

聴覚障害者陸上競技に適した振動刺激スタートシステムの提案

設楽明寿^{†1} 白石優旗^{†1}

概要：近年、聴覚障害者陸上競技では、従来のピストル音によるスタート合図を代行するため、光刺激によるスタートシステムが導入されるようになった。しかし、従来の実験では、視覚の知覚時間は聴覚の知覚時間より約 30ms 遅れると報告されている。一方、触覚の知覚時間は聴覚の知覚時間から約 5ms しか遅れないと報告されている。また、光刺激の場合は、まばたきによってスタートが遅れる恐れもある。本研究では、聴覚障害者陸上競技における新たな代行感覚を利用したスタートシステムとして、振動刺激によるスタートシステムを提案する。

キーワード：聴覚障害者、陸上競技、スタート合図、振動刺激

1. はじめに

本研究は、聴覚障害者陸上競技における従来のピストル音によるスタート合図を代行する、新たな代行感覚を利用したスタートシステムとして、振動刺激によるスタートシステムを提案し、「聴覚障害者」のみではなく、「視覚障害者」を始めとした「障害者」や「聴者」を対象とした振動刺激によるスタート合図のユニバーサルデザインを提案することを最終的な研究目的としている。本研究で提案するのは、「聴覚障害者」を対象とした振動刺激によるスタートシステムである。

本稿の第一著者は、生まれつき「混合性難聴による聴覚障害」を抱えているが、小学3年生から一般学校に通い始め、中学生から陸上競技に取り組んでいる。特に短距離走（100m 走、200m 走、400m 走、110m ハードル走、100m ハードル走、400m ハードル走、4×100m リレー走、4×400m リレー走）のうち、100m 走、200m 走を専門にしており、大学生から聴覚障害者陸上競技にかかわるようになった。

聴覚障害者の一般陸上競技短距離走への参加における課題として、青山らによる「光刺激スタートシステム」の開発・普及活動の取り組み[1]にも述べられている通り、以下が挙げられる。

- 補聴器を利用してもスタート音の聞き取りへの不安が大きい
- スターターの動作を確認したくても、スターターが選手の後方からピストルを打つ種目もあり、スターターの動作を目視することができないことがある

これらを解決するため、聴覚障害者陸上競技短距離走においては、スタートの情報を選手が目視できるように、選手の前でスターターが椅子に座った状態で行う「目視スタート」を利用されている。しかしながら、以下の課題が残されている。

- 顔を上げてスターターを目視しなければならず、スターティングブロックを蹴る動作に影響を及ぼす

- スターターの立ち位置によっては顔を傾けてスターターを見る必要があり、音声聞き取れる選手が有利になりやすい

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] (図1, 図2) が利用されている。

しかし、伊福部による聴覚障害者の感覚代行における研究[2]によると、聴覚比較における知覚時間を調査した結果、視覚(聴覚から約 30ms 遅れ)よりも触覚(聴覚から約 5ms 遅れ)の反応時間の方が速いことが報告されている。

そこで、本研究では、陸上競技短距離走のクラウチングスタートにおける、振動刺激によるスタートシステムを提案する。ただし、伊福部の実験[2]は、指の皮膚感覚を用いた反応時間を測定しているが、全身の反応時間を測定していない。そこで、我々は、実際のスタートシステムにおいて光刺激、振動刺激による全身の反応時間を計測するシステムを同時に開発する。

2. 光刺激スタートシステム

現在、聴覚障害者陸上競技短距離走で使用されている光刺激スタートシステム[1]の詳細について以下に述べる。

最初に、各自、スターティングブロックの足かけ(図3)の位置を決定する。次に、走者が認識可能な位置に光刺激スタートシステムのシグナル部を設置する(図2)。その後、「位置について」とスターターが声を出す同時に、光刺激スタートシステムのシグナル部(図1)のランプが「赤」になる。それを認識した走者は、スターティングブロックに足を乗せる。そして、スターターが「ヨーイ」と声を出した際に、光刺激スタートシステムのシグナル部のランプを「黄」へ変化させる。その際、走者は腰を上げ、身体を停止させる。最後に、スターターがピストルのトリガーを引く際、光刺激スタートシステムのシグナル部のランプが「緑」に変化する。走者は緑色の光を認識したら、スタートする。

^{†1} 筑波技術大学
Tsukuba University of Technology



図 1 光刺激スタートシステムのシグナル部

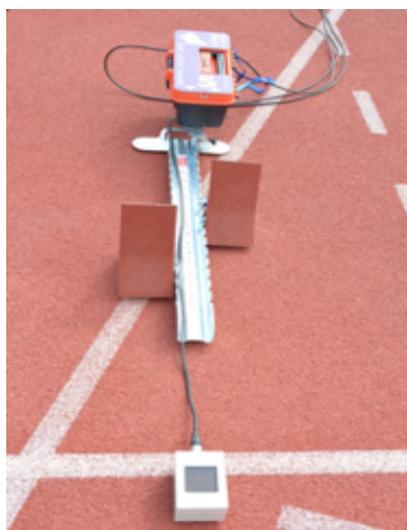


図 2 図 1 の使用様子
(一般社団法人日本聴覚障害者陸上競技協会より)

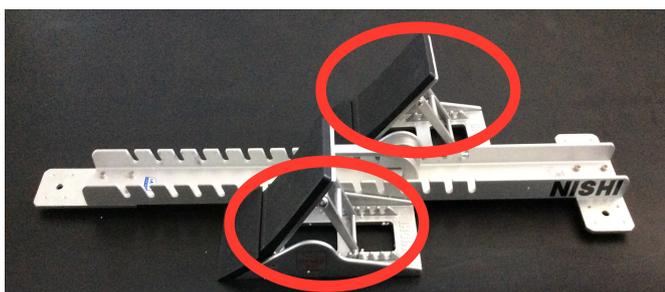


図 3 スタートブロック
(赤い円で囲まれているのが足かけの部分)

3. 提案システム

本研究で提案する振動スタートシステムの概略図を図 4 に示す。その際、光刺激、振動刺激による反応時間を計測するため、横倉の開発した陸上競技用スタート動作の検出方式[3]を参考にし、各代行感覚における合図発生装置を新

規に作成、搭載する。

横倉の方式[3]は、従来の検出方式に比べハードウェアが大幅に簡素化できており、A/D 変換器とパーソナルコンピュータ、ロードセルの簡便なシステム構成となっている。ここで、ロードセルとは、加えられた力の大きさを調べるセンサのことである。また、検出アルゴリズムには、移動平均と遅延を利用した変化量検出方式を用いている。

我々の開発するシステムは、振動発生コントローラ、光、音、振動それぞれの発生装置、組込みボード、スターティングブロックに取り付けたロードセルからなる。作成した開発システム使用イメージを図 5 に示す。その際、振動発生装置の位置は、手を置く場所と想定している。理由は以下の通りである。

まず、振動発生装置を身体に身につけることは、スターティングブロックを蹴る動作や走行動作に影響を及ぼす可能性があるため除外する。よって、地面やスターティングブロックと接触部のある手足のみについて考える。しかし、足の場合はスターティングブロックを蹴る動作に影響を及ぼす可能性がある。そこで、消去法により、最も影響の少ないと考えられる手の接触部に設置することにする。一般に、指先の振動感知力は他の箇所と比較して高いと言われており、今回の目的と合致する。

振動発生装置の機構は、振動モーターから板を通して、振動を伝達する方式とする。振動発生装置と地面との高低差が大きい場合、スターティングブロックを蹴る動作に影響を及ぼすことを考慮し、薄い板を使って高低差を極力少なくする予定である。ただし、振動モーターについては様々な振動モーターで比較検討する。

光発生装置の位置は、選手が目視できるように、スターティングブロックの前方とする。これは、現在の光刺激スタートシステム[1]と同様である。また、音発生装置の位置についても、実際の試合の際と同様に、スターティングブロックの後方とする。

これらの、音刺激、光刺激、振動刺激を同時刻に発生するために、組込みボードを利用し、各刺激の発生を同期するプログラムを作成する。組込みボードには開発の容易さを考慮し、mbed を使用する。また、コントローラのトグルスイッチを使うことで、音刺激、光刺激、振動刺激のうちどの刺激を発生させるのかを独立して指定可能とする。また、「位置について」「ヨーイ」「スタート」は、「赤」「黄」「緑」のそれぞれのボタンをスターターが押すことにより、任意のタイミングで操作可能とする。

反応時間の計測方法は以下の通りである。最初に、コントローラのスタートボタンを押した時刻「 $T=0$ 」とする。次に、スターティングブロックにあるロードセルが、スターティングブロックを蹴るスタート動作を感知した時刻「 $T=x$ 」とする。最後に、「 $T=x$ 」から「 $T=0$ 」を引き、反応時間「 $T=x-0$ 」を導く方法で行う。

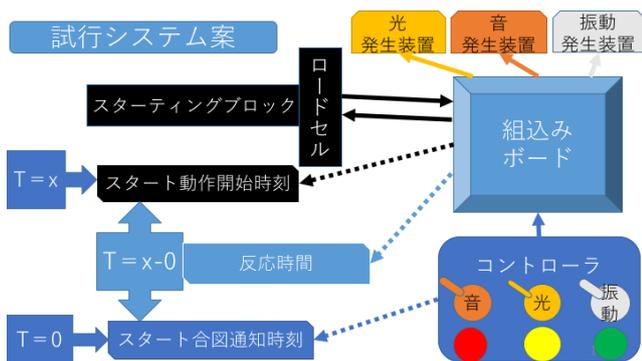


図4 本研究に使用する試行システム案

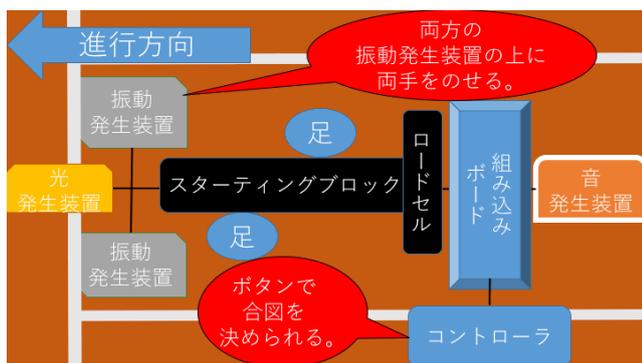


図5 図4の使用イメージ

4. 関連研究

聴覚障害者陸上競技に関わる支援技術の研究は行われているものの、本研究が試みるような、当事者による聴覚障害者陸上競技に関わる支援技術の研究は少ない。

聴覚障害者が関わるスポーツ全般で使うと想定された支援技術の研究を紹介として、穂苅らは聴覚障害者スポーツのための報知・警告システムの開発している[4]。ここでは、振動刺激が利用されているが、様々なスポーツでの利用を想定した試作機を作成したのみであり、聴覚障害者を対象にした様々なスポーツでの場面を想定した評価実験が行われていない。特に、個々のスポーツのルールや場面に合わせた専門性を深めたものではなく、聴覚障害者陸上競技に直接適用はできない。

また、中山らの聴覚障害者水泳選手のリアクションタイムとレースタイムとの関連性に関する研究[5]によると、競技会におけるスタート時のスタート反応時間とレースタイムには、有意な相関がある。このことから、聴覚障害者水泳選手のスタート反応時間は、レースタイムに影響を及ぼす要因の一つとしている。この研究は水泳競技を対象としたものであるが、陸上競技についても同様のことが言えると考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、聴覚障害者陸上競技における新たな代行感覚を利用したスタートシステムとして、振動刺激によるスタートシステムを提案した。

本システムを開発後、陸上競技経験のある聴覚障害者として、筑波技術大学の学生を対象にした反応時間測定の比較実験を行う。更に、スタートの規則[5]並びにスターティングブロックの規則[6]を参考にし、実際の試合の場面を想定した実験、並びにシステムの改良を行う予定である。

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きたいと考えている。

謝辞 本研究の一部は、筑波技術大学平成 28 年度学長のリーダーシップによる教育研究等高度化推進事業による助成、並びに JSPS 科研費 JP16K16460 の成果であり、ここに記して謝意を表すものとする。

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, 67 巻, 743 号, pp.21-26, 2013
- [2] 伊福部達, 発音訓練における感覚代行, 人間工学 16(1), pp.5-17, 1980
- [3] 横倉三郎, 陸上競技用スタート動作の検出方式, 計測自動制御学会論文集, vol.36, no.2, pp.159-164, 2000
- [4] 穂苅真樹, 沖俊典, 聴覚障害者スポーツのための報知・警告システムの開発, スポーツ産業学研究, vol.25, no.1, pp.89-95, 2015
- [5] 中山正教, 木村靖夫, 田中沙織, 聴覚障害者水泳選手のリアクションタイムとレースタイムとの関連性に関する研究, 日本体育学会大会予稿集, 59 巻, 272 号, 2008
- [6] 公益財団法人日本陸上競技連盟, 第 162 条 スタート, 日本陸上競技連盟競技規則, 第 3 部 トラック競技, pp.173-175, 2016
- [7] 公益財団法人日本陸上競技連盟, 第 161 条 スターティングブロック, 日本陸上競技連盟競技規則, 第 3 部 トラック競技, pp.171-173, 2016