

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 I 章

序論

1.1. はじめに

最近、「話を聞かない男、地図が読めない女」(Pease and Pease, 2000) という本が出版された。このタイトルが示すように、一般的に女性は男性に比べ道に迷いやすく「方向音痴」であると言われている。しかし、女性は、「井戸端会議」や「長電話」を好み、男性より会話が得意であると思われる。この地理的認識や会話は、脳が行う機能の一部であることから、ヒトの脳機能には男性的もしくは女性的特性が存在すると考えられている。このような脳機能の性差に関する研究は多く行われており、男性は視空間認知能（地理的認識など）に優れ、女性は言語能力（言語の流暢さなど）に優れているとされている (Kimura, 1992; Kikuchi, 1998)。また、視空間認知は主に右大脳半球で処理され、言語は主に左大脳半球で処理されると考えられている。このような脳機能の片側大脳半球への側方化 (lateralization) は左右大脳半球の機能的非対称性と呼ばれ、一般的に男性で強い傾向にあるとされている (Kimura, 1992; Kikuchi, 1998)。

このような脳機能の性差を考慮すると、女性は電話による顧客応対や文書作成といった高い言語能力を必要とする作業、男性は航空機パイロットやタクシードライバーといった高い地理的能力（高い視空間認知能）を必要とする作業に適していると考えられ、これまでタクシードライバーと言えばそのほとんどが男性であった。しかし 1985 年の男女雇用均等法の制定以来、女性がこれまで男性の職場とされてきた職種へ進出しており、現在では女性タクシードライバーを見かけることも珍しくなく、今後、女性タクシードライバーの更なる増加が考えられる。また、男性での優れた視空間認知能など、一般的に言われている脳機能の性差を示唆する結果は、全ての研究から報告されていない。以上

より、今後ヒトの脳機能は、その個人差に着目し、生物学的「性」とは異なる観点から検討されることが望ましい。

左右大脳半球の機能的非対称性や視空間認知といった脳機能を発達させる最も重要な要因として性ステロイドホルモンが考えられている（新井, 1998; 大蔵, 1998）。また、性ステロイドホルモンは、脳機能だけでなく、性役割アイデンティティといった心理・社会的「性」にも影響することが報告されている（有阪ら, 1987; 新井, 1998; 佐久間, 2000）。したがって、脳機能の個人差を検討する場合には、性ステロイドホルモンや性役割アイデンティティとの関係に着目することが求められる。そして、このような観点から個人の脳機能を検討することは、男女平等と呼ばれる現代社会において、これまで女性的もしくは男性的とされてきた職種への男女それぞれの新たな進出の可能性を知る上で必要であると思われる。

1.2. 脳機能の性差について

(1) 視空間認知能に関する性差

情報化社会と呼ばれて久しく、我々が効率的な作業を行うためには、膨大な情報に対して適切に判断することが求められる。その我々の取り入れる外部情報の 90% 近くは視覚情報であり、実際、ヒトの脳機能研究は視覚に関するものが多い。特に、現在普及している携帯電話やパーソナルコンピュータにグラフィカルユーザーインターフェース (Graphical User Interface: GUI) が用いられ、今後、我々の社会には空間的要素 (例えば、物体の位置や方向など) を含む情報が増加すると思われる、ヒトの視空間認知に関する研究は盛んに行われている。先述したように視空間認知能は、女性より男性で優れていると考えられている。その視空間認知能を測定するものとして、多く用いられている評価法のひとつにメンタルローテーション課題 (mental rotation task) がある。メンタルローテーション課題は、被験者に 2 次元もしくは 3 次元で表現された物体を数個同時に呈示し、それらの物体が同じであるかどうかを判断させるものである。同時に呈示された物体は、それぞれの 2 次元もしくは 3 次元において回転させられており、被験者は呈示された物体を心理的に回転させることが求められる。2 次元 (Collins and Kimura, 1997) と 3 次元 (Vandenberg and Kuse, 1978) のどちらにおいても、男性は女性よりもメンタルローテーション課題の得点に優れていることが報告されている。次に視空間認知能の指標として多く用いられているものにブロックデザイン課題 (block design task) がある。この課題は数個のブロックの組み合わせを絵もしくは実際のブロックによって呈示し、一定時間内に、そのブロックの組み合わせと同じものを被験者に作るよう指示するものである。このブロックデザイン課題においても、男性は女性よりも有意に高い得点を示すことが報告されている (Livesey and Intili, 1996)。したがって、視空間認知能は女性より男性で優れていることが示唆される。

しかし一方で、メンタルローテーション課題 (Roberts and Bell, 2002) ならびにブロックデザイン課題 (Berlin and Languis, 1980; Lewis and Kamptner, 1987) の両方において、男性での優位な視空間認知能を示唆する結果が得られていない報告もある。これより、全ての男性が女性より優れた視空間認知能を

有しているとは言いがたく、視空間認知能の劣る男性の存在が考えられる。

(2) 左右大脳半球の機能的非対称性に関する性差

片半視野から入力された視覚情報は視交差によって、それぞれ対側半球へ伝えられる (Wolter, 1965)。よって、左右大脳半球の機能的非対称性は左右半視野間の視覚認知の差に影響することが考えられ、グラフィカルユーザーインターフェースなどをデザインする上で注目すべき脳機能である。そこで本論文は、視空間認知能に加え、左右大脳半球の機能的非対称性についても着目する。

(a) 左右大脳半球の機能的非対称性の評価法について

ヒトの左右大脳半球の機能的非対称性を記述する前に、その評価法について記す。現在、ヒトの脳機能の解明には、脳機能の画像化や計測を行う方法 (機能イメージング; functional imaging) が最も多く用いられている。機能イメージングには大きく分けて 4 種の方法がある (柴崎, 2000)。1 つ目は、「脳電図 (Electroencephalogram: EEG)」や「脳磁図 (Magnetoencephalogram: MEG)」といった電気生理学的検索法である。これは、脳内のニューロンの周期的な活動を測定するものであり、EEG はニューロンの発生する電場を、MEG はニューロンの発生する磁場を測定する。また、EEG は自発的な脳電位である「自発脳波」と、ある刺激に対して出現する一過性の集合電位である「事象関連電位 (Event Related Potential: ERP)」に分類できる。2 つ目は、「陽電子放射断層撮影法 (Positron Emission Tomography: PET)」に代表される核医学的検索法である。PET は、陽電子 (positron) を放射する放射性同位元素 (例えば、炭素 11 (^{11}C) や窒素 13 (^{13}N)、酸素 15 (^{15}O) など) を体内に投与し、その体内分布や動態を外部から断層画像として測定する方法である。3 つ目は、「機能的磁気共鳴画像法 (functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI)」に代表される核磁気共鳴法である。fMRI は、血液中にある磁化特性の異なるヘモグロビンを超高磁場装置によって共鳴させ、そのときの信号強度変化を測定する方法である。最後は、光学的検索法の「近赤外分光法 (Near Infra-Red Spectroscopy: NIRS)」である。これは低レベルの光波 (近赤外) を脳にあて、脳血流の違いによる反射率の変化を測定するものである。以上それ

ぞれのイメージング法に関する利点と問題点を表 1-1 に示す。以上のような脳の機能イメージング測定は、被験者に対して行動的もしくは心理的課題を行わせ、そのときの脳機能働態を調べる。

表 1-1 機能イメージング測定法の利点と問題点

	時間分解能	空間分解能	侵襲性	測定時の制限
電気生理学的検索法				
脳電図 (EEG)	高	低	無	小
脳磁図 (MEG)	高	中	無	頭部の固定、金属物使用不可
核医学的検索法				
ポジトロン断層法 (PET)	低	高	陽電子の投与	頭部の固定、金属物使用不可
核磁気共鳴法				
機能的 MRI (fMRI)	低	高	無	頭部の固定、金属物使用不可
光学的検索法				
近赤外分光法 (NIRS)	中	中	無	小

さらに、行動的・心理的課題は、被験者に求めた反応（パフォーマンス：反応時間や正解数など）を指標として、脳機能を評価することも可能である。脳機能イメージング法は測定機器が高価であることと、機器の特性による実験手順の制限などから、行動的・心理的課題から得られる指標は、多くの研究において利用されている。ヒトの視覚情報は、視交差により右半視野の情報は左半球へ、左半視野の情報は右半球へ伝えられる (Wolter, 1965)。よって左右大脳半球の機能的非対称性を検討する場合、左右半視野に呈示した視覚刺激に対するパフォーマンスの差が用いられる。次に、聴覚情報は、左右の耳から対側だけでなく同側半球への連絡路も存在するが、対側半球への神経経路に比べると少ないことが認められている。したがって、左と右の耳に聴覚刺激を同時に呈示された場合には、左右の耳から入った聴覚情報はおもに対側半球へ伝えられると考えられている (八田, 1991)。よって、異なる聴覚刺激を左右の耳へ同時に呈示し、両耳に呈示された刺激に対して反応を求める課題（二分聴課題: dichotic listening test）によっても左右大脳半球の機能的非対称性が検討されている。

機能イメージング測定法において、同じ脳機能を評価した場合でも EEG などの電気生理学的指標と PET などの血行力学的指標では、必ずしもそれらが

対応した結果を示さないことが報告されている (Horwitz and Poeppel, 2002)。その理由として、電気生理学的指標はニューロンの活動を測定しているのに対し、血行力学的指標は脳血流や代謝を測定しており、脳血流や代謝がシナプス活動をどのように反映しているのか明らかになっていないことが原因としてあげられる。また、PET や MEG などの機能イメージング測定法は測定機器が非常に高価であることと、測定中に金属物が使用できないといった測定上の制限などから、評価手法として用いるには困難である。そこで本研究では比較的容易に測定できる視覚課題を用いて左右大脳半球の機能的非対称性を検討する。

(b) 左右大脳半球の機能的非対称性における性差

PET (Lauber et al., 1994; Baxter et al., 2003) と fMRI (Levin et al., 1998) の研究から、男性は女性で見られない脳血流動態の左右大脳半球間の差が認められた。また、左右半視野に刺激を呈示した研究で (McGlone and Davidson, 1973)、男性は女性より左右半視野間のパフォーマンスの差が強いことを示した。以上より、左右大脳半球の機能的非対称性は男性で強い傾向にあることが示唆される。

しかし、その一方で脳の誘発電位 (Wada et al., 1992) や fMRI による脳血中酸素濃度 (Gur et al., 2000) を測定した脳機能イメージング、または半視野間のパフォーマンスを検討した研究 (Shimizu et al., 1981; Efron et al., 1987) において、男性で優位な左右大脳半球の機能的非対称性を示唆する結果は得られていない。さらに、左右大脳半球の機能的非対称性に関する性差のレビューでは (Hiscock et al., 1995)、それら全ての研究において、男性での左右大脳半球の強い機能的非対称性を示唆する結果が得られていないと報告した。したがって、男性で強いとされている左右大脳半球の機能的非対称性に関しても、視空間認知能と同様に、左右大脳半球の弱い機能的非対称性を有する男性の存在が考えられる。

以上より、左右大脳半球の機能的非対称性と視空間認知能に関して、男性で強いもしくは優位とする性差が必ずしも認められていないことから、本研究では、生物学的「性」以外の左右大脳半球の機能的非対称性や視空間認知能へ影響を及ぼす要因に着目する。

1.3. 性ステロイドホルモンと脳機能

前項までに述べたように、一般的に男性は視空間認知能に優れ、左右大脳半球の機能的非対称性が強い傾向にあると考えられている。しかし、全ての研究で、そのような脳機能の性差を示唆する結果は得られていない。よって、これまで多く行われてきた生物学的「性」に基づく評価では、ヒトの脳機能特性を十分に捉えているとは言い難く、生物学的「性」と異なる観点に基づく評価が求められる。これら脳機能に関わる最も重要な生理的要因の一つとして性ステロイドホルモンがあげられる。性ステロイドホルモンは脳機能だけでなく、脳の形態的性差（性的二形成: sexual dimorphism）や生殖器に代表されるヒトの身体的性分化においても重要な要因であることが知られている（新井, 1997; 藪本, 1999; 河田ら, 2000, Morohashi, 2002）。したがって、本研究では、性ステロイドホルモンと視空間認知能ならびに左右大脳半球の機能的非対称性脳機能の関係について着目する。

(1) 性ステロイドホルモンに関して

全てのステロイドホルモンの前駆体はコレステロールである。ステロイドホルモン分泌を促進する上位ペプチドホルモンの作用によって、コレステロールは第2のホルモン前駆体であるプレグネノロンに合成される。プレグネノロンはさらにプロゲステロン、コルチコイドに合成され、さらにテストステロン、エストラジオールへ合成される（図 1-1: 鈴木, 1987）。このようなステロイドホルモンの中でも、生殖生理に関わるものが性ステロイドホルモンとされている。性ステロイドホルモンは、精巣で生成されるアンドロゲン（テストステロン、ジヒドロテストステロンなど）、卵巣で生成されるエストロゲン（エストロン、エストラジオールなど）、黄体で生成されるプロゲステロンの3種がある。よって、アンドロゲンは男性で多い男性性ステロイドホルモン、エストロゲンとプロゲステロンは女性で多い女性性ステロイドホルモンといえる。しかし、女性性ステロイドホルモンは、卵巣や黄体だけでなく、脳（佐久間, 1997; 植田と植田, 2001）や筋肉（Matsumine et al., 1986）などからも生成されており、男性においても存在する。したがって、男性においても女性性ステロイドホル

モンが脳機能に影響する可能性が考えられる。

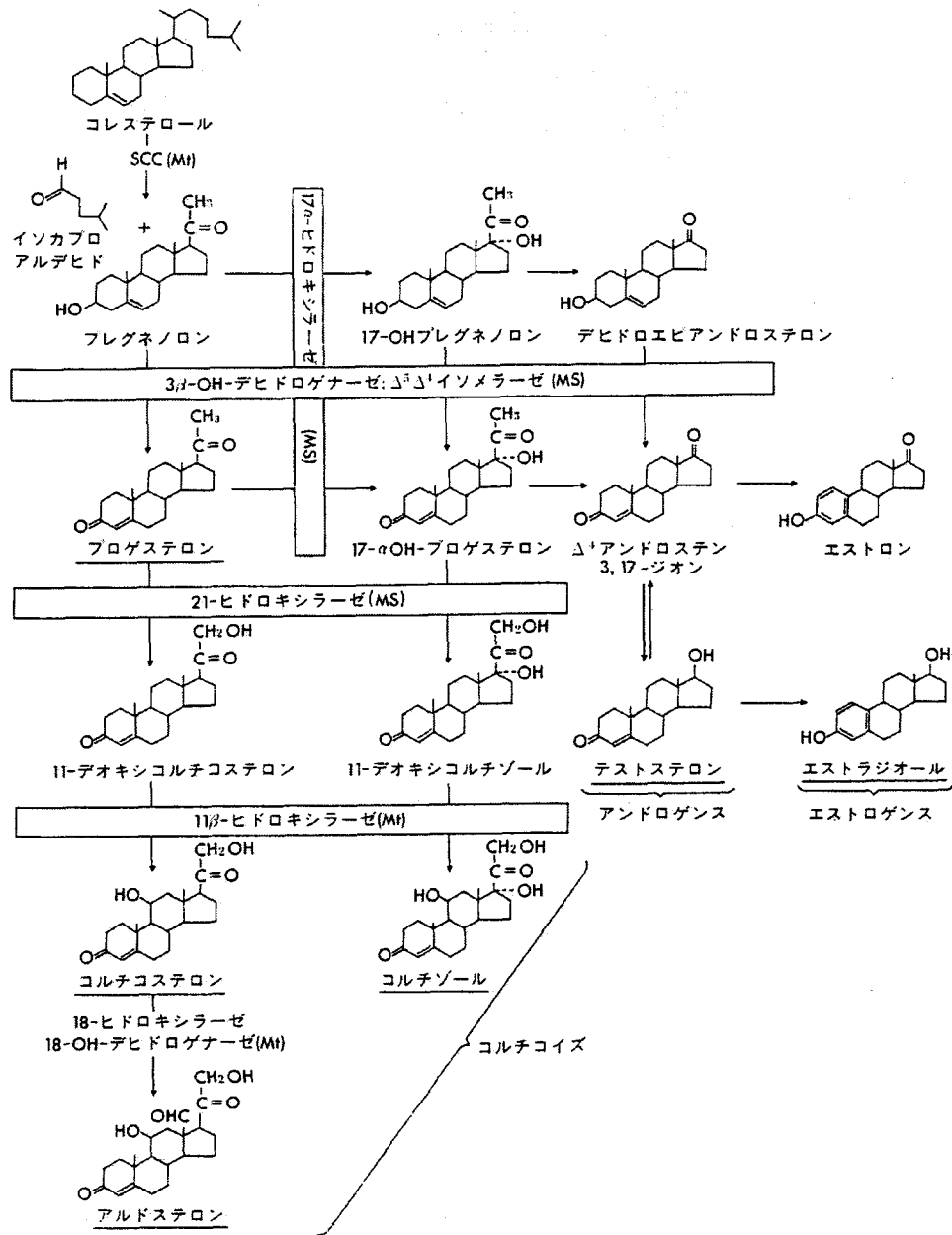


図 1-1 ステロイドホルモンの合成経路 (鈴木, 1987)

(2) 性ステロイドホルモンと視空間認知能

性ステロイドホルモンと視空間認知能の関係を検討した研究より、胎児期に高いテストステロン濃度に曝された女子は、7歳時で高い視空間認知能を有し、男子では低い視空間認知能を有することが示唆された (Grimshaw et al., 1995)。また成人男女において視空間課題とテストステロン濃度に逆 U 字の相関が認められ (図 1-2: Moffat and Hampson, 1996)、高いテストステロン濃度の成人女性は高い視空間認知能を有し、逆に成人男性は低い視空間認知能を有することが示唆された。以上の結果より、胎児期の高いテストステロン濃度に曝露された、もしくは成人時の高いテストステロン濃度を有する男性は視空間認知能が劣り、それに対して、女子では逆に優れた視空間認知能を有することが示唆される。

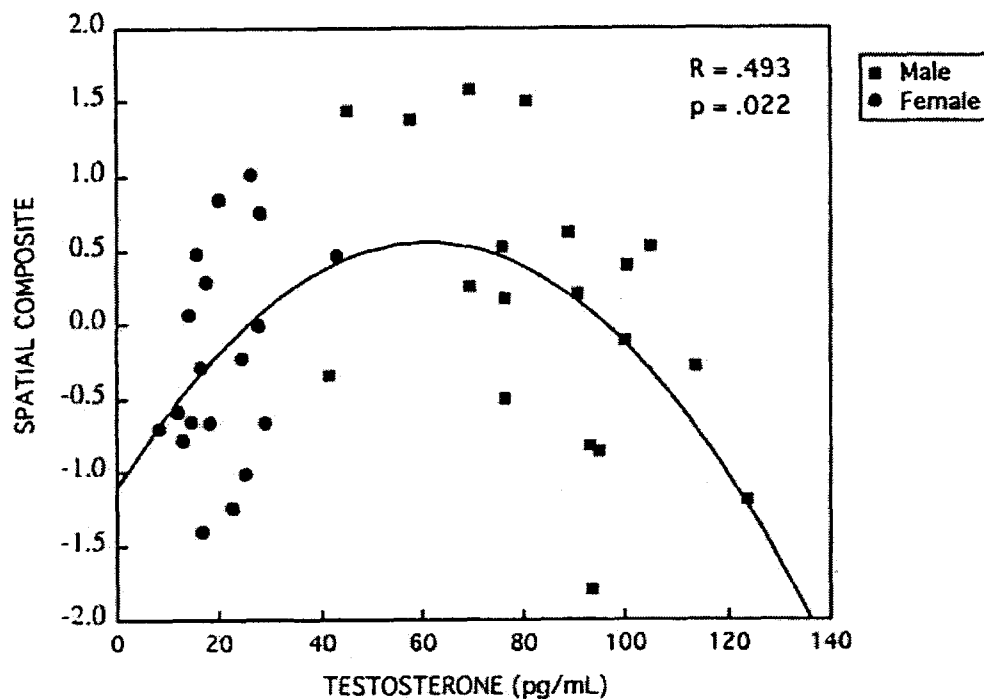


図 1-2 男女における視空間機能とテストステロンの関係

(Moffat and Hampson, 1996)

しかし、成人男女における唾液中テストステロン濃度とメンタルローテーション課題を測定した研究において (Silverman et al., 1999)、男性は女性で得られなかったテストステロン濃度とメンタルローテーション課題の得点に有意な正の関係を示した。これより、テストステロン濃度の高い男性は、優れた視空間認知能を有していることが示唆され、先述の研究 (Grimshaw et al., 1995; Moffat and Hampson, 1996a) と矛盾する結果である。よって、視空間認知能に影響する性ステロイドホルモンはテストステロン単一で説明できないことが考えられる。

次に、メンタルローテーションの得点が性周期の黄体中期でのエストラジオールと負の関係を示し (Hausmann et al., 2000)、視空間認知能はテストステロンだけでなく女性性ステロイドホルモンであるエストラジオールとの関係も示唆されている。さらに 2 次元のメンタルローテーション課題とテストステロン (T) もしくはエストラジオール (E_2) との関係は得られなかったものの、テストステロンとエストラジオールの比率 (T/E_2) との間に男女とも負の関係が得られ、エストラジオールに対してテストステロンの割合が高い個人は、男女とも視空間認知能が低いと示唆された (Hassler et al., 1992)。これより、視空間認知能を性ステロイドホルモンより評価する場合には、テストステロンやエストラジオールといった性ステロイドホルモン単体ではなく、それらの関係より検討することも必要であると思われる。

(3) 性ステロイドホルモンと左右大脳半球の機能的非対称性

性ステロイドホルモンは視空間認知能に加え、左右大脳半球の機能的非対称性にも影響することが示唆されている。血漿中テストステロンと視覚誘発電位を測定した結果、血漿中テストステロン濃度と右半球の視覚誘発電位の潜時と負の関係が認められ、テストステロンは右半球の情報処理をすばやくすることが示唆された (Tan et al., 1993)。また、ヒトと動物における左右大脳半球の機能的非対称性と性ステロイドホルモンに関する研究のレビュー (Wisniewski, 1998) においても、テストステロンの左右大脳半球の機能的非対称性への関与が示唆されている。さらに、左利きの成人男性において唾液中テストステロン

と二分聴課題を測定した結果、右耳の得点が優位であった男性群は左耳の得点が優位であった男性群に比べ低いテストステロン濃度を示す傾向にあった (Moffat and Hampson, 1996b)。よって、左右大脳半球の機能的非対称性はテストステロンとの関係が考えられている。しかし、男女において唾液中テストステロン濃度と左右大脳半球の機能的非対称性に関係が認められなかったことも報告 (Wisnewski and Nelson, 2000) されていることから、視空間認知能と同様にテストステロン単体で影響しているとは考え難い。

次に、女性の性周期に関して、異なる周期において二分聴課題 (Alexander et al., 2002) と左右半視野に刺激を呈示した視覚課題を用いた研究において (Hausmann and Güntürkün, 2000; Hausmann et al., 2002)、プロゲステロンは左右大脳半球の機能的非対称性を低下させることが示唆された。したがって、男性においても、左右大脳半球の機能的非対称性は、テストステロンだけでなくプロゲステロンからも影響を及ぼされることが考えられる。

以上より、男性における性ステロイドホルモンと視空間認知能ならびに左右大脳半球の機能的非対称性の関係を検討する場合、男性性ステロイドホルモンであるテストステロンだけでなく、女性性ステロイドホルモンであるエストラジオールとプロゲステロンについても検討する必要がある。

1.4. 性ステロイドホルモンと性役割アイデンティティ

性ステロイドホルモンは脳機能に影響するだけでなく、心理・社会的「性」(ジェンダー: gender)においても重要な要因であることが報告されている。これより、視空間認知能や左右大脳半球の機能的非対称性は、性ステロイドホルモンを介して、心理・社会的「性」と関係することが考えられる。また、左右大脳半球の機能的非対称性は、狩猟採取時代の性役割分担によって成立し、男性における右半球での優位な視空間認知能を発達させたと考えられている (Joseph, 2000)。実際、左右大脳半球の機能的非対称性を反映すると思われる利き手の割合は、狩りを行う集団 (アラスカのエスキモーなど) と農業を行う集団 (中国の香港漢民族など) では有意に異なることが報告された (Dawson, 1977)。したがって、社会や文化における性役割分担が左右大脳半球の機能的非対称性に影響する可能性から、本論文では、心理・社会的「性」の中でも、性役割の自己概念に着目する。性役割の自己概念は、邦文著書において「性役割タイプ (加藤, 1999)」や「性役割パーソナリティー (東, 1986)」など、その表現はさまざまである。そこで、本研究では、英文著書の多くが「sex role identity」と表現していることから (例えば, Baucom et al., 1985; Osatho et al., 2003)、「性役割アイデンティティ」と表記する。

(1) 性役割アイデンティティについて

一般的に「性」といえば生物学的「性」である“セックス (Sex)”を指す。それは主に外部生殖器の表現形 (男性の陰茎と陰囊に対する女性の陰核と大陰唇) もしくは遺伝学的表現形 (性染色体の XY 型と XX 型) によって決定される。しかし、ヒトにはセックスと別に“ジェンダー (Gender)”と呼ばれる「性」も存在する。ジェンダーとは、文化人類学の領域において「社会において文化的に規定される男女の差異」(植野, 1993) と定義され、心理学や社会学の領域では「社会や文化によって作られた女性と男性についての意味づけ」(伊藤, 1995) と定義されている。これらの定義より、ジェンダーは、生物学的「性」のセックスに対し、心理・社会的「性」ということができる。ジェンダーは、男女それぞれが、どのように行動するべきかについて社会からの期待を表す側

面をもち、それを性役割と呼んでいる（青野，1999）。性役割は、「男女それぞれにふさわしいとみなされる行動やパーソナリティーに関する社会的期待・規範およびそれらに基づく行動」と定義されている（東と鈴木，1991）。さらに、性役割にはパーソナリティーと指向性、価値観といった下位側面があるとされている（伊藤，1997）。パーソナリティーの側面である性役割アイデンティティは、性役割に関する自己概念のことで、自分がどれほど男性的、女性的と考えているのかを示し、一般的にいわれている「男性らしさ」や「女性らしさ」と言うことができる。指向性の側面である性役割同一性は、「自分は男の子であるから、男の子がやることをしたい」といったように、ある性をもつ自己についての認知や評価を指す。よって性役割同一性が自己とは逆の性と判断された個人は、性同一性障害もしくは同性愛である可能性がある。最後の価値観の側面である性役割観は、「女は優しくあるべきだ」といったような性役割への価値意識を指す。

上記のように、性役割にはいくつか異なる側面があるものの、性ステロイドホルモンは、性役割アイデンティティや性役割行動といったパーソナリティー側面に影響することが報告されている。そこで、本研究は性役割のパーソナリティー側面と性ステロイドホルモンの関係について着目する。

(2) 性ステロイドホルモンと性役割アイデンティティの関係

妊娠中の母体の血液中テストステロンと、その子供の性役割行動を子供の好む遊びから評価した結果、好みの遊び傾向が男性的な女子は、胎児期の母体のテストステロン濃度が高かったことが報告された（Hines et al., 2002）。また先天的にアンドロゲンの高い先天性副腎皮質過形成の女子は、健常な女子に比べ、男子の好む玩具を選択することが報告されている（Berenbaum et al., 2000; Nordenström et al., 2002）。以上より、胎児期の高いテストステロン（アンドロゲン）は性役割行動を男性化することが示唆されている。

健常な女性において、性役割アイデンティティと唾液中のテストステロン濃度を測定した結果、性役割アイデンティティが男性的と判断された女性は、女性的と判断された女性よりテストステロン濃度が高いことを報告した（Baucom et al., 1985）。また遺伝学的突然変異や内分泌疾患に関する研究のレビュー

(Dörner, 1985; Wilson, 1999; Wilson, 2001) より、アンドロゲンが男性の性役割行動に対して、唯一ではないものの重要な要素であると結論付けた。よって、成人においてもテストステロン（アンドロゲン）は、性役割アイデンティティを男性化することが示唆される。その一方、女性性ステロイドホルモンであるエストラジオールやプロゲステロンと性役割アイデンティティの関係は報告されておらず、それらの性ステロイドホルモンが性役割アイデンティティに及ぼす影響は不明確である。

1.5. 目的

視空間認知能や左右大脳半球の機能的非対称性を検討するには、これまで着目されてきた生物学的「性」だけでなく、性ステロイドホルモンに代表される生理学的特性や性役割アイデンティティとの関係を検討することが求められる。

しかし、いまだ左右大脳半球の機能的非対称性や視空間認知能と性ステロイドホルモンならびに性役割アイデンティティの関係が明らかになっているとは言い難い。その理由として、男性における視空間認知能や左右大脳半球の機能的非対称性に関する研究が、これまで男性性ステロイドホルモンであるテストステロンに着目し、複数の性ステロイドホルモンを同時に評価していないこと、また、性役割アイデンティティと視空間認知能や左右大脳半球の機能的非対称性の関係を検討した研究例が少ないこともあげられる。更には、視覚課題より左右大脳半球の機能的非対称性を検討した場合、異なる課題のパラダイムがパフォーマンスに影響し、その結果、適切に左右大脳半球の機能的非対称性を評価していない可能性が考えられる。

そこで本研究は、男性における視空間認知能と左右大脳半球の機能的非対称性の個人差を性ステロイドホルモンと性役割アイデンティティより検討する基礎的研究として、以下の3点を目的とする。

- ・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
- ・左右大脳半球の機能的非対称性と性役割アイデンティティの関係の検討
- ・性ステロイドホルモンが視空間認知能と左右大脳半球の機能的非対称性、性役割アイデンティティへ及ぼす影響の検討

この3点より、性ステロイドホルモンと性役割アイデンティティの要因が男性における左右大脳半球の機能的非対称性と視空間認知能にどのような影響を及ぼすのかを明らかにする。

1.6. 論文構成

本論文の題目は、「左右大脳半球の機能的非対称性と視空間認知能の個人差に関する研究 ―性ステロイドホルモンならびに性役割アイデンティティの影響に関して―」とし、全5章より構成される。本論分の構成は以下のとおりとする。

第1章では、ヒトの左右大脳半球の機能的非対称性と視空間認知能の性差、さらに、それらに関わる性ステロイドホルモンと性役割アイデンティティについて概要を示し、検討すべき課題について述べた。

第2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を検討するため、まず、手がかり刺激を用いた視覚課題によって、視空間的注意を向けた持続時間の違いが左右半視野の反応時間へ及ぼす影響を検討した。さらに、刺激の位置を予告する手がかり刺激の有無と、手がかり刺激を呈示しない場合での弁別反応課題と単純反応課題を比較し、視覚課題のパラダイムが左右半視野の反応時間に及ぼす影響を検討した。

第3章では、性役割アイデンティティが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ため、性役割アイデンティティの指標であるBSRI日本語版と第2章で検討した視覚課題によって左右半視野に呈示した刺激に対する反応時間を測定した。その結果、性役割アイデンティティの男性性が高い男性は、左右大脳半球の強い機能的非対称性を有することを示した。

第4章では、男性における性ステロイドホルモンが左右大脳半球の機能的非対称性と視空間認知能ならびに性役割アイデンティティに及ぼす影響を明らかにするために、第2章で検討した視覚課題と視空間認知能の指標であるメンタルローテーション課題を被験者に行わせ、同時に唾液による性ステロイドホルモンの評価とBSRIによる性役割アイデンティティを測定した。特に、性ステロイドホルモンは、これまで男性で着目されなかったプロゲステロンやエストラジオールといった女性性ステロイドホルモンも評価し、男性性ステロイドホルモンであるテストステロンとの関係について検討し、それらの関係が左右大脳半球の機能的非対称性と視空間認知能に及ぼす影響を調べた。

第 5 章では、男性における左右大脳半球の機能的非対称性や視空間認知能と性ステロイドホルモンならびに性役割アイデンティティの関係について、本研究で得られた結果を総括し、今後の問題点と展望を述べた。

なお第 2 章の第一実験は、「小崎智照、安河内朗 (2002) 異なる聴覚課題が視覚的注意へ及ぼす影響 - 聴覚課題を左右一方の耳から入力した場合について - 日本生理人類学会誌 7(4): 161-170.」を再構成したものである。

1.7. 参考文献

- Alexander GM, Altemus M, Peterson BS, Wexler BE (2002) Replication of a premenstrual decrease in right-ear advantage on language-related dichotic listening tests of cerebral laterality. *Neuropsychologia*. 40(8): 1293-1299.
- 青野篤子 (1999) 「女性」とは? 「男性」とは? 青野篤子, 森永康子, 土肥伊都子 ジェンダーの心理学 「男女の思い込み」を科学する. ミネルヴァ書房, 京都: 1-24.
- 新井康允 (1997) 性分化に関連する遺伝子の最近の話題 脳の性分化と遺伝子. *ホルモンと臨床*. 45(1): 105-110.
- 新井康允 (1998) 男と女はどこまでわかったか 性の分子機構と臨床的な問題点 性決定のメカニズム 性分化. *脳の科学*. 20(6): 599-605.
- 有阪治, 伊藤哲, 藪田敬次郎 (1987) 脳におけるアンドロジェン代謝 性発育と行動との関係. *小児科診療*. 50(12): 2485-2494.
- 東清和 (1986) 心理的両性具有の類型論. 早稲田大学教育学部学術研究 (教育・社会教育・教育心理・体育学編) 35: 45-58.
- 東清和, 鈴木淳子 (1991) 性役割態度研究の展望. *心理学研究*. 62: 270-276.
- Baucom DH, Besch PK, Callahan S (1985) Relation between testosterone concentration, sex role identity, and personality among females. *J Pers Soc Psychol*. 48(5): 1218-1226.
- Baxter LC, Saykin AJ, Flashman LA, Johnson SC, Guerin SJ, Babcock DR, Wishart HA (2003) Sex differences in semantic language processing: a functional MRI study. *Brain Lang*. 84(2): 264-272.

- Berenbaum SA, Duck SC, Bryk K (2000) Behavioral effects of prenatal versus postnatal androgen excess in children with 21-hydroxylase-deficient congenital adrenal hyperplasia. *J Clin Endocrinol Metab.* 85(2): 727-733.
- Berlin DF, Languis ML (1980) Age and sex differences in measures of brain lateralization. *Percept Mot Skills.* 50(3 Pt 1): 959-967.
- Collins DW, Kimura D (1997) A large sex difference on a two-dimensional mental rotation task. *Behav Neurosci.* 111(4): 845-849.
- Csatho A, Osvath A, Bicsak E, Karadi K, Manning J, Kallai J (2003) Sex role identity related to the ratio of second to fourth digit length in women. *Biol Psychol.* 62(2): 147-156.
- Dawson JL (1977) An anthropological perspective on the evolution and lateralization of the brain. *Ann N Y Acad Sci.* 299: 424-447.
- Dörner G (1985) Sex-specific gonadotrophin secretion, sexual orientation and gender role behaviour. *Exp Clin Endocrinol.* 86(1):1-6.
- Efron R, Yund EW, Nichols DR (1987) Scanning the visual field without eye movements--a sex difference. *Neuropsychologia.* 25(4): 637-644.
- Grimshaw GM, Sitarenios G, Finegan JA (1995) Mental rotation at 7 years: relations with prenatal testosterone levels and spatial play experiences. *Brain Cogn.* 29(1): 85-100.
- Gur RC, Alsop D, Glahn D, Petty R, Swanson CL, Maldjian JA, Turetsky BI, Detre JA, Gee J, Gur RE (2000) An fMRI study of sex differences in regional activation to a verbal and a spatial task. *Brain Lang.* 74(2): 157-170.
- Hassler M, Gupta D, Wollmann H (1992) Testosterone, estradiol, ACTH and musical, spatial and verbal performance. *Int J Neurosci.* 65(1-4): 45-60.

八田武志 (1991) 認知機能の左右差 - その動向と展望 -. 久保田競編 左右差の起源と脳. 朝倉書店, 東京: 80-95.

Hausmann M, Güntürkün O (2000) Steroid fluctuations modify functional cerebral asymmetries: the hypothesis of progesterone-mediated interhemispheric decoupling. *Neuropsychologia*. 38(10): 1362-1374.

Hausmann M, Slabbekoorn D, Van Goozen SH, Cohen-Kettenis PT, Güntürkün O (2000) Sex hormones affect spatial abilities during the menstrual cycle. *Behav Neurosci*. 114(6): 1245-1250.

Hausmann M, Becker C, Gather U, Güntürkün O (2002) Functional cerebral asymmetries during the menstrual cycle: a cross-sectional and longitudinal analysis. *Neuropsychologia*. 40(7): 808-816.

Hines M, Golombok S, Rust J, Johnston KJ, Golding J; Avon Longitudinal Study of Parents and Children Study Team (2002) Testosterone during pregnancy and gender role behavior of preschool children: a longitudinal, population study. *Child Dev*. 73(6): 1678-1687.

Hiscock M, Israelian M, Inch R, Jacek C, Hiscock-Kalil C (1995) Is there a sex difference in human laterality? II. An exhaustive survey of visual laterality studies from six neuropsychology journals. *J Clin Exp Neuropsychol*. 17(4): 590-610.

Horwitz B, Poeppel D (2002) How can EEG/MEG and fMRI/PET data be combined? *Hum Brain Mapp*. 17(1): 1-3.

伊藤裕子 (1995) 性役割と発達. 柏木恵子, 高橋恵子編 発達心理学とフェミニズム. ミネルヴァ書房, 京都: 141-165.

伊藤裕子 (1997) 青年期における性役割観の形成. 風間書房.

Joseph R (2000) The evolution of sex differences in language, sexuality, and visual-spatial skills. *Arch Sex Behav*. 29(1): 35-66.

- 加藤知加子 (1999) BSRI 日本語版による性役割タイプの分類. 広島県立保健福祉短期大学紀要. 4(1): 7-11.
- 河田光博, 落合育雄, 中村望 (2000) アンドロゲンの作用と作用メカニズム アンドロゲンの脳に対する作用. 性差医学. 6: 13-23.
- Kikuchi Y (1998) Male brain and female brain. *Appl Human Sci.* 17(4): 161-163.
- Kimura D (1992) Sex differences in the brain. *Sci Am.* 267(3): 118-25.
- Lauber E, Jonides J, Koeppe RA, Awh E, Schumacher EH, Smith EE, Minoshima S (1994) Differences in processing spatial information by women and men as revealed by PET. Paper presented at the meeting of the society for neuroscience.
- Levin JM, Ross MH, Mendelson JH, Mello NK, Cohen BM, Renshaw PF (1998) Sex differences in blood-oxygenation-level-dependent functional MRI with primary visual stimulation. *Am J Psychiatry.* 155(3): 434-436.
- Lewis RS, Kamptner NL (1987) Sex differences in spatial task performance of patients with and without unilateral cerebral lesions. *Brain Cogn.* 6(2): 142-152.
- Livesey DJ, Intili D (1996) A gender difference in visual-spatial ability in 4-year-old children: effects on performance of a kinesthetic acuity task. *J Exp Child Psychol.* 63(2): 436-446.
- Matsumine H, Hirato K, Yanaihara T, Tamada T, Yoshida M (1986) Aromatization by skeletal muscle. *J Clin Endocrinol Metab.* 63(3): 717-720.
- McGlone J, Davidson W (1973) The relation between cerebral speech laterality and spatial ability with special reference to sex and hand preference. *Neuropsychologia.* 11(1): 105-113.

- Moffat SD, Hampson E (1996a) A curvilinear relationship between testosterone and spatial cognition in humans: possible influence of hand preference. *Psychoneuroendocrinology*. 21(3): 323-337.
- Moffat SD, Hampson E (1996b) Salivary testosterone levels in left- and right-handed adults. *Neuropsychologia*. 34(3): 225-233.
- Morohashi K (2002) Sex differentiation of the gonads-factors implicated in testicular and ovarian developments. *Environ Sci (Tokyo)*. 9(1): 13-22.
- Nordenström A, Servin A, Bohlin G, Larsson A, Wedell A (2002) Sex-typed toy play behavior correlates with the degree of prenatal androgen exposure assessed by CYP21 genotype in girls with congenital adrenal hyperplasia. *J Clin Endocrinol Metab*. 87(11): 5119-5124.
- 大藏健義 (1998) 内分泌 b. 性ステロイドと脳機能. 日本産科婦人科学会雑誌. 50(8): 633-644.
- Pease A, Pease B, 藤井留美訳 (2000) 話を聞かない男、地図が読めない女: 男脳・女脳が「謎」を解く. 角川書店, 東京
- Roberts JE, Bell MA (2002) The effects of age and sex on mental rotation performance, verbal performance, and brain electrical activity. *Dev Psychobiol*. 40(4): 391-407.
- 佐久間康夫 (1997) 脳とホルモン ホルモンの脳に及ぼす作用 性ホルモンと脳. *Clin Neurosci*. 15(11): 1250-1253.
- 佐久間康夫 (2000) エストロゲンと脳の発達. *Clin Neurosci*. 18(10): 1220-1221.
- 柴崎浩 (2000) ヒト脳の機能イメージング. 甘利俊一, 外山敬介編 脳科学大事典. 朝倉書店, 東京: 45-46.

- Shimizu A, Endo M, Egami M (1981) Dose sex influence laterality differences in recognition of visually-presented kana or kanji words?. *Folia Psychiatri Neurol Jpn.* 35(4): 417-423.
- Silverman I, Kastuk D, Choi J, Phillips K (1999) Testosterone levels and spatial ability in men. *Psychoneuroendocrinology.* 24(8): 813-822.
- 鈴木光雄 (1987) ステロイド. 新生理学大系 5 分泌の生理学. 医学書院, 東京: 271-285.
- Tan Ü, Akgün A, Komsuoglu S, Telatar M (1993) Inverse relationship between nonverbal intelligence and the parameters of pattern reversal visual evoked potentials in left-handed male subjects: importance of right brain and testosterone. *Int J Neurosci.* 71(1-4): 189-200.
- 植田弘師, 植田睦美 (2001) ジェンダーの精神医学 神経ステロイド. 臨床精神医学. 30(7): 723-728.
- 植野弘子 (1993) ジェンダー (文化的性差) 波平恵美子編 文化人類学. 医学書院. 東京: 35-38.
- Vandenberg SG, Kuse AR (1978) Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Percept Mot Skills.* 47(2): 599-604.
- Wada Y, Takizawa Y, Horita M, Yamaguchi N (1992) Gender differences in EEG driving responses to photic stimulation in normal young adults. *Neurosciences.* 18(4): 195-199.
- Wilson JD (1999) The role of androgens in male gender role behavior. *Endocr Rev.* 20(5): 726-737.
- Wilson JD (2001) Androgens, androgen receptors, and male gender role behavior. *Horm Behav.* 40(2): 358-366.

Wisniewski AB (1998) Sexually-dimorphic patterns of cortical asymmetry, and the role for sex steroid hormones in determining cortical patterns of lateralization. *Psychoneuroendocrinology*. 23(5): 519-547.

Wisniewski AB, Nelson RJ (2000) Seasonal variation in human functional cerebral lateralization and free testosterone concentrations. *Brain Cogn.* 43(1-3): 429-438.

Wolter JR (1965) The centrifugal nerves in the human optic tract, chiasm, optic nerve, and retina. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 63: 678-707.

藪元秀典 (1999) 泌尿器科で役立つ性分化と性機能の基礎知識 性の違いはどのようにしてできあがるのか. *ウロ・ナーシング*. 4(4): 336-341.