
研究揭示复杂光流运动视觉错觉产生的脑神经机制

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/3971.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！

研究揭示复杂光流运动视觉错觉产生的脑神经机制。2月19日，《神经科学杂志》在线发表了题为《随着光流：真实光流运动向错觉光流运动转换的脑神经机制》的研究论文。该研究由中国科学院神经科学研究所、脑科学与智能技术卓越创新中心、神经科学国家重点实验室和中科院灵长类神经生物学重点实验室视知觉脑机制研究组完成。光流运动(Flow motion)视觉错觉包括旋转错觉、收缩和扩张错觉以及螺旋运动错觉。结合心理物理实验和脑功能核磁成像技术，该研究组及其同事的前期合作工作首先揭示了旋转运动错觉的表征区域问题，他们发现编码真实旋转运动的人内颞上区(MST)也能够编码错觉旋转运动(Pan et al.,2016; Wang et al., 2018)。以此为基础，该研究组进一步探索了真实光流运动向错觉光流运动转化的脑神经生理机制。这种信息转化机制的阐明能够帮助人们更好地理解视觉信息在不同等级脑区之间的传递过程以及从局部到整体的视觉信息整合的加工原理。

视觉错觉，是一种真实的感知觉，它反映的是人视网膜物理(光)输入和大脑视皮层感知之间的一致，是人类大脑通过复杂的脑区之间的相互作用和海量神经计算而产生的。人类在自然生活中，由于视觉刺激和场景的不同，再加上观察者生理上和心理上的差异，可以自觉和不自觉地感知到各种各样的视觉错觉，如运动视觉错觉、形状视觉错觉、颜色视觉错觉、大小和位置视觉错觉等。由于视觉错觉令人着迷的特殊性和丰富性，它激发了人类研究真实和错觉之间的关系以及错觉在大脑中是如何产生的脑机制，为人们深入解读大脑奥秘提供了一个重要窗口。图1A展示的是著名的Pinna旋转视觉错觉，当人注视图片中心黑点，头部靠近(或远离)屏幕时，会很明显地感受到两个圆环在分别以逆时针和顺时针(或顺时针和逆时针)方向旋转，但事实上圆环本身没有任何物理移动。这种整体运动视觉错觉感知的强弱，与构成图形的局部细节密切相关。虽然Pinna错觉广为人知，但它在大脑中是如何产生的脑神经编码机制迄今不清楚。

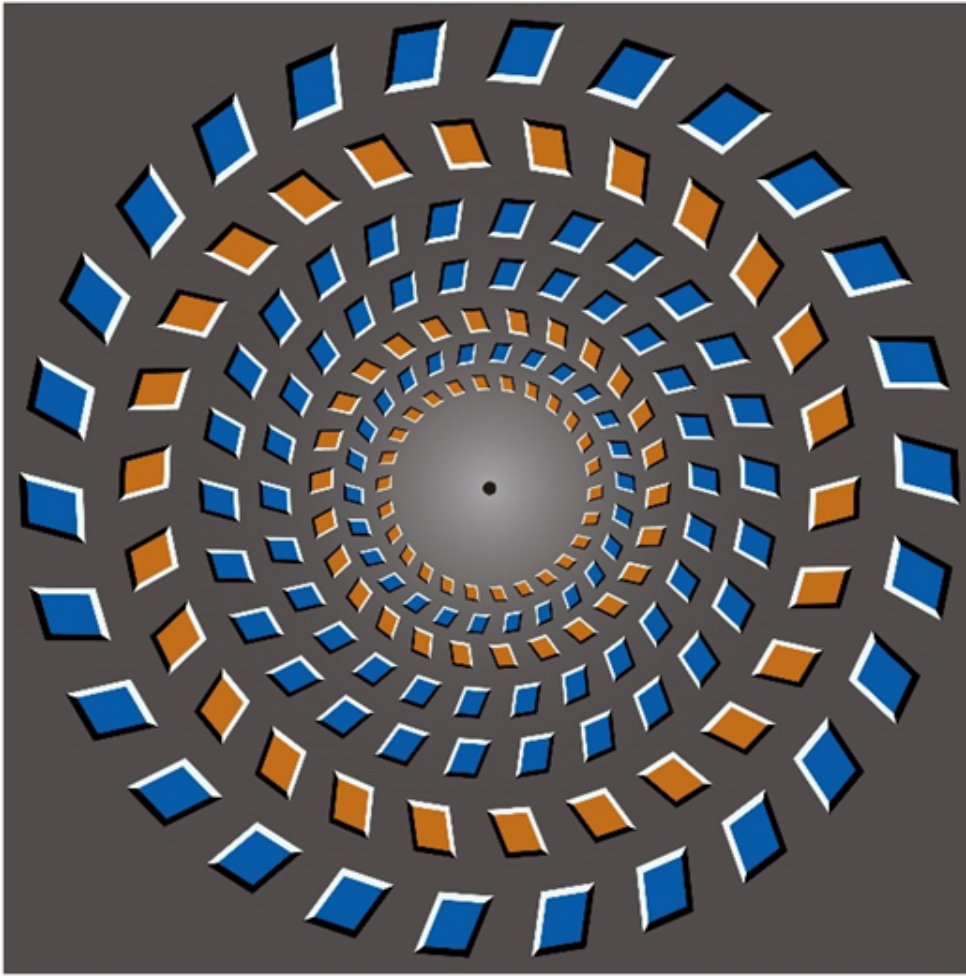
本工作中，该课题组科研人员通过使用心理物理和单个神经元电生理记录技术手段，在精确控制Pinna错觉刺激参数的条件下，详细研究了各类复杂光流运动(包括旋转、扩张/收缩和螺旋，图1B)，从真实向错觉转化发生事件过程中的运动信息脑神经整合机制。在心理物理实验中(图1C)，他们首先揭示了猕猴和人一样，也能感知到Pinna运动错觉。在猕猴背侧视觉通路中两个编码视觉运动信息的高级脑区，背侧内颞上区(MSTd)和中颞区(MT)进行单细胞电生理记录，结果表明MSTd脑区神经元可以等价地表征真实和错觉的复杂光流运动，并且这两类光流运动信息都是通过大范围视野内整合其前级MT脑区局部运动信号的输入而产生得来的。进一步的研究表明，各种复杂光流运动错觉在MSTd脑区神经元中的表征需要花费更多的神经整合时间(图2，左侧)。借助Pinna错觉刺激的各种独有优势，他们的实验结果首次揭示了复杂光流运动视觉错觉在背侧视觉通路MT和MSTd脑区中的神经整合编码机制：首先，MSTd脑区中特异性编码某一类真实光流运动(分别编码如旋转、收缩、扩张和螺旋运动)的神经元也能够编码相对应的视觉错觉光流运动；其次，和真实运动一样，光流运动视觉错觉也是通过整合其前级MT脑区神经元局部视觉运动信

号而形成的。MT神经元的这些局部视觉运动信号是通过光圈孔径效应(Aperture effect)产生的。最后，光流运动视觉错觉需要更长的神经整合时间来完成从局部到整体的视觉表征。蒲肯野在150年前曾经说过：“illusions contain visual truth(视觉错觉包含视觉真相)”。他们的工作也为蒲肯野对视觉错觉的精确表述，提供了最直接的神经生理学证据和理论支持。

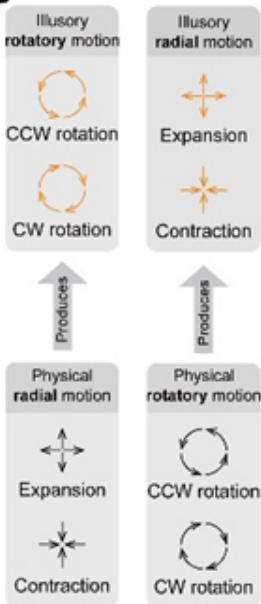
此项工作由视知觉脑机制王伟课题组博士研究生罗俊翔完成，王伟课题组的其他同学和同事在该课题研究中也发挥了重要作用。顾勇参与了该课题的设计并共同指导罗俊翔。此项工作得到中科院战略性先导科技B类专项(XDB32060200)、上海市市级科技重大专项(2018SHZDZX05)和国家自然科学基金委(31571078，31761133014和31861143032)的资助。

A

Pinna-Brelstaff Illusion



B



C

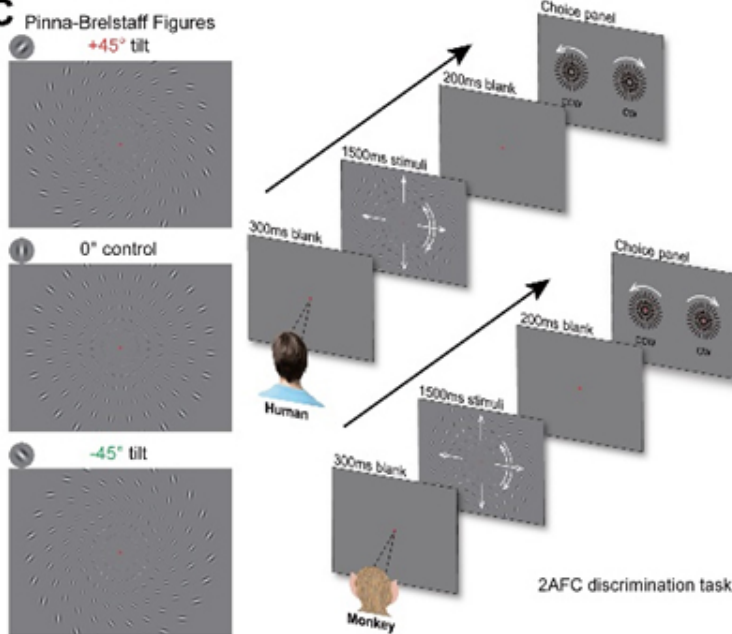


图1.(A)在注视中间黑点的同时前后移动头部，可以看到同心圆环在旋转。(B)Pinna错觉图片中真实径向运动(左半图)和旋转运动(右半图)能够分别诱导产生错觉的旋转和径向运动。(C)左半图：

实验中使用的Pinna刺激图片，改变图中高斯光栅的倾角($+45^\circ$, 0° 和 -45°)能够改变被试感知的错觉运动模式;右半图：人和猕猴心理物理实验步骤的展示。

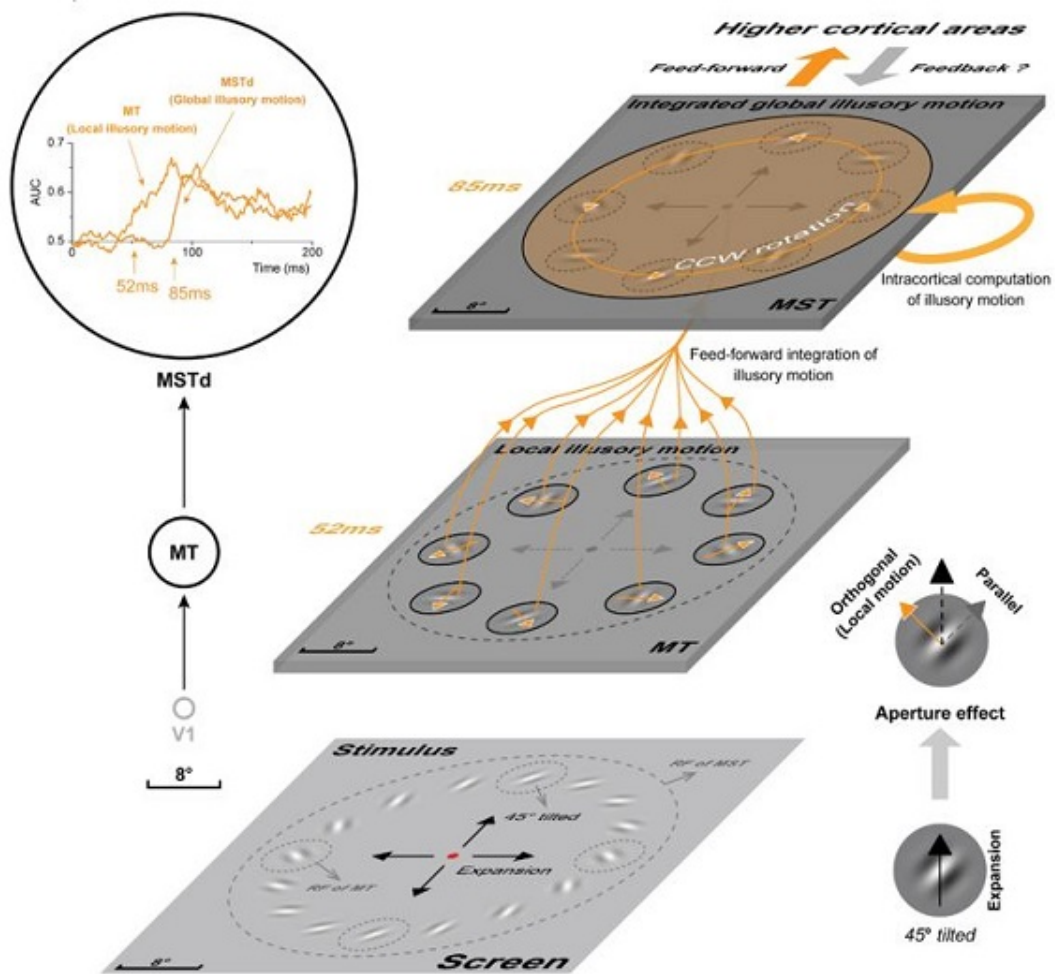


图2.以旋转光流运动视觉错觉为例，展示其从局部到整体的神经整合过程。图中展示了一个拥有大感受野对真实逆时针旋转运动敏感的MSTd神经元(图片上部)及其是如何整合其前级MT区神经元(图片中部)编码的局部运动信号的示意图。错觉逆时针旋转运动来源于 $+45^\circ$ Pinna错觉图片的真实扩张运动(图片下部)。图左黑色的圆圈表示不同大小的MT和MSTd神经元的感受野。上部MSTd神经元感受野内展示的是MT和MSTd神经元动态时程反应曲线，揭示了错觉运动信号从MT到MSTd区的传输整合过程所需要的时间。右下侧的图片展示了受到孔径效应影响后MT脑区神经元所编码的垂直于高斯光栅方位的运动方向信号(橘黄色箭头);这种发生偏转的局部运动信号被一群成圆环排列的MT神经元所编码(图片中部的橘黄色箭头)，之后被一个编码真实逆时针旋转运动敏感的MSTd神经元进行大视野范围内的整合，从而实现从局部到整体的整合(图片上部和中部之间的桔黄色箭头表示)，形成逆时针旋转运动的视觉错觉(图片上部的长橘黄色箭头)。

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](http://iikx.com)转发