

非数量视觉特征对数量感知的影响*

刘 炜¹ 张智君^{1**} 孙雨生¹ 赵亚军²

(1. 浙江大学心理与行为科学系, 杭州 310028;

2. 西南民族大学社会学与心理学学院, 成都 610041)

摘 要 以往许多研究探讨了各种视觉特征对数量判断任务的影响, 但得出了不一致的结论。本研究依据信号检测论原理对刺激特征影响数量判断的方式进行考察。结果发现: 刺激大小、形状和分布均匀度等因素可影响数量判断的反应标准, 但不会影响辨别力; 刺激聚集或组块会直接对数量判断的辨别力产生影响。结果表明, 不同刺激特征对数量判断的影响方式存在差异。一方面, 人类具有从刺激特征中直接抽取数量信息进行认知比较的能力; 另一方面, 刺激点聚集或组块可以直接影响被试的数量感知。此外, 我们还推测, 组块是通过改变客体表征的方式来影响数量感知的。

关键词 数量感知 数量判断 信号检测论 组块 客体表征

中图分类号: B842 文献标识码: A 文章编号: 1006-6020(2013)-01-0010-07

1 引 言

人和动物均能对各种刺激物的具体特征进行抽象并直接表征其数量信息(张真, 苏彦捷, 2007)。数能力(numerical competence)是指个体对刺激的非符号数量属性进行表征和推理的能力, 是人类的一项重要认知能力。已有许多研究探讨了不同视觉特征对人类数量判断的影响, 但得出了不完全一致的结论。例如, 有研究显示, 数量感知并不受刺激的大小、颜色和形状等特征的影响(Sophian & Chu, 2008; Brannon

& Terrace, 1998; Ross, 2003)。而 Sophian (2007)的研究则显示, 刺激大小对数量判断有显著影响, 即当刺激点数相同时, 被试倾向于认为较小的刺激点有较多的数量。Allik, Tuulmets 和 Vos (1991)的研究发现, 被试辨别数量(比较刺激点数量的多少)的能力与点子集合的规模(dots size)无关, 但其估计数量(对刺激点的数量值进行估计)的能力却与点集规模有负相关。刺激点之间空间关系的变化也可能对数量判断结果产生影响。比如, 相对于随机分布的刺激点来说, 分布具有规律性的点(如按照同心圆的方式均匀分布)其数量会被高估; 如果

* 基金项目: 教育部人文社科基金一般项目(11YJA190025)。

** 通信作者: 张智君, 男, 浙江大学心理与行为科学系教授, 博士生导师, E-mail: zjzhang@zju.edu.cn。

点聚集成一簇簇的形式,则其数量又会被低估(Ginsburg,1978;Ginsburg & Goldstein,1987)。Sophian(2007)提出,刺激大小对数量判断之所以会产生影响,其可能原因是被试在数量判断中利用了自身的生活经验来进行推理,倾向于认为较小的项目往往有较多的数量。此外,刺激项之间的空白间隔大小也会影响数量判断的结果,表明成人在表征数量时会参考空余面积(open space)等非数量线索(non-numerical cues)进行推论。Sophian进一步提出,成人进行数量比较时可能并没有对所比较的数量形成表征,至少这一表征并没有足够的准确性来作为数量判断的依据(Sophian,2007)。

人类可以抽取刺激的数量信息,产生数量感(number sense, NS),这一认知加工能力使我们能够快速地理解、估计和产生数量,表征数量并理解数量间的关系(Dehaene, 2002; Barth, Kanwisher, & Spelke, 2003; Ross, 2003)。数量的加工能力具有其神经基础。动物实验发现,猴脑中存在对特定数量值反应的神经元(Nieder, 2005),人类的外侧顶内沟区(lateral intraparietal area, LIP)也存在对数值进行反应的神经元(Roitman, Brannon, & Platt, 2007)。fMRI研究表明,数量加工所激活的脑区与刺激面积等物理维度所激活的脑区存在差异,数量加工具有特定的脑区(杨红,赵晖,赵倩,陆浩,2011)。由此可知,数量感知并非完全依赖刺激的非数量物理特征。de Hevia(2011)提出,虽然数量感知在某种程度上可能受到了视觉线索的影响,但数量信息仍是其中的主要因素。非数量视觉信息对数量加工存在影响,并不能因此推论数量加工直接建立在非数量信息加工和推论上,最多可以将其视为与数量信息加工并行的过程。

目前,大多数研究支持 de Hevia (2011)的上述观点。然而,在不同研究中,同一非数量因素(如大小)对数量判断任务表现出了不一致的影响。因此,需要对这些看似矛盾的研究进行更深入的探讨,以对数量感知提出比 de Hevia(2011)的观点更为具体的解释。我们认为,在被试倾向于使用判断策略的情况下,数量判断任务不一定能反映其真实的数量感知情况,不同的非数量视觉信息对数量判断任务产生影响的作用机制也不一定相同。

为了进一步分析前述因素对数量感知和数量表征的影响,考察数量信息是否可以作为数量表征和数量判断的基础,我们采用信号检测论的方法,考察不同条件下被试数量判断的情况。根据信号检测论的原理,可以将比较数量大小这一判断过程分别用判断的辨别力和反应标准两个指标进行衡量。其中,辨别力表示近似数量感知和辨别能力,反应标准表示判断的反应倾向性,后者会随策略的变化而发生改变。总之,本研究通过比较不同刺激特征对辨别力和反应标准的影响,探讨数量判断任务中非数量因素究竟是影响了被试的辨别力,还是仅影响了被试判断时的策略,明确数量感知是否受到了这些特征的影响,并由此推测不同视觉特征影响数量判断任务的机制。

2 方 法

2.1 被试

18名大学生参加实验(男、女各9名),他们视力或矫正视力正常,均为右利手,平均年龄约为23.50岁(21~27岁)。实验结束后,被试可获得一定的报酬。

2.2 实验装置和材料

实验装置为一台 Pentium IV PC 电脑,

Dell 17 英寸纯平显示器,分辨率为 1024×768 像素,刷新率为 85Hz。实验在暗室环境下进行,屏幕背景为灰色,RGB 为(128, 128,128)。实验程序的编写和刺激的呈现均采用 PsychoPy v1.6。

在实验中,被试眼睛距离屏幕中心约 60cm。

所用刺激材料由 WalkScript 1.0 及 Photoshop CS4 软件生成,即先由 WalkScript 1.0 软件在指定的圆形区域内随机生成大小可控的黑色和白色方块,两种方块的数目基本相等(± 1),再根据具体实验要求用 Photoshop CS4 软件对刺激进行变换,生成各种条件下的刺激图片。

2.3 实验设计和程序

本研究采用被试内设计,所有被试均需要完成所有条件下的实验。包括 6 种实验条件(分别称为控制条件、大小对比条件、形状对比条件、均匀分布条件、组块条件一、组块条件二)。

实验采用恒定刺激法。具体地说,在“控制条件”下,恒定刺激为随机分布的 8×8 像素($0.26^\circ \times 0.26^\circ$ 视角)黑白方块;在“大小对比条件”下,恒定刺激为随机分布的 5×5 像素($0.16^\circ \times 0.16^\circ$ 视角)黑白方块;在“形状对比条件”下,恒定刺激为随机分布的 9×9 像素($0.30^\circ \times 0.30^\circ$ 视角)黑白圆点;在“均匀分布条件”下,恒定刺激为均匀间隔分布的 8×8 像素($0.26^\circ \times 0.26^\circ$ 视角)黑白方块;在“组块条件一”中,恒定刺激为随机分布的 9 个圆圈形状的点阵,每个圆圈点阵由 9 个 8×8 像素($0.26^\circ \times 0.26^\circ$ 视角)黑色方块或白色方块组成;在“组块条件二”中,恒定刺激为随机分布的 9 个大方块,每个大方块由 9 个 8×8 像素($0.26^\circ \times 0.26^\circ$ 视角)黑色方块或白色方块组成。总之,除“大小对比条件”中的恒定

刺激为前述 5×5 像素黑白方块、“形状对比条件”中的恒定刺激为 9×9 像素的黑白圆点之外,其他条件中组成刺激图案均为 8×8 像素的黑白方块。经过计算可知,在“形状对比条件”中, 9×9 像素的圆点与 8×8 像素的方块面积大致相等,即此时恒定刺激与比较刺激大小相同。图 1 为各种条件下的恒定刺激图片。

在所有条件下,比较刺激均为随机分布的 8×8 像素黑白方块。

6 种实验条件共选用 6 种恒定刺激,其刺激点(圆或方块)的数目均为 81 个。每种恒定刺激有 6 个比较刺激。前人的研究结果显示,人类对 10 以上数值的表征采用对数尺度进行编码(Dehaene, Izard, Spelke, & Pica, 2008)。根据这一观点,本实验中的恒定刺激和比较刺激的数值均按照对数尺度等距离的标准进行选择,即恒定刺激数值为 81 时,比较刺激序列的数值为 60、67、74、90、99、110。将恒定刺激和比较刺激(刺激对)分别在左右侧视野的两个等面积圆区域内同时呈现。每一恒定刺激均包括 4 张等效图片,在对它们的呈现位置(左、右)加以平衡之后,共得到 8 张图片。这 8 张图片分别与 6 个比较刺激配对,共产生 48 个刺激对的图片用于实验判断。每一个刺激对判断 2 次,即每一个数值的比较刺激与恒定刺激进行 16 次比较。整个实验每个被试共判断 $8 \times 6 \times 2 \times 6 = 576$ 次。实验任务为两类迫选(多,少)反应。

实验时,在视野的左、右侧两侧圆形区域分别呈现恒定刺激和比较刺激。左、右侧圆形区域的直径均为 10cm(9.46° 视角),圆心距离注视点 7.5cm(7.13° 视角),如图 2 所示。被试的任务是比较左右两侧刺激点数量的多少:若左侧多,按“F”键;若右侧多,则按“J”键。

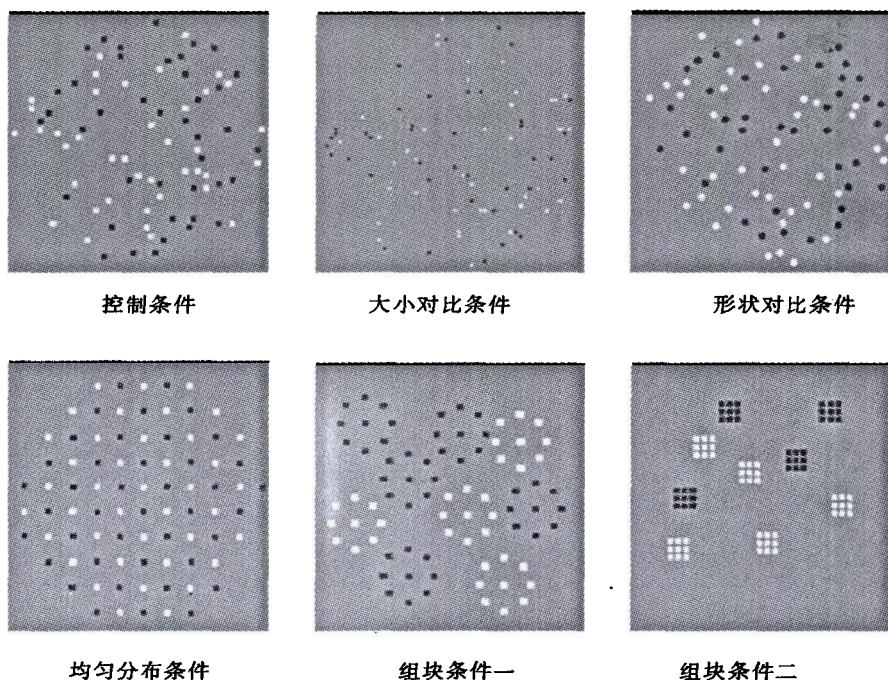


图1 数量判断任务刺激材料示例

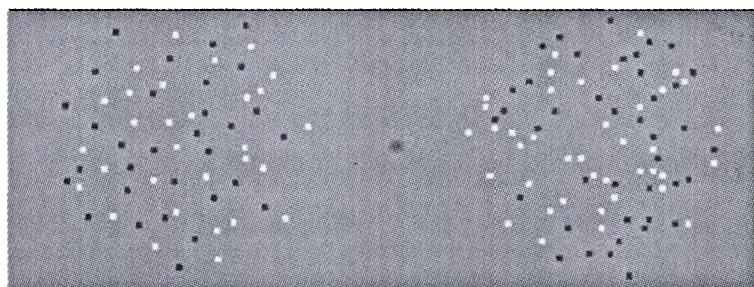


图2 数量判断任务示意图

实验过程包括练习和正式实验两个阶段。在每种条件的正式实验开始前,均先用该条件下的恒定刺激进行6次练习。在练习阶段,首先呈现注视点500ms,然后呈现测试刺激,要求被试判断哪边的刺激点数更多,并对判断是否正确给出反馈。刺激持续500ms,然后出现灰屏,直到被试做出判断。两次数量判断之间插入空屏1s,以消除后像。正式实验与练习类似,但无反馈。在整个实验中,每种实验条件的呈现顺序随机排列。每种实验条件为一个block,两个block之间安排短暂休息。整

个实验持续时间约30min。

3 结果分析

本研究要求被试选择数量“较多”的刺激。相对81个点的恒定刺激来说,比较刺激中90、99、110点的刺激出现时为信号,60、67、74点的刺激出现时为噪音。分别计算对不同恒定刺激进行判断时的击中概率和虚惊概率,得出相应的辨别力与判断标准 β 。所有被试的平均统计值及 t 检验结果(与控制条件的差异)如表1所示。

表1 各种实验条件下判断曲线的辨别力、判断标准及其差异

判断结果	控制条件	大小对比条件	形状对比条件	均匀分布条件	组块条件一	组块条件二
d'	1.812(0.590)	1.473(0.555)	1.748(0.503)	1.517(0.637)	1.438(0.453)	1.093(0.598)
t		1.885	0.344	1.525	2.246*	3.85**
β	0.868(0.405)	1.236(0.662)	2.395(2.824)	2.239(2.611)	1.668(1.713)	0.808(0.391)
t		-2.135*	-2.305*	-2.209*	-2.215*	0.462

注:括号内为标准差;*表示差异在0.05水平显著,**表示差异在0.01水平显著。

由表1可知,不同视觉特征对被试的判断反应产生了不同的影响。

从辨别力 d' 的结果来看,在“组块条件一”和“组块条件二”下,被试判断的辨别力 d' 与控制条件差异显著,说明刺激组块后,直接影响了被试对刺激数量的感知辨别力,导致 d' 显著下降;在“大小对比条件”、“形状对比条件”和“均匀分布条件”下,被试的辨别力 d' 与控制条件差异不显著,说明恒定刺激和比较刺激的大小差异、形状差异和分布均匀度等因素并未直接对被试的数量感知辨别能力造成显著影响。

从判断标准 β 的结果来看,“大小对比条件”、“形状对比条件”、“均匀分布条件”及“组块条件一”中,被试的判断标准 β 与控制条件差异显著,说明恒定刺激与比较刺激的大小差异、形状差异、分布均匀度及组块等因素会影响数量判断的标准。从 β 的数值来看,被试在上述几种条件下对恒定刺激都采取了较为严格的标准,所采用的策略为:不轻易将上述各种条件中的恒定刺激判断为“多”,表现为 β 的显著升高。“组块条件二”与“控制条件”的 β 差异不显著,提示被试此时并未因刺激聚集而形成比较稳定统一的反应倾向。

4 讨 论

本研究采用信号检测论的方法,考察了刺激大小、形状和分布特征等非数量特

征对数量判断任务的影响。结果发现,不同视觉特征对数量判断的影响不同。相对控制条件来说,刺激的大小、形状和分布均匀度等因素会对数量判断中的反应标准造成显著影响,但却未对辨别力产生显著影响。这一结果提示,被试在对大小、形状和分布均匀度不同的刺激进行数量比较时,其数量感知能力并未受到上述刺激特征的影响。相关研究(Brannon & Terrace,1998; Cantlon & Brannon,2005)认为,从不同大小特征的客体中抽取恒定的数量信息是数量加工能力的基础,我们的实验结果支持了这一观点。此外,可以发现,当刺激点进行聚集或组块分布时,被试判断的辨别力直接受到了影响,提示此时被试对刺激的数量感知也受到了影响,表现为数量感知辨别力显著下降。这表明,刺激按照实验所示的两种方式进行聚集时,会直接影响被试的数量感知能力。综上所述,不同视觉特征对数量判断任务的影响有不同的作用机制,刺激大小、形状和分布均匀度等因素不会影响数量判断中内在的数量感知情况,而刺激聚集或组块则会使被试的数量感知能力显著下降。

大量研究表明,数量判断会受到刺激空间关系和拓扑结构的影响,如刺激点聚集(Allik et al.,1991;Sophian & Chu,2008)或用线段连接刺激点(He, Zhang, Zhou, & Chen, 2009; Franconeri, Bemis, & Alvarez, 2009),都会导致显著的低估效应。在本研

究中,刺激点按照两种方式组块后,被试的数量感知能力也发生了显著下降。在“组块条件二”中,可以认为刺激点通过聚集或组块的方式对数量感知产生了影响,其作用机制有多种可能性:第一,刺激点通过聚集而产生了更多的“空余面积”(open space),可能影响数量感知(Sophian & Chu, 2008);第二,聚集的点刺激相互接近,区分度下降,可能造成数量辨别力下降(Allik & Tuulmets, 1991);第三,组块可能被视为一个整体(客体)进行了重新表征,即作为新的计数单位参与数量加工,这影响了原有的数量感知情况。在前两种解释中,组块对数量感知的影响仍是通过改变刺激点视觉特征的方式间接实现的,即与刺激大小等因素对数量判断的影响方式无本质差别,但显然这与本研究发现的两者对数量判断的影响方式存在差异不符,也无法解释 He 等人(2009)的实验结果。在“组块条件一”中,刺激点并未发生明显聚集,而是按照格式塔完形原则被主观组织成9个组块,这种组块方式同样影响了数量感知,因此进一步否定了前两种解释的可能性。据此,我们推测,组块可能是通过改变客体表征的方式来影响数量感知的。

Sophian 和 Chu(2008)认为,在数量加工中,观察者会综合其他视觉线索来推测数量,数量判断的策略可根据任务进行调整。我们发现,刺激大小、形状和分布均匀度等特征仅影响数量判断的反应标准,不影响辨别力,而刺激聚集或组块可以影响辨别力。由此可知,当数量判断的结果受到影响时,被试内在的数量感知能力仍可以保持不变。值得注意的是,在本研究中,被试对大小和形状不同以及均匀分布的刺激都采用了较高的反应标准,即当具有上述特征的恒定刺激出现时,被试均采用了

较为保守的反应策略,不轻易将其数量判断为“多”,这与 Sophian(2007)中提出“被试倾向于认为较小刺激具有更多数量”的观点不符,提示被试会采用多种策略,而不是一致地用生活经验来指导数量判断任务。在 Sophian 和 Chu(2008)的研究中,大小因素对数量判断影响不再显著,这也反映了被试在作数量判断时所采用策略的不稳定性。

总之,本研究既支持了数量信息是数量判断的主要基础(de Hevia, 2011),也证实了不同的视觉特征对非符号数量感知具有不同的影响机制。同时,本研究也提出,数量判断容易受到策略等因素的干扰,不一定能准确地反映数量感知的情况。在今后的研究中,可以采用更稳定和内隐的任务,如应用数量适应(Burr & Ross, 2008)范式,以更准确地考察其内在数量表征。

5 结 论

本研究得到以下结果:

(1)刺激大小、形状和分布均匀度等因素会显著提高被试作数量判断时的反应标准,但对其判断辨别力不产生显著影响,即上述因素不影响被试的内在数量表征和数量感知;

(2)刺激聚集或组块会影响被试数量判断的辨别力,并直接影响其数量表征和数量感知。

参考文献

- 刘炜,张智君,赵亚军.(2012).基于数量感知的数量适应.心理学报,44(9),1-13.
- 杨红,赵晖,赵倩,陆浩.(2011).非符号数量加工的脑激活特异性.第十四届全国心理学学术大

- 会,中国,西安.
- 张真,苏彦捷.(2007).人类数能力的演化基础——数能力比较研究的启示.心理科学进展,15(1),57 - 63.
- Allik, J., Tuulmets, T., & Vos, P. G. (1991). Size invariance in visual number discrimination. *Psychological Research*, 53(4), 290 - 295.
- Allik, J., & Tuulmets, T. (1991). Occupancy model of perceived numerosity. *Perception & Psychophysics*, 49, 303 - 314.
- Barth, H., Kanwisher, N., & Spelke, E. (2003). The construction of large number representations in adults. *Cognition*, 86, 201 - 221.
- Brannon, E. M., & Terrace, H. S. (1998). Ordering of the numerosities 1 to 9 by monkeys. *Science*, 23(282), 746 - 749.
- Burr, D. C., & Ross, J. (2008). A visual sense of number. *Current biology*, 18, 425 - 428.
- Cantlon, J. F., & Brannon, E. M. (2005). Semantic congruity affects numerical judgments similarly in monkeys and humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(45), 16507 - 16511.
- Dehaene, S. (2002). Précis of the Number Sense. *Mind & Language*, 16(1), 16 - 36.
- Dehaene, S., Izard, V., Spelke, E., & Pica, P. (2008). Log or linear? Distinct intuitions of the number scale in Western and Amazonian indigenous cultures. *Science*, 320(5580), 1217 - 20.
- de Hevia, M. D. (2011). Sensitivity to number: Reply to Gebuis and Gevers. *Cognition*, 121, 253 - 355.
- Franconeri, S. L., Bemis, D. K., & Alvarez, G. A. (2009). Number estimation relies on a set segmented objects. *Cognition*, 113, 1 - 13.
- Ginsburg, N. (1978). Perceived numerosity, item arrangement, and expectancy. *American Journal of Psychology*, 91, 267 - 273.
- Ginsburg, N., & Goldstein, S. R. (1987). Measurement of visual cluster. *American Journal of Psychology*, 100, 193 - 203.
- He, L., Zhang, J., Zhou, T., & Chen, L. (2009). Connectedness affects dot numerosity judgment: Implications for configural processing. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16, 509 - 517.
- Nieder, A. (2005). Counting on neurons: The neurobiology of numerical competence. *Nature Reviews, Neuroscience*, 6, 177 - 190.
- Roitman, J. D., Brannon, E. M., & Platt, M. L. (2007). Monotonic coding of numerosity in macaque lateral intraparietal area. *PLoS Biology*, 5, e208.
- Ross, J. (2003). Visual discrimination of number without counting. *Perception*, 32, 867 - 870.
- Sophian, C. (2007). Measuring spatial factors in comparative judgments about large numerosities. In D. Schmorow & L. Reeves (Eds.), *Foundations of augmented cognition: Third International Conference*. (pp. 157 - 165). Secaucus, NJ: Springer.
- Sophian, C., & Chu, Y. (2008). How do people apprehend large numerosities? *Cognition*, 107, 460 - 478.

(下转第49页)

The Effect of Unconscious Emotion on Advice Taking

ZHONG Jian - an¹ ZHANG Xi¹ LI Li² ZHONG Jian - ping³

(1. Department of Psychology and Behavioral Science, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China;

2. College of Education, Shaoxing University, Shaoxing 312000, China;

3. Zhejiang Hangzhou Drilling Machine Manufactory Co. Ltd, Hangzhou 310016, China)

Abstract

This study aims to explore the relationship between unconscious emotion and advice taking, and examine how confidence functions between them. 101 participants took part in the experiment. We used the method of masked presentation of material to induce unconscious emotion. The results showed: (1) People in unconscious positive emotion or in unconscious negative emotion tend to accept others' advices than people in neutral emotion, and the phenomenon

is more significant on people in unconscious negative emotion; (2) The initial confidence acts as a moderating role between unconscious emotion and advice taking; (3) The increase of confidence in unconscious positive and negative groups is more than the neutral group as the same with the result of the advice taking.

Key words: unconscious emotion, advice taking, confidence

(上接第 16 页)

Influences of Non - numerical Visual Properties on Numerosity Perception

LIU Wei¹ ZHANG Zhi - jun¹ SUN Yu - sheng¹ ZHAO Ya - jun²

(1. Department of Psychology and Behavioral Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China;

2. College of Sociology and Psychology, Southwest University for Nationalities, Chengdu 610041, China)

Abstract

Previous research has reached inconsistent results in influence of non - numerical cues on numerosity comparing tasks. The current study investigated influences of different visual cues on judging results and analyzing data by signal detecting theory, in an effort to determine whether numerosity deciding paradigm could steadily reflect numerosity perception. The results showed that numerosity deciding tasks were not ensured to reflect real status of numerosity perception, since they were apt to be affected by strategies, while abilities of numerosity discrimina-

tion could remain intact. Different mechanisms of influences on numerosity deciding tasks existed in different non - numerical visual features: some features only affected judging strategies, such as dots' size or shape. In contrast, chunking affected numerosity perception directly by influencing judging ability of discrimination.

Key words: numerosity perception, numerosity deciding paradigm, signal detecting theory, chunking, object representation