

A-016

海馬 CA1 ニューロンにおける入力タイミングによる情報処理への影響 The effect of input timings to the Information processing in a hippocampal CA1 neuron

興石 健一,
Kenichi Koshiishi,

杉崎えり子,
Sgisaki Eriko,

相原威
Takeshi Aihara

玉川大学大学院工学研究科

1. 始めに

海馬神経回路網 CA1 野の樹状突起において、細胞発火に伴い樹状突起を能動的に逆伝播する BPAP(逆伝播活動電位: Back propagating Action Potential) が知られている (Sakmann et al. 1997) .そして近年 BPAP と EPSP(興奮性後シナプス電位: Excitatory post-synaptic Potential)のタイミングに依存した可塑性である STDP(スパイクタイミング依存性可塑性: Spike Timing Dependent Plasticity)が報告され[1]、可塑的变化の学習則を導き、理論と実験を結ぶブレークスルーとなった。また CA3 からシャプファー側枝を経た入力である PD(近位樹状突起: Proximal Dendrite)と DD(遠位樹状突起: Distal Dendrite)、および EC から貫通線維を経た入力である ML(分子層: Molecular Layer)への入力特性が異なることが報告されている。

本実験では、図1の様に BPAP と PD で発生した EPSP のタイミングに依存して、BPAP と EPSP の頂点の位置(電位と位相)が変化することで、DD や ML へ伝播され情報処理に影響を与える可能性があるかどうかを、シミュレータ NEURON を用いた計算機シミュレーション実験により考察した。

2. 実験方法

本実験では「NEURON」シミュレータ [3] を使い、細胞体から遠位における情報処理を測定した。生体実験では樹状突起が極細で、パッチクランプなどの手法を適用することが困難である。よって NEURON シミュレータを使い予測評価を行うことに意義がある。

<NEURON シミュレータについて>

NEURON は 1996 年に Hines と Moore らに

よって開発された神経細胞の総合シミュレータであり、一個のニューロンモデルは形状からチャンネルの配置まで実際のニューロンからの実験データに従って神経方程式が組み込まれたコンパートメントモデルである。また、複数のニューロンを繋げてのネットワークモデルまで拡張が可能となっている。本実験では Mel と B.W. によって構築された海馬 CA1 野ニューロンのモデル [3] を用いてシミュレーション実験を行った。

実験方法は BPAP のみと、PD(100 μ m)で発生させた EPSP=5mv を BPAP とペアリングさせた時の二つを作り、1000 μ m まで伝播した時の BPAP と EPSP の頂点の位置の変化を測定した。

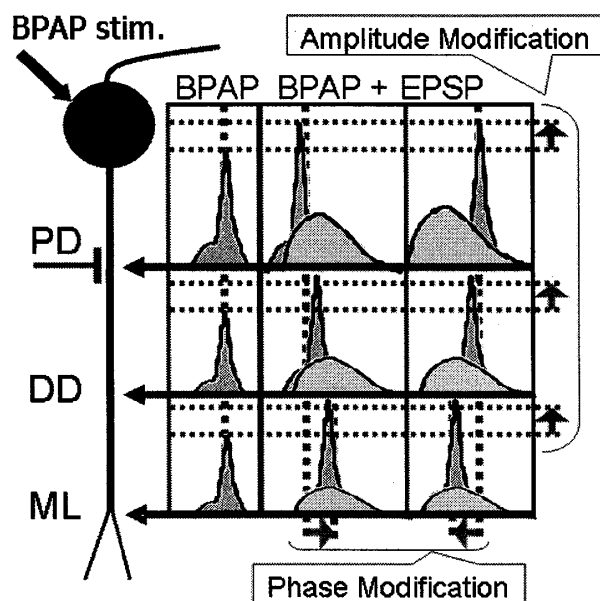


図1 樹状突起における電位と位相の変化
矢印は BPAP のピークの変化方向を示す。

3. 結果検討

実験結果を図2、3に示す。両図とも上図は実験区間を等間隔にピックアップした時の波形、下図はBPAPとEPSPの頂点位置の変化量を表している。そして上図と下図の番号は対応している。

図2のBPAPの伝搬に着目し結果を説明している。上図の等間隔の実線はBPAPのみのDDへの到達時の頂点位置を表す。そして対応するペアリング時の到達波形と実線と比較し、変化量を下図に示す。

図2の結果より、EPSPの頂点位置より前にBPAPが頂点に達した①、②の場合は、BPAP頂点の位置は後方に、後に達した③の場合は前方に変化している。

図3のEPSPの伝搬に着目し結果を説明している。EPSPのみの時の頂点の位置からペアリング時の頂点の位置と比較し、変化量を下図に示す。

図3結果より、EPSPの頂点位置より前にBPAPが頂点に達した①、②、③の場合は、ペアリング時のEPSPの頂点位置は前方に、後に達した④の場合は後方に変化している。また、下図の①から②までは減少を示していたが、②以降は増加を示している。これは前者まではEPSPのPhase Modificationが優位な範囲、後者はBPAPのAmplitude Modificationが優位なのではないかと推測する。

4. 考察

BPAPとEPSPのペアリング時の重畳電位の樹状突起上の逆伝播におけるAmplitude Modification(縦方向の変化)とPhase Modification(横方向の変化)をNEURONシミュレータを用いた実験により調べた。

本実験の結果は、PDの入力タイミングにより、逆伝播電位が電位および位相の変化を受け、細胞遠位部でのSTDP誘起において、BPAPが本来の頂点の位置からずれる可能性を示唆している。このことはLTP/LTDを誘起していた部位において、その反対の極性に変化してしまう可能性もあることを示唆している。

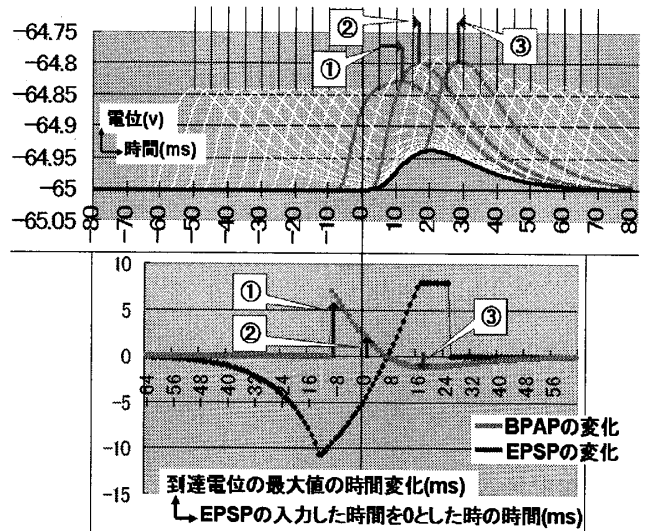


図2: BPAPの頂点の位置に着目した時のBPAPのみとペアリング時の比較

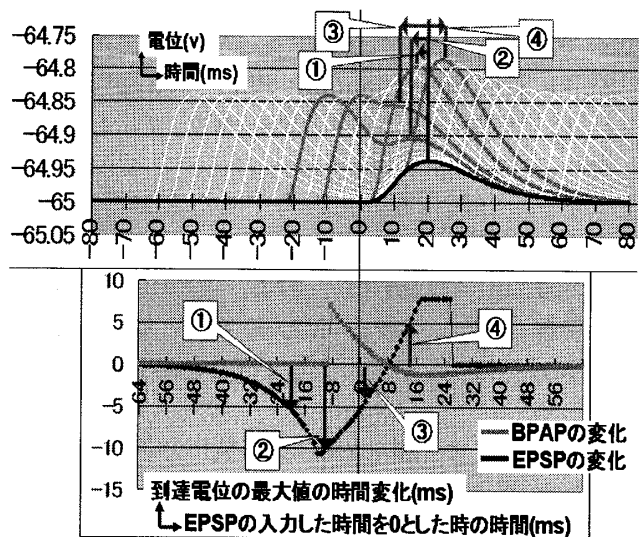


図3: EPSPの頂点の位置に着目した時のEPSPのみとペアリング時の比較

参考文献

[1] Bi G. et.al. (1997):
J. Neuroscience, Vol.18, 464-10472
[2] <http://www.neuron.yale.edu>
[3] [http://www-lnc.usc.edu/
CA1-pyramidal-cell-model/](http://www-lnc.usc.edu/CA1-pyramidal-cell-model/)
[4]JuskyT. et.al.(2005):
Neuroscience, Vol.8 1667-1676