

感覚野における視聴覚統合

機械情報工学科4年 森叶人 指導教員: 高橋玄知 准教授

キーワード multisensory integration, mismatch negativity, evoked potentials, phase-locking, electrocorticography

1. 背景と目的

脳内で感覚情報が別の領域で処理された後に統合されることを多感覚統合という。これは、認識精度などの向上に役立っており[1], 脳神経の活動の同期が重要な鍵を握っているとされている[2]。感覚情報の統合は、脳内の高次領野だけではなく、感覚野でも見られることがラットなどの細胞レベルでの計測から示唆されている[3]。

人間での視聴覚統合研究の手法として MMN(Mismatch Negativity)が存在する。これを用いることで、脳波のみから知見を得ることができるが、視覚 MMN や視聴覚 MMN がラットで利用された研究は筆者の調べた限り存在しない。

本研究の目的は、ECoG(皮質脳波)を利用して、感覚野での統合とその特性を検証すること、ラットでも MMN が視聴覚研究に利用可能か検証することである。

2. 方法

オスの wistar 種ラット 3 匹について、覚醒および麻酔下で、右脳視覚野・聴覚野の ECoG を計測した(図 1)。ラットには音と光を組み合わせた刺激を与えた。刺激間隔を 1 秒として、音はラット前方 15 cm から、光はラット前方 40°左より 10 cm から与えた。実験 1 ではクリック音と LED のフラッシュによる単調な刺激を提示した。

実験 2 では、MMN を計測するため、周波数の違い(8kHz と 16kHz)と光の位置の違いを利用して、オドボール課題を行った(図 2)。

3. 結果

実験 1 では、誘発電位に基づく複数の手法により、視覚野・聴覚野・統合領野の領野特定(図 3)と PLV による位相同期性の比較をした。実験 2 では各刺激に対して MMN が計測できるか、ウェルチの t 検定に基づき判定した。

実験 1 では、視覚野と聴覚野の境界部では、視覚・聴覚の両刺激に対するオンセット応答が計測された。麻酔下では 4Hz 以下の帯域で、無刺激時に比べて刺激時の PLV が有意に高いなどの結果が得られた。

実験 2 からは、聴覚 MMN は麻酔下・覚醒下ともに観測され、視覚 MMN および視聴覚 MMN は麻酔下のみで観測された(図 4)。

4. 考察

視覚野と聴覚野の境界部で複数の指標から情報統合がされていることがわかった。

低周波帯域における刺激時の PLV の上昇は、視床・皮質間のループに低周波帯域が関係するという先行研究[4]の知見から説明することができる。

また、麻酔下計測では、瞼を開かせるなどの工夫をする

ことにより、聴覚 MMN・視聴覚 MMN が計測された。覚醒下での計測のためには、視点を上手く誘導するような訓練をラットに行う必要があると考えられる。

5. 結論

本研究の目的は、ECoG レベルでの感覚野での視聴覚統合の実在とその特性を明らかにすること、ラットでの視聴覚研究への MMN の利用可能性の検証であった。

結果として、(1) ECoG からラット感覚野での多感覚統合が確認できること、(2) 視床・皮質間のループに 4Hz 以下の低周波帯域が関連するなどの位相同期的性質、(3) ラットにおける MMN を利用した視聴覚統合研究が可能であること、の 3 つの知見を得た。

この研究は、将来的に Brain Machine Interface などの工学分野の発展にも寄与すると考えられる。

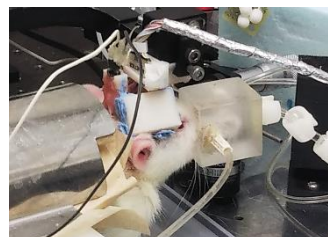


図 1 実験の様子(麻酔下)

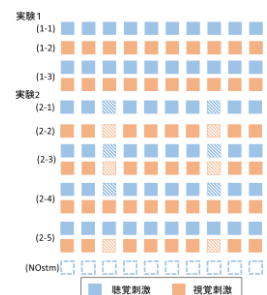


図 2 刺激内容

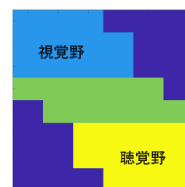


図 3 クラスタリングによる領野判定

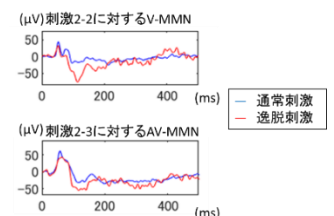


図 4 視覚野でのオドボール課題の結果(麻酔下)

参考文献

- [1]J. Hirokawa, et al. "Multisensory Information Facilitates Reaction Speed by Enlarging Activity Difference between Superior Colliculus Hemispheres in Rats", PLoS ONE Vol.6, No. 9, (2011), e25283
- [2]S. Kuroki et al. "Excitatory Neuronal Hubs Configure Multisensory Integration of Slow Waves in Association Cortex", Cell Reports Vol.22, (2018), pp.2873-2885
- [3]M.T. Wallace et al. "A revised view of sensory cortical parcellation" PNAS, Vol.101, No.7, (2004), pp.2167-2172
- [4]J.M.Amigo et al, "Infragranular layers lead information flow during slow oscillations according to information directionality indicators", Journal of Computational Neuroscience, Vol.39, (2015), pp.53-62