

空间知觉中的大地理论

龚小霞 陆思雨 董 波

苏州科技大学教育学院, 苏州

摘 要 | 人类的生活离不开对周围空间的知觉和解释, 这是人类生存繁衍的基本能力。基于以往的研究, 人类在线索丰富的环境中能够准确对自身和其它物体进行定位, 对这种定位机制的理论和实验研究一直是心理学家关注的热点。空间知觉的大地理论是一种关于人类距离知觉解释的前沿理论, 在此理论基础上研究者开展了大量实验研究, 笔者梳理了大地理论的背景与主要内容及理论延展, 并指出未来研究的可能方向。

关键词 | 空间知觉; 距离知觉; 大地理论

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

个体对外界空间环境的知觉和理解能力影响生活的各个方面, 这种能力使动作与行为的有效完成得以实现。个体能够成功地在含有丰富线索的环境中进行自我定位、方位导航并生成对周围环境的心理表征都依赖于空间知觉能力, 甚至在完成搬桌子、躲避、接盘子等简单动作时, 都需要不断地对外界环境进行知觉和信息提取。空间知觉为个体动作的完成提供所需的基本信息, 同时动作又反作用于知觉过程以确保动作的正确完成。那么这一对人类至关重要的知觉过程是如何实现的呢?

Gibson 于 1950 年提出了空间知觉的大地理论, 以期对上述问题进行解答^[1]。大地理论以自下而上的信息加工理论为核心提出了“情境支持”(Affordance)的概念。大地理论认为个体能形成准确的空间知觉离不开环境提供的丰富的信息资源, 个体生理结构在与周围环境的相互作用下进而产生了空间知觉。在知觉系统中, 个体利用丰富多元的大地信息线索, 以大地作为参照框架, 对物体位置进行编码, 从而形成对外界环境的心理表征。

基金项目: 江苏高校哲学社会科学研究资助项目“连续地表整合理论的眼动研究”(编号: 2019SJA1267)。

通讯作者: 龚小霞, 苏州科技大学教育学院, 在读硕士研究生, E-mail: g2xatusts@126.com。

文章引用: 龚小霞, 陆思雨, 董波. 空间知觉中的大地理论[J]. 中国心理学前沿, 2021, 3(2): 228-235.

<https://doi.org/10.35534/pc.0302028>

2 大地理论

2.1 理论背景

2.1.1 空间知觉

空间知觉是指包含对物体的距离、方位、形状和大小等空间特性及其关系的知觉^[2]。为了更好地在这个世界上生存和繁衍,人类必须认识到自身和所处空间环境间的相互关系,并据此指导自己的行为。在此过程中视觉系统至关重要,人类赖以认知世界的信息有80%以上来自视觉系统,通过视觉系统人类可以建构出对知觉对象的三维表征,视觉系统中的网膜成像是二维的,这种二维到三维的转换也一直是心理和生理学家所关注的热点问题^[3]。

在以往的空间知觉研究中,根据知觉对象与观测者之间的距离将知觉空间划分为三部分:0~2米为个人空间,即观察者手臂可触及的范围;2~20米为行为空间,即距离较大但又在观察者投掷和行走的范围内;超过20米的行为空间以外的为远景空间^[4]。随着距离空间的增加,观测者对距离线索的选择和加工也会相应改变,从而确保产生精确的空间知觉。

2.1.2 理论提出

在第二次世界大战开始时,出于现实需要,人们开始关注深度和距离感知,这种深度和距离知觉对飞机着陆时估算地面距离有重要意义。以心理学家从19世纪的系列实验中获取的知识为基础,学者开始了对空间知觉的大量实验研究,通过这些实验得出了影响距离感知的知觉线索清单,且该清单受到了认可,例如知觉线索中的单眼和双眼线索。这些实验中有一些典型的实验方法,例如使用立体镜或一个深度感知装置,给被试呈现一些光或类似的孤立刺激,要求被试判断距离,实验中呈现的点、线或物体通常用红色标示。尽管学者们进行了大量的实验,但实验结果却并不能用以解决实际问题,例如个体如何降落飞机。

直到战争快结束时,心理学家们才开始清楚地认识到,解决深度知觉问题的常用方法是不正确的,实验需要在户外进行,呈现的刺激物也应该是来自自然环境的物体。研究者们逐渐意识到自然环境的重要性,至此,一个大胆的假设也开始出现——如果没有对一个连续的表面的感知,空间知觉就无法产生。这一假设被称为“大地理论”,以区别于“空气理论”,而后者是早期研究的基础。这一假设的基本思想是视觉空间不应被视为空中的物体或物体阵列,而应被视为一个连续的表面,视觉世界的空间特征不是由其内的物体给出的,而是由物体的背景给出的。例如飞行员的空间,是由地面和地平线决定的,而不是由他飞行的空气决定的。在战争结束前,Gibson和他的合作者以“大地理论”为基础,利用户外环境、照片和电影进行了一些实验,在这些实验中,水平地面总是可见的。

2.2 大地理论的初步假设

第一,个体对视觉世界的基本印象是表面和边缘的印象,对于理解空间,这些基本印象是必不可少的。对连续表面的印象可以理解为视觉空间中的背景,而边缘的印象可以理解为背景中的轮廓或图形,这些元素根据抽象的几何坐标从右到左、从上到下、从近到远排列。

第二,刺激中总是有一些变量(不管发现和分离有多困难)对应于空间世界的一个属性。也就是说,即使是复杂的知觉品质也必须有刺激,这是心理物理对应原理在视觉感知中的一种延伸。这条规则还表明,对表面的印象可以找到一种相应的“刺激”,它可能是一张有纹理的视网膜图像。对于连续表面上的距离或深度的印象,刺激也应该是可发现的,它也许是沿着视网膜图像的轴线逐渐改变的,例如图像纹理密度的增加或减少。同样,对边缘或轮廓以及轮廓的深度印象,刺激应该也是可发现的,它也许是视网膜图像梯度的跳跃或中断。

第三,与视觉空间中三维物体对应的比率图像中的刺激变量只需要与该物体本身相关,而不是其副本相关。例如,坚固性和深度的质量在二维视网膜图像中没有任何复制品,但它们很可能与外界物体的某个属性相关。在几何学中的一个类似假设是,当一个三维物理世界以光学方式投影时,其倾斜度、形状等属性在投影中会经过数学变换,但这些属性不会因此消失。

第四,可以运用数学方法对视网膜图像的不均匀性进行分析,将视网膜图像顺序或图案的不同视为一种刺激。

第五,对个体如何感知视觉世界的问题可以从两个方面来考虑:首先,个体对实体或空间世界的感知;其次,个体对通常关注的有用和有意义的事物的世界的感知。前者是由颜色、纹理、曲面、边缘、坡度、形状等组成的世界。后者是个体更熟悉的世界,由物体、地点、人、信号和文字符号等组成。

2.3 核心观点

2.3.1 生态学取向

Gibson 于 1950 年提出空间知觉大地理论(the Ground Theory of Space Perception),他将空间知觉与生态环境结合起来,这是大地理论的主要指导思想。该理论认为个体的信息加工过程是自下而上的,其理论重点在于情景支持(Affordance)概念,他指出,空间知觉是在个体与环境的相互作用下产生的,复杂的环境能够保证视觉系统能从外部环境中获取丰富的信息资源,同时个体具有提取整合与加工信息的知觉能力,两者的相互作用协助人们形成精确的空间知觉。情境是由观察者及其周围的环境共同构成的,因此,环境或者观察者任何一方有改变,观察者所知觉的整个情境就会发生变化。换句话说,观察者及其周围环境是互补的,一组观察者及其共同环境也是如此。

2.3.2 表面

表面是大地理论重要的基本概念。自然环境中最大的表面是地面,即在平均水平面上的表面,或者说是一个垂直于重力的水平面。地面本身是由许多不同的单元构成的,这些单元相互嵌套而且在整个地球表面重复。例如沙粒的大小在任何地方都是一样的,卵石和岩石也是一样的;草叶或多或少都是相似的,草丛和灌木丛也是如此。这些自然单元不像人行道上的人造瓷砖那样完全统一,然而,即使它们的重复是随机,它们仍旧呈现出均匀分布。同时,Gibson 所提出的表面不仅仅指地面,它还是物理环境中最重要的通用物理特征之一,它是大多数动作所在的位置。表面是光被反射或吸收的地方,而不是物体的内部;表面是被接触的地方,而不是物体的内部。表面是自然环境中最普遍的存在,是具有普遍意义的概念。

对于表面,Gibson 还曾提出地表生态规律的规则,包括以下九点:

(1) 所有持久性物质都有表面,所有表面都有布局。

- (2) 任何表面都有抗变形能力, 这取决于物质的粘度。
- (3) 任何表面都有抗崩解的能力, 这取决于物质的凝聚力。
- (4) 任何表面都有其特有的纹理, 这取决于物质的组成。它通常既有布局纹理又有颜料纹理。
- (5) 任何表面都有其特有的形状或大规模布局。
- (6) 表面在光线或阴影下可有强光或弱光。
- (7) 光照度极小的表面可吸收落在其上的照明。
- (8) 根据物质的不同, 表面具有特定的反射率。
- (9) 根据物质的不同, 表面具有对不同波长的光的反射率的特征分布。

2.4 核心内容

2.4.1 参照系和编码

人类的陆地生存状况决定着我们始终依赖地面, 地面不仅提供了从人脚到地平线的距离信息, 而且还为个体以及个体经常接触的其他物体提供支撑^[5]。以地面作为参照系来表示空间是“大地理论”的基础, 大地作为陆地环境中最为普遍的通用视觉表面, 为个体提供了在三维场景中有关位置的关键信息。在知觉系统中, 个体利用丰富的环境线索, 以大地作为参照系, 进而对物体位置进行编码, 最终形成对外界环境的心理表征。

那么基于地面的位置编码又是如何实现的呢? 通过使用以地面为参照系的 2D 坐标系来表示公共表面上的对象, 对象之间的相互关系可以在 2D 坐标中进行处理。有研究者将这种方案称为准二维编码方案, Sinai 等人通过研究人类在感知绝对距离和视觉定向动作任务中的心理生理表现也支持了这种编码方案^[6], 并且将其作为对 Gibson 大地理论的更鲜明的表述。根据该准二维编码方案, 可以通过两个的阶段来描述编码对象位置的机制。第一阶段先定义用作参考框架的公共表面, 第二阶段再定义每个单独对象相对于参考系的坐标。因此, 当将对象之间的相对视差转换为度量深度表示时, 将根据对象与参考表面的关系以及参考表面与观察者的空间关系来缩放它们^[7]。

2.4.2 公共面

空间中的物体拥有共同的表面, 这是我们生存的陆地环境的客观规律。例如, 我们能够走在公共地面上; 在桌面上可以摆放各种物品; 墙面上可以悬挂我们最喜欢的画, 这些都是因为物体之间享有共同的表面。有学者提出, 视觉系统正是利用这种规律性而将共同表面作为一个参照系来编码物体的距离。通过对公共表面的处理, 视觉系统还可以减少其编码冗余, 并将其加工资源转移到表示其他信息上。因为公共面是我们视觉世界中的规律性事件, 而我们的大脑具有利用现存规律来减少编码冗余的显著能力, 对于中距离空间感知, 当有共同地面时, 绝对距离判断最为准确。有研究者还进一步研究了公共表面在近距离判断中的作用, He 等人研究了公共表面是否也可以作为参照系来处理双眼视差信息, 双眼视差信息是近距离空间感知的一个主要线索。研究结果发现, 具有线性双眼视差梯度的表面的斜度被低估^[8]。

2.4.3 纹理线索

由于使用了大量的深度线索, 视觉可以判断物体的空间位置, 这些深度线索不仅包含观测者内部的

生理线索还包括来自外部环境的深度线索。Cutting 在 1995 年对空间知觉所利用的线索进行划分。聚合调节、双眼视差、运动视差属于自身生理线索。而相对大小、纹理、空气密度等属于外部环境线索。这些线索具有不同的作用范围,在空间知觉中发挥的作用也各不相同。根据空间知觉大地理论,生理线索作用范围为个人空间(2 ~ 3 米)这类近距离空间,而外部线索主要作用于 2 至 20 米范围内的行为空间。在形成近地面表征的基础上,远距离范围的外部纹理线索被用于形成对远地面的心理表征,从而产生对整个地面的完整表征。视网膜感知的纹理梯度是线索之一,该梯度是在一个后移或歪斜的表面上根据纹理元素的相对大小以及各元素之间的空间而形成的投影图像。纹理元素的密度提供了距离感知的信息,元素密度的增长率提供了斜度感知的信息^[9]。自大地理论提出以来,大量的研究都证实了地表纹理与斜度感知和距离感知之间的关系。

Gibson 的“大地理论”还有一个重要预测,当公共地面破裂时,即纹理渐变不均匀时,视觉系统将无法建立可靠的参考系,因而无法获得正确的绝对距离。Sinai 等人的研究结果为共同地面在绝对距离判断中的作用提供了证据,支持了 Gibson 的设想,但 Sinai 等人还发现,纹理渐变也可以影响绝对距离的判断,地面上的纹理渐变可以为视觉系统建立参考框架提供深度线索。He 等人在检验地面充当视觉系统参考框架的假设时进一步证实,当地面被缝隙打乱或被不同的纹理(混凝土和草皮)覆盖时,观察者无法做出准确的自我中心距离判断。只有当地面连续且质地均匀时,才能准确地做出自我中心距离判断,连续且均匀纹理的地面对于视觉系统形成准确的空间知觉至关重要^[8],同样的结果在其他研究者的实验中也得到了印证^[10],甚至有研究发现当存在均匀连续的大地信息时,盲走至先前观测过的知觉对象位置的准确性也将增加^[11-13]。

Gibson 的大地理论认为均匀连续的大地信息对空间知觉的判断定位具有独一无二的作用。提取关于距离和斜度的信息依赖地表连续纹理的存在,但环境表面并不总是覆盖统一的纹理。自然环境中包含了含有草、沙子、鹅卵石和许多其他物质的地表,当由一种物质组成的区域与由另一种物质组成的区域接近时,地面表面的结构就存在不连续性。这也进一步提出了一个问题,地表纹理的不连续性将如何影响地表距离感知。

2.4.4 双眼视差线索

Gibson 于 1950 年提出“光学接触”(the Optical Contact)这一概念,即在外部环境线索与双眼视差和运动视差都缺失的条件下,仅利用单眼聚合调节线索来定位知觉对象,Gibson 认为此时视线与背景的焦点将会是个体判断的目标物的位置。虽然实验中空间知觉的主要线索是单眼深度线索,例如纹理梯度、倾斜角度等与地面相关的线索,但对于近距离知觉而言,既保证可靠同时又具有高分辨率的主要线索仍旧是双眼视差线索。这种利用不同线索进行中近距离空间知觉的多样性表明,视觉系统可能在中近距离范围使用不同的编码机制。然而,我们有理由将继续提问,这些可能的不同机制是否遵守相同的一般生态约束。具体而言,考虑到公共表面在中距离和近距离知觉中的重要性,可以产生以下假设:视觉系统在近距离知觉中仍旧使用公共表面作为参考框架来对双眼深度信息进行编码。

He 等人通过研究已经验证了表面假设——公共表面被用作编码双眼深度知觉的参考框架。其实验依赖于表面假设的一个关键预测,即如果作为参考框架的公共视觉表面被错误地感知,那么两个物体在表面上或表面附近的相对深度间隔也将被错误地感知。为了验证这一预测,He 等人进行了实验,结果表明,

公共表面上物体之间的深度间隔由于不能准确估计公共表面斜度而被压缩或低估。其研究结果还发现,在立体加透视条件下,当公共表面的倾斜度被更好地估计时,公共表面上两个物体之间的感知深度间隔增加。总的来说,其研究发现并强调了共同的视觉表面在双眼深度知觉中的作用^[14]。

2.5 理论延展

最近的研究为 Gibson 的理论提供了实验支持,并推动了大地理论的扩展应用。基于大地理论,有学者提出了一些新的空间知觉理论。

计算理论是 Marr 于 1982 年提出的一个基于 Gibson 空间知觉大地理论的著名理论。该理论认为计算一系列空间中视知觉表征的过程就是空间知觉的过程。大地理论认为信息加工整合的过程是自下而上的,因此,计算理论提出,计算的过程也是以自下而上的顺序来对空间表征进行局部计算的。第一步是形成对客观事物和空间分布的表象;第二步从个体自身的角度出发,利用各种线索形成对参照地面的表征;第三步将内部形成的空间知觉的准二维表征转化为从目标物的角度出发的三维表征。计算理论认为,视觉加工的产物之一便是对地面的二维表征,这有助于准确认识并判断空间距离以及对物体进行定位,还有助于对局部的空间表征的创造和稳定。因此,计算理论认为空间知觉就是对整个地面的表征的计算过程^[15]。

连续地表整合加工假说即 SSIP 理论是 He 等人在大地理论的基础上提出的,理论认为地面的整体表征是通过顺序地面整合过程实现的。理论认为表征地表的过程是从近处向远处扩展的,SSIP 首先对近地面进行采样,利用一系列近距离线索准确表征近地面。然后,在使用近地表征作为模板来整合更远的地表时,由于近距离线索几乎不起作用,此时主要依靠纹理梯度线索来进行表征。

3 总结和展望

几十年来空间知觉的大地理论已经得到了许多研究支持,但就目前的发展重心来看,大多数研究是以 SSIP 理论为基础来进行的。在地表信息线索方面各种研究都是以纹理梯度和双眼视差为主,不存在单独发挥作用的空間知觉外部线索,从我们的实践经验也可知,空间知觉外部线索并非单一作用,而是错综复杂相互影响的。在实际生活中,人们除去可以利用外部环境线索,还可以利用自身生理线索来定位,但两者之间的关系也是同时存在且相互作用的。因此,在以后的研究中可以更多的关注纹理梯度是如何对空间知觉产生影响的,其机制如何,以及其他深度线索是如何影响地表表征形成的,以期对大地理论进行丰富和完善。

虽然目前依据大地理论对空间知觉的产生机制已经进行了一些深入的研究,对内部线索和外部环境线索进行了系统详细的探讨,并取得了显著成绩,但在以往的研究中观测者和知觉对象均为静态,而在自然环境中静态并非是物体的常态,通常人们需要在动态条件下连续地对物体进行距离知觉,目前这些研究仍旧缺乏外部效度,缺乏在动态条件下对知觉对象和观测者的深入研究,在实验结果的对外推广过程中仍旧会面临一些问题。

此外,现代社会不断向前发展,交通方式产生了多元变化,人们对美好生活的需求日渐提高,社会更重视道路便捷与行驶安全,交通运行过程中的距离估算会显著影响道路安全,这需要大地理论的支持。

在建筑学、设计学中也需大地理论的研究支持,如何使建筑物更具美感,如何在有限的空间内打造更复杂的视觉效果,这些都需要空间知觉领域的研究支持。空间知觉研究领域的实际意义与日俱增,我们未来的研究需要努力丰富完善大地理论,以期把现有的成果应用到更广阔的领域。

参考文献

- [1] Gibson J J. The Ecological Approach to Visual Perception [M]. Boston: Houghton Mifflin, 1979.
- [2] 彭聃龄. 普通心理学 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2001.
- [3] 周柳. 基于固有偏差的视觉距离知觉研究 [D]. 华东师范大学, 2015.
- [4] Cutting J E. Perceiving layout and knowing distances: the integration, relative potency, and contextual use of different information about depth [J]. Handbook of Perception and Cognition, 1995.
- [5] Sedgwick H A. Visual Space Perception [M] //Blackwell Handbook of Sensation and Perception. Oxford: Blackwell Publishing Ltd. , 2008.
- [6] Sinai M J, Ooi T L, He Z J. Terrain influences the accurate judgement of distance [J]. Nature, 1998, 395 (6701) : 497.
- [7] He Z J, Ooi T L. Perceiving binocular depth with reference to a common surface [J]. Perception, 2000, 29 (11) : 1313-1334.
- [8] He Z J, Wu B, Ooi T L, et al. Judging egocentric distance on the ground: Occlusion and surface integration [J]. Perception, 2004, 33 (7) : 789.
- [9] Arnheim R, Gibson J J. The Perception of the Visual World [J]. Journal of Aesthetics and Art Criticism, 1952, 11 (2) : 172.
- [10] Feria C S, Braunstein M L, Andersen G J. Judging distance across texture discontinuities [J]. Perception, 2003, 32 (12) : 1423-1440.
- [11] Loomis J M , da Silva, Jos é A, Fujita N , et al. Visual Space Perception and Visually Directed Action [J]. J Exp Psychol Hum Percept Perform, 1992, 18 (4) : 906-921.
- [12] Ooi T L, Wu B, Zijiang J. Distance determined by the angular declination below the horizon [J]. Nature, 2001, 414 (6860) .
- [13] Thomson J A. Is continuous visual monitoring necessary in visually guided locomotion? [J]. J Exp Psychol Hum Percept Perform, 1983, 9 (3) : 427-443.
- [14] He Z J, Ooi T L. Perceiving binocular depth with reference to a common surface [J]. Perception, 2000, 29 (11) : 1313-1334.
- [15] Marr D. Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information [M]. San Francisco, Freeman & Company, 1982.

The Ground Theory of Space Perception

Gong Xiaoxia Lu Siyu Dong Bo

School of Education, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou

Abstract: The perception and interpretation of the surrounding space is essential for human life, which is the basic ability of human survival and reproduction. Based on previous studies, human beings can accurately locate themselves and other objects in the environment with abundant clues. The theoretical and Experimental Research on the mechanism of this localization has always been a hot topic for psychologists. The ground theory of space perception is a frontier theory about the interpretation of human distance perception. Based on this theory, researchers have carried out a large number of experiments. In this paper, the background, main content and theoretical extension of the ground theory are introduced, and this paper also point out the possible research direction in the future.

Key words: Space perception; Distance perception; Ground theory