

試合中の投手の緊張に影響を与える要因の抽出

橋本泰裕¹⁾ 山田憲政¹⁾

Extraction of factors that affect the tension of pitchers during competition

Yasuhiro Hashimoto¹⁾ and Norimasa Yamada¹⁾

Abstract

The purpose of this study was to clarify factors that affect the tension of pitchers during competition. We calculated heart rate change (HRC; the degree of tension) by measuring the heart rates of eight pitchers under both practice and competitive conditions. In analysis 1, we performed a multiple regression analysis using competitive situation factors (1. the number of balls; 2. the number of strikes; 3. the number of outs; 4. the presence or absence of a runner in a scoring position and 5. the score difference) and cognitive appraisal factors (6. subjective degree of tension and 7. subjective winning percentages) as independent variables, and HRC as the dependent variable. In analysis 2, we reconstructed analysis 1 to add a factor related to individual difference. Our results showed that the factors that can affect HRC were subjective winning percentages, subjective degree of tension, and the number of balls. Moreover, the accuracy of the model was improved by adding a factor related to individual differences ($R^2=0.13-0.47$). The differences in pitching stats among participants were considered as individual differences in this study.

Key words: Competitive situations, cognitive appraisal, irreproducible data, multiple regression analysis, offense and defense discrete sports
試合状況, 認知的評価, 再現不可能データ, 重回帰分析, 攻守離散型スポーツ

I. 緒言

スポーツの試合を実施する, または観戦する中で, “胸がドキドキする” ということは誰もが一度は経験することである. このときのドキドキは, 感覚的にただ感じるというだけでなく, 実際に緊張した場面では心拍数も上昇していることが知られている (上田ほか, 2008; 伏田・長野, 2015). スポーツの試合中には, 喜んで抱き合うことや動作が萎縮してパフォーマンスの遂行が難しくなることなど, 日常生活では滅多に経験することのない高い強度のストレスを感じる場面がある. これは試合という“場”が高い強度のストレスを産み出すためであり, この“場”によって生み出された情報が選手の情動に影響を与え緊張が高まると考えられる. しかしながら, 試合中の何が選手の緊張を高めているかに関しては, これまで研究例が少なく, また, 調査手法も質的研究や事例研究に限られている. 例えば, Anshel (2001) は, ラグビー選手

に対して試合中のストレスを尋ね, 試技の失敗や相手の不正行為や怪我をあげている. 同様に, 村山ほか (2009) は「あがり」が生じた選手に対し原因を尋ね, 結果を求められる状況や身体的変化などがストレスとなることを報告している. このように, 質的研究では試合状況の要因と選手個々の要因を合わせ, 試合が生み出すストレスを包括的に抽出している. しかしながら, この手法では想起される状況を記憶として強く残った情報に限定するため, 主観的な心理状態は分析しているが客観性に課題が残る. また, 選手の情動に影響を与えるストレスは必ずしも有意識であるとは限らない. 例えば, 西條ほか (1986) は「一番思い出に残る守備におけるエラー」を尋ね, アウトカウントが少ないほど事象が起こる傾向があることを報告している. しかしながら, 回答者53名中16名 (30.19%) はエラー時のアウトカウントを記憶しておらず, 記憶の正確性には疑問が残る. このため, 試合中の緊張を理解するためには, 選手の記憶の有無に

1) 中京大学大学院
Chukyo University

関わらず測定を行う手法を用いる必要がある。

一方、事例研究では、試合状況と心拍数の関係性を検討することにより、ストレスラーの抽出が行われている (Stockholm and Morris, 1969; Hanson, 1967)。先行研究では、心拍数の高低から緊張度が推察されている。例えば、自動車運転時のドライバーを対象とした研究では、心拍数を指標とし、交通状況 (Simonson et al., 1968; Taggart and Gibbons, 1967)、レース直前 (Taggart and Somerville, 1969)、仮免許取得時 (橋口・坂入, 1986) など、様々な状況別での緊張の程度が検討されている。これらの研究は、様々な状況に対する人間の反応を、心拍数を通し客観的に捉えているが、いずれも被験者数が少なく一般化に至っていない。また、交通量 (渋滞時と通常走行時) や、レースまでの時間などのストレスラーとして捉える要因の数が少なく、研究成果の一般化が課題となっている。他方、緊張の程度は、試合が生み出すストレスラーだけでなく、ストレスラーに対する個人の認知も重要な影響を与えている。Lazarus and Folkman (1984) は、ストレス反応が2つの認知過程 (影響性の評価、コントロール可能性の評価)、及びコーピングを経た後発生すると提唱している。この理論をスポーツに当てはめた場合、試合中に高いストレスラーが生じる場面でも個々の選手が感じるストレスの程度は異なり、試合中の緊

張を理解するためには、ストレスラーの強さやストレスラーに対する認知の両面を検討する必要があると考えられる。

これら上述した先行研究の課題をまとめると、まず、スポーツ科学の中で試合中を分析対象とした論文は少数であることが挙げられる。次に、試合中を分析対象とした研究では、質的データを用いた研究の場合に選手の記憶に残る場面のみが抽出とされていることが課題として挙げられる。同様に、事例研究では試合状況として取り上げられる要因が少ないことや、試合中の選手を少数例で検討しており、選手の個人差を考慮できていない点が挙げられる。

そこで本研究では、試合状況を1球単位で分割化できる野球を対象とし、試合に登板する投手の量的データを複数名取得することで、試合中の緊張を総合的に検討する。図1に分析の全体構成図を示すが、分析1は、投手の緊張に影響を与える要因を試合状況、及び、試合状況に対する認知的評価の変数より、重回帰分析を用い検討する。分析2では、分析1でモデル化された変数に個人差の要因を追加することで、モデルの精度を高めるとともに、個人差が緊張に与える影響の程度を検討する。この2つの分析を経ることで、投手の緊張に影響を与える要因を特定し、その影響力を明らかにする。

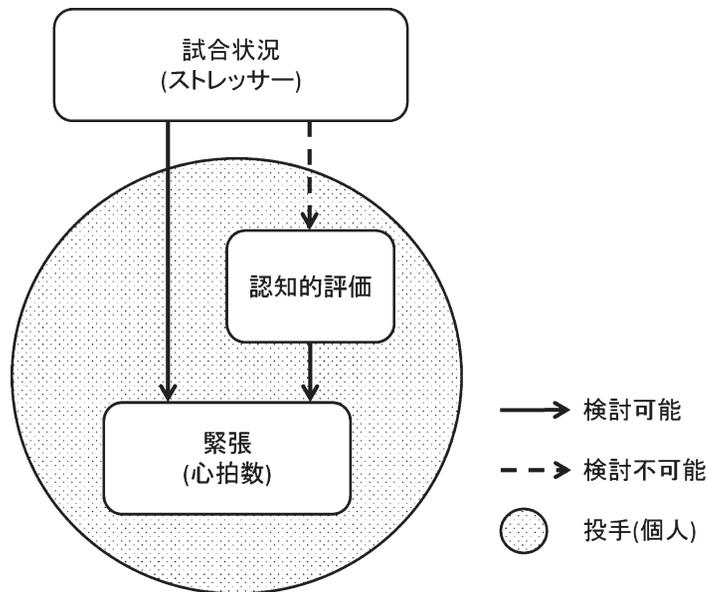


図1 分析モデルの概念図

* 試合状況 (ストライク、ボールカウントや得点差) や認知的評価 (どの程度緊張したのか) は数値化することができる。しかしながら、点線の矢印で示した箇所は、試合状況のうちどの情報を基に認知的評価を行ったのかは不明なため、検討を行うことが出来ない。

II. 分析1：投手の緊張に影響を与える要因の抽出

1. 方法

対象

C大学準硬式野球部に所属する男性投手8名(右投げ7名, 左投げ1名), 年齢19.13(±0.83)歳であった。野球競技経験年数は10.31(±1.03)年であり, 実験参加クラブは前年度全国大会優勝, 実験直後の地区リーグで優勝という競技レベルであった。実験参加者には実験に関する十分な説明を行い, 同意書へは個別に同意を経た上で監督が実験参加者を代表し署名した。そして, 2試合の無観客での紅白戦(試合条件)と1人あたり2-3回の投球練習(練習条件)を行った。

手続き

実験参加者は心拍計(Polar-RS400)を胸部に装着した状態で練習-試合条件での投球を行った。試合条件では競技力が等しくなるよう監督, コーチが部を2つのチームに分け紅白戦を行った。試合時は過度の疲労による心拍データへの影響を考慮し, 監督, コーチに対し「5回以上, もしくは100球以上投げさせない」という教示を与えた。選手には監督より, この試合が直後に行われる地区リーグ公式戦のメンバー選考を兼ねていることが告げられた。また, 施設借用の都合上, 試合は9回終了時点で同点の場合引き分けとする特別なルールが加えられた。実験期間中は, ビデオカメラ2台とスコアブックで実験状況が記録され, 取得した映像より, 試合内容や投手の投球動作開始-終了時点, 牽制, 守備動作などのデータを抽出した。映像データと心拍計は, 心拍計に内蔵された時計をビデオに映し同期した。

練習条件では, 投球間隔に時間制約を設けた投球練習を行った。投球間隔はクイックモーションで投げる際や, 時間をかけて投げる場合を想定して, 10秒, 20秒, 30秒の3つを設け, 各投手合計5球以上のデータを取得した。そして, この練習条件での心拍数データから, 心拍差分法(Hashimoto and Inomata, 2014)により心拍変化量を算出した。この手法は試合-練習条件で得られた心拍数の差(心拍変化量)を投球間隔に合わせ, 投球直前の3秒間を基準として抽出し, 値を緊張の程度とするものである。

測定指標・統計処理

本研究では, 試合時の緊張に影響を与える可能性が

ある要因を2つの方法により選定した。1つ目は, 試合状況の要因である。選定基準としては, 試合状況を客観的に数値化できる(即ち, スコアブックに記載できる)要因を対象とした。①ボールカウント, ②ストライクカウント, ③アウトカウント, ④得点圏のランナーの有無(ランナーが2塁または3塁にいる場合を1, それ以外を0とする), ⑤得点差のデータがこの条件により選定された。2つ目が, 認知的評価の要因である。この要因は, 投手に試合状況の認知を質問することで取得した。質問内容は, 5件法を用い, ⑥主観的緊張度(1. 全く緊張していない-5. とても緊張している), 3件法を用い, ⑦主観的勝率(自身のチームの勝率は, 1. 0-33%, 2. 34-66%, 3. 67-100%)を尋ねた。この質問は, 各回イニング終了直後に1打者(または, 盗塁などによるランナーの位置の変化)毎に対して行った。質問に対する回答として5件法と3件法を使い分けたのは, 投手の回答の行い易さに配慮したためである。

そして, 心拍変化量を従属変数, ストレッサーの要因(5変数), 認知的評価の要因(2変数), 合計7変数を独立変数としてステップワイズ法での重回帰分析を行った。値は平均値±標準偏差で表し, 有意水準は $p < 0.05$ とした。統計解析にはSPSS16.0(IBM)を用いた。

2. 結果

分析対象試技

表1に2試合を通しての投球回数, 失点数, 投球数, 平均心拍変化量の値を示す。心拍変化量は平均28.05(±11.22)拍/分であった。紅白戦は2試合を通し, 573球が投げられた。このうち, 261球(45.55%)が分析対象となった。分析対象外となったデータは, 心拍数データが取得できなかったケースや, 主観的緊張度や主観的勝率を尋ねた際に「分からない」という回答が得られたものであった。また, 主観的勝率では, 「2と3の間」という回答が得られたため, このデータは2.5として分析を行った。

重回帰分析の結果

表2に独立変数の平均値と標準偏差, 及び重回帰分析結果である単回帰係数(r), 標準偏回帰係数(β), 決定係数(R^2)を示す。この結果, ボールカウント($\beta = 0.190$), 主観的緊張度($\beta = 0.216$), 主観的勝率($\beta = -0.276$)が有意な変数として抽出された。つまり, 試合状況の要因としてはボールカウントのみが心拍変化量に対し有意な影響を与え他の変数の影響はみ

表1 投手の投球結果と平均心拍変化量

選手名	投球回数 (回)	失点数 (点)	投球数 (球)	平均心拍変化量 (拍/分)
A	0/3	3	3	15.63
B	4	11	94	32.43
C	1/3	0	13	40.05
D	1	1	8	38.44
E	6	0	46	22.09
F	2	0	26	27.96
G	3	0	35	20.20
H	4	3	36	26.35
合計	20(1/3)	18	261	
平均		2.25	32.63	28.05

*この表の値は、2試合のデータを合計、または平均したものである。投手Aは登板中心拍計が外れたため、データの取得は回の途中(3球)で終了している。また、投手Cも回の途中でデータの取得が終了しているが、これは途中交代のためである。

表2 重回帰分析結果(試合状況, 認知的評価)

	平均 ±標準偏差	単回帰係数 (r)	標準偏回帰係数 (β)
1 ボール	0.88±0.94	0.218**	0.190**
2 ストライク	0.83±0.78	0.111*	
3 アウト	1.19±0.78	-0.056	
4 得点圏	0.32±0.47	0.152**	
5 得点差(点)	-0.77±3.12	-0.145*	
6 主観的緊張度	1.38±0.82	0.159**	0.216**
7 主観的勝率	1.99±0.78	-0.225**	-0.276**
			$R^2=0.13$

* $p<0.05$ ** $p<0.01$

られなかった。しかしながら、決定係数は $R^2=0.13$ と低値であるため、モデル全体に対する更なる検討が必要とされた。

Ⅲ. 分析2：投手の緊張に影響を与える要因に個人差を加えたモデルの検討

1. 方法

分析方法

分析2では、分析1で得られた重回帰モデルに個人差の要因を加えモデルを再構成した。従属変数には心拍変化量、独立変数として分析1で抽出されたボールカウント、主観的緊張度、主観的勝率の3変数を強制投入、投手8名(A, B, C, D, E, F, G, H)はダミー変数データを用い、ステップワイズ法にて重回帰分析を行った。

2. 結果

重回帰分析の結果

表3に独立変数の平均値と標準偏差、及び単回帰係数(r)、標準偏回帰係数(β)、決定係数(R^2)を示す。重回帰分析の結果、ボールカウント($\beta=0.104$)、主観的緊張度($\beta=0.197$)、主観的勝率($\beta=0.156$)のほか、個人差としてB($\beta=0.547$)、C($\beta=0.386$)、E($\beta=-0.253$)投手が有意な変数として抽出された。標準偏回帰係数は、試合状況の要因(ボールカウント)が0.104、認知的評価の要因が合計0.353、個人差の要因が絶対値化後平均0.395となり、投手の緊張には個人差の要因が最も影響を与えていた。そして、この結果を図1で示した概念図に書き加えた場合、図2の通りとなる。

表3 重回帰分析結果(試合状況, 認知的評価, 個人差)

	投手	平均 ±標準偏差	単回帰係数 (r)	標準偏回帰係数 (β)
1	ボール	0.88 ± 0.94	0.218**	0.104**
6	主観的緊張度	1.38 ± 0.82	0.159**	0.197**
7	主観的勝率	1.99 ± 0.78	-0.225**	0.156**
8-1	投手 A	31.52 ± 7.87	-0.076	
8-2	投手 B	32.43 ± 7.72	-0.246**	0.547**
8-3	投手 C	40.05 ± 4.93	0.401**	0.386**
8-4	投手 D	38.44 ± 4.27	0.223**	
8-5	投手 E	23.43 ± 15.77	0.113**	-0.253**
8-6	投手 F	27.96 ± 5.30	0.418**	
8-7	投手 G	20.20 ± 9.13	0.181**	
8-8	投手 H	25.51 ± 6.54	0.350**	

R²=0.47

**p<0.01

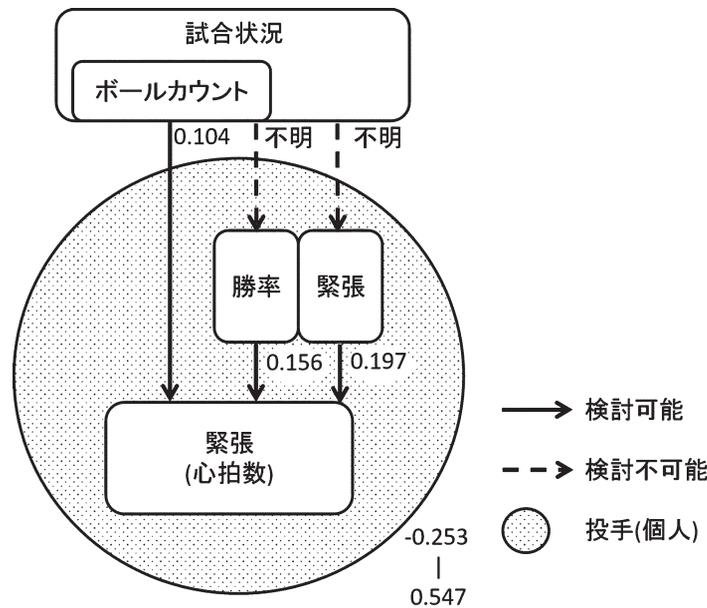


図2 重回帰分析モデルを追加した概念図

IV. 総合考察

1. 試合-練習条件の心拍数の差の検討

本研究では、練習条件と比較して試合条件での投球時に、心拍数が30拍/分程度増加した。これは、ゴルフの練習時と試合時を比較した研究(Mckey et al., 1997)や、ハンドボールゴールキーパーの練習試合と公式戦での心拍数を比較した研究(Soares, 1988)の10拍/分程度の増加を20拍/分程度上回る結果となった。本研究では、試合条件の心拍数から練習条件の心拍数を引いた値を緊張の程度としている。同様

に、スピーチ時と安静時の心拍数の差を緊張の程度とした先行研究では、スピーチ時の心拍数が安静時と比べ80拍/分高くなったという報告がある(Moss and Wynar, 1970)。スピーチ課題を用いた実験では運動をしていないが、緊張の要因だけで心拍数は80拍/分高くなっている。このため、試合中に緊張の要因のみで30拍/程度心拍数の増加がみられるという本研究の結果は妥当性が高いと考えられる。

2. 心拍変化量に影響を与える要因の検討

試合状況の要因として抽出されたのはボールカウン

トであった。Lazarus (2000) は、ストレッサーによって生じる情動を予測として捉える場合では挑戦と脅威、結果として捉える場合では利得と損失に分類している。この分類に本研究で用いられた変数を当てはめると、ストライクカウントの増加は成功(三振)に近づくための挑戦、ボールカウントの増加は失敗(四球)に近づくための脅威に相当すると考えられる。同様に、アウトカウントの増加はアウトという成功の結果であるため利得であり、被安打や失点は損失と考えられる。本研究で独立変数として用いられたストライクカウント、ボールカウント、アウトカウントのうち有意な変数として抽出されたのはボールカウントのみであった。このため、本実験状況では、脅威として認識されたストレッサーが、挑戦や利得と認識されたストレッサーと比べより緊張を高めたと考えられる。

認知的評価の要因としては、主観的緊張度と主観的勝率の標準偏回帰係数が有意となった。本研究では、試合中どのような情報を認知したかを明らかにすることは出来ないが、投手の回答は心拍変化量に高い影響を与えていた。認知的評価の要因の2つの変数の偏回帰係数の合計は、0.353となり、これはボールカウントの0.104の3.39倍となる。つまり、試合時の緊張は、試合状況(ボールカウント)が自動的に作り出すのではなく、投手が様々な状況を認知、解釈した結果として発生すると考えられる。そして、このことは同時に、投手個々の試合状況に関する解釈の重要性を示している。これらのことより、投手がパフォーマンスを発揮するためには、投手個々が最もパフォーマンスが高くなる緊張の程度を知り、その上で緊張をコントロールするための認知的方略を身につける必要があると考えられる。例えば、Ellis (1958) や Seligman (1994) のABC理論を用い主観的緊張度の再確認を行うことや、投球間隔をあげ、呼吸法(笹場・佐久間, 2014)やプレパフォーマンスルーティーン(永田・猪俣, 2008)を用いることで、意識を呼吸や所作に向け、試合状況の解釈を遮断することも、試合状況に左右されず安定したパフォーマンスを発揮するために有効な手段であると推察される。

分析2では、分析1で行った試合状況と認知的評価のモデルに、個人の要因を追加しモデルの精度を高めた。この結果、決定係数は $R^2 = 0.13$ から $R^2 = 0.47$ に上昇した。この結果からも、個人差の要因はモデルの精度を高めるために必要であると考えられる。本研究では、8名中3名の投手の偏回帰係数が有意となった。また、個人差の偏回帰係数は3名の平均が0.397

となり、これは、試合状況と認知的評価を合わせた0.457と同程度であった。このことより、心拍変化量には試合状況や認知的評価と個人差の与える影響が同程度であり、試合中を分析とした実験を行う場合には、個人差を考慮した検討が必要であると考えられる。

3. 個人差についての検討

前述したように、本研究では、心拍変化量に対し個人差の要因が高い影響を与えていた。ここでの個人間にどのような差があったかは、様々な要因が考えられるが、本研究において個人差の正の影響が最も高いB投手は、試合中3回を投げ9失点と相当に打ち込まれるという結果を残した投手であった。同様に正の値を示したC投手も、打者3人に投げ先頭打者をアウトにした後、コントロールが定まらず2者連続で四球を出し交代を命じられている。一方、負の値を示したE投手は、2試合合計6回を投げて0失点と好成績を収めた。8名の投手全体の投球結果を示した表1を見ても、B、C投手の投球結果は(投球数が少ないA投手を除く)他の投手と比べ悪い成績であった。一方、E投手の投球結果は良い成績であったことが分かる。このように、本研究の結果の中で個人差として算出されたものは、試合全体を通しての投球結果の良し悪しの影響が高いのではないかと考えられる。

V. まとめ

本研究は、試合中の投手の緊張に影響を与える要因を特定することを目的とした。このため、練習-試合条件において投手の心拍数データを取得し、心拍変化量(緊張の程度)を算出した後、分析1として、心拍変化量を従属変数、試合状況の要因(ボールカウント、ストライクカウント、アウトカウント、得点圏のランナーの有無、得点差)、認知的評価の要因(主観的緊張度、主観的勝率)を独立変数として重回帰分析を行った。そして、分析2では、分析1で得られたモデルの精度を高めるため、投手個々の要因を独立変数に追加し、モデルの再構成を行った。得られた主な結果は以下のとおりである。

1. 心拍変化量に影響を与える要因として、試合状況の要因からはボールカウント、認知的評価の要因からは主観的緊張度、主観的勝率が抽出された。
2. 投手の緊張に高い影響を与えていたのは、特定の試合状況ではなく、試合状況に対する投手の認知的評価であった。このため、試合状況に関する認知的

トレーニングの必要性が明らかとなった。

3. 投手個々には、心拍変化量に影響を与える個人差があり、8名中3名は個人差の要因を考慮する必要があった。また、本研究における個人差とは、各投手の投球結果の差であると考えられた。

謝辞

私の研究に関わって下さった皆様、そして、いつも挑戦する意欲を下さる皆様に心より感謝を申し上げます。
ありがとうございます。

文 献

- Anshel, M. H. (2001) Qualitative validation of a model for coping with acute stress in sport. *Journal of Sport Behavior*, 24(3), pp.223-246.
- Ellis, A. (1958) Rational psychotherapy. *The Journal of General Psychology*, 59(1), pp.35-49.
- 伏田幸平・長野祐一郎 (2015) コンピュータ・ゲーム時の競争環境の違いが自律系生理反応にもたらす効果. *生理心理学と精神生理学*, 33 (3), pp.181-191.
- Hanson, D. L. (1967) Cardiac response to participation in Little League baseball competition as determined by telemetry. *Research Quarterly*, 38(3), pp.384-388.
- 橋口泰武・坂入保世 (1986) 運転免許仮検定時における受験者の心拍数と態度との関係. *スポーツ心理学研究*, 13 (1), pp.56-59.
- Hashimoto, Y., and Inomata, K. (2014) Changes in heart rate of pitchers during semi-hard Baseball practices and matches. *Perceptual & Motor Skills*, 119(3), pp.731-740.
- Lazarus, R. S., and Folkman, S. (1984) *Stress, appraisal, and coping*. Springer publishing company: New York.
- Lazarus, R. S. (2000) How emotions influence performance in competitive sports. *The sport psychologist*, 14(3), pp.229-252.
- McKay, J. M., Selig, S. E., Carlson, J. S., and Morris, T. (1997) Psychophysiological stress in elite golfers during practice and competition. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 29(2), pp.55-61.
- Moss, A. J., and Wynar, B. (1970) Tachycardia in house officers presenting cases at grand rounds. *Annals of internal medicine*, 72(2), pp.255-256.
- 村山孝之・田中美史・関矢寛史 (2009) 「あがり」の発現機序の質的研究. *体育学研究*, 54 (2), pp.263-277.
- 永田直也・猪俣公宏 (2008) Preperformance Routine 研究の動向. *中京大学体育学論叢*, 49 (2), pp.45-51.
- 西條修光・時本謙資・李 賢珠・石垣 馨・高橋伸次・福田将史・財部重孝 (1986) ボールゲームにおけるヒューマン・エラーの研究—発生原因について—. *スポーツ心理学研究*, 13 (1), pp.84-86.
- 笹場育子・佐久間春夫 (2014) トップアスリートを対象とした心理サポートにおける呼吸法習得時の即時バイオフィードバックの有効性：メンタルトレーニングの効果を双方向から評価する試み. *バイオフィードバック研究*, 41 (1), pp.27-36.
- Seligman, M. E. (1991) *Learned optimism*. Knopf: New York.
- Simonson, E., Baker, C., Burns, N., Keiper, C., Schmitt, O. H., and Stackhouse, S. (1968) Cardiovascular stress (electrocardiographic changes) produced by driving an automobile. *American Heart Journal*, 75(1), pp.125-135.
- Soares, J. (1988) Telemetrical study of the handball goal-keeper's heart rate during official and non-official competitions in the attack and defense phases. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 28(3), pp.220-223.
- Stockholm, A. A., and Morris, H. H. (1969). Baseball pitcher's heart rate during actual competition. *Research Quarterly*, 40 (3), pp.645-649.
- Taggart, P., and Gibbons, D. (1967) Motor-car driving and the heart rate. *British medical journal*, 1 (5537), pp.411-412.
- Taggart, P., Gibbons, D., and Somerville, W. (1969) Some effects of motor car driving on the normal and abnormal heart. *British Heart Journal*, 31(3), pp.386-387.
- 上田哲司・藤澤隆史・長田典子・井上裕美子・大須賀美恵子・井口征士 (2008) ゲーム場面の構成要素と生理指標との関連性—プロ野球における球場観戦とテレビ観戦の比較. *情報処理学会研究報告エンタテインメントコンピューティング*, 26, pp.17-22.

平成28年9月16日受付

平成29年2月20日受理

