

國學院大學學術情報リポジトリ

新体操の投げ受けにおける空間・時間予測能力の重要性

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2023-02-06 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 渡邊, 奈々, 天野, 勝弘 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.57529/00001385

新体操の投げ受けにおける空間・時間予測能力の重要性

渡邊 奈々 天野 勝弘

【要旨】

人間のあらゆる活動において、空間を認識する能力や、タイミングコントロール能力は不可欠である。これらは認知機能としての空間・時間予測能力といわれており、スポーツにおいても重要な能力である。本研究では、新体操の手具の投げ受け能力の測定と、独自に開発した空間・時間予測能力テストを実施し、新体操の投げ受けパフォーマンスにおける空間・時間予測能力の重要性を調査し、空間・時間予測能力のトレーニング開発に向けた基礎データを得ることを目的とした。

中学生～高校生11名を対象とし、新体操の手具の投げ受けテスト3種類、空間・時間予測能力テスト2種類、動作を伴わないマルチタスク課題1種類、計6つのテストを行い、それらの関係を分析した。

その結果、新体操の投げパフォーマンスの左右の調整において、空間・時間予測能力が重要であることが示唆された。しかし、新体操の受けパフォーマンスにおいては、テストの改善が必要となり、本研究では空間・時間予測能力の重要性を示すことができなかった。

また、空間・時間予測能力、タイミングコントロール能力を鍛えることにより、体の左右バランスの精密な調整能力を向上させること、マルチタスク的トレーニングが空間・時間予測能力を向上させる可能性が示唆されたため、技術練習とは独立してマルチタスクな処理能力を必要とするトレーニングの開発が必要であることが示唆された。

【キーワード】

スポーツパフォーマンス 空間・時間予測能力 マルチタスク課題 新体操

緒言

人間のあらゆる活動においては、空間を認識する能力やタイミングコントロール能力は不可欠である。これらは認知機能としての空間予測能力・時間予測能力（以下空間・時間予測能力と略す）といわれている。空間認知機能はメタ認知機能の低下により加齢とともに低下することが報告されており¹⁾、高齢化社会の問題の一つともとらえられる。一方で、スポーツに目を向けても、これらの能力は極めて重要と言える。しかしながら、空間・時間予測能力は通常の練習だけでは十分に鍛えられないことが報告されており²⁾、筆者らも新体操競技においてこのことを検証してきた³⁾。その結果、

- ・スポーツ認知能力は鍛えることができる
 - ・ジュニア選手（7歳～18歳）でも向上する
 - ・外部情報を視覚によって認識する認知トレーニングであっても自分の身体感覚の機能向上にもつながる
 - ・マルチタスク課題が有効である
- などの知見を得た。

スポーツにおけるタイミングコントロールの研究では、渡部（1984）はタイミングを合わせようとするとパワーが抑制されることを報告している⁴⁾。藤島ら（1996）は、KR(Knowledge of Results)情報の有無が有意にタイミングコントロールに影響することを示した⁵⁾。また、動作では時間的正確さ（タイミング）は小筋群を主体とした動作よりも大筋群を主体とした動作の方が正確性が高いとも報告している⁶⁾。水落ら（2010）は、移動物体にタイミングを合わせる課題の場合、加減速を伴う移動では等速とは異なる戦略を使っていることを見いだしている⁷⁾。これは、重力下で運動する飛行物体にタイミングを合わせる場合の判断に関係しているといえる。また、近年野球に関するタイミングコントロールの研究も行われている^{8) 9)}。西畑と天野（2014）は、ソフトボールの離塁のタイミングを計測し、0.113秒という値を導き出している¹⁰⁾。そしてこの値は、陸上のフライングスタート時間の基準0.1秒と類似していることを述べている。また、ボートレース（競艇）では、フライングスタートという方法のスタートを用いている。これは目には見えないが空間上に設定されたスタートラインを、その横に設置された計時装置が0になるタイミングに合わせてスタートするというものである。ただし、フライングは重大なペナルティを科せられ、出遅れればレースに勝てない。そのため選手は、ギリギリのタイミングでスタートを切っている。この時のタイミングが、トップレーサーでは0.15秒を切り、0.1秒に迫ることもあるという¹¹⁾。以上のように、スポーツのパフォーマンスの決定因子としてのタイミングコントロールへの関心は高い。

ここで新体操の特徴を示しておく。新体操では、手具を持つことが大きな特徴である。本研究では、この手具が投げられ受け取られるものとして投擲物にとらえることにする。新体操における投擲物としての手具は、自ら投げて受けることに特徴がある。もちろん、他人の投げたものを受け取る行為（交換と呼ばれる）もあるが、自ら投げて受けることは他の競技ではあまり見られないことである。次の特徴として、手具はボール以外球状ではない点で一般的な球技とは大きく異なる。一般的な球技では、投げる時も受ける時も手で扱う投擲物の位置の指定は厳密ではない。野球のピッチングのように、球種を投げ分けるために握る位置を変えることはあるが、球技では希なことである。新体操の球状でない投擲物は、投げる場合にも受ける場合にも握る場所の指定が存在する。新体操では、空中で回転している球状でない手具を受け、その位置に身体部位を合わせるという行為が必要となる。受ける部位は一般的には手であるが、その他の部位、例えば脇の下、肘関節や膝関節で挟む、床と身体部位で挟むことなども多々あるため、手具の空間的時間

的位置の把握が極めて重要である。新体操ではルール上、手具の取扱は大きなパフォーマンス決定要因となり、手具を落下させると大きく減点されるため、投げと受けの正確性は非常に重要な競技特性となる。そのため、新体操の練習では投げと受けの練習を重点的に行うが、同じ練習量をこなしても、上手くできる選手とできない選手に差があることが多々見受けられる。ある一定のレベルまでは反復練習により上達するが、それ以上に正確性や確率といったレベルを上げるためには、ただ一つの動作を反復練習するだけでは限界があると考え、前述したような研究をしてきた³⁾。その結果、先に示したように通常の練習とは独立した空間・時間予測能力トレーニングが新体操のパフォーマンスに関係することがわかった。その研究のもう一つの特徴がマルチタスク課題によるトレーニングである。渡邊（2017）は、マルチタスク課題によるトレーニングが新体操の手具のキャッチングの成功率向上に関係し、手具との距離感を掴む空間・時間予測能力を養うことができることを示した³⁾。その他、マルチタスク課題によるトレーニングがスポーツパフォーマンスを向上させるという研究は多い^{12) 13) 14) 15) 16)}。これらの研究では、3D-MOT（立体空間内の多物体を追跡する）という高度にプログラミングされたシステムが用いられている。

そこで本研究では、新体操の投げ受けのパフォーマンスに空間・時間予測能力が関係しているということから、本研究ではいくつかのテストを実施し、新体操の投げ受けパフォーマンスにおける空間・時間予測能力の重要性を調査し、空間・時間予測能力のトレーニング開発に向けた基礎データを得ることを目的とした。

方法

1. 使用する手具

本研究で用いた3つの手具「ボール」「リボン」「クラブ」の色は青で統一した。理由は色による進出後退現象を考慮したためである。兄井ら（2003）は、幅跳の跳躍場面において踏切板と踏切板標識の色が異なると、踏切板までの距離が近く見えたり、遠く見えたりする色彩の進出後退現象が生じると報告している。この現象は、踏切板と踏切板標識の色が、黄、白、赤、青、灰、緑、黒の順で踏切板が進出して見えると述べている¹⁷⁾。このことから、手具の色によって視覚による差が出ないように、兄井らの結果の中間色である青色の手具を使用することとした。

2. 測定項目

測定項目は以下の6種目であった。その中の3種目（下記1～3）は新体操の投げ受け能力を調べるものである。2種目（下記4～5）は空間・時間予測能力テストであり、残りの1種目（下記6）は、動作を伴わないマルチタスク課題である。

すべての測定において、被験者には本測定の前に2～3回の練習を行わせた。またすべての時間計測には高速度ビデオカメラを用い、毎秒240コマで撮影した。

①新体操の投げ受け能力テスト

1) スローイングテスト（ボール）

目標に身体を対峙して投げる：前向き（以下T1-Aと記す）（図1）

目標と逆方向に身体を向けて投げる：後向き（以下T1-Bと記す）（図1）

スローイングテストは、前向き・後向きでターゲットにできるだけ近づけるようにボールを投げるテストである。投げる位置からターゲットまでの距離は7mとし、利き手で投げさせた。また5mの高さに印をつけ、被験者には、5m以上の高さでボールを投げるよう指示し、験者が目視し5mの印を超えたか判断した。投げの高さが5m以下の場合はカウントせずやり直すこととした。また、投げ終わったらボールが落下する位置は見せないようにした。各試技後、ターゲットからの距離の誤差（cm）と方向の誤差（度）を計測し、距離・角度情報から前後左右の距離を三角法により算出した。方向の誤差は飛行方向に対する角度を測定した。また、個人内の前後左右の誤差の標準偏差（cm）を求めた（以下個人内偏差と記す）。投げの試行回数は各20回とした。

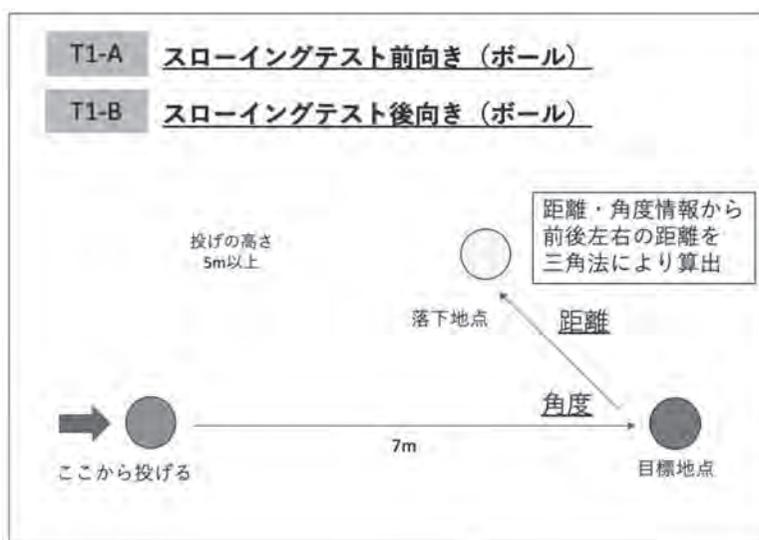


図1 T1-A T1-B（スローイングテスト（ボール））

2) キャッチングテスト（リボン）（以下T2と記す）（図2）

リボンのキャッチングテストでは、験者が10m離れたところから5m以上の高さで被験者に向かってリボンを投げ上げ、被験者がリボン先端にある長さ60cmのスティックの指示された部分で受けられるかを計測した。被験者は6m四方の枠の真ん中に立ち、枠の中に入らなかった投げについては、カウントせずやり直すこととした。また、5mの高さに印をつけ、験者は5m以上の高さでリボンを投げ、験者が目視し5mの印を超えたか判断した。投げの高さが5m以下の場

合はカウントせずやり直すこととした。要求された課題はスティックの先端と手を握った際の小指側下部を一致させるものであり、その誤差を0.5cm単位で計測した。手からスティックがはみ出す方向を（+）、逆にスティックの先端が手の内に収まる方向を（-）とした。また、誤差の個人内偏差（cm）を求めた。試行回数は20回とした。

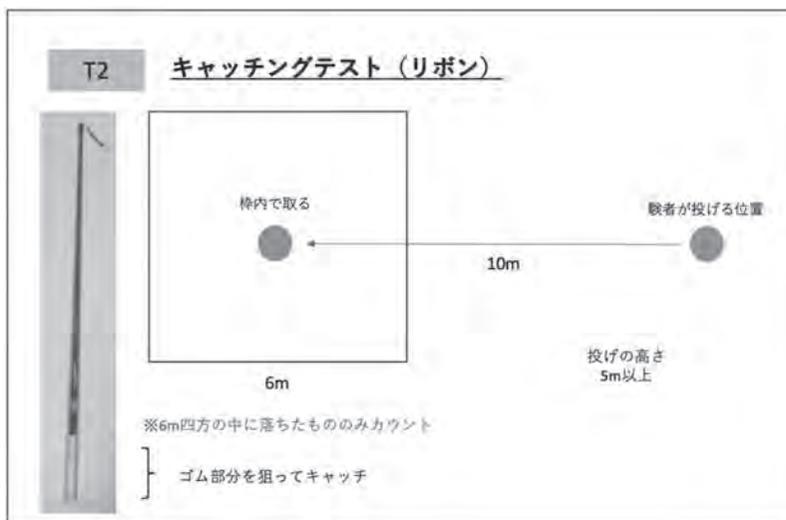


図2 T2（キャッチングテスト（リボン））

3) キャッチングテスト（クラブ）（以下T3と記す）（図3）

クラブのキャッチングは、被験者自身がクラブを投げ上げ、キャッチできる確率をテストした。クラブを投げた際に、前後1m以上投げがずれてしまった場合、カウントせずやり直すこととした。また、投げ上げの高さは被験者自身の身長の上2倍以上、回転数は6回転以上とし、この条件に満たないものもカウントせずやり直すこととした。投げ上げの高さ、回転数の判断は験者が目視で判断した。試行回数は25回とした。

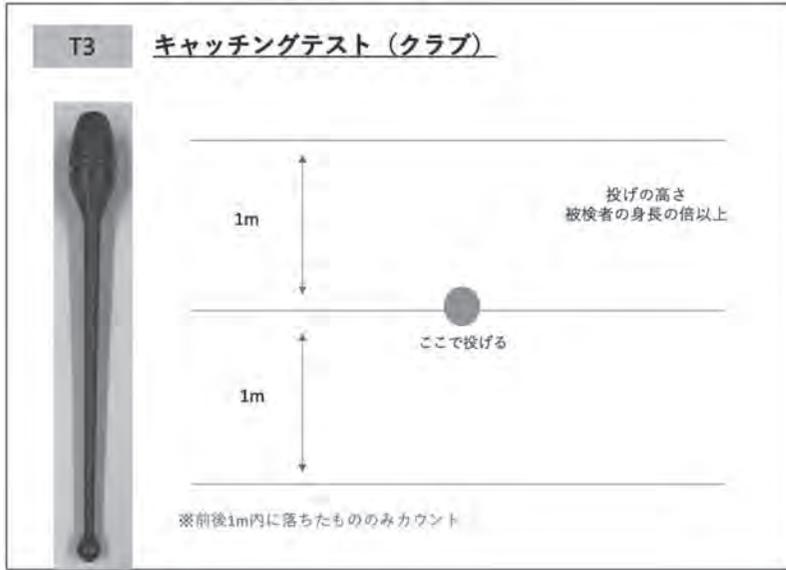


図3 T3 (キャッチングテスト (クラブ))

②空間・時間予測能力テスト

4) 空間・時間予測能力テスト (ボール) (以下T4と記す) (図4)

このテストは、まず体操マット上にターゲットに向かって背を向けて立ち、後ろ向きに頭越しにターゲットに向かってボールを投げる。その後、投げた方向と逆方向に前転をし、立って垂直ジャンプをするものである。このテストに求められた課題は、投げたボールの落下タイミングとジャンプの着地タイミングとを一致させるものである。ボール落下は等加速度運動であり、一定速度の物体にタイミングを合わせるよりも難しく⁷⁾、また、ダイナミックに体を使ってタイミングをコントロールすることはスポーツ場面で多く見られること^{8) 9) 10) 11)}、しかも大筋群を用いたコントロールの難しさ⁶⁾という特徴をこのテストに盛り込んだ。ターゲットまでの距離と投げの条件は、前述のボールのスローイングテスト同様であった。試行ごとにボールの落下位置とターゲットとの距離をメジャーで計測した。これを距離の誤差 (cm) とした。また、ボールの落下とジャンプの着地の時間の差を計測し時間の誤差 (秒) とした。なお、時間誤差はどちらが先か後かを考慮しない絶対誤差と、それらを考慮した時間の誤差の± (秒) に分けて評価した。また、距離の誤差の個人内標準偏差を求め、距離誤差個人内偏差 (cm) とした。ボールの落下とジャンプの着地の時間の誤差の個人内標準偏差を、時間誤差個人内偏差 (秒) とした。投げの試行回数は20回とした。

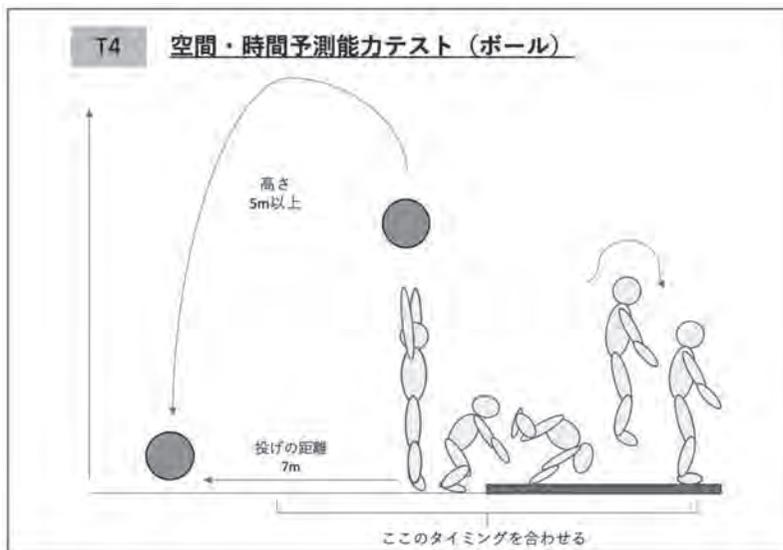


図4 T4（空間・時間予測能力テスト（ボール））

5) 空間・時間予測能力テスト（テニスボール）（以下T5と記す）（図5）

このテストは、落下するテニスボールが床につくタイミングに合わせて、40cmの台の上から跳び降りて着地するタイミングを合わせるものである。T4と同様、等加速度運動であるボール落下にタイミングを合わせる難易度が盛り込まれている。落下するボールと被験者の間には2m20cmのついたてを置き、落下するテニスボールの着地タイミングが見えないようにした。テニスボールは、ついたての反対側にいる験者が4m程度の高さに投げ上げて落下させた。4mの高さに印をつけ、験者は4m程度の高さでテニスボールを投げ、験者が目視し4mの印を超えたか判断した。投げの高さが $4\text{m} \pm 50\text{cm}$ の場合はカウントせずやり直すこととした。各試技後、ボールの落下とジャンプの着地の時間の差を計測した。この時間誤差の評価はT4テストと同様である。試行回数は10回とした。

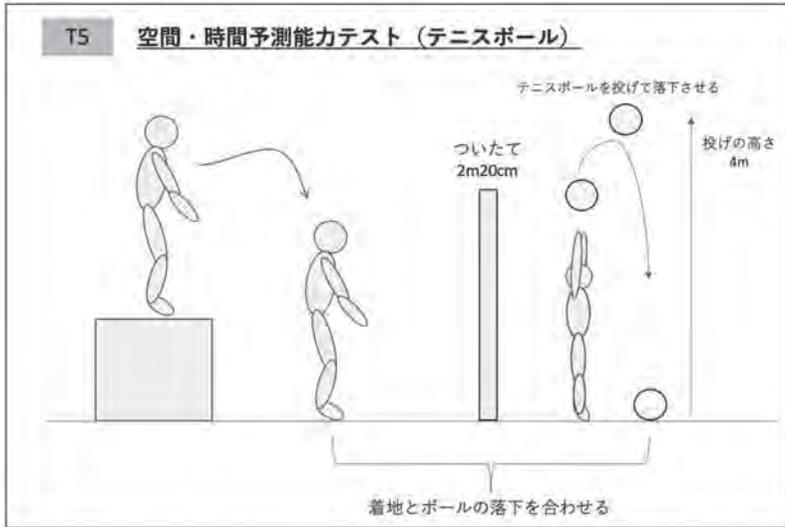


図5 T5（空間・時間予測能力テスト（テニスボール））

③動作を伴わないマルチタスク課題

6) ストループテスト（以下T6と記す）（図6）

このテストは、文字の色と文字の意味が不一致な100文字を提示し、文字の色を読み切るまでの時間を求めるものである。試行回数は1回とした。

T6 ストループテスト

できるだけ速く文字の色を読み上げてください NO3

きいろ	あか	みどり	きいろ	あお	みどり	あか	みどり	みどり	あお
みどり	あお	あお	きいろ	きいろ	きいろ	あか	あか	きいろ	みどり
あお	みどり	あか	あか	みどり	あか	みどり	あお	きいろ	きいろ
あお	きいろ	きいろ	あお	あか	あお	きいろ	みどり	みどり	あか
あお	あか	あお	みどり	あか	きいろ	あお	あお	きいろ	あか
きいろ	あお	あか	あお	みどり	みどり	きいろ	あお	あお	あか
あか	みどり	みどり	あか	みどり	みどり	みどり	きいろ	あか	みどり
あか	きいろ	きいろ	あか	あお	きいろ	あお	きいろ	みどり	みどり
きいろ	あか	あお	きいろ	みどり	あか	あお	あか	あお	きいろ
みどり	あか	きいろ	あお	きいろ	あお	あか	みどり	あか	あお

図6 T5（ストループテスト）

前述の通り、以上6種目の内、T1-A、T1-B、T2、T3は新体操に関するテスト、T4、T5は空間・時間予測能力を測るテスト、T6はマルチタスクな処理能力を見るストループ効果（後述）のテストである。

T1-A、T1-B、T2、T3の新体操に関するテストは、新体操で実際行われている基本的な技のため、新体操全てのパフォーマンスではないが、新体操のスローイングとキャッチングの評価のために考案したものである。T4、T5の空間・時間予測能力を測るテストは、新体操の技の特徴を取り入れた、新体操向けの空間・時間予測能力テストとして考案したものである。T6においては、唯一の新体操に限らないマルチタスク処理能力を見るテストである。渡邊（2017）は、認知能力を評価するニューロトラッカー初期値と、ストループテストには有意な相関があり、ストループテストとニューロトラッカーは同系統の能力を表す指標であると述べている³⁾ ため、このテストを導入した。

3. 分析方法

すべての項目間の相関を取り、有意な相関関係がみられた結果について因果関係の考察を進めた。

4. 対象

N中学校・高等学校新体操部に所属する中学1年生から高校3年生の女子選手11名を対象とした。N中学校・高等学校新体操部の競技力は、都大会で中レベルであり、週5回程度（平日約3時間、休日約6時間）の練習を行っている。

11名の年齢、身長、体重、競技歴の平均は表1の通りである。

表1 被験者のプロフィール（平均値と標準偏差）

	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	競技歴 (年)
平均	16.0	156	46.5	9.6
SD	1.5	8.7	9.3	3.3

結果

表2、表3は、全被験者11名の平均値および標準偏差を示している。各項目の平均と標準偏差は以下の通りである。

1. T1-A、T1-B（表2）

T1-Aの左右の誤差は平均35.2cm、標準偏差 ± 7.0 cm、T1-Aの前後の誤差は平均82.2cm、標準偏差 ± 38.1 cmであった。T1-Bの左右の誤差は平均45.5cm、標準偏差 ± 15.7 cm、T1-Bの前後の誤差は平均119.9cm、標準偏差 ± 63.2 cmであった。

T1-Aの左右の誤差個人内偏差は平均24.1cm標準偏差 ± 6.4 cm、T1-Aの前後の誤差の標準偏差は平均50.1cm、標準偏差 ± 17.9 cmであった。T1-Bの左右の誤差の標準偏差は平均28.1cm、標準偏差 ± 9.1 cm、T1-Bの前後の誤差個人内偏差は平均79.3cm、標準偏差 ± 32.8 cmであった。

2. T2（表2）

T2の成功率は平均90.9%、標準偏差 ± 8.3 %、T2の距離誤差は平均13.4cm、標準偏差 ± 5.3 cm、T2の距離誤差個人内偏差は平均6.3cm、標準偏差 ± 1.8 cmであった。

3. T3（表2）

T3の成功率は平均72.4%、標準偏差 ± 11.1 %であった。

4. T4（表3）

T4の距離誤差は平均143.6cm、標準偏差 ± 46.2 cm、T4の時間誤差は平均0.30秒、標準偏差 ± 0.25 秒、T4 \pm 時間誤差は平均-0.20秒、標準偏差 ± 0.13 秒であった。

T4の距離誤差個人内偏差は平均81.3cm、標準偏差 ± 25.5 cmであった。T4の時間誤差個人内偏差は平均0.14秒、標準偏差 ± 0.09 秒、T4の \pm 時間誤差個人内偏差は平均0.12秒、標準偏差 ± 0.03 秒であった。

5. T5（表3）

T5の時間誤差は平均0.09秒、標準偏差 ± 0.04 秒、T5の \pm 時間誤差は平均0.07秒、標準偏差 ± 0.04 秒であった。

T5の時間誤差個人内偏差は平均0.06秒、標準偏差 ± 0.03 秒、T5の \pm 時間誤差個人内偏差は平均0.07秒、標準偏差 ± 0.03 秒であった。

6. T6（表3）

T6の時間は平均88.1秒、標準偏差 ± 22.5 秒であった。

表2 T1-A、T1-B、T2、T3各選手のテスト結果平均値および標準偏差

ID	T1-A左右 誤差平均 (cm)	T1-A前後 誤差平均 (cm)	T1-B左右 誤差平均 (cm)	T1-B前後 誤差平均 (cm)	T1-A左右 誤差SD (cm)	T1-A前後 誤差SD (cm)	T1-B左右 誤差SD (cm)	T1-B前後 誤差SD (cm)	T2 成功率 (%)	T2距離 誤差平均 (cm)	T2距離 誤差SD (cm)	T3 成功率 (%)
1	49.2	55.2	42.6	72.2	30.2	36.9	29.2	56.0	100	10.3	6.8	88
2	30.2	55.6	41.8	106.3	24.8	47.6	23.9	62.9	95	20.0	7.4	52
3	37.6	85.8	46.2	168.8	28.2	59.3	27.5	107.7	90	19.3	7.8	68
4	42.8	90.4	77.9	137.0	31.7	52.5	34.1	107.0	95	7.1	4.1	64
5	36.8	119.3	55.5	216.1	24.7	74.4	36.4	96.4	90	7.5	4.9	80
6	26.1	161.8	26.4	117.0	10.4	64.9	15.6	74.0	85	13.9	6.0	80
7	29.6	61.0	28.1	44.4	20.6	36.7	17.5	38.8	100	15.1	7.2	80
8	41.3	43.6	38.2	86.2	31.7	33.4	22.6	76.3	90	11.6	4.3	84
9	33.0	76.2	35.2	77.3	22.0	38.5	24.8	54.5	95	7.4	4.2	60
10	28.9	37.7	66.9	59.2	18.6	26.4	47.6	49.7	70	12.8	7.3	72
11	31.9	118.2	42.0	234.5	22.5	81.0	30.3	149.4	90	22.3	9.5	68
平均	35.2	82.2	45.5	119.9	24.1	50.1	28.1	79.3	90.9	13.4	6.3	72.4
標準偏差	7.0	38.1	15.7	63.2	6.4	17.9	9.1	32.8	8.3	5.3	1.8	11.1

表3 T4、T5、T6各選手のテスト結果平均値および標準偏差

ID	T4距離		T4時間		T4±時間		T4時間		T4±時間		T5時間		T5±時間		T6時間	
	平均	標準SD	平均	標準SD	平均	標準SD	平均	標準SD	平均	標準SD	平均	標準SD	平均	標準SD	平均	標準SD
1	146.4	0.10	80.0	0.09	-0.08	0.11	0.09	0.11	0.09	0.09	0.05	0.05	0.05	0.05	77	
2	103.9	0.18	47.0	0.12	-0.18	0.12	0.05	0.12	0.05	0.03	0.03	0.03	0.06	94		
3	154.4	0.11	71.0	0.09	-0.05	0.14	0.09	0.14	0.09	0.04	0.04	0.04	0.04	97		
4	174.3	0.13	102.3	0.12	-0.10	0.14	0.13	0.14	0.13	0.03	0.03	0.03	0.03	102		
5	203.8	0.17	100.9	0.09	-0.17	0.09	0.14	0.09	0.14	0.06	0.06	0.06	0.07	124		
6	111.3	0.37	61.9	0.05	-0.35	0.10	0.06	0.10	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	78		
7	76.6	0.33	42.6	0.13	-0.33	0.13	0.08	0.13	0.08	0.05	0.05	0.05	0.07	78		
8	161.9	0.10	113.2	0.08	-0.06	0.11	0.15	0.11	0.15	0.12	0.13	0.13	0.16	125		
9	120.5	0.19	94.3	0.27	-0.17	0.15	0.04	0.15	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	58		
10	100.6	0.29	66.1	0.34	-0.29	0.17	0.07	0.17	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	63		
11	226.5	0.45	114.4	0.14	-0.45	0.07	0.06	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.07	73		
平均	143.6	0.30	81.3	0.14	-0.20	0.12	0.09	0.12	0.09	0.07	0.06	0.06	0.07	88.1		
標準偏差	46.2	0.25	25.5	0.09	0.13	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	22.5		

考察

表4は、標準偏差を除くすべての項目の相関マトリックスを示している。表5は、有意な相関関係が認められた項目について示したもので、★★★★が1%水準、★★は2%水準、★は5%水準である。これらの分析結果に基づき、目的に沿った考察していくこととする。

表4 全ての項目の関係 (相関係数)

年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	競技歴 (年)	T1-A前後 調整平均 (cm)	T1-B前後 調整平均 (cm)	T2 成功率 (%)	T2距離 調整平均 (cm)	T3 成功率 (%)	T4距離 調整平均 (cm)	T4時間 調整平均 (秒)	T4±時間 調整平均 (秒)	T5時間 調整平均 (秒)	T5±時間 調整平均 (秒)	T6時間 調整平均 (秒)										
年齢 (歳)	0.797	0.834	0.391	-0.130	0.001	-0.324	0.168	-0.200	0.052	0.270	0.157	0.137	-0.170	-0.133	-0.129	-0.060								
身長 (cm)		0.738	0.125	-0.310	-0.163	-0.359	-0.057	-0.487	0.284	0.099	-0.117	0.102	-0.099	-0.277	-0.341	-0.101								
体重 (kg)			0.270	-0.255	-0.020	-0.058	0.023	-0.455	-0.088	0.059	-0.098	0.056	-0.089	-0.298	-0.186	-0.251								
競技歴 (年)				-0.098	0.091	-0.014	-0.121	-0.073	-0.383	0.198	0.040	0.339	-0.425	-0.087	-0.098	-0.255								
T1-A左右調整平均 (cm)					-0.293	0.332	0.033	0.443	-0.423	0.335	0.438	-0.746	0.750	0.613	0.664	0.411								
T1-A前後調整平均 (cm)						-0.180	0.636	-0.036	0.056	0.059	0.379	0.444	-0.410	-0.075	0.000	0.042								
T1-B左右調整平均 (cm)						0.211	-0.340	-0.336	-0.228	0.333	-0.317	0.282	0.405	0.515	0.212									
T1-B前後調整平均 (cm)							-0.038	0.271	-0.147	0.852	0.156	-0.138	0.206	0.232	0.367									
T2成功率 (%)								-0.076	-0.004	0.057	-0.305	0.291	0.095	0.014	0.155									
T2距離調整平均 (cm)									-0.290	-0.008	0.465	-0.419	-0.469	-0.583	-0.167									
T3成功率 (%)										0.078	-0.008	0.030	0.472	0.520	0.220									
T4距離調整平均 (cm)											-0.077	0.089	0.477	0.514	0.445									
T4時間調整平均 (秒)																-0.992	-0.537	-0.512	-0.540					
T4±時間調整平均 (秒)																	0.531	0.516	0.536					
T5時間調整平均 (秒)																				0.935	0.860			
T5±時間調整平均 (秒)																							0.681	
T6時間 (秒)																								

表5 有意な相関の見られた項目 (★★★★: 1%水準、★★★: 2%水準、★★: 5%水準)

	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	競技歴 (年)	T1-A左右 跳差平均 (cm)	T1-A前後 跳差平均 (cm)	T1-B左右 跳差平均 (cm)	T1-B前後 跳差平均 (cm)	T2 跳差平均 (cm)	T2 成功率 (%)	T2距離 跳差平均 (cm)	T3 成功率 (%)	T4距離 跳差平均 (cm)	T4時間 跳差平均 (秒)	T4±時間 跳差平均 (秒)	T5時間 跳差平均 (秒)	T5±時間 跳差平均 (秒)	T6時間 跳差平均 (秒)		
年齢 (歳)	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★																
身長 (cm)		★★★★	★★★★																	
体重 (kg)			★★★★																	
競技歴 (年)				★★★★																
T1-A左右跳差平均 (cm)														★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★
T1-A前後跳差平均 (cm)						★														
T1-B左右跳差平均 (cm)																				
T1-B前後跳差平均 (cm)													★★★★							
T2成功率 (%)																				
T2距離跳差平均 (cm)																				
T3成功率 (%)																				
T4距離跳差平均 (cm)																				
T4時間跳差平均 (秒)															★★★★					
T4±時間跳差平均 (秒)															★★★★					
T5時間跳差平均 (秒)																★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★
T5±時間跳差平均 (秒)																	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★
T6時間 (秒)																				★

1. T5の時間誤差平均とT6の時間との相関（図9）

T5の時間誤差平均とT6の時間が1%水準で相関が認められた。

T5では、テニスボールがどれくらいの速さで落下するかを予測しながら体を動かさなければならず、同時に予測と体の反応という2つの処理をしなければならない。T4の項目で述べたように、ボール落下は等加速度運動⁷⁾、体を使ってタイミングをコントロールすること^{8) 9) 10) 11)}、大筋群を用いたコントロール⁶⁾という難しさをこのテストに盛り込んだ。藤島ら（1999）は、タイミング反応は外的事象に対する速度や距離の認知（分析、見積り）、自己の身体の全体または一部に対する定位変化の認知（分析、見積り）及び課題解決に要求される身体の全体的、部分的な運動発現のための筋肉の調整、総合作用等が必要であると述べている¹⁸⁾。

T6は、文字の意味と文字の色の2つの情報を提示することにより、識別能力を測るものとして開発された。ストループ現象とは、心理学者ジョン・ストループによって提唱された概念で、複数の情報が提示されると、それぞれの情報が干渉しあうため、認識と区別に多くの脳の処理時間が必要となるというものである。また、渡邊（2017）は、認知能力を評価するニューロトラッカー初期値と、ストループテストには相関関係があり、ストループテストとニューロトラッカーは同系統の能力を表す指標であると述べている³⁾。

以上のことから、このT6とT5の能力は、1つの単純課題ではなく、マルチタスクな処理能力が必要という面が共通している点で相関が認められたと考えられる。また、成績が悪かった3名の被験者の年齢と競技歴は、12歳・9年、16歳・9年、18歳・12年とばらつきがあり、年齢や競技歴といった第3の要因は影響していないと言える。

T6とT5の処理が相関しているということは、これらの能力がスポーツパフォーマンスと関わる可能性を示唆するものであり、独自にトレーニングする必要があると考えられる。

見えないものに対する予測が上手い人をただ「感覚がいい」という言葉で片付けるのではなく、タイミングコントロールが得意な選手ほど頭の中で同時に行われる情報処理が優れているということが示唆された。新体操では、手具を手で受けるだけでなく、手以外で押さえたり、手具が見えない状態で受けたりと、予測やタイミングコントロールはかなり重要であり、少しでもその予測やタイミングがずれると手具を落してしまう。そのため、T6のような2つの情報が同時に提示されるようなマルチタスク的トレーニングを積むことが空間・時間予測能力の向上に役立つのではないかということが示唆された。

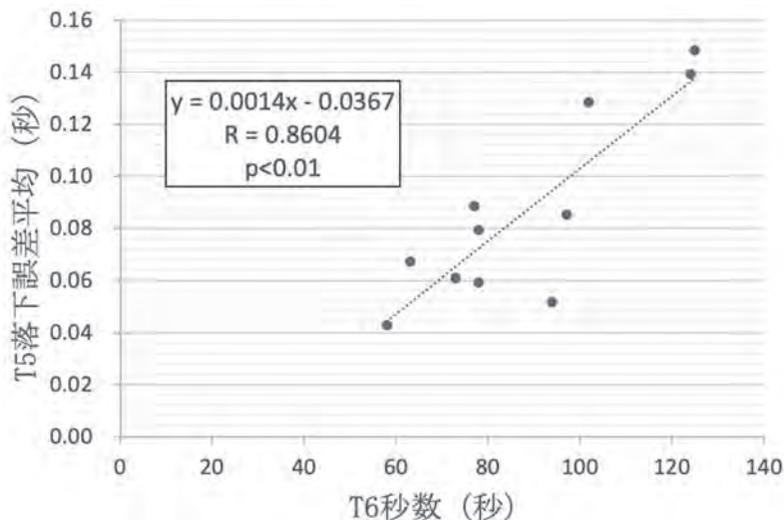


図9 T5落下誤差（空間・時間予測能力（テニスボール））とT6秒数（ストループ）の相関

2. T1-Aの左右誤差平均とT5の時間誤差平均との相関（図10）

T1-Aの左右誤差平均と、T5の時間誤差平均との間に5%水準で相関が認められた。しかし、T1-Aの前後の誤差、T1-Bの前後および左右の誤差とは相関しなかった。

まず、T1-A、T1-Bにおける7m離れたところに投げるという条件は、新体操では投げられた手具を受け手が移動しないで受けると減点されないため、正確にターゲットに投げる力が要求される。手具を相手に投げる際（これを交換という）、相手との距離が6m以上あると加点されるため、このようなルールから実験の規定を決定し、1メートルの余裕を持ち7mとした。なお、手具の高さのない投げはダイナミックでないとみなされ減点されるという新体操のルール上から5m以上の高さで投げることにした。この投げの距離、高さは演技にも取り入れられている距離であるため、被験者にとっては慣れている距離と高さの投げである。また、投げ終わったらボールが落下する位置は見せないようにしたのは、自分が今どこに投げたかという外的フィードバックをさせず、投げの正確性を検証するためであった。複数回試技の理由は、修正能力の測定ではなく、投げの誤差の平均と、誤差の傾向（前後誤差か左右誤差か、誤差の出現傾向）を調べるためである。前向き・後向きでテストを実施するのは、ターゲットが見える状態で投げるのと、見えない状態で投げるのと違いが生まれるからである。新体操では、投げる相手が見えない状態、または手具が身体から離れる瞬間が見えない状態で投げると加点されるため、後向きで投げる動作は新体操にとって重要である。

次に、T5では、上記で述べたとおりテニスボールがどれくらいの速さで落下するかを予測しながら体を動かさなければならず、同時に予測と体の反応という2つの情報処理をしなければならない。なぜ、このT5の時間誤差平均が、T1-Aの左右誤差平均と相関したのか考察する。

まず、T1-A、T1-Bの前後と左右の誤差の関係を見たが、相関関係は認められなかった。このことから、前後にずれてしまうエラーと、左右にずれてしまうエラーは性質が異なると言える。投げの前後の誤差というのは、力を入れすぎると長くなり、逆に弱いと短くなる、力加減による誤差が大きいと考えられる。しかし、左右の誤差というのは、手のひらの角度、体の向き、真っ直ぐ押し出す感覚が重要となる。

また、T1-A、T1-Bの前後の誤差は5%水準で相関が認められ、左右の誤差に関しては相関は認められなかった。石垣（1986）はボール投げに対する周辺視野制限の影響は方向性に影響があり、距離への影響はなかった。と述べており、このことは、方向の正確さには視覚が必要不可欠であることを示している¹⁹⁾。このことから、前後の誤差=距離のコントロールの誤差はターゲットが見えていても見えなくても同じようにずれやすいが、左右の誤差=方向のコントロールの誤差はターゲットが見える状態と見えない状態で差があり、左右の誤差は視覚によって大きく差異があることがわかった。このことから考えると、投げの左右のコントロールは前後のコントロールより、環境に影響を受けやすく複雑であり、力ではなく身体の精密な調整能力を求められるのではないかと考える。投げを正確に行う動作というのは、ただ単に身体を動かし物体を放てばよいのではなく、ターゲットまでの距離を認知し、それに合わせて身体を動かし、タイミングよくボールを放つという、様々な総合作用が必要である。

上記でも述べたように、タイミング反応は外的事象に対する速度や距離の認知（分析、見積り）、自己の身体の全体または一部に対する定位変化の認知（分析、見積り）及び課題解決に要求される身体の全体的、部分的な運動発現のための筋肉の調整、総合作用等が必要であると述べられている¹⁸⁾ことから、図10の2つのテストは関係していると考えられた。そこで両者の相関をとって見たところ、図10のように5%水準で相関関係が認められた。従って、先に述べた投げを正確に行う動作とタイミングコントロールは、関係していることが示唆された。また、図9で述べた年齢や競技歴といった要因はここでも影響していなかった。

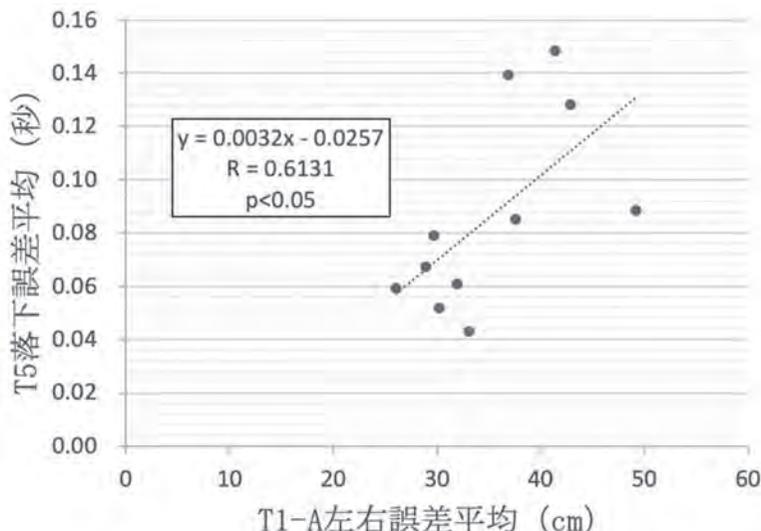


図10 T1-A左右誤差平均（スローイング前向き）と
T5落下誤差平均（空間・時間予測能力（テニスボール））の相関

3. T1-Aの左右誤差平均とT4の誤差平均との相関（図11）

T1-Aの左右誤差平均とT4の誤差平均との間に1%水準で相関が認められた。本来ならば、同じ能力を見るT5と同じような結果となると予想していたが、T5の結果とは正反対であり、T4の時間誤差が少ないほどT1-Aの左右のズレが大きいという結果となった。新体操は手や手以外の体の部位で投げたい場所に正確に投げ、そのためには手具をいつどのように放つのかタイミングコントロールが必要である。また、受ける際には手具が落ちてくるタイミングに合わせてその位置に受ける身体部位を合わせるという行為が必要となる。落ちてくる手具がどれくらいのタイミングで取りたい場所に落ちてくるのか空間と時間の予測をすること、そしてその予測に反応して身体を適切に反応させることが大事である。T4、T5のテストはこれらのことを考慮して、新体操の技の特徴を取り入れた、新体操向けの空間・時間予測能力テストとして考案したものである。しかし、今回なぜこのように同じ能力を見るT4とT5が正反対の結果となったか考察をする。

T5は、投げ上げられたボールに対して、途中からついたてで見えなくはなるが、ついたて以上に上がったボールを見て落下のタイミングを予測し、何も動作せず落下と着地のタイミングを合わせるテストであった。

しかしT4は、自分が投げたボールがどれくらいの速さで落ちてくるのか見ないで予測し、なおかつ前転ジャンプをしてからタイミングを合わせるという、より高度な空間・時間予測能力を問われるため、T5より難易度が高い。しかもT4の±時間誤差の個人の平均値を見てみると、全員が投げたボールに対して平均的に遅れて着地をしていることがわかる（表3）。逆に、T5の±時間誤差の個人の平均値を見てみると、全員が投げたボールに対して平均的に早く着地をしてい

ることがわかる（表3）。このことから、T4とT5のテストは今回同じ能力を見るテストではあったが、空間・時間予測能力を測るにはまだ検証が必要であり、改善の余地があることがわかった。

今回の被験者にとってT4はかなり難題であったが、T4、T5のような空間・時間予測能力テストは被験者のレベルに合わせてテストを単純化させる、または難易度を上げるなど改善すると、レベルに合った空間・時間予測能力を測ることができるのではないかとということが示唆された。

また、T5が全員投げたボールに対して平均的に早く着地しており、なぜ人はこのような課題で早めに行動を起こすのかということは大変興味深い。今後、異なるテストの考案、異なるグループ、例えば子ども、高齢者、一流競技者など、の被験者を増やし検証していくことで人間のタイミングコントロールの情報を得て、スポーツだけでなく一般人にも使える空間・時間予測能力テストとなり得るのではないかと考えている。

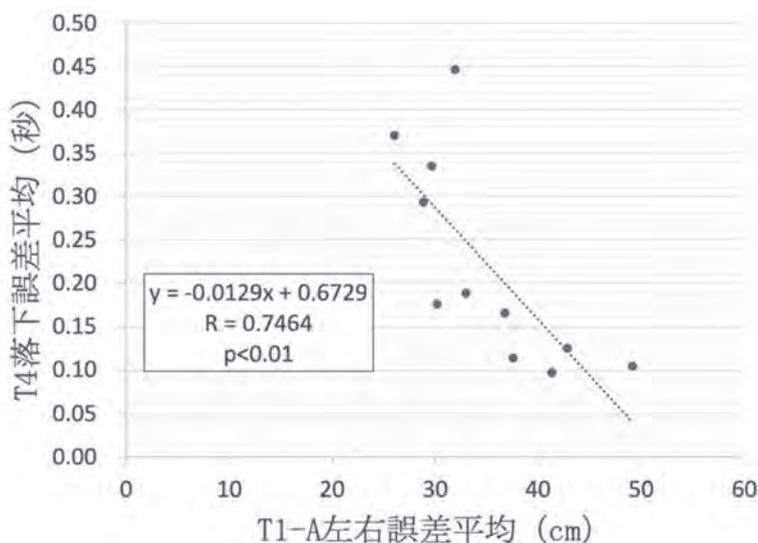


図11 T1-A左右誤差平均（スローイング前向き）とT4落下誤差平均（空間・時間予測能力（ボール））の相関

4. T2およびT3の成功率について

T2の成功率の個人の結果を見ると、テスト自体に問題があったと考えられる（表2）。まずT2は験者から投げ上げられたリボンを受けるだけの課題であったため、殆どが90%以上の確率で成功したかなり簡単な課題となっていた。またT3においては、全てのテスト項目において相関は見られなかった。これは、自分自身で投げて受けるテストであったため、個人で投げの高さや回転数に差が出てしまったことが問題だったと考える。この結果から、T2、T3の成功率を測るキャッチングテストとして相応しくないテストであり改善が必要と考えられる。

結論

本研究では、新体操の投げ受けパフォーマンスにおける空間・時間予測能力の重要性を調査し、空間・時間予測能力のトレーニング開発に向けた基礎データを得ることを目的とした。

本研究の結果から、

1. 新体操の投げパフォーマンスの左右の調整において、空間・時間予測能力が重要で有ることが示唆された。
2. 新体操の受けパフォーマンスにおいては、テストの改善が必要となり、本研究では空間・時間予測能力の重要性を示すことができなかった。
3. 空間・時間予測能力、タイミングコントロール能力を鍛えることにより、体の左右バランスの精密な調整能力を向上させることが示唆された。
4. マルチタスク的トレーニングが空間・時間予測能力を向上させる可能性が示唆されたため、技術練習とは独立してマルチタスクな処理能力を必要とするトレーニングの開発が必要であることが示唆された。

今後の展望

1. テストの改善について

T3のクラブのキャッチングテストに関しては、キャッチング能力を評価するには相応しくないテストとなってしまった。理由は、自分で投げると取りやすいように投げってしまうので、能力差がつかない、すなわちテストにならなかったためである。今後は、自分自身で投げて受けるテストではなく、一定の高さと回転で投げ上げられたものを受けるテストに変更するなど、改善をしていくこととする。また、T2（リボン）のように相手からの投げを受ける場合にも、回転などの動作を一つ以上行ってから受けるなど難易度を上げる課題で研究を進めたい。

T4、T5の空間・時間予測能力テストにおいては、被験者のレベルに合わせたテストにする必要があると考える。すなわち、能力が低い選手（例えばジュニア選手）には単純にし、能力が高い選手（例えば大学トップレベル）には難易度を上げるなど改善の余地が見られた。T4においては、今後は今回よりも競技レベルの高い被験者にテストを行い、T4の有効性と改善点を調査していきたい。T5においては、今回いくつかの新体操の投げ受けパフォーマンステストと相関が認められたことから、テストを発展させていきたいと考えている。今後被験者を増やしスポーツだけでなく一般人にも使える空間・時間予測能力テストとなるよう、研究を進めていきたい。

2. 今後の研究

スポーツでは、運動パフォーマンスを上げるために様々なトレーニングを行う。しかし、身体トレーニングを行っただけではパフォーマンスを上げられるとは限らない。例えば野球で言えば、筋力をつけたからと言ってホームランを打てるわけではない。まずボールがバットに当たるよう

になるためには、ボールが飛んでくる位置とタイミングを自分が振るバットの芯に当たるよう予測しなければならない。その予測ができて初めて筋力やパワーが活きてくるのである。本研究で得た知見を踏まえて考えると、新体操に限らずあらゆるスポーツでも、普段競技者が行っている身体トレーニングや技術練習にプラスして、空間・時間予測能力トレーニングを取り入れることが、運動パフォーマンス全体の能力向上に役立つのではないだろうか。

今回は新体操を対象としたが、将来的にはスポーツ全般にスポーツ認知能力のトレーニング開発を行っていきたいと考えている。さらには、先に述べたように超高齢化社会を見すえた対策にまで、研究を拡大して行かれればと考えている。

2020東京オリンピックも見すえ、日本のスポーツ界の競技力向上へ貢献できるよう、空間・時間予測能力トレーニングの開発に力を入れていきたい。

参考文献

- 1) 杉本匡史, 楠見孝: 空間認知能力のメタ認知における加齢変化. 日本認知心理学会発表論文集: 53-53, 2015.
- 2) Perico, C., Tullo, D., Perrotti, K., Faubert, J. and Bertone, A.: The effect of feedback on 3D multiple object tracking performance and its transferability to other attentional tasks. Vision Sciences Society Annual Meeting Abstract, 2014.
- 3) 渡邊奈々: 3次元多物体追跡(3D-MOT)トレーニングが新体操ジュニア選手のクラブの投げ・受けパフォーマンスに与える効果. 日本体育大学大学院修士論文, 2017.
- 4) 渡部和彦: 跳躍パワーのGradingに関する研究(1) -タイミングコントロール条件下-. 体力科学, 33(6): 430, 1984.
- 5) 藤島仁兵, 松永郁男, 丸山敦夫, 高岡治, 鬼塚幸一, 古村溝: KR情報がタイミングコントロールに及ぼす影響について. 鹿児島大学教育学部研究紀要 自然科学編, (50): 109-122, 1996.
- 6) 藤島仁兵, 松永郁男, 丸山敦夫, 高岡治, 鬼塚幸一, 古村溝: 振り子運動の視標に対するいろんな反応方法からみたタイミングコントロールについて. 鹿児島大学教育学部研究紀要 自然科学篇 (50): 47-56, 1998.
- 7) 水落洋志, 森司朗, 中本浩揮, 西蘭秀嗣: 加速・減速を伴う一致タイミング状況における予測的運動制御に関する研究 -ベアリングアングルとの関連-. スポーツトレーニング科学11: 1-6, 2010.
- 8) 井尻哲也, 中澤公孝: 野球のバッティングにおけるタイミング制御: 日本神経回路学会誌 24(3): 124-131, 2017.
- 9) 那須大毅: 野球の投手-打者対戦からみたバッティングの時間構造. 日本神経回路学会誌 24(3): 132-137, 2017.
- 10) 西畑賢治, 天野勝弘: ソフトボールにおける走者の離塁タイミング 投手のリリース時から走者の離塁までの時間. 神戸国際大学紀要 (87): 25-32, 2014.
- 11) BOAT RACE OFFICIAL WEB
https://www.boatrace.jp/owpc/pc/extra/enjoy/guide/jiten/29/y_244.html (最終閲覧日 2018.12.21)

- 12) Faubert, J and Sidebottom, L. : Perceptual-cognitive training of athletes. J Clin Sport Psychol 6: 85, 2012.
- 13) Faubert, J. Professional athletes have extraordinary skills for rapidly learning complex and neutral dynamic visual scenes. Scientific Reports 3, 2013.
- 14) Mangine G.T., Hoffman J.R., Wells A.J., Gonzalez AM, Rogowski JP, Townsend JR, Jajtner AR, Beyer KS, Bohner JD, Pruna GJ, Fragala MS, Stout JR.(2014): Visual tracking speed is related to basketball-specific measures of performance in NBA players. J Strength Cond Res. ;28(9):2406-2414.
- 15) Romeas T, Gulder A and Faubert J (2016): 3D-Multiple Object Tracking training task improves passing decision-making accuracy in soccer players. Psychology of Sport and Exercise 22; 1-9.
- 16) Gabbett, T., Wake, M., and Abernethy, B. (2010): Use of dual-task methodology for skill assessment and development: examples from rugby league. J Sports Sci.; 29(1): 7-18.
- 17) 兄井彰, 伊藤友紀: 色彩の進出後退現象が運動パフォーマンスに及ぼす影響: 走幅跳の助走及び跳躍との関係: 体育学研究 48 (5), 2013.
- 18) 藤島仁兵, 松永郁男, 丸山敦夫, 高岡治, 鬼塚幸一, 古村溝: 振り子運動の視標に対するいろんな反応方法からみたタイミングコントロールについて. 鹿児島大学教育学部研究紀要. 自然科学編 vol.50 : 47-56, 1999.
- 19) 石垣尚男: 周辺視の制限が運動技能に及ぼす影響. 愛知工業大学研究報告A 教養関係論文集21 : 53-59, 1986.

(わたなべなな 國學院大學人間開発学部健康体育学科助手)

(あまのかつひろ 環太平洋大学客員教授)