研究视错觉的新途径[1)*]

——用多级估量法测量视错觉的尝试

马谋超　　刘来福
中国科学院心理研究所　　北京师范大学数学系

摘　　要

本研究尝试用新近发展出的一种称为多级估量的方法测量了视错觉。测量结果和经典的心理物理法(调整法)的测量结果明显相关。对一般的完形所作的比较判断，两种方法测得的数据，均随机分布在0的上下。

此种多级估量法，揭示了错觉是个模糊现象。在获得的数据基础上，作者给出了一种定义错觉强度的公式：

$$\Delta x=\frac{1}{A_0}\sum x_i\mu_0(x_i)-x_0$$

这里，$A_0=\sum\mu_0(x_i)$，x_i＝错觉强度的类别代表量$(+2, +1, 0, -1, -2)$，x_0＝完形中比较线段和标准线段的比值。

此外，本研究还揭示了经典的垂直-水平错觉的一个新事实：错觉强度随着比较线段与标准线段比值的改变而发生变化。并且，每一个不同比值的完形，都引出了一个错觉的可能性分布。

一、导　　言

研究错觉有助于人们了解知觉是如何反映客观世界的，而且，也与文化和艺术也有关系。因此，百余年来，心理学家、哲学家、物理学家、生理学家以及其它方面专家对研究错觉很感兴趣。

错觉是一种主观现象。但是，由于它总依赖于一定的条件或线索，因而，同其它心理现象一样，它也有规律性。在有关研究错觉的领域中，错觉量的测量是基本的。所谓错觉就是知觉与物理世界的偏离[1]。为了定量，传统的作法是通过心理物理的测量(一般，用调整法)，使比较刺激在知觉上同标准刺激一致或等量，从而，找出两者间的实际误差(以物理单位表示)。这种误差或它与标准量之比值，被看作错觉量。沿着这种作法，许多的作者们对各式各样的错觉现象作过测量。例如，T. M. Kuennapas[2]; P. Fraisse and P. Vautrey[3]; R. L. Gregory[1]; R. K. Clem and R. H. Pollack[4]以及J. S. Girgus, S.

1）本文于1982年8月19日收到。
* 感谢北京师范大学心理系刘力同学为本文收集了许多资料。

Coren, M. Durant and C. Porac[6]等，这里不一一列举了。

然而，传统的作法和定义在下述的场合下，便遇到了困难，即当保留错觉因素，而仅只变化比较线段与标准线段之比值(以下简称“比值”)，具体说，比较线段大于或小于标准线段时，这样的完形还会有错觉效应吗？如果回答是肯定的话，一个自然的推想：错觉的效应可能有一个范围。它依赖于比较线段与标准线段的不同比值。可是，传统的错觉测量只可能获得其中的一个函数值(即对“比值”为 1 的场合)。这样，就有必要去寻找一种新的途径来达到所说的目的。这正是本文的意图。

二、测试及其结果

本研究由两个部分组成。首先将考察多级估量法(以下简称“多法”)用于测量视错觉的有效性。这需要和传统的调整法作比较试验；其次，用“多法”对具有相同错觉因素的各种“比值”的完形作进一步考察。

1. “多法”与调整法的比较试验

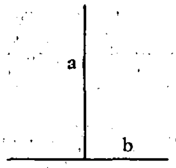

图1a

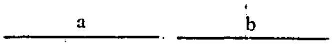

图1b

试验采用两个完形：经典的垂直-水平错觉(如图1a所示)和两条水平线段平摆在一起而形成的完形(如图1b所示)。对于“多法”的测试，这些线段实际的长度均等于 40mm。而对于调整法，则只有标准线的长度等于 40mm，另一条线段是可调的，如图2a和图 2b 所示。

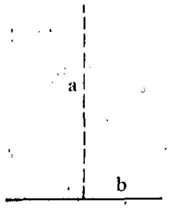

图2a

图2b

37名被试参加了测试。他们中大多数是大学生。观看是完全处于自然之中，没有时间的限制，直到满意地作出判断为止。测试是一个个被试进行的。主试的指导语如下：您认为垂直线比水平线“长得多”、“长一点”、“相等”、“短一点”还是“短得多”？有多大把握？(把握程度用 0 到10的不同数来表示，把握愈大，数字愈大；反之亦然)。假设回答是相等，接着可问：对于“长一点”和“短一点”，您是否完全不同意？如果回答为否，可进一步追问：你倾向于“长一点”还是“短一点”？有多大把握程度？照此发问，直此全部估量完毕。被试的估量可以直接打分，也可以用指定的若干形容词作答，然后由主试转换成分数。本文所采用的形容词与分数的转换关系如下：完全不赞成——0 分，很不赞成——1—2分，不怎么赞成——3—4分，难以表示赞成可否——5分，有点赞成——6—7分，很赞成——8—9分，完全赞成——10分。

错觉强度的定义如下：

$$\Delta\bar{x}=x-x_0>0 \qquad (1)$$

这里，$\Delta\bar{x}$ 表示平均的错觉强度，x为知觉量，x_0为实际“比值”。值得说明的是，“多法”对于

模糊现象测得的结果是一组数，而不是一个值。所以，x是各类别上反应量的总平均值。由于落入不同类别的反应点偏离实际量的程度不一样，这样，x应是 $x_i(i=1, 2, \cdots, n$类别$)$的加权平均值。它们的权数分别为$\mu(x_i)$。为保证权数之和等于 1，需除以规范化因子 $A_0=\sum\mu(x_i)$。于是式（1）成了式（2）

$$\Delta\bar{x}=\frac{1}{A_0}\sum x_i\mu_0(x_i)-x_0 \tag{2}$$

（注：脚标“0”是指与x_0相应的A及$\mu(x_i)$）具体计算错觉强度的范例见附录。

“多法”是根据类别判断的模糊集模型发展起来的一种量表法，有关它的理论、程序、性质等方面的细节可参看[6,7,8]。

表 1 列出了“多法”测量垂直-水平错觉的结果。图 3 示出的是“多法”测量平摆着的两条水平线段误差的结果。

在进行调整法测试时，每个被试调整 4 次，2 次从比较刺激长于标准刺激开始；2 次反之。任务是调整到两条线段看上去相等。得到的结果也列在相应的表 1 里和画在图 4 上。

表 1　多级估量法和调整法对完形“⊥”和“- -”的测量结果

被试号	多级估量法		调整法*		被试号	多级估量法		调整法	
	“⊥”	“- -”	“⊥”	“- -”		“⊥”	“- -”	“⊥”	“- -”
1	0.154▲	−0.789	7.000	−0.125	20	1.000	0.250	6.750	0.750
2	0.750	−0.533	11.125	−2.500	21	0.666	−0.600	10.250	−1.750
3	0.118	−0.188	2.800	−2.250	22	2.000	0.000	10.500	−3.250
4	1.412	0.000	15.000	−4.875	23	0.556	0.444	6.125	−2.000
5	0.375	−0.308	3.125	0.625	24	0.733	0.067	9.750	−3.625
6	1.474	−0.250	10.250	−1.125	25	0.864	0.000	6.000	−1.500
7	0.500	0.000	0.875	1.875	26	1.169	0.286	4.750	0.500
8	0.556	0.000	3.300	2.000	27	1.375	0.000	3.000	−0.500
9	0.500	−0.438	5.000	0.375	28	1.188	0.077	5.500	2.375
10	0.727	−0.273	4.625	0.500	29	1.278	0.111	10.0	−2.375
11	1.000	0.000	5.875	−1.250	30	1.563	−0.143	6.500	−0.500
12	1.444	0.000	4.250	−0.500	31	0.000	0.000	3.5	−0.250
13	1.375	−0.600	6.250	−0.375	32	0.789	0.056	5.000	−1.013
14	1.273	−0.091	6.625	0.625	33	0.667	−0.056	3.500	−3.125
15	0.750	−0.125	5.625	2.875	34	0.190	−0.056	1.000	−2.500
16	0.067	−0.111	1.875	−3.500	35	0.875	−0.143	7.000	−0.875
17	1.600	0.250	5.375	0.750	36	1.600	−0.375	4.000	−2.625
18	0.800	0.000	8.125	0.125	37	0.692	−0.571	5.500	−4.000
19	1.200	−0.133	6.000	−3.750					

* 调整法测得的Δx的单位为mm

▲ 错觉强度的统计值

利用积差相关公式，对37名被试使用“多法”和调整法测量的错觉强度求相关，结果为：

$$r=0.4257, \qquad P<0.01 \qquad df=35$$

这表明它们在测量垂直-水平错觉时有着非常显著的相关。

表 2　两种方法测得的$\overline{\Delta x}$和SD

方　　法	垂直-水平完形	
	$\overline{\Delta x}$(错觉强度)	SD (标准差)
“多　法”	0.8996 5.3976mm*	0.4940 2.9640mm
调整法	5.8500mm	3.0390mm

* 此值为$\overline{\Delta x}\times$6mm的结果。6mm是量表类别间距。

从表 2 可以看出：当量表类别换算成物理量来表示时，两法对该错觉完形的测试结果是非常接近的。

然而，从图 3 和图 4 所示出的数据点上，我们却很难看出有什么明显的系统误差。实质上，这些误差只不过是视觉比较长度时的差别阈。

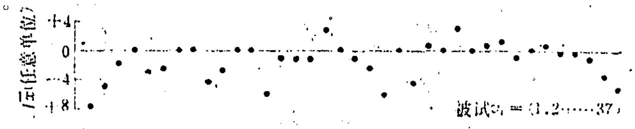

图 3　“多法”对完形“- -”测得的视觉误差

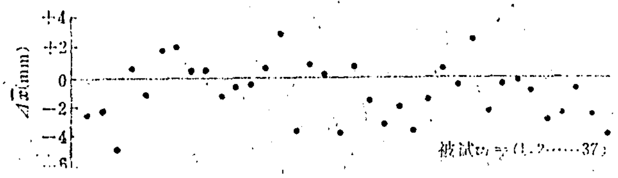

图 4　调整法对完形“- -”测得的视觉误差

2. 对垂直-水平错觉效应范围的考察

为了考察错觉效应的范围问题，我们在垂直-水平完形中始终保持垂直线段在水平线段的中央位置上[2]，仅改变两者的比值，具体地说，有0.55，0.70，0.85，1.00，1.15和1.30六个比值，从而得到六个同类型的刺激完形。试验依然采用“多法”。每个被试均需作完全部的完形。结果见表。

表 3　不同“比值”的垂直-水平错觉强度

各种“比值”	1.30	1.15	1.00	0.85	0.70	0.55
$\overline{\Delta x}$	−0.2868	0.4495	0.8996	1.171	1.0640	0.3863
SD	0.2222	0.3880	0.4940	0.6040	0.5006	0.3150

以各比值作横座标，它们的$\overline{\Delta x}$作纵座标，可画得图 5。

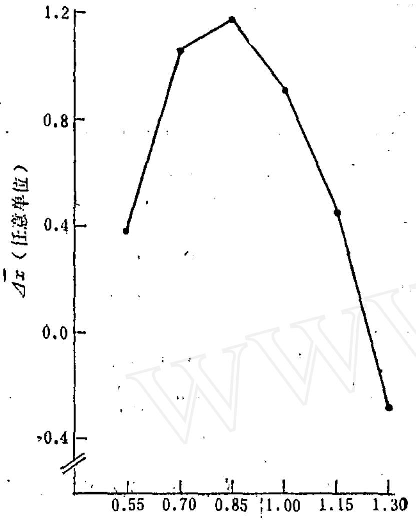

图 5　不同比值的垂直-水平错觉效应分布

从图 5 上的曲线可以清楚看出：经典的垂直-水平错觉效应有一个范围，在那里，错觉强度随着比值的不同而发生变化。当比值为0.85时，效应最大。这一事实说明在同一个错觉因素作用下，错觉强度存在着一个可能性分布。描述这样的分布，使用模糊集(合)是自然的、合适的。

三、讨　　论

上述获得的主要结果已经表明错觉是一个模糊现象。现在让我们从模糊集合论的角度讨论一下这一模糊现象的心理测量。

我们把视错觉量表看作论域U，量表上的五个类别，用这样的符号表示{≪，<，≐，>，≫}构成论域中的元素u_i。刺激完形与类别之间的符合程度(或赞成的程度、把握程度)被看作是定义在论域U上的一个模糊子集合$\tilde{A}$。用“多法”所做的心理测量，仅仅是为了获得模糊子集合的隶属函数$\mu_{\tilde{A}}(u)$。但是，本作者认识到在量表上所作的划分，实际上，并不是等距的和分明的。所说的、“短很多”、“短一点”这些量表类别，每一个都将引出一个模糊子集合。因此，这种划分的本身就是一重模糊集。如果可以这样理解的话，我们欲想作的这种心理测量，准确地说，应当是二重模糊集。

此外，在错觉效应分布的结果中，出现了一个负值。其涵意是什么呢？我们认为它好象表明在这一比值上所引起的错觉性质发生了变化，即原来那种效应不复存在了。但是，是否意味着反向的效应呢？本文没有获得这方面的试验证据，还待今后弄清楚。这里，我们只想讨论关于这里出现的负值问题是否真实可靠。现在至少不能排除这种可能性，即本研究给定的量表类别似乎少了点，以致于无法如实地反映极端的差异。也许可以这样设想，如果再给出一个“>>>”的类别，那点上的负值就不一定出现。因此，本作者不认为将那点作为错觉效应的临界点是可靠的。有可能负值的出现和所谓的端点效应有关。已有的资料证明接近量表端点的判断过程与中间的不同[9]。

四、结　　论

对于视错觉的测量而言，多级估量法和经典的心理物理法(调整法)同样有效。在“法”测量得到的数据基础上，错觉量可以定义如下：

$$\overline{\Delta x}=\frac{1}{A_0}\sum x_i\mu_0(x_i)-x_0$$

$A_0=\sum\mu_0(x_i)$；x_0为完形上的比较线段与标准线段之比；x_i是量表类别。

此外，本研究揭示了垂直-水平错觉的一个新事实：错觉强度随着两条线段的比值不同，而发生变化。当比值为0.8时，错觉强度最大。而且，每个比值的完形都可引出一个错觉效应的可能性分布。因而，错觉是个模糊现象。

参　考　文　献

〔1〕 Gregory, R. L, Scientific Amer., 219, 66—67,1968.

〔2〕 Kuennapas. T. M., J. Exper. Psycho., 49,134—140, 1955.

〔3〕 Fraisse. P and Vautrey. P, Quarterly J. Exper. Psycho., 8,114—126,1956.

〔4〕 Ciem. R. K and Pollack. R. H, Perception & Psychophysis 17,450—454, 1975.

〔5〕 Girgus. J. S., Cotrn., Durant, M., and Porac, C., Perception & Psychophysics, 18, 144—148, 1975.

〔6〕 马谋超、曹志强"类别判断的模糊集模型及多级估量法"心理学报 N.2,1983.

〔7〕 Mou-chao. Ma and Zhi-qiang. Cao, in"Approximate reasoning in decision analysis" edited by Sanchez. E & Gupta. M. M. North Holland 1982.

〔8〕 Mou-chao, Ma and Zhi-qiang, Cao, A genenal survey of systems methodology, addendum to volume 1,1036—1039, 1982.

〔9〕 Anderson, N. H., J. Experi. Psycho, 75,158—165(b)1967.

〔10〕 Parducci, A., & Perrett, L. F., J, Exper, Psycho., 89,427—452 1971.

NEW WAYS OF RESEARCH ON VISUAL ILLUSION

Ma Mou-chao　　　　Liu Lai-fu

(*Institute of Psychology, Academia Sinica*)　(*Mathematics Dept. Beijing Normal University*)

Abstract

A multistage evaluation method was used to measure visual illusion. It is evident that there is, on the one hand, a good correlation between the multistage evaluation method and classical psychophysical one for the measurement of vertical-horizontal illusion and on the other hand those data obtained by both methods were randomly distributed on the line of zero up and down for comparing the length of both horizontal lines exposed.

Strength of illusion was defined as follows:

$$\Delta x=\frac{1}{A_0}\sum x_i\mu_0(x_i)-x_0$$

$$A_0=\sum\mu_0(x_i)\quad x_i=\text{cetagories}(-2,-1,0,+1,+2)$$

x_0 = ratio of comparative line in length to standardized one in a configuration

The investigation of the vertical-horizonral illusion discovered that the strength of illusion varies with change in the ratio of comparative lines in length to the standardized one in the configuration. The illusion is strongest when the ratio is 0.8.

Furthermore, the results obtained also showed that each configuration in question had a distribution of possibility in strength of illusion. Whereby it is suitable to describe such distribution in fuzzy sets.

附 录

错觉强度Δx的计算

$$\Delta x=\frac{1}{A_0}\sum_{i=1}^{n}x_i\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_i)-x_0$$

例:

对于一个错觉完形$\perp_b^a(a=b)$,用多级估量法测得错觉的一个模糊子集的隶属函数如下:

x_i	-2	-1	0	$+1$	$+2$
$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_i)$	0	.035	.399	.757	.240

这里,x_i是错觉量表类别(≤,<,=,>,≥)的代表量,$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_i)$是错觉的可能性(Possibility)分布.

干是可以算得

$$A_0=\sum_{i=1}^{5}\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_i)=0+.035+.799+.757+.240=1.431$$

$$\Delta x=\frac{1}{A_0}\sum_{i=1}^{5}x_i\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_i)-x_0$$

$$=\frac{1}{1.431}((-2)\times0+(-1)\times0.035+0\times0.399+1\times0.757+2\times0.240)-0$$

$$=\frac{1}{1.431}1.202-0=0.8400$$