

分散注意下汉语单字词加工的知觉容量

韩依恬

天津师范大学心理学部, 天津

收稿日期: 2022年7月18日; 录用日期: 2022年8月22日; 发布日期: 2022年8月30日

摘要

在分散注意下,同时加工多个词汇所获得的信息数量取决于知觉容量。以往关于英语词汇的研究均表明,分散注意条件下,一次注视中只能正确加工一个词汇的语义,符合全或无的序列加工模型。本研究采用汉语单字词验证了汉语词汇语义加工中的知觉容量,采用2(注意条件:集中、分散)×2(词频:高频、低频)的被试内设计探讨汉语单字词加工中是否存在知觉容量限制,其视觉偏侧化情况与词频的影响。结果发现:1)分散注意下汉语单字词加工符合平行的加工方式。2)汉语单字词的语义加工未表现出视觉偏侧化。3)词频对语义加工的影响显著,但对知觉容量无显著影响。

关键词

知觉容量, 词汇加工, 分散注意, 视知觉

Perceptual Capacity in the Processing of Chinese Single-Character Words in the Divided Attention

Yitian Han

Department of Psychology, Tianjin Normal University, Tianjin

Received: Jul. 18th, 2022; accepted: Aug. 22nd, 2022; published: Aug. 30th, 2022

Abstract

Under the divided attention, the amount of information obtained from processing multiple words simultaneously depends on the perceptual capacity. Previous studies on English words have shown that, only one word can be processed correctly in a single fixation under the divided attention condition, which conforms to the all-or-nothing serial processing model. This experiment verified the perceptual capacity in the semantic processing of Chinese words by using Chinese sin-

gle-character words, the within-subject design of 2 (attention condition: focus, divided) × 2 (word frequency: high, low) was carried out to explore that if the perceptual capacity limit exists in the semantic processing of Chinese single-character words, and the performance of visual lateralization and the effect of frequency. The results showed that: 1) The processing of Chinese single-character words in the divided attention conforms to the parallel processing way. 2) There is no visual lateralization in the processing of Chinese single-character words. 3) There is a significant effect of frequency on the semantic processing, however, no significant effect of frequency on the perceptual capacity is found.

Keywords

Perceptual Capacity, Word Processing, Divided Attention, Visual Perception

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

知觉容量(perceptual capacity)是指在加工多个视觉刺激时, 知觉系统在单位时间内加工信息的数量, 描述了相关刺激数量和相应的知觉质量之间的关系[1] [2], 不同理论模型对于词汇加工中的知觉容量持不同观点。早期选择理论(early selection theory)区分了两种知觉系统, 第一个系统为平行系统(前注意阶段), 以平行的方式加工多个视觉刺激; 第二个系统为有限容量系统(注意阶段), 同时加工多个刺激的能力有限。早期选择理论认为简单的刺激特征(如颜色)是以平行的方式在第一个知觉系统中进行加工的, 但形式和意义信息则在第二个知觉系统进行加工, 存在容量限制[3] [4] [5]。晚期选择理论(late selection theory)也对两种知觉系统进行了区分, 但认为形式和意义与更简单的刺激特征一样均在第一个知觉系统中先以平行的方式进行加工, 然后在有限容量系统中进行选择。晚期选择理论对于第二个知觉系统存在多种角度的探讨, 不同研究对于容量限制基础的侧重点不同, 如有的研究侧重于行为动作[6] [7]、有的研究侧重于短期记忆的巩固[8]、有的研究侧重于将离散的刺激属性整合为统一的知觉等[9]。

早期选择理论和晚期选择理论的争议也反映了有限容量模型和无限容量模型之间的争议。1) 序列模型(serial model): 认为在加工多个刺激时遵循严格的顺序, 在时间上不重叠, 每个刺激加工完成后才开始加工下一个刺激。在标准类型的序列系统中, 加工每个刺激的平均时间是相同的[10]。2) 无限容量的平行模型(unlimited-capacity parallel model): 该模型认为刺激的分析是相互独立, 自动终止的, 因此分散注意并不会影响知觉加工, 但可能会影响记忆和决策[11] [12]。3) 有限容量的平行模型(limited-capacity parallel model): 该模型认为加工多个刺激会使注意分散在每个刺激上, 因此形成了容量有限的加工系统。在该系统中, 加工方式是平行的, 但随着需要加工的刺激数量增多, 分配给每个刺激的注意也会减少。分为两种模型: 固定容量的平行模型(fixed-capacity parallel model)和固定再分配容量模型(fixed reallocated-capacity model)。前者认为分配给每个刺激的容量是固定的, 而后者认为当加工完一部分刺激后, 先前分配给这些刺激的容量会重新分配到剩余刺激中[13] [14]。

注意操作特性(attention operating characteristic, AOC)可用于区分上述中的几个模型[15], 如图 1 所示。在该图中, 假设两个刺激分别为刺激 A 和刺激 B, 纵轴均为刺激 A 对应的正确率, 横轴均为刺激 B 所对应的正确率。其中空心圆代表了对两个刺激分别进行选择性注意(集中注意条件)的结果, 实心圆代表了同

时对两个刺激进行分散注意(分散注意条件)的结果。

从左到右的三个图分别对应了三种模型：

1) 图 A：无限容量的平行加工模型。该模型假定分散注意条件下，同时加工两个刺激可以达到与加工单个刺激相同的结果，即两个刺激以平行的方式均得到了完全加工，不存在容量限制，预测分散注意条件的结果会落在两条虚线的交点处。

2) 图 B：固定容量的平行加工模型。该模型假定知觉系统在单位时间内提取的信息总量是固定的，两个刺激共享加工资源，因此分配到两个刺激上的资源比例是可以变化，即黑色曲线所示，预测分散注意条件的结果会处于这条黑色曲线之上。

3) 图 C：全或无的序列加工模型。该模型假定分散注意条件下仍只能对其中一个刺激进行完全加工，且敏感度与集中注意条件是一样的。因此在对其中一个刺激加工时，对另一个刺激的判断则依赖于猜测，预测分散注意条件的结果会位于连接着两个集中注意条件结果的虚线对角线之上。

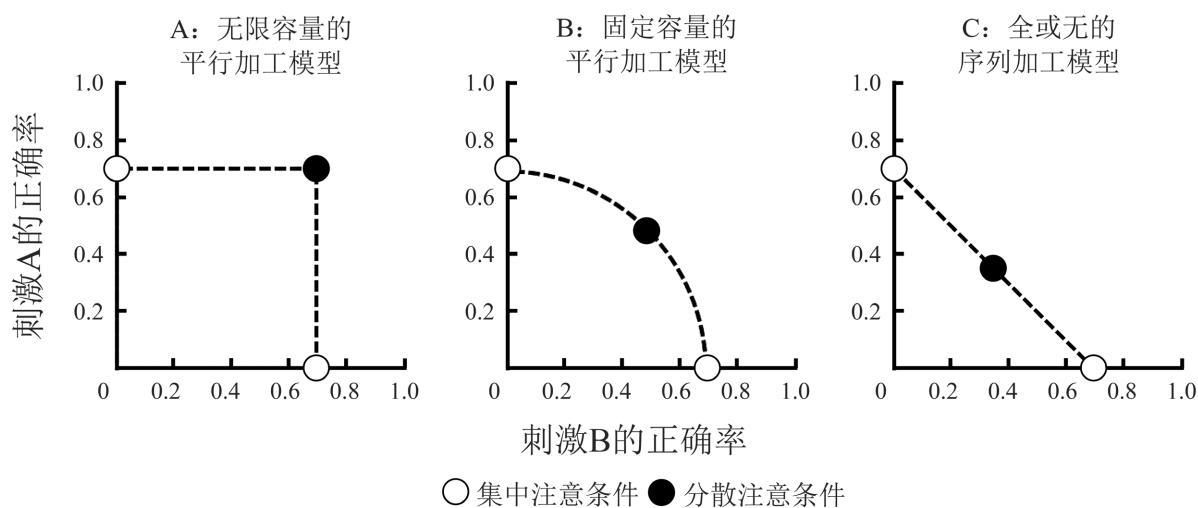


Figure 1. Diagram of the AOC
图 1. 注意操作特性(AOC)图

在英语词汇中，以往研究表明英语词汇的语义加工存在着知觉容量限制，分散注意下一次只能正确加工一个词汇的语义[16] [17] [18]。其中 White 等人的一系列研究还表明分散注意下英语词汇的语义加工表现为显著的右视野优势[19] [20]。而汉语与拼音文字不同，属于表意文字，视觉特征较为复杂，其知觉容量限制可能比英语更严格。但同时，汉字的空间分布更小，词语之间无空格，在阅读中汉语的信息密度更大，在单次注视中可能获取更多的信息，其知觉容量限制也可能更宽松。另外，在视觉偏侧化方面，汉语也表现出了一定的差异性与复杂性，因此本研究采用汉语单字词对 White 等人[20]的结果进行验证，主要验证三方面内容：1) 在分散注意条件下，在汉语词汇中是否也存在同样的知觉容量限制？2) 汉语词汇语义加工中的知觉容量是否表现为显著的右视野优势效应？3) 汉语词汇的语义加工和知觉容量是否同样受词频影响？

2. 研究方法

2.1. 实验目的

测量汉语单字词语义加工中的知觉容量，验证其视觉偏侧化和词频表现是否与英语相同。

2.2. 实验假设

1) 如果汉语单字词的语义加工存在知觉容量限制,那么在分散注意条件下,一次只能正确识别一侧词汇,此时得到的结果将与序列加工模型所预测的结果相一致;而如果不存在知觉容量限制,那么结果将与平行加工模型所预测的结果相一致。

2) 在视觉偏侧化方面,如果汉语单字词加工也表现为显著的右视野优势,则分散注意下,右侧词汇判断的正确率更高。

3) 如果词频对语义加工和知觉容量产生影响,那么高频词加工的正确率更高,知觉容量更大。

2.3. 研究对象

线上招募了 16 名母语为汉语的大学生作为研究对象(8 名男性,8 名女性),年龄范围为 18 到 25 岁($M = 23.19, SD = 1.94$)。

2.4. 实验材料

选自 Cai 等人根据电影字幕统计词频得出的词库[21],从中选取有生命和无生命的两类单字词名词,每类 88 个,均分为高频组和低频组。同时出现在左右两侧的一组词汇的词频均为高频或低频,且笔画数一定相等。词频分析结果显示,高低词频组间词频差异显著,如表 1 所示。说明词频划分有效。有生命词和无生命词的笔画数一一匹配,高低词频组的笔画数也基本一致,平均笔画数为 10.86。

Table 1. Frequency results of high frequency group and low frequency group

表 1. 高低词频组的词频结果

词频组	数量	平均值	标准差	<i>t</i>	显著性
高频组	88	37.31	63.86	21.69	<0.001
低频组	88	0.72	0.64		

2.5. 实验设计

2(注意条件:集中、分散)×2(词频:高频、低频)的被试内设计。

因变量为正确率、注意操作特性。

2.6. 实验程序

采用与 White 等人相同的语义分类任务[20],同时在左右两侧呈现两个名词,判断某侧词代表的物体是有生命的还是无生命的,如图 2 所示。

1) 先将被试分为蓝色组和绿色组。指导语告知蓝色组被试在实验中只注意蓝色线索呈现一侧的刺激,绿色组同理。呈现前置线索,提示进行接下来将注意集中到一侧或分散到两侧。

2) 呈现前掩蔽、单字词、以及后掩蔽。

3) 呈现后置线索,提示被试对自己所在颜色组别一侧的词汇进行语义判断,其中一半被试为有生命词按下 F 键,无生命词按下 J 键,另一半则相反。

4) 呈现反馈,正确反馈其中心圆为绿色、错误反馈或无按键反应则中心圆为红色。反馈屏和试次之间的时间间隔(intertrial intervals, ITI)共呈现 1100 ms,然后进入下一试次。

每屏刺激之间存在时间间隔,即只显示中心十字的空屏:1) 前置线索和前掩蔽之间为 50 ms;2) 前掩蔽和词汇之间以及词汇和后掩蔽之间为 80 ms;3) 后掩蔽和后置线索间为 120 ms。整个试次总共 4 s。

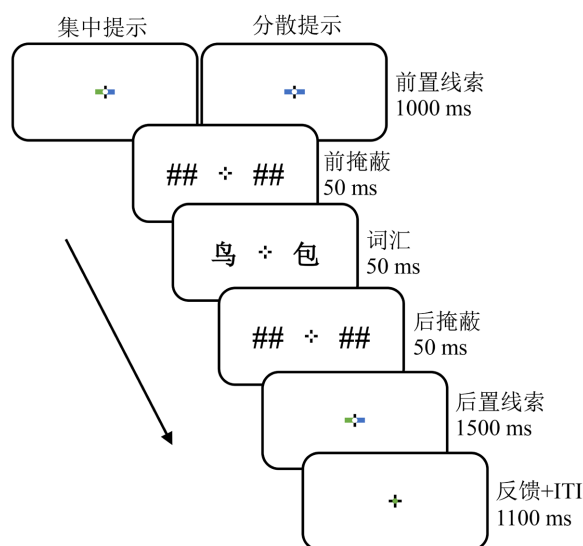


Figure 2. Diagram of the experiment procedure
图 2. 实验程序图

指导语要求被试除休息外，实验全程保持注视十字中心，尽量不发生眼动，即用余光去注意两侧的刺激，并在规定时间内尽量准确地进行按键判断。首先进行几组练习，每组结束后休息一次。正式实验共 240 个试次。实验采用线上的形式进行，在 TC Lab 网站生成线上程序，分享链接给被试，被试在个人电脑上进行实验。

3. 研究结果

3.1. 高频单字词识别得更准确，但词频对知觉容量无显著影响

采用 R 软件对结果进行了 2 (词频：高频、低频) × 4 (判断类型：集中左侧、集中右侧、分散左侧、分散右侧) 的线性混合模型分析，结果表明词频和判断类型两个主效应显著，交互作用不显著。如表 2 所示。高频词的正确率显著大于低频词， $z = 1.49$, $p = 0.04 < 0.05$ 。说明语义加工受词频效应影响显著，但词频与判断类型的交互作用不显著，说明词频对知觉容量无显著影响。

Table 2. Table of R analyzing results of the perceptual capacity in the processing of Chinese single-character words
表 2. 分散注意下汉语单字词加工的知觉容量的 R 分析表

	正确率			
	<i>b</i>	<i>SE</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
(截距)	0.85	0.11	7.68	<0.001
词频：高频 vs. 低频	-0.19	0.09	-2.08	0.04
判断类型				
集中右侧 vs. 集中左侧	0.18	0.12	1.49	0.14
分散左侧 vs. 集中左侧	0.86	0.13	6.74	<0.001
分散右侧 vs. 集中左侧	0.84	0.13	6.59	<0.001
分散左侧 vs. 集中右侧	0.68	0.13	5.29	<0.001
分散右侧 vs. 集中右侧	0.66	0.13	5.14	<0.001
分散右侧 vs. 分散左侧	0.02	0.13	-0.16	0.87

Continued

交互作用				
集中右侧 vs.集中左侧 × 词频	0.25	0.24	1.02	0.31
分散左侧 vs.集中左侧 × 词频	-0.01	0.25	-0.06	0.96
分散右侧 vs.集中左侧 × 词频	0.09	0.25	0.37	0.71
分散左侧 vs.集中右侧 × 词频	0.26	0.26	-1.03	0.30
分散右侧 vs.集中右侧 × 词频	0.15	0.26	-0.61	0.55
分散右侧 vs.分散左侧 × 词频	0.11	0.27	0.41	0.68

3.2. 分散注意下汉语单字词的加工符合平行加工方式

判断类型结果表明集中左侧正确率分别显著大于分散左侧和分散右侧，集中右侧正确率同样分别显著大于分散左侧和分散右侧，其余差异均不显著，如图3所示。

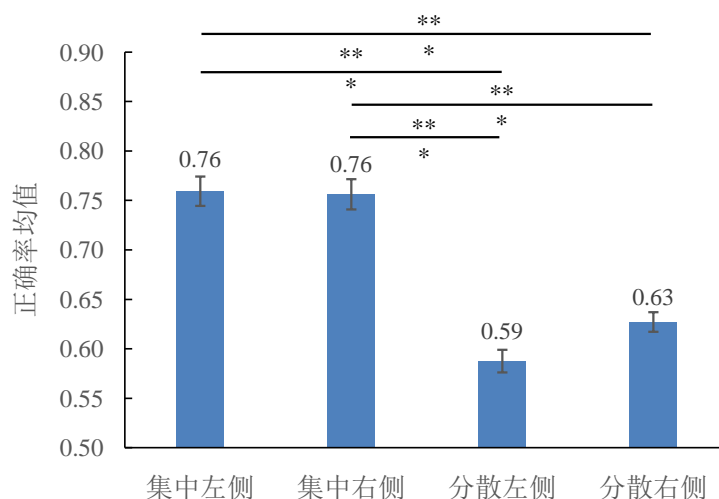


Figure 3. Diagram of accuracy results in different types of judgement

图3. 不同判断类型下的正确率结果图

注意操作特性结果表明分散注意下的正确率位于固定容量平行加工模型与无限容量平行加工模型之间，表明汉语单字词的语义加工更符合平行的加工方式，分散注意下可以同时加工左右两个词汇，且未表现出显著的右视野优势，如图4所示。

4. 讨论

4.1. 分散注意下汉语单字词的加工方式与英语不同

实验结果表明，汉语单字词在集中注意下加工的正确率显著高于分散注意，而在注意操作特性结果方面，得到了与 White 等人不同的结果，差异主要在于以下两点：

1) 本研究结果表明，分散注意下汉语单字词表现为平行的加工方式，介于固定容量的平行模型与无限容量的平行模型之间，而 White 等人的结果符合全或无的序列加工方式。

2) 在视觉偏侧化方面，本研究并未得到与 White 等人研究中相似的右视野优势，集中注意下左右词汇的判断表现基本相同，分散注意下左右视野的差异也并未达到显著。

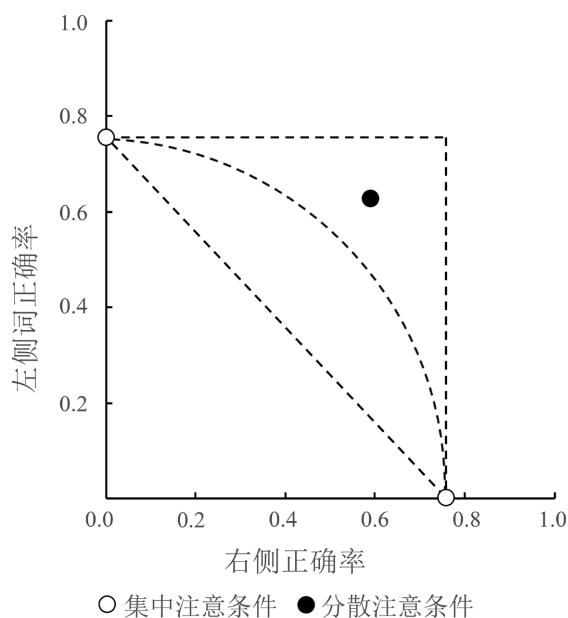


Figure 4. Diagram of AOC results

图 4. 注意操作特性结果图

两个研究的结果差异可能存在两方面的原因，首先，基于汉语本身的独特性，汉字的更大信息密度和词间无空格导致单次注视下被试可以获取更多信息，因此分散注意下可以同时加工两个词的语义。而且汉字本身属于象形文字，其字形与语义之间存在着一定的联系。而英语的字形或词形与语义并无直接联系，因此视觉信息与反应之间不具有直接的映射关系。英语单词的词长会随着字母的增多而增大，在自然阅读中词汇之间具有空格分隔，与汉语的阅读方式可能存在着差异。另外，在视觉偏侧化方面，以往研究也表明汉语的语义加工过程可能比拼音文字涉及了更多的右半球加工。Xue 等人考察了中国儿童在对汉字进行语音和语义加工中的大脑偏侧化，在枕叶和枕下区域表现出了双侧激活，与一些拼音语言的研究结果不同，说明右半球的枕叶区可能在识别汉字的视觉空间结构上起到重要作用[22]。因此本研究中未得到显著的右视野优势，可能也与汉语加工所涉及的半球偏侧化有关。

4.2. 汉语单字词加工中的词频效应与英语相同

在词频效应方面，结果表明在汉语单字词的语义加工过程中，词频是一个重要的影响因素，高频词识别得更准确，这也与 White 等人中的结果相似。但 White 等人并未事先操纵词频因素，而是采用事后分析对比了词频中位数上下的结果。在本研究中，词频虽然对汉语单字词的语义加工产生了显著影响，但词频与判断类型的交互作用并不显著，说明高低词频的知觉容量并无显著差异，词频并未对知觉容量的大小产生影响。这可能是由于本研究中得到的知觉容量结果符合平行的加工方式，不论高频词还是低频词，在分散注意下，均可以同时得到加工。在这种情况下，词频的影响可能比在全或无的序列加工结果下影响更小，因此分散注意下较为宽松的知觉容量使得同时加工左右两个低频词成为可能。

5. 结论

- 1) 分散注意下汉语单字词的加工符合平行加工方式，且没有表现出视觉偏侧化。这与英语中的序列加工结果和显著的右视野优势效应不同。
- 2) 在词频方面汉语单字词与英语表现一致，高频词加工得更准确，但词频对知觉容量并无显著影响。

参考文献

- [1] Broadbent, D.E. (1958) Perception and Communication. Pergamon Press, New York.
<https://doi.org/10.1037/10037-000>
- [2] Kahneman, D. (1973) Attention and Effort. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- [3] Treisman, A.M. (1964) Verbal Cues, Language, and Meaning in Selective Attention. *American Journal of Psychology*, **77**, 206-219. <https://doi.org/10.2307/1420127>
- [4] Neisser, U. (1967) Cognitive Psychology. Appleton-Century-Crofts, New York.
- [5] Broadbent, D.E.J. (1971) Decision and Stress. Academic Press, London.
- [6] Keele, S.W. (1973) Attention and Human Performance. Goodyear, Pacific Palisades.
- [7] Duncan, J. (1980) The Locus of Interference in the Perception of Simultaneous Stimuli. *Psychological Review*, **87**, 272-300. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.87.3.272>
- [8] Shiffrin, R.M. (1975) The Locus and Role of Attention in Memory Systems. In: Rabbitt, P.M.A. and Domic, S., Eds., *Attention and Performance V*, Academic Press, London, 6-7.
- [9] Allport, D.A. (1977) On Knowing the Meaning of Words We Are Unable to Report: The Effects of Visual Masking. In: Dornic, S., Ed., *Attention and Performance VI*, Erlbaum, Hillsdale, 13-14.
- [10] Estes, W.K. and Taylor, H.A. (1964) A Detection Method and Probabilistic Model for Assessing Information Processing from Brief Visual Displays. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **52**, 446-454.
<https://doi.org/10.1073/pnas.52.2.446>
- [11] Eriksen, C.W. and Lappin, J.S. (1965) Internal Perceptual System Noise and Redundancy in Simultaneous Inputs in form Identification. *Psychonomic Science*, **2**, 351-352. <https://doi.org/10.3758/BF03343493>
- [12] Gardner, G.T. (1973) Evidence for Independent Parallel Channels in Tachistoscopic Perception. *Cognitive Psychology*, **4**, 130-155. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(73\)90009-1](https://doi.org/10.1016/0010-0285(73)90009-1)
- [13] Rumelhart, D.E. (1970) A Multicomponent Theory of the Perception of Briefly Exposed Visual Displays. *Journal of Mathematical Psychology*, **7**, 191-218. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(70\)90044-1](https://doi.org/10.1016/0022-2496(70)90044-1)
- [14] Atkinson, R.C., Holmgren, J.R. and Juola, J.F. (1969) Processing Time as Influenced by the Number of Elements in a Visual Display. *Perception & Psychophysics*, **6**, 321-326. <https://doi.org/10.3758/BF03212784>
- [15] Kinchla, R.A. (1969) An Attention Operating Characteristic in Vision. McMaster University, Department of Psychology, Hamilton.
- [16] Mullin, P.A. and Egeth, H.E. (1989) Capacity Limitations in Visual Word Processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **15**, 111-123. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.15.1.111>
- [17] Harris, C.R., Pashler, H.E. and Coburn, N. (2004) Moray Revisited: High-Priority Affective Stimuli and Visual Search. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **57**, 1-31. <https://doi.org/10.1080/02724980343000107>
- [18] Scharff, A., Palmer, J. and Moore, C.M. (2011) Extending the Simultaneous-Sequential Paradigm to Measure Perceptual Capacity for Features and Words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **37**, 813-833. <https://doi.org/10.1037/a0021440>
- [19] White, A.L., Palmer, J. and Boynton, G.M. (2018) Evidence of Serial Processing in Visual Word Recognition. *Psychological Science*, **29**, 1062-1071. <https://doi.org/10.1177/0956797617751898>
- [20] White, A.L., Palmer, J., Boynton, G.M. and Yeatman, J.D. (2019) Parallel Spatial Channels Converge at a Bottleneck in Anterior Word-Selective Cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **116**, 10087-10096.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1822137116>
- [21] Cai, B. and Brysbaert, M. (2010) SUBTLEX-CH: Chinese Word and Character Frequencies Based on Film Subtitles. *PLOS ONE*, **5**, e10729. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010729>
- [22] Xue, G., Dong, Q., Chen, K., Jin, Z., Chen, C., Zeng, Y. and Reiman, E.M. (2005) Cerebral Asymmetry in Children When Reading Chinese Characters. *Cognitive Brain Research*, **24**, 206-214.
<https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2005.01.022>