

# 脳の加熱・冷却による神経活動の制御

SATテクノロジー・ショーケース2018

## ■ はじめに

脳の情報処理は、多数の神経細胞における電氣的・化学的プロセスによって行われており、それらのプロセスには様々なエネルギー変換が伴う。そのため、脳は単に情報のやり取りの観点からとらえるだけではなく、熱のやり取りの観点からもとらえることができる。そこで、我々は神経活動に影響を与える物理量として温度に着目した。これまで、単一の神経細胞においては、一般に高温で活性化し、低温で不活化するという、温度に対する正の相関関係が知られていた。しかし、実際の脳は無数の神経細胞がネットワークを構成している組織であり、脳活動の温度特性は単一神経細胞の温度特性を単純に拡張して予測可能なのか、明らかではない。したがって、生体の脳において神経シグナルが脳温度によってどのような影響を受けるのかを解明することが必要不可欠である。本研究では、温度制御した生体脳を用いた電気生理実験により、脳温度が脳内情報処理に与える影響の解明を試みた。

## ■ 活動内容

### 1. 温度制御下の脳における局所フィールド電位計測

我々は脳温度を制御しながら局所フィールド電位(LFP)の記録を行える実験系を構築し、LFPの温度依存性を調べた(図1)。神経連絡が知られている腹側被蓋野(VTA)→前頭前野(PFC)の神経経路を用いて、VTA周辺領域に電気刺激を与えることによりPFCで誘発されるLFPの計測を行った。記録部位であるPFCの温度は、恒温槽からの循環水を用いた独自の脳温度加熱冷却システムを利用して制御した。その結果、興味深いことに、電気刺激によって誘発されたLFPの振幅は、脳の冷却によって増幅し、加熱によって減少した(図2)。この結果は、活動が低温で不活化されるという神経細胞で見られる現象に反していた。

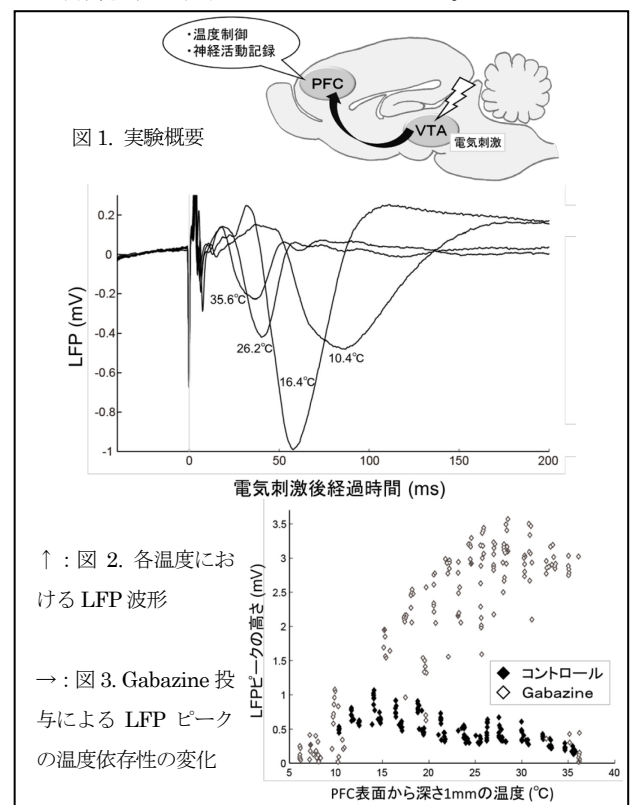
### 2. 抑制性神経伝達障害下の温度依存性計測

大脳皮質は単一の神経細胞種の集団ではない。LFPを生成する興奮性(グルタミン酸作動性)ニューロンの他に、抑制性( $\gamma$ -アミノ酪酸(GABA)作動性)介在ニューロンも存在する。得られたLFP振幅の脳温度に対する負の相関は、高温で抑制性ニューロンが活性化したことによるものであると考えることができる。そこで、GABA作動性介在ニューロンによる影響を検証するために、チャンバー内の生理食塩水をGABA<sub>A</sub>受容体の阻害剤(Gabazine)の溶液に置き換え、同様の実験により神経活動の温度依存性を調べた。GABAの阻害により、負の相関関係は消失し、正の

相関関係が観察された(図3)。このことにより、生体脳で観察された温度の神経活動の間の負の相関関係は、抑制性介在ニューロンによって構成されていることが示唆された。

## 3. 結論

GABAの阻害によりLFPピークの高さを指標とした神経活動が高い脳温度により増強されるという実験結果は、高温では抑制性ニューロンが活性化することにより神経活動が抑制されるという仮説を支持する。したがって、熱による抑制性ニューロンの活動の増強度合いが興奮性ニューロンの活動の増強度合いを上回るために、総和として神経活動が脳温度上昇によりLFPが抑制されるということが示された。本実験結果は温度が脳内の情報処理に影響を与えることを示した初めての証拠であり、今後、熱を組み込んだ包括的な脳機能の理解および温度を利用した脳活動の制御技術の開発につなげていきたい。



代表発表者 後藤 みずほ(ごとう みずほ)  
 所属 産業技術総合研究所  
 システム脳科学研究グループ  
 筑波大学大学院 感性認知脳科学専攻  
 問合せ先 〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1  
 中央第2事業所  
 TEL: 029-861-5848 FAX: 029-861-5849  
 Email: gotoh.m@aist.go.jp

■キーワード: (1) 脳温度  
 (2) 電気生理  
 (3) 抑制性ニューロン

■共同研究者: 長坂 和明<sup>1,2,3</sup>  
 高島 一郎<sup>1,2</sup>  
 山本 慎也<sup>1</sup>  
 1. 産総研・システム脳科学研究グループ  
 2. 筑波大・感性認知脳科学専攻  
 3. 日本学術振興会・特別研究員