

# 计数单位的空间联合编码效应<sup>\*</sup>

吴彦文 杨 龙

(天水师范学院教育学院, 天水 741001)

**摘 要** 采用 Dehaene 等人的研究范式, 以计数单位中的“千”为基线, 要求被试快速作大于“千”还是小于“千”的分类判断, 考察计数单位在心理数字线上的空间表征方式。结果表明: (1) 计数单位和数字有着相同的加工机制, 小计数单位表征在心理数字线的左侧, 大计数单位表征在心理数字线的右侧, 存在显著的 SNARC 效应。(2) SNARC 效应不仅仅出现在数量的空间表征上, 同样能够出现在顺序信息的空间表征上。

**关键词** 计数单位, 心理数字线, SNARC 效应。

**分类号** B842.1

## 1 引言

在近些年的认知研究中, 数字的加工过程和空间联合编码效应成为研究的热点。对数字加工表征的研究, 有助于对神经症患者的治疗。同样, 在幼儿科学教育和空间想象能力以及逻辑思维判断等方面具有重要的现实意义。我国西汉时期的《周髀算经》中记载的商代商高发现的勾股定理就已经把数学和空间关系联系在一起, 近代数学的直角坐标系使得数字在空间上有了更直观的位置 (罗文波, 罗家跃, 2007)。

认知心理学对数字数量空间表征问题的研究主要围绕心理数字线 (*mental number line*) 的假设展开。在 Dehaene 等人 (1990) 实验中, 每次给被试呈现 1 个 0~9 之间的一位数数字进行奇偶数判断, 一半的实验项目进行左手-奇数、右手-偶数判断, 另一半的实验项目进行右手-奇数、左手-偶数判断, 结果发现在反应时指标上无论数字的奇偶特性如何, 较大的数字表现出右手优势, 较小的数字则表现出左手优势, 这就是空间数字联合编码效应 (*Spatial-Numerical Association of Response Codes Effect*, SNARC 效应)。该效应好像在被试的心理表征中大数字自动与右边相匹配, 而小数字则自动与左边相匹配。这种数字与空间的自动联结, 引导出一个简单但非常强烈的心理现象, 即心理数字线 (Dehaene, Dupoux, & Mehler, 1990; 何清华,

李鹤, 董奇, 2008)。

Dehaene 等人 (1990) 认为, 个体的心理数字线是从左至右走向的, 零在数轴的最左端, 越大的数字越往右。个体对数量的表征可能与空间、身体部位有密切的联系, 数值大的数字与右手对应, 数值小的数字与左手对应, 所以左手对靠近数轴左边的数字反应快, 右手则对靠近数轴右边的数字反应快 (徐晓东, 刘昌, 2006)。SNARC 效应的存在说明数字具有空间特性, 目前已经成为研究数字和空间关系的重要方式 (高在峰, 水仁德, 陈晶, 陈雯, 田瑛, 沈模卫, 2009)。研究者普遍认为, SNARC 效应反映了心理数字线的表征方向与按键空间排列方向的一致性 (Nuerk, Wood, & Willmes, 2005)。

SNARC 效应被发现后, 许多研究者采用不同的数字或类似数字的材料作了大量的拓展研究, 目前已发现, 除了在阿拉伯数字 (正数和负数, 见高在峰, 水仁德, 陈晶, 陈雯, 田瑛, 沈模卫, 2009; Nuerk, Wood, & Willmes, 2005)、德文数字 (Calabria & Rossetti, 2005)、英文数字 (刘超, 买晓琴, 傅小兰, 2004)、中文数字 (刘超, 傅小兰, 2004; 洪意惠, 2006) 等不同言语符号所表示的基数中存在 SNARC 效应外, 同样还在星期和月份 (高在峰, 水仁德, 陈晶, 陈雯, 田瑛, 沈模卫, 2009)、含有数字的中文词 (如三峡、四川, 见杨金桥, 2009) 等很多种序数形式中同样存在。这说明与空间相连接的数字不仅可以是基数, 也可以是

收稿日期: 2011-6-9

<sup>\*</sup> 本研究得到教育部人文社会科学研究项目基金 (09YJCX025) 的资助。

作者简介: 吴彦文, 男, 天水师范学院教育学院副教授, 博士。E-mail: wuyanwen888@163.com。

序数。在近期的研究中，胡成林等人（2011）以面积和亮度作为刺激材料，结果发现，在面积比较和亮度比较任务中存在类 SNARC 效应。大量的研究结果表明，数字和空间具有高联系性并非偶然现象，而是具有相当的稳定性。它表明人们在对数字进行表征时，不仅对其数量信息进行表征和加工，同样对其空间信息进行了表征和加工。

尽管目前国内外学者对 SNARC 效应进行了广泛的研究，但对计数单位的 SNARC 效应至今尚未涉及。人时时刻刻在和数字打交道，从数数到计数，计数单位给人们的生活带来了简洁与方便。对计数单位的学习和认知也贯穿小学数学教学和学习的始终。那么，计数单位与 SNARC 效应之间是否有联系？有什么样的联系？本研究认为，计数单位大小本身代表物理空间的大小，如五十立方米和五万立方米分别表征较小和较大的物理空间，同时也表征了较小或较大的心理空间。因此，人们对计数问题的心理表征应该与数字大小的心理表征具有相同的加工模式。为了验证该假设的合理性，本研究以“千”为中心基准线，把计数单位划分为小（“个、十、百”）和大（“万、亿、兆”）两类，要求被试对大小计数单位进行快速的分类判断，考察计数单位与 SNARC 效应之间的认知加工机制。

## 2 研究方法

### 2.1 被试

本科生 37 名，男 17 名，女 20 名，年龄范围为 18~23 岁，平均年龄为 20 岁，均为右利手。视力或矫正视力正常，没有参加过类似的实验。

### 2.2 实验设计

采用 2（计数单位大小：小计数单位“个、十、百”，大计数单位“万、亿、兆”） $\times$ 2（反应手：左手、右手）被试内设计。因变量为被试的反应时和正确率。

### 2.3 实验材料和仪器

本实验在联想奔 IV 计算机上完成，所有刺激均呈现在 17 英寸纯平显示器中央，显示器分辨率为 1024 $\times$ 768，刷新频率为 75Hz。实验材料有小计数单位“个、十、百”和大计数单位“万、亿、兆”，采用 windows 自带的画图软件制成图片，大小为 60 $\times$ 60 像素。所有刺激均为白底黑字，呈现在白色背景上。

### 2.4 实验程序

实验程序用 E-prime1.1 软件编制。每次实验

开始时在屏幕中央呈现注视点“+”500ms，接着出现 500ms 的空屏，空屏结束后在注视点位置出现目标刺激（计算单位），时间为 200ms，目标刺激消失后出现 2300ms 的空屏等待被试作出反应，反应结束后呈现 1000ms 的反馈信息，反馈结束后出现 1000ms 的空屏。被试的任务是判断屏幕中央呈现的计数单位大于“千”还是小于“千”。要求被试集中注意力对目标刺激做既快又准的反应。实验分为两部分，第一部分要求被试对小计数单位按 A 键进行反应，对大计数单位按 L 进行反应。第二部分对反应键的安排与前半部分正好相反。在正式实验过程中，每部分中每个计数单位各呈现 15 次，实验的总试次为 180 次，由计算机以随机化方式呈现。超过 2300ms 没有反应的，该次实验的反应时数据不被记录，算作一次错误。正式实验前被试先完成 48 次练习，只有练习正确率达到 90% 以上方可进入正式实验。正式实验不提供反馈，中间休息 2 次，休息时间由自己而定，整个实验过程持续约 30 分钟。

## 3 结果

对数据的分析和处理包括两个方面：（1）检验计数单位是否存在 SNARC 效应。（2）检验计数单位是否和数字一样存在距离效应。例如，本研究以“千”基准刺激，大小计数单位各有 3 个单位距离，个、十、百与千的距离分别为 3、2 和 1，万、亿、兆与千的距离分别为 1、2 和 3，对距离效应的检验主要考察每个计数单位距离基准刺激存在不同距离时反应时和正确率的差异。在数据统计分析之前，首先剔除 3 个标准差以外的极端数据，剔除数据占全部数据的 2.51%。

### 3.1 SNARC 效应

对被试的反应时和正确率数据进行 2 $\times$ 2 的重复测验方差分析，各处理条件下的反应时和正确率数据见表 1。

表 1 各处理条件下的反应时和正确率

	反应时		正确率	
	小数字	大数字	小数字	大数字
左手	503.65 $\pm$ 11.20	545.91 $\pm$ 14.23	0.965 $\pm$ 0.007	0.949 $\pm$ 0.009
右手	539.68 $\pm$ 12.41	502.36 $\pm$ 10.83	0.955 $\pm$ 0.011	0.960 $\pm$ 0.009

对正确率的方差分析发现，计数单位大小的主效应不显著， $F(1,36)=0.01$ ， $p>0.05$ ；反应手的

主效应不显著,  $F(1,36) = 0.91, p > 0.05$ ; 二者的交互作用接近显著,  $F(1,36) = 3.31, p > 0.05$ , 在正确率上不存在 SNARC 效应, 主要原因在于各条件下正确率均在 94% 以上产生的天花板效应所致。进一步对正确率和反应时数据的相关分析发现, 二者的相关系数为 0.992 ( $p < 0.05$ ), 不存在速度和正确率代偿关系, 因此本研究若在反应时上存在计数单位的 SNARC 效应, 那么该效应只能来自于计数单位和空间具有高联系性, 且这种高联系具有相当的稳定性。

对反应时的方差分析发现, 计数单位大小的主效应不显著,  $F(1,36) = 0.84, p > 0.05$ ; 反应手的主效应不显著,  $F(1,36) = 0.28, p > 0.05$ ; 二者的交互作用非常显著,  $F(1,36) = 26.55, p < 0.001$ , 左手对小计数单位的反应速度显著快于对大计数单位的反应速度, 右手对大计数单位的反应速度显著快于对小计数单位的反应速度, 说明在对计数单位作大小判断的任务中存在显著的 SNARC 效应。

### 3.2 距离效应

分别对小计数单位和大计数单位的 3 种单位距离进行单因素重复测量方差分析, 各处理条件下的反应时如图 1 所示。

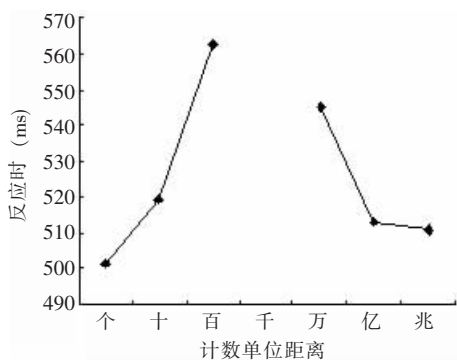


图 1 计数单位的距离效应

对反应时的方差分析结果发现, 小计数单位的距离效应非常显著,  $F(2,72) = 26.56, p < 0.001$ , 个、十、百 3 种计数单位的平均反应时分别为 501.37ms、519.06ms 和 562.68ms。配对比较发现, 3 种距离两两距离间的差异均显著 ( $p < 0.01$ ), 说明随着计数单位距离基准线越远, 反应时越短。对大计数单位的距离效应分析发现, 距离效应同样非常显著,  $F(2,72) = 10.92, p < 0.001$ , 万、亿、兆 3 种计数单位的平均反应时分别为 545.09ms、512.80ms 和 510.77ms。配对比较发现, 亿和兆之间的距离效应不显著 ( $p > 0.05$ ), 其余两两距离间

的差异均达到显著性水平 ( $p < 0.05$ ), 同样存在随着计数单位距离基准线越远, 反应时越短的趋势。

## 4 讨论

SNARC 效应表明, 小数字表征在心理数字线的左侧, 大数字表征在心理数字线的右侧, 该效应对心理数字线的假设提供了直接的实验支持。纵观以往的研究, 不论是在数字加工任务中还是在非数字加工任务中都获得了稳定的 SNARC 效应。然而, 目前尚缺乏对计数单位的空间表征问题的研究。

本研究采用 Dehaene 等人的研究范式, 以计数单位中的“千”为基线, 对大小计数单位作快速分类, 考察计数单位在心理数字线上的空间表征方式。研究结果发现, 左手对小计数单位的反应速度显著快于对大计数单位的反应速度, 右手对大计数单位的反应速度显著快于对小计数单位的反应速度, 说明在对计数单位的大小进行快速分类时, 小计数单位与心理数字线左侧的空间表征相关联, 大计数单位与心理数字线右侧的空间表征相关联。计数单位和数字一样能激活在心理数字线上的空间表征, 它们有着相同的加工机制。该结果与 Dehaene (1990) 等人采用数字所获得的结果一致。

同样, 本研究在大计数单位与小计数单位中均出现了显著的距离效应, 无论是大计数单位还是小计数单位, 都存在随着呈现的计数单位距离基准线越远, 反应速度越快的趋势。说明被试在对计数单位的大小进行快速分类时, 并非依赖于头脑中已储存的信息来完成实验任务, 而是对计数单位所表征的空间位置顺序信息进行了加工。目前一般认为, 如果在研究结果中出现了距离效应, 则表明数字的数量信息表征被激活 (高在峰, 水仁德, 陈晶, 陈雯, 田瑛, 沈模卫, 2009)。但是计数单位作为对自然数进行数数的单位, 它更多的表征数量级别信息, 而不必像自然数一样说出其准确值。从一定的意义上来讲, 计数单位本身只包含数量级别的顺序信息而不包含具体的数量信息。该研究结果说明 SNARC 效应不仅仅出现在具体数字的数量上, 数量级别的顺序信息同样可以在空间上产生 SNARC 效应, 尤其是日常生活中应用频率较高的数量级别顺序信息会更多的体现出从左至右的与空间关系有内在联系的自动化加工过程。

此外, 研究还发现在大的计数单位中, 亿和兆之间的距离效应不显著, 可能的原因在于在现实生活中, 人们对万和亿的应用频率较高, 但对兆的应

用只有在学习或任务要求提取该计数单位时才加以应用有关,应用频率是主要原因。因此,人们对非常大且应用频率非常低的计数单位依然存在从左至右的空间关系表征,但对它们的加工需要更多的控制性加工才能完成。

## 5 结论

本研究条件得出如下结论:(1)计数单位和数字有着相同的加工机制,小计数单位表征在心理数字线的左侧,大计数单位表征在心理数字线的右侧,存在显著的SNARC效应。(2)SNARC效应不仅仅出现在数量的空间表征上,同样能够出现在顺序信息的空间表征上。

## 参 考 文 献

- 高在峰,水仁德,陈晶,陈雯,田瑛,沈模卫. (2009). 负数的空间表征机制. *心理学报*, 141 (2), 95-102.
- 何清华,李鹤,董奇. (2008). 数字与空间表征联结研究进展. *北京师范大学学报*, 44 (3), 238-242.
- 洪意惠. (2006). *The influence of experience on the SNARC effect the mapping between sequential information and spatial representation*. 台湾国立中央大学认知神经研究所, 硕士论文.
- 胡成林,熊哲宏. (2011). 刺激模拟量的空间表征:面积和亮度的类SNARC效应. *心理科学*, 34 (1), 58-62.
- 罗文波,罗家跃. (2007). 数字加工与空间关系的研究进展. *心理科学*, 30 (3), 749-751.
- 刘超,傅小兰. (2004). 不同注意条件下大数与小数的加工差异. *心理学报*, 36 (3), 307-314.
- 刘超,买晓琴,傅小兰. (2004). 不同注意条件下的空间—数字反应编码联合效应. *心理学报*, 36 (6), 671-680.
- 徐晓东,刘昌. (2006). 数字的空间特性. *心理科学进展*, 14 (6), 851-858.
- 杨金桥. (2009). 言语信息激活对中文数字空间表征的影响. *宁波大学学报 (教育科学版)*, 31 (2), 52-56.
- Calabria, M., & Rossetti, Y. (2005). Interference between number processing and line bisection a methodology. *Neuropsychologia*, 43 (5), 779-783.
- Dehaene, S., Dupoux, E., & Mehler, J. (1990). Is numerical comparison digital? Analogical and symbolic effects in two-digit number comparison. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16 (3), 626-641.
- Nuerk, H. C., Wood, G., & Willmes, K. (2005). The universal SNARC effect. *Experimental Psychology*, 52 (3), 187-94.

## The Spatial-Numerical Association of Response Codes Effect on Counting Units

Wu Yanwen, Yang Long

(School of Education, Tianshui Normal University, Tianshui 741001)

## Abstract

It is usually thought that numbers are represented on a mental number line on which the progression of smaller to larger numbers occurs from left to right suggesting a spatial representation of numbers. The present research using Dehaene's paradigm, "thousand" as the baseline, a rectangle-frame was firstly displayed in the center of the screen as fixation, then a counting unit was displayed in the center of fixation. The participant should classify the counting unit as quickly and accurately as possible. The results showed that: (1) There are the same mechanism to the Counting unit and digital processing, participants responded faster to the left-side decision for the small counting unit and faster to the right-side decisions for big counting unit. The data showed that SNARC effect appeared in the present experiment. (2) SNARC effect could arise not only in the numerical magnitude information processing of spatial representation; it also could appear in the order of representation on the space. These results suggested that the counting units are mapped onto the mental number line.

**Key words** counting unit, mental number line, SNARC effect.