

超越视觉限制：失象症的跨学科探索*

齐登辉 张得龙

(华南师范大学心理学院, 广州 510631)

摘要 失象症是一种特殊的心理现象,表现为个体无法自主在大脑中生成心理表象。研究者通过 VVIQ 等主观报告方法揭示了失象症现象的存在,并借助双眼竞争范式和脑成像技术探讨了失象症的神经基础。研究发现失象症个体通常采用替代策略,如语言描述等非视觉策略,以弥补表象能力的缺陷。这些策略不仅体现在想象和记忆领域,还在空间能力、元认知和情感体验等方面表现出多样性。深度学习模型的发展不仅推动了认知科学与人工智能的交叉,还为揭示失象症的神经计算机制提供了新途径。未来研究应继续探索失象症的多感官模态与认知多样性,建立新的深度学习模型,模拟失象症的认知模式并探究其神经机制,为揭示大脑信息表征并开发更好的拟人化智能产品提供科学依据。

关键词 失象症, 心理表象, 认知策略, 深度学习

分类号 B842

心理表象(mental imagery)是指在缺乏外部感官刺激时大脑生成或重现感觉体验的认知机制。长期以来,认知心理学围绕心理表象的信息表征格式问题展开了激烈争论(常松等, 2017)。随着人工智能的兴起和发展,这些争论逐渐呈现出新的维度。研究显示,基于物体识别的深度神经网络有助于通过“神经计算”模拟出具体视觉特征,进而卷积出抽象语义特征,成为探讨大脑信息表征的新途径(St-Yves & Naselaris, 2018)。深度神经网络不仅能模拟腹侧视觉通路的层级结构和分布式加工,其不同层级的卷积特征还能在知觉和表象条件下预测大脑腹侧视觉通路不同层级的神经响应(Horikawa & Kamitani, 2017)。通过深度生成网络产生感性形象的过程可以类比大脑的表象过程。与生成网络产生“清晰”的图片不同,大脑表象过程的神经响应模式只能产生“模糊”的图片(感受野更大而空间频率偏向性降低),证实了大脑在视觉层级结构中的表象编码既不同于知觉加工,也不同于深度神经网络的计算模式。

失象症(aphantasia),也称心盲症,是指某些

个体在缺失外界感官输入的情况下,无法自主地在大脑中生成或再现感性形象与感觉体验的特殊心理状态(Zeman et al., 2015)。失象症为我们认识大脑信息表征格式提供了独特视角,可以据此结合深度学习算法探讨表征策略及其对应的认知加工的多样性和复杂性。本文从失象症这一现象出发,介绍个体在缺乏自主视觉表象的条件下采取的认知加工策略,并考察这如何影响到识别、情感、记忆等功能。在此基础上,我们希望能为信息表征格式问题的研究提供新视角,并以此促进认知心理学和人工智能跨学科研究的交流借鉴。

1 失象症的发现

心理表象通常被用来描述在心智中重构感知内容的能力,被形象比喻为“心灵之眼”(Pearson, 2019)。虽然心理表象涉及感知的各个维度,当前研究主要集中在视觉方面,通常视觉表象(visual imagery)涉及的是一种内部模拟视觉感觉经验的过程。

早在古希腊时期,亚里士多德(Aristotle)最早使用概念“幻象”(phantasia)来指称心理表象,并探讨其与认知过程的关系(Cohoe, 2019)。在现代科学视角下, Galton 设计的“早餐桌实验”(breakfast-table test),揭示了人与人之间在心理表象方面的

收稿日期: 2024-02-25

* 国家自然科学基金资助项目(31600907)。

通信作者: 张得龙, E-mail: delong.zhang@m.scnu.edu.cn

差异性(Galton, 1880), 该任务通过回忆早餐桌上的各种细节, 首次对视觉表象进行了研究; 随后 Marks 基于视觉表象的清晰度, 开发出相应量化测试工具——视觉表象清晰度问卷(Vividness of Visual Imagery Questionnaire, VVIQ) (Marks, 1973)。在 2010 年, Zeman 等人(2010)报告了一个病例 M.X., 该病例在经历了冠状动脉手术后失去了视觉想象能力, Zeman 将这种失去想象能力的现象命名为“想象盲”(blind imagination)。此后又借助亚里士多德的“幻象”概念命名该现象为“失象症”, 并进一步区分了失象症的两种类型: 先天性失象症(Congenital aphantasia), 即个体由于遗传因素导致无法进行视觉表象; 获得性失象症(Acquired aphantasia), 主要由一些后天因素如中风或头部创伤导致视觉表象缺失(Zeman et al., 2015)。

先天性失象症被认为是罕见的神经发育症状, 类似色盲, 通常不会给个体的日常生活带来显著影响, 因此不属于精神障碍范畴(Monzel et al., 2023; Zeman et al., 2020)。获得性失象症, 除了可能源自脑部损伤之外, 也可能与情绪变化相关联(Bartolomeo et al., 2002; De Vito & Bartolomeo, 2016; Moro et al., 2008)。另据 Zeman (2020)的建议, 根据产生原因可以将获得性失象症进一步划分为神经性失象症(Neurological aphantasia)和心因性失象症(Psychogenic aphantasia)。失象症现象的存在为认知心理学研究视觉表象的个体差异提供了新的途径, 为人类大脑信息表征可以构成从具体形象到抽象语义的连续体提供了新证据(Pearson, 2019)。而且, 对失象症的认知与情绪等方面的研究可以进一步促进我们对信息表征与脑功能的关系的认识。

2 失象症的研究方法

VVIQ 问卷(Marks, 1973)是目前评估失象症的主要工具之一。该问卷通过五级李克特量表对心理表象清晰度进行自我评估, 共包含 16 个项目。根据问卷评分, 当被试得分低于特定阈值(23 分或 32 分)时可能被判定为失象症(Dance et al., 2022; Keogh & Pearson, 2018; Zeman et al., 2020)。由于评定标准与阈值存在争议, 失象症的流行率尚无定论, 一般认为在 2%~5%之间(Dance et al., 2022; Faw, 2009; Zeman et al., 2020)。大部分的研究倾向于将失象症局限于自主的视觉表象缺失,

但也有研究指出其他感觉表象(sensory imagery), 如触觉(touch)、听觉(auditory)和嗅觉(olfactory)表象等也都有不同程度的缺失或减少(Dance, Ward, & Simner, 2021; Dawes et al., 2020; Hinwar & Lambert, 2021; Takahashi et al., 2023)。除此之外, 部分失象症个体报告称, 部分的非自主表象(involuntary imagery) (非意志努力所产生的表象, 如由阅读触发的表象、侵入性图像、伪幻觉和残像)似乎同样受到影响(Krempel & Monzel, 2024), 这揭示了失象症可能涉及更广泛的认知功能。Dawes 等人(2020)认为失象症可能存在多个不同子类型, 因而如 VVIQ、早餐桌实验和自我认定量表(self-identification)等基于主观报告的方法可能不足以全面评估各类型的失象症(Monzel et al., 2021; Takahashi et al., 2023)。

由于依赖被试主观报告的方法有其局限性(刘鸣, 2004), Pearson 等人(2015)提出了一种新的考察表象强度与精确性的方法, 即从“视觉能”(visual energy)的角度出发, 衡量先前视觉刺激对随后感知的影响程度。在视知觉与视觉表象机能等价的前提下, 启动现象意味着在原视觉任务中的表现也可能在表象条件下出现, 因此考量视觉表象内容影响后续的知觉程度, 可以作为表象的强度与精确性的依据(叶晓燕 等, 2018)。对此, Keogh 和 Pearson (2018)采用双眼竞争范式作为客观测试表象强度的方法, 该方法通过利用视觉表象对随后双眼竞争模式的影响, 来检测视觉表象的内容, 确认失象症个体确实缺乏视觉表象, 而非非单纯元认知差异(Nanay, 2021)。

脑成像技术在表象的量化研究中逐渐被研究者关注(张得龙 等, 2014), 为视觉表象的个体差异研究提供了新的实验证据(常松 等, 2017; 叶晓燕 等, 2018)。通过脑成像, 研究发现大脑初级视觉皮层(V1)表面积大小与表象有关(Bergmann et al., 2016), 并存在明显的个体差异(Pearson, 2019)。结合双眼竞争范式, 研究发现 V1 和 V2 的表面积大小与表象强度呈负相关(Bergmann et al., 2016)。也就是说, 个体初级视觉皮层越小, 表象能力越强。而且, 双眼竞争可以测量表象的精度, 研究发现表象的精度与 V1 表面积的大小呈正相关, 这与视觉感知类似(Pearson, 2019), 这一现象表明当表象变得更生动时也变得不精准了。此外, 有研究发现表象强度与大脑皮层的兴奋性有关

(Keogh et al., 2020), 失象症个体在表象任务中枕叶区域的活跃度降低, 而额叶区域相应增加(Zeman et al., 2010)。Milton 等人(2021)进一步指出, 这种脑皮层活动的变化以及额顶叶区域与枕叶区域之间连通性的减少都与表象的弱化相关; 也有学者的研究表明失象症个体在表象与知觉任务中具有不同于一般人群的大脑激活模式(Meng et al., 2023; Monzel et al., 2021)。除了上述主要技术和方法外, 还有其他研究手段可以确认失象症的真实性, 如 Kay 等人(2022)发现失象症个体的瞳孔反应强度和视觉表象的生动程度存在显著相关, Zhao 等人(2022)利用心理旋转任务和脑电研究发现失象症个体在特定脑电成分上表现出显著差异等。

综上, VVIQ 等传统基于主观报告的评估方法开启了我们对于失象症的认识, 而认知神经科学等技术手段与认知范式对失象症客观量化的探索, 进一步加深了我们对其神经基础的认识。

3 失象症的替代认知策略

对于大多数人来说, 视觉表象是意识体验中的典型特征, 也是最常见的意识内容, 甚至比直接的感官意识更频繁(Pearson, 2019)。而失象症现象的存在为我们进一步理解意识体验背后的信息加工及其相应的认知加工过程提供了新视角。

尽管失象症个体在没有外部视觉输入时无法自主生成视觉表象, 但多数研究表明他们的颜色、形状、位置等视知觉能力并未受影响(Bainbridge et al., 2021; Liu & Bartolomeo, 2023; Pounder et al., 2022; Zeman et al., 2010)。当然也有研究者指出先天性失象症个体在图像处理 and 感知任务上可能反应较慢(Crowder, 2018)。根据双重编码理论, 失象症个体或许采用了非视觉策略来存储和回溯视觉信息, 因此不能同时对视觉和语义信息进行加工而导致处理效率下降(Monzel et al., 2022)。此外, 有研究表明失象症个体对人工诱导的伪幻觉(Pseudo Hallucination)响应较弱, 与真实幻觉体验不同, 伪幻觉意识到的体验并不是真实的, 并与病理性或认知功能变化无关联, 通常由“Ganzflicker”(一种有节奏的闪烁)所诱发(Königsmark et al., 2021), 暗示着失象症个体可能使用替代策略(alternative strategy)处理视觉等知觉信息。然而, 在一些特别的视觉加工方面, 如面

部识别, 一些失象症个体存在明显的困难, 则被认为可能与面部失认症(prosopagnosia)有关(Milton et al., 2021; Zeman et al., 2015, 2020)。

替代策略最早是由 Zeman 等人(2010)提出, 他在研究中发现后天获得性失象症的受试者在执行表象任务时激活了大脑言语记忆网络, 并据此提出了一种可能性替代认知方式。目前, 研究者通常使用“替代策略”称失象症个体在表象任务中表现出对更多的语言描述等非视觉策略的使用。如 Bainbridge 等人(2021)在一项表象任务中发现失象症个体的客体记忆表现出明显的视觉细节减少, 却保留了相对精确的空间相对位置, 同时伴随语言脚手架(Language scaffolding)的增多; Keogh 等人(2021)在一项联想任务中, 发现失象症个体会产生更多的抽象的语言联想。除此之外, 也有研究者在工作记忆的研究中发现, 失象症个体会运用一些口语、符号、空间关系进行信息编码(Jacobs et al., 2018)。同样, 在视觉表象的注意力引导能力上, Monzel 等人(2021)认为失象症个体采用了跨模态的代偿性非视觉替代策略来弥补。

替代策略的使用确保失象症个体即使无法生成传统意义上的视觉表象, 但仍可能拥有丰富的想象力, 这在一定程度上表明想象力并不完全依赖于视觉表象(Zeman et al., 2016, 2020)。这一事实从侧面验证了想象力涵盖其他非感官层面, 如信念、构思和假设等维度(Arcangeli, 2023)。因此, 即使缺少典型的表象过程, 失象症个体依然可以通过其他模式参与创新和想象活动。确实, 在生活中失象症群体中涌现了大量不乏成就卓著的人士, 如遗传学家 Craig Venter、神经学家 Oliver Sacks 和创业者 Blake Ross 等(Arcangeli, 2023; Zeman et al., 2020)。

除了想象力, 早期研究发现, 失象症个体在短时记忆任务中的表现正常, 即使在一些复杂的长时记忆评估, 如雷-奥斯特里斯复杂图形测试(Rey-Osterrieth complex figure test), 失象症个体的表现也并不逊色。这些发现可能表明他们运用了替代策略来管理记忆内容(Milton et al., 2021; Palermo et al., 2022; Zeman et al., 2010)。但也有研究者认为失象症不仅影响视觉信息的回忆, 还涉及语言和视觉形式的短时及长时记忆(Dawes et al., 2020; Monzel et al., 2021), 尤其是在客体记忆方面。尽管失象症个体更倾向采用语言描述来

弥补视觉细节加工的缺陷,但仍存在一定程度的选择性损伤(Bainbridge et al., 2021)。

在工作记忆方面,失象症个体在简单工作记忆任务中没有表现出显著异常,但在复杂的视觉工作记忆任务中存在困难,意味着当处理更大的视觉信息量时,失象症个体即使采用替代策略补偿视觉表象的缺陷仍有其局限(Jacobs et al., 2018; Keogh et al., 2021; Pounder et al., 2021)。

Pearson (2019)研究认为,涉及对过去事件进行回顾性记忆以及对将来事件进行的前瞻记忆都依赖于大脑中相同的功能网络,并且依赖视觉表象。因此,失象症个体由于缺乏视觉表象或许会影响记忆能力(Dawes et al., 2020; Palermo et al., 2022; Zeman et al., 2020)。并且根据场景建构理论,自传体记忆与视觉表象共享神经机制并依赖视觉表象,因此有研究发现失象症个体在自传体记忆能力上也同样存在一定程度的损伤(Dawes et al., 2022; Milton et al., 2021; Watkins, 2018; Zeman et al., 2015)。

综上,替代策略的使用可以在一定程度上弥补想象力与记忆方面带来的缺陷,虽然目前的研究尚未指出其明确的神经机制,但是通过失象症替代策略的研究可以进一步探讨大脑认知加工过程的复杂性和多样性。

4 失象症的认知多样性

除了在想象和记忆方面外,失象症替代认知策略在其他认知领域,如空间能力、元认知、情感体验、梦境、创造性表现与联觉等,也展示出了认知加工模式的多样性。

当考量空间能力与方向感时,失象症并没有表现出空间表象(spatial imagery)的缺失,某些失象症个体在心理旋转等空间任务中甚至表现更出色(Bainbridge et al., 2021; Dawes et al., 2020; Keogh & Pearson, 2018; Zeman et al., 2020),这支持了空间表象与客体表象存在独立神经通路的观点(Dawes et al., 2020; Keogh & Pearson 2021; Zhao et al., 2022)。有研究发现,失象症个体在视觉场景重建等任务中存在困难,特别是在记忆颜色和细节方面,但他们在识别物体的空间相对位置以及进行高精度空间表征方面的表现并不逊色(Bainbridge et al., 2021),这表明即使在缺少视觉表象的条件下,失象症个体依然具有一定程度的

空间认知能力。另外,虽然导航能力与场景视觉表象相关,但显然失象症个体的空间能力并不受视觉表象缺失的影响(Palermo et al., 2022)。

在元认知水平上,失象症个体的自我洞察能力存在明显的异质性。尽管早期研究曾主张失象症源自元认知及情绪功能而非神经系统障碍(De Vito & Bartolomeo, 2016),但 Keogh 和 Pearson (2018)通过双眼竞争实验反驳了这一观点。并且 Dance 等人(2022)的研究确认使用 VVIQ 进行自评是可靠的,说明失象症个体在元认知评估上基本准确。另一方面, Jacobs 等人(2018)与 Liu 和 Bartolomeo (2023)发现了失象症个体在元认知洞察力方面的缺陷,表明在某些情况下失象症个体的元认知准确性可能会存在缺陷。这些结果揭示了失象症对心理功能和认知能力存在复杂的多维度影响。

值得注意的是,研究发现在涉及情感表象的任务中,失象症个体表现出较弱的情绪反应(Wicken et al., 2021),这可能导致他们对恐惧场景的生理反应减轻,从而降低整体情感体验的生动性(Dawes et al., 2020)。在梦境体验方面,大多数失象症个体报告能够做梦,但梦中的视觉细节与感觉体验相对比较贫乏;也有个体报告称梦中的细节十分丰富,造成这种个体差异可能源于失象症个体在意识状态下无法体验到自主回忆的表象,仅保留了如做梦形式的非自主表象(Dawes et al., 2020; Milton et al., 2021; Zeman et al., 2015, 2020)。这些发现可能表明做梦与无意识感知的自动模拟所依赖的神经机制与自主视觉表象的有意识模拟之间存在分离,做梦所涉及的是由脑干引发的自下而上过程,而视觉表象通常与额叶皮层控制网络主导的自上而下过程有关(Dijkstra et al., 2019; Krempel & Monzel, 2024; Zeman et al., 2020)。

在创造力和发散思维方面,尽管有研究发现失象症个体可能存在困难(Wittmann & Satirer, 2022; Zeman et al., 2020),但他们仍可通过语言联想来完成创造性任务,并保持一定的水平,尽管在一些特定情况下或存在信心下降的问题(Wittmann & Satirer, 2022)。同时,联觉(Synaesthesia)作为一种感觉混合的加工过程,如听音乐可以触发声音—颜色联觉者对颜色的体验或声音—味觉联觉者对嘴里味道的体验,一般认为具有联觉的

个体通常具有更生动的心理表象(Barnett & Newell, 2008), 但 Zeman 等人(2020)与 Dance, Jaquierey 等人(2021)的研究发现失象症个体在联觉体验上呈现出非典型特征, 表明联觉能力可能以一种特殊形式存在于这类群体中。

以上发现不仅拓展了我们对心理表象与知觉体验之间关系的认识, 而且表明进一步研究失象症与其他非视觉策略之间关系的重要性。正如 Zeman 等人(2016)与 Brons (2019)提出了研究者经常忽略的一点: 并非所有人都使用完全相同的思维方式。了解失象症的认知多样性, 可以帮助该群体更加深入的了解自身特征, 产生良性认知。研究也表明失象症并非一种精神障碍, 而是人类神经发育的一类特殊症状, 失象症的认知多样性现象不仅揭示了人类大脑功能的适应性特征, 还为人工智能领域制造更“类人”的产品提供借鉴。

5 深度学习在失象症研究中的应用

5.1 认知科学与人工智能的交叉促进

传统上, 智能的定义在很大程度上是基于高级生物体的能力, 尤其是人类。因此, 人工智能的研究主要集中在创造可以感知、学习和推理的机器上, 其最终目标是创造出一种能够模仿人类智能的人工通用智能系统(Macpherson et al., 2021)。鉴于此, 人工智能的发展与探讨大脑结构和功能的认知神经科学相互借鉴、相互启发就不足为奇了。人们尝试对神经元的信息处理机制进行人工建模, 早期感知器的发展是一个标志性事件。人工神经网络的发展经历了一段不顺利的时期, 直到多层神经网络的发展以及反向传播算法的普及, 解决了早期感知器的许多限制, 直至今日反向传播仍被广泛用于训练深度神经网络(Lillicrap et al., 2020; Richards et al., 2019), 并与强化学习方法结合, 创建了能够在基于策略的先进学习系统, 如国际象棋、围棋等(Silver et al., 2018)等。尽管人工智能受神经科学的启发, 例如, 已有研究提出大脑中可能存在反向传播的近似实现, 但其生物合理性仍不明确(Lillicrap et al., 2020; Whittington & Bogacz, 2019)。

生物合理的人工智能的一个主要优势是它有助于理解与模拟大脑中的信息处理。在过去的十年中, 研究者已经提出了几种生物合理的反向传

播替代方案, 例如, 预测编码(Millidge et al., 2022), 以及能够近似模拟神经元之间的随机电位基通信的尖峰神经网络等(Burkhardt et al., 2023)。而人工智能的发展反过来又促进了我们对大脑信息加工的认识, 例如针对视觉处理的以目标驱动的深度学习模型, 已被用来估计大脑视觉系统的组织属性, 并准确预测了神经活动模式(Yamins & DiCarlo, 2016)。研究发现, 被训练来执行视觉任务的神经网络, 通常会获得与执行相同任务时所需的大脑视觉系统区域相似的表征(Nonaka et al., 2021; Yamins & DiCarlo, 2016)。

为了更好地量化人工智能模型有多“类脑”, 研究者用 Brain-Score (BS) (Schrimpf et al., 2018)和 Brain-Hierarchy (BH)得分(Nonaka et al., 2021)两个指标来评估人工智能模型与人类视觉系统之间功能相似性。具体来说, BS 衡量模型预测大脑活动和行为的能力, 而 BH 旨在评估神经网络与大脑中不同层级/区域之间的层级同源性(Nonaka et al., 2021; Schrimpf et al., 2018)。值得注意的是, 在评估几个常用的人工智能视觉处理模型时发现, BS 与图像识别精度呈正相关(即, 类脑神经网络的表现更好), 但当使用 BH 进行评估时结果却相反(Nonaka et al., 2021; Schrimpf et al., 2018)。这表明, 如果我们打算使用 AI 系统来建模或试图提升我们对大脑内视觉处理的理解, 那么继续增加人工智能模型与大脑内对应系统的结构和功能相似性, 以及加强衡量此种相似性的指标方面的能力则非常重要。不可否认, 实现人工智能模型和生物系统信息加工的交互是探讨两者关系更为直接的途径, 例如, 已有研究发现利用一个神经网络设计的精确的视觉图案, 可以直接投射到灵长类动物的视网膜上, 准确控制腹侧流(V4 区域)单个或一组神经元的活动(Bashivan et al., 2019)。多年来, 大脑功能理论在认知科学家的指导下得到了发展。研究者探讨了卷积神经网络和认知模型之间的关系, 例如, 卷积神经网络在视觉处理方面的设计, 部分是受计算认知模型的启发, 这些模型包含了非线性特征图和输入汇合等原则, 而这些原则本身源自动物神经生理学的研究发现(Battleday et al., 2021)。反过来, 神经网络被用来指导新的认知模型, 涉及感知、记忆和语言, 从而引起了认知科学内的联接主义运动(Yamins & DiCarlo, 2016)。

5.2 失象症的神经计算机制

失象症现象对认识大脑的信息加工机制提供了新视角。根据模拟理论, 感知在一定程度上是模仿: “感觉(自下而上的感官输入)所扮演的角色是限制这种(模拟的)表征的配置和优化”(Grush, 2004)。这与知觉的预测编码模型非常吻合, 即知觉是通过将自上而下的预测与自下而上的感官输入进行比较而产生的(Bastos et al., 2012)。模拟理论认为表象涉及一种模拟形式, 其不仅模拟了内容/刺激, 而且感知内容的过程也被模拟了(Moulton & Kosslyn, 2009)。失象症的研究表明, 那些缺乏自主表象能力的参与者, 其认知加工是正常的(Keogh & Pearson, 2018)。同样, 失象症个体没有报告任何知觉缺陷, 这表明模拟本身没有问题。但是失象症个体缺乏表象启动效应(Keogh & Pearson, 2018), 也报告存在非自主的表象(Zeman et al., 2015)。这表明表象提供了一种预测感官刺激的方法(Grush, 2004; Moulton & Kosslyn, 2009)。

借助深度生成网络可以进一步模拟大脑自上而下的表象生成机制, 证实了在生成网络中可以从抽象特征中“反向推导”出具体的视觉刺激特征, 但在高级皮层(如 V4 和顶下小叶), 知觉与表象的激活均具有相对较低的空间频率偏好和较大的中央感受野。而与知觉相比, 在表象中视觉区域 V1-V3 的激活似乎继承了 V4 的编码属性, 这为揭示知觉和表象的大脑激活编码提供了新途径(Breedlove et al., 2020)。Breedlove 等人将人类大脑中的心理表象建模为一个分层生成网络中的反馈, 层次网络结构通过从高层次的抽象表征到低层次视觉特征的填充来合成图像。研究假设当较高的处理水平(抽象)对刺激变化的敏感性不如较低的处理水平(具体)时, 人类大脑低级视觉区域的激活对变异的编码在知觉中应该比在表象中精准。研究借助表象编码模型准确地预测了大脑对表象的反应, 证实了在低水平视觉区域, 个体体素的想象的空间频率相对于看到的空间频率降低, 想象空间的感受域大于视觉空间。这些发现揭示了视觉和心理表象的不同编码方式, 即随着网络层次的升高, 空间频率偏好逐渐减少, 感受域变得越来越大(DiCarlo et al., 2012)。这一结果也表明, 可以将心理表象与生成网络的计算能力联系起来, 意味着失象症现象的神经基础也可以通过神经计算来模拟。

实际上, 已有研究为表象和深度生成网络之

间存在可类比关系提供了证据(Spratling, 2016)。表象的“反向视觉”模型认为, 表象是感觉-记忆回忆(Pearson, 2019)的一种形式。在这个模型下, 高级视觉或记忆区域的活动是视觉皮层的有效输入来源。预测编码的相关研究已经表明视觉环境结构的知识可以与上下文信息相结合, 以表征被遮挡场景(Muckli et al., 2015)和错觉轮廓的视觉结构(De Haas & Schwarzkopf, 2018)。高度结构化的表征可以独立于视网膜输入出现(Vetter et al., 2014), 即使没有可以看到的东西存在, 视觉系统也能够一致地对视觉环境进行推理。Sulfaro 等人(2023)模拟灵长类动物的视觉系统, 构建了一个分层系统的计算模型, 该模型具有双向信息流的连续连接特征。使用这一模型将心理表象模拟为自上而下的生成反馈, 在没有自下而上的感官输入的竞争情况下, 想象刺激在每个层次上形成了主导表征。然而, 当相互竞争的感官输入存在时, 想象刺激在较低水平上被击败, 而在较高水平上保持主导地位, 在两者之间有一个平衡点。这一发现可能表明低水平、高维的刺激信息(如早期视觉皮层)对知觉经验的感觉方面贡献最大, 而高水平、低维的刺激信息(如时间区域)对知觉经验的抽象、模态方面贡献最大。这一研究为探索视觉表象个体差异的认知神经机制提供了新的思路, 同时也为我们从神经计算的角度理解失象症, 进而理解人类大脑的信息表征格式及其与脑功能的关系提供了新的视角。

6 结语与展望

随着认知心理学与人工智能之间交流对话的日益加深, 本文揭示了失象症现象如何为这一跨学科交流提供了新视角。通过系统梳理失象症个体在视觉表象缺失情况下的信息处理、空间定位、记忆构建、情感体验和梦境生成的过程, 本文加深了我们对大脑信息处理和认知策略的认识, 丰富了对心理功能多样性的理解。

6.1 深入探索失象症: 多感官模态与认知多样性

目前, 大多数研究集中在视觉表象上, 但为了全面了解失象症的认知多样性, 未来的研究应扩展至多感官模态。失象症不仅影响视觉表象, 还可能影响听觉、触觉和其他感官的表象能力(Dance, Ward & Simner, 2021; Dawes et al., 2020; Hinwar & Lambert, 2021)。研究这些方面的多样性,

可以帮助我们更全面地理解视觉表征的极端现象。例如,通过调查失象症个体在内心乐曲(听觉表象)和物体触感(触觉表象)上的表现,研究者可以揭示失象症在不同感官通道上的一致性和差异性。这种多模态表征研究不仅有助于丰富对失象症的理解,也为制定个性化的认知干预策略提供科学依据。

此外,未来的研究还应关注失象症个体在不同类型表象下的认知策略。研究现多局限于自主视觉表象,其他如梦境生成等无意识表象,侵入式的非自主表象,以及跨模态引发的联觉表象形式同样重要(Krempel & Monzel, 2024; Takahashi et al., 2023)。研究这些不同类型的表象,可以揭示失象症在各种认知任务中的表现特点和策略,从而为理解人类认知的多样性提供新的视角。

6.2 建立新的学习模型:探究视觉表征的机制

借助认知科学和人工智能模型,未来的研究可以建立新的学习模型,深入探究视觉表征的机制。通过构建模拟失象症的人工神经网络模型,研究者可以探索不同表征策略对认知任务的影响,揭示失象症个体在信息处理和记忆构建上的独特策略。例如,借鉴 Sulfaro 等人(2023)利用所构建的分层系统的计算模型,模拟了视觉表征与感知之间的神经计算关系,研究者可以利用卷积神经网络(CNN)在不同卷积层中分配的权重生成可行的新模型,模拟失象症个体在视觉表象生成上的困难,从而揭示他们在信息处理上的独特策略。

这种结合不仅能加深对失象症的理解,还能为人工智能系统的设计提供启示,帮助构建更具适应性和灵活性的智能系统。通过模拟和分析失象症个体的认知策略,研究者可以开发出更多类型的AI模型,从而提高人工智能系统在复杂环境下的表现和用户体验。

6.3 建立更好的拟人化智能产品:提升人工智能用户体验

未来的研究还应关注失象症研究成果在人工智能产品中的应用,通过结合失象症个体的认知策略,开发更好的拟人化智能产品。例如,基于失象症个体在信息处理和记忆构建上的独特策略,设计个性化的学习辅助工具和认知训练应用。这些工具可以帮助用户更好地理解和记忆学习内容,提高学习效率和效果。在产品设计和开发中充分考虑个体差异,确保产品具有可访问性和包容

性。这包括了解用户群体的认知差异,以更好地满足其需求。理解认知差异并在产品设计中综合考虑这些差异,有助于使AI产品更贴合用户的个体需求,提高用户体验和产品的可用性(Kunda, 2018)。

总之,通过深入探索失象症的多感官模态、建立新的学习模型和开发更好的拟人化智能产品,未来的研究将进一步揭示大脑信息表征的奥秘,为认知科学、神经科学和人工智能的交叉研究提供新的思路和方法。这些研究不仅有助于深化对失象症与视觉表象的理解,还将为人类的自我认识提供科学参考。

参考文献

- 常松, 张得龙, 潘京花, 梁碧珊, 黄瑞旺, 刘鸣. (2017). 初级视觉皮层在表象表征方式研究中的作用. *心理科学*, 40(2), 335-340. <https://doi.org/10.16719/j.cnki.1671-6981.20170213>
- 刘鸣. (2004). 表象研究方法论. *心理科学*, 27(2), 258-260. <https://doi.org/10.16719/j.cnki.1671-6981.2004.02.001>
- 叶晓燕, 张得龙, 常松, 刘鸣. (2018). 视觉表象个体差异及其神经基础. *心理科学进展*, 26(7), 1186-1192. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2018.01186>
- 张得龙, 梁碧珊, 文学, 黄瑞旺, 刘鸣. (2014). 视觉表象可视化——视觉表象研究的新途径. *心理科学*, 37(3), 573-580. <https://doi.org/10.16719/j.cnki.1671-6981.2014.03.014>
- Arcangeli, M. (2023). Aphantasia demystified. *Synthese*, 201(2), 31. <https://doi.org/10.1007/s11229-022-04027-9>
- Bainbridge, W. A., Pounder, Z., Eardley, A. F., & Baker, C. I. (2021). Quantifying aphantasia through drawing: Those without visual imagery show deficits in object but not spatial memory. *Cortex*, 135, 159-172. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.11.014>
- Barnett, K. J., & Newell, F. N. (2008). Synaesthesia is associated with enhanced, self-rated visual imagery. *Consciousness and Cognition*, 17(3), 1032-1039. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2007.05.011>
- Bartolomeo, P., Bachoud-Lévi, A. C., Chokron, S., & Degos, J. D. (2002). Visually- and motor-based knowledge of letters: Evidence from a pure alexic patient. *Neuropsychologia*, 40(8), 1363-1371. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(01\)00209-3](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(01)00209-3)
- Bashivan, P., Kar, K., & DiCarlo, J. J. (2019). Neural population control via deep image synthesis. *Science*, 364(6439), eaav9436. <https://doi.org/10.1126/science.aav9436>
- Bastos, A. M., Usrey, W. M., Adams, R. A., Mangun, G. R., Fries, P., & Friston, K. J. (2012). Canonical microcircuits for predictive coding. *Neuron*, 76(4), 695-711. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.10.038>
- Battleday, R. M., Peterson, J. C., & Griffiths, T. L. (2021). From convolutional neural networks to models of higher-

- level cognition (and back again). *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1505(1), 55–78. <https://doi.org/10.1111/nyas.14593>
- Bergmann, J., Genç, E., Kohler, A., Singer, W., & Pearson, J. (2016). Smaller primary visual cortex is associated with stronger, but less precise mental imagery. *Cerebral Cortex*, 26(9), 3838–3850. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhv186>
- Breedlove, J. L., St-Yves, G., Olman, C. A., & Naselaris, T. (2020). Generative feedback explains distinct brain activity codes for seen and mental images. *Current Biology*, 30(12), 2211–2224. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.04.014>
- Brons, L. (2019). Aphantasia, SDAM, and episodic memory. *Annals of the Japan Association for Philosophy of Science*, 28(0), 9–32. https://doi.org/10.4288/jafpos.28.0_9
- Burkhardt, M., Bergelt, J., Gönner, L., Dinkelbach, H. Ü., Beuth, F., Schwarz, A., ... Hamker, F. H. (2023). A large-scale neurocomputational model of spatial cognition integrating memory with vision. *Neural Networks*, 167, 473–488. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2023.08.034>
- Cohoe, C. (2019). Aristotle, de anima: Translation, introduction, and commentary. *The Philosophical Quarterly*, 69(274), 192–193. <https://doi.org/10.1093/pq/pqy001>
- Crowder, A. (2018). *Differences in spatial visualization ability and vividness of spatial imagery between people with and without aphantasia* (Unpublished doctoral dissertation). Virginia Commonwealth University.
- Dance, C. J., Ipser, A., & Simner, J. (2022). The prevalence of aphantasia (imagery weakness) in the general population. *Consciousness and Cognition*, 97, 103243. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2021.103243>
- Dance, C. J., Jaquiere, M., Eagleman, D. M., Porteous, D., Zeman, A., & Simner, J. (2021). What is the relationship between aphantasia, synaesthesia and autism? *Consciousness and Cognition*, 89, 103087. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2021.103087>
- Dance, C. J., Ward, J., & Simner, J. (2021). What is the link between mental imagery and sensory sensitivity? Insights from aphantasia. *Perception*, 50(9), 757–782. <https://doi.org/10.1177/03010066211042186>
- Dawes, A. J., Keogh, R., Andrillon, T., & Pearson, J. (2020). A cognitive profile of multi-sensory imagery, memory and dreaming in aphantasia. *Scientific Reports*, 10(1), 10022. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65705-7>
- Dawes, A. J., Keogh, R., Robuck, S., & Pearson, J. (2022). Memories with a blind mind: Remembering the past and imagining the future with aphantasia. *Cognition*, 227, 105192. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2022.105192>
- De Haas, B., & Schwarzkopf, D. S. (2018). Spatially selective responses to Kanizsa and occlusion stimuli in human visual cortex. *Scientific Reports*, 8(1), 611. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-19121-z>
- De Vito, S., & Bartolomeo, P. (2016). Refusing to imagine? On the possibility of psychogenic aphantasia. A commentary on Zeman et al. (2015). *Cortex*, 74, 334–335. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.06.013>
- DiCarlo, J. J., Zoccolan, D., & Rust, N. C. (2012). How does the brain solve visual object recognition? *Neuron*, 73(3), 415–434. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.01.010>
- Dijkstra, N., Bosch, S. E., & Van Gerven, M. A. J. (2019). Shared neural mechanisms of visual perception and imagery. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(5), 423–434. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.02.004>
- Faw, B. (2009). Conflicting intuitions may be based on differing abilities: Evidence from mental imaging research. *Journal of Consciousness Studies*, 16(4), 45–68.
- Galton, F. (1880). Visualised numerals. *Nature*, 21(533), 252–256. <https://doi.org/10.1038/021252a0>
- Grush, R. (2004). The emulation theory of representation: Motor control, imagery, and perception. *Behavioral and Brain Sciences*, 27(3), 377–396. <https://doi.org/10.1017/S0140525X04000093>
- Hinwar, R. P., & Lambert, A. J. (2021). Anauralia: The silent mind and its association with aphantasia. *Frontiers in Psychology*, 12, 744213. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.744213>
- Horikawa, T., & Kamitani, Y. (2017). Generic decoding of seen and imagined objects using hierarchical visual features. *Nature Communications*, 8(1), 15037. <https://doi.org/10.1038/ncomms15037>
- Jacobs, C., Schwarzkopf, D. S., & Silvanto, J. (2018). Visual working memory performance in aphantasia. *Cortex*, 105, 61–73. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.10.014>
- Kay, L., Keogh, R., Andrillon, T., & Pearson, J. (2022). The pupillary light response as a physiological index of aphantasia, sensory and phenomenological imagery strength. *eLife*, 11, e72484. <https://doi.org/10.7554/eLife.72484>
- Keogh, R., Bergmann, J., & Pearson, J. (2020). Cortical excitability controls the strength of mental imagery. *eLife*, 9, e50232. <https://doi.org/10.7554/eLife.50232>
- Keogh, R., & Pearson, J. (2018). The blind mind: No sensory visual imagery in aphantasia. *Cortex*, 105, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.10.012>
- Keogh, R., & Pearson, J. (2021). Attention driven phantom vision: Measuring the sensory strength of attentional templates and their relation to visual mental imagery and aphantasia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 376(1817), 20190688. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0688>
- Keogh, R., Wicken, M., & Pearson, J. (2021). Visual working memory in aphantasia: Retained accuracy and capacity with a different strategy. *Cortex*, 143, 237–253. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2021.07.012>
- Königsmark, V. T., Bergmann, J., & Reeder, R. R. (2021). The Ganzflicker experience: High probability of seeing vivid and complex pseudo-hallucinations with imagery but not aphantasia. *Cortex*, 141, 522–534. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2021.05.007>
- Krempel, R., & Monzel, M. (2024). Aphantasia and involuntary imagery. *Consciousness and Cognition*, 120, 103679. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2024.103679>

- Kunda, M. (2018). Visual mental imagery: A view from artificial intelligence. *Cortex*, 105, 155–172. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.01.022>
- Lillicrap, T. P., Santoro, A., Marris, L., Akerman, C. J., & Hinton, G. (2020). Backpropagation and the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 21(6), 335–346. <https://doi.org/10.1038/s41583-020-0277-3>
- Liu, J., & Bartolomeo, P. (2023). Probing the unimaginable: The impact of aphantasia on distinct domains of visual mental imagery and visual perception. *Cortex*, 166, 338–347. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2023.06.003>
- Macpherson, T., Churchland, A., Sejnowski, T., DiCarlo, J., Kamitani, Y., Takahashi, H., & Hikida, T. (2021). Natural and Artificial Intelligence: A brief introduction to the interplay between AI and neuroscience research. *Neural Networks*, 144, 603–613. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2021.09.018>
- Marks, D. F. (1973). Visual imagery differences in the recall of pictures. *British Journal of Psychology*, 64(1), 17–24. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1973.tb01322.x>
- Meng, M., Chang, S., Zhang, X., & Pearson, J. (2023). Imageless imagery in aphantasia: Decoding non-sensory imagery in aphantasia. *Research Square*. Advance online publication. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3162223/v1>
- Millidge, B., Tschantz, A., & Buckley, C. L. (2022). Predictive coding approximates backprop along arbitrary computation graphs. *Neural Computation*, 34(6), 1329–1368. https://doi.org/10.1162/neco_a_01497
- Milton, F., Fulford, J., Dance, C., Gaddum, J., Heuerman-Williamson, B., Jones, K., ... Zeman, A. (2021). Behavioral and neural signatures of visual imagery vividness extremes: Aphantasia versus hyperphantasia. *Cerebral Cortex Communications*, 2(2), tgab035. <https://doi.org/10.1093/texcom/tgab035>
- Monzel, M., Keidel, K., & Reuter, M. (2021). Imagine, and you will find – Lack of attentional guidance through visual imagery in aphantasics. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 83(6), 2486–2497. <https://doi.org/10.3758/s13414-021-02307-z>
- Monzel, M., Vetterlein, A., & Reuter, M. (2022). Memory deficits in aphantasics are not restricted to autobiographical memory – Perspectives from the Dual Coding Approach. *Journal of Neuropsychology*, 16(2), 444–461. <https://doi.org/10.1111/jnp.12265>
- Monzel, M., Vetterlein, A., & Reuter, M. (2023). No general pathological significance of aphantasia: An evaluation based on criteria for mental disorders. *Scandinavian Journal of Psychology*, 64(3), 314–324. <https://doi.org/10.1111/sjop.12887>
- Moro, V., Berlucchi, G., Lerch, J., Tomaiuolo, F., & Aglioti, S. M. (2008). Selective deficit of mental visual imagery with intact primary visual cortex and visual perception. *Cortex*, 44(2), 109–118. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2006.06.004>
- Moulton, S. T., & Kosslyn, S. M. (2009). Imagining predictions: Mental imagery as mental emulation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1521), 1273–1280. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0314>
- Muckli, L., De Martino, F., Vizioli, L., Petro, L. S., Smith, F. W., Ugurbil, K., ... Yacoub, E. (2015). Contextual Feedback to Superficial Layers of V1. *Current Biology*, 25(20), 2690–2695. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.08.057>
- Nanay, B. (2021). Unconscious mental imagery. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 376(1817), 20190689. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0689>
- Nonaka, S., Majima, K., Aoki, S. C., & Kamitani, Y. (2021). Brain hierarchy score: Which deep neural networks are hierarchically brain-like? *iScience*, 24(9), 103013. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.103013>
- Palermo, L., Boccia, M., Piccardi, L., & Nori, R. (2022). Congenital lack and extraordinary ability in object and spatial imagery: An investigation on sub-types of aphantasia and hyperphantasia. *Consciousness and Cognition*, 103, 103360. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2022.103360>
- Pearson, J. (2019). The human imagination: The cognitive neuroscience of visual mental imagery. *Nature Reviews Neuroscience*, 20(10), 624–634. <https://doi.org/10.1038/s41583-019-0202-9>
- Pearson, J., Naselaris, T., Holmes, E. A., & Kosslyn, S. M. (2015). Mental imagery: Functional mechanisms and clinical applications. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(10), 590–602. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.08.003>
- Pounder, Z., Jacob, J., Eardley, A. F., Evans, S., Loveday, C., & Silvanto, J. (2021). Exploring individual differences in neuropsychological and visuospatial working memory task performance in aphantasia. *Journal of Vision*, 21(9), 2655. <https://doi.org/10.1167/jov.21.9.2655>
- Pounder, Z., Jacob, J., Evans, S., Loveday, C., Eardley, A. F., & Silvanto, J. (2022). Only minimal differences between individuals with congenital aphantasia and those with typical imagery on neuropsychological tasks that involve imagery. *Cortex*, 148, 180–192. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2021.12.010>
- Richards, B. A., Lillicrap, T. P., Beaudoin, P., Bengio, Y., Bogacz, R., Christensen, A., ... Kording, K. P. (2019). A deep learning framework for neuroscience. *Nature Neuroscience*, 22(11), 1761–1770. <https://doi.org/10.1038/s41593-019-0520-2>
- Schrimpf, M., Kubilius, J., Hong, H., Majaj, N. J., Rajalingham, R., Issa, E. B., ... DiCarlo, J. J. (2018). Brain-Score: Which Artificial Neural Network for Object Recognition is most Brain-Like? *bioRxiv preprint*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1101/407007>
- Silver, D., Hubert, T., Schrittwieser, J., Antonoglou, I., Lai, M., Guez, A., ... Hassabis, D. (2018). A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and Go through self-play. *Science*, 362(6419), 1140–1144. <https://doi.org/10.1126/science.aar6404>
- Spratling, M. W. (2016). Predictive coding as a model of cognition. *Cognitive Processing*, 17(3), 279–305. <https://doi.org/10.1007/s10339-016-0765-6>

- St-Yves, G., & Naselaris, T. (2018). The feature-weighted receptive field: An interpretable encoding model for complex feature spaces. *NeuroImage*, 180, 188–202. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.06.035>
- Sulfaro, A. A., Robinson, A. K., & Carlson, T. A. (2023). Modelling perception as a hierarchical competition differentiates imagined, veridical, and hallucinated percepts. *Neuroscience of Consciousness*, 2023(1), niad018. <https://doi.org/10.1093/nc/niad018>
- Takahashi, J., Saito, G., Omura, K., Yasunaga, D., Sugimura, S., Sakamoto, S., ... Gyoba, J. (2023). Diversity of aphantasia revealed by multiple assessments of visual imagery, multisensory imagery, and cognitive style. *Frontiers in Psychology*, 14, 1174873. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1174873>
- Vetter, P., Smith, F. W., & Muckli, L. (2014). Decoding sound and imagery content in early visual cortex. *Current Biology*, 24(11), 1256–1262. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.04.020>
- Watkins, N. W. (2018). (A)phantasia and severely deficient autobiographical memory: Scientific and personal perspectives. *Cortex*, 105, 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.10.010>
- Whittington, J. C. R., & Bogacz, R. (2019). Theories of error back-propagation in the brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(3), 235–250. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.12.005>
- Wicken, M., Keogh, R., & Pearson, J. (2021). The critical role of mental imagery in human emotion: Insights from fear-based imagery and aphantasia. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 288(1946), 20210267. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.0267>
- Wittmann, B. C., & Şatırer, Y. (2022). Decreased associative processing and memory confidence in aphantasia. *Learning & Memory*, 29(11), 412–420. <https://doi.org/10.1101/lm.053610.122>
- Yamins, D. L. K., & DiCarlo, J. J. (2016). Using goal-driven deep learning models to understand sensory cortex. *Nature Neuroscience*, 19(3), 356–365. <https://doi.org/10.1038/nn.4244>
- Zeman, A. (2020). Aphantasia. In A. Abraham (Ed.), *The Cambridge handbook of the imagination* (pp. 692–710). chapter, Cambridge: Cambridge University Press.
- Zeman, A., Dewar, M., & Della Sala, S. (2015). Lives without imagery – Congenital aphantasia. *Cortex*, 73, 378–380. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.05.019>
- Zeman, A., Dewar, M., & Della Sala, S. (2016). Reflections on aphantasia. *Cortex*, 74, 336–337. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.08.015>
- Zeman, A., Milton, F., Della Sala, S., Dewar, M., Frayling, T., Gaddum, J., ... Winlove, C. (2020). Phantasia—The psychological significance of lifelong visual imagery vividness extremes. *Cortex*, 130, 426–440. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.04.003>
- Zeman, A. Z. J., Della Sala, S., Torrens, L. A., Gountouna, V. E., McGonigle, D. J., & Logie, R. H. (2010). Loss of imagery phenomenology with intact visuo-spatial task performance: A case of 'blind imagination'. *Neuropsychologia*, 48(1), 145–155. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.08.024>
- Zhao, B., Della Sala, S., Zeman, A., & Gherri, E. (2022). Spatial transformation in mental rotation tasks in aphantasia. *Psychonomic Bulletin & Review*, 29(6), 2096–2107. <https://doi.org/10.3758/s13423-022-02126-9>

Beyond visual constraints: Interdisciplinary exploration of aphantasia

QI Denghui, ZHANG Delong

(School of Psychology, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Abstract: Aphantasia is a unique psychological phenomenon characterized by an individual's inability to voluntarily generate mental imagery in the brain. Researchers have revealed the existence of aphantasia through subjective assessment methods such as the VVIQ, and explored its neural basis using binocular rivalry paradigms and brain imaging techniques. The study found that individuals with aphantasia often employ alternative strategies, such as verbal descriptions and non-visual approaches, to compensate for deficits in imagery tasks. These strategies are diverse and manifest not only in imagination and memory but also in spatial abilities, metacognition, and emotional experiences. The application of deep learning models has not only advanced the intersection of cognitive science and artificial intelligence but also provided new avenues for uncovering the neural computational mechanisms of aphantasia. Future research could continue to explore the multisensory modalities and cognitive diversity in aphantasia, develop new deep learning models to simulate its cognitive patterns, and reveal its neural mechanisms, offering new pathways for understanding brain information representation and developing more human-like intelligent systems.

Keywords: aphantasia, mental imagery, cognition strategy, deep learning