

# 由L2到L1的跨语言激活路径研究——基于词汇识别的ERP数据\*

杨思琴  
中国人民大学文学院  
ysq44@outlook.com

胡美  
清华大学人文学院  
hu-m20@mails.tsinghua.edu.cn

江铭虎  
清华大学人文学院  
jiang.mh@tsinghua.edu.cn

## 摘要

本研究运用事件相关电位技术(event-related potentials, ERPs)在不同语言模式下探索二语学习者的二语经验是否会影响母语加工。实验招募了两组中国日语学习者作为被试,分别参与了接近双语模式的短版本实验和接近单语模式的长版本实验。统计结果显示,在短版本实验中,当汉-日同形异义词作为启动词时,语义相关性因素引发的N400波幅差异并不显著,但是引发的LPC波幅差异显著。在长版本实验中,语义相关性因素引发的N400和LPC的波幅都显著。据此,本研究推论,当被试在母语环境下加工母语语义时,二语语义在接近双语模式的短版本实验中被激活并影响母语加工,这种影响仅存在于N400的时间窗口期。但是,在接近单语模式的长版本实验中,二语语义在两个时间窗口里都没有影响母语加工。本研究从语言模式和时间窗口两个维度拓展了对二语经验影响母语加工的认识,对构建高质量的人类语言计算模型和系统具有重要的理论意义和应用价值。

关键词: 二语; 母语; 语言模式; N400; LPC

## The Impact of Second Language Experience on Native Language Processing Across Different Language Modes

Yang Siqin  
Renmin University of China  
School of Liberal Arts  
ysq44@outlook.com

Hu Mei  
Tsinghua University  
School of Humanities  
hu-m20@mails.tsinghua.edu.cn

Jiang Minghu  
Tsinghua University  
School of Humanities  
jiang.mh@tsinghua.edu.cn

## Abstract

This study used the ERPs to investigate whether second language learners' second language experience influences native language processing under different language modes. Two groups of Chinese learners of Japanese were recruited as participants, engaging in both a short version experiment resembling a bilingual mode and a long version experiment resembling a monolingual mode. Statistical results revealed that in the short version experiment, when Chinese-Japanese homographs were used as priming words, the amplitude differences of the N400 component induced by semantic relatedness were not significant, whereas the amplitude differences of the LPC component were significant. In the long version experiment, both N400 and LPC amplitudes induced by semantic relatedness were significant. Based on this, the present study infers that when participants process native language semantics in a native language mode, second language semantics are activated and influence native language processing in a

本课题获得国家自然科学基金重点项目(62036001)的支持

short version of the experiment approaching bilingual mode, with this influence only existing within the time window of N400. However, in the long version of the experiment approaching monolingual mode, second language semantics did not affect native language processing in either of the two time windows.. This study expands the understanding of how second language experience influences native language processing from the perspectives of language modes and processing time windows, which has important theoretical significance and application value for constructing high-quality human language computing models and systems.

**Keywords:** Second language , Native language , Language mode , N400 , LPC

## 1 引言

不同语言在大脑中的交互活动是当下双语脑神经加工机制的研究重点,也是语言认知与计算领域的热点话题。已有研究表明,二语学习者的二语是在母语和二语不断交互过程中所习得(梅磊磊, 屈婧, 李会玲, 2017)。并且,在二语学习者的二语活动中,母语的影响广泛存在。但是,在母语活动中,二语对母语的影响仍然不明确。本研究引入语言模式作为变量,运用ERP技术从不同时间窗口就二语对母语的影响展开进一步研究,以期对二语学习者的双语脑神经加工机制提供一些新的见解。现有研究发现,母语经验会显著影响二语学习和加工的认知神经机制。具体而言,二语学习者在加工二语时,很可能将母语的语信息、加工的规则和策略等迁移到第二语言加工上(程凯文, 邓颜蕙, 颜红梅, 2019; 梅磊磊, 屈婧, 李会玲, 2017; 张才蕙, 叶渐桥, 杨静, 2023)。现有的研究通过ERP技术的脑电反应证明了二语任务中母语的影响广泛存在,如母语潜意识的自动翻译机制(Thierry and Wu, 2004; Thierry and Wu, 2007; Wu and Thierry, 2010)和竞争机制(Kerkhofs et al., 2006)等。整体而言,母语对二语加工的影响被各种研究多次验证和反复提及,尤其是对非平衡的二语学习者而言(Horie et al., 2007; Krogh, 2022; Mishra and Singh, 2016; 刘雪丽, 倪传斌, 2022; 曲春红, 2019; 肖巍, 倪传斌, 2016)

不同于母语对二语加工的影响,二语对母语的影响尚未明确。一方面,一些行为研究(Caramazza and Brones, 1979; Gerard and Scarborough, 1989; Jared and Kroll, 2001)、电生理及神经成像研究(Hoversten et al., 2015; Rodriguez-Fornells et al., 2002)发现,在纯粹的母语环境中,二语对二语学习者在母语环境中的语言产生(Caramazza and Brones, 1979; Gerard and Scarborough, 1989)和理解(Jared and Kroll, 2001)并不会造成影响;另一方面,也有一些证据支持二语也会对在母语环境中的语言加工进行干预(Dijkstra T., 2002; Yang et al., 2021; 杨思琴 and 江铭虎, 2016)。

Midgley et al. (2008)研究了在英语和法语语境下跨语言的相似性对英法双语者脑电波幅(N400)的影响。研究结果显示,母语对二语有显著影响,但二语对母语的影响并不如前者显著。在Martin et al. (2009)的研究中,被试在含有威尔士语和英语两种语言的语义启动范式中用他们的一种语言执行字母计数任务。被试脑电波幅(N400)的结果同样显示了不同语言词对之间的语义启动效应,并且这种启动效应不受限于语言类型。此外,在(Yang et al., 2021);杨思琴 and 江铭虎 (2016)的ERP研究中,二语在母语语义判断任务中都表现出了对译词自动翻译的现象。整体而言,上述的电生理研究都展现了二语对母语加工的影响。

然而,与此不同的是, Rodriguez-Fornells et al. (2002)以早期平衡的加泰罗尼亚-西班牙双语者为实验对象,用ERP技术研究他们执行词汇决策任务的机制。结果显示,反映被试二语加工的ERP脑电成分没有受到二语词频效应的干扰,意味着他们的二语记忆并没有对母语加工造成影响。在该研究的结果中,缺失的词频干扰效应显示,在语义信息被获取之前,来二语的语信息就已经被抑制了。Hoversten et al. (2015)在ERP技术的研究那个也得出了与前者相吻合的结论。该研究认为,在西班牙语和英语的双语者中,语言成员的身份信息会比概念信息更早被激活,这让受试者有机会抑制对二语对母语加工的影响。

## 2 研究问题

以上针对二语是否会影响母语加工的分歧,根据文献分析,可能有两方面的原因。其一,

各个研究中不同的实验范式所营造的语言模式并不一致，容易导致被试在语言模式的选择上出现差异，这可能是影响实验结果的原因之一。其二，以往二语影响母语的研究结果分析主要关注N400脑电成分，在该问题上只得出了“是/否”的答案。事实上，跨语言互动的加工并不局限于N400成分的时间窗口，仅根据该成分的分析结果可能限制了本研究对此的认知。因此，本研究就二语对母语影响的问题加入语言模式与分析的时间窗口进行进一步探究。

语言模式 (language mode) 是指在特定时段内双语者两种语言的激活状态和加工机制。当一个人处于单语模式时，非目标语言处于静息状态，而目标语言则是完全激活状态，前者不影响后者的加工。反之，当一个人处于双语模式时，那么两种语言都属于激活状态(Grosjean, 2013)，可能会相互干扰。Grosjean (2013)详细阐释了“语言模式”的概念，将语言模式表示为一个以单语模式和双语模式为两端的连续体（如图1）。双语者使用的主导语言被称为“基本语言” (base language)，即图中的“语言A”；主导语言之外的语言即图中的“语言B”。随着双语者逐渐向双语模式靠近，语言B的激活程度会不断加深。语言模式已在语言的理解(Dunn, 2014)和生成(Dewaele, 2014)方面本验证。例如，Dunn (2014)的研究表明，对西班牙语和英语的双语者来说，在双语模式下执行词汇决策任务所需要的反应时更长。除此之外，该研究也发现，反应时与非目标语言的激活水平之间存在正相关关系。Dewaele (2014)研究了超过2000名多语者，发现了在双语环境下，两种语言都处于激活状态，多语者更倾向于在两种语言之间转换。鉴于语言模式是双语加工过程中一个不容忽视的变量，本研究推测，二语学习者的语言状态可能会随着在语言模式连续体中所处的位置而转换，进而影响二语对母语加工的作用。

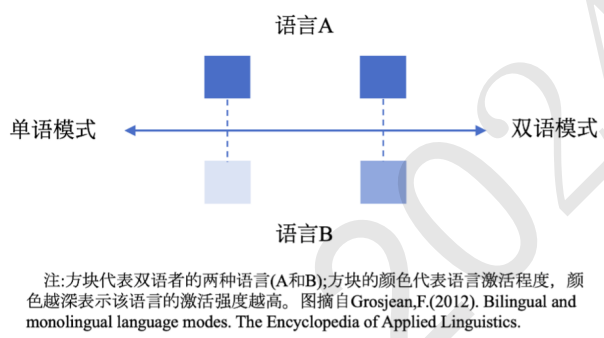


图 1: Grosjean的语言模式示意图

### 3 实验

本研究通过观察二语学习者在加工同形异义词的母语语义时，其二语语义对母语语义加工的干扰情况，来推测二语对母语加工的影响。具体而言，本研究邀请中国日语学习者作为被试，运用ERP技术记录他们在加工汉-日同形异义词和非汉-日同形异义词作为启动词时，目标词所产生的脑电信号差异。通过分析这些脑电信号差异，来推测二语在母语环境下是否会对母语加工造成影响。与此同时，本研究通过对实验呈现的语块进行设计，模拟两种不同语言模式版本的实验。如图2，短版本实验是接近双语模式的版本，包含4个语块，每个语块中都含有汉-日同形异义词；长版本实验是接近单语模式的版本，其在短版本实验的4个语块基础上，于每个语块之间加入了没有汉-日同形异义词的纯汉语语块，加起来一共有8个语块。本研究重点观测中国日语学习者在不同版本的情况下，他们同形异义词的二语语义对母语语义加工的影响。

本研究一共设置了3个变量，包括实验版本（长版本，短版本），词对的语义相关性（相关，无关）和启动词类型（启动词指的是词对的第一个词语）（汉-日同形异义词，非汉-日同形异义词）。其中，词对的语义相关性和启动词类型这两因素的两个水平 $2 \times 2$ 组成4个条件（Semantic: S+代表语义相关，S-代表语义无关；Homograph: H+代表启动词是汉-日同形异义词，H-代表启动词是纯汉语词语；Version: V+代表短版本实验，V-代表长版本实验），如表1所示。被试的实验任务是判断前后呈现的词对的汉语语义相关性是否相关，即语义判断任务。

N400是在刺激呈现后400 ms左右于大脑皮层中央和顶部区域出现的一种负波。它可以反映大脑在该阶段对词汇语义的加工。例如，语义无关的词对通常会比语义相关的词对诱发一个更

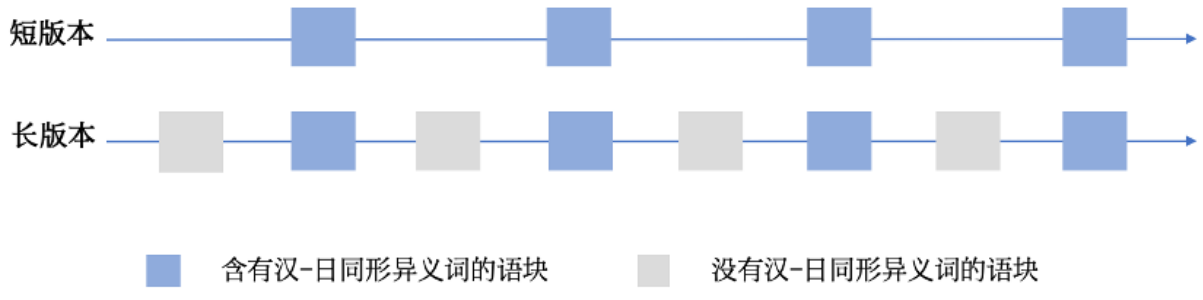


图 2: 短版本和长版本实验的语块示例

表 1: 实验材料范例

	汉语语义相关 (S+)				汉语语义相关 (S-)			
	日语语义无关				日语语义相关			
	启动词	目标词	启动词	目标词	启动词	目标词	启动词	目标词
汉-日同形异义词(H+)	人参	草药	人参	胡萝卜	人参	橙色	人参	人参
	S+H+				S-H+			
非汉-日同形异义词(H-)			重要	关键			重要	蛋糕
	S+H-				S-H-			

大的N400波幅(Thierry and Wu, 2007)。在本研究中, 如果以中日同形异义词为启动词的语义无关词对 (S-H+) 诱发的N400效应与语义相关词对 (S+H+) 诱发的N400效应差异不显著, 则说明被试在该阶段激活了二语语义并对母语加工产生了影响, 反之则不然。此外, 于类似脑区出现在600ms左右的晚期正波(Late Positive Component, LPC) 也可以作为反映跨语言影响在N400后期活跃程度的指标。在跨语言影响的ERP研究中, Martin et al. (2009)和Hoshino and Thierry (2012)曾将反映语言后期加工的LPC成分纳入分析范围。借鉴于此, 本研究也将通过LPC效应来探讨二语学习者在加工母语时后期二语的受影响情况。以往研究表明, 语义相关的词对通常会比语义无关的词对诱发一个更大的LPC波幅。在本研究中, 如果以中日同形异义词为启动词的语义无关词对 (S-H+) 诱发的LPC效应与语义相关词对 (S+H+) 诱发的LPC效应差异不显著, 则说明被试在该阶段依然激活了二语语义并对母语加工产生影响, 反之则不然。

### 3.1 实验语料

短版本实验使用了180个词语作为实验材料。其中, 30个中日同形异义词和30个汉语词语分别充当了两组词对的启动词。换言之, 这60个词语在呈现的词对中出现两次, 分别与余下的120个词语配对, 一共组成了120个汉语词对。其中, 同一个启动词与汉语相关的目标词配对一次, 与汉语不相关的目标词配对一次。在每个语块中, 实验材料的类型和数量一致。在长版本实验中, 本研究额外增加了4个没有同形异义词的语块, 在这些语块中, 实验材料的类型和数量也一致。由于额外增加的语块仅充当调节语言模式的作用, 其结果不进入研究统计分析环节, 因此, 这部分实验材料的词频等因素也未纳入统计范围之内。

实验材料的词频数据均来自公开的词频库(Cai and Brysbaert, 2010)。由于汉语词汇以成对的形式出现, 所以, 在控制词汇词频时, 本研究也将词汇呈现的顺序(简称为词序)作为一个因素纳入分析。统计结果显示, 语义相关性、启动词类型和词序它们之间的交互效应和各自的主效应都不显著[F > 0.03, ps > 0.8]。总的来看, 实验严格控制了实验材料中词汇的词频。为了对汉语词对的语义相关性进行控制, 实验招募了15名完全不懂日语的大学生使用5点李克特量表对汉语词对的语义相关程度进行了评估。其中, 5分代表语义相关度最高, 1分代表语义相关度

最低。收集完调研数据后，笔者将语义相关性和启动词类型作为两因素进行统计分析。结果显示，语义相关性和启动词类型不存在交互效应[ $F(1, 29) = 2.098, p = 0.158$ ]，只有语义相关性差异显著[ $F(1, 29) = 11292.582, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.997$ ]，这说明无论是在有汉-日同形异义词的词对中，还是在纯汉语词对中，语义相关性的变量得到了合理的控制。启动词的效应不显著[ $F(1, 29) = 0.081, p = 0.778$ ]，这说明完全不懂日语的被试无法觉察出汉-日同形异义词与纯汉语的差异。在刺激材料呈现的过程中，所有的词对均以伪随机的顺序呈现。

### 3.2 被试

本研究招募了两组中国日语学习者参与实验。每组有效数据的被试均为16人。他们通过了代表日语中高水平的N2考试。他们的年龄范围均在18岁~27岁之间。其中，女性的平均年龄是22.2岁，男性的平均年龄是21.25岁。两组被试在语言水平和年龄两方面没有显著差异 ( $p > 0.2$ )。根据爱丁堡的惯性测试，参加实验的被试均为右利手(Oldfield, 1971)。另外，在实验之前，所有被试的视力或矫正视力都正常。被试在参加实验时身体健康，并且没有任何神经或精神疾病的病史。所有被试均获得了《赫尔辛基宣言》的知情同意。

### 3.3 实验流程

被试坐在离电脑屏幕80 cm左右的椅子上完成操作。实验运用心理学软件工具E-Prime 2.0来设计任务和呈现词语，任务要求也呈现在屏幕上。屏幕的背景为灰色。作为实验材料的词语均以白色呈现，字体都是34号的宋体。被试被告知实验的具体操作任务：观察先后呈现的一对汉语词语，让他们判断词对中的词是否具有相关性，并及时按下游戏手柄的按钮进行反应。整个实验分为两个模块。首先是练习模块，屏幕向被试呈现了20对汉语词对，其中一半语义相关，一半语义不相关。被试在练习模块中，当正确率达到90%及以上后才开始进入接下来的正式实验。数据分析仅基于被试在实验模块的反应。每个试次的流程如下所示：首先，一个提示符号“+”呈现在屏幕中央，持续时间为200ms，提醒被试集中注意力；其次，作为启动词的汉语词语出现在屏幕中央，停留时间为500ms；之后是一个空白屏幕，停留的时长是500ms、600ms或700ms中的一个；接着，作为目标词的汉语词语出现在屏幕上，直到被试对此作出判断后才消失；然后，空白屏幕再次出现，此时，空白屏幕停留的时间是随机的，可能停留200ms，也可能停留300ms或400ms。到此为止，一个实验任务便完成了。紧接着下一个同样流程的实验任务便开始了。

### 3.4 数据采集与分析

实验使用62 Ag/AgCl 电极弹性帽来记录被试在参加实验过程中的脑电数据。该电极帽上配备着国际10-20电极放置系统(EasyCap; Brain Products GmbH, Gilching, Germany)。设备中的FCz和AFz电极分别用作参考电极和接地电极。两个眼电极用于测量垂直和水平眼电图，分别放置在左眼下方和右眼外侧(Picton et al., 2000)。在准备正式实验前，电极阻抗保持在10k $\Omega$ 以下。在Brain Vision Recorder软件(Brain Products, Munich, Germany)的控制下，研究使用带通为0.01-100Hz的BrainAmpDC放大器系统(Brain Products GmbH)记录被试的EEG数据。电生理记录的过程严格遵循以往已发表并被公认的流程(Yang et al., 2021))。

在收集完数据之后，本研究使用MATLAB中的EEGLAB插件对其进行了预处理。在本实验中，本研究以双侧乳突为参考电极点(TP9、TP10)，在此基础上对脑电的波幅进行计算。同时，本研究用EEGLAB中的ERPLAB插件在0.1-30Hz的范围内进行了滤波，并通过独立成分分析(ICA)去除了眨眼、眼漂、肌肉动作等因素产生的伪迹。在记录完毕后，本研究将连续的EEG信号切割为若干个时长为1100ms的分段(从关键词出现前100ms到关键词出现后的1000ms)，并在分段开始的时刻进行了基线校正。最后，本研究将振幅大于 $\pm 100 \mu V$ 的分段剔除，被剔除的分段占比超过20%的被试数据被排除在分析之外。本研究通过使用从刺激开始前100毫秒至目标出现(0ms)的范围内的平均信号，进行了基线校正。根据N400和LPC在脑电波形图上的时间分布和在脑电地形图中的空间分布，本研究选取了Cz、C1、C2、CPz、CP1和CP2这6个电极点的平均波幅作为两个脑电成分的分析对象。其中，N400电位被定义为目标词呈现后300-450ms的平均振幅，LPC被定义为目标词呈现后500-750ms的平均振幅。

本研究使用重复测量方差分析对脑电波的结果进行统计。其中，以语义相关性(相关、不相关)和启动词类型(汉-日同形异义词，非汉-日同形异义词)作为组内效应，以实验版本

(长版本、短版本)作为组间效应。当自由度大于1时,则采用Greenhouse-Geisser法校正。如果交互作用显著,则继续进行简单效应分析或t检验。

### 3.5 实验结果

如表2所示,被试行为实验结果中的正确率均在87%以上,保证了数据的有效性。短版本和长版本在6个电极点上的N400和LPC,以及它们各自的脑电地形图差异分别如图3和图4所示。

表 2: 行为实验结果的正确率

组别	条件	平均值	标准误差	95% 置信区间		
				下限	上限	
短版本	S+	H+	.938	.016	.905	.970
		H-	.969	.010	.948	.990
	S-	H+	.879	.020	.839	.920
		H-	.969	.007	.955	.982
长版本	S+	H+	.922	.016	.890	.954
		H-	.953	.010	.932	.975
	S-	H+	.982	.020	.941	1.022
		H-	.980	.007	.966	.994

N400的统计结果显示,启动词类型、语义相关性和版本的三因素交互效应略微显著[F(1, 30) = 3.605, p = 0.067,  $\eta_p^2 = 0.107$ ]。在短版本中,启动词类型和语义相关性的两因素交互效应显著[F(1, 15) = 11.468, p = 0.004,  $\eta_p^2 = 0.433$ ]。其中,它们简单效应分析结果显示,在以汉-日同形异义词作为启动词的情况下,语义相关性条件引发的差异并不显著[F(1, 15) = 1.94, p = 0.184]。但是,在以非汉-日同形异义词作为启动词的情况下,语义无关的情况引发的波幅(M = 0.165, SE = 0.646)比语义相关的情况引发的波幅(M = 3.501, SE = 0.797)更负[F(1, 15) = 26.77, p < 0.001]。

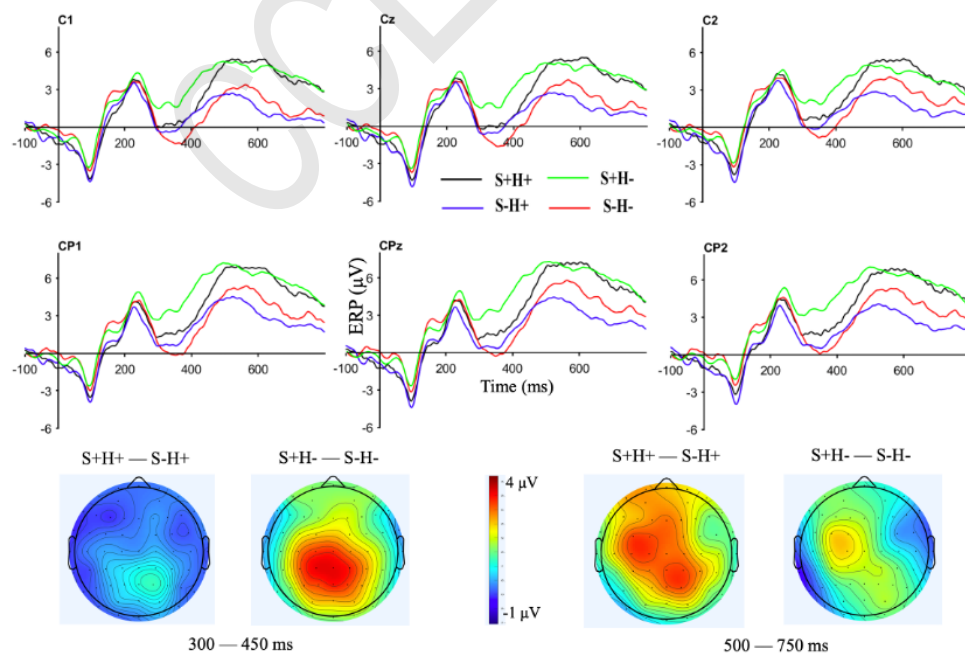


图 3: 短版本在6个电极点上的N400、LPC及它们各自的脑电地形图差异

在长版本中，启动词类型和语义相关性的两因素交互效应略微显著[F (1, 15) = 4.081, p = 0.062,  $\eta_p^2 = 0.214$ ]。其中，它们简单效应分析结果显示，在以汉-日同形异义词作为启动词的情况下，语义无关的情况引发的波幅 (M = -1.545, SE = 0.755) 比语义相关的情况引发的波幅 (M = -0.387, SE = 0.720) 更负[F (1, 15) = 9.05, p = 0.009]。类似的，在以非汉-日同形异义词作为启动词的情况下，语义无关的情况引发的波幅 (M = -1.487, SE = -0.546) 比语义相关的情况引发的波幅 (M = -0.597, SE = 0.797) 更负[F (1, 15) = 22.66, p = <0.001]。

总体来看，在N400时间窗口内，短版本实验中的汉-日同形异义词的日语语义可能已被激活，激活的二语语义影响了被试对母语的加工。然而，在长版本实验中，汉-日同形异义词的日语语义没有被激活，母语的加工也没有受到其影响。

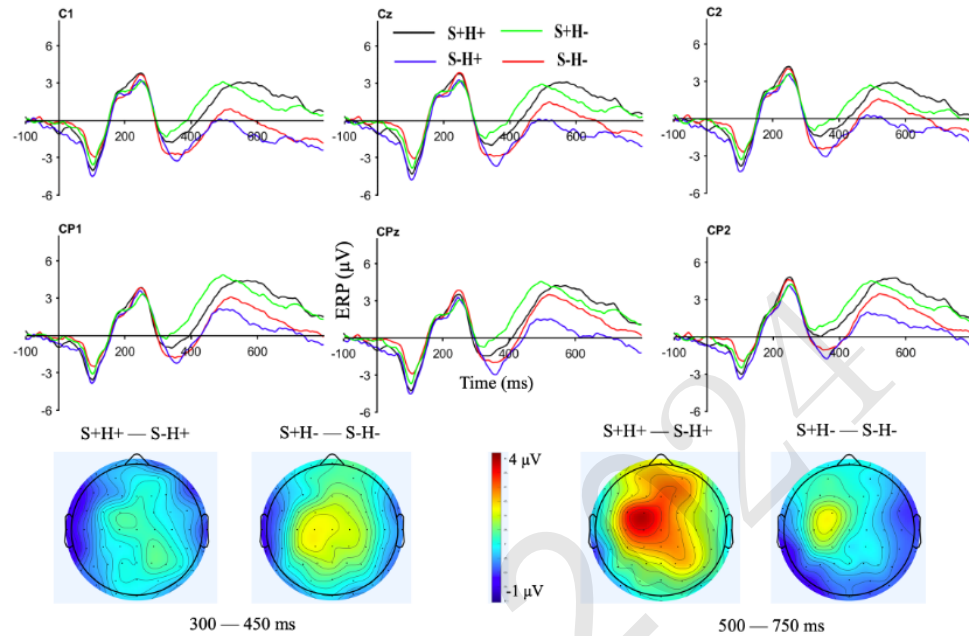


图 4: 长版本在6个电极点上的N400、LPC及它们各自的脑电地形图差异

LPC的统计结果显示，启动词类型和语义相关性的交互效应显著[F (1, 30) = 5.020, p = 0.033,  $\eta_p^2 = 0.143$ ]。其中，它们的简单效应分析结果显示，在以汉-日同形异义词作为启动词的情况下，语义无关的情况引发的波幅 (M = 1.027, SE = 0.458) 比语义相关的情况引发的波幅 (M = 3.819, SE = 0.456) 更负[F (1, 15) = 16.18, p = 0.001]。类似的，在以非汉-日同形异义词作为启动词的情况下，语义无关的情况引发的波幅 (M = 1.901, SE = 0.404) 比语义相关的情况引发的波幅 (M = 3.438, SE = 0.473) 更负[F (1, 15) = 7.86, p = 0.013]。但是，无论是在语义相关的情况下[F (1, 15) = 0.01, p = 0.932]还是语义无关的情况下[F (1, 15) = 2.09, p = 0.169]，启动词类型中的两水平均不显著。此外，组间因素版本的主效应显著[F (1, 30) = 14.716, p = 0.001,  $\eta_p^2 = 0.329$ ]，其中，短版本的波幅 (M = 3.709, SE = 0.429) 比长版本的波幅 (M = 1.384, SE = 0.429) 更正。

总体来看，在LPC时间窗口内，短版本实验中的汉-日同形异义词的日语语义可能已被抑制，因此没有影响到母语的后加工。然而，在长版本实验中，汉-日同形异义词的日语语义可能跟在N400窗口一样，并没有被激活。

#### 4 讨论

本研究运用ERP技术在不同语言模式下就二语是否会影响母语加工这一话题进行探究。实验招募了中国日语学习者作为被试，统计并分析了被试分别在N400和LPC两个时间窗口的脑电数据。N400的统计结果显示，在短版本实验中，当汉-日同形异义词作为启动词时，语义相关性条件引发的差异并不显著。这暗示着汉-日同形异义词的日语语义可能已被激活并影响了母语的加工。然而，在长版本实验中，同样情况下的语义相关性引发的差异却显著。这表明在该情况下，汉-日同形异义词的日语语义可能没有被激活，母语加工也并未受其影

响。然而，在LPC的统计结果中，实验版本因素并没有与语义相关性或启动词因素有任何交互效应。并且，启动词类型的两水平之间也没有显著差异。综上，本研究推论，当被试在母语模式下加工母语语义时，二语语义在接近双语模式的短版本实验中会被激活并影响母语加工，但这种激活和影响仅存在于N400的时间窗口期，并不会持续到LPC的时间窗口期。但是，在接近单语模式的长版本实验中，二语语义在两个时间窗口里都没有被激活的脑电现象。本研究根据实验结果分别从语言模式、双语交互激活模型+（Bilingual Interactive Activation Model, BIA+）(Dijkstra T., 2002)以及二语学习对母语加工认知神经机制的影响三个方面展开分析讨论。首先，脑电实验结果在接近双语模式的短版本实验和接近单语模式的长版本实验之间的差异，印证了Grosjean (2013)提出的“语言模式”中的激活效应对跨语言影响的作用。这种差异主要体现在汉-日同形异义词的二语的语义启动上。具体而言，在短版本实验中，作为启动词的汉-日同形异义词的二语语义被激活，影响了原本在母语语义背景下是语义无义词对（S-H+）的加工。这契合了“语言模式”对双语模式下双语都激活的描述。相反，在长版本实验中，作为启动词的汉-日同形异义词的二语语义没有被激活，也没有影响母语语义的加工。这契合了单语模式下非目标语言处于静息状态的陈述。本研究设计的短版本实验和长版本实验，合理地模拟了Grosjean (2013)所描述的单语和双语模式的情况

其次，本研究的结果验证了BIA+对跨语言影响中激活与抑制的描述，同时也补充了其在语言模式上的缺憾。基于同形异义词识别提出的双语词汇通达模型——BIA+认为，词汇识别不仅受到另一种语言词汇书写形式的影响，还受到跨语言的语义表征的影响。在本研究的结果中，汉-日同形异义词在母语语境下的语义相关性判断也受到了日语语境下的语义的影响。这正契合了BIA+对同形异义词跨语言影响的描述。此外，BIA+有明确地交代它所适用的语言模式，而本研究恰好在语言模式上补充了这一内容，即BIA+描述的跨语言影响更适用于接近双语模式的语境。

最后，本研究的脑电结果与以往描述二语学习影响母语加工认知神经机制的功能性核磁共振研究（functional magnetic resonance imaging, fMRI）结果相吻合。梅磊磊，屈婧，李会玲 (2017)发现母语加工与二语学习之间的相互作用并不是单向的，第二语言学习也会反过来影响母语加工的认知神经机制。Mei et al. (2014)运用fMRI技术发现，在二语学习的过程中，二语以语义为中介，对母语加工产生了影响。本研究也是在执行语义判断任务中，发现了从二语到母语方向的跨语言影响。母语与二语之间是否存在更直接的相互影响，未来可以采用非语义相关性识别或判断任务来进一步探索该问题。

本研究的成果可以为建立更精确、更人性化的语言表征和计算模型提供依据。例如，如果发现双语者在某些情况下更倾向于混合使用两种语言的语义或语法特征，那么计算机语言模型就需要考虑这种影响。与此同时，对语言模式这一变量的关注可以帮助优化自然语言处理系统在处理多语言输入时的性能。比如，系统可以根据用户的语言背景动态调整语言模型，以提高准确性。这些对构建高质量的人类语言计算模型具有重要的理论意义和应用价值。

## 5 结论

本研究通过ERP技术在不同语言模式下研究了二语学习者对母语加工的影响。结果表明，在接近双语模式的短版本实验中，二语语义在N400时间窗口期间被激活，影响了该阶段对母语的加工；而它在接近单语模式的长版本实验中没有被激活，母语加工也没有受其影响。这表明二语经验对母语加工的影响情况受到语言模式和加工时间窗口的调节。未来的研究可以扩展到考虑更多种类的语言模式和其他语言间的影响，同时关注个体差异并考虑长期学习效应，以深入了解二语经验对母语加工的全面影响。

## 参考文献

- Q. Cai and M Brysbaert. 2010. Subtlex-ch: Chinese word and character frequencies based on film subtitles. *Plos One*, 5(6):e10729.
- A. Caramazza and I. . Brones. 1979. Lexical access in bilinguals. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 13(4):212-214.
- Jean-Marc Dewaele. 2014. Intra- and inter-individual variation in self-reported code-switching patterns of adult multilinguals. *International Journal of Multilingualism*, 11.



- van Heuven W J B, Dijkstra T. 2002. The architecture of the bilingual word recognition system: From identification to decision. *Bilingualism: Language and Cognition*, 5(3):175–197.
- J. E Dunn, A. L. Fox Tree. 2014. More on language mode. *International Journal of Bilingualism*, 18(6):605–613.
- L. D Gerard and D. L Scarborough. 1989. Language-specific lexical access of homographs by bilinguals. *Journal of Experimental Psychology Learning*, 15(2):305–315.
- François Grosjean, 2013. *Bilingual and Monolingual Language Modes*.
- Kaoru Horie, Hyeonjeong Jeong, Ryuta Kawashima, Yuko Sassa, Shigeru Sato, Motoaki Sugiura, Masato Taira, and Satoru Yokoyama. 2007. Cross-linguistic influence on brain activation during second language processing: An fmri study. *Bilingualism: Language and Cognition*, 10(2):175–187.
- N. Hoshino and G. Thierry. 2012. Do spanish-english bilinguals have their fingers in two pies - or is it their toes? an electrophysiological investigation of semantic access in bilinguals. *Front Psychol*, 3:9.
- L. J. Hoversten, T. Brothers, T. Y. Swaab, and M. J. Traxler. 2015. Language membership identification precedes semantic access: Suppression during bilingual word recognition. *J Cogn Neurosci*, 27(11):2108–16.
- Debra Jared and Judith F. Kroll. 2001. Do bilinguals activate phonological representations in one or both of their languages when naming words? *Journal of Memory and Language*, 44(1):2–31.
- R. Kerkhofs, T. Dijkstra, D. J. Chwilla, and E. R. de Bruijn. 2006. Testing a model for bilingual semantic priming with interlingual homographs: Rt and n400 effects. *Brain Res*, 1068(1):170–83.
- Simone Møller Krogh. 2022. Danish-english bilinguals' cognate processing in l1 and l2 visual lexical decision tasks. *Languages*, 7(3).
- C. D. Martin, B. Dering, E. M. Thomas, and G. Thierry. 2009. Brain potentials reveal semantic priming in both the 'active' and the 'non-attended' language of early bilinguals. *Neuroimage*, 47(1):326–33.
- Leilei Mei, Gui Xue, Zhong-Lin Lu, Chuansheng Chen, Mingxia Zhang, Qinghua He, Miao Wei, and Qi Dong. 2014. Learning to read words in a new language shapes the neural organization of the prior languages. *Neuropsychologia*, 65:156–168.
- K. J. Midgley, P. J. Holcomb, W. J. VanHeuven, and J. Grainger. 2008. An electrophysiological investigation of cross-language effects of orthographic neighborhood. *Brain Res*, 1246:123–35.
- Ramesh Kumar Mishra and Niharika Singh. 2016. The influence of second language proficiency on bilingual parallel language activation in hindi-english bilinguals. *Journal of Cognitive Psychology*, 28(4):396–411.
- Richard C Oldfield. 1971. The assessment and analysis of handedness: The edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1):97–113.
- A. Rodriguez-Fornells, M. Rotte, H J. Heinze, and T NoÈsselt. 2002. Brain potential and functional mri evidence for how to handle two languages with one brain. *Nature*, 415:1026–1029.
- G. Thierry and Y. J. Wu. 2004. Electrophysiological evidence for language interference in late bilinguals. *Neuroreport*, 15(10):1555–8.
- G. Thierry and Y. J. Wu. 2007. Brain potentials reveal unconscious translation during foreign-language comprehension. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(30):12530–12535.
- Y. J. Wu and G. Thierry. 2010. Chinese-english bilinguals reading english hear chinese. *Journal of Neuroscience*, 30(22):7646–51.
- S Q. Yang, X C. Zhang, and M H. Jiang. 2021. Bilingual brains learn to use l2 alliterations covertly like poets: Brain erp evidence. *Frontiers in Psychology*, 12:e691846.
- 刘雪丽, 倪传斌. 2022. 二语对一语的影响——来自一语语音加工的眼动证据. *外语与外语教学*, (1):34–45.
- 张才蕙, 叶渐桥, 杨静. 2023. 汉语作为第二语言学习的脑机制. *心理科学进展*, 31(5):747–758.

- 曲春红. 2019. 二语词汇水平对汉英双语者词汇通达中一语自动激活的影响研究. 外语教学与研究, 51(4):560-571.
- 杨思琴and 江铭虎. 2016. 双语者加工汉语母语语义时对英语的erp激活效应的研究. 中文信息学报, 30(6):9.
- 梅磊磊, 屈婧, 李会玲. 2017. 第二语言学习的认知神经机制. 华南师范大学学报·社会科学版, (6):63-73.
- 程凯文, 邓颜蕙, 颜红梅. 2019. 第二语言学习与脑可塑性. 心理科学进展, 27(2):209-220.
- 肖巍, 倪传斌. 2016. 二语词汇加工中的一语自动激活:来自中国英语学习者的证据. 外语教学与研究, 48(2):236-248.