文字の能動的触認知に及ぼす刺激の大きさの効果

山口短期大学 田 崎 権 一¹

The effect of size of stimulus letters on haptic letter recognition

Ken'ichi Tasaki (Yamaguchi Junior College, Hohfu, Yamaguchi 747-12)

To test the peripheral receptor spacing hypothesis (Phillips, Johnson, & Browne, 1983) 24 students partook in the experiment as the subjects, a half of which was males and the rest was females. There were two subject groups: group A was presented 26 upper case Roman alphabet letters and group K was presented 48 Japanese *katakana* letters. Each of stimulus letters was presented once at each size (3.0, 5.5, and 8.0 mm in height) to the right index finger tip. The hit rates of the *katakana* letter were less than those of the alphabet ($p < .01$). This result suggests that the peripheral receptor spacing could not be the only determinant in haptic recognition of letters. Possible causes of difference between the hit rates were discussed.

Key words: tactual perception, *katakana* letters, haptic letter recognition, pattern discrimination, stimulus size.

本論文における能動的触知覚とは、Gibson (1962) や Gordon (1978) がいうような能動的・探索的走査を伴う触知覚を意味し、haptic perception ともいわれ、また Phillips, Johnson, & Browne (1983) が実験の1条件とした“触走査のある条件”と同一のものである。

Phillips et al. (1983) は、彼らの視覚と触覚による文字認知実験から、“触覚と視覚による空間解像度 (spatial resolution) の限界は、末梢的受容器分布 (peripheral receptor spacing) によって規定され、いかなる中枢神経機制 (central neural mechanisms) にもよらないことが示唆される” (p. 248-249) としている。それは、触覚による空間解像度が皮膚内の触覚受容器の密度に大きく依存しているという考え (Johansson & Vallbo, 1979; Vallbo & Johansson, 1978) がアルファベットを刺激文字に用いた実験 (Phillips et al., 1983) で確認されたからである。彼らは被験者にアルファベット文字をその大きさ (3.0×3.0 mm から 8.0×8.0 mm) を変数として触覚的に識別させた。その結果、正同定率が50%を超えるには、触走査条件下では文字の大きさが4.0 mm 以上、静的触 (走査が無い) 条件では5.0 mm 以上が必要で、更に視覚の場合 (文字の大きさは視角で1.5' から3.0'), 正同定率が50%を超えるには視角にして2.2' 以上が必要であったという。50%の正同定率に達するのに要した刺激文字のこれらの大きさは、視覚と

触覚の何れの場合にも、約5個の受容器が分布する範囲を覆う大きさであり、そこに視覚と触覚との類似性が認められるとした。

もし Phillips et al. (1983) の仮説が一般的に妥当するものであれば、アルファベット以外の文字についても同様の結果が見出されるはずである。Saida, Shimizu, & Wake (1982) は135 mmの大きさのカタカナを人の腹部に受動的に呈示する実験を、和氣・和氣 (1988) は38, 82, 170 mmの大きさのひらがなを指と手掌に能動的条件下で呈示する実験を各々実施している。しかし、これらの研究は共に文字の大きさが38 mm以上の刺激文字を振動素子マトリックスによって呈示したもので、刺激文字の大きさの範囲も異なり、直接に Phillips et al. (1983) の結果と比較できない。Loomis & Lederman (1986) による最近の触知覚研究の展望においても、Phillips et al. (1983) の仮説検証の立場から、アルファベットやカタカナ文字の大きさを変数とした研究の紹介は皆無である。英語圏人のアルファベットと同様にカタカナは日本人に身近な文字であり、本実験では、カタカナ文字とアルファベット大文字を呈示し、Phillips et al. (1983) の結果と比較検討する。

方 法

被験者 この種の実験にはナイーブな短期大学学生の男女各12名合計24名。その内訳は、カタカナ呈示群 (以下、K群)、アルファベット呈示群 (以下、A群) の両群内で男女各6名宛計24名である。

¹ 本論文の執筆に当たり、広島大学教育学部 (現所属 広島経済大学) 吉岡一郎教授に原稿を見て戴いた。ここに記して感謝致します。

刺激文字と呈示装置 刺激文字としてカタカナ 48 字、アルファベット大文字 26 字を用いた。前者の方が同定の正再認率が低くなることが予想されるものの、Phillips et al. (1983) の考えの立場では、両文字数間の違いは正再認率へ決定的な影響はないということになる。文字の大きさは、Phillips et al. (1983) を参考にし、各々 3.0×3.0 , 5.5×5.5 , 8.0×8.0 mm の 3 段階とした。 3.0×3.0 mm の刺激文字は DYMO のネームプレート作成具 (テープ幅 9 mm) を用いて作成した。但し、カタカナ文字中、キとエはこの方法では作成できなかったもので、他の大きさの刺激文字と同様にして作成した。 5.5×5.5 , 8.0×8.0 mm のすべての文字と上述のキとエは、1500 番のサンドペーパーを約 0.7 mm 幅の線状に切断したものを用いて、予め各大きさの枠を描いた方眼紙上にその枠一杯になるように各文字を描いた。各刺激文字は、種類と大きさ別に、直径 600 mm の刺激呈示用円盤の円周縁上に貼付した。

呈示装置は、Austin & Sleight (1952) を参考に製作した。各刺激文字は、K 群の文字数 48 から算出した ($360^\circ/48 = 7.5$ 度角) の扇形に切り開いた刺激呈示口から 1 字だけが現れる。A 群でも同一の装置を用いた。

手続き 先ず被験者に安眠マスク (slumber shade) を着用させ、順応を兼ねてスピヤマン式触覚計 (竹井機器工業 KK 製) で同時的呈示の完全上下法 (上下系列各 4 回計 8 回) により、右手人差指先の 2 点閾を求めた。

引き続き実施した文字の能動的触知覚では、右手人差指先のみを自由に使わせたが爪の使用は禁止し、文字名の言語報告を求めて記録した。反応に際しては“正確に、速く”をモットーにするように促した。各刺激文字は 1 回だけ呈示され、正誤のフィードバックは与えられないこと、同一文字名による反応の反復が許されることを予め伝えた。特定の文字として明確に判断出来ない (迷っている) 場合には、最近似の文字を報告させた (強制反応事態)。右手人差指先が刺激文字面に触れた瞬間から計時を開始し、1 分経過した時点で 1 分過ぎたことを被験者に伝え反応を促した。ある大きさの文字すべての呈示が終了すると、他の大きさの文字が貼付されている別の刺激円盤と交換した。文字の大きさ群間での呈示順序効果は相殺されるように計画した。同一の大きさ内での文字の呈示順序は、ランダムとし、被験者間・内で同一になることもないようにした。

K 群の被験者にはカタカナ文字 48 種類が、A 群の被験者にはアルファベット大文字 26 種類が呈示されること、呈示文字総数は、K 群では ($48 \times 3 =$) 144 字、A 群では ($26 \times 3 =$) 78 字になることを予め口頭で伝えた。両群共、各文字の形 (特に K 群の“キ”と“エ”) がすべて思い出せるかを、文字知覚実験導入時に口頭で質問し、明確な返答が無い被験者には、一時安眠マスクを外

させ、開眼下でその文字を実験者が描いて見せて想起させた。

文字知覚の実験で、刺激呈示と反応がすべて完了するまでの所要時間は約 2 時間から約 5 時間であった。順応による皮膚感度の鈍化を防止するため、反応と次の刺激文字呈示までの僅かな時間に、右手人差指と親指を合わせて揉み、血行を良くするように教示した。

結果と考察

右手人差指先の 2 点閾値について、A 群 ($\bar{X} = 1.30$ mm, $SD = 0.28$ mm) と K 群 ($\bar{X} = 1.25$ mm, $SD = 0.27$ mm) の分散比による検定の結果、分散に差があるとはいえないので、分散分析を行った。その結果、2 群の 2 点閾値間に有意差は認められなかった ($F(1, 22) = 0.118$, ns)。両群の被験者間で空間知覚感度の差は無いといえよう。

Figure 1 には呈示条件ごとの文字の正再認率 (hit rates) の算術平均と標準偏差を示した。以下の分析においては、被験者ごとに文字の大きさ別に正再認率を角変換した値を用いた。K 群と A 群の正再認率について、

Figure 1. Mean hit rate and SD as a function of letter size.

文字の種類と文字の大きさの 2×3 の2要因分散分析の結果、主効果のみいずれも有意であった ($F(1, 66) = 43.14, p < .005$; $F(2, 66) = 47.68, p < .005$). このことからカタカナはアルファベットよりも再認が有意に困難であることが示された。A群の正再認数について文字の大きさ群間の組み合わせで積率相関係数を求めたところ、 $r_{3.0-5.5} = .64, p < .001, r_{3.0-8.0} = .59, p < .01, r_{5.5-8.0} = .77, p < .001$ でありすべて有意であった (すべて、 $df = 24$)。同様にしてK群の正再認数について文字の大きさ群間の組み合わせで相関係数を求めたところ、 $r_{3.0-5.5} = .75, r_{3.0-8.0} = .66, r_{5.5-8.0} = .79$ すべて有意であった (すべて、 $df = 46, p < .001$)。両文字群とも文字の大きさ変化に関わらず正再認傾向は安定しているといえよう。

カタカナとアルファベットを通して、文字の大きさが3.0, 5.5, 8.0 mm と大きくなるにつれて、文字の正再認率が総じて高くなり、両種の文字の触的再認が末梢部の受容器に依存していることが認められたが、Phillips et al. (1983) の仮説を部分的にしか支持しない結果となった。即ち、本実験における両群の正再認率を見ると、アルファベットに関しては彼らの結果と殆ど同程度であるが、カタカナに関しては文字のどの大きさにおいても正再認率がアルファベットよりも低下している。

Johansson & Vallbo (1979) や Phillips et al. (1983) の末梢的な感覚受容器密度依存の仮説がアルファベットの構造上の特質 (単位面積当りの刺激の複雑度等) に依存して成立しているのであれば、彼らの仮説は非常に限定された範囲にしか妥当しないということになるであろう。ただ Figure 1 の刺激の大きさ変化に伴う正再認率の推移において折れ線グラフの傾きに類似性が認められる。これは、Phillips et al. (1983) の仮説では刺激単位面積当りの一定の基準的な複雑さを暗黙の前提とし、複雑さが異なるカタカナの結果では差が出たものと思われる。

A と K の両群間に見られた正再認率の差の原因を明らかにするために、ここでは誤反応の傾向を取り上げる。各群の文字の大きさごとに、計6個の confusion matrices を作成した。刺激文字 (i) に対して文字 (j) を選択した場合の誤反応数を N_{ij} , その逆の場合を N_{ji} として、ある刺激文字と被選択文字との相互の類似度を、Loomis (1982) を参考に次式によって求めた。

$$N'_{ij} = N_{ij} + N_{ji} \quad (1)$$

N'_{ij} の値が高い主な組合せ ($N'_{ij} \geq 3$) 群は、K群の3.0 mm では(メイノ), (ニエユミエ), (セヒロヨヲラ), 5.5 mm では(ソン), (トreshツ), (ミヨ), (タクロウカケ), 8.0 mm では(ソン), (サカセフウ), (ヲヲ), (ナメ), (キキヤホ), (ミヨモ), A群の3.0 mm では(VY), (HMNW), (FP), (DOQ), (ES), (GC), 5.5 mm では(HMNW), (KXR), (VY), (IT), (EB), (EBSGQC),

(DOP), 8.0 mm では(GQR), (MWN), (KX), (BS), (DO) であった。混同され易い対の特徴として、その対内の一方が正再認され易い簡単な文字であることが多いように考えられる。この傾向は正再認困難な刺激文字が容易な文字へと誤って認知され易いことを示唆している。その逆方向の誤りは少ない。

文字の大きさは違っても誤反応の傾向は類似しているかどうかという誤反応の安定性をみるために、confusion matrix における off-diagonal cells の値の N_{ij}' (但し、双方が $N_{ij}' = 0$ の cells を除く) によって文字の大きさ間の相関係数を算出した。その結果、有意な正の相関が得られたのは、K群では $r_{3.0-8.0} = .139$ ($df = 358, p < .01$), A群では $r_{3.0-5.5} = .317$ ($df = 147, p < .001$), $r_{5.5-8.0} = .398$ ($df = 94, p < .001$) であった。誤って選ばれる(被選択)文字は、文字の大きさが変化すると、アルファベットでは安定しているが、カタカナでは変わり易く不安定である。カタカナの場合、この種の不安定さが誤反応時だけでなく、正再認時にも影響したのではないかと考えられる。カタカナの正再認時でも、内省報告においては正再認の確信度が非常に低かったからである。

以上から、アルファベット文字に対するカタカナ文字の正再認の困難性の原因として、アルファベットには正再認され易い構成要素 (少画数, 閉合の要因など) が多いが、カタカナには正再認を困難にする構成要素 (多画数, 十字交差, 直線の片側での2本以上の枝分かれなど) が多いという文字の構造上の問題, 類似した簡単な文字の存在, 呈示刺激文字数の多少の問題等が考えられる。今後の実験で検討したい。結論として、Phillips et al. (1983) の仮説は、刺激の大きさが限られた範囲内で、一定の複雑度を前提として、成立するものと考えられる。

引用文献

- Austin, T. R., & Sleight, R. B. 1952 Accuracy of tactual discrimination of letters, numerals, and geometric forms. *Journal of Experimental Psychology*, 43, 239-247.
- Gibson, J. J. 1962 Observation on active touch. *Psychological Review*, 69, 477-491.
- Gordon, G. (Ed.) 1978 *Active touch—The mechanism of recognition of objects by manipulation: A multidisciplinary approach*. Oxford: Pergamon Press.
- Johansson, R. S., & Vallbo, A. B. 1979 Tactile sensitivity in the human hand: Relative and absolute densities of four types of mechano receptive units in glabrous skin. *Journal of Physiology* (London), 286, 283-300.
- Loomis, J. M. 1982 Analysis of tactile and visual confusion matrices. *Perception and Psychophysics*, 31, 41-52.
- Loomis, J. M., & Lederman, S. J. 1986 Tactual per-

- ception. In K. Boff, L. Kaufman & J. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and human performance*. New York: Wiley. Pp. 31 • 1-31 • 41.
- Phillips, J. R., Johnson, K. O., & Browne, H. M. 1983 A comparison of visual and two modes of tactual letter resolution. *Perception and Psychophysics*, **34**, 243-249.
- Saida, S., Shimizu, Y., & Wake, T. 1982 Computer-controlled TVSS and some characteristics of vibrotactile letter recognition. *Perceptual and Motor Skills*, **55**, 651-653.
- Vallbo, A. B., & Johansson, R. S. 1978 The tactile sensory innervation of the glabrous skin of human hand. In G. Gordon (Ed.), *Active touch—The mechanism of recognition of objects by manipulation: A multi-disciplinary approach*. Oxford: Pergamon Press. Pp. 29-54.
- 和氣洋美・和氣典二 1988 “ひらがな”の能動触知覚における加齢の効果 神奈川大学心理・教育研究論集 第6号, 75-122.
- 1990. 10. 1. 受稿, 1991. 11. 9. 受理——