フランカー課題における特徴類似性と 弁別カテゴリーの影響¹

金子 利佳^{2,3} 国立情報学研究所 熊田 孝恒 産業技術総合研究所
福永 克己² 筑波技術大学

Effects of feature similarity and discrimination category in a flanker task

Rika Kaneko (*National Institute of Informatics*), Takatsune Kumada (*National Institute of Advanced Industrial Science and Technology*), and
Yoshiki Fukunaga (*Tsukuba University of Technology*)

Three experiments were conducted to investigate the effects of feature similarity and discrimination category in a flanker task. Gabor patches were used as target and distractor stimuli for each experiment. In the first experiment, the target turned to minus or plus 45 deg from the vertical, whereas the orientation of the distractors changed between minus and plus 45 deg by 15 deg. For the second experiment, three conditions of the target orientation were used: minus or plus 45 deg, minus 22.5 deg or plus 67.5 deg, and 0 deg or plus 90 deg. The orientation of the distractors changed between the orientations of the two targets by 22.5 deg. In the third experiment, the target turned to minus or plus 10 deg from the vertical, whereas the orientation of the distractors changed between minus and plus 40 deg by 5 deg. The results showed that responses to the target were affected by the difference between the orientations of the target and the distractors as well as the category of their orientations.

Key words: flanker effect, feature similarity, stimulus orientation, discrimination category, reaction time.

The Japanese Journal of Psychology
2011, Vol. 82, No. 2, pp. 141-149

私たちはある対象だけに焦点的に注意を向けようとしても、その周辺の情報を処理してしまうことがある。これは、注意を向けようとする対象の占める範囲が狭く、しかも周辺に密に対象が呈示されているときに起こりやすい。注意が他の対象にも同時に向けられると、注意を向けようとした対象の処理が遅延したり、処理を誤ったりする (Eriksen & Eriksen, 1974, 1979)。

焦点的注意に関する代表的な研究として、Eriksen & Eriksen (1974) の選択反応課題を用いた研究が挙げられる。Eriksen らは、実験参加者に文字列を呈示し、その中央に呈示される文字に対して選択反応をさ

せた。このような課題は“フランカー課題”と呼ばれる。実験参加者にはアルファベットの H か K が呈示されたときには一方のキーを、S か C が呈示されたときにはもう一方のキーを押すよう求めた。このときの反応時間は、反応刺激の左右に同じ反応に対応した文字が呈示されたとき (例えば、KKKKKKK: 反応一致条件) に比べて、異なる反応に対応した文字が呈示されたとき (例えば、SSSHSSS: 反応不一致条件) に長くなった。この効果は“フランカー効果”と呼ばれる。もし中央の文字だけに焦点的に注意を向けることができれば、周辺にどのような文字が呈示されても反応時間に変化はないはずである。Eriksen & Eriksen (1974) は周辺刺激にも注意が向けられたことによって異なる反応過程の活性が生じ、それを抑制したために反応時間の遅延が生じたのではないかと考察している。

しかし、フランカー効果には反応の過程だけではなく、周辺刺激の知覚的特徴が影響を与えることも明らかにされている。フランカー課題において 2 種類の文

Correspondence concerning this article should be sent to: Rika Kaneko, National Institute of Informatics, Hitotsubashi, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8430, Japan (e-mail: rkaneko@nii.ac.jp)

¹ 本研究は平成 14 年度佐藤愛子学術奨励金の補助を受けて行われた。

² 本研究は著者が産業技術総合研究所に在職中に行われた。

³ 日本学術振興会特別研究員

字（例えば、H と S）が一つの反応に割り当てられているとき、反応一致条件では周辺刺激と反応刺激が異なる場合（例えば、SSSHSSS）よりも、周辺刺激と反応刺激が同じ場合（例えば、HHHHHHH）に反応が速くなることが示されている（Eriksen & Eriksen, 1979）。また、Eriksen & Eriksen (1974) は、フランカー課題において二つの反応キーのどちらにも割り当てられていない文字刺激（以下、ニュートラル刺激とする）を周辺に呈示し、それらの文字の形態的特徴が反応に影響を与えることを明らかにした。フランカー課題の選択反応時間は、反応刺激（例えば、H）と異なる形態的特徴をもつ刺激が周辺に呈示されたとき（例えば、GJQHJGJQ）よりも、類似した特徴をもつ文字が呈示されたとき（例えば、NWZHNWZ）に短くなる傾向があった。

フランカー課題における刺激の形態的特徴の効果を調べることは、周辺刺激についてどのような知覚的処理が起こっているのかを明らかにすることになる（Cohen & Shoup, 1993）。例えば、ニュートラル刺激が周辺に呈示されたときの反応時間が、反応刺激と周辺刺激が同一であったときの反応時間と差がなければ、観察者はニュートラル刺激を反応刺激と同じ特性をもつ刺激と見なしていたと推測できる。逆に、周辺刺激が異なる反応に対応していたときの反応時間と差がなければ、ニュートラル刺激を異なる反応に対応した刺激と見なしていたと推測できる。

フランカー課題における反応刺激と周辺刺激の知覚的特徴については、これまで主に刺激の全体的特徴について検討が行われてきた。すでに述べたように、アルファベットの文字を刺激とする課題においては、主に文字を構成する線分の種類（直線や曲線）が操作され、反応に及ぼす効果が調べられてきた（Eriksen & Eriksen, 1974）。また、記号を刺激とする場合には、記号の種類（例えば、<、>や／、\）が操作された（Cohen & Shoup, 1993）。さらに、図形を用いた場合には、その図形の形（例えば、三角形や四角形）や色が操作された（Lamberts, 1994）。しかし、いずれも刺激の全体的特徴に関する検討であり、反応刺激と周辺刺激の間にどの程度の形態的差異があると反応に影響を与えるのかなどの量的効果については明らかではない。しかし、最近 Rouder & King (2003) はモーフィングにより文字刺激の形態的特徴を段階的に操作し、反応刺激と周辺刺激間のコントラスト強調がフランカー効果に関係することを示している。

フランカー効果における刺激の形態的特徴については、刺激そのものの特徴だけではなく、私たちがすでに保持する認知的カテゴリーとの関連からも検討が始められている。Fournier, Scheffers, Coles, Adamson, & Abad (1997) は、刺激の形態的特徴に加えて、刺激と反応のマッピングの効果について調べ、反応刺激と

周辺刺激の類似性が高くなると反応刺激の評価により時間がかかり、矢印のように刺激と反応のマッピング効果が強い刺激を用いた場合には反応の競合過程により時間がかかることを示した。こうした認知的カテゴリーの効果は、視覚探索課題を用いた研究でも示されている。Wolfe, Friedman-Hill, Stewart, & O'Connell (1992) は特定の傾き（例えば、急な傾き）をもつターゲット刺激を探索する場合、ディストラクタ刺激がターゲット刺激の傾きと異なるカテゴリー（例えば、緩やかな傾き）に分類されるとき、同じカテゴリー（急な傾き）に分類されるときよりも探索時間が短くなることを見いだしている。

本研究では、フランカー課題における周辺刺激の知覚過程について、二つの点から検討を行った。一つは、周辺刺激の傾きを段階的に操作することによって、フランカー課題における特徴類似性の効果を定量的に測定することであった。多くの先行研究では、刺激の類似性について刺激全体の特徴を操作することが行われてきたが、本研究では刺激の構成要素は変えず、反応刺激として傾きの異なる 2 種類の図形を、周辺刺激として反応刺激と同様の縞でさまざまな傾きのものを用い、反応刺激と周辺刺激の傾きの差が大きくなると反応が遅延するのを実際に測定した。

本研究のもう一つの目的は、フランカー課題における認知的カテゴリーの影響を調べることであった。本研究では左右に傾いた図形を刺激として用いることとしたが、反応刺激として左右の方向性をもつ図形（<、>など）を用いると、左右の選択反応へのマッピングが容易になると考えられる（Rösler & Finger, 1993）。これは刺激を左右の方向というカテゴリーによって弁別し、そのまま左右の反応へ対応づけられるためだと考えられる。本研究では刺激を弁別する際の方向のカテゴリー（以下、弁別カテゴリーとする）が、フランカー効果に及ぼす影響を検討した。もし反応刺激だけではなく、周辺刺激も左右の傾きによってカテゴリー化されているならば、反応刺激と異なるカテゴリーに分類される周辺刺激は、傾きの差にかかわらず、反応を遅延させやすいと予想された。

実験 1

実験 1 では、フランカー課題を用いて、周辺刺激と反応刺激の傾きの違いが選択反応に及ぼす影響について検討した。実験課題は、反応刺激（ガボールパッチ）の傾きについてできるだけ早く選択反応をすることであった。反応刺激の傾きは左 45° または右 45° のいずれかであった。反応刺激の両脇には左 45° から右 45° までの傾きをもつ周辺刺激（ガボールパッチ）が呈示された。

先行研究の知見から、反応刺激と同じ傾きの刺激が周辺刺激として呈示されたときの反応時間は、もう一

方の反応刺激が周辺刺激として呈示されたときに比べて、短くなることが予測された。また、刺激の類似性が反応時間に影響を及ぼすのであれば、反応が割り当てられている左右 45° 以外の刺激（ニュートラル刺激）については、反応刺激との傾きの差が大きくなるほど、反応時間は増加すると予想された。

方 法

参加者 大学生 12 名が実験に参加した。全員裸眼視力あるいは矯正視力が 0.5 以上あり、中心視で 2 種類の反応刺激を弁別することができた。

装置 刺激の呈示および反応の記録には、パーソナルコンピュータ（Power Macintosh G4, 400 MHz）を用いた。刺激は 21 インチの CRT ディスプレイ（Sony トリニトンカラーグラフィックディスプレイ GDM-F500R）に呈示された。リフレッシュレートは 100 Hz で、画素数は縦 768 × 横 1024 であった。視距離は 75 cm で、ディスプレイのサイズは縦 29 cm × 横 39 cm であり、これは視角にして縦 16.5° × 横 22.1° に対応した。

刺激 実験刺激として、空間周波数 3 cycle/degree、コントラスト 1 のガボールパッチ（エンベロップの σ は 0.73°）を用いた。反応刺激の縞の傾きは 2 種類あり、一方は垂直から時計回りに 45°（右 45°あるいは +45°）、もう一方は反時計回りに 45°（左 45°あるいは -45°）傾いていた。周辺刺激の縞の傾きは、左 45°から右 45°まで 15°刻みのいずれかの傾きであった。

実験計画 反応刺激には右 45°と左 45°の 2 種類の傾きがあった。周辺刺激は反応刺激との傾きの差で定義され、それぞれの反応刺激に対して 0°（その刺激と同じ傾き）から 90°（もう一方の反応刺激と同じ傾

き）まで 7 種類あった。

手続き まず、参加者の実験開始のキー入力により、画面中央に固視点（十字、1.0° × 1.0°）が呈示された。1.1 s から 1.3 s 後に固視点が消え、その位置に反応刺激が 0.1 s 呈示された。また同時に反応刺激の左右に周辺刺激が一つずつ呈示された（Figure 1）。反応刺激と周辺刺激の中心間距離は 1.5°であった。また左右の周辺刺激は常に同じ傾きであった。この後、参加者が反応キーを押すまでチェッカーボード模様のマスク刺激が反応刺激と周辺刺激の位置に呈示された。参加者の課題は、画面中央に呈示される反応刺激の傾きに依じて、手元の二つのキーのどちらかをできるだけ速く、正確に押すことであった。2 種類の反応刺激と左右のキーの対応については、参加者間でカウンターバランスをとった。各試行の反応時間と選択反応の正誤が記録された。各参加者は課題を 7 ブロックに分けて行い、ブロック間で適宜休憩を取った。1 ブロックは、112 試行から成り、2 種類の反応刺激と 7 種類の周辺刺激が組み合わせられ、それぞれ 8 試行ずつランダムな順序で呈示された。参加者は、本試行に先立って、20 試行の練習を行った。参加者は、課題遂行中は着席し、頭部をあご台で支えられた。

結 果

各参加者について、反応刺激と周辺刺激の角度差ごとに平均反応時間と選択反応のエラー率を計算した。反応時間が 0.1 s 以下あるいは 1 s 以上の試行ははずれ値として分析から除外した。

Figure 2 に 2 種類の反応刺激に対する正反応の平均反応時間を反応刺激と周辺刺激との傾きの差の関数として示す。平均反応時間は、反応刺激による違いは見られず、反応刺激と周辺刺激の傾きが等しいときに

Figure 1. Layout of response stimulus and distractors in Experiment 1.

Figure 2. Mean reaction times as a function of the difference between the orientations of the target and the distractors in Experiment 1.

Table 1
Mean error rates (%) in Experiment 1

Target	Difference of Stimulus Orientations (°)						
	0	15	30	45	60	75	90
-45°	2.61	3.48	3.83	2.44	5.04	6.44	7.51
+45°	2.80	1.74	2.09	2.96	5.74	6.61	6.79

短くなり、異なる反応に対応した周辺刺激が呈示されたときに長くなった。またニュートラル刺激が周辺に呈示されたときの反応時間は、反応刺激との傾きの差が大きくなるほど増加する傾向が見られた。

反応時間について、反応刺激（2水準）と周辺刺激（7水準）の2要因の分散分析を行った。その結果、反応刺激の主効果と交互作用は有意ではなかったが、周辺刺激の主効果が有意であり、反応刺激と周辺刺激の傾きに差があるとき、反応時間が長くなった ($F(6, 66) = 21.31, p < .001$)。

次に、反応時間と周辺刺激の関係を調べるために傾向検定を行った。反応刺激の主効果が有意ではなかったため、左45°と右45°の結果をまとめて検定を行った。もし弁別カテゴリーが反応に影響を与えるのであれば、反応時間の変化は線形にはならず、2次以上の成分が有意になると予想された。もし反応刺激と周辺刺激の傾きの差が反応時間に与える影響が直線的ならば、1次の成分が有意になると予想された。また反応刺激と周辺刺激の傾きの差が反応時間に与える影響が非線形ならば、2次以上の成分も有意になると予想された。検定の結果、傾きの差の1次の成分が有意であった ($F(1, 11) = 48.31, p < .001$)。またより高次の成分は有意ではなかったが、2次の成分が5%水準で有意に近かった ($F(1, 11) = 4.70, p < .053$)。このことから、周辺刺激の効果による変動は、ほぼ直線的であるが、曲線的成分も含まれる可能性があることが示唆された。

エラー率はおおむね10%以下であった (Table 1)。エラー率についても、反応刺激と周辺刺激の2要因の分散分析を行った。その結果、反応刺激の主効果と交互作用は有意ではなかったが、周辺刺激の主効果が有意であり、反応刺激と周辺刺激の傾きに差があるとき、エラー率が高くなった ($F(6, 66) = 6.49, p < .001$)。反応の速度と正確さのトレードオフは見られなかった。

考 察

実験1では、フランカー課題を用いて、周辺刺激と反応刺激の傾きの違いが反応に及ぼす効果について調べた。その結果、反応刺激と周辺刺激の傾きの差が大きいときには、傾きの差が小さいときに比べて反応時間が長くなった。先行研究 (Eriksen & Eriksen, 1974) では、刺激の類似性は反応刺激と周辺刺激を構成する

成分の異同を意味していたが、実験1では、反応刺激と周辺刺激を構成する成分は同一であり、傾きのみが異なっていた。したがって、この結果は、フランカー課題において周辺刺激の構成成分の違いだけでなく、傾きも知覚され、反応に影響を及ぼすことを示している。

実験1では、周辺刺激の傾きを15°刻みで変化させ、反応刺激と周辺刺激の傾きの差が反応に及ぼす影響を調べた。その結果、反応時間は反応刺激と周辺刺激との傾きの差に対して、ほぼ直線的に増加した。また、傾向検定の結果、反応時間の変化の2次の成分が有意に近かった。このことは、傾きの差に応じて反応時間に及ぼす影響の大きさが変化する、あるいは傾きの差以外の要因が反応時間に影響を与えている可能性を示唆している。この傾きの差以外の要因としては、傾きの弁別カテゴリーの影響が考えられる。例えば、左45°の反応刺激に対して、同じ左側に傾いている周辺刺激よりも右に傾いている周辺刺激のほうが反応を遅延させやすいならば、垂直を境にして反応時間に大きく変化が生じ、2次以上の成分が有意になると考えられる。弁別カテゴリーの効果についてはさらに実験2で検討することとした。

実 験 2

実験2では、反応刺激と周辺刺激の傾きの量的差に加えて、反応刺激と周辺刺激の弁別カテゴリーの異同が反応に及ぼす影響について検討した。

すでに述べたように、反応刺激として左右の方向性をもつ図形を用いると、左右の選択反応へのマッピングが容易になると考えられている (Rösler & Finger, 1993)。これは刺激を左右のカテゴリーで弁別し、そのまま左右の反応へ対応づけられるためと予想される。もし反応刺激を左右のカテゴリーに分けて弁別しているのであれば、周辺刺激が反応刺激と同一である場合と比べて、反応刺激のカテゴリーと同じカテゴリーに属す周辺刺激は、反応を遅延させにくく、異なるカテゴリーに属す周辺刺激は反応を遅延させやすくなると考えられる。

実験2では、反応刺激を垂直を境として弁別できる条件とできない条件を用いて、反応刺激の弁別カテゴリーが周辺刺激からの効果に及ぼす影響について検討した。具体的には実験1と同じ左45°と右45°の2種類の縞を反応刺激とする条件 (45°条件) のほか、左22.5°と右67.5°の縞を反応刺激とする条件 (22.5°条件) と、垂直 (0°) と水平 (90°) の縞を反応刺激とする条件 (0°条件) でフランカー課題を行った。周辺刺激は、2種類の反応刺激を両端の傾きとする5種類の縞刺激とした。もし垂直を境に刺激が弁別され、反応刺激と周辺刺激の弁別カテゴリーの異同が反応に影響を与えるならば、垂直を境に反応刺激と異なる側の

傾きをもつ周辺刺激が呈示されたときに反応が大きく遅延すると考えられた。例えば、 22.5° 条件で左 22.5° を反応刺激とすると、左側に傾いた周辺刺激が呈示されたときに比べて、右側に傾いた周辺刺激が呈示されたときに反応時間が大きく増加すると考えられた。また 0° 条件では、反応刺激を垂直を境とする左右のカテゴリーで弁別しにくいと、傾きの差のみが反応に影響を及ぼすと考えられた。一方、反応刺激の弁別カテゴリーが周辺刺激の知覚に影響を与えないならば、どの条件でも反応刺激との傾きの差のみが反応に影響を与えると予想された。

方 法

参加者 大学生 12 名が実験に参加した。実験の参加者は全員裸眼視力あるいは矯正視力が 0.5 以上あり、中心視で 2 種類の反応刺激を弁別することができた。

装置と刺激 実験装置は実験 1 と同じであった。刺激は、実験 1 と同じガボールパッチを用いた。反応刺激の組み合わせには 3 条件あり、それぞれ縞の傾きが左 45° と右 45° 、左 22.5° と右 67.5° 、 0° と 90° であった。周辺刺激の縞の傾きは、反応刺激の傾きを両端とする 5 種類で、 22.5° 刻みのいずれかの傾きであった。

実験計画 反応刺激の組み合わせが 3 種類（ 45° 、 22.5° 、 0° 条件）あり、反応刺激と周辺刺激の傾きの差が 5 種類（ 0° 、 22.5° 、 45° 、 67.5° 、 90° ）あった。

手続き 実験手続きは、実験 1 とほぼ同じであったが、実験 2 ではひとりの参加者がすべての反応刺激の組み合わせで課題を行った。これら 3 条件の順序は参加者間でカウンターバランスをとった。それぞれの反応刺激の組み合わせにつき 7 ブロックあり、各ブロックでは、2 種類の反応刺激について 5 種類の周辺刺激が組み合わせられ、それぞれ 10 試行ずつ合計 100 試行がランダムな順序で呈示された。それぞれの反応刺激の組み合わせでの本試行に先立って、20 試行の練習を行った。

結 果

各参加者について、反応刺激の組み合わせごとに平均反応時間と選択反応のエラー率を計算した。はずれ値は実験 1 と同じ方法で分析から除外した。

Figure 3 に 2 種類の反応刺激に対する正反応の平均反応時間を反応刺激の組み合わせごとに反応刺激と周辺刺激の傾きの差の関数として示す。すべての反応刺激の組み合わせにおいて、反応刺激と周辺刺激の傾きが等しいときの反応時間は、異なる反応に対応した周辺刺激が呈示されたときに比べて短くなった。またニュートラル刺激が呈示されたときの反応時間は、反応刺激との傾きの差が大きくなるほど増加する傾向が見られた。

反応時間について、反応刺激の組み合わせごとに、

Figure 3. Mean reaction times as a function of the difference between the orientations of the target and the distractors in Experiment 2: Condition 45° (a), 22.5° (b), and 0° (c).

反応刺激 (2 水準) と周辺刺激 (5 水準) の 2 要因の分散分析を行った。45° 条件の反応時間については、反応刺激の主効果は有意ではなかったが、周辺刺激の主効果と交互作用が有意であった (周辺刺激, $F(4, 44) = 39.24, p < .001$; 交互作用, $F(4, 44) = 3.85, p < .01$)。そこで、周辺刺激ごとに反応刺激の単純主効果を分析したところ、すべての周辺刺激において単純主効果は有意ではなかった ($p > .05$)。また左 45° と右 45° の結果についてそれぞれ傾向検定を行った結果、左 45° については周辺刺激の 1 次と 4 次の成分が有意であった (1 次, $F(1, 11) = 56.36, p < .001$; 4 次, $F(1, 11) = 6.48, p < .05$)。一方、右 45° については周辺刺激の 1 次から 3 次の成分がすべて有意であった (1 次, $F(1, 11) = 28.38, p < .001$; 2 次, $F(1, 11) = 6.80, p < .05$; 3 次, $F(1, 11) = 9.05, p < .05$)。このことから、周辺刺激による変動は直線的もしくは曲線的であることが明らかになった。

22.5° 条件の反応時間については、反応刺激の主効果は有意ではなかったが、周辺刺激の主効果と交互作用が有意であった (周辺刺激, $F(4, 44) = 48.06, p < .001$; 交互作用, $F(4, 44) = 9.10, p < .001$)。そこで、周辺刺激ごとに反応刺激の単純主効果を分析したところ、反応刺激と周辺刺激の傾きの差が 90° のときのみ反応刺激の単純主効果が有意であり、反応刺激が右 67.5° のとき左 22.5° のときよりも反応時間が長くなった ($p < .01$)。また傾向検定を行った結果、反応刺激が左 22.5° のとき、周辺刺激の 1 次の成分のみが有意であった ($F(1, 11) = 37.04, p < .001$)。このことから、反応刺激が左 22.5° のとき、周辺刺激の効果による変動は直線的であることが明らかになった。一方、反応刺激が右 67.5° のとき、1 次、2 次および 4 次の成分が有意であった (1 次, $F(1, 11) = 123.40, p < .001$; 2 次, $F(1, 11) = 30.49, p < .001$; 4 次, $F(1, 11) = 6.04, p < .05$)。このことから、反応刺激が右 67.5° のとき、反応時間の変化には曲線的な成分が含まれることが明らかになった。

0° 条件の反応時間については、反応刺激の主効果と交互作用は有意ではなかったが、周辺刺激の主効果が有意であり、反応刺激と周辺刺激の傾きに差があるとき、反応時間が長くなった ($F(4, 44) = 9.54, p < .001$)。また 0° と右 90° の結果をまとめて傾向検定を行った結果、周辺刺激の 1 次の成分のみが有意であった ($F(1, 11) = 27.79, p < .001$)。このことから、周辺刺激による変動は直線的であることが明らかになった。

エラー率はおおむね 10% 以下であった (Table 2)。エラー率についても、反応刺激の組み合わせごとに反応刺激と周辺刺激の 2 要因の分散分析を行った。45° 条件では、反応刺激の主効果と交互作用は有意ではなかったが、周辺刺激の主効果が有意であり、反応刺激と周辺刺激の傾きに差があるとき、エラー率が高くな

Table 2
Mean error rates (%) in Experiment 2

Target	Difference of Stimulus Orientations (°)				
	0	22.5	45	67.5	90
Condition 45°					
-45°	1.55	1.31	2.50	4.76	6.55
+45°	1.90	1.79	3.57	7.14	6.31
Condition 22.5°					
-22.5°	1.55	1.55	4.52	5.00	6.19
+67.5°	1.79	1.90	2.98	1.79	9.17
Condition 0°					
0°	3.93	3.21	6.31	7.26	7.50
+90°	1.55	3.69	4.64	6.55	6.67

った ($F(4, 44) = 31.73, p < .001$)。22.5° 条件のエラー率については、反応刺激の主効果は有意ではなかったが、周辺刺激の主効果と交互作用が有意であった (周辺刺激, $F(4, 44) = 14.71, p < .001$; 交互作用, $F(4, 44) = 4.24, p < .01$)。そこで周辺刺激ごとに反応刺激の単純主効果を分析したところ、反応刺激と周辺刺激の傾きの差が 67.5° のとき、反応刺激が右 67.5° に比べて反応刺激が左 22.5° のときにエラー率が高くなった ($p < .05$)。0° 条件のエラー率については、反応刺激の主効果と交互作用は有意ではなかったが、周辺刺激の主効果が有意であり、反応刺激と周辺刺激の傾きに差があるとき、エラー率が高くなった ($F(4, 44) = 9.57, p < .001$)。反応の速度と正確さのトレードオフは見られなかった。

考 察

実験 2 では、反応刺激と周辺刺激の傾きの差に加えて弁別カテゴリーの異同が反応に及ぼす効果について検討した。

0° 条件については、45° 条件および 22.5° 条件と異なり、全般に反応時間が長くなる傾向が見られた。反応の遅延の要因としては、刺激と反応のマッピングの難しさが考えられる。0° 条件では、垂直、水平方向の刺激を反応刺激として用いたために、左右の反応へのマッピングが難しかった。一方、45° 条件と 22.5° 条件では、左右のカテゴリーで弁別できる刺激を反応刺激として用いたために、左右の反応へのマッピングが容易だった。別の要因としては、反応刺激と周辺刺激の間の側方相互作用の可能性がある。低コントラストのガボールパッチの検出は、同方向の方位をもつガボールパッチがフランカーとして共線的に呈示されたときに促進されることが明らかにされている (Polat & Sagi, 1993)。0° 条件では、他の条件と異なり、反応刺激と周辺刺激が共線的に呈示される試行 (90° の反応刺激と 90° の周辺刺激の組み合わせ) が含まれてい

た。しかし、この組み合わせの時の反応時間は共線的ではない刺激の組み合わせ（ 0° の反応刺激と 0° の周辺刺激の組み合わせ）のときの反応時間と比べて差がなかった。したがって実験2において側方相互作用が生じていたために、他の条件に比べて反応時間が長くなった可能性は低いと考えられる。

0° 条件の反応時間について傾向検定を行った結果、周辺刺激の1次の成分のみが有意であった。このことは反応時間の変化に反応刺激と周辺刺激の傾きの差が影響していることを示唆するとともに、その変化が直線的であることを示している。

45° 条件の反応時間については、傾向検定の結果、曲線成分が有意であることが示された。この結果だけでは、これが弁別カテゴリーの影響なのか、反応刺激と周辺刺激の傾きの差の影響が非線形なのかは判断できない。しかし、 0° 条件における傾きの差の影響が直線的であったことから考えると、 45° 条件における傾きの差の効果も直線的である可能性が高い。したがって、 45° 条件の反応時間における曲線成分としては、“傾きの差以外の要因”，すなわち弁別カテゴリーが影響を与えていたことが考えられる。

22.5° 条件については、傾向検定の結果、反応刺激が右 67.5° のときに曲線成分が有意だった。このことは 45° 条件と同様に、傾きの差だけでなく、弁別カテゴリーも影響していたことが考えられる。一方、反応刺激が左 22.5° の場合、反応時間には直線成分のみが含まれた。このように左右の反応刺激で結果が異なった要因として、周辺刺激の呈示頻度の効果が考えられる。 22.5° 条件の周辺刺激は垂直を境に右に傾いているものが左に傾いているものよりも多かった。そのため右 67.5° の反応刺激に対して、右に傾いた周辺刺激が呈示される頻度が高く、左に傾いた周辺刺激が呈示される頻度が低かった。フランカー課題では、反応一致試行の頻度が反応不一致試行よりも高いときにフランカー効果が強まることが明らかにされている（Gratton, Coles, & Donchin, 1992）。左 22.5° と右 67.5° の反応刺激ではフランカー効果の強さに違いがあり、これが弁別カテゴリーの効果に影響を与えたのではないかと考えられる。

弁別カテゴリーの境界については、傾向検定の結果から推測することはできないが、 0° 条件で弁別カテゴリーの効果が見られず、垂直を挟んで反応刺激を弁別できる 45° 条件と 22.5° 条件で見られたことから、垂直付近がカテゴリーの境界ではないかと考えられる。

実験 3

これまでの検討で弁別カテゴリーの効果が必ずしも明確ではなかった理由として、周辺刺激の分布範囲が限られていたことが考えられる。実験1と実験2の周辺刺激は2種類の反応刺激の傾きを両端とする 90° の

範囲内のみ分布していた。

そこで実験3では、反応刺激の傾きの差を 20° に狭めると同時に周辺刺激の分布範囲を拡大することにより、カテゴリーの効果と周辺刺激の効果を詳細に検討できるようにした。周辺刺激には2種類の反応刺激の内側の傾きだけではなく、2種類の反応刺激の外側の傾きを加えた。これにより、反応刺激との傾きの差は同じでも、もう一方の反応刺激に対して近づく方向の傾きと離れる方向の傾きの周辺刺激が呈示されることとなった。もし反応刺激を境としたカテゴリーによって周辺刺激の影響が異なるのであれば、ある刺激に対する反応は、傾きの差が同じとき、周辺刺激がもう一方の反応刺激から遠ざかる方向に傾いているときのほうが、近づく方向に傾いているときよりも速くなると考えられた。

方法

参加者 大学生21名が実験に参加した。全員裸眼視力あるいは矯正視力が0.5以上あり、中心視で2種類の反応刺激を弁別することができた。

装置 実験装置は実験1と同様であったが、2名を同時に実験できるよう、1名ずつ簡易暗室内で実験を行った。刺激の呈示および反応の記録には、パーソナルコンピュータ（Mac Book Pro, 2.16GHz, PowerPC G5, 2.5GHz）を用いた。刺激は21インチのCRTディスプレイ（Sony GDM-F500R, iiyama MT8521-E）に呈示された。

刺激 実験1と同じガボールパッチを用いた。反応刺激は、縞の傾きが左 10° と右 10° の2種類であった。また周辺刺激の縞の傾きは左 40° から右 40° まで 5° 刻みのいずれかの傾きであった。

実験計画 反応刺激は左 10° と右 10° の2種類の傾きがあった。周辺刺激は左 40° から右 40° まで17種類の傾きがあった。

手続き 実験手続きは、実験1と同様であった。各参加者は課題を7ブロックに分けて行い、ブロック間で適宜休憩を取った。1ブロックは、272試行から成り、2種類の反応刺激と17種類の周辺刺激が組み合わせられ、それぞれ8試行ずつランダムな順序で呈示された。参加者は、本試行に先立って、20試行の練習を行った。

結果

21名が実験に参加したが、課題を誤って理解し周辺刺激について反応した者2名と、実験を完遂できずデータ数が不十分であった者1名を分析から除外し、18名の結果について分析を行った。各参加者について、反応刺激と周辺刺激の角度差ごとに平均反応時間と選択反応のエラー率を計算した。はずれ値は実験1と同じ方法で分析から除外した。

Figure 4 に反応刺激に対する正反応の平均反応時間を、反応刺激と周辺刺激との傾きの差の関数として示す。反応刺激の傾きを基準として、周辺刺激が反応刺激と等しいとき、もう一つの反応刺激に近づく方向の傾きのとき、離れる方向の傾きのときの三つに分けて示す。

全般に、反応刺激と周辺刺激の傾きが等しいときの反応時間は短くなり、反応刺激と周辺刺激の傾きの差が大きくなるほど反応時間は増加する傾向が見られた。これは実験 1 と実験 2 の結果と一致するものであった。また反応時間は周辺刺激が反応刺激を基準にどちら側に傾いているかによって異なった。

反応時間について、周辺刺激の傾きの方向（2水準）と反応刺激と周辺刺激との傾きの差（5°から 30°まで 6水準）の 2 要因の分散分析を行った。その結果、周辺刺激の傾きの方向と傾きの差の主効果と交互作用が有意であった（周辺刺激の方向, $F(1, 17) = 19.62, p < .001$; 傾きの差, $F(5, 85) = 44.53, p < .001$; 交互作用, $F(5, 85) = 3.25, p < .05$ ）。そこで、傾きの差ごとに周辺刺激の方向の単純主効果を分析したところ、すべての傾きの差で周辺刺激の方向の効果が有意であり、傾きの差が同じとき、周辺刺激がもう一つの反応刺激から離れる方向の傾きよりも、もう一つの反応刺激に近づく方向の傾きのときに反応時間が長くなった ($p < .05$)。

エラー率はおおむね 15% 以下であった (Table 3)。エラー率についても、周辺刺激の傾きの方向（2水準）と反応刺激と周辺刺激との傾きの差（5°から 30°まで 6水準）の 2 要因の分散分析を行った。その結果、周辺刺激の傾きの方向の主効果は有意ではなかったが、傾きの差の主効果と交互作用が有意であった（傾きの差, $F(5, 85) = 18.06, p < .001$; 交互作用, $F(5, 85) = 8.82, p < .001$ ）。そこで傾きの差ごとに周辺

Figure 4. Mean reaction times as a function of the difference between the orientations of the target and the distractors in Experiment 3.

Table 3
Mean error rates (%) in Experiment 3

Distractor	Difference of Stimulus Orientations (°)				
	5	10	15	20	25
Farther from Another Target	4.39	5.11	5.89	5.92	7.25
Closer to Another Target	3.50	3.58	6.58	7.81	8.17
	30	35	40	45	50
Farther from Another Target	5.58	—	—	—	—
Closer to Another Target	10.75	11.44	13.22	14.17	13.03

Note. When the distractor's slant was identical to the response stimulus, mean error rate was 3.89.

刺激の方向の単純主効果を分析したところ、傾きの差が 5°と 30°のときに周辺刺激の方向の効果が有意であり、傾きの差が 5°のときは、もう一つの反応刺激に近づく方向の傾きよりも、もう一つの反応刺激から遠ざかる方向の傾きのときにエラー率が高くなり、傾きの差が 30°のときは、もう一つの反応刺激から遠ざかる方向の傾きよりも、もう一つの反応刺激に近づく方向の傾きのときにエラー率が高くなった ($p < .05$)。反応の速度と正確さのトレードオフは見られなかった。

考 察

実験 3 では、周辺刺激と弁別カテゴリーが反応に及ぼす効果について、周辺刺激の分布範囲を拡大して検討した。その結果、反応時間は反応刺激と周辺刺激の傾きの差に応じて増加する傾向が見られた。また、反応時間は、周辺刺激が反応刺激を基準にどちら側に呈示されるかによっても変化した。周辺刺激がもう一つの反応刺激から離れる方向に傾いていると反応時間が全般に短くなり、もう一つの反応刺激に近づく方向に傾いていると反応時間が全般に長くなった。もし反応刺激と周辺刺激の傾きの差のみが反応に影響を与えるのであれば、すべての周辺刺激で反応は傾きの差に応じて変化するはずである。したがって、この結果は周辺刺激がカテゴリー化されて処理され、反応に影響を与えていることを示している。もう一つの反応刺激から離れる方向の傾きをもつ周辺刺激は、反応刺激との特徴類似性がより高いと見なすことができる。

実験 3 の結果からは、実験 3 で用いられた弁別カテゴリーは実験 2 で示されたような垂直を境とするものではないことが推測される。例えば、左 10°の反応刺激に対して、左 5°の周辺刺激は垂直をカテゴリーの境と仮定すると反応刺激と同じカテゴリーに属すが、

反応時間は左 15° の周辺刺激よりも明らかに長くなった。同様に、0° の周辺刺激の反応時間も明らかに左 20° よりも長くなった。もし垂直を境として周辺刺激がカテゴリー化されているのであれば、これらの周辺刺激が呈示されたときの反応時間に差は見られないはずである。したがって、実験 3 では 2 種類の反応刺激それぞれを境としてカテゴリー化されていたと考えられる。

総 合 考 察

本研究では、フランカー課題における反応刺激と周辺刺激の類似性の効果と弁別カテゴリーの効果を刺激の傾きを操作することによって検討した。その結果、反応刺激と周辺刺激の傾きの差が大きいときに、傾きの差が小さいときよりも反応時間が長くなった。このことは、反応刺激と周辺刺激の傾きの類似性が刺激の形態の類似性と同様の効果をもつことを示すものである。

また、本研究では反応刺激の組み合わせや周辺刺激の分布範囲を変えることによって、図形の弁別カテゴリーが選択反応に影響を与えることを見いだした。しかし、実験 2 と実験 3 の結果からは、弁別カテゴリーの境がそれぞれの実験で異なることが推測された。実験 2 では垂直を、実験 3 では反応刺激を基準として、その影響が生じていることが示唆された。どのような要因が弁別カテゴリーの内容の違いを生じさせているのかについては、本研究の結果からは明らかではないが、実験 2 と実験 3 では、刺激の傾きや分布の範囲などが異なっていた。これらが反応に影響を与えたことが考えられる。

引 用 文 献

- Cohen, A., & Shoup, R. E. (1993). Orientation asymmetry in the flanker task. *Perception and Psychophysics*, **53**, 693-703.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception and Psychophysics*, **16**, 143-149.
- Eriksen, C. W., & Eriksen, B. A. (1979). Target redundancy in visual search: Do repetitions of the target within the display impair processing? *Perception and Psychophysics*, **26**, 195-205.
- Fournier, L. R., Scheffers, M. K., Coles, M. G. H., Adamson, A., & Abad, E. V. (1997). The dimensionality of the flanker compatibility effect: A psychophysiological analysis. *Psychological Research*, **60**, 144-155.
- Gratton, G., Coles, M. G. H., & Donchin, E. (1992). Optimizing the use of information: Strategic control of activation of responses. *Journal of Experimental Psychology: General*, **121**, 480-506.
- Lamberts, K. (1994). Towards a similarity-based account of compatibility effects. *Psychological Research*, **56**, 136-143.
- Polat, U., & Sagi, D. (1993). Lateral interactions between spatial channels: Suppression and facilitation revealed by lateral masking experiments. *Visual Research*, **33**, 993-999.
- Rösler, F., & Finger, T. (1993). A psychophysiological analysis of response-channel activation and outcome states in Eriksen's noise-compatibility task. *Psychological Research*, **55**, 20-28.
- Rouder, J. N., & King, J. W. (2003). Flanker and negative flanker effects in letter identification. *Perception and Psychophysics*, **65**, 287-297.
- Wolfe, J. M., Friedman-Hill, S. R., Stewart, M. I., & O'Connell, K. M. (1992). The role of categorization in visual search for orientation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **18**, 34-49.

—— 2009. 10. 30 受稿, 2010. 11. 13 受理 ——