

トスに対するタイミング一致課題における実践的方法について

高橋 宏文*, 中田 学**, 村川 誠***

On practical methods in adjusting the timing for a hand-thrown toss

Hirobumi TAKAHASHI*, Manabu NAKATA**, Makoto MURAKAWA***

Abstract

The purpose of this study is to clarify specific movement methods for adjusting the timing. It is used the timing practice of spikes of volleyball as a condition of the trials. Subjects take off from one stepping approach for a hand-thrown toss and catching the ball with both hands in the air while adjusting the timing.

The main results are as follows:

- 1) For adjusting the timing, it was found necessary to use some movement as a preparatory action to obtain the appropriate movement start.
- 2) The forward tilt and the rocking movement of the trunk and relaxed arms or hands lead to adjusting the timing on a higher toss.
- 3) The stepping forward and pulling movements of the foot, short stepping, and knee flexion were critical to increasing the number of successes in adjusting the timing task regardless of the height of the toss.
- 4) From the results of 2) and 3), it was found that there were different phases to increase the number of successes in adjusting the timing task on a high toss. The first was the base phase of movement centered on the trunk. The second was an application phase of movement centered on the foot.

要旨

本研究は、バレーボールのスパイクのタイミング合わせ練習にある手投げトスに対して空中において両手でボールをキャッチするという運動を課題とし、タイミングを合わせるための具体的な実践方法を助走開始前の準備動作に着目し明らかにすることを目的とした。

得られた結果は以下の通りである。

- 1) タイミングを一致させるためには、適切な動作開始時間を得るために準備動作として何らかの動きを利用することが必要であると分かった。
- 2) 高いトスに対して、タイミングを一致させるには、体幹の前傾や揺らしなどの動きや腕や手の脱力を利用することが必要であると考えられた。
- 3) トスの高低に関わらずタイミングの一致課題においてより成功数を増やすには、足の踏み出しや引く動き、足踏み、膝の屈曲などの動きが重要であることが明らかになった。
- 4) 2) と 3) の結果から、高いトスにおいてタイミング一致課題を成功させるための動きには体幹を中心にした動きの基本の段階と、その後の成功数を増やす足を中心にした動きの応用段階があることが分かった。

Key words: practical methods, adjusting the timing, specific movement methods

* : 東京学芸大学 (Tokyo Gakugei Univ.)

** : 順天堂大学 (Juntendo Univ.)

*** : 福岡大学 (Fukuoka Univ.)

(受付日 : 2022 年 3 月 3 日、受理日 : 2022 年 5 月 21 日)

I. 結 言

「専門的な運動技能の発達の土台となる」調整力は、「反射的または無意識的に自分の動きを目的に合致するようにまとめる,または運動技術(スキル)を学習する能力であり,運動作業において全身を合理的,効果的に巧みにコントロールする身体支配の力」である(金原, 1965; 金原, 1968; 春日, 1980). また, 調整力は「①筋肉の強さの調節(grading), ②筋肉の空間的調節(spacing), ③筋肉の時間的調節(timing)」の3つに分けられ(猪飼, 1972; 石川, 1969), その力は「神経と筋肉との関係で神経が主にコントロールする」ことで発揮される(猪飼他, 1967). このうちタイミングとは「状況に応じて身体の部位の動作を空間的, 時間的に合せること」(田島, 2008)であり, 実際のスポーツ場面では, 「視覚情報や聴覚情報をもとにタイミングを一致させる能力が要求される」(藤原・城戸, 1999), 「巧みな動きとして評価されるスキルのうち, 最も大切なのはタイミングである」(藤原, 1997a).

また, このタイミングを一致させる能力は, 「陸上競技における投擲・跳躍種目や体操競技など外的刺激が明白でなく, 身体部分の正しい協応が時間的に適切に行なわれなければならないタイミング事象である「自律的なタイミング」と, ボールゲームのように外部環境の刺激(ボールや自分以外の選手)に適切に反応し, 外部の事象にある運動反応を一致させる「他律的なタイミング」」(春日, 1980)に区別される. このうち, 他律的タイミングが必要となるボールゲームでは, プレーヤーは「時々刻々と変化する視対象の「動きの変化」を刺激として時間的, 空間的にタイミングを合わせて反応」(藤原, 1997b)することが必要になる. このような場合には, 「ターゲットと自分との位置関係(距離と方向)を正確に把握し, 適切な時刻に動作を起こし, 適切な場所で適切な時刻にターゲットを捕える」(大築他, 1983)が必要となるが, これには「動いている物体に自身の動きを合わせるという見越し」(E.C.Poulton, 1957)という要素が必要となる.

タイミングを合わせる学習課題が多くあるボールゲームの指導では, 「ボールをよく見る, ボールから眼を離さないなどの言葉はタイミング誤差を小さくするために有効である」との報告がある(Bennett S.J et al., 2010; Brenner E. and Smeets J.B., 2011; Spering, M. et al, 2011). しかし, 実践ではそのような単純ことだけではなく「予測の正確性と運動プログラムの習熟が必要とされ, これらの能力が高まることで事前の「見越し」の正確性も高まり, より高次のタイミングを一致させることができるようになる(中本・森司, 2008). そして, 「運動における予測や時間経過を計るといった感覚的な調節におけるプロセスは, その大部分については下意識ないし無意識に経過している」(C.ハルトマ et al. 2014). 一方で, 手上げトスに対するタイミング一致課題における成否の事象の違いを分析し

た研究では, 「準備動作がある方が試技に成功しやすい」という結果を得ている(斎藤, 2017). その上, タイミングを計る上で「動作の方法や姿勢が関わることによってどのような影響があるか確かめることは大切」(藤善・鷹野, 1963)ともあるため, タイミングを合わせる実践的方法として準備動作における動作について研究することは重要と考えられる. さらに, 運動プログラムの習熟のうち, 「予測を伴う動作や身体の制御などのスキルは後天的に身につくもの」(F.フェッツ, 1979)と考えられていることからこの能力は個人差があることが予測される. 以上のことから, タイミング一致課題において無意識的に行われ, 捉えることが難しいその実践的な運動の実施方法を明らかにすることは, この運動課題における感覚的な実践方法を習得させる上で非常に有意義であると考えられる.

そこで本研究は, タイミング一致課題においてその計り方を明らかにする手始めとして, バレーボール授業実践研究(合田他, 2008)において, スパイクではトスにタイミングを合わせることを課題として挙げられていることから, 手投げトスに対して助走から踏み切り跳躍し, 空中において両手でボールをキャッチする運動を課題とし, タイミングを合わせるための実践的な方法を助走開始前の準備動作に着目し明らかにすることを目的とした.

II. 方 法

1) 被検者

対象はT大学大学院教育学研究科保健体育専攻に属する大学院生19名である(表1). 運動歴とは専門的に運動に取り組んだ期間を表す. また, 被験者の「筋力, 身体発達, 運動能力等の性差に関する言及」(出村, 1983; 増田他, 1966; 宮平, 2010; 小野, 1965; 谷代, 2015)は多くみられるが, タイミング一致能力やタイミングを計る感覚, 動作等に関する性差についての研究はみられないことから本研究では, 被験者の性差は考慮せず研究を進めることとした.

表1 被験者概要

K.S (M)	171cm	11年	陸上
Y.A (M)	180cm	15年	陸上
M.D (M)	175cm	8年	水泳
A.N (F)	158cm	16年	剣道
K.K (F)	164cm	6年	陸上
N.M (F)	158cm	6年	陸上
Y.H (F)	155cm	15年	陸上
M.K (F)	160cm	18年	柔道
S.O (F)	162cm	8年	アイスホッケー
S.S (M)	172cm	21年	サッカー
Y.S (M)	174cm	13年	サッカー
T.K (M)	184cm	15年	バスケットボール
S.N (M)	179cm	7年	バスケットボール
Y.S (M)	183cm	9年	ラグビー
T.K (M)	168cm	11年	ラグビー
R.M (M)	178cm	15年	野球
K.U (M)	176cm	9年	野球
A.T (F)	153cm	3年	バスケットボール
Y.N (F)	163cm	7年	ハンドボール
平均/標準偏差	169cm/9.56	11年/4.66	

2) 運動課題

運動課題はスパイク技術の導入時に実施される手投げトスに対してタイミングを合せる練習である「ボールキャッチ課題」を用いた。本研究では、被験者の立ち位置をトス者から約 5m 離れた場所に設定した。トス者は、「いきます」と声かけによる合図を出し、その後ボールを被験者の正対方向の前方 5m 付近に落下するように投げ上げた。トスは頂点が床面から高い場合(約 10m)と低い場合(約 5m)の 2 種類の軌道をトス者がランダムに 5 本ずつ、計 10 本投げ上げた。なお、トス者は、ボールを両手で持ち、膝を大きく屈曲させた後、腕全体を使ってボールを上へに投げるようにした。被験者にはボールの落下地点とタイミングを見極め、助走の後、両脚を同時に離地させジャンプし、自身のジャンプの頂点で肘を屈曲させずに両手を使って頭上の少し手前で捕球するように指示した。トス者が投げ上げるボールの落下点はおおよそ同じところに落ちるよう調節し、目標とする落下点(直径約 3m)を逸脱した場合は、試技をやり直した。

3) データ収集

試技の撮影にはバレーボール(ミカサ製 MVA300 バレーボール国際公認球 検定球 5 号)、DV カメラ 4 台(JVC 社製 GC-YJ40×2, JVC 社製 GZ-E225-T×1, CASIO 社製 EX-100F×1)を使用した。撮影のために被験者を注視するためのカメラ(カメラ①及び②: JVC 社製 GC-YJ40)と、ボールの頂点を含む全ての試技過程を撮影するためのカメラ(カメラ③: CASIO 社製 EX-100F, ④: JVC 社製 GZ-E225-T)を設置した(図 1)。撮影はカメラ①、②は毎秒 420 コマ、カメラ③は毎秒 480 コマ、カメラ④は毎秒 30 コマの速度で行った。そして、映像からタイミングを合わせて捕球が行えたか否かについての評価と、トス者の「いきます」という言葉の合図から実際にトスを投げ上げた後に表出した動作を準備動作としてその種類を 3 名評価者で(評価者①: 指導歴 25 年, 評価者②: 指導歴 10 年, 評価者③: 指導歴 2 年)試技毎に全て記録した。なお、実験は平成 28 年 3 月 9 日から 4 月 1 日に T 大学大体育館で行った。

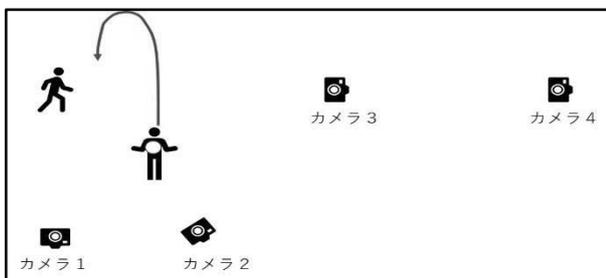


図1被験者及びカメラの位置

4) 分析項目

3 名の評価者により記録された準備動作は、足の踏み出しや引く動き、足踏み、膝の屈曲という足及び脚の動きに

関するもの、体幹の前傾、体幹の揺らしという体幹の動きに関するもの、肘の曲げ、腕を体幹から離らすという腕の動きに関するもの、そして両腕または手の脱力感の表れという力みに関するものであった。これらのことから、分析する際には動作要素を集約しそれぞれ「足」、「体幹」、「腕」、「脱力」と命名し、試技の中でこれらの動作要素がどのように使用されているか分析を行った。

また、分析の視点として、はじめに試技を成否やトスの高低で分類し基礎的な分析を行い続いて、応用的な分析として成功数の多少で分類し分析したもの、さらには成功数の多少とトスの高低で分類した分析を行った。そして、これを前提に以下の 13 の項目で分析を進めた。①試技の成否と使用された要素の有無、②試技の成否と使用した要素の数、③試技の成否と組み合わせた要素の種類、④高いトスにおける試技の成否と使用した要素の数、⑤高いトスにおける試技の成否と組み合わせた要素の種類、⑥低いトスにおける試技の成否と使用した要素の数、⑦低いトスにおける試技の成否と組み合わせた要素の種類、⑧成功数と使用した要素の数、⑨成功数と組み合わせた要素の種類、⑩高いトスにおける成功数と使用した要素の数、⑪高いトスにおける成功数と組み合わせた要素の種類、⑫低いトスにおける成功数と使用した要素の数、⑬低いトスにおける成功数と組み合わせた要素の種類。

なお、分析項目⑧以降は 10 回の試技のうち成功試技数が 7 回以上の被験者を成功数が多い群、それ以下の者を少ない群として比較し分析を行った。これは運動学習の効果を高めるには課題の難易度として、成功率が 60~80%以内である方が望ましいともいわれていることから(冷水, 2017)、これが基本的な運動課題における成功率の高さを判断する上で高すぎず、低すぎない基準になると考え、この中央値である 70%より成功率が高ければ高い群、これ以下の場合を低い群とした。

5) データ分析

各分析項目において割合を算出し、試技の成否やトスの高低、成功数の多少で 2 群間比較を行うために χ^2 検定を用いた。検定の結果、有意水準を 5%とし有意差が見られた場合は残差分析を行い、調整済み残差が ± 1.96 以上であった場合は当該の項目について有意な差があると判断した。

III. 結果・考察

1) 試技の成否に着目した分析

分析①試技の成否と使用した要素の有無

表 2 にあるように成功時は 80%、不成功時は約 50%の被験者が何らかの動きを使用しているが、これについて χ^2 検定を行った結果 0.1%水準で有意差が認められ、残差分析により成功しているときの方が何らかの動きをより多く

使用していることが分かった。中本他 (2008)によると、「タイミング一致の精確性や一貫性の個人差に関わる要因として、予測の正確性と運動プログラムの習熟」が挙げられている。さらに、「始めはタイミングを一致させるという運動課題において動作をスタートさせる時間にはばらつきがみられるが、一度動作が始まるとその運動時間は比較的一定になる」という研究結果もある (Spring, M., 2011)。

これらのことから、タイミングを一致させるためには、適切な動作開始時間を得るために準備動作として何らかの動きを利用することが必要であると分かった。

この結果を踏まえ、これ以降の⑦までの分析は試技の成否に関わらず動きの要素を使用した試技のみを抽出して、タイミングを一致させる具体的な動きの要素について分析を行うこととした。

表2 試技の成否と使用された要素の有無

	成功 (%)	残差	不成功 (%)	残差	p 値
要素あり	80.3 (54)	4.2	49.6 (61)	-4.2	0.000***
要素なし	19.7 (13)	-4.2	50.4 (62)	4.2	

分析②試技の成否と使用した要素の数

試技の成否別に使用した要素数について、1要素、2要素そして3要素以上に分類し分析を行った。使用された要素数はともに2要素が約44%と最も高い数値を示し、次に1、3要素以上の順であった。これについて χ^2 検定を行った結果、有意差は認められず成否の比較において使用する要素の数の傾向には違いがないことが分かった (表3)。

表3 試技の成否と使用した要素の数

	成功 (%)	不成功 (%)	p 値
3要素以上	20.4 (11)	23.0 (14)	0.934
2要素	44.4 (24)	44.3 (27)	
1要素	35.2 (19)	32.7 (20)	

分析③試技の成否と組み合わせた要素の種類

ここでは、分析項目②についての詳細な分析を試みた。試技の成否別に使用された動きの要素の組み合わせは足+体幹が成功では31.5%、不成功では37.7%と最も高い使用率であった。続いて、足のみがどちらにおいても2番目に高い使用率を示し、これらについて χ^2 検定を行った結果有意差は認められなかったことから、試技の成否間で要素の組み合わせの傾向には違いがないことが分かった (表4)。

表4 試技の成否と組み合わせた要素の種類

	成功 (%)	不成功 (%)	p 値
足+体幹+腕+脱力	1.9 (1)	0.0 (0)	0.345
足+体幹+腕	5.6 (3)	11.5 (7)	
足+体幹+脱力	13.0 (7)	11.5 (7)	
足+体幹	31.5 (17)	37.7 (23)	
足+腕	7.4 (4)	6.6 (4)	
体幹+腕	0.0 (0)	0.0 (0)	
体幹+脱力	5.5 (3)	0.0 (0)	
体幹	11.1 (6)	3.3 (2)	
腕	1.8 (1)	1.5 (1)	
足	22.2 (12)	27.9 (17)	

2)トスの高低で分類した分析

分析④高いトスにおける試技の成否と使用した要素の数
高いトスにおける試技の成否別に使用した要素数につい

て、1要素、2要素そして3要素以上に分類し分析を行った。

表5に示した通り、割合の多い順に成功時は2要素が59.1%と最も多く、以下1、3要素以上の順となり、不成功時は2要素が48.6%、以下3要素以上、1要素の順であった。これについて χ^2 検定を行った結果、有意差は認められなかったが、p値は0.057であり成功と不成功の間に何らかの傾向があることが伺えた。表5を見ると、成功時は1要素の利用がより多く3要素以上の使用はわずかであり、不成功時は3要素以上の利用がより多くなっている。一般的に、「技術とはそれぞれのスポーツ場面で発生する種々な課題をもっとも効率的に達成するために行われる身体操作法」(嶋田, 1998)と定義される。このことから、高いトスに対するタイミング一致課題を成功するためには、準備動作として使用する要素を3つ以上にしないことがこの場合の運動課題をもっとも効率的に達成するために行われる身体操作法にあたりと推測された。

表5 高いトスにおける試技の成否と使用した要素の数

	成功 (%)	不成功 (%)	p 値
3要素以上	4.5 (1)	29.7 (11)	0.057
2要素	59.1 (13)	48.6 (18)	
1要素	36.4 (8)	21.6 (8)	

分析⑤高いトスにおける試技の成否と組み合わせた要素の種類

高いトスにおける成否別に使用した動きの要素を見ると、成功では足のみが31.8%と最も高く、続いて足+体幹、体幹のみ、体幹+脱力の組み合わせが使用され。一方不成功では最も高い使用率を示したのは足+体幹の40.5%で、続いて足のみ、足+体幹+脱力、足+体幹+腕が使用されていた (表6)。これについて χ^2 検定を行った結果1%水準で有意差が認められ、続く残差分析により足+体幹+脱力は不成功時に、体幹+脱力と体幹のみが成功時に有意に多く使用されていたことが分かった。

このことから、高いトスに対してタイミングを一致させるには、準備動作として体幹の前傾、体幹の揺らしといった体幹の動きや両腕または手の脱力というような力の調節を利用することがポイントになると考えられた。「運動を行う際に脱力するには、脱力させたい部位を意識しないで他の部位の運動や力の入れ方のほうに意識を向けることで、目的部位の脱力を誘導することが有効であるとされている。そして、実際の運動は意識を働かせたフィードバック制御と無意識的に行える制御とが協調しあって実現されていると考えられる」(小林, 1999)ことから、特に高いトスに対しては意識的にも無意識的にも手や腕の部分を脱力させるというような力の調節がタイミングを計る上でポイントになる可能性があるとして推測された。

さらに、足+体幹+腕の組み合わせは不成功時のみ出現し残差が1.8であること、そして足+体幹+脱力が有意に多く、分析④の結果も併せて考えると高いトスに対しては3つ以上の要素を使用してしまうと不成功になりやすいた

め、使用する要素は 2 要素以内に留めることが良いと考えられた。

表 6 高いトスにおける試技の成否と組み合わせた要素の種類

	成功 (%)	残差	不成功 (%)	残差	p 値
足+体幹+腕+脱力	4.5 (1)	1.3	0.0 (0)	-1.3	0.002***
足+体幹+腕	0.0 (0)	-1.8	13.5 (5)	1.8	
足+体幹+脱力	0.0 (0)	-2.0	16.3 (6)	2.0	
足+体幹	22.8 (5)	-1.4	40.5 (15)	1.4	
足+腕	4.5 (1)	-0.5	8.1 (3)	0.5	
体幹+腕	0.0 (0)	0.0	0.0 (0)	0.0	
体幹+脱力	13.6 (3)	2.3	0.0 (0)	-2.3	
腕	4.5 (1)	1.3	0.0 (0)	1.3	
体幹	18.3 (4)	2.7	0.0 (0)	-2.7	
足	31.8 (7)	0.9	21.6 (8)	-0.9	

分析⑥低いトスにおける試技の成否と使用した要素の数
低いトスにおける試技の成否別に使用した要素数について、1要素、2要素そして3要素以上に分類し分析を行った。表7に示した通り、成功時は2要素が46.9%と最も多く以下3要素以上、1要素の順となり、不成功時は1要素が50.0%、以下2、3要素以上の順となった。これについて χ^2 検定を行った結果、有意差は認められなかった。しかし、p値が0.062であったことから、分析④の結果とは逆にトスが低い場合の成功時の準備動作では動きの要素を多めに使い、不成功では少なめに使う傾向があると推測された。

表 7 低いトスにおける試技の成否と使用した要素の数

	成功 (%)	不成功 (%)	p 値
3要素以上	31.3 (10)	12.5 (3)	0.062
2要素	46.9 (15)	37.5 (9)	
1要素	21.8 (7)	50.0 (12)	

分析⑦低いトスにおける試技の成否と組み合わせた要素の種類

低いトスにおける成否別に使用した動作要素を見ると、成功では足+体幹が37.5%と最も高く、続いて足+体幹+脱力、足のみが続いた。一方、不成功では最も高い使用率を示したのは足のみ37.5%で、続いて足+体幹、足+体幹+腕と体幹が同様の使用率で続いた。これについて χ^2 検定を行った結果、p値が0.264となり有意差は認められず、使用する動きの要素について違いは見られなかった(表8)。

表 8 低いトスにおける試技の成否と組み合わせた要素の種類

	成功 (%)	不成功 (%)	p 値
足+体幹+腕+脱力	0.0 (0)	0.0 (0)	0.264
足+体幹+腕	9.4 (3)	8.3 (2)	
足+体幹+脱力	21.9 (7)	4.2 (1)	
足+体幹	37.5 (12)	33.3 (8)	
足+腕	9.4 (3)	4.2 (1)	
体幹+腕	0.0 (0)	0.0 (0)	
体幹+脱力	0.0 (0)	0.0 (0)	
腕	0.0 (0)	4.2 (1)	
体幹	6.2 (2)	8.3 (2)	
足	15.6 (5)	37.5 (9)	

3) 成功数の多少に着目した分析

分析⑧成功数と使用した要素の数

ここでは再度全ての試技を対象とし、10回の試技のうち成功試技数が7回以上の被検者を成功数が多い群、それ以下の者を少ない群として分析を行った。

成功数が少ない群では動きの要素を使わない試技が48.3%あり、約半数の試技が占めていた。一方、成功数の多い群では全ての試技において何らかの動作要素を使用していた。これについて χ^2 検定を行った結果、有意差が認められ残差分析により成功数が多い群では1または2要素の使用が有意に多く、成功数が少ない群では要素を使用しないが有意に多かった(表9)。以上のことから、分析②の試技の成否により使用した要素の数では差が見られなかったが、試技の成功数をより増やすには準備動作として必ず動きの要素を使用していくことが必要であり、併せて使用する要素数も1つか2つに留めることが必要であると考えられた。

また、成功数の少ない被検者群において使用した動きの要素がゼロの試技が50%近くを占めたため、この結果を受け分析⑨以降の分析では動作要素を使用していなかった試技を分析対象から外して分析を行うこととした。

表 9 成功数と使用した要素の数

	多い (%)	残差	少ない (%)	残差	p 値
3要素以上	29.3 (12)	1.4	14.1 (21)	-1.4	0.00***
2要素	43.9 (18)	2.9	19.5 (29)	-2.9	
1要素	26.8 (11)	2.3	18.1 (27)	-2.3	
無し	0.0 (0)	-5.6	48.3 (72)		

分析⑨成功数と組み合わせた要素の種類

表10に示した通りここでは、成功数の多少において使用する要素について違いがあるか比較検討を行った。成功数の多い群では、足+体幹が37.5%と最も多く、足のみ、足+体幹+脱力が続いた。また、成功数の少ない群は、足+体幹が27.3%と同様に最も多く、体幹が続いた。これについて χ^2 検定を行った結果、0.1%水準で有意差が認められ残差分析により成功数の多い群は、足+体幹+脱力、足がより多く、成功数の少ない群は足+体幹+腕、足+腕、体幹がより多く使用されていた。

この結果から、タイミング一致課題をより多く成功させていくためには、準備動作として足の踏み出しや引く動き、足踏み、膝の屈曲などの足の動きを中心にして、体幹の前傾、体幹の揺らしという体幹の動きや両腕または手の脱力というような力の調節を利用することが必要であると考えられた。

表 10 成功数と組み合わせた要素の種類

	多い (%)	残差	少ない (%)	残差	p 値
足+体幹+腕+脱力	0.0 (0)	0.0	0.0 (0)	0.0	0.000***
足+体幹+腕	0.0 (0)	-2.4	13.0 (10)	2.4	
足+体幹+脱力	27.5 (11)	1.9	13.0 (10)	-1.9	
足+体幹	37.5 (15)	1.1	27.3 (21)	-1.1	
足+腕	0.0 (0)	-2.3	11.7 (9)	2.3	
体幹+腕	0.0 (0)	0.0	0.0 (0)	0.0	
体幹+脱力	0.0 (0)	0.0	0.0 (0)	0.0	
腕	0.0 (0)	0.0	0.0 (0)	0.0	
体幹	0.0 (0)	-3.2	22.0 (17)	3.2	
足	35.0 (14)	2.8	13.0 (10)	-2.8	

4) 成功数の多少とトスの高低で分類した分析

分析⑩高いトスにおける成功数と使用した要素の数

高いトスにおける成功数の多少による違いの比較を行った(表11)。成功数の多い群では、46.6%が1つの動作要素を使用した試技で半数近くを占めていたのに対し、成功数が少ない群は2つの要素を使用したのが39.5%と最も多くなっていた。これについて χ^2 検定を行った結果、有意差は認められず使用される要素数に違いはないということが分かった。

表11 高いトス時の成功数と使用した要素の数

	多い(%)	少ない(%)	p値
3要素以上	26.7 (4)	26.3 (10)	0.627
2要素	26.7 (4)	39.5 (15)	
1要素	46.6 (7)	34.2 (13)	

分析⑩高いトスにおける成功数と組み合わせた要素の種類

ここでは、高いトスにおける成功数の多少において使用する動きの要素の種類について違いがあるか比較検討を行った(表12)。

成功数の多い群では、足のみが46.7%と最も多く、足+体幹+脱力、足+体幹%と続いた。また、成功数の少ない群は、体幹のみが30.8%、足+体幹が28.2%とこの2つのパターンでほぼ半数を占めていた。これについて χ^2 検定を行った結果、0.1%水準で有意差が認められ残差分析により成功数の多い群では足が有意に多く使用され、少ない群は体幹を多く使用していたことが分かった。

このことから、高いトスに対してより成功数を増やすには、足の踏み出しや引く動き、足踏み、膝の屈曲などの足の動きを中心に体幹の前傾、体幹の揺らしなどの体幹の動きや両腕または手の脱力という力の調節の要素を合わせた動作を使い、体幹の動きのみにならないことが必要であると考えられた。さらに、「運動技術とはある運動をもっとも合理的に実施するために発見、改良された身体の動かし方(コツ)であるともいわれる」(金子他, 1996)こと、そして分析⑤や⑨の結果を合わせて考えると、高いトスにおいてタイミング一致課題を成功のするための準備動作の動きには体幹を中心にした基本の段階と、より成功数を増やす足を中心にした動きの段階があり、動き成熟過程により中心となる要素が変化することが伺えた。

表12 高いトス時の成功数と組み合わせた要素の種類

	多い(%)	残差	少ない(%)	残差	p値
足+体幹+腕+脱力	0.0 (0)	0.0	0.0 (0)	0.0	0.001***
足+体幹+腕	0.0 (0)	-1.5	12.8 (5)	1.5	
足+体幹+脱力	33.3 (5)	1.7	12.8 (5)	-1.7	
足+体幹	20.0 (3)	-0.6	28.2 (11)	0.6	
足+腕	0.0 (0)	-1.3	10.3 (4)	1.3	
体幹+腕	0.0 (0)	0.0	0.0 (0)	0.0	
体幹+脱力	0.0 (0)	0.0	0.0 (0)	0.0	
腕	0.0 (0)	0.0	0.0 (0)	0.0	
体幹	0.0 (0)	-2.4	30.8 (12)	2.4	
足	46.7 (7)	3.7	5.1 (2)	-3.7	

分析⑩低いトスにおける成功数と使用した要素の数

ここでは、低いトスにおける成功数の多少による違いの比較を行った(表13)。成功数の多い群では、46.7%が

1つの動作要素を使用した試技で半数近くを占め、成功数が少ない群では動きの要素を2つを使用した試技が38.5%と約4割近くを占めていて、分析⑩の高いトスの分析結果と近似したものであった。これについて χ^2 検定を行った結果、有意差は認められなかった。よって、高いトスの場合と同様に低いトスにおいても成功数の違いはあっても、使用される要素数の傾向に違いはないということが明らかになった。

表13 低いトス時の成功数と使用した要素の数

	多い(%)	少ない(%)	p値
3要素以上	33.3 (5)	25.6 (10)	0.436
2要素	20.0 (3)	38.5 (15)	
1要素	46.7 (7)	35.9 (14)	

分析⑩低いトスにおける成功数と組み合わせた要素の種類

表14に示したようにここでは、低いトスにおける成功数の多少において使用する要素について違いがあるか比較検討を行った。成功数の多い群では、足のみが46.7%と最も多く、続いて足+体幹+脱力が40%となりこの2つパターンでほとんどを占めていた。一方、成功数が少ない群は足+体幹が26.3%、足のみが21.1%と続き、この2つのパターンで約4割を占めていた。これについて χ^2 検定を行った結果、5%水準で有意差が認められ残差分析の結果によると、成功数の多い群は足と足+体幹+脱力を有意に多く使用し、少ない群は体幹を有意に多く使用していた。分析⑦の結果では、低いトスに対してタイミングを一致させる場合について、基本としての使用すべき具体的な動作要素を見出すことはできなかった。しかし、この分析から低いトスでより多くの成功を重ねるためには足の踏み出しや引く動き、足踏み、膝の屈曲という足の動きを中心にし、これに体幹の前傾、体幹の揺らし体幹の動きや両腕または手の脱力という力の調節の要素をうまく合わせて使用することがポイントとなることが分かった。これらのことは、分析⑩の高いトスの結果と同様であり、トスの高低に関わらずタイミングの一致課題においてより成功数を増やすには、準備動作として足を中心とした動きが重要であることが明らかになった。

表14 低いトス時の成功数と組み合わせた要素の種類

	多い(%)	残差	少ない(%)	残差	p値
足+体幹+腕+脱力	0.0 (0)	0.0	0.0 (0)	0.0	0.024***
足+体幹+腕	0.0 (0)	-1.5	13.2 (5)	1.5	
足+体幹+脱力	40.0 (6)	2.2	13.2 (5)	-2.2	
足+体幹	13.3 (2)	-1.0	26.2 (10)	1.0	
足+腕	0.0 (0)	-1.5	13.2 (5)	1.5	
体幹+腕	0.0 (0)	0.0	0.0 (0)	0.0	
体幹+脱力	0.0 (0)	0.0	0.0 (0)	0.0	
腕	0.0 (0)	0.0	0.0 (0)	0.0	
体幹	0.0 (0)	-1.5	13.2 (5)	1.5	
足	46.7 (7)	1.9	21.0 (8)	-1.9	

IV. 結 論

- 1) タイミングを一致させるためには、適切な動作開始時間を得るために準備動作として以下のような動きを利用することが示唆された。
- 2) 高いトスに対して、タイミングを一致させるには、体幹の前傾や揺らしなどの動きや腕や手の脱力を利用することが示唆された。
- 3) トスの高低に関わらずタイミングの一致課題においてより成功数を増やすには、足の踏み出しや引く動き、足踏み、膝の屈曲などの動きが重要であることが明らかになった。
- 4) 2) と 3) の結果から、高いトスにおいてタイミング一致課題を成功させるための動きには体幹を中心にした段階と、足を中心にした動きの成功数を増やす段階があることが分かった。

引用・参考文献

Bennett, S. J. et al.(2010)Eye movements influence estimation of time-to-contact in prediction motion, *Experimental Brain Research*, 206 (4), pp.399-407.

Brenner, E., and Smeets, J. B.(2011)Continuous visual control of interception, *Human Movement Science*, 30 (3), pp.475-494.

C.ハルトマン et al.(2014)初歩の動作学—トレーニング学—, *Lehmanns Media*, p11.

E.C.Poulton(1957)On prediction in skilled movements, *Psychological Bulletin*,

54 (6) , pp.467-478.

F.フェッツ(1979)体育運動学, 不昧堂出版, pp.77 - 91.

合田大輔 他 (2008) みんながスパイクを打てるバレーボールの授業～トスに重点を置いたパターン練習を中心として～, *中等教育研究紀要 広島大学附属福山中・高等学校*, 48, pp.217-228.

冷水誠 (2017) 神経科学に基づく効果的な運動学習のための戦略, 第 57 回 近畿理学療法学会大会 教育講演 4, *近畿理学療法学会大会誌*, 47, p4.

藤原素子 (1997a) スキルにおけるタイミングの重要性, *体育の科学*, 47, pp.361-365.

藤原素子 (1997b) 移動視標を用いた一歩踏み出しによるターゲットキャッチングのタイミングコントロール, *日本人間工学会大会講演集*, 38, pp.318-319.

藤原素子・城戸愛子(1999)タイミングコントロールと視覚, *日本バイオメカニクス学会*, 3, p.287.

藤善尚憲・鷹野健次(1963)タイミングの研究 (5), *体育研究*, 7(1), p.2.

出村慎一(1983)中学生水泳選手の形態, 筋力, 及び柔軟性の性差・学年差の検討, *体力科学*, 32(1), pp.8-16.

猪飼道夫 他(1967)座談会:小中学校における体力づくり. *体育科教育*, 15, pp.8-27.

猪飼道夫(1972)調整力?その生理学的考察—体育の科学, 22, pp.5-10.

石川利寛(1969)身体活動における調整力?調整力とは何か?, *学校体育*, 22, pp.10-13.

金原勇(1965)教材の中での体力づくりの研究法, *学校体育*, 18, pp.90-98.

金原勇(1968)調整力と調整力の高め方, *体育の科学*, 18, pp.659-661.

春日晃章(2019)子どもの身体活動と認知・非認知能力～活動量低下に潜む諸問題軽減のために～, *体力科学*, 68(1), pp.36-39.

春日忠博(1980)体育・スポーツ活動におけるタイミングに関する研究 (I) —タイミングのとらえ方—, *千葉敬愛短期大学紀要*, 3, pp.1-6.

金子明友<監>吉田茂・三木四郎<編> (1996)教師のための運動学, *大修館書店*, pp.112-114, p.119.

小林一敏(1999)スポーツの達人になる方法: オーム株式会社, pp.5-6, pp.133-135.

増田允 他(1966)筋力の性差について, *体力科学*, 15(2), pp.80-81.

宮平喬(2010)小学校体育における運動能力の性差, *筑紫女学園大学・筑紫女学園大学短期大学部紀要*, 5, pp.209-216.

中本浩揮・森司朗(2008)速度変化状況での一致タイミング課題における野球の熟達と運動修正との関係, *体育学研究*, 53, pp.39-50.

大築立志(1998)予測とタイミングからみたヒトの随意運動制御, *体育学研究*, 43, (3・4), pp.137-149.

大築立志 他(1983)全身移動によるターゲットキャッチングの動作分析的研究, *日本体育学会大会号*, 34, p.365.

小野三嗣 (1965) 他発育に伴う筋力の変化について, *体力科学*, 14(3), pp.85-97.

齊藤慧 (2016) ボール捕球課題におけるタイミング一致能力に関する研究—バレーボールのスパイク動作に関連させて—, *東京学芸大学教育学研究科修士論文*.

嶋田出雲(1998)スポーツコーチ学, 不昧堂出版, p.79.

Spering, M. et al. (2011) Keep your eyes on the ball : smooth pursuit eye movements enhance prediction of visual motion, *Journal of Neurophysiology*, 105 (4), pp.1756-1767.

田島誠(2008)一致タイミング・スキルに関するエイジンの影響, *川崎医療福祉学会誌*, 17 (2) , pp.381-387.

高井和夫(2007)子どもの調整力に関する研究動向について (第 2 報), *教育学部紀要, 文教大学教育学部*, 41, pp.83-94.

鷹野健次・藤善尚憲(1963)動作におけるタイミングの研究(1)―発達の見地からの考察―, 体育学研究, 7(3), pp.116-123.

高田典衛(1968)学習指導要領における調整力について, 体育の科学, 18, pp.662-664.

谷代一哉(2015)幼児の発育と運動能力に関する研究, The Sapporo University journal, 40, pp.97-108.