

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：虚拟路径整合的学习效应

作者：过继成思，宛小昂

第一轮

审稿人 1 意见：

意见 1：请说明本研究的理论和实践的意义？

回应：在修改稿中，我们已经在问题提出部分的末尾增加了一个段落，阐述本研究的理论和实践意义。从理论层次上来说，本实验的结果表明，重复地在相同空间布局的外出路径上进行路径完成任务可以提高被试的任务表现，说明路径整合能力是可以通过训练得到提高的。此结果揭示了人类路径整合的重要特点；也从侧面说明，已有研究中人的路径整合能力不如动物的结果，一个可能的原因是人在日常生活中缺乏路径整合实践和练习的机会。日常生活环境往往提供丰富的视觉线索和路标，为人们的寻路活动提供信息，因此视力（或矫正视力）正常的成人使用路径整合的机会很少。但是另一方面，路径整合能力对于人们在缺乏丰富视觉线索的沙漠、密林或火灾现场等特殊环境中进行寻路、逃生等有重要的作用。如果这种路径整合能力是通过训练可以提高的，则为预防突发事件的逃生训练提供了新的思路。这正是本研究的实践意义。

意见 2：请说明本研究 and 以往研究相比的创新点。

回应：在修改稿中，我们在问题提出部分的末尾总结了本研究的创新点。与已有的研究相比，本研究的创新之处在于以路径完成任务为实验范式，研究寻路能力中的学习效应。具体来说，本研究探究了空间布局（configuration）作为一种内隐习得的线索是否能够影响空间任务的表现。本研究不仅探究了学习效应是否存在，也研究了学习的具体过程。

意见 3：整个研究就包括了一个实验，是不是能够增加路径难度，再做一个实验，充分验证实验的结果，并提高实验结果的应用价值。

回应：谢谢评审专家的建议。本论文所呈现的这个实验，是我们已经完成的一系列实验中的一个，而且是实验设计最为简化的一个。路径整合实验的数据量大而复杂，我们在叙述结果的分析和解释都需要较多篇幅进行介绍；而且本文中这个实验的设计也比较复杂，也用去了较多篇幅。因此仅呈现这一个实验的正文篇幅就很长。因此，我们认为在这篇论文中仅呈现一个实验更为合适，而其它的实验再另外行文叙述。

审稿人 2 意见：

意见 1：作者采用虚拟现实的技术研究路径整合的学习效应，方法上具有创新性，不过虚拟现实与真实环境还是存在着根本差异，尽管虚拟现实环境下情境具有较好的人机和虚拟环境的互动性，情境也更加逼真，但是这种感受主要是视觉和听觉上的，在本研究中主要是视觉和手眼运动协调（在现实环境下不需要手柄操作），而在真实环境下，人与环境的交互是多通道的（包括视觉、听觉、空间环境的各种参照线索--如太阳和夜空星星位置的参照、时间-速度-运动知觉以及躯体感觉等等），因此，本研究目的和问题以及结果也仅仅限于对虚拟环境下视觉和手眼协调能力的路径整合能力表现，还不能直接广泛地解释去解释和推论在现实环境下人们与空间环境交互和学习的过程。建议作者在解释和推论是避免泛化推论和得出结论。

回应：首先，在修改稿的讨论部分中，我们在总结本研究的局限性时增加了一条内容，强调将本研究在虚拟现实中的结果直接推广至人们在真实环境中的寻路表现，需要非常谨慎。

第二，在原稿和修改稿中，我们也都强调了本研究中运动线索的局限性。由于实验场地的限制，本研究中被试的直线前进是靠按键完成的，而没有对于直线运动的身体信息；而被试身体的旋转则是通过真实地旋转身体而完成的，使他们可以从视觉流和身体两方面得到关于方向的运动信息。我们认为，这一差别可能解释了为什么学习效应在角度误差上是显著的，而在距离误差上则不显著。

第三，由于本研究关注的是路径整合，而路径整合是建立在对自身运动信息的估计的基础之上的。即使是在真实环境中，如果人们如评审专家所言使用了太阳或星星的位置作为参照，那就并非纯粹的路径整合了。如果在真实环境中研究人类路径整合，也往往在室内进行，避免被试使用研究者不可控制的环境线索（如评审专家提到的太阳、月亮、星星等）。

第四，已有研究表明人的空间更新系统以相似的方式对真实环境和虚拟环境进行自动加工（Wan, Wang, & Crowell, 2009），说明使用虚拟现实研究人类的空间认知与行为是具有可行性的。我们已经在正文中引用了这类文献。当然，我们同意评审专家的观点，虚拟环境与真实环境之间的差异也是不可忽视的。

意见 2：从实验结果来看，【空间布局的出现次数在位置误差上的主效应显著，.....，成对比较的结果表明，位置误差在被试第 2 次接触这些空间布局时相比第 1 次有了显著的降低，.....，当被试第 3、4 次经历这些空间布局时，位置误差没有进一步的降低，.....。空间

布局的出现次数在角度误差上的主效应也显著，.....，成对比较的结果表明，角度误差在被试第 2、3、4 次接触这些空间布局时相比第 1 次有了显著的降低，.....；但是第 2、3、4 次的角度误差之间没有显著差异，.....。此外，空间布局的出现次数在反应时上的主效应显著，.....。成对比较的结果表明，除了第 3 次和第 4 次之间没有显著差异，第 1 次和第 2、3、4 次以及第 2 次和第 3、4 次之间均有显著差异，.....】，无论是位置误差、角度误差还是反应时间的结果均表明，学习的效应基本在第 1 次和第 2 次任务中就基本完成和达到了实验的预期效果，继续的试次没有提高的趋势，这样的结果趋势可能是由于任务过于简单导致的（也可能是其他原因，请作者修改时予以分析讨论和补充说明），如果是这样快就达到了预期的效果，就不能充分体现复杂环境和空间环境任务训练的意义和价值，但是实际复杂环境下的空间方位和路径学习是没有这么简单的，这一点希望作者在分析讨论中予以补充说明，此外，而且也有研究表明（参考相关中英文文献）空间和方位识别能力存在性别差异，本研究结果没有性别差异是否与任务简单有关，作者可以分析讨论和补充说明？

回应：评审专家提出，学习效应在第一、二次任务中就已经体现出来，而在第三、四次中没有进一步的提高。这一点我们在论文的讨论部分第一段中已经作出了详细的分析和论述。请注意，在本研究的实验中，第一、二次任务中使用的外出路径是完全一样的，也就是说，不仅布局一样，路径长度也一样。而到了第三、四次任务中，使用的外出路径与第一、二次任务中的外出路径布局一样，但是路径长度不同。我们在修改稿的方法部分中已对此做出了明确说明。因此，本实验的结果恰恰说明，对外出路径的学习效应可以迁移到同样空间布局但是行程成比例改变的其它外出路径中。因此，第一、二次任务的表现之间有显著差异，说明了学习效应；从二次到第三次任务的表现之间没有显著差异，恰恰说明了学习效应的迁移；从第三到第四次任务的表现之间没有显著差异，则说明了学习效应的保持。这些都是非常重要的结果。尤其是如果在现实情境中进行路径整合能力训练，本研究揭示的学习效应的迁移，恰恰说明也许可以对真实环境进行按比例缩小的训练环境中进行训练。

在论文讨论部分的倒数第二段中，我们也分析了本研究的局限性之一就是本研究的空间布局是非常特殊的，每个路段的长度都相等，且任何两个路段之间的夹角都是 60° （顺时针或逆时针）。我们认为，这些外出路径的特殊性可能使被试受益于学习效应。但是值得注意的是，在人们的日常生活中，有特定规律的空间布局也是经常出现的。例如，在许多建筑中，两个相邻的走廊也很有可能是长度相等的，而且二者之间的夹角往往是直角，这样的路径更为特殊。所谓空间布局“特殊”，只是相对而言。另一方面，尽管本研究使用了特殊布局的外出路径，我们任务是本实验的实验设计简化了，而不是本研究的任务简单。从本文的图 4

中可以看出，学习之后（第二、三、四次任务）的被试的反应误差仍然是存在的。本研究采用了五个路段的外出路径，被试普遍反映任务较难。因此，评审专家提到的“任务过于简单”，在这个实验中并不成立。

关于本研究没有发现性别差异的结果，我们并不认为这是由于任务简单而导致的。从论文的图 4 可以看出，在任务一开始、没有重复路径的时候，性别差异就不显著。尽管空间任务中的性别差异一直得到较多关注，但是也有一些研究表明，这些性别差异是可以通过引导人们改变人们使用的策略而消除的（例如，Wan, Newcombe, & Fitzhugh, 2013）。我们在论文的讨论部分阐述了我们的观点并增加了这部分的参考文献。

意见 3：在局限性的讨论中，如作者阐述任务的规则性和简单化以及 VR 技术和环境的局限性，结果在多大程度上解释现实环境中的空间感知，请作者针对意见 1 做充分的补充分析和阐述。

回应：请参见我们对第二位评审专家第一条修改意见的回复。

第二轮

审稿人 1 意见：

意见 1：作者已经对我提出的问题做了较好的回答，在稿件上也做了相应的修改。我没有意见了。

回应：谢谢评审专家的支持与肯定。但是，另一位评审专家仍然坚持认为我们应该在这篇论文中补充报告其它实验。因此，我们继续对论文进行了修改，增加了实验二。增加实验二后，这篇论文由单个实验的论文变为了多实验论文，论文的整体结构及行文都需要做出相应地改动。因此，我们对论文的中英文摘要、引言、实验一、实验二、总讨论均进行了修改。我们尊重和感谢两位评审专家的意见和建议，这些意见和建议帮助我们提高论文质量。

审稿人 2 意见：

意见 1：作者对审稿意见作了相应的补充解释，但仅仅解释和回复问题没有达到审稿意见和希望修改的要求，建议作者充分考虑和理解审稿意见，并做必要的补充补充实验或修改，建议修后再审。另外，如果作者做了系列研究，有必要报告相应的实验结果，目前的篇幅还没有超出学报的版面的要求。

回应：在第二轮修改中，我们在论文中增加了实验二，并针对这一情况对全文进行了修改和

调整。在新增加的实验二中，我们使用了更为具有复杂空间布局的外出路径。尽管每个外出路径仍然包括 5 个路段，但是每个路段的长度不尽相等，每两个路段的夹角也具有多样性，而且我们对不同被试采用了不同的外出路径。在这种情况下，实验二的结果仍然表明路径的重复能够引起学习效应，但是路径更复杂时要求更多次数的重复才可以提高人的路径整合成绩。此外，我们在实验二中仍然没有发现性别差异，说明男性和女性同样可以受益于路径重复带来的学习效应。正文中的修改部分已用蓝色标出，以方便评审专家查看。