

# 使用线索整合模型解释外显和内隐施动感的一致与分离

迟俊美<sup>1\*</sup>, 瞿珏<sup>2#</sup>, 麻珂<sup>1#</sup>

<sup>1</sup>西南大学心理学部, 认知与人格教育部重点实验室, 重庆

<sup>2</sup>上海市罗店中学, 上海

收稿日期: 2021年12月15日; 录用日期: 2022年1月11日; 发布日期: 2022年1月20日

## 摘要

施动感是一种通过自我行为以及行为结果改变外部世界的控制体验。有些研究发现外显和内隐施动感结果之间的一致性, 而有些研究则指出二者的分离, 这种矛盾的发现或许说明外显和内隐施动感依靠不同的信息来源反映了不同的认知过程。本文认为, 可以使用线索整合模型来统一地解释这一矛盾发现。未来研究或可进一步研究各种线索的作用, 比如借鉴相近研究领域的发现、使用新的技术手段、关注联合行为中的施动感, 并且探索施动感的社会应用可能, 比如考察施动感与社会责任的关系, 以及人机交互中的合成施动感。

## 关键词

施动感, 有意捆绑, 两阶段模型, 线索整合模型

# The Association and Dissociation of Explicit and Implicit Sense of Agency: An Account with Cue Integration Theory

Junmei Chi<sup>1\*</sup>, Jue Qu<sup>2#</sup>, Ke Ma<sup>1#</sup>

<sup>1</sup>Key Laboratory of Personality and Cognition, Faculty of Psychological Science, Southwest University, Chongqing

<sup>2</sup>Luodian Middle School Affiliated to Shanghai Normal University, Shanghai

Received: Dec. 15<sup>th</sup>, 2021; accepted: Jan. 11<sup>th</sup>, 2022; published: Jan. 20<sup>th</sup>, 2022

\*第一作者。

#通讯作者。

## Abstract

**Sense of Agency is a control experience that changes the outside world through self-initiated or self-caused outcomes. Some studies have found a confounding relationship between explicit and implicit motion results, while other studies point out the separation of them, and the discovery of this contradiction may prove that explicit and implicit sense of agency relies on different sources of information to reflect different cognitive processes. In this work, we argue that the association and dissociation of explicit and implicit sense of agency can be explained by the cue integration theory. Future research may further investigate the role of various cues, such as adopting findings from other research areas, or using new technical tools, focusing on the sense of agency in joint actions; and also may explore the social application of the sense of agency, such as examining the relationship between motion and social responsibility, and paying attention to synthetic motion in human-computer interaction.**

## Keywords

**Sense of Agency, Intentional Binding Effect, Two-Step Model, Cue Integration Theory**

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在日常生活中，我们可以通过有目的、有意识的行为来改变外部世界，像这种通过自主动作，对外部世界施加改变的主观体验被称之为施动感(Sense of Agency, 马家俊等, 2015; 田昊月等, 2018)。例如，当我们用手拿起水杯时，我们知道自己而非其他人是拿水杯这一动作以及水杯被拿起这一结果的发出者。施动感被认为是自我意识的重要组成部分，它意味着：动作来源于动作的发出者的主观意愿，以及对动作的控制感等(Gallagher, 2012; Haggard & Chambon, 2012)。前人通过对施动感的行为以及相关大脑神经机制的研究，发现了施动感的多种影响因素，并提出了施动感的认知模型(田昊月等, 2018)。

在国内一些综述论文中，施动感又被翻译为主动控制感(顾晶金, 赵科, 傅小兰, 2020; 吴迪等, 2019; 张淼等, 2018)，但是所谓“施动感”和“主动控制感”都是 Sense of Agency 的翻译，即指的是同样的心理学概念。虽然“主动控制感”的翻译更加直白，但是前人文献(Suzuki, Lush, Seth, & Roseboom, 2019; Poonian & Cunnington, 2013; Braun et al., 2014)指出，即使不是被试主动意愿发出的动作，在满足一定的条件时，被试也会产生 Sense of Agency。因此在本文中，我们采用马家俊等人(2015)和田昊月等人(2018)的翻译，将 Sense of Agency 翻译为“施动感”。

## 2. 外显和内隐施动感

前人研究中关于施动感的测量大都采取外显或内隐的测量方式(田昊月等, 2018; 张淼等, 2018)，根据测量的方式不同而区分为外显和内隐施动感。其中外显测量为口头报告或者问卷评分，通常要求被试判断是自己还是他人执行了当前的动作，或通过对动作 - 结果的体验来进行的施动感的判断(Antusch, Aarts, & Custers, 2019)，外显测量直接反映了被试的主观感受，但口头报告容易受到认知偏差的影响。例如，人们倾向于高估自己的施动感并错误的将与自己行为无关的事件归功于自己，尤其是当一个行为的

结果是积极的(Haggard, 2017)。内隐的测量主要包括有意捆绑范式(Intentional Binding), 它是指个体在自主运动中知觉到的动作 - 结果之间的时间间隔会短于非自主运动中所知觉到的时间间隔, 也即动作 - 结果之间的时间间隔被主观压缩的现象(Haggard, Clark, & Kalogeras, 2002; Haggard & Chambon, 2012; 张淼等, 2018; 吴迪等, 2019); 以及感觉衰减范式, 它是指与外界的行为相比, 个体对自主行为的结果的主观感知强度降低的现象(Weller, Schwarz, Kunde, & Pfister, 2017)。有意捆绑范式和感觉衰减范式通过时间知觉和知觉强度上的差异(Hughes, Desantis, & Waszak, 2013)间接、内隐的反映了施动感。

### 3. 本文目的

在施动感的研究中, 除了对影响因素以及神经机制的研究(田昊月等, 2018)外, 另一个很重要的方法学问题是: 使用不同的测量方式所获得的施动感是否一致, 即外显的施动评分与个体内的有意捆绑/感觉衰减的内隐施动感强度是否一致。众多文献的结果表明, 使用不同的测量方式所获得的施动感之间的关系令人迷惑。比如, 在有些文献中(Pyasik, Burin, & Pia, 2018; Barlas, Hockley, & Obhi, 2018; Caspar et al., 2016; Weller et al., 2017; Antusch, Aarts, & Custers, 2019), 外显和内隐施动感是一致的; 而在其他的文献(Braun, Thorne, Hildebrandt, & Debener, 2014; Bussche, Alves, Murray, & Hughes, 2020; Weller et al., 2017)中, 外显和内隐施动感是分离的。因此, 有必要对这一问题进行仔细探讨(张淼等, 2018), 从而可以更清楚的了解施动感的认知机制, 比如在外显和内隐施动感矛盾时我们需要采信于哪一方, 这也可以为进一步的实验研究, 以及更可靠的社会应用提供理论依据。

### 4. 使用认知模型解释外显和内隐施动感的一致和分离

前人文献指出, 在一些实验条件下, 通过问卷评分、感觉衰减范式以及有意捆绑范式所记录的外显和内隐施动感是分离的, 并且认为, 这或许说明外显和内隐施动感测量了不同的认知过程(Dewey & Knoblich, 2014)。但是这样的简单论断并未能够解释上文中提出的其他结果: 如果二者反应了完全不同的认知过程的话, 可是为什么有些其他实验结果又发现, 外显和内隐施动感是一致的呢? 我们认为, 围绕外显与内隐施动感一致与分离这个主题, 或许可以借鉴施动感的认知模型来尝试解释。根据前人文献, 有四种施动感的认知模型受到广泛的认同, 并且有较多的实验结论支持: 比较器模型、浅表性心因理论、线索整合模型和两阶段模型, 其中, 线索整合模型和两阶段模型因为综合探讨了多种因素而被称为综合的理论(田昊月等, 2018)。两阶段模型和线索整合理论, 虽略有不同, 但都强调线索的作用, 甚至两阶段模型的提出者 Synofzik 在其后的论文中(Synofzik, Vosgerau, & Voss, 2013), 将两阶段模型和线索整合理论进行了结合, 提出了优化线索整合模型。因此, 在后面论述中我们不再单独讨论两阶段模型, 而是讨论基于两阶段模型的优化线索整合模型和线索整合模型, 而且对二者的探讨都归在线索整合模型这一节中, 只有在涉及二者不同时才加以强调区分。

#### 4.1. 比较器模型和浅表性心因理论的解释

比较器模型(Frith, Blakemore, & Wolpert, 2000)是基于内在运动控制系统, 强调“目标状态”、“实际状态”和“预测状态”之间的两两匹配, 如果预测和实际感觉输入一致则产生施动感(Moore & Fletcher, 2012)。例如, 当大脑发出拿起水杯的运动指令后, 产生胳膊运动和水杯离开桌子的预测, 如果手臂没有按照适当的方式移动, 也即预测行为和实际行为不一致, 则运动控制系统更新或改变动作指令, 调整动作以实现拿起水杯的这一目标。如果拿起水杯的触觉反馈和水杯离开桌子的视觉反馈与之前的预测相匹配, 则施动感更强; 反之则弱。比较器模型强调运动控制系统内部的预测性成分的作用, 其可以解释关于预测对外显和内隐施动感的影响(田昊月等, 2018; Frith et al., 2000)。

但是比较器模型不能解释运动控制系统外部信息对外显和内隐施动感的影响(Synofzik, Vosgerau, & Newen, 2008a; 田昊月等, 2018)。例如, Antusch 等人通过操控不同按键所对应的奖赏金额, 诱发了被试不同的动机强度即按键的意愿强度。结果发现, 虽然动机强度并不能影响对结果的预测, 但是当被试有更强的按键意愿时, 表现出的有意捆绑效应越强(Antusch, Aarts, & Custers, 2019)。而且, 关于认知信念等高水平信息对施动感的影响, 比较器模型也不能解释。比如当结果与预测不匹配时, 场景信息所提供的信念“我是行为的唯一可能来源”虽然不会影响内隐施动感, 但是能引起外显施动感(Lafleur et al., 2020; Ma, Hommel, & Chen, 2019b)。

总之, 比较器模型强调运动控制系统内部线索对施动感的影响, 可以解释一部分实验结果, 但是却忽略了运动控制系统外部的线索、以及认知水平上的背景信息等的作用。而且, 单纯从比较器模型出发, 很难解释为什么三个比较器(理想、预测与实际状态之间的两两比较)在外显和内隐施动感上的表现会有所不同, 因此并不能解释外显和内隐施动感的一致和分离。

浅表性心因理论(Wegner, 2003; 田昊月等, 2018)对施动感的解释是典型的行为事后推测过程。该理论认为当被试感觉到自己是行为的唯一可能原因, 行为是在自己的计划或者期望之后发生, 且行为-结果与自己的计划是一致时, 此时事后推测产生的施动感最强(Wegner, 2003)。该理论强调在行为与结果反馈之后, 对行为计划、期望、场景信息以及行为-结果一致性的事后推测, 而相对忽视行为之前的认知与动作准备过程, 以及行为过程中被试的感官线索。且在一系列相关的研究中, 研究者都是使用外显施动感的结果来支撑该理论(Wegner, Sparrow, & Winerman, 2004; Wegner & Wheatley, 1999)。也就是说, 该理论可以解释外显施动感的机制, 却忽视了对内隐施动感的解释。因此, 浅表性心因理论也不能解释外显和内隐施动感的一致和分离。

因此, 使用统一的认知模型对外显和内隐施动感结果的一致和分离进行解释, 就需要考虑到影响二者的重合因素和不重合因素, 以及不同因素在不同条件下的作用的不同。

## 4.2. 线索整合模型的解释

在比较器模型的基础上, 研究者们提出了线索整合模型(Cue Integration Theory, Moore & Fletcher, 2012)。线索整合模型强调运动控制系统内、外线索的整合, 而且依据不同情境与可靠性, 不同的线索来源对施动感贡献的权重不同(Moore, Wegner, & Haggard, 2009)。当外部线索不可靠时, 外部线索的权重降低, 施动感更依赖内部线索; 而当内部感觉运动线索缺乏时, 上下文线索和信念等外部线索就会对施动感产生提供更大的贡献(Hoerl et al., 2020)。

Synofzik 等人(2008a)把施动感概念划为两个不同层次: 即无意识的, 非概念性的施动体验(Feeling of Agency)与有意识的, 概念水平的施动判断(Judgement of Agency), 认为不同的线索作用于不同的施动感层次, 而两个层次之间也有一定的相互作用, 因此提出了两阶段模型。值得注意的是, Synofzik 等人(2009, 2013)在两阶段模型基础上, 结合线索整合模型, 进一步提出了所谓的优化线索整合模型(Optimal Cue Integration, Synofzik, Vosgerau, & Voss, 2013)来解释施动感, 他们认为不同的线索, 包括依赖于感觉运动信息的预测性线索与依赖于视觉反馈或动作结果的事后推测线索, 会根据其在不同情况下的可靠性和比重进行整合。为了更明确与前面的线索整合模型相区分, 我们结合 Synofzik 等(2008a)中使用的名称, 称之为两阶段线索整合模型。其中, 施动体验被认为是内隐的对行为非反思性的体验, 这种非概念水平的施动感通常使用自我感觉和外部产生的刺激之间的时间差异和感知差异作为指标(Moore, 2016)的内隐测量, 如有意捆绑或感觉衰减。意识之外的施动体验更依赖感觉运动系统内部的本体感受, 比如动作的主动意愿(Beck, Costa, & Haggard, 2017; Engbert, Wohlschläger, & Haggard, 2008), 如动作-结果的一致性(Ebert & Wegner, 2010), 动作-结果的时间连续性(Ruess, Thomaschke, & Kiesel, 2018; Toida, Ueno, &

Shimada, 2016; Wen, 2019)等。施动判断则被定义为个体对动作主体的有意识因果归因,也即施动感的外显测量。由于被试被要求外显的表达态度,外显施动感较易受到认知和信念的影响(Majchrowicz & Wierzchon, 2018),如环境、情感因素以及社会评价等,也容易导致错误的识别和归因(Haggard, 2017)。施动判断的来源线索之一就是施动体验,当动作预测或事后推测的线索,例如主动动作意愿和传出的动作副本,以及感官输入等线索,足以产生强的低水平的施动体验时,我们并不需要额外的高水平线索就可以进行认知层面上的施动判断。而当动作预测或事后推测线索并不足以引起施动体验时,就需要对其他的高水平线索进行加权整合,来进行施动判断(Synofzik et al., 2013)。

对二者进行比较,那么根据线索整合模型(Moore & Fletcher, 2012),内隐与外显施动感是同时进行的、完全独立的两个加工过程。根据不同的实验设计,所基于的线索和其贡献比重相同时,内隐和外显施动感体现出一致,不同时,二者体现出分离。相对来说,内隐施动感的加工更加依靠感觉运动信息中前预测性线索,而外显施动感的加工更加依靠场景的视觉反馈或动作结果效价,以及先前获得的知识等事后推理线索,所以前者的加工快于后者。虽然线索整合模型与两阶段线索整合模型都强调在施动感产生时线索比重的作用,但是后者更进一步将施动感区分为施动体验和施动判断两个不同意识水平的成分,分别对应内隐和外显施动感。两阶段线索整合模型强调内隐施动感对外显施动感的贡献,认为内隐施动感是外显施动感的线索之一,也就是说二者是序列加工的(Kühn et al., 2011)。但是无论二者是独立加工还是序列加工,都能够解释外显和内隐施动感的一致与分离:根据不同的实验设计,如果外显和内隐施动感的产生所基于的线索相同时,二者的结果表现出一致;而当外显和内隐施动感的产生所基于的线索不同时,二者的结果表现出分离。

#### 4.2.1. 线索整合模型解释外显和内隐施动感的一致

因此,如果某实验仅仅操控了可以同时影响施动体验和施动判断,或者能够引起较强的施动体验的因素时,外显和内隐施动感的结果表现出一致。

根据已有研究发现主动动作选择可以同时影响外显和内隐施动感。Pyasik 等人发现,相较于单纯观察动作的控制条件,被试进行自主动作时的有意捆绑效应与施动感评分更强(Pyasik, Burin, & Pia, 2018)。在 Barlas 等人的研究中,被试可以进行自由选择按键或被动的听从命令按键。结果发现,自由选择动作时,有意捆绑效应更强,施动评分也更高(Barlas, Hockley, & Obhi, 2018; Caspar et al., 2016)。同样,使用外显施动评分和感觉衰减范式的研究表明,主动动作选择可以同时提高外显和内隐施动感(Weller et al., 2017)。

同样,主观意愿的程度也可以同时影响外显与内隐施动感。Antusch 等人通过操控不同按键所对应的奖赏金额,诱发了被试不同的动机强度,也即按键的意愿强度。结果发现,当被试有更强的按键意愿时,表现出的有意捆绑效应越强(Antusch, Aarts, & Custers, 2019)。Minohara 等人在研究中通过改变按键所需要的力来操纵被试的主观努力程度,并且操控动作-结果的间隔时间。结果发现,当动作-结果的间隔时间较长时,主观意愿的按键努力为个体提供更多的运动控制系统内部的本体运动感觉线索,相比较不努力按键,被试报告了更强的外显施动感(Minohara et al., 2016)。

动作预测和动作指令的输出信号副本与外部线索(如感觉输入)的事后比较推测,也即动作-结果的一致性也可以同时影响外显与内隐施动感。比如 Ebert 等人要求被试移动操纵杆,并且观察图像的运动方向,操纵了动作-结果的一致性,发现在动作-结果的一致性同时增强了施动评分与有意捆绑效应(Ebert & Wegner, 2010; Caspar et al., 2016)。

动作-结果的时间连续性也可以同时影响外显与内隐施动感。Sato 等人改变刺激类型来操控预测和反馈之间的一致性(与预测一致或不一致的结果刺激),改变动作-结果的延迟时间来操纵连续性程度。被

试首先通过练习学习到动作 - 结果之间的因果关系, 但当被试无法从时间和频率上预测结果时, 即便实际结果是由被试产生的, 外显施动感也减弱了(Sato & Yasuda, 2005)。有研究者(Imaizumi & Tanno, 2019)采用听觉与视觉刺激作为被试主动行为的结果, 发现动作 - 结果之间的呈现时间延迟(无论是视觉刺激还是听觉刺激), 都同时降低了施动感评分和有意捆绑效应, 作者还发现了施动感评分与有意捆绑之间的相关性。

因果信念也可以同时影响外显施动感与内隐施动感(Blakey et al., 2019; Eagleman & Holcombe, 2002; Moore & Haggard, 2008)。Desantis 等人的研究使用了双人竞争按键任务。在前面的训练阶段中, 通过把被试姓名和结果的呈现联系起来(当被试的姓名出现, 被试按键会产生声音, 他人按键不会有声音; 同样, 当他人姓名出现时, 他人按键会有声音, 而被试按键也不会产生声音), 启动被试的因果信念为: 名字出现时, 我的动作才会导致结果。而在其后测试阶段, 屏幕会出现不同的名字, 但是实际上声音都是由被试的按键所导致的。结果发现, 训练阶段中预先启动的自我因果信念显著的提高了测试阶段中的有意捆绑效应(Desantis, Roussel, & Waszak, 2011)。同样, 有研究者干扰了因果信念的形成, 在被试按键以及视觉刺激结果出现时, 都会呈现给被试一个声音, 发现相比较单独在行为或者结果时呈现声音, 以及不呈现声音时, 被试的外显和内隐施动感都显著的降低(Kawabe, Roseboom, & Nishida, 2013)。

另外, 脑成像研究表明, 对内隐施动感有贡献的脑区包括: 与动作指令有关的前运动皮层(Premotor Cortex, Kühn et al., 2013; Moore et al., 2013)和主动意愿行为的产生与准备有关的前额叶皮层(Prefrontal Cortex, Khalighinejad, Costa, & Haggard, 2016), 整合自主动作的多感官信息的前脑岛(Anterior Insula, Moore et al., 2013; Farrer & Frith, 2002), 以及前辅助运动区(Pre Supplementary Motor Area, Moore et al., 2010)。这些脑区也同样影响了外显施动感的产生(Haggard, 2017; Sperduti, Delaveau, Fossati, & Nadel, 2011)。

#### 4.2.2. 线索整合模型解释外显和内隐施动感的分离

但是, 除了施动体验, 对认知层面上的施动判断有影响作用的线索还包括: 环境的背景信息、关于世界的知识或背景信念等。也就是说, 如果某实验操控的因素涉及到这些认知层面上的线索, 对施动体验和施动判断的影响是不同的, 此时外显和内隐施动感的结果就表现出分离。

比如, 记忆中的背景知识所提供的认知水平的信息, 可以影响外显施动感, 但是并没有影响内隐施动感。在 Braun 等人研究中结合了有意捆绑范式与橡胶手错觉范式, 实验操纵了橡胶手与真实手摆放角度的一致性(一致或者相反)以及做手部动作的方式(被试主动动手并观看、主试动手而被试仅观看手的动作)对施动感的影响。发现动作的方式同时影响了有意捆绑效应和外显施动评分; 而橡胶手与真实手摆放角度的一致性仅影响外显的施动评分而不影响内隐有意捆绑效应(Braun, Thorne, Hildebrandt, & Debener, 2014)。在这里, 橡胶手与真实手摆放位置的一致性作为身体认知知识, 提供的是“我的手解剖学特性以及自然伸展角度应该是什么样的”这样的高级认知水平的线索, 因此只影响了外显的施动判断。

又比如, 场景上下文所提供的认知水平的信息, 可以影响外显施动感, 但是并没有影响内隐施动感。有研究认为, 被试在做冲突适应的任务时, 如果前一试次是不一致也即冲突试次, 那么被试在当前试次会花费较多的认知努力去进行认知控制以求更好的解决冲突, 而这会导致施动感的增强。因此作者操纵了冲突情况和非冲突情况, 研究当前试次中被试的外显和内隐施动感。结果发现, 是否冲突并没有影响内隐施动感, 而显著的影响了外显施动感(Bussche, Alves, Murray, & Hughes, 2020)。在一项结合了有意捆绑范式与虚拟手错觉范式的研究中, 研究者同样操控了上下文线索, 被试会分别经历学习阶段和测试阶段, 在学习阶段, 他们会学习到虚拟手与真实手的动作一致性程度为完全不一致或者完全一致, 而在测试阶段被试所体验到的一致性程度均为 50% 的一致性(也即低水平的感觉运动的线索是一致的)。结果发现, 被试的外显施动评分受到了之前学习阶段已经获得的高级认知水平的上下文线索的影响, 而有意捆

绑效应则没有(Ma et al., 2019a)。在这两篇研究中,针对当前体验来说,感觉运动控制系统内部的线索是不变的,但是前一试次或阶段的体验是不同的,这种高级认知层面的先前体验与当前体验的对比只影响了外显施动感。而 Weller 等人对动作-结果之间的时间间隔进行了视觉刺激填充,结果发现,相比较不填充的情况,被试的外显施动感增强,而感觉衰减却没有受到影响(Weller et al., 2017)。同样, Majchrowicz 等人通过在被试按键之后呈现标准声音来预先建立动作和特定结果的联结,在之后的测试阶段则会偶尔呈现奇异声音,以此操控了当前经历与习得联结的相符性。结果发现有意捆绑效应并不受习得联结的影响;而外显施动评分则受到习得联结的影响,反映了内隐和外显施动感的分离(Majchrowicz & Wierchoń, 2018)。

一些特定的认知水平上的场景信息,可以影响外显施动感,但是并没有影响内隐施动感。在 Barlas 等人的研究中,被试可以进行自由选择按键或被动的听从命令按键,而按键会产生愉悦或不愉悦的声音结果,结果发现,声音的效价只影响了外显的施动评分。相比较不愉悦,在愉悦声音时,被试报告了更强的外显施动感,这可能是因为我们具有将好结果归为自身的认知倾向(Barlas et al., 2018)。有研究者设计了双人合作任务,两个人一起按键(如果发现自己按键迟于另一人也要跟随按键)会导致同一个声音的产生。结果发现,先按键的人会有外显施动感,而后按键的人没有;但是有意捆绑效应却不受影响。这可能是因为在合作任务中,被试会内隐的把两个人表征为一个整体(Hommel, Colzato, & van den Wildenberg, 2009),但是外显上却很清楚谁先按的键,因此表现外显和内隐施动感的分离(Strother, House, & Obhi, 2010)。在操纵了动作发起者和追随者的研究中,也得到类似的结果(Obhi & Hall, 2011)。近期的一项研究测试了被试所处社会情境和感觉-运动的预测对有意捆绑效应和外显施动评分的影响(Lafleur et al., 2020),其中社会环境的操纵是通过指导语告诉被试,以使被试认为自己是单独按键,或者以为自己 and 主试竞争按键,但是实际上,在所有的社会情境条件下,按键的结果都是受到同样的算法来决定。感觉-运动的一致性被操控为完全一致,小的不一致,和强的不一致。结果发现有意捆绑效应受到感觉-运动线索的影响;而外显施动评分受到感觉运动线索和社会情境线索的交互影响,当回顾性的感觉运动线索可靠时,社会情境线索的作用较小;而当回顾性的感觉运动线索不可靠时,被试以为自己在竞争按键时,外显施动评分更多的低于被试以为自己按键时,这和另一研究(Ma et al., 2019b)的结果是一致的。

另外,一些特定的感觉运动系统内部的低水平线索可以影响了施动体验,但是却并不足以影响外显施动感。比如在一篇研究中,作者设计了被试在任务中所看到的不同的实验材料,用以引起被试不同的唤醒度,结果发现,高唤醒度显著地提高了有意捆绑效应,但是没有影响外显的施动评分。这或许是因为进行高水平的施动判断时,低水平的身体内部的唤醒度线索的比重相对较小(Wen, Yamashita, & Asama, 2015)。

这种分离也得到了脑研究发现的支持,比如, Chambon 等人(2013)发现,与早期的动作选择相关的顶叶区域,如角回(Angular Gyrus)可以调节外显施动评分(Chambon, Werike, Fleming, Prinz, & Haggard, 2013; Chambon, Moore, & Haggard, 2015)。而 Kühn 等人发现,有意捆绑效应与辅助运动区(Supplementary Motor Area)的激活是相关的,而与角回的激活无关(Kühn, Brass, & Haggard, 2013)。同样,外显施动评分,而不是有意捆绑效应,与颞顶交汇处(Temporoparietal Junction)的激活相关。比如 Hughes 使用经颅直流电刺激(Transcranial Direct Current Stimulation, tDCS)来评估左右颞顶交界处在内隐和外显施动感上的作用,他们发现对右侧颞顶部交界处的刺激显著降低了行动结果一致性对外显施动评分的调节,而无论是左或右测 TPJ 刺激,内隐 IB 效应均不受其影响(Hughes, 2018)。

## 5. 总结和展望

使用线索整合模型可以解释外显和内隐施动感的一致和分离,这有助于理解施动感的认知机制。从

这个角度出发,关于施动感的未来研究,或可从以下几个方面入手:

首先,可以借鉴相近研究领域的发现,将施动感和其他相关研究方向结合。比如前人研究指出施动感和身体拥有感(Sense of Ownership)之间具有相互影响但又相互独立的复杂关系(Ma & Hommel, 2015; Pyasik et al., 2018)。因此,一方面或许可以借鉴身体拥有感的一些研究结论所指出的影响因素(Braun et al., 2014; Ma et al., 2019b)来研究施动感,研究相同因素对施动感与拥有感的影响是否相同,来进一步考察施动感与拥有感的关系。另一方面, Synofzik 等人(2008b)认为,身体拥有感同样也可以分为低水平的拥有体验和高水平的拥有感判断,那么身体拥有感的产生,是否也是多线索的优化整合的结果?

第二,改进研究手段,研究更多线索的作用。或许可利用虚拟现实(Virtual Reality)技术开发新的实验范式,开拓施动感的研究。沉浸式的虚拟现实技术提供真实条件下不易实现的场景,因为在真实场景中,动作和结果是一一对应且联系紧密的,而在虚拟环境中,动作可以有各种不同的人为设定的结果,被试所处的环境以及社会信息也可以按照实验设想来设计。比如可以通过虚拟手错觉范式来考察诸如同步性、相似性、身体拥有感、第一人称视角等对施动感的影响(Ma & Hommel, 2015; Ma et al., 2019a, 2019b);也可以通过在虚拟界面增添新元素,如动作方式、显示方式、以及操控要呈现的结果来研究施动感(Winkler et al., 2019)。当然,也可以利用虚拟现实技术,开发比实验环境更具生态效应的虚拟环境,构建规范化、更可控的场景,获得更可靠的结果。

第三,前人的研究或许更多地集中在单个个体的施动感研究,如前所述双人任务的研究也有一些,但是在日常生活中的社会交互多人的联合动作中是很常见的,多人之间的互动以及表情动作感知等所提供的额外线索,对自我行为的施动体验和施动判断的影响,以及对他人施动感的感知和预测的影响,通过实证研究也可能会产生有趣的发现。

第四,从社会性线索的角度,可以关注施动感和社会责任、法规之间的关系(顾晶金,赵科,傅小兰,2020)。社会责任与施动感是道德与法律对行为人责任判断的一个重要指标,法律制度责任概念通常认为健康的个体理解自己的行为意图、行为及其行为后果。但有些被告常以不能控制或理解其行为,或对其行为结果没有道德意识而逃避法律责任。法律不仅要依据被告的主观报告(对应自上而下的施动判断),或许也需要参考客观事实(对应自下而上的施动体验)做出裁定。

第五,探索在人机交互中的合成施动感。前人研究发现,当被试与机器共同执行动作时,机器人这一额外线索会使得个体的外显施动感也会降低(Ciardo, Tommaso, Beyer, & Wykowska, 2018),与合作者是人类的情况类似。同时,根据线索整合认知模型来构建合适的人工智能所能具备的施动感程度,甚至自我意识程度,似乎也是有必要的(Legaspi, He, & Toyozumi, 2019)。

## 项目基金

国家自然科学基金(31700942),中央高校基本科研业务费(SWU2009429)。

## 参考文献

- 顾晶金,赵科,傅小兰(2020). 行为中的主动控制感与责任归属. *科学通报*, 65(19), 1902-1911.
- 马家俊,魏坤琳,陈立翰(2015). 施动感研究的意向捆绑范式述评. *心理科学*, 38(2), 506-510.
- 田昊月,李力红,徐喆,李飞(2018). 最小自我中的施动感. *心理科学进展*, 26(5), 872-885.
- 吴迪,顾晶金,李明,张淼,张明,赵科等(2019). 动作的主动控制感与因果关系的主动控制感:主动动作时间压缩效应的产生机制. *心理科学进展*, 27(5), 48-54.
- 张淼,吴迪,李明,凌懿白,张明,赵科(2018). 主动控制感的测量及认知神经机制. *心理科学进展*, 26(10), 1787-1793.
- Antusch, S., Aarts, H., & Custers, R. (2019). The Role of Intentional Strength in Shaping the Sense of Agency. *Frontiers in Psychology*, 10, Article 1124. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01124>



- Barlas, Z., Hockley, W. E., & Obhi, S. S. (2018). Effects of Free Choice and Outcome Valence on the Sense of Agency: Evidence from Measures of Intentional Binding and Feelings of Control. *Experimental Brain Research*, 236, 129-139. <https://doi.org/10.1007/s00221-017-5112-3>
- Beck, B., Di Costa, S., & Haggard, P. (2017). Having Control over the External World Increases the Implicit Sense of Agency. *Cognition*, 162, 54-60. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.02.002>
- Blakey, E., Tecwyn, E. C., McCormack, T., Lagnado, D. A., Hoerl, C., Lorimer, S., & Buehner, M. J. (2019). When Causality Shapes the Experience of Time: Evidence for Temporal Binding in Young Children. *Developmental Science*, 22, e12769. <https://doi.org/10.1111/desc.12769>
- Braun, N., Thorne, J. D., Hildebrandt, H., & Debener, S. (2014). Interplay of Agency and Ownership: The Intentional Binding and Rubber Hand Illusion Paradigm Combined. *PLoS ONE*, 9, e111967. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111967>
- Bussche, E. V., Alves, M., Murray, Y. P., & Hughes, G. (2020). The Effect of Cognitive Effort on the Sense of Agency. *PLoS ONE*, 15, e0236809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236809>
- Caspar, E. A., Christensen, J. F., Cleeremans, A., & Haggard, P. (2016). Coercion Changes the Sense of Agency in the Human Brain. *Current Biology*, 26, 585-592. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.12.067>
- Chambon, V., Moore, J. W., & Haggard, P. (2015). TMS Stimulation over the Inferior Parietal Cortex Disrupts Prospective Sense of Agency. *Brain Structure & Function*, 220, 3627-3639. <https://doi.org/10.1007/s00429-014-0878-6>
- Chambon, V., Wenke, D., Fleming, S. M., Prinz, W., & Haggard, P. (2013). An Online Neural Substrate for Sense of Agency. *Cereb Cortex*, 23, 1031-1037. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs059>
- Ciardo, F., De Tommaso, D., Beyer, F., & Wykowska, A. (2018). Reduced Sense of Agency in Human-Robot Interaction. In S. Ge et al. (Eds.), *Social Robotics. ICSR 2018. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 11357). Springer. <https://doi.org/10.31234/osf.io/8bka3>
- Desantis, A., Roussel, C., & Waszak, F. (2011). On the Influence of Causal Beliefs on the Feeling of Agency. *Consciousness and Cognition*, 20, 1211-1220. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2011.02.012>
- Dewey, J. A., & Knoblich, G. (2014). Do Implicit and Explicit Measures of the Sense of Agency Measure the Same Thing? *PLoS ONE*, 9, e110118. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110118>
- Eagleman, D. M. & Holcombe, A. O. (2002). Causality and the Perception of Time. *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 323-325. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(02\)01945-9](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(02)01945-9)
- Ebert, J. P., & Wegner, D. M. (2010). Time Warp: Authorship Shapes the Perceived Timing of Actions and Events. *Consciousness and Cognition*, 19, 481-489. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2009.10.002>
- Engbert, K., Wohlschlaeger, A., & Haggard, P. (2008). Who Is Causing What? The Sense of Agency Is Relational and Efferent-Triggered. *Cognition*, 107, 693-704. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.07.021>
- Farrer, C., & Frith, C. D. (2002). Experiencing Oneself vs Another Person as Being the Cause of an Action: The Neural Correlates of the Experience of Agency. *NeuroImage*, 15, 596-603. <https://doi.org/10.1006/nimg.2001.1009>
- Frith, C. D., Blakemore, S. J., & Wolpert, D. M. (2000). Abnormalities in the Awareness and Control of Action. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*, 355, 1771-1788. <https://doi.org/10.1098/rstb.2000.0734>
- Gallagher, S. (2012). Multiple Aspects in the Sense of Agency. *New Ideas in Psychology*, 30, 15-31. <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2010.03.003>
- Haggard, P. (2017). Sense of Agency in the Human Brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 18, 196-207. <https://doi.org/10.1038/nrn.2017.14>
- Haggard, P., & Chambon, V. (2012). Sense of Agency. *Current Biology*, 22, R390-R392. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.02.040>
- Haggard, P., Clark, S., & Kalogeras, J. (2002). Voluntary Action and Conscious Awareness. *Nature Neuroscience*, 5, 382-385. <https://doi.org/10.1038/nm827>
- Hoerl, C., Lorimer, S., McCormack, T., Lagnado, D., Blakey, E., Tecwyn, E., & Buehner, M. J. (2020). Temporal Binding, Causation, and Agency: Developing a New Theoretical Framework. *Cognitive Science*, 44, e12843. <https://doi.org/10.1111/cogs.12843>
- Hommel, B., Colzato, L. S., & van den Wildenberg, W. P. M. (2009). How Social Are Task Representations? *Psychological Science*, 20, 794-798. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2009.02367.x>
- Hughes, G. (2018). The Role of the Temporoparietal Junction in Implicit and Explicit Sense of Agency. *Neuropsychologia*, 113, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.03.020>
- Hughes, G., Desantis, A., & Waszak, F. (2013). Mechanisms of Intentional Binding and Sensory Attenuation: The Role of Temporal Prediction, Temporal Control, Identity Prediction, and Motor Prediction. *Psychological Bulletin*, 139, 133-151.

- <https://doi.org/10.1037/a0028566>
- Imazumi, S., & Tanno, Y. (2019). Intentional Binding Coincides with Explicit Sense of Agency. *Consciousness and Cognition*, 67, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2018.11.005>
- Kawabe, T., Roseboom, W., & Nishida, S. (2013). The Sense of Agency Is Action-Effect Causality Perception Based on Cross-Modal Grouping. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280, Article ID: 20130991. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.0991>
- Khalighinejad, N., Di Costa, S., & Haggard, P. (2016). Endogenous Action Selection Processes in Dorsolateral Prefrontal Cortex Contribute to Sense of Agency: A Meta-Analysis of tDCS Studies of “Intentional Binding”. *Brain Stimulation*, 9, 372-379. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2016.01.005>
- Kühn, S., Brass, M., & Haggard, P. (2013). Feeling in Control: Neural Correlates of Experience of Agency. *Cortex*, 49, 1935-1942. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.09.002>
- Kühn, S., Ivan, N., Patrick, H., Marcel, B., Gallinat, J., Martin, V. et al. (2011). Whodunnit? Electrophysiological Correlates of Agency Judgements. *PLoS ONE*, 6, e28657. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028657>
- Lafleur, A., Soulières, I., & d’Arc, B. F. (2020). Sense of Agency: Sensorimotor Signals and Social Context Are Differentially Weighed at Implicit and Explicit Levels. *Consciousness and Cognition*, 84, Article ID: 103004. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2020.103004>
- Legaspi, R. S., He, Z., & Toyozumi, T. (2019). Synthetic Agency: Sense of Agency in Artificial Intelligence. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 29, 84-90. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2019.04.004>
- Ma, K., & Hommel, B. (2015). The Role of Agency for Perceived Ownership in the Virtual Hand Illusion. *Consciousness and Cognition*, 36, 277-288. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.07.008>
- Ma, K., Hommel, B., & Chen, H. (2019a). Context-Induced Contrast and Assimilation Effects in Explicit and Implicit Measures of Agency. *Scientific Report*, 9, Article No. 3883. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40545-2>
- Ma, K., Hommel, B., & Chen, H. (2019b). The Roles of Consistency and Exclusivity in Perceiving Body Ownership and Agency. *Psychological Research*, 83, 175-184. <https://doi.org/10.1007/s00426-018-0978-7>
- Majchrowicz, B., & Wierchoń, M. (2018). Unexpected Action Outcomes Produce Enhanced Temporal Binding but Diminished Judgement of Agency. *Consciousness and Cognition*, 65, 310-324. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2018.09.007>
- Minohara, R., Wen, W., Hamasaki, S., Maeda, T., Kato, M., Yamakawa, H., Yamashita, A., & Asama, H. (2016). Strength of Intentional Effort Enhances the Sense of Agency. *Frontiers in Psychology*, 7, Article 1165. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01165>
- Moore, J. W. (2016). What Is the Sense of Agency and Why Does It Matter? *Frontiers in Psychology*, 7, Article 1272.
- Moore, J. W., & Fletcher, P. C. (2012). Sense of Agency in Health and Disease: A Review of Cue Integration Approaches. *Consciousness and Cognition*, 21, 59-68. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2011.08.010>
- Moore, J. W., Ruge, D., Wenke, D., Rothwell, J., & Haggard, P. (2010). Disrupting the Experience of Control in the Human Brain: Pre-Supplementary Motor Area Contributes to the Sense of Agency. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277, 2503-2509. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.0404>
- Moore, J. W., Teufel, C., Subramaniam, N., Davis, G., & Fletcher, P. C. (2013). Attribution of Intentional Causation Influences the Perception of Observed Movements: Behavioral Evidence and Neural Correlates. *Frontiers in Psychology*, 4, Article 23. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00023>
- Moore, J. W., Wegner, D. M., & Haggard, P. (2009). Modulating the Sense of Agency with External Cues. *Consciousness and Cognition*, 18, 1056-1064. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2009.05.004>
- Moore, J., & Haggard, P. (2008). Awareness of Action: Inference and Prediction. *Consciousness and Cognition*, 17, 136-144. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2006.12.004>
- Obhi, S. S., & Hall, P. (2011). Sense of Agency and Intentional Binding in Joint Action. *Experimental Brain Research*, 211, 655-662. <https://doi.org/10.1007/s00221-011-2675-2>
- Poonian, S. K., & Cunnington, R. (2013). Intentional Binding in Self-Made and Observed Actions. *Experimental Brain Research*, 229, 419-427. <https://doi.org/10.1007/s00221-013-3505-5>
- Pyasik, M., Burin, D., & Pia, L. (2018). On the Relation between Body Ownership and Sense of Agency: A Link at the Level of Sensory-Related Signals. *Acta Psychologica*, 185, 219-228. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2018.03.001>
- Ruess, M., Thomaschke, R., & Kiesel, A. (2018). Intentional Binding of Visual Effects. *Attention Perception & Psychophysics*, 80, 713-722. <https://doi.org/10.3758/s13414-017-1479-2>
- Sato, A., & Yasuda, A. (2005). Illusion of Sense of Self-Agency: Discrepancy between the Predicted and Actual Sensory Consequences of Actions Modulates the Sense of Self-Agency, but Not the Sense of Self-Ownership. *Cognition*, 94, 241-255. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2004.04.003>

- Sperduti, M., Delaveau, P., Fossati, P., & Nadel, J. (2011). Different Brain Structures Related to Self- and External-Agency Attribution: A Brief Review and Meta-Analysis. *Brain Structure & Function*, *216*, 151-157. <https://doi.org/10.1007/s00429-010-0298-1>
- Strother, L., House, K. A., & Obhi, S. S. (2010). Subjective Agency and Awareness of Shared Actions. *Consciousness and Cognition*, *19*, 12-20. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2009.12.007>
- Suzuki, K., Lush, P., Seth, A. K., & Roseboom, W. (2019). Intentional Binding without Intentional Action. *Psychological science*, *30*, 842-853. <https://doi.org/10.1177/0956797619842191>
- Synofzik, M., Vosgerau, G., & Lindner, A. (2009). Me or Not Me—An Optimal Integration of Agency Cues? *Consciousness and Cognition*, *18*, 1065-1068. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2009.07.007>
- Synofzik, M., Vosgerau, G., & Newen, A. (2008a). Beyond the Comparator Model: A Multifactorial Two-Step Account of Agency. *Consciousness and Cognition*, *17*, 219-239. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2007.03.010>
- Synofzik, M., Vosgerau, G., & Newen, A. (2008b). I Move, Therefore I Am: A New Theoretical Framework to Investigate Agency and Ownership. *Consciousness and Cognition*, *17*, 411-424. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2008.03.008>
- Synofzik, M., Vosgerau, G., & Voss, M. (2013). The Experience of Agency: An Interplay between Prediction and Postdiction. *Frontiers in Psychology*, *4*, Article 127. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00127>
- Toida, K., Ueno, K., & Shimada, S. (2016). Neural Basis of the Time Window for Subjective Motor-Auditory Integration. *Frontiers in Human Neuroscience*, *9*, Article 688. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00688>
- Wegner, D. M. (2003). The Mind's Best Trick: How We Experience Conscious Will. *Trends in Cognitive Sciences*, *7*, 65-69. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(03\)00002-0](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(03)00002-0)
- Wegner, D. M., & Wheatley, T. (1999). Apparent Mental Causation: Sources of the Experience of Will. *American Psychologist*, *54*, 480-492. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.54.7.480>
- Wegner, D. M., Sparrow, B., & Winerman, L. (2004). Vicarious Agency: Experiencing Control over the Movement of Others. *Journal of Personality & Social Psychology*, *86*, 838-848. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.86.6.838>
- Weller, L., Schwarz, K. A., Kunde, W., & Pfister, R. (2017). Was It Me?—Filling the Interval between Action and Effects Increases Agency but Not Sensory Attenuation. *Biological Psychology*, *123*, 241-249. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.12.015>
- Wen, W. (2019). Does Delay in Feedback Diminish Sense of Agency? A review. *Consciousness and Cognition*, *73*, Article ID: 102759. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2019.05.007>
- Wen, W., Yamashita, A., & Asama, H. (2015). The Influence of Action-Outcome Delay and Arousal on Sense of Agency and the Intentional Binding Effect. *Consciousness and Cognition*, *36*, 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.06.004>
- Winkler, P., Stiens, P., Rauh, N., Franke, T., & Krems, J. (2019). How Latency, Action Modality and Display Modality Influence the Sense of Agency: A Virtual Reality Study. *Virtual Reality*, *24*, 411-422. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00403-y>