

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 11 日現在

機関番号：17702

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2014～2016

課題番号：26702025

研究課題名(和文)筋運動感覚が運動観察力を向上させるメカニズムおよび観察力を促進する観察方法の解明

研究課題名(英文)The role of kinesthetic information in improving action perception

研究代表者

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・准教授

研究者番号：10423732

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、他者の動きを正確にみる力(運動観察力)の個人差を生み出す要因および観察力を向上させる方法を検討した。主要な知見をまとめると、運動観察力の高い者は、他者の運動観察時に自己の運動システムを利用してあたかも自分が行っているかのようにシミュレーションして他者の運動を理解していること、このシミュレーションに筋運動感覚を利用していること、運動観察力の低い者は、他者の運動観察中に模倣運動を行うことで観察力を向上させることができることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The ability to perceive others' actions is directly linked to motor learning abilities and performance. Recent evidence has shown that perception of others' actions can be enhanced by direct motor experience of the actions. However, little is known about the contribution of information acquired from motor experience towards skilled action perception. In the present study, we focused on kinesthetic information specifically acquired via motor experience, as a possible contributor towards skilled action perception. The main findings are as follows: 1) athletes with high action perception can simulate observed actions by others, using their own motor systems; 2) these athletes use kinesthetic information acquired through direct motor experience to understand others' actions; and 3) simulation can be enhanced through concurrent imitation during action observation, despite low action perception capabilities.

研究分野：スポーツ心理学

キーワード：行為知覚 知覚行為結合 運動学習 知覚トレーニング 予測

1. 研究開始当初の背景

運動場面において、他者の動きをみる力(以下、運動観察力)は、指導力、学習力、競技力の個人差に直結する重要な要因である。例えば、指導者は学習者の動きの問題点を適切に見抜く力が求められる。また、学習者は指導者の示範を模倣するために動きの違いを正確に見分ける力 (Hodge ら, 2007)、競技者は将来起こりえる事象を予測するために、相手動作のわずかな動作の違いを見分ける力が求められる (Abernethy ら, 2008)。

このような運動観察力を促進する方法として、従来から観察経験(みる経験)の重要性が研究分野でも (Williams ら, 1999)、実践現場でも長年指摘されてきた。一方で、近年の研究では、我々が他者の運動を観察する場合、脳の運動関連領域が活性化されることが明らかにされている (e.g., Rizzolatti, 2005)。この知見の重要な示唆は、知覚(みる)と運動(する)が脳内では一部共通した神経基盤を利用しているということである。これに基づけば、他者の動きの正確な認識には、単純に観察経験(みる経験)を積み重ねるだけでなく、自己の運動経験(する経験)を積み重ねることが不可欠であるということになる (Casile ら, 2006)。この仮説を支持するように、運動観察力の向上には、観察学習よりも運動学習の方が有効である可能性が示され始めている (Aglioti ら, 2008; Urgesi ら, 2012)。しかし、視覚経験を超えて、なぜ運動経験が運動観察力に有効と成りえるか、すなわち運動経験によって得られる「何が」運動観察力の向上に貢献しているかについては明らかにされていない。

2. 研究の目的

本研究では、運動観察力に対する運動経験の必要性に焦点をあて、運動観察力の個人差に関わる中枢メカニズムと運動観察力の促進メカニズムを明らかにする。これに基づき、運動観察力を向上させる観察方法を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 基本課題

運動観察力を評価する課題として、時間的遮蔽法による予測課題を用いた(図1)。その理由は、予測の正否は動作弁別能力に依存するためである (Abernethy ら, 2008)。本研究ではボールリリース前の投動作に基づいて到達位置を予測するバスケットボールのフリースロー予測課題を用いた (Aglioti ら, 2008)。この予測精度を運動観察力の指標とした。

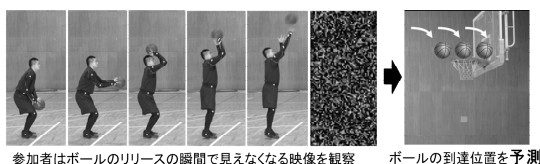


図1: 基本課題 (時間的遮蔽法)

(2) 各実験固有の課題

運動観察力の個人差に関わるメカニズム
実験1および実験2: 観察中の一致・不一致運動が予測精度に及ぼす影響

他者の運動観察時に自己の運動関連領域が活性化する機能的役割は、他者の運動を自己の脳内でシミュレーション(運動シミュレーション: 以下、MS)することで、観察動作を体験的に理解することにあると考えられている (e.g., Rizzolatti, 2005)。スポーツ選手が予測課題を行う際にも、運動関連領域が活性化することから (Wright ら, 2011)、このMSが運動観察力の個人差に関与するメカニズムと想定できる。しかし、予測時に運動関連領域が活性化するという証拠は、MSが生じていることを示唆するが、運動観察力の良否に直接関与するかを示すわけではない。そこで実験1では、予測課題の映像観察中に、参加者(バスケットボール熟練者と非熟練者)にフリースローと一致する運動(手首掌屈)と不一致な運動(手首背屈)を行わせ(図2)、予測精度への影響を検討した。仮に、MS(観察動作を自己の運動としてシミュレーション)が予測精度に関与するのであれば、MS中の不一致な運動(無関係な運動関連処理)は、予測精度を低下させると考えられる。また、MSが運動観察力の個人差に影響する場合、観察力の高い熟練者のみが不一致運動の影響を受けると考えられる。実験2では、さらに掌屈運動を、観察映像を真似るように掌屈する模倣運動条件、自分自身がフリースローを行うかのように掌屈する自己運動条件、全力で掌屈運動を行う統制運動条件を加えて検討した。

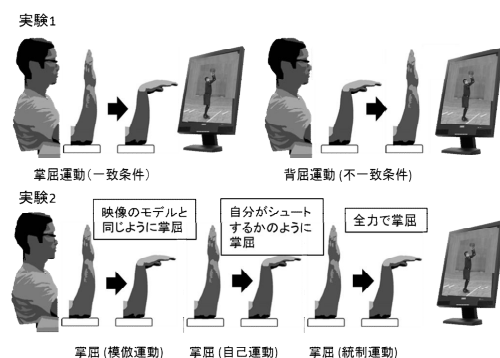


図2: 映像観察と同時に行われた運動

実験3: 観察中の一致・不一致運動が感覚運動野の賦活に与える影響

MS時の一つの特徴として、単なる運動観察によって運動野の活性が高まることが知られている (Alaerts ら, 2010)。そこで、実験1と2の各条件における運動野の活性を検討するために、脳波記録装置を利用して、感覚運動野上のμ波(8-13Hz)を記録した。このμ波の事象関連脱同期(ERD)はしばしば感覚運動野の活性の程度を検討するために利用される (Perry ら, 2009)。

運動観察力の促進メカニズム

実験 4 および実験 5: 筋運動感覚への妨害が予測精度に及ぼす影響

実験 1-3 から MS が運動観察力に重要な要因であることが明らかになった (結果参照)。実際に、他者の運動観察中に MS が生じるかどうかは視覚経験よりも運動経験に強く依存することが指摘されている (Calvo-Merino ら, 2005, 2006)。よって、運動経験が寄与する運動観察力の個人差は MS で説明できるように思われる。一方で、予測課題中の脳活動を記録した研究では、MS を示す活性は、熟練者でも初級者でも生じることが示されており (Aberu ら, 2012) 実験 3 でも同様に確認された。すなわち、MS が生じるか否かだけでは、MS がなぜ観察力を促進するのかを説明できない。この問題を解決するために、MS によって「何が」シミュレーションされているかを明らかにすることは重要と思われる。運動固有の経験に筋運動感覚があるが、興味深いことに自己の筋運動感覚を感じることでできない患者は、他者の動作の弁別が困難であることが報告されている (Bosbach ら, 2005)。よって、運動経験固有に得られる筋運動感覚が観察力の促進に寄与している可能性がある。そこで、実験 4-5 では、筋運動感覚錯覚の手法 (Goodwin ら, 1972) を用いた。ヒトの四肢の動きの知覚には筋紡錘の情報重要であるが、腱への振動刺激は、筋紡錘からの Ia 求心性感覚を活動させることができる。この場合、実際の四肢の動きを伴わないにも関わらず、脳には筋紡錘情報が伝達され、まるで四肢が動いているかのような感覚が生起する。よって、仮に熟練者が他者の運動観察中に筋運動感覚を MS しているならば、筋運動感覚を妨害した際の予測精度は低下するはずである。また、Hagura ら (2009) は、手首の屈曲方向への運動感覚錯覚中に、3 種類の速度で手首の屈曲運動を行っている自身の映像を見る場合、観察運動と対応するように運動感覚の錯覚量に変調されることを報告している。これに従えば、熟練者が筋運動感覚を MS しているのであれば、フリースロー時の手首掌屈曲速度が遅い (あるいは速い) 動作を観察した場合、観察運動に対応して、運動感覚の錯覚量も変調する (小さくあるいは大きくなる) と考えられる。

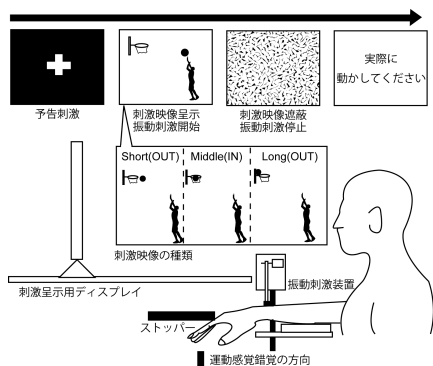


図 3: 実験 4-5 の実験セットアップ

観察力を向上させる観察方法の検討

実験 6: 初級者における観察中の模倣運動学習が運動観察力の向上に与える効果

実験 1-5 より、運動観察力の個人差が、運動経験によって得られる筋運動感覚を利用した MS であることが示唆された。さらに、実験 1-3 の結果から模倣運動が一過性に運動観察力を向上させることが示された。そこで実験 6 では、動作観察中の模倣運動の繰り返しを伴うトレーニングが、予測能力 (運動観察力) の向上に及ぼす影響を検討した。実験は、連続した 3 日間で行われた。全群の実験参加者に対して 1 日目にプレテストとして予測課題を行い、その後、群ごとに模倣トレーニング (模倣 Tr)、不一致トレーニング (不一致 Tr)、知覚トレーニング (知覚 Tr)、身体トレーニング (身体 Tr) を行わせた。模倣 Tr と不一致 Tr は、実験 1-3 のように映像中にリストを模倣あるいは不一致方向へ動かしながらの映像観察を繰り返す群、知覚 Tr は従来から予測能力向上に有効とされてきた視覚経験のみを積む群、身体 Tr 群はフリースローの練習を実際に行う群である。2 日目に、ポストテスト 1 を行い、その後、1 日目と同様にトレーニングを行い、3 日目に、ポストテスト 2 のみを行った。

実験 7: 熟練者における観察中の模倣運動学習が運動観察力の向上に与える効果

熟練者は他者の動作の視覚経験が豊富である。また同様に、同じ競技であれば運動経験も豊富である。しかし、非利き手の動作に関しては、視覚経験は豊富であるが、運動経験は乏しい。そこで本実験では、視覚経験と運動経験が共に豊富な利き手を利用した動作に対する予測と視覚経験が豊富で運動経験は乏しい非利き手を利用した動作の予測に違いがあるかどうか、また、非利き手の動作予測に対する模倣 Tr の効果を検証した。具体的には、バスケットボールにおける非利き手のシュートフェイント動作の模倣が予測精度に与える影響を検討した。予測課題で使用した刺激は、右手の映像と、それを左右反転させた映像 (動作は同じで非利き手運動) を使用し (図 4)、利き手と非利き手の映像に対する予測精度の評価、および非利き手の模倣 Tr の効果を検証した。また学習前後での脳活動の変化も μ 波を用いて評価した。

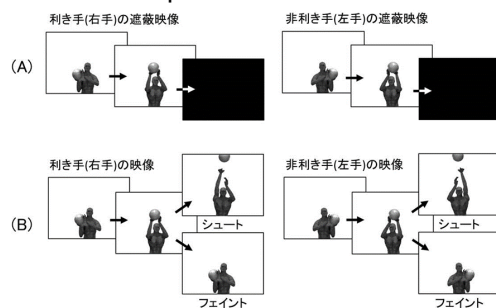


図 4: 実験 7 で使用した映像 (A: テスト時, B: トレーニング時)

4. 研究成果

(1) 運動観察力の個人差に関わるメカニズム
 実験 1 から 3 の主要な結果は、熟練者は非熟練者よりも通常時の予測精度が高い(実験 1-2, 図 5A-B), 熟練者は運動観察時に不一致運動を行うと予測精度は低下するが、非熟練者は不一致運動の影響を受けない(実験 1, 図 5A), 一致運動(掌屈運動)でも自己運動条件や統制運動条件では熟練者の予測精度は低下する(実験 2, 図 5B), 模倣運動条件では、非熟練者の予測精度が一過性に向上する(実験 2, 図 5B), 模倣運動時には、群に関わらず感覚運動野の活性が高くなる(実験 3, 図 5C), ということである。これらの結果から、運動観察力の高い熟練者は他者の運動を観察するだけで、あたかもその運動を自分自身が行っているかのように運動をシミュレーションしていること、MS が予測精度の個人差に関わる主要なメカニズムであること、さらには、非熟練者は、他者の動作を観察する際に模倣運動を行うと MS を行ったかのような効果が得られることが明らかになった。つまり、予測精度が高い者(運動観察力が高い者)は、MS に関わる脳活性が生じるという先行研究の結果を支持するとともに、その活性が実際に運動観察力の個人差を説明できるといえる。また、当初の予想では非熟練者は観察中の運動の影響を受けないと考えていたが、模倣運動は一過性に運動観察力を高めるといふ新奇な知見が得られた。

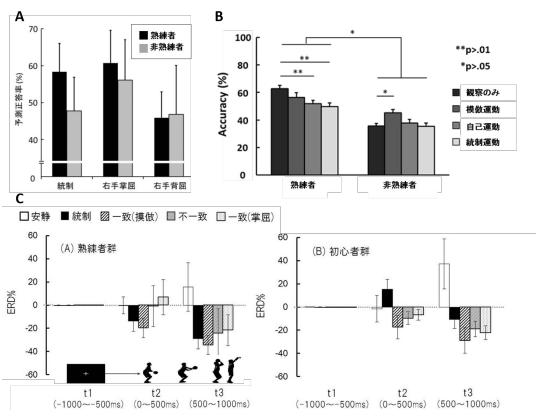


図 5: 実験 1-3 の主要な結果

(2) 運動観察力の促進メカニズム

実験 4 の主要な結果は、運動観察時に筋感覚情報に妨害を与えると、熟練者のみ予測正答率が低下し、初級者には影響がないこと(図 6A), この効果は、予測に関係のある右手首(ボールを投げる肢)でのみ生じること、正解時には、熟練者でも非熟練者でも観察映像に対応するように、筋運動感覚の錯覚量が変調するが(図 6B), 回答によるバイアスの影響を除外すると、熟練者のみが観察映像に対応するように筋運動感覚が生じる(図 6C), ということである。これらの結果から、

熟練者の運動観察力は、筋運動感覚の MS によって支えられていると考えられる。実際、熟練者の予測精度は、筋運動感覚を妨害した場合、チャンスレベル付近まで低下した。このことは、筋運動感覚情報が予測の根本的な情報である可能性を示唆する。実験 4 では、非熟練者にも映像の動作に対応した筋感覚錯覚量の変調が見られたが、この実験ではシユートが Short (掌屈角速度が遅い), Middle (通常), Long (掌屈角速度が速い) の予測回答後に、主観的に生じた手首掌屈の筋運動感覚を再現させた。この場合、自己の回答 (Short, Middle, Long) に依存して、錯覚した掌屈量を再生した可能性がある。そのため、実験 5 では、IN か OUT だけを回答させ、同様に筋運動錯覚量を測定した結果、観察動作に対応する筋感覚の変調は熟練者だけとなった。つまり、実験 4 の非熟練者の錯覚量の変調は回答のバイアスを受けていたと考えられ、MS が行われていなかったことを示唆する。以上から、運動観察力に優れた熟練者は、他者の運動の筋運動感覚をもシミュレーションし、動作を理解していると考えられる。運動学習では、特定の結果を達成するために、筋運動感覚とその結果の関係を学習していく。そのため、熟練者は、自己の運動結果が視覚的に遮蔽された場合でも正確に認識することができる (Gray ら, 2007)。このような学習された筋運動感覚とその結果の関係が MS に利用され、他者の運動の精度の高い予測(運動観察)を達成していると考えられる。

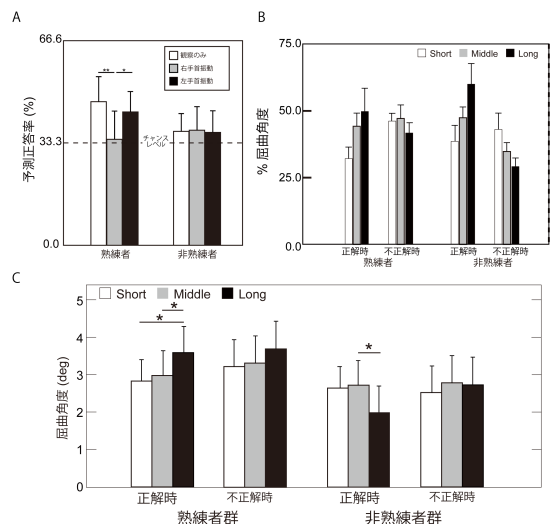


図 6: 実験 4 と 5 の主要な結果

(3) 観察力を向上させる観察方法の検討

実験 6 の主要な結果は、観察のみで予測を行う統制条件時の予測正答率は、模倣 Tr, 知覚 Tr, 身体 Tr 群で向上し、不一致 Tr では向上しない、トレーニング後において、不一致な運動を行いながら予測する不一致条件時のテストの予測正答率は、通常条件時のテストに比べ、模倣 Tr 群, 身体 Tr 群では低下し、知覚 Tr では低下しない傾向がある、ことである(図 7)。これらの結果が示す重要

な示唆は、視覚経験(知覚 Tr) と運動経験(模倣 Tr および身体 Tr) では、いずれも運動観察力は向上するが、獲得されたシステムが異なることを示す点である。実験 1-5 で示されたように、MS を利用する熟練者の特徴は、不一致運動で予測正答率が低下するという点である。よって、これと同様の変化が生じた模倣 Tr や身体 Tr は MS の獲得に有効であったと考えられる。一方、従来から予測能力向上に有効と考えられてきた視覚経験だけを積む知覚トレーニングでは熟練者と同様の動作弁別システムを獲得できない可能性がある。

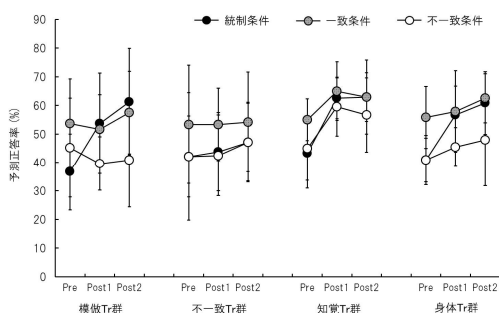


図 7: 実験 6 の主要な結果

実験 7 の主要な結果は、非利き手の動作に対する予測正答率は、利き手に対する正答率よりも低い(図 8)、模倣 Tr 群も映像観察 Tr 群も学習前より学習後において予測正答率が高く、 μ 波の減衰の程度も大きい、ということである。すなわち、本研究では、視覚経験と運動経験の結果が類似したことから、視覚経験を越えた運動経験の有効性を明らかにすることができなかった。しかしながら、学習前の予測テストにおいて、運動経験が少ない非利き手による動作で、その識別精度が低くなっていたことは、運動経験の重要性を示唆する。

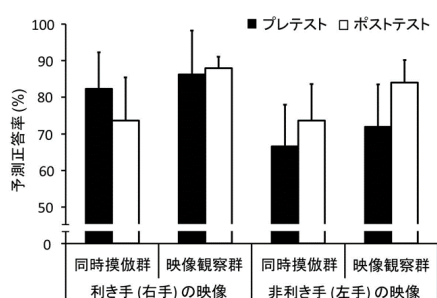


図 8: 実験 7 の主要な結果

以上のように、本研究では、他者の動きを正確にみる力(運動観察力)の個人差を生み出す要因および観察力を向上させる方法を検討した。主要な知見をまとめると、運動観察力の高い者は、他者の運動観察時に自己の運動システムを利用してあたかも自分が行っているかのようにシミュレーションして他者の運動を理解していること、このシミュレ

ーションに筋運動感覚を利用していること、運動観察力の低い者は、他者の運動観察中に模倣運動を行うことで観察力を向上させることができることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

- 1) 中本浩揮 (2015) スポーツの熟達に伴う視覚システムの発達 —動きを「みる」の熟達—, 臨床スポーツ医学, 32, 1164-1171 【査読あり】
- 2) 加藤貴昭, 中本浩揮, 福原和伸, 國部雅大, 永野智久 (2015) 「先を見る」ための視覚システムと実践的な取り組み, バイオメカニクス研究, 19, 150-157 【査読なし】
- 3) 畝中智志, 中本浩揮, 幾留沙智, 森司朗 (2015) バスケットボールのフェイント動作予測に対する同時模倣学習効果の検討, 九州体育・スポーツ学研究, 29(2), 33-41【査読あり】
- 4) 畝中智志, 中本浩揮, 幾留沙智, 森司朗 (2014) バスケットボールのフリースロー予測に対する運動シミュレーションの役割, スポーツ心理学研究, 41(2), 105-114 【査読あり】

〔学会発表〕(計 8 件)

- 1) 中本浩揮 スポーツにおける知覚能力の診断・処方システムの構築を目指して, 日本トレーニング科学会第 28 回大会, 2015 年 11 月 14-15 日[鹿屋体育大学 (鹿児島県・鹿屋市)]
- 2) 中本浩揮 スポーツ選手の心の眼とその発達, 日本臨床スポーツ医学会第 26 回大会, 2015 年 11 月 7-8 日[神戸国際/商工会議所 (兵庫県・神戸市)]
- 3) H. Nakamoto, S. Ikudome, S. Unenaka, T. Funo, S. Mori. Additional illusory kinesthetic sensation reduces anticipation accuracy in skilled basketball players. 2015 NASPSPA conference. June 4-6, 2015 [Portland (USA)]
- 4) 中本浩揮 スポーツにおけるみるの熟達, スポーツ視覚研究会第 6 回大会, 2014 年, 8 月 23 日[国立スポーツ科学センター (東京都・北区)]
- 5) H. Nakamoto, S. Ikudome, S. Unenaka, S. Mori. The influence of different response types on movement correction during a coincidence timing task. 2014 NASPSPA conference. June 12-14, 2014 [Minneapolis, (USA)]
- 6) S. Unenaka, H. Nakamoto, S. Ikudome, S. Mori. Influence of concurrent imitative motor execution during action observation on accuracy in anticipating outcomes of basketball free throws. 2014 NASPSPA conference. June 12-14, 2014 [Minneapolis, USA]

〔その他〕
研究室ホームページ
<https://kanoya-sport-psychology.jimdo.com>

6．研究組織

(1)研究代表者

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・准教授
研究者番号：10423732

(2)研究分担者 0名

(3)連携研究者 0名

(4)研究協力者 0名