

平成 13 年度

修士論文

空間的注意の分布に関する研究

電気通信大学大学院 情報システム学研究科

情報ネットワーク学専攻

0051018 田中亮子

指導教官

阪口 豊

出澤 正徳

菅原 正幸

平成 14 年 2 月 1 日 提出

目次

第1章 はじめに	1
----------	---

第2章 有効視野と課題の説明

2. 1 有効視野	4
2. 2 テクスチャ分離課題	5
2. 3 RSVP 課題	9
2. 4 関連する先行研究	9
2. 5 問題提起	13

第3章 実験

3. 1 目的	14
3. 2 方法	14
3. 2. 1 被験者	14
3. 2. 2 装置	14
3. 2. 3 刺激	16
3. 2. 4 手続き	16
3. 2. 5 条件	21
3. 3 結果	22
3. 3. 1 RSVP 課題の正答率	22
3. 3. 2 テクスチャ課題正答率	22
3. 3. 3 RSVP 正答下におけるテクスチャ分離課題の正答率	22
3. 3. 4 回答内訳	23
3. 4 考察	33
3. 4. 1 RSVP 正答率	34
3. 4. 2 テクスチャ課題の正答率	34
3. 4. 3 RSVP 正答下におけるテクスチャ分離課題の正答率	34
3. 4. 4 回答内訳	35
3. 4. 5 全体を通しての考察	36

第4章 注意分布のモデルの提案

- 4. 1 下位レベルでのモデル 37
- 4. 2 資源の配分量にもとづいたモデル 39
- 4. 3 おわりに 44

謝辞 45

参考文献 46

本研究に関する研究 47

付録 48

第1章

はじめに

我々を取り巻く環境の物理的要素は多種多様であり、しかも時々刻々と変化している。このような環境の物理的要素の変化は、感覚系によって絶えず受容されている。しかし、すべての情報を処理できるわけではなく、一度に扱える情報量には限界がある。ここでは外界から受け取る感覚のうち、およそ8割を占める視覚に限定して考える。

普段我々は物を見ているとき、写真のように同じ解像度として処理されているように感じるが、実際は視野の中心から離れるほど、指数関数的に処理能力が下がる。というのも図 1.1 に示すように、私たちの眼の網膜は中心部で視力の相対値が最も高く、周辺部では低くなるような構造を持っているからである。そのため見える範囲や処理できる情報に限りがある。周辺視野では大まかにものを捉えることができても、詳細に捉えることはできない。つまり、視野の中心部に近いほど、高い処理能力をもつのである。このような網膜の構造のため、私たちが物を詳細に見ようとするときには、何に対して注意を払うべきか常に変更する必要がある。視覚における注意とは視野の中に存在する数多くの事物の中から必要なものを選択し、不要なものを捨てる機能のことをいう。これより、外界から視覚情報を獲得するとき、眼球運動だけでなく視覚的注意が重要な働きをしているといえる。

また、私たちは普通の状態ではあるものに注意をしながらも同時に、それ以外のものも見ることができる。しかし緊急の時などに、ある情報に注意が集中して他のものを見落としてしまうことがある。例えば、車の運転をしているときは前の車に注意しながら、それと同時に信号や標識を見ることができる。しかし前の車が急ブレーキをかけて近づいてきたときには、今まで見ることができたそれらの情報に注意を向けることができなくなる。情報が何であるか理解できる範囲を注意の広がりとする、注意の広がりには常に変化し、それによって選択可能な情報の量も変化していると考えられる。このように、我々は常に

視野空間にいてある部分に重要性をおき、注意を向ける部分を選択している。これを空間的注意と呼ぶ。空間的注意は、視野内のある一点に焦点を結んだり、視野内に広がりを持って分布したりすることがある。視野全体のほとんどを占める周辺視の機能についてはまだ明からにされていなく、注意のメカニズムの解明は車を安全に運転できる環境作りにつながる。そこで、この様相を計測し、模式的に表現することは注意研究における重要な課題である。

本研究では一点に注意が集中した状態から集中が解かれたとき、時間の経過とともに注意の分布がどのように変化するかを調べること・また注意を集中させる課題の難易度が注意の変化の仕方に与える影響について調べることを目的である。この目的のために空間的注意を空間的な注意の広がりをとらえる実験であるテクスチャ分離課題の検出と時間的に注意を集中させる実験である RSVP 課題二つを対提示し、両課題の提示時間に差をつける。このとき一点に注意が集中した状態から集中が解かれたとき、時間の経過とともに注意の分布の変化を検討した。また、注意を集中させる課題の難易度が注意の解放のされ方に与える影響を調べた。

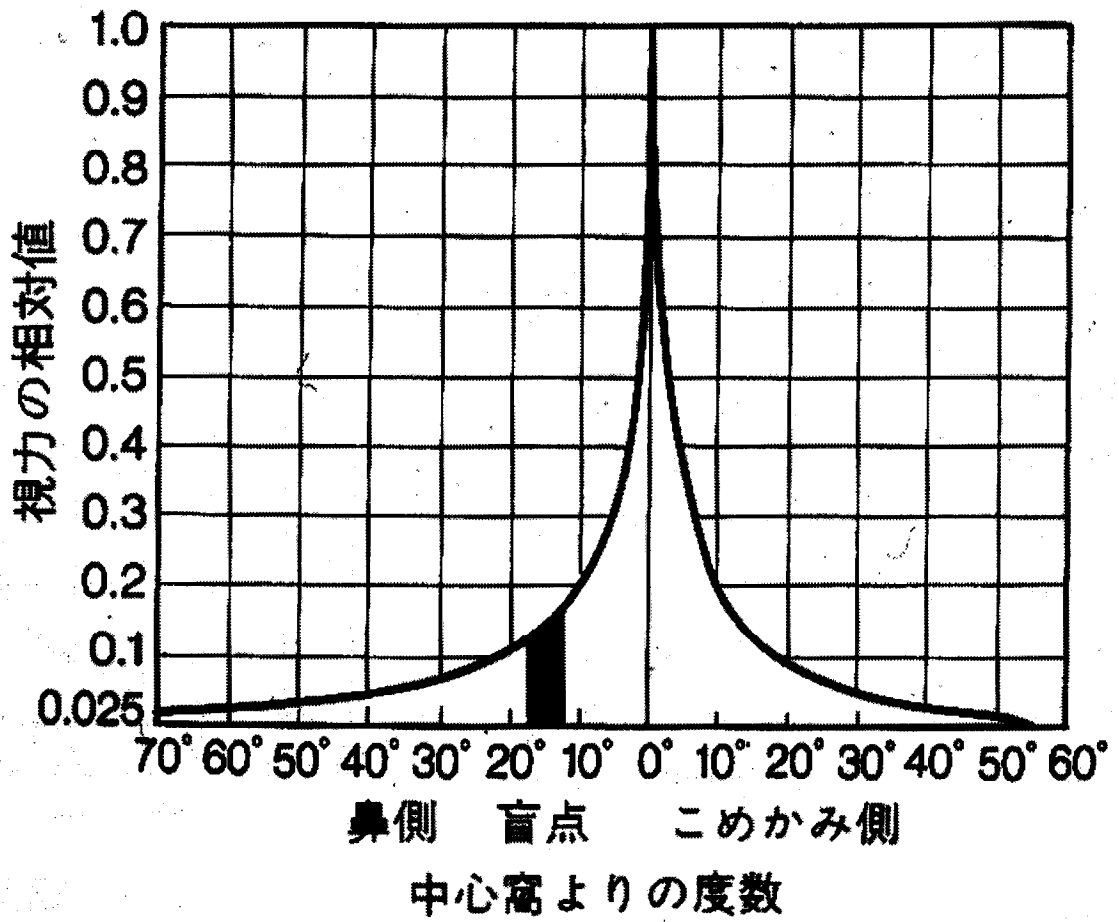


図 1.1 視野における視力分布 (Chapanis, 1949)

第2章 有効視野と課題の説明

RSVP 課題は時間的に注意を集中させる実験で、視野中心に時間的に注意を集中させることができる。これに対してテクスチャ分離課題を行うことで視野の周辺部分の空間的な注意の広がりをはかることができる。そのため、一点に集中した注意の広がりを時間の経過に従って計測する手段として RSVP 課題とテクスチャ分離課題を対提示する方法は大変有効である。

2.1 有効視野

有効視野とは、中心視の周りつまり周辺視のうち、我々の認知に寄与する部分と定義される[5]。視野とは網膜の感度の分布を示したものである。すなわち、どの場所でどれだけ細かいものが確認できるか、その分布を示したものである。有効視野の広さは、網膜構造や刺激の密度といった物理的な特性のみならず、心的負荷、知識、経験、技能等の心理的な要因により規定され、視覚にして約4度から20度くらいまで変化する。この有効視野の分布を測定するための様々な研究が行われている。

Chaikin, Corbin, & Volkman (1962)はたくさんのしかも一様な背景ノイズの中からターゲットを見出せる範囲を測定した[6]。背景ノイズとして、 9×9 の小円を一様に並べた刺激図(一辺の視覚約5度)を作成し、そのうち1個を三角形と置き換え、これをターゲットとした。被験者は中心を固視したまま、ある一定時間提示されるターゲット位置を検出することであった。ターゲットは81位置に16回繰り返し提示された。その結果ターゲット位置の検出率は、中心付近は100%であったが、少し周辺に離れると急に低下した。また、刺激提示時間を10ms、30ms、80msと長くしていったところ、検出率50%以上の範囲は広がった。そこで、有効視野の規定因として提示時間の重要性を示した。

このような、背景ノイズの中からターゲットを取り出すことができる範囲は信号検出視野と呼ばれている。

また、Engel は(1971)は背景ノイズとターゲットの形の類似性について調査した[7]。刺激は次の4種類を用いた。1. 長さが視角0.6度の線分、2. 1辺が視角0.6度のL字形、3. 1辺が視角0.6度のコの字形、4. 1辺が視角0.6度の正方形であった。1. から4. の順にターゲットと背景ノイズの類似性が低くなるため、1. から4. の順で検出の困難度が低くなると予想されたが、結果はターゲットが1. のとき視野が最小になり、その直径は視角が3から4度になった。また、ターゲットが4. のとき視角が最大となり、その直径は視覚22度になった。そこで、有効視野は検出の負担が大きいターゲットの時は、検出の負担の小さいターゲットの時よりも狭くなることを示し、ターゲット検出の難易度が有効視野に与える影響について検討した。

Ikeda & Takeuchi (1975)は、中心窩に負荷をあたえて、それによって周辺視野におけるパフォーマンスがどのような影響を受けるかを検討した。中心視野に提示される文字や図形を認識する課題と、周辺視野に提示されたターゲットを背景ノイズの中から検出させる課題を、被験者に同時に与え、ターゲットが検出可能な範囲を計測した。刺激の提示時間は250msであり、この間に被験者はターゲットの位置を検出した。さらに中心課題の文字も読み取るように要求された。その結果、中心課題が複雑なほど信号検出視野の範囲が狭くなることが分かった。

2. 2 テクスチャ分離課題

テクスチャとは、要素がある種の制約に従って配列されてできる繰り返しパターンであると定義されている [8]。

図・・に本研究で用いたテクスチャ刺激の例を示した。細かいパターンの要素‘T’が繰り返し配列されることより群化され、面が形成されている。その中に異なる要素‘斜めT’の領域が埋め込まれているが、‘T’の領域から分離して知覚され、円が見える。これは‘T’と‘斜めT’は図形的には類同性が高いが、要素を構成する2線分の方位はどちらも異なるため線分の強い群化を誘導し、群化された領域が乖離し図と地が区別される。このようにテクスチャの要素の

違いから輪郭を抽出する視覚機能を“テクスチャ分離”という。以上より、テクスチャ分離を起こすには、一部分に注意を向けるのではなく、ある程度全体を見る必要がある。

群化とは パターンの体制化、すなわち個々の部分パターンを総合したとき 部分パターンの単なる総和以上のものを全体パターンとして知覚する現象のうち、個々の要素パターンの集合をまとまりある形態として知覚する現象のことである。

群化の要因としては、次の9つの性質があげられる[9]。

①近接(factor of proximity)

輝度や色等が一定ならば、空間的、時間的に近接している図がまとまる傾向がある。

②類同(factor of similarity)

輝度や色等が一定ならば、性質の類似しているものがまとまる傾向がある。

③共通運命(factor of common fate)

ともに動いたり、ともに変化したりするものがひとつのまとまりを作る。周囲が動いているときには、ともに止まるものもまとまる傾向がある。

④閉合(factor of closure)

互いに閉じあうものがまとまる性質にある。

⑤割り切れ

中途半端がなく、残りが生じないようにまとまる傾向がある。

⑥よい連続(factor of good continuation)

なめらかにつながるものがまとまる傾向がある。

⑦よい形(factor of good form)

線の連続、輪郭線のつながりについては条件の許す限り、単純性、均等性、緊密性、対称性、完結性、閉合性などを持つ形が成立するようにまとまる。

⑧客観的構え(factor of objective set)

単独に与えられたときには、一義的なまとまりを示さない刺激配置でも、一定のまとまりを生じる継起的な系列の中で与えられるとそのまとまりを示す。

⑨経験

あるまとまりをたびたび経験することで、それが後にほかのものと一緒にあるときにまとまって現れる傾向がある。

従来の研究では注意の広がり調べる課題として周辺課題に一部異なる性質を持ったテクスチャを背景ノイズの中に提示し、これをターゲットとしたときターゲットを検出するまでの反応時間を計測していた。しかし、この場合、注意の広がりをとらえるというよりは、スポットライトのような注意が刺激をスキャンし、ターゲットを検出していると考えられた。

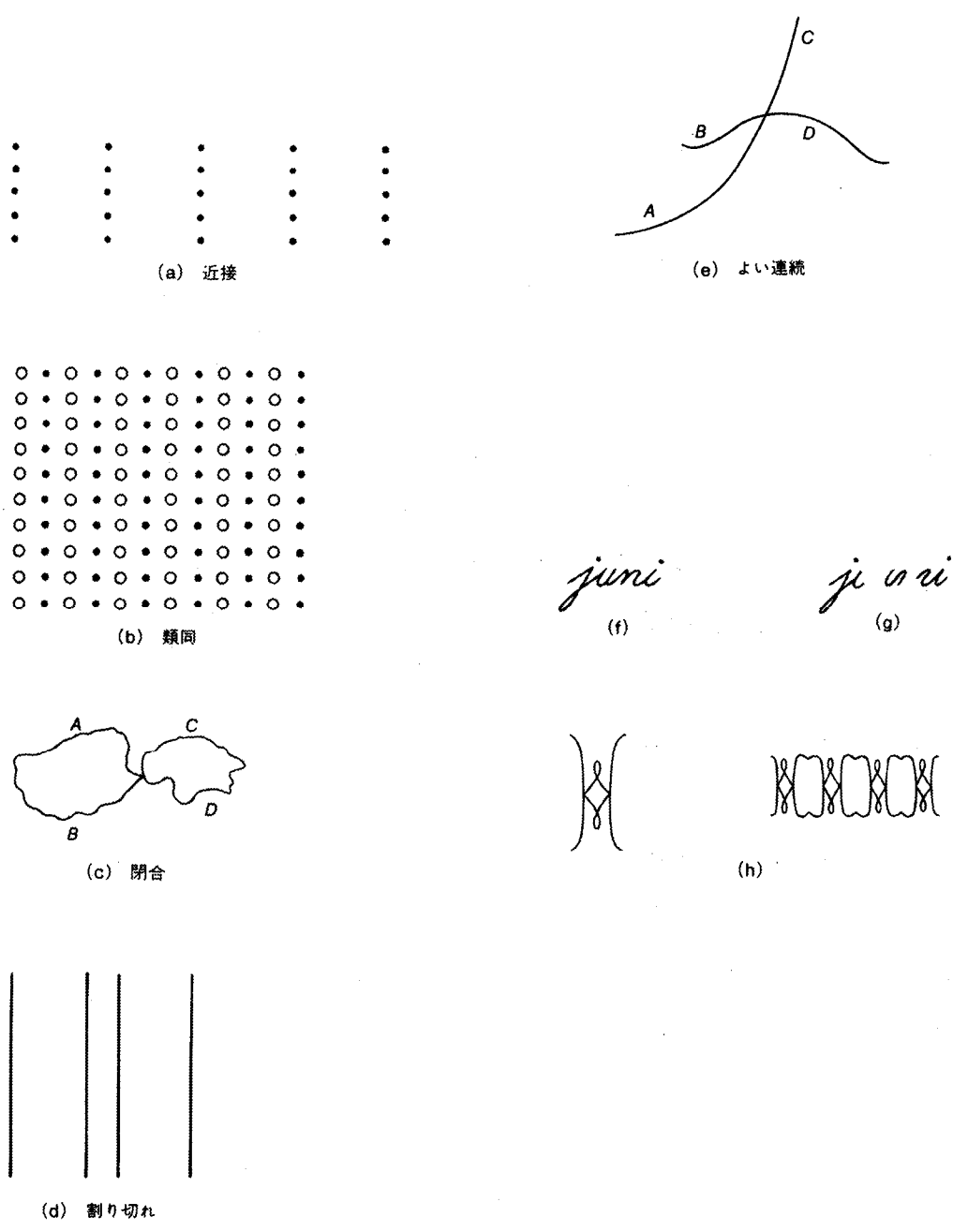


図 2.1 群化の例

2. 3 RSVP 課題

RSVP とは rapid serial visual presentation の略であり、日本語では高速系列提示法と訳される。RSVP では空間の一定の位置に複数の刺激項目が短い提示時間で次々に提示される。RSVP 課題では、ある特徴で定義されたターゲット項目を検出することを被験者は求められる。これは視野の一点に注意を集中させる必要がある課題である。一般的に RSVP 課題は視覚的注意の時間的特性を調べることを可能にする。

RSVP 課題では、しばしばターゲットに属する特徴とターゲットに近接して提示される刺激に属する特徴との結合が報告されており (Lawrence, 1971)[10]、このような誤答は、時間情報を手がかりとした特徴統合の際、注意の焦点づけの失敗に起因した結合錯誤 (illusory conjunction) 現象の一種と考えられている (Treisman & Gelade, 1980)[11]。

2. 4 関連する先行研究

空間的注意が視野内のある一点で焦点を結んだり、視野内に広がりを持って分布したりすることがあることは、1-1. で述べた。

Kikuchi, Sekine, & Nakamura (2001) は、中心課題を RSVP 課題とし小さい文字をターゲットとし、その文字が何か検出した[12]。文字は 5 種類のアルファベット (E, H, K, T, Y) を用い、この 5 種類をランダムに 25 文字提示し、その 1 文字を小さく提示し、周辺には背景ノイズ (■) の中にひとつのみ周辺課題のターゲット (●) があり、そのターゲットを検出することを課題とした。結果として、中心に近いターゲットほど検出率がよい結果となった。また、RSVP ターゲットが提示されてから時間経過が少ないほどターゲットの弁別率が落ちた。このことより、RSVP が周辺課題のターゲット弁別に妨害的な影響を与えたと考えられる。さらに、周辺課題の弁別を行った際の反応時間も、中心課題に近いターゲットほど短い時間で検出できる結果となった。以上から周辺における課題が中心の課題遂行に影響を及ぼすことが示唆された。

Joseph, Chun, & Nakayama (1997) は、高速系列提示 (RSVP) 法課題と

方位特徴の違いを検出するテクスチャ分離課題を対提示する実験を行った [13]。彼らは、視野の中心に位置するターゲット文字の提示と視野の周辺に位置するテクスチャ刺激提示までの時間間隔 (Lag) がテクスチャ分離の検出に及ぼす影響を調べた。さらに周辺課題の提示時間により課題の難易度を変化させた。結果として Lag が非常に小さい場合、つまり RSVP 課題を遂行した直後は、テクスチャ分離の検出率が低いが、Lag の増加に伴って検出率が高くなることがわかった。また、中心課題の提示時間の短い時は長い時よりも周辺課題に対してより強く妨害的な影響を与えることが分かった (図 2. 2)。このことからターゲット文字が何であるかわかるまではターゲット文字に注意が集中し、周辺のテクスチャ分離課題の弁別に妨害的な影響を及ぼすことが示唆された。中心課題が周辺課題を妨害することは、古くから知られており、ターゲット検出における有効視野の広がりとは処理資源の配分量にはトレードオフが存在するといわれている。

これに対し、Braun (1998) は Joseph らが用いた刺激の学習効果が成績に与える影響について調べた [14]。すると、学習回数が多くなるにつれて中心課題と周辺課題で成績の差がみられなくなった (図 2. 3)。しかし、周辺視野に一般的に注意が必要であるといわれている課題である、T または L を弁別する課題を行ったところ、学習効果によって中心課題と周辺課題で成績の差がなくなることはなかった。これは刺激によっては学習効果で中心視野と周辺視野の成績の特性が変化することを示唆している。

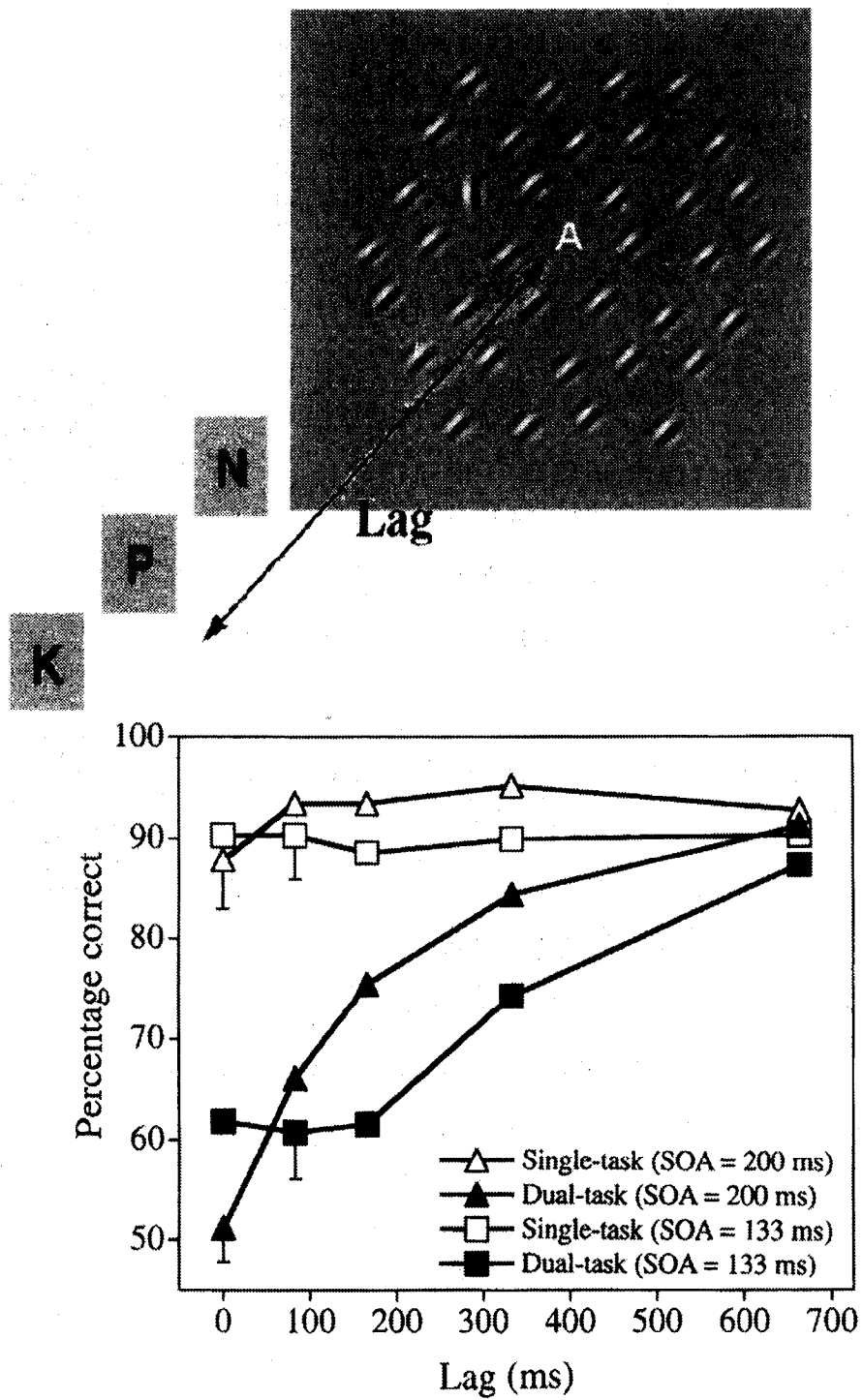


図 2.2 Joseph らの実験
(Joseph, 1997 の図を編集)

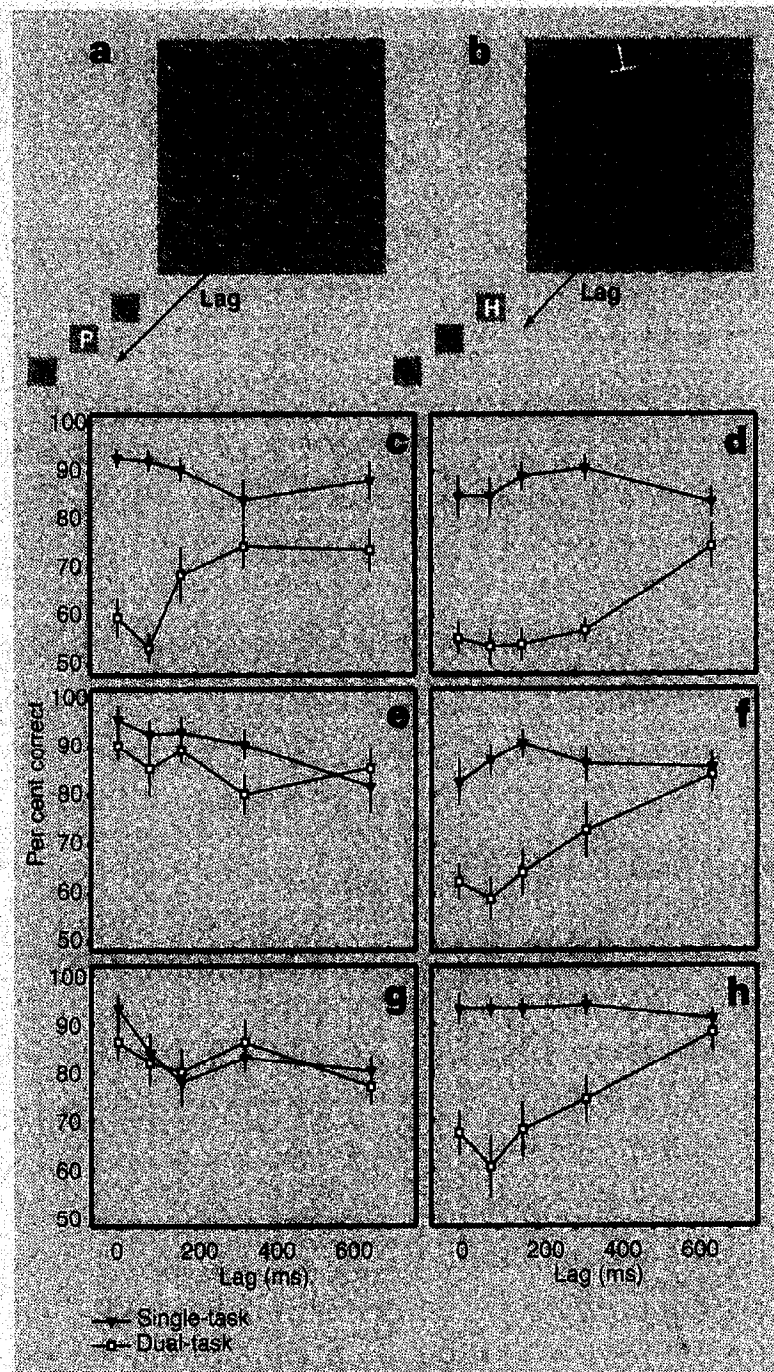


図 2.3 Braun の実験
(Braun, 1998)

2. 5 問題提起

我々が自動車を運転しているとき、前方車両のテールランプに注意を払いながらも、信号が見られたり、歩行者を察知できたりするのは、空間的注意の分布が、ある時間では、一点に集中し、ある時点では広がりを持っているからである。その空間的注意の分布を知ることは注意の研究における重要な課題である。

また、その注意の分布が中心課題の難易度を変化させることによって、周辺課題にどのような影響が与えられるか時間経過を伴って調査された研究はない。というのも2-4. で述べたように空間的注意の時間経過を伴う分布に関する研究は古くから行われてきた。しかし中心課題の難易度を変化させた研究は古典的なものしかなく、時間経過で注意の広がりを調べた研究はない。また時間変化をさせた研究の周辺課題は方位特徴やパターンの違いを検出する課題であり、Local な課題であると言える。この刺激は Braun により、学習回数が成績の特性を決めていることが示唆された。そこで、実験に用いる刺激は学習効果によって成績の特性に変化が出ないようなものを選ぶ必要がある。また、空間的な広がりを計測できるような刺激を考える必要がある。

また、中心の課題が簡単な場合は周辺の検出は妨害を受けにくいと予想される。あるいは中心の課題が難しくとも、周辺の課題が簡単な場合は周辺の検出は妨害されないと予想される。中心課題と周辺課題の難易度が注意のコントロールに影響すると考えられる。また、中心と周辺の位置関係が問題となることが予想される。仮に、テクスチャ分離が RSVP 課題に近い場合は遠い場合よりも簡単に検出できることが予想される。

しかし、これとは逆に今回使用するテクスチャ分離の刺激は同じ要素の群化によるものと考えると、それほど高い分解能が必要なく注意が中心に集中したほうがテクスチャ分離を起こしやすかったり、中心から離れるにしたがって、課題の成績が上がったりする可能性もある。また RSVP 課題に遠いほうが近いよりも（中心に遠いほうが近いよりも）輪郭の長さが長い場合、どのような輪郭か分かるために手がかりが多く、RSVP 課題に遠いほうが近いよりも検出しやすいのではないかと考えられる。

第3章 実験

3.1 目的

本実験は一点に注意が集中した状態から集中が解かれたとき、時間の経過とともに注意の分布がどのように変化するか測定することを目的とする。また、注意を集中させる課題の難易度が注意の変化の仕方に与える影響について調査した。

この目的のために中心視野の課題として時間的に注意を集中させる RSVP 課題、周辺視野には空間的な注意の広がりをとらえる実験となるテクスチャ分離の検出とした。この2課題を対提示し、これらの相互作用を調べた。

また、中心課題の難易度を輝度により変化させ、注意を集中させる課題の難易度が注意の解放のされ方に与える影響について調査した。中心課題が易しいときを中心易条件、中心課題が難しいときを中心難条件とした。

3.2 方法

3.2.1 被験者

すべての被験者は裸眼または矯正により正常な視力を有していた。中心易条件では12名、中心難条件では11名。うち8名は両実験に参加した。いずれの被験者もこの実験のためによく訓練されていた。

3.2.2 装置

実験の制御にはAT互換パーソナルコンピュータ（DELL製）を用いた。刺激の提示には21インチカラーCRT（SONY製）を用いた。被験者は机上に設置された顔面固定器にあごを乗せた状態で実験を行った。刺激画面から被験者までの距離（観察距離）は57cmであった。これらの装置は簡易暗室内に設置され、被験者に暗順応をおこさせないように、内部は蛍光灯で天井を照らし、被験者に暗順応を起こさないようにした。（図3.1）



図3. 1 実験風景

3. 2. 3 刺激

すべての刺激は背景が灰色地 (20 cd/m^2) に描かれた。各試行において刺激の中心に凝視点が出ており、試行中消失することはなかった。

テクスチャは全体の大きさが 41×41 要素 (視野角 24.5 度) で 'T' と '斜めT' の組み合わせで描画した。'斜めT' とは 'T' の文字を右に 45 度回転させたものであった。'斜めT' の背景の中に円形テクスチャとなるように 'T' を配置した (図 3.2)。これをテクスチャターゲットと呼ぶ。テクスチャのマスクとして 'T' と '斜めT' をランダムに配置した刺激を 2 枚用いた。マスクはテクスチャターゲット提示時以外に表示され、2 枚のマスクが交互に提示された。マスクよりもテクスチャターゲットを高い輝度で提示し、その輝度差により、被験者はマスクとテクスチャターゲットとの分離を行った。マスクの輝度は 29.6 cd/m^2 とし、テクスチャターゲット時には 33.9 cd/m^2 とした。

また、RSVP 系列は検出が容易な「I」を除いたアルファベット 25 文字の中からランダムに選んだ 15 文字を提示した。そのうち 1 文字は他の文字と明るさを変化させ、これを RSVP ターゲットとした。またそれ以外の文字をディストラクタとした。

3. 2. 4 手続き

被験者は暗室内で椅子に腰掛け、机上に備え付けられた顔面固定器にあごを乗せた状態で実験を行った。

被験者には視野の中心と周辺でそれぞれ課題が与えられた。最初にマスクを 1500ms 提示した後、マスクの中心に RSVP 系列を 100ms おきに 15 文字提示した。15 文字中 5 から 9 文字目のいずれか輝度の高い 1 文字が RSVP ターゲットであり、さらに文字系列のいずれか 1 文字に同期してマスクがテクスチャターゲットに変化して再びマスクに戻った。全系列の提示後に空白画面を 1000ms 提示し、その後反応選択メニューを表示した。被験者はまず、RSVP ターゲットが何であったか、次にテクスチャターゲットのサイズが何であったかをキー入力により回答した。RSVP 課題回答の際は、実際に試行に使用されている文

字が画面に並べられた。また、キー入力の際、音により正解・不正解を試行ごとに被験者に教示した。また、テキストチャターゲットを見逃したり、分からなかったりしたときには“None”を選択するように指示した。以上の手続きを1試行とした。

課題はシングルタスクとデュアルタスクの2種類を行った。デュアルタスクはRSVP課題にできるだけ正解するように教示し、テキストチャはRSVP課題が正答できた上で遂行するように教示した。シングルタスクはデュアルタスクの対照実験として行い、RSVP課題を無視してテキストチャ分離課題のみを遂行する実験であった。(図3.3, 3.4)。

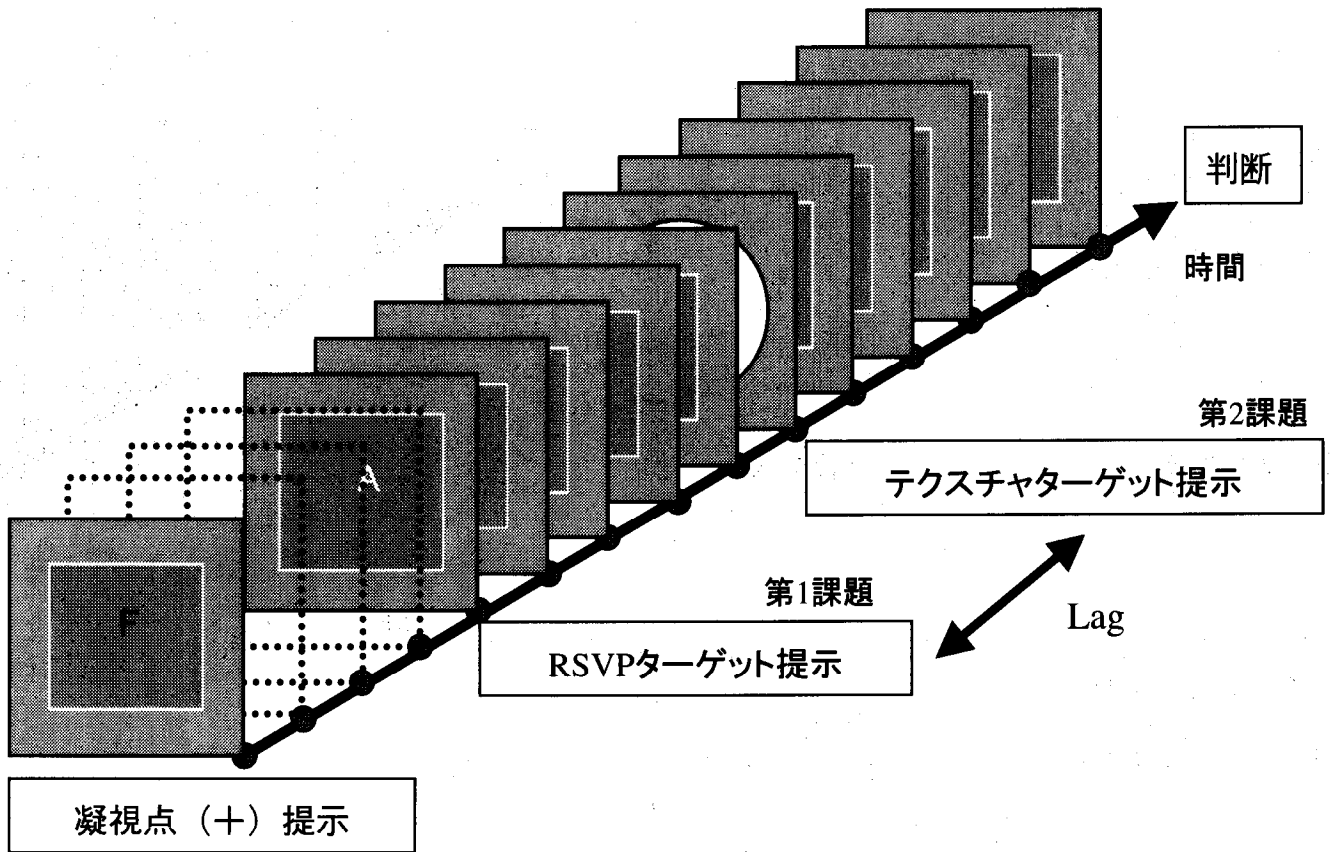


図 3. 3 1 試行の手続き

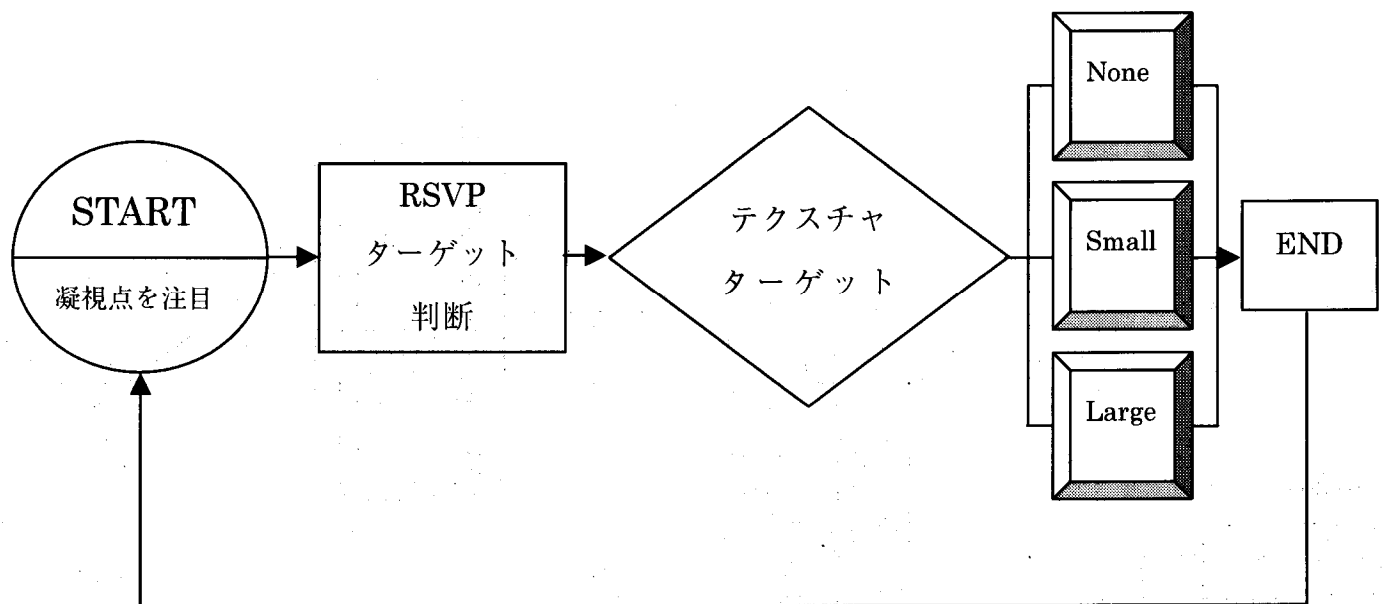


図3.4 1 試行の手続き

3. 2. 5 条件

テクスチャのサイズは Small, Large, None の 3 種類を用いた。Small は半径 8 要素で視野角 4.9 度とし、Large は半径 16 要素で視野角 9.7 度とした。None は 'T' のみで構成されており、画面全体を見る必要のある課題である。また、チャンスレベルを下げることで被験者がテクスチャサイズを弁別する際、推測で答えるのを減らす役割を果たす。

RSVP ターゲットとテクスチャターゲットの出現のタイミングは 4 種類であった。ここでは Lag という単位を用いた。例えば、Lag 1 とは RSVP ターゲットより 1 系列遅れてテクスチャが提示されることを示す。Lag はそれぞれ 0 (同時) 1、3、5 とした。Lag の出現順序は実験中ランダムとした。

テクスチャのサイズが 3 条件、Lag が 4 条件あり、合計 12 試行を 1 ブロックとして、10 ブロックを 1 セッションとした。安定して課題をこなせるようになるために、被験者は練習として 5 ブロック~10 ブロックの練習を行った。十分な練習を行った後、シングルタスク、デュアルタスクともに 2 セッションずつ交互に行った。タスクの順番によって差がでないようにタスクの順番を被験者間でランダムに決めた。1 ブロックごとに短い休憩をはさみ、被験者に負担がかからないようにした。

RSVP 課題とテクスチャ分離課題の相対的な難易度がお互いの正答率に及ぼす影響を調べるために、本実験では中心課題の輝度をコントロールした。RSVP 課題の場合、ターゲットとディストラクタの輝度差が大きい方が小さいよりも容易となると予想される。

ここでは中心課題の輝度を 2 種類に分けて実験した。どちらの条件でもディストラクタの輝度は 29.6 cd/m^2 、RSVP ターゲットは 42.0 cd/m^2 (中心易条件)、 36.0 cd/m^2 (中心難条件) とした。

3. 3 結果

3. 3. 1 RSVP 課題の正答率

デュアルタスク時に RSVP 課題において、報告された文字と RSVP ターゲットが一致していた試行を RSVP 課題正答試行として定義した。被験者ごとに RSVP 課題正答試行数を算出し、実験条件の全試行数で割った値を正答率として算出した。被験者ごとの合計正答率を被験者数で除算し、全被験者の平均正答率を算出した。

図 3. 5 より RSVP 課題の正答率は中心易条件では約 90%、中心難条件では約 60%であった。さらに、RSVP 課題の正答率について輝度の要因と Lag の要因の 2 要因について分散分析を行った。ただし輝度の要因は被験者間計画とした。分析の結果、輝度の要因で有意であった ($F(1, 21)=54.33, p < .01$)。

3. 3. 2 テクスチャ課題正答率

シングルタスク時、テクスチャ分離課題において、提示されたテクスチャ領域のサイズと報告されたテクスチャのサイズが一致した試行をテクスチャ分離課題正答試行として定義した。被験者ごとにテクスチャ分離課題正答試行数を算出し、実験条件の全試行数で割った値を正答率として算出した。被験者ごとの正答率を被験者数で平均し、全被験者の平均正答率を算出した(図 3.6、3.8 参照)。

テクスチャサイズの要因と Lag の要因の 2 要因について分散分析を行った。分析の結果、中心易条件では交互作用が有意傾向であった ($F(6,66)=2.20, p < .10$)。同様に中心難条件では Lag の要因において有意であった ($F(3,30)=2.93, p < .05$)

3. 3. 3 RSVP 正答下におけるテクスチャ課題正答率

デュアルタスク時、テクスチャ分離課題と RSVP 課題の両方に正答している試行を RSVP 正答下のテクスチャ分離課題正答試行として定義した。被験者ごとに RSVP 正答下のテクスチャ分離課題正答試行数を算出し、実験条件の全試行

数で割った値を正答率として算出した。被験者ごとの合計正答率を被験者数で除算し、全被験者の平均正答率を算出した（図 3.7、3.9 参照）。

テクスチャサイズの要因と Lag の要因の 2 要因について分散分析を行った。分析の結果、中心易条件ではテクスチャサイズ、Lag の 2 要因ともに有意であった（テクスチャサイズ： $F(1,11)=9.72, p < .01$ 、Lag： $F(3,33)=19.47, p < .01$ ）。また、水準ごとに単純主効果を分析した結果、Lag 0 と 1・Lag 3 と 5 の間に有意差がなかった。しかし Lag 0 と 3、5・Lag 1 と 3、5 での間に有意差が検出された。同様に中心難条件では交互作用が有意であった（ $F(3,30)=3.64, p < .05$ ）。

3. 3. 4 回答内訳の分析

デュアルタスク時のテクスチャ正答が Small、Large であったときに対する被験者の回答内容を内訳にしたものである。被験者にはテクスチャターゲットを見逃したり、分からなかったりした場合は None を選択するように教示してある。そのためこの分析を行うことで、見えなかったために誤答したのか、それともサイズを誤って知覚したのかを知ることができる。

つまり、テクスチャサイズの正答が Large であったとき、被験者が None、Small、Large 3 つのうちどのような割合で回答しているか分析した（図 3.10、3.11、3.12、3.13）。その結果、テクスチャサイズの正解が Small であっても Large であってもサイズに関わらず、被験者は Lag が小さいとき、つまり中心課題を行ってからあまり時間の経過がないときは None を選ぶ割合が高かった。また中心課題を遂行してから時間が経過するほど Large、Small とともに None と答える割合が少なくなった。

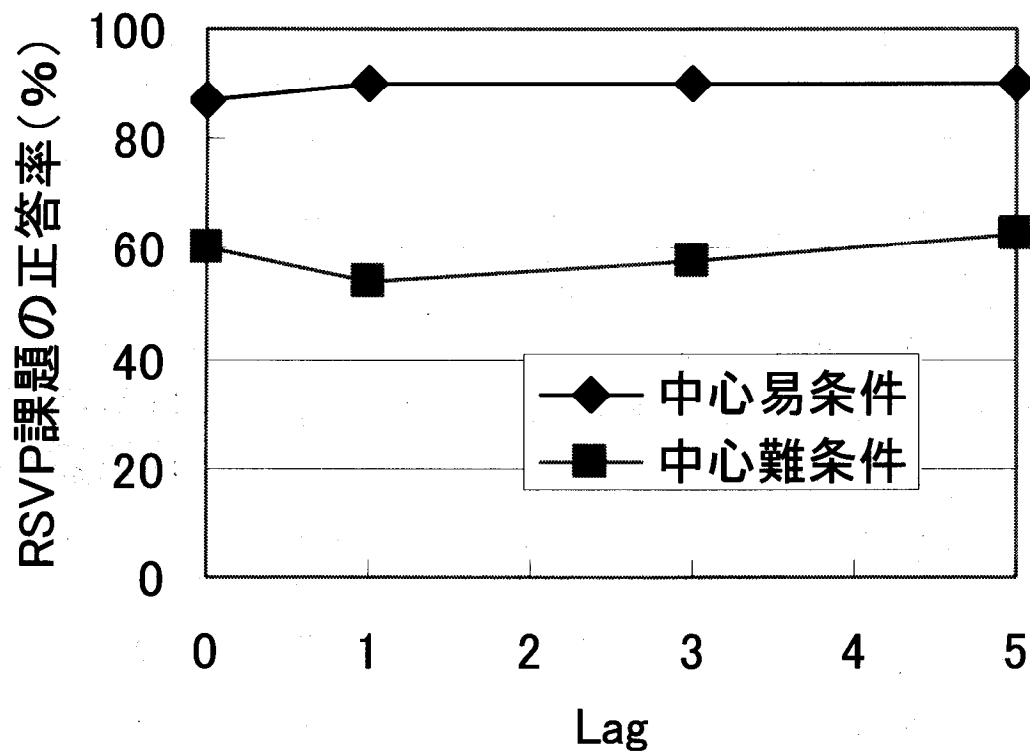


図3.5 RSVP 課題の正答率

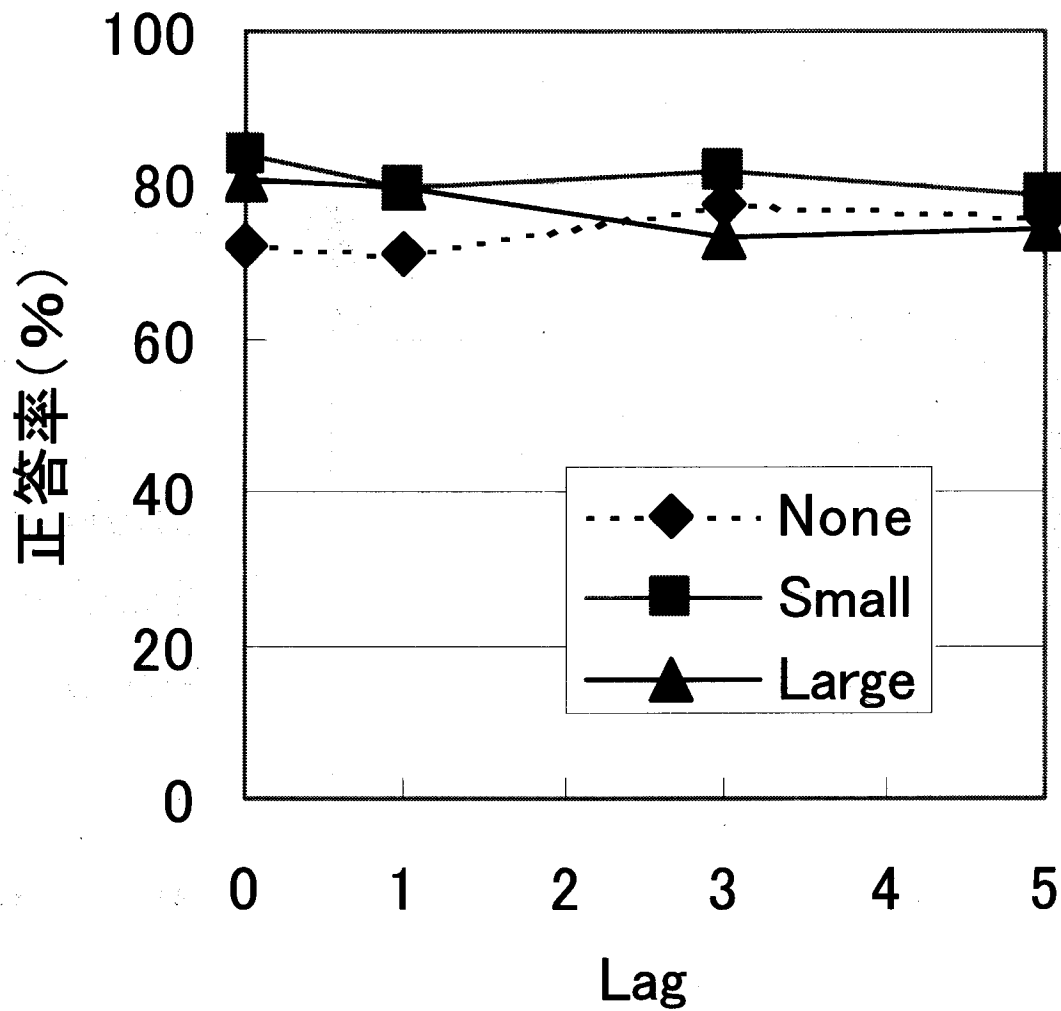


図3.6 テクスチャ課題の正答率
(中心易条件・single task)

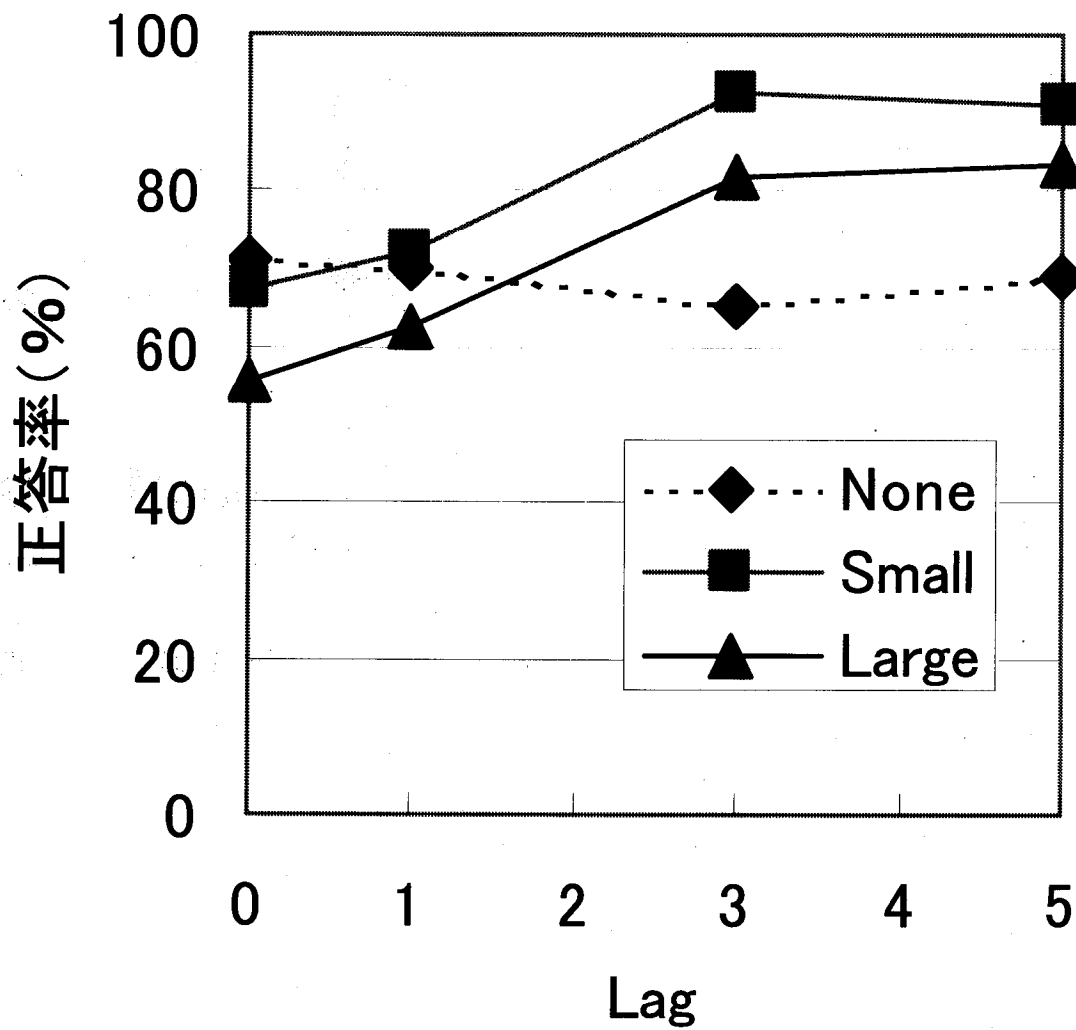


図3.7 テクスチャ課題の正答率
(中心易条件・Dual task)

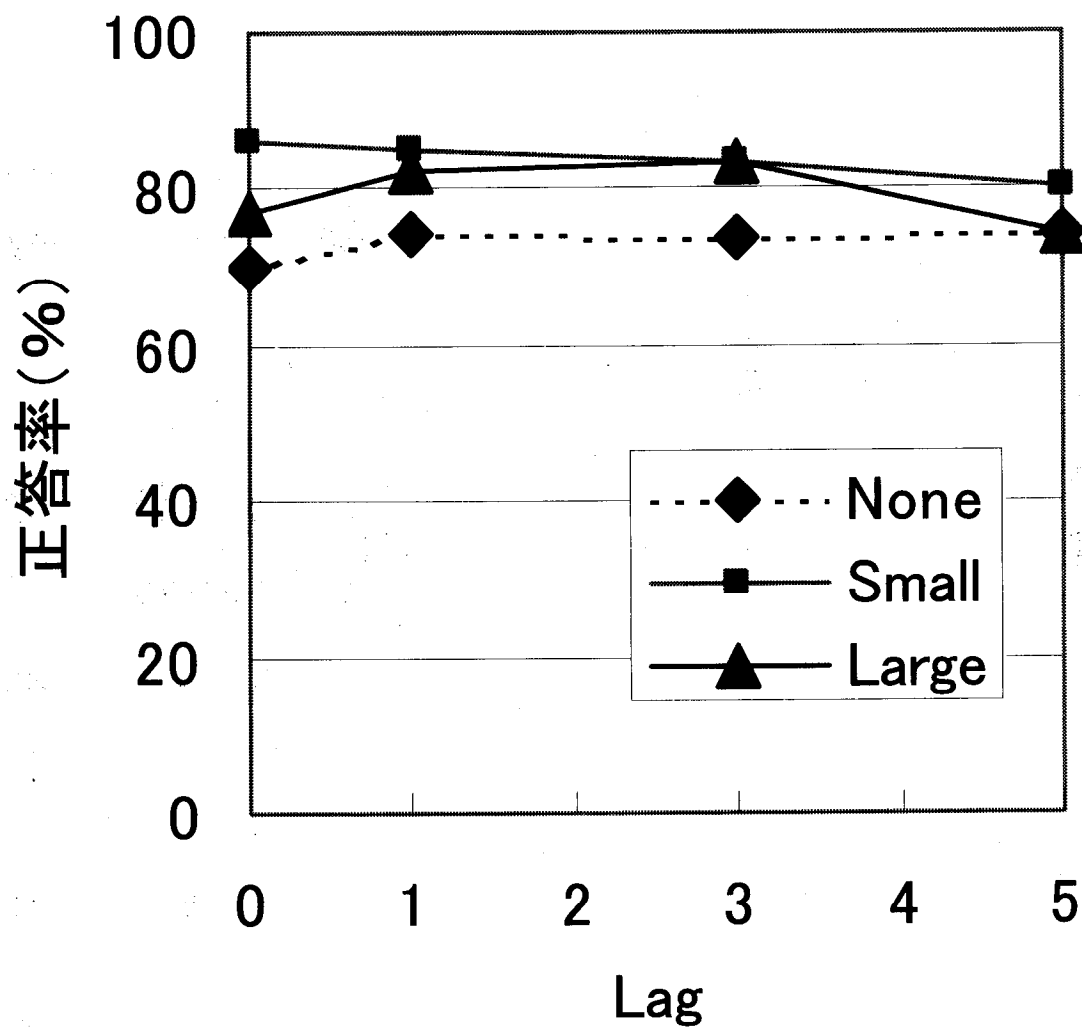


図3. 8 テクスチャ課題の正答率
(中心難条件・single task)

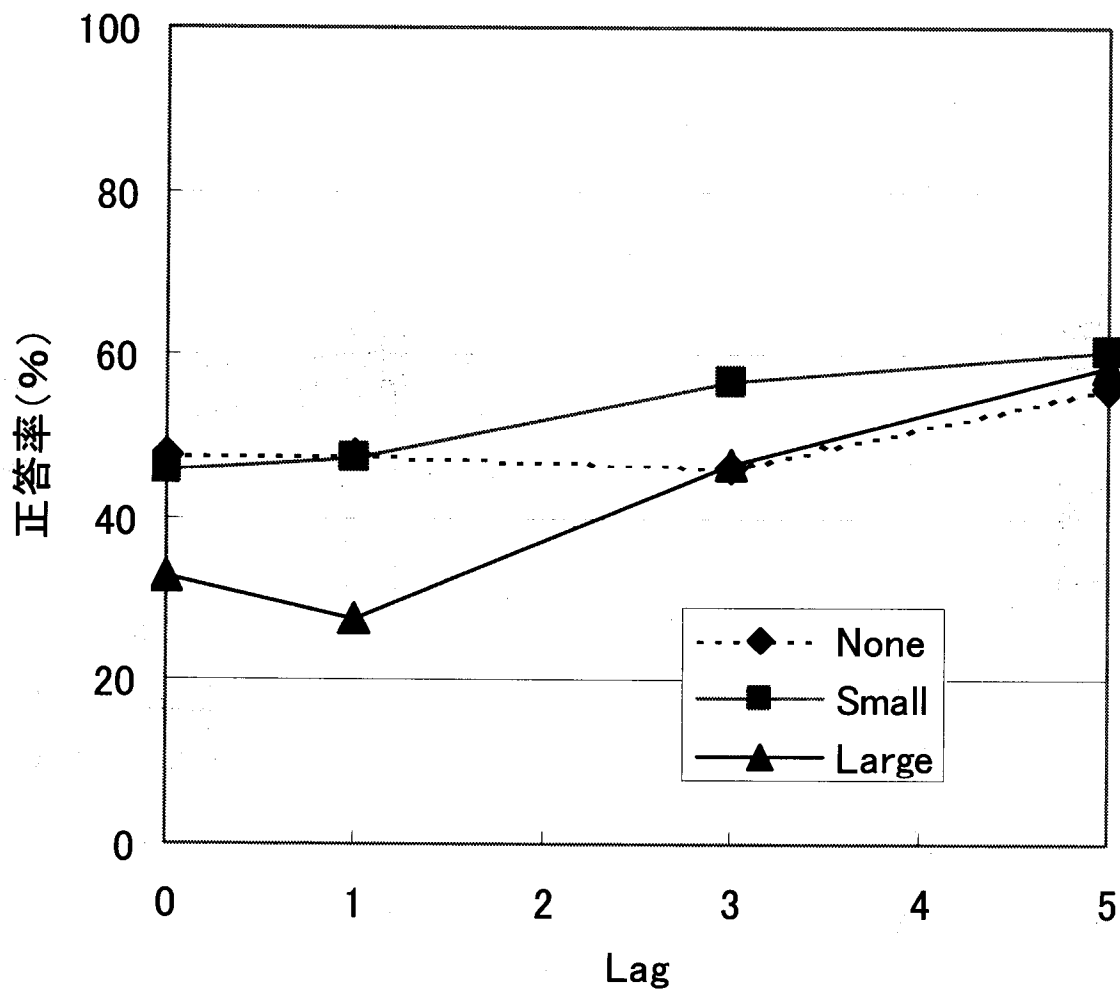


図3.9 テクスチャ課題の正答率
(中心難条件・dual task)

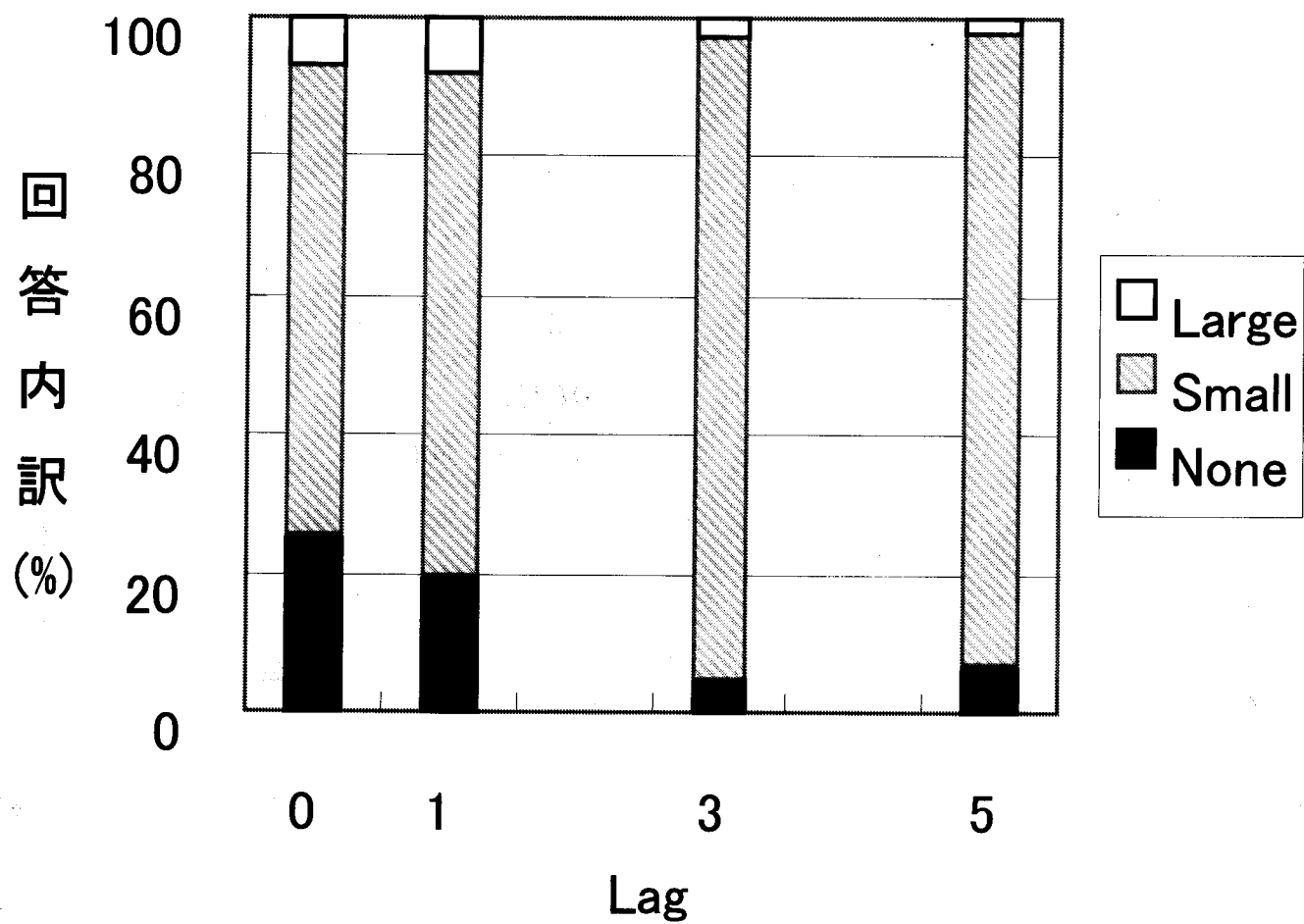


図3. 10 small の回答内訳
(中心易条件・dual task)

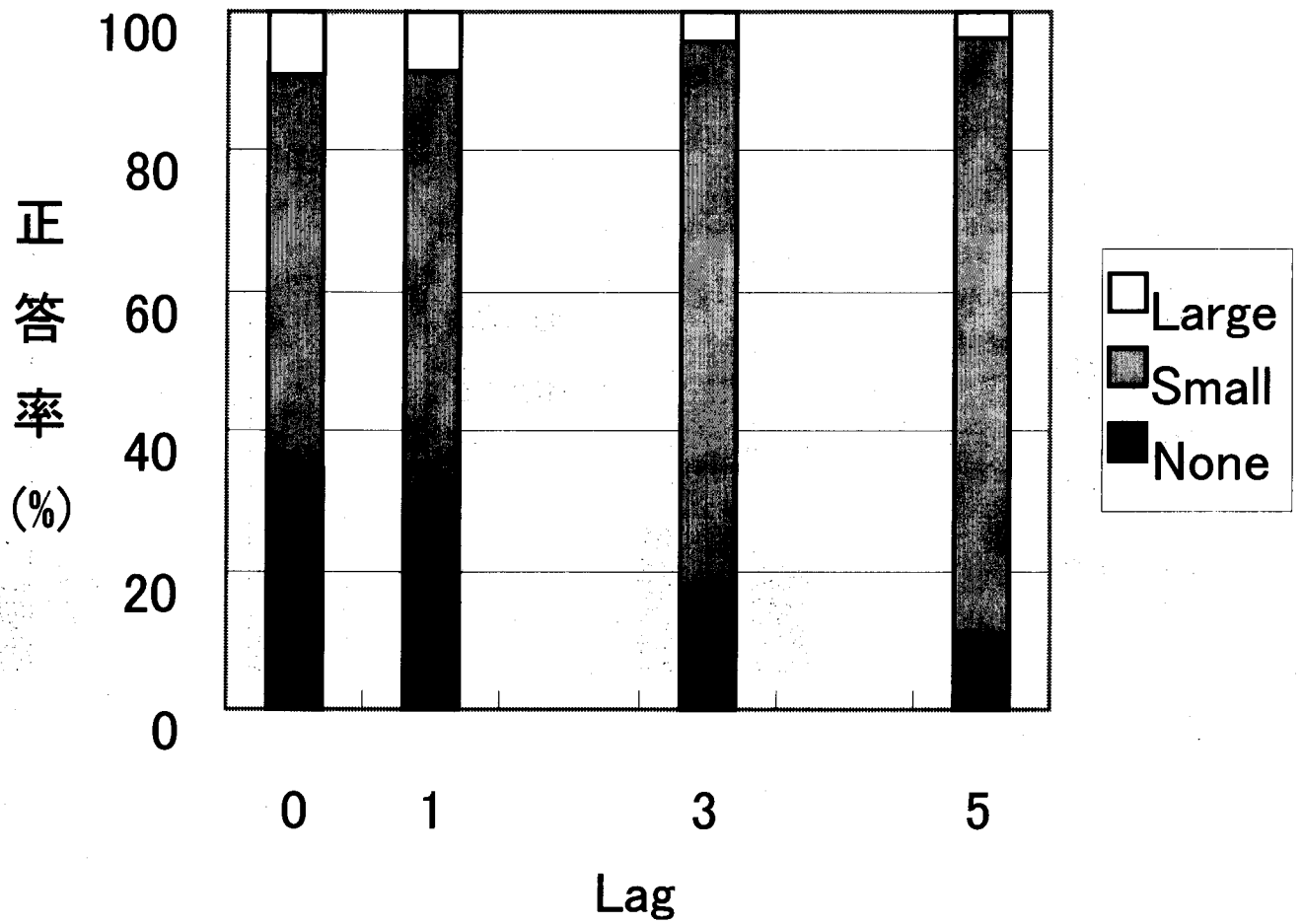


図3. 11 small の回答内訳
(中心難条件・dual task)

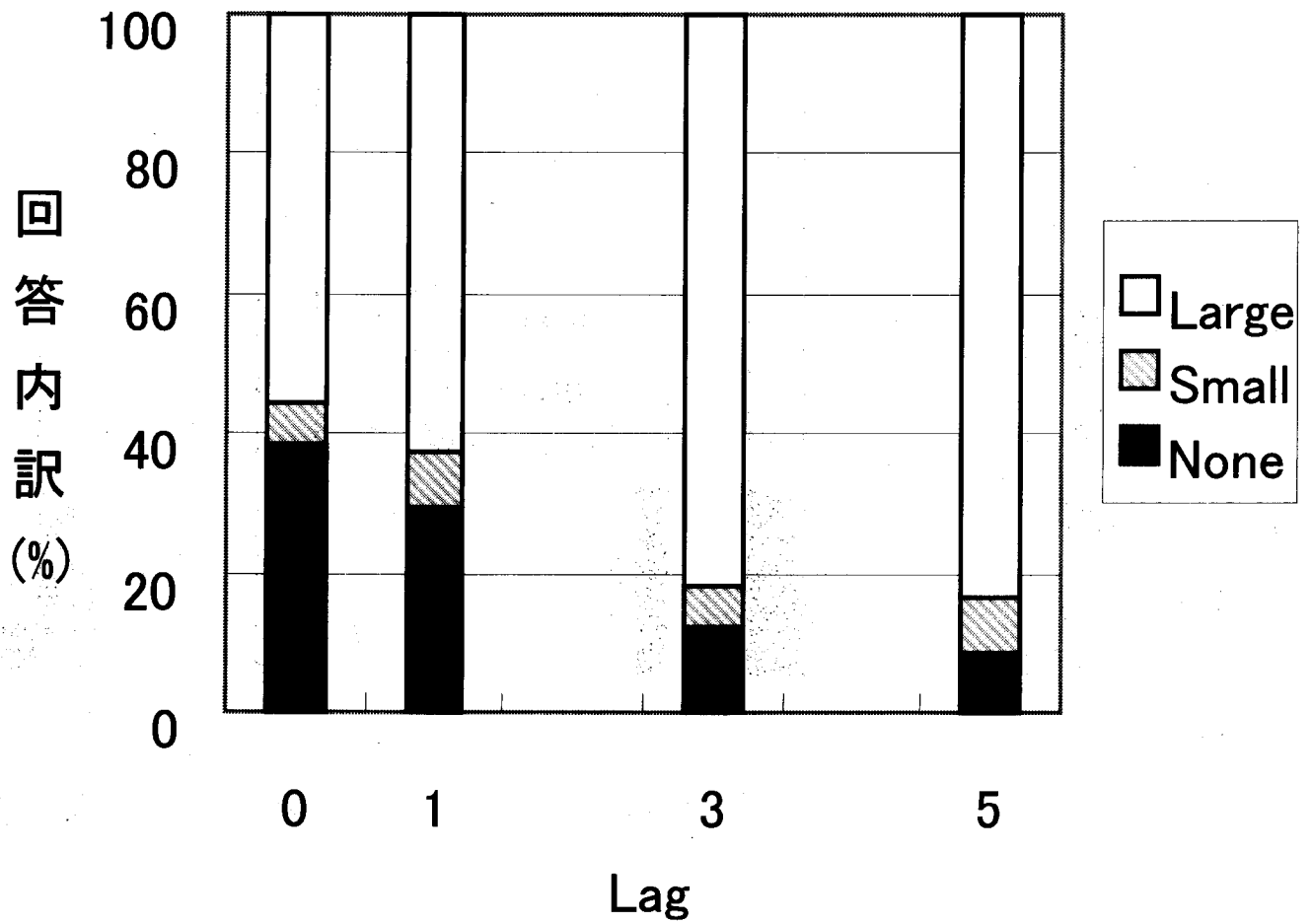


図3. 12 Large の回答内訳
(中心易条件・dual task)

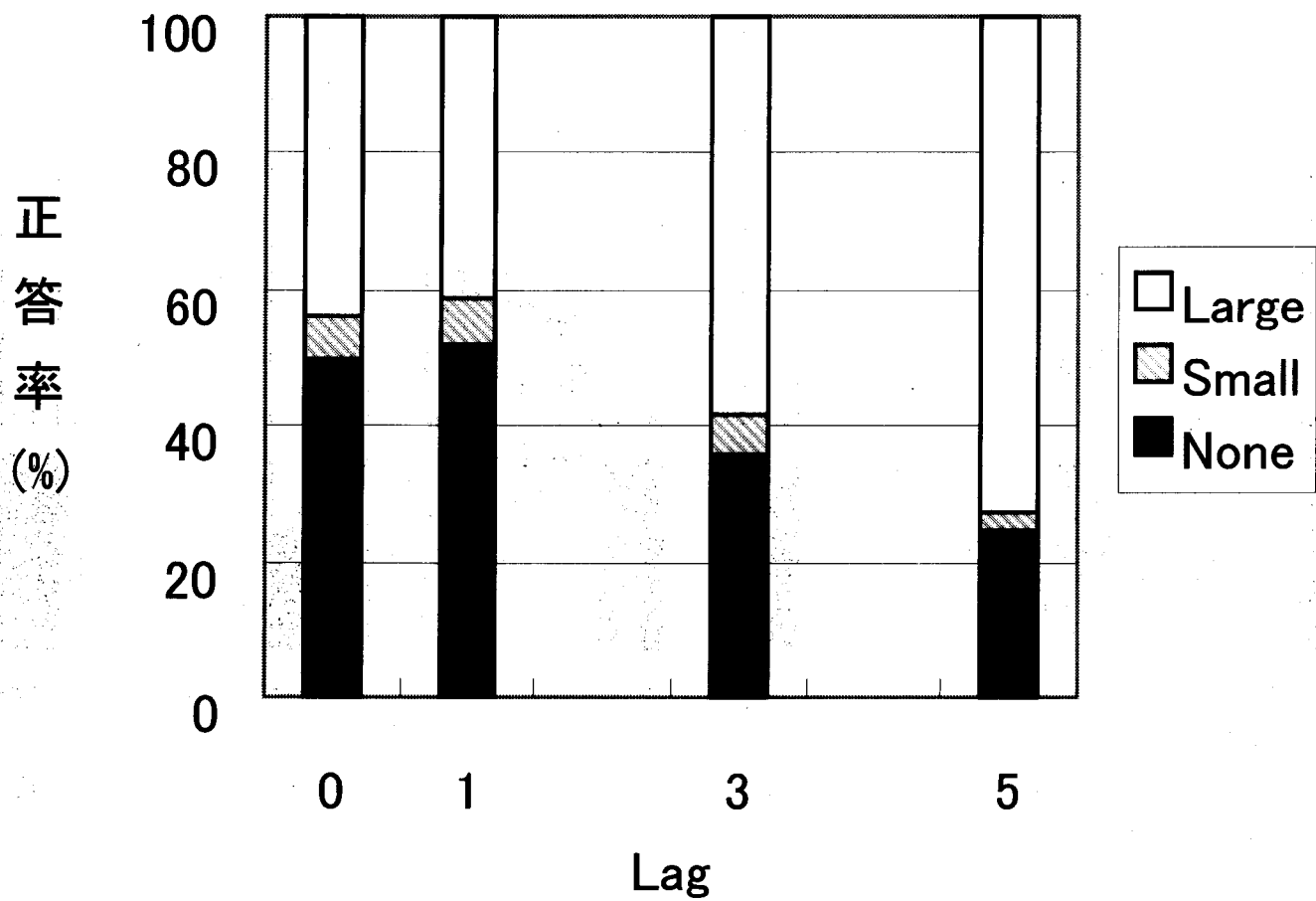


図3. 13 Large の回答内訳
(中心難条件・dual task)

3. 4 考察

3. 4. 1 RSVP 正答率

中心難条件と中心易条件とで中心課題の難易度に有意差があり、中心難条件のほうが中心易条件よりも課題を遂行する上で困難であり、中心により注意が集中していたと考えられる。また、Lag の要因では有意差がなかったことから、周辺課題の出現タイミングが RSVP ターゲット検出に影響を及ぼさなかったと考えられる。つまり、周辺課題が中心課題に対して妨害的な影響を与えないことがわかった。これは中心ターゲットテクスチャターゲットより輝度が高いため影響が出なかったともいえる。

また RSVP 課題が不正解のとき、被験者は 1 系列後の文字を RSVP ターゲットとして認識し回答する割合が高かった。これは文字と色の処理時間に差があり、色の処理に時間がかかるため、1 系列後の文字と色の処理が並列で行われたため、1 系列後の文字を被験者が回答したと考えられる。この現象は Treisman(1986)が提案した特徴統合理論により説明可能である[15]。この理論によると、視覚系は色や傾きなど、画像の基本的な特徴をそれぞれ空間的に並列に抽出し、それらの特徴ごとにその値を記録した特長マップを形成する。これらの特徴マップは、位置の情報のみを持つ位置マップと空間的な対応関係を保ってつながっている。観察者は画像上の特定の位置に注意を向けることによって、位置マップに連結した各特徴マップ上の対応する特徴値を呼び出して結合している。ここで、同時に複数の位置に注意を向けることは不可能なので、結合過程は逐次的になる。以上のことより、1 系列後の文字を回答してしまう理由となる。

以上より、中心難条件は中心易条件より正答率は下がったが、被験者が中心に十分注意を集中させる課題であったといえる。

3. 4. 2 テクスチャ課題の正答率

中心に注意が集中していないときに、テクスチャのサイズによって見えやすさが違うかを調べるために行われている。被験者は試行中凝視点を固視しているため、中心に近い円つまり **Small** の方が知覚されやすいのではないかと予測された。というのも先行研究では中心課題に近いターゲットほど短時間で探すことができるからである。また逆に中心から離れた円つまり **Large** の方が刺激による円周の長さが長く、課題を遂行する上で手がかりが多いため、知覚しやすいのではないかと予測された。実験の結果、中心易条件、中心難条件ともに、テクスチャのサイズで弁別の差がないという結果になった。これより、中心に注意が集中していないとき、周辺課題を行う上で大きさには影響しないことが分かった。また、両条件とも、80%程度の正答率であった。中心課題は周辺課題に比べて輝度が高かったが中心課題を無視した状態では周辺課題に妨害的な影響は与えないことが分かった。

3. 4. 3 RSVP 正答下におけるテクスチャ分離課題の正答率

中心易条件では Lag 1 から 3 の間で **Small**, **Large** ともに正答率が上がっており、100 から 300ms の時間でテクスチャ弁別できる範囲が広がっていったと考えられる。また、テクスチャサイズで有意差があり、**Small** の方が **Large** よりも正答率が高いことより、中心課題を行った後、注意の範囲が時間とともに **Small** から **Large** に広がったと考えられる。

また中心難条件では 100 から 500ms の間で **Small**, **Large** ともにテクスチャ正答率があがっている。これは中心易条件に比べて、中心難条件は注意の広がり方が遅いと考察できる。

3. 4. 4 回答内訳

被験者にはテクスチャターゲットを見逃したり、分からなかったりした場合は **None** を選択するように教示してある。そのため、**Lag** の値が小さいときには **Small**、**Large** ともに **None** と答えておりテクスチャ分離による円形が見えていなかったと思われる。しかし、**Lag** が大きくなるにつれて、**Small**、**Large** ともに見えるようになっていく。これは中心課題を行うまでは注意が一点に集中しているが、中心課題を行った後は周辺課題を遂行するために注意の範囲を広げたと考えられる。また、テクスチャサイズの正答が **Large** のときに **Small** と答えている割合は中心課題の難易度に関わらず少なかった。しかしテクスチャサイズの正答が **Small** のとき中心課題の難易度が高い場合では **Small** を **Large** と誤って認識される傾向があった。これは図 1.1 で視力の分布を示したが、中心かから周辺に行くほど視力が悪くなり、焦点位置がずれ、小さいターゲットが大きく認識されたたのではないかと考えられる。

3. 4. 5 全体を通しての考察

以上の結果の総合すると次の6点が明らかになった。

- ① 中心課題が周辺課題に対して妨害的な影響を与えた
- ② 周辺課題が中心課題に対して妨害的な影響は与えなかった
- ③ 中心に近い課題 (Small) の方が遠い課題 (Large) よりも正答率が高かった
- ④ 中心課題を遂行した後、時間の経過とともに周辺課題の正答率が上がった
- ⑤ 中心課題の難易度によって注意の広がる速さが異なった
- ⑥ 中心課題の難易度が高い場合、テクスチャのサイズが小さいものを大きいと認識を誤った

以上の結果から全体的な考察を行う。

すべての課題において中心に凝視点を設けているため、視点は移動しないと考えられる。中心課題を行う際は中心課題が易しい場合より、難しい場合の方がより焦点を中心課題に合わせ、同じ焦点距離でもレンズを厚くする必要がある。

ここで焦点調節の仕組みについて説明する。(図・・・) 焦点調節は、毛様体の働きによって行われる。近くを見るときは、毛様体にある環状の毛様筋が収縮し、毛様体の輪が小さくなってチン小帯がゆるむので、レンズは自身の弾性で厚くなる。遠くを見るときは、逆に毛様筋が弛緩し、レンズはチン小帯に引っ張られて薄くなる。このようにしてレンズの焦点距離が変わり、遠近調節が行われる。今中心難条件で中心易条件よりレンズが厚くなっていると考えられる。また中心課題を同時あるいは遂行後直ちに周辺課題を行うためにある程度範囲を持たせて刺激を見る必要がある。しかしより厚くなった筋肉が薄くなるまでにはより時間がかかる。よって、中心難条件の方が、中心課題の遂行後周辺課題を行うために焦点を広げるのに時間がかかる。これが上の結果の③、④、⑤が出た原因と考えられる。

第4章 注意分布のモデルの提案

前章で結果である下の①～⑥をもとに、注意の分布モデルについて考察した。

- ① 中心課題が周辺課題に対して妨害的な影響を与えた
- ② 周辺課題が中心課題に対して妨害的な影響は与えなかった
- ③ 中心に近い課題 (Small) の方が遠い課題 (Large) よりも正答率が高かった
- ④ 中心課題を遂行した後、時間の経過とともに周辺課題の正答率が上がった
- ⑤ 中心課題の難易度によって注意の広がる速さが異なった
- ⑥ 中心課題の難易度が高い場合、テクスチャのサイズが小さいものを大きいと認識を誤った

4. 1 下位レベルでのモデル

焦点調節のメカニズムや網膜位置と視力の関係をもとにして、前章の実験結果を導き出せるようなモデルを提案する。

まず、焦点調節の仕組みについて説明する (図 4.1)。焦点調節は、毛様体の働きによって行われる。近くを見るときは、毛様体にある環状の毛様筋が収縮し、毛様体の輪が小さくなってチン小帯がゆるむので、レンズは自身の弾性で厚くなる。遠くを見るときは、逆に毛様筋が弛緩し、レンズはチン小帯に引っ張られて薄くなる。このようにしてレンズの焦点距離が変わり、遠近調節が行われる。

本実験ではすべての課題において中心に凝視点を設けているため、視点は移動しない。中心課題を行う際は中心課題が易しい場合より、難しい場合の方がより焦点を中心課題に合わせ、ターゲットまでの距離が一定でもレンズを厚くする必要があると考えられる。というのも中心課題が難しい場合はターゲットの面で一点に収束していると考えられる。また、中心課題の易しい場合は焦点を合わせるのではなく、有効視野の範囲を広げるために焦点をターゲットの面より奥に収束すると考えられる。

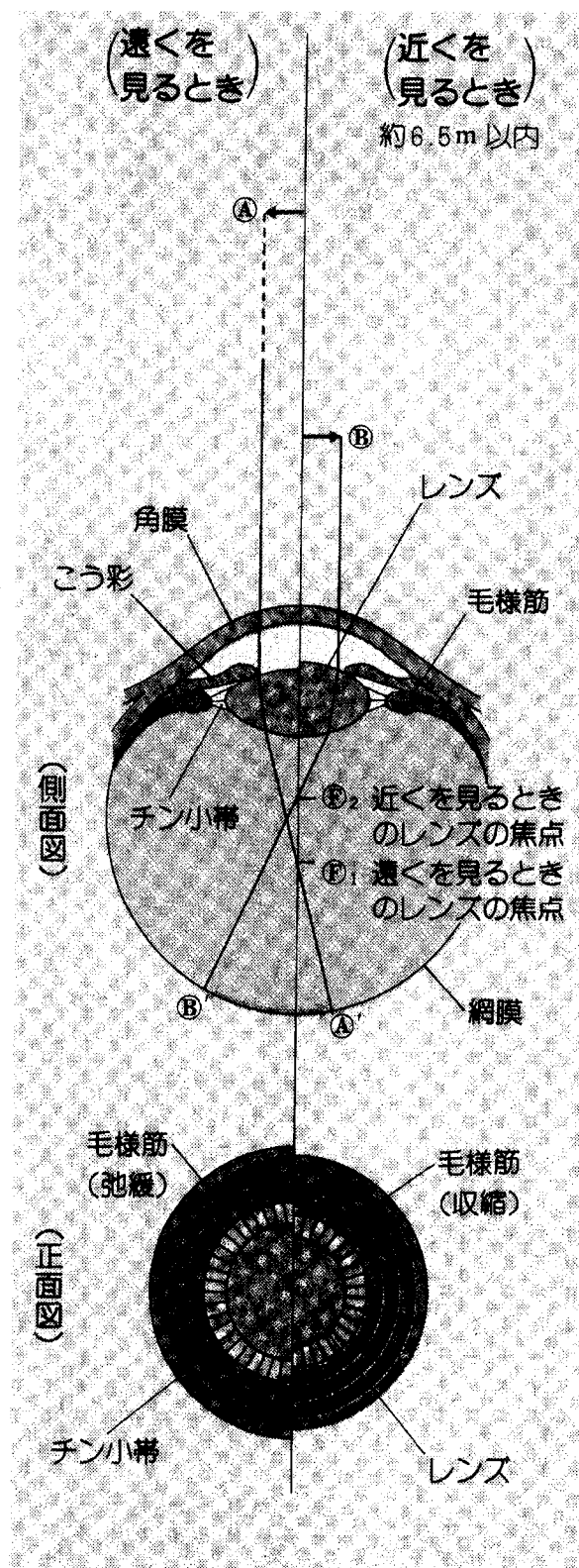


図 4.1 焦点調節の仕組み

また、中心課題の遂行後に中心課題が難しい場合はやさしい場合に比べてレンズを薄くするまでに時間がかかり、そのために中心難条件で中心易条件より成績の上昇に時間がかかったと考えられる。(図 4.2, 4.3)

4. 2 資源の配分量にもとづいたモデル

視覚情報を処理するために必要な内的な資源を仮定する。もしこの資源の配分量が無限の値を持つならば、中心課題と周辺課題の二重課題を行ったとき、互いの課題が影響を及ぼし合うことはないと考えられる。しかし本研究の結果は中心課題が周辺課題に妨害的な影響を与えていた。そこで、この資源の配分量は有限であると仮定できる。

また周辺課題の成績は中心に近い **Small** の方が **Large** より良かった。中心課題が第 1 課題であり、被験者は見逃さないように中心に注意を集中しており、資源の配分量が視野の中心窩で最大値をとるような正規分布であると仮定した。また、中心課題を遂行した後、時間が経過するにつれて周辺課題を弁別できるようになった。このことから徐々に正規分布の山の高さが低くなり、緩やかになり、周辺視野に資源の配分量が移っていったと考えられる。また中心課題が難しくなったとき、時間の経過に伴って周辺課題の成績があまり上昇しなかったため、中心課題の難易度が高くなると、時間経過によって資源の配分量が周囲に広がりにくくなると考えられる。

ここで、資源の配分量を縦軸に、視野の広がりをも横軸とした場合、正規分布は次式で定義できる。

$$y = a \exp(-bx^2) \quad (\text{ただし } a, b \text{ は定数})$$

この式に実験で得た値を代入して、中心易、中心難条件別、Lag 別に a 、 b を算出した。計算方法としては x には **Large**、**Small** それぞれの視角 4.9 度、9.7 度を代入し、 y には正答率を代入した。その結果、図 4.4, 4.5 に示されるように視野の中心で最大値をとり、中心難条件では中心易条件より傾きが大きく、急な山となる計算結果であった。これは、4. 1 であげたモデルと同じ結果となっている。

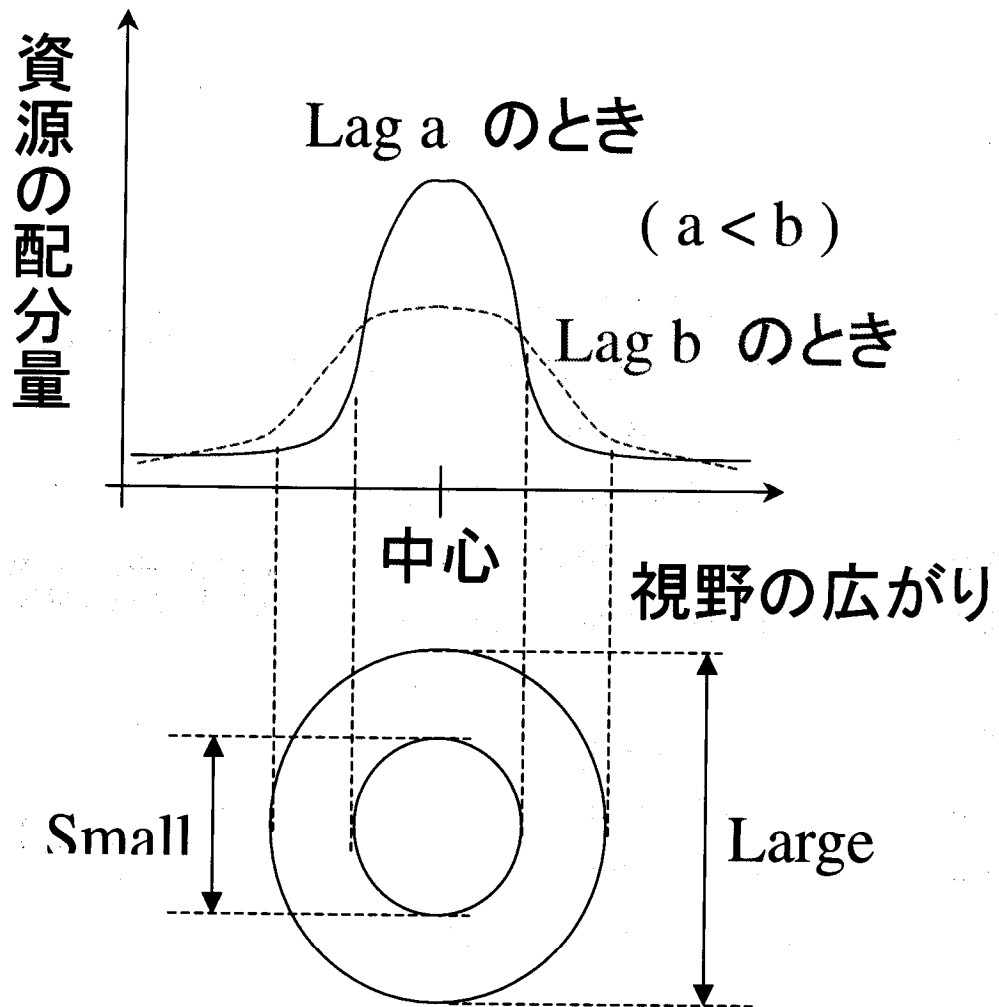


図 4.2 中心易条件での注意分布のモデル

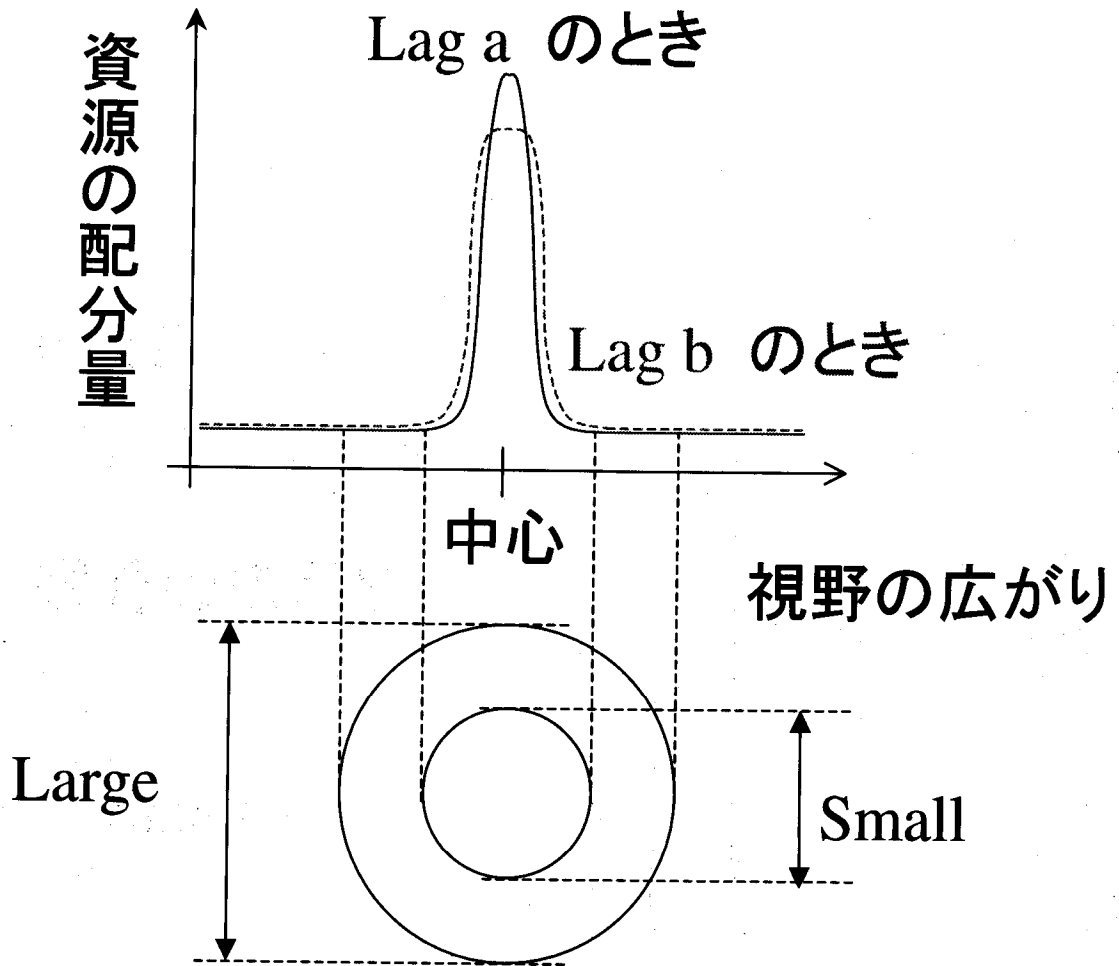


図 4.3 中心難条件での注意分布のモデル

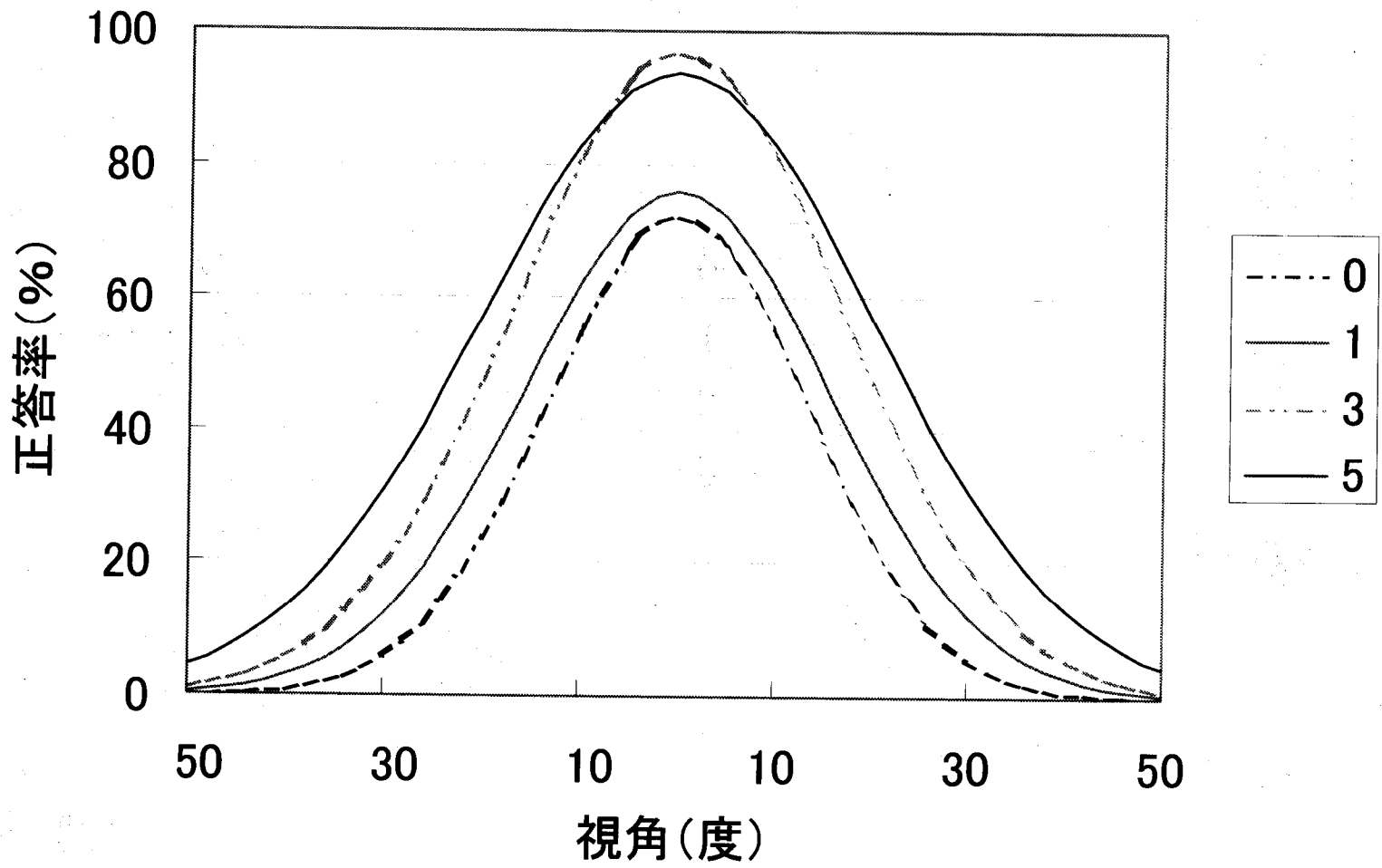


图 4.4 中心易条件

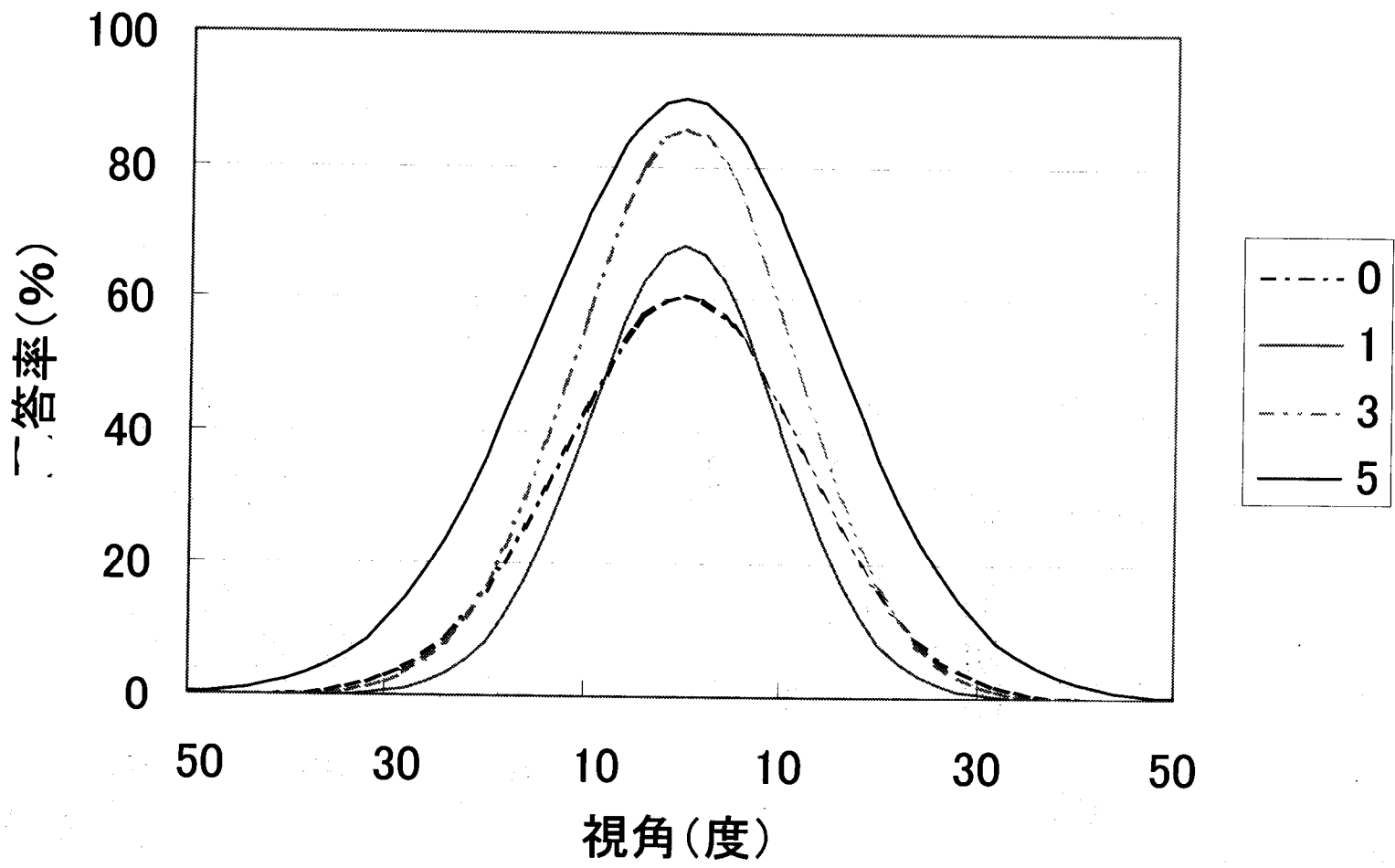


圖 4.5 中心難条件

4. 3 おわりに

本研究では注意が視野の中でどのような広がりを持っているのか、視野の中心と周辺とで空間的性質の異なる課題を2重提示して調査した。注意の広がりをとらえる課題として、‘T’ と ‘斜めT’ から構成されるテクスチャ分離課題を行った。従来、注意の広がりをとらえる周辺課題としてはひとつだけ要素の異なるターゲットを背景ノイズから検出する課題が一般的であった。これは、輝度差があったり、ターゲット自体が注意をひきつけたりすると考えることができ、注意の広がり調査したとは言いがたい。というのも、注意できる範囲がスポットライトのようなものであった場合には課題をスポットライトで、スキャンして、背景ノイズからターゲットを検出すると考えられるからである。

しかし、本研究で用いた刺激は刺激自体が注意を引くようなものではない。また、一部分を見るだけで正答できる刺激でもない。そこで、注意の広がりをとらえる実験として、有効的な刺激であるといえる。

中心課題が難しいとき時間経過とともに周辺課題の正答率を観測した結果、注意の広がるスピードが難しいときは遅く、簡単なときには早いということが観測できた。また中心に近い周辺課題の方がテクスチャ分離による円の検出率がよく、中心課題を遂行した後、中心から周辺に注意が広まると考えられる結果となった。実験結果から下位のレベルに基づいて、注意分布モデルを考察した。

注意のメカニズムに関して、さまざまな研究がされており、比較的上位のレベルで議論されていることが多いが、本研究で提案したモデルのように、下位のレベルでのモデルが、注意のメカニズムを解明できる可能性を示唆できることを期待する。

謝辞

本研究を進めていく上で指針となるべきご指導、ご鞭撻を賜りました関根道昭助手に心から深く感謝いたします。

また、本論文の作成にあたり、終始懇切なご指導を賜りました阪口豊助教授に深く感謝いたします。

また、レンズによる焦点調節についてご討論ご討議頂いた出澤正徳教授に厚く御礼申し上げます。

また、視力の相対相対値について助言を賜りました菅原正幸客員教授に厚く御礼申し上げます。

その他、私と私の研究を支えてくれたヒューマンインターフェース学講座の皆様、電気通信大学電子工学科の荒井研究室の皆様に深く感謝します。

最後に、最大限の理解と愛情を持って支援しつづけてくれている両親に感謝します。

参考文献

- [1] 熊田 孝恒, 菊地 正 1994 注意とは何か 科学 64(4), 207-215
- [2] Chapanis, A. 1949 How we see : A summary of basic principles. In Human factors in undersea warfare. Washington, D.C. : National Reserch Council.
- [3] 関根 道昭 1998 広い視野におけるテクスチャ分離 博士論文 (筑波大学)
- [4] Beck, J. & Ambler, B. 1973 The effects of concentrated and distributed attention on peripheral acuity. *Perception and Psychophysics*, 14, 225-230.
- [5] 三浦 利章 1993 日常場面での視覚的認知—眼球運動を通して—一箱田裕司 (編) 認知科学のフロンティアⅢ サイエンス社 Pp.100-141.
- [6] Chaikin, J. D., Corbin, H. H., & Volkman, J. 1962 Mapping a field of short time visual search. *Science*, 138, 327-328.
- [7] Engel, F.L. 1971 Visual conspicuity, directed attention and retinal locus. *Vision Research*, 11, 563-576.
- [8] 行場 次朗・市川 伸一 1994 パターンの知覚 大山 正・今井 省吾・和気 典二 (編) 新編感覚・知覚心理学ハンドブック 誠信書房 Pp.946-965
- [9] 行場 次朗・市川 伸一 1994 パターンの知覚 大山 正・今井 省吾・和気 典二 (編) 新編感覚・知覚心理学ハンドブック 誠信書房 Pp.622-624
- [10] Lawrance, D. H. 1971 Two studies of visual search for word targets with controlled rates of presentation. *Perception and psychophysics*, 10, 85-89.
- [11] Treisman A. M. & gelade 1980 A feature-integration theory of attention, *Cognitive Psycholosy*, 12, 97-136.
- [12] Kikuchi, T. Sekine, M. & Nakamura, M. 2001 Functional visual field in a rapid serial visual presentation task. *Japanese Psychological Research*, 43, 1-12.
- [13] Joseph, J. S. Chun, M. M. & Nakayama, K. 1997 Attentional requirements in a 'preattentive' feature search task. *Nature*, 387, 805-807.
- [14] Braun, J. 1998 Vision and attention: the role of training. *Nature*, 393, 424-425.
- [15] Treisman, A. M. 1986 Features and objects in visual processing. *Scinetific American*, 255, 106-115.

本研究に関する発表

1. 関根、田中： 注意の集中がテクスチャ弁別に与える影響、
日本視覚学会 2002 年冬期研究会
2. 田中、関根、阪口：空間的注意の分布に関する研究、
電気通信大学大学院、IS シンポジウム第 9 回
「Sensing and Perception」 (予定)

付録 予備実験

目的

本実験を遂行するに先立ち、予備実験を行った。

実験全体の目的は本実験と同じであるが、予備実験に特有の現象がいくつか認められたため、ここに添付する。

1. 方法

1-1. 被験者

正常な視力または矯正視力を持つもの4名が実験に参加した。いずれの被験者もこの実験のためによく訓練されていた。

1-2. 装置

実験と同じであった。

1-3. 刺激

実験と同じであった。

1-4. 手続き

最初にマスクを 1500 ms 提示したのち、マスクの中心に RSVP 系列を 100 ms おきに 25 文字提示した。25 文字中 11 から 15 文字目のいずれか 1 文字がターゲットであり、さらに文字系列のいずれか 1 文字に同期して、マスクがテクスチャに変化して再びマスクに戻った。全系列の提示後に空白画面を 1000 ms 提示し、その後反応選択メニューを表示した。被験者はまず、ターゲットが何であったか、次にテクスチャのサイズ何であったかをキー入力により回答した。

以上の手続きを1試行とした。

被験者には RSVP 課題に正答できるように教示し、テクスチャは RSVP 課題が正答できた上で検出するように指示した。

1-5. 条件

テクスチャのサイズの条件は実験と同じであった。

RSVP ターゲットとテクスチャの出現のタイミング (Lag) はそれぞれ-5、-3、-1、0 (同時)、+1、+3、+5 以上の7種類であった。Lag の出現順序は実験中ランダムとした。

テクスチャのサイズが3条件、Lag が7条件、テクスチャの組み合わせが2条件 (中心がTで周辺が斜めTと中心が斜めTで周辺がT) あり、合計42試行を1ブロックとし、6ブロックの実験を行った。

また輝度の条件としてここでは明るさを3種類に分けて実験した。1つ目の条件ではテクスチャと RSVP の輝度を小さく設定した。デストラクタの輝度は 11.8 cd/m^2 、ターゲットを 17.0 cd/m^2 、テクスチャを 7.5 cd/m^2 とした。この場合は RSVP 課題の検出もテクスチャ分離が困難であるため、中心の負荷と周辺も負荷が高い。これを中心難周辺難条件とした。

同様に、2つ目の条件はデストラクタの輝度を 11.8 cd/m^2 、ターゲットを 17.0 cd/m^2 、テクスチャを 11.8 cd/m^2 とした。この場合は中心の負荷が高く、周辺の負荷が低いと予想される。これを中心難周辺易条件とした。

さらに、3つ目の条件はデストラクタの輝度を 11.8 cd/m^2 、ターゲットを 37.9 cd/m^2 、テクスチャを 7.5 cd/m^2 とした。この場合は中心の負荷が低く、周辺の負荷が高いと予想されるので、中心易周辺難条件とした。

2. 結果と考察

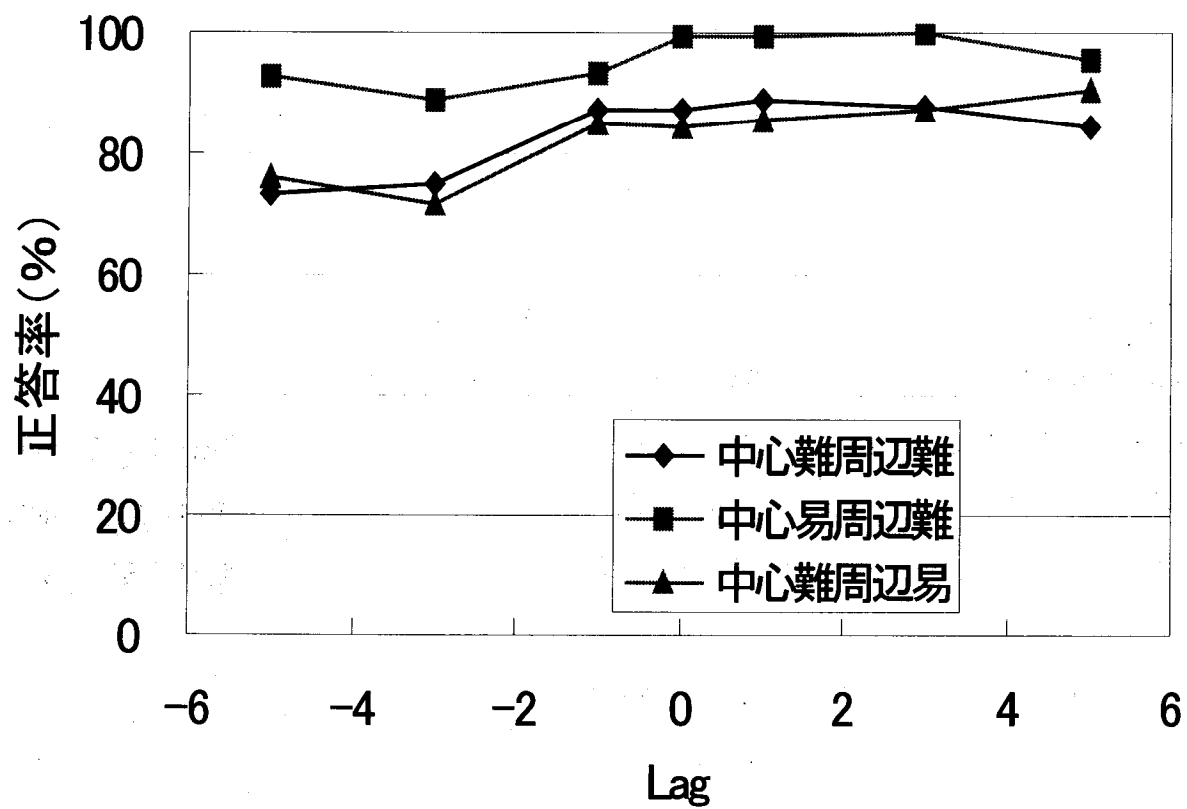
2-1. 正答率の計算

RSVP 課題に正答した試行数を難易度条件、Lag ごとに加算し、各条件の試行数で割り算して RSVP 課題の正答率を求めた。同様に、テクスチャ課題に正答した試行数を難易度条件、Lag、テクスチャのサイズごとに加算し、各条件の試行数で割り算してテクスチャ課題の正答率を求めた。

被験者ごとに求めた RSVP 課題とテクスチャ課題の正答率を平均して平均正答率を算出した。以下の説明における正答率は平均正答率を意味する。

2-2. RSVP 課題

RSVP 課題の正答率はいずれの難易度、テクスチャサイズの条件において、全体的に正答率が高かったが、マイナスの Lag においてやや低いという傾向が認められた（図1）。全般的に中心易周辺難条件が他の二つよりも正答率が高かった。この条件では、RSVP ターゲットの輝度が他の条件よりも高かったが、この操作が RSVP 課題を容易にすることが確認できた。また、マイナスの Lag で正答率が低下したのはマスクからテクスチャの切り替えが RSVP 課題に対する何らかの妨害的な影響を与えたためと考えられる。



付録図1 RSVP 課題の正答率

2-3. テクスチャ分離課題

テクスチャ分離課題の正答率は各条件による傾向の違いがあった。

中心難周辺難条件

中心難周辺難条件ではLag に関係無く全般的にSmall の正答率がLarge よりも高かった(図2)

中心易周辺難条件

中心難周辺難条件における RSVP ターゲットの輝度を高くした中心易周辺難条件ではSmall の正答率がLag により変化しなかった。一方、Large はLag がマイナスの場合、Small よりも正答率が低く、Lag がプラスになるとSmall よりも正答率が高くなった。このことから、RSVP 課題が出題されてある程度時間が経つとLarge のテクスチャを分離する位置にまで注意が移動できると推測された(図3)。

中心難周辺易条件

同様に、中心難周辺難条件におけるテクスチャの輝度を高くした中心難周辺易条件では、Small の正答率よりもLarge の正答率が全体的に高かった(図4)。仮に RSVP の位置に注意が集中しているとすれば、RSVP に近いSmall はLarge よりも成績が高くなると推測される。しかし、実際には逆の結果が得られた。

このような結果が生じた可能性は二つ考えられる。一つは、中心難周辺易条件と比較してSmall の正答率は変化せずにLarge の正答率が上昇したことである。もう一つは、周辺の負荷が低くなったことにより、Large、Small とも正答率が上昇すべきところを、RSVP 課題に妨害されてSmall のみの正答率が低下したことである。

そこで、追加実験として中心難周辺易条件における RSVP 課題を無視してテクスチャ分離(シングルタスク)のみを遂行する実験を行った。この実験により、RSVP 課題と二重課題(デュアルタスク)として対提示された場合(図4)

と比較して、テクスチャ分離が単独でどの程度の正答率であるかを調べた（図5）。

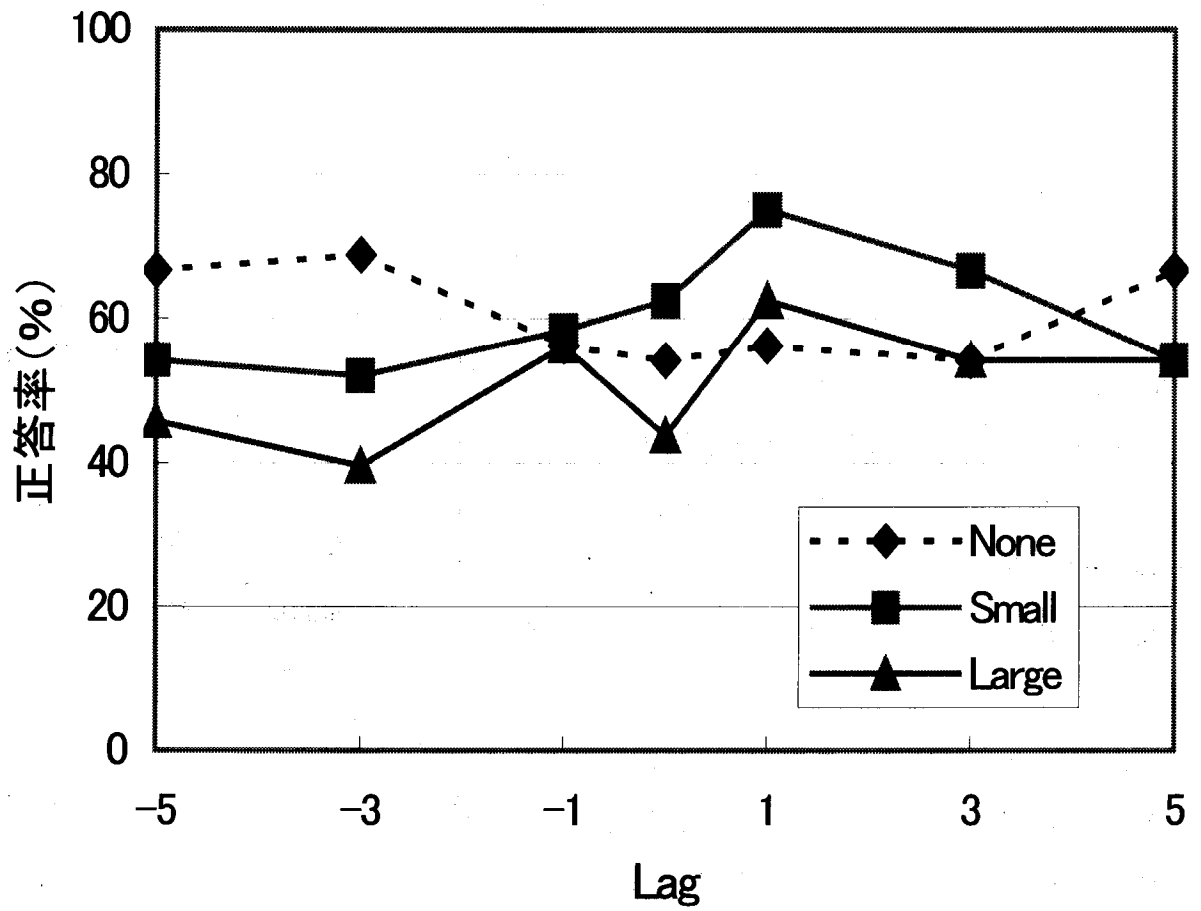
シングルタスクとデュアルタスクの両者を比較したところ、Large の場合、双方ともテクスチャ分離の正答率はほとんど変化しなかった。それに対し、Small の正答率はシングルタスクがデュアルタスクよりも高かった。このことから RSVP 課題に集中すると何らかの働きによって Small の正答率が低下することが伺える。

2-4. RSVP がテクスチャ分離に及ぼす妨害効果

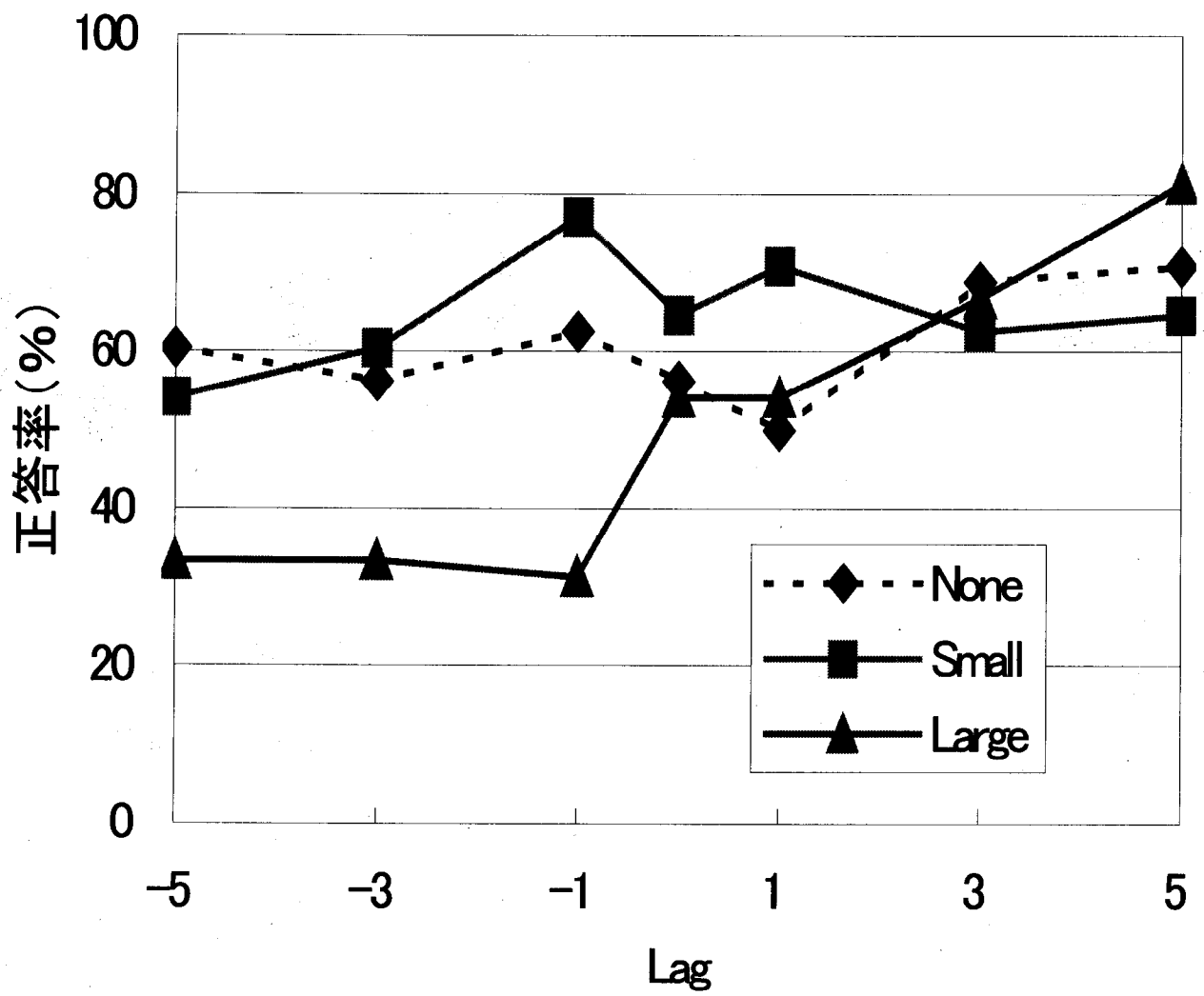
中心難周辺易条件において RSVP 課題が Small の検出を妨害する理由には、二つの可能性が考えられる。一つは視野の中心と周辺では異なるモードの課題が同時並列的に遂行されたという考えである。本来、テクスチャ分離の検出は全体的な構造を把握するような見方が必要である。一方、RSVP 課題は要素を分析していくような見方をしなくてはならない。これらが対提示されると、両課題を両立できないか、双方が干渉される可能性がある。中心難周辺易条件におけるテクスチャは、Small、Large とも十分に検出可能と思われる輝度で提示されていた。ただし、この条件における RSVP 課題は非常に分析的な見方を強制するものであったため、RSVP に近い Small の検出が妨害されたと推察される。

二つ目の理由として、注意の焦点の周辺に注意の「盲点」が発生するという考えである。RSVP 課題とテクスチャ分離課題を両方同時にこなすために中心とその周辺の2箇所を同時に集中した場合、二つの焦点の中間に注意の過疎領域ができ、Small はちょうどその中間領域に相当するのではないかと考えられる。いずれの可能性についても今後の更なる考察が必要である。

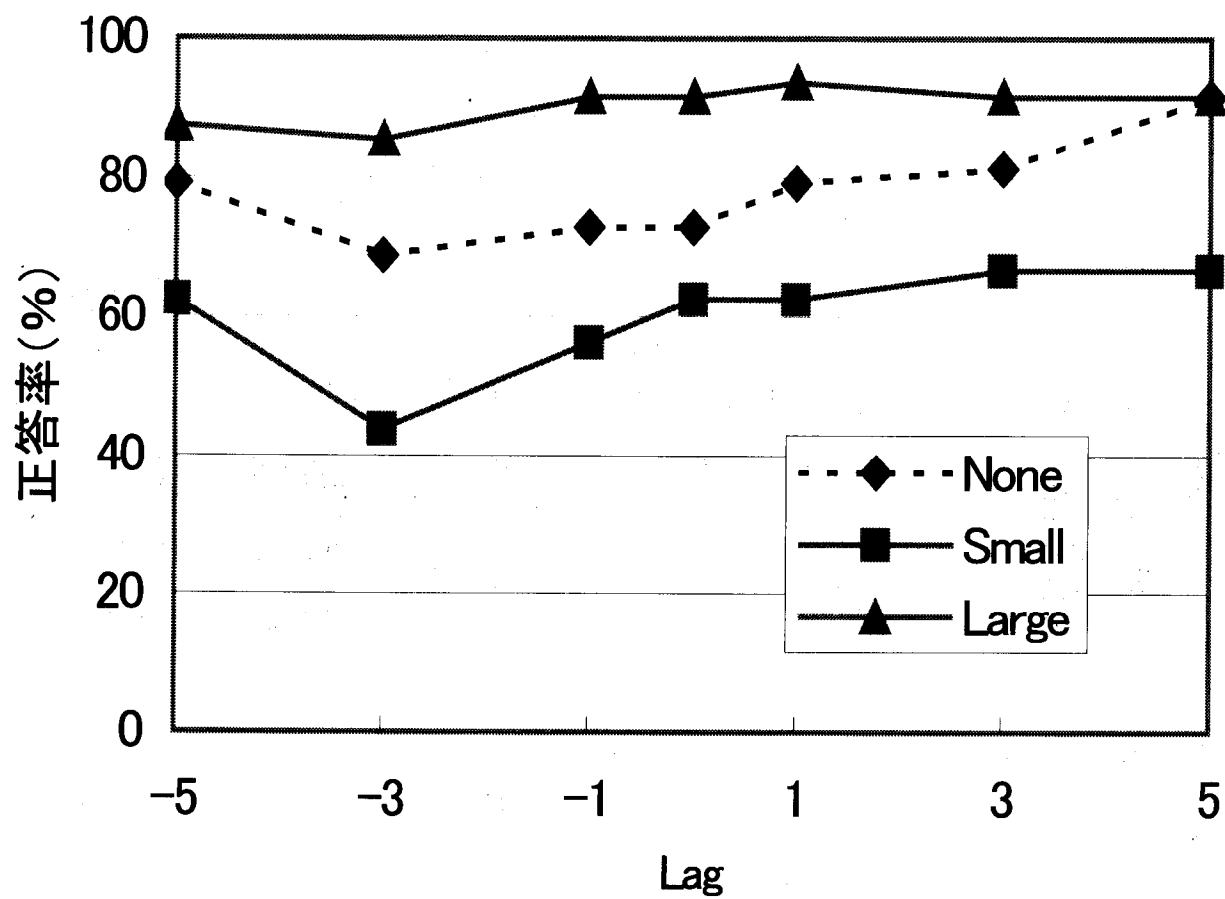
視野の中心と周辺における課題の負荷のバランス関係により、注意の働き方が異なり、まったく違う干渉の仕方が生じることが分かった。



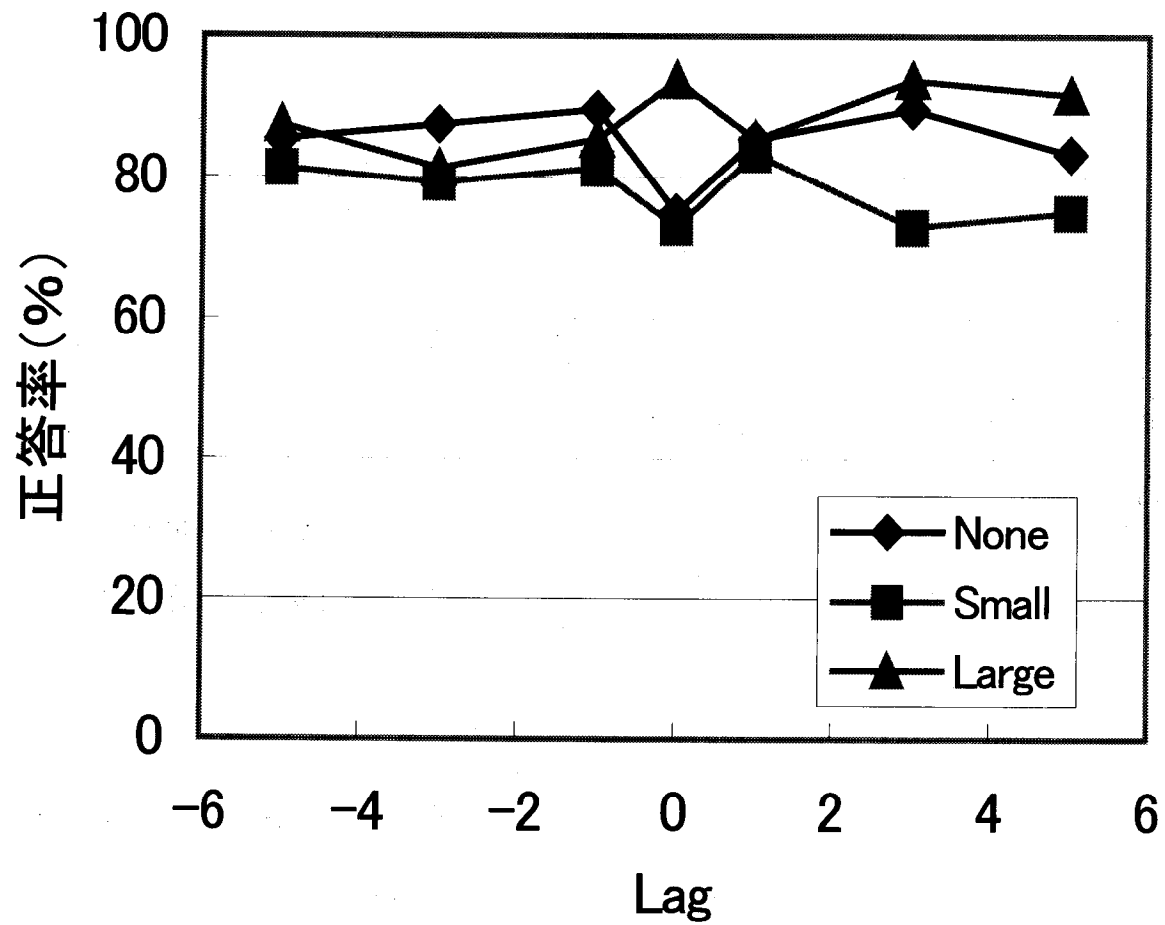
付録図2 テクスチャ分離の正答率
(中心難周辺難条件)



付録図3 テクスチャ分離の正答率
(中心易周辺難条件)



付録図4 テクスチャ分離の正答率
(中心難周辺易条件)



付録図5 テクスチャ分離の正答率
(中心高周辺低負荷条件)
(Dual Task)