

O2-6

視覚障害者の外出支援を目的とした携帯力覚方向提示デバイスの開発

～力提示方法による方向認識率への影響の検討～

Development of Mobile Haptic Navigation Interface for the Visually Impaired

○ 武田建人 (早大) 関雅俊 (早大) 井上淳 (早大) 藤江正克 (早大)

Kento TAKEDA, Waseda University
 Masatoshi SEKI, Waseda University
 Jun INOUE, Waseda University
 Masakatsu G. FUJIE, Waseda University

Abstract: It is often difficult for the visually impaired people to reach the destination by themselves. To solve this problem, a cane with a built-in haptic interface called “Force Blinker 2” was developed. But this interface could not achieve enough recognition of the direction indicated by the device. In this paper, we develop a new experimental device which duplicates the movement of Force Blinker 2 to find elements that has relation with recognition of direction. In this research, we have chosen two elements. They are the rate of the indicating force and the absolute difference of the indicating force. According to the result of the experiment, we likely have found out that the absolute difference of force is more important than the rate of force to show direction to the user of Force Blinker 2.

Key Words: Haptic interface, Assisting the visually impaired, Assistive device

1. 序論

1-1 背景

平成 18 年度の厚生労働省の身体障害児・者実態調査⁽¹⁾によると、日本には約 30 万人の視覚障害者がおり、年々増加傾向にある。視覚障害者の外出頻度は他の障害者よりも明らかに少なく、32.5[%]が月に 2,3 回以下の外出しかしていないことがわかっている。視覚障害者に有効な外出支援方法には、ガイドヘルパーによる付き添いがある。ただし、この方法はガイド側への身体的・精神的負担や、視覚障害者側の精神的負担が課題となっている。他に、盲導犬の支援による外出もあるが、盲導犬は育成施設が少なく個体数が少ないことや、失明状態における盲導犬の世話に不安を覚えることが課題となっている。そこで、視覚障害者の外出を支援するナビゲーションシステムの研究開発が進められている。

現在地を取得する方法としては、GPSやスードライト(ビルの上にGPS衛星と同一の信号を伝達するものを取り付け、GPS測量が困難なビル陰などでもGPS測量を可能にする技術)が研究開発されており、移動方向を提示する技術としては、音声、力覚を用いたものが研究開発されている。音声によるナビゲーションでは正確な情報を伝えられるが、周囲の情報を認知する聴覚が遮られ、また周囲の雑音により情報が伝わらないという課題があげられる。そこで中村ら⁽²⁾や本研究室山本⁽³⁾、塚原ら⁽⁴⁾は聴覚を遮らず、周囲の状況に影響されない力覚によるナビゲーションに着目した。本研究室では、図1のような、回転する偏心錘の組み合わせにより任意の方向を提示するシステム「Force Blinker 2」が開発された。

1-2 力覚インタフェース「Force Blinker 2」

Force Blinker 2は図2のように2つの偏心錘が互いに逆方向に回転し、提示方向に対して横方向の力を相殺しつつ、遠心力の合力を提示力として提示するシステムになっている。しかし、Force Blinker 2は提示方向と逆方向(反提示方向)にも力が提示されてしまい、提示方向との力の差が判別できなかった場合は方向認識ができない。現在は提示力 0.8[N]、反提示力 0.2[N]で動作しており、視覚障害者で

84.0[%]、健常者で 34.1[%]の方向認識率を実現している。しかし、視覚障害者での 84[%]という方向認識率は十分な方向認識率とは言えず、また視覚障害者の 8 割以上は元晴眼者であり、視覚障害を持った直後は健常者と同等の触覚感度であることが考えられる。これより、現段階の Force Blinker 2 では方向認識率が不足しており、上記の問題を解決するために必要なこととして、関与する要因を明確化する必要がある。

1-3 目的

本研究の目的は Force Blinker 2 の方向認識率向上のために、方向認識率に直接関与する要因を明確化することである。

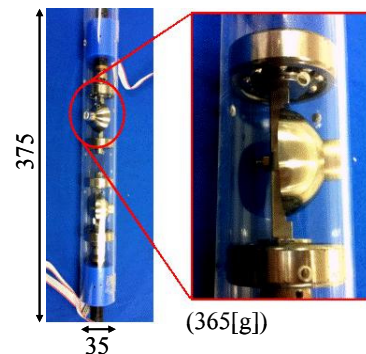
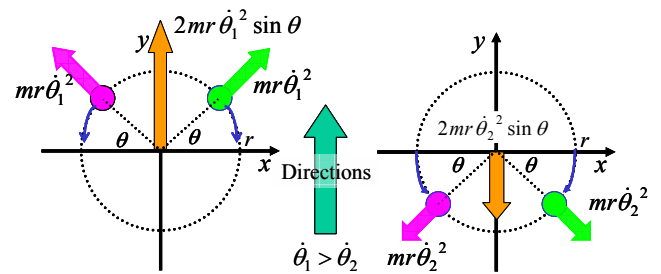


Fig. 1 Force Blinker 2



(a) Traveling direction (b) Opposite side direction
 Fig. 2 System of Force Blinker 2

2. 実験機の要求仕様導出と実験機製作

2-1 実験機の要求仕様導出

方向認識率に最も関与すると考えられる要因をいくつか選択した。WeinsteinやWeberの研究⁽⁵⁾⁽⁶⁾により、人の触覚のヴェーバー比は約 0.2 であることが明らかになっている。これは 5 という大きさの力に対して 1 の変化があれば、人は力の大きさが異なることに気がつくことを意味する。この結果から、Force Blinker 2 においても提示力と反提示力の違いを認知できる提示力の比率は 5:1 であり、提示力の比率が方向認識率に大きく影響することが予想できる。また、2 点の力を比較すると、比率の差が大きくなると提示力の絶対差も大きくなっている。よって絶対差が影響することも考えられるために、提示力の絶対差の影響も検討対象とした。

次にデバイスの重量が人の触覚に余計な感覚を与え、方向認識率の低下に繋がっているのではないかと考えた。しかし、被験者 4 名で実験を行ったところ、図 3 のような結果が得られた。それぞれの被験者に対して、共通の性質が認められず、方向認識率とデバイスの重量との関与は認められなかった。よって、本研究ではデバイス重量に対する検討は行わないこととする。

2-2 実験機製作

現在の Force Blinker 2 を用いて、提示力と反提示力の比率、提示力の絶対差、を変化させるためには回転する錘の重量を変えることが避けられない。しかし、各提示力の値にて錘を取り替えるのは時間がかかり、被験者に大きな負担を伴う。また、例え錘を変化させたとしても、提示力と反提示力の比率、提示力の絶対差、を大きく変動させることは困難であり、制御も難しいために様々な値での実験を行うことができない。そこで、Force Blinker 2 では困難であった提示力と反提示力の比率や提示力の絶対差の変動を容易に行うことができ、Force Blinker 2 では実現できていない力の大きさまでも実現することが可能な実験機を製作した。製作した実験機を図 4 に示す。本実験機は前後の動作をするリニアアクチュエータ、視覚障害者が実際に白杖を使用している状態を再現するために 45° 傾いた土台、人が白杖を把持するのと同様に握る把持部からなっている。把持部は土台上に設置されたレールとネジで固定されており、リニアアクチュエータの力がスムーズに伝達される仕組みになっている。リニアアクチュエータには、前後への推力制御が可能な LCA-25 (推力制御, 出力 0.2~5.0[N], 分解能 0.1[N]) を用いた。さらに、土台はリニアアクチュエータを縦横に付け替えることができるようになっており、Force Blinker 2 と同様に前後左右への 4 方向への力覚の提示を可能にした。

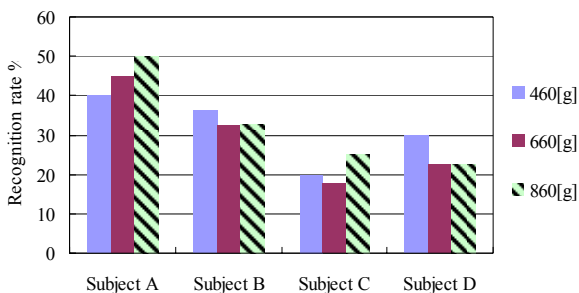


Fig. 3 Recognition rate of each subjects

3. 力提示方法-方向認識率関係検証実験

3-1 実験目的

方向認識率は提示力と反提示力の比率又は提示力と反提示力の絶対差と関係があることが予想される。そこで本実験では提示力と反提示力を任意に変動可能な実験機を用いて方向認識率の関係を検証する。

3-2 方法

被験者はアイマスクを装着し、立位、利き手(右手)で実験機の把持部を把持する。これにより、視覚障害者が杖を実際に保持している状態を再現している。実験は提示力と反提示力の比率、提示力と反提示力の絶対差を変化させた力覚を前後左右の 4 方向にランダムに提示し、各値に対して 50 回提示し、方向認識率を測定する。(当研究は早稲田大学の「人を対象とする研究に関する倫理審査」を受け、承認を得ている)

被験者は 20 代の利き手が右手の健常者 5 名とした。これは、失明後長期間経った視覚障害者の触覚は健常者に比べて優れていると考えられるが、視覚障害者の中には元晴眼者も多く、それら失明後あまり経過していない視覚障害者も対象に含めるためである。被験者のデータを表 1 に示し、被験者が実験機を把持している状態を図 5 に示す。

実験機は Force Blinker 2 の力覚を再現することを目的としているため、提示方法も類似させる必要があった。先行研究により一回の提示の中での力覚提示回数は 3 回で十分なことが明らかであったため、本実験機も同様に動作させた。Force Blinker 2 の力覚シミュレーションを図 6 に示す。

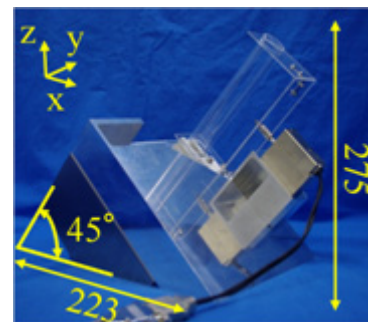


Fig. 4 Experimental device

Table 1 Data of the examinees

Subject	Age	Sex	Handedness
A	22	Male	Right
B	23	Male	Right
C	22	Female	Right
D	22	Male	Right
E	22	Male	Right



Fig. 5 Set up for the experiment

リニアアクチュエータは微小な時間内で多くの制御、動作を組み込むと、繰り返し制度に影響する。本研究で重要なのは提示力の精度であるため、ピーク値と提示する時間に着目し、図7（提示力と反提示力の比率が5:1）のように制御を単純にして出力した。提示力がピーク値に達するまでの過程が図6のForce Blinker 2の力覚シミュレーションと異なるものの、1提示にかかる時間が微少なため、人の触覚の認識には差がないと考えられる。

3-3 結果

提示力と反提示力の比率と方向認識率の関係を検証した実験の結果を図8に示す。提示力と反提示力の比を5:1, 10:1に固定し、提示力を変動させたときの結果を図9, 図10に示す。

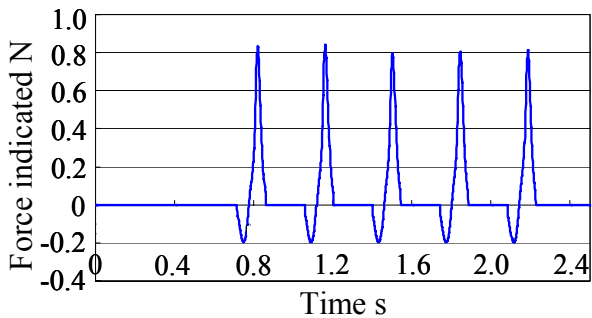


Fig. 6 Force indicated by Force Blinker 2

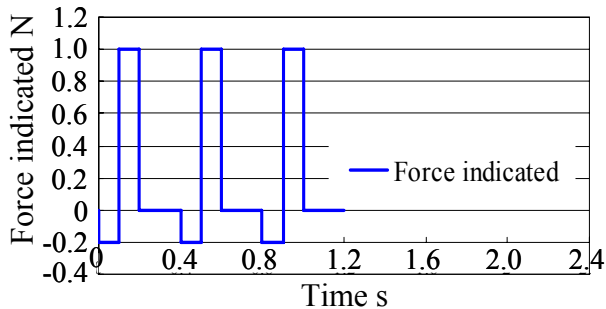


Fig. 7 Force indicated by the experimental device

Table 2 Values of forces indicated in the experiment

	The ratio of force [N]		
	5:1	10:1	20:1
Force [N]	1.0:0.2	2.0:0.2	4.0:0.2
	2.5:0.5	4.0:0.4	—

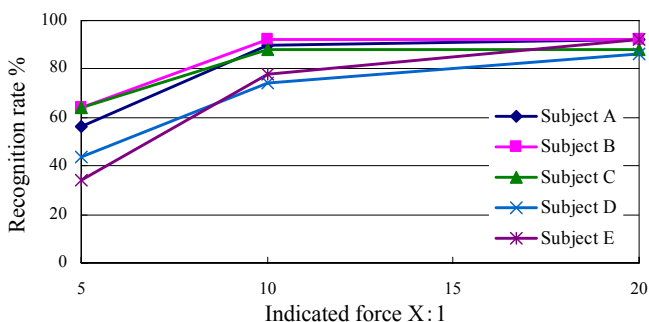


Fig. 8 Recognition rate of various ratio of force

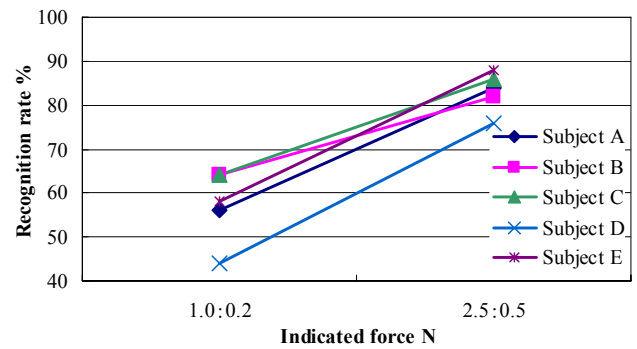


Fig. 9 Recognition rate of forces indicated by 5:1

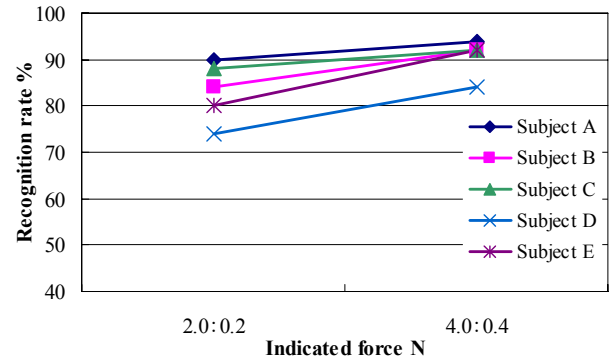


Fig. 10 Recognition rate of forces indicated by 10:1

3-4 考察

図8の提示力と反提示力の比率と方向認識率との関係の検証により、比率が大きくなると方向認識率が上昇することが確認できた。得られた方向認識率に有意差が見られるかをt検定にて検討したところ、5:1と10:1, 5:1と20:1の方向認識率に有意水準1[%]で差が認められた。しかし、10:1と20:1の間には有意差が認められなかった。これにより5:1と10:1の間で方向認識率が大きく上昇することが確認された。以上より、反提示力が0.2[N]の場合は提示力と反提示力の比率が20:1のときに最大方向認識率90[%]を得られたが、10:1でも同様の方向認識率を得ることが示唆された。また、人の触覚はヴェーバー比0.2で力の差に気がつくため、5:1のときに高い方向認識率が実現できることが予想されたが、本機構ではヴェーバー比が適応できないことが確認された。

次に、図9の提示力と反提示力の比率を5:1に固定し、絶対差を変動させた実験結果より、提示力の絶対差を大きくすることで方向認識率が上昇することが確認できた。得られた方向認識率に有意差が見られるかをt検定で検討したところ、有意水準5[%]で差が認められた。同様に、図10の提示力と反提示力の比率を10:1に固定し、絶対差を変動させた実験結果でも方向認識率に有意水準5[%]で差が認められた。以上より、同一比においても提示力を大きくすると方向認識率も上昇することから、人は提示力と反提示力の比率よりも、提示力と反提示力の絶対差を重視して方向を認識していることが示唆された。よって、同一比で提示が可能な場合、提示力を増大させれば方向認識率の上昇に繋がることを確認できた。

4. 結論

本研究により、提示力と反提示力の比率が20:1のとき、方向認識率90[%]を得ることが確認された。また、提示力

と反提示力の比率が 10 : 1 でも 20 : 1 と同程度の方向認識率が得られることが示唆され、デバイス製作の際には 20 : 1 までの出力は必要なく、10:1 で十分であると考えられる。

次に、提示力と反提示力の比率 5 : 1 と 10 : 1 の間で有意差が認められ、大きく方向認識率が上昇することが確認できた。しかし、WeinsteinやWeberの研究では触覚のヴェーバー比が 0.2⁽⁵⁾(6)であったため、本機構においても提示力と反提示力の比率が 5:1 のときに高い方向認識率を実現すると予想したが、これは成り立たなかった。さらに、同一比で異なる提示力を提示した実験により、人は本機構で方向認識をする際には、提示力と反提示力の比率ではなく、その絶対差を重視していることが示唆され、ヴェーバー比が適応できないことが確認された。今後は、人が方向認識をする際には提示力と反提示力の絶対差を重視しているということを追実験により確認し、人の触覚のメカニズムを明らかにする。また、本研究にての最高方向認識率が 90[%]であったが、さらなる向上のためにも新しい力提示方法の検討も行っていく。

参考文献

- (1) 厚生労働省, 平成18年身体障害児・者実態調査結果, 2011.8.10
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001059905>
- (2) Nakamura N., Fukui Y., An innovative Non-grounding Haptic interface ‘GyroCubeSensuos’ displaying illusion Sensation of Push, Pull and Lift, Proceedings of ACM Siggraph2005, 2005
- (3) Ando Takeshi, Yamamoto Masahiro, Seki Masatoshi, Fujie Masakatsu G., Development of a Cane with a Haptic Interface Using IC Tags for the Visually Impaired, 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp3196-3201, 2009
- (4) 安藤健, 塚原亮太, 関雅俊, 藤江正克, 反提示力への力の低減を行った視覚障害者誘導用力覚インタフェースForce Blinker 2の開発, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会, pp41-42, 2010
- (5) Weber, E.H. (1834/1978). De subtilitate tactu. In H. E. Ross & D. J. Murray (Trans.), The sense of touch, London: Academic Press, pp. 19-135
- (6) Weinstein, S. (1968). Intensive and extensive aspects of tactile sensitivity as a function of body part, sex, and laterality, In D. R. Kenshalo (Ed.), The skin sense, Springfield, Ill: Thomas, pp. 195-222