

论文分享会

基本概念介绍

sharp wave-ripple(SWR): 其实包括两个现象, 一个是sharp wave, 一个是ripple, 是由哺乳动物海马体和邻近区域神经元的极度同步活动产生的振荡模式, 这些神经元在空闲的清醒状态或 NREM 睡眠期间自发发生。由数以万计的神经元在 30-100 毫秒窗口内一起放电产生。它们是大脑中一些最同步的振荡模式, György Buzsáki 对它们进行了广泛的描述和描述, 并已被证明参与 NREM 睡眠中的记忆巩固和清醒期间获得的记忆的重放。这些模式是发生在海马 CA1 区域的顶端树突层的大振幅、非周期性循环振荡。尖锐波之后是同步快速场振荡 (140-200 Hz 频率), 称为涟漪。

local field potential(LFP): 是神经和其他组织中
单个细胞（例如神经元）的总和和同步电活动在神经和
其他组织中产生的瞬态电信号。LFP是“细胞外”信号，
这意味着它们是由细胞外空间中离子浓度的瞬时不平衡产生的，
这是由细胞电活动引起的。

sequence replay: 在睡眠或清醒休息期间, 重放是指在活动期间也发生的一系列细胞活的重新发生, 但重放的时间尺度要快得多。它可以采用相同的顺序, 也可以相反。这种现象主要在海马体中观察到, 海马体是一个与记忆和空间导航相关的大脑区域。具体来说, 表现出这种行为的细胞是位置细胞, 其特征是当动物处于空间中的某个位置时可靠地增加其活性。在导航过程中, 放置单元会根据动物的路径按顺序触发。在重放实例中, 细胞被激活, 就好像响应相同的空间路径一样, 但速度比动物实际移动的速度快得多。

Mossy fiber: 海马体中的苔藓纤维从齿状回投射到 CA3。

Recurrent excitation: 其中一个神经元向另一个神经元发送兴奋性信号，另一个神经元又将兴奋性信号发送回第一个神经元。这创造了一个正反馈回路，导致神经元回路的持续激活。

论文工作介绍

我觉得该论文的工作可以概括为两大类：模型建立和模型讨论

模型建立

由8000个兴奋性神经元PC和150个抑制性神经元组成的神经网络，有一半PC是位置敏感性神经元（地点细胞），地点细胞的firing rate与位置有关。

神经网络一般需要考虑两个问题：

单个神经元如何被外来刺激激活

神经元之间如何通信——突触是怎么工作的

对于第一个问题，这里使用了AdExpIF的模型。

$$\tau_m \frac{dV}{dt} = -(V - V_{rest}) + \Delta_T e^{\frac{V - V_T}{V_T}} - R\omega + RI(t)$$

$$\tau_{\omega} \frac{d\omega}{dt} = a(V - V_{rest}) - \omega + b\tau_{\omega} \sum \delta(t - t^f)$$

$$if \quad V > \theta, V \leftarrow V_{rest}$$

对于第二个问题，突触前神经元通过释放神经递质改变突触后神经元的某些离子的电导，这里使用双指数衰减模型。

$$s(t) = a(e^{-\frac{t}{\tau_{decay}}} - e^{-\frac{t}{\tau_{rise}}})H(t)$$

此外，网络的形成还需根据实验中观察的概率进行两种神经元四种连接方式的随机模拟。

在该研究中，忽略了短时程突触可塑性的影响，而是只考虑长时程突触可塑性的影响。而这就是文中提到的突触权重学习的工作部分，这里需要对前面的突触模型进行一定修改。

$$\frac{dg}{dt} = -\frac{g}{\tau} + \omega \sum \delta(t - t^f)$$

式中， ω 就是该突触效能的权重，模型拟合过程中，会根据突触前后神经元发放脉冲的时间差对突触效能进行调整。

接下来是学习过程的模拟，首先神经元ID的排列是地点细胞根据最适刺激有序排列，对地点不敏感的细胞随机分布。让一只模拟小鼠以一定的速度通过一个一维的track，届时神经元按照泊松过程进行动作电位发放，并根据STDP进行突触权重的学习

模型讨论

这里只讲一些我想要再现的结论吧，因为有些感觉还挺难的。

对称性的STDP学习规则对于形成双向的序列呈递必要

这个就是把STDP改变为中心对称的，发现只能发生单相的序列呈递

权重的结构而不是总体的统计学特征对于形成SWR充分

保持权重的结构，将权重二分化，将最强的3%的突触的权重都改为值a，将剩下的97%的突触的权重都改为0，保持前后的权重均值不变，发现还是能够发生SWR现象

而将权重矩阵shuffle一下，不再能发生SWR现象

细胞适应对于序列呈递是必要的

将神经元模型调整为ExpIF（不考虑适应的影响），
replay现象消失，但是依旧有sharp wave

模型的局限性

文中提到了以下局限性：

神经元数目不够。brainpy似乎是可以调用GPU的，而且其优点之一在于能够提高神经网络模拟的速度，我不清楚是否可能后期适当扩增一下神经元的数目

模型缺乏终止序列呈递的因素，这是指一旦开始replay，一定会运动到一段之后才停止。但是实验现象发现，对于较长的track replay一般是由几个小的片段组成的

第三类神经元？

CA2脑区的模拟

时间安排

还有五周吧

第一周	第二周	第三周	第四周	第五周
研究源码，了解一下brainpy的使用，尽可能完成一个结合了AdExpIF和双指数衰减模型的神经网络	对位置细胞和非位置细胞的动作电位发放这一泊松过程进行模拟，利用STDP进行模型的学习	完善模型的构建，观察是否能够发生SWR	模型讨论的三部分可以分给三个人去做	尝试添加更多的神经元等等改进，分析，作pre的准备