

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：34310

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2022～2023

課題番号：22K21315

研究課題名（和文）スナネズミにおける視聴覚統合メカニズムの解明

研究課題名（英文）The mechanism of audiovisual integration in Mongolian gerbils

研究代表者

伊藤 優樹 (Ito, Yuki)

同志社大学・研究開発推進機構・助教

研究者番号：70962017

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：私たちヒトを含む多くの動物は複数の感覚情報の脳内で統合し、周囲の環境を把握している。本研究の目的は、感覚統合のメカニズムを明らかにすることである。ヒトを対象とした研究の結果、それぞれの刺激の明瞭さや主観的に知覚した刺激に依存して、感覚統合による錯覚の起きやすさが変化する結果を得られた。スナネズミを対象として研究では、光学イメージングを用いて視覚野の活動を記録した。視覚刺激を単独で提示するよりも視聴覚刺激を提示することで視覚野の活動量が上昇していた。これらの結果は、感覚統合をメカニズムの解明に貢献するだろう。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
複数の感覚情報を利用することで、周囲の環境を素早く把握し、円滑なコミュニケーションができる。本研究は環境の把握に関わる統合に注目して、ヒトと実験動物を対象とすることによりそれぞれ独立に進められてきた研究を統合することができる。実際にヒトの心理実験と比較的類似した、行動課題中のスナネズミから神経応答を記録するための実験セットアップも確立できた。実験結果は、広い領域の活動を記録したところにとどまるが、将来的には分子生物学や電気生理学的手法を組み合わせることによって、ヒト研究よりも詳細な神経メカニズムの解明につながることを期待できる。

研究成果の概要（英文）：We perceive the situation of the external world by integrating multiple sensory information. The purpose of this study was to identify the mechanisms of multisensory integration. In human study, the result showed that the occurrence of illusion changes depending on the clarity of stimulus and the subjective audibility of sound. In gerbils study, the optical imaging was used to record activity in the visual cortex. The fluorescence response to audiovisual stimuli was larger than that to visual stimuli in visual cortex. These results will contribute to our understanding of the mechanisms of multisensory integration.

研究分野：実験心理学

キーワード：感覚統合 視覚 聴覚 スナネズミ マウス

### 1. 研究開始当初の背景

我々ヒトを含む多くの動物は複数の感覚情報を利用することで周囲の環境を把握している。しかし、異なる感覚器から得られた情報は別々に知覚されるわけではなく、首尾一貫した知覚を脳内で再構築している。複数の感覚情報を統合するにより、単一情報の曖昧性を低減でき、正確な知覚ができるようになるだけでなく、知覚に基づいて素早い行動をとることができるようになる。このような感覚統合は、どのように情報が統合され知覚及び行動に影響を及ぼしているかはいまだ明らかになっていない。

これまでの研究でげっ歯類は主に、マウスやラットが用いられてきた。しかしこれらの動物は夜行性であること、そして聴力曲線がヒトと大きく異なる。そのため視聴覚統合のモデル動物には向いていない可能性があった。

### 2. 研究の目的

本申請研究では、視覚と聴覚の感覚情報を統合する神経基盤を明らかにすることを目的とした。新たな視聴覚統合のモデル動物としてスナネズミを用いた。スナネズミは完全な夜行性ではない点[1]やヒトと聴力曲線が比較的類似している[2]こと。そして視覚情報に基づいて発声頻度を変化させる[3]。以上のことは、スナネズミがヒトと類似した視聴覚統合メカニズムを有する可能性を示唆する。そこで本研究ではスナネズミを対象に、行動・生理実験から視聴覚統合のメカニズム解明を目指した。加えて、ヒトを対象とした研究も行うことで、ヒト・げっ歯類研究の橋渡し研究も進める。

### 3. 研究の方法

#### (1) スナネズミを対象とした研究

感覚統合は、視覚野と聴覚野の間の領域や1次感覚野が関与している可能性がある。スナネズミにおいても統合領域の同定とその際の活動パターンを調査するために、フラビン蛋白蛍光イメージング法を用いた。フラビン蛋白蛍光イメージングは、経頭蓋で計測ができるため、低侵襲で広範囲の脳活動を同時に計測できる。被験体として、合計8匹のスナネズミを使用した。被験体正面を0°として白色LEDとスピーカーは、45°の位置に設置した。距離は右目及び右耳から5cmとした。視覚刺激のみ、聴覚刺激のみ、視聴覚同時刺激をそれぞれ200ms提示した。また、視覚野における網膜地図と比較するために視覚刺激の提示角度を0, 45, 90°で視覚刺激のみを提示した。

さらに、左半球の視覚野と聴覚野にテトロドを挿入し、各領域の神経活動を記録した。自由行動下でハウスライトの点灯を視覚刺激、フィールド上部に設置したスピーカーから聴覚刺激を提示した。

#### (2) マウスを対象とした研究

頭部固定オペラント条件づけを用いて刺激検出課題を行わせた。ヒトを対象にした研究より、単独刺激に比べ、視覚刺激と聴覚刺激を同時に提示することで、刺激に対する検出性能が向上することがわかっている。マウスにおいても類似した課題を行わせ同様の結果が得られるかどうかを調べた。視覚刺激もしくは聴覚刺激が提示されたら目の前にあるポートを舐めるように学習させ、刺激を知覚できたかどうかを回答させた。訓練完了後は、視覚刺激のみ、聴覚刺激のみ、視聴覚刺激をそれぞれ提示した際のマウスの行動を記録した。テストに使用した刺激強度は、各マウスの閾値付近の強度を用いた。

#### (3) ヒトを対象とした研究

光を1回提示すると同時に短い音を2回提示すると、視覚刺激が2回提示されると知覚してしまうダブルフラッシュ錯覚がある[4]。これは、時間情報の信頼性が比較的高い聴覚が視覚を変化させると考えられている。いくつかの先行研究により聴覚障害による聴力の低下は、ダブルフラッシュ錯覚が起きにくくなることが報告されている[5,6]。そこで健聴者を対象に、聴覚刺激の音圧レベルを変化させ、音の主観的な知覚を変化させることで、主観的な音の知覚と錯覚の起きやすさの関係性を調べた。

視覚刺激は1もしくは2回提示され、聴覚刺激は必ず2回提示された。1回目の聴覚刺激の音圧レベルは75 dB SPLで固定され、2回目は55~95 dB SPLで変化させた。被験者は、提示された視覚刺激もしくは聴覚刺激の回数を回答するように指示された。

#### 4. 研究成果

##### (1) スナネズミを対象とした研究

視覚刺激のみを提示したときよりも視聴覚刺激を提示した方が、フラビン応答が強くなっていた(図 1B)。その一方で聴覚刺激を単独で提示した場合にはほとんど応答がなかった(図 1A)。注目した反応部位は解剖学的には視覚野に位置していたが個体差があるため、フラビン蛋白蛍光イメージングを用いて網膜地図を作成し本研究結果と照らし合わせた。視覚刺激の提示角度を変化させた結果、正面から外側方向になるにつれて反応部位は、脳の外側から内側に変化した(図 2)。また、視聴覚の実験で注目した領域も網膜地図内の領域であることから視覚野の段階から感覚統合が行われ、活動が変調したことを示唆している。

自由行動下でのスナネズミの視覚野および聴覚野から神経活動を同時に記録することができた。将来的にはオペラント条件づけ等と共に行動に対応する神経活動を記録することが可能になる。

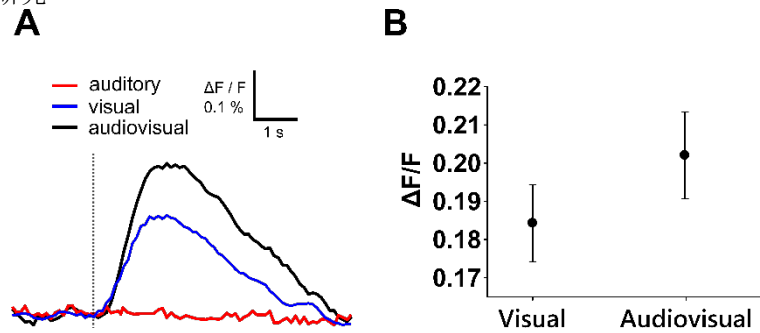


図 1 視聴覚刺激に対するフラビン応答

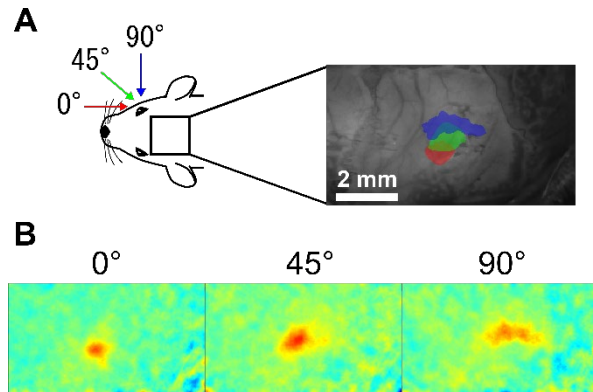


図 2 視覚刺激位置に依存した脳活動

##### (2) マウスを対象とした研究

視覚刺激および聴覚刺激を単独で提示するよりも、2つの刺激を同時に提示した方が反応率は高かった(図 3)。これはヒトで報告されていた結果と一致しており、マウスにおいても視聴覚統合によって行動性能が向上したと考えられる。

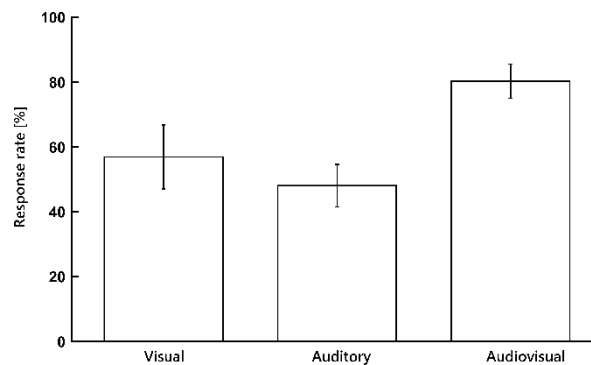


図 3 刺激に対する反応率

##### (3) ヒトを対象とした研究

2回目の聴覚刺激の音圧レベルが小さくなるほど2つの音を知覚する割合が低下した。これは前方マスクングの効果によるものである。加えてダブルフラッシュ錯覚の生起頻度も2回目の聴覚刺激の音圧が低下するにつれて減少しており、2つの聴覚刺激を知覚する割合と、錯覚の生起頻度は有意な正の相関を示した。以上の結果、2回目の音圧を変化させることで前方マスクングを発生させ、2音目の聞こえやすさを制御することができた。この手法を用いることで2回目の音が聞き取りづらくなるとダブルフラッシュ錯覚が起きにくくなった。ダブルフラッシュ錯覚はそれぞれの音の主観的な聞こえやすさに依存することが示唆された[7]。

#### [参考文献]

- [1] Refinetti, R. (2006). Variability of diurnality in laboratory rodents. *J. Comp. Physiol. A.* 192, 701–714.
- [2] Ryan, A. (1976). Hearing sensitivity of the Mongolian gerbil, *Meriones unguiculatus*. *J. Acoust. Soc. Am.* 59, 1222–1226.
- [3] Nishiyama, K., Kobayasi, K. I., & Riquimaroux, H. (2011). Vocalization control in Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*) during locomotion behavior. *J. Acoust. Soc. Am.* 130, 4148–4157.
- [4] Shams, L., Kamitani, Y. and Shimojo, S. (2000). What you see is what you hear, *Nature* 408,788.
- [5] Gieseler, A., Tahden, M. A. S., Thiel, C. M. and Colonius, H. (2018). Does hearing aid use affect audiovisual integration in mild hearing impairment?, *Exp. Brain Res.* 236, 1161–1179.
- [6] Hirst, R. J., Setti, A., Kenny, R. A. and Newell, F. N. (2019). Age-related sensory decline mediates the sound-induced flash illusion: evidence for reliability weighting models of multisensory perception, *Sci. Rep.* 9, 19347.
- [7] Ito, Y., Matsumoto, H., Kobayasi, I. K. (2023). Subjective audibility modulates the susceptibility to sound-induced flash illusion: Effect of loudness and auditory masking. *Multisens. Res.* 36, 1-17.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ito Yuki, Matsumoto Hanaka, Kobayasi Kohta I.	4. 巻 36
2. 論文標題 Subjective Audibility Modulates the Susceptibility to Sound-Induced Flash Illusion: Effect of Loudness and Auditory Masking	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Multisensory Research	6. 最初と最後の頁 613 ~ 629
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1163/22134808-bja10109	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nishibori Ryo, Nakagawa Harutaka, Shin'ya Kazuki, Tamai Yuta, Ito Yuki, Kobayasi Kohta I	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of maternal separation on adult vocal communication: a Mongolian gerbil ( <i>Meriones unguiculatus</i> ) study	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Acoustical Science and Technology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1250/ast.e24.03	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 松本花香, 小林耕太, 伊藤優樹
2. 発表標題 主観的な聴覚知覚がダブルフラッシュ錯覚の生起に影響を与える
3. 学会等名 日本基礎心理学会第41回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松本花香, 伊藤優樹, 小林耕太
2. 発表標題 ダブルフラッシュ錯覚の生起は主観的な聴覚知覚に影響 されるか
3. 学会等名 第13回多感覚研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤谷真子, 松本花香, 伊藤優樹, 小林耕太
2. 発表標題 曖昧な聴覚刺激は視覚刺激の影響を受ける:ダブルフラッシュ錯覚を用いた検討
3. 学会等名 第13回多感覚研究会
4. 発表年 2023年

〔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

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