

“生成认知”视阈下合作的双人超扫描范式

张裕煊

上海师范大学教育学院，上海

摘要 | “生成认知”视阈下的合作是指每个主体都在某种程度上考虑其他主体的利益和目标，并采取行动与他人的反应进行协同或互补的行为。在合作过程中主体需要与他人的行为和意图紧密相连，主体意图在动态交互过程中生成和传递，从而达到对彼此的理解。互动是合作的关键要素，超扫描技术的发展使自由交互的合作研究成为可能。本文在比较合作与联合行动、人际协调等概念辨析的基础上，以互动过程为主线，对常见的双人合作超扫描范式进行述评，同时对合作的共同意向理论进行介绍，并对未来研究方向进行了展望，对人类互动合作研究具有潜在的推动作用。

关键词 | 合作；生成认知；社会互动；超扫描；共同意向

Copyright © 2022 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 “生成认知”视阈下合作的概念

合作是人类参与社会互动的基本方式之一^[1]。一直以来，尽管哲学家与心理学家对合作进行了广泛的研究，但至今尚不能够清晰地界定一项活动或行为是否具有合作性。目前主流的观点大多将合作定义为两个或多个个体协调彼此以追求共同目标的行为^[2, 3]，合作的成败本质上依赖于个体的社会认知能力，即对他人心理状态的感知能力，个体通过理解并预测对方的意图和行动从而实现共同目标^[4, 5]。然而巴特菲尔（Butterfill, 2012）^[6]指出这种定义假定合作中的个体具备较高水平的认知能力，如建立元表征并将心理状态归因于自己和他人的能力，忽略了早期合作的可能，简言之，这种定义是以成年人为基础构建的，很难精确描述那些不具备较高水平认知能力的个体间的合作，例如，婴儿和自闭症儿童^[7]。

为了从发展的角度对合作进行定义，凡塔西亚等人（Fantasia et al., 2014）从意义建构和参与式意义建构两个概念出发，提出合作是指每个主体都在某种程度上考虑其他主体的利益和目标，并采取行动与他人的反应进行协同或互补的行为。合作不仅仅是主体意向性的表现形式，而且还以一种有意义的方

式令两个互动主体间的知觉—运动环路相连并实现耦合，并随合作的展开引发主体行为潜在的可能性，塑造和建构相应的身体动作反应，简言之，主体间的合作并非两个笛卡尔式心灵之间的对话，而是一种肉体间性（Intercorporality），是一种身体的认识活动^[8]，在合作过程中主体不需要进行推理或心理模拟，而是依靠社会知觉，以一种动力学方式与他人的行为和意图紧密相连，主体意图不断在动态交互过程中生成、传递，达成对彼此的理解，从而实现共同目标^[9, 10]。

综上，本文中提到的合作是一种“生成认知”视阈下的合作，生成认知认为社会认知生成于大脑、身体和环境三者之间相互耦合形成的动态系统中，社会情境会影响主体的意义建构，主体在互动中做出何种行为取决于当下的情境和互动过程本身^[11]。从这个意义上讲，虽然直接感知提供了大量重要的信息，但在合作过程中形成的知觉—运动环路才是行为产生的基础。理解合作特别需要关注社会互动过程，关注合作的情境性、动力性和动态性。随着研究的深入，不同领域对合作提供了新的视角，而这在一定程度上也导致了部分概念间关系的混淆，如联合行动、人际协调等。鉴于此，本文对与社会互动相关的核心概念进行辨析，并介绍合作相关超扫描研究范式和理论对未来研究方向进行展望。

2 合作与联合行动

联合行动（Joint Action）是一种复杂的社会互动形式。从哲学角度讲，联合行动是指包含多个个体共同意向的互动形式，其特征包括对彼此的动作和意图进行反应、承诺完成共同的目标、通过角色转换相互支持^[2, 12-14]。塞邦斯等人（Sebanz et al., 2006）^[15]提出一个更具包容性的定义，将两个或多个个体通过行为协调改变环境、产生共同结果的任何社会互动形式都称作联合行动，如一起粉刷房子、一起散步等^[16]。

合作与联合行动的概念部分重叠，是一种特殊的联合行动^[17]。当联合行动中的个体间存在一种共同的、内源性的因素，像一根无形的“指挥棒”，引导个体基于一定的行为模式，追求共同目标时，这种联合行动就等同于合作^[18]。

3 合作与人际协调

人际协调（Interpersonal Coordination）是社会互动中个体在时间和形式上非随机化、模式化或同步化行为的统称^[19]，即在特定的社会情境下，主体间行为、情绪和认知随时间的推移逐渐趋于统一的现象，其特征是两人或多人参与、同时在场、迅速（短时间内）发生且自发（无意识控制）出现^[20]。

合作过程中需要一定程度的人际协调，需要个体行为的相互耦合，是一种即时的、有意义的人际协调。然而，并非所有的协调行为都属于合作，如同步、模仿等。判断两人或多人互动是否具有合作性的关键在于，个体间是否形成追求目标的共同意愿，且每个个体都打算为实现该目标做出贡献^[21]。在合作过程中，共同目标是灵魂，共同意愿是内在动机，行为协调负责从外部保证合作活动的顺利进行。

4 生成认知视阈下合作的超扫描范式

以往的合作研究往往聚焦于混合动机冲突情境（如因徒困境）中的合作，而对人们在互动情境中合

作的态度与行为知之甚少^[22]，以往研究忽略了个体之间的相互作用以及那些只能从互动中获取的特定信息，忽略了社会互动的依存性和动态性^[23]，无法解释互动中个体认知过程的重叠，举例来说，对话者不会等到话音结束时才开始理解对话内容，然后再决定如何回答。忽略互动的的原因很简单，一是因为受先验知识的影响，互动一般被视为背景因素，研究者更多致力于内部机制的探讨，从个体内部寻找行为的原因；其次是互动的过程极其复杂且不可控，尤其是探究行为的发展轨迹时，可能会受到多重混淆变量的交互影响，因此实验心理学家更倾向于以“第三人称”的方式开展行为研究，而非“第二人称”的方式^[10, 24]。

蒙塔古等人 (Montague et al., 2002)^[25]首次提出“超扫描 (Hyperscanning)”的概念：在互动过程中同时扫描两个被试的大脑，以揭示相互作用是如何随时间展开的。巴比洛尼等人 (Babiloniet al., 2006)^[26]第一次给出了超扫描的确切定义：对两人或多人大脑的血液动力学特征或神经电生理活动进行同步记录的技术。超扫描的优势主要有以下两点：(1)对互动中所有个体的大脑活动进行测量，收集与互动有关的动态信息；(2)使互动研究成为可能，提高了研究的生态效度。超扫描技术为研究社会认知背后的神经机制提供了新的视角，如研究者发现社会互动中的个体间存在脑间同步 (inter-brain synchrony, IBS)。

一个关键的科学问题是，合作是如何在大脑中实现的^[27]。互动大脑假说认为，互动是合作的关键要素，无论是否从发展的角度出发，互动都影响着合作中的社会理解问题^[10]，近来的合作研究中（包括行为和神经科学研究），研究者们采用的范式大多是根据先前联合行动范式或日常行为情境改编而来。在此基础上，有研究者总结了合作研究的三个关键特征：(1)应用目标结构，使个体有理由进行合作；(2)提供特殊的规则和机制，使合作的实现有章可循；(3)合作过程中允许互动^[28-30]。

随着超扫描技术的应用，高生态效度的互动范式变得越来越普遍，使我们能够重建日常社交生活的动态互动过程，更深入地了解大脑在现实互动场景中的工作模式，同时提供关于脑—脑之间神经活动相互作用的新见解^[31, 32]。根据互动过程的实施方式，合作范式可以分为计算机化范式和由日常场景改编的范式。计算机化范式是指那些通过计算机程序设计、计算机屏幕展示、操作简化的互动范式。其中，根据任务的规则，合作范式也可划分为同时型互动范式、回合型互动范式及实时互动范式^[33, 34]。在双人互动中，个体很快便能预测互动过程的发展，而在更大的群体中，会增加合作任务的复杂性，引入其他混淆变量。在这里，我们主要介绍一下与合作相关的双人互动范式。

4.1 计算机化范式

4.1.1 棋盘游戏

棋盘游戏 (Pattern Game)，又称建造者游戏 (Builder Game)，最早是由戴西迪等人 (Decety et al., 2004)^[3]设计的一种交互任务，屏幕上呈现一个由5×5网格的游戏棋盘，游戏开始前棋盘上方出现目标图案，被试依次移动固定位置生成的棋子来组成目标图案。两名被试轮流控制不同颜色的两种棋子，棋子每2秒生成一个，两种颜色的棋子交替生成。其中一名被试被指定为建造者，负责复现目标图案。合作条件下，另一名被试需要帮助建造者完成任务；竞争条件下，另一名被试需要阻碍建造者完成任务。游戏结束后，根据游戏过程中两名被试的具体反应计算错误率作为他们的游戏表现。后来，有研究者对

初始游戏规则设置进行了拓展,增加了并行条件,即两名被试同时控制各自的棋子,根据指令完成任务^[35]。

4.1.2 联合绘图任务

联合绘图任务 (Joint Drawing Task), 又称蚀刻素描任务 (Etch-a-Sketch Task), 屏幕上随机呈现一种形状图案 (如平行四边形), 从图案的某点开始, 要求一名被试控制画笔移动的“左右”方向, 另一名被试控制画笔移动的“上下”方向, 两人尽可能以最精确的方式将图案描绘一遍。任务结束后, 统计任务过程中花费的时间以及图案的准确率作为他们的任务表现^[36, 37]。

4.1.3 联合按键任务

联合按键任务 (Joint Key-press Task), 又称“同步按键任务” (Synchronizing Key-press Task) 或合作按键任务 (Cooperative Key-press Task), 目前主要有两种任务设置: 第一种任务要求两名被试默数 10 秒后尽可能同时按键, 第二种任务要求两名被试在目标刺激出现时尽可能同时按键, 任务共包含较多试次, 每轮按键结束后要求被试根据反馈不断调整彼此的按键反应, 当按键同步或接近同步时, 两名被试会共同得分, 反之会扣分。任务结束后, 根据游戏过程中两名被试的具体反应计算按键同步率作为他们的任务表现^[38, 39]。

4.1.4 手指敲击任务

手指敲击任务 (Finger Tapping Task) 首先要求两名被试首先跟随固定的节拍敲击手指, 节拍停止后, 两名被试既要参考之前的节拍间隔, 又要尽可能与同伴同步敲击手指。不同的任务会设置不同的反馈方式, 如被试只能听到对方的敲击声或自己的敲击声 (单向反馈), 或者能够听到彼此的敲击声 (双向反馈)。任务结束后, 据游戏过程中两名被试的具体反应计算同步率作为他们的任务表现^[40]。

值得注意的是, 联合按键任务与手指敲击任务是一种动态同步任务, 这与人际协调产生的同步现象是不同的 (如观众同步鼓掌; 散步时步调一致; 身体同步晃动等), 人际协调产生的同步现象可以通过低水平的行为机制来实现, 不涉及社会认知, 而合作过程中产生的同步现象是通过设定节拍或执行特定动作来实现的, 有特定的目标指向及共同意愿, 合作双方需不断调整直至达成目标^[41, 42]。

4.2 由日常场景改编的范式

4.2.1 积木游戏

积木游戏 (Jenga Game) 经典的玩法设计是几名玩家交替从搭建好的积木塔中抽取积木然后置于塔顶, 直至某名玩家抽取后积木倒塌^[43]。有研究者采用相同的积木道具, 引入不同的游戏规则, 要求被试按照每层积木呈“井”字形搭建积木塔, 合作条件下要求两名被试轮流使用积木进行搭建, 每人每次只能放置一块积木, 2 分钟时间结束时积木塔越高, 两人的共同得分越多; 竞争条件下要求两名被试独自进行搭建, 时间结束后, 积木塔更高的被试得分更多^[44]。

4.2.2 七巧板游戏

七巧板游戏 (Tangrams Game) 经典的玩法设计是使用 7 块平面几何形状的积木组合在一起拼出更大且有意义的形状 (物体或动物)。游戏过程中, 只给被试呈现最终形状的轮廓, 要求他们在固定时间内使用积木将目标形状拼出。合作条件下要求两名被试一起协作完成; 竞争条件下要求两名被试独自拼搭。任务结束后, 统计任务过程中拼搭的成功率以及完成度作为他们的任务表现^[45, 46]。

除此之外,还有一些生态效度较高的范式,如合作唱歌任务^[47]、合作演奏乐器任务^[48]、非语言交流任务^[49, 50]以及飞行员模拟合作应对飞行事件^[51]等,都是一些日常生活中比较常见的合作形式。

根据前面合作范式的分类可以看出,计算机化程序进行的研究与由日常场景改编的研究之间均有其优势与劣势,前者具有较严格的实验控制,关注影响合作的关键变量,如社会认知功能或行为的组成部分,能够排除一些无关变量的影响,如身体的活动程度、噪声等。此外,在实验室环境下心理活动的时间是固定的,如简单刺激—反应任务中,可以假定与刺激相关的心理活动接近于刺激呈现时产生;而后者具有较高的生态效度,但是一定程度上削弱或消除了实验控制。

5 共同意向理论

有研究者尝试从哲学中共同意向理论(Shared Intention Theory)出发,对合作超扫描研究的结果进行解释。共同意向的概念最早由哲学家提出,布拉特曼(Bratman, 1993)^[12]表示,当两个或多个个体追求共同目标时,个体的意向之间会构建联系,统一意向主体(Intentional Agency),形成共同意向,在个体间发挥协调计划、行动以及协商功能。举例来说,两个人决定一起做晚餐后,首先会商量菜品以及分工、备料、最后按计划协调分工。共同意向并不等同于共同目标,两者都可以促进个体动作协调,但共同目标不具备协商与协调计划的功能^[6]。

共同意向具有两个重要特征:第一,它是一种社会性的认知过程,要在联合行动中才能产生,至少涉及两个或多个个体,单个个体无法产生共同意向;第二,共同意向的形成与个体意图有关,不同的个体意图以一种特殊的方式建立联系,但共同意向并非所有个体或多数个体意图的总和^[52]。

托马赛洛等人(2005)^[53]提出了共同意向解释合作的理论模型:个体建立对共同目标的认知表征,即个人目标要与他人一起完成,然后通过决策(包含当前任务的状态、个体的知识和技能等)形成共同意向,从而协调彼此行为实现共同目标,其中,联合注意在任务过程中发挥监督和调节功能。

6 总结与展望

“生成认知”视阈下的合作更加关注合作时的情境、个体与他人合作时在做什么以及个体在合作中的体验。有研究者表示,个体是在一起工作、一起玩耍等共享情境下去理解他人的,而不只是作为观察的第三方,因此社会认知不能简化为个体认知机制的运作,有必要在合作研究中加入“互动”的因素,缩小实验室任务与日常生活真实体验之间的差距,确定促进日常生活中合作的关键因素,从而进一步洞察社会互动的潜在结构^[54, 55]。

有关双人合作的超扫描研究在近十几年里得到了迅速发展,但由于其刚刚起步,实验范式以及使用的工具不统一(如脑电图、功能近红外光谱成像等),一方面,尽管由日常场景改编的范式具有更高的生态效度,但潜在地产生了新的问题。例如,被试在自然环境中的行为可能是自发或主动表现出来的,外显行为受到早期心理活动的影响,这使得确定心理活动产生过程变得更加困难,同时也对实验刺激和实验条件的可控性与可重复性提出了严峻的挑战;另一方面,由于自然场景的复杂性,对数据的分析和解释也提出了新的挑战。因此得出的研究结果缺乏可比性,其研究结果的可靠性还有待进一步验证。汉密尔顿(Hamilton, 2021)^[56]表示,行为数据与生理指标的综合分析才是理解联合行动的关键。鉴于此,

在研究合作时应根据研究目的选用恰当的范式，并对行为指标进行更加精细的分析，以增强结论的重复性和解释力。

此外，“生成认知”视阈下的合作研究所面临的一个非常重要的困境是缺乏广泛接受的理论和模型，虽然共同意向理论提出相应的模型，但实证研究与哲学方法之间存在差异，对共同意向的哲学描述并不适用于每一种合作，这也限制了对以往研究结果的验证和解读。因此，未来的理论研究应该发展更多的理论机制，详细阐述理论的边界条件，以此指导实证研究，并做出相应的预测。

参考文献

- [1] Lee M, Ahn H S, Kwon S K, et al. Cooperative and competitive contextual effects on social cognitive and empathic neural responses [J] . *Frontiers in Human Neuroscience*, 2018 (12) : 218.
- [2] Bratman M E. Shared cooperative activity [J] . *The philosophical review*, 1992, 101 (2) : 327-341.
- [3] Decety J, Jackson P L, Sommerville J A, et al. The neural bases of cooperation and competition: an fMRI investigation [J] . *NeuroImage*, 2004, 23 (2) : 744-751.
- [4] Tomasello M, Carpenter M. Shared intentionality [J] . *Developmental Science*, 2007, 10 (1) : 121-125.
- [5] Satne G. Understanding others by doing things together: an enactive account [J] . *Synthese*, 2021, 198 (1) : 507-528.
- [6] Butterfill S. Joint Action and Development [J] . *The Philosophical Quarterly*, 2012, 62 (246) : 23-47.
- [7] Fantasia V, De Jaegher H, Fasulo A. We can work it out: an enactive look at cooperation [J] . *Frontiers in psychology*, 2014 (5) : 874.
- [8] 叶浩生. 认知心理学的实用性转向 [J] . *心理科学*, 2020, 43 (3) : 762-767.
- [9] 何静. 生成的主体间性: 一种参与式的意义建构进路 [J] . *哲学动态*, 2017 (2) : 87-92.
- [10] 叶浩生, 国礼羽, 麻彦坤. 生成与动力: 具身认知研究中的互动观 [J] . *心理学探新*, 2020, 40 (6) : 483-488.
- [11] 苏佳佳, 叶浩生. “生成认知”“互动理论”与“预测加工模型”: “他心问题”的新思考 [J] . *心理科学*, 2021, 44 (6) : 1519-1526.
- [12] Bratman M E. Shared Intention [J] . *Ethics*, 1993, 104 (1) : 97-113.
- [13] Gilbert M. *On Social Facts* [M] . Princeton: Princeton University Press, 1989.
- [14] Tuomela R. We-Intentions Revisited [J] . *Philosophical Studies*, 2005, 125 (3) : 327-369.
- [15] Sebanz N, Bekkering H, Knoblich G. Joint action: bodies and minds moving together [J] . *Trends in cognitive sciences*, 2006, 10 (2) : 70-76.
- [16] Knoblich G, Butterfill S, Sebanz N. Psychological Research on Joint Action: Theory and Data [M] . *Psychology of Learning and Motivation*, 2011: 59-101.
- [17] Fiebich A, Gallagher S. Joint attention in joint action [J] . *Philosophical Psychology*, 2013, 26 (4) : 571-587.
- [18] Paternotte C. *Joint Action: Why So Minimal* [M] // *Minimal Cooperation and Shared Agency*. Springer Cham, 2020: 41-58.
- [19] Bernieri F J, Rosenthal R. Interpersonal coordination: Behavior matching and interactional synchrony [M] .

- France: Fundamentals of nonverbal behavior, 1991: 401–432.
- [20] Cornejo C, Cuadros Z, Morales R, et al. Interpersonal coordination: methods, achievements, and challenges [J] . *Frontiers in psychology*, 2017 (8) : 1685.
- [21] Ludwig K. What Is Minimally Cooperative Behavior [M] //Fiebich A. *Minimal Cooperation and Shared Agency*. Berlin: Springer International Publishing, 2020: 9–39.
- [22] Halevy N, Phillips L T. Conflict Templates in Negotiations, Disputes, Joint Decisions, and Tournaments [J] . *Social Psychological and Personality Science*, 2014, 6 (1) : 13–22.
- [23] P é rez D I, Gomila A. *Social Cognition and the Second Person in Human Interaction* (1st ed.) [M] . Routledge, 2021.
- [24] Schilbach L, Timmermans B, Reddy V, et al. A second–person neuroscience in interaction [J] . *Behavioral and brain sciences*, 2013, 36 (4) : 393–414.
- [25] Montague P, Berns G, Cohen J, et al. Hyperscanning: Simultaneous fMRI during Linked Social Interactions [J] . *NeuroImage*, 2002 (16) : 1159–1164.
- [26] Babiloni F, Cincotti F, Mattia D, et al. Hypermethods for EEG hyperscanning [C] //2006 International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE, 2006: 3666–3669.
- [27] Czeszumski A, Liang S H Y, Dikker S, et al. Cooperative behavior evokes inter–brain synchrony in the prefrontal and temporoparietal cortex: A systematic review and meta–analysis of fNIRS hyperscanning studies [J] . *BioRxiv*, 2021, 6 (3) : 446922.
- [28] Sebanz N, Knoblich G, Prinz W. How Two Share a Task: Corepresenting Stimulus–Response Mappings [J] . *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2005, 31 (6) : 1234–1246.
- [29] Richardson M J, Marsh K L, Isenhower R W, et al. Rocking together: Dynamics of intentional and unintentional interpersonal coordination [J] . *Human Movement Science*, 2007, 26 (6) : 867–891.
- [30] Morschheuser B, Riar M, Hamari J, et al. How games induce cooperation? A study on the relationship between game features and we–intentions in an augmented reality game [J] . *Computers in Human Behavior*, 2017 (77) : 169–183.
- [31] Reader A T, Holmes N P. Examining ecological validity in social interaction: problems of visual fidelity, gaze, and social potential [J] . *Culture and Brain*, 2016, 4 (2) : 134–146.
- [32] Atteveldt N, Kesteren M T R, Braams B, et al. Neuroimaging of learning and development: improving ecological validity [J] . *Frontline Learn Res*, 2018, 6 (3) : 186–203.
- [33] Liu T, Pelowski M. Clarifying the interaction types in two–person neuroscience research [J] . *Frontiers in human neuroscience*, 2014 (8) : 276.
- [34] 卑力添, 蒋柯, 李先春, 等. 博弈论视角下的超扫描多人互动任务新模型 [J] . *心理科学进展*, 2019, 27 (7) : 1284–1296.
- [35] Špiláková B, Shaw D J, Czekóová K, et al. Getting into sync: Data–driven analyses reveal patterns of neural coupling that distinguish among different social exchanges [J] . *Human Brain Mapping*, 2020, 41 (4) : 1072–1083.
- [36] Arueti M, Perach–Barzilay N, Tsoory M M, et al. When Two Become One: The Role of Oxytocin in Interpersonal Coordination and Cooperation [J] . *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2013, 25 (9) : 1418–1427.
- [37] Cheng X, Pan Y, Hu Y, et al. Coordination Elicits Synchronous Brain Activity Between Co–actors:

- Frequency Ratio Matters [J]. *Frontiers in Neuroscience*, 2019 (13) : 1071.
- [38] Cui X, Bryant D M, Reiss A L. NIRS-based hyperscanning reveals increased interpersonal coherence in superior frontal cortex during cooperation [J]. *Neuroimage*, 2012, 59 (3) : 2430–2437.
- [39] Funane T, Kiguchi M, Atsumori H, et al. Synchronous activity of two people’s prefrontal cortices during a cooperative task measured by simultaneous near-infrared spectroscopy [J]. *Journal of biomedical optics*, 2011 (16) : 1–10.
- [40] Konvalinka I, Vuust P, Roepstorff A, et al. Follow you, Follow me: Continuous Mutual Prediction and Adaptation in Joint Tapping [J]. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2010, 63 (11) : 2220–2230.
- [41] Heggli O A, Cabral J, Konvalinka I, et al. A Kuramoto model of self–other integration across interpersonal synchronization strategies [J]. *PLOS Computational Biology*, 2019, 15 (10) : e1007422.
- [42] Goodman J R, Isenhower R W, Marsh K L, et al. The interpersonal phase entrainment of rocking chair movements [M] //Heft H, Marsh K L. *International Conference on Perception and Action (13th)*. 2005: 49–53.
- [43] Liu N, Mok C, Witt E E, et al. NIRS-based Hyperscanning Reveals Inter-brain Neural Synchronization during Cooperative Jenga Game with Face-to-Face Communication [J]. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2016 (10) : 82.
- [44] Li Y, Chen R, Turel O, et al. Dyad sex composition effect on inter-brain synchronization in face-to-face cooperation [J]. *Brain Imaging and Behavior*, 2021, 15 (3) : 1667–1675.
- [45] Nguyen T, Schleichauf H, Kungl M, et al. Interpersonal Neural Synchrony During Father–Child Problem Solving: An fNIRS Hyperscanning Study [J]. *Child Development*, 2021, 92 (4) : e565–e580.
- [46] Fishburn F A, Murty V P, Hlutkowsky C O, et al. Putting our heads together: interpersonal neural synchronization as a biological mechanism for shared intentionality [J]. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2018, 13 (8) : 841–849.
- [47] Osaka N, Minamoto T, Yaoi K, et al. How two brains make one synchronized mind in the inferior frontal cortex: fNIRS-based hyperscanning during cooperative singing [J]. *Frontiers in psychology*, 2015 (6) : 1811.
- [48] Vanzella P, Balardin J B, Furucho R A, et al. fNIRS Responses in Professional Violinists While Playing Duets: Evidence for Distinct Leader and Follower Roles at the Brain Level [J]. *Frontiers in Psychology*, 2019 (10) : 164.
- [49] Stolk A, Noordzij M L, Verhagen L, et al. Cerebral coherence between communicators marks the emergence of meaning [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2014, 111 (51) : 18183.
- [50] Schippers M B, Roebroek A, Renken R, et al. Mapping the information flow from one brain to another during gestural communication [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2010, 107 (20) : 9388.
- [51] Toppi J, Borghini G, Petti M, et al. Investigating Cooperative Behavior in Ecological Settings: An EEG Hyperscanning Study [J]. *PLOS ONE*, 2016, 11 (4) : e0154236.
- [52] Tollefsen D A. *Dynamic Theory of Shared Intention and the Phenomenology of Joint Action [M]*. From individual to collective intentionality: New essays, 2014: 12–33.
- [53] Tomasello M, Carpenter M, Call J, et al. Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition [J]. *Behavioral and Brain Sciences*, 2005, 28 (5) : 675–691.

- [54] Satne G. Understanding others by doing things together: an enactive account [J] . Synthese, 2021, 198 (1) : 507–528.
- [55] Yamagishi T, Jin N, Kiyonari T. Bounded generalized reciprocity: Ingroup boasting and ingroup favoritism [J] . Advances in group processes, 1999, 16 (1) : 161–197.
- [56] Hamilton A F D C. Hyperscanning: Beyond the Hype [J] . Neuron, 2021, 109 (3) : 404–407.

The Two-person Hyperscanning Paradigms of Cooperation from the Perspective of “Enactive Cognition”

Zhang Yuxuan

Shanghai Normal University, Shanghai

Abstract: Enactive-cognition-based cooperation means that each of the agents is taking account of the other's interests and objectives in some relation to the extrapersonal context, and is acting to collaborate or complement the other's response. Agents need to establish connections with behaviors and intentions of others, and in this way, their intentions are enacted and transmitted in dynamic interactions to achieve mutual understanding. Social interactions are the key element of cooperation. The development of hyperscanning technology makes it possible to conduct cooperative research in nature situations. Based on the differentiation and analysis of the concepts such as joint action and interpersonal coordination, taking the interactions as the main line, this paper reviewed the common pair cooperative hyperscanning paradigms, introduced the shared intention theory and forecasted the future research direction of interactive cooperation researches.

Key words: Cooperation; Enactive cognition; Social interactions; Hyperscanning; Shared intention