

博士論文

他者の動作観察により誘発される自動的模倣が運動制御
および運動学習に及ぼす影響

鹿屋体育大学体育学研究科体育学専攻博士後期課程

竹内 竜也

目次

| | | |
|------------|---------------------------------|-----------|
| 第1章 | 序論 | 1 |
| 第1節 | スポーツにおける運動制御に対する自動的模倣の貢献 | |
| | ～スポーツにおけるプレーの伝染現象～ | 1 |
| | ～他者の行為観察による運動伝染の誘発～ | 3 |
| | ～これまでのスポーツにおける運動伝染研究が抱える問題点～ | 5 |
| | ～スポーツにおける運動伝染の誘発要因の検証～ | 6 |
| | ～スポーツにおける運動伝染の抑制場面の必要性～ | 8 |
| 第2節 | 短期的な運動学習における自動的模倣の貢献 | |
| | ～スポーツ指導場面における観察学習の役割及び学習効率の個人差～ | 9 |
| | ～観察学習に対する自動的模倣の関与～ | 11 |
| 第3節 | 長期的な運動学習における自動的模倣の貢献 | |
| | ～長期的なスキル習得に対する自動的模倣の役割～ | 11 |
| 第4節 | 本研究の位置づけと目的 | 12 |
| | | |
| 第2章 | 本論 | 14 |
| 第1節 | 他者の行為観察により誘発される運動伝染の抑制 | 14 |
| 第1項 | 実験1 | |
| | 目的 | 14 |
| | 方法 | 16 |
| | 実験参加者 | |
| | 実験装置および刺激 | |
| | 手続き | |
| | 測定項目およびデータ分析 | |
| | 結果および考察 | 22 |
| 第2項 | 実験2 | |
| | 目的 | 27 |
| | 方法 | 29 |
| | 実験参加者 | |

| | | |
|-----|--------------------------------|----|
| | 実験装置および刺激 | |
| | 手続き | |
| | 測定項目およびデータ分析 | |
| | 結果および考察 | 30 |
| 第3項 | 全体考察 | 31 |
| 第2節 | 自動的模倣傾向の個人差が観察による運動学習の効率に与える影響 | 36 |
| 第1項 | 目的 | 36 |
| 第2項 | 方法 | 41 |
| | 実験参加者 | |
| | 実験課題および装置 | |
| | 実験手続き | |
| | 測定項目 | |
| | データ分析 | |
| 第3項 | 結果 | 46 |
| 第4項 | 考察 | 50 |
| 第3節 | 自動的模倣傾向の個人差と競技力との関係 | 54 |
| 第1項 | 目的 | 54 |
| | 方法 | 54 |
| | 実験参加者 | |
| | 実験課題 | |
| | 実験手続き | |
| | 測定項目 | |
| | データ分析 | |
| 第2項 | 結果 | 55 |
| 第3項 | 考察 | 57 |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 第3章 総合考察 | 59 |
| 第1節 スポーツにおける運動伝染生起およびその抑制 | 59 |
| 第2節 自動的模倣傾向の個人差が観察による運動学習の効率に与える影響 | 62 |
| | |
| 第4章 結論 | 64 |
| 第1節 他者の行為観察により誘発される運動伝染の抑制 | 64 |
| 第2節 自動的模倣傾向の個人差が観察による運動学習の効率に与える影響 | 65 |
| | |
| 引用文献 | 67 |

第1章 序論

第一節 スポーツにおける運動制御に対する自動的模倣の貢献

スポーツにおけるプレーの伝染現象

さまざまなスポーツ場面において、プレーの成功や失敗が他者に伝染していく現象をしばしば目にする。このような伝染現象が実際に生じているかに関して、近年、多様な手法を用いて検討されている。Bock et al., (2012) は、メジャーリーグの打者の打率を参考に、前打者のプレーの成功（ヒットを打つ）もしくはプレーの失敗（凡退する）が次打者に伝染するかを統計的手法を用いて調査した。その結果、前打者がヒットを打った場合、次打者の打率は増加し、逆に、凡退した場合、次打者の打率は低下する傾向にあることを明らかにした。このような伝染現象は、実際のスポーツ選手も経験的に感じている可能性がある。メジャーリーガーであるイチローはインタビューの中で、自身のバッティングパフォーマンスに影響を及ぼすことから、チームメイトの前打者のバッティングは極力見ないようにしていると述べている (Ikegami & Ganesh, 2014)。このように、経験論で語られていた成功は成功を生み、失敗は失敗を生む (Yaari & Eisemann, 2011) といったプレーの成功や失敗が伝染してく現象が実際に生じている可能性が考えられる。

以前から、人は他者の動作を観察すると無意識の内に観察した動作と似た動作を行ってしまうことが明らかにされており (Chartrand & Bargh, 1999)、このような伝染現象は、そもそも人に備わっている生得的な能力であることが指摘されている (Wilson & Knoblich, 2005)。例えば、新生児や乳児は、自身の顔を認識できないにもかかわらず、両親がニコニコしながら見つめると同様にニコニコと笑い出し、舌を出したら自然に舌を出すといった感情および表情の伝染が確認されている (Dimberg et al., 2000; Chartrand & Bargh, 1999)。また、このような能力は、新生児のみでなく成人においても確認されている。例えば、対面に座っている相手が腕や脚を組んだり、顔を触ると無意識的に伝染する様に、同様の動作を行なっている (Dimberg et al., 2000)。このような観察した他者の動作が伝染する様に自身

にも影響を及ぼす現象が生じる背景には、感情が要因であるとする意見 (杉村ら, 2011) など多くの要因が関係していることが報告されている。

上記のスポーツにおける伝染現象には、他者の感情が自身のパフォーマンスに影響を及ぼす可能性を指摘しているものがある。Yaari & Eisemann (2011) は、NBA に所属するバスケットボール選手の 5 年間のフリースローデータを元に、スポーツにおける伝染現象を調査した。その結果、2 回連続してシュートするフリースローでは、1 回目に成功した場合、2 回目も成功する傾向にあることを明らかにした。スポーツ場面において、このようなフリースローのシュートや得点が決まった後に、チームメイト同士で喜び合う行為 (セレブレーション) をしばしば目にする。このように感情を表現することによって、表出した感情が他者へと伝染していくことがスポーツにおける伝染現象を生じさせているのではないかと示唆している研究がある。Moll et al., (2010) は、サッカーの PK 戦における PK 成功後の抱擁やハイタッチ等の気分を向上させるセレブレーションと PK の結果との関係を調査した。その結果、PK 成功後にセレブレーションをお互いに行なわなかった後よりも、行なった後の方が相手選手がシュートをはずす可能性が高くなったことを明らかにした。これは、PK 成功後の個人の肯定的な感情の表出が相手選手に対して負の感情として転移する感情伝染を引き起こしたため生じた可能性を指摘している。他者の感情が伝染していく感情伝染とは、無意識的に周囲の人の表情等を模倣するだけでなく、感情的側面に関しても一致させるものであると定義されており (Hatfield et al., 1992)、感情伝染には、他者に対する共感を表出する能力も存在する (Bavelas et al., 1986)。また、Hatfield et al., (1994) は、この能力が感情伝染の一要因になっていることを示唆している。このような感情伝染に見られる行為の変化は、自身の制御できない範囲で無意識的であるといった特徴を有する。

別の観点からスポーツにおける伝染現象の原因を考えると、チームスポーツにおいて、成功や失敗が連続したことにより、チームのムードが良くなる、またはムードが悪くなるのが原因で個人のパフォーマンスに影響を及ぼす可能性も考えられる。このことに関して、Totterdell (2000) は、チームスポーツであるクリケットを用いて、スポーツ選手のパフォーマンスがチームメイトの気分と関係しているのか調査した。その結果、チームメイト

が肯定的な気分でプレーしている場合、自身のパフォーマンスも向上することが示された。このことから、チームメイトの気分が自身のパフォーマンスに伝染する可能性が明らかとなった。

また、この研究では、社会的な地位が高い年上の選手の方が感情伝染を受けやすいことも報告されており、社会的な地位等が伝染現象の要因になり得る可能性も示唆される。チームスポーツにおいて、このような社会的な関係が原因となりパフォーマンス低下がチーム全体に伝染していく現象がいくつか報告されている。例えば、Boss & Kleinert (2015) は、社会的な要因が伝染現象を引き起こすかどうか調査した。その結果、共同作業を行う場面において、パートナーに対するネガティブなフィードバックを受け取るとパートナーとの関係が悪化する傾向にあり、パートナーに対する評価も低くなりパフォーマンスが低下することを明らかにした。このようなことから、社会的な相互作用において受け取る他者のパフォーマンスが自身のパフォーマンスに影響を及ぼすと言える。まとめると、スポーツにおける伝染現象には、感情 (Moll et al., 2010)、チームのムード (Totterdell, 2000) および社会的要因 (Boss & Kleinert, 2015) といった多くの要因が関係している可能性が考えられる。しかしながら、これらの要因とは別に、近年、スポーツにおける伝染現象が生じる要因の一つである運動伝染 (Ikegami & Ganesh, 2014; Gray & Beilock, 2011) に焦点が当てられている。

他者の行為観察による運動伝染の誘発

スポーツにおける伝染現象の要因として注目されている運動伝染は、他者の観察した動作が伝染するように自身も同様の動作を行ってしまう現象 (Wilson & Knoblich, 2005) と考えられている。Kilner et al., (2003) は、単純な腕振り課題を用いて、運動伝染が生じる要因を検討している。彼らは、モデル (実験者もしくはロボット) が上下もしくは左右方向へ腕を振る動作を観察させるのと同時に、実験参加者に対しても同時に腕を上下もしくは左右方向へ振る課題を行わせた。その結果、実験者が左右 (あるいは上下) 方向に腕を動かす動作を観察しながら、実験参加者が上下 (あるいは左右) 方向へ腕を動かす観察する動作と実行する動作が不一致な条件では、観察する実験者の動作と実際に実行する動作が全く同じ

一致条件と比べて、実験参加者の腕の運動軌跡が左右方向へ大きく乱れることを報告している。彼らの結果と同様、Bouquet et al., (2011) においても、観察する動作と実行する動作が不一致な条件では、観察する実験者の動作と実際に実行する動作が全く同じ一致条件と比べて、運動伝染が生じやすいことが報告されている。これらの結果から、運動伝染は、他者の動作観察が自身の動作の実行に影響を与えることで生じると言える (Blakemore & Frith, 2005; Bouquet et al., 2007; Gowen et al., 2008; Press et al., 2008).

これまで見てきた運動伝染における研究は、近年スポーツ場面においても検討されてきている。例えば、バスケットボールのシュートにおいて、最初のシュートが成功すると次のシュートも成功しやすくなるという“ホットハンド” (Gilovich et al., 1985) と呼ばれる概念が存在する。この概念に関して、多くの議論がなされているが、こと野球において言えば、前の打者がヒットを打った場合、次の打者もヒットを打つ確率が高くなるといった“ヒットは伝染していく” (Will, 1990; Bock et al., 2012; Ross, 2004) と呼ばれる経験論的な俗説が存在する。このような概念的な伝染現象を実際に検証するために、Gray & Beilock (2011) は、野球の熟練打者および未熟練打者を用いて、野球の打者における運動伝染を調査した。この仮説に従って、実験では、実験参加者である熟練打者および未熟練打者に対して、3種類の行為刺激を観察させている。1つ目は、ホームプレートから、レフト、センターおよびライトへ飛んでいくボールを観察する行為刺激であった。2つ目は、打球を打ち終わった結果を示しているレフト、センターおよびライトに落ちているボールを呈示する結果刺激であり、3つ目は、単語で“レフト”、“センター”および“ライト”と示す言語刺激であった。実験参加者は、上述した3種類の刺激のうちの1つを観察した後に、センター方向へバールを打ち返すよう要求された。その結果、熟練打者において、行為刺激および結果刺激を観察した後の打撃は、観察した刺激の方向に影響を受けたが、言語刺激においては影響を受けなかったことを明らかにした。また、熟練打者で見られた影響は、未熟練打者においては見られなかったことも明らかにした。よって、野球における“ヒットは伝染していく” (Will, 1990; Bock et al., 2012; Ross, 2004) という概念は、実際に生じることが実証された。これまで見てきた結果をまとめると、単純な腕振り課題を用いた実験同様、

複雑な運動が要求されるスポーツ場面においても、事前の他者の行為の観察および行為結果の観察することで、観察者は運動伝染を誘発する可能性がある。

これまでのスポーツにおける運動伝染研究が抱える問題点

運動伝染が生起する上で重要な他者の動作観察において、ヒトは action-observation network (行為観察ネットワーク) という脳内の機能を使用し、他者の行為を知覚している (Kilner, 2011). このネットワーク内において、他者の行為の知覚に際し、実際の動作モデルを観察する場合とバーチャルリアリティ上の動作モデルを観察する場合とで、異なる処理システムを用いていることが明らかにされている (Perani et al., 2001). このような脳の処理システムの違いは、特に STS で行われていると示している研究が多数存在する。またこのような処理経路の違いは、人間の脳の早い年齢で備わっていることが指摘されている (Bertenthal, 1993). ヒトの実運動の知覚に関する処理過程を functional magnetic resonance imaging (磁気共鳴機能画像法; fMRI) を用いて調査した研究において、STS 後部領域は、バーチャルな刺激に対しては反応せず、実運動のみに反応することを明らかにした (Grossman et al., 2000; Grossman & Blake, 2001; Puce et al., 1998; Rizzolatti et al., 1996b; Wicker et al., 1998). このことから、観察対象 (実際のモデルもしくはバーチャルリアリティモデル) によって、脳の中枢神経系の処理も変化し、他者の行為の知覚に影響を及ぼす可能性があると言える (Rohbanfard & Proteau, 2012). よって、上記で示した Gray & Beilock (2011) の実験において呈示された刺激は、バーチャルリアリティ上でホームプレートから、レフト、センターおよびライトへ飛んでいくボールを観察する刺激であったことから、現実場面におけるボールが飛球する刺激と比較して、他者行為の知覚に対する処理経路が異なるため、運動伝染の生起に影響を及ぼす可能性が考えられる。

同様に、彼らの実験において呈示された刺激には、モデルがボールを打つといった行為自体は含まれておらず、実験参加者は運動行為自体を観察していない。スポーツとは関係のない課題を用いている研究においては、運動伝染は他者の行為を観察することにより引き起こされると示しており、これは自動的模倣 (automatic imitation) (Brass et al., 2001; Brass

et al., 2000; Craighero et al., 1996; Sturmer et al., 2000) と呼ばれている。

ヒトが自動的模倣の影響を受けやすいという実験的証拠は、1990年代半ばに現れ始め (Brass, Bekkering, Wohlschlaeger & Prinz, 2000; Craighero, Fadiga, Rizzolatti & Umiltà, 1998; Craighero, Fadiga, Umiltà & Rizzolatti, 1996; Sturmer, Aschersleben & Prinz, 2000), この現象を調査している多くの実験が存在する。例えば、初期の研究において、Sturmer et al. (2000) は、実験参加者に対して、開いていく手 (もしくは閉じていく手) の映像に遅れて画面上に呈示される赤もしくは青色の合図 (赤色なら手を開き、青色なら手を閉じる) に反応して自身の手を開閉する課題を行わせた。その結果、行為刺激 (赤もしくは青色の合図) に従って実行する動作と観察している動作映像 (開いていく手もしくは閉じていく手) とが一致した場合よりも、実行する動作および観察している動作とが不一致な場合において、反応時間が遅くなったことが明らかにされた。言い換えれば、背景に呈示されたモデルの動作を自動的に模倣したこと、すなわち、他者の運動観察が自己の運動を自動的に誘発してしまうことが原因で反応遅延が生じたと解釈されている。この課題以外でも、object-grasping 課題 (Edwards et al., 2003), cyclical movement 課題 (Kilner et al., 2003) およびじゃんけん (Cook et al., 2012) を用いて、運動伝染の原因が自動的模倣であると示されている。よって、能動的な他者の行為の観察は、自身の目的に関係なく、観察したモデルの行為の無意識的な模倣を誘発すると示唆している (Blakemore & Frith, 2005)。まとめると、運動伝染は、他者の行為を観察している時に、自動的模倣を誘発することにより生じている可能性が考えられる。このことから、Gray & Beilock (2011) の実験で呈示されなかった運動行為の観察は、スポーツにおける運動伝染の生起に関して非常に重要であると言える。

スポーツにおける運動伝染の誘発要因の検証

多くの運動伝染の研究の中で、他者の行為キネマティクスを観察することがスポーツにおける自身のパフォーマンスに影響を及ぼすと既に示している研究がある。Ikegami & Ganesh (2014) は、ダーツ熟練者に対してダーツ初級者の投げるダーツの軌道が見える映像、またはダーツスローのキネマティクス情報のみが得られるようにそれ以外の情報を隠した

ダーツ初級者の映像を観察させた。実験参加者は、初級者のダーツがボードのどこに当たったのか位置を予測するよう要求された。実験が進むにつれ、熟練者は投球者の結果を予測する能力が向上した。興味深いことに、熟練者の予測能力の向上は、熟練者自身のパフォーマンス低下を引き起こした。この変化が生じた背景には、初級者の行為観察によって初級者の動作に似た行為が誘発された結果、観察者自身のキネマティクスが変化した可能性が考えられる。また、観察者が観察した行為のキネマティクスではなく、観察した行為の意図や目的をまねした可能性を指摘している研究もある (Bekkering et al., 2003; Gleissner et al., 2000)。まとめると、運動伝染は、行為観察後のキネマティクスの模倣によって引き起こされるか、または観察した行為の意図や目的をまねした結果引き起こされるかどうか不明である。

人が観察した動作を自動的に模倣してしまう背景には、運動を知覚するシステムと運動を実行するシステムが一部共有部分を有しているという概念がある。19世紀に James (1890) が提唱した観念運動適合性理論 (ideomotor compatibility) では、全ての精神上的動作の表象が、その目的となる実際の動作実行と結びついていると考えられている。この考えを踏襲する形で Prinz (1997) は、他者の動作の観察が不随意に動作の実行を引き起こす (Jannerod, 2001; Prinz, 1997; Rizzolatti & Craighero, 2004) といったように、動作の観察および動作の実行が共通の心理プロセスを有し、両者は互いに促進および干渉するという共通符号仮説 (common coding theory) を提唱している。

また、他者のプレーに対する優れた予測能力を持つスポーツの熟練者は、他者が行なった行為の結果を予測する際に同様の運動システムが活性化することが報告されている (Abreu et al., 2012; Aglioti et al., 2008; Bishop et al., 2013; Wright et al., 2011)。この運動システムは、他者の行為結果の予測が正解している場合、さらに活性が高くなることも報告されている (Olsson & Lundstrom, 2013)。以上のことをまとめると、運動伝染は、観察者が観察した行為キネマティクスに基づいて行為結果を予測できる際に生じる可能性が考えられる。よって、この研究の第一目的を、観察した行為の結果を予測する能力がスポーツにおける運動伝染を生じさせるかどうか検討することとした。

スポーツにおける運動伝染の抑制場面の必要性

今まで見てきた運動伝染に関して、例えば、Gray & Beilock (2011) らが明らかにした野球における“ヒットは伝染する”という現象では、自身のパフォーマンスに対して良い影響を与える。逆に、自身のパフォーマンスに対して悪影響を与える運動伝染も存在する。Ikegami & Ganesh (2014) の研究では、ダーツ熟練者のダーツ初級者の行為結果に対する予測が正確になるにつれ、初級者のパフォーマンスが伝染し、熟練者自身のパフォーマンス低下を引き起こしたことが明らかにされている。このような自身のパフォーマンスに悪影響を及ぼしかねない運動伝染に関しては、抑制する必要があると言える (Brass et al., 2000)。しかしながら、今まで述べてきた他者の動作観察により生じる運動伝染は、かなり頑強な現象であることが実験的に明らかにされている。

Brass et al., (2000) は、スクリーン上の人差し指、もしくは中指を持ち上げている画像を数秒間実験参加者に観察させた後、その画像上に数字刺激を呈示し、この数字に対応した指 (1 なら人差し指を、2 なら中指) を持ち上げる課題を行わせた。その結果、自身の見ている運動と実行する運動が一致する状況より不一致な状況、例えば、実験参加者が人差し指が持ち上げられた画像をスクリーン上で見ているが、実際に数字に基づいて実行するのは中指を持ち上げるといった状況では、指上げの反応速度が遅くなることを示した。これより人は、自身が行う運動 (内部表象：例えば、“1 だから人差し指を持ち上げなければ”といったもの) と見ている運動 (外部表象：例えば、スクリーン上の画像は中指が持ち上がっているなど理解すること) が異なる状況において、見た運動 (外部表象) を本人の意識を超えて自動的に模倣してしまうといえる。これらのことから、ミスや成功が続く運動伝染は不可避に生じてしまうものであると予想され、コントロールすることは困難であると考えられる。

しかしながら、近年、他者の動作観察の最中に自己に焦点を向けることで運動伝染が生じにくくなることが報告されている (Leighton et al., 2010; Spengler et al., 2010; Cook & Bird, 2011; Cook & Bird, 2012)。自己焦点が運動伝染を抑制出来るか調査するために Spengler et al., (2010) は、Brass et al., (2000) の課題を用いて実験を行った。実験参加者は、自己焦点を促

すために、自分自身のことを考える課題（例えば、ライプツィヒは愉快的な町だ）に対して‘はい’もしくは‘いいえ’で答える自己焦点課題と自己焦点を生じさせない課題（例えば、ライプツィヒはドイツの首都だ）を行った後に、上述した Brass et al., (2000) の課題を行わせた。その結果、自己焦点をすると、運動伝染が抑制されたことを報告している。よって、自己焦点を行うことで運動伝染を抑制出来る可能性が示された。以上のことから他者の動作観察中に、自己に焦点づけることで、自身の動作意図（内部表象）を優先的に表出し、他者の動作観察などの外部からの刺激（外部表象）を表出させないようなメカニズムが活性化すると考えられる。

以上から、当初、スポーツ場面や日常で生じる運動伝染現象は、Brass らの実験からも明らかにされたように、抑制出来ないものとして考えられてきたが、自己に焦点することで、抑制できる可能性が示されつつある。よって、スポーツ場面で見られる運動伝染は、他者の動作観察中に自己に焦点を向けることで回避出来るのではないかと考えられる。しかしながら、スポーツの運動伝染現象に対して、自己焦点の効果を検証した研究は見当たらない。

よって、この実験の第二目的は、運動伝染が他者の行為観察中の自己焦点により抑制されるかどうか検討することとした。

第二節 短期的な運動学習における自動的模倣の貢献

これまで、行為観察による自動的な模倣がスポーツの制御場面においてどれほど貢献するかを上記では検討してきた。これ以降に関しては、そのような自動的な模倣の運動学習場面に対する貢献の度合いを検討していく。

スポーツ指導場面における観察学習の役割および学習効率の個人差

スポーツ指導場面では、選手に新たなスキルを獲得させる際、そのスキルを行うモデルを選手に観察させ、学習させることは一般的に行われる方法である (Bandula, 1986; Bellelli et al., 2010; Buccino et al., 2012; McCullagh & Weiss, 2001; Weir & Leavitt, 1990)。他者の運動観

察を通じてスキル獲得を促進させる学習方法は、観察学習と呼ばれている (Bandura, 1971). 観察学習の研究において、例えば、熟練モデルの観察が運動スキルの獲得に効果的であり (Bird & Heyes, 2005; Hodges et al., 2003; Lee et al., 1994), または初級モデルの観察が運動スキルの学習を促進させる (Buchanan & Dean, 2010; Buchanan et al., 2008; Hayes et al., 2010) といったようにスキル学習を促進する方法が明らかにされている (Rohbanfard & Proteau, 2011; Andrieux & Proteau, 2013, 2014). このような研究からも明らかなように、一般的に多くのスポーツ選手は、新たなスキルに多くの時間をかけずに習得したいと考えている。しかしながら、実際の指導場面において、選手たちは同じモデルを観察しているにもかかわらず、スキル獲得の速度にしばしば個人差が生じることをよく目にする。このことから、スキル獲得を促進させる方法のみならず、スキル獲得を阻害する要因にも目を向けることが重要であると考えられる。よって、観察学習におけるスキル獲得の個人差を生み出す要因を明らかにすることは、スポーツ指導場面において重要な課題といえる。

多くの運動学習研究において、観察学習による技能習得には、観察しているモデルの動作模倣が重要となることが明らかにされている (Bandura, 1971). Heyes (2011) は、このような観察学習による技能習得に重要な動作模倣には、2種類の異なる模倣が存在する可能性を指摘している。1つは、自身が観察しているモデルの動作を意識的・意図的にまねしようとする意識的模倣 (Heyes, 2011) である。この意識的模倣は、多くの観察学習によるスキル獲得を目的とした研究で重要視されている (Horn et al., 2005). もう1つは、自身が観察した動作を無意識的・非意図的にまねてしまう自動的模倣 (Heyes, Bird, Johnson & Haggard, 2005; Liepelt & Brass, 2010; Longo & Bertenthal, 2009; Longo, Kosobud & Bertenthal, 2008; Press, Bird, Walsh & Heyes, 2008) である。このような意識的模倣と自動的模倣は、一見するとお互い別々に存在するものであると考えられがちである。しかし、意識的模倣には自動的模倣が関わっていることが示唆されている (Heyes, 2011; Tomasello, 1996) ことから、観察しているモデルの動作模倣が重要となる観察学習には、意識的模倣と自動的模倣の両方が関与している可能性が考えられる。

観察学習に対する自動的模倣の関与

これまでの観察学習の研究では、意識的模倣を対象としてスキル獲得への影響を検討するに留まっており (Horn et al., 2005; Weeks et al., 1996), 自動的模倣が観察学習のスキル獲得に与える影響に関しては、検討がなされていない。この自動的模倣に関して、例えば、自身が行う動作 (腕を垂直方向に振る動作) と一致する動作 (垂直方向に降っている腕) ではなく、不一致な動作 (水平方向に降っている腕) を観察すると、観察した方向の動作を自動的に模倣してしまうため、動作のずれが大きくなるといった研究などがある (Kilner et al., 2003)。Brass et al. (2000) は、自動的模倣が生じる背景には、自身が観察した動作が無意識的に自身の動作実行に影響を及ぼしている可能性があることを指摘している。このような観察した動作が自身の動作実行に影響することに関連して、近年の研究では、熟練競技者が非熟練競技者を観察することで、熟練競技者のパフォーマンスが非意図的に低下する現象が報告されている (Ikegami & Ganesh, 2014)。上記のことから考えると、この実験においてパフォーマンスが低下した原因として、他者の動作観察により自動的模倣が生じた結果、観察した対象のスキルを非意図的に獲得した可能性が指摘できる。よって、他者の動作観察によって生じる自動的模倣は、意図的な学習によって獲得したスキルに強く影響する可能性を示唆している。まとめると、自動的模倣は観察によるスキル獲得に強く影響するため、観察学習におけるスキル獲得において個人差が生じる原因となる可能性が考えられる。

第三節 長期的な運動学習における自動的模倣の貢献

長期的なスキル習得に対する自動的模倣の役割

スポーツにおけるスキルの獲得には、上記で述べてきたような新たなスキルを獲得するといった短期的な学習と、獲得したスキルを習熟させていく長期的な学習がある。このスポーツ選手のスキルの習熟過程に関して、嶋田 (1997) は、スポーツを始める段階からスキルが熟練し、スポーツのスペシャリストになるまでの段階を 8 つの段階に分類している。その中で模倣は、新たなスキルを獲得する際に必ず行う、スポーツの基本動作を観察し

キルの形を憶え込む段階に位置している。この過程を経た後に、憶えたスキルを自分のものにしていき、スキルの正確性を高めていく段階へと移行していくと考えられている。このようなことから、模倣はスポーツのスキルを獲得する過程において、なくてはならない存在であり、模倣が上手いと習熟過程が早くなり他の段階へ移行することが容易になる可能性が考えられる。しかしながら、多くの観察による学習研究では、短期的な学習の側面のみ焦点が当てられており、スポーツにおけるスキルの熟達といった長期的な学習には目を向けられていない。よって、本研究では、他者の動作観察により生じる自動的模倣がスポーツにおける長期的な学習に貢献する程度を、個人の競技力を参考に調査することを目的とした。

第四節 本研究の位置づけと目的

ここまで述べてきたように、スポーツでは運動伝染や観察学習のように、他者の行為を観察することが、自己のパフォーマンスに影響する。その背景には、共通符号仮説に見られるように、他者の行為の知覚と自己の運動の遂行には、共通した心理表象および神経基盤を利用することがあげられている。しかし、これまでの研究では、このような理論的背景からスポーツの運動伝染や観察学習を捉えたものは希少であり、前述したいくつかの検証すべき点も残されている。

そこで、本研究では、他者の行為の知覚が自己の行為に影響する自動的模倣に関して、運動制御の側面、および運動学習の側面にどのような影響するかを検証することを目的とした。具体的には、運動制御に関連する検証として、実験 1 では、ハンマー投げを題材に、スポーツにおける運動伝染（自動的模倣）の生起に予測精度（知覚と行為の結合の強さ）が関与しているかどうか、また、自動的模倣はキネマティクスの伝染が原因で生じるかを調査する。実験 2 では、実験 1 で生じた自動的模倣が、自己焦点によって抑制できるかどうかを検証する。次に、運動学習に関する検証として、自動的模倣の生じやすさの個人差を定量化し、自動的模倣傾向の個人差が、短期的な運動学習に及ぼす影響（実験 3）、および長期的な運動学習に及ぼす影響（実験 4）を調査する。以上の研究を通して、運動制御およ

び学習に対する他者の行為の知覚の影響に関する新たな知見を得ることを目的した。

第2章 本論

第一節

他者の行為観察により誘発される運動伝染の抑制

第一項 実験1

目的

様々なスポーツ場面において、成功と失敗が伝染していく瞬間をよく目にする。例えば、野球における打率は、チームメイトがヒットを打った直後には上昇し、逆に打ち取られた後だと低下することが明らかにされている (Bock et al., 2012; Ross, 2004)。このことに関連して Ikegami & Ganesh (2014) は、イチローのインタビューにおいて、“自分自身のバッティングパフォーマンスに影響することから、打席に立つ前はバッティングの下手なチームメイトを極力見ないようにする”と同様のことが語られている部分に目を向けている。スポーツにおける伝染現象には、多くの要因 (例えば、感情 (Moll et al., 2010)、気分 (Totterdell, 2000)、社会的伝染 (Boss & Kleinert, 2015)) が関係しているが、近年の研究において、伝染現象の影響因子の一つであるとされている運動伝染に焦点を当てたものがある (Ikegami & Ganesh, 2014; Gray & Beilock, 2011)。

Gray & Beilock (2011) は、“ヒットは伝染する”という考えを検証するために、野球の打者における運動伝染現象を調査した。彼らの研究において、熟練打者および未熟練打者は、行為を誘発するための3種類の内の1つの刺激 (行為刺激：ホームプレートからレフト、センターもしくはライトへ飛んでいくボール、結果刺激：レフト、センターもしくはライトにあるボール、言語刺激：“レフト”，“センター”もしくは“ライト”と書かれた単語) を観察した後に、センター方向へバーチャルな野球ボールを打つよう要求された。彼らは、行為刺激および結果刺激の両方が熟練打者の打球方向に影響を与えたが、言語刺激もしくは未熟練打者では全ての刺激において影響が見られなかったことを明らかにした。例えば、行為状況を誘発する刺激が、レフトへ飛んでいくボールだった場合、熟練打者はセンター方向へ打つよう指示されていたにもかかわらず、よりレフト方向へボールを打つ傾向にあった。さらに、プレーの成功 (この場合、ヒットを打つこと) は行為刺激の観察の後に、よ

り生じる可能性がある。これらの結果は、行為結果の単なる観察が観察者における伝染効果を生じさせ、また野球における“ヒットは伝染する”という考えを支持すると明らかにした (Bock et al., 2012; Ross, 2004)。

ここで留意すべきは、Gray & Beilock (2011) の研究における伝染は、観察者がボールを打つモデルの運動行為を観察していない点にある。そのような観察対象の代わりに、実験参加者たちは、1方向に動いているボール、または外野に落ちて動かないボールを観察した。スポーツ場面に焦点を当てていない研究において、運動伝染は、他者の行為キネマティクスを観察することによって引き起こされることが明らかにされており、この現象は自動的模倣と呼ばれている (Brass et al., 2001; Brass et al., 2000; Craighero et al., 1996; Sturmer et al., 2000)。これらは、手と関係のない課題を実行している場合においても、観察した行為をまねる傾向にあることが示されている (Heyes, 2011)。自動的模倣の証拠は、反応時間課題 (Brass et al., 2001; Brass et al., 2000; Sturmer et al., 2000) や対象を把持する課題 (Edwards et al., 2003)、循環動作課題 (Kilner et al., 2003)、ジャンケン (Cook et al., 2012) などの課題を用いて明らかにされている。これらの発見は、自身の行為の目的に関係なくモデルの行為の自動的な模倣を誘発すると示唆している (Blakemore & Frith, 2005)。まとめると、運動伝染は、他者の行為キネマティクスを観察している時に、自動的模倣を誘発することによって生じる可能性が考えられる。

他者の行為キネマティクスの観察が、スポーツにおけるパフォーマンスに影響を与えるとすでに示している研究がある。Ikegami & Ganesh (2014) は、ダーツ熟練者に対してダーツ初級者の投げるダーツの軌道が見える映像、またはダーツスローのキネマティクス情報のみが得られるようにそれ以外の情報を隠したダーツ初級者の映像を観察させた。さらに実験参加者は、初級者のダーツがボードのどこに当たったのか位置を予測するよう要求された。実験が進むにつれ、熟練者は投球者であるダーツ初級者の結果を予測する能力が向上した。面白いことに、熟練者の予測能力の向上に伴って、熟練者自身のパフォーマンス低下が生じた。この変化が生じた背景には、ダーツ初級者の行為観察により、ダーツ初級者の動作に似た行為が誘発された結果、観察者自身のキネマティクスが変化した可能性が

考えられる。また別の原因として、行為の観察は、観察者自身のキネマティクスを変化させずに運動伝染を生じさせた可能性が考えられる。これらを支持するように、先行研究では、観察者が観察した行為のキネマティクスではなく、観察した行為の意図や目的をまねた可能性を指摘している (Bekkering et al., 2000; Gleissner et al., 2000)。まとめると、運動伝染は、行為観察後のキネマティクスの模倣によって引き起こされるかどうか不明である。また、今まで、この問題を解明するために動作キネマティクスを分析したものは見当たらない。

行為観察によって生じる運動伝染は、観察した行為とその結果との間に強い結びつきがある場合に生じる可能性があるため、観察者が結果を正確に予測できる (Ikegami & Ganesh, 2014) 時に運動伝染は生じることが考えられる。同様に、Gray & Beilock (2011) は、野球選手における運動伝染が、未熟練者よりも熟練者において生じたことから、熟練者では、観察した行為結果を行うために必要な動作および観察した行為結果がより深く関連していることを示唆している。運動伝染とそれに関連する現象は、行為の観察および実行に共通の表象領域を有すると提案している共通符号化説によって説明できる可能性がある (Prinz, 1987; Prinz, 1997)。この理論は、行為の観察が認識した行為を内部シミュレーションするように、自身の運動システムを自動的に活性化すると示唆している (Rizzolatti et al., 2001)。加えて、優れた予測能力を有するスポーツの熟練者は、他者が行った行為の結果を予測する時にその運動システムを活性化させるが (Abreu et al., 2012; Aglioti et al., 2008; Bishop et al., 2013; Wright et al., 2011)、とりわけその予測が当たっている時に活性する (Olsson & Lundstrom, 2013) と報告されている。まとめると、運動伝染は、観察者が観察した行為キネマティクスに基づいて行為結果を予測できる時に生じる可能性がある。よって、この研究の最初の目的は、観察した行為の結果を予測する能力がスポーツにおける運動伝染を生じさせるかどうか検討することとした。

方法

実験 1

実験参加者 6人 (男性3名と女性3名) の大学陸上競技部に所属する熟練ハンマー投選手が実験 1 に参加した。実験参加者たちの平均年齢は、 20.8 ± 1.2 歳であり、競技歴は 5.8 ± 1.2 年であった。全実験参加者が全国レベルの選手であり、1 週間の練習時間はおよそ 16 時間であった。この研究は、鹿屋体育大学の倫理委員会の承認を受けたものであり (承認番号 3-8)、ヘルシンキ宣言に則り、人体実験の倫理的要件を満たして行われた。

実験装置および刺激 実験参加者は、国際基準に準拠する屋外の投擲場でハンマーを投げた。全ての視覚刺激は、ハンマー投のサークルから 350cm 離れたところに位置した 76.9×121.8 cm の大きさのモニター (TH-P50G1, Panasonic) に呈示された。この刺激は、3 方向 (フィールドの左, 真ん中, 右) の内の 1 つの方向, また 2 種類の行為キネマティクス (HP と EP) の内の 1 つを使用しハンマーを投げるモデルで構成された。刺激映像を作成するために、60Hz のデジタルビデオカメラ (HDR-CX560V, Sony) を使用し、ハンマー投競技歴 7 年の右利き全国レベルのハンマー投選手の動作を撮影した。投擲用ハンマーには、国際陸上競技連盟規格の 4.00kg のハンマーを使用した。刺激を作成するために、モデルは、3 つの所定の方向の内の 1 つを狙ってハンマーを投げた：中心方向は、フィールドの中心 10° 以内にハンマーが落下した投擲と定義した；左方向は左のフェールラインの内側から 10° 以内のものであった；また、右方向は右のフェールラインの内側から 10° 以内のものであった (図 1)。これら以外の全ての投擲は、刺激から除外された。

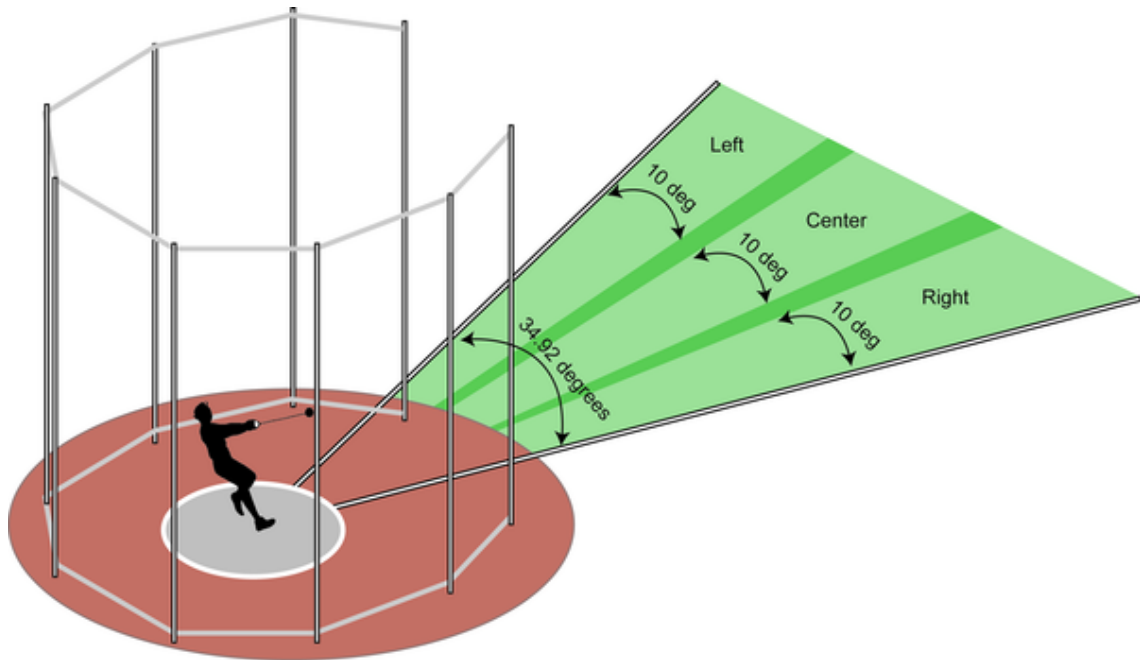
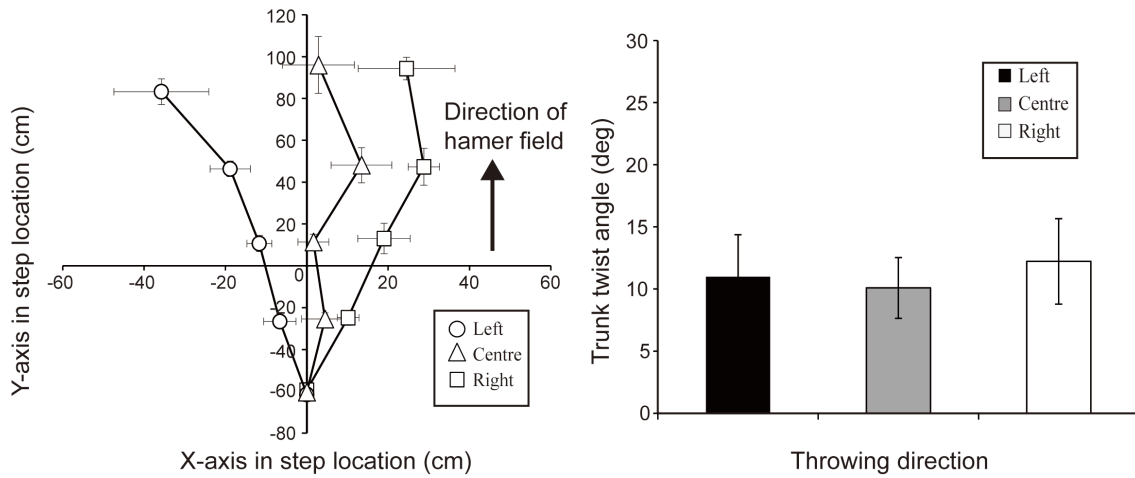


図 1 刺激映像に含まれるモデルによるハンマー落下位置の投げ分け (右, 中央および左方向)

投擲方向を予測できるよう操作するために, モデルは, 2 つの異なる技術を使用してハンマーを投げ分けるよう要求された. HP 条件において, モデルは, 自身の体幹捻転角度を調整して指示された位置にハンマーを投げた (体幹方略; 図 2 下部参照). この体幹捻転角度は, 左右の肩峰および左右の上前腸骨棘の線分の成す角度と定義された. この捻転角度が大きくなると, ハンマーは左方向へ落下し, 捻転角度が小さくなると, ハンマーは右方向へ落下する. この条件において, モデルは異なる投擲方向間で, できるだけ同様のステップ位置でハンマーを投げるよう指示された. ステップ位置は, ターン時における軸足である左足の位置と定義された. EP 条件において, モデルはステップ位置のみを調整して指示された方向にハンマーを投げた (ステップ方略; 図 2 上部参照). この条件において, モデルは異なる投擲方向間で, 同様の体幹角度を保持しながら投擲を行うよう要求された. モデルは 2 つの異なる技術のそれぞれを使用し, 3 方向に 10 投ずつ成功投擲を投げるまでハンマーを投げた.

Step strategy condition



Trunk strategy condition

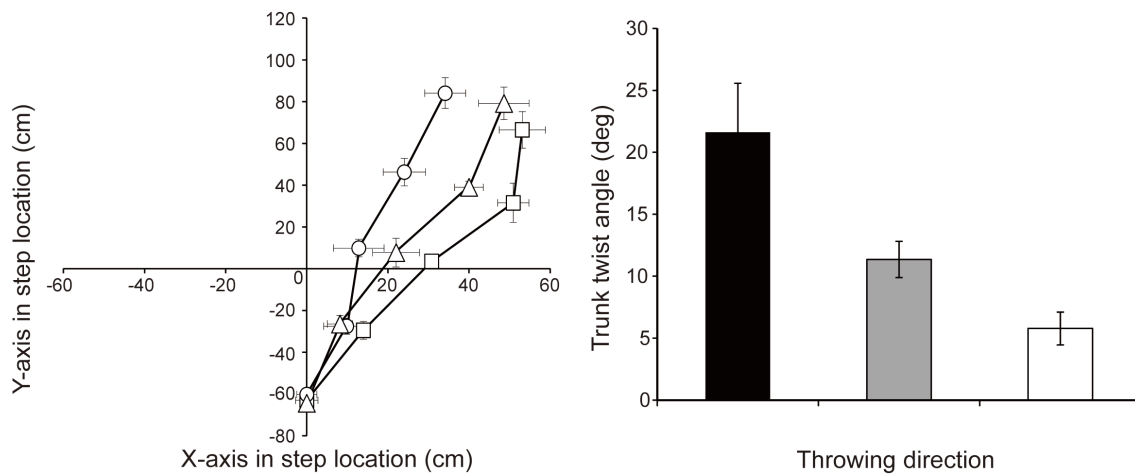


図2 ステップ方略におけるモデルの動作キネマティクス (予測容易条件; 上部) および体幹捻転方略におけるモデルの動作キネマティクス (予測困難条件; 下部)

記録した映像は、映像編集ソフト (Premiere Elements 2.0, Adobe) を使用し、編集した。10 個の映像の内の 5 つが、3 つの方向のそれぞれと 2 つのキネマティクス条件に選択された。選択された試行は、その条件において要求された技術に最も適合したキネマティクスのものであった (下記参照)。注意刺激は、試行が開始されたことを実験参加者に知らせるためにそれぞれの試行の開始前に映像に入れられ (2000ms)、その後、映像はハンマー投のキネマティクスの映像 (約 900ms)、2000ms のホワイトノイズと続いた。

モデルと実験参加者両方のキネマティクスを分析するために、600Hz のフレームレートに

設定した 11 台のデジタル 3 次元動作分析システム (Motion Analysis Corporation, Santa Rosa, CA) のカメラによって運動学的データを記録した。キャリブレーションはワンドキャリブレーション法を使用し, 行われた。位置誤差の二乗平均平方根は, 3 次元空間において 1.0mm 以下であった。反射マーカは, ハンマーやモデルもしくは実験参加者の頭部や上半身, 下半身の 29 箇所に取り付けた。27 個の反射マーカ (直径 1.25cm) は, 前頭部, 頭頂部, 後頭部, 身体左右の肩峰, 上腕骨外側上顆, 橈骨茎状突起および尺骨茎状突起, 上前腸骨棘, 大転子, 脛骨外側顆および脛骨内側顆, 脛骨外果および脛骨内果の 23 箇所を含む解剖学的ランドマークに取り付けた。4 つのマーカは, 左右のスローイングシューズのつま先と踵に取り付けた。さらに, ハンマーリリースの時点を確認するために, 2 つの反射マーカをハンマーのハンドル部分の左右に取り付けた。3 次元座標は, 投擲の水平方向を y 軸, 垂直方向を z 軸, またサークルの右側に面する水平軸を x 軸と定義した。ハンマーリリースの時点は, ハンマーのハンドルに取り付けた反射マーカが手のマーカから外れた時点と定義した。

2 つの異なる投擲技術における予測可能性の差を検証するために, 実験 1 を開始する前に予備実験として結果予測課題を実施した。この課題において, 実験を開始する少なくとも 2 日前に, 6 名の熟練ハンマー投選手は, ハンマーがリリースされた時点で終了する映像を観察した。それぞれの映像観察の後, 実験参加者は, ハンマーがフィールドのどの位置 (左, 中央, 右) に落ちるのか予測するよう要求された。実験参加者は, HP 条件および EP 条件それぞれ 30 試行で構成される合計 60 試行の映像を観察した (3 方向のそれぞれで 10 試行ずつ)。それぞれの実験参加者において, 投擲方向の呈示順序は, 実験参加者間でカウンターバランスされ, EP 映像の呈示および HP 映像の呈示の順序はランダム化された。結果のフィードバックは与えられなかった。HP 条件および EP 条件間の予測可能性の差を検証する t 検定は, 予測正確性の平均が HP 条件における正確性よりも EP 条件における正確性が有意に高いと明らかにした (HP vs. EP = 49 vs. 87%, $t(5) = 8.50, p < .01$)。

手続き 実験 1 において、実験参加者は、通常の練習開始前に行なっているウォーミングアップを行なった。次に、実験参加者それぞれの投擲方向および動作キネマティクスを測定するために、実験参加者は、モデル映像を観察する前に 15 投ハンマーを投げた (通常条件)。15 投の試技の後、実験参加者は、ブロックごとに EP および HP 条件のそれぞれで 15 投ずつハンマーを投げた (全 EP 試行もしくは HP 試行はまず、EP および HP 呈示順に実験参加者間においてカウンターバランスされた)。両条件において、実験参加者は、同様の映像を 5 回連続で観察した直後に、ハンマーを 1 回投げた。合計で、EP および HP 条件のそれぞれにおいて 15 個の映像があった (3 方向のそれぞれで映像は 5 個ずつ)。投擲方向の呈示順序は、EP および HP ブロック内でランダム化された。よって、実験参加者は、合計 45 投ハンマーを投げた。投擲方向における疲労の影響を取り除くために、この試技数を選択した。さらに、実験参加者には、それぞれの投擲の後に小休憩が与えられた。条件ごとに、実験参加者は、映像で観察したことに関係なく、フィールドの中心めがけハンマーを投げるよう指示された。

測定項目およびデータ分析 投擲方向が映像観察によって影響を受けたか明らかにするために、ハンマーが落下した位置に基づいて投擲方向の角度を算出するためにデジタル分度器を使用した。フィールド中心への投擲方向は、 0° と定義した。フィールドの中心からそれぞれの投擲方向への角度は、フィールドの中心線からハンマーが落下した位置の角度によって得られた。正の値は、フィールドの中心から右にハンマーが落下したと示している。また、実験参加者の‘通常の’投擲方向の個人差にかかわらず、パフォーマンス中の投擲方向における観察の効果を明らかにするために、EP および HP 条件における角度から通常条件の平均角度の値を引いた (減算値と定義した)。差分した投擲方向の平均値は、繰り返しのある 3 (方向：左，中央，右の刺激) \times 2 (予測可能性：EP および HP) の 2 要因分散分析を使用し、分析した。

次に、運動伝染の原因 (すなわち、運動学的模倣が原因か否か) を明らかにするために、運動学的データを使用し、ハンマー投中の実験参加者のステップ位置および体幹捻転角度を算出した。この体幹捻転角度およびステップ位置の定義は、モデルにおいて使用したも

のと同様であった。条件間におけるこれらの値を比較するために、ハンマーをリリースした時点におけるステップ位置および体幹捻転角度を時系列データから算出した。ハンマーをリリースした時点のみを検討する理由は、体幹捻転角度およびステップ位置の値がハンマーのリリースに近づくにつれ次第に増加し、リリースの時点で最大の値になるためである。よって、条件間の実験参加者のキネマティクスにおける値がハンマーリリースの時点で最大になると予測した。EP および HP 条件におけるステップ位置 (x 軸) および体幹捻転角度の値は、観察した投擲方向およびその予測可能性を受けての変化を検証するために通常条件における値から差し引いた。これらの減算値の平均は、3 (方向：左，中央，右の刺激) × 2 (予測可能性：EP および HP) の 2 要因分散分析を使用し、分析した。ステップ位置および体幹捻転角度が共変する可能性が考えられるが、図 2 は、これらの要因が主にお互いを単独でコントロールと示している。これは、とりわけ体幹捻転角度で顕著であった。これは、体幹捻転角度の変容なしで、ステップ位置の大きな差を引き起こす EP 条件において可能である。動作自体がハンマー投特有のものであり、また特に、体幹捻転角度およびステップ位置が別々に操作され、分析されたという点である程度縮退であるといった考えをこの結果は支持している。よって、分析において 2 つの指標を独立して検討した。効果サイズおよび 95% 信頼区間は、イータ 2 乗 (η^2) として明記している。0.01, 0.06 および 0.14 の効果サイズは、それぞれ小，中，大である。同様に、観測検定力も明記し、また事後平均比較は、Bonferroni test を使用し、行われた。

結果および考察

投擲方向 運動伝染が行為結果の正確な予測に依存する場合、運動伝染は、キネマティクスと行為結果間の関連が容易に予測できる EP 刺激を観察している時に生じやすくなるだろうと仮説を立てた。図 3 は、EP よび HP 条件における投擲方向を通常条件の値から差し引いたものを示している。この結果から、運動伝染が HP 条件よりも EP 条件において引き起こされたことを明らかにした。分散分析は、観察した投擲方向の大きな効果量を伴う有意な主効果を明らかにし ($F(2, 10) = 20.47, p < .01, \eta^2 = .53$ [95% 信頼区間 = 0.35-0.76],

観測検定力 = .99), また, 投擲方向および結果の予測可能性との間の大きな効果量を伴う有意な交互作用を明らかにした ($F(2, 10) = 7.06, p < .05, \eta^2 = .16$ [95% 信頼区間 = 0.04-0.33], 観測検定力 = .83 ; 予測可能性の主効果, ($F(1, 5) = 0.62, p < .46, \eta^2 = .00$ [95% 信頼区間 = 0.00-0.02], 観測検定力 = .09). EP 条件において, 左-中央, 左-右, また中央-右方向刺激のそれぞれの比較において, 投擲方向における有意差が見られた ($ps < .01$). しかしながら, HP 条件においては, 投擲方向間で有意差が見られなかった. これらの結果は, 観察した行為結果が観察したキネマティクスに基づいて正確に予測できる動作を観察している場合に, 運動伝染が引き起こされる可能性があるを示している.

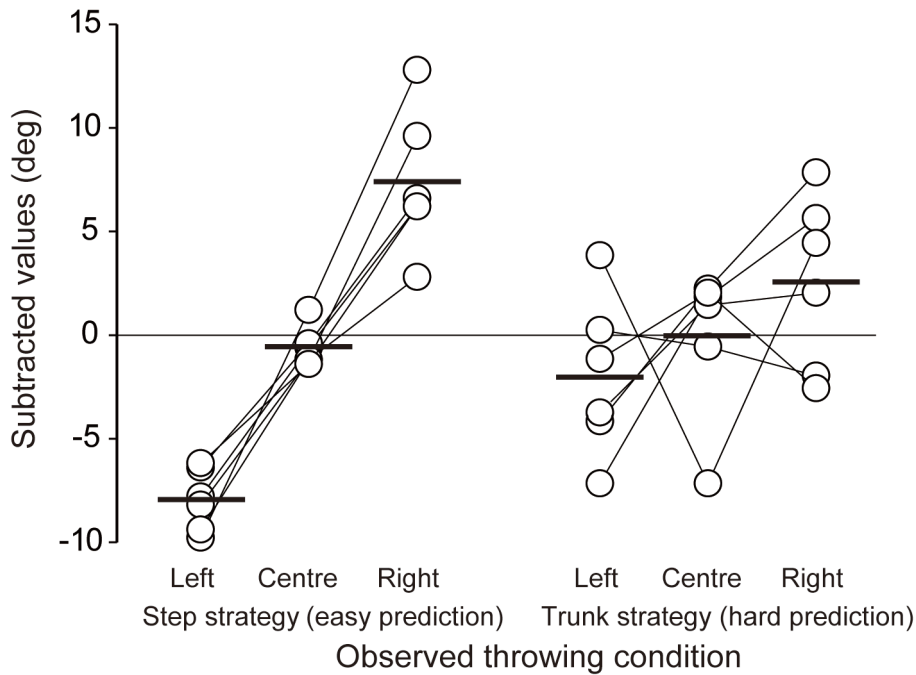


図 3 左, 中央および右方向に対するモデルの動作キネマティクス観察後における実験参加者個人の投擲方向

行為観察が観察者の動作キネマティクスを変容するか? 次に、運動伝染の原因 (すなわち、運動学的模倣が生じるかどうか) を明らかにするために、投擲中の実験参加者の動作キネマティクスを分析した。図 4 上部は、EP および HP 条件における動作開始 (すなわち、ターン動作の開始) からハンマーリリースまでのステップ位置を示している。下部は、EP および HP 条件における最終ステップ位置を通常条件の値から差し引いたものを示している。観察者自身の動作が観察したものによって変容される場合、EP 条件において (図 4 左側の上下に示す)、HP 条件のものよりも有意に大きなステップ位置の変化が生じる可能性が考えられる (図 4 右側)。実験参加者がモデルのキネマティクスを十分に模倣した場合、EP 条件における運動学的相違の規模が図 2 の上部左側と同様、モデルの行なった動作を反映することが考えられる。この結果は、EP および HP 条件間の運動学的差異があったことを明らかにした (図 4 参照)。これは、水平 (x) 軸における最終ステップ (図 4 下部) の比較において、映像の予測可能性における中程度の効果サイズを伴う有意な主効果から支持される ($F(1, 5) = 8.33, p < .05, \eta^2 = .12$ [95% 信頼区間 = .03-.39], 観測検定力 = .64)。方向および予測可能性間の中程度の効果サイズを伴う有意な交互作用 ($F(2, 10) = 4.89, p < .05, \eta^2 = .08$ [95% 信頼区間 = .01-.22], 観測検定力 = .67) は、予測可能性条件間の差が HP 条件のものよりも有意に大きい EP 条件の減算値 ($p < .01$) を伴う左方向への投擲を観察している時の差によるところが大きい。しかしながら、EP および HP 条件間の差の程度は明らかに小さく、また観察した映像における運動学的な差よりも著しく少なかった (図 2 参照)。加えて、観察した投擲方向における小さな効果量を伴う有意な主効果があった ($F(2, 10) = 4.82, p < .05, \eta^2 = .03$ [95% 信頼区間 = .00-.10], 観測検定力 = .66)。これは、映像で観察したステップ位置の変化と一致する EP および HP 条件間のキネマティクスにおいて小さな違いがあったが、この差は、運動学的模倣が EP 条件において見られた運動伝染に関して十分に説明できないことを示唆している。

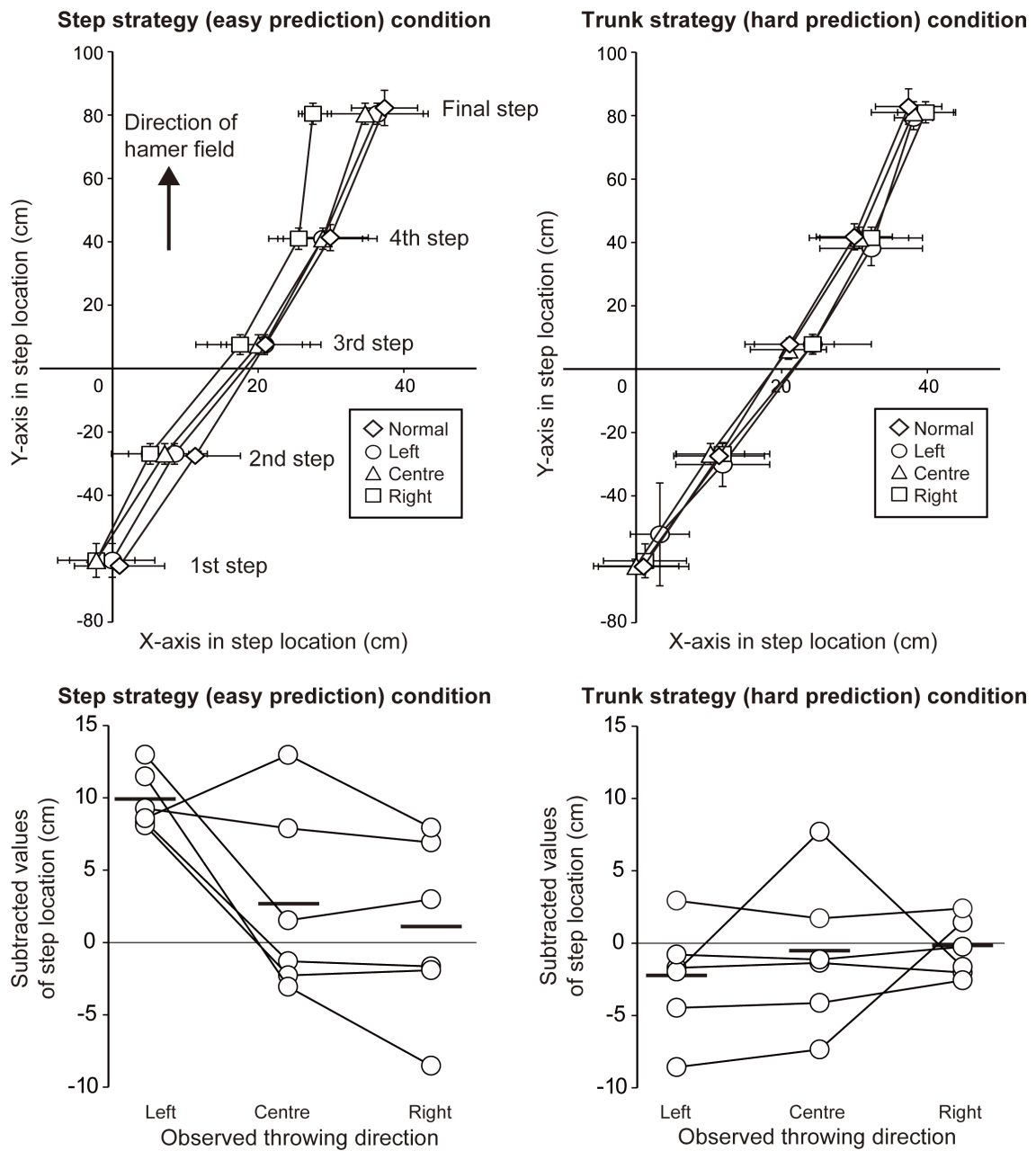


図4 EP および HP 条件下における実際のステップ位置

図5は、EP および HP 条件下におけるハンマーリリース時点での実験参加者の体幹捻転角度の差分を示している。実験参加者自身の動作が観察した動作によって変容される場合、EP 条件ではなく HP 条件映像の投擲方向が体幹捻転角度の変化に基づいてコントロールされているので、EP 条件ではなく HP 条件において体幹捻転角度が変化する可能性が考えら

れる。しかしながら、概して今回の実験では正反対の結果となった。観察した投擲方向の大きな効果サイズを伴う有意な主効果 ($F(2, 10) = 23.37, p < .01, \eta^2 = .54$ [95% 信頼区間 = .42 -.69], 観測検定力 = .99) および投擲方向と結果の予測可能性間の中程度の効果サイズを伴う有意な交互作用 ($F(2, 10) = 6.14, p < .05, \eta^2 = .13$ [95% 信頼区間 = .02 -.29], 観測検定力 = .77; 予測可能性の主効果, ($F(1, 5) = 0.28, p = .62, \eta^2 = .00$ [95% 信頼区間 = .00 -.04], 観測検定力 = .07) は、予想に反して、HP 条件 (体幹捻転角度を変容させた映像) よりも EP 条件 (体幹捻転角度を変容させなかった映像) において体幹捻転角度の大きな変容が生じたことを明らかにした。Follow-up test は、EP 条件において、それぞれの比較における捻転角度の有意差があることを明らかにした (左-中央, 左-右, 中央-右, $ps < .05$)。すなわち、EP 条件における観察したモデルの体幹捻転角度が投擲方向に関わりなく同様であったが、実験参加者の体幹捻転角度は異なる投擲方向を観察した後に変化した可能性がある。まとめると、実験参加者における体幹捻転角度の変容は、体幹捻転角度に基づいて操作された映像を呈示する HP 条件においてある程度生じたが、HP 条件では、体幹捻転に基づいて操作されていない EP 条件において記録されたものよりも生じなかった。運動伝染は、運動学的模倣が原因で生じるわけではないと今回の結果は示唆している。投擲方向が変化した背景には、観察した映像に関わりなく体幹捻転角度が同じように変化したため生じた可能性が考えられる。

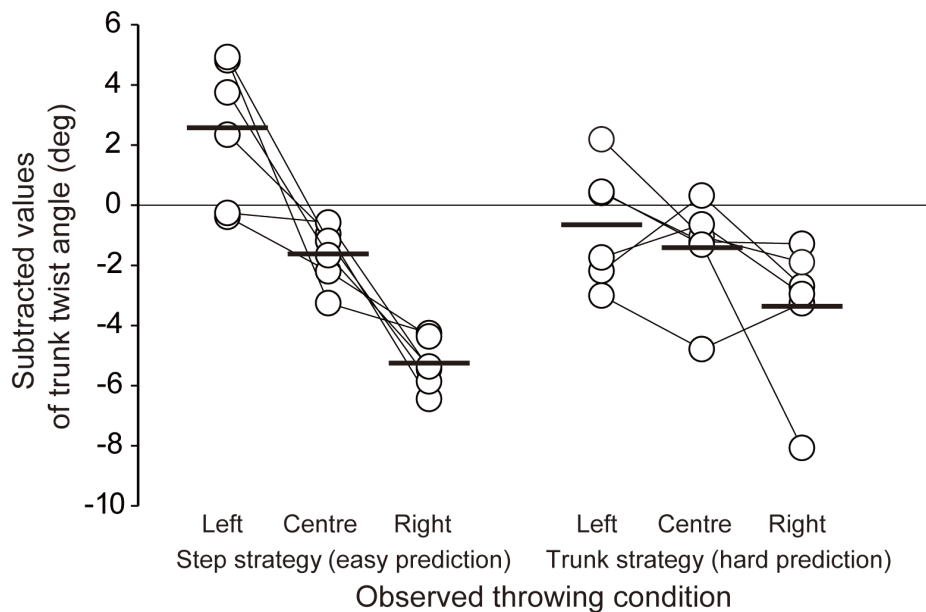


図 5 EP および HP 条件下における体幹捻転角度の値を通常条件から引いた差分値

第二項 実験 2

目的

運動伝染は、良いパフォーマンスおよび悪いパフォーマンスの両側面からスポーツにおけるパフォーマンスに影響を与える。それ故、このような運動伝染を望まない状況も存在するが、スポーツにおける運動伝染を抑制しようとする研究は見当たらない。一部の先行研究では、運動システムが行為を観察している時に共鳴する場合、抑制メカニズムは模倣を防ぐために必要になると提案されている (Brass & Heyes, 2005; Cross et al., 2013; Schutz-Bosbach et al., 2009; Spengler et al., 2010; Ubaldi et al., 2015)。運動伝染に関する共通符号仮説の解釈では、予測システムと行為システムが、同じ動作の実行および観察において共通のメカニズムを有すると仮定している (Prinz, 1987; Prinz, 1997)。よって、不必要な運動伝染を生じさせないためには、望ましくない行為を観察している時に共有表象をコントロールしなければならないと言える。Brass et al. (2009) は、共有表象の制御に関連する機能メカニズムおよび脳の回路の存在を調査した。彼らは、運動伝染課題における模倣反応の減

少が見られた時 (Brass et al., 2000), 内側前頭前皮質が高い活性を示したと報告している (Brass & Heyes, 2005; Spengler et al., 2009). さらに, 例えば, 自己指示的または心的状態帰属などの自己に関連する処理を実行している場合に生じる脳の活性が, 共有表象を制御する前部前頭-内側皮質および側頭-頭頂接合部領域で見られたことを報告している.

自己に関連した処理課題に伴う脳の活性を前提として, Spengler et al. (2010) は, 自己焦点が運動伝染の抑制を引き起こすかどうか検討した. 彼らの研究において, 自己焦点は, 人の価値観に関係する評価基準 (例えば, “ライブツィヒは心地の良い街である”) すなわち, 行為観察の前の自己に言及する課題を行うことによって誘発される. 結果として, 運動伝染が抑制されることが明らかとなった. さらに, Schutz-Bosbach et al. (2009) は, 観察した行為が実験参加者自身に関係する場合, 共有表象に関連する運動システムの活性が低下することを報告している. 観察した行為が他者に関係する場合, 運動システムに関連する活性は上昇する. この結果は, 自己に関連する処理が自身の行為制御メカニズムを高めることを示唆している. これらが生じる背景には, 行為制御メカニズムが無意識の運動伝染を抑制するために必要とされる共有表象の活性を抑制するために生じる可能性が考えられる. よって, 第 2 実験の目的は, 運動伝染が他者の行為観察中の自己焦点によって抑制されるかどうか検討することとした.

この目的を達成するために, 行為観察中にセルフトークを行うことによって焦点の方向を操作した. セルフトークは, 他者でなく自分自身の状態に焦点を向かわせるものである (Theodorakis et al., 2000). これは, 目的を達成するための方法に関する指示において有効である (Hardy, 2006). また, セルフトークは, 自己言及的な内語を使用し, 行われる (Zell et al., 2012). それ故, セルフトークは, 実験参加者を自己に関連する処理に焦点を向かわせることができると推察される. 前述した実験結果を考慮すると, 自己焦点は, 自身の運動意図を実行するために優れており, また運動伝染の効果を抑えられることが考えられる. よって, 実験参加者が行為観察中, 自己焦点するためにセルフトークを行なった時に, 運動伝染を防ぐことができると仮説立てた. これが正しい場合, スポーツにおける不必要な伝染を抑制させられる有益な方法として提案することができる.

方法

実験参加者 実験 1 と同様の実験参加者が実験 2 にも参加した。この研究は、鹿屋体育大学の倫理委員会の承認を受けたものであり (承認番号 3-8)、ヘルシンキ宣言に則り、人体実験の倫理的要件を満たして行われた。

実験装置および刺激 実験 2 において、運動伝染は HP 条件においてよりも EP 条件において生じたため、EP 条件で使用したものと同様の刺激を使用した。

手続き 実験 2 は、実験 1 から日を改めて行われた。実験 2 において、実験参加者は自己焦点条件および非自己焦点条件の両方でハンマーを投げるよう要求されたことを除いて、実験手続きは実験 1 と同様であった。従属変数として自己に関連する処理を操作するために、実験参加者は、投擲に先立って行う行為観察中に自身のパフォーマンスに関して (自己焦点)、もしくは他者のパフォーマンスに関して (非自己焦点) 口にするよう要求された。自己焦点条件において、実験参加者は、映像観察中に「自分の投げをしよう」と口にするよう指示されたが、行為観察に対する注意の散漫を防ぐために、モデルの動作に対して注意を払うよう指示された。「自分の投げをしよう」で示されるようなセルフトークは、自己に関連する処理を引き起こすことが考えられる。一方で、非自己焦点条件において、実験参加者は映像観察中に「ミスれ」(モデルに関して) と口にするよう指示され、またモデルの動作に注意を払うよう指示された。他者のパフォーマンス (すなわち、モデルのパフォーマンス) に関して口にすることは、自己焦点条件において行なったセルフトークよりも、非自己焦点条件において自己に関連する処理を防ぐことができると考えられる。投擲は、それぞれの条件において 15 回ずつ行われた (それぞれの方向刺激において 5 回ずつ) (合計 30 試技)。実験参加者は、観察した刺激に関係なく、フィールドの中心にハンマーを投げるよう指示された。方向刺激の順序はランダム化され、また自己焦点および非自己焦点条件の順序に関しても実験参加者間でカウンターバランスされた。

測定項目およびデータ分析 他者の行為観察中の自己焦点が、運動伝染を抑制するために効果的であるかどうか明らかにするために、自己焦点条件および非自己焦点条件における投擲方向を算出し、実験 1 で記録した通常条件の方向からそれぞれの条件の値を差し

引いた。その後、減算した投擲方向の平均は、3 (方向：左，中央，右) × 2 (自己焦点：自己焦点および非自己焦点) の分散分析を使用し，分析した。効果サイズは η^2 とし，事後平均比較は Bonferroni 法を使用し，行われた。

結果および考察

運動伝染における自己焦点の影響 図 6 は，自己焦点条件および非自己焦点条件における投擲方向を示している。観察した投擲方向の大きな効果サイズを伴う有意な主効果 ($F(2, 10) = 25.69, p < .01, \eta^2 = .37$ [95% 信頼区間 = .23 -.49]，観測検定力 = .99) および大きな効果サイズを伴う有意な方向 × 自己焦点の交互作用 ($F(2, 10) = 53.35, p < .01, \eta^2 = .37$ [95% 信頼区間 = .24 -.47]，観測検定力 = .99；予測可能性の主効果，($F(1, 5) = 2.96, p = .15, \eta^2 = .02$ [95% 信頼区間 = .01 -.11]，観測検定力 = .29) は，非自己焦点条件における運動伝染の有意な効果を明らかにしたが，自己焦点条件では見られなかった。具体的に言うと，非自己焦点条件において，左方向と中央方向，左方向と右方向，また中央方向と右方向へ投げている映像を観察している時に投擲方向に有意差があった ($p < .01$)。すなわち，実験参加者に対して追加の教示があったにも関わらず，実験 1 において見られた運動伝染現象を再現した。対照的に，自己焦点条件において，投擲方向間で有意差がなかった。この結果は，自動的模倣における自己焦点の効果を抑制すると報告した Spengler et al. (2010) の研究と一致し，伝染現象が抑制されたことを意味している。よって，運動伝染が自己焦点を使用することで抑制されるという考えを今回のデータは支持する結果となった。

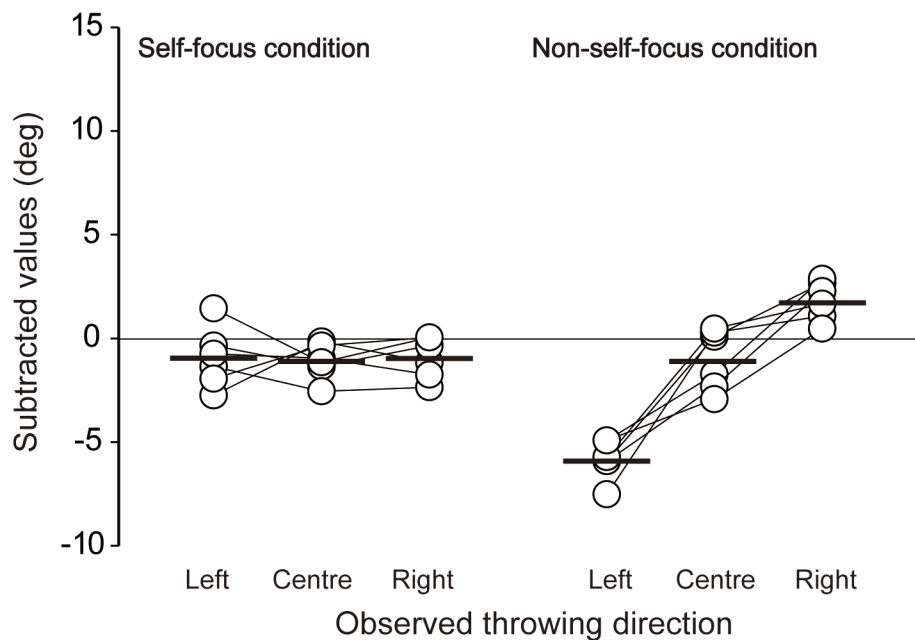


図 6 self-focus および non-self-focus 条件における実験参加者個人のハンマー落下位置

第三項 全体考察

スポーツ場面において、選手やコーチたちは、チームメイトの良いパフォーマンスの後には、‘この流れに乗ろう’と考え、逆にチームメイトの悪いパフォーマンスの後には‘この流れを切ろう’とよく考えている。スポーツにおける伝染が及ぼす影響を前提として、この研究の狙いは、(a) 観察した行為の結果を予測する能力が運動伝染の伝染過程に影響を及ぼすかどうか (実験 1)、(b) 運動伝染が他者の行為の観察中に自己焦点することで抑制されるかどうか (実験 2) の両方を明らかにすることだった。スポーツにおける運動伝染に関する先行研究は、行為結果のみを実験参加者に呈示したが (Gray & Beilock, 2011)、この研究においては、明確な結果に結びつく行為キネマティクスを呈示した。加えて、運動伝染が行為結果と観察した行為に関連する観察者の予測能力に依存するかどうか明らかにするために、モデルのキネマティクスに基づいて行為結果の予測しやすさを操作し、2種類の異なる行為刺激 (HP および EP) を用いた。実際に、観察したキネマティクスとその結果と関連が運動伝染を引き起こすために重要であることを示唆している、予測が容易なモデルの行

為 (図 3) を観察している時に、運動伝染が生じた。熟練者の動作キネマティクスの結果を予測する能力が向上する時、熟練者において運動伝染がより生じやすくなるという研究結果 (Ikegami & Ganesh, 2014) と今回の予測に依存した効果は一致している。

共有表象が、動作の実行および観察に影響を与えると想定している共通符号化説 (Prinz, 1987; Prinz, 1997) によって運動伝染は説明できる。この理論によれば、知覚した行為は知覚者の運動システムにおける観察した行為の運動表象を自動的に活性化する。言い換えれば、知覚した他者の行為は、観察者自身の行為に容易に影響を与える。この理論における運動伝染に対する解釈は、他者の行為を観察する時、また同様の行為を実行する時の両方で活性化する (Rizzolatti & Craighero, 2004; Rizzolatti & Sinigaglia, 2006) 運動システム内のミラーニューロンの存在によってさらに支持されている (Di Pellegrino et al., 1992; Rizzolatti & Craighero, 2004)。この運動システムは、たとえ動作の一部が見えないとしても (Rizzolatti et al., 2001)、観察した動作が目標指向性である時に活性化することが報告されている。さらに、優れた結果予測能力を有する熟練スポーツ選手 (Abernethy, 1990; Mann et al., 2007; Williams & Grant, 1999) は、他者の行為結果の予測を誤った場合より、予測がうまくいった場合に運動システムが活性化する (Olsson & Lundstrom, 2013) ため、結果予測課題 (Abreu et al., 2012; Aglioti et al., 2008; Bishop et al., 2013; Wright et al., 2011) を行う時にこの運動システムは活性化する。結果的に、共通符号メカニズムが運動伝染と関連があることから、実験参加者の共有表象は、予測が難しかった HP 条件 (50%未満の正答率) と比較して、予測が容易に行えた EP 条件 (80%以上の正答率) においてより活性化することが考えられる。すなわち、行為結果の予測が知覚した行為を内部シミュレート、または共鳴する可能性がある (Rizzolatti et al., 2001) ため、観察している行為の結果が観察者にとって容易に予測できる場合、行為観察の後に運動伝染は生じることが示唆される。

また、他者の行為観察の後に生じる運動伝染の原因を明らかにするために、投擲中の実験参加者の動作キネマティクスを分析した。動作分析の観点から、キネマティクスにおける多少の変化が生じたが、これらの変化は運動学的模倣の結果として生じるという予測と一致しなかったことが明らかとなった (図 4 および 5)。具体的に言うと、体幹捻転角度では

なくステップ位置のみを変更した刺激を呈示された場合でさえ、実験参加者は自身の体幹捻転角度を非意図的に変更した (実験参加者は、全条件においてフィールドの中心に投擲するよう指示された) (図 2)。よって、これらの結果から、他者の動作観察後の運動伝染は、観察した動作の単純な運動学的模倣によって生じるわけではないことが示唆された。むしろ運動伝染は、モデルの行為の結果を模倣している可能性が指摘できる。さらに、フィールドの中心に向かって投擲するという教示を考えると、実験参加者が観察した動作に関係なく、運動伝染は非意図的に生じる可能性がある (Heyes, 2011)。

行為の観察は観察した動作の模倣ではなく、行為の結果に対するパフォーマンスを促進する (もしくは干渉する) と報告されている。例えば、Edwards et al. (2003) は、実験参加者に対して、大きい対象もしくは小さい対象への目標指向性行為 (リーチングおよび把持行為) を行なっている他者を観察させ、実験参加者に同じサイズ (一致条件) もしくは異なるサイズ (不一致条件) の対象に対して同様の行為を行うよう要求した。実験参加者は、観察した行為との一致が実験参加者の行為に対して影響を及ぼすと示唆している不一致条件下よりも一致条件下の行為において最高速度を示した。他の条件において、実験参加者はリーチング動作ではなく、対象のみを観察した。興味深いことに、動作がない場合でさえ、実験参加者の動作における最高速度は、不一致条件と比較して一致条件 (対象観察条件) において再び減少した。この結果は、観察した行為目標を符号化する対象の表象が同様の目的の遂行を引き起こす運動表象を活性化すると示唆している。つまり、Edwards et al. (2003) の研究は、この実験における運動伝染が観察した行為の目的もしくは結果の把握によって引き起こされる可能性を示唆している。それ故、実験参加者は、EP 課題においてモデルのキネマティクスを模倣しなかったことが考えられる。むしろ、実験参加者は、観察した行為キネマティクスから推測した意図もしくは目的に準じて判断した結果を遂行するために自身の体幹捻転角度 (および、程度は小さいが足の位置) を非意図的に調節した可能性が考えられる。

スポーツにおける運動伝染が生じる原因を明らかにすることは、不要なパフォーマンス低下を防ぐ方法の提案につながる可能性がある。上述したように、Spengler et al. (2010) は、

自己焦点が前部内側前頭前野 (aFMC) を活性させ、またこの領域は模倣の抑制時にも同様に活性されることを明らかにした (Brass et al., 2009). まとめると、これらの発見は、ヒトが自身の行為制御を高め、運動伝染を抑制する能力を持つシステムを有すると示唆している. 実験 2 において、Spengler et al. (2010) の研究と一致して、今回の実験では、行為観察中の焦点の方向を操作し、また運動伝染が自己に関連する処理を高めるセルフトークを通して抑制されたことを明らかにした. この結果は、実験室という限定された枠組みの中で実証された先行研究の結果が、実際のスポーツ場面においても同様に運動伝染を抑制させることができることを示唆している. 近年、運動伝染は、模倣の意図 (模倣反応もしくは反模倣反応) (Cross & Iacoboni, 2014) および観察中の運動イメージの操作 (Eaves et al., 2014) によって制御 (抑制もしくは促進) できることが明らかにされている. 加えて、ヒトの脳は、動作の促進および抑制間の相互作用を通して、最適に行為をコントロールされている. このようなことから、今後の研究においては、スポーツパフォーマンスを最大限発揮するために、運動伝染効果をコントロールする方法を明らかにする必要があると言える.

今回の実験参加者の専門レベルが、限られた範囲に限定して実験を行ったことは重要であるが、この研究の長所は、高いレベル (全国レベル) のスポーツ選手における運動伝染を実証した点にある. 技術レベルの高いスポーツ選手における伝染現象を検証するに至った背景には、実験参加者の専門知識の上昇と一致して伝染が生じる可能性が高まると明らかにされている先行研究 (Gray & Beilock, 2011) の存在が少なからず関係している. また、他者の行為結果を予測する能力が選手のスキルレベルに比例して高くなる (Abernethy, 1990) ことを考えると、熟練選手を用いたことは、実験 1 において伝染を生じさせる観察した行為と結果間の因果関係を探るための最善の手段であったと言える. 当然ながら、実験に熟練スポーツ選手を用いることがもたらす限られたサンプル数が、今回の実験における偽陽性の危険性を増加させていることも確かである. 大きな効果サイズに加えて、鮮明な統計結果は、結果の信憑性を保証するものである. さらに、実験参加者個人のデータは、実験操作が全てではないとしてもほとんどの実験参加者において体系的影響が見られたと大部分のプロットで示している. それでもなお、結果の再現可能性を示すだけでなく、課題に

において問題になっている未熟練者の実験参加者に対して一般化されるかどうかを検証することは今後重要となってくることが考えられる。

第二節

自動的模倣傾向の個人差が観察による運動学習の効率に与える影響

第一項 目的

運動学習において、学習者がモデルを観察して模倣することは最も基礎的な学習方法である。そのため、体育やスポーツの指導場面において、教師やコーチは学習者に自らの示範を観察させることが多い。このような学習形態は、観察学習やモデリング、あるいは模倣学習と呼ばれ、モデルの観察によって、運動遂行方略 (e.g., Martens et al., 1976)、運動の時・空間的協応パターン (Ashford et al., 2006, 2007) やダイナミクス (Mattar and Gribble, 2005)、効果器末端の動き (Hodges et al., 2007)、あるいは誤差検出・修正過程 (e.g., Andrieux and Proteau, 2016; Black and Wright, 2000; Black et al., 2005) が学習されると報告されている。さらに、神経科学分野においても、運動の出力に必要な運動記憶は、単に他者の運動学習を観察するだけでも形成されることが明らかにされている (e.g., Stefan et al., 2005)。このような身体エネルギーを要さず、身体練習と同等の効果が得られる観察による学習は、効率的な運動スキル習得に有用である。しかし一方で、全く同じモデルを観察したにもかかわらず、数回見るだけで学習する者がいれば、数十回以上見ても学習できない者もいるように、学習効果に個人差が生じることはしばしばある。そのため、観察による運動学習によって何が獲得されるかといった検討に加え、その学習効果を何が変調させるのかを明らかにすることは、より効果的な運動スキルの習得方法を明らかにする上で重要な課題と思われる。

運動学習研究において、観察による学習効果を説明する最も優勢な理論は、観察と行為との間に認知表象の媒介を仮定する Bandura (1986) の理論である。より具体的には、観察内容の心的リハーサルや組織化が可能なように、観察した情報をシンボリックな記憶表象に変換し、その記憶表象を基準に運動を再生し、エラー検出・修正することで運動を学習するという考えである。この理論を背景にして学習効果の変調要因を検討した研究では、

注意, 保持, 運動再生, 動機づけといった Bandura (1986) が仮定する 4 つのサブプロセスに着目し, モデルのどこに注意を向けるか (e.g., D’Innocenzo et al., 2016; Janelle et al., 2003), どのようにモデルを呈示するか (e.g., Ishikura and Inomata, 1995, 1998), あるいは, どのようなモデルを呈示するか (e.g., 伊藤, 1981; Landers and Landers, 1973; McCullagh and Meyer, 1997; Pollock and Lee, 1992; Weir and Leavitt, 1990) などの研究が行われてきた (for review, Ste-Marie et al., 2012). つまり, 学習効率の変調要因を検討したこれまでの研究は, 主に学習者の知覚プロセスに焦点を当てて発展してきたといえる. このことは, 観察による運動学習が知覚学習に分類されることから明らかである (Schmidt et al., 2017).

これらの研究によって, 学習の変調要因が特定されてきた一方で, 主に社会行動の習得を説明するために提案された Bandura の理論は, 運動スキル習得の説明に適合しない可能性があることから (e.g., ウィリアムズ・麓, 1995), 新たな枠組みからも検討する必要があることが指摘されている (e.g., Hodges et al., 2007). その一つのアプローチとして, 他者の行為の知覚と自己の運動の産出のより直接的な変換過程に着目した研究が挙げられている (e.g., Lago-Rodriguez et al., 2013; Vogt and Thomaschke, 2007). この背景には, 運動の知覚と運動の遂行に関わる認知表象は, 一部その表象を共有しているという考えや (共通符号仮説: Prinz, 1997), 自己の運動遂行時に活性する運動前野などの脳領域は, 他者の運動を観察するだけでも活性するという発見 (ミラーニューロンシステム: Gallese et al., 1996; Iacoboni et al., 1999) が関係している. 前述したように, Bandura の理論では, 認知表象を媒介とした間接的な知覚-運動変換メカニズムを想定することから (e.g., Bandura, 1986; Carroll and Bandura, 1987), より自動的・直接的な知覚-運動変換メカニズムを基に, 観察による運動学習の変調要因を検討していくことは新たな知見の集積につながるものと思われる.

他者の運動観察が自動的に自己の運動遂行に影響する行動的な現象の一つに, 自動的模倣 (automatic imitation) がある (for review, Cracco et al., 2018; Heyes, 2011; Ikegami et al., in press). 例えば, Brass et al. (2010) は, 画面に呈示される数字刺激に対応して, 人差し指または中指を素早くボタンから離す指あげ反応課題 (模倣抑制課題) を実験参加者に行わせた (1 ならば人差し指, 2 ならば中指). このとき, 数字刺激の背景には, モデルが人差し指

あるいは中指を上げる映像が同時に呈示される (図 7A 参照). ここでの参加者の課題は, 呈示された数字に応じて指をあげることであり, 数字と一緒に呈示されるモデルの動作は参加者の課題遂行に全く無関係な情報である. しかしながら, この研究では, 課題と無関係なはずのモデル動作と数字刺激が不一致な場合 (例えば, 数字 1 のとき, 中指を挙げるモデルが呈示される場合) は, 一致する場合よりも反応時間が遅くなった. この反応遅延は, 背景に呈示されたモデルの動作を自動的に模倣したこと, すなわち, 他者の運動観察が自己の運動を自動的に誘発してしまうことが原因で生じたと解釈されている (同様に自動的模倣の存在を示す証拠として, Cook et al., 2012; Heyes et al., 2005; Ikegami et al., 2018; Liepelt and Brass, 2010; Longo et al., 2008; Longo and Berthenthal, 2009; Press et al., 2008; Spengler et al., 2010). このように, 自動的模倣とは, 観察した他者の運動が非意図的に観察者の運動に影響する現象であり, 観察のみによって生じる脳の運動関連領域の活性を反映していると考えられている (Heyes, 2011). また, Heyes (2011) は, 他者の運動の観察に基づく模倣には, 新奇な行動の獲得を可能にする複雑で意図的な模倣と類似運動を複製するだけの単純で不随意的な模倣の全く異なるタイプの模倣があるが (e.g., Tomasello, 1996), 自動的模倣の観点から両者が同じ心理メカニズムによって媒介されている可能性を指摘している. 以上の知見に基づけば, 他者の運動観察は自動的に自己の運動遂行に関与する中枢システムを活性 (自動的・直接的な知覚-運動変換) させ, 行動レベルでも自動的模倣が生じることで, 運動学習が生じると考えられる. 言い換えれば, 観察による運動学習では意図的に他者の運動を模倣するだけでなく, 観察者が非意図的なレベルで模倣を繰り返すことによって運動が学習されていくことを示唆する.

また, 自動的模倣は意図的な模倣よりも学習に強く影響する可能性がある. 例えば, 実験参加者に垂直方向に腕を繰り返し振る動作を要求し, その際, 他者が行う不一致な動作 (水平方向に繰り返し腕を振る動作) を観察させると, 参加者の運動軌跡は水平方向に偏向する (Kilner et al., 2003). また, スポーツ動作 (ダーツ) を用いた研究では, 熟練者が非熟練者の動作を観察し, 行為結果の予測を繰り返すと, 熟練者のダーツのパフォーマンスが低下する (Ikegami and Ganesh, 2014). これらの実験が示すことは, 観察した他者の運動が自

己の目標達成に不利益な場合でも、非意図的に自己の運動遂行に作用してしまうということである (同様に, Bach et al., 2007; Brass et al., 2000, 2001; Ikegami et al., 2018; Spengler et al., 2010; Stürmer et al., 2000). これまで意図的な模倣と自動的模倣の学習効率を直接比較した研究は見当たらないが, 上述の研究は, 観察による学習において, 自動的模倣は意図的な模倣を超えて学習効率に作用する可能性があることを示唆する.

さらに, この自動的模倣の生じやすさ (自動的模倣傾向) には個人差があることが指摘されている. 例えば, Hogeveen and Obhi (2013) は, 自己中心性 (ナルシシスト傾向) と自動的模倣傾向の関係を調査した結果, 自己中心性の高い実験参加者ほど, 前述した Brass et al. (2000) の課題において反応遅延, すなわち, 自動的模倣が生じにくいことを報告している (同様に, Obhi et al., 2014). また, Cook and Bird (2012) は, 健常者は自閉症がある者に比べて, 向社会的行動においてより強い自動的模倣を示すことを報告している. このような自動的模倣傾向の個人差の存在は, 必ずしも統一した見解ではないが (Cracco et al., 2018), 個人に内在する様々な心理要因によって自動的模倣傾向には個人差が生じると考えられる. よって, 仮に観察による運動学習に自動的模倣が関わっているならば, 自動的模倣傾向の個人差は運動学習の効率にも影響する可能性がある.

以上から, 本研究では自動的模倣傾向の個人差が観察による運動学習の効率に影響を与えるかどうかについて明らかにすることを目的とした. この目的を達成するためには, 各個人の持つ自動的模倣傾向を定量化し, その個人差と観察による学習の効率との関係を検討する必要がある. そこで本研究では, 前述した模倣抑制課題 (Brass et al., 2000; Spengler et al., 2010) における反応時間を各個人の自動的模倣傾向の指標として用いる. 具体的には, まず多数の対象者に模倣抑制課題を実施し, その中から自動的模倣傾向の高い者と低い者を抽出する. 次に, 自動的模倣傾向の高い者と低い者に観察による運動学習を行わせる. 仮に, 自動的模倣傾向の個人差が運動学習の効率に影響するのであれば, 自動的模倣傾向の高い者の方が低い者に比べて, 学習が早期に成立し, 保持に優れると考えられる.

しかし, これだけでは観察による運動学習に, 自動的模倣が影響したのか, 意図的な模倣が影響したのか不明である. すなわち, 自動的模倣傾向が高い参加者を選定したとして

も、これらの参加者は意図的な模倣にも優れる可能性も同様にあるからである。そこで本研究では、それぞれの群を、正しいパフォーマンスを遂行するモデルを観察する群（適切モデル群）と誤ったパフォーマンスを遂行するモデルを観察する群（不適切モデル）の2群にさらに分けた。前述したように、自動的模倣の特徴の1つは、観察者が意図しない（望まない）運動でも非意図的に自己の運動遂行に影響するという点である。すなわち、仮に自動的模倣傾向の個人差が観察による学習に影響するのであれば、適切モデルの結果とは異なり、不適切モデルを観察する場合は、自動的模倣傾向の高い者の方が低い者よりも学習効率が悪くなると考えられる（仮説1）。さらに、自動的模倣傾向の高い者は、適切モデルで学習する場合と不適切モデルで学習する場合では、学習効率の差異が顕著になるが、自動的模倣傾向が低い者ではモデル間での差異は小さいと考えられる（仮説2）。以上の結果が支持されれば、観察による運動学習において自動的模倣が影響すること、またその個人差が学習効率を変調させる要因であることが明らかになると考えられる。

第二項 実験方法

実験参加者

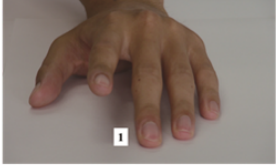



自動的模倣傾向の高い者と低い者を弁別するために、右利きの体育大学学生 210 名 (年齢: 20.6 ± 1.5 歳; 男性: 152 名, 女性: 58 名) が実験参加者として模倣抑制課題に参加した。模倣抑制課題には、観察している動作と自身が行う動作が一致している条件 (人差し指があがっている動作を観察しながら人差し指をあげる) (一致条件) および観察している動作と自身が行う動作が不一致な条件 (人差し指があがっている動作を観察しながら中指をあげる) (不一致条件) の 2 種類の条件が含まれていた。刺激となる手の動作 (人差し指もしくは中指をあげているもの) は先行研究 (Brass et al., 2000; Spengler et al., 2010) と同様、モデルの左手を正面から撮影したものをを用い、実験参加者が反応する数字は、両条件で同様の位置に呈示した。尚、利き手の判定は参加者の自己申告とした。参加者には、実験の実施前に実験手順および個人情報の保護について説明し、十分な理解を得た上で参加の同意を得た。また、本研究は鹿屋体育大学における倫理審査の承認 (第 8-33 号) を得たものである。

実験課題および装置

模倣抑制課題

自動的模倣傾向を評価するために、先行研究の模倣抑制課題 (Brass et al., 2000; Spengler et al., 2010) を参考に課題を作成した (図 7A)。この課題では、数字刺激 (1 か 2) と画像刺激 (人差し指もしくは中指があがっているモデルの手の静止画像) の組み合わせによる 4 種類の刺激がディスプレイ上に呈示される (数字刺激はすべて同じ位置に呈示)。実験参加者は、右手の人差し指と中指を反応ボタンの上に置き、押し下げた状態で刺激呈示を待ち、呈示された数字に応じて (1 は人差し指, 2 は中指), できるだけ素早く指をあげる選択反応が求められた。つまり、数字刺激の命令と画像刺激の動作が同じ一致条件および、異なる不一致条件の 2 条件に対して選択反応を行うことになる。

A

| 刺激 \ 反応 | 人差し指 | 中指 |
|---------|---|--|
| 一致条件 |  |  |
| 不一致条件 |  |  |

B

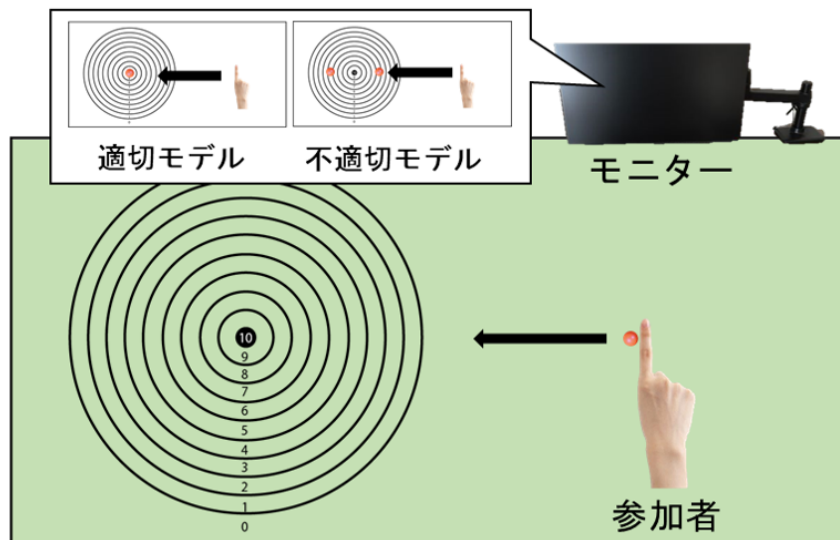


図7 模倣抑制課題に使用した刺激画像 (A) および, 学習に使用した指パッティング課題 (B)

実験参加者には, 課題に慣れるための練習試行を 5 試行, 続いて, 本試行として 100 試行行わせた. その際, 20 試技を 1 セットとし, 1 セットに含まれる呈示刺激の種類は, 一致条件および不一致条件ともに 10 試行ずつ, 計 5 セット行わせた. 各セット間の休息は 2 分とした. なお, 実施順序による影響を相殺するために, 刺激の呈示順序はセットごとにランダムで呈示した. 刺激呈示は 15.6 インチのモニターが付属しているノートパソコン(HP 社製, Probook 4510s) を使用し, 反応はパソコンに USB 接続された反応スイッチ (テクノ

ウェア社製, KB-IOPAD4) によって取得した. また刺激の呈示および反応時間の測定は, 視覚・聴覚刺激呈示ソフトウェア (Neurobehavioral Systems 社製, Presentation) を使用した. これにより, 一致刺激または不一致刺激呈示から指あげまでの時間を, それぞれ一致反応時間と不一致反応時間として求め, その差分 (不一致反応時間 - 一致反応時間) を自動的模倣傾向の指標とした.

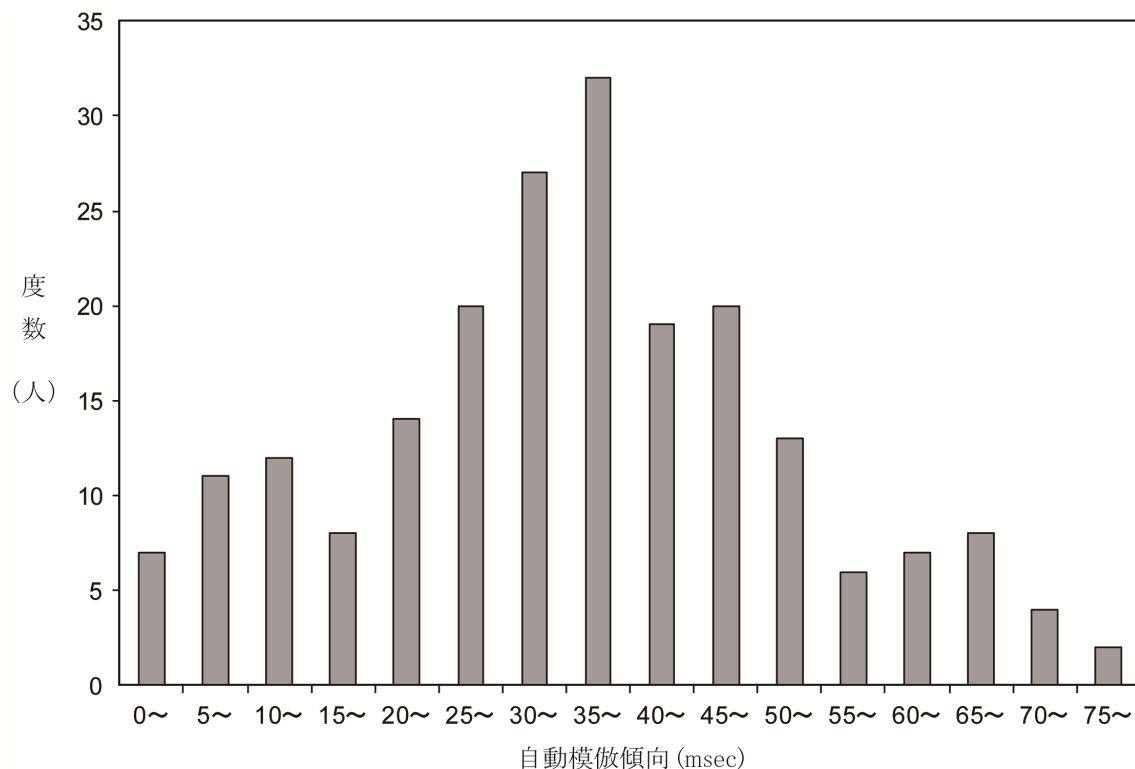


図 8 模倣抑制課題における不一致反応時間から一致反応時間を減じた値 (自動的模倣傾向) の度数分布

観察による運動学習

学習課題として, 観察による運動学習を調査した研究を参考に (Lago-Rodriguez et al., 2013), 人差し指でボールを目標位置に打つ指パッティング課題を行わせた (図 1B). この課題は, 67cm 離れた位置にある同心円状的の中心を狙い, 右手人差し指の外転運動によってボール (直径 2.2 cm) を押し出すものである. 的は中心 (直径 2.6 cm) を 10 点とし, 中心から外に 2.6 cm 外れるにつれ 1 点ずつ減っていくものを用いた. 学習中においては, 実験

参加者はモデル映像を観察した後に、指パッティング課題を行うことが求められた。モデル映像は、モデルの視点から撮影されたもので、モデルの右手、的、およびボールを含む全体の状況が含まれていた。さらに、的の中心でボールが止まるように正しいパフォーマンスを行うモデルの映像（適切モデル映像）、および、的の中心までボールが届かない（的手前側の5点の位置に止まる）もしくは中心を通り過ぎてボールが止まる（的の奥側の5点の位置に止まる）パフォーマンスを行うモデルの映像（不適切モデル映像）の2種類を撮影した。呈示映像は、黒い背景に白の十字からなる2000msの予告刺激、およびモデルが右手人差し指で止まっているボールを打つ映像（3500ms）に編集して呈示した。

実験手続き

まず、学習を行う前に、模倣抑制課題の結果に基づいて群分けを行った。図2は、210名の模倣抑制課題における不一致刺激反応時間と一致刺激反応時間の差分時間の度数分布（5msごと）を示したものである。この分布に従い、上位20名を自動的模倣傾向高群（ 67.8 ± 4.4 ms）、下位20名を自動的模倣傾向低群（ 5.6 ± 3.2 ms）として抽出した。さらに、自動的模倣傾向高群と低群の実験参加者の各20名を、前述の適切モデル映像を観察する適切モデル群と不適切モデル映像を観察する不適切モデル群に10名ずつ無作為に振り分けた。すなわち、自動的模倣傾向（高、低）×モデル（適切、不適切）の4群が学習に参加した。

次に、学習前のパフォーマンスを測定するため、プレテストとして、モデルの観察なしで指パッティング課題を行わせた。この実験で用いた指パッティング課題は、単純な動作であるため学習が容易に成立する（Lago-Rodriguez et al., 2013）。よって、課題の学習を防ぐためにプレテストの試行数は5試行とした。プレテスト終了後、習得試行において、両群とも映像を観察した後に指パッティング課題を行う学習を30試行実施した。映像観察は5試技ごとに行い、5試技を1セットとして6セット行わせた。各セット間の休息は2分とした。また、映像観察中に意図的に指を動かさないように参加者に教示した。習得試行終了後、モデル映像なしで、両群ともポストテストを5試行実施し、習得試行終了から24時間後に保持テストを5試行行った。参加者にはすべての試行において、高い得点が出るよう

に遂行することを教示した。

測定項目

指パッティング課題のパフォーマンスを評価するために、ボールが止まった位置を得点として記録した。得点は、ボールが的の中心で止まった場合 10 点とし、外に外れるにつれ 1 点ずつ減っていき、同心円状の的の上で止まらないものに関しては 0 点とした。

データ分析

まず、各テストおよび各習得期で行われた 5 試行の平均得点を求め、それぞれの局面のパフォーマンス得点とした。学習中のパフォーマンスの群間の差異を検討するために、習得期のパフォーマンス得点に関して、自動的模倣傾向 (高, 低) × モデル (適切, 不適切) × 学習局面 (習得 1-6) の 3 要因分散分析を行った。また、自動的模倣傾向の違いによって学習の効果に差が生じるかを検討するために、テスト時のパフォーマンス得点に関して、自動的模倣傾向 (高, 低) × モデル (適切, 不適切) × テスト (プレテスト, ポストテスト, 24 時間保持テスト) の 3 要因分散分析を行った。主効果の検定には Bonferroni を用い、1 次および 2 次の交互作用が有意であった場合には単純主効果検定または単純・単純主効果検定を行った。その際も同様に Bonferroni を用いて調整した。本研究の統計処理には SPSS (IBM 社製, SPSS for Windows 22) を使用し、統計的有意水準はいずれも危険率 5%以下とした。

第三項 結果

1. 模倣抑制課題における実験参加者の振り分け

得られたデータの度数分布に関して、正規分布の適合性を確認すると、 $p = .2$ で有意性を持つものではなく、今回得られた分布は正規分布していることが示された (図 8). 模倣抑制課題で得られた反応時間の度数分布に従い、上位 20 名を自動的模倣傾向の高い群、下位 20 名を自動的模倣傾向の低い群として分類し、観察による運動学習実験に参加させた.

2. 学習中のパフォーマンス

図 9 は、各群の指パッティング課題のパフォーマンス得点の変化を示している. まず、学習中の群間のパフォーマンスの差異を検討するために、習得 1 から 6 のパフォーマンス得点に関して、3 要因分散分析を行った結果、自動的模倣傾向 ($F(1, 36) = 5.53, p < .05, \eta_p^2 = .13$), モデル ($F(1, 36) = 17.69, p < .01, \eta_p^2 = .33$), 学習局面 ($F(5, 180) = 20.04, p < .01, \eta_p^2 = .36$) の主効果が有意であった. さらに、自動的模倣傾向とモデルの交互作用が有意であった ($F(1, 36) = 30.27, p < .01, \eta_p^2 = .46$). 学習局面に関する多重比較の結果 (図 10A), 習得 5 と 6 のパフォーマンス得点は、学習局面前期 (習得 1-3) より有意に高かった ($ps < .01$). 学習局面後期の習得 4 から習得 6 のパフォーマンス得点の間に差は認められなかった. よって、本研究で用いた課題の学習は比較的早期に成立したと考えられる.

次に、自動的模倣傾向×モデルの交互作用に関して、単純主効果検定を行った結果 (図 10B), 適切モデルを観察した群では、自動的模倣傾向が高い群の方が低い群よりもパフォーマンス得点が有意に高かった ($p < .01$). それとは異なり、不適切モデルを観察した群では、自動的模倣傾向が低い群の方が高い群よりもパフォーマンス得点は有意に高かった ($p < .05$). さらに、自動的模倣傾向が高い者の内、適切なモデルを観察した群は、不適切なモデルを観察した群よりもパフォーマンスが有意に高かった ($p < .01$). すなわち、学習中に関しては、自動的模倣傾向が高い者は低い者に比べ、適切なモデルを観察すると学習が促進され、不適切なモデルを観察すると学習が阻害されることが示された.

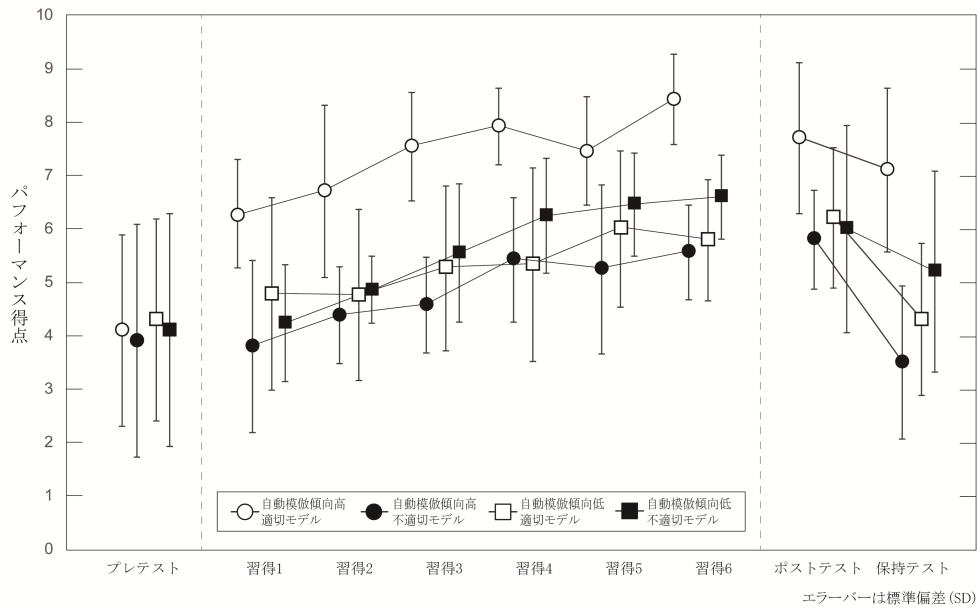


図9 指パッティング課題の学習による各群のパフォーマンス変化 (学習曲線)

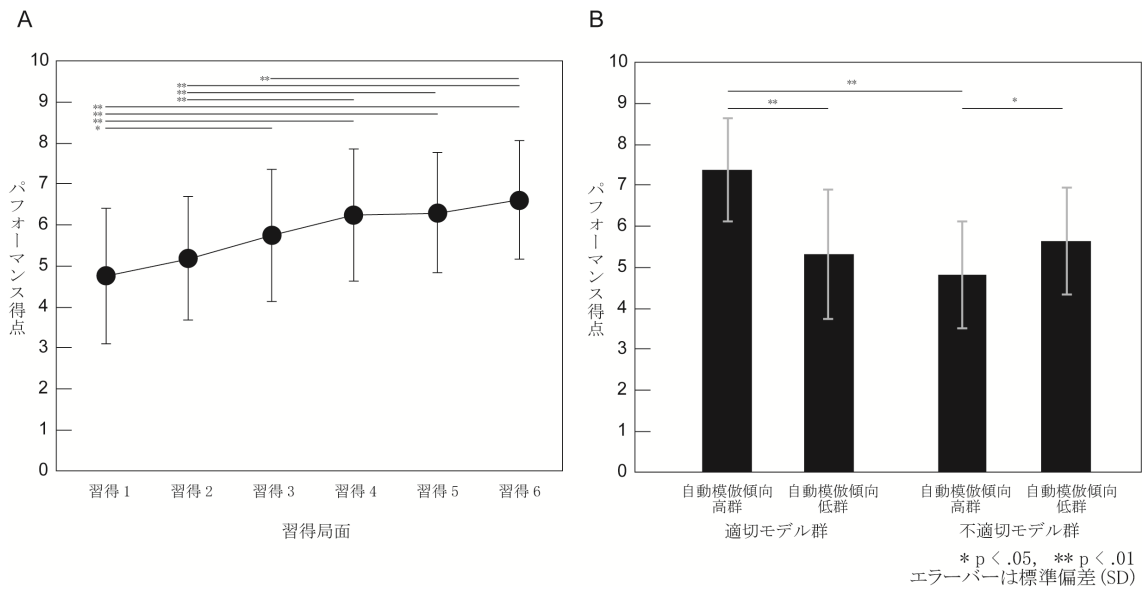


図10 学習局面における各群のパフォーマンス得点 (A: 全群の平均, B: 各群の習得1-6の平均)

3. テスト時のパフォーマンス

テストにおけるパフォーマンスの群間の差異を検討するために、3 要因分散分析を行った結果、テストの主効果 ($F(2, 72) = 23.42, p < .01, \eta_p^2 = .39$), モデルの主効果 ($F(1, 36) = 5.68, p < .05, \eta_p^2 = .14$), さらに、2 次の交互作用が有意であった ($F(2, 72) = 5.52, p < .01, \eta_p^2 = .13$) (図 11). 単純・単純主効果検定の結果、4 つの群全てにおいてプレテストからポストテストにかけてパフォーマンスが有意に向上した ($ps < .05$). よって、全群とも学習が成立したと考えられる. 一方、自動的模倣傾向が高く適切なモデルを観察した群、および自動的模倣傾向が低く不適切なモデルを観察した群 では、ポストテストから保持テストにかけてパフォーマンスが保持されていたが、その他の 2 群ではパフォーマンスが有意に低下していた ($ps < .01$).

さらに、適切なモデルを観察した群においては、自動的模倣傾向の高い群は低い群よりもポストテスト ($p < .05$) と保持テスト ($p < .01$) で有意に高いパフォーマンスを示したが、これとは逆に、不適切なモデルを観察した群においては、自動的模倣傾向の低い群の方が高い群よりも保持テストにおいて有意に高いパフォーマンスを示した ($p < .05$).

また、自動的模倣傾向の高い群において、適切なモデルを観察した群の方が不適切なモデルを観察した群よりもポストテストと保持テストでパフォーマンスが有意に高かったが ($ps < .01$), 自動的模倣傾向の低い群においては、観察したモデルによる差異は認められなかった.

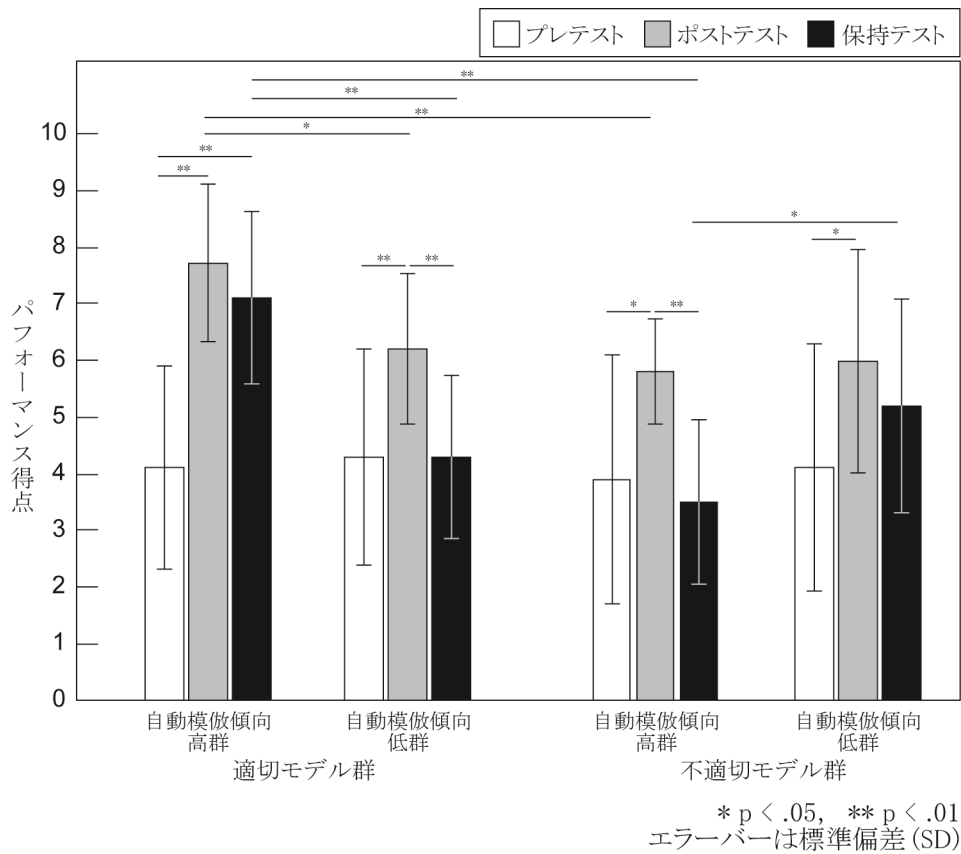


図 11 テスト時の各群のパフォーマンス得点

第四項 考察

本研究では、自動的模倣傾向の個人差が観察による運動学習の効率に影響を及ぼすかを検証するために、各参加者の自動的模倣傾向を模倣抑制課題によって定量化し、自動的模倣傾向の高い群と低い群に分けて、学習中のパフォーマンスおよび学習の保持について比較した。仮説に対する主要な結果として、適切なモデルを観察した場合、自動的模倣傾向が高い者は低い者に比べ、学習中のパフォーマンスが高く、ポストテストと保持テストにおいても高いパフォーマンスを示した。一方、不適切なモデルを観察した場合、むしろ自動的模倣傾向が低い者の方が高い者よりも、学習中のパフォーマンスおよび保持テストで高いパフォーマンスを示した。さらに、自動的模倣傾向が高い者では、モデルが適切なパフォーマンスを行っているか否かといった呈示モデルの違いによって学習効果の差異が顕著であったが、自動的模倣傾向が低い者ではその差異は小さかった。以上の結果は、本研究の仮説を支持するといえる。

まず重要な結果として、まったく同じモデルを観察したにも関わらず、モデルが適切であった場合、自動的模倣傾向が高い者は低い者よりも指パッチングを高い水準まで学習し、そのパフォーマンスを保持した。すなわち、自動的模倣傾向の個人差は、観察による運動学習効率の個人差を説明できる可能性が示された。これまでの研究では、認知表象の媒介を前提とした知覚-運動変換過程の学習への関与を仮定し、主に知覚方略に焦点を当てて学習効果の変調要因を同定してきた (e.g., D'Innocenzo et al., 2016; Janelle et al., 2003)。それに対し、本研究では、自動的で直接的な知覚-運動変換過程を仮定し、自動的模倣傾向の観点から検討した結果、自動的な知覚-運動変換過程は観察による運動学習に重要な機能であり、学習効率を変調させる要因であることが明らかになった。自動的模倣がどのように運動記憶の形成に貢献したかについては更なる検討が必要ではあるが、他者の運動の観察による自己の運動システムの自動的な活性の繰り返しが学習に繋がったと推測される。

一方で、上述の結果は、自動的模倣だけではなく、意図的な模倣の個人差を反映する可能性もある。本研究では、この可能性を除外するために、不適切モデルを観察しながら運動学習を行う群も設定した。仮に、上述の結果が自動的模倣に由来していたならば、指パ

ッティング課題で高い得点を取ることが参加者の目的であったとしても、自動的模倣傾向が高い者は不適切なモデルの運動を非意図的に学習し、低いパフォーマンスを示すと考えられる。それに対し、自動的模倣傾向と無関係であれば、不適切なモデルであったとしても、意図的にモデルのエラーを学習するなどによって (e.g., Andrieux and Proteau, 2016), 学習が促進されると考えられる。結果として、不適切モデルを観察した場合、自動的模倣傾向が高い群と低い群では、適切モデルで観測されたような学習効果の差は認められず、むしろ、習得期および保持テストにおいて、自動的模倣傾向が高い群の学習効果は低い群の学習効果よりも低かった。本研究の不適切モデル観察群は、観察モデルを真似することではなく、習得期でもテスト時でも高い得点を取るよう教示されていたことから、意図的に不適切なモデルを模倣したとは考えにくい。また、モデルの違いによる学習への影響は、自動的模倣傾向の高い群で明確に認められ、低い群ではそれほど明確ではなかった。よって、本研究の結果は、意図的な観察による学習を超えて、自動的模倣が運動学習に影響したことを示すものと思われる。すなわち、観察による運動学習において、自動的模倣傾向の個人差は学習効率を変調させる強い要因であると考えられる。

ただし、今回得られた知見は、新奇でより複雑な運動の学習には適用できない可能性がある。その理由は、自動的模倣のような他者観察による自己運動への影響は、観察者の運動経験に強く依存すると考えられるためである。具体的には、他者の運動観察時に生じる脳の運動関連領域の活性は、自己が経験したことの無い運動では活性が低くなる (e.g., Calvo-Merino et al., 2005, 2006)。同様に、自動的模倣も感覚運動経験の影響を受ける (e.g., O'Sullivan et al., 2018; Press et al., 2007)。すなわち、本研究のような誰もが可能な単純な運動ではなく、スポーツに見られるような複雑で新奇な運動の学習では、自動的な知覚-運動変換そのものが機能せず、そもそも自動的模倣傾向に個人差が生じ得ない可能性がある。ただし、観察と運動を繰り返す感覚運動経験によって、他者の運動観察時における脳の運動関連領域の活性や自動的模倣は促進されるため (e.g., Catmur et al., 2007; O'Sullivan et al., 2018), 少なくとも学習後半には自動的模倣傾向の学習への影響が顕在化すると思われる。これらの考えは推測の域をでないため、自動的模倣傾向の個人差が複雑な運動の学習にも

影響するかを直接検討する必要がある。例えば、複雑で新奇な運動を対象としたより長期間の学習実験や自動的模倣傾向と競技成績の関係を調査することが有効であると思われる。このような研究は、直接的な知覚-運動変換過程および自動的模倣が運動学習に及ぼす影響をより明確にできるだけでなく、自動的模倣の機能が経験によって促進されるものかどうかを検討することも可能と思われる。

興味深い結果として、自動的模倣傾向が低い者で不適切モデルを観察した者は、模倣傾向が高い者で不適切モデルを観察した者よりも学習の高い保持を示した。一方でこのような保持は、適切モデルを観察した者では観測されなかった。つまり、自動的模倣傾向が低い者は、適切なモデルより不適切なモデルを呈示した方が学習効果は高いということである。この結果は、主に意識的な観察による学習を扱ってきた先行研究と類似する結果である。例えば、春木 (1977) は、高さの弁別課題を用いて、正示範および誤示範が観察による学習に及ぼす影響を検討している。その結果、完全な誤示範を観察する方が正示範および誤示範を混同して観察するよりも成績が良くなることを報告している。同様に、頻繁に大きなエラーをするモデルを観察する方がエラーをあまりしないモデルを観察するよりも学習が促進されることが報告されている (e.g., Blandin and Proteau, 2000)。このような結果の背景には、観察によるエラー検出・修正過程の学習があると考えられる (Andrieux and Proteau, 2016)。本研究では、このようなエラーの観察 (不適切モデルの観察) による学習は自動的模倣傾向が低い者で顕著に示された。このことは、自動的模倣傾向の低い群は、自動的な知覚-運動変換、すなわち、不適切モデルの観察による自動的模倣の誘発があまり生じず、意識的なエラー学習が優先的に運動学習に作用したと考えられる。それに対し、自動的模倣傾向が高い者で不適切モデルを観察した者では学習効果が保持されなかったことは、意識的なエラー学習よりも自動的模倣による運動学習が優先されたことに起因していると考えられる。これらのことから、自動的模倣傾向の高低は、運動の学習に関与するプロセスの優先度を規定するものと思われる。

一方、自動的模倣では観察運動のエラーが全く影響しないわけではないと思われる。Ikegami and Ganesh (2014) は、他者の動作を観察する際の予測誤差 (prediction error) が自動

的模倣を変調させることを報告しており，このような自動的模倣は予測誤差誘発伝染 (prediction error-induced contagion: Ikegami et al., in press) と呼ばれる．ここで言う予測誤差とは，観察対象の運動結果などに関する観察者の予期と実際の結果の誤差である．予測誤差によって誘発される自動的模倣は，通常の自動的模倣が観察運動と類似する方向に変化するのに対し，観察運動の予測誤差を修正する方向に自己の運動が変調する (Ikegami et al., 2018)．これに従えば，自動的模倣の高い者が不適切モデルを観察する場合であっても，モデルが的の中心を狙っているという予期を持って観察した場合，予測誤差が生じ，その誤差を修正するように自動的模倣が生じることになる．本研究では，不適切モデルの映像を繰り返し示したため，参加者には予期 (モデルが行う運動でボールは5点の位置に止まるという予測) と実際の結果の間に予測誤差は生じない状況であった．そのため，観察した運動と類似する方向に自動的模倣が生じたと考えられる．すなわち，自動的模倣はエラーによる学習機能を有していないわけではなく，本研究では予測誤差が生じなかったため，不適切モデルの観察では学習効果が認められなかったと考えられる．言い換えれば，自動的模倣が高い者が不適切モデルを観察する場合には，観察者の予期を操作することで適切な学習効果が得られる可能性があるといえよう．

第三節

自動的模倣傾向の個人差と競技力との関係

第一項 目的

スポーツにおけるスキルの獲得には、上記で述べてきたような新たなスキルを獲得するといった短期的な学習と、獲得したスキルを習熟させていく長期的な学習がある。このスポーツ選手のスキルの習熟過程に関して、嶋田 (1997) は、スポーツを始める段階からスキルが熟練し、スポーツのスペシャリストになるまでの段階を 8 つの段階に分類している。その中で模倣は、新たなスキルを獲得する際に必ず行う、スポーツの基本動作を観察しスキルの形を憶え込む段階に位置している。この過程を経た後に、憶えたスキルを自分のものにしていき、スキルの正確性を高めていく段階へと移行していくと考えられている。このようなことから、模倣はスポーツのスキルを獲得する過程において、なくてはならない存在であり、模倣が上手いと習熟過程が早くなり他の段階へ移行することが容易になる可能性が考えられる。しかしながら、多くの観察による学習研究では、短期的な学習の側面のみ焦点が当てられており、スポーツにおけるスキルの熟達といった長期的な学習には目を向けられていない。よって、本研究では、他者の動作観察により生じる自動的模倣がスポーツにおける長期的な学習に貢献する程度を、個人の競技力を参考に調査することを目的とした。

方法

実験参加者、実験課題、実験手続き 第二節で使用したものと同様。

測定項目 実験課題は、ディスプレイ上の指 (人差し指もしくは中指を持ち上げる) 付近に呈示される数字に反応し指をあげる (“1” ならば人差し指, “2” ならば中指を持ち上げる) 反応時間課題を行なった後に、自身のこれまで行なってきたスポーツ競技に関する質問項目に回答させた。その回答を元に、自動的模倣傾向および競技能力との関係を検討

した。

データ分析 自動的模倣傾向と競技能力との関係を検討するため、実験参加者の自動的模倣傾向と競技能力との関連をスピアマンの順位相関係数を用いて検討した。また、本研究の統計処理には SPSS (IBM 社製, SPSS for Windows 12.0) を使用し、統計的有意水準はいずれも危険率 5%以下とした。

第二項 結果

自動的模倣傾向の違いと競技力との関係

図 12 は、実験参加者個人における不一致条件から一致条件の反応時間の差分である自動的模倣傾向を算出し、各個人の競技力 (地区, 県, 地方, 全国, 世界大会レベル) との関係を示したものである。自動的模倣傾向と競技力との関係をピアマンの順位相関係数を用いて検討した。その結果、自動的模倣傾向と競技力との間にはやや相関があることが示された ($r_s = .225, p < .01$)。

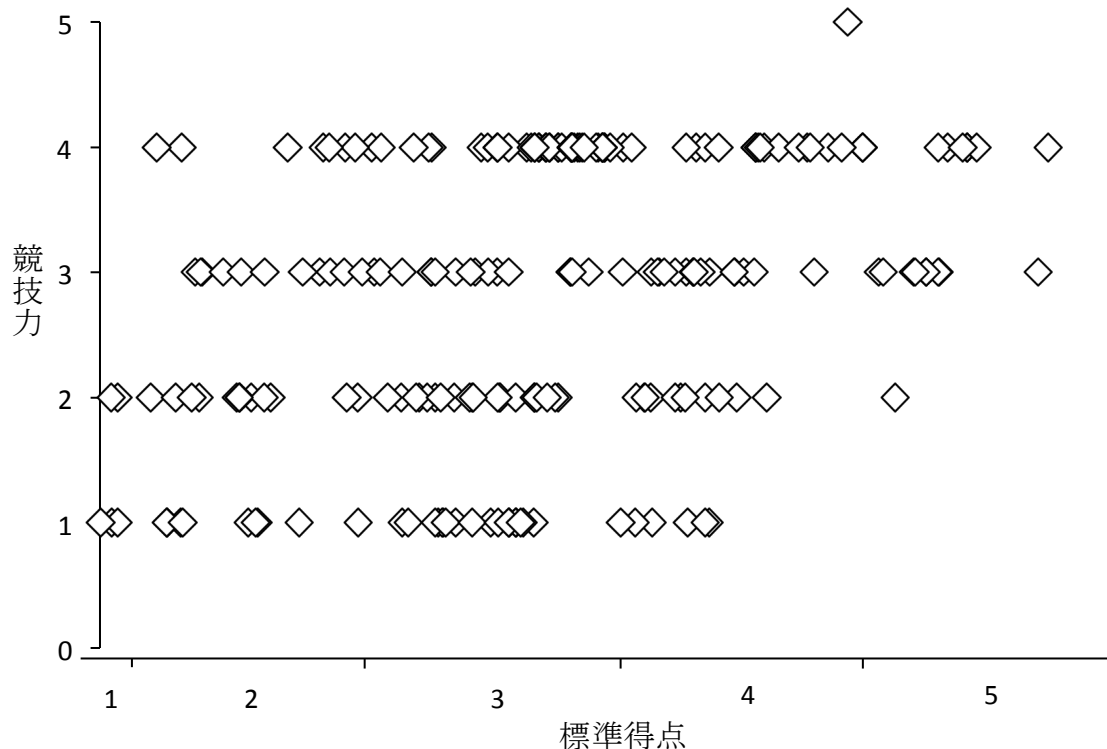


図 12 個人の自動的模倣傾向および競技力の関係

また、全実験参加者の自動的模倣傾向の平均値と標準偏差を用いて標準得点 (z 得点) を求めた (標準点 1 = 自動的模倣傾向 : 0.05 ~ 4.59ms, 標準点 2 = ~ 23.45ms, 標準点 3 = ~ 43.32ms, 標準点 4 = ~ 62.19ms, 標準点 5 = ~ 77.31ms). この集団に対して、各標準点における競技力の人数が出現する頻度に偏りがあるかどうか検討するために、Fisher の正確検定を行ない (表 1), 5%水準で有意であった. 表 1 に示すように、自動的模倣傾向がやや低い評価得点 2 点の箇所においては、全国大会レベルの競技力を有する人数の頻度が低く、評価得点 3 点の箇所においては、地方大会レベルの人数の頻度は低いが、全国大会レベルの人数の頻度が高くなることが示された. また、評価得点 5 点の箇所においては、地区大会レベルの人数の頻度が低くなり、地方大会レベルの人数の頻度が高くなることが示された.

表 1 自動的模倣傾向の違いと各標準点における競技力の人数が出現する頻度

| | | 地区 | 県 | 地方 | 全国 | 世界 | 合計 |
|------|----|--------|-------|------|--------|--------|------|
| 標準得点 | 1 | 度数 | 3 | 3 | 0 | 1 | 7 |
| | | 調整済み残差 | 1.8 | 1.3 | -1.6 | -1.2 | -0.2 |
| | 2 | 度数 | 9 | 12 | 13 | 8 | 42 |
| | | 調整済み残差 | 0.8 | 1.1 | 1.0 | -2.4** | -0.5 |
| | 3 | 度数 | 19 | 20 | 15 | 40 | 94 |
| | | 調整済み残差 | 1.1 | -0.3 | -2.8** | 2.1* | -0.9 |
| | 4 | 度数 | 5 | 11 | 16 | 17 | 50 |
| | | 調整済み残差 | -1.5 | -0.1 | 1.3 | -0.1 | 1.8 |
| | 5 | 度数 | 0 | 1 | 9 | 7 | 17 |
| | | 調整済み残差 | -2.0* | -1.7 | 2.7** | 0.6 | -0.3 |
| 合計 | 度数 | 36 | 47 | 53 | 73 | 1 | 210 |

** p < .01 * p < .05 調整済み残差の有意水準

第三項 考察

本研究では、自動的模倣傾向の違いと個人の競技力との関係を検討することを目的とした。

自動的模倣傾向の違いと個人の競技力の関係について、スピアマンの順位相関係数から、自動的模倣傾向と競技力との間にはやや相関があることが明らかとなった ($r_s = .225$, $p < .01$)。また、全実験参加者の自動的模倣傾向の平均値と標準偏差を用いて標準得点 (1 ~ 5 点) を算出し、各標準得点における競技力的人数が出現する頻度に偏りがあるかどうか Fisher の正確検定を用い検討した。その結果、評価点 2 には、全国大会レベルの競技能力を有する人数の頻度が低いが、評価点 3 では、全国大会レベルの人数の頻度が高くなることが示された。また、評価点 5 には地方大会レベルの人数の頻度が高くなることが示された。

今回の結果から、自動的模倣傾向が高くなると競技力も高くなるといった相関関係が見られた。スポーツ場面では、新たなスキルを獲得する際、その動作を行なっているモデルを観察し、観察した動作を模倣することは一般的に行われる方法である (朝岡, 2005)。このことに関して生田 (1987) は、日本の伝統芸能に関する学習過程において、モデルとなる人物の模倣をあげている。学習者はモデルとなる人物の模倣を繰り返し行い、学習を進めていくとしている。同様に嶋田 (1997) は、スポーツ選手のスキルの習熟過程に関して、スポーツを始める段階からスキルが熟練し、スポーツのスペシャリストになるまでの段階を 8

つの段階に分類している。その中で模倣は、新たなスキルを獲得する際に必ず行う、スポーツの基本動作を観察しスキルの形を憶え込む段階に位置している。この過程を経た後に、憶えたスキルを自分のものにしていき、スキルの正確性を高めていく段階へと移行していくと考えられている。このようなことから、模倣はスポーツのスキルを獲得する過程において、なくてはならない存在であり、模倣が上手いと習熟過程が早くなり他の段階へ移行することが容易になるため、競技力も向上しやすくなる可能性が考えられる。

しかしながら、今回の結果から、最も全国大会レベルの人数が多くなる箇所は、自動的模倣傾向の標準得点が5点ではなく3点の箇所であることが明らかとなった。このことから、自動的模倣傾向の標準得点が高くなると高い競技レベルの人数が多くなることはなく、標準得点の3点以降において、競技レベルは変わらないことが示された。今回着目した動作模倣には、自身が観察しているモデルの動作を意識的・意図的にまねしようとする意図的模倣 (intentional imitation) (Heyes, 2011) と、自身が観察した動作を無意識的・非意図的にまねしてしまう自動的模倣 (automatic imitation) (Heyes, Bird, Johnson & Haggard, 2005; Liepelt & Brass, 2010; Longo & Bertenthal, 2009; Longo, Kosobud & Bertenthal, 2008; Press, Bird, Walsh & Heyes, 2008) といった2種類の異なる模倣メカニズムが存在すると提案されている (Heyes, 2011)。また、意識的模倣と自動的模倣は、互いに独立して機能するのではなく、意識的模倣には自動的模倣が関わっていることが示唆されている (Heyes, 2011; Tomasello, 1996)。今回の結果から考えると、競技力に関して、自動的模倣能力は競技力を高める上である程度必要になるが、意識的模倣や状況判断など他の要素との関わり合いによって、競技力は向上していく可能性が考えられる。

以上のことから、模倣はスポーツのスキルを獲得する過程において、なくてはならない存在である。しかし、自動的模倣能力は競技力を高める上である程度必要になるが、意識的模倣や状況判断など他の要素との関わり合いによって、競技力は向上していく可能性が示唆された。

第3章 総合考察

第一節 スポーツにおける運動伝染生起およびその抑制

実験1における目的は、観察した行為の結果を予測する能力がスポーツにおける運動伝染を生じさせるかどうか検討することとした。その結果、実験参加者の投擲方向は、予測が容易な映像から大きな影響を受けた。そのため、運動伝染は、行為の観察およびその行為の結果を予測できるか否かが重要であることが明らかとなった。また、動作分析において、運動伝染は、観察者が単にモデルの行為キネマティクスを模倣しているわけではないことも明らかとなった。

今回の結果から、運動伝染は単に運動学的模倣の結果として生じるものではなく、観察したモデルの行為結果を模倣している可能性が示唆された。Whiten et al., (2009) は、社会的な学習において、模倣と他者の行為結果をまねるエミュレーションを区別している。彼らは、他者の動作観察における copying (複製) の下に、imitation (模倣)、objective movement reenactment (対象となる動作の再現) および end-state emulation (最終状態エミュレーション) といった区別をしており、行為の形式的な模倣 (imitation) から行為の結果等を同じにするように動作するエミュレーション (end-state emulation) を別のものとして捉えている。今回の実験において提示した EP 刺激では、他者の行為結果が予測しやすく、容易に他者の行為を理解できる。このような他者の行為理解に関して Kilner (2011) は、他者の動作観察による行為の理解には、複数のレベルが存在する可能性について言及している。彼は、他者の行為理解を、行為の軌跡や速度等の側面で捉える「運動学的レベル」、どういった動作を行なっているか等、運動学的レベルよりも行為理解の具体性が増す「運動レベル」、例えば、対象を掴む等、行為の直接的な目的を理解する「目的レベル」および他者がその動作を行なっている理由を理解する「意図レベル」の4つに区別している。また、行為理解のレベルは、階層的に構造化されており、意図レベルが最も具体的に行為を理解し、逆に運動学的レベルは最も抽象的に行為を理解している可能性についても言及している。よって、単なる他者の行為理解においても複数の階層が存在すると言える。また、「運動学的レベル」および「運動レベル」における行為理解の処理経路 (Hickok, 2009) と、「目的レベル」およ

び「意図レベル」の処理経路は異なる経路を用いている可能性についても示唆されている。さらに、Kilner et al., (2007) は、「運動学的レベル」および「運動レベル」における経路が、他者の動作観察による模倣を行うために必要な領域を含み (Hickok, 2009), 「目的レベル」および「意図レベル」の経路は、行為結果のエミュレーションおよび行為の予測などに関連することも指摘している。これらのことを合わせて考えると、今回の実験で提示した刺激が容易に他者の行為目的を理解できたことから、理解できている階層までの処理が進み、その結果として、運動学的模倣でなくエミュレーションが誘発された可能性が考えられる。スポーツ場面において考えると、モデル動作の目的や意図を考慮せず、受動的に動作を観察すると運動学的模倣が、逆にモデル動作の目的等を考慮すると行為結果のエミュレーションまで到達する可能性があり、使い分けることが可能かもしれない。選手自身が「何を」「どのように」まねしたいのかによって、運動伝染のレベルを使い分けることができる可能性が考えられる。

また、実験2においては、運動伝染が他者の行為の観察中に自己焦点することで抑制されるかどうか明らかにすることを目的とした。その結果、実験1において見られていた運動伝染は、自己焦点をした時に見られなくなった。よって、スポーツにおける運動伝染は、他者の動作を観察している時に自己焦点をすることで抑制されることが明らかとなった。

自己に焦点をすることにより、運動伝染が抑制されるメカニズムに関しては、Brass & Heyes (2005) が提案しているモデルから示唆できる。彼らのモデルによると、他者動作の観察のような、自己に焦点を当てていない場合、知覚した刺激が運動出力に関わる感覚表象や運動表象を活性し、運動プログラムが組まれることで運動伝染が生じる。しかしながら、自己に焦点を当てることで、通常知覚した刺激の表象を優先する経路が、ハンマーをフィールドの中心に投げようといった自身の意図した結果を優先して表象するようになる (Spengler et al., 2009; 2010)。このような処理経路の変化によって、運動伝染が抑制される可能性がある。ヒトの脳内では、運動を知覚するシステムと運動を実行するシステムが一部共有部分を有しているという概念がある (Prinz, 1997)。この理論では、他者の動作の観察が不随意に動作の実行を引き起こす (Jannerod, 2001; Prinz, 1997; Rizzolatti & Craighero, 2004)

といったように、動作の観察および動作の実行が共通の心理プロセスを有し、両者は互いに促進および干渉すると考えられている。このモデル (Prinz, 1997) と先の Brass & Heyes (2005) のモデルを合わせて考えると、自己の運動意図の表象における優先度の高さが伺える。また、先述した Kilner (2011) の他者の動作理解における階層モデルも考慮すると、今回の実験の刺激が、他者行為の直接的な目的 (フィールドの各方向へハンマーを投げている) を理解する「目的レベル」までしか到達しなかったために、「意図レベル」まで理解できる自身の行為の表象が優先的に誘発される結果、運動伝染が消失した可能性が考えられる。これらから、スポーツにおける運動伝染現象を考えると、他者の行為観察に際して、能動的に動作観察行えば、運動伝染に陥る危険性を低下させられる可能性がある。

また、自己焦点することによる自身の動作意図の優先に関して、Spengler et al., (2009) は、anterior front-median cortex (前部内側前頭前野) の関与をあげている。この領域は、自己焦点を行う場合および模倣抑制課題実行中 (Brass et al., 2005) の両方で活性することが明らかにされている。また、また、van Baaren et al., (2003) は、今回の実験のように自己焦点を促す条件と他者に焦点を促す条件とで模倣抑制の程度を反応時間課題を用いて検討した。その結果、他者に焦点する状況と比較して、自己焦点する状況において、反応時間が速くなることが示された。まとめると、自己焦点による anterior front-median cortex の活性がスポーツにおける運動伝染の抑制に作用する可能性が考えられる。スポーツ場面において、他者のプレーを観察している際には、自身が行いたい動作目的を明確にしながら観察することが重要であると言える。自分が実施したい動作を明確にすることができれば、自身の動作意図が優先して表象されるため、運動伝染が生じる可能性が低くなると言える。しかしながら、今後、本研究課題において示された結果が anterior front-median cortex の活性と関連があるかについての検討がなされていないため、これらの関連についてはさらなる検証が必要であるといえる。

第二節 自動的模倣傾向の個人差が観察による運動学習の効率に与える影響

実験3において、他者の運動観察によって生じる無意識的な自動的模倣の個人差が、観察による運動学習の効率に及ぼす影響を検討することを目的とした。その結果、自動的模倣傾向が高い者では、モデルが適切なパフォーマンスを行っているか否かといった呈示モデルの違いによって学習効果の差異が顕著であったが、自動的模倣傾向が低い者ではその差異は小さかった。以上の結果から、自動的模倣傾向の個人差は、観察による運動学習の効率に影響することが示され、その効果は学習者の意図を超えて影響する可能性が示唆された。

また、実験4において、自動的模倣傾向の違いと個人の競技力との関係を検討することを目的とした。その結果、自動的模倣傾向が高くなると競技力も高くなるといった相関関係が見られたが、自動的模倣傾向の標準得点が高くなると高い競技レベルの人数が多くなることはなく、標準得点の3点以降において、競技レベルは変わらないことが示された。

模倣には、自身が観察しているモデルの動作を意識的・意図的にまねしようとする意図的模倣 (intentional imitation) (Heyes, 2011) と、自身が観察した動作を無意識的・非意図的にまねしてしまう自動的模倣 (automatic imitation) (Heyes, Bird, Johnson & Haggard, 2005; Liepelt & Brass, 2010; Longo & Berthenthal, 2009; Longo, Kosobud & Bertenthal, 2008; Press, Bird, Walsh & Heyes, 2008) といった2種類の異なる模倣メカニズムが存在すると提案されている (Heyes, 2011)。また、意識的模倣と自動的模倣は、互いに独立して機能するのではなく、意識的模倣には自動的模倣が関わっていることが示唆されている (Heyes, 2011; Tomasello, 1996)。今回の結果は、意識的模倣に対する自動的模倣の関与における Heyes, (2011) や Tomasello, (1996) の示唆と一致する。嶋田 (1997) は、スポーツ選手のスキルの習熟過程に関して、スポーツを始める段階からスキルが熟練し、スポーツのスペシャリストになるまでの段階を8つの段階に分類している。その中で模倣は、新たなスキルを獲得する際に必ず行う、スポーツの基本動作を観察しスキルの形を憶え込む段階に位置している。この過程を経た後に、憶えたスキルを自分のものにしていき、スキルの正確性を高めていく段階へと移行していくと考えられている。このような分類からも、まず動作モデル

の意図などは考えず，単に観察した動作を模倣し，その後，観察したモデルの動作理解を必要とする意識的な模倣へと移行していくことが重要であると言える．同様に，朝岡（2005）は，他者の運動の模倣を「コピー」と「なぞり」に分けている．コピーを経てなぞりに至るには，無意識的模倣から意識的模倣へ移行し，そしてイメージあるいは概念によって行動を先取りし，再現する観念的感応へと発展させることが重要であると述べている．これらを逆の視点から見ると，嶋田（1997）や朝岡（2005）の分類している段階を経ずに次の段階へと向かわせてしまう可能性のあるコーチ等からのモデルの動作意図に対する過剰な説明は，学習を阻害する要因になり得る．このようなことから，実際のスポーツに場面において学習者自身の気づきを重要視した指導の必要性があると言える．

第4章 結論

第一節 他者の行為観察により誘発される運動伝染の抑制

スポーツにおいて、成功と失敗は伝染すると考えられている。それにもかかわらず、伝染を引き起こしている原因に関しては明らかにされていない。この研究は、運動伝染が他者の運動学的行為の能動的な観察と関係があるかどうか調査した。実験1において、6人の熟練ハンマー投選手は、フィールドの左、中央もしくは右方向へハンマーを投げているモデル映像を観察した後に、ハンマーを投げた。この映像には、モデルのキネマティクスに基づいて投擲方向を容易に予測できるもの、または予測の難しい2種類の行為キネマティクスが含まれていた。実験2において、6人の熟練ハンマー投選手は、実験1と同様の刺激を観察した後にハンマーを投げたが、運動伝染を抑制できるかどうか明らかにするために2種類の焦点 (self-focus もしくは non-self-focus) を行った。結果として、それぞれの実験参加者の投擲方向は、予測が容易な行為キネマティクスの映像から大きな影響を受けたことから、運動伝染は、行為の観察およびその行為の結果を予測できるか否かが重要であることが明らかとなった。また、動作分析において、運動伝染は、観察者が単にモデルの行為キネマティクスを模倣しているわけではないことも明らかとなった。さらに、実験1で見られたこの伝染は、実験参加者が self-focus をした時に見られなくなった。これらの結果は、運動伝染が行為を観察している時の行為結果の予測可能性に大きく影響され、また行為を観察している際の self-focus を通して抑制されると示唆している。

これら2つの実験から、観察したキネマティクスおよび結果間の関連が伝染を引き起こすために重要であると指摘できる。加えて、伝染現象の原因は、予測可能な行為の観察によって誘発される行為結果の自動的な模倣である。さらに、運動伝染は、自己に関連した処理を促進する自己焦点によって抑制されることが示唆された。しかしながら、今回の実験において、セルフトークが自己に関連した処理を引き起こしたかどうかの評価を行わなかった。それ故、今後の研究において、運動伝染の抑制の原因を明らかにするために、例えば、経頭蓋磁気刺激 (TMS) などの神経科学的方法を用いる必要があると言える。また、この研究がスポーツにおける運動伝染の抑制に最初に取り組んだ研究であるが、今回の実

験では動作観察といった局面のみに焦点を当てている。スポーツ場面において、選手は、将来的に観察する他者のパフォーマンスが自身にとって良いものなのかどうかを予測することはできない。よって、選手は好ましくない行為を観察した後に、負の伝染効果を防ぐ必要がある。このことに関連して、Gray & Beilock (2011) は、行為を誘発する刺激と行為実行間の持続効果に着目して、時間とともに伝染効果の強さが減弱することを明らかにした。まとめると、負の伝染の危険性がある場合、例えば、タイムアウトのような中断をすることも選手やコーチにとって重要である。対照的に、選手が他者の良いプレーを見られる場合、事前の動作によってもたらされる勢いをうまく利用するために、時間をかけずにプレーする必要がある。

第二節 自動的模倣傾向の個人差が観察による運動学習の効率に与える影響

本研究の目的は、他者の運動観察によって生じる無意識的な自動的模倣の個人差が、観察による運動学習の効率に及ぼす影響を検討することであった。まず、個人の自動的模倣傾向を評価できる模倣抑制課題を用いて、210名の参加者の中から自動的模倣傾向の高い者と低い者を各20名抽出した。その後、モデルの観察と運動遂行を繰り返す運動学習を行わせた。この際、各群の参加者20名を、目標となるパフォーマンスを発揮している適切なモデルを観察させる群、目標とは異なるパフォーマンスを発揮している不適切なモデルを観察させる群に、さらに10名ずつ分類した。結果として適切モデルを観察して学習した場合、自動的模倣傾向が高い者は低い者に比べ、習得期および、保持テストにおいて有意に高いパフォーマンスを示した。一方、不適切モデルを観察した場合、自動的模倣傾向が高い者は低い者に比べ、習得期や保持テストにおいて有意に低いパフォーマンスを示した。さらに、自動的模倣傾向が高い者では、モデルが適切なパフォーマンスを行っているか否かといった呈示モデルの違いによって学習効果の差異が顕著であったが、自動的模倣傾向が低い者ではその差異は小さかった。以上の結果から、自動的模倣傾向の個人差は、観察による運動学習の効率に影響することが示され、その効果は学習者の意図を超えて影響する可能性が示唆された。

これまで述べてきたように、本研究では、知覚と運動の直接的な変換メカニズムを媒介とする自動的模倣の個人差が観察による運動学習の効率に影響することが明らかになった。よって、今後は知覚と運動の直接的な変換メカニズムを想定した観察による運動学習の研究を積み上げることで、より効果的な学習方法の提案につながると思われる。例えば、自動的模倣は、観察と同時に行うイメージ (Eaves et al., 2014) やワーキングメモリへの高負荷 (van Leeuwen et al., 2009) によって促進される。一方で、本来、スポーツにおける運動学習は、観察対象を完璧にコピーすることが目的ではない。朝岡 (2005) は、他者の運動の模倣を「コピー」と「なぞり」に分け、コピーは外形だけを真似ること、なぞりはモデルの視点に立って、モデルが体験している心情や身体感覚を自らの中に再現することとしている。また、なぞりに至るには、自動的模倣から意識的模倣、そしてイメージあるいは概念によって行動を先取りし、再現する観念的感応へと発展させることが重要であると述べている。すなわち、自動的な知覚-運動変換を行う模倣からより高次のレベルでの表象を媒介とした模倣が運動の学習に重要であるということを示唆する。そのため、学習の異なる段階において、どのようなメカニズムが作用するかを明らかにしていくことが、観察による学習を本質的に理解する上で重要と考えられる。

引用文献

- Abernethy, B. (1990). Anticipation in squash: differences in advance cue utilization between expert and novice players. *Journal of Sports Science*, 8, 17–34.
doi:10.1080/02640419008732128
- Abreu, A. M., Macaluso, E., Azevedo, R. T., Cesari, P., Urgesi, C., & Aglioti S. M. (2012). Action anticipation beyond the action observation network: a functional magnetic resonance imaging study in expert basketball players. *European Journal of Neuroscience*, 35, 1646–1654. doi:10.1111/j.1460-9568.2012.08104.x
- Aglioti, S. M., Cesari, P., Romani, M., & Urgesi, C. (2008). Action anticipation and motor resonance in elite basketball players. *Nature Neuroscience*, 11, 1109–1116.
doi:10.1038/nn.2182
- Bekkering, H., Wohlschlagel, A., & Gattis, M. (2000). Imitation of gestures in children is goal-directed. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 53, 153–164.
doi:10.1080/713755872
- Bishop, D. T., Wright, M. J., Jackson, R. C., & Abernethy, B. (2013). Neural bases for anticipation skill in soccer: an fMRI study. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 35, 98–109.
- Bock, J. R., Maewal, A., & Gough, D. A. (2012). Hitting is contagious in baseball: evidence from long hitting streaks. *PLoS One*, 7(12), e51367. doi:10.1371/journal.pone.0051367
- Boss, M., & Kleinert, J. (2015). Explaining social contagion in sport applying Heider's balance theory: first experimental results. *Psychology of Sport and Exercise*, 16, 160–169.

doi:10.1016/j.psychsport.2014.10.006

Brass, M., Bekkering, H., Wohlschläger, A., & Prinz, W. (2000). Compatibility between observed and executed finger movements: Comparing symbolic, spatial, and imitative cues. *Brain and Cognition*, 44, 124–143. doi:10.1006/brcg.2000.1225

Brass, M., Bekkering, H., & Prinz, W. (2001). Movement observation affects movement execution in a simple response task. *Acta Psychologica*, 106, 3–22.

doi:10.1016/S0001-6918(00)00024-X

Brass, M., & Heyes, C. (2005). Imitation: is cognitive neuroscience solving the correspondence problem? *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 489–495. doi:10.1016/j.tics.2005.08.007

Brass, M., Ruby, P., & Spengler, S. (2009). Inhibition of imitative behaviour and social cognition. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364, 2359–2367. doi:10.1098/rstb.2009.0066

Blakemore, S. J., & Frith, C. (2005). The role of motor contagion in the prediction of action. *Neuropsychologia*, 43, 260–267. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2004.11.012

Cook, R., Bird, G., Lünser, G., Huck, S., & Heyes, C. (2012). Automatic imitation in a strategic context: players of rock-paper-scissors imitate opponents' gestures. *Proceedings. Biological Sciences*, 279, 780–786. doi:10.1098/rspb.2011.1024

Craighero, L., Fadiga, L., Umiltà, C. A., & Rizzolatti, G. (1996). Evidence for visuomotor priming effect. *Neuroreport*, 8, 347–349. doi:10.1097/00001756-199612200-00068

Cross, K. A., & Iacoboni, M. (2014). To imitate or not: avoiding imitation involves preparatory inhibition of motor resonance. *Neuroimage*, 91, 228–236.

doi:10.1016/j.neuroimage.2014.01.027

- Cross, K. A., Torrisi, S., Reynolds Losin, E. A., & Iacoboni, M. (2013). Controlling automatic imitative tendencies: interactions between mirror neuron and cognitive control systems. *Neuroimage*, 83, 493–504. doi:10.1016/j.neuroimage.2013.06.060
- Di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (1992). Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research*, 91, 176–180. doi:10.1007/BF00230027
- Eaves, D. L., Haythornthwaite, L., & Vogt, S. (2014). Motor imagery during action observation modulates automatic imitation effects in rhythmical actions. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 28. doi:10.3389/fnhum.2014.00028
- Edwards, M. G., Humphreys, G. W., & Castiello, U. (2003). Motor facilitation following action observation: a behavioural study in prehensile action. *Brain and Cognition*, 53, 495–502. doi:10.1016/S0278-2626(03)00210-0
- Gleissner, B., Meltzoff, A. N., & Bekkering, H. (2000). Children's coding of human action: cognitive factors influencing imitation in 3-year-olds. *Developmental Science*, 3, 405–414. doi:10.1111/1467-7687.00135
- Gray, R., & Beilock, S. L. (2011). Hitting is contagious: experience and action induction. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 17, 49–59. doi:10.1037/a0022846
- Greenwald, A. G. (1970a). A choice reaction time test of ideomotor theory. *Journal of Experimental Psychology*, 86, 20–25. doi:10.1037/h0029960
- Greenwald, A. G. (1970b). Sensory feedback mechanisms in performance control: with special reference to the ideo-motor mechanism. *Psychological Review*, 77, 73–99. doi:10.1037/h0028689

- Heyes C. (2011) Automatic imitation. *Psychological Bulletin*, 137, 463–483.
doi:10.1037/a0022288
- Ikegami, T., & Ganesh, G. (2014). Watching novice action degrades expert motor performance: causation between action production and outcome prediction of observed actions by humans. *Scientific Report*, 4, 6989. doi:10.1038/srep06989
- James, W. (1890/1981). *The principles of psychology*, Vol. 2. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kilner, J. M., Paulignan, Y., & Blakemore, S. J. (2003). An interference effect of observed biological movement on action. *Current Biology*, 13, 522–525.
doi:10.1016/S0960-9822(03)00165-9
- Mann, D. T. Y., Williams, A. M., Ward, P., & Janelle C. M. (2007). Perceptual-cognitive expertise in sport: a meta-analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29, 457–478.
- Moll, T., Jordet, G., & Pepping, G. J. (2010). Emotional contagion in soccer penalty shootouts: celebration of individual success is associated with ultimate team success. *Journal of Sports Sciences*, 28, 983–992. doi:10.1080/02640414.2010.484068.
- Olsson C. J., & Lundström, P. (2013). Using action observation to study superior motor performance: a pilot fMRI study. *Frontiers in Human Neurosciences*, 7, 819.
doi:10.3389/fnhum.2013.00819
- Prinz, W. (1987). Ideomotor action. In F. Heuer, & A. F. Sanders (Eds.), *Perspectives on perception and action* (pp. 47–76). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Prinz, W. (1997). Perception and action planning. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9,

129–154. doi:10.1080/713752551

Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169–192. doi:10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230

Rizzolatti, G., Fogassi, L., & Gallese, V. (2001). Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nature Reviews Neurosciences*, 2, 661–670. doi:10.1038/35090060

Rizzolatti G., & Sinigaglia C. (2006). *Mirrors in the brain: how our minds share actions and emotions*. Oxford: Oxford University Press.

Ross, W. (2004). *A mathematician at the ballpark: odds and probabilities for baseball fans*. New York, NY: Penguin Group.

Schütz-Bosbach, S., Avenanti, A., Aglioti, S. M., & Haggard, P. (2009). Don't do it! Cortical inhibition and self-attribution during action observation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21, 1215–1227. doi:10.1162/jocn.2009.21068

Spengler, S., Brass, M., Kühn, S., & Schütz-Bosbach, S. (2010). Minimizing motor mimicry by myself: self-focus enhances online action-control mechanisms during motor contagion. *Consciousness and Cognition*, 19, 98–106. doi:10.1016/j.concog.2009.12.014

Spengler, S., von Cramon, D. Y., & Brass, M. (2009). Control of shared representations relies on key processes involved in mental state attribution. *Human Brain Mapping*, 30, 3704–3718. doi:10.1002/hbm.20800

Stürmer, B., Aschersleben, G., & Prinz, W. (2000). Correspondence effects with manual gestures and postures: a study of imitation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 1746–1759. doi:10.1037/0096-1523.26.6.1746

- Totterdell, P. (2000). Catching moods and hitting runs: mood linkage and subjective performance in professional sport teams. *Journal of Applied Psychology*, 85, 848–859.
doi:10.1037/0021-9010.85.6.848
- Umiltà, M. A., Kohler, E., Gallese, V., Fogassi, L., Fadiga, L., Keysers, C., & Rizzolatti, G. (2001). I know what you are doing: a neurophysiological study. *Neuron*, 31, 155–165.
doi:10.1016/S0896-6273(01)00337-3
- Whiten, A., McGuigan, N., Marshall-Pescini, S., & Hopper, L. M. (2009). Emulation, imitation, over-imitation and the scope of culture for child and chimpanzee. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364, 2417–2428.
doi:10.1098/rstb.2009.0069.
- Williams, A. M. & Grant, A. (1999). Training perceptual skill in sport. *International Journal of Sport Psychology*, 30, 194–220.
- Wright, M. J., Bishop, D. T., Jackson, R. C. & Abernethy, B. (2011). Cortical fMRI activation to opponents' body kinematics in sport-related anticipation: expert-novice differences with normal and point-light video. *Neuroscience Letters*, 500, 216–221.
doi:10.1016/j.neulet.2011.06.045
- 朝岡正雄 (2005) 動きの模倣とイメージトレーニング. *バイオメカニズム学会誌*, 29 (1): 31-35.
- Ashford, D., Bennett, S. J., and Davids, K. (2006) Observational modeling effects for movement dynamics and movement outcome measures across differing task constraints: A meta-analysis. *J. Mot. Behav.*, 38 (3): 185-205.

- Ashford, D., Davids, K., and Bennett, S. J. (2007) Developmental effects influencing observational modelling: A meta-analysis. *J. Sports. Sci.*, 25 (5): 547-558.
- Andrieux, M. and Proteau, L. (2016) Observational learning: Tell beginners what they are about to watch and they will learn better. *Front. Psychol.*, 7: 51.
- Bach, P., Peatfield, N. A., and Tipper, S. P. (2007) Focusing on body sites: The role of spatial attention in action perception. *Exp. Brain. Res.*, 178(4): 509-517.
- Bandura, A. (1986) *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory.* Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Black, C. B. and Wright, D. L. (2000) Can observational practice facilitate error recognition and movement production?. *Res. Q. Exerc. Sport.*, 71(4): 331-339.
- Black, C. B., Wright, D. L., Magnuson, C. E., and Brueckner, S. (2005) Learning to detect error in movement timing using physical and observational practice. *Res. Q. Exerc. Sport.*, 76(1): 28-41.
- Blandin, Y. and Proteau, L. (2000) On the cognitive basis of observational learning: Development of mechanisms for the detection and correction of errors. *Q. J. Exp. Psychol. A.*, 53(3): 846-867.
- Brass, M., Bekkering, H., Wohlschlaeger, A., and Prinz, W. (2000) Compatibility between observed and executed finger movements: Comparing symbolic, spatial and imitative cues. *Brain. Cogn.*, 44: 124-143.
- Brass, M., Bekkering, H., and Prinz, W. (2001) Movement observation affects movement execution in a simple response task. *Acta. Psychol.*, 106(1-2): 3-22.
- Calvo-Merino, B., Glaser, D. E., Grèzes, J., Passingham, R. E., and Haggard, P. (2005) Action

- observation and acquired motor skills: An FMRI study with expert dancers. *Cereb. Cortex.*, 15(8): 1243-1249.
- Calvo-Merino, B., Grèzes, J., Glaser, D.E., Passingham, R.E., and Haggard, P. (2006) Seeing or doing? Influence of visual and motor familiarity in action observation. *Curr. Biol.*, 16(19): 1905-1910.
- Carroll, W. R. and Bandura, A. (1987) Translating cognition into action: The role of visual guidance in observational learning. *J. Mot. Behav.*, 19(3): 385-398.
- Catmur, C., Walsh, V., and Heyes, C. (2007) Sensorimotor learning configures the human mirror system. *Curr. Biol.*, 17(17): 1527-1531.
- Cook, J. L. and Bird, G. (2012) Atypical social modulation of imitation in autism spectrum conditions. *J. Autism. Dev. Disord.*, 42(6): 1045-1051.
- Cook, R., Bird, G., Lünser, G., Huck, S., and Heyes, C. (2012) Automatic imitation in a strategic context: Players of rock–paper–scissors imitate opponents' gestures. *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 279:780-786.
- Cracco, E., Bardi, L., Desmet, C., Genschow, O., Rigoni, D., De Coster, L., Radkova, I., Deschrijver, E., and Brass, M. (2018) Automatic imitation: A meta-analysis. *Psychol. Bull.*, 144(5): 453-500.
- D'Innocenzo, G., Gonzalez, C. C., Williams, A. M., and Bishop, D. T. (2016) Looking to learn: The effects of visual guidance on observational learning of the golf swing. *PLoS One.*, 11(5): e0155442.
- Eaves, D. L., Haythornthwaite, L., and Vogt, S. (2014) Motor imagery during action observation modulates automatic imitation effects in rhythmical actions. *Front. Hum.*

Neurosci., 8, 28.

Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., and Rizzolatti, G. (1996) Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, 119(2): 593-609.

春木 豊 (1977) 観察学習に及ぼす正示範・誤示範の混合比の効果. *教育心理学研究*, 25 (1) : 50-53.

Hayes, S. J., Elliott, D., and Bennett, S. J. (2010) General motor representations are developed during action-observation. *Exp. Brain. Res.*, 204(2): 199-206.

Heyes, C., Bird, G., Johnson, H., and Haggard, P. (2005) Experience modulates automatic imitation. *Cogn. Brain. Res.*, 22(2): 233-240.

Heyes, C. (2011) Automatic imitation. *Psychol. Bull.*, 137(3): 463-483.

Hodges, N. J., Williams, A. M., Hayes, S. J., and Breslin, G. (2007) What is modelled during observational learning? *J. Sports. Sci.*, 25(5): 531-545.

Hogeveen, J. and Obhi, S. S. (2013) Automatic imitation is automatic, but less so for narcissists. *Exp. Brain. Res.*, 224(4): 613-621.

Iacoboni, M., Woods, R. P., Brass, M., Bekkering, H., Mazziotta, J. C., and Rizzolatti, G. (1999) Cortical Mechanisms of human imitation. *Science*, 286(5449): 2526-2528.

Ishikura, T. and Inomata, K. (1995) Effects of angle of model-demonstration on learning of a motor skill, *Percept. Mot. Skills.*, 80 (2): 651-658.

Ishikura, T. and Inomata, K. (1998) An attempt to distinguish between two reversal processing strategies for learning modeled motor skill, *Percept. Mot. Skills.*, 86 (3): 1007-1015.

Ikegami, T. and Ganesh, G. (2014) Watching novice action degrades expert motor performance: Causation between action production and outcome prediction of observed actions by

- humans. *Sci. Rep.*, 4: 6989.
- Ikegami, T., Ganesh, G., Takeuchi, T., and Nakamoto, H. (2018) Prediction error induced motor contagions in human behaviors. *eLife*, 7: e33392.
- Ikegami, T., Nakamoto, H., and Ganesh, G. (in press) Action Imitative and Prediction Error-Induced Contagions in Human Actions. In: Massimiliano L. Cappuccio (ed.) *Handbook of Embodied Cognition and Sport Psychology*. The MIT Press.
- 伊藤政展 (1981) 運動技能の観察学習における異なるパフォーマンス水準のモデルの相対的効率. *体育学研究*, 26(1): 11-18.
- Janelle, C. M., Champenoy, J. D., Coombes, S. A., and Mousseau, M. B. (2003) Mechanisms of attentional cueing during observational learning to facilitate motor skill acquisition. *J. Sports. Sci.*, 21(10): 825-838.
- Kilner, J. M., Paulignan, Y., and Blakemore, S. J. (2003) An interference effect of observed biological movement on action. *Curr. Biol.*, 13(6): 522-525.
- Lago-Rodriguez, A., Lopez-Alonso, V., and Fernández-del-Olmo, M. (2013) Mirror neuron system and observational learning: Behavioral and neurophysiological evidence. *Behav. Brain. Res.*, 248: 104-113.
- Landers, D. M. and Landers, D. M. (1973) Teacher versus peer models: Effects of model's presence and performance level on motor behavior. *J. Mot. Behav.*, 5(3): 129-139.
- Liepelt, R. and Brass, M. (2010) Top-down modulation of motor priming by belief about animacy. *Exp. Psychol.*, 57: 221-227.
- Longo, M. R. and Bertenthal, B. I. (2009) Attention modulates the specificity of automatic imitation to human actors. *Exp. Brain. Res.*, 192: 739-744.

- Longo, M. R., Kosobud, A., and Bertenthal, B. I. (2008) Automatic imitation of biomechanically possible and impossible actions: Effects of priming movements versus goals. *J. Exp. Psychol. Hum. Percep. Perform.*, 34: 489-501.
- Mattar, A. A. and Gribble, P. L. (2005) Motor learning by observing. *Neuron*, 46(1): 153-160.
- Martens, R., Burwitz, L., and Zuckerman, J. (1976) Modeling effects on motor performance. *Res. Q.*, 47(2): 277-291.
- McCullagh, P. and Meyer, K. N. (1997) Learning versus correct models: Influence of model type on the learning of a free-weight squat lift. *Res. Q. Exerc. Sport.*, 68(1): 56-61.
- Obhi, S. S., Hogeveen, J., Giacomini, M., and Jordan, C. H. (2014) Automatic imitation is reduced in narcissists. *J. Exp. Psychol. Hum. Percep. Perform.*, 40(3): 920-928.
- O'Sullivan, E. P., Bijvoet-van den Berg, S., and Caldwell, C. A. (2018) Automatic imitation effects are influenced by experience of synchronous action in children. *J. Exp. Child. Psychol.*, 171: 113-130.
- Pollock, B. J. and Lee, T. D. (1992) Effects of the model's skill level on observational motor learning. *Res. Q. Exerc. Sport.*, 63(1): 25-29.
- Press, C., Bird, G., Walsh, E., and Heyes, C. (2008) Automatic imitation of intransitive actions. *Brain. Cogn.*, 67: 44-50.
- Press, C., Gillmeister, H., and Heyes, C. (2007) Sensorimotor experience enhances automatic imitation of robotic action. *Proc. Biol. Sci.*, 274(1625): 2509-2514.
- Prinz, W. (1997) Perception and action planning. *Eur. J. Cogn. Psychol.*, 9(2): 129-154.
- Schmidt, R., Lee, T., Winstein, C., Wulf, G., and Zelaznik, H. (2017) *Motor Control and Learning 6th Edition: A Behavioral Emphasis*. Human Kinetics: Champaign IL, pp. 315.

- Spengler, S., Brass, M., Kühn, S., and Schütz-Bosbach, S. (2010) Minimizing motor mimicry by myself: Self-focus enhances online action-control mechanisms during motor contagion. *Conscious. Cogn.*, 19: 98-106.
- Stefan, K., Cohen, L. G., Duque, J., Mazzocchio, R., Celnik, P., Sawaki, L., Ungerleider, L., and Classen, J. (2005) Formation of a motor memory by action observation. *J. Neurosci.*, 25(41): 9339-9346.
- Ste-Marie, D. M., Law, B., Rymal, A. M., Jenny, O., Hall, C., and McCullagh, P. (2012) Observation interventions for motor skill learning and performance: An applied model for the use of observation. *Int. Rev. Sport. Exerc. Psychol.*, 5(2): 145-176.
- Stürmer, B., Aschersleben, G., and Prinz, W. (2000) Correspondence effects with manual gestures and postures: A study of imitation. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, 26: 1746-1759.
- Tomasello, M. (1996) Do apes ape? In C. M. Heyes and B. G. Galef (Eds.), *Social learning in animals: The roots of culture* (pp. 319–346). New York, NY: Academic Press.
- van Leeuwen, M. L., van Baaren, R. B., Martin, D., Dijksterhuis, A., and Bekkering, H. (2009) Executive functioning and imitation: Increasing working memory load facilitates behavioural imitation. *Neuropsychologia*, 47(14): 3265-3270.
- Vogt, S. and Thomaschke, R. (2007) From visuo-motor interactions to imitation learning: Behavioural and brain imaging studies. *J. Sports. Sci.*, 25(5): 497-517.
- Weir, P. L. and Leavitt, J. L. (1990) Effects of model's skill level and model's knowledge of results on the performance of a dart throwing task. *Hum. Mov. Sci.*, 9(3-5): 369-383.
- ウィリアムズ, J. G.・麓信義 (1995) モデリング理論に基づく運動学習研究の現状. 体育

の科学, 45: 405-408.