

圆柱体分类中的空间-数字反应编码联合效应



安宝霞*

湖州师范学院教师教育学院, 浙江湖州 313000

摘要: 当用左右手对随机呈现在电脑屏幕中央的数字进行奇偶分类并以按键的方式快速做出反应时, 被试对小数字总是用左手反应快于右手, 对大数字总是用右手反应快于左手。这一现象称为为空间-数字反应编码联合效应。尽管研究发现各类形式的数字加工中均存在空间-数字反应编码联合效应, 但圆柱体分类中是否存在该效应尚不清楚。本研究采用快速呈现刺激分类范式, 以高低不同的圆柱体为刺激材料, 考察了圆柱体分类中的空间-数字反应编码联合效应及其自动化机制。结果发现: (1) 在圆柱体高低分类任务中, 被试对较低的圆柱体用左手反应快于右手, 对较高的圆柱体用右手反应快于左手。(2) 在圆柱体颜色分类任务中, 被试对较低的圆柱体依然用左手反应快于右手, 对较高的圆柱体依然用右手反应快于左手。结果说明圆柱体分类中也存在空间-数字反应编码联合效应, 而且该效应在圆柱体高低无关分类任务中能够自动激活。

关键词: SANRC 效应; 心理数字线; 圆柱体; 空间表征

DOI: [10.57237/j.ssrf.2022.02.003](https://doi.org/10.57237/j.ssrf.2022.02.003)

The Spatial-Number Association of Response Codes Effect in the Processing of the Cylinders with Different Height

An Baoxia*

School of Teacher Education, Huzhou University, Huzhou 313000, China

Abstract: When the numbers randomly presented in the center of the computer screen were sorted using both their left and right hands and quickly responded by pressing a button, the subjects always responded faster with their left hand for small numbers and faster with their right hand for large numbers. This phenomenon is called the Spatial-Number Association of Response Codes Effect. Although the Spatial-Number Association of Response Codes Effect has been found in all forms of digital processing, it is not clear whether the effect exists in cylinder classification. In this study, a rapid presentation stimulus classification paradigm was used to investigate the spatial-number association of response codes effect and its automatic mechanism in the processing of the cylinders with different height. The results showed that: (1) In the cylinders height classification task, the lower cylinders were respond to faster with the left hand than the right hand, and the higher cylinders were respond to faster with the right hand than the left hand. (2) In the cylinders color classification task, the lower cylinders were still respond to faster with the left hand than the right hand, and the higher

*通信作者: 安宝霞, anbx666@163.com

cylinders were still respond to faster with the right hand than the left hand. These results show that the spatial-number association of response codes effect also can exist in the cylinders classification, and this effect can be activated automatically in the cylinder height irrelevant classification task.

Keywords: SNARC Effect; Mental Number Line; Cylinder; Spatial Representation

1 引言

数字在人们的生活中不可或缺并影响着人们的生活和学习。幼儿园的小朋友用不同的动画卡片来记录着数字；小学生用竹子串来数数、算算数；中学生用数字帮助理解方程式和函数；大学生用数字表示已读文献和未读文献的阅读量；乃至成人用数字记录生活中的点点滴滴等等。尽管自古以来数字一直在人类生活中扮演着积极重要的角色，但是人们对数字认知的科学研究直到 20 世纪末才正式兴起。Dehaene 等人（1993）把 1-9（5 除外）的这些阿拉伯数字随机呈现在显示器的中央，并要求被试用左右手对随机呈现在电脑屏幕中央的数字进行奇偶分类并以按键的方式快速做出反应时发现，被试对小数字总是用左手反应快于右手，对大数字总是用右手反应快于左手。Dehaene 等人把这一现象命名为空间-数字反应编码联合效应（Spatial-Number Association of Response Codes Effect），即 SNARC 效应。为什么在阿拉伯数字分类中会出现 SNARC 效应呢？Dehaene 等人借用心理数字线（mental number line）假设对其予以解释，认为人脑按照数字的大小，以空间的形式把小数字表征在心理数字线的左侧，把大数字表征在心理数字线的右侧导致了 SNARC 效应的发生[1-3]。

Dehaene 等人在阿拉伯数字分类任务中捕获到 SNARC 效应以后，众多的心理学研究者参与其中，使用不同形式的符号数字（如中文，英文）和非符号数字（如圆面积，方形亮度，声音高低）作为实验材料，在更广范围内对 SNARC 效应的稳定性和普遍性进行了验证性研究，结果发现 SNARC 效应普遍存在于各种符号数字和非符号数字的加工之中，并具有一定自动性[4-11]。

除了采用不同形式的符号和非符号数字验证 SNARC 效应的普遍性和稳定性以外，还有一些研究者对 SNARC 效应的发生和发展机制进行了研究。但是时至今日，人们对 SNARC 效应在多大儿童的数字认知中

才会出现这一问题依然没有形成统一的认识[12-15]。比如 Berch 及其同事认为 3 年级以前儿童数字加工中不会出现 SNARC 效应[13]。但是 Schweiter 等人以瑞士儿童为被试研究发现，瑞士二年级学生有三分之一的人在数字加工中能出现 SNARC 效应[14]。因此，数字 SNARC 效应最早出现在几岁依然有待于进一步的研究去揭示。以往研究往往采用阿拉伯数字考察 SNARC 效应的发生机制，但是年龄较小的幼儿缺乏对数字的认识和理解，而且易受教育背景的影响。因此，采用数字在幼儿群体中考察 SNARC 效应的发生机制具有一定的局限性。如果能够使用幼儿非常熟悉的类似于幼儿玩具的实物（如球体、圆柱体、正方体等）考察 SNARC 效应的发生机制，能够取得更好地结果。

以往研究在考察非符号数字加工中的 SNARC 效应时，采用的非符号数字（如圆面积、方形亮度、声音高低）均与幼儿的生活较远，尚无研究采用幼儿非常熟悉的类似于幼儿玩具的实物（如球体、圆柱体、正方体等）来考察 SNARC 效应。因此，本研究拟以高低不同的圆柱体为实验材料，深入考察圆柱体分类任务中的 SNARC 效应及其自动化机制。研究结果一方面是为了丰富和完善非符号数字加工中的 SNARC 效应及其机制方面的研究，另一方面也试图检验采用幼儿非常熟悉的类似于幼儿玩具的实物（如球体、圆柱体、正方体等）考察 SNARC 效应发生机制的可行性。

2 实验 1

2.1 被试

选取中小学生 18 名（男 14、女 4）自愿参加本实验。最大年龄 19 岁，最小年龄 11 岁，平均年龄 14.28 ± 2.27 岁。实验结束后每人获赠一本笔记本以示感谢。所有被试视力或者矫正视力均正常。

2.2 材料和仪器

制作 5 个直径相等但高度不同的圆柱体图片作为本实验的刺激材料。所有圆柱体图片的直径均为 76 像素，高度从低到高分别是 38 像素、76 像素、113 像素、151 像素和 189 像素。其中 76*113 像素的圆柱体为标准刺激，其余圆柱体图片均为比较刺激。仪器为联想笔记本电脑，屏幕大小为 14.1 寸，分辨率 1920×1080 像素，刷新频率 60HZ。

2.3 实验设计

采用 2 (圆柱体高低: 低 vs. 高) \times 2 (反应键: 左键 vs. 右键) 被试内设计，因变量为反应时。

2.4 实验程序

实验程序借助 E-prime1.1 软件在计算机上运行。实验开始后首先在电脑屏幕中央呈现出一个“+”作为注视点 300ms。接下来注视点消失，并出现 130ms 的空屏。随后会出现一个 3cm 的圆柱体作为标准刺激，呈现时间为 1000ms。当标准刺激消失之后，紧接着会随机出现一个 1cm, 2cm, 4cm 或者 5cm 的圆柱体作为比较刺激，其呈现时间为 1000ms。当比较刺激出现后，被试须判断所呈现的圆柱体是高于还是低于标准刺激，并按键快速予以反应。被试反应后出现 1500ms 的空屏，之后会进入下一个试次（实验流程图见下图 1）。

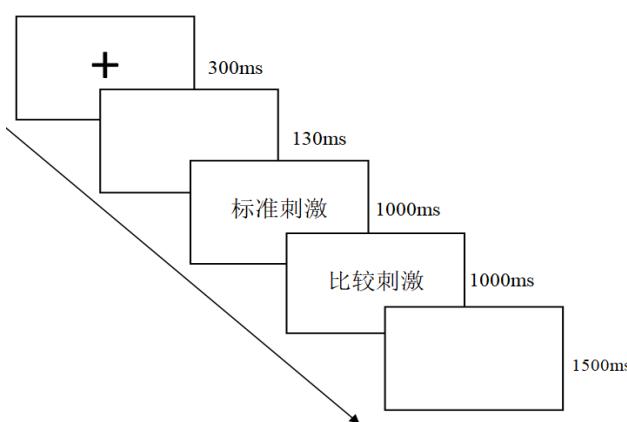


图 1 实验 1 流程图

整个实验分为两个 Block，一个 block 要求被试对低于标准刺激的圆柱体用左手按 F 键反应，对高于标准刺激的圆柱体用右手按 J 键反应。另一个 block 要求被试对低于标准刺激的圆柱体用右手按 J 键反应，对高于标准刺激的圆柱体用左手按 F 键反应。两个 Block

的先后顺序在被试间进行平衡。

2.5 结果分析

除去错误反应和三个标准差以外的反应时数据，对剩余数据进行重复测量方差分析。结果发现圆柱体高低主效应不显著， $F(1, 17) = 2.01, p = 0.175, \eta^2 = 0.106$ 。反应键主效应不显著， $F(1, 17) = 0.17, p = 0.689, \eta^2 = 0.01$ 。圆柱体高低和反应键交互作用显著， $F(1, 17) = 7.89, p < 0.05, \eta^2 = 0.317$ 。进一步简单效应分析发现，按左键 (573 ms) 对小数字的反应快于按右键 (601 ms)，按右键 (562 ms) 对大数字的反应快于按左键 (621 ms)，说明圆柱体分类中出现了 SNARC 效应，见图 2。

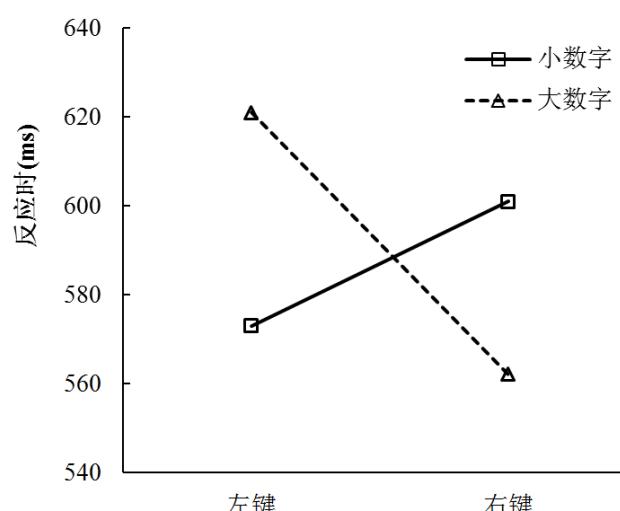


图 2 不同数字按右键和左键的反应时

3 实验 2

3.1 被试

选取中小学生 20 名（男 15、女 5）自愿参加本实验。最大年龄 18 岁，最小年龄 11 岁，平均年龄 14.8 ± 1.83 岁。实验结束后每人获赠一本笔记本以示感谢。所有被试视力或者矫正视力均正常。

3.2 材料和仪器

实验材料与实验 1 基本相同。不同之处在于实验 2 把实验 1 所用的所有圆柱体涂为蓝色和红色两种颜色。实验仪器同实验 1。

3.3 实验设计

采用 2 (圆柱体高低: 低 vs. 高) \times 2 (反应键: 左键 vs. 右键) 被试内设计, 因变量为反应时。

3.4 实验程序

实验程序借助 E-prime1.1 软件在计算机上运行。实验开始后首先在电脑屏幕中央呈现出一个“+”作为注视点 300ms。接下来注视点消失, 在显示器中央随机出现一个 1cm, 2cm, 4cm 或者 5cm 的圆柱体 3000ms。要求被试判断所呈现的圆柱体是蓝色还是红色, 并按键快速予以反应。被试反应后出现 1500ms 的空屏, 之后会进入下一个试次。整个实验分为两个 Block, 一个 block 要求被试对蓝色圆柱体用左手按 F 键反应, 对红色圆柱体用右手按 J 键反应。另一个 block 要求被试对红色圆柱体用右手按 J 键反应, 对蓝色圆柱体用左手按 F 键反应。两个 Block 的先后顺序在被试间进行平衡。

3.5 结果分析

除去错误反应和三个标准差以外的反应时数据, 对剩余数据进行重复测量方差分析。结果发现圆柱体高低主效应不显著, $F(1, 19) = 3.28, p = 0.086, \eta^2 = 0.147$ 。反应键主效应不显著, $F(1, 19) = 2.11, p = 0.163, \eta^2 = 0.100$ 。圆柱体高低和反应键交互作用显著, $F(1, 19) = 11.27, p < 0.01, \eta^2 = 0.372$ 。进一步简单效应分析发现, 按左键(502 ms)对小数字的反应快于按右键(507 ms), 按右键(480 ms)对大数字的反应快于按左键(509 ms), 说明圆柱体分类中出现了 SNARC 效应, 见图 3。

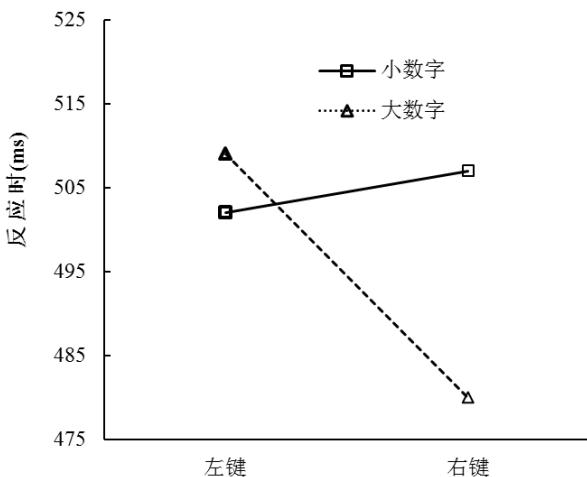


图 1 颜色分类任务中不同数字按右键和左键的反应时

4 讨论

尽管前人研究采用多种非符号数字 (如圆面积, 方形亮度和声音高低等) 为材料, 验证了非符号数字加工中的 SNARC 效应。由于前人所采用的非符号数字远离幼儿生活, 不易直接用来考察幼儿对非符号数字加工的特点和规律。考虑到球体、圆柱体等立体图形与幼儿玩具相似, 幼儿对此类形状极为熟悉, 先天具有用来考察幼儿非符号数字加工特点的潜在价值。因此, 本研究以幼儿非常熟悉的类似于幼儿玩具的圆柱体为实验材料, 考察了圆柱体加工中的 SNARC 效应及其机制。实验 1 要求被试判断呈现的目标刺激低于还是高于标准刺激, 结果发现被试对较低的圆柱体用左手反应快于右手, 对较高的圆柱体用右手反应快于左手, 说明在圆柱体的高低分类任务中出现了 SNARC 效应。以往研究认为, 符号和非符号数字加工中之所以出现 SNARC 效应, 是因为人脑根据数字大小信息把数字表征在心理数字线上, 且小数字表征在数字线的左侧, 大数字表征在数字线的右侧所致。本研究在圆柱体高低分类任务中也发现了 SNARC 效应, 进一步验证和强化了前人的结论。

实验 2 采用颜色分类任务, 要求被试判断呈现的圆柱体的颜色, 结果同样发现被试对较低的圆柱体用左手反应快于右手, 对较高的圆柱体用右手反应快于左手, 说明在圆柱体的颜色分类任务中也出现了 SNARC 效应。实验 1 要求被试执行圆柱体高低分类任务, 这一任务能够直接激活数量信息。与实验 1 相比, 实验 2 采用的颜色分类任务不能直接激活数量信息, 在实验 2 中依然捕获 SNARC 效应, 结果进一步说明圆柱体加工中的 SNARC 效应能够被自动激活。

在圆柱体分类任务中捕获 SNARC 效应, 说明不同圆柱体也可以用来考察非符号数字的空间表征及其机制。与前人研究相比, 本研究选用的圆柱体与幼儿玩具形状更为接近, 幼儿对圆柱体较为熟悉, 更适合用来研究幼儿非符号数字的加工特点及其机制。因此, 本研究也能为后续研究深入考察幼儿数字认知及其发生发展机制提供了一种更具生态效度的研究材料。

5 结论

通过本研究可以得出以下结论:

- (1) 圆柱体分类中也存在空间-数字反应编码联合效应。

- (2) 圆柱体分类中空间-数字反应编码联合效应在圆柱体高低无关分类任务中能够自动激活。

参考文献

- [1] Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. The mental representation of parity & number magnitude [J]. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1993, 122: 371-396.
- [2] 刘超, 买小琴, 傅小兰. 不同注意条件下的空间-数字反应编码联合效应 [J]. *心理学报*, 2004, 36 (6): 671-680.
- [3] 潘运, 沈德立, 王杰. 不同注意提示线索条件下汉字加工的SNARC效应 [J]. *心理与行为研究*, 2009, 7 (1), 21-26.
- [4] Calabria, M. & Rossetti, Y. Interference between number processing and line bisection: a methodology [J]. *Neuropsychologia*, 2005, 43, 779-783.
- [5] Nuerk, H. C. Notational modulation of the SNARC and the MARC (linguistic markedness of response codes) effect [J]. *The Experimental Psychology Society*, 2004, 57 (5), 835-863.
- [6] Nuerk, H. C., Wood, G., & Willmes, K. The Universal SNARC Effect [J]. *Experimental Psychology*, 2005, 52 (3), 187-194.
- [7] 胡林成, 熊哲宏. 刺激模拟量的空间表征: 面积和亮度的类SNARC效应 [J]. *心理科学*, 2011, 34 (1), 58-62.
- [8] 吴彦文, 杨龙. 计数单位的空间联合编码效应 [J]. *心理与行为研究*, 2013, 11 (4), 440-443.
- [9] Ishihara, M., Keller, P. E., Rossetti, Y., et al. Horizontal spatial representations of time: Evidence for the STEARC effect [J]. *Cortex*, 2008, 44, 454-461.
- [10] 王强强, 朱小同, 祝铭山, 康静梅. 手势图片的SNARC效应 [J]. *内江师范学院学报*, 2014, 29 (12): 57-62.
- [11] Wang, Q., Liu, M., Shi, W., & Kang, J. (2018). Mechanism of the SNARC Effect in Numerical Magnitude, Time Sequence, and Spatial Sequence Tasks: Involvement of LTM and WM. *Frontiers in Psychology*, 9, 1-12.
- [12] Fumarola, A., Prpic, V., Pos, O. D., Murgia, M., Umiltà, C., & Agostini, T. Automatic spatial association for luminance [J]. *Attention Perception & Psychophysics*, 2014, 76 (3), 759-765.
- [13] Berch, D. B., Foley, E. J., Hill, R. J., & Ryan, P. M. D. Extracting parity and magnitude from Arabic numerals: Developmental changes in number processing and mental representation [J]. *Journal of Experimental Child Psychology*, 1999, 74, 286-308.
- [14] Schweiter, M., Zulauf, M. W., & Apter, M. V. Die entwicklung räumlicher zahlenrepräsentationen undrechenfertigkeiten bei kindern. *Zeitschrift Für Neuropsychologie*, 2005, 16 (2), 105-113.
- [15] Yang, T., Chen, C. S., Zhou, X. L., Xu, J. H., & Dong, Q. Development of spatial representation of numbers: A study of the SNARC effect in Chinese children [J]. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2014, 77, 1-11.

作者简介

安宝霞

1984年生, 硕士研究生, 研究方向: 儿童数字认知, 教育管理.
E-mail: anbx666@163.com