

野球投手における主観的努力度とボールの運動特性の関係

蔭山 雅洋¹, 中本 浩揮²

¹ 関西大学 先端科学技術推進機構, ² 鹿屋体育大学 体育学部

I. はじめに

野球の打撃では、打者は投手が投じたボールの軌跡初期の限られた情報に基づいて球種・コース・到達時間を予測してスイングを開始する必要がある (Takeuchi and Inomata, 2009; 中本ほか, 2005) ため、投手はできる限り投球速度を高めることで、打者がボールを予測する時間を短縮させる必要がある。また、投手は様々なコースに正確にボールを投球する必要がある。特に、競技レベルが高くなればなるほど、僅かな投球コースのズレによって、結果が大きく左右されることから、より精度の高いボールを投球することが求められる。さらに、競技レベルが上がるにつれて、対応すべき球種の数が増加し、その質 (ボールの回転数, 軸) (Jinji *et al.*, 2011, Nagami *et al.*, 2011) や変化量も高くなる (Jinji and Sakurai, 2006; 永見ほか, 2016)。そのため、野球の投手は投球速度とボールコントロールの正確さに加えて、球質 (ノビ・キレのあるボール) を高めることで打者を打ち取っていると考えられる。

そこで、本研究の目的は、正確性および球質に焦点をあて、野球投手が主観的努力度で投球した場合に、ボールの球速、球質、正確性の3要素にどのような影響を及ぼすかを明らかにすること (研究 I)、両者を高めるトレーニング方法の開発を目的として、トレーニング方法を検討すること (研究 II) とした。

II. 研究課題

研究 I : 野球投手における主観的努力度と投球パフォーマンスとの関係

1. 緒言

野球の投球では、高い球速・球質・正確性が求められる。しかし、これらの3要素は一般的にトレードオフの関係にあると考えられている。例えば、高い球速を意識した場合、質は低下し、制球力も低下する。そのため、投手にとって3要素が最適になる投球方法を知ることは極めて重要であるが、具体的な方策は未だ不明である。その原因として、これまでは3要素を同時に精確に評価できる技術が不足していたことがあげられる。しかし近年では、レーダーあるいはセンサ技術の進歩により、速度や球質 (回転数および回転軸)、コースを瞬時に測定し、可視化できる装置が開発されている。そのため、本研究ではボール速度・球質・制球力の3要素が最適な関係になる投球方法をグレーディング能力の観点から明らかにすることとする。

目的に応じて身体諸機能を調節する随意的能力はスキルと呼ばれる。大築 (1988) は、スキルを「状況把握能力、正確さ、素早さ、持続性」の4要素に区分している。さらに、運動制御の出力面に関する能力は、正確さであり、そこには「体肢のポジショニング能力、タイミング能力、出力のリプロダクション能力、出力のグレーディング能力」が含まれる。これらの中で目的に合わせて発揮する力を調整する能力はグレーディング能力であり、出力のコントロールには非常に重要な役割を果たすものと考えられる。野球の投球では、ボールの3要素を調整するために、90%で投球するといったように、個人の主観的努力度を変更する方法が用いられる。つまり、3要素が優れた投手の特徴の一つは、発揮する力を調整するグレーディング能力にあると考えられる。事実、野球選手のグレーディング能力に着目した研

究によると、主観的努力度と実測値との間には有意な関係性 (伊藤ら, 1997; 森本ほか, 2012) が示され、高い再現性 (森本ほか, 2012) が報告されている。一方で、正確性の特徴の一つにボールの速度が高いと正確性が低下し、ボールの速度が低いと正確性が高くなること (Speed-accuracy trade-off) が知られている (e.g., Etnyre, 1998; Tillaar and Ettema, 2003)。野球に類似するクリケットの投球動作では、正確性を重視した条件において、目標物の中心とボール到達位置との距離は、主観的努力度の 50%, 75%, 100% よりも小さい (Freeston *et al.*, 2007)。このようなことは野球の投球動作においても、速さと正確さとのトレードオフの関係が生じる可能性が考えられる。

そこで、本研究の目的は、野球投手が主観的努力度で投球した場合に、グレーディング能力がボールの 3 要素にどのような影響を及ぼすか明らかにすることとした。上記のことが明らかとなれば、最大速度を投げなくとも、投手のパフォーマンス発揮に最適な努力度で投げることで回転数あるいは制球力をそれぞれ高めることができ、さらには最適なコンディショニング方法およびトレーニング方法が明確にできると思われる。

2. 方法

2.1 被検者

被検者は、投手を専門とする高校野球投手 4 名 (すべて右投げ) を対象とした (表 1-1)。被検者には、事前に本研究の目的や測定内容、測定時の危険性について説明し、実験参加の同意を得た。

表 1-1. 被検者情報

	身体特性			経験年数		投げ方
	年齢	身長	体重	野球	投手	
A	17	182	74	5	3	スリークウォーター
B	17	175	75	10	4	オーバー
C	15	171	61	4	2	サイド
D	16	172	65	9	1	オーバー
平均値	16	175	69	7	3	
SD	1	4	6	3	1	

2.2 実験

実験は、被検者にストレッチを含むウォーミングアップを十分に行わせた後、マウンドにて投球練習を行わせた。投球練習終了後、休息を挟み、被検者の疲労感がないことを確認した後に、被検者には 18.44m 先の捕手に対して、ストレートによる全力投球を 10 球行わせた。その後、被検者には、5 条件 (50%, 70%, 80%, 90%, 100%) の主観的努力でストレートによる投球をそれぞれ 10 球行わせた。なお、主観的努力による投球試技は 1 条件 10 球を 1 セットとし、ランダムに実施した。また、捕手が構えた位置は打者から遠く、安打や死球による出塁リスクを抑えるために投じることが多いことから、右打者の外角低めを想定した。

2.3 データ収集

本研究では、投手が投じるボールの運動を計測するため、ドップラーレーダー式ボールトラッキングシステム (TRACKMAN, TRACKMAN 社製) を使用した。本研究では、投手パフォーマンスとして重要な球速、変化量、正確性 (コントロール誤差: 投球目標となるミットの位置からボールの到達位置ま

での距離)に着目した(図 1-1)。変化量は、投球されたボールの回転数および回転軸によって、ホームベース上でどの程度ボールが変化したか表す指標であるため、本研究では投手が投じたボールの球質とした。

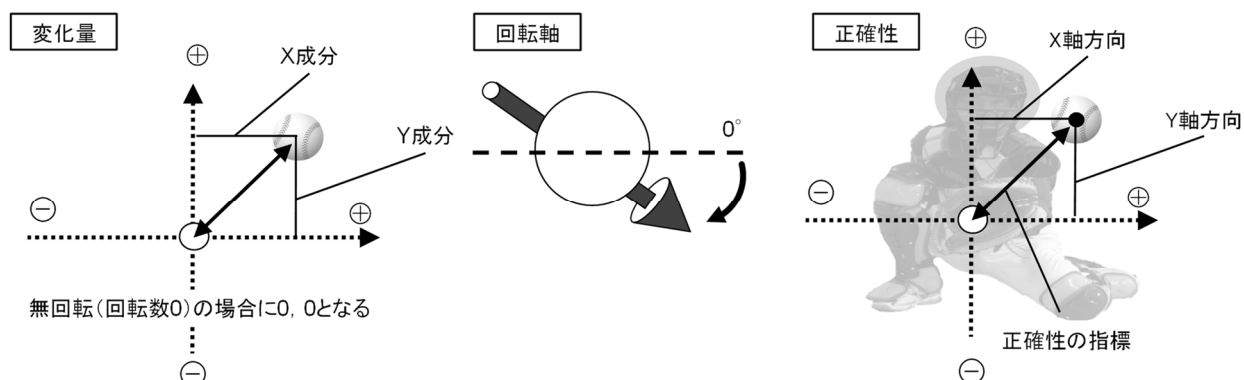


図 1-1. 算出データのイメージ図

2.4 統計処理

本研究は、各被検者の投球パフォーマンスの絶対値よりも、グレーディングによって被検者内でどのような違いがあるかに焦点がある。そこで、個人間での球速や球質の違いを標準化するために、各被検者ごとに、投手が投じたボール 50 球 (10 球×5 条件) の平均値および SD を算出し、1 球ごとの球速および球質、正確さを偏差値として表した。つまり、球速および球質が高く、正確性が高い (コントロール誤差が小さい) 場合は、偏差値が高くなるように設定した。また投球パフォーマンスを総合評価として、3 種類の平均値を求めた。

3. 結果

図 1-2 および 1-3 は、主観的努力と投球パフォーマンスとの関係を、図 1-4 は、各被検者ごとに、主観的努力と投球パフォーマンスとの関係を示したものである。総合評価に着目すると、100%において最も高く、努力度が小さくなるにつれて小さくなる傾向にあった。また被検者ごとに着目すると、被検者 A および D は、100%において高く、被検者 C は 90%、被検者 B は 70%において、総合評価がそれぞれ高かった。各種パフォーマンスに着目すると、主観的努力度が高くなるにつれ、球速はおおむね高くなるものの、球質および正確性は変化が小さかった。また総合評価が高かった主観的努力度を被検者ごとに検討すると、被検者 A, C, D は球質が高く、被検者 B は正確性が高かった。

さらに、速さと正確さとのトレードオフの関係 (図 1-4) は、被検者 A および C が 70-90%の間に、被検者 D が 70-80%の間に出現した。被検者 B に関しては、90%付近で球速が急激に減少した (主観的努力度と実測値が一致しなかった) ため、90-100%と 80-90%の間にそれぞれ出現した。

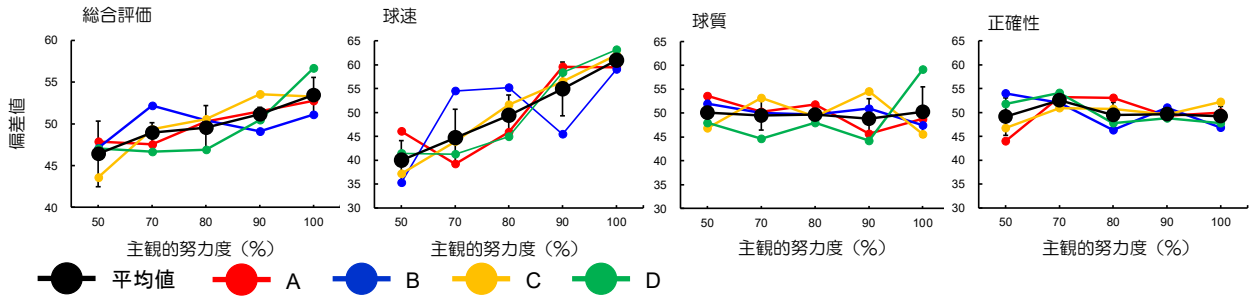


図 1-2. 主観的努力度と各種パフォーマンスとの関係

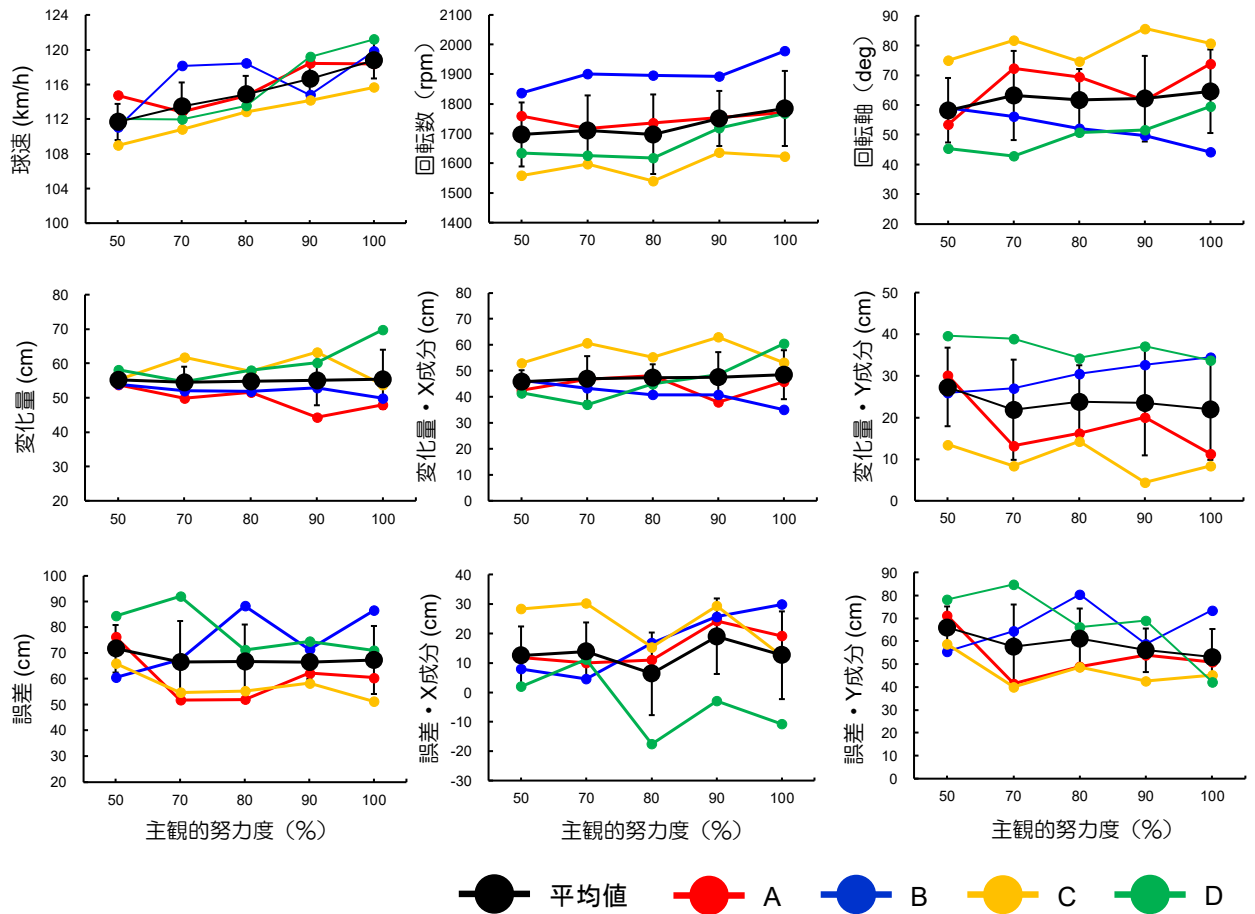


図 1-3. 主観的努力度と各種パフォーマンス変数との関係

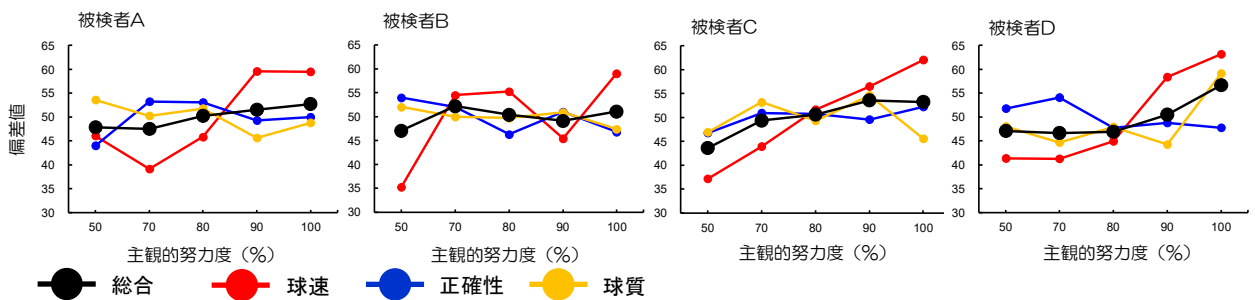


図 1-4. 各被検者の主観的努力度と各種パフォーマンスとの関係

4. 考察

本研究では、被検者 B 選手を除き、主観的努力度と投球速度の実測値が一致していた。また、速さと正確さとのトレードオフの直線的な関係はみられなかった。野球の投球では、投じたボール速度の調整やボールコントロールは常に求められ、それらの強さの調整は個人の主観、感覚的な努力度によって決定される。野球選手のグレーディング能力に着目した研究によると、主観的努力度と実測値の間には有意な関係性 (伊藤ら, 1997; 森本ほか, 2012) が示され、高い再現性 (森本ほか, 2012) が報告されている。一方で、正確性の特徴の一つに、ボールの速度が高いと正確性が低下するが、ボールの速度が低いと正確性が高くなること (Speed-accuracy trade-off) が知られている (e.g., Etnyre, 1998; Tillaar and Ettema, 2003)。また、正確性に関する先行研究 (Hore *et al.*, 1995, 1996a, 1996b) によると、投球のコントロールに影響する最大の要因は、リリースのタイミングであるとされている。特に野球の投球において、ストライクゾーンに正確に投球するには、1-2ms もの精度でボールリリースのタイミングを制御する必要があり (Hore *et al.*, 2002)、僅かなタイミングのズレが投球の正確性に影響する可能性が指摘されている。これらのことから、4 名中 3 名が主観的努力度と球速と一致するものの、主観的努力度による投球では、ボールリリースの僅かなタイミングのズレによって、直線的なトレードオフの関係が見られなかったと考えられる。

しかしながら、速さと正確さとの関係を詳細に検討すると、被検者 A および C が 70-90%の間に、被検者 D が 70-80%の間に出現した。この要因として、選手が普段、どの程度の主観的努力度で投球しているかに依存している可能性が考えられる。具体的には、被検者 A および C は 100%付近の主観的努力度で、被検者 D は 80-100%付近の主観的努力度で、日頃より投球を実施したことにより、正確性を高めていることが影響し、50%の主観的努力度では、普段の練習でほとんど投げることはないことが影響した可能性が考えられる。つまり、3 名の投手は、日々の練習で 90%以上の主観的努力度により投球を実施しているため、トレードオフの関係が見られなかったものの、70-80%の範囲において速さと正確さとのトレードオフの関係が出現したことは、高校野球投手が日々の練習や試合によって培った経験の共通点を示すものと言えるだろう。このことから、正確性を高めることだけに焦点を当てるのであれば、投手は 70%付近の主観的努力度で投球することが望ましいと思われる。

さらに球質に着目すると、被検者 A および B が 50%、被検者 C が 90%、被検者 D が 100%において最も高かった。投手の投球のように数ミリ秒でボールリリースのタイミングを制御しなければならない状況では、わずかな指先の力量の違いが投球結果に大きく影響する (e.g., Kinoshita *et al.*, 2017; Matsuo *et al.*, 2018)。したがって、ボールを握る力 (把持力) を最適化することは、正確で安定したコントロールあるいは回転軸や回転数を含む球質に重要な要素と思われる。このことから、主観的努力度と球質とは必ずしも一致しない可能性が示唆される。

以上のことから、総合的な評価から投球パフォーマンスを検討すると、被検者 A および D は 100%、被検者 C は 90%、被検者 B は 70%の主観的努力度により、ボールを握る把持力を最適にすることで、球速、球質、正確性の 3 要素を高めていると示唆される。

研究Ⅱ：大きさの異なるボールを使用した投球による短期的な適応が投球パフォーマンスに及ぼす効果

1. 緒言

運動の専門的なスピード・筋力の養成には、運動遂行時にかかる負荷（例：空気抵抗、用具の質量）を増減させる方法が採用されることが多い。その背景として、負荷を軽減させる場合には、通常では達成が困難となる超最大速度の運動遂行が可能となり、負荷を増加させる場合には、運動に必要となる筋力要素を養成し得ると考えられていることにある（森本ほか, 2003, 2004; 村木, 1994）。そのため、投球速度を高める方法として、ボールの質量を増減するトレーニング方法の実施は、日々の投球練習の中でも行える実践的で簡便な方法であり、投球速度の向上に有効であると考えられる。

一方で、ボールの質量は変更せず、大きさのみを変化させたボールでの投球が有効になる可能性がある。ヒトの物体の重さの知覚は、物体の物理量だけでなく、視覚や触覚で得られる物体のサイズ情報を統合した結果として生じる。具体的には、全く同じ重さの物体でも小さい物体の方が大きい物体よりも主観的に重く感じる。この現象は、シャルパンティエ効果（Murray *et al.*, 1999）、あるいは、大きさ-重さ錯覚（size-weight illusion）と呼ばれ、2つの物体が同じ重さであることを知っていたとしても生じる頑強な現象である（e.g., Flanagan & Beltzner, 2000）。つまり、ボールの質量が標準球と同じであっても、大きさが異なる場合は、人によって重量球や軽量球と主観的には同じ感覚（重い、あるいは軽い）が生じることになる。前述した通り、軽重のボールの投球に対する影響は、物理的な重さが重要な貢献をしている。しかし、近年のいくつかの研究では、主観的な軽重の錯覚が運動に影響し（興谷ほか, 2017）、その影響は力量発揮（スイング速度）ではなく、運動の制御的側面（スイングのタイミング）にある（e.g., Nakamoto *et al.*, 2012）とされている。このことは、直接的なボールの質量の増減が投球速度に影響したという先行研究（森本・村木, 2001; 森本ほか, 2004）とは異なり、ボールの制御、すなわち投球の正確性に影響する可能性を示唆する。また、ボールに何らかの操作を加えて投球するトレーニングは、普段の投球練習の中に組み込みやすく、利便性が高いと思われる。

そこで本研究では、大きさの異なるボール（質量は同じ）を投球することによる短期的な適応がその後の標準球での投球速度および正確性に及ぼす影響を明らかにすることとした。

2. 方法

2.1 被検者

被検者は、投手を専門とする高校野球投手9名（年齢: 17 ± 1 歳, 身長: 174.3 ± 4.7 cm, 体重: 66.2 ± 4.7 kg, 野球歴: 7 ± 2 yr, 投手歴: 4 ± 2 yr）を対象とした。被検者には、事前に本研究の目的や測定内容、測定時の危険性について説明し、実験参加の同意を得た。

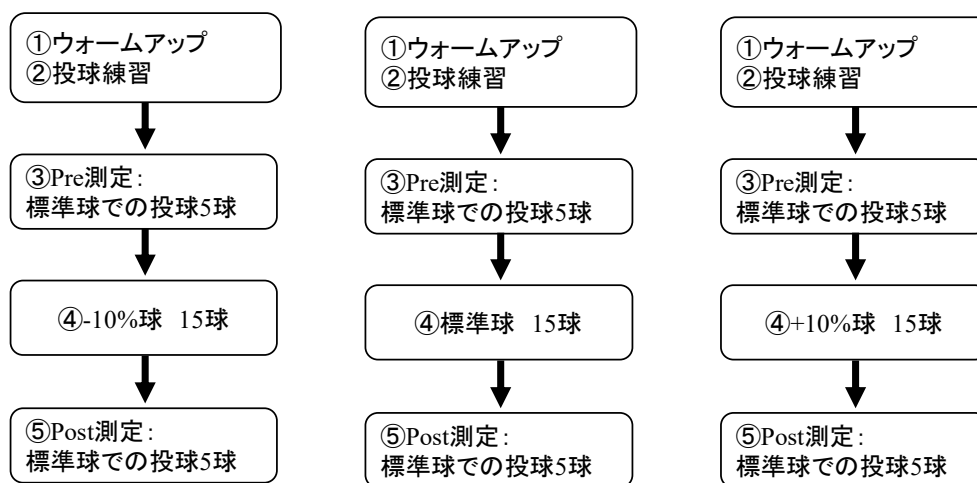
2.2 実験

2.2.1 トレーニング用ボール

本研究では、通常の硬式野球ボールの大きさ（質量: 141.7-148.8g, 72.9-74.8mm）を基準（0%、以下、標準球）として、直径 $\pm 10\%$ の大きさのボール（以下、 -10% 球, $+10\%$ 球）を用いた。 -10% 球および $+10\%$ 球は標準球とは異なり、芯部分にあるゴム製の球を重心位置および質量を変更せずに発泡倍率を変えた樹脂製の球で代用し、ポリエステル糸と毛糸を使わず、皮革を被せて作成した。なお、本実験で用いたボールは、表面材質はすべて従来の硬式野球ボールと同一のものであり、ボールの変化は大きさのみであった。本研究で使用したボールの質量は、144-145 g の範囲であった。

2.2.2 実験プロトコル

実験は、各条件（標準球条件、-10%球条件、+10%球条件）の効果が互いに影響しないよう、3日に分けてランダムに実施した（図 2-1）。なお、各条件での実験の間隔は2日以上空けた。また、適応期間で使用する大きさの異なる3種のボールは、トレーニング実験の2日前に投球練習を行わせた。実験に先立ち、被検者にはストレッチを含むウォーミングアップを十分に行わせた後、投球練習を行わせた。投球練習終了後、休息を挟み、被検者に疲労感がないことを確認した後に、被検者には18.44m先の捕手に対して、標準球を用いてストレートによる全力投球（主観的努力度100%）を5球行わせた。その後、適応期間では、標準球、-10%球、+10%球を使用し、各15球を投球させた。適応後は、再び標準球を用いてストレートによる全力投球を5球行わせた。なお、捕手が構えた位置は、蔭山ほか（2015）を参考に、ストライクゾーンの真ん中を想定した。つまり、捕手には、ミットの位置が地面から約65cmの高さとなるように教示した。



※各条件（標準球条件、-10%球条件、+10%球条件）の効果が互いに影響しないよう、3日に分けてランダムに実施した。各条件での実験の間隔は2日以上空けた。

図 2-1. 実験手順

2.3 測定項目

2.3.1 投球速度

投球速度は、捕手後方に3mに設置されたスピードガン（2ZM-1035, Mizuno社製）を用いて計測した。スピードガンは、照準を被検者のボールリリース位置に向けて測定を行った。

2.3.2 コントロール（正確性）

コントロールは、ハイスピードカメラ（GC-P100, JVC社製）を用い、投球目標となるミットの位置からボールの到達位置までの距離を計測・分析した。ハイスピードカメラは、捕手前方10mに設置した。撮影は、毎秒300フレーム、シャッター速度1/1000秒で行った。コントロールの誤差を示すx軸およびy軸の座標は、画像分析ソフト（DARTFISH SOFTWARE, DARTFISH社製）を用いて算出した。

2.4 統計処理

測定項目の基本統計量は、平均値±標準偏差 (SD) により示した。本研究は、適応の効果を検討するために、ボール条件 (標準球, -10%球, +10%球) ×テスト (pre, post) の 2 要因の分散分析を行い、主効果または交互作用の有無を確認した。主効果および交互作用が有意であった場合は、多重比較および単純主効果検定を行った。さらに、各種ボールの適応によるコントロール誤差の変化率と各方向の変化率および適応による-10%球と+10%球のコントロール誤差の変化率との関係については、ピアソンの積率相関係数を算出した。

本研究では、すべての検定において有意水準を 5 %未満とした。なお、すべての統計処理は、統計処理ソフト IBM SPSS Statistics 24 (IBM 社製) を用いた。

3. 結果

3.1 異なる大きさのボールによる適応前後における平均値に基づく比較

表 2-1 には、適応前後における投球速度と正確性の変化を示した。投球速度では、適応前後で主効果、交互作用ともに認められなかったが、コントロール誤差では、テストの主効果が有意であった ($F(1, 8) = 41.125, p < 0.05$)。このことから、少なくとも平均データからは、統計上、投球速度および正確性に対して、ボールの大きさの違いによる適応効果の差異は認められなかった。次に、適応前後のコントロール誤差の変化に関して、-10%球と+10%球の変化率の関係 (図 2-2) を検討すると、-10%球と+10%球の変化率は、有意な負の相関関係 ($r = -0.732, p < 0.05$) が示された。

表 2-1. 適応前後における投球パフォーマンスの変化

		pre	post	%pre	効果量	
投球速度	-10%球	117.1 ± 6.4	117.6 ± 6.0	0.5 ± 1.4	0.08	なし
	基準球	116.8 ± 6.1	116.5 ± 5.5	-0.2 ± 1.6	0.05	なし
	+10%球	116.2 ± 5.7	116.6 ± 5.7	0.4 ± 0.9	0.07	なし
コントロール誤差	-10%球	40.7 ± 7.4	37.1 ± 10.4	-7.1 ± 27.7	0.38	小
	基準球	41.3 ± 13.0	38.8 ± 14.4	-6.2 ± 21.5	0.17	なし
	+10%球	41.6 ± 9.4	29.6 ± 10.8	-26.9 ± 26.4	1.12	大
x軸方向	-10%球	26.1 ± 5.1	22.1 ± 7.1	-11.5 ± 30.2	0.62	中
	基準球	26.2 ± 6.7	26.5 ± 9.2	4.2 ± 32.4	0.04	なし
	+10%球	22.3 ± 4.2	19.4 ± 10.1	-13.4 ± 40.1	0.35	小
y軸方向	-10%球	26.6 ± 10.2	26.0 ± 9.0	16.8 ± 65.9	0.05	なし
	基準球	28.0 ± 14.5	23.4 ± 12.9	-3.7 ± 57.1	0.32	小
	+10%球	29.8 ± 8.4	19.3 ± 5.9	-28.2 ± 34.1	1.36	大

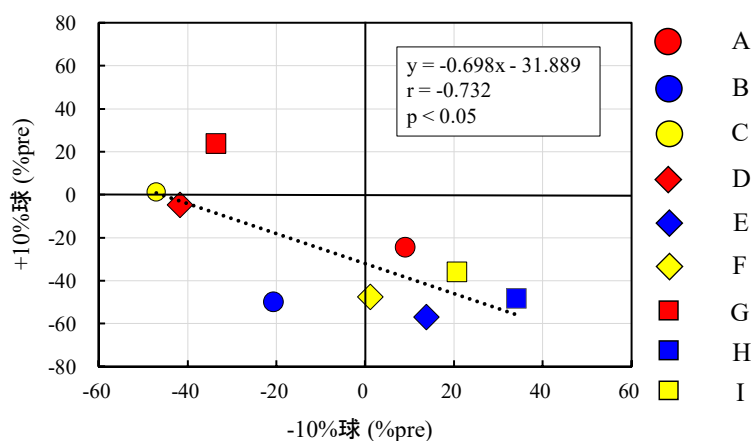


図 2-2. -10%球と+10%球での適応によるコントロール誤差の変化率の関係

図 2-3 には、適応によるコントロール誤差の変化率と各方向の変化率との関係を示した。コントロール誤差の変化率は、標準球では各方向の変化率と有意な相関係数が認められなかったものの、-10%球では x 軸方向の変化率 ($r=0.777$) と、+10%球では x 軸 ($r=0.755$), y 軸方向 ($r=0.714$) の変化率とそれぞれ有意な正の相関係数 ($p < 0.05$) を示した。このことから、正確性の変化は、-10%球では上下方向の誤差に、+10%球では上下方向と左右方向の誤差に関連することを示している。

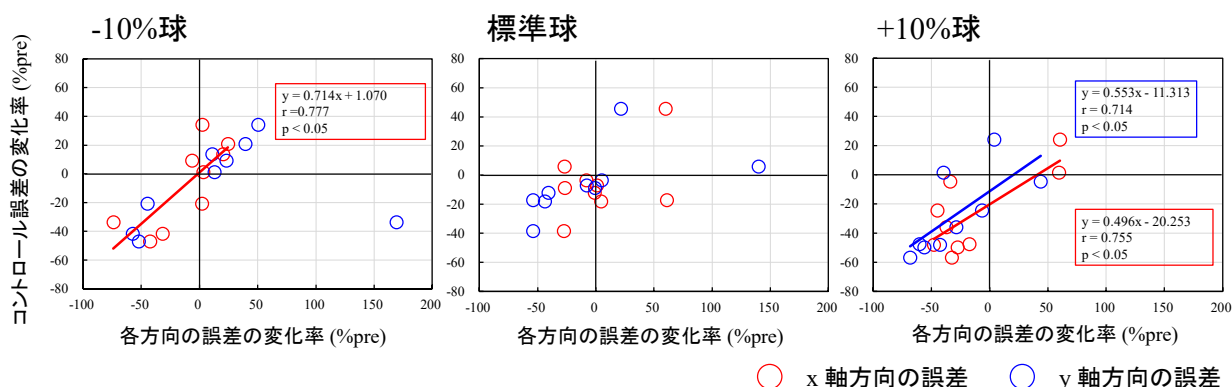


図 2-3. 適応におけるコントロール誤差の変化率と各方向の変化率との関係

3.2 異なる大きさのボールによる適応前後における個別データに基づく比較

図 2-4 は、投球速度およびコントロール誤差における Pre テストから Post テストにかけての変化率を被検者ごとに示したものである。この図から、投球速度に関しては、各個人で見た場合でも特徴的な変化は認められなかった。一方で、正確性に関して、標準球では、ほとんどの被検者が変化率 0%付近 (適応効果なし) にあるのに対し、-10%球と+10%球では、変化率 0%を中心に、正 (正確性低下) と負 (正確性向上) に分かれている。被検者 B を除くと、-10%球で正確性が向上した者 (被検者 C, D, G) は+10%球では変化が小さく、-10%球で正確性が低下した者 (被検者 A, E, F, H, I) は、+10%球で変化率が向上する傾向にあった。

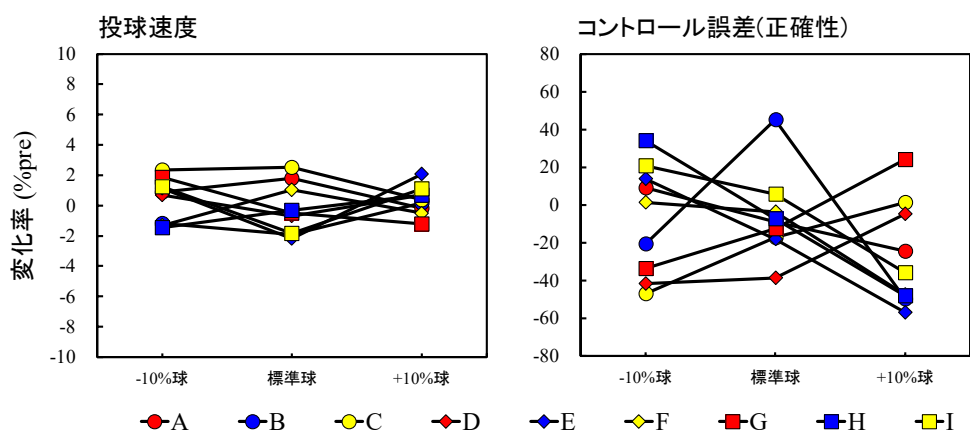


図 2-4. 適応前後における投球パフォーマンスの個々の変化

4. 考察

本研究では、大きさの異なる 3 種類のボールを投球することによる短期的な適応がその後の標準球での投球に及ぼす影響を検討した結果、平均データからは、ボールの大きさの違いによる統計上の適応効果の差異は認められなかった (表 2-1)。また、-10%球と+10%球のコントロール誤差の変化率は、有意な負の相関係数 ($r = -0.732$, $p < 0.05$) が示され (図 2-2)、-10%球で正確性が向上した者 (被検者 C, D, G) は+10%球では変化が小さく、-10%球で正確性が低下した者 (被検者 A, E, F, H, I) は、+10%球では正確性が向上する傾向にあった (図 2-4)。先行研究 (Hore *et al.*, 1995, 1996a, 1996b) によると、投球のコントロールに影響する最大の要因は、リリースのタイミングであるとされている。特に、野球の投球において、ストライクゾーンに正確に投球するには、1 - 2 ms もの精度でボールリリースのタイミングを制御する必要がある (Hore *et al.*, 2002)、僅かなタイミングのズレが投球の正確性を低下させる可能性が指摘されている。さらに、適応によるコントロール誤差の変化には上下方向の誤差が関連し、+10%球では左右方向も関連する (図 2-3)。内省報告では、正確性が向上した者は「リリースポイントが前になったようになった気がする」や「ボールに指がかかりやすくなった」というポジティブな報告がある一方で、正確性が低下した者は「ボールに指がかかりすぎるようになった」というネガティブな報告が得られたこと (表 2-2) を考慮すると、標準球とは異なるボールを投球したことで、ボールリリースのタイミングに何らかの影響を与えた可能性が考えられる。

標準球と異なる大きさのボールに対する適応 (大きさ-重さ錯覚) が、ポジティブな効果をもたらした理由の一つとして、指先の力量調節への影響が考えられる。野球の投球において、ボールを過度に強く握ると正確なコントロールが困難になるため、「ボールを落とさない程度に軽く握る」というのが一般的な指導として行われる。さらに投手の投球のように数ミリ秒でボールリリースのタイミングを制御しなければならない状況では、わずかな指先の力量の違いが投球結果に大きく影響する (e.g., Kinoshita *et al.*, 2017; Matsuo *et al.*, 2018)。よって、ボールを握る力 (把持力) を最適化することは、正確で安定したコントロールに重要な要素と思われる。我々が物体の質量に合わせて、把持力を自動的にかつ最適 (物体を操作する最低限の力) に調整することはよく知られている (e.g., Johansson & Flanagan, 2009) が、大きさ-重さ錯覚が生じている状況では、全く同じ質量の物体であっても、大きさが異なれば質量に不釣り合いな把持力が一旦発揮され、およそ数十回で実際の質量に応じた最適な把持力によって調整される (e.g., Flanagan & Beltzner, 2000)。本研究では、このような適応によって、投球における把持力が最適化されたことで、投球コントロールへのポジティブな効果が誘発されたと推察される。具体的には、+10%球で正確性が向上した者は、通常よりもボールを軽く感じるため、過度な力を加えず握るという適応が引き起こされる。こういった適応は、標準球でボールコントロールに不利な過度の把持力を発揮していた者の力を最適化すると考えられる。一方で、このように標準球で過度な把持力を示す者は、-10%球によってさらに過度な把持力が誘発され、投球にネガティブな影響を受けると考えられる。実際、本研究の結果はこれと一致して、+10%球でポジティブな効果を得た者は、-10%球でネガティブな影響を受けることが示された。以上のようなメカニズムを想定した解釈には、ボールの把持力の調査やその適応過程の調査などが必要になるが、重要な点は、物理的なボールの軽重を操作した研究とは異なり、主観的なボールの軽重を操作した場合に、投球速度ではなく、正確性への影響が認められるという点である。さらに言えば、我々は意識的に微細な力量を調整することは難しいため、「もう少し軽く握りなさい」といった言語的指導では、最適な把持力に導くことは困難である。そのため、本研究で用いた方法のように、人間が本来持つ物体操作の無意識的な適応過程を利用することは、投球に最適な把持力を引き出す上で有効な手段になると考えられる。

表 2-2. 内省報告

	-10%球	+10%球
A	特になし	・ボールに指がかかりやすくなった
B	・ボールに指がかかりやすくなった	・ボールに指がかかりやすくなった
C	・リリースポイントが前になったようになった気がする	特になし
D	・ボールに指がかかりやすくなった	特になし
E	特になし	・ボールに指がかかりやすくなった
F	特になし	・リリース位置が前になったようになった気がする ・ボールに指がかかりやすくなった
G	・リリース位置が前になったようになった気がする	・ボールに指がかかりすぎるようになった
H	・ボールに指がかかりすぎるようになった	・リリース位置が前になったようになった気がする ・ボールに指がかかりやすくなった
I	・ボールに指がかかりすぎるようになった ・カミやすくなった気がする	・リリースポイントが前になったようになった気がする

青字: ポジティブ面, 赤字: ネガティブ面

Ⅲ. トレーニング現場への示唆

これまで野球の投手が投球パフォーマンスを高めるために主に行っている練習方法は、同じボールで投球を繰り返す反復練習が一般的である。そのため、本研究の結果より、以下のことがトレーニングの現場へ示唆できる。

研究Ⅰでは、被検者 A および D は 100%、被検者 C は 90%、被検者 B は 70%の主観的努力度により、ボールを握る把持力を最適にすることで、球速、球質、正確性の 3 要素を高めていると示唆された。また、最適な主観的努力度による各種パフォーマンス (図 3-1) を見ると、最も割合が大きい要因は球速であり、次に、被検者 A と B では正確性、被検者 C および D は球質である。そのため、指導者は、これらの 3 要素を総合的に考慮することで、投球練習を行うことが望ましいと考えられる。また、球質あるいは正確性が最適となる主観的努力度は異なる。したがって、指導者は運動者が持つ主観的な感覚と努力度を把握することで、野球投手が練習に取り組む際に、球速を重視したものか、コントロールを重視したものか、球質を重視したものか、または 3 者を向上させるものなのかをトレーニングの強度管理の観点から判断することが可能になると考えられる。

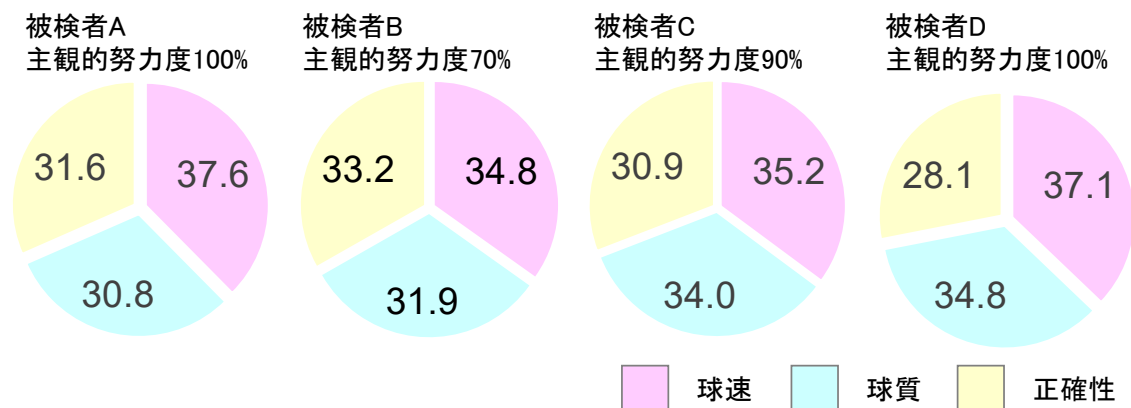


図 3-1. 最適な主観的努力度による各種要因の割合

研究Ⅱでは、3 種類のボールを用いた適応の効果を詳細に検討すると、各被検者で最も効果があったボールは、標準球が 0 名、-10 %球が 3 名、+10 %球が 6 名であった (図 2-2, 2-4)。このように、被検者によって効果が異なる。そして、+10%球でも、「ボールに指がかかりすぎるようになった」とネガティブな報告が得られ、-10%球においてもポジティブな報告とネガティブな報告が得られた (表 2-2)。また被検者 B, E, F のボールを受けた捕手または指導者からは、+10 %球を用いた適応は、「(投球した) ボールにキレが出た」、「ボールの回転が縦方向になったように感じた」とポジティブな報告が得られた。研究Ⅱでは、実験の環境上、球質の評価が実施できなかったが、今後は投手の投球パフォーマンスを考慮することで、トレーニング効果の個人差が明確になるだろう。

さらに、研究Ⅱではボールの大きさの違いによる適応効果の差異は認められなかったものの、ボールの大きさによってトレーニング効果が異なる傾向が示されたことから、試合場面においては、短期的な適応効果が得られたボールを投球回の中にキャッチボールあるいは投球練習で使用することで、コントロールよく投球できる可能性がある。さらには、自身に合ったボールを継続して使用することで、さらなる効果が得られる可能性が考えられる。今後は、短期的な適応効果の保持や長期的な効果を解明することで、様々な場面に応じたトレーニング方法の提案が可能になるとと思われる。一方で、運動学習に

関する研究によると、多様な動作や環境情報で練習を行う多様性練習が有効であると考えられている(杉原, 2006). よって、標準球だけでなく、+10%球や-10%球をランダムに練習する方法やその他の異なる大きさのボールを投球することで、さらなるコントロールの向上につながることを示唆される。

IV. 今後の研究課題

研究 I および II では、手の大きさや指の長さ・握力の身体的特徴やボールの持ちやすさ・持ちにくさ、投球中の指の動き、球質の特性を考慮していない。そのため、今後、これらの特徴を考慮することで、各種要因に合わせた主観的努力度あるいは効果的なトレーニング方法が明確になるであろう。したがって、運動強度の設定を明らかにすることは、トレーニングの方向性を振り分けるうえで重要な役割を持つため、各種最適な努力度で投球練習あるいは様々な条件で、異なる大きさのボールを使用したトレーニングプログラムを検討することで、投球パフォーマンス向上のための最適なトレーニング方法の提案が可能になると考えられる。

V. おわりに

本研究の目的は、正確性および球質に焦点をあて、野球投手が主観的な努力度で投球した場合に、ボールの球速、球質、正確性の 3 要素にどのような影響を及ぼすかを明らかにすること(研究 I)、両者を高めるトレーニング方法の開発を目的として、トレーニング方法を検討すること(研究 II)とした。

本研究で得られた知見は、以下の通りである。

- 研究 I では、総合的な評価から投球パフォーマンスを検討すると、被検者 A および D は 100%、被検者 C は 90%、被検者 B は 70%の主観的努力度により、ボールを握る把持力を最適にすることで、球速、球質、正確性の 3 要素を高めていると示唆された。
- 研究 II では、平均データからは、統計上、ボールの大きさの違いによる適応効果の差異は認められなかったが、-10%球と+10%球のコントロール誤差の変化率は、有意な負の相関係数 ($r = -0.732$, $p < 0.05$) が示されたことから、主観的努力度 100%による投球で正確性を改善させるには、通常のボールとは大きさの異なるボールを使用することが有効である可能性が示された。

運動強度の設定を明らかにすることは、トレーニングの方向性を振り分けるうえで重要な役割を持つため、今後は各種最適な努力度で投球練習あるいは様々な条件で、異なる大きさのボールを使用したトレーニングプログラムを検討することで、投球パフォーマンス向上のための最適なトレーニング方法の提案が可能になると考えられた。

謝辞

本研究に対し、多大な助成を賜りました財団法人ミズノスポーツ振興財団に深く感謝申し上げます。

参考文献

- Etnyre, B.R. (1998) Accuracy characteristics of throwing as a result of maximum force effort. *Percept. Mot. Skills*, 86:1211-1217.
- Flanagan, J.R., Beltzner, M.A. (2000) Independence of perceptual and sensorimotor predictions in the size-weight illusion. *Nat. Neurosci.*, 3 (7): 737-741.
- Freeston, J., Ferdinands, R., Rooney, K. (2007) Throwing velocity and accuracy in elite and sub-elite cricket players. *Eur. J. Sport Sci.*, 7(4): 231-237.
- Hore, J., Timmann, D., Watts, S. (2002) Disorders in timing and force of finger opening in overarm throws made by cerebellar subjects. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 978: 1-15.
- Hore, J., Watts, S., Martin, J., Miller, B. (1995) Timing of finger opening and ball release in fast and accurate overarm throws. *Exp. Brain Res.*, 103 (2): 277-286.
- Hore, J., Watts, S., Tweed, D. (1996a) Errors in the control of joint rotations associated with inaccuracies in overarm throws. *J. Neurophysiol.*, 75 (3): 1013-1025.
- Hore, J., Watts, S., Tweed, D., Miller, B. (1996b) Overarm throws with the nondominant arm: kinematics of accuracy. *J. Neurophysiol.*, 76 (6): 3693-3704.
- 伊藤浩志, 村木征人 (1997) 走,跳,投動作のグレーディング能力に関する研究. *スポーツ方法学研究*, 10(1): 17-24.
- Johansson, R.S., Flanagan, J.R. (2009) Coding and use of tactile signals from the fingertips in object manipulation tasks. *Nat. Rev. Neurosci.*, 10 (5): 345-359.
- 蔭山雅洋, 鈴木智晴, 岩本峰明, 杉山敬, 前田明 (2015) 大学野球投手における投球動作中の地面反力の経時的変化および力積が投球速度に及ぼす影響. *九州体育・スポーツ学研究*, 29 (2): 21-32.
- Kinoshita, H., Obata, S., Nasu, D., Kadota, K., Matsuo, T., Fleisig, G.S. (2017) Finger forces in fastball baseball pitching. *Hum. Mov. Sci.*, 54: 172-181.
- Matsuo, T., Jinji, T., Hirayama, D., Nasu, D., Ozaki, H., Kumagawa, F. (2018) Middle finger and ball movements around ball release during baseball fastball pitching. *Sports Biomech.*, 17 (2): 180-191.
- Murray, D.J., Ellis, R.R., Bandomir, C.A., Ross, H.E. (1999) Charpentier (1891) on the size-weight illusion. *Percept Psychophys*, 61 (8): 1681-1685.
- 森本吉謙, 伊藤浩志, 島田一志, 川村卓, 阿江通良, 村木征人 (2003) ボール重量の増減が野球の投球運動に及ぼす影響とアシスティッドおよびレジスティッド・トレーニングとしての即時効果. *スポーツ方法学研究*, 16 (1): 13-26.
- 森本吉謙, 伊藤浩志, 川村卓, 村木征人 (2004) 野球の投球運動におけるアシスティッドおよびレジスティッドトレーニングがボールスピードと正確性におよぼす影響. *トレーニング科学*, 15 (3): 171-178.
- 森本吉謙, 川村卓, 入澤裕樹, 奈良隆章 (2012) 投球運動における主観的努力度の変化がボールスピードに及ぼす影響とその再現性. *トレーニング科学*, 24(3): 253-260.

- 森本吉謙, 村木征人 (2001) ボール重量が野球の投球におけるスピードと正確性に及ぼす影響. スポーツ方法学研究, 14 (1): 85-92.
- 村木征人 (1994) スポーツ・トレーニング理論. ブックハウスHD: pp. 118-136.
- Nakamoto, H., Ishii, Y., Ikudome, S., Ohta, Y. (2012) Kinesthetic aftereffects induced by a weighted tool on movement correction in baseball batting. Hum. Mov. Sci., 31 (6): 1529-1540.
- 中本浩揮, 杉原隆, 及川研 (2005) 知覚トレーニングが初級打者の予測とパフォーマンスに与える効果. 体育学研究, 50 (5): 581-591.
- 大築立志 (1988) 巧みの科学, 朝倉書店.
- 杉原隆 (2006) 運動指導の心理学. 大修館. pp. 70-74.
- Takeuchi, T., Inomata, K. (2009) Visual search strategies and decision making in baseball batting. Percept. Mot. Skills, 64: 1191-1197.
- Tillaar, R., Ettema, G. (2003) Influence of instruction on velocity and accuracy of overarm throwing. Percept. Mot. Skills, 96:423-434.
- 與谷謙吾, 泉富葵, 前阪茂樹 (2017) 筋運動感覚残効を伴う重い木刀での素振りが剣道の打突パフォーマンスに与える影響. 鹿屋体育大学学術研究紀要, 55: 67-73.