

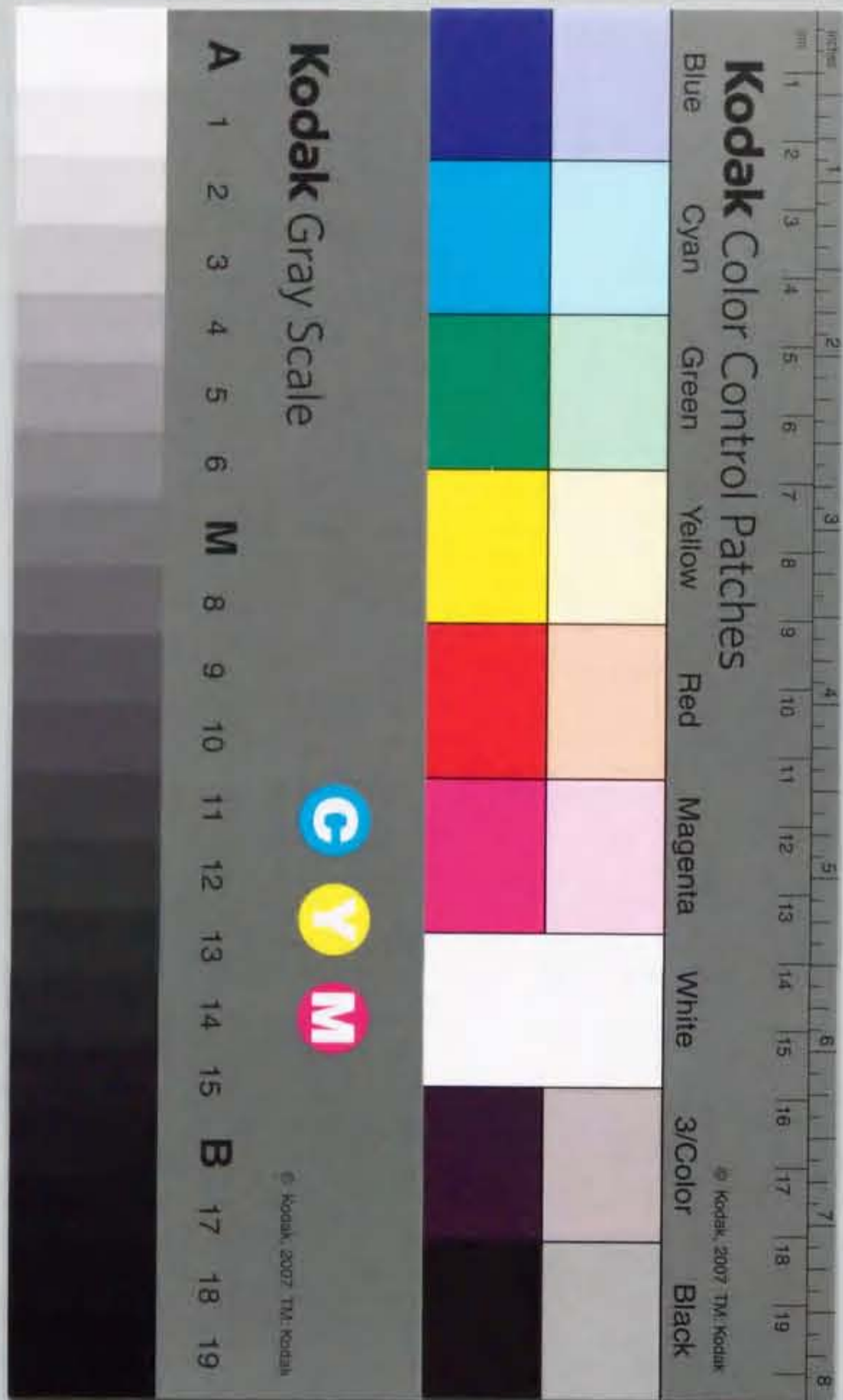
報告番号 甲第 4976 号

視覚的シーン知覚における 空間関係表象の役割に関する研究

木暮照正

名古屋大学大学院人間情報学研究科

平成12年度（平成13年3月）



①

視覚的シーン知覚における
空間関係表象の役割に関する研究

木暮照正

名古屋大学大学院人間情報学研究科

平成12年度（平成13年3月）

要約

われわれは、複数の物体が様々な空間位置に配置された、非常に複雑な視覚的シーンを難なく理解している。このような複雑なシーンを知覚し理解するためには、個々の物体の認知に加えて、その空間的配置について適切に処理しなければならない。すなわち視覚的シーン知覚において、空間的配置の脳内表現（空間関係表象）は重要な役割を果たしていると考えられる。本研究では上下・左右・前後などの相対的空間関係表象を中心に上げ、認知神経心理学的背景に基づき左右視野呈示・復帰抑制・物体ベース注意の各実験パラダイムを用いて、空間関係表象の諸特性について検討を加えた。

第1章では、視覚的シーン知覚に関する神経科学と認知科学の先行知見について概観した。視覚的シーン知覚は物体認知と空間認知の統合によって成立すると考えられる。そこで、まず物体情報と空間情報の脳内での分離処理過程に関するモデルと、認知過程における物体・空間情報処理の特性差について概観した。しかし、現時点においても両情報の統合過程の詳細は解明されていない。特に、複数の物体が様々な空間位置に配置された複雑な視覚的シーンが成立するためには、物体系経路で処理された形態・色彩情報と空間系経路で処理された空間定位情報とが単一で統合するだけでは不十分である。むしろ、複数の物体間の空間関係を表現する必要がある。この空間関係表象に関する先行仮説を概観した。特に Kosslyn (1987, 1994) による神経基盤を重視した空間関係表象仮説と Logan (1994, 1995) による計算過程を重視した空間関係表象仮説について述べ、両仮説の統合が空間関係表象を包括的に説明する上で有益であることを主張した。

第2章では認知神経心理学における視覚研究について概観した。まず代表的な視覚呈示研究法について概観した。中でも、左右視野呈示法は左右半球機能を調べる簡便な手法として以前から多用されている。この呈示法は、片側視野情報は対側大脳半球に投射されるという神経生理学的特性を利用したもので、左右視野の認知成績を比較することで左右半球の優位性を推定する方法である。また近年、認知神経心理学において左右半球機能の観点は重要性を増している。そこで、左右半球機能に関する考え方の変遷（左右脳の対立的発想から左右脳の協調的発想への移行）と、それに伴うモデル化の変遷について整理した。

先行仮説の一つである Kosslyn (1987, 1994) の空間関係表象仮説は、「物体と空間関係の認知は独立・並列に機能」し、「相対的空間関係は左半球において優位に処理」されると提案している。第4-5章において、この前提に関する検証実験を行った。第4章では、左右視野呈示パラダイムを用いて物体と空間関係の認知における左右半球機能分化について検討した（実験1-3）。「物体と空間関係の認知は独立・並列に機能」するのであれば、各情報を単独で符号化する事象と両情報を同時に符号化する事象とで同じ左右半球機能分化が認められることになる。し

かしながら、単独で符号化する事象と両情報を同時に符号化する事象において異なる左右視野差が観察された。このことから、物体と空間関係の認知は独立・並列に機能するという Kosslyn (1994) 仮説の妥当性は支持されなかった。

第5章では、同様に左右視野呈示パラダイムを用いて相対的空間関係判断における左右半球機能分化について検討した（実験4-5）。2次元の相対的空間関係判断（左右）を求めた場合左右視野差は認められなかったが、3次元の相対的空間関係判断（前後）を求めた場合左視野/右半球優位性が認められた。このことは、次元性（2次元性/3次元性）に依存して相対的空間関係が異なる神経基盤で処理されている可能性を示唆している。Kosslyn 仮説では「相対的空間関係は左半球において優位に処理」されると考えているため、次元性に依存して左右差が異なるという結果を十分に説明することはできない。

Kosslyn 仮説を支持する研究と支持しない研究の主な違いは、空間的基準棒の予測可能性にあると推察される (Banich & Federmeier, 1999)。空間関係を判断するためには空間的基準棒（どの位置を基準にするか）を設定する必要がある。先行研究では、実験を通じて常に同じ基準棒が利用可能な場合とそうでない場合とが混在していた。さらに、空間的基準棒の利用可能性が観察者側に委ねられていた。第6章では、この問題を解決するため、左右視野呈示パラダイムを用いて空間的基準棒の予測可能性と左右半球機能との関連性について検討した（実験6-8）。空間的基準棒が予測可能な事象では左右視野差は認められなかったが、予測不可能な事象では相対的空間関係判断に右視野/左半球優位性が認められた。空間的基準棒が予測不可能な場合、刺激が呈示されてから空間的基準棒を設定しなければならないことから、左半球において空間的基準棒を設定する過程がより迅速に機能することが示唆された。この空間的基準棒の設定過程は Logan (1994, 1995) 仮説において提案されている空間関係計算の下位過程の一つである。このことに基づいて、Kosslyn 仮説を説明するために Logan 仮説を導入する必要性について述べた。

視覚的シーンは時々刻々と変化する。このような時間的に広がりをもったシーンを知覚するためには、各空間領域に対して適切に注意を配分しなければならない。また必要に応じて空間的基準棒も変更が迫られる。視覚的手掛かりとターゲットの呈示時間差(SOA)が300ms以上のとき、手掛かりと同じ位置に呈示されたターゲットの検出・判断が遅れることが知られており、復帰抑制と呼ばれている (Posner & Cohen, 1984)。視覚システムは常に新奇な位置を探索して事前に注意を向けた空間位置は抑制するような戦略（注意の更新）を取っており、復帰抑制はこのような仕組みを反映した現象であると解釈されている。第7章では、この復帰抑制現象と空間関係判断の関連性について検討した。課題要求が低い事象（空間性課題）では抑制効果は安定しているが、高い事象（物体性課題）では抑制が出現するまでに比較的時間がかった（実験9-10）。この知見を踏まえて、空間関係判断時の復帰抑制効果を検討した（実験11）。空間的基準棒が予測可能な事象では安定した復帰抑制効果が認められたが、予測不可能な事象では抑制効果が見ら

れるまでに比較的時間が必要であった。この知見から、空間的基準枠が安定している場合はより迅速に注意更新が実行されるが、安定していない場合は注意更新に時間がかかることが示唆された。

空間的基準枠は空間座標上だけでなく、物体上にも設定することができる。Baylis and Driver (1993)は、物体内の空間関係判断の方が物体間の空間関係判断よりも、たとえ物理的距離が同じであったとしても、速く正確に行われることを示した(物体内優位効果)。このことは、空間関係判断において「同一物体性」が促進要因として働くことを示唆している。第8章では、この促進効果を確認するとともに、左右視野呈示実験で得られた知見と比較検討することを念頭に、中心視野と周辺左右視野呈示における空間関係判断の物体内優位効果を検討した(実験12-15)。物体ベース注意パラダイムを用いて検討したところ、中心視野呈示では同一物体内の空間関係計算が優位であるが(物体内優位効果)、周辺視野呈示では物体ベース注意が内発的に作動しない限り同一物体性は空間関係計算に影響しないことが示された。中心視は物体認知と強く関係していることから、物体内優位効果は物体認知系と強く関係した効果であると考えられる。また物体内優位効果は「物体内」から「物体間」へと空間関係計算が実行されるように促す効果を持つと考えられる。このような順序性(物体内優先戦略)が空間的に拡がりをもったシーンを知覚する上で有効に機能していることが推察された。

第9章の総合考察では、各実験のまとめを行い、それらの知見の統合的解釈を行った。その要旨は以下の3点にまとめられる。

- 空間的基準枠の設定過程と左半球機能とに強い関連性がある。また空間的基準枠の設定過程はトップダウン処理によって制御されると考えられる。このことから特に左前頭葉機能の関与が推察される。
- 空間的基準枠の予測可能性に応じて注意更新戦略が変動する。日常的なシーン知覚事態では空間的基準枠は比較的安定しているため、注意更新戦略も安定していると推察される。
- 物体間空間関係よりも物体内空間関係の計算を優先するような戦略がボトムアップ的に駆動している。この物体内優先戦略は内発的注意によって調整可能である。

空間関係はトップダウン処理(空間的基準枠の設定や注意更新戦略)とボトムアップ処理(物体内優先戦略)の両側面から相補的に計算されると推察される。この知見に基づいて、空間関係計算過程に関するモデルを提案し、視覚的シーン知覚における空間関係表象の役割について議論を展開した。

目次

第1章 物体と空間の認知	1
1.1 物体情報と空間情報の脳内経路	3
1.1.1 Ungerleider and Mishkin (1982)による機能解剖学的モデル	3
1.1.2 Milner and Goodale (1995)による神経心理学的モデル	4
1.1.3 Friedman-Hill, Robertson, and Treisman (1995)による認知神経科学的モデル	5
1.2 視覚的注意と作業記憶	7
1.2.1 物体ベースと空間ベースの注意	8
1.2.2 物体認知と空間認知における復帰抑制	12
1.2.3 物体認知と空間認知に関する作業記憶	15
1.3 空間関係表象	17
1.3.1 Kosslyn (1987, 1994)による仮説	18
1.3.2 Hummel and Biederman (1992)による仮説	19
1.3.3 Logan (1994, 1995)による仮説	19
第2章 認知神経心理学における視覚研究	23
2.1 認知神経心理学における視覚呈示研究法	24
2.1.1 視野と神経投射に基づく視野呈示法	24
2.1.1.1 左右視野呈示法	24
2.1.1.2 網膜差呈示法	25
2.1.2 生態学的妥当性に基づく視野呈示法	26
2.1.2.1 上下視野呈示法	26
2.1.2.2 中心・周辺視野呈示法	27
2.1.3 輝度・色彩とニューロン応答特性に基づく呈示法	28
2.1.3.1 フリッカー・パラダイム	28
2.1.3.2 色の持続呈示による手法	29
2.2 認知神経心理学における左右半球機能研究	29
2.2.1 システムとしての左右半球	30
2.2.2 左右半球の機能分化	31
2.2.3 左右半球の機能統合	32
2.3 左右半球機能モデル	33
2.3.1 システム論に基づいた古典的モデル	34
2.3.2 情報処理フレームワークに基づいたモデル	36
2.3.3 空間周波数の処理特性に基づいたモデル	38

第3章 本研究の概観	43
3.1 Kosslyn (1987, 1994)モデルの検証	44
3.2 Kosslyn (1987, 1994)モデルに対する批判	47
3.3 空間関係表象:空間的基準枠と視覚的注意の影響	50
第4章 物体と空間関係の認知における左右半球機能分化	53
4.1 実験 1 空間関係の認知における左右半球機能分化	54
4.2 実験 2 物体認知における左右半球機能分化	60
4.3 実験 3 物体と空間関係の認知における左右半球機能分化	65
第5章 2次元・3次元空間関係判断における左右半球機能分化	72
5.1 実験 4 2次元空間関係判断における左右半球機能分化	72
5.2 実験 5 3次元空間関係判断における左右半球機能分化	76
第6章 空間関係判断における基準枠手掛かり効果	81
6.1 実験 6 空間関係判断における基準枠手掛かり効果: Bar and dot task を用いて	84
6.2 実験 7 空間関係判断における基準枠手掛かり効果: Sergeant-type task を用いて	90
6.3 実験 8 空間関係判断における基準枠手掛かり効果: 刺激-反応一致性による影響	94
第7章 空間関係判断における復帰抑制効果	102
7.1 実験 9 形態および空間位置判断における復帰抑制効果	104
7.2 実験 10 空間位置判断における復帰抑制効果: 刺激-反応一致性による影響	111
7.3 実験 11 空間関係判断における復帰抑制効果	115
第8章 空間関係判断における物体内優位効果	122
8.1 実験 12 中心視野呈示における物体内優位効果: 上下判断課題	123
8.2 実験 13 中心視野呈示における物体内優位効果: 左右判断課題	127
8.3 実験 14 周辺視野呈示における物体内優位効果	129
8.4 実験 15 周辺視野呈示における物体内優位効果: ターゲット高出現実験	133
第9章 総合考察	139
9.1 Kosslyn 仮説: 検証と批判	139
9.2 空間的基準枠の予測可能性	141
9.3 空間関係表象の時空間特性: 復帰抑制と物体性	142
9.4 実験の統合的理解	143

References	147
業績一覧	167
謝辞	170

第1章 物体と空間の認知

われわれの眼前に広がる世界は極めて複雑である。数えきれないほどの物体が存在し、それらは各々異なる空間位置を占めている。止まっているものもあれば動いているものもある。さらにわれわれ観察者側が動くことによって、視覚世界像はより一層複雑になる。しかしながら、われわれはいとも簡単にこの「視覚的シーン」¹を全体として知覚しているように感じる。全ての視覚情報を即座に処理しているように、少なくとも意識している。一方で、「視覚世界全体を見ている」というわれわれの意識がそもそも間違いであるという指摘も数多くある(e.g., Pylyshyn & Storm, 1988; Rensink, O'Regan, & Clark, 1997).

Pylyshyn and Storm (1988)はコンピュータ・ディスプレイ上に複数の移動する物体を呈示し、観察者にそれらを5秒から10秒の間追跡するように命じた。物体はすべて同じ形をしており、それぞれランダムに移動するようにプログラムされていた。追跡段階の前に物体のいくつかをフラッシュしたが、このフラッシュした物体が追跡すべきターゲットであった。それ以外は妨害刺激であった。追跡段階が終了すると、一つの物体上に光点が出現するようになっていた。観察者の課題は、この光点がターゲット上に出現したのか、妨害刺激上に出現したのかを回答することであった。実験の結果、正確にターゲットと妨害刺激の識別ができたのはターゲット数が4個程度の条件下であった。このことから観察者が同時に追跡できたのは4個程度であると推察された。この視覚認知実験の結果は、人間が同時に見ることができる物体の数は非常に限られていることを示している(Sears & Pylyshyn, 2000).

また Rensink ら(1997)は、日常的なスナップショットを視覚刺激として用いた巧妙な実験から、人間の視覚的注意機能が意外なほど鈍感であることを示した。彼らは日常的なスナップショ

¹ 本研究では視覚情報のみで構成されるシーンのことを「視覚的シーン」を呼ぶことで、聴覚情報から構成される「聴覚的シーン」および両情報から構成される「視聴覚的シーン」とは分けて考える。

ットを短時間のブランク（100 ms 程度）を置いて瞬時的に連続呈示した。似たようなスナップショットが交互に呈示されたが、それらには極めて大きな変化が存在した。例えばバーベキューでの写真の場合、参加者の一人の着ている服の色が赤から青に変化していた。この変化は空間的にも広い領域を占めており、指摘されればいとも簡単に発見可能な変化であった。しかしながらそれが瞬時的に交互呈示されていると、観察者がその変化を発見するのに約10秒もかかった。この現象は変化盲(Change blindness)と名付けられた。この視覚認知実験の知見は、人間が視覚世界全体を見ているつもりでも実際はそうではないということを明確に示している。

以上の視覚認知実験から、われわれは視覚世界全体を見ているわけではなく、その一部分（物体の数にして4個程度）を見ていて、それ以外の空間領域については対応できていないということがわかる。とすると、この主観的意識はどのような認知メカニズムによって支えられている、あるいは騙されているのであろうか？

視覚情報の脳内処理過程に注目してみると、物体情報と空間情報は異なる部位でそれぞれ処理されていることが既に知られている(e.g., Milner & Goodale, 1995; Ungerleider & Mishkin, 1982)。空間的に広がったシーンの知覚は、物体情報と空間情報を適切に結びつけることによって実現されると推察できる。物体性情報処理にはある一定の限界があることから、もう一方の空間性情報処理がシーン知覚に大きく貢献している可能性が考えられる。本章では、まず物体情報と空間情報の脳内での分離処理過程に関するモデルを3つ提示し、これと関連して視覚的注意や作業記憶といった認知過程における物体・空間情報処理の特性差について過去の知見を整理する。しかしながら、現時点においても両情報の統合過程の詳細は解明されていない。特に、複数の物体が様々な空間位置に配置された複雑な視覚的シーンが成立するためには、物体系経路で処理された形態・色彩情報が空間系経路で処理された空間定位情報と単一で統合するだけでは不十分である。むしろ、複数の物体間の空間関係を表現する必要がある。この空間関係表象について先行の仮説を概説する。

1.1 物体情報と空間情報の脳内経路

1.1.1 Ungerleider and Mishkin (1982)による機能解剖学的モデル

Ungerleider and Mishkin (1982)は、マカクサルを被験体とした動物除脳実験から、高次視覚機能の2経路、すなわち物体系経路(Object pathway or What pathway)と空間系経路(Spatial pathway or Where pathway)の存在を示唆した(Mishkin, Ungerleider, & Macko, 1983)。彼らは、2群の被験体にそれぞれ2つの課題を学習させた。課題は2つの蓋の一方に隠された餌の発見であった。餌の隠された位置は試行毎にランダムであった。1つの課題では、餌が隠されている蓋はいつも同じパターンであった。つまり被験体には形態的な弁別が要求された。もう一つの課題は、蓋のパターンはどちらも同じもの(特徴的な形態ではない)であるが餌の隠されている蓋の近くにはランドマークとなる塔が立てられた。つまり被験体には空間的な弁別が要求された。この学習が完成した段階で、被験体には外科的な操作が加えられた。一方の群では側頭葉下部が切除され、もう一方の群では頭頂葉後部が切除された。被験体がこの手術から回復した段階で、再び課題が繰り返された。側頭葉下部が切除された群では、空間の弁別課題の成績と比べて、形態の弁別課題の成績が著しく損なわれた。これに対して頭頂葉後部が切除された群では、形態の弁別課題の成績と比べて、空間の弁別課題の成績が著しく損なわれた。この結果から、形態の処理は後頭-側頭連合野を中心とする腹側経路に、空間的位置の処理は後頭-頭頂連合野を中心とする背側経路に、それぞれ対応していることが示唆された。

また、この機能解剖学的知見は人間の場合にもよく当てはまることが機能イメージングの研究から得られている。Ungerleider and Haxby (1994)はPET (Positron Emission Tomography)を用いた研究を概観し、物体認知(例:顔のマッチング課題)では腹側経路が、空間認知(例:位置のマッチング課題)では背側経路がそれぞれ強く関与していることを指摘している。Kohler, Moscovitch, Winocur, Houle, and McIntosh (1998)は物体と空間位置の即時および遅延マッチング

課題時の脳血流変化を PET によって計測した。彼らも物体のマッチング事態では腹側経路が、位置のマッチング事態では背側経路がそれぞれ強く関与していることを示すデータを得ている。

1.1.2 Milner and Goodale (1995)による神経心理学的モデル

Milner and Goodale (1995)は、Ungerleider and Mishkin (1982)による機能解剖学的モデルへの批判として腹側経路と背側経路の機能について立場の異なるモデルを提案している。Ungerleider and Mishkin (1982)のモデルでは、物体認知は腹側経路において空間認知は背側経路においてそれぞれ処理されると考えている。すなわち視覚情報処理のうち異なる側面をそれぞれ脳の異なる部位が担当しているという考えに基づいたモデルと言える。Milner and Goodale (1995)は腹側経路と背側経路とがそれぞれ異なる目的をもつ独立した視覚システムであるという考えに基づいてモデルを提案している。具体的には、腹側経路は主に視知覚と記憶処理のための経路であり、背側経路は主に運動のための空間情報を扱う経路であるとしている。

このモデル化の根拠の一つは視覚脳の進化にある。背側経路と呼ばれる後頭-頭頂連合野に相当する脳部位は進化的に早い段階で発現している。そのため、この経路は環境刺激に対する行動を起こすための比較的単純な刺激-行動マッピングを担っていると推察される。特に Milner and Goodale (1995)では背側経路を action system と呼んでいる。一方、腹側経路と呼ばれる後頭-側頭連合野に相当する脳部位は進化的に遅く発現している。そのため、この経路は視覚世界をより詳細に吟味する為の知覚および記憶処理を担っていると推察される。彼らは腹側経路を perception system と呼んでいる。

もう一つの根拠は、脳損傷患者に対する行動実験である。Milner and Goodale (1995)は例外的に腹側経路に相当する部位を選択的に損傷した患者に対してある実験を実施した。ポスティングと呼ばれるその実験は、ある傾きを持った長方形の穴に長方形の板を差し込むというものである。ポストに葉書を投函する行為に相当するが、その際投函口が水平ではなく様々な角度で

しているのがこの課題の特徴である。正確に板を投函口に差し込むには、その角度を認知する必要がある。この腹側経路損傷患者は投函口の角度を認知することができなかった。しかし、板の投函は正確にやっていたのである。

Milner and Goodale (1995)は上の結果を次のように解釈した。この患者は投函口の角度に関する情報を処理することはでき、その情報を板の投函という行為に利用することはできた。しかし、投函口の角度そのものを言い当てるという知覚のために利用することはできなかった。彼らは、腹側経路と背側経路はそれぞれ独立した視覚システムであり、どちらも形態と空間位置の情報を処理する能力はあるが、違うのはその視覚情報を何の目的のために利用するかにあると考えている。

Haffenden and Goodale (1998)は健康被験者に対する錯視実験から同様の結論を導いている。彼らはエビングハウス錯視図形を用いた。但し、大きいあるいは小さいディスクに囲まれた中央のディスクは指でつまむことができるように凸状になっていた。課題は2種類あり、知覚的なディスクの大きさを評定してもらう場合と凸状になっている中央のディスクを指でつまみ上げる場合（実際につまみ上げることはせずにその直前で試行は終了するようになっている）であった。大きさ評定ではエビングハウス特有の錯視効果が認められた。これに対して、つまみ上げ課題では実際よりも大きいと映るディスクに対しても小さいと映るディスクに対してもほぼ同じだけの指間隔でつまみ上げを実行しようとしていることが示された。つまり、見た目には異なる大きさのディスクに対して、行為としては同様のことを実施していることになり、知覚と行為が分離していると考えられた。

1.1.3 Friedman-Hill, Robertson, and Treisman (1995)による認知神経科学的モデル

以上の2つのモデルはともに物体情報と空間情報の統合過程について言及していない。特に Milner and Goodale (1995)の見解は知覚と行為の独立した視覚システムという発想に基づい

ているため、相互関連性についてはそもそも議論する余地がない。

Friedman-Hill, Robertson, and Treisman (1995)はこの物体情報と空間情報の統合過程について言及したモデルを提案している(Robertson, Treisman, Friedman-Hill, & Grabowecky, 1997)。彼女らは、背側経路に相当する部位を中心に損傷を受けた患者を対象に実験を実施し、背側経路と腹側経路の相互作用について検討した。この背側経路損傷患者は形と色、あるいは形と大きさを同時に認知することができなかった。例えば、赤いOと青いXを呈示した場合、誤って赤いXや青いOを認知してしまうことがあった。これは結合錯誤と呼ばれる現象で、健常者でも視覚刺激の呈示時間が非常に短いなど視覚情報が著しく削減された条件下であれば観察される現象である(Treisman & Schmidt, 1982)。Treisman and Gelade (1980)による特徴統合理論では、形や色、大きさなどの各物体特徴はそれぞれ初期視覚において独立的並列的に処理されるが、特定の空間領域に注意を向けることでその空間領域に含まれる各特徴が統合されると仮定している。つまり、色としての赤や青、形としてOやXはそれぞれ独立的並列的に処理されるが、赤いOが認知されるためにはその物体が占めている空間領域に注意を向けることで初めて“赤”と“O”が統合されることになる。結合錯誤は特定の空間領域に十分な注意を向けることができなかったために生じると考えられている。上に挙げた背側経路損傷患者は十分に観察時間が与えられたにも関わらず結合錯誤が生起してしまうことから、特定の空間領域に注意を向ける機能が主に障害されていると推定された。またこの患者は相対的および絶対的な位置の判断も障害されていた。

Friedman-Hillら(1995)およびRobertsonら(1997)は、この背側経路損傷患者の認知障害を特徴統合理論の考えから説明した。つまり、腹側経路は各物体特徴を分析する機能を、一方背側経路は空間認知や視覚的注意の機能とともに腹側経路で処理された各物体特徴を統合する機能をそれぞれ担っている。また彼女らは、背側経路における統合機能は明示的な空間表象を必要とすると結論した。

Milner and Goodale (1995)は腹側経路損傷患者の認知障害から、一方Friedman-Hillら(1995)は背側経路損傷患者の認知障害からそれぞれ両視覚経路の関連性について考察し、結果と

して異なる帰結に達した。特にMilner and Goodale (1995)は知覚と行為のための異なる独立した視覚システムがそれぞれ腹側経路と背側経路であると主張している。しかしながらFriedman-Hillら(1995)の知見と併せて解釈を試みると、背側経路にもある程度の物体認知機能が備わっていることは認めなければならないが、両経路が独立した視覚システムとして駆動しているというよりも統合機能を通じて密接に関係していると結論付けられる。腹側経路障害の場合、統合機能自体は残存しているとしても統合すべき物体特徴が処理されないため、結果として統合機能が実行されないことになる。この点がMilner and Goodale (1995)が下した結論に関わっていると考えられる。

本稿では、主にUngerleider and Mishkin (1982)およびFriedman-Hillら(1995)の考えに基づき、物体情報は腹側経路において空間情報は背側経路においてそれぞれ処理されることと、情報統合は背側経路の統合機能によって実行され、特に明示的な空間表象が統合には必要であることを前提として論議を行う。

1.2 視覚的注意と作業記憶

前項において物体情報と空間情報を担う神経基盤について概観した。また、本研究における立場について言及した。すなわち、Ungerleider and Mishkin (1982)およびFriedman-Hillら(1995)の考えに基づき、物体情報は腹側経路において空間情報は背側経路においてそれぞれ処理されることと、情報統合は背側経路の統合機能によって実行され、特に明示的な空間表象が統合には必要であることを前提とする。物体情報と空間情報が異なる脳部位において担当されていることから、認知や行動にもそれぞれ異なる特性が観察されることが期待される。実際に、数多くの認知研究から物体情報と空間情報は異なる処理特性をもつことが知られている。以下に視覚的注意や作業記憶といった認知過程における物体・空間情報処理の特性差について過去の知見を整理する。

1.2.1 物体ベースと空間ベースの注意

経験的にも視覚的注意は特定の空間領域に向けられると推察されるが、Posner (1980) は視覚的注意の空間性を光点検出実験によって明確に示した。コンピュータ画面に水平に並んだ3つの箱を呈示し、そのいずれかにターゲットである光点が呈示された(Figure 1-1)。観察者の課題は光点が出てきたらできる限り速くボタンを押すことであった。ターゲットが出現する直前に3つの箱のどれかが瞬間的に光るようになっていた。この箱のフラッシュは視覚的手掛かりであった。手掛かりが呈示された位置に出現したターゲットはそうでない位置に出現したターゲットよりも速く検出された。このデータは、手掛かりが視覚的注意を捕捉することでターゲットの検出が促進されたと解釈された。Posner (1980)は視覚的注意の空間性を spotlight と表現している。あるいは zoom lens (Eriksen & Yeh, 1985)、gradients や activity distributions (Downing, 1988; LaBerge & Brown, 1989)といったアナロジーも存在する。いずれも視覚的注意の空間性を指摘したもので、このタイプの注意は空間ベースの注意と呼ばれている。

一方で注意が物体特徴そのものに向かうことを示す研究も存在する。Duncan (1984)は長方形と斜線が重なり合った視覚刺激を瞬間呈示し、観察者にその物体属性を報告させた(Figure 1-2)。長方形には高さ(高/低)とギャップの位置(左/右)という2種類の属性が、斜線には傾き(左/右)と線分のきめ(点線/長点線)という2種類の属性がそれぞれ存在した。観察者の課題は、同じ物体の属性を2つ報告する場合(例:長方形の高さとギャップの位置を報告)と異なる物体の属性を1つずつ計2つの属性を報告する場合(例:長方形の高さと斜線の傾きを報告)の2種類用意された。空間ベース注意の考えに従えば、長方形と斜線はともに同じ空間領域を占めているので同じ物体属性を報告する場合と異なる物体属性を報告する場合とで正確さは同程度であることが期待される。ところが、同じ物体属性を報告させる方が異なる物体を報告させるよりも成績がよかった。このことから彼は、空間ベースの注意とは異なる物体ベースの注意、つまり特定の空間領域に向かう注意ではなく特定の物体特徴に向かう注意の存在を主張した。

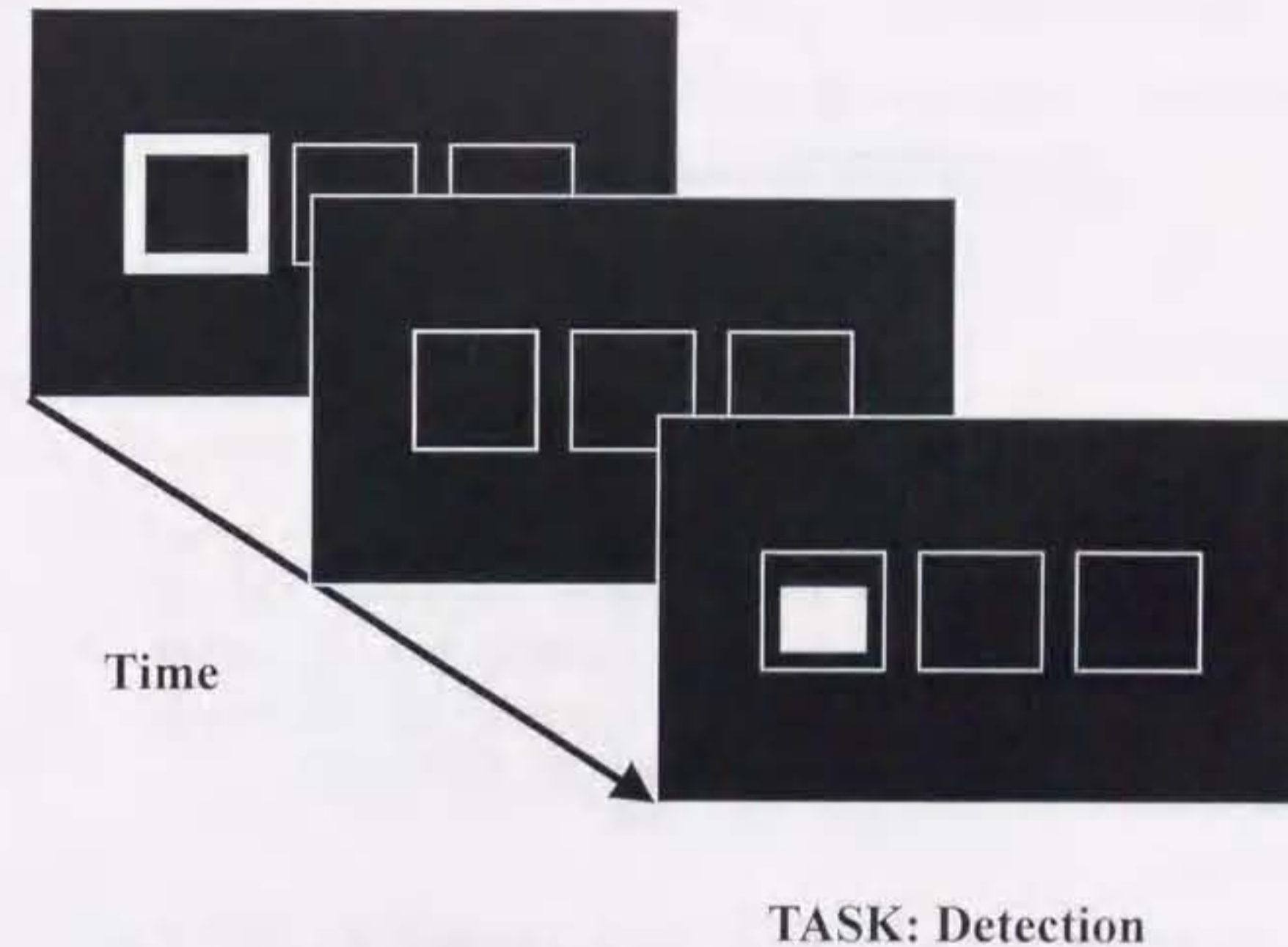


Figure 1-1. A schematic diagram of spatial cuing paradigm.

Vecera and Farah (1994)は Duncan (1984)と同様の課題を用いて物体ベース注意の効果を確認するとともに、この種の注意は特定の空間領域には依存しない注意であると主張した (Vecera, 1997)。しかしながらこの主張とは異なり、物体ベース注意も空間領域に依存した注意であるとする主張も存在する(Kramer, Weber, & Watson, 1997)。空間領域に依存しない物体ベース注意とは、たとえその物体が空間を移動したとしても注意の効果が維持される。これに対して空間領域に依存した物体ベース注意とは、注意を向けた物体が異なる空間領域に移動してしまうと注意の効果は消失してしまう。この議論については必ずしも決着を見ているわけではないが、Tresiman and Gelade (1980)や Friedman-Hill ら(1995)の見解に従って解釈すると、空間領域に依存しない物体ベース注意というものを想定することは困難である。

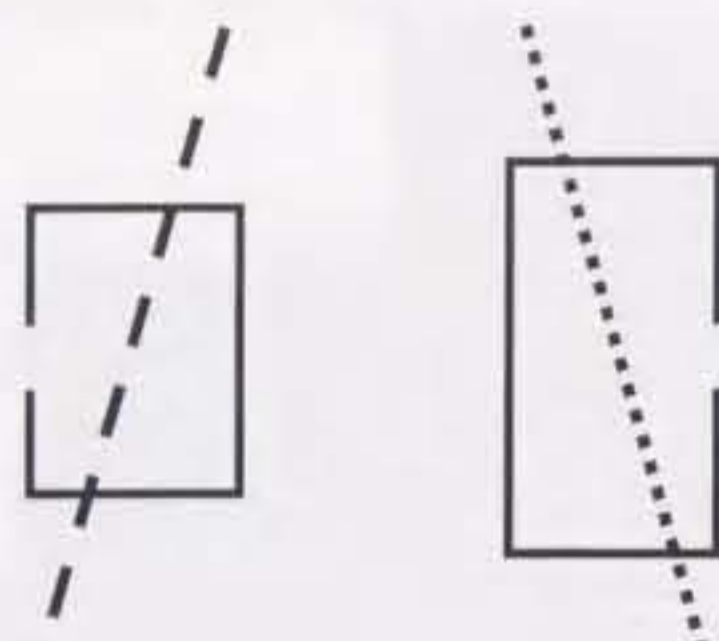


Figure 1-2. Samples used in Duncan (1984) study. The left overlapped object consists of a short rectangle with a left gap and a right tilted dashed line. The right overlapped object consists of a tall rectangle with a right gap and a left tilted dotted line.

視覚的注意は空間ベースか物体ベースかという排他論的な考えではなく、空間ベースも物体ベースも機能するがどの条件下においてそれぞれが機能するのかを検討した先行研究も存在する。Egly, Driver, and Rafal (1994)はPosner (1980)タイプの視覚的手掛かり実験を改良し、空間ベース注意と物体ベース注意の両特性について検討した。彼らは2つの長方形を注視点の左右または上下に配置したディスプレイを用いた(Figure 1-3)。視覚的手掛かりは長方形の片側がフラッシュすることで実現された。観察者の課題はターゲットの検出であった。手掛かりの位置にターゲットが出現する確率は75%であり、観察者の注意は手掛かり位置に向かうことが期待された。実際に手掛かり位置に出現したターゲットはより速く検出された。この課題の特徴は手掛かり位置にターゲットが出現しない条件である。半数は同じ長方形の反対側の隅に、残り半数は異なる長方形の片側にそれぞれ出現した。前者は物体内条件、後者は物体間条件と呼ばれる。なお、注視点をはさんで対角線上に出現することはなかった。両条件は手掛かり位置から同じ距離だけ離れているため、空間ベースの注意の考えに従えば同じだけの反応遅延が期待される。しかしながら、結果は物体内条件の方が物体間条件と比べて反応のコストが小さかった。手掛かりの

効果が認められていることから空間ベース注意が駆動していることが推察されるが、同時に等距離であっても物体内の方が注意の移動がより迅速に行われることから物体ベース注意も駆動していることが示唆された。なお、この課題における物体ベース注意は空間領域に依存したものであることを示す実験も存在する(Vecera, 1994)。

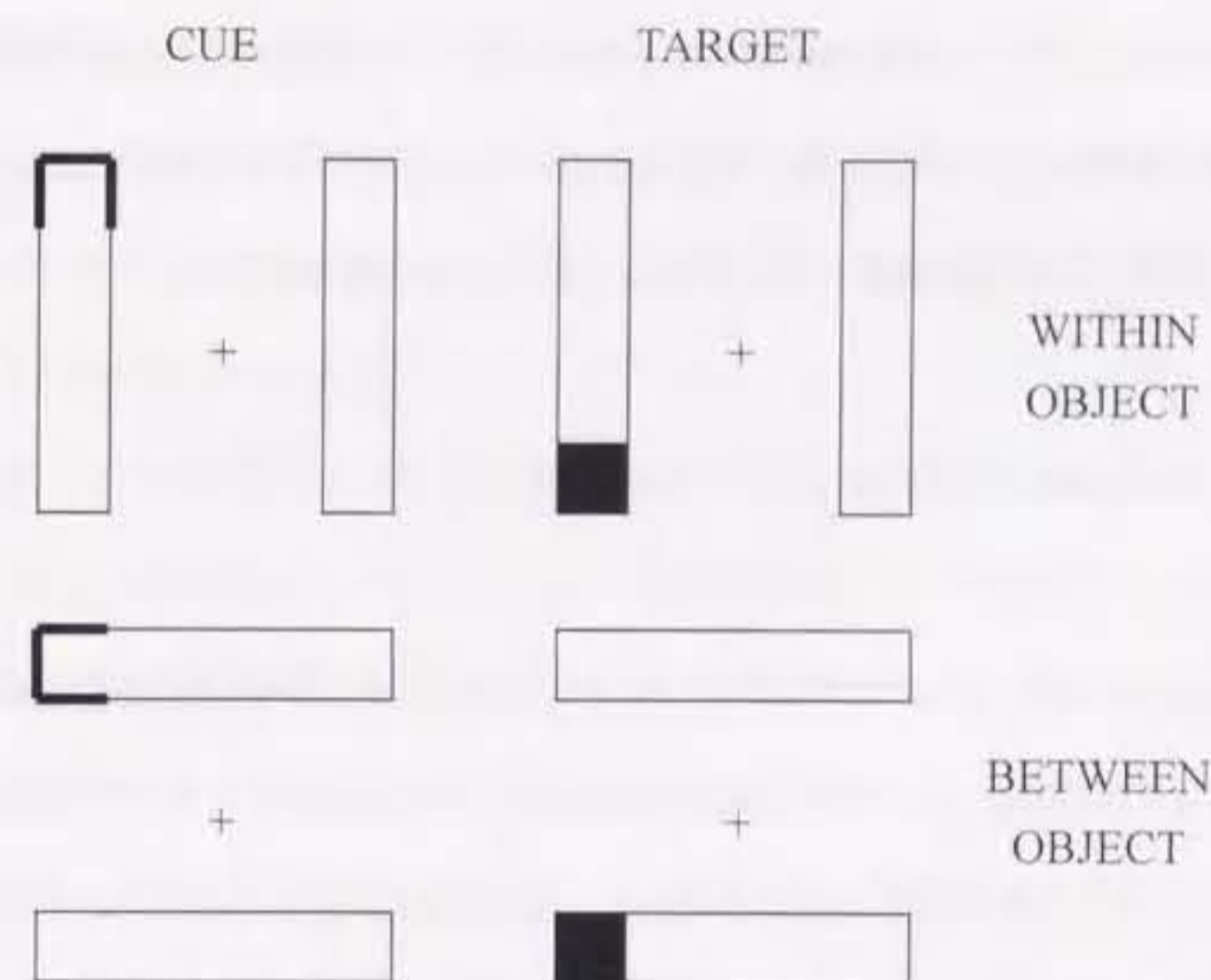


Figure 1-3. A schematic diagram used in Egly, Driver, and Rafal (1994).

Egly, Driver, and Rafal (1994)は健常者とともにも脳損傷患者(頭頂葉損傷)にも同様の実験を実施した。右頭頂葉損傷患者では主に空間ベース注意に障害が認められたが、左頭頂葉損傷患者では物体ベース注意に特異な障害が認められた。物体間条件においてコストが著しく増大した。このことは物体ベース注意(特に物体への注意の解除)と左頭頂葉機能との関連性を示唆する。

Egly, Rafal, Driver, and Starrveveld (1994)は同様の実験を分離脳患者に対して実施した。

分離脳患者は左右大脳半球を連絡している脳梁を外科的に切除しているため、左右大脳の情報連絡が不可能であり、左右半球機能を詳細に検討することが可能である。彼らは長方形図形を左右視野にそれぞれ呈示した。右視野(Right Visual Field, RVF)の情報は左半球に、左視野(Left Visual Field, LVF)の情報は右半球にそれぞれ投射される。この神経生理学的特性を利用して、物体ベース注意と左右半球機能との関係を検討した。左視野呈示(右半球に投射)では空間ベース注意の効果のみが認められた。一方、右視野呈示(左半球に投射)では空間ベース注意の効果とともに物体ベース注意の効果も認められた。頭頂葉損傷患者および分離脳患者の知見を併せて解釈すると、物体ベース注意は左頭頂葉機能と深く関わっていることが推察される。

1.2.2 物体認知と空間認知における復帰抑制

視覚的注意が向けられた空間領域あるいは物体特徴はその後の情報処理において促進される傾向にある。これに対して、注意が向けられなかったものはどうなるのか?あるいは事前に注意は向けられていたが、その後注意が移動してしまった場合はどうなるのか?この問題と関連した現象として復帰抑制(Inhibition of Return, IOR)という現象が知られている。

Posner and Cohen (1984)は視覚的手掛かり課題を用いて、手掛かりとターゲット出現までの呈示時間差(Stimulus Onset Asynchrony, SOA)を調整して実験を行った。SOAが200 msまでの非常に短い時間間隔であれば検出は促進された。これに対してSOAが300 ms以上になると促進効果が消失し、反対に抑制効果が出現した。新奇な位置に出現したターゲットの方が手掛かりが与えられた位置に出現したターゲットよりも速く検出できたのである。一旦注意を向けた位置にターゲットが出現しないと視覚システムは新奇な位置へと探索を移行すると同時に、事前に注意を向けた位置へと再び戻らないように抑制をかける、と彼らは解釈した。そのためこの現象は復帰抑制(事前に注意を向けた位置に“復帰”することを“抑制”する)と呼ばれている。すなわち、復帰抑制は複雑な視覚世界からターゲットを探す事態(視覚探索事態)において有効に機

能すると推察される。また視覚探索における復帰抑制メカニズムの有効性を示唆する研究も存在する(Danziger, Kingston, & Snyder, 1998)。

復帰抑制は特に眼球運動との関連性が指摘されている(Rafal, Calabresi, Brennan, & Sciolto, 1989)。このことから復帰抑制は運動出力系での効果であると考えられている。観察者に求める課題が空間運動性を含む場合は抑制効果が認められるが、そうでない場合(形態や色の判別)には抑制効果は認められないとする議論がある(Klein & Taylor, 1994)。その一方で、知覚入力系での作用も抑制効果に影響していることを示すデータも存在する(Handy, Jha, & Mangun, 1999; Kingstone & Pratt, 1999; Lupianez, Milan, Tornay, Madrid & Tudela, 1997; Pratt, 1995; Pratt & Abrams, 1999; Pratt, Kingstone, & Khoe, 1997)。

Pratt ら(1997)は課題として空間位置判断(ターゲットが左右ボックスのどちらに出現したのかを判断)と形態判断(ターゲットが×か+かの判断)の2種類を用いて復帰抑制効果を検討した。復帰抑制が主に運動出力系の効果であって知覚入力系での作用が影響しないならば、空間位置判断課題においてのみ復帰抑制が認められるはずであると予測される。しかしながら、結果は両課題において復帰抑制効果を認めた。このことから、知覚入力系での作用が復帰抑制の効果に影響していることが推察される(Kingstone & Pratt, 1999; Pratt, 1995; Pratt & Abrams, 1999)。

またLupianez ら(1997)はターゲットの検出課題と色判断課題を用いて復帰抑制効果を検討した。その際、視覚的手掛かりとターゲットのSOAを変化させることで復帰抑制が出現するまでの時間的遷移に注目した。検出課題では先行研究と同様にSOA 300 ms以降で安定した抑制効果が観察された。一方色判断課題ではSOA 700 ms以降でないと抑制効果が観察されず、またその抑制効果は迅速に消失する傾向にあった。このことから、Pratt ら(1997)と同様に知覚入力系での作用が復帰抑制の効果に影響していることが推察された。さらに物体特徴に関する課題と空間位置に関する課題とで復帰抑制が出現する時間的遷移が異なることが明らかになった。先行研究において物体特徴に関する課題では抑制効果が認められなかった原因の一つとしてSOAの操作が不十分であった可能性が考えられる。

Handy, Jha, and Mangun (1999)はターゲット線分の方向判断(水平/垂直)を課題として採用し、さらにターゲット呈示直後にマスク刺激を呈示することで知覚的妨害を与えた。反応時間の結果から復帰抑制効果が認められ、さらに線分方向の識別率においても復帰抑制の効果が認められた。すなわち、手掛かりが与えられなかった位置の方がより正確に線分方向が識別できたのである。以上の結果から、復帰抑制は知覚入力系での作用を反映した現象であると彼らは主張している。

物体認知と空間認知における復帰抑制について以上の見解とは異なる議論も存在する(Tanaka & Shimojo, 1996; 2000)。Tanaka and Shimojo (1996, 2000)は、視覚的手掛かりパラダイムではなくターゲット-ターゲット・パラダイム(Maylor & Hockey, 1985)を用いて物体認知と空間認知における復帰抑制現象について検討した。ターゲット-ターゲット・パラダイムとは、視覚的手掛かりパラダイムとは異なり、手掛かり呈示を行わない。基本的に刺激は左右視野の一方に呈示され、観察者は全ての試行に対して反応する。直前の試行を手掛かりとみなして、それと同じ位置にターゲットが呈示された試行と異なる位置にターゲットが呈示された試行の反応を比較する。前試行と同じ位置に呈示されたターゲットに対する反応が遅延すれば復帰抑制とみなされる。

Tanaka and Shimojo (1996, 2000)は、空間認知に関する課題では復帰抑制現象が観察されるが、物体認知に関する課題では復帰促進現象が観察されると主張している。復帰促進現象とは、復帰抑制とは反対に前試行のターゲットと同じ位置に呈示されたターゲットの方がより速く判断される現象である。彼らは、復帰抑制と促進の原因として背側経路と腹側経路の機能的分離を想定している。つまり、空間認知課題では主に背側経路が関与し抑制効果が観察される。物体認知課題では主に腹側経路が関与し逆に促進効果が観察される。詳細な神経基盤と何故一方で抑制が生じ、他方で促進が生じるのかについては必ずしも明確になっていない。しかし彼らの主張は、復帰抑制は運動出力系における効果であるとする議論(Klein & Taylor, 1994)と一致している。

しかしながら、Tanaka and Shimojo (1996, 2000)の主張は、物体認知でも空間認知でもともに復帰抑制現象は観察されるという主張(Handy et al., 1999; Kingstone & Pratt, 1999; Lupianez et

al., 1997; Pratt, 1995; Pratt & Abrams, 1999; Pratt et al., 1997)とは一致しない。原因として刺激呈示パラダイムの相違が挙げられる(ターゲット-ターゲット・パラダイム/視覚的手掛かりパラダイム)。Lupianezら(1997)は、手掛かりとターゲットのSOAが比較的短い時(400 ms)は、むしろ手掛かりと同位置において判断が速いことを報告している。この結果は一種の復帰促進現象とみなすこともできる。このことから、刺激呈示パラダイムと手掛かり(または前試行のターゲット)とターゲットのSOAが重要な要因と考えられる。

以上の議論から、少なくとも空間認知においては安定した復帰抑制効果が認められると言える。一方の物体認知においては抑制効果が出現するまでに比較的時間が必要であるとする見解(Handy et al., 1999; Kingstone & Pratt, 1999; Lupianez et al., 1997; Pratt, 1995; Pratt & Abrams, 1999; Pratt et al., 1997)と抑制ではなく促進効果が出現するという見解(Tanaka & Shimojo, 1996; 2000)とが存在する。

1.2.3 物体認知と空間認知に関する作業記憶

認知心理学における作業記憶研究は主にBaddeley (1986)の提案したフレームワークに沿う形で進められてきた。彼は作業記憶を3つの要素から構成されたものとして捉えた。音韻ループ(phonological loop)は言語音をリハーサルする機能を、視空間スケッチパッド(visuospatial sketchpad)は視覚的イメージを保持する機能をそれぞれ有した要素である。この2つの要素を制御する機構として中央実行系(central executive)を想定している(Baddeley, 2000)。

Baddeley (1986)のモデルでは必ずしも物体認知と空間認知を担う要素が明確に分かれていない。彼のモデルに従えば、物体特徴を視覚的イメージとして保持する場合には主に視空間スケッチパッドが駆動し、言語化することで保持する場合には主に音韻ループが駆動することになる。Smith and Jonides (1997)はBaddeleyモデルの神経基盤を機能イメージング法(PET)で検討しているが、その際物体認知と空間認知における作業記憶を分けて検討した。空間認知に関する課

題として空間位置の保持を、物体認知に関する課題として無意味パターンの保持をそれぞれ採用した。空間位置の保持では主に右半球が、無意味パターンの保持では主に左半球がそれぞれ強く関与していた。なお、言語の保持においても左半球の活動が認められたが、言語保持とパターン保持との主要活動部位は必ずしも一致しなかった。このことから、彼らは音韻ループと視空間スケッチパッド以外に視覚パターンの保持に関する要素を考慮したモデルを提案している。

フリッカー・パラダイムを用いて、作業記憶における物体認知と空間認知の特性差を検討した研究も存在する(Hecker & Mapperson, 1997; Kessels, Postma, & de Haan, 1999)。フリッカー・パラダイムとは、視覚刺激を呈示中にその背景を高速で入れかえる手法である。Hecker and Mapperson (1997)および Kessels ら(1999)の実験では、輝度を高速で反転させる場合(白黒反転条件)と6色を高速で反転させる場合(色反転条件)の2条件が用意された。白黒反転条件では大まかな空間や運動に関する情報を網膜から初期視覚野まで伝達する大細胞系経路(Magnocellular pathway)が、色反転条件では詳細な形態や色彩に関する情報を網膜から初期視覚野まで伝達する小細胞系経路(Parvocellular pathway)がそれぞれ選択的に機能低下することが推測されている(Brigell, Strafella, Parmeggiani, Demarco, & Celesia, 1996)。Hecker and Mapperson (1997)および Kessels ら(1999)はこの神経生理学的特性を利用して、物体と空間の作業記憶における特性差を検討した。空間位置の記憶は白黒反転条件において、一方色や形態パターンの記憶は色反転条件においてそれぞれ選択的な成績低下を示した。大細胞系経路と小細胞系経路はそれぞれ大まかな空間や運動に関する情報と詳細な形態や色彩に関する情報を網膜から初期視覚野まで伝達する経路であるが、初期視覚野以降の経路、すなわち背側経路と腹側経路とどのように関与しているかは議論のあるところである。基本的には大細胞系経路と背側経路、小細胞系経路と腹側経路がそれぞれ関連していると考えられている。Hecker and Mapperson (1997)と Kessels ら(1999)の知見は、大細胞系経路と小細胞系経路の機能低下が情報処理だけでなく作業記憶においても選択的に影響していることを示唆するものである。また Smith and Jonides (1997)の指摘と同様に、作業記憶における物体認知と空間認知の機能的分離も示唆している。

一方、物体認知と空間認知の機能的統合を示唆する研究も存在する。Hatta and Kogure (1998)と Hatta, Kogure, and Kawakami (1999)は Salthouse (1975)型課題を用いて物体と空間位置の短期記憶について、特に左右半球機能の観点から検討した。Salthouse 型課題とは、格子内に幾つかの文字を配置した図形を呈示し、その文字内容と空間位置を同時に報告させるというものである。文字内容は左半球において空間位置は右半球においてそれぞれ優位に担われていることが期待される。Hatta and Kogure (1998)では左右半球機能と性差の関係について検討を加えた。女性群は男性群よりも全体的な成績がよかった。また女性群では左右半球が協調して作動していることを示す知見が得られた。Hatta ら(1999)では左右半球機能と空間性作業の熟達効果の関係について検討を加えた。熟達者群は非熟達者群よりも空間位置において成績がよかった。熟達者では空間位置の記憶において左右半球が協調して作動していることを示す知見が得られた。以上の研究から、物体情報と空間情報を同時に符号化する必要がある場合には左右半球が協調して作動している方がよりよい認知成績が得られることが示唆された。しかしながら、その統合過程の詳細については必ずしも明らかではない。

1.3 空間関係表象

以上の項において、視覚的注意、復帰抑制および作業記憶における物体認知と空間認知の特性差について先行研究を整理した。多くの視覚認知研究が物体特徴と空間位置の情報処理について、その違いを明確に示している。しかしながら、われわれはその物体特徴と空間位置を併せた全体としての視覚世界を知覚し理解していると感じている。Friedman-Hill ら(1995)などによって両情報の統合に関するメカニズムが示唆されているものの、現時点においても両情報の統合過程の詳細は解明されていない。特に、複数の物体が様々な空間位置に配置された複雑な視覚的シーンが成立するためには、腹側経路で処理された形態・色彩情報が背側経路で処理された空間定位情報と単一で統合するだけでは不十分である。むしろ、複数の物体間の空間関係を表現す

る必要がある。この空間関係表象について先行の仮説を概説する。

1.3.1 Kosslyn (1987, 1994)による仮説

Kosslyn (1987)は大脳半球において少なくとも2種類の空間関係が表象されているとする仮説を提案した。1つはCategorical空間関係表象と呼ばれるもので、上下・左右・前後など物体間(あるいは同一物体内の部品間)の相対的な配置関係を表現している。もう一つはCoordinate空間関係表象と呼ばれるもので、物体間(あるいは同一物体内の部品間)の距離などの数値的な関係を表現している。Categorical空間関係表象は左半球においてCoordinate空間関係表象は右半球においてそれぞれ優位に機能すると彼は提案した。

Kosslyn (1994; Kosslyn & Koenig, 1992)はUngerleider and Mishkin (1982)の機能解剖学的モデルに従って、視覚情報は物体認知系と空間認知系にそれぞれ分配されることを前提とした視覚認知全体のモデルを構築している。まず、視覚情報はVisual Bufferと呼ばれるシステムに入力され、次に物体認知系であるObject Properties Encodingシステムと空間認知系であるSpatial Properties Encodingシステムにそれぞれ分配される。両システムで加工された情報はAssociative Memoryと呼ばれるシステムに転送され、このシステム内で情報統合が行われ物体と空間の両側面を含んだ視覚表象が形成されるとこのモデルでは考えている。視覚的注意や視覚イメージの変換に関するメカニズムも同時に想定している。

CategoricalとCoordinate空間関係表象はSpatial Properties Encodingシステム内で構築される心的表象であると定義され、その神経基盤として主に頭頂葉後部が想定されている。すなわち、Categorical空間関係表象は左頭頂葉後部において、Coordinate空間関係表象は右頭頂葉後部においてそれぞれ優位に表現されるということになる。

1.3.2 Hummel and Biederman (1992)による仮説

Kosslyn (1987, 1994)の仮説では物体内・物体間の空間関係表象を別々に想定してはいない。これに対して、Hummel and Biederman (1992)では特に物体内の空間関係計算を重視したニューラル・ネットワークモデルを提案した。彼らは複数の部品をもつ複雑な物体を認知するためには、単純な要素とそれらの空間関係をそれぞれ認知し結合することが必要になると考えた。単純な要素とはジオン(geon)と呼ばれ、これ以上分解できないユニークな視覚特徴をもった単位のことである(Biederman, 1987)。このジオン同士が上下・左右といった空間関係にあることを表現することで、複雑な物体全体の表象が構築されることになる。しかしながら、このモデルでは同一物体表象を構築するレベルについて検討しており、物体間を結合することで視覚的シーン全体の表象を構築するレベルまで想定していない。そのため視覚的シーン知覚にHummel and Biederman (1992)のアーキテクチャーが適用できるのかについては明らかではない。

1.3.3 Logan (1994, 1995)による仮説

Kosslyn (1987, 1994)の仮説では性質の異なる空間関係表象を想定しているが、空間関係計算の詳細なメカニズムについては考察していない。これに対して、Logan (1994, 1995)はKosslyn (1987, 1994)仮説でいうところのCategorical空間関係表象に該当する空間関係を計算する詳細なメカニズムについて検討を加えている(Logan & Compton, 1996; Logan & Sadler, 1996)。

彼は3つの計算過程を提案している。まず“空間領域の指定”(Spatial Indexing)過程が作動することで、特定の空間領域が指定される。この計算過程は空間ベース注意と同じ働きをされると考えられる(Downing, 1988; Eriksen & Yeh, 1985; LaBerge & Brown, 1989; Posner, 1980)。次に“基準物体に対して基準枠を設定する”過程(基準枠の設定過程, Imposing to a reference frame on a reference object)が作動する。空間領域の指定によって捕捉された物体の中から基準をなす物

体を指定し、かつその物体に対して基準枠を設定する。基準物体とは空間関係を計算する上で“原点”となる物体であり、ここでいう基準枠の設定とはどちらが上でどちらが下か、どちらが右でどちらが左か、という方向性を設定することである。基準物体の位置と基準枠（軸の方向性）が設定されたことで空間領域は幾つかの領域に分割される。例えば、基準物体に対して上領域、下領域、右領域、左領域などである。最後に“目標物体と基準領域の比較”過程(Comparing a target with the reference region)が作動する。目標物体すなわちターゲットが基準物体に対してどの領域を占めているかを比較する。例えば、ターゲットが上領域のどこかに存在した場合は“ターゲットは基準物体に対して上にある”と決定される。

Logan (1994, 1995)による空間関係計算過程を図示したものを Figure 1-4 に示す。ここでは×に対して●がどの位置にあるかが計算の目的となっている。この例示では“上”が正解である。

Logan (1994, 1995)の仮説は、知覚表象を概念表象へと変換する過程を想定して構築されたものである。ここでいう知覚表象とは外界の空間的配置関係をそのまま写像した表象であり、物理的距離などの情報を保持した表象である。一方概念表象とは空間関係を述語表現したようなものであり、例えば×に対して●が上にあるとすると ABOVE(●,×)のような記述で表現できる。なお、知覚表象において保持されていた物理的距離などに関する情報は概念表象では保持されないと想定されている。Logan (1995)は任意性が低い上下判断よりも任意性が高い左右判断において時間が必要であることを示した。Carlson-Radvansky and Logan (1997)は基準物体に対して上下判断をする場合、ターゲットが真上真下にあるとき（空間関係の適合がよいとき; Goodness of fit)の方が斜め上斜め下にある時（空間関係が容認できるとき; Acceptable)よりも判断時間が速くなることを示唆した。このことから概念表象レベルにおいては空間関係の任意性や適合のよさという知識が影響することが推察される。

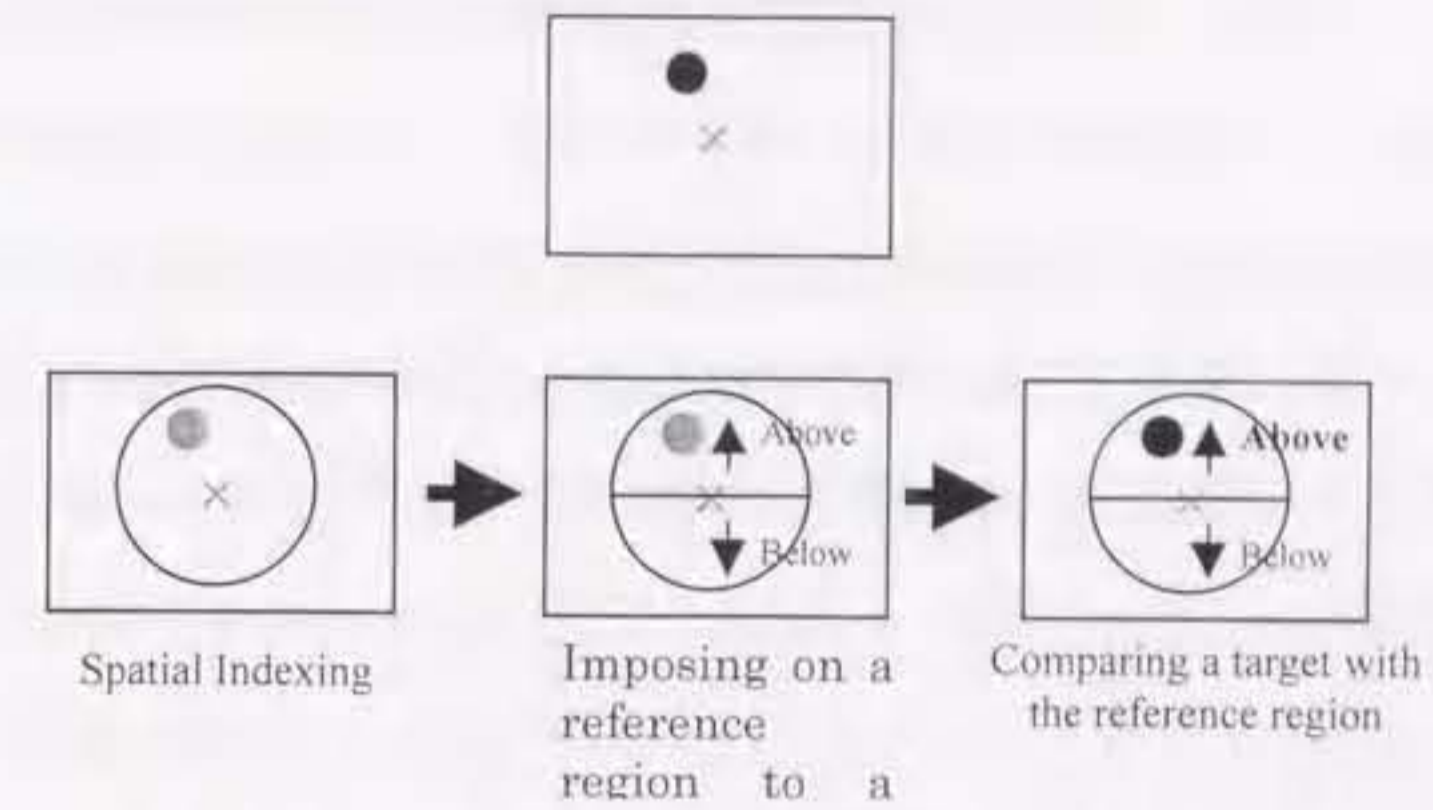


Figure 1-4. A sequence of spatial relations computation on Logan's (1994, 1995) model.

Kosslyn (1987, 1994)仮説の特徴は、空間関係表象に関する神経基盤を想定していることと、視覚的注意や物体認知、長期記憶などの他の認知システムとの関連性を想定して構築されていることである。しかしながら、各空間関係表象が具体的にどのような計算過程を経て構築されるのかについては言及していない。一方、Logan (1994, 1995)仮説の特徴は、空間関係計算過程を詳細に想定していることと、知覚表象レベルと概念表象レベルにおける空間関係表象の特徴を明確に提示していることである。しかしながら、その神経基盤や他の認知システムとの関連性については想定していない。

本研究の目的は、空間的に広がったシーンの知覚過程についてその神経基盤も含めて理解することである。シーン知覚は、脳の異なる部位で扱われる物体情報と空間情報を適切に結びつけることによって実現されると推察できる。物体性情報処理にはある一定の限界があることから、もう一方の空間性情報処理がシーン知覚に大きく貢献している可能性が考えられる。

物体特徴の統合にも空間性情報処理を担う背側経路が重要であることが指摘されている(Friedman-Hill et al., 1995; Robertson et al., 1997)。よって空間性情報処理に注目することは、シーン知覚の理解を進める上で有効な戦略と言える。複数の物体が様々な空間位置に配置された複

雑な視覚的シーンが成立するためには、複数の物体間の空間関係を表現する必要がある。従って空間性情報処理の中でも空間関係計算過程に注目する必要がある。上に挙げた空間関係表象の仮説のうち、Kosslyn (1987, 1994)と Logan (1994, 1995)の仮説はそれぞれ異なる観点から構築されている。しかし、お互いが排他的関係にあるのではなく、むしろ相補的な関係にあると言える。本研究では両仮説を相互補完的に捉えて、空間関係表象に関する神経基盤を踏まえた認知モデルを構築することを目指す。

第2章 認知神経心理学における視覚研究

第1章では、物体情報と空間情報の脳内分離処理(Milner & Goodale, 1995; Mishkin et al., 1983; Ungerleider & Mishkin, 1982)および統合過程に関するモデル(Friedman-Hill et al., 1995; Robertson et al., 1997)を提示した。これに関連して視覚的注意、復帰抑制や作業記憶といった認知過程における物体・空間性情報処理の特性差について過去の知見を整理した。多くの認知現象においても物体特徴と空間位置は異なる特性をもっていることが示されている。しかしながら、その統合作用については未だ明らかでない。この両情報の統合を検討する上で有効な視点の一つである空間関係表象について既に提案されている仮説を提示した(Hummel & Biederman, 1992; Kosslyn, 1987, 1994; Logan, 1994, 1995)。Kosslyn (1987, 1994)と Logan (1994, 1995)の仮説はそれぞれ異なる観点から構築されているが、お互いが排他的関係にあるのではなく、むしろ相補的な関係にあると言える。本研究では両仮説を相互補完的に捉えて空間関係表象に関する神経基盤を踏まえた認知モデルを構築することを目標に検討を行った。

神経基盤を踏まえた認知モデルを構築することを目標とする本研究は、認知神経科学という分野に属する。中でも心理学的手法を重視する分野は認知神経心理学と呼ばれる。本研究はこの認知神経心理学的枠組に基づいて視覚認知研究を行う。そのため、まず認知神経心理学における代表的な視覚呈示研究法について概説する。特に、左右視野呈示法は左右半球機能を調べる簡便な手法として以前から多用されている。また近年、認知神経心理学においても左右半球機能の視点は重要性を増している。ヒト脳には特に高次機能において明確な左右差が存在すること、機能イメージング研究の以前に左右半球機能に関する膨大な実験・臨床の文献が存在し、機能イメージングの結果を検討する際に重要な知識源となっていることが主な理由として挙げられる。続いて、左右視野呈示法の背景にある左右半球機能に関する考え方の変遷について整理するとともに、それに伴うモデル化の変遷について触れる。

2.1 認知神経心理学における視覚呈示研究法

2.1.1 視野と神経投射に基づく視野呈示法

2.1.1.1 左右視野呈示法

ある点を注視した場合、それよりも右側は右視野 (right visual field, RVF)、左側は左視野(left visual field, LVF)と呼ばれる。眼の網膜の耳側は結果的に同じ半球の後頭葉に情報を投射し、鼻側は反対の半球の後頭葉に情報を投射する。このため右視野に呈示された情報は対側の左半球に、左視野に呈示された情報は右半球にそれぞれ入力されることになる(Figure 2-1)。この神経生理学的な特性を背景に、左右視野での認知成績を比較することで左右半球機能の優位性を推定するのが左右視野呈示法である(Sperry, 1961)。

但し、左右半球は脳梁(corpus callosum)と呼ばれる交連線維束で連絡されている。そのため片側の半球に情報が入力されたとしても、反対側の半球にその情報が転送される。しかしながら、転送されることによってより時間がかかったりあるいは情報の質が低下すると考えられており、最初に入力された半球での処理特性が重要であると推測できる(八田, 1982, 1990, 1996 参照)。

また、この手法には2つの制約がある。一つには、被験者に画面の中心を注視させる必要がある。刺激を左側に呈示し右半球に情報を入力しようとしても、眼球運動が生じれば呈示刺激は右側や中心に呈示されることになる。そのため、人間の眼球運動が生じる前に刺激を消去するというテクニックが用いられる。一般的に200 ms以内の呈示時間が採用される。もう一つは神経生理学的な特性によるもので、視野の中心部は両半球に情報が投射されているということである。Sugishita, Hamilton, Sakuma, and Hemmi (1994)は中心視野からの距離と各半球への情報投射との関係性を検討した結果、基本的に視角にして2°程度注視点から離れていれば対側半球に

情報は送られるとしている。一般的に注視点から左右に視角3°程度離れた位置に刺激を瞬間呈示する方法が採用されている(Hellige & Sergent, 1986; Sergent, 1983; Sergent & Hellige, 1986)。

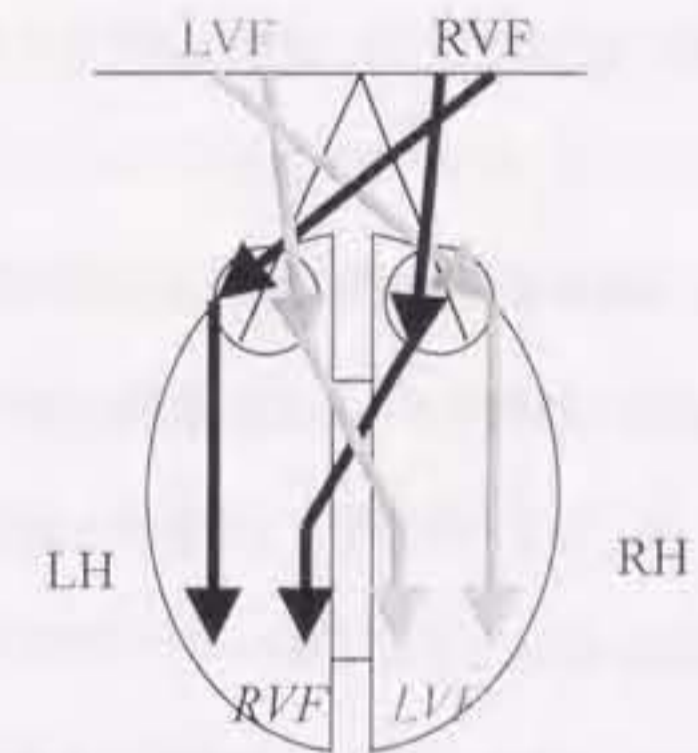


Figure 2-1. The relationship between visual fields and cerebral hemispheres. Left visual field (LVF) information is projected to the right hemisphere (RH) while right visual field (RVF) information is projected to the left hemisphere (LH).

2.1.1.2 網膜差呈示法

左右視野呈示法は、網膜の耳側(temporal hemiretina)と鼻側(nasal hemiretina)の後頭葉への投射特性の違いを利用した手法である。すなわち、耳側は同じ半球の後頭葉に、鼻側は対側の半球の後頭葉にそれぞれ視覚情報を投射する。網膜の耳側と鼻側には後頭葉への投射特性以外にも異なる投射特性をもっている。耳側の情報は鼻側の情報よりも上丘という部位への投射が少ない(Hendrickson, Wilson, & Toyne, 1970; Hubel, LeVay, & Wiesel, 1975; Pollack & Hickey, 1979; Wilson & Toyne, 1970)。すなわち上丘は相対的に鼻側網膜からの情報を多く受け取っていることになる。網膜から上丘への情報投射は最終的に頭頂葉へと到達するため、この経路は特に空間認知と関わっていると考えられている。一方で網膜から外側膝状体という中継部位を経て後頭葉に

投射する経路は主に刺激の分別に関与していると考えられている(e.g., Schneider, 1969). すなわち、鼻側視野(耳側網膜)と耳側視野(鼻側網膜)への分割呈示によって異なる神経基盤への(相対的ではあるが)情報入力を行うことが可能となる。すなわち、鼻側視野(耳側網膜)呈示時には物体認知と、耳側視野(鼻側網膜)呈示時には(上丘と関係した)空間認知とそれぞれ関連した効果が期待される。

例えば、Rafalら(1989)は耳側視野と鼻側視野の投射特性の違いを利用して復帰抑制現象と上丘を介する視覚経路との関連性を検討した。復帰抑制現象は特に耳側視野呈示(鼻側網膜投射)時に効果が大きいことから、彼らはこの現象と上丘を介する経路との関連性を指摘している。また上丘を介する経路は眼球運動の制御とも深く関わっていることが知られていることから(e.g., Robinson, 1972; Schiller & Stryker, 1972), 復帰抑制現象は眼球運動制御と深く関わった現象であると結論している。

2.1.2 生態学的妥当性に基づく視野呈示法

2.1.2.1 上下視野呈示法

左右視野呈示法および網膜差呈示法はともに網膜から脳部位への投射関係という神経生理学的特性を利用した手法である。視覚生物にとって視野の右側と左側あるいは鼻側と耳側といった違いは必ずしも生態学的に重要とは言えない。むしろ視野の上下あるいは中心と周辺の方が重要である。この視覚の生態学的妥当性を重視した分割視野呈示法が考案されている(Previc, 1990a, 1990b)。

Previc(1990a, 1990b, Previc, 1998)は上下視野の生態学的特性の違いに注目した。一般に下視野は観察者にとって近い空間(peripersonal space)を、上視野は遠い空間(extrapersonal space)をそれぞれ投射する傾向にある。つまり下視野が主に担うことになる視覚課題は運動制御であり、

脳の処理経路で考えると背側経路が担う課題である。上視野が主に担うことになる視覚課題は物体の探索や認知であり、腹側経路が担う課題である。彼はこのような上下視野の生態学的特性から、上視野は腹側経路と下視野は背側経路とそれぞれ関連性が深いと考察している。

以上の考えから、上視野と下視野の認知成績差から腹側経路と背側経路の相対的な機能分化を測定できるとするのが上下視野呈示法である。左右視野呈示法および網膜差呈示法とは異なり、神経生理学的な投射特性から考案された手法ではない。このためこの手法によって得られた認知成績について短絡的に解釈することはできない。しかしながら分割視野呈示と高次視覚経路(腹側経路と背側経路)との関連性を示唆する手法であることから、腹側経路と背側経路の機能分化を検討する上で重要な呈示法であると言える。

2.1.2.2 中心・周辺視野呈示法

上下視野呈示法と同様に、神経生理学的投射特性ではなく生態学的妥当性の観点から考えられる呈示法として中心・周辺視野呈示法がある。中心視野は一般に視力が高く詳細な視覚分析が可能であることから物体認知を、一方周辺視野は視力が低く粗雑な視覚分析のみが可能であるため空間認知を主に担っていると考えられる。

しかしながら、中心視野と周辺視野には異なる神経投射があることが知られている。O'Reilly, Kosslyn, Marsolek, and Chabris(1990)は下側頭部位(腹側経路の一部)と7a(背側経路の一部)のニューロンの発火特性について先行文献を調査し、前者は主に中心視野呈示時に強く発火するのに対して後者では中心視野では発火しないものも比較的多いことを指摘している。すなわち、中心視野情報は腹側経路に強く投射し、反対に周辺視野情報はむしろ背側経路に投射していることが推察される。もちろんこの投射関係は直接的なものではなく間接的なものであり、どちらの視野情報も両経路に入力されている。

以上の生態学的妥当性と神経生理学的投射特性に基づいて、中心視野と周辺視野の認

知成績差から腹側経路と背側経路の相対的な機能分化を測定できるとするのが中心・周辺視野呈示法である(e.g., Banich & Federmeier, 1999; Yeshurun & Carrasco, 1998). 上下視野呈示法と同様に、直接的な神経生理学的投射特性から考案された手法ではないため、得られた認知成績について短絡的に解釈することはできない。しかしながら分割視野呈示と高次視覚経路との関連性を示唆する手法であることから、上下視野呈示法と同様に、腹側経路と背側経路の機能分化を検討する上で重要な呈示法であると言える。

2.1.3 輝度・色彩とニューロン応答特性に基づく呈示法

網膜から外側膝状体という部位を経て後頭葉に連絡される視覚経路にはニューロン発火特性の異なる2つの経路が存在する。大細胞系経路(Magnocellular pathway)は一過性の応答をし、大まかな空間や運動に関する情報を伝達する。小細胞系経路(Parvocellular pathway)は持続性の応答をし、詳細な形態や色彩に関する情報を伝達する(e.g., Livingstone & Hubel, 1988).

この大細胞系経路と小細胞系経路の機能的特徴は高次視覚経路の機能とも関係している。大細胞系経路は主に空間運動情報に反応するので背側経路と、小細胞系経路は主に形態や色彩情報に反応するので腹側経路とそれぞれ関連性が深いことが容易に想像される。また相対的ではあるが、大細胞系経路の情報は主に背側経路へと伝達されるとする見解もある(Milner & Goodale, 1995).

2.1.3.1 フリッカー・パラダイム

色刺激の利用によって大細胞系経路と小細胞系経路の機能を一時的に低下できることが知られている。一つはフリッカー・パラダイムであり、もう一つは色の持続呈示法である。フリッカー・パラダイムとは、視覚刺激を呈示中にその背景を高速で入れかえる手法である。輝度

を高速で反転させる場合(白黒反転条件)と色を高速で反転させる場合(色反転条件)の2条件が比較される。白黒反転条件では大細胞系経路が、色反転条件では小細胞系経路がそれぞれ選択的に機能低下する(Brigell et al., 1996).

2.1.3.2 色の持続呈示による手法

もう一つの色の持続的呈示法は、赤背景の持続呈示が選択的に大細胞系経路の機能低下を引き起こすとする示唆(Breitmeier, May, & Heller, 1991; Breitmeier & Williams, 1990; Williams, Breitmeier, Lovegrove, & Guitierrez, 1991)から導かれた手法である。認知課題中に赤背景が持続的に呈示される条件と等輝度の緑背景が持続的に呈示される条件の2つを比較する。緑背景と比べて赤背景に晒されている場合には、メタコントラストやストロボ運動視が出現しにくくなることが知られている。メタコントラストやストロボ運動視はともに大細胞系経路が関与した現象であると考えられており、赤背景による効果の消失は大細胞系経路の機能低下が介在していると推察されている。また、この手法がより高次の認知課題にも適用され、高次視覚と大細胞系経路との関連性についても議論されている(e.g., Michimata, Okubo, & Mugishima, 1999; Roth & Hellige, 1998).

2.2 認知神経心理学における左右半球機能研究

以上の項で認知神経心理学において利用される視覚呈示法について概観した。視野と神経投射の関係から導かれた分割視野呈示法(左右視野呈示法, 網膜差呈示法)、視野と生態学的妥当性との関係から導かれた分割視野呈示法(上下視野呈示法, 中心周辺視野呈示法)および輝度・色彩の処理と神経経路の関係から導かれた呈示法(フリッカー・パラダイム, 色の持続呈示法)について概観した。

左右視野呈示法を除く手法はともに高次視覚経路（腹側経路と背側経路）を検討することを可能にするものである。しかしその制約も大きい。全ての方法において視野と高次視覚経路との関係は相対的なものでしかない。また生態学的妥当性から導かれた手法は必ずしもその神経基盤が明らかではない。これに対して、左右視野呈示法はその歴史が長く、かつ脳損傷患者や動物実験からの知見と照合することでその神経基盤も明らかになっている。認知神経心理学において左右視野呈示法を用いた左右半球機能研究は重要な位置を占めている。本項では左右半球機能に関する考え方の変遷を追うことで認知神経心理学における左右半球機能研究の意義について考察する。

2.2.1 システムとしての左右半球

左右の大脳半球は構造的には似ているが、その機能は異なる。このことが明らかになったのは言語野の発見であった。1861年に Broca, P. (1824-1880) が左半球の前頭葉後部に損傷があり、発話性の言語障害（運動性失語）を呈した患者を報告し、運動性の言語中枢を特定した (Hecaen & Albert, 1978)。1874年には、Wernicke, C. (1848-1904) が左半球の側頭葉の一部（第1側頭回後部周辺）が感覚性（言語理解）の言語中枢であると報告した (Hecaen & Albert, 1978)。この発見によって、言語に関わる機能は左半球に側性化している、つまり、右半球よりも左半球において優位に機能するということが明らかになった。

左右半球機能差が詳細に検査されたのは、Sperry らによって実施された分離脳研究においてであった (Bogen & Gazzaniga, 1965; Gazzaniga, 1970; Gazzaniga, Bogen, & Sperry, 1962, 1965; Sperry, 1961, 1968)。分離脳患者は左右大脳半球を連絡している脳梁を外科的に切除しているため、左右大脳の情報連絡が不可能であり、左右半球機能を詳細に検討することが可能である。彼らは分離脳患者に対する認知実験から、左半球における言語機能の優位性および右半球における空間機能の優位性について明らかにした。

Sperry らによって実施された分離脳研究を契機として、健常者に対しても左右視野呈示法などによって左右半球機能差が検討されるようになった (e.g., Cohen, 1973; Kimura, 1966; Kinsbourne, 1970)。左右半球は脳梁によって連絡されているため、片側半球に入力された情報が反対側の半球に転送される。しかしながら、健常者研究から得られた知見は分離脳研究の知見と符合する点が多く、健常者研究において左右視野呈示法が有効であることが示された。

分離脳研究は左右半球をそれぞれ独立したシステムとして捉えている。そのため引き続いて行われた健常者研究もその立場を取っていると考えられる。しかしながら、健常者では左右半球の情報連絡があるため、独立したシステムとして考察を進めることは困難である。また、分離脳患者においても脳梁などの交連線維以外で左右半球の連絡を取ることが可能であることを示す知見も存在する (e.g., Corballis, 1995)。このことから左右半球を独立したシステムとして捉えることには限界がある。

2.2.2 左右半球の機能分化

神経心理学の重要な原理に二重解離 (double dissociation) の原理がある (Teuber, 1955)。例えば前頭葉の損傷によって、感覚性の言語障害はないが、運動性の言語障害が発生したとする。しかしこれだけでは、前頭葉と運動性失語との関連性を明確に言うことはできない。前頭葉の損傷が一般的な運動性機能を低下させているという解釈も成り立つからである。この場合は単解離と言う。今度は別の障害例で、側頭葉の損傷によって、運動性の言語障害はないが、感覚性の言語障害が発生したとする。この両者の障害様相を突きあわせる事で前頭葉と運動性言語機能および側頭葉と感覚性言語機能をそれぞれ関連付けることができる。このことを二重解離と呼ぶ。

Kosslyn and Koenig (1992) はこの二重解離の原理を左右半球機能に適用している。例えば、認知課題 A は右視野において、認知課題 B は左視野においてそれぞれ優位であるという知見を得たとする。システム論的立場では、左半球は認知課題 A を右半球は認知課題 B をそれぞ

れ優位に解くことができるという解釈になる。しかしながら、認知課題を担う機能についてそれ以上の考察はできない。これに対して、二重解離の観点から考察すると、認知課題 A と認知課題 B を担う機能はそれぞれ異なっていることが導かれる。それぞれを機能 A と機能 B と定義すると、両機能は左右半球にともに存在するものの、機能 A は左半球において機能 B は右半球においてそれぞれ優位に機能するという解釈が成り立つ。

Kosslyn and Koenig (1992)の主張の特徴は、左右半球の機能分化を探ることで認知課題を担う機能を分化していくことが可能になるという点にある。システム論的立場に立った従来の左右半球機能研究では、ある一つの認知課題を対象としてそれが左半球優位なのか右半球優位なのかを検討することが多かった。これに対して機能分化の立場では、二重解離の原理に則って複数の認知機能を対象とし、左半球優位と右半球優位の機能を探索するという方針を採用する。例えば、空間認知課題でも左半球優位なものと同右半球優位なものが見つければ、空間認知機能は単一の機能ではなく異なる認知機能から構成された複合的な認知機能であると解釈することになる。このように左右半球の機能分化という立場からは、複合的な認知機能を構成する下位認知機能の特定化を進めることが可能となる。

2.2.3 左右半球の機能統合

以上に述べてきた立場は、いずれも左右半球の機能的差異について対象にしている。しかし、健常者では左右半球は脳梁によってつながれており、むしろ統合して機能する方が自然ではないかという反論も考えられる。特に最近では、この左右半球の機能統合過程に関心が寄せられている(八田, 1990 参照)。このことは、Kitterle, F. L.の編集により *Hemispheric communication: Mechanisms and models*. (1995)という本が発表されていることから明らかである。例えば、Banich (1995a, 1995b)は左右視野両方への入力の方が左右視野一方への入力よりも認知成績がよいという知見を得ている。この両視野分配効果は、課題がある程度困難な場合には各半球単独で

処理するよりも両半球で処理する方が、たとえ半球間で情報を転送するコストがかかるとしても、効率的に対処できることを示す知見であると解釈されている。また、Banich (1995b)は、この左右半球の機能統合がいわゆる認知の機能統合へのヒントとなりうることを指摘している。

分離脳研究を契機として始まった左右半球機能研究では、当初は左半球システムと右半球システムはどのように異なっているのかというシステム論的な立場で議論が進められてきた。しかし、この立場を健常者研究に適用するには限界がある。一方、Kosslyn and Koenig (1992)のように二重解離の原理に基づいた解釈を左右半球機能研究に適用することで、認知機能の分化を進めることは可能である。また、むしろ左右半球の情報統合を積極的に仮定することでいわゆる認知機能統合を検討することも可能となる。本研究では特に機能分化の立場を採用する。左右半球機能の知見から、複合的な認知機能を構成する下位認知機能の特定化を進める。

2.3 左右半球機能モデル

本項では代表的な左右半球機能モデルについて概観する。まず、最も初期の Kimura (1966)による機能特殊化説と、その直後の Kinsbourne (1970)による注意説について述べる。この2つの左右半球機能モデルはシステム論的背景をもったモデルであるが、その後のモデルに強い影響を与えていると考えられる。次に、認知心理学の考えが広まるにつれ、左右半球機能モデルにも情報処理的な観点から導入されるようになり、階層をもったモデルが提案されるようになった。この種のモデルは機能をいくつかの下位機能に分解している点で、機能分化的立場と符合するモデルと言える。左右半球機能モデルのうちこれに該当するモデルについて概観する。最後に、近年注目されている空間周波数説について触れる。

2.3.1 システム論に基づいた古典的モデル

Kimuraの機能特殊化説：Kimura (1973)は視覚と聴覚の左右半球機能の研究から、左半球は言語情報を、右半球は非言語情報を主に処理するという考えを提案した。まず、Kimuraは聴覚の左右半球機能、つまり右耳と左耳との認知の成績差の研究から始めた。Broadbent (1954)の両耳分離聴法という手法によって、左右半球機能が調べられると考えた Kimura (1961a)は、左あるいは右側頭葉を切除した患者に対して、両耳分離聴法による実験を実施した。呈示された刺激は言語刺激（数字）であった。その結果、対側耳の成績低下が見られたこと（左側頭葉切除の場合は右耳での、右側頭葉切除の場合は左耳での再生成績低下）と特に左切除患者において、全体的な成績低下が認められた。つまり、片方の耳からの情報は、対側の半球に強く投射しており、また言語性の情報は左半球において、より正確に処理されるということが示唆された。このことは、感覚性言語野（言語理解のための領野）が左半球の、いわゆる Wernicke 野にあるという知見とも符合する。次に、Kimura (1961b)は左半球ではなく、右半球に言語野があると推定される被験者に同様の実験を行い、逆に左耳優位という結果を得て、両耳分離聴法による言語野の推定の可能性を示唆した。

Kimura (1964)では、メロディーの再認における左耳優位という結果を得て、非言語性の情報は右半球において優位に処理されることを示した。言語性刺激の場合には再生課題が用いられるが、メロディーのような非言語性刺激の場合には、再生ではなく再認によってしか成績を測ることができない。この課題要求の違いが優位耳の変化に寄与しているという反論もありうるが、すでに課題要求によって優位耳が変化するわけではないことを示唆する研究が存在している (Broadbent & Gregory, 1964)。

瞬間呈示された単語が右視野においてより正確に認知されるという結果は、当初読字習慣から解釈された (Mishkin & Forgays, 1952)。しかし神経生理学的な知見より、右視野優位は左半球優位と推定されるようになった (Kimura, 1966, 1969; Sperry, 1961)。Kimura (1966)はアルファ

ベットの無意味綴りやアルファベットで構成される図的集合は右視野優位、これに対しドット群は左視野優位という結果を得て、聴覚モダリティと同様に、左右半球における機能差を言語性の観点から説明した。その後、ドットの空間的定位(localization)や奥行知覚(depth perception)といった非言語性と考えられる課題でも左視野優位という結果が得られ、右半球優位と推定された (Kimura, 1969; Durnford & Kimura, 1971, Kimura, 1973)。

Kinsbourneの注意説：Kimuraのモデルは、左右半球の機能的差異を入力刺激の言語性という観点から整理したものであった。しかし、これだけでは説明できない現象もある(e.g., Bryden & Allard, 1976)。Kinsbourne (1970)は、特に注意という観点から左右半球機能差を説明するモデルを提案した。このモデルには、主に2つの仮説がある。一つは課題が一方の半球に適合していると、その半球に対して対側視野に注意が向くようになるということ、もう一つは一方の視野への注意がそれと対側の半球に適合した認知処理を促進するということである。

Kinsbourne (1970)は、正方形の1辺に作られた間隙の検出課題を用いて、この注意説を支持する結果を得た。被験者は刺激呈示前に6つの単語を聞いた。被験者の課題は、正方形の左側に間隙がある場合には前の3単語を、右にある場合には後ろの3単語を答えることであった。結果は右視野呈示の方がより正確であった。間隙の検出という非言語性の課題でありながら、単語を記憶し回答時に再生するという言語的負荷があるため左半球が賦活化され、注意が対側の右視野に向いたと解釈された。このモデルは主に二重課題によって検討されているが、支持するものもあれば (e.g., 本田, 1977)、支持しないものもある (e.g., Boles, 1979)。

またこの仮説から推測されることとして、予期の効果がある。次にくる認知課題が何であるかが予測できれば、それに対応した半球が賦活化され (例えば、言語刺激であれば左半球)、対側視野に注意が向く。その結果、その視野 (例えば、右視野) での成績が向上することが期待される。しかし、これについても支持するもの (e.g., Cohen, 1975) と支持しないもの (e.g., Berlucchi, Brizzolara, Marzi, Rizzolati, & Umiltà, 1974; Geffen, Bradshaw, & Nettleton, 1972) がある。

Kinsbourne (1970)のモデルは、実験結果が不安定であり、妥当性が低い。Hellige, Cox, and Litvac (1979)はこの注意説について詳細に検討し、いくつかの変更を加えた。主な変更点は3つある。一つ目は、注意の効果は当初 Kinsbourne (1970)が想定していたよりも高次のレベルに対して働くということである。二つ目は、負荷量によっては促進（負荷が少ない場合）も抑制（負荷が高い場合）もありうるということである。3点目は、賦活化には2種類あるということである (general activation and selective activation)。General activation は両半球に対して働き、selective activation は左半球に対してのみ働くという (Cohen, 1979)。これらの要因が注意説の予測を不安定にしていると推定された。最近ではこの注意説を空間的注意、特に半側空間無視の説明モデルとしてとらえ、その妥当性が検証されている (e.g., Reuter-Lorenz, Kinsbourne, & Moscovitch, 1990)。

2.3.2 情報処理フレームワークに基づいたモデル

以上のシステム論に基づいた古典的モデルは、左右半球機能の基本的な側面をモデル化しているという点で重要である。しかしその後、認知心理学の台頭とともに情報処理的アプローチが広まるにつれ、左右半球機能モデルにもこのアプローチが導入されるようになった (Allen, 1983)。左半球/右半球という大きな単位ではなく、いくつかの認知処理単位を想定し、各左右差の複合として全体の左右差が決定されると考えている。

Cohen の処理様式説 : Cohen (1973)は、アルファベットや無意味記号を2,3,4,5個と複数個呈示し、それらが全て同じものか一つだけ異なるかという判断を被験者に求めた。右視野呈示では個数の増加に伴って反応時間が増加したが、左視野呈示では個数に関わらず反応時間は増加しなかった。この結果は、左半球（右視野呈示時）では系列的(serial)・分析的(analytic)処理が、右半球（左視野呈示時）では並列的(parallel)・全体的(holistic)処理が行われていることを示唆するものであると考えられた。この仮説は左右半球機能モデルに系列的・並列的処理という認知心

理的発想を導入したという意味で重要なモデルである。

八田のモデル : 八田(1982)は、単純な課題だけではなく、より高次な処理を必要とする複合認知課題の処理における左右半球機能モデルを提案した。このモデルには、2つの過程（知覚的処理過程、操作的処理過程）と1つの機構（認知偏倚機構）が仮定されている (Figure 2-2)。

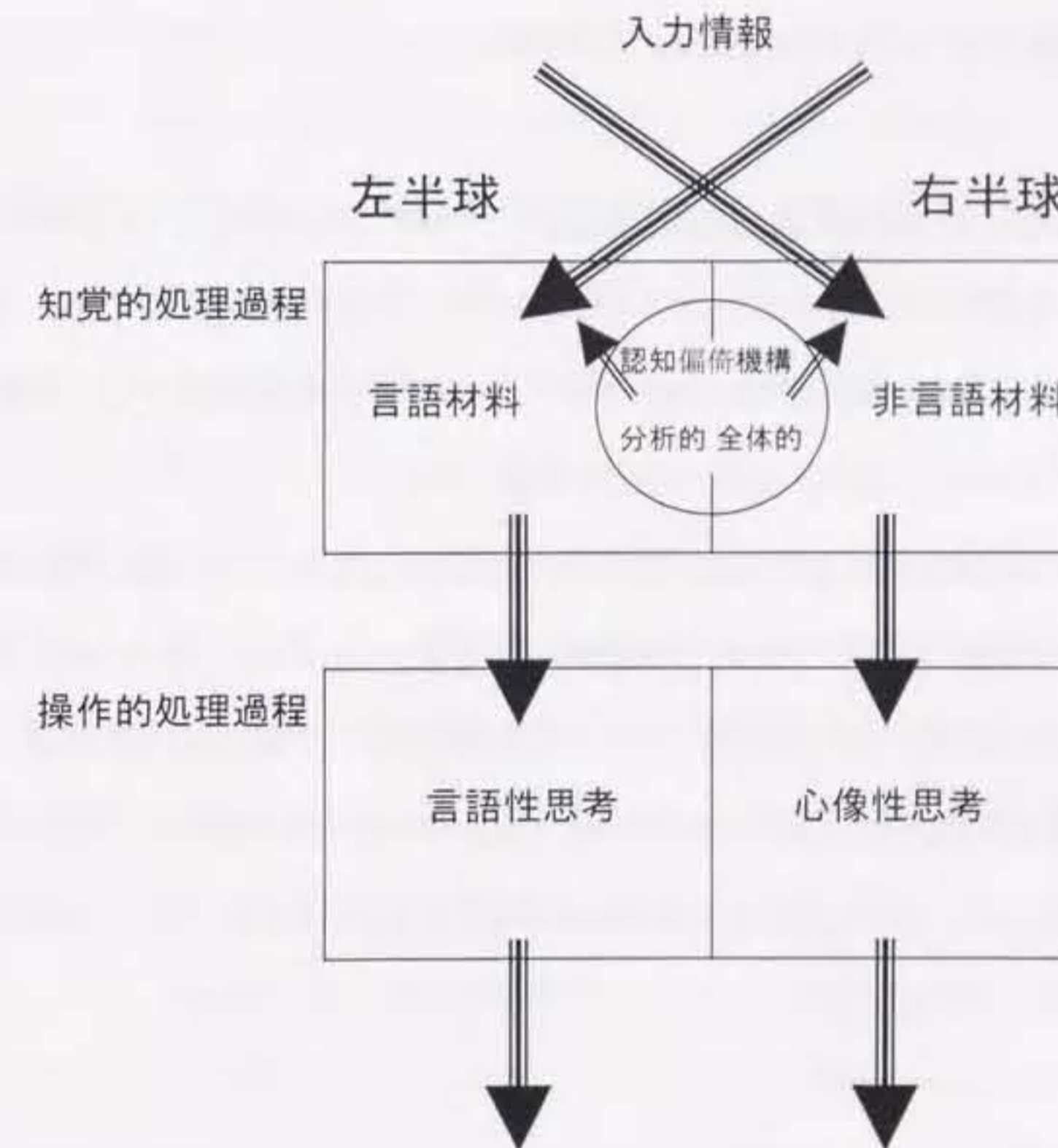


Figure 2-2. Hata's (1982) model

知覚的処理過程は Kimura が提案したモデルに対応する部分で、この過程の左半球は言語材料を、右半球は非言語材料をそれぞれ優位に処理するとされる。操作的処理過程は知覚的処

理過程から入力を受ける高次過程である。この過程の左半球は言語性思考（例：単語のカテゴリ一化など）を、右半球は心像性思考（例：心的回転やイメージ処理など）をそれぞれ優位に担当するとされる。認知偏倚機構は、知覚的処理過程の中にあり、課題処理の方略に影響を与えるとされる。知覚処理レベルに影響を与えるという点では Kinsbourne の注意説に該当するが、むしろ Cohen の処理様式説に対応する機構である。課題処理に対して、この機構の左半球は分析的処理への、右半球は全体的処理への変容を促すとされる。このモデルは、その時点では左右半球機能モデルに考慮されにくかった高次処理について説明している。

Moscovitch の afferent and efferent model：このモデルは、Kimura の機能特殊化説と Kinsbourne の注意説の両者を統合したモデルと言える。ここで言う afferent（求心性）とは、ボトムアップ処理に相当し、efferent（遠心性）とは、トップダウン処理に相当する。前者は機能特殊化説から、後者は注意説からそれぞれヒントを得ている。

Moscovitch (1986)は、左右半球にそれぞれ下位処理単位を想定した。同じ下位処理単位が左右半球にある場合には、その相対的な処理効率が左右差を生みだし、一方の半球にしか下位処理単位が存在しない場合には、半球間転送による時間差や情報の欠落が左右差を生み出すとしている。また、各半球における処理資源の配分やより高次レベルからの影響によっても左右差が生じると示唆している。このモデルは、左右半球機能モデルというよりも、左右半球機能研究のためのフレームワークと言うほうが正しい。

2.3.3 空間周波数の処理特性に基づいたモデル

上に挙げた情報処理フレームワークに基づいたモデルは、いずれも Kimura の機能特殊化説と Kinsbourne の注意説の両者を基盤として構築されている。しかし近年、これらとは異なる着眼点から左右差を説明しようとするモデルが提案されている(Ivry & Robertson, 1998; Sergent,

1982, 1983)。最後にこの空間周波数の処理特性に基づいたモデルを提示する。

Sergent (1982, 1983)による空間周波数説：Sergent は顔認知の左右差を研究するなかで、画像のクリアな刺激では右視野優位であるのにピンぼけの刺激では左視野優位になることに気付いた（八田, 1996 参照）。空間周波数(spatial frequency)とは、視覚刺激の粗さを示すもので、視覚刺激が空間的にどれくらい細やかな周期性をもって分布しているかを表わす単位である(乾, 1990, 行場, 1995 参照)。サイクル数、つまり視角1°あたりの明暗縞の本数で表現される。細い縞は高い、太い縞は低い空間周波数をそれぞれ持つことになる。すなわち、クリアな刺激とは高い空間周波数をより多く含み、逆にピンぼけの刺激は低い空間周波数をより多く含む。

Sergent (1982)は、いわゆる Navon 図形(Navon, 1977)を利用した実験を行った。Navon 図形とは小さいEで大きいHを形作るような刺激である。Local 刺激（小さいE）に対する反応は、右視野優位であったのに対し、Global 刺激（大きなH）に対する反応は、左視野優位であった。Local 刺激を知覚するためには高空間周波数成分の、Global 刺激では低空間周波数成分の分析が必要であると考えられる。この知見から、Sergent (1982)は高空間周波数の刺激は左半球優位であり、低空間周波数の刺激は右半球優位であるという空間周波数説を提案した。また、その左右差の責任部位としては、'beyond sensory'であるとした。つまり、網膜からの情報を処理する後頭葉視覚1次野ではなく、それよりも上位のレベルで左右差は生じるとした(Sergent, 1983)。

しかし、Sergent (1982)の実験刺激はアルファベットを組み合わせたものであり、厳密に空間周波数を操作しているわけではない。これについては、Kitterle, Christman, and Hellige (1990)が矩形図形を利用して検討している。高空間周波数の場合は、縦縞が細くなり、低空間周波数では縦縞が太くなる。Kitterle ら(1990)はこの矩形図形を左右視野に呈示し、刺激の検出や同定（格子が太いか細いか）を被験者に求めた。その結果、検出課題ではなく同定課題において、Sergent (1982, 1983)の仮説は支持された。この知見は、その左右差出現の責任部位が'beyond sensory'であるとする見解とも一致すると解釈された。

しかしながら、Navon 図形の Global/Local のレベルに大脳半球機能差があるという見解もある(e.g., Robertson, 1995; Robertson & Lamb, 1991)。また、これを支持する機能イメージング研究も存在する(Fink, Halligan, Marshall, Frith, Frackowiak, & Dolan, 1996)。特に Fink ら(1996)の研究では、刺激図形の大きさを変化させることで空間周波数特性が Global/Local のレベルに影響しないように配慮している。彼らは Navon 図形の大きさに2種類用意し、大きい Navon 図形の Local レベルと小さい Navon 図形の Global レベルが同じ大きさになるように設定された。もし空間周波数の高低が左右差に影響を与えているのであれば、大きい図形の Local レベルと小さい図形の Global レベルはともに同じ左右差が得られるはずである。しかし、結果は Navon 図形の Global/Local レベルが左右差を決定していた。このことから、Sergent (1982)の結果に主に影響したのは空間周波数特性よりも刺激関係の特性そのものであった可能性も考えられる。

Ivry & Robertson (1998)の DFF 理論：Ivry and Robertson (1998)は Sergent (1982)の仮説を修正する形で新たな空間周波数の処理特性に基づいたモデルを提案した。当初 Sergent (1982)は高空間周波数の刺激は左半球優位であり、低空間周波数の刺激は右半球優位であると考えた。しかしながら、Fink ら(1996)の研究では、刺激の大きさを変化させることで空間周波数特性が Global/Local のレベルに影響しないように配慮しているにも関わらず、Global/Local のレベルが左右半球機能に影響している。このことから単純に空間周波数の高低が左右差と関係しているという結論は下せない。

Ivry and Robertson (1998)は空間周波数成分の処理を2段階設定した。第1段階では、直面している視覚課題を解決するのに必要な空間周波数成分を選別して次の段階に送るフィルターの役割を果たす。この段階には左右半球機能差はないと仮定されている。第2段階では、第1段階のフィルターを経た空間周波数成分を増幅する。この段階に左右差があると仮定されている。左半球は相対的に高い空間周波数成分を増幅し、右半球は相対的に低い空間周波数成分を増幅する。つまり、空間周波数成分に関して2段階のフィルターが想定されている。このため Double

Filtering by Frequency (DFF)モデルと名付けられた。

このモデルで Navon 図形の処理を説明しようとする、以下のようなになる。第1段階では視覚課題を解決するのに必要な空間周波数成分を選別する。つまり、Navon 図形全体を処理するのに必要な空間周波数帯域を選別する。第2段階では第1段階のフィルターを経た空間周波数成分を左右半球においてそれぞれ増幅する。左半球では相対的に高い帯域成分を、右半球では相対的に低い帯域成分をそれぞれ増幅する。Navon 図形では Local レベルを処理するのに必要な高空間周波数成分を左半球が、Global レベルを処理するのに必要な低空間周波数成分を右半球が増幅することになる。

Sergent (1982)のモデルは空間周波数の絶対値が左右差に影響すると考えていたため、Fink ら(1996)の結果を説明できなかった。これに対して Ivry and Robertson (1998)の DFF モデルは空間周波数の相対値が左右差に影響すると仮定するので、Fink ら(1996)の結果を説明できる。このモデルは視覚モダリティ以外にも聴覚モダリティにも適用可能であり、広範な認知現象の左右差を説明することができる。

本章では、認知神経心理学における代表的な視覚呈示研究法について概説するとともに、左右半球機能に関する考え方およびモデル化の変遷について述べた。分離脳研究を契機として始まった左右半球機能研究では、当初は左半球システムと右半球システムはどのように異なっているのかというシステム論的な立場で議論が進められてきた。しかし、この立場を健常者研究に適用するには限界がある。これに対して Kosslyn and Koenig (1992)は、二重解離の原理に基づいた解釈を左右半球機能研究に適用することで、認知機能分化を進めるという方向性を示した。また、左右半球の情報統合を積極的に仮定することで認知機能統合を検討するという方向性も示されている(e.g., Banich, 1995b)。本研究では、左右半球機能の知見から複合的な認知機能を構成する下位認知機能の特定化を進めるという機能分化の立場を採用する。

また考察を進める上で有用であると考えられる左右半球機能モデルについて概観した。

Ivry and Robertson (1998)のDFFモデルは空間周波数の処理特性に基づくモデルであると同時に処理に階層性を持つと言う意味で情報処理フレームワークに基づくモデルでもある。また、空間周波数の高低は相対的に大細胞系経路と小細胞性経路の応答特性とも符合する点があり、神経基盤についても根拠がある。左右半球機能について考察する際には、このモデルを参照し解釈を行うこととする。

第3章 本研究の概観

本研究の目的は空間的に広がったシーンの知覚過程について、神経基盤も含めて理解することである。第1章では、物体情報と空間情報の脳内分離処理に関するモデルを提示するとともに、認知現象に認められる物体情報と空間情報の処理特性差について概観した。物体性情報処理にはある一定の限界があることから、もう一方の空間性情報処理がシーン知覚に大きく貢献している可能性が考えられる。物体特徴の統合にも空間性情報処理を担う背側経路が重要であることが指摘されている(Friedman-Hill et al., 1995; Robertson et al., 1997)。

複数の物体が様々な空間位置に配置された複雑な視覚的シーンが成立するためには、複数の物体間の空間関係を表現する必要がある。Kosslyn (1987, 1994)とLogan (1994, 1995)の空間関係表象に関する仮説はそれぞれ異なる観点から構築されている。しかし、お互いが排他的関係にあるのではなく、むしろ相補的な関係にあると言える。本研究では、両仮説を相互補完的に捉えて空間関係表象に関する神経基盤を踏まえた認知モデルを構築することを目指す。

第2章では、認知神経心理学における代表的な視覚呈示研究法について概説するとともに、左右半球機能に関する考え方およびモデル化の変遷について述べた。分離脳研究を契機として始まった左右半球機能研究では、当初左半球システムと右半球システムの違いに注目するというシステム論的な立場で議論が進められてきた。しかし、この立場を健常者研究に適用するには限界がある。これに対してKosslyn and Koenig (1992)は、二重解離の原理に基づいた解釈を左右半球機能研究に適用することで、認知機能の分化を進めるという方向性を示した。また、左右半球の情報統合を積極的に仮定することで認知機能統合を検討するという方向性も示されている(e.g., Banich, 1995b)。本研究では特に機能分化の立場を採用し、左右半球機能の知見から複合的な認知機能を構成する下位認知機能の特定化を図るという立場を取る。

本章では、左右半球機能分化の観点から構築されたKosslyn (1987, 1994)モデルの検証実験とそれに対する批判を概観する。また、本研究で実施した実験の全体像について述べる。本研究

の実験1-5(第4章: 実験1-3, 第5章: 実験4-5)ではKosslynモデルに対する批判を検証することを念頭においた実験を実施した。本研究の実験7-8(第6章)では空間関係計算過程における空間的基準枠の重要性について検討した(Banich & Federmeier, 1999)。空間関係計算過程における空間的基準枠の重要性はLogan (1994, 1995)モデルからも予測される。このことを踏まえて、KosslynモデルにLoganの空間関係計算過程を導入することの必要性について議論する。実験9-15では空間関係表象仮説の拡張を図る実験を実施した。実験9-11(第7章)では空間関係判断時の復帰抑制現象を検討した。実験12-15(第8章)では空間関係判断時の物体ベース注意の効果を検討した。

3.1 Kosslyn (1987, 1994)モデルの検証

Kosslyn (1994; Kosslyn & Koenig, 1992)はUngerleider and Mishkin (1982)の機能解剖学的モデルに従って、視覚情報は物体認知系と空間認知系にそれぞれ分配されることを前提とした視覚認知全体のモデルを構築している。まず、視覚情報はVisual Bufferと呼ばれるシステムに入力され、次に物体認知系であるObject Properties Encodingシステムと空間認知系であるSpatial Properties Encodingシステムにそれぞれ分配される。両システムで加工された情報はAssociative Memoryと呼ばれるシステムに転送され、このシステム内で情報統合が行われ物体と空間の両側面を含んだ視覚表象が形成されるとこのモデルでは考えている。

彼のモデル化の特徴は、二重解離の原理に基づいた解釈を左右半球機能研究に適用することで、認知機能の分化を進めているという点である(Kosslyn & Koenig, 1992)。空間認知系であるSpatial Properties Encodingシステム内にはさらにいくつかの下位システムが存在する。左半球ではCategorical空間関係表象を、右半球ではCoordinate空間関係表象をそれぞれ扱う下位システムが優位に作動すると提案されている。また、物体認知系であるObject Properties Encodingシステム内にも複数の下位システムが存在する。左半球ではCategory Pattern Activation下位シス

テムが、右半球ではExemplar Pattern Activation下位システムがそれぞれ優位に作動すると提案されている。ここでいう左右半球優位性は相対的なものであり、左右差があるということから異なる下位システムが想定できるという立場を取っている。

Categorical空間関係表象は上下・左右・前後など物体間(あるいは同一物体内の部品間)の相対的な配置関係を表現している。Coordinate空間関係表象は物体間(あるいは同一物体内の部品間)の距離などの数値的な関係を表現している。Exemplar Pattern Activationは、個々の刺激をそれぞれ別のもので処理するのに対し、Category Pattern Activationは、似た刺激を同じものとして処理すると仮定されている。つまり後者では、複数の刺激から共通の形態的構造が抽出されていると言える。例えば、A(ノーマル)、A(ボールド)、A(イタリック)という刺激が呈示されたとすると、Exemplar Pattern Activationではそれぞれ別のもので処理されるが、Category Pattern Activationではどれも同じAとして処理されるということになる。

空間関係表象の左右半球機能分化は主に2つの実験パラダイムによって検討されている。一つはHellige and Michimata (1989)の課題である。彼らはドットと水平バーで構成された刺激を左右視野の一方あるいは両視野に呈示した。被験者の課題は、バーに対してドットが上にあるのか下にあるのか、またバーとドットの距離が近いか遠いかの判断をすることであった。前者の課題はドットとバーのCategorical空間関係に関する課題であり、後者はCoordinate空間関係に関する課題であると考えられた。結果は、Categorical空間関係課題では右視野/左半球優位で、後者のCoordinate空間関係課題では左視野/右半球優位であった。これはKosslynの仮説を支持する結果であった。この種の課題を用いて同様の結果を示した研究も多く存在するが(Banich & Federmeier, 1999; Cowin & Hellige, 1994; Kosslyn, Chabris, Marsolek, & Koenig, 1992; Kosslyn, Koenig, Barrett, Cave, Tang, & Gabrieli, 1989; Laeng, Peters, & McCabe, 1998; Michimata, 1997; Niebauer & Christman, 1998; Parrot, Doyon, Demonet, & Cardebat, 1999; Roth & Hellige, 1998; Rybash & Hoyer, 1992)、一方で支持しない研究も存在する(Bruyer, Scailquin, & Coibion, 1997; Sergent, 1991)。

もう一つ実験パラダイムは Laeng and Peters (1995)の課題である。Laeng (1994)は片側脳損傷患者を対象として、空間関係処理の左右半球機能分化を検討した。刺激として日常的な物品や動物の線画が利用された。被験者の課題は Matching-to-sample 課題であった。まずある刺激を覚えて、次に同じような刺激が2枚呈示されるのでどちらが同じものかを判断するというものであった。2度目に呈示される刺激には、Categorical な空間変化（例えば、2つの物体の位置が入れ替わるなど）あるいは Coordinate な空間変化が加えられた（例えば、2つの物体間の距離が変化するなど）。左半球損傷患者は Categorical な変化を、右半球損傷患者は Coordinate な変化を認知することが著しく困難であった。これは Kosslyn モデルを支持する結果と言える。また、特に頭頂葉損傷者において各空間関係判断は困難であった。このことから空間関係表象の神経基盤として頭頂葉が想定された。

Laeng and Peters (1995)は、Laeng (1994)の結果を踏まえ、同様のパラダイムを健常者に適用した。つまり、刺激が左右視野の一方に呈示された。被験者の課題は、試行の前に記憶した刺激と一方の視野に呈示される刺激の Matching-to-sample 課題であった。実験の結果は、Categorical な変化の検出は右視野優位で、Coordinate な変化の検出は左視野優位であり、Kosslyn の仮説を支持した。

物体認知系の左右半球機能分化について検討した代表的な研究は、Marsolek (1995)である。彼はランダムな線図形をわずかに変形させることによって、似たような刺激を複数個作成した。被験者の課題は、似たような刺激を同じカテゴリーに属する刺激として学習することであった。学習後に、カテゴリー判断課題が要求された。刺激は左右視野の一方に呈示された。この時、初めて被験者は原形となった刺激を見せられた。結果は、一度も見ていない原形刺激は右視野優位となり、学習時に呈示された刺激や呈示されていないが原形から変形を加えられた刺激は左視野優位となった。つまり、学習段階で似たような刺激から共通成分が抽出され、カテゴリーを代表する刺激の表象が形成されたと考えられる。また、その抽出システムは左半球に存在することが示唆された。Marsolek (1995)はこの下位システムを Abstract Visual Form (AVF) subsystem, 逆に

個々の刺激を別個に表象している下位システムを Specific Visual Form (SVF) subsystem と名付けた(Marsolek, 1999)。これは Kosslyn モデルにおいて仮定されている Category Pattern Activation と Exemplar Pattern Activation にそれぞれ対応する。また Marsolek, Kosslyn, and Squire (1992)は、潜在記憶課題の語幹完成課題を利用して、SVF subsystem が右半球において優位に機能することを示唆した(Marsolek, Schacter, & Nicholas, 1996; Marsolek, Squire, Kosslyn, & Lulenski, 1994)。

Koivisto (1996)は、知覚同定課題を用いて Marsolek 仮説の検証実験を行った。方向づけ課題が与えられたのち、別の課題として知覚同定が要求された。方向づけ課題において呈示された単語が知覚同定課題においても呈示されたが、このことは被験者には教示されなかった。知覚同定とは、単純に何が出ていたのかを答えるという課題であるが、刺激は短時間しか呈示されず同定しづらくなっている。単語を左右視野の一方に呈示したところ、方向づけ課題と同じケース（大文字）で呈示された単語は左視野でより正確に同定された。これは Marsolek 仮説の SVF subsystem, Kosslyn モデルの Exemplar Pattern Activation が担う機能であり、結果はこれと整合する。しかし、同じ単語でケースが違う場合は、両視野とも成績がよかった。AVF subsystem はケースに関わらず、同じ単語として処理すると考えられる。もし AVF subsystem が左半球において優位に機能しているのであれば、ケースが異なる刺激は右視野優位となるはずであった。つまり、もう一方の Category Pattern Activation については支持されなかった(Koivisto, 1995)。

3.2 Kosslyn (1987, 1994)モデルに対する批判

Kosslyn (1994)モデルの物体認知系および空間認知系の左右半球機能分化はそれぞれ異なる実験パラダイムで検証されている。彼は Ungerleider and Mishkin (1982)の機能解剖学的モデルに従い、視覚情報は物体認知系と空間認知系にそれぞれ分配されることを前提としている。このため、物体認知系と空間認知系はほぼ独立した視覚システムであるとしてモデル化を進めている。この点については Milner and Goodale (1995)の見解と一致する。一方で、Friedman-Hill ち(1995)

および Robertson ら(1997)は両視覚経路は統合過程において密接に関係を持っていると主張している。このことから Kosslyn モデルにおける視覚システムの二重経路性については検証実験が必要である。また、物体認知系と空間認知系のシステム自体が側性化している可能性も否定できない。

最も初期の左右半球機能モデルの一つ、Kimura (1966, 1973)による機能特殊化説では、非言語性の処理として点の定位や奥行知覚を挙げている(Durnford & Kimura, 1971; Kimura, 1969)。点の定位や奥行知覚は空間機能であり、Kosslyn モデルの Spatial Properties Encoding システムが負うべき機能である。Kimura らの研究では、いずれも左視野優位、つまり右半球優位という結果が得られた。

Cohen (1973)は被験者の内省報告から、刺激を右視野呈示した時には1個1個処理する方略が選択され、左視野呈示した時には全体的に一括して処理する方略が選択される可能性を示唆している。Robertson (1995)は部分-全体処理とラテラルリティに関する議論から、部分的な処理は左半球において全体的な処理は右半球においてそれぞれ優位であると主張している。一般に系列-部分的処理は物体認知において有利に働き、全体的処理は空間認知において有利に働くと考えられる。このことから Object Properties Encoding システムが部分的な処理を、Spatial Properties Encoding システムが全体的な処理をそれぞれ担当している可能性が予測される。

以上のような先行研究から、Object Properties Encoding システムは左半球において、Spatial Properties Encoding システムは右半球においてそれぞれ優位である可能性が考えられる。また、この可能性は Ivry and Robertson (1998)のモデルにおいても予測される。視覚的シーン全体の認知を考えた場合、空間情報は相対的に低空間周波数成分を、物体情報は相対的に高空間周波数成分をそれぞれ含むと考えられる。相対的に低空間周波数成分は右半球において、高空間周波数成分は左半球においてそれぞれ増幅されることから、結果的に空間情報は右半球において物体情報は左半球において優位に処理される可能性が Ivry and Robertson (1998)のモデルから期待されることになる。

上に述べた議論から、Kosslyn モデルの問題として2点挙げることができる。一つは物体認知系と空間認知系の左右半球機能分化を異なる実験パラダイムを用いて独立して検討している点である。Friedman-Hill ら(1995)の認知神経科学的モデルより両視覚経路の関連性が示唆されている。つまり、物体認知系と空間認知系の左右半球機能分化について、その独立性を保證する実験が必要である。また、システム論的左右差モデルや Ivry and Robertson (1998)の DFF モデルから異なる予測も成り立つ。すなわち、空間情報は右半球において物体情報は左半球において優位に処理される可能性も否定できない。

本研究では、物体認知系と空間認知系の左右半球機能分化について同じ実験パラダイムを用いて検討した(実験 1-2)。実験パラダイムとして Laeng and Peters (1995)の Matching-to-sample 課題を採用した。この課題は、サンプル刺激とマッチ刺激の変化を調整することで物体情報と空間情報の処理をともに被験者に課すことができる。実験 1-2 で得られた知見に基づいて、実験 3 では物体情報と空間情報を同時に処理する事態における左右半球機能分化を検討した。Kosslyn モデルが妥当であれば、物体認知系と空間認知系においてそれぞれ仮定されている左右半球機能分化が独立に認められることが期待される。具体的には、Categorical 空間関係と Category Pattern Activation は左半球において Coordinate 空間関係と Exemplar Pattern Activation は右半球においてそれぞれ優位であるという結果が期待される。これに対して Ivry and Robertson (1998)の DFF モデルからの予測が妥当であれば、物体認知は Category Pattern Activation と Exemplar Pattern Activation に関わらず左半球において、空間認知は Categorical 空間関係と Coordinate 空間関係に関わらず右半球において優位であるという結果が期待される。

もう一つの問題は、空間認知の右半球優位性である。特に Durnford and Kimura (1971)と Kimura (1969)は、3次元性の判断では右半球優位性が強いと指摘している。しかしながら、Kosslyn 仮説を検証した先行研究は2次元性の空間関係に限定されており、3次元性の空間関係については検討されていない。そこで実験 4 では2次元性の、実験 5 では3次元性の空間関係判断を被験者に求めることで、この問題点を検討した。Kosslyn 仮説が妥当であれば、空間の次元

性に関わらず空間関係の種類に応じて左右半球機能差が決定される。一方 Durnford and Kimura (1971)と Kimura (1969)の示唆が妥当なものであれば、2次元性と比べて3次元性の空間関係判断ではその種類に関わらず右半球優位性が期待される。

3.3 空間関係表象：空間的基準枠と視覚的注意の影響

Kosslyn (1987, 1994)の仮説を検討する代表的な課題として採用されている Hellige and Michimata (1989)の Bar and dot task にも問題点が指摘されている。Sergent (1991)は基本的に Hellige and Michimata (1989)の結果が追試できないと報告している。また、Bruyerら(1997)も Bar and dot task の知見は課題や反応特性によって結果が変動しやすいと報告している。

Banich and Federmeier (1999)は Bar and dot task の不安定性を説明する要因として空間的基準枠の予測可能性を挙げている。Hellige and Michimata (1989)の実験では空間的基準となる水平バーが常にコンピュータ画面の中心水平面に呈示されていた。被験者は水平バーに対するドットの位置を判断するという方略以外に、画面全体を空間的基準枠としてドットの位置を判断するという方略を取ることが可能であった。また、その空間的基準枠の利用可能性が被験者側に委ねられていた。Banich and Federmeier (1999)は水平バーの位置を常に中心水平面に呈示するという条件(固定条件)とバーの位置を試行毎にランダムに変化させる条件(変動条件)の二つを用意し、その左右差を比較した。前者は Hellige and Michimata (1989)と同じ条件である。後者は試行毎に空間的基準枠を設定しなおさなければならない条件であった。固定条件では明確な左右差は得られなかった。これに対して、変動条件では左右差が得られた。Categorical 空間関係は右視野/左半球優位であり、Coordinate 空間関係は左視野/右半球優位傾向であった。つまり、Hellige and Michimata (1989)と同じ条件下では Kosslyn 仮説は支持されず、常に空間的基準枠を変更しなければならない条件下においてのみ仮説は支持された。彼女らはこの知見から空間的基準枠の設定に左右差があると示唆した(Humphreys & Ridloch, 1984)。

Banich and Federmeier (1999)の示唆は Logan (1994, 1995)仮説とも整合的である。彼は空間関係計算過程に3つの下位過程を提案した。まず“空間領域の指定”によって刺激を捕捉し、続いて“基準枠の設定”を行う。最後に“基準領域と目標物体の比較”を行うことで判断を下す。

Banich and Federmeier(1999)の知見を Logan 仮説によって解釈すると、基準枠の設定過程に左右半球機能差があることになる。このことから、Kosslyn モデルに Logan の空間関係計算過程を導入する必要性が導かれる。

本研究の実験6では Banich and Federmeier (1999)の知見を追試する目的で、ほぼ同様の実験を実施した。異なっている点は、水平バーの位置を固定するのではなく、水平バーのみを先行呈示することで空間的基準枠の手掛かりを与えることであった。彼女らの刺激呈示手続では固定条件と変動条件とで刺激の呈示される周辺位置が異なっていた。固定条件に比べて変動条件の方がより周辺視野に刺激が呈示される傾向にあった。本研究で採用した基準枠の手掛かりを与える手続ではこの問題を克服できる。また手掛かり手続では、被験者に基準枠を積極的に利用することを強いることができる。

実験7-8では新たな刺激を採用して仮説の拡張を行った。バーの真上真下にターゲットを呈示するのではなく、基準(X)の斜め上下左右にターゲットを呈示した。Carlson-Radvansky and Logan (1997)は基準物体に対して上下判断をする場合、ターゲットが真上真下にあるとき(空間関係の適合がよいとき; Goodness of fit)の方が斜め上斜め下にあるとき(空間関係が容認できるとき; Acceptable)よりも判断時間が速くなることを報告した。Logan (1995)は、適合のよさや容認性が空間関係判断に影響するという事は概念表象レベルまで変換が進んでいることの証拠であると主張している。一方距離などの物理的要因が空間関係判断に影響する場合には知覚表象レベルで留まっていることになる。実験6-8を通じて空間関係判断における知覚・概念表象の介在性についても検討を加えた。

実験9-15では空間関係表象仮説の拡張として、視覚的注意機序が空間関係判断に及ぼす影響を検討した。実験9-11では空間関係判断時の復帰抑制効果について検討した。視覚シス

テムは常に新奇な位置を探索して事前に注意を向けた空間位置は抑制するような戦略(注意の更新)を取っており、復帰抑制はこのような仕組みを反映した現象であると解釈されている(Posner & Cohen, 1984)。この復帰抑制効果はLoganの空間関係計算過程における空間領域の指定過程に主に影響する効果と考えられる。

実験 12-15 では空間関係判断時の物体内優位効果について検討した。物体内優位効果とはBaylis and Driver (1993)が報告したもので、同一物体内での空間関係判断の方が異なる物体間での空間関係判断よりも容易であるという効果である。この効果は物体ベース注意の一種であり、視覚システムは同一物体の内部構造に注意を向けやすいことを示唆するものと考えられる。Logan 仮説で解釈を試みると、やはり空間領域の指定過程に主に影響する効果と考えられる。2つの視覚的注意に関する効果(復帰抑制効果と物体内優位効果)の知見から、Loganの空間関係計算過程における空間領域の指定過程について検討を加えた。

第4章 物体と空間関係の認知における左右半球機能分化¹

本章では、Kosslyn (1994)により提起された物体・空間認知系の二重経路モデルの妥当性について検証した。Kosslyn (1994)はUngerleider and Mishkin (1982)の機能解剖学的モデルに基づき、物体認知系(腹側経路)と空間認知系(背側経路)がそれぞれ独立・並列的に情報処理を実行し、その出力結果が統合することで視覚的シーン知覚が成立すると考えた。また、物体認知系と空間認知系にそれぞれ左右半球機能分化が存在するとも提案した。空間認知系では、Categorical 空間関係(物体間の相対的配置関係など)は左半球優位であり、Coordinate 空間関係(物体間の距離関係など)は右半球優位であると提案された。物体認知系では、Category Pattern Activation システム(物体特徴の共通性の抽出)は左半球優位であり、Exemplar Pattern Activation システム(物体特徴の特殊性の抽出)は右半球優位であると提案された。

実験 1 において空間認知系の左右半球機能分化を、実験 2 において物体認知系の左右半球機能分化をそれぞれ左右視野呈示による Matching-to-sample 実験によって検証した(Laeng & Peters, 1995)。実験 3 では、同様に Matching-to-sample 実験によって両認知系の独立性を検証した。Kosslyn (1994)モデルが妥当であれば、両認知系は独立・並列的に機能するので、両情報を同時に符号化する実験事態でも単独符号化の実験事態(実験 1-2)と同じ左右差が期待される。これに対し、Ivry and Robertson (1998)の DFF モデルは異なる予測を与える。物体情報は空間情報と比べて相対的に高い空間周波数成分を含むと考えられる。DFF モデルでは、左半球は相対的に高い空間周波数成分を右半球は相対的に低い空間周波数成分をそれぞれ優位に処理すると考える。このため、物体認知は左半球優位であり空間認知は右半球優位であるという結果が期待される。

¹ 実験 1 と 2 は Kogure, T. (2001a). Spatial relations and object processes in two cerebral hemispheres: A validation of a sequential matching paradigm for the study of laterality. *Laterality*, 6, 57-68. として、実験 3 は Kogure, T. (2001b). Concurrent processing of spatial relations and objects in two cerebral hemispheres. *Perceptual and Motor Skills*, 92, 335-347. として発表した。

4.1 実験1 空間関係の認知における左右半球機能分化

実験1では、空間認知系において仮定されている左右半球機能分化について検証した。Categorical 空間関係は左半球優位であり、Coordinate 空間関係は右半球優位であるという仮説を追試した。実験パラダイムとして Laeng and Peters (1995)の Matching-to-sample 課題を採用した。実験1では、Different 刺激として Categorical な変化(相対位置の変化)を加えたものと Coordinate な変化(距離および角度の変化)を加えたものを準備した。

4.1.1 方法

4.1.1.1 被験者

右利き者の大学生、大学院生21人(男性10人、女性11人)が実験に参加した。視力は正常または矯正により正常であった。利き手は H.N.利き手テストにより測定した(八田・中塚, 1975)。

4.1.1.2 刺激材料と装置

4つの幾何学図形(○△□×)が3×4の格子上に疑似ランダムに配置されたものを刺激として用いた。4つの幾何学図形が偏って格子内に配置されないように制約を設けた。各行には必ず1つの図形が配置された。各列には最低でも1つの図形が配置された。Figure 4-1に例を示した。Figure 4-1の上パネルの刺激では、各行には1つずつ図形が配置されている。中央列と右列には1つずつ図形が配置されている。左列には2つの図形が配置されているが、2つの図形が並んだ場合にはその中心線が並ばないようにわずかに軸をずらした。格子自体は表示しなかった。格子サイズとして4種類用意した(60×80, 30×80, 60×60, 30×60 mm)。刺激は白背景に黒色

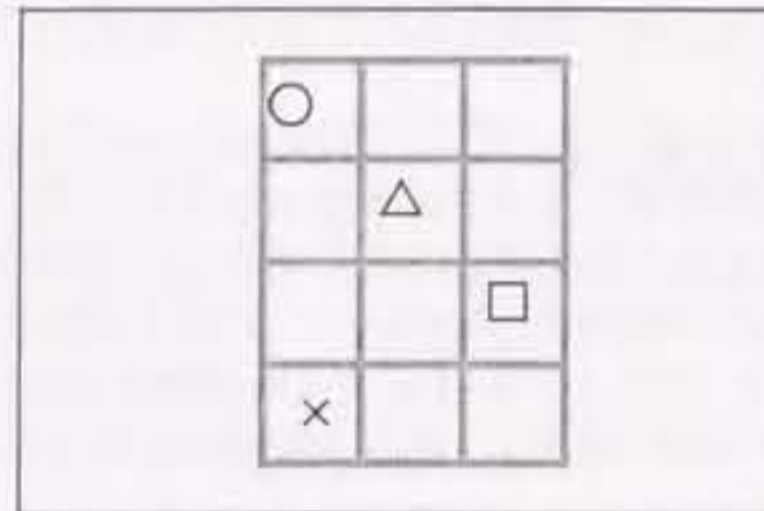
で呈示した。

Different 条件に2つの下位条件を設定した(Categorical 変化/Coordinate 変化)。Categorical 変化条件では、1つの図形が別の位置にランダムに移動したものを作成した(Figure 4-1の下左図)。この手続によって相対的な配置関係は変化することになる。また結果として距離や角度の変化が生じてしまうが、全体的な大きさは保たれているので Coordinate 変化は最小限に制限されていると考えられる。

Coordinate 変化条件では、配置関係はそのままで全体的な縮尺が変化した。具体的には、xy 軸の一方だけが変化し、x 軸が変化する場合は50%縮小あるいは200%拡大し、y 軸が変化する場合75%縮小あるいは133%拡大した(Figure 4-1の下右図)。しかし、各図形の大きさは変化しなかった。具体的には格子サイズが変化した。Figure 4-1の上図では60×80 mmの格子であったが、右下図では60×60 mmの格子に変化している。この手続で Coordinate 変化刺激を作成すると、各図形間の距離以外に図形間の角度も同時に変化する。この手続を採用したのは距離情報以外に角度情報も Coordinate 空間関係の情報として重要であると考えたためである。

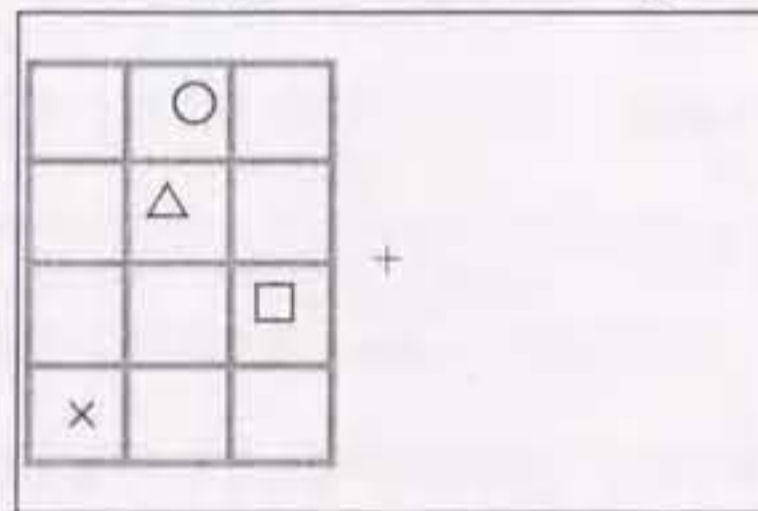
基本となるサンプル刺激を16個作成し、これを基に Categorical 変化条件と Coordinate 変化条件を作成した。Same 反応用として16刺激、Different 反応用として32刺激を作成した。Same/Different を同数回にするため、サンプル刺激とは別に新たに16刺激を Same 反応用として作成した。これらの刺激を左右視野に1回ずつ呈示するので、試行数は128回((Same 32 + Different 32)×2)となった。同様の手続で、練習試行用の刺激を作成した。練習試行数は32回((Same 8 + Different 8)×2)であった。刺激呈示および反応取得は AV タキストスコープ(岩通アイセル社製)および Macintosh Quadra 650 によって制御した。観察距離は500 mm であり、被験者の顔は顔面固定器によって固定された。幾何学図形は視角にして1.1°×1.1°で、最大の格子(60×80 mm)は6.8°×9.1°であった。

Sample Stimulus



Match Stimuli

<Categorical Change>



<Coordinate Change>

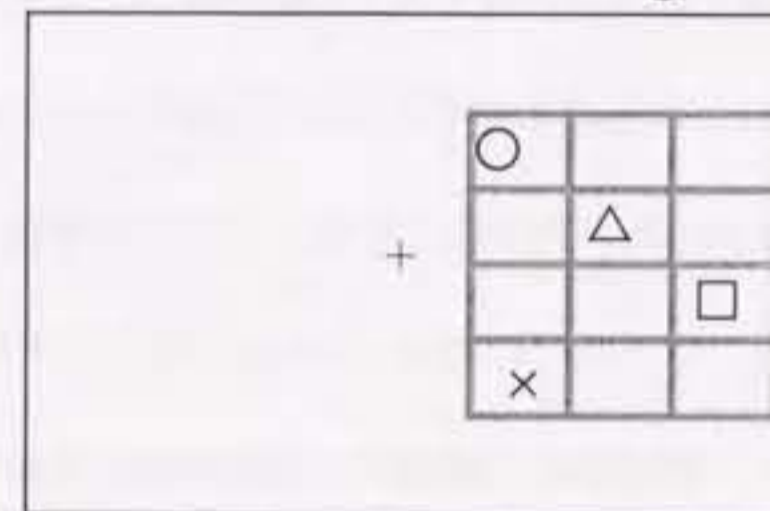


Figure 4-1. Sample and match stimuli used in Experiment 1. The matrix lines were not presented in the actual computer display. The scale shown here is not the same as for the real stimuli used in the experiment.

4.1.1.3 手続

被験者の課題は継時的に呈示される2つの刺激の照合であった。反応ボックスのボタンを押すと、画面中央部に注視点が1000ms間呈示され、続いて2000ms間サンプル刺激が中心視野に呈示された。被験者にはこの刺激を記憶するように教示した。直後、サンプル刺激が呈示された部分を覆う程度に中心視野にブラックマスクが50ms間呈示された。再び注視点が950ms間呈示されたが、このときには注視点を注視することが被験者に求められた。引き続き、左右視野の一方にマッチ刺激が150ms間呈示され、ブラックマスクが50ms間呈示された。マッチ刺

激は視角にして3.4°左右に偏的に呈示された。ブラックマスクはマッチ刺激が呈示された部分を覆う程度に両視野に同時に呈示された。マッチ刺激が呈示された時点で、被験者にはサンプル刺激とマッチ刺激とのSame/Different判断が求められた。できる限り速くできる限り正確に反応することが求められた。Same反応の場合には両手の中指で2つのキィを同時に押し、Different反応の場合には両手の人さし指で2つのキィを同時に押すことで回答した。速い方の反応時間をデータとして取得した。反応に対するフィードバックはなかった。

初めに練習試行が32回行われ、その後本試行が行われた。1セッションは32回で4セッション計128試行行われた。各セッションの試行順は、同じ視野に3回を超えて連続して呈示されないことと、同じサンプル刺激が連続して呈示されないことの2つの制約条件に基づいて疑似ランダム化した。

4.1.2 結果

実験に参加した被験者のうちSame/Different条件の一方においてエラー率が50%を超えた3名(男性2名、女性1名)は分析から除外した。このため、18名のデータで分析を行った。各被験者毎に全体平均値から標準偏差の2倍以上離れた値を外れ値として除外した。外れ値として除かれたデータは全体の試行数の4.2%であった。

4.1.2.1 反応時間

Table 4-1に左右視野×Same/Different条件の平均反応時間とエラー率を示す。反応時間を従属変数として、左右視野×Same/Different条件を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。左右視野×Same/Different条件の交互作用が有意となった($F(1,17) = 8.63, MSE = 1652.47, p < .01$)。単純主効果の結果、Same条件においてのみ左視野優位が見られ($F(1,34) = 12.35, MSE =$

1061.77, $p < .005$), Different 条件では有意差はなかった($F(1,34) = 2.78, ns$).

Different 条件に左右視野差が認められなかったことから, 左右視野×Categorical/Coordinate 変化条件を被験者内要因として対応のある分散分析を行った. 左右視野×Categorical/Coordinate 変化条件の交互作用にのみ傾向差が認められた($F(1,17) = 4.13, MSE = 3761.64, p < .06$; Figure 4-2). 単純主効果の結果, Categorical 変化条件のみ右視野優位であった($F(1,34) = 6.84, MSE = 2956.24, p < .025$). Coordinate 変化条件には有意差はなかったが($F < 1$), 視野差の方向性は Kosslyn 仮説と一致した.

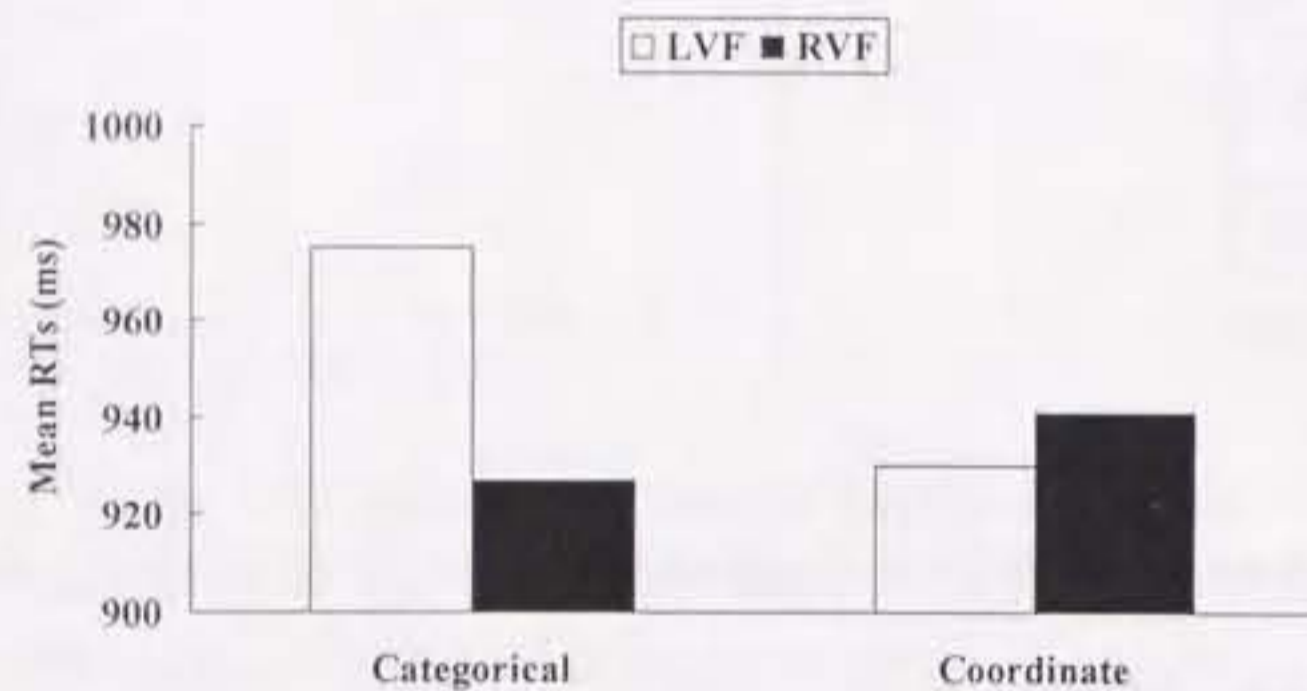


Figure 4-2. Mean reaction times (RTs, ms) for each different condition as a function of visual field in Experiment 1.

4.1.2.2 エラー率

反応時間と同様にエラー率を従属変数として 2 つの分散分析を行った. 左右視野×Same/Different 条件を被験者内要因とした対応のある分散分析を行ったところ, 視野の主効果が見られた($F(1,17) = 7.36, MSE = 40.67, p < .025$). 反応時間と同様に左視野優位であった. Same/Different 条件の傾向も見られた($F(1,17) = 4.21, MSE = 153.14, p < .06$). Same 反応の方が正確

であった.

左右視野×Categorical/Coordinate 変化条件を被験者内要因として対応のある分散分析を行ったところ, Categorical/Coordinate 変化条件の主効果が見られた($F(1,17) = 5.92, MSE = 146.65, p < .05$). Coordinate 変化条件($M = 22.0\%$)の方が Categorical 変化条件($M = 29.0\%$)よりも正確であった.

Table 4-1

Mean Reaction Times (RT) and Error Rates (Standard Error) for Same and Different Conditions in

	Experiment 1			
	RT (ms)		Error Rates (%)	
	LVF	RVF	LVF	RVF
Same	943 (63.1)	981 (69.9)	17.9 (2.11)	21.2 (2.41)
Different	952 (58.4)	934 (51.6)	23.1 (1.99)	28.0 (2.80)

4.1.3 考察

実験 1 の結果はほぼ Kosslyn の仮説と一致した. 反応時間では左右視野×Categorical/Coordinate 変化条件に交互作用の傾向が認められた. Categorical 空間関係については仮説通り右視野優位であり, 左半球優位と推定された. 先行研究では, Categorical 空間関係の統計的視野差を検出している例は少なく, その点でも重要な結果である(Kosslyn et al., 1992). 一方 Coordinate 空間関係の左右差は統計的に有意ではなかった. 今回の実験では, Categorical な変化に比べて, Coordinate な変化が簡単であった. そのため左右視野差が消失した可能性が考えられる. エラー率の結果では Kosslyn 仮説と一致する視野差は認められなかったものの, 反応時間とエラー率にトレードオフ関係はなかった.

4.2 実験2 物体認知における左右半球機能分化

実験2では、物体認知系において仮定されている左右半球機能分化について検証した。Category Pattern Activation システムは左半球優位であり、Exemplar Pattern Activation システムは右半球優位であるという仮説を追試した。実験1と同様に Matching-to-sample 課題を採用した。Category Pattern Activation システムは言語材料の処理に有利に機能することが予測されるため、対応する刺激として数字を採用した。一方 Exemplar Pattern Activation システムは特殊な特徴を有する刺激の処理に有利に機能することが予測されるため、具体物の線画を刺激として採用した。よって、Different 刺激として言語材料に変化を加えたもの（具体的には数字）と非言語材料に変化を加えたもの（具体的には線画）を準備した。

4.2.1 方法

4.2.1.1 被験者

右利き者の大学生、大学院生 19 人（男性 10 人、女性 9 人）が実験に参加した。視力は正常または矯正により正常であった。利き手は H.N.利き手テストにより測定した（八田・中塚, 1975）。

4.2.1.2 刺激材料と装置

言語材料として数字（0 から 9）、非言語材料として具体物の線画（10 個）を用いた。線画は Snodgrass and Vanderwart (1980)の刺激セットの中から、比較的親近度が高く、かつ同じカテゴリーに属さないものを選択した（Table 4-2）。数字は視角にして $1.1^\circ \times 1.1^\circ$ 、線画については最小のものが $1.8^\circ \times 1.8^\circ$ （りんご）で、最大のものは $3.0^\circ \times 3.0^\circ$ （ハンマー）であった。

呈示される刺激は数字から 2 要素、線画から 2 要素で計 4 つから構成された。2×2 の格子にそれぞれ配置された。格子自体は呈示しなかった。全体の大きさは $4.6^\circ \times 4.6^\circ$ であった。刺激は白背景に黒色で呈示した。

言語材料の変化条件に対応する Digit 変化条件では数字を一つだけ、非言語材料の変化条件に対応する Picture 変化条件では線画を一つだけ別のアイテムに置き換えた。できる限り空間的手掛かりによって課題が遂行されないようにするため、Same 反応時でも格子内の配置関係は変化させた（Figure 4-3）。

実験1と同様に、基本となるサンプル刺激を 16 個作成し、これを基に Digit 変化条件と Picture 変化条件を作成した。Same 反応用として 16 刺激、Different 反応用として 32 刺激を作成した。Same/Different を同数回にするため、サンプル刺激とは別に新たに 16 刺激を Same 反応用として作成した。これらの刺激が左右視野に 1 回ずつ呈示されるので、試行数は 128 回（Same 32 + Different 32）× 2 となった。同様の手続きで、練習試行用の刺激も作成した。練習試行数は 32 回（Same 8 + Different 8）× 2 であった。

Table 4-2

Pictorial Stimuli used in Experiment 2

Picture	Dog	Spoon	Chair	Leg	Apple
Category	Animal	Utensil	Furniture	Body	Fruit
Picture	Hammer	Shirt	Car	Doll	Piano
Category	Tool	Clothing	Vehicle	Toy	Instrument

4.2.1.3 手続

呈示刺激と課題教示が変わった以外は実験1と同一であった。被験者の課題は、位置に関わりなく 4 つの物体が全て一致しているか 1 つだけ変化しているかについて判断することで

あった。

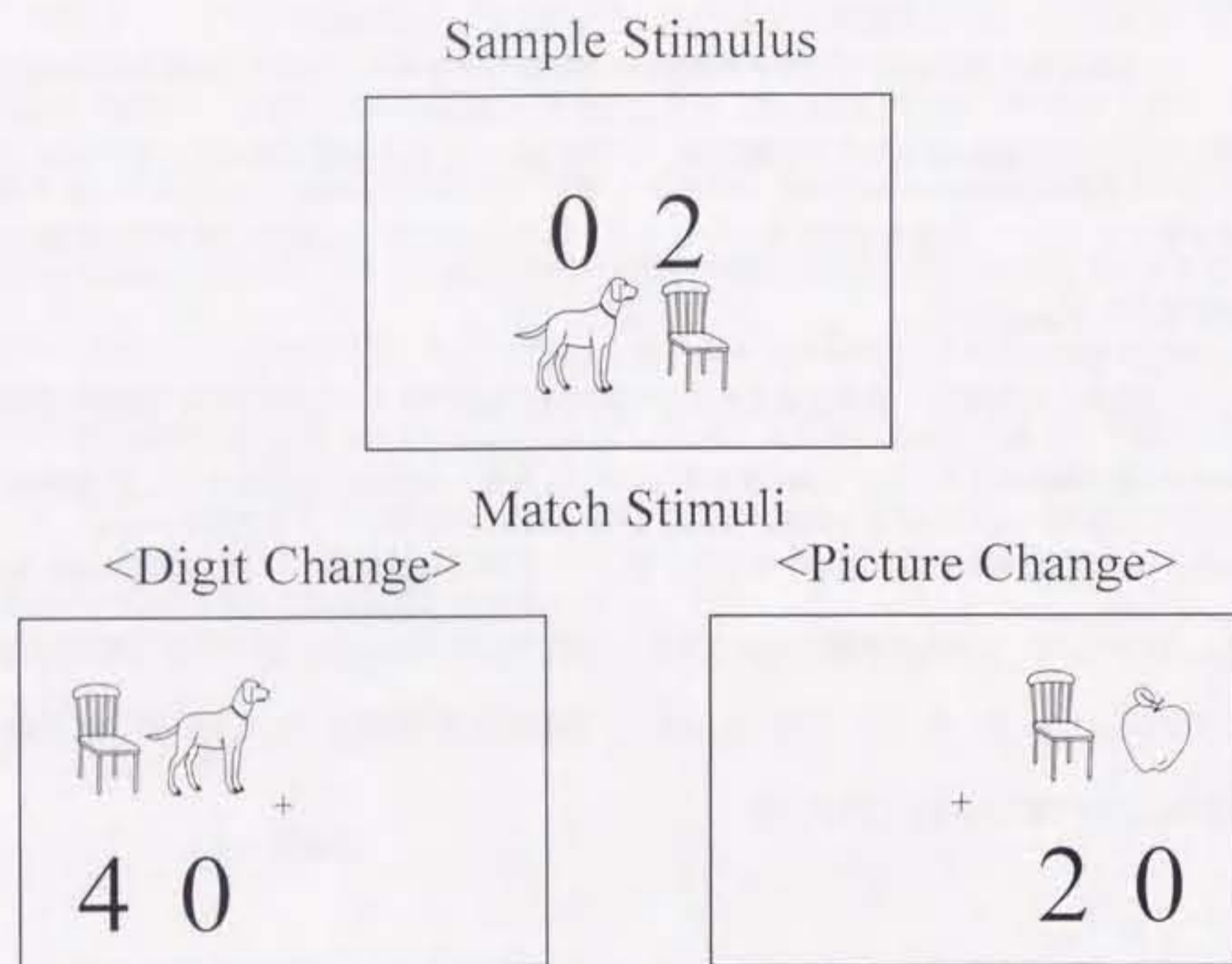


Figure 4-3. Sample and match stimuli used in Experiment 2. The scale shown here is not the same as for the real stimuli used in the experiment.

4.2.2 結果

実験に参加した被験者のうち Same/Different 条件の一方においてエラー率が 50%を超えた 2 名（男性 1 名，女性 1 名）は分析から除外した。このため，17 名のデータで分析を行った。各被験者毎に全体平均値から標準偏差の 2 倍以上離れた値を外れ値として除外した。外れ値として除かれたデータは全体の試行数の 4.2%であった。

4.2.2.1 反応時間

Table 4-3 に左右視野×Same/Different 条件の平均反応時間とエラー率を示す。反応時間を従属変数として，左右視野×Same/Different 条件を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。左右視野×Same/Different 条件の交互作用が認められた($F(1,16) = 4.89, MSE = 1652.13, p < .05$)。単純主効果の結果，どちらの左右視野も有意ではなかった(Same: $F(1,32) = 2.11, MSE = 1565.90, ns$; Different: $F(1,32) = 3.10, ns$)。反応条件の主効果に傾向が見られた($F(1,16) = 4.43, MSE = 16686.10, p < .06$)。Different 反応優位であった。

Different 条件に左右視野差が認められなかったことから，左右視野×Digit/Picture 変化条件を被験者内要因として対応のある分散分析を行った。左右視野×Digit/Picture 変化条件の交互作用が有意となった($F(1,16) = 11.39, MSE = 1469.74, p < .005$; Figure 4-4)。単純主効果の結果，Digit 変化条件のみ右視野優位であった($F(1,32) = 10.92, MSE = 2363.74, p < .005$)。Picture 変化条件では有意差は認められなかった($F < 1$)。

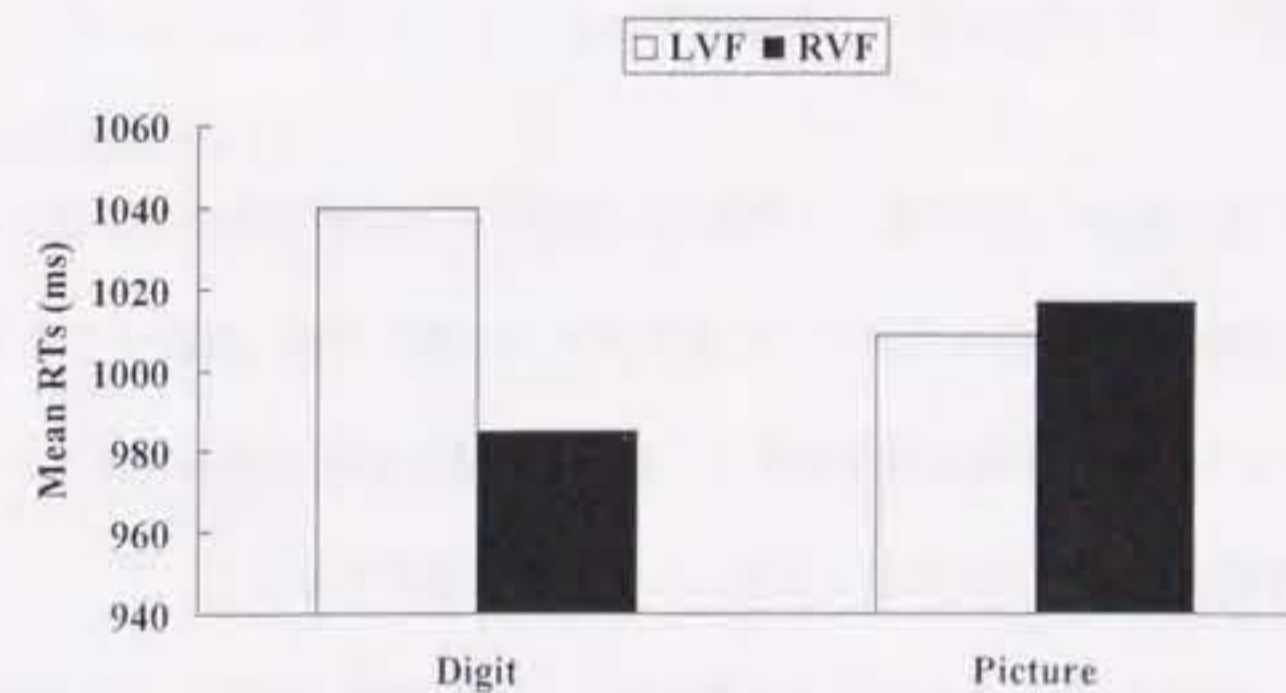


Figure 4-4. Mean reaction times (RTs, ms) for each different condition as a function of visual field in Experiment 2.

4.2.2.2 エラー率

反応時間と同様にエラー率を従属変数として2つの分散分析を行った。左右視野×Same/Different条件を被験者内要因とした対応のある分散分析および左右視野×Categorical/Coordinate変化条件を被験者内要因とした対応のある分散分析を行ったが、有意な効果は認められなかった。

Table 4-3

Mean Reaction Times (RT) and Error Rates (Standard Error) for Same and Different Conditions in

Experiment 2

	RT (ms)		Error Rates (%)	
	LVF	RVF	LVF	RVF
Same	1069 (76.8)	1089 (73.9)	18.2 (2.60)	20.4 (3.10)
Different	1025 (69.0)	1001 (69.6)	17.5 (2.21)	15.8 (2.30)

4.2.3 考察

実験2ではKosslynが提唱した物体認知系の左右半球機能分化を直接に検討したわけでない。Category Pattern Activationシステムは言語材料の処理に有利に機能することが、Exemplar Pattern Activationシステムは特殊な特徴を有する刺激の処理に有利に機能することがそれぞれ予測されるため、言語材料と非言語材料を採用して間接的に検討を加えた。

実験2の結果は、Kosslyn仮説から導かれる予測とほぼ一致した。反応時間では左右視野×Digit/Picture変化条件に交互作用が認められた。言語変化検出では右視野優位であり、左半球優位と推定された。一方線画変化検出では左右視野差は得られなかった。しかしFigure 4-4からも明らかのように、各視野に限定して検討した場合には右視野呈示時には言語変化検出の方が、

左視野呈示時には線画変化検出の方がそれぞれ速かった。このことからKosslyn仮説から導かれる予測と一致した結果であると言える。エラー率の結果ではKosslyn仮説の予測と一致する視野差は認められなかったものの、反応時間とエラー率にトレードオフ関係はなかった。

4.3 実験3 物体と空間関係の認知における左右半球機能分化

実験1-2では、空間認知系と物体認知系の左右半球機能分化について共通の実験パラダイムによって検証した。結果はほぼ仮説を支持するものであった。Categorical空間関係と言語の変化検出は右視野優位で、Coordinate空間関係と線画の変化検出は左視野優位傾向（但し、統計的には有意でない）であった。このことから、Kosslyn (1994)の仮説は各認知系を単独で検討する限りにおいては妥当であることが示唆された。

実験3では物体認知系と空間認知系の独立性について検証した。実験パラダイムは同様にMatching-to-sample課題を採用した。Different刺激としてCategoricalな変化、Coordinateな変化、Digit変化およびPicture変化をそれぞれ準備した。両認知系の独立性が妥当であれば、実験3においても実験1-2と同じ左右差が認められるはずである。一方DFFモデルの予測が妥当であれば、異なる結果が期待される。

4.3.1 方法

4.3.1.1 被験者

右利き者の大学生、大学院生21人（男性12人、女性9人）が実験に参加した。視力は正常または矯正により正常であった。利き手はH.N.利き手テストにより測定した（八田・中塚, 1975）。

4.3.1.2 刺激材料と装置

実験2と同様に刺激材料として数字と線画を用いた。これを実験1で呈示した幾何学図形の代わりに3×4の格子に配置した。刺激は白背景に黒色で呈示した。空間変化のうち、Categorical変化条件では一つの刺激だけ配置を変え、Coordinate変化条件では配置関係はそのまままで全体的な縮尺を変えた。物体変化のうち、Digit変化条件では数字を一つだけ、Picture変化条件では線画を一つだけ別のアイテムに置き換えた(Figure 4-5)。

実験1, 2と同様に、基本となるサンプル刺激を16個作成した。これを基にCategorical変化条件とCoordinate変化条件、Digit変化条件とPicture変化条件を作成した。Same反応用として16刺激、Different反応用として64刺激をそれぞれ作成した。しかしSame/Differentを同数回にするため、Same反応用としてサンプル刺激とは別に新たに16刺激を作成した。Same/Differentを同数回にするため、サンプル刺激とSameのみに使用された刺激を2回繰り返して呈示した。これらの刺激が左右視野に1回ずつ呈示されるので、試行数は256回((Same 64 + Different 64)×2)となった。また同様の手続きで、練習試行用の刺激も作成された。練習試行数は32回((Same 8 + Different 8)×2)であった。

刺激呈示および反応取得はMacintosh Performa 6310、アプリケーションPsyScope (Cohen, MacWhinney, Flatt, & Provost, 1993)によって制御された。観察距離は600mmであった。数字は視角にして1.0°×1.0°、線画については最小のものが1.5°×1.5°(りんご)で、最大のもは2.5°×2.5°(ハンマー)であった。最大の格子(60×80mm)は視角にして5.7°×7.6°であった。

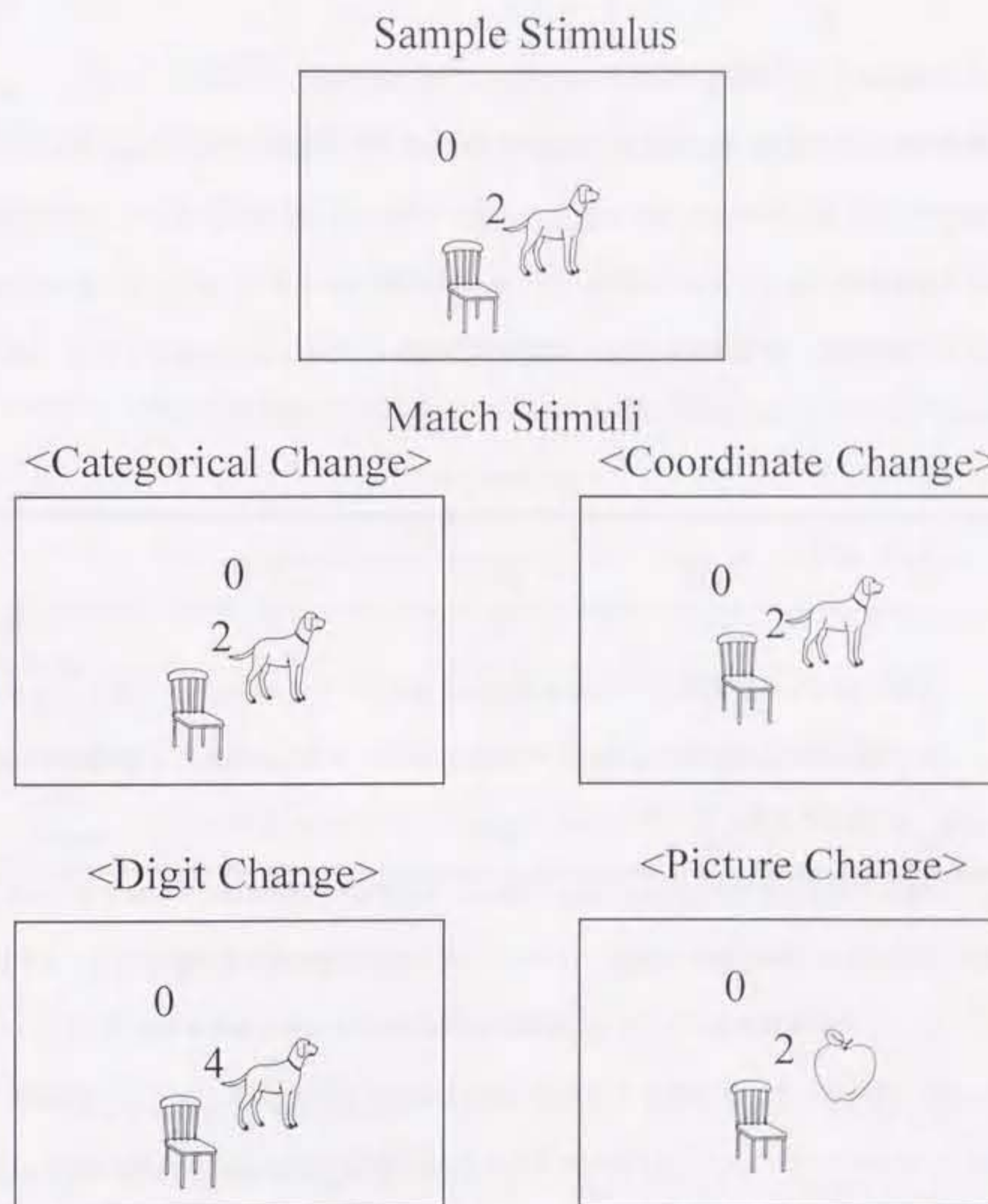


Figure 4-5. Sample and match stimuli used in Experiment 3. The scale shown here is not the same as for the real stimuli used in the experiment. Sample stimuli were presented in a central visual field while match stimuli were presented in a peripheral visual field.

4.3.1.3 手続

試行スケジュールとランダムイズについては、ほぼ実験1, 2と同一であったが、以下の点に変更された。まず、最初の注視点は呈示されなかった。被験者の半数は Same 反応を右手で Different 反応を左手で行い、残り半数はその逆の手で反応を行った。すなわち、キー配置については被験者間でカウンターバランスした。マッチ刺激は視角にして 3.0° 左右に偏側に呈示された。試行数は、練習試行が32回、本試行が256回(1セッション64回で4セッション)であった。

4.3.2 結果

実験に参加した被験者のうち Same/Different 条件の一方においてエラー率が50%を超えた、もしくは空間変化条件(Categorical/Coordinate)において55%を超えた4名(男性2名、女性2名)は分析から除外した。このため、17名のデータで分析を行った。

Table 4-4 に左右視野×Same/Different 条件および各変化条件毎のエラー率を示す。多くの条件においてエラー率が25%を超えていることから、反応時間の分析は行わないこととする。

エラー率を従属変数として、左右視野×Same/Different 条件を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。主効果も交互作用も認められなかった(主効果: $F_s < 1$, 交互作用: $F(1,16) = 1.36, MSE = 36.07, p > .2$)。Different 条件に左右視野差が認められなかったことから、空間変化条件および物体変化条件について別個に分析を行った。

左右視野×空間変化条件(Categorical/Coordinate)を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。空間変化条件の主効果が認められた($F(1,16) = 8.68, MSE = 127.98, p < .01$)。実験1と同様に Coordinate 変化条件の方が Categorical 変化条件よりもエラー率が低かった。左右視野の主効果は認められなかったもの($F(1,16) = 3.86, MSE = 192.71, p < .07$)。片側 t 検定では有意

であった($t(16) = 1.91, p < .05$)。左視野優位であった。交互作用は有意ではなかった($F(1,16) = 1.24, MSE = 90.45, p > .2$)。

続いて、左右視野×物体変化条件(Digit/Picture)を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。主効果も交互作用も認められなかった(左右視野および交互作用: $F_s < 1$; 物体変化: $F(1,16) = 1.76, MSE = 118.36, p > .2$)。

Table 4-4

Mean Error Rates (%) and Standard Errors (SE) for Each Condition as a Function of Visual Field in

Experiment 3

	LVF		RVF	
	Mean	SE	Mean	SE
Same	27.1	2.62	26.6	3.03
Different	23.6	2.30	26.5	2.47
Categorical	39.0	3.15	43.0	3.55
Coordinate	28.3	4.19	37.5	3.22
Digit	11.8	2.33	11.0	2.55
Picture	15.5	3.09	14.4	3.20

4.3.3 考察

実験3の結果は、Kosslyn 仮説の予測と一致しなかった。左右視野×空間変化条件および左右視野×物体変化条件の交互作用は得られなかった。このことから、Kosslyn モデルの前提である物体認知系と空間認知系の独立性については積極的に支持することはできない。

むしろ実験3の結果は、Ivry and Robertson (1998)の DFF モデルによる予測と符合した。物体変化検出ではいかなる左右視野差も認められなかった。しかし、空間変化検出では左視野優位が認められ、右半球優位が推測された。Categorical な変化においても Coordinate な変化においても、ともに左視野の方が右視野よりも正答率が高かった。

Ivry and Robertson (1998)の DFF モデルによって本章の3つの実験を解釈すると以下のようになる。実験3の結果予測はすでに述べた通りである。物体情報は空間情報と比べて相対的に高い空間周波数成分を含むと考えられる。このため物体認知は左半球優位であり空間認知は右半球優位であるという結果が期待される。

実験1において Categorical な変化検出の方が Coordinate な変化検出よりも相対的に高い空間周波数を課題解決に利用していると考え、DFF モデルによって説明できる。Ivry and Robertson (1998)は Bar and dot task の解決に必要な空間周波数成分について議論している。彼らは、Categorical 空間関係判断（上下判断）の方が Coordinate 空間関係判断（遠近判断）よりも相対的に高い空間周波数を利用する必要があると述べている。遠近判断では2つの物体間の距離関係が出力されれば良い。どちらが基準（水平バー）でどちらがターゲット（ドット）なのかについて弁別する必要は必ずしもない。これに対して、上下判断では基準とターゲットの弁別をする必要があり、高い空間周波数成分が必要となる。

Cowin and Hellige (1994)は、空間周波数成分を操作して Bar and dot task を実施した。高い空間周波数成分を削除した場合、つまり低い空間周波数成分によって課題解決をしなければならぬ場合には、Categorical 空間関係判断は有意に遅延した。これに対して Coordinate 空間関係判断は影響を受けなかった。この実験結果は DFF モデルの予測を支持するものである。

以上の議論を本実験で採用した Matching-to-sample 課題に直接に導入することはできない。しかしながら、Coordinate な変化検出では細部の弁別の必要性がないことは容易に想像できる。一方 Categorical な変化検出では1つの物体のみ位置が変化することから細部の弁別が必要になることが想像できる。

実験2において言語変化検出の方が線画変化検出よりも相対的に高い空間周波数を課題解決に利用しているならば、DFF モデルによって説明が可能となる。言い換えると、言語変化検出では細部を弁別する必要があり、線画変化検出では細部の弁別を必要としないならば DFF モデルによって説明することができる。実験2で用いた数字は線画よりも小さいものであった。

このことから、線画変化検出と比べて言語変化検出の方が細部の変化を詳細に検出する必要があると言える。

Ivry and Robertson (1998)の DFF モデルは実験1-3の結果を一貫して説明することができる。しかしながら、解釈を行った従属変数が異なっているという問題が残る。実験1-2では反応時間の結果から、実験3ではエラー率の結果からそれぞれ左右半球機能分化を解釈した。実験3は物体と空間の両側面を符号化する必要があるため、実験1-2と比べて課題が困難になっている。つまり、課題の難易度が高くなることによって左視野優位性が出現したという説明も可能である。しかし、実験1ではエラー率の高かった Categorical 空間関係において右視野優位の結果が得られた。このことから難易度が高くなることによって左視野優位性が出現するという説明は単純には成立しない。

本章の3つの実験をまとめると以下のようなになる。実験1-2では、空間認知系と物体認知系の左右半球機能分化について検証し、ほぼ Kosslyn 仮説を支持する結果を得た。このことから、Kosslyn (1994)の仮説は各認知系を単独で検討する限りにおいては妥当であることが示唆された。しかし実験3の結果は Kosslyn 仮説の予測と一致しなかった。Kosslyn モデルの前提である物体認知系と空間認知系の独立性について積極的に支持することはできない。むしろ実験3の結果は、Ivry and Robertson (1998)の DFF モデルによる予測と符合した。また、DFF モデルは実験1-3の結果を一貫して説明することができる。

第5章 2次元・3次元空間関係判断における左右半球機能分化¹

本章では、Categorical空間関係の2次元・3次元性と左右半球機能分化について検討した。Kosslyn (1987)は空間関係のタイプに応じて左右半球機能が異なると考えた。一方、Durnford and Kimura (1971)と Kimura (1969)は、3次元性の判断では右半球優位性が強いことを指摘した。このことは空間の次元性に応じて左右半球機能が異なることを示唆する。しかしながら、Kosslyn 仮説を検証した先行研究は2次元性の空間関係に限定されており、3次元性の空間関係については検討されていない (Banich & Federmeier, 1999; Bruyer et al., 1997; Cowin & Hellige, 1994; Kosslyn et al., 1989; Laeng, 1994; Laeng et al., 1998; Laeng & Peters, 1995; Michimata, 1997; Niebauer & Christman, 1998; Parrot et al., 1999; Roth & Hellige, 1998; Rybash & Hoyer, 1992; Sergent, 1991)。

実験4では2次元性の、実験5では3次元性のCategorical空間関係判断を被験者に求めることで、この問題点を検討した。Kosslyn 仮説が妥当であれば、空間の次元性に関わらず空間関係の種類に応じて左右半球機能が決定される。つまり、右視野優位性が期待される。一方 Durnford and Kimura (1971)と Kimura (1969)の示唆が妥当なものであれば、2次元性と比べて3次元性の空間関係判断では右半球優位性が期待される。

5.1 実験4 2次元空間関係判断における左右半球機能分化

実験4では2次元性のCategorical空間関係判断時の左右半球機能分化について検討した。3枚のカードが重なり合った複合刺激を用いた。カードには数字が記されており、左側または右側

¹ 実験4と5は、Kogure, T., & Hatta, T. (1999). Hemisphere specialisation and categorical spatial relations representations. *Laterality*, 4, 321-331.として発表した。

カードの数字を回答することが課題であった。

5.1.1 方法

5.1.1.1 被験者

右利き者の大学生、大学院生34人(男性15人、女性19人)が実験に参加した。視力は正常または矯正により正常であった。利き手はH.N.利き手テストにより測定した(八田・中塚, 1975)。

5.1.1.2 装置と刺激

刺激呈示と反応取得にはMacintosh Performa 630を用いた。観察距離は400 mmであり、被験者の顔は顔面固定器によって固定された。

3枚のカードが重なり合った複合刺激を用いた(Figure 5-1)。手前のカードのみが長方形になり、残りのカードはそのエッジが他のカードによって隠されていた。各カードには数字(0, 1, 2)が記された。刺激として重なり合いの異なるものを42枚用意し、30枚を本試行に残り12枚を練習試行に使用した。複合刺激は視角にして約 $9^{\circ} \times 7^{\circ}$ であった。数字と注視点は約 $0.7^{\circ} \times 0.7^{\circ}$ の大きさであった。刺激は白背景に黒色で呈示した。

5.1.1.3 手続

被験者の課題は左側または右側のカードに記された数字を回答することであった。被験者の半数は左側の数字を、残り半数は右側の数字を回答した。

試行は注視点にのみが呈示されることによって始まり、1000 ms後複合刺激が左右視野

の一方に150 ms瞬間呈示された。注視点と複合刺激は4°離れていた。被験者には、試行中は注視点を注視することとできる限り速く正確に回答することが求められた。反応はキー押しであり、右手の人差し指(0)、中指(1)と薬指(2)によって行われた。

左右視野にはランダムな順で呈示された。本試行は30刺激が左右視野に一回ずつ呈示されたので60回であった。練習試行は24回であった。

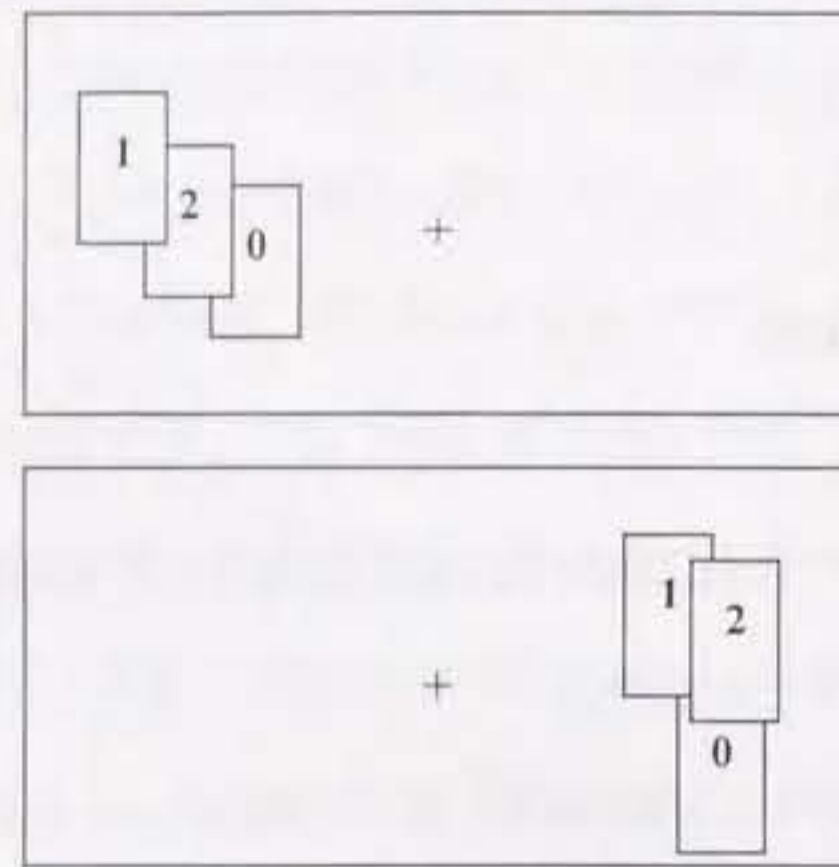


Figure 5-1. Samples of the three-cards stimuli used in Experiment 4 and 5.

5.1.2 結果

実験に参加した被験者のうちエラー率が50%を超えた2名(男性1名、女性1名)は分析から除外した。このため、32名のデータで分析を行った。各被験者毎に全体平均値から標準偏差の2倍以上離れた値を外れ値として除外した。

5.1.2.1 反応時間

反応時間を従属変数として、性別(男性/女性)と回答群(左回答群/右回答群)を被験者間要因、左右視野を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。回答群×左右視野の交互作用のみが認められた($F(1,28) = 14.99, MSE = 2006.56, p < .001$; Figure 5-2)。左回答群では右視野において、右回答群では左視野においてそれぞれ反応が速かった。この効果は注視点に近い位置の数字をより速く回答できたことを示しているのみである。

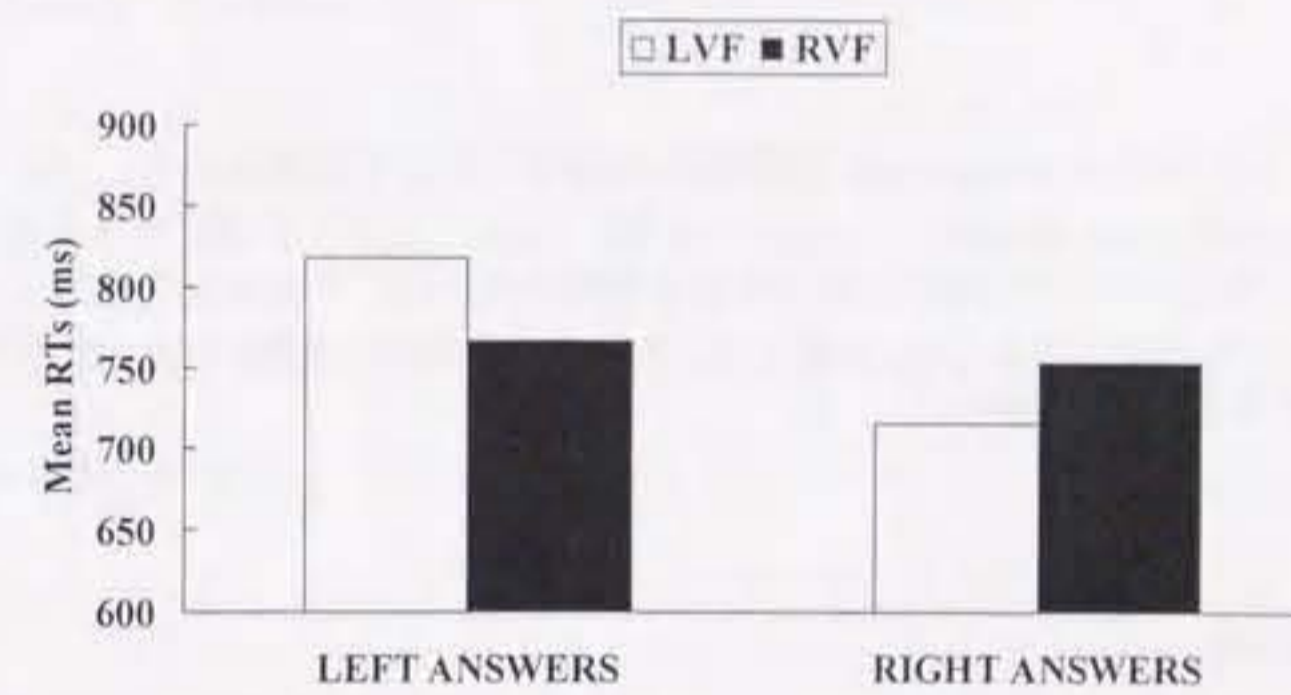


Figure 5-2. Mean reaction times (RTs, ms) in the two-dimensional task as a function of visual field and response groups in Experiment 4.

5.1.2.2 エラー率

反応時間と同様にエラー率を従属変数として分散分析を行った。主効果も交互作用も認められなかった。

5.1.3 考察

実験4では一貫した左右視野差は得られなかったことから、Kosslyn (1987)仮説は支持されなかった。しかしながら、Categorical空間関係は右視野優位性が認められない場合もあるという見解もあり(Kosslyn et al, 1992)、本実験の結果は必ずしもKosslyn仮説を否定するものとは言えない。

5.2 実験5 3次元空間関係判断における左右半球機能分化

実験5では3次元性のCategorical空間関係判断時の左右半球機能分化について検討した。実験4と同様に3枚のカードが重なり合った複合刺激を用いた。手前側またはうしろ側カードの数字を回答することが課題であった。

5.2.1 方法

5.2.1.1 被験者

右利き者の大学生、大学院生34人(男性15人、女性19人)が実験に参加した。視力は正常または矯正により正常であった。利き手はH.N.利き手テストにより測定した(八田・中塚, 1975)。

5.2.1.2 装置、刺激と手続

装置と刺激は実験4と同じであった。手続は以下の点のみ変更された。被験者の課題は手前側またはうしろ側のカードに記された数字を回答することであった。被験者の半数は手前側の数字を、

残り半数はうしろ側の数字を回答した。

5.2.2 結果

実験に参加した被験者のうちエラー率が50%を超えた3名(男性2名、女性1名)は分析から除外した。このため、31名のデータで分析を行った。実験4と同様に、各被験者毎に全体平均値から標準偏差の2倍以上離れた値を外れ値として除外した。

5.2.2.1 反応時間

反応時間を従属変数として、性別(男性/女性)と回答群(手前回答群/うしろ回答群)を被験者間要因、左右視野を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。主効果も交互作用も認められなかった。

5.2.2.2 エラー率

反応時間と同様にエラー率を従属変数として分散分析を行った。回答群の主効果が認められた($F(1,27) = 31.93, MSE = 37.36, p < .001$)。手前回答群($M = 8.1\%$)の方がうしろ回答群($M = 16.7\%$)よりもより正確に回答した。左右視野の主効果に傾向差が認められた($F(1,27) = 4.08, MSE = 30.88, p < .06$; Figure 5-3)。左視野優位の傾向であった。

5.2.2.3 実験間比較

本章の実験の目的は次元性が空間関係判断時の左右視野優位性に影響するのかを検討

することである。そこで実験4と5の実験間比較を行った。

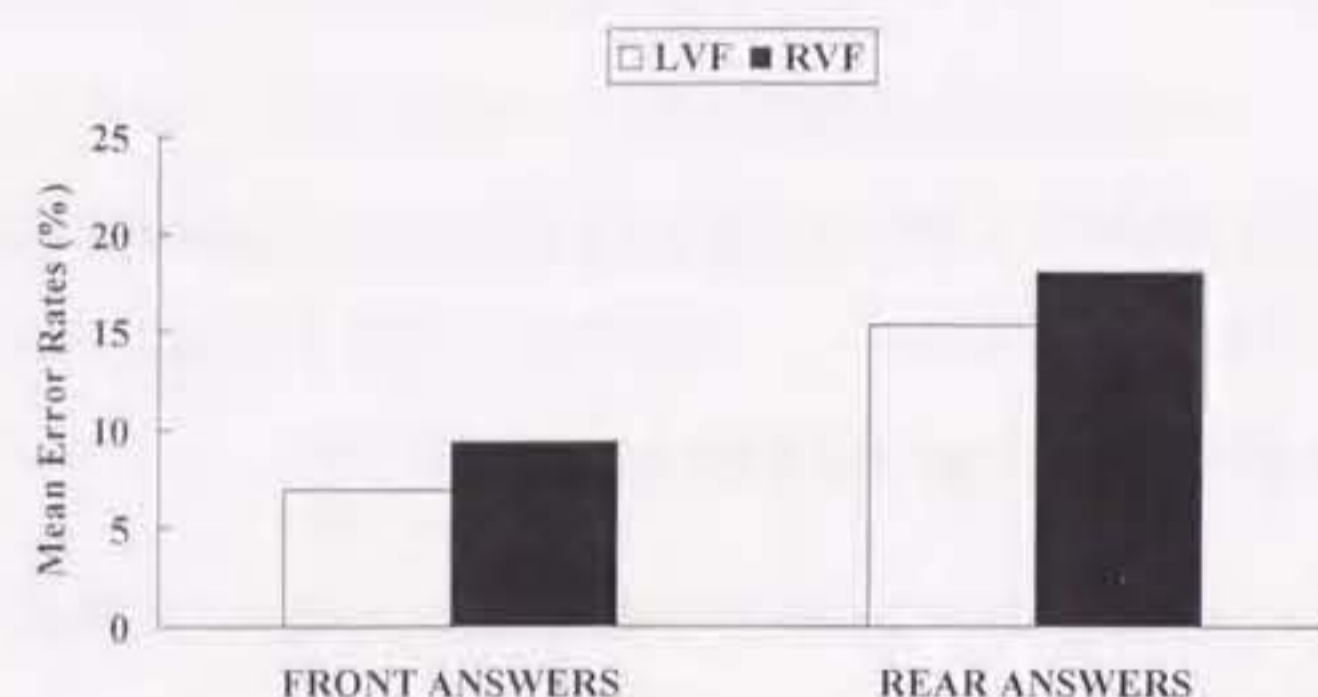


Figure 5-3. Mean error rates (%) in the three-dimensional task as a function of visual field and response groups in Experiment 5.

反応時間を従属変数として、次元性(実験4:2次元/実験5:3次元)と性別(男性/女性)を被験者間要因、左右視野を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。主効果も交互作用も認められなかった。

反応時間と同様にエラー率を従属変数として分散分析を行った。3要因の交互作用が認められたが($F(1,59) = 4.82, MSE = 29.62, p < .05$)、次元性の主効果は得られなかった($F(1,59) = 2.20, MSE = 84.81, ns$)。このことから性別毎に2要因の分散分析を行った。女性群の分析では主効果および交互作用は認められなかった。一方男性群では次元性×左右視野の交互作用が得られた($F(1,25) = 4.62, MSE = 42.23, p < .05$)。単純主効果を求めたところ、3次元性では左視野優位であったが($F(1,25) = 4.92, p < .05$)、2次元性では視野差はなかった($F < 1$)。

5.2.3 考察

実験5では実験4で利用された複合刺激を用いて3次元性の空間関係判断を課題とした。全体的分析では左視野優位傾向、特に男性被験者群では左視野優位であった。

Kosslyn 仮説では Categorical 空間関係は右視野/左半球優位であると提案されている。しかしながら、実験4-5においてこの仮説は支持されなかった。一方 Durnford and Kimura (1971) と Kimura (1969)は、3次元性の判断では右半球優位性が強いことを指摘した。このことは空間の次元性に応じて左右半球機能が異なることを示唆する。本章の結果は、むしろ Durnford and Kimura (1971) と Kimura (1969)の示唆と一致した。

Kosslyn 仮説では空間関係のタイプについては議論しているが、その次元性については十分な議論を加えていない。視覚的シーン知覚において3次元性は重要な問題である。網膜に投射された視覚情報は2次元であるが、実際の視覚空間は3次元である。視覚系が行っているのは、2次元情報から3次元情報を復元するという不良設定問題を解決することに他ならない(Marr, 1982)。本実験において採用した3次元性課題はカードのエッジの重なり具合からその3次元的位置を計算することであった。単純な網膜レベル情報からでは計算できない課題であった。このことから、2次元性判断に比べて3次元性判断ではより多くの計算過程を必要とすることが推察される。また左右半球機能分化の観点から、2次元性判断と比べて3次元性判断では異なる神経基盤が関与していることが導かれる。以上より、本章の知見は空間関係計算に空間の次元性に応じた下位システムを想定する必要性を迫るものである。

本章の実験結果は実験3で得られた空間認知の右半球優位性の知見とも一致する。実験3では空間関係のタイプに関わらず、右半球優位の結果が得られた。実験3は Ivry and Robertson (1998)の DFF モデルによって解釈したが、本章の実験をこのモデルで解釈することはできない。本実験において採用した3次元性課題はカードのエッジの重なり具合からその3次元的位置を計算することであり、相対的に高い空間周波数成分を課題解決に要すると推察される。DFF モデ

ルで解釈するとすれば、むしろ左半球優位の結果が期待される。このことから、本章の結果は DFF モデルの限界を示唆するものであると言える。

第6章 空間関係判断における基準枠手掛かり効果¹

第4章では、Kosslyn (1987, 1994)モデルの前提の一つである物体認知系と空間認知系の独立・並列性について3つの実験を通じて批判的に検討した。実験1-2では、空間認知系と物体認知系の左右半球機能分化についてそれぞれ検証し、ほぼ Kosslyn 仮説を支持する結果を得た。このことから、Kosslyn (1994)の仮説は各認知系を単独で検討する限りにおいて妥当であることが示唆された。実験3では両認知系の左右半球機能分化を検証した。Kosslyn (1994)モデルが妥当であれば両認知系は独立・並立に機能するので、両情報を同時に符号化する実験事態でも単独符号化の実験事態(実験1-2)と同じ左右差が得られるはずである。しかし実験3の結果は Kosslyn 仮説の予測と一致しなかった。空間認知系は Categorical/Coordinate 空間関係に関わりなく一貫して右半球優位であった。すなわち、Kosslyn モデルの前提である物体認知系と空間認知系の独立性について積極的に支持することはできない。むしろ実験3の結果は、Ivry and Robertson (1998)の DFF モデルによる予測と符合した。また、DFF モデルは実験1-3の結果を一貫して説明することができる。

第5章では、Kosslyn (1987)仮説の Categorical 空間関係の左半球優位性について検討を加えた。Durnford and Kimura (1971)と Kimura (1969)は、3次元性の判断では右半球優位性が強いことを指摘し、空間の次元性に応じて左右半球優位性が異なることを示唆した。実験4では2次元性の、実験5では3次元性の Categorical 空間関係判断時の左右半球機能分化について検討した。実験4では左右差は認められなかった。実験5では全体的分析では左視野優位傾向(男性被験者群では左視野優位)であった。この結果は、Durnford and Kimura (1971)と Kimura (1969)の示唆と一致した。すなわち、空間関係計算に空間の次元性に応じた下位システムを想定する必要性を迫

¹ 実験6-8は、Kogure, T., & Hatta, T. (2000). *Spatial processing in two cerebral hemispheres: Effects on the presence of frame of reference*. Poster presented at 23rd Annual Mid-Year Meeting of the International Neuropsychological Society, Brussels, Belgium, 12-15 July.として発表した。

るものであった。また、実験5で採用した3次元性課題は相対的に高い空間周波数成分を課題解決に要すると推察される。DFFモデルで解釈すると左半球優位の結果が期待される。このことから、第5章の結果はDFFモデルの限界を示唆するものであると言える。

以上2つの実験群においてKosslyn (1987, 1994)モデルは支持されなかった。また幾つかの先行研究から、Kosslynモデルの妥当性は批判されている(Bruyer et al., 1997; Sergent, 1991)。Kosslyn (1987, 1994)の仮説を検討する代表的な課題として採用されているHellige and Michimata (1989)のBar and dot taskにも問題点が指摘されている。Sergent (1991)は基本的にHellige and Michimata (1989)の結果が追試できないと報告している。また、Bruyerら(1997)もBar and dot taskの知見は課題や反応特性によって結果が変動しやすいと報告している。

Banich and Federmeier (1999)はBar and dot taskの不安定性を説明する要因として空間的基準棒の予測可能性を挙げている。Hellige and Michimata (1989)の実験では空間的基準となる水平バーが常にコンピュータ画面の中心水平面に呈示されていた。被験者は水平バーに対するドットの位置を判断するという方略以外に、画面全体を空間的基準棒としてドットの位置を判断するという方略を取ることが可能であった。Banich and Federmeier (1999)は水平バーの位置を常に中心水平面に呈示するという条件(固定条件)とバーの位置を試行毎にランダムに上中下位置に変化させる条件(変動条件)の2つを用意し、その左右差を比較した。前者はHellige and Michimata (1989)と同じ条件である。後者は試行毎に空間的基準棒を設定しなおさなければならない条件であった。固定条件では明確な左右差は得られなかった。これに対して、変動条件では左右差が得られた。Categorical空間関係は右視野/左半球優位であり、Coordinate空間関係は左視野/右半球優位傾向であった。つまり、Hellige and Michimata (1989)と同じ条件下ではKosslyn仮説は支持されず、常に空間的基準棒を変更しなければならない条件下においてのみ仮説は支持された。彼女らはこの知見から空間的基準棒の設定に左右差があると示唆した(Humphreys & Riddoch, 1984)。

Banich and Federmeier (1999)の示唆はLogan (1994, 1995)仮説とも整合的である。彼は空間関

係計算過程に3つの下位過程を提案した。まず“空間領域の指定”によって刺激を捕捉し、続いて“基準棒の設定”を行う。最後に“基準領域と目標物体の比較”を行うことで判断を下す。Banich and Federmeier (1999)の知見をLogan仮説によって解釈すると、基準棒の設定過程に左右半球機能差があることになる。このことから、KosslynモデルにLoganの空間関係計算過程を導入する必要性が導かれる。

本章の実験6ではBanich and Federmeier (1999)の知見を追試する目的で、ほぼ同様の実験を実施した。異なっている点は、水平バーの位置を固定するのではなく、水平バーのみを先行呈示することで空間的基準棒の手掛かりを与えることであった。彼女らの刺激呈示手続では固定条件と変動条件とで刺激の呈示される周辺位置が異なっていた。固定条件に比べて変動条件の方がより周辺視野に刺激が呈示される傾向にあった。本研究で採用した基準棒の手掛かりを与える手続ではこの問題を克服できる。また手掛かり手続では、被験者に基準棒を積極的に利用することを強いることができる。

実験7-8では新たな刺激を採用して仮説の拡張を行った。バーの真上真下にターゲットを呈示するのではなく、基準(×)の斜め上下左右にターゲットを呈示した(Sergent, 1991)。Carlson-Radvansky and Logan (1997)は基準物体に対して上下判断をする場合、ターゲットが真上真下にあるとき(空間関係の適合がよいとき; Goodness of fit)の方が斜め上斜め下にある時(空間関係が容認できるとき; Acceptable)よりも判断時間が速くなることを報告した。Logan (1995)は任意性の低い上下判断の方が任意性の高い左右判断よりも判断時間が速くなることを報告した。空間関係判断に適合性や任意性が影響するという事は物理要因を超えた概念レベルの関与が想定される。すなわち、これらの効果は空間関係判断に概念表象が介在している証拠と考えられる。これに対して、距離などの物理的要因が空間関係判断に影響する場合には知覚表象レベルの関与が想定される。実験6-8を通じて空間関係判断における知覚・概念表象の介在性についても検討を加えた。

6.1 実験6 空間関係判断における基準棒手掛かり効果: Bar and dot task を用いて

実験6ではBanich and Federmeier (1999)の知見を追試する目的で、ほぼ同様の実験を実施した。水平バーのみを先行呈示する条件と水平バーとターゲットを同時に呈示する条件をそれぞれ用意し、その左右視野差を比較した。

本実験の特徴は、基準棒手掛かり手続を採用したことと距離の効果を検討したことである。Banich and Federmeier (1999)の刺激呈示手続では、固定条件に比べて変動条件の方がより周辺視野に刺激が呈示される傾向にあった。基準棒手掛かり(水平バー)を先行呈示するという手続を採用することで、彼女らの実験では制御しきれなかった問題を統制した。またこの手続では、被験者に基準棒を積極的に利用することを強いることができる。

Logan (1994, 1995)のモデルでは空間関係判断に知覚表象レベルが利用されているのか概念表象レベルが利用されているのかを判別する基準として距離の効果を挙げている。距離効果があれば知覚表象レベルが利用されていると解釈することができる。そのため、本実験では距離効果を要因として導入し、この問題を検討した。

6.1.1 方法

6.1.1.1 被験者

右手利き者の大学生、大学院生16人(男性9人、女性7人)が実験に参加した。視力は正常または矯正により正常であった。利き手はH.N.利き手テストにより測定した(八田・中塚, 1975)。

6.1.1.2 刺激材料と装置

利用した刺激は基本的にHellige and Michimata (1989)に準じたものを用意した。ターゲットであるドットは2 mm四方であり、水平バーは6 mmであった。ドットと水平バーの位置関係には12種類あった。距離は6種類で、半数は20 mmよりも近い距離であり(5 mm, 10 mm, 15 mm)、残り半数は20 mmよりも遠い距離であった(25 mm, 30 mm, 35 mm)。ドットは水平バーに対して真上または真下に呈示されたので、刺激タイプとして12種類用意された。水平バーとターゲットは注視点(6 mm四方)よりも30 mm左右視野の一方に呈示された。また水平バーを変動させるために、注視点に対して水平バーを同じ高さに呈示する場合と20 mm上または下に呈示する場合を用意した。

刺激は白背景に黒色で呈示した。刺激呈示および反応取得はMacintosh Performa 6310、アプリケーションPsyScope (Cohen et al., 1993)によって制御された。観察距離は600 mmであり、被験者の顔は顔面固定器によって固定された。

6.1.1.3 手続

基準棒手掛かりの呈示条件として2条件設定した。手掛かりあり条件では注視点を500 ms呈示した後に1000 ms間水平バーのみを呈示した。但し、左右視野一方への注意偏向を防ぐために左右視野の対称な位置に水平バーを一対呈示した。その後、ターゲットを150 ms瞬間呈示した。ターゲットが呈示されなかった視野の水平バーはターゲット呈示時に消去した(Figure 6-1)。手掛かりなし条件では、1500 ms間注視点を呈示し、その後ターゲットと水平バーを同時に呈示した。被験者の課題は2種類あった。Categorical課題では、水平バーに対してターゲットが上か下かをキー押しで答えることが求められた。Coordinate課題では、水平バーに対してターゲットが20 mmよりも近いか遠いかをキー押しで答えることが求められた。試行中は注視点を

注視し続けることとできる限り速く正確に反応することが求められた。刺激は左右視野の上中下位置にランダムな順で呈示した。特に左右視野には4回以上連続して同じ視野位置に呈示されないように設定した。反応キーは左右に配置し、反応(上下/遠近)と左右キーの対応は被験者間でカウンターバランスした。各課題と基準棒手掛かりの有無毎に72試行ずつ行った。各セッションの前に練習試行を16回実施した。

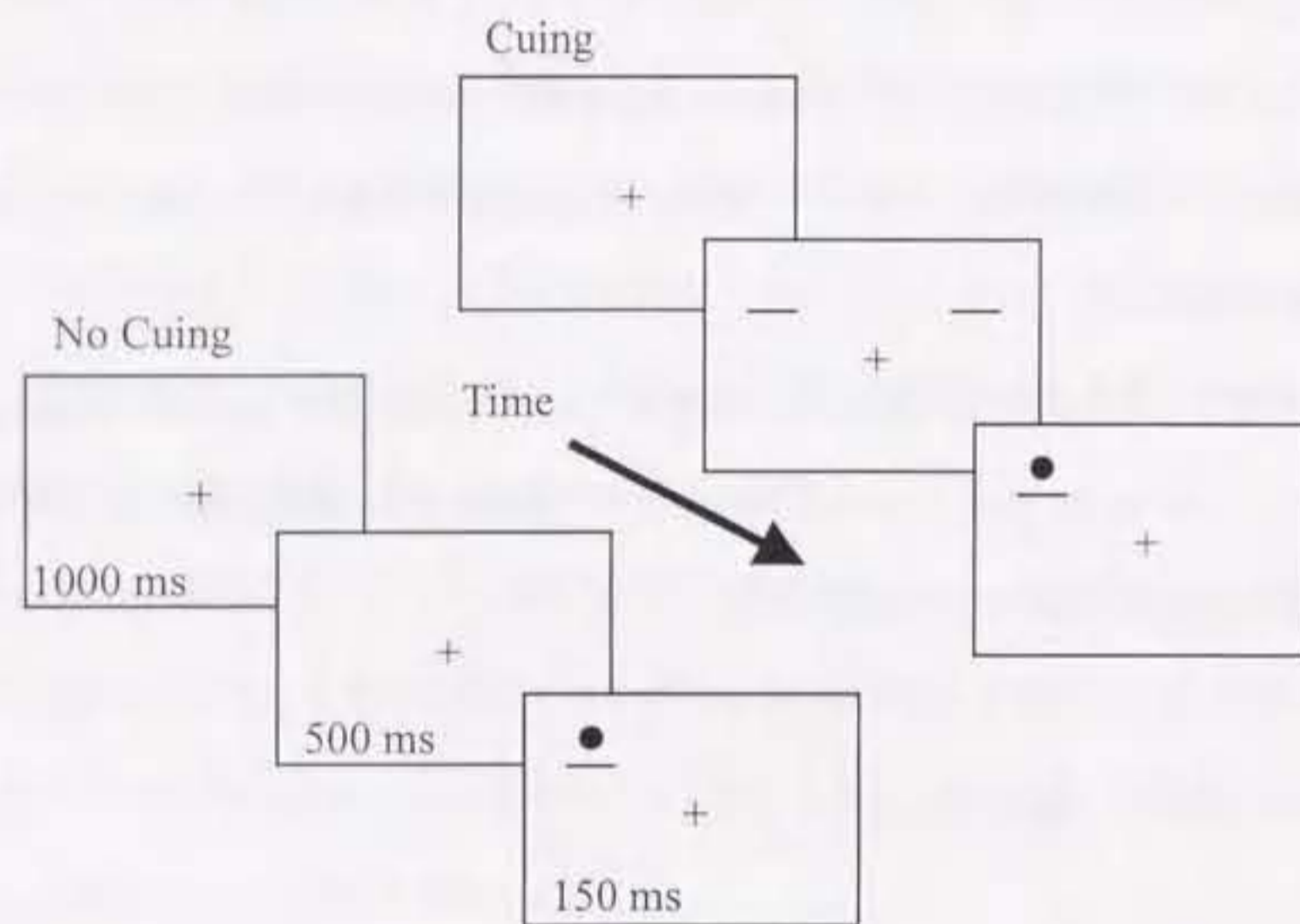


Figure 6-1. Trial sequences of no cuing and cuing conditions in Experiment 6.

6.1.2 結果

各被験者毎に全体平均値から標準偏差の2倍以上離れた値を外れ値として除外した。

6.1.2.1 Categorical 課題

反応時間を従属変数として、左右視野×手掛かり×距離×上下反応を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。距離要因は水平バーとドットの距離が20 mmよりも近いかわいかであった。

左右視野の主効果と左右視野×手掛かりの交互作用が認められた(左右視野: $F(1,15) = 5.38, MSE = 794.72, p < .05$; 交互作用: $F(1,15) = 6.47, MSE = 529.67, p < .05$, Figure 6-2)。右視野優位であり、交互作用から手掛かりなし条件において右視野優位となることが示された(手掛かりあり: $F < 1$; 手掛かりなし: $F(1,30) = 12.37, MSE = 662.20, p < .005$)。また、手掛かり×距離と距離×左右視野の交互作用に傾向差が得られた(手掛かり×距離: $F(1,15) = 3.76, MSE = 857.31, p < .1$; 距離×左右視野: $F(1,15) = 3.47, MSE = 470.94, p < .1$)。距離の効果を詳細に検討するため、手掛かり毎に分解し3要因の分散分析を行った。

手掛かりあり条件では、距離×視野の交互作用のみ認められた($F(1,15) = 4.86, MSE = 500.17, p < .05$)。しかし単純主効果の結果では優位な視野差は得られなかった(遠距離条件: $F(1,30) = 1.28, MSE = 613.81, ns$; 近距離条件: $F(1,30) = 2.61, ns$)。手掛かりなし条件では、距離と左右視野の主効果がそれぞれ認められた(距離: $F(1,15) = 5.34, MSE = 1001.25, p < .05$; 左右視野: $F(1,15) = 12.87, MSE = 596.94, p < .005$)。遠距離条件($M = 440$ ms)の方が近距離条件($M = 453$ ms)よりも反応時間が速いことと、右視野優位(LVF = 455 ms vs RVF = 439 ms)であることが示された。

反応時間と同様に、エラー率を従属変数として分散分析を行った。距離の主効果のみが認められた($F(1,15) = 8.39, MSE = 41.89, p < .025$)。遠距離条件($M = 2.4\%$)の方が近距離条件($M = 4.8\%$)よりも反応がより正確であることが示された。また、左右視野の主効果に傾向差が得られた($F(1,15) = 4.31, MSE = 25.17, p < .06$)。左視野優位(LVF = 3.0% vs RVF = 4.3%)であった。

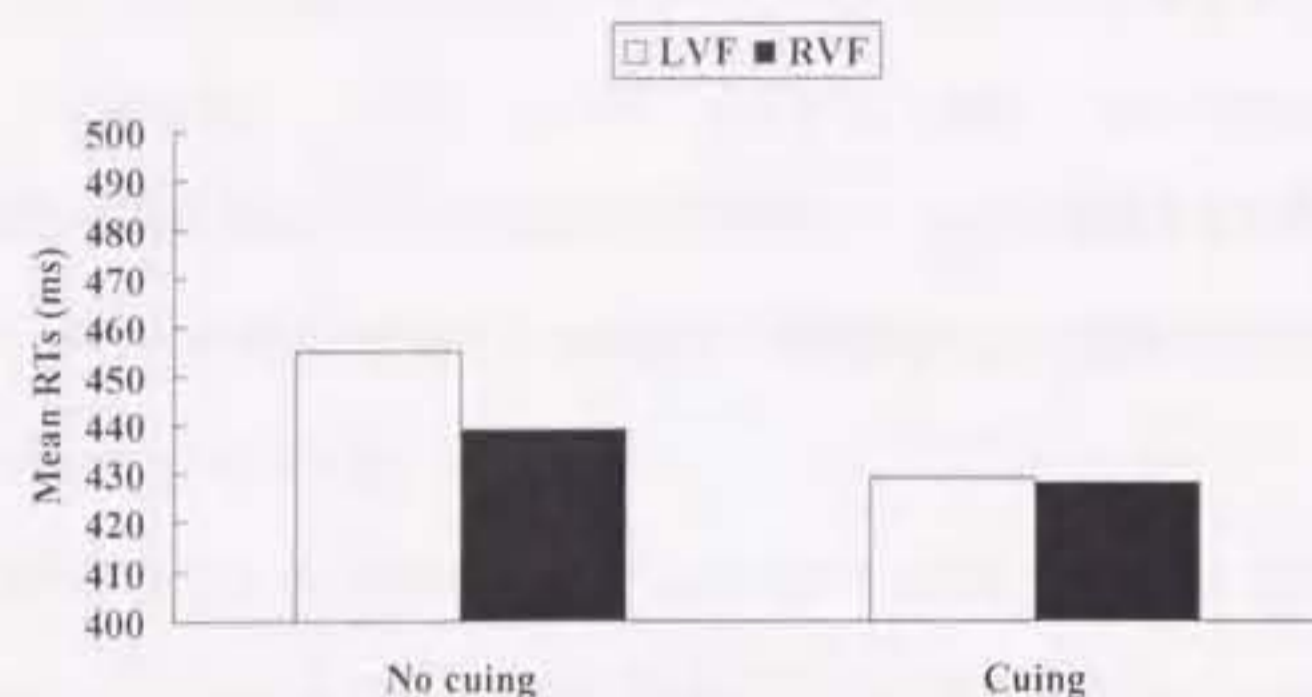


Figure 6-2. Mean reaction times (RTs, ms) for no cuing and cuing conditions as a function of visual field in Experiment 6.

6.1.2.2. Coordinate 課題

反応時間を従属変数として、左右視野×手掛かり×遠近反応を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。Categorical 課題に含まれていた距離要因は遠近反応を同じであるため除外した。

遠近反応の主効果のみが認められた($F(1,15) = 4.80, MSE = 1021.14, p < .05$)。Categorical 課題とは異なり、近距離条件($M = 504$ ms)の方が遠距離条件($M = 517$ ms)よりも速かった。また、3 要因の交互作用に傾向差が得られた($F(1,15) = 3.39, MSE = 582.90, p < .1$)。このため、手掛かり条件毎に分解し 2 要因の分散分析を行った。手掛かりあり条件では、遠近反応の主効果のみ認められた($F(1,15) = 5.32, MSE = 1181.47, p < .05$)。近距離条件($M = 508$ ms)の方が遠距離条件($M = 528$ ms)のよりも速かった。手掛かりなし条件では、何の効果も得られなかった($F_s < 1$)。反応時間と同様に、エラー率を従属変数として分散分析を行った。しかし全ての効果において有意差は得られなかった(手掛かり×左右視野: $F(1,15) = 1.20, MSE = 28.63, p > .25$; その他: $F_s < 1$)。

6.1.3 考察

Categorical 課題では左右視野×手掛かりの交互作用が認められた。手掛かりあり条件では左右視野差はないが、手掛かりなし条件では右視野優位であった。この結果は Banich and Federmeier (1999)とも一致する。すなわち、ターゲット呈示と同時に空間的基準棒を設定しなおす必要がある場合に左右差が認められた。この知見は Kosslyn (1987, 1994)モデルに修正を求めるものである。しかしエラー率において左視野優位性が得られており、反応時間-正答率にトレードオフ関係が成立している。このため解釈には注意を要する。

Banich and Federmeier (1999)の実験では、水平バーの呈示位置を固定して呈示する場合と上中下位置に変動して呈示する場合を比較した。そのため固定条件と比べて変動条件では刺激がより周辺に呈示される傾向にあった。本実験では手掛かり呈示手続を用いたのでこの問題は克服された。結果が一致したことから、刺激の周辺呈示が影響を与えている可能性は否定される。また従来の Bar and dot task では、実験セッションを通じて同じ位置に水平バーが呈示された。本実験では 1000 ms 前に事前に水平バーを手掛かりとして呈示した。同じ効果が得られたことから、この効果は 1000 ms 間という比較的短い時間で充分出現するものと言える。

距離効果は一般に水平バーとターゲットが遠い条件において反応が速く正確となる傾向にあった。この距離効果は手掛かりなし条件では認められたものの、手掛かりあり条件では認められなかった。Logan (1994, 1995)の解釈を適用すると、手掛かりなし条件下では知覚表象レベルが利用されているが、手掛かりあり条件ではむしろ概念表象レベルが利用されていることが伺われる。しかしながら、手掛かりあり条件では左右視野×距離の交互作用が得られていることから単純に概念表象の利用を結論付けることはできない。この点については実験 7-8 において検討を加える。

Coordinate 課題では左右視野差が得られなかったことから、Kosslyn (1987, 1994)仮説を支持できない。距離効果が得られたが、その方向性は Categorical 課題とは反対の傾向であった。

手掛かりあり条件では距離効果が得られたが、手掛かりなし条件では得られなかった。Logan (1994, 1995)の解釈を適用すると、手掛かりあり条件下では知覚表象レベルが利用されているが、手掛かりなし条件ではむしろ概念表象レベルが利用されているということになる。

6.2 実験7 空間関係判断における基準棒手掛かり効果： Sergent-type task を用いて

実験6では基準棒手掛かり呈示手続を採用し、Banich and Federmeier (1999)の実験を追試した。Categorical 課題では手掛かりなし条件では右視野優位となり、彼女らの知見と一致した。また手掛かりなし条件では距離効果が認められ、Logan (1994, 1995)の考えに従えば知覚表象レベルの利用が想定される。

実験7-8では新たな刺激を採用して仮説の拡張を行った。バーの真上真下にターゲットを呈示するのではなく、基準(×)の斜め上下左右にターゲットを呈示した。Carlson-Radvansky and Logan (1997)は基準物体に対して上下判断をする場合、ターゲットが真上真下にあるとき(空間関係の適合がよいとき; Goodness of fit)の方が斜め上斜め下にあるとき(空間関係が容認できるとき; Acceptable)よりも判断時間が速くなることを報告した。Logan (1995)は、適合のよさや容認性が空間関係判断に影響するということが概念表象レベルまで変換が進んでいることの証拠であると主張している。この指摘を利用して、空間関係判断における知覚・概念表象の介在性について検討を加えた。

6.2.1 方法

6.2.1.1 被験者

実験6に参加していない右利き者の大学生、大学院生16人(男性13人、女性3人)が実験に参加した。視力は正常または矯正により正常であった。利き手はH.N.利き手テストにより測定した(八田・中塚, 1975)。

6.2.1.2 刺激材料と装置、手続

利用した刺激はSegent (1991)で用いられたものを参考に作成した。ターゲットであるドットと基準点(×)は2 mm 四方であった。ドットと基準点の位置関係には16種類あった。距離は4種類で、半数は20 mm よりも近い距離であり(7 mm, 14 mm)、残り半数は20 mm よりも遠い距離であった(21 mm 35 mm)。ドットは基準点に対して斜め上下左右に放射状に呈示されたので、刺激タイプとして16種類用意された。基準点は注視点(6 mm 四方)よりも50 mm 左右視野の一方に呈示された(Figure 6-3)。課題はCategorical 課題として上下判断、Coordinate 課題として遠近判断を求めた。各課題と基準棒手掛かりの有無毎に96試行ずつ行った。それ以外の実験手続、刺激呈示および反応取得は実験6と同じであった。

6.2.2 結果

実験6と同様に、各被験者毎に全体平均値から標準偏差の2倍以上離れた値を外れ値として除外した。

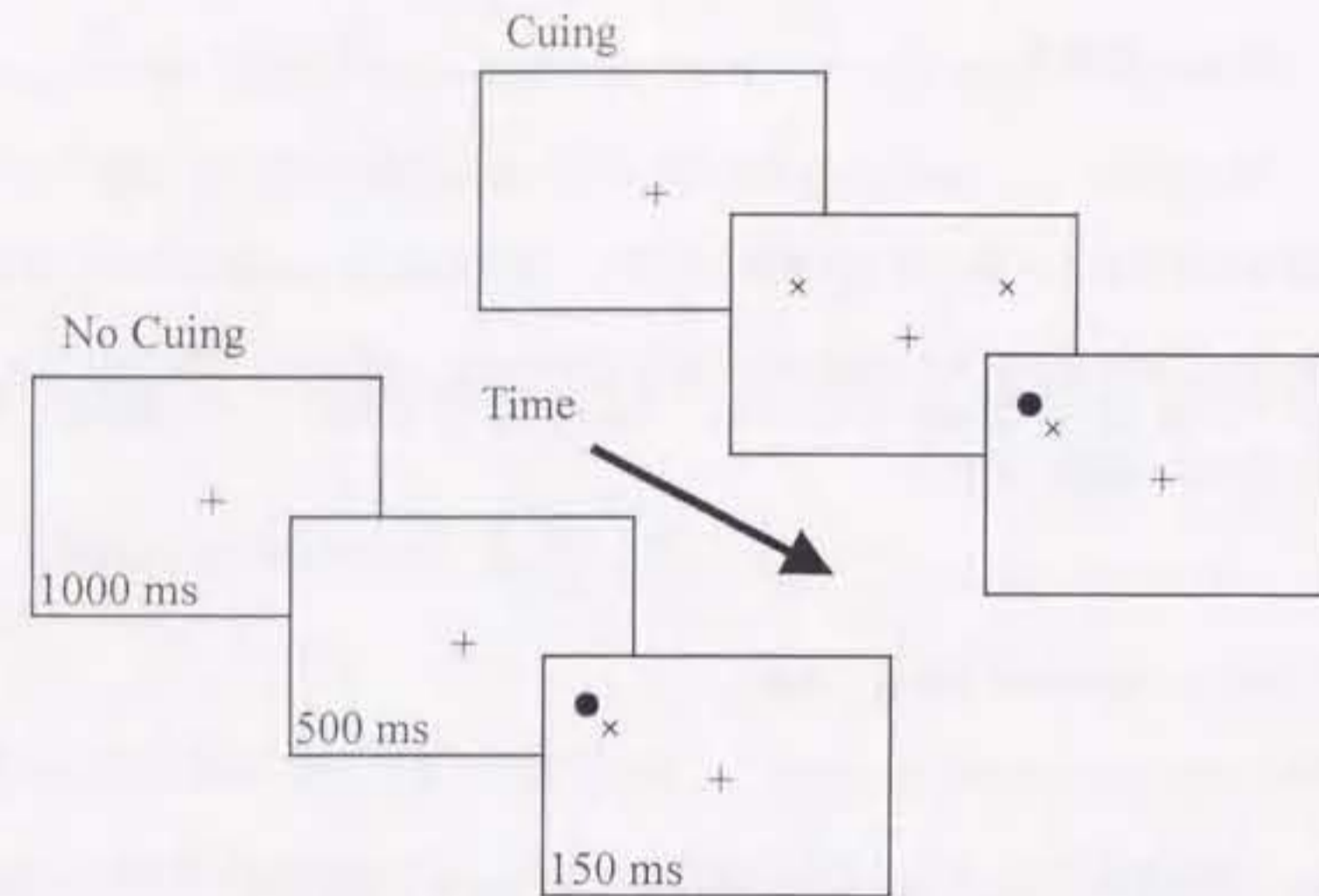


Figure 6-3. Trial sequences of no cuing and cuing conditions in Experiment 7.

6.2.2.1 Categorical 課題

反応時間を従属変数として、左右視野×手掛かり×上下反応を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。左右視野×手掛かりの交互作用が認められた($F(1,15) = 7.71, MSE = 332.77, p < .05$, Figure 6-4)。単純主効果より、手掛かりなし条件において右視野優位となることが示された(手掛かりあり: $F < 1$; 手掛かりなし: $F(1,30) = 9.29, MSE = 337.63, p < .005$)。反応時間と同様に、エラー率を従属変数として分散分析を行った。手掛かりの主効果のみが認められた($F(1,15) = 4.90, MSE = 8.00, p < .05$)。手掛かりあり条件($M = 3.6\%$)の方が手掛かりなし条件($M = 4.7\%$)よりも反応が正確であった。

6.2.2.2 Coordinate 課題

反応時間を従属変数として、左右視野×手掛かり×遠近反応を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。手掛かりと遠近反応の主効果が認められた(手掛かり: $F(1,15) = 9.44, MSE = 3236.42, p < .01$; 遠近反応: $F(1,15) = 10.58, MSE = 1652.75, p < .01$)。手掛かりなし条件($M = 452$ ms)の方が手掛かりあり条件($M = 483$ ms)と比べて速かった。また、近距離条件($M = 456$ ms)の方が遠距離条件($M = 479$ ms)よりも速かった。反応時間と同様に、エラー率を従属変数として分散分析を行った。手掛かりの主効果のみが認められた($F(1,15) = 7.88, MSE = 15.58, p < .025$)。手掛かりなし条件($M = 4.6\%$)の方が手掛かりあり条件($M = 6.6\%$)と比べて反応が正確であった。

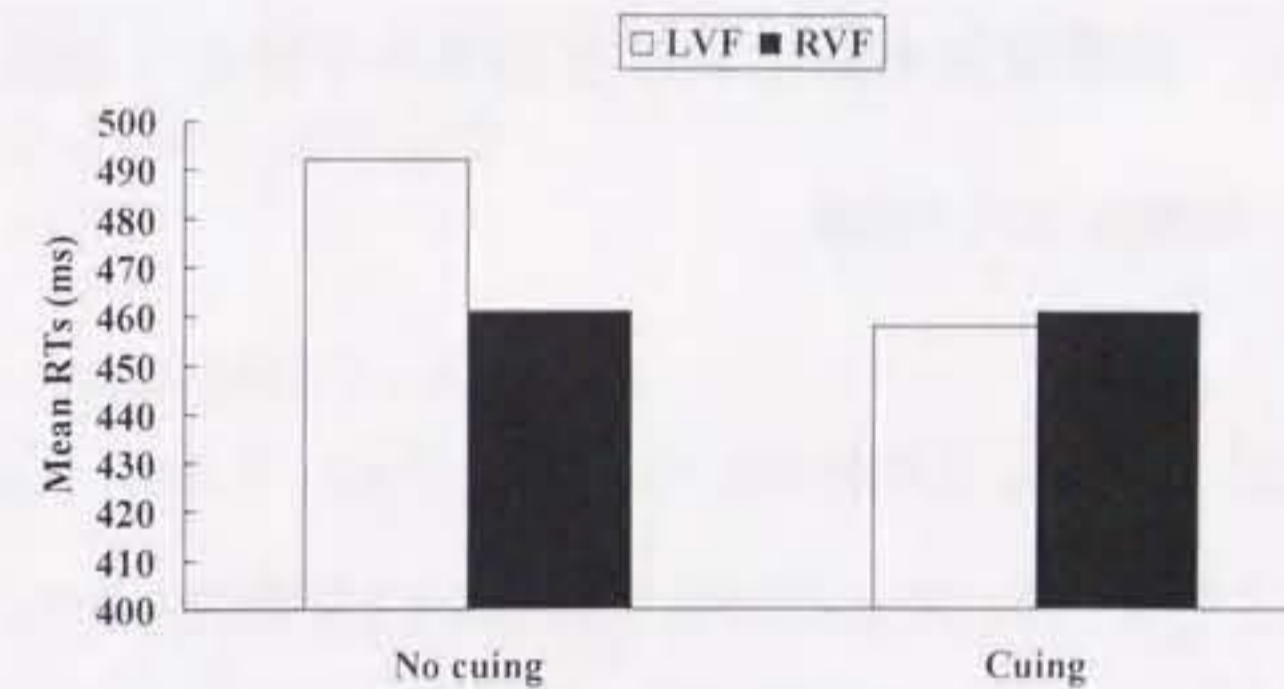


Figure 6-4. Mean reaction times (RTs, ms) for no cuing and cuing conditions as a function of visual field in Experiment 7.

6.2.3 考察

実験 6 と同様に、Categorical 課題では左右視野×手掛かりの交互作用が認められた。手掛かりあり条件では左右視野差はないが、手掛かりなし条件では右視野優位であった。本実験の目的は、空間関係の適合がよい Goodness of fit のとき(ターゲットが真上真下にあるとき)と

空間関係が容認できる Acceptable のとき（斜め上斜め下にあるとき）とを比較することである (Carlson-Radvansky & Logan, 1997)。そこで実験 6(Goodness of fit)と実験 7(Acceptable)を実験間要因とした分散分析を実施した。しかし、実験間要因を含む効果は認められなかった。このことから、本実験で扱った Categorical 課題は概念表象レベルではなく主に知覚表象レベルが利用されていると解釈される。

一方 Coordinate 課題では左右視野差は得られなかった。手掛かりあり条件よりも手掛かりなし条件の方が優位であった。距離効果は認められたが、近距離条件の方が優位であった。Coordinate 課題における距離効果と手掛かり効果はともに Categorical 課題とは反対の傾向であった。これは Categorical 課題と Coordinate 課題の特性が異なっていることを示すものである。

6.3 実験 8 空間関係判断における基準枠手掛かり効果：刺激-反応一致性による影響

実験 6-7 を通じて、Categorical 空間関係判断では手掛かりが事前に呈示されない条件で右視野優位となること、つまり Kosslyn (1987, 1994) 仮説が予測する左半球優位性が認められた。また実験 6 の距離効果と実験 6-7 の比較（空間関係の適合の良さが影響しないこと）から、Categorical 空間関係判断では主に知覚表象レベルが利用されていると考えられる。しかしながら、概念表象が全く関与していないと言い切ることはできない。

実験 8 では、実験 7 と同じ刺激を用いて左右判断時の基準枠手掛かり効果を検討した。Logan (1995) は任意性が低い上下判断よりも任意性が高い左右判断において判断時間が必要であることを示し、この効果は空間関係判断に概念表象が介在している証拠と考えた。本実験ではこの提案に基づいて上下判断（実験 7）と左右判断（本実験）を比較することで、空間関係判断における概念表象の介在性について検討を加えた。

また本実験では、刺激-反応一致性が空間関係判断に与える影響について検討した。刺激-反応一致(Stimulus-Response Compatibility)効果とは、呈示刺激の位置と反応キーとが一致している場合に反応が速く正確になる効果である。例えば、刺激が左視野（右視野）呈示時に左反応（右反応）する場合の方が左視野（右視野）呈示時に右反応（左反応）する場合よりも反応が速く正確になる。

6.3.1 方法

6.3.1.1 被験者

実験 6-7 に参加していない右手利き者の大学生、大学院生 16 人（男性 4 人、女性 12 人）が実験に参加した。視力は正常または矯正により正常であった。利き手は H.N.利き手テストにより測定した（八田・中塚, 1975）。

6.3.1.2 刺激材料と装置、手続

刺激材料と装置、実験手続はほぼ実験 7 と同様であった。異なっている点は以下の通りであった。1) Categorical 課題のみ実施した。2) 上下判断ではなく左右判断を求めた。3) 左反応のときは左キーを右反応のときは右キーをそれぞれ押すことで回答を求めた。

6.3.2 結果

実験 6-7 と同様に、各被験者毎に全体平均値から標準偏差の 2 倍以上離れた値を外れ値として除外した。

6.3.2.1 反応時間

反応時間を従属変数として、左右視野×手掛かり×刺激-反応一致性を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。左右判断を求める本実験では刺激-反応一致性という要因が生じた。一致とは左視野（右視野）呈示時に左反応（右反応）する場合、不一致とは左視野（右視野）呈示時に右反応（左反応）する場合である。

刺激-反応一致性の主効果および刺激-反応一致性を含む交互作用が有意となった(主効果： $F(1,15) = 26.31, MSE = 2047.97, p < .0005$; 刺激-反応一致性×左右視野： $F(1,15) = 13.61, MSE = 862.20, p < .005$, 刺激-反応一致性×手掛かり： $F(1,15) = 16.69, MSE = 945.45, p < .005$)。一致条件において反応時間が速かった。このため、一致と不一致に分離して2要因の分散分析を行った。

一致条件では、左右視野の主効果が認められた($F(1,15) = 10.69, MSE = 530.70, p < .01$)。右視野優位であった。また、左右視野×手掛かりの交互作用に傾向差が認められた($F(1,15) = 3.47, MSE = 528.97, p < .1$)。実験6-7と同様に、手掛かりあり条件では左右視野差はないが($F < 1$)、手掛かりなし条件では右視野優位であった($F(1,15) = 13.58, MSE = 530.00, p < .005$; Figure 6-5)。

一方、不一致条件では、左右視野と手掛かりの主効果が認められた(左右視野： $F(1,15) = 9.47, MSE = 640.89, p < .01$; 手掛かり： $F(1,15) = 4.55, MSE = 2904.76, p < .05$)。左視野優位であり、手掛かりなし条件で反応時間が速かった。

6.3.2.2 エラー率

反応時間と同様に、エラー率を従属変数として左右視野×手掛かり×刺激-反応一致性を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。

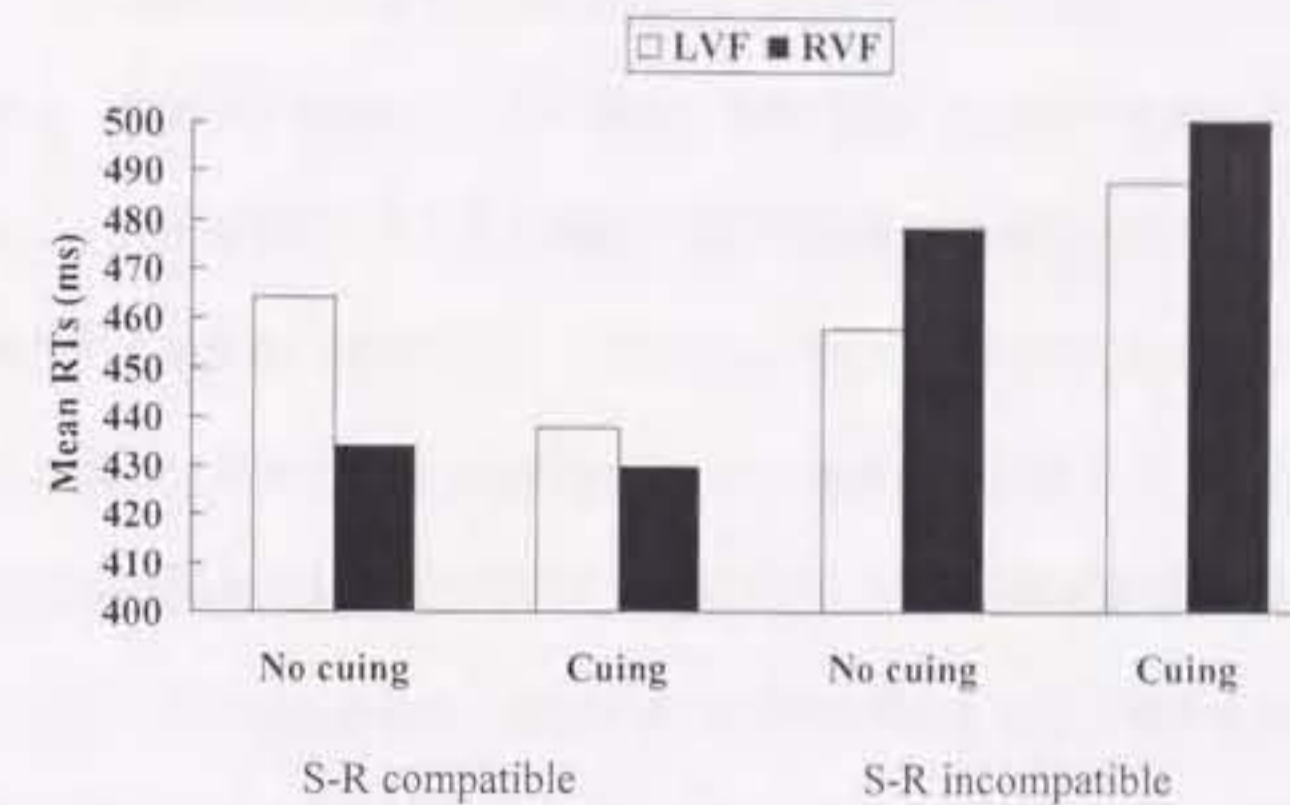


Figure 6-5. Mean reaction times (RTs, ms) for cuing (no cuing and cuing) and stimulus-response compatibility conditions as a function of visual field in Experiment 8.

刺激-反応一致性の主効果および刺激-反応一致性×手掛かりの交互作用が有意となった(主効果： $F(1,15) = 9.15, MSE = 148.29, p < .01$; 刺激-反応一致性×手掛かり： $F(1,15) = 16.90, MSE = 43.95, p < .001$)。不一致条件($M = 8.8\%$)よりも一致条件($M = 2.3\%$)において反応が正確だった。このため、一致と不一致に分離して2要因の分散分析を行った。

一致条件では、手掛かりの主効果が認められた($F(1,15) = 11.90, MSE = 8.23, p < .005$)。手掛かりあり条件($M = 1.0\%$)の方が手掛かりなし条件($M = 3.5\%$)よりも反応が正確だった。不一致条件でも、手掛かりの主効果が認められた($F(1,15) = 4.68, MSE = 128.17, p < .05$)。一致条件とは反対に、手掛かりなし条件($M = 6.3\%$)の方が手掛かりあり条件($M = 12.4\%$)よりも反応が正確だった。

6.3.3 考察

実験6-7と同様に、Categorical 課題では左右視野×手掛かりの交互作用が刺激-反応一

致条件において認められた。手掛かりあり条件では左右視野差はないが、手掛かりなし条件では右視野優位であった。本実験の目的は、上下判断（実験7）と左右判断（本実験）を比較することで空間関係判断における概念表象の介在性について検討することであった（Logan, 1995）。そこで左右視野×手掛かりの交互作用がともに得られた実験7（上下判断）と実験8（左右判断）の一致条件を実験間要因とした分散分析を実施した。実験間要因を含む効果は左右視野との交互作用のみであった（ $F(1,30) = 4.79, MSE = 415.10, p < .05$ ）。この交互作用は、左右判断の方が上下判断と比べて左右視野差が大きいことを示している。上下判断では左右差が3 ms であるのに対して、左右判断では19 ms であった。Logan (1995)の議論から予測されるのは、任意性の低い上下判断よりも任意性の高い左右判断において判断時間がかかるということである。しかし、実験間比較からはこれと関わる効果は認められなかった。

但し、実験7（上下判断）と実験8（左右判断）とでは刺激-反応一致性が異なっていた。上下判断・左右判断ともに反応キーは左右に配置されていた。すなわち、上下判断の方が左右判断よりも刺激-反応一致性が相対的に低かった。このため、上下判断と左右判断の一致条件とに差異が認められなかった可能性がある。この点を検証するため、実験7（上下判断）と実験8（左右判断）の不一致条件を実験間要因として分散分析を行った。実験間要因を含む効果は左右視野との交互作用のみであった（ $F(1,30) = 8.64, MSE = 470.19, p < .01$ ）。この交互作用は、上下判断では右視野優位傾向であるのに対して左右判断の不一致条件では左視野優位であることによって得られている。一致条件と同様に、任意性が空間関係判断に影響することを示す効果は認められなかった。実験6-8の結果を総合すると、本実験で扱ったCategorical課題は概念表象レベルではなく主に知覚表象レベルが利用されていると解釈される。

実験8の刺激-反応不一致条件では左右視野×手掛かりの関係は認められなかった。左視野優位であり、手掛かりなし条件の方が手掛かりあり条件よりも成績がよかった。刺激-反応不一致条件では、左視野呈示刺激に対して右反応をすることになる。つまり、被験者の利き手である右手で反応をしている。このため不一致条件における左視野優位は利き手の優位性効果とも

解釈できる。また一致条件とは異なり、不一致条件では手掛かりなし条件の方が優位であった。このことから、不一致条件では基準棒手掛かりを有効に利用していないことが推察される。一つの解釈として、一致条件に沿うように基準棒を設定するため、かえって不一致条件では不利に機能することが考えられる。

本章の実験をまとめると以下ようになる。1)Categorical空間関係課題において左右視野×手掛かりの交互作用が認められた。手掛かりあり条件では左右視野差は得られなかったが、手掛かりなし条件では右視野優位であった。Kosslyn (1987, 1994)仮説は空間的基準棒を試行毎に設定しなおす必要がある場合に認められることが示された（Banich & Federmeier, 1999）。2)距離効果および空間関係の適合性と任意性の効果より、Categorical空間関係判断には主に知覚表象レベルが利用されていると推察された。基準棒手掛かりが事前に与えられている場合には距離効果が得られず、概念表象の介在が考えられた（実験6）。しかし実験7-8よりCategorical空間関係判断に概念表象が介在している証拠は得られなかった。3)Coordinate空間関係課題では左右視野差は得られなかった。しかしCategorical空間関係課題とは異なる距離効果と手掛かり効果が得られた。Categorical課題では遠距離優位であるが、Coordinate課題では近距離優位であった。またCategorical課題では手掛かりあり優位であるが、Coordinate課題では手掛かりなし優位であった。これらの知見はCategoricalとCoordinate空間関係の処理特性が異なっていることを示すものである。

本章の実験結果をLogan (1994, 1995)モデルによって説明すると以下ようになる（Figure 6-6）。手掛かりあり条件では、1000 ms前に空間的基準棒に関する手掛かりが与えられているので、Loganモデルの2つの計算過程を事前に行うことができる。空間領域の指定過程は完全ではないにしても上中下位置のどこに呈示されるかは限定できる。基準棒の設定過程は事前に行うことができる。ターゲットが呈示された際に行う必要があるのは最後のターゲットと基準領

域の比較過程のみである。これに対して手掛かりなし条件では、ターゲット呈示時に3つの計算過程全てを行う必要がある。

両条件で共通するターゲットと基準領域の比較過程に左右差があるとは考えにくい。左右差があると考えられるのは空間領域の指定過程もしくは基準棒の設定過程である。しかしながら、Banich and Federmeier (1999)の議論および Humphreys and Riddoch (1984)の脳損傷患者研究から、空間領域の指定過程よりも基準棒の設定過程の方が左半球優位であると考えられる。

本章の実験結果は Logan (1994, 1995)モデルで解釈するのが最も妥当であると考えられるが、異なる解釈の余地もある。手掛かりなし条件では、ターゲットと水平バーが同時に呈示されていた。このため、2つの物体というよりも1つの物体として認知された可能性がある。例えば、基準に対してターゲットが上か下かという空間関係判断をしたというよりも、全体的な形態に関する判断をしていた可能性が挙げられる(Hummel & Biederman, 1992)。このように考えると、空間認知系ではなくむしろ物体認知系の関与が推察される。これに対して手掛かりあり条件では、ターゲットと水平バーは異なる時間間隔で呈示されたため、2つの物体として認知され、空間認知系で処理されたと考えられる。この前提に立つと、本章の結果は異なる認知系によってそれぞれ処理がなされたために異なる視野差が得られたという仮説が成り立つ。つまり、物体認知系で処理された場合には右視野優位となり、空間認知系で処理された場合には視野差なしとなる。この問題については実験 12-15 について検討を加える。

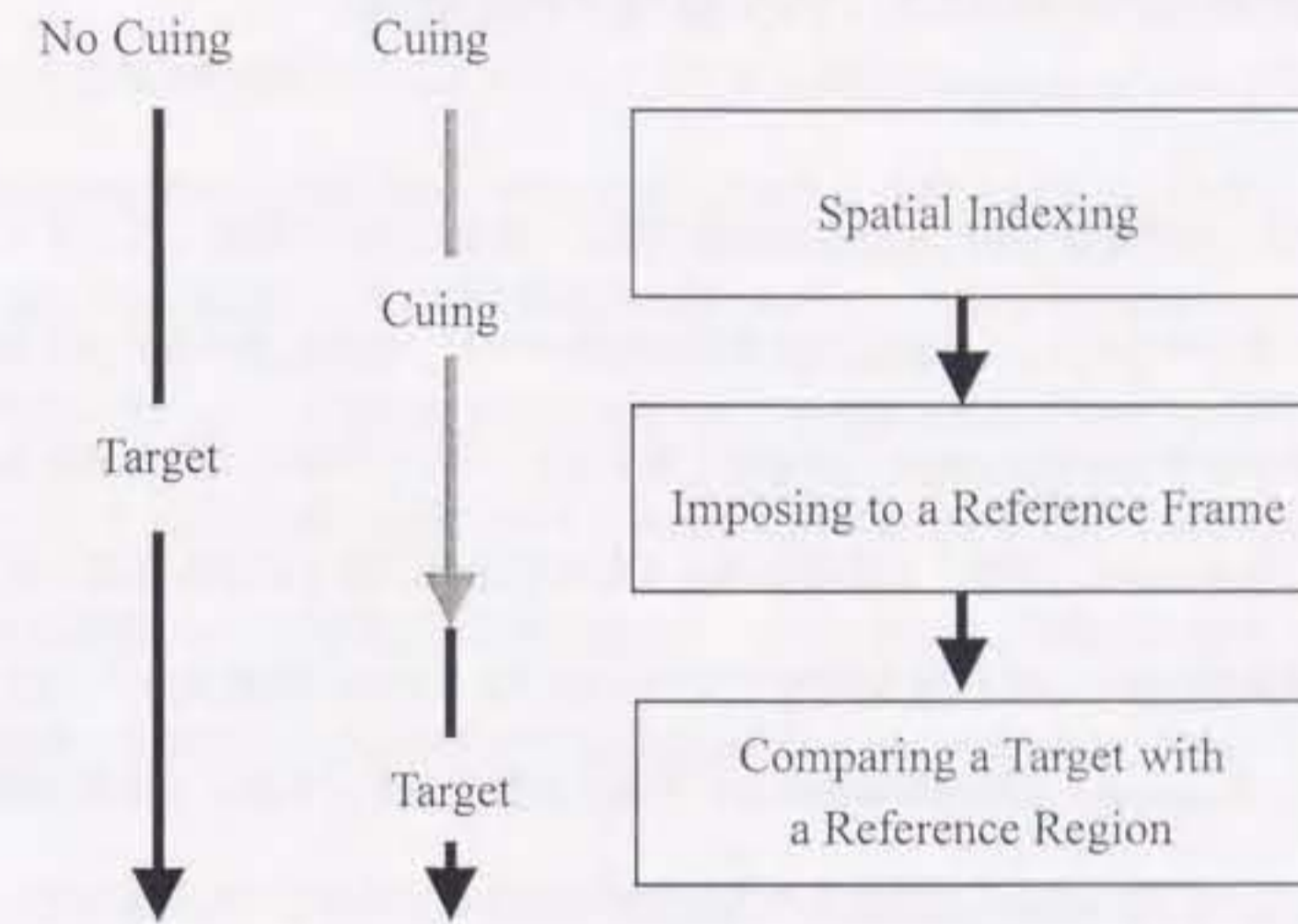


Figure 6-6. Logan's (1994, 1995) model and computational demands in Experiment 6-8.

第7章 空間関係判断における復帰抑制効果

第6章では、空間関係判断における基準枠手掛かり効果について検討した。第6章の知見は以下のようにまとめられる。1)Categorical 空間関係判断では、空間的基準枠を試行毎に設定しなおす必要がある場合にのみ Kosslyn (1987)が予測するところの右視野/左半球優位性が認められた(Banich & Federmeier, 1999)。2)距離効果および空間関係の適合性と任意性の効果より、Categorical 空間関係判断には主に知覚表象レベルが利用されていると推察された。3)Categorical 空間関係判断と Coordinate 空間関係判断において異なる距離効果と手掛かり効果が得られたことから、Categorical と Coordinate 空間関係の処理特性が異なっていることが示された。第6章のCategorical 空間関係の結果を Logan (1994, 1995)モデルで解釈すると、空間的基準枠の設定過程に左右差があり、左半球優位であることが導かれた。

本章ではこの空間関係仮説を拡張するために、特に Logan モデルの空間領域の指定過程に注目して検討を加えた。具体的には、視覚的注意の抑制機構を示唆する復帰抑制効果を利用することで検討した。

直前の視覚的手掛かりがターゲットの検出を促進することは広く知られた現象であるが (Posner, 1980)、手掛かりとターゲットの呈示時間差(SOA)が300ms以上になると、むしろ抑制効果が発生する(Posner & Cohen, 1984)。この現象は復帰抑制と呼ばれる。視覚システムは常に新奇な位置を探索して事前に注意を向けた空間位置は抑制するような戦略(注意の更新)を取っており、復帰抑制はこのような仕組みを反映した現象であると解釈されている。視覚的シーンは時々刻々と変化する。このような時間的に広がりをもったシーンを知覚するためには、各空間領域に対して適切に注意を配分しなければならない。また必要に応じて空間的基準枠も変更がせまられる。注意更新戦略は時間的に広がりをもったシーンを理解する上で有効に機能すると考えられる。

この復帰抑制現象は、ターゲットの検出や空間的位置判断などの空間運動性課題において安定して認められる。このことから復帰抑制は運動出力系での効果であると考えられている

(Klein & Taylor, 1994; Tanaka & Shimojo, 1996, 2000)。これに対して、形態や色彩判断などの物体認知課題でも復帰抑制効果が認められるとする見解も存在する(Handy et al., 1999; Kingstone & Pratt, 1999; Lupianez et al., 1997; Pratt, 1995; Pratt & Abrams, 1999; Pratt et al., 1997)。

Pratt ら(1997)は課題として空間位置判断課題(左/右)と形態判断課題(×/+)を用いて復帰抑制効果を検討した。復帰抑制が主に運動出力系の効果であって知覚入力系での作用が影響しないならば、空間位置判断課題においてのみ復帰抑制が認められると予測される。しかしながら、結果は両課題において復帰抑制効果を認めた。このことから、知覚入力系での作用が復帰抑制効果に影響していることが推察される(Kingstone & Pratt, 1999; Pratt, 1995; Pratt & Abrams, 1999)。

また、Lupianez ら(1997)はターゲットの検出課題と色判断課題を用いて復帰抑制効果を検討した。彼らは、視覚的手掛かりとターゲットのSOAを変化させることで復帰抑制が出現するまでの時間的遷移に注目した。検出課題ではSOA 300 ms以降で安定した抑制効果が観察された。一方色判断課題ではSOA 700 ms以降でないと抑制効果が観察されず、またその抑制効果は迅速に消失する傾向にあった。このことから、物体特徴に関する課題と空間位置に関する課題とで復帰抑制が出現する時間的遷移が異なることが明らかとなった。

実験9では課題要求あるいは課題の種類に応じて復帰抑制効果の安定性が異なることを確認した。Pratt ら(1997)およびLupianez ら(1997)の実験に準じた設定で、形態判断と空間位置判断課題における復帰抑制効果について検討した。その際、手掛かりとターゲットの呈示時間差(SOA)が短い場合(500 ms)と長い場合(1000 ms)を用意した。Lupianez ら(1997)の指摘が妥当であれば、SOAが短い場合は空間位置判断課題でのみ抑制効果が期待され、SOAが長い場合は両課題でも抑制効果が期待される。実験10では空間位置判断課題に限定して、刺激-反応一致性の影響を検討した。復帰抑制現象が運動出力系で発生する現象であるならば、刺激-反応一致性という運動性の要因を操作することが抑制効果量に影響することが期待される。

以上の知見を踏まえた上で、実験11において空間関係判断時の復帰抑制効果を検討した。

空間性課題である空間関係判断課題において安定した抑制効果が認められるか、および第6章で検討した空間的基準枠の手掛かり効果が復帰抑制効果に影響するの点に注目して検討した。

7.1 実験9 形態および空間位置判断における復帰抑制効果¹

実験9では課題要求あるいは課題の種類に応じて復帰抑制効果の安定性が異なることを確認した。Prattら(1997)およびLupianezら(1997)の実験に準じた設定で、形態判断と空間位置判断課題における復帰抑制効果について検討した。実験要因は課題(形態判断/空間位置判断)、SOA(500/1000 ms)および視覚的手掛かり手続であった。

課題とSOAの両要因はLupianezら(1997)の見解を確認するために設定した。彼らの指摘が妥当であれば、SOAが短い場合は空間位置判断課題でのみ抑制効果が認められ、SOAが長い場合は両課題でも抑制効果が認められることになる。

Prattら(1997)およびLupianezら(1997)の実験はほぼ同様の結果を導いているが、実験手続に重要な違いが存在した。Prattら(1997)の実験では、左右に配置された枠の一方がフラッシュした後、注視点がフラッシュした。これは視覚的手掛かりを呈示した後に注視点に注意を戻すことを強制する手続である。一方Lupianezら(1997)の実験では、左右に配置された枠の一方がフラッシュするのみであった。彼らの実験設定では、視覚的手掛かりを呈示した後に注視点に注意を戻すことを強制していない。復帰抑制実験では、被験者に課題中は注視点を注視するようにと教示を与える。このため視覚的手掛かりによって注意が周辺位置に移動したとしても、内発的に注視点位置に注意が戻ることを前提としている。また、Posner and Cohen (1984)が想定した復帰抑制メ

¹ 実験9は、Kogure, T. (1999). Inhibition of return in location- versus identity-based tasks: SOA and cuing-type effects. *Proceedings of the 2nd international conference on cognitive science and the 16th annual meeting of the Japanese cognitive science society joint conference*. 1120-1123.として発表した。

カニズムもこの前提を踏まえたものである。しかしながら、教示のみで被験者の内発的注意移動を期待する場合と注視点のフラッシュによる外発的注意移動を設定する場合とで同じ効果が得られるであろうか？先行研究においてこの問題は比較検討されていない。そこで本実験では、左右枠のフラッシュのみ呈示する手続(単一手掛かり手続)と注視点のフラッシュも併せて呈示する手続(二重手掛かり手続)を設定することで、この問題を検討した。

7.1.1 方法

7.1.1.1 被験者

大学生、大学院生16人(男性9人、女性7人)が実験に参加した。視力は正常または矯正により正常であった。

7.1.1.2 刺激材料と装置

Prattら(1997)に準じた刺激を利用した。画面中央に注視点とその左右に正方形を一対呈示した。注視点は5 mm四方で、正方形は10 mm四方であった。注視点と正方形のラインの太さは2 pointであり、黒背景に灰色で呈示した。注視点と正方形の距離は60 mmであった。ターゲットは×または+であり、白色で呈示された。大きさは正方形内にちょうど収まる程度であった。手掛かりとして注視点および正方形がフラッシュする場合には、灰色から白色に、ラインの太さが2 pointから4 pointに変化した。

刺激呈示および反応取得はMacintosh Performa 6310、アプリケーションPsyScope(Cohen et al., 1993)によって制御された。観察距離は600 mmであり、被験者の顔は顔面固定器によって固定された。

7.1.1.3 手続

注視点と左右に正方形一対を 500 ms 間呈示した。次に手掛かりとして、左右どちらかの正方形を 50 ms 間フラッシュさせた。その後 500 ms または 1000 ms の SOA でターゲット (×, +) を左右正方形の一方に 50 ms 間呈示した (Figure 7-1)。SOA, 手掛かりの呈示位置, ターゲットの呈示位置と形態特徴はそれぞれ直行デザインで, それぞれ試行の半数ずつ呈示された。よって手掛かり位置にターゲットが呈示される確率は 50% であった。被験者の課題は 2 種類あった。空間位置判断課題では, ターゲットが左右のどちらに呈示されたかをできる限り正確に速くキー押しで答えることであった。形態判断課題では, ターゲットが × であるか + であるかをできる限り正確に速くキー押しで答えることであった。手掛かり刺激は課題とは無関係な情報なので無視するよう教示した。手掛かり手続に 2 種類用意した。二重手掛かり手続では, 手掛かり呈示後 300 ms の時点から 50 ms 間注視点をフラッシュさせた。単一手掛かり手続では, 正方形の手掛かりのみであった。なお, 被験者には注意復帰手続の有無に関わらず, 試行中は注視点を見続けるよう教示した。

空間位置判断課題では, ターゲットの呈示視野とキー対応の一致性をできる限り低くするために, キーは上下に配置し, さらに左手親指で右刺激, 右手親指で左刺激に反応するように左右手を配置した。ターゲット位置 (左右) と上下ボタンの対応は被験者間でカウンターバランスした。形態判断課題では, キー配置は同様に上下であり, 半数の被験者は × の時には上を, + の時には下のキーを押した。残り半数は逆の対応であった。各課題, 手掛かり呈示手続毎にそれぞれ 1 セッション (練習試行 16 回, 本試行 96 回) ずつ計 4 セッション行った。セッション順は被験者間でカウンターバランスした。

7.1.2 結果

ミスおよび 1000 ms 以上の反応時間をエラーとした。

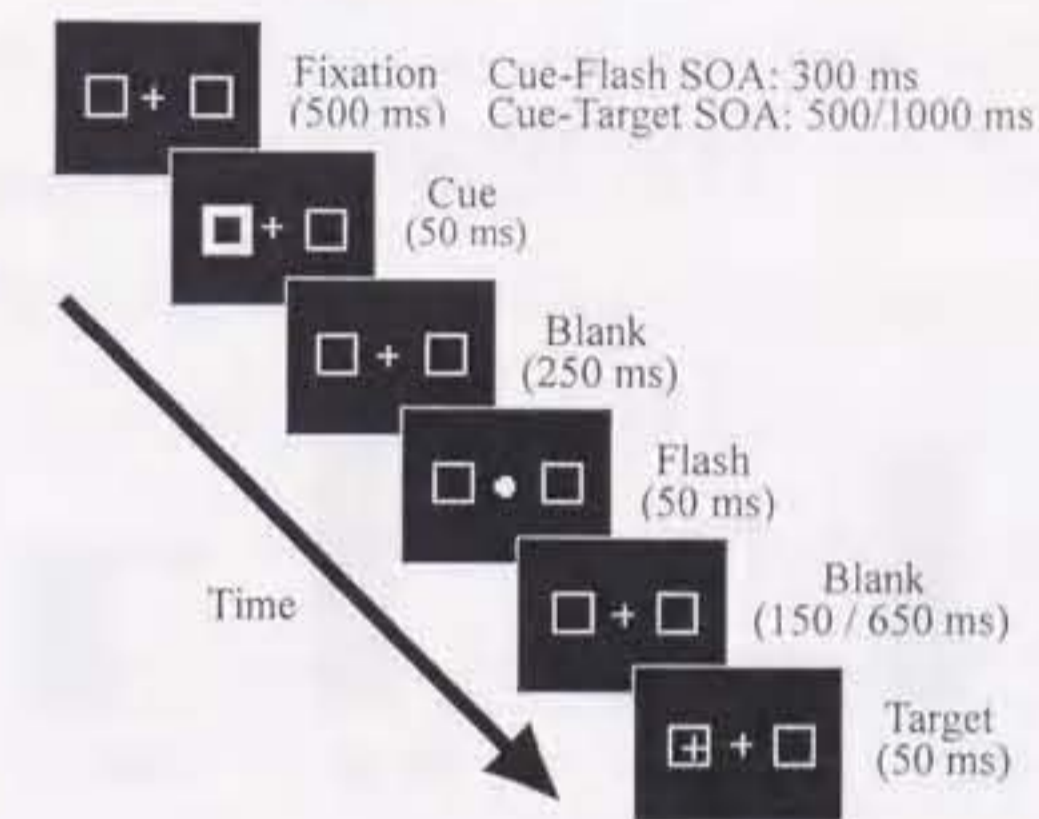


Figure 7-1. Trial sequence of the task used in Experiment 9.

7.1.2.1 空間位置判断課題

視覚的手掛かり手続 (単一/二重), SOA (500/1000 ms) および手掛かりとターゲットの位置関係 (同/異) の平均正反応時間を算出し, 全体平均値を Figure 7-2 に示した。エラー率は 3.3% であった。エラー率は十分に低いと考えられるので, 分析は反応時間のみとした。

視覚的手掛かり手続 (単一/二重) × SOA (500/1000 ms) × 手掛かりとターゲットの位置関係 (同/異) を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。位置関係の主効果が有意となった ($F(1,15) = 16.53, MSE = 236.56, p < .005$)。位置関係が同じとき ($M = 454$ ms) の方が異なるとき ($M = 443$ ms) よりも 11 ms 反応時間が遅く, 抑制効果が認められた。また SOA の主効果も有意であった ($F(1,15) = 27.94, MSE = 1476.24, p < .0005$)。1000 ms SOA 条件 ($M = 443$ ms) の方が 500 ms SOA 条件 ($M = 466$ ms) よりも反応時間が速かった。交互作用では, 手掛かり手続 × 位置関係

の交互作用が有意となっただけであった($F(1,15) = 7.91, MSE = 244.65, p < .05$). 単一手続では抑制量が4 msで有意ではなかった($F < 1$). 二重手続では抑制量が19 msで、単純主効果も有意であった($F(1,30) = 23.58, MSE = 240.60, p < .005$).

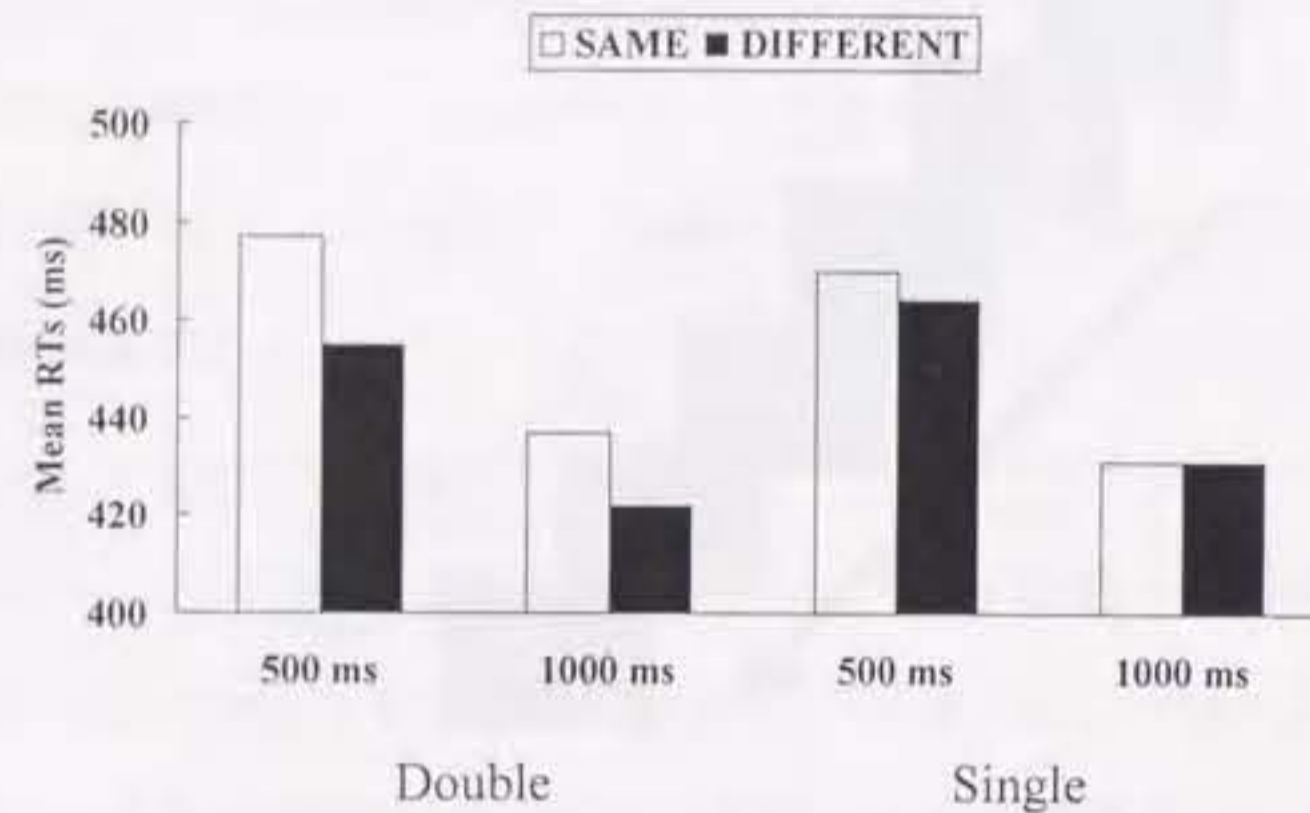


Figure 7-2. Mean reaction times (RTs, ms) in cuing and target location condition plotted as a function of SOA and cuing procedure conditions on the location-based task in Experiment 9.

7.1.2.2 形態判断課題

視覚的手掛かり手続(単一/二重), SOA(500/1000 ms)および手掛かりとターゲットの位置関係(同/異)の平均正反応時間を算出し、全体平均値を Figure 7-3 に示した。

反応時間を従属変数として、視覚的手掛かり手続(単一/二重) × SOA(500/1000 ms) × 手掛かりとターゲットの位置関係(同/異)を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。位置関係の主効果が有意となった($F(1,15) = 5.92, MSE = 381.96, p < .05$)。位置関係が同じとき($M = 564$ ms)の方が異なるとき($M = 555$ ms)よりも9 ms 反応時間が遅く、抑制効果が認められた。また SOA の主効果も有意であった($F(1,15) = 30.81, MSE = 952.94, p < .001$)。1000 ms SOA 条

件($M = 544$ ms)の方が500 ms SOA 条件($M = 575$ ms)よりも反応時間が速かった。交互作用において有意となった組み合わせはなかった。しかし、SOA × 位置関係の交互作用に傾向差が認められた($F(1,15) = 3.35, MSE = 206.44, p < .1$)。そこで各 SOA 条件毎に単純主効果を求めた。500 ms SOA 条件では抑制量が4 msで統計的にも有意ではなかった($F < 1$)。1000 ms SOA 条件では抑制量が13 msで、単純主効果は有意であった($F(1,30) = 9.26, MSE = 294.20, p < .005$)。

形態判断課題では、平均エラー率は6.5%であった。そこでエラー率を従属変数として反応時間と同様に3要因の分散分析を行った。手掛かり手続 × 位置関係の交互作用だけが有意となった($F(1,15) = 7.17, MSE = 17.04, p < .05$)。単純主効果を求めたところ、二重手掛かり手続のみ有意であり($F(1,30) = 4.84, MSE = 20.24, p < .05$)、単一手掛かり手続では有意ではなかった($F(1,30) = 1.62, ns$)。エラー率はそれぞれ同7.7%, 異5.2% (二重手掛かり), 同5.9%, 異7.3% (単一手掛かり)であった。

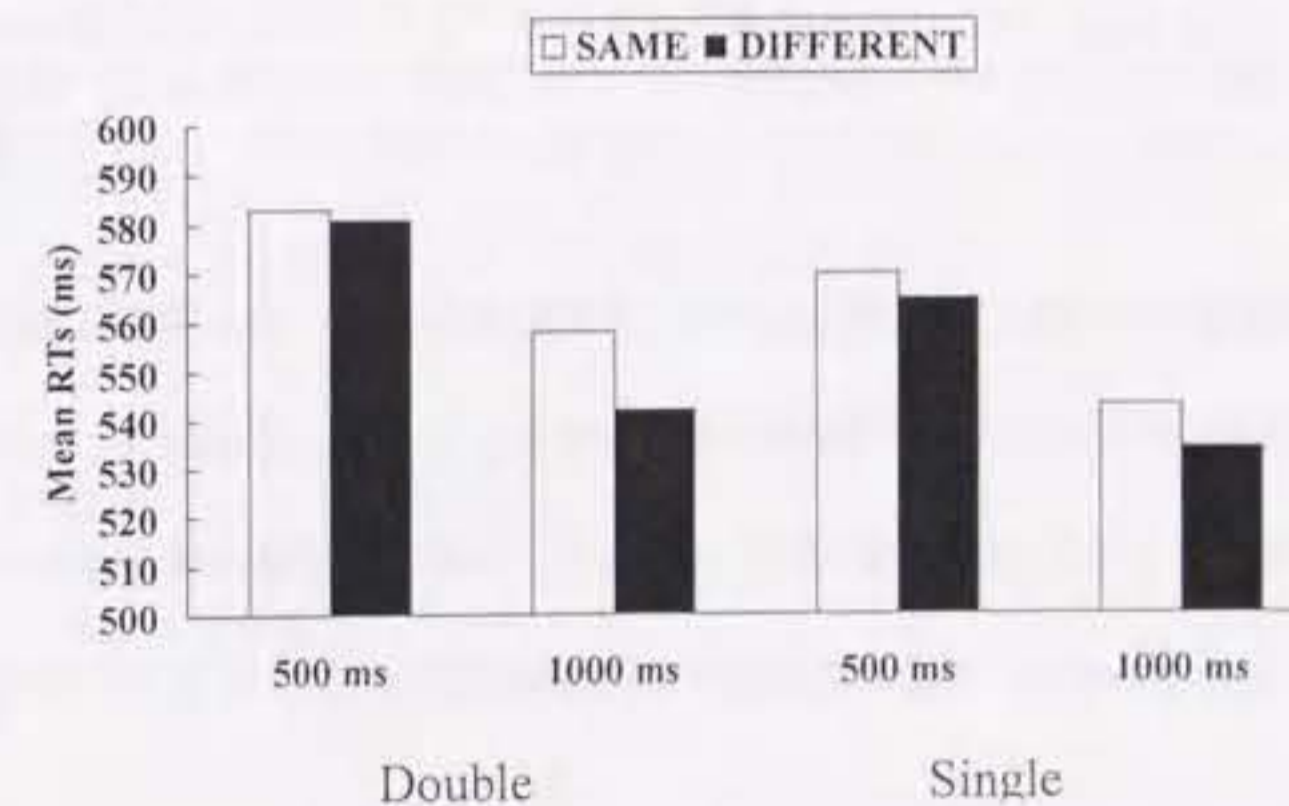


Figure 7-3. Mean reaction times (RTs, ms) in cuing and target location condition plotted as a function of SOA and cuing procedure conditions on the identity-based task in Experiment 9.

7.1.3 考察

空間位置判断課題では、SOA に関わりなく復帰抑制効果が認められた。Lupianez ら(1997)は典型的に復帰抑制効果が認められる課題(ターゲットの検出課題)では、SOA 300 ms 以降安定した抑制効果が得られると主張している。課題は異なるが本実験のデータはそれと合致するものと言える。また、二重手掛かり手続の方が単一手掛かり手続よりも抑制量が大きかった。Lupianez ら(1997)は単一手掛かり手続を採用しているにも関わらず、安定した抑制効果を得ている。この不一致の原因として、刺激-反応一致性の要因が考えられる。本実験の空間位置判断課題では、ターゲットの呈示視野とキー対応の一致性をできる限り低くするために、キーは上下に配置し、さらに左手親指で右刺激、右手親指で左刺激に反応するように左右手を配置した。つまり刺激-反応一致性は比較的強く設定されていた。これに対して、Lupianez ら(1997)の課題はターゲットの単純検出であり、キー反応は単一(キーボードの B キーを押す)であった。刺激とキー対応は不一致の関係にはなかった。この点については、実験 10 で刺激-反応一致性を操作することで検討した。

形態判断課題では SOA が 1000 ms の時に抑制効果が認められ、特徴に関わる課題(形態や色など)では SOA が 700 ms 以上で抑制効果が出現すると言う Lupianez ら(1997)の主張と符合する結果が得られた。しかし空間位置判断とは異なり、手掛かり手続の差異は抑制効果に影響を与えなかった。このことから、形態判断課題の復帰抑制効果には SOA が主に影響することが確認された。

7.2 実験 10 空間位置判断における復帰抑制効果：刺激-反応一致性による影響

実験 9 において、空間位置判断課題では SOA に依存しない安定した抑制効果が、形態判断課題では SOA に依存した抑制効果がそれぞれ認められた。この結果は Lupianez ら(1997)の知見と符合した。

しかし、空間位置判断の抑制効果は二重手掛かり手続では確認されたが、単一手掛かり手続では認められなかった。Lupianez ら(1997)は単一手掛かり手続を採用し、安定した抑制効果を得ているので、実験 9 の知見とは一致しない。この不一致の原因として、刺激-反応一致性の要因が挙げられる。実験 9 の空間位置判断課題では刺激-反応一致性が比較的強く設定されていた。そこで、実験 10 においてこの要因を実験的に操作した。

また復帰抑制現象が運動出力系で発生する現象であるならば、刺激-反応一致性という運動性の要因を操作することが抑制効果量に影響することが期待される。具体的には刺激-反応一致性が高まることによって抑制量が大きくなる傾向が期待される。

7.2.1 方法

7.2.1.1 被験者

実験 9 に参加していない大学生、大学院生 16 人(男性 12 人、女性 4 人)が実験に参加した。視力は正常または矯正により正常であった。

7.2.1.2 刺激材料と装置, 手続

刺激材料と装置, 実験手続はほぼ実験9と同様であった。異なっている点は, 1)空間位置課題のみ実施したこと, 2)刺激-反応一致性が高い条件と低い条件を設定したことであった。高い条件では, 左刺激に対して左キーを右刺激に対して右キーをそれぞれ押すように求めた。低い条件では実験9の空間位置課題と同一のキー押しを求めた。

7.2.2 結果

ミスおよび1000 ms以上の反応時間をエラーとした。

7.2.2.1 刺激-反応一致条件

視覚的手掛かり手続(単一/二重), SOA(500/1000 ms)および手掛かりとターゲットの位置関係(同/異)の平均正反応時間を算出し, 全体平均値をFigure 7-4に示した。実験9の空間位置判断課題と同様に, 分析は反応時間のみとした。

視覚的手掛かり手続(単一/二重) × SOA(500/1000 ms) × 手掛かりとターゲットの位置関係(同/異)を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。位置関係の主効果が有意となった($F(1,15) = 20.47, MSE = 211.95, p < .0005$)。位置関係が同じとき($M = 371$ ms)の方が異なるとき($M = 359$ ms)よりも12 ms反応時間が遅く, 抑制効果が認められた。また, SOAの主効果も有意であった($F(1,15) = 46.88, MSE = 1049.30, p < .0005$)。1000 ms SOA条件($M = 346$ ms)の方が500 ms SOA条件($M = 385$ ms)よりも反応時間が速かった。交互作用で有意となった組み合わせはなかった。

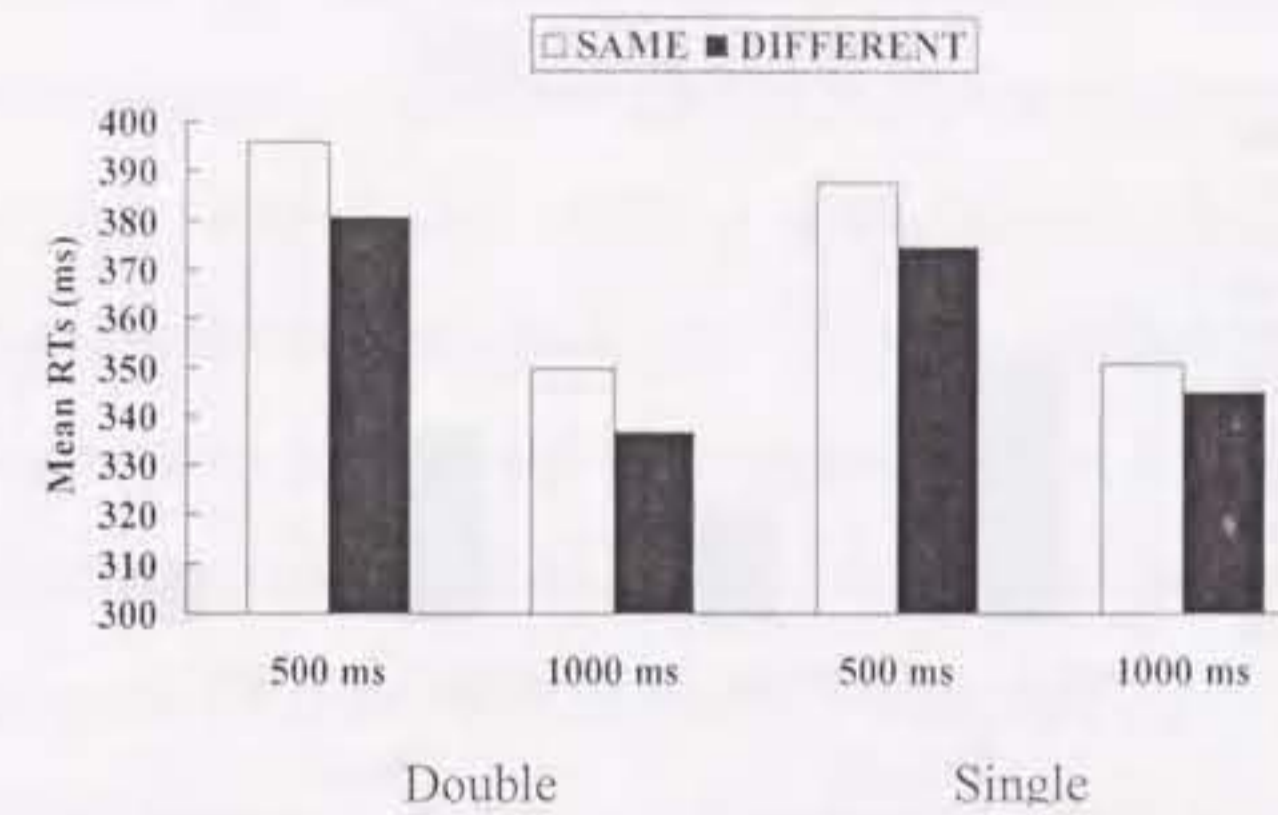


Figure 7-4. Mean reaction times (RTs, ms) in cuing and target location condition plotted as a function of SOA and cuing procedure on the compatible condition in Experiment 10.

7.2.2.2 刺激-反応不一致条件

刺激-反応一致条件と同様に, 視覚的手掛かり手続(単一/二重), SOA(500/1000 ms)および手掛かりとターゲットの位置関係(同/異)の平均正反応時間を算出し, 全体平均値をFigure 7-5に示した。実験9の空間位置判断課題と同様に, 分析は反応時間のみとした。

視覚的手掛かり手続(単一/二重) × SOA(500/1000 ms) × 手掛かりとターゲットの位置関係(同/異)を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。位置関係の主効果が有意となった($F(1,15) = 11.85, MSE = 370.65, p < .005$)。位置関係が同じとき($M = 445$ ms)の方が異なるとき($M = 433$ ms)よりも12 ms反応時間が遅く, 抑制効果が認められた。また, SOAの主効果も有意であった($F(1,15) = 25.86, MSE = 1168.08, p < .0005$)。1000 ms SOA条件($M = 424$ ms)の方が500 ms SOA条件($M = 454$ ms)よりも反応時間が速かった。交互作用で有意となった組み合わせはなかった。

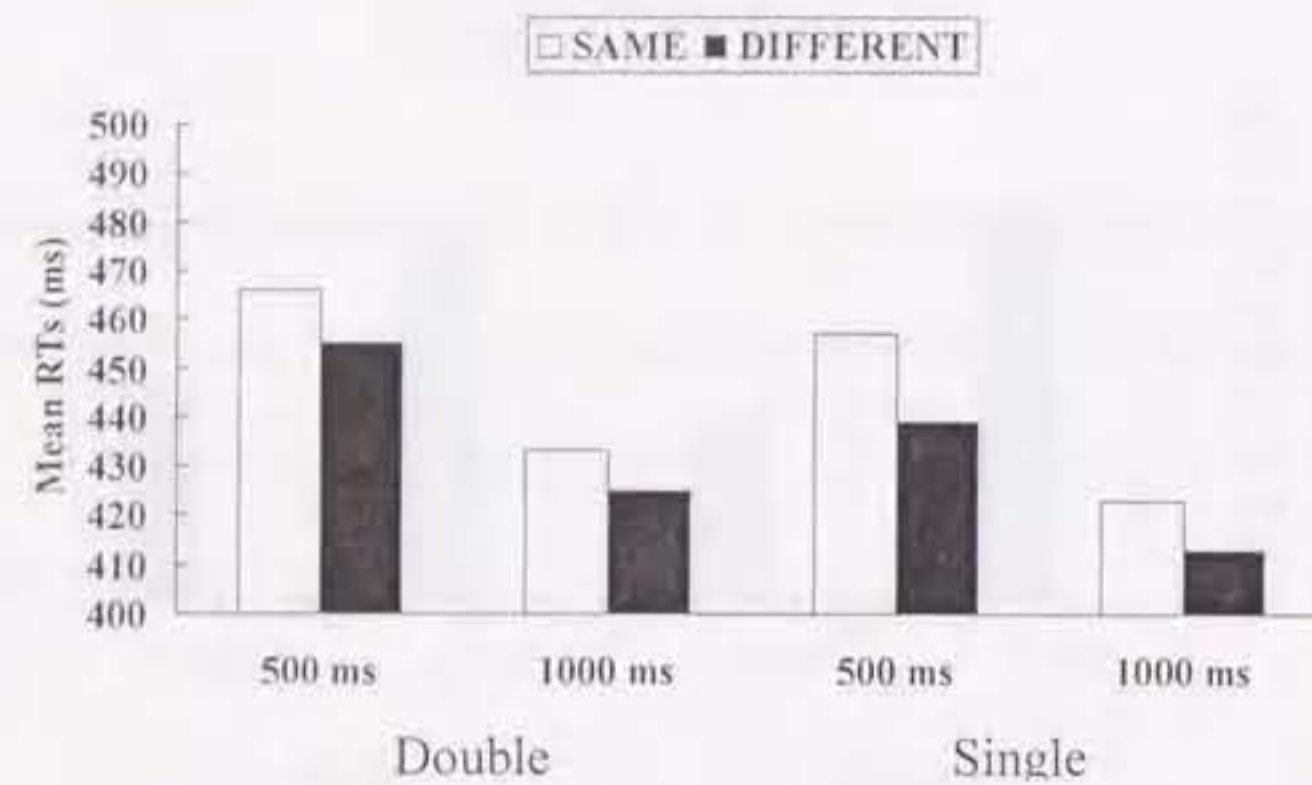


Figure 7-5. Mean reaction times (RTs, ms) in cuing and target location condition plotted as a function of SOA and cuing procedure on the incompatible condition in Experiment 10.

7.2.3 考察

不一致条件は実験9の空間位置判断課題と同一条件であった。しかし実験9の結果とは異なり、どちらの手掛かり手続においても有意な抑制効果が認められた。実験9では統計的な力が弱く、結果として抑制効果が隠れてしまった可能性が考えられる。実験9-10を通じて、視覚の手掛かり手続によって抑制効果は変容しないことが示された。このことから、中心位置に注意を保存することは被験者への教示である程度満たされることが示唆された。実験10の結果のみ注目すると、刺激位置と反応が一致している条件でも不一致な条件でも同じ程度の抑制効果が得られた。このことは本実験で検討した抑制機構が運動出力レベルの作用を主に反映したものではないということを示唆する。

本実験9では形態判断課題と空間位置判断課題を比較検討した。この2つの課題は種類が異なる上その神経基盤も異なっていることが容易に推察される(Milner & Goodale, 1995;

Ungerleider & Mishkin, 1982)。また Tanaka and Shimojo (1996, 2000)はこの2つの課題は異なる神経基盤によって担われており、一方は復帰促進効果がもう一方は復帰抑制効果がそれぞれ観察されると主張している。本実験ではどちらの課題でも抑制効果が得られているので、Tanaka and Shimojo (1996, 2000)の知見とは必ずしも符合しない。しかし異なる神経基盤を経ていることで異なる復帰抑制効果が発生する可能性を否定することはできない。また、2つの課題は難易度も異なっていた。反応時間では約100 msの違いがあった。同じ神経基盤を経ているとしても、この課題要求の違いによって異なる復帰抑制効果が発生する可能性もある。

復帰抑制の発現メカニズムではなく、その生態学的妥当性に注目すると、課題要求あるいは課題の種類に応じて注意更新戦略が変更している可能性が導かれる。Posner and Cohen (1984)は、視覚システムは常に新奇な位置を探索して事前に注意を向けた空間位置は抑制するような注意更新戦略を取っていると想定している。Lupianez ら(1997)および実験9の結果は課題要求や種類に応じてこの戦略が変更する可能性を示唆する。空間認知課題ではその処理が迅速に進むため、注意更新も迅速に移行する必要がある。これに対して、物体認知課題では空間認知課題と比べて処理時間がかかり、かつ特定位置に注意を留めておく必要がある。特定位置に注意を十分に与えることができない場合には結合錯誤という認知の失敗が生じる(Treisman & Schmidt, 1982)。このことから物体認知課題時には特定位置に十分に注意を向けることが必要である。その結果、注意更新もある程度鈍化することが考えられる。

7.3 実験11 空間関係判断における復帰抑制効果

実験9-10の知見を踏まえた上で、本実験では空間関係判断時の復帰抑制効果を検討した。空間性課題である空間関係判断課題において安定した抑制効果が認められるか、および第6章で検討した空間的基準枠の手掛かり効果が復帰抑制効果に影響するのかという点に注目して検討した。

7.3.1 方法

7.3.1.1 被験者

大学生、大学院生 16 人（男性 12 人、女性 4 人）が実験に参加した。視力は正常または矯正により正常であった。

7.3.1.2 刺激材料と装置

実験 9-10 とほぼ同じ刺激を利用した。画面中央に注視点とその左右に正方形を一対呈示した。注視点は 5 mm 四方で、正方形は 20 mm 四方であった。注視点と正方形のラインの太さは 2 point であり、黒背景に灰色で呈示した。注視点と正方形の距離は 50 mm であった。ターゲットであるドットは 2 mm 四方の大きさで、水平バーは 16 mm の長さであった。水平バーは正方形内の 5 mm 上または下に呈示された。ドットは水平バーに対して 2.5 mm 上または下に呈示された。水平バーが正方形内で上下しているのは正方形全体を基準棒として利用できないようにするためである(Banich & Federmeier, 1999)。ターゲットは白色で、水平バーは灰色でそれぞれ呈示された。手掛かりとして注視点および正方形がフラッシュする場合には、灰色から白色に、ラインの太さが 2 point から 4 point に変化した。

刺激呈示および反応取得は Macintosh Performa 6310、アプリケーション PsyScope (Cohen et al., 1993)によって制御された。観察距離は 600 mm であり、被験者の顔は顔面固定器によって固定された。

7.3.1.3 手続

手続は基本的に実験 9-10 と同一であった。異なっているのは、1)課題は空間関係判断

(上下判断)であること、2)実験 6 に準じて、基準棒手掛かりが呈示される場合と呈示されない場合を設定したこと、および3)視覚的手掛かり手続は二重手掛かり手続のみを採用したことの3点であった。基準棒手掛かりが呈示される場合には試行開始と同時に水平バーのみが左右箱の両方に呈示された(Figure 7-6)。基準棒手掛かりの有無はブロック間要因であった。実験 9-10 を通じて視覚的手掛かり手続の差異はなかったことから本実験では二重手掛かり手続を採用した。ターゲットの呈示視野とキー対応の一致性をできる限り低くするために、キーは左右に配置し、ターゲット位置(上下)と左右ボタンの対応は被験者間でカウンターバランスした。

なお基本的な復帰抑制効果を調査する目的で、基準棒手掛かりなし条件と同一刺激を用いて空間位置判断課題を本試行の前に実施した。被験者の課題は実験 9-10 と同様で左右判断であった。なお、刺激-反応は一致していた。

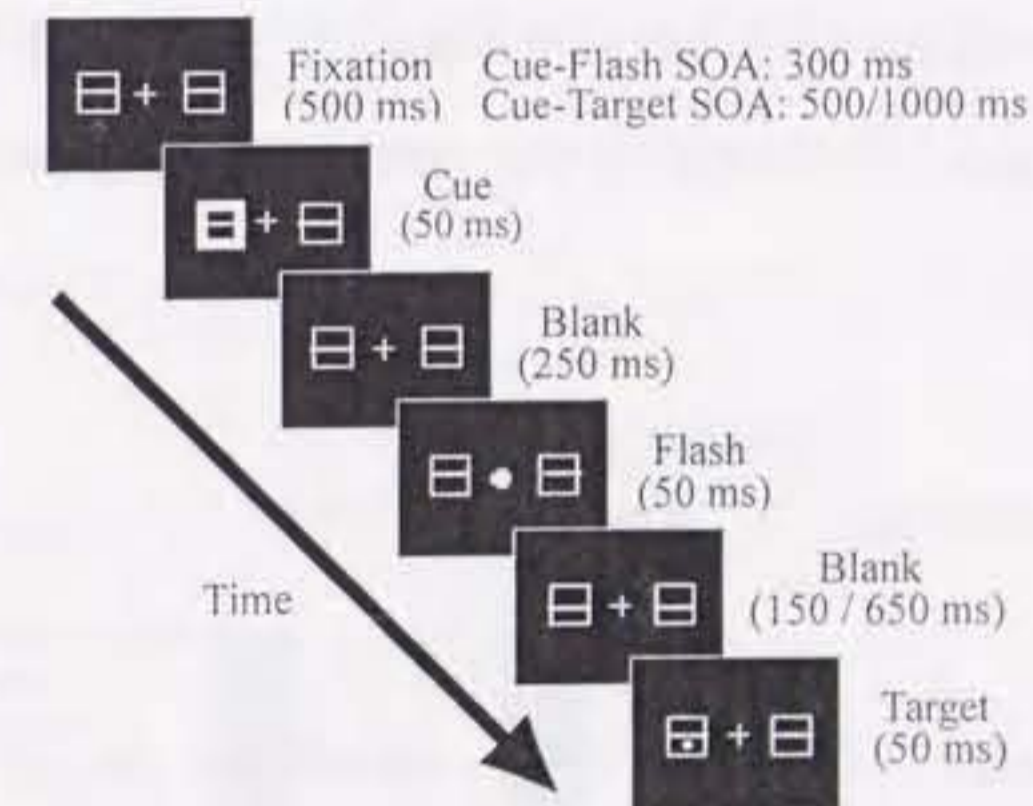


Figure 7-6. Trial sequence of the task used in the cuing condition of Experiment 11.

7.3.2 結果

ミスおよび 1000 ms 以上の反応時間をエラーとした。

7.3.2.1 左右判断課題

SOA (500/1000 ms)および手掛かりとターゲットの位置関係 (同/異) の平均正反応時間を算出した。エラー率は0.9%であった。エラー率は十分に低いと考えられるので、分析は反応時間のみとした。

SOA (500/1000 ms)×手掛かりとターゲットの位置関係 (同/異) を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。位置関係の主効果が有意となった($F(1,15) = 40.10, MSE = 78.90, p < .0005$)。位置関係が同じとき($M = 326$ ms)の方が異なるとき($M = 312$ ms)よりも14 ms 反応時間が遅く、抑制効果が認められた。また SOA の主効果も有意であった($F(1,15) = 39.56, MSE = 410.88, p < .0005$)。1000 ms SOA 条件($M = 303$ ms)の方が500 ms SOA 条件($M = 335$ ms)よりも反応時間が速かった。交互作用は有意ではなかった($F(1,15) = 2.36, ns$)。

各被験者毎に抑制効果が得られているのかを確認したところ、16名中3名は条件によっては抑制効果が見られなかった。このため、以下の分析では効果の見られなかった3名は除外した。

7.3.2.2 基準棒手掛かりなし条件

SOA (500/1000 ms)および手掛かりとターゲットの位置関係 (同/異) の平均正反応時間を算出し、全体平均値を Figure 7-7 の左半分を示した。

SOA (500/1000 ms)×手掛かりとターゲットの位置関係 (同/異) を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。交互作用のみが有意となった($F(1,12) = 6.67, MSE = 147.19, p < .025$)。では、手掛かり×位置関係の交互作用が有意となっただけであった。単純主効果を求めたところ、500 ms SOA 条件では有意ではなかった($F < 1$)が、1000 ms SOA 条件では位置関係が同じとき($M = 505$ ms)の方が異なるとき($M = 490$ ms)よりも15 ms 反応時間が遅く、有意な抑

制効果が認められた($F(1,24) = 5.23, MSE = 279.66, p < .05$)。

エラー率では何の効果も認められなかった。

7.3.2.3 基準棒手掛かりあり条件

SOA (500/1000 ms)および手掛かりとターゲットの位置関係 (同/異) の平均正反応時間を算出し、全体平均値を Figure 7-7 の右半分を示した。

SOA (500/1000 ms)×手掛かりとターゲットの位置関係 (同/異) を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。位置関係の主効果のみが有意となった($F(1,12) = 7.72, MSE = 317.53, p < .025$)。位置関係が同じとき($M = 465$ ms)の方が異なるとき($M = 451$ ms)よりも14 ms 反応時間が遅く、抑制効果が認められた。

エラー率では SOA の主効果のみが認められた($F(1,12) = 7.26, MSE = 13.29, p < .025$)。

1000 ms SOA 条件($M = 5.1\%$)の方が500 ms SOA 条件($M = 7.9\%$)よりも正確であった。

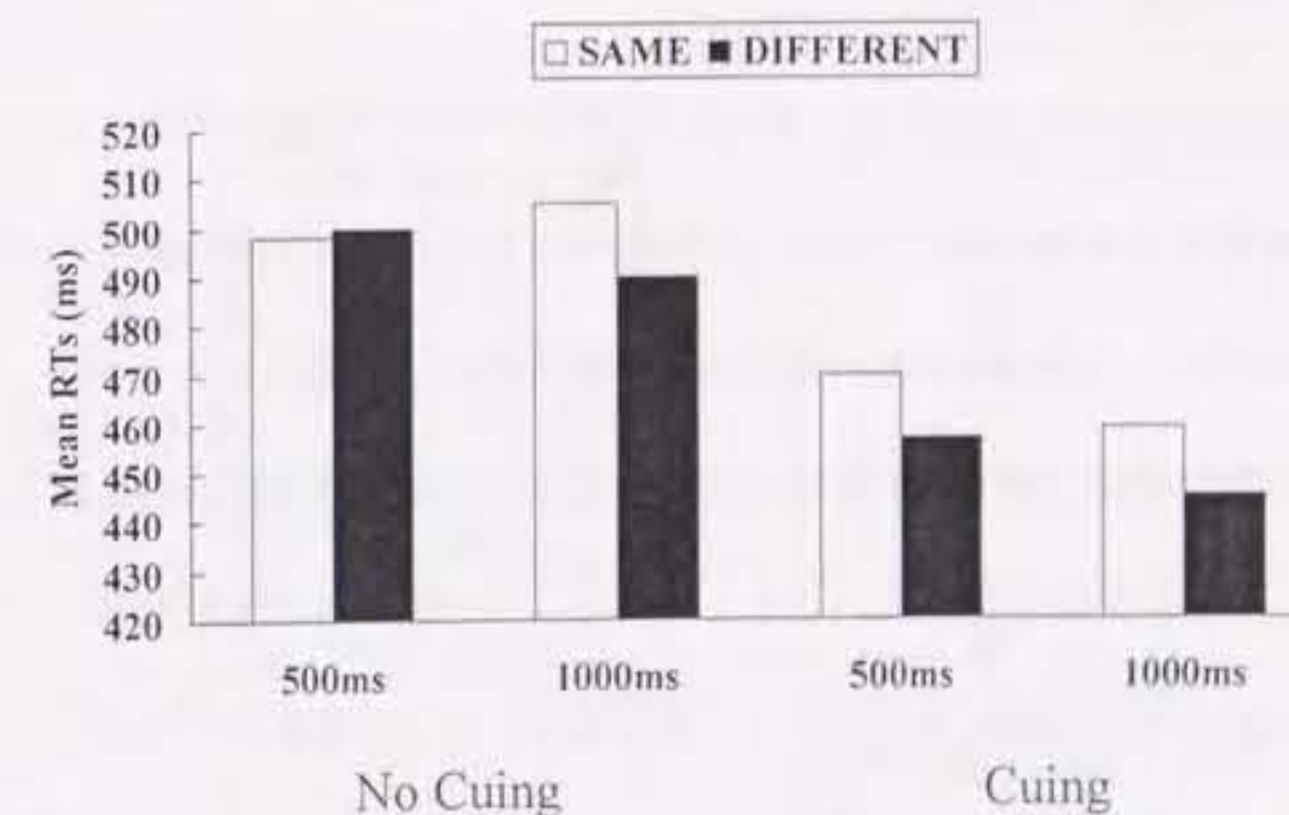


Figure 7-7. Mean reaction times (RTs, ms) in cuing and target location condition plotted as a function of SOA and reference conditions in Experiment 11.

7.3.3 考察

本実験の目的は実験 9-10 の知見を踏まえた上で、空間関係判断時の復帰抑制効果を検討することであった。空間性課題である空間関係判断課題において安定した抑制効果が認められるか、および第 6 章で検討した空間的基準枠の手掛かり効果が復帰抑制効果に影響するのかという点に注目して検討した。

基準枠手掛かりがない場合にはより長い SOA 条件でのみ抑制効果が認められた。一方基準枠手掛かりがある場合には SOA に依存しない安定した抑制効果が認められた。空間関係判断課題は空間性課題であると考えられるが、本実験の結果は一貫した抑制効果を認めなかった。第 6 章では、空間的基準枠の手掛かりの有無が Logan (1994, 1995) モデルの基準枠の設定過程に影響を与えると解釈した。つまり、空間的基準枠手掛かりの有無は課題要求に影響を与えたと考えられる。実験 9-10 では課題要求あるいは課題の種類に応じて復帰抑制効果の安定性が異なることを確認した。課題要求が低い事象または空間性課題では安定した抑制効果が認められたが、高い事象または物体性課題では抑制効果が出現するまでにより表示時間差が必要であった。本実験の結果はむしろこの知見と符合する。

また復帰抑制を生態学的妥当性の観点から考察すると、課題要求あるいは種類に応じて注意更新戦略が変更する可能性が導かれる。本実験の知見をこの生態学的妥当性の観点から解釈すると、以下ようになる(Figure 7-8)。空間的基準枠手掛かりが呈示される場合、空間領域の指定過程と基準枠の設定過程は事前に行われるので、ターゲットと基準領域の比較過程のみを行えばよい。つまり、比較的課題要求が低いと考えられる。この場合には復帰抑制システムは通常通り作動する。空間的基準枠手掛かりが呈示されない場合、3つの過程全てを実行する必要があるため、課題要求は相対的に高いと言える。特に基準枠の設定過程の有無が課題要求の高低に最も影響していると考えられる。課題要求が高まることで復帰抑制システムが鈍化し、空間領域の指定過程での注意更新戦略が変容すると解釈できる。日常場面では空間的基準枠は比較的安定し

ており注意更新は迅速に作動するが、基準枠を変更しなければならないような事象では注意の更新にもある程度のコストが必要になると推察される。

本章の実験結果は Posner and Cohen (1984) によって想定された復帰抑制メカニズムと Logan (1994, 1995) モデルで解釈するのが最も妥当であると考えられるが、異なる解釈の余地もある。第 6 章においても議論したが、手掛かりなし条件では、ターゲットと水平バーが1つの物体として認知され、むしろ物体認知系において処理された可能性がある。これに対して手掛かりあり条件では、ターゲットと水平バーは異なる時間間隔で呈示されたため、2つの物体として認知され、空間認知系で処理されたと考えられる。この前提に立つと、異なる認知系によってそれぞれ処理されたために異なる復帰抑制効果が得られたという仮説が成り立つ。つまり、物体認知系で処理された場合には遅延型復帰抑制が生じ、空間認知系で処理された場合には安定型復帰抑制が生じる。この考えは Tanaka and Shimojo (1996, 2000) の仮説とも部分的に符合する。彼らは物体認知系では復帰促進が、空間認知系では復帰抑制がそれぞれ生じると主張している。この問題については実験 12-15 について検討を加える。

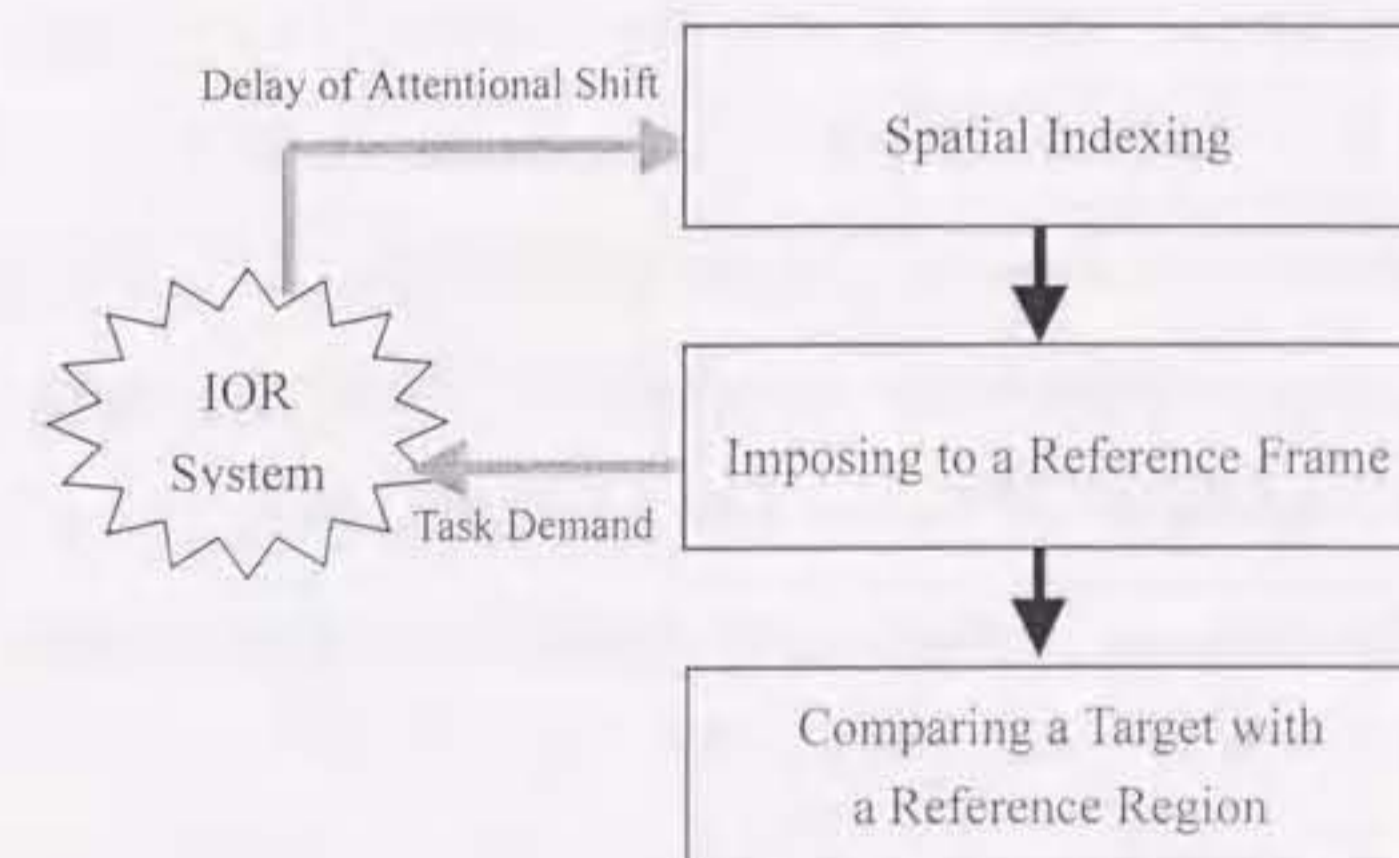


Figure 7-8. The relationship between Logan's (1994, 1995) model and IOR system.

第8章 空間関係判断における物体内優位効果

第6章では、空間関係判断時の基準棒手掛かり効果について検討した。Categorical 空間関係判断では、基準棒手掛かりがない場合に右視野/左半球優位性が認められた。一方基準棒手掛かりがある場合には視野差は認められなかった。この結果を Logan (1994, 1995)モデルで解釈すると、空間的基準棒の設定過程に左右差があり、左半球優位であることが導かれた。

第7章では、空間関係判断時の復帰抑制効果について検討した。基準棒手掛かりがない場合にはより長い SOA 条件下でのみ抑制効果が認められた。一方基準棒手掛かりがある場合には SOA に依存しない安定した抑制効果が認められた。この結果を Posner and Cohen (1984)による復帰抑制メカニズムの説明を導入して解釈すると、基準棒手掛かりがない場合には課題要求が高まり、結果として空間領域の指定過程における注意更新が遅くなることが導かれた。

本章では空間関係表象仮説を拡張するために、空間関係判断時の物体内優位効果について検討した。物体内優位効果とは Baylis and Driver (1993)が報告したもので、同一物体内での空間関係判断の方が異なる物体間での空間関係判断よりも容易であるという効果である。この効果は物体ベース注意の一種であり、視覚システムは同一物体の内部構造に注意を向けやすいことを示唆するものと考えられる。この効果を Logan モデルによって解釈すると、空間領域の指定過程に主に影響する効果と考えられる。第7章の復帰抑制効果とともに、この物体内優位効果の知見より Logan の空間関係計算過程における空間領域の指定過程について検討を加えた。

第6章と第7章の結果はそれぞれ Logan モデルによって解釈を試みた。しかしながら、これとは異なる解釈の余地もある。手掛かりなし条件では物体認知系で処理され、手掛かりあり条件では空間認知系で処理されたため、結果として異なる効果を得たという可能性が考えられる。この仮説で第6章の基準棒手掛かり効果を解釈すると、物体認知系の左半球優位性が導かれる。同様に第7章の復帰抑制効果を解釈すると、空間認知系では安定型復帰抑制が発生するが物体認知系では遅延型復帰抑制が発生することが導かれる。本章では、空間関係判断時の物体内優位効

果を利用して、この解釈の妥当性についても検討を加えた。

実験 6-8 および実験 11 の基準棒手掛かりなし条件では、基準 (水平バー/X) とターゲットは空間的には離れていたが時間的には同期していた。このため、空間的には2つの物体とみなせるが、時間的には1つの物体とみなすことも可能であった。この時空間的解離を解決するために、2つの物体を空間的に結合することで積極的に1つの物体としての認知を促すような手続を採用した。基準とターゲットが結合され同一物体内の各部分となっている条件において右視野/左半球優位性が観察されれば、物体認知系と空間認知系の分離処理による解釈の妥当性が支持されることになる。

本章では第6章での知見と比較するために、実験 7-8 で採用した刺激を基に新たに刺激を作成し、物体内優位効果について検討した。実験 12-13 では新たに作成した刺激において物体内優位効果が認められるのかを中心視野呈示で確認した。実験 14-15 では周辺視野呈示で物体内優位効果を検討した。

8.1 実験 12 中心視野呈示における物体内優位効果: 上下判断課題

Baylis and Driver (1993)は、同一物体内での空間関係判断の方が異なる物体間での空間関係判断よりも容易であることを報告した。本実験では、実験 7-8 で採用した Sergeant-type 刺激に準じた刺激を作成することで物体内優位効果を確認した。新たに作成した刺激によって安定した物体内優位効果が認められるかについて確認するため、中心視野に刺激を呈示した。

8.1.1 方法

8.1.1.1 被験者

右利き者の大学生、大学院生 16 人（男性 10 人、女性 6 人）が実験に参加した。視力は正常または矯正により正常であった。利き手は H.N.利き手テストにより測定した（八田・中塚, 1975）。

8.1.1.2 刺激材料と装置

利用した刺激は実験 7-8 で採用したものを参考に作成した。ターゲットであるドットと基準点（×）は 2 mm 四方であった。ドットと基準点の位置関係には 16 種類あった。距離は 4 種類で、半数は 20 mm よりも近い距離であり（7 mm, 14 mm）、残り半数は 20 mm よりも遠い距離であった（21 mm 35 mm）。ドットは基準点に対して斜め上下左右に放射状に呈示された。また、基準点を通過するように右下がりまたは左下がりの斜線を配置した。斜線の長さは 70 mm であり、中心部位に基準点が配置された。ターゲットであるドットが斜線上に配置される場合（物体内条件）とそうでない場合（物体間条件）とが設定された。よって刺激タイプとして 32 種類用意された。実験 7-8 と同様に刺激呈示位置を変動させるために、注視点（6 mm 四方）に対して基準点と斜線を同じ高さに呈示する場合と 20 mm 上または下に呈示する場合を用意した。注視点と基準点・斜線が同じ高さに呈示する場合には注視点は消去した。

ドットと注視点は黒色、斜線は灰色であった。背景は白色であった。刺激呈示および反応取得は Macintosh Performa 6310、アプリケーション PsyScope (Cohen et al., 1993) によって制御された。観察距離は 600 mm であり、被験者の顔は顔面固定器によって固定された。

8.1.1.3 手続

注視点を 500 ms 呈示した後に 1000 ms 間基準点と斜線を呈示した。その後、ターゲットを 150 ms 瞬間呈示した (Figure 8-1)。ターゲットは斜線上に呈示される場合（物体内条件）と斜線外に呈示される場合（物体間条件）とがあった。被験者の課題は、基準点に対してターゲットが上か下かをキー押しで答えることであった。試行中は注視点を注視し続けることとできる限り速く正確に反応することが求められた。刺激は中心視野の上中下位置にランダムな順で呈示した。反応キーは左右に配置し、反応（上下）と左右キーの対応は被験者間でカウンターバランスした。練習試行として 16 試行、本試行として 96 試行ずつ行った。

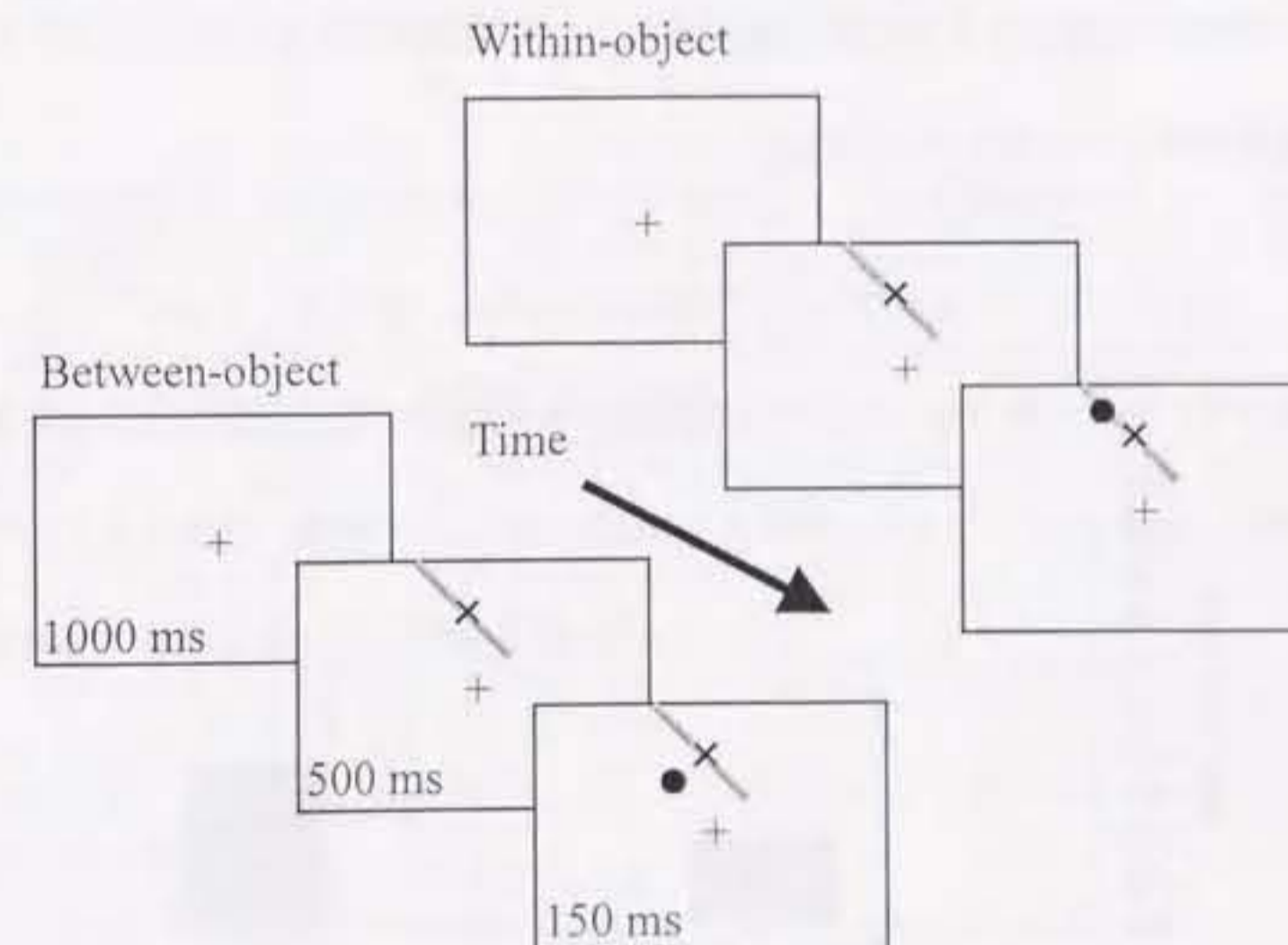


Figure 8-1. Trial sequences of between- and within-object conditions in Experiment 12.

8.1.2 結果

各被験者毎に全体平均値から標準偏差の2倍以上離れた値を外れ値として除外した。平均エラー率は4.7%であった。

反応時間を従属変数として、物体条件×距離を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。距離要因は水平バーとドットの距離が20 mmよりも近いか遠いかであった。物体条件と距離の主効果が認められた(物体条件: $F(1,15) = 9.41, MSE = 2216.57, p < .01$; 距離: $F(1,15) = 4.59, MSE = 786.93, p < .05$, Figure 8-2)。物体内条件の方($M = 479$ mm)が物体間条件より($M = 515$ mm)も反応時間が速かった。また、遠距離条件の方($M = 489$ mm)が近距離条件より($M = 505$ mm)も反応時間が速かった。交互作用は認められなかった。

反応時間と同様に、エラー率を従属変数として分散分析を行った。しかし全ての効果において有意差は得られなかった($F_s < 1$)。

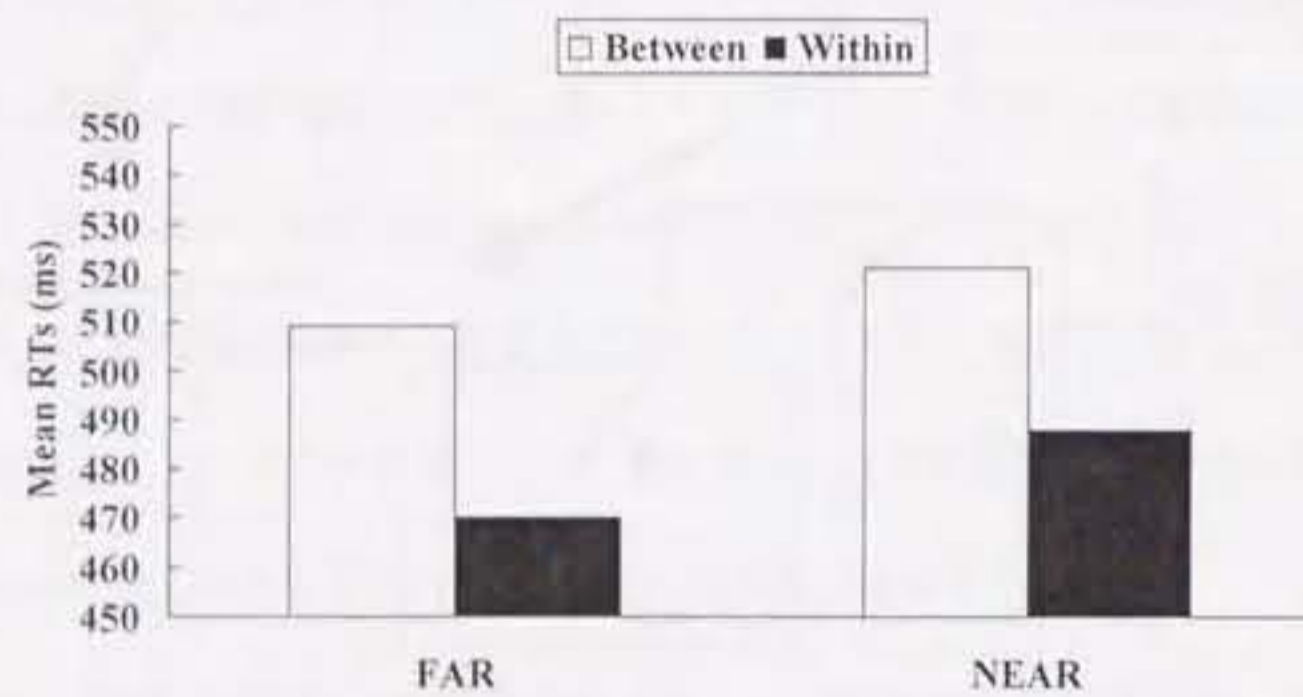


Figure 8-2. Mean reaction times (RTs, ms) for between- and within-object conditions as a function of visual field in Experiment 12.

8.1.3 考察

物体条件と距離効果がそれぞれ認められた。物体内条件の方が物体間条件よりも反応時間が速かった。このことから、本実験で採用した刺激においても物体内優位効果が認められたと言える。また、本実験の距離効果は実験6のCategorical空間関係課題で得られた距離効果と同様の傾向であり、本課題でも知覚表象レベルの介在が示唆された。

8.2 実験13 中心視野呈示における物体内優位効果:左右判断課題

本実験では実験12と同様の刺激を用いて、課題として左右判断を求めた。Logan (1995)は任意性が低い上下判断よりも任意性が高い左右判断において時間が必要であることを示し、この効果は空間関係判断に概念表象が介在している証拠と考えた。第6章の実験7-8と同様に、この提案に基づいて上下判断(実験12)と左右判断(本実験)を比較することで、空間関係判断における概念表象の介在性について検討を加えた。

8.2.1 方法

8.2.1.1 被験者

実験12に参加していない右利き者の大学生、大学院生16人(男性4人、女性12人)が実験に参加した。視力は正常または矯正により正常であった。利き手はH.N.利き手テストにより測定した(八田・中塚, 1975)。

8.2.1.2 刺激材料と装置, 手続

実験 12 と同じ刺激材料と装置, 実験手続を採用した。課題は上下判断ではなく左右判断であった。左反応のときは左キーを右反応のときは右キーをそれぞれ押すことで回答を求めた。

8.2.2 結果

各被験者毎に全体平均値から標準偏差の 2 倍以上離れた値を外れ値として除外した。エラー率は 0.7% であった。エラー率は十分に低いと考えられるので, 分析は反応時間のみとした。

反応時間を従属変数として, 物体条件×距離を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。距離の主効果は認められたが物体条件の主効果は認められなかった(距離: $F(1,15) = 4.93, MSE = 225.80, p < .05$; 物体条件: $F < 1$)。遠距離条件の方($M = 360$ mm)が近距離条件より($M = 368$ mm)も反応時間が速かった。しかし交互作用が認められた($F(1,15) = 12.76, MSE = 146.63, p < .005$; Figure 8-3)。単純主効果を求めたところ, 遠距離条件では物体内条件の方($M = 354$ mm)が物体間条件より($M = 366$ mm)も反応時間が速かった($F(1,30) = 5.24, MSE = 220.36, p < .05$)。これに対して, 近距離条件では物体間条件の方($M = 364$ mm)が物体内条件($M = 373$ mm)よりも反応時間が速い傾向にあった($F(1,30) = 2.95, p < .1$)。

8.2.3 考察

左右判断課題では, 物体内優位効果は遠距離条件でのみ認められた。このことから, 物体内優位効果は必ずしも一概には認められないと言える。しかしながら, 近距離条件では視覚的マスクング様の妨害効果が生じた可能性も否定できない。以降の実験では遠距離条件における

物体内優位効果に注目して解釈を行う。

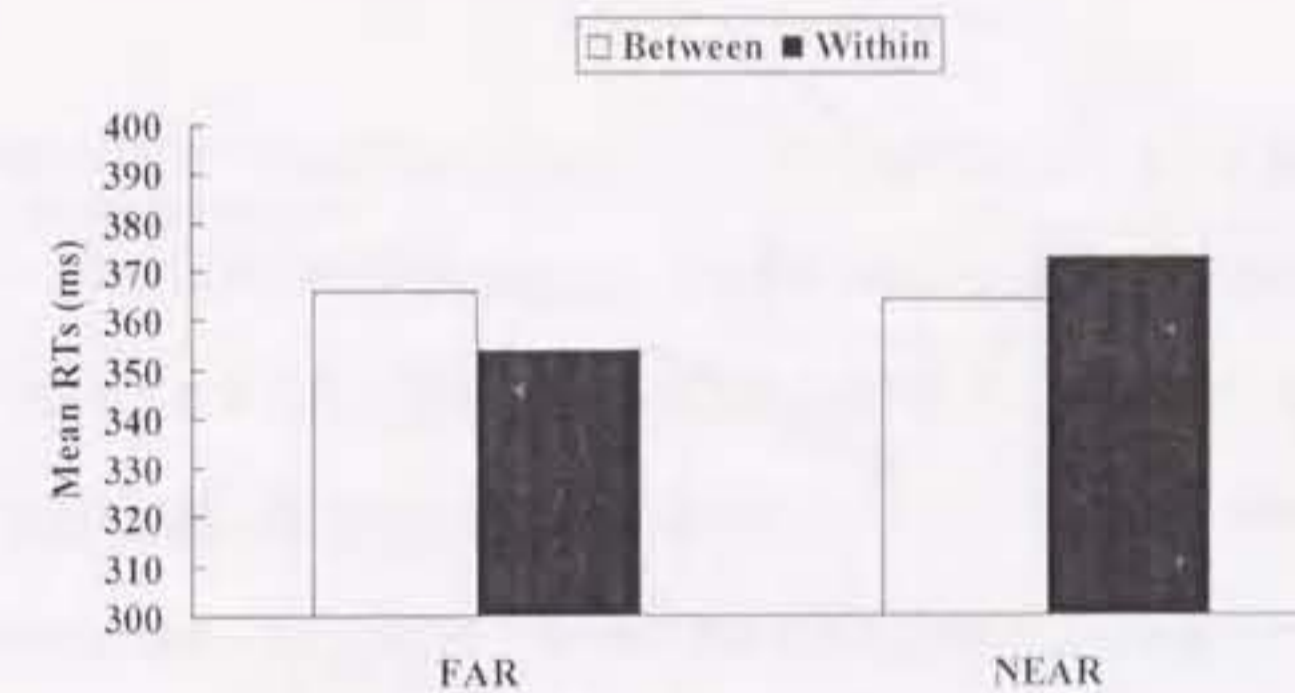


Figure 8-3. Mean reaction times (RTs, ms) for between- and within-object conditions as a function of visual field in Experiment 13.

本実験でも距離効果が認められ, 知覚表象レベルの介在が示唆された。また, 実験 12-13 の実験間比較では, 左右判断の方($M = 364$ mm)が上下判断より($M = 497$ mm)も反応時間が速かった($F(1,30) = 14.22, MSE = 39665.71, p < .001$)。Logan (1995)の指摘では左右判断の方が上下判断よりも反応時間が遅くなるはずであり, その知見とは一致しない。しかしながら差が反転した原因の一つとしては, 刺激-反応一致性が考えられる。実験 12 の上下判断は刺激-反応一致性が低い状況であったが, 左右判断では刺激-反応一致性が高い状況であった。この問題は実験 15 において検討した。

8.3 実験 14 周辺視野呈示における物体内優位効果

実験 12-13 では, Baylis and Driver (1993)の物体内優位効果を, 実験 7-8 で採用した刺激に準じたものを用いて確認した。実験 12 の上下判断課題では距離に依存しない安定した物体内優位

効果が、実験13の左右判断課題では距離に依存しているものの物体内優位効果がそれぞれ認められた。本実験では同様の刺激を左右視野に呈示することで、物体内優位効果の左右半球機能分化を検討した。

第6-7章で議論したように、基準点とターゲットが同時に呈示された場合には物体認知系で空間関係計算が実行され、結果として左半球優位性と遅延型復帰抑制効果が認められた可能性が考えられる。本実験では、実験7-8と同様の周辺左右視野に刺激を呈示することで、この仮説の妥当性について検討した。基準とターゲットが斜線によって結合され同一物体内の各部分となっている条件において右視野/左半球優位性が観察されれば、物体認知系と空間認知系の分離処理による解釈の妥当性が支持されることになる。

8.3.1 方法

8.3.1.1 被験者

実験12に参加した被験者が実験12の終了後に本実験に参加した。

8.3.1.2 刺激材料と装置、手続

刺激材料と装置、実験手続はほぼ実験12と同様であった。異なっている点は以下の通りであった。刺激は左右視野の一方に呈示した。注視点と基準点との距離は50 mmであった。但し、左右視野一方への注意偏向を防ぐために左右視野の対称な位置に基準点と斜線を一対呈示した。ターゲットが呈示されなかった視野の基準点と斜線はターゲット呈示時に消去した(Figure 8-4)。左右視野には4回以上連続して同じ視野位置に呈示されないように設定した。斜線はハの字型のときと逆ハの字型のときがあり、ブロック間要因であった。斜線タイプ(ハの字型/逆ハの字型)毎に練習試行16回、本試行96回ずつ行った。

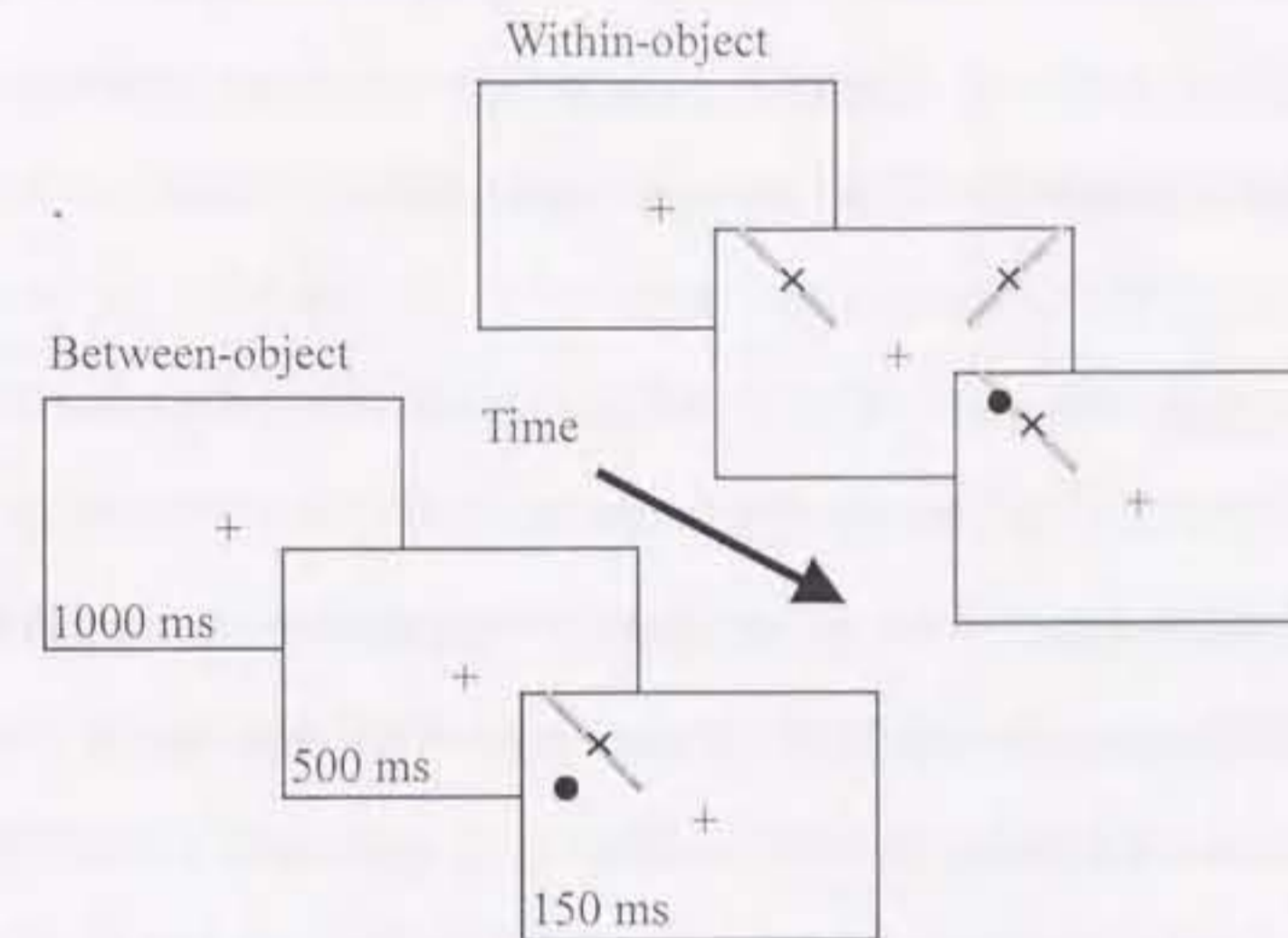


Figure 8-4. Trial sequences of between- and within-object conditions in Experiment 14.

8.3.2 結果

各被験者毎に全体平均値から標準偏差の2倍以上離れた値を外れ値として除外した。

8.3.2.1 反応時間

反応時間を従属変数として、左右視野×物体条件×距離×斜線を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。斜線要因は呈示した斜線対がハの字型か逆ハの字型かであった。物体条件と距離の主効果が認められた(物体条件: $F(1,15) = 5.12, MSE = 2018.78, p < .05$; 距離: $F(1,15) = 37.43, MSE = 1651.14, p < .001$)。実験12-13とは異なり、物体間条件の方($M = 495$ mm)が物体内条件より($M = 508$ mm)も反応時間が速かった。また、遠距離条件の方($M = 486$ mm)が近距離条件より($M = 517$ mm)も反応時間が速かった。交互作用としては物体条件×距離の交互作用

のみが認められた($F(1,15) = 9.74, MSE = 856.47, p < .01$; Figure 8-5). 単純主効果より, 遠距離条件では有意差はなかった($F < 1$), 近距離条件では物体間条件の方($M = 485 \text{ mm}$)が物体内条件より($M = 505 \text{ mm}$)も反応時間が速かった($F(1,30) = 12.82, MSE = 1437.63, p < .005$).

8.3.2.2 エラー率

反応時間と同様に, エラー率を従属変数として分散分析を行った. 反応時間と全く同じ効果が認められた(物体条件: $F(1,15) = 7.49, MSE = 49.61, p < .05$; 距離: $F(1,15) = 10.97, MSE = 37.60, p < .005$; 物体条件×距離の交互作用: $F(1,15) = 15.79, MSE = 44.69, p < .005$). 物体間条件の方($M = 3.5\%$)が物体内条件より($M = 5.9\%$)も反応が正確であった. 遠距離条件の方($M = 3.5\%$)が近距離条件より($M = 6.0\%$)も反応が正確であった. 物体条件×距離の交互作用について単純主効果を求めた. 遠距離条件では有意差はなかった($F < 1$), 近距離条件では物体間条件の方($M = 3.1\%$)が物体内条件より($M = 8.9\%$)も反応が正確であった($F(1,30) = 22.83, MSE = 47.15, p < .005$).

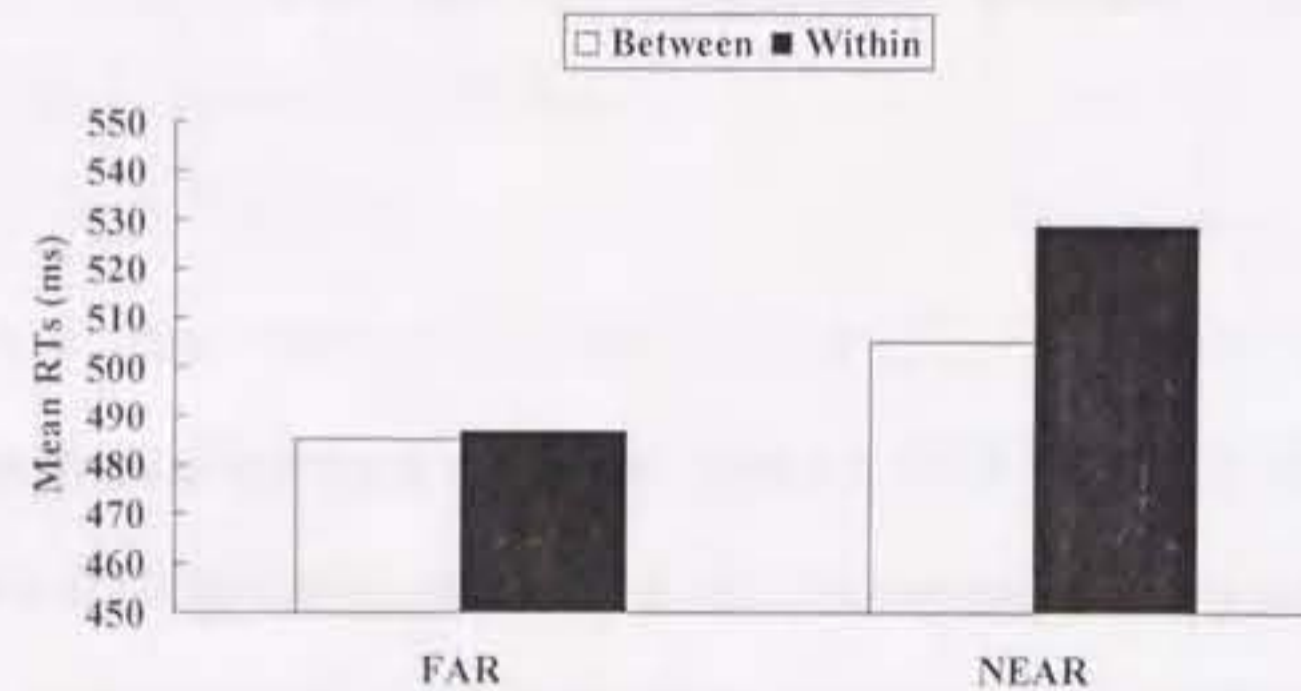


Figure 8-5. Mean reaction times (RTs, ms) for between- and within-object conditions as a function of visual field in Experiment 14.

8.3.3 考察

本実験では刺激を左右視野に呈示することで, 物体内優位効果に左右半球機能分化が認められるかについて検討を加えた. しかし, 物体内優位効果は認められなかった. 特に近距離条件では反対に物体間優位効果が認められた. また, 左右視野に関わる要因は認められなかった. このことから, 物体内優位効果の左右半球機能分化について議論することはできない.

本実験において物体内優位効果が認められなかった原因として, 斜線が物体として十分に機能せず, むしろ知覚的妨害物になっていた可能性が考えられる. そこで実験 15 では斜線が物体として機能するように, ターゲットが斜線上に出現しやすい実験設定にした. Egly, Driver ら(1994)はターゲットの出現頻度を調整することで, 特定の物体領域に内発的注意が向かうように促すことに成功している. この議論に従えば, ターゲットの出現頻度を調整することで特定の物体領域(斜線)に内発的注意が向かうように促すことが可能となる. この実験設定で物体内優位効果に左右半球機能分化が認められるか再度検討を加えた.

実験 12-13 では, 左右判断の方が上下判断よりも反応優位であった. これは Logan (1995) の予測と反対の傾向であった. しかし, 左右判断では刺激-反応一致性が高い条件であったが, 上下判断では刺激-反応一致性が低い条件であった. 実験 12-13 の差異はこの刺激-反応一致性によるものと考えられる. 実験 15 ではこの問題を検討するため, 上下判断課題に加えて左右判断課題も実施した. また, 両課題ともに刺激-反応一致性は低くなるように設定した.

8.4 実験 15 周辺視野呈示における物体内優位効果: ターゲット高出現実験

実験 14 において物体内優位効果が認められなかった. この原因として, 斜線がむしろ知覚

的妨害物になっていた可能性が挙げられる。特に物体内条件において反応は抑制されていた。Egry, Driver ら(1994)はターゲットの出現頻度を調整することで、特定の物体領域に内発的注意が向かうように促すことに成功している。この議論に従えば、ターゲットの出現頻度を調整することで特定の物体領域(斜線)に内発的注意が向かうように促すことが可能となる。本実験では斜線が物体として機能するように、ターゲットが斜線上に出現しやすい実験設定にした。この設定で物体内優位効果に左右半球機能分化が認められるか再度検討を加えた。また、上下判断課題に加えて、左右判断課題も併せて実施した。両課題ともに刺激-反応一致性は低くなるように設定し、刺激-反応一致性が同等の条件において空間関係判断における任意性の影響を検討した。

8.4.1 方法

8.4.1.1 被験者

実験 12-14 に参加していない右利き者の大学生、大学院生 16 人(男性 10 人、女性 6 人)が実験に参加した。視力は正常または矯正により正常であった。利き手は H.N.利き手テストにより測定した(八田・中塚, 1975)。

8.4.1.2 刺激材料と装置、手続

刺激材料と装置、実験手続はほぼ実験 14 と同様であった。異なっている点は以下の通りであった。1)ターゲットが斜線上に出現しやすいように設定した。具体的には 3 回中 2 回は斜線上にターゲットを呈示した。このため、刺激は上下位置のみ呈示し、水平の高さに呈示する条件は削除した。被験者には教示として斜線上にターゲットが出現しやすいことを告げた。2)上下判断と併せて左右判断を求めた。3)上下判断時のキー対応は実験 14 と同じであった。左右判断時のキー対応は、反応キーは上下に配置し、反応(左右)と上下キーの対応は被験者間でカウン

ターバランスした。

8.4.2 結果

各被験者毎に全体平均値から標準偏差の 2 倍以上離れた値を外れ値として除外した。実験 14 より斜線のタイプ(ハの字型/逆ハの字型)の影響はなかったことから分散分析の要因として斜線は除外した。

8.4.2.1 上下判断課題

反応時間を従属変数として、左右視野×物体条件×距離を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。物体条件と距離の主効果が認められた(物体条件: $F(1,15) = 8.44$, $MSE = 564.72$, $p < .025$; 距離: $F(1,15) = 28.35$, $MSE = 641.83$, $p < .0005$)。実験 12-13 と同様に、物体内条件の方($M = 451$ mm)が物体間条件より($M = 463$ mm)も反応時間が速かった。また、遠距離条件の方($M = 445$ mm)が近距離条件より($M = 469$ mm)も反応時間が速かった。交互作用としては物体条件×距離の交互作用のみが認められた($F(1,15) = 6.18$, $MSE = 669.15$, $p < .05$; Figure 8-6)。単純主効果より、近距離条件では有意差はなかったが($F < 1$)、遠距離条件では物体内条件の方($M = 433$ mm)が物体間条件より($M = 457$ mm)も反応時間が速かった($F(1,30) = 25.12$, $MSE = 366.93$, $p < .005$)。

反応時間と同様に、エラー率を従属変数として分散分析を行った。距離の主効果のみ認められた($F(1,15) = 15.48$, $MSE = 56.43$, $p < .005$)。遠距離条件の方($M = 4.5\%$)が近距離条件より($M = 9.7\%$)も反応が正確であった。

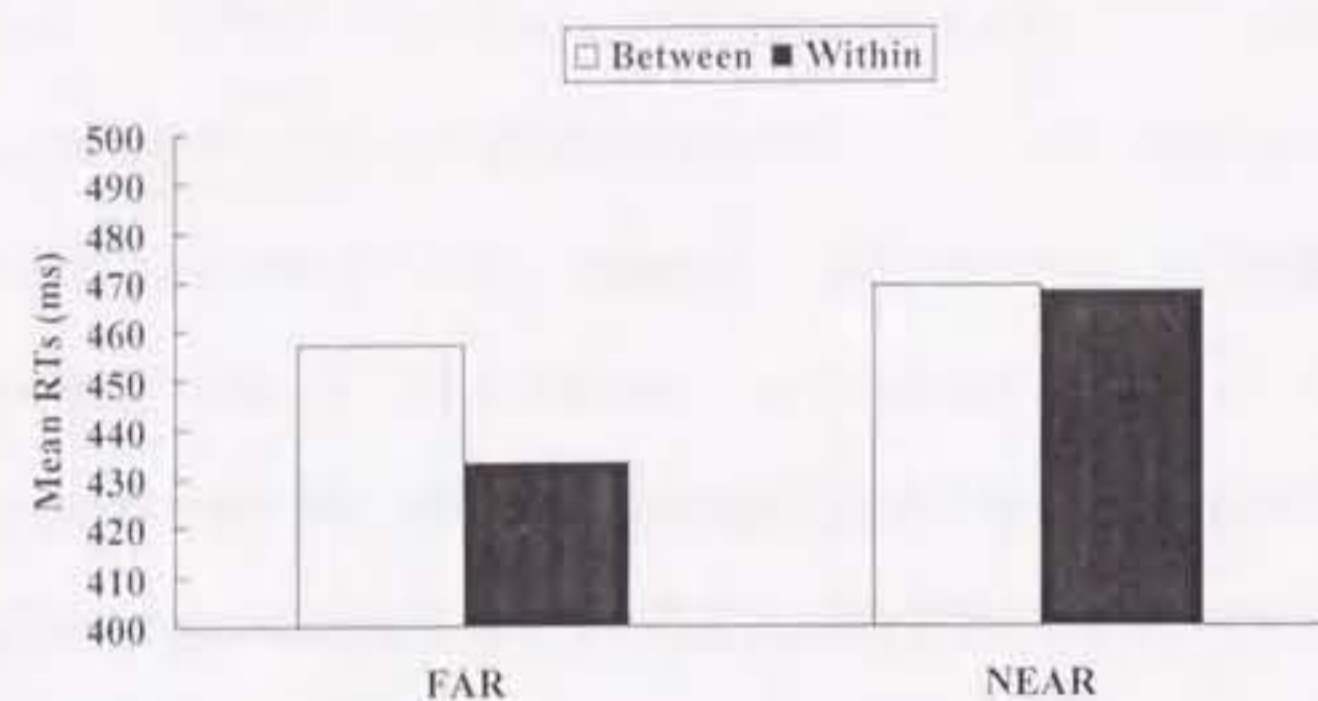


Figure 8-6. Mean reaction times (RTs, ms) for between- and within-object conditions as a function of visual field in the above/below task of Experiment 15.

8.4.2.2 左右判断課題

反応時間を従属変数として、左右視野×物体条件×距離を被験者内要因とした対応のある分散分析を行った。有意となった主効果および交互作用はなかった。物体条件×距離の交互作用に傾向差が得られた($F(1,15) = 3.67, MSE = 2226.15, p < .08$; Figure 8-7)。単純主効果より、近距離条件では有意差はなかったが($F < 1$)、遠距離条件では物体内条件の方($M = 593$ mm)が物体間条件より($M = 630$ mm)も反応時間が速い傾向にあった($F(1,30) = 3.18, MSE = 6890.69, p < .1$)。

反応時間と同様に、エラー率を従属変数として分散分析を行った。距離の主効果のみ認められた($F(1,15) = 27.27, MSE = 61.28, p < .0005$)。遠距離条件の方($M = 12.5\%$)が近距離条件より($M = 19.7\%$)も反応が正確であった。左右視野の主効果に傾向差が認められた($F(1,15) = 3.80, MSE = 42.46, p < .08$)。左視野優位傾向であった。

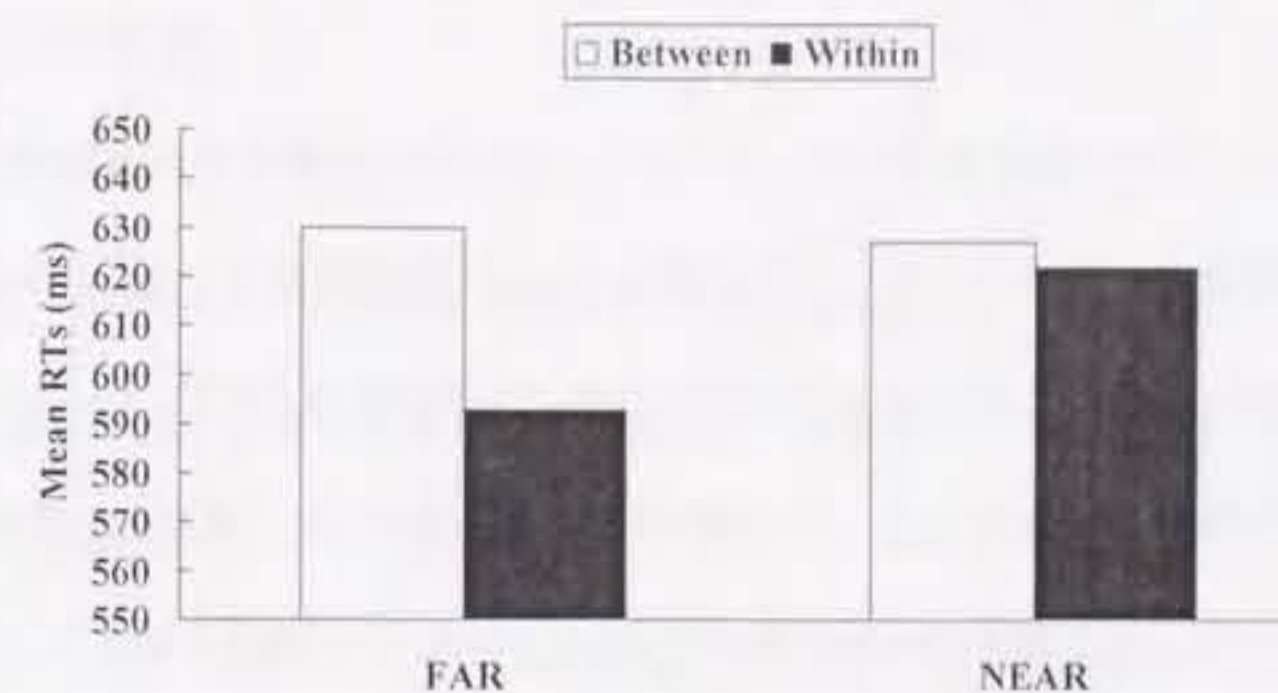


Figure 8-7. Mean reaction times (RTs, ms) for between- and within-object conditions as a function of visual field in the left/right task of Experiment 15.

8.4.3 考察

本実験では斜線上にターゲットが出現しやすい設定にした上で物体内優位効果を検討した。特定位置にターゲットを出現しやすくすることで、観察者の内発的注意がより斜線と言う物体に向かうことが期待された。本実験では物体内優位効果が観察されたことから、この手続の妥当性は示された。しかしながら、物体内優位効果と左右視野の交互作用は認められなかった。このことから、物体内と物体間の空間関係がそれぞれ物体認知系と空間認知系において処理されるために、異なる基準枠手掛かり効果および復帰抑制効果が得られたという解釈を採択することはできない。

本実験のもう一つの目的は任意性の低い上下判断と任意性の高い左右判断とを刺激-反応一致性が等しい実験設定において比較することであった。反応時間とエラー率から、上下判断課題の方が左右判断課題よりも速く正確であることが示された。しかしながら、両課題において距離効果が認められた。このことから、両課題ともに知覚表象レベルが利用されていることが

推察される。

実験 12-13 の中心視野呈示では、ターゲットが物体内と物体間に同頻度で出現する実験設定で物体内優位効果が観察された。一方実験 14-15 の周辺視野呈示では、ターゲットが物体内と物体間に同頻度で出現する実験設定では物体内優位効果は観察されず、ターゲットが物体内に出現しやすい実験設定で観察された。中心視野は物体認知系と、周辺視野は空間認知系とそれぞれ強く関連しているとする議論がある(O'Reilly, et al., 1990)。この議論を踏まえて考察すると、物体内優位効果は物体認知系が強く関与した効果であると言える。しかし、周辺視野呈示時にもターゲットの出現頻度が高い条件下であれば効果が認められた。このことから、内発的注意が特定物体に向かうことでも生起する効果であると考えられる。

本章で観察された物体内優位効果を Logan モデルによって解釈すると以下のような。すでに述べたとおり、この効果は主に空間領域の指定過程に影響を与える効果と考えられる。距離などの物理的要因が同一であれば、同一物体内に属する部分間の空間関係を計算する方が物体間の空間関係を計算するよりも迅速に正確に実行される。すなわちこの効果は、「物体間」よりも「物体内」空間関係を優先的に計算するように促す効果と捉えることができる。このような順序性が空間的に広がりをもったシーンを知覚する上で有効な戦略となっていることが推察される。一般に中心視野あるいは内発的注意によって捕捉されるのは、あるまとまりを持った物体である。つまり中心視野あるいは内発的注意によって捕捉された情報のうち「物体内」に関する情報を優先して処理する傾向は生態学的にも妥当である。このことから、物体内空間関係を優先的に計算するように促すことは視覚的シーンを構築する上で有利に作用すると考えられる。

第9章 総合考察

本章では、前章までの実験結果を踏まえて総合考察を行う。まず各章の結果と議論をまとめる。次に各章から得られた知見を統合的に考察し、視覚的シーン知覚における空間関係表象の役割について議論を行う。

本研究の目的は、視覚的シーンの知覚過程について、神経基盤も含めて理解することである。第1章において、視覚的シーン知覚を支える神経基盤と認知過程について先行研究を概観した。視覚的シーン知覚が成立するためには物体情報と空間情報の統合が必要となるが、その詳細なメカニズムは必ずしも明らかになっていない。Friedman-Hill ら(1995)と Robertson ら (1997)は両情報の統合は背側経路の統合機能によって実行されることと、特に明示的な空間表象が情報統合には必要であることを示唆している。本研究では、空間表象のなかでも複数の物体間の空間的配置を表現する空間関係表象に着目し、それに関する先行仮説について比較検討を行った。神経基盤を重視する Kosslyn (1987, 1994)仮説と計算過程を重視する Logan (1994, 1995)仮説はお互いが排他的な関係にあるというよりも、むしろ相補的な関係にあると考えられる。そこで本研究では、両仮説を相互補完的に捉えて空間関係表象に関する神経基盤を踏まえた認知モデルを構築することを具体的な目的とした。

9.1 Kosslyn 仮説：検証と批判

第4-5章では Kosslyn (1987, 1994)仮説に対して提起されている批判について検討した。第4章では、Kosslyn (1987, 1994)モデルの前提の一つである物体認知系と空間認知系の独立・並列性について3つの実験を通じて批判的に検証した。実験 1-2 では、空間認知系と物体認知系の左右半球機能分化についてそれぞれ検証し、ほぼ Kosslyn 仮説を支持する結果を得た。このことから、

Kosslyn (1994)仮説は各認知系を単独で検討する限りにおいて妥当であることが示唆された。実験3では両認知系の左右半球機能分化を検証した。Kosslyn (1994)モデルが妥当であれば両認知系は独立・並立に機能するので、両情報を同時に符号化する実験事態でも単独符号化の実験事態(実験1-2)と同じ左右差が得られるはずである。しかし実験3の結果はKosslyn 仮説の予測と一致しなかった。空間認知系はCategorical/Coordinate空間関係に関わりなく一貫して右半球優位であった。すなわち、Kosslynモデルの前提である物体認知系と空間認知系の独立性について積極的に支持することはできない。むしろ実験3の結果は、Ivry and Robertson (1998)のDFFモデルによる予測と符合した。また、DFFモデルは実験1-3の結果を一貫して説明することができる。

第5章では、Kosslyn (1987)仮説のCategorical空間関係の左半球優位性について検討を加えた。Durnford and Kimura (1971)とKimura (1969)は、3次元性の判断では右半球優位性が強いことを指摘し、空間の次元性に応じて左右半球優位性が異なることを示唆した。実験4では2次元性の、実験5では3次元性のCategorical空間関係判断時の左右半球機能分化について検討した。実験4では左右差は認められなかった。これに対して、実験5では左視野優位傾向(男性被験者群では左視野優位)が得られた。この結果は、Durnford and Kimura (1971)とKimura (1969)の示唆と符合するものであった。すなわち、空間関係計算に空間の次元性に応じた下位システムを想定する必要性を迫るものであった。また、実験5で採用した3次元性課題はエッジの重なり合いから前後関係を判断する必要があり、相対的に高い空間周波数成分を課題解決に要すると推察される。DFFモデルで解釈すると左半球優位の結果が期待される。しかし実際の結果は右半球優位であった。このことから、第5章の結果はDFFモデルの限界を示唆するものであると言える。

この2つの章の知見から、Kosslyn 仮説は限定的にしか支持できないことが明らかになった。物体認知系と空間認知系を同時に符号化する事態では彼の仮説は支持されなかった。また、3次元的空間関係判断でも彼の仮説は支持されなかった。さらに左右半球機能分化を説明する有力な仮説であるDFFモデルでもこれらの知見を全て説明することはできなかった。Coordinate空間関係と3次元的空間関係、すなわち、より課題要求の高い空間認知機能の右半球優位性のみが

一貫して認められた。

9.2 空間的基準枠の予測可能性

第6章ではBanich and Federmeier (1999)の指摘に基づいて、空間的基準枠の予測可能性と空間関係判断の左右半球機能分化について検討した。具体的には空間的基準枠手掛かりを与える場合と、手掛かりを与えない場合とを比較した。実験結果をまとめると以下のようになる。

- 1)Categorical空間関係課題において左右視野×手掛かりの交互作用が認められた。手掛かりあり条件では左右視野差は得られなかったが、手掛かりなし条件では右視野優位であった。Kosslyn (1987, 1994)仮説は空間的基準枠を試行毎に設定しなおす必要がある場合に認められることが示された(Banich & Federmeier, 1999)。
- 2)距離効果および空間関係の適合性と任意性の効果より、Categorical空間関係判断には主に知覚表象レベルが利用されていると推察された。基準枠手掛かりが事前に与えられている場合には距離効果が得られず、概念表象の介在が考えられた(実験6)。
- 3)Coordinate空間関係課題では左右視野差は得られなかった。しかしCategorical空間関係課題とは異なる距離効果と手掛かり効果が得られた。Categorical課題では遠距離優位であるが、Coordinate課題では近距離優位であった。またCategorical課題では手掛かりあり優位であるが、Coordinate課題では手掛かりなし優位であった。これらの知見はCategoricalとCoordinate空間関係の処理特性が異なっていることを示すものである。

Categorical空間関係計算過程をLogan (1994, 1995)モデルで解釈すると、基準枠の設定過程と言う空間関係計算過程の一部に左右差があり、左半球優位であることが導かれた。この知見から、Kosslyn 仮説にLoganモデルを導入する必要性を指摘することができる。

9.3 空間関係表象の時空間特性：復帰抑制と物体性

第7-8章では、視覚的注意に関する現象と空間関係計算との関連性について検討を加えた。これらの知見に基づいて Logan (1994, 1995)モデルの空間領域の指定過程について、そのメカニズムを詳細に検討した。

第7章では、視覚的注意のなかでも抑制機構の働きを示唆する復帰抑制効果について検討した。基準枠手掛かりがない場合にはより長い SOA 条件でのみ抑制効果が認められた。一方基準枠手掛かりがある場合には SOA に依存しない安定した抑制効果が認められた。この復帰抑制を生態学的妥当性の観点から考察すると、課題要求に応じて注意更新戦略が変更する可能性が導かれる。空間的基準枠手掛かりが呈示される場合、空間領域の指定過程と基準枠の設定過程は事前に行われるので、ターゲットと基準領域の比較過程のみを行えばよい。つまり、比較的課題要求が低いと考えられる。この場合には復帰抑制システムは通常通り作動する。具体的には視覚的手掛かりに対して迅速に注意捕捉が作動するとともに、そこに何の刺激も出現しないと迅速に次の候補位置に注意が移動する。これに対して、空間的基準枠手掛かりが呈示されない場合、3つの過程全てを実行する必要があるため、課題要求は相対的に高くなる。特に基準枠の設定過程の有無が課題要求の高低に最も影響している。課題要求が高まることで復帰抑制システムが鈍化し、空間領域の指定過程での注意更新戦略が変容すると解釈できる。具体的には視覚的手掛かりに対して注意捕捉が作動すると、しばらくの間そこに注意が停留してしまうことになる。

第8章では、物体ベースの注意と関連した物体内優位効果について検討した。中心視野呈示では、ターゲットが物体内と物体間に同頻度で出現する実験設定において物体内優位効果が観察された。一方周辺視野呈示では、ターゲットが物体内と物体間に同頻度で出現する実験設定においては物体内優位効果は観察されず、ターゲットが物体内に出現しやすい実験設定において観察された。中心視野は物体認知系と、周辺視野は空間認知系とそれぞれ強く関連しているとする議論がある(O'Reilly, et al., 1990)。この議論を踏まえて考察すると、物体内優位効果は物体認知

系と強く関連した効果であると言える。しかし、周辺視野呈示時にもターゲットの出現頻度が高い条件下であれば効果が認められることから、ある程度の柔軟性をもった効果だと考えられる。また、この物体内優位効果は「物体内」から「物体間」へと空間関係計算が実行されるように促す効果とも捉えることができる。中心視野あるいは内発的に注意によって捕捉されやすいのは、あるまとまりをもった物体と考えられる。このことから、このような順序性が空間的に広がりをもったシーンを知覚する上で有効な戦略となっていることが推察される。

9.4 実験の統合的理解

本研究の目的は、視覚的シーン知覚の成立に必要なと考えられる空間関係表象について認知神経心理学的に考察することである。空間関係表象に関する先行仮説として Kosslyn (1987, 1994) と Logan (1994, 1995)の仮説を考察し、両仮説を相互補完的に捉えることで神経基盤に基づいた空間関係計算過程モデルを構築することを目指した。

本研究の知見を統合し、Logan モデルの3つの計算過程を基に考察すると以下ようになる。第6章で得られた空間的基準枠の予測可能性の知見より、基準枠の設定過程に左右差があり、左半球優位であることが示唆された。第4-5章より、課題要求の高い空間認知系は右半球優位であることが示唆されている。両者の知見を左右半球機能分化の視点で捉えると、課題要求の高い空間認知と基準枠の設定過程を必要とするような空間認知とに機能分化のあることが導かれる。このことから、基準枠の設定過程を下位過程として提起することの必然性が導かれる。

また、基準枠の設定過程はトップダウン処理によって実行されることが容易に想像される。このことを明確に示す神経科学的知見は存在しないが、基準枠の設定は比較的柔軟に変動可能であるという知見が存在するため(Logan, 1995)、トップダウン処理、特に前頭葉機能の関与が想定される。Kosslyn (1994)および Laeng (1994)は空間関係表象の神経基盤として左右頭頂葉を挙げているが、彼らの提案は空間関係符号化の神経基盤についてであり、空間的基準枠の設定過程に関

する神経基盤を想定したものではない。特に Laeng (1994)の実験では Matching-to-sample 課題が採用されており、必ずしも空間的基準枠の設定過程が必要な実験条件ではなかった。

第 7-8 章において検討した視覚的注意機序はともに空間領域の指定過程に影響を及ぼすものと考えられる。しかしながら、処理の方向性は異なる。復帰抑制効果を生み出すと想定された注意更新戦略は、その効果が時間的に遷移することからもトップダウン処理によって制御されていると考えられる。一方物体内優位効果を生み出すと想定された物体内優先戦略は、中心視野呈示に限定すれば効果が自動的に生起することから、ボトムアップ処理によって制御されていると考えられる。

以上の考察を踏まえて空間関係計算過程を図式化したものを Figure 9-1 に示す。まず、視覚情報は知覚表象レベルに投射される。その際、物体の内部構造に注意を向ける物体内優先戦略がほぼ自動的に駆動する。この戦略によって捕捉された刺激、あるいは内発的注意によって捕捉された刺激に対して、基準枠の設定過程がトップダウン的に駆動し、概念表象レベルへと変換が行われる。日常場面では基準枠は安定しているため、注意更新は安定して、かつ迅速に行われる。しかしながら、基準枠が探索毎に変動するよう場合には、復帰抑制メカニズムが空間領域の指定過程に影響を及ぼすことで注意更新はやや鈍化することになる。

本研究で採用した空間関係判断課題では、知覚表象レベルを利用している証拠（距離効果）は認められたが、概念表象レベルを利用している証拠は得られなかった。このことから、空間関係そのものの判断を求め、空間運動性の出力を要求する事態においては知覚表象レベルが利用されていると結論付けることができる。Logan モデルでは、概念表象レベルへの変換が空間関係計算の目的であると想定されている。本研究で用いた課題ではその中途の段階で充分課題遂行が可能であったと考えられる。

Figure 9-1 に示した空間関係計算過程モデルに基づいて、複数の物体から構成される視覚的シーンを知覚する過程を説明すると以下のようなになる。視覚情報は基本的に知覚表象レベルに写

像されるが、その全ての空間関係が計算されるわけではない。空間領域の指定過程によって捕捉された物体の空間関係のみが計算される。また、空間領域が指定されることによって初めて空間的基準枠の設定が行われるため、空間関係計算は常に再計算されることになる。このようなモデル特性から、3つ以上の物体間の空間関係が一括して計算されるとは考えにくい。

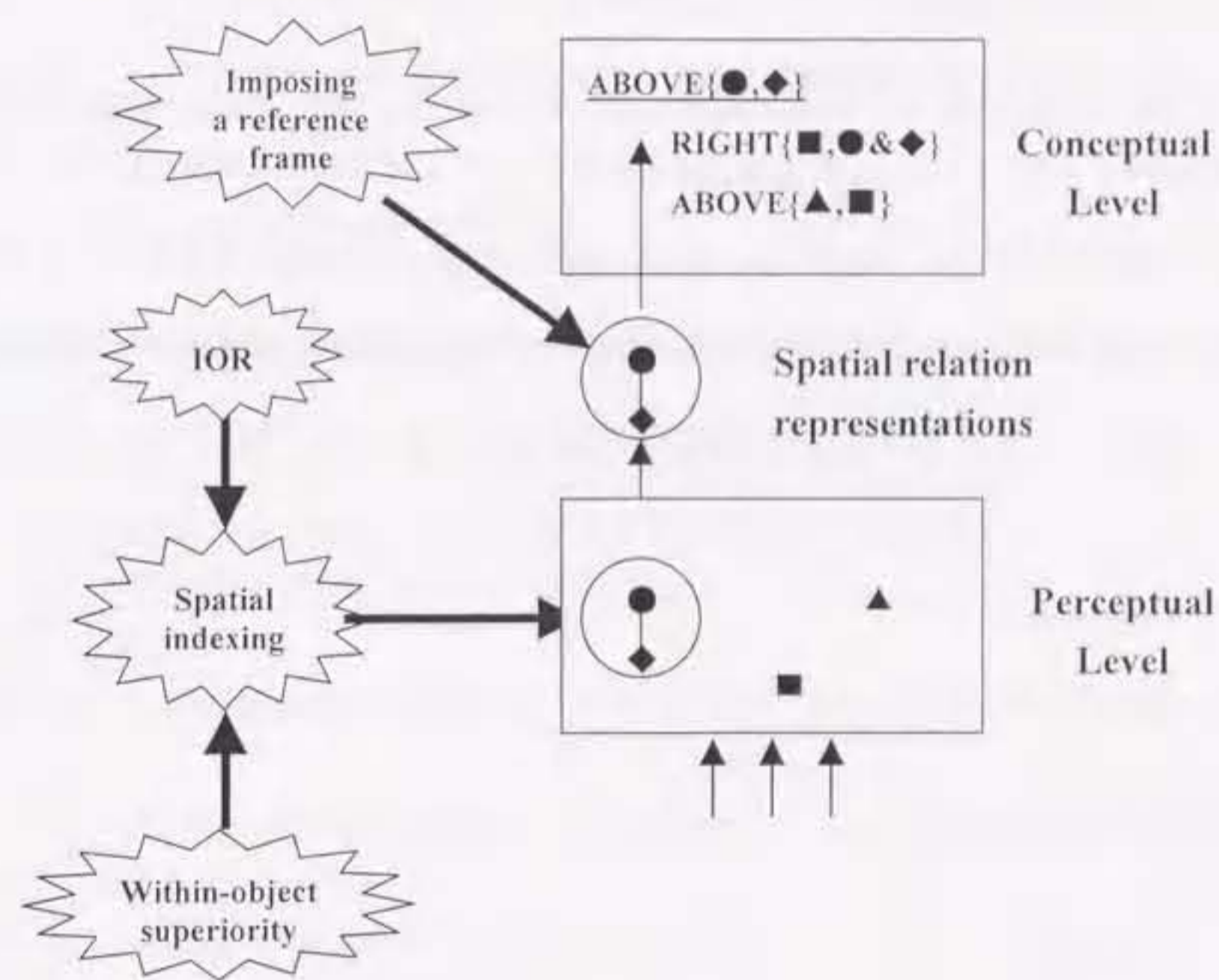


Figure 9-1. A computational model of spatial relationship.

複数の物体から構成される視覚的シーンが全体として知覚されるためには、2通りの可能性が考えられる。一つは、常に空間領域の指定過程を作動させることで、空間関係を再計算し続けるという可能性である。もう一つは、空間関係が概念表象レベルにまで変換されることで長期的に保存されるという可能性である。視覚的シーンの知覚はこの概念表象レベルを利用することで実現されることになる。前者は空間関係計算過程そのものに、後者は空間関係表象の保持にそれぞれ負荷がかかる。また両者は必ずしも排他的なものではなく、状況に応じてどちらも実行され

る可能性があると言える。

本研究では主に迅速な空間関係判断を求める課題を採用することで、空間関係計算過程を検討した。その結果、空間的基準枠の設定過程における左半球優位性と空間領域の指定過程における2つの変動要因（注意更新戦略・物体内優先戦略）について明らかにすることができた。しかしながら、上の議論からも明らかのように、複数の物体から構成される視覚的シーンの知覚過程について理解するためには、計算過程に加えて、空間関係表象の保持特性（どれくらいの期間短期記憶に保持しうるのか）についても検討する必要がある。空間関係の保持特性について検討した先行研究は皆無に等しく、Matching-to-sample 課題を利用して空間関係表象を扱った Laeng (1994)、Laeng and Peters (1995)および本研究第4章のいずれも符号化から再認まで時間的遷移を要因として検討していない。今後はこの空間関係表象の保持特性について検証することで、空間関係計算過程と併せて、視覚的シーン知覚における空間関係表象の役割について特定化することが可能になるとと思われる。

References

- Allen, M. (1983). Models of hemispheric specialization. *Psychological Bulletin*, *93*, 73-104.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, *4*, 417-423.
- Banich, M. T. (1995a). Interhemispheric processing: Theoretical considerations and empirical approaches. In R. J. Davidson & K. Hugdahl (Eds.), *Brain asymmetry* (pp.427-450). Cambridge MA: The MIT Press.
- Banich, M. T. (1995b). Interhemispheric interaction: Mechanisms of unified processing. In F. L. Kitterle (Ed.), *Hemispheric communication: Mechanisms and models* (pp.271-300). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Banich, M. T., & Federmeier, K. D. (1999). Categorical and metric spatial processes distinguished by task demands and practice. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *11*, 153-166.
- Baylis, G. C., & Driver, J. (1993). Visual attention and objects: Evidence for hierarchical coding of location. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *19*, 451-470.
- Berlucci, G., Brizzolara, D., Marzi, C. C., Rizzolati, G., & Umiltà, C. (1974). Can lateral

References

- asymmetries in attention explain interfield differences in visual perception? *Cortex*, 10, 177-185.
- Biederman, I. (1987). Recognition-by-components: A theory of human image understanding. *Psychological Review*, 94, 115-147.
- Bogen, J. E., & Gazzaniga, M. S. (1965). Cerebral commissurotomy in man: Minor hemisphere dominance for certain visuospatial functions. *Journal of Neurosurgery*, 23, 394-399.
- Boles, D. B. (1979). Laterally biased attention with concurrent verbal load: Multiple failures to replicate. *Neuropsychologia*, 7, 353-361.
- Breitmeyer, B. G., May, J. G., & Heller, S. S. (1991). Metacontrast reveals asymmetries at red-green isoluminance. *Journal of the Optical Society of America*, 8, 1324-1329.
- Breitmeyer, B. G., & Williams, M. C. (1990). Effects of isoluminant-background color on metacontrast and stroboscopic motion: Interactions between sustained (P) and transient (M) channels. *Vision Research*, 30, 1069-1075.
- Brigell, M., Strafella, A., Parmeggiani, L., Demarco, P. J., & Celesia, G. G. (1996). The effects of luminance and chromatic background flicker on the human visual evoked potential. *Visual Neuroscience*, 13, 265-275.
- Broadbent, D. E. (1954). The role of auditory localization in attention and memory span. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 191-196

References

- Broadbent, D. E., & Gregory, M. (1964). Accuracy of recognition for speech presented to the right and left ears. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 16, 359-360.
- Bruyer, R., Scailquin, J-C., & Coibion, P. (1997). Dissociation between categorical and coordinate spatial computations: Modulation by cerebral hemispheres, task properties, mode of response, and age. *Brain and Cognition*, 33, 245-277.
- Bryden, M. P., & Allard, F. (1976). Visual hemifield differences depend on typeface. *Brain and Language*, 3, 191-200.
- Carlson-Radvansky, L. A., & Logan, G. D. (1997). The influence of reference frame selection on spatial template construction. *Journal of Memory and Language*, 37, 411-437.
- Cohen, G. (1973). Hemispheric differences in serial versus parallel processing. *Journal of Experimental Psychology*, 97, 349-356.
- Cohen, G. (1975). Hemisphere differences in the effects of cuing in visual recognition tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1, 366-373.
- Cohen, G. (1979). Comment on Information processing in the cerebral hemispheres: Selective activation and capacity limitations by Hellige, Cox, and Litvac. *Journal of Experimental Psychology: General*, 108, 309-315.
- Cohen, J. D., MacWinney, B., Flatt, M., & Provost, J. (1993). PsyScope: A new graphic

References

- interactive environment for designing psychology experiments. *Behavioral Research Methods, Instruments, & Computers*, 25, 257-271.
- Corballis, M. C. (1995). Visual integration in the split brain. *Neuropsychologia*, 33, 937-959.
- Cowin, E. L., & Hellige, J. B. (1994). Categorical versus coordinate spatial processing: Effects of blurring and hemispheric asymmetry. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 6, 156-164.
- Danziger, S., Kingston, A., & Snyder, J. J. (1998). Inhibition of return to successively stimulated locations in a sequential visual search paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1467-1475.
- Downing, C. J. (1988). Expectancy and visual-spatial attention: Effects on perceptual quality. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 188-202.
- Duncan, J. (1984). Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113, 501-517.
- Durnford, M., & Kimura, D. (1971). Right hemisphere specialization for depth perception reflected in visual field differences. *Nature*, 231, 394-395.
- Egly, R., Driver, J., & Rafal, R. D. (1994). Shifting visual attention between objects and locations: Evidence from normal and parietal lesion subjects. *Journal of*

References

- Experimental Psychology: General*, 123, 161-177.
- Egly, R., Rafal, R., Driver, J., & Starrveveld, Y. (1994). Covret orienting in the split brain reveals hemispheric specialization for object-based attention. *Psychological Science*, 5, 380-383.
- Eriksen, C. W., & Yeh, Y. (1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 583-597.
- Fink, G., Halligan, P., Marshall, J., Frith, C., Frackowiak, R., & Dolan, R. (1996). Where in the brain does visual attention select the forest and the trees? *Nature*, 382, 626-628.
- Friedman-Hill, S. R., Robertson, L. C., & Treisman, A. (1995). Parietal contributions to visual feature binding: Evidence from a patient with bilateral lesions. *Science*, 269, 853-855.
- Gazzaniga, M. S. (1970). *The bisected brain*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Gazzaniga, M. S., Bogen, J. E., & Sperry, R. W. (1962). Some functional effects of sectioning the cerebral commissures in man. *Proceedings of the National Academy of Science*, 48, 1765-1769.
- Gazzaniga, M. S., Bogen, J. E., & Sperry, R. W. (1965). Observations on visual perception after disconnection of the cerebral hemispheres in man. *Brain*, 88, 221-236.
- Geffen, G., Bradshaw, J. L., & Nettleton, N. C. (1972). Hemispheric asymmetry: Verbal and

References

- spatial encoding of visual stimuli. *Journal of Experimental Psychology*, 95, 25-31.
- 行場次郎 (1995). 5章 視覚パターンの認知. 乾敏郎 (編) 認知心理学 I: 知覚と運動 (pp.117-141). 東京大学出版会.
- Haffenden, A. M., & Goodale, M. A. (1998). The effect of pictorial illusion on prehension and perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, 122-136.
- Handy, T. C., Jha, A. P., & Mangun, G. R. (1999). Promoting novelty in vision: Inhibition of return modulates perceptual-level processing. *Psychological Science*, 10, 157-161.
- 八田武志 (1982). 大脳半球機能差に関する研究. 風間書房.
- 八田武志 (1990). 脳と行動のしくみ. 医歯薬出版株式会社.
- 八田武志 (1996). 左ききの神経心理学. 医歯薬出版株式会社.
- Hatta, T., & Kogure, T. (1998). Sex difference in cognitive competitive tasks of verbal and spatial information. *Psychologia*, 41, 131-143.
- Hatta, T., Kogure, T., & Kawakami, A. (1999). Hemisphere specialization of Go experts in visuospatial processing. *American Journal of Psychology*, 112, 571-584.
- 八田武志・中塚善次郎 (1975). きき手テスト作成の試み. 大西憲明教授退任記念論文集, 224-247. 大阪市立大学.
- Hecaen, H., & Albert, M. L. (1978). *Human Neuropsychology*. John Wiley & Sons, Inc. 安田一郎 (訳) 1990. 神経心理学 (上・下) 青土社.

References

- Hecker, R., & Mapperson, B. (1997). Dissociation of visual and spatial processing in working memory. *Neuropsychologia*, 35, 599-603.
- Hellige, J. B., Cox, P. J., & Litvac, L. (1979). Information processing in the cerebral hemispheres: Selective hemispheric activation and capacity limitations. *Journal of Experimental Psychology: General*, 108, 251-279.
- Hellige, J. B., & Michimata, C. (1989). Categorization and versus distance: Hemispheric differences for processing spatial information. *Memory & Cognition*, 17, 770-776.
- Hellige, J. B., & Sergent, J. (1986). Role of task factors in visual field asymmetries. *Brain and Cognition*, 5, 200-212.
- Hendrickson, A., Wilson, M. E., & Toyne, M. J. (1970). The distribution of optic nerve fibers in *Macaca mulatta*. *Brain Research*, 23, 425-427.
- 本田仁視 (1977). 言語的及び非言語的弁別課題負荷による知覚的 Laterality Difference の移行. 心理学研究, 48, 70-79.
- Hubel, D. H., LeVay, S., & Wiesel, T. N. (1975). Mode of termination of retinotectal fibers in macaque monkey: An autoradiographic study. *Brain Research*, 96, 25-40.
- Hummel, J. E., & Biederman, I. (1992). Dynamic binding in a neural network for shape recognition. *Psychological Review*, 99, 480-517.
- Humphreys, G. W., & Riddoch, M. J. (1984). Routes to object constancy: Implications from

References

- neurological impairments. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 26A, 385-415.
- 乾敏郎 (1990). 視覚情報処理の基礎. サイエンス社.
- Ivry, R. B., & Robertson, L. C. (1998). *The two sides of perception*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Kessels, R. P., Postma, A., & de Haan, E. H. F. (1999). P and M channel-specific interference in the what and where pathway. *NeuroReport*, 10, 3765-3767.
- Kimura, D. (1961a). Some effects of temporal-lobe damage on auditory perception. *Canadian Journal of Psychology*, 15, 156-165.
- Kimura, D. (1961b). Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Canadian Journal of Psychology*, 15, 166-171.
- Kimura, D. (1964). Left-right differences in the perception of melodies. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 16, 355-358.
- Kimura, D. (1966). Dual functional asymmetry of the in visual perception. *Neuropsychologia*, 4, 275-285.
- Kimura, D. (1969). Spatial localization in the left and right visual fields. *Canadian Journal of Psychology*, 23, 445-458.
- Kimura, D. (1973). The asymmetry of the human brain. *Scientific American*, 228, 70-78.

References

- Kingstone, A., & Pratt, J. (1999). Inhibition of return is composed of attentional and oculomotor processes. *Perception & Psychophysics*, 61, 1046-1054.
- Kinsbourne, M. (1970). The cerebral basis of lateral asymmetries in attention. *Acta Psychologica*, 33, 193-201.
- Kitterle, F. L. (Ed.). (1995). *Hemispheric communication: Mechanisms and models*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kitterle, F. L., Christman, S., & Hellige, J. B. (1990). Hemispheric differences are found in the identification, but not the detection, of low versus high spatial frequency. *Perception & Psychophysics*, 48, 297-306.
- Klein, R. M., & Taylor, T. L. (1994). Categories of cognitive inhibition with reference to attention. In D. Dagenbach & T. H. Carr (Eds.), *Inhibitory processes in attention, memory, and language* (pp. 113-150). San Diego: Academic Press.
- Kohler, S., Moscovitch, M., Winocur, G., Houle, S., & McIntosh, A. R. (1998). Networks of domain-specific and general regions involved in episodic memory for spatial location and object identity. *Neuropsychologia*, 36, 129-142.
- Kogure, T. (2001a). Spatial relations and object processes in two cerebral hemispheres: A validation of a sequential matching paradigm for the study of laterality. *Laterality*, 6, 57-68.

References

- Kogure, T. (2001b). Concurrent processing of spatial relations and objects in two cerebral hemispheres. *Perceptual and Motor Skills*, *92*, 335-347.
- Kogure, T. (1999). Inhibition of return in location- versus identity-based tasks: SOA and cuing-type effects. *Proceedings of the 2nd international conference on cognitive science and the 16th annual meeting of the Japanese cognitive science society joint conference*. 1120-1123.
- Kogure, T., & Hatta, T. (1999). Hemisphere specialisation and categorical spatial relations representations. *Laterality*, *4*, 321-331.
- Kogure, T., & Hatta, T. (2000). *Spatial processing in two cerebral hemispheres: Effects on the presence of frame of reference*. Poster presented at 23rd Annual Mid-Year Meeting of the International Neuropsychological Society.
- Koivisto, M. (1995). On functional brain asymmetries in perceptual priming. *Brain and Cognition*, *29*, 36-53.
- Koivisto, M. (1996). Form-specific priming and functional brain asymmetries in perceptual identification. *Cortex*, *32*, 527-536.
- Kosslyn, S. M. (1987). Seeing and imaging in the cerebral hemispheres: A computational approach. *Psychological Review*, *94*, 148-175.
- Kosslyn, S. M. (1994). *Image and brain: The resolution of the imagery debate*. Cambridge, Mass:

References

- MIT Press.
- Kosslyn, S. M., Chabris, C. F., Marsolek, C. J., & Koenig, O. (1992). Categorical versus coordinate spatial representations: Computational analyses and computer simulations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *18*, 562-577.
- Kosslyn, S. M., & Koenig, O. (1992). *Wet mind: The new cognitive neuroscience*. New York: The Free Press.
- Kosslyn, S. M., Koenig, O., Barrett, A., Cave, C. B., Tang, J., & Gabrieli, J. D. E. (1989). Evidence for two types of spatial representations: Hemispheric specialization for categorical and coordinate relations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *15*, 723-735.
- Kramer, A. F., Weber, T. A., & Watson, S. E. (1997). Object-based attentional selection—Grouped arrays or spatially invariant representation?: Comment on Vecera and Farah (1994). *Journal of Experimental Psychology: General*, *126*, 3-13.
- LaBerge, D., & Brown, V. (1989). Theory of attentional operations in shape identification. *Psychological Review*, *96*, 101-124.
- Laeng, B. (1994). Lateralization of categorical and coordinate spatial functions: A study of unilateral stroke patients. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *6*, 189-203.

References

- Laeng, B., & Peters, M. (1995). Cerebral lateralization for the processing of spatial coordinates and categories in left- and right-handers. *Neuropsychologia*, *33*, 421-439.
- Laeng, B., Peters, M., & McCabe, R. (1998). Memory for locations within regions: Spatial biases and visual hemifield differences. *Memory & Cognition*, *26*, 97-107.
- Livingstone, M., & Hubel, D. (1988). Segregation of form, color, movement, and depth: Anatomy, physiology, and perception. *Science*, *240*, 740-749.
- Logan, G. D. (1994). Spatial attention and the apprehension of spatial relations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *20*, 1015-1036.
- Logan, G. D. (1995). Linguistic and conceptual control of visual spatial attention. *Cognitive Psychology*, *28*, 103-174.
- Logan, G. D., & Compton, B. J. (1996). Distance and distraction effects in the apprehension of spatial relations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *22*, 159-172.
- Logan, G. D., & Sadler, D. D. (1996). A computational analysis of the apprehension of spatial relations. In P. Bloom, M. A. Peterson, L. Nadel, & M. Garrett (Eds.), *Language and space* (pp. 493-529). Cambridge, MA: MIT Press.
- Lupianez, J., Milan, E. G., Tornay, F. J., Madrid, E., & Tudela, P. (1997). Does IOR occur in discrimination tasks? Yes, it does, but later. *Perception & Psychophysics*, *59*,

References

- 1241-1254.
- Marr, D. (1982). *Vision*. New York: W. H. Freeman & Co.
- Marsolek, C. J. (1995). Abstract visual-form representations in the left cerebral hemisphere. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *21*, 375-386.
- Marsolek, C. J. (1999). Dissociable neural subsystems underlie abstract and specific object recognition. *Psychological Science*, *10*, 111-118.
- Marsolek, C. J., Kosslyn, S. M., & Squire, L. R. (1992). Form-specific visual priming in the right cerebral hemisphere. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *18*, 492-508.
- Marsolek, C. J., Schacter, D. L., & Nicholas, C. D. (1996). Form-specific visual priming for new associations in the right cerebral hemisphere. *Memory & Cognition*, *24*, 539-556.
- Marsolek, C. J., Squire, L. R., Kosslyn, S. M., & Lulenski, M. E. (1994). Form-specific explicit and implicit memory in the right cerebral hemisphere. *Neuropsychology*, *8*, 588-597.
- Maylor, E., & Hockey, R. (1985). Inhibitory component of externally controlled covert orienting in visual space. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *11*, 777-787.
- Michimata, C. (1997). Hemispheric processing of categorical and coordinate spatial relations in

References

- vision and visual imagery. *Brain and Cognition*, 33, 370-387.
- Michimata, C., Okubo, M., & Mugishima, Y. (1999). Effects of background color on the global and local processing of hierarchically organized stimuli. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11, 1-8.
- Milner, A. D., & Goodale, M. A. (1995). *The visual brain in action*. Oxford: Oxford University Press.
- Mishkin, M., & Forgays, D. G. (1952). Word recognition as a function of retinal locus. *Journal of Experimental Psychology*, 43, 43-48.
- Mishkin, M., Ungerleider, L. G., & Macko, K. A. (1983). Object vision and spatial vision: Two cortical pathways. *Trends in Neurosciences*, 6, 414-417.
- Moscovitch, M. (1986). Afferent and efferent models of visual perceptual asymmetries: Theoretical and empirical implications. *Neuropsychologia*, 24, 91-114.
- Navon, D. (1977). Forest before the trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 9, 353-393.
- Niebauer, C. L., & Christman, S. D. (1998). Upper and lower visual field differences in categorical and coordinate judgments. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5, 147-151.
- O'Reilly, R. C., Kosslyn, S. M., Marsolek, C. J., & Chabris, C. F. (1990). Receptive field characteristics that allow parietal lobe neurons to encode spatial properties of visual

References

- input: A computational analysis. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2, 141-155.
- Parrot, M., Doyon, B., Demonet, J-F., Cardebat, D. (1999). Hemispheric preponderance in categorical and coordinate visual processes. *Neuropsychologia*, 37, 1215-1225.
- Pollack, J. G., & Hickey, T. L. (1979). The distribution of retinocollicular axon terminals in rhesus monkey. *Journal of Comparative Neurology*, 185, 587-602.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. In H. Bouma & D. Bouwhuis (Eds.), *Attention and Performance X* (pp. 531-556). London: Erlbaum.
- Pratt, J. (1995). Inhibition of return in a discrimination task. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2, 117-120.
- Pratt, J., & Abrams, R. A. (1999). Inhibition of return in discrimination tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 229-242.
- Pratt, J., Kingstone, A., & Khoe, W. (1997). Inhibition of return in location- and identity-based choice decision tasks. *Perception & Psychophysics*, 59, 964-971.
- Previc, F. H. (1990a). Functional specialization in the lower and upper visual fields in humans: Its ecological origins and neurophysiological implications. *Behavioral and Brain Sciences*, 13, 519-542.

References

- Previc, F. H. (1990b). Visual processing in three-dimensional space: Perceptions and misperceptions. *Behavioral and Brain Sciences*, *13*, 559-566.
- Previc, F. H. (1998). The neuropsychology of 3-D space. *Psychological Bulletin*, *124*, 123-164.
- Pylyshyn, Z. W., & Storm, R. W. (1988). Tracking multiple independent targets: Evidence for a parallel tracking mechanism. *Spatial Vision*, *3*, 179-197.
- Rafal, R. D., Calabresi, P. A., Brennan, C. W., & Sciolto, T. (1989). Saccade preparation inhibits reorienting to recently attended locations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *15*, 673-685.
- Rensink, R. A., O'Regan, J. K., & Clark, J. J. (1997). To see or not to see: The need for attention to perceive changes in scenes. *Psychological Science*, *8*, 368-373.
- Reuter-Lorenz, P. A., Kinsbourne, M., & Moscovitch, M. (1990). Hemispheric control of spatial attention. *Brain and Cognition*, *12*, 240-266.
- Robertson, L. C. (1995). Hemisphere specialization and cooperation in processing complex visual patterns. In F. L. Kitterle (Ed.), *Hemispheric communication: Mechanisms and models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Robertson, L. C., & Lamb, M. R. (1991). Neuropsychological contributions to theories of part/whole organization. *Cognitive Psychology*, *23*, 299-330.
- Robertson, L., Treisman, A., Friedman-Hill, S., & Grabowecky, M. (1997). The interaction of

References

- spatial and object pathways: Evidence from balint's syndrome. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *9*, 295-317.
- Robinson, D. A. (1972). Eye movements evoked by collicular stimulation in the alert monkey. *Vision Research*, *12*, 1795-1808.
- Roth, E. C., & Hellige, J. B. (1998). Spatial processing and hemispheric asymmetry: Contributions of the transient/magnocellular visual system. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *10*, 472-484.
- Rybash, J., & Hoyer, W. J. (1992). Hemispheric specialization for categorical and coordinate spatial representations: A reappraisal. *Memory & Cognition*, *20*, 271-276.
- Salthouse, T. A. (1975). Simultaneous processing of verbal and spatial information. *Memory & Cognition*, *3*, 221-225.
- Schiller, P. H., & Stryker, M. (1972). Single-unit recording and stimulation in superior colliculus of the alert rhesus monkey. *Journal of Neurophysiology*, *35*, 915-924.
- Schneider, G. E. (1969). Two visual systems: Brain mechanisms for localization and discrimination are dissociated by tectal and cortical lesions. *Science*, *163*, 895-902.
- Sears, C. R., & Pylyshyn, Z. W. (2000). Multiple object tracking and attentional processing. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, *54*, 1-14.
- Sergent, J. (1982). The cerebral balance of power: Confrontation or cooperation? *Journal of*

References

- Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 253-272.
- Sergent, J. (1983). Role of input in visual hemispheric asymmetries. *Psychological Bulletin*, 93, 481-512.
- Sergent, J. (1991). Judgments of relative position and distance on representations of spatial relations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17, 762-780.
- Sergent, J., & Hellige, J. B. (1986). Role of input factors in visual-field asymmetries. *Brain and Cognition*, 5, 174-199.
- Smith, E. E., & Jonides, J. (1997). Working memory: A view from neuroimaging. *Cognitive Psychology*, 33, 5-42.
- Snodgrass, J. G., & Vanderwart, M. (1980). A standardized set of 260 pictures: Norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6, 174-215.
- Sperry, R. W. (1961). Cerebral organization and behavior. *Science*, 133, 1749-1757.
- Sperry, R. W. (1968). Hemisphere disconnection and unity in conscious awareness. *American Psychologist*, 23, 723-733.
- Sugishita, M., Hamilton, C. R., Sakuma, I., & Hemmi, I. (1994). Hemispheric representation of the central retina of commissurotomized subjects. *Neuropsychologia*, 32, 399-415.

References

- Tanaka, Y., & Shimojo, S. (1996). Location vs feature: Reaction time reveals dissociation between two visual functions. *Vision Research*, 36, 2125-2140.
- Tanaka, Y., & Shimojo, S. (2000). Repetition priming reveals sustained facilitation and transient inhibition in reaction time. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 1421-1435.
- Teuber, H. L. (1955). Physiological psychology. *Annual Review of Psychology*, 6, 267-296.
- Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Treisman, A., & Schmidt, H. (1982). Illusory conjunctions in the perception of objects. *Cognitive Psychology*, 14, 107-141.
- Ungerleider, L. G., & Haxby, J. V. (1994). 'What' and 'where' in the human brain. *Current Opinion in Neurobiology*, 4, 157-165.
- Ungerleider, L. G., & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. In D. J. Ingle, M. A. Goodale, & R. J. W. Mansfield (Eds.), *Analysis of visual behavior* (pp. 549-586). Cambridge, MA: MIT Press.
- Vecera, S. P. (1994). Grouped location and object-based attention: Comment on Egly, Driver, and Rafal (1994). *Journal of Experimental Psychology: General*, 123, 316-320.
- Vecera, S. P. (1997). Grouped arrays versus object-based representations: Reply to Kramer et al.

References

- (1997). *Journal of Experimental Psychology: General*, 126, 14-18.
- Vecera, S. P., & Farah, M. J. (1994). Does visual attention select objects or locations? *Journal of Experimental Psychology: General*, 123, 146-160.
- Williams, M. C., Breitmeyer, B. G., Lovegrove, W. J., & Guitierrez, C. (1991). Metacontrast with masks varying in spatial frequency and wavelength. *Vision Research*, 31, 2017-2023.
- Wilson, M. E., & Toyne, M. G. (1970). Retino-tectal and corticotectal projections in Macaca mulatta. *Brain Research*, 24, 395-406.
- Yeshurun, Y., & Carrasco, M. (1998). Attention improves or impairs visual performance by enhancing spatial resolution. *Nature*, 396, 72-75.

業績一覧

業績一覧

学術論文

- Kogure, T., & Hatta, T.
Hemisphere specialisation and categorical spatial relations representations.
Laterality, 4, 321-331. (1999).
- Kogure, T.
Spatial relations and object processes in two cerebral hemispheres: A validation of a sequential matching paradigm for the study of laterality.
Laterality, 6, 57-68. (2001).
- Kogure, T.
Concurrent processing of spatial relations and objects in two cerebral hemispheres.
Perceptual and Motor Skills, 92, 335-347. (2001).

参考論文

- Kogure, T., Hatta, T., Kawakami, A., Kawaguchi, J., & Makino, T.
Characteristics of Proper Names and Temporal Memory of Social News Events.
Memory. (in press).
- Hatta, T., & Kogure, T.
Sex difference in cognitive competitive tasks of verbal and spatial information.
Psychologia, 41, 131-143. (1998).
- Hatta, T., Kogure, T., & Kawakami, A.
Hemisphere specialization of Go experts in visuospatial processing.
American Journal of Psychology, 112, 571-584. (1999).

国際学会発表

Kogure, T.

Inhibition of return in location- versus identity-based tasks: SOA and cuing-type effects.

Proceedings of the 2nd international conference on cognitive science and the 16th annual meeting of the Japanese cognitive science society joint conference, 1120-1123. (1999).

Kogure, T., & Hatta, T.

Spatial processing in two cerebral hemispheres: Effects on the presence of frame of reference.

23rd Annual Mid-Year Meeting of the International Neuropsychological Society (at Brussels, Belgium), (2000).

学会発表 (口頭発表)

木暮照正・八田武志

意味情報処理における半球機能差-呈示条件に関する一考察-

第21回日本神経心理学学会総会プログラム・予稿集 p.82. (神経心理学, 13, p.299) (1997).

木暮照正・八田武志

線画認知の左右視野差: 空間関係変化の影響.

第22回日本神経心理学学会総会プログラム・予稿集 p.88. (神経心理学, 14, p.246) (1998).

木暮照正・川上綾子・牧野俊朗・八田武志

過去の出来事に関する記憶.

第1回CMCシンポジウム講演論文集. p.29-38. (1998).

木暮照正

空間関係判断における左右半球機能差: 基準軸の呈示による影響.

第23回日本神経心理学学会総会プログラム・予稿集 p.157. (神経心理学, 15, p.272) (1999).

木暮照正・渡辺はま・川上綾子・八田武志

記憶に残るホームページ?: カテゴリに応じたリンク構造に関する予備的検討.

CmCC研究会第3回シンポジウム論文集 p.25-30. (2000).

木暮照正・長谷川純子・八田武志・阿部順子・長野友里・その他2名

老年者及び脳損傷者のための作業記憶検査作成の試み (III).

第24回日本神経心理学学会総会プログラム・予稿集 p.93. (神経心理学, 16, p.261) (2000).

学会発表 (ポスター発表)

木暮照正・八田武志

カテゴリー的な位置情報処理における大脳半球機能差.

日本心理学会第60回大会発表論文集 p.710. (1996).

木暮照正

空間関係と対象特性処理における左右半球機能(1).

日本心理学会第61回大会発表論文集 p.633. (1997).

木暮照正

空間関係と対象特性処理における左右半球機能(2).

日本心理学会第62回大会発表論文集 p.680. (1998).

木暮照正

空間関係処理における左右半球機能分化.

日本心理学会第63回大会発表論文集 p.316. (1999).

木暮照正

空間関係判断における線分共有効果.

日本心理学会第64回大会発表論文集 p.392. (2000).

謝辞

初めに、直接ご指導頂きました八田武志教授に感謝申し上げます。また、名古屋大学大学院修士課程および博士後期課程においてご指導頂きました箕一彦教授に感謝申し上げます。

私が大学に入学した年（1991年）は「脳の10年」と呼ばれる時期の始まりにあたります。新しい脳機能測定装置を用いた魅力的な研究成果が次々と公表され、心理学専攻であった私も「少しでも脳に関わる研究がしたい」と考えるようになりました。その時に飛びついたテーマがラテラルリティでした。左右脳というグロスなレベルであるとしても、心理学実験から（わずかでも）脳へのアプローチができることは私にとって魅力的なテーマでありました。

学部時代にご指導頂いた御領謙教授（千葉大学）に大学院への進学について相談したところ、ラテラルリティ研究を進めている八田教授をご紹介いただきました。当時、八田教授は名古屋大学情報文化学部に移られたばかりで、大学院生を直接に受け入れることができない状況でした。このため一時は名古屋大学への進学を諦めたのですが、その後人間情報学研究科認知情報論講座に在籍する形での指導も可能であるとお返事をいただき、進学する決心をしました。寛大な心で入学を許可していただいたお陰でこの博士論文もあるのだと思うと、深く感謝する次第です。

認知情報論講座では箕教授を始め、齋藤洋典教授、三輪和久助教授、齋木潤助手（現在京都大学大学院情報学研究科助教授）、葉師神玲子助手の諸先生および院生の方々から貴重な（往々にして手厳しい）ご意見を賜ることができました。博士後期課程を満期退学後に情報行動論講座へ移りましたが、ここでは八田教授を筆頭に、川口潤教授、伊藤義美教授、飯高哲也助教授、唐澤かおり助教授の諸先生および院生の方々より貴重なご指摘を賜りました。諸先生方および院生の方々にこの場を借りて御礼申し上げます。最後に、私の実施した実験は往々にして拘束時間の長い辛いものでした。実験にご協力頂いた方なくしてこの研究はなし得なかったことは言うまでもありません。深く感謝申し上げます。

