

SNARC-like 效应的研究与展望

孙 铭¹ 孙 伟²

1. 苏州大学教育学院, 苏州;

2. 苏州大学文正学院, 苏州

摘 要 | 1993 年 Dehaene 发现 SNARC 效应, 数字与空间的联结关系走入大家的视野。随着研究的深入, 研究者发现不仅在数字上存在空间联结, 在字母、颜色、时间等方面都与空间存在对应关系, 这些现象被统称为 SNARC-like 效应。目前, SNARC-like 效应的类型主要有 4 种, 效应的出现是本身自带的还是后天由于文化等的影响下产生的, 这一问题上尚且存在争议, 除此之外, SNARC-like 效应的理论解释以及神经机制也在进一步的研究, 目前, SNARC-like 效应的理论机制尚不清楚, 所以仍存在很多问题值得研究。

关键词 | SNARC-like 效应; 理论研究; 神经机制

Copyright © 2021 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

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



1 引言

1993 年 Dehaene 发现左手对小数反应更快, 右手对大数反应更快, 将这种现象命名为 SNARC 效应^[1]。自此, 越来越多的研究者开始对数字空间联结感兴趣。随着研究的深入, 研究者发现不仅在数字方面存在空间联结, 在字母、颜色、时间等方面都与空间存在对应关系^[2-4]。Gervé (2003) 发现左手对序列左边的刺激反应更快, 右手对序列右边的刺激反应更快^[2]。Santiago (2007) 发现左手对过去的时间点反应更快, 同时右手对未来的时间点更快^[5]。这些现象被统称为 SNARC-like 效应 (类 SNARC 效应)。当然不仅仅是序列以及时间, 在音阶、面积、情绪等方面都存在 SNARC-like 效应^[6-8]。目前产生 SNARC-like 效应产生的理论解释较少, 研究者更多的关注其影响因素以及效应本身的神经机制, 影响因素方面仍存在一些争议^[1, 9, 10]。SNARC-like 效应是本身自带的还是后天由于文化等的影响下产生的, 研究者们众说纷纭^[6, 11-13]。科学技术的发展对于 SNARC-like 效应神经机制的研究有着不可磨灭的功劳, 但是大脑的分工协作, 远比我们想象复杂, 但是也给我们的研究提供了重要的依据^[14, 15]。

2 SNARC-like 效应的类型

SNARC-like 效应主要类型主要有以下4种: 时间(STARC), 音乐(SMARC), 顺序(SQARC)和面积、亮度。

2.1 时间 SNARC 效应 (STARC 效应)

关于时间方面的 SNARC-like 效应主要有两个研究方向, 一种是以时间点作为刺激材料, Santiago (2007) 和 Weger (2008) 都发现被试对于未来的时间右手反应比左手更快, 对于过去的时间点左手反应比右手更快^[4, 5]。Torralbo (2006) 等人以西班牙被试作为实验对象, 通过剪影小人的面部朝向发现被试将过去与左边联结, 未来与右边联结; 过去与前面联结, 未来与后面联结^[16]。结果表明抽象的语义是与具体的空间方向相联系的。另一种是以时间段作为刺激, Conson (2008) 让被试比较一对时间段, 判断时间间隔较长或者较短, 结果显示不论判断较短时间间隔还是较长时间间隔, 被试都出现对于较长的时间段, 右手的反应快于左手; 对于较短的时间段, 左手的反应要快于右手^[17]。除了对刺激的反应空间不同, 被试在按键时长上也有区别, Kiesel (2009) 发现, 对于小的数字, 被试左手的反应要更快, 且按键时长要更短; 对于较大的数字, 被试的右手反应更快, 且按键时长要更长^[18]。说明时间与空间的交互作用会进一步影响人们对于时间长度的感知与控制。

2.2 音乐 SNARC 效应 (SMARC)

音乐 SNARC 效应中采用的音阶作为刺激, 与其他刺激不同, 音阶存在两种完全不同的维度。中国、美国等国家以高低作为音阶的维度, 如: f^3 比 f^4 低; g^3 比 a^3 低, 这是垂直维度, 垂直维度也同样体现在五线谱书写上, 如: 相比于低的音, 高的音写在五线谱的偏上的位置。音阶也存在水平维度。对于钢琴来说, 音的高低就体现在水平维度上, 如: f^4 在 f^3 的右边; g^3 在 a^3 左边。因此, SMARC 效应有水平和垂直两种方向。Rusconi (2005) 以无音乐背景的中国人作为被试, 要求被试对听到的纯音的音高进行判断, 在水平维度上发现刺激为高音时, 对右侧的按键反应更快, 刺激以低音时, 对左侧的按键反应更快; 在垂直维度上发现刺激为高音时, 对上方的按键反应更快, 低音时, 对下方的按键反应更快^[6]。同样的被试, 同样的音高, 产生两种方向不同的 SNARC-like 效应, 说明在同一被试内存在不同的编码方向。音乐素养不同的被试身上会有不同的 SMARC 效应, Agrillo (2012) 发现, 长时间学习音乐的被试在音阶判断的相关任务中反应优于没有学习过音乐的人^[19]。Rusconi (2005) 发现在非音阶判断任务中, 无音乐素养的被试表现要差于有音乐素养的被试^[6]。Melara (1990) 发现, 出现高音时, 被试对单词 “high” 反应更快, 出现低音时, 被试对单词 “low” 反应更快。说明音阶和空间的联结可以扩展语言这样的抽象概念的处理中^[20]。

2.3 顺序 SNARC 效应 (SQARC)

Gevers (2003) 等人发现以字母作为刺激材料, 被试左手对 a、b 的反应要快于 y、z, 右手对 y、z 的反应要快于 a、b; 给被试显示一周的天数 (Monday、Tuesday、Saturday、Sunday) 发现, 当出现

Monday、Tuesday 时, 被试的左手反应更快, 当出现 Saturday、Sunday 时, 右手反应更快; 同样的结果出现在月份中, 即对于 January、February 左手反应快于右手, 对 November、December 右手反应快于左手^[2]。除此之外, 生活中还有许多序列, 例如, 上下左右、东西南北等。Meng (2016) 等以“红橙黄绿蓝靛紫”作为顺序, 在屏幕中间呈现汉字“红”等, 要求被试判断汉字位于“绿”的前还是后, 并做按键反应, 被试左手对“绿”之前的颜色汉字反应更快; 右手对“绿”之后的颜色汉字反应更快, 实验出现了 SNARC-like 效应^[3]。

2.4 面积、亮度 SNARC 效应

SNARC-like 效应不仅体现在上述的离散变量, 而且体现在一些连续变量上, 例如刺激的物理属性, 面积和亮度。Cohen (2006) 将数字和亮度结合, 让被试分别对数字的大小和数字的亮度进行判断。他们将亮度与数字大小的重合, 把刺激分为三类: 亮度与数字大小一致, 即数字大, 更暗 (如: 2, 4); 亮度与数字大小不一致, 即数字大, 更亮 (如: 2, 4), 以及中性刺激。在数字大小比较的任务中, 中性刺激为亮度一致, 数字不一致 (如: 3, 6); 在亮度比较的任务中, 中性刺激为数字大小一致, 亮度不一致 (如: 3, 3)^[21]。实验结果表明, 相比于刺激不一致, 刺激一致时被试的反应更快; 大小判断任务以及亮度判断任务中都出现了距离效应, 说明在数字任务判断时, 人们对亮度这种物理属性自动加工, 出现不一致的情况时, 属性会干扰任务判断, 那么, 如果没有数字, 单纯的面积与亮度判断时候可以出现 SNARC-like 效应呢? 胡林成 (2011) 发现, 被试左手对面积小于标准圆的刺激反应更快, 右手对面积大于标准圆的刺激反应更快; 在亮度方面, 被试左手对较亮的刺激反应更快, 右手对较暗的刺激反应更快, 且被试对于面积和亮度的识别速度都要快于对于数字的识别^[7]。即, 在亮度和面积独立属性都可以诱发 SNARC-like 效应。

3 SNARC-like 效应的影响因素

3.1 天生存在

数字与空间的联结以及序列信息与空间的联结是天生的还是后天产生的, 这一点在学术界一直存在争议。为了排除文化、阅读书写习惯的影响, 研究者采用婴儿为被试进行试验, Lourenco (2010) 通过实验发现, 9 个月大的婴儿表现出对于大的东西有更多的注意次数和更长的注意时间, 表明婴儿在语言文化影响前就已经在空间、时间和数字上建立了关系^[11]。Cordes (2009) 发现, 屏幕显示数量一致但是面积不一致的刺激, 7 个月大的婴儿的注意时间增多, 但是面积一样, 数量不一致时, 婴儿的注意时间无明显变化。但是当面积一致, 数量增加到基准数量的 4 倍时, 婴儿注意时长才明显增加^[22]。说明无文化影响下的婴儿已经可以对数量和时间进行联结, 面积、大小等连续变量也已经与空间、时间存在联结, 但是与数量相比并不敏感, 联结并不紧密。

3.2 文化阅读习惯

阅读习惯是影响 SNARC 效应的重要因素, 阿拉伯被试的阅读习惯是从右到左的, 因此在阿拉伯

被试的身上出现了反向 SNARC 效应,巴基斯坦被试的阅读、书写方向与阿拉伯语被试相同,得出的结果也是相似的。那么,阅读习惯也会影响 SNARC-like 效应么? Ouellet 等(2010)以西班牙人作为被试进行时间—空间联结的实验,发现书写方向为从左到右的西班牙被试将过去与左边联结,未来与右边联结^[12]。书写方向为从右到左的希伯来语被试,将过去与右边联结,将来与左边联结。但是阅读书写方向的影响是很不稳定的,日本人习惯于从上到下进行书写、阅读,村尾美幸等(2014)以日本人作为被试,平假名あ、お、か、こ作为实验材料,结果发现当探测刺激为あ、か(即位于五十音图的前部的两个假名)时,被试对左边的目标刺激反应更快;当探测刺激为お、こ(即位于五十音图的后部的两个假名)时,被试对右边的目标刺激反应更快,但是却没有发现垂直方向的 SNARC-like 效应^[13]。综上所述,阅读书写习惯对 SNARC-like 效应具有一定的影响,但并不是最主要的原因。

3.3 后期培养

Rusconi(2006)发现在音符上的 SNARC-like 效应,在音阶判断的实验中,有音乐素养的被试表现要优于无音乐素养的被试;在无关音阶判断的任务中,有音乐素养的被试表现依旧优于无音乐素养的被试,无关音阶判断的任务仍然是声音判断^[6]。因此这个实验可以说明,通过后期训练,是可以增强被试音阶与空间的联结能力,但这个研究仅说明音乐训练可以增强音阶与空间的联结。Agrillo(2012)发现,长期进行音乐素养训练的被试在音阶判断任务表现优于无音乐学习的被试,但两组并没有显著的差异;在数字判断任务都表现得优于无音乐学习经历的被试,进一步说明,音乐训练可以增强被试的空间联结能力^[19]。也就是说,长期的音乐训练对其他认知技能也有有益的影响。

4 SNARC-like 效应的理论解释

4.1 心理线

Dehaene(1993)提出 SNARC 效应时,提出心理数字线的理论解释。SNARC 效应是由于我们的心理存在一条心理数字线,小的数字位于这条线的左边,大的数字位于这条线的右边,反映到我们的行为上即为左手对小数反应更快,右手对大数反应更快^[1]。在此基础上,时间与空间上的联结,Bonato(2012)提出与心理数字线相同的理论,即存在一条心理时间线,时间沿着这条线流动,从左到右,从过去到未来,从较短的时间段到较长的时间段。理论认为时间点在这条线上并不是绝对的位置,而是相对的,这个时间点对于比较的对象来说,是之前还是之后;这个时间段相对长还是短^[9]。

4.2 ATOM 理论

Walsh(2003)等人提出 ATOM(A Theory of Magnitude)理论,该理论认为时间、空间、数字共用一个心理系统,在神经机制方面也有证据支持 ATOM 理论。Walsh(2003)发现,侧顶叶内沟(Intraparietal Sulcus, IPS)是数字、空间以及时间的共用区域^[10]。

随着研究的深入,研究者将 ATOM 理论的适用范围扩大。Agrillo(2012)发现长期学习音乐的被试不仅仅在音乐任务上的表现优于无音乐背景的被试,而且在数字、空间上的任务表现也要优于没有学习

过音乐的被试,研究者认为音乐和时间、空间、数字运用共同的心理机制,也可以用 ATOM 理论解释^[19]。

5 SNARC-like 效应的神经机制

SNARC 效应在神经上表现与双侧顶叶内沟水平段(Horizontal Segment Of The Bilateral Intraparietal Sulcus, hIPS)有关,尤其是左侧顶叶内沟,这是一个不争的事实。Fias (2003)以角度、线段作为刺激进行实验时发现 SNARC-like 效应,且发现当被试对数字或者非数字但存在数量信息的刺激进行反应时,左侧顶叶内沟上存在激活^[14]。也就是说,只要被试需要进行定量分析时,左侧顶叶内沟就会进行加工处理,不论刺激的呈现形式是数字的或非数字的。

Opstal (2009)指出完全没有量化的顺序刺激中,如音阶、运动的图像,被试表现出左侧额下回的激活。左侧额下回与语义、语法处理有关,人们在处理顺序信息时自动整理语义语法,左侧额下回在顺序材料中自动参与 SNARC-like 效应的处理过程^[15]。

用动词的时态,如将来式,过去式作为刺激材料,探讨抽象时间语义与空间联结的实验中发现,右侧小脑和左侧运动网络发挥这重要的作用,同时,小脑在非动作动词与空间联结中占有重要的位置。Shin (2003)以小脑病变和帕金森这两个群体为研究对象,在小脑病变群体中没有发现时间空间的联结现象,更加直观的证明,小脑在 SNARC-like 效应中贡献了重要的力量^[23]。

我们的大脑皮层是由不计其数的神经细胞组成,上述研究仅告诉我们空间与顺序信息或者时间的联结动用我们的脑区。那么对于单一神经细胞来说,单个神经元在这个过程中所发挥的作用我们并不知道。Tudusciuc (2007)以与人类智慧最为接近的恒河猴为实验对象,训练恒河猴判断长度或者点的数量是否与标准长度或者点数相同,经过训练,恒河猴的正确率高于猜测概率,认为恒河猴掌握实验过程,学会判断^[24]。结果表明,恒河猴的顶叶得到激活,顶叶中的神经元有的仅对数量信息反应,有的仅对连续性信息反应,有的神经元同时处理两种刺激。在顶叶,数量信息处理的范围更大,参与的神经元更多,非数量信息的处理脑区被包含在数量信息处理的脑区之中。Nieder (2004)也发现,猴子处理数量信息的神经元细胞主要集中在顶叶腹侧。即在我们的顶叶皮层中,有一部分神经元细胞是专门进行数量信息的整理与加工,并且神经元细胞的活跃程度是随着任务难度的增大而增大的^[25, 26]。

6 SNARC-like 效应研究的展望

目前,SNARC-like 效应的理论机制尚不清楚。SNARC-like 效应中,Wash (2003)提出 ATOM 理论,阐述时间与空间、数字的联结机制,但是对于顺序、面积、亮度等刺激的理论机制目前没有研究进行说明^[10]。顺序材料的机制与时间的理论机制是否相同,面积、亮度和顺序材料是否采用同一机制也并不明确,因此,我们还不知道,SNARC-like 是否可以作为一个整体去探讨。

我们已经知道 SNARC 效应与 SNARC-like 效应机制不同,数字因为既存在数量信息又存在顺序信息而变得独特,因此,SNARC 效应是 SNARC-like 效应中较为特殊的一个?还是 SNARC-like 效应是 SNARC 效应中较为特殊的一个?也就是 SNARC 效应与 SNARC-like 效应的关系,是包含还是并列关系,我们需要进行进一步的研究。

ATOM 理论已经在神经方面证明,时间、空间以及数量共用右侧顶叶,SNARC-like 效应中的顺序

信息激活右侧小脑以及左侧额叶,未来的研究可以进一步解释顶叶与小脑、额叶的信息交互与作用,将ATOM理论神经机制方面进一步扩大,或许可以将ATOM理论的适用范围进一步扩大,不单单局限于时间、空间与数字的联结机制。

心理线的理论解释目前过于单薄,数字上表现为心理数字线,时间上表示为心理时间线。那对于字母、月份是否存在心理顺序线;对于面积、亮度是否也存在这样的心理线。这需要进一步的研究。

参考文献

- [1] Dehaene S, Bossini S, Giraux P. The mental representation of parity and number magnitude McCloskey's model [J]. *Journal of Experimental Psychology General*, 1993, 122: 371–396.
- [2] Zhang M, Gao X, Li B, et al. Spatial Representation of Ordinal Information [J]. *Frontiers in Psychology*, 2016, (7).
- [3] Gevers W, Reynvoet B, Fias W. The mental representation of ordinal sequences is spatially Organized [J]. *Cognition*, 2003, 87 (3): B87–B95.
- [4] Weger U W, Pratt J. Time flies like an arrow: Space–time compatibility effects suggest the use of a mental time line [J]. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2008 (15): 426–430.
- [5] Santiago J, Lupúez J, Pérez E, et al. Time (also) flies from left to right [J]. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2007, 14 (3): 512–516.
- [6] Rusconi E, Kwan B, Giordano B L, et al. Spatial representation of pitch height: The SMARC effect [J]. *Cognition*, 2006, 99 (2): 113–129.
- [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 (1): 60–64.
- [8] Fantoni C, Baldassi G, Rigutti S, et al. Emotional Semantic Congruency based on stimulus driven comparative judgements [J]. *Cognition*, 2019, 190: 20–41.
- [9] Bonato M, Zorzi M, Umiltà C. When time is space: Evidence for a mental time line [J]. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 2012, 36 (10): 2257–2273.
- [10] Walsh V. A theory of magnitude: common cortical metrics of time, space and quantity [J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2003, 7 (11): 483–488.
- [11] Lourenco S F, Longo M R. General Magnitude Representation in Human Infants [J]. *Psychological Science* (Sage Publications Inc.), 2010, 21 (6): 873–881.
- [12] Ouellet M, Santiago J, Israeli Z, et al. Is the future the right time? [J]. *Experimental Psychology*, 2010, 57 (4): 308–314.
- [13] 村尾美幸, 小野史典, 小山考司. 日本人が持つ文字の心的空間表現 [C]. 日心第79回大会, 2015: 77.
- [14] Fias W, Lammertyn J, Reynvoet B, et al. Parietal representation of symbolic and nonsymbolic magnitude [J]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2003, 15 (1): 47–56.
- [15] Opstal F V, Fias W, Peigneux P, et al. The neural representation of extensively trained ordered sequences [J]. *Neuroimage*, 2009, 47 (1): 367–375.

- [16] Torralbo A, Santiago J, Lupiáñez J. Flexible Conceptual Projection of Time Onto Spatial Frames of Reference [J] . Cognitive Science, 2006, 30 (4) : 745–757.
- [17] Conson M, Cinque F, Trojano L. The two sides of the mental clock: the Imaginal HemiSpatial Effect in the healthy brain [J] . Brain & Cognition, 2008, 66 (3) : 298–305.
- [18] Kiesel A, Vierck E. SNARC-Like Congruency Based on Number Magnitude and Response Duration [J] . Journal of Experimental Psychology Learning Memory and Cognition, 2009, 35 (1) : 275–279.
- [19] Agrillo C, Piffer L. Musicians outperform nonmusicians in magnitude estimation: Evidence of a common processing mechanism for time, space and numbers [J] . Quarterly Journal of Experimental Psychology, 2012, 65 (12) : 2321–2332.
- [20] Melara R D, Marks L E. Processes underlying dimensional interactions: Correspondences between linguistic and nonlinguistic dimensions [J] . Memory & Cognition, 1990, 18 (5) : 477–495.
- [21] Cohen Kadosh R, Henik A. A common representation for semantic and physical properties: a cognitive-anatomical approach [J] . Exp Psychol, 2006, 53 (2) : 87–94.
- [22] Cordes S, Brannon E M. Crossing the divide: infants discriminate small from large numerosities [J] . Developmental Psychology, 2009, 45 (6) : 1583–1594.
- [23] Shin J C, Ivry R B. Spatial and Temporal Sequence Learning in Patients with Parkinson's Disease or Cerebellar Lesions [J] . J Cogn Neurosci, 2003, 15 (8) : 1232–1243.
- [24] Tudusciuc O, Nieder A. Neuronal population coding of continuous and discrete quantity in the primate posterior parietal cortex [J] . Proceedings of the National Academy of Sciences, 2007, 104 (36) : 513–518.
- [25] Nieder A. The number domain—can we count on parietal cortex? [J] . Neuron, 2004, 44: 407–409.
- [26] Nieder A, Miller E K. Analog Numerical Representations in Rhesus Monkeys: Evidence for Parallel Processing [J] . Journal of Cognitive Neuroscience, 2004, 16 (5) : 889–901.
- [27] Castelli F, Glaser D E, Butterworth B. Discrete and analogue quantity processing in the parietal lobe: A functional MRI study [J] . Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2006, 103 (12) : 4693–4698.
- [28] Boroditsky L. Does language shape thought? English and Mandarin speakers' conceptions of time [J] . Cognitive Psychology, 2001 (43) : 1–22.
- [29] Franklin M S, Jonides J. Order and magnitude share a common representation in parietal cortex [J] . Journal of Cognitive Neuroscience 2009, 21: 2114–2120.
- [30] Macnamara A, Keage H A D, Loetscher T. Mapping of non-numerical domains on space: a systematic review and meta-analysis [J] . Experimental Brain Research, 2017.
- [31] Oliveri M, Bonnì S, Turriziani P, et al. Motor and Linguistic Linking of Space and Time in the Cerebellum [J] . PLoS ONE, 2009, 4 (11) : e7933.

Research Prospect of SNARC-like Effect

Sun Ming¹ Sun Wei²

1. School of Education, Soochow University, Suzhou;

2. College of Wenzheng, Soochow University, Suzhou

Abstract: In 1993, Dehaene found the SNARC effect, and the connection between numbers and space came into our view fields. With more and more researches, researchers found that there are not only spatial connections in numbers, but also similar relationships in letters, colors, time and other aspects. These phenomena are called the SNARC like effect. Until now, there are four types of SNARC like effect, whether the effect is brought by itself or by the influence of culture. There is still controversy on this issue. In addition, the theoretical explanation and neural mechanism of SNARC like effect are further studied.

Key words: SNARC-like effect; Theoretical study; Neural mechanism