

# 注意捕获过程中的数据驱动理论和 信号抑制假说再验证

梁杰璇

福建师范大学心理学院, 福建 福州

收稿日期: 2024年2月7日; 录用日期: 2024年3月15日; 发布日期: 2024年3月26日

## 摘要

数据驱动理论认为显著单例会自动吸引注意, 而信号抑制假说认为个体可以主动抑制一个无关的显著干扰物。采用Chang和Egeth (2020)的实验范式, 验证中国青少年的注意捕获是否遵循数据驱动理论。在70%搜索试验中, 被试在有显著颜色干扰各半的试验中搜索目标图形。而另30%探测试验中, 探索被试主动抑制的学习成果。探测实验结果表明, 当探测目标呈现在中性色项目上时, 被试所用反应时显著短于其在目标色和干扰色项目上。探测目标在中性色项目上时的正确率也显著高于其在目标色和干扰色项目上。因此, 中国青少年的注意捕获遵循数据驱动理论。

## 关键词

注意, 注意捕获, 信号抑制假说, 数据驱动理论

# Further Validation of Data-Driven Theory and Signal Suppression Hypothesis in Attentional Capture Process

Jiexuan Liang

School of Psychology, Fujian Normal University, Fuzhou Fujian

Received: Feb. 7<sup>th</sup>, 2024; accepted: Mar. 15<sup>th</sup>, 2024; published: Mar. 26<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

The data-driven theory suggests that significant instances automatically attract attention, while the signal suppression hypothesis assumes that observers can actively suppress an unrelated sig-

nificant disruptor. Using the experimental paradigm of Chang and Egeth (2020), this study aims to verify whether attention capture among Chinese high school students follows data-driven theory. In a 70% search experiment, participants searched for target shapes in experiments with and without significant color interference. In the 30% detection experiment, explore the learning outcomes actively suppressed by the subjects. The detection experiment results show that when the detection target appears on the neutral color item, the reaction time used by the subjects is significantly shorter than on the target color and interference color items. The accuracy of detecting targets in neutral color projects is significantly higher than that in target color and interference color projects. Therefore, the attention capture of the subjects follows the data-driven theory.

## Keywords

Attention, Attentional Capture, Signal Suppression Hypothesis, Data-Driven Theory

Copyright © 2024 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. 问题提出

视觉系统是一个资源有限的信息加工系统，面对着周围大量的复杂信息，视觉注意只能选择有限的信息进行加工[1]。关于注意捕获的机制有两个传统理论：刺激驱动理论[2] [3]与目标驱动理论[4] [5] [6]。

刺激驱动理论认为注意捕获是自下而上即“刺激驱动”的，刺激显著到一定程度时可以自动地捕获注意，这一过程不受当前任务目标的影响和控制[2] [3] [7]。Theeuwes (1992) [7]的实验中采用了无关奇异项范式验证了此理论，被试的任务是在多个相同刺激中搜索一个具有某个不同的突出特征的刺激，比如在多个绿色圆形中寻找一个绿色菱形。在 50%的试次中，一个具有新的不同特征的项目出现，与绿色菱形同时存在，比如红色方形，此时被试的注意力将会被这个红色方形吸引，从而导致完成任务的反应时延长。这反映了注意被突显的无关奇异项捕获的现象。而当新出现的项目没有那么突出的特征时，便不会延长被试完成任务的反应时。

目标驱动理论认为注意捕获是自上而下即“目标驱动”的，显著刺激是否可以捕获注意和当前任务目标关系密切，强调自上而下控制的作用。也有研究者用关联性注意捕获或称为有条件的注意捕获理论来解释，即注意捕获是有条件的，注意系统可以被灵活地设置为只对携带任务相关特性的刺激反应，显著干扰物能在多大程度上捕获注意取决于它和任务相关注意定势的相符程度[8]。

为了解释自下而上和自上而下两个理论之间的争论，Sawaki 和 Luck (2010) [9]提出了另一种将自下而上捕获和自上而下控制结合起来的混合模型，被称为“信号抑制假说”。该假说的核心内容是，无论显著干扰物是否符合任务要求都会产生一种“注意我”的信号，而注意捕获之所以没有发生是因为在注意真正被捕获之前，显著刺激诱发的“注意我”的信号就被自上而下的注意控制抑制了。这个理论的前半部分与刺激驱动理论相似，都认为显著刺激无论是否与任务要求相符都会产生试图捕获注意的“信号”，重要的是该理论认为如果显著刺激与任务要求不符，这一信号随后会迅速受到自上而下地抑制，致使注意并没有真正被显著的干扰物捕获，这一点与自上而下的目标，即刺激驱动理论一致。它与刺激驱动理论和目标驱动理论都有相似的地方，但同时又与两者有不一致的地方。不同的是，该理论认为显著刺激只是会产生“注意我”的信号，并没有真正的注意转移发生，而与目标驱动理论不同的是，如果显著刺

激诱发的信号没有被抑制的话，注意会被自动地捕获[10]。

Chang 和 Egeth (2020) [11]的实验采用搜索——探测范式对约翰霍普金斯大学本科生进行实验，被试通过对颜色单例进行练习，习得中性色、目标色、干扰色的性质后，在形状颜色均同质的三个项目与一个显著刺激中寻找目标，当目标呈现在干扰色的显著单例项目上时，此时被试做出正确反应所用时会延长。证明场景中最强烈的刺激，这里是单色的灰色项目中的显著单一颜色，并不总是自动地捕捉到注意力，它可以被抑制。本实验采取与 Chang 和 Egeth (2020) [11]的实验一样的流程，验证中国青少年的注意捕获过程是否也遵循信号抑制假说，能够对多个同质项目中具有显著特征的无关刺激干扰性进行主动抑制。并对两个群体的实验结果进行分析比较。结果发现，虽然采用相同实验范式，但是中国青少年的注意捕获过程并非遵循信号抑制假说而是遵循数据驱动理论。

## 2. 方法

### 2.1. 被试

随机抽取中国福建福清某中学高一 30 名学生(其中男生 18 名)。根据自我报告，所有参与者的视力正常或已被矫正至正常，无色盲色弱。在实验前所有被试对实验目的不知情，且未参与过类似实验。搜索实验中，根据修正的递归微调程序[12]，每个参与者的反应时间高于或低于均值 3.5 个标准差的结果被移除。反应时均值为 707，负 3.5 个标准差为 63，正三个标准差为 1350。总的来说，在 10,080 个搜索试次中有 111 个超过了反应时正负三个标准差的范围。这导致了 1.1% 的搜索试验被淘汰。反应时低于 5000 ms 的试次(探针试验的 0.06%)被排除在微调程序之前的分析。

### 2.2. 实验仪器和材料

实验使用刷新率为 60 赫兹，分辨率为 1280 × 1024 像素显示器呈现刺激，被试在距离显示器约 60 厘米的距离上观看。通过用左手和右手食指按键盘的上下左右键来做出反应。

搜索实验中共出现四种颜色：红(RGB: 255, 0, 0)，绿色(RGB: 0, 255, 0)，蓝色(RGB: 0, 0, 255)和一个灰色(RGB: 126, 126, 126)，四种不同的形状，分别是一个菱形，一个圆形，一个正方形和一个六边形。每个形状包含一个黑点，位于形状的左右两边。四个项目总体呈菱形排列。

探测实验中有四个大小相同的椭圆形，其中有一个是红色、绿色或者蓝色，其余的是灰色。每个椭圆内都有一个字母，每次呈现必包括一个 A 或 B，其他三个字母都是随机呈现，“I”和“O”除外。四个项目总体呈菱形排列。大写字母以白色为字体色显示在每个椭圆的中心。

### 2.3. 实验设计与程序

搜索实验采用单因素被试内设计(显著单例呈现与否：呈现、不呈现)。探测实验采用 2(探测目标 A 或 B 的位置：在单例颜色项目上、在灰色项目上) × 3(单例颜色：中性色、目标色、干扰色)的被试内设计。

刺激演示使用 Emprime2.10 软件编写的程序进行。所有的参与者都被提供了关于刺激和过程的书面和口头描述。参与者被指示在整个实验期间注意力保持在中央注视点上。搜索和探测试验是随机混合的。搜索和探测试验都包含一个注视点、一个搜索数组和一个反馈显示。所有的刺激都是在黑色背景下进行。

主实验开始前有 48 个探测任务的练习，期间所有的椭圆都是灰色的。之后，进行 48 次搜索任务的练习，该任务与主实验相同。练习实验被排除在以下报告的分析之外。主试验包括 336 个搜索试验和 144 个探测试验，结果共 480 个试验。

搜索试验中(70%的试验)，展示了四种不同的形状，参与者被要求通过尽可能快速准确地按左或右按

钮来报告一个黑点是在目标形状的左边还是右边。搜索目标一直是菱形。搜索目标不会出现在干扰色之中。包含一个菱形，一个圆形，一个正方形和一个六边形。每个形状包含一个黑点，位于形状的左右两边。目标位置和黑点位置随机变化。在 50% 的试验中，所有的项目都是同色(即，单例缺失)，而在另一半试验中，一个项目是用不同的颜色的(即，单例存在)。这个颜色单例干扰物的位置是随机的，除了它从来都不是目标位置。

探测试验中(30%的试验)，四个大小相同的椭圆形(搜索试验中从未出现过的形状)中有一个是单例色，其余的是灰色。每个椭圆内都有一个字母。每次呈现中必存在 A 或 B 作为目标，其他三个字母都是随机呈现，除了“I”和“O”。被试的任务是通过尽可能快速准确地按上下左右键来报告哪个探测目标方位出现字母(A 或 B)。大写字母以白色显示在每个椭圆的中心。探测目标在这四个地点出现的频率是随机的。探测目标在每个位置上随机出现；在 25% 的试验中，它出现在一个单例呈现的项目上，在 75% 的试验中出现在随机灰色项目上。因为连续的探测可能会暂时破坏对目标和单例分心物的既定注意设置，并扭曲探查反应[13]，所以提前在程序上设置好避免两个或两个以上连续的前一个试验是探测试验的情况。

搜索任务中，空白屏幕呈现 500 毫秒，注视点 1000 毫秒，搜索数组出现 2000 毫秒，在这期间如果参与者没有做出反应，将呈现“太慢”的文本反馈 500 毫秒，如果被试做出反应，将立刻呈现“正确”或“错误”文本反馈 500 毫秒。

探测任务中，空白屏幕呈现 500 毫秒，注视点 1000 毫秒，探测数组出现 100 毫秒，直到被试做出反应后呈现“正确”或“错误”文本反馈 500 毫秒。

### 3. 结果

#### 3.1. 操作检验

单例存在和单例缺失试验的平均准确性分别为 96.86% 和 97.31%，无显著差异； $t(29) = 1.322, p = 0.196, d = 0.241$ 。

单例存在和单例缺失试验的平均反应时分别为 701 ms 和 702 ms，无显著差异； $t(29) = -0.459, p = 0.649, d = -0.084$ 。

#### 3.2. 反应时

反应时和正确率均采用  $3 \times 2$  重复测量方差分析。目标位置主效应不显著， $F(1, 29) = 0.133, p = 0.718, \eta^2 = 0.005$ 。单例颜色主效应不显著， $F(2, 58) = 3.315, p = 0.067, \eta^2 = 0.103$ 。单例颜色和目标的交互作用显著， $F(2, 58) = 6.517, p < 0.05, \eta^2 = 0.182$ 。

简单效应分析，对于目标位置变量，当目标在单例颜色上时，其反应时均值为 813 ms，当目标不在单例颜色上时，其反应时均值为 807 ms。当目标位置在单例颜色上时，被试在中性色的反应时显著短于在干扰色上时的反应时， $p < 0.001$ ，两者相差 -123 ms；被试在中性色的反应时显著短于在目标色上时的反应时， $P < 0.05$ ，两者相差 -106 ms。

#### 3.3. 正确率

目标位置主效应不显著， $F(1, 29) = 1.291, p = 0.265, \eta^2 = 0.043$ 。单例颜色主效应显著， $F(2, 58) = 4.185, p < 0.05, \eta^2 = 0.126$ 。单例颜色和目标的交互作用不显著， $F(2, 58) = 0.719, p = 0.492, \eta^2 = 0.024$ 。

对单例颜色进行事后多重比较，被试在中性色上的正确率显著高于在干扰色上时的正确率， $P < 0.05$ ，两者相差 0.042；被试在中性色上的正确率显著高于在目标色上时的正确率， $P < 0.05$ ，两者相差 0.045。

## 4. 讨论

### 4.1. 实验设计与预备阶段

在主实验启动前,参与者完成了48项探测任务作为练习,这些任务中的椭圆全部呈现为灰色。紧接着,进行了与主实验相同的48次搜索任务练习,旨在使参与者在正式实验开始前充分准备,确保最后一个练习任务为搜索任务。此设计策略旨在通过练习加强参与者对任务流程的熟悉度。

正式实验中,搜索任务和探测任务交替进行,避免连续出现两个以上的探测任务,以防参与者忘记在搜索任务中学习到的单例颜色性质。整体上,搜索任务占据了实验总次数的70%,而探测任务占30%,此比例分配旨在保持参与者持续处于搜索任务的状态,以便更好地探索探测搜索任务条件下的性质。

### 4.2. 实验变量及其影响

#### 颜色变量的设定

颜色被设为实验的一个关键变量,30名参与者分为两组,一组以红色为干扰色,另一组以绿色为干扰色,中性色统一设定为蓝色。搜索任务中展示了四个形状不同但面积相似的图形,其中三个为绿色,一个为红色。任务要求参与者找到菱形图形,并指出菱形中的黑点位置。关键的实验设定是目标菱形永不呈现为红色,强调目标总会出现在绿色图形中。尽管未事先告知此设定,预期参与者会在不断的实验响应中逐渐意识到并更多地关注绿色图形,从而减少对红色图形的注意。因此,红色和绿色由无特定性质的颜色转变为干扰色和目标色,而未在搜索任务中出现的蓝色则作为中性色。

### 4.3. 对颜色性质的学习与反应

在搜索实验中,参与者对中性色、目标色和干扰色的学习后,在探测实验中测试了对这些颜色性质的反应。尽管Chang和Egeth(2020)[11]的研究通过单例存在与缺失的T检验显示参与者能够学习颜色单例的性质,本实验中单例存在与缺失的T检验未显示出显著差异,表明参与者未能有效学习到单例颜色的性质。因此,红色和绿色在探测实验中呈现出相似的性质,而非如预期中的目标色或干扰色。相反,蓝色作为一个新颖的颜色刺激,在探测实验中的出现因其新异性而自下而上吸引了参与者的注意力。

### 4.4. 局限与展望

此因实验采取被试内设计,实验用时较长,被试偶尔走神,导致反应时过长。偶尔出现按键不灵敏现象,导致被试重复按键,进入了下一个试次直接做出反应,而导致反应时过短。实验还揭示了当项目数量减少时,显著单例的显著性降低,而更大的显示器上的项目数量增多时,单例的处理方式发生变化,指出信号抑制的效应受到项目数量的限制。最后,实验结果的泛化性可能受限于参与者数量较少以及特定文化背景下的参与者对任务的反应,提示未来研究需要在设计和参与者选择上进行更多考虑。

## 5. 结论

应用Chang和Egeth[11]实验范式在福清某中学对高中生被试进行相同实验,结果显示被试高中生没有从搜索实验中习得中性色、目标色、干扰色的性质,而是将中性色蓝色椭圆项目作为相对于练习实验中出现的一个新异刺激进行反应,当新异刺激出现时,被试注意力被其率先捕获。其视觉注意捕获过程并未遵循信号抑制假说而是遵循数据驱动理论。

## 参考文献

- [1] 张明,王爱君.视觉搜索中基于工作记忆内容的注意捕获与抑制[J].心理科学进展,2012,20(12):1899-1907.

- 
- [2] Theeuwes, J. (2004) Top-Down Search Strategies Cannot Override Attentional Capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, **11**, 65-70. <https://doi.org/10.3758/BF03206462>
- [3] Theeuwes, J., de Vries, G.J. and Godijn, R. (2003) Attentional and Oculomotor Capture with Static Singletons. *Perception & Psychophysics*, **65**, 735-746. <https://doi.org/10.3758/BF03194810>
- [4] Folk, C.L., Remington, R.W. and Johnston, J.C. (1992) Involuntary Covert Orienting Is Contingent on Attentional Control Settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **18**, 1030-1044. <https://doi.org/10.1037//0096-1523.18.4.1030>
- [5] Folk, C.L., Remington, R.W. and Wright, J.H. (1994) The Structure of Attentional Control: Contingent Attentional Capture by Apparent Motion, Abrupt Onset, and Color. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **20**, 317-329. <https://doi.org/10.1037//0096-1523.20.2.317>
- [6] Folk, C.L. and Remington, R. (1998) Selectivity in Distraction by Irrelevant Featural Singletons: Evidence for Two Forms of Attentional Capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **24**, 847-858. <https://doi.org/10.1037//0096-1523.24.3.847>
- [7] Theeuwes, J. (1992) Perceptual Selectivity for Color and Form. *Perception & Psychophysics*, **51**, 599-606. <https://doi.org/10.3758/BF03211656>
- [8] Chen, P. and Mordkoff, J.T. (2007) Contingent Capture at a Very Short SOA: Evidence against Rapid Disengagement. *Visual Cognition*, **15**, 637-646. <https://doi.org/10.1080/13506280701317968>
- [9] Sawaki, R. and Luck, S.J. (2010) Capture versus Suppression of Attention by Salient Singletons: Electrophysiological Evidence for an Automatic Attend-to-Me Signal. *Attention Perception & Psychophysics*, **72**, 1455-1470. <https://doi.org/10.3758/APP.72.6.1455>
- [10] 张帆, 陈艾睿, 董波, 王爱君, 张明. 视觉注意捕获的快速脱离假说与信号抑制假说[J]. 心理科学进展, 2021, 29(1): 45-55.
- [11] Chang, S. and Egeth, H.E. (2020) Can Salient Stimuli Really Be Suppressed? *Attention, Perception and Psychophysics*, **83**, 260-269. <https://doi.org/10.3758/s13414-020-02207-8>
- [12] Van Selst, M. and Jolicoeur, P. (1994) A Solution to the Effect of Sample Size on Outlier Elimination. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, **47**, 631-650. <https://doi.org/10.1080/14640749408401131>
- [13] Gaspelin, N. and Luck, S.J. (2018a) Combined Electrophysiological and Behavioral Evidence for the Suppression of Salient Distractors. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **30**, 1265-1280. [https://doi.org/10.1162/jocn\\_a\\_01279](https://doi.org/10.1162/jocn_a_01279)