

神経細胞における新たな記憶情報連合様式の解明

杉本 翔哉[†] 近藤 将史^{††} 相原 威[†]

[†] 玉川大学大学院工学研究科 ^{††} 東京大学大学院医学系研究科

1. はじめに

1958年 Rosenblatt がパーセプトロンを発表してから 61 年が経った^[1]. 知能の要素である“神経細胞 (Neuron)”を模したパーセプトロンは、今もなお人工知能の基本原理の一つとして、研究が進められている. 知能の創造には知能の理解が必要であり、知能を脳と捉えれば、脳を構成する神経細胞の理解が必要である. 本稿では、脳の基本要素たる神経細胞、特に海馬歯状回の顆粒細胞に焦点を当て、顆粒細胞の逆伝搬活動電位の振る舞いについて調べた.

2. 目的

ラット海馬歯状回において顆粒細胞の逆伝搬活動電位が LTP 誘発前後で変化するか光計測法を用いて計測し、その特性について検討する.

3. 海馬、逆伝搬活動電位

大脳皮質から得られた情報は海馬を介して記憶として定着する. 海馬は層構造を成し、局所神経回路網を形成する. 歯状回(Dentate Gyrus)は、皮質II層から空間情報(内側貫通路: MPP)・非空間情報(外側貫通路: LPP)を受け取り CA3 へ投射される^{[2][3]}(図 1-a). 歯状回顆粒細胞では MPP と LPP の投射が層状に分布し、それらは統合され CA1, 嗅内野へ出力される.

また、多くの神経細胞には発火後に細胞体から樹状突起へ逆伝搬する逆伝搬活動電位(back-propagation Action Potential: bAP)が存在する^{[4][5]}(図 1-b).

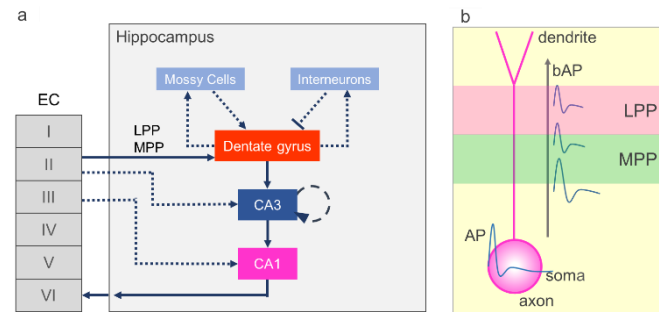


図 1 齧歯類海馬の神経回路網(a), 逆伝搬活動電位(b)
EC:嗅内野, MPP:Medial Paforant Pathway, LPP:Lateral Paforant Pathway, dendrite:樹状突起 soma:細胞体 axon:軸索, bAP:back-propagation Action Potential AP:Action Potential

4. 方法

4.1. 膜電位感受性色素を用いた光計測法

光計測法は神経細胞の活動電位を光情報として計測し、多点同時計測を実現する計測手法である. 細胞膜を電位感受性色素(Di-4-Anepss)で染色し、活動電位を光に変換することで映像として神経活動捕らえることができる.

4.2. 実験方法

ラットの海馬の急性スライスを用いて実験を行う. 刺激電極を歯状回の MPP と、CA3 に投射する歯状回

顆粒細胞の軸索である苔状線維(Mossy fibers)の 2 箇所置き、MPP で EPSP を苔状線維では bAP を発生させる. EPSP・bAP の神経活動を LTP 前後で計測し、比較する(図 2). なお、EPSP の計測は LTP 誘発の確認の為にを行う.

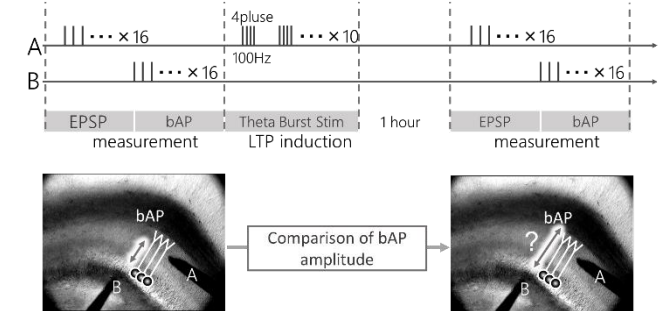


図 2 実験方法の概略図

5. 実験結果

LTP 誘発前後の樹状突起上の bAP 蛍光強度の比較.(図 3). LTP 誘発後、bAP の増大が確認できる. 特に MPP の VSD シグナルが増大している.

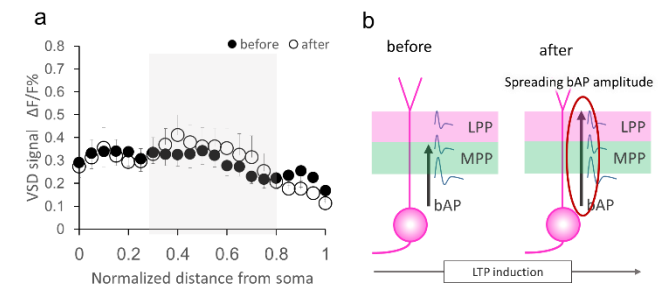


図 3 LTP 誘発前後の bAP の変化(a)

実験結果より得られた歯状回 bAP の特性の概要(b)

6. まとめ・今後の展望

実験結果より、ラット歯状回顆粒細胞では、LTP 誘発前後で、bAP の増大が行われることが示唆される. bAP は神経可塑性様式の一つである STDP に関わる^[6]. MPP まで届かなかった bAP が LTP 誘発後に LPP まで届くことで、LPP での神経可塑性が強化され、空間記憶と非空間記憶の連合が強化されることも示唆される. 今後は、電気計測の導入や LTD(長期抑制)前後の bAP の変化を計測し、歯状回顆粒細胞の神経特性を明らかにしたい.

参考文献

[1] F Rosenblatt, Psychological Rev, Vol. 65, No. 6, 1958.
 [2] Wei Deng *et al*, Nature Rev Neuroscience, 2010.
 [3] Per Andersen *et al*, "The Hippocampus Book", Oxford press, 2007.
 [4] Eric Kandel *et al*, "Principles of Neural Science", Mc Graw Hill, 2012.
 [5] Janos Brunner & Janos Szabadics, Nature Communications, 2016.
 [6] Guo-qiang Bi and Mu-ming Poo, The Journal of Neuroscience, pp18(24):10464-10472, 1998.