

大小判断符号对SNARC效应的影响

马 媛, 明芄廷, 郭田友*

深圳大学心理学院, 广东 深圳

收稿日期: 2025年3月14日; 录用日期: 2025年4月27日; 发布日期: 2025年5月12日

摘 要

目的: 本研究旨在探讨数字表征的空间位置与心理数字线之间的关系, 具体而言, 较小(较大)的数字表征的位置和心理数字线靠左(靠右)的位置相符合, 探究大小判断符号是否影响心理数字线, SNARC效应是否存在。研究基于心理数字线理论, 选取30名在校大学生作为被试进行了2(反应手: 左手和右手)×2(相容类型: 相容性和不相容性)的被试内实验, 并通过方差分析对实验数据进行了统计检验。结果表明: 在大小判断符号任务中, 小于号相容的不等式判断反应明显快于不相容的不等式; 大于号不相容的不等式判断反应反而快于相容的不等式, 该结果影响SNARC效应的出现, 可能受到大小判断符号任务情境的影响, 从而可以体现数字空间表征具有灵活性。

关键词

SNARC效应, 心理数字线, 大小判断, 空间编码, 灵活性

The Influence of Less Than Sign and Greater Than Sign on SNARC Effect

Yuan Ma, Wanting Ming, Tianyou Guo*

School of Psychology, Shenzhen University, Shenzhen Guangdong

Received: Mar. 14th, 2025; accepted: Apr. 27th, 2025; published: May 12th, 2025

Abstract

Objective: This study aims to investigate the relationship between the spatial position of numerical representation and the mental number line. Specifically, it examines whether the position of smaller (larger) numbers aligns with the left (right) side of the mental number line, and explores whether the symbol used for magnitude judgment affects the mental number line and whether the SNARC (Spatial-Numerical Association of Response Codes) effect exists. Based on the theory of the mental number line,

*通讯作者。

文章引用: 马媛, 明芄廷, 郭田友(2025). 大小判断符号对 SNARC 效应的影响. *心理学进展*, 15(5), 49-55.
DOI: 10.12677/ap.2025.155268

the study conducted a within-subjects experiment with 30 college students, using a 2 (response hand: left and right) $\times$ 2 (compatibility type: compatible and incompatible) design. The experimental data were statistically tested using analysis of variance (ANOVA). The results indicate that in the magnitude judgment task using symbols, responses to inequalities with compatible less-than signs were significantly faster than those with incompatible less-than signs; conversely, responses to inequalities with incompatible greater-than signs were faster than those with compatible greater-than signs. This result influences the emergence of the SNARC effect and may be affected by the context of the size comparison task, thereby demonstrating the flexibility of numerical spatial representation.

Keywords

SNARC effect, Mental Number Line, Size Judgment, Spatial-Numerical Coding, Flexibility

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

数字作为人类高级认知工具之一，在记录时空信息、再现事物发展过程中发挥着关键作用。从原始社会的结绳记事、陶符刻划等实物计数，乃至现代社会的身高、体重、时间、数据等精确记录，数字变成了人类正常生活的必要工具。

而数字加工是数字中的核心概念，它是人类认知的核心能力。数字加工(Numerical Processing)是指人类大脑对数字信息进行感知、表征、存储和操作的一系列认识过程。它不仅是数学思维与逻辑推理的基石，影响着个体学业成就与职业竞争力。数字加工过程中会产生空间 - 数字反应编码联合效应(Spatial Numerical Association of Response Codes effect, SNARC 效应)现象，它揭示了数字与空间表征的紧密联系。SNARC 效应最早由 Dehaene 等人(1993)提出，是指右手判断大数字的反应时间长度快于小数字的现象，左手判断小数字的反应时间长度快于大数字的现象。经典实验中，对数字进行奇偶判断时，结果显示，小数字(如 1、2)的左手反应更快，大数字(如 8、9)的右手反应更快。这一效应被解释为心理数字线(Mental Number Line)的空间映射，表明数字加工具有内在的空间特性，数量信息并非抽象符号，而是与感知运动系统整合，形成空间映射的认知基础。

在 SNARC 效应的研究领域中，研究者们广泛采用了多种类型的刺激材料来探讨数字与空间表征之间的关系。然而，值得注意的是，现有文献中缺乏使用大小判断符号(如“>”、“<”)作为实验刺激的研究。

1.1. SNARC 效应的研究现状

首先，大量研究采用阿拉伯数字、英文字母、汉字数字为实验材料证实了数字加工过程中存在 SNARC 效应(王俐苹, 2019; 周玉, 2013; 曲静, 2021)，也有研究从空间方向及文化差异等方面，探讨了 SNARC 效应的存在(王漪兰, 2012; 赵子萱, 2018)，更有研究采用物理大小与面积实验也发现存在 SNARC 效应(胡林成, 熊哲宏, 2013)，颜丽珠等人(2022)指出 SNARC 效应在不同任务中表现出灵活性，而且任务的相关性和参与者对任务的解读会影响 SNARC 效应的方向和大小(Yan et al., 2021)。人类究竟是如何完成数字的空间表征还存在争议(王强强等, 2022)，还需要进一步研究。

1.2. 大小判断符号在数字加工与 SNARC 效应中的应用

数字加工中不仅仅有大小数字的判断过程，而大小判断符号也是重要的概念。大小判断符号特指用

于启动数字比较任务的视觉符号(如“<”、“>”、“=”),其核心功能是在对数值大小关系进行认知判断。由 Fias (1996)提出,比较阿拉伯数字(符号)与点阵(非符号)在大小判断任务中的表现,发现 SNARC 效应在符号刺激中更强,说明符号化数字的空间表征更自动化。根据 Proctor 和 Cho (2006)提出的极性编码理论,标准的 SNARC 效应会在符号的指向一致时得到强化。当符号(如“<”、“>”)的指向与心理数字线默认方向(左小右大)一致时,强化 SNARC 效应;若符号方向与默认方向冲突,则可能诱发效应反转。Santens 和 Gevers (2008)通过大小判断任务与奇偶性任务对比,提出 SNARC 效应可能反映任务相关的空间编码策略,而非固定的心理数字线,挑战了传统解释。SNARC 效应可以用于解释数字加工与空间关系过程中大小符号参与的认知策略,而解释机制有待于进一步探索。

1.3. 研究目的与假设

本研究将会根据前人对 SNARC 效应的研究,按照心理数字线进行假设,通过判断不等式是否正确的方式来观察大小符号是否会影响 SNARC 效应。实验材料为 9 以内的阿拉伯数字,且由两个数字距离相等的数字材料组成的不等式,进行正误判断,左右手做出相应的按键反应,假设在相容比不相容的情况下,被试的按键反应更快。

通过将大小判断符号纳入实验设计,可以进一步探讨符号表征与空间认知之间的相互作用,从而深化对数字加工机制的理解。不仅能够拓展 SNARC 效应研究的边界,还可能为理解数字与空间关系的本质提供新的视角。

2. 方法

2.1. 被试

30 名健康在校大学生(10 男 20 女),年龄在 19~23 岁($M = 20.30$, $SD = 1.58$)。基于有研究证明 SNARC 效应不受利手影响(Dehaene et al., 1993),被试要求中没有区分左右利手。所有人视力或矫正视力正常,无弱视、斜视等视力问题,当地读写习惯的方向均为从左到右,完成实验后被试均获得适量报酬。

2.2. 实验材料

实验材料为大小符号不等式。小于号的不等式中,采用 $1 < 3$ 、 $2 < 4$ 、 $3 < 5$ 、 $4 < 6$ 、 $5 < 7$ 、 $6 < 8$ 、 $7 < 9$ 、 $3 < 1$ 、 $4 < 2$ 、 $5 < 3$ 、 $6 < 4$ 、 $7 < 5$ 、 $8 < 6$ 、 $9 < 7$ 十四个不等式作为实验材料。大于号的不等式中,采用 $3 > 1$ 、 $4 > 2$ 、 $5 > 3$ 、 $6 > 4$ 、 $7 > 5$ 、 $8 > 6$ 、 $9 > 7$ 、 $1 > 3$ 、 $2 > 4$ 、 $3 > 5$ 、 $4 > 6$ 、 $5 > 7$ 、 $6 > 8$ 、 $7 > 9$ 十四个不等式作为实验材料。实验控制两个数字在不等式中的距离,各数字之间的距离相等,以排除距离效应的影响(Moyer & Landauer, 1967)。

2.3. 实验设计

实验为 2 (反应手:左手和右手) $\times$ 2 (相容性:相容和不相容)的被试内设计。其中,反应手指左手或右手进行按键反应。相容性的定义依据: $1 < 3$ 、 $2 < 4$ 、 $1 > 3$ 、 $2 > 4$ 等不等式定义为和心理数字线相容, $3 < 1$ 、 $4 < 2$ 、 $3 > 1$ 、 $4 > 2$ 等不等式定义为和心理数字线不相容。小于号不等式中,正确的不等式是相容的,错误的等式是不相容的。大于号不等式中,正确的不等式是不相容的,错误的等式是相容的。实验因变量为反应时。

2.4. 实验程序

实验使用 e-prime3.0 程序进行,在电脑屏幕呈现。实验开始,电脑屏幕首先呈现说明指导语,要求被试的左手食指和右手食指分别放在“F”键和“J”键上。然后屏幕中央呈现 600 ms 的注视点“+”,之后

屏幕中央随机呈现不等式刺激, 被试按要求判断不等式是正确还是错误后做出按键反应, 不等式刺激存在 1300 ms 的反应时间。按键结束后呈现 500 ms 的空屏, 空屏结束后进入下一次 trials。实验将小于号不等式和大于号不等式分开进行实验。

实验包含两个 Block, Block1 要求被试判断不等式是正确的则左手按“F”键, 判断不等式是错误的则右手按“J”键。Block2 要求被试判断不等式是正确的则右手按“J”键, 判断不等式是错误的则左手按“F”键。两个 Block 随机呈现, 每个数字刺激重复呈现 10 次, 共 140 个 trials。每个 Block 之前有 24 个 trials 的练习, 每个 Block 结束后有一分钟的休息时间, 被试可以根据个人需求选择是否休息。实验流程见图 1。

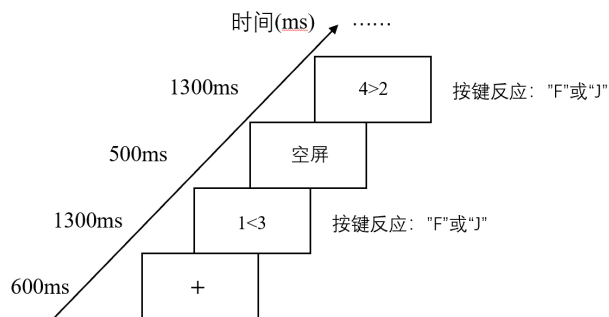


Figure 1. Experimental flowchart
图 1. 实验流程图

2.5. 实验结果

小于号不等式的任务中, 首先剔除所有试次的错误反应 577 个, 被试的错误率在 0.7%~12.5%, 然后剔除每个水平上三个标准差之外的数据 101 个, 总剔除数据占总数据的 8.07%。随后对剩余的正确反应时进行 2 (反应手: 左手和右手) $\times$ 2 (相容性: 相容和不相容) 的重复测量方差分析。结果显示, 反应手的主效应不显著, $F(1, 29) = 1.65, p = 0.20$; 相容性的主效应显著, $F(1, 29) = 58.42, p < 0.001$ 。反应手和相容性的交互作用不显著, $F(1, 29) = 17.04, p = 0.054$ 。进一步简单效应分析发现, 左手按键时, 相容性效应不显著, $F(1, 29) = 1.68, p = 0.20$ 。右手按键时, 相容性效应显著, $F(1, 29) = 23.91, p < 0.001$ 。右手按键对相容的不等式的反应($M = 581.90, SD = 23.76$)快于左手按键对相容的不等式的反应($M = 614.93, SD = 21.36$)。左手按键对不相容的不等式的反应($M = 633.00, SD = 24.58$)快于右手按键对不相容的不等式的反应($M = 651.86, SD = 20.09$), 见图 2。

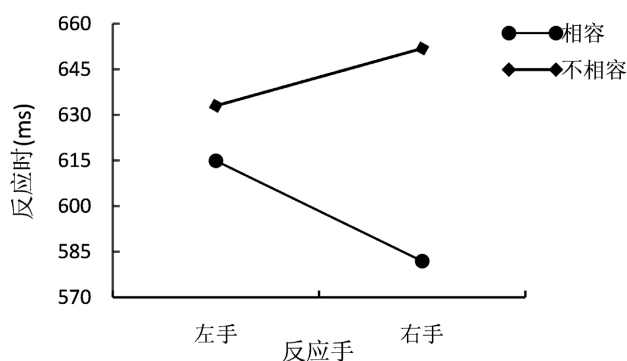


Figure 2. Left/Right hand RTS in "<" inequality conditions
图 2. 小于号不等式的不同条件下左右手的反应时

大于号不等式的任务中, 首先剔除所有试次的错误反应 533 个, 被试的错误率在 0.4%~13.2%, 然后剔除每个水平上三个标准差之外的数据 113 个, 总剔除数据占总数据的 7.69%。随后对剩余的正确反应时进行 2 (反应手: 左手和右手) $\times$ 2 (相容性: 相容和不相容) 的重复测量方差分析。结果显示, 反应手的主效应不显著, $F(1, 29) = 0.38, p = 0.54$; 相容性的主效应显著, $F(1, 29) = 52.81, p < 0.001$ 。反应手和相容性的交互作用不显著, $F(1, 29) = 1.68, p = 0.20$ 。进一步简单效应分析发现, 左手按键时, 相容性效应显著, $F(1, 29) = 8.24, p = 0.008 < 0.01$ 。右手按键时, 相容性效应显著, $F(1, 29) = 22.93, p < 0.001$ 。左手按键对相容的不等式的反应($M = 579.85, SD = 20.38$)快于右手按键对相容的不等式的反应($M = 588.79, SD = 23.17$)。右手按键对不相容的不等式的反应($M = 538.94, SD = 17.95$)快于左手按键对不相容的不等式的反应($M = 552.08, SD = 20.65$), 见图 3。

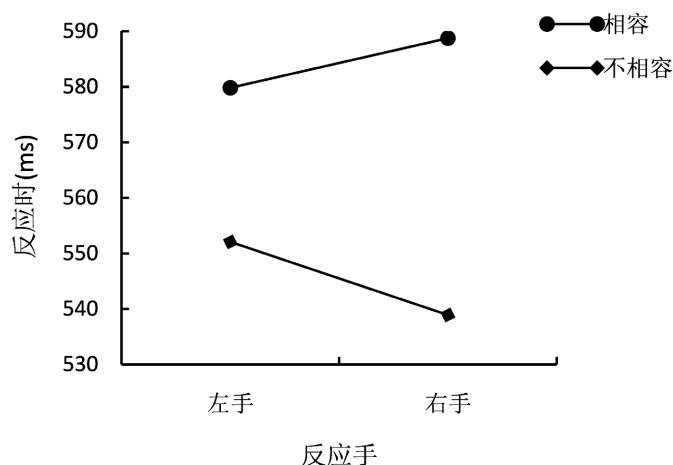


Figure 3. Left/Right Hand RTs in “>” inequality conditions
图 3. 大于号不等式的不同条件下左右手的反应时

3. 讨论

该实验以中国大学生为研究对象, 基于心理数字线理论探讨了数字空间表征的情境依赖性特征。根据该理论, 被试实验过程中会表征一条从左向右逐渐递增的心理数字线, 较小(较大)的数字表征的位置和心理数字线靠左(靠右)的位置相符合, 因此出现了被试对较小的数字左手反应更快, 对较大的数字右手反应更快的现象。Bächtold 等人(1998)的研究要求被试将呈现的数字进行心理映射——分别对应直尺刻度(左小右大)和钟表表盘(左大右小)的两种空间框架。结果显示, 当数字表征基于直尺空间框架时, 出现了符合心理数字线方向的标准 SNARC 效应(左手较快地反应小数字, 右手较快地反应大数字); 而在钟表空间框架下, 则呈现出反向的 SNARC 效果。实验证明了实验情境对空间-数联觉效应的调节机制: 被试可以根据不同的任务情境, 对数字的空间编码方式进行灵活的调整。从而证明了数字空间表征具有情境依赖性灵活性这一重要特性。Santiago 和 Lakens (2015)通过经典的奇偶判断和大小比较任务, 突破了传统实验中仅设置左右两个反应位置的限制, 创新性地引入了包含中间位置的三个反应位置, 分别对应左侧、中侧和右侧。根据极性编码理论, 反应位置的变化会导致左右反应的极性编码发生相应改变, 从而影响 SNARC 效应的表现。然而, 实验结果却显示, 不同的反应位置并未对 SNARC 效应产生显著影响。颜丽珠等(2022)认为 SNARC 效应不固定于单一的认知加工阶段, 在前期刺激表征阶段和后期选择反应阶段均表现为 SNARC 效应, 也说明该效应的发生阶段具有灵活性的特征。工作记忆理论由王强强等人(2022)的实验结果证明, 会影响 SNARC 效应的数字与干扰刺激混合呈现, 说明情境因素容易对数字空间的表

征产生干扰。

本研究采用不等式判断任务,重点考察了不同符号方向对数字空间表征的影响。综合上述研究,让被试判断不等式是否正确呈现,如果不等式的两个数字在心理数字线上表现和被试的心理数字线表征是相容的,被试判断反应应该快于不相容的。Proctor 和 Cho (2006)提出的极性编码理论,当刺激(如数字大小、大小符号)与按键反应的方向一致时,被试的反应更快且更准确。例如:“小数字在左,大数字在右”的排列,被试的反应速度显著提升。

结果显示,在小于号不等式任务中,无论使用左手还是右手,被试对相容不等式(即数字大小关系与心理数字线方向一致)的判断反应显著快于不相容条件,这与经典 SNARC 效应一致。然而在大于号不等式任务中却出现了相反模式:相容条件的反应反而更慢。这一结果的出现,也证实了 Proctor 和 Cho (2006)提出的极性编码理论的解释一致。这种差异可能源于不等式符号的方向性对心理数字线的调节作用。具体而言,正确的大于号不等式呈现“大数字在左,小数字在右”的排列,这种特定情境可能促使被试调整其数字空间表征方式。

大于号不等式和小号不等式可以看成两个不同的情境任务,正确的大于号不等式是大数字在左边,小数字在右边。Schwarz 和 Keus (2004)的研究支持这一解释,他们发现在需要比较符号的情景下,被试的注意会更加关注符号本身而非数字本身的空间表征,主动激活从右到左逐渐递增的心理数字线,抑制了本身从左到右逐渐递增的表征方式,所以不相容的不等式反应更快,与小于号不等式的任务结果相反。两个任务出现相反的结果是受到情境的影响,同时印证了数字空间表征具有灵活性。

本研究存在一些不足。本研究采用双数字同时呈现的范式,要求被试仅对不等式关系进行正误判断,该实验方法不易观察 SNARC 效应的出现。此外,建议增加样本量,可以考虑引入眼动追踪或脑电等技术手段,从多角度深入探讨 SNARC 效应的认知机制。未来仍需要对研究方法做出改进,并且对此结果进一步验证。

4. 结论

本研究基于心理数字线的理论,考察大小判断符号对 SNARC 效应的影响。结果发现,小于号不等式的表征方向和被试的心理数字线的表征相符合,不等式相容时反应比不相容的更快。大于号不等式任务因为受到情境因素的干扰,出现了和小于号不等式任务相反的结果。

参考文献

- 胡林成,熊哲宏(2013). 物理大小和面积的无意识空间表征. *心理科学*, 36(6), 1369-1374.
- 曲静(2021). 特异性的符号和非符号数量表示: 基于 SNARC 效应的研究. *社会科学前沿*, 10(3), 748-756.
- 王俐苹(2019). 刺激类型与呈现方式对注意 SNARC 效应的影响. 硕士学位论文, 贵阳: 贵州师范大学.
- 王强强,张琦,石文典,王志伟,章鹏程(2022). 数字空间表征的在线建构: 来自干扰情境中数字 SNARC 效应的证据. *心理学报*, 54(7), 761-771.
- 王漪兰(2012). 心理数字线空间方向及 SNARC 效应实验研究. 硕士学位论文, 苏州: 苏州大学.
- 颜丽珠,陈妍秀,刘勋,傅世敏,南威治(2022). 数字空间联结的灵活性及其内在机制. *心理科学进展*, 30(1), 51-64.
- 赵子萱(2018). 蒙古族与汉族大学生的 SNARC 效应——基于阿拉伯数字和言语数字空间表征的研究. 硕士学位论文, 呼和浩特: 内蒙古师范大学.
- 周玉(2013). 顺序及数量特性对 SNARC 效应的影响——以中文汉字序列为材料的研究. 硕士学位论文, 苏州: 苏州大学.
- Bächtold, D., Baumüller, M., & Brugger, P. (1998). Stimulus-Response Compatibility in Representational Space. *Neuropsychologia*, 36, 731-735. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(98\)00002-5](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(98)00002-5)
- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The Mental Representation of Parity and Number Magnitude. *Journal of*

- Experimental Psychology: General*, 122, 371-396. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.122.3.371>
- 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, 626-641. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.16.3.626>
- Fias, W. (1996). The Importance of Magnitude Information in Numerical Processing: Evidence from the SNARC Effect. *Mathematical Cognition*, 2, 95-110. <https://doi.org/10.1080/135467996387552>
- Moyer, R. S., & Landauer, T. K. (1967). Time Required for Judgements of Numerical Inequality. *Nature*, 215, 1519-1520.
- Proctor, R. W., & Cho, Y. S. (2006). Polarity Correspondence: A General Principle for Performance of Speeded Binary Classification Tasks. *Psychological Bulletin*, 132, 416-442. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.3.416>
- Santens, S., & Gevers, W. (2008). The SNARC Effect Does Not Imply a Mental Number Line. *Cognition*, 108, 263-270. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2008.01.002>
- Santiago, J., & Lakens, D. (2015). Can Conceptual Congruency Effects between Number, Time, and Space Be Accounted for by Polarity Correspondence? *Acta Psychologica*, 156, 179-191. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2014.09.016>
- Schwarz, W., & Keus, I. M. (2004). Moving the Eyes along the Mental Number Line: Comparing SNARC Effects with Saccadic and Manual Responses. *Perception & Psychophysics*, 66, 651-664. <https://doi.org/10.3758/bf03194909>
- Yan, L., Yang, G., Nan, W., Liu, X., & Fu, S. (2021). The SNARC Effect Occurs in the Response-Selection Stage. *Acta Psychologica*, 215, Article 103292. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2021.103292>