

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 23 年 5 月 18 日現在

機関番号：32686

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22830094

研究課題名（和文） 脳内に生成される物体知覚表象による視覚的意識の消失現象の解明

研究課題名（英文） Investigations on perceptual masking effect of internal objects' representations on visual awareness

研究代表者

日高 聡太 (HIDAKA SOUTA)

立教大学・現代心理学部・助教

研究者番号：40581161

研究成果の概要（和文）：

本研究では、仮現運動刺激の内的な物体表象が、他の物体の視覚的意識を消失させる現象を明らかにした。実験では、仮現運動軌道上に提示される標的刺激の検出が阻害されることを見出した。さらに、この抑制効果は、仮現運動刺激と標的刺激との間の方位情報の差異が大きくなるにつれ減少した。これらの知見から、仮現運動物体表象による抑制効果がパターンの検出という比較的低位の知覚処理段階で生じ、刺激の属性が選択的に維持されることが示唆された。また、仮現運動刺激と共に提示される一過的な音が、抑制効果を強めることも明らかにした。この効果は、仮現運動中に音の周波数が変化する場合には減少した。さらに、音の効果は、仮現運動刺激と標的刺激との間の方位情報の差異によって変容しなかった。以上の結果から、聴覚刺激が時空間的に安定したより強固な仮現運動物体表象の形成に寄与することが示唆された。

研究成果の概要（英文）：

The present study demonstrated that the internal representation of apparent motion (AM) stimuli could perceptually mask the visual awareness of other objects. It was found that target detection performance was degraded within an AM trajectory (AM interference). Further, this AM interference weakened when the differences in orientation between the AM stimuli and target became greater. These findings suggest that AM stimuli and their internal representations affect lower visual processes involved in detecting a pattern in the AM trajectory, and that the internal object representation of an AM stimulus selectively contains and maintains the stimulus attribute. Further, the current study showed that transient sounds presented together with AM stimuli could enhance the magnitude of AM interference. This auditory effect attenuated when frequencies of the sounds were inconsistent during AM. We also confirmed that the sounds wholly elevated the magnitude of AM interference irrespective of the inconsistency in orientation information between the target and AM stimuli. These results suggest that sounds can contribute to the robust establishment and spatiotemporal maintenance of the internal object representation of an AM stimulus.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	680,000	204,000	884,000
2011 年度	520,000	156,000	676,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,200,000	360,000	1,560,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：実験心理学

キーワード：仮現運動・運動物体表象・知覚意識・マスキング・物体特徴・視聴各相互作用・知覚的増強・検出感度

1. 研究開始当初の背景

ヒトの脳内では、外界からの物理的な入力が取捨選択され、それが体制化されることで外界の情報として意識にのぼる。この脳内で生成される情報は、表象と呼ばれる。従来、物理刺激の入力段階において形成される神経表象が、他の物理的な入力と相互作用することが知られてきた。また、経験的に獲得された知識や文脈など、高次の認知表象が、物理的な入力の知覚意識を変容することも知られていた。

このように、神経表象あるいは認知表象の存在とその特性は、他の物理的な入力との相互作用によって明らかにされてきた。例えば、神経表象に関わる現象である運動残効では、運動信号に順応後、いかなるものに対しても錯視的な運動知覚が生じる。一方、認知表象は、文字や顔など、ある特定の物体固有のものとして形成される。そのため、脳内には、物体非依存な神経表象と、物体依存な認知表象を媒介する、先行知識がほぼ影響しないが物体固有の特性を持つ、知覚表象が形成される過程が存在すると考えられた。事実、脳内には、物体単位の知覚表象が存在することが指摘され (Kahneman, Treisman, & Gibbs, 1992)、この知覚表象によって、他の物理的な入力に対する判断 (文字識別など) が早くなることなどが示されていた。しかし、このような間接的な手法では、得られた効果が認知表象によるものと区別がつかないなどの問題点があり、知覚表象そのものの特性を検証するには不十分であった。つまり、物体の知覚表象が、他の物理的な入力と直接的に相互作用するののかについては、ほとんど検討がなされていないのが現状であった。

仮現運動 (apparent motion) とは、空間的に離れた位置にある物体 (誘導刺激) が交互に点滅すると、その間に運動が観察される現象である。実際には何も提示されていない運動軌道にも滑らかな動きの知覚が生じることから、仮現運動軌道には運動する物体の知覚表象 (運動物体表象) が形成され、動きの知覚を媒介すると考えられた。これまで、仮現運動軌道上に提示された文字の識別が抑制されること (Yantis & Nakama, 1998)、物理的な入力の時空間情報の乱れに対する気づきを抑制する (Hidaka, Nagai, Gyoba, 2009) など、仮現運動物体表象が他の物理的な入力と知覚的に相互作用することが示されてきた。このことから、仮現運動軌道上では、運動物体

の知覚表象が他の物理的な入力と知覚的に相互作用する可能性が考えられた。

2. 研究の目的

そこで、本研究では、仮現運動事態を利用し、物体の知覚表象と他の物理的な入力が知覚的に相互作用することを明確にデモンストレーションすることを目的とした。具体的には、物理的な入力の提示を視野の周辺で行うことで、標的刺激の視認性を下げる一方、運動検出感度は視野の周辺でも損なわれないことから (Koenderink, van Doorn, & van de Grind, 1985)、運動物体表象はある一定の強度を持ったまま維持されると考えた。この操作によって、脳内のみ存在する物体の知覚表象が、通常問題なく気づきが生じる強度を持つ物理的な入力を、完全に知覚意識にのぼらないようにすることを実証しようと試みた。そして、刺激の特性を操作することで、知覚表象がどのような物体として脳内に形成されるかを明らかにしようと考えた。さらに、一過的な聴覚刺激 (ピッ、という音) によって、物理的な入力の知覚的な強度が増大することが示されている (Stein, London, Wilkinson, & Price, 1996) ことから、誘導刺激に一過的な聴覚刺激を付随させることを試みた。この操作により、知覚表象を導く物体の知覚的な増強→物体知覚表象の増強→他の物理的な入力に対する知覚意識の抑制効果の増大というダイナミクスを解明しようと考えた。これらを通じて、脳内にも存在する知覚表象の全体的な特性を明らかにしようと考えた。

3. 研究の方法

(1) 予備実験：実験では、Gabor 刺激と呼ばれる、輪郭やエッジの情報を持たない刺激を、仮現運動を導く誘導刺激および標的刺激として用いた (図 1A)。その際、最適な空間周波数や大きさなどの刺激パラメータについて、水平縞、大きさ $1.5 \times 1.5 \text{ deg}$ 、空間周波数 1.5 cycle/deg 、 $\sigma = 0.25 \text{ deg}$ と選定した。また、刺激の提示位置についても予備的な検討を行った。誘導刺激と標的刺激は、参加者の利き目側の視野 (左あるいは右) に、中心から水平方向にずれた位置に提示し、最適な偏心度として、 $5, 10, 20 \text{ deg}$ を選定した。また、最適な仮現運動が知覚されるよう、申請者だけではなく、5 名の実験参加者に数分程度刺激を観察してもらい、誘導刺激の提示時間を 106 ms 、空間的な距離を 6 deg 、時間的な提

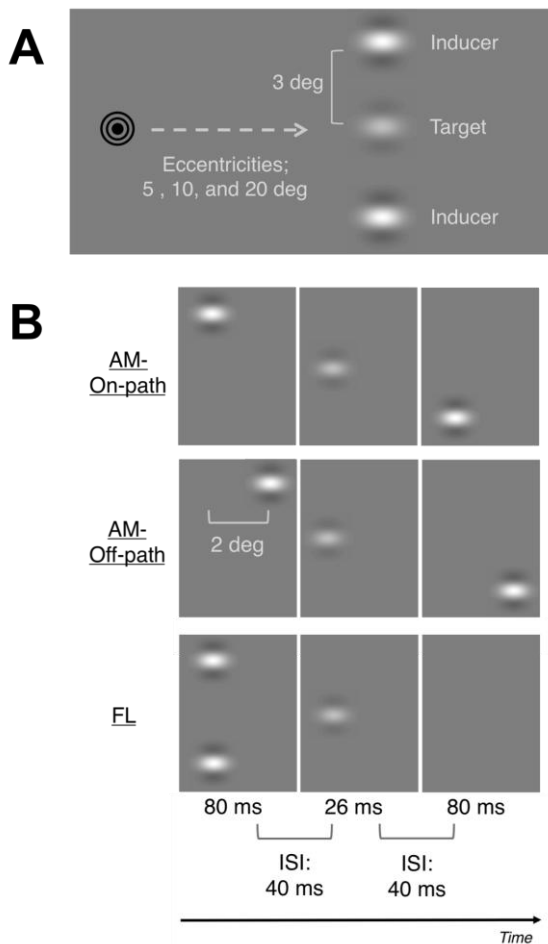


図 1 : 刺激と条件の模式図

示間隔を 80 ms と設定した。また、標的の刺激を瞬間提示するための適切な提示時間として、26 ms に選定した。

(2) 視覚実験：本実験では、3つの条件を提示した(図 1B)。まず、実験条件として、2つの誘導刺激が提示される仮現運動軌道の中央に標的の刺激が提示される AM-On-path 条件を設定した。また、統制条件として、仮現運動軌道からずれた位置に標的の刺激が提示される AM-Off-path 条件を提示した。これにより、左右交互に提示される誘導刺激の提示によって生じる、視覚的注意の移動による効果から、得られた効果を分離した。さらに、標的の刺激が誘導刺激の中央に提示されるが、誘導刺激が同時に点滅するため運動が知覚されない FL 条件を提示する。これは、一過的な信号をもつ誘導刺激による神経表象の抑制効果 (Kanai & Kamitani, 2003) と、得られた効果を分離するためであった。誘導刺激の提示を繰り返した後、ランダムなタイミングで標的の刺激を 1 回だけ、瞬間提示した。実験参加者は、標的の刺激が見えたかをボタン押しで報告した。さらに、誘導刺激と標的の刺激との間で方位情報に関する一致・不一致を操

作した。得られたデータから、信号検出理論に基づき、検出感度の指標である d プライムを算出した

(3) 視聴覚実験：視覚実験のパラメータに、誘導刺激と共に一過的な聴覚刺激が提示される条件を組み込んだ。また、仮現運動中に、音の周波数が一致する条件および 0.5 オクターブあるいは 1 オクターブ異なる条件を提示した。

4. 研究成果

(1) 研究の主な成果

① 視覚実験：まず、実験 1 として標的の刺激を 5, 10, 20 deg の偏心度で提示し、知覚的な抑制効果が顕著に生じる場面を検討した。得られたデータ(図 2A)に対して、2 要因分散分析(提示条件(3) × 偏心度(3))を行ったところ、提示条件の主効果が有意であった($F(2,8) = 24.02, p < .001$)。下位検定(Tukey's HSD)から、FL 条件、AM-Off-path 条件、AM-On-path 条件の順に d プライムが小さくなることが示された($p < .05$)。要因間の交互作用は有意でなかったが、図から明らかなように、偏心度が 10 deg のときに、仮現運動刺激によって標的の刺激が検出しにくくなることが示された。

次に、実験 2 として誘導刺激と標的の刺激との間で、物体特徴の一致・不一致の効果が生じるかどうかを検討した。標的の刺激がもつ縞の方位を 0 (水平), ±22.5, ±45, 90 (垂直) deg のいずれかで提示した。AM-On-path 条件と FL 条件のみ提示し、偏心度は 10 deg に設定した。得られたデータ(図 2B)に対して 2 要因分散分析(提示条件(2) × 方位(4))を行ったところ、要因間で有意な交互作用がみられた($F(1,4) = 11.54, p < .05$)。提示条件の単純主効果から、縞の方位が 0 ($F(1,16) = 21.88, p < .001$) と 15 ($F(1,16) = 12.85, p < .005$) deg において、AM-On-path 条件における d プライムが FL 条件よりも小さくなった。結果から、刺激間で方位が一致するときに、仮現運動軌道上で標的の刺激が検出しにくくなることが示された。

視覚実験では、仮現運動軌道上に提示される輝度で定義された刺激に対して、知覚的な抑制が生じることが示された。このことから、仮現運動物体表象による抑制効果が、パターンの検出という比較的低位の知覚処理段階で生じることが示された。さらに、誘導刺激と標的の刺激との間で方位が一致する場面では、仮現運動による知覚的な抑制効果がより顕著に生じることが明らかとなった。このことから、仮現運動物体表象による知覚的な抑制効果は、刺激属性(方位)の類似性を反映することが示唆された。

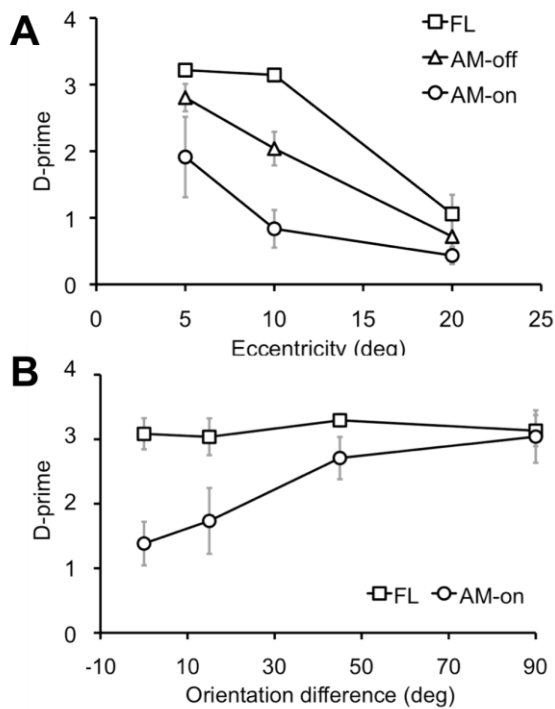


図 2 : 視覚実験の結果

② 視聴覚実験：実験 1 として音あり条件と音なし条件との間で知覚的な抑制効果に差が生じるのかを検討した。得られたデータ (図 3A) に対して、2 要因分散分析 (視覚条件 (3) × 聴覚条件 (2)) を行ったところ、条件間の交互作用が有意であった ($F(2,14) = 6.47, p < .05$)。AM-On-path 条件における聴覚条件の単純主効果から ($F(1,21) = 10.19, p < .005$)、音あり条件の d プライムが音なし条件よりも小さくなることが示された。結果から、聴覚刺激が提示される場面では、仮現運動刺激による標的刺激の検出に対する抑制効果がより強くなることが示された。

次に、実験 2 として、AM-On-path 条件と AM-Off-path 条件において、音の周波数が変化する場面 (0.5 あるいは 1 octave) と変化しない場面と比較した。得られたデータ (図 3B) に対して 2 要因分散分析 (視覚条件 (2) × 音周波数 (3)) を行ったところ、有意な交互作用がみられた ($F(2,12) = 5.87, p < .05$)。AM-On-path 条件における音周波数条件の単純主効果に関して ($F(2,24) = 4.90, p < .05$)、下位検定 (Tukey's HSD, $p < .05$) を行ったところ、周波数が変化する場面では変化しない場面よりも d プライムが大きくなることが示された。結果から、聴覚情報が変化する場合、聴覚刺激が仮現運動軌道上の抑制効果に及ぼす効果が弱まることを示された。

また、実験 3 として、音の有無が誘導刺激と標的刺激の方位情報の違いによる効果に影響を及ぼすかを検討した。AM-On-path 条件と FL 条件において、標的刺激がもつ縞の

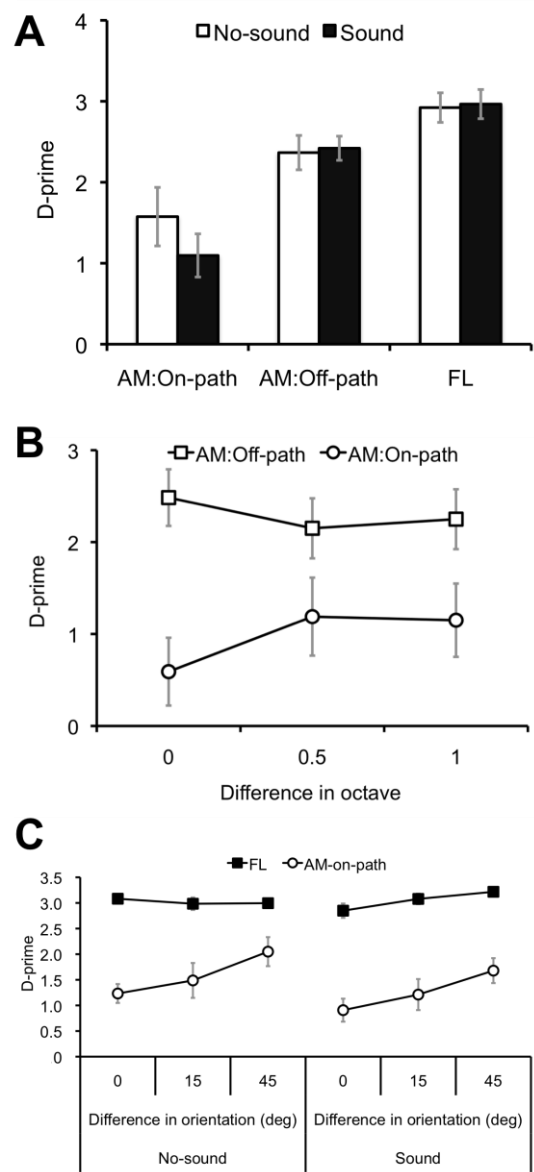


図 3 : 聴覚実験の結果

方位を 0 (水平), $\pm 15, \pm 45 \text{deg}$ のいずれかで提示した。得られたデータに関して (図 3C), 3 要因分散分析 (視覚条件 (2) × 音条件 (2) × 方位 (3)) を行ったところ、有意な交互作用がみられた ($F(2, 12) = 3.98, p < .05$)。音条件の単純主効果に関して、全ての方位において、音あり条件の d プライムが音なし条件よりも小さくなることが示された ($F(1, 36) > 4.70, ps < .05$)。結果から、仮現運動刺激と標的刺激のとの間の方位に関係なく、聴覚刺激が仮現運動軌道上の抑制効果が生じることが示された。

(2) 国内外における位置づけとインパクト
本研究から、仮現運動軌道上には、運動物体の特徴情報を保持した物体表象が形成され、物体表象と一致する特徴情報を保持する

他の物理的入力に対して選択的に、知覚意識を抑制することが示された。さらに、聴覚情報によって知覚的な抑制効果が強まることから、聴覚刺激が時空間的に安定したより強固な仮現運動物体表象の形成に寄与することが示唆された。

知覚意識がどのように脳内で生成されるのかは、心理学・神経科学分野で近年重要なトピックである。これまで主に、一過的な変化の信号を持った物理的入力の神経表象が、他の物理的入力の知覚意識を消失させることが示されてきた (e.g. Kanai & Kamitani, 2003)。一方、本研究は、脳内にもみ存在する内的に形成された物体の知覚表象が、実際に外界に存在する物理的入力の知覚意識を消失させるという、新たな知見を提供するものである。従来、ヒトの知覚システムに関する研究では、物理的入力を解釈するプロセスが主に注目されてきた。本研究は、知覚システムが、物理的入力の解釈・体制化だけではなく、内的に形成した知覚表象を積極的に外界へと投影するアクティブな側面を持つことを新たに示す、独創的な知見である。

また、これまで視聴覚相互作用に関する研究では、一過的な聴覚刺激によって、物理的入力の知覚的な強度が増大することが示されてきた (Stein, et al., 1996)。しかし、本研究では、誘導刺激に一過的な聴覚刺激を付随させることによって、知覚表象を導く物体の知覚的な増強され、その結果、物体知覚表象の増強が生じ、他の物理的入力に対する知覚意識の抑制効果が増大するという視聴覚相互作用のダイナミクスを解明した点が非常に斬新であると考えられる。

(3) 今後の展望

申請者はこれまで、運動物体表象の形成過程において、物体の奥行き情報が内的に縮減されること (Hidaka, Kawachi, & Gyoba., 2007; 2008), 運動情報が再体制化されること (Hidaka, Nagai, Gyoba, 2009) など、脳内でのみ形成される物体表象が持つ特性に関して重要な知見を提供してきた。ここに、本研究で得られた知見を加えることで、運動刺激として提示された物理刺激が、その物理刺激が持つ特徴を保持する形で、あたかも実在する入力として内的な運動物体表象へと変換される脳内情報処理過程が存在することが強く示唆された。さらに、本研究から、脳内の物体知覚表象を抽出するパラダイムが確立された。そこで本研究で得られた知見と実験手法を足がかりに、fMRI や MEG などを用いた神経科学的な実験へと適用することで、実際に物体の知覚表象形成を担う脳機能部位とその時間特性の検討が可能になると考える。このように、本研究を脳科学的な研究として発展させることが考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① Souta Hidaka, Wataru Teramoto, Masayoshi Nagai, Sound can enhance the suppression of visual target detection in apparent motion trajectory. *Vision Research*, 査読有, 59, 2012, 25-33.
- ② Souta Hidaka, Masayoshi Nagai, Allison B. Sekuler, Patrick J. Bennett, Jiro Gyoba. Inhibition of target detection in apparent motion trajectory, *Journal of Vision*, 査読有, 11(10):2, 2011, 1-12.

[学会発表] (計 3 件)

- ① 日高聡太, 永井聖剛, Allison B. Sekuler, Patrick J. Bennett, 行場次朗, 仮現運動軌道上で生じる知覚的抑制に物体特徴情報が及ぼす影響, 日本視覚学会 2012 年冬季大会, 2012 年 1 月 20 日, 工学院大学.
- ② 日高聡太, 寺本渉, 永井聖剛, 聴覚刺激が仮現運動軌道上で生じる知覚的抑制に及ぼす影響, 日本基礎心理学会第 30 回大会, 2011 年 12 月 3 日, 慶應義塾大学.
- ③ 日高聡太, 永井聖剛, Allison B. Sekuler, Patrick J. Bennett, 行場次朗, 仮現運動軌道上における知覚的気づきの抑制, 日本心理学会第 74 回大会, 2011 年 9 月 16 日, 日本大学.

[その他]

ホームページ等

http://www.rikkyo.ne.jp/web/souta_hidaka/index.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

日高 聡太 (HIDAKA SOUTA)
立教大学・現代心理学部・助教
研究者番号: 40581161

(2) 研究協力者

永井 聖剛 (NAGAI MASAYOSHI)
産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・主任研究員
研究者番号: 00415720
寺本 渉 (TERAMOTO WATARU)
室蘭工業大学・情報電子工学系学科・助教
研究者番号: 30509089
行場 次朗 (GYOBA JIRO)
東北大学・大学院文学研究科・教授
研究者番号: 50142899
Allison B. Sekuler (ALLISON B SEKULER)
McMaster University・Department of

Psychology • Professor
研究者番号：なし
Patrick J. Bennett (PATRICK J BENNETT)
McMaster University • Department of
Psychology • Professor
研究者番号：なし