

令和 6 年 5 月 10 日現在

機関番号：32621

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K03484

研究課題名（和文）生体反射を指標とした複数感覚情報の同時性に関する無意識的な知覚処理の検討

研究課題名（英文）Investigations on unconscious perceptual processing of multisensory simultaneity using a biological reflex index

研究代表者

日高 聡太（Hidaka, Souta）

上智大学・総合人間科学部・教授

研究者番号：40581161

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、生体の反射（まばたき）という無意識的な応答を利用し、複数の感覚から入力される情報が同時であると感じられる時間幅を検討した。実験では、音と光が同時に提示される場面で、実験参加者の目に空気を吹きかけ瞬きを誘発する反射を利用した。結果から、音と光が同時に提示される、という場面では反射が成立しないこと、またその背景には、音が光のどちらかに対して注意などが向き、片方の刺激提示に対してのみ反射が学習された可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で示された知見は当初予測していた内容に反していたものの、音や光と行った複数の感覚入力と同時に提示される場面で瞬きに関する反射が形成されるかどうかを世界に先駆けて検討したこと、複数の感覚入力に対して同時に反射が形成されずむしろどちらかの感覚入力に対してのみ反射が学習される可能性を示した点に学術的意義があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we used the unconscious response of a reflex (blinking) to investigate the temporal window in which information input from multiple senses is perceived as simultaneous. In the experiment, a reflex was used to induce blinking by blowing air into the eye of participants in a scene in which sound and light were presented simultaneously. The results show that the reflex did not occur in situations where sound and light were presented simultaneously, and suggest the possibility that the reflex may be associated with either the sound or the light by an attentional mechanism.

研究分野：知覚心理学

キーワード：複数感覚相互作用 反射

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ヒトの視覚は高い空間分解能を持つが、時間分解能は低い。一方、聴覚は時間分解能に優れるが、空間分解能は劣る。ヒトは、複数の感覚情報を統合する「多感覚情報処理」を行うことで、感覚間で情報を補い、頑健な知覚世界が内的に形成する。ヒトは膨大な外界の情報に絶え間なく晒されているが、複数感覚情報の対応関係を決定するために、時間的な一致(同時性)を手がかりとしている(例えば、混雑する道路で、時間的に同期する変化から特定の光と音が救急車のサイレンであると知覚される)。ヒトを対象とした心理実験から、視覚、聴覚、触覚間で、同時性が知覚される一定の時間幅(時間窓)が存在することが示されていた。一方、このような複数感覚情報の時間知覚に関する心理実験では、「異なる感覚情報が同時に感じられたか」や、「どちらの情報が先に提示されたか」など、複数感覚入力の同時性や順序を直接尋ねる形で、観察者に主観的な知覚判断を求めてきた。言語報告やボタン押しなどで主観的な報告を行う場合、知覚判断は感覚情報が前頭葉や言語野、運動野を経て、運動指令に変換されて初めて記録される。したがって、「この場面では同時に感じるはずだ」など、判断や応答のバイアスの影響が必ず含まれると考えられた。したがって、これまでの多感覚情報の同時性に関する知見には、知覚以外の要素が入り込み、ヒトの知覚的処理過程が正しく実証されていない可能性が考えられた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、判断や応答のバイアスが介在しないヒトの生体反射を指標として用い、複数感覚情報の時間処理に関する低次の精緻な知覚処理の存在を実証することであった。特にここでは、まばたき(瞬目)反射と古典的条件づけ手法を組み合わせた新たな実験手法を用いることで、無意識的かつ判断や応答のバイアスに依存しない知覚処理を抽出することを目標とした(図1)。多感覚情報処理には高次の大脳皮質領域だけではなく、低次の大脳基底核領域が関与することに着目し、多感覚情報の時間処理について、瞬目条件づけによる反射応答を測定するという実験手法を世界に先駆けて採用し、検討することに意義があると考えた。

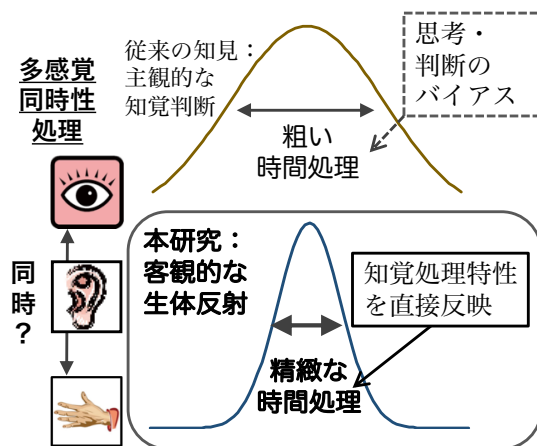


図1 本研究の目的の模式図

3. 研究の方法

光と音が同時に提示された直後に参加者の目に空気を吹きかけることを繰り返し、光と音の同時提示に対してまばたきが生じるよう条件づけを成立させた後(条件づけセッション)、光と音を様々な時間差で提示した(実験セッション)(図2)。実験セッションにおいても、光と音が同時に提示される場面では、8割の確率で参加者の目に空気を吹きかけ、条件づけ反応が維持するようにした。条件づけが成立したあとでは、光と音が同時に提示される場面において、まばたき反射が生じると考えた。また、従来の研究で用いられていたボタン押しによる主観的な報告と、まばたき反射とでは、光と音を様々な時間差で提示した際の応答関数に差が見られると予測した(図1)。

4. 研究成果

(1) 実験環境の構築

まず、2020年度から2022年度にかけて、コロナ禍により参加者を招聘する形で研究を実施することが難しい状況の中で、実験環境の構築に着手した。当初の予定通り、意図したタイミングで参加者の目に空気を吹きかけるという実験環境を構築した上で、眼球運動測定カメラを用いて、瞬目反射を計測することを試みた。しかし、眼球運動測定カメラでは、明確なまばたきとは異なる、眼筋のわずかな動きに基づく微細な反射応答を捉えることが出来ないことが判明した。そこで、実験者の所属に備わっていた脳波計測装置を用いて、瞬目反射を計測することとした。具体的には、アクティブ電極をそれぞれの目の上下に貼り付け、筋電を計測することとした。これにより、眼筋のわずかな動きに基づく微細な瞬目応答を捉える環境を構築すること出来た。

上記の環境を整えた上で、実験者を含む4名を対象として予備実験を行った。当初の予定では、応答の指標として瞬目回数を用いる予定であった。しかし予備実験の結果、各計測試行ごとでは生体ノイズの影響が大きいことが判明した。試行錯誤の結果、後述する実験セッションの空

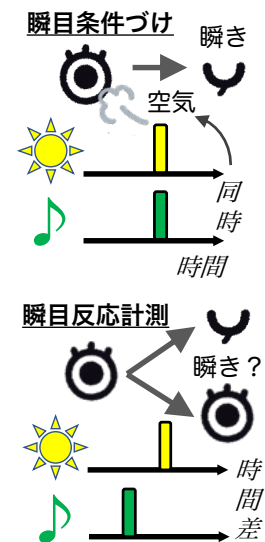


図2 瞬目条件づけ

気を提示する試行において、光と音が同時に提示された瞬間から 500 ms 後までの範囲で閾値を検出すること、波形振幅の潜時、大きさから、正の電位方向に動いた相対的に小さな波形振幅を眼瞼反射、負の方向に動いた相対的に大きな波形振幅を瞬目反射と見なすこととした。その上で、実験セッションにおける分析対象試行において、刺激提示後の応答検出時間を 100 ms 毎にずらす形で検出時間帯を設定しながら、閾値以上の電位変化があるかどうかを検出し、その回数を数える形で分析を行った。

(2) 本実験

A. 実験 1

2023 年度に、10 名を対象として本実験を実施した。実験の実施と解析には Matlab ソフトウェアを用いた。実験の実施には Psychtoolbox3, 脳波計を用いた筋電データの分析には EEG LAB パッケージを用いた。最初に音と光が同時に提示される場面 (100 試行) と、500 ms の時間ズレをもって提示される場面 (音あるいは光が先に提示される試行を 50 試行

ずつ、計 100 試行) で構成される条件づけセッションを実施した。音と光が同時に提示される場面では刺激の提示後 100 ms 後に目に空気を吹きかけまばたきを誘発した。その後、音と光が ± 500 , ± 250 , ± 150 , ± 100 , ± 50 ms (+記号が音が先を意味する) の時間ズレで 80 回ランダムな順序で提示される実験セッションを設けた。これら時間ズレを持つ試行は全て分析対象試行とした。さらに、実験セッションにおいて、音と光が同時に (0 ms の時間ズレ) 提示される試行を 400 試行導入し、うち 320 試行は条件づけ維持のために空気が提示される試行、残り 80 試行を空気が提示されない分析対象試行とした。データとして、従来の研究で用いられていたボタン押しによる主観的な報告とまばたき反射の両方を分析対象とした。

主観的な方向に基づく行動実験のデータについては、従来の研究と一致するような応答関数が得られた (図 3)。一方で、眼瞼反射応答 (図 4) および瞬目反射応答ともに、条件づけが成立していると考えられる応答関数が得られなかった。特に注目すべきは、音が先に提示される時

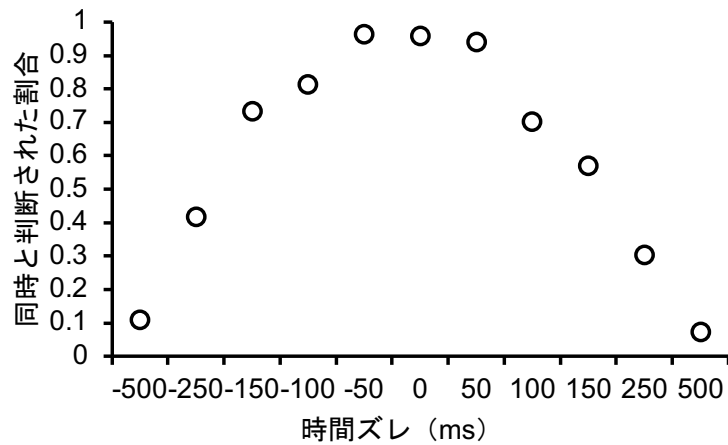


図 3 主観的な報告に基づく応答関数

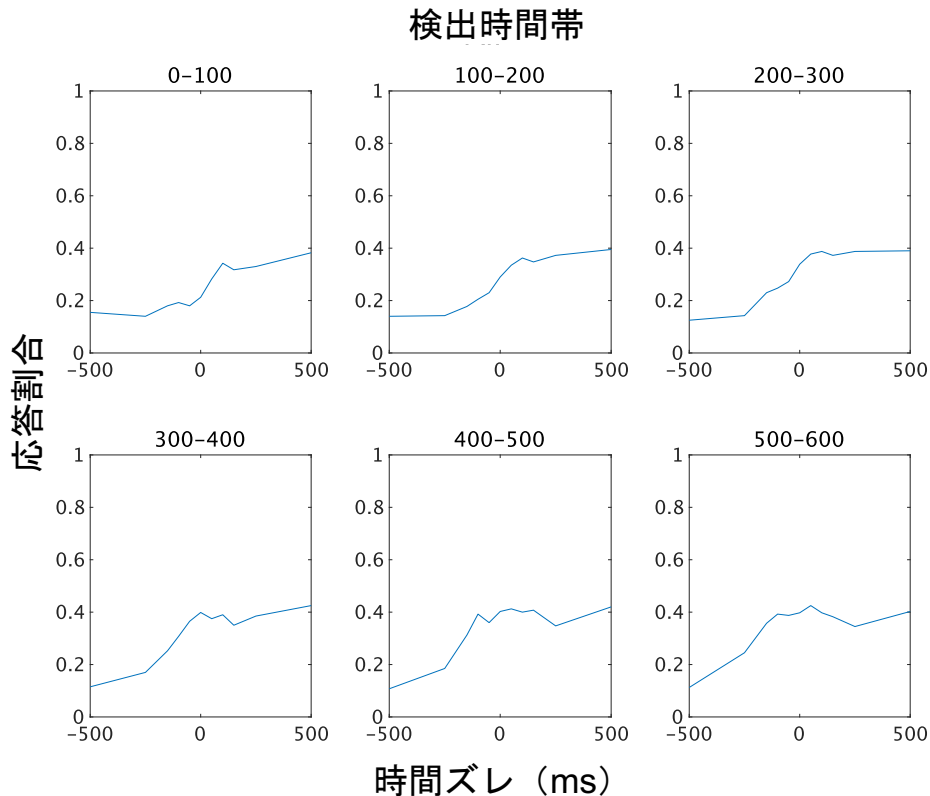


図 4 視聴覚刺激提示における眼瞼反射に基づく応答関数

間ズレを持つ試行で、相対的に応答回数が多い傾向にあった。

B. 実験 2

上記の結果を受けて、そもそも我々の実験環境でまばたき反射が生じるかどうかを検討する必要があると考えた。そこで、条件づけセッションでは音あるいは光のどちらかが提示し、片方の刺激に空気を提示し条件づける形としたうえで（100 試行ずつ）、実験セッションで条件づけをしていない刺激を 200 試行、条件づけをした刺激を 40 試行（160 試行は条件づけ提示を行う）、分析対象試行として提示し、先の実験と同様のデータを取得した。10 名の参加者について、順序をカウンターバランスしながら、光と音に対して条件づけを行う場面を順番に設定した。

主観的な方向に基づく行動実験のデータとして、提示された刺激が音か光かを判断させた。その結果、ほぼ 100%の正答率が得られた。その上で、眼瞼反射応答および瞬目反射応答ともに、最初に条件づけを成立させた刺激に対して、後半に別の刺激に条件づけ手続きを導入したとしても、一貫して反射応答を示す傾向がみられた。例えば光に対する応答について、光を最初に条件づけた群では条件づけ刺激である光に対して相対的に応答割合が高かったが、音を先に条件づけた群では、光に対する応答割合と音に対する応答割合に違いが見られにくい、つまり音に対する応答が依然として見られやすい傾向にあった（図 5）。

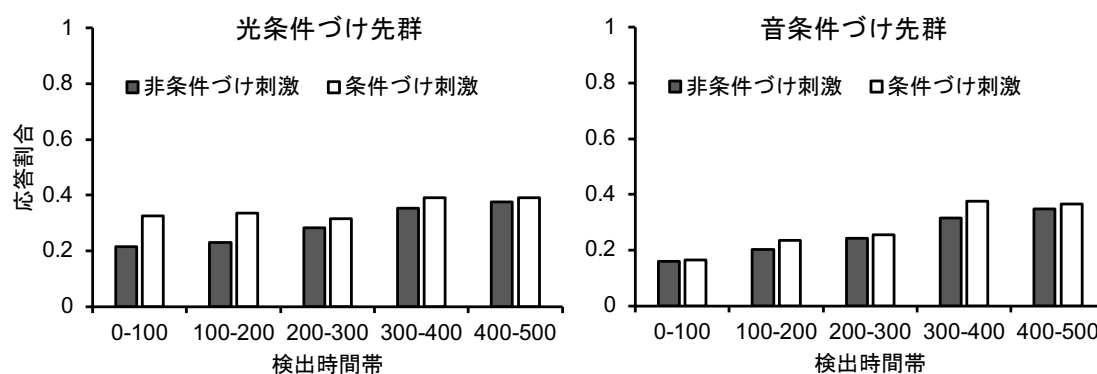


図 5 光刺激に対する眼瞼反射に基づく応答割合

C. 総合考察

実験 1 では、音と光を同時に提示する場面で、眼瞼反射応答および瞬目反射応答ともに、条件づけが成立していると考えられる応答関数が得られなかった。さらに、音が先に提示される時間ズレを持つ試行で、相対的に応答回数が多い傾向にあった。実験 2 の結果を踏まえると、この背景には、条件づけセッションにおいて、音と光を同時に提示される場面ではなく、音に対してより優先的に条件づけが成立していた可能性が考えられた。実験者が改めて実験 1 の刺激を観察したところ、光刺激に比べて音刺激の方が相対的に主観的な強度が強く感じられた。このことにより、音に対して注意等が優先的に向いた結果、音と光を同時に提示される場面に対する条件づけが成立しなかった可能性が考えられた。

本研究で得られた知見は当初予測していた内容に反しており、目標としていた内容を達成することが出来なかった。ただ、音や光と行った複数の感覚入力と同時に提示される場面で瞬きに関する反射が形成されるかどうかを世界に先駆けて検討し、複数の感覚入力に対して同時に反射が形成されず、むしろどちらかの感覚入力に対してのみ反射が学習される可能性が示された。今後、光と音の主観的な強度をより精密に揃えるなどの検討が必要であるものの、新たな試みのもとでデータに基づく知見を提供できた点においては、学術的意義があると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	寺本 渉 (Teramoto Wataru) (30509089)	熊本大学・大学院人文社会科学部(文)・教授 (17401)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	宇野 究人 (Uno Kyuto) (50973278)	東京大学・大学院情報理工学系研究科・特任助教 (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関