

# 编码时间对序列视觉信息整合的影响\*

任衍具<sup>1,2</sup> 宇明<sup>1</sup> 傅小兰<sup>\*\*1</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院心理研究所,脑与认知科学国家重点实验室,北京,100101) (<sup>2</sup>中国科学院研究生院,北京,100049)

**摘要** 本研究采用空白单元格定位任务,探讨序列刺激整合的时间特性。实验1重复前人的实验,验证了时间间隔对整合绩效的影响;实验2系统操纵了对先前刺激的编码时间与时间间隔,结果发现,编码时间越长,记忆的效果越好,虽然会妨碍对随后刺激的知觉,但整合绩效越高;而随着时间间隔的延长,延长编码时间带来的优势逐渐减弱。结论提示,人们能够整合视觉短时记忆和视知觉的信息,而且这种整合的时间特性不同于知觉整合。

**关键词:** 视觉短时记忆 视知觉 空白单元格定位 时间相关模型

## 1 引言

现实世界包含的信息多于观察者在某一时刻能够取样并加工的信息。为了保持整体的场景知觉,人们需要整合当前知觉到的信息和保持在视觉短时记忆中的信息。

最初研究者们采用空白单元格定位任务(如图1)来研究知觉整合<sup>[1-3]</sup>,其特点是两帧刺激的时间间隔(interstimulus interval, ISI)在几百毫秒以内,随着ISI的延长,整合的绩效逐渐下降。近年来,研究者们转向研究视觉短时记忆与视知觉的信息整合,其特点是ISI长达几秒钟<sup>[4-10]</sup>。Brockmole等人<sup>[4]</sup>首先延长ISI至5000ms,考察这种信息整合,发现当ISI超过100ms时,正确率随着ISI的延长逐渐提高,在ISI等于1300ms时达到渐近线水平,此后直至ISI等于5000ms,正确率都保持相对稳定的水平。Hollingworth等人<sup>[7]</sup>也发现了类似的结果。他们的实验指导语均告诉被试:“当点阵2出现时想象点阵1中的圆点仍然存在或许是完成任务的一个较好策略”。那么,在没有策略指导的情况下,被试能否完成同样的任务?

分析前人的结果发现,被试的平均正确率都较低(50%左右),点阵1和点阵2的呈现时间都很短(30ms左右)。是否是由于点阵1呈现时间较短使得被试不能对其信息进行充分编码而导致了较低的正确率水平?如果这一猜测正确,那么延长点阵1呈现时间,即增加对点阵1编码的时间应该能够提高被试的正确率。Di Lollo的研究表明延长点阵1的呈现时间会降低知觉整合的绩效<sup>[2]</sup>。时间相关模型预测延长点阵1的呈现时间会降低知觉整合的绩效<sup>[3]</sup>。然而图画知觉的研究表明,延长图画的呈现

时间可以使被试对图画进行更充分的编码,能更好地完成相应的任务<sup>[11,12]</sup>。Brockmole等人<sup>[4]</sup>保持ISI为0ms不变,发现只有当刺激启动异步(stimulus onset asynchrony, SOA)在300ms以内时,延长点阵1的呈现时间才能提高整合的绩效。因此,延长点阵1的呈现时间能否提高整合的绩效还需要进一步的研究。

为了解决上述两个问题,本研究通过两个实验进一步考察视觉信息整合的时间特性。实验1在不告诉被试任何策略的情况下重复Hollingworth等人<sup>[7]</sup>的研究,以求获得更具普遍意义的结果;实验2系统地操纵点阵1的呈现时间和ISI,以考察编码时间对整合绩效的影响。

## 2 实验1

### 2.1 实验方法

#### 2.1.1 被试

12名本科生(男女各半)参加了本实验。被试的视力(或矫正视力)正常,无色盲色弱,年龄在19~21周岁,平均年龄为20.5周岁。实验结束后给予一定报酬。

#### 2.1.2 仪器和材料

实验在PC机上完成,屏幕分辨率为800×600,刷新频率为100Hz。程序用E-Prime1.1编制。实验刺激如图1所示,4×4的矩阵网格,背景是亮灰色(RGB:192,192,192),网格线为亮蓝色(RGB:110,113,226),圆点为黑色(RGB:0,0,0)。每个网格为3.5°×3.5°,圆点的直径大小为2.8°。实验在低照明条件下进行。

#### 2.1.3 实验设计与过程

采用单因素被试内设计,自变量为ISI,共12个

\* 基金项目:本研究得到中国科技部973项目(2002CB312103)、国家自然科学基金重点项目(60433030)和青年科学基金项目(30500157和30600182)经费支持。

\*\* 通讯作者:傅小兰,女。E-mail: fuxl@psych.ac.cn

水平 (0、20、50、100、250、500、1000、1500、2000、2500、3000 和 4000ms)。实验流程如图 1 所示,简述如下:序列呈现点阵 1 和点阵 2(均为 30ms),时间间隔为 ISI,点数分别为 7 和 8,位置随机且不重叠。要

求被试尽可能准确地找到没有被两个点阵中的圆点占据的空白网格的位置,并用鼠标左键点击它;点击后网格消失,有 1000ms 的空屏或反馈(练习阶段呈现反馈信息,正式实验为空屏)。

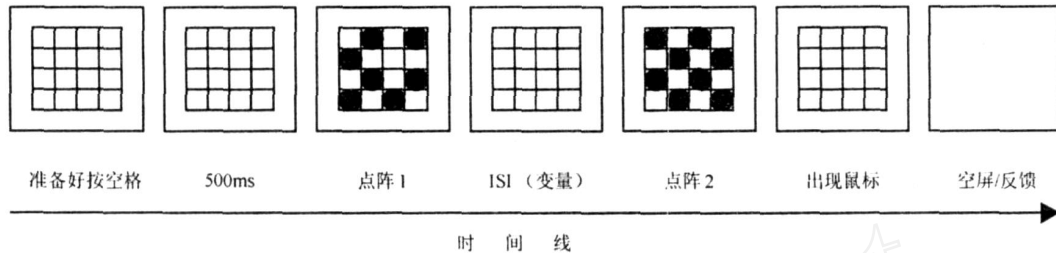


图 1 实验 1 单次试验的流程图

24 次练习后开始正式实验。正式实验有 4 个组块,每一组块包含 12 个水平的 ISI,每个水平有 8 次试验,总共 384 次试验。相邻组块之间有一定的休息时间,实验持续约 50 分钟。

## 2.2 结果与分析

### 2.2.1 正确率

结果(如图 2)表明,ISI 主效应显著,  $F(11, 121) = 16.192, p < 0.001$ 。在 ISI 为 1500ms 时,正确率达到渐近线水平(48.5%)。被试平均的正确率为

42%,高于随机水平(1/16)。

### 2.2.2 错误类型与错误率

有两种错误类型(图 2):一种是选择点阵 1 中的圆点位置,即点阵 1 错误;另一种是选择点阵 2 中的圆点位置,即点阵 2 错误。点阵 1 错误率平均为 45%,占总错误率的 78%;点阵 2 错误率平均为 13%,占 22%。正确率和点阵 1 错误数之间存在依赖关系( $r = -0.93$ ,相关显著),正确率和点阵 2 错误数之间相互独立( $r = 0.27$ ,相关不显著)。

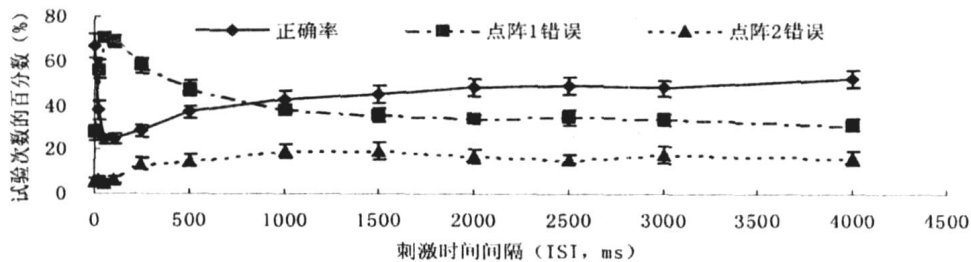


图 2 不同 ISI 下被试的正确率、所犯的点阵 1 错误和点阵 2 错误的数量

## 3 实验 2

### 3.1 实验方法

#### 3.1.1 被试

另外 12 名本科生(男女各半)参加了本实验。视力(或矫正视力)正常,无色盲色弱,年龄在 18 ~ 23 周岁之间,平均年龄为 20.17 周岁。实验结束后给予一定报酬。

#### 3.1.2 仪器和材料(同实验 1)

#### 3.1.3 实验设计与过程

采用 4(点阵 1 呈现时间:30、120、240 和 480ms) × 4 (ISI:0、100、1500 和 2500ms) 被试内设计。对 ISI 采用组块内设计,对点阵 1 呈现时间采用组块间设计。

实验流程与实验 1 相似。点阵 2 呈现时间均为 30ms。32 次练习后开始正式实验,正式实验有 4 个

组块,顺序随机,共 512 次试验。组块间有一定的休息时间,实验持续约 1 小时。

### 3.2 结果与分析

#### 3.2.1 正确率

正确率如图 3(左)所示。方差分析表明,点阵 1 呈现时间主效应显著,  $F(3, 33) = 5.933, p < 0.01$ ; ISI 主效应显著,  $F(3, 33) = 23.162, p < 0.001$ ,二者的交互作用显著,  $F(9, 99) = 14.356, p < 0.001$ 。进一步分析表明,当 ISI 为 1500ms 时,点阵 1 呈现时间的效应显著( $p < 0.05$ ),即随着点阵 1 呈现时间的延长,被试的正确率逐渐提高;当 ISI 为 2500ms 时,点阵 1 呈现时间为 30ms 的正确率小于呈现时间为 480ms 时的正确率,差异达到边缘显著水平( $p = 0.075$ )。随着 ISI 的增大,延长点阵 1 呈现时间所带来的优势越来越小。

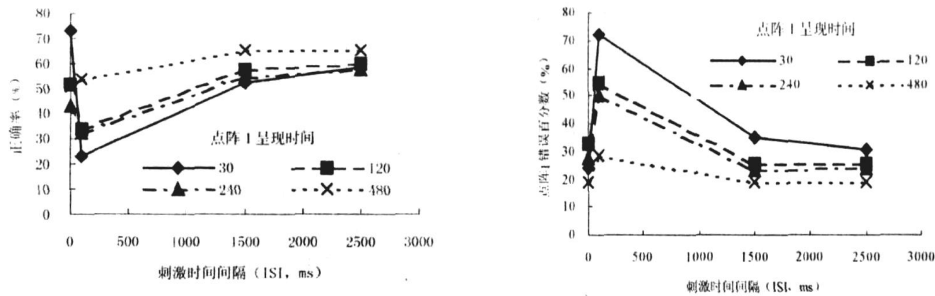


图3 不同的点阵1呈现时间、ISI条件下被试的正确率(左)及点阵1错误数(右)

### 3.2.2 错误类型及错误率

点阵1错误数如图3(右)所示。方差分析表明,点阵1呈现时间主效应显著,  $F(3, 33) = 28.157, p < 0.001$ ; ISI主效应显著,  $F(3, 33) = 36.653, p < 0.001$ ; 二者的交互作用显著,  $F(9, 99) = 11.565, p < 0.001$ 。进一步分析表明,当ISI为1500ms时,点阵1呈现时间的效应显著( $p < 0.01$ ),当ISI为2500ms时,点阵1呈现时间的效应显著( $p < 0.01$ ),即在ISI为1500和2500ms时,延长的点阵1呈现时间均会减少点阵1错误数。

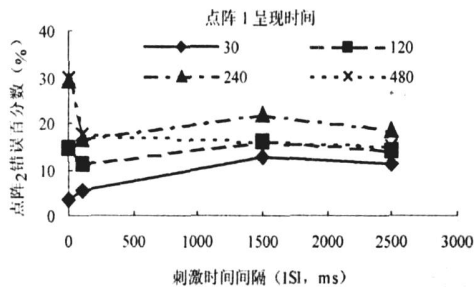


图4 不同的点阵1呈现时间、ISI条件下被试所犯的点阵2错误

点阵2错误数如图4所示。方差分析结果表明,点阵1呈现时间主效应显著,  $F(3, 33) = 14.081, p < 0.001$ ; ISI主效应显著,  $F(3, 33) = 3.792, p < 0.05$ ; 二者的交互作用显著,  $F(9, 99) = 6.115, p < 0.001$ 。进一步分析表明,当ISI为1500ms时,点阵1呈现时间的效应显著( $p < 0.05$ ),随着点阵1呈现时间的延长,被试所犯的点阵2错误数增加。当ISI为2500ms时,点阵1呈现时间的效应不显著( $p = 0.232$ )。

## 4 讨论

### 4.1 被试完成空白单元格定位任务的正确率

实验1重复了前人<sup>[4, 7]</sup>的结果,但有一定差别。第一,ISI为0ms时的正确率稍低于前人的结果,这可能与被试的注意和意识水平有关;第二,正确率的渐近线水平(48.5%)稍低于前人的结果(54%),这很可能与策略的使用有关。因为前人明确要求被试使用一种较优的策略来完成任务,而本研究没有告诉被试任何策略。实验1的平均正确率远高于随机

水平,说明即使没有策略指导,被试仍然能整合视觉短时记忆和视知觉的信息。

Brockmole等人<sup>[4]</sup>发现,SOA小于300ms时,延长点阵1呈现时间可以提高正确率。而实验2发现,至少在ISI为1500ms时,延长点阵1呈现时间还可以提高正确率。这可能是由于Brockmole等人保持ISI为0ms,即延长点阵1后直接呈现点阵2,点阵1可能对点阵2产生干扰而削弱了延长点阵1引起的正确率提高。同时,还发现随着ISI的延长,延长点阵1呈现时间所带来的优势逐渐减弱。这可能是因为点阵1呈现时间和ISI共同决定了被试对点阵1的信息加工,在ISI比较长或点阵1呈现时间比较长或都比较长的情况下被试能够对点阵1的信息进行充分加工并使之进入短时记忆,因此提高了整合的绩效。

### 4.2 被试的错误类型与错误率

实验1重复了前人有关错误类型及错误率的结果。实验2发现,延长点阵1呈现时间能够减少点阵1错误的数量,同时增加点阵2错误的数量。因为延长点阵1呈现时间可以使被试对点阵1进行更充分的编码,与以前图画知觉的研究结果一致<sup>[11, 12]</sup>;同时,延长点阵1的呈现时间会干扰对点阵2信息的加工。但是,点阵1错误率减少的幅度大于点阵2错误率增加的幅度,因此提高了总的整合绩效。

### 4.3 与知觉整合的时间相关模型的关系

时间相关模型<sup>[3]</sup>预测,延长点阵1的呈现时间会降低整合的绩效。而本研究发现,延长点阵1的呈现时间会提高整合的绩效。因此,知觉整合与视觉短时记忆和视知觉整合的时间特性是不一样的。这可能是因为两种整合所依赖的信息有所不同,知觉整合与两帧刺激所诱发的神经活动水平的相关,而视觉短时记忆与视知觉整合主要依赖于被试对点阵1刺激的视觉短时记忆。

## 5 结论

本研究表明,对于序列呈现的视觉信息,人们能

够整合视觉短时记忆中保持的信息和当前知觉到的信息;对先前呈现信息的编码时间越长,短时记忆的效果越好,虽然会妨碍对随后呈现信息的知觉,但整合绩效越高;先后呈现的信息的时间间隔越长,对先前呈现信息的编码时间的延长所带来的整合绩效提高的优势逐渐减弱;知觉整合的时间相关模型并不适合说明视觉短时记忆与视知觉的信息整合,后者的时间特性不同于知觉整合的时间特性。

## 6 参考文献

- 1 Hogben J H, Di Lollo V. Perceptual integration and perceptual segregation of brief visual stimuli. *Visual Research*, 1974, 14(11): 1059 - 1069
- 2 Di Lollo V. Temporal integration in visual memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1980, 109(1): 75 - 97
- 3 Dixon P, Di Lollo V. Beyond visible persistence: An alternative account of temporal integration and segregation in visual processing. *Cognitive Psychology*, 1994, 26(1): 33 - 63
- 4 Brockmole J R, Wang R F, Irwin D E. Temporal integration of visual images and visual percepts. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2002, 28(2): 315 - 334
- 5 Brockmole J R, Wang R F. Integrating visual images and visual percepts across time and space. *Visual Cognition*, 2003, 10(7): 853 - 873
- 6 Brockmole J R, Irwin D E. Eye movements and the integration of visual memory and visual perception. *Perception & Psychophysics*, 2005, 67(3): 495 - 512
- 7 Hollingworth A, Hyun J, Zhang W. The role of visual short - term memory in empty cell localization. *Perception & Psychophysics*, 2005, 67(8): 1332 - 1344
- 8 Jiang Y. Time window from visual images to visual short - term memory: consolidation or integration? *Experimental Psychology*, 2004, 51(1): 45 - 51
- 9 Jiang Y, Kumar A, Vickery T J. Integrating sequential arrays in visual - short term memory. *Experimental Psychology*, 2005, 52(1): 39 - 46
- 10 Kumar A, Jiang Y. Visual short - term memory for sequential arrays. *Memory & Cognition*, 2005, 33(3): 488 - 498
- 11 Loftus G R, Nelson W W, Kallman H J. Differential acquisition rates for different types of information from pictures. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1983, 35(1): 187 - 198
- 12 Loftus G R. Picture perception: effects of luminance on available information and information - extraction rate. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1985, 114(3): 342 - 356

## The Role of Encoding Time in Integrating Sequential Visual Information

Ren Yanju<sup>1, 2</sup>, Xuan Yuming<sup>1</sup>, Fu Xiaolan<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> State Key Laboratory of Brain and Cognitive Science, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101)

(<sup>2</sup> Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049)

**Abstract** With the empty cell localization task two experiments were conducted to explore the temporal characteristics of sequential stimuli integration. Experiment 1 replicated previous experiments and validated the effect of interstimulus interval in integrating sequential stimuli. Experiment 2, in which the encoding time of the preceding stimuli and interstimulus interval were manipulated, yielded the results that with the increase of the encoding time, the perception of the subsequent stimulus was impaired but the memory for the preceding stimuli would be better and the overall integration performance could be increased. But the advantage due to longer encoding time decreased as the ISI increased. It was suggested that information retained in the visual short-term memory could be integrated with the visual perception, and the temporal characteristics of this integration were different from those of perception integration.

**Key words:** visual short-term memory, visual perception, empty cell localization, temporal correlation model