

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：任务相关性对数量感序列依赖效应的影响

作者：刘雨杰 刘晨淼 周丽琴 周可

第一轮

审稿人 1 意见：

该研究将任务相关性和无关性的概念引入序列依赖效应的研究中，发现二者对序列依赖效应的方向产生不同的影响。通过数量估计和面积估计两个任务，探究任务相关性对线性特征的序列依赖效应的影响及其作用机制。结果表明序列以来效应受任务相关性及特征本身属性的双重影响。该研究具有一定创新性，研究方法恰当。我的一些问题和建议如下：

意见 1：

文章研究背景部分提到，“这些线性表征的视觉特征的序列依赖效应与圆分布特征的序列依赖效应的表现形式不同。”同时后文也提到，序列依赖效应也与特征的任务相关性或其他因素有关。“线性表征”的特征与“圆分布”特征在序列依赖效应上的差异是因为这两种分布的不同导致的系统性的差异，还是各自所采用的实验设计或其他因素不同导致的差异？

回应：

十分感谢您的提问。根据对以往研究的调研，这两种特征在序列依赖效应上的差异可能既与这两种分布的不同有关，也与各自所采用的实验设计或其他因素有关，目前仍无确切的结论。主要有以下两点原因（相关部分已在论文的引言部分进行补充，修订稿中变动的内容在本问题回复的末尾进行统一呈现）：

1. 大多情况下，对“线性表征”的特征与“圆分布”特征的序列依赖效应的研究所使用的实验范式不大相同。“圆分布”特征的序列依赖效应研究多采用复现/估计任务 (Cicchini et al., 2018; Fischer & Whitney, 2014)，而“线性表征”的特征的序列依赖效应研究多采用追选任务 (Cicchini et al., 2021; Fornaciai & Park, 2018a, 2019b, 2020)。这两个任务范式的区别不仅仅在于任务报告类型上，它们的先前刺激的来源也不同。复现/估计任务中，先前刺激主要来自于前一试次的刺激。也就是说，先前刺激知觉的整个加工过程和任务报告要求与当前试次刺激知觉是一致的，都需要外显的对它进行精确知觉估计；并且先前刺激的特征值也具有多个水平。而在追选任务中，先前刺激是来自于同一试次中的先出现的诱导刺激，该诱导刺激并不需要进行外显报告，并且与任务无关。此外，同一实验内，诱导刺激一般只有两个特征水平。因此，这大部分“线性表征”的特征与“圆分布”特征的序列依赖效应的研究在实验设计上具有较大的差异。

2. 通过将少数使用了复现/估计任务来考察“线性表征”特征的序列依赖效应的研究和圆分布的研究相比，我们发现这两种特征的序列依赖效应的效应方向以及效应强度受相邻试次间特征的物理差异的影响有所不同。比如，数量感研究中发现，前一试次的点阵数值越大，对当前点阵的高估程度越大；同时，前一试次的点阵数值越小，则对当前点阵的低估程度越大。这体现出先前试次对当前数量估计的单调影响。而在经典的“圆分布”特征的序列依赖效应研究中，比如朝向特征的研究，则一致发现当先后呈现的两个光栅朝向差异较小时，被试的反应会系统地偏向于先前试次的光栅朝向，表现为吸引效应；当两个光栅朝向差异较大时，被试的反应会系统地远离先前试次的光栅朝向，表现为排斥效应。这一相近吸引、相远排斥

的现象通常需要用非线性的高斯分布的一阶微分函数或正弦函数来拟合。因此，“线性表征”特征与“圆分布”特征在序列依赖效应上的差异也很可能是由于这两种分布的不同导致的系统性差异。这一部分在原稿件引言的第三段有叙述，很抱歉由于语言表达可能不到位带来的困惑，在修改版稿件中对该段落进行了修订，修订后的具体内容在本问题的最后进行了统一呈现。

3. 在这少数使用复现/估计任务来考察“线性表征”特征的序列依赖效应的研究中，没有任何研究考察过任务相关性对“线性表征”的特征的序列依赖效应的影响。只有几篇使用迫选任务的研究考察过该问题，因此，无法推断任务相关性对“线性表征”的特征的序列依赖效应的影响是否与它对“圆分布”特征的序列依赖效应的影响一致。

上述内容均已在修改稿中进行修订，修订后的具体内容如下：

关于两个研究范式差异的总结补充：（第 98-119 行）：

“虽然以数量感为研究对象的上述研究已经考察了线性特征的序列依赖效应受任务相关性的影响，但它们所使用的研究范式与经典的序列依赖效应研究范式存在区别。圆分布的特征的序列依赖效应研究多采用复现/估计任务(Adjustment tasks)(Cicchini et al., 2018; Fischer & Whitney, 2014)，如经典的朝向复现范式(Forced-choice tasks)，而“线性表征”的特征（如数量感）的序列依赖效应研究多采用迫选任务(Cicchini et al., 2021; Fornaciai & Park, 2018a, 2019b, 2020)。复现/估计任务要求被试调整反应工具，使之尽量与他们知觉到的刺激特征匹配。迫选任务通常是让被试需要比较目标刺激和参考刺激的某一特征（如朝向、数量）(Cicchini et al., 2021; Fritsche et al., 2017)，通过心理物理曲线中主观相等点的偏移来揭示诱导刺激是否改变了目标刺激的知觉特征。”

复现/估计任务和迫选任务主要有以下几点不同。第一，迫选任务主要关注同一试次中诱导刺激对探测刺激知觉的影响(Fornaciai & Park, 2018a, 2019b; Togoli et al., 2021)。在该范式下，被试不需要对诱导刺激本身进行知觉报告，因此任务无关特征的知觉加工并没有被特别明确地抑制，对诱导刺激的知觉加工是否准确或加工到什么程度也无法明确得知。然而，在我们所采用的经典的复现/估计范式中，主要考察的是前一个试次对后续试次的影响，被试对前后两个试次的刺激的任务相关特征都需要进行报告，可以最大程度上减小无关特征的知觉加工。第二，相对于估计任务，迫选任务要求更少的认知加工，被试不一定需要完成从非符号到符号的转换。复现/估计任务则涉及记忆等更为高级的知觉阶段。第三，经典的复现/估计范式中，先前试次刺激的特征具有多个水平；而在迫选任务（即：探测范式）中，诱导刺激的特征一般只有两个水平。因此，经典试次更接近于真实生活场景中我们可能遇到的先验知觉产生的序列依赖效应，具有更高的生态效度。综上所述，为了使得线性特征与圆分布特征的序列依赖效应可以直接比较，而排除掉实验范式等混淆因素的可能影响，我们选用复现/估计任务对数量感的序列依赖效应进行考察。”

关于在两种分布的特征的序列依赖效应的差别（32-56 行）：

“序列依赖效应广泛存在于各种视觉任务和刺激中，比如在表征空间上呈圆分布的朝向知觉(Fischer & Whitney, 2014; Fritsche et al., 2017)，颜色估计(Barbosa & Compte, 2020)，圆周空间位置判断(Manassi et al., 2018)，形状知觉(Collins, 2022a)等；同时，序列依赖也存在于在表征空间上呈线性分布的特征，如数量感(Cicchini et al., 2014; Fornaciai & Park, 2018a)，时间知觉(Togoli et al., 2021)，面孔吸引力知觉(Van der Burg et al., 2019)，甚至是刺激集合的统计属性（如方差）(Suárez-Pinilla et al., 2018)。线性分布的特征，其值会在一定范围内单向变化，如数量、面积、距离、亮度等等。而圆分布的特征，如方向、颜色、月份、角度等等，其值在一定范围内变化，到达上限后会回到起始值，形成一个循环。有研究者认为，由于圆分布的数据具有周期性，它们和线性分布的数据有本质的不同(Cremers & Klugkist, 2018)。”

由于样本空间呈现不同类型的分布形式，圆分布的数据与线性分布的数据往往需要使用不同的数学分布来描述且需要使用不同的统计分析方法(Cremers, 2021; Fisher, 1995; Fisher & Lee, 1992; Lagona, 2016; Ravindran & Ghosh, 2011)。

根据以往研究发现，圆分布的特征和线性分布的特征在序列依赖效应的效应方向以及效应强度受相邻试次间特征的物理差异的影响有所不同。在经典的“圆分布”特征的序列依赖效应研究，比如朝向特征的研究中，一致发现当先后呈现的两个刺激朝向差异较小时，被试的反应会系统地偏向于先前试次的朝向，表现为吸引效应；当朝向差异较大时，被试的反应会系统地远离先前试次的朝向，表现为排斥效应(Fischer & Whitney, 2014; Fritsche et al., 2017)。这一相近吸引、相远排斥的现象通常需要用非线性的高斯分布的一阶微分函数或正弦函数来拟合。其他在表征空间上符合圆分布（即：冯·米塞斯分布）的特征在行为表现上也体现出与朝向判断相似的序列依赖效应。然而，在呈线性分布的视觉特征中存在的序列依赖效应在表现形式上与呈圆分布的不同。比如，在数量感的研究中，前一试次的点阵数值越大，对当前点阵的高估程度越大；同时，前一试次的点阵数值越小，则对当前点阵的低估程度越大。这体现出来的是先前数量感对当前数量估计的单调影响(Cicchini et al., 2014; Fornaciai & Park, 2020)。因此，两类特征在序列依赖效应上存在的差异，可能是因为我们对其的表征方式和处理机制可能不同。”

意见 2:

文章所举例的多种“线性分布的特征”，包括数量感、时间知觉、面孔吸引力知觉等，是否具有由于它们是“线性分布的特征”而在序列依赖效应上与圆分布的特征相区分的独特之处？

回应:

“线性分布的特征”在序列依赖效应上与“圆分布”的特征相比确实有其独特之处。正如我们在文中有所提及的（第 44-56 行），被试对当前试次的“线性分布的特征”的知觉会系统地偏向于前一试次：前一试次的点阵数值越大，对当前点阵的高估程度越大；同时，前一试次的点阵数值越小，则对当前点阵的低估程度越大。不管两个试次的刺激值差异多大，效应大小几乎与当前刺激值的大小呈单调变化(Cicchini et al., 2014; Fornaciai & Park, 2020)。

而在圆分布的特征中，当先后呈现的两个刺激朝向差异较小时，被试的反应会系统地偏向于先前试次的朝向，表现为吸引效应；当朝向差异较大时，被试的反应会系统地远离先前试次的朝向，表现为排斥效应(Fischer & Whitney, 2014; Fritsche et al., 2017)。

总结来说，在序列依赖效应里，对于“线性分布的特征”：1.效应的方向总是吸引的。2.效应大小与该特征的值的的大小呈单调变化的关系。“圆分布”的特征：1.效应方向会变化，吸引排斥与否和前后试次的差异大小有关。2.效应大小与该特征的值的的大小并不呈单调变化的关系。

意见 3:

文章讨论部分提到，“前一试次无关特征的序列依赖效应可能与特征之间相互作用的方式有关”，并说明了同向变化的数量/面积与反向变化的数量/点的大小特征，其序列依赖效应的方向是相反的，正如文章引用的 DeWind et al. (2015) 的结论。上述特征均与点的密度紧密相关。如果在实验一（二）中将自变量区域面积（点的大小）换算为点的密集程度，是否可以获得更加一致和简洁的结果？

回应:

感谢审稿人的细致建议。您所提到的点的密度确实是一个与数量、面积和点的大小紧密相关的关键变量。但在本研究中可能并不适合将自变量转换为点的密度来对研究假设进行考察。

这是因为点的数量、区域面积以及密度这三个特征之间并不是相互独立的，它们之间的关系是：点密度 = 数量/区域面积。DeWind 等人(2015)在三维空间中表示了点阵各特征之间的关系（如图 1）。图 1 中的 Sparsity 即密度的倒数，计算为“average field area per item”。

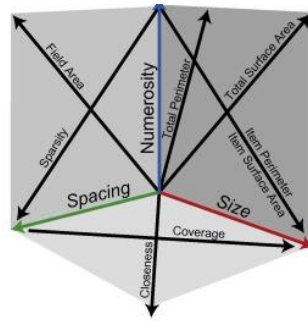


图 1

本研究中，实验一采用数量(Number)和区域面积(Field Area, FA)作为两个正交设计的因子，各设置有七个水平。这样的话，密度与数量和区域面积之间都不是正交的。通过计算（点密度 = 数量/区域面积），我们得到了不同刺激水平下的点密度分布，如图 2 所示。Density 与 Number 和 FA 的相关系数分别为 0.6789 和 -0.6203。这意味着如果在广义线性混合模型中同时考虑当前任务的相关特征（Number 或 FA）和 Density，可能出现多重共线性问题，将对模型的稳定性和解释性产生负面影响。

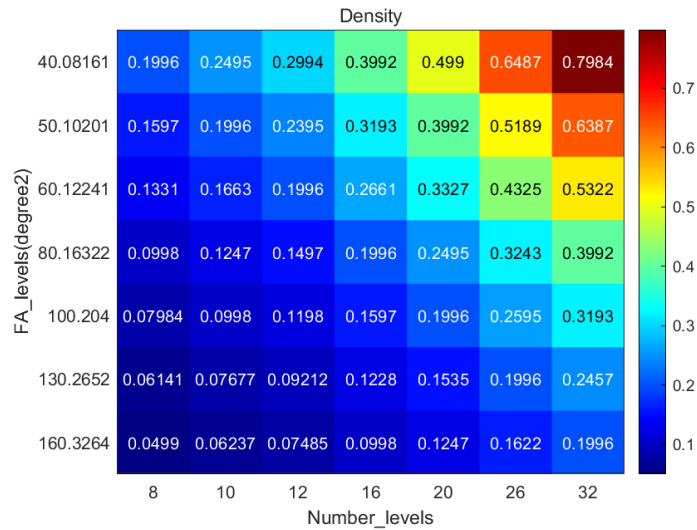


图 2 刺激图片中不同的数量以及区域面积水平下平均点阵密度

实验二在控制区域面积不变的前提下，设置点的大小(Averaged Item Area, IA)和 Number 为正交的两个因素。根据“点密度 = 数量/区域面积”这一关系，在本实验中，点密度跟点阵数量之间呈正比，二者之间的相关系数为 1；而点密度与点的大小之间没有关系。因此，并不能将点密度替换掉点的大小，跟点阵数量同时放到一个模型里来考察任务相关性对序列依赖效应的影响。综上所述，由于我们在实验设计上将所要考察的变量进行正交设计并控制了其他变量，如果纳入密度这一特征，将出现多重共线性等问题，无法进行合适的建模，且得

到的结果将会难以解释。在未来的研究中，如果要考察密度带来的影响，需要重新设计实验，将密度与其他变量进行正交设计重新收集数据并分析结果。再次感谢您的宝贵建议。

意见 4:

（数据分析）在两个实验中，在比较不同模型的拟合效果以确定最优模型时使用了单一的指标 **BIC**，并且部分条件下模型 4 的 **BIC** 值与其他模型相差不大。是否可以结合使用其他指标来评估模型的拟合效果（例如对数似然值或均方误差等）？或使用交叉验证等方法，综合评估不同模型的性能？

回应:

非常感谢审稿人的建议。模型选择的评价指标，除了贝叶斯信息量（**bayesian information criterion, BIC**）外，确实还有许多其他指标，如对数似然值、均方误差等。我们选择 **BIC** 作为评价指标的原因是，**BIC** 不仅考虑了模型的拟合度，还考虑了模型的复杂度，能够在防止过拟合和模型拟合度之间取得平衡，以确保我们选择的模型既能够良好地拟合数据，又不会过于复杂。而且相比于赤池信息量（**akaike information criterion, AIC**），**BIC** 通过考虑样本的数量增大了惩罚项，可以有效防止模型复杂度过高。

根据审稿人的建议，我们在修订稿中补充了不同模型的均方误差（**Mean Squared Error, MSE**）值，以更全面综合的评估各模型的拟合效果。**MSE** 作为一种常用的模型评估指标，计算的是模型预测值与实际值之间的误差大小。我们在结果部分对此进行了简要补充（见稿件第 229-232 行）。实验一和实验二各模型的均方误差如下，由表中可见，与使用 **BIC** 作为指标类似地，两个实验四个任务中都是模型 4 的均方误差最小，证明模型 4 表现最优。

表 1 各模型 MSE 值

实验	任务	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
实验一	数量估计任务	7661	7166	7783	6943
	面积估计任务	9823	8651	10066	8239
实验二	数量估计任务	8896	8806	9041	8572
	大小估计任务	17604	16523	17902	16070

此表在正文中在结果部分补充为表 2。

意见 5:

（文字）公式 1 中因子的名称，两种字体 **Cambria Math** 和 **Times New Roman** 不规律地混用了。

回应:

感谢指出公式中字体不一致的问题，现已统一为 **Cambria Math**。

意见 6:

表 1 格式似乎不符合三线表要求。

回应:

非常感谢建议。已根据三线表格式的一般要求对表 1 进行修改。修改后的表 1 只保留了顶线、栏目线、底线（见稿件第 227 行表 1）。

修改后的表格如下：

表 2 各模型 BIC 值

实验	任务	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
实验一	数量估计任务	8533	8158	8589	8052
	面积估计任务	11713	10882	11838	10713
实验二	数量估计任务	9638	9621	9721	9493
	大小估计任务	19002	18183	19200	17936

由于在审稿意见回复中的顺序，在此处表序号为表 2，正文中仍为表 1。

意见 7:

第 5 页，第 1 段，第 6 行表述。点的大小（Item Area, IA）标注了英文缩写，但点阵面积(Field Area)未标注。应统一。

回应:

感谢审稿人的提醒，已统一标注英文缩写。所有重要专业术语均已在正文中第一次出现时进行了标注。修改后的具体内容改为“当点阵在数量上不同时，其他刺激属性，如点的大小（Item Area, IA）、点的密度(Density)和点阵面积(Field Area, FA)也可能会不同。”（第 84-86 行）。

审稿人 2 意见:

研究采用点阵作为刺激材料，通过两个实验利用估计任务，探讨线性分布特征的任务相关性对序列依赖效应的影响。结果发现，当前后试次特征相同时产生反向影响，前一试次的任务相关特征产生排斥的序列依赖效应，而前一试次的无关特征产生的序列依赖效应取决于特征本身。作者由此得出结论：线性分布特征的序列依赖效应受任务相关性及特征本身特性的双重影响，无关特征的序列依赖效应支持基于客体的序列依赖效应假说。

总体来说，研究有其新颖之处，但存在以下诸多问题，需要作者给予解释或修改。

意见 1:

自检报告中虽然提供了预先备案登记号，但作者没有提供相关的链接，预注册的文件至少对审稿人来说应该公开。

回应:

十分抱歉，这是我们填写自检报告时的疏忽。该研究并非预注册的研究，自检报告中备案登记号误填为了伦理审查编号。在这里对于我们的失误可能造成的困惑和麻烦诚恳地向期刊编辑和审稿人致歉。

同时在此向您表明，尽管不是预注册研究，但是我们做了以下努力来提高研究的透明度和有效性：1.被试量是依据以往研究的效应量使用 G*Power 计算出来的，相对客观。2.本研究的实验程序、数据分析脚本、实验方法及数据分析说明、原始数据、数据结果等，均已上

传到数据共享网站 (https://osf.io/9xeab/?view_only=350f8358b2f143b0a549bff6e708ac26)，通过公开这些内容可以帮助其他研究者检查、理解本研究的分析与结果。

意见 2:

文章的题目太宽泛，不能体现出本研究的独特内容。

回应:

我们已将题目修改为《任务相关性对数量感序列依赖效应的影响》，以更具体地描述研究的内容。同时英文题目对应修改为：**The Effect of Task Relevance on Serial Dependence in Numerosity**。

意见 3:

摘要中的部分表述存在模糊或者容易引起歧义的地方。比如：“前一试次该特征与当前试次同一特征对当前试次的知觉的影响总是反向的”，这里的反向是指相反还是排斥？“无关特征的序列依赖效应依然存在则支持基于客体的序列依赖效应假说。”是不是可以直接表述为“无关特征的序列依赖效应支持基于客体的序列依赖效应假说。”。

回应:

对于审稿人的这一建议，我们非常感谢。我们认识到摘要中的某些表述可能会引起混淆或误解，已按照审稿人的建议进行修改，以提高表述的清晰度和准确性。

对于“前一试次该特征与当前试次同一特征对当前试次的知觉的影响总是反向的”这一句，我们想表达的原意是，前一试次刺激的特征对当前试次的知觉的影响，与当前试次同一特征对当前试次的知觉的影响相反。为了避免混淆，我们将这句话修改为：“前一试次该特征与当前试次同一特征总会对当前试次产生相反的影响。”（见稿件第 6 行）。这样结合下一句的说明（“对于任务相关特征，前一试次产生的序列依赖始终为排斥效应。而对于任务无关特征，如果在当前试次中无关特征对被试的知觉反应有正向预测作用，则前一试次无关特征产生排斥的序列依赖效应；反之，如果在当前试次中无关特征对被试的知觉反应有负向预测，则前一试次无关特征产生吸引的序列依赖效应。”），可以帮助读者更为清晰地理解。

对于“无关特征的序列依赖效应依然存在则支持基于客体的序列依赖效应假说。”这一句，审稿人的建议非常好，结合后续关于客体部分在文章中的完善和修改，我们最终将其修改为谨慎的表述：“无关特征的序列依赖效应则暗示在客体水平也可以产生序列依赖效应”（见稿件第 12 行）。

感谢审稿人的细致和有建设性的反馈，这对我们改进文章的表述和理解非常有帮助。

意见 4:

研究背景部分区分了两类刺激的特征：圆分布的特征和线性分布的特征，至少要简要介绍一下两类分布的特征，这样划分的依据是什么，以及二者有什么相同或不同之处。对于为什么要研究线性分布的特征的序列依赖效应的理由，目前表述的并不充分，建议补充。另外，作者所说的经典范式和前人采用的探测范式相比有什么优势，采用经典范式进行研究的意义在哪里？

回应:

感谢审稿人的建议。在修改稿的研究背景部分，我们详细介绍了圆分布特征和线性分布特征的区别，并解释了我们研究线性分布特征的序列依赖效应的理由。

1.划分依据与差异之处（修改稿行 37-43）：

“线性分布的特征，其值会在一定范围内单向变化，如数量、面积、距离、亮度等等。而圆分布的特征，如方向、颜色、月份、角度等等，其值在一定范围内变化，到达上限后会

回到起始值，形成一个循环。有研究者认为，由于圆分布的数据具有周期性，它们和线性分布的数据有本质不同(Cremers & Klugkist, 2018)。由于样本空间呈现不同类型的分布形式，圆分布的特征数据与线性分布的数据往往需要使用不同的数学分布来描述且需要使用不同的统计分析方法(Cremers, 2021; Fisher, 1995; Fisher & Lee, 1992; Lagona, 2016; Ravindran & Ghosh, 2011)。”

2. 研究线性分布特征（数量感）的意义（修改稿行 57-65）：

“尽管在日常生活中，线性分布的特征同样广泛存在，但是相比圆分布特征，对线性特征的序列依赖效应研究相对较少。因此，本研究将以数量感及其相关线性特征为研究对象，考察线性特征的序列依赖效应。数量感是人类和动物的基本数字能力，在不同物种中普遍存在(Cantlon et al. 2009; Kutter, 2018; 杨伟星等, 2017)，涉及快速理解、评估和处理数量，并对数进行表征和理解数值之间的关系(Dehaene, 2002)。数量感对很多生物的生存有着重大影响。例如，鱼会选择更大的鱼群以降低被捕食的风险，而蜜蜂能够通过花瓣数量来识别花朵(Agrillo et al. 2016; Gross et al. 2009; Pisa & Agrillo, 2008)。此外，数量感是人类基础的认知能力，甚至可能是数学能力的认知基础(Starr, Libertus & Brannon, 2013; Sadler & Tai, 2007)。因此，研究数量感的加工机制尤为重要。”

3. 采用经典范式的优势和意义：

(1) 在我们所使用的经典范式（复现/估计任务）中，考察的是前一个试次对后续试次的影响，在每个试次中，被试都需要对任务相关特征进行报告。这种设计可以最大程度地减小无关特征的知觉加工，因此更能准确地反映序列依赖效应。

相比之下，前人对数量感研究中常常采用的迫选任务（即：探测范式）考察的是同一试次中诱导刺激对探测刺激的知觉的影响。该范式下，诱导刺激本身的任何特征都不需要进行知觉报告，因此任务无关特征并没有特别明确的被抑制。我们无法明确得知对诱导刺激的知觉加工是否准确或加工到什么程度。

(2) 相对于估计任务，迫选任务对认知加工的要求要更低，被试不一定需要完成从非符号到符号的转换。

(3) 经典范式中，先前试次刺激的特征设置有多个水平；而在迫选任务（即：探测范式）中，先前刺激（即：诱导刺激）的特征一般只有两个水平。因此，经典试次更接近于真实生活场景中我们可能遇到的先验知觉产生的序列依赖效应，具有更高的生态效度。

(4) 由于对于圆分布特征的序列依赖效应大多采用复现/估计的范式，如果仍然采用迫选任务对数量感进行研究，在范式不一样的情况下，线性特征的序列依赖效应无法与圆分布特征的序列依赖效应做统一结论。

原文在引言部分对此有一定说明，但非常抱歉由于语言表达不到位带来的困惑。我们将在修订稿中更清楚地阐述再次感谢审稿人的宝贵意见。修订后的片段如下（见 98-119 行）：

“虽然以数量感为研究对象的上述研究已经考察了线性特征的序列依赖效应受任务相关性的影响，但它们所使用的研究范式与经典的序列依赖效应研究范式存在区别。圆分布的特征的序列依赖效应研究多采用复现/估计任务(Adjustment tasks)(Cicchini et al., 2018; Fischer & Whitney, 2014)，如经典的朝向复现范式(Forced-choice tasks)，而“线性表征”的特征（如数量感）的序列依赖效应研究多采用迫选任务(Cicchini et al., 2021; Fornaciai & Park, 2018a, 2019b, 2020)。复现/估计任务要求被试调整反应工具，使之尽量与他们知觉到的刺激特征匹配。迫选任务通常是让被试需要比较目标刺激和参考刺激的某一特征（如朝向、数量）(Cicchini et al., 2021; Fritsche et al., 2017)，通过心理物理曲线中主观相等点的偏移来揭示诱导刺激是否改变了目标刺激的知觉特征。

复现/估计任务和迫选任务主要有以下几点不同。第一，迫选任务主要关注同一试次中诱导刺激对探测刺激知觉的影响(Fornaciai & Park, 2018a, 2019b; Togoli et al., 2021)。在该范

式下，被试不需要对诱导刺激本身进行知觉报告，因此任务无关特征的知觉加工并没有被特别明确地抑制，对诱导刺激的知觉加工是否准确或加工到什么程度也无法明确得知。然而，在我们所采用的经典的复现/估计范式中，主要考察的是前一个试次对后续试次的影响，被试对前后两个试次的刺激的任务相关特征都需要进行报告，可以最大程度上减小无关特征的知觉加工。第二，相对于估计任务，迫选任务要求更少的认知加工，被试不一定需要完成从非符号到符号的转换。复现/估计任务则涉及记忆等更为高级的知觉阶段。第三，经典的复现/估计范式中，先前试次刺激的特征具有多个水平；而在迫选任务（即：探测范式）中，诱导刺激的特征一般只有两个水平。因此，经典试次更接近于真实生活场景中我们可能遇到的先验知觉产生的序列依赖效应，具有更高的生态效度。综上所述，同时为了使得线性特征与圆分布特征的序列依赖效应可以做统一结论，我们选用复现/估计任务对数量感的序列依赖效应进行考察。”

意见 5:

研究背景部分，尽可能全面引用近期有关序列依赖效应的文章，比如 *Serial dependence and center bias in heading perception from optic flow* 和 *Attractive serial dependence in heading perception from optic flow occurs at the perceptual and postperceptual stages*。

回应:

感谢审稿人的建议，我们将会在研究背景部分引用更多近期的关于序列依赖效应的文章，包括您推荐的“*Serial dependence and center bias in heading perception from optic flow*”和“*Attractive serial dependence in heading perception from optic flow occurs at the perceptual and postperceptual stages*”。这些文献将有助于我们更全面地阐述序列依赖效应的相关理论和研究进展。

新增引用片段:

“序列依赖效应是指我们对当前视觉刺激的知觉受到过去知觉经验的影响，会导致对当前刺激知觉的偏差。这种偏差可能是吸引的，也可能是排斥的，使得当前刺激被认为与前刺激更相似或不同(Cicchini et al., 2017; Fischer & Whitney, 2014; Pascucci & Plomp, 2021; Sun et al., 2020; Xu et al., 2022)。序列依赖效应可能发生在信息处理和表征的各个层面(Cicchini et al., 2021; Fritsche et al., 2017; Xu et al., 2022)。”（见稿件第 22-26 行）

意见 6:

研究假设或预期不一定要在研究背景中交代，可以考虑放到每个实验中就近说明，更利于读者理解。请补充实验一和实验二的假设。

回应:

谢谢审稿人的建议，将研究假设或预期放到每个实验中就近说明的逻辑表述确实更清晰。实验一和实验二的假设已补充在修订稿中。具体补充内容如下：

关于实验一的假设的补充：“预期在估计任务中，任务相关性会影响序列依赖效应。在数量估计任务中，由于数量是任务相关特征，其序列依赖效应应该更强；而面积作为任务无关特征，其序列依赖效应应该较弱。在面积估计任务中则相反。”（见稿件第 136-138 行）。

关于实验二的假设的补充：“为了验证实验一发现的任务相关性对线性特征的序列依赖效应的影响是否并非数量感和面积特异的，而是线性特征中的一般现象，实验二选用数量和单个点的平均大小作为研究对象，探究大小属性的序列依赖效应的行为特征，以及任务相关性对序列依赖效应的调节作用。仍然使用估计任务，评估面积和数量之间存在的任务无关特征的序列依赖效应是否能泛化到其他数量感相关特征中，如果可以，表现形式是否一致。预期得到与实验一类似的结果模式，任务相关性会影响序列依赖效应，在数量估计任务中，由

于数量是任务相关特征，其序列依赖效应应该更强；而点的平均大小作为任务无关特征，其序列依赖效应应该较弱。在大小估计任务中则相反。”（见稿件第 277-284 行）。

意见 7:

实验设计属于研究方法的范畴，两个实验的方法中各部分的顺序及层级关系请参考心理学报上的实验研究报告来写，目前的写作不够规范。另外，关于被试量的估算，G*power 软件无法对三因素实验设计的被试量进行估算，不清楚作者是如何利用 G*power 软件进行估算的。

回应:

感谢审稿人的建议和指正。在参考了多篇《心理学报》上已发表的实验研究报告后，我们对两个实验实验方法部分的写作进行了调整，以使其更符合规范。修改稿目前实验方法部分的顺序和层级结构大致为：在每个实验大标题后简述实验目的；1.被试；2.实验仪器与材料；3.实验设计和流程；4.数据分析；5.实验结果；6.小结。在实验二中由于数据分析和程序与实验一相同，所以省略了这一小节，只进行了简要介绍。

我们确实使用了 G*Power 软件进行被试量的初步估算。使用了模型拟合的方法，设置统计检验为 Linear multiple regression, Effect size f^2 为 0.3, Power(1- β)为 80%, α 水平为 0.05, 计算出所需样本量为 29 人。

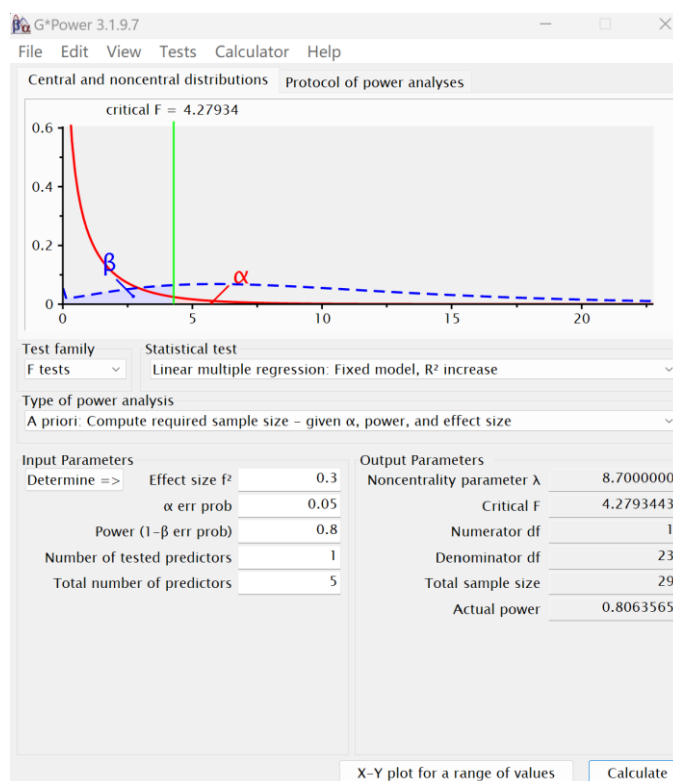


图 3 G*Power 软件计算被试量

意见 8:

实验一的数据分析部分，“根据韦伯定律可知”应该是“根据韦伯-费希纳（或者费希纳）定律可知”。

回应:

感谢审稿人的细致指正。在这里，我们确实应该更准确地引用为“韦伯-费希纳定律”而非“韦伯定律”。韦伯定律和费希纳定律都是描述感知强度与刺激强度之间的关系。韦伯定律关注的是感觉差值阈限与参考刺激强度的等比关系；而费希纳定律则进一步基于绝对阈限，

描述了连续意义上感觉强度与刺激强度的对数关系。费希纳定律是对韦伯定律的进一步发展。因此，更改为“韦伯-费希纳定律”确实更恰当。文稿中对应的句子已经改为“根据韦伯-费希纳定律可知，对物理刺激的心理表征呈对数形式。所以本研究将所有试次中点的数量、点阵面积和被试的估计值以 2 为底数进行对数化。”（见稿件第 189-191 行）。再次感谢审稿人的指正。

意见 9:

因为作者在数据分析部分用了广义线性混合效应模型，这种高级的分析方法不是实验研究的常用方法，建议作者在方法部分对这种统计分析方法进行介绍时，一方面要突出该方法相对于其他方法的优势，另一方面要对结果中展示的重要指标的含义进行介绍，比如 BIC 的含义。

回应:

非常感谢审稿人的这一建议。

确实，广义线性混合效应模型（GLMM）在某些研究领域可能不是传统的分析方法。但它已经被证明是一种强大和灵活的工具，特别是在处理复杂的数据结构时。GLMM 也在越来越多的研究领域中得到了广泛的应用，在序列依赖效应这一领域也有文章使用类似方法（Zhang & Luo, 2022）。我们在本研究中使用 GLMM 是为了更准确地捕捉数据中的变异性，并提供更准确的参数估计。

我们在描述广义线性混合效应模型（GLMM）和贝叶斯信息准则（BIC）时，可能没有足够清晰地表述其优势和含义，现已在方法部分对此进行补充和修改。

对于广义线性混合效应模型，我们将在对统计分析方法介绍时补充如下内容：

"GLMM 是一种强大的统计工具，它可以处理不同的响应变量分布，使得模型更加灵活，并且可以同时处理固定效应和随机效应的影响，因此它特别适合处理我们的实验数据。GLMM 可以更好地处理被试之间的个体差异和实验设计中的复杂交互效应，因此相比于其他统计方法，GLMM 可以提供更精确和稳健的估计结果（Bolker et al., 2009; Jaeger, 2008）。"（见稿件第 127-131 行）

对于贝叶斯信息准则，我们将补充如下内容：

"通过计算和比较四个模型的贝叶斯信息准则（bayesian information criterion, BIC）值来确定最优的模型。BIC 不仅考虑了模型的拟合优度，还考虑了模型的复杂度，因此它可以帮助我们找到模型拟合优度和模型复杂度之间的平衡，避免过拟合的问题。相比于其他模型选择准则，BIC 对模型复杂度的惩罚更大，因此在样本量较大时，BIC 可以提供更稳健的模型选择结果（Burnham & Anderson, 2004）。"（见稿件第 217-221 行）

我们非常感谢审稿人的细致和有建设性的反馈，这对我们改进文章的表述和理解非常有帮助。

意见 10:

从看结果部分来看，作者应该是在群体水平上进行的分析，如果能补充个体水平上的分析，揭示个体表现会让结果更具有说服力。

回应:

感谢审稿人的建议。

我们的研究使用了广义线性混合模型（GLMM）进行数据分析。GLMM 是一种可以同时考虑固定效应和随机效应的统计模型，其中的随机效应通常用于模拟个体之间的差异。因此，通过在模型中包含随机效应，我们已经在某种程度上进行了个体水平的分析。使用

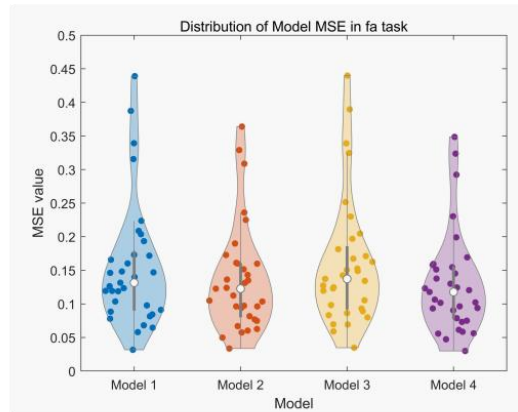
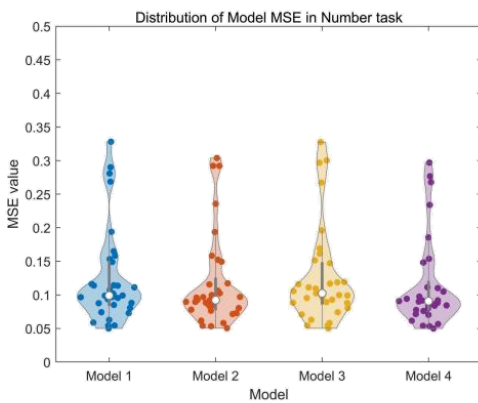
GLMM 具有更好的灵活性和统计效力，它允许我们在群体水平上进行推断，同时考虑到个体差异。

在这里我们也补充了更详细的个体水平的分析。具体来说，对每个个体的数据进行了单独的分析，与群体水平上所拟合的四个模型类似地拟合一般线性模型。在所有的一般线性模型中，前一试次估计值与当前相关特征均被纳入作为自变量，另外三个因子分别进入到模型中。模型 1 假设前一试次相关特征影响当前估计值，即任务相关特征的序列依赖效应。模型 2 假设当前无关特征对当前估计值有影响，即同一客体的不同特征之间的相互影响。模型 3 假设前一试次任务无关特征会影响当前估计值，即任务无关特征产生的序列依赖效应。模型 4 为全模型，假设五个因子都对当前估计值有所贡献，共同影响被试的决策。

在比较拟合表现时，选择了均方误差（MSE）而非原文中的贝叶斯信息准则（BIC）作为评价标准。原文中群体水平的模型使用 BIC（贝叶斯信息准则）作为模型选择的标准 BIC 不仅考虑了模型的拟合优度，还考虑了模型的复杂性（即参数的数量）。可以帮助我们避免过拟合，即选择过于复杂的模型。然而在不同个体上分别拟合模型时，由于 BIC 的计算考虑了样本大小，而不同个体的数据缺失个数不同，这也会影响 BIC 值的大小。因此，不太适合用个体水平模型的 BIC 分布来比较模型好坏。此时，使用均方误差（MSE）作为衡量模型拟合优度的指标可能更为合适。MSE 直接反映了模型预测的准确性，不受样本大小或模型复杂性的影响。

无论哪一个实验和任务，每个被试的四个模型中都是模型四的 MSE 最低，这意味着它为被试提供了最佳的拟合。这进一步支持了我们在群体水平上的分析结果。

实验1



实验2

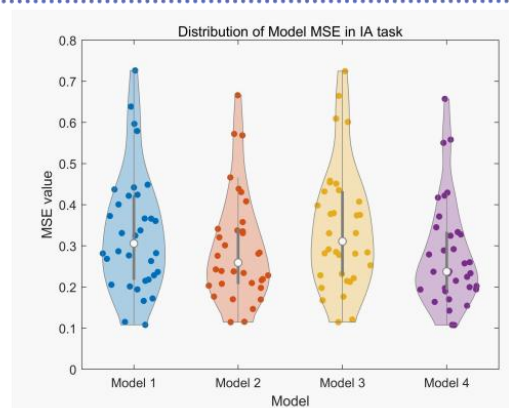
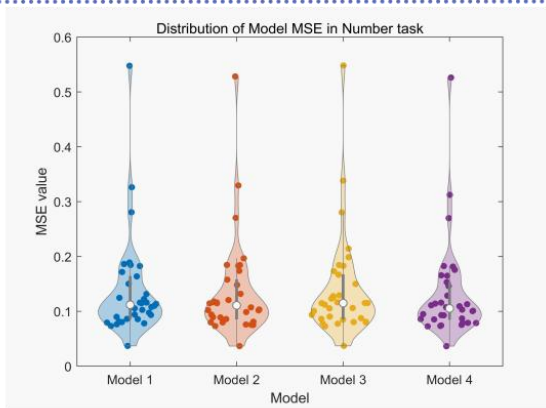


图 4 两实验中个体水平上拟合模型的 MSE 分布

意见 11:

作者在研究背景部分指出“线性空间的特征表现出来的序列依赖效应与圆分布特征不尽相同，其背后的机制很可能也会与圆分布特征不同”。但是在总讨论部分又提及“本研究发现任务无关的线性特征的也存在明显的序列依赖效应，这一现象与以往圆分布特征研究中发现的任务无关特征的序列依赖效应一致。”。那么相比前人研究作者有什么新的发现，本研究的创新性体现在哪里。

回应:

抱歉因为该部分表述不清引起误解。

背景中所描述的两种特征的序列依赖“不尽相同”是指二者的序列依赖效应的效应方向（吸引或排斥的变化）和效应强度受相邻试次间特征差异的影响不同。而本研究讨论部分所说的“这一现象与以往圆分布特征研究中发现的任务无关特征的序列依赖效应一致。”则是指当线性特征本身作为无关特征时，具有序列依赖效应；而圆分布特征作为无关特征时，也具有序列依赖效应。因此，这两种特征的序列依赖效应在是否受任务相关性的影响这一点比较一致。

至于本研究创新之处，我们发现对于线性分布的特征，先前的无关特征仍具有序列依赖效应，但相比与任务相关特征，任务无关特征的贡献较小。另外，线性特征作为无关特征时仍具有序列依赖效应。同时，结果说明同一客体的不同属性之间在表征时会相互影响，即使是未被要求注意的特征也能够影响被试对当前任务相关特征的表征。首先，这弥补了线性特征是否具有跨特征序列依赖效应的研究空白，其次，不同的基本特征之间相互影响进一步支持了序列依赖效应可以发生在客体水平的假说。这为我们理解知觉加工的复杂性提供了新的视角。

意见 12:

作者在对基于客体的序列依赖效应进行讨论时，应该简要介绍基于客体的序列依赖效应，以便读者更好地理解文章的内容。

回应:

感谢审稿人的建议。为了帮助读者更好地理解文章的内容，我们已在修订稿中补充，简要介绍了客体的概念、基于客体的序列依赖效应等内容。

修改稿行 384- 407:

“本研究发现任务无关的线性特征也存在明显的序列依赖效应，这支持客体水平的序列依赖效应的存在。一般认为，客体是一个由一系列特征整合而成的可数的实体(Adelson & Bergen, 1991; Pascucci et al., 2023)，通常具有时空连续性(Kahneman et al., 1992)。客体档案(Object file)被认为是知觉、注意和工作记忆等信息加工的基本单元。若知觉构建在客体基础上，那么过往知觉经验对当前知觉的影响，是基于客体还是特征水平呢？Collins (2022b)提出了两种理论假设。第一种理论主张序列依赖直接发生在基本的视觉特征水平。如果序列依赖作用发生在低水平的特征加工阶段，预计跨特征的序列依赖效应不会出现。第二种理论认为序列依赖效应可能发生在客体水平。关注一个客体的单一特征，比如颜色，会使得注意力集中，同时该客体的其他特征也会进入注意的焦点，从而提高客体表征的质量和效率(Kahneman et al., 1992; Printzlau et al., 2022; Zhou et al., 2016)。如果该假设成立，预期不同客体间相同特征的序列依赖效应将消失；同时，同一客体的不同特征之间应存在相互影响。基于客体的序列依赖效应在圆分布特征序列依赖效应研究中获得了验证。Liberman 等人(2016)利用客体的时空连续性证明了基于客体的序列依赖效应。具体来说，他们发现只有当光栅以连贯的运动穿过屏幕上的遮挡物，而不是在遮挡物上不连贯移动或静止在遮挡物两侧时，被试对最后一个光栅的朝向知觉才会受前面光栅朝向的影响。Kramer 和 Jacobson (1991)的研

究则发现,相较于在不同客体上的情况,目标和干扰子在同一客体上时,被试搜索到目标的反应速度和准确度更高。Lieberman 等人 (2014)的研究揭示,即便在客体保持不变而其特征发生变化的情况下,例如面部观察角度的改变,仍会引发序列依赖效应。另外,当要求被试判断面孔表情是厌恶还是高兴时,面孔性别的变化被发现能够显著地削弱情绪的序列依赖效应(Collins, 2022b)。此外, Fritsche & de Lange (2019)的研究发现,尽管在判断前一个光栅的大小任务中,相对于朝向判断任务,被试对当前光栅的朝向知觉的序列依赖效应减弱,但仍然显著存在。这说明即使当前任务要求被试选择性注意特定的目标特征(如大小),属于该客体的其他特征(如朝向)并没有因为其与任务无关被完全过滤,而仍然被知觉或者记忆,从而影响对后续刺激的知觉加工。这些研究一致的支持了基于客体的序列依赖现象的存在。”

意见 13:

图的质量比较差,建议用 AI 或 PS 绘制高清图像。

回应:

感谢您指出的问题,通过重新绘图、保存。我们已经将文中图 1 和图 2 均更换为 DPI 为 1000 的图片。以保证图片清晰,细节明确。(见行 184 和行 250)

意见 14:

目前参考文献的格式不符合期刊的要求和规范。

回应:

感谢建议,在此也对于我们的疏忽表示抱歉。在进一步仔细阅读了《心理学报》参考文献著录格式(著者-出版年制)详细要求后,我们对目前参考文献里不符合要求规范的细节进行了修订,特别是“卷号的字体需用斜体”,以及文献顺序等个别细节处进行了修改。已在原文中用红色字体标出。

第二轮

审稿人 1 意见:

我的问题均已得到恰当的答复,建议论文发表。

审稿人 2 意见:

作者对稿件进行了认真的修改,稿件质量有了较大程度的提升。

还有一个有关文章结构的细节问题。一般来说,每个实验的结构安排应该是实验目的(可以包含假设)、方法(一般包括被试、实验材料、仪器设备、实验设计与程序、数据分析方法)、结果、讨论。建议作者修改时区分一下层次。

回应:

感谢审稿人的建议。我们已经对两个实验方法部分的写作进行了调整,以使其更清晰可读。修改稿目前实验方法部分的顺序和层级结构为:在每个实验下 1.实验目的; 2.方法(2.1 被试; 2.2 实验仪器与材料; 2.3.实验设计与流程; 2.4.数据分析); 3.实验结果; 4.讨论。而实验二中由于“数据分析”部分与实验一相同,所以省略了这一小节,只在结果部分进行了简要介绍。(见行 136 -343)。

第三轮

编委意见：本论文借助数量估计和面积估计两个任务，对任务相关性如何影响线性特征的序列依赖效应进行了考察，并对该影响相关的加工机制进行了探究。结果发现，线性分布特征的序列依赖效应受任务相关性及特征本身属性的双重影响。该论文将任务相关性概念引入序列依赖效应的研究中，选题具有一定创新性，所采用的研究方法恰当，获得的研究结论可信。参考外审专家意见进行修改后，本论文已经达到发表要求，建议发表。

主编意见：同意发表。