

胡岗等人揭示大脑神经系统编码长时程时间信息的机制

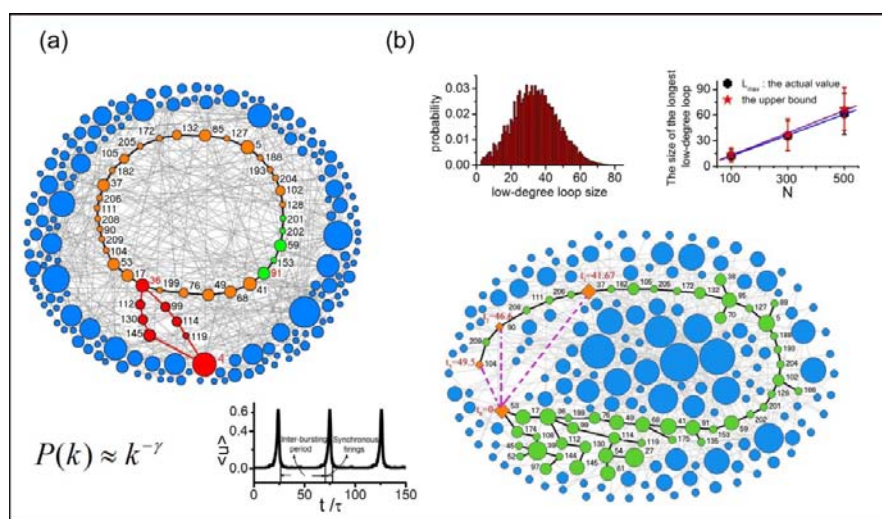
物体信息包含在神经系统所接受到的感觉输入的时空结构中。过去几十年,人们对神经系统如何提取视觉输入中的空间信息有了一定了解,但对脑如何处理时间信息却知之甚少。一个广泛争议的焦点是:脑是依赖于一个统一的时钟还是利用局部神经环路分布式地记录时间?在与时间相关的信息处理中,节律信息的提取和编码又极为重要,因为它是我们识别语音、产生节律运动和欣赏音乐的基础。在实验中发现,斑马鱼视觉中枢-视顶盖神经环路在经过重复视觉刺激训练后,能记录周期长达 20 秒的节律性信息(Sumbre et al. Nature 2008)。那么,一个局部神经环路是如何实现这一点的呢?回答这个问题对我们理解脑处理时间信息的机制有重要的启示。

2013 年 12 月《美国科学院院报》(Proceedings of the National Academy of the Sciences of the United States of America)发表了北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室吴思教授和物理学系胡岗教授课题组共同合作的研究论文。博士研究生弭元元、廖旭红等人通过研究揭示了神经系统编码秒量级时间节律信息的简单有效机制:海量神经元形成无标度库网络,其包含了各种尺度的闭合环或长链,以此来编码大范围的时间节律信息;当受到外部刺激时,大脑从库网络中选出相应大小的环来记录输入的节律信息。该工作支持大脑可以利用局部神经网络内在动力学来分布式地处理时间信息。

该工作发表后,Medical Xpress 做了专文评述,题为“The brain’s got rhythm: Extracting temporal patterns of visual input”。

(<http://medicalxpress.com/news/2013-12-brain-rhythm-temporal-patterns-visual.html>)

该项目得到了国家自然基金的资助。



图：神经系统编码时间节律信息的机制。(a)一个具有无标度拓扑结构的神经网络。在图示中,神经元半径和其连接度成正比。网络中隐藏的由大量低连接度神经元所组成的长环可编码节律信息,其和高连接度(枢纽)神经元共同作用,使得网络产生了如实验所发现的周期性同步发放。(b)无标度网络蕴藏了丰富的不同尺度的环,最长环的长度随网络尺度线形增加。通过 Hebb 学习率,网络可以从资源库中选出和输入节律相匹配的环。

脑与认知科学研究院、物理学系