

記憶における概念－運動適合性

－ミラーニューロンの観点から－

横井 みのり (岐阜大学 大学院教育学研究科, v1115010@edu.gifu-u.ac.jp)

月元 敬 (岐阜大学 教育学部, taka_t@gifu-u.ac.jp)

The conceptual-motor compatibility on memory: From the perspective of mirror neurons

Minori Yokoi (Graduate School of Education, Gifu University, Japan)

Takashi Tsukimoto (Faculty of Education, Gifu University, Japan)

Abstract

The purpose of this study is to examine the influence of imitating or observing other's head movements on recognition of valenced words from the perspective of the mirror neurons hypothesis. We expected the occurrence of the 'conceptual-motor compatibility' that participants who are induced to nod or observe other's nodding are more likely to recognize positive words whereas participants who are induced to shake their heads or observe other shaking the head are more likely to recognize negative words. However, our experiment failed to find it. However, we found the effects of the compatibility between head movements and activity valence of words. These findings suggest how the conceptual-motor compatibility on memory depends on whether words have valence compatible with some context behind the movements.

Key words

head movements, conceptual-motor compatibility, embodied cognition, mirror neuron, recognition

1. 問題と目的

近年の認知心理学研究において、認知が身体の動作や状態から影響を受けることが見出されている。このような現象及び枠組みは「身体性認知 (embodied cognition)」と呼ばれ、その関心が高まっている (e.g., 永井・山田, 2013; Strack, Martin, & Stepper, 1988; Williams & Bargh, 2008)。身体性認知の存在は、身体行為が思考や認知に直接関連しており、認知が感覚-運動プロセス (sensory-motor processes) に深く規定されることを意味している (Barsalou, 2008; Willems & Francken, 2012)。

Jostmann, Lakens, & Schubert (2009) は、外貨の価値や大学の奨学金制度問題など様々な事柄についての重要度判断において、実験参加者が回答する際に使用するクリップボードの重さが影響することを示した。つまり、軽いクリップボードに比べて、重いクリップボードを持った実験参加者の方がどの事柄についても重要度の得点が高くなった。換言すれば、実際に「重いものを支え持つ」という身体経験によって、どの事柄もより「重く」受け止めるようになるということである。このように、身体動作と抽象的概念の結びつきは特に「概念－運動適合性 (conceptual-motor compatibility)」と呼ばれている (Förster & Strack, 1996)。

概念－運動適合性は上記の「重い－重要」のようなメタファに基づくものだけではなく、文化や習慣として了解された身体言語に基づくものも確認されている。Förster & Strack (1996) は、実験参加者にヘッドフォンの

着け心地を調査するという名目で縦方向あるいは横方向の首振り動作を行わせた。その間、ヘッドフォンからは感情価をもつ形容詞が流れていた (偶発学習)。着け心地評定、形容詞の使用頻度評定を行った後、実験参加者は予期しない再認テストを受けた。その結果、縦の首振り動作を行った群はポジティブな感情価をもつ形容詞の再認率が高くなり、横の首振り動作を行った群はネガティブな感情価をもつ形容詞の再認率が高くなることが示された。この結果は、首振り動作によって、その方向で定まる文化的・習慣的意味 (肯定あるいは否定) が潜在的に喚起され、その意味に適合する感情価 (ポジティブあるいはネガティブ) をもつ形容詞の記憶が促進されたためと考えられる。

身体性認知には我々がすること (行為) と見ること (知覚) の直接的な相互作用を含んでいるという特徴があり、その相互作用は行為生成における能力と行為知覚のための能力に基づいていると考えられている (Grafton, 2009)。もしそうであれば、そして後述するミラーニューロン (mirror neuron; 以下 MN と略す) の基本的本質を鑑みれば、身体性認知において身体動作の知覚単独の効果が見られるという可能性も考えられる。例えば、目の前の他者が首振りを行っている様子を見る、すなわち、人が頷く様子や首を横に振る様子を観察するだけでも、実験参加者自身が首振りを行う時と同様の効果が見られるかもしれない。

首振り動作を扱った研究には Andonova & Taylor (2012) や Förster & Strack (1996) があり、前者の実験では、実験参加者にスクリーン上で上下左右に動く光点を目だけでなく頭部を動かして追跡させる形で首振りを行わせ、後者の実験では、実験参加者にヘッドフォンの着け心地

の調査と称して首振りを行わせた。つまり、これらの実験で扱っているのは、実験参加者自身の首振り行為である。しかしながら、他者の首振り動作を観察した際の効果は今のところ検討されていない。

他者の首振り動作を観察しただけでも概念—運動適合性の効果が見られるだろうという仮説は、知覚された他者の行動をあたかも自分自身が行っているかのように脳内で処理されているという、MNの観点から考えられるものである。MNとは、視覚運動神経の特定の神経細胞であり、もとはマカクザルが特定の行動をする時と他個体（サルやヒト）が同様の行動をしているのを観察する時の両方で賦活する、腹側運動前野のF5領域で発見された（Rizzolatti, Fadiga, Gallese, & Fogassi, 1996）。その後の研究から、MNはサルに特有のものではなく、ヒトにおいても同様の賦活を示すMNが確認されている（レビューとして、Rizzolatti & Craighero, 2004）。MNの賦活の度合いは、行動を取り巻く背景や文脈によって異なり、その行動に合致した背景や状況が存在するときに最も賦活することが知られている（Iacoboni, Molnar-Szakacs, Gallese, Buccino, Mazziotta, & Rizzolatti, 2005）。

以上の議論から、身体性認知にMNが関わっているとすれば、自身で動作を行った場合同様、他者の動作を観察する場合だけでもそれが認知処理に影響を及ぼすと考えられる。また、その効果にMNの賦活量が関係しているならば、動作を観察するだけの時よりも、実際に自身で身体動作を行う時の方がより認知に影響を及ぼすだろう。つまり、実際に自身で首振り動作を行う時と単に観察する時では、どちらの場合もMNは賦活するが、前者の方がその賦活は強く（Woodruff & Maaske, 2010）、首振りの方向に適合した感情価をもつ語の記憶を促進させる可能性が考えられる。

そこで本研究は、縦あるいは横の首振りを行う他者に合わせた模倣及びそうした首振り動作の観察が、ポジティブあるいはネガティブな感情価をもつ語の再認に影響を及ぼすかどうかをMNの観点から検討することを目的とする。

2. 方法

2.1 実験参加者

実験参加者は、大学に在籍する学部生及び大学院生134名であり、実験は個別に行った。このうち、実験初期にプログラムにおいて反応が適切に記録されなかった28名と（プログラムはその後修正した）、正再認率あるいは虚再認率が著しく偏っている5名、実験終了後に実験の内容に予め気づいていたという報告をした1名を分析対象から除外し、100名（男性50名、女性50名）を有効分析対象とした。実験参加者の平均年齢は19.75歳（ $SD = 1.10$ ）であった。

2.2 実験計画

首振り5水準（縦振り模倣群 vs. 縦振り観察群 vs. 横振り模倣群 vs. 横振り観察群 vs. 統制群）を参加者間要因、

刺激語の感情価2水準（ポジティブ vs. ネガティブ）を参加者内要因とする2要因混合計画であった。

2.3 実験材料

刺激語として、五島・太田（2001）より、感情価と学習容易性を考慮し、ポジティブ語とネガティブ語をそれぞれ40語ずつ、計80語を選出した。また、ポジティブ語20語及びネガティブ語20語からなるリストAとリストBの2つのリストを作成し、いずれのリストも再認課題におけるターゲット語とディストラクター語に均等に割り当てられるように実験参加者間でカウンタバランスした。但し、統制群におけるカウンタバランスは不完全であった（リストAを提示された実験参加者が9名、リストBを提示された実験参加者が11名であった）。評定課題における語の提示の初頭効果と新近効果を考慮し、同じく五島・太田（2001）のニュートラル語から最初と最後に提示するフィラー語をそれぞれ3語ずつ、計6語を選出した。使用した刺激語は全86語であった。評定課題用として46語（ポジティブ語20語、ネガティブ語20語、フィラー語6語）を提示するプログラムをリストAとリストBそれぞれについて作成した。また、再認課題用として80語（ポジティブ語40語、ネガティブ語40語）を提示するプログラムを作成した。なお、フィラー語は3語ずつ最初と最後にランダムに提示されるように設定し、ポジティブ語とネガティブ語はランダムに提示されるように設定した。評定課題のプログラムは、初めに実験に関する教示を提示し、実験参加者がスペースキーを押すと実験が始まる仕組みであった。評定課題では、注視点が画面中央に1,000 ms提示された後、画面中央に漢字二字の単語が6件尺度とともに提示された。実験参加者は、単語がネガティブであればあるほど「1」、ポジティブであればあるほど「6」、またはその度合に応じて間の数値をキー押しで評定した。キーを押して回答すると、次の試行が続いた。再認課題では、注視点が1,000 ms提示された後、画面中央に漢字二字の熟語とその下に「2（見た）」と「5（見ていない）」が提示された。評定課題同様、キー押しによる回答の後、次の試行が続いた。

首振りの模倣と観察を行うため、女子学部生の協力者をモデルとし、縦と横の首振りをそれぞれ約1分間行っている動画を作成した。首を振るスピードは一定ではなく、首を痛めない程度で速くしたり遅くしたり変化した。

キーボードの「A」、「D」、「G」、「J」、「L」、「;」のキートップにそれぞれ「1」、「2」、「3」、「4」、「5」、「6」と書かれたシールを張り、これを評定課題と再認課題における回答キーとした。また、モニター上部に小型カメラを取り付け、実験参加者が首振りを模倣あるいは観察している様子を撮影した。

2.4 手続き

模倣群と観察群の実験参加者には、首振り動画と同じ動作を行いながら正確に首振りの回数を数えるという知覚運動協応の実験と、大学生における漢字二字の熟語の

感情価の調査の2つに参加してもらうことを教示した。知覚運動協応の実験では、モニター上部に取り付けられたカメラで首振りを行っている様子、あるいは動画を観察している様子を撮影することを教示した。一方、統制群の実験参加者には、熟語の感情価の調査に関するのみ教示した。

なお、撮影した動画（模倣群と観察群）や回答などの個人情報保護には最大限配慮すること、本実験への参加は強制ではなく任意であり、やめなくなった場合には途中でやめても問題ないことを教示し、実験参加者に不明な点等はないかを尋ね、質問には適宜回答をした。

以上の教示を行った後、参加を了承した人には参加同意書を記入してもらった。模倣群と観察群の実験参加者が同意書に記入している間に、カメラの録画を開始した。

模倣群は首振り動画に合わせた首振りを約1分間行い、観察群は首振りせず動画だけを約1分間観察した。動画終了後、実験参加者は首振りの回数を口頭で回答した。続く評定課題（統制群はこの課題からの開始となる）では、モニター上に提示される漢字二字の熟語に対する感情価（ポジティブかネガティブか）を、6段階で評価し、対応するキーを押すように求めた。評定課題終了後、実験参加者に事前には説明していなかったもう1つの実験があることを説明し、参加の承諾を得て、再認課題を行った。モニター上に提示される漢字二字が先ほど提示されたものかどうかについて、見た語であれば「2」のキーを、見ていない語であれば「5」のキーをできるだけ速く押すように求めた。実験終了後、実験参加者は実験に関して気付いたことがあれば内省報告紙に記入し、ディブリーフィングを受けた。

3. 結果

実験初期において評定課題中にリストBの刺激語が2度提示されてしまうという問題が発生したため（これもプログラムはその後修正した）、2度提示されたネガティブ語3語とリストAにおいてそれらとほぼ同等の感情価

をもつネガティブ語3語を分析対象から除外した。また、再認課題において、リストBを評定した実験参加者全員がターゲット語のうち特定のポジティブ語2語を「見ていない」と判断していたため、分析対象とするには妥当性が低いと判断し、当該の2語を除外した。その結果、分析に有効な刺激語はポジティブ語38語とネガティブ語34語の計72語であった（表1）。

各条件における修正再認率（正再認率から虚再認率を引いた値）を従属変数とし、首振り（5水準：縦振り模倣群 vs. 縦振り観察群 vs. 横振り模倣群 vs. 横振り観察群 vs. 統制群）と刺激語の感情価（2水準：ポジティブ vs. ネガティブ）を独立変数とした2要因分散分析と、首振り方向（2水準：縦振り vs. 横振り）、首振り動作（2水準：模倣 vs. 観察）、刺激語の感情価（2水準）を独立変数とした3要因分散分析を行った。前者は統制群との比較、後者は概念-運動適合性現象の検証が主たる目的であった。

各群における平均修正再認率を図1に示す。2要因分散分析の結果、刺激語の感情価の主効果が有意であった（ $F(1, 95) = 5.74, p = .019, \eta_p^2 = .057$ ）。これは、ポジティブ語（ $M = .73$ ）よりネガティブ語（ $M = .77$ ）の方が修正再認率が高かったことを示している。また、首振りの主効果及び交互作用は有意ではなかった（ $F_s < 1.42, ns$ ）。3要因分散分析の結果、刺激語の感情価の主効果が有意であり（ $F(1, 76) = 9.47, p = .0029, \eta_p^2 = .111$ ）、首振り動作が有意傾向であった（ $F(1, 76) = 3.71, p = .058, \eta_p^2 = .046$ ）。

これは、首振り動作を観察する（ $M = .73$ ）よりも模倣する（ $M = .78$ ）方が修正再認率が高かったことを示している。また、これ以外の主効果及び交互作用は有意ではなかった（ $F_s(1, 76) < 1, ns$ ）。

以上の結果は、刺激語の感情価と首振り方向に関する概念-運動適合性を支持するものとは言えない。しかしながら、感情価とは異なる概念が首振り動作のある側面と適合していた可能性が考えられる。最も単純な可能性は、刺激語のもつ動作性（activity valence）であろう。

そこで、動作性に基づく分析を行うために、実際に使

表1：刺激語リスト

フィラー語	リストA				リストB			
	傾向	中央	基本	意味	以上	景気		
ポジティブ語	達成	幸福	得意	可能	幸運	愛情	期待	賛成
	元気	理想	健康	良心	充実	歓迎	人気	快晴
	希望	進歩	安心	活躍	成功	満足	感謝	最良
	最高	自信	娯楽	最適	笑顔	進展	便利	青春
ネガティブ語	勝利	順調	有利	満点	好調	好評	余裕	好転
	差別	不運	違法	深刻	悲劇	悪化	不満	否定
	追放	疲労	危険	暴力	絶望	恐怖	非行	強制
	不安	悪口	不足	貧困	最悪	失敗	失礼	偏見
	罰金	弱点	心配	非難	苦痛	損害	低下	罰則
	失望	困難	残念	皮肉	迷惑	不可	禁止	不調

注：網掛けになっている8語は分析対象から除外された語である。太字の語が高動作性語、斜体の語が低動作性語である。

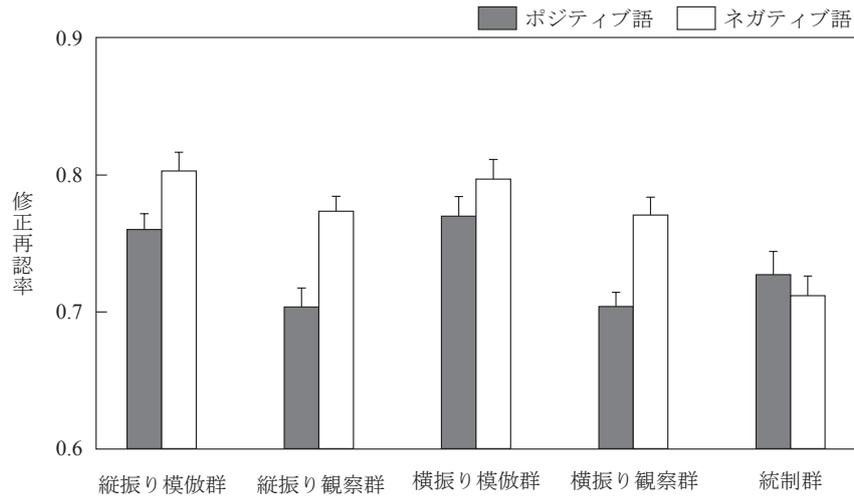


図 1：感情価に基づく各群の平均修正再認率

注：エラーバーは標準誤差を示す。

用した刺激語 86 語に関して、動作性が感じられるかどうかを 4 件法 (1: 全く感じられない, 2: あまり感じられない, 3: やや感じられる, 4: 非常に感じられる) で協力者 5 名に回答をしてもらった。動作性得点の平均が 1 ~ 2 点の刺激語を低動作性語、3 ~ 4 点の刺激語を高動作性語と定義した。その結果、ネガティブ語における高動作性語の数がリスト A における 3 語のみとなり、実験参加者によってネガティブ語における高動作性語の提示に偏りが生じていることから、ポジティブ語において選出された低動作性語 17 語と高動作性語 9 語を分析対象とした。

ここでの分析は追加的なものであり、有意判定における慎重さを考慮すると、ノンパラメトリック検定を用いることが適切であると考えられる。なぜなら、高動作性語は 9 語と少なく、さらにターゲット語とディストラクター語に分けられるため、算出される修正再認率が正規分布に従うとは言えないからである。

刺激語の動作性と首振り動作との適合性を見るために、

首振り方向に関係なく模倣群、観察群、統制群の 3 群を再設定した。各群における平均修正再認率を図 2 に示す。まず、Wilcoxon の T 検定を群ごとに行った結果、模倣群及び観察群において有意な差が見られた (それぞれ、 $T(37) = 99, p = .00014, r_c = .718$; $T(38) = 165.5, p = .0030, r_c = .553$)。これは、模倣群及び観察群において高動作性語 (模倣群: $M = .85$; 観察群: $M = .79$) の方が低動作性語 (模倣群: $M = .69$; 観察群: $M = .64$) よりも修正再認率が高いことを示している。また、統制群において有意な差は見られなかった ($T(20) = 77, ns$)。さらに、高動作性語と低動作性語のそれぞれについて Kruskal-Wallis 検定を行ったが、有意ではなかった (高動作性語: $\chi^2(2) = 2.79, ns$; 低動作性語: $\chi^2(2) = 2.39, ns$)。

4. 考察

本研究の目的は、縦あるいは横の首振りを行う他者に合わせた模倣及びそうした首振り動作の観察が、ポジティ

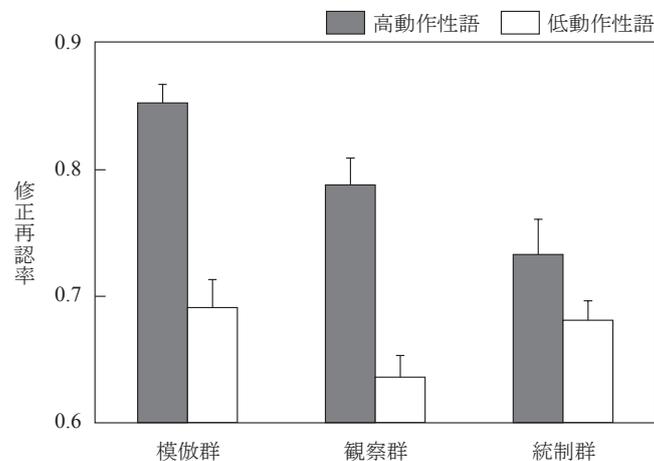


図 2：動作性に基づく各群の平均修正再認率

注：エラーバーは標準誤差を示す。

ブあるいはネガティブな感情価をもつ語の再認に影響を及ぼすかどうかをMNの観点から検討することであった。

実験結果から、首振り方向に関わらず、ポジティブ語よりもネガティブ語の方が修正再認率が高かった。ネガティブな刺激は自動的に注意を高めたのか(池上, 2000)、あるいは実験参加に対する参加者のネガティブな感情による気分一致効果なのか、原因は明らかではないが、ネガティブな刺激に対する記憶の優位性(Hentel & Parks, 2002; 北村, 2004, 2007)を示している。

また、首振り方向に関わらず、首振り動作をただ観察するよりも実際に模倣する方が修正再認率が高いことが示された。これらの結果は、実験参加者が、提示された動画から、肯定的あるいは否定的な情報が付与されたかたちでの動作(身体言語)としてではなく、単純な身体動作としての認識に基づくMNの賦活がなされたことによる効果ではないかと考えられる。この観点に基づいた追加的分析を行った結果、刺激語の動作性に基づく概念-運動適合性の効果が認められた。動作性の感情価をもつ刺激語は、実際に動作を伴う語(例:「暴力」)だけでなく、動作のメタファ的意味合いをもつ語(例:「進歩」)も含んでおり、これはJostmann et al. (2009)のようなメタファに基づく概念-運動適合性をも支持していると言えよう。

本研究は、Förster & Strack (1996)を基にしたが、彼らの実験結果とは異なるものであった。しかしながら、これは単なる追認失敗ではなく、むしろ概念-運動適合性の現れ方を左右する境界条件を示すものであると考えられる。Förster & Strack (1996)と本研究における明らかな手続き上の違いは、首振りに対する評価が伴うかどうかである。前者では、首振りにヘッドフォンの着け心地を評価するという文脈が伴っていたが、後者では、首振り動作に関してその回数を問うたのみで、首振りの快・不快に関するような評価を行わなかった。実験結果の違いがこのような相違によるものだとすれば、首振り動作に「快・不快を判断する文脈」あるいは「評価的観点」が付随しているかどうか、感情価による概念-運動適合性が生じるかどうかの境界条件であると考えられる。

この境界条件はMNの特性と整合的であると思われる。信迫・清水・玉置・三鬼・森岡(2009)は、fNIRS(機能的近赤外分光法)を用いて、ただ単に運動観察をする時よりも意図推定を付与した運動観察をする時の方が、MNの強い賦活が見られることを示した。これは、観察される運動の意図を推定するという認知的負荷を与えた方が、MNがより強く賦活することを示しており、単なる動作観察ではなく動作に伴う評価などの文脈がMNの賦活量に関係していることを傍証するものと考えられる。

また、追加的分析の結果、高動作性語における模倣群と観察群に成績差は認められなかった。同時に概念-運動適合性の効果が認められたのが統制群を除く模倣群と観察群であった。この結果は、単に観察するだけであれば模倣する場合よりもMNの賦活量は少なかったはずであるところが(Woodruff & Maaske, 2010)、「首振り動作の回数を数える」という動作評価が認知的負荷となり、MN

の賦活量が模倣群におけるMNの賦活量程度にまで増大したことによるものかもしれない。可能性はあるものの、本研究はMNの賦活そのものを測定しているわけではないので、将来的には脳科学的アプローチとの連携が必要であろう。

引用文献

- Andonova, E. & Taylor, H. A. (2012). Nodding in dis/agreement: A tale of two cultures. *Cognitive Processing*, 13, 79-82.
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617-645.
- Förster, J. & Strack, F. (1996). Influence of overt head movement on memory for valenced words: A case of conceptual-motor compatibility. *Journal of Personality and Social Psychology*, 71, 421-430.
- 五島史子・太田信夫(2001). 漢字二字熟語における感情価の調査. 筑波大学心理学研究, 23, 45-52.
- Grafton, S. T. (2009). Embodied cognition and the simulation of action to understand others. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156, 97-117.
- Hentel, P. T. & Parks, C. (2002). Emotional episodes facilitate word recall. *Cognition and Emotion*, 16, 685-694.
- 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, 529-535.
- 池上知子(2000). 感情の自動性と表情. 心理学評論, 43, 320-331.
- Jostmann, N. B., Lakens, D., & Schubert, T. W. (2009). Weight as an embodiment of importance. *Psychological Science*, 20, 1169-1174.
- 北村瑞穂(2004). 記憶における負の情緒刺激の効果に関する検討—中心・偶発学習課題を用いて—. 基礎心理学研究, 22, 174-179.
- 北村瑞穂(2007). 処理の深さが情緒語の記憶に及ぼす影響. 四條寮学園短期大学紀要, 40, 64-69.
- 永井聖剛・山田陽平(2013). クリエイティブになりたい? ならば腕を大きく回そう!—身体運動と拡散的創造性との関係—. 日本認知心理学会第11回大会発表論文集, 27.
- 信迫悟志・清水重和・玉置裕久・三鬼健太・森岡周(2009). 運動観察における意図推定の付与がミラーニューロン活動に与える影響—fNIRSを用いた検討—. 理学療法科学, 24, 191-199.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research*, 3, 131-141.
- Rizzolatti, G. & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169-192.
- Strack, F., Martin, L. L., & Stepper, S. (1988). Inhibiting and facilitating conditions of the human smiles: A nonobtrusive test

of the facial feedback hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54, 768-777.

Willems, R. M. & Francken, J. C. (2012). Embodied cognition: Taking the next step. *Frontiers in Psychology*, 3, 582. doi: 10.3389/fpsyg.2012.00582.

Williams, L. E. & Bargh, J. A. (2008). Experiencing physical warmth promotes interpersonal warmth. *Science*, 24, 606-607.

Woodruff, C. C. & Maaske, S. (2010). Action execution engages human mirror neuron system more than action observation. *NeuroReport*, 21, 432-435.

(受稿：2017年9月7日 受理：2017年12月22日)