

## ノービスによる身体スキル獲得：身体動作の安定性と 着眼点からの検討

### Analysis of Motor Skill Acquisition by Novice Jugglers: Investigation of Stability of Participants' Body Movements and Their Intentional Focuses in Practice

市川 淳<sup>†</sup>, 三輪 和久<sup>†</sup>, 寺井 仁<sup>‡</sup>  
Jun Ichikwa, Kazuhisa Miwa, Hitoshi Terai

<sup>†</sup> 名古屋大学大学院情報科学研究科, <sup>‡</sup> 名古屋大学大学院情報科学研究科/JST CREST  
<sup>†</sup> Graduate School of Information Science, Nagoya University

<sup>‡</sup> Graduate School of Information Science, Nagoya University/CREST JST  
ichikawa@cog.human.nagoya-u.ac.jp

#### Abstract

We investigated the establishment of stable body movements in each of the learning stages defined by the Beek and van Santvoord (1992) framework. In addition, we investigated participants' verbal reports about what was intentionally concerned for achieving optimum learning in practice. In the experiment, novices practiced three-ball cascade juggling over a period of one week. The result revealed that the skills for establishing stabilities of torso movement and arm swing were acquired sequentially. Additionally, we found that the participants who did not develop beyond Stage 1 (by 10 successive catches) trained themselves while focusing on their specific physical movements.

**Keywords** — Skill acquisition, Three-dimensional motion recording, Verbal reporting

#### 1. はじめに

スキルは、経験や訓練によって獲得される課題解決能力のことである[1][2]。その中でも、スポーツや伝統工芸で要求されるのは、訓練によって身体動作として獲得されたスキル[3]である（以下、身体スキルと呼ぶ）。情報技術の発達により高い精度の測定技術、解析技術が実現され、身体スキルに関する研究は新たな局面を迎えている。

身体スキル研究における主な実験方法としては、熟達者（エキスパート）と初学者（ノービス）における課題遂行中の身体動作を比較検討する方法がある。また、ノービスが熟達してゆく過程を観察する方法もある。後者では、運動パターンが無秩序な状態から秩序ある安定した状態へ遷移する自己組織化が着目されている[4]。一方で、認知的科学的観点から身体スキル獲得における思考、着眼点の変化を捉える試みも行われており、身体ス

ル研究は学際的な発展が期待されている[3]。

本研究では、身体スキル獲得の課題として3ボールカスケードを取り上げる。3ボールカスケード（以下、カスケードと呼ぶ）は、ボールジャグリングのなかで最も基本的な身体スキルとされている。カスケードは、(1)~(5)で構成される[5]。

- (1)（右投げの場合）右手に2つ、左手にボールを1つ持つ
- (2) 右手にあるボールの1つを左手に向けてトスする
- (3) ボールが左手に落ちてきたら、その内側を通すようにして左手にあるボールを右手に向けてトスする。落ちてくるボールはそのまま左手でキャッチする
- (4) 左手からトスしたボールが右手に落ちてきたら、同じように右手のボールを内側に通して左手に向けてトスする。落ちてくるボールはそのまま右手でキャッチする
- (5) 同じように落ちてくるボールの内側を通してトスし、これを交互に繰り返す

カスケードの遂行には、周期的な運動、具体的には、ボールを投げる「トス」とボールを受け取る「キャッチ」の周期的な運動が要求される。このような周期的な運動は多くの身体動作に共通して現れ、身体スキル全般を支える基盤的運動の1つであると考えられる。

Beekら[6]は、自己組織化によるカスケードの熟達段階として、3段階で構成される学習 Stage を提唱した。Stage 1は、カスケードに要求される動きを理解する段階であり、ボールの軌道と身体動作が連動していない。ボールの連続キャッチ数でいえば10回程度しかできない段階に対応する。続いて、Stage 2では50回程度、さらに Stage 3では100回以上の連続キャッチができるようになる[7]。この Stage 2と Stage 3では、単に連続キャッチ数が異なるだけでなく、ボール保持率に特徴的

な差異がある。ボール保持率とは、一方の手でトス（あるいはキャッチ）してから、同じ手において再度トス（あるいはキャッチ）するまでの時間に対する、ボールを保持している時間の割合である。Beekら[6]によれば、Stage 2では、連続キャッチ数の増加に対しても、ボール保持率が75%程度に維持され、その時期が一定程度継続するとされる。その状態から、ボール保持率のさらなる減少が始まると Stage 3に移行する。そして、5つのボール、7つのボールを用いたジャグリングができると、エキスパートに至ると考えられる。

カスケードのような周期的な運動では、自己組織化を達成するうえで、身体動作の安定性が鍵となる。本研究では、カスケードに要求される動きを理解したと考えられる Stage 2 からエキスパートの各熟達段階に焦点をあて、身体動作の安定性に関する検討を行う。本研究では、身体動作の安定性を以下の2つの観点から捉える。1つ目は、「身体を中心を動かさずにカスケードが行われること」で、これを「体幹」の動きの安定性とする。2つ目は、「腕の振りにおける、安定した周期的な運動によりカスケードが行われること」で、これを体幹の動きに対する「上肢」の動きの安定性とする。カスケードでは、これらの体幹と上肢、双方の動作の安定性の確立が要求されると考えられる。

体幹の動きについては、カスケードと同様に周期的な運動が要求される歩行において、胸部や重心に着目して、ぶれの少ない安定した運動について議論されている[8][9]。ここでは、体幹の動きは、歩行全体の動きの安定性に影響があると考えられている。また、上肢の動きについては、歩行[8]や、カスケードと同様に対象物（ボール）の操作が要求されるテニスのストローク[4]において、体幹の動きに対して上肢の運動がどのように遂行されるのか、さらに後者では、同じストロークの繰り返しが必要される際に、上肢の運動がどのような収束をみせるのかに関して議論が行われている。本研究では、前者を「胸」の動きの安定性によって、後者をボールのトスとキャッチを実行する手の平に直結する「手首」の動きの安定性によって、それぞれ評価する。

本研究では、これらの体幹の動きの安定性と上肢の動きの安定性が、Beekら[6]が定義した学習 Stage のどの段階で確立されるのかを、エキスパートも含めて明らかにする。この目的に関連して、以下のリサーチ・クエスチョンを設けて実験的に検討を行う。

- 熟達段階が異なるジャグラー間で、体幹の動きの安定性と上肢の動きの安定性はどのように異なるのか (RQ1)

Wickstrom[10]は、打動作全般の身体スキル獲得過程において、最終段階で体幹の回旋と上肢の回旋による一連の動きが定まると主張した。この場合、体幹と上肢、双方の動作がともに確立されることで、一連のフォームが構築されることを示唆する。一方で、小児歩行においては、中枢神経系の制御に伴い、体幹の動きが確立されてから下肢の動きが確立される[8]とされ、両者の動きが段階的に確立されることを意味する。RQ1に関しては、このように体幹の動きの安定性と上肢の動きの安定性が同じ熟達段階で確立されるのか、あるいは、異なる熟達段階で確立されるのかを検証する。

さらに、古川ら[3]は、身体スキル研究を発展させるために、運動計測によって得られた客観的な定量データと、言語報告から得られた主観的な定性データの両観点から議論する必要性を訴えている。このことから、運動計測と言語報告から身体スキル獲得について議論することには意義があると考えられる。一方で、これまで身体スキル獲得に関して、運動計測と言語報告の双方から検討した研究はほとんどみられない。そこで、カスケードの身体スキル獲得に関する言語報告から以下の RQ2 についても議論を行う。

- 各熟達段階に達したジャグラーは、言語表現できるレベルで何に着目して練習を行っていたのか (RQ2)

本研究では、カスケードの身体スキル獲得において身体動作の安定性と同様に、各熟達段階で着眼点にどのような特徴が表れるのかについて検証する。

## 2. 実験方法

### 2.1 参加者

大学生、及び大学院学生11名（男性、平均20.3歳）が実験に参加した。彼らは全員、ジャグリング未経験者で右投げである。さらに、エキスパートとして、大学のジャグリングサークルに所属する大学生、及び大学院学生3名（男性、平均20.0歳）が実験に参加した。彼らは全員5ボールジャグリングを習得している。

### 2.2 手続き

実験は、7日間にわたって実施された。ただし、エキスパートは既にカスケードを習得しているため、7日目のみ実験に参加した。1日目に、参加者はジャグリング専用ボール3個を受け取った。加えて、補助資料として、参加者には投げ方について図解された解説シートと、エキスパートによるカ

スケードの映像が入ったDVDが配布され、参考にするよう指示を受けた。ただし、補助資料は練習時のみ利用することができ、提供された補助資料以外を参考にすることは禁止された。そして、初日から6日目まで、1日最低60分、各自で練習するよう指示された。

進捗状況を確認するために、1日目と4日目、7日目に、連続でボールをキャッチできた回数を測るパフォーマンス測定を実施した。パフォーマンス測定では、足下に区切られた縦70cm×横70cmの枠内でカスケードを行い、1日目と4日目は5試行、7日目は原則10試行、最大15試行実施した。なお、エキスパートを対象とした測定では、30秒間のカスケードを1試行として5試行行った。

パフォーマンス測定後、参加者は半構造化インタビューを受けた。インタビューでは「身ぶり手ぶりやボールを使って説明してもかまいません。現段階でカスケードの連続キャッチを続けるうえで特に重要であると考えられるポイントは何ですか。詳しく報告して下さい」という質問をした。報告が少なく、実験者が内容を理解できない場合は、「もう少し、その点について詳しく報告して下さい」等、より詳細な報告を促した。

そして、7日目に、練習全体を通して獲得された身体スキルを定量的に評価するために、カスケード実行時の身体動作を3次元モーションキャプチャで計測した。計測にあたって、左右の手首、肘、肩、そして胸計7か所に反射マーカ―が取り付けられた。これらの反射マーカ―の動きを、参加者を囲むように設置された赤外線カメラ9台(NAC製、Hawk:5台; Hawk-i:4台、サンプリング周波数:100Hz)で捉えた。3次元モーションキャプチャによって、床を原点とした各身体部位の位置を、3軸方向(奥行方向、水平方向、垂直方向)で記録した。

### 3. 実験結果

#### 3.1 パフォーマンス

1日目と4日目、7日目に実施したパフォーマンス測定における参加者ごとのベストパフォーマンスから、パフォーマンス向上の差が参加者間で非常に大きいことが確認された。例えば、最終的にパフォーマンスが最も高かった参加者は、7日目の連続キャッチ数が354回であった(1日目:19回;4日目:101回)。一方で、パフォーマンスが最も低かった参加者は、7日目の時点で7回しかできなかった(1日目:6回;4日目:7回)。

次に、Hashizumeら[7]の知見を参考に、ノービスの参加者を以下の3つのグループに群分けを行っ

た。7日目に連続キャッチ数が100回以上できるようになった Stage 3 到達群 (4名,  $M = 266$ )、続いて50回程度できるようになった Stage 2 到達群 (3名,  $M = 42$ )、そして、10回程度しかできなかった Stage 1 群 (4名,  $M = 9$ ) の計3群である。以降では、この各 Stage 到達群ごとに分析を実施する。

図1は、各 Stage 到達群におけるベストパフォーマンスの平均値の推移である。横軸は測定日、縦軸はベストパフォーマンスの平均値である。ただし、縦軸は10を底とする対数目盛である。ここで、Stage 要因 (Stage 2 到達群, Stage 3 到達群, エキスパート群) を被験者間要因、測定日要因 (1日目, 4日目, 7日目) を被験者内要因とする2要因の分散分析を行ったところ、Stage 要因と測定日要因でそれぞれ主効果が確認された (Stage 要因:  $F(2, 8) = 17.24, p < .005$ ; 測定日要因:  $F(2, 16) = 9.67, p < .005$ )。さらに、Stage 要因と測定日要因の交互作用が有意であった ( $F(4, 16) = 5.89, p < .005$ )。交互作用が有意であったので、各 Stage 水準における測定日要因についての単純主効果検定を行ったところ、Stage 3 到達群のみ有意であった (Stage 1 群:  $F(2, 16) = 0.01, n.s.$ ; Stage 2 到達群:  $F(2, 16) = 0.58, n.s.$ ; Stage 3 到達群:  $F(2, 16) = 20.86, p < .001$ )。Ryan 法を用いた多重比較の結果、Stage 3 到達群において、7日目のパフォーマンスは4日目よりも、4日目のパフォーマンスは1日目よりも有意に高かった ( $MSe = 2617.59, p < .05$ )。

また、各測定日水準における Stage 要因の単純主効果検定を行ったところ、4日目と7日目において有意であった (1日目:  $F(2, 24) = 0.10, n.s.$ ; 4日目:  $F(2, 24) = 6.98, p < .005$ ; 7日目:  $F(2, 24) = 24.17, p < .001$ )。Ryan 法を用いた多重比較の結果、4日目と7日目において Stage 3 到達群は、Stage 1 群や Stage 2 到達群よりも有意にパフォーマンスが高かった (4日目:  $MSe = 2904.01, p < .05$ ; 7日目:  $MSe = 2904.01, p < .05$ )。

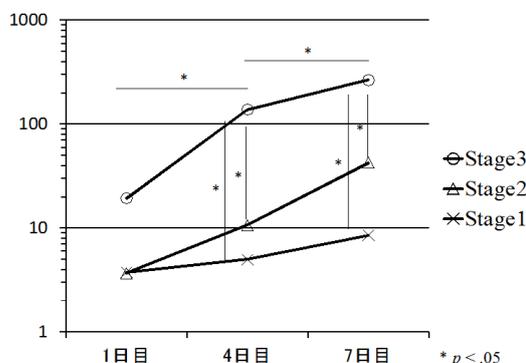


図1 各 Stage 到達群におけるベストパフォーマンスの平均値の推移

## 3.2 身体動作の安定性

### 3.2.1 分析手続き

身体動作の安定性に関して、以下の2つの指標を用いた分析を行う。分析上の便宜から、手首の上下運動の最下点を「谷点」と定義し、最上点を「山点」と定義して、両点のタイミングにおける(1)胸の位置、(2)手首の位置を求めた。谷点は、トスに関連する運動の、山点はキャッチに関連する運動の、それぞれにおける特徴点である。

まず、「体幹」の動きの安定性を、「身体の中心を動かさずに、絶対的に同じ位置でカスケードが行われること」と定義し、(1)床を原点とする胸の絶対的位置のばらつきを示す標準偏差を用いて評価する。続いて、「上肢」の動きの安定性を、「身体の中心である、胸から相対的に同じ位置でトスとキャッチが行われること」と定義し、(2)胸を原点とする手首の相対的位置のばらつきを示す標準偏差を用いて評価する。

Stage 2 到達群、Stage 3 到達群、及びエキスパート群に関しては、定常化した身体動作の安定性を分析することを試みた。そのため、谷点については、カスケード開始から3つ目のボールが最初にキャッチされた直後の谷点までを定常状態に達する以前の初期状態の影響が現れる範囲とみなし、分析から除外した。それ以降、左右の手における谷点、各6点計12点を分析範囲として、それぞれ2つの指標により身体動作の安定性を求めた。山点についても、同様の分析を行った。なお、Stage 1 群については、連続キャッチ数が少なく、上記の条件を満たすことができなかつたため、最初のトスから最後のキャッチまでを分析範囲とし、その範囲内にある谷点、山点全てを対象に同様の分析を行った。また、Stage 1 群の4名中2名については、分析条件を満たす試行がなかつたため分析から除外した。

原則として、各参加者のベストパフォーマンスを記録した1試行を対象に分析を行った。ただし、分析範囲において、谷点と山点の両点における各身体部位の位置の計測に欠損があつた場合は、セカンドベスト、あるいはサードベストの試行を用いた分析を行った(具体的には、セカンドベストを用いた参加者はStage 1 群で1名、Stage 2 到達群で1名、さらにサードベストを用いた参加者は、Stage 2 到達群で1名であつた)。

### 3.2.2 分析結果

分析結果を図2、図3に示す。どちらのグラフも横軸は各 Stage 到達群、縦軸は位置のばらつきを

示す標準偏差の平均値 (mm)、エラーバーはその標準誤差を表す。なお、Stage 1 群は分析基準が他の群と異なることから参考値とし、Stage 2 到達群、Stage 3 到達群、及びエキスパート群の3水準で分散分析を行った。

まず、上肢の動きの安定性に関しては、手首の位置のばらつきにおいて、Stage 要因 (Stage 2 到達群、Stage 3 到達群、エキスパート群) を被験者間要因、イベント要因 (谷点、山点) を被験者内要因とする2要因の分散分析を行ったところ、Stage 要因とイベント要因でそれぞれ主効果が確認された (Stage 要因:  $F(2,7) = 6.31, p < .05$ ; イベント要因:  $F(1,7) = 26.81, p < .005$ )。さらに、Stage 要因とイベント要因の交互作用が有意であつた ( $F(2,7) = 8.80, p < .05$ )。交互作用が有意であつたので、各 Stage 水準におけるイベント要因についての単純主効果検定を行ったところ、Stage 2 到達群において、山点は谷点と比べてばらつきが有意に大きく、Stage 3 到達群においても同様の傾向が認められたが、エキスパート群ではそのような差異は認められなかつた (Stage 2 到達群:  $F(1,7) = 39.86, p < .001$ ; Stage 3 到達群:  $F(1,7) = 4.17, p < .10$ ; エキスパート群:  $F(1,7) = 0.38, n.s.$ )。また、各イベント水準における Stage 要因についての単純主効果検定を行ったところ、山点のみ有意であつた (谷点:  $F(2,14) = 0.45, n.s.$ ; 山点:  $F(2,14) = 13.46, p < .001$ )。Ryan 法を用いた多重比較の結果、山点において、Stage 2 到達群は、Stage 3 到達群やエキスパート群に比べて有意にばらつきが大きかつた ( $MSe = 43.91, p < .05$ )。なお、図2より明らかなように、Stage 1 群については、他の群よりもばらつきが極めて大きかつた。

次に、体幹の動きの安定性に関しては、胸の位置のばらつきにおいて先程と同様に、Stage 要因を被験者間要因、イベント要因を被験者内要因とする2要因の分散分析を行ったところ、Stage 要因のみで主効果が確認された (Stage 要因:  $F(2,7) = 5.44, p < .05$ ; イベント要因:  $F(1,7) = 0.01, n.s.$ )。また、Stage 要因とイベント要因の交互作用が有意傾向であつた ( $F(2,7) = 3.28, p < .10$ )。Stage 要因に有意な主効果が認められたため、Ryan 法を用いた多重比較を行った結果、Stage 3 到達群はエキスパート群に比べて有意にばらつきが大きかつた ( $MSe = 5.87, p < .05$ )。なお、図3より明らかなように、Stage 1 群については、他の群よりもばらつきが極めて大きかつた。

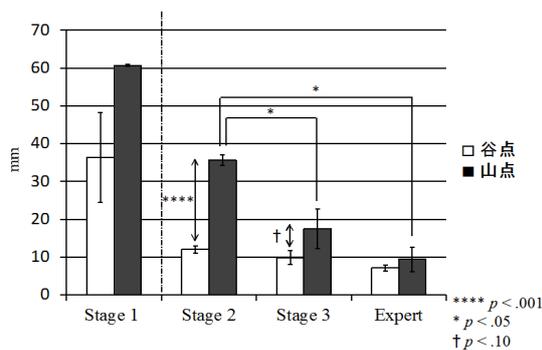


図2 手首の位置のばらつき

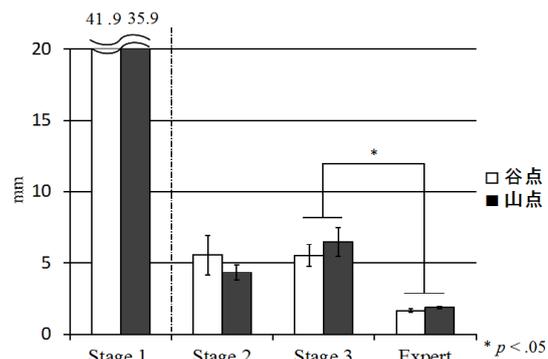


図3 胸の位置のばらつき

### 3.2.3 結果まとめ

3.2.2節より、カスケードに要求される動きを理解したと考えられる Stage 2 到達群からエキスパート群の間で位置のばらつきを比較したところ、手首の動きのばらつきは、Stage 3 到達群やエキスパート群の方が、Stage 2 到達群よりも有意に小さかったのに対し、胸の動きのばらつきについては、Stage 2 到達群と Stage 3 到達群の間で有意差はなく、エキスパート群の方が、Stage 3 到達群よりも有意に小さかった。このことは、上肢の動きの安定性が確立された後に、体幹の動きの安定性が確立されたというように、両者の安定性が異なる熟達段階で向上したことを示唆する。

## 3.3 半構造化インタビュー

### 3.3.1 分析手続き

半構造化インタビューに基づき、ジャグラーは身体スキル獲得において、何に着目して練習を行っていたのかという観点から分析を行う。本分析では、大谷によって提唱された SCAT (Steps for Coding and Theorization) を用いて、言語報告の要素（概念）分類を行う。SCAT は、段階的な手続きを踏むことで、言語報告の背景にある概念の抽出を行う分析手法である。比較的小規模のデータにも有効であるとされており、観察記録や面接記録を始めとした言語データの分析に利用されている。

今回は、先行研究[11]に基づき、身体スキル獲得に向けて練習時にジャグラーが着目していたことの抽出を試みる。言語報告の分析を参加者ごと、測定日ごとに実施したところ、主に3つの要素が抽出された。1つ目は、「身体的要素」である。これは、カスケードを続けるうえでの重要な点として、「肘を動かさない」や「力配分を均等にする」、あるいは「キャッチしやすいところ（手）に向けて投げる」といった、身体に着目した言語報告を表す。

2つ目は、「時間的要素」である。これは、「キャッチのタイミングを一定にする」や、「リズムよく投げる」、あるいは「ボールの滞空時間を長くとる」といった、主に時間に着目した言語報告を表す。そして、3つ目は、「空間的要素」である。これは、「ボールを8の字に動かす」や「視線は前を見続ける」、あるいは「自分の見える範囲でボールを動かす」といった、身体の周囲にある空間に着目した言語報告を表す。

### 3.3.2 分析結果

言語報告の要素分類をまとめた結果を表1に示す。なお、3つの要素のいずれにもあてはまらない場合は「その他」とした。表1より、Stage 1 群では、3回の測定日を通して、全体的に身体的要素が多いことが確認された。一方で、Stage 2 到達群では、1日目と4日目には一部の参加者が身体的要素に言及するものの、最終的には全員、身体的要素に関する報告がなくなったことが確認された。さらに、Stage 3 到達群では、1日目から通して、全体的に身体的要素が少なく、かつ、身体的要素に関する報告を行った場合においても、他の時間的要素、空間的要素について同時に報告を行っている場合がほとんどであった。さらに、エキスパート群については、身体的要素に関する報告が確認されなかった。

以上の結果は、Stage 1 群は他の群よりも、身体的要素に関する報告が多いという点で顕著な差異がみられたことを示す。一方で、Stage 2 到達群、Stage 3 到達群、及びエキスパート群の間では、報告内容に関して、十分な差異を確認することはできなかった。

## 4. 考察

本研究では、RQ1として、熟達段階が異なるジャグラー間で、体幹の動きの安定性と上肢の動きの

表 1 言語報告の要素分類

	参加者	1日目	4日目	7日目
エキスパート群	No.12			空間
	No.13			その他
	No.14			空間 時間
Stage 3 到達群	No.5	空間 時間	空間 時間 身体	空間 時間
	No.7	その他	空間	空間
	No.9	時間	空間	空間 身体
	No.11	空間 空間	身体	身体 空間
Stage 2 到達群	No.1	空間 身体	身体 時間 身体	時間
	No.6	身体 身体	時間 空間	時間
	No.10	空間	空間	時間
Stage 1 群	No.2	身体	空間	身体
	No.3	空間 身体	空間	空間
	No.4	身体 空間 空間	身体	身体 空間
	No.8	空間 身体	空間	身体

安定性の確立がどのように異なるのかを明らかにするために検討を行った。その結果、双方の安定性が同じ熟達段階で確立されるのではなく、異なる熟達段階で、具体的には上肢の動きの安定性は Stage 2 到達群と Stage 3 到達群の間で、体幹の動きの安定性は Stage 3 到達群とエキスパート群の間で向上することが示された。

Haibach ら[12]は、カスケードの身体スキル獲得過程において、両手運動が八の字に収束するだけでなく、胴体における横揺れの範囲が有意に小さくなることを示唆した。前者は、本研究における上肢の動きであり、後者は体幹の動きに関する議論に対応するといえる。しかし、Haibach ら[12]では、ジャグラーの熟達段階を、Stage 2 と Stage 3 といったように先行研究に基いて分けていないため、どちらの安定性が先に確立されるのかに関する議論ができない。本研究では、同じカスケードの維持でも、Stage 2 到達群と Stage 3 到達群、及びエキスパート群の間で身体動作の安定性に特徴的な差異があり、かつ安定性の確立に上肢から体幹へ進むという順序性をもつ可能性を示唆した。

次に、RQ2 に関連して、特に Stage 1 で停滞していた参加者は、身体部位に着目して練習を行っていたことが確認された。Stage 1 はカスケードに要求される動きを理解する段階であるため、身体

の動きに関する報告が多くなったと考えられる。一方で、Stage 2 到達群以降では、カスケードに要求される動きについての理解が進んだため、身体以外に着目できるようになった可能性がある。

Polanyi[13]は、外界にある物に対して何かを行うスキルが要求された際に、身体（近位項）ではなく外界にある物（遠位項）に注意を向けて、その状態から身体感覚が得られると述べている。このことを踏まえると、Stage 2 到達群以降の参加者は、手や肘といった近位項である身体部位ではなく、リズムやボールの軌道といった遠位項である身体以外に着目することで、カスケードの維持を実現する身体動作の調整が可能になったのかもしれない。

古川ら[14]は、思考と身体動作が互いに影響し合うことで身体スキル獲得が実現されると主張する。この点に関して、本研究では、練習時における着眼点と身体動作の安定性の双方から分析を行っているが、両者のインタラクションについては明らかではない。意識的な着眼点と身体動作の安定性を同時に捉え、そのインタラクションを議論するための方法論の検討が今後の課題として挙げられる。

## 5. むすび

本研究では、カスケードの身体スキル獲得において、体幹の動きの安定性と上肢の動きの安定性が、どの熟達段階で確立されるのかを明らかにするために、エキスパートも含めて Stage 到達群ごとに身体動作の安定性を比較検討した。加えて、身体スキル獲得に向けて、どのようなことに着目して練習を行っていたのかに関する言語報告についても比較検討を行った。その結果、(1) 体幹の動きの安定性と上肢の動きの安定性が確立される熟達段階が異なること（具体的には、上肢の動きの安定性は、Stage 2 到達群と Stage 3 到達群の間で、体幹の動きの安定性は、Stage 3 到達群とエキスパート群の間で向上が確認されたこと）、(2) Stage 1 で停滞していたジャグラーは、身体部位に着目して練習を行っていたこと、以上の2点が明らかになった。

今回得られた知見は、異なる学習 Stage に到達した参加者間での身体動作の安定性、及び着眼点を比較した分析に基づく結果である。今後は、ノービスによる熟達プロセスの系時的な観察を通して、本研究で得られた知見と同様の議論が可能なのかを検討する予定である。

## 参考文献

- [1] 橋詰 謙 (2012) “トップアスリートのスキルを探る”, 電子情報通信学会誌, Vol. 95, No. 5, pp. 437-441.

- [2] 岩田 一明 (2002) “「スキルの科学」を考える”, 精密工学会誌, Vol. 68, No. 10, pp. 1263-1266.
- [3] 古川 康一, 植野 研, 尾崎 知伸, 神里 志穂子, 川本 竜史, 渋谷 恒司, 白鳥 成彦, 諏訪 正樹, 曾我 真人, 瀧 寛和, 藤波 努, 堀 聡, 本村 陽一, 森田 想平 (2005) “身体知研究の潮流－身体知の解明に向けて－”, 人工知能学会論文誌, Vol. 20, No. 2, pp. 117-128.
- [4] 山本 裕二 (2005) 『複雑系としての身体運動』, 東京: 東京大学出版会.
- [5] 中嶋 潤一郎 (2001) 『ボールジャグリング入門 第二版』, 東京: ナランハ.
- [6] Beek, P. J., and van Santvoord, A. A. M. (1992) “Learning the cascade juggle: A dynamic systems analysis”, *Journal of Motor Behavior*, Vol. 24, No. 1, pp. 85-94.
- [7] Hashizume, K., and Matsuo, T. (2004) “Temporal and spatial factors reflecting performance improvement during learning three-ball cascade juggling”, *Human Movement Science*, Vol. 23, No. 2, pp. 207-233.
- [8] 中村 隆一, 齋藤 宏, 長崎 浩 (2003) 『基礎運動学 第6版』, 東京: 医歯薬出版.
- [9] Stokes, V. P., Andersson, C., and Forssberg, H. (1989) “Rotational and translational movement features of the pelvis and thorax during adult human locomotion”, *Journal of Biomechanics*, Vol. 22, No. 1, pp. 43-50.
- [10] Wickstrom, R. L. (1975) “Developmental kinesiology: Maturation of basic motor patterns”, *Exercise and Sport Sciences Reviews*, Vol. 3, No. 1, pp. 163-192.
- [11] 大谷 尚 (2011) “SCAT: Steps for Coding and Theorization – 明示的手続きで着手しやすく小規模データに適用可能な質的データ分析手法 –”, *感性工学*, Vol. 10, No. 3, pp. 155-160.
- [12] Haibach, P. S., Daniels, G. L., and Newell, K. M. (2004) “Coordination changes in the early stages of learning to cascade juggle”, *Human Movement Science*, Vol. 23, No. 2, pp. 185-206.
- [13] Polanyi, M. (1966) “The Tacit Dimension”, Mass: Peter Smith. (高橋 勇夫 (訳) (2003). 『暗黙知の次元』, 東京: 筑摩書房.)
- [14] 古川 康一, 諏訪 正樹, 加藤 貴昭 (2007) “身体スキルの創造支援について”, *人工知能学会論文誌*, Vol. 22, No. 5, pp. 563-573.