

コーチは何を示範するべきか

—ミラーニューロンの活性から見た示範に必要な情報源—

中本 浩揮¹⁾, 畝中 智志²⁾, 荒武 祐二³⁾, 西菌 秀嗣⁴⁾, 森 司朗¹⁾

¹⁾鹿屋体育大学, ²⁾鹿屋体育大学体育学部, ³⁾鹿屋体育大学大学院

⁴⁾鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育研究センター

Abstract

Observational learning based on imitation is one of the effective methods for developing motor skills in sports. Thus, many researchers have attempted to find the effective modeling for motor learning. However, it is unclear as to what imitation systems are involved in the observational learning in sports. Recently, some researchers found that the human motor cortex becomes active when individuals observe an action performed by another individual. This brain activity is mediated by the mirror neuron system (Rizzolatti et al. 1996), which supports imitation. Therefore, the purpose of this study is to clarify the relationship between the human mirror neuron system and observational learning in sports, by observing the μ rhythms of the brainwave, which reflect the mirror neuron activities with regard to sensorimotor processing. Our findings can be summarized as follows: the μ rhythm under normal observation conditions (where the participants observe a basketball free throw or a dart throw under natural settings) was significantly lower than that under the nonobject conditions (where the participants observe the gesture or throwing action performed by another individual, with the object being occluded), but not under the nontarget conditions (where the targets such as a hoop or a marker were absent, but the ball or the darts were visible). These results indicate that the mirror neuron was activated by the object presentation. Therefore, effective modeling for motor learning in sports requires the presentation of an object that directly interacts with the model.

I. はじめに

我々は自分自身が経験しないことでも他者の行動を観察することによってその行動を学習することができる。例えば、スポーツ選手が新奇な運動スキルを獲得する場合や既存の運動スキルを改善する場合に、コーチの示範を観て学ぶことは最も一般的な学習方法である。このような観て学ぶ、いわゆる模倣を基礎においた学習は観察学習^{注1}あるいはモデリングと呼ばれており、この学習方法は、言語だけでは表現し難い複雑な動作や感覚を含む運動スキルの獲得において、その重要性が特に高いことが指摘されている (Schmidt & Wrisberg, 2008; 杉原, 2003)。

運動スキル獲得に関する観察学習の機序は伝統的にBandura (1969) の社会的認知理論に基づいて説明されてきた (e.g., Janelle et al., 2003)。この理論では、観察学習を注意、把持、運動再生、動機づけの4つのプロセスとして捉え、学習者は、観察対象となる動作の本質的な部分に注意を向けて情報を抽出し (注意過程)、その情報に基づき、認知的に抽象化されたモデルとしての運動記憶を符号化、再構築し (把持過程)、再生することになる (再生過程)。このような理論に基づいた運動スキル獲得における観察学習の研究としては、観察者によって知覚される情報の種類を同定するといった注意過程に着目した研究や (例えば、運動の時間的情

報: Blandin & Proteau, 2000; 空間的情報: Magill & Schoenfelder-Zohdi, 1996; 効果器の動き: Hodges, et al., 2007; 各身体部位の協調: Scully & Newell, 1985), 把持過程や運動再生過程の運動表象に着目した, モデル呈示条件による学習効果の相違を同定するといった研究が行われてきた(例えば, 対面モデルと背面モデル: Ishikura & Inomata, 1998; 熟練者モデルと学習者モデル: Lee & White, 1990; Pollock & Lee, 1992).

社会的認知理論に基づくこれらの試みは, 指導者が学習者に何をどのように示範すべきかといった具体的な内容を示す点で意義深い, 一方で社会的スキルの獲得を本質とするBanduraの理論をそのまま運動事態に適用することは, 運動におけるモデリングの真の理解を制限すると問題視されてきた(ウィリアムズ・麓, 1995を参照).

これに対し, 近年では観察学習の基礎となる模倣において, 新たな理論的説明と根拠が提出されている. 端的に示せば, 伝統的な社会的認知理論では, 学習者は観察内容そのものを完全にコピーするのではなく, 運動を再現するために必要となる本質的な情報を抽象的に表象して運動に利用すると考える(e.g., Bandura, 1969; Janelle et al., 2003). つまり, 知覚された視覚情報は運動表象へと再加工され運動に利用される. この考え方に対し, 観察学習の基礎となる模倣の機序の説明として観念運動適合性理論(ideomotor compatibility: Greenwald, 1970; Knuf et al., 2001)が近年支持されている. この理論では, 「観る」ことが不随意に「する」という行動を引き起こすと仮定している. つまり, 知覚と運動の間に再加工という過程を経る必要はなく, 知覚することによってそれと等価の運動が直接表象されると仮定する.

この観念運動適合性理論が現在において注目される背景には, 「観る」と「する」において共通して賦活するミラーニューロン(以下, MNと表記する)の発見が関連している(e.g., Rizzolatti & Craighero, 2004; Rizzolatti & Sinigaglia, 2006). MNは, 実際に運動を行う場合でも, 他者がそれと同じ運動を行うのを観察する場合でも活性する

ニューロンで(e.g., Gallese et al. 1996; Rizzolatti et al. 1996), サルの運動前野(F5)で発見されたものである(Di Pellegrino et al. 1992). このような他者の動作の観察によって, あたかも自分が運動を実行するように働く脳内ニューロンはヒトにおいてもブローカ野, 頭頂葉, 運動前野の一部で確認されており(Buccino et al., 2001), 模倣を含む多くの機能との関連が指摘されている(Rizzolatti, 2005; Rizzolatti & Craighero, 2004).

よって, より効果的な観察学習の方法を検討するためには, 社会的認知理論に基づく学習方法を提案してきた従来の研究に加え, 観念運動適合性理論^{注2}に基づく効果的な観察学習方略を再構築する必要があるだろう. 特に, 前者はどのようなモデル呈示が知覚情報の再加工を容易にするかといった, 指導者側の示範方法を明らかにしてきたのに対し, 後者は指導者の示範方法に加え, 学習者自身で知覚を直接的に運動に対応づける学習者側のモデリング能力をも取り扱える可能性がある点で優れている. その理由として, Calvo-Merinoら(2005)は, バレエとカポエラのダンサーにおける動作の習熟とMNの活性の関係を調査した結果, 観察者にとって熟練度の高い動作ほどMNは高い活性を示したと報告している. この結果は, 模倣能力の個人差要因として動作の習熟が関連していることを示す.

また, 有効なモデル呈示方法に関して, MNの賦活条件は新たな視点を提供する. MN賦活は, ①対象物志向行為(object-directed action)である場合に活性されること(Rizzolatti & Luppino, 2001), ②対象物だけを観察するときや行為を模倣している場合, あるいはジェスチャーのような自動詞的な行為(intransitive action)を観察する場合では活性しないことが示されている(Iacoboni et al., 2005; Muthukumarswamy et al., 2004). このことは, 運動とそれに利用される対象物の両者を呈示することが観察学習の成立に重要な要因となる可能性を示している. しかし, ダンス動作の習熟を対象としたCalvo-Merinoら(2005)の研究や社会的認知理論に基づく伝統的な研究ではこの問題は扱われていない. さらに, MN活性に関する運動を扱った先行

研究では、主に目標物に対する把握運動（例えば、コップをつかむ）を扱うものは多いが、スポーツのように道具を使って間接的に標的に働きかけるという運動は扱われていない（例えば、バスケットボールのフリースローのように、対象物【ボール】を標的【ゴール】に入れる）。この視点では、有効な示範として、2つの情報の提供の可能性が考えられる。一つは、身体運動と直接相互作用している対象物の呈示であり、もう一つは、間接的に相互作用する標的の呈示である。

以上のように、観念運動適合性理論に適合するMNの活性から運動スキルに関する観察学習を捉えた場合、指導者側の示範という点だけではなく、学習者側の模倣能力を捉えることができ、両者を含む知見はより有効な学習方法の提案につながると考えられる。そこで本研究では、参加者の持つ動作の習熟度（内的要因）、及び、観察する動作に含まれる環境情報（外的要因：対象物／標的との相互作用）が模倣能力の指標であるMNの活性に与える影響を検討することを目的とした。

II. 研究方法

2.1. 実験参加者

10名の男子大学バスケットボール部員が実験に参加した。参加者には実験の目的、方法などを説明した後、実験参加の同意を得た。

2.2. 実験装置及び呈示映像

参加者が観察する映像は、前方50cmに設置した40×45cmのカラーコンピューターディスプレイ（SONY Multiscan CPD-17SF9）に呈示した。呈示映像に関して、動作の習熟度がMN活性に与える影響を調査するために、参加者にとって動作の熟練度が高いバスケットボールのフリースローと熟練度の低いダーツスローイングを行うモデルを撮影した。また、それぞれの運動における行為者と対象物と標的の相互作用（すなわちボール／リング、及び、ダーツ／的）によるMNの活性の違いを明らかにするために、これら2種類の動作の映像を以下の4つの条件に編集した（Fig. 1）。1）動作そのものに加え、対象物も標的も観察可能な通常条件、2）動作に加え、標的は観察できるが対象物が遮蔽される対象物不可視条件、3）動作に加え、対象物は観察できるが標的は遮蔽される標的不可視条件、4）動

Basketball conditions



Dart conditions



Normal

Non-object

Non-target

Gesture

Fig.1. Participants observed four types of pictures on the computer screen for each movement conditions.

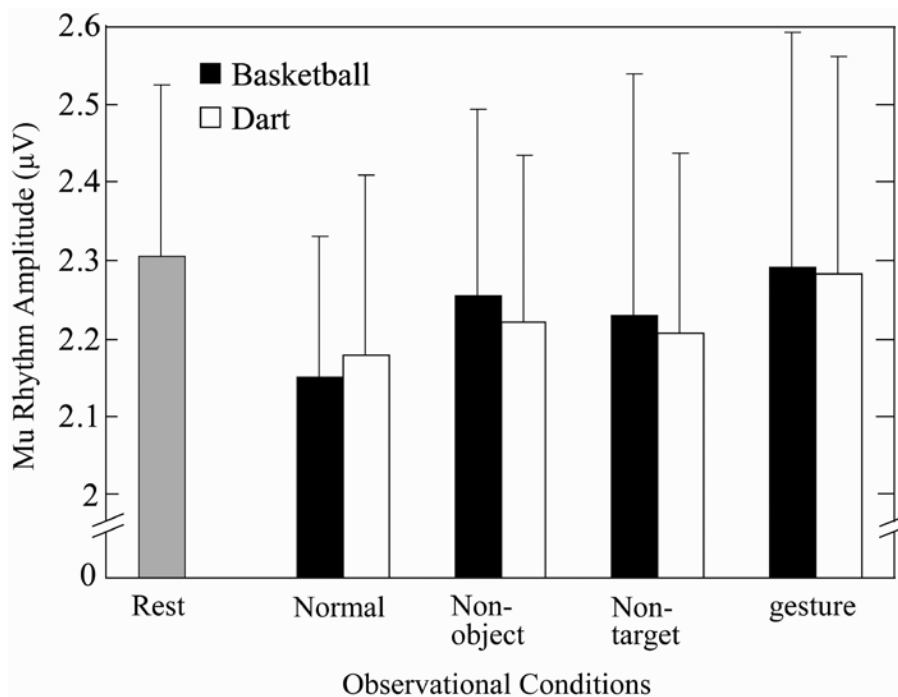


Fig.2. Grand-averaged mu rhythm amplitudes at C3 and C4 obtained for each condition.

作のみで対象物も標的も観察できないジェスチャー条件とした。これにより、動作の習熟度(2)×遮蔽条件(4)の計8種類を呈示映像として使用した。

2.3. 実験課題及び手続き

参加者は、音および電気ノイズの遮蔽された部屋に入り、映像が呈示されるディスプレイから50cmの位置に座った。その後、モデルがフリースローとダーツスローイングを行っている映像を観察した。フリースローとダーツはそれぞれ12試技からなり、各2分間ずつ呈示された。条件間のインターバルは、実験参加者の準備ができるまでの間とし、フリースローとダーツの映像の呈示順序は参加者によってカウンターバランスした。またMNの活動を間接的に記録するために、参加者の脳波を記録した。参加者は記録用電極キャップを装着し、安静状態を2分間と映像条件ごとに2分間の脳波を記録した。

2.4. 脳波記録

実験課題中の脳波記録にはNeuroScan社製のNuAmpを使用した。電極には銀/塩化銀電極を用い、これらを国際10-20法に基づいて32チャンネル配置した。基準電極は両耳朶に置き、基準導出法で

記録した。また、課題遂行中の眼球運動をモニターするために、垂直方向の眼球運動は、左眼の眼窩上部と下部、水平方向の眼球運動は左右眼角外の側方1cmの位置に電極を配置して記録した。全てのチャンネルのインピーダンスは5kΩ以下になるようにした。脳波及び眼電図の信号はサンプリング周波数1000Hz、アナログのローパスフィルター(300Hz)をかけて記録した。

2.5. データ分析

ヒトのMNの活動を間接的に捉える指標として、感覚運動皮質上から導出される脳波のうち μ 波が利用できる(Pineda, 2005)。 μ 波は8-13Hzの帯域を持つ脳波で、伝統的な α 波の周波数と部分的に一致するが、後頭で優位に活性する α 波に比べ、 μ 波はより前頭で優位であり、感覚運動系の処理過程に関わる前部-頭頂部ネットワークの活動を反映している(see review, Pineda, 2005)。そのため、 μ 波は行動の準備や実行の際にその振幅が減衰し、同様の変化は他者の行為の観察中にも生じることから(e.g., Lepage & Thoret, 2006; Muthukumaraswamy et al., 2004), MNの活性を反映すると考えられている。

そこで、本研究では課題遂行中の参加者のMNの活動を捉えるために、感覚運動野直上に配置された電極（C3とC4）から導出された脳波を分析対象とした。記録された脳波は条件ごとに1024ポイントの高速フーリエ変換で周波数解析を実施し、分析周波数は8～13Hz帯域とした。統計処理は、各条件の μ 波の振幅値から安静時の μ 波の振幅値を引いた値を減衰値として求め、この値を動作の習熟度（2） \times 対象物／標的の有無（4）の繰り返しのある2要因分散分析によって処理した。

Ⅲ. 結 果

各条件における課題中の μ 波の出現量をFig. 2に示した。安静時に比べ、ジェスチャー以外の条件では μ 波の減衰が観測された。そのため、参加者の持つ動作の習熟度、及び、対象物／標的の有無がMNの活性に与える影響を検討するために、 μ 波の減衰値に関して、繰り返しのある2要因分散分析を行った。その結果、対象物／標的の有無の主効果が有意であり（ $F(3,30) = 4.76, p < .01, \eta^2 = .32$ ）、Bonferroniによる多重比較から通常条件よりも対象物不可視条件及びジェスチャー条件において μ 波の減衰が低いことが示された（ $p < .05$ ）。

以上の結果は、動作の習熟度によって μ 波の減衰は顕著に影響されないが、観察する動作に相互作用する環境情報が変化した場合、 μ 波の減衰の程度が異なることを示している。特に、 μ 波の減衰が低かった対象物不可視条件及びジェスチャー条件は、いずれも動作と直接相互作用する対象物が消去されている条件であることから、対象物の存在がバスケットボール選手のMNの活性に影響を与えたといえる。

Ⅳ. 考 察

本研究の目的は、参加者の持つ動作の習熟度（内的要因）、及び、観察する動作に含まれる環境情報（外的要因：対象物／標的との相互作用）が模倣能力の指標であるMNの活性に与える影響を検討することであった。この目的を達成するために、本研究では、動作と対象物／標的の情報を操作した映像

を用い、それぞれの観察時における μ 波の減衰値を比較した。

まず内的要因として、参加者にとって習熟度の高いフリースローと低いダーツスローを観察させ、これらの μ 波減衰の程度を比較したが観察動作による差異は認められなかった。よって本研究の結果では、観察対象の動作に習熟していることとMN活性との間に関係は無く、動作の習熟がMN活性の個人差要因ではないと考えられる。この結果は、ダンサーを対象としたCalvo-Merinoら（2005）の知見とは異なる。このような結果の不一致が生じた原因として2つの点が影響していると考えられる。一つは、本研究で参加者が観察した運動は、扱う対象物や標的こそ違いますが投げるという動作としては共通であった点である。MNの活性は学習者の既存の動作レパートリーに含まれるものにおいてのみ生じることが明らかにされているが（Buccino et al., 2004）、投動作は、運動の速さやタイミング、角度などのパラメータが状況によって異なるため、それに応じて見た目上の投動作が異なるものの、その本質は汎化性の高い一般運動プログラムによって制御されていると考えられている（e.g., Schmidt & Wrisberg, 2008）。よって、本研究において両運動にMNの活性の差異が認められなかったことは、動作の習熟に関わらず、より一般的な運動プログラムのレベルでMNの活性が規定されるために生じたと考えられる。

さらに、二つ目として、本研究の2つの運動が「標的に向かって対象物を投射する」という意図の類似を持っていた点が挙げられる。Foggassiら（2005）は、まったく同じ動作ではあるが、その目的が異なる動作（e.g., 食べ物を取り口に入れる、あるいは、食べ物を取り容器に移す）の観察においては、より明確な動作意図が理解できる条件で強くMNが活性することを示している（see also, Iacoboni et al., 2005）。つまり、このことは動きそのものよりも行為の意図を参加者が理解しているかどうかMNの活性に関連していることを示す。よって、本研究では参加者が一般運動プログラムとしての投動作を保持していることに加え、標的に向

かって対象物を投射するという意図が容易に理解できたため、両運動のMNの活性に差異が生じなかったといえる。これに対し、見た目上は全く同じ動作を観察する場合でも、各々が専門とする種目の動作を観察する時だけにMNが活性するというダンサーを対象としたCalvo-Merinoら(2005)の結果は、見た目上が同じ運動でもバレエとカポエラでは動きの意図が異なるために両者の間にMN活性の違いが生じたものと考えられる。

以上から、MNの活性には観察者自身の動作への習熟度より、特定の身体運動に対する一般運動プログラムの保持とその動作が何を目的として行われているかを理解することがMNの活性に関する個人差を既定していると考えられる。

次に、本研究では観察される動作に含まれる環境情報がMNの活性に与える影響を検討するために、対象物/標的の有無を操作した映像を参加者に観察させた。その結果、バスケットボール選手は、観察対象のモデルと一緒にボールやダーツといった身体運動と直接相互作用する対象物が呈示されない場合において、 μ 波の減衰が低くなることが明らかになった。つまり、道具を使って間接的に標的に働きかけるというダイナミックなスポーツ事象の運動を観察する場合においては、身体と直接相互作用する対象物の存在がMNの活性の程度を高めるといえる。この点は、身体運動と対象物が直接的に相互作用する場合にMNが活性するという先行本研究と一致している(e.g., Rizzolatti & Luppino, 2001)。

一方で、目標物に対する把握運動を扱ったMNに関する研究では、サルはMNは自動詞的な運動(すなわち、ジェスチャー)においては活性しないが(Rizzolatti & Luppino, 2001)、ヒトのMNは自動詞的運動でも活性することが報告されている(Fadiga et al., 1995; Maeda et al., 2002)。これらの知見は、ジェスチャー条件でMNの活性を示さなかった本研究の結果と異なる。前述のように、MNの活性には、観察する動作の意図理解が関係している(Foggassi et al., 2005; Iacoboni et al., 2005)。よって、この点から言えば、本研究のジェスチャー条件は、標的が消去されており、ボールを入れる行為という意図が

認識されずMNの活性が生じなかった可能性がある。しかしながら、本研究では標的は遮蔽されているものの遮蔽位置に標的があることが容易に想像できる点、また標的だけを消去した条件ではMNが活性した点を考えると、意図認識の困難性から本研究における自動詞的運動のMN不活性を十分に説明することができない(see, Umiltà et al., 2001)。この点に関しては、更なる検討が必要ではあるが、参加者が行為の意図を理解しているにも関わらず、ジェスチャーでMNが活性しないという本研究の事実は、模倣がより刺激誘発的、つまり意識的なレベルで理解した意図ではなく(すなわち、標的に対象物を当てることを推測する)、環境そのものから知覚された意図(すなわち、標的に対象物が当たる)によって成立する可能性を示す。

以上から、運動スキル獲得を目的として、指導者が運動を示範する場合は、模倣対象となる動作だけを示すのではなく、身体運動と直接相互作用する対象物を含む示範を行うべきである。つまり、効果的な示範には、模倣する運動に関わる環境を認知レベルでイメージする従来の観察学習よりも、動作と相互作用する環境を直接知覚させる方法が必要といえる。そのため、他の競技に当てはめた場合、剣道における竹刀や野球におけるバット、格闘技の対戦相手などを含む示範はより効果的な観察学習効果を導くと推測される。

本研究の知見は、実際に観察学習が成立した程度と μ 波との関連を検討していないことから、観察中の特徴に限定された結論といえ、今後学習を含めた検討が必要といえる。また、MNのシステムが感覚運動学習によって発達することが近年示唆されていることから(Catmur et al., 2007)、適切な示範による観察学習効果の促進に加え、学習者側の模倣能力を高める方法を検討することも必要といえる。

参考文献

- Baudura, A. (1969) Principles of behavior modification. Holt, Rinehart & Winston: New York.
- Blandin, Y., & Proteau, L. (2000) On the cognitive

- basis of observational learning: Development of mechanisms for the detection and correction of errors. *Quart J Exp Psychol*, 52A, 846-867.
- Buccino, G., Binkofski, F., Fink, G.R., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., Seitz, R.J., Zilles, K., Rizzolatti G., & Freund, H.J. (2001) Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study. *Eur J Neurosci*, 13, 400-404.
- Buccino, G., Lui, F., Canessa, N., Patteri, I., Lagravinese, G., Benuzzi, F., Porro, C.A., & Rizzolatti, G. (2004) Neural circuits involved in the recognition of actions performed by nonconspecifics: an fMRI study. *J Cog Neurosci*, 16, 114-126.
- Calvo-Merino, B., Glaser, D.E., Grezes, J., Passingham, R.R., & Haggard, P. (2005) Action observation and acquired motor skills: An fMRI study with expert dancers. *Cerebral Cortex*, 15, 1243-1249.
- Catmur, C., Walsh, V., & Heyes, C. (2007) Sensorimotor learning configures the human mirror system. *Current Biol*, 17, 1527-1531.
- Di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (1992) Understanding motor events: a neurophysiological study. *Exp Brain Res*, 91, 176-180.
- Fogassi, L., Ferrari, P.E., Gesierich, B., Rozzi, S., Chersi, F., & Rizzolatti, G. (2005) Parietal lobe: from action organization to intention understanding. *Science*, 308, 662-667.
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (1996) Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, 119, 593-609.
- Gray, J. T., Neisser, U., Shapiro, B.A., & Kouns, S. (1991) Observational learning of ballet sequences: the role of kinematic information. *Ecological Psychology*, 3, 121-134.
- Greenwald, A.G. (1970) Sensory feedback mechanism in performance control: With special reference to the ideomotor mechanism. *Psychological Review*, 77, 73-99.
- Hodges, N., Williams, A.M., Hayes, S., & Breslin, G. (2007) What is modelled during observational learning? *J Sport Sci*, 25, 531-545.
- Iacoboni, M., Molnar-Szakacs, I., Gallese, V., Buccino, G., Mazziotta, J.C., & Rizzolatti, G. (2005) Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system. *PLoS Biology*, 3, 1-7.
- Ishikura, T., & Inomata, K. (1998) An attempt to distinguish between two reversal processing strategies for learning modeled motor skill. *Perceptual & Motor Skills*, 86, 1007-1015.
- Janelle, C.M., Champenoy, J.D., Coombes, S.A., & Mousseau, M.B. (2003) Mechanisms of attentional cueing during observational learning to facilitate motor skill acquisition. *J Sports Sci*, 21, 825-838.
- Knuf, L., Aschersleben, G., & Prinz, W. (2001) An analysis of ideomotor action. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 779-778.
- Lee, T.D., & White, M.A. (1990) Influence of an unskilled model's practice schedule on observational motor learning. *Human Movement Science*, 9, 349-367.
- Lepage, J.F., & Théoret, H. (2006) EEG evidence for the presence of an action observation-execution matching system in children. *Eur J Neurosci*, 23(9), 2505-2510.
- Maeda, F., Kleiner-Fisman, G., & Pascual-Leone, A. (2002) Motor Facilitation While Observing Hand Actions: Specificity of the Effect and Role of Observer's Orientation. *J Neurophysiol*, 87, 1329-1335.
- Magill, R.A., & Schoenfelder-Zohdi, B. (1996) A visual model and knowledge of performance as sources of information for learning a

- rhythmic gymnastics skill. *Int J Sport Psychol.* 27, 7-22.
- Muthukumaraswamy, S.D., Johnson, B.W., & McNair, N.A. (2004) Mu rhythm modulation during observation of an object-directed grasp. *Cog Brain Res*, 19, 195-201.
- Pineda, J.M. (2005) The functional significance of mu rhythms: Translating “seeing” and “hearing” into “doing” . *Brain Res Review*, 50, 57-68.
- Pollock, B.J., & Lee, T.D. (1992) Effects of the model's skill level on observational motor learning. *Res Q Exercise & Sport*, 63, 25-29.
- Rizzolatti, G. (2005) The mirror neuron system and its function in humans. *Anat. Embryol.*, 210, 419-421.
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004) The mirror-neuron system. *Annu. Rev. Neurosci.*, 27, 169-192.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996) Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Brain Res Cogn Brain Res.*, 3(2), 131-141.
- Rizzolatti, G., & Luppino, G. (2001) The Cortical Motor System. *Nuron*, 31, 889-901.
- Rizzolatti, G., & Sinigaglia, C. (2006) *Mirrors in the brain: How our minds share actions and emotions.* Oxford University Press: New York, pp. 139-171.
- Scully, D.M., & Newell, K.M. (1985) Observational learning and the acquisition of motor skills: Toward a visual perception perspective. *J Hum Movement Studies*, 11, 169-186.
- Shmidt, R.A., & Wrisberg, C.A. (2008) *Motor learning and performance: A situation-based learning approach (4th ed.).* Human Kinetics: Champaign, IL, PP. 231-233.
- Stevens, J.A., Fonlupt, P., Shiffrar, M., & Decety, J. (2000) New aspects of motion perception: selective neural encoding of apparent human movements. *Neuroreport*, 11, 109-115.
- 杉原 隆 (2003) 運動指導の心理学. 運動学習とモチベーションからの接近. 大修館書店: 東京, pp.90-96.
- Umilta 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 (11)
- Vogt, S., & Thomaschke, R. (2007) From visuo-motor interactions to imitation learning: Behavioral and brain imaging studies. *J Sport Sci*, 25(5), 497-517.
- 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.

注

- 注1 専ら観察だけに頼る学習をobservational practice, 観察と身体練習の組み合わせによる学習をobservational learning (imitation learning) と分類することもあるが (e.g., Vogt & Thomaschke, 2007), 本論文では全て観察学習 (observational learning) の語を当てた.
- 注2 Rizzolatti & Sinigaglia (2006) は, 観念適合性理論の考えを受け入れた上で, 模倣が表象を仮定しないより直接的な知覚と運動の変換によって生じることを提案している.