

# ラット聴皮質と視床における3次元多点同時計測システムの開発 Simultaneous 3-dimensional Multi-point Recording System from Auditory Cortex and Thalamus in Rat

高橋和佐

指導教員：高橋宏知講師

Kazusa TAKAHASHI

(Lecturer Hirokazu TAKAHASHI)

キーワード Auditory Cortex, Medial Geniculate Body, Thalamocortical Pathway, Micro Electrode Array, Rat

## 1. 序論

聴覚の情報処理では、音情報は蝸牛で神経信号に変換された後、間脳の視床の内側膝状体 (Medial Geniculate Body; MGB) を経て、大脳皮質の聴皮質に伝わる。神経信号の伝達経路は、末梢から中枢へのボトムアップ方向でなく、中枢から末梢へのトップダウン方向にも存在する。特に視床と聴皮質は互いに両方向の解剖学的な結合を有しており、その相互作用は聴覚に多大な影響を及ぼしていると考えられる。しかし、両者を多点同時計測して、視床・聴皮質システムの情報処理機構を調べた試みはほとんどない。

視床と聴皮質は、それぞれ、明確な周波数マップを有し、それらを情報処理の基盤にしていると考えられている。さらに、聴皮質は、解剖学的な特徴から、表層からの深さに応じて、皮質内の情報処理層、視床からの入力層、皮質からの出力層に分類できる[1]。

本研究では、これらの特徴に留意し、ラットの視床・聴皮質システムの3次元多点同時計測系を開発する。

## 2. 実験系の構築

### 2.1 実験系概観

Fig.1 に実験系の概観を示す。3次元多点同時計測は表面電極アレイと刺入電極アレイを併用することで行う。表面電極アレイには刺入電極アレイを通すための穴を設けた。

### 2.2 設計した電極

Fig.2 と Fig.3 に設計した表面電極アレイと刺入電極アレイのデザインと実物の写真をそれぞれ示す。表面電極アレイは64個の計測点と54個の穴を有する。刺入電極アレイは3柄からなり、各柄が視床計測用に15点、聴皮質計測用に17点の電極を持つ。

### 2.3 刺入方法

視床と聴皮質の解剖学的位置を考慮すると、刺入電極アレイは脳表に対して垂直に刺入する必要がある。そこで脳表の角度をレーザー変位計で計測し (Fig.4), その角度に従って刺入電極アレイを傾け、刺入した。

## 3. 実験系の検証

### 3.1 実験系評価

実験系を以下4つの観点で検証した。

- ・2つの電極アレイの周波数マップの比較。

表面電極アレイによる周波数マップの変遷と刺入電極アレイによる周波数マップを Fig.5 に示す。両者は一致した。

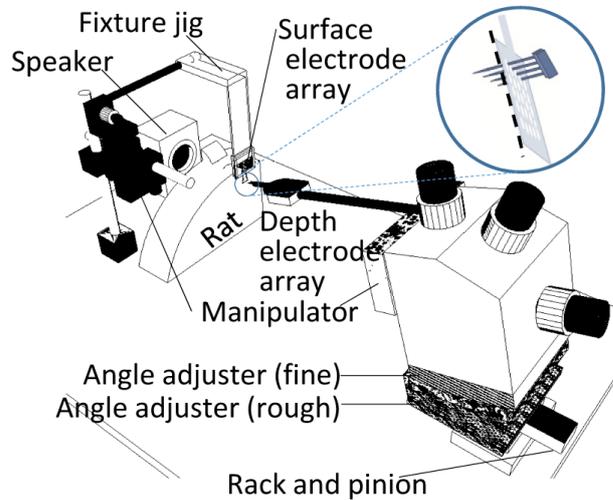
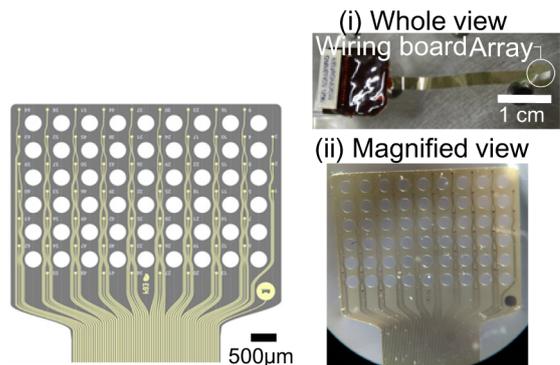
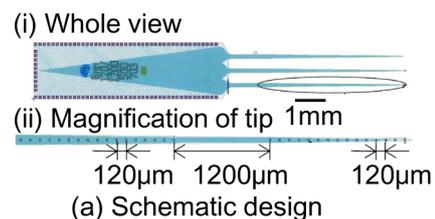


Fig.1 Schema of experimental system.

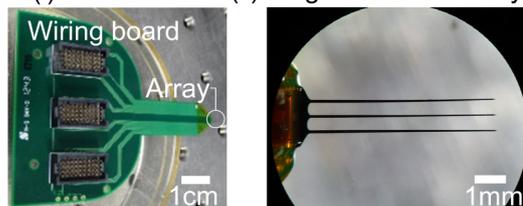


(a) Schematic design (b) Manufactured array

Fig. 2 Surface electrode array



(i) Whole view (ii) Magnification of array tip



(b) Manufactured array

Fig. 3 Depth electrode array

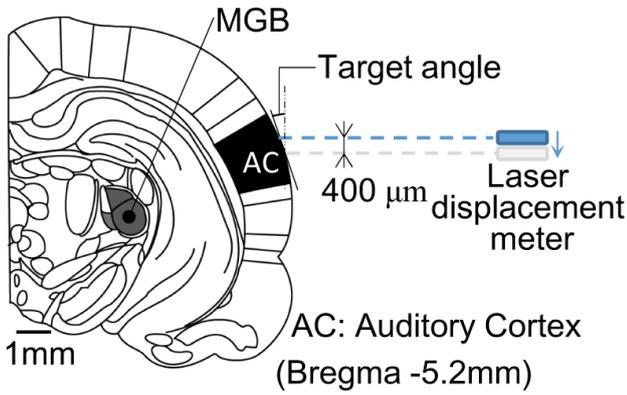


Fig.4 How to measure brain surface angle.

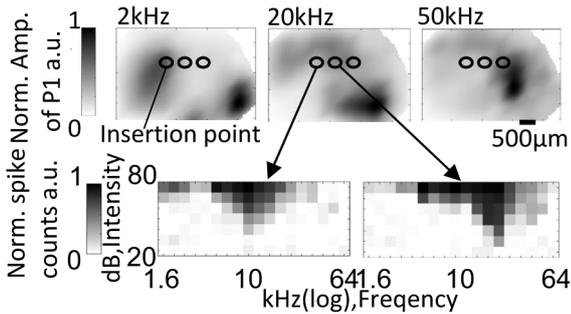


Fig.5 Tonotopic map comparison.

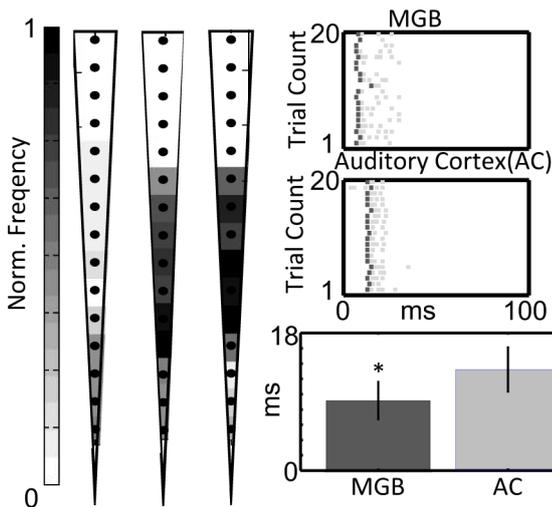


Fig. 6 Left: Tonotopic map in MGB.  
Right: Latency comparison.

・視床の周波数マップ.

Fig.6 左のように、右側の柄ほど高い周波数マップを持つことが分かる。これは先行研究[2]に一致した。

・視床と聴皮質の反応時間差.

視床と聴皮質の視床から入力を受ける層の反応時間とを比較した。結果を Fig.6 右に示す。視床の反応時間が有意に短いことが確認された(2群 t 検定  $p < 0.001$ )。

・電気刺激による聴皮質の反応.

視床を電気刺激したところ、刺激点の特徴周波数に対応した反応が聴皮質で得られた。かつ電気刺激の強さに応じて聴皮質の反応が大きくなった。

#### 4. 繰り返し音に対する脳の情報処理

##### 4.1 実験方法

麻酔下のラットに Fig.7 のような繰り返し音と逸脱音が混ざった音列を提示し、完成した実験系を用いて

視床と聴皮質を多点同時計測した。同一の周波数選択性を持つ視床と聴皮質の視床から入力を受ける層に注目して繰り返し音による順応を評価した。

##### 4.2 実験結果

聴皮質は Fig.8 のように視床より有意に順応した(ウィルコクソンの順位和検定  $p < 0.05$ )。

##### 5. 考察

4つの評価項目全てで開発した実験系の妥当性が確認された。よって、本実験系では設計した意図通りの計測が可能であると考えられる。また、繰り返し音に対する順応性が聴皮質において高かった。このことから、音の顕著性・選択的注意は聴皮質の反応で決まると考える。

##### 6. 結論

本研究では、表面電極アレイと刺入電極アレイを組み合わせ、ラットの聴皮質と視床を3次元多点同時計測する実験系を構築した。視床・聴皮質の多点同時計測から、各領域の周波数マップを同定できた。また、繰り返し音に対して、聴皮質は視床より有意に順応することを示した。これらの実験から、本実験系の有用性を示した。

##### 参考文献

- [1]J. A. Winer. “A Profile of Auditory Forebrain Connections and Circuits” In: J.A. Winer, C.E. Schreiner (eds.), *The Auditory Cortex*, Springer, (2010).
- [2]T. A. Hackett, T. R. Barkat, B. M. O'Brien, T. K. Hensch and D. B. Polley. “Linking topography to tonotopy in the mouse auditory thalamocortical circuit.” *J Neurosci* vol. 31, pp. 2983-95 (2011).

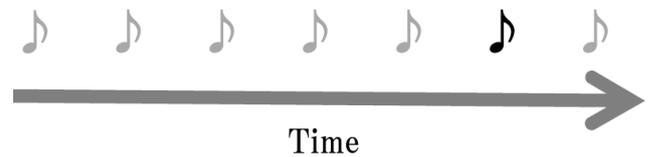


Fig.7 Sound sequence.  
Gray: repeated sound.  
Black: deviant sound.

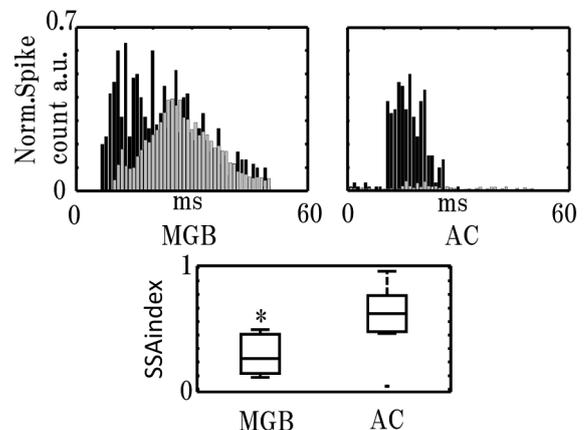


Fig.8 Adaptation in MGB and AC.  
Gray: spikes of repeated sound.  
Black: spikes of deviant sound.