

工作记忆容量的差异对第二语言句法歧义句加工的影响^{*}

陈宝国 徐慧卉

(北京师范大学心理学院, 应用实验心理北京市重点实验室, 北京 100875)

摘要 采用眼动技术, 以句子阅读过程中, 句子不同区段的首次注视时间作为句子即时性加工的指标, 回扫次数和总的注视时间作为句子非即时加工的指标, 考察了非熟练的汉-英双语者, 工作记忆容量的差异对第二语言(英语)暂时句法歧义句加工的影响。结果显示: 高工作记忆容量的被试, 在句子不同区段的首次注视时间和总的注视时间均短于低工作记忆容量的被试; 高、低工作记忆容量被试的回扫模式相似。研究结果表明, 对于非熟练的汉-英双语者, 工作记忆容量的差异既影响英语句法歧义句即时性的加工, 也影响非即时性的加工, 即工作记忆容量的差异既影响英语句法歧义句初始的句法加工过程, 也影响句法的重新分析过程。研究结果在一定程度上支持工作记忆容量限制的理论。

关键词 工作记忆; 英语歧义句; 句法加工

分类号 B842

1 引言

句子加工是一个复杂的过程, 它涉及句法、语义等不同成分的相互作用。已有的研究者使用了不同类型的句子考察影响句子加工的因素, 暂时句法歧义句(以下简称句法歧义句)是被经常使用的句子类型之一。例如, 句子 1):

1). The experienced soldiers *warned* about the dangers *conducted* the midnight raid

人们在阅读上面的句子时, 开始把 *warned* 当作句子的谓语动词, 但当读到真正的谓语动词 *conducted* 时才发现这种分析是错误, 因此不得不重新分析句子, 把 *warned* 当作是过去分词做定语修饰名词 *soldiers*, 最后正确地理解了句子。这种暂时性句法歧义的句子也称为花园路径句(garden-path sentence), 比喻理解句子就像走花园里的小路, 经过一定的曲折后, 最终到达目的地。汉语中也存在类似的句法歧义句(闫国利, 田宏杰, 白学军, 2004; 张亚旭, 舒华, 张厚粲, 周晓林, 2002)。

至于工作记忆如何影响句法歧义句的加工存在着较大的争议。Just 和 Carpenter(1992, 1996)的容量限制理论认为存在一个一般性的言语工作记忆系统, 该系统的容量有限, 直接制约着语言加工的各个方面, 例如, 词汇通达、句法角色的指派、语义提取以及其它以语言为中介的认知任务, 例如, 根据句子回答问题等。

容量限制理论认为工作记忆容量的大小直接影响着英语句法歧义句的加工。表现为, 低容量的读者由于工作记忆容量有限, 在读到句子 1)中歧义词“*warned*”时, 不能形成或者难以保持句法的多重表征, 因此出现花园路径效应, 即最初把“*warned*”理解为主句的谓语动词(因为主谓结构更常见), 直到加工解歧词“*conducted*”时, 才发现初始分析是错误的, 因此要重新分析歧义部分以修复错误。而高容量被试由于工作记忆容量较大, 在读到歧义词“*warned*”能同时建立句法的多重表征(即“*warned*”可能是谓语动词, 也可能是过去分词), 并保持句法多重表征直到解歧词的出现, 因此可以避免或者

收稿日期: 2009-02-08

^{*} 2007-2008 年度北京市教委重点实验室规划项目。

通讯作者: 陈宝国, E-mail: chenbg@bnu.edu.cn

降低花园路径效应。

但是, Caplan 和 Waters 的独立加工资源理论认为至少存在两种言语工作记忆的资源(Caplan & Waters, 1999, 2002; Waters & Caplan, 1996a, 1996b, 2001, 2002)。一种资源用于语言本身的加工。这种加工是无意识、不由自主的、即时性(on-line)的加工, 也称为解释性加工。它包括听觉-语音的转化, 词汇的通达, 句法角色的指派以及句子和语篇水平上的语义内容的确定等过程。另一种工作记忆的资源用于非语言性的言语中介的认知任务(non-linguistic verbally mediated cognitive tasks)。这种加工任务是受意识控制的、非即时性的(off-line)加工, 也称为后解释性加工, 例如根据句子内容回答问题、推理等属于非即时性的加工。根据独立加工资源理论, 使用 Daneman 和 Carpenter (1980) 阅读广度测验测得的工作记忆容量, 是在意识控制下完成的非即时性的加工, 因而用该方法测量到的工作记忆容量与语言本身即时性的加工没有关系, 只与非即时性的加工有关。

由于阅读广度测验测得的工作记忆容量不会制约句法分析这种即时性的加工, 因此独立加工资源理论预期, 当阅读花园路径句时, 高、低工作记忆容量的被试, 对英语句法歧义句的初始加工过程不受工作记忆容量大小的影响。而对于句子的非即时性加工, 高工作记忆容量被试会显示出加工的优势。

容量限制理论和独立的加工资源理论在第一语言的研究中都有实验证据的支持。至于工作记忆是否影响第二语言的句子加工以及如何影响, 这些方面的研究刚刚开始。这些研究对于了解第二语言学习者如何加工语言输入的信息和指导第二语言的教学是有意义的。Juffs(2004)采用自定步速阅读的任务, 考察了个体工作记忆对加工第二语言(英语)花园路径句的影响。被试分别为汉语、日语和西班牙语母语者。结果发现, 工作记忆容量不同的个体不仅在回答问题的正确率上没有差别, 而且在阅读花园路径句歧义词的时间上也不存在差别, 即工作记忆容量对第二语言歧义句的加工未产生影响。Juffs(2005)的另一项自定步速任务的研究也没有发现工作记忆容量对第二语言(英语)复杂句加工的影响。

综上, Juffs 等人没有发现工作记忆容量对第二语言加工的影响, 这一结果显然和英语母语的研究结果相矛盾。但仔细分析发现, Juffs 等人采用自定

步速的任务对揭示句法歧义句的加工有一定的局限性。首先, 被试通过按键自定步速逐词地阅读句子, 后面的词呈现后, 前面的词消失。这种阅读方法被试不能回视前面阅读过的内容, 因此不是正常情况下的阅读, 其次, 由于无法回视, 使得研究者无法知道读者借助于什么信息解决歧义。而利用眼动的方法, 考察句法歧义句的加工则可以克服自定步速方法的局限性。首先, 利用眼动技术, 句子呈现更自然, 无须人工的分割, 被试可以回视, 更接近自然条件下的阅读; 其次, 眼动技术记录句子加工过程的指标更加丰富, 它可以提供句子阅读过程中某一区域的首次注视时间, 回扫次数和总的注视时间等多项指标。其中首次注视时间, 指从注视点第一次落到某个区域开始, 到离开该区域(回扫到先前区段或移到下一个区段)之前, 被试对该区域注视时间的总和。总的阅读时间, 是指落在某个区域的所有注视点的注视时间的总和, 包括了回扫到该区域的注视点的持续时间和在该区域重新阅读的时间。回扫次数是指注视点落到某个区域后, 离开该区域而往先前区域注视的次数。回扫反映的是即时性加工的中断, 当被试的句法加工遇到困难时, 回扫次数发生得最多。

总之, 眼动技术能够更好地揭示句子加工过程中, 什么时间和地点出现加工的困难(例如, 注视时间长的地方)以及人们如何解决这些困难(例如, 回扫以前读过的区域)。因此眼动技术更适合考察歧义句的加工过程。

由于眼动技术的优点, 大量的研究利用这一技术考察了英语母语者句法歧义句的加工。例如, Kemper, Crow 和 Kemte (2004) 利用眼动技术考察了高、低工作记忆容量者对歧义句的加工, 被试选用了老年读者(相当于低容量的被试)和年轻读者(相当于高容量的被试)。

选用的句子类型包括歧义句和控制句, 例如句子 2a)和 2b):

2a) 歧义句: /The experienced soldiers/warned about the dangers/conducted the midnight raid/.

2b) 控制句: /The experienced soldiers/who were told about the dangers /conducted the midnight raid/.

句子被分为三段, 歧义句的区段 1 为名词短语, 即 NP 区; 区段 2 为歧义区, 即 1VP 区; 区段 3 为解歧的区域, 即 2VP 区。三个区段分别见句子 2a)中斜线的部分。

Kemper 等人(2004)认为, 首次注视时间反映的是句子即时性加工的指标, 即反映的是即时的句法分析和语义分析; 回扫次数和总的注视时间反映的是非即时加工的指标, 因为回扫和总的注视时间反映了句子的初始分析遇到困难而进行再分析的过程, 这是一种有意识的重新分析过程。结果发现, 老年读者和年轻读者在名词短语区和歧义区的首次注视时间没有差别, 在解歧义区出现注视时间的延长, 但被试类型的主效应不显著; 在回扫的次数上, 老年读者为了解歧义出现了更多的回扫。研究结果在一定程度上支持了独立加工资源的理论。

综上所述, 工作记忆容量的差异如何影响第二语言句法歧义句的加工仍是需要进一步探讨的问题, 而眼动技术为我们探讨该问题提供了更为有效的研究工具。本研究将利用眼动技术考察以汉语为母语的汉-英双语者, 工作记忆容量的差异是否影响第二语言(英语)句法歧义句的加工? 如果有影响, 它影响的是句子即时性的加工还是非即时性的加工? 具体来讲, 我们选用非熟练的汉-英双语者, 采用 Daneman (1980)等人的阅读广度测验区分高、低容量的被试。根据前人的研究(Kemper, Crow, & Kemte, 2004; Ferreira & McClure, 1997; Ni, Crain, & Shankweiler, 1996)以首次注视时间作为句子即时性加工的指标, 以回扫次数和总的注视时间作为句子非即时性加工的指标, 考察工作记忆容量的差异对英语句法歧义句加工的影响。研究结果在一定程度上可以揭示汉语母语者如何加工第二语言输入的信息。

2 方法

2.1 被试

大学本科一年级非英语专业学生 31 人, 高、低工作记忆容量被试分别 16 人和 15 人。母语为汉语, 第二语言为英语。实验后获得相应的报酬。

工作记忆容量的测量: 使用 Daneman 等人(1980)阅读广度测验测量工作记忆的容量。测试材料最低 2 句为一组, 最高 7 句为一组。每组有 5 套英语句子, 句子长度为 6~12 个单词, 每套句子后均有一个判断句, 以考察被试对句子的理解情况。76 名大学生参与了筛选的测试。使用 DMDX 编制测试程序。

测量从 2 句组开始, 计算机先呈现第一套的两个句子。句子先后呈现, 每个句子呈现 6.5s。要求被试认真阅读, 理解每个句子意思并记住每个句子的尾词。每套句子呈现完毕后, 要求被试按顺序回

忆尾词。之后计算机屏幕上呈现一个判断句, 要求被试判断句子的意思与刚才呈现的某个句子的意思是否一致。若被试能够正确地回忆出全部尾词, 并正确完成了判断句, 接着呈现该句组的另一套句子。被试需要正确回忆每个句组 5 套句子中的 3 套, 方可进入下一句组的测试。每个句组的测试中, 如果能正确回忆并判断正确的不足 3 套, 测试则停止。被试工作记忆容量的得分由其成功完成最后一个句组的句子个数决定。

根据 Daneman 等人(1980)的记分方法, 为 2 句组为例, 如果该水平 5 组句子中, 有 3 组句子的尾词回忆成功, 并正确回答了问题, 则工作记忆容量为 2。若 5 组中有 2 组成功则工作记忆容量为 1.5。若只有 1 组成功, 则工作记忆容量为 1。在其它水平上的计分方法与此相似。把测量成绩 ≤ 3 的被试当作低容量的被试, 成绩 ≥ 4 被试当作高容量的被试, 共筛选出高容量被试 16 人, 低容量被试 15 人。

为匹配被试英语的熟练程度, 我们对被试学习英语的年龄进行了调查, 并要求被试在 7 点量表对英语的听、说、读、写的熟练程度进行评定, 其中 1 代表极差, 7 代表非常熟练。所有被试都是 12 岁以后开始学习英语, 工作记忆容量、英语学习的年数和熟练度主观评定的结果见表 1。方差分析的结果表明, 工作记忆容量的差异非常显著, $F(1, 29)=90.31, p<0.01$; 英语学习的年数、以及听、说、读、写能力在高、低容量的被试间差异不显著($p>0.05$)。被试主观评定的英语水平属于“一般”的水平, 由于被试是大学一年级非英语专业的学生, 我们把他们当作非熟练的汉-英双语者。

2.2 实验设计

两因素混合设计: 2(被试类型: 高、低工作记忆容量者) \times 2(句子类型: 歧义句、非歧义句)。被试类型为被试间变量, 句子类型为被试内变量。

2.3 实验材料

参照 Kemper(2004) 等人的材料, 我们编制了 14 个句法歧义句和 14 个非歧义的控制句。句子形式如 2a)和 2b)所示。每个歧义句子分为三个区段: 区段 1 为名词短语——NP 区; 区段 2 为歧义区——1VP; 区段 3 为解歧义的区域——2VP。

将两种类型的 28 个句子分成两个版本。每个版本包含歧义句 7 个歧义句和 7 个控制句, 每个歧义句和与之对应的控制句不出现在同一版本中。60 个其它句型的句子作为填充句, 这样每个被试共阅读 74 个句子。

表 1 高低容量的被试, 英语学习的年数以及听说读写熟练程度的评定结果

工作记忆的容量及 英语的熟练程度	高工作记忆容量的被试		低工作记忆容量的被试	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
工作记忆容量	4.60	0.78	1.80	0.83
英语学习的年数	7.50	1.57	6.80	0.82
听	4.88	0.81	4.33	0.82
说	4.31	0.87	3.70	1.03
读	4.80	0.40	4.40	0.83
写	4.69	1.30	4.27	0.88

2.4 实验仪器和程序

EyeLink II 眼动仪一台, 采样频率为 250Hz。计算机屏幕分辨率为 1024×768, 背景为白色, 刺激为黑色, 显示器四周有四个定位红外光源。实验时被试戴上头罩, 要求尽可能保持身体和头部姿势固定。屏幕中央左侧首先出现一个黑色圆点, 其中心有一空白圆心, 要求被试盯住该圆心。之后, 以圆点位置为英语句子呈现的起始位置, 计算机呈现整个句子, 要求被试认真阅读并理解句子。当被试确认理解句子的意义后, 将注视点落到句子的右下方, 按键清屏并进入到下一个屏幕中央左侧的黑色圆点, 以阅读下一个句子。每个被试阅读 74 个句子。实验前有 10 个句子练习。记录的指标是三个区段的首次注视时间, 总的注视时间和回扫次数(包含从区段 3 到区段 2 的回扫; 区段 3 到区段 1 的回扫)。

3 结果

3.1 首次注视时间的结果和数据分析

高、低容量被试, 两种类型的句子, 在三个区段上的首次注视时间如表 2 所示。

方差分析时, 为比较高、低工作记忆容量者在句子不同区段内加工时间是否存在差异, 我们把区段数也当作一个因素进行方差分析。

2(被试类型)×3(区段数)×2(句子类型)的重复测量方差分析表明, 被试类型主效应显著, $F(1, 29)=6.85, p < 0.05$, 高容量被试比低容量被试平均的首次注视时间短。区段主效应显著, $F(2, 58)=13.11, p < 0.01$, 多重比较的结果显示, 被试对区段 2 和区段 3 的首次注视时间长于区段 1 的注视时间($p < 0.01$),

但对区段 2 和区段 3 的首次注视时间差异不显著($p > 0.10$)。句子类型主效应不显著, $F(1, 29)=0.01, p > 0.1$ 。

被试类型和句子类型交互作用不显著, $F(1, 29)=0.461, p > 0.10$ 。被试类型和区段数交互作用不显著, $F(2, 58)=1.06, p > 0.10$ 。句子类型和区段数交互作用不显著, $F(2, 58)=1.69, p > 0.10$ 。被试类型、区段数和句子类型三个因素间交互作用不显著, $F(2, 58)=2.22, p > 0.10$ 。

综上所述, 高、低工作记忆容量被试首次注视时间差异显著, 高容量被试的首次注视时间短于低容量被试的首次注视时间。这说明工作记忆容量的差异影响到了英语歧义句即时性的加工过程。

3.2 回扫次数的结果和数据分析

回扫的区域反映的是读者需要对句子重新加工的区域。高、低容量被试两种句子条件下的平均回扫次数如表 3 所示。

2(被试类型)×2(回扫类型)×2(句子类型)的重复测量方差分析显示:

被试类型主效应不显著, $F(1, 29)=2.08, p > 0.1$, 高、低工作记忆容量被试的平均回扫次数差异不显著。回扫类型主效应显著, $F(1, 29)=20.74, p < 0.01$, 从区段 3 回扫到区段 2 的次数比从区段 3 回扫到区段 1 的次数多。句子类型主效应不显著, $F(1, 29)=0.04, p > 0.1$ 。

被试类型和句子类型之间无交互作用, $F(1, 29)=0.55, p > 0.10$ 。回扫类型和被试类型之间无交互作用, $F(1, 29)=1.35, p > 0.10$ 。句子类型和回扫类型之间无交互作用, $F(1, 29)=0.04, p > 0.10$ 。被试类

表 2 高低容量被试, 两种类型的句子三个区段的平均首次注视时间(ms)和标准差

记忆容量	歧义句			非歧义句		
	区段 1	区段 2	区段 3	区段 1	区段 2	区段 3
高容量	981(197)	1677(823)	1711(803)	1051(332)	1655(736)	1571(662)
低容量	1531(544)	2050(803)	2061(855)	1685(779)	1791(515)	2281(766)

表 3 高低容量被试, 两种句子条件下平均的回扫次数和标准差

记忆容量	歧义句		非歧义句	
	从区段 3 到区段 1	从区段 3 到区段 2	从区段 3 到区段 1	从区段 3 到区段 2
高容量	0.27 (0.21)	0.54 (0.49)	0.30(0.29)	0.59(0.47)
低容量	0.35 (0.27)	0.82 (0.49)	0.32 (0.20)	0.80(0.63)

型、回扫类型和句子类型三个因素间交互作用不显著, $F(1, 29)=0.02, p > 0.10$ 。

综上所述, 高、低工作记忆容量的两类被试有着相似的回扫模式。

3.3 总的注视时间等方面的结果和数据分析

高、低容量被试两种句子条件下, 三个区段上平均总的注视时间如表 4 所示。

2(被试类型)×3(区段数)×2(句子类型)的重复测量方差分析表明:

被试类型主效应显著, $F(1, 29)=8.73, p < 0.01$, 高容量被试比低容量被试总的注视的时间要短。区段主效应显著, $F(2, 58)=36.23, p < 0.01$ 。多重比较的结果发现, 区段 2、区段 3 分别与区段 1 的总注视时间差异显著($p < 0.01$), 对区段 2 和区段 3 的总注视时间长于对区段 1 的总注视时间; 区段 2 与区段 3 的总注视时间差异显著($p < 0.05$), 对区段 2 的总注视时间比对区段 3 的总注视时间长。句子类型主效应不显著, $F(1, 29)=0.99, p > 0.1$ 。

被试类型和句子类型无交互作用, $F(1, 29)=0.12, p > 0.10$ 。被试类型和区段数无交互作用, $F(2, 58)=0.74, p > 0.10$ 。句子类型和区段数交互作用不显著, $F(2, 58)=1.26, p > 0.10$ 。被试类型、区段数和句子类型三个因素的交互作用不显著, $F(2, 58)=0.58, p > 0.10$ 。

综上所述, 高容量被试总的注视时间短于低容量被试总的注视时间。这说明工作记忆容量的差异

影响英语歧义句非即时性的加工过程。

由于总的注视时间包含了首次注视时间, 回扫以及重新阅读的时间, 为使上面的结论更加可信, 我们又分析了总的注视时间减掉首次注视时间后的结果, 两者相减后的结果见表 5。

2(被试类型)×3(区段数)×2(句子类型)的重复测量方差分析表明:

被试类型主效应显著, $F(1, 29)=6.74, p < 0.05$, 高容量被试比低容量被试的注视时间短。区段主效应显著, $F(2, 58)=34.85, p < 0.01$ 。多重比较的结果发现, 区段 2、区段 3 分别与区段 1 的注视时间差异显著($p < 0.01$), 对区段 2 和区段 3 的注视时间长于对区段 1 的注视时间; 区段 2 与区段 3 的注视时间差异显著($p < 0.05$), 对区段 2 注视时间比对区段 3 的注视时间长。句子类型主效应不显著, $F(1, 29)=0.98, p > 0.1$ 。

被试类型和句子类型无交互作用, $F(1, 29)=0.46, p > 0.10$ 。被试类型和区段数无交互作用, $F(2, 58)=1.17, p > 0.10$ 。句子类型和区段数交互作用不显著, $F(2, 58)=0.16, p > 0.10$ 。被试类型、区段数和句子类型三个因素的交互作用不显著, $F(2, 58)=0.08, p > 0.10$ 。

总之, 采用总的注视时间减去首次注视时间得到的结果与采用总的注视时间得到的结果是一致的。这说明工作记忆容量影响英语歧义句非即时性的加工这一结论是可信的。

表 4 高、低容量被试, 两种句子条件下三个区段平均总的注视时间(ms)和标准差

记忆容量	歧义句			非歧义句		
	区段 1	区段 2	区段 3	区段 1	区段 2	区段 3
高容量	1472 (491)	2867(1563)	2531(1271)	1523(572)	2735(1210)	2424(1245)
低容量	2572(1291)	4549(2253)	3656(1560)	2608(1097)	4087(1890)	3692(1536)

表 5 高、低容量被试, 两种句子条件下三个区段总的注视时间减去首次注视时间的结果(ms)和标准差

记忆容量	歧义句			非歧义句		
	区段 1	区段 2	区段 3	区段 1	区段 2	区段 3
高容量	491 (355)	1190(942)	819(665)	472(469)	1081(792)	853(778)
低容量	1042(953)	2500(1895)	1596(1217)	923(588)	2296(1655)	1412(1058)

4 讨论

本实验采用眼动技术,考察非熟练的汉-英双语被试工作记忆容量的差异对英语句法歧义句加工的影响。结果显示,高工作记忆容量被试的首次注视时间短于低工作记忆容量被试的首次注视时间;高、低工作记忆容量被试有着相似的回扫模式;在总的注视时间上,高工作记忆容量被试比低工作记忆容量被试的注视时间短。这些结果表明,汉-英双语者工作记忆容量的差异是影响英语句法歧义句加工的重要因素;工作记忆容量的差异既影响英语句法歧义句即时性的加工过程,也影响非即时性的加工过程。

本研究结果和 Juffs(2004, 2005)的研究结果不一致。他的研究中没有发现第二语言学习者,工作记忆容量差异对英语句法歧义句即时性加工的影响,即高、低工作记忆容量不同的被试在歧义词的阅读时间上不存在差异。我们认为,这可能是由于研究方法的原因造成的。他采用的是逐词呈现的自定步速的阅读任务,句子后面的词呈现后,前面的词消失,被试不能回视前面呈现的内容。由于不能回视前面呈现的内容,被试可能采用“向前看”的策略,即尽快阅读完当前呈现的单词,最后再理解句子。这样高、低工作记忆容量不同的被试在歧义词的阅读时间上就可能不存在差别。

Juffs(2004)的研究也没有发现工作记忆容量对歧义句非即时性加工的影响,即高、低工作记忆容量的被试在句子句法合理性判断的正确率上没有差别。首先,在他的研究中,实验材料只包括句法正确的句子,没有错误的句子,这种情况下采用句法判断任务是不合适的。其次, Juffs(2004)的研究和其他许多研究表明的结果不一致。例如, McDonald(2006)考察了晚期第二语言(英语)学习者,工作记忆容量等因素与语法判断成绩的关系。结果发现,工作记忆的容量与第二语言的语法判断成绩间存在着显著的正相关。陈宝国和高怡文(2009)采用语法判断任务,考察第二语言(英语)学习者工作记忆容量的限制对第二语言(英语)语法加工的影响。实验操纵了英语句子阅读过程工作记忆的负荷程度。实验结果显示,高工作记忆负荷条件下的语法判断的成绩显著低于低工作记忆负荷条件下的语法判断的成绩。这些研究都说明工作记忆容量的差异影响到了第二语言非即时性的加工。而本研究的结果是和以往这些研究的结果是一致的。

高、低容量被试的首次注视时间差异显著,这一结果与工作记忆容量限制理论的预期一致,与独立加工资源理论的预期不符。根据容量限制理论,高容量的被试由于工作记忆容量较大,在读到句子的歧义区能同时建立句法的多重表征,并保持句法多重表征直到解歧区,因此高容量被试的首次注视时间要短于低容量被试的首次注视时间。而根据独立加工资源的理论,阅读广度测验测得工作记忆容量,是在意识控制下的非即时性加工,因此工作记忆容量与语言本身的即时性加工无关,只与以语言为中介的非即时性的加工有关。因此,高、低容量的被试在对英语句法歧义句的初始加工过程不受工作记忆容量大小的影响。

尽管本研究结果在一定程度上与工作记忆容量限制理论的预期一致,但是这是否意味着本研究中高工作记忆容量的汉-英双语学习者和英语母语者一样,在句法歧义区建立起句法的多重表征呢?我们认为未必如此。因为结合表 3 回扫的数据可以看出,高、低容量被试在区段 3,也就是在句子解歧区出现了较多的回扫,这种回扫反映的是句法加工的困难。因此可能的情况是,无论高、低容量的被试在加工句法歧义句时,开始都无意识地把第一个动词当作是谓语动词来分析,但是当读到解歧区时,才发现这种分析是错的,因此要通过回扫来重新分析句子。根据回扫的数据,我们推测,对于非熟练的汉-英双语者,无论工作记忆容量的高低,开始都没有在句子歧义处建立起句法的多重表征,而是根据常见的句法结构(主谓结构)来分析句子,当遇到句法加工的困难时再重新分析句子。而且两组被试从区段 3 回扫到区段 2 的次数多于从区段 3 回扫到区段 1 的次数。这说明,相对于名词短语区,非熟练的汉-英双语者更多地借助于歧义区的动词短语来重新分析句子。

高、低工作记忆容量被试在歧义句首次注视时间上的差异,这可能是由于高工作记忆容量者在阅读的过程中更快速地“完成”了词汇的通达,句法角色的指派等过程。而总的注视时间的差异,可能原因是,低工作记忆容量的被试由于工作记忆储存容量小,因此不得不更多地借助于回扫来重新分析句子。而高容量的被试由于工作记忆储存容量大,可以直接从工作记忆中提取先前的信息来重新分析句子,回扫相对较少,因此显示出了高工作记忆容量者的加工优势。

本研究没有发现句子类型的主效应,其中的原

因还需要探讨。可能的原因是, 本研究中所有的英语歧义句都是按照同样的方式解决歧义的, 即开始时把句子的第一个动词当作主句的谓语动词, 当读到句子的第二个动词时, 才发现第一个动词应该是过去分词做定语修饰前面的名词, 第二个动词才是真正的谓语动词。被试对歧义材料这一特性的意识, 可能会使歧义句的加工变得容易, 因而造成句子类型的主效应不显著。另外, 本研究采用的是非熟练的汉-英双语者, 英语的熟练程度较低, 至于高熟练的汉-英双语者, 工作记忆容量的差异是否影响英语句法歧义句的加工仍是需要进一步研究的问题。

5 结论

(1) 对于非熟练的汉-英双语者, 工作记忆容量的差异既影响英语句法歧义句初始的句法加工(即时性的加工), 也影响句法的重新分析过程(非即时性的加工)。

(2) 研究结果在一定程度上支持工作记忆容量限制的理論。

参 考 文 献

- Caplan, D., & Waters, G. S. (1999). Verbal working memory and sentence comprehension. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 77-94.
- Caplan, D., & Waters, G. S. (2002). Working memory and connectionist models of memory: A reply to MacDonald and Christiansen. *Psychology Review*, 109 (1), 66-74.
- Chen, B. G., & Gao, Y. W. (2009). Influence of working memory capacity limitations on the second language grammatical processing. *Foreign Language Teaching and Research*, 44(1), 38-45.
- [陈宝国, 高怡文. (2009). 工作记忆容量的限制对第二语言语法加工的影响. *外语教学与研究*, 44 (1), 38-45.]
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Ferreira, F., & McClure, K. (1997). Parsing of garden-path sentences with reciprocal verbs. *Language and Cognitive Processes*, 12, 273-306.
- Juffs, A. (2004). Representation, processing and working memory in a second language. *Transactions of the Philological Society*, 102, 199-226.
- Juffs, A. (2005). The influence of first language on the processing of wh-movement in English as a second language. *Second Language Research*, 21, 121-151.
- Just M. A., & Carpenter P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99, 122-149.
- Just M. A., Carpenter P. A., & Keller, T. (1996). The capacity theory of comprehension: New frontiers of Evidence and arguments. *Psychological Review*, 103, 773-780.
- Kemper, S., Crow, A., & Kemte, K. (2004). Eye-fixation patterns of high- and low-span young and older adults: down the garden path and back again. *Psychology and Aging*, 19, 157-170.
- McDonald, J. L. (2006). Beyond the critical period: Processing-based explanations for poor grammaticality judgment performance by late second language learners. *Journal of Memory and Language* 55, 381-401.
- Ni, W., Crain, S., & Shankweiler, D. (1996). Sidestepping garden paths: Assessing the contributions of syntax, semantics and plausibility in resolving ambiguities. *Language and Cognitive Processes*, 11(3), 283-334.
- Waters, G., & Caplan, D. (1996a). Processing resource capacity and the comprehension of garden path sentences. *Memory and Cognition*, 24, 342-355.
- Waters, G., & Caplan, D. (1996b). The capacity theory of sentence comprehension: Critique of Just and Carpenter(1992). *Psychology Review*, 103, 761-772.
- Waters, G., & Caplan, D. (2001). Age, working memory, and on-line syntactic processing in sentence comprehension. *Psychology and Aging*, 16, 128-144.
- Waters, G., & Caplan, D. (2002). Working memory and Connectionist Models of Parsing: A Reply to MacDonald and Christiansen. *Psychological Review*, 109, 66-74.
- Yan, G. L., Tian, H. J., & Bai, X. J. (2004). Working memory capacity and eye movements of ambiguous sentence processing. *Studies of Psychology and Behavior*, 2 (3), 524-527.
- [闫国利, 田宏杰, 白学军. (2004). 工作记忆与汉语歧义句加工的眼动研究. *心理与行为研究*, 2(3), 524-528.]
- Zhang, Y. X., Shu, H., Zhang, H. C., & Zhou, X. L. (2002). The processing of ambiguous phrases in referential discourse context in Chinese. *Acta Psychologica Sinica*, 34 (2), 126-134.
- [张亚旭, 舒华, 张厚粲, 周晓林. (2002). 话语参照语境条件下汉语歧义短语的加工. *心理学报*, 34 (2), 126-134.]

Influence of Working Memory Capacity on Processing English Temporary Syntactic Ambiguity Sentences for Chinese-English Bilinguals

CHEN Bao-Guo, XU Hui-Hui

(School of Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract

Working memory capacity and sentence processing are closely related. The capacity-constrained theory argues that there is a general verbal working memory system that supports language processing. Alternatively, the separate processing resources theory states that there are two kinds of working memory systems that support the on-line and off-line language processing separately. The capacity of working memory measured by the Daneman and Carpenter Reading Span Test (1980) only influences off-line language processing.

This study presents an eye-tracking experiment that investigated whether the working memory capacity of adult learners of English as a second language had an effect on the on-line and off-line processing of English sentences. The sentences contained verbs that were temporarily ambiguous between a main verb and a reduced relative clause. Participants were 31 Chinese-English bilinguals who are less proficient English readers.

The reading span test of Daneman and Carpenter (1980) was used to differentiate high-span and low-span readers. The first-pass fixation duration of reading different regions of sentences was used as the index of on-line processing; whereas the regression numbers and total fixation times were used as the index of off-line processing. Results showed that the first-pass durations were significantly different on ambiguous and disambiguated regions between high and low working memory capacity readers; the regression patterns from disambiguated regions to ambiguous regions and to subject noun phrase regions between high and low working memory capacity readers were similar; the total fixation times were significantly different on the ambiguous and disambiguated regions between high and low working memory capacity readers.

These results suggest that different working memory capacity affects the on-line as well as the off-line syntactic processing of syntactically ambiguous English sentences for less proficient second language readers. Furthermore, these results support the capacity-constrained theory of working memory.

Key words working memory; syntactically ambiguous English sentences; syntactic processing