具身与离身认知在多模态交互环境下的交互语法研究

覃京燕[1]，安燕琳[1]，卢星晖[1]，吴准[2]
（1.北京科技大学，北京 100083；2.百度人工智能交互设计院，北京 100085）

摘要：目的 针对目前具身交互设计领域中具身认知和离身认知割裂的现状，将心理学第一代认知科学的离身认知与第二代认知科学的具身认知相结合，构建在多模态交互环境下的交互语法，指导智能体与人的具身交互和离身交互。**方法** 以智能体为多模态交互环境的媒介，通过把人类的具身性逐步转化为智能体的离身性，运用隐喻、转喻、隐转喻的方式，使智能体的离身性激发人类交互主体，产生新的具身认知。**结论** 在多模态交互环境中，把具身交互中的示能性、交互行为、交互前馈与离身交互中的符号、语义、交互反馈进行组建，形成完整交互语法体系。将交互事件中的 3 个要素进行映射，匹配到人与智能体的多模态交互关系中。

关键词：具身交互；离身认知；多模态环境；交互语法
中图分类号：TB472　**文献标识码：**A　**文章编号：**1001-3563(2019)12-0134-06
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.12.024

Interaction Grammar of Embodied & Disembodied Cognition in Multi-modal Interactive Environment

QIN Jing-yan[1], *An Yan-lin*[1], *LU Xing-hui*[1], *WU Zhun*[2]
(1.University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China;
2.Baidu AI Interaction Design Lab, Beijing 100085, China)

ABSTRACT: The work aims to combine the disembodied cognition in the first generation context of cognitive science with the embodied cognition in the second generation context of cognitive science for the separation of embodied cognition and disembodied cognition in the field of embodied interaction design and construct the interaction design grammar in multi-modal interactive environment to guide the embodied and disembodied interaction between agent and human. By taking the agent as the media of the multimodal interactive environment and transforming the embodiment of human beings into the disembodiment of the agent, metaphor, metonymy and metaphtonymy were used to make the embodiment of the agent stimulate the feedback interactive subject of human beings and generate new feedforward embodied cognition. In the context of multimodal interaction, affordance, interaction behavior and interaction feedforward mapping are constructed with symbol, semantics and interaction feedback in embodied interaction to form a complete interactive grammar system. Three elements in the interactive event are mapped and matched to the multimodal interactive relationship between human and agent.

KEY WORDS: embodied interaction; disembodied cognition; multimodal environment; interaction grammar

在 20 世纪 50 年代后期，第一代认知科学提出：“认知过程的产生与操作符号的特定规则有关，并且独立于实现该过程的物质载体。”第一代认知科学与形式逻辑或符号系统的处理相同，接受理性是离身的观点，认为认知是离身的，强调符号的抽象性[1]。符号从具象中抽离出来，而具象的载体包含主体的人的身体，这种具身性强调载体与具象内容的关联度，但同时主体对客体的抽象认知被认为可以脱离开主体这

收稿日期：2019-01-08
作者简介：覃京燕（1976—），女，四川人，博士，北京科技大学教授，主要研究方向为人工智能与创新设计、交互设计、信息设计、大数据的信息可视化、可持续设计、数字文化遗产、数字娱乐等。

个载体，由此而具有“离身性”。21 世纪初，随着图形用户界面为主导的交互设计兴起，基于屏幕的人机交互强调离身认知中的符号作为交互的界面媒介主体，由此产生具身认知与离身认知的割裂。目前，在认知三要素中，能指、所指、符号可以在主体与客体之间独立存在，也可以进行分离，当主体的认知脱离开主体的身体和整体的时候，仍然可以独立并完整地发挥功用，身体与意识也可以单独自成体系[2]。2015 年之后，增强现实和人工智能等介入交互技术，物质载体既可承担交互的媒介，亦可充当交互功能的操作符号、传递交互的内容信息，这些新特征使得建构在具身认知基础上的具身交互的重要性得到了极大提高。本论文结合百度人工智能交互设计院的研究案例，对 50 家公司 30 个主要的交互设计产品进行分析，综合对比了 12 份人工智能产品研究报告的数据，对 10 户家庭进行了交互产品使用情况的田野调查，深入访谈了 22 人，其中包括 3 代家庭 4 户（其中 1 户为二胎家庭）、核心家庭 3 户（其中 1 户为二胎家庭）、空巢青年家庭 3 户。对 3 户家庭进行了后期测试，这其中包含 1 户核心二胎家庭、1 户三代家庭、1 户空巢青年家庭，并收回针对智能产品需求、设计策略、语音交互、手机应用信息消费群体、共享出行服务系统交互设计的有效问卷 839 份。根据以上研究报告及调研分析内容，针对认知科学与交互技术的新特征变化，结合具身认知与离身认知，将认知计算应用于多模态的交互环境中，尝试把具身交互中的示能性、交互行为、交互前馈与离身交互中的符号、语义、交互反馈进行组建，形成完整的交互语法体系。

1　具身交互和离身交互

1.1　具身交互与离身交互的概念

Dourish 在"Where The Action Is"首次将具身认知应用在交互设计中，并提出具身交互（embodied interaction）的概念[3]。他认为具身交互是实体计算[4]和社交计算[5]的结合。Winograd 和 Flores，Suchman，Robertson，Klemmer，Antle，Hurtienne，Adrian David Cheok 等学者相继将具身认知扩展为具身计算，并且与普适计算等进行结合，作为下一代计算范式进行重点研究。具身交互提供了框架和组织原则，归纳出物理共享空间中公开可用的具身行为，专注于身体在物理世界中与技术交互的调解作用。具身交互在胡塞尔、海德格尔等人提出的现象学基础上进行研究，将人类意识活动的“意向性”（包括指向性和目的性）通过认识论和本体论，将身心二元论进行统合思考，思辨人类思想与身体的二元关系。法国哲学家莫里斯·梅洛·庞蒂的知觉现象学为具身交互提供了“身体图式”[6-7]的解释视角，身体存在于空间中，作为感知世界的媒介，参与到人类主体对客体存在意向的可见表达形式中，主体通过存在感而与客体发生交换、交互、交流、交通、交感等关联，构建出具身交互的概念。而离身认知通过信息通信技术的遥在感，使得人类意识可以与认知载体产生遥在分离，甚至通过虚拟现实混合现实等技术，产生真实身体（载体）与虚拟身体（载体）的共在感。同时，人工智能还可以将群体智慧集中加载在一个载体之中，由此产生了意识与主体的离身性，离身认知在主客体之间的交换意识观察视角、交流意识信息维度、交感意识能量的过程中产生了离身交互。交互的表征层、操作层和容器层三者如果相互分离，离身交互将会发生主导作用，如以界面交互为主的交互方式。而如果像实体交互界面或者增强现实的环境中，表征层、操作层往往合而为一，因此具身交互将会成为主导。随着万物互联的普适计算网络和雷达芯片、4D 打印及生物材料的兴起，具身交互与离身交互在平台容器层的内容生产、存储、计算，表征层的交互界面数据表现，以及操作层的交互前馈反馈行为识别、操作、处理 3 个方面聚合在一起，为交互的场景提供了存在感、遥在感和共在感多重形式，由此产生了具身交互与离身交互的融合。例如，谷歌的手势操作感应系统“Soli 项目”中的具身交互与离身交互，见图 1。

1.2　具身与离身交互的结合

人有主客体之分，心智模型有具身认知和离身认知的差别，认知上面有主客体系统完整性和局部的差异，同时也有意识和潜意识的差异。在用具身认知指

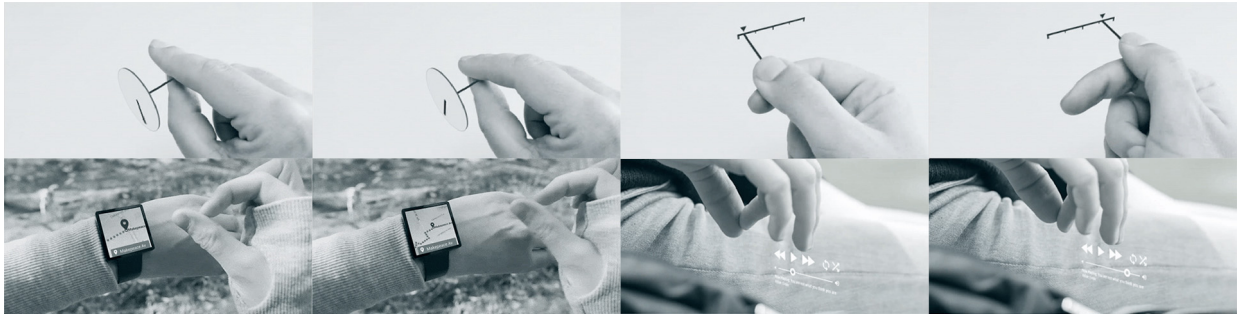

图 1　谷歌的手势操作感应系统“Soli 项目”中的具身交互与离身交互

Fig.1 Embodied interaction and disembodied interaction in Google's gesture operating sensing system "Project Soli"

导智能体的交互设计时，由于交互是主体和客体之间交流信息、交换物质、交换能量的过程，所以需要将人类智能的具身性进行群智的抽离，聚合为智能体的离身群智，进行相应的映射和设计。在人机的人类智能和人工智能的交互中，集成了人工智能的智能体的多模态环境倾向于交互阈值和交互关系的设计。多模态的智能环境的交互将人类智能的个体陈述性知识、量化自我的大数据信息等移植到智能体上，使智能体的离身认知通过知识图谱进行关联预测，推理和实施交互反馈。人类的具身认知具有空间属性，通过将人类具身认知转化为智能体的离身认知，人类的心智模型与认知本身的结构没有发生改变，只是转换了空间。原本的人类具身性是人机交互过程中新产生的具身性的本源，在时间、空间的解构和重构中，人类的具身性逐步转化为智能体的离身性，通过隐喻、转喻、隐转喻方式，使智能体的离身性激发人类交互主体，产生新的具身认知。具身认知与离身认知所构成的多模态环境，需要依赖交互语法进行具身交互和离身交互，具身认知通过主体对客体的感知、认知以及行为模式（交互的体态语言）及其主客体间的社会关系，转变为智能体的离身认知：当交互元点被触发时，通过离身认知推理发出的行为，激发主体原有的具身认知，并产生新的具身认知，从而完成功能和情感导向性的输出。具身和离身在主客体之间的视角差别，存在感、遥在感和共在感在主客体之间建构出多重交互的意识共生，产生了具身交互与离身交互共存的关系。笔者尝试用具身认知和离身认知相结合的角度，指导智能体和用户交互体验的设计过程，以此构建具身交互和离身交互的交互语法。在中国家庭形态下，针对用户不同场景下的多种需求设计人机交互内容，在真实环境中进行原型测试。以人与智能体的交互为例，通过可用性测试和深度访谈，调研用户与智能体的具身和离身交互感受，进一步验证具身与离身交互结合的重要性，智能体的具身交互和离身交互见图 2。在无人驾驶车多种空间人类移动性交互设计研究中[8]，人与无人驾驶车交互同样是具身交互与离身交互的结合。无人驾驶车中的具身交互和离身交互见图 3。

图 2 智能体的具身交互和离身交互
Fig.2 Embodied and disembodied interaction in agent

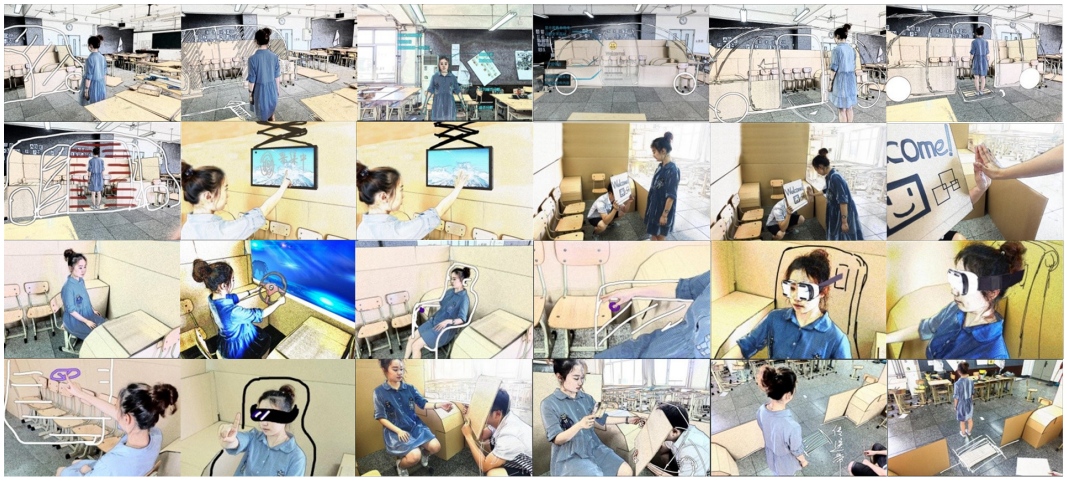

图 3 无人驾驶车中的具身交互和离身交互
Fig.3 Embodied and disembodied interaction in autonomous vehicle design

2　具身认知对人工智能离身认知的构建影响

智能体的离身认知由主体对于客体以及客体对于主体的感知、认知和行为抽离得到。具身认知观的倡导者认为，人工智能无法完整复制不同水平的智能，实现人类认知能力的生物神经系统不能完全等同于计算机硬件系统[8]。人工智能并不能像人类智能一样理解由身体确定的思维模式和感受性。通过知识图谱将人类客观身体（生物神经系统层面的身体）以及现象身体（社会文化中所经验的身体）下的认知经验和输入的功能需求进行关联。具身认知对于指导智能体在和人的交互过程做什么、如何做以及为什么做有重要意义。利用具身认知下人对真实世界的感知和认知，进行智能体的行为反馈设计，构成智能体的示能性。在与智能体交互过程中，智能体的行为激发以往具身认知下的体验，并且产生与智能体新的具身认知。具身与离身交互的映射关系构建见图 4。

在人与环境的人机交互过程中，用户首先产生需求，因此在离身认知构建中，提取主体的行为（内隐需求）为第一步——这是智能体进行交互的触发点。由于智能体需要达到自适应的状态，所以通过模仿真实世界中的活的生物（客体）对人（主体）的感知、认知和行为，对其进行提取、解构、重构后赋予给人工智能，更有利于激发原有活的具身体验。抽离客体对主体的感知过程有助于智能体对信号的捕捉和识别，感知的是主体的行为，其中包括相关身体外表、手势、体态、注视、人脸、语音发声行为、空间和环境等，这依赖于在计算机视觉、听觉和模式识别领域中的大量基础研究的支持[9]。由于用户的交互意图可能会分散在多个交互通道中，单独的每个通道传达的信息都是不完整的，所以需要将多个交互通道的信息整合才能完整地表达用户的交互意图。广义上讲，多通道系统能从语音、手势、身体语言等通信通道中提取和传送语义信息，实现人机交互。认知过程包含多模态信息处理和行为分析，抽离客体对主体的认知过程有助于告知智能体人类的意图，抽离客体对主体的行为过程有助于智能体和人类交互自然有效性的提升。多重的交互方式是人类和真实世界互动的途径，在智能体和人类交互过程中需要利用 GUI 图形用户界面、VUI 语音用户界面、TUI 实体用户界面等多模态的交互方式。抽离主体对客体的感知即提取主体能够接受并理解的交互方式。感知是无意识的，指导智能体通过多模态交互行为符合主体在此无意识交互下的自然体验。抽离主体对客体的认知帮助智能体理解行为输出的目的，便于智能体和人类交互效率的提升，进而使主体产生愉悦体验。这种认知是对交互体验的一种主观感觉，包括好学易用、准确高效、安全友好等。具身与离身交互的映射关系构建，见图 4。

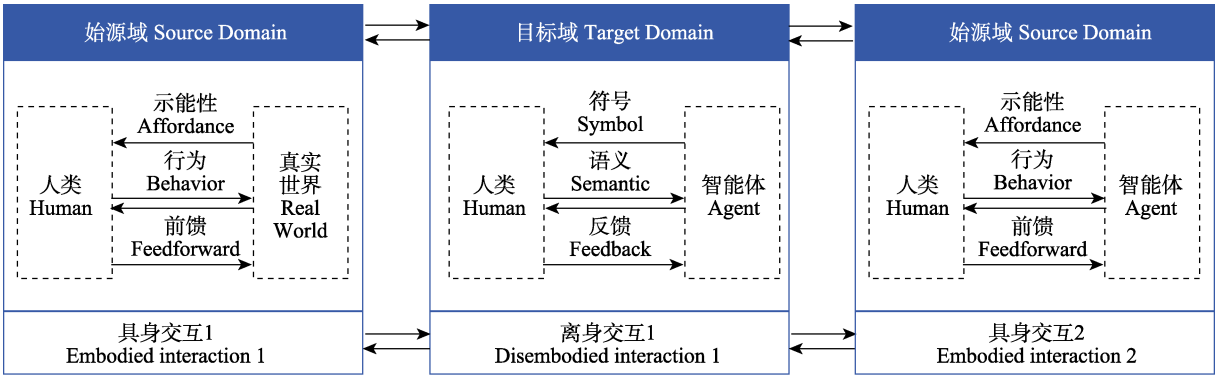

图 4　具身与离身交互的映射关系构建

Fig.4 Construction of the mapping relationship between embodied and disembodied interaction

3　具身与离身交互的交互语法

交互语法包含交互词语（主要包含交互功能与交互内容的词语）、交互词类（包含交互动作与交互内容的词性类别，如表现动作的交互动词、表现内容的交互名词等）、交互词法与交互语法（包括交互词语和交互词类的用法，交互的句式如陈述句、疑问句、感叹句等，交互的人机关系，及交互的语境场景等）[10]。人类通过交互语法的语言体系，运用具身认知与离身认知的隐喻、转喻、隐转喻，产生多种映射关系。具身交互的交互语法注重自然交互的模式，直接通过元信息直观进行交流和认知理解，强调高感知的直觉，尊重具身的物理本义与认知初始意义。而离身交互则偏重抽象概念和符号意义的映射转译，因此更多采用隐喻、转喻或隐转喻的方式进行认知理解。

人在真实世界的具身交互中，示能性激发了用户的交互行为，并通过交互前馈的调控进一步指导行为的发生。本研究所指的离身交互即以界面交互为主的交互方式，该过程包含符号、语义、反馈。在人与智能体的交互过程中，通过将示能性赋予给智能体，对应生成人能用具身认知理解的符号去引发用户行为，减少了传统离身交互的认知冗余，智能体通过分析用户行为得出语义，进而输出响应用户前馈的交互反馈，由此构建出具身交互和离身交互结合的交互语法

体系，在具身认知和离身认知之间建构起对应始源域的系统性映射。在上述构建的离身认知和具身认知的相互作用下，将交互事件中的 3 个要素进行映射，匹配到人与智能体的多模态交互关系中，进行新的具身与离身交互语法设计。具身交互和离身交互的交互语法要素见图 5。

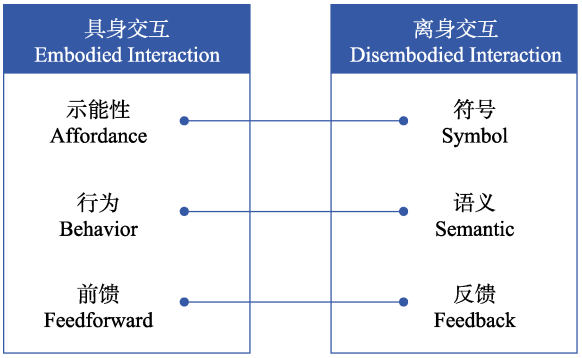

图 5 具身交互和离身交互的交互语法要素

Fig.5 Interactive grammatical elements of embodied and disembodied interaction

用户与智能体的原型测试中，笔者发现智能体的外观体量会带来用户示能性的差别。大的智能体更有存在感；而小的智能体更有家庭融入感。大的智能体带给用户的示能性是一种类似伙伴的存在；小的智能体带给用户的示能性是一种类似宠物的表现。用户在智能体给予的示能性下，所激发的交互行为不同。用户在与小型智能体交互时，受前馈信号的调控，主要以抚摸、拍打、拥抱等具身交互行为为主。智能体离身交互的符号设计可以借鉴人类体态语言行为并利用这种自然的行为表现出独特的个性和特性。通过建立面部表情、肢体语言、功能操作和内容语义的符号体系，建构人机交互在界面表现和交互行为层面的对应关系，智能体产生的交互反馈和用户具身认知指导下产生的前馈两者之间的匹配程度影响了用户的心智体验。

交互语法在交互的时间空间里，主体与客体的存在感、遥在感与共在感之下，形成前主体性、主体性、主体间性的认知方法。交互语法包含对时间、空间、情绪、行为、社会关系的主客体交互法则，包括对时空存在的识别，交互行为模式的判断，交互模型信息架构功能内容关系的确定等。如何在物联网等新型多模态多屏多通道交互环境中，基于具身交互和离身交互，展现不同内容与功能的交互，已成为交互语法的重点研究内容。交互的语法涵盖内容越来越多，交互的操作关系不可见，但是关系可以通过肢体语言、面部表情、语句语调、交互实体进行主客体的具象体现以及主体认知。

3.1 具身的示能与离身的符号

Gibson 和 Stoffregen 等生态心理学家把许多认知功能解释为对环境的适应。Gibson 使用示能的概念来描述生物体与它的环境之间建立的关系，并提出示能性的 3 种基本特性[11]。Donald Norman 将 Gibson 的示能性概念引入人机交互领域。Norman 认为示能性是事物客观特征和主体感知特征的组合，这种组合在主体脑海中形成一种关系[12]。主体感知客体并理解客体的过程即示能的体现。在进化过程中，人类感知器官已经有能力直接从环境中获取示能信息，而无须进一步地认知处理。将人类在真实世界中对真实对象的客观表现的示能性移植到离身认知后，以此设计出人工智能体的符号体系呈现给用户，由此构建了具身与离身认知相互映射的关系。

人类通过视觉及触觉感知与推理认知两个方面认识智能体并与其进行交互。用户与智能体之间构成的具身认知与交互关系包括智能体的外在形式、内容和功能。智能体与用户之间达成的示能不仅要体现可用性和操作方法的关系，还应该关注以智能体为媒介的人与人之间、人与环境之间、环境与心理之间多种关系，充分对应人与真实世界的原有具身认知。当人机交互对话的内容不断丰富之后，交互语境的丰富为离身交互的符号体系提供了认知空间，从而实现具身交互和离身交互的可用性与用户体验的双重目标。

3.2 具身的行为与离身的语义

智能体的使用情景兼具图形用户界面 GUI 和语音用户界面 VUI 等多模态的交互环境，需要通过具身交互的交互行为和离身交互的语义的设计，以及可信赖人工智能建立起人与智能体之间的信任关系。智能体通过触觉行为的具身交互和视觉听觉语义的离身交互，针对感知到的用户内隐需求，利用知识图谱的预测关联，找到符合人类社交智能以及具身认知的交互行为语句，再映射具体行为输出。人通过多通道多感知与真实世界进行交互，进而产生具身认知，所以映射到人工智能下的交互设计需要通过多模态的交互方式进行相应感官通道的匹配。相比传统的交互方式，多通道交互能够合理分配和使用用户的有效资源（视觉、听觉等），充分利用各设备、通道和交互方式的互补性，通过多个非精确信息流进行整合可以完全表达交互目的从而提高交互的自然性和灵活性。多模态交互的输出方式除视觉、语音外还可以充分利用体态语言行为通道进行表达。这种通道的好处在于通过发送更多信息而无须增加已有通信机制的负担，便于增加用于觉察情景的数据通道带宽,可利用扩展的体态语言通道预防通信错误,为人类智能与人工智能的交互行为方法提供新的多模态交互模式。具身行为与离身语义所构成的交互语法中的局部示例对应见表 1。具身交互行为与离身交互语义的部分对应关系见图 6。

表 1　具身行为与离身语义所构成的交互语法中的局部示例对应

Tab.1 Mapping examples of interaction grammars between embodied behavior and disembodied semantics

具身——行为（用户）	离身——语义（智能体）
注视	被关注
挥手	移动
点击	确定
抚摸	认可
拍打	唤醒
拥抱	信任

3.3　具身的前馈与离身的反馈

人与智能体通过具身交互和离身交互，将具象实体载体与抽象虚体内容统合在整个人、事物的交互场景中，通过实体与虚体的功能与内容的交互作用，构建出新的具身认知。具身交互依赖于实体产生的示能性及行为进行人机的信息前馈；离身交互依赖于虚体产生的符号及语义进行人机的信息反馈。在与智能体交互行为中，针对用户的每一个操作或行为，智能体都应给出合适的信息反馈。同时，通过符号语义，用户与智能体之间建立起人机交互的内容，形成离身认知的反馈机制。离身认知的反馈通过离身交互的表征层，映射、转译、传输进入认知主体，从而产生新的具身认知，激发具身交互的下一个交互前馈，使用户新产生的具身认知与原有具身认知达到匹配，知晓自己的需求是否得到及时的响应反馈或明确此次行为是否正确，从而影响使用者的体验感受。每一个此环节里的离身反馈又成为下一个环节里的具身前馈，由此前馈、反馈构成人与智能体半开放式对话交互机制的重要触点与链接点。

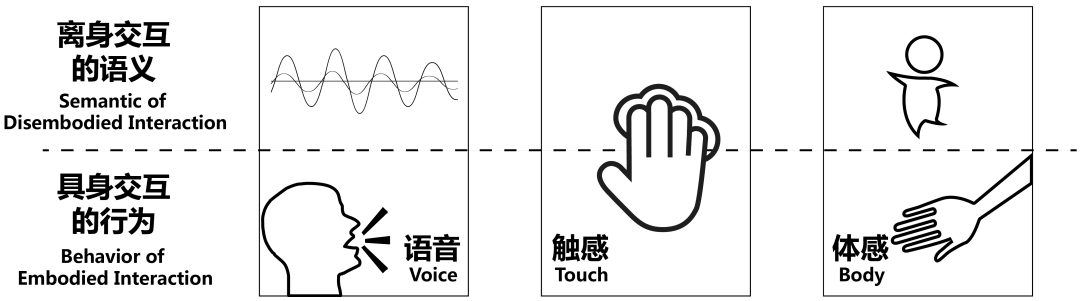

图 6　具身交互行为与离身交互语义的部分对应关系

Fig.6 Semantic correspondence between embodied interaction behavior and disembodied semantics

与原有具身认知的匹配程度影响用户情感体验目标和可用性目标。作为一种新的智能多模态交互形式，把视觉、语音以及体态语言集合，通过人工智能的离身认知激发人类具身体验，减轻学习和记忆成本，确保可用性目标的达成（有效性、效率、安全性、效用性、易学性、易记性），使人类能与智能体形成类似于与其他人之间的牢固关系，如友爱和信任，并且为智能体的离身认知做了补充和修正，进一步地完善了知识图谱。人对于这种多模态体态信息的接收效率就是反馈的效率，智能体在多模态环境中，需要根据情景感知计算、意识感知计算和情绪感知计算，构建交互语法的反馈前馈语境关系，达到更加符合人类具身认知和离身认知的交互方式。

4　结论

具身认知在多模态环境下的交互语法，即将具身认知下的主客体的感知、认知以及行为模式及其两者间的社会关系等转变为智能体的离身认知。人通过视觉感知、操作感知和分析认知 3 个基本层面认识智能体，并与其进行交互。针对感知到的用户内隐需求，利用智能体的知识图谱进行预测关联，找到符合人类社交智能以及具身认知的交互行为语句，再映射具体行为，从而完成功能和情感导向性的输出，为人类智能与人工智能的交互行为方法提供新的 HAI 多模态交互模式，在信息空间、赛博网络空间、思维空间中进行物质、信息、资金、能量的流动，将离身认知和具身认知相关联，创造新的交互语法。

参考文献：

[1] LAKOFF G, JOHNSON M. Philosophy in the Flesh: The Embodied Mind and Its Challenge to Western Thought[M]. Beijing World Publishing Corpotion, 2018.

[2] 弗迪南·德·索绪尔. 普通语言学教程[M]. 北京: 商务印书馆, 1980.
SAUSSUR F D. Course in General Linguistics[M]. Beijing: The Commercial Press, 1980.

[3] DOURISH P. Where the Action Is: The Foundations of Embodied Interaction[M]. Cambridge: MIT Press, 2001.

[4] ISHII H. Tangible Bits: Designing the Seamless Interface Between People, Bits, and Atoms[C]//ISHII H. Proceedings of the 2003 International Conference on Intelligent User Interfaces. Miami: IEEE, 2003: 12—15.

（下转第 194 页）

370—370.
CHU Lan-tian. Introduction to the Finite Element Method[J]. Journal of China Science and Technology Review, 2011(30): 370—370.
[7] 张强. 区域文化研究的若干理论问题[J]. 江海学刊, 2016, (5): 14—20.
ZHANG Qiang. Some Theoretical Issues in the Study of Regional Culture[J]. Journal of Jianghai Academic Journal , 2016(5): 14—20.
[8] 王延明. 从牛马载信到移动通信: 以甘南藏族移动通信与藏文化互动为例[D]. 兰州: 兰州大学, 2010.
WANG Yan-ming. From Niu Ma letter to Mobile Communication: Take Gannan Tibetan Mobile Communication and Tibetan Culture as an Example[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2010.
[9] 白志文. 如何正确看待藏族传统元素与现代服装相结合问题[J]. 北方文学, 2016(12): 125.
BAI Zhi-wen. How to Correctly Treat the Problem of Combining Traditional Tibetan Elements with Modern Clothing[J]. Journal of Northern Literature, 2016(12): 125.
[10] 李欣然. 基于区域文化的伞具设计应用与研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2017.
LI Xin-ran. Application and Research of Umbrella Design based on Regional Culture[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2017.
[11] 习近平. 在哲学社会科学工作座谈会上的讲话[J]. 时事报告, 2016(6): 5—15.
XI Jin-ping. Speech at the Symposium on Philosophy and Social Sciences[J]. Journal of Current Affairs Report, 2016(6): 5—15.

（上接第 139 页）

[5] SUCHMAN L. Plans and Situated Actions: The Problem of Human-machine Communication[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
[6] CHELSTROM E. Social Phenomenology: Husserl, Intersubjectivity, and Collective Intentionality [M]. Boston: Lexington Books, 2012.
[7] 姚争为, 杨琦, 潘志庚, 等. 具身交互与全身交互的比较[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2018, 30(12): 123.
YAO Zheng-wei, YANG Qi, PAN Zhi-geng, et al. Comparison of Embodied Interaction and Whole Body Interaction[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2018, 30(12): 123.
[8] 覃京燕, 郝泽宇. 无人驾驶车多种空间人类移动性交互设计研究[J]. 包装工程, 2018, 39(14): 70—76.
QIN Jing-yan, HAO Ze-yu. Autonomous Vehicle Interaction Design Method Based on Human Mobility in Cyberspace and Information Space[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(14): 70—76.
[9] 麻彦坤, 赵娟. 具身认知: 心身关系的新思考[J]. 徐州师范大学学报(哲学社会科学版), 2010, 36(5): 138—142.
MA Yan-kun, ZHAO Juan. Embodied Cognition: New Insights on Body–mind Relationship[J]. Journal of Xuzhou Normal Uni(Philosophy and Social Sciences Edition), 2010, 36(5): 138—142.
[10] 徐光祐, 陶霖密, 邸慧军. 人机交互中的体态语言理解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2014.
XU Guang-you, TAO Lin-mi, DI Hui-jun. Body Language Understanding for Human Computer Interaction[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2014.
[11] GIBSON J J. The Senses Considered as Perceptual Systems[M]. London: Allen and Unwin, 2015.
[12] 唐纳德・A・诺曼. 设计心理学[M]. 北京: 中信出版社, 2010.
NORMAN D A. The Design of Everyday Things[M]. Beijing: China Citic Press, 2010.