

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：32689

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2016～2017

課題番号：16H07284

研究課題名（和文）分化瞬目条件づけを用いた視知覚処理の客観的測定法の検討

研究課題名（英文）Objective measurement of visual perception by using differential Pavlovian conditioning

研究代表者

中島 悠介（Nakashima, Yusuke）

早稲田大学・文学大学院・助手

研究者番号：50778686

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：ヒトの知覚処理の客観的な測定方法の検討のために、パプロフ型条件づけを視知覚の測定に応用した。条件づけを用いることによって、その存在に論争のある非網膜座標の方位残効を観察でき、これにより条件づけを用いた測定の感度が高いことが示唆された。また、条件づけを用いて必要な処理が異なる複数の顔弁別課題を行ったところ、視覚刺激と空気の提示時間間隔を操作することによって、これらの顔知覚処理の細かい違いを捉えられることが示された。これらの結果から、知覚測定における条件づけの有用性が示された。

研究成果の概要（英文）：Differential Pavlovian conditioning was used to measure visual perception objectively. Non-retinotopic tilt aftereffects, which is difficult to observe due to the weak effect, could be observed by using eyeblink conditioning. This suggests that the sensitivity of measurement with conditioning is relatively high. In addition, eyeblink conditioning was used for several face discrimination tasks which need different perceptual processing. It was demonstrated that difference between these perceptual processing of faces could be observed by manipulating SOA between the visual stimulus and the air-puff in eyeblink conditioning. These results suggest that differential Pavlovian conditioning is useful to measure visual perception.

研究分野：知覚心理学

キーワード：条件づけ 心理物理学 残効 顔知覚

1. 研究開始当初の背景

実験心理学の分野では、ヒトの知覚・認知処理の過程を調べるために、心理物理学的測定法が用いられる。心理物理学的測定法は、観察者のボタン押し等による報告をもとに、知覚体験（錯視や残効の強さなど）を定量化して測定する。この測定法は“見えた”，“見えなかった”の2択を強制的に選択させるなどの方法を取ることで観察者の主観を出来る限り排除しており、主観的な現象である知覚体験を客観的に測定する優れた方法として長年用いられてきた。しかし、心理物理学的測定法は結局観察者の主観的な判断に頼っているため、思い込み、先入観等の主観的バイアスの影響を根本的に避けられないという問題を長年指摘され続けてきた。実際に、知覚弁別課題において、意図的に判断の基準を変えた場合と、実際に知覚の状態に変化が生じた場合の結果を区別できないことが報告されている (Morgan et al. 2012)。したがって、ヒトの知覚を真に正確に測定するためには、主観バイアスを排除したより客観的な方法を用いる必要がある。

ヒトの知覚処理の客観的測定のために、パプロフ型条件づけの一種である分化瞬目条件づけを利用できる可能性がある。分化瞬目条件づけとは、例えば、ある特定の視覚刺激を提示した後に観察者の目に空気を吹き付ける (図1)。空気が目に当たるとその直後に瞬き反射が生じる。一方、異なる視覚刺激を提示した時は空気を提示しない。このように特定の視覚刺激と空気の対提示を繰り返すと、次第にその刺激が提示された時、空気の提示の直前に瞬き反応 (条件反応) が生じるようになる (瞬目条件づけ)。ここで、もし観察者が2種類の視覚刺激を弁別できているならば、空気を伴わない刺激に対しては瞬き反応は生じず、空気を伴う刺激にだけ瞬き反応が生じるようになる (分化条件づけ)。このように、分化条件づけを用いれば、刺激を知覚的に弁別できているかどうかを調べることができる。



図1. 分化瞬目条件づけ。

パプロフ型条件づけは意識と独立であることが示唆されている。瞬目条件づけでは、条件づけとは無関係の課題に注意を向けさせ、条件刺激と無条件刺激の関係性に意識的に気づかなくさせても分化条件づけが成立する (Clark & Squire, 1998)。恐怖条件づけでは、連続フラッシュ抑制 (Tsuchiya & Koch, 2005) を用いて条件刺激である視覚刺激を意識的に完全に見えなくさせても条件づけが成立する (Raio, Carmel, Carrasco, & Phelps, 2012)。さらに、植物状態や最小意識障害のように覚醒しているが意識をほぼ完全に失った患者であっても、分化瞬目条件づけが生じることや (Bekinschtein, Shalom, Forcato, Herrera, Coleman, Manes, & Sigman, 2009)、睡眠中であっても音刺激と匂い刺激の条件づけが成立すること (Arzi, Shedlesky, Ben-Shaul, Nasser, Oksenberg, Hairston, & Sobel, 2012) が報告されている。したがって、分化瞬目条件づけは主観的なバイアスの影響を受けない可能性が高い。

2. 研究の目的

条件づけをヒトの知覚処理の測定に積極的に応用した例はこれまでになく、条件づけが知覚測定にどの程度有用であるかは明らかでない。瞬目条件づけは、中脳や小脳などを含む低次の学習メカニズムが関与している (Freeman & Steinmetz 2014)。このような低次のメカニズムが、大脳皮質で処理される知覚や認知機能をどの程度反映するかは明らかとなっていない。解剖学的には、視覚皮質から小脳の条件づけ回路への入力が存在することが示されている (Halverson et al. 2009)。そこで本研究は、まず、条件づけによってヒトの知覚を客観的に測定できるかどうかを検討する。また、条件づけがどの程度知覚処理の細かな違いを測定できるのか、および、高次の知覚処理も測定可能なかどうかを検討する。さらに、瞬目条件づけが、刺激として網膜に入力されるが意識的には全く見えない視覚刺激を捉えることができるかどうかを検討する。

3. 研究の方法

本研究では、すべての実験で分化瞬目条件づけを用いる。瞬き反応は、電極を眼の下に設置して、眼輪筋の筋電位を計測することによって記録する。空気は、酸素ボンベからプラスチックチューブを通して実験参加者の目に吹き付ける。

(1) 条件づけを用いた方位残効の座標の検討

分化瞬目条件づけを残効の測定に応用することを試みた。条件づけを用いて、その存在について論争のある非網膜座標の方位残効を検討することにより、条件づけによる測定感度を検討した。

方位残効は、網膜座標でしか生じないという報告 (Knapen et al, 2010) と空間座標で

も生じるという報告 (Melcher, 2007) があり、結果が一致していない。これは空間座標の方位残効の効果が弱く観察が難しいからだと考えられる。もし、条件づけによって空間座標の方位残効を観察できれば、条件づけによる測定の感度が高いことを示せる。

実験では、右に傾いた格子刺激の提示の直後に空気を提示して、瞬目条件づけを学習させる (図 2)。その際、右に傾いた格子刺激の提示の前に、格子刺激を数秒間提示して順応させる。瞬目条件づけ学習が成立した後では、左に傾いた格子刺激で順応させた後に垂直の格子刺激を提示すると、垂直の格子刺激に対して瞬き反応が生じると予測される。

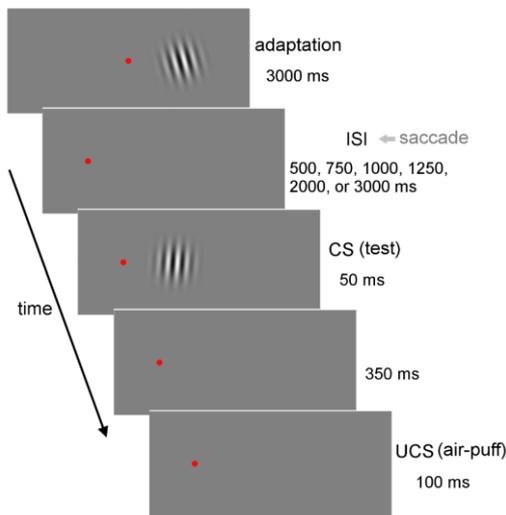


図 2. 分化瞬目条件づけを用いた方位残効の測定方法。順応刺激を 3 秒間提示した後、ISI を挟み、条件刺激となる格子を提示する。その後直後に空気を提示する。

(2) 条件づけによる顔弁別課題の測定

瞬目条件づけは小脳などの低次の学習メカニズムが関与するため、どの程度高次視覚における細かい処理の違いを測定できるかは明らかでない。そこで顔の知覚課題を用いて、条件づけにより高次視覚における細かい処理の違いを捉えることができるかを検討する。

顔の識別には、低次から高次まで複数の視覚処理が必要とされる。顔の輪郭情報は低次の視覚経路で処理される一方、目や口などの部品の細かい違いや、それらの部品の配置の違い (両目の間隔など) はより高次の経路で処理される (Maurer et al. 2002)。顔と物体の弁別、他人の顔の弁別、目と口だけが異なる部品変更顔の弁別、目と口の位置だけが異なる配置変更顔の弁別という、必要な処理のレベルが異なる 4 つの弁別課題を行う。4 つの弁別課題に必要な処理の違いは、弁別にかかる時間に反映されると考えられる。すなわち、低次の処理が関与する課題は速く遂行で

きるが、高次の課題は時間がかかるはずである。この処理に必要な時間の違いを捉えるために、顔刺激と空気の提示タイミングの間隔を変えて、異なる複数の時間間隔の条件で各課題を実施する。低次の弁別課題では、顔と空気の提示の間隔が短くても分化条件づけが成立するが、高次の弁別課題では、間隔がある程度長くなければ条件づけが成立しないことが予測される (図 3)。

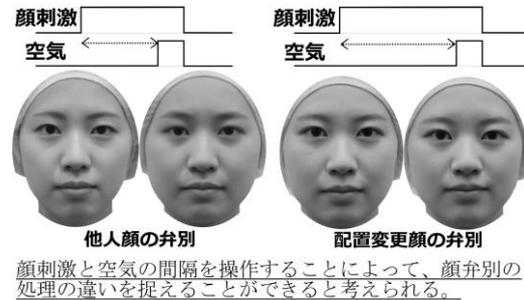


図 3. 分化瞬目条件づけを用いた顔弁別課題の測定方法。他人の顔の弁別では、顔刺激と空気の提示間隔が短くても条件づけが成立するが、配置変更顔の弁別では、提示間隔が長くなければ条件づけが成立しないと予測される。

4. 研究成果

(1) 条件づけを用いた方位残効の座標の検討

右に傾いた格子刺激の提示の直後に空気を提示して瞬目条件づけを学習させた。その後、傾いた格子刺激を数秒間提示して順応させた後、垂直の格子刺激を提示すると、垂直の格子刺激に対して瞬き反応が生じた。この瞬き反応は、残効によって垂直の格子刺激が右に傾いて知覚されたため生じたと考えられる。このようにして、分化瞬目条件づけによって残効を測定することができるが示された。そして、この方位残効による瞬き反応は、順応刺激とテスト刺激を網膜座標で同じ位置に提示した時だけでなく、空間座標で同じ位置に提示した時にも観察された (図 4)。効果が弱く観察が難しい空間座標の方位残効が観察されたことにより、条件づけを用いた測定の感度が高いことが示唆された。

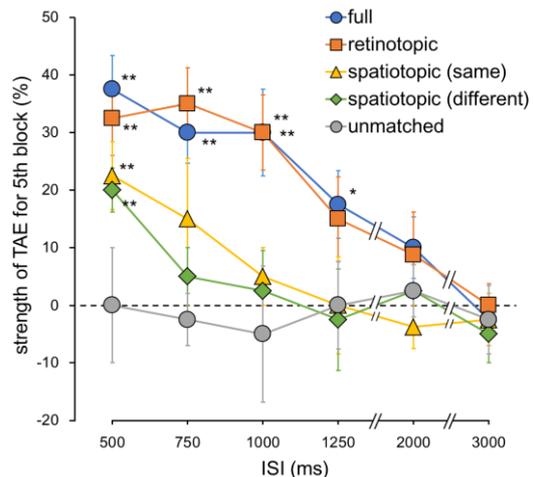


図 4. 分化瞬目条件づけによって測定した方位残効の強さ。縦軸は方位残効の強さ、横軸は順応刺激とテスト刺激の ISI を示す。5 つの座標条件の結果が示されている。

実験では、順応刺激とテスト刺激の ISI を変えることによって、方位残効の減衰時間も検討した。その結果、網膜座標と空間座標の方位残効の減衰時間に差はなかった。しかし、空間座標の方位残効に関しては、順応刺激の提示後に少なくとも 500ms 間サッケードのターゲットとなる固視点を提示して参加者にターゲットを“見させた”後にサッケードを行わせなければ残効が生じず、またサッケードのターゲットを見させる時間が長くなるにしたがって、残効の効果が強くなることが示されている (Zimmermann et al., 2013)。これは空間座標の方位残効は、網膜座標の方位残効と異なり、ある程度の計算の時間が必要であることを示唆している。本研究の結果は、この知見と一見矛盾している。しかし、Zimmermann et al.(2013)では、順応刺激が消えた後、サッケードを行う前に、サッケードのターゲットをしばらくの時間提示して参加者に見させていたが、本研究では、順応刺激が消えた後、すぐにサッケードを行っていた。この手続きの違いが、異なる結果を生んだ可能性がある。そこで、Zimmermann et al.(2013)と同様の手続きを用いて、条件づけの実験を再度行った。その結果、順応刺激が消えた後にすぐにサッケードを行わせた場合と異なり、この手続きでは、ISI が 500ms から 1000ms に増えても、空間座標の方位残効の強さは減衰しなかった。これらの結果は、空間座標の方位残効が成立するためには、サッケード後の時間ではなく、サッケード前にサッケードのターゲットを見る時間が必要であることが示唆された。本研究の成果は Scientific Reports 誌に掲載された。

(2) 条件づけによる顔弁別課題の測定

顔と物体の弁別、他人の顔の弁別、目と口だけが異なる部品変更顔の弁別、目と口の位置だけが異なる配置変更顔の弁別という、必要な処理のレベルが異なる 4 つの弁別課題を行い、瞬目条件づけにおいて視覚刺激と空気の提示の時間間隔を操作することにより、これらの処理の違いを検出できるかどうかを検討した。その結果、顔同士の弁別では顔と物体の弁別と比べて、視覚刺激と空気の時間間隔がより長くなければ条件づけが成立しなかった(図 5)。また、他人の顔の弁別より、部品変更顔、配置変更顔の弁別の方が、条件づけの成立により長い刺激と空気の時間間隔が必要であった。これらの結果から、条件づけにおいて刺激と空気の時間間隔を操作することによって、視覚処理の細かい違いを観察できることが示された。

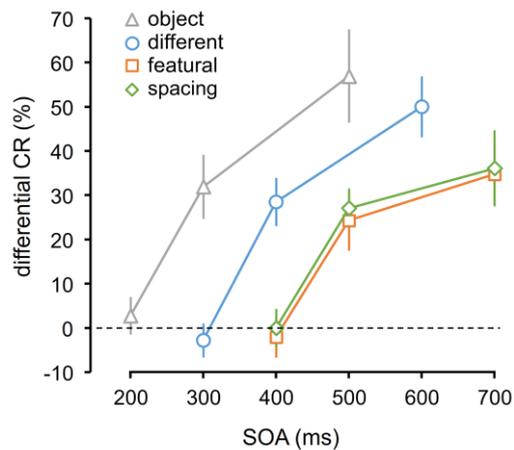


図 5. 分化瞬目条件づけによって測定した顔弁別課題の結果。縦軸は分化条件反応の割合、横軸は視覚刺激と空気の提示時間間隔を示す。4 つの弁別課題の結果が示されている。

さらに、同様の 4 つの弁別課題をボタン押しによる心理物理学的方法で測定した。この時、特定のタイミングでボタンを押すよう強制させた。そのタイミングとして、各 4 つの弁別課題において、条件づけを用いた測定の際に条件づけが成立した時間を用いた。その結果、弁別の正答率は 50%と差がなく、チャンスレベルになった(図 6)。この結果は、心理物理学的方法より条件づけによる測定の方が、弁別に必要な時間が短いことを示しており、ここから条件づけによる測定の方が必要な処理ステップが少ないことが示唆された。本研究の成果は、Sensory research: Neuroscience and Modelling 誌に掲載された。

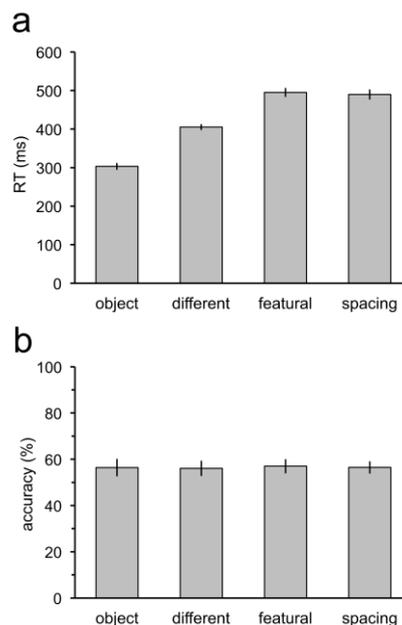


図 6. 心理物理学的方法による顔弁別課題の結果。縦軸は応答時間(a)と正答率(b)、横軸は弁別課題の種類を示している。

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 3 件)

1. Nakashima, Y. & Sugita, Y. (2018) Size-contrast illusion induced by unconscious context. *Journal of Vision* 18(3): 16, 1-10. doi:10.1167/18.3.16 (査読あり)
2. Nakashima, Y. & Sugita, Y. (2017) Time course of face perception measured by differential Pavlovian conditioning. *Sensory Research: Neuroscience and Modelling*, 1, 1-9 <http://www.alliedacademies.org/article/s/time-course-of-face-perception-measured-by-differential-pavlovian-conditioning-8477.html> (査読あり)
3. Nakashima, Y. & Sugita, Y. (2017) The reference frame of the tilt aftereffect measured by differential Pavlovian conditioning, doi:10.1038/srep40525 *Scientific Reports*, 7, 40525 (査読あり)

6. 研究組織

(1)研究代表者

中島 悠介 (NAKASHIMA Yusuke)

早稲田大学・文学学術院・助手

研究者番号 : 50778686