

• 研究构想(Conceptual Framework) •

汉语句子里理解中句法启动机制的眼动和 ERP 研究*

陈庆荣 谭顶良 蔡厚德

(南京师范大学心理学院, 南京 210097)

摘要 语言产生的句法启动效应在近 20 年得到较深入研究。那么, 语言理解和语言产生中, 句法启动效应具有相同的加工机制吗? 近些年, 研究者考察了印欧语系语言理解中的启动效应, 但还存在较多争论。这究竟是句法效应, 还是策略或者语义效应, 是词汇驱动还是词汇独立的? 而且, 这是人类语言理解的语系特性还是普遍特性? 单独采用行为技术、眼动技术或者 ERP 技术很难为这些争论提供坚实的实验证据和较深入的理论解释。鉴于此, 本项目拟采用眼动和 ERP 结合的技术, 从心理学、语言学和认知神经科学等多学科交叉的视角考查汉语句子里理解的句法启动效应。通过分析眼动和 ERP 实验提供的一致性和差异性证据, 本项目力图阐明和揭示汉语句子里理解中句法启动效应的认知特点和机制, 检验内隐学习理论和论元结构理论在解释句法启动效应时的适用性。

关键词 句法启动; 眼动; ERP; 内隐学习理论; 论元结构理论

分类号 B842

1 问题提出

句法启动(syntactic priming)是指个体在产生和理解句子时, 倾向于重复使用先前生成的句法结构, 产生句法一致性的促进效应(Bock, 1986; Pickering & Branigan, 1999; Pickering & Ferreira, 2008)。譬如,

1a. The engineer examined by the board passed with flying colors.

1b. The engineer examined the evidence and was not guilty.

1c. The defendant examined by the lawyer was not guilty.

句子 1a 和 1b 是启动句, 句子 1c 是目标句。句子 1a 和句子 1c 的句法结构相同。句子 1b-1c 的句法结构不同。研究者发现, 如果 1c 句在 1a 句后呈现, 那么人们加工 1c 句时产生促进效应;

如果 1c 句在 1b 句后呈现, 那么人们在加工两类句子时没有显著差异。近 20 年, 已有研究考查了口头和书面语言产生中的句法启动效应, 提出了一些具有解释力的理论模型, 如程序启动模型(Procedural Priming Model)、结构启动模型(Structural Priming Model)等(Bock, 1986; Branigan, Pickering, & Cleland, 2000; Cleland & Pickering, 2003; Jaeger, 2006)。近些年, 研究者特别关注语言理解中的句法启动现象, 发现印欧语言理解中存在启动效应(Pickering & Ferreira, 2008; Pickering & van Gompel, 2006)。但是, 已有研究在两个问题上存在争论, 尚缺乏坚实的实验证据和较深入的理论解释: (1)句子理解中启动效应的本质; (2)句子理解中句法启动效应的驱动机制。

1.1 句子理解中启动效应的本质

一些研究者采用眼动技术考察了自然阅读中的启动效应。研究发现, 只有启动句和目标句的动词相同时, 句法启动效应才会出现(Arai, van Gompel, & Scheepers, 2007; Pickering & Traxler, 2004; Traxler & Pickering, 2005; Traxler & Tooley, 2007)。不过, Kim 和 Mauner(2006)认为句子理解中的启动是策略效应。因为, 在已有很多支持句

收稿日期: 2012-04-23

* 国家自然科学基金(31100814), 江苏省高校哲学社会科学基金(2011SJB190003), 南京师范大学高层次人才科研启动基金(1109008)资助。

通讯作者: 陈庆荣, E-mail: jscqr80@sina.com

法启动效应的研究中,相同的动词并不总是被运用在所有句子中。因此,读者可能会注意到这种特殊性,从而把重复出现的动词作为线索,预测即将出现的关系结构。根据这种观点,读者一旦发现目标句和启动句的动词相同,就会立即激活先前的句法结构,从而避免对目标句进行句法再分析。当然,这也有可能是语义启动效应,因为有些启动和目标句动词语义相同,有些不同。语义重复会促进目标句加工,从而产生启动效应。

针对策略启动、语义启动和句法启动的争论,研究者采用移动窗口技术和眼动技术进一步考察了书面语和口语理解中的启动效应。Scheepers 和 Crocker(2004)运用视觉情境眼动范式研究了德语及物动词句子的启动效应。研究发现,如果启动句是 SVO 结构,那么被试会更多注视图片中被描述成受事者的角色,反之亦然。这说明,被试能够利用启动句的句法结构信息和视觉场景中的信息预测第二个名词。但是,该研究混淆了题元角色(Thematic roles)和句法角色。因此,这很可能是语义启动效应。Traxler 和 Tooley(2008)考察了策略线索对启动效应的影响。研究发现,虽然实验 1 缺少有效线索提示,但启动效应十分显著;实验 2 和实验 3 存在有效线索提示,但是没有出现启动效应。结果说明,句子理解中,策略线索和启动效应是分离的。然而,该实验存在 2 个问题。首先,句子理解中启动效应的行为研究只能使研究者对阅读理解数据做间接推测。其次,移动窗口技术严重干扰了正常阅读过程。

1.2 句子理解中句法启动效应的驱动机制

一些已有研究发现,句子理解中的句法启动效应是由词汇驱动的。这种效应取决于启动句和目标句的论元(Argument)是否重复(Arai et al., 2007; Pickering & Traxler, 2004; Traxler & Pickering, 2005; Traxler & Tooley, 2007)。譬如,研究者发现,只有动词重复出现才会促进目标刺激加工。但是,由于启动句和目标句的动词重复出现,两者之间的语义关联程度显著高于动词不同的启动句和目标句。因此,这种效应是语义启动,还是句法启动?另一种可能,这既不是语义启动,也不是句法启动,而是加工策略产生的促进效应。但是,已有眼动研究无法确定到底是什么因素产生了启动效应。

Ledoux 等(2007)采用 ERP 技术来解决这个问

题,试图用 P600 成分说明词汇重复产生的促进效应是句法启动效应。研究中,启动句和目标句都有相同的动词,但是句法结构不完全相同。研究发现,目标句和启动句的句法结构相同时,动词后的名词诱发了 P600 成分。目标句名词所诱发的 P600 波幅显著小于句法结构不同条件下目标句名词所诱发的 P600 成分。但是,这也存在问题。实验中,启动句和目标句的句法结构不完全相同。因此,这种启动可能是一种非常明显的策略效应。

另外一些研究者认为,句法启动效应可以不依赖于具体词汇,而取决于启动句和目标句的句法结构是否相同(Branigan, Pickering, & McLean, 2005; Frazier, Munn, & Clifton, 2000; Thothathiri & Snedecker, 2008; Trueswell & Kim, 1998)。Traxler (2008)考察了词汇独立的启动效应。研究发现,启动句和目标句的句法结构相同可以产生句法启动效应。但是,在该实验中,启动句和目标句的论元结构不同。因此,这种效应很可能是策略启动而非句法启动。Thothathiri 和 Snedecker (2008)考察了口头语言理解的句法启动效应。实验中,研究者使用了 DO (Double-Object, 简称为 DO)和 PO (Prepositional-Object, 简称为 PO)启动句。研究发现,被试听到 DO 启动句,更加偏爱注视有生命的接受者,较少注视无生命物体。这说明,尽管启动句和目标句没有重复的词汇,但相同的结构信息仍然能产生句法启动效应。

1.3 研究现状分析

已有研究发现,英语、德语等语言理解中不同句法特征的句子间存在启动效应。但是,研究者在一些核心问题上仍然存在很大争论。譬如,句子理解中的启动效应是策略启动、语义启动还是句法启动?启动效应是词汇独立还是词汇驱动?如何从理论角度解释句子理解中的句法启动效应?而且,句法启动是人类语言理解的普遍特性吗?在研究方法上,眼动和 ERP 技术都有较高的时间分辨率,非常适合研究在线阅读理解过程。但是,两者又存在技术缺陷(陈庆荣等, 2011; Rayner & Clifton, 2009; Sereno & Rayner, 2003)。眼动研究中,注视和直接加工是非理想耦合,注视时间指标只能反映词汇的整体加工过程,需要利用 ERP 技术测查刺激呈现后的早期激活过程和不同认知加工水平的电生理反应,从而为眼动研

究提供独立和互补的证据。ERP 研究中, RSVP (Rapid Serial Visual Presentation, RSVP) 范式通常会干扰读者的阅读加工过程, 不符合自然阅读情境, 需要利用眼动技术, 以更加自然的方式实时考察阅读理解过程, 增加电生理指标的信度和解释力。因此, 单独的眼动或者 ERP 研究很难为上述争论和理论解释提供坚实的实验证据。

2 研究构想

2.1 研究问题

基于文献分析, 我们提出 3 个研究问题, 即: 句子理解中的启动效应是策略的, 语义的, 还是句法的; 句子理解中的启动效应是词汇驱动的, 还是词汇独立的; 内隐学习理论和论元结构理论在解释句子理解中句法启动效应时的适用性。

2.1.1 句子理解中的启动效应是策略的, 语义的, 还是句法的

句法假设认为, 句子理解中的启动效应是句法加工的结果。来自于英语、德语等的很多研究支持句法假设。然而, 有研究者认为, 支持句法假设的研究在实验设计上存在问题。譬如, 在重复条件下, 启动句和目标句的动词或者名词相同。在同义条件下, 两者语义完全不同。在一种条件下, 启动句和目标句的句法结构相同。在其他条件下, 启动句和目标句的句法结构不同。因此, 一些研究者认为句子理解中的启动效应是策略或者语义驱动的结果, 由动词一致和语义重叠诱发。

那么, 在排除影响句子间启动的因素外, 汉语句子理解中的启动效应到底是句法启动, 还是策略或者语义启动? 这种启动效应能否得到眼动和 ERP 数据的一致支持, 是否表现出印欧语系语言理解中启动效应的特点和机制?

2.1.2 句子理解中的句法启动效应是词汇驱动的, 还是词汇独立的

自主句法和词汇学理论提出了人们分析句子的不同理论。自主句法分析器认为, 句法结构决策可以和具体单词的属性、不同句法分析的语义属性、语境和其它非语法信息分离 (Ferreira & Clifton, 1986; Frazier & Clifton, 1996; Frazier & Rayner, 1982)。词汇学假设认为, 句法加工发生在一个基于约束的神经网络体系, 句子结构信息依赖于具体词汇 (Boland & Boehm-Jernigan, 1998;

Ferreira & McClure, 1997; MacDonald, Perlmuter, & Seidenberg, 1994; Moortgat, 1988; Traxler & Tooley, 2007)。一些已有研究发现, 语言理解中的句法启动效应是由词汇驱动的, 取决于启动句和目标句的论元是否重复。另外一些研究者认为, 口头和书面语言理解中, 句法启动效应取决于启动和目标句的句法结构是否相同。

那么, 汉语句子理解中的句法启动效应到底是词汇驱动的, 还是词汇独立的? 抑或, 汉语句子理解中句法启动效应的驱动机制依赖于句子类型。即, 有些句子(如关系从句)表现出词汇驱动的句法启动效应; 有些句子表现出词汇独立的句法启动效应。

2.1.3 内隐学习理论和论元结构理论在解释句子理解中句法启动效应时的适用性

Bock 和 Griffin (2000) 和 Chang 等人 (2006) 对产生研究中的句法启动效应的发生机制提出了不同的解释。他们认为大部分启动效应是由内隐学习所引起的。内隐学习是指通过一段时间的学习, 从而掌握常规抽象信息的加工规则。这种掌握是无意识的, 即学习到的规则可以通过某些测试表现出来, 但是意识层面却无法报告这种规则。内隐学习具有以下 4 个特点: (1) 学习是抽象规则和知识的获得, 而不仅仅是获得某种信息和联系; (2) 规则和结构不能被学习者明确表达和描述; (3) 学习不是通过明确的假设检验获得的, 但是符合对于信息的认知加工过程; (4) 遗忘症患者也存在学习 (Seiger, 1994)。Ferreira 等 (2008) 等认为, 语法结构学习满足以上所有条件, 所以它似乎是句法启动效应的根源。如果句子理解中的句法启动效应确实由内隐学习导致, 那么启动句和目标句只要语法结构相同, 动词无论相同或者不同, 读者都可以通过内隐学习, 建立启动刺激和目标刺激的句法结构的内在关联。因此, 研究者可以通过眼动和 ERP 指标看到词汇独立的句法启动效应。

论元结构是由一个词项所投射的句法结构, 是语义和句法的中介 (Hale & Keyser, 1993), 如图 1 所示。从语义角度看, 论元结构是事件结构的表征。从句法角度看, 论元结构表征着构建句法所需的最小信息。句法结构信息以词汇形式储存, 以论元形式提取 (Boland & Blodgett, 2006)。Hale 等认为存在两种句法关系: 中心语和补语的关系以及前置修饰语和中心语的关系, 在此基础上提

出了4种基本类型的词汇论元结构：动词论元结构、介词论元结构、形容词论元结构和名词论元结构。动词的意义就是一个谓词带着一组固定论元。句法是词项要求的投射，因此动词的句法框架是动词意义的表层反映。当读者或者听众激活句子中每个词汇的词条时，相应的句法结构信息随之被激活。当被试阅读包含重复动词的目标句时，先前论元结构和句法结构仍然保持一定的激活，有利于促进被试快速构建正确的动词论元结构和句法结构，从而使得目标句加工获得增益效应。当启动句和目标句动词不同时，目标句和启动句的动词会指向不同的记忆地址。因此，被试很难从启动句动词激活的句法结构获得增益。如果理解中的句法启动效应存在于动词重复条件下，那么是否可以采用论元结构理论解释词汇重复产生的句法启动效应呢？这种解释能否得到眼动和ERP数据的一致支持？

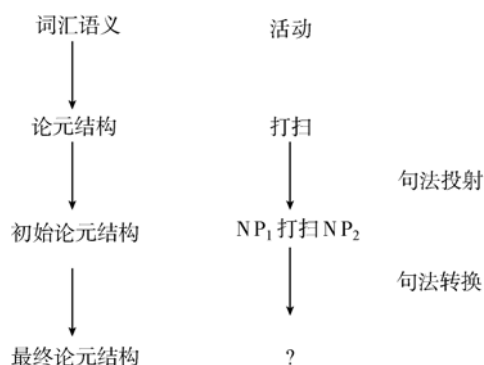


图1 论元结构、词汇语义和句法结构的关系

2.2 研究设计及预期结果

本项目设计两个研究(包含四个实验)，分别采用眼动和ERP结合的技术(如图2所示)，分别从不同角度考查汉语句子理解中句法效应的特点和加工机制。研究一采用眼动和ERP技术记录被试阅读汉语偏正/述宾暂时歧义句时的眼动和脑电数据，以此考查词汇独立的句法启动效应。研究二采用眼动和ERP技术记录被试阅读汉语DeP结构暂时歧义句时的眼动和脑电数据，以此考查词汇驱动的句法启动效应。具体的研究逻辑见图3。

2.2.1 研究一：汉语偏正/述宾暂时歧义句阅读中的句法启动效应

Traxler(2008)采用眼球追踪技术考查了修饰语-目标歧义句子的句法启动效应。研究者第一次发现了在线书面语句子理解中存在词汇独立的句法启动效应。除此之外，已有基于印欧语言的句子理解实验很少发现书面语阅读理解中存在词汇独立的句法启动效应。因此，研究一采用眼动和ERP技术考查了汉语句子理解中是否存在词汇独立的句法启动效应。实验一，研究者考查了被试阅读理解汉语偏正/述宾暂时歧义句时的眼球运动。通过提取和分析关键区域的眼动指标，初步探讨汉语句子理解中句法启动效应的驱动机制。但是，眼动研究中，注视和加工是非理想耦合，注视时间指标只能反映整体加工过程。研究者只能根据实验设计，对眼动指标做间接推测。鉴于此，我们不得不深入思考，在线阅读理解中，有哪些信息驱动眼球运动，这些信息是何时获得的

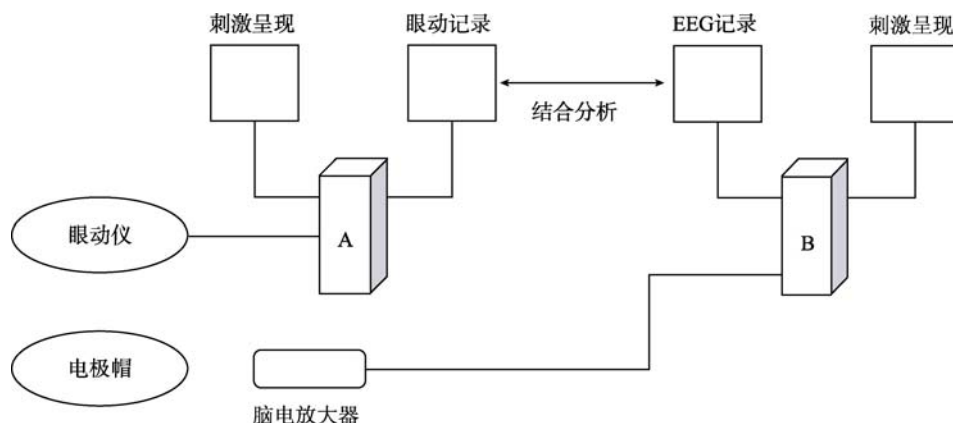


图2 眼动和ERP技术结合

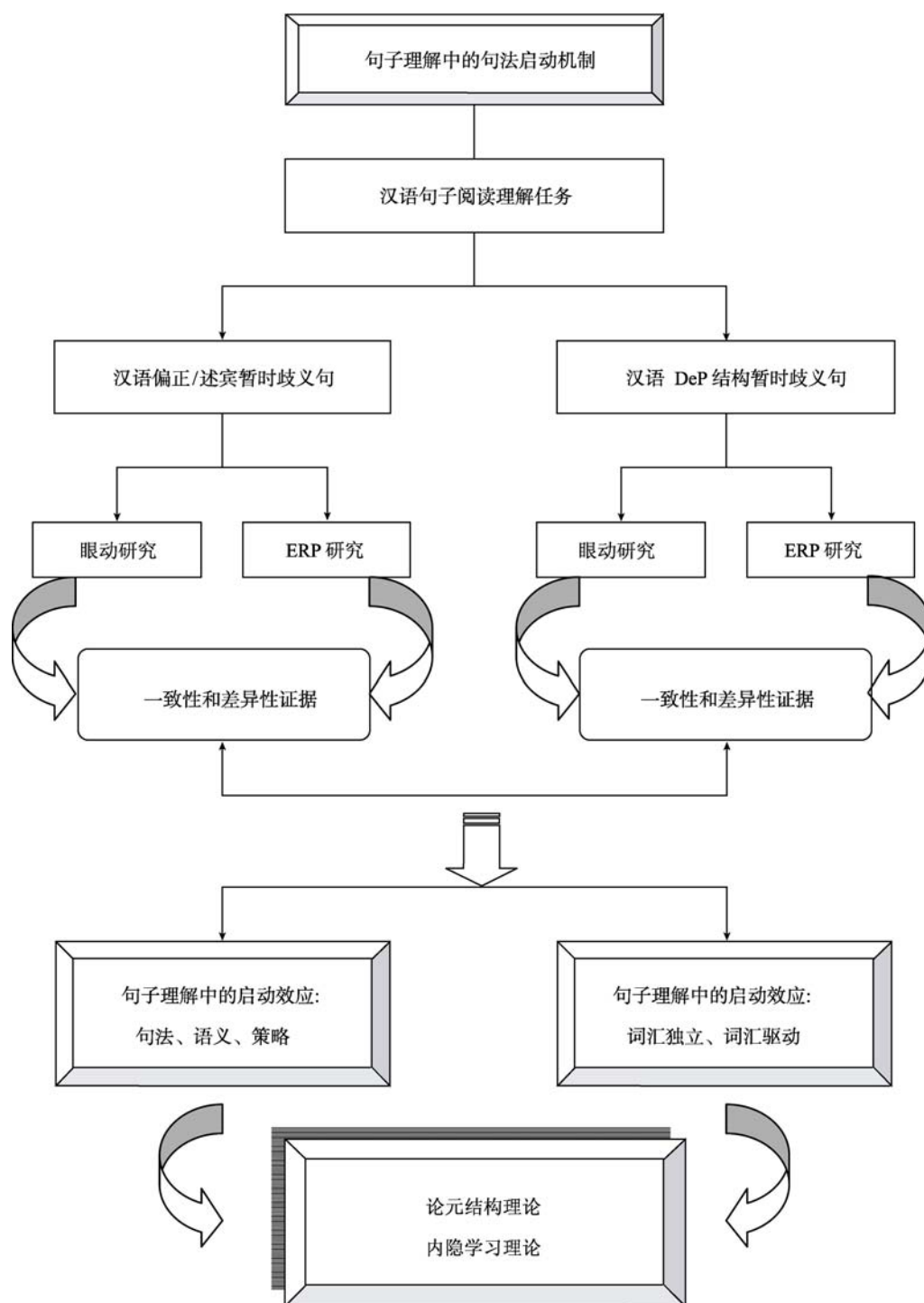


图 3 汉语句子理解中句法启动机制的研究构想

以及眼球向何处运动的决策过程?仅仅依靠眼动研究,我们无法准确回答上述问题。因此,实验2中,研究者使用ERP技术考查汉语句子阅读理解中的启动效应,为眼动研究提供独立和互补的证据。两个实验的实验设计相同,实验2的实验材料部分来源于实验一。研究者预期,汉语句子理解中存在词汇独立的句法启动效应。在眼动指标上,这种启动效应表现为被试加工句法结构相同的目标句时,关键区域的注视次数(第一遍回视率、总注视次数)显著减少和注视时间(第一遍通过时间、回视路径时间和总注视时间)显著降低;在电生理指标上表现为关键区域P600波幅的显著减弱。内隐学习理论可以用来解释句子理解中词汇独立的句法启动效应。

2.2.2 研究二:汉语DeP结构暂时歧义句阅读中的句法启动效应

汉语“的”没有词汇意义,只有句法功能特征,因此将其分析为汉语特有的功能语类或者是功能中心语(Functional Head)。“的”的词汇特征生成两种类型的DeP(Wu, 2000),分别是:[DeP XP+的]和[DeP XP+的+YP]。[DeP XP+的]表示只有前接成分而没有后接成分,如[DeP [IP 李明买e]的]和[DeP [IP e写e]的]]。前一个句子包含一个空语类。后一个句子包含两个空语类,表示两种意思,即谁写的,写的什么。[DeP XP+的+YP]表示前后成分都有,如[DeP [IP 张兰吃饭]的[NP 筷子]]。在这个句子中,“的”的前接成分是不包含空语类的IP,但IP和“的”的结构不合乎语法规则(张兰吃饭的),但加上后续成分NP或者DP后(筷子),整个结构合乎语法。

如果实验1和实验2发现句法启动效应,这似乎证明句法启动效应是词汇独立的,取决于启动句和目标句是否具有相同的句法结构。那么,句法启动效应是否可以由词汇驱动?实验1和实验2无法回答这个问题。因为,在上述实验中,启动句和目标句的论元结构不同。此外,观察到的句法启动效应是否仅仅存在于特定句子结构中?其他结构的汉语句子理解中是否也存在这种启动效应?实验3和4中,研究者分别采用眼动和ERP技术考查被试阅读汉语DeP结构([DeP XP+的+YP])暂时歧义句时的启动效应,提取和分析关键区域的眼动和ERP指标。启动句和目标句的句法结构完全一致,DeP结构中动词的语义重复

或者相近。通过分析眼动和ERP实验提供的一致性证据和差异性证据,进一步考查汉语句子阅读理解中启动效应的特点,检验实验1和实验2的研究结果。研究者预期,汉语关系从句加工中存在词汇驱动的句法启动效应。论元结构理论可以用来解释词汇驱动的句法启动效应。

3 研究意义和展望

近些年来,研究者考查了印欧语系语言理解的句法启动效应,但在一些核心问题上仍存在争论。譬如,语言理解中的启动效应是句法的,还是策略和语义的,是词汇驱动还是词汇独立的?因此,汉语句子理解中句法启动效应的行为和电生理研究有助于为句子理解中句法启动效应的特点和机制提供新的证据。更重要的是,有助于我们进一步思考句子理解中句法启动效应的理论模型,从而为理解句法启动效应提供比较新的理论视角。

Bock和Griffin(2000),Hartsuiker等人(2008)在说和写的产生任务中控制中介句的数量。结果发现,中介句数目不超过6个时都存在启动效应,但词汇重复的启动效应并没有出现。句子理解任务中,很多研究者发现词汇重复的句法启动效应(Arai et al., 2007; Traxler & Pickering, 2005; Traxler & Tooley, 2007)。但是,也有研究者发现书面和口头语言理解中也存在词汇独立的句法启动效应(Traxler, 2008; Thothathiri & Snedeker, 2008)。这些研究结果表明,句法启动效应至少有两种基本的机制驱动。因此,研究者构想,句子理解中的句法启动效应符合双机制理论模型。首先,句子理解中词汇驱动的句法启动效应符合论元结构理论。以2a-2c句为例,

2a. The engineer *examined* by the committee.

2b. The engineer *visited* by the committee.

2c. The defendant *examined* by the lawyer.

根据论元结构表征理论(Boland & Blodgett, 2006; Jackendoff, 2007),读者通达启动句的动词“examined”时,会激活一个主句结构,譬如SVO。“engineer”是句子的主语,可以预期后面会出现名词或者名词短语充当宾语。但是,当“by”出现时,读者会发现该词汇和先前构建并激活的论元结构不一致,因此“examined”会被重新搜索,进行句法再分析,从而激活一个合理的论元结构,即

“examined”是过去分词,用来构造缩减的关系从句。当目标句出现时,先前激活的关系从句的论元结构仍然起作用,如果目标句的动词和启动句一致,那么读者只需较少时间就能正确构建目标句的句法结构。其次,句子理解中词汇独立的句法启动效应符合内隐学习理论。内隐学习理论认为,句法启动对语义信息不敏感,因此不受启动句和目标句语义相似程度的影响。根据这种理论,目标句加工的促进效应来自于目标句和启动句在句法结构上的重复,因为重复的句法结构可以帮助人们从存储系统中提取类似的短语结构片段。

此外,眼动和 ERP 技术结合为研究句子理解中的句法启动效应提供了比较新的思路。已有研究采用眼动或者 ERP 技术考查了语言理解中的句法启动效应。但是,已有研究对启动效应的本质和机制存在较大争论,这可能和眼动或者 ERP 技术自身的实验范式和效应指标的局限性有关。因此,采用相同的实验设计和实验材料,分别记录和分析眼动和 ERP 数据,可以为阐明句法启动效应的机制提供更加坚实的实验证据。

本项目在探讨汉语句法启动效应的机制上取得了一些进展(Chen & Huang, 2012),并正在开展后续系列研究和理论建构。同时,研究者也在尝试采用 fMRI 技术开展句法启动效应的脑机制研究。正常群体和脑疾病患者的脑成像研究可以帮助我们更好地理解句子理解中句法启动效应的机制,构建适合解释词汇独立和词汇驱动句法启动效应的理论模型。

参考文献

- 陈庆荣,王梦娟,刘慧凝,谭顶良,邓铸,徐晓东.(2011). 语言认知中眼动和ERP结合的理论、技术路径及其应用. *心理科学进展*, 19, 264–273.
- Arai, M., van Gompel, R. P. G., & Scheepers, C. (2007). Priming ditransitive structures in comprehension. *Cognitive Psychology*, 54, 218–250.
- Bock, J. K. (1986). Syntactic persistence in language production. *Cognitive Psychology*, 18, 355–387.
- Bock, K., & Griffin, Z. M. (2000). The persistence of structural priming: Transient activation or implicit learning? *Journal of Experimental Psychology: General*, 129, 177–192.
- Boland, J. E., & Blodgett, A. (2006). Argument status and pp-attachment. *Journal of Psycholinguistic Research*, 35, 385–403.
- Boland, J. E., & Boehm-Jernigan, H. (1998). Lexical constraints and prepositional phrase attachment. *Journal of Memory and Language*, 39, 684–719.
- Branigan, H. P., Pickering, M. J., & Cleland, A. A. (2000). Syntactic co-ordination in dialogue. *Cognition*, 75, B13–B25.
- Branigan, H. P., Pickering, M. J., & McLean, J. F. (2005). Priming prepositional-phrase attachment during comprehension. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 31, 468–481.
- Chang, F., Dell, G. S., & Bock, K. (2006). Becoming syntactic. *Psychological Review*, 113, 234–272.
- Chen, Q. R., & Huang, Y. (2012). Processing coordinate structures in Chinese: Evidence from eye movements. *PLoS ONE*, 7(4), e35517.
- Cleland, A. A., & Pickering, M. J. (2003). The use of lexical and syntactic information in language production: Evidence from the priming of noun phrase structure. *Journal of Memory and Language*, 49, 214–230.
- Ferreira, F., & Clifton, C., Jr. (1986). The independence of syntactic processing. *Journal of Memory and Language*, 25, 348–368.
- Ferreira, F., & McClure, K. K. (1997). Parsing of garden-path sentences with reciprocal verbs. *Language and Cognitive Processes*, 12, 273–306.
- Ferreira, V. S., Bock, K., Wilson, M. P., & Cohen, N. J. (2008). Memory for syntax despite amnesia. *Psychological Science*, 19, 940–946.
- Frazier, L., & Clifton, C., Jr. (1996). *Construal*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Frazier, L., Munn, A., & Clifton, C. (2000). Processing coordinate structures. *Journal of Psycholinguistic Research*, 29, 343–370.
- Frazier, L., & Rayner, K. (1982). Making and correcting errors during sentence comprehension: Eye movements in the analysis of structurally ambiguous sentences. *Cognitive Psychology*, 14, 178–210.
- Hale, K., & Keyser, S. J. (1993). On argument structure and the lexical expression of syntactic relations. In K. Hale & S. J. Keyser (Eds.), *The view from Building 20: Essays in Honor of Sylvain Bromberger* (pp. 53–109). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Hartsuiker, R. J., Bernolet, S., Schoonbaert, S., Speybroeck, S., & Vanderelst, D. (2008). Syntactic priming persists while the lexical boost decays: Evidence from written and spoken dialogue. *Journal of Memory and Language*, 58, 214–238.
- Jackendoff, R. (2007). A parallel architecture perspective on language processing. *Brain Research*, 1146, 2–22.
- Jaeger, T. F. (2006). *Redundancy and syntactic reduction in spontaneous speech*. Unpublished doctoral dissertation, Stanford University.
- Kim, S., & Mauner, G. (2006). *Priming vs. contingency learning accounts of structural priming effects in comprehension*. Poster presented at the 19th annual CUNY conference on Human Sentence Processing, New York, NY.

- Ledoux, K., Traxler, M. L., & Swaab, T. Y. (2007). Syntactic priming in comprehension: Evidence from event-related potentials. *Psychological Science*, 18, 135–143.
- MacDonald, M. C., Pearlmutter, N. J., & Seidenberg, M. S. (1994). The lexical nature of syntactic ambiguity resolution. *Psychological Review*, 101, 676–703.
- Moortgat, M. (1988). *Categorical investigations: Logical and linguistic aspects of the Lambek calculus*. Dordrecht, the Netherlands: Foris.
- Pickering, M. J., & Branigan, H. P. (1999). Syntactic priming in language production. *Trends in Cognitive Sciences*, 3, 136–141.
- Pickering, M. J., & Ferreira, V. S. (2008). Structural priming: A critical review. *Psychological Bulletin*, 134, 427–459.
- Pickering, M. J., & Traxler, M. J. (2004). *Grammatical repetition and garden path effects*. Paper presented at the 17th Annual CUNY Sentence Processing Conference, College Park, MD.
- Pickering, M. J., & van Gompel, R. P. G. (2006). Sentence processing. In M. A. Gernsbacher & M. J. Traxler (Eds.), *Handbook of psycholinguistics* (pp. 455–503). San Diego, CA: Academic Press.
- Rayner, K., & Clifton, C., Jr. (2009). Language processing in reading and speech perception is fast and incremental: Implications for event-related potential research. *Biological Psychology*, 80, 4–9.
- Scheepers, C., & Crocker, M. W. (2004). Constituent order priming from reading to listening: A visual world study. In M. Carreiras & C. J. Clifton (Eds.), *The On-line study of sentence comprehension: Eyetracking, ERP and beyond* (pp. 167–185). Hove: Psychology Press.
- Seger, C. A. (1994). Implicit learning. *Psychological Bulletin*, 115, 163–96.
- Sereno, S. C., & Rayner, K. (2003). Measuring word recognition in reading: Eye movements and event-related potentials. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 489–493.
- Thothathiri, M., & Snedeker, J. (2008). Give and take: Syntactic priming during spoken language comprehension. *Cognition*, 108, 51–68.
- Traxler, M. J. (2008). Lexically independent priming in online sentence comprehension. *Psychonomic Bulletin & Review*, 15, 149–155.
- Traxler, M. J., & Pickering, M. J. (2005). *The lexical basis of syntactic priming in comprehension*. Paper presented at the CUNY Sentence Processing Conference, Tucson, AZ.
- Traxler, M. J., & Tooley, K. M. (2007). Lexical mediation and context effects in sentence processing. *Brain Research*, 1146, 59–74.
- Traxler, M. J., & Tooley, K. M. (2008). Priming in sentence comprehension: Strategic or syntactic? *Language and Cognitive Processes*, 23, 609–645.
- Trueswell, J. C., & Kim, A. E. (1998). How to prune a garden path by nipping it in the bud: Fast priming of verb argument structure. *Journal of Memory and Language*, 39, 102–123.
- Wu, G. (2000). The syntax of DeP in Chinese. *Modern Foreign Language*, 23(2), 1–12.

Syntactic Priming in Chinese Sentence Comprehension: Evidence from Eye Movements and ERP

CHEN Qing-Rong; TAN Ding-Liang; CAI Hou-De

(School of Psychology, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract: The syntactic priming effect in language production has been profoundly investigated during the last 20 years. The question remains, however, as to whether the effect would trigger the same processing in comprehension and production. Researchers have recently investigated the priming effect in the comprehension of Indo-European languages, leaving many disputes unsolved. Is the priming effect syntactic, strategic, or semantic? Is the effect lexically driven or lexically independent? In addition, is it language specific or language universal in human language comprehension? Given that the employment of a mere behavioral technique, eye tracking or ERP may not provide solid empirical support or the insightful theoretical explanation regarding those disputes, this study intends to explore the syntactic priming effect in Chinese sentence comprehension from an interdisciplinary perspective, embracing psychology, linguistics, and neurocognitive science, using both eye tracking and ERP. Based on the analysis of the consistent and inconsistent evidences provided by the eye tracking and ERP experiments, the researchers aim at finding out the cognitive characteristics and mechanisms of the syntactic priming effect in Chinese sentence comprehension as well as examining the adaption of the theories of implicit learning and argument structure in accounting for the syntactic priming effects.

Key words: syntactic priming; eye movement; event-related potential; theory of implicit learning; theory of argument structure