

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 24 日現在

機関番号：32636

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350707

研究課題名(和文) 脳波分析からみた知覚 - 動作過程への認知的機能の介入が及ぼすパフォーマンスへの影響

研究課題名(英文) Influence of cognitive processing involved in perceptual-motor process on visuomotor performances, examined by EEG analysis

研究代表者

勝又 宏 (Katsumata, Hiromu)

大東文化大学・スポーツ健康科学部・教授

研究者番号：40398350

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：視覚 - 動作遂行過程への認知的情報処理の関与について、大きさ認識の錯視を誘発する標的を掴む動作(Grasping)への錯視の影響の有無の点から検討した。“標的認識 - 動作開始”の時間的制約が厳しい場合にGraspingは錯視の影響を受けた。また、Graspingと選択反応課題を同時遂行させ、視覚 - 動作遂行過程における認知的処理の抑制をねらった場合でも、Graspingは錯視に影響された。これらは、課題条件に応じてGraspingが認知的情報に基づいて遂行されたことを示唆する。“物体認識と動作のガイド”というふたつの視覚情報処理経路の動作遂行への機能的関与についてはさらなる検討が必要である。

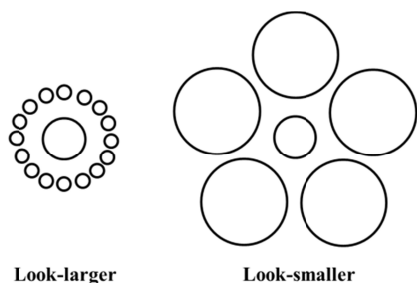
研究成果の概要(英文)：The present study investigated the involvement of cognitive information processing in the visuomotor process through the analysis of grasping performances produced to a target figure that induces a size illusion by focusing on the influence of the illusion on the task movement. When the time window from the target recognition to the movement initiation was severe, the illusion affected the grasping movement. When the grasping was performed with a secondary choice reaction task simultaneously for preventing cognitive processing from being involved in the grasping visuomotor process, the illusion effects on the grasping was still observed. These results suggest that the grasping was executed based on cognitive processing depending on task situations. Further study is required to investigate how cortical visual processes, which functions exclusively for recognizing an object and guiding a movement, associate functionally with the execution of visuomotor performances.

研究分野：運動制御・運動学習

キーワード：視覚情報処理 知覚 - 運動連関 認知的情報処理

## 1. 研究開始当初の背景

日常の身体行動は知覚情報をたよりに動作を生成・調節することで成り立っている。この知覚情報処理 - 動作遂行過程において、我々は「動作に関する自覚」や「動作への意識的なはたらきかけ」を実感する。スポーツ競技場面では、「動作への過度の意識」が、緊張や気負いをもたらし、パフォーマンスを減退させる。一方、「無我の境地」といった反射的・無意識的反応による素早くて確かなパフォーマンスを経験する。このような「課題遂行への意識・注意の向け方」といった認知的活動は、パフォーマンスに良くも悪くも作用する。この知覚 - 動作遂行過程における認知的活動の関与に関して、実験心理学や神経科学の領域において、錯視の効果が課題動作遂行にもたらす影響について検討されてきている。



例えば、Ebbinghaus 図形(上図)中心部の円の大きさについて、過小・過大評価してしまう。この錯視効果を誘発する標的に対して、「手を伸ばして掴む(Grasping)」動作課題および「標的の大きさを判断して、それを Grasping と同様の掴み動作により表現する(Size-matching)」サイズ認識課題を被験者にさせた場合、Size-matching では錯視の影響を受けるが、Grasping では影響がみられないと報告されている(例: Goodale & Milner, 1992)。大脳の視覚情報処理経路には、視覚野から頭頂野にかけての「動作をガイドするための経路(Dorsal stream)」と、視覚野から側頭野にかけての「対象を認識するための経路(Ventral stream)」が知られており(Kandel, Schwartz, &

Jessell, 2000)、これらを基に、Size-matching は「標的の大きさ認識に対して任意の掴み動作を対応させる」という認知的処理が介在する点で、「課題の質に応じた異なる脳内情報処理」や「それら処理過程の分離的機能」が主張されている(e.g. Haffenden & Goodale, 1998)。このことより、「Dorsal stream を主体とした動作組織化による認知的処理を介さない動作形成の可能性」が提議されている(Tresilian, 1995)。しかし、この一連の研究においては Grasping への錯視効果も、近年報告されており(例: Franz, et al, 2000; Franz, 2001; Meegan, et al, 2004)、未だ結論には至っていない。

本研究代表者は、上記の課題動作中の脳波分析により、認知機能の介入について脳内情報処理の点からの検討を試みた(Katsumata et al, 2009; Katsumata, 2012)。結果は、Grasping においても Ventral stream に関与する部位間での情報伝達を示唆され、動作への錯視の影響もみられた。錯視効果を用いた認知的活動の検討には「Grasping への錯視効果の有無」は重要な意味を持つので、上記の結果は、Grasping に錯視効果を誘発する要因の究明と、それを考慮した実験デザイン構築の必要性を示している。関連する一連の先行研究を総括したところ、「“標的提示～動作開始”時間の設定」は様々で、系統的検討は不十分であることを確認した。そこで、この時間枠を系統的に操作する実験設定によって、錯視効果への影響について分析し、“Grasping の錯視効果を誘発する時間条件”、すなわち“認知的情報処理が介入するための時間枠”を検討することは興味深い課題である。当該研究期間では、上記の「錯視効果を誘発する時間枠」について検討したうえで、これを基にした実験設定による錯視効果の検討と、それら動作遂行時脳波の分析を行う予定であった。しかし、研究期間半

ばにおける上記の研究成果の報告活動や、関連研究の情報収集によって、錯視効果に影響する要因に関して後述のような興味深い課題を見出した。これに取り組むことは、課題とする認知機能の介入についての検討に必要と判断したため、脳波分析を扱う実験に先立って、下記の課題に取り組んだ。

Grasping 動作への錯視の影響は、主観の大きさを認知に意識を向けた動作形成を意味する。スポーツをはじめとした動作遂行時の注意の向け方は、パフォーマンスに影響することが報告されている(Wulf, 2007 for review)。パフォーマンス遂行中の注意を主要課題に向けさせないために、同時に2次の課題を遂行させるという実験方法がある。Grasping 遂行時に、2次課題に注意を向けることで認知的活動は2次課題遂行に従事することになる。認知的処理に頼らない(Ventral stream を介さず、Dorsal stream による)過程によって Grasping 遂行が可能であれば、Grasping への錯視効果の抑制が期待される。本研究期間は、「知覚情報処理 - 動作遂行過程への認知的情報処理の介入」について Grasping・Size-matching を用いて、上記の2つの課題に取り組んだ。これらについて以下に報告する。

## 2. 研究の目的

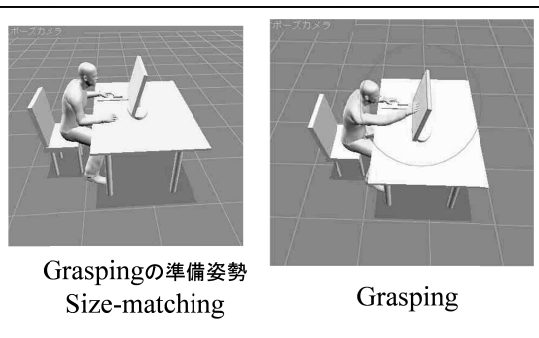
- (1) **錯視効果を誘発する時間条件の検討** : Grasping に錯視効果を誘発する要因として「「標的提示～動作開始」時間」に着目し、この時間枠を系統的に操作する実験によって、Grasping の錯視効果を誘発する時間条件、すなはち「認知的情報処理が介入するための時間枠」について検討する。
- (2) **2次の課題による錯視効果の検討** : Grasping / Size-matching 課題と同時に2次の課題を遂行させる方法によって、主課題への錯視効果の影響を分析し、知覚情報

処理 - 動作遂行過程への2次の課題遂行に要する認知機能の介入の点から検討する。

## 3. 研究の方法

### (1) 錯視効果を誘発する時間条件の検討

**被験者** 右利きの被験者 20 名(男性 11 名、女性 9 名、平均年齢  $23 \pm 3$  歳)が実験に参加した。被験者には本実験の目的・実験内容を説明し、実験参加に対する同意書への署名を得た。



**実験のセットアップ** 光学式カメラ3台によるモーションキャプチャ・システムを用いて 200Hz にて動作を撮影した。そのため、被験者の右手人差し指および親指の指先に反射マーカを張り付けた。ディスプレイへの標的提示、動作開始合図音の提示、モーションキャプチャと合図音および標的表示の同期、データ獲得システムソフトウェアにより制御した。

標的は、中心円(直径: 3cm、3.5cm、4cm)に対する直径 7cm および 1.2cm の外周円にて Ebbinghaus 図形を構成し、中心円が小さく見える錯視 (look-smaller) と大きく見える錯視 (look-larger) を用意した。

**動作課題と条件** 被験者は、机上のコンピュータ・ディスプレイを前にして腰掛け、画面上に提示される標的 (Ebbinghaus 図形) に対して Grasping および Size-matching 課題を遂行した。以下の2つの実験ブロックを構成した。

ブロック1: 標的が提示されたらできるだけ素早く動作を開始する(試技数: 各条件7回)

ブロック2: 標的の提示後、300ms、700ms、1500ms、3000ms のいずれかが経過後に動作開始合図音が鳴る。それにできるだけ早く反応して課題を遂行する(試技数: 各条件5回)。

標的條件は、錯視効果 (look-larger、look-smaller) × 標的の大きさ (3cm、3.5cm、4cm) より構成し、提示順番はランダム化した。実験に先立ち、使用した図形による錯視効果について極限法により確認した。

## 分析

課題動作への錯視効果の影響は、人差し指と親指による摘み動作の開き具合(大きさ)によって評価する。標的 (Ebbinghaus 図形の中心円) への課題動作において、look-larger に対する開き具合が、look-smaller に対するものよりも有意に大きければ動作は錯視効果に影響されたことを意味する。先行研究に倣い (例: Aglioti et al., 1995; Franz et al., 2001)、「摘み動作時の手指の開きの最大値 (Max. aperture)」を錯視効果の指標として用いた。人差し指と親指のマーカの3次元位置座標より Max. aperture を求めた。錯視効果と標的の大きさを主効果とする繰り返しの分散分析を施した。

## (2) 2次的課題による錯視効果の影響の検討

**被験者** 右利きの被験者 16 名 (男性 7 名、女性 9 名、平均年齢  $21 \pm 1.5$  歳) が実験に参加した。被験者には本実験の目的・実験内容を説明し、実験参加に対する同意書への署名を得た。

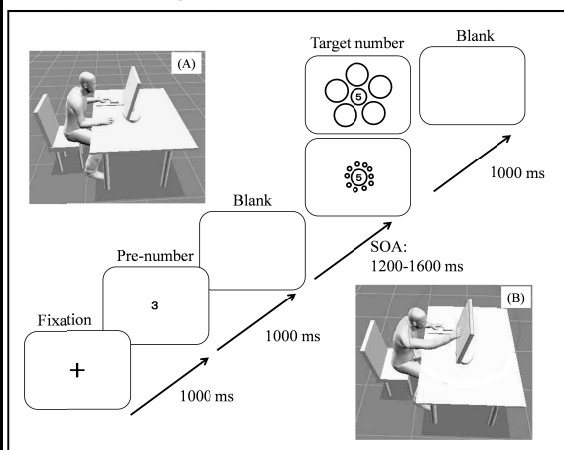
**実験のセットアップ** 上記「研究目的 1 : 錯視効果を誘発する時間条件の検討」における実験と同様のセットアップを用いた。標的は、研究目的 1 における Ebbinghaus 図形のうち、中心円の直径が 3.5cm と 4cm を用いて、錯視効果 (look-smaller、look-larger) と標的の大きさ (3.5cm、4cm) の 4 つとした。

2 次的課題としての視覚反応選択課題のために、被験者は、非利き手 (左手) により水平面上で左右に動くスイッチバー操作し、利き手 (右手) で主課題 (Grasping / Size-matching) を遂行した。

**動作課題** 2 次課題は、標的図形の提示に先立って提示される数値 (pre-number) に対して、標的図形提示の際、中心円内に示される数値 (target number) が小さければスイッチバーを左に動かし、大きければ右に動かすという選択反

応課題とした。被験者には、標的提示とともにできるだけ早く、できるだけ同時に主課題および 2 次課題を遂行するよう教示した。

試行回数は、各標的図形に対して 10 回とし、標的条件の提示順番はランダム化した。2 次課題を伴わない際の主課題動作も検討するため、2 次課題を伴う試行 (Dual task) に主課題のみを実行する試行 (Single task : 各標的条件につき 8 回) をランダムに挿入した (合計試行回数 : 72 回)。



**実験手順** Grasping / Size-matching 課題に先立ち、使用した図形によって錯視効果を誘発できるかについて、極限法によって確認した。各試行の遂行手順については上図を参照。

**分析** 主課題への錯視効果の影響の有無の検討には、Max. aperture を用いた。2 次課題の有無、錯視効果、および標的の大きさを主効果とする繰り返しの分散分析を施した。課題パフォーマンスの評価として、主課題および 2 次課題の反応時間について比較検討した。

## 4. 研究成果

### (1) 錯視効果を誘発する時間条件の検討

ブロック 1 の Max. aperture は、Grasping ( $F(1,19)=15.3$ ,  $p=.001$ )、Size-matching ( $F(1,19)=36.1$ ,  $p=.001$ ) とともに有意な錯視効果を示した。これは、標的提示にできるだけ早く反応するという「視覚 ~ 動作反応の時間が最短」とみなせる状況での、認知的情報処理の課

題遂行への関与を示している。

ブロック2の Max. aperture について、錯視効果と標的提示 - 合図時間を主効果とする繰り返しの分散分析を施した。Grasping は、有意な錯視効果 ( $F(1,9)=8.7, p=.016$ ) と標的提示 - 合図時間 ( $F(1,9)=4.4, p=.012$ ) を示した。多重比較によれば、標的提示 - 合図時間 300ms での look-larger に対する Max. aperture は、標的提示 - 合図時間 300ms、300ms、1500ms での look-smaller に対するものよりも有意に大きかった。これは、錯視効果が Grasping 動作に影響したのは、標的提示 - 合図時間 300ms の場合のみであったことを示す。一方、Matching の Max. aperture は、有意な錯視効果 ( $F(1,9)=25.9, p=.001$ ) を示したが標的提示 - 合図時間には有意差はみとめられず、Matching は標的提示 - 合図時間に関わらず、錯視効果の影響を受けたことを示す。

上記の「Matching 動作は“標的提示～動作開始”時間に関わらず錯視の影響を受けた」ことは、この時間枠に関わらず認知的情報にアクセスして課題が遂行されていることを示唆する。これに対して Grasping は、この時間制約が厳しい条件において錯視の影響を受けたことから、Matching と Grasping はともに「標的の大きさに応じた動作の形成」が求められているものの、その情報処理 - 動作形成過程は質的に異なり、Grasping は時間的制約が緩やかである場合、認知的情報に依存しない動作の組織化が示唆された。顔をはじめとした物体認識に関する研究の知見によれば(例: Goffaux & Rossion, 2006; Sergent, 1986)、物体認識は「物体の構成要素を全体的にとらえる認識 (holistic process) からより具体的な構成要素の認識 (analytical process)」という段階的過程によって形成される。時間的制約の厳しい条件での Grasping は、analytical

process による情報にアクセスできずに動作を遂行することで標的図形の全体像により誘発される錯視の影響を受けやすかったと考えられる。一方、Matching は「標的の大きさについての主観的判断を摘み動作で表現する」という課題の性質上、holistic process による情報に依存することになる。また、“標的提示～動作開始”時間に応じた Grasping への錯視効果の有無について一連の先行研究を整理したところ、500～600ms の時間枠が錯視効果の臨界域として示唆された。

## (2) 2次の課題による錯視効果の影響の検討

本実験の“標的提示～動作開始”時間枠は、研究目的1によれば Grasping に対して錯視効果を誘発させる課題条件であったので、Grasping の Max. aperture は、Single task において有意な錯視効果を示した ( $F(1,15) = 27.2, p < .001$ )。さらに、Dual task においても有意な錯視効果を示した ( $F(1,15)=14.8, p=.002$ )。これは、Size-matching において同様であった (Dual task:  $F(1,15) = 16.8, p = .001$ ; Single task ( $F(1,15) = 46.9, p < .001$ )。これらの結果は、2次課題によって主課題の“視覚～動作生成”過程を認知的情報処理に依存しないで遂行させることを意図した状況でも、主観的大きさ評価に基づいて動作が形成されたことを示す。標的提示から動作開始に要した平均反応時間は、下表のようになった。

	Grasping	Matching
Single	236 ± 37	286 ± 67
Dual	363 ± 63	415 ± 51
2次課題	415 ± 65	454 ± 57

2次課題の反応時間は、同様の選択反応のみを行った場合の反応時間 (416 ± 20ms) と変わらず、この選択反応に要した情報処理は主課題との同時遂行に影響されなかったことを示唆する。

また、Dual 条件と Single 条件の反応時間の差は、Single における反応時間に比して十

分に短かった。これらのことは、主課題と2次課題それぞれを実行するための情報処理～動作生成過程は並列的に遂行されたことを示唆する。

## 引用文献

- Aglioti S, DeSouza JFX, and Goodale MA. *Current Biology* 5: 679-685, 1995.
- Franz, V.H., Gegenfurtner, K.R., Bulthoff, H.H. & Fahle, M. *Psychological Science*, 11, (1) 20-25, 2000.
- Franz, V.H. *Trends in Cognitive Neuroscience*, 5, 457-459, 2001.
- Goodale MA, and Milner AD. *Trends in Neuroscience* 15: 20-25, 1992.
- Goffaux, V., and Rossion, B. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 1023-1039, 2006.
- Haffenden AM, and Goodale MA. *Journal of Cognitive Neuroscience* 10: 122-136, 1998.
- Kandel ER, Schwartz JH, and Jessell TM. *Principles of Neural Science*. New York: McGraw-Hill, 2000.
- Katsumata H. *Advances in Clinical Neurophysiology*, (Ed) Ihsan M. Ajeena, Chapter 1, pp.1-30, 2012.
- Katsumata H, Suzuki K, Tanaka T, and Imanaka K. *Clinical Neurophysiology* 120: 484-496, 2009.
- Meegan DV, Glazebrook CM, Dhillon VP, Tremblay L, Welsh TN, and Elliott D. *Experimental Brain Research* 155: 37-47, 2004.
- Sergent, J. *Aspects of face processing*, (Eds.) H. D. Ellis M. A. Jeeves F. Newcombe & A. M. Young, Dordrecht, pp. 17-33, the Netherlands: Martinus Nijhoff, 1986.

Tresilian J.R. *Perception and Psychophysics*, Feb; 57(2):231-45, 1995.

Wulf G. *Human Kinetics, Attention and motor skill learning*, 2007, pp.221.

## 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Katsumata, H. (2014) Does the size-illusion effect on prehensile movements depend on preview duration for visuomotor process?, *Journal of Motor Behavior*, 46(2):83-93 査読有

〔学会発表〕(計2件)

Katsumata, H. (2014) Eliciting a perceptual-motor execution without cognitive processing by modulating attentional focus, Society for Neuroscience 2014, Washington DC, USA

Katsumata, H. (2013) Timing of executing a whole-body interceptive movement, consisting of multiple movement components, Progress in Motor Control IX, Montreal, CANADA

〔図書〕(計1件)

勝又宏 他、道免和久(編)、医学書院、ニューロリハビリテーション、2015年、309ページ、(担当ページ範囲：ダイナミカル・システム・アプローチによる運動制御・学習の研究、第2章3-2、pp.46-57)

## 6 . 研究組織

(1) 研究代表者

勝又 宏 (Katsumata, Hiromu)  
大東文化大学・スポーツ・健康科学部・  
教授  
研究者番号：40398350