

文章编号: 1006-8309(2006)03-0013-04

# 动觉信息和无关运动对人的路径整合能力的影响

周佳树<sup>1,2</sup>, 张侃<sup>2</sup>

(1. 中国科学院研究生院, 北京 100039;

2. 中国科学院心理研究所 脑与认知国家重点实验室, 北京 100101)

**摘要:**采用对路径整合领域内经典的三角形完成任务, 导入与路径无关的旋转, 在开放的室外空间中验证运动觉的完整与否对被试的路径整合任务绩效的影响。实验结果表明: 被试的成绩无论在朝向还是在距离上都高于经典的室内同类实验的水平(回归直线的斜率更接近于 1); 在第一转弯处逆时针的无关旋转和顺时针正常旋转的结果间无显著差异; 剥夺部分运动觉后被试的绩效变差。

**关键词:** 空间导航; 路径整合; 无关旋转; 运动觉; 三角形完成任务

**中图分类号:** B842 **文献标识码:** A

## The Effect of Kinaesthetic Information and Irrelevant Movements on Human Path Integration Ability

ZHOU Jia-shu, ZHANG Kan

(Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

National Key Laboratory of Brain and Cognitive Sciences,

Institute of Psychology, China Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

**Abstract:** Some simple materials, such as eye blinded belt, guided stick, tract, angle measurement and leather ruler are used in the research. The classic triangle completed task is changed, added path irrelevant rotation in the guidance process. Both the experiments are executed outdoors to testify the effect of kinaesthesia to the performance. It is concluded: For either orientation or distance, participants' performance is higher than that done indoors (the inception of the regression line is more close to 1); Compared with the classic indoor results, counterclockwise irrelevant rotations happened on the first turn have no significant effects on the results; Performance goes worse when kinaesthesia is excluded partly.

**Key word:** spatial navigation, path integration, irrelevant rotation, kinaesthesia, triangle completed task

### 1 引言

日常生活中,人们经常在空间中按路径运动。在心理学及人因学上,将人表征所走路径的过程称为“路径整合”(Path Integration),是空间导航(Spatial Navigation)研究的重要子领域之一。

人对某局部空间形成表征需借助多种感觉信息,如视觉、听觉、本体觉、运动觉等<sup>[1]</sup>。由于环

境或身心因素限制,感觉信息或无用,或发生作用的比份不同。故以实验方法研究不同环境或生理条件下人的路径整合过程即显重要。

路径整合的实验研究围绕着某具体任务进行,任务分为两大类<sup>[2,3]</sup>: 在内部空间中进行; 在自然空间中进行。其基本程序是首先由主试

基金项目:国家自然科学基金(30270465)

作者简介:周佳树(1979-),男,上海人,硕士研究生,研究方向为工程心理学、空间认知、运动控制和人-机交互(电话)13482560806(电子信箱)jiashu\_zhou@hotmail.com。

引导被试由出发点 A 到达某点 B,然后让被试尽量按直线返回<sup>[2]</sup>。传统上,最常用的室内任务是三角形完成任务 (Triangle Completed Task, TCT)<sup>[2~5]</sup>,但鲜有现场研究报告。

从应用的角度来讲,现实空间内与路径整合有关的运动中作业问题是不能回避的,如,交通安全、野外导航、反恐行动等。

因此,本研究首要目的在于考察室外环境下被试绩效变化,并将其与经典的室内结果做比较。自然环境中丰富感觉信息的输入,Loomis等人指出<sup>[6]</sup>:在可利用的空间信息更为丰富的自然条件下,被试的绩效可能更好。故本研究的一个重要假设是被试的绩效优于经典的室内实验的结果<sup>[3]</sup>。

本研究的另一个目的是探讨路径无关旋转的作用。May与 Klatsky在 TCT的引导阶段加入了“无关运动”,以此考察对回程绩效的影响<sup>[2]</sup>。但因其可能破坏了被试对路径几何布局的表征,故结果是受到质疑的。本研究中,笔者在路径中加入两类不破坏被试对整个路径几何布局的表征的无关运动(详见图 1、图 2)。

此外,因为运动觉是人类完成路径整合任务的重要感觉来源,故在本研究中,采用推车去除部分运动觉的影响,以考察其效应。

## 2 材料和方法

### 2.1 被试

#### 2.1.1 被试的分配

参加实验 1 和实验 2 的被试为年龄在 20 ~ 24 岁间的大学生或研究生各 20 名,其分配情况见表 1。出发点位置见图 1。

表 1 被试分配情况

	出发点 1 (O <sub>1</sub> )		出发点 2 (O <sub>2</sub> )		合计
	男	女	男	女	
实验 1	6	6	3	5	20
实验 2	5	5	7	3	20

#### 2.1.2 对被试的安排和处理

参加实验 1 的被试不参加实验 2,反之亦然。所有被试在整个实验过程中都戴着眼罩。

### 2.2 材料

眼罩。30 cm 长,直径为 1.5 cm 的木制引导棒。宽 44 cm,长 70 cm,坐面离地高为 80 cm 的推车(仅用于实验 2)。大号木制量角器。50 m 长皮尺。记号笔若干。胶带。

#### 2.3 实验设计:

实验均采用 2 × 2 × 8 的混合设计。被试间因素是不同的出发点(如图 1 所示的两处)。一个被试内因素是被试在 F 点旋转的方向(顺时针或逆时针);另一个被试内因素是 8 条不同的路径(对应 8 个不同的回程),在本实验中做控制变量。因此,对每个被试而言,须完成 2 × 8 共 16 次三角形完成尝试(trials),各尝试按拉丁表随机排列。2 个实验的区别是:仅有实验 2 采用推车引导的办法剥夺了被试部分的运动觉输入。

### 2.4 实验场地和程序

#### 2.4.1 实验场地

如图 1 所示。由 O<sub>1</sub> 和 O<sub>2</sub> 两点出发的箭头所在的两条直线(又称主方向)是被试出发的线路,线段 O<sub>1</sub>F 或 O<sub>2</sub>F 即被试所走三角形的第一边,此段长度是 5m,贴上胶带并标记 O<sub>1</sub>、O<sub>2</sub> 和 F 点。之后,被试从 F 点运动到 S 点(S 点共有 8 个,相邻线段 FS 间的夹角( )的大小为 45°)的距离为三角形的第二边,其长度为 3m。从主方向开始,按顺时针方向,以 15° 为起始角( ),每隔 45°(一个角)贴上一条胶带标出 8 条 FS 线段,并在胶带上标注第二边朝向角。两个主方向间的夹角为 135°。

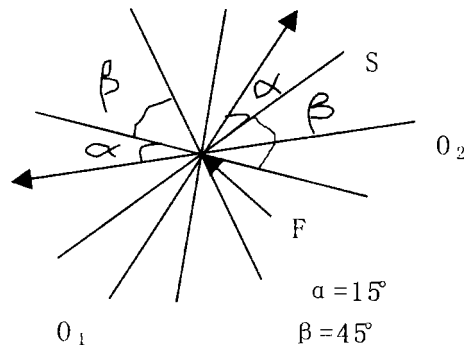


图 1 实验场地示意

#### 2.4.2 实验 1——有运动觉

整个实验的过程如图 2 所示。

在每次尝试中,被试由第一主试引导棒从 O<sub>1</sub> 点或 O<sub>2</sub> 点出发,沿直线行走至 F 点。然后用顺时针(转 度)或逆时针(转 (360° - ) 度)方式引导被试到 FS,即第二边的朝向上。之后再引导被试到达 S 点并脱离引导(抽出木棒)。然后由被试走向他心理上的出发点(P)。

最后,移开被试,由第二主试测量 PSF 的度数。若 P 点在远离 O<sub>1</sub> 或 O<sub>2</sub> 的另一侧(如点 P'),则按负值记录 PSF 的度数,但在处理时取其绝对值(见 Klatsky, 1999 年的数据处理方法<sup>[3]</sup>)。同时,第一主试测量线段 PS(P'S)的距

离。实验 2的数据记录方法与此相同。

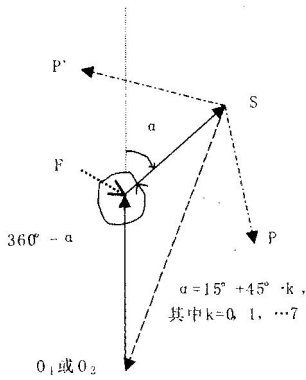


图 2 实验过程示意

### 2.4.3 实验 2—去除部分运动觉

整个实验程序类似实验 1。在每次尝试 (trial)中,被试由第一主试用推车引导按实验 1 的程序从  $O_1$  或  $O_2$  运动到 S 点,并在 S 点让被试下车。之后与实验 1 相同。

### 2.5 实验中数据测量值的处理方法

实验中记录的主要是被试实际的“回程矢量” (homing vector),即 SP,由回程距离 (SP 的距离)和回程朝向 (PSF)构成。但无论是回程距离还是回程朝向,都存在着实验中所测得的测量值和无误

差的理想值间的函数关系。在路径整合的研究领域内,把测量值称为反应 (response),将无误差的理想值称为真实值 (true value),并将前者看成是后者的函数,称为反应-真实值函数 (response-true value functions, RTVF)。

RTVF 的基本参数有两项:斜率和在 Y 轴上的截距。此外,由于反应值实际上是各个被试相应的测量值 (距离或角度)的算术平均数,最后所得的 RTVF 是条回归曲线。因此对 RTVF 的评估主要是看  $r^2$  值,其越接近 1,则实验控制得越好。

## 3 结果

### 3.1 RTVF 参数数据结果

RTVF 各项参数变异详见表 2。表 2 显示,  $r^2$  的最小下限值在 0.71 以上,说明实验控制良好,所得出的 RTVF 各参数的值是有效的。

此外,可由表 2 发现本研究中 RTVF 的斜率在任何情况下 (其中最小值为 0.597) 都大于经典情况的最大值 (0.580)<sup>[3]</sup>。实验 2 中,RTVF 在 Y 轴上的截距,无论是距离还是朝向,基本高于实验 1 的对应值 (实验 2 中朝向的 RTVF 在 Y 轴上的截距的上限稍低)。

表 2 RTVF 各项参数值域

		斜率		在 Y 轴上的截距		$r^2$	
		下限	上限	下限	上限	下限	上限
实验 1	朝向 (°)	0.597	0.868	11.337	28.072	0.715	0.976
	距离 (m)	0.761	0.876	0.793	1.602	0.936	0.987
实验 2	朝向 (°)	0.669	0.910	12.598	21.891	0.916	0.970
	距离 (m)	0.610	0.739	1.466	2.169	0.864	0.956

### 3.2 本研究的多元统计分析 (MANOVA) 结果

表 3 列出了去除部分运动觉前后 (实验 1 和 2), 无关旋转对回程矢量的效应的因素分析结果。

从表 3 中可以发现,本研究中的无关旋转对回程矢量的 2 个分量都没有显著性的效应。实验 2 的不显著性强于实验 1; 对回程距离的不显著性强于对回程朝向 (转弯 2) 的不显著性。

表 3 无关旋转对绩效因素的多元统计分析

		F	P
实验 1	转弯 2	2.026	0.174
	回程距离	2.554	0.468
实验 2	转弯 2	0.128	0.725
	回程距离	<0.001	0.985

## 4 讨论

### 4.1 在两个实验中斜率的变动

在经典的室内实验中, RTVF 是条斜率小于 1, 在 Y 轴上的截距大于零的直线段。但是, 在本研究中情况发生了变化: 两个实验中, 无论是距离还是朝向的 RTVF 的斜率值皆出现了高于经典结果的情况, 同时其对应的  $r^2$  值都很高, 说明结果是真实可信的; 在室内, 所得 RTVF 的最高斜率 (包括距离和朝向) 不超过 0.58<sup>[3]</sup>。

将两实验相比较, 实验 2 中 RTVF 的斜率值较小, 说明在剥夺了被试的部分运动觉后, 路径编码信息有所缺失, 路径整合的绩效受到了一定影响并下降。总体上 RTVF 的斜率值向 1 变动的现象验证了引言所述之假设<sup>[6]</sup>。

### 4.2 路径无关旋转对绩效的影响

结合表 2 可见无关旋转方向对被试的回程矢量的作用均未达到显著性水平。这表明两类无关旋转对被试绩效产生的效应间无显著差异。故与路径无关的旋转只要不破坏编码路径的布局,则路径整合不受其影响,这补充了 May 和 Klatzky (2000)的研究<sup>[2]</sup>。

本研究为现实中与路径整合任务有关的工效学和工程心理学问题打下了进一步研究的基础。

#### 参考文献:

[1] Philbeck J W, Loomis J M. Comparison of Two Indicators of Perceived Egocentric Distance under Full - cue and Reduced - cue Conditions[J]. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1997, 23 (1): 72 - 85

[2] May M, Klatzky R L. Path Integration while Ignoring Irrelevant Movement [ J ], Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 2000,

26(1): 169 - 186

[3] Klatzky R L, Andrew C B, Loomis J M, et al Human Navigation Ability: Tests of the Encoding - error Model of path integration [ J ]. Spatial Cognition and Computation, 1999, 1: 31 - 65.

[4] Loomis J M, Klatzky R L, Golledge R G, et al Non-visual Navigation by Blind and Sighted: A Assessment of Path Integration Ability[ J ]. Journal of Experimental Psychology: General, 1993, 122 (1): 73 - 91.

[5] Loomis J M, Da Silva J A, Fujita N, et al Visual Space Perception and Visually Directed Action [ J ]. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1992, 18(3): 906 - 921.

[6] Loomis J M, Klatzky R L, Golledge R G, et al Human Navigation by Path Integration[M] // Golledge R G Wayfinding Behavior: Cognitive Mapping and Other Spatial Processes Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1999: 125 - 151.

[收稿日期] 2005 - 08 - 15

[修回日期] 2005 - 11 - 24

(上接第 28 页)

人), GM (1, 1)预测值是 111. 640(千人),真实值为 94. 00(千人)(见表 4),从表中可以看出灰色马尔可夫链的预测精度高于 GM (1, 1)模型的预测。

表 3 状态预测计算表

初始状态	转移步数	E1	E2	E3	E4
E1	4	0	0. 667	0	0. 333
E3	3	1	0	0	0
E4	2	0	0. 333	0. 333	0. 333
E2	1	0. 333	0. 667	0	0
合计		1. 333	1. 667	0. 333	0. 666

表 4 道路交通事故预测比较

年份	道路交通事故死亡人数(千人)	GM (1, 1)模型		灰色马尔可夫链模型	
		预测值(千人)	预测精度(%)	预测值(千人)	预测精度(%)
2003	104. 372	106. 371	98. 12	104. 244	99. 88
2004	99. 20	111. 640	88. 86	109. 407	90. 67

计分析基础之上的,因此历史数据越准确,精度越高。该模型将两者的优点有效的结合在一起,克服了各自的缺点使预测达到了最优化。其原理浅显易懂,计算过程简单,易于编程实现,随着数据的增加实时修正预测模型,通过实例验证模型的预测的精度高于 GM (1, 1)的预测精度。

需要指出的是道路交通事故灰色马尔可夫预测正确与否受道路交通事故的状态划分的影响,目前对于事故状态的划分尚缺乏统一的标准,有待进一步研究。由于道路交通事故的随机性、波动性以及不确定性,应进一步深入研究,综合运用各种预测方法。

#### 参考文献:

[1] 邓聚龙. 灰色制系统 [M]. 武汉:华中理工大学出版社, 1986

[2] 王新民,杨天行. 应用数值方法 [M]. 长春:吉林教育出版社, 1992

[3] 刘志斌,施斌. 灰色马尔可夫链在深基坑沉降预测中的应用 [J]. 煤田地质与勘探 2002, 30(6): 35 - 37.

[收稿日期] 2005 - 07 - 25

[修回日期] 2005 - 11 - 22

### 4 结束语

灰色马尔可夫模型是建立在对历史数据的统