

# 动态离散刺激的时空协同编码及其解离

王雨莹<sup>1</sup>, 陈云云<sup>2</sup>, 郭森<sup>1</sup>, 董超武<sup>1</sup>, 晏碧华<sup>1\*</sup>

(1. 陕西师范大学心理学院, 西安 710062; 2. 北京师范大学心理学部, 北京 100875)

**摘要:**采用启动-匹配范式,以包含时空因素或空间因素的代表图形为自变量,探索动态离散刺激的知觉组织中时间和空间因素的共同作用。结果:(1)动态离散刺激的一般编码特征为时空协同编码,即时间和空间因素二者协同编码,而非独立编码;(2)刺激间形成的主观轮廓会导致时空编码的协同作用解离,突出空间编码而削弱时间编码。结论:动态离散刺激的一般编码特征为时空协同编码,这一特征会因刺激间主观轮廓的存在而发生解离。

**关键词:**动态离散刺激;时空协同编码;主观轮廓

中图分类号:B842.5

文献标识码:A

文章编号:1003-5184(2023)03-0224-07

## 1 引言

自动态刺激的时间空间知觉研究伊始,大量研究侧重于时间和空间在知觉组织过程中对彼此的影响。早期,Benussi(1913)发现对空间距离的判断会随时间间隔变化而不同,当空间位置固定而时间间隔变化时,被试对空间距离的判断会随时间间隔增减而被高估或低估,Helson(1930)将这一现象命名为“Tau效应”。对于时间间隔的感知也会受空间因素影响,时间间隔固定而空间距离变化时,对时间间隔的判断会随距离增减而被高估或低估,Cohen, Hansel 和 Sylvester(1953)将其命名为“Kappa效应”。Droit-Volet, Clement 和 Fayol(2008)让被试进行时间、数目或长度判断任务,结果发现当刺激相继呈现时,被试在时间和长度任务中的操作成绩无显著差异,后续实验发现重复刺激对长度和时间加工的影响一致(Droit-Volet, 2010)。在以动物为被试的研究中,被试同时加工时间和空间信息时,时间加工和空间距离判断存在相互影响(Merritt, Casasanto, & Brannon, 2010)。此外,在对时间和空间加工的过程中存在时空影响的不对称,即时间知觉受距离变化的影响较大,而空间知觉受时间变化的影响则较小(Casasanto & Boroditsky, 2008)。

也有研究关注动态模式中多个客体间的空间位置关系或多个客体的空间构型在知觉组织中的作用。Blalock 和 Clegg(2010)通过对同时呈现和顺序呈现的刺激的空間构型表征结果的比较,发现对于同时呈现的刺激整合更具有优势,而对于顺序呈现

的刺激整合效果较差。Papenmeier 和 Schwan(2012)发现无论静态还是动态场景,在探测阶段呈现整体空间构型要比呈现部分空间构型时能更好地检测目标位置变化。

以上研究主要关注在刺激动态呈现过程中,时间或空间因素中一个因素对另一个因素的影响或其中一个因素的突出作用,较少探索二者共同在知觉组织中的作用。若要对此问题进行综合研究与探讨,则需要通过实验对“时间和空间编码处于共同的编码系统,但是会因其中一个因素的显著存在产生时空编码的解离”这一假设进行验证。实验1假设动态离散刺激的知觉编码为时空协同编码,即在多个相同的客体随着时间进程依次呈现的过程中,时间和空间因素在编码过程中同样重要,且二者的编码过程是相互结合而非各自独立的。通过借鉴前人研究中再现、部分再现和错误再现动态刺激的空间位置关系来探究刺激整合方式的方法(Blalock & Clegg, 2010; Papenmeier & Schwan, 2012),首次在刺激动态呈现结束后,呈现空间表征(突出强调客体空间位置关系的简化构型)和时空表征(客体的呈现时间和空间位置因素都被突出的简化构型)两种图形(见图1),让被试选择与刺激呈现过程更为匹配的图形,进而探索动态离散刺激知觉组织过程的时空编码特征。

Fahle 和 Koch(1995)研究发现在图形-背景分离过程中,大脑会在诸多信息中绑定一些属性并将其识别为单独的物体,这一过程中极小的空间位移

\* 通讯作者:晏碧华, E-mail: yanbihua@snnu.edu.cn。

即可对图形的显著性造成影响,而较大的时间差异则无显著影响。可以假设,时空因素在知觉编码过程虽相互结合,但在知觉过程中,二者的作用强度可能会在不同条件下有所变化,突出的空间因素会增强知觉组织过程的空间编码而削弱时间编码,即出现时空协同编码的解离,实验2以这一假设为基础进行研究。在实验2中,通过改变多个刺激的呈现规则来改变空间因素,分三种呈现方式:不规则呈现、朝向相同的呈现方式和构成主观轮廓的呈现方式,主观轮廓即多个客体的呈现形成的整体构型中包含一个明显的图形(Coren & Theodor, 1975),以此探究空间因素尤其是主观轮廓对时空协同编码的影响。

## 2 实验1 动态离散刺激的时空编码特征

### 2.1 目的

采用启动-匹配范式探索动态离散刺激的时间和空间编码特征,以无意义点图为启动刺激,考察动态离散刺激的编码特征是否为时空协同编码,以及呈现速度是否会影响该编码特征。

### 2.2 方法

#### 2.2.1 被试

自愿参加实验的高校学生35名(其中男性15名,年龄 $M = 20.63$ ,  $SD = 1.85$ ),视力或矫正视力正常,无色弱或色盲,均为右利手且未参加过类似实验,实验结束后获得一定报酬。

#### 2.2.2 实验材料与实验设计

实验通过显示屏为13.9英寸的计算机呈现,屏幕为LED背光,刷新率57Hz,分辨率1920 × 1080 pixels,被试距离计算机显示屏约60cm。实验程序

用E-prime 2.0设计运行。实验刺激材料为无意义点图(40 × 40 pixels)。刺激呈现后在屏幕中央随机呈现空间表征图形或时空表征图形(150 × 150 pixels)。空间表征图形和时空表征图形分别设置为封闭图形和非封闭图形两类(见图1),此外,在进行实验前也随机选取了36人观看了刺激呈现过程,并随后对两种表征图形进行意义性判断,所有人都表示空间表征图形只反映了多个刺激间的位置关系,而时空表征图形不仅能够反映刺激间的位置关系,还能够反映刺激的呈现顺序。

刺激和表征图形为黑色,呈现背景为白色。整个实验包括前后两部分,第一部分是探测被试对两种表征图形是否存在反应倾向性,第二部分正式考察动态离散刺激的编码特征。实验第一部分的4个点图和表征图形均呈现在屏幕中央,点图的呈现分为完全相同的四个点图和不完全相同的四个点图两种,实验第二部分的4个点图的位置坐标有四个:(462, 334)、(562, 334)、(462, 434)、(562, 434) pixels。两部分实验分别包含32和144个试次,共176个试次,所有试次分别在两个部分随机呈现。实验的自变量包括刺激呈现速度(快、慢)、图形表征类型(空间表征图形、时空表征图形)。每个试次先依次呈现4个刺激图形作为启动刺激,之后呈现表征图形,被试需要对表征图形进行判断。4个刺激和2种表征图形的呈现方式分为6种:2种呈现规则 × 3种刺激组合方式,表征图形与呈现规则相对应,每一种呈现规则对应一个时空表征图形和空间表征图形。

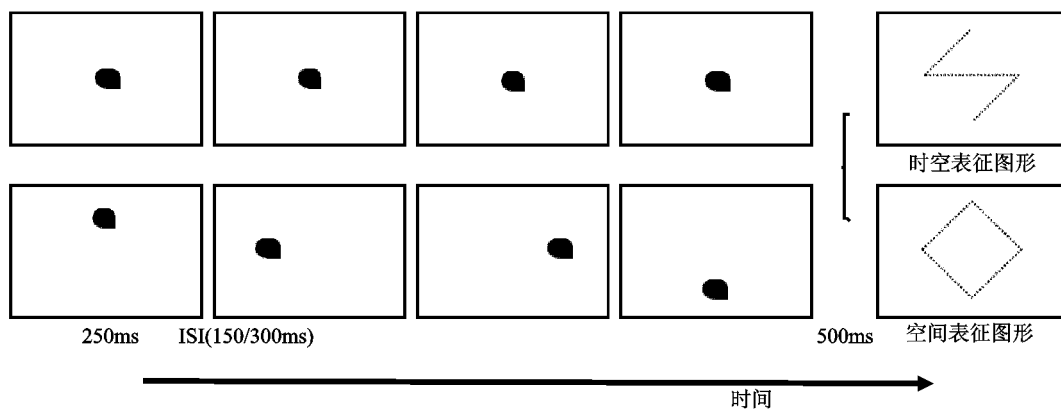


图1 实验1中实验流程示意图

实验1第一部分(上)和实验1第二部分(下)

### 2.2.3 实验流程

试验流程:(1)被试依指导语提示按空格键开

始实验;(2)首先在屏幕中央呈现“+”号500ms,之后根据自变量设置在屏幕上呈现刺激和表征图形,

每个刺激呈现时间均为 250ms,在快速条件下,呈现间隔时间为 150ms,在慢速条件下,呈现间隔时间 300ms;(3)被试判断:看到非封闭图形按“F”键,封闭图形按“J”键。一次试验完成,进入下一次试验。整个实验持续约 10 分钟,实验程序将自动记录反应数据。

### 2.3 结果与分析

实验中记录正确率和反应时。依据匹配范式要求,需对正确反应时进行分析。剔除错误反应和平均反应时 3 个标准差之外的数据,实验的两个部分分别剔除所有被试的总试次中的 61 和 182 个试次,分别占第一部分和第二部分总试次的 5.44% 和 3.61%。

对实验第一部分反应时进行 2(呈现速度:快速、慢速)×2(图形表征类型:时空表征、空间表征)重复测量方差分析,使用 Bonferroni 法进行校正(下同),各个主效应和各因素间的交互效应均不显著。

实验第二部分,速度主效应显著,  $F(1,34) = 8.70, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.204$ ,快速的反应时 ( $M = 524.22ms, SD = 7.76$ ) 显著长于慢速的反应时 ( $M = 509.00ms, SD = 6.79$ ),如图 2;图形表征类型主效应显著,  $F(1,34) = 87.91, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.721$ ,时空表征图形反应时 ( $M = 458.04ms, SD = 4.72$ ) 显著短于空间表征图形反应时 ( $M = 575.17ms, SD = 12.20$ ),如图 2;速度和图形表征类型交互作用边缘显著,  $F(1,34) = 3.82, p = 0.059, \eta_p^2 = 0.101$ ,在空间表征图形条件下,快速呈现反应时 ( $M = 585.36ms, SD = 13.42$ ) 显著长于慢速呈现反应时 ( $M = 564.99ms, SD = 11.64$ ),  $p < 0.01$ 。

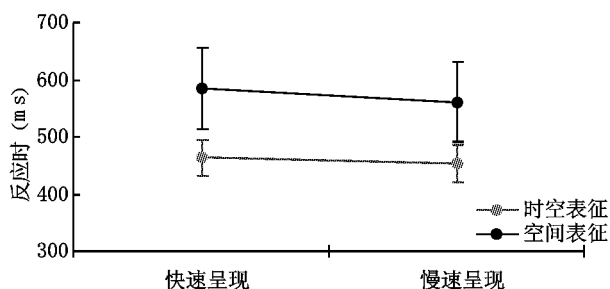


图2 实验1第二部分不同条件下的反应时,误差线为标准偏差

### 2.4 讨论

实验第一部分表明对两种表征图形的反应不具有任何倾向性。第二部分表明,快速呈现的反应更慢,可能是因为在快速呈现结束后需要调用更多的认知资源对刺激进行整合,此外,因为慢速呈现的时

间更长,可能在其呈现过程中已经实现了一定程度的刺激整合,因此呈现结束后所需整合时间相对较短;根据启动-匹配范式,如果以时空协同编码方式进行知觉组织,被试对时空表征图形的反应会更快,实验结果表明对时空表征图形的反应时更短,证实了这一假设,即动态离散刺激的编码特征为时空协同编码。

在速度和图形表征类型的交互作用中,相比于慢速呈现,在快速呈现之后对空间表征图形的反应时更长,而对时空表征图形的反应时不受呈现速度的影响,可能是因为刺激呈现的启动效应,当呈现与启动过程不匹配的空间表征图形时,需要更多的认知资源,呈现速度越快,前期整合越不完善,所需认知资源越多,则反应时越长。

## 3 实验2 主观轮廓对动态离散刺激时空协同编码的解离

### 3.1 目的

以缺口圆为启动刺激材料,考察在不同刺激大小条件下,空间因素对动态离散刺激时空编码特征的影响,特别是主观轮廓的存在是否会造成时空协同编码的解离。

### 3.2 方法

#### 3.2.1 被试

自愿参加实验的高校学生 35 名(其中男性 14 名,年龄  $M = 20.83, SD = 1.82$ ),被试要求同实验 1。

#### 3.2.2 实验材料、实验设计与实验程序

实验设备、设计与程序与实验 1 基本一致,不同之处有:首先,实验 2 的刺激材料为大小不同的缺口圆,小刺激和大刺激别为  $40 \times 40$  pixels 和  $80 \times 80$  pixels,如图 3;其次,实验 2 第二部分将刺激呈现的 3 种组合方式(不规则朝向,相同朝向和主观轮廓,如图 4)作为空间因素的三个水平,并在实验结束后进行数据分析;最后,实验 2 不再考察速度的影响,仅取实验 1 中的快速和慢速呈现方式来丰富刺激。

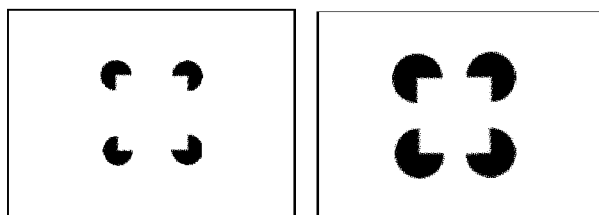


图3 实验2第二部分主观轮廓呈现规则下的小刺激(左)和大刺激(右)呈现样例

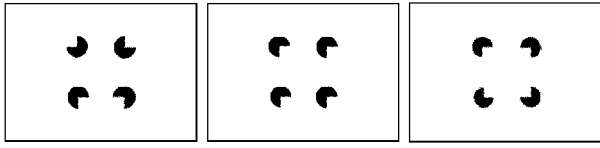


图4 实验2第二部分刺激呈现的组合方式:  
不规则朝向(左)、相同朝向(中)、主观轮廓(右)

### 3.3 结果与分析

实验2两部分实验分别剔除44和289个试次,分别占实验第一部分和实验第二部分总试次的2.61%和4.30%。对实验第一部分反应时进行2(图形表征类型:时空表征、空间表征)×2(刺激大小)重复测量方差分析,主效应和交互效应均不显著。对第二部分反应时进行2(图形表征类型:时空表征、空间表征)×3(空间因素:不规则朝向、相同朝向、主观轮廓)×2(刺激大小)重复测量方差分析,结果显示,图形表征类型主效应显著, $F(1,34) = 92.39, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.731$ ,时空表征图形反应时( $M = 476.33ms, SD = 4.92$ )显著短于空间表征图形反应时( $M = 570.98ms, SD = 10.25$ );空间因素主效应显著, $F(2,33) = 166.73, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.831$ ,不规则朝向反应时( $M = 580.61ms, SD = 9.30$ )显著长于相同朝向反应时( $M = 553.39ms, SD = 9.32$ ),相同朝向反应时显著长于主观轮廓反应时( $M = 436.97ms, SD = 4.11$ ), $p < 0.001$ ;刺激大小主效应显著, $F(1,34) = 19.32, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.362$ ,大刺激反应时( $M = 517.43ms, SD = 6.08$ )显著短于小刺激反应时( $M = 529.88ms, SD = 6.88$ )。

图形表征类型和空间因素交互作用显著, $F(2,33) = 213.62, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.863$ ,相同朝向条件下,时空表征图形反应时( $M = 472.90ms, SD = 6.80$ )显著短于空间表征图形反应时( $M = 633.88ms, SD = 14.78$ ), $p < 0.001$ ,不规则朝向条件,时空表征图形反应时( $M = 486.17ms, SD = 6.95$ )也显著短于空间表征图形反应时( $M = 676.05ms, SD = 14.94$ ), $p < 0.001$ ,主观轮廓条件下,时空表征图形反应时( $M = 469.92ms, SD = 6.23$ )显著长于空间表征图形反应时( $M = 404.02ms, SD = 6.54$ ), $p < 0.001$ ,如图5;图形表征类型和刺激大小交互作用显著, $F(1,34) = 8.09, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.192$ ,大刺激的时空表征图形反应时( $M = 475.59ms, SD = 5.32$ )显著短于空间表征图形反应时( $M = 559.27ms, SD = 9.94$ ), $p < 0.001$ ,小刺激

的时空表征图形反应时( $M = 477.06ms, SD = 5.34$ )也显著短于空间表征图形反应时( $M = 582.70ms, SD = 11.78$ ), $p < 0.001$ ,如图6。空间因素和刺激大小交互作用显著, $F(2,33) = 21.92, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.392$ ,主观轮廓条件,大刺激反应时( $M = 414.39ms, SD = 4.65$ )显著短于小刺激反应时( $M = 459.55ms, SD = 5.26$ ), $p < 0.001$ ,相同朝向和不规则朝向条件下,差异不显著,如图7。

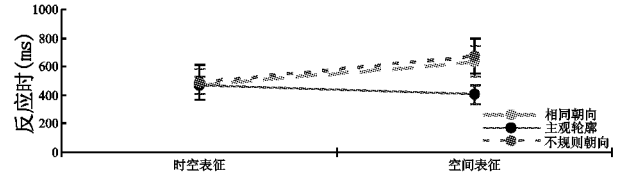


图5 实验2第二部分图形表征类型和空间因素的交互作用,误差线为标准偏差

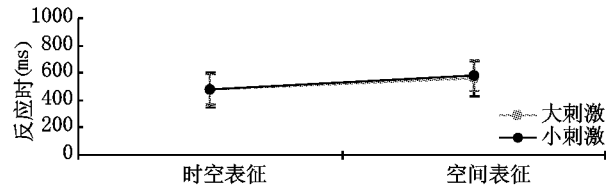


图6 实验2第二部分刺激大小和图形表征类型的交互作用,误差线为标准偏差

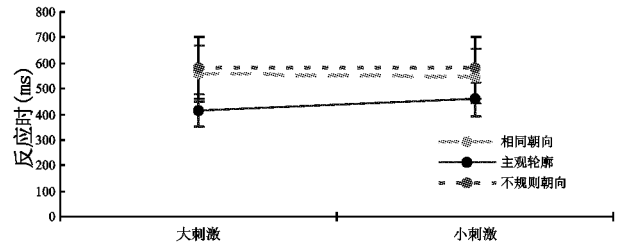


图7 实验2第二部分空间因素和刺激大小的交互作用,误差线为标准偏差

图形表征类型、空间因素和大小三因素交互作用显著, $F(2,33) = 23.00, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.404$ ,大刺激、相同朝向条件下,时空表征图形反应时( $M = 474.54ms, SD = 7.46$ )显著短于空间表征图形反应时( $M = 642.21ms, SD = 15.54$ ),大刺激、不规则朝向条件,时空表征图形反应时( $M = 479.07ms, SD = 6.50$ )也显著短于空间表征图形反应时( $M = 680.00ms, SD = 14.68$ ),大刺激、主观轮廓条件下,时空表征图形反应时( $M = 473.17ms, SD = 8.06$ )显著长于空间表征图形反应时( $M = 355.60ms, SD = 4.86$ ), $p < 0.001$ ,如图8a。小刺激、相同朝向条件下,时空表征图形反应时( $M = 471.26ms, SD = 7.33$ )显著短于空间表征图形反应时( $M = 625.56ms, SD = 15.62$ ), $p < 0.001$ ,小刺激、不规则

朝向条件下,时空表征图形反应时( $M = 493.26\text{ms}$ ,  $SD = 9.96$ )也显著短于空间表征图形反应时( $M =$

$670.10\text{ms}$ ,  $SD = 17.04$ ),  $p < 0.001$ ,而小刺激、主观轮廓条件下,反应时差异不显著, $p = 0.32$ ,如图 8b。

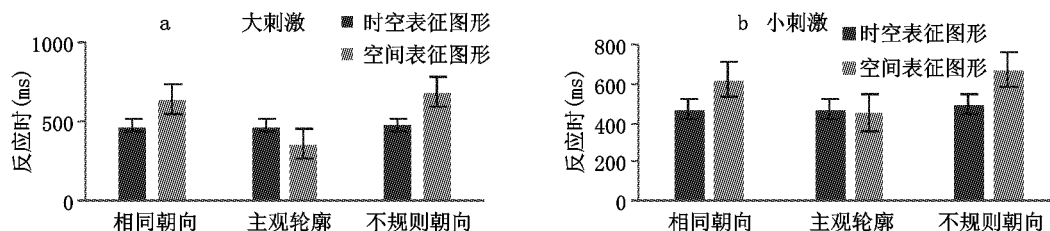


图 8 实验 2 不同实验条件下朝向规则和图形表征的交互作用,误差线为标准偏差

### 3.4 讨论

实验第二部分,主观轮廓条件反应最快,朝向相同次之,不规则朝向最慢,可知规则朝向(相同朝向和主观轮廓)比不规则朝向反应更快,说明规则朝向更有利于对于刺激的加工与组织;主观轮廓比相同朝向反应更快,可能由于主观轮廓的空间因素比起相同朝向更为突出,更容易将多个刺激组织为一个整体。

整体而言,对时空表征图形的反应更快,但这一主效应伴随较多的交互效应,表明时空协同编码特征会受到多种因素的影响。此外,在空间因素的作用中,主观轮廓条件下出现了与另外两种条件截然相反的反应结果,证明了主观轮廓突出空间编码而削弱时间编码,导致时空编码的协同作用解离。

## 4 总讨论

### 4.1 动态离散刺激的一般编码特征

采用启动-匹配范式探索动态离散刺激的时间和空间编码特征,可测量视觉处理的早期过程(Schmidt & Haberkamp, 2016),并避免反应结果过多受个体意识的影响。实验 1 证明了时空协同编码的假设。实验 2 改变刺激材料进行实验,得出了与实验 1 一致的结果,并进一步说明了时空协同编码是在多种条件下稳定存在的一般编码特征。

以往研究发现,时间和空间的加工具有共同的表征。在 Kappa 效应和 Tau 效应中发现空间加工和时间加工的相互干扰,大都可归因于观察者对移动刺激具有恒定速度的潜在假设(Jones & Huang, 1982)以及周围环境的影响(Alards - Tomalin, Leboe - McGowan, & Mondor, 2013; Hubbard, 2019; Masuda, Kimura, Dan, & Wada, 2011),这同时也反映了二者可能存在共同的时空表征(毕翠华, 黄希庭, 2011)。根据量值理论(ATOM),因为需要共同处理外部的时空结构信息,时间和空间具有相似之处,并且具有相同的处理机制(Walsh, 2003)。另外, Sriniva-

van, Carey (2010) 和 Lourenco, Longo (2010) 发现,同时呈现线段和声音,声音的呈现分为两种条件,一种是声音呈现时间和线段长度一致,一种是声音的音调高低和线段长度保持一致,结果发现时间和长度一致的情况下,被试的反应准确率更高, Srinivasan 和 Carey (2010) 指出时间和空间距离的加工在结构上匹配以外,更可能存在功能上的重叠。

有关脑机制的研究也为时空协同编码这一结论提供了证据,研究发现时间和空间知觉存在许多共同的脑区,右顶叶在时间知觉和空间知觉中都具有重要作用,且时间和空间编码在右顶叶皮质可能存在连接(毕翠华, 黄希庭, 2011; Bueti, Bahrami, & Walsh, 2008; Maguire, 1997; Oliveri, Koch, & Caltagirone, 2009; Walsh, 2003)。Coull 和 Nobre (1998) 发现,当被试同时注意刺激的时间和空间时,其右顶叶皮质的活动会有所增加。Nose, Inoue, Tsutsui 等 (2001) 要求被试进行三个离散刺激形成的两个间隔距离或间隔时间是否相同的判断任务时,发现时间和空间判断两种任务均激活了右顶叶下皮质和前额。在运动行为中,不同活动下的时空信息激活了一些相同的大脑皮质的现象(Assmus, Marshall, Noth, Zilles & Fink, 2005)也可以对时空协同编码提供支持。

### 4.2 主观轮廓对动态离散刺激时空协同编码的解离

实验 2 中规则朝向比不规则朝向的反应更快,而在规则朝向中,主观轮廓比相同朝向反应更快,可能因为主观轮廓使多个刺激信息绑定为一个整体,进一步促进了信息加工(Fahle & Koch, 1995)。此外,主观轮廓的存在导致对空间表征图形的反应更快,说明主观轮廓导致了动态刺激时空协同编码的协同作用解离。实验 2 还通过刺激材料大小这一因素进一步探究了主观轮廓显著性(Pillow & Rubin, 2002)对协同作用解离的效果,小刺激条件下,对于表征图形的反应时无明显差异,说明不太明显的主

观轮廓也对时间编码起到了一定的削弱作用,大刺激条件下,主观轮廓特征更为明显,对于空间表征图形反应更快,空间编码占主导。可见主观轮廓的存在即可导致时空协同编码的作用解离,主观轮廓越明显解离作用越大。

主观轮廓对时空协同编码的解离,实际上是空间因素的作用增强导致了时间因素的作用削弱。Casasanto 和 Boroditsky(2008)发现的时间因素对空间感知的影响和空间因素对时间感知影响的不对称性,也反映了时间因素易受空间因素干扰和削弱。这种现象的产生,可能是由信息的显著性不同(毕翠华,黄希庭,2011)所导致的,刺激间主观轮廓越明显则空间信息越显著,对时间因素的削弱作用也就越强。

综上所述,可得出如下结论:动态离散刺激的一般编码特征为时空协同编码;刺激间形成的主观轮廓会突出空间编码并削弱时间编码,出现时空协同编码的解离,主观轮廓越显著解离效果越明显。

### 参考文献

- 毕翠华,黄希庭.(2011).非语言情境中时间加工与空间距离加工的关系.心理科学进展,19,50-58.
- Alards - Tomalin, D., Leboe - McGowan, L. C., & Mondor, T. A. (2013). Examining auditory kappa effects through manipulating intensity differences between sequential tones. *Psychological Research*, 77, 480 - 491.
- Assmus, A., Marshall, J. C., Noth, J., Zilles, K., & Fink, G. R. (2005). Difficulty of perceptual spatiotemporal integration modulates the neural activity of left inferior parietal cortex. *Neuroscience*, 132, 923 - 927.
- Blalock, L. D., & Clegg, B. A. (2010). Encoding and representation of simultaneous and sequential arrays in visuospatial working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63, 856 - 862.
- Benussi, V. (1913). Versuche zur analyse taktil erweckter Scheinbewegungen. *Archiv für die gesamte Psychologie*, 36, 58 - 135.
- Bueti, D., Bahrami, B., & Walsh, V. (2008). Sensory and association cortex in time perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 1054 - 1062.
- Casasanto, D., & Boroditsky, L. (2008). Time in the mind: Using space to think about time. *Cognition*, 106, 579 - 593.
- Cohen, J., Hansel, C. E. M., & Sylvester, J. D. (1953). A new phenomenon in time judgement. *Nature*, 172, 901.
- Coren, S., & Theodor, L. H. (1975). Subjective contour: The inadequacy of brightness contrast as an explanation. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 6, 87 - 89.
- Coull, J. T., & Nobre, A. C. (1998). Where and when to pay attention: The neural systems for directing attention to spatial locations and to time intervals as revealed by both PET and fMRI. *Journal of Neuroscience*, 18, 7426 - 7435.
- Droit - Volet, S., Clement, A., & Fayol, M. (2008). Time, number and length: Similarities and differences in discrimination in adults and children. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1, 1 - 20.
- Droit - Volet, S. (2010). Speeding up a master clock common to time, number and length? *Behavioural Processes*, 85, 126 - 134.
- Fahle, M., & Koch, C. (1995). Spatial displacement, but not temporal asynchrony, destroys figural binding. *Vision Research*, 35, 490 - 494.
- Helson, H. (1930, May 23). The tau effect: An example of psychological relativity. *Science*, 71, 536 - 537.
- Hubbard, T. L. (2019). Spatiotemporal Illusions Involving Perceived Motion. In V. Arstila, A. Bardoni, S. Enda Power, & A. Vatakis (Eds.), *The illusions of time* (pp. 297 - 298). Cham: Springer Nature Switzerland AG Press.
- Jones, B., & Huang, Y. L. (1982). Space - time dependencies in psychophysical judgment of extent and duration: Algebraic models of the tau and kappa effects. *Psychological Bulletin*, 91, 128 - 142.
- Lourenco, S. F., & Longo, M. R. (2010). General magnitude representation in human infants. *Psychological Science*, 21, 873 - 881.
- Maguire, E. A. (1997). The cerebral representation of space: insights from functional imaging data. *Trends in Cognitive Science*, 1, 62 - 68.
- Masuda, T., Kimura, A., Dan, I., & Wada, Y. (2011). Effects of environmental context on temporal perception bias in apparent motion. *Vision Research*, 51, 1728 - 1740.
- Merritt, D. J., Casasanto, D., & Brannon, E. M. (2010). Do monkeys think in metaphors? Representations of space and time in monkeys and humans. *Cognition*, 117, 191 - 202.
- Nose, Z., Inoue, K., Tsutsui, K., Sakurai, Y., Niki, H., & Taira, M. (2001). Brain mechanisms for time and space interval perception. *Neuroimage*, 13(6), 921.
- Oliveri, M., Koch, G., & Caltagirone, C. (2009). Spatial - temporal interactions in the human brain. *Experimental Brain Research*, 195, 489 - 497.
- Papenmeier, F., Huff, M., & Schwan, S. (2012). Representation of dynamic spatial configurations in visual short - term memory. *Attention Perception & Psychophysics*, 74, 397 - 415.
- Pillow, J., & Rubin, N. (2002). Perceptual completion across the vertical meridian and the role of early visual cortex. *Neu-*

- ron, 33, 810 – 813.
- Schmidt, F., & Haberkamp, A. (2016). Temporal processing characteristics of the Ponzo illusion. *Psychological Research*, 80, 273.
- Srinivasan, M., & Carey, S. (2010). The long and the short of it; On the nature and origin of functional overlap between representations of space and time. *Cognition*, 116, 217 – 241.
- Walsh, V. (2003). A theory of magnitude; Common cortical metrics of time, space and quantity. *Trends in Cognitive Science*, 7 (11), 483 – 488.

## The Spatiotemporal Synergistic Coding and Decoding of Dynamic Discrete Stimuli

Wang Yuying<sup>1</sup>, Chen Yunyun<sup>2</sup>, Guo Sen<sup>1</sup>, Dong Chaowu<sup>1</sup>, Yan Bihua<sup>1</sup>

(1. School of Psychology, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062;

2. Faculty of Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875)

**Abstract:** The prime – response paradigm was used to explore the spatiotemporal coding principle of perceptual organization process of dynamic discrete stimuli, and investigate the influence of subjective contour on the general coding principle of dynamic discrete stimuli, using representational graphs containing spatial and temporal factors as independent variables. Firstly, in Experiment 1 and Experiment 2, we have found that the dynamic presentation of stimuli initiates the synergistic coding of spatiotemporal information, confirming the hypothesis that the coding principle of dynamic discrete stimuli are spatiotemporal synergistic coding, and the rapid response to spatial representation graphics is not affected by the speed of the stimuli. Secondly, Experiment 2 further explored the synergistic separation effect of subjective contour significance. Under the condition of big stimuli, subjective contour feature was obvious, spatial – coding was dominated, and it can be seen that the existence of the subjective contour can lead to more separation of the effect of spatiotemporal synergistic coding. The results of this study suggested that the general coding principle of dynamic discrete stimuli is spatiotemporal synergistic coding. When the subjective contour was formed between multiple stimuli, the spatial – coding will be highlighted and the temporal – coding will be weakened, resulting in the synergistic separation of spatiotemporal synergistic coding.

**Key words:** dynamic discrete stimuli; spatiotemporal synergistic coding; subject contour