

視聴覚統合による物体認識に必要な神経機構：

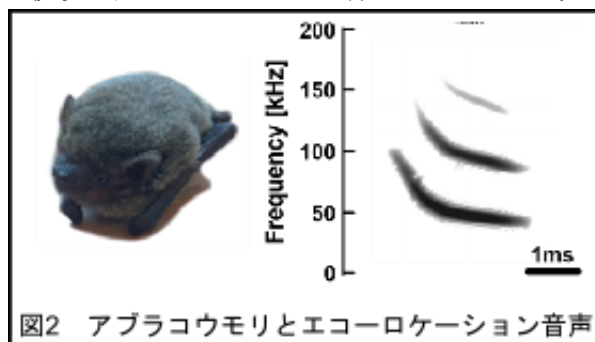
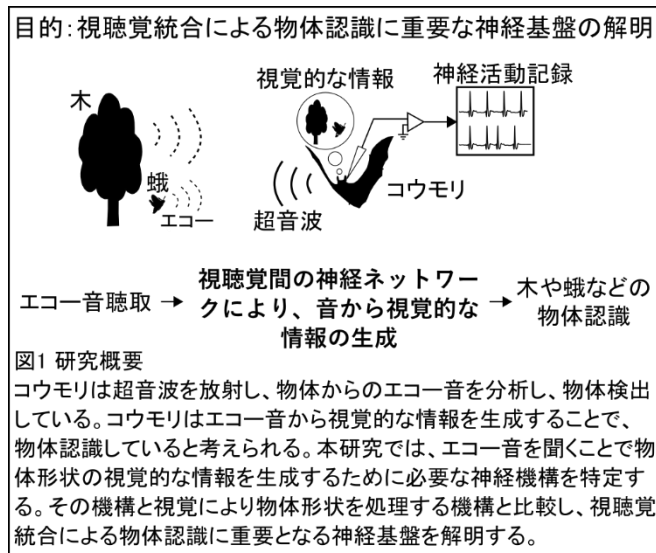
コウモリを用いた研究

同志社大学 研究開発推進機構 特別任用助手（助成時）
特別研究員（現在）

古山 貴文

本研究の目的は、視聴覚統合の神経基盤を解明することである。多くの動物は視覚や聴覚などの複数感覚の情報を脳内で統合し、周囲の環境を把握している。複数感覚の統合は、適切かつ柔軟に空間把握や物体認識するために重要である。さらに、特定の感覚で知覚した物体を別の感覚で知覚・認識することができる。そのため、1つの感覚が使用困難な状態でも他の感覚を用いて物体認識をすることができる。例えば、コウモリやイルカのエコーロケーション（音を放射し、反響音から標的の位置・大きさ・形状などを検出すること）がある。コウモリやイルカは視覚情報が使用困難な環境(洞窟や水中)で、エコーロケーションを行い、捕食や障害物回避を行っている。これは、音から視覚的なイメージを脳内で生成していると考えられるが、そのための脳内機構を神経回路・活動レベルで解明を目指した研究は極めて少ない。

そこで本研究では、コウモリをモデルとした研究を行った。コウモリは陸上小型哺乳類(例：アブラコウモリ、体長：4-6cm、体重：5-11g、図1)で唯一エコーロケーションを自然と獲得した動物であり、ヒトやイルカと同様に音から視覚的なイメージを生成していると考えられる。さらに申請者の研究により、覚醒下コウモリの下丘(聴覚経路の1つ)から聴性脳幹反応の記録に成功している。そのため直接脳内の神経活動を記録することも可能であり、コウモリが音から視覚的なイメージを生成する際に必要な脳内機構を神経活動レベルで解明できる。



本実験では、コウモリ視覚野の同定および視覚野における聴覚情報の表象について検討した。被験体として2匹のアブラコウモリを使用した。白色 Light emitted diode (LED)を視覚刺激として使用した。被験体正面を0°として、提示角度は0°、45°、90°の3種類であった。被験体の眼球から5 cmの位置にLEDを設置した。聴覚刺激として、トーンバースト音およびLanding 音声を使用した。トーンバースト音は、時間長500 msで20 Hzの振幅変調した音を使用した。周波数は20および40 kHzの2種類を用いた。計測方法として、被験体の頭蓋骨上部の皮膚を切開し、頭蓋骨を露出させた。被験体の頭蓋骨に固定具を装着し、頭部を固定した。露出した頭蓋骨に流動パラフィンを塗布し、光の透過性を高めた。顕微鏡の明視野を被験体の後頭部付近(図3)に設置した。青色励起光(波長:450~470 nm)を頭蓋骨に照射し、緑色反射光(500~550 nm)をCCDカメラで計測した。シャッター速度は10 fps(100 ms)に設定した。視覚刺激提示前300 msから刺激提示開始までの画像を基準値(F_0)とした。各画像と基準値の差を $\Delta F(F-F_0)$ 計算し、蛍光変化量($\Delta F/F_0$)を求めた。

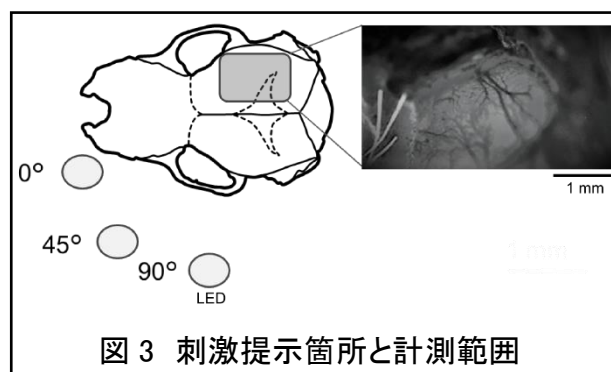


図3 刺激提示箇所と計測範囲

LEDの提示角度を0°、45°、90°と変化させた場合、すべての刺激に対して刺激開始後800 msで蛍光変化が生じ、1200 msで最大蛍光変化が観測された。さらに、各刺激に対する最大蛍光応答の60%の蛍光応答範囲を図4に示す。0°の視覚刺激に対する反応は、正中線から外側側に0.70 mmで観測された。また、45°では、正中線から外側側に0.50 mmで観測された90°正中線から外側側に0.45 mmで観測された。

また、明視野を視覚野に設定し、聴覚刺激を提示した結果、聴覚刺激に対する反応は正中線から外側側に1.34 mmの場所で観測された。

視覚刺激の提示角度を変化させた結果、正面から横方向になるにつれて、反応部位が外側側から内側側に変化した。これは、マウスなどで観測されている網膜地図と同様のことであり、今回の計測から、コウモリの網膜地図は齧歯類と同等である可能性が示唆された。

さらに、コウモリの視覚野を顕微鏡の明視野に置き、聴覚刺激を提示した結果、視覚刺激時に観測された部位よりも外側側で観測された。また、聴覚刺激に対する反応部位の違いは観測されなかった。この結果から、聴覚情報は1次視覚野ではなく、より高次の視覚野に入力されていることが示唆された。また別の可能性として、明視野の中に聴覚刺激に対する領域が入っていた可能性が考えられる。

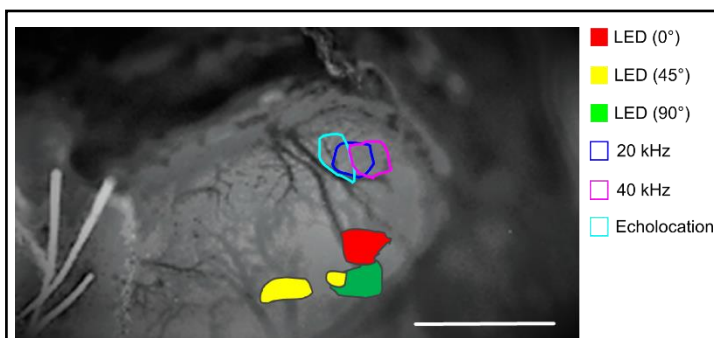


図4 視覚刺激および聴覚刺激に対する蛍光反応が観測された領域