

令和 6 年 6 月 28 日現在

機関番号：31301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11338

研究課題名（和文）着衣泳における衣服と活動内容の違いが体温変化と「寒さ」の認知に及ぼす影響の解明

研究課題名（英文）Understanding the effects of clothing and physical activity on body temperature and cold perception in the aquatic environment

研究代表者

渡邊 泰典（WATANABE, Yasunori）

仙台大学・体育学部・准教授

研究者番号：50638418

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、河川で水難事故に遭遇した際の対処の仕方を検討するため、水中での行動選択や浸水範囲の違いがヒトの深部体温や寒さの認知に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。調査は、各年9月中旬に岐阜市・長良川河畔で実施した。気温は22.3～37.1、湿度は34.2～90.0%、水温は18.2～27.5の範囲であった。調査の結果、行動選択の違いでは、何もせずただ救助を待つより、手足を動かして移動するほうが深部体温の下降が抑制された。浸水範囲の違いでは、肩部まで浸水した状態は腹部まで浸水した状態より深部体温の下降が顕著となるが、主観的な寒さに違いはないことが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、実際に水難事故が発生する河川においてヒトの体温と冷覚がどのように変化するかを実証したことにある。河川は多くの人にとって生活圏に存在し、地域の重要な憩いの場であると同時に人命にかかわるリスクの高い場でもある。我が国では、程度の差こそあれ、各地の海水浴場にはライフガードをはじめとする安全管理体制が整備されつつあるが、河川ではその整備は現実的でない。よって、市民ひとりひとりが水辺で安全に活動するためのリテラシーを高めることが重要となる。本研究成果に基づき、水辺の安全に関する教育内容の充実が図られれば、かけがえのない命を一人でも多く救うことに貢献できるため社会的意義も大きい。

研究成果の概要（英文）：This study aims to determine the effects of differences in underwater behavior choices and level of immersion on human core body temperature and perception of coldness to examine how to cope with a water accident in a river. Investigations were conducted each year along the banks of the Nagara River in Gifu City in mid-September. Temperatures ranged from 22.3 to 37.1, humidity from 34.2 to 90.0%, and water temperature from 18.2 to 27.5. Results indicate that, in terms of differences in behavior choices, the decrease in core body temperature was reduced when swimming with the limbs compared to when doing nothing and simply waiting for rescue. In terms of the level of immersion, it was observed that there was no difference in subjective coldness, although the decrease in core body temperature was more pronounced when immersed up to the shoulders than up to the abdomen.

研究分野：生体行動科学

キーワード：河川 着衣泳 深部体温 行動選択 浸水範囲 水泳教育 溺水防止 セルフレスキュー

1. 研究開始当初の背景

我が国では、直近 10 年間 (2010 ~ 2019 年度) に 16,360 名が水難者となり、7,670 名が死亡または未だ行方不明で、そのうち 450 名が中学生以下の子どもである (警察庁, 2020)。とりわけ子どもの溺死者の場所別数を見れば 220 名 (48.9%) が河川であり、40 名 (8.9%) が用水路である (警察庁, 2012; 2013; 2014; 2015; 2020) ことから、子どもたちの溺水死亡事故は流れのある水域で発生していることが分かる。他方で、我が国における着衣泳の実践に目を向ければ、その多くが「むやみに泳がず浮いて待つ」ことが強調される傾向にある。こうした背景から、『着衣泳は果たして浮くことばかり注力して良いのか?』、『そもそも浮くこと以外に生死を分ける要素があるならば、それは世の中にどれほど理解されているだろうか?』と考えるに至った。浮いて救助を待つことのみならず焦点があてられる昨今の着衣泳の在り方は、このかけがえのない命を救う手立てとなるのか一考の余地がある。

2. 研究の目的

本研究は、着衣泳における行動選択と浸水範囲の違いがヒトの体温及び冷覚に及ぼす影響を詳細に検証し、命を守る水泳指導法としての新たな着衣泳プログラムを開発するための基礎資料を得ることを目的とした。この目的を達成するために、以下の 2 つの課題を設定した。

課題 1 : 行動選択の違いが冷水下のヒトの深部体温に及ぼす影響

課題 2 : 浸水範囲の違いが冷水下のヒトの深部体温と冷覚に及ぼす影響

3. 研究の方法

課題 1 : 行動選択の違いが冷水下のヒトの深部体温に及ぼす影響

1) 泳がず浮いて待つのは有効か?

ヒトの冷水浸水に関する初期の研究成果は、水難事故時の自己救助の方法として泳ぐことを推奨しなかった (Keatinge et al., 1969; Keatinge, 1972; Hayward et al., 1973; 1975)。しかしながら、近年では、ボートの事故で冷水に浸かった生存者の 60% 以上が岸に向かって泳いだのに対し、ボートに残った生存者はわずか 30% だった (Canadian Red Cross Society, 2006) ことが報告されており、水難事故時に「泳ぐ」ことが生存のための選択肢の一つになり得ることが示唆されている (Ducharme and Lounsbury, 2007) が、その有効性を示す客観的なデータはほとんどない。本研究では、生存のための具体的な行動として「浮いて待つ」ことと「泳いで移動する」ことを取り上げ、この 2 つの行動の違いが深部体温に及ぼす影響を検証した。

第 1 期の検証は 2021 年 9 月 18 日 (土) ~ 20 日 (月) に実施した。この検証には、教員養成系学部所属する健康な一般男子大学生 13 名 (年齢: 21.2 ± 1.0 歳、身長: 1.73 ± 0.05 m、体重: 66.4 ± 5.2 kg) が参加した。測定は岐阜県岐阜市の長良川河畔 A 橋付近 (気温: $32.9 \pm 2.8^\circ\text{C}$ 、水温: $19.9 \pm 0.9^\circ\text{C}$ 、流速: 0.44 ± 0.07 m/s、水深: 0.5 m) で実施した。本検証では、13 名の参加者を「浮いて待つ」ことを想定した Stay 群と、「泳いで移動する」ことを想定した Move 群の 2 つに分け、それぞれ的人数は 7 名と 6 名とするクロスセクショナル・デザインを採用した。参加者の衣服は、夏のレジャー時を想定した半袖 T シャツ及びハーフパンツ (100% Cotton, UNIQLO CO., LTD., Yamaguchi, Japan) とし、測定者が、参加者の体形に応じて適切なサイズを選択した (図 1)。



図 1 参加者が着用した水着 (左) と衣服 (右)

第 2 期の検証は 2023 年 9 月 15 日 (金) 及び 9 月 17 日 (日) に実施した。この検証には、教員養成系学部所属する健康な一般女子大学生 12 名 (年齢: 19.5 ± 0.5 歳、身長: 1.66 ± 0.06 m、体重: 55.6 ± 6.2 kg) が参加した。測定は岐阜県岐阜市の長良川河畔 B 橋付近 (気温: $33.7 \pm 3.4^\circ\text{C}$ 、水温: $27.3 \pm 0.3^\circ\text{C}$ 、流速: 0.73 ± 0.11 m/s、水深: 0.5 m) で実施した。本検証では、12 名の参加者に「浮いて待つ」ことを想定した Stay 条件と、「泳いで移動する」ことを想定した Move 条件の両方をランダムに実施するクロスオーバー・デザインを採用した。

深部体温の測定は、17.7 mm x 8.9 mm の撮型温度センサー (eCelsius Performance capsule, BodyCAP, Hérouville, Saint-Clair, France) を用いた。参加者は、測定開始時刻の 2 時間前にセンサーを撮取し、活動に備えた。活動開始に伴い、Stay 群は、川上に頭、川下に足を向けた状態で、鎖骨位まで浸水し、長座姿勢で水中に止まった。Move 群は、川上と川下間の約 20 m の距離を、鎖骨位まで浸水した状態で、ほふく前進にて往復移動した。活動時間は 1 時間とし、1 分毎の体温を記録して、時系列的变化を観察した。

2) 手で首を覆うことで体温低下は軽減できるか？

冷水下では、ヒトは主に頭部、頸部、腋窩部、鼠径部から体温が奪われたため、これらの部位を保護し、体表面が冷たい水に曝されるのを最小限に抑えるには、一般に胎児の姿勢と呼ばれる「熱放出低減姿勢 (Heat Escape Lessening Posture: HELP)」が有効 (Hayward et al., 1973; 1975) とされる。HELP は、誰でも簡単に実行できる生存スキルとして頻繁に強調されており、水中安全に関する各種講習会やテキストなどでも推奨されている。しかしながら、実際には HELP はバランスをとることが困難で、身体が前後に回転するため、頭を水面より上に保つのに苦労する人も少なくない (Lounsbury, 2004) (図 2)。



図 2 熱放出低減姿勢 (HELP) に取り組む様子

したがって、胎児の姿勢を維持するのが難しい場合でも実行できる代替法を検討することで、追加の生存オプションを提供できるかもしれないと考えた。本研究では、ヒトが自身の両手で首を覆うことで体温の損失が軽減できるか検証した。

この検証には、体育系学部にも所属する健康な男子大学生 15 名 (年齢: 19.8 ± 1.0 歳、身長: 1.71 ± 0.05 m、体重: 66.1 ± 6.9 kg、体脂肪率: $17.1 \pm 4.0\%$) が参加した。場所は X 大学屋内プール (水温: 20.6 、水深: 0.6 m) で実施した。15 名の参加者を、両手で首を覆う群 (CN 群) と、両手で首を覆わない群 (w/o CN 群) の 2 つに分け、それぞれの人数は 7 名と 8 名とするクロスセクショナル・デザインを採用した。参加者は、腰から膝までを覆う水着を着用し、顎を水面の高さにそろえた状態で 60 分間その姿勢を維持した (図 3)。



図 3 両手で首を覆う状態(左)と覆わない状態(右)

深部体温の測定は、課題 1 - 1 と同様とした。腋窩温度の測定は、ボタン電池型温度ロガー (iButton temperature logger, DS1922L, Maxim Integrated Products, Inc., San Jose, CA, USA) を用いた。ボタン電池型温度ロガーは、耐水性両面テープで参加者の腋の下の皮膚に直接貼付した。

課題 2: 浸水範囲の違いが冷水下のヒトの深部体温と冷覚に及ぼす影響

カナダの報告書によれば、ボートの転覆や浸水により冷水に身体が曝された場合、犠牲者も生存者も行動は類似しており、約 3 割はボートにとどまり、約 6 割は岸に向かって泳ぐことが示されている (Canadian Red Cross Society, 2006)。しかしながら、ボートにとどまることで身体の一部が冷水に曝されている状態と、岸に向かって泳ぐことで身体の大部分が冷水に曝されている状態ではヒトの体温や自覚する寒さにどの程度の影響があるかは未だわからないことが多い。本研究では、河川における身体の浸水範囲の違いがヒトの深部体温と冷覚に及ぼす影響を検証した。

検証は、2022 年 9 月 22 日 (木) ~ 25 日 (日) に実施した。この検証には、教員養成系学部にも所属する健康な男子大学生 12 名 (年齢: 19.8 ± 0.5 歳、身長: 1.72 ± 0.06 m、体重: 67.3 ± 7.0 kg、体脂肪率: $15.7 \pm 3.6\%$) が参加した。測定は 12:30 ~ 13:30、場所は岐阜県岐阜市の長良川河畔 A 橋付近 (気温: 25.5 ± 1.7 、水温: 18.9 ± 0.8 、流速: 0.43 ± 0.13 m/s、水深: 0.5 m) で実施した。本検証では、12 名の参加者に肩部浸水条件と、腹部浸水条件の両方をランダムに実施するクロスオーバー・デザインを採用した。

4. 研究成果

課題 1: 行動選択の違いが冷水下のヒトの深部体温に及ぼす影響

1) 泳がず浮いて待つのは有効か？

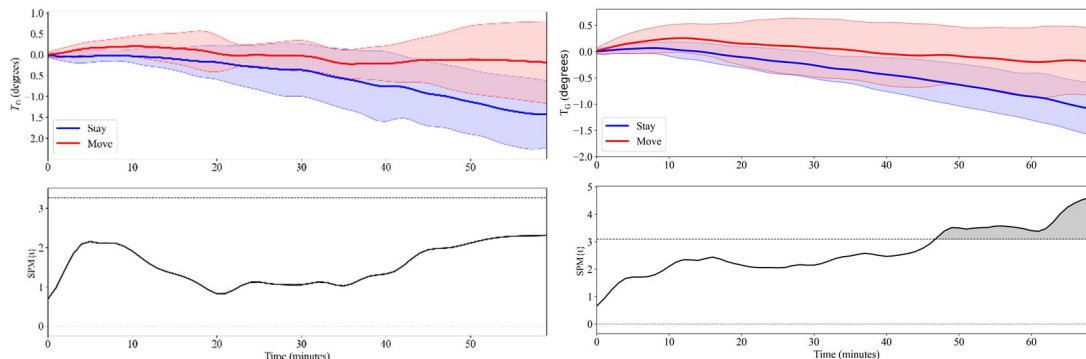


図 4 男子(左)と女子(右)の深部体温の変化(青: Stay、赤: Move)

一次元統計的パラメトリックマッピングにより、男子では Stay 群が Move 群より深部体温の下降が大きい傾向がみられたが、クロスセクショナル・デザインゆえに、おそらく参加者個人の身体特性や産熱・断熱能力の違いが影響し、両群に有意差は認められなかった。一方、クロスオーバー・デザインで検証した女子では Stay 条件が Move 条件より深部体温の下降が有意に大きい ($p < 0.05$) (図 4) ことから、水温が約 20~27°C の場合には、じっとして救助を待つよりも、岸に近づくために手足を動かす方が生存の可能性を高めるのに効果的であると示唆された。

2) 手で首を覆うことで体温低下は軽減できるか?

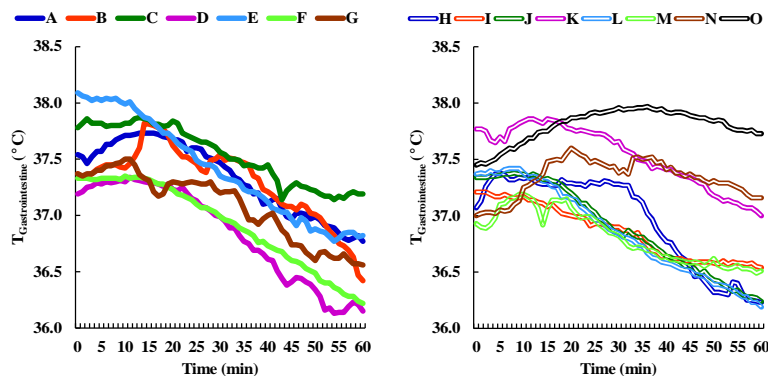


図 5 各参加者の深部体温の変化 (左: CN 群、右: w/o CN 群)

スチューデントの t 検定により、深部体温の総下降は、両群間で有意差はなかった (図 5)。これはおそらく w/o CN 群の結果のばらつきが大きいためと考えられるが、なぜこのような個人変動を引き起こすのかについては、更なる調査が必要である。深部体温の上昇率と下降率の比較では、下降率のみ w/o CN 群と比較して CN 群で有意に大きかった (-0.025 ± 0.006 vs -0.018 ± 0.006 degrees/min, $t = -2.487$, $p = 0.027$)。腋窩温度も同様に、下降率のみ w/o CN 群と比較して CN 群で有意に大きかった (-0.352 ± 0.127 vs -0.202 ± 0.143 degrees/min, $t = -1.34$, $p = 0.052$)。腋窩温度の総温度下降は w/o CN 群と比較して CN 群で有意に大きかった (-7.797 ± 3.251 vs -2.562 ± 5.599 degrees, $t = -2.138$, $p = 0.049$)。深部体温と腋窩温度の下降率や腋窩温度の総温度下降の結果に基づくと、首を両手で覆うことは、おそらく脇の下からの熱損失が原因で、深部体温に悪影響を与えることが示唆された。

課題 2: 浸水範囲の違いが冷水下のヒトの深部体温及び冷覚に及ぼす影響

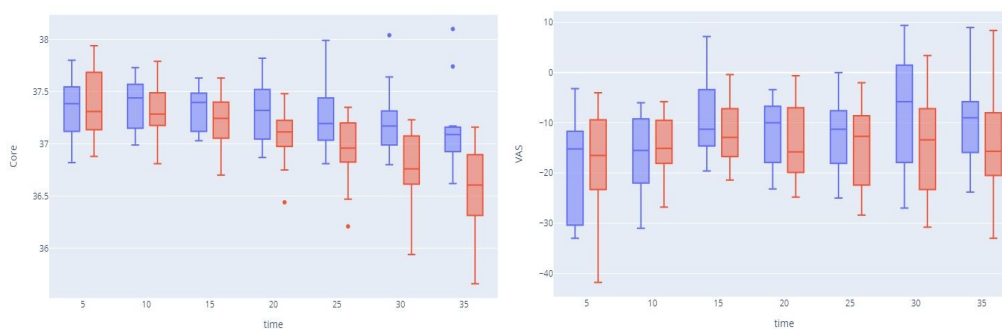


図 6 深部体温 (左) と冷覚 (右) の変化の比較 (青: 腹部位浸水、赤: 肩部位浸水)

2 要因 (肩部位浸水 vs 腹部位浸水、時間、の 2 要因) の繰り返しのある分散分析により、深部体温は、浸水範囲の主効果、時間の主効果ともに有意であり、交互作用が確認された ($F(6, 66) = 16.080$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.105$) (図 6 左)。よって、浸水範囲が大きいほど深部体温の下降は顕著となり、時間の経過とともに下降が加速することが示された。冷覚は、時間の主効果のみ有意 ($F(6, 66) = 2.293$, $p = 0.045$, $\eta^2 = 0.079$) であった (図 6 右)。冷覚は、肩部位浸水が腹部位浸水かで違いはないことが示された。このことから、冷覚は、どれだけ多く水に曝されるかではなく、どこの部位が曝されるかに影響を受けることが示唆された。

引用文献

- Canadian Red Cross Society (2006) *Drownings and Other Water-Related Injuries in Canada, 1991-2000*
 Module 2: Ice & Cold Water.
- Ducharme M. D., & Lounsbury D. S. (2007) Self-rescue swimming in cold water: the latest advice. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 32(4), 799-807.

- Hayward, J.S., Collis, M., & Eckerson, J.D. (1973) Thermographic evaluation of relative heat loss areas of man during cold water immersion. *Aerospace Medicine*, 44(7), 708-11.
- Hayward, J.S., Eckerson, J.D., & Collis, M.L. (1975) Effect of behavioral variables on cooling rate of man in cold water. *Journal of Applied Physiology*, 38(6), 1073-77.
- Keatinge WR. (1972) Cold Immersion and swimming. *Journal of the Royal Naval Medical Service*, 58, 171-6.
- Keatinge WR, Prys-Roberts C, Cooper KE, Honour AJ, & Haight J. (1969) Sudden failure of swimming in cold water. *British Medical Journal*, 1, 480-3.
- 警察庁生活安全局地域課 (2012) 平成 23 年中における水難の概況 .
- 警察庁生活安全局地域課 (2013) 平成 24 年中における水難の概況 .
- 警察庁生活安全局地域課 (2014) 平成 25 年中における水難の概況 .
- 警察庁生活安全局地域課 (2015) 平成 26 年中における水難の概況 .
- 警察庁生活安全局生活安全企画課 (2020) 令和元年における水難の概況 .
- Lounsbury, D.S. (2004) *Swimming survival – performance and judgement in cold water*. M.Sc. thesis, University of Toronto, Toronto, Ont.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yasunori Watanabe, Ryosuke Inagaki, Shin-Ichiro Moriyama & Tomohiro Gonjo	4. 巻 1
2. 論文標題 Does covering the neck with the hands reduce body heat loss in people immersed in cold water?	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 XIVth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming Proceedings	6. 最初と最後の頁 627-632
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 渡邊泰典、稲垣良介、森山進一郎
2. 発表標題 河川での水難における行動選択の違いが水難者の深部体温に及ぼす影響
3. 学会等名 日本水泳・水中運動学会2022年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲垣良介、岸俊行、渡邊泰典、江田廉
2. 発表標題 ライフジャケットを用いた実習授業が児童の水難時の行動選択に関する判断に及ぼす効果の検証
3. 学会等名 日本体育科教育学会第27回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡邊泰典、稲垣良介、森山進一郎、岸俊行、言上智洋
2. 発表標題 河川における身体の浸水範囲の違いが深部体温、冷覚および主観的体温に及ぼす影響
3. 学会等名 日本水泳・水中運動学会2023年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 稲垣良介、渡邊泰典、岸俊行
2. 発表標題 ライフジャケットを用いた実習授業が児童の行動意図の規定因に及ぼす影響
3. 学会等名 日本体育・スポーツ・健康学会第73回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yasunori Watanabe, Ryosuke Inagaki, Shin-Ichiro Moriyama & Tomohiro Gonjo
2. 発表標題 Does covering the neck with the hands reduce body heat loss in people immersed in cold water?
3. 学会等名 XIVth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	稲垣 良介 (INAGAKI Ryosuke) (20583058)	岐阜聖徳学園大学・教育学部・教授 (33704)	
研究 分担者	森山 進一郎 (MORIYAMA Shin-Ichiro) (60386307)	東京学芸大学・教育学部・准教授 (12604)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	言上 智洋 (GONJO Tomohiro)	ヘリオット・ワット大学・助教	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------