

聴覚障害者へのスタート合図に 最適な触覚刺激インターフェースの特定 -陸上競技短距離走スタートシステムの ユニバサルデザインを目指して-

設楽 明寿[†] 生田目 美紀[‡] 白石 優旗[‡]

筑波技術大学大学院 技術科学研究科[†] 筑波技術大学 産業技術学部[‡]

1 はじめに

現在の聴覚障害者陸上競技では、スタート合図音の代替手段として光刺激スタートシステム[1,2]が使われている。しかし、一般に視覚刺激に対する反応時間は聴覚刺激に対する反応時間よりも遅い[3-5]という課題がある。

そこで我々は聴覚刺激に対する反応時間とほぼ同様の反応時間である触覚刺激[3-5]に注目し、触覚刺激スタートシステムを提案し開発している[6]。

2 課題

2.1 聴覚障害者が参加する際の課題

一般に、聴覚障害者が陸上競技に関わる時には、下記の問題がある。

- ・スターターを見なければならぬ
- ・ピストル音の聞き取りに不安を抱える

これらを解決するために、現在の聴覚障害者陸上競技短距離走では、一般社団法人日本聴覚障害者陸上競技協会が管理している光刺激スタートシステム[1,2]が利用されている。

2.2 聴覚、視覚、触覚の反応時間

一般に、触覚・聴覚の反応時間は視覚よりも速く、味覚や臭覚の反応時間は視覚より遅いと言われている[3,4]。また、伊福部[5]によれば、聴覚比較における知覚時間についても、視覚（聴覚から約 30ms 遅れ）よりも触覚（聴覚から約 5ms 遅れ）の方が速いことが報告されている。このことから、視覚刺激を用いた場合の聴覚刺激に対する遅れ時間は、写真判定によるレースの最小時間単位である 10ms[7]を超過してしまう。

しかし、触覚刺激の場合では 10ms 単位未満に抑えられる可能性があり、聴者と聴覚障害者との差が縮小されることが期待できる。

3 研究目的

本研究では、聴覚障害のある陸上競技選手に最適な触覚刺激インターフェースを特定する。

4 システム概要

我々が開発したプッシュ方式触覚刺激発生装置[8]を改善し、プッシュ方式を実現するためのアクチュエータであるソレノイドに合わせて伝達機構を 3D プリンターを用いて製作した（図 1）。また、図 1 に赤色四角で囲まれているのが伝達機構の親指に接触する部分である（図 2）。その接触部分の種類を 3 種類用意した（表 1）。

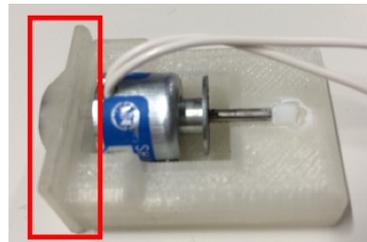


図 1 プッシュ方式伝達機構の全体図

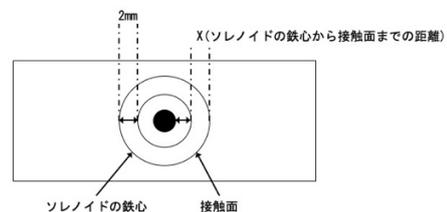


図 2 接触部分の設計図

表 1 接触部分の種類

刺激名	X
プッシュ方式 (0mm)	0.0mm
プッシュ方式 (2mm)	2.0mm
プッシュ方式 (4mm)	4.0mm

Identification of Optimal Tactile Stimulus Interface to Start Signal for the Deaf and Hard of Hearing -Taking Aim at Universal Design of Sprint Race Start System-

[†]Akihisa Shitara · Graduate School of Technology and Science, Tsukuba University of Technology

[‡]Miki Namatame, Yuhki Shiraishi · Faculty of Industrial Technology, Tsukuba University of Technology

5 実験方法

最適な触覚刺激インターフェースを特定するために、プッシュ方式触覚刺激の接触部分の3種類(図2及び表1参照)と接触箇所(親指の指腹・親指の第一関節)の2種類の組み合わせ(計6通り)に対する反応時間計測を実施した。

具体的には、日常的に陸上競技短距離走を経験(3年以上)している聴覚障害者6名に対し、触覚刺激6通り、LED方式視覚刺激のそれぞれに対して、刺激信号を発してから実験協力者が刺激を知覚してボタン押下するまでの反応時間を10回ずつ計測した。その際、ボタンは利き手で押下し、触覚刺激はそれと反対の手に与えた。以上を4回繰り返した後(計40回/刺激種)、アンケートとインタビューを実施した。

なお、本実験は、筑波技術大学研究倫理委員会の承認を受けて実施した(承認番号:H29-39)。

6 実験結果

プッシュ方式触覚刺激の6通り、LED方式視覚刺激のそれぞれに対する反応時間と標準偏差を表2に示す。また、TukeyとBonferroniの多重比較法を用いた結果を表3に、両方の多重比較法で有意差が認められた間の組み合わせを表4に列挙する。

これらの結果より、プッシュ方式(0mm)とプッシュ方式(2mm)がLED方式視覚刺激よりも効果的であり、その中でもプッシュ方式(2mm)が優れていることがわかった。また、接触箇所の指腹と第一関節のどちらも有意差が認められないことから、実際にクラウチングスタートを用いる状況下での接触箇所である第一関節において十分に実用化できることが確認できた。

表2 反応時間の平均値と標準偏差の一覧表

刺激番号	刺激種類	平均	標準偏差	分散	
a	LED方式	0.19631	0.03777	0.001427	
b	プッシュ方式 指腹	0.17787	0.03766	0.001126	
c	(0mm) 第一関節	0.18347	0.04219	0.001780	
d	プッシュ方式 指腹	0.17886	0.03700	0.001369	
e	(2mm) 第一関節	0.17824	0.03204	0.001027	
f	プッシュ方式 指腹	0.18388	0.03519	0.001238	
g	(4mm) 第一関節	0.19257	0.04902	0.002403	
				分散の平均	0.001481

表3 TukeyとBonferroniの多重比較法による結果一覧表

	a-b	a-c	a-d	a-e	a-f	a-g	b-c
Tukey	7.4215122	5.1890623	7.0240217	7.2739205	5.0013445	1.5061058	2.2524499
Bonferroni	4.358E-07	0.0030154	2.657E-07	5.661E-08	0.0006806	2.3913162	0.6016447
	b-d	b-e	b-f	c-d	c-e	c-f	
Tukey	0.3974912	0.1475917	2.4201677	5.9154084	1.8549588	2.1048583	0.1677178
Bonferroni	5.2974882	6.2018583	0.3193049	0.0003219	1.248292	0.7566071	6.2604183
	c-g	d-e	d-f	e-f	e-g	f-g	
Tukey	3.6629565	0.2498995	2.0226765	5.5179153	2.2725761	5.7678148	3.4952387
Bonferroni	0.1035726	5.8355017	0.6998345	0.0005931	0.1771258	5.565E-05	0.0449605

表4 有意差が認められた組み合わせ一覧表

	速い	遅い
No.1	プッシュ方式(0mm) 指腹	LED方式
No.2	プッシュ方式(0mm) 第一関節	LED方式
No.3	プッシュ方式(2mm) 指腹	LED方式
No.4	プッシュ方式(2mm) 第一関節	LED方式
No.5	プッシュ方式(4mm) 指腹	LED方式
No.6	プッシュ方式(0mm) 指腹	プッシュ方式(4mm) 第一関節
No.7	プッシュ方式(2mm) 指腹	プッシュ方式(4mm) 第一関節
No.8	プッシュ方式(2mm) 第一関節	プッシュ方式(4mm) 第一関節

7 まとめと今後の課題

本論文では、反応時間計測実験により、スタート合図に最適な触覚刺激インターフェースは、プッシュ方式(2mm)を親指の第一関節に接触させる方法であることを特定した。

今後は、特定した最適な触覚刺激インターフェースとLED方式視覚刺激によるクラウチングスタートを用いた状況下での反応時間計測と感性評価を行い、本手法の有効性を検討する。

将来は、聴覚障害者を対象とするだけでなく、聴者、視覚障害者などの障害者の誰でも使えるユニバーサルデザインにしていくために、視覚障害者、車椅子や義足、義手を使用する障害者を対象に、反応時間計測を行い、プロトタイプを実用化していただくだけでなく、水泳競技をはじめとした他の競技にも応用していきたい。

参考文献

- [1] 青山利春, 竹見昌久, 岡本三郎, 「光刺激スタートシステム」の開発・普及活動の取り組み, 聴覚障害, Vol.67, No.743, pp.21-26, 2013
- [2] NISHI スポーツ: 光刺激スタート発信装置, 入手先 <<https://www.nishi.com/products/kizai/post-98.html>>, (参照 2018-12-29)
- [3] 大山正, 反応時間研究の歴史と現状, 人間工学, Vol.21, No.1, pp.57-64, 1985
- [4] Robert Woodworth, Harold Schlosberg, Experimental Psychology, New York, Holt, Jan 1954
- [5] 伊福部達, 発音訓練における感覚代行, 人間工学, Vol.16, No.1, pp.5-17, 1980
- [6] Akihisa Shitara, Yuhki Shiraishi, Miki Namatame, Proposal of a Vibration Stimulus Start System for the Deaf and Hard of Hearing, Journal on Technology & Persons with Disabilities, Vol.6, pp.139-144, 2018
- [7] 公益財団法人日本陸上競技連盟, 第165条 計時と写真判定, 日本陸上競技連盟競技規則, 第3部 トラック競技, pp.214-220, 2018
- [8] 設楽明寿, 生田目美紀, 白石優旗, 聴覚障害者に適したクラウチングスタートにおける触覚刺激スタート合図の特定, 研究報告アクセシビリティ, Vol.2018-AAC-7, No.2, pp.1-6, 2018