


Concepts Library

开环 / 闭环系统 (Open-Loop / Closed-Loop)


- 内容：
 - 开环系统输出不会反馈到输入端进行控制调整
 - 闭环系统输出会被反馈到输入端，用于持续调整系统以改进性能
- 参考：
 -  [对开环系统与闭环系统的初步理解](#)
 - GPT :

在控制系统工程中，开环系统和闭环系统是两种基本的控制系统结构。它们在控制策略和反馈机制方面有明显的区别。开环系统是一种控制系统，其中输出不依赖于系统的当前状态或输出。换句话说，系统的控制不受输出影响。在开环系统中，输入信号直接用于生成输出，而不考虑输出是否达到预期的效果。闭环系统，又称为反馈控制系统，是一种控制系统，其中系统的输出会被反馈并用于调节输入。这种反馈机制使得系统能够自动调整，以适应外部扰动或系统内部变化。

树突和轴突 (Axons and Dendrites)

- 内容：
 - 神经元的两个结构
 - 树突接受其他神经元的信号
 - 轴突发送信号给其他神经元
 - 树突很多，像树的枝条
 - 轴突只有一个，像树干
- 参考：
 - 《基础生命科学》第九章

盲源分离 (Blind Source Separation)

- 内容：
 - 在不知道系统的大部分信息的情况下，仅利用源信号之间相互独立这一微弱已知条件，从一组传感器测量所得的混合信号中分离出独立源信号
- 参考：
 -  [盲源分离技术](#)
 - GPT :

盲源分离是一种技术，用于从多个混合信号中恢复出原始信号，而不需要关于源信号或混合过程的先验知识。常见的应用包括音频处理中的声音信号分离、医学成像和信号处理等领域。

依赖状态的赫布可塑性 (State-Dependent Hebbian Plasticity)

- 内容：

- Hebbian plasticity 是一种神经网络中的学习规则，基于这样的原则：“一起激活的神经元将连接得更紧密。” 状态依赖的Hebbian可塑性指的是这种学习规则依赖于网络当前的状态或活动模式，即神经元的连接强度更新依赖于它们的激活状态。
- 但是，这个解释并不完整，赫布强调说，神经元"A"必须对神经元"B"的激发“作出了一定贡献”，因此，神经元"A"的激发必须在神经元"B"之先，而不能同时激发。赫布理论中的这一部分研究，后来被称作脈衝時序依賴可塑性，表明突触可塑性需要一定的时间延迟。

- 参考：

- [赫布理论-Wikipedia](#)
- GPT：

Hebbian plasticity是一种神经网络中的学习规则，基于这样的原则：“一起激活的神经元将连接得更紧密。” 状态依赖的Hebbian可塑性指的是这种学习规则依赖于网络当前的状态或活动模式，即神经元的连接强度更新依赖于它们的激活状态。

自组织 (Self-organizing)

- 内容：

- 从组织的进化形式来看，可以把它分为两类：他组织和自组织。如果一个系统靠外部指令而形成组织，就是他组织；如果不存在外部指令，系统按照相互默契的某种规则，各尽其责而又协调地自动地形成有序结构，就是自组织。
- 理解自组织，有一个核心：组织的产生是否基于外部指令。

- 文中意：




- 神经网络在没有外部指令或控制的情况下，通过内部相互作用形成特定的结构和功能模式

- 参考：

- [知 介绍两个系统概念：自组织与涌现](#)
- [自组织](#)
- [Self Orgnizing-Wikipedia](#)
- GPT：

在神经科学中，自我组织通常指的是神经网络在没有外部指令或控制的情况下，通过内部相互作用形成特定的结构和功能模式。这里的“系统范围内的”意味着这种自我组织不仅发生在单个神经元或局部神经元群体中，而是跨越整个神经网络的广泛区域。这种全局性的自我组织对于理解神经网络如何处理信息、进行学习以及产生复杂的脑功能至关重要。在DishBrain系统中，这句话可能指的是神经元培养在虚拟游戏环境中，通过动态自我组织，调整其电生理活动，以适应和响应游戏环境中的刺激和反馈，从而实现有效的游戏表现和学习。这种自我组织可能是神经网络形成功能连接、改变其活动模式以及响应外部刺激的基础。

结构化环境 (Structured Environment)

- 内容：
 - 一个有组织、有规则的环境，这种环境通过特定的设置和参数来支持和引导实验中的神经网络的行为和发展。
 - 在生物学和神经科学的研究中，这种环境通常是精心设计的，以模拟真实世界的某些方面或特定的实验条件，从而使研究者能够更好地控制变量并观察神经元如何在这些特定条件下响应和适应。
 - 通常是人为设计的环境，人类完全知悉环境的规则。
- 参考：
 -  [机器人结构化环境](#)
 -  [What is a structured environment? Why is it helpful for autistic individuals? - Autism Awareness](#)
 -  [Collins-structured environment](#)
 - GPT：

在这里提到的“structured environment”（结构化环境）指的是一个有组织、有规则的环境，这种环境通过特定的设置和参数来支持和引导实验中的神经网络的行为和发展。在生物学和神经科学的研究中，这种环境通常是精心设计的，以模拟真实世界的某些方面或特定的实验条件，从而使研究者能够更好地控制变量并观察神经元如何在这些特定条件下响应和适应。在上下文中，DishBrain系统利用这种结构化环境，使得体外培养的神经元能在一个预设的、控制的环境中展示其固有的适应性计算能力。这种环境可能包括特定的物理布局、刺激类型、反馈机制等，都是为了促进和研究神经网络的功能和行为。

结构化外部刺激 (Structured External Stimulation)

- 内容：
 - 这里面的“结构化”的内涵和结构化环境基本一致。
 - 有规律的，人为的外部刺激。
- 参考：
 - 没有找到直接的资料
 - GPT：

在您提到的这段话中，“structured external stimulation”指的是一种有组织、有规律的外部刺激。这里，它特别指模拟经典街机游戏“Pong”的刺激。在“Pong”游戏中，玩家控制一个垂直移动的挡板，目的是反弹一个来回移动的球，防止球越过挡板触碰到屏幕的底部。

状态变量 (State Variable)

- 内容：
 - 通常是指在系统中可以改变的变量，这些变量的值决定了系统的当前状态。

- 状态变量是指在动态系统中，可以描述系统数学状态的一组变量，可以在系统未受到外力干扰的情形下，预测系统未来的特性。
- 状态变量可以是描述系统状态（如一个神经网络）的任何关键变量，例如神经元的电压、激活水平、化学传递物的浓度等。
- 能够完全描述动态系统时域行为的所含变量个数最少的变量组称为系统的状态变量。它应能确定系统未来的演化行为。
- 参考：[🔗 状态变量-维基百科](#)
 - [🔗 状态变量-维基百科](#)
 - [🧠 状态变量](#)
 - GPT：

在这段文本中提到的“状态变量”通常是指在系统中可以改变的变量，这些变量的值决定了系统的当前状态。在神经科学和动态系统理论中，状态变量可以是描述系统状态（如一个神经网络）的任何关键变量，例如神经元的电压、激活水平、化学传递物的浓度等。当文本中提到“至少第三阶复杂度”（able to represent three state variables），它指的是系统能够同时表示和处理至少三个独立的状态变量。这种能力是评估系统复杂性的一种方式，因为更多的状态变量意味着系统可以捕捉和模拟更复杂的动态行为和相互作用。

神经计算的映射（Mapping Neural Computation）

- 内容：
 - 指的是研究和理解神经元和神经网络是如何处理和计算信息的。
 - 映射指代的是信息，信息流动与生理学基础的映射关系。
- 参考：
 - 看了几篇有出现这个关键词的论文
 - GPT：

在这里，“mapping in vivo neural computation”指的是研究和理解活体内（in vivo）神经元和神经网络是如何处理和计算信息的。这一研究领域涉及到对生物体内部，尤其是大脑内部的神经元活动进行实时观察和分析，以揭示神经系统如何执行各种认知和感觉任务。

人源诱导多能干细胞（HiPSCs）

- 内容：
 - 诱导性多能干细胞（英语：Induced pluripotent stem cell），又称人工诱导多能干细胞，常简称为iPS细胞（iPSC），是一种由哺乳动物成体细胞经转入转录因子等手段脱分化形成的多能干细胞。
 - 人源意味着这个多功能干细胞由人体细胞转化而来。
 - 参考：
 - [🔗 诱导性多能干细胞-Wikipedia](#)
 - Human Induced Pluripotent Stem Cells : Clinical Significance and Applications in Neurologic Diseases
-

感官印象响应 (Responsive to Sensory Impressions)

- 内容：
 - 自由能原理和主动推理作者 Karl J. Friston 对于感知一词的解释：“本文的主要目标是感知。我们在这里使用‘感知’一词的意思是‘对感官印象作出反应’。”
- 参考：
 - Sentience and the Origins of Consciousness: From Cartesian Duality to Markovian Monism
 - GPT：

在这里，“responsive to sensory impressions”指的是对感官印象（即感官输入或刺激）的响应能力。这种能力通常涉及到神经系统对外部环境变化的感知和反应，包括视觉、听觉、触觉等感官的输入。这种响应不仅仅是简单的反射动作，而是涉及到更为复杂的内部处理过程，如信息的整合、评估和基于此的行为调整。

伪认知响应 (Pseudo-cognitive Responses)

- 内容：
 - 查不到相关信息，可能相关的论文无法查看（没买数据库）
 - GPT 认为是生物没有进行真正认知活动但是有认知行为的表象的现象
- 参考：
 - GPT：

在生物学或相关领域中，“pseudo-cognitive responses”这一术语并不常见，也没有一个标准的定义。但是，我们可以尝试从词汇本身解析这个概念。“Pseudo”意味着假的或伪造的，而“cognitive”通常指的是认知的，涉及知识处理、思考、记忆和决策等心理过程。因此，“pseudo-cognitive responses”可以理解为某种表面上看似涉及认知过程的反应，但实际上并不涉及真正的或深层的认知处理。感谢您提供的上下文。根据您提供的信息，“pseudo-cognitive responses”在这里似乎是指在药物筛选过程中观察到的、类似于认知的生物反应。这些反应可能不完全涉及真正的认知过程，但在表现形式上与认知行为相似，可能用于评估药物对认知功能的潜在影响。

信息熵 (Information Entropy)



- 内容：
 - 在信息论里面，熵是对不确定性的测量。但是在信息世界，熵越高，则能传输越多的信息，熵越低，则意味着传输的信息越少。
 - 一条消息的信息熵越高，其信息量越大。
 - 一种语言的文本数据流，其熵越低越易懂，因为好预测。
- 参考：
 - [熵\(信息论\)-Wikipedia](#)
- 文中出现处主要作用：符合预期的、可预测的刺激减少gameplay中的信息熵

In short, as predicted theoretically, gameplay reduced information entropy during predictable exchanges with the environment, while unpredictable feedback increased entropy during gameplay. (page 3962)

内部熵和外部熵 (External Information Entropy and Internal Information Entropy)

- 内容：
 - 外部熵是指一个系统或信号本身所具有的不确定性或信息量。它描述的是系统或信号的固有信息量，不考虑系统与外部环境的交互。
 - 内部熵是指一个系统或信号与外部环境交互后的总体不确定性或信息量。内部熵考虑了系统与外部环境之间的信息交换和传输，包括系统和外部环境之间的信息流动。
 - 文中意：
 - 外部熵就是客观来看给 BNN 的刺激熵值。
 - 内部熵就是 BNN 感受到的熵值。
-

马尔可夫毯 (Markov Blanket)

- 内容：
 - 和“贝叶斯网络”有关的一个概念，贝叶斯网络中，一个节点的概率被指向它的所有变量所决定。
 - 当一个人想要用一组变量来推断一个随机变量时，通常一个子集就足够了，其他变量是无用的。 这样一个包含所有有用信息的子集称为马尔可夫毯。
 - 贝叶斯网络中，马尔可夫毯就是一块毯子，为了使其中一个节点和其它节点条件独立，我们用毯子盖住这个节点周围与其相关的节点，那么毯子外面的节点和这个节点就条件独立了。
 - 马尔可夫毯类似线性代数中，满秩矩阵的概念，没有多余的基向量。
 - 参考：
 -  [世界是受控的幻觉：大脑根据贝叶斯概率预测来认识世界吗？](#)
 -  [什么是马尔科夫毯呢？ - 知乎](#)
 - [🔗 Markov Blanket - Wikipedia](#) [🔗 Markov Blanket - Wikipedia](#)
-

马尔可夫边界 (Markov Boundary)

- 内容：
 - 用于描述在一个系统中，能够将系统的内部状态与外部环境隔离开来的那些变量的集合。
 - 当马尔可夫毯最小时，我们无法在不损失任何信息的情况下去掉一个变量，这便称为马尔可夫边界 (Markov Boundary)。
- 参考：
 - GPT：

是的，“统计边界”在这里可以理解为“马尔科夫边界” (Markov boundary)。马尔科夫边界是一个统计概念，用于描述在一个系统中，能够将系统的内部状态与外部环境隔离开来的那些变量的集合。在自由能原理 (Free Energy

湿件 (Wetware)

- 内容：
 - 本文中即指代 Dish Brain 系统中的所有生物组织
- 参考

"Wetware" 这个词通常用来指代生物体中的生物组织, 特别是神经系统中的神经元和神经胶质细胞。它与计算机科学中的“硬件” (hardware) 概念相对应, 强调生物系统的物理和生物组成部分, 而不仅仅是软件或抽象的计算过程。在计算机科学中, “硬件”指的是构成计算机的物理组件, 如处理器、内存、硬盘等。与之类似, “wetware”指的是构成生物计算系统的物理组成部分, 即神经元、突触、细胞等生物实体。“Wetware”这个术语在不同的上下文中可能有不同的含义, 但通常它用来强调生物系统与传统的硅基计算系统之间的区别。生物系统以水为基础, 运行的是化学和电信号, 而不是电子信号。这种差异使得生物计算在本质上与传统的计算机计算有明显的不同。

稳态 (homeostasis)

- 内容
 - 系统在内部和外部环境变化时, 通过自我调节维持相对稳定的状态
 - 文中意：
 - 神经网络在游戏过程中, 两个运动区域之间的活动关系会随着时间而变化, 但这种变化在达到一定程度后就会趋于稳定, 不再随时间显著变化。这可能意味着神经网络在适应游戏环境的过程中, 其内部活动模式逐渐达到了一个平衡状态, 这种状态能够有效地应对游戏中的各种挑战, 而不需要进一步的调整。因此, 稳态在这里指的是神经网络在游戏环境中达到的一种稳定且有效的活动模式。
-

(细胞、细菌等的) 培养, 培养物(culture)

- the cultivation of bacteria, tissue cells, etc. in an artificial medium containing nutrients.
-

反馈协议 (feedback protocols)

- 在实验中用于向神经网络提供反馈的不同方法
- 文中有4种：
 1. 随机刺激 (Unpredictable Stimulus) : 当神经网络未能正确拦截球时, 会给予一个不可预测的刺激, 如150mV的电压, 5Hz的频率, 持续4秒。
 2. 可预测刺激 (Predictable Stimulus) : 当神经网络成功拦截球时, 会给予一个可预测的刺激, 如100Hz的电压, 持续100ms, 在所有8个刺激电极上同时施加。

- 3. 静默反馈 (Silent Feedback) : 在静默条件下, 会省略刺激反馈, 即在球未成功拦截时不会给予任何刺激。
 - 4. 无反馈 (No Feedback) : 在无反馈条件下, 即使球未成功拦截, 也不会给予任何形式的反馈刺激。
-

信息熵的归一化平均值 (normalized mean information entropy)

- "normalized" 意味着信息熵的计算考虑了神经元活动的总体水平。由于信息熵的计算是基于神经元放电时间的分布, 如果不考虑神经元活动的总体水平 (即平均活动率), 那么高活动率的神经元将比低活动率的神经元产生更高的信息熵, 这可能并不反映神经元活动的实际随机性或复杂性。因此, 通过将信息熵除以平均活动率 (或者用其他方式归一化), 可以得到一个更稳定和更能反映神经元活动实际复杂性的指标。
 - 文中作用 :
 - 游戏过程中的归一化平均信息熵通常低于休息状态下的水平, 这可能反映了神经元在处理游戏环境中的刺激时表现出更低的随机性和更高的有序性
-

四分位距 (Interquartile Range)

- 内容 :
 - 其中 Q1 是数据集中位于25%位置的数值, Q3 是数据集中位于75%位置的数值。IQR 包括了数据集中中间50%的数据, 因此它比简单的标准差更能反映数据的中心趋势和离散程度。
 - $IQR = Q3 - Q1$
 - interquartile range (IQR) 是一个统计学术语, 指的是数据集中第一四分位数 (Q1) 和第三四分位数 (Q3) 之间的范围。IQR 用于衡量数据的离散程度, 特别是中位数周围的分散情况。计算公式为 :
 - 文中出现于page3963 图表
-

运动区域 (motor region)

- 内容
 - 游戏过程中, 在 MEA 上单独划分了区域, 这部分区域得到的信号被视为神经元集团对游戏世界的动作, 即我们根据这些区域的电极的表现来判断神经元想控制球拍如何运动。
- 出现于page3963图表
- 参考 :

- 论文的 Experimental model and subject details 部分提供的内容 :

尖峰信号可以选择性地记录在二进制文件中, 并且无论是否记录, 都会在10毫秒 (200个样本) 的周期内进行计数。在此期间, 游戏环境会获取配置的电极在预定义的运动区域内检测到的尖峰数量。这些尖峰计数根据尖峰发生的运动区域被解释为运动活动, 从而在虚拟空间中向上或向下移动 “球拍” 。

未校正的皮尔逊相关系数 (Uncorrected Pearson' s Correlations)

- 内容：
 - 一种统计分析方法，用于探索两个变量之间的线性关系强度和方向。"uncorrected" 意味着分析没有进行多重比较校正，这通常是在进行大量相关性测试时为了降低假阳性结果而进行的。
 - 文中出现于page3964 研究利用探索性未校正的皮尔逊相关分析，揭示了电生理活动与游戏表现之间的相关性，提供了对电生理活动如何影响游戏性能的见解。
 1. 平均比赛回合长度与平均（图8A）和最大（图8B）神经发放活动之间存在显著的正相关性。
 2. 对于运动区域1（图8C）和2（图8E）与感觉区域之间的交叉相关性，也与比赛表现显著正相关，这表明强的连通性与更好的游戏结果有关。
 3. 为了进一步研究活动地形分布与表现之间的关系，使用了四个离散余弦变换（DCT）系数的绝对值（相对于平均活动进行标准化）来描述自发活动的空间模式，并评估活动的对称性（图8E）。
 - DCT 0,1（图8F），测量水平面上的活动，与DCT 2,0（图8I），测量水平边缘与水平中心的活动，与平均回合长度显著负相关。
 - 而DCT 0,2（图8G），显示垂直边缘与垂直中心之间的差异，和DCT 1,0（图8H），测量垂直平面上的活动，则没有显示出显著的相关性。
 4. 根据配置布局，电生理活动对称性的偏差与游戏表现紧密相关是合理的。
 5. 为了确认对称性的重要性，分析了两运动区域的游戏电生理活动，并计算了相对于对称的标准化偏差。结果发现，对称性的偏差与平均回合长度显著负相关，当偏差超过约1个标准差时，似乎完全阻止了比对照组更佳的表现（图8J）。这表明如果细胞培养质量不均匀，细胞培养自发活动自我组织的能力是有限的。
 6. 最后，与上述结果一致，感觉区域（图8K）、运动区域1（图8L）和运动区域2（图8M）在游戏期间的活动水平越高，与更长的平均回合长度也呈正相关。
-

活动的拓扑分布（Topographical distribution of activity）

- 神经活动在不同脑区或神经网络中的空间分布模式。具体来说，它涉及分析在任务（如游戏）中，神经活动如何在脑的不同区域或神经网络的不同部分中分布，以及这种分布与表现之间的关系。
 - 文中
 - 某些DCT系数（如DCT 0,1和DCT 2,0）与平均回合长度显著负相关，这表明在水平轴上的特定空间分布模式与较差的性能有关
 - 其他DCT系数（如DCT 0,2和DCT 1,0）则与平均回合长度没有显著相关性。
-

双 SMAD 抑制（Dual SMAD Inhibition）

- 内容：
 - 是一种用于从人类诱导多能干细胞（hiPSCs）分化出长期培养的皮层神经元的方法。这种方法涉及使用两种抑制剂来阻断SMAD信号通路，这是细胞内部的一种信号传递机制，通常在调控细胞命运和增殖中起作用。通过抑制SMAD信号，DSI协议促进了神经元的形成，并支持了与支持性胶质细胞的密集连接。
-

硅生物系统 (Silico-biological system) 、

- 内容：
 - "silico" (计算机模拟、仿真) , "biological" (生物的)
 - "DishBrain" 系统就是一个这样的例子，它结合了人类或小鼠的体外神经网络 (来自生物体的部分) 和计算机模拟环境 (硅基部分) ，用于研究神经网络的计算和学习能力。
-

海马体硅模型 (ippocampal silico models)

- 内容：
 - 使用硅基材料 (如硅芯片) 来模拟人脑中的海马体结构和工作原理的模型。海马体是大脑中一个非常重要的部分，它在记忆形成和空间导航中起着关键作用。
-

感觉性电刺激 (‘ ‘sensory’ ’ (non-invasive) electrical stimulation)

- 内容：
 - 非侵入性电刺激：
 - 使用电流或电脉冲来刺激神经系统，而无需手术或穿刺。
 - 通常应用于皮肤表面，例如通过电极贴片。
 - 文中意思：
 - 通过高密度多电极阵列 (HD-MEAs) 向体外神经网络提供的电信号。这些电信号模拟了游戏世界中的感觉输入，例如模拟游戏中的球的位置和运动。这种刺激为神经细胞提供了关于其行为后果的感觉信息，使得神经细胞能够根据反馈调整其活动，从而展示出目标导向的学习能力。
 - 刺激通过8个预定义的感觉区域电极以特定频率和电压传递。
 - 刺激类型包括编码球的位置的“感觉刺激”和四种反馈协议 (不可预测、可预测、静默、无反馈) 。
-

平均回合长度 (average rally length)

- 内容：
 - 一个统计指标，指的是在一场比赛或一组比赛中，所有回合的平均长度，通常用时间 (秒) 或击球次数来衡量。
- 文中：
 - 指在模拟游戏中，神经网络控制的“球拍”成功击中球并使球继续游戏的平均次数。这个指标用来衡量神经网络在游戏中的表现，即它们在接收到游戏环境中的感官信息并给出反馈时的学习和适应能力。平回合长度越长，意味着神经网络在游戏中的表现越好，能更有效地控制球拍以达到预定目标。
 - 刺激和安静条件下的平均回合长度整体高于休息和无反馈条件。当比较各组相较于休息对照组的平均回合长度增加百分比时，发现了显著的交互作用。只有在刺激条件下，平均回合长度随时间显著增加。在时间点T1没有发现差异，但在T2时间

点上，刺激条件的平均回合长度显著高于安静和无反馈条件。有趣的是，尽管效应大小较小，但安静条件也显著优于无反馈条件。这表明仅靠信息是不够的，需要反馈来形成一个闭环的学习系统。当在T2的时间层面上进行跟踪时（按天），没有发现随时间的变化，但上述的组间差异仍然存在。当查看将ace（发球直接得分）合计（图6E）和测试的每一天（图6F）时，也观察到了类似的趋势。在T1时间点，刺激组的长时间交锋显著少于安静组和无反馈组，但在T2时相反，刺激组的长时间交锋显著多于无反馈组（图6G）。在按天跟进时，没有发现差异（图6H）。

电生理活动 (Electrophysiological Activity)

- 通过电生理学方法检测到的细胞活动，特别是指神经元产生的电信号活动，例如动作电位、突触传递和神经网络中的电位变化。在神经科学研究中，电生理活动是衡量神经元功能和神经网络通信的关键指标。

Electrophysiological activity is an essential measure of neuronal function, which is influenced by neuroinflammation. In order to study neuroinflammation and its electrophysiological fingerprints, there is a need for in vitro models that accurately capture the in vivo phenomena.

- 文中“BNNs 需要反馈进行学习”部分结尾处大意为：检测到的电生理活动是由给予的环境变化导致的。
-

皮层细胞 (cortical cells)

- 作者使用了来自人类和啮齿类动物（例如小鼠）的皮层细胞来构建体外神经网络，并将其集成到一个模拟的游戏世界中

使用皮层细胞可能的原因：1. 皮层细胞的代表性：皮层是大脑中最大的部分，包含了多种类型的神经元，负责处理感觉信息、认知功能和运动控制。使用皮层细胞可以更好地模拟和理解大脑的复杂功能。2. 皮层细胞的成熟度：皮层细胞在发育过程中能够形成复杂的树突和轴突网络，这对于形成功能性神经网络至关重要。此外，皮层细胞在体外培养中能够表现出成熟的功能特性。3. 皮层细胞的多样性和可塑性：皮层细胞能够响应不同的刺激并表现出可塑性，这对于学习和记忆等认知过程至关重要。通过研究皮层细胞在模拟游戏环境中的行为，可以更深入地理解这些过程。4. 皮层细胞的可用性：人类和小鼠的皮层细胞易于在体外培养，且已经有很多关于如何培养和操作这些细胞的研究。这使得研究人员能够相对容易地构建和测试体外神经网络。5. 皮层细胞的基因表达：皮层细胞可以表达特定的基因，这为研究神经网络中的特定分子和细胞过程提供了可能性。

适应不良 (maladaptive)

- 内容：
 - 不适应或不适切的行为
 - an initial maladaptive control of the paddle or perhaps an exploratory behavior
 - 当HCCs首次在一个环境中具身化时，其表现不如对照组，这可能是因为对paddle的初始不适应控制，或者可能是一种探索性行为。
 - 人类细胞和小鼠细胞在相同环境下学习能力不同
-

NGN2 直接重编程 (NGN2 Direct Reprogramming)

- 内容：
 - NGN2 direct reprogramming 是一种通过使用转录因子 NGN2 (Neurogenin 2) 直接将非神经细胞 (如皮肤细胞或纤维细胞) 转化为神经元的技术。
 - 这种方法属于细胞重编程技术
 - 在这种重编程过程中, 通过将 NGN2 基因引入目标细胞, 可以直接激活神经特异性的基因表达程序, 从而将这些原本非神经的细胞转变为功能性的神经元。
 - 参考：
 - GPT：

NGN2 direct reprogramming 是一种通过使用转录因子 NGN2 (Neurogenin 2) 直接将非神经细胞 (如皮肤细胞或纤维细胞) 转化为神经元的技术。这种方法属于细胞重编程技术, 是一种非常有前景的细胞治疗策略, 尤其是在治疗神经退行性疾病和进行神经科学研究方面。

在这种重编程过程中, 通过将 NGN2 基因引入目标细胞, 可以直接激活神经特异性的基因表达程序, 从而将这些原本非神经的细胞转变为功能性的神经元。这种转化通常伴随着细胞形态的改变、神经特异性蛋白的表达以及电生理功能的获得。

NGN2 直接重编程的优势在于其转化效率高、过程快速, 并且生成的神经元具有比其他方法更一致和成熟的特性。这使得 NGN2 直接重编程成为了神经科学和再生医学领域的一个重要工具, 特别是在疾病模型的建立、药物筛选和细胞替代疗法的开发中。
-

功能性连接 (Functional Connectivity)

- 内容：
 - 在生物学和特别是神经科学领域中, 功能性连接 (functional connectivity) 指的是不同脑区或神经元之间的统计相关性或同步活动, 这种联系反映了它们在功能上的协同作用, 而不一定涉及直接的物理连接 (如神经纤维或突触连接)。
 - 功能连接性是用来研究大脑各部分如何协调工作以支持认知、感知和行为等功能的一个重要概念。
 - 参考：
 - GPT：

在生物学和特别是神经科学领域中, 功能连接性 (functional connectivity) 指的是不同脑区或神经元之间的统计相关性或同步活动, 这种联系反映了它们在功能上的协同作用, 而不一定涉及直接的物理连接 (如神经纤维或突触连接)。

功能连接性是用来研究大脑各部分如何协调工作以支持认知、感知和行为等功能的一个重要概念。
-

偶发行为 (sporadic behavior)

- 内容：
 - behavior that is random, patternless, or happens in scattered instances
 - 具有随机性、无规律性或散乱出现的行为
-

同步爆发活动 (Burst of Synchronized Activity)

- 内容：
 - 在神经网络中，多个神经元几乎同时发放动作电位的现象。
- 参考：
 - GPT：

在神经科学中，同步爆发活动 (synchronous bursting activity) 是指在神经网络中，多个神经元几乎同时发放动作电位的现象。这种同步性的神经活动在大脑的多个功能中扮演着重要角色，包括信息的编码、传递以及学习和记忆等过程。时间上的同步性：同步爆发活动中，神经元群体在非常短的时间窗口内同时活跃，这种精确的时间对准使得信息能够在神经网络中高效传播。空间上的协调：涉及到的神经元可能分布在大脑的不同区域，但它们通过某种方式（如网络连接、神经递质调控等）实现活动的同步。调控机制：神经元的同步爆发可能受到多种因素的调控，包括神经递质的释放、离子通道的特性、突触后电位的整合等。此外，环路反馈和振荡网络也是重要的调控机制。

电生理成熟性 (Electrophysiological maturation)

- 内容：
 - 电生理成熟 (Electrophysiological maturation) 是指神经元及其网络在发育过程中，电生理特性的逐渐成熟和完善的过程。
- 参考：
 - GPT：

电生理成熟 (Electrophysiological maturation) 是指神经元及其网络在发育过程中，电生理特性的逐渐成熟和完善的过程。这一过程对于大脑的功能发展至关重要，影响着神经元的兴奋性、信号传导方式、以及与其他神经元的连接和交流能力。电生理成熟的主要特征包括：离子通道的变化：随着神经元的成熟，其膜上的离子通道特性会发生变化，包括离子通道的类型、数量和功能。这些变化影响神经元的兴奋性和动作电位的产生与传播。突触特性的发展：神经元之间的突触连接在发育过程中会逐渐增多并成熟，突触的效能和可塑性也会随之改变。突触的成熟不仅涉及其结构的变化，还包括突触后电位的调整和神经递质释放机制的优化。网络振荡和同步性的增强：随着神经网络的成熟，网络内的神经元开始展现出更加协调的振荡行为和同步活动，这对于信息的处理和传输非常重要。反应模式的多样化：成熟的神经元和神经网络能够以更复杂和多样化的方式响应外界刺激，这包括对不同类型刺激的特异性

自发动作电位 (Spontaneous Action Potentials)

- 内容：
 - 自发性动作电位 (spontaneous action potentials) 是指在没有外界刺激的情况下，神经元自发产生的动作电位。
 - 动作电位 (英语：action potential)，指的是静止膜电位状态的细胞膜受到适当刺激而产生的，短暂而有特殊波形的跨膜电位波动。
 - 一个初始刺激，只要达到了阈电位 (threshold potential)，不论超过了多少（也就是全有全无律）就能引起一系列离子通道的开放和关闭，而形成离子的流动，改变跨膜电位。而这个跨膜电位的改变尤能引起临近位置上细胞膜电位的改变，这就使得兴奋能沿着一定的路径传导下去。
- 参考：

- [🔗 动作电位 - Wikipedia](#)
-

趋化效应 (chemotactic effects)

- 内容：
 - 趋化性 (英语：Chemotaxis，亦被称为化学趋向性) 是趋向性的一种，指身体细胞、细菌及其他单细胞、多细胞生物依据环境中某些化学物质而趋向的运动 (详细请看细胞迁移)。
 - 正趋化性指趋向较高化学物质浓度的运动，而负趋化性则相反。
 - 参考：
 - [🔗 趋化性 - Wikipedia](#) [🔗 趋化性 - Wikipedia](#)
-

拓扑结构 (Topography)

- 内容：
 - 正常的意思应该是地形学，但是本文中用拓扑结构更正式和学术一些。
 - Topography 指代一个地区自然和人造物理特征的排列。
 - 在生物科学研究中，Topography 还可以指代器官或生物体表面上或内部部分或特征的分布。
 - 文中意：
 - 当讲到培养物的拓扑结构时，就是生物体表面上或内部部分或特征的分布。
 - 当讲到 MEA 的拓扑结构时，就是人造物理特征的排列。
 - 参考：
 - [🔗 Dictionary - Topography](#) [🔗 Dictionary - Topography](#)
-

拓扑一致 (Topologically Consistent)

- 内容：
 - 数学上的拓扑一致性太过抽象，不做解释。
 - 本文中：
 - 文中提到的 MEA 和 培养物拓扑一致应该就是 MEA 中的人工设计的特征和培养物的生物特征分布能够对上。
-

泛神经元标记物 (pan-neuronal markers)

- 内容：
 - 在新生细胞分化比例在组间变化的情况下，可能会用到一系列标记物来检测神经元在分化的不同阶段之间的差异。

- 在神经科学研究中，泛神经元标记物是一类特殊的生物标记物，用于在多种类型的神经细胞中普遍表达，从而帮助科学家识别和研究神经元。
- 参考：
 - [🔗 神经元标记物](#)
 - GPT：

在神经科学研究中，“pan-neuronal markers”（泛神经元标记物）是一类特殊的生物标记物，用于在多种类型的神经细胞中普遍表达，从而帮助科学家识别和研究神经元。这些标记物对于区分神经元与非神经细胞（如胶质细胞）、研究神经发育、神经退行性疾病和其他神经相关疾病的机制非常重要。

位置编码（Place-Coding）

- 内容：
 - 一种神经编码策略，这些编码策略在神经科学中用于描述如何通过神经元的活动模式来表示信息。
 - 位置编码涉及到神经元在特定位置的活动，这通常与神经元对于物理或感官环境中特定位置的响应有关。在您提到的研究中，位置编码用于将刺激的位置（如球在y轴上的位置）映射到神经元的活动上。这种编码方式使得特定的神经元或神经元群体在动物或系统处于或感知到特定空间位置时被激活。
 - 位置编码通常与所谓的“位置细胞”（place cells）紧密相关。这些细胞首次在大鼠的海马体中被发现，它们在动物处于特定的环境位置时活跃。每个位置细胞对应于环境中的一个特定区域，当动物进入或靠近这个区域时，相应的位置细胞就会被激活。
 - 位置编码通过位置细胞的活动模式，使大脑能够构建一个关于环境的内部地图，帮助动物导航和记忆空间位置。这种编码方式是非常具体的，因为不同的位置细胞会在动物位于不同的空间位置时激活。
- 参考：
 - GPT：

位置编码（place coding）是神经科学中的一个重要概念，特别是在研究大脑如何处理和记忆空间信息的领域中。这个概念主要与海马体相关，海马体是大脑中负责学习和记忆的关键区域。

位置细胞

位置编码通常与所谓的“位置细胞”（place cells）紧密相关。这些细胞首次在大鼠的海马体中被发现，它们在动物处于特定的环境位置时活跃。每个位置细胞对应于环境中的一个特定区域，当动物进入或靠近这个区域时，相应的位置细胞就会被激活。

位置编码的功能

位置编码通过位置细胞的活动模式，使大脑能够构建一个关于环境的内部地图，帮助动物导航和记忆空间位置。这种编码方式是非常具体的，因为不同的位置细胞会在动物位于不同的空间位置时激活。

研究意义

位置编码的研究不仅增进了我们对空间记忆和学习机制的理解，还对理解某些神经退行性疾病（如阿尔茨海默病）中记忆丧失的过程提供了洞见。此外，这一概念也启发了人工智能领域中的空间导航算法的发展。

结合频率编码 (Combined Rate Coding)

- 内容：

- 一种神经编码策略，这些编码策略在神经科学中用于描述如何通过神经元的活动模式来表示信息。
- 结合频率编码是一种更复杂的编码策略，它结合了频率编码 (rate coding) 和位置编码的元素。
- 频率编码侧重于神经元发放动作电位的频率，用来表示不同的信息强度或类型。

- 本文中：

- 在结合频率和位置编码的情况下，不仅传递位置编码后的电刺激给神经元，同时电刺激的频率也编码了部分信息。

- 参考：

- GPT：

结合频率编码是一种更复杂的编码策略，它结合了频率编码 (rate coding) 和位置编码的元素。频率编码侧重于神经元发放动作电位的频率，用来表示不同的信息强度或类型。在结合频率和位置编码的情况下，不仅位置信息通过特定神经元的活动位置被编码，同时这些神经元的激活频率也携带额外的信息。

- 三阶复杂度

- 内容：

- 三阶复杂度的意思就是指系统每一个元件必须包括三个动态的电物理过程

- 参考：

- Third-order nanocircuit elements for neuromorphic engineering

Current hardware approaches to biomimetic or neuromorphic artificial intelligence rely on elaborate transistor circuits to simulate biological functions. However, these can instead be more faithfully emulated by higher-order circuit elements that naturally express neuromorphic nonlinear dynamics^{[1,2,3,4](#)}.

Generating neuromorphic action potentials in a circuit element theoretically requires a minimum of third-order complexity (for example, three dynamical electrophysical processes)^{[5](#)}, but there have been few examples of second-order neuromorphic elements, and no previous demonstration of any isolated third-order element^{[6,7,8](#)}. Using both experiments and modelling, here we show how multiple electrophysical processes—including Mott transition dynamics—form a nanoscale third-order circuit element. We demonstrate simple transistorless networks of third-order elements that perform Boolean operations and find analogue solutions to a computationally hard graph-partitioning problem. This work paves a way towards very compact and densely functional neuromorphic computing primitives, and energy-efficient validation of neuroscientific models.