



评述

社会神经科学研究进展

柳昀哲^①, 张丹丹^②, 罗跃嘉^{②*}^① 北京师范大学脑与认知科学研究院, 认知神经科学与学习国家重点实验室, 北京 100875;^② 深圳大学情绪与社会神经科学研究所, 深圳 518060

* 联系人, E-mail: luoyj@bnu.edu.cn

收稿日期: 2013-10-17; 接受日期: 2013-11-20; 网络版发表日期: 2014-06-04

国家自然科学基金重点项目(批准号: 30930031, 91132704)、国家自然科学基金(批准号: 31300867)、国家重点基础研究发展计划(批准号: 2011CB711001, 2014CB744603)和国家科技支撑计划(批准号: 2009BAI77B01)资助

doi: 10.1360/N052013-00073

摘要 社会神经科学是研究人类的社会行为及其神经机制的综合性学科。从 1992 年学科成立至今, 社会神经科学研究取得了丰硕的成果。本文系统介绍了该领域 4 个主要研究方向: 社会知觉、社会认知、社会调节和社会互动的研究成果, 并在此基础上总结了各研究方向的核心问题, 即社会知觉加工的模块化问题、人类社会认知的独特性问题和社会调节加工的跨文化一致性问题。已有研究表明, 社会知觉加工至少在计算算法层面是特异化的; 心智化系统是人类独有的加工模块; 人类社会调节不具备跨文化的一致性; 大脑间耦合可能是社会互动共有的神经机制。最后, 展望了社会神经科学未来的发展方向。

关键词社会神经科学
社会知觉
社会认知
社会调节
社会互动

社会神经科学(social neuroscience)是一门新兴的交叉学科, 它感兴趣于人类的社会行为及其神经机制。人类是一种社会动物, 复杂的社会环境是人类大脑进化的主要选择压力^[1]。目前人类大脑的重量达到了 1.3 kg, 但人类大脑重量的加速增长主要发生在最近 1×10^6 年内^[2]。相比之下, 与人类最接近的物种, 如黑猩猩(*Pan troglodytes*)或倭黑猩猩(*Pan paniscus*), 虽然其身体尺寸与人类相似, 但其大脑重量只有现代人类的 25%~35%(相当于 4×10^6 年前人类祖先的大脑尺寸)。据此, 提出“社会脑假设”(social brain hypothesis)^[3]。该假设认为, 人类为适应日益复杂的社会环境, 必须进化出功能特异性的脑网络, 即社会脑。社会脑的基本功能包括快速有效地处理社会信息, 如在陌生情境中更快的识别人脸(社会知觉)、在社会交往中对他人的心理状态进行快速有效地推断

(社会认知)和在社会情境中调整自己的行为 and 情绪等(社会调节)。社会神经科学研究的最终目的就是理解这些社会加工背后的神经机制。

“社会神经科学”的概念首先由 Cacioppo 和 Berntson^[4]在 1992 年提出。经过 20 年的发展, 特别是功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)的引入, 社会神经科学从学科建设到科研成果均有较大进展。如今, 社会神经科学已拥有了专门的研究团体(Society for Social Neuroscience, S4SN)、专项拨款和专业期刊(如 *Social Neuroscience* 和 *Social Cognitive and Affective Neuroscience*)。该学科涉及的范围极广, 从社会心理学的传统议题(如社会决策)^[5]到病理学研究(如自闭症和精神分裂症)^[6]; 从普通人类群体研究到动物模型的构建^[7]; 从新生儿社会化与情绪的起源^[8]到老年人社会认知的改变等^[9]。

引用格式: 柳昀哲, 张丹丹, 罗跃嘉. 社会神经科学研究进展. 中国科学: 生命科学, 2014, 44: 551-561

Liu Y Z, Zhang D D, Luo Y J. Overview of social neuroscience. SCIENTIA SINICA Vitae, 2014, 44: 551-561, doi: 10.1360/N052013-00073

社会神经科学在各个研究主题上都取得了丰富的研究成果, 一些新的研究领域也随之诞生, 如神经伦理学、神经经济学。国内的社会神经科学研究也欣欣向荣, 本实验室参照美国国家心理健康研究所(National Institute of Mental Health, NIMH)编制的3套情绪材料系统, 相应编制了中国情绪材料系统(中国情绪图片系统、中国人表情材料库、中国情绪数码声音系统、汉语情感词系统、情感姿态系统和情感录像系统)^[10-12]。同时, 社会神经科学面临着许多亟待解决的问题, 如社会知觉加工的模块化问题、人类社会认知的独特性问题和社会调节加工的跨文化一致性问题等^[13]。本文系统综述了社会神经科学 20 年来的研究成果并讨论了各子领域所面临的问题, 最后展望了其未来的发展方向。

1 研究领域

社会神经科学的研究主题可以根据社会信息加工的层次分为社会知觉(social perception)、社会认知(social cognition)和社会调节(social regulation)^[14]。社会知觉指个体对社会信息的感知, 比如对面孔的识别、对语音的感知和对信息素(pheromones)的检测等。社会认知指个体在社会知觉基础上对自我或他人的心理状态、行为动机和意向作出推测与判断的过程。社会调节指个体运用元认知能力控制自己社会行为和调节情绪反应的加工过程。此外, 近年开始利用同步交互记录技术(hyperscanning)同时考察两人或多人的脑电、脑磁及血氧依赖水平信号, 社会神经科学的研究范式开始从“人-机交互”升级为“人-人交互”^[15]。目前, 人-人互动已成为了社会神经科学研究的最大热点之一。

1.1 社会知觉

社会知觉研究的一个核心问题是社会知觉加工的模块化问题(modularity)。绝大多数研究者认为, 与非社会信息的加工不同, 社会信息(或部分社会信息)的知觉加工是模块化的, 即有专门的脑区负责知觉加工。模块化加工具有重要的进化意义, 它保证个体可以更快地识别人脸、辨别语音中的情绪色彩, 从而有效指导自己的社会行为。但其在部分社会知觉加工中仍存在争议。社会知觉加工的信息来源主要是视(如面孔)、听(如语音)、触(如社会接触)、嗅(如信

息素)4大感官通道^[14]。本节将从这4个方面总结社会知觉加工, 并在此基础上讨论人类社会知觉加工的模块化问题。

嗅觉方面, 绝大多数哺乳动物对信息素的检测是高度模块化的知觉加工。哺乳动物感知信息素的器官为犁鼻器(位于鼻中隔底部的软骨结构), 该器官专门处理外部的社会信息——同物种其他个体的信息素^[16]。信息素加工的通道特异性表明了其在生存和繁衍中的重要作用, 比如, 11-*cis*-vacenyl acetate 是雄果蝇特有的信息素, 它可以刺激其他雄果蝇的侵犯行为并诱导雌果蝇接受交配企图^[17]。小鼠(*Mus musculus*)的尿液中也存在类似的信息素, 主要反映其交配吸引力的大小^[18]。信息素还能影响更高级的社会行为, 比如催产素可以影响草原鼠(*Heterocephalus glaber*)的亲和行为^[19], 母羊(*Greges ovium*)与其后代的依恋关系等^[20]。更重要的, 信息素也能影响人类的社会行为^[21]。只是人体的犁鼻器已高度退化, 信息素对人类社会行为的调节主要通过嗅觉系统起作用^[22]。但人类的信息素检测机制仍不清楚, 是目前新兴的研究领域。人们主要感兴趣于人类大脑对信息素的神经表征及加工的神经机制^[23]。

社会接触在哺乳动物的正常发展和灵长类动物的社会关系维持中至关重要^[24]。人类被试的研究始于 2002 年, 人们发现脱髓鞘疾病患者虽然无法准确定位身体接触的躯体位置, 但仍然能感受到身体接触带来的愉悦感^[25]。社会接触的加工也是高度模块化的, 岛叶是加工社会接触中情感特征的核心脑区^[26,27], 它在个体进行社会修饰或哺育后代时激活^[25]。岛叶对体感刺激特别敏感, 个体感到疼痛或恶心时岛叶显著激活^[28]。此外, fMRI 研究表明, 眶额叶的激活强度也可以区分社会接触中情感程度的高低^[29], 疼痛接触和愉悦接触条件下, 眶额叶的激活强度都强于中性接触条件, 但疼痛接触和愉悦接触激活的眶额叶子区域不同^[29]。

更复杂的社会刺激, 如面孔或语音的知觉加工虽然可能涉及分散的神经网络^[30], 但具有核心的神经表征和特定的加工模式^[31]。如面孔知觉方面, 灵长类动物的颞叶区域存在专门对面孔反应的神经元^[32]。人类面孔知觉的神经机制研究始于 1997 年, Kanwisher 等人^[33]发现, 相对于观看其他物体, 被试在观看面孔时, 腹侧颞叶的梭状回区域激活最强, 因此该区域是面孔知觉加工的核心脑区, 即梭状回面

孔区(fusiform face area, FFA). 后续的研究结果也支持这一推论^[34]. 例如, 与观看正立面孔相比, 观看倒置面孔时 FFA 的活动显著减弱^[35], 且倒置面孔在颞枕区诱发的 N170 波幅增大, 峰潜时延长^[36]. N170 一般被认为是面孔加工特异性的早期脑电成分, 出现于刺激呈现后 130~200 ms, 在 160~170 ms 时波峰达到最大, 它主要分布在大脑的颞枕区, 源定位于 FFA^[37]. 但值得注意的是, 非脸客体也可以激活 FFA, 特别是当个体积累了大量对该类客体的加工经验时, 比如鸟类和狗类专家对其熟悉物体的加工也会激活 FFA^[38], 并诱发出 N170^[39]. 为此, 有研究提出了“专家化假设”, 认为 FFA 和 N170 等神经成分并非特异于面孔刺激而是特异于专家化刺激(即个体具有大量经验的客体)^[40]. 因此, 面孔知觉加工的模块化特性仍存在争议. 但考虑认知加工的模块化问题时, 往往涉及计算算法上的特异性(功能特异性)和加工信息类型的特异性(领域特异性)两大维度^[41]. 面孔知觉加工可能不是领域特异性的, 但其功能特异性则得到了绝大多数实证结果的支持^[30,34]. 因此, 面孔知觉虽然可能不符合 Fodor 意义上的模块化加工(即既满足功能特异性也满足领域特异性)^[42], 但从神经加工的角度而言仍是功能特异化的. 近年的实验结果也支持该观点, 当个体面对多类视觉刺激时, 面孔知觉能最大程度地激活 FFA^[43]. 国内研究者尝试利用行为遗传学方法来解决这一问题^[44], 通过该方法 Zhu 等人^[45]发现, 面孔知觉能力存在遗传基础, 也支持了面孔知觉加工的功能特化假说.

相对于面孔知觉, 语音知觉的研究较少. 但仍有足够理由相信其与面孔知觉相似, 至少是功能特异性的^[46]. 成人大脑中语音加工的主要脑区是颞上回, 近年在恒河猴(*Macaca mulatta*)脑内也发现了类似的特异性脑区^[47]. 婴儿的语音知觉研究表明, 婴儿的颞上回在出生后 4~7 个月就开始功能特化, 并在 7 个月时对情绪性语音加工表现出右侧化优势和负性偏向. 与快乐语音相比, 右侧颞叶对愤怒语音更加敏感^[48]. 到出生后第 7 个月, 婴儿语音加工脑区的激活模式与成人基本相似^[49]. 最近, 台湾学者利用 oddball 范式发现, 出生后 0~5 天的婴儿即可区分不同情绪的语音, 表现出情绪加工的右侧化优势和负性偏向: 相较于快乐、中性语音, 愤怒语音在大脑颞叶右侧诱发出了更大的脑电成分. 反映了婴儿先天对负性刺激的自主性注意偏向^[50]. 但颞上回在视觉刺

激时也会激活^[51], 因此语音知觉加工有可能也不是领域特异化的^[46].

综上所述, 社会知觉加工至少在计算算法层面是特异化的, 但面孔和语音加工的领域特异性仍存在争议. 未来研究需要进一步确定不同社会知觉加工的模块化程度. 需要构建更精确的动物模型, 探讨脑机制和相应认知功能的因果关系, 光遗传技术可能是有效的研究手段^[52].

1.2 社会认知

社会认知与一般的认知有很大不同, 当个体在不同的社会背景下观看相同的表情或动作时, 其不仅看到了他人的表情或动作, 而且会迅速推断这个人的心理状态或尝试理解他人的动作目的, 而能够快速推断出他人心理和理解他人动作目的无疑对社会生活至关重要. 社会认知加工的核心问题是, 社会认知的能力是否为人类独有^[53,54]. 本节分析与社会认知相关的两大系统——镜像系统(mirror system)和心智化系统(mentalizing system)^[55], 并在此基础上讨论人类社会认知的独特性问题.

人类的镜像系统研究源于在猴子(*Simia*)大脑内发现的“镜像神经元”^[56]. 镜像神经元是个体在执行某个行为以及观察其他个体执行同一行为时都发放脉冲的神经元, 因而可以说这一类神经元“镜像”了其他个体的行为^[57]. 镜像神经元可能是个体模仿他人动作或表征他人意图、感受的潜在神经基础^[58]. 镜像系统在多种物种中都存在, 很多动物都具有模仿同类行为, 甚至准确预测同伴行为的能力^[58]. 人类的镜像系统主要在个体理解他人的动作时激活. 无论动作形式或部位, 只要个体感知到清晰的动作或执行相应的动作时, 镜像系统即被激活. 个体通过将观察到的行为与记忆中自己的行为相匹配来解读当前行为的目的^[59]. 神经结构上, 人类镜像系统主要包括顶内沟(intraparietal sulcus)、前运动皮层(premotor corte)和颞上沟后部(posterior superior temporal sulcus)^[55]. 神经机制上, 知觉到的社会信息首先在颞上沟整合^[60], 接着由顶内沟加工动作与背景的关系^[61], 最后投射到前运动皮层, 再由后者编码动作目的. 具体而言, 它将输入的信息和个体记忆中自己的行为相比较, 如果匹配, 则能成功理解动作目的^[59]. 而当动作与背景不协调或不相容时, 因缺乏相应的匹配模板, 个体无法调用镜像系统理解该行为, 其镜像系

统则不会激活^[62]。除了理解运动, 镜像系统可能也参与理解对方的感受, 即共情^[63]。但近年关于共情神经机制的元分析结果表明, 镜像系统和负责共情的加工脑区没有一致性重合(共情加工的核心脑区是双侧前脑岛、中扣带回前区、背侧前扣带回和辅助运动皮层)^[64]。因此, 镜像系统是否参与共情目前尚存争议。

心智化也称为心理理论(theory of mind, ToM), 其主要的认知意义是推测他人的意图或特质。与镜像系统不同, 心智化系统处理的是抽象的他人行为背后的意图或特质, 无需运动信息的输入^[65]。不过当对方的行为怪异或者与社会背景不相容时, 个体的心智化系统也可能激活, 因为个体无法在记忆中匹配该怪异行为, 无法激活镜像系统, 因此需要调用心智化系统去推断对方行为背后的意图^[62]。心智化系统可能是人类独有的相对高级的认知加工模块^[65]。fMRI 元分析结果表明, 心智化系统主要包括颞顶联合区(temporo-parietal junction)、内侧前额叶皮层(medial prefrontal cortex)和楔前叶(precuneus)^[55]。颞顶联合区的认知功能是分析个体行为的方向性。比如在 Posner 的“线索-目标”任务中就发现了颞顶联合区的参与。相比有效提示条件, 无效提示条件下颞顶联合区的激活增强^[66]。更重要的, 恒河猴的单细胞记录结果发现, 刺激的抽象属性(如刺激类别)可以调节颞顶联合区对目标方向的敏感性^[67], 表明更抽象意义上的刺激, 如语义水平的刺激也可以激活颞顶联合区。心智化系统中颞顶联合区主要负责加工语义水平上抽象行为的结束状态, 并据此推断个体该行为背后的意图^[55]。相对于颞顶联合区, 内侧前额叶皮层负责推断他人更持久的人格特质, 其对个体的社会标签敏感(如黑人、白人、小偷、警察等)^[68]。最后, 楔前叶主要负责加工社会背景信息(如该行为发生的场景、地点)或提取相关的情景记忆^[69]。楔前叶可能以内侧前额叶皮层中个体的社会属性信息为线索, 提取当下情境的背景信息^[68]。镜像系统和心智化系统很少同时激活^[59,62]。元分析结果表明, 这两个系统在理解他人的行为和意图时互为补充, 其背后的神经基础也是分离^[55]。目前仍不清楚从镜像系统向心智化系统切换时的神经机制, 以及两个系统间的交互作用。未来这方面的研究将有助于全面理解人类社会推断的认知机制和神经基础。

综上所述, 人类通过镜像系统和心智化系统理解他人行为及意图。两个系统互为补充, 是社会认知

的基础。关于人类社会认知的独特性问题, 主要的争议在于心理理论能力(镜像系统无疑在多种物种中都存在)^[58]。研究表明, 有些动物可以利用线索做出正确的社会推断。例如, 当狗(*Canis lupus familiaris*)面临难题时, 它会转向自己的主人并察言观色, 而狼(*Canis lupus*)却不会^[70]; 猴子能区分人类行为的有意和无意性^[71]。但是, 似乎只有人类可以将自己和对方的心理视角区别开来^[72], 没有发现其他动物可以成功完成“虚假信念任务”(false belief task)^[53]。因此, 从这个角度而言, 心智化系统是人类独有的认知加工模块^[65]。

1.3 社会调节

社会调节能力是发展认知神经科学和精神病学(特别是自闭症和精神分裂症)领域的热点之一^[73]。人类社会行为很大程度上受社会背景的影响, 灵活地调整社会行为, 特别是调节情绪反应的能力很可能源于成功欺骗带来的进化优势, 以及由此需要进一步发展反欺骗能力带来的进化压力^[13]。相同的社会背景在不同的文化氛围或家庭中可能会有非常不同的解读, 因此人类的社会调节能力研究的核心问题是, 社会调节加工及其神经机制是否具有跨文化的一致性? 是否敏感于个体的文化背景? 本节从社会调节的两个方面, 即情绪调节和认知控制进行分析, 并在此基础上讨论社会调节的跨文化一致性问题。

情绪调节的研究可以根据影响对象分为对社会认知和对情绪本身的加工调节^[74]。情绪调节社会认知的研究表明, 几乎在所有加工层次上, 情绪性背景都可以调节甚至门控社会信息的加工, 但个体对社会信息的解读则很大程度上依赖于文化环境^[75]。具体而言, 在感知觉加工层面, 比如同样是惊讶面孔, 在不同的先行句条件下, 个体会将其解读为恐惧或者开心^[76]; 同样是恐惧或愤怒面孔, 根据眼神朝向是直视或斜视, 个体对其的解释也截然不同^[77]。不过相比于西方高加索人种, 东亚人无法准确区别恐惧和厌恶^[78]。在语义加工层面, 例如遵守社会规范上, 情绪加工脑区唯有在个体知道惩罚可能出现时才会激活^[79]。在更深层次的意义加工层面, 例如社会排斥(social exclusion), 只有当个体知道对方是有意为之时才会被引发消极情绪和前扣带回的激活; 而当这种排斥被解释为是因为某种不可控的外力(如技术故障)时, 个体不会体验到消极情绪^[80]。但相对美国人,

东亚人的情绪体验仍更偏消极^[75]. 对情绪调节、情绪加工本身的研究表明, 调节策略会显著影响相应的神经表达. 比如当使用认知重评(cognitive reappraisal)策略时, 个体的负性情绪成功减弱, 并伴随前额叶皮层的早期激活以及杏仁核、岛叶的抑制; 而当使用情感压抑(expressive suppression)策略时, 个体负性情绪的减弱伴随的是前额叶皮层的晚期激活和杏仁核、岛叶的激活增强^[81]. 值得注意的是, 不仅调节策略的选择具有文化和性别特异(如女性更多地使用情感压抑策略), 而且不同调节策略的神经机制也可以由文化重塑^[82]. 另外, 不同的情绪调节策略成熟的时间不一样, 认知重评策略要在青春期以后, 甚至到成年期才可以熟练掌握, 情感压抑策略则在童年期就可以熟练掌握^[83]. 不同文化下个体掌握情绪调节策略的时间也不同, 与美国儿童相比, 东亚儿童掌握情感压抑策略的时间更早^[84]. 因此情绪调节加工不具有跨文化的一致性, 其对社会背景的解读很大程度上受文化、宗教和个体差异的影响.

认知控制可以分为主动控制(proactive control)和被动控制(reactive control)^[85]. 主动控制是一种早期选择加工(early selection), 此时个体在认知活动中主动且持续地进行目标表征, 并以目标为导向偏置个体的注意、知觉和行为, 如维持谈话中的主题、组织购物列表; 相反, 被动控制是一种晚期校正加工(late correction), 唯有在个体当前的认知活动受到干扰时才会启动, 例如检测到了错误或突然遭遇到了分心刺激等. 因此主动控制是对未发生干扰的预防, 而被动控制则是对已发生干扰的检测和解决^[85]. 主动控制的核心脑区是背外侧前额叶皮层, 被动控制的核心脑区为前扣带回^[86]. 主动控制不仅在维持目标中起作用, 其在解决目标冲突中也至关重要. 例如, 当短期利益和长期利益冲突时, 个体需要主动控制来抵御短期利益的诱惑, 此时腹侧纹状体和内侧额叶皮层的激活减弱(负责奖赏加工的脑区), 背外前额叶的激活增强^[87]. 近年来, 病理学的研究证明了社会功能障碍患者身上主动控制能力的缺失. 例如, 元分析结果发现, 主动控制能力的缺失是精神分裂症患者认知障碍的核心机制, 患者背外侧前额叶的激活程度显著小于正常人, 但其前扣带回激活正常, 表明患者的被动控制能力与正常人没有显著差异^[88]. 相对于主动控制, 被动控制的研究较少. 行为控制的研究表明, 被动控制系统(主要为前扣带回)主要影响初级

运动皮层. 例如在 go-nogo 任务中, 相对于 go 条件, nogo 条件下的前扣带回激活增强, 初级运动皮层的激活减弱^[89]. 在抑制情绪性信息时, 杏仁核也会显著激活^[90]. 且相对于非社会信息, 抑制社会情绪信息时需要更大的认知努力^[91]. 认知控制的跨文化研究还很少, 目前已有的研究表明, 认知控制很大程度上受个体差异的影响. 例如, 5-HTTLPR(5-HTT gene-linked polymorphic region)等位基因的多态性可以通过影响前扣带回的神经活动来调节对杏仁核的认知控制强度^[92].

综上所述, 无论是情绪还是认知调节都极大地依赖于背景信息, 社会背景可以灵活地调整社会信息加工. 社会调节可以看作是对社会信息加工的前馈控制(feed-forward control), 它在保证社会信息快速、自动化加工的同时, 对后者施加自上而下的调控并最终影响社会行为输出^[93]. 考虑到情绪调节依赖于文化环境, 认知控制能力存在巨大个体差异, 甚至社会调节的神经机制能被文化重塑^[13], 社会调节可能并不具备跨文化的一致性. 但此问题尚存争论, 当前尚未确定文化对认知控制的影响程度是仅改变神经反应的强度, 还是改变了神经机制. 如果是前者, 那么从神经解剖学的意义而言, 社会调节仍具有一定的跨文化一致性.

1.4 人-人互动

上述社会神经科学的研究主要使用“人-机互动”的范式, 即实验中由机器(如计算机)呈现刺激, 研究被试的反应及神经机制^[94]. 但是当个体知道自己是与真实人类而非计算机互动时, 其行为反应和大脑机制是不同的^[95]. 因此社会神经科学的研究更应该采用“人-人互动”范式, 即在社会情境中同时研究互动双方的反应^[15]. 人-人社会交互的研究始于 2002 年, Montague 等人^[96]利用两台 fMRI 仪器成功记录了两个被试在博弈游戏中的大脑活动, 并将这种技术叫做多人同步交互记录(hyperscanning).

同步交互记录研究的独特性体现在对互动双方大脑间活动的测量, 即功能连接分析(functional connectivity). 功能连接分析主要关注被试不同大脑区域间神经活动的关联或依赖关系^[97]. 其中, 时域分析关注被试大脑间活动的相关性或因果性^[98,99]; 频域分析更关注被试大脑间相位的同步化与去同步化^[100]. 根据信号特征, 脑电信号更适合进行频域分

析;血氧水平信号更适合时域分析。目前人-人互动的研究主要涉及社会交流和社会决策两个方面。

社会交流领域的研究可以根据交流形式分为动作交流^[99]、言语交流^[101]和表情交流^[102]。动作交流主要涉及动作的知觉和模仿, 先前研究多集中于动作的接收者(详见前文的镜像系统)。而人-人互动研究表明, 动作发起者和模仿者的大脑活动间存在 *granger* 因果连接, 动作发起者镜像系统——前运动皮层的激活“引发”了动作接收者相同脑区的激活^[99]。言语交流方面发现, 语音接收者相同脑区——颞上回皮层(镜像系统的核心脑区之一, 详见前文)的神经元活动和听到的语音韵律间可以形成共振关系(*resonance*)^[101]。当被试双方在面对面交流时, 其大脑活动也会渐渐同步化^[103]; 这一点在被试一起演奏音乐时也会出现, 多人的脑活动趋向同步化并与音乐旋律形成振荡耦合^[104], 且振荡耦合的程度与个体的共情能力呈正相关^[105]。表情交流相对特殊, 与前两者不同。研究发现, 表情交流一般不会激活双方的镜像系统, 很可能是因为情绪加工涉及很多分散的功能网络^[106], 但表情交流的确激活了双方相同的情绪加工网络, 体现了交流双方对面部表情的共同编码^[102]。综上所述, 无论何种形式的社会交流都会引起互动双方大脑间的同步化加工, 大脑间耦合(*brain-brain coupling*)可能是社会交流共有的神经机制^[106]。

社会决策领域的研究主要关注人们在社会场景下的博弈行为。在社会互动中, 人类的决策行为并非以利益最大化为唯一原则, 而是受到固有社会偏好(如信任、公平、合作等)的影响。已有研究表明, 决策双方前额叶皮层的功能连接强度在博弈中起核心作用^[107]。例如, 囚徒困境(*prisoner's dilemma*)是研究合作行为的经典范式, 每个回合一方被试可以选择合作或者背叛, 下一回合则由另一方做出选择。研究发现, 在背叛情况下, 被背叛者的背外侧前额叶和眶额叶激活最强^[108]; 在合作情况下, 双方的前额叶区域的功能连接强度最强, 且该强度可以 91% 的正确率预测被试在下一个回合的选择^[109]。信任和公平感的研究也强调了前额叶的重要性。信任博弈(*trust game*)模拟了在没有契约机制保障下的经济交易行为。具体而言, 投资人首先投资, 如果投资人付出资金量 A , 委托代理人则能得 $3A$, 然后可以选择任意数额 ($<3A$) 还给投资人, 如果投资人决定投资且投资代理

人愿意返还大于 A 数额的资金, 则双方均获益。在单次博弈中, 投资人的投资行为反映了信任, 而委托代理人的行为反映的是可信赖性和公平; 如果博弈重复进行, 则能反映合作双方对公平的考量。研究发现, 投资人尾状核头部的激活程度反映了代理人行为的公平性^[110], 而扣带回区域在博弈双方间的功能连接强度则反映了双方间的信任程度^[111]; 且相比于正常人, 自闭症患者的扣带回激活强度显著减弱^[112]。

综上, 多人同步交互记录使社会神经科学的研究范式从“人-机交互”转变为“人-人交互”, 这是社会科学研究领域的革命性进步, 极大地提高了实验室研究的生态学效度, 并为研究团体心理(如团体决策中的极化现象)的神经机制提供了可能。另外, 同步记录技术也为临床精神病学研究提供了新的视角——全面理解情绪和社会障碍疾病, 如自闭症、焦虑症和精神分裂症等在社会互动方面的损伤。

2 总结与展望

从 1992 年学科创立至今, 社会神经科学在 20 年来取得了丰厚的研究成果。本文围绕各子领域的核心问题(社会知觉加工的模块化问题、人类社会认知的独特性问题和调节加工的跨文化一致性问题), 系统讨论了社会神经科学研究取得的成果, 具体为: (i) 社会知觉加工至少在计算算法层面是特异化的, 但面孔和语音加工的领域特异性仍存在争议; (ii) 唯有人类可以转换心理视角, 因此心智化系统是人类独有的加工模块; (iii) 人类社会调节可能并不具备跨文化的一致性。最后, 综述了社会神经科学发展的新兴领域——人-人互动研究, 发现大脑间耦合可能是社会交流共有的神经机制, 而对弈双方前额叶皮层的功能连接强度在决策中起核心作用。

本文认为, 未来的社会神经科学研究将在微观和宏观两个层面上取得更加丰硕的成果。微观方面, 社会神经科学的研究开始深入到分子、基因机制^[23], 特别是光遗传技术的成熟使研究特定神经网络和社会行为的因果关系成为可能^[52]。目前的常用技术, 如 fMRI、弥散张量成像、静息态脑网络连接等得到的均为相关而非因果性的实验证据。光遗传技术解决了这一难题, 其时间精度为毫秒级, 可精确控制特定神经元的活动^[113]。简单而言, 研究者先找到合适的光敏基因并将它导入特定神经细胞, 使细胞有光反

应性,之后再用光脉冲调控该类特定神经元的活动^[52].目前,已利用该技术成功发现了脑内奖赏系统中可以被可卡因调节的神经元类型^[114].可以预见,在未来的社会神经科学研究中,光遗传将有广泛的应用前景.

宏观方面,多人同步交互记录技术的成熟,使社会神经科学逐渐发展到更广阔的领域.目前,社会神经科学关注的多是个体社会行为背后的神经机制.但更多的社会行为发生在团体层面,如果将社会神经科学定位为理解人类所有社会行为的神经机制,那么对团体层面的社会行为如公共决策、团体管理的考察将是未来社会神经科学研究的宏观课题.近年来,神经社会学的成立,意味着研究者已开始探讨团体社会行为的神经机制.这类研究具有重要的应用价值,可以为公共政策的制定起到导向作用^[115].比

如,在公共物品生产费用分配的政策制定上,以往的困难在于相同物品对不同群体的价值是不同的,当领导者不知道该公共物品之于特定群体的价值时,其很难保证特定群体的获益多于产出.但现在利用 fMRI 技术,得以了解物品之于每个特定群体的价值,从而成功解决了这一难题^[116].但类似的研究,如通过 fMRI 技术测谎,考察个体的政治信仰等^[117]也引发了社会对该学科的担忧,这种担忧的根源可以追溯到人类对生物决定论的恐惧.值得注意的是,当前的研究证据还非常初步,对于群体的统计显著结果也并不能推论到每个个体.但不可否认,随着研究技术的发展,个体水平的推论将成为可能.因此,需要开始考虑社会神经科学研究的社会意义.未来的社会神经科学家将不仅承担学术责任,其在政治、法律和文化领域都将做出独特贡献.

参考文献

- 1 Byrne R, Whiten A. Machiavellian Intelligence: Social Expertise and the Evolution of Intellect in Monkeys, Apes, and Humans. Oxford: Oxford Science Publications, 1989. 93–110
- 2 Ruff C B, Trinkaus E, Holliday T W. Body mass and encephalization in Pleistocene Homo. *Nature*, 1997, 387: 173–176
- 3 Brothers L, Ring B, Kling A. Response of neurons in the macaque amygdala to complex social stimuli. *Behav Brain Res*, 1990, 41: 199–213
- 4 Cacioppo J T, Berntson G G. Social psychological contributions to the decade of the brain. *Doctrine of multilevel analysis. Am Psychol*, 1992, 47: 1019–1021
- 5 Fehr E, Camerer C F. Social neuroeconomics: the neural circuitry of social preferences. *Trends Cogn Sci*, 2007, 11: 419–427
- 6 Cacioppo J T, Amaral D G, Blanchard J J, et al. Social neuroscience: progress and implications for mental health. *Perspect Psychol Sci*, 2007, 2: 99–123
- 7 Sokolowski M B. Social interactions in “simple” model systems. *Neuron*, 2010, 65: 780–794
- 8 柳昀哲, 张丹丹, 罗跃嘉. 婴儿社会和情绪脑机制的早期发展. *科学通报*, 2013, 58: 753–761
- 9 Eisenberger N I, Cole S W. Social neuroscience and health: neurophysiological mechanisms linking social ties with physical health. *Nat Neurosci*, 2012, 15: 669–674
- 10 白露, 马慧, 黄宇霞, 等. 中国情绪图片系统的编制. *中国心理卫生杂志*, 2005, 19: 719–722
- 11 龚栩, 黄宇霞, 王妍, 等. 中国面孔表情图片系统的修订. *中国心理卫生杂志*, 2011, 25: 40–46
- 12 王一牛, 周立明, 罗跃嘉. 汉语情感词系统的初步编制及评定. *中国心理卫生杂志*, 2008, 22: 608–612
- 13 Adolphs R. The social brain: neural basis of social knowledge. *Annu Rev Psychol*, 2009, 60: 693–704
- 14 Adolphs R. Conceptual challenges and directions for social neuroscience. *Neuron*, 2010, 65: 752–767
- 15 Schilbach L, Timmermans B, Reddy V, et al. Toward a second-person neuroscience. *Behav Brain Sci*, 2012, 36: 393–414
- 16 Wyatt T D. Fifty years of pheromones. *Nature*, 2009, 457: 262–263
- 17 Wang L, Anderson D J. Identification of an aggression-promoting pheromone and its receptor neurons in *Drosophila*. *Nature*, 2009, 463: 227–231
- 18 Lin D, Zhang S Z, Block E, et al. Encoding social signals in the mouse main olfactory bulb. *Nature*, 2005, 434: 470–477
- 19 Insel T R, Young L J. The neurobiology of attachment. *Nat Rev Neurosci*, 2001, 2: 129–136
- 20 Broad K, Curley J, Keverne E. Mother-infant bonding and the evolution of mammalian social relationships. *Philos Trans R Soc B-Biol Sci*, 2006, 361: 2199–2214
- 21 Baumgartner T, Heinrichs M, Vonlanthen A, et al. Oxytocin shapes the neural circuitry of trust and trust adaptation in humans. *Neuron*, 2008, 58: 639–650
- 22 Sanchez-Andrade G, Kendrick K M. The main olfactory system and social learning in mammals. *Behav Brain Res*, 2009, 200: 323–335

- 23 Insel T R. The Challenge of translation in social neuroscience: a review of oxytocin, vasopressin, and affiliative behavior. *Neuron*, 2010, 65: 768–779
- 24 Dunbar R I. The social role of touch in humans and primates: behavioural function and neurobiological mechanisms. *Neurosci Biobehav Rev*, 2008, 34: 260–268
- 25 Olausson H, Lamarre Y, Backlund H, et al. Unmyelinated tactile afferents signal touch and project to insular cortex. *Nat Neurosci*, 2002, 5: 900–904
- 26 Morrison I, Loken L S, Olausson H. The skin as a social organ. *Exp Brain Res*, 2010, 204: 305–314
- 27 Löken L S, Wessberg J, McGlone F, et al. Coding of pleasant touch by unmyelinated afferents in humans. *Nat Neurosci*, 2009, 12: 547–548
- 28 Singer T, Critchley H D, Preuschoff K. A common role of insula in feelings, empathy and uncertainty. *Trends Ecol Evol*, 2009, 13: 334–340
- 29 Rolls E T. The affective and cognitive processing of touch, oral texture, and temperature in the brain. *Neurosci Biobehav Rev*, 2010, 34: 237–245
- 30 Haxby J V, Gobbini M I. Distributed neural systems for face perception. In: Calder A, Rhodes G, Johnson M, eds. *The Oxford Handbook of Face Perception*. Oxford: Oxford University Press, 2011. 93–110
- 31 Haxby J V, Gobbini M I, Furey M L, et al. Distributed and overlapping representations of faces and objects in ventral temporal cortex. *Science*, 2001, 293: 2425–2430
- 32 Tsao D Y, Freiwald W A, Tootell R B, et al. A cortical region consisting entirely of face-selective cells. *Science*, 2006, 311: 670–674
- 33 Kanwisher N, McDermott J, Chun M M. The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *J Neurosci*, 1997, 17: 4302–4311
- 34 Kanwisher N, Yovel G. The fusiform face area: a cortical region specialized for the perception of faces. *Philos Trans R Soc B-Biol Sci*, 2006, 361: 2109–2128
- 35 Kanwisher N, Tong F, Nakayama K. The effect of face inversion on the human fusiform face area. *Cognition*, 1998, 68: 1–11
- 36 Maurer D, Grand R L, Mondloch C J. The many faces of configural processing. *Trends Ecol Evol*, 2002, 6: 255–260
- 37 Schendan H E, Ganis G. Face-specificity is robust across diverse stimuli and individual people, even when interstimulus variance is zero. *Psychophysiology*, 2013, 50: 287–291
- 38 Gauthier I, Skudlarski P, Gore J C, et al. Expertise for cars and birds recruits brain areas involved in face recognition. *Nat Neurosci*, 2000, 3: 191–197
- 39 Rossion B, Gauthier I, Goffaux V, et al. Expertise training with novel objects leads to left-lateralized facelike electrophysiological responses. *Psychol Sci*, 2002, 13: 250–257
- 40 Tarr M J, Gauthier I. FFA: a flexible fusiform area for subordinate-level visual processing automatized by expertise. *Nat Neurosci*, 2000, 3: 764–770
- 41 Wheeler M, Atkinson A. Domains, brains and evolution. *Royal Institute of Philosophy Supplement*, 2001, 23: 239–266
- 42 Fodor J A. *The Modularity of Mind*. Cambridge: MIT press, 1981
- 43 Reddy L, Kanwisher N. Category selectivity in the ventral visual pathway confers robustness to clutter and diverted attention. *Curr Biol*, 2007, 17: 2067–2072
- 44 李晓白, 朱棋, 刘嘉. 行为遗传学: 解决面孔特异性问题争论的新思路. *心理科学进展*, 2009, 17: 284–293
- 45 Zhu Q, Song Y, Hu S, et al. Heritability of the specific cognitive ability of face perception. *Curr Biol*, 2010, 20: 137–142
- 46 Belin P, Zatorre R J, Lafaille P, et al. Voice-selective areas in human auditory cortex. *Nature*, 2000, 403: 309–312
- 47 Petkov C I, Kayser C, Steudel T, et al. A voice region in the monkey brain. *Nat Neurosci*, 2008, 11: 367–374
- 48 Grossmann T, Oberecker R, Koch S P, et al. The developmental origins of voice processing in the human brain. *Neuron*, 2010, 65: 852–858
- 49 Belin P, Grosbras M H. Before speech: cerebral voice processing in infants. *Neuron*, 2010, 65: 733–735
- 50 Cheng Y, Lee S Y, Chen H Y, et al. Voice and emotion processing in the human neonatal brain. *J Cogn Neurosci*, 2012, 24: 1411–1419
- 51 Belin P, Fecteau S, Bédard C. Thinking the voice: neural correlates of voice perception. *Trends Ecol Evol*, 2004, 8: 129–135
- 52 Deisseroth K. Optogenetics. *Nat methods*, 2010, 8: 26–29
- 53 Penn D C, Povinelli D J. On the lack of evidence that non-human animals possess anything remotely resembling a ‘theory of mind’. *Philos Trans R Soc B-Biol Sci*, 2007, 362: 731–744
- 54 Tomasello M, Call J, Hare B. Chimpanzees understand psychological states—the question is which ones and to what extent. *Trends Ecol Evol*, 2003, 7: 153–156
- 55 Van Overwalle F, Baetens K. Understanding others’ actions and goals by mirror and mentalizing systems: a meta-analysis. *NeuroImage*,

- 2009, 48: 564–584
- 56 Di Pellegrino G, Fadiga L, Fogassi L, et al. Understanding motor events: a neurophysiological study. *Exp Brain Res*, 1992, 91: 176–180
- 57 Rizzolatti G, Craighero L. The mirror-neuron system. *Annu Rev Neurosci*, 2004, 27: 169–192
- 58 Dinstein I, Thomas C, Behrmann M, et al. A mirror up to nature. *Curr Biol*, 2008, 18: 13–18
- 59 Rizzolatti G, Fogassi L, Gallese V. Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nat Rev Neurosci*, 2001, 2: 661–670
- 60 Keysers C, Perrett D I. Demystifying social cognition: a Hebbian perspective. *Trends Ecol Evol*, 2004, 8: 501–507
- 61 Tunik E, Rice N J, Hamilton A, et al. Beyond grasping: representation of action in human anterior intraparietal sulcus. *NeuroImage*, 2007, 36: 77–86
- 62 Brass M, Schmitt R M, Spengler S, et al. Investigating action understanding: inferential processes versus action simulation. *Curr Biol*, 2007, 17: 2117–2121
- 63 Preston S D, de Waal F. Empathy: its ultimate and proximate bases. *Behav Brain Sci*, 2002, 25: 1–20
- 64 Fan Y, Duncan N W, de Greck M, et al. Is there a core neural network in empathy? An fMRI based quantitative meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev*, 2011, 35: 903–911
- 65 Amodio D M, Frith C D. Meeting of minds: the medial frontal cortex and social cognition. *Nat Rev Neurosci*, 2006, 7: 268–277
- 66 Decety J, Lamm C. The role of the right temporoparietal junction in social interaction: how low-level computational processes contribute to meta-cognition. *Neuroscientist*, 2007, 13: 580–593
- 67 Freedman D J, Assad J A. Experience-dependent representation of visual categories in parietal cortex. *Nature*, 2006, 443: 85–88
- 68 Van Overwalle F. Social cognition and the brain: a meta-analysis. *Hum brain mapp*, 2009, 30: 829–858
- 69 Cavanna A E, Trimble M R. The precuneus: a review of its functional anatomy and behavioural correlates. *Brain*, 2006, 129: 564–583
- 70 Miklósi Á, Kubinyi E, Topál J, et al. A simple reason for a big difference: wolves do not look back at humans, but dogs do. *Curr Biol*, 2003, 13: 763–766
- 71 Wood J N, Glynn D D, Phillips B C, et al. The perception of rational, goal-directed action in nonhuman primates. *Science*, 2007, 317: 1402–1405
- 72 Schaller M, Park J H, Kenrick D T. Human evolution and social cognition. In: Dunbar R, ed. *Oxford Handbook of Evolutionary Psychology*. Oxford: Oxford University Press, 2007. 491–504
- 73 Ochsner K N, Gross J J. The cognitive control of emotion. *Trends Ecol Evol*, 2005, 9: 242–249
- 74 Gross J J. *Handbook of Emotion Regulation*. New York: Guilford Press, 2009
- 75 Kitayama S, Uskul A K. Culture, mind, and the brain: current evidence and future directions. *Annu Rev Psychol*, 2011, 62: 419–449
- 76 Kim H, Somerville L H, Johnstone T, et al. Contextual modulation of amygdala responsivity to surprised faces. *J Cogn Neurosci*, 2004, 16: 1730–1745
- 77 Adams R B, Kleck R E. Perceived gaze direction and the processing of facial displays of emotion. *Psychol Sci*, 2003, 14: 644–647
- 78 Jack R E, Blais C, Scheepers C, et al. Cultural confusions show that facial expressions are not universal. *Curr Biol*, 2009, 19: 1543–1548
- 79 Spitzer M, Fischbacher U, Herrnberger B, et al. The neural signature of social norm compliance. *Neuron*, 2007, 56: 185–196
- 80 Eisenberger N I, Lieberman M D, Williams K D. Does rejection hurt? An fMRI study of social exclusion. *Science*, 2003, 302: 290–292
- 81 Goldin P R, McRae K, Ramel W, et al. The neural bases of emotion regulation: reappraisal and suppression of negative emotion. *Biol Psychiat*, 2008, 63: 577–586
- 82 Murata A, Moser J S, Kitayama S. Culture shapes electrocortical responses during emotion suppression. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2013, 8: 595–601
- 83 Gross J J. Emotion regulation in adulthood: timing is everything. *Curr directions Psychol Sci*, 2001, 10: 214–219
- 84 Bee H L, Boyd D R. *The Developing Child*. Boston: Allyn & Bacon, 2010
- 85 Braver T S, Paxton J L, Locke H S, et al. Flexible neural mechanisms of cognitive control within human prefrontal cortex. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2009, 106: 7351–7356
- 86 Miller E K, Cohen J D. An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annu Rev Neurosci*, 2001, 24: 167–202
- 87 McClure S M, Laibson D I, Loewenstein G, et al. Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards. *Science*, 2004, 306: 503–507
- 88 Minzenberg M J, Laird A R, Thelen S, et al. Meta-analysis of 41 functional neuroimaging studies of executive function in schizophrenia. *Arch Gen Psychiatry*, 2009, 66: 811–822
- 89 Steele V R, Aharoni E, Munro G E, et al. A large scale ($N=102$) functional neuroimaging study of response inhibition in a Go/NoGo task. *Behav Brain Res*, 2013, 256: 529–536
- 90 Ousdal O, Jensen J, Server A, et al. The human amygdala is involved in general behavioral relevance detection: evidence from an

- event-related functional magnetic resonance imaging Go-NoGo task. *Neuroscience*, 2008, 156: 450–455
- 91 Todd R M, Lewis M D, Meusel L A, et al. The time course of social-emotional processing in early childhood: ERP responses to facial affect and personal familiarity in a Go-Nogo task. *Neuropsychologia*, 2008, 46: 595–613
- 92 Pezawas L, Meyer-Lindenberg A, Drabant E M, et al. *5-HTTLPR* polymorphism impacts human cingulate-amygdala interactions: a genetic susceptibility mechanism for depression. *Nat Neurosci*, 2005, 8: 828–834
- 93 Cunningham W A, Zelazo P D. Attitudes and evaluations: a social cognitive neuroscience perspective. *Trends Ecol Evol*, 2007, 11: 97–104
- 94 Yarkoni T, Poldrack R A, Van Essen D C, et al. Cognitive neuroscience 2.0: building a cumulative science of human brain function. *Trends Ecol Evol*, 2010, 14: 489–496
- 95 Rilling J K, Sanfey A G. The neuroscience of social decision-making. *Annu Rev Psychol*, 2011, 62: 23–48
- 96 Montague P R, Berns G S, Cohen J D, et al. Hyperscanning: simultaneous fMRI during linked social interactions. *NeuroImage*, 2002, 16: 1159–1164
- 97 Greicius M D, Krasnow B, Reiss A L, et al. Functional connectivity in the resting brain: a network analysis of the default mode hypothesis. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2003, 100: 253–258
- 98 Cui X, Bryant D M, Reiss A L. NIRS-based hyperscanning reveals increased interpersonal coherence in superior frontal cortex during cooperation. *NeuroImage*, 2012, 59: 2430–2437
- 99 Schippers M B, Renken R, Keysers C. The effect of intra-and inter-subject variability of hemodynamic responses on group level Granger causality analyses. *NeuroImage*, 2011, 57: 22–36
- 100 Tognoli E, Lagarde J, DeGuzman G C, et al. The phi complex as a neuromarker of human social coordination. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2007, 104: 8190–8195
- 101 Stephens G J, Silbert L J, Hasson U. Speaker-listener neural coupling underlies successful communication. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2010, 107: 14425–14430
- 102 Anders S, Eippert F, Wiens S, et al. When seeing outweighs feeling: a role for prefrontal cortex in passive control of negative affect in blindsight. *Brain*, 2009, 132: 3021–3031
- 103 Jiang J, Dai B, Peng D, et al. Neural synchronization during face-to-face communication. *J Neurosci*, 2012, 32: 16064–16069
- 104 Lindenberger U, Li S C, Gruber W, et al. Brains swinging in concert: cortical phase synchronization while playing guitar. *BMC Neurosci*, 2009, 10: 22
- 105 Babiloni C, Vecchio F, Infarinato F, et al. Simultaneous recording of electroencephalographic data in musicians playing in ensemble. *Cortex*, 2011, 47: 1082–1090
- 106 Hasson U, Ghazanfar A A, Galantucci B, et al. Brain-to-brain coupling: a mechanism for creating and sharing a social world. *Trends Ecol Evol*, 2012, 2: 114–121
- 107 Babiloni F, Astolfi L. Social neuroscience and hyperscanning techniques: past, present and future. *Neurosci Biobehav Rev*, 2012 [Epub ahead of print]
- 108 Babiloni F, Cincotti F, Mattia D, et al. High resolution EEG hyperscanning during a card game. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2007, 2007: 4957–4960
- 109 De Vico Fallani F, Nicosia V, Sinatra R, et al. Defecting or not defecting: how to “read” human behavior during cooperative games by EEG measurements. *PLoS ONE*, 2010, 5: e14187
- 110 King-Casas B, Tomlin D, Anen C, et al. Getting to know you: reputation and trust in a two-person economic exchange. *Science*, 2005, 308: 78–83
- 111 Tomlin D, Kayali M A, King-Casas B, et al. Agent-specific responses in the cingulate cortex during economic exchanges. *Science*, 2006, 312: 1047–1050
- 112 Chiu P H, Kayali M A, Kishida K T, et al. Self responses along cingulate cortex reveal quantitative neural phenotype for high-functioning autism. *Neuron*, 2008, 57: 463–473
- 113 Toettcher J E, Voigt C A, Weiner O D, et al. The promise of optogenetics in cell biology: interrogating molecular circuits in space and time. *Nat methods*, 2010, 8: 35–38
- 114 Boyden E S, Zhang F, Bamberg E, et al. Millisecond-timescale, genetically targeted optical control of neural activity. *Nat Neurosci*, 2005, 8: 1263–1268
- 115 Franks D D, Turner J H. *Handbook of Neurosociology*. New York: Springer, 2013. 40
- 116 Krajbich I, Camerer C, Ledyard J, et al. Using neural measures of economic value to solve the public goods free-rider problem. *Science*, 2009, 326: 596–599
- 117 Kapogiannis D, Barbey A K, Su M, et al. Cognitive and neural foundations of religious belief. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2009, 106: 4876–4881

Overview of Social Neuroscience

LIU YunZhe¹, ZHANG DanDan² & LUO YueJia²

1 State Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning, Institute of Brain and Cognitive Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2 Institute of Social Cognitive and Affective Neuroscience, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China

Complex social environments are the primary selective pressure for the human brain. Mankind must evolve specialized brain networks to rapidly process social information (e.g., identification of social signals). However, the exact cognition mechanisms remain unclear. Social neuroscience is the burgeoning field that studies social behavior and underlying neural structures by applying an interdisciplinary, multilevel analysis. It has been fruitful and contributed to fields ranging from psychiatry to economics since its first appearance as a term in 1992. In this article, we systematically review four major aspects of social neuroscience: social perception, cognition, regulation and interaction. Based on that empirical evidence, we try to answer each core question of sub-domains: Is there any specialization for social perception? Is social cognition unique to humans? Is social regulation ability universal or sensitive to individual difference? We conclude that social perception is at least functionally specialized; the mentalizing system is unique to humans and social regulation ability is sensitive to individual difference. Besides, the brain-to-brain coupling may be the core mechanism of social interaction. Finally, based on the present studies and emerging techniques, we point out two broad directions for future research.

social neuroscience, social perception, social cognition, social regulation, social interaction

doi: 10.1360/N052013-00073