

選択的注意が視覚刺激評価段階における 反応準備処理に及ぼす影響

加藤 公子*¹
吉崎 一人*²
清水 遵*²

1. 目的

目の前にある物が自分の物であるか他人の物であるかを判断する時、色や形あるいは自分がつけてしまった傷などから推測し、これが自分の物であると確信するのではないだろうか。あらゆる対象は色や形といったさまざまな特徴をもっており、それら特徴が組み合わされることで1つの対象として認識される。このようなことを端的に表しているものに Treisman and Gelade (1980) が提唱した特徴統合理論がある。この理論では、人が視覚刺激を処理する際、まず色や方向といった数多くの次元に沿って特徴を自動的に符号化し、その後、刺激を1つの対象として認識するために、符号化された個々の特徴を焦点注意によって統合させると説明している。Arguin, Cavanagh, and Joannette (1994) は、もし注意が向けられないと、検出された個々の特徴は適切に統合されず、誤った特徴統合がもたらされるとしている。適切に特徴統合が行われた後、あるいはそれと同時に、統合体は個人が持つこれまでの経験あるいは記憶によって意味をもつ対象となる。視野内に複数の対象が存在し、その中の1つの対象に向けた行動をしなければならない事態では、周囲にある他の対象がその行動に影響を与えると推察される。この影響を小さくし、効率よく行動するには、選択的注意が必要となる。Treisman (1969) のフィルター減衰説では、フィルターは注意の向けられていない情報を減衰させるとしている。つまり、選択的注意は複数の刺激の中から特定の刺激を検出する働きを担う一方で、必要でない刺激の影響力を弱める働きも担っていると考えられる。

本研究では感覚器から入力された情報に対して反応遂行がなされるまでの一連の流れを図1のように3段階に分けるというモデルを仮定した。すなわち、感覚器から入力された情報は前注意処理によって特徴が検出される。この処理を担う段階を特徴検出段階とした。次に刺激評価段階として、特徴統合・対象認識・反応準備という3つの一連の処理が続く。特徴統合処理では特徴検出段階で検出された刺激特徴を統合さ

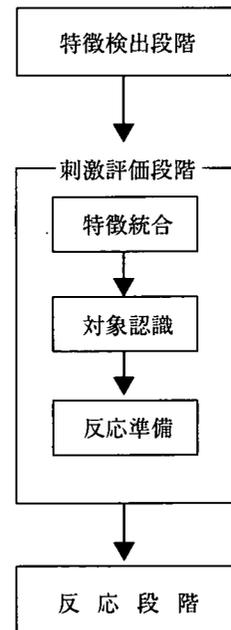


図1 特徴検出から反応遂行までの流れ

*¹コミュニケーション研究科博士後期課程 在籍

*²コミュニケーション心理学科

せる役割, 対象認識処理では統合によって生まれた複数の統合体を意味をもつ対象として認識する役割, 反応準備処理では, 複数の対象の中でいずれの対象に注意を向けるかを決定し, さらに, 課題遂行に不必要な情報の影響力を弱める役割をそれぞれ果たす. 刺激評価段階で3つの処理が行われた情報は3段階目である反応段階へと進み反応が遂行される. 本研究では刺激評価段階中の反応準備処理に焦点をあてる. この反応準備処理は反応段階以前に存在するので, 反応時間や課題遂行成績といった行動指標のみから検討するのは適当でない. そこで反応時間とともに反応遂行より前の段階の処理を検討することができるという利点を有する事象関連電位を指標とする.

本研究では焦点注意による特徴間の統合が適切に行われていることを前提とするため, 呈示刺激の形を統一し, 色のみを刺激条件間で変化させた. 刺激は6つ同時に呈示されるが, ターゲットとディストラクターを区別するために, ターゲットには印をつけた. 特徴統合理論に従うとこの刺激設定では, 色の特徴と印の特徴とを統合させてターゲットを認識することとなる. ディストラクターの影響が強いと, ディストラクターの影響を弱めるために時間が必要となるので, P300潜時は長くなり, 後に続く反応段階でも反応時間が延長すると予測される.

さらに, Kramer, Wickens, and Donchin (1985) は二重課題実験から, 注意資源を多量に配分した課題でのP300振幅は大きい, もう一方の課題におけるP300振幅は小さくなることを指摘した. 課題に向けられる注意資源の量をP300振幅が反映するならば, 課題遂行が困難となる刺激条件ではP300振幅は小さくなり, 逆に課題遂行が容易である刺激条件ではP300振幅は大きくなるのではないかと予測される.

<実験1>

2. 方法

2.1 要因計画

本実験は1要因3水準計画であった. 干渉量を要因とし, 低条件・中条件・高条件の3つの条件を設定した. いずれも被験者内要因であった.

2.2 被験者

年齢21から29歳の右手利き女子大学生及び大学院生10名が実験に参加した. 利き手の判定は自己申告によった. いずれの被験者も視覚機能に異常は認められなかった.

2.3 刺激材料

赤・青インクで描かれた●と黒色インクで描かれた★が使用された. いずれの刺激もMSゴシック体で描かれた. RGB色構成の割合設定(255-0)は, 赤色がR255, G0, B0, 青色がR0, G0, B255であった. ●の大きさは視角にして縦1.5°×横1.5°であり, ★の大きさは縦0.7°×横0.7°であった. 画面の背景は白色であった.

刺激は●が6つ同時に呈示され, そのうち1つに★がついていた. ★がついた●がターゲットとされた. ターゲット以外の5つの●すべてがターゲットと同色で描かれている条件を低条件, 5つのうち2つがターゲットとは異なる色で描

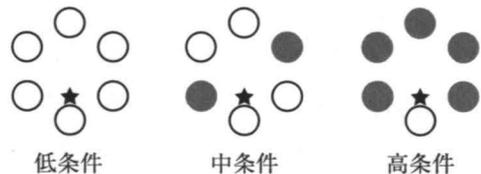


図2 呈示刺激の例 (赤色を○, 青色を●と表す)

かれ、残りの3つがターゲットと同じ色で描かれている条件を中条件、5つの●すべてがターゲットとは異なる色で描かれた条件を高条件とした。ターゲットは赤色か青色のどちらかの色で描かれていた。図2に刺激の呈示例を示す。

2. 4 実験装置

刺激はDEC社製PC5100とそれに接続された17インチXGAディスプレイによって呈示された。ディスプレイの表示解像度は256色であった。反応の採取にはマウスが使用された。刺激呈示の制御、トリガー信号の制御、および反応時間の記録にはCedrus社製SuperLab Pro for Windows (Ver. 2.01)が使用された。

脳波は銀製皿電極を国際10-20法による前頭部(Fz)・中心部(Cz)・頭頂部(Pz)の3部位に装着し、左右両耳朶結合を基準として単極導出した。日本電気三栄社製ポリグラフ(360システム)により増幅し(感度0.02 mv/DIV・遮断高周波数30 Hz・遮断低周波数0.5 Hz)、その後キッセイコムテック社製EPLYZER IIに記録された。また、右眼下におかれた電極より瞬目も同時に記録された。

2. 5 手続き

実験は個別に行われた。被験者は画面と目の距離を一定に保つため、顔面固定台で頭部を固定された。目からモニターまでの距離は60 cmであった。

各試行ではチャイム音とともに画面中央に凝視点「+」が500 ms間呈示され、次に刺激が呈示された。ここで被験者は、ターゲットのインクの色が「赤色」であるか「青色」であるかの判断をできるだけ速く、できるだけ正確に、それぞれに対応したマウスのボタンを押すこと

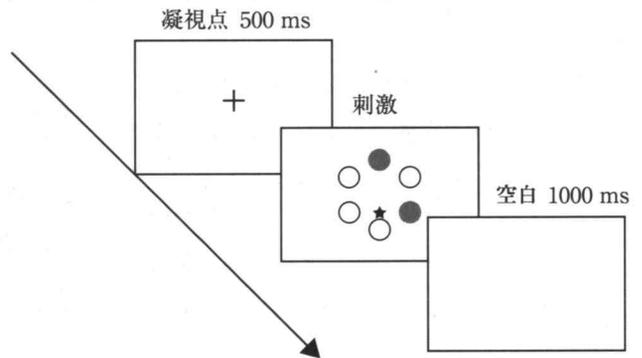


図3 1試行のスケジュール

によって行うことが要求された。刺激は被験者がボタンを押すと消えるように設定されていた。被験者の反応後、1000 msの間隔をおいて次の試行がスタートした。図3に1試行のスケジュールを示す。

低条件・中条件・高条件はいずれも60試行からなつた。各条件でターゲットは赤色が30試行、青色が30試行から構成され、そのターゲットが呈示される位置は6パターンであった。中条件はさらに2つのディストラクターが呈示される位置10パターンが考慮された。本試行では、各被験者は60試行からなるブロックを3ブロック行った。各ブロックには低条件・中条件・高条件がそれぞれ20試行含まれていた。刺激は被験者ごとにランダム呈示された。本試行の前に被験者は練習試行を18試行行った。

反応の採取にはマウスが使用された。被験者はマウスを両手で持ち、左ボタンは左親指で、右ボタンは右親指で押すよう教示された。被験者の半数5名はターゲットの色が「赤色」の場合は左ボタンを、「青色」の場合は右ボタンを押し、残りの5名は「青色」の場合は左ボタンを、「赤色」の場合は右ボタ

ンを押すよう指示された。被験者には課題遂行前に「できるだけ速く、できるだけ正確に答えること」「スクリーンの中央をよく見ること」が強く教示された。課題遂行にかかる時間は1人につき約20分であった。

1. 6 事象関連電位 (ERP) の分析

分析区間は刺激呈示前100 ms から呈示後700 ms までの800 ms であった。トリガー信号の種類は低条件・中条件・高条件の3種類であり、各試行に対する脳波形はこの刺激条件ごとに加算平均された。加算平均する際、被験者の誤反応があった試行や瞬目などによるアーチファクトが混入した試行は除外された。平均加算回数は低条件が41回、中条件が39回、高条件が37回であった。基線は-100 ms から 0 ms の間で平均、算出された。

ERP の分析指標は P300 (300 ms ~500 ms) の頂点潜時および振幅であった。

3. 結果

3. 1 反応時間の分析

被験者個々に正答に要した試行の反応時間の平均値が条件ごとに算出された。ただし、反応時間が 200 ms 以下、1000 ms 以上の試行は誤答とみなされた。このようにして除外された試行は全体の 1% 未満であった。

正答数について条件別の10名の平均 (Mean) と標準偏差 (SD) が表 1 に示されている。正答率の平均が90%を越えているため、正答数についての分析は行わず、正答に要した反応時間だけを分析対象とした。表 2 は条件別の10名の平均反応時間 (Mean) とその標準偏差 (SD) を示す。

反応時間について 1 要因の分散分析が行われた。その結果、有意な主効果が認められた ($F(2, 18) = 23.32, p < .01$)。LSD 法を用いた多重比較によれば、低条件と中条件および低条件と高条件の間に有意な差が認められた。しかし、中条件と高条件の間には有意な差が認められなかった ($MSe = 554.6, 1\%$ 水準)。この結果から、低条件と中条件、低条件と高条件ではいずれも低条件の方が反応時間が短くなること、中条件と高条件との間には差がないことが示された。これらの結果を示したものが図 4 である。

表 1 条件別の平均正答数 (Max60) と標準偏差

	低	中	高
Mean	57.7	55.4	55.3
SD	1.2	2.7	3.1

表 2 条件別の平均反応時間 (ms) と標準偏差

	低	中	高
Mean	476	542	535
SD	62.7	43.8	49.1

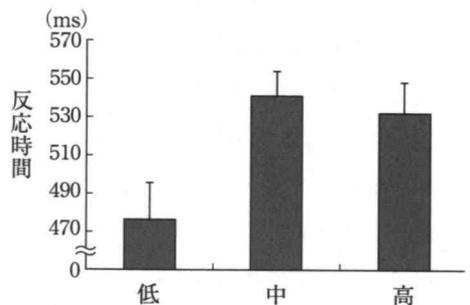


図 4 呈示条件別の平均反応時間

(バーは標準誤差を示す)

3. 3 P300成分の分析

P300頂点潜時及び振幅について、部位ごとに1要因の分散分析が行われた。条件別の10名のP300平均潜時 (Mean) とその標準偏差 (SD) を表3に、P300平均振幅 (Mean) とその標準偏差 (SD) を表4に示す。図5はERPの総平均加算波形である。

表3 条件別の P300 頂点潜時 (ms) と標準偏差

部位 呈示条件	Fz			Cz			Pz		
	低	中	高	低	中	高	低	中	高
Mean	439.3	433.3	431.1	442.5	430.0	435.5	449.0	432.6	432.3
SD	28.0	28.6	35.9	29.9	33.4	38.1	25.9	32.1	32.2

表4 条件別の P300 平均振幅 (μV) と標準偏差

部位 呈示条件	Fz			Cz			Pz		
	低	中	高	低	中	高	低	中	高
Mean	30.4	23.4	20.1	36.8	26.5	25.8	43.4	30.8	33.0
SD	8.8	9.8	8.9	9.6	9.3	9.0	11.2	6.6	10.4

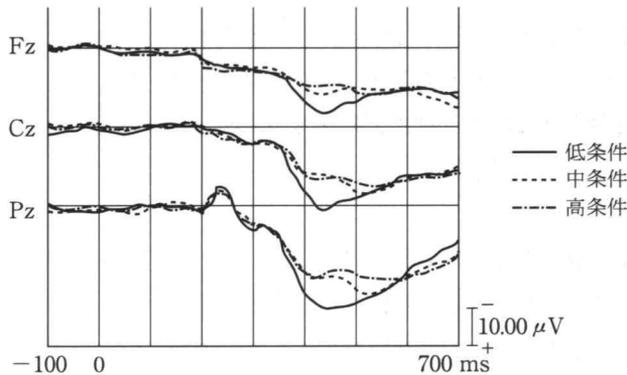


図5 ERPの総平均加算波形 (N = 10)

3. 3. 1 P300頂点潜時

いずれの部位においても有意な差は認められなかった【Fz:($F(2, 18) = 0.32, n.s.$), Cz:($F(2, 18) = 0.67, n.s.$), Pz:($F(2, 18) = 2.11, n.s.$)】。図6はこれらの結果を表す。

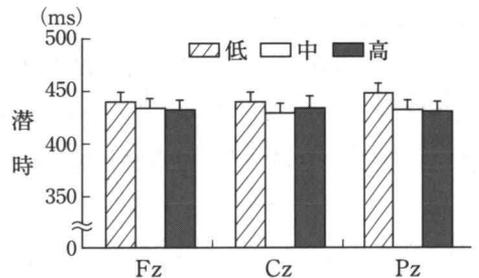


図6 各部位における呈示条件別の P300 平均潜時

3. 3. 2 P300振幅

いずれの部位においても有意な主効果が認められた

【Fz:($F(2, 18) = 12.19, p < .01$), Cz:($F(2, 18) = 28.55, p < .01$), Pz:($F(2, 18) = 13.53, p < .01$)】. LSD法を用いた多重比較によれば、3部位ともに低条件と中条件及び低条件と高条件の間に有意な差が認められた。さらに、Fzでは中条件と高条件との間にも有意な差が認められた【Fz:($MSe = 22.52, 5\%$ 水準), Cz:($MSe = 13.22, 5\%$ 水準), Pz:($MSe = 33.64, 5\%$ 水準)】. 以上の結果からいずれの部位においても低条件よりも中条件及び高条件の方が振幅

が小さいこと、さらにFzにおいては高条件の方が中条件よりも振幅が小さいことが示された。これらの結果を図7に示す。

が小さいこと、さらにFzにおいては高条件の方が中条件よりも振幅が小さいことが示された。これらの結果を図7に示す。

が小さいこと、さらにFzにおいては高条件の方が中条件よりも振幅が小さいことが示された。これらの結果を図7に示す。

が小さいこと、さらにFzにおいては高条件の方が中条件よりも振幅が小さいことが示された。これらの結果を図7に示す。

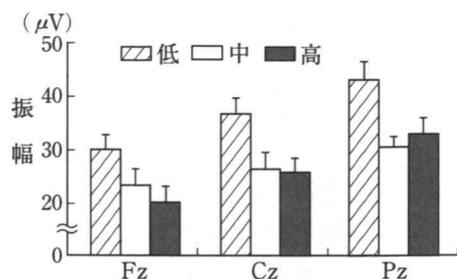


図7 各部位における呈示条件別のP300平均振幅

4. 考察

本研究では、複数の対象の中でいずれの対象に注意を向けるかを決定し、さらに課題遂行に必要な刺激の影響力を弱める役割を果たすと仮定した反応準備処理における選択的注意の役割を検討することを目的とした。刺激条件にはディストラクターの数を変化させ、ターゲットへの干渉量の違いから3条件を設定し、それら条件間で反応時間およびP300成分に差があるかどうかを検討した。

4. 1 反応時間

低条件は中条件および高条件よりも反応時間が短いという結果が得られた。低条件では、ターゲットはディストラクターからの影響を受けないが、中条件および高条件でのターゲットはディストラクターからの影響を受けるためにこのような結果となったのではないかと考えられる。さらに、中条件と高条件間に差がないことから、ターゲットと異なる色が1種類あることがターゲット同定に影響を与えるのであって、同一のディストラクターが増えることがターゲット同定に影響するのではないことが推測される。

4. 2 P300頂点潜時

いずれの部位においても条件間に差は認められなかった。ターゲットとディストラクターを同時に呈示する事態では、ディストラクターの影響が強いほどP300潜時と反応時間はともに延長すると推測したが、本研究からはそのような結果は認められなかった。この結果と整合するものがDuncan-Johnson and Kopell (1981)からも得られている。この研究はストループ干渉における刺激の知覚処理と反応処理との関係を検討するため、反応時間とP300潜時を指標としていた。その結果、反応時間では刺激条件間に差が認められたが、P300潜時ではその差が認められないことが明らかとなった。したがって、P300潜時はディストラクターの干渉効果を予測するのに適した指標ではないことが推測される。もしそうならば、P300潜時においてディストラクターによる差が確認されなかったのは、ディストラクターからの干

渉は評価段階ではなく反応段階であるためとも考えられる。

4. 3 P300振幅

すべての部位において低条件は中条件・高条件よりも振幅が大きいという結果が得られた。ターゲットとディストラクターが混在する事態では、ディストラクターを抑制し、ターゲット処理を効率よく遂行するために注意資源の配分が行われると考えられる。低条件は呈示された刺激すべてが同色で構成されていたので、他の刺激を抑制する必要はない。そのため注意資源の多くをターゲットに配分することが可能となる。中条件と高条件は「赤」と「青」という2つの特徴が入力されていた。そのため、ターゲット同定をする際にはディストラクターからの影響を抑制しなければならないので、ターゲット以外にディストラクターに対しても注意資源を配分しなければならない。したがって、中条件および高条件は低条件よりも振幅が小さくなったと考えられる。一方、中条件と高条件はターゲットに対するディストラクターの数の割合が異なるにも関わらず、Cz・Pzでは両者の振幅の大きさに差が認められなかった。ディストラクターからの影響力はその数の多い方が強くなると仮定すると、両者の振幅に違いが生じると推測される。しかし、結果は両者に差が認められなかった。中条件はターゲット1つに対してディストラクターが2つ、高条件はターゲット1つに対してディストラクターが5つであったが、本実験に使用されたディストラクターはいずれも同じ特徴を有した。したがって、ディストラクターである青色または赤色の●が2つであっても5つであっても、これらの刺激はただ「青色（赤色）の●」として処理され、「青色（赤色）の●が2つ」あるいは「青色（赤色）の●が5つ」とは処理されない。つまり、同一特徴からなる刺激が複数呈示された場合、それらは1つの情報としてまとめられ、扱われるため、両者の振幅に差が生じなかったのではないかと考えられる。しかし、Fzでは高条件よりも中条件の方が振幅が大きいことが明らかとなった。部位によるこの差についてはさらなる検討が必要となるだろう。

以上より、注意資源の配分とP300振幅とは相互に関連があり、注意資源を配分する情報が同時に複数ある場合はP300振幅が小さくなり、注意資源を複数に配分する必要がない場合はP300振幅が大きくなることが示唆される。この結果は、P300振幅は与えられた課題の遂行に必要とされた注意の処理容量を反映するとしたKramer and Strayer (1988), Wickens, Kramer, Vanasse, and Donchin (1983)の結果と一致する。

4. 4 結論

本研究はターゲットに対するディストラクターの影響を反応準備処理に焦点をあて検討した。課題を遂行する時、それを妨害するような属性が存在すれば、その属性を抑制する必要がある。反応を効率よく遂行するためには、反応段階の直前である反応準備処理において反応に適合しない情報の影響を弱めるという働きを行わなければならない。この働きを選択的注意が担っていると仮定し、反応時間及びP300成分から検討した。

反応時間の結果から、ディストラクターからの干渉が起きていることが示唆された。しかし、反応時間は刺激を知覚し、反応ボタンを押すまでの時間であるので、どの処理段階でディストラクターからの干渉を受けているのかを特定できない。一方、反応準備処理を反映すると仮定したP300潜時の結果をみ

てみると、P300潜時では刺激条件間に差は認められなかった。したがって、両指標の結果からディストラクターからの干渉が生起するのは反応準備処理ではなく、反応段階であることが推察される。Ghorashi, Zuvic, Visser, and Di Lollo (2003) は、ターゲットとディストラクターを別々に継時的に呈示し、被験者にはターゲットの同定判断を課した。そして、ディストラクターがターゲットの特徴を共有していると、ディストラクターを無視することができず、ディストラクターの処理に時間がかかり、反応時間が遅くなるという結果を示している。ターゲットとディストラクターが同時に呈示されていないにも関わらず、ターゲット同定にディストラクターが影響している。この結果からも反応段階におけるディストラクターの影響が強いことが推察される。

P300潜時の結果からは反応準備処理が反応段階の補助的役割を担っていることを明らかにすることができないが、P300振幅では反応遂行における反応準備処理の重要性を示唆する結果が得られた。課題遂行が困難となる条件に対しては小さい振幅が得られ、逆に課題遂行が容易であると思われる条件に対しては大きい振幅が得られた。このことから反応準備処理では課題遂行を円滑に進めるために注意資源が配分されていると考えられる。

選択的注意と注意の配分は別の側面をもつものであるが、両者は相互に関連し、選択的注意によって注意資源の配分が決定されると考えられる。そしてそれは反応準備処理において見られるものであると推察される。

5. 引用文献

- Arguin, M., Cavanagh, P., & Joanette Y. (1994). Visual feature integration with an attention deficit. *Brain and Cognition*, **24**, 44-56.
- Duncan-Johnson, C.C., & Kopell, B.S. (1981). The stroop effect: Brain potentials localize the source of interference. *Science*, **214**, 938-940.
- Ghorashi, S.M.S., Zuvic, S.M., Visser, T.A.W., & Di Lollo, V. (2003). Focal distraction: Spatial shifts of attentional focus are not required for contingent capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **29**, 78-91.
- Kramer, A.F., & Strayer, D.L. (1988). Assessing the development of automatic processing: An application of dual-task and event-related brain potential methodologies. *Biological Psychology*, **26**, 231-267.
- Kramer, A.F., Wickens, C.D., & Donchin, E. (1985). Processing of stimulus properties: Evidence for dual-task integrity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **11**, 393-408.
- Treisman, A.M. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psychological Review*, **76**, 282-299.
- Treisman, A.M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, **12**, 97-136.
- Wickens, C., Kramer, A., Vanasse, L., & Donchin, E. (1983). Performance of concurrent tasks: A Psychophysiological analysis of the reciprocity of information-processing resources. *Science*, **221**, 1080-1082.
- 2003/11/17