

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：17702

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23500742

研究課題名(和文) 運動学習に影響を及ぼす重力認知の習得過程に関する発達の検討

研究課題名(英文) Examination from a developmental perspective about acquisition process for perception of gravity to influence motor learning

研究代表者

森 司朗 (Mori, Shiro)

鹿屋体育大学・スポーツ人文・応用社会科学系・教授

研究者番号：80200369

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：幼児から成人を対象に落下してくるボールの捕球動作に関する重力認知の発達の影響とそのメカニズムの検討を行った。結果は、捕球方略(動作開始時間、追跡速度)は、年齢の増加に伴い投射速度の影響を受けなくなる、3種類の落下速度の一致タイミング課題に関しては、年齢の増加で自由落下の影響を受ける、投射前後での頭部の動きに関して、幼児は成人に比べて投射後のボールの軌道の影響を受けている、捕球方略(動作開始時間、追跡速度)は年齢の増加に伴って自由落下の重力1.0Gの影響を受ける、の4点が明らかになった。このことは、捕球動作の発達段階に応じて重力の内部モデルの影響を受けることを示唆している。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to examine the developmental effect and mechanisms of the perception of gravity on catching a falling ball, targeting from young children to adults. The main four results were: 1) catching stratagem (movement start time and tracking velocity) was not influenced by projection speed with advancing age; 2) regarding a coincidence timing task at 3 different falling velocities, the timing task was influenced by free fall with advancing age; 3) regarding movement of the head, young children were more affected by the orbit of the ball after projection when compared with adults; and 4) catching stratagem (movement start time and tracking velocity) was more affected by free fall with advancing age than other gravitational conditions (0.5 G, 2.0 G). This suggests that catching movements are influenced by an internal model of gravity, depending on the stage of development.

研究分野：スポーツ心理学、体育心理学

キーワード：重力認知 運動発達 捕球方略 コーディネーション 一致タイミング 幼児 重力 運動学習

## 1. 研究開始当初の背景

本研究では、人間が運動学習において何を認知し、学習を進めているのかという点を明確にするために、重力に着目した。通常我々は地球上にいるときは必ず重力がかかった状態で学習をしている。人間行動のさまざまなレベルでの重力の役割についてはこれまで、多くの研究で報告されている。例えば、無重力の宇宙空間でのキャッチボールは地上で行うキャッチボールよりも難しいことが指摘されている (McIntyre et al., 2001)。このような背景において、申請者たちは運動学習時の重力認知の影響及びメカニズムに関して発達・熟達化の視点から研究を進め、落下に対するタイミング調整には重力が重要な知覚情報の役割をしていることが明らかにしてきたが、捕球対象の落下軌道のどの時点での重力の情報がタイミング調整にどのような影響を与えているかという観点から重力認知の時系列的な役割について検討されていない。また、これまでの研究は、実験室内での課題に限定された研究が中心であった。この点については、熟練者と未熟練者との差は実験室より現実的な世界に近いほど大きくなることが指摘されており (Ripol & Latiri, 1997)、その意味でより現実世界に近い状況で重力認知の影響を調べる必要がある。

## 2. 研究の目的

運動学習における重力の役割に着目し、幼児から成人までを対象に落下してくるボールの捕球に関する運動技能学習における重力の認知の発達の影響を解明することで、運動技能学習における重力認知の習得のメカニズムを明らかにし、人間の運動技能学習における重力認知の重要性に関して検討していくために、以下のテーマで研究を進めた。

1) 重力認知が捕球方略に及ぼす発達の影響の解明を行うための方法論の確立と捕球動作経験者と非経験者との違いに関する検討する。

2) 幼児から成人までを対象に、投射速度が異なって落下してくるボールの捕球における

捕球方略 (動作開始時間、追跡速度) の発達的变化に焦点を当て、垂直方向の一致タイミング課題を用いた重力認知との関係に関して検討する。

3) 幼児と成人を対象に、ボール投射時点での情報 (予測) や落直後 (自然落下) の重力情報が捕球のためのコーディネーションに及ぼす重力認知の役割に関して明らかにすることで、重力認知機能の発達のメカニズムを明らかにする。

## 3. 研究の方法

1) 重力認知が捕球方略に及ぼす発達の影響の解明を行うための方法論の確立と捕球動作経験の有無に関して

被験者：重力落下にかかわる運動技能を有している野球選手 (1名) とそのような技能を経験していない大学生 (2名)

課題および分析方法：落下してくるボールの捕球に関する運動技能学習における重力の認知の違いを、動作開始時間・捕球までの歩行速度と加速度歩行軌跡に関して分析を行った。具体的な実験課題は、予備実験の結果、投射機から 12m 離れた位置に被験者立ち、開始位置前後 1.5メートルずつの位置に落下してくるよう 3種類の投射初速度を設定し (前: 11.9m/sec, 開始位置: 12.5m/sec, 後: 13.9m/sec)、放出され落下してくるボールの捕球を課題とした (図 1)。投射初速度と追跡速度との関連に関しては、3次元動作解析のために高精度 3D 運動計測装置 (Optotrak: NDI 社製) を使用し、ボール投射直後からのボール追跡時の速度を算出した。また、動作開始時間に関しては、ボール投射直後、0.1msec で最初に体が動き出した地点での時間から測定した。

手続き：投射機から 12 m の位置に投射機に向き合うように実験参加者を立たせ、「投射機から出てくるボールを捕球してください」という教示を与えた。一投射ごとに開始の合図をだした後に、投射機から各条件

でボールを投射し、ボールを捕球させた。捕球後はまた、動作開始位置に戻るよう教示した。課題に慣れさせるため、2~3試行の練習試行（開始位置で捕球できるボールを投射）を行った後に、各条件 10 球ずつの合計 30 試行のテスト試行をランダムな順序で行った。

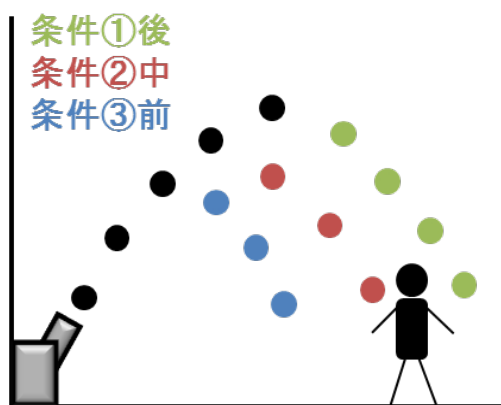


図1 捕球課題

## 2) 捕球動作に及ぼす重力認知機能の発達のメカニズムの検討

被験者・児：幼児 16 名、小学生（児童：4 年生：14 名）中学生（青年：10 名）、大学生（成人：10 名）

手続き・課題および手続き：投射機から投射されるボールを捕球課題と垂直に落下してくる LED の光が目標（一番下）に到着する瞬間にボタンを押す一致タイミング課題の 2 つを行った。

### ・ 捕球課題

1) の捕球課題と同様

### ・ 垂直落下の一致タイミング課題

実験装置は 2 m のレールに取り付けられた LED に沿って垂直に上昇方向に移動し、最高点に到達すると隣接する 2 m のレール上を垂直に落下する装置である（図 2）。実験参加者は、8 m/sec で垂直に上昇し、隣のレール上を自然落下（1G）、自然落下の 1/2（0.5G）、または自然落下の 2 倍（2G）の 3 つ速度のうちどれか一つの速度で落下

してくるレールの最終点に到達したときにボタンを押すことを要求された。手続きとしては、実験参加者はボタンスイッチを左手で握り、移動指標の到達位置から 1.7m の位置にレールに向き合うようにして座位姿勢をとった。実験課題を教示した後、練習試行として指標の 3 つの落下速度、自然落下（1G）と自然落下の 1/2（0.5G）と自然落下の 2 倍（2G）の 3 条件をランダムに 1 回ずつ練習を行った。次に、テスト試行として、自然落下（1G）と自然落下の 1/2（0.5G）と自然落下の 2 倍（2G）の 3 条件を 10 試行ずつ合計 90 試行をランダムな順序で呈示した。なお、テスト試行では垂直方向に上昇するレール上の LED を実験参加者が見ているかを確認するため、キャッチタスクを 5 試行導入した。分析としては、垂直落下の一致タイミング課題の正確性と恒常性を検討するために、目標からの誤差の大きさを表す AE

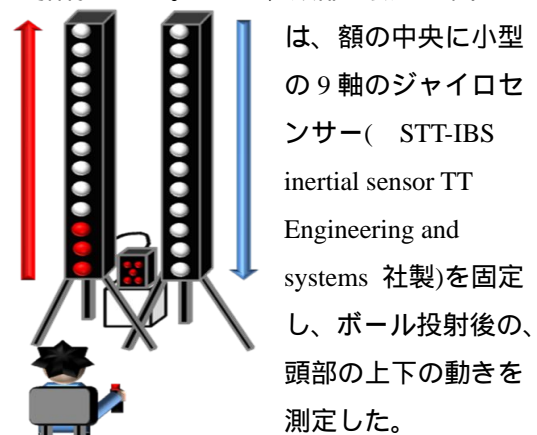


図2 一致タイミング課題

## 4. 研究成果

### 1) 投射速度の違いが捕球動作経験者と非経験者の捕球方略へ及ぼす影響

落下に関するスキルを有している野球選手は 3 つの位置とも動作開始時間が未経験の

大学生に比べて速く、特に動作開始位置と前の2か所の位置においては約1秒近くの差が認められるケースもあった。動作速度に関しては、野球経験者はボール投射後40秒から50秒の間から未経験者は投射後90秒前後から初速度の違いによる歩行速度の違いが確認された。また、投射初速度と追跡速度との関連に関して、追跡速度に違いがみられた最初の段階では、経験者は歩行速度が最も速かったのは投射の初速が遅い速度であり、次いで中間の速度、最後が速い速度であったが、野球未経験者は最も歩行速度が速かったのは野球経験者と同様であったが、中間の速度と速い速度では差が見られなかった。このことは、発達的には同じ大学生であるが、それまでの自由落下という落下に関する運動技能の経験の差が落下に関する捕球方略への違いを引き出している可能性を示唆するものであった。

## 2) 投射速度が異なって落下してくるボールの捕球における捕球方略（動作開始時間、追跡速度）の発達的变化

第1実験では捕球動作に着目して実験をおこなった。捕球動作の開始時間に関しては、小学生が中学生、大学生より動作開始時間が遅いことが明らかになった。また、大学生では、統計的に有意な差は認められなかったが、落下位置が真中の時が最も開始時間が遅かった。このことは、中学生、大学生は投射速度が最も早い段階から投射速度の影響を受けていたことを示している。

次に、投射後のボールの捕球追跡速度に関しては、小学生では、動作開始地点へボールが落下する投射速度がピークになる0.9秒前後から投射初速度の違いが確認されたが、中学生はボール投射後0.6秒前後から投射速度の違いによる動作速度の違いが確認された。また、大学生でも、ボール投射後0.6秒後から投射速度とボールの捕球追跡速度に関して違いが認められ始め、ボール落下位置が、

ほぼ移動せずに捕球できるように設定された落下位置「中」の投射速度が他の条件に比べて速度が遅いことが示された。

第2の実験では、異なる重力(1/2G, 1G, 2G)で落下する刺激に対する一致タイミング課題を行った。その結果、中学生は小学4年生よりも遅い重力加速度では、尚早反応を起こしやすいが、1Gに関しては、中学生の方が小学4年生よりも重力の影響を受けていた。また、大学生に関しては、1/2Gと1.0Gの間で有意な差が認められ、

## 3) 捕球動作開始時間と垂直方向の一致タイミング課題を用いた重力認知との関係

第2の実験では、重力認知の発達的な違いが捕球方略における予測への発達的影響を明らかにするために、捕球動作開始時間との関連を検討した。その結果、中学生では2Gと0.5Gで有意な負の相関が認められたが、小学生では有意な相関は認められなかった。また、大学生に関しては、重力認知と動作開始時間に関しては、1.0Gの時のみ有意な正の相関が認められ、自然落下の重力(1.0G)に順応して動作を開始していたことが示唆された。

## 4) ボール投射時点での重力情報が捕球のためのコーディネーションに及ぼす影響

幼児の捕球時の頭部の動きに関しては、投射後0.3msec以降で、頭部の動きと投射の高さとの間で違いは認められなかったが、それ以降は投射速度の違いによって頭部の動きに違いが認められた。このことは、ボールを実験者が投げたボールの高さに応じて頭部が動いた可能性が考えられた。この結果と大学生と比較した場合、大学生では、投射直後には、ボールの投射前から頭を動かす準備がすでにできていたが、幼児は投射後に、ボールの投射方向を見た後に頭が動いていることがわかった。つまり、大学生では投射前に投射されたボールに対して即時に反応できるための準備が行われていたが、幼児に関しては大学生に比べて投射後にボールの軌道にあわせて

頭が動いていたことが明らかになった。このことは、幼児に比べて捕球経験を多く積んできた大学生に関しては、重力の影響を受け、捕球動作開始前から調整している可能性が示唆された。

#### 5) 重力認知機能の発達のメカニズムについて

これまでの研究の結果から、幼児、小学校、中学生、大学と年齢に伴い捕球方略に重力認知が影響することが示された。このことは、発達に伴って重力が捕球動作を行うための内部モデルとして組み込まれている可能性を示唆するものであり、捕球行動において重力が重要な役割をしていることが明らかになった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1件)

森司朗, 中本浩揮, 幾留沙智, 畝中智志, 布野泰志, 竹内竜也, 小笠希将; 投射速度が捕球行動に及ぼす影響と重力認知との関連について, 鹿屋体育大学学術研究紀要, 査読有, 51号, 2015.

[学会発表](計 2件)

森司朗, 中本浩揮, 幾留沙智, 竹内竜也, 小笠希将; 投射速度が捕球行動に及ぼす影響と重力認知との影響について; 日本体育学会第65回大会, 2014, 8/27, 岩手大学

森司朗, 中本浩揮, 幾留沙智, 畝中智志, 布野泰志, 水崎佑毅, 竹内竜也; 重力認知が捕球方略に及ぼす影響に関する発達の研究, 日本体育学会第64回大会, 2013, 8/28, 立命館大学

[図書](計 件)

[産業財産権]

出願状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

森 司朗 (Mori Shiro)  
鹿屋体育大学・スポーツ人文応用社会科学系・教授  
研究者番号：80200369

##### (2) 研究分担者

中本 浩揮 (Nakamoto Hiroki)  
鹿屋体育大学・スポーツ人文応用社会科学系・教授  
研究者番号：10423732

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：