

Study on individual differences of functional cerebral lateralization and spatial ability : The effect of sex steroid hormones and sex role personality

小崎, 智照

<https://doi.org/10.15017/458559>

出版情報 : Kyushu Institute of Design, 2003, 博士 (芸術工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

第Ⅱ章

左右大脳半球の機能的非対称性を評価する視覚課題の検討

2.1. 第一実験: 異なる先行時間が

左右半視野の刺激に対する反応時間へ及ぼす影響

(1) 背景と目的

左右大脳半球の機能的非対称性に関して、全ての研究において男性でその傾向が強いことを示唆する結果は得られていない。その主な要因として性ステロイドホルモンの影響が考えられるものの、研究間での異なる評価法もその一因としてあげられる。そこで、本章では左右大脳半球の機能的非対称性を評価する視覚課題の検討を行う。

左右半視野間のパフォーマンスの差は、左右大脳半球それぞれに入力した視覚情報処理機能の差によるものと考えられるが、視覚情報を選択する脳機能の差によっても影響されると考えられる。その視覚情報を選択する脳機能が視空間的注意である（熊田, 1997; 茂木と彦坂, 1998; 塩入, 1999）。視空間的注意には、視覚情報処理を促進する効果（注意の促進効果と呼ぶ）があるとされている（Hikosaka et al., 1993a; 1993b）。また、視空間的注意は、PET を用いた研究から（Corbetta et al., 1993; Nobre et al., 1997）、左右大脳半球の機能的非対称性の存在が示唆されている。よって、視空間的注意の促進効果における左右大脳半球の機能的非対称性に着目する。

視空間的注意を検討する場合で用いられる視覚課題に先行手がかり法（Pre-Cueing technique; Posner, 1980）がある。先行手がかり法とは、被験者に注意を向けさせる（以下、注意の定位）手がかり刺激（Cue）を与え、手がかり刺激後に目標刺激が出現し、被験者に反応を求める視覚課題である（図 2-1-1）。この先行手がかり法において、手がかり刺激の呈示から目標刺激が呈示されるまでの時間（先行時間）を検討した研究より（Hikosaka et al., 1993a; 1993b）、

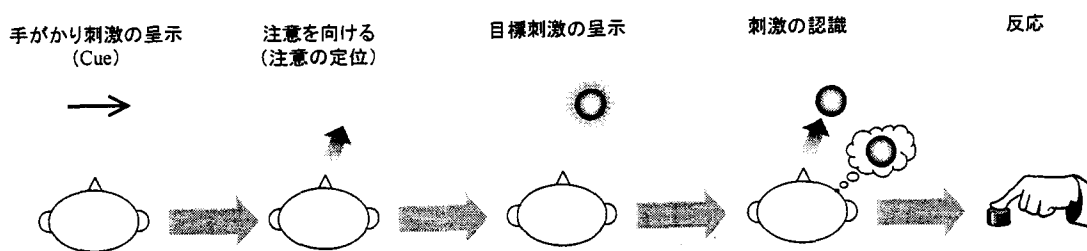


図 2-1-1 先行手がかり法の概要

注意の促進効果は、最も短い先行時間（200ms）で強く、その後、時間経過に伴い低下することが示唆された。すなわち、先行時間が短ければ注意の促進効果に優れ、長ければ注意の促進効果は劣ると考えられる。よって、異なる先行時間においては、注意の促進効果が左右大脳半球間で異なることによって、左右半視野間の反応時間に有意な差が認められる可能性が考えられる。しかし、これらの先行時間を検討した研究では、左右半視野間の反応時間を指標としておらず、注意の促進効果における左右大脳半球の機能的非対称性を検討していない。また、先行手がかり法を用いて左右半視野の反応時間を検討した研究（Mangun and Hillyard, 1991; Curran et al., 2001）では、左右半視野間の反応時間に差が認められなかったものの、異なる先行時間での反応時間を検討していない。そこで、手がかり刺激の先行時間の違いが注意の促進効果における左右大脳半球の機能的非対称性に及ぼす影響を検討する必要がある。

先行時間に関する研究から（Nakayama et al., 1989; Hikosaka et al., 1993b）、本章における視空間的注意が成立する最も短い先行時間を 200ms とし、それに対する長い先行時間を自動車運転中の動作研究から（三浦, 1996）、運転中の運転者が最も長く一点に注視した時間（1380ms）より 1500ms とした。

先行手がかり法を用いた視覚課題において、手がかり刺激と目標刺激が一致した場合（Valid）の反応時間は、一致しない場合（Invalid）よりも早くなることが報告されている。これは、手がかり刺激によって定位された注意の促進効果（Hikosaka et al., 1993a, 1993b）によるものと考えられている。よって本章では、Invalid と Valid の反応時間に差が認められない場合は、定位した視空間的注意による視覚情報処理の促進効果が低下したものとする。

以上より、本章では、先行手がかり法における異なる先行時間が左右半視野における注意の促進効果へ及ぼす影響について検討する。

(2) 方法

(a) 被験者

被験者は、男子大学生 9 名（平均年齢：22.6 歳）で、全ての被験者は正常な視力（矯正視力を含む）であった。また、右利きは 8 名、左利きは 1 名であった。本実験の課題が精神作業であるため、被験者には前日の十分な休息をとらせ、実験前 2 時間以降のカフェイン摂取と喫煙を禁止した。

(b) 視覚課題

視覚課題の概要を図 2-1-2 に示す。視覚課題は、CRT を用い黒い色の背景上（視角 $21.8^\circ \times 16.7^\circ$ ）に手がかり刺激を呈示した。手がかり刺激（視角 0.8° ）は画面の中心上方（視角 1.2° ）に左右どちらかを指すよう呈示し、目標刺激（視角 0.8° ）は中心点から視角 9° 離れた左右半視野のどちらか一方に呈示した。手がかり刺激提示 2000ms 前から被験者が反応するまでの 1 試行を通して注視点（“+”、視角 0.8° ）を呈示した。以上の刺激ならびに注視点はすべて白色であった。被験者の課題は、注視点へ視線を維持したまま手がかり刺激（Cue）によって左右どちらかの半視野へ注意を向け、その後に呈示される目標刺激（左、右）を確認後すばやくボタンを押し、反応することであった。

1 試行の系列提示は、注視点（2000ms）—手がかり刺激（100ms）—注視点（100 もしくは 1400ms）—目標刺激（ボタン押し反応までもしくは 1000ms）である。被験者には 1 試行を通して注視点から視線をそらさないように、また目標刺激確認後なるべく早くボタンを押しよう指示した。目標刺激の提示から被験者が反応するまでを反応時間として記録した。

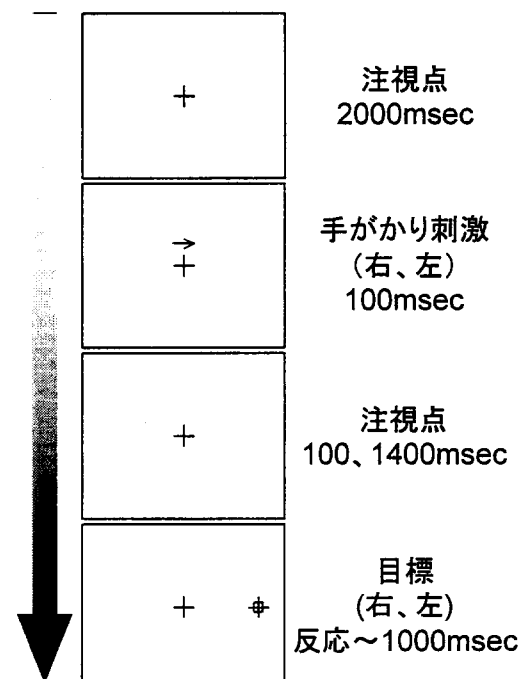


図 2-1-2 視覚課題

(c) 実験手続き

実験は防音された実験室で行った。実験室は、温度 26°C、基準面上（床から高さ 70cm の机上面）照度 900lx の一定条件に設定し、基準面上における暗騒音の平均は 45.7dB(A)であった。被験者は、視覚課題を呈示するディスプレイの中心が自分の顔の中心と合うように、またディスプレイとの距離（70cm）が一定となるよう額を固定した状態で CRT 画面を両眼視した。視覚課題の反応時間は、全反応時間の平均から $\pm 2.5 \times S.D.$ の基準を超えたものを除外し、手がかり刺激の示す視野と目標刺激の現れる視野の組み合わせそれぞれにおいて（手がかり刺激－目標刺激；右－右：左－左：右－左：左－右；15：15：5：5 試行、以下、視野条件）加算可能な反応時間が 60% 以下の場合（右－右；左－左：9 試行以下、右－左；左－右：3 試行以下）は後日再実験を行った。

(d) 実験装置

視覚課題に関する制御および反応時間の記録には、パーソナルコンピューター（EPSON PC - 286VE）を用いた。刺激呈示には 15 インチ CRT モニター（EPSON CR - 5500）を用いた。被験者の反応入力には、PC 付属のキーボードを使用した。

(e) 実験計画

本実験における視覚課題の先行時間は、200ms、1500ms の 2 水準とした。1 先行時間に対する視覚課題は 40 試行とし、手がかり刺激の予告する方向と目標刺激の現れる場所が一致する確率を 75%、また手がかり刺激の示す方向と目標刺激の現れる場所は左右それぞれ 50%とした。視覚課題は、2（先行時間） \times 40（試行：視野条件）の計 80 試行で、先行時間と視野条件を無作為に組み合わせた 40 試行を 1 ブロックとし、2 ブロックに分割した。刺激間隔と視野条件の組み合わせは無作為に提示した。実験は 1 日につき 1 ブロックを行い、2 日間に分割した。

(3) 結果

視覚課題における視野条件別の反応時間を図 2-1-3 に示す。手がかり刺激が右半視野を予告した場合を方形で、左半視野を予告した場合を円形で記す。また、図の左側の 4 点は目標刺激の出現する半視野を手がかり刺激が予告した場合（以下、Valid）、右側の 4 点は目標刺激の出現する反対側の半視野を手がかり刺激が予告した場合（以下、Invalid）である。反応時間に関して、4（半視野条件）×2（先行時間）×9（被験者）の 3 要因分散分析を行った。分析の結果、視野条件と先行時間にそれぞれ主効果が認められた ($F(3,24)=11.32, p<.01$; $F(1,8)=12.30, p<.01$)。各条件（先行時間と左右半視野）の Invalid と Valid に対して t 検定を行った結果、手がかり刺激が左右どちらの半視野を示した場合でも Invalid は Valid よりも有意に遅延した (1500ms-左右, 200ms-右, $p<.01$; 200ms-左, $p<.05$)。

- 先行時間-200msec:手がかり刺激-左
 - ◇ 先行時間-200msec:手がかり刺激-右
 - 先行時間-1500msec:手がかり刺激-左
 - ◆ 先行時間-1500msec:手がかり刺激-右
- ** : $p<.01$
* : $p<.05$

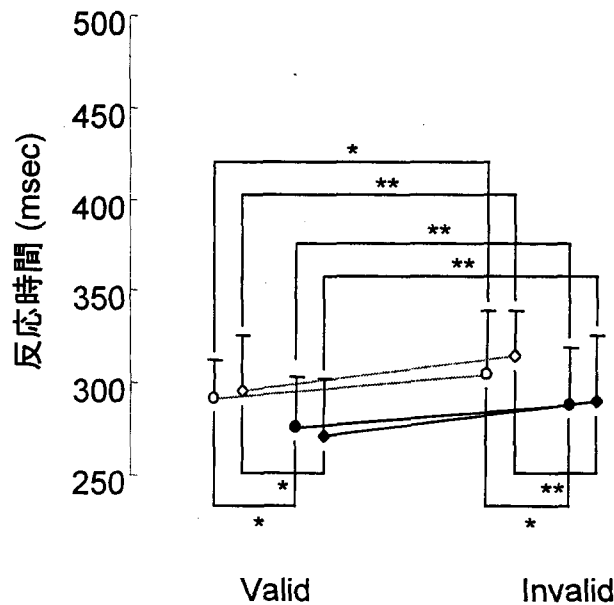


図 2-1-3 異なる先行時間における平均反応時間

(4) 考察

視覚課題の結果(図 2-1-3)より、先行時間 200ms と 1500ms のどちらにおいても、Invalid の反応時間は Valid よりも有意に遅延し、被験者は手がかり刺激の示した視野へ視空間的注意を定位したことが考えられた。しかし、本実験では被験者の注視を眼球運動などによって監視しなかったことから、本実験での Valid と Invalid の反応時間の差が、Valid における視空間的注意の促進効果によって反応時間が短縮したものではなく、Invalid において目標刺激呈示後に目標刺激へ再び視点を移動させたのに要した時間である可能性が考えられる。ここで、眼球運動の中でも最も早く視点を移動させるサッカード(saccade)に要する時間は、30~50ms と言われている(塩入, 2000)。それに対して、本実験で得られた Valid と Invalid の反応時間の差は 20~30ms であった。これは、目標刺激呈示後、再び目標刺激へ視線を移動させるのに十分な時間ではないと思われる。したがって、本実験の被験者は、課題遂行中に注視点を注視し、手がかり刺激の示した視野へ視空間的注意を定位していたと考えられた。しかし、どちらの先行時間においても、先行研究(Mangun and Hillyard, 1991; Nobre et al., 1997; Curran et al., 2001)と同様に、左右半視野間の反応時間に有意な差を認めることができなかった。よって、異なる先行時間は、注意の促進効果における左右大脳半球の機能的非対称性に影響しなかったことが示唆された。

また、先行時間 200ms は 1500ms よりも、全ての視野条件で有意に遅延した。先行時間 200ms は注意の促進効果が強いことから、注意を定位している Valid の反応時間は、先行時間 1500ms の Valid よりも早くなることが推察された。しかし、この遅延は Valid と Invalid の両方において認められたことから、視空間的注意以外の脳機能の影響であることが考えられる。この遅延に関しては、予告された運動を行う場合に脳の運動野において必要な「予告活動(Motor-set related activity): Wise, 1985」と呼ばれる脳電位などの影響が考えられるが、本実験の結果より明確にすることはできなかった。

以上より、注意の促進効果が異なると考えられる先行時間においても、手がかり刺激を用いた場合には左右半視野間の反応時間に有意な差を認めることができなかった。ここで、左右半視野間の反応時間に有意な差を認めた視覚課題では(Shimizu et al., 1981; Previc, 1996; Tanaka and Shimojo, 1996; Adam et

al., 1999; 和田ら, 1999)、手がかり刺激を呈示しないことに加え、目標刺激の文字や形を弁別させたものが多い。それに対して、本実験の視覚課題は刺激の弁別を行わせない単純反応課題であったことから、左右半視野間の反応時間の差を得るには、刺激の弁別といった視覚情報処理機能が必要であると思われる。弁別反応課題は、刺激の弁別処理が加わることから、単純反応課題に比べ視空間的注意の視覚情報処理を促進する効果は増大し、その結果、視覚情報処理機能もしくは視空間的注意における左右大脳半球の機能的非対称性の差が反応時間に反映されやすくなると予測される。

そこで、次の実験では、弁別反応課題において左右半視野へ呈示された刺激に対する反応時間を検討する。

2.2. 第二実験: 視覚課題のパラダイムが

左右半視野の刺激に対する反応時間へ及ぼす影響

(1) 背景と目的

第一実験の結果より、左右大脳半球の機能的非対称性を示唆する左右半視野間の反応時間の差は認められなかった。ここで、左右半視野間の反応時間に差が認められた研究 (Shimizu et al., 1981; Previc, 1996; Tanaka and Shimojo, 1996; Adam et al., 1999; 和田ら, 1999) では、弁別反応課題を用いている。弁別反応課題は、単純反応課題に比べ、処理する視覚情報が増加することから、注意の促進効果が反応時間に及ぼす影響も増加することが予測される。よって、弁別反応課題では、単純反応課題で認められなかった視空間的注意の促進効果における左右大脳半球の機能的非対称性を左右半視野間の反応時間の差として得られることが期待できる。また、上記した左右半視野間の反応時間の差を認めた視覚課題では、弁別反応課題であることに加え、手がかり刺激を呈示していない。したがって、弁別反応課題でも手がかり刺激を呈示した場合には、左右半視野間の反応時間に有意な差を得られない可能性が考えられる。以上より、第一実験で左右半視野間の反応時間に差が認められなかった要因は、第一実験で用いた視覚課題が刺激の弁別を行わせない単純反応課題であることと、手がかり刺激を呈示したことが考えられる。

そこで本実験では、弁別反応課題において手がかり刺激を呈示した場合でも左右半視野間の反応時間の差が認められるのか否かを明らかにするため、弁別反応課題における手がかり刺激の有無が反応時間へ及ぼす影響を検討する。その後、左右大脳半球間における視空間的注意の促進効果の違いが弁別処理の付加によって反応時間へ反映されるか否かを明確にするため、手がかり刺激を呈示しない場合での刺激弁別の有無が反応時間へ及ぼす影響について検討する。

ここで、先行手がかり法を用い、左右半視野間の反応時間に有意な差が認められなかった研究 (Mangun and Hillyard, 1991; Curran et al., 2001) の先行時間は、いずれも 700ms 以上であった。視空間的注意による促進効果は、最も短い先行時間 (200ms) で強く、その後、時間経過に伴い低下することが示唆されている (Hikosaka, et al., 1993a)。したがって、先行時間 700ms 以上

では、視空間的注意による促進効果が低下した状態であると考えられる。また第一実験より、異なる先行時間は視空間的注意の促進効果における左右大脳半球の機能的非対称性に影響しないことが示された。以上より、本実験で用いる先行時間は、視空間的注意の促進効果が十分に低下すると考えられる先行時間（1500ms 以上; Hikosaka, et al., 1993a）より、2000～3000ms とした。

(2) 方法

(a) 被験者

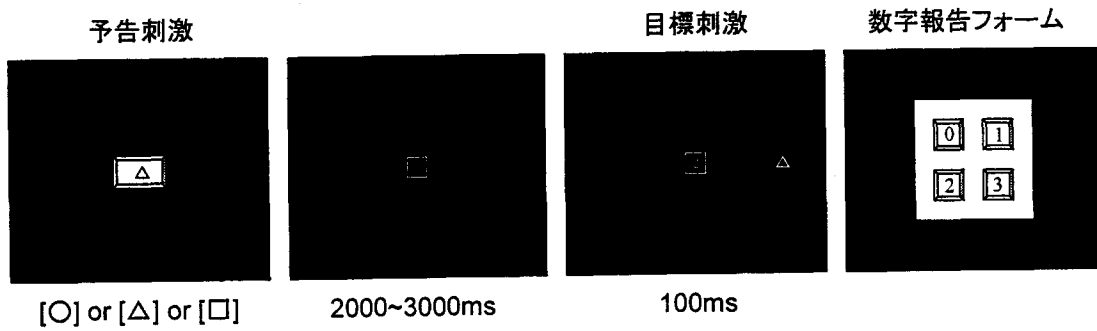
被験者は、正常な視力もしくは矯正視力を有する健常な成人男性 8 名（年齢 22～28 歳、平均 24.25 歳）であった。全ての被験者は、Chapman の利き手テスト（Chapman and Chapman, 1987）によって右手利きと判断された。

(b) 視覚課題

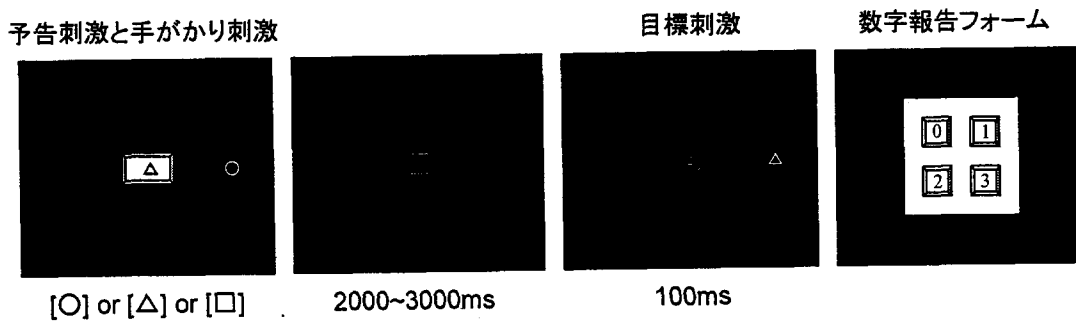
視覚課題は、手がかり刺激を呈示しない場合での単純反応課題と弁別反応課題、それに手がかり刺激を呈示した弁別反応課題の 3 種類とした。全ての視覚課題において、被験者はモニターから 56cm 離れた位置に設置された顎台に顎を固定した状態で視覚課題を行った。視覚課題の概要を図 2-2-1 に示す。手がかり刺激を呈示しない弁別課題では（図 2-2-1a）、まずモニターの中心に予告刺激（○、△、□：視角 0.5° ）を示した予告ボタンを呈示した。被験者は予告刺激を確認した後、予告ボタンを PC 付属のマウスの左ボタンで押すよう教示された。予告ボタンを押した後、予告ボタンは消滅し、注視点（視角 0.5° ）が呈示された。予告ボタン消滅 2000～3000ms 後に目標刺激と数字刺激が 100ms 間呈示された。目標刺激（○、△、□：視角 0.5° ）は、数字刺激（0、1、2、3：視角 0.3° ）の注視点から上下左右方向にそれぞれ 3° と 6° の計 8 部位のうち 1 部位に呈示された。被験者は、目標刺激の形が予告刺激と同じであるかどうかを確認し、同じ場合はマウスの左ボタンをなるべく早く押し、異なる場合は押さないように教示された。目標刺激呈示 1000ms 後に数字報告フォームが呈示され、被験者は呈示された数字刺激を報告した。手がかり刺激は（図 2-2-1b）、予告刺激と同時に目標刺激の出現位置へ呈示され、予告刺激とともに消滅した。予告刺激と目標刺激が一致する確率は全試行の 80%とし、呈示される刺激の種類と位置は無作為とした。

単純反応課題（図 2-2-1c）では、弁別反応課題の予告刺激の代わりに黒色で「NEXT」と呈示し、目標刺激は 1 種類（○：視角 0.5° ）とした。被験者は、目標刺激の呈示後、マウスの左ボタンをなるべく早く押すように教示された。それ以外のパラダイムは弁別反応課題と同様であった。全ての視覚課題において、目標刺激の呈示から被験者が反応するまでを反応時間として記録した。モ

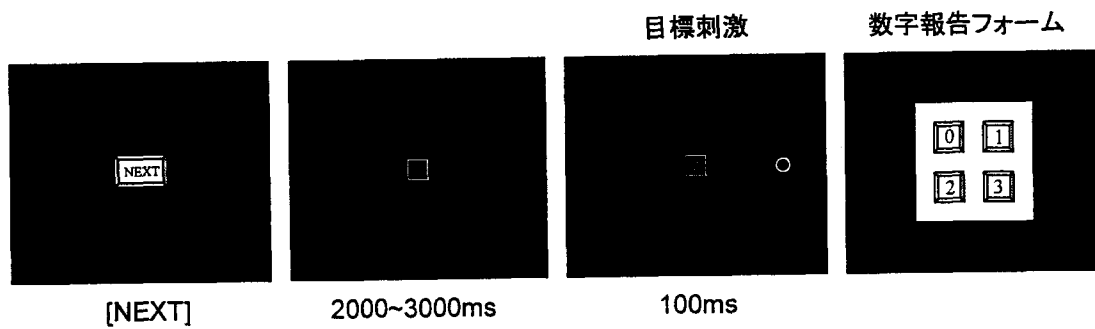
ニターの背景は黒色で、注視点ならびに手がかり刺激、目標刺激は全て白色とした。



a. 弁別反応課題 (手がかり刺激非呈示)



b. 弁別反応課題 (手がかり刺激呈示)



c. 単純反応課題

図 2-2-1 手がかり刺激を呈示しない弁別反応課題 (上: a)

手がかり刺激を呈示する弁別反応課題 (中: b)

単純反応課題 (下: c) の概要

(c) 実験手続き

単純反応課題と弁別反応課題（手がかり刺激の呈示と非呈示）は、それぞれ128と324試行からなり、2と6セクションに分割した（1セクション：64試行）。数字刺激と報告された数字が異なる試行は、被験者が注視点を注視していなかった試行として、セクションの最後に再び行った。被験者の反応は、予告と目標刺激が一致した場合における目標刺激呈示後100msから600msまでを正反応とし、それ以外の反応は誤反応とした。1セクション終了後に正反応の割合を算出し、90%以下の場合は直ちに再実験とした。実験は、1日につき3セクションまでとして、5日間から6日間に分けて行った。課題の順序は被験者間でカウンターバランスをとった。

(d) 実験装置

視覚課題に関する制御および反応時間の記録には、パーソナルコンピューター（EPSON DIRECT 製 Pro-650）とタイマーボード（Interface 製 PCI-6301）を用いた。刺激提示には18インチ液晶TFTモニター（ナナオ製 FlexScan L767）を用いた。被験者の反応入力には、PC付属のマウスを使用した。

(e) 実験計画

本研究は、左右大脳半球の機能的非対称性に着目したことから、左右半視野の反応時間を用いた。反応時間の算出は、各課題の全反応時間から平均値と標準偏差（S.D.）を算出し、平均値 $\pm 2 \times$ S.D.の基準を越えたものを除外してから、左右それぞれの半視野において加算平均した。

(3) 結果

(a) 弁別課題における手がかり刺激呈示の有無

視野（左右）と手がかり刺激呈示（呈示の有無）、被験者の3要因による分散分析を行った。手がかり刺激呈示の主効果に有意な傾向が認められ { $F(1,7)=3.85$, $p=0.053$ }、平均反応時間（図 2-2-2）より、手がかり刺激を呈示しない場合は、手がかり刺激を呈示した場合より左右両半視野において有意に遅延した（各半視野; $p<0.05$ ）。手がかり刺激呈示と視野の交互作用は認められなかった ($F(1,7)=0.64$, $p>0.1$) ものの、平均反応時間より、手がかり刺激を呈示しない場合では、手がかり刺激を呈示した場合では認められない左右半視野間の反応時間の差($p<0.05$)が得られた。

- 手がかり刺激有
 - 手がかり刺激無
- **: $p<0.01$
 * : $p<0.05$
 △: $p=0.06$

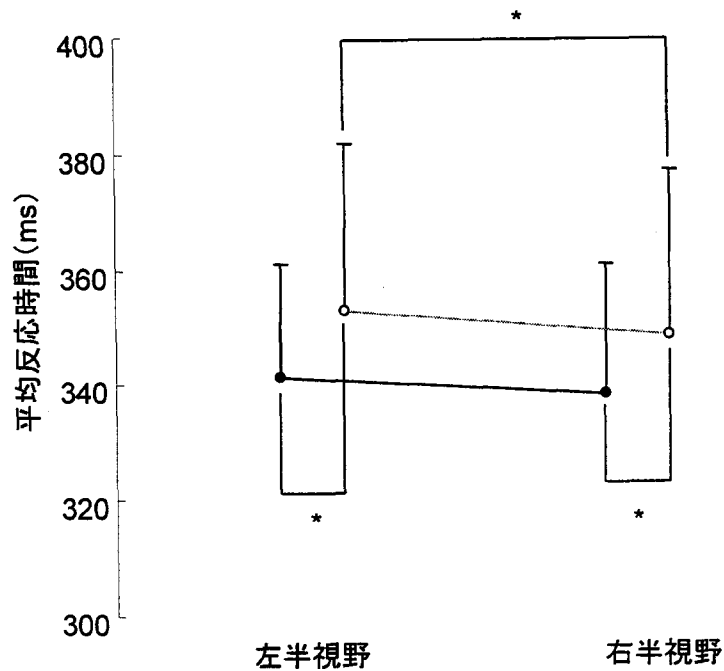


図 2-2-2 弁別反応課題における手がかり刺激を呈示した場合と呈示しない場合の平均反応時間

(b) 手がかり刺激を呈示しない場合における刺激弁別の有無

視野（左右）と課題の種類（弁別反応課題と単純反応課題）、被験者の3要因による分散分析を行った。課題の種類の主効果に傾向が認められ{ $F(1,7)=3.85$, $p=0.091$ }、平均反応時間より（図 2-2-3）、弁別反応課題の反応時間は、単純反応課題より左半視野で遅延する傾向（ $p=0.06$ ）にあり、右半視野では有意に遅延した（ $p<0.05$ ）。課題の種類と視野に交互作用は認められなかった（ $F(1,7)=0.34$, $p>0.1$ ）ものの、平均反応時間において、単純反応課題は、弁別反応課題でみられた左右半視野間の反応時間に差が認められなかった。

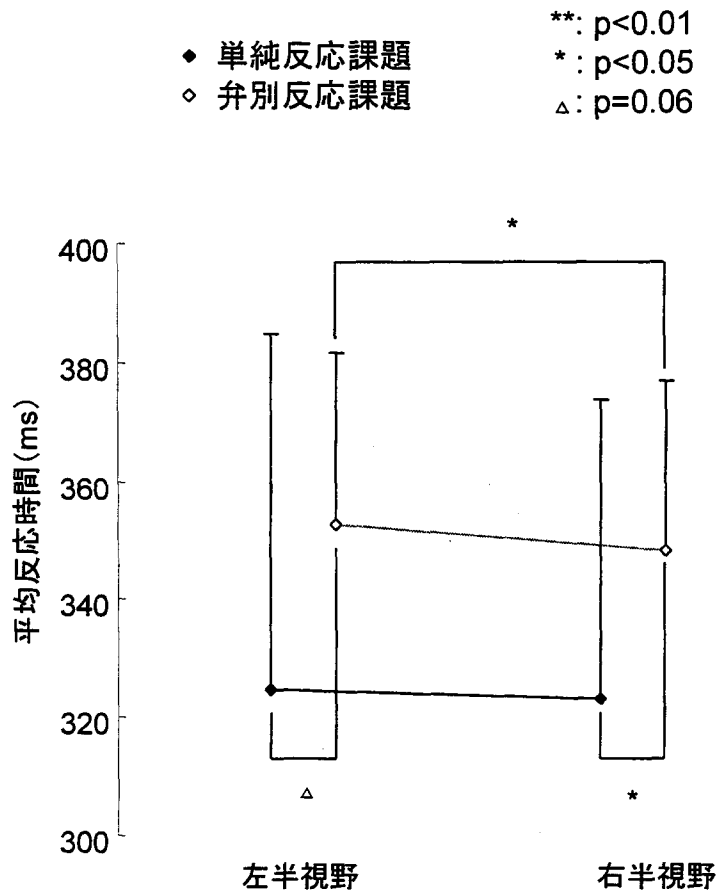


図 2-2-3 手がかり刺激を呈示しない弁別反応課題と単純反応課題の平均反応時間

(4) 考察

弁別反応課題における手がかり刺激を呈示した場合と呈示しない場合の反応時間より（図 2-2-2）、両半視野において手がかり刺激を呈示しない場合は、呈示した場合より有意に遅延した。手がかり刺激を呈示した場合は、手がかり刺激によって目標刺激呈示以前に被験者の視空間的注意が目標刺激へ定位されたことから、手がかり刺激を呈示しなかった場合での反応時間の遅延は、目標刺激呈示後に視空間的注意を目標刺激へ定位するのに要した時間であると考えられた。また、手がかり刺激を呈示しない場合の単純反応課題と弁別反応課題に関して（図 2-2-3）、弁別反応課題は、単純反応課題より左半視野において遅延する傾向にあり、右半視野において有意に遅延した。この両半視野における反応時間の遅延は、弁別反応課題において刺激の弁別処理に要した時間であると考えられる。

次に、弁別反応課題において手がかり刺激を呈示しない場合は、手がかり刺激を呈示した場合でみられなかった有意な左右半視野間の反応時間の差が認められた。よって、刺激の弁別を行わせた場合でも手がかり刺激を呈示する視覚課題は、左右大脳半球の機能的非対称性が期待できる場合の評価には適していないことが示された。また、手がかり刺激を呈示しない場合においても課題が単純反応であれば、左右半視野間の反応時間に有意な差は認められなかった。注意の促進効果が刺激の弁別処理を付加することで反応時間に反映されやすいのなら、注意の促進効果には左右大脳半球の機能的非対称性が存在することが示唆された。

さらに、手がかり刺激を呈示しない場合の弁別反応課題で認められた左右半視野間の反応時間の差は、右半視野における反応時間が左半視野よりも有意に早いことによるものである。ここで視空間的注意に関する研究において、片半視野に視空間的注意を定位した場合は対側半球の活動が認められた（Corbetta et al., 1993; Heinze et al., 1994; Magun et al., 1997）ものの、右半視野に視空間的注意を定位した場合は両半球の活動が認められた（Corbetta et al., 1993; Nobre et al., 1997）。この視空間的注意における右大脳半球の優位性は、日本人においてあまり検討されていない。左右大脳半球の機能的非対称性は、社会・文化的要因によって異なることが示唆されていることから（Dawson, 1977）、

視空間的注意における右大脳半球の優位性が日本人において必ずしも認められるとは限らない。しかし、視空間認知を必要とする視覚課題遂行中に日本人男性の脳血流を測定した研究より（川島ら，1998）、視空間認知に対する右大脳半球の優位な活動を認めた。この研究で用いられた視覚課題が直接的に視空間的注意を反映するのか疑問は残るものの、日本人においても視空間認知の右大脳半球の優位性が示されたことから、視空間的注意でも日本人における右大脳半球の優位性が期待できると思われる。したがって、視空間的注意における右大脳半球の優位性が日本人にも存在するなら、右大脳半球の視空間的注意は左右両半視野の情報処理を促進するが、左大脳半球の視空間的注意は右半視野の視覚情報処理だけを促進したと考えられる。言いかえると、左半視野は右大脳半球の注意の促進効果を受けたのに対して、右半視野は左右両大脳半球の注意の促進効果を受けたことから、右半視野の反応時間は左半視野よりも有意に早くなったと考えられた（図 2-2-4）。本実験の結果より、注意の促進効果に左右大脳半球の機能的非対称性が存在し、それは刺激の弁別といった視覚情報処理を付加した場合において反応時間に反映されることが示唆された。

まとめとして、左右大脳半球間に機能的非対称性の存在が考えられる脳機能を左右半視野間のパフォーマンスから検討するには、目標刺激の位置を予告する手がかり刺激を呈示せず、さらに形の弁別といった刺激の識別処理を行わせるような視覚課題を用いることが適切であると結論付けられた。

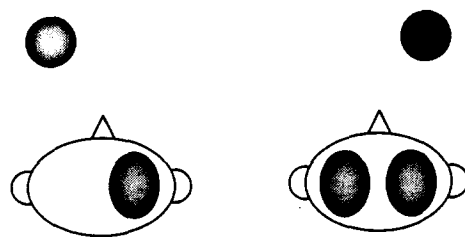


図 2-2-4 左右半視野における視空間的注意の支配

2.3. 参考文献

- Adam JJ, Paas FG, Buekers MJ, Wuyts IJ, Spijkers WA, Wallmeyer P (1999) Gender differences in choice reaction time: evidence for differential strategies. *Ergonomics*. 42(2): 327-335.
- Chapman LJ, Chapman JP (1987) The measurement of handedness. *Brain Cogn*, 6(2): 175-83.
- Corbetta M, Miezin FM, Shulman GL, Petersen SE (1993) A PET study of visuospatial attention. *J Neurosci*, 13(3): 1202-1226.
- Curran T, Hills A, Patterson MB, Strauss ME (2001) Effects of aging on visuospatial attention: an ERP study. *Neuropsychologia*. 39(3): 288-301.
- Dawson JL (1977) An anthropological perspective on the evolution and lateralization of the brain. *Ann N Y Acad Sci*. 299: 424-447.
- Heinze HJ, Mangun GR, Burchert W, Hinrichs H, Scholz M, Munte TF, Gos A, Scherg M, Johannes S, Hundeshagen H, et al (1994) Combined spatial and temporal imaging of brain activity during visual selective attention in humans. *Nature*, 372(6506): 543-546.
- Hikosaka O, Miyauchi S, Shimojo S (1993a) Focal visual attention produces illusory temporal order and motion sensation. *Vision Res*. 33(9): 1219-1240.
- Hikosaka O, Miyauchi S, Shimojo S (1993b) Voluntary and stimulus-induced attention detected as motion sensation. *Perception*, 22(5): 517-526.
- 川島隆太, 泰羅雅登, 井上健太郎 (1998) PET による高次視覚機能に対する主観的注意の機能解剖. 高次脳機能のシステムの理解 文部省科学研究費補助金重点領域研究報告書 2 平成 10 年: 34-35.

熊田孝恒 (1997) 認知科学 注意—視覚的探索を中心に. 遺伝 51(1): 40-44.

Mangun GR, Hillyard SA (1991) Modulations of sensory-evoked brain potentials indicate changes in perceptual processing during visual-spatial priming. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 17(4): 1057-1074.

Mangun GR, Hopfinger JB, Kussmaul CL, Fletcher EM, Heinze HJ (1997) Covariations in ERP and PET measures of spatial selective attention in human extrastriate visual cortex. *Hum Brain Map* 5: 273-279.

三浦利章 (1996) 行動と視覚的注意. 風間書房, 東京.

茂木健一郎, 彦坂興秀 (1998) 脳の世紀への手紙 <第 9 回> 注意と意識. 科学 68(11): 895-906.

Nakayama K, Mackeben M (1989) Sustained and transient components of focal visual attention. *Vision Res*, 29(11): 1631-1647.

Nobre AC, Sebestyen GN, Gitelman DR, Mesulam MM, Frackowiak RS, Frith CD (1997) Functional localization of the system for visuospatial attention using positron emission tomography. *Brain*, 120(3): 515-533.

Posner MI (1980) Orienting of attention. *Q J Exp Psychol*, 32(1): 3-25.

Previs FH (1996) Attentional and oculomotor influences on visual field anisotropies in visual search performance. *Visual Cognition*. 3(3): 277-301.

Shimizu A, Endo M, Egami M (1981) Does sex influence laterality differences in recognition of visually-presented kana or kanji words? *Folia Psychiatri Neurol Jpn*. 35(4): 417-423.

塩入諭 (1999) 視覚的注意 現象とそのメカニズム. 光学 28(5): 261-272.

塩入諭 (2000) 高次機能と眼球運動. 日本視覚学会編 視覚情報処理ハンドブック. 朝倉書店, 東京: 407-414.

Tanaka Y, Shimojo S (1996) Location vs feature: reaction time reveals dissociation between two visual functions. *Vision Res.* 36(14): 2125-2140.

和田裕一, 加藤孝義(1999) 二重課題法による持続的注意の視野特性の検討. 電子情報通信学会技術研究報告, 99(185): 1-6.

Wise SP (1985) The primate premotor cortex: past, present, and preparatory. *Annu Rev Neurosci.* 8: 1-19.