Vol.2021-GN-113 No.16
2021/3/16

心拍数計測によるチームワーク評価手法の検討

板倉大晟[1]　阿部花南[1]　武井秀憲[1]　小林稔[1]

概要：チームスポーツをより多くの競技者が楽しんで行うために，我々はチームワークという新たな評価軸を提案する．現在チームワークを科学的に評価する手法はいくつか提案されているが，運動中に数値化できることや，全ての競技者を平等に評価することに注目すると実用段階には無いと考える．そこで本研究では，競技者の運動状態だけでなく精神状態によっても変化する心拍データを基盤に，それらのデータをチーム全体で収集することでチームワークを評価する手法を提案する．

キーワード：チームスポーツ，チームワーク，心拍数

Examination of Teamwork Evaluation Method by Heart Rate Measurement

TAISEI ITAKURA[†1]　KANAN ABE[†1]
HIDENORI TAKEI[†1]　MINORU KOBAYASHI[†1]

Abstract: In order for more athletes to enjoy team sports, we propose a new evaluation axis called teamwork. Currently, several methods for scientifically evaluating teamwork have been proposed, but during exercise. Focusing on the fact that it can be quantified and the equal evaluation of all athletes, we think that it is not in the practical stage. Therefore, in this study, we based on heartbeat data that changes not only with the athlete's motor state but also with their mental state. We propose a method to evaluate teamwork by collecting such data as a whole team.

Keywords: Team sports, Teamwork, Heart rate

1. はじめに

現在，情報社会の発展に伴って，スポーツの情報化も著しく発展している．代表的なものにプロサッカーの試合などで使われる，ウェアラブル GPS トラッカーがある．これはデジタルブラジャーとも言われ，GPS 子機の内蔵されたインナーを試合中に身に付けることで，「走行距離」「走行スピード」が計測できる．さらに，内蔵されている加速度，角速度センサーなどからは，「加速・減速」「体の傾き」の計測も可能となっている．これらの情報をもとに選手の運動情報を取得し，選手のコンディションを管理することで選手の交代や起用を行っている．またスポーツ解析の分野ではカメラ技術の発達により，ボール，選手の追跡や，より精密なフォームのチェックが可能になるなどスポーツ界においてこのように情報化が進んでいる．

しかしこれらの事例はプロシーンや，アマチュアの強豪のクラブチームなど，1 つの種目を専門としている団体（以降，A 環境）内での使用が多い．よってスポーツ人口全体のうちこのような技術に触れることが可能な環境に所属している人口はごく少数のため，我々は現段階で情報化が進んでいない環境にこそ研究の余地があるのではないかと考える．

情報化が進んでいないスポーツ環境の例として大学内のサークルやイベントでのレクリエーション，体育の授業など（以降，B 環境）が挙げられる．これらの環境と A 環境との違いとして，競技者全員が専門としているスポーツをする訳ではないことや，競技者全員が勝利に向けて日々努力をしている訳ではないことなどが挙げられる．我々はこのような違いがある 2 つの環境間では競技者が競技中に求めることはそれぞれ異なるのではないかと考えた．

本報告では，研究を進めていくための基盤として，はじめに競技者が B 環境でスポーツに求めることを明らかにすることを目的として，スポーツ中に感じることについてアンケート調査を行い，その結果をまとめた．アンケートの結果，多くの回答者が B 環境下において，チームワークや楽しさなど心理的な要素を求めることがわかった．そのため，今後チームスポーツにおけるチームワークと，精神状態を計測する際に用いられることの多い心拍数の関係について評価実験を行う計画である．本報告ではその実験計画についても述べる．

1 明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科
Department of Frontier Media Science, Faculty of Interdisciplinary Mathematic Science at Meiji University

ⓒ2021 Information Processing Society of Japan

2. 関連研究

(1) 心理状態と生体情報

井尻らの研究[1]ではスポーツ選手のパフォーマンスは，緊張や集中などの精神状態に大きく影響を受けるとしている．精神状態とパフォーマンスの関係を明らかにする先行研究においては，計測のために運動を制限しなければならないことや，従来の計測機では運動の阻害になるといった問題点があった．そこで井尻らは電極と繊維を融合して開発されたウェアラブル生体電極“hitoe”[2]を使用した，“hitoe インナー“を用いてスポーツ選手の心電位及び体動による加速度データを計測することで，直前の運動量変動を考慮した上での心拍変動の定量評価を試みた. 実験では，成人男性 2 名が“hitoe インナー”を着用し，3 日間の野球の練習・試合をする実験を行った．また実験中，ウォーミングアップから試合本番に至るまで全ての行動から心拍変動を記録している．その結果，同じ運動強度でも，場面によって異なる心拍変動を行うことがわかった．具体的には試合中に被験者が集中を迫られる場面や，チームが勝負の局面を分ける場面では心拍数が高くなり，同じ運動強度でもウォーミングアップや試合前の練習中では心拍数の値が低くなった．

井尻らの研究では個人の心理状態を把握することが目的であるのに対し，本研究ではチーム内の複数人の心拍データからチーム全体の心理状態を把握することを目的とする．

(2) チームワークの評価方法

実際のチームワークの評価方法について，多くのチームワーク評価実験[3][4]では，Dickinson & Mcintyre のチームワーク理論モデル[5]をもとに調査を行っている．これらの研究はコミュニケーションがチームワークの要素に影響していると仮説をたて，コミュニケーションに関係する能力について被験者に回答させるアンケートを独自に作成し，検証した．しかしこの方法では運動中にチームワーク評価を行うのは不可能であることや，被験者の運動そのものを評価できる訳ではないことから本実験においての使用は困難であると考えた．

また本研究と同様に，スポーツの発展のために新たな評価軸の作成を試みた研究として，藤原らの提案したビデオ解析によるチームワークの評価方法[6]がある．これはスポーツ中の選手とボールの位置を正確に読み取ることで，それらの位置関係からチームワークの評価を試みた研究である．福沢らの研究では，以下の 5 つの基準用いて評価を行っている．

- 優勢領域面積：1 人の選手がチームの中で受け持っているフィールド上の面積が広いほどチームに貢献しているとして数値化したもの. 受け持っているフィールドの面積とは，ある選手 A と他のチームメイト B との距離を X m とした時，A から X/2 m の範囲は A が最短で移動できる範囲である．A の周辺の選手全てと同じような方法で中間地点を求めた時に，その中間地点で囲われた部分のことを指す.
- 重み付けされた優勢領域面積：「優勢領域面積」の中でもボールや，相手陣地内のゴールに近いほど高い値となるよう重み付けした数値.
- マーカの優勢領域変化：相手チームで攻撃時の選手 A のことをマークしている選手 B をマーカとし，選手 A の行動に起因したマーカの「重み付けされた優勢領域面積」を選手 A の成果として数値化したもの.
- プレッシャーの強度：守備時の選手 A が選手 B との距離によって選手 B に与えるプレッシャーの強度を数値化したもの.
- パスの成否判定：ボールを追跡することでパスの成否を判断したもの.

実際にフィールドホッケーの試合におけるビデオ解析によるチームワークの評価を行った結果，有効性を示した．しかし藤原らの手法では戦術的知識のある選手でないとチームワークを評価されるのは難しく，全ての競技者にスポーツを楽しんでもらうことを達成できない．本研究では全ての競技者を平等に評価できる手法として，感情の推定に多く用いられる心拍数を使用する手法を提案する．

(3) 運動強度推定

現在，運動強度を表す指標の中に Mets 値，心拍数がある．Mets 値とは身体活動量を表すための単位で，安静時を 1 として，その運動が何倍の強さにあたるか示す指標である．心拍数は 1 分あたりの心拍の回数を表し，年齢や安静時心拍数を用いて運動強度の算出が可能である．Mets 値，心拍数の 2 つは被験者の運動行動に伴って数値が計測できるため，多くのスポーツの研究において使用されている．二宮らはウォーキングサッカー試合中の運動強度を計測する研究においてこの 2 つの記録を取った[7]．20 歳代から 60 歳代までの 28 名に 3 軸加速度計（HJA-750C Active style Pro, OMRON）とウェアラブル脈拍計（Ionic, Fitbit）を取り付け 4 日間にわたりウォーキングサッカーの試合を行う実験をした．3 軸加速度計（HJA-750C Active style Pro, OMRON）とは前後，左右，鉛直の 各軸方向の加速度を基に Mets 値を算出するデバイスで，呼吸量をもとに Mets 値を求めるダグラスバッグとの測定精度実験において高い相関関係（r=0.93）が認められたことが先行研究[8]で報告されている．ウェアラブル脈拍計(Ionic, Fitbit)は光学脈拍センサーを用いて心拍数を計測するリストバンド型の脈拍計で，先行研究[9]にてトレッドミル運動中の胸部 3 点誘導法による心電図から算出された心拍数との間に高い一致相関係数 (r= 0.89)が認められ，その妥当性が確認されている．二宮らは以上のデバイスの精度を踏まえウェアラブルデバイスを用いた実験を行った．実験

では想定通り，正常なデータを計測しウォーキングサッカーの運動強度のデータを記録したことが報告されている．本研究では以上のデバイスの妥当性を踏まえ，実験で使用を検討する．

3. チームスポーツ中に感じることに関するアンケート調査

3.1 概要

我々は，一般的にチームスポーツにおいて，競技中に競技者が求めていることは，その競技のシーンや条件によって大きな違いがあると考えた．例えば，高校部活の大会時はチームの勝敗というものが一番大事とされると考えられる．しかし大学のサークル内で同じ競技を行った場合，勝敗よりもチームワークやチーム内の雰囲気が重要とされるのではないかと考えた．

そこで我々は，研究を進める上での基礎検討として，チームスポーツをサッカー，バレーボール，バスケットボールの 3 競技に絞り，競技中に感じることに関してアンケートを行った．3 競技については，競技中に味方に頻繁にパスを送ることが出来るということ，大学生のサークルや体育の授業として回答者が一度は行ったことのある競技である可能性が高いという理由で選出した．

アンケートでは「特定の競技を専門的に行う集団での競技中（特に部活の試合，大会時）」と「その競技を専門にしていない競技者も含めて行われる競技中（特にサークル活動，体育の授業，レクリエーション）」では競技中に競技者が重要視するものは違うこと，特に前者では勝敗を後者でチームワークを重要にしていると予想する．

尚，調査は 2021 年 1 月 15 日から同年 1 月 18 日の 4 日間，Google フォームを利用して作成したアンケートを行った．アンケートの項目を以下の表 1 に示す．

表 1 アンケート調査の内容

①	チームスポーツは好きですか？（好き，どちらかというと好き，どちらでもない，どちらかというと嫌い，嫌い）
②	上記の回答の理由を教えてください［任意］
③	チームスポーツは得意ですか？（得意，どちらかというと得意，どちらでもない，どちらかというと不得意，不得意）
④	チームスポーツの経験（全くない，体育の授業のみ，1～3 年，4 年以上）
⑤	競技中に勝っているのに楽しくないと感じたことがある（ある，ない）
⑥	「ある」と答えた人はその理由を教えてください［任意］
⑦	競技中に負けているのに楽しいと感じたことがある（ある，ない）
⑧	「ある」と答えた人はその理由を教えてください［任意］
⑨	競技中どのような場面で楽しいと感じるか［複数回答可］（勝敗が決まった時，自分が活躍した時，チームワークを感じた時，その他［記述回答］）
⑩	競技中どのような場面で最も楽しいと感じるか（勝敗が決まった時，自分が活躍した時，チームワークを感じた時，その他［記述回答］）
⑪	競技中（特に部活の試合，大会時）何が大切であると思うか［複数回答可］（勝敗，自分の活躍，チームワーク，その他［記述回答］）
⑫	競技中（特に部活の試合，大会時）何が最も大切であると思うか（勝敗，自分の活躍，チームワーク，その他［記述回答］）
⑬	競技中（特にサークル活動，体育の授業，レクリエーション）何が大切であると思うか［複数回答可］（勝敗，自分の活躍，チームワーク，その他［記述回答］）
⑭	競技中（特にサークル活動，体育の授業，レクリエーション）何が最も大切であると思うか（勝敗，自分の活躍，チームワーク，その他［記述回答］）
⑮	どのレベルの人と競技している時が楽しいと感じますか？（自分より得意な人，自分と実力の同じ人，自分より不得意な人，どちらとも言えない）

ⓒ2021 Information Processing Society of Japan

3.2 結果

アンケートの回答数は全体で 44 件であり，有効回答数は 43 件であった．回答者の内訳は男性 19 名，女性 23 名，回答しない 1 名であった．年齢は 19～24 歳の間で平均年齢は 20.9 歳であった．

質問①-②ではチームスポーツへの好感度を「好き，どちらかというと好き，どちらでもない，どちらかというと嫌い，嫌い」の 5 段階で質問しその理由についても任意で回答してもらった．その結果を図 1 に示す．

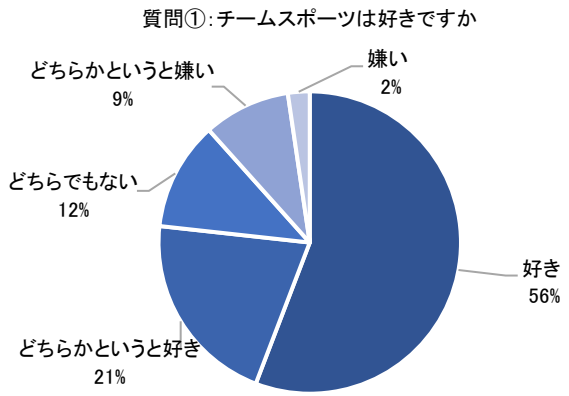

図 1 質問①の回答結果

質問③ではチームスポーツの得意不得意を「得意，どちらかというと得意，どちらでもない，どちらかというと不得意，不得意」の 5 段階で質問した．その結果を図 2 に示す．

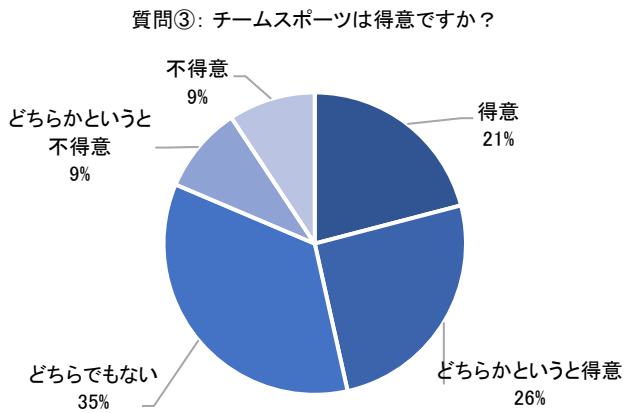

図 2 質問③の回答結果

質問①-③の結果から好感度と得意不得意は必ずしも一致する訳ではないことがわかった．5 段階評価の数字を，「好き=+2，不得意=-2」「得意=+2，不得意=-2」と置き換えた場合，好感度よりも得意不得意の評価を低くした回答は 25 件で，その差は最大数が 4（1 名），平均値は 0．74 となった．

質問④ではチームスポーツの経験について「全くない，体育の授業のみ，1～3 年，4 年以上」の 4 段階で質問した．その結果を図 3 に示す．「全くない」と回答した人は 1 名で，6 割の回答者が部活動として 1 年以上の競技経験があり，その他の回答者は体育の授業で競技経験があった．

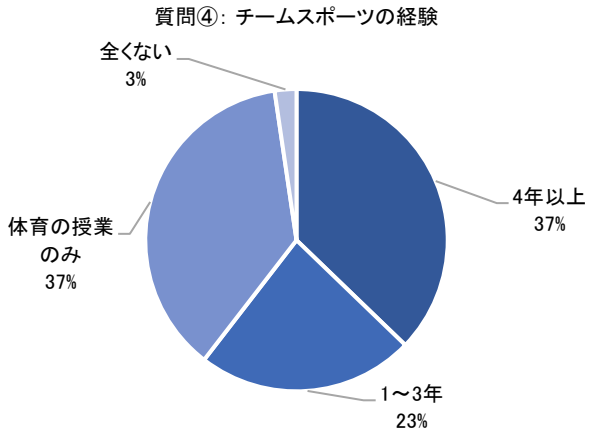

図 3 質問④の回答結果

質問⑤-⑧では競技中の勝敗の状況と感情の相違について，その理由とともに質問した．その結果を図 4, 5 に示す．「競技中に勝っているのに楽しくないと感じたことがある」,「競技中に負けているのに楽しいと感じたことがある」共に競技中の勝敗の状況と感情に相違があった経験をした人が半数以上存在し,「競技中に負けているのに楽しいと感じたことがある」経験がある人は全体の 86%になった．「競技中に勝っているのに楽しくないと感じたことがある」と答えた回答の理由の中には「自分が全く貢献できていない場合」「自分が何もしてない」など自分自身に原因がある回答や,「ミスが続いてチームの雰囲気が暗い状態だと勝っても楽しくないから」「チームに価値を出せてないと感じるから」などチームに原因がある回答の 2 種類にまとまっていた．逆に「競技中に負けているのに楽しいと感じたことがある」の理由には,「負けていても，チームワークが良くて最高のプレーができていると感じた時」，「チームメイトとのやり取りが楽しかった」や「チーム一丸となっていること自体が楽しいから」などチームに原因があるという回答がほとんどであった．

ⓒ2021 Information Processing Society of Japan

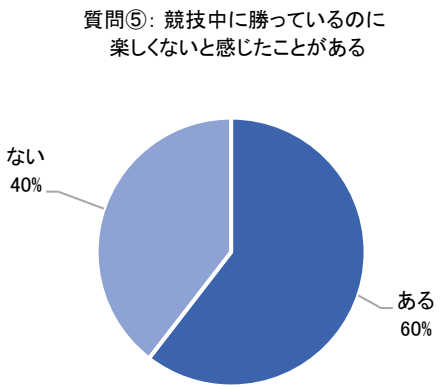

図 4 質問⑤の回答結果

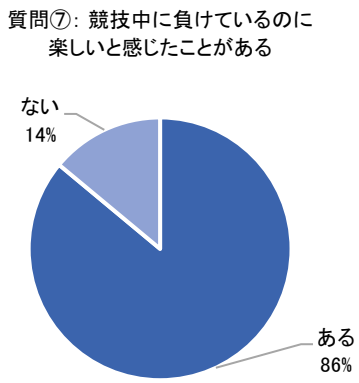

図 5 質問⑦の回答結果

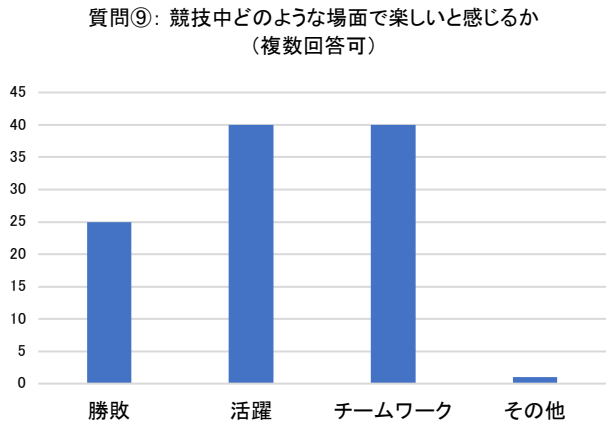

図 6 質問⑨の回答結果

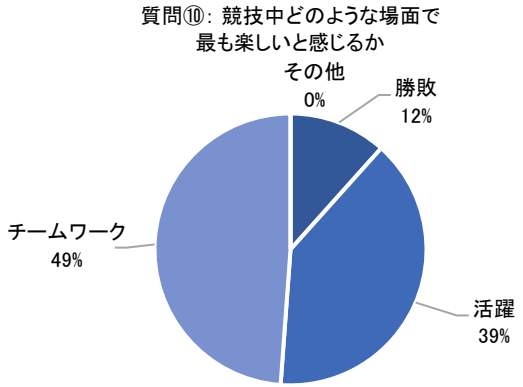

図 7 質問⑩の回答結果

質問⑤-⑧から，今回の調査の範囲においては，勝敗と競技への感想は必ずしも一致しないこと，その原因としてチームでの雰囲気やチームの存在が影響していることがわかった．

質問⑨-⑩では競技中にどのような場面で楽しいと感じるかについて「勝敗が決まった時，自分が活躍した時，チームワークを感じた時，その他」から選んでもらった．その結果を図 6，7 に示す．

質問⑨ではあらかじめ用意した選択肢の中では「自分が活躍した時」と「チームワークを感じた時」を選ぶ人が 93% 多かった．また 3 つの選択肢全てを選択した回答も多く用意した選択肢の重要性がわかった．その他の回答は 1 件で「珍プレーが起こった時」という回答であった．

質問⑩では選択肢の中でも最も楽しかった場面を選んでもらった．回答が多かった順番に「チームワークを感じた時」，「自分が活躍した時」，「勝敗が決まった時」となった．ここではチームスポーツ中に楽しいと感じることについて，半数の回答者が「チームワークを感じた時」と回答した．

質問⑪-⑭では競技中に何が大切であると考えるか，「勝敗，自分の活躍，チームワーク，その他」の中から選んでもらった．特に，本研究の重要な位置づけである，競技環境によって競技者の意識していることの違いを調査するために，「部活の試合，大会時」と「サークル活動，体育の授業，レクリエーション」の 2 つの環境に分けて質問した．その結果を図 8，9 に示す．

ⓒ2021 Information Processing Society of Japan

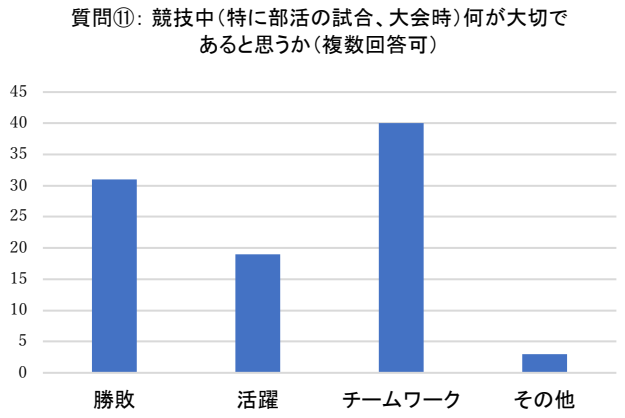

図 8 質問⑪の回答結果

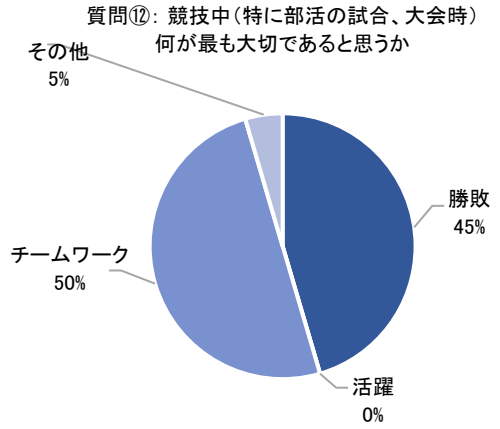

図 9 質問⑫の回答結果

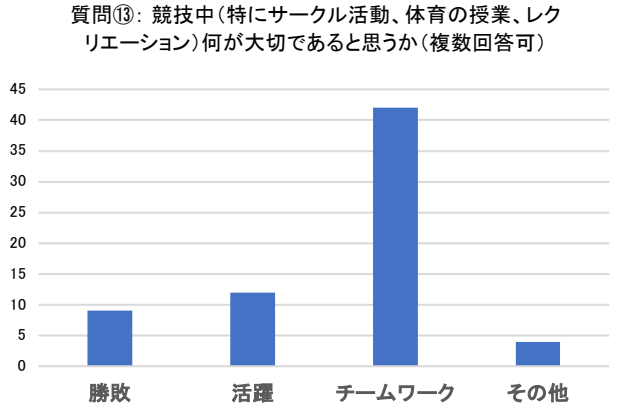

図 10 質問⑬の回答結果

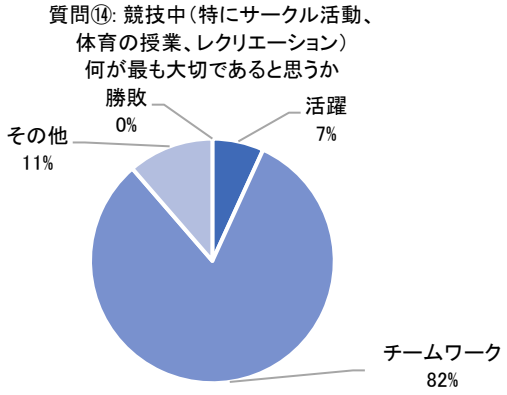

図 11 質問⑭の回答結果

質問⑪と質問⑬では「勝敗，自分の活躍，チームワーク，その他」の中から，競技中に大切に感じるものに関して，複数回答可で選んでもらった．その結果，質問⑪の「部活の試合，大会時」の場合，競技中に大切である選択されたものは「チームワーク」「勝敗」「自分の活躍」の順番となった．その一方で，質問⑬の「サークル活動，体育の授業，レクリエーション」の場合は，「チームワーク」が一番多く選ばれたものの「勝敗」を選んだ回答は 9 件で，「部活の試合，大会時」の条件での 31 件と比べると少なくなった．

質問⑫と質問⑭では「勝敗，自分の活躍，チームワーク，その他」の中から，競技中に最も大切に感じるものに関して，1 つだけ選んでもらった．その結果，質問⑫の「部活の試合，大会時」の場合，「勝敗」と回答した回答者が 45%と「チームワーク」と回答した回答者が 50%であった．その一方で，質問⑭の「サークル活動，体育の授業，レクリエーション」の場合は，「チームワーク」を選んだ回答が 82%で，その他の回答の中にも「全員が楽しめているかどうか」「チームメイトの満足度」などチームメイトを気にかけた回答があり，予想通りの結果であった．

質問⑮では自分と比べた時に，どのようなレベルのチームメイトと競技するのが楽しいか，「自分より得意な人，自分と実力の同じ人，自分より不得意な人，どちらとも言えない」の中から選んでもらった．その結果を表 2 に示す．この結果について，スポーツに対して良い印象や得意意識を持っている人は「自分より得意な人」を選び，逆にスポーツに対して悪い印象や苦手意識を持っている人は「自分より不得意な人」を選ぶと予想していた．しかし結果はそもそも悪い印象や苦手意識を持っていると答えた回答が少ないことにより予想していた比較を行うまでに至らなかった．結果として 58%が「自分と実力の同じ人」，32%が「自分より得意な人」という回答をした．

ⓒ2021 Information Processing Society of Japan

表２　質問⑮の回答結果

質問⑮:どのレベルの人と競技している時が楽しいと感じますか？	
自分より得意な人	13 件（32%）
自分と同じ実力の人	25 件（58%）
自分より不得意な人	1 件　（2%）

3.3 考察

以上のアンケートをもとに，本研究が対象とする，サークル活動，体育の授業，レクリエーションなどの，その競技を専門にしていない競技者も含めて行われる環境下で行われる競技中に競技者が重要としていることについて考察を行う．アンケート前の予想通り，サークル活動，体育の授業，レクリエーションなどの，それぞれ違う専門を持つ競技者で行われる競技中ではチームワークを最も重要としていることがわかった．また部活の試合，大会時など，特定の競技を専門的に行う集団での競技中では勝敗を最も重要とする人が多いと予想したが，結果はチームワークを優先する回答の方が多くなった．ここからチームスポーツ競技中の状況や環境に関係なくチームワークを重要とする人は一定数いることがわかった．特にチームスポーツの楽しいと感じた場面について 43 人中 40 人が「チームワークを感じた時」と答えていることからチームワークの評価に意義があると考える．以上の結果を踏まえて本研究ではチームワークを評価するための方法について研究することとする．

4. 提案手法

本研究では，心拍数を用いてチームワークを評価する手法を提案する．数ある生体情報の中から心拍数を選択した理由は，既存の研究において運動中の心拍数が競技者の心理状態に大きく影響を受けることが証明されていることである．また 2 種類の運動強度評価軸についてウェアラブルデバイスを用いて計測する研究も行われているため，我々の研究においても大いにそれらの活用が期待できる．また評価対象としてチームワークを選択した理由は，アンケートの結果より注目している競技環境下において，競技中に楽しいと感じた瞬間として 93%の回答者が「チームワークを感じた時」と回答したことである．これは競技者が楽しいと感じた時，チームワークを感じている競技者が多いと考えられる．よって感情の測定に使用される心拍数を用いることでチームワークの評価が可能になると考えるからである．

5. 評価実験計画

以上のアンケートと研究を踏まえて今後行う評価実験の計画を述べる．本研究では，情報化が進んでいない素人間で行われるチームスポーツを対象とする．そして新しい評価軸を提案することで，より多くの競技者にチームスポーツを楽しんでもらうことを目的とする．

実験では，実験協力者に 3 軸加速度計 (HJA-750C Active style Pro, OMRON) とウェアラブル脈拍計(Ionic, Fitbit)を取り付け，実際にバレーボールの試合を行ってもらうことする．試合前のウォーミングアップや事前練習から始め，試合終了に至るまでの Mets 値，心拍数のデータを計測する．井尻らの研究[1]にならい，ウォーミングアップや事前練習を計測することで試合中のデータとの比較を行う．同じ Mets 値の運動で，異なる心拍数の値を記録した場合，試合の流れやチームの雰囲気により競技者の心理状態が影響を受けた証拠であり，それがチームワークに影響すると考える．試合はチームメイトの関係がチームワークに影響を及ぼすことを調査するために，チームを毎回編成して複数回行う．チームについては「普段から交流のあるチーム」「初対面同士のチーム」などチームの雰囲気を考慮して編成する．試合中は 1 プレーごとに心拍を安定させるために中断する計画は無い．これは直前のプレーや競技者の行動が次のプレーのチームワークに影響すると考えると，心拍を安定させる行為はチームワークを低下させることになると考えるからである．試合はデータの収集と合わせてカメラでのビデオ録画を行う．試合後その録画映像を基にチームごとに評論を行ってもらう．ここでは試合中に実際に「チームワークを感じた場面」や「楽しいと感じた場面」,「自分が活躍したと感じ場面」などについてチームで話し合ってアンケートに回答してもらう．このアンケートは今回実施したアンケートの回答に基づいて今後作成する．

実験後は計測した Mets 値，心拍数やアンケートを基に評価を行う．主に計画している項目は 2 つで， 1 つ目は競技者 1 人の Mets 値，心拍数の数値がウォーミングアップや事前練習と試合で変動するか調べる．ここでは同じ Mets 値の行動でも，その場面によって異なる心拍数を計測すると予想している．2 つ目はチーム全員の心拍数とそのチームで回答したアンケートについて比較する．ここではチームの心拍数の変動がチームのチームワークに関係すると予想している．

6. まとめ

本報告では，チームスポーツについて行ったアンケートの結果をまとめ，今後行うチームワークと心拍数の関係を求める評価実験計画についてまとめた．我々は本研究を通して，心拍数とチームワークの関係性について明らかにしたいと考えている．もし心拍数によりチームワークの評価

ⓒ2021 Information Processing Society of Japan

が可能となれば，チームスポーツはより多くの競技者に親しまれると予想する．例えば本研究の展望として図 12 のようなシステムがある．これはチームワークをウェアラブルデバイスによって集めたデータを基に評価し，リアルタイムで競技者にフィードバックを行うものである．光や音でスポーツを演出することで，スポーツは競技の枠を越えたエンターテイメントとして，より多くの競技者にとって楽しめるコンテンツになると考える．我々はこの研究により，スポーツがより発展することを期待している．

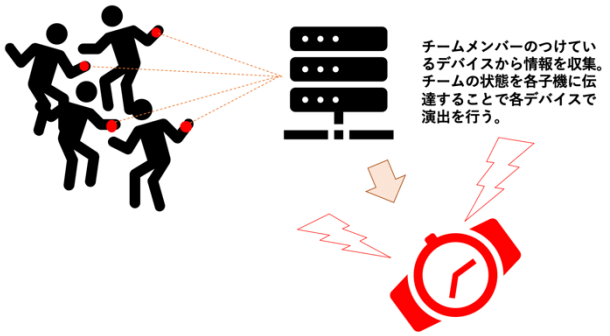

図 12 提案手法を用いたデバイス

謝辞　本研究の調査に協力してくれた方々に感謝を申し上げます．

参考文献

[1] 井尻哲也，木村聡貴，塚田信吾，中島寛，河西奈保子，住友弘二，柏野牧夫．ウェアラブル生体電極を利用して運動中の選手のコンディションを推定する．スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス 2015 論文集, 2015, vol. 2015, p._B-1-1-B-1-10.
[2] Tsukada. S, Nakashima. H, Torimitsu. K. Conductive Polymer Combined Silk Fiber Bundle for Bioelectrical Signal Recording. PLOS ONE, 2012.
[3] 三沢良，佐相邦英，山口裕幸．看護師チームのチームワーク測定尺度の作成．社会心理学研究, 2009, vol. 24, no. 3, p. 219-232.
[4] 相川充，高本真寛，杉森伸吉，古屋真．個人のチームワーク能力を測定する尺度の開発と妥当性の検討．社会心理学研究所 , 2012, vol. 27, no. 3, p. 139-150.
[5] Dickinson, T. L., Mclntyre, R.M.. A conceptual framework for teamwork measurement. Team performance assessment and measurement, 1997, p. 19- 43.
[6] 藤村光，杉原厚吉．優勢領域に基づいたスポーツチームワークの定量的評価．電子情報通信学会論文誌, 2004, vol.J87-D2, no. 3 , p.818-828.
[7] 二宮友佳，宮下拓麻，宮地元彦，松田薫二，高橋康輝．ウォーキングサッカー試合中の運動強度．体力科学, 2020, vol. 69, no. 4, p. 335-341.
[8] Ohkawara. K, Oshima. Y, Hikihara. Y, Ishikawa-Takata. K, I. Tabata, S. Tanaka. Real-time estimation of daily physical activity intensity by a triaxial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm. British Journal of Nutrition, 2011, vol. 105, p. 1681-1691.
[9] Pasadyn S. R., Soudan M., Gillinov M., Houghtaling P., Phelan D., Gillinov N., Bittel B., Desai M.Y.. Accuracy of commercially available heart rate monitors in athletes: a prospective study. Cardiovasc Diagn Ther, 2019, vol. 9, p.379- 385.

ⓒ2021 Information Processing Society of Japan