

【実践研究】

カヌースプリントにおけるスタート時の自動発艇装置に対する反応時間の影響

西分 友貴子¹⁾ 田中 美吏²⁾

Influence of starting-machine on reaction times in starting phase of canoe sprint

Yukiko Nishibun¹⁾, Yoshifumi Tanaka²⁾

Abstract

Many Japanese canoe sprinters are slow to start-off from the starting-machine due to the lack of practice in using the machine and psychological pressure of competitions. They often feel the delay in the starting phase of competitions. However, there is no experimental evidence to clarify the extent to which the start is delayed. In this study, the influence of viewing the starting-machine on reaction times in the starting phase of canoe sprint was investigated. Women university student canoe sprinters (N = 14) participated in the study. Their reaction times to an acoustic stimulus (a beep signal) and reaction times after viewing an ego-centric movie of the starting apparatus that was recorded from the real position on a canoe cockpit were measured in 18 trials. Results indicated that the reaction time during viewing movies was significantly longer, by a mean of approximately 300 ms more than for acoustic stimuli alone. This finding suggests that processing too much information such as cognitions, emotions and memories resulting from viewing the starting-machine resulted in delayed reaction times.

キーワード：カヌースプリント，反応時間，自動発艇装置，不安

Key words：canoe sprint, reaction time, starting-machine, anxiety

1 序 論

カヌースプリント競技では，自然の中にある川や湖，潟などに設置された200m，500m，1000mの直線コースを利用し，1/100秒刻みのタイムで順位を争う。好記録を出すには，自然環境や水温によって変化する水面に対応するための高度なパドリング技術，さらには筋力，敏捷性（スピード），持久性などの種々の体力が求められる。スタートからゴールまでの時間は，スタート合図から身体が反応を開始するまでの反応時間（RT：Reaction Time）局面と，反応時間終了からゴールまでの運動時間（MT：Motor Time）局面に分けられるが，上記の通り，1/100秒を争う競技であるため，スタート時の反応時間局面もレースの勝負の鍵と言われるほど肝心である。

この競技のスタートでは，フライング防止のために自動発艇装置が使用され，横一列に並んだ状態からスタートする。発艇1分前に自動発艇装置の準備が整えられ，それと同時に選手は自動発艇装置のスターティングブロックに艇の先端を入れる。全艇のスタート準備が整うと「ready」「set」の合図が発艇員によって出され，選手はパドルを構える。その後の「go」の発砲音や信号音の合図とほぼ同時にスターティングブロックが一斉に下がり漕ぎ始める。「ready」「set」「go」の時間間隔や，「go」の合図とスターティングブロックが下がるタイミングはレース毎に微妙に異なり，時間的見越し反応¹はできない。見越し反応によるフライングをした場合には，スターティングブロックからの反力によって艇が後進し，スターティングブロックよりも後方からのスタートを強いられる。

1) 武庫川女子大学大学院，健康・スポーツ科学研究科

2) 武庫川女子大学，健康・スポーツ科学部

反応時間とは、反応刺激の呈示から身体への反応が開始するまでの時間である²。刺激-反応選択肢の数が増えるほど反応に要する情報処理量が増えるために反応時間が遅延するヒックの法則^{1,3}に代表されるように、反応時間は様々な心理的要因の影響を受ける。音刺激による驚愕反射 (startle response)⁴⁻⁷ や写真刺激による不快情動に伴う反応時間の短縮⁸、先行刺激による反応時間の短縮や遅延⁹⁻¹¹、上方への注視による反応時間の遅延¹²⁻¹⁵などが例に挙げられる。さらに、プレッシャーが反応時間に及ぼす影響についても多くの研究が行われており、プレッシャー下では非プレッシャー下に比べて反応時間が遅延する^{16,17}、短縮する¹⁸⁻²²、変わらない²³⁻²⁵などの様々な結果が示されている。1999年から2011年にかけての陸上世界選手権男女100m走の記録を基に、1度のフライングで失格になる2010年のルール改正に伴う反応時間の変化を調べた研究もあり、ルール改正後はルール改正前よりも反応時間が遅延したことが報告されている²⁶。

カヌースプリント競技では、試合における自動発艇装置からのスタートに苦手意識を抱く選手が非常に多い。海外の試合では公式練習の決められた時間に、希望する選手は自由に自動発艇装置からのスタート練習を実施できる。しかしながら日本国内の全ての大会では、自動発艇装置を使用した練習時間は設けられていない。平常時の練習においても、自動発艇装置からのスタート練習をできる環境は極めて少なく、殆どの選手は自動発艇装置からのスタートをレースでしか経験できない。自動発艇装置からのスタートの経験不足と試合場面におけるプレッシャーなどの心理的要因が相まって、自動発艇装置からのスタートに苦手意識を持つ選手が多い。このように自動発艇装置からのスタートは、カヌースプリント競技に取り組む多くの選手が抱える問題でありながら、自動発艇装置からのスタートをするときに反応時間が遅れるか否か、さらにはどれほど遅れるかについて調べた研究は見当たらない。

以上の背景より本研究では、カヌースプリント競技の選手を対象に、自動発艇装置からのスタートではどれほど反応時間が遅延するのかについて明らかにすることを目的とした。この目的を検証するために、カヌースプリント競技の試合会場となる湖面にて、艇のコックピット内にいる選手の一人称視点か

ら撮影した自動発艇装置のスターティングブロックに艇の先を入れ、その後自動発艇装置が下りる映像を用いてスターティング動作のシミュレーションを行うことで反応時間を測定し、映像なしでの音刺激に対する反応時間との比較を実験室内で行った。仮説として、自動発艇装置の映像を見ることによって反応時間が遅延すると予想した。また、反応時間の遅延について競技成績が上位の選手と下位の選手の比較を行うことや、試合場面において自動発艇装置からスタートするときの心理面に関する質問項目に回答させ、これらの心理面と反応時間の遅延との関係を調べ、スタートの反応時間の遅延についての個人差要因を特定することも目的とした。

II 方法

A 実験参加者

大学のカヌースプリント競技1部校に所属する14名(平均年齢 19.86 ± 1.23 歳、平均競技年数 5.79 ± 3.42 年)が実験に参加した。各実験参加者に、研究の主旨及び概要を文章で説明し、研究同意書に対して署名による同意を得た後に実験を開始した。

B 実験装置

反応時間の測定には、握力計(ADINSTRUMENTS社製Grip Force MLT004/ST)を使用し、A/D変換機(ADINSTRUMENTS社製Power Lab 26T)を介してサンプリング周波数2000Hzで握力計への入力値を記録した。そして後述の方法で、解析ソフト(ADINSTRUMENTS社製Lab Chart ver.8 Japanese)を用いて反応時間を特定した。音刺激は、A/D変換機(ADINSTRUMENTS社製Power Lab 26T)から出力した電気信号(400 Hzで200サイクル(0.5秒)のサイン波形)をスピーカー(BOSE companion 2 series II multimedia speaker system)を通してピープ音に変換することで呈示した。

自動発艇装置の映像は、関西学生カヌースプリント選手権大会の会場である兵庫県粟粟市音水湖にて、関西学生カヌー連盟の協力を得て撮影した。自動発艇装置のスターティングブロックに艇の先を入れているところから、スタートの合図がかかりスターティングブロックが水中に降りるまでを艇に載っている選手からの1人称視点で撮影した(図1)。自動発艇装置からのスタートの2試技の映像

(以下、第1映像と第2映像と示す)を55インチのディスプレイに呈示した。反応時間を測定するための各試行における実験者のスタート動作の様子と自動発艇装置の映像画面が両方映るように、webビデオカメラ(ELECOM UCAM-DLE300T series)を用いて解析ソフト(ADINSTRUMENTS社製Lab Chart ver.8 Japanese)に記録し、握力計での力発揮と自動発艇装置映像の時間を同期することで、自動発艇装置の降りるタイミングを特定した。



図1 艇のコックピット内からの一人称視点の自動発艇装置
(本研究で用いた映像を視聴できるURL:
https://drive.google.com/file/d/1aDXR_1qwLAFsLPgEAzKyJ3-Kid2m3upk/view?usp=sharing)

C 手続き

実験室に入室し、同意書に記入後、指定された位置で艇に乗っている時と同じ体勢をとらせ、第1パドルの引き手に握力計を握らせた。初めに、音刺激による単純反応課題の練習を2試行行わせ、実験参加者の握力計の握り方や解析ソフトに握力計の力発揮やwebビデオカメラの映像が記録されているか確認した。

音刺激による単純反応課題の各試行では、1回目のビーブ音(予告刺激)を「set」、2回目のビーブ音(反応刺激)を「go」とみなし、これに合わせてスターティング動作を行い、反応時間を測定した。予告刺激と反応刺激との間隔は、自動発艇装置の第1映像と第2映像の間隔に合わせるために1.0秒と0.8秒の2種類とし、下記のセットごとに交互に設定した。音刺激反応課題中には、実験参加者から1.5m前方に設置したディスプレイを黒色のブランク画面とした。なお、音刺激に対してスターティング動作のシミュレーションを行うことで反応時間を測定している様子が分かる写真を図2に示した。

実験参加者には、見越し反応(フライング)をしないために音刺激の間隔はランダムに設定している



図2 スターティング動作のシミュレーションによる反応時間の測定

ことに加えて、反応刺激に対して出来る限り早く反応するように教示した。反応準備時には力発揮がないように握力計を安静に握らせ、反応刺激呈示時点から第1パドルの引き手動作によって握力計に力が加わり、握力計への入力に50Nに達した時点までの時間を反応時間とした。1セットを3試行で構成し、100ms未満の反応をフライングとし、その場合はその試行をやり直させた。

自動発艇装置の映像刺激反応課題では、音刺激に対するスターティング動作のシミュレーション(図2)と同様の体勢をとらせ、1.5m前方のディスプレイに映し出した映像と音を視聴しながら、映像内の発艇員による「Ready Set Go」の合図に合わせてスターティング動作をシミュレーションさせた。その際、試合でのスタートと同じようにし、できる限り早く反応することを教示した。映像刺激反応課題では、webビデオカメラに映した自動発艇装置が下りた時点から第1パドルの引き手動作によって握力計に力が加わり、握力計への入力に50Nに達した時点までの時間を反応時間とした。映像刺激反応課題も1セットを3試行で構成し、セットごとに第1映像と第2映像を交互に呈示した。

各実験参加者に対して、音刺激反応課題6セット(18試行)と映像刺激反応課題6セット(18試行)を実施させた。音刺激反応課題2セット、映像刺激反応課題2セットの順序を3回繰り返したが、順序効果の影響を除外するために、14名の実験参加者を音刺激から開始する7名と、映像刺激から開始する7名にランダムに振り分けた。

実験後、各実験参加者に対して、試合での自動発

艇装置への心理面を尋ねるための質問項目に回答させた。初めに、①自動発艇装置が得意か苦手かについて、得意(10)からの苦手(1)の10件法で回答させた。さらに、②自動発艇装置があるとうまくスタートをきれるか不安である、③自動発艇装置があるとフリースタートよりも緊張する、④自動発艇装置の音に緊張する、⑤自動発艇装置が不安なのは慣れていないからだ、⑥自動発艇装置への不安がパフォーマンス(タイム)に影響していると思う、⑦自動発艇装置に跳ね返ってスタートすることがある、⑧自動発艇装置に跳ね返ることを恐れて出遅れてスタートすることがある、⑨自動発艇装置は平等にスタートできるためフリースタートよりも安心する、⑩自動発艇装置が下りるのを確認してからスタートしている、⑪スタートする以前に自動発艇装置にスムーズに艇を入れることができるかどうか不安である、⑫自動発艇装置に入れてからスタートまでの時間に幅寄せをして艇を真っ直ぐに保てるかどうか不安である、以上の②~⑫の質問に対して「とても思う(5)」、「そう思う(4)」、「どちらともいえない(3)」、「そう思わない(2)」、「まったくそう思わない(1)」の5件法で回答させた。

D 統計解析

実験参加者毎に音刺激18試行と映像刺激18試行の平均反応時間を求めた。そして、音刺激と映像刺激に対する反応時間の全実験参加者の平均値を比較するために、対応のあるt検定を実施した。次に、カナディアン選手3名を除いたカヤック選手11名について、平成30年度大阪学生選手権大会の予選における成績(タイム)をもとに上位選手6名と下位選手5名の2群に分けた。そして、各実験参加者の反応時間差(映像刺激に対する平均反応時間から音刺激に対する平均反応時間を引いた値)を算出し(この値が大きいほど映像刺激では音刺激に比べて反応時間が遅れることを意味する)、競技成績が上位選手と下位選手の群間での平均値の比較を対応のないt検定により行った。さらに、上記の①から⑫の質問への各回答と反応時間差についてスピアマンの順位相関分析(N=14)を行うことで自動発艇装置からのスタートに対する心理面と反応時間の遅延の関連性を調べた。これらの分析には統計解析ソフトIBM SPSS Statistics ver.21を使用し、有意水準は

5%未満(片側2.5%の両側検定)とした。

III 結果

A 音刺激と映像刺激に対する反応時間

全実験参加者14名における音刺激に対する反応時間の平均値と標準偏差が 196.17 ± 44.17 ms、映像刺激に対する反応時間の平均値と標準偏差が 492.11 ± 127.20 msであった。対応のあるt検定の結果、有意差が認められ、映像刺激では音刺激よりも反応時間が遅延した($t(13) = 10.93, p < .001$)。14名の全ての実験参加者において映像刺激では音刺激よりも反応時間が遅延し、映像刺激と音刺激の反応時間差の平均値と標準偏差は 295.95 ± 101.31 msであった。反応時間差が最も大きい実験参加者で448.78ms、最も小さい実験参加者で154.11msであった。なお、全実験参加者14名における音刺激及び映像刺激に対する反応時間の平均値と標準偏差を図3に示した。

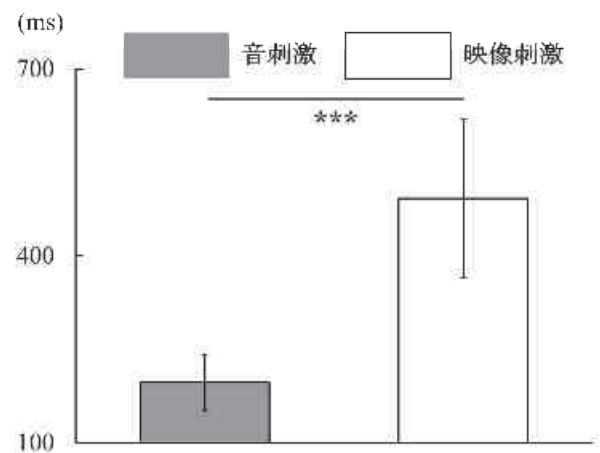


図3 全実験参加者14名における音刺激及び映像刺激に対する反応時間の平均値と標準偏差 (** $p < .001$)

B 成績上位群と下位群の比較

成績上位群6名における反応時間差の平均値と標準偏差が 313.79 ± 97.51 ms、下位群5名における反応時間差の平均値と標準偏差が 299.63 ± 115.32 msであった。対応のないt検定の結果、有意差は見られなかった($t(9) = .22, p = .830$)。なお、上位群と下位群における音刺激及び映像刺激に対する反応時間の平均値と標準偏差を図4に示した。群(2) × 刺激条件(2)の2要因分散分析(群が実験参加者間要因、刺激映像が実験参加者内要因)を実施したところ、群と刺激条件の交互作用や群の主効果は見

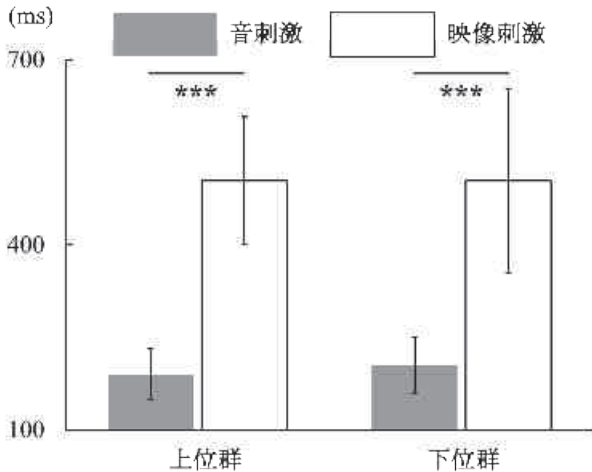


図4 上位群と下位群における音刺激及び映像刺激に対する反応時間の平均値と標準偏差 (** $p < .001$)

られなかった ($F_s < 1.0$)。刺激条件の主効果は認められ ($F(1,9) = 91.69, p < .001$)、各群の映像刺激に対する反応時間は音刺激に比べて有意に遅延した ($p_s < .001$)。

C 自動発艇装置からのスタートに対する心理面

表1に、自動発艇装置からのスタートが得意か苦手かの質問①(10件法)や、②から⑫の質問(5件法)への各回答に対する全実験参加者14名の平均値と標準偏差を示した。④自動発艇装置の音に緊張する、⑦自動発艇装置に跳ね返ってスタートすることがある、⑧自動発艇装置に跳ね返ることを恐れて出遅れてスタートすることがあるなどの項目に対する回答値が高かった。

D 心理面と反応時間の関係

表1には、12の質問項目と反応時間差に対するスピアマンの順位相関分析の結果も示した。全ての質問と反応時間差の間に有意な相関は見られなかった。

IV 考察

本研究では、カヌースプリント競技のスタート時の反応時間局面に着目し、カヌースプリント競技に取り組む選手を対象に自動発艇装置からのスタートではどれほど反応時間が遅れるのかについて調べることを目的とした。さらには、競技成績上位群と下位群の反応時間の遅延の比較を行うことや、自動発艇装置からスタートするときの心理面と反応時間の遅延の関係を調べることで、反応時間の遅延に関連する個人差要因を特定することも目的とした。

自動発艇装置からのスタートでは反応時間が遅延するという仮説を検証するため、実環境において艇のコックピット内にいる選手の一人称視点から撮影した自動発艇装置が下りる映像を見ながら、実験室内で艇に乗っている時と同じ体勢でスターティング動作のシミュレーションを実施させた。その際、第1パドルの手に握力計を持たせ、第1パドルの引き手動作によって握力計に力が加わる時点を特定することで反応時間を測定した。そして、同様の方法で映像なしでのビーブ音に対する反応時間も測定し、自動発艇装置の映像を見ながらの反応時間との比較を行った。実験の結果、14名の実験参加者全員が

表1 自動発艇装置からのスタートに対する心理面と反応時間の関係

質問項目	平均と標準偏差	r値 (p値)
①自動発艇装置が得意か苦手か	4.93±2.06	r= .418 (p=.137)
②自動発艇装置があるとうまくスタートをきれるか不安である	3.07±1.27	r= .000 (p=1.000)
③自動発艇装置があるとフリースタートよりも緊張する	2.93±1.44	r= .196 (p=.503)
④自動発艇装置の音に緊張する	3.21±1.58	r= .085 (p=.772)
⑤自動発艇装置が不安なのは慣れていないからだ	2.57±.94	r=-.202 (p=.490)
⑥自動発艇装置への不安がパフォーマンス(タイム)に影響していると思う	3.00±1.11	r=-.114 (p=.699)
⑦自動発艇装置に跳ね返ってスタートすることがある	3.29±1.49	r=-.272 (p=.347)
⑧自動発艇装置に跳ね返ることを恐れて出遅れてスタートすることがある	3.21±1.42	r=-.187 (p=.522)
⑨自動発艇装置は平等にスタートできるためフリースタートよりも安心する	3.00±1.52	r=-.202 (p=.489)
⑩自動発艇装置が下りるのを確認してからスタートしている	2.36±1.45	r=-.071 (p=.808)
⑪スタートする以前に自動発艇装置にスムーズに艇を入れることができるかどうか不安である	2.93±1.59	r= .243 (p=.403)
⑫自動発艇装置に入れてからスタートまでの時間に幅寄せをして艇を真っ直ぐに保てるかどうか不安である	2.57±1.45	r= .009 (p=.976)

音刺激に比べて自動発艇装置の映像による反応時間が遅れた。統計的有意差も確認でき、自動発艇装置からのスタートでは反応時間が遅延するという仮説が支持された。

自動発艇装置の映像を見ながらの反応では音刺激に比べて、14名の全実験参加者の平均値で約300msの反応時間の遅延が見られ、最も遅れた実験参加者では約450msであった。200mを40秒で漕ぐ選手で換算すると、300msは約1.5m（艇身の約29%）の距離、450msは2.25m（艇身の約43%）の距離になり、スタート時でのこの遅れは、心理的にも物理的にも成績（順位やタイム）を左右する非常に大きな不利と言える。スタート時の反応時間局面の敏捷性について各実験参加者は、音刺激に対する反応時間で規定できる能力を有しているが、自動発艇装置があることでその能力を発揮できないことが本研究の結果から明らかとなった。

先行研究では、先行視覚刺激による注視点の誘導⁹、上方への注視¹²⁻¹⁵、報酬を獲得できる競争のプレッシャー¹⁷、陸上100m走のフライングのルール改正²⁶によって反応時間が有意に遅延することが報告されている。しかしながら、これらの研究における反応時間の遅延は全実験参加者の平均値において数10msに留まっている。刺激-反応選択枝数と反応時間の関係を表すヒックの法則によれば、刺激-反応選択枝数が1から5に増えることによって約300msの反応時間の遅延が生じる¹。したがって、本研究で示された全実験参加者の平均値で約300msの反応時間の遅延は、刺激-反応選択枝数が1の単純反応課題でありながら5選択反応課題を行うときほどの大きな情報処理量が自動発艇装置の映像を見ることによって負荷されたことを意味する。

そして、自動発艇装置による反応時間の遅延に関連する個人差要因を特定するために、まず、競技成績上位群と下位群の比較を行ったが有意差は見られなかった。自動発艇装置による反応時間の遅延は、競技レベルに関わらず選手一様に生じることが示唆される。さらに、自動発艇装置からのスタートに対する得意・不得意の認識や、その他の心理面と反応時間の関係も調べたところ、全ての質問項目と反応時間の遅延に相関は見られなかった。したがって本研究では、スタートでの反応時間の遅延に関連する心理的要因を特定するには至らなかった。

本研究で用いた質問項目は信頼性や妥当性が確認されているものではないため、自動発艇装置からスタートをするときの心理面の測定尺度として精度や真度が低い可能性を有している。したがって、今後の研究では運動課題遂行時の心理面の測定尺度として信頼性や妥当性が確認されている種々の質問紙や心理検査を活用し、自動発艇装置からの反応時間の遅延に関連する心理的要因を検討する必要がある。このような問題を有する質問項目ではあったが、スタートに対する不安、自動発艇装置の音に対する緊張、自動発艇装置からの跳ね返りの経験の項目において回答得点が高かった。今後は、不安、緊張（プレッシャー）、パフォーマンスに対してマイナス要素となる先行経験などの要因と反応時間の関係を調べる研究を行うことが望まれる。

プレッシャーと反応時間の関係について先行研究では、初心者スクーバダイバーが暗算や文字読み取りの主課題を行いながら二次課題として視覚刺激に対して出来る限り早く反応する際に、プール内や海中の危機状況下では地上でそれらの課題を行うときよりも反応時間が遅延する傾向にあることが示されている¹⁶。さらに、ドライビング・シミュレーターによる運転課題を行いながら二次課題として周辺視野に呈示される視覚刺激に対して出来る限り早く反応する際に、報酬を獲得できる競争によるプレッシャー下では低特性不安者は反応時間を短縮させる一方、高特性不安者は反応時間を増加させた報告もある¹⁷。これらの先行研究は、プレッシャーや不安が反応時間の遅延を導くことを示しており、カヌースプリント競技のスタート時の反応時間局面においても同様の結果が得られるかについて検討することが求められる。

本研究ではカヌースプリント競技に取り組む選手において自動発艇装置からのスタートでは反応時間が遅延することが明らかとなったが、どのように反応時間の遅延を防ぐかという対処法を提案し、その効果を検証することも今後は行う必要がある。警察官を対象とした射撃課題では、銃を持つ相手に対して発砲する実環境を想定した練習や、そのような環境のシミュレーション映像を用いた練習によって、自己の銃の引き金を引くまでの反応時間が早くなるかについての検討が行われている^{20,22}。さらに、ミスをした場合には痛み刺激が与えられるプレッ

シャーを負荷した練習の効果も調べられており、プレッシャーを負荷した練習によって反応時間が短縮することが示されている²²。これらの研究に倣い、カヌースプリント競技においても自動発艇装置を想定したシミュレーション練習を実施することや、心理的なプレッシャーを負荷したスタート練習を行うことで反応時間の短縮を導く可能性が提案できる。

カヌースプリント競技では、前述の通り、日本国内では自動発艇装置からのスタートを練習できる環境が極めて少ないため、海外の試合に参加する際に自動発艇装置からのスタートの練習を多く積む必要性も提案できる。海外の試合に参加するチャンスに恵まれない選手においては、本研究で用いたようなシミュレーション映像を利用してスターティング動作の練習を行うことや、艇のコックピット内からの自動発艇装置の一人称イメージを描きながらスターティング動作をシミュレーションすることで、自動発艇装置からのスタートの経験不足を補える可能性が考えられる。また、カヌーの練習環境において利用可能な簡易な自動発艇装置を開発し、それを利用しながらのスタート練習に多く取り組むことで、自動発艇装置への苦手意識を克服できると考えられる。

最後に、本研究では自動発艇装置の映像を用いて実験室内でのシミュレーション動作によって反応時間の測定を行ったため、カヌースプリント競技の自動発艇装置から実際にスタートする時にも同様の結果が得られるかが不明という生態学的妥当性の問題も有している。実環境ではさらに反応時間が遅延する可能性も考えられ、今後は実環境において自動発艇装置からスタートする時の反応時間を調べる研究を行うことも必要である。さらに、カヌースプリント競技では予選から決勝まで1日に複数回のレースに出場することも多いため、疲労などの生理的要因も交えて研究を拡張することも今後の研究課題と言える。

※本研究において、著者らに開示すべき利益相反(COI)はない。

V. 引用文献

- シュミット：調枝孝治監訳. 運動学習とパフォーマンス—理論から実践へ—, p. 15-25, 大修館書店, 東京, 1994.
- 平田智秋. 運動測定分析“スポーツ心理学事典” (日本スポーツ心理学会編), p. 217-219, 大修館書店, 東京, 2008.
- Hick WE. On the rate of gain of information. *Quart J Exp Psychol*, 4, 11-26, 1985.
- Vall-Solé J, Rothwell JC, Goulart F, et al. Patterned ballistic movements triggered by a startle in healthy humans. *J Physiol*, 516, 931-938, 1999.
- Gironell A, Rodríguez-Fornells A, Kulisevsky J, et al. Abnormalities of the acoustic startle reflex and reaction time in Gilles de la Tourette syndrome. *Clin Neurophysiol*, 111, 1366-1371, 2000.
- Siegmund GP, Inglis JT, Sanderson DJ. Startle response of human neck muscles sculpted by readiness to perform ballistic head movements. *J Physiol*, 535, 289-300, 2001.
- Nijhus LBO, Janssen L, Bloem BR, et al. Choice reaction times for human head rotations are shortened by startling acoustic stimuli, irrespective of stimulus direction. *J Physiol*, 584, 97-109, 2007.
- Coombes SA, Tandonnet C, Fujiyama H, et al. Emotion and motor preparation: A transcranial magnetic stimulation study of corticospinal motor tract excitability. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 9, 380-388, 2009.
- Posner MI. Orienting of attention. *Quart J Exp Psychol*, 32, 3-25, 1980.
- Payne BK. Prejudice and perception: The role of automatic and controlled processes in misperceiving a weapon. *J Pers Soc Psychol*, 81, 181-192, 2001.
- Correll J, Park B, Hudo CM, et al. The influence of stereotypes on decisions to shoot. *Eur J Soc Psychol*, 37, 1102-1117, 2007.
- Payne WH. Visual reaction times on a circle about fovea. *Science*, 155, 481-482, 1967.
- Osaka N. Reaction time as a function of peripheral retinal locus around fovea: Effect of stimulus size. *Percept Mot Skills*, 42, 603-606, 1976.
- Maehara G, Okubo M, Michimata C. Effects of background color on detecting spot stimuli in the upper and lower visual fields. *Brain Cogn*, 55, 558-563, 2004.
- Kokubu M, Ando S, Oda S. Fixating at far distance shortens reaction time to peripheral visual stimuli at specific locations. *Neurosci Lett*, 664, 15-19, 2018.
- Weltman G, Egstrom GH. Perceptual narrowing in novice divers. *Hum Factors*, 8, 499-506, 1966.

17. Murray NP, Janelle CM. Anxiety and performance: A visual search examination of the processing efficiency theory. *J Sport Exerc Psychol*, 25, 171-187, 2003.
18. Panayiotou G, Vrana SR. The role of self-focus, task difficulty, task self-relevance, and evaluation anxiety in reaction time performance. *Motiv Emot*, 28, 171-196, 2004.
19. Nieuwenhuys A, Oudejans RRD. Effects of anxiety on handgun shooting behavior of police officers: a pilot study. *Anx Stress Cop*, 23, 225-233, 2010.
20. Nieuwenhuys A, Oudejans RRD. Training with anxiety: short- and long-term effects on police officers' shooting behavior under pressure. *Cogn Process*, 12, 277-288, 2011.
21. Nieuwenhuys A, Savelsbergh GJP, Oudejans RRD. Shoot or don't shoot? Why police officers are more inclined to shoot when they are anxious. *Emotion*, 12, 827-833, 2012.
22. Nieuwenhuys A, Savelsbergh GJP, Oudejans RRD. Persistence of threat-induced errors in police officers' shooting decisions. *Appl Ergonomic*, 48, 263-272, 2015.
23. 佐々木文予, 関矢寛史. 心理的プレッシャーが1歩踏み出し運動の初期姿勢ならびに予測的姿勢制御に及ぼす影響. *体育学研究*, 59, 577-589, 2014.
24. Tanaka Y, Funase K, Sekiya H, et al. Psychological pressure facilitates corticospinal excitability: Motor preparation processes and EMG activity in a choice reaction task. *Int J Sport Exerc Psychol*, 12, 287-301, 2014.
25. Tanaka Y, Shimo T. Increased corticospinal excitability and muscular activity in a lower limb reaction task under psychological pressure. *J Funct Morphol Kinesiol*, 2, 14, 2017. doi : 10.3390/jfmk2020014
26. 横倉三郎, 不破弘樹, 梶原洋子, ほか. フライングスタートのルール改正によるスタート反応時間の影響. *明星大学研究紀要【情報学部】*, 21, 11-16, 2013.