

# スポーツ研究センター紀要

第5号

2020年3月

追手門学院大学

OTEMON GAKUIN UNIVERSITY

# JOURNAL OF SPORTS RESEARCH CENTER

No.5

March 2020

## Articles

Performance of young Asian soccer players

– Comparison between Bhutanese and Japanese U-13 national soccer team players –

..... Hiroaki MATSUYAMA, Taisuke NAKAMURA 3  
Hiroshi NINOMIYA, Katsuhiro MUTO

Effects of a 3-month aerobic training program on the arterial stiffness and physical fitness in the elderly

..... Takeshi MATSUI, Juri TATSUMI, Tatsuya SAITO 17  
Sho ONODEA, Risa KURATO, Takuya MAGOME  
Hiroaki MATSUYAMA, Yoshihiro TATSUMOTO

Synchronization of middle-aged and elderly artistic swimmers :Measurement of angular movement

..... Juri TATSUMI, Takuya MAGOME, Akira UCHIYAMA 29  
Ryosuke HASEGAWA, Takeshi MATSUI  
Yoshihiro TATSUMOTO, Hiroaki MATSUYAMA

SPORTS RESEARCH CENTER

OTEMON GAKUIN UNIVERSITY

2-1-15, Nishi-Ai, Ibaraki, Osaka, 567-8502 Japan

追手門学院大学

# スポーツ研究センター紀要

第5号

2020年3月

## 論文

アジアサッカー育成年代選手の競技力に関する研究

－ブータン王国U-13代表選手の競技力と日本の同年代選手との比較から－

..... 松山 博明 ・ 中村 泰介 3  
二宮 博 ・ 武藤 克宏

3カ月間の有酸素トレーニングが高齢者の動脈スティフネスおよび体力に及ぼす影響

..... 松井 健 ・ 巽 樹理 ・ 斎藤 辰哉 ・ 小野寺 昇 17  
倉藤 利早 ・ 馬込 卓弥 ・ 松山 博明 ・ 辰本 頼弘

中高齢泳者アーティスティックスイミングにおける同時性に関する基礎的研究

－角度に着目して－

..... 巽 樹理 ・ 馬込 卓弥 ・ 内山 彰 ・ 長谷川凌佑 29  
松井 健 ・ 辰本 頼弘 ・ 松山 博明



論文

アジアサッカー育成年代選手の競技力に関する研究  
－ブータン王国 U-13 代表選手の競技力と日本の同年代選手との比較から－

松 山 博 明      中 村 泰 介  
追手門学院大学      園田女子大学短期大学部  
二 宮      博      武 藤 克 宏  
ガンバ大阪      ギラヴァンツ北九州

Performance of young Asian soccer players  
-Comparison between Bhutanese and Japanese U-13 national soccer team players-

Hiroaki MATSUYAMA      Taisuke NAKAMURA  
Otemon Gakuin University      Sonoda Women's University  
Hiroshi NINOMIYA      Katsuhiro MUTO  
Gamba Osaka Football Club      Giravanz Kitakyushu Football Club

Abstract

Performance levels of U-13 Bhutanese national soccer team players coached by Japanese coaches dispatched overseas under the JFA Asia Project were assessed using JFA physical measurements as well as DIPCA.3 and analyzed by comparing with Japanese national soccer team players of the same age group. The results indicated that scores of Bhutanese players for all 12 items were lower than Japanese players. The comparisons using JFA physical measurements indicated that the score for the “long kick using the left or right foot by taking one-step” and the “long free-kick using the left or right foot,” of Bhutanese players were approximately half that of Japanese players, the difference between the two teams in the Step 50 test of agility was 3.60 seconds, in the throwing test it was 3.80m, whereas, in the bounding test, it was 1.82m. The comparisons using DIPCA.3 indicated a significant difference in the “fighting spirit” in the competitive motivation of 6.26 points on average. On the other hand, the difference was smaller for “confidence” (0.76 on average) compared to the other items, which might be a temporary phenomenon. These results suggest the need for Japanese soccer coaches to understand the performance levels and conditions of players in each category and the need to continuously develop their physical and mental aspects from a long-term perspective in the process of supporting Bhutanese soccer players.

キーワード：海外派遣サッカー指導者，ブータン，サッカー，U-13

Keywords：Expatriate soccer coach, Bhutan, Soccer, U-13

---

※松山博明（追手門学院大学）  
二宮 博（ガンバ大阪）  
中村泰介（園田女子大学短期大学部）  
武藤克宏（ギラヴァンツ北九州）

## 1. はじめに

ブータン王国（以下：ブータンとする）では、サッカーが国民的なスポーツとして楽しまれている、と聞くと、意外に思われるかもしれない。もちろん、古くからサッカーが国民の娯楽だったわけではなく、その歴史は、せいぜいこの30年ほどであると考えられる。ブータンにおける伝統的な国技と呼ぶべきものは、弓技、すなわちアーチェリーである。これは国のほぼ全土で親しまれており、毎週末には、広場でアーチェリーを楽しむ姿をよく見かける。

ブータンにおいて、サッカーが、いつから、そしてなぜ人気スポーツになったのか、その時期と原因は残念ながら定かではない。テレビの導入による影響ではないかと推察されたが、どうやらそれ以前から人気があったと推測される。1990年代には、衛星放送を通じてサッカー中継を楽しむ姿も見られたという（平山, 2005）。加えて、ブータンの高僧ケンツェ・ノルブ〔Khyentse Norbu〕が監督を務めた、『ザ・カップ〔The Cup〕』〔1999〕というフィクション映画（ブータン・オーストラリアの共同制作）がある。この映画は、1998年に開かれた国際サッカー連盟（Fédération Internationale de Football Association：以下 FIFA とする）ワールドカップ・フランス大会がモチーフとして描かれる。フィクションとはいえ、このような映画が公開されている時点で、当時のブータンにおけるサッカー熱がありありと伝わってくる。続く2002年のワールドカップ・日韓大会時においては、ちょうど、横浜で決勝戦が行われていた、そのときに、ブータンの首都ティンブーにおいて、当時の世界ランキング最下位のモントセラトと、その一つ上のブータンの間で、最下位決定戦が開かれることになった。しかも、このときの様子は、オランダ・日本共同制作による映画、『アザー・ファイナル〔The Other Final〕』〔2003〕（ヨハン・クレイマー〔Johan Kramer〕監督作品）としてドキュメンタリー映像化され、世界的にも話題を集めた。この試合に出場していた、元ブータン代表のウゲン・ドルジ〔Ugyen Dorji〕は、ドイツメディア Deutsche Welle のインタビューに対して、当時の様子を、「ティンブー中がこの試合に注目していた」と語り、「多くの人が、より一層サッカーに興味を抱ききっかけになった」と述懐している（Deutsche Welle, online）。その当時、最下位決定戦を行っていたブータンサッカーであったが、多くの人が、より一層サッカーに興味を抱き、サッカーの本格的な強化を行うために、以前から交流していた公益財団法人日

本サッカー協会（Japan Football Association：以下 JFA とする）との間で2008年から JFA アジア貢献事業の派遣を行うことになった。JFA アジア貢献事業は、アジア近隣諸国や地域との交流を目的に、アジアサッカー発展のために人材の活発な交流を行っている（JFA, 2013）。ブータンに関しても、これまで JFA アジア貢献事業の一環で、ブータン代表チーム監督兼アカデミーヘッドコーチとして、代表チームと育成強化のために2008年4月から行徳浩二氏が赴任した後、2019年まで7名の指導者が派遣されている（JFA, online）。2016年から2年間赴任した U-14・U-17 ブータン代表監督である李成俊氏によるとブータンには歴代の日本人指導者達による功績が多くある。その一つは、サッカーにおける規律と取り組む姿勢、そして、技術・戦術はもちろん、サッカーの持つ可能性を大いに広げ、ブータンサッカーに良い刺激を与えたことであると述べている（JFA, online）。

しかし、2012年から2年間赴任したラオス人民民主共和国（以下ラオスとする）代表監督であった木村浩吉氏によると育成年代のクラブづくりとそれに伴う指導者養成と育成年代のゲーム環境を構築することが急務であると述べている（JFA, 2014）。また、西（2008）は代表の強化は短期の強化のみでなく、日々の所属チームでのトレーニングによりなされているとしている。つまり、その国の競技力向上を行うためには、長期的な視野に立って、普及・育成年代から日々の地道な努力が必要であると考えられる。

これまでブータン育成年代選手の競技力の実態調査を行った先行研究では、松山ら（2015）のブータン王国サッカー U-19 アジア選手権の実践活動を中心に行った研究がある。この研究によって、強化育成環境の整備と選手の発掘育成システムを構築することや各地域でのサッカーの普及活動と試合環境の改善をすることが施策として挙げられた。また、松山ら（2018）のブータン地域のサッカー選手の育成レベルなどのコーチング環境の実態調査を行なった。その結果、ブータンサッカー協会（Bhutan Football Federation：以下 BFF とする）は、各地域でのサッカーの普及活動と試合環境の改善を行っていく必要があると報告されている。松山ら（2019）の JFA アジア貢献事業の海外派遣サッカー指導者が指導する競技力に関する JFA フィジカル測定や DIPCA.3 の実態を明らかにして、ブータンと北マリアナ諸島自治連邦区（以下：北マリアナ諸島とする）の2か国による U-17 代表選手の競技力の実態調査を行った。その結果、ブータンと北マ

リアナ諸島は、他国と比較してフィジカルの要素や心理的要素が備わっていないことが明らかになった。しかしながら、これまでの研究だけではブータン代表チームは、各カテゴリー選手の十分な情報が報告されていない。また、サッカー先進国である日本の同年代選手との差がどの程度であるのかも明らかにされていない。こうした十分な競技力に関する報告がなされていない国のサッカーレベルや新たに派遣された指導者が選手やチームの実態を把握して支援活動を行うためには、競技力に関する実態が必要不可欠である。そこで、本研究ではJFA アジア貢献事業の海外派遣サッカー指導者が指導するブータン U-13 代表チームの競技力に関する JFA フィジカル測定や DIPCA.3 の実態を明らかにして、日本の同年代選手との比較などを通して分析を試みることを目的とした。

## 2. 方 法

### 2.1. 調査対象

JFA アジア貢献事業が指導している 13 歳以下の代表チーム選手のブータン選手 (n=21)、22 名中 21 名 (有効回答率 95.4%)、平均年齢 12.62 歳 (10 歳 ± 13 歳) を調査対象に JFA フィジカル測定と DIPCA.3 を実施した。JFA フィジカル測定と DIPCA.3 の調査は、得られた回答のうち、すべての測定が不可能であった選手を除いた。

調査は、研究者本人がブータンに赴任している海外派遣サッカー指導者に出向き、BFF に調査の承諾を得たうえで、調査の目的などを赴任している指導者が現地スタッフと選手に説明し、測定と検査結果を現地で回収した。

### 2.2. 調査内容

JFA フィジカル測定は、世界が使用している基準を調査、検討し、さらに国内外でも活用できるように作成されている。JFA フィジカル測定ガイドライン (JFA, 2006) に従って、ブータンで測定可能な 12 種目 (20m 走, 50m 走, アジリティステップ 50, アジリティフォワードラン, ロングキック右足 1 ステップ, ロングキック右足フリー, ロングキック左足 1 ステップ, ロングキック左足フリー, スローイン, バウンディング, ホッピング右片足, ホッピング左片足) から調査を実施した。

DIPCA.3 は、スポーツ選手に必要な試合場面での一般的特性としての心理的競技能力を診断するための心理検査である。スポーツ選手の心理的「特性」としての心理的競技能力を診断する心理検査は、52 の質問項目から構成されている。また、競技意欲 (忍耐力, 闘争心, 自己実現意欲, 勝利意欲), 精神の安定・集中 (自己コントロール能力, リラックス能力, 集中力), 自信 (自信, 決断力), 作戦能力 (予測力, 判断力) 及び協調性の 5 因子及び 12 下位尺度に分類される調査法である (徳永ら, 1991)。したがって、合計 12 下位尺度から調査を実施した。

### 2.3. 調査期間

2014 年 4 月 27 日に合計 1 日間実施した。

## 3. 結 果

### 3.1. JFA フィジカル測定結果

日本の 2004 年度フィジカルデータ測定報告 (JFA, 2004) とブータン U-13 代表チームとの平均値で比較した。その結果、ブータンは日本の同年代の代表チームと比較した場合、12 種目中全てにおいて、低い数値であった (表 1)。

表 1 フィジカルデータ計測値 (平均) 分析結果

| 項 目            | 単位   | 日本    | ブータン  |
|----------------|------|-------|-------|
| 20m            | sec. | 3.50  | 3.60  |
| 50m            | sec. | 7.20  | 8.40  |
| シャトルラン         | sec. | 12.00 | 13.00 |
| アジリティStep50    | sec. | 15.80 | 18.20 |
| ロングキック右 1 ステップ | m.   | 31.60 | 17.00 |
| ロングキック右フリー     | m.   | 40.10 | 23.00 |
| ロングキック左 1 ステップ | m.   | 27.60 | 12.20 |
| ロングキック左フリー     | m.   | 30.70 | 14.00 |
| スローイング         | m.   | 14.00 | 10.20 |
| バウンディング        | m.   | 6.32  | 4.50  |
| ホッピング (右)      | m.   | 5.86  | 4.50  |
| ホッピング (左)      | m.   | 6.02  | 5.00  |

【計測日】日本代表「U 13/U 14」: 2004 年 7 月 20 日

### 3.2. DIPCA.3 測定結果

大嶽ら（2003）による DIPCA.3 の研究結果とブータンの平均値で比較した。その結果、ブータンは 12 尺度中全

てで低い数値であった（図 1）。

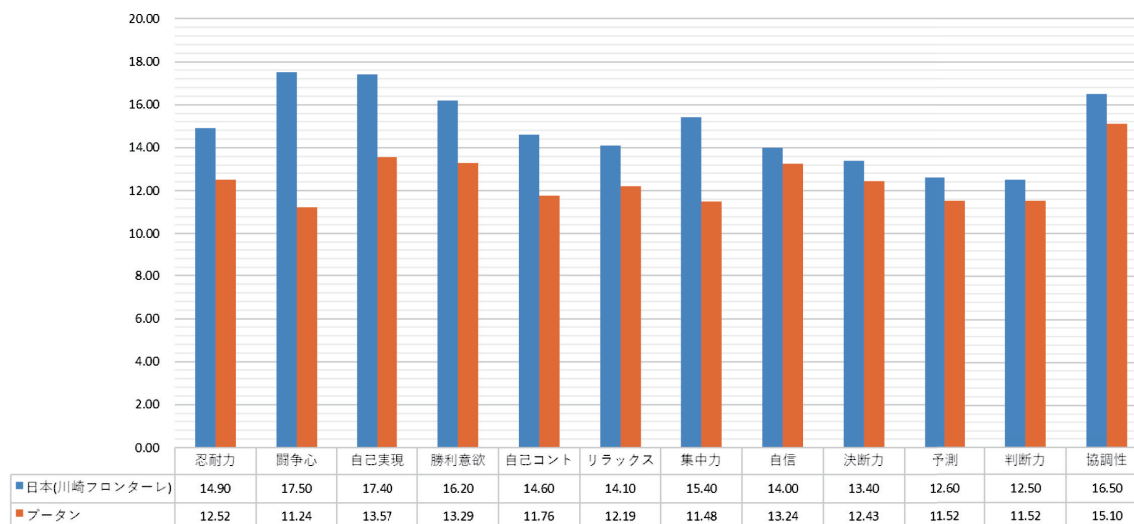


図 1 DIPCA.3 分析（平均）結果

## 4. 考 察

### 4.1. JFA フィジカル

JFA フィジカル測定の結果、ブータンは日本の同年代の代表チームと比較した場合、12 種目中全てにおいて、低い数値であった。その中でも、特にロングキック右足 1 ステップ（日本：31.60 m / ブータン：17.00 m）、ロングキック右足フリー（日本：40.10 m / ブータン：23.00 m）、ロングキック左足 1 ステップ（日本：27.60 m / ブータン：12.20 m）、ロングキック左足フリー（日本：30.70 m / ブータン：14.00 m）に関して、ブータンは日本の能力の 2 分の 1 程度に留まり、大きな能力の差があった。ブータン代表チームでは、基礎的な技術レベルが低い「止めて蹴る」などのトレーニングをほとんど毎日のようにメニューを導入した。また、技術面のトレーニングでは、選手の興味や集中力を持続させるために、メニューを少しずつ変化させ工夫したと報告されている（松山，2014）。ブータン U-19 代表年代においても、育成年代ですでに習得しておかなくてはならない技術が低かったため、トレーニング全体の 14.0% を行ったと述べている（松山，2013）。このことから、ブータンサッカー全体の技術面が低いと考えられる。しかし、同じ JFA アジア貢献事業の海外派遣サッカー指導者が指導しているカンボジ

アにおいては、アカデミー選手のトレーニングで全体の 22.7% を技術トレーニングに費やした結果、ロングキック左足 1 ステップに関しては、JFA フィジカル測定の 1 回目から 3 回目のすべてにおいて、有意に向上がみられた。また、ロングキック右足 1 ステップ、ロングキック右足フリー、ロングキック、ロングキック左足フリーでは 3 回目において 1 回目よりも有意な向上がみられたの報告されている（松山ら，2016a）。小野（2010）は、ボールコントロール、パスやシュートなどの基本技術がないと世界では通用せず、育成年代からの積み重ねが不可欠であると述べている。このことから、ブータンにおいても、育成年代から技術トレーニングを徹底させることによって競技力向上につながっていくと考えられる。

また、20 m（日本：3.50sec. / ブータン：3.60sec.）、50 m（日本：7.20sec. / ブータン：8.40sec.）、シャトルラン（日本：12.00sec. / ブータン：13.00sec.）、アジリティ Step50（日本：15.80sec. / ブータン：18.20sec.）に関して、ブータンは日本の能力の 1.00sec. 以上の差があった。特にアジリティ Step50 に関しては、3.60sec. の差があった。松山ら（2016b）の 3 か国による U-14 代表選手の競技力の実態調査から、カンボジアなどの FIFA ランキング中位国は、北マリアナ諸島やラオスの FIFA ランキング下位国

よりシャトルランやアジリティ Step 50 などのアジリティの能力が高かったと報告されている。FIFA ランキング下位国は、アジリティの能力を中心としたトレーニングが乏しいと言わざるを得ない。しかしながら、松山ら(2016a)のカンボジアフットボールアカデミー選手の実態調査によると、アジリティ Step 50 は、1 回目より 2 回目、1 回目より 3 回目において、有意に高値を示したと報告されている。カンボジアフットボールアカデミー選手のアジリティトレーニングは、全体の 2.9% を占めており、トレーニング前に導入したラダーによるアジリティを取り入れていた効果だと報告されている。このことから、ブータンに関しても、速筋繊維の発達が促進されるトレーニングを、より多く実施することによって、細かいステップや反転や反応の速さなどといった神経系の発達を促し、向上することが出来ると考えられる。

次にスローイング（日本：14.00 m / ブータン：10.20 m）、バウンディング（日本：6.32 m / ブータン：4.50 m）、ホッピング（右）（日本：5.86 m / ブータン：4.50 m）、ホッピング（左）（日本：6.02 m / ブータン：5.00 m）に関して、ブータンは日本の能力の 1.02 m 以上の差があった。特にスローインでは、3.80 m の差、バウンディング 1.82 m の差があった。こうした下半身や上半身などの身体能力に関して、平山（2005）によると一般的にブータン人の基本的な身体能力は高い。しかし、スポーツに慣れ親しんでいなく、その身体能力の使い方を知らないのである。しかも、体力はあるのだが、基礎的な筋力のない人が多いと述べている。これは、これまで海外派遣サッカー指導者や体育教育がなかったことで、本来持っている能力が十分発揮できていなかったと考えられる。また、同じ FIFA ランキング下位国の北マリアナ諸島においても、身体能力が高い選手が多いものの、サッカー経験者が少ないため、サッカーに即したフィジカル的要素が備わっていないと報告されている（松山ら、2016b）。2015 年から 2 年間赴任したカンボジアフットボールアカデミー・U-15 カンボジア代表監督であった壺岐友輔氏は、カンボジアにおいても基礎運動能力が非常に低い子どもたちが多いのが現状である。しかし、やればやるほど上達し、できないことを丹念にやって短所を克服することが大事だという意識もだんだんと芽生えてきた手応えがあると述べている（サカイ、online）。このことから、ブータンにおいても、身体能力を向上させるためのトレーニングを継続的にして地道に取り組むことによって、競技力向

上に繋がっていくと考えられる。

## 4.2. DIPCA.3

DIPCA.3 の結果、ブータンは、日本の J リーグ育成チームと平均値で比較した場合、ブータンは 12 尺度中全てで低い数値であった。その中でも、特に、競技意欲の闘争心（日本：17.50 / ブータン：11.24）に他の値と比較して平均値 6.26 の大きな能力の差があった。ブータンの選手の傾向として、試合中において選手の冷静さを欠く判断ミスによる退場、試合開始後 15 分間の失点、失点後の連続失点する場面が他国と比較して非常に多かったと報告されている（松山、2014：2015）。このことから、ブータンの選手が試合前からポジティブな考えの思考や行動をとる、自分の感情をコントロールする、ゆっくりと集中の範囲を狭め、集中力を高めていくなどして闘争心を徐々に高めていく必要があると考えられる（ビル・ベスウィック、2006）。しかも、ここ数年間、ブータン代表チームが国際大会を臨むにあたって、1 勝も挙げていない状況である（松山、2014：2015）。こうした国際大会などの大きな大会で数多くの入賞経験を踏んでいないと競技意欲である闘争心は高くない（徳永、1991）。2018 年から 1 年間赴任したブータンアカデミー U-16・U-19 代表監督であった中村敦氏によると、ブータンサッカーに心理的な意識改革を起こすために海外に出て強い相手と試合をする事はチーム強化の必須条件と考え、JFA の協力の元、2018 年にブータン U-18 代表が福島県と神奈川県内でトレーニングキャンプを実現させることが出来たと報告されている（JFA 社会貢献活動、online）。また、乾（1996）は、1995 年ユニバーシアード国際大会で日本代表チームが優勝した勝因の一つとして、海外強化遠征による豊富な国際経験を挙げている。このことから、闘争心を駆り立てられるような環境化でトレーニングできる環境が必要とされる。

また、現在ブータン国内において、U-18 世代では BFF アカデミーの他にクラブは存在しない。U-15 は BFF アカデミー以外にもチームはあるが、同年代の他チームとは力の差があり過ぎるため試合相手に困っている。つまり、育成年代において継続的に活動しているのは実質我らのアカデミーチームのみというのが現状であると述べている（JFA 社会貢献活動、online）。ブータンは、国内においても、対戦する相手チームのレベルなどによっても、競技意欲である闘争心や勝利意欲、自己実現意欲は低く

なってしまうと考えられる。このことから、ブータンにおいても試合環境の改善として国内大会のリーグ戦を積極的に導入することであると考えられる。

自信（日本：14.00/ブータン：13.24）に関しては、他の値と比較して平均値 0.76 の僅かな能力差であった。カンボジアのアカデミー選手によると 1 回目の DIPCA.3 では、地域で選抜されてアカデミーの組織に入ったという「選ばれしもの」の自信と自負、日本の指導者からの指導を受けていることなどから、より高い得点を示したと報告されている（松山ら、2016a）。同様に、大嶽ら（2003）による DIPCA.3 の研究結果と 3 か国の同年代の平均値で比較した結果、ラオスは、忍耐力、闘争心、自信、決断力、予測力、判断力、協調性の 12 尺度中 7 尺度で高い数値であった。北マリアナ諸島も、自信、決断力、予測力、判断力の 12 尺度中 4 尺度で高い数値であったと報告されている（松山ら、2016b）。しかしながら松山（2015）の育成年代選手の競技力に関する実態調査の結果では、心理的観点での「いつでも、自信をもってプレーする」の得点は、日本や韓国などの FIFA ランキング上位国は、ブータンや北マリアナ諸島、ラオスなどの下位国より有意に高値であった。このことから、ブータンが日本と比較して「自信」の値が高い結果になったのは、一過性のものだと考えられる。したがって、ブータンは、育成年代から継続的なトレーニングの実施や多くの国際大会の経験を積むなど、日ごろから心理面を強化していく必要があると考えられる。

以上のことから、JFA アジア貢献事業の一環で、日本サッカーが、ブータンの支援活動を行うためには、長期的視野に立ち、サッカーレベルや各カテゴリー選手の実態を把握し、フィジカル面やメンタル面を継続的に強化していく必要があると考えられる。

## 5. まとめ

JFA アジア貢献事業の海外派遣指導者が指導するブータン U-13 代表チームの競技力に関する JFA フィジカル測定や DIPCA.3 の実態を明らかにして、日本の同年代選手との比較などを通して分析を試みることを目的とした。その結果、ブータンは日本の同年代の代表チームと比較した場合、12 種目中全てにおいて、低い数値であった。

### 5.1. JFA フィジカル

JFA フィジカル測定の結果、特にロングキック左/右

1 ステップ、ロングキック左/右フリーに関して、ブータンは日本の能力の 2 分の 1 程度に留まり、大きな能力の差があった。ブータンにおいて、育成年代から技術トレーニングを徹底させることによって競技力向上につながっていくと考えられる。また、20 m、50 m、シャトルラン、アジリティ Step50 に関して、ブータンは日本の能力の 1.00sec. 以上の差があった。特にアジリティ Step50 に関しては、3.60sec. の差があった。ブータンにおいて、速筋繊維の発達が促進されるトレーニングを、より多く実施することによって、細かいステップや反転や反応の速さなどといった神経系の発達を促し、向上することが出来ると考えられる。次にスローイング、バウンディング、ホッピング（右）、ホッピング（左）に関して、ブータンは日本の能力の 1.02 m 以上の差があった。特にスローインでは、3.8 m の差、バウンディング 1.82 m の差があった。ブータンにおいても、身体能力を向上されるためのトレーニングを継続的に地道に取り組むことによって、競技力向上に繋がっていくと考えられる。

### 5.2. DIPCA.3

DIPCA.3 の結果、特に競技意欲の闘争心に他の値と比較して平均値 6.26 の大きな能力の差があった。このことから、ブータンにおいても闘争心を駆り立てられるような環境化でトレーニングできる環境が必要とされる。しかしながら、競技意欲の自信に関しては、他の値と比較して平均値 0.76 の僅かな能力差であった。ブータンが日本と比較して「自信」の値が高い結果になったのは、地域で選抜されてアカデミーの組織に入ったという「選ばれしもの」の自信と自負、日本の指導者からの指導を受けていることなどから、より高い得点を示した一過性のものだと考えられる。ブータンは、育成年代から継続的なトレーニングの実施や多くの国際大会の経験を積むなど、日ごろから心理面を強化していく必要があると考えられる。

以上のことから、JFA アジア貢献事業の一環で、日本サッカーが、ブータンの支援活動を行うためには、長期的視野に立ち、サッカーレベルや各カテゴリー選手の実態を把握し、フィジカル面やメンタル面を継続的に強化していく必要があると考えられる。

## 引用参考文献

- ビル・バスウィック:石井源信,加藤 久 訳 (2006) サッカーのメンタルトレーニング.大修館書店:東京, pp.82-132.
- Deutsche Welle.  
<http://www.dw.com/en/soccer-minnow-bhutan-strives-for-greatness-on-the-pitch/a-17143385>. 2013 年 10 月 10 日掲載, (2015 年 3 月 5 日参照) .
- 平山修一 (2005) 現代ブータンを知るための 60 章. 明石書店:東京, pp.78-82.
- 乾真寛 (1996) 1995 ユニバーシアード福岡大会におけるサッカー代表チーム優勝の勝因に関する一考察, 日本体育学会, 47: 490.
- JFA (2004) 2004 年度フィジカルデータ測定報告. アサヒビジネス(株):東京, pp.26-27.
- JFA (2006) JFA フィジカルガイドライン. アサヒビジネス(株), pp.30-55.
- JFA (2013) JFA PLOFILE. JFA 機関紙, pp.1-26.
- JFA (2014) Technical news, Vol.60. サンメッセ:東京, pp.42-43.
- JFA (2017) JFA 強化指針 2017. アサヒビジネス(株), pp.4-7.
- JFA 社会貢献活動  
[https://www.jfa.jp/social\\_action\\_programme/news/00019047/](https://www.jfa.jp/social_action_programme/news/00019047/) (2019 年 2 月 27 日参照)
- 松山博明 (2013) ブータン王国サッカーのコーチングに関する調査研究～U-19 代表チームにおける強化トレーニング内容の観点から～大阪体育学研究, 28.
- 松山博明, 土屋裕睦, 堀野博幸, 須田芳正 (2014) 海外スポーツ指導者派遣事業の現状と課題-JFA アジア貢献事業ブータン王国サッカーの実践活動を中心に-. 大阪体育学研究, Vol.52, 15-22.
- 松山博明, 土屋裕睦 (2015) 海外スポーツ指導者派遣事業の現状と課題-JFA アジア貢献事業ブータン王国サッカー U-19 アジア選手権の実践活動を中心に-. スポーツ産業学研究, Vol.25, No.1, 111-122.
- 松山博明, 松竹貴大, 土屋裕睦 (2016a) アジアサッカー育成年代選手の競技力向上に関する研究-カンボジアフットボールアカデミー選手の実態調査から-. 大阪体育学研究, Vol.54, 3-13.
- 松山博明, 関口潔, 松竹貴大, 土屋裕睦 (2016b) アジアサッカー育成年代選手の競技力向上に関する研究.- 3 か国による U-14 代表選手の競技力の実態調査から-. 大阪体育学研究, Vol.55, 51-59.
- 松山博明, 胡山喬, 林恒宏, 陳昱龍, 中村泰介 (2018) ブータン王国サッカーコーチング環境実態調査-ブータングラスルーツ活動 5 都市に着目して-. 大阪成蹊大学紀要, Vol.1, No.4, 193-201.
- 松山博明, 松竹貴大, 二宮博, 武藤克宏 (2019) アジアサッカー育成年代選手の競技力に関する研究-2 カ国による U-17 代表選手の競技力の実態調査から-. 追手門学院大学スポーツ研究センター紀要, Vol.4, 1-6.
- 西政治 (2008) 日本サッカーにおける育成期一貫指導の重要性と課題.- 世界に通用する選手育成-. 京都学園大学経営学部論集, Vol.18, No.1, 173-196.
- 大嶽真人, 須田芳正, 植田史生, 石手靖, 依田珠江, 古賀初, 田中博史 (2003) ジュニアユースサッカー選手の心理的競技能力について. 慶應義塾大学体育研究所紀要, Vol.42, No.1, 1-7.
- 小野 剛 (2010) サッカープレーヤーズレポート, カンゼン:東京, pp.226-230.
- サカイク.カンボジアにサッカーを!日本人コーチの挑戦.  
[http://www.sakaiku.jp/column/knowledge/2014/007511\\_2.html](http://www.sakaiku.jp/column/knowledge/2014/007511_2.html) (2015 年 10 月 16 日参照)
- 徳永幹雄, 金崎良三, 多々納秀雄, 橋本公雄, 高柳茂美 (1991) スポーツ選手に対する心理的競技能力診断検査の開発. デサントスポーツ科学, Vol.12, 178 - 190.



## 論文

## 3 カ月間の有酸素トレーニングが高齢者の動脈スティフネスおよび体力に及ぼす影響

松 井 健  
追手門学院大学

巽 樹 理  
追手門学院大学

斎 藤 辰 哉  
国立スポーツ科学センター

小 野 寺 昇  
川崎医療福祉大学

倉 藤 利 早  
香川大学

馬 込 卓 弥  
追手門学院大学  
大阪大学

松 山 博 明  
追手門学院大学

辰 本 頼 弘  
追手門学院大学

# Effects of a 3-month aerobic training program on the arterial stiffness and physical fitness in the elderly

Takeshi MATSUI  
Otemon Gakuin University

Juri TATSUMI  
Otemon Gakuin University

Tatsuya SAITO  
Japan Institute of Sports Sciences

Sho ONODEA  
Kawasaki University of Medical Welfare

Risa KURATO  
Kagawa University

Takuya MAGOME  
Otemon Gakuin University  
Osaka University

Hiroaki MATSUYAMA  
Otemon Gakuin University

Yoshihiro TATSUMOTO  
Otemon Gakuin University

## Abstract

This study aimed to investigate the effects of aerobic exercise training on central arterial stiffness (baPWV value) and physical fitness in the elderly. The training participants were divided into a land exercise group (LEG) and a water exercise group (WEG). Exercise sessions were conducted twice a week for 3 months. The duration of each session was 45 minutes. With respect to the central arterial stiffness, significant changes were not observed in the mean baPWV values before and after training in either group. A significant negative correlation ( $p<0.05$ ) was observed between the degree of change in the baPWV value and number of training days for the WEG subjects with a baPWV value  $\geq 1,500$  cm/sec before training. In contrast, the LEG subjects did not show a correlation between the degree of change in the baPWV value and number of training days. The systolic blood pressure in the brachial artery in the supine position during baPWV measurement tended to decrease after training; a significant decrease ( $p<0.05$ ) was particularly noted in the LEG. The level of physical fitness noted before training was generally maintained after 3 months of training; however, a significant decrease was observed in the 6-minute walking performance ( $p<0.05$ ), which may be attributed to the summer heat. Monitoring of appropriate training intensity is important for improving the endurance capacity. Our findings suggest that

※松井 健 (追手門学院大学)  
巽 樹理 (追手門学院大学)  
斎藤辰哉 (国立スポーツ科学センター)  
小野寺昇 (川崎医療福祉大学)  
倉藤利早 (香川大学)  
馬込卓弥 (追手門学院大学・大阪大学)  
松山博明 (追手門学院大学)  
辰本頼弘 (追手門学院大学)

low-to-moderate-intensity 3-month aerobic training plays a minor role in improving the physical fitness of the elderly; however, the exercise may be sufficient stimulation for the vascular adaptation. In particular, the study results indicate that water exercise training is more effective and that the benefits of this training for the elderly with high arterial stiffness depend on the number of training days (training volume).

**キーワード:** 有酸素トレーニング, 動脈ステイフネス, 体力, 高齢者

**Keywords:** aerobic training, arterial stiffness, physical fitness, elderly

## I. 緒 言

本邦における高齢化は、今後30年間でさらに進展することが予想されている<sup>1)</sup>。65歳以上人口の占める割合は、2017年時点で27.7%であるが、2050年には、約10%増えて38%に達すると予想されている。こうした超高齢社会においては、高齢者の介護状態や生活習慣病を防ぎ、健康度を維持・増進させる方策が重要となる。その一つとして、高齢者の運動やスポーツ活動は有用であり、多くの自治体や地域において、実践の場や機会が提供されている<sup>2,3)</sup>。特に介護予防教室<sup>4)</sup>や運動教室<sup>5)</sup>、もしくはやサークル<sup>6,7)</sup>といった形式で、集団で行う運動は、そのプログラムによる効果にとどまらず、個人の健康運動習慣への動機付けや、日々の生活における生きがいをもたらす効果もあり、今後もニーズが高まっていくと考えられる。

高齢者の運動やスポーツ活動がもたらす身体的影響を確認する指標として、大動脈のステイフネス（硬度）が、近年、注目されている。動脈のステイフネスは、加齢や生活習慣病との関わりが深く、過度な上昇は心血管系疾患のリスクを高めることが知られている<sup>8)</sup>。一方、日常生活での運動やスポーツを含む身体活動トレーニングは、加齢に伴う動脈ステイフネスの上昇を抑制<sup>9)</sup>することや中等度の有酸素運動が、運動後の動脈ステイフネス

において一時的な低下をもたらすことが報告されている<sup>10,11)</sup>。また、長年にわたる習慣的なスポーツ実践による低下効果も報告されている<sup>12)</sup>。

本研究では、高齢者を対象に、上記のような集団で行う有酸素運動の場を設定し、そのトレーニングの影響を、中心大動脈のステイフネスおよび体力の変化とともに明らかにすることを目的とした。また、運動中の循環器系応答に水の物理的特性（特に水圧）が強く影響すると思われる水中運動と、一般的な陸上運動との比較についても行うこととした。

## II. 方 法

### A. 対象者

自立した日常生活を送り、運動プログラムを実施する会場まで自宅から移動可能な高齢者51名を対象とした。本研究では、水中運動と陸上運動の2つの運動プログラムを用い、対象者の希望によって、各運動グループに分けた（図1）。水中運動を選択したグループ（Water Exercise Group: 以下 WEG）は、23名（うち男性10名）であった。また、陸上運動を選択したグループ（Land Exercise Group: 以下 LEG）は28名（うち男性4名）であった。対象者の年齢と身体特性を表1に示す。

対象者には、事前に口頭および文書にて実験の内容や



図1 トレーニングプログラムの風景

表1 対象者の年齢および身体特性

|          | 年齢 (歳)     | 身長 (cm)     | 体重 (kg)    | 体脂肪 (%)    |
|----------|------------|-------------|------------|------------|
| WEG n=23 | 70.7 ± 3.4 | 158.6 ± 7.9 | 60.3 ± 8.6 | 30.6 ± 5.3 |
| LEG n=28 | 72.7 ± 4.7 | 154.9 ± 6.6 | 54.2 ± 6.3 | 32.3 ± 2.9 |

平均値 ± 標準偏差

目的、測定等によって生じる可能性のある心身への苦痛、不快感等を説明し、書面にて研究参加への同意を得た。本研究は、追手門学院大学研究倫理委員会の承認を得て実施した。

## B. トレーニング

### 1) トレーニング頻度と参加日数 (回数)

2017年5月12日から8月11日までの3ヶ月間とし、各グループとも週に2日(2回)のプログラム参加を基

本とした。WEGは、全27日、LEGは全28日のトレーニング日数であった。

### 2) トレーニング強度

各グループともインストラクター等によって示された動作を手本としながら、体調や環境に応じた任意の強度で運動を行うよう指示した。なお、各回の運動強度は、主観的な5段階の強度とし、各対象者が運動後に記録した。きつい、ややきつい、普通、やや楽、楽の5段階とした(表2)。

表2 対象者のトレーニング日数および主観的運動強度

|             | トレーニング<br>日数 (日) | 主観的<br>運動強度<br>平均値 | 主観的運動強度<br>(5段階 各強度が示された、一人あたり平均回数の平均値) |                |                 |           |           |
|-------------|------------------|--------------------|-----------------------------------------|----------------|-----------------|-----------|-----------|
|             |                  |                    | きつい<br>5                                | ややきつい<br>4     | 普通<br>3         | やや楽<br>2  | 楽<br>1    |
| WEG<br>n=23 | 21.1 ± 5.0       | 2.9 ± 0.6          | 0.0 ± 0.0                               | 2.5 ± 3.1      | 16.0 ± 6.8      | 1.0 ± 1.7 | 1.6 ± 4.8 |
| LEG<br>n=28 | *<br>24.1 ± 3.0  | 3.0 ± 0.8          | *<br>0.3 ± 0.5                          | *<br>6.5 ± 6.4 | *<br>11.0 ± 7.0 | 2.3 ± 3.0 | 2.7 ± 5.5 |

\* : WEG VS LEG, p &lt; 0.05

平均値 ± 標準偏差

### 3) エクササイズプログラム

各グループとも、1回(1日)約45分の運動とした。WEGは、アクアティックダンスと水中歩行を中心とした運動を、また、LEGは、エアロビックダンスと各種フィットネス運動を中心に行った。45分間の中で、各5分程度の軽いウォーミングアップやクーリングダウンの運動を行った。

なお、WEGにおいては、週2日のうち、1日は自主トレーニングとし、毎月更新される運動メニューにしたがって自主的に行うものとした。この運動メニューは、水中ウォーキングを中心とした、概ね8種類の移動動作で構成されており、各動作で50mを2回程度、合計約800mの移動距離を基本とした。

### 4) トレーニング場所

WEGは、茨木市の市民プール(31℃の温水、25m、水深1.0～1.25m)を利用してトレーニングを行い、

LEGは、追手門学院大学の体育館(一般的な木材床板、空調設備なし)にて行った。

## C. 測定

### 1) 測定時期

トレーニング前は、2017年4月下旬～5月上旬の間に、またトレーニング後は、8月16日～19日の間に、各測定を実施した。

### 2) 脈波伝播速度

血圧脈波検査装置(form BP-203RPEⅢ, オムロンコーリン社)を用いて、トレーニング前後に血圧脈波の測定を行った。上腕動脈(brachial)と足首(ankle)の動脈、2点間の距離と脈波の時間差から計測する brachial-ankle PWV(以下 baPWV と略す)を脈波伝播速度の指標とした。

測定に際し、対象者は、測定室に到着後、5分以上の

座位安静を保った。その後、ベッド上での仰向け姿勢にて両上腕、両下腿遠位部、計4カ所にカフ（腕帯）を装着した。対象者には測定の詳細を説明し、4カ所同時にカフの締め付けが始まること、締め付けに耐えられない時には計測を中止する旨を伝えた。また、測定中は動いたり会話したりできないことなども口頭で説明した。計測に際しては、両手首から導出した心電図の波形が安定してから開始した。なお、計測後にデータを確認し、上腕もしくは足首の血圧における左右差が観察された場合には、確認のため、カフの装着を点検し、再測定を行った。測定後に baPWV は左右それぞれの測定値として示されるが、本研究では、左右の平均値を指標として用いた。

### 3) 体力

スポーツ庁の新体力テストの要項<sup>13)</sup>に基づいて、握力、上体起こし、長座体前屈、10m 障害物歩行、開眼片足立ち、6分間歩行の6項目を測定した。

### 4) 形態

体力測定に並行して、身長、体重、体脂肪率（両手グリップによるインピーダンス法）を測定した。

### 5) 統計処理

数値は、全て平均値±標準偏差値で示した。グループ間およびトレーニング前後の各指標の平均値比較を Student の t 検定によって行った。

## Ⅲ. 結 果

表1に対象者の年齢および身体特性（身長、体重、体脂肪率）を示した。WEG は LEG に比べて男性が多いため、体格が大きい傾向にあったが、両グループ間の各指標について有意な差は認められなかった。

表2に各グループのトレーニング日数と主観的運動強度を示した。日数については、WEG で平均 21.1 日（参加率：78.3%）、LEG で平均 24.1 日（参加率：86.1%）であった。LEG が WEG に比べて有意に多い参加日数を示した（ $p<0.05$ ）が、参加率においては差がみられなかった。強度は、最も高い「きつい」を5ポイントとし、最も強度が低い「楽」まで1ポイント刻みで点数化した。各強度で、得られた回数とポイント数の積を求め、その総和をトレーニング回数で除した値を主観的運動強度の平均値とした。WEG で平均 2.9、LEG で平均 3.0 であり、差はみられなかった。しかし、各強度が選択された回数を比較すると、「きつい」と「ややきつい」は LEG が、「普通」は WEG が有意に多い回数を示した（ $p<0.05$ ）。

表3に対象者の baPWV 測定時に計測した血圧値（仰臥位）を示した。トレーニング後に低い値を示す傾向にあり、特に LEG の収縮期血圧においては有意な低下が確認された（ $p<0.05$ ）。

表3 対象者のトレーニング前後の血圧

|     |      | 収縮期血圧 (mmHg)   |              | 拡張期血圧 (mmHg) |             |
|-----|------|----------------|--------------|--------------|-------------|
|     |      | トレーニング前        | トレーニング後      | トレーニング前      | トレーニング後     |
| WEG | n=23 | 144.9 ± 21.4   | 137.2 ± 21.3 | 82.8 ± 13.9  | 78.2 ± 13.5 |
| LEG | n=28 | 139.1 ± 14.8 * | 130.5 ± 15.3 | 79.3 ± 10.0  | 76.3 ± 9.9  |

平均値±標準偏差

\*：収縮期血圧トレーニング前 VS 後,  $p<0.05$

図2にトレーニング前の baPWV 値とトレーニング前から後への変化量の関係を示した。塗りつぶしたエリアは、トレーニング前の baPWV 値が 1,500cm/sec 以上で、かつ絶対量の変化が 100 以上ある者のプロットエリアを示す。WEG では、12 名（52%）、LEG では、14 名（50%）であった。その中で、トレーニング後に値が減少した（大動脈ステイフネスが低下した）者は、WEG で 6 名（26%）、LEG で 6 名（21%）であった。

WEG および LEG とも、トレーニング前後の baPWV 平均値において有意な差は見られなかった（WEG: 前 1,822.0 ± 556.1cm/sec・後 1,840.1 ± 533.8cm/sec、LEG: 前 1,804.5 ± 361.8cm/sec・後 1,841.9 ± 338.6cm/sec）。図2の各グラフの中央付近に位置する各グループの平均値プロットがこの傾向を反映しており、同様なプロット位置を示している。

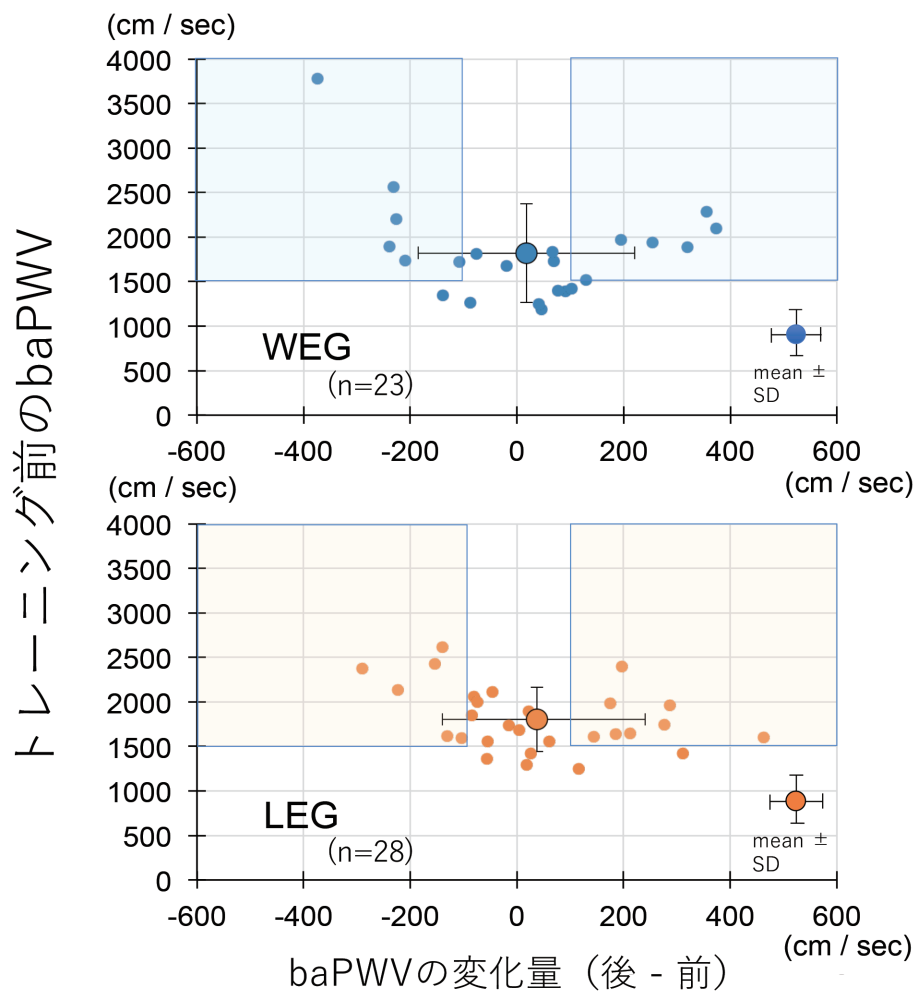


図2 トレーニング前のbaPWVとトレーニング前後のbaPWV変化量との関係

WEG : Water exercise group LEG : Land exercise group

※塗りつぶしたエリア：トレーニング前のbaPWV値が1500(cm/sec)以上で、かつ絶対量の変化が100以上ある者

図3は、図2で示したプロットリアの対象者について、トレーニング日数との関連でbaPWV値を示した図である。WEGにおいては、図3のAおよびBに示すように、baPWV値の変化量とトレーニング日数との間に有意な負の相関関係が認められた ( $p<0.05$ )。トレーニング前のbaPWV値を1,500cm/sec以上の者とした場合には、 $r=0.5853$ の相関係数が得られ (図3-A)、さらに1,900cm/sec以上に限定した場合には $r=0.8222$ となり (図3-C)、より強い相関関係が示された。一方、LEGにおいては、これらの有意な相関関係が示されなかった。

表4には、3ヶ月間のトレーニング前後の体力測定の結果を示した。握力、上体起こし、長座体前屈、開眼片足立ち、10m障害物歩行においては、トレーニング前

後および両グループの差は見られなかった。測定値比較で、有意差が確認されたのは、6分間歩行のみであり ( $p<0.05$ )、LEGにおいてトレーニング後の記録が平均で約28m低下した (平均604.3m → 576.4m)。各項目の測定値から算出した体力得点 (1種目10点満点) の比較では、WEGの10m障害物歩行、両グループの6分間歩行において、それぞれトレーニング前後で有意な差が認められた ( $p<0.05$ )。具体的には、トレーニング後の得点が10m障害物歩行では向上し、両グループの6分間歩行では低下した。また、10m障害物歩行については、4月のトレーニング前においてWEGがLEGよりも0.9秒速く、体力得点の有意な群間差が見られた ( $p<0.05$ )。しかしトレーニング後には、差がなくなった。

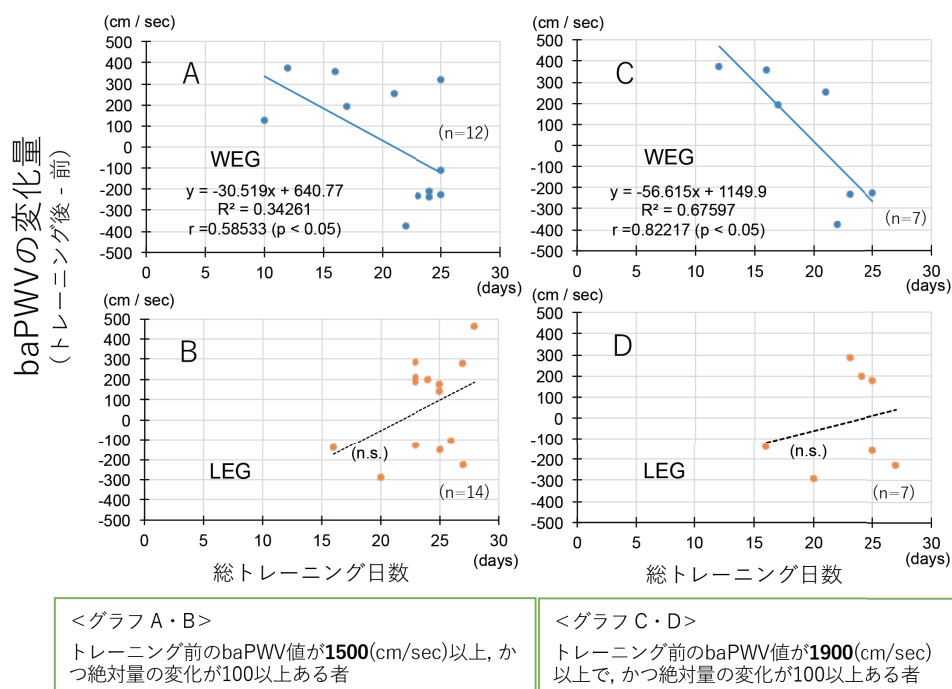


図3 トレーニング前後の baPWV 変化量と総トレーニング日数の関係

WEG : Water exercise group LEG : Land exercise group

※ WEG は、1500 以上、1900 以上の両区分において有意な相関関係を示した (グラフ A と C)。  
一方、LEG においては、有意な相関関係が見られなかった (グラフ B と D)。

表4 トレーニング前後の体力測定値比較

|                        |      | WEG (n=23)<br>LEG (n=28) | トレーニング前<br>4月 | トレーニング後<br>8月 |
|------------------------|------|--------------------------|---------------|---------------|
| 握力<br>(kg)             | WEG  |                          | 30.6 ± 8.9    | 29.9 ± 9.0    |
|                        | LEG  |                          | 26.5 ± 5.8    | 26.3 ± 6.3    |
|                        | 体力得点 | WEG                      | 6.5 ± 1.7     | 6.2 ± 1.9     |
|                        |      | LEG                      | 6.6 ± 1.6     | 6.3 ± 1.9     |
| 上体起こし<br>(回/30秒)       | WEG  |                          | 11.7 ± 5.4    | 11.8 ± 6.3    |
|                        | LEG  |                          | 12.6 ± 4.4    | 12.1 ± 4.2    |
|                        | 体力得点 | WEG                      | 6.4 ± 2.4     | 6.3 ± 2.6     |
|                        |      | LEG                      | 7.4 ± 2.2     | 7.0 ± 2.1     |
| 長座体前屈<br>(cm)          | WEG  |                          | 34.2 ± 10.3   | 34.0 ± 9.3    |
|                        | LEG  |                          | 37.9 ± 10.5   | 38.5 ± 11.3   |
|                        | 体力得点 | WEG                      | 5.0 ± 2.0     | 4.9 ± 1.8     |
|                        |      | LEG                      | 5.5 ± 2.1     | 5.8 ± 2.4     |
| 開眼片足立ち<br>(秒)          | WEG  |                          | 69.5 ± 48.3   | 56.5 ± 44.0   |
|                        | LEG  |                          | 60.8 ± 43.6   | 74.0 ± 45.1   |
|                        | 体力得点 | WEG                      | 7.4 ± 2.8     | 7.0 ± 2.8     |
|                        |      | LEG                      | 7.6 ± 2.0     | 8.0 ± 2.3     |
| 10m障害物歩行<br>(秒)        | WEG  |                          | 7.0 ± 1.1     | 6.7 ± 1.1     |
|                        | LEG  |                          | 6.8 ± 1.2     | 6.7 ± 1.2     |
|                        | 体力得点 | WEG                      | 6.3 ± 1.2     | 6.8 ± 1.4     |
|                        |      | LEG                      | 7.2 ± 1.3     | 7.2 ± 1.3     |
| 6分間歩行<br>(m)           | WEG  |                          | 605.3 ± 50.3  | 584.5 ± 56.8  |
|                        | LEG  |                          | 604.3 ± 45.4  | 576.4 ± 47.6  |
|                        | 体力得点 | WEG                      | 7.2 ± 1.2     | 6.5 ± 1.1     |
|                        |      | LEG                      | 7.4 ± 1.1     | 6.6 ± 1.2     |
| 体力テスト合計得点<br>[max 60点] | WEG  |                          | 38.8 ± 6.4    | 37.8 ± 6.8    |
|                        | LEG  |                          | 41.3 ± 7.9    | 40.9 ± 7.4    |

WEG : Water exercise group LEG : Land exercise group 平均値 ± 標準偏差

←→ : トレーニング前後の比較, ] : 同時期でのグループ間比較 \* : p < 0.05

## IV. 考 察

### A. トレーニングと動脈スティフネス

動脈スティフネスの計測は、心血管疾患発症の予測因子として有用であることが確認されており<sup>8)</sup>、特に中心大動脈（弾性動脈）のスティフネスは、日常の血圧記録と同様に、高齢者が心臓血管系の健康度を意識する上でも重要な指標となり得る。本研究で用いた血圧脈波検査装置は、上腕と足首にカフを巻き、非侵襲的に短時間に血圧脈波（baPWV）を計測できるため、高齢者の測定に適していると考ええる。

図2に示すように、トレーニング前のbaPWV値には、WEGにおいて突出した値を示す者がいたが、両グループとも概ね1,200～2,600cm/secの範囲であった。トレーニング前のbaPWVレベルとトレーニング後の変化量との関係において、一定の傾向は確認できず、100cm/sec以上の変化を示した者においても増加と減少の両方がみられた。本研究では週に2回のトレーニングを行うこと以外には、生活上の特別な規制や指示は行わなかったため、食事などの他の生活習慣による影響が含まれた可能性がある。3ヶ月間のトレーニングによって、値が減少した者はWEGで43.5%（10／23名）、LEGで46.4%（13／28名）であった。特に、100cm/sec以上の低下が見られた者は、WEGで30.4%（7／23名）、LEGで21.4%（6／28名）であり、WEGの方が多い傾向にあった。

血圧脈波検査装置において設定されている年齢別の基準値を各対象者に当てはめると、その平均値がWEGで約1,470cm/sec、LEGが約1,500cm/secであったため、1,500cm/secを一つのカットオフ値として設定した。また、各グループの実際の平均値に近似する1,900cm/secを二つ目のカットオフ値として設定した。図3では、対象者のデータをこれらの基準を用いて抽出・分類し、1,500cm/sec以上（AおよびB）、および1,900cm/sec以上（CおよびD）のデータのみをグラフ化した。その結果、WEGにおけるトレーニング日数とbaPWVの変化量の間に有意な負の相関関係が認められた（ $p<0.05$ 、図3のAおよびC参照）。このことについては、主に水中運動の方が水の物理的特性によって循環器機能への良好な刺激をもたらし、動脈スティフネスを改善するトレーニング効果が得やすくなっていたと考えられる。3ヶ月で概ね25回の水中運動トレーニングは、高齢者において推奨されるべきトレーニングであると推察された。また、LEGにおいては参加回数が多い者でも、プラスとマ

イナスの両方の変化を示していたため、有意な関連につながらなかった。この要因については不明であるが、日常生活活動や食事調査などのより詳細な分析を今後行っていく必要があると思われる。

エクササイズトレーニングが動脈スティフネスに及ぼす影響について、システマティックレビューを行ったLiら<sup>14)</sup>の報告によれば、有酸素系トレーニングによって、頸動脈と大腿動脈間で計測するcarotid-femoral PWV（cfPWV：中心動脈のPWV）が有意に低下することが示されている。主なトレーニング条件は、概ね1回30～45分、最大酸素摂取量の50～90%もしくは最高心拍数の50～80%強度で、週に2、3回、8～16週間の範囲に設定されているとしている。健康な中高年者（32～59歳：女性）を対象としたYoshizawaら<sup>15)</sup>の研究によれば、週2回、12週間の中等度（最大酸素摂取量の60-70%強度）の有酸素トレーニングによって、cfPWV動脈スティフネスが6.7%低下することが確かめられている。また、Kobayashiら<sup>16)</sup>は、より年齢層が高い健康な中高年者（平均年齢65歳）を対象に、有酸素トレーニングによるbaPWVへの影響を調べた。運動時間を15分間と30分間、運動強度を低強度（年齢推定最高心拍数の25%）と中等度（同50%）として組み合わせて4グループを設定し、週3回・8週間のトレーニングを行った。各グループの比較を行ったところ、いずれのグループにおいても有意な動脈スティフネス（baPWV）の低下（平均約14%）がみられたとしている（約1540cm/secから約1330cm/secへの低下）。

本研究の週2回、約12週間のトレーニング頻度と期間、Yoshizawaら<sup>15)</sup>と同様であった。また、各自の生理学的な運動強度の把握は行っていないが、運動後の主観的強度が「普通」あるいは「ややきつい」と答える者が多かったことから（表2参照）、概ねKobayashiら<sup>16)</sup>の研究と同様、低強度から中等度であったと考えられる。しかし本研究では有意な中心動脈のスティフネスの改善がみられなかった。その理由としては、Yoshizawaら<sup>15)</sup>と比較して、運動強度が低かった点、Kobayashiら<sup>16)</sup>と比較して週あたりの運動頻度が低かった点、両者と比較してより対象者の平均年齢が高かった点などが考えられる。

一方、Ferrierら<sup>17)</sup>は、平均64歳の高血圧患者（stage I isolated systolic hypertension：収縮期>150mmHg and 拡張期<90mmHg）を対象に、65%強度・40分間の運動

を設定し、週3回・8週間のトレーニングを行った。同一対象者においてトレーニングと非トレーニング（セダンタリー）の両条件を設定し、それらの条件間で比較が行われた。その結果、Ferrier ら<sup>17)</sup>は、高血圧症の患者では中心動脈のスティフネスは、短期トレーニングでは変化しにくいと結論づけている。本研究の対象者の収縮期血圧（表3参照）は、彼らの被験者のレベル（154mmHg）よりも低く、Kobayashi ら<sup>16)</sup>と同様なレベルであったが、平均年齢が両研究に比べて約10歳高い。このことがベースのPWV値を引き上げ、Ferrier ら<sup>17)</sup>の結果と同様、トレーニングによる影響を小さくしたと考えられる。図2に示す平均値プロットから、本研究の対象者は、概ね心血管疾患発症リスクが高まる1800cm/sec付近であり、中等度レベルの心血管疾患発症リスクを有していると推察できる（baPWVの中等度リスクのカットオフ値： $>1,400\text{cm/sec}$ ）<sup>18)</sup>。こうした初期値のレベルが高齢者の動脈スティフネスにおけるトレーナビリティに影響し、顕著な増加と低下の両方をもたらすことで、平均値の有意な低下が抑制されることが示唆された。

## B. 一過性の運動と動脈スティフネス

トレーニング効果は、一回一回の運動の影響の積み重ねとしてもたらされるが、一過性の運動においても動脈スティフネスが変化することが確認されている。Heffernan ら<sup>10)</sup>は、cfPWV（前述）とfdPWV（femoral-dorsalis pedis PWV：大腿動脈と足の甲間で計測する末梢動脈のPWV）を測定し、有酸素運動（酸素摂取量ピーク値の65%に相当する強度で30分間の自転車運動）の回復時に、運動前に比べて両指標が有意に低下することを報告している。

野上ら<sup>11)</sup>は、同様に一過性の有酸素運動を用いて、若年者を対象に運動後の動脈スティフネスを測定した。予測最大酸素摂取量の50%強度で15分間の中等度自転車運動による影響を調べ、陸上と水中の条件比較も行っている。運動後1時間以内のデータにおいて、陸上運動ではPWV（大動脈および大腿動脈）がそれぞれ安静時のベースライン値に比べて有意に低下すること、水中運動（30℃水温）ではいずれのPWVにも有意な低下がみられなかったことを報告している。その主要因として、陸上運動では、体温上昇が引き起こされ、血管拡張による収縮期および拡張期の血圧低下が生じ、結果的にPWVの低下につながったこと、逆に水中運動では体温

低下がみられ、血圧の低下やPWVの低下につながらなかったことが考察されている。本研究の対象者の年齢に近い被験者（平均66歳）において、水温約30℃条件で一過性の水中歩行の影響をみたNgomane ら<sup>19)</sup>の研究は、野上ら<sup>11)</sup>と同様に、大動脈スティフネスは変化しないことを示している。しかし収縮期血圧については運動前に比べて一過性の運動後に有意に低下（約10mmHg）することを示している。

これらの先行研究から、中等度の有酸素運動トレーニングにおいては、毎回の運動後に一時的な動脈スティフネスの低下が生じること、運動の環境（水中、陸上）や年齢によって毎回の応答に差があることが推察された。また、毎回の運動で繰り返される循環器系への刺激は、運動後の循環器系応答の回復過程によい影響を与えることが示唆されている。

本研究で行ったトレーニングもWEGとLEGの両グループにおいて、血圧が低下する傾向が示され、特にLEGにおいては有意な低下が示された（ $p<0.05$ ）。また、WEGにおいては、図3に示すように、トレーニング参加回数が多い者ほどbaPWVの低下量が大きいことが明らかとなった。本研究では、各回のデータを検討していないが、毎回の運動で繰り返される循環器系への刺激がトレーニング効果として、トレーニング時の血圧やbaPWVに影響を与えたと考えられる。

## C. 体力

本研究では、文部科学省の新体力テストの要領<sup>13)</sup>に基づき、高齢者用の体力測定項目、6項目を採用した。本研究の対象者は女性が多く、男女に分けて平均値を求めることが難しいため、体力測定値を男女混合で平均化した（表4参照）。本研究の測定結果と、「平成30年度体力・運動能力調査結果の概要及び報告書」<sup>20)</sup>における全国平均値を比較するため、本研究対象者の平均年齢に該当する70～74歳の年齢区分の全国データを男女混合で平均化した。求めた全国平均値は、握力30.9kg、上体起こし11.1回、長座体前屈37.7cm、開眼片足立ち76.2秒、10m障害物歩行7.1秒、6分間歩行590.6mであった。これらを本研究の対象者の平均値と比較すると、握力はWEGが同等、LEGが低い傾向に、上体起こしは、WEGが同等、LEGが高い傾向に、長座体前屈はWEGが低く、LEGが同等の傾向にあった。また、開眼片足立ち、いずれのグループも全国平均を下回ったが、トレ

ニング前は WEG の方が高く、トレーニング後は LEG が高くなり、逆転した。原因は不明であるが、トレーニング環境への慣れが影響したものと考えられる。10 m 障害物歩行は、トレーニング前の LEG は WEG に比べて 0.2 秒速い傾向にあり、体力得点で有意な差がみられた ( $p<0.05$ )。一方、WEG はトレーニング後にトレーニング前よりも 0.3 秒速くなり、体力得点で有意な向上がみられた ( $p<0.05$ )。このことから、WEG においては開眼片足立ちによる静止バランスよりも 10 m 障害物歩行による移動バランスへの効果の方が大きいことが示唆された。また、この種目では両グループとも全国平均よりも速い傾向にあった。6 分間歩行では、トレーニング前には、両グループとも全国平均を上回っていたが、トレーニング後には、両グループとも下回った。LEG においては、トレーニング前に比べて後において有意な低下がみられた ( $p<0.05$ )。また、この種目の体力得点も同様に有意に低下した ( $p<0.05$ )。このように持久的体力の低下がみられたことについては、体力測定を 8 月の暑熱環境下\*で実施したことが影響したものと推察される。

\* 茨木市に隣接する枚方市の気象庁気象データでは、体力測定を実施した 4 日間の測定時間帯の平均気温は、8 時台の 25.9℃ から 11 時台の 30.3℃ の範囲であった。

気 象 庁 : [https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec\\_no=40&block\\_no=47646](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=40&block_no=47646)

#### D. 集団的なエクササイズプログラム

高齢者の運動やスポーツは、様々な効果が期待される一方、集団で行うエクササイズプログラムでは、インストラクターが提示する動作を参加者が真似て行うものの、運動強度が厳密に設定されているわけではない。つまり、参加者個人が強度を自己調節しながら無理なく動作を行っているものと考えられる。そのため本研究においても、強度の設定は厳密には設定せず、参加者に委ねた。毎回の運動後の主観的運動強度の記録から推定すると、概ね、低強度から中強度であったと考えられる。本研究では陸上運動 (LEG) と水中運動 (WEG) とともに、6 分間歩行の記録低下がみられたが、暑熱環境の影響を上回って明確な持久的効果を得るためには、若干の強度アップを考える必要があるかもしれない。そのためには、近年、市販されている腕時計タイプの心拍計や身体活動量計を装着して毎回のトレーニング強度をモニタリングすることが今後のエクササイズプログラムの課題となるであろう。

本研究は、地域において高齢者の身体活動を促進し

ようとする集団戦略と捉えることができる。対象者は、日常的に地域等でボランティア活動をしている者が多く、自力で移動してトレーニング会場に通うことが基本となっていたため、体力的には自立生活が余裕を持てることができるレベルであったと考えられる。一方、測定項目の一つである血圧値から判断すると、収縮期血圧が「正常高値 (130 - 139 mmHg)」から「I 度高血圧 (140-159mmHg)」の範囲にあり、血圧が高めであったといえる。また、血圧脈波 (PWV) についても、心血管疾患発症リスクが高まる 1800cm/sec 付近の者が多かった。こうした循環器系に係る健康不安を抱えるため、対象者は健康への関心が高く、トレーニングへの動機付けが高かったと考えられる。

甲斐<sup>2)</sup> は地域における身体活動促進の集団戦略において、暮らし向きにゆとりがある集団の方が、そうでない集団に比べて運動習慣者の割合が高く、ベースラインですでに格差が 20% ほどあることを指摘している。本研究では、週 2 回 3 ヶ月間のトレーニングを実施したが、その中で全体平均 8 割前後の参加率が維持されていたことは、前述の動機付けの高さに加えて、甲斐<sup>2)</sup> の報告のように、暮らし向きのゆとりが背景にあったものと推察される。

本研究では特に設定をしなかったが、高齢者の場合、メインの運動パートを遂行するだけでなく、前後の空き時間に余裕を持たせ、参加者同士の交流を進める取り組みを行うことが、心理的側面からも効果的であると考えられる。心と体をバランス良く保つための介入に向けたプログラムの工夫が今後の課題である。

#### V. まとめ

本研究では、高齢者が集団で行う有酸素運動トレーニングの影響を、中心大動脈のスティフネス (baPWV 値) および体力の変化から明らかにすることを目的とした。トレーニング参加者は陸上で行うグループ (LEG) と水中で行うグループ (WEG) に分け、週 2 回、3 ヶ月間行った。各回の運動時間は 45 分間とした。中心大動脈のスティフネスにおいては、トレーニング前後での各グループの平均値において有意な変化はみられなかった。しかし、WEG の対象者でトレーニング前の baPWV 値が 1500cm/sec 以上の者においては、baPWV 値の変化量とトレーニング日数との間に有意な負の相関関係が認められた ( $p<0.05$ )。一方、LEG には同様な傾向が示されな

かった。baPWV 測定時の上腕血圧(仰臥位)においては、トレーニング後に収縮期血圧が低下する傾向にあり、特に LEG においては、有意な低下が示された ( $p<0.05$ )。体力測定値については、概ねトレーニング前のレベルが3ヶ月後も維持されていたが、6分間歩行のパフォーマンスにおいては、有意な低下がみられた ( $p<0.05$ )。その要因としては、夏の暑熱環境の影響が考えられる。持久力向上のためには、適切なトレーニング強度のモニタリングが重要となるであろう。これらの結果から、低強度から中強度で行う高齢者の3ヶ月間の有酸素トレーニングは、体力向上への影響は少ないものの、血管系の適応という点では十分な刺激となっている可能性が示唆された。特に、水中運動のトレーニングは、大動脈のステイフネスが高い者ほど、トレーニング量に応じた効果が得られることが明らかとなった。

謝辞： 本研究は JSPS 科研費 JP16K01745 の助成を受けて実施しました。また、本研究にご協力をいただきました茨木市スポーツ推進課の皆様、茨木市老人クラブ連合会の皆様、ならびにシンコースポーツ(株)の関係者の皆様に感謝いたします。本研究にご賛同くださり、参加いただきました地域高齢者の皆様に敬意と感謝の意を表します。

#### <参考文献>

- 1) 内閣府 高齢化の現状と将来像 平成 30 年版高齢社会白書全体版  
[https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/html/zenbun/sl\\_1\\_1.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/html/zenbun/sl_1_1.html)  
(2020 年 2 月参照)
- 2) 甲斐 裕子 (2018), 地域における健康づくり集団戦略の実践とその評価 : 一身体活動の促進を目指して一. 日本健康教育学会誌 26 (1), 54-58.
- 3) 齋藤義信, 田島敬之, 柴 知里, 小熊祐子 (2019), 身体活動促進のためのポピュレーションアプローチ : ふじさわプラス・テンの取り組み. 日本健康教育学会誌 27 (1), 71-81.
- 4) 堀川 俊一 (2015), 住民主体の介護予防活動 : いきいき百歳体操の経験から (特集 地域包括ケアシステムとリハビリテーション). 総合リハビリテーション 43 (9), 825-829.
- 5) 元吉 明, 明崎 禎輝, 津野 良一, 濱窪 隆, 福島 美鈴, 谷岡 博人, 野村 卓生, 佐藤 厚 (2010), 地域高齢者の運動行動を促す運動プログラムの考案 : 安芸の元気体操の効果  
理学療法科学 25 (5), 791-795
- 6) 佐藤文音, 神藤隆志, 藤井啓介, 辻 大士, 北濃成樹, 堀田和司, 大藏倫博 (2017), 高齢ボランティアが運営する運動サークルへの参加が地域在住女性高齢者の身体機能に与える影響—自治体主催の専門家による運動教室修了後の検討—, 日本プライマリ・ケア連合学会誌, 40 (1), 9-15.
- 7) 辻本宏美, 山田和子, 森岡郁晴 (2017), 運動サークルに参加する高齢女性の特徴および健康状態と生活機能の変化, 日本衛生学雑誌, 72 (1), 66-76.
- 8) Laurent S, Cockcroft J, Van Bortel L, Boutouyrie P, Giannattasio C, Hayoz D, Pannier B, Vlachopoulos C, Wilkinson I, Struijker-Boudier H (2006), Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. Eur Heart J., 27, 2588-2605.
- 9) Kim HK, Hwang CL, Yoo JK, Hwang MH, Handberg EM, Petersen JW, Nichols WW, Sofianos S, Christou DD (2017), All-Extremity Exercise Training Improves Arterial Stiffness in Older Adults. Med Sci Sports Exerc.49 (7), 1404-1411.
- 10) Heffernan K S, Collier S R, Kelly E E, Jae S Y, Fernhall B (2007), Arterial Stiffness and Baroreflex Sensitivity Following Bouts of Aerobic and Resistance Exercise. Int J Sports Med, 28 (3), 197-203.
- 11) 野上順子, 斉藤陽子, 谷村祐子, 大槻毅, 前田清司, 鯉坂隆一 (2011), 一過性の水中運動が動脈ステイ

- フネスに及ぼす影響 - 陸上運動との差異 -, 体力科学, 60 (3), 269-277.
- 12) Shibata S, Fujimoto N, Hastings JL, Carrick-Ranson G, Bhella PS, Hearon CM Jr, Levine BD (2018), The effect of lifelong exercise frequency on arterial stiffness. *J Physiol.* 596 (14), 2783-2795.
  - 13) 文部科学省「新体力テスト実施要項 (65 歳～ 79 歳対象)」  
[https://www.mext.go.jp/sports/content/1408001\\_4.pdf](https://www.mext.go.jp/sports/content/1408001_4.pdf) (2020 年 2 月参照)
  - 14) Li Y, Hanssen H, Cordes M, Rossmeissl A, Endes S, Schmidt-Trucksäss A (2014), Aerobic, resistance and combined exercise training on arterial stiffness in normotensive and hypertensive adults: A review. *Eur J Sport Sci.* 15 (5), 443-57.
  - 15) Yoshizawa M, Maeda S, Miyaki A, Misono M, Saito Y, Tanabe K, Kuno S, Ajisaka R (2009), Effect of 12 weeks of moderate-intensity resistance training on arterial stiffness: a randomised controlled trial in women aged 32-59 years. *Br J Sports Med.* 43 (8), 615-618.
  - 16) Kobayashi R, Kasahara Y, Ikeo T, Asaki K, Sato K, Matsui T, Iwanuma S, Ohashi N, Hashiguchi T (2020), Effects of different intensities and durations of aerobic exercise training on arterial stiffness. *J Phys Ther Sci.* 32 (2), 104-109.
  - 17) Ferrier KE, Waddell TK, Gatzka CD, Cameron JD, Dart AM, Kingwell BA (2001), Aerobic exercise training does not modify large-artery compliance in isolated systolic hypertension. *Hypertension.* 38 (2), 222-226.
  - 18) 循環器病の診断と治療に関するガイドライン (2011-2012 年度合同研究班報告)  
「ダイジェスト版」血管機能の非侵襲的評価法に関するガイドライン
  - Guidelines for non-invasive vascular function test (JCS 2013)  
[http://www.j-circ.or.jp/guideline/pdf/JCS2013\\_yamashina\\_d.pdf](http://www.j-circ.or.jp/guideline/pdf/JCS2013_yamashina_d.pdf) (2020 年 2 月参照)
  - 19) Ngomane AY, Fernandes B, Guimarães GV, Ciolac EG (2019), Hypotensive Effect of Heated Water-based Exercise in Older Individuals with Hypertension. *Int J Sports Med.* 40 (4), 283-291.
  - 20) スポーツ庁「平成 30 年度体力・運動能力調査結果の概要及び報告書」  
[https://www.mext.go.jp/sports/b\\_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k\\_detail/1421920.htm](https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k_detail/1421920.htm)  
(2020 年 3 月参照)



## 原著論文

# 中高齢泳者アーティスティックスイミングにおける同時性に関する基礎的研究 ～角度に着目して～

巽 樹 理  
追手門学院大学

馬 込 卓 弥  
追手門学院大学  
大阪大学

内 山 彰  
大阪大学

長谷川 凌 佑  
大阪大学大学院

松 井 健  
追手門学院大学

辰 本 頼 弘  
追手門学院大学

松 山 博 明  
追手門学院大学

## Synchronization of middle-aged and elderly artistic swimmers :Measurement of angular movement

Juri Tatsumi  
Otemon Gakuin University

Takuya Magome  
Otemon Gakuin University  
Osaka University

Akira Uchiyama  
Osaka University

Ryosuke Hasegawa  
Osaka University

Takeshi Matsui  
Otemon Gakuin University

Yoshihiro Tatsumoto  
Otemon Gakuin University

Hiroaki Matsuyama  
Otemon Gakuin University

### Abstract

In 2017, the rules for artistic swimming were revised, and the judging regulations were also revised. The change location is in the content of Elements (score: 40%) of the Duet Team technical routine, third panel. Before the change, judging was 100% “Completeness”, but after the revision, judging is 50% “Completeness” and 50% “Synchronicity”, with greater value placed on synchronicity than before. On the other hand, there are many middle-aged and elderly people who enjoy artistic swimming as a lifelong sport, and it is difficult and troublesome for them to perform acrobatic movements or complicated movements to increase the difficulty level like athletes. At artistic swimming competitions or exhibitions where middle-aged and elderly people compete, synchronization of the actions of swimmers will be greatly sought after to obtain higher scores. Therefore, in this research we performed fundamental investigations into the use of wearable sensors to quantify synchronicity as an important element in artistic swimming judgment regulations. We therefore focused on the synchronicity of middle-aged and elderly swimmers during artistic swimming performances and analyzed their angles during rest using 3-axis

---

※巽 樹理 (追手門学院大学)  
馬込卓弥 (追手門学院大学・大阪大学)  
内山 彰 (大阪大学)  
長谷川凌佑 (大阪大学大学院)  
松井 健 (追手門学院大学)  
辰本頼弘 (追手門学院大学)  
松山博明 (追手門学院大学)

(X axis, Y axis, Z axis) acceleration sensors. As a result, compared to the angle differences determined visually by experienced coaches, angle differences were also suggested by the sensor data. Based on this, the prospect that “Synchronicity” can be quantified using data was obtained. However, since this research used angle calculations dependent on the gravity component, there are problems handling complicated movements that include many components which do not have any influence in the gravity direction, such as horizontal spins, knee flexing, etc. Because of this, it is necessary to investigate ingenious methods such as angle calculation improvements or combined use of angular velocity sensors in the future.

**キーワード:** アーティスティックスイミング, シンクロナイズドスイミング, 同時性, 3軸加速度センサ

**Keywords:** artistic swimming, synchronized swimming, synchronization, 3-axis acceleration sensors

## I. 緒言と目的

2017年国際水泳連盟(FINA:Fédération Internationale de Natation)において競技名が「シンクロナイズドスイミング」から「アーティスティックスイミング」に変更され、日本水泳連盟においても2018年4月より名称が変更された。さらに2017年にアーティスティックスイミングのルール改定が行われ、審判規則も新たに改定された。前回と変更が生じている点は、テクニカルルーティン(規定要素を含む演技)において第3パネルであるエレメンツ(スコア40%)の内容である。具体的に、改定前の審判規定は、「完遂度」に対して100%の判定であったのが、改定後の現在はDuet, Teamにおいて「完遂度」50%「同時性」50%と、同時性が新たに加わったことでより重要視されていることが伺える(図1参照)。2018アーティスティックスイミングジャッジの手引きによると、同時性の採点内容として、水上、水面、水面下における泳者同士の動きの正確さ、音楽やタイミングの同時性が求められている。また、フリールーティン(選曲、内容または振り付けについて制限がない)、テクニカルルーティンともに、第1パネルであるエクスキュージョン(スコア30%)に求められる内容が「完遂度」50%「同時性」50%であり、ソロ(1人で行う演技)以外の複数人演技に対しては、より芸術的に、そしてアクロバティック動作が多くなる中でも、動きの正確さ、音楽やタイミングの同時性が、審判の評価に大きく影響することが伺える。一方、中高齢者が行うアーティスティックスイミングでは、特別な競技規定はないものの、原則アーティスティックスイミング競技のルールに基づいて大会が行われることが多い。中高齢泳者アーティスティックスイミングには、年齢層の高い実施者が多い。巽ら(2018)の調査

では、2018年に開催された「関西シンクロマスターズ大会」の団体競技(リズム)の優勝チーム(20名)の平均年齢は $71.5 \pm 11.5$ 歳という高齢であることが分かっている。さらに堀井ら(2014)は、会員の継続率が高いことによる高齢化、それに伴う健康管理、そして指導者不足の課題を挙げている。このように、生涯スポーツとしてアーティスティックスイミングを満喫している実施者も多く、水深の浅いプールで底に手足をつきながら演技を実施しても競技選手と同様にアクロバティック動作や、難易度を高めるような複雑な動作が難しく困難であることは想像に難しくない。従って、中高齢者が出場するアーティスティックスイミング大会や発表会でより評価を得るには、「同時性」を高めることが求められることになる。

そこで本研究の目的は、中高齢泳者アーティスティックスイミング演技時の動作の同時性に着目し、3軸(X軸・Y軸・Z軸)加速度センサを用いて静止時の角度を分析することとした。これらの動作分析の精度が高まれば、将来的には上述した「同時性」をウェアラブルセンサによって自動的に定量化することが可能となり、「同時性」に対する成果を高める手助けになることが期待される。

| 改訂前                                            |      |       |      |
|------------------------------------------------|------|-------|------|
| SS17.3.3 第3パネル エレメンツ スコア 40%                   |      |       |      |
|                                                | ソロ   | デュエット | チーム  |
| 完遂度 - 高度な専門スキルの実施における優秀さのレベル。難易率が指定されている各規定要素。 | 100% | 100%  | 100% |

2014日本水泳連盟シンクロナイズドスイミング競技規則より抜粋

| 改訂後                                                                                             |             |                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------|
| AS17.3.3 第3パネル エレメンツ スコア 40%                                                                    |             |                                    |
|                                                                                                 | テクニカル<br>ソロ | テクニカル<br>デュエット<br>ミックスデュエット<br>チーム |
| 完遂度 - 高度な専門スキルの実施における優秀さのレベル。難易率が指定されている各規定要素。                                                  | 90%         | 50%                                |
| <b>同時性</b> 難易率が指定されている各規定要素の同時性。水上、水面、水面下における、泳者同士および泳者と音楽とが調和する動きの正確さ。泳者同士および泳者と音楽とのタイミングの同時性。 | 10%         | 50%                                |

2018日本水泳連盟アーティスティックスイミング競技規則より抜粋

図1 アーティスティックスイミング競技規則（テクニカルルーティン）改訂内容

## Ⅱ. 研究方法

1. 計測日 : 2019年12月9日午前中
2. 計測場所 : 大阪府内のAスポーツクラブ  
室内プール（25m × 8コース）水深1.2m
3. 使用機材 : fitbit センサ 3軸加速度・3軸角速度  
(図2参照)

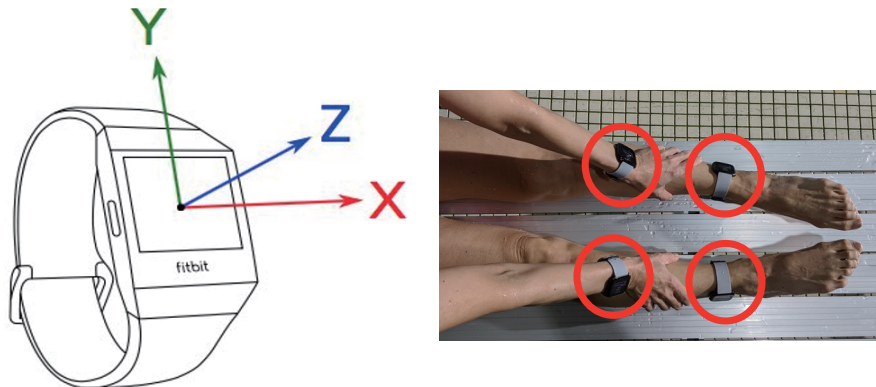


図2 fitbitセンサと装着写真

4. 対象者 : 以下（表1）参照

表1 被験者のアーティスティックスイミング実施者

| 被験者 | 実施歴 | 年齢    |
|-----|-----|-------|
| A   | 10年 | 50代後半 |
| B   | 22年 | 60代後半 |
| C   | 30年 | 70代前半 |

## 5. 計測の流れ：

- ①被験者には、本研究の趣旨説明を行い事前に同意を得た。
- ②水中ウォーミングアップ約15分後、プールサイドにて両手足に加速度センサを装着し、その際に両手足に装着したセンサについて痛みや負担がないことを確認した。
- ③センサ装着後は30分ほど通常の練習を行い、演技動作中に違和感や負担が無いか、またセンサの異常がないか確認した後に、団体(10人)演技を1曲通し計測を行った。

## 6. データ処理方法：

まず、前処理としてfitbitのセンサ出力は一樣にサンプリングされていないため、リサンプリングすることで100Hzの波形に変換する。リサンプリングの内挿には波形を滑らかに補間するため、3次スプライン補間を用いた。

リサンプリング前の信号は約12～13Hz程度であった。さらに、センサ出力には外れ値などのノイズが含まれる可能性があるため、ウィンドウサイズ20でスライド幅1のメディアンフィルタを用いてノイズ除去を行なった。

次に、3軸加速度センサの出力から重力による影響を求めることで、センサの姿勢を求める。センサのX軸・Y軸・Z軸は、それぞれ足のすね・足の前後方向・足の左右方向と平行になるよう取り付けた。従って左右への傾斜がないと仮定すると、足の前後の傾斜角度は3軸の加速度センサの出力値(ax, ay, az)により次式のように求まる。

$$\theta = \tan^{-1}(ax/ay)$$

わかりやすさのため、上記の式で求めた角度をアーティスティックスイミングで一般的な角度(参照図3)に変換することで足の角度を測定する。

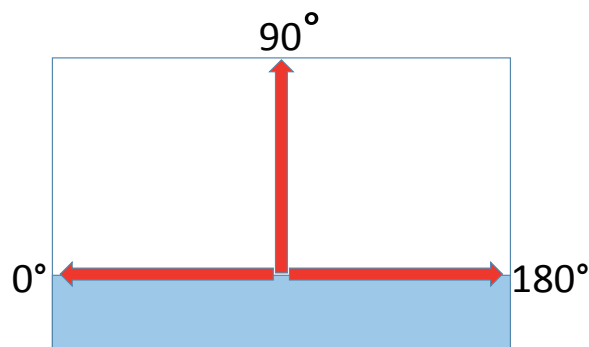


図3 水面に対する角度の参照図

## Ⅲ. 結果及び考察

今回は全演技3分のうち、28秒～38秒間で行われた足技動作(約10秒)の角度に着目した。センサを装着することによって、各軸の地面に対する角度が分かるものの、今回は、プールサイド(横側)から採点する審判員の視点と同様にX軸の水面から水上までの動作角度に注目し分析を行った。

### 1. 左足角度(静止時)の同時性について

左足の動作に注目すると、図4に示した理想的な角度でも明らかなように、Part1,2,3の動作において0度と90度(クレーン姿勢とペントニー姿勢：以下写真参照)の動作が多く非常にシンプルな動きとなっている。以下Partごとに強調できる点を指摘する。(参照図4 実線：動作有 点線：静止)

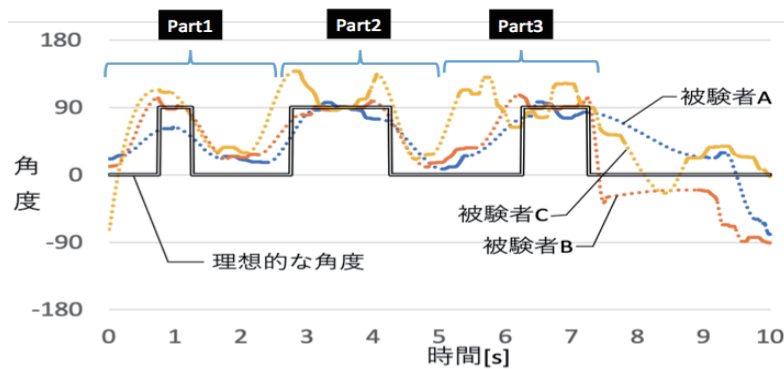
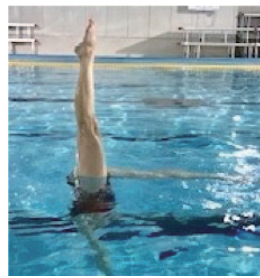
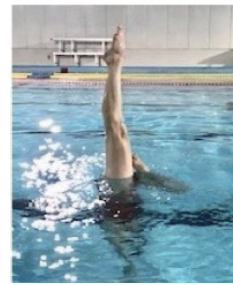


図4 加速度センサにより算出された角度



クレーン姿勢



ベントニー姿勢

### Part1

被験者 A (以下 A と略す) の傾きは Z 軸の影響で大幅に正規ライン (理想的な角度) からずれている。この点は今後の課題である。(本研究の限界と今後の展望に記述) 一方で被験者 B (以下 B と略す) は、理想的な角度に定まっ

ている。被験者 C (以下 C と略す) は目視同様に踵の方に 20 度の大幅な傾きが確認され、最初の重要な足技である一瞬の静止で、C の角度のズレから同時性に欠ける動作であったことが示唆された。

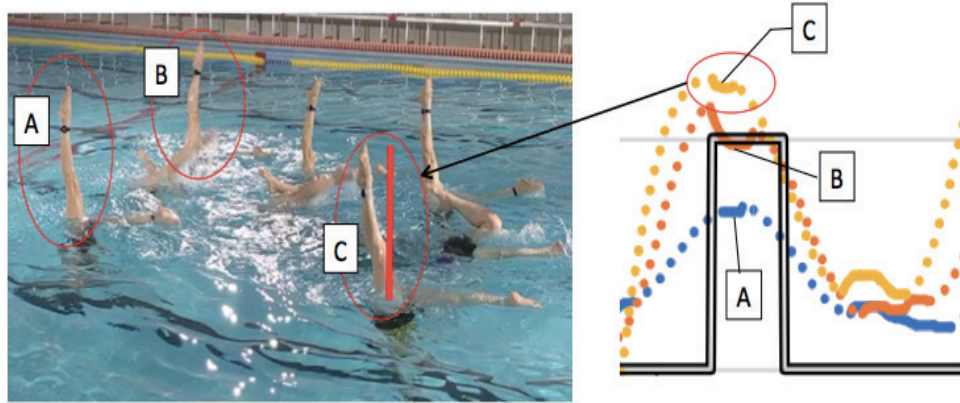


図5 Part1 の静止角度と映像

### Part2

このPartでの3名の静止時における動作(ベントニー姿勢)角度は 90 度の正しいポジションに定まっており、図6 の計測データからも目視と同様に同時性が高い結果となっている。また、時間軸に沿った変化を考えるとグラフ前半の

C は突出したピークを形成している。つまり、動き出しが早い、動作自体はゆっくりであったことが原因と考えられる。したがって、角度のみならず動作のタイミングについてもセンサデータによって定量化できると考えられる。

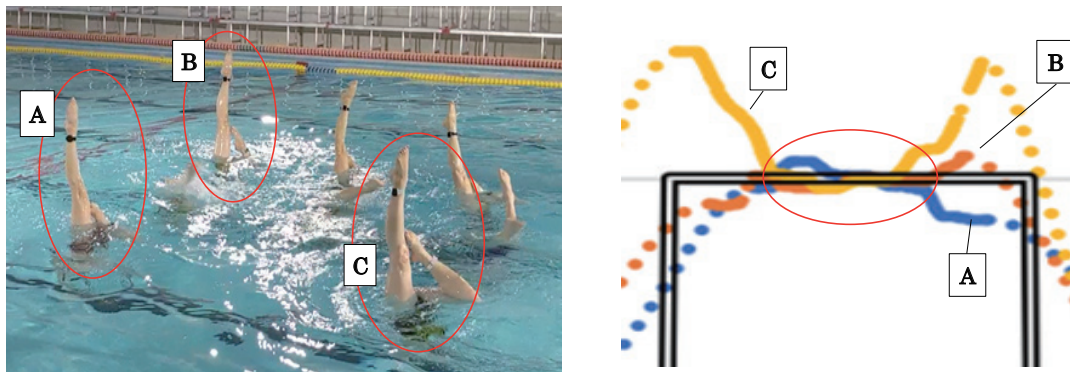


図6 Part2 の静止角度と映像

### Part3

前半の動作では、水面位置で回転を行う動作となっており、Cは体勢が崩れて膝が屈曲したため、センサ装着部位である膝下が上方を向き90度の角度となった（写真上）。この動作の正しい左足の位置は0度（水面位置）となるため、データから推測できる動作として写真上のような体勢崩れ、もしくは誤って足を真上に上げる動作になったことが考えられる。また、写真下のCの左足は、90度の正しいポジションからは大きく傾いており120度であった。Cは

写真上の動作から崩れた体制を立て直すことが出来ず、泳者と別の動きになっていることがデータから読み取れる。写真上下と、どちらの動作であっても、データからはC単独で周りとの同時性が低いことが指摘できる結果となった。今後、同時性を高めるには、C個人の正しい動作の習得、そして水面に対して垂直に足を上げる動作感覚を習得することが重要であると考ええる。このことは、次練習等の個人的な課題に対する改善方法が示唆され、非常に有効である。

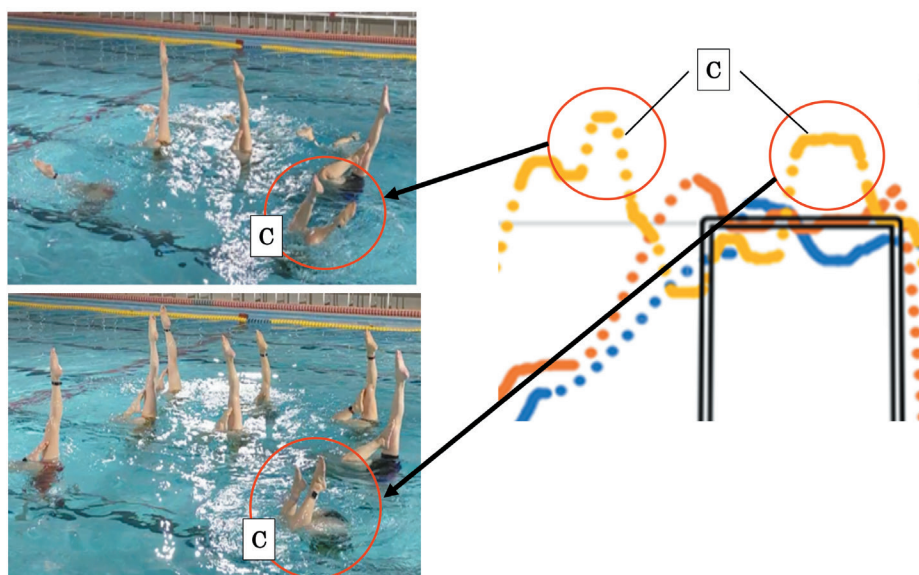


図7 Part3の静止角度と映像

## Ⅳ. まとめ

アーティスティックスイミングの審判規定で重要な要素である「同時性」の定量化を検討するため中高齢泳者アーティスティックスイミング演技時の同時性に着目し、3軸（X軸・Y軸・Z軸）加速度センサを用いて静止時の角度を分析した。分析を行った結果、目視で確認された角度の差異に対して、データ上でも差異が示唆されていたため、一定の成果が現れたと考える。アーティスティックスイミングは他者評価による採点で結果が決まることから、自分の感覚と他者評価の差異が生じることが多々ある。このため、主観によらない定量的な評価が可能という点でセンサを使用した計測は今後検討していく価値があると考えられる。以下に検討課題を挙げる。

- ・計測が簡易ではないため、実施者（現場）のみで計測や分析することは非常に困難である
- ・加速度センサは重力成分に依存し角度算出しているため、

重力方向に影響のない水平の回転や重力以外の動きによる成分を多く含む複雑な動作に対応が困難である。

- ・足首にセンサを装着しているため、膝の屈伸で大きく算出される値が変わる
- ・Z軸の傾きによってデータ上傾いて見えるのか、実際に傾いているのかを瞬時に見分けることが困難である

## Ⅴ. 本研究の限界と今後の展望

本研究では、重力の影響に基づいて加速度センサのみから足の角度を測定した。しかし、本手法ではZ軸が水平であることが条件であり、左右への傾斜が多く発生する手の角度を正確に計測するのは難しい。そのため、3軸のそれぞれの対地角度を利用する必要がある。対地角度は地面に対しての角度のため-90度から90度までしか測定できないという制限があり、例えば1軸のみで測定する場合、アーティスティックスイミングの角度における60度と120

度がどちらも 60 度として測定される。今後は、この対地角度を 3 軸の組み合わせによりあらゆる姿勢においても正確な角度を測定したい。

また、本手法はセンサ出力が重力加速度にほぼ等しい、つまり

$$G \approx \sqrt{ax^2 + ay^2 + az^2}$$

であることが前提条件となる。ここで、G は重力加速度である。そのため、静止状態での角度を測定することはできるが、運動時の角度を正確に測定することができない。これに対処するために、バンドパスフィルタを用いて、加速度センサ出力を重力加速度成分と運動加速度成分に切り分けるといった工夫が必要となる。また、角速度センサと組み合わせて、動きが大きいときほど角速度センサ出力を信頼するような手法を考慮していきたい。

## VI. 謝 辞

今回の計測にあたり、被験者として協力して頂きましたアーティスティックスイミング実施者、またプールをさせていただき下さった A スポーツクラブの関係者に対し、心より感謝申し上げます。

## 参考・引用文献

- ・巽樹理・松井健・斎藤辰哉・濱田大幹・吉田升・和田拓真・住田健（2019）高齢者アーティスティックスイミング演技者における心拍数変化－国内最高齢の演技者に着目して－. 追手門学院大学スポーツ研究センター紀要第 4 号, pp.9-15.
- ・日本水泳連盟（2014）シンクロナイズドスイミング規定
- ・日本水泳連盟（2018）アーティスティックスイミング規定
- ・堀井樹理（2014）マスターズシンクロナイズドスイミングの課題と可能性に関する一考察. 大阪体育大学紀要第 45 巻, A4 版, pp.87-102.
- ・堀井樹理（2014）大阪体育大学 修士論文
- ・FINA 公式 HP  
[https://www.fina.org/sites/default/files/2017-2021\\_as\\_rules\\_-\\_16032018\\_full.pdf](https://www.fina.org/sites/default/files/2017-2021_as_rules_-_16032018_full.pdf)

## 【追手門学院大学スポーツ研究センター紀要】刊行内規

（目的）

第1条 追手門学院大学スポーツ研究センター紀要（以下「紀要」という）は、追手門学院大学スポーツ研究センターにおける活動成果の発表を主な目的として、これを刊行する。

（編集等の機関）

第2条 紀要の企画、原稿の募集および編集は、スポーツ研究センター紀要編集委員会（以下「委員会」という）が行い、発行はスポーツ研究センターが行う。

2. 編集委員（若干名）は、センター会議で選出し、編集委員長はセンター長が兼務する。

（執筆者の資格）

第3条 執筆の資格を有する者は次の各号に掲げる者とし、執筆は公募とする。

- (1) スポーツ研究センター所員
- (2) スポーツ研究センター研究員および客員研究員
- (3) センター会議にて推薦または承認を得た者

（原稿の要件）

第4条 紀要に執筆する原稿の要件は、次の各号のとおりとする。

- (1) 他誌に未掲載の原稿であること。
- (2) 完成原稿であること。
- (3) 原稿の種類は次のいずれかに該当するものであること。
  - ①論文
  - ②研究ノート
  - ③資料
  - ④書評
  - ⑤その他、紀要編集上必要と認められるもので、センター会議にて承認を得た原稿
- (4) 投稿原稿は、題目提出の時点で、同一言語、同一内容のものが他誌で公表されてはならない。その後、他誌に掲載されることが決定した場合には、速やかに原稿を取り下げる。なお、本紀要刊行ののちに、書籍などに再掲することは妨げない。ただし再掲の場合は、必ず初出を明示すること。

（原稿の採択）

第5条 委員会は、執筆原稿の掲載についての判断を行う。

2. 委員会で指名された担当者が原稿を査読し、第4条の原稿要件に関する確認、ならびに修正等の措置が適切に行われた原稿を採択する。

（紀要の発行）

第6条 紀要は、各年度1回発行することとし、各年度の原稿募集・執筆期限・発行日等は委員会が決定し、公表する。

2. 原則として紙媒体の冊子による発行を行わず、追手門学院大学機関リポジトリ、大学研究所ホームページならびにCiNii（国立情報学研究所論文情報ナビゲーター）への掲載（公開）のみとする。

(原稿の形式)

第7条 紀要に投稿する原稿の形式は、委員会が定める「スポーツ研究センター紀要執筆要領」によるものとする。

(校正)

第8条 校正は著者校正とし、校正期限を遵守し、校正時に大幅な訂正を行わないこととする。

2. 執筆者が前項の規定に反した場合、第5条の規程を準用する。

(抜刷)

第9条 抜刷の費用は申込者の負担とし、具体的な申込部数と価格は、別途定める。

(著作権)

第10条 紀要のすべての掲載物の著作権は、追手門学院大学スポーツ研究センターに帰属するものとする。

(改廃)

第11条 この内規の改廃は、委員会の議を経て、センター会議で行う。

附 則

この内規は、2015年10月1日から施行する。

この内規は、2016年10月1日から施行する。

この内規は、2017年10月1日から施行する。

## 2019年度 追手門学院大学スポーツ研究センター所員・研究員

|        |                                 |
|--------|---------------------------------|
| センター長  | 辰 本 頼 弘（社会学部 教授）                |
| 副センター長 | 巽 樹 理（社会学部 准教授）                 |
| 所 員    | 上 田 滋 夢（社会学部 教授）                |
|        | 千 葉 英 史（社会学部 准教授）               |
|        | 中 西 宏（財務課）                      |
|        | 馬 込 卓 弥（社会学部 准教授）               |
|        | 松 井 健（社会学部 教授）                  |
| 研 究 員  | 松 山 博 明（社会学部 教授）                |
|        | 高 島 孝 之（医療法人高島整形外科 ハビリスグループ理事長） |
|        | 吉 田 吉 治（追手門学院大学 客員教授）           |

---

追手門学院大学スポーツ研究センター紀要 第5号

2020年3月発行

発 行 追手門学院大学スポーツ研究センター

〒567-8502 大阪府茨木市西安威2-1-15

☎072-641-9690 FAX 072-641-9695

印 刷 友野印刷株式会社

〒700-0035 岡山市北区高柳西町1-23

☎086-255-1101 FAX 086-253-2965

---



