

线索呈现位置对概率类别学习的影响*

徐贵平¹ 温红博² 魏晓玛³ 莫 雷¹

(¹ 华南师范大学心理应用研究中心, 广州 510631) (² 北京师范大学教育学部, 北京 100875)

(³ 茂名市第一职业技术学校, 茂名 525400)

摘 要 当前概率类别学习中主要存在多系统和单系统两种观点之争, 而持不同观点的研究者在其实验中分别采用了不同的线索位置呈现方式, 因此本研究采用经典的天气预测任务通过操纵线索位置的呈现方式来进行进一步探讨其对概率类别学习的影响。本研究包括 2 个实验: 实验 1 考察所有线索位置固定和随机对概率类别学习系统的影响; 实验 2 通过单线索模式下线索位置固定考察概率类别学习的策略。结果发现, 当所有线索的呈现位置固定时, 概率类别学习是外显学习; 而当所有线索的呈现位置随机时, 概率类别学习是内隐学习; 而当只在线索单独出现时固定其位置, 概率类别学习仍是内隐学习。结果表明, 线索位置的不同呈现方式会影响概率类别学习中外显和内隐学习系统的竞争, 研究支持了多系统观点, 且概率类别学习的主要策略可能是多线索策略而不是单模式策略。

关键词 概率类别学习; 天气预测; 外显学习; 内隐学习; 滚动回归

分类号 B842

1 引言

类别是人类认知活动的重要单元, 类别学习也就成为了一种重要的学习。以往的类别学习研究多采用类别成员属性确定的任务, 然而现实生活中的类别成员属性通常都是概率性的, 因此, 关于概率类别学习的研究也逐渐成为类别研究中的热点 (Ashby & Maddox, 2005; Gluck, Shohamy, & Myers, 2002)。所谓概率类别学习, 就是指人们通过反复的归类尝试的反馈学习而逐渐获得线索和结果间的概率关系, 并对线索的类别成员的属性进行判断的过程。与传统的类别学习不同, 概率类别学习中刺激的类别成员属性是概率性的而不是确定的。例如, 某个刺激在一次归类尝试中被归为 A 类别, 而在下一次归类尝试则可能被归为 B 类别 (Lagnado, Newell, Kahan, & Shanks, 2006)。

概率类别学习研究的经典实验范式是天气预测任务 (weather prediction task), 实验材料包括两

种结果和四条线索 (如图 1 所示): 两种结果为天晴和下雨; 四条线索为四张不同图案的卡片 (长方形、菱形、圆形和三角形), 分别对应不同的天晴概率: 80%、60%、40%、20% (Gluck et al., 2002; Lagnado et al., 2006), 该概率与卡片的呈现位置无关。实验任务分为两个部分: 一是要求被试根据看到的卡片预测天气是天晴还是下雨, 学习过程中会给予即时反馈; 二是要求被试在学习结束后对每张卡片预测天晴或下雨的概率等进行评价。从预测天气的重要程度来看, 长方形卡片 1 和三角形卡片 4 是预测天气的强线索, 而菱形卡片 2 和圆形卡片 3 是预测天气的弱线索。在最初的天气预测任务中, 四张卡片代表的天晴概率分别约为: 75%、57%、43%、25% (Knowlton, Squire, & Gluck, 1994), 而新任务中四条线索预测结果的概率区分度更高, 这样做在减少学习次数的同时并不影响概率类别学习的过程 (Gluck et al., 2002)。

天气预测任务采用了四张卡片的 16 种组合中

收稿日期: 2010-04-26

* 教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目 (05JZD00034), 国家社会科学基金教育学一般项目 (BBA100018), 教育部人文社会科学青年项目 (08JCXLX004), 心理健康与认知科学重点实验室开放课题等资助。

通讯作者: 莫雷, E-mail: molei@scnu.edu.cn

的 14 种, 排除没有卡片和四张卡片同时出现的两种情况。14 种组合在 200 个归类尝试中随机出现, 相同组合不连续出现, 每种组合出现的概率不尽相同, 结果反馈为天晴的概率也不尽相同。组合反馈为天晴的概率由组合中的卡片预测天晴的概率和组合出现的概率所共同决定, 与卡片呈现的位置无



图 1 天气预测任务中的线索和结果

表 1 天气预测任务的概率类别学习结构

卡片组合	□◇○△	出现次数	出现概率	天晴概率
A	1 1 1 0	19	0.095	0.895
B	1 1 0 1	9	0.045	0.778
C	1 1 0 0	26	0.13	0.923
D	1 0 1 1	9	0.045	0.222
E	1 0 1 0	12	0.06	0.833
F	1 0 0 1	6	0.03	0.5
G	1 0 0 0	19	0.095	0.895
H	0 1 1 1	19	0.095	0.105
I	0 1 1 0	6	0.03	0.5
J	0 1 0 1	12	0.06	0.167
K	0 1 0 0	9	0.045	0.556
L	0 0 1 1	26	0.13	0.077
M	0 0 1 0	9	0.045	0.444
N	0 0 0 1	19	0.095	0.105
合计		200	1.00	

注: “0”表示卡片“不出现”, “1”表示卡片“出现”(Gluck et al., 2002; Lagnado et al., 2006)。

概率类别学习过程中所涉及的学习记忆系统一直以来都是研究的热点问题之一(Ashby & Maddox, 2005)。已有研究表明, 人类学习中存在外显和内隐两种分离的学习系统, 外显学习主要是对事实、特征等陈述性知识的学习, 在完成任务的同时人们能有意识地自我报告出是如何完成任务; 而内隐学习主要是对操作、动作、技能等程序性知识的学习, 人们能完成任务却并不清楚自己是如何完成任务的(Squire, 1992; Squire, & Stuart, 1996)。此外, 这两种不同的学习记忆系统依赖于不同的脑机制, 外显的陈述性学习主要依赖于中颞叶, 而内隐的非陈述性学习则主要依赖于基底神经节中包括尾状核、苍白球在内的纹状体等中脑多巴胺能系统(Knowlton, Squire, & Paulsen, 1996)。而目前关于概

关(Gluck et al., 2002)。总体而言, 所有组合反馈为天晴和反馈为下雨的概率相同, 各占 50%的归类尝试, 概率类别学习结构如表 1 所示。将天气预测的结果与最可能天气结果一致计为正确, 那么人们能达到的最高正确率是 83% (Gluck et al., 2002; Lagnado et al., 2006), 而机遇水平的正确率为 50%。

率类别学习过程中所涉及的学习记忆系统主要存在单系统和多系统两种理论观点。大量的研究者都认为概率类别学习是一个内隐学习过程, 即人们能够完成天气预测任务, 但却不知道自己是如何完成的, 天气预测任务的完成主要依赖于中脑多巴胺能系统。早期的支持证据主要来自脑损伤病人的研究, 研究发现, 中颞叶发生病变但中脑多巴胺能系统正常的遗忘症病人和早期阿尔兹海默症病人都能学会天气预测, 并且前 50 次归类尝试的学习成绩和正常人一样, 后期的学习成绩虽低于正常人但仍优于机遇水平 50%, 但是在外显性评价任务中, 病人却不知道自己是如何完成任务的(Eldridge, Masterman, & Knowlton, 2002; Knowlton et al., 1994)。而另一方面, 基底神经节存在严重病理症状的帕金森症和亨廷顿氏舞蹈症病人, 则不能完成天气预测任务(Knowlton, Squire, & Paulsen, 1996; Moody, Bookheimer, Vanek, & Knowlton, 2004), 但是在简单的样例类别学习等外显学习任务中却表现正常(Filoteo, Maddox, Ing, & Song, 2007; Reber, & Squire, 1999; Shohamy, Myers, Sage, Gluck, & Poldrack, 2004)。

单系统观点即是建立在以上研究结果的基础之上, 这一观点认为人类的概率类别学习中只有一个内隐学习系统, 只有在内隐学习记忆系统正常的情况下, 人们才能完成概率类别学习任务。Gluck 等人(2002)进一步地探讨了人们是如何完成天气预测任务的。和先前研究一致, 实验中卡片的呈现位置随机, 结果发现被试能很好地完成了天气预测任务但却不能准确估计卡片预测天气的概率, 即学习成绩与外显性评价之间缺乏一致性。结果再次支持了概率类别学习是内隐学习的观点。此外, Gluck

等人提出人们在概率类别学习中主要有三种策略：(1)多线索策略(multi-cue strategy)是指同时考虑四条线索并学习所有 14 种线索组合对应的天气结果；(2)单模式策略(singleton strategy)是指主要考虑学习四条线索单独出现的四种组合模式下的天气结果，而以猜的方式判断其他 10 种组合模式的天气结果；(3)单线索策略(one-cue strategy)则是指仅依靠一种线索进行预测，如：只要长方形卡片出现就预测为天晴，反之，则预测为下雨。Gluck 等人通过数学模型对策略使用情况进行了分析，结果表明，被试的单模式策略占主导地位，并且随着任务的推进，有向最佳的多线索策略转移的倾向。

但是，另一方面，随着功能磁共振技术(fMRI)在概率类别学习中的应用，概率类别学习的多系统观点开始兴起。Poldrack 等人(2001)首先运用 fMRI 技术探讨了人们在完成天气预测任务时的大脑激活模式，结果发现，在天气预测任务中，大脑的中颞叶和基底神经节两个学习系统之间存在竞争，学习早期中颞叶激活，但随着学习的推进其逐渐失活，同时基底神经节激活。这一结果表明，概率类别学习中同时存在外显学习和内隐学习两种学习系统，且二者之间是竞争关系。而 Foerde, Knowlton 和 Poldrack (2005)进一步探讨了单、双任务条件下概率类别学习中两个学习系统的竞争，结果发现，单、双任务两种条件下的学习成绩没有显著差异，但是单任务条件下的学习成绩和中颞叶的激活显著相关，而双任务条件下的学习成绩和基底神经节的尾状核的激活显著相关。结果表明，双任务条件降低了概率类别学习中的外显学习水平，二级任务干扰会影响中颞叶和基底神经节两个记忆系统在概率类别学习中的竞争。fMRI 的研究结果为概率类别学习的多系统观点提供了强有力的支持证据。

尽管多系统观点得到了来自脑成像方面强有力的支持证据，但是并不意味着单系统观点就此被推翻。反之，新近以 Lagnado 等(2006)为代表的研究者提出概率类别学习中的确只有一个学习系统，但不同于传统的单系统观点，他们认为这个学习系统不是内隐学习系统而是外显学习系统。Lagnado 等认为概率类别学习是一个外显学习的过程，人们在成功学会任务的同时，可以获得对任务特征和学习过程的外显认识。在 Lagnado 等(2006)的实验中着重考察了人们在概率类别学习中的外显性，不同于以往的天气预测任务，实验中每张卡片的呈现位置在被试内固定和被试间平衡，并且除了要求被试

对每张卡片预测天气的概率进行评价之外，还要求被试评估每张卡片在天气预测中的重要程度。结果发现，被试不仅学会了天气预测任务，而且能够较准确地评价每张卡片预测天气的概率及预测天气的重要程度。学习成绩与外显性评价之间的这种一致性表明概率类别学习是一个外显学习的过程。此外，后继研究者采用 Lagnado 等人相同的实验范式也再次支持了概率类别学习是外显学习这一观点(Newell, Lagnado, & Shanks, 2007; Speekenbrink, Channon, & Shanks, 2008)。

综上所述，关于概率类别学习的学习系统问题，不同的研究者持不同的观点，包括传统的单一内隐系统观和新近的单一外显系统观的单系统观点，以及内隐和外显系统相互竞争的多系统观点。但是，仔细分析已有的实验，我们不难发现，尽管不同的研究者都采用的是天气预测任务，但是在实验程序上有一定的差异，支持单一内隐系统观的实验中卡片的呈现位置随机，而支持单一外显系统观的实验中卡片的呈现位置固定。特征整合理论认为特征从早期阶段的平行加工到后期的整合是通过空间注意模型实现的，视觉特征捆绑通过对空间位置的注意实现，对同一位置的注意能使该位置的视觉成分捆绑起来(陈彩琦，刘志华，金志成，2003；刘志华，金志成，2006)。那么具体到概率类别学习中，卡片呈现位置固定可能更加有利于被试把卡片及其预测的天气结果联系在一起，更好地掌握卡片预测天气的概率，进而表现出外显学习模式。并且在 Gluck 等人(2002)的研究中也发现，能准确估计卡片客观概率的个别被试报告其在学习过程中会从左到右看卡片，同时考虑卡片的图案和位置信息来进行学习，因为二者是学习卡片预测天气概率的重要信息。此外，Poldrack 等(2001)也提出程序上的处理细节可能导致中颞叶和纹状体两个学习记忆系统在概率类别学习中的不同参与程度。由此，本研究认为，单系统观点中单一内隐和单一外显两种不同的观点事实上可能是由于线索位置的不同呈现方式造成不同学习系统之间的竞争所导致的，概率类别学习中是同时存在内隐和外显两种竞争的学习系统的。

因此，本研究将通过两个实验探讨线索位置的不同呈现方式对概率类别学习的影响。实验 1 将探讨所有线索的位置固定和随机对概率类别学习的影响，提出的假设是：线索位置的不同呈现方式将导致内隐和外显学习系统的不同参与，当所有四张

卡片的呈现位置固定时, 概率类别学习是外显学习, 即人们在学会天气预测任务的同时能准确估计卡片预测天气的概率及其重要性; 而当所有四张卡片的呈现位置随机时, 概率类别学习是内隐学习, 即人们学会天气预测任务但不能准确估计卡片预测天气的概率及其重要性。如果实验 1 能证明线索的位置固定能提高概率类别学习中外显学习系统的参与程度, 那么根据 Gluck 等(2002)所提出的单模式策略是概率类别学习的主要策略, 当线索以单张卡片出现时, 固定其呈现位置, 概率类别学习应是外显学习, 但是如果在此条件下, 概率类别学习仍然是内隐学习, 那么说明概率类别学习中的主要策略可能是多线索策略而不是单模式策略。实验 2 即进一步通过单模式下卡片位置的固定对概率类别学习的影响而从新的角度对概率类别学习的策略问题进行探讨。

2 实验 1

2.1 目的

探讨是否是线索的位置固定和随机导致了外显和内隐两种学习系统在概率类别学习中不同程度的参与。

2.2 方法

2.2.1 被试 40 名在校大学生, 男 14 名, 女 26 名, 平均年龄 22.9 ± 2.5 岁。

2.2.2 实验材料 同 Lagnado 等(2006), 四张不同图案的卡片如图 1 所示, 卡片对应天晴的概率为 80%、60%、40%、20%。概率类别学习结构如表 1 所示, 14 种组合随机出现, 每种组合出现的概率以及反馈为天晴的概率见表 1。

2.2.3 实验程序 采用 Visual basic 6.0 进行编程, 电脑呈现刺激, 分辨率为 1024×768 , 被试个别施测。首先要求被试根据看到的卡片按键预测可能的天气情况是“天晴”还是“下雨”, 按键后, 屏幕右上角会即时反馈正确的天气情况是“天晴”还是“下雨”, 反馈阶段卡片不消失, 然后被试自主按键开始进行下一个归类尝试。被试在完成所有 200 个归类尝试后, 在 0~100%的刻度上, 逐一评价每张卡片预测天晴的概率以及每张卡片在预测天气中的重要程度。

2.2.4 实验设计 单因素 2 水平被试间设计, 40 名被试随机分成位置固定和位置随机两组。位置固定是指四张卡片在所有的 200 个归类尝试中的呈现位置在被试内恒定和被试间平衡, 采用拉丁方设计平

衡卡片的位置效应; 位置随机是指四张卡片在所有的 200 个归类尝试中的呈现位置完全随机。

2.3 结果与分析

2.3.1 学习成绩 当被试对天气的判断结果与最可能天气结果一致计为正确(Gluck et al., 2002; Lagnado et al., 2006), 50 个归类尝试为一个学习阶段(block), 分别统计两个组在四个学习阶段的正确率, 结果如图 2 所示。

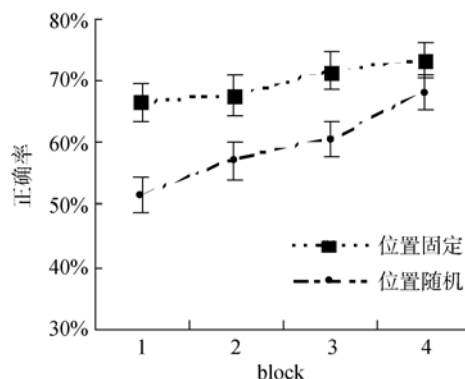


图 2 两组被试四个阶段的学习成绩($\pm$ SE)

2(组别) $\times$ 4(block)混合方差分析结果表明, 组别主效应显著, $F(1,38) = 9.13, p = 0.004$, block 主效应显著, $F(3,114) = 12.81, p < 0.001$, 二者交互作用不显著, $F(3,114) = 1.99, p = 0.12$ 。结果表明, 位置固定组被试成绩总体优于位置随机组, 并且随着学习的推进两组被试的学习成绩逐步提高。为进一步考察两组被试在每个学习阶段学习成绩的差异, 分别对两组被试在每个学习阶段的正确率进行独立样本 t 检验, 结果发现: 在前三个 block 中, 位置固定组学习成绩显著优于位置随机组, 统计值分别为: $t(38) = 3.8, p = 0.001$; $t(38) = 2.32, p = 0.026$; $t(38) = 2.57, p = 0.014$; 但在最后一个 block 中, 两组学习成绩差异不显著, $t(38) = 1.25, p = 0.219$ 。结果表明: 两组被试最终都学会了天气预测任务, 且最后的学习成绩没有显著差异。

2.3.2 外显性评价

(1) 卡片预测天晴的概率评价

被试在 0~100%刻度上, 分别对四张卡片预测天晴的概率进行了评价, 结果如图 3 所示。

对卡片预测天晴的概率的评价结果进行 2×4 混合方差分析, 结果发现: 卡片和组别之间的交互作用显著, $F(3,114) = 3.78, p = 0.012$, 卡片主效应显著, $F(3,114) = 7.56, p < 0.001$, 组别主效应不显著, $F(1,38) = 1.15, p = 0.29$, 即两组被试对四张卡片预

测天晴的概率估计值存在显著差异。进一步对两种条件下四张卡片预测天晴的概率估计值和客观概率做单样本 t 检验, 结果发现: 位置固定组被试对卡片 1、2 和 4 预测天晴的概率估计值和客观概率没有显著差异, 统计值分别为: $t(19) = -1.69, p = 0.107$; $t(19) = -1.30, p = 0.211$; $t(19) = -0.39, p = 0.699$, 而对卡片 3 预测天晴的概率估计值和客观概率存在显著差异, $t(19) = 2.65, p = 0.016$, 被试倾向于高估卡片 3 预测天晴的概率; 位置随机组被试对四张卡片预测天晴的概率估计值和客观概率均存在显著差异, 统计值分别为: $t(19) = -5.67, p < 0.001$; $t(19) = -4.25, p < 0.001$; $t(19) = -2.26, p = 0.036$; $t(19) = -3.96, p = 0.001$ 。结果表明: 位置固定组被试不仅学会了天气预测任务, 而且在总体上能正确估计卡片预测天晴的概率, 相反地, 位置随机组被试尽管学会了天气预测任务, 但是不能正确估计卡片预测天晴的概率。

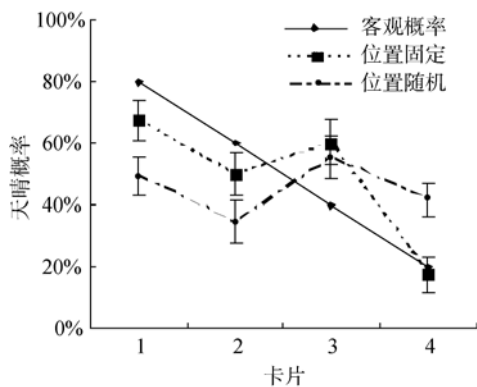


图3 两组被试对卡片预测天晴的概率评价结果($\pm$ SE)

(2) 卡片预测天气的重要程度评价

被试在 0~100% 刻度上, 对四张卡片预测天气的重要程度进行了评价。其中, 对卡片 1 和 4 评价的均值作为强线索的评价结果, 而对卡片 2 和 3 评价的均值作为弱线索的评价结果, 结果如图 4 所示。

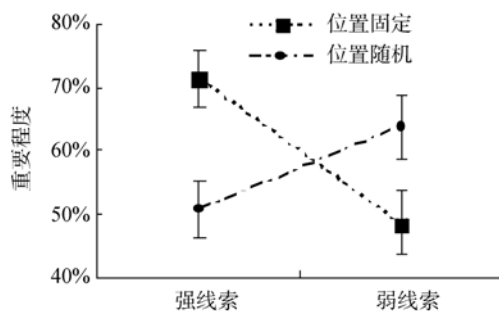


图4 两组被试对线索预测天气的重要程度的评价结果($\pm$ SE)

对线索重要程度的评价结果进行 2×2 混合方差分析, 结果发现, 线索和组别的交互作用显著, $F(1,38) = 16.38, p < 0.001$, 线索主效应不显著, $F(1,38) = 1.06, p = 0.31$, 组别主效应不显著, $F(1,38) = 0.26, p = 0.612$, 即两组被试对两类线索重要程度的评价存在显著差异。进一步分别对位置固定组和位置随机组中强弱线索的重要性评价结果进行事后配对 t 检验, 结果发现, 位置固定组被试对强线索重要程度的评价 ($M = 71\%$) 显著高于对弱线索的评价 ($M = 49\%$), 统计值为: $t(19) = 9.09, p < 0.001$, 而位置随机组被试对弱线索重要程度的评价 ($M = 64\%$) 显著高于对强线索的评价 ($M = 51\%$), 统计值为: $t(19) = -2.64, p = 0.016$ 。结果表明: 位置固定组被试能正确认识到不同线索预测天气的强弱, 而位置随机组却错误地评价了不同线索预测天气的强弱。

2.3.3 学习过程动态分析 为进一步考察两组被试在概率类别学习动态过程的差异, 本研究采用滚动回归 (rolling regression) 的方法进行比较。该方法首次由 Kelley 和 Friedman (2002) 用于分析个体价格预测的动态学习过程, Lagnado 等 (2006) 引用该方法分析了被试概率类别学习的动态过程, 形象直观地描述了这一学习过程。本研究继续沿用这一方法进一步分析两组被试概率类别学习的动态过程。每个被试独立分析, 以 50 个归类尝试为移动窗口进行 logistic 回归, 1~51 个归类尝试完成第一次回归, 2~52 完成第二次回归, 依次类推, 共完成 150 次回归。被试每 10 次回归结果的总平均为一个 block 的值, 共组成 15 个 block。规定“天晴”为正向结果。每个被试得到两个学习概貌图: (1) 实际学习概貌: 以每个归类尝试中被试的实际预测结果对每张卡片在每个归类尝试中的值 (出现为“1”, 不出现为“0”) 求回归, 得到四条 β 值曲线; (2) 理想学习概貌: 以每个归类尝试反馈的天气结果对每张卡片在每个归类尝试中的值 (出现为“1”, 不出现为“0”) 求回归, 得到另外四条 β 值曲线。 β 值反映了每张卡片在每个归类尝试中的影响力。实际学习概貌反映的是被试在实际学习中对每张卡片的权重变化, 而理想学习概貌则反映的是理想学习状态下对每张卡片的权重变化。滚动回归结果如图 5(a)、图 5(b)、图 6(a)、图 6(b) 所示。

从图 5(a)、5(b)、6(a)、6(b) 可以看出: 位置固定组被试在学习过程对每张卡片的实际权重和理想学习下的权重变化趋势基本一致, 对强线索 (卡片 1 和 4) 的绝对权重值一直大于对弱线索 (卡片 2

和 3) 的绝对权重值, 和四张卡片预测天气的客观概率基本一致; 而位置随机组被试在学习过程中对每张卡片的实际权重和理想学习下的权重存在较大差异, 但是在约 120 个归类尝试后, 实际权重和理想学习下的权重变化趋势接近, 表明被试对四条线索的权重有了正确地区分, 逐渐掌握了四张卡片预测天气的倾向性。分别对位置固定组和位置随机组最后一个 block 四条线索的权重进行了方差分析, 结果表明: 位置固定条件下, 线索主效应显著,

$F(3,57) = 6.06, p = 0.006$, 多重比较结果表明对线索 1、2、3 的权重值大于线索 4, $p < 0.05$, 对 1 的权重值也大于对线索 2 的, 差异达边缘显著; 位置随机条件下, 线索主效应显著, $F(3,57) = 3.06, p = 0.036$, 多重比较结果表明对线索 1、2 的权重值大于线索 4, 对线索 2 的权重值大于线索 3, 差异达边缘显著。两组被试学习过程的动态变化和二者的学习成绩的变化是一致的, 可以看出两组被试最终都学会了天气预报任务。

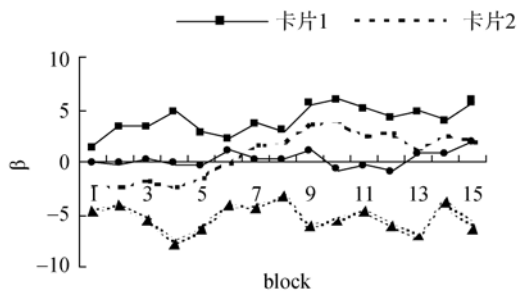


图 5 (a) 位置固定组实际学习概貌

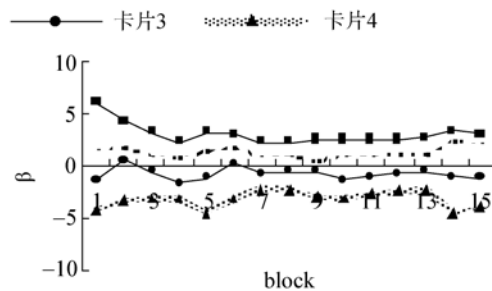


图 5 (b) 位置固定组理想学习概貌

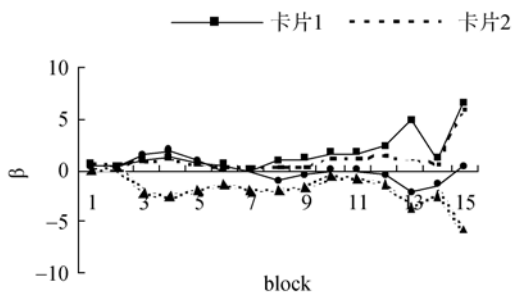


图 6 (a) 位置随机组实际学习概貌

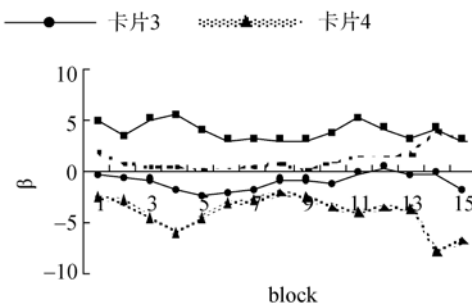


图 6 (b) 位置随机组理想学习概貌

总之, 从两组被试的学习成绩变化以及动态学习过程的分析, 可以看出两组被试最终都学会了天气预报任务, 但是二者在外显性评价任务中存在显著差异, 位置固定组被试比较准确地估计了卡片预测天气的概率, 并且也正确地认识到了不同线索预测天气的强弱, 相反地, 位置随机组被试不能准确估计卡片预测天气的概率, 并且错误地评价了线索预测天气的强弱。结果表明: 位置固定组被试的学习成绩和其外显性评价之间存在较高的一致性, 表现为外显学习, 而位置随机组被试的学习成绩和其外显性评价之间缺乏一致性, 表现为内隐学习。

2.4 讨论

从实验 1 的结果可以看出: 位置固定组和位置随机组被试最后一个 block 的正确预测率分别达到 74% 和 68%, 且二者没有显著差异。而在 Lagnado 等(2006)的实验中, 卡片位置固定条件下, 被试在

最后一个 block 的正确预测率为 73%。这表明在本研究中无论是位置固定组还是位置随机组被试的确都学会了天气预报任务, 和前人的研究结果是一致的。但是当所有线索的位置固定时, 人们能准确估计线索预测天气的概率及其重要性, 而当所有线索的位置随机时, 人们不能准确估计卡片预测天气的概率及其重要性。简言之, 在位置固定条件下概率类别学习为外显学习, 而在位置随机条件下概率类别学习为内隐学习, 实验 1 的结果支持了本研究的观点, 即线索位置的不同呈现方式导致了内隐学习系统和外显学习系统的不同参与。本研究结果很好地解释了单系统观点中不同研究结果的差异, 支持了概率类别学习的多系统观点。

此外, 实验 1 证明了线索位置固定的确能提高概率类别学习中外显学习系统的参与程度, 那么根据 Gluck 等(2002)所提出的单模式策略是概率类别

学习中的主要策略,当单模式下仅出现一张卡片时固定其呈现位置,概率类别学习应表现为外显学习,但是,如果在这种条件下,其概率类别学习仍然是内隐学习,那么说明概率类别学习中的主要策略可能是多线索策略而不是单模式策略。因此,实验 2 将进一步通过单模式下固定线索位置对概率类别学习的影响这一新的角度来探讨概率类别学习的策略。

3 实验 2

3.1 目的

通过单模式的线索位置固定下概率类别学习的模式,即仅一张卡片出现时固定其呈现位置这种条件下的概率类别学习模式,来进一步探讨单模式策略是否是概率类别学习的主要策略。

3.2 方法

3.2.1 被试 32 名在校大学生,男 12 名,女 20 名,平均年龄 21.8 ± 1.8 岁。

3.2.2 实验材料 同实验 1。

3.2.3 实验程序 同实验 1。

3.2.4 实验设计 单因素 2 水平被试间设计,32 名被试随机分成位置部分固定和位置完全随机两组。位置部分固定是指仅单模式下的线索位置固定,即当卡片单独出现的 56 个归类尝试中每张卡片的呈现位置固定,如:只要长方形卡片单独出现,就出现在固定的一个位置。采用拉丁方设计平衡位置效应,单模式下四张卡片的位置在被试内恒定和被试间平衡;而位置完全随机条件同实验 1 的位置随机条件,即四张卡片的呈现位置在所有的 200 次归类尝试中完全随机。

3.3 结果与分析

3.3.1 学习成绩 同实验 1,当被试对天气的判断结果与最可能天气结果一致计为正确,50 个归类尝试为一个学习阶段(block),分别统计两组在四个学习阶段的正确率,结果如图 7 所示。

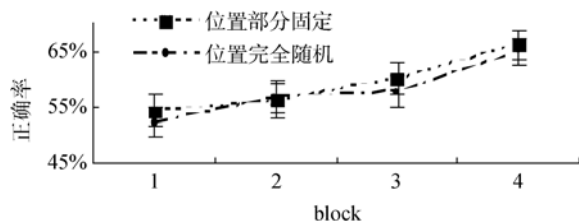


图 7 两组被试四个学习阶段的学习成绩($\pm$ SE)

2(组别) $\times$ 4(block)混合方差分析结果表明,组

别主效应不显著, $F(1,38) = 0.18, p = 0.673$, block 主效应显著, $F(3,114) = 12.09, p < 0.001$, 二者交互作用不显著, $F(3,114) = 0.18, p = 0.912$ 。进一步地,在最后一个 block 中,两组被试的正确率分别为:66%,65%,二者和 50%的机遇水平概率都存在显著差异,统计值分别为: $t(15) = 9.37, p < 0.001$; $t(15) = 4.97, p < 0.001$ 。结果表明:随着学习的推进学习成绩逐步提高,两组被试最终都学会了天气预测任务,且二者的学习成绩没有显著差异。

3.3.2 外显性评价

(1) 卡片预测天晴的概率评价

被试在 0-100%刻度上,分别对四张卡片预测天晴的概率进行评价,结果如图 8 所示。

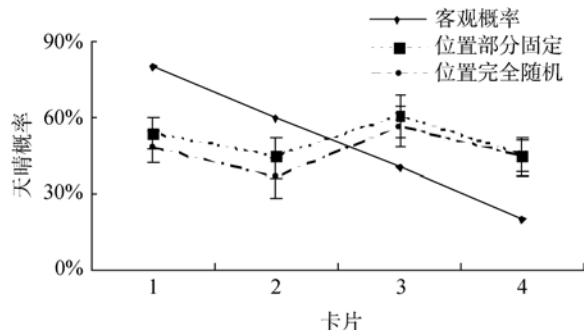


图 8 两组被试对卡片预测天晴的概率评价结果($\pm$ SE)

对卡片预测天晴的概率的评价结果进行 2×4 混合方差分析,结果发现:卡片和组别的交互作用不显著, $F(3,90) = 0.07, p = 0.976$, 卡片主效应不显著, $F(3,90) = 1.84, p = 0.146$, 组别主效应不显著, $F(1,30) = 2.62, p = 0.116$, 即两组被试对四张卡片预测天晴的概率的估计没有显著差异。进一步对两组被试对四张卡片预测天晴的概率估计值和客观概率做事后单样本 t 检验,位置部分固定组被试对卡片 1、3、4 预测天晴的概率估计值和客观概率均存在显著差异, p 值分别为 0.002、0.024、0.005,对卡片 2 预测天晴的概率估计低于客观概率,但未达到统计显著水平($p = 0.094$);位置完全随机组被试对四张卡片预测天晴的概率估计值和客观概率都存在显著差异, p 值分别为: < 0.001 、0.005、0.007、0.002。结果表明:尽管两组被试都学会了天气预测任务,但是二者都不能正确估计卡片预测天晴的概率。

(2) 卡片预测天气的重要程度评价

被试在 0-100%刻度上,对四张卡片预测天气的重要程度进行了评价。同实验 1,对卡片 1 和 4

评价的均值作为强线索的评价结果,而对卡片 2 和 3 评价的均值作为弱线索的评价结果,结果如图 9 所示。

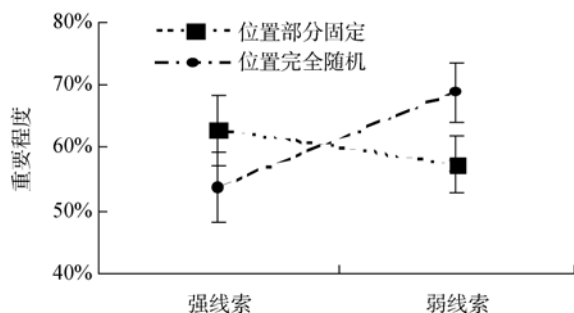


图 9 两组被试对线索预测天气重要程度的评价结果(±SE)

对线索重要程度的评价结果进行 2×2 混合方差分析,结果发现,线索和组别的交互作用边缘显著, $F(1,30) = 3.92, p = 0.057$, 线索主效应不显著, $F(1,30) = 0.86, p = 0.361$, 被试主效应不显著, $F(1,30) = 0.06, p = 0.809$ 。进一步地,分别对位置部分固定组和位置完全随机组中强弱线索的重要性评价结果进行事后配对 t 检验,结果发现:位置部分固定组被试对强线索重要程度的评价($M = 63\%$)和对弱线索的评价($M = 57\%$)没有显著差异,统计值为: $t(15) = 0.65, p = 0.528$,而位置完全随机组被试对弱线索重要程度的评价($M = 69\%$)显著高于对强线索的评价($M = 54\%$),统计值为: $t(15) = -2.51, p = 0.024$ 。结果表明:两组被试尽管都学会了天气预测任务,但是都不能正确估计线索预测天气的强弱。

3.4 讨论

从实验 2 的结果可以看出,位置部分固定和位置完全随机两组被试最终都学会了天气预测任务,并且二者最终的学习成绩没有显著差异,但是二者都不能正确估计卡片预测天晴的概率以及卡片预测天气的重要程度,即两种条件下的概率类别学习都是内隐学习。结果表明,当卡片单独出现时其呈现位置固定,即单模式的线索位置固定下概率类别学习并不是外显学习而是内隐学习。研究提示单模式策略不是概率类别学习的主要策略。此外,尽管 Ashby 和 O'Brien(2005)认为多种策略都能保证被试达到一定的学习成绩,但是 Lagnado 等(2006)则认为概率类别学习的最佳策略仍然是多线索策略,因此关于概率类别学习中的策略还需后继研究进行更加直接和深入的探讨。

4 总讨论

概率类别学习是人类重要的类别学习能力,类别成员属性的概率性更符合日常生活下的真实情境。本研究通过两个实验探讨了线索位置的不同呈现方式对概率类别学习的影响,结果发现,线索位置完全固定条件下概率类别学习是外显学习,而单模式下的线索位置固定和线索位置完全随机条件下概率类别学习都是内隐学习,研究结果一方面支持了概率类别学习的多系统观点,即在概率类别学习中同时存在外显和内隐两种学习系统,而线索位置的固定有助于提高外显学习系统的参与程度;另一个方面,研究提示单模式策略不是概率类别学习的主要策略,其主要策略可能是多线索策略,因为单模式下线索位置固定时,概率类别学习是内隐学习,而线索位置在所有 14 种卡片组合的 200 次归类尝试中完全固定时,概率类别学习是外显学习。

那么,线索位置的固定为什么有助于提高外显学习系统的参与呢?众所周知,自然界中的物体由不同的特征组成,如形状、大小、颜色、位置等。大量的神经解剖学和神经生理学研究表明,不同特征的感知信息是在大脑不同区域得到处理的。大脑皮层的视觉加工存在解剖和功能相分离的两条通路:一条是与物体的形状和颜色等特征(what)加工有关的腹侧通路;另外一条是与运动和空间位置特征(where)加工有关的背侧通路。而人们把外部世界的客体知觉为一个整体,就需要把散布于不同皮层区的分散信息合理地组合在一起,这就是所谓的“捆绑问题”(binding problem)(陈彩琦等,2003;刘志华,金志成,2006)。特征整合理论提出,在视觉情境中,项目的识别与其位置是通过注意窗口对空间位置的一系列扫描而整合起来的,空间注意在视觉特征捆绑中起重要作用,对同一位置的注意能使该位置的视觉成分被捆绑起来(刘志华,金志成,陈卓铭,2004)。而事实上,概率类别学习中的线索具有三个方面的特征信息:图案、位置、对应的天气结果,因此,在位置固定条件下,同一位置上出现的卡片保持固定,那么人们就更容易将这个位置的卡片和对应的天气结果联系起来,人们能更加容易外显地习得卡片预测天气的概率。而位置随机条件下,同一位置上出现的卡片随机,那么人们很难利用位置信息将卡片和对应的天气结果联系起来,人们就很难外显地掌握卡片预测天气的概率。

此外,研究表明顶叶和位置空间注意有关(刘

志华 等, 2006; Friedman, Robertson, & Treisman, 1995)。Friedman 等(1995)研究发现, 双侧顶叶损伤病人能平行觉察明显的单个刺激特征, 但在联结搜索任务中存在严重缺陷。因为顶叶损伤可能破坏了人们在位置主地图内的注意操作, 从而损害了捆绑过程。并且刘志华等人(2004)以一个双顶叶损伤患者为对象, 以数字和几何图形为材料, 采用形状和颜色特征识别任务, 考察顶叶及空间信息是否影响视觉特征捆绑, 结果再次表明顶叶在视觉捆绑中起重要作用, 这种作用可能与空间注意有关。而 Fera 等(2005)在研究中考察了健康的青年人和老年人的前额叶和尾状核如何参与到概率类别学习中, 研究发现两类被试在任务过程中都激活了前额叶和顶叶皮层及尾状核, 但是与青年人相比, 老年人前额叶和尾状核的激活较弱, 顶叶皮层的激活较强。青年人的正确率反应时和前额叶及尾状核的激活正相关, 而老年人任务的正确率反应时和前额叶及顶叶皮层的激活呈正相关。结果表明: 顶叶皮层可能是老年人前额叶及尾状核正常退化下完成概率类别学习的代偿脑区。

从以上研究结果可以看出, 顶叶和空间注意有密切关系, 而空间注意在视觉特征信息整合中起重要作用, 因此顶叶皮层成为老年人概率类别学习的代偿脑区可能并不是偶然。研究提示, 在未来研究中, 可从认知神经技术出发, 进一步揭示位置的固定与随机对概率类别学习影响的内在神经机制。一方面, 考察正常人完成概率类别学习任务时, 位置固定与随机两种条件下, 中颞叶、纹状体两种记忆系统的激活情况, 以及反映空间注意的顶叶的激活情况; 另一方面, 对于顶叶损伤病人, 其空间位置主地图损伤, 那么位置的固定与随机是否同样影响其概率类别学习两个系统之间的竞争呢?

5 结论

本研究通过 2 个实验表明: (1)概率类别学习中同时存在外显和内隐两种学习记忆系统的竞争, 线索位置的不同呈现方式是影响二者竞争关系的重要因素之一; (2)单模式策略不是概率类别学习的主要策略, 至少在行为学层面上, 单模式下线索的位置固定没有提高人们在概率类别学习中的外显性认识。由此, 研究支持了概率类别学习的多系统观点, 并提示在后续的研究中, 可从认知神经科学层面考察位置的固定与随机对两种学习记忆系统竞争关系的影响以及顶叶在概率类别学习中的参与,

同时探讨不同策略支配下的概率类别学习模式及其认知神经机制。

参 考 文 献

- Ashby, F. G., & Maddox, W. T. (2005). Human category learning. *The Annual Review of Psychology*, 56, 149–178.
- Ashby, F. G., & O'Brien, J. B. (2005). Category learning and multiple memory systems. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 9(2), 83–89.
- Chen, C. Q., Liu, Z. H., & Jin, Z. C. (2003). Theoretical Models on the Mechanisms of Feature Binding (In Chinese). *Advances in Psychological Science*, 11(6), 616–622.
- [陈彩琦, 刘志华, 金志成. (2003). 特征捆绑机制的理论模型. *心理科学进展*, 11(6), 616–622.]
- Eldridge, L. L., Masterman, D., & Knowlton, B. J. (2002). Intact Implicit Habit Learning in Alzheimer's Disease. *Behavioral Neuroscience*, 116(4), 722–726.
- Fera, F., Weickert, T. W., Goldberg, T. E., Tessitore, A., Hariri, A., et al. (2005). Neural Mechanisms Underlying Probabilistic Category Learning in Normal Aging. *The Journal of Neuroscience*, 25(49), 11340–11348.
- Filoteo, J. V., Maddox, W. T., Ing, A. D., & Song, D. D. (2007). Characterizing rule-based category learning deficits in patients with Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 45, 305–320.
- Foerde, K., Knowlton, B. J., & Poldrack, R. A. (2006). Modulation of the competing memory systems by distraction. *Proceedings of National Academic Science*, 103(31), 11778–11783.
- Friedman, H. S., Robertson, L. C., & Treisman, A. (1995). Parietal contributions to visual feature binding: evidence from a patient with bilateral lesions. *Science*, 269(5225), 853–855.
- Gluck, M. A., Shohamy, D., & Myers, C. (2002). How do People Solve the "Weather Prediction" Task?: Individual Variability in Strategies for Probabilistic Category Learning. *Learning Memory*, 9, 408–418.
- Kelly, H., & Friedman, D. (2002). Learning to forecast price. *Economic Inquiry*, 40(4), 556–573.
- Knowlton, B. J., Squire, L. R., & Gluck, M. A. (1994). Probabilistic Classification Learning in Amnesia. *Learning Memory*, 1, 106–120.
- Knowlton, B. J., Squire, L. R., & Paulsen, J. S. (1996). Dissociations within nondeclarative memory in Huntington's disease. *Neuropsychologia*, 10(4), 538–548.
- Lagnado, D. A., Newell, B. R., Kahan, S., & Shanks, D. R. (2006). Insight and Strategy in Multiple-Cue Learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 135(2), 162–183.
- Liu, Z. H., Jin, Z. C., & Chen, Z. M. (2004). The Role of the Parietal Cortex in Visual Feature Binding—A Case Study of a Patient with Bilateral Parietal Cortex Lesion. *Psychological Science*, 27(3), 598–601.
- [刘志华, 金志成, 陈卓铭. (2004). 顶叶在特征捆绑中的作用—对一例典型双顶叶损伤病人的研究. *心理科学*, 27(3), 598–601.]
- Liu, Z. H., & Jin, Z. C. (2006). A Study on the Cognitive Mechanism of Visual Feature Binding (In Chinese). *Psychological Science*, 2006, 29 (3), 635–638.
- [刘志华, 金志成. (2006). 视觉特征捆绑的认知机制研究.

心理科学, 29 (3), 635–638]

- Moody, T. D., Bookheimer, S. Y., Vanek, Z., & Knowlton, B. J. (2004). An Implicit Learning Task Activates Medial Temporal Lobe in Patients With Parkinson's Disease. *Behavioral Neuroscience*, 118(2), 438–442.
- Newell, B. R., Lagnado, D. A., & Shanks, D. R. (2007). Challenging the role of implicit processes in probabilistic category learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(3), 505–511.
- Poldrack, R. A., Clark, J., Pare-Blagoev, E. J., Shohamy, D., Moyano, J. C., Myers, C, et al. (2001). Interactive memory systems in human brain. *Nature*, 414, 546–550.
- Reber, P. J., & Squire, L. R. (1999). Intact learning of artificial grammars and intact category learning by patients with Parkinson's disease. *Behavioral Neuroscience*, 113, 235–242.
- Shohamy, D., Myers, C. E., Sage, G. J., Gluck, M. A., & Poldrack, R. A. (2004). Cortico-striatal contributions to feedback-based learning: converging data from neuroimaging and neuropsychology. *Brain*, 127, 851–859.
- Speekenbrink, M., Channon, S., & Shanks, D. R. (2008). Learning strategies in amnesia. *Neuroscience Biobehavioral reviews*, 32(2), 292–310.
- Squire, L. R. (1992). Memory and the hippocampus: A synthesis from the findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review*, 99, 195–231.
- Squire, L. R., & Stuart, M. Z. (1996). Structure and function of declarative and nondeclarative memory systems. *Proceedings of National Academy Sciences*, 93, 13515–13522.

The Influence of Positions of Cues on Probabilistic Category Learning

XU Gui-Ping¹; WEN Hong-Bo²; WEI Xiao-Ma³; MO Lei¹

(¹ Center for Studies of Psychological Application, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

(² Faculty of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

(³ The First Vocational-technical School of Maoming, Maoming 525400, China)

Abstract

There is a debate between the multiple systems opinion and the single system opinion in probabilistic category learning, and the experiments of researchers holding different opinions have adopted different ways of presenting the positions of the cues respectively. So using the classical weather prediction task, the current study manipulated the ways in which the positions of cues were presented to explore the influence that this had on probabilistic category learning.

This study included two experiments. Experiment 1 investigated the learning systems by fixing and randomizing the positions of all the cues. Experiment 2 investigated the strategy through fixing the positions of the singleton cues.

The results showed that when the positions of all cues were held constant, probabilistic category learning was an explicit learning process. However, when the positions of all cues were random, it was an implicit learning process. And when only the positions of the singleton cues were held constant, it was also an implicit learning process.

These results indicate that the different ways of presenting the positions of the cues affect the competition between the explicit learning and implicit learning systems, which supports the multi-system opinion. Moreover, the main strategy in probabilistic category learning may be the multi-cue strategy rather than the singleton strategy.

Key words probabilistic category learning; weather prediction; explicit learning; implicit learning; rolling regression