

数字 SNARC 效应中大小和顺序信息的分离^{*}

金桂春^{1,3} 王强强² 王有智¹ 吴彦文³

(1 陕西师范大学心理学院, 西安 710062) (2 宁夏幼儿师范高等专科学校, 银川 750001)

(3 天水师范学院教师教育学院, 天水 741001)

摘 要 分别以经度数和语言等级数为材料, 采用快速刺激分类范式, 通过两个实验试图分离出 SNARC 效应中的数字大小和顺序信息。结果发现, 被试在对东经经度数的加工中存在 SNARC 效应, 对西经经度数的加工出现反转的 SNARC 效应; 正数组被试在汉语等级数加工中出现反转的 SNARC 效应, 在日语等级数加工中出现 SNARC 效应, 而负数组恰好相反。本研究表明, 数字 SNARC 效应在大小信息和顺序信息中出现了分离, 相较数字的大小信息而言, 数字的顺序信息对 SNARC 效应影响更大。

关键词 SNARC 效应, 心理数字线, 大小信息, 顺序信息。

分类号 B842

1 引言

在数字按键分类任务中, 小数字会引发左手更快的反应, 大数字会引发右手更快的反应。这一现象由 Dehaene 等人最早发现并将其命名为 SNARC 效应 (Dehaene, Bossini & Giraus, 1993)。数字有符号数字 (如 2、二、two 表示数量“2”) 和非符号数字 (如用“…”、两根手指表示数量“2”) 多种表现形式 (王琦, 李红, 张丽, 陈雪梅, 2011)。SNARC 效应最初在阿拉伯数字加工中发现, 后继研究进一步把 SNARC 效应推广到各种符号数字 (高在峰, 水仁德, 陈晶, 陈雯, 田瑛, 沈模卫, 2009; 张宇, 游旭群, 2012; Nuerk, Wood, & Willmes, 2005; Nuerk, Moeller, & Klein, 2011; Stern, 2012; Tan & Dixon, 2011) 和非符号数字 (Lidji, Kolinsky, & Lochy, 2007; Holmes & Lourenco, 2011; Kirjakovski & Utsuki, 2012; Fischer, Riello, & Giordano, 2013) 的认知加工之中。甚至在英文字母、计数单位、星期和月份等多种非数字顺序材料的认知加工中也存在 SNARC 效应 (杨金桥, 2009; 吴彦文, 杨龙, 2013; Gevers, Reynvoet, & Fias, 2003, 2004; Previtali, de Hevia, & Girelli, 2010)。如在 Previtali 等人 (2010) 的研究中, 要求被试按顺序临时学习一些实物图片或名称后, 在判断随机呈现的刚才学习过的实物在

学习序列中的前后顺序时, 被试对序列前面学习的实物左手反应更快, 对序列后面学习的实物右手反应更快, 结果也出现 SNARC 效应。

数字既可以表示大小信息, 也可以传递顺序信息。数字的大小和顺序信息在数字认知加工中的机制不同 (Turconi, Campbell, & Seron, 2006; Zhao, Chen, & Zhang, 2012)。数字认知加工中的 SNARC 效应既有可能由数字的大小信息引起, 也有可能由数字的顺序信息引起。心理数字线假设认为, 人们根据数字大小以从左向右的空间方式表征数字导致 SNARC 效应 (Dehaene et al., 1993)。顺序信息可引起 SNARC 效应的观点得到一些研究的支持 (朱小同, 王强强, 2014; Gevers et al., 2003, 2004; Previtali et al., 2010)。那么, 数字 SNARC 效应究竟是由数字的大小信息还是顺序信息引起? 尽管有研究在不同面积的圆形比较中未发现 SNARC 效应, 而让被试按顺序学习不同面积的圆后再进行比较时出现了 SNARC 效应, 由此认为顺序信息在 SNARC 效应中有重要作用 (任杰, 苏培伟, 甄宽, 2013)。但在没有任何顺序化学习条件下, 在不同面积的圆的比较任务中也发现了 SNARC 效应, 说明圆面积大小信息在 SNARC 效应中也有重要作用 (胡林成, 熊哲宏, 2011)。可见已有研究就单纯的不同面积圆的比较中是否存在 SNARC 效应还存在争议。因

收稿日期: 2015-05-31

^{*} 基金项目: 陕西师范大学 2015 年高等教育教学改革研究项目 (15JG17)。

通讯作者: 王有智, E-mail: youzhi@snnu.edu.cn。

此,有必要进一步确定数字大小信息和顺序信息在 SNARC 效应中的作用。

鉴于已有研究存在的问题和不足,本研究试图进一步分离数字大小和顺序信息在 SNARC 效应中的作用。考虑到经度数大小相同,但东经和西经经度数的排列顺序相反。加之,汉语和日语的评定等级数相同,但汉语等级数越大代表的级别越高,而日语等级数越大代表的级别越低,故本研究中的两个实验分别以东经和西经经度数、汉语和日语评定等级数为研究材料。

2 实验一 东经和西经经度数加工中的 SNARC 效应

2.1 被试

30 名,男 7,女 23,年龄 21.77 ± 1.65 岁,视力或矫正视力均正常的某校学生。

2.2 材料和仪器

选取东经和西经 10、20、80 和 90 度作为实验材料。经度数制作成黑色宋体,距离显示器 47cm 处视角大小是 $7.30^\circ \times 2.24^\circ$ 。实验仪器采用 14 英寸联想笔记本电脑。分辨率 1280×800 像素,刷新频率 60Hz。

2.3 实验设计

2 (反应手:左手,右手) × 2 (经度数类型:东经,西经) × 2 (经度数大小:大经度数为东、西经 80 和 90 度,小经度数为东、西经 10 和 20 度) 被试内设计。因变量为反应时和错误率。

2.4 实验程序

正式实验前测试被试对东、西经经度数变化规律的掌握情况,测验中有误的被试不参加正式实验,保证了所选被试掌握东、西经经度数的变化规律。实验程序用 E-prime 1.1 编写,实验开始后依次会在屏幕中央呈现红色的“+”注视点 300ms 和任何一个选取的经度数。每当经度数出现时要求被试判断呈现的经度数在其所在经度的 50° 左侧还是右侧(东经经度数与 50°E 比较,西经经度数与 50°W 比较)并按相应键快速做出反应,待被试反应后或被试在 3s 内未作任何反应会紧接着呈现空屏 1500ms,然后进入下一试次。实验中要求一部分被试首先对 50° 左侧的经度数用左手按 F 键反应,对 50° 右侧的经度数用右手按 J 键反应,实验进行到一半时反应标准改为对 50° 左侧的经度数用右手按 J 键反应,对 50° 右侧的经度数用左手按 F 键反应。另一部分被试反应标准正好颠倒。正式实验共

有 240 试次,每隔 80 试次休息一次。整个实验约花费 45 分钟。为避免被试在实验中使用策略,本研究采用 Bonato, Fabbri, Umiltà 和 Zorzi (2007) 的变化比较标准(呈现东经经度数与 50°E 比较;呈现西经经度数与 50°W 比较),以增加被试使用策略的成本,一定程度上阻止使用策略。

2.5 结果分析

剔除三个标准差以外的所有数据,被试的最低错误率为 3.33%,最高错误率为 12.08%,平均为 5.75%,进一步对错误率和反应时进行皮尔逊相关分析发现二者不相关, $r=0.018$, $p>0.05$,实验不存在反应时和错误率代偿。故对错误率不再做分析和处理。各处理条件下的反应时数据如下表 1 所示。

表 1 东经和西经经度数加工时的反应时 (ms) 及标准差

	东经		西经	
	小经度数	大经度数	小经度数	大经度数
左手	856.56±33.73	921.35±31.43	961.83±35.78	888.59±31.68
右手	953.37±39.66	811.32±25.46	902.43±30.66	957.43±34.56

三因素重复测量方差分析发现经度数类型主效应显著, $F(1,29)=13.10$, $p=0.001$, $\eta^2=0.311$,东经经度数的反应(885.65ms)显著快于西经经度数的反应(927.57ms);反应手和经度数大小交互作用显著, $F(1,29)=4.27$, $p<0.05$, $\eta^2=0.128$;反应手、经度数类型和经度数大小三因素交互作用非常显著, $F(1,29)=10.70$, $p<0.01$, $\eta^2=0.27$;其余主效应和交互作用均不显著。说明经度数加工中的 SNARC 效应受到经度数类型的调节,故对东经和西经经度数的 SNARC 效应做进一步分析。

对东经经度数的 SNARC 效应分析发现,反应手主效应不显著, $F(1,29)=0.098$, $p>0.05$, $\eta^2=0.003$;经度数大小主效应显著, $F(1,29)=4.46$, $p<0.05$, $\eta^2=0.133$;反应手与经度数大小交互作用显著, $F(1,29)=17.24$, $p<0.001$, $\eta^2=0.373$ 。简单效应分析表明,左手对小经度数的反应(856.56ms)比大经度数的反应(921.35ms)快, $F(1,29)=5.00$, $p<0.05$, $\eta^2=0.147$;右手对大经度数的反应(811.32ms)比小经度数的反应(953.37ms)快, $F(1,29)=18.84$, $p<0.001$, $\eta^2=0.394$ 。

对西经经度数的 SNARC 效应分析发现,除反应手与经度数大小交互作用显著外, $F(1,29)=4.72$, $p<0.05$, $\eta^2=0.14$,反应手和经度数大小主效应均不显著。简单效应分析表明,左手对大经度数的反应

(888.59ms) 比对小经度数的反应 (961.83ms) 快, $F(1,29) = 4.43, p < 0.05, \eta^2 = 0.133$; 右手对小经度数的反应 (902.43ms) 比对应大经度数的反应 (957.43ms) 快, $F(1,29) = 2.27, p = 0.147, \eta^2 = 0.073$ 。

3 实验二 汉语和日语测试水平等级数加工中的 SNARC 效应

3.1 实验目的

采用汉语和日语测试水平的等级数为材料, 在排除空间表象基础上进一步分离 SNARC 效应中数字大小信息和顺序信息的作用。每种语言水平测试都分等级, 但等级数的意义不尽相同。汉语测试水平的等级数从 1-5 依次增高, 即汉语 1 级水平最低, 数字越大级别越高。而日语测试水平的等级数从 1-5 依次降低, 即日语 1 级水平最高, 数字越大级别越低。但这两种语言评定等级数的大小范围完全相同, 都是 1-5 级。

3.2 被试

某校 47 名学生, 男 11, 女 36, 年龄 21.96 ± 2.39 岁。视力或矫正视力均正常, 无色盲、色弱患者。

3.3 材料和仪器

1、2、4、5 四个数字, 每个数字有黑色和绿色两种颜色, 字体为宋体, 大小 72 点阵。置于 85×85 像素的白底图片上, 47cm 处的视角大约为 2.5° 。仪器同实验一。

3.4 实验设计

采用 2 (反应手: 左手, 右手) $\times 2$ (语言种类: 汉语, 日语) $\times 2$ (等级数大小: 小等级数为 1 和 2, 大等级数为 4 和 5) 被试内设计。因变量为反应时和错误率。

3.5 实验程序

实验开始前询问被试是否清楚汉语和日语水平测试的等级。若被试清楚, 就直接开始实验; 若被试不清楚或不太清楚, 主试告诉被试: 汉语水平测试的等级数越小, 代表汉语水平越低。日语水平测试的等级数越小, 代表日语水平越高。比如, 汉语二级比汉语三级水平低, 而日语二级比日语三级水平高。待到被试真正理解两种语言等级大小后开始实验。实验程序与实验一的不同之处在于: 随机呈现一个黑色或绿色的数字, 要求被试把黑色数字看成汉语等级数并与汉语 3 级比较, 把绿色数字看成日语等级数并与日语 3 级进行比较。

3.6 结果分析

剔除 4 名错误率大于 15% 的被试数据和 3 个

标准差之外的所有数据, 占总数的 2.08%, 见表 2。错误率最低为 1%, 最高为 14%, 平均为 6.88%。对反应时和错误率做皮尔逊相关分析发现两者之间负相关不显著, $r(43) = -0.13, p > 0.05$, 不存在错误率和反应时代偿。故对错误率不进行分析。

表 2 不同语言等级数加工中的反应时 (ms) 及标准差

	汉语		日语	
	小等级数	大等级数	小等级数	大等级数
左手	738.67 \pm 17.64	681.38 \pm 14.19	721.96 \pm 14.79	758.56 \pm 16.21
右手	724.20 \pm 19.05	691.69 \pm 17.44	725.91 \pm 18.96	734.72 \pm 16.31

三因素重复测量方差分析发现, 语言种类主效应显著, $F(1,42) = 23.81, p < 0.001, \eta^2 = 0.362$, 被试对汉语等级数的分类反应 (708.98ms) 明显快于对日语等级数的反应 (735.29ms); 语言种类与等级数大小交互作用显著, $F(1,42) = 30.84, p < 0.001, \eta^2 = 0.423$; 其余效应均不显著。说明等级数加工中的 SNARC 效应受语言种类的影响, 故对不同语言种类等级数加工的 SNARC 效应做进一步分析。

对汉语等级数的 SNARC 效应分析发现, 反应手和等级数大小主效应以及它们之间的交互作用均不显著; 对日语等级数的 SNARC 效应分析也发现同样现象。说明汉语和日语等级数加工中 SNARC 效应均消失。造成这种结果的原因可能是: 一部分被试对汉语等级数从左向右表征, 对日语等级数从右向左表征; 而另一部分被试对汉语等级数从右向左表征, 对日语等级数从左向右表征。在这种情况下, 把这两类被试群体的反应时数据混合后分析, 则会导致两种语言等级数加工中 SNARC 效应消失。

由于在 SNARC 效应研究中, 回归系数的正负是衡量 SNARC 效应方向的一个重要指标 (Pinhas, Tzelgov, & Ganor-Stern, 2012)。为了排除上述情况的影响, 笔者以汉语等级数的反应时为参考, 用每个被试右手减去左手的平均反应时之差 dRT (后文简称 dRT) 为因变量, 汉语等级数为自变量做回归分析, 计算出每个被试汉语等级数加工中 SNARC 效应的斜率 (回归系数)。根据斜率的正负, 将全体被试分为正数组和负数组 (正数组 25 人, 平均斜率 0.73 ± 0.27 ; 负数组 18 人, 平均斜率 -0.81 ± 0.23 ; 两组回归系数差异显著, $t(41) = 19.47, p < 0.001$ 。由于本研究关注同一被试群体在汉语和日语等级数加工中 SNARC 效应的方向差异, 分组

分析不存在重复论证), 然后再进一步分析每组被试在汉语和日语等级数加工中的 SNARC 效应。

对正数组被试汉语等级数加工的 SNARC 效应分析发现, 反应手主效应不显著, $F(1,24) = 0.05, p > 0.05, \eta^2 = 0.002$; 等级数大小主效应显著, $F(1,24) = 6.23, p < 0.05, \eta^2 = 0.206$; 反应手和等级数大小交互作用非常显著, $F(1,24) = 43.62, p < 0.001, \eta^2 = 0.645$ 。简单效应分析发现, 左手对小等级数的反应 (759.11ms) 比对大等级数的反应 (650.31ms) 慢, $F(1,24) = 37.62, p < 0.001, \eta^2 = 0.61$; 右手对大等级数的反应 (726.04ms) 比对小等级数的反应 (679.93ms) 慢, $F(1,24) = 7.71, p < 0.05, \eta^2 = 0.243$, 见图 1。

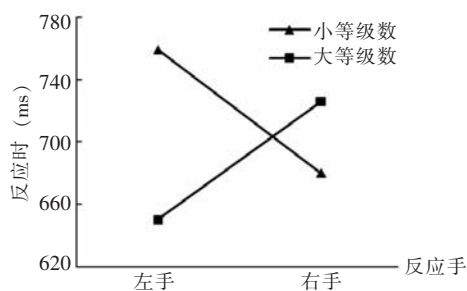


图1 正数组汉语等级数加工的 SNARC 效应

对正数组被试日语等级数加工的 SNARC 效应分析发现, 反应手主效应不显著, $F(1,24) = 3.52, p > 0.05, \eta^2 = 0.128$; 等级数大小主效应显著, $F(1,24) = 5.62, p < 0.05, \eta^2 = 0.19$; 反应手和等级数大小交互作用显著, $F(1,24) = 20.20, p < 0.001, \eta^2 = 0.457$ 。简单效应分析发现, 左手对小等级数的反应 (704.98ms) 比对大等级数的反应 (782.65ms) 快, $F(1,24) = 23.12, p < 0.001, \eta^2 = 0.491$; 右手对大等级数的反应 (709.23ms) 比对小等级数的反应 (749.50ms) 快, $F(1,24) = 7.80, p < 0.05, \eta^2 = 0.245$, 见图 2。

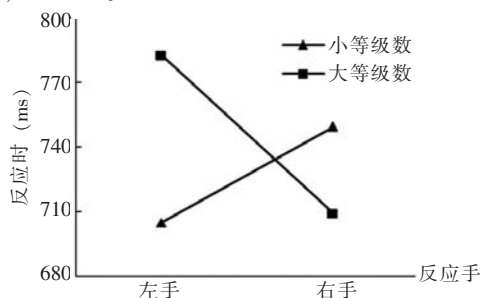


图2 正数组日语等级数加工的 SNARC 效应

对负数组被试汉语等级数加工的 SNARC 效应分析发现, 反应手主效应不显著, $F(1,17) =$

$0.05, p > 0.05, \eta^2 = 0.03$; 等级数大小主效应显著, $F(1,17) = 20.14, p < 0.001, \eta^2 = 0.542$; 反应手和等级数大小交互作用非常显著, $F(1,17) = 54.88, p < 0.001, \eta^2 = 0.763$ 。简单效应分析发现, 左手对小等级数的反应 (710.28ms) 比右手 (785.67ms) 快, $F(1,17) = 29.70, p < 0.001, \eta^2 = 0.635$; 右手对大等级数的反应 (643.98ms) 比左手 (724.53ms) 快, $F(1,17) = 19.72, p < 0.001, \eta^2 = 0.537$, 见图 3。

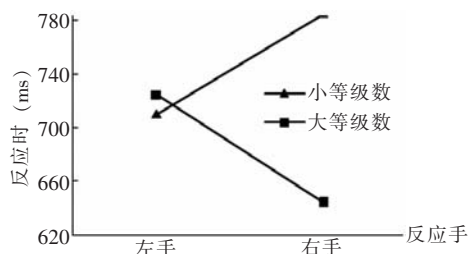


图3 负数组汉语等级数加工的反应时

对负数组被试日语等级数加工的 SNARC 效应分析发现, 除反应手和数字大小交互作用显著外, $F(1,17) = 5.30, p < 0.05, p = 0.238$, 反应手和等级数大小主效应均不显著。进一步简单效应分析发现, 左手对小等级数的反应 (745.55ms) 比右手 (693.16ms) 慢, $F(1,17) = 4.38, p = 0.052, p = 0.205$, 达到边缘显著性水平; 右手对大等级数的反应 (770.12ms) 比左手 (725.10ms) 慢, $F(1,17) = 4.79, p < 0.05, p = 0.22$, 见图 4。

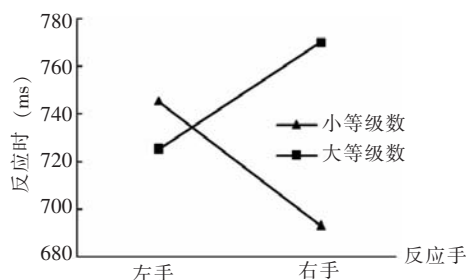


图4 负数组日语等级数加工的反应时

4 讨论

SNARC 效应广泛存在于数字和非数字符号的认知中 (Previtali et al., 2010; Nuerk et al., 2011; Stern, 2012; Fischer et al., 2013), 它是由数字大小信息还是顺序信息所引起一直未得到解决。故笔者在实验一中选用东经和西经经度数为材料, 试图分离出数字大小信息和顺序信息在 SNARC 效应中的作

用。由于这两种经度数大小相同,但排列顺序不同,若在两种经度数加工中的 SNARC 效应方向相同,说明 SNARC 效应不受数字顺序信息的影响;反之,则说明 SNARC 效应受顺序信息的制约。

实验一研究发现,经度数类型主效应显著,且东经经度数反应远远快于西经经度数,说明人们对东经经度数比西经经度数的加工更加容易。究其原因可能是由于所选被试处于东半球,对东经经度数的变化规律比西经经度数更熟悉。而且东经经度数的变化规律与中国被试表征阿拉伯数字的心理数字线表征方向一致,即小数字在左侧,大数字在右侧。这些因素都有可能易化东经经度数的加工难度。实验还发现,人们在东经经度数的加工中产生 SNARC 效应,但在西经经度数的加工中出现反转的 SNARC 效应,说明 SNARC 效应的方向相比于数字的大小信息而言,更多地受到材料顺序信息的影响。

早在 1998 年 Bächtold, Baumüller 和 Brugger (1998) 就发现, SNARC 效应方向受表象表征的影响。而在实验一中,被试在实验中有可能存在东经和西经经度数变化的表象。当呈现东经经度数时被试就与表象中的 50°E 比较左右,当出现西经经度数时被试就与表象中的 50°W 比较左右。在这种情况下,两种经度数加工中 SNARC 效应的变化很有可能是由空间表象的差异造成。为了排除表象表征对实验结果的污染,笔者又选用大小相同、方向相反的汉语和日语等级数为材料,进一步分离 SNARC 效应中数字大小信息和顺序信息,以考察数字大小信息和顺序信息在 SNARC 效应中的作用。

实验二研究发现,被试在汉语和日语等级数加工上存在显著差异,对汉语等级数的加工比日语等级数的加工更快。这可能是由于汉语测试水平的等级数从 1-5 级依次增高,其排列顺序与中国被试的心理数字线一致,从而促进了被试的反应,而日语测试水平的等级数从 1-5 依次降低,其排列顺序与中国被试的心理数字线不一致,从而抑制了被试的反应。这点与实验一中被试对东、西经经度数反应差异一致。虽然实验二中用不同颜色表示汉语和日语等级数的区别,但数字的颜色差异不会造成汉语和日语等级数反应速度的显著差异,以往研究在对不同颜色分类反应时并未发现明显的速度差异 (Hoffmann, Hornung, Martin & Schiltz, 2013)。对被试的反应时数据进一步分析发现,在汉语和日语等级数加工中均未出现 SNARC 效应。这种结果也

许反映了语言等级数这种特殊材料加工中的 SNARC 效应,是由被试在表征语言等级数时的个体差异造成。因而笔者又以每个被试分类汉语等级数时的 SNARC 效应方向为参考,把所有被试分为正数组和负数组,比较不同被试组在两种语言等级数加工中的 SNARC 效应方向。结果发现,正数组被试在汉语等级数加工中出现反转的 SNARC 效应,在日语等级数加工中出现经典的 SNARC 效应;负数组被试在汉语等级数加工中出现经典的 SNARC 效应,在日语等级数加工中出现反转的 SNARC 效应。无论正数组还是负数组,在汉语和日语等级数加工中 SNARC 效应方向正好相反。结果进一步确认了实验一的结论,即相较数字的大小信息而言,数字的顺序信息对 SNARC 效应影响更大。

Dehaene 等人和 Zebian 等人的研究一致认为 SNARC 效应与人们阅读和写作习惯有直接的关系,即从左向右阅读和写字的个体在数字加工中出现 SNARC 效应,从右向左阅读和写字的人在数字加工中出现反转的 SNARC 效应 (Dehaene, et al., 1993; Zebian, 2005)。按照这种观点可以推测,从左向右阅读和写字的中国被试在加工数字时应该出现典型的 SNARC 效应,至少在加工同一类型的数字时应该如此。本研究选用的所有被试阅读和写作都是从左向右,结果发现同样的被试对不同类型的经度数和语言等级数加工时 SNARC 效应方向相反,甚至在加工同一种语言等级数时不同被试组的 SNARC 效应也截然相反。这些结果说明阅读和写作习惯不是 SNARC 效应方向的唯一决定性因素, SNARC 效应还受到其他因素的影响,结果并未支持 Dehaene 等人和 Zebian 等人的观点。原因很可能与不同实验所选的数字性质有关。Dehaene 等人和 Zebian 等人选用的数字是阿拉伯数字,但并未对阿拉伯数字赋予特定的意义。在这种情况下阿拉伯数字的表征顺序很可能与被试的阅读和写作习惯一致,所以他们研究中得到的 SNARC 效应的方向与被试阅读和写作方向一致。与 Dehaene 等人和 Zebian 等人研究相比,本研究赋阿拉伯数字予额外的顺序信息 (比如把阿拉伯数字看成语言等级),并且强调被试对赋予的阿拉伯数字顺序信息进行加工 (如实验二中要求被试比较不同语言等级的高低),致使赋予的额外顺序信息得到有效激活。这时数字的表征顺序可能与数字的额外顺序一致,所以此时 SNARC 效应的方向与数字额外顺序一致,很少受阅读和写作习惯的影响。

5 结论

在本研究条件下获得的结论是: (1) 东经经度数加工中出现 SNARC 效应, 在西经经度数加工中出现反转的 SNARC 效应; (2) 同一组被试在汉语和日语等级数加工中 SNARC 效应方向相反; (3) 数字 SNARC 效应在大小信息和顺序信息中出现了分离, 相较数字的大小信息而言, 数字的顺序信息对 SNARC 效应影响更大。

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.
- 胡林成, 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.
- 任杰, 苏培伟, 甄宽. (2013). 图形材料加工中的 SNARC 效应: 数量信息与顺序信息的作用. *心理研究*, 6 (6), 45-50.
- 王琦, 李红, 张丽, 陈雪梅. (2011). 数量表征的符号特异性和符号非特异性. *心理科学进展*, 19 (6), 832-842.
- 吴彦文, 杨龙. (2013). 计数单位的空间联合编码效应. *心理与行为研究*, 11 (4), 440-443.
- 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.
- 张宇, 游旭群. (2012). 负数的空间表征引起的空间注意转移. *心理学报*, 44 (3), 285-294.
- 朱小同, 王强强. (2014). 西经经度数加工中 SNARC 效应的反转. *成都师范学院学报*, 30 (5), 22-24.
- Bonato, M., Fabbri, S., & Umiltà, C. (2007). The mental representation of numerical fractions: Real or integer?. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33 (6), 1410-1419.
- Bächtold, D., Baumüller, M., & Brugger, P. (1998). Stimulus-response compatibility in representational space. *Neuropsychologia*, 36 (8), 731-735.
- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and numerical magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 3, 371-396.
- Fischer, M. H., Riello, M., & Giordano, B. L. (2013). Singing study of the link between pitch, space, and numbers. *Topics in Cognitive Science*, 5 (2), 354-366.
- Gevers, W., Reynvoet, B., & Fias, W. (2003). The mental representation of ordinal sequences is spatially organized. *Cognition*, 87, B87-B95.
- Gevers, W., Reynvoet, B., & Fias, W. (2004). The mental representation of ordinal sequences is spatially organised: Evidence from days of the week. *Cortex*, 40, 171-172.
- Holmes, K. J., & Lourenco, S. F. (2011). Common spatial organization of number and emotional expression: A mental magnitude line. *Brain and Cognition*, 77, 315-323.
- Hoffmann, D., Hornung, C., Martin, R., & Schiltz, C. (2013). Developing number-space associations: SNARC effects using a color discrimination task in 5-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 116, 775-791.
- Kirjakovski, A., & Utsuki, N. (2012). From SNARC to SQUARC: Universal mental quantity line?. *International Journal of Psychological Studies*, 4 (2), 217-227.
- Lidji, P., Kolinsky, R., & Lochy, A. (2007). Spatial associations for musical stimuli: A piano in the head?. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33 (5), 1189-1207.
- Nuerk, H. C., Moeller, K., & Klein, E. (2011). Extending the mental number line a review of multi-digit number processing. *Journal of Psychology*, 1 (219), 3-22.
- Nuerk, H. C., Wood, G., & Willmes, K. (2005). The universal SNARC effect. *Experimental Psychology*, 52 (3), 187-194.
- Previtali, P., de Hevia, M. D., & Girelli, L. (2010). Placing order in space: the SNARC effect in serial learning. *Experimental Brain Research*, 201, 599-605.
- Pinhas, M., Tzelgov, J., & Ganor-Stern, D. (2012). Estimating linear effects in ANOVA designs: The easy way. *Behaviour Research*, 44, 788-794.
- Stern, D. G. (2012). Fractions but not negative numbers are represented on the mental number line. *Acta Psychologica*, 139, 350-357.
- Tan, S., & Dixon, P. (2011). Repetition and the SNARC effect with one- and two-digit numbers. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 65 (2), 84-97.
- Turconi, E., Campbell, J., & Seron, X. (2006). Numerical order and quantity processing in number comparison. *Cognition*, 98, 273-285.
- Zebian, S. (2005). Linkages between number concepts, spatial thinking, and directionality of writing: The SNARC effect and the reverse SNARC effect in English and Arabic Monoliterates, Biliterates, and Illiterate Arabic speakers. *Journal of Cognition and Culture*, 5, 165-190.
- Zhao, H., Chen, C.S., & Zhang, H. (2012). Is order the defining feature of magnitude representation? An ERP study on learning numerical magnitude and spatial order of artificial symbols. *Plos One*, 11 (7), 1-9.