再认记忆中信号检测论的检验及性别差异

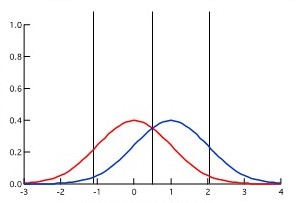
**摘要** 再认记忆研究中的一个重要模型就是信号检测论，以往的大多数研究都支持了这一模型。然而有一些研究出现了部分与信号检测论不符的结果，可能预示着信号检测论存在一定的不足。本实验使用2（性别）×4（报告标准）的混合设计，实验分为记忆和测验两个阶段。我们发现，报告标准越高，被试的再认感受性d’和判断标准β都越高，且再认感受性d’存在显著的性别差异，女性的再认感受性d’更高。

**关键词 信号检测论 再认记忆 评价法 操作者特征曲线**

1 前言

1954年，美国心理学家W. P. Tanner和J. A. Swets把信号检测论（Signal Detection Theory, SDT）应用于人的知觉过程，使心理物理学方法发展到一个新的阶段。人的感觉直觉过程不仅涉及感受性，同时又涉及判断标准，古典心理物理学方法把感受性与判断标准混在一起而不能够区分它们，例如用恒定刺激法测差别阈限时，允许三类反应，就会使差别阈限受到自信或谨慎态度的很大影响；信号检测论通过同时考察人对信号和噪音的反应，就能够把人的感受性和判断标准区分开（朱滢，2016）。信号检测论假设信号和噪音的概率分布曲线是等方差的（Yonelinas & Parks, 2007）。

信号检测论的实验方法之一为评价法。决策者（decision maker）在观察到信号或噪音刺激后，会感知到由刺激本身的性质决定的证据值(evidence value)，它是一个连续变量，在不同试次间会有变化，决策者通过在设定报告标准(response criteria)将连续的证据值划分为几个间断的区间，这些区间对应于一种反应，决策者根据证据值与区间的位置关系进行反应（Kellen et al., 2012）。如图1所示，例如x1在C1和C2之间，所以决策者进行第2类反应。



信号

噪音

4

3

1

2

X1

C3

C2

C1

证据值

**图1 评价法**

概

率

Egan(1958)将信号检测论的方法引入再认记忆测试，在测试中，随机向被试呈现之前出现过的旧刺激（信号）和作为噪音干扰的新刺激，结合呈现的刺激是信号还是噪音将被试的反应分为四种类型，如图2所示。其中，击中率被定义为被试将旧刺激报告为旧刺激的比率，虚报率被定义为被试将新刺激报告为旧刺激的比率，由击中率和虚报率可以计算被试的再认感受性d‘和判断标准β，公式如下（朱滢，2016）。

d’=Z(击中率)-Z(虚报率)

β=击中率的纵坐标/虚报率的纵坐标

其中，击中率的纵坐标就是与击中率相应的Z分数上正态曲线的高度，虚报率的纵坐标就是与虚报率相应的Z分数上正态曲线的高度，从正态曲线表上可以查到。

**反应**

**报告为旧刺激 报告为新刺激**

**刺激**

**旧刺激**

**新刺激**

|  |  |
| --- | --- |
| 击中 | 漏报 |
| 虚报 | 正确否定 |

**图2 SDT模型中被试的反应类型**

信号检测论认为，感受性d’和任务本身的性质相关，在短时间内不会变化，是恒定的；但判断标准β时刻变化，影响判断标准β的原因主要有信号出现的概率和对被试回答的奖惩办法（朱滢，2016）。

以虚报率为横坐标，击中率为纵坐标作图，可以得到操作者特征曲线（Receiver Operating Characteristics, ROC），也可以取击中率和虚报率的Z分数，得到Z分数下的操作者特征曲线（zRoc），通过这条曲线我们可以形象地看到随着判断标准的变化，击中率和虚报率也相应变化的情形。ROC被研究的原因有几个。第一，它能够作为检验一些再认记忆理论的合理性，一个合理的理论必须能够描述再认准确性和报告标准之间的关系；第二， ROC的结果比标准的再认测试（只要求被试判断旧词还是新词）更有约束性，因为ROC有多个点（多对击中率和虚报率），而标准的再认测试只有一个点（一对击中率和虚报率）；第三，如果我们能找到一种理论能够很好地解释ROC，那么它就可以用于实验设计时对准确性的估计，而且这种估计不会因为被试的特定时间的特定反应标准而差生偏差 (Yonelinas & Parks, 2007)。按照信号检测论理论推导,ROC曲线应该关于y=-x+1对称，zROC曲线应该是一条斜率为1的直线，且纵坐标的截距等于感受性d’。但一些研究中ROC曲线向左偏移，zROC曲线斜率小于1，而当ROC曲线向右偏移时，zROC曲线的斜率会大于1（Yonelinas & Parks, 2007）。

在再认记忆的性别差异的研究中还存在争议。McGivern等人（1997）将图片分为男性取向(male oriented)、女性取向(female oriented)和随机取向(random oriented)，对儿童和成人进行再认测试，研究发现，女性在女性取向和随机取向的图片再认中表现显著好于男性，男性只有在男性取向的图片再认中表现和女性一致。但也有研究发现，当图片从多个角度呈现时，男性的再认表现比女性更好（Laura & Jose, 2016）。对面孔的回忆任务中，女性比男性表现更好（Lewin & Herlitz, 2002）。

基于上述内容，本实验将检验SDT的前提假设，即感受性d‘在特定任务中是恒定的，同时，我们将检验判断标准β反应被试报告倾向的能力，另外，我们将探索再认感受性d’是否存在性别差异。预期结果为，根据信号检测论的内容，d’与β是相互独立的（朱滢，2016），我们预期d’在不同的报告标准下没有显著性差异；因为判断标准β和报告标准C存在对应关系β=ec×d’，所以我们预期随着C的增大，β也增大；本实验的图片均为黑白图片，从单一角度呈现，我们预期女性的再认感受性d’高于男性。

2 方法

**2.1 被试**

被试为75名北京大学选修实验心理学的同学，年龄在18到24岁之间(*M*=19.83，*SD*=1.21)。女性45位，男性30位，所有被试均为右利手，视力或矫正视力正常。实验无报酬。

**2.2 仪器和材料**

本实验使用显示器为20-in ViewSonic，分辨率为1920×1080，刷新频率为60Hz，操作系统为Windows7的电脑，被试在提供的电脑上使用心羽心理实验系统软件，通过鼠标完成实验。刺激材料为黑白图片两套：第一套60张（每个图片内容不同）作为信号SN，为记忆和测验使用；第二套60张（每个图片也不相同，但与相应的第一套相似）作为噪音N，为测验专用。

**2.3 实验设计**

本实验使用2×4的混合设计，其中组间变量为性别，有2个水平（男性，女性）；组内变量为报告标准，有4个水平（C1:0%把握与25%把握的分界线，C2:25%把握与50%把握的分界线，C3:50%把握与75%把握的分界线，C4:75%把握与100%把握的分界线）。本实验有两个因变量，一是被试的再认感受性d’，操作性定义为击中率的Z分数与虚报率的Z分数之差的绝对值；二是被试的判断标准β，操作性定义为在标准正态曲线中击中率的Z分数对应的纵坐标与虚报率的Z分数对应的纵坐标之比。

本实验对图片的呈现顺序这一潜在的额外变量进行了控制，在两个阶段中，图片的顺序是随机的。

**2.4 实验程序**

该实验分为记忆阶段和测验阶段。被试坐在电脑前，首先进行记忆阶段，电脑显示如下指导语：“屏幕中央会呈现一幅一幅的图片，一共60幅。你要尽量记住图片中画的是什么。明白这段话的意思后，点击‘确定’按钮开始。”开始实验后，每张图片呈现2秒，间隔1秒，连续呈现60张SN记忆用图片（顺序随机）。记忆阶段结束后，电脑呈现如下测验阶段的指导语：

“下面要给你呈现120幅图片。其中一半是你刚才看过的，另一半是新的。每呈现一幅图片时，你应当判断它是不是刚才看过的。请按照下面的标准点击对应的数字按钮反应。

１ ―― ０％的把握你刚才看过它

２ ―― ２５％的把握你刚才看过它

３ ―― ５０％的把握你刚才看过它

４ ―― ７５％的把握你刚才看过它

５ ――１００％的把握你刚才看过它

请尽快判断，每幅图片呈现一段时间后会消失。

明白这段话的意思后，点击‘确定’按钮开始。”

被试按照指导语做出反应，每张图片最多呈现5秒，之后图片消失，但被试仍需做出反应。每次判断后，间隔1秒呈现下一张图片（顺序随机）。

3 结果

剔除再认感受性d’和判断标准β在3个标准差之外的数据点后，对不同性别的被试在不同报告标准下的再认感受性d’进行描述性统计，结果如表1所示，对不同性别的被试在不同报告标准下的判断标准β进行描述性统计，结果如表2所示。

**表1 不同性别的被试在不同报告标准下的再认感受性d’**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | C1\_d’ | C2\_d’ | C3\_d’ | C4\_d’ |
| 女性 | 1.63±0.64 | 1.86±0.64 | 2.01±0.68 | 2.08±0.68 |
| 男性 | 1.36±0.56 | 1.52±0.58 | 1.69±0.56 | 1.68±0.56 |

**表2 不同性别的被试在不同报告标准下的判断标准β**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | C1\_β | C2\_β | C3\_β | C4\_β |
| 女性 | 0.60±0.32 | 1.27±0.52 | 2.42±1.27 | 4.93±2.94 |
| 男性 | 0.55±0.27 | 1.05±0.45 | 2.14±1.25 | 4.16±2.76 |
|  |  |  |  |  |

对再认感受性d’使用2（男性/女性）×4（C1/C2/C3/C4）的混合方差分析。结果显示，球形度检验显著，*Mauchly’s W*=0.67, *p*<.001，说明方差不同质，使用Greenhouse-Geisser矫正结果。报告标准的主效应显著，*F*(2.32, 169.53)=37.02, *p*<.001, *partial* η2=.34；性别的主效应显著，*F*(1,73)=5.57, *p*=.021, partial η2=.071；报告标准与性别的交互作用不显著，*F*(2.32, 169.53)=0.62, *p*=.565。使用Bonferroni法对不同报告标准下的再认感受性d’进行成对比较，C1和C2有显著性差异（MD=-0.19, p<.001），C1和C3有显著性差异（MD=-0.34, p<.001），C1和C4有显著性差异（MD=-0.35, p<.001），C2和C3有显著性差异（MD=-0.15, p=.001），

C2和C4有显著性差异（MD=-0.16, p=.001），如图3。

\*\*\*

\*\*

\*\*

对判断标准β使用2（男性/女性）×4（C1/C2/C3/C4）的混合方差分析。结果显示，球形度检验显著，*Mauchly’s W*=0.024, *p*<.001，说明方差不同质，使用Greenhouse-Geisser矫正结果。报告标准的主效应显著，*F*(1.21, 79.90)=101.69, *p*<.001, *partial* η2=.61；性别的主效应不显著，*F*(1, 66)=1.78, *p*=.187；报告标准和性别的交互作用不显著，*F*(1.21, 79.90)=0.78, *p*=.403。使用Bonferroni法对不同报告标准下的判断标准β进行成对比较，C1和C2有显著性差异（*MD*=-0.59, *p*<.001），C1和C3有显著性差异（*MD*=-1.71, *p*<.001），C1和C4有显著性差异（*MD*=-3.97, *p*<.001），C2和C3有显著性差异（*MD*=-1.12, *p*<.001），C2和C4有显著性差异（*MD*=-3.39, *p*<.001），C3和C4有显著性差异（*MD*=-2.27, *p*<.001），如图4。

\*\*\*

\*\*\*

\*\*\*

选取一个被试作为实例，该被试在不同报告标准下对信号和噪音的累计反应次数如表3所示。

**表3 选定被试在不同报告标准下对信号和噪音的累计反应次数**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | C1 | C2 | C3 | C4 |
| 信号SN | 56 | 49 | 40 | 33 |
| 噪音N | 33 | 19 | 11 | 4 |

按照信号检测论的评价法，计算出不同报告标准下的击中率并转化为Z分数，见表4。

**表4 选定被试在不同报告标准下的击中率和虚报率及对应的Z分数**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | C1 | C2 | C3 | C4 |
| 击中率 | 0.93 | 0.82 | 0.67 | 0.55 |
| 虚报率 | 0.55 | 0.32 | 0.18 | 0.07 |
| Z（击中率） | -1.50 | -0.90 | -0.43 | -0.13 |
| Z（虚报率） | -0.13 | 0.48 | 0.90 | 1.50 |
|  |  |  |  |  |

根据表4的击中率、虚报率及分别画出操作者特征曲线（ROC曲线）见图5，并对该被试的击中率对应的Z分数和虚报率对应的Z分数进行线性回归拟合出一条直线形式的ROC曲线，见图6。

4 分析与讨论

本实验结果显示，不同报告标准下被试的判断标准β存在显著性差异，且报告标准越高，判断标准β越大，符合预期结果，验证了信号检测论中通过评价法要求被试在不同报告标准下做出反应确实能够改变判断标注（Kellen & Klauer, 2014）。

然而本实验中不同报告标准下被试的再认感受性d’存在显著性差异，且报告标准越大，被试的再认感受性d’越大，这与预期结果不相符。我们认为这可能与图片的内容有关，本实验采用的图片大多无意义，但存在一些有意义的图片，比如汽车、猫头鹰等图片，有研究表明，深层次加工的内容在再认记忆中的感受性d’高于浅层加工的d’，且被试在深层次加工的内容的再认中表现更好(Yonelinas et al., 1996)。根据加工水平理论（level-of-processing theory），涉及理解、分析的信息加工程度更深(Craik & Lockhart, 1972)，我们合理推测有意义的图片的认知加工程度比无意义图片的认知加工程度更深，所以可能被试在高报告标准下再认出来的图片中有意义的图片更多，从而导致高报告标准下的d’更大。

本实验中我们发现在再认感受性d’上存在显著的性别差异，且女性的再认感受性d’更高，与预期结果一致。Jennifer等人（2013）[[1]](#footnote-1)使用用眼动仪发现，女性在面孔再认中的表现比男性更好，同时眼动仪记录的女性的眼动比男性更加频繁，意味着女性更多的扫描信息，这可能是再认记忆中性别差异的一种解释，但它能否在本实验的黑白图片再认中适用还有待进一步研究。

综上所述，本研究中我们发现不同报告标准下被试的判断标准β存在显著性差异，且报告标准越高，判断标准β越大；不同报告标准下被试的再认感受性d’存在显著性差异，且报告标准越大，被试的再认感受性d’越大；在再认感受性d’上存在显著的性别差异，且女性的再认感受性d’更高。同时，再认记忆中的性别差异研究中还存在争议，以及SDT模型也并非完美无缺的，例如研究发现在信号和噪音在不等方差的情况下也可以解释实验数据(Yonelinas & Parks, 2007)，以上问题还有待进一步研究。

**参考文献**

朱滢. (2016). *实验心理学* (第 4 版 ed.). 北京: 北京大学出版社.

Craik, F. I., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *11*(6), 671–684. https://doi.org/10.1016/s0022-5371(72)80001-x

Egan, J. P. (1958). Recognition memory and the operating characteristic. *USAF Operational Applications Laboratory Technical Note.*

Heisz, J. J., Pottruff, M. M., & Shore, D. I. (2013). Females Scan More Than Males. *Psychological Science*, *24*(7), 1157–1163. https://doi.org/10.1177/0956797612468281

Kellen, David, Klauer, Christoph, K., Singmann, & Henrik. (2013). On the measurement of criterion noise in signal detection theory: reply to benjamin (2013). *Psychological Review*.

Kellen, D., & Klauer, K. C. (2014). Discrete-state and continuous models of recognition memory: Testing core properties under minimal assumptions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *40*(6), 1795–1804. https://doi.org/10.1037/xlm0000016

Lewin, C., & Herlitz, A. (2002a). Sex differences in face recognition—Women’s faces make the difference. *Brain and Cognition*, *50*(1), 121–128. https://doi.org/10.1016/s0278-2626(02)00016-7

McGivern, R. F., Huston, J., Byrd, D., King, T., Siegle, G. J., & Reilly, J. (1997). Sex Differences in Visual Recognition Memory: Support for a Sex-Related Difference in Attention in Adults and Children. *Brain and Cognition*, *34*(3), 323–336. https://doi.org/10.1006/brcg.1997.0872

Tascón, L., León, I., & Cimadevilla, J. M. (2016b). Viewpoint-related gender differences in a spatial recognition task. *Learning and Individual Differences*, *50*, 270–274.

Yonelinas, A. P., & Parks, C. M. (2007). Receiver operating characteristics (ROCs) in recognition memory: a review. *Psychological bulletin, 133(5),* 800.

Yonelinas, A. P., & Parks, C. M. (2007). Receiver operating characteristics (ROCs) in recognition memory: A review. *Psychological Bulletin*, *133*(5), 800–832. https://doi.org/10.1037/0033-2909.133.5.800

Yonelinas, A. P., Dobbins, I., Szymanski, M. D., Dhaliwal, H. S., & King, L. (1996). Signal-Detection, Threshold, and Dual-Process Models of Recognition Memory: ROCs and Conscious Recollection. *Consciousness and Cognition*, *5*(4), 418–441. https://doi.org/10.1006/ccog.1996.0026

1. Females Scan More Than Males: A Potential Mechanism for Sex Differences in Recognition Memory [↑](#footnote-ref-1)