

儿童空间再定向能力发展的理论之争

费广洪 潘晓敏

(深圳大学师范学院, 深圳 518060)

摘要 空间再定向是指迷失方向的个体在空间中重新确定自己方位并找回迷失方向前丢失或被隐藏物体的能力。几何模块理论、适应性结合理论和视觉图像匹配理论都能够对儿童空间再定向做出一定解释,但三者之间互不相容,并存在局限:解释不了语言对整合几何和非几何信息的影响、环境空间大小和参照系选择对再定向的影响以及空间再定向中性别差异的现象。今后研究应注意实验的生态效应、空间条件的规则性、几何信息的直接性与间接性以及三个理论的整合。

关键词 儿童;空间再定向;几何模块论;适应性结合理论;视觉图像匹配理论

分类号 B844

1 引言

空间认知是认知心理学的一个重要分支,是人类认知事物的重要方面之一。空间认知的研究重点是人的空间方位识别能力。在自然界中,空间方位的识别对于一切动物(包括人类)都有着重要的生存适应作用。空间再定向(spatial reorientation)是指动物(包括人类)在某一陌生环境中迷失方向后,他们可能会依据空间中的几何信息或特定的路标线索等非几何信息重新确定自己的方位,进而找到正确的返回路线(Cheng, 1986; Huttenlocher & Vasilyeva, 2003)。再定向找物(the reorientation task)是探讨动物及人类的空间再定向能力的一个研究范式,即通过创设一定形状的空间环境,让迷失方向的(disoriented)动物或人类在这个空间中根据所提供的几何或非几何线索重新确定自己的方向,从而找出在其迷失方向前所隐藏的目标物(Hermer & Spelke, 1994, 1996)。自从 Cheng (1986)对大鼠在一个矩形封闭空间中再定向行为进行研究之后,在过去的20多年中,研究者采用再定向找物对动物及人类的空间再定向进行了广泛和深入的研究,这些研究主要集中在探讨引导再定向行为的环境线索,包括

几何线索和非几何线索(纹理、颜色、气味等)。在众多的研究中,关于动物和人类是如何利用环境线索的观点却没有达成一致的解釋。主要观点有几何模块理论、适应性结合理论和基于视觉图像匹配的快照理论,每一种理论得到相应的实验研究的证明。然而,随着研究的深入,研究者们对这三种理论解释提出了质疑和反驳,每种理论似乎都逐渐呈现出其局限性。

2 几何模块理论(modular theory)

2.1 理论内容

该理论来源于 Cheng (1986),认为再定向以封闭的几何模块为基础,大脑中某个特定区域是用来编码几何信息的,即通过对环境形状进行编码,可以把目标物与其在环境中的位置联系起来,形成固定的位置标记。只要记住这种标记,就可以准确地进行再定向。以几何模块加工为基础的再定向与对三维空间布局的敏感性有关,在三维空间布局中对几何信息的加工计算是自动化的、具体的,与其他认知加工过程是分开的。在三维空间布局中的再定向需要对表面距离和左右关系这些几何信息具有高度敏感性,与其他环境线索相比,这些几何线索是具有优先利用性。

2.2 理论证明

封闭空间即连续表面围成的环境。为了研究

收稿日期: 2012-08-21

通讯作者: 费广洪, E-mail: Feiguanghong@163.com

空间再定向中对几何信息的加工过程,很多实验都是在墙壁围成某种形状的封闭空间中观察分析被试的再定向行为。这种对封闭空间的再定向研究起源于 Cheng 对大鼠的空间再定向能力的经典研究。为排除外在条件的影响,Cheng 让大鼠在封闭矩形笼子里寻找食物,并设置了两种条件,分别为无路标线索条件和有路标线索条件。在前一种条件下,笼子四周没有任何参照物,笼子的四个侧面除了形状不同,其他特征都相同;相反,在后一种条件下,给予大鼠不同的路标线索,如将笼子的一面做成白色,其他三面为黑色,并且笼子的每个角落所放置的板子在触觉、味觉和嗅觉上都有区别。结果发现,两种条件下,大鼠均产生了旋转错误,即在正确角落和对角之间的搜索次数没有显著性差异,说明大鼠主要依据笼子的几何形状确定自身位置,而不采用其它非几何路标线索。因此,Cheng 提出空间认知是以几何模块为基础的理论,认为在空间再定向任务中主要依赖了几何信息,而对非几何信息(如颜色、质地,气味等)不敏感。

在对人类的再定向研究中,Hermer 和 Spelke (1994, 1996)最先对儿童的空间再定向能力进行研究。研究沿用了 Cheng 用于大鼠空间再定向的范式,在一个 $1.9\text{ m} \times 1.2\text{ m}$ 的矩形房间中考察儿童的空间再定向能力,同样设置了两种条件,分别为房间四面墙均为白色和房间一面墙为蓝色、三面墙为白色。先把一串钥匙藏在房间的一个角落,并用挡板挡住,然后让儿童站在房间的中心位置上闭眼转四圈,之后睁眼寻找隐藏的钥匙。结果发现,和大鼠类似,3~5 岁儿童也只能利用矩形房间的几何信息,而不能利用矩形房间的非几何信息来再定向。如图 1 所示,如果把靶物体藏在 B 处,儿童可以根据房间的几何形状来再定向,在正确位置 B 和与 B 具有相同几何意义的对角位置 C 寻找靶物体。从位于矩形房间中心的儿童来看,B 和 C 的左边都是长边,B 和 C 的右边都是短边。但是,如果把该矩形房间的一面墙(如 BD 边)改为蓝色,其他三面保持白色。蓝色边 BD 就可作为一种非几何信息来确立靶物体的位置,此位置有独特的几何信息和非几何信息,即靶物体在蓝色边的左端。然而,儿童却不会利用这面颜色不同的墙来确定靶物体的位置,仍然会选择与靶物体所在位置相同的对角。

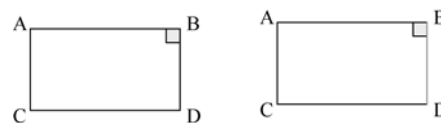


图1 Hermer 和 Spelke 实验中的矩形房间图示

据此,Hermer 和 Spelke 认为,年幼儿童在空间再定向任务中只利用几何信息而忽略非几何信息,因为年幼儿童与一些非人类动物一样,主要依赖于较原始的几何模块。尽管迷失方向的儿童或动物可能利用了环境中具有区分性的物体、有颜色的墙壁或其他非几何线索来引导自己的行为,但是这些非几何线索只是作为寻找靶物体的直接线索,而不适用于再定向。

Gouteux, Vauclair 和 Thinus-Blanc (2001)采用小模型环境对 3~5 岁儿童的再定向进行了研究。在没有呈现非几何信息的矩形模型中,4 岁儿童在正确角落和对角上产生了混淆,出现了 180° 的选择性模糊,说明儿童能够利用矩形模型中的几何信息。虽然这个年龄比大矩形空间测得的年龄要大,但却说明不仅当儿童置于矩形环境中时能利用几何信息,而且当儿童面对小模型的环境空间时,也同样能够利用小模型所提供的几何信息进行再定向。

Lourenco 和 Huttenlocher (2006)对 18~24 个月儿童的再定向进行研究。让其中一组儿童在一个等腰三角形小房间中(没有非几何特征)进行再定向任务,另一组儿童在相同形状的桌面盒子外进行再定向任务,最后比较两组儿童的成绩。结果显示,在这两种条件下,儿童都能够确定隐藏物体的位置。说明了基于形状的再定向不仅适于置身其中的环境,也适合于封闭环境外看到的情形。可见,在这一领域的研究中,采用类似材料与过程的实验得到了比较稳定的结果,儿童都表现出对几何信息的优先利用。

2.3 几何模块理论的局限性

虽然几何模块理论已经得到大量实验证据的支持,但是随着研究的深入,几何模块理论似乎呈现出越来越多的局限性。具体表现为以下方面:

2.3.1 几何模块编码只对明显的几何信息敏感

如果大脑特定区域对任何几何信息都敏感的话,那么,儿童应该能够很容易地观察到由若干

个分离物体所围成的不明显的几何形状,能够利用这些非连续的、不明显的几何信息进行再定向。然而,研究者们研究却否定了这一假设,对几何信息的利用似乎只适于封闭空间内部。当环境空间由分离的路标或其他排列构成时,儿童不能利用几何信息进行再定向。Gouteux 和 Spelke (2001)在圆形空间中用三个彼此不相连的、不同盒子构成了一个直角三角形。虽然这个三角形的边长并不相等,但是迷失方向的儿童仍然不能利用三角形的差异信息进行再定向。当把盒子改为四个时,3~4岁的儿童也不能根据盒子构成的矩形排列所提供的几何结构来确定靶物体的位置。

使用其它形状及不同物体作隐藏地点的大量研究也得到了相同结果。Lee, Shusterman 和 Spelke (2006)在一个圆形房间中对 4 岁儿童进行测试,房间里有三个盒子,其中两个相同。当靶物体藏于独特盒子时,儿童在迷失方向后准确地走向独特盒子找回靶物体;但当靶物体藏于两个相同盒子之一时,儿童却经常在这两个相同盒子之间产生混淆。说明独特盒子已成为确定靶物体位置的直接线索,而不是方向信号。Gibson, Leichtman, Costa 和 Bemis (2009)让儿童在由电脑屏幕呈现的三个物体中进行再定向。结果发现,与三个物体是分离的条件相比,在有线条将三个物体连接起来的条件下,儿童利用几何信息进行寻找的正确率明显提高。Lee 和 Spelke (2011)的研究呈现四个深蓝色圆柱体,这四个圆柱体构成了一个矩形。结果 38~51 个月的儿童不能在这个矩形中进行再定向。由此可见,在由分离的物体构成的矩形几何形状中,儿童不能像在封闭矩形中那样利用矩形所提供的几何信息进行再定向。显然,分离物体所呈现的几何信息不如封闭空间所呈现的几何信息明显,而这些实验都证明了儿童对这些不太明显的几何信息是不敏感的,因此尽管存在几何信息,但是儿童却不能利用这些信息再进行再定向。另外, Lew, Gibbons, Murphy 和 Bremner (2010)设置对称矩形封闭空间、不对称四边形封闭空间、对称矩形排列、不对称四边形排列、对称三角形排列、不对称三角形排列,考察 18 个月至 3 岁儿童利用几何信息进行再定向的情况。结果发现,存在对称信息时,儿童能够利用几何信息,而空间中没有对称信息时,儿童不能利用几何信息,即儿童利用几何信息进行空间再定

向只适用于对称空间中。

2.3.2 几何模块编码只适用于三维结构

证明几何模块编码合理性的实验有一个共同特点,即都是在三维空间中进行的。而当在二维结构中进行再定向任务时,儿童对几何信息的利用就存在一定局限性。在以二维图像形式呈现的空间中,儿童的再定向表现远远不如在相同形状的三维空间中。Gibson, Leichtman, Kung 和 Simpson (2007)在电脑屏幕上给儿童呈现二维图片,图片上由三个相同的独立物体形成一个三角形,让儿童在这个三角形中进行再定向,结果发现,3~6岁儿童在二维结构中不会利用几何信息进行再定向。Lee 和 Spelke (2008)发现,即使是 5 厘米宽的磁带线将空间中的物体围成一个几何形状,儿童也不会依据由磁带线构成的几何形状来进行再定向,只有当把磁带线改为高达 3/4 英尺的墙壁时,儿童才能利用这个墙壁所形成的较明显的几何形状来再定向。Lee 和 Spelke 把这种现象归结为三维结构的作用。他们在地板上给儿童呈现一个黑色的二维特征矩形结构,同样发现 38~51 个月的儿童在矩形四个角落上随机进行搜索,而不能利用所呈现的几何信息进行再定向 (Lee & Spelke, 2011)。

2.3.3 几何模块理论没有揭示出儿童利用哪些几何属性进行再定向

虽然已有大量研究证明了几何模块理论的合理性,但是这些研究并未解决这样的问题:儿童是怎样对几何信息进行编码和利用的?他们是通过哪些基本的几何属性来确定自己在环境中的位置以及靶物体的位置?

许多研究都是在矩形空间中进行的,这样,儿童可以通过构成矩形空间的围墙长度、距离和方向产生一个旋转的不确定性(180°的选择模糊性),自然会在正确角落和相差 180°的对角上产生混淆。因此,在矩形中,儿童可能利用了长度、距离和方向信息。由此可以推论,当呈现的几何形状不同时,给儿童提供的几何信息也是不一样的,如果几何模块编码对任何几何信息都敏感,那么,无论提供了哪一种几何信息,儿童都应该能够察觉到这种可辨别信息并且利用它进行再定向。然而,相关研究却表明儿童在这一方面的局限性。

Huttenlocher 和 Vasilyeva (2003)让迷失方向的 2 岁儿童在一个等腰三角形空间中寻找玩具。

结果发现, 儿童寻找的正确率为 70%。说明儿童能利用既有长度差异也有角度差异的三角形空间的几何信息进行再定向, 但是儿童所利用的几何信息却不涉及角度差异。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, 并且在两个相等的底角之间也应该产生更多混淆, 而实验结果却非如此。Hupbach 和 Nadel (2005) 在一个菱形(内角为 60° 、 120° 、 60° 、 120°)房间内对 2~6 岁儿童进行测试。每次实验将靶物体隐藏在菱形的不同角落, 让儿童在迷失方向后寻找。年龄较大的儿童在正确角落和几何对等角落中寻找物体, 显示出对几何学形状的成功利用。反之, 3 岁儿童和更小儿童在迷失方向后却随意地在四个角落进行搜索, 显然无法将角度信息作为再定向的线索或者作为隐藏物的位置标记。李富洪、孙弘进、李红、曹碧华和邬德利(2008)采用几何信息更丰富的等腰梯形空间考察了 2~3.6 岁儿童的再定向能力, 结果发现, 儿童并不会利用新增的几何信息来确定靶物体, 与在矩形空间中一样, 并没有整合梯形的角度差异和边长差异做出准确判断。Lee, Sovrano 和 Spelke (2012)给 2 岁儿童提供封闭或破裂的菱形空间和矩形空间, 探索了再定向任务中迷失方向的儿童对长度、角度、距离和方向信息的敏感性。结果表明, 儿童根据一些但非所有的几何属性进行再定向: 利用了菱形或矩形空间中的距离和方向信息进行再定向, 而对长度和角度信息不敏感。因此, 儿童在再定向任务中对几何信息的利用是有限的, 他们只能利用某些几何信息而对其他几何信息不敏感, 也不会整合多重几何属性来做出更好的定向。

2.3.4 几何模块理论解释不了儿童利用非几何信息进行再定向的现象

根据几何模块论的观点, 空间再定向是由一个对空间几何信息进行加工的“封装”系统完成的, 其他任何信息无法进入此系统。尽管某些条件下儿童能够利用路标信息, 但该路标信息并不是用于再定向, 而只是用于找回靶物体的一个直接线索(Wang & Spelke, 2002; Lee et al., 2006)。然而, 越来越多的研究表明事实并非如此。Newcombe, Ratliff, Shallcross 和 Twyman (2009)用两种方法考察了儿童再定向中对特征信息的利用。他们用一个几何结构更复杂的径向对称八边形空间作为实

验材料。当八边形的边都是白色时, 2~3 岁儿童能够在几何正确的位置上进行选择, 证明了儿童能够在径向对称的空间中利用几何信息进行再定向而不仅仅局限于单一对称轴的空间。当八边形的一条边为红色其他边为白色, 即有两个角为白色边和红色边的夹角时, 如果儿童仅仅把非几何信息作为直接线索而不作为再定向依据的话, 儿童就会在这两个角落上产生混淆。但实验结果却非如此, 3 岁和 5 岁儿童都能够结合几何信息和颜色信息进行再定向。李富洪、曹碧华、谢超香、孙弘进和李红(2011)在矩形房间的四角设置颜色不同的挡板作为路标线索, 以平均年龄为 3.5 岁的儿童作为被试。研究发现, 在几何信息与路标信息同时存在时, 幼儿可以对二者进行整合; 而只有路标信息时, 儿童也能依据路标信息并结合左右方位准确地再定向。

3 适应性结合理论(adaptive combination theory)

3.1 理论内容

尽管已有一些实验证明再定向依赖于环境的几何形状, 但是其他一些实验也提供了不少反驳。适应性结合理论就是一个有影响力的观点, 它强调再定向是以环境中所有可感知的信息资源为基础, 并且每种资源都是按照它的显著性和有效性而被不同年龄儿童赋予了不同的权重(Newcombe & Ratliff, 2007)。适应性结合理论认为, 空间再定向能力与对相关信息进行编码的能力是有关的。这两种能力对环境中的相关信息赋予权重, 然后根据已有经验中每种信息的效用来构成一个最佳组合, 利用这种组合完成再定向任务。因此, 儿童能否利用非几何信息与这些信息的显著性和有效性有关。无论是几何信息还是非几何信息, 显著的物体能被当作可靠线索来引导再定向行为。适应性结合理论和几何模块理论之间的争论焦点在于儿童能否整合利用几何和非几何信息进行再定向。按照几何模块理论的观点, 个体对环境的空间形状是敏感的, 儿童像动物一样只利用环境中的几何信息而忽略了非几何信息进行再定向; 然而, 按照适应性结合理论的观点, 儿童是将环境线索的显著性和有效性作为再定向的基础, 几何信息和非几何信息同样能够被用于再定向。支持适应性结合理论的证据主要是来自于

儿童能整合几何信息和非几何信息进行再定向的相关研究。

3.2 理论证明——儿童不能利用非几何信息的原因

3.2.1 路标的固定可靠性

Hermer 和 Spelke 采用被试内设计, 让所有被试都参与两种条件的实验(四面墙壁颜色相同和有一面墙壁颜色与众不同), 结果发现, 儿童不能利用颜色与众不同的墙壁作为再定向的依据。研究者认为, 儿童先后交替参加这两种条件的实验时, 虽然意识到颜色信息存在, 但是可能认为墙壁的颜色是随时更换的, 是不稳定的, 所以没有将颜色作为再定向的依据。Hermer 和 Spelke (1996) 在实验中用玩具汽车、玩具熊与盒子作为路标, 结果儿童没有利用这些路标来寻找物体。Wang, Hermer 和 Spelke (1999) 采用正方形空间研究了路标的固定性与熟悉性对儿童空间再定向的影响。在实验中, 近 2 岁的儿童不能利用颜色不同的墙壁来准确找到靶物体。但是, 当其中一面墙上呈现一个凸起物时, 儿童会将这个凸起物作为线索, 与红色墙壁联系在一起, 因为凸起物增加了非几何线索的固定性(引自 邬德利, 李富洪, 孙弘进, 李红, 2007)。

由上可见, 儿童会根据路标信息的可靠性程度对其赋予权重。当路标信息是可靠的, 儿童会对其赋予较高权重, 从而加以利用; 而当路标信息不固定、不可靠时, 儿童就会忽略这些信息。在儿童的经验中, 非几何信息都是小的、可移动的物体, 是不可靠的线索。而墙壁或大物体中的几何信息都是稳定、显著的。儿童认识那些提供可靠线索的潜在路标并且对其赋予高权重。因此, 当环境布局的几何信息是微弱或不可靠时, 这些几何信息对儿童再定向的影响应该变小或消失。

3.2.2 信息的显著性

目前有关儿童再定向的研究主要考察了对几何信息和非几何信息的利用。在这些研究中, 几何信息是以一种非常强烈的形式呈现的, 而非几何的特征信息却远远没有几何信息那么强烈。突出的、显著的信息容易被儿童捕获并且加以利用。而当信息不突出时, 即便是几何信息儿童也照样不能利用(Gouteux & Spelke, 2001; Lee et al., 2006; Lee & Spelke, 2011)。Nardini, Atkinson 和 Burgess (2008)指出, 以往的研究设计(Hermer & Spelke,

1994, 1996; Cheng & Newcombe, 2005)并没有完全体现出儿童利用颜色信息的能力, 因为那些实验条件本身就倾向于给儿童提供更多的几何信息。因此, Nardini 等人用一个小方形封闭空间(两面墙壁为白色, 另两面墙壁为蓝色)进行研究。结果发现, 18~24 个月的儿童能够利用墙壁颜色进行再定向, 即以颜色信息为基础, 进行左右方向判断。在他们的实验中, 正方形没能提供可利用的几何信息, 但有可利用的颜色信息, 所以颜色信息是显著的, 结果儿童成功地利用了该信息。

周婵和胡清芬(2011)考察了几何线索的直接性和显著性如何影响 5 岁儿童利用几何和非几何线索。研究采用在一个边或角有颜色标记的菱形平面作为研究材料, 在这个菱形平面的四个角或边位置中藏物, 让儿童找物。结果发现, 几何线索优先性并不稳定。几何线索的直接性直接影响了几何线索的使用。而在几何线索直接条件下, 几何线索的显著性又影响了几何线索的使用。另外, 几何线索直接性及显著性均不影响儿童对颜色线索的使用。

3.3 适应性结合理论的局限性

尽管适应性结合理论能够很好地解释几何模块论所不能解释的一些现象, 也得到了大量的实验支持, 但是该理论仍然受到一些质疑。Lee 和 Spelke (2008)创设了四个实验情境对 4 岁儿童的再定向进行考察。结果发现, 在 30cm 高围墙的矩形中, 儿童的再定向成绩与在 1m 高围墙的矩形中的成绩没有差异; 在由 4 根独立的 1.8m 高的圆柱体所构成的矩形中和一个二维形式的矩形中均不能进行再定向任务。这个结果对适应性结合理论提出了三个质疑: 第一, 高墙壁(1m)围成的空间阻挡了儿童的视线和行动, 而在低墙壁(30cm)围成的空间中儿童的视线不受阻挡, 同时还能越过低墙壁进行位移, 因此, 与高围墙空间相比, 儿童在低围墙空间中接收到的信息更多(包括空间外的), 这就使得高围墙空间中几何信息比低围墙空间更明显突出。因此, 按照适应性结合理论, 与低围墙相比, 高围墙会对儿童再定向产生更大影响。但实验结果却非如此; 第二, 稳固的大圆柱体是突出的、可靠的, 但是单靠四根竖立的圆柱体围成的矩形空间所提供的信息却不能引导儿童进行再定向; 第三, 在用粘在地板上的 2cm 宽黑色带子构成的二维矩形空间中, 儿童仍然不能利

用二维矩形进行再定向, 尽管该二维矩形构造是明显和突出的。这三点都是适应性结合理论所无法解释的, 因此, 该理论也存在一定的局限性。

4 图像匹配理论(image-matching theory)

4.1 理论内容

图像匹配理论强调再定向加工是以图像匹配为基础的(Stürzl, Cheung, Cheng, & Zeil, 2008; Wystrach & Beugnon, 2009)。人们会在视网膜上对环境形成一个全景的二维图像, 再依据当前成像来记住该环境。根据此观点, 再定向过程中并没有对几何形状和路标进行表征。表面布局之所以影响迷失方向动物的行为, 是因为在视网膜上形成了与环境中那些独特的、显著边缘有关的图像(Cheng, 2008)。如果三维和二维路标在视网膜上形成了相等的边缘, 那么它们在再定向中就具有同等的影响, 即二维和三维表面局部是没有差异的。视网膜上出现的显著性特征决定了环境中的哪些物体会影响动物行动的方向。

4.2 理论证明

动物迷失方向之后, 他们会在环境中移动, 直至他们视网膜上形成的环境图像与之前储存在其头脑中的二维图像之间的匹配达到最高程度, 这使他们返回到目标位置。这一观点最先由动物研究证实。蜜蜂在对单一物体的距离和方向进行编码时, 会根据路标大小在视网膜上的成像进行搜索(Collett, T. S., & Collett, M., 2002), 即蜜蜂已经在记忆中储存了从目标位置上所看到的路标形状, 之后通过移动来找到与之相匹配的视网膜成像, 以致找出目标位置。

这种现象与空间表征依赖于特定朝向的观点是一致的。Rieser (1989)在研究中发现, 当想象朝向与学习朝向一致时, 被试提取空间信息比二者不一致时更为准确和迅速。另外, 图像匹配理论与儿童在空间表征中采取自我参照系表征(egocentric representation)的现象是一致的。在自我参照系表征中, 物体的位置是相对于观察者来表征的, 并且随着观察者的移动, 空间表征也在不断地更新。在 Wang 和 Spelke (2002)的系列研究中, 被试首先学习房间中六个物体的位置, 然后分别在迷失方向(disorientation)、导向转动(oriented-turning)和再定向(reorientation)条件下完成物体位置指向任务。迷失方向条件下, 被试在

蒙眼自转的过程中房间的灯光没有变化; 导向转动条件下, 在固定的方向上提供了灯光, 被试能够在蒙眼自转时依据灯光确定自己的方向; 而再定向条件下, 被试蒙眼自转时灯光是熄灭的, 但自转结束时灯光又亮起来。结果发现, 与导向转动和再定向条件相比, 被试在迷失方向情况下提取物体空间结构关系的准确性明显变差。因为迷失方向使被试的自我朝向感丧失, 从而导致其对空间表征的动态更新过程中断, 这时视网膜上的成像与贮存在头脑中的图像之间具有很大差异, 被试需要通过移动来寻找与头脑中储存的图像最相似的场景才能做出准确判断。在没有找到匹配度较高的情况下, 被试容易指向错误的位置和物体。而在导向转动过程中, 被试能够保持自我朝向感, 因此可以较为准确地更新物体相对于自身的位置表征。Nardini, Thomas, Knowland, Braddick 和 Atkinson (2009)在研究中, 要求儿童在迷失方向后从最利于图像匹配的位置(以观点依赖的方法进行编码)上或者从一个新的位置(以观点独立的方法进行编码)上找出隐藏的靶物体。结果表明, 4 岁儿童只有在观点依赖条件中才能进行再定向, 5 岁儿童的再定向从观点依赖转变到观点独立, 6 岁儿童能够采用观点独立方法进行再定向。说明, 小于 6 岁的儿童是通过图像匹配进行再定向的。

4.3 图像匹配理论的局限性

尽管图像匹配理论已经得到相关研究的证明, 但是这个理论却遭到了越来越多的质疑。Lee 和 Spelke (2008)的实验除了反驳适应性结合理论之外, 同样也反驳了图像匹配理论。因为如果二维图像跟三维环境没有差异, 那么, 当实验材料以二维形式呈现时, 儿童的再定向成绩应该与在相应的三维空间中的成绩没有差异。但是 Lee 和 Spelke (2008)的实验结果并非如此。随后, Lee 和 Spelke (2011)在一个同质的矩形中测试了 3~4 岁儿童的再定向。当矩形是由短挡板或隆起物作边长时, 儿童成功地进行了再定向。而当矩形是由房间地板上的一张黑色塑料纸(即二维的矩形)呈现或当矩形是由四个独立的圆柱体排列、一条连续的细绳构成时, 儿童均不能进行再定向。这说明儿童是依据三维表面布局进行再定向的, 引导儿童进行再定向加工过程的是几何信息而不是对环境图像的匹配。另外, Nardini 等人(2009)的研究中, 6 岁以上儿童能够从新颖的视角下进行再定向, 这

是图像匹配理论无法解释的。

5 超出三种理论解释力的现象

引导儿童再定向的机制是什么？正如前文所述，不同的研究者在不同条件下得出了不一致的结论，三种理论分别从不同角度对这些实验进行解释。然而，仍然存在超出以上三种理论解释力之外的现象，这些现象主要表现为以下几个方面：

5.1 语言对几何信息和非几何信息整合的影响

为了探讨儿童能否整合几何信息和非几何信息进行再定向，Hermer-Vazquez, Spelke 和 Katsnelson (1999)以测试年幼儿童的任务来测试成人，结果发现，成人能同时利用几何信息和非几何信息进行再定向。然而，让成人在完成再定向任务的过程中同时口头重复一段刚刚听到的文章时，成人的再定向能力与儿童一样，均只能利用几何信息而不能利用非几何信息。相反，如果让成人在完成再定向任务的过程中口头重复听到的一段音乐旋律时，其再定向能力不受干扰，能够整合利用几何信息和非几何信息。也就是说，非语言的旋律不会对空间再定向产生干扰，而语言信息会起明显的干扰作用。因此，Hermer-Vazquez 等认为，在语言干扰情景下，成人不能整合几何信息和非几何信息进行再定向是由于语言的缺失。同样，3~5 岁儿童不能利用非几何信息只能利用几何信息，很可能是因为 3~5 岁儿童还处于语言发展初期，空间语言发展不成熟，因此不能借助于语言将几何信息和非几何信息整合起来进行再定向。Hermer-Vazquez, Moffet 和 Munkholm (2001)进一步研究发现，儿童要到 5~7 岁时才能将几何信息和非几何信息整合起来进行再定向。

根据这些实验结果，Hermer-Vazquez 等认为，语言系统在儿童空间再定向中对几何信息和非几何信息的整合具有重要作用。年幼儿童的再定向能力之所以类似于一些低等动物，只能利用几何信息，是因为他们的语言发展不够成熟。随着年龄的增长，语言会不断发展，因此在 5 岁以后，儿童能使用语言将几何和非几何信息整合起来，表现出与成人相同的空间再定向能力(引自邬德利，李富洪，孙弘进，李红，2007)。

然而，有研究者对语言在整合几何信息和非几何信息中的重要性也提出了异议。Ratcliff 和 Newcombe (2005)重复了 Hermer-Vazquez 等(1999)使用语词干扰的实验，不同的是，在他们的实验中明确告诉了被试要做什么，而 Hermer-Vazquez 等仅要求被试注意所要发生的事。结果发现，在明确告诉被试要做什么情况下，成人的再定向能力与没有任何干扰情况下的再定向能力相同，从而否定了 Hermer-Vazquez 等所提出的语词干扰任务对成人再定向能力的破坏作用。因此，Ratcliff 和 Newcombe 认为可能语言并非整合几何和非几何信息必不可少的因素。然后，他们设计了另一种任务来代替语词干扰任务，要求被试在完成空间再定向任务的同时完成一个空间想象任务。结果发现，成人再定向能力只利用几何信息，不能利用非几何信息来再定向。因此，研究者认为可能存在一些非语言的空间认知系统破坏了成人整合利用几何和非几何信息的能力。这一实验结果否认了语言在空间再定向中整合几何和非几何信息的作用(Hermer-Vazquez et al., 2001)。

由此可见，语言在人类个体再定向中具有一定的作用，但是它对整合几何和非几何信息是否必要，研究结论并非一致。而无论是几何模块论、适应性结合理论还是图像匹配理论都没能对语言的作用进行解释。

5.2 环境空间的大小对再定向的影响

Learmonth, Newcombe 和 Huttenlocher (2001)对 17~24 个月的儿童进行研究。研究的形状和墙布颜色与 Herman 和 Spelke 实验相同，但是将矩形空间扩大为 Herman 和 Spelke 所用空间的 4 倍，结果这个年龄的儿童能够利用非几何信息来再定向。换言之，当环境中呈现颜色信息时，小于 5 岁的儿童并不是一味地依靠几何信息而忽略颜色这一非几何信息，空间的大小会影响儿童对非几何信息的利用程度。在大房间里，几何信息在再定向加工中并没有被优先利用。而 Hermer 和 Spelke 的实验却认为 3~5 岁儿童不能利用非几何信息。

之后，Learmonth, Nadel 和 Newcombe (2002)等人又用一个小的和一个大的实验房间，对 3~4 岁和 5~6 岁的儿童进行了重复的实验。结果显示，小于 6 岁的儿童在大房间的再定向中没有产生旋转错误，但是在小房间产生旋转错误，而 6 岁儿

童在大和小的房间都能正确定位。小房间的实验结果可以与 Hermer 和 Spelke 的实验进行比较。由此可见, 环境大小是整合几何信息和非几何信息的一个关键的因素, 并且这种能力在 5 岁左右发展。Gouteux 等人在一种小模型空间对 3~5 岁儿童进行的实验也得到了一个类似结果。这个任务不是在一个房间里迷失方向后的再定向, 而是在桌面的一个小矩形盒子里进行定位。矩形盒子呈现在儿童前面并且让儿童闭眼自转。结果同样证明了儿童 4 岁之后才能利用矩形模型的几何线索, 这比 Hermer 和 Spelke (1994) 证明的 2 岁儿童在矩形房间中能利用几何线索的年龄要大两岁。

由此可见, 进行再定向任务的空间大小对儿童能否利用几何信息、能否整合利用几何信息和非几何信息以及最早能够利用的年龄有影响, 然而无论是几何模块论、适应性结合理论还是图像匹配理论都没有对空间大小这一因素进行解释。

5.3 参照系选择对再定向的影响

个体在认识周围事物时主要有两种参照体系, 一种是以自身为参照系; 另一种是以客体为参照系。无论是证明或反驳几何模块论、适应性结合理论还是图像匹配理论的研究都未能区分这两种参照系对儿童空间再定向的影响。

综上所述, 不难看出, 这些研究基本上都是让儿童在矩形房间中进行再定向。根据皮亚杰对儿童空间表征的研究, 儿童空间定位发展是一个由自我中心编码向客体中心编码发展的过程, 儿童建构自身和物体之间的空间关系先于建构物体之间的关系, 并且只有 9~10 岁的儿童才没有表现出自我中心编码现象(引自刘剑, 2008)。换言之, 在矩形空间中, 小于该年龄段的儿童能够以自我为参照系依据左右方位在正确位置(或对角)寻找隐藏物。然而, 当儿童的这一自我参照体系被破坏后, 他们就不能顺利地利用几何信息完成再定向任务。Gouteux 等人在一种小模型空间对 3~5 岁儿童进行的实验表明, 3 岁及其以下儿童在矩形模型外完成空间再定向任务时无法依据自我参照系进行定位, 只是在矩形房间的四个角落上随机寻找靶物体。由此可见, 参照系的确定与选用可能会影响儿童的空间再定向成绩。

5.4 空间再定向中的性别差异

以往再定向研究(Hermer & Spelke, 1994, 1996; Hupbach & Nadel, 2005; Huttenlocher &

Vasilyeva, 2003; Learmonth, Newcombe, Sheridan & Jones, 2008)并没有呈现出再定向的性别差异情况, 近期有研究对这一问题进行了考察。Lourenco, Addy, Huttenlocher 和 Fabian (2011)对 18~24 个月儿童如何表征矩形空间中的几何信息进行考察。该矩形空间既存在可确定隐藏物位置的几何信息, 也存在直接的非几何信息。研究发现, 无论是在几何信息和非几何信息同时可用的条件下、只有几何信息可利用的条件下还是在几何信息和非几何信息相冲突的条件下, 男孩都能比女孩更多地利用几何信息进行再定向。研究认为, 虽然女孩和男孩一样能够对几何信息进行编码, 但是不同性别儿童对几何信息赋予的权重不同, 导致了男孩和女孩在整合多种信息时出现了不同的变化。

按照几何模块论, 个体优先对几何信息进行编码, 因此对几何信息的利用情况不应该存在性别差异; 同样, 按照图像匹配理论的解释, 空间再定向中同样不存在性别差异; 尽管适应性结合理论能够从赋予几何信息或非几何信息不同权重的角度来解释再定向中儿童能够利用几何或非几何信息, 但却不能解释为什么不同性别儿童对几何信息赋予的权重不同。

6 未来研究方向

近 20 年来, 虽然关于儿童空间再定向问题已经进行了大量的研究, 并且也取得了很多有价值的成果, 但是仍然存在一些值得我们进一步探讨的问题:

6.1 生态效应

关于儿童再定向能力的研究都是采用再定向找物的研究范式, 通过创设一个环境空间, 让迷失方向的个体在这个空间之中或之外, 根据所提供的几何信息或非几何信息重新确定自己的方向从而找出迷失方向前被隐藏的靶物体。这种实验范式下的研究已经得出了很多结论, 但是, 这些结论都是来自于严格控制的实验室, 那么, 实验室中得到的结论是否同样适用于自然环境?

前面已经提到, 空间环境的大小、路标的显著性、路标的可靠性均对儿童的再定向产生影响。在自然环境中, 儿童置身的空间可能远远大于实验室环境, 并且自然环境中存在更多可利用的可靠或显著的路标信息, 而在实验室环境中, 儿童所处的空间是封闭的, 这种差异有可能给儿童整

合利用几何信息或非几何信息进行再定向带来了不同影响。有研究者在具有生态效应的环境中对3~7岁儿童进行考察(Smith et al., 2008), 让儿童在一个开放的公园里进行再定向, 结果, 3岁儿童能够利用自然环境中的路标信息进行再定向, 这与Hermer和Spelke的研究结论不同, 即3~5岁儿童不能利用非几何信息进行再定向。这种不一致的结果可能是由不同的实验环境造成的。与自然环境中的实验相比, 实验室的封闭空间可能限制了儿童利用非几何信息能力的发挥, 从而低估了儿童利用非几何信息的能力。所以, 实验室中得出的结论能否推广值得怀疑。因此, 以后的研究需要考虑生态效应, 可以在自然环境对以往实验室的研究结论进行验证, 丰富研究。

6.2 空间的规则性

以往证明几何模块论、适应性结合理论和图像匹配理论的研究多数使用矩形空间, 也有研究使用菱形或三角形, 其共同特点是空间都是比较简单的规则形状, 这些规则形状往往具有对称性, 并且是儿童熟悉的, 儿童对空间的几何信息较敏感, 换言之, 这些实验条件本身提供的线索就偏向于有较多的几何信息和较少的非几何信息, 从而使得儿童更倾向于利用几何信息而忽略非几何信息, 这就难于考察出儿童是否具有整合几何、非几何信息的能力。如果规则性确实突出了空间中的几何线索, 那么有理由对前人的研究结论进行质疑, 儿童在再定向找物任务中对几何线索和非几何线索的使用并不意味着其有或没有利用某种线索的能力, 而只是反映了他们在这些规则形状下对几何线索的利用倾向。如果采用多边形或不规则的空间, 儿童是否还能首先利用几何信息来再定向?

为了探讨形状规则性在儿童再定向中的作用, 以后的研究可以设置多种形状的空间进行实验, 而不仅仅使用矩形、菱形或三角形。此外, 在自然环境下, 人们所处的空间很少是规则的几何形状, 比如, 室外环境中, 人们面临的空间更多是非规则形状, 而即便室内空间具有一定规则性, 但是由于室内空间往往存在其他家具设施的干扰, 使得原本规则的空间形状也变得不规则了。因此, 使用不规则的空间形状进行研究更符合人们的生活经验, 也可以避免由于人们对规则形状的过于熟悉导致研究结论难以推广。

6.3 几何信息的直接性与间接性

从前文所述中可以看出, 以往的研究用不同的实验材料会得到不同的实验结果, 而在这些实验中, 很多研究都忽略了几何信息的直接性和间接性这一变量。无论是在矩形、菱形还是三角形空间中进行的再定向任务, 很多研究者都是将这些形状的角落位置作为考察的位置, 忽略了不同形状中角位置所提供的几何线索的直接性与间接性是不同的。比如, 矩形空间中四个角都是直角, 角度没有差异而边长有差异, 当隐藏物放在角位置时, 儿童不能直接根据角度进行判断, 而需要先对角落的左右边长进行判断, 从而找出角落, 因此角位置需要间接从边长关系得到的, 利用难度较大; 而在菱形中, 边长相等而角度有差异, 当隐藏物放在角位置时, 儿童不需要对边长进行判断, 而可以直接根据角度大小进行判断, 因此在菱形中, 角位置提供了直接的几何线索, 利用难度较小。可见, 不同形状中角位置所体现的几何信息意义是不同的, 而单纯地将在矩形角位置中得到的结果与在菱形角位置中得到的结果进行比较是不恰当的。因此, 在以后的研究中, 需要考虑和区分所考察位置几何线索的直接性和间接性, 从而更准确、全面地了解儿童的再定向能力。

6.4 三种理论的统一

尽管几何模块论、适应性结合理论和图像匹配理论都能够对儿童空间再定向进行一定的解释, 但是三个理论的观点是相互独立的, 而证明某种理论的实验的目的之一在于反驳其他理论观点。可见, 关于儿童再定向能力发展的理论之争尚未结束。或许这三种理论并非独立而是相互联系的。另外, 正如前文所述, 仍存在这三种理论所无法解释的现象。那么, 是否存在其他的理论可以对这些现象进行解释呢? 是否存在一种能够整合三种理论的观点呢? 在以后的研究中, 可以对这三种理论的关系进行进一步的研究。

参考文献

- 李富洪, 曹碧华, 谢超香, 孙弘进, 李红. (2011). 路标信息在幼儿空间再定向中的作用. *心理发展与教育*, (4), 344-349.
- 李富洪, 孙弘进, 李红, 曹碧华, 郭德利. (2008). 几何模块论的局限性: 来自梯形实验的证据. *心理学报*, 40(2), 175-183.
- 刘剑. (2008). 儿童空间认知参考框架体系的实验研究. 硕

- 士学位论文, 上海师范大学。
- 邬德利, 李富洪, 孙弘进, 李红. (2007). 儿童空间再定向的几何模块论及其局限. *心理科学进展*, 15(2), 319–325.
- 周婵, 胡清芬. (2011). 几何线索直接性和显著性对儿童菱形空间再定向的影响. *心理发展与教育*, 27, 9–15.
- Cheng, K. (1986). A purely geometric module in the rat's spatial representation. *Cognition*, 23(2), 149–178.
- Cheng, K., & Newcombe, N. S. (2005). Is there a geometric module for spatial orientation? Squaring theory and evidence. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 1–23.
- Collett, T. S., & Collett, M. (2002). Memory use in insect visual navigation. *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 642–652.
- Gouteux, S., & Spelke, E. S. (2001). Children's use of geometry and landmarks to reorient in an open space. *Cognition*, 81, 119–148.
- Gouteux, S., Vauclair, J., & Thinus-Blanc, C. (2001). Reorientation in a small-scale environment by 3-, 4-, and 5-year-old children. *Cognitive Development*, 16, 853–869.
- Gibson, B. M., Leichtman, M. D., Kung, D. A., & Simpson, M. J. (2007). Use of landmark features and geometry by children and adults during a two dimensional search task. *Learning and Motivation*, 38, 89–102.
- Gibson, B. M., Leichtman, M. D., Costa, R., & Bemis, R. (2009). The use of geometric properties of 2D arrays across development. *Learning and Motivation*, 40, 95–108.
- Hupbach, A., & Nadel, L. (2005). Reorientation in a rhombic environment: No evidence for an encapsulated geometric module. *Cognitive Development*, 20, 279–302.
- Hermer, L., & Spelke, E. (1994). A geometric process for spatial reorientation in young children. *Nature*, 370(6484), 57–59.
- Hermer, L., & Spelke, E. (1996). Modularity and development: The case of spatial reorientation. *Cognition*, 61, 195–232.
- Hermer-Vazquez, L., Spelke, E. S., & Katsnelson, A. S. (1999). Sources of Flexibility in human cognition: Dual-task studies of space and language. *Cognitive Psychology*, 39(1), 3–36.
- Hermer-Vazquez, L., Moffet, A., & Munkholm, P. (2001). Language, space, and the development of cognitive flexibility in humans: The case of two spatial memory tasks. *Cognition*, 79, 263–299.
- Huttenlocher, J., & Vasilyeva, M. (2003). How toddlers represent enclosed spaces. *Cognitive Science*, 27, 749–766.
- Learmonth, A. E., Newcombe, N. S., & Huttenlocher, J. (2001). Toddlers' use of metric information and landmarks to reorient. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 225–244.
- Learmonth, A. E., Nadel, L., & Newcombe, N. S. (2002). Children's use of landmarks: Implications for modularity theory. *Psychological Science*, 13(4), 337–341.
- Learmonth, A. E., Newcombe, N. S., Sheridan, N., & Jones, M. (2008). Why size counts: Children's spatial reorientation in large and small enclosures. *Developmental Science*, 11, 414–426.
- Lee, S. A., Shusterman, A., & Spelke, E. S. (2006). Reorientation and landmark-guided search by young children: Evidence for two systems. *Psychological Science*, 17(7), 577–582.
- Lee, S. A., & Spelke, E. S. (2008). Children's use of geometry for reorientation. *Developmental Science*, 11(5), 743–749.
- Lee, S. A., & Spelke, E. S. (2011). Young children reorient by computing layout geometry, not by matching images of the environment. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18, 192–198.
- Lee, S. A., Sovrano, V. A., & Spelke, E. S. (2012). Navigation as a source of geometric knowledge: Young children's use of length, angle, distance, and direction in a reorientation task. *Cognition*, 123, 144–204.
- Lew, A. R., Gibbons, B., Murphy, C., & Bremner, J. G. (2010). Use of geometry for spatial reorientation in children applies only to symmetric spaces. *Developmental Science*, 13(3), 490–498.
- Lourenco, S. F., & Huttenlocher, J. (2006). How do young children determine location? Evidence from disorientation tasks. *Cognition*, 100, 511–529.
- Lourenco, S. F., Addy, D., Huttenlocher, J. & Fabian, L. (2011). Early sex differences in weighting geometric cues. *Developmental Science*, 14(6), 1365–1378.
- Nardini, M., Thomas, R. L., Knowland, V. C. P., Braddick, O. J., & Atkinson, J. (2009). A viewpoint-independent process for spatial reorientation. *Cognition*, 112, 241–248.
- Nardini, M., Athinson, J., & Burgess, N. (2008). Children reorient using the left/right sense of coloured landmarks at 18–24 months. *Cognition*, 106, 519–527.
- Newcombe, N. S., & Ratliff, K. R. (2007). Explaining the development of spatial reorientation: Modularity-plus-language versus the emergence of adaptive combination. In J. Plumert & J. Spencer (Eds.), *Emerging landscapes of mind: Mapping the nature of change in spatial cognitive development* (pp. 53–76). New York: Oxford University Press.
- Newcombe, N. S., Ratliff, K. R., Shallcross, W. L., & Twyman, A. (2009). Young children's use of features to reorient is more than just associative: Further evidence against a modular view of spatial processing. *Developmental Science*, 5, 1–8.
- Ratliff, K. R., & Newcombe, N. S. (2005). Human spatial

- reorientation using dual task paradigms. *Proceedings of the Annual Cognitive Science Society*, 27, 1809–1814.
- Rieser, J. J. (1989). Access to knowledge of spatial structure at novel points of observation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1157–1165.
- Smith, A. D., Gilchrist, I. D., Cater, K., Ikram, N., Nott, K., & Hood, B. M. (2008). Reorientation in the real world: The development of landmark use and integration in a natural environment. *Cognition*, 107, 1102–1111.
- Stürzl, W., Cheung, A., Cheng, K., & Zeil, J. (2008). The information content of panoramic images I: The rotational errors and the similarity of views in rectangular experimental arenas. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 34, 1–14.
- Wang, R. F., Hermer, L., & Spelke, E. S. (1999). Mechanisms of reorientation and object localization by children: A comparison with rats. *Behavioral Neuroscience*, 113(3), 475–485.
- Wang, R. F., & Spelke, E. S. (2002). Human spatial representation: Insights from animals. *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 376–382.
- Wystrach, A., & Beugnon, G. (2009). Ants learn geometry and features. *Current Biology*, 19, 61–66.

Controversies Among The Theories of Children's Spatial Reorientation

FEI Guanghong; PAN Xiaomin

(Normal College, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China)

Abstract: Children's spatial reorientation is the ability that the disorientated individuals reorient themselves and are able to find the hidden object after disorientation. Although the modular theory, the adaptive combination theory and the image-matching theory have made some explanations on children's spatial reorientation behaviors, these three theories are incompatible with each other. Besides, all of their explanations are limited to some extent since none of them can explain the effects of language on the integration of geometric and non-geometric information, the effects of reference frame and enclosure size on children's spatial reorientation behaviors as well as early sex differences in spatial reorientation. Future researches should take into consideration of the ecological validity of experiment condition, the regularity of the environment, the directness and indirectness of geometric information and study how to integrate these three theories.

Key words: children; spatial reorientation; modular theory; adaptive combination theory; image-matching theory