

学位論文

文字の能動的触運動知覚に関する
実験的研究

田 崎 権 一

目 次

第1章 問題と目的

第1節 触覚における能動的触運動知覚の位置づけ	1
第2節 文字の能動的触運動知覚に関する先行研究の問題点	3
第3節 本研究の目的	6

第2章 文字の能動的触運動知覚に関する実験的検討

第1節 能動的運動の効果に関する研究	9
1. 能動的触運動条件における文字知覚	
研究 I-1	10
2. 準静的条件における触的文字知覚	
研究 I-2	28
第2節 文字の能動的触運動知覚に影響する要因	35
1. 刺激の形態的複雑さと親密度の影響	
研究 II-1	35
2. カタカナの触知覚に及ぼす形態的複雑さの影響	
研究 II-2	41
3. 刺激セットの大きさの影響	
研究 III	46

第3章 総合的考察

第1節 本研究の成果と意義	66
第2節 今後の能動的触運動知覚研究に関する課題	72
引用文献	78
補足資料 (Appendix)	84

第1章 問題と目的

第1節 触覚における能動的触運動知覚の位置づけ

触覚を分類すると、皮膚感覚としての触覚 (tactile perception)、筋運動感覚 (kinesthetic perception)、これら両者を含む触運動知覚 (haptic perception) がある。他方、知覚者が、知覚状況下で、能動的か受動的かという問題がある。Loomis & Lederman (1986) によるハンドブックの触知覚 (tactual perception) の章では、これらの組み合わせにより、触様相は、さらに、(1) 触覚 (tactile perception)、(2) 受動的筋運動知覚 (passive kinesthetic perception)、(3) 受動的触運動知覚 (passive haptic perception)、(4) 能動的筋運動知覚 (active kinesthetic perception)、(5) 能動的触運動知覚 (active haptic perception) に分類されている。

Loomis & Lederman (1986) は、それぞれの様相において知覚者が利用可能となる情報のタイプを、(1) では皮膚情報 (cutaneous information)、(2) では求心性筋運動感覚 (afferent kinesthesia)、(3) では皮膚情報および求心性筋運動感覚 (cutaneous information plus afferent kinesthesia)、(4) では求心性筋運動感覚および遠心性コピー (afferent kinesthesia plus efference copy)、(5) では皮膚情報、求心性筋運動感覚および遠心性コピー (cutaneous information plus afferent kinesthesia plus efference copy) としている。刺激情報収集時における知覚者による遠心性制御は (1) ~ (3) では不可能で、(4) および (5) でのみ可能となる。本研究で扱うのは、(5) の分類概念に属する触知覚である。我々の日常生活における触情報のほとんどは、この能動的触運動知覚に依存しているとしても過言ではない。

Loomis & Lederman (1986) は、能動的触と受動的触の区別が Gibson (1962, 1966) によって強調されてきたことを指摘している。視覚系における網膜や聴覚系における基底膜とは異なって、能動的触 (active touch) は特定の単一の感覚受容器だけに依存するわけではないので、単一の感覚様相とするための基準を十分には満たしていないとされる (Gibson, 1966)。しかし、手による探索や情報収集の際の機能的に確固とした系として知覚現象は明らかであり、Gibson (1962) は、“haptics” という用語を用いた。また、Gibson (1962) によれば、能動的触の特徴は、能動的な制御を含む点にある。能動的探索時には、情報収集のための制御が可能であり、ある瞬間の感覚に注意しているのではなく、時間・空間を越えた刺激の不変性を探しているが、この触過程は、情報収集に制限が加わることにより根本的な変化を被るとしている。さらに、Neisser (1976) は、知覚は探索と情報収集の連続的過程であり、それは視覚にとって本来的であると思われるが、そういった主張は、触覚にも自明のこととして当てはまるとしている。

触覚の生理学的メカニズムについて、工学や神経生理学の領域である程度の成果がみられる。例えば、基礎的受容器として、順応の遅速と受容器の大きさによる分類 (SA I、SA II、FA I、FA II) と、従来から唱えられてきた終末器 (順に、メニエル触小体、ルフィニ終末、マイスナー小体、パチニ小体) との対応などが、かなり明らかにされてきた (Gordon, 1978; Klatzky, 1999; Sherrick & Craig, 1982)。しかし、知覚者が積極的にかかわる触覚の能動的側面に関する心理学的研究は遅れている。その原因として、触覚の日常的無意識性や、研究者が少ないことなどが考えられる。本研究では、能動的触運動知覚研究の一方法として、右手 (利き手) の人差指先の触に限定し、文字の触知覚を規定する要因

のいくつかを実験心理学的に検討する。このような研究は日常生活における触情報処理の解明に役立つと思われる。

刺激として文字を選んだのは、第2節で述べる末梢的要因（刺激情報の受容と分析の段階での影響）と中枢的要因（刺激情報と記憶情報との照合の段階で影響）の両方を操作し易いからである。文字刺激には形態の物理的特徴などの末梢的要因と意味など中枢的要因の両方が備わるという特徴があり、両方の要因を同一の刺激を用いて検討できるという利点がある。また、視覚的文字知覚に関する数多くの研究の結果と比較することによって、触的文字知覚過程の特徴を明らかにすることが期待できる。

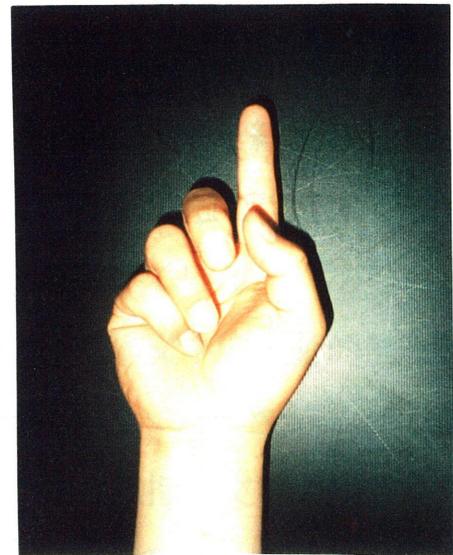


Figure 1. Index finger tip of right hand which was solely allowed to touch the stimuli in this study.

また、利き手人差し指先 (Figure 1) を用いた理由は、Johansson & Vallbo (1979)、Phillips, Johnson, & Browne (1983)、Vallbo & Johansson (1978) により、触覚による空間解像度に関わる皮膚内の触覚受容器密度が高いことが報告されていること、2点閾が低く鋭敏であること、および日常生活における道具として使用頻度や精度が高いという経験からである。

第2節 文字の能動的触運動知覚に関する先行研究の問題点

Gibson (1962, 1966) や Krueger (1982) は、立体や粗さの弁別を含む多くの種類の触刺激について、受動的触あるいは静的触よりも、能動的

触の方が認知成績が良いという実験結果を報告している。Katz (1925) と Krueger (1982) は、視覚にとって光が必要であるように、触覚にとっては運動が必要であるとしている。Gibson (1962) は、能動的触は客観的で正確で物理的世界に忠実な知覚 (objective and accurate, veridical perception) を生ぜしめるが、受動的触は主観的な感覚を経験させると論じている。Heller (2000) は、その例として、受動的触ではくすぐりを感じるが能動的触ではめったに感じないことを挙げている。

一方、Heller (1986a) は、その実験5において、文字の受動的触と能動的触の比較をおこなっている。12名の大学生に、大きさが60.0 mmのアルファベット大文字を、能動的触条件では人差指で文字の輪郭を能動的に辿らせ、受動的触条件では実験者が被験者の掌に描いた (POP, Printed-On-Palm)。その結果、刺激パターンが複雑で記憶負荷が大きい時には能動的触条件の成績がよかったが、簡単な刺激の時には、受動的触の方が能動的触よりも反応時間が短く成績も優れていたという。受動的触が能動的触よりも優れていたというこの実験結果は、従来の能動的触の優位性を報告した研究 (Gibson, 1962, 1966; Katz, 1925; Krueger, 1982) と一致しない。このような結果の不一致が見られるため、本研究において使用する文字刺激や実験方法についても、能動的触運動が触知覚に及ぼす影響について確認する必要がある。

文字刺激の能動的触運動知覚の過程は、末梢側の問題と中枢側の問題に区別することができる。末梢的要因は刺激の物理的特徴など入力情報に大きく依存したボトムアップ的処理で、中枢的要因は個人内でそれまで蓄積されてきた知識など長期記憶過程やパターン認知など大脳中枢過程に大きく依存したトップダウン的処理で、それぞれ作用するものである。言い換えれば、末梢的影響は「刺激を内的表象へ変形」する段階 (す

なわち、刺激情報の受容と分析の段階) で、中枢的影響は「貯蔵文字表象とマッチングさせ反応を選択する段階」(すなわち、刺激情報と記憶情報との照合の段階) で、それぞれ作用すると言えよう。これは、Lindsay & Norman (1977) がいうデータ駆動型情報処理 (data-driven information processing) と概念駆動型情報処理 (conceptually driven information processing) に対応するものと考えられる。

能動的触条件下でも、末梢的要因と中枢的要因のいくつかについて、検討が行われてきた。例えば、Phillips et al. (1983) は、人差指先による文字知覚に及ぼす刺激の大きさの効果を検討し、能動的触条件下でも静的触条件下でも同様に、刺激が大きいほど成績がよくなることを報告した。また、Loomis (1990) は、人差指先での文字の読みとり易さについて、文字の種類、文字のぼかしの程度、および文字セットの大きさを要因としたモデルを提案している。

これらの研究では、末梢的および中枢的要因のいくつかについて、個々に取り上げて検討している。しかし、能動的触運動知覚では、刺激の物理的特徴など感覚器からの情報入力というボトムアップ過程と、知識や予想に基づく探索というトップダウン過程が切り離されることなく働いている。したがって、能動的触運動知覚に及ぼす末梢的要因および中枢的要因を調べるためには、両者を組み合わせて検討する必要がある。

さらに、文字の能動的触運動知覚の研究は、ほとんど欧米で行われたものであり、日本人を対象とした体系的研究は無い。Loomis (1990) の実験 1 では、アルファベット大文字に比較して、カタカナの成績が悪いことが報告されており、その原因として、カタカナの字体の一樣さや中枢的制約因子 (a central limiting factor) の影響を指摘している。しかし、被験者がカタカナ非使用圏の人たちであり、文字の種類による成績

の相違が、刺激としての性質の違いによるのか、単に熟知度や親密度に基づくものなのかを推測する根拠がない。また、カタカナ 26 文字（チ～レ）に、アルファベット名で前もって labeling し反応させるという点も気になる問題点である。

第 3 節 本研究の目的

研究 I では、本研究で用いる刺激および触刺激呈示方法の条件下で、能動的触運動が文字知覚に及ぼす影響について調べた。また、Phillips et al. (1983) がアルファベットで報告した文字の大きさの効果がカタカナでも見出されるかどうかを確かめ、今後の実験で中枢的要因と組み合わせて効果を調べるための基礎データを得ることを目的として、末梢的要因の一つである文字の大きさが触的文字知覚に及ぼす影響について検討した。研究 I-1 では能動的触条件で、研究 I-2 では準静的触条件で、文字の触知覚実験を行い、両者を比較することで能動的運動の効果を評価した。また研究 I-1 の結果は、研究 II や研究 III との比較のためのベースラインとした。

研究 II では、研究 I で観察されたカタカナの正答率の低さが、アルファベットとカタカナの刺激としての複雑さや親密度の違いに起因するものであるかどうかを検討した。研究 II-1 では、視覚的な印象としての、文字の形態的複雑さおよび親密度を 7 段階評定で調べ、形態的複雑さや熟知度の平均評定値と、研究 I-1 の文字の能動的触運動知覚の成績（正答数）との間の相関係数を調べた。そこで見いだされた相関係数から正答率に影響したと考えられる要因について検討するために、形態的複雑さの刺激特性について操作的に形成した文字刺激群を用いて、さらに実験的に検討した。すなわち、研究 II-2 では、Loomis (1990) のカタカナ

実験と同等の条件を加え、文字の形態的複雑さが文字の能動的触運動知覚に及ぼす影響について検討した。これらの研究結果から、刺激の複雑さも親密度も、研究 I のアルファベットとカタカナの正答率の違いを説明できないことが分かった。

研究 III では、中枢的要因である刺激セットの大きさ（呈示される可能性のある文字の数）が能動的触運動知覚に及ぼす効果を、末梢的要因である文字の大きさの効果と組み合わせて検討し、刺激セットの大きさの違いが、研究 I におけるアルファベットとカタカナの成績の違いを説明する一つの要因であるか否かを検討した。刺激セットの大きさの要因は、Loomis (1990) も取り上げており、正答率に影響する有力な要因であると考えられる。

本研究では、文字の正答率を主たる従属変数としたが、それと同時に、混同行列 (confusion matrix) による誤答の分析をおこなった。これは、混同行列が、異なる条件下における触情報処理の異同を検討するための有効な手がかり（例えば、Phillips et al., 1983）となると考えたからである。正答率については算術平均を代表値として用いるが、誤反応については混同行列の off-diagonal cells の数値を使用する。この数値を使用し、刺激「*i*」に対する誤反応「*j*」の頻度と逆方向の刺激「*j*」に対する誤反応「*i*」の頻度を加算して、両刺激間の類似性に言及できる。Saida, Shimizu, & Wake (1982) や Kinney, Marsetta, & Showman (1966) ではアルファベットや数詞に関するこの種の研究で混同行列の具体例を掲載している。本研究でも混同行列を掲載する。混同行列を丁寧に眺めていると、正答の背景には誤答されない理由があり、誤答の背景には正答されない理由があるという状況が、混同行列の中に凝縮されているように思われる。正答と誤答の観点から同時に俯瞰的に理解できる方法といえよう。

なお、本研究では、測度として反応時間を採用しなかった。本研究で用いた文字刺激は、Phillips et al. (1983) の実験に基づき、知覚限界レベル (アルファベットの正答率にして約 50%) の大きさ (知覚が比較的困難な大きさ) を採用した。もし本研究で用いた大きさの文字刺激で、反応時間を測度とすると、正答率は著しく低下し、実験条件の操作があまり利かなくなり、その結果、条件間の比較が難しくなると考えられる。特に正答率が低いカタカナでは条件間の差が出にくく全体の成績はさらに低いままになるだろう。そのために本研究では、反応時間が約 1 分以内の強制反応事態で、速さよりも正確さを重視した実験状況を設定した。

第2章 文字の能動的触運動知覚に関する実験的検討

第1節 能動的運動の効果に関する研究

Katz (1925) と Krueger (1982) は、触覚にとっては運動が必要であるとしている。受動的触あるいは静的触よりも、能動的触の方が認知成績が良いという実験結果は多くあるが (Derevensky, 1979; Gibson, 1962, 1966; Heller, 1986a; Krueger, 1982) 、一方、どちらかの成績が優位になるかは、刺激の複雑さと記憶の負荷に依存するという報告もある (Heller, 1986a)。したがって、研究 I は、本研究で使用する文字刺激や実験方法について、運動の有無の効果を確認する目的で実施した。

ところで、Phillips et al. (1983) は、能動的触条件では静的触条件でも、刺激が大きくなるほど人差指先による文字知覚の成績がよくなることから、触覚による空間解像度が皮膚の触覚受容器の密度に大きく依存しているとする末梢的受容器密度依存の仮説 (Johansson & Vallbo, 1979; Vallbo & Johansson, 1978) の妥当性を主張した。彼らの主張が正しければ、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 et al. (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触条件で呈示する実験を、それぞれ実施している。しかし、彼らの実験では、38 mm 以上の大きさの文字刺激を、振動素子マトリックスにより呈示した結果であり、Phillips et al. (1983) の結果と直接に比較できない。

以上から、研究 I では、Phillips et al. (1983) の末梢的受容器密度分布規定仮説を検証するために、文字の触運動知覚条件に及ぼす刺激 (カタカナ刺激 48 字とアルファベット大文字刺激 26 字) の大きさの効果を、

第二の目的として調べるた。

1. 能動的触運動条件における文字知覚 (研究 I-1)

研究 I-1 では、能動的触運動条件での文字の触知覚に及ぼす刺激文字の大きさの効果を調べた。

方 法

被験者 参加した被験者はこの種の実験にはナイーブな短期大学学生男女各 12 名、計 24 名であった。被験者は、カタカナ文字呈示群 (男女各 6 名、計 12 名) とアルファベット大文字呈示群 (男女各 6 名、計 12 名) に分かれた。ただし、導入時に実施した 2 点閾の値が極端に大きい被験者は除外した (以下の実験においても、同様にした)。

刺激文字 刺激文字は、カタカナ刺激 (Phillips et al., 1983 から、大きさは、3.0、5.5、8.0 mm とした) 48 字 (アイウエオカキクケコサシスセソタチツテトナニヌネノハヒフヘホマミムメモヤユヨラリルレロワヰエヲン)、アルファベット大文字刺激 (大きさはカタカナ文字刺激と同じ) 26 字 (ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ) があつた。

実験条件 実験条件は、文字の種類 (カタカナ、アルファベット) と文字の大きさ (3.0、5.5、8.0 mm) の 2 要因があつた。文字の種類は被験者間変数、文字の大きさは被験者内変数とした。

刺激の作成方法 カタカナとアルファベットの刺激文字のうち、5.5×5.5 mm、8.0×8.0 mm の大きさの文字すべてとカタカナ 3.0×3.0 mm の“キ”と“エ”については、1500 番のサンドペーパーを約 0.7 mm 幅の線状に切断した材料を用いて、あらかじ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き、接着剤で固定した。カタカナの“キ”と“エ”以外の 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。各文字刺激は、種類と大きさ別に、床板を円形に切断した刺激呈示用円盤の円周上に貼付した。文字の種類 (2) × 文字の大きさ (3) で、6 枚の文字刺激盤を作成した。

装置 呈示装置 (Figure 2) は、Austin & Sleight (1952) を参考に製作した。刺激呈示用円盤 (Figure 3) は、刺激呈示装置に組み込んで使用した。各文字は、カタカナ刺激文字数 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。実験装置は Figure 4. の写真に示すようにセッティングした (以下の実験でも同一の装置を用いた)。

手続き 実験はすべて個別に実施した。安眠マスク (slumber shade) を着用 (blindfolded) 後、先ず 2 点閾を測定した。被験者の右手人差指先の頭部先端から 5~10 mm の腹部 (縦・横を交互に) の 2 点閾を、実験者がスピアマン式触覚計 (竹井機器工業 KK 製) で、0.5 mm のステップで測定した (同時的呈示で完全上下法により、上下各系列 4 回計 8 回)。感覚印象と言語報告の内容との不一致を防ぐために、『1 点』と『2 点』については明確な印象に基づいて答えるように伝えた。その他の場

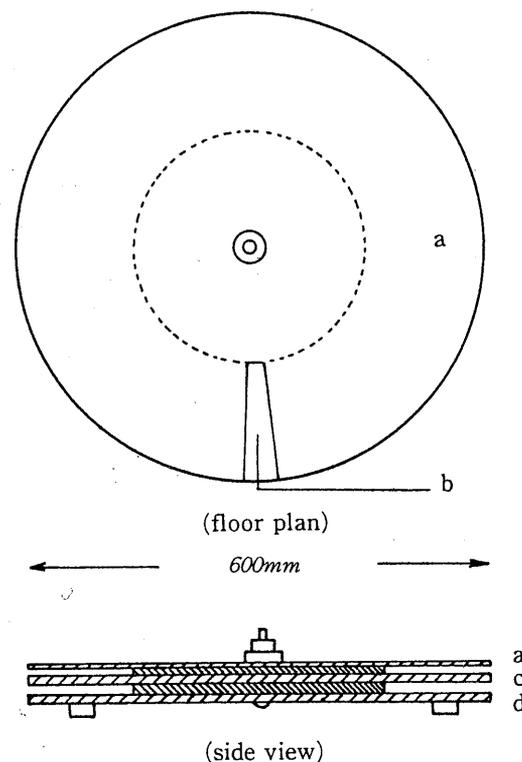


Figure 2. Apparatus for stimulus presentation.

- a: Shielding disk
- b: Opening for stimulus to appear
- c: Stimulus disk
- d: Bottom foundation

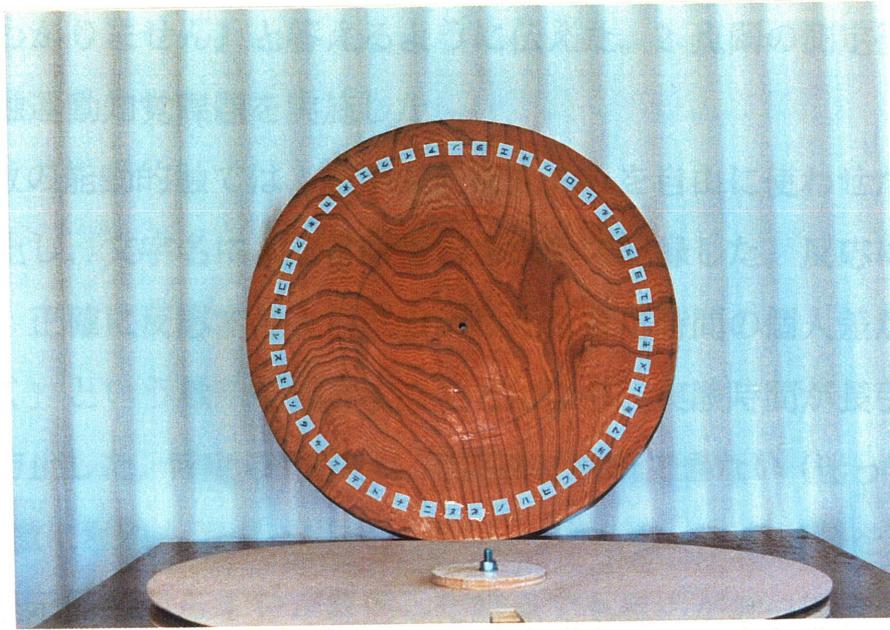


Figure 3. Stimulus disk of Katakana letters in the height of 8.0 mm.

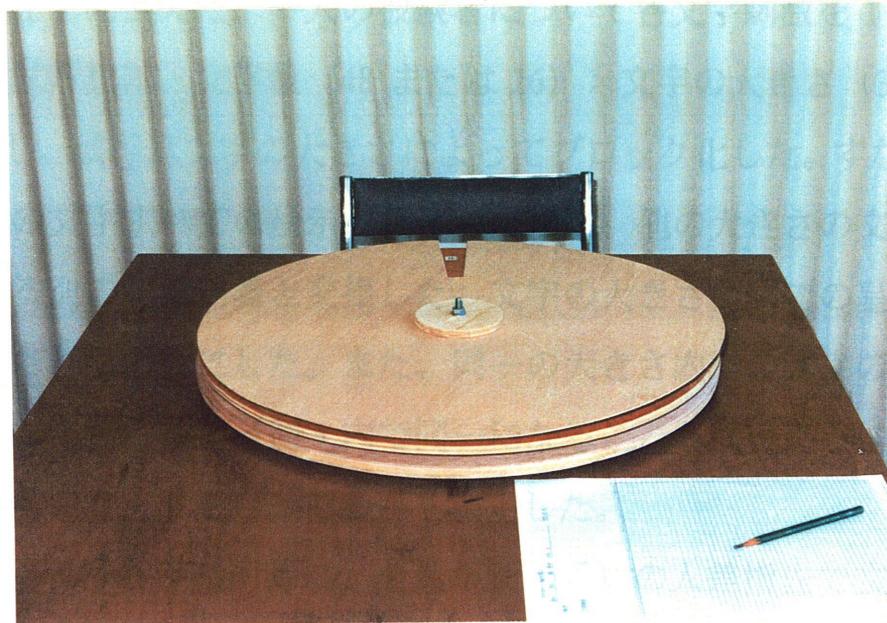


Figure 4. Scene of haptic perception of letters in the laboratory.

合には『わかりません』と答えるように伝えた。2点閾の測定後、文字の能動的触運動知覚課題を実施した。

文字刺激の能動的触では、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、文字名による言語報告を求めて記録した。反応に際しては、早く、正確に反応するように教示した。反応時間の個人差が大きいので「早く」という教示を追加することにより、実験時間が長引くことと疲労を防止した。特定の文字として明確に判断できない(迷っている)場合や、刺激に触れた瞬間に実験者がストップウォッチで計時を開始し、その刺激呈示開始から1分が経過した時点でも反応が無い場合、経過時間を知らせ知覚内容に最近似の文字名でも可として反応を求めた(強制反応事態、以下の実験でも同様)。反応の様子によっては、反応直後に手がかりや確信度を質問した。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。一人の被験者について各文字刺激を1回ずつ呈示し、総試行数は、文字数(48または26)×文字の大きさ(3)であった。ただし、試行は文字の大きさによってブロック化した。すなわち、ある大きさの文字すべての呈示が終了した後に、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した。また、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、その都度、文字名のカードをきって順序を決定した。

以上、被験者は右手(同時に、全員が利き手)の人差指先で文字面を能動的に触れ、文字名による言語報告で反応した。文字知覚の実験では、反応時間の個人差が大きく、刺激呈示と反応のすべてが完了するまでの所要時間は約2時間から約5時間の幅があった。順応による皮膚感度の

鈍化を防止するために、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指示した。

カタカナ文字呈示群ではカタカナ 48 文字について文字のある大きさについて 1 字ずつ呈示し、その大きさの 48 文字の呈示が終わると別の大きさのカタカナ刺激呈示用円盤と交換すること、呈示文字総数は (48 × 3) 144 字になることを予め伝えた。また、カタカナ文字呈示群では“**キ**”“**エ**”を含めて、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、一時的に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。

アルファベット大文字呈示群でも同様に呈示文字総数は (26 × 3 =) 78 字であることなどを予め伝えた。

測度 測度は正答数とした。また、誤反応を混同行列上に記録した。

結 果

2 点閾 右手人差し指先の 2 点閾値について、カタカナ呈示群 (算術平均 = 1.25 mm, $SD = 0.27$ mm) とアルファベット大文字呈示群 (算術平均 = 1.30 mm, $SD = 0.28$ 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かったため、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 ($F(1,22) = 0.11, ns$)。よって、両群の被験者間で空間知覚感度の差を考慮する必要は無いと考えられる。

研究 I -a で得られた 2 点閾のこの数値は、Weber (1826/1978) や Weinstein (1968) による同部位での 2 点弁別閾測定値 (約 4.0 から 4.5 mm) に比べてかなり小さい。Weber (1826/1978) や Weinstein (1968) らは 2 点としての印象が明瞭になる点を測定しているが、本研究での測定値は 50% の確率で 2 点として知覚できる測定器先端間の距離に相当す

る。両測定値の差は主に測定基準の違いなど測定方法上の差異によるものと考えられる。

正答率の分析 正答率 (hit rates) は、3.0 mm、5.5 mm、8.0 mm の順に、カタカナでは21.0%、35.0%、54.0%、アルファベットでは38.0%、54.0%、79.0%であった。Figure 5 に、正答率と標準偏差を図示した。

分析においては、被験者ごとに文字の大きさ別に正答率を角変換した値を用いた (以下同様)。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、主効果のみ何れも有意であった (文字の種類: $F(1,66) = 43.14, p < .005$; 文字の大きさ: $F(2,66) = 47.68, p < .005$)。両文字共に文字の大きさの効果が確認され、文字の大きさは、文字刺激の能動的触運動知覚の重要な規定因であることがわかった。またアルファベット大文字刺激の方がカタカナ文字刺激よりも、正答成績が有意に優れていた。

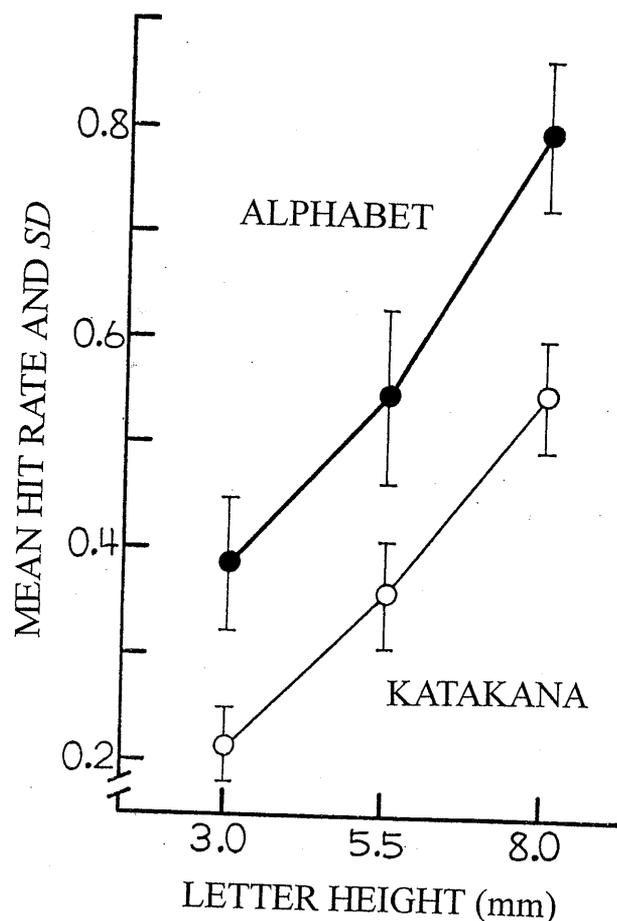


Figure 5. Mean hit rates and SDs as a function of letter height.

正答数について、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、カタカナ呈示群では、 $r(3.0-5.5) = .75$ 、 $r(3.0-8.0) = .66$ 、 $r(5.5-8.0) = .79$ ですべて有意であった (すべて、 $df = 46, p < .001$)。同様にして、アルファベット大文字呈

示群では、 $r(3.0-5.5) = .64$ 、 $r(3.0-8.0) = .59$ 、 $r(5.5-8.0) = .77$ であり、すべて有意であった ($df = 24$, 確率は順に $p < .001$, $p < .01$, $p < .001$)。両文字群とも文字の大きさが変化しても正答傾向 (文字による成績の違い) は変化せず安定しているといえよう。

誤反応の分析 カタカナとアルファベット大文字の両群間にみられた正答率の差の原因を明らかにするために、誤反応の傾向を分析する必要がある。文字の種類 (2) と大きさ (3) の組み合わせから計 6 つの混同行列を作成しそれぞれにおける *off-diagonal cells* の値を調べた。すなわち、Loomis (1982) を参考に、次式 (1) から、ある刺激文字と被選択文字との相互の類似性を求めた。

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

N_{ij} は刺激文字「 i 」に対して「 j 」と反応した頻度数であり、 N_{ji} は刺激文字「 j 」に対して「 i 」と反応した頻度であり、 N'_{ij} は両者の和になる。すなわち、混同行列の中で *diagonal cell* (対角線) に対して、対称的な位置に相当する *cells* 同士の和に当たる。 N'_{ij} が高い主な組合せ (ここでは相対的に頻度が高い目安として、 $N'_{ij} \geq 3$) は、カタカナでは 3.0 mm で、(メイノ)、(ニエユミエ)、(セヒロヨヲラ)、5.5 mm で、(ソン)、(トレシツ)、(ミヨ)、(タクワウカケ)、8.0 mm で、(ソン)、(サカセフウ)、(ラヲ)、(ナメ)、(キキヤホ)、(ミヨモ)、アルファベットでは 3.0 mm で、(VY)、(HMNW)、(FP)、(DOQ)、(ES)、(GC)、5.5 mm で、(HMNW)、(KXR)、(VY)、(IT)、(EB)、(EBSGQC)、(DOP)、8.0 mm で、(GQR)、(MWN)、(KX)、(BS)、(DO) であった。これらの組み合わせは、後述のクラスター分析の結果 (樹状図 *dendrogram*) でも類似度の高いことが確認された。文字の大きさ 3.0、5.5、8.0 mm を集計した混同行列を、カタカナは Table 1 に、アルファベット大文字は

Table 2
Confusion matrix of active haptic perception of upper-case alphabet letters: pooled data of 3.0, 5.5 and 8.0 mm ($S_s = 12$)

		R e s p o n s e																										Total		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	Total		
S t i m u l u s	A	29								1		1	1						2	1	5		1		1			36		
	B		13	1	5	4	2	1											2	1	5		1	1				36		
	C			30			2		2				1											1					36	
	D				16	1											16	1	1	1									36	
	E			5	1	1	23	1	1				1	1								2							36	
	F		2		1	1	2	20				2	1	1					4			1	1				1		36	
	G			3	3					13								1	1	9	2	4							36	
	H		1	1		1	1		2	12					1	7	4				1				2	1	1		1	36
	I										36																			36
	J				1	2						27			2					1	4	1		2						36
	K		1	1			1	2		1	2	1	15	1	1	2					4	1				1	5			36
	L				3		1			1	1		30																	36
	M		1				1	1		9	1			2		5	3		1	1			1	3	7					36
	N			2						3				2		1	21								1	5				36
	O		1		3	1											30		1											36
	P			2	2	3		2					1					2	19	1	1	1			1	1				36
	Q				2	3	1										6	1	14	4	1				1	1				36
	R		3	3		1	1	1	3				1			1	1	3		17							1			36
	S			5	3	2	5		3			1		1		3	2	3	1	6					1					36
	T			1			1				5			2								1		22					3	36
	U											1					2					1			31	1				36
	V			1					1							2	5		3		1			1	30			3		36
	W			1	1		1			3		1				1	5				1		1	3	2	11		1		36
	X		1	1		1	1				1		4		1			1		1		1	1		1	20	1			36
	Y					1									1									10				23		36
	Z		1	2			4	1							1							2						25		36
Total		40	42	51	37	47	31	31	27	46	33	29	40	20	36	63	40	36	36	19	26	40	50	29	28	32	27	936		

Table 2 に示した。

文字相互混同の特徴として、正答され易い（簡単な）文字へという方向性が挙げられる。その逆方向での誤りは少ない。この傾向は正答困難な刺激文字が容易な文字へと過って認知されやすいことを示唆している。

文字の大きさは異なっても誤反応の傾向は類似しているのかどうかという誤反応の安定性をみるために、文字の大きさ間で N'_{ij} （但し、双方で $N'_{ij} = 0$ の cells を除く）の積率相関係数を求めたところ、有意な正の相関が得られたのは、カタカナ文字呈示群では、3.0-8.0 mm 条件間で $r = .139$ ($df = 358, p < .01$)、アルファベット大文字呈示群では、3.0-5.5 mm 条件間で $r = .317$ ($df = 147, p < .001$) と 5.5-8.0 mm 条件間で $r = .398$ ($df = 94, p < .001$) 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と言える。

Kikuchi, Yamashita, Sagawa, & Wake (1979) が用いた方法と同様にして、文字 “i” と “j” の類似性を次式で求めクラスター分析を行った。クラスター分析の樹状図のうち、5.5 mm のカタカナのものを Figure 6、アルファベット大文字によるものを Figure 7 に示す。

$$S_{ij} = f_{ij} / \sum f_{ij} + f_{ji} / \sum f_{ji} \quad (2)$$

文字の大きさごとに MDSCAL (Multidimensional scaling) 分析を実施したところ、適切な次元を決定する目安となる急激な変化は Figure 8 には見あたらないが、stress 値と次元数との関係からカタカナでは 5 次元、アルファベット大文字では 4 次元辺りが限度と考えられた。結果を、Figure 9～Figure 12 に示した。カタカナの 3.0 mm では第 1 次元は「十字交差」、第 2 次元は「水平の平行線」、第 3 次元は「閉合」、第 4 次元は「画数 (複雑さ)」、第 5 次元は「要素の多さ」、5.5 mm では同様に「十字交差」、「水平の平行」、「閉合」、「左側開放」、「点と斜線」、8.0 mm では「十字交差」、「水平線の数」、「角度」、「水平平行」、「閉合」と命名できる次元が見つかった。また、アルファベットの 3.0 mm では、第 1 次元は「開放 (閉合)」、第 2 次元は「角度」、第 3 次元は「垂直な平行線」、第 4 次元は「直線 (曲線)」、5.5 mm では同様に「直線 (曲線)」、「垂直な平行線」、「角度」、「十字交差」、8.0 mm では同様に「十字交差」、「角度」、「垂直な平行線」、「閉合」と命名できる次元が見つかった。そのほかカタカナでは、画数、右下への終筆、点と直線の対比など命名できそうな次元がそのあとに続いていた。今回の大きさの刺激でも、ゲシュタルト心理学者 Wertheimer (1923) が唱える体制化の法則のうち「閉合」の要因が大きく働くことが分かった。

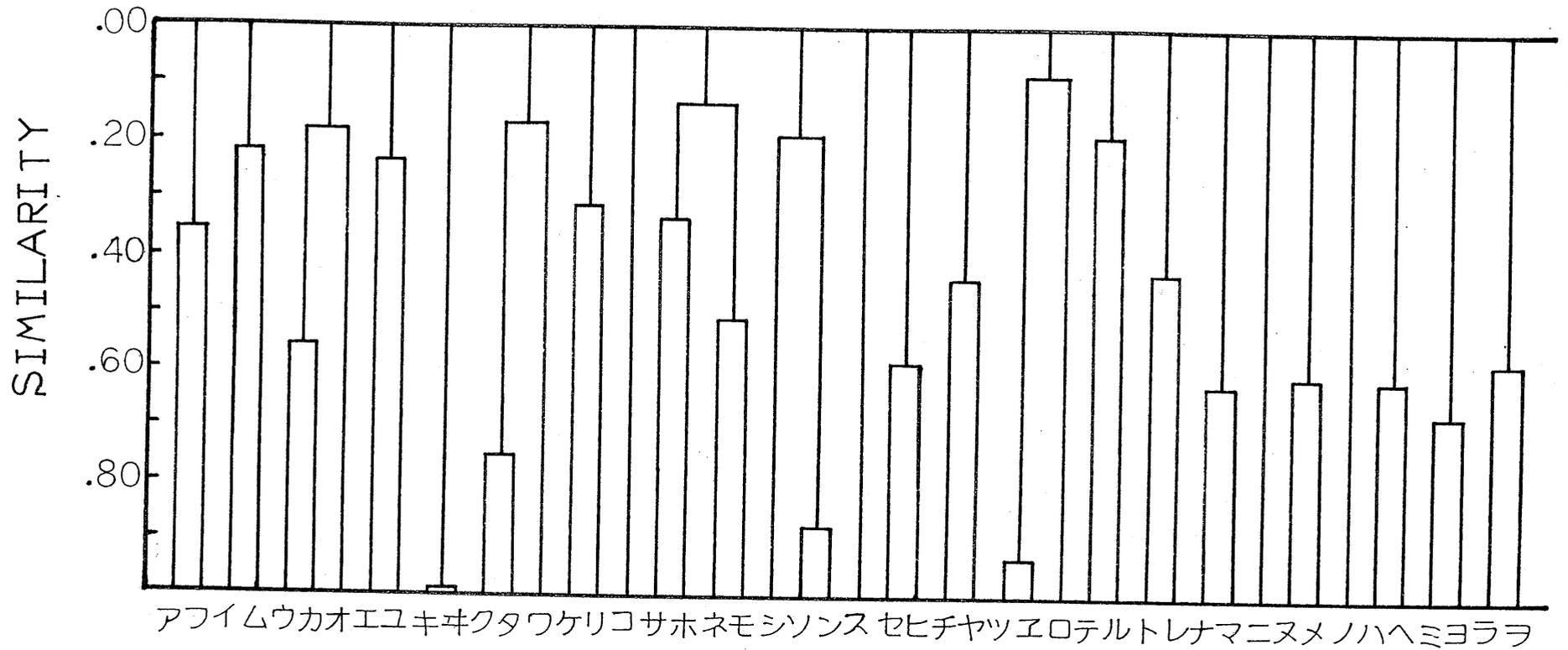


Figure 6. Hierarchical cluster analysis for active haptic perception of Katakana letters whose height is 5.5 mm ($S_s = 12$). In order to confirm those of other height, please see the appendix at the end of this book (Figures A-1, A-2).

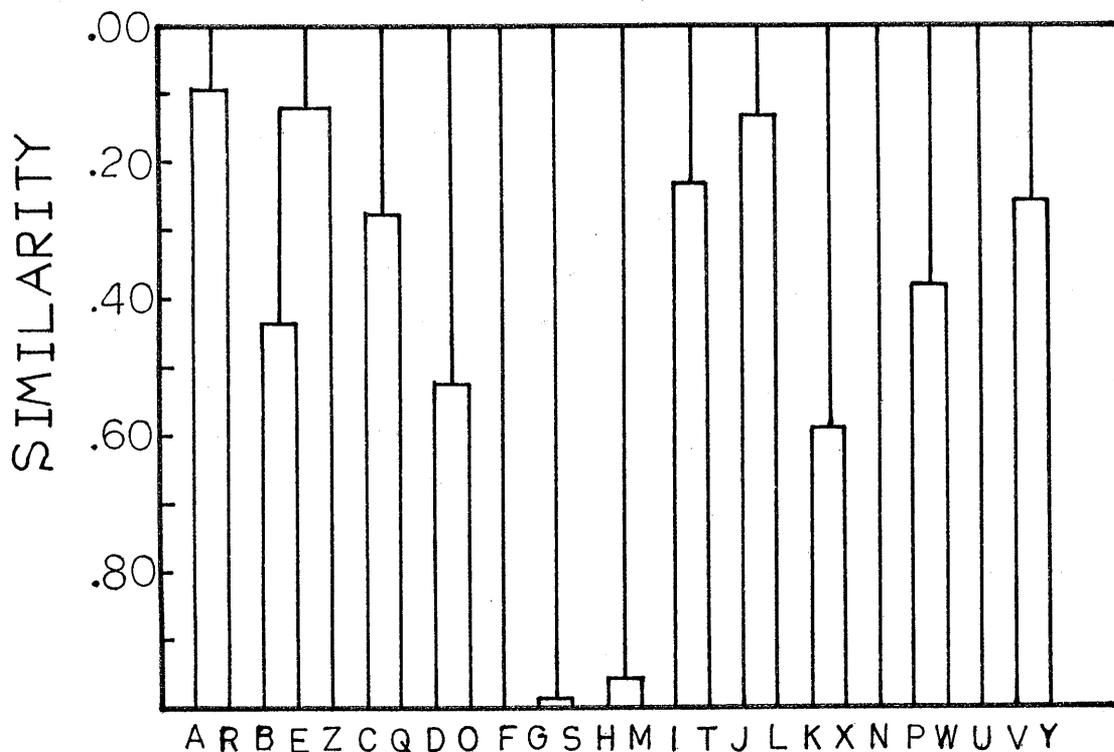


Figure 7. Hierarchical cluster analysis for active haptic perception of upper-case alphabet letters whose height is 5.5 mm ($S_s = 12$). In order to confirm those of other height, please see appendix at the end of this book (Figures A-3, A-4).

考 察

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、8.8 mm と大きくなるにつれて、文字の正答率が総じて高くなった。この結果は、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を示唆する。しかし、両文字群の正答率を見ると、アルファベットに関しては Phillips et al. (1983)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答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（単位面積あたり

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 5 の刺激の大きさ変化に伴う正答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、文字知覚の成績を決める要因として、感覚受容器の分布という生体側の末梢的要因は存在するが、文字の複雑さなど他の末梢的要因や、後述する中枢的要因がそれと加算的に影響し、実際の成績を決めることを示しているものと思われる。

アルファベットとカタカナの成績の差の原因を探るために誤反応の分析が参考となる。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、正答時にも影響したのではないかと考えられる。カタカナでは正答時でも、内省報告においては正答の確信度は非常に低かったからである(両文字群とも、確信度は10~50%と答える被験者が多かった)。

Kikuchi et al. (1979) はアルファベットの大文字を17×17個の振動素子により人間の背中に呈示し、その結果を、クラスター分析(clustering analysis) と MDSCAL (non-metric multidimensional scaling) の多変量解析により分析している。その結果、アルファベット大文字では、閉じた形、垂直の平行線、線間の角度の3次元を見出している。本研究の刺激の大きさや刺激部位は彼らとは異なるが、比較的類似した次元が得られた。

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答困難の原因として、アルファベットには正答され易い構成要素の、少画数、閉合の要因(Becker, 1935)が多いが、カタカナには正答を困難にする構成要素の、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などが考え

られる。また、研究 I-1 で用いたアルファベットとカタカナでは刺激セットの大きさが異なっており、これが成績に影響したことが考えられる。Loomis (1990) は、フィルターでぼかした文字の視覚認知実験 (実験 3) において、アルファベット大文字 26 文字を最大範囲の文字セッ

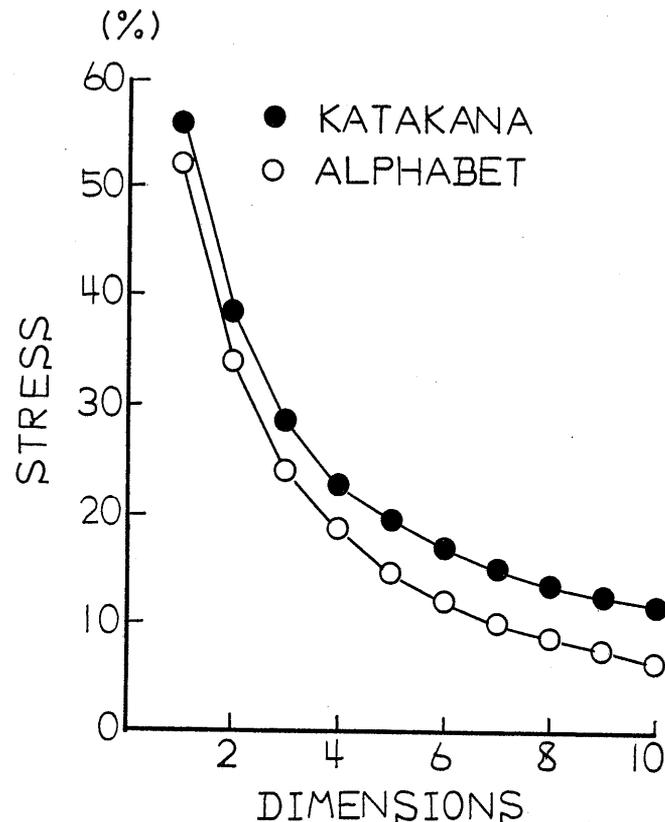


Figure 8. Stress as a function of dimensions.

トとし、13 文字のセット (A~L、M~Z の 2 群) と、7 文字のセット (A~G、M~S の 2 群) を呈示したところ、文字セットの大きさが小さくなるほど、遂行水準は高くなったという。Loomis (1990) の実験 3 と本研究では、刺激モダリティが異なるが、Heller (1986a) が能動的触に対する優位性の有無を決定する要因として挙げた記憶負荷のような中枢的影響によって、触知覚においても刺激セットの大きさが文字の知覚に影響を及ぼすことが考えられる。これらの問題については、以下の研

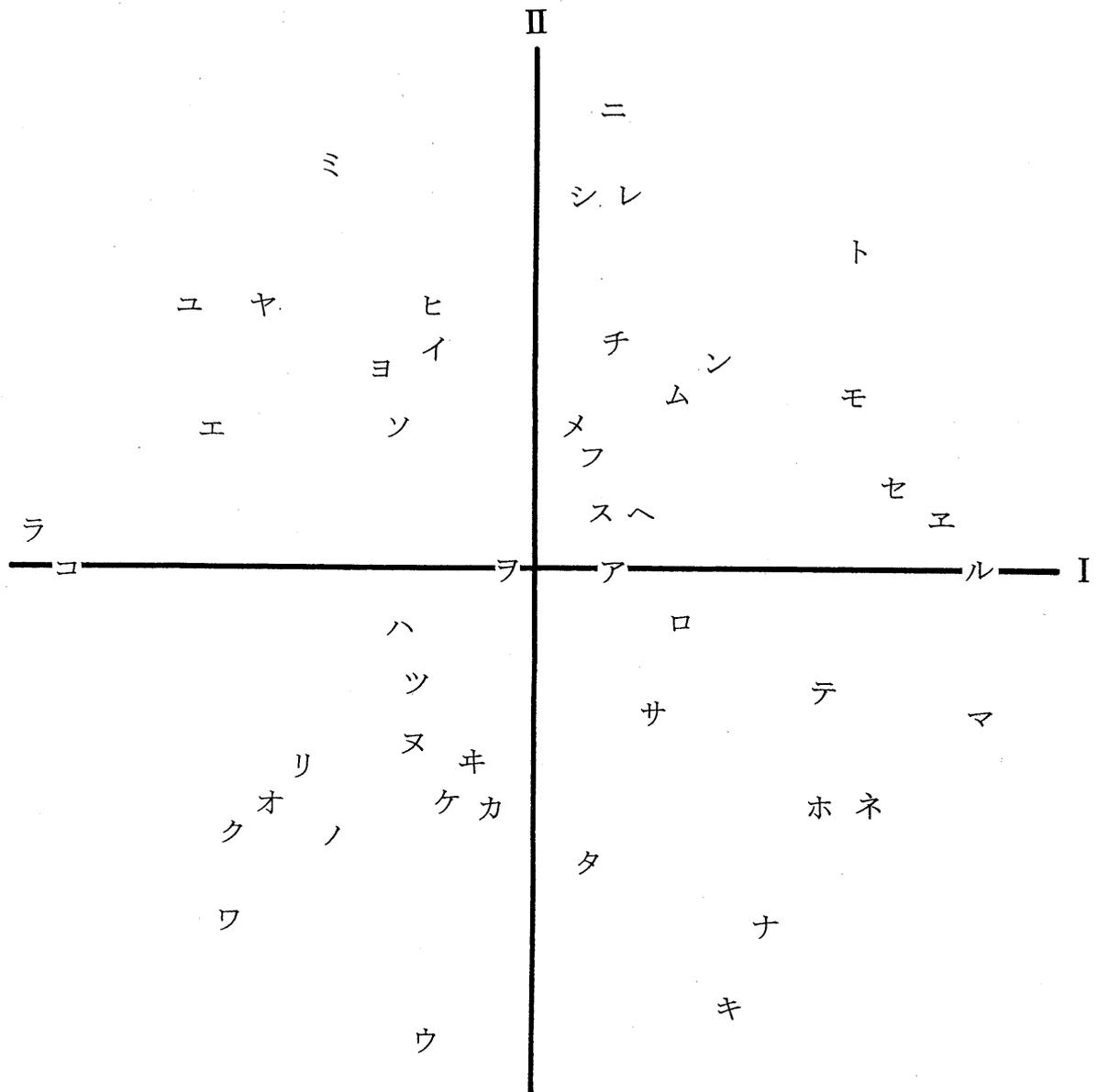


Figure 9. Projection on the plane of Dimension I and II from 5-dimensional MDSCAL of Katakana letters whose height is 5.5 mm ($S_s = 12$). In order to confirm those of other height and dimensions, please see appendix at the end of this book (Figures A-5, A-6, A-7, A-8, A-9, A-10, A-11, A-12, A-13 and A-14).

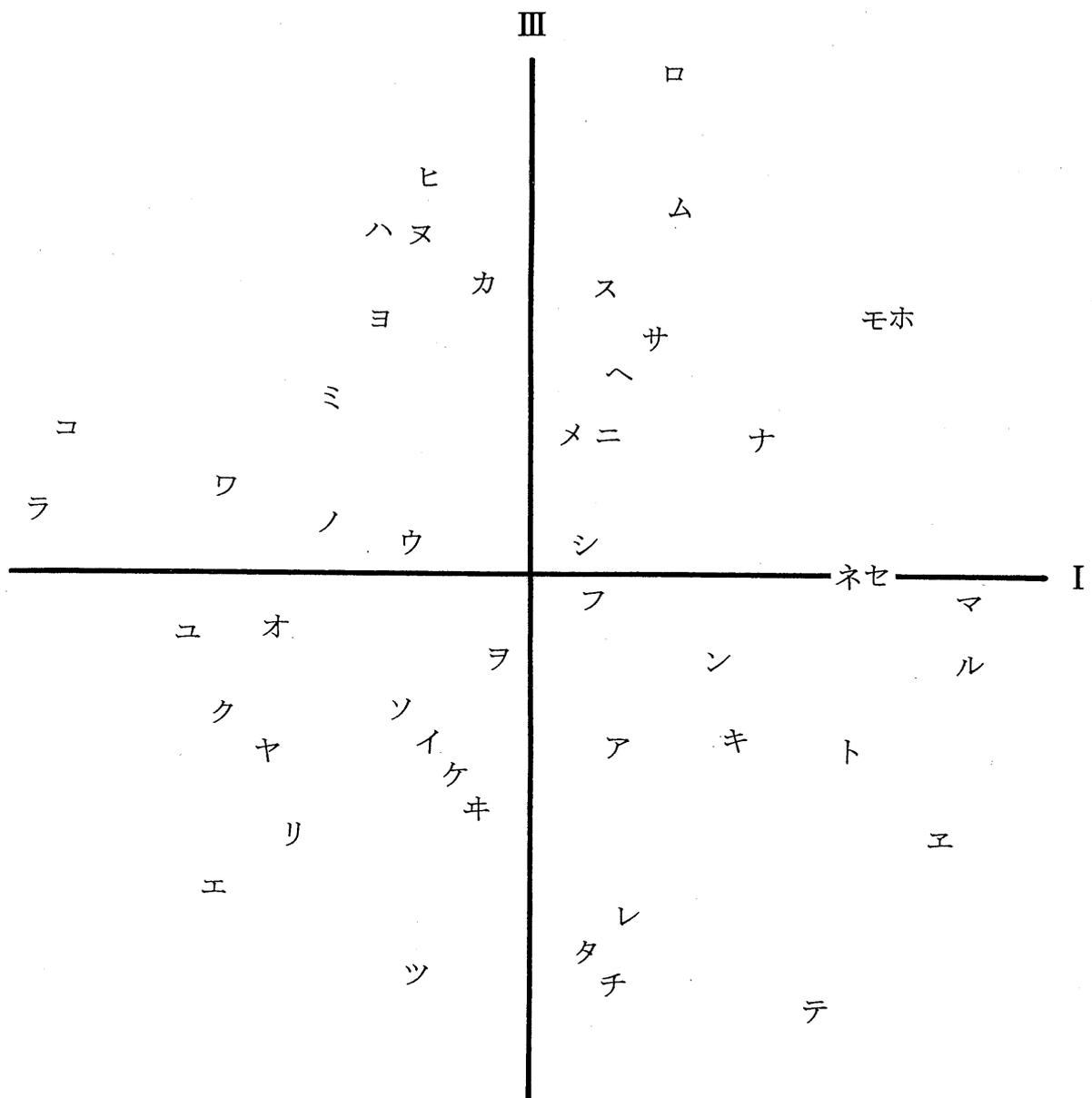


Figure 10. Projection on the plane of Dimension I and III from 5-dimensional MDSCAL of Katakana letters whose height is 5.5 mm ($S_s = 12$). In order to confirm those of other height and dimensions, please see appendix at the end of this book (Figure A-5, A-6, A-7, A-8, A-9, A-10, A-11, A-12, A-13 and A-14).

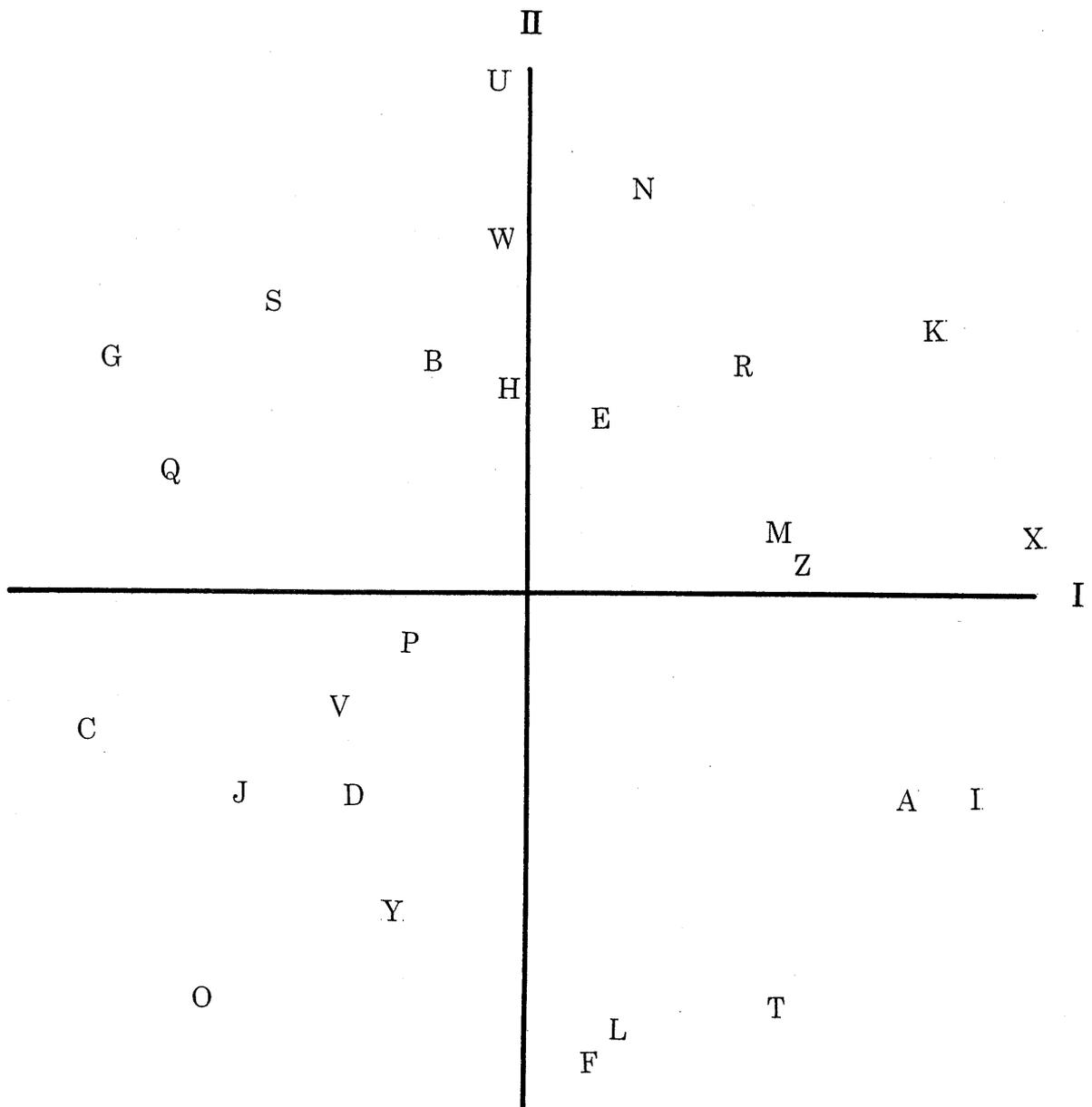


Figure 11. Projection on the plane of Dimension I and II from 4-dimensional MDSCAL of upper-case alphabet letters whose height is 5.5 mm ($S_s = 12$). In order to confirm those of other height, please see appendix at the end of this book (Figure A-15, A-16, A-17, A-18, A-19, A-20 and A-21).

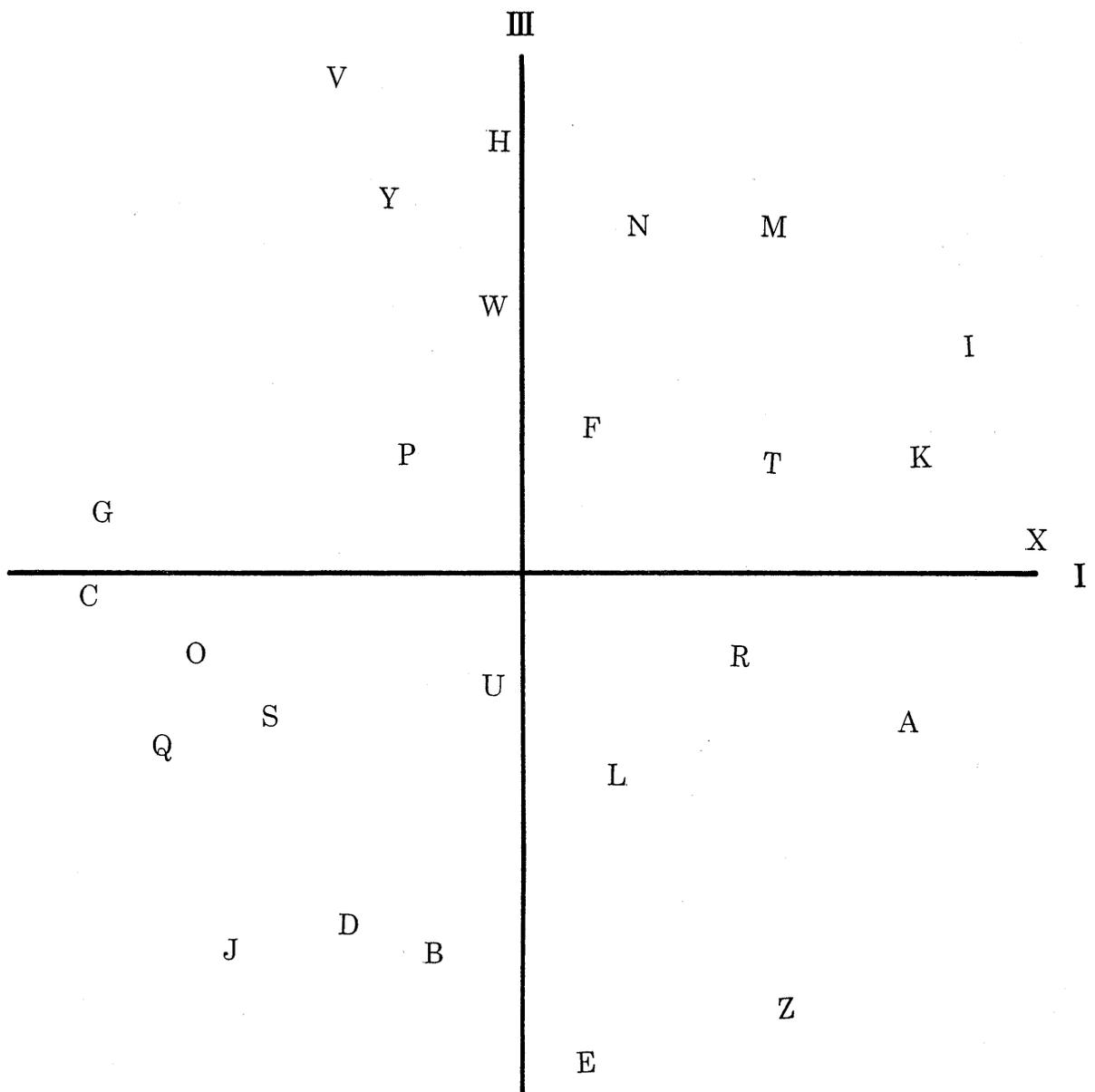


Figure 12. Projection on the plane of Dimension I and III from 4-dimensional MDSCAL of upper-case alphabet letters whose height is 5.5 mm ($S_s = 12$). In order to confirm those of other height, please see appendix at the end of this book (Figure A-15, A-16, A-17, A-18, A-19, A-20 and A-21).

究Ⅱ、研究Ⅲで検討する。

なお、カタカナ文字の能動的触運動知覚時の被験者の内省報告には次のようなものがあった。カタカナ 3.0 mm 条件では「“フ” のときに “フ” か “フ” か迷う」「(手がかりは) 水平線と、その上に出ているかどうかが決め手になる」、5.5 mm 条件では「2 本の線間がせまい」「指はこの指しか使えないのですか」「簡単な構造の文字の後はやり易いが、複雑なものが続くとイライラしてきて集中できなくなる」「(目を接近させ、正答数も多い被験者から) 水平・垂直・斜めとがつながっているか、離れているかとかを調べた。指をつつくように振動させて触れる、そして、最後に確かめるためになぞる」「“フ” のとき (正答) 確信度は 50%」。

Gibson (1962) では、非熟知刺激 (多角形) では 指先で辿ることによる縁や角数を数えるという準知的な過程 (semi-intellectual process) が見られたというが、上の内省報告から本実験でも同様の現象が見られたことがわかる。

2. 準静的条件における触的文字知覚 (研究Ⅰ-2)

研究Ⅰ-2 では、準静的触条件で、研究Ⅰ-1 と同様の課題を実施し、研究Ⅰ-1 の結果との比較により、運動の有無の影響を調べる目的で実施した。

方 法

被験者 文字群 (アルファベット、カタカナ) 別に男女学生各 6 名、小計 12 名、合計 24 名で、この種の実験にはナイーブな短期大学生であった。

刺激と装置 研究Ⅰ-1 と同じであった。

手続き 実験は個別に実施した。先ず被験者に安眠マスクを着用させ、

触刺激のみの刺激事態への順応を兼ねてスピアマン式触覚計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点閾を測定した。文字知覚に際しては、刺激に触れる部位は研究 I-1 同様に右手人差指先に限定し、触運動を比較的制限した条件下、すなわち、準静的条件下で、刺激文字を呈示した。皮膚面と刺激面との間で摩擦が生じないようにただ押し付けさせ、同一刺激部位に対応して指皮膚面を保持させ、皮膚面と刺激面との間で対応が移動しない（ズレない）ようにただ押し当てるだけで触れさせた。但し、人差指先の回転 (rolling) のみ許可した。この回転は特に 8.0 mm の文字幅の刺激面全体を覆うのに必要で、他の大きさの時も許可した。その他の手続きはすべて研究 I-1 と同じであった。

測度 正答数と混同行列の誤反応数で、記入方法は研究 I-1 と同様であった。

結 果

2 点閾 皮膚2点閾については、両群の被験者間で有意な差は認められず、被験者群間で空間知覚感度を考慮する必要はないといえる結果であった。

正答率の分析 正答率は、3.0 mm、5.5 mm、8.0 mm の順で、カタカナでは9.5%、17.7%、28.0%、アルファベットでは26.3%、35.9%、53.2%、であった。研究 I-1 の能動的触運動知覚の結果と比較すると、正答率は約3分2に減少した。文字の種類別に混同行列における diagonal cells の正答率（角変換値）について分散分析を行った結果、運動有無の効果は、カタカナで $F(1, 282) = 49.2$ とアルファベットで $F(1, 66) = 29.1$ となり、両文字とも有意であった（共に、 $p < .01$ ）。本研究で用いた3.0、5.5、

8.0 mm の文字刺激の形態の触知覚に際しては、能動的運動が正再認率上昇に大きく影響することが再確認されたことになる。

同一文字種内の文字の大きさ間の積率相関係数を、diagonal cells の値を用いて計算した。カタカナでは、 $r(3.0-5.5) = .63$ 、 $r(5.5-8.0) = .72$ 、 $r(3.0-8.0) = .63$ (すべて、 $df=46$)、アルファベットでは、 $r(3.0-5.5) = .64$ 、 $r(5.5-8.0) = .73$ 、 $r(3.0-8.0) = .71$ (すべて、 $df = 24$) となり、すべて有意であった (すべて、 $p<.001$)。文字の大きさが同一の組み合わせで、能動的触運動の有無間の積率相関係数を求めたところ、diagonal cells の値を用いて計算した場合、3.0 mm、5.5 mm、8.0 mm の順で、カタカナは、.77、.77、.81 (すべて、 $df = 46$, $p<.001$)、アルファベット大文字は.88、.63、.77 (すべて、 $df=24$, $p<.001$) であった。

誤反応の分析 カタカナの準静的触知覚での混同行列を Table 3 に、アルファベットのそれを Table 4 に示した。混同行列の off-diagonal cells の N'_{ij} について、文字の大きさ条件間の積率相関係数を求めたところ、統計的に有意な相関は、カタカナの 3.0-5.5 mm 間で $r = -.26$ ($df = 607$, $p<.001$)、3.0-8.0 mm 間で $r = -.20$ ($df = 529$, $p<.001$)、アルファベット大文字の 3.0-5.5 mm 間で $r = .21$ ($df = 197$, $p<.01$)、5.5-8.0 mm 間で $r = .17$ ($df = 151$, $p<.05$)、であった。文字の大きさが同一の組み合わせで、能動的触運動の有無間で off-diagonal cells の N'_{ij} の積率相関係数を求めたところ、統計的に有意になったのは、カタカナの 3.0 mm で $r = -.14$ ($df = 558$, $p<.001$)、アルファベット大文字の 5.5 mm で $r = .29$ ($df = 163$, $p<.001$)、8.0 mm で $r = .20$ ($df = 101$, $p<.05$) であった。

内省報告 準静的触知覚条件下での内省報告として次のものがあつた。

カタカナでは、3.0 mm 条件で「触って、点・横があるのを頭の中でアイウエオ…の順に合わせていく」「横のラインと縦のラインを確かめ

Table 4
Confusion matrix of semi-stationary tactual perception of upper-case
alphabet letters: pooled data of 3.0, 5.5 and 8.0 mm (Ss = 12)

stimulus	R e s p o n s e																										Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
A	18	1	2	1	1	1	3	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1	2	36
B	1	8	1	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
C	1	2	23	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
D	1	2	2	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
E	1	6	4	1	11	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
F	1	1	1	2	3	12	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
G	1	3	5	2	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
H	1	3	3	2	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
I	1	1	1	1	1	1	1	35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
J	2	1	1	1	1	2	1	1	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
K	1	1	2	1	1	2	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
L	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
M	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
P	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
Q	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
S	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
T	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
W	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
Y	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
Z	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36
Total	37	41	50	34	49	44	37	22	44	33	32	38	21	26	68	34	29	25	23	27	57	68	28	29	25	15	936

る。画数が多いか少ないか」「“ワ”と“ウ”など似たものは難しかった。類似したものが多い」「小さいのはほとんど点としてしか感じられない」「下の方にある、斜めの線が感じ取りやすい」。

5.5 mm 条件では「斜めに流れる線があるか、縦線と点がどれくらい離れているか、離れていると分かり易いが偏っている (集まっている) と分かりにくい」「だいたい下の方 (斜めの流れ) で決めていた。だいたい右から左下へ下りていた」「“リ” のとき縦の線でわかった」「角や点、“コ” の場合、角が 2 つあるという感じで」「“ノ” など簡単な文字ではパッとイメージとして分かる」「(“タ” のとき) さっき (3.0 mm) よりも分かりにくい」。

8.0 mm 条件では「頭の中で考えて、それから手を合わせていく」「指側のくぼみ具合で判断」「(“テ” の場合,) 縦と横の間隔」「(5.5 mm の

ときに比べ) もう少しで解りそうというのでやるので疲れる」「(この条件では) 斜めや水平線があると分かり易い」「縦・横の本数、下が曲がっているか、線が斜めになっていたとか」「最初に、はねと点を確認する」。

アルファベットの3.0 mm 条件では「(イメージが) 頭にひらめいたら、それにくっつけて、想像ができてしまう」「ずーと触れていると、縦と横の線がわかるけど、中の線がわからない。“F” とか “L” とかは外側のラインがはっきりしているものが、頭に入ってきてそれにあわせて自分でつくっている」「“S” のようなものは全体として丸くなっている気がする」「指で触ったときの第一印象でラインが横か縦か○かを考えてその間にアルファベットを頭にならべていくと、その間に印象や感じが変わっていく」「縦方向の運動が許されると分かり易くなると思う」

「(手がかりは) 丸みとか、直線、角度」「丸みを帯びたところ、縦横の線の数、曲線の位置」。

5.5 mm 条件では「(手がかりは) 先ず、丸か、角張っているか、そして横棒の数」「“W” では上が開いている」「丸さとか、縦の線とか、横に平行な線があるかどうかなど」「例えば “R” なら、斜めの線が出たところ」「(手がかりは) 上半分が “V” のように分かれているかどうか、ごちゃごちゃしているかどうかということ」「丸みのあるところと終わりがどの辺かということを決めていた。目と指先では、(目に比べて) 指先ではあやふやなものということが解った」。

8.0 mm 条件では「“O” は丸いから、“C” は切れているから “C”」「横に棒が2本ある時にはたくさんあるように気がして、“F” か “E” かと、混同する。縦の棒も同じく混同する」「縦のライン、横のライン、

上や下に線があるかで決める」「解っていても解らない。見て知っていても、すぐに触覚で解っても解り難い」「縦と横の間隔を基にして、最初は直感的に思ったら、それにとらわれてしまい、他のものが思いつかなくなる。指の置き場所を変えたら、ますます解らなくなる」。

考 察

正答率は、カタカナでもアルファベットでも、運動が少ない準静的触では約3分の2に減少した。したがって、本研究で使用した文字刺激および触法方についても、従来多くの研究 (Derevensky, 1979; Gibson, 1962, 1966; Heller, 1986a; Krueger, 1982) で報告されてきた能動的触の優位性が確認できた。また、研究 I -a で見られた文字の種類による正答率の違いは、準静的触条件下でも認められた。

研究 I -1 で観察された誤反応の傾向は静的触でも維持されていた。文字の形が簡単であると誤反応傾向は、運動の有無に関係なく、類似しているといえよう。触条件による違いの一例として、カタカナ 8 mm 条件の「ナ」と「メ」の混同 ($N'_{ij} = 4$) は能動的触のみで観察され、研究 I -2 の準静的触知覚では観察されなかった。触走査に伴う中心軸の動揺が影響した例と考えられる。Krueger (1982) は、触覚における刺激と反応に関して、近刺激として期待する感覚を生ぜしめるにはどんな遠刺激を用いるべきかを述べている。例えば、研究 I -1 で観察された「ナ」と「メ」の混同について、次のように説明できるのかもしれない。Krueger (1982) は、純粋な能動的触運動空間においては水平・垂直に準拠して識別することはなく、水平・垂直というものが元来視覚的なものではないかとしている。水平・垂直を識別するためには、研究 I -2 のように指の軸を静的に固定する必要があるのかもしれない。

触運動独特の把握のされ方として、小さな文字刺激でも、Wertheimer (1923) によるゲシュタルト要因のうち閉合の要因がよく観察され、その他、とり囲みの法則、共通中心の法則などが見られたことがわかる。Becker (1935) のいう外内分凝 (Aussen-Innenngliederung) や Metzger (1953/1968) による中核—外殻分凝 (Kern-Mantelgliederung) も見られた。山根 (1935) も手の平大の幾何図形で同様の現象を観察しているし、鳥居 (1971) や木村 (1972) は先天性盲人による触知覚で同様の現象を観察している。

第2節 文字の能動的触運動知覚に影響する要因

研究Ⅰでは、アルファベットでもカタカナでも、同じような文字の大きさの効果が得られ、末梢的要因としての感覚受容器の密度の影響を確認できた。ところが、カタカナはアルファベットと比べ、正答率が低かった。この原因を調べるのが、能動的触運動知覚の規定因を明らかにするための有効な手段になると考えられる。文字知覚の正答率には、刺激の大きさだけでなく、刺激の形態的複雑さ (Heller, 1986a) や、被験者にとっての親密度 (近藤・天野, 2000) が影響を与えると考えられる。刺激セットの大きさ (Loomis, 1990) も重要な要因であると考えられるが、研究Ⅱでは、まず、刺激の形態的複雑さと親密度が、文字の能動的触知覚に及ぼす影響を検討した。

1. 刺激の形態的複雑さと親密度の影響 (研究Ⅱ-1)

方 法

調査対象 対象は調査内容に関してはナイーブな短期大学生 133 名 (研究Ⅰ-a と同じ被験者を含む) であった。

評定法 カタカナ文字刺激とアルファベット大文字刺激の視覚的な印象としての複雑さ（「7: かなり複雑」～「1: かなり簡単」）と親密度（「7: かなり親密」～「1: かなり疎遠」）について、7段階評定法により測定した。複雑さに関する質問と親密度に関する質問は別々の冊子で用意した。

調査 調査用冊子は心理学関係必修授業の中で一斉に配布し、学生個々の速さで回答してもらい、その場で回収した。両冊子を通して1文字分でも未記入がある場合、無効とした。最終的に123名分の回答が資料として有効であった。

結果

個々の文字の評定値平均（調査対象123名による7段階評定法の算術平均）を順位の高い方から順に記述すると、次の通りになる。

カタカナの複雑さ (1) ㇿ (6.130)、(2) ズ (6.000)、(3) ネ (5.008)、(4) ヲ (4.902)、(5) ホ (4.285)、(6) モ (4.252)、(7) シ (4.154)、(8) ツ (4.154)、(9) オ (4.098)、(10) セ (4.049)、(11) チ (4.016)、(12) ヨ (4.016)、(13) タ (4.000)、(14) ヌ (3.976)、(15) サ (3.780)、(16) ケ (3.724)、(17) ム (3.504)、(18) ヤ (3.602)、(19) テ (3.577)、(20) ウ (3.463)、(21) マ (3.463)、(22) カ (3.366)、(23) ン (3.350)、(24) キ (3.341)、(25) ア (3.325)、(26) ム (3.293)、(27) ワ (3.260)、(28) ラ (3.244)、(29) ク (3.187)、(30) ス (3.171)、(31) ソ (3.154)、(32) エ (2.951)、(33) コ (2.894)、(34) ヒ (2.886)、(35) ル (2.862)、(36) ミ (2.764)、(37) メ (2.650)、(38) ヲ (2.455)、(39) リ (2.268)、(40) イ (2.195)、(41) ト (2.122)、(42) ナ (2.089)、(43) フ (1.870)、(44) ヘ (1.772)、(45) ニ (1.724)、(46) ハ (1.748)、(47) レ (1.748)、(48) ノ (1.350)、であった。

アルファベット大文字の複雑さ (1)Q (4.813)、(2)R (4.366)、(3)M (4.220)、(4)G (4.163)、(5)W (4.138)、(6)K (3.870)、(7)N (3.821)、(8)B (3.585)、(9)Y (3.561)、(10)F (3.528)、(11)E (3.366)、(12)Z (3.341)、(13)H (3.325)、(14)S (3.106)、(15)A (3.049)、(16)P (3.008)、(17)X (2.951)、(18)D (2.650)、(19)J (2.512)、(20)U (2.480)、(21)T (2.472)、(22)L (2.398)、(23)V (2.374)、(24)C (1.878)、(25)I (1.675)、(26)O (1.602)、であった。

カタカナの親密さ (熟知度) (1)ア (6.065)、(2)カ (5.382)、(3)イ (5.699)、(4)タ (5.447)、(5)オ (5.382)、(6)コ (5.301)、(7)ハ (5.268)、(8)ウ (5.252)、(9)サ (5.244)、(10)マ (5.244)、(11)ミ (5.220)、(12)エ (5.211)、(13)ン (5.211)、(14)シ (5.195)、(15)キ (5.171)、(16)ノ (5.163)、(17)ス (5.098)、(18)ナ (5.065)、(19)リ (4.951)、(20)ト (4.943)、(21)ヤ (4.886)、(22)ラ (4.748)、(23)フ (4.724)、(24)ツ (4.699)、(25)ク (4.667)、(26)テ (4.610)、(27)ワ (4.594)、(28)チ (4.520)、(29)ユ (4.512)、(30)ル (4.439)、(31)へ (4.431)、(32)ホ (4.382)、(33)ヒ (4.341)、(34)モ (4.341)、(35)ニ (4.301)、(36)メ (4.293)、(37)レ (4.285)、(38)ヨ (4.276)、(39)ロ (4.220)、(40)ケ (4.179)、(41)ネ (4.138)、(42)ソ (4.122)、(43)ム (4.122)、(44)セ (4.008)、(45)ヲ (3.000)、(46)ヌ (2.992)、(47)キ (1.667)、(48)エ (1.650)、であった。

アルファベット大文字の親密さ (熟知度) (1)A (6.585)、(2)O (5.919)、(3)S (5.837)、(4)C (5.065)、(5)B (5.813)、(6)T (5.756)、(7)M (5.732)、(8)K (5.561)、(9)I (5.488)、(10)E (5.350)、(11)H (5.276)、(12)N (5.260)、(13)Y (5.146)、(14)D (5.065)、(15)L (4.837)、(16)U (4.772)、(17)R (4.764)、(18)F (4.683)、(19)X (4.675)、(20)P (4.537)、(21)V (4.366)、(22)G (4.293)、(23)J (4.293)、(24)W (4.106)、(25)Z (3.911)、(26)Q (3.496)、であっ

た。

文字群ごとの評定の平均値を代表値として、平均評定値と呼ぶことにすれば、その平均評定値（標準偏差）は、複雑さについては、カタカナで 3.32 (1.03)、アルファベット大文字で 3.16 (0.83)、親密さについては、カタカナで 4.60 (0.86)、アルファベット大文字で 5.05 (0.72) であった。複雑さと親密度の評定値平均についての積率相関係数は、カタカナでは $r = -.56$ ($t = 3.31$, $df = 46$, $p < .001$)、アルファベットでは $r = -.35$ ($t = 1.83$, $df = 24$, ns) であった。平均評定値は複雑さはカタカナが高く、親密度はアルファベットで高かった。複雑さと親密度ともに、文字の種類間と条件間で分散の差がみられなかったため、カタカナとアルファベットとの平均値の差の t 検定をおこなったところ、複雑度では $t = .64$ ($df = 72$, ns) で有意差は無く、親密度では $t = 2.23$ ($df = 72$, $p < .05$) で有意となった。

文字ごとの評定値平均と、研究 I-1 の能動的触運動知覚による正答数 (3.0、5.5、8.8 mm の合計数：カタカナでは Table 1 の、アルファベット大文字では Table 2 の diagonal cell 内の値) との積率相関係数は、形態的複雑さについてカタカナでは、 $r = -.73$ ($t = 7.29$)、アルファベットでは、 $r = -.73$ ($t = 5.37$) と有意であった (ともに、 $p < .001$)。親密度については、 $r = .21$ ($t = 1.49$) アルファベットでは、 $r = .07$ ($t = 0.34$) と有意ではなかった (ともに、 ns)。

複雑さと親密度について因子分析を行った。いずれも主因子法によって因子を抽出し、バリマックス回転を行った。その因子負荷量について、その因子に .5 以上の負荷量を示しかつ他の因子では .4 以下の負荷量を示しているという判断基準で、3 因子解を採用した。文字の複雑さに関する因子負荷量を Table 5 に、文字の親密度に関する因子負荷量を Table

Table 5
Result of factor analysis
(varimax-rotated) concerning
visual impression on
complexity of letters

Letters	I	II	III
ネ	.76	-.13	.21
ホ	.64	-.01	.23
モ	.56	.03	.38
ヨ	.59	.17	.24
キ	.62	-.27	-.06
エ	.61	-.23	-.05
ヲ	.56	-.03	.22
A	.55	.13	.13
B	.61	.05	.14
E	.64	.04	.08
F	.65	.17	.18
G	.65	.06	.19
H	.57	.25	.13
K	.65	.04	.01
M	.69	-.03	.06
N	.56	.09	.14
Q	.60	-.06	-.04
R	.65	-.07	.15
W	.68	.13	-.13
Y	.57	.34	.04
ト	.07	.54	.40
ナ	-.02	.63	.38
ニ	-.13	.64	.28
ノ	-.22	.59	.13
ハ	-.01	.68	.17
ヒ	.24	.53	.24
フ	.01	.64	.29
ヘ	-.09	.61	.19
メ	.01	.54	.30
リ	-.11	.61	.31
ル	.20	.54	.22
レ	-.03	.78	.06
I	.01	.61	-.01
J	.18	.68	-.10
L	.31	.61	-.02
O	-.05	.71	.04
U	.09	.52	.01
V	.20	.62	-.17
ア	.11	.15	.58
イ	-.19	.34	.72
ウ	.23	.01	.66
エ	.01	.20	.69
カ	.22	-.01	.78
キ	.27	.09	.74
ク	.10	.25	.53
コ	.04	.30	.62
ス	.18	.34	.50
Contri- butions (%)	12.56	10.77	7.93

Table 6
Result of factor analysis
(varimax-rotated) concerning
visual impression on
familiarity of letters

Letters	I	II	III
カ	.55	-.14	.05
キ	.54	-.08	.26
コ	.52	-.13	.04
セ	.57	.03	.04
ソ	.52	-.15	.28
チ	.58	.06	.36
ト	.54	-.09	.12
ニ	.55	-.10	.36
ヌ	.51	-.12	.32
ヒ	.52	-.20	.38
ミ	.59	-.28	-.10
メ	.58	-.29	.02
ラ	.60	-.27	.12
リ	.55	-.25	-.06
ル	.56	-.08	.28
レ	.60	-.09	.22
ロ	.55	.05	-.04
ヤ	.30	-.55	.13
I	.01	-.59	.03
K	.11	-.56	.07
M	.03	-.69	-.01
S	.08	-.56	.20
U	.09	-.55	.13
Y	-.06	-.67	.21
イ	.13	-.07	.64
ウ	.18	-.18	.58
エ	.17	-.12	.54
C	.17	.03	.73
D	.23	-.05	.74
P	.14	-.28	.53
X	.01	-.30	.50
Contri- butions (%)	10.06	7.07	8.38

考 察

カタカナでは、複雑度と親密度との間で負の有意な相関関係がみられたことから、簡単なカタカナほど親密度が高いことが分かった。アルファベットでは、有意な相関ではなかった。日本人被験者であっても、アルファベットに比べてカタカナの親密度が低いのは、複雑なカタカナについて親密度が低く評価されたことが原因であるかもしれない。

文字ごとの評定値平均値と研究 I -1 の正答数との相関の分析から、触的・文字知覚では、視覚的な印象としての親密度（熟知度）の影響は無く、視覚的な印象としての形の複雑さの影響が大きいことが明らかとなった。このことから、視覚的な印象としての文字の複雑さは、文字の能動的触運動知覚に及ぼす要因である可能性が高いといえよう。Loomis (1990) の実験 1 では、アルファベット文字に比較して、カタカナの成績が悪かったが、これを被験者がカタカナ非使用圏の人たちであったことによる熟知度の問題として考えることはできないようである。

因子分析の結果については、ともに第 1 因子の命名が難しい。プロットすると相互に距離的に近い（類似度は高い）文字の組み合わせと N'_{ij} が高くなる文字の組み合わせが一致するものもある。複雑さに関する因子負荷量から、敢えて命名すれば、第 1 因子は「画数」、第 2 因子は「水平・垂直」、第 3 因子は「五十音順あるいは日本語らしさ」、と命名できよう。文字の親密度に関する因子負荷量から、第 1 因子は「日本語らしさあるいは“ラ”行」、第 2 因子は「画数」、第 3 因子は「簡単な形」と命名できるであろう。

2. カタカナの触知覚に及ぼす形態的複雑さの影響 (研究Ⅱ-2)

研究Ⅱ-1の結果では、相関係数の分析によって、研究Ⅰ-1での文字の能動的触運動知覚の正答数と、視覚的印象としての文字の親密度との間に有意な相関はないが、文字の形態的な複雑さとの間では有意な相関が見られることがわかった。そこで、研究Ⅱ-2では、刺激をカタカナに限定し、その形態的複雑さが、文字の能動的触知覚に及ぼす影響を実験的に調べた。その際に、Loomis (1990) がその実験3で用いたのと同じ条件(チ～レのカタカナ26文字)を設定し、日本人被験者にとってこれらの刺激がどの程度複雑で、知覚困難な刺激であったのかも確認することにした。

方 法

被験者 この種の実験についてはナイーブな短期大学生であった。以下の3つの実験群の各群で男女各6名、計12名から成り、3実験群で計36名が参加した。

刺激と条件 実験群のうち2群は、研究Ⅱ-1で得られたカタカナ文字刺激の形態的複雑度順位に基づき、複雑度が低い(単純な形の)26文字呈示群(KS群: ノレハニヘフナトイリコメミルヒロエソスクラワユアキン)と高い(複雑な形の)22文字呈示群(KC: キエネヲホモシツオセチヨタヌサケムヤテウマカ)の2群とした。さらに、先行研究(Loomis, 1990)の結果との比較のため、「チ～レ」の26文字(KL群)を設けた。各々の被験者群で呈示した文字刺激について、研究Ⅱ-aでの複雑さの平均評定値を計算したところ、KS群で2.60(0.62)、KC群で4.16(0.73)、KL群で3.01(0.99)であった。

手続き 実験は個別に実施した。安眠マスク装着後、実験導入時に右

手人差指先の皮膚の 2 点閾を測定した。2 点閾測定終了後直ちに、文字の能動的触運動知覚に進んだ。呈示文字群ごとに、呈示する文字名を録音したテープレコーダを再生して 1 回だけ聴かせた。ただし、導入時だけでなく実験の途中でも、呈示文字以外の反応があった場合には、実験者が呈示文字のすべてを音読して想起させた。また、刺激に触れた瞬間からの計時により、1 分経過した時点でも反応がない場合には強制反応させ、本研究の他の実験同様、最近似の文字名で答えさせた。

測度 正答率と混同行列の誤反応数であった。

結 果

皮膚 2 点閾 右手人差し指先の皮膚 2 点弁別閾値 (標準偏差) は、3 つのカタカナ呈示群のうち、KS 群では 1.18 mm (0.29)、KC 群では 1.10 mm (0.42)、KL 群では 1.09 mm (0.18) であった。これらの分散の差について、Bartlett 法の検定を実施したところ、群間に統計的有意差は無かった ($\chi^2(2) = 0.87, ns$)。そこで、1 要因の分散分析を実施したところ、3 群間に有意差は認められなかった ($F(2,33) = 0.26, ns$)。被験者群間で皮膚感度の差を考慮する必要は無いといえよう。

正答率の分析 能動的触のカタカナの正答率 (角変換値, 以下同様) は、3.0、5.5、8.0 mm の順に、KS 群 (26 字) では 30%、54%、73%、KC 群 (22 字) では、15%、22%、36%、KL 群 (26 字) では 33%、46%、67% であった。KS 群、KL 群、KC 群について、文字の種類 (3) × 文字の大きさ (3) の 3×3 の 2 要因分散分析を行った結果、文字の種類の主効果は $F(2,99) = 53.8 (p < .01)$ 、文字の大きさの効果は、 $F(2,99) = 42.5 (p < .01)$ 、交互作用は $F(4,99) = 2.2 (ns)$ であった。また、KS 群と KC 群について、文字の種類 (2) × 文字の大きさ (3) の 2 要因の分散分析を行った結

果、文字の種類の主効果は $F(1,66) = 68.5$ ($p < .01$)、文字の大きさの効果は、 $F(2,66) = 35.0$ ($p < .01$)、交互作用は $F(2,66) = 3.95$ ($p < .05$) であった。また、交互作用の下位検定の結果、 $t = 3.86$ 、 $t = 4.85$ 、 $t = 5.52$ ですべて有意であった (すべて、 $df = 23$ 、 $p < .001$)。文字が簡単であるほど文字が大きくなるにつれて正答率が顕著に高くなったことを示している。KL 群と KC 群について、文字の種類 (2) × 文字の大きさ (3) の2要因の分散分析を行った結果、文字の種類の主効果は $F(1,66) = 56.4$ ($p < .01$)、文字の大きさの効果は $F(2,66) = 26.9$ ($p < .01$)、交互作用は $F(1,66) = 0.62$ (ns) であった。複雑文字群 (KC 群) は Loomis (1990) が用いた「チ～レ」群 (KL 群) よりもかなり困難であったことがわかった。他方、KL 群と KS 群による、文字の種類 (2) × 文字の大きさ (3) の2要因分散分析の結果、文字の種類の主効果は $F(1,66) = 2.32$ (ns)、文字の大きさの効果は $F(2,66) = 46.8$ ($p < .01$)、交互作用は $F(1,66) = 1.74$ (ns) であった。この結果から、簡単文字群 (KS 群) と Loomis (1990) が用いた「チ～レ群」 (KL 群) とは知覚の困難さからみて統計的に有意な差が無いといえよう。以上の正答率についての分析から、研究Ⅱ-2 で用いた3群の知覚困難度の関係は、「KS 群 < (または、 \leq) KL 群 << KC 群」といえるであろう。

なお、同一群内で文字の大きさ間での相関を求めたところ、KS 群の $r(3.0-5.5) = .69$ ($t = 4.70$, $df = 24$, $p < .001$)、 $r(3.0-8.0) = .68$ ($t = 4.57$, $df = 24$, $p < .001$)、 $r(5.5-8.0) = .74$ ($t = 5.37$, $df = 24$, $p < .001$)、KC 群の $r(3.0-8.0) = .46$ ($t = 2.33$, $df = 20$, $p < .05$)、KL 群の $r(3.0-5.5) = .54$ ($t = 3.14$, $df = 24$, $p < .01$)、 $r(3.0-8.0) = .56$ ($t = 3.31$, $df = 24$, $p < .01$)、 $r(5.5-8.0) = .60$ ($t = 3.67$, $df = 24$, $p < .01$) が統計的に有意であったが、KC 群の $r(3.0-5.5) = .38$ ($t = 1.81$, $df = 20$, $p < .1$) と $r(5.5-8.0) = .34$ ($t = 5.37$, $df = 20$, $p < .2$) では傾向が認められたの

みで有意ではなかった。

ところで、正答が簡単なはずの KS 群でも 3 mm では、“キ” “ス” “ヒ” “ミ” “ラ” (正答率 = 0)、8 mm では “ア” (正答率 = .33)、“イ” (.5)、“ナ” (.5) の正答率が低く、他はそれ以上となった。逆に、正答が難しいはずの KC 群の 3 mm では “チ” “ホ” (ともに、正答率 = .33) で他はそれ以下となり、8 mm では “シ” (正答率 = .75) “ツ” “ネ” “ホ” “ム” (.58) は正答率が高く、他はそれ以下となった。これらは視覚的印象としての複雑さと能動的触運動知覚との不一致を示す結果であり、触覚の特徴を表しているといつてよいのではないだろうか。また、内省報告として、KS 群の 5.5 mm で「“ラ” のとき、最初 “ミ” に間違えそうであったが、3本の直線の方が違うからやはり “ラ” にした」というのがあった。分析的で落ち着いた判断を反映しているように思われる。

誤反応の分析 KS 群の混同行列を Table 7 に、KC 群の混同行列を

Table 7
Confusion matrix of active haptic perception of letters (KS: Katakana simple): pooled data of 3.0, 5.5 and 8.0 mm (Ss = 12)

	R e s p o n s e																										Total
	ア	イ	エ	キ	ク	コ	ス	ソ	ト	ナ	ニ	ノ	ハ	ヒ	フ	ヘ	ミ	メ	ユ	ラ	リ	ル	レ	ロ	ワ	ン	
アイエ	9	2	1	1	1	1	1	3	1	3					6	1		1	6							1	36
アイエ	2	12			1	1	1	1				3			7	1		4	1							2	36
アイエ	1		14	2		2		1			4						1	7	2							2	36
アイエ	2	1	1	10		1					1		2		4		6	3	1		1	1	1	4	2		36
アイエ			1	1	14						2	2			3		1	1						3	2		36
アイエ					28						1								2					1	1		36
アイエ	1		2	1		1	17	1				1			1		1	3	2	3						2	36
アイエ							21														2		4			9	36
アイエ	2	5	1			1	1	16				1	1	1	1	1				2	1	3					36
アイエ	5	2		4		1	3		9	1	1	1	1	1	1	3		1				1	1	1			36
アイエ									35							1											36
アイエ										36																	36
アイエ			3		1	1			1		1	14		1	4					4	1	1			4		36
アイエ				2	2		1		7		7	12		12		7	1	2						1	1		36
アイエ	1	1			1	2	3		1		1	2		25		28			2						1		36
アイエ	1	1	3	1		2				4	2		1	1		18	1	3					1				36
アイエ	2		2	2	1	2	2		2	1	6		1	6		12			2	1	1			1			36
アイエ	1	1	3	1	2	2	1		1	2		1	2		1	1	15		1	14					1	2	36
アイエ	2	1	1	1	1			2				1	2	5		1	1	1	1	14					1	2	36
アイエ					1								1			1					28						36
アイエ	1	2	1	1	1		2					2	4	2					1	1	2	9	5	2			36
アイエ								2						1								2	29				36
アイエ			1			1					1												33				36
アイエ	1	1		2	1	1		1	1	2					2					2	1		3	17	1		36
アイエ								8			4								1						22		36
Total	31	32	30	31	27	44	26	50	19	16	67	54	21	21	57	35	41	26	37	37	43	16	49	50	31	45	936

Table 8
Confusion matrix of active haptic perception of letters (KC:
Katakana complex): pooled data of 3.0, 5.5
and 8.0 mm (Ss = 12)

	ウ	オ	カ	ケ	サ	シ	セ	タ	チ	ツ	テ	ヌ	ネ	ホ	マ	ム	モ	ヤ	ヨ	キ	エ	ヲ	Total
stimulus	10	2	1	3	1	2	1	7	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2		36
ウ	3			2				1	1	1	2	2	8	4			1	4		3	1		36
オ	1	6		2			1	3	1	4	1	1	1	3						1		2	36
カ	4	1	5	7				4	2	2	1	1	1	1	1			2				2	36
ケ	5	1	4	2				4	4	1	1	1	4	1				2				4	36
サ	3			1				1	7	1	1	1	1	1				1		2	1	4	36
シ	2					16		1	1	1	1	1	1	1				1		2	2	3	36
セ	1					7	11		1	2	1	2	1	1				1		1	1	6	36
タ	7					1		3	5	1	5	5	4	2				1		2		1	36
チ	1							2	15	2	14	2	1	1				1		1		3	36
ツ	3							1	1	3	6	5	2	3				1		2		1	36
テ	1							1	1	1	1	1	2	9				1		1		4	36
ヌ	1							1	1	2	1	2	2	14				1		2		1	36
ネ	1							1	1	3	3	3	3	11				1		1		3	36
ホ	1							1	1	1	2	3	1	1				1		2		1	36
マ	1							1	1	1	1	1	2	1				1		1		1	36
ム	1							1	1	1	1	1	1	1				1		1		1	36
モ	1							1	1	1	1	1	1	1				1		2		1	36
ヤ	4							2	1	1	1	1	4	4				6		4		3	36
ヨ	1							1	1	1	1	1	1	1				15		5		4	36
キ	1							1	1	1	1	1	1	1				2		6		7	36
エ	1							1	1	1	1	1	1	1				3		1		4	36
ヲ	2							1	1	1	1	1	1	1				4		1		12	36
Total	44	17	24	36	42	46	29	50	24	49	40	40	48	45	28	17	31	25	37	42	23	55	792

Table 9
Confusion matrix of active haptic perception of Katakana letters (KL:
Loomis, 1990., "チ-レ"): pooled data of 3.0, 5.5
and 8.0 mm (Ss = 12)

	チ	ツ	テ	ト	ナ	ニ	ヌ	ネ	ノ	ハ	ヒ	フ	ヘ	ホ	マ	ミ	ム	メ	モ	ヤ	ユ	ヨ	ラ	リ	ル	レ	Total
stimulus	7	3	4		1	2	4	3				1	5	6	1		1	1	1		1	1		2			36
チ	1	21							1								2	1									36
ツ	7	5	12											1				3									36
テ	2	2	2	16					1					2			1	1									36
ト	6	3	2	1	8				1					2			2	1									36
ナ	1	2	5			33			3					2			1	1									36
ニ	2	3	1				3		6					4			1	1									36
ヌ	1	2	3			2	4		6					1			1	2									36
ネ	2	3	1			2	4		6					3			2	2									36
ノ	1	3						36						1			1	1									36
ハ	3	1	1			12		2	20					1			1										36
ヒ	1	1				1		1	13					1			1										36
フ	1	1						1	30					1													36
ヘ	5								1	31				1													36
ホ	6								1					16				2									36
マ	1								1					1				1									36
ミ									1					15				2									36
ム									1					2				26									36
メ	1								1					2				1									36
モ	1								1					16				2									36
ヤ	1								1					1				2									36
ユ	1								1					1				2									36
ヨ	1								1					1				1									36
ラ	1								1					1				2									36
リ									1					1				1									36
ル									1					1				1									36
レ									1					1				3									36
Total	37	72	38	24	16	71	28	45	42	27	17	50	38	48	28	58	20	21	33	14	36	29	38	45	26	35	936

Table 8 に、KL 群の混同行列を Table 9 に示した。off-diagonal cells におちた反応の分析のため、式 (1) の N'_{ij} により積率相関係数を計算したところ、KS 群の $r(5.5-8.0) = .24$ ($t = 2.58$, $df = 110$, $p < .05$) と KL 群の $r(5.5-8.0) = .24$ ($t = 2.82$, $df = 130$, $p < .01$) が統計的に有意となり、KS 群の $r(3.0-5.5) = .074$ ($t = 1.00$, $df = 181$, $p < .4$)、 $r(3.0-8.0) = -.086$ ($t = 1.054$, $df = 148$, $p < .3$)、KC 群の $r(3.0-5.5) = -.07$ ($t = 0.98$, $df = 183$, $p < .4$) と $r(3.0-8.0) = -.013$ ($t = 1.68$, $df = 164$, $p < .1$)、 $r(5.5-8.0) = -.10$ ($t = 1.23$, $df = 140$, $p < .3$) のほかではいずれも統計的に有意とはならなかった。

考 察

正答率に関する分散分析の結果、複雑さと大きさそれぞれの効果と文字が大きくなるにつれて複雑さの効果が増大する交互作用がみられた。認知は KS 群・KL 群に比べて KC 群で困難であった。研究 II-1 で観察された刺激の視覚的複雑さと触的文字知覚との関連性が、刺激文字の複雑さを実験的に操作した結果によっても確かめられた。

Loomis (1990) が用いたカタカナ文字の範囲は、特に正答困難な文字というのではなく、日本人の被験者にとっては、カタカナの中では中程度の複雑さであったことが判った。むしろ日本人にとっては KS 群に近い容易さであった (両文字群間に有意差はない)。Loomis (1990) におけるカタカナ文字の成績低下は、カタカナ文字の中の選択範囲の問題ではないといえる。

3. 刺激セットの大きさの影響 (研究 III)

研究 I-1 では、末梢的影響のうち、刺激の大きさと皮膚受容器密度による制約 (Phillips et al., 1983) の仮定から、刺激の大きさの効果につ

いて検討し、本研究で利用した刺激の大きさの範囲での効果が確認されたものの、カタカナの正答率はアルファベットよりも有意に低かった。原因の一つとして、カタカナ文字は刺激セットとして大きく、被験者への記憶や走査の負担は大きいことが考えられる。したがって、刺激セットの大きさの効果を調べる必要がある。

反応選択範囲の大きさの効果を検討するために、刺激セットの大きさを変化させる方法をとるとすれば、刺激の範疇が同一で、熟知度が比較的均一な刺激材料を用いる必要があると思われる。一定範囲の文字刺激を下位刺激セットに小さく区分し、呈示する刺激の範囲（被験者が反応として選択できる範囲）を系統的に変化させ、その時その時の文字セットの呈示範囲情報を事前に知らせることによって、刺激セットの大きさの効果を検討することができるものと考えられる。研究Ⅲでは、触覚による文字形態認知に及ぼす中枢的原因としての文字セットの大きさの効果を調べるために、刺激文字としてアルファベットとカタカナを取り上げ、全呈示刺激文字をいくつかの下位文字セットに分割して呈示することが、文字の能動的触覚の正確さと誤反応とに如何に影響するかを検討した。

また、研究Ⅰで検討した末梢的要因である文字の大きさと、中枢的要因である文字セットの大きさが、能動的触過程に及ぼす影響について何らかの関連性（統計的には交互作用）を持つかどうかを検討するために、両要因を組み合わせて条件を設定した。

方 法

被験者 この種の実験にはナイーブな短期大学生男女各 48 名の総計 96 名が参加した。彼らを、カタカナ文字刺激呈示 5 群の 60 名（各群、男女各 6 名、計 12 名）とアルファベット大文字刺激呈示 3 群の 36 名（同

じく、各群、男女各6名、計12名)に分けた。

刺激と装置 刺激文字と刺激呈示装置は、研究Ⅰ、Ⅱで使用したものと同一 (Figure 2) であった。

刺激条件 カタカナ文字刺激呈示群として、K1 (48文字一括呈示)、K2 (五十音順に、「ア～ネ」「ノ～ン」の24文字ずつ2回で呈示、以下同じ要領)、K3 (「ア～タ」「チ～ミ」「ム～ン」16文字、3回)、K4 (「ア～シ」「ス～ネ」「ノ～ヤ」「ユ～ン」12文字、4回)、K5 (「ア～カ」「キ～シ」「ス～ツ」「テ～ネ」「ノ～ホ」「マ～ヤ」「ユ～レ」「ロ～ン」6文字、8回) の5群があった。また別に、アルファベット大文字刺激呈示群として、A1 (26文字一括呈示)、A2 (「A～M」「N～Z」13文字、2回)、A3 (「A～F」「G～M」「N～T」「U～Z」6または7文字、4回) の3群があった。

手続き 研究Ⅰ、研究Ⅱ同様に、先ず被験者に安眠マスクを着用させ、触刺激のみの刺激事態への順応を兼ねてスピアマン式触覚計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点閾を測定した。

引き続き実施した文字の能動的触認知では、右手人差指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、早く、正確に、反応するように教示した。これは、研究Ⅰ-1の教示と同様の意味であり、反応時間の個人差が大きいため「早く」という教示を追加することにより、実験時間が長引くことと疲労を防止した。各刺激文字は1回だけ呈示され、各反応に対する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伝えた。特定の文字として明確に判断できない (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。

1人の被験者への呈示総数は、カタカナ呈示群では(48字×3段階の文字の大きさ)144字、アルファベット大文字呈示群では(26文字×3段階の文字の大きさ)78字になることを予め口頭で伝えた。どの被験者にも、各刺激文字の形(特に、カタカナの“キ”“エ”など)がすべて思い出せるかどうか、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。順応による皮膚感度の鈍化を防止するために、反応と次の刺激文字呈示までの僅かな時間に、右手人差指と親指とを重ね合わせて揉み、血行を良くするように教示した。

刺激文字セットを2つ以上に分割して呈示する群には、1セッションで呈示される文字の範囲と文字数および呈示順が無作為であることを教示し、開始直前に被験者に確認した。刺激文字セット群の呈示順序はカタカナの五十音順やアルファベット順と、その逆方向の各2通りであった。刺激文字セットの呈示順序の効果と文字の大きさの呈示順序の効果は被験者間で相殺されるようにした。また、被験者間や同一被験者内の異なる大きさの文字群間で、呈示順序が同一になることが無いように文字名が入ったカードをきってランダム化に配慮した。

文字セットの範囲に対する構え(言語的意識的構え, 千葉・黒田, 1977)を定着させるために、どの文字セットの場合でも、3段階の大きさの文字のすべてを呈示した後、次の文字セットに進んだ。被験者が求めた時や呈示範囲を超えた文字の反応があった時には、実験者がその時の文字セットの範囲の文字名を音読した。

結 果

皮膚 2 点閾 右手人差し指先の皮膚 2 点弁別閾値（標準偏差）は、5 つのカタカナ呈示群のうち K1 では 1.25 mm (0.27)、K2 では 1.23 mm (0.38)、K3 では 1.11 mm (0.28)、K4 では 0.90 mm (0.20)、K5 では 1.11 mm (0.41)、3 つのアルファベット大文字呈示群のうち A1 では 1.17 mm (0.13)、A2 では 1.03 mm (0.26)、A3 では 0.95 mm (0.17)であった。これらの 2 点弁別閾値について、Bartlett 法の検定を実施したところ、8 つの群を通しての χ^2 修正値は 8.62 ($df = 7, ns$) となり、群間に統計的有意差は認められなかった。1 要因の分散分析を実施したところ、A1-A1-A3 群間 ($\chi^2(2,33) = 3.01, ns$)、K1-K2-K3-K4-K5 群間 ($\chi^2(4,55) = 2.14, ns$)、の何れにも有意差は認められなかった。被験者群間で皮膚感度の差を考慮する必要はないといえよう。

正答率の分析 Table 10 には、文字の大きさを通しての各文字の呈示範囲ごとの正答率 (hit rate) と標準偏差を示した。各刺激群について分割した呈示文字群の文字ごとの被験者の正答率を角変換した後、代表値間差の有意性について検定した。K2 の 2 群間 ($t(150) = 4.09, p < .001$)、K4 の 4 群間 ($F(3,140) = 3.34, p < .05$)、K5 の 8 群間 ($F(7,136) = 5.06, p < .01$) で有意差が認められたが、K3 の 3 群間 ($F(2,141) = 2.28, ns$)、A2 の 2 群間 ($t(76) = .45, ns$)、A3 の 4 群間 ($F(3,74) = .80, ns$) では有意差はみられなかった。この結果から、アルファベット大文字は正答率がほぼ均等であるのに対して、カタカナの正答率は変動が大きく、特に「ア～ネ」群 (K2) や「マ行」(K5) の文字は認知困難な文字が多く含まれていることがわかる。

各被験者の刺激文字をこみにした文字の大きさ別正答率を角変換した値を計算し、カタカナ文字呈示群の 5 群 (K1、K2、K3、K4、K5) に

Table 10
Hit rates (*SDs*) and range of presented letters

	Group	Number of letters	Range	Hit rate (SD)	Level of significance	Mean hit rate (SD)
Katakana	K1	48	ア～ン	.373 (.300)	----	.373 (.300)
	K2	24	ア～ネ ノ～ン	.339 (.276) .536 (.283)	<.001	.438 (.296)
	K3	16	ア～タ チ～ミ ム～ン	.429 (.276) .536 (.335) .535 (.286)	<i>n.s.</i>	.500 (.304)
	K4	12	ア～シ ス～ネ ノ～ヤ ユ～ン	.549 (.294) .558 (.334) .713 (.281) .683 (.254)	<.05	.626 (.301)
	K5	6	アイウエオカ キクケコサシ スセソタチツ テトナニヌネ ノハヒフヘホ マミムメモヤ ユヨラリルレ ロワキエヲン	.616 (.215) .634 (.255) .657 (.236) .602 (.243) .880 (.189) .583 (.227) .815 (.172) .759 (.219)	<.01	.693 (.244)
Alphabet	A1	26	A～Z	.575 (.306)	----	.575 (.306)
	A2	13	A～M N～Z	.776 (.237) .744 (.247)	<i>n.s.</i>	.760 (.242)
	A3	6 or 7	ABCDEF GHIJKLM NOPQRST UVWXYZ	.766 (.257) .847 (.256) .841 (.183) .833 (.212)	<i>n.s.</i>	.821 (.231)

ついて、刺激文字セットの大きさ (5) と文字の大きさ (3) の 5×3 の 2 要因分散分析を実施したところ、刺激文字セットの大きさ ($F(2,179) = 42.52, p < .01$)、文字の大きさ ($F(2,179) = 101.67, p < .01$) の主効果のみ有意であった。同じく、アルファベット大文字呈示の 3 群 (A1、A2、A3) について、刺激文字セットの大きさ (3) と文字の大きさ (3) の 3×3 の 2 要因分散分析を実施したところ、刺激文字セットの大きさ ($F(2,107) = 27.76, p < .01$)、文字の大きさ ($F(2,107) = 63.94, p < .01$) の主効果のみ有意であった。両文字とも文字が大きくなるほど、また文字セットの大きさ (一度の呈示文字数) が小さくなるにつれて、正答率は増大した。このように、K1、K2、K3、K4、K5 あるいは A1、A2、A3 について、「文字セットの大きさ」×「文字の大きさ」の 2 要因の分散分析の結果では、いずれも交互作用は有意でなく、各々の効果は独立に作用していた。研究 II-2 の KL 群の結果も引用して刺激セットの大きさに伴う正答率の変化を描いたのが Figure 13 である。Figure 13 におけるアルファベットの 3.0 mm (□) とカタカナの 5.5 mm (●)、アルファベットの 5.5 mm (○) とカタカナの 8.0 mm (▲) は、類似した折線を描いている。研究 I-1 の結果がほぼ正確に再現されているといえ、このことは、カタカナ文字の方がアルファベットよりも文字の大きさを 2.5 mm 分だけ弁別し難い構造であることを示唆している。

次に、文字セットの大きさが近似の対の群間比較を行った。KL 群と K2 群について、文字の種類 (2) と文字の大きさ (3) の 2 要因の分散分析を行った結果、文字の大きさの主効果 ($F(2,66) = 31.85, p < .01$) のみ有意で、文字の種類的主効果 ($F(1,66) = 2.73, ns$) と交互作用 ($F(2,66) = .51, ns$) は統計的に有意とはならなかった。また、刺激文字セットの大きさ (26 文字) が等しい KL 群 (正答率 .487) と A1 群 (正答率 .575) に

ついて、文字の種類 (2) × 文字の大きさ (3) の 2 要因の分散分析を実施したところ、主効果のみにも有意であった ($F(1,66) = 7.32, p < .01$; $F(2,66) = 39.84, p < .01$)。

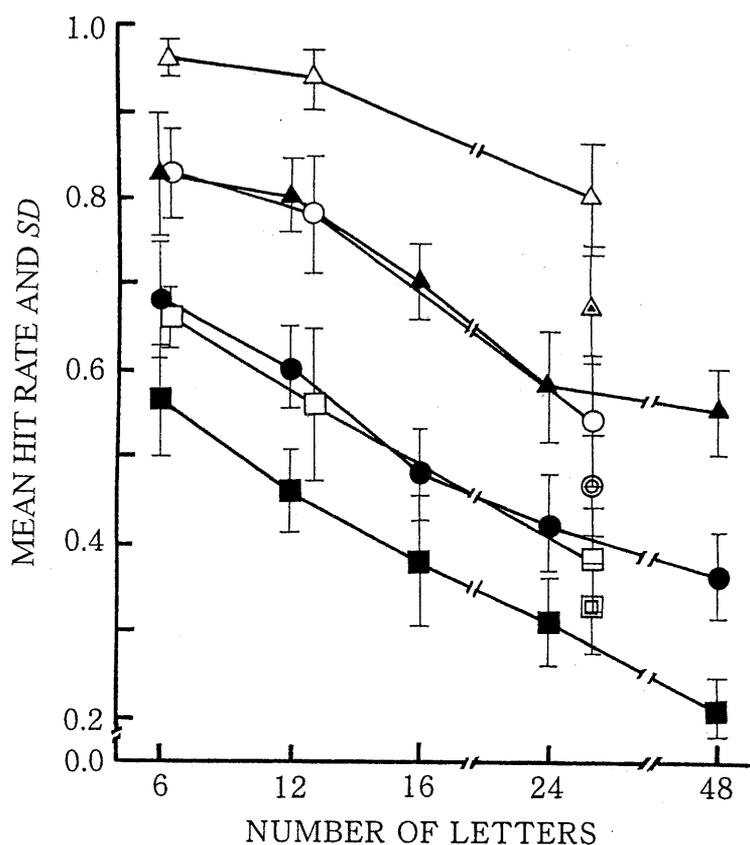


Figure 13. Mean hit rate and *SD* as a function of stimulus-set size.

□: alphabet (3.0 mm), ○: alphabet (5.5 mm), △: alphabet (8.0 mm), ■: Katakana (3.0 mm), ●: Katakana (5.5 mm), ▲: Katakana (8.0 mm), 回: Katakana (チ-レ, 3.0 mm), ◎: Katakana (チ-レ, 5.5 mm), △: Katakana (チ-レ, 8.0 mm).

Note: “チ-レ” were cited from “Research II-2.”

正答された文字の安定性を、文字セットの大きさと文字の大きさを調べるために、カタカナ文字呈示群について、文字の大きさ (3 段階)

とセットの大きさ(5段階)を通しての組み合わせで、混同行列の diagonal cells の正答数間の積率相関係数 105 個 (${}_{15}C_2$)を算出したところ、相関係数は .38 から .82 の範囲にあり、すべて統計的に有意な正の相関($df=46$, $p<.01$ または $p<.001$) が認められた。同様に、アルファベット大文字呈示群間について、混同行列の diagonal cells の正答数間で積率相関係数 36 個 (${}_9C_2$) を算出したところ、A1(5.5 mm)-A2(8.0 mm)、A2(3.0 mm)-A2(8.0 mm)、A2(3.0 mm)-A3(8.0 mm)、A2(8.0 mm)-A3(8.0 mm)の4組では相関係数が.32 から.37 の範囲の値となり統計的に有意とならなかったが、その他の組み合わせでは相関係数が .44 から.85 の範囲となり、統計的に有意な正の相関 ($df=24$, $p<.05$ から $p<.001$) が認められた。

アルファベットとカタカナの正答率を直接比較するために、文字セットの大きさがほぼ等しい A1 (26 字)、A2 (13 字)、A3 (6~7 字) と、K2 (24 字)、K4 (12 字)、K5 (6 字) の各群について、文字の種類 (2) ×文字セットの大きさ (3) ×文字の大きさ (3) の 3 要因分散分析を行ったところ、文字の種類で $F(1,198) = 59.57$, $p<.01$)、刺激セットの大きさで ($F(2,198) = 61.25$, $p<.01$)、文字の大きさで ($F(2,198) = 109.40$, $p<.01$) の 3 つの主効果と、文字の種類×文字の大きさの交互作用 ($F(2,198) = 4.27$, $p<.05$) が有意であった。文字セットの大きさがほぼ同じ組み合わせで比較すると、カタカナよりもアルファベットの方が、文字の大きさ増大に伴う正答率増加は顕著であった。このことは、文字セットの大きさのどのレベルでもあてはまった。

誤反応の分析 文字の大きさ間で、誤反応の相手の文字の傾向やその安定性を調べるために、混同行列における off-diagonal cells におちる誤反応数について、Loomis (1982) を参考に式 (1) の $N'_{ij} = N_{ij} + N_{ji}$ で求めた N'_{ij} (但し、双方が $N'_{ij} = 0$ の cells を除く) の値により、積率

相関係数を 27 個算出した (カタカナ呈示群 15 個、KL 群 3 個、アルファベット大文字呈示群 9 個)。そのうち、統計的に有意な相関がみられた文字の大きさ条件の組み合わせを、Table 11 に示した。Table 11 をみると、カタカナとアルファベット共に、分割が進む (文字セットの大きさが小さくなる) につれて、正の相関は大きくなる傾向が認められた。原因として、選択範囲の減少に伴い、誤反応がおちた off-diagonal cells そのものの減少があり、さらに $N'_{ij} = 0$ の cells が少なくなったことなどが考えられる。また、Table 11 から、文字の大きさが近い程、相関係数が大きくなっているのがわかる。研究 I -1 では、文字の大きさが小さい方へ変化すると、誤反応の相手の文字は、アルファベットでは安定していたが、カタカナでは変化し易く不安定であった。しかし、研究Ⅲにおける混同行列については off-diagonal cells における N'_{ij} の相関は、分

Table 11
Significant correlations of error responses in off-diagonal cells (N'_{ij})

	Group	Number of letters	Combination of letter-size	df	Correlation	Level of significance
Katakana	K1	48	3.0×8.0 (mm)	358	.139	<.01
	K2	24	5.5×8.0	257	.185	<.01
	K3	16	3.0×5.5	246	.195	<.01
			5.5×8.0	180	.215	<.01
	K4	12	3.0×8.0	145	.203	<.05
5.5×8.0			105	.346	<.001	
3.0×5.5			153	.318	<.001	
K5	6	3.0×5.5	96	.331	<.01	
		5.5×8.0	70	.399	<.001	
Alphabet	A1	26	3.0×5.5	147	.317	<.001
			5.5×8.0	94	.398	<.001
	A2	13	5.5×8.0	31	.413	<.05
	A3	6 or 7	3.0×8.0	35	.337	<.05
5.5×8.0			23	.398	<.05	
3.0×5.5			38	.731	<.001	

分割が進むにつれてカタカナでも統計的に有意になっていった。また、分割呈示の混同行列の例として、3.0、5.5、8.0 mm の結果を集計した K2 群の例を Table 12 に示した。

内省報告と観察 内省報告として、次のようなものが得られた。

A2 群の 5.5 mm 条件で「“L” を “J” と反応しそうになった」(注：左右の混同であり、Mach (1918/1971) は視覚での例を示している)「範囲が狭いとリハーサルしやすい」「“T” を、“R” か “Y” か “T” か迷った」、8.0 mm 条件では「“L” を “C” と間違えそうだった」「一度頭に浮かんだら、その後は触っていてもそれが頭に浮かんでいる文字の(形の)通りに手が動いてしまう。触っている時間が長過ぎるとかえってわからなくなる」。

K2 群の 3.0 mm 条件では「“口” は “◇” に感じた」、「(分割呈示で) 分けてやると、やり易くなる」、5.5 mm では「(3.0 mm 呈示の直後) これはあまりでっばっていないですね」、「三角、四角、逆三角など外形を調べた → 縦と横の線の抵抗感をによって調べる → “払い” の部分の手がかり」、「十字や横一文字の時、“ホ” “ヤ” では途中で垂直線にぶつかるから分かる」、「最初、全体的に触って、線の引いてある部分をなぞっていき頭の中で形を作って答えた」。

K3 群の 3.0 mm 条件では「最初 (「ア～タ」) は形が複雑で難しかったが、最後 (「ム～ン」) は自分で考えているのに当てはまるのが多くて分かり易かった」、「“ホ” は△がいくつもある様に思える」、5.5 mm 条件では「外側を触って大体の感じをつかんでから、頭の中で文字を浮かべてそれに合うものを探す」「“ホ” の時、“ツ” かなと思ったが画数が多いので “ネ” (誤答)」、8.0 mm 条件では「1 回強く押してみた時の感触、何処が凹んでいるか、何処が浮き上がっているか」。

Table 12

Confusion matrix of active haptic perception of Katakana letters presented with 2-divided sets (K2): pooled data of 3.0, 5.5 and 8.0 mm (Ss = 12). In order to confirm those of other set size and upper-case alphabet letters, please see the appendix at the end of this book (Tables A-1, A-2, A-3, A-4 and A-5)

	R	e	s	p	o	n	s	e	m	m	メ	モ	ヤ	ユ	ヨ	ラ	リ	ル	レ	ロ	ワ	キ	エ	ラン	Total																								
アイウエオカキクケコ	9	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
サシスセソ	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
タチツテト	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
ナニヌネ	3	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
ハヒフヘホ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
マミムメモ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
ヤユヨ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
ラリルレ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
ロ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
ワ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
キ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
エ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
ラン	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
Total	32	29	42	35	28	41	32	44	41	44	40	43	24	32	51	42	27	46	31	19	19	42	26	54	42	19	46	47	35	41	39	56	27	23	32	16	34	39	45	43	28	38	45	35	33	25	37	39	1728

K4 群の 3.0 mm 条件では「四角いのが難しい。2つの点はつながって1本の直線に感じたりして難しい」。

K5 群の 3.0 mm 条件では「手を載せている方向からの気分で“エ”と感じたが、自分の(体の方からは)“ン”と気づいた」「(実験者から範囲の文字を読み上げると分かり易いですかとの質問に) はい」。

なお、被験者が言語報告の直前に確認する様子を実験者が観察していて、K5 群の 5.5 mm 条件のとき、指の動きが書き順を辿って(主に、筆順で)動いておれば、まもなく正答となることが多いことに気がついた。

考 察

1 セッションで呈示する刺激文字数を少なくするとカタカナ文字でもアルファベット大文字でも正答率が有意に高くなることが能動的触知覚実験で確認できた。一度に呈示する刺激文字数を系統的に減少させ、「貯蔵文字とマッチングさせ反応を選択する段階」(Loomis, 1990)で、反応対象となる被選択文字として走査する範囲を狭くすると、どの大きさの文字においても正答率は有意に上昇した。Heller (1986a) のいう反応範囲への心的構え・走査範囲などの中枢的影響や、Loomis (1990) が視覚実験で確認した文字セットの効果が、今回の能動的触知覚実験でも確認されたことになる。聴覚様相の研究 (Miller, 1962; Miller, Heise, & Lichten, 1951) でみられた選択肢の数の効果は、心的走査の範囲からくる中枢的レベルの問題であり、本実験のような能動的触知覚様相における文字セットの大きさの効果にも当てはまると考えられる。反応としての被選択肢の数の影響は、視覚、聴覚、触覚に共通な中枢的效果といえよう。また、刺激セットの効果は、文字の大きさの効果(末梢的影響)とは交互作用は無く、少なくとも本実験のような条件では、文字認知の異

なる処理段階に独立に影響していると言えよう。ただし、研究 I では観察できなかつた文字の大きさと文字の種類 of 交互作用が本実験では観察されており、本実験の A3 群や K5 群のように、Miller (1956, 1962) のいう人間の情報処理の限界 (7 ± 2) を下回る記憶負荷の条件では、それが大きい場合と比べ、末梢的要因の影響が異なる可能性がある。

しかし、刺激セットの大きさと文字の大きさだけでは、説明不可能な結果がある。Figure 13 は文字セットの大きさが同一であっても、文字の種類によって正答率が異なることを示す。研究 II-2 の KL 群の結果と本実験の K2 群 (KL 群と刺激セットの大きさがほぼ同じカタカナ呈示群) の成績を比較すると、正答率には有意な差はないのに対し、KL 群と本実験の A1 群 (KL 群と刺激セットの大きさがほぼ同じアルファベット呈示群) では、A1 群の正答率が高かつた。したがって、触的文字知覚には、刺激文字自体が持つ特性も影響を及ぼすといえる。なお、カタカナ使用圏の日本人でも、Loomis (1990) が使用した文字範囲 (チ～レ) のカタカナは、アルファベット大文字と比較するとかなり正答困難であるが、Loomis (1990) による成績 (正答率は、.226) に比較して、研究 II-2 の KL 群の正答率は約 2 倍に良くなっている。研究 II-1 で刺激の視覚的な親密度と文字の能動的触知覚の正確さに関連が認められなかつたことを考慮すると、Loomis (1990) のカタカナの正答率が低い原因が、単に熟知度の違いによるものとは考えにくい。被験者がカタカナ文字使用圏に所属し、手の運動としての使用経験があるかないか、などに由来する問題である可能性が示唆された。

誤反応の分析から、刺激文字セットの大きさが小さくなるほど、文字の大きさ条件間の、off-diagonal cells での N'_{ij} の相関が大きくなることわかつた。これは、呈示文字数が小さくなるために、誤反応の選択肢

Table 14

Confusion matrix of active haptic perception of Katakana letters presented with 2-divided sets (K2): data of 3.0 mm (Ss = 12)

	R e s p o n s e																										Total																						
	ナ	ニ	ヌ	ネ	ノ	ハ	ヒ	フ	ヘ	ホ	マ	ミ	ム	メ	モ	ヤ	ユ	ヨ	ラ	リ	ル	レ	ロ	ワ	キ	エ	ラン																						
アイウエオ	2																											12																					
カ																													12																				
ク																													12																				
ケ																													12																				
コ																													12																				
サ																													12																				
シ																													12																				
ス																													12																				
セ																													12																				
ソ																													12																				
タ																													12																				
チ																													12																				
ツ																													12																				
テ																													12																				
ト																													12																				
ナ	2																												12																				
ニ		2																											12																				
ヌ			2																										12																				
ネ				2																									12																				
ノ					2																								12																				
ハ						2																							12																				
ヒ							2																						12																				
フ								2																					12																				
ヘ									2																				12																				
ホ										2																			12																				
マ											2																		12																				
ミ												2																	12																				
ム													2																12																				
メ														2															12																				
モ															2														12																				
ヤ																2													12																				
ユ																	2												12																				
ヨ																		2											12																				
ラ																			2										12																				
リ																				2									12																				
ル																					2								12																				
レ																						2							12																				
ロ																							2						12																				
ワ																								2					12																				
キ																									2				12																				
エ																										2			12																				
ラン																											2		12																				
Total	10	12	15	13	7	16	11	12	15	18	14	14	5	13	17	18	10	17	5	3	4	16	9	14	17	6	14	17	13	10	16	22	8	9	12	6	14	9	19	13	3	10	20	11	9	10	9	11	576

Table 15

Confusion matrix of active haptic perception of Katakana letters presented with 3-divided sets (K3): data of 3.0 mm (Ss = 12)

	R	e	s	p	o	n	s	e	Total																																								
アイウエオカキクケコ	1	1	1	1	1	1	1	1	12																																								
サシスセソ	1	1	1	1	1	1	1	1	12																																								
タチツテト	1	1	1	1	1	1	1	1	12																																								
ナニヌネ	1	1	1	1	1	1	1	1	12																																								
ノハヒフヘ	1	1	1	1	1	1	1	1	12																																								
ホマミム	1	1	1	1	1	1	1	1	12																																								
メモヤユヨ	1	1	1	1	1	1	1	1	12																																								
ラリルレ	1	1	1	1	1	1	1	1	12																																								
ロワ	1	1	1	1	1	1	1	1	12																																								
キエ	1	1	1	1	1	1	1	1	12																																								
ラン	1	1	1	1	1	1	1	1	12																																								
Total	15	10	17	17	7	5	12	14	6	20	12	12	3	13	14	15	9	10	12	6	4	29	10	6	12	9	17	16	11	12	18	11	13	17	17	11	10	15	10	13	5	9	19	14	8	8	12	11	576

も少なくなり、その結果、異なる文字の大きさ条件間での誤反応の安定性が増したものと考えられ、確率論的に当然の結果といえる。ただし、混同行列を丁寧に観察すると、刺激セットに含まれる文字の組み合わせにより、誤反応の安定性にもある程度の変動が認められる。例えば、Table 13 から Table 17 を見ると、カタカナ文字呈示群の 3.0 mm 条件の誤反応文字「二」($N'_{ij} \geq 1$) には、刺激文字として、K1 群ではエエ、K2 群ではエ、K3 群ではミネホ、K4 群ではスセタヌネ、K5 群ではテトヌネとなっており、分割が増すにつれ、刺激・反応文字間の形態的類似性は低下し反応文字数は増加傾向にある。分割が進むにつれて、反応として選択できる範囲は小さくなるので off-diagonal cells のうち実際に誤反応がおちる cells 数の割合は確率的にも漸次増大するはずである。しかし、実際には、12 文字 (K4 群) と 13 文字 (A2 群) では、減少していた。反応の動きを調べてみると、12 文字や 13 文字群では、正答率の上昇と同時に主な誤反応 ($N'_{ij} \geq 3$) cells 数が増加したために、誤反応 cells 数の割合は減少したことが判明した。K5 群 (6 文字) と A3 群 (6~7 文字) では、反応選択範囲がかなり狭い (6 または 7 文字) ために、正答率が上昇 (特に A3 群では、天井効果に近い) すると共に、誤反応の選択範囲も狭くなるので off-diagonal cells のうち、実際に誤反応が生じた割合は高くなっていった。

第3章 総合的考察

第1節 本研究の成果と意義

本研究では、文字刺激 (3.0、5.5、8.0 mm) の右手 (利き手) 人差指先による能動的触運動知覚の過程について、運動の有無、刺激の大きさ、刺激の複雑さ、刺激セットの大きさの要因を実験心理学的に検討した。その結果、次の4点が明らかとなった。

第1に、本研究で使用した刺激、触方法でも、静的触に比べて能動的触知覚の優位性が確認できた。

第2に、文字の能動的触知覚においては、刺激の大きさ、刺激の形態的複雑さなど、末梢的な影響が大きいことがわかった。文字再認モデルの観点からすれば、触覚は「刺激を内的表象へ変形し鋳型にする段階」で影響を大きく受け易いといえる。これは視覚や聴覚に比べた触覚の特徴といえよう。能動的触走査が許されると一般に量的に正答率が上昇するが、アルファベット大文字のように比較的簡単な文字における誤反応傾向 (N'_{ij}) は静的触でも維持されていることが明らかとなった。

第3に、刺激セットの大きさの効果が確認された。文字セットの大きさは、反応文字の範囲の大小により、「貯蔵文字表象とマッチングさせ反応を選択する段階」への影響として大きく作用していた。この効果は、視覚 (Loomis, 1990) や聴覚 (Miller, Heise, & Lichten, 1951) でも報告されており、知覚、聴覚、触覚に共通な中枢的效果といえよう。また、ボトムアップ的過程とトップダウン的過程が密接に関連して働くと考えられる能動的触運動知覚条件であっても、正答率を測度とした場合、中枢的要因である刺激セットの大きさは、末梢的である文字の大きさとは独立に、文字の触知覚過程に影響することがわかった。Lederman &

Klatzky (1998) は、Klatzky & Lederman (1995) による手がかりレベルを操作した対象同定の実験結果から、触運動系 (haptic system) は、データ駆動型への入力として、集約的に符号化された特性や形の部分についてのかかなり正確な知覚を利用していると述べている。手がかり情報が与えられると自信が有意に増大し、混同誤反応の分析結果では、高次の手がかり (superordinate-level cue) が有る時の方が、構造的・具体的類似性が増すことを示している。こうして手がかりが与えられることによって成績が改善されるのは、弱い入力を補うために我々はトップダウン的処理を利用しているためとしている。同様に、本研究における研究Ⅲでも、刺激セットの大きさを制限していくことが、正答への手がかりを与えたことになり、トップダウン的処理を促していたものと考えられる。

第4に、カタカナとアルファベット大文字の文字刺激を、系統的に呈示し、多くの混同行列を得ることができた。能動的触運動知覚は、単一の感覚受容器でなく複数の感覚受容器や刺激により構成されているために、一つの感覚様相として研究するにはかなりの困難を伴うが、本研究のように刺激と刺激部位を限定した条件で多くの混同行列を系統的に集めた研究は少なく、価値のあるデータといえる。

能動的触運動知覚が、視覚や聴覚と比べて末梢的要因の影響を受けやすいことの基礎には、触覚の基本的受容器のもつ特性があると考えられる。Phillips et al. (1963) は末梢的受容器分布規定仮説 (Johansson & Vallbo, 1979; Vallbo & Johansson, 1978) について検討した実験結果に基づき、触による文字知覚の末梢的メカニズムについて考察している。彼らによると、走査のある様相での遂行水準が常に高いのは、RA 型の2つの受容器と SA 型求心性神経が活性化し、走査中に、高頻度インパルスと固有中枢統合メカニズムが機能するためである。同時に、触走査の

有無 (scanning vs. stationary touch) に関わらず、空間に関する処理は類似していた。すなわち、触走査の有無による条件間の比較において、正答率の積率相関係数 (.89) が高く、文字混同パターンが条件間で類似していた。この理由として、静的 (stationary) 条件か走査 (scanning) 条件かに関係無く、何れの条件においても、皮膚の SA 機械刺激受容神経 (slowly adapting mechanoreceptive fibers) は活性化されており、中枢神経系に伝達されるパターン刺激の SA イメージの詳細は類似したものになるためとしている。また、SA 求心性神経は、文字の大きさが 3.0-8.0 mm の文字からなる詳細空間を伝達する時に最大能力を発揮するものと考えられている。

視覚に比べて、触覚では、文字知覚の過程に関するモデルが少ない。その中で、和氣 (1995) は、触による文字理解のモデルを挙げている (Figure 14.)。このモデルは、ボトムアップ的過程とトップダウン的過程の中間に、「視覚化」の段階を設けているのが特徴的である。本研究において、能動的触による文字知覚の成績に、刺激の視覚的複雑さが影響することが示されたが、その影響は、この視覚化の段階で発生したのかもしれない。また、Heller (1986b) は、我々は視覚的絵画にさらされて熟知してきていることが、2次元パターンに対する認知スキルを上達させているとしている。これは触的文字知覚のモデルの中に視覚化の段階を含めることの有効性を示唆している。しかし、このモデルも、運動に伴って連続的に変化しながら入力される触的情報がどのように統合されるのかについては何も示してはおらず、その点では、かつて Connolly & Jones (1970) が視覚貯蔵庫との関わりを含めて提案した筋感覚運動知覚モデルの域を超えておらず、十分とはいえないであろう。

Loomis (1990) にみられるように、視覚的な文字認知のモデルを、そ

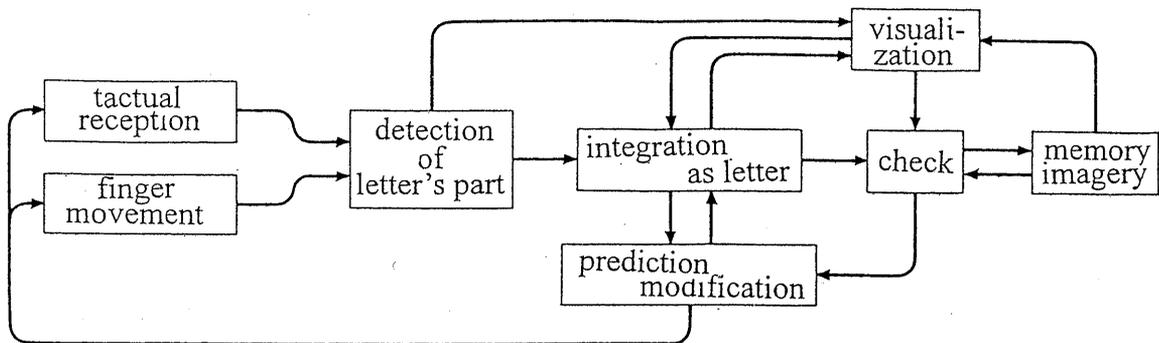


Figure 14. Visualization in the process of tactual letter resolution. (cited from Wake, 1995, translated from Japanese by Tasaki)

のまま触覚に当てはめようとする試みはある。しかし、視覚と触覚の異同や関係性については、必ずしも明らかになっていない。Bliss, Hewitt, Crane, Mansfield, & Townsend (1966) は、触覚的感覚記憶について検討し、その容量は 4~5 個 (ただし、群化できる時には 7~8 個)、持続時間は約 0.8 秒としており、これらの数値は視覚的感覚記憶のものと近い。しかし、Baddeley (1976) は、触覚の短期記憶は、運動記憶に類似するとしている。また、長期記憶に関しては、左手 (すなわち右大脳半球支配) による遂行が優位としている研究が多い (Hemelin & O'Conner, 1971; Milner & Taylor, 1972)。

Lederman & Klatzky (1998) は、手が静的で受動的である時の、主観的感覚を報告している。粗い特性の変化や対象のある程度の同一性は一回の僅かな時間の接触でも同定できるが、より正確な情報や複雑な対象の同定には自発的で特定のパターンの触運動的探索手続き (exploratory procedures) を実行する必要があるとしている。また、具体的特性の変動や縁の有無のような符号化された情報を抽出するための探索的手続きは、空間的に符号化された情報を抽出するための探索的手続きよりも、

速さと正確さにおいて効率がよく、おそらくこれが理由となって、幾何学的特性の判断には典型的に視覚がよく使用されるのではないかとしている。

Berkeley (1709) は視空間と触空間とは別のものと考えたが、触覚は視覚を育てるという考え方などを示している。日常的な例として、鈴木 (1994) は、工学的な立場から、コーヒーカップの例を挙げ、「使いこなせるようになるには、目で見ただけでなく、触ったり、使ってみたりしなくてはならない。…目から入った情報だけでつくられるのではなく、同時に触覚や筋紡錘など、手の感覚から入った情報が統合されて形成される。」「カップをうまく扱うには、手をどのように動かし、何処でどの指に力を入れたらよいかは視覚情報と関連づけて脳に蓄えられていく。このようにして、視覚情報と手の感覚情報が統合されて脳内情報として記憶されると、カップをみたときに得られる視覚情報だけからカップをつかむのに都合のよい手の形がつくられる」(p.65) という。

さらに、Brun (1963/1990) は、視覚と触覚を比較し、ともに形態への接近を図りはするが、視覚は遠近法を利用して距離を表象で手中に収めうるもの以上のパノラマを展開できるのに対し、触覚では実際に直接体験する必要がある、「パノラマはない」としている。また、Loomis (1990) は視触の類似性を唱え、人差指先での文字の読みとり易さを、文字の種類、文字のぼかしの程度、および文字セットの大きさを要因としたモデルを提唱した。しかし、視覚に比べて触覚では、相対的にデータとモデルからの予測の適合性が低かった。その理由として、彼が使用した刺激は、視覚と触覚共に空間周波数フィルターを利用してぼかして作成しており再認困難であること、さらに触覚では不完全な知覚統合 (incomplete perceptual integration) の制限も同時に受けているからではないかと仮定

している。さらに、Loomis (1993) では、一転して不一致の例を呈示するのなど、この領域ではデータの組織化が未だ完成していないといえよう。

基礎的なデータが不足している現状では、能動的触運動知覚の過程をモデル化することは、時期尚早なのかもしれない。知覚サイクル・モデル (Figure 15) を提唱した Neisser (1976) は、能動的触運動知覚 (haptic perception) について、触すなわち能動的触感覚では、視覚における眼や聴覚における基底膜のように、知覚サイクルを支える、特定の機構が全くわからないとし、触運動知覚に関するモデル構築の困難さを示唆している。

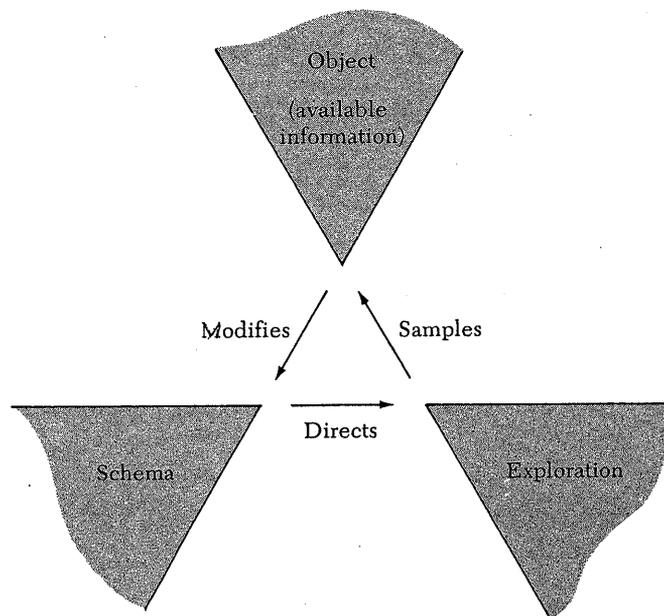


Figure 15. The perceptual cycle. (cited from Neisser, 1976, p.21)

したがって、少なくとも現段階では、触運動知覚に関する研究では、いたずらにモデル化をすすめたり、その検証を行うよりも、関連する現

象を十分に記述することにより、触知覚過程に影響する要因を明らかにしていくことの方が有効であるように思われる。本研究で行った誤反応分析は、その目的を達成するための一方法である。誤反応の内容やそれが示唆することについてはすでに第2章で述べた。また実験中の行動観察も重要な情報源となり得る。被験者の手指の動きやその後の反応の間の取り方を観察していると、運動はイメージを保つのに役立っているであろうと推測できる。概念駆動型の情報処理をしていて入力情報を長期記憶内のパターンと照合している中枢的処理の段階でも、触覚の場合には、データ駆動型情報処理による情報の末梢的な処理の継続的入力が続けられていなければならないのであろう。その意味では、本研究で扱った実験条件の能動的触運動知覚の場合、「末梢的情報処理」→「中枢的情報処理」の場合もあるだろうが、多くは、「末梢的情報処理」→「中枢的情報処理+末梢的情報処理」を根拠にという構図が考えられる。その理由は、著者が被験者を観察していて、被験者が運動を止めた後しばらく考えてもその場合には正答は少なかったという反応状況に気づいたからである。反応候補から一つの反応文字に絞る場合、運動や接触による情報を絶えずモニターしながら、絞り込んでいくことが必要なのではないかと考えられる。

第2節 今後の能動的触運動知覚研究に関する課題

Loomis (1990) や Heller (1986a) がいう規定因子の末梢・中枢という分け方と、最近の認知心理学の動向から、触的パターン知覚に関して今後解決すべき点をいくつか指摘できる。

第1に、本研究では、触知覚における能動的運動の有無、刺激の複雑さ、文字セットの大きさについて検討したが、さらに他の規定因子を検

討すべきであろう。例えば、ラテラルティの問題 (Hunt, Edwards, & Quest, 1988; Milner & Taylor, 1972)、異なるモダリティ間の比較や触覚の継時的入力情報統合の発達 (田崎, 1989) や加齢効果 (和氣・和氣, 1988) がある。そのうち、田崎 (1989) では、幼稚園児を被験者に、比較刺激の鏡映像や回転像と、正立像の標準刺激を対呈示し、能動的触運動による異同判断実験を実施し、視触モダリティ間で類似した混同パターンを示している。左右鏡映像との混同は視覚では就学当初まで観察されるが、それが触運動的知覚でも観察された。視触に共通の中核的な発達の要因として、看過できないであろう。また、Loomis (1990) は、アルファベットに比べて、カタカナの成績が低かったことの原因の一つに、全体的な物理的特徴として、アルファベットに比べて、カタカナは形態的に文字間で一様さ (greater apparent stylistic uniform of katakana characters) があることを挙げている。これは、相互に誤反応となり易い類似文字が多いということの意味する。個々の文字の物理的特徴として、画数が多いこと、十字交差が多いこと、直線の片側での2本以上の枝分かれが多いことが挙げられる。アルファベットではこれらが少ないように思われる。このような刺激の物理的特徴の影響を評価するためには、他種の文字 (例えば平仮名) を用いた検討も必要と考えられる。

第2に、能動的触知覚に関しては、末梢と中枢の2分法と共に、それら相互の関係性を重視したアプローチが必要ではないかと考えられる。本研究でも、文字の大きさという末梢的要因と刺激セットの大きさという中枢的要因の交互作用を調べた。その結果、正答率に関して両者に交互作用はなかった。しかし、それ以外の要因についても、末梢的要因と中枢的要因相互の関係性を重視したアプローチが必要ではないかと考えられる。その関連性を踏まえた上で、能動的触運動知覚過程を、全体的

な認知過程として解明することが大切と思われる。両要因の関係性を検討することの重要性は、文字刺激に限ったことではない。Heller & Schiff (1991) は、形は多次元であるので、形の触運動知覚を理解するには、触運動活動の次元、形の次元そして両者の交互作用を調べなければならないとしている。その際に、Derevensky (1979) のように、触運動的探索の発達的变化も考慮される必要があるだろう。また、Simmons & Locher (1979) は、非具象形について対称性を能動的触知覚により検出する際に及ぼす経験の効果を見出している。本研究は刺激として文字を用いたが、文字以外の刺激でも、本研究のような条件での実験的研究が必要であろう。

さらに、本研究では宮岡 (1994) の分類法に基づけば、2次元パターンに分類できる内容を扱った。しかし、Heller (2000) が批判するように、知覚や認知に関する多くの記述では、我々が典型的に視覚的であること、そして刺激が2次元的な文字、数字、あるいは抽象的幾何学図形として特徴づけられていると仮定されているが、我々の周囲には固体もあれば堅くないものもあり、人工的なものあれば自然なものもあり、直線的なものもあれば曲がったものもある (Heller, 2000)。研究のための説明モデルと日常生活での知覚経験が乖離しないよう、Gibson (1966) や Turvey (1996) が唱える生態学的で実用的な研究として、道具や対象の材質・慣性の知覚を支える力動的触 (dynamic touch) に関する研究も今後、重要と思われる。現在では医学的な環境は全く異なっているとはいえ、外科医の触診やマッサージの技法が、他のいかなる医学検査よりも身体内部の特殊な状態について多くの情報をもたらしてくれるという Katz (1925) の指摘は、生態学的妥当性の高い日常的な触行動に関する研究の重要性を示唆するものであろう。

ところで、Gordon (1989) は、視覚に限定せずに知覚全般について、環境内に知覚者がいる場合の簡単な図式を用いて、研究者が共通して多く描写しがちな研究対象を示している (Figure 16)。 (1) 環境 (environ-

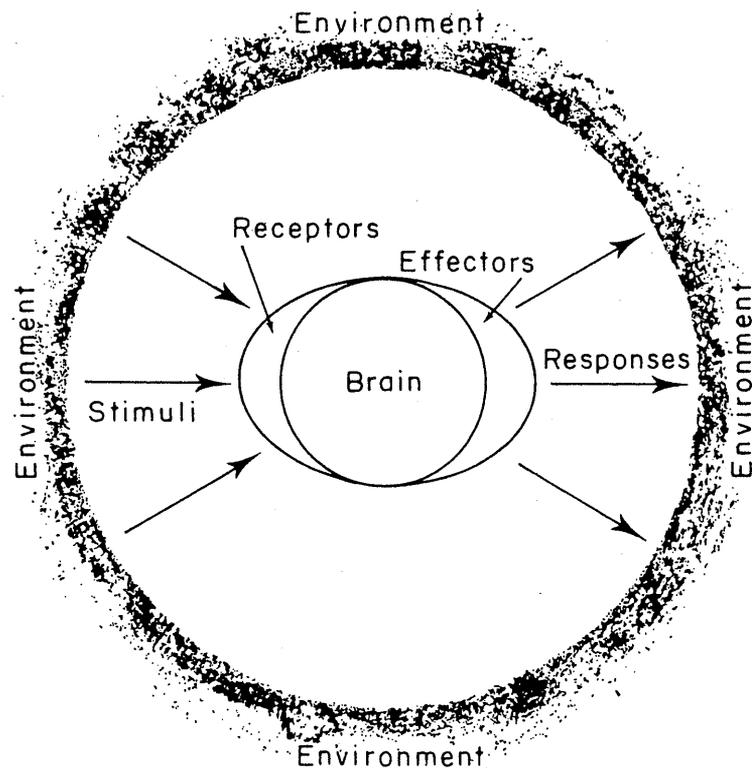


Figure 16. The regions of interests to perceptual theorists. (1) environment, (2) incoming stimulus, (3) receptor surfaces and the peripheral sensory nervous system, (4) brain, (5) peripheral effector processes, (6) motor responses by the perceiver. (cited from Gordon, 1989)

ment) は物理的世界であり生活体にとっては生態学として記述される。(2) 入力刺激 (incoming stimulus) は重要な刺激特性の知識で物理学や化学によって記述される。(3) 感覚表面と末梢的ニューロン (sensory surface and peripheral neuron) では刺激エネルギーを神経符号へ変換する時の変換の性質を知る必要がある。神経伝達経路、符号の質・強さ・期

間、そしてニューロン間相互作用が重要となる。(4) 脳 (brain) に関しては、ほとんどの行動が脳過程に依存している。直接的研究は神経生理学や神経解剖学の分野になり、心理学では行動からの推測など間接的研究になる。(5) 効果器系 (effector systems) では刺激がきっかけとなって身体内で多くの事象が生じる。(6) 運動反応 (motor response) では、知覚者が受動的でなく周囲を動くことである。運動を引き起こしているものは何か、運動にはどういう役割があるのかなどの問題がある(ここでいう運動とは、例えば、視覚の場合の眼球運動などを指す)。

Gordon (1989) の図 (Figure 16) で、脳がその中心に描かれているように、能動的触運動知覚に関しても脳の活動と切り離して検討していくことは、今後適切であるとはいえない。文字セットの大きさの問題など中枢的レベルの問題は、能動的触運動時の生理学的な大脳中枢の反応を測定する方法により確認可能となるかもしれない。Gordon (1989) は、心理学では脳過程について行動から間接的推定を行うとしているが、現在では脳機能にアプローチするための様々な技法の開発により、事情はだいぶ異なっていると思われる。能動的触と受動的触、触刺激方法の比較などによる触覚の認知過程を検討するため、今後、脳波の分析など心理生理学的方法の開発や、本研究で観察された混同の事例の一つひとつを詳しく検討していくことが必要であろう。

また、本研究は正答率と混同行列を測度とした。本研究と同様に、Loomis (1990) は文字の知覚における正確さを重視していた。ところが正確さを重視せず、速さを要求する反応時間を測度とする課題ならば、記憶や注意や統合や動機など中枢的要因が大きく関わってくることになる。Loomis (1990) は述べている。この点について検討するには、実験事態を工夫し、今後、反応時間を測度としたデータや事例を多く蓄積し、

組織的に整理する必要があるであろう。

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.
- Baddeley, A. D. 1976 *The psychology of memory*. New York: Harper International Edition.
- Becker, 1935 Über taktilmotorische Figurwahrnehmung. *Psychologische Forshung*, **20**, 102-158.
- Berkeley, G. 1709 *A new theory of vision and other writings*. London: J.M.Dent & Sons Ltd.
- Bliss, J., Hewitt, D. V., Crane, P. K., Mansfield, P., & Townsend, J. T. 1966 Information available in brief tactile presentations. *Perception & Psychophysics*, **1**, 173-189.
- Brun, J. 1963 *La Main et l'Esprit*. P.U.F. (中村文郎 (訳) 1990 手と精神 法政大学出版社)
- Connolly, K. J., & Jones, B. 1970 A developmental study of afferent-reafferent integration. *British Journal of Psychology*, **61**, 259-266.
- 千葉良雄・黒田輝彦 1977 現代心理学双書 10 構えの心理学 新読書社
- Derevensky, J. L. 1979 Relative contributions of tactual and passive touch to a child's knowledge of physical objects. *Perceptual and Motor Skills*, **48**, 1331-1346.
- Gison, J.J. 1962 Observation on active touch. *Psychological Review*, **69**, 477-491.

- Gibson, J.J. 1966 *The senses considered as perceptual systems*. Boston: Houghton Mifflin Co.
- Gordon, G. (Ed.) 1978 *Active touch—the mechanism of recognition of objects by manipulation: A multi-disciplinary approach*. Oxford: Pergamon Press.
- Gordon, I. E. 1989 *Theories of visual perception*. New York: John Wiley Sons Ltd.
- Heller, M. A. 1986a Central and peripheral influences on tactual reading. *Perception & Psychophysics*, **39**, 197-204.
- Heller, M. A. 1986b Tactile memory in sighted and blind observers: The influence of orientation and rate of presentation. *Perception*, **18**, 121-133.
- Heller, M. A. (Ed.) 2000 *Touch, representation, and blindness*. New York: Oxford University Press.
- Heller, A., & Schiff, W. (Eds.) 1991 *The psychology of touch*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Hermelin, B., & O'Conner, N. 1971 Functional asymmetry in the reading of Braille. *Neuropsychologia*, **9**, 431-435.
- Hunt, L., Edwards, H., & Quest, K. 1988 Haptic identification of letters using the left and right hand. *Perceptual and Motor Skills*, **66**, 403-406.
- 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*, **286**, 283-300.
- Katz, D. 1925 *Der Aufbau der Tastwelt*. Leipzig: Barth.
- Kikuchi, T., Yamashita, Y., Sagawa, K., & Wake, T. 1979 Analysis of tactile letter confusions. *Perception & Psychophysics*, **26**, 295-301.
- 木村充彦 1972 触運動による組み合わせ図形の知覚 心理学研究, **43**,

1-12.

- Kinney, G. C., Marsetta, M., & Showman, D. J. 1966 *Studies in display symbol legibility, part XIII. The legibility of alphanumeric symbols for digitalized television*. Bedford, Mass.: The Mitre Corporation, ESD-TR-66-117.
- Klatzky, R. 1999 Haptic perception. In: R.A. Wilson & F. Keil (Eds.), *The MIT encyclopedia of the cognitive science*. London: The MIT Press. Pp. 360-362.
- Klatzky, R., & Lederman, S. I. 1995 Identifying objects from a haptic glance. *Perception & Psychophysics*, **57**, 1111-1123.
- 近藤公久・天野成昭 2000 文字単語の認識率と親密度および頻度関係
日本心理学会第64回大会発表論文集, p.519.
- Krueger, L. E. 1982 Tactual perception in historical perspective: David Katz's world of touch. In W. Schiff & E. Foulke (Eds.), *Tactual perception: A source book*. New York: Cambridge University Press. Pp. 1-54.
- Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. 1998 The hand as a perceptual system. In K. J. Connolly (Ed.), *Clinics in developmental medicine No.147: The psychobiology of the hand*. London: Mac Keith Press. Pp. 16-35.
- Lindsay, P. H., & Norman, D. A. 1977 *Human information processing*. 2nd ed. New York: Academic Press.
- Loomis, J. M. 1982 Analysis of tactile and visual confusion matrices. *Perception & Psychophysics*, **31**, 41-52.
- Loomis, J.M. 1990 A model of character recognition and legibility. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **16**, 106-120.
- Loomis, J.M. 1993 Counterexample to the hypothesis of functional similarity between tactile and visual pattern perception. *Perception & Psychophysics*, **54**, 179-184.

- Loomis, J. M., & Lederman, S. J. 1986 Tactual perception. In K. Boff, L. Kaufman & J. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and human Performance: Vol.12. Cognitive processes and performance*. New York: Wiley. Pp. 1-41.
- Mach, E. 1918 *Die Analyse der Empfindungen und das Verhaltnis des Physischen zum Psychischen*. Verlag von Gustav Fisher. (須藤吾之助・廣松渉 (訳) 1971 感覚の分析 法政大学出版局)
- Metzger, W. 1953 *Gesetze des Sehens (2. Aufl.)*. Frankfurt a.M.: Waldemar Kramer. (盛永四郎 (訳) 1968 視覚の法則 岩波書店)
- Miller, G. A. 1956 The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, **63**, 81-97.
- Miller, G. A. 1962 Decision units in the perception of speech. IRE transactions on information theory.
- Miller, G. A., Heise, G. A., & Lichten, W. 1951 The Intelligibility of speech as a function of the context of the test materials. *Journal of Experimental Psychology*, **41**, 329-335.
- Milner, B., & Taylor, L. 1972 Right-hemisphere superiority in tactile pattern recognition after cerebral commissurotomy: Evidence for non-verbal memory. *Neuropsychologia*, **10**, 1-15.
- 宮岡徹 1994 触覚のモジュール機構 静岡理工科大学紀要, **3**, 85-95.
- Neisser, U. 1976 *Cognition and reality*. San Francisco: W. H. Freeman and Company.
- Phillips, J. R., Johnson, K. O., & Browne, H. M. 1983 A comparison of visual and two modes of tactual letter resolution. *Perception & Psychophysics*, **34**, 243-249.

- Saida, S., Shimizu, Y., & Wake, T. 1982 Computer-controlled TVSS and some characteristics of vibro-tactile letter recognition. *Perceptual and Motor Skills*, **55**, 651-653.
- Sherrick, C. E., & Craig, J. C. 1982 The psychophysics of touch. In W. Schiff & E. Foulke (Eds.), *Tactual perception: A source book*. New York: Cambridge University Press. Pp. 55-81.
- Simmons, R. W., & Locher, P.J. 1979 Role of extended perceptual experience upon haptic perception of nonrepresentational shapes. *Perceptual and Motor Skills*, **48**, 987-991.
- 鈴木良次 1994 手のなかの脳 東京大学出版会
- 田崎権一 1989 幼稚園児による平仮名文字認知に関する視触様相間比較の研究 山口短期大学学術研究所報告, **1**, 31-39.
- 鳥居修晃 1971 視覚と触覚における図形知覚 高木貞二 (編) 現代心理学の課題 東京大学出版会, Pp. 34-44.
- Turvey, M. T. 1996 Dynamic touch. *American Psychologist*, **51**, 1134-1152.
- 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 1995 視覚の世界・触覚の世界 科学, **65**, 378-388.
- 和氣洋美・和氣典二 1988 “ひらがな”の能動的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, **6**, 75-122.
- Weber, E. H. 1978 *The sense of touch*. (De tactu. H. E. Ross, trans. originally published in 1826). New York: Academic Press.
- Weinstein, S. 1968 Intensive and extensive aspects of tactile sensitivity as

function of body part, sex and laterality. In D. R. Kenshalo (Ed.), *The skin senses*. Springfield, IL.: C.C. Thomas Pub. pp. 195-222.

Wertheimer, M. 1923 Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt, II. *Psychologische Forschung*, 4, 301-350.

山根正道 1935 触運動的図形知覚に就いての実験的研究 心理学研究, 10, 327-390.

補足資料 (Appendix)

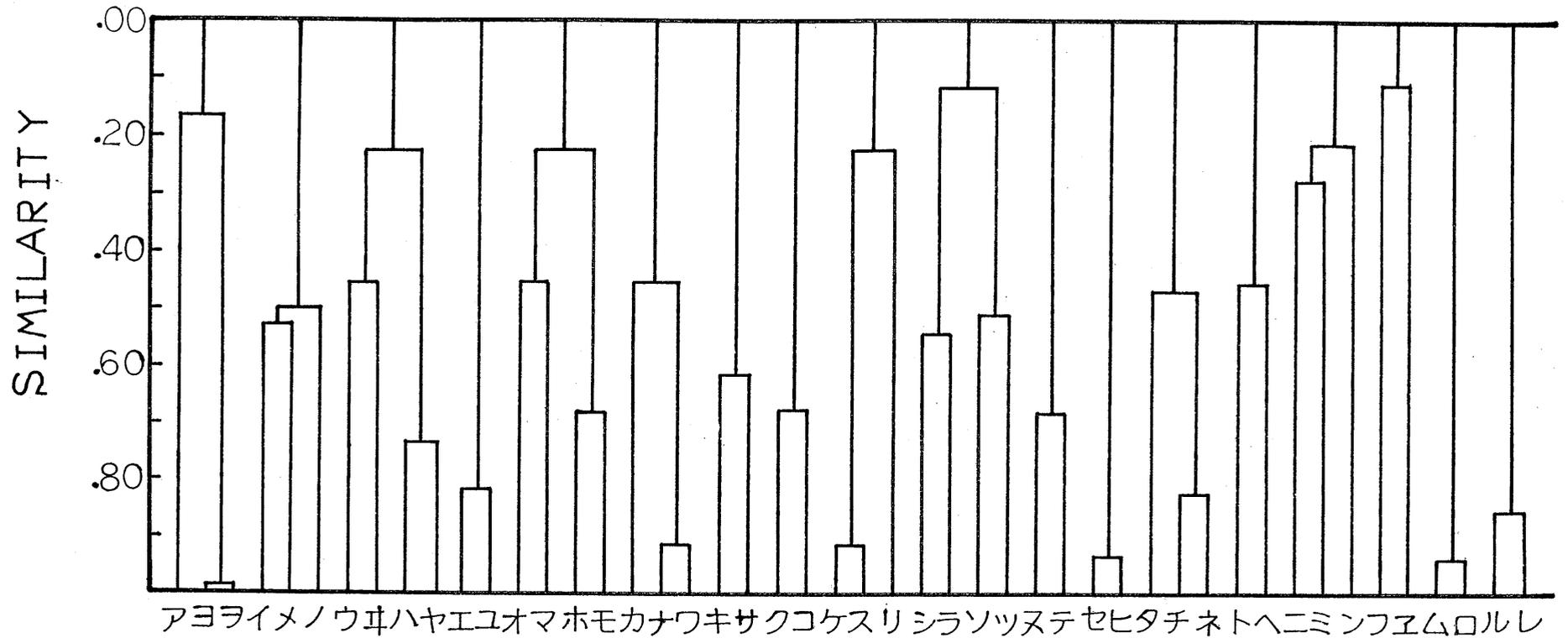


Figure A-1. Hierarchical cluster analysis for active haptic perception of Katakana letters whose height is 3.0 mm ($S_s = 12$).

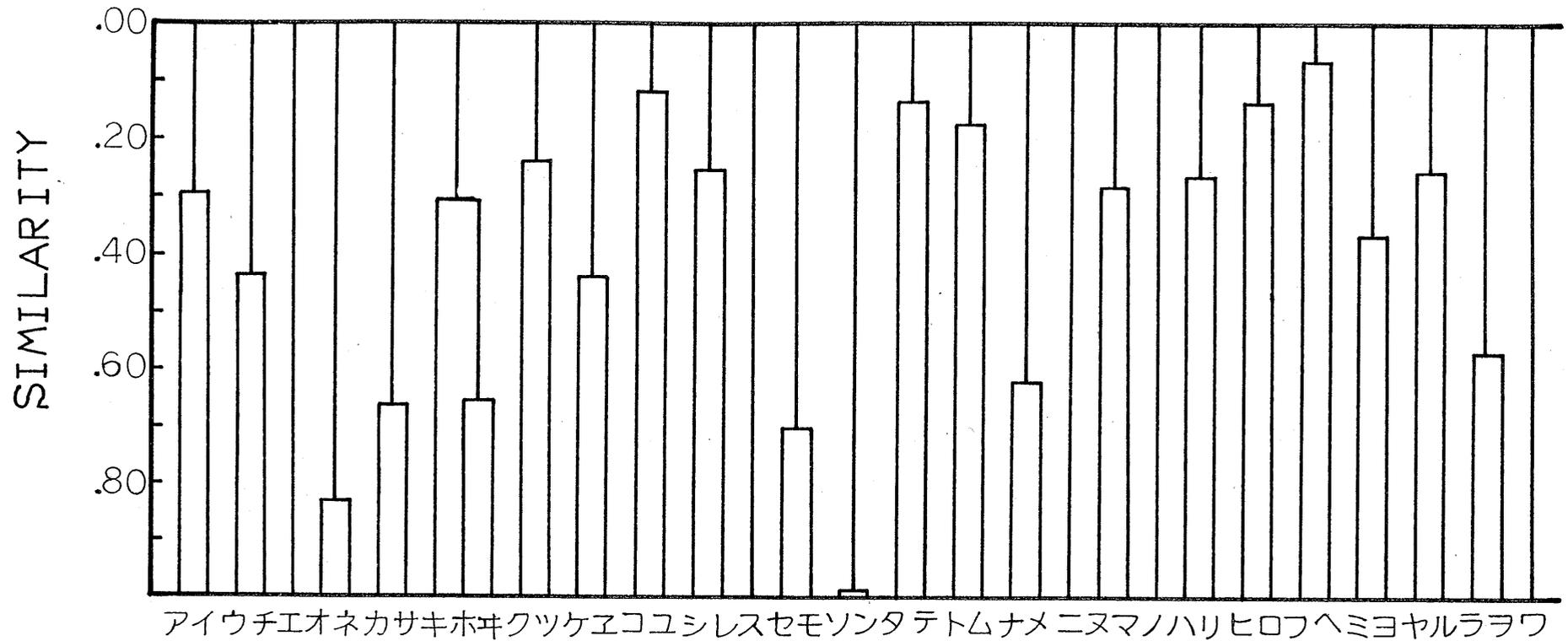


Figure A-2. Hierarchical cluster analysis for active haptic perception of Katakana letters whose height is 8.0 mm (Ss = 12).

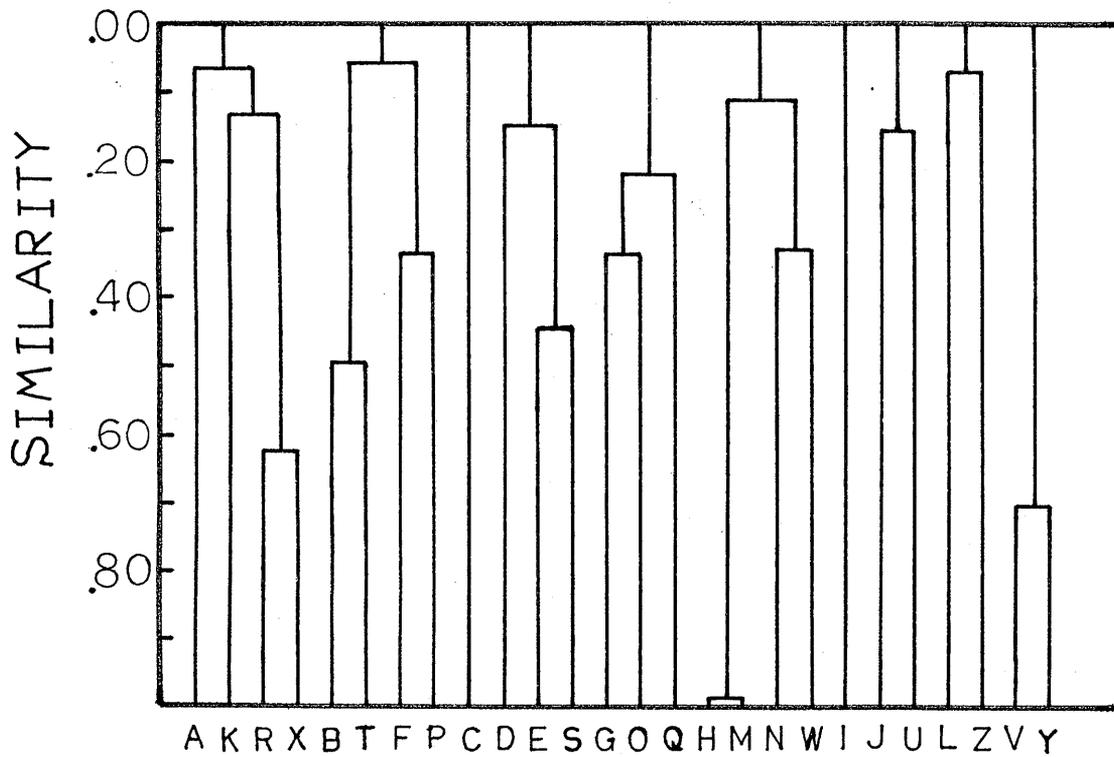


Figure A-3. Hierarchical cluster analysis for active haptic perception of upper-case alphabet letters whose height is 3.0 mm (Ss = 12).

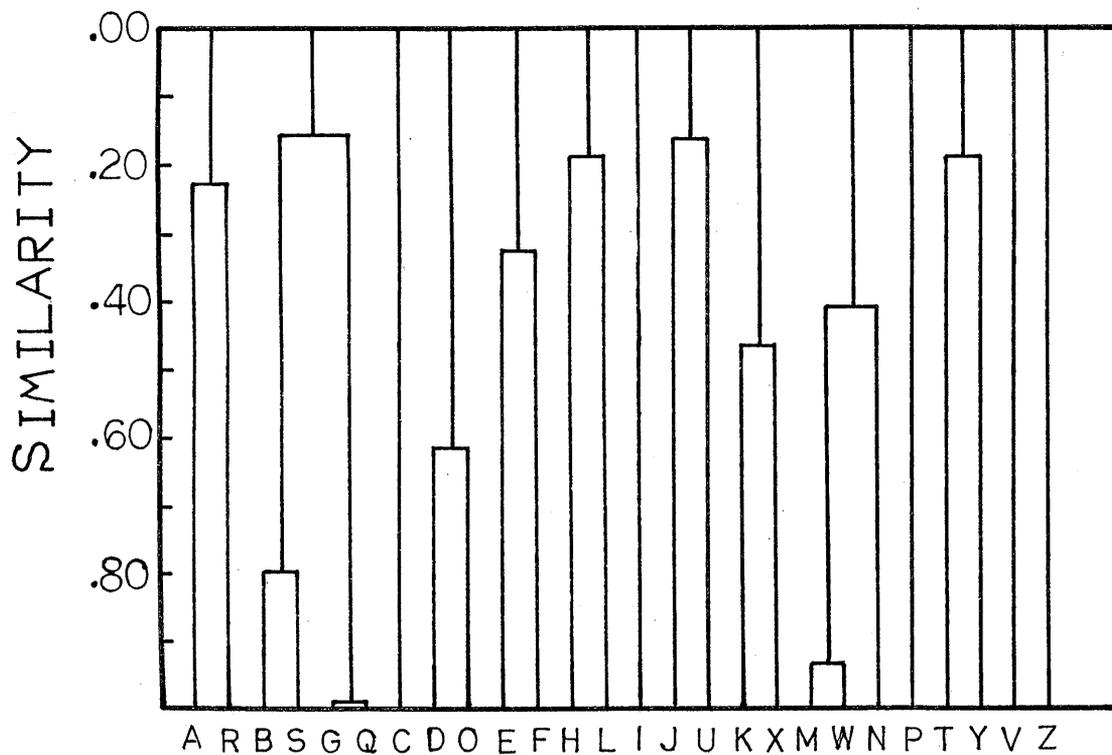


Figure A-4. Hierarchical cluster analysis for active haptic perception of upper-case alphabet letters whose height is 8.0 mm (Ss = 12).

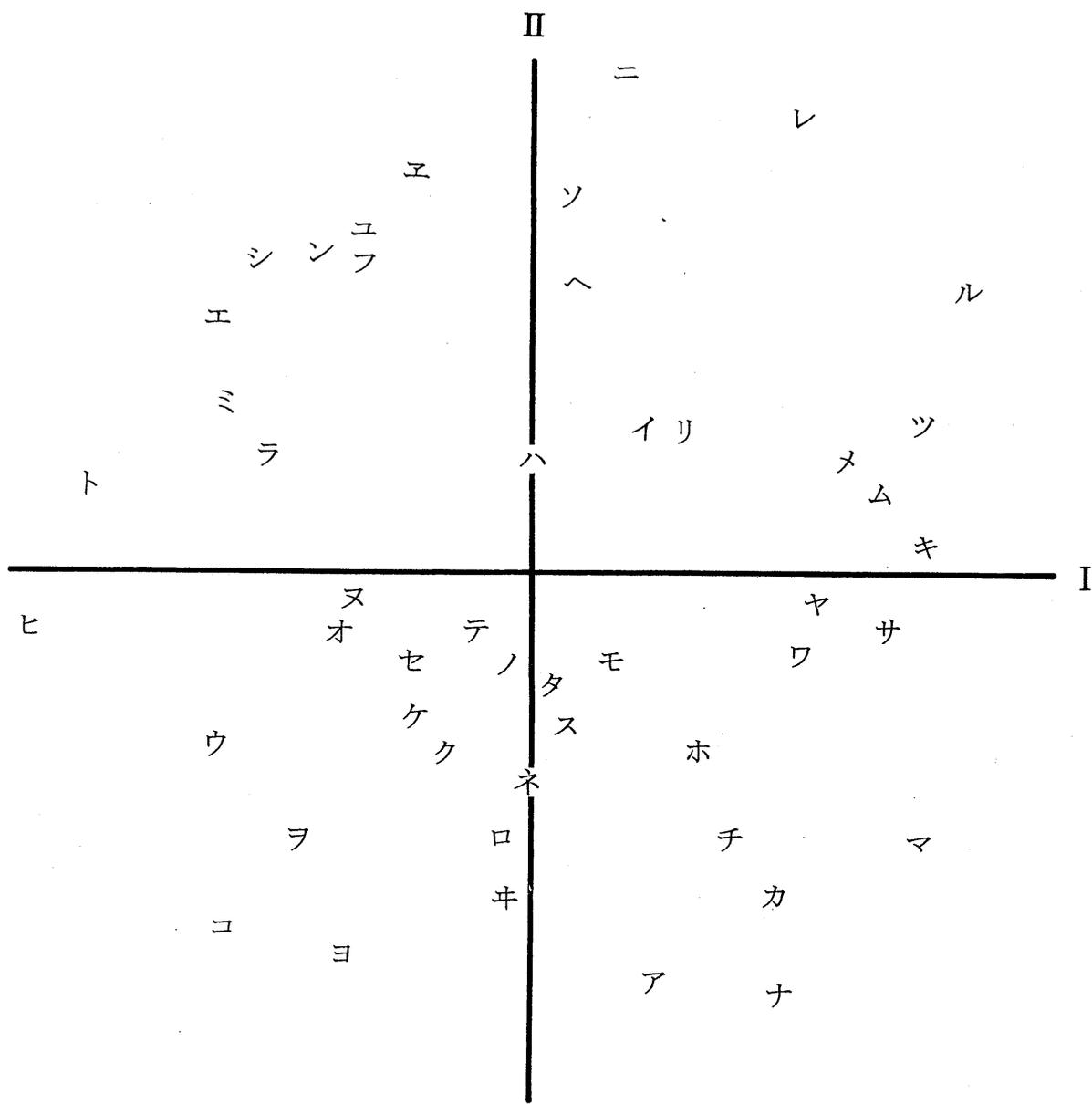


Figure A-5. Projection on the plane of Dimension I and II from 5-dimensional MDSCAL (Multidimensional scaling) of Katakana letters whose height is 3.0 mm ($S_s = 12$).

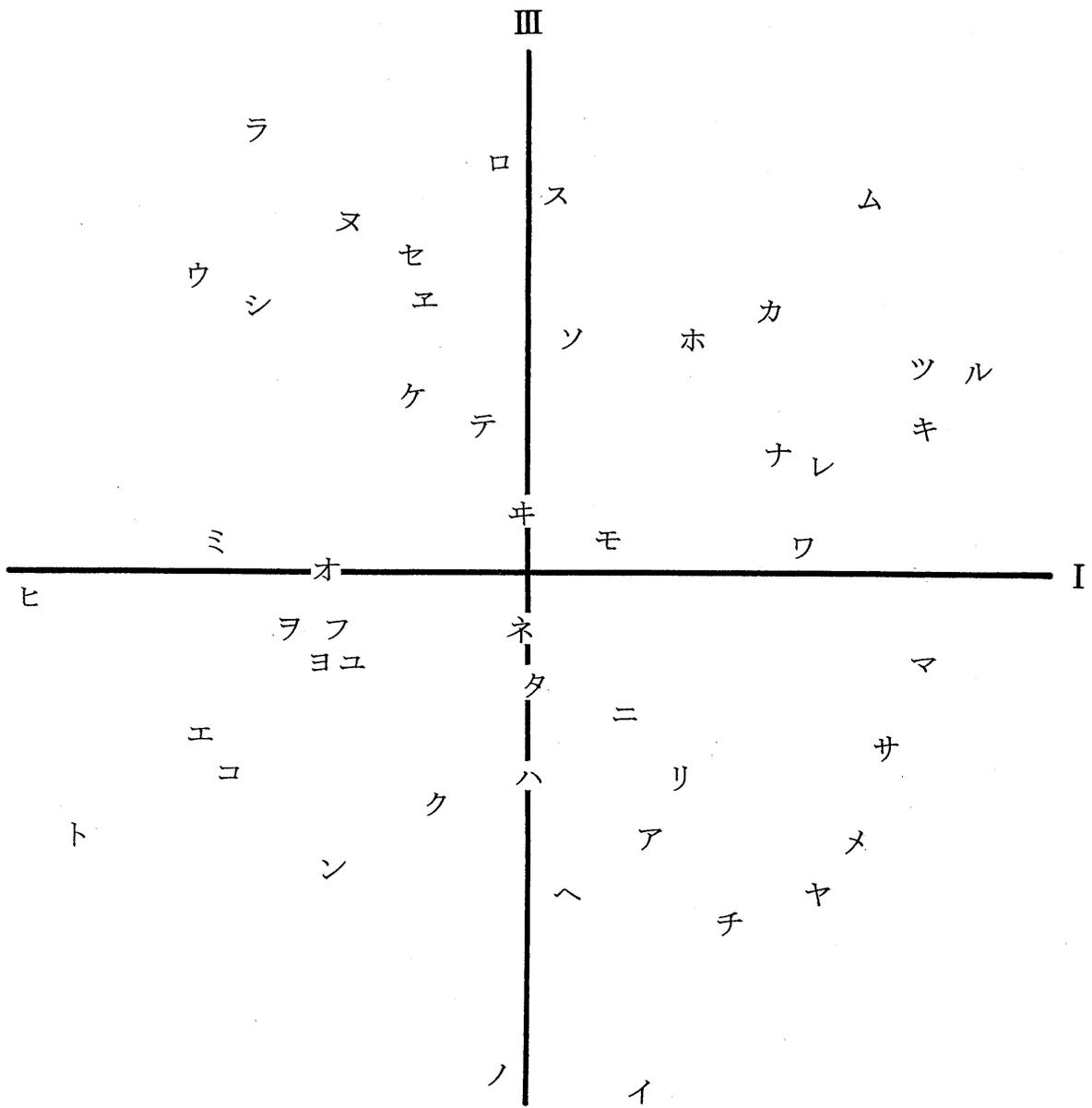


Figure A-6. Projection on the plane of Dimension I and III from 5-dimensional MDSCAL (Multidimensional scaling) of Katakana letters whose height is 3.0 mm ($S_s = 12$).

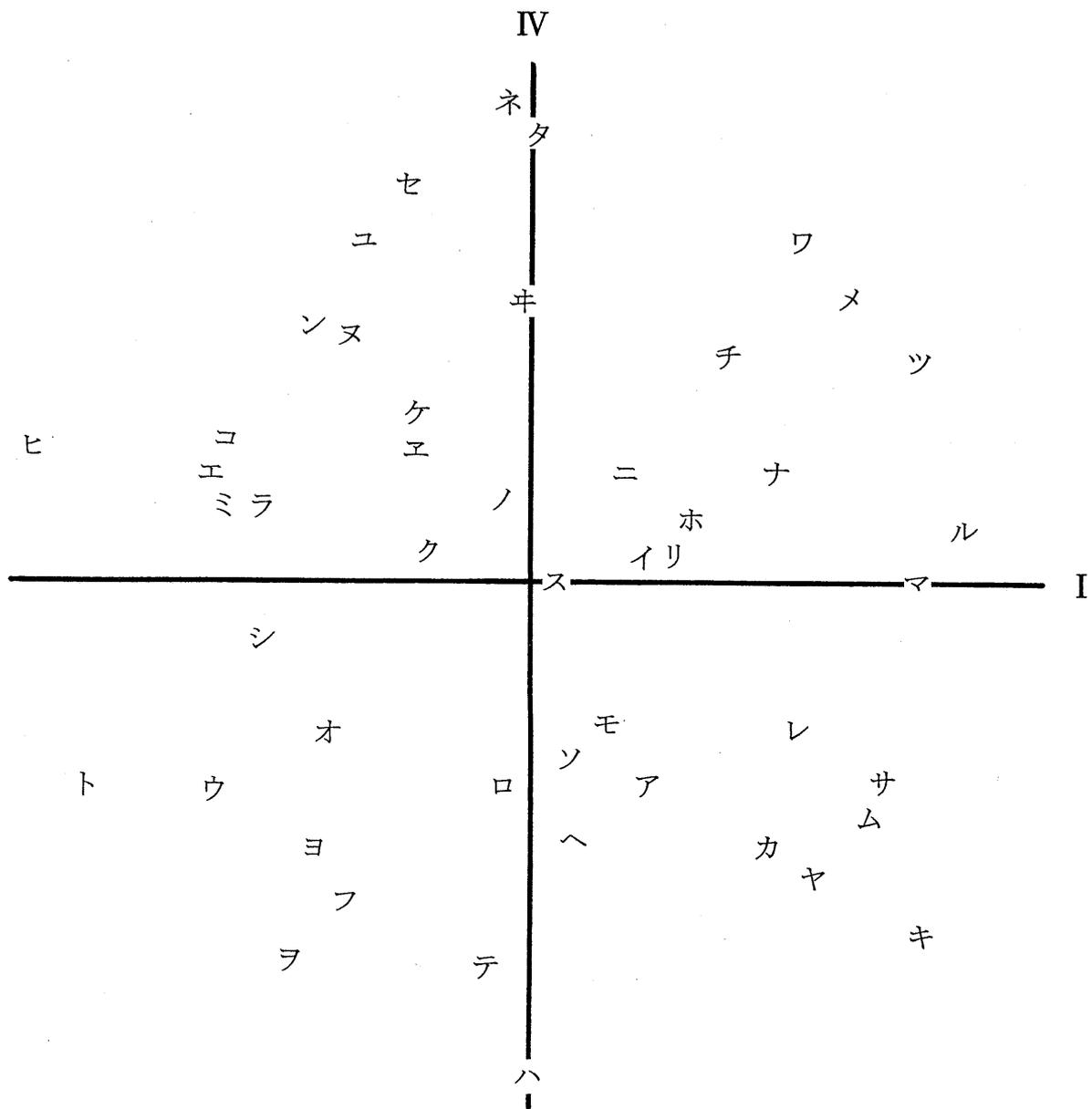


Figure A-7. Projection on the plane of Dimension I and IV from 5-dimensional MDSCAL (Multidimensional scaling) of Katakana letters whose height is 3.0 mm ($S_s = 12$).

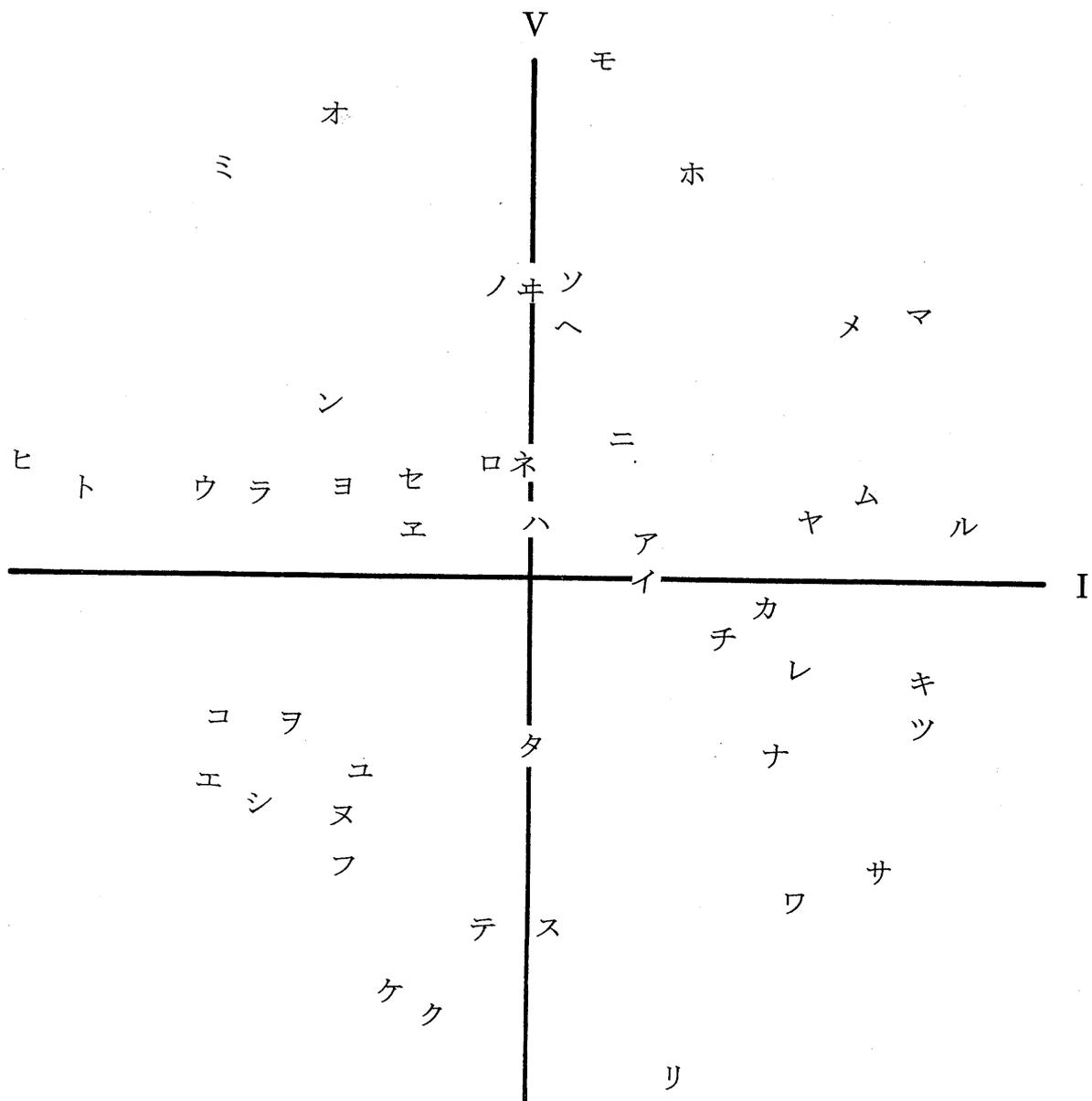


Figure A-8. Projection on the plane of Dimension I and V from 5-dimensional MDSCAL (Multidimensional scaling) of Katakana letters whose height is 3.0 mm ($S_s = 12$).

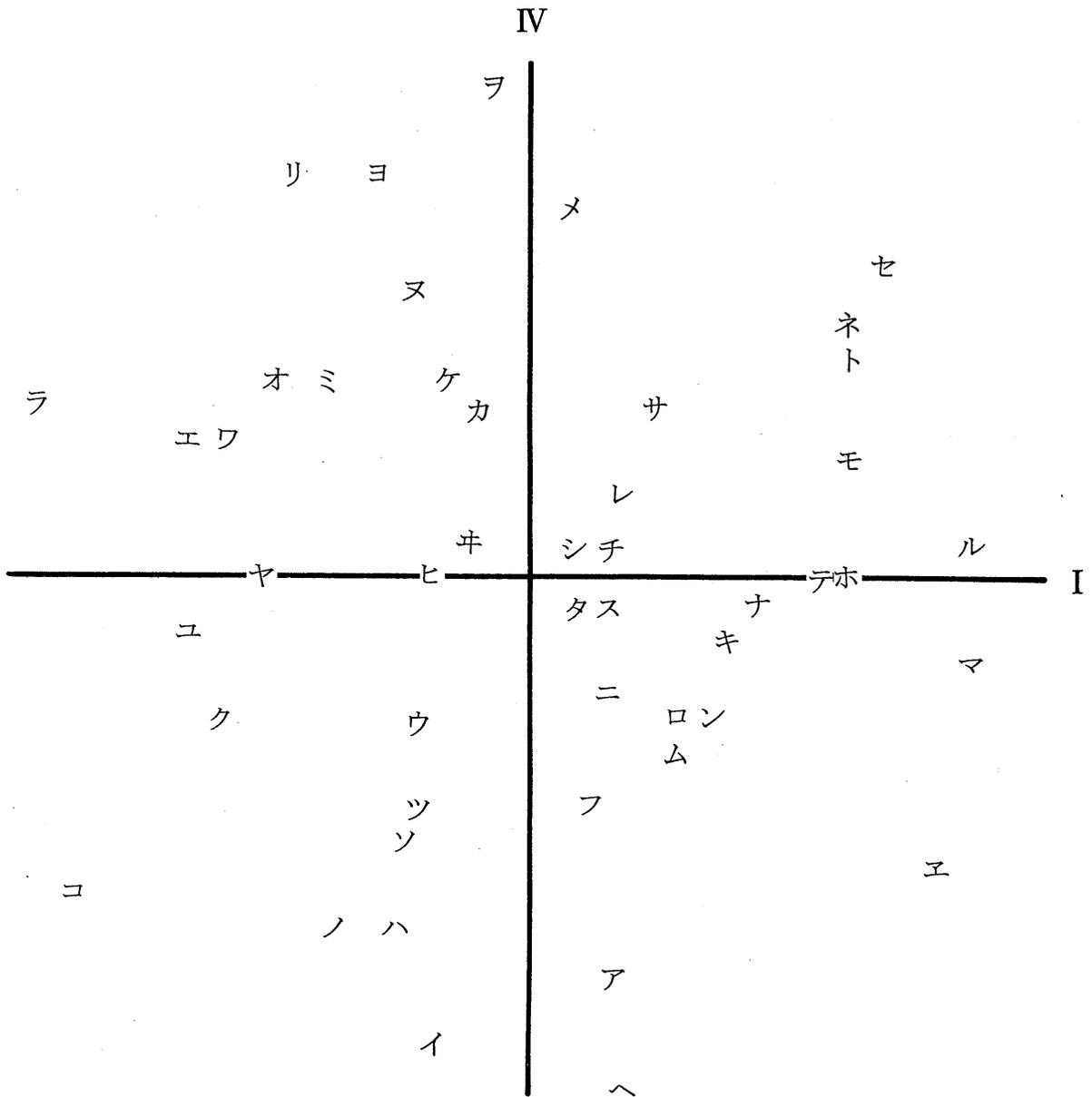


Figure A-9. Projection on the plane of Dimension I and IV from 5-dimensional MDSCAL (Multidimensional scaling) of Katakana letters whose height is 5.5 mm ($S_s = 12$).

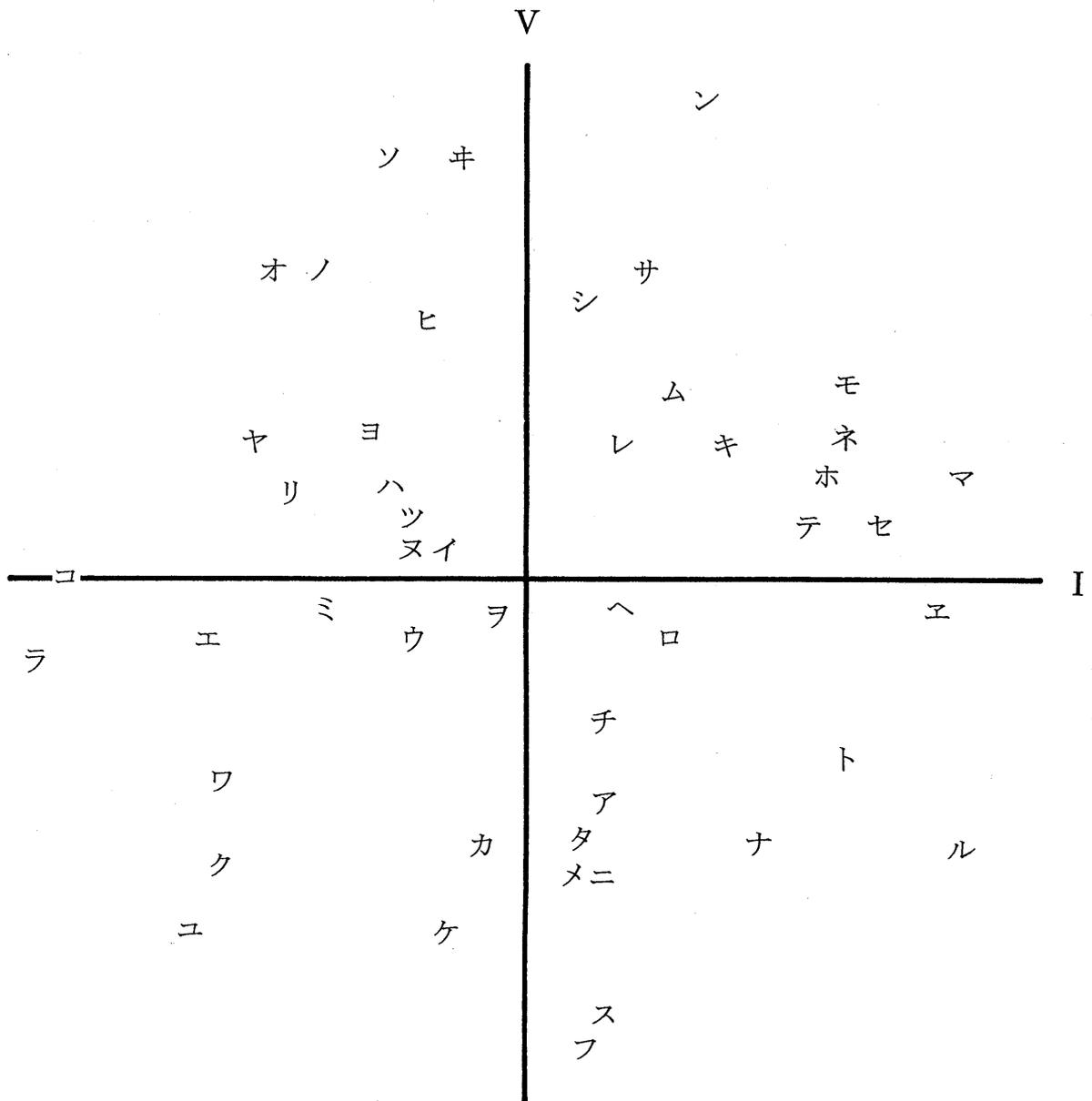


Figure A-10. Projection on the plane of Dimension I and V from 5-dimensional MDSCAL (Multidimensional scaling) of Katakana letters whose height is 5.5 mm ($S_s = 12$).

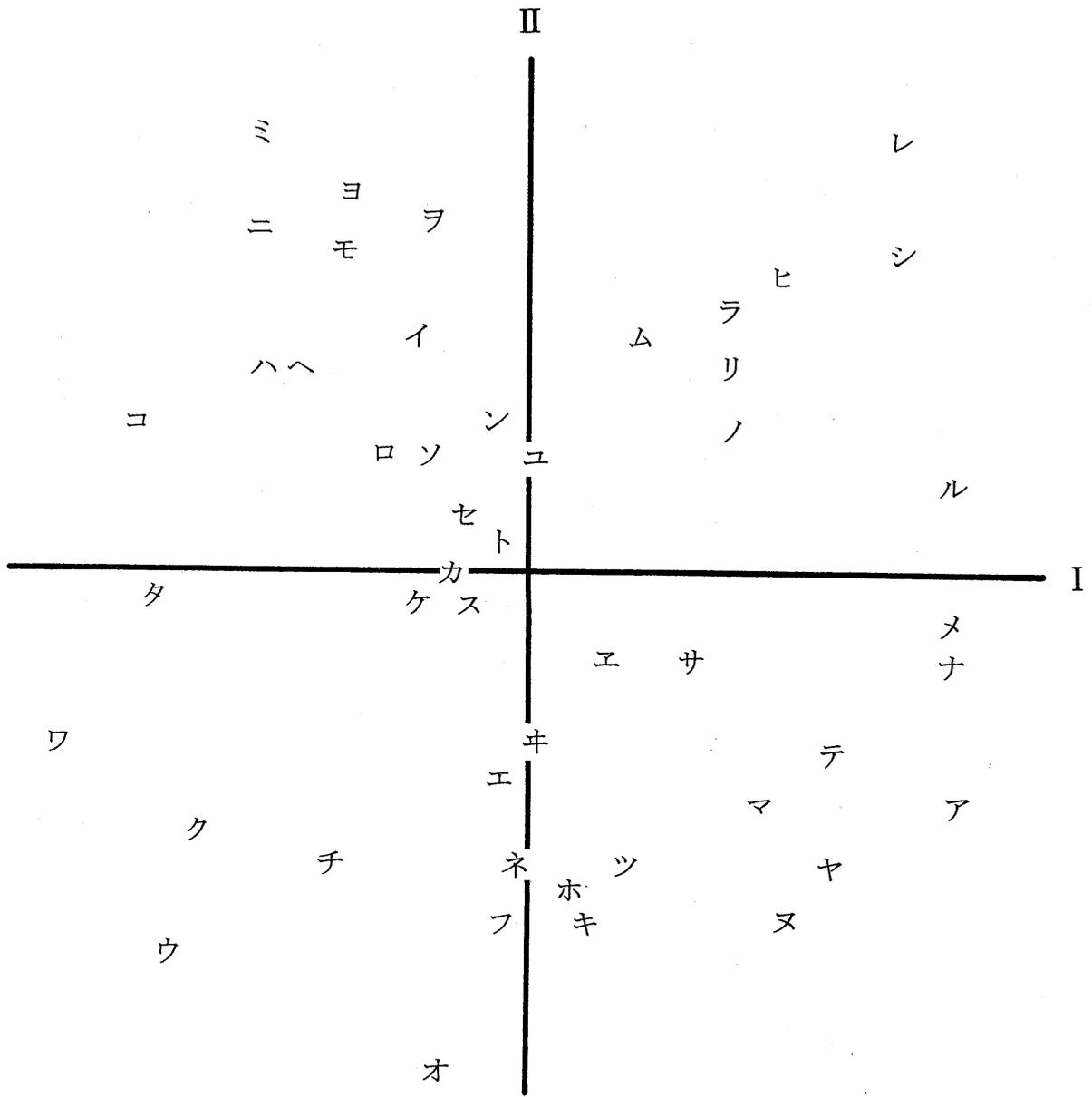


Figure A-11. Projection on the plane of Dimension I and II from 5-dimensional MDSCAL (Multidimensional scaling) of Katakana letters whose height is 8.0 mm ($S_s = 12$).

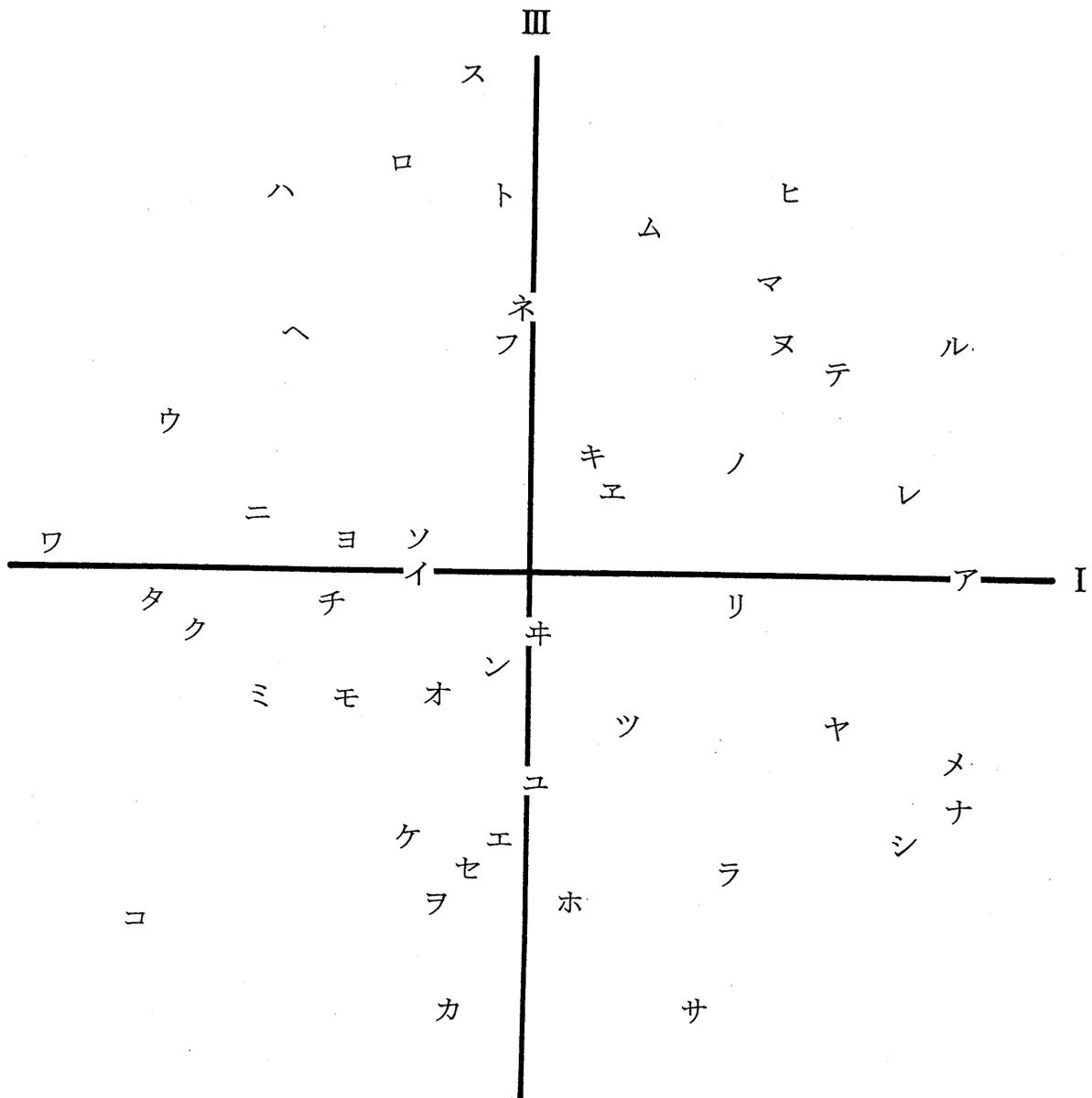


Figure A-12. Projection on the plane of Dimension I and III from 5-dimensional MDSCAL (Multidimensional scaling) of Katakana letters whose height is 8.0 mm ($S_s = 12$).

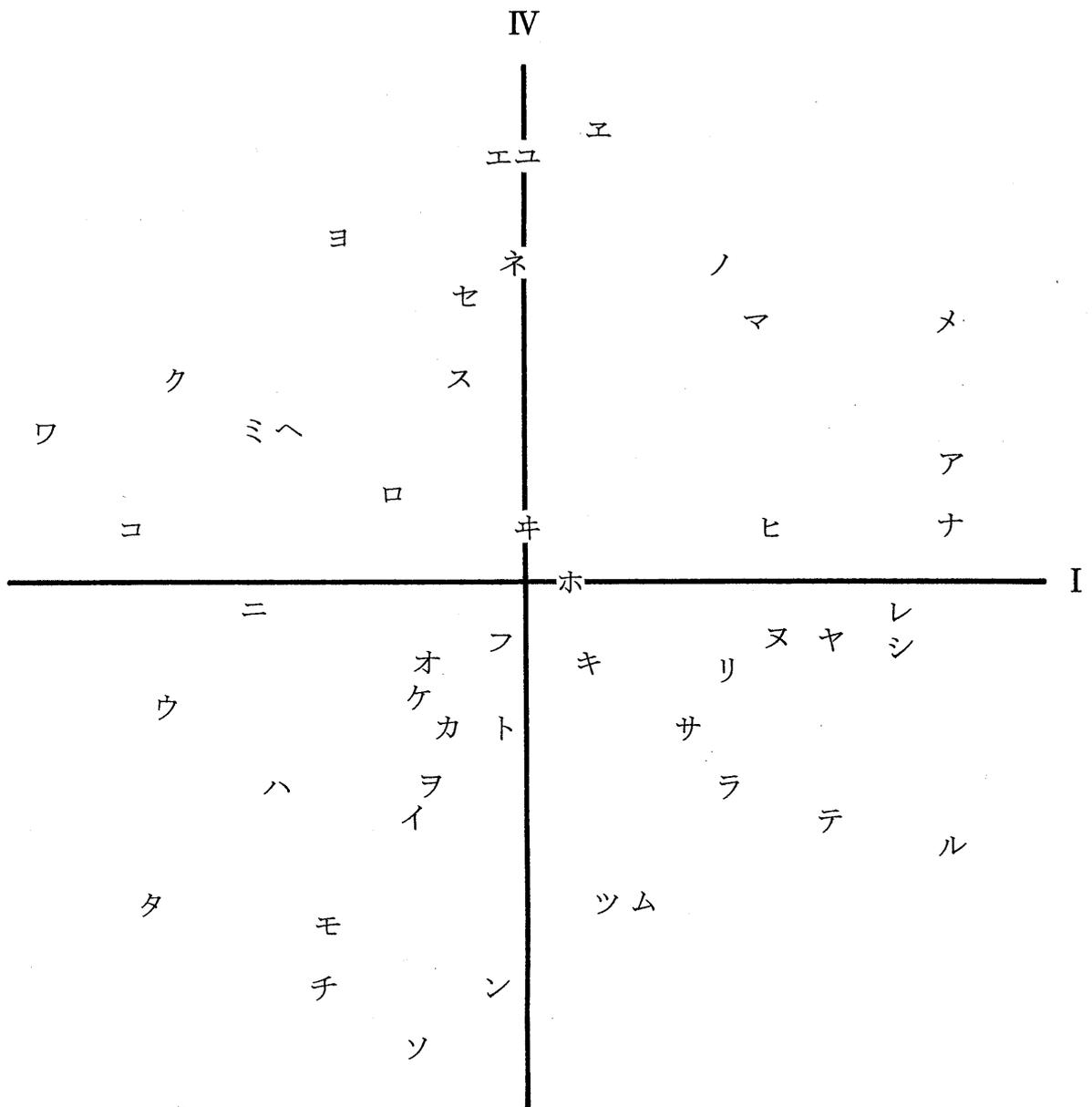


Figure A-13. Projection on the plane of Dimension I and IV from 5-dimensional MDSCAL (Multidimensional scaling) of Katakana letters whose height is 8.0 mm ($S_s = 12$).

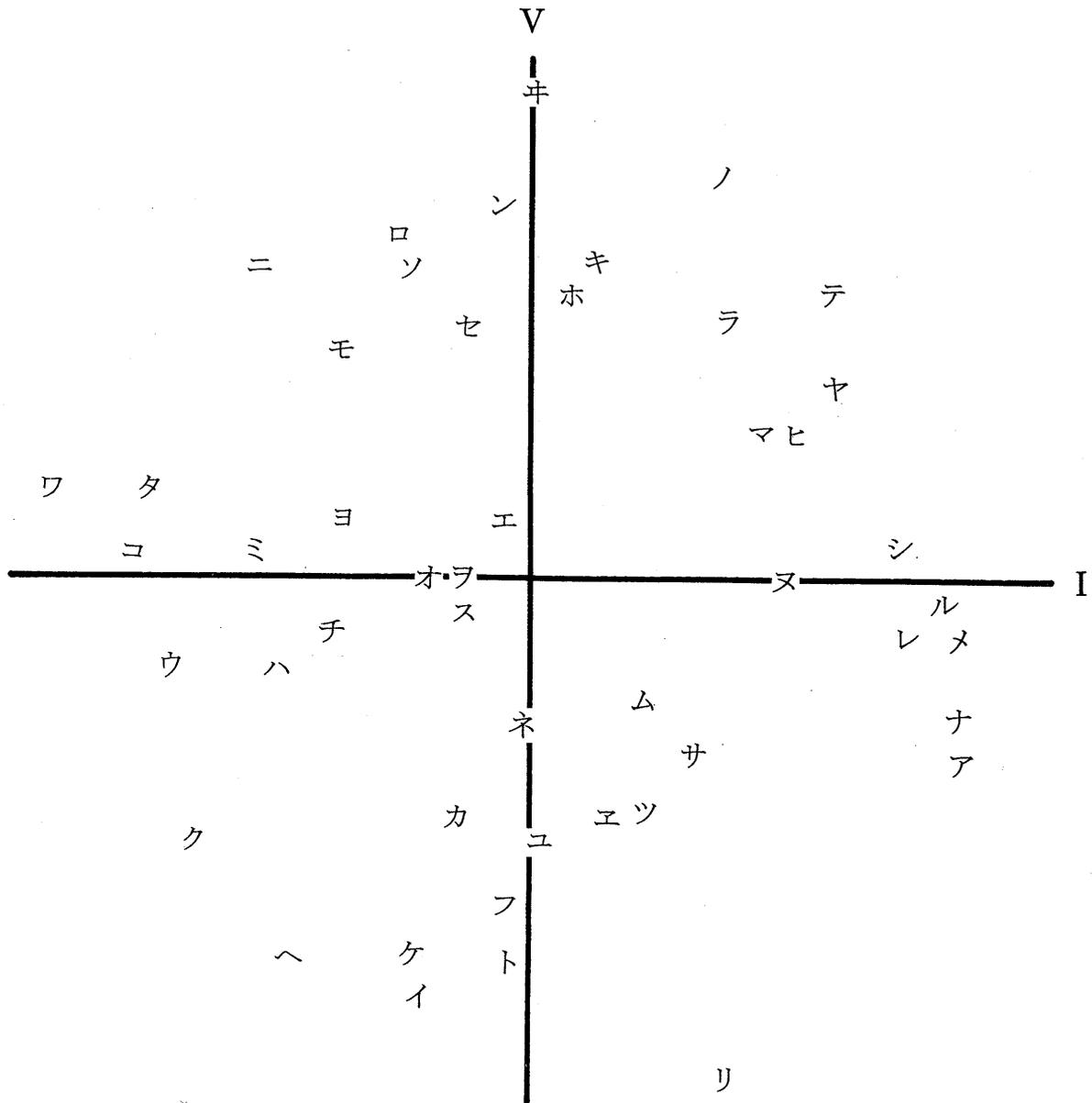


Figure A-14. Projection on the plane of Dimension I and V from 5-dimensional MDSCAL (Multidimensional scaling) of Katakana letters whose height is 8.0 mm ($S_s = 12$).

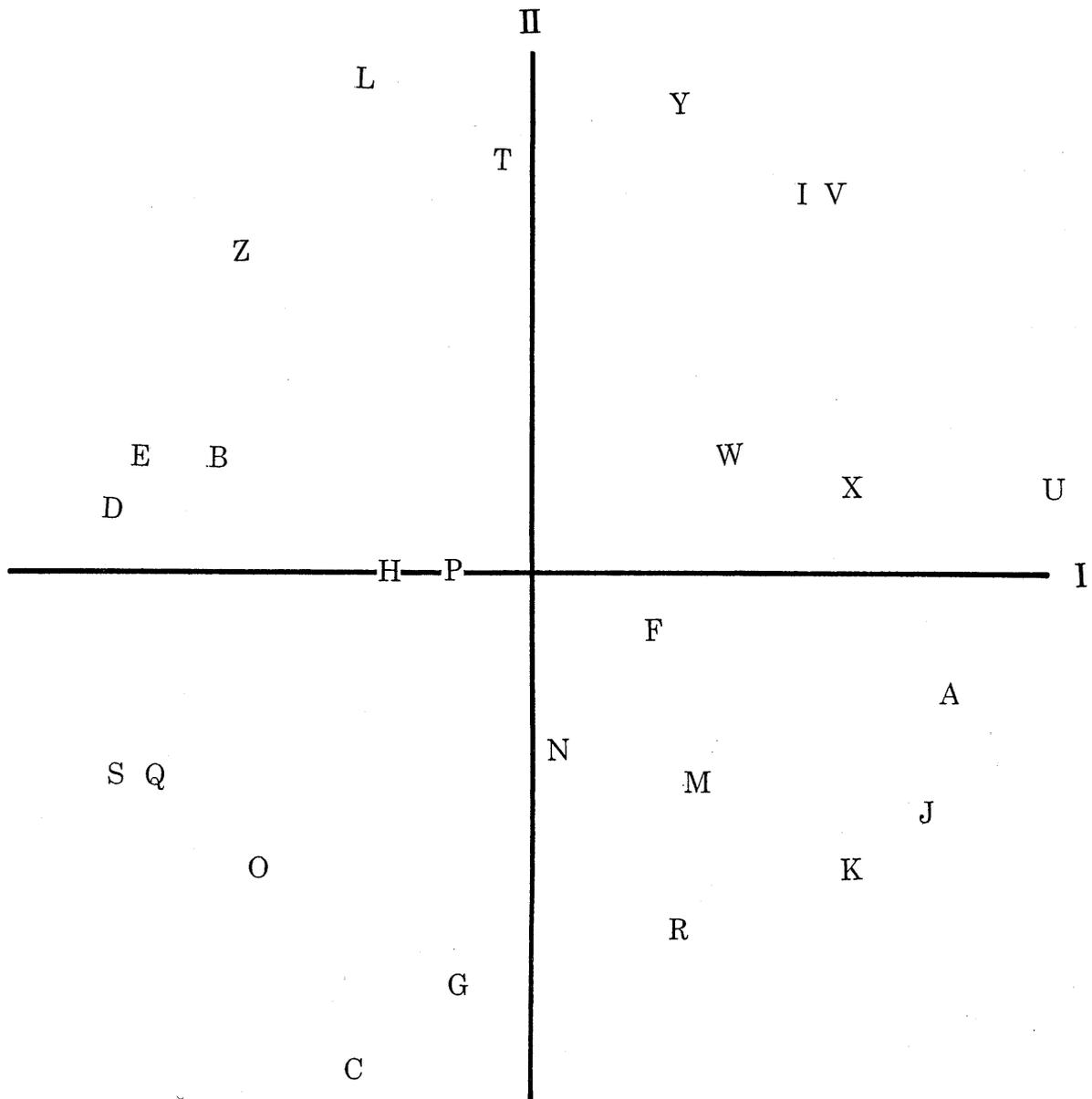


Figure A-15. Projection on the plane of Dimension I and II from 4-dimensional MDSCAL (Multidimensional scaling) of upper-case alphabet letters whose height is 3.0 mm ($S_s = 12$).

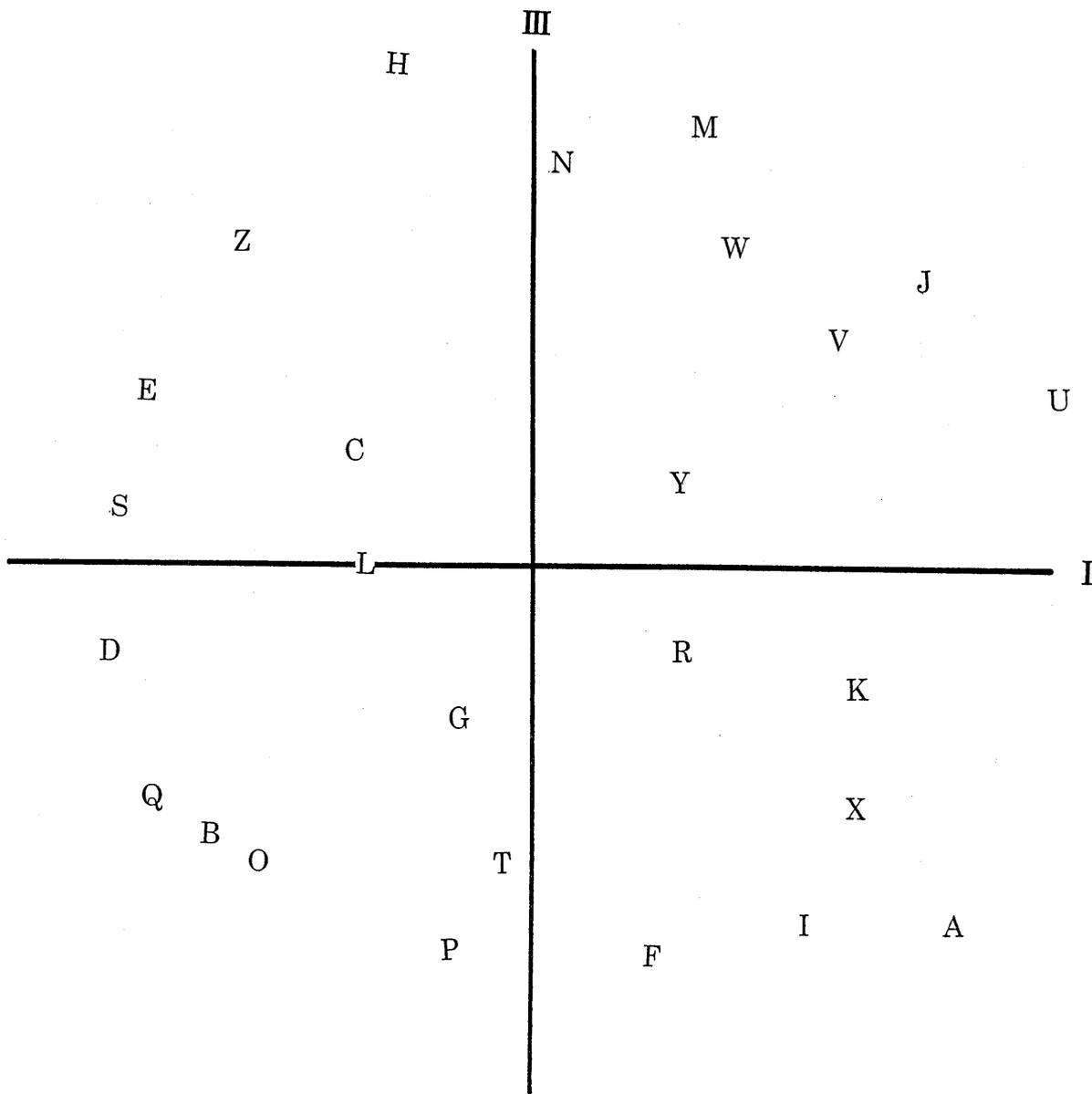


Figure A-16. Projection on the plane of Dimension I and III from 4-dimensional MDSCAL (Multidimensional scaling) of upper-case alphabet letters whose height is 3.0 mm (Ss = 12).

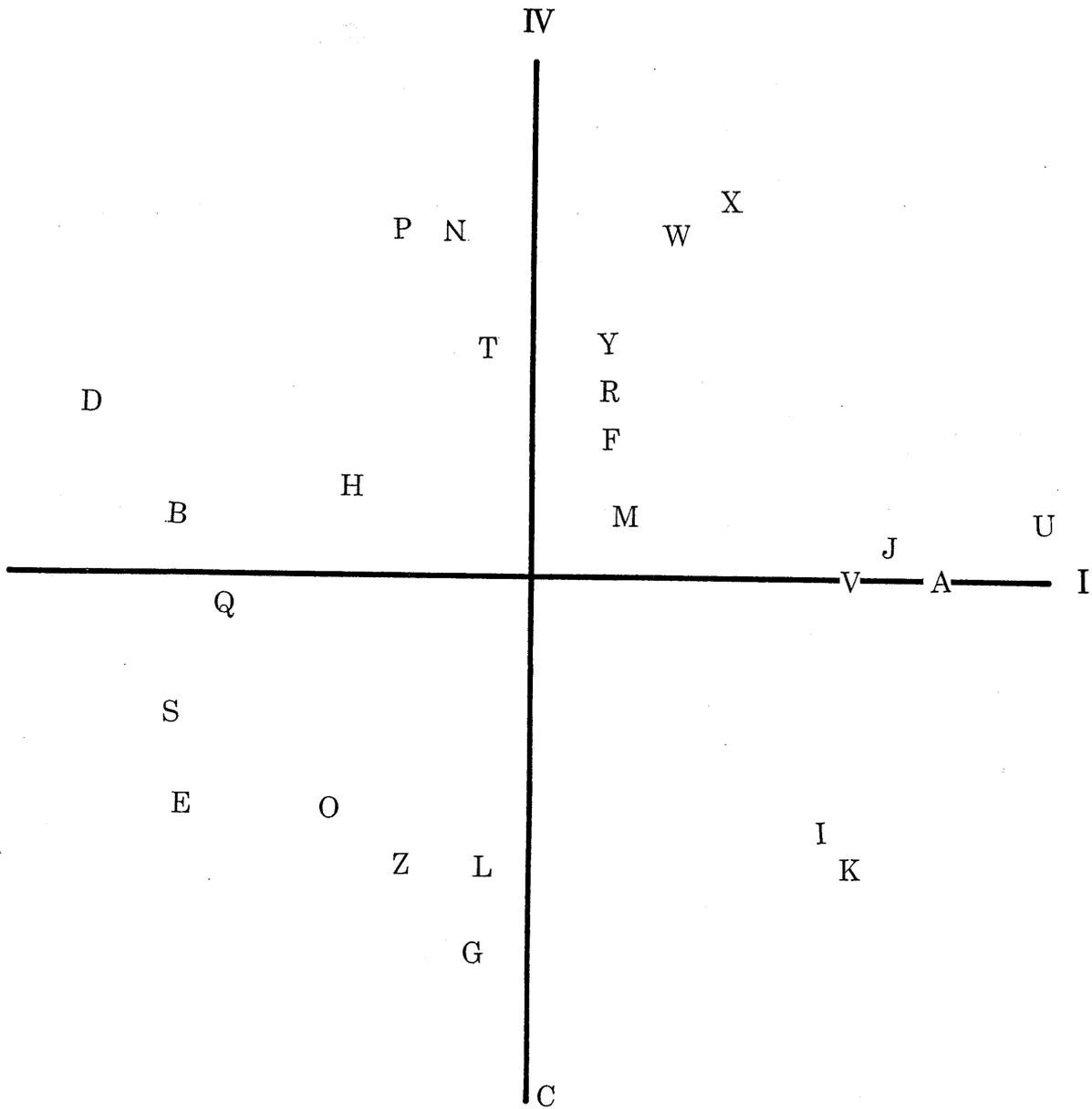


Figure A-17. Projection on the plane of Dimension I and IV from 4-dimensional MDSCAL (Multidimensional scaling) of upper-case alphabet letters whose height is 3.0 mm ($S_s = 12$).

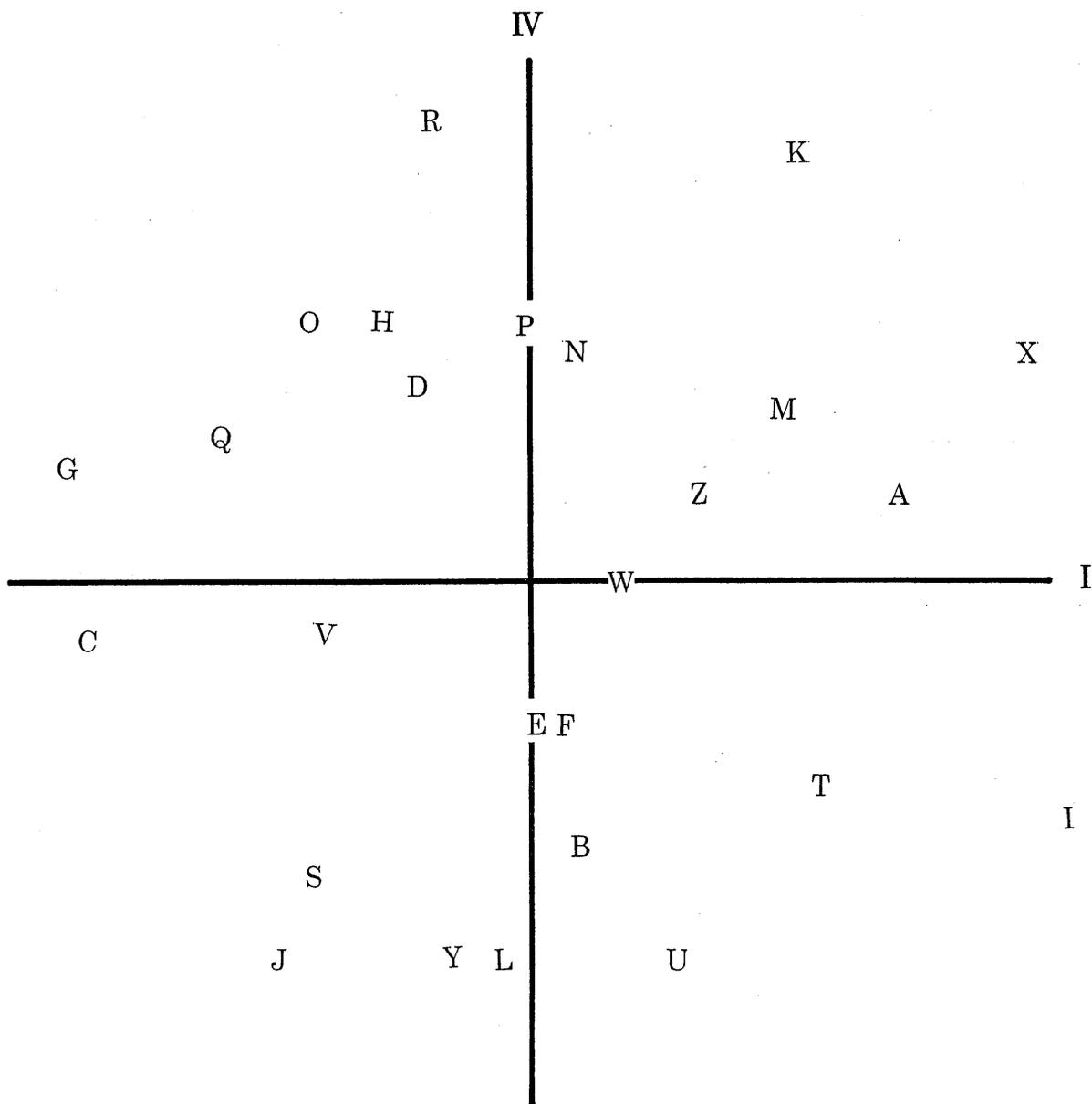


Figure A-18. Projection on the plane of Dimension I and IV from 4-dimensional MDSCAL (Multidimensional scaling) of upper-case alphabet letters whose height is 5.5 mm ($S_s = 12$).

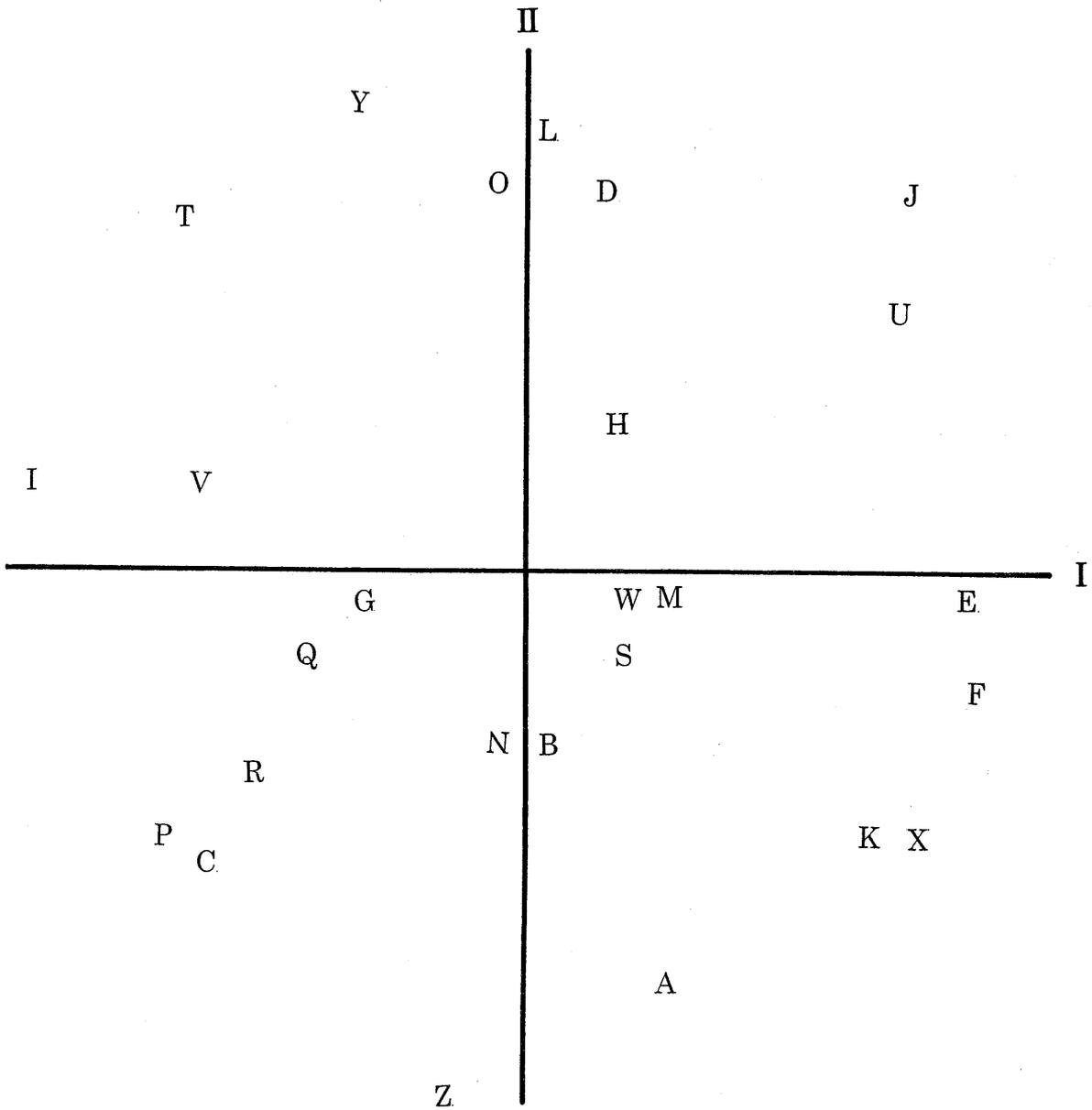


Figure A-19. Projection on the plane of Dimension I and II from 4-dimensional MDSCAL (Multidimensional scaling) of upper-case alphabet letters whose height is 8.0 mm ($S_s = 12$).

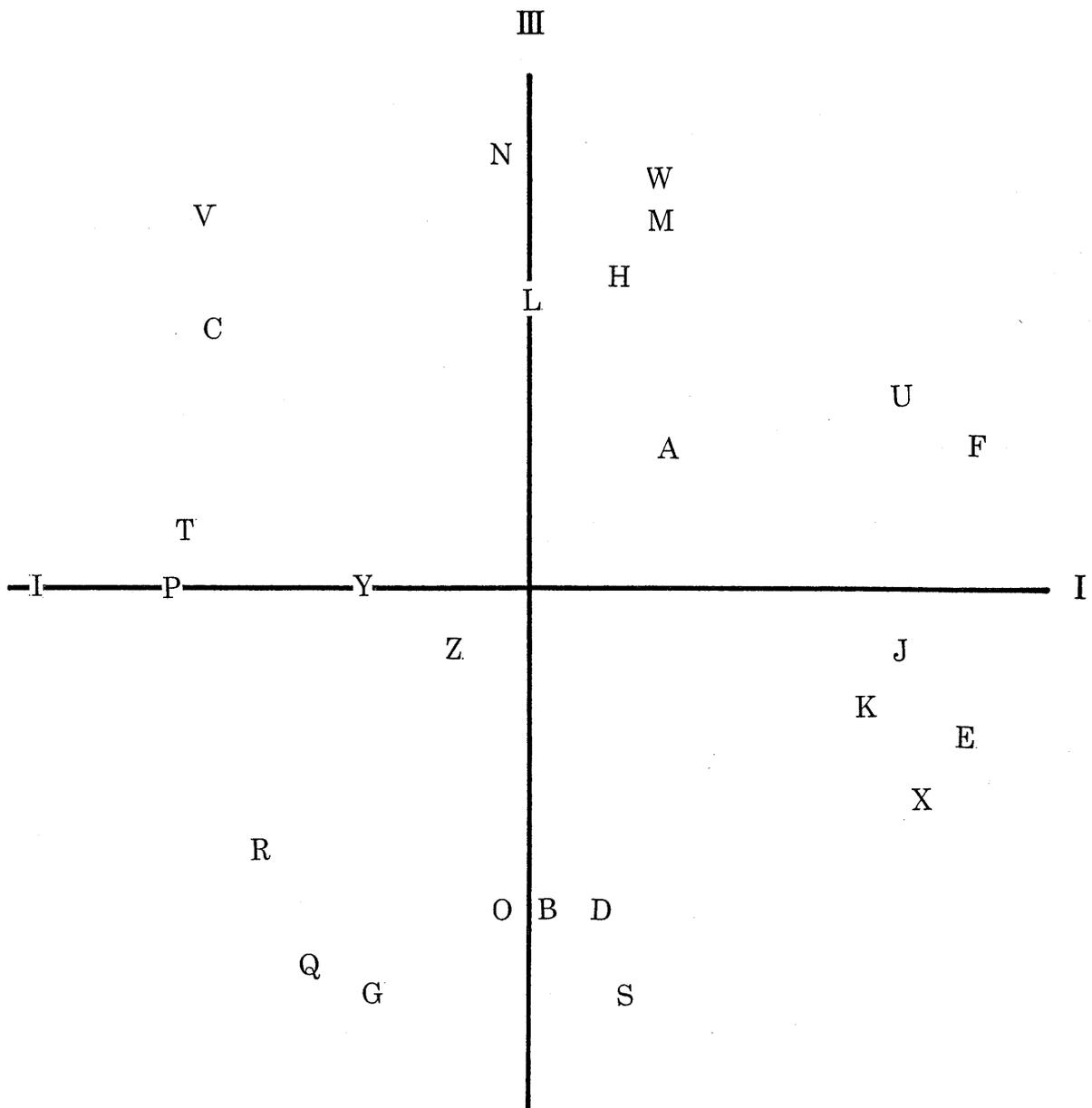


Figure A-20. Projection on the plane of Dimension I and III from 4-dimensional MDSCAL (Multidimensional scaling) of upper-case alphabet letters whose height is 8.0 mm ($S_s = 12$).

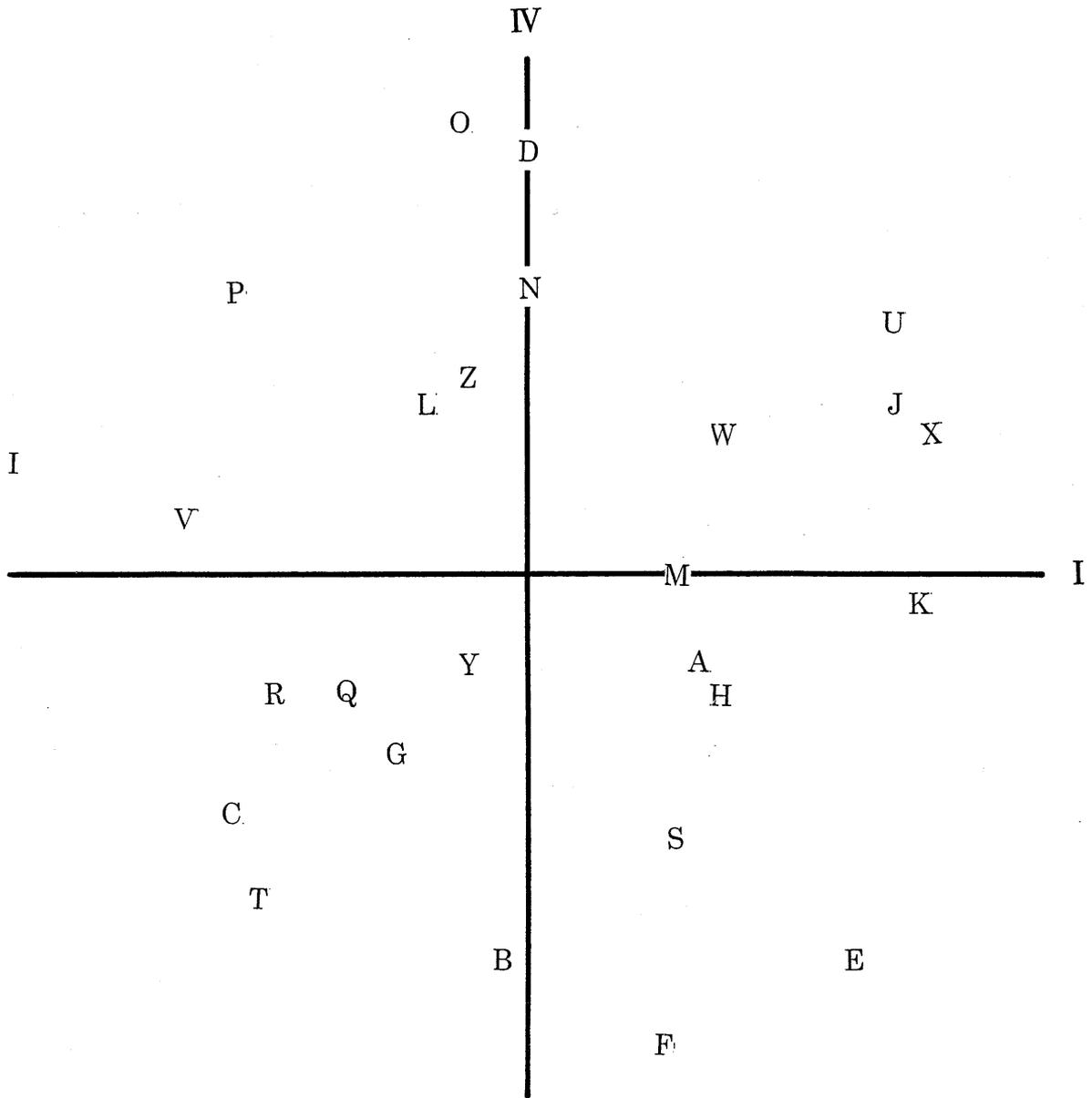


Figure A-21. Projection on the plane of Dimension I and IV from 4-dimensional MDSCAL (Multidimensional scaling) of upper-case alphabet letters whose height is 8.0 mm ($S_s = 12$).

Table A-1
 Confusion matrix of active haptic perception of Katakana letters presented with 3-divided sets (K3): pooled data of 3.0, 5.5 and 8.0 mm (Ss = 12)

	R e s p o n s e																										Total																						
	チ	ツ	テ	ト	ナ	ニ	ヌ	ネ	ノ	ハ	ヒ	フ	ヘ	ホ	マ	ミ	ム	メ	モ	ヤ	ユ	ヨ	ラ	リ	ル	レ	ロ	ワ	キ	エ	ラン																		
アイウエオカキクケコ	16	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																
サシスセソ	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																
タチツテト	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																
ナニヌネ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36															
ノハヒフ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36															
ヘホ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36															
マミム	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36															
メモ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36															
ヤユヨ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36															
ラリル	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36															
レロ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36															
ワキ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36															
エラン	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36															
Total	36	35	42	34	26	24	35	50	24	50	42	42	26	32	40	38	24	35	36	26	14	58	34	41	39	30	38	47	38	33	43	40	39	38	40	28	37	49	28	43	19	31	45	36	37	24	40	42	1728

Table A-2
 Confusion matrix of active haptic perception of Katakana letters presented with 4-divided sets (K4) : pooled data of 3.0, 5.5 and 8.0 mm (Ss = 12)

	R	e	s	p	o	n	s	e	m	m	メ	モ	ヤ	ユ	ヨ	ラ	リ	ル	レ	ロ	ワ	キ	エ	ラン	Total																								
アイウエオカキクケ	24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
コサシスセソ	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	36																								
タチツテト	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
ナニヌネノ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
ハヒフヘホ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
マミムメモ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
ヤユヨ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
ラリル	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
レロ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
ワキ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
エラン	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36																								
Total	34	32	38	39	22	31	31	46	23	37	49	50	25	31	47	53	28	48	41	27	12	48	33	39	42	35	41	37	39	38	39	50	31	25	26	29	33	39	35	41	24	34	41	34	35	33	41	42	1728

Table A-4
 Confusion matrix of active haptic perception of upper-case alphabet letters
 presented with 2-divided sets (A2): pooled data of
 3.0, 5.5 and 8.0 mm (Ss = 12)

		R e s p o n s e																										Total		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z			
s t i m u l u s	A	32	1				1	5				1	1																36	
	B	2	13	2	4	10		3																						36
	C			32		1																								36
	D			1	3	31																								36
	E			5	1	1	26		3				1																	36
	F		1	2	1	1	1	27		1			2																	36
	G			1	9				26																					36
	H									24			3	1	8															36
	I										36		3	1	8															36
	J											35		1																36
	K		1	1			1	2					28		3															36
	L				3									33																36
	M		1	1					1	10			3		20															36
	N															25							1	2		7	1			36
	O																32	1	2		1	1								36
	P																29	2	1	2				1				1		36
	Q																9	23	3	1										36
	R																2	2	4	22	2					1	1		2	36
	S																2	6	2	23									1	36
	T																	4					27							36
	U																							33	2	1				36
	V																							3	33					36
	W															6		3		1			1		23		1	1	36	
	X																	1	2	4					1	26		2	36	
	Y																							1	10		25		36	
	Z																											27	36	
Total		37	25	51	36	39	28	41	34	36	36	38	35	32	33	43	37	42	35	37	27	40	47	35	28	31	33	936		

Table A-5
 Confusion matrix of active haptic perception of upper-case alphabet letters
 presented with 4-divided sets (A3): pooled data of
 3.0, 5.5 and 8.0 mm (Ss = 12)

		R e s p o n s e																										Total			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z				
s t i m u l u s	A	35					1																					36			
	B		21	3	6	3		3																					36		
	C			33			1	2																					36		
	D			1	2	30	1	2																					36		
	E			7			24	1	4																				36		
	F					1	1	32	2																				36		
	G		1	8	6	2	1		18																				36		
	H									20			2	14															36		
	I										36																		36		
	J											36																	36		
	K												36																36		
	L													36															36		
	M								11			6			19														36		
	N															33		1	2										36		
	O																34	1											36		
	P																1	32	3										36		
	Q																7	23	2	4									36		
	R																3	1	3	28	1								36		
	S																1	7	1	27									36		
	T																				1	35							36		
	U																							35		1			36		
	V																								33				36		
	W																								5	3	25	1	1	36	
	X																								1	4	27	2	2	36	
	Y																									1	2	1	25	1	36
	Z																									1			35	36	
Total		36	37	44	39	30	35	31	31	36	36	44	36	33	36	44	33	37	33	34	35	41	43	33	29	31	39	936			

謝 辞

本論文の作成に当たり、審査委員であり、ご指導と励ましとともに根気よく温かく見守ってくださった認知心理学専攻教授・利島 保先生と、審査会の主査として終始励ましと適切なお指導を戴いた認知心理学専攻助教授・宮谷真人先生に、心から感謝とお礼を申し上げます。

松田文子教授，深田博己教授の両先生には、審査委員として、貴重なご助言と丁寧なお指摘を戴きました。広島大学心理学教室のその他の先生方には、貴重なお時間を割いた上での査読により、多くの貴重なご意見を戴きました。そして最後になりましたが、本論文に含まれる実験的研究の中には学会誌への投稿原稿作成の段階で、広島大学名誉教授・吉岡一郎先生にご指導を受けることができました。本論文は、こうした先生方のご指導があって初めてここまで辿り着けました。

ここに記して、先生方に心から感謝しお礼を申し上げます。

また、かつて、多忙な授業の合間に被験者としてご協力戴いた皆様には、この場を借りて厚くお礼を申し上げます。

2003年1月23日

田崎 権一