

## 方方、罗欢课题组成果入选2020年度“中国神经科学重大进展”

---

为了推动神经科学领域的创新发展，充分展示和宣传神经科学领域的重大科研成果，中国神经科学学会于2020年度首次开展“中国神经科学重大进展”推荐工作。

北京大学心理与认知科学学院、北京大学麦戈文脑科学研究所方方课题组和罗欢课题组在人类注意机制方面的研究成果入选2020年度“中国神经科学重大进展”。

### 成果回顾：

2019年11月20日，《Nature Communications》发表了北京大学心理与认知科学学院、北京大学麦戈文脑科学研究所方方教授课题组和罗欢研究员在人类注意机制方面的重要进展。该研究通过重建人脑同时注意多个特征时的神经表征，首次揭示了注意在特征空间的“节律性探照灯”加工模式。论文题目为“Competing rhythmic neural representations of orientations during concurrent attention to multiple orientation features”。

面对外界海量信息，人脑需要把有限的注意加工资源进行合理分配。当注意加工资源集中于某个非空间特征（颜色、朝向、运动方向等）的时候，个体对整个视野范围内所有包含了目标特征的视觉客体的感知都会变得更加敏锐。这种注意过程被称为基于特征的注意（feature-based attention）。在目标对象位置未知的时候，基于特征的注意能够帮助个体快速寻找并定位潜在目标对象的准确位置。在复杂的视觉情境下，个体往往需要同时对视野空间中多个视觉特征进行加工，例如篮球运动员准备传球时，需要同时关注己方队员和对方队员的运动方向，以规划最优传球路线。因此，大脑如何同时注意多个视觉特征就成为了视觉科学领域所关心的重大问题。

解决这一问题的关键是在人脑神经活动中标记和追踪注意过程中每个目标特征的神经表征的动态变化过程，而前人研究中的技术范式却难以做到这点。功能磁共振成像虽然具有高空间分辨率，但时间分辨率较低，无法捕捉神经活动的动态过程。而脑电图虽然有高时间分辨率，但空间分辨率较低，无法精确刻画神经活动的空间模式。此外，对人脑活动的非侵入式记录往往反映了成千上万神经元的协同活动，因此还需要基于计算模型对每个特征的神经表征信息进行还原。为此，研究团队采用了同时具有较高时间和空间分辨率的脑磁图（MEG）技术记录人类同时注意多个视觉特征的大脑活动（图1），并创新性通过逆向编码模型（Inverted Encoding Model, IEM），在毫秒级别上重构了各个注意目标特征表征的动态变化过程。IEM将脑磁图信号分解为一系列朝向信息通道(orientation information channel)响应的线性和，并通过估计各通道的线性权重，还原信息通道的响应（图2）。在实验过程中，被试同时注意两个朝向（45度和135度）。与此同时，研究团队逐时间点还原各信息通道的瞬时响应并进行分析。结果发现，大脑并没有将注意资源在两个目标特征之间并行分配，而是以每200-300ms的速度在多个特征间进行交替切换。这表明在同时注意多个特征的过程中，大脑采用了一种超越了物理空间的“节律性探照灯”，在特征维度空间中交替对各个目标特征进行增强（图3-4）。研究团队进一步在行为层面上验证了这种节律性的特征注意模式，并建立了相应计算神经模型。结果表明，这种多特征间的节奏性交替增强可能来源于神经元群体之间的局部竞争，而不是

全局范围的反馈调制。这些研究结果从行为、神经和计算模型多个角度一致系统地揭示了多特征注意加工的神经机制，首次发现了特征空间中的“节律性探照灯”，填补了该领域的空白，也为类脑人工智能提供了来自于人脑启发的动态信息组织原则。

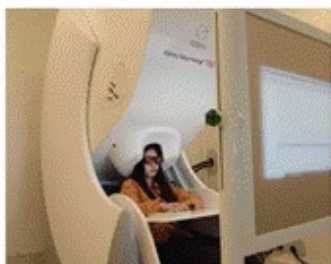


图 1: 北京大学脑磁图数据采集系统

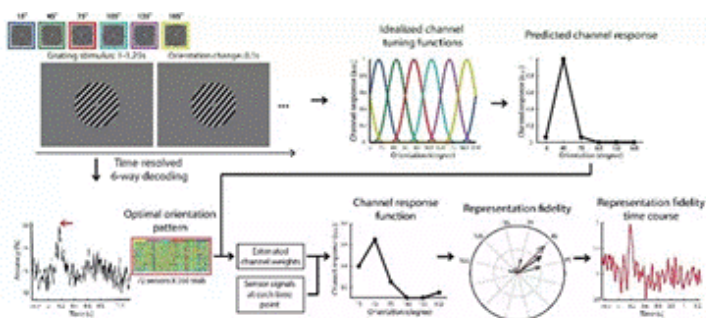


图 2: 基于 IEM 重构朝向表征的动态变化过程

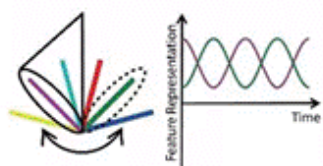


图 3: 特征空间中的“节律性探照灯”

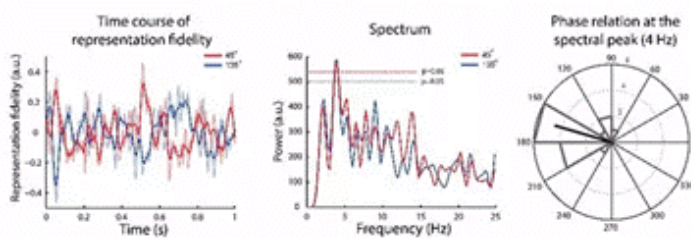


图 4: 朝向表征的时间动态变化

2020-12-21