

# 汉字通透性算法以及对结构方式效应的解释

周新林

曾捷英

(中国科学院心理研究所, 北京 100101) (北京物资学院劳动人事系, 北京 100149)

**摘要** 在先前提出的汉字通透性算法中, 包括了水平通透性和垂直通透性, 而汉字作为整体, 其通透性也应该是一个整体, 所以, 当前研究对这一算法进行了更正, 然后运用新的算法对先前实验材料和基本汉字集(6724)中的配对上下字和左右字进行通透性分析, 证明了它的可行性。在实验研究中, 采用新算法选择实验用字, 以达到使上下字的通透性大于左右字的通透性或者使它们相等的目的, 以此为前提观察到了逆转的结构方式效应以及结构方式效应消失。这一实验结果表明, 结构方式本身并不影响汉字识别, 影响汉字识别的直接因素是隐藏在结构方式之下的汉字通透性。

**关键词** 汉字通透性, 汉字通透性算法, 结构方式效应。

**分类号** B842

## 1 引言

汉字通透性, 也称为汉字空间通透性, 指汉字笔画之间在水平和垂直方向上的距离<sup>[1~3]</sup>, 先前有关汉字视知觉研究表明, 采用它能较好解释结构方式效应(指左右字比上下字易于识别)<sup>[3]</sup>、部位部件效应<sup>[2]</sup>、变形汉字的笔画数效应以及常规的和逆转的结构方式效应(逆转的结构方式效应指上下字比左右字易于识别)<sup>[1]</sup>。这些研究表明汉字通透性是形成一些字形属性效应的基本原因。在过去汉字通透性的计算中<sup>[1]</sup>, 对于一个汉字, 有两个测量值, 即水平通透性和垂直通透性, 其较差值对汉字的识别起着决定性的作用。现在的问题是, 这两个测量值是分离的, 而汉字作为一个整体, 其通透性也应该是一个整体, 换言之, 也需要用一个值来表示。本研究将首先提出一个新的也是更为简单的算法计算整体的汉字通透性, 并运用它分析先前有关实验用字和基本汉字集中配对的上下字和左右字的通透性, 以检验算法的合理性。基本汉字集指《国家标准》基本集(GB2312-80)中的一、二级字共 6724 个汉字。在实验研究部分, 以结构方式效应为研究对象, 运用通透性算法, 从基本汉字集选择出满足一定条件的汉字, 考察无变形汉字的结构方式效应是否可以逆转与消失, 进一步检验汉字通透性在汉字字形属性效

应中的重要角色。

### 1.1 汉字通透性算法的更正

测量通透性离不开计算机的帮助。距离的测量单位为像素。当一个汉字显示在与计算机控制的屏幕上时, 实质上这一个汉字是由一定的像素点构成的。如果两个像素点之间可以进行水平或垂直连线, 那么它们将构成水平偶点对和垂直偶点对, 统称为偶点对。

在过去的通透性测量中, 通透性分为水平通透性和垂直通透性, 前者是所有水平偶点对之间距离的平均值, 后者是所有垂直偶点对之间距离的平均值。

用公式表示为:

$$\text{通透性}(T) \begin{cases} D_{\text{水平}} = \frac{\sum_{i=1}^m d_{\text{水平}}}{m} \\ D_{\text{垂直}} = \frac{\sum_{i=1}^n d_{\text{垂直}}}{n} \end{cases}$$

$m, n$  分别指水平和垂直偶点对数;  $d_{\text{水平}}$  和  $d_{\text{垂直}}$  指每一偶点对之间的距离;  $D_{\text{水平}}$  和  $D_{\text{垂直}}$  指所有偶点对距离的均值, 也即通透性。

在新算法中, 对汉字通透性不再进行水平通透性和垂直通透性的区分, 只有一个测量值, 其方法是对全部水平距离和垂直距离进行平均, 公式如下:

$$D = (d_i) / n$$

在上面的公式中,  $n$  指水平和垂直偶点对数;  $d_i$  指每一偶点对之间的距离;  $d_i$  为所有偶点对距离之和, 将其平均即得通透性。这一算法统一了汉字通透性, 有利于对汉字直接进行通透性分析。

以汉字“尖”为例, 通透性值是对希望汉字系统中的矢量字库 48 点阵黑体字测量的结果。它们的通透性值见图 1。



图 1 以 48 × 48 点阵“尖”为例图解汉字通透性(单位为像素)

## 1.2 先前实验材料的再分析

根据新的通透性算法对先前的实验材料再次进行检验。基本的汉字字模为 48 × 48 点阵, 黑体字, 来自希望汉字系统 DOS5.0 版矢量字库(后面的分析和实验均以此为基础)。共有三组实验材料。第一组有 76 个字<sup>[3]</sup>, 上下字和左右字各 38 个, 第二组有 44 个字<sup>[1]</sup>, 上下字和左右字各 38 个, 第三组有 24 个汉字<sup>[1]</sup>, 多笔字和少笔字各 12 个。以上三组汉字如下:“尖昂尘李旱杏秀皂香秃岑昆念岩贪盲肯岳妾皇泵皆歪耍恋甬恶贾晋斋恋挛晁章盘悉番粟 - 欢奸朴吹杜牡鸡灿坍驴肘坡炉坏妹歧软卧氓耐项砍峡烁趴珀殊烦晒鸭秤峨碎粗晚勘棵颊”、“秋残映砂段相神破耕核袖耗须济促律独绝耐振难流 - 荣穿贵某显思省素息笑笔恶类美帝首虽室弯家容夏”和“某类容显夏笑绝须破神耕振 - 云节击台召杀双打记叶汉欢”。

对于第一组汉字, 在先前实验中, 以 32 × 32 点阵方式呈现, 这里以 48 × 48 点阵为对象, 并不影响通透性对比分析, 也与当前研究中采用的 48 × 48 点阵字模一致。对于第二组和第三组实验用字, 在先前的实验中, 有六种呈现方式, 即 20 × 48、25 × 48、30 × 48、48 × 20、48 × 25 和 48 × 30 点阵, 前三种在水平方向压缩, 后三种在垂直方向压缩, 因水平方向压缩的不同程度或者垂直方向压缩的不同程度在通透性对比分析中趋势一致<sup>[1]</sup>, 所以只取两种较为严格的压缩方式即 20 × 48 和 48 × 20 点阵汉字进行分析。对三组实验材料的通透性测量结果见表 1。

表 1 先前三组实验材料的通透性测量(单位:像素)

实验用字(显示点阵)	汉字类型	通透性	
第一组字(48 × 48)	上下字	3.9(0.9)	
	左右字	4.7(1.1)	
第二组字(20 × 48)	上下字	4.5(0.6)	
	左右字	3.9(0.4)	
	(48 × 20)	上下字	3.5(0.4)
	左右字	4.3(0.6)	
第三组字(20 × 48)	少笔字	5.5(1.1)	
	多笔字	4.3(0.7)	
	(48 × 20)	少笔字	5.3(1.2)
	多笔字	3.9(0.3)	

对上面的测量结果在汉字类型间进行独立样本  $t$  检验。对于第一组字, 左右字的通透性好于上下字,  $t(74) = 3.41$ ,  $p < 0.005$ , 这与实验中观察到的结构方式效应是一致的; 对于第二组汉字, 水平压缩时, 上下字的通透性好于左右字,  $t(42) = 3.75$ ,  $p < 0.005$ , 这与实验中观察到的逆转结构方式效应是一致的; 垂直压缩时, 左右字的通透性好于上下字,  $t(42) = 5.09$ ,  $p < 0.001$ , 这与实验中观察到的结构方式效应是一致的。对于第三组字, 不论水平压缩还是垂直压缩, 均有少笔字的通透性好于多笔字的通透性,  $t(22) = 3.39$ ,  $p < 0.01$ ;  $t(22) = 3.98$ ,  $p < 0.01$ , 在实验中, 也是不论压缩方向, 都有少笔字的易于识别, 所以通透性与识别成绩也是一致的。

以上的分析表明, 通过新算法计算出的汉字通透性可以用于先前实验材料的分析。

## 1.3 对基本汉字集中匹配的上下字和左右字的通透性分析

这一部分将分析基本汉字集中全体匹配的上下字与左右字的通透性, 这一分析对于研究汉字结构方式效应与汉字通透性间的关系至关重要, 因为对于先前的实验用字, 左右字通透性好于上下字通透性, 这一特点是否是基本汉字集中全体匹配的上下字和左右字在通透性比较上的共同特点还需考察。如果是共同特点, 进一步说明通透性上的差异是结构方式效应的成因。

从 3 个角度比较上下字与左右字的通透性: 整体上分析、两部件汉字分析和 3 部件混合结构字分析。混合结构指一级结构为上下结构或左右结构, 二级结构为左右结构或上下结构, 这也意味着一级结构和二级结构相反, 例如:“绵”和“崩”, 前者的一级结构为左右结构, 左右两个部分为“纟”和“帛”, 二级结构为上下结构, 即“帛”分为上下两个部分“白”和“巾”; 后者的一级结构为上下结构, 上下两个部分

为“山”和“朋”，二级结构为左右结构，即“朋”分为左右两个部分“月”和“月”。

在基本汉字集 6724 个汉字中，上下字较少，以它为基础，对于每一个上下字，从 4263 个左右字中查找与之匹配的汉字，匹配的条件是：部件数和笔画数严格匹配，字频在上下字字频加减 1/4 字频的范围内，汉字像素数相差不超过 50。从三种角度匹配的汉字对数以及通透性测量结果见表 2。

表 2 基本汉字集中从不同角度分析的左右字和上下字通透性测量结果(单位:像素)

分析角度(字对数)	结构方式	通透性
整体分析	上下字	5.6(1.4)
(821 对)	左右字	6.1(1.5)
两部件字分析	上下字	6.3(1.5)
(311 对)	左右字	7.7(1.6)
3 部件混合结构字分析	上下字	5.5(1.7)
(156 对)	左右字	5.8(1.1)

注:对于三种角度,匹配汉字间通透性左右字为大和上下字为大的字数比例分别为 561256、23080 和 9660。

独立样本  $t$  检验表明(不采用相关样本  $t$  检验的原因在于所谓“匹配”的上下字和左右字只是相对的,也许还有很多潜在的字形因素和非字形因素影响汉字识别,既然配对不是非常严格,独立样本  $t$  检验可能更合适),对于三种角度,左右字的通透性均大于上下字的通透性,  $t(1640) = 7.45, p < 0.001$ ;  $t(620) = 6.34, p < 0.001$ ;  $t(310) = 2.37, p < 0.05$ 。在每一角度,匹配的上下字和左右字之间,在通透性上左右字为大的字对数,与在通透性上上下字为大的字对数比较起来,总是占有优势。这两方面的比较结合起来,说明在总体上左右字的通透性大于上下字的通透性。

#### 1.4 当前实验研究

当前实验研究的主要目的是考察通过通透性新算法计算出的通透性是否可以用于解释结构方式效应。结构方式效应在许多不同实验条件下都得到了重复,是一种比较稳定的汉字字形属性效应。例如,在整字加工的作业中,速示条件下的看写作业<sup>[4]</sup>与命名<sup>[2]</sup>,速示重复条件下的命名<sup>[2]</sup>,非速示条件下命名<sup>[2]</sup>,都观察到了结构方式效应;在部件加工的作业中,被试命名部件<sup>[5]</sup>,被试搜索目标部件<sup>[3]</sup>,也发现总体上左右字的部件比上下字的部件容易加工,尤其在被试搜索目标部件的正确否定反应中观察到了结构方式效应<sup>[3]</sup>。如何解释结构方式效应

呢?本文作者提出了基于汉字通透性的解释,即左右字的笔画距离显著大于上下字的笔画距离。利用通透性可以解释常规的结构方式效应(包括汉字无变形和有变形),还能够解释在变形条件下逆转的结构方式效应。现在的问题是,在汉字没有变形的条件下是否可以观察到逆转的结构方式效应呢?根据对基本汉字集中上下字和左右字的通透性分析,总有一些匹配的上下字和左右字,前者的通透性大于后者,所以,对于这些字对,就应该存在着逆转的结构方式效应。此外,逆转的结构方式效应并不能完全排除结构方式本身的作用,因为通透性的作用可以掩盖结构方式的作用,这是另一个需要解决的问题。为了考察结构方式的直接作用,将控制通透性的作用,即上下字和左右字的通透性相等;如果结构方式不发挥直接作用,结构方式效应将消失。目前有两个实验回答上面的问题。在实验 1 中,控制通透性不等,使上下字的通透性大于左右字的通透性,应该存在着逆转的结构方式效应,也即希望能够重复在汉字变形条件下的逆转的结构方式效应。在实验 2 中,将控制通透性相等,如果假设结构方式本身不发挥任何作用,就应该观察到结构方式效应消失。

## 2 实验 1

本实验的目的是在控制通透性不等的情况下,即上下字的通透性大于左右字的通透性,观察是否存在逆转的结构方式效应。

### 2.1 方法

2.1.1 被试 北京物资学院二年级大学生 12 人参加本实验,男女各半,视力或校正视力正常,实验结束后略付报酬。

2.1.2 材料 从基本汉字集中选择满足下面条件的上下字和左右字字对:部件数和笔画数相等,字频大于 0.02%,笔画数大于 6,上下字的通透性减去左右字的通透性大于 0.5,像素数相差不超过 100。共挑选出 18 对汉字,即“变菜盗否贺荒茎昆苗凭签荣虽芯杏英走足 - 制绿淋初叙恢怪岭刻滩淮炼洲诉韧该张护”。上下字的通透性为 7.17(±1.05),字频为 0.2536%(±0.3762),像素数为 942(±60);左右字分别为 6.07(±0.94)、0.2475%(±0.3755)和 949(±71)。经过独立样本  $t$  检验,上下字的通透性优于左右字,  $t(34) = 3.30, p < 0.01$ ,其余没有差异。

2.1.3 程序 要求被试识别呈现于计算机显示器

上的汉字,认出汉字就按键反应。采用重复速示实验范式。每一个刺激字以一个显示器刷新周期为呈现时间(约为 17ms),然后间隔两个刷新周期(约为 34ms)再呈现,直到被试作出反应。对每一刺激作出反应后,主试要求被试口头报告识别内容,主试将是否错误的情况输入计算机。在半暗室条件下进行实验。显示器的背景色为灰黑色,刺激字为灰白色,显示器的亮度是根据被试的视力状况确定的,其标准是对于 10 个 8 笔画字,每一个重复呈现 2 次,100%不能正确识别,当反复呈现 5 次时,正确识别达到 80%,非重复速示时能够 100%识别。

## 2.2 结果与讨论

对一个汉字的反应时间在平均反应时间加减 2.5 个标准差以外,对该字的反应视为错误。对上下字和左右字的识别时间分别是 1083(±346)和 1257(±435),错误率是 2.8%和 3.8%。被试分析中(配对样本  $t$  检验),对上下字的反应时间显著快于左右字, $t(11) = 2.42$ ,  $p < 0.05$ ,错误率没有差异;在项目分析(独立样本  $t$  检验)中,有时间上的差异, $t(34) = 3.22$ ,  $p < 0.01$ 。

上面的结果表明通过控制通透性不等,使上下字的通透性大于左右字的通透性,可以观察到逆转的结构方式效应。这重复了变形汉字中的逆转结构方式效应。

在挑选实验用字中,发现满足前面条件的配对上下字和左右字并不是很多,所以如果不是有意地根据通透性挑选,逆转的结构方式效应很难观察到。

对于目前实验,并不能完全说明结构方式本身不影响汉字识别,因为通透性的作用可能会掩盖结构方式的直接作用,下面的实验将控制上下字和左右字的通透性相等,考察结构方式效应是否能够消失。

## 3 实验 2

本实验将考察在上下字和左右字通透性相等的前提下,结构方式效应是否可以消失。

### 3.1 方法

**3.1.1 被试** 北京物资学院二年级大学生 14 人参加本实验,男女各半,视力或校正视力正常,实验结束后略付报酬。

**3.1.2 材料** 挑选汉字的方法与实验 1 基本相同,只是要求上下字与左右字在通透性上的差异不超过 0.5。共挑选出 18 对汉字,即“罢表柴穿费荒杰昆莜旁荣虽歪畏显音勇姿 - 秩制桥孩柄洁详彼胁娘秋映

籽狭砂耐柳络”上下字的通透性为 6.16(±0.76),字频为 0.2217%(0.4773),像素数为 960(±56);左右字分别为 6.18(±0.76)、0.1881%(0.3698)和 959(±66)。经过独立样本  $t$  检验,上面三种属性均没有差异。

**3.1.3 程序** 与实验 1 相同。

### 3.2 结果

对一个汉字的反应时间在平均反应时间加减 2.5 个标准差以外,对该字的反应视为错误。对上下字和左右字的识别时间分别是 1178(431)和 1142(329),错误率是 3.6%和 2.7%。在项目分析和被试分析中均没有显著差异。这一研究结果表明,在控制通透性相等的前提下,结构方式效应完全消失,这一结果意味着结构方式本身并没有影响汉字识别。

## 4 讨论

本研究首先提出了计算汉字通透性的新算法,并将它有效地用于先前实验用字的分析以及基本汉字集中上下结构和左右结构汉字的通透性分析。在两个实验中,运用新算法计算通透性,然后挑选满意一定条件的汉字,观察到了结构方式效应的逆转和消失。实验结果表明结构方式本身并没有影响汉字识别,而隐藏在结构方式之下的汉字通透性影响这一视觉加工过程。

通透性表示着一种汉字字形属性,实质为笔画之间或之内的距离。笔画之间的距离是很容易理解的,对于笔画之内,例如“乙”字,尽管只有一个笔画,实际上也存在着距离。通透性是刺激的物理特征。

结构方式效应是比较稳定的字形属性效应。在本文开始部分对上下字和左右字的通透性整体分析中,从整体上,结构方式对通透性有直接的决定作用,即左右字的通透性好于上下字,这一分析在一定程度上表明利用通透性能够解释结构方式效应。本研究 and 先前研究通过控制通透性,例如,使通透性逆转,即上下字的通透性好于左右字的通透性,或者使通透性相等,可以观察到逆转的结构方式效应或者这一效应的消失。这些结果直接证明了结构方式本身并不影响汉字识别,影响汉字识别的因素是隐藏在结构方式之下的汉字通透性。

根据已有的研究表明,通透性对汉字字形的知觉有着重要的影响作用,除了能够解释和预测各种条件下的结构方式效应以外,还可以解释和预测其

他类型的字形属性效应,例如笔画数效应,部位部件效应。笔画数效应是最为稳定的字形属性效应,值得重视。根据直觉,笔画越多,笔画间的距离越小,前面的关于汉字变形的分析也是充分说明了这一点。有理由假设,对通透性不作控制,很容易观察到常规的笔画数效应,大量实验证据表明事实上的确如此;如果有控制,例如使少笔画字的通透性小于多笔画字的通透性或两者相等,将会观察到笔画数效应的逆转和消失,当然,事实上是否这样,还需要实验去验证。

关于通透性概念,本研究主要关注笔画间的平均距离,实质上,还有一个因素需要深入探讨的,即对于两个汉字,通透性相等,但是,它们之间可能在笔画距离的均匀程度上有区别,例如一个汉字的笔画距离都为某个数,而另一个汉字的笔画距离有大有小,这种笔画距离均匀程度,试图采用笔画距离的标准差加以描述,因为标准差是说明变量的离散程度的,所以,这一特征称为通透离散性。本研究和先前研究都是基于通透离散性相等的前提下进行的,所以没有考虑这一因素。将来的深入研究需要探讨这一问题。根据直觉,在通透性相等的前提下,通透离散性是完全有可能影响汉字识别的。

汉字的识别,包括音形义三个方面,对于这三个方面,在无上下文的条件下,至少可以认为对部分形的知觉是音和义知觉的基础,形的知觉将会影响到音与义的知觉。通透性研究是关于字形知觉的研究,所以研究通透性问题,也为音和义的知觉研究提供了基础,换言之,揭示字形的知觉过程,有利于正确了解后续的知觉过程。例如,想了解整字知觉中是否存在着部件的声音知觉,就需要考察该部件的通透性,如果它的通透性显著好于其他部件,就很有可能存在着对该部件的声音知觉。

通透性的作用显然说明加工的自下而上性质,因为通透性是关于刺激的属性,刺激属性的作用在不考虑主观经验影响的前提下就属于自下而上的加工。

在局部加工和整体加工的争论中,Navon 采用了复合刺激<sup>[6]</sup>,例如,由小字母构成大字母,发现了大字母的加工优势,这被解释为整体特征优先。那么为何有整体特征优先呢?根据通透性也许可以提

供进一步的解释,即大字母比小字母有着更好的空间通透性,或者说整体特征比局部特征有着更好的视觉条件。这说明通透性的研究有利于探讨局部加工和整体加工之间的关系。

## 5 结 论

本研究对先前提出的汉字通透性算法进行了更正,然后运用新算法对先前实验用字和基本汉字集(6724个汉字)中的汉字进行通透性分析,证明是比较有效的。在实验研究中,根据一定条件挑选汉字,使上下字的通透性大于左右字的通透性或者使它们间相等,观察到了逆转的结构方式效应以及结构方式效应消失。

## 参 考 文 献

- 1 Zeng J Y, Zhou X L, Yu B L. Effects of construction way and stroke number in visual perception of transforming Chinese character (In Chinese). *Acta Psychologica Sinica*, 2001, 33(3): 204 ~ 208  
(曾捷英,周新林,喻柏林. 变形汉字的结构方式效应和笔画数效应. *心理学报*, 2001, 33(3): 204 ~ 208)
- 2 Zeng J Y, Yu B L. The effects of Chinese characters' construction under the tachistoscopic repetition and non-tachistoscopic conditions (In Chinese). *Psychological Science*, 1999, 22(4): 305 ~ 309  
(曾捷英,喻柏林. 速示重复和非速示呈现下的汉字结构方式效应. *心理科学*, 1999, 22(4): 305 ~ 309)
- 3 Zeng J Y, Zhou X L. The positional component effect on Chinese character recognition (In Chinese). *Psychological Science*, 2001, 24(3): 356  
(曾捷英,周新林. 汉字识别中的部位部件效应. *心理科学*, 2001, 24(3): 356)
- 4 Peng R X, Yu B L. Research on the recognition of Chinese characters with different structures (In Chinese). In *Collected papers on general psychology and experimental psychology*. Lanzhou: Gansu People Press, 1983. 182 ~ 194  
(彭瑞祥,喻柏林. 不同结构的汉字再认的研究. 见: *普通心理学与实验心理学论文集*. 兰州: 甘肃人民出版社, 1983. 182 ~ 194)
- 5 Yu B L, Feng L, Cao H Q. Visual perception of Chinese characters: effect of perceptual task and Chinese character attributes (In Chinese). *Acta Psychologica Sinica*, 1990, 22(3): 141 ~ 148  
(喻柏林,冯玲,曹河圻. 汉字的视知觉——知觉任务效应和汉字属性效应. *心理学报*, 1990, 22(2): 141 ~ 147)
- 6 Navon D. Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 1977, 9(3): 353 ~ 383

## MEASURE OF STROKE DISTANCE IN CHINESE CHARACTERS AND ITS APPLICATION TO EXPLAIN STRUCTURE EFFECT

Zhou Xinlin

Zeng Jieying

(*Institute of Psychology, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101*) (*Beijing Materials College, Beijing 100149*)

### Abstract

In previous studies, we proposed hypothesis that stroke distance accounted for the influences of various Chinese character forms on visual perception of Chinese characters. Stroke distance was measured in horizontal and vertical dimensions and represented with the two quantities: horizontal and vertical distance. In fact, the two quantities might be integrated in some way. A new algorithm aiming to integrate horizontal and vertical distance was proposed in this present paper. When a character was presented on a monitor controlled by a computer, the stroke distance was measured in pixel. The new algorithm could be represented with the following formula:  $D = (\sum d_i) / n$ , in which  $n$  referred to the number of two pixels that could be directly connected with a line in horizontal or vertical dimension and  $d$  referred to the distance between the two pixels. The new algorithm was advisable for analyzing characters used in previous experiments. It was also applied to analyze all the paired horizontally- and vertically-structured characters that were selected from the Basic Chinese Character Set (6724 characters). The results showed that, generally, the horizontally-structured characters had larger stroke distance than the vertically-structured characters regardless of the number of radical. Structure effect refers that people responded to the horizontally-structured characters with less time and greater accuracy than the vertically-structured characters. In previous studies, we presented the explanation based on stroke distance. The Present study further tested the hypothesis. Two experiments were conducted. In experiment 1, a group of paired horizontally- and vertically-structured characters with statistically equal stroke distance were selected by applying the new algorithm. Participants in a dimmed room were asked to identify the characters presented on the computer monitor as quickly and accurately as possible. The results showed that the influence of Chinese character structure on visual identification disappeared. In experiment 2, the algorithm was applied to a selected group of paired characters in which the distance of vertically-structured characters was larger than that of horizontally-structured characters. Under this condition, we found that the structure effect was reversed. Vertically-structured characters were easier to identify than horizontally-structured characters. The results obtained from these two experiments were compatible with the hypothesis that stroke distance contributed to the structure effect. Meanwhile, the new algorithm for measuring stroke distance of Chinese characters was found to be helpful.

**Key words** stroke distance, algorithm for stroke distance, structure effect.