研究*, 1, pp38-45, 2007
- [4] L. Dunai, G. P. Fajarnes, V. S. Praderas, B. D. Garcia , and I. L. Lingual: Real-Time Assistance Prototype – a new Navigation Aid for blind people, *IECON 2010 – 36th Annual Conf. on IEEE Industrial Electronics Society*, pp. 1173-1178, 2010.
- [5] Kanon Fujino, Mihoko Niitsuma: Effects of Presenting People Flow Information by Vibrotactile Stimulation for Visually Impaired People on Behavior Decision, *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol.33 ,Issue 1,pp. 97-107, 2021
- [6] Kazuteru Tobita, Katsuyuki Sagayama, Hironori Ogawa: Examination of a Guidance Robot for Visually Impaired People. *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol.29 ,Issue 4, pp. 720-727, 2017
- [7] 篠原一光, 北村昭彦, 兼崎暁美, 柳原崇男:横断歩道における音響信号の提示高さが視覚障がい者の横断歩行に与える影響, *人間工学*, 54 巻, pp. 2C4-12018, 2018



- [8] H. Zhang, L. Jin and C. Ye,: An RGB-D Camera Based Visual Positioning System for Assistive Navigation by a Robotic Navigation Aid, in IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, vol. 8, no. 8, pp. 1389-1400, 2021.
- [9] Patrick Slade1, Arjun Tamber1, Mykel J. Kochenderfer: Multimodal sensing and intuitive steering assistance improve navigation and mobility for people with impaired vision, Science Robotics, Vol 6, No.59, 2021.
- [10] M. Okui, T. Masuda, T. Tamura, Y. Onozuka, T. Nakamura, "Wearable Air-Jet Force Feedback Device without Exoskeletal Structure and Its Application to Elastic Ball Rendering", 2020 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), Boston, United States, ThAT9.2, pp. 276-281, 2020.
- [11] 保井拓巳, 奥井学, 中村太郎 : 空気噴出を利用した力覚による情報伝達インターフェースの開発 ノズル基礎特性の評価, フルードパワーシステム講演会講演論文集, pp16-18, 2020.
- [12] R.Suzuki, R. Sawahashi, M. Okui, R. Nishihama, T. Nakamura, "Proposal of posture guidance method using air jetting with table tennis racket type device", IECON 2022 - 48th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2022
- [13] M. Okui, Y. Nagura, Y. Yamada, T. Nakamura, " Hybrid Pneumatic Source Based on Evaluation of Air Compression Methods for Portability", IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 3-2, pp. 819-826, 2018