**《运动刺激在视觉加工过程中因中央-外周拮抗机制所引起的知觉结果》文献阅读报告**

3220102692 毛沛炫

1. **研究背景**

中央-外周拮抗机制在一系列有关运动加工的心理物理实验中至关重要且十分普遍。如果这种机制在运动加工过程中是不可或缺的，那么随着运动刺激的空间尺寸变大，对于运动方向的视觉判断力就会下降。但实际上，在刺激处于低对比度和加入噪点干扰两种情况下，随着刺激变大，对运动的视觉判断力增加了，表现出一种空间累加机制。而且，在视觉皮层中，我们发现中央-外周的交互作用是和刺激的对比度有关的，在低对比度时表现为累加机制，在高对比度时表现为周边抑制1-5。而为了探究高对比度下运动刺激的心理物理现象，在传统的对比度阈值测量方法的基础上，研究者设计了一系列实验来测量观察者对不同大小和对比度的刺激的运动方向判断能力。

1. **研究方法及主要发现**
   1. **参数设置**

测量运动方向判断能力的实验设计采用阶梯法(82%)来测量阈值，实验材料是Gabor光栅。环境亮度为4.8 cd/m2，PTB窗口参数为背景亮度60.5 cd/m2，刷新率120Hz，刺激大小定义为Gabor光栅±2σ的范围，判断时间定义为高斯时间函数的±2σ时间范围。

* 1. **实验一**

研究者首先对光栅(sf=1 cycle per degree, sp=2°s-1)设置了6组不同的对比度(2.8%, 5.5%, 11%, 22%, 46%, 92%)以及5组不同的视角尺寸(0.7°, 1.3°, 2.7°, 4°, 5°)，共30组实验条件。

研究结果表明：在低对比度(2.8%)的情况下，随着刺激增大，阈值减小，运动方向判断能力增强；在高对比度的情况下，随着刺激增大，阈值增加，运动方向判断能力减弱。在刺激较小、投射在中央视野的情况下时，随着对比度增加，运动方向判断能力增强；在刺激变大、覆盖外周视野的情况下，随着对比度增加，运动方向判断能力减弱。

进一步的研究表明：当刺激变大超过2.7°时，随着对比度增加，判断阈值会从原来的减小变成增加。这说明2.7°是一个临界大小。研究者还将同一对比度、不同大小的刺激所得阈值进行对数化，更加直观的看出在高对比度情况下才会出现周边抑制现象。

* 1. **实验二**

为了进一步验证实验一的结论，研究者用不同的光栅(sf=1cycle per σ, sp=2°s-1)重复了实验一，并得到了相同的结论。

为探究原理，研究者在光栅上增加了三组对比度不同（0%, 16%, 46%）的动态噪点干扰，通过噪点来降低运动刺激的视觉辨识度。实验结果表明：高对比度下，数据符合空间累加机制，即噪点能够提高被试对于大光栅的运动方向判断水平；在低对比度噪点和无噪点情况下，大光栅的周边抑制现象依然存在。总体来说，噪点的存在反而增加了大光栅的可视度。

在大部分中央-外周视神经元运动研究中，研究者会采用随机噪点图(broadband random-dot display)来进行实验。有一半的噪点会以固定的速度定向运动，而另一半噪点则在初始位置不断随机生成新的噪点。该实验中，研究者对噪点图(3×3 pixels each arcmin, sp=6.2°s-1)设置了两组不同的对比度(92%，9%)以及三组不同的大小(0.67°, 1.67°, 4°)，共6组实验条件。实验结果与光栅对比度结果相同，在高对比度下增加刺激大小会出现运动周边抑制现象。

考虑到运动视神经元感受野范围随着视网膜偏心率的增加而增加5,6，研究者对光栅(sf=0.5 cycle per degree，sp=4°s-1, contrast=92%)了4组不同的偏心率(0°, 18°, 36°, 54°)以及6组不同的大小(1.2°-7.8°)，共24组实验条件。实验结果表明：随着偏心率的增加，大光栅的周边抑制现象逐渐减弱；而在偏心率在54°的条件下，被试对于不同大小刺激的运动判断能力几乎没有表现出差异。

* 1. **实验三**

上述实验中，运动刺激的呈现都采取连续性运动，即刺激的相位在每一帧都会发生改变。而运动刺激也可以通过相位的瞬时改变来实现。在刺激呈现的100ms时间内，只有在50ms左右的一帧中，刺激的相位会发生改变，改变范围在0-90°。将运动方式改为瞬时相位改变同样可以获得与连续性运动相同的结论。

已知当对比度减小时，刺激的视觉可识别度会降低7。研究者推测：对于对比度恒定的运动刺激，被试的实验结果会产生和低对比度或噪点干扰条件下相同的空间累积效应。通过红色、绿色两个相同条件的光栅以不同相位的叠加，研究者得到了总亮度相同，对比度不同的两个刺激(range of size 1°-5°, sf=1 cycle per degree)。红绿光栅对比度为0，黄黑光栅对比度比单色光栅更高。实验结果表明：随刺激大小增加，被试对于红绿光栅的运动方向判断能力表现出空间累积效应；黄黑光栅则表现出周边抑制。

* 1. **实验四**

周边抑制现象反应的是，大量运动刺激会降低神经元的反应活动，这是由于对运动敏感的中央-外周神经元的适应性会减弱。运动后效可以用来检测神经元的对于运动的适应性。在高对比度大光栅的情况下，研究者发现被试的运动后效减弱，这进一步说明了周边抑制的存在。

1. **思考与讨论**
   1. **Gabor光栅亮度的区域求和与边界的关系**

强烈周边抑制的 "临界大小"其实十分大，足以影响具有中央凹感受野的 MT 神经元，并且包括了中央凹外周的视神经。这是否是因为Gabor光栅的σ设置较大，当取±2σ为刺激半径时，其所包含的信息量并不多，需要更大的光栅提供更多的运动信息？

* 1. **颜色光栅的运动方向判别机制**

实验三的研究结果表明，采用的对比度为零的红绿光栅时，其运动判别方向机制符合空间累计效应。这种空间累计效应的强弱是否受总体亮度的影响，又是否受两种颜色在色环上的角度的影响？两种颜色的色环角度越接近，空间累积效应越弱还是越强？是否存在一个临界角会使空间累计效应转变为周边抑制？

* 1. **空间累计效应和周边抑制效应的产生条件**

实验者提出：在低对比度情况下，提高感觉灵敏度是必要的，进而在大光栅中表现出空间累计效应；而高对比度情况下，感觉输入已经能够保证可视度时，视觉系统逐步转变到周边抑制，这样可以高效地处理信号输入。在亮度恒定的情况下，这种对于可视度的判断是否只和对比度有关，而和颜色、运动方向等没有关系？

* 1. **运动方向和阈值的关系**

改变运动方向，是否会改变判断时间阈值？

* 1. **单一物体的判断准则**

将一个运动物体分成多个小的运动物体的时候，被试遵循的是观察单个小的运动物体来做出判断还是根据多个物体进行空间求和？

**参考文献**

1. Allman, J., Miezin, F. & McGuinness, E. Direction- and velocity-specific responses from beyond the classical receptive field in the middle temporal visual area (MT). Perception 14, 105–126 (1985).

2. Born, R. T. & Tootell, R. B. Segregation of global and local motion processing in primate middle temporal visual area. Nature 357, 497–499 (1992).

3. Eifuku, S. & Wurtz, R. H. Response to motion in extrastriate area MSTl: Center–surround interactions. J. Neurophysiol. 80, 282–296 (1998).

4. Jones, H. E., Grieve, K. L., Wang, W. & Sillito, A. M. Surround suppression in primate V1.J. Neurophysiol. 86, 2011–2028 (2001).

5. Raiguel, S. E., van Hulle, M. M., Xiao, D. K., Marcar, V. L. & Orban, G. A. Shape and spatial distribution of receptive fields and antagonistic motion surround in the middle temporal area (V5) of the macaque. Eur. J. Neurosci. 7, 2064–2082 (1995).

6. Albright, T. D. Direction and orientation selectivity of neurons in visual area MTof the macaque. J. Neurophysiol. 52, 1106–1130 (1984).

7. Dobkins, K. R. & Albright, T. D. in High-level Motion Processing (ed.Watanabe, T.) 53–94 (MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1998).