

# 3ボールジャグリング学習過程における時空間的変数の変化

山本耕太

## Change of spatiotemporal variables in learning of three-ball juggling

Kota YAMAMOTO

### 1. 序論

新規な知覚運動課題の学習場面は数多く存在し、1つの例として、3ボールジャグリングの協応学習が挙げられるが、学習過程の中心的な問題は、適切なタイミングの獲得である。ジャグラーが、どのようにタイミングを制御しているかを明らかにするために、これまで手の周期に対するボール保持時間の割合を示す“ボール保持率”に焦点が当てられた。

Beek and van Santvoord (1992) は、3ボールジャグリングの学習過程が、ボール保持率=0.75の安定性の発見と0.75以下の別より安定したパターンへと変化する過程として報告した。また、Hashizume and Matsuo (2004) は、さらなる時空間的変数の詳細な分析を行い、学習初期においてボール保持率が、0.80以下、0.83以上となる2つのパターンに分岐することを報告した。

しかし、これらの研究は、学習過程を横断的に分析したものが多く、学習を通じた運動結果（連続キャッチ回数）との関係性が明らかとなっていない。故に、連続キャッチ回数に着目し、ボール保持率の変化を明らかにすることを1つ目の目的とする。

一方、ジャグリングにおいて時空間的変数の変動性もまた重要な要因である。Hashizume and Matsuo (2004) はボール保持率が減少するにつれ、時間的変数の変動性が高まることを明らかにしているが、これらの特徴に関しても、運動結果やボール保持率との関連性は明らかにされていない。そこで、時空間的変数の変動性という観点から、ボール保持率によるパターンの特徴を記述することを2つ目の目的とする。

### 2. 方法

#### 2.1 実験手続き

3ボールジャグリングの経験のない男性4名、女性4名の計8名（22.2歳±1.2歳）が実験に参加した。映像による課題教示の後、1日60分（15分×4セット）の練習が行われ、連続キャッチ回数150回10試行達成を課題目標とし、目標を達成した者から、1週間の保持期間の後、好みのテンポによるジャグリングを20秒×3試行行う保持テストを行なった。

データは赤外線カメラ（OQUS 300, Qualisys）4台を用いて、3つのボールを含む14箇所反射マーカーをつけ、全試行で撮影された（250Hz）。

#### 2.2 分析項目

各学習者の30回、60回、90回、120回、150回到達時、保持テスト時のジャグリングにおける、それぞれ40キャッチを分析対象とした。

時間的変数としてHCT（同じ手のスローからスローの間の時間）、BCT（同じボールのスローからスローの間の時間）、TF（同じボールのスローからキャッチの間の時間）、TL（同じボールのキャッチからスローの間の時間）、TU（同じ手のスローからキャッチの間の時間）が計算され、それらを基にボール保持率と各変数の変動性が計算された。

空間的変数として手距離（同じ手のスローとキャッチの距離）、ボール距離（同じボールのスローとキャッチの距離）の前後、左右、上下成分と、3次元距離、また、スロー、キャッチ、ボール頂点の空間的位置の変動性も計算された。

#### 2.3 統計処理

群間比較において、直接確率を求めるランダム

イゼーション検定（以下、R検定）を行なった。学習者（4名）×群（2群）で行い、8個のデータを4個ずつ2群にランダムに振り分けて得られる全ての組み合わせ数は、 $8C4=70$ 通りである。

### 3. 結果・考察

#### 3.1 学習過程におけるボール保持率の変化

連続キャッチ回数を基準としたボール保持率の保持率系列変化を検討した。30回到達時にボール保持率の高低により分岐が始まり、60回到達時点から完全に分岐した。R検定の結果、有意な差がみられ ( $p<0.05$ )、60回到達時に、保持率の高い群（High Possession Group：以下HP群）と保持率の低い群（Low Possession Group：以下LP群）に分けられることが明らかとなった。また、90回、120回、150回到達時、また保持テストにおいても、HP群とLP群の組み合わせには変化がみられなかった。

このことから3ボールジャグリング 学習過程の中心的な問題は、ボール保持率を変更してパターンの安定性を高めることではなく、選択したパターンによって、運動の安定性を高めていくことであると示唆される。

#### 3.2 ボール保持率別に見た時空間的変数の特徴

60回到達時のHP群とLP群における時間的変数のCVに関してR検定を行った結果、TLにのみ有意な差 ( $p<0.05$ ) がみられ、ボール保持率の高い群が低い群に比べ、ボール保持時間の変動性が有意に小さいことが明らかとなった。

次に、HP群とLP群の60回到達時のそれぞれの空間的変数のCV、SDに関してR検定を行った結果、ボール距離の左右成分のCV ( $p<0.05$ ) と、スロー位置の左右成分のSD ( $p<0.05$ ) にのみ有意な差が見られ、ボール保持率の低い群は高い群に比べ、ボール距離（左右）とスロー位置（左右）の変動性が小さいことが明らかとなった。これらの変動性に関する特徴は、90、120、150回、保持テストにおいても同様の結果が示され、ボール保持率によるパターン固有の特徴であるといえる。

van Santvoord and Beek (1996) は、手の制御に関して、スロー位置が自らの動きを引き込む 'anchor (固定点)' の役割をもつことを報告している。つまり、ボール保持率の高いパターンでは、ボール保持時間という“時間的要素”を、一方、ボール保持率の低いパターンでは、スロー位置という“空間的要素”が 'anchor' として一定に保たれ、ジャグリング全体の安定性を生み出されていたことが示唆される。

### 4. 結論

3ボールジャグリング学習過程において、学習初期にボール保持率の高低によるパターンの分岐が見られ、パターン定着後はそれぞれのパターンを維持し学習が進むことが明らかとなった。また時空間的変数の変動性の分析から、ボール保持率の高低によるパターン分岐は、一定に保たれる要素に関する制御方略の違いによって生じることが示唆された。

### 5. 参考文献

- 1) Beek, P. J., and van Santvoord, A. A. M. : Learning to juggle : A dynamical systems analysis. *Journal of Motor Behavior*, Vol.24 : pp.85-94, 1992
- 2) Hashizume, K., and Matsuo, T. : Temporal and spatial factors reflecting performance improvement during learning three-ball cascade juggling. *Human Movement Science*, Vol.23 : pp.207-233, 2004
- 3) van Santvoord, A. A. M., and Beek, P. J. : Spatiotemporal variability in cascade juggling. *Acta Psychologica*, Vol.91 : pp.131-151, 1996

(指導教員 筒井清次郎)

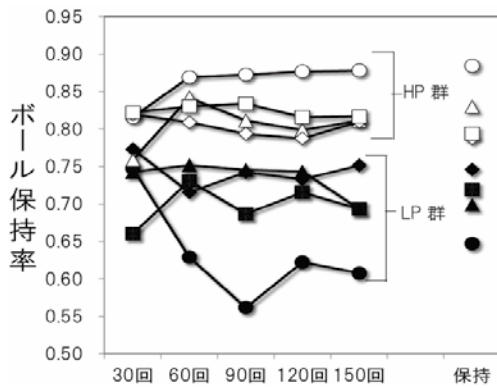


図1 各回数到達時の全学習者のボール保持率

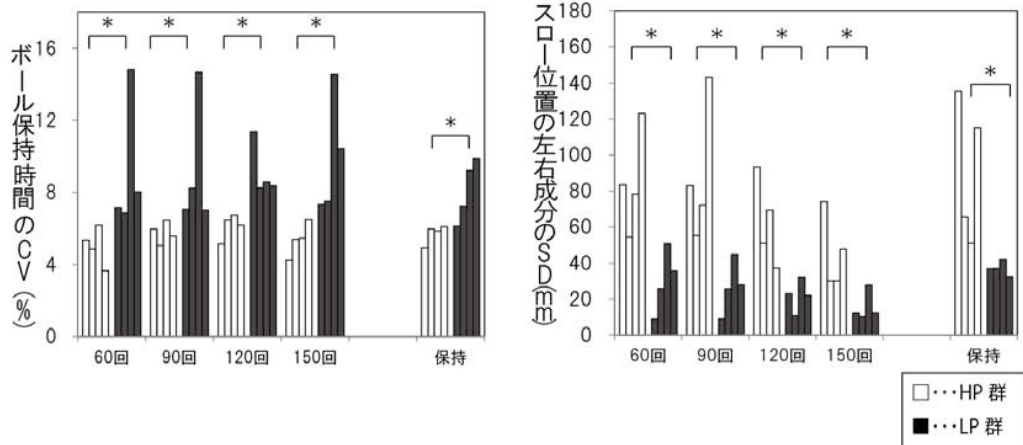


図2 ボール保持率による群別に見た時空間的変動性