科学家在全脑尺度揭示大脑依托过往经验做决策神经机制

作者：writer 来源：科学网

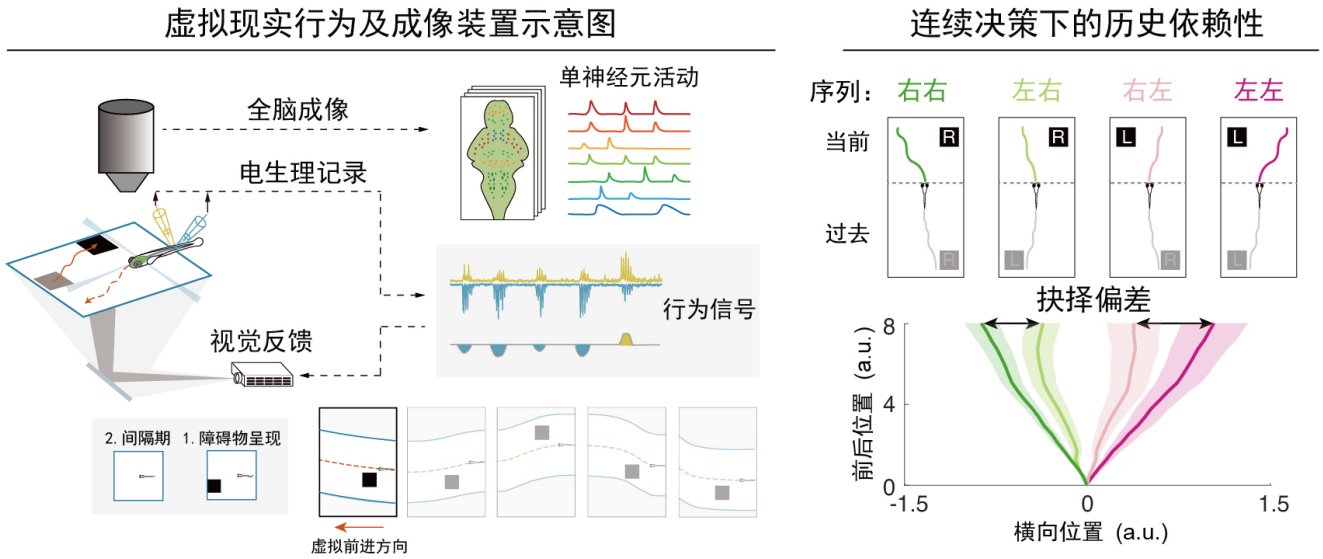
本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/40294.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

科学家在全脑尺度揭示大脑依托过往经验做决策神经机制。中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心（以下简称脑智卓越中心）研究员穆宇团队联合北京大学教授吴思团队，基于斑马鱼幼鱼全脑尺度单细胞分辨率钙成像、闭环虚拟现实行为、光遗传操控和神经计算建模技术，首次在全脑尺度揭开大脑依托过往经验做决策的神经机制，为未来具身智能系统和机器自主控制提供了来自全脑生物计算的启发。6月10日，相关研究成果发表于《自然》。

生活中，我们总会下意识地受近期经历影响做出选择，最近发生过的事情，往往会改变下一次选择。同样的，动物在觅食或躲避风险时，也常常会根据刚刚获得的线索调整下一步行动的方向。这种由近期经历影响当前感知和行为的现象，被称为序列依赖或历史偏向。该现象广泛存在于人类、哺乳动物和昆虫等多种动物中，被认为有助于大脑利用环境的连续性，提高行为效率。然而，过去的研究主要揭示了大脑中哪些区域携带历史信息，对于这些信息如何被稳定保存、如何被灵活更新、又如何转化为未来行为，仍缺乏清晰的全脑机制解释。

为解决此问题，研究团队建立了斑马鱼幼鱼闭环虚拟现实避障行为系统，能在行为过程中以单细胞分辨率同时记录斑马鱼全脑神经活动。结果显示，斑马鱼对障碍物的躲避行为不仅取决于当前刺激，还显著受到更早经历的影响。当连续两次障碍物出现在同一侧时，斑马鱼会表现出更强的躲避反应，表明斑马鱼能够在数十秒时间尺度上保存过去经历，并将其用于调节后续行为。



虚拟现实实验设计及斑马鱼幼鱼连续避障中的历史依赖行为。研究团队供图

这时，研究团队借助了在脑智卓越中心研究员杜久林团队、副研究员杜旭飞团队在斑马鱼全脑多模态图谱系列工作中建立的优势数据库，对全脑同步记录到的神经元精准分区，完成逐脑区的全面无偏差比较，系统筛查发现了多个脑区都能够在障碍物消失后继续保留历史信息。其中，背侧丘脑的表现最为突出，能够最稳定、最持久地通过持续活动区分最近一次障碍物来自左侧还是右侧。抑制背侧丘脑活动会消除历史依赖行为，而单侧激活背侧丘脑则可以人为写入类似过去经历的信号，从而改变动物下一次选择。

值得一提的是，背侧丘脑并不是单独完成整个计算。它更像一个记忆开关，以稳定的离散状态保存最近一次经历，而位于脑干的下游神经元群则像一个积分器，将丘脑提供的历史信息与当前感觉输入相结合，形成能够反映多次经历的连续信号，并最终影响行为输出。换言之，大脑通过跨脑区分工协同，将一个短暂的感觉事件转化为可持续、可更新、可用于未来行动的内部状态。

进一步地，研究团队构建了脑图谱约束的跨脑区计算模型。该模型不同于传统神经计算模型，它基于斑马鱼脑图谱在系统到单细胞层次的生物合理性约束，将感觉输入层、丘脑吸引子网络和脑干积分器连接起来，能够重现斑马鱼连续抉择行为和相关神经活动，并揭示抑制性神经元异质性对于稳定记忆和灵活切换的重要作用。

从计算结构上看，该模型提出了吸引子-积分器全脑协同架构。具体而言，丘脑吸引子网络以稳定离散状态保存最近经历，脑干积分器则基于吸引子状态的迁移和当前感觉输入进行信息整合，从而将短暂感觉事件转化为可持续影响未来行为的内部状态。因此，模型从生物脑结构和神经算法两个层面实现了创新，说明稳定记忆和灵活更新可以通过不同脑区、不同神经元类型和不同动力学模块的分工协同实现。

研究团队表示，这项工作表明，在全脑尺度、单细胞分辨率的研究范式下，全脑图谱不仅是解剖学资源，也可以成为连接真实脑结构和神经计算原理的重要桥梁。这也呼应了《自然》同期简报以《斑马鱼脑如何将近期经历织入未来抉择》为题对该全脑研究范式发展方向进行展望，即理解复杂脑功能，需要同时掌握全脑宏观协同和单细胞的微观机制。（来源：中国科学报 江庆龄）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41586-026-10623-3

作者：穆宇等 来源：《自然》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发