

几何模块论的局限性——来自梯形实验的证据*

李富洪^{1,2} 孙弘进^{1,2,3} 李 红^{1,2} 曹碧华^{1,2} 邬德利^{1,2}

(¹ 西南大学认知与人格教育部重点实验室, 西南大学心理学院, 重庆 400715)

(² 中-加联合儿童研究中心, 重庆 400715) (³ Department of Psychology, McMaster University, L8S4L8, Canada)

摘 要 以往研究表明幼儿主要依赖几何信息进行再定向,但这些研究大多使用矩形空间。在本研究中,幼儿所处的空间为几何信息更丰富,目标物体所在位置确定的梯形。结果发现,幼儿并不会利用新增的几何信息确定目标物体,仍然去正确位置的对角寻找,表现出的寻找模式与矩形空间一样,这说明幼儿在空间再定向任务中对几何信息的利用很有限。此外,录像分析的结果发现,幼儿在面向梯形两底边时会更多地且径直地走向正确位置或对角,这种寻找过程上的特点表明他们可能基于空间轴朝向结合左右方位感表征物体位置。

关键词 空间表征,再定向,梯形,主轴。

分类号 B842

1 引言

空间方位的识别对一切动物(包括人类)都有重要的生存适应作用^[1,2]。在某一陌生环境迷失方向后,个体可能需要根据空间中的几何信息或特定的路标线索重新确定自己的方位,进而找到正确返回路线,这种能力即为空间再定向能力。再定向能力的研究是研究大脑空间表征的范式之一。针对儿童空间再定向能力已有大量研究,通常的研究方法是让迷失方向的儿童重新确定自己的方位并找回事先藏好的物体^[3,4]。

Hermer 和 Spelke 最早对儿童的空间再定向能力进行研究^[3,4],他们沿用了 Cheng 用于研究大鼠空间再定向的范式^[1],采用一个 1.9m × 1.2m 的矩形房间来考察儿童的空间再定向能力。首先把一个物体藏进房间的某个角落,并用挡板遮盖,然后让儿童闭着眼睛转四圈后停下来寻找物体。结果发现,3~5 岁的儿童在空间再定向任务中能利用矩形房间的几何信息(环境的形状和目标物体与该形状之间的几何关系)^[3,4]。如图 1 所示,如果把物体藏在 A 处,儿童会根据房间的几何形状来再定向,到目标物体所在位置 A 或同此位置在几何形状上一样的对角位置 D 去寻找目标物体。

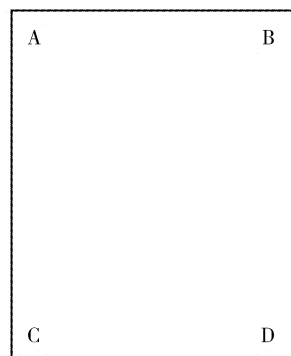


图 1 矩形空间平面图(俯视)

后来的一些研究^[5,6]证实,几何信息在空间再定向任务中总被优先利用。甚至还有研究发现,儿童不仅能在空间场景内部优先利用几何信息,也能在空间场景外部利用整个空间的几何特征^[2]。同时,这些研究还发现在几何信息与非几何信息(如颜色、质地,气味等)同时具备的情形下,儿童甚至会忽略非几何信息而只考虑几何信息。例如,当将图 1 中的三面墙壁都涂为白色,而将第四面墙壁(如 AB)涂为蓝色时,儿童不会利用颜色这一非几何信息准确地到 A 处寻找物体,他们仍会去 A 或 D 处。据此,研究者提出空间再定向的几何模块论(详细内容可参见孙弘进等的综述^[7])。此理论认

收稿日期:2006-12-21

* 国家自然科学基金项目(30770727)和西南大学基础心理学国家级重点学科项目(NSKD06003)的部分工作。

通讯作者:孙弘进, E-mail: sunh@swu.cn; 李红, E-mail: lihong1@swu.cn

为年幼儿童与一些低等动物相同,主要依赖于较原始的几何模块完成空间再定向任务。与此模块联系的大脑区域专门编码几何信息,即对环境的形状进行编码,并把目标物体与它在环境中的位置联系起来,形成一个固定的位置标记。Wang 和 Spelke 进一步指出,空间再定向是由一个对空间的几何信息进行加工的“封装”系统(Encapsulated System)完成的。“封装”这一术语的含义是指任何别的信息不能进入此系统,尽管某些别的信息(如特征)在某些任务中可能为其它模块所利用^[8]。

几何模块论虽有大量的实验证据支持,但几何模块是什么,儿童编码并利用几何信息的具体过程是怎样的?儿童在矩形空间里究竟形成了何种表征?对这些问题,研究者至今未能得出一致的答案。Hermer 和 Spelke 认为儿童在观察实验者放置物体的过程中会形成一个关于物体位置的空间表征,迷失方向后,为了找到隐藏物体,他们会将所观察到的环境信息与最初形成的关于环境的几何特征与感觉信息的表征进行校对,而最初形成的表征与视角有关,因此这一观点被称为“视角说”。与“视角说”相反,另一种观点认为儿童对空间的表征独立于最初的视角,是基于空间内部要素之间的关系而概念化的产物^[2]。此观点不强调观察者的视角而强调空间本身在表征中的作用,因此被称为“空间中心说”。空间中心说认为,一旦儿童对环境中的各要素之间的关系形成一个表征,他们迷失方向后,不论面向如何,都能去正确位置找回所藏物体。

目前,关于儿童利用几何信息进行空间再定向机制的争论尚未结束,几何模块论本身的局限性亦越加突现。首先,已有研究结论都来自实验室内几何信息明显的封闭空间。但在自然环境下,人们所处空间很少是规则的几何形状。如果 Hermer 与 Spelke 的研究结论具有普遍性的话,那么个体在这些自然环境下岂不因为几何信息的缺乏(或微弱)而无法再定向。显然,这与实际生活经验不符合,我们经常依据一些非几何信息来再定向,如在一个陌生城市迷路后我们总是利用街道上醒目的商店或建筑物来确定方位。其次,几何模块论主张被试能利用几何信息再定向,但后来的研究却证明几何模块只对某些明显的几何信息敏感,而对一些不太明显的几何信息(如由若干相互分离的物体所围成的不明显的几何形状)却不敏感^[9]。再次,几何模块论的观点似乎仅适用于某种特定形状(矩形)的空间,其它形状的实验却得出了不尽相同的结果。例如,

采用三角形、菱形等其它形状进行的研究结果表明儿童对空间中几何信息的利用是有限的。Huttenlocher 和 Vasilyeva 让迷失方向的两岁儿童在一个等腰三角形空间中寻找玩具,结果发现儿童在这种既有边长差异又有角度差异的三角形中的寻找正确率达 70%,这说明儿童能利用三角形空间的几何信息进行再定向^[2]。但是,儿童所利用的几何信息却不涉及角度差异信息,因为等腰三角形的顶角与两个底角存在角度差异,如果儿童能利用这些角度信息,则他们在顶角的正确率应该最高,此外,两个相等的底角之间也应该产生更多混淆,而实验结果却不符合这些预期。即使在没有边长差异只有角度差异的四等边菱形(两锐角分别为 60° , 两钝角分别为 120°)空间中,4 岁前的儿童也不会利用“菱形两对角相等”这一几何信息进行再定向,只有 4 岁以上的儿童才能加工并利用角度信息去角度相等位置寻找物体^[10]。

本研究试图通过另一种几何形状——梯形来进一步探索儿童的空间再定向行为。梯形是一种几何信息更丰富的图形,它不同于矩形(四角相同,只有边长差异),也不同于四等边的菱形(边长相同,只有角度差异)。在梯形中,既有边长差异又有角度差异。儿童在梯形空间中的再定向是否会因为几何信息更丰富而取得更好的成绩,还是就如三角形中的寻找模式一样只能利用边长差异,不能利用角度差异。需要特别指出的是,在梯形中,不仅邻边存在长短差异,上下两底也有长短差异,若儿童只能利用邻边差异,不能利用对边差异与角度差异,则他们可能表现出与矩形空间中一样的寻找模式;相反,即使儿童不能利用角度差异,如果能利用对边差异,也可以取得更好的成绩。

2 预备实验:幼儿在矩形空间中的再定向

目的是通过空间再定向研究的经典范式,收集矩形中的数据,以供与梯形中的结果进行对照。此外,亦可检查本研究中的材料制作是否合格,设施选用是否恰当,研究程序与操作过程是否正确,为之后的 3 个正式实验做准备。

2.1 方法

2.1.1 被试 3.1~4.1 岁的儿童 20 人,12 男,8 女,平均年龄 3.5 岁。

2.1.2 设备与材料 为消除外界声音与光线对儿童方位判断的影响,在实验室中央用褐色窗帘布围

成一个直径为 3 米的圆柱体空间,上接天花板,下垂至地板。一个矩形房间(1.9m × 1.2m × 1.2 m)放置于此圆柱内。矩形的四面墙壁由木制框架与白色塑料广告板制作而成,其中三面固定于地板,另一面可以灵活地开合,作为主试与儿童的出入口。当儿童进入房间后,用铁夹将门从房间外面紧紧地夹住,以使儿童看不出从哪进入。4 个不透明的粉红色圆柱盒(直径为 15 cm,高 20 cm)放置于矩形的 4 个角落,用于隐藏靶物体(一个鸡蛋大小的铜铃)。一个 100W 的节能灯安装在矩形房间正上方。一台收音机用于进一步控制外界声源对儿童的影响。

2.1.3 设计 每个儿童先做一次睁眼试验,然后进行 4 次闭眼试验。设置睁眼试验的目的是让儿童适应转圈的动作,并考察他们能否记住物体所藏的初始位置。对每个儿童而言,靶物体的位置在 4 次试验中分别藏于不同的角落,角落选择的顺序在被试间平衡。被试在转圈结束时的面向在 4 次试验中各不相同,并要求面对每面墙壁的次数一样多。

2.1.4 程序 主试将儿童带入实验室,首先与他(或她)玩一会儿玩具。当儿童消除紧张情绪之后,再进入实验用的矩形房间。主试让儿童站在房间的中心位置,自由观察 1 ~ 2min,然后呈现一个铜铃,并当着他(或她)的面放入某个角落的盒子内,告诉儿童等会儿要把铜铃找回来。儿童明白任务要求后先睁眼在原地转 4 至 6 圈(为防止儿童眩晕,由主试扶着慢慢地转),然后再去找铜铃。当儿童正确找回铜铃时开始闭眼任务,主试将铜铃藏入某个角落的盒子,要求儿童闭着眼睛转 4 至 6 圈,停下并睁开眼睛去找铜铃。如果儿童走到一个没有铜铃的位置寻找,主试便告诉他(或她)“不是在那里,在这里”,同时到正确位置取出铜铃;如果儿童找到铜铃,便交给主试,主试予以表扬并再次将铜铃藏入另一角落,开始下一寻找任务。为避免儿童以主试为参照,主试在实验过程中不断变换站立位置,在儿童睁开眼睛寻找物体时,主试则站在儿童身后以避免影响儿童的视线。

为增强儿童完成任务的动机,并尽量避免因多次重复而产生厌倦感,实验前给儿童呈现一个奖品,告诉儿童如果愿意去玩找铜铃的游戏并找到铜铃,就把奖品送给他(或她)。

实验过程中,主试将每次藏铜铃的位置与儿童

的首次寻找位置以字母编码的形式告诉房间外面的助手。实验结束后,不管成绩如何都送儿童一份奖品。

2.2 结果与分析

因为睁眼试验的正确率超过 99%,因而以下统计分析只针对闭眼试验的数据。参照 Hermer 和 Spelke 的数据分析方法^[4],按以下两种标准对儿童的寻找位置进行记录,如果儿童在隐藏物体的正确位置或对角寻找,则记为“几何恰当”,否则记为“几何不恰当”。如果儿童在正确位置或临近角落寻找,则记为“近”,否则记为“远”。对儿童在不同位置*的寻找次数进行 2(几何恰当 - 几何不恰当) × 2(近 - 远)的重复测量方差分析,并用 Greenhouse-Geisser 法矫正自由度。同时使用配对 *t* 检验(双侧)分别比较儿童在正确位置与对角,正确位置与临近角落之间寻找次数的差异。

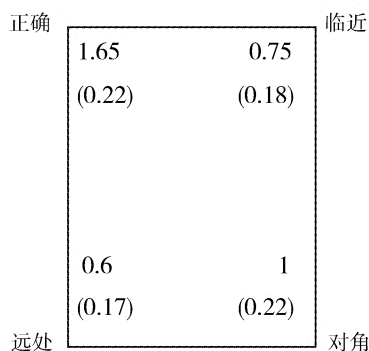


图2 儿童在矩形空间不同位置的寻找次数的平均值,括号内为标准误

对数据的初级分析结果表明,寻找的正确率不存在位置**效应、练习效应与性别效应。所有儿童在不同位置的平均寻找次数与标准误如图 2 所示。方差分析的结果表明,几何的主效应显著, $F(1,19) = 9.7, p < 0.01$ 。没有其它主效应及交互作用。这表明儿童总是到几何恰当的角落寻找物体。

儿童在正确位置与其对角之间的寻找次数无显著差异, $t(19) = 1.69, p = 0.11$;正确位置与临近角落之间的寻找次数差异显著, $t(19) = 2.78, p < 0.05$ 。

由此可见,预备实验的结果与以往研究结果一致,儿童在矩形空间中能够根据房间的几何形状进行再定向。儿童在正确位置与对角位置的选择次数

* 指寻找位置,包含正确、对角、临近与远处四个角落。平均寻找次数指所有儿童去不同位置(正确、对角、临近与远处)寻找的平均次数。

** 指隐藏物体的位置。寻找正确率指儿童去隐藏物体的位置的寻找次数与物体藏在此位置的总次数的比值。

无显著差异,这说明本研究实验材料的选择与制作、实验设计与转圈等操作措施能有效地让儿童迷失方向,为以下三个实验做好了准备。

3 实验一:幼儿在梯形空间中的再定向

3.1 方法

3.1.1 被试 2~3.6 岁的儿童共 41 人,分为 2 岁组与 3 岁组;其中 2 岁组 20 人,11 男,9 女,年龄范围:2 至 3 岁,平均年龄 2.5 岁;3 岁组 21 人,10 男,11 女,年龄范围:2.8 至 3.6 岁,平均年龄 3.2 岁。另外 4 名儿童进入实验室后因紧张害怕未能进行实验就被带出实验室,1 名儿童只完成睁眼任务而拒绝进行闭眼任务。所有儿童未曾参加预备实验。

3.1.2 设备、材料、设计与程序 基本与预备实验相同,只是将预备实验的矩形房间的一条短边由原来的 1.2m 缩短为 1m,从而构成一个上底为 1m,下底为 1.2m,两腰分别为 1.9m 的等腰梯形。

3.2 结果与分析

对数据的初级分析结果表明,寻找的正确率不存在位置效应与练习效应,但男孩的正确率在边界

水平上显著高于女孩的正确率($p = 0.049$)。儿童在不同位置的平均寻找次数与标准误如图 3 左部所示,对寻找次数进行 2 (年龄:2 岁 - 3 岁) $\times$ 2 (性别:男 - 女) $\times$ 4 (位置:正确 - 对角 - 临近 - 远处) 的重复测量方差分析结果表明,位置的主效应显著, $F(2.5, 93.5) = 14.17, p < 0.001$ 。多重比较 (LSD 法) 结果显示,正确位置的寻找次数显著多于临近与远处角落的寻找次数 ($p_{\text{正确}-\text{临近}} < 0.001, p_{\text{正确}-\text{远处}} < 0.001$)。正确位置与对角位置的寻找次数差异不显著 ($p = 0.054$),对角位置的寻找次数显著多于临近角落与远处角落的寻找次数 ($p_{\text{对角}-\text{临近}} < 0.01, p_{\text{对角}-\text{远处}} < 0.05$),临近角落与远处角落的寻找次数差异不显著 ($p = 0.82$)。没有其它主效应及交互作用。这些结果表明,尽管梯形每个角落在几何关系上都是特定的,但儿童却依然不能确定目标物体的位置,仍会去正确位置的对角寻找物体。儿童的这一寻找模式与他们在矩形空间的寻找模式完全相同,统计检验也表明,他们在梯形空间的正确位置与对角的寻找次数显著多于在其它两个角落的寻找次数, $F(1, 39) = 39.98, p < 0.001$ 。

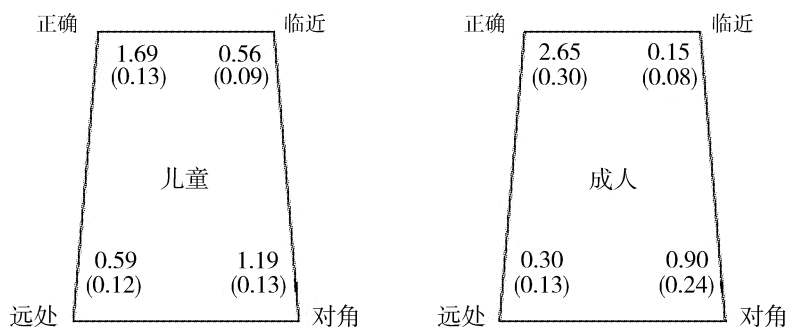


图3 儿童与成人在梯形空间不同位置的寻找次数

为何幼儿在梯形空间表现出他们在矩形空间一样的寻找模式? 是否因为梯形上下两底差异太小,不易被观察者所察觉,以致他们将梯形感知为矩形? 为检验此种可能性,实验二让 20 名成人完成同样的寻找任务,看成人能否觉察出这些差异并用之于空间再定向。

4 实验二:成人在梯形空间中的再定向

4.1 方法

4.1.1 被试 在校大学生 20 人,10 男,10 女,年龄范围:19~21 岁,平均年龄 20 岁。

4.1.2 设备、材料、设计与程序 与实验一基本相同,只是不进行睁眼试验。由于成人比梯形房间高,所以当被试闭眼转圈结束时,要求继续闭着眼睛慢慢蹲下,然后才睁开眼睛寻找物体。此外,为干扰被试自己默记旋转的圈数,在梯形空间外面以不同速度轻轻走动的主试时则会向被试提问,如“今天是星期几”等。

4.2 结果与分析

对数据的初级分析结果表明,寻找的正确率不存在位置效应、性别效应与练习效应。成人在不同位置的平均寻找次数与标准误如图 3 右部所示。对寻找次数进行的重复测量方差分析结果表明,位置

的主效应显著, $F(1.42, 26.98) = 23.03, p < 0.001$ 。多重比较结果表明,正确位置的寻找次数显著多于其它三种位置的寻找次数($p_{\text{正确}-\text{对角}} < 0.001, p_{\text{正确}-\text{临近}} < 0.001, p_{\text{正确}-\text{远处}} < 0.001$)。对角位置的寻找次数也显著多于临近位置与远处位置的寻找次数($p_{\text{对角}-\text{临近}} < 0.001, p_{\text{对角}-\text{远处}} < 0.05$),临近位置与远处位置的寻找次数差异不显著($p = 0.067$)。这些结果表明成人在梯形空间中,能够觉察梯形的边角差异并利用这种差异去正确位置寻找物体。

然而,从本实验的结果来看,尽管成人去正确位置寻找的次数明显多于其它位置,但他们在其它三个位置的寻找次数并不均等,也倾向于去对角寻找,这说明实验一中的梯形空间很可能因为上下两底的差异较小而导致少数被试无法觉察或不能利用。为此,实验三进一步增大梯形上下两底的差异,考察儿童能否更多地去正确位置寻找物体。

5 实验三:幼儿在大梯度梯形空间中的再定向

5.1 方法

5.1.1 被试 2.8~3.9 岁的儿童 20 人,平均年龄 3.3 岁,8 男,12 女。所有儿童未参加过前面的实验。

5.1.2 设备、材料、设计与程序 与实验一基本相同,只是将实验一中梯形的上底由 1m 缩短到 0.9m,下底由 1.2m 增长至 1.5m。这就使梯形两底边之间的差异由原来的 20cm 增至 60cm。此外,为进一步分析儿童寻找行为的特征,通过房间正上方的一个摄像头来实时记录儿童的寻找行为。

5.2 结果与分析

对数据的初级分析结果表明,寻找的正确率不存在性别效应、位置效应与练习效应。儿童在不同位置的平均寻找次数与标准误如图 4 所示。对寻找次数进行的方差分析结果表明,位置主效应显著, $F(3, 57) = 5.37, p < 0.01$ 。多重比较结果表明,正确位置的寻找次数显著多于临近与远处角落的寻找次数($p_{\text{正确}-\text{临近}} < 0.01, p_{\text{正确}-\text{远处}} < 0.05$)。正确位置与对角位置的寻找次数差异不显著($p = 0.38$)。对角位置的寻找次数显著多于临近角落的寻找次数($p < 0.01$),对角与远处的寻找次数差异不显著($p = 0.09$),临近角落与远处角落的寻找次数差异不显著($p = 0.29$)。这些结果表明,儿童在大梯度梯形空间中仍表现出矩形空间的寻找模式,

正确位置与对角的寻找次数显著多于另外两个角落的寻找次数, $F(1, 19) = 14.8, p < 0.01$ 。

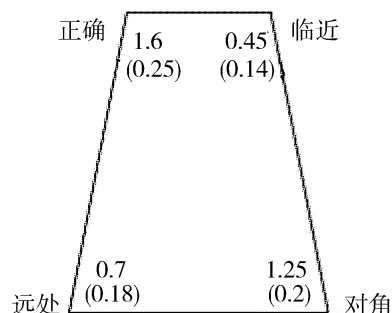


图 4 儿童在大梯度梯形空间不同位置的寻找次数

录像分析首先集中于儿童转圈结束时面对的方向对寻找模式的影响,如图 5 所示,分为上下左右四个方向。儿童在四个面向去正确位置(或对角)寻找的概率明显不同,他们在面向梯形上下两底时会更多地走向正确位置(或对角);相反,面向两腰时却没有表现出此种模式。统计检验表明,儿童在面向上下两底时去正确位置(或对角)的寻找概率远远大于面向两腰时去正确位置(或对角)的寻找概率, $\chi^2 = 13.23, p < 0.01$ 。

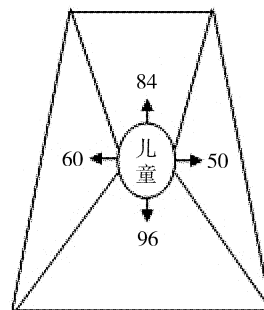


图 5 儿童在不同面向去正确位置或对角寻找的概率 (%)

对儿童的路径(即他们是径直走还是绕弯走)分析结果发现,儿童在面向梯形上下两底时径直走向正确位置(或对角)的概率为 72.5%,显著高于绕弯走的概率(27.5%), $\chi^2 = 8.1, p < 0.01$ 。相反,面向两腰时,径直走向正确位置(或对角)的概率仅为 33.3%。

6 讨论

6.1 儿童在梯形空间的寻找模式

迷失方向的儿童在矩形空间中会依据空间的几何特征重新确定方向并去正确位置或其对角把事先藏好的物体找回来,这种能力被认为是儿童认知系统中几何模块的作用^[3,4,11,12]。几何模块对空间环

境中的几何特征具有优先加工的功能,当目标物体被放置于空间中的某个位置时,观察者形成一个关于物体与环境的几何关系的空间表征,这一表征可以在观察者的认知系统中保持并在需要的时候被利用。在本研究预备实验中,处于矩形空间中的幼儿在迷失方向后,会去隐藏物体的正确位置或对角寻找,这与以往研究结果一致,表明幼儿在矩形空间中,会依赖矩形的几何特征去几何对等的两个位置(正确位置、对角)寻找物体。正如本文引言所述,矩形空间的几何信息较单一,仅有边长差异,没有角度差异,同时,边长差异也仅仅存在于相邻的两条边。为考察幼儿在几何信息更丰富的空间中的再定向行为,我们缩短矩形的一条短边形成一个等腰梯形(实验一)。在此梯形空间中,既有相邻两边的长度差异,又有一组对边的长度差,还有角度差。如果儿童能利用两种新增的任何一种几何信息,都可以准确地定位目标,从而取得更好的再定向成绩。具体来讲,如果儿童能发现梯形的一对边(即梯形的上下底边)存在长度差异,则可据此确定目标物体所在的位置,如“目标物体在短边的右端”。如果儿童能发现梯形中的角度差异,也可据此定位目标物体,如“目标物体在左侧的钝角”。然而,本研究结果发现,幼儿不能利用这些增加的几何信息取得更好的再定向成绩。

为何幼儿不能利用梯形上下两底的长度差异?从实验二与实验三的结果可以推断,可能不仅仅是差异量的大小问题,同样的房间,成人能够察觉并利用这些差异(实验二),即使将梯形上下两底的差异进一步增大至原来的三倍(实验三),幼儿依然不能利用差异更大的边角信息。当然,也不排除差异量进一步增大则会改变寻找模式的可能性。在一个补充实验中,梯形的上下两底差异进一步陡增(上底为1m,下底为3m,两腰为1.4m)。结果发现,在边角差异如此大的梯形中,虽然儿童能察觉这些差异信息,但他们并不能用于空间定位,经常在梯形的两个等角之间产生混淆,表现出明显的“等角效应”。对此新效应的机制有待进一步研究。

假如在客观上,导致幼儿在梯形中的寻找模式与矩形相同确实不是因为差异量太小的缘故,则需要进一步证明的问题是幼儿在梯形中是没有察觉到这些边长差异信息,还是虽能察觉但不能用之于空间再定向?已有研究表明,儿童在空间再定向任务中,尽管能察觉一些特征信息(如墙壁的颜色),但却不能用之于确定方位^[3,4]。此外,儿童的另一个

主观上的困难可能表现在他们只能察觉并利用相邻两边的差异信息,不能察觉并利用非相邻两条边的长度差异信息。相邻两边总有一个连接点,距离较近,儿童易于察觉并比较,而在本研究中的梯形中,非相邻的两条对边(即梯形的上下底)距离较远,儿童不能将之放于同一视野中比较。

在边角信息丰富的梯形中,儿童不能正确再定向也可能与他们的认知单维性有关,即他们不能很好地整合不同维度的信息,往往只利用某些优势信息,而对另一些非优势信息则不加利用。正如引言所述,在几何信息与非几何信息同时存在的情况下,儿童不能整合这两种信息却只利用几何信息^[3,4]。这种认知单维性也可以解释在长度信息与角度信息同时存在的条件下,为何儿童总是利用长度信息。具体来讲,在本研究的梯形中,儿童对角度差异不甚敏感的原因很可能就在于角度信息不如长度信息占优,就如他们在等腰三角形与等边菱形空间一样^[2,10]。

在梯形中,不能利用新增几何信息的幼儿为何还会去对角寻找?按照几何模块论的观点,尽管梯形存在对边差异与角度差异,但幼儿很可能只利用相邻两边的长度差异来表征目标物体的位置,从而将正确位置与对角视为对等。有趣的是,本研究实验三对儿童寻找过程的录像分析并未发现支持性的证据,却意外地发现空间轴朝向在儿童寻找模式中有着重要的作用。

6.2 轴朝向在空间再定向中的作用

已有研究极少分析儿童的寻找过程,Hermer 和 Spelke 曾对儿童转圈结束时的面向进行录像记录,但他们只将面向分为“可见”与“不可见”^[4]。这一处理方法遇到的首要问题是如何定义“可见”与“不可见”。Hermer 和 Spelke 通过儿童最后朝向来推断他(或她)是否可能看见目标物体。假设目标物体藏在图2所示的左上角,当儿童面向左方或上方时为“可见”,面向右方或下方时则为“不可见”。由此看来,这种处理方式就粗略地将儿童的朝向由“上-下-左-右”四个水平汇总为“可见-不可见”两个水平,可能导致数据分析不精确。最关键的问题是,如此划分未能发现更有价值的线索。在只有几何信息的矩形房间中,不管物体藏在哪个角落,迷失方向的儿童根本不知道物体究竟藏在何处,因此就不存在“可见”与“不可见”之分。研究者从主试的角度主观地将其分为“可见”与“不可见”,通过此两种条件下的寻找模式的比较,唯一的作用是检验物

体藏得是否隐秘。Hermer 和 Spelke 的比较结果表明,两种条件下的寻找成绩没有显著差异,这只能说明他们隐藏物体、旋转儿童等实验程序的控制是严格且有效的^[4]。

与他们对面向的分析不同,本研究直接考察了不同面向对寻找模式的影响。儿童每次试验都有一个特定的面向,并会去一个特定的位置。对儿童在不同面向去正确位置(或对角)寻找的概率的统计发现,面向不同时,儿童去正确位置(或对角)寻找的概率也明显不同。儿童在面向梯形上下两底时去正确位置(或对角)寻找的概率显著高于面向两腰时去正确位置(或对角)寻找的概率。此外,对儿童走向正确位置(或对角)的路径分析结果表明,儿童在面向上下两底时会径直走向目标位置,而当他们面向两腰时,经常绕着弯走。

从面向与路径分析结果可以看出,儿童在梯形空间中极少考虑边角信息,他们似乎仅仅在一个基本的空间轴朝向(Axe Heading)的基础上以自我为参照根据左右方位感来表征物体在空间中的位置并据此寻找物体。研究表明,动物与人类在一个空间中首先会确定自己的方向感或头朝向(Heading)^[12]。当迷失方向后,在室外,动物会依据一些自然界中的参照物如太阳等重新确定方向^[13];在室内,会依据一些标记物或房间的几何形状重新确定方向^[11,14~17]。在本研究中,梯形的两腰较长,当儿童进入房间后,可能会在知觉中形成一个“狭长”的空间拓扑印象,这种狭长的空间本身具有一个主轴(Principal Axe)从梯形的一个底边穿过整个房间到达另一底边^[12,18]。儿童进入具有这种轴的房间后可能形成一个轴朝向,即他们会沿着如图6所示的主轴朝向梯形的一个底。由于本研究中的梯形与矩形具有相同的主轴,当物体藏在图6所示房间的左下角时,左下角与右上角两个圆点(黑色圆点为梯形的右上角,灰色圆点为矩形的右上角)相对于主轴的位置关系正好匹配。在此情形下,以自我为参照的儿童在这两种房间中都会基于这种匹配关系,认为物体就藏在自己的右上角,所以当他们的面向与主轴的朝向一致时,即当面向梯形的上底时,他们会径直走向右上角^[11,19];当面向梯形的下底时,他们会径直走向左下角。相反,当他们面向梯形的两腰时,由于面向与主轴的朝向不一致,因而他们需要调整自己的行走路径,尽管如此,走向正确位置或对角的概率也较低。

朝向在空间表征中的作用在其它一些研究也得

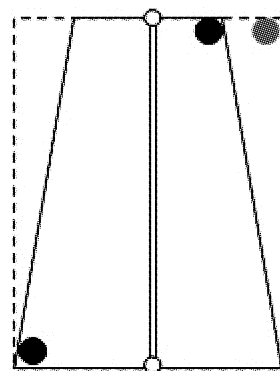


图6 空间主轴及其物体位置的关系

到了证实,如个体对实验室人工路径与物体布局的表征都依赖于特定朝向^[20~22]。此外,认知神经科学的研究也提供了支持性的证据^[23]。基于朝向在空间再定向任务中的重要作用,Cheng 最近对几何信息的定义提供了新的内容,他认为几何信息不仅包括边长与角度等信息,还包括空间中的轴信息,而这一信息的加工也是模块化的^[24]。

本研究依据儿童在梯形空间中的寻找模式与录像分析的结果,推测年幼儿童很可能在轴朝向的基础上依赖左右方位感来完成任务,此推想的正确性还需要更多的实验证据。在以后的研究中,一方面可以设置有无轴朝向或不同轴朝向的空间来探索轴朝向对儿童再定向的影响。另一方面,也可以更细致地考察儿童在藏物体瞬间和睁开眼睛瞬间的不同面向对其寻找模式的影响。此外,还可以设计多因素的分析轴朝向、面向以及左右方位感各自在儿童寻找模式中的作用。

综上所述,本研究表明,年幼儿童在空间再定向任务中对几何信息的利用是不充分的,这部分支持了三角形与菱形空间的发现,即幼儿对空间中的角度差异信息不敏感。与矩形相比,尽管梯形具有更丰富的几何信息,但年幼儿童并未利用,相反,从儿童在空间中的面向与寻找模式之间的关系可以推断:年幼儿童主要依赖于两种房间相同的轴朝向,结合左右方位感去梯形(或矩形)的正确位置或对角寻找物体。这些发现有助于我们结合 Cheng 最近的观点进一步修订几何模块论,以便更明确地界定儿童在空间中所利用的几何信息究竟是哪些信息,利用这些信息的具体过程是怎样的。同时也启示,进一步的发展研究可以探讨不同年龄段的儿童在利用几何信息进行空间定位的发展特点。

参 考 文 献

- 1 Cheng K. A purely geometric module in the rat's spatial representation. *Cognition*, 1986, 23(2): 149 ~ 178
- 2 Huttenlocher J, Vasilyeva M. How toddlers represent enclosed spaces. *Cognitive Science*, 2003, 27: 749 ~ 766
- 3 Hermer L, Spelke E. A geometric process for spatial reorientation in young children. *Nature*, 1994, 370(6484): 57 ~ 59
- 4 Hermer L, Spelke E. Modularity and development: the case of spatial reorientation. *Cognition*, 1996, 61: 195 ~ 232
- 5 Hermer V L, Spelke E, Katsnelson A. Sources of Flexibility in human cognition: dual - task studies of space and language. *Cognitive Psychology*, 1999, 39 (1): 3 ~ 36
- 6 Learmonth A E, Newcombe N S, Huttenlocher J. Toddlers' use of metric information and landmarks to reorient. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2001, 80: 225 ~ 244
- 7 Wu Deli, Li Fuhong, Sun Hongjin, Li Hong. The module theory of children's spatial reorientation and its limitation (in Chinese). *Advance in psychology science*, 2007, 15(2): 319 ~ 325
(邬德利, 李富洪, 孙弘进, 李红. 儿童空间再定向的几何模块论及其局限. *心理科学进展*, 2007, 15(2): 319 ~ 325)
- 8 Wang R F, Spelke E S. Human spatial representation: Insights from animals. *Trends in Cognitive Sciences*, 2002, 6: 376 ~ 382
- 9 Gouteux S, Spelke E. Children's use of geometry and landmarks to reorient in an open space. *Cognition*, 2001, 120: 119 ~ 148
- 10 Hubbach A, Nadel L. Reorientation in a rhombic environment: No evidence for an encapsulated geometric module. *Cognitive Development*, 2005, 20: 279 ~ 302
- 11 Cheng K, Newcombe N. Is there a geometric module for spatial orientation? Squaring theory and evidence. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2005, 12 (1): 1 ~ 23
- 12 Gallistel C R. *The Organization of Learning* Cambridge, MA: MIT Press, 1990
- 13 Wehner R, Wehner S. Insect Navigation: Use of Maps or Ariadne's Thread? *Ethology, Ecology & Evolution*, 1990, 2: 27 ~ 48
- 14 Gouteux S, Thinus B C, Vauclair J. Rhesus monkeys use geometric and nongeometric information during a reorientation task. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2001, 130: 505 ~ 519
- 15 Gray E R, Bloomfield L L, Ferrey A, Spetch M L, Sturdy C B. Spatial encoding in mountain chickadees: features overshadow geometry. *Biology Letters*, 2005, 1: 314 ~ 317
- 16 Sovrano V A, Bisazza A, Vallortigara G. Modularity and spatial reorientation in a simple mind: encoding of geometric and nongeometric properties of a spatial environment by fish. *Cognition*, 2002, 85: 51 ~ 59
- 17 Cheng K. Goldfish (*Carassius auratus*) Matching Geometric and Featural Cues: A Reinterpretation of Some of the Data of Vargas, Lopez, Salas, and Thinus Blanc (2004). *Journal of Comparative Psychology*, 2005, 119(4): 455 ~ 457
- 18 Cheng K, Gallistel C R. Shape parameters explain data from spatial transformations: comment on Pearce et al. (2004) and Tommasi and Polli (2004). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavioral Processes*, 2005, 31: 254 ~ 259
- 19 Wang R F, Spelke E S. Updating egocentric representations in human navigation. *Cognition*, 2000, 77: 215 ~ 250
- 20 Shelton A L, McNamara T P. Systems of spatial reference in human memory. *Cognitive Psychology*, 2001, 43: 274 ~ 310
- 21 Roskos E B, McNamara T P, Shelton A L. Mental representations of large and small spatial layouts are orientation dependent. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 1998, 24: 215 ~ 226
- 22 Mou Weimin, McNamara T P. Intrinsic Frames of Reference in Spatial Memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2002, 28(1): 162 ~ 170
- 23 King J A, Burgess N, Hartley T, et al. Human Hippocampus and Viewpoint Dependence in Spatial Memory. *Hippocampus*, 2003, 12: 811 ~ 820
- 24 Cheng K. Reflections on geometry and navigation. *Connection Science*, 2005, 17: 5 ~ 21

Limitation of the Geometric Module: Evidence from Children's Reorientation Behavior in a Trapezoidal Room

LI Fu-Hong, SUN Hong-Jin, LI Hong, CAO Bi-Hua, WU De-Li

(Key Laboratory of Cognition and Personality (SWU), Ministry of Education, 400715, China)

(School of psychology, Southwest University, Chongqing 400715, China)

(Department of Psychology, McMaster University, L8S4L8, Canada)

Abstract

Humans and animals are able to orient themselves to an environment. Previous studies have demonstrated that young children's reorientation behaviors are mainly guided by the geometric information of their environment. Children often reorient themselves according to the shape of the testing room and not in accordance with the room's non - geometric properties. While previous studies typically used rectangular testing rooms that provided unique geometric information,

we used a trapezoidal testing room that allowed us to explore the manner in which children use geometric information, including the angle of the corners as well as the dimensions of the walls.

In a preliminary experiment, a rectangular testing room ($1.9\text{m} \times 1.2\text{m} \times 1.2\text{m}$) was used. In Experiment 1 (where the participants were children) and Experiment 2 (where the participants were adults), one of the walls of rectangular room was shortened from 1.2m to 1m to form a trapezoidal testing room. In Experiment 3, the lengths of the two hemlines of the trapezium were altered to 0.9m and 1.5m. Participants included children who were 24 years old and adults ($N = 20$) who were university students. In each experiment, the participants' reorientation abilities were tested through a procedure adapted from Hermer and Spelke (1994, 1996). First, the participants were allowed to observe the environment. Thereafter, they watched the experimenter hide an object in one of the landmark boxes positioned in the four corners of the room. Following one of the two experimental manipulations, the participants were required to retrieve the object. In oriented search trials, the participants retrieved the object after turning 360 degrees in one spot four times, with their eyes open. This served as a control condition that probed whether the participants remembered where the experimenter had hidden the object. In disoriented search trials, the participants retrieved the object after turning 360 degrees, four to six times in one spot, with their eyes closed; this condition was found to induce a state of disorientation in children of this age (Hermer and Spelke, 1996).

The results of the preliminary experiment indicated that children search geometrically appropriate locations more often than geometrically inappropriate locations, but did not search proximate locations more often than they do distant locations. In particular, the proportion of the search at the correct corner and at the geometrically equivalent opposite corner (in diagonal direction) did not differ. This result was consistent with the findings of previous studies.

When children were tested in a trapezoidal room, they still went to the correct corner or the opposite corner. The video recording revealed that when children faced the two hemlines of the trapezium, they frequently and directly went to the correct corner or the opposite corner. However, when they faced the two lateral walls of the trapezium, they infrequently and indirectly went to the correct corner or the opposite corner.

The present study provides converging evidence suggesting that children do not rely solely on geometric information about the dimensions of the walls of their environment. Further, their reorientation behaviors can be affected by egocentric information. It is most probable that children use information of the principal axis of the trapezoidal testing room in the task of reorientation.

Key words spatial representation, reorientation, trapezium, principal axis.