

性格特性・遺伝子多型と視聴覚刺激による印象評価・事象関連電位との関連

本井, 碧

<https://doi.org/10.15017/1500800>

出版情報：九州大学, 2014, 博士（芸術工学）, 論文博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

性格特性・遺伝子多型と視聴覚刺激による印象
評価・事象関連電位との関連

九州大学大学院 統合新領域学府 ユーザー感性学専攻
綿貫研究室 博士後期課程3年

本井碧

Feb. 25, 2015

目次

第1章 序論	4
1.1 はじめに	4
1.1.1 印象評価の手法について	4
1.1.2 事象関連電位 (ERP) について	5
1.2 個人差に関連する要因	6
1.2.1 性格特性について	7
1.2.2 遺伝要因について	9
1.3 本研究の目的	12
1.4 論文の構成	13
第2章 視覚刺激による印象評価・ERP と性格特性の関連性	15
2.1 はじめに	15
2.2 方法	17
2.2.1 被験者	17
2.2.2 呈示刺激	17
2.2.3 実験手順	17
2.2.4 脳波測定・分析	18
2.2.5 統計解析	18
2.3 結果	20
2.3.1 BIS/BAS 相関	20
2.3.2 印象評価	20
2.3.3 性格特性と印象評価の関連	24
2.3.4 性格特性と ERP の関連	29

2.4	考察	32
第3章	聴覚刺激による印象評価・ERPと性格特性の関連性	37
3.1	はじめに	37
3.2	方法	38
3.2.1	被験者	38
3.2.2	呈示刺激	38
3.2.3	実験手順	39
3.2.4	脳波測定・分析	39
3.2.5	統計解析	40
3.3	結果	40
3.4	考察	43
3.4.1	BIS/BASについて	43
3.4.2	主観評価について	43
3.4.3	ERPについて	44
第4章	ERP・主観評価と遺伝子多型の関連性	47
4.1	はじめに	47
4.2	方法	49
4.2.1	被験者	49
4.2.2	遺伝子分析	49
4.2.3	呈示刺激・実験手順	50
4.2.4	脳波測定・分析	50
4.2.5	統計解析	50
4.3	結果	52
4.3.1	BIS/BASと5-HTTLPRの関連	52
4.3.2	視覚刺激実験	52
4.3.3	聴覚刺激実験	57
4.4	考察	59

4.4.1	BIS/BAS について	59
4.4.2	主観評価について	60
4.4.3	ERP について	60
4.4.4	視覚刺激実験の感情価について	63
4.4.5	まとめ	64
第 5 章	総括	65
	引用文献	69
	謝辞	81
付録 A	実験刺激詳細	82

第1章 序論

1.1 はじめに

カントが定義した「感性」という言葉は、今や「感性評価は心理測定の産業への応用」という言説が存在するほどに、製品評価やその応用のため産業やデザインの分野で用いられている (長沢, 1994)。しかしながら、人がある刺激に対しての評価を行うと個人差が大きい (JIS Z 9080 官能検査通則解説) ことが問題となる。印象評価の精度を向上させるため様々な取り組みが行われているが、中でも簡易な生理的指標を用いたアプローチが近年盛んである。以下にこれらの手法の概略を述べる。

1.1.1 印象評価の手法について

感性評価における主観的評価手法は主に Self-Assessment Manekin 法 (Brandley 1994; SAM) や Semantic Differential Method (Osgood 1957; SD 法) が用いられている。これらによる評価は情動評価、官能評価等の呼称があるが、本論文では総称して印象評価とする。

SAM 法は非言語的評価法であり、人型のイラスト (マネキン) を使用して直感的な判断が可能である。SAM 法は後述の画像刺激セット (International Affective picture system) を標準化する際に、感情価 (valance) と覚醒度 (arousal) と支配性 (Dominance) を測定するために開発された尺度である。感情表出には感情価と覚醒度が関わる (Lang, 1995; Lang, Bradley and Cuthbert, 1990) ため、支配性は省略されることが多い。感情価の尺度はヒト型のイラストの表情で表現 (笑顔 ~ 泣き顔) され、覚醒度はヒト型のイラストの胸部に表示される図形で表現される。どちらも 9 段階で評点する。

一方、SD法は対義語を両軸に配置してどの程度に評価するかを見ることで、ヒトの受ける刺激の意味を測定する手法である。SAM法は直感的ではあるが評価軸の定義を被験者の感覚に依存するため客観的把握が困難である場合がある。その点SD法は言語による評価であるため、一般的な意味解釈によって分析することができる。従って、多様な被験者に対応し、評価する概念を任意に設定することができる。このような利点から、製品評価にはSD法が用いられることが多い。さらに、評価の段階数も任意である。視覚的アナログスケール（Visual Analog Scale; VAS）は10cmの線分の両端に対義語による固定値をつけたものである。被験者はその線分上で刺激の程度を最もよくあらわしていると考えるところに印を記入する。

1.1.2 事象関連電位（ERP）について

脳波（Electroencephalogram; EEG）は意識を持って活動する人間から安全に記録できるため、心理学をはじめとする様々な分野で指標として利用されている。感性評価の分野においても、快適性やパフォーマンスを定量化する指標として幅広く利用されている。本研究においては事象関連電位（Event-Related Potential; ERP）に着目した。ERPとは、外的あるいは内的な事象に時間的に関連して生じる一過性の変動電位である。外的事象とは、光や音などの外的刺激であり、内的事象とは、自発的な運動や心理など被験者の内部から生じる要因のことである。従来の行動指標に加えてERPを測定することにより、外からは観察できない心理活動に関する様々な知見が得られている。ERP波形はいくつかの振れ（deflection）から構成されている。陰性方向の振れを”N(Negative)”、陽性方向の振れを”P(Positive)”と呼び、刺激発生からの出現順に番号をつけるか、標準的な頂点潜時をつけて区別する。ERPは、持続して生じる自発的な脳の電気活動（背景脳波）に重畳してあらわれるため、1試行ごとの波形を直接観察はできない。そこで、多数の試行で得られた脳波波形を事象の生起時点にそろえて加算平均する。この方法により、事象とは時間的に無関係に生じる脳波成分は相殺され、検討したい事象に時間的

に関連した電位を抽出することができる。

脳には機能局在性があり、側頭部における聴覚野、後頭部の視覚野などが各感覚の知覚に関わる一方で、前頭前野は感情処理や後述の性格特性に関わる行動システムの経路、感覚統合を司る重要な部位が位置している。また、ネガティブ刺激の処理に島皮質と下前頭皮質が関与し (Anderson et al., 2003, Cunningham et al., 2003 and Cunningham et al., 2004)、左眼窩前頭皮質はポジティブ刺激処理に関わる (Anderson et al., 2003) など情動に対する処理を反映する部位としては前頭部が有望な候補であることが指摘されている

ERPの初期成分(N1,N2)は前頭部で最大振幅になることが知られており、前頭部の波形を検討することが妥当である。後期成分であるLPP(Late Positive Potential)は後頭部が最大振幅を示すが、左前頭部でネガティブ語彙に対するLPPが増大し、右前頭部でポジティブ刺激に対するLPPが増大する(Cunningham et al., 2005)ことなどから前頭部LPPは情動処理に関わることが示唆されている。

感性評価的な応用を考えた場合、現場的環境が必要なこと、少ない電極で時間をかけずに脳波測定を行うことが必要条件である事が指摘されている(吉田 2002)。従って、特に前頭部におけるERP反応についての現象を捉えることが必要であると考えられる。

1.2 個人差に関連する要因

印象評価における客観性や安定性の向上に生理指標が貢献する場合もあるが、生理指標、印象評価のどちらにも個人差があることから、直接的な関連が見い出せない場合も多い。

本研究では印象評価とERPに影響を与えると考えるられる要素のうち、性格特性と遺伝要因に着目した。その理由を以下に述べる。

1.2.1 性格特性について

先行研究において生理心理反応と性格特性との関連は多数示唆されており (Calder et al., 2011)、今回着目する脳波と印象評価にも性格特性は強い影響を与えることが予想される。性格特性は質問紙によって容易に測定が可能であるため、被験者の特性を理解する上で有効な指標であると考えられる。また、性格特性は小児では安定性が低い、思春期以降では変動が小さい事も知られている (Roberts and DelVecchio, 2000)。精神疾患や脳機能に関連があることが知られており、精神医学領域等の分野でも性格特性は重要な要素として扱われ始めている。

パーソナリティ全般についての質問紙として代表的なものは、BIG5 (Goldberg, 1990) に基づいた NEO-PI-R (Costa Jr and McCrae, 1992)、BIS/BAS モデル (Gray, 1981) に基づく BIS/BAS scales (Carver and White, 1994)、Temperament and Character Inventory (TCI) (Cloninger et al., 1993) が挙げられる。それぞれ、多数の生理心理反応との関連が報告されているが、その中でも BIS/BAS は神経生物学的背景を持つ指標である。他の指標が「言語と因子分析によって人工的に作られた」という批判がある中で、実験観察から生み出されたモデルに基づく BIS/BAS は生理指標との関連がより強く示唆されている。質問項目数も 200 を超える NEO-PI-R や TCI と比べて 20 問と少ないため測定が容易であることも利点である。従って本研究において BIS/BAS 性格特性は性格特性の指標として有用である。

BIS/BAS について

Gray は Pavlov の覚醒（興奮）モデルや Eysenck の理論を発展させ、行動賦活システム (Behavioral Activation System; BAS)、行動抑制システム (Behavioral Inhibition System; BIS)、闘争・逃走・凍結システム (Fight-Flight-Freezing System; FFFS) の 3 つの脳内動機付けシステムからなるモデルを作り上げた。このモデルは強化感受性理論 (Reinforcement Sensitivity Theory; RST) と呼ばれる。

BAS は報酬の呈示や罰の除去によって活性化し接近行動やポジティブ情動を引き起こす。BAS に関連する脳内システムとしては中脳辺縁系のドーパミンシステムが想定されている。無条件報酬刺激に対しては腹側被蓋野が反応して側坐核に

ドーパミン投射し、条件付けの過程で側坐核が反応するようになる。興奮した側坐核は腹側淡蒼球の活動を抑制し、視床の背内側核、前頭前野皮質に出力されて、最終的な反応に影響を与えるというモデルである。

BIS は新規性刺激や罰、無報酬の信号によって活性化し、不安を惹起し、行動の抑制、潜在的脅威への注意喚起をする。BIS の活性化によってネガティブ感情が喚起される。BIS に関連する脳内システムとしては中隔・海馬系が想定されている。中隔・海馬は与えられた刺激と予想された刺激とを比較して行動の抑制を行うという機能を担う。すなわち、予想通りの刺激が与えられた場合は中隔・海馬系の活動が抑制され、予想と異なる新奇刺激や罰・無報酬の場合は中隔・海馬系が活動し行動を抑制する。さらに BIS には Papez の回路も含まれ、BAS よりも複雑なシステムが想定されている。

そして、FFFS は無条件的な罰によって活性化し、防御的攻撃行動や逃避行動が引き起こされる。これは動物の行動には当てはまりが良いが、ヒトの日常生活においては殆ど見受けられず重要性は低いと考えられている。また、BIS と類似したシステムとして表現されるとされている。FFFS は怖れの感情刺激への反応に関わるとされるため、恐怖刺激を含まない本研究への影響は小さいと考えられる。従って、以下に述べる本研究で用いる尺度においては FFFS は含まれておらず、本研究でも考察しないこととする。

以上に述べた RST に則って、罰と報酬に対する感受性の個人差を測定する尺度のうち、国際的に使用されているのが前述した Carver and White (1994) による BIS/BAS 尺度である。この尺度は BIS 1 因子と BAS3 因子からなる。3 因子は駆動 (Drive; D)、報酬反応性 (Reward Responsiveness; RR)、刺激探求 (Fun seeking; FS) からなる。「駆動」は望まれる目標への持続的な追求、「報酬反応性」は報酬の存在や予期に対するポジティブな反応、「刺激探求」は新奇な刺激や報酬刺激に対して思い付きで接近しやすい傾向を示す。本研究では Carver and White (1994) を元に作成され、一定の信頼性と妥当性が確認されている上出・大坊 (2005) の日本語版 BIS/BAS 尺度を用いる。

先行研究では、高い BIS 値を有する被験者は不快刺激をより不快であると主観

的に評価し、高いBAS値を有する被験者は快刺激をより快と評価するという報告がある (Balconi et al., 2011)。ERP 研究においても高 BIS 被験者はネガティブ画像呈示時の音刺激に対して N100 振幅が大きく、高 BAS 被験者はポジティブ画像呈示時の音刺激に対し P300 振幅が増大するとされている (Cuthbert et al., 1998)。

1.2.2 遺伝要因について

上記の印象評価、ERP、性格特性は全て表現型に分類される。

次に、表現型に対応する概念として遺伝子型について言及する。

例えば Turkheimer (2000) による「行動遺伝学の三原則」は「同じ家庭で育ったことの影響（環境）は遺伝の影響よりも小さい」と述べている。Anokhin (2014) は、遺伝と脳と行動の3つの関係について「遺伝要因が脳機能に影響し、行動に変化をもたらす」一方で、「行動によって学習や適応、危険因子への暴露による損傷によって脳が変化し、この変化によって脳細胞による遺伝発現を調節する」という2つの経路を示した。そして、この遺伝と脳と行動の関連は「環境因子によって緩和される」と述べるにとどまり、あくまで遺伝と表現型の関連が重要であることを示唆している。従って、個人の固有の遺伝特性は生涯変化しないという頑健性や、近年の分析機器の急速な発展、普及により判別が容易になった背景を踏まえて、遺伝多型に着目する必要がある。

数ある行動や生理的指標に影響を及ぼすと考えられている遺伝多型の中で、上述の BIS/BAS 性格特性に影響することが判明しているのは COMT、DRD2、DRD3、DRD4、5-HTTLPR がある。COMT はドーパミンの代謝効率、DRD2、DRD3、DRD4 についてはドーパミン受容体に関わる遺伝子である。これらと BIS/BAS 性格特性については大規模な多数の研究が既に行われており、関連が明確化されている (O'Connell and Hofmann, 2011)。5-HTTLPR と BIS/BAS 性格特性との関連についてはまだ研究は少ない。しかしながら、BIS/BAS モデル提唱者である Gray は BIS と中核・海馬システムへ投射するセロトニン神経系との関連を想定しており (Gray, 1982)、この説を支持するように、Whisman et al. (2011) は s アレルを持つ被験者が BIS 得点が高いと報告している。

また、Hajcak et al. (2010) は ERP の個人差について、発達及び加齢が LPP を変化させるとしている。それらと並んで個人差をもたらす可能性のある候補として挙げられているのは遺伝多型のなかでも、5-HTTLPR である。さらに、脳イメージング研究により、5-HTTLPR と脳の構造の関連に対しては理解が進んでいるが、2010 年の時点で情動処理時の ERP 反応と関連した研究は少なく今後の課題である、と述べている。

5-HTTLPR について

神経伝達物質のセロトニン (5-hydroxytryptamine; 5-HT) は情動や社会的行動に大きな影響を及ぼすことで知られている。それに関連する遺伝多型においては、特にシナプス間隙に放出されたセロトニンを再び取り込むセロトニントランスポーター (5-HTT) の遺伝多型 (SLC6A4) が様々な研究によって情動・認知活動に影響を及ぼしていることが示唆されている。

5-HTTLPR は 5-HTT を構成する量を調節する遺伝子である。調節領域と呼ばれる塩基配列の繰り返し回数が異なる、Short(s) アレル (14 回繰り返し) と Long(l) アレル (16 回繰り返し) の 2 つのアレルが存在する。アレル (対立遺伝子; Allele) とはある形質に関する遺伝情報が存在する染色体の部位が同じで異なる遺伝情報を持つ遺伝子のことである。染色体は 2 つあるので、組み合わせて ss 型、sl 型、ll 型の 3 種類の多型が存在する。

s アレルは l アレルに比べて転写効率が低く、有意にセロトニントランスポーター mRNA 及びタンパク質の生成が少ない。その結果、シナプス間隙のセロトニンの再取り込みが少なくなる (Lesch et al., 1996)。Lesch は同時に不安や回避特性に関する性格特性と s アレルとの関連を示唆し、それ以来、s アレルを持つ個人は不安が高く、気分障害等の精神疾患との関連があることが多数報告されている。

遺伝多型の判別方法

本研究で用いる遺伝多型判別方法について述べる。まず、ポリメラーゼ連鎖反応 (polymerase chain reaction; PCR) を用いて DNA を増幅する。PCR の原理を以下

に述べる。2本鎖のDNAを水溶液中で94度程度に過熱すると一本鎖DNAに分かれる。この変化を変性という。この1本鎖のDNAを冷却すると、相補的なDNAは再び結合し2本鎖に戻る。この変化をアニーリングという。急速に冷却をすると長いDNA同士は再結合しにくい、短いDNA断片であれば結合できる。PCR法ではこの相補的なDNAを任意の短いDNA断片（プライマー）に置き換えることで、特定のDNA領域にプライマーが結合している状態を作る。この状態でDNAポリメラーゼというDNAを合成する酵素が作用すると、プライマーが結合した部分を起点として1本鎖部分と相補的なDNAが合成される（伸長）。DNAポリメラーゼの活性に適切な温度である60-72度を維持する。その後さらに加熱し変性、アニーリング、伸長を繰り返す。

以上のようなDNAの変化に対する温度差を利用して、加熱・冷却を繰り返すことで特定部分のDNA領域のみを増幅する方法がPCR法である。変性、アニーリング、増幅には各段階で1-2分以内、これを20~40回繰り返すため、2時間程度でDNAの増幅が完了する。

本研究ではPCRの後、アガロースゲル電気泳動によって増幅産物のサイズを確認することで5-HTTLPR多型を判別する。以下に電気泳動法の原理を述べる。アガロースは寒天の主成分であり、2種類の糖が結合しあって網目状の構造をとっている。DNAは水溶液中でマイナスの電荷を帯びているため、電場に置かれるとプラス極側に移動する性質がある。この移動の時に、網目状のアガロースゲルを通過させると、大きいDNAは網目に妨害されて移動速度が遅く、小さいDNAは網目を通過しやすいために早く移動する。エチジウムブロマイドを用いて移動後のDNAを染色し、UVトランスイルミネーター上で同時に泳動するDNAサイズの基準となるマーカーと移動距離を比較してDNAサイズを確認した。本研究で着目する5-HTTLPRは上述のように同じ塩基配列を14回繰り返すsアレル、16回繰り返すlアレルの2つの多型が存在する。従って、PCRの際にsアレルは469bpと小さく、lアレルは512bpとより大きく増幅されるため、電気泳動によって多型の判別が可能である。

1.3 本研究の目的

以上の性格特性及び遺伝要因と個人差の関連を検討するには、より個人差を顕在化すると考えられる刺激を呈示する必要がある。

まず、Hajcak et al. (2010) は ERP は特定の刺激に対して個人差に基づいて大きな反応を誘発する事を指摘している。例として挙げられているのは、クモ恐怖症患者にクモの画像 (Kolassa et al., 2005)、コカイン中毒者にコカイン (Dunning et al., 2011)、被虐待児に対して怒りの顔画像 (Leppänen et al., 2007) を提示した時の LPP が増大することなどである。このように、個人差をもたらす刺激は快不快に関わらず、それ自体がその個人において重要な意味を持っていることが推察される。つまり、従来の先行研究のように快不快情動だけでなく、刺激の内容についても検討する必要があると考えられる。従って、本研究においては画像の被写体の異なる画像を呈示し、情動との組み合わせそれぞれに対して反応が異なるかを検討する。なお、生理心理反応は刺激の持つ物理特性や感情価に強く影響されるため、情動・印象に関わる研究において使用する刺激が異なると再現性が低くなる可能性がある。従って本研究では情動研究のために標準化され、広く用いられている International Affective Picture System (IAPS) (Lang et al., 1999) を用いることとした。

一方で、製品評価の分野で個人差が問題になっていることは既に述べた。長沢 (1994) は感性評価の問題点として、「曖昧さ」を挙げている。例えばある製品が「快」かどうかを判断する時、まず「快」の定義が明確ではない。さらに、その製品の性質が明確であったとしてもその製品が「快」に属するかどうか明確に区別できない場合が多い。好き嫌いが分かれる、または人によってものさしがずれるような曖昧刺激によって、より個人差が顕在化することがあると考えられる。従って、冒頭に述べたように「心理測定の産業への応用」を見据えて、曖昧な製品音に対する反応の個人差を検討する。IAPS など標準化された情動刺激の個人差に対しては知見が多くあるが、このような曖昧な刺激に対する個人差についての研究は多くない。現状、印象評価による先行研究が多数行われている自動車ドア閉じ音

を刺激として用いることとした。自動車ドア閉じ音は刺激時間が非常に短く、時間分解能の高いERP反応での評価が適していると考えられる。また、視覚刺激と聴覚刺激の両者を検討することで、モダリティに関わらず感性評価に共通した生理心理反応の傾向が見いだせるかもしれない。

このような2種類の刺激によってもたらされる個人差を説明できる要因は性格特性なのか遺伝子型なのかを明らかにすることで、それらの要因の存在意義についても考察することができる。また、どの程度説明できるのかを明らかにすることで、その割合によっては個人差の補正や被験者の統制等に利用することでより安定的な感性評価が可能になると考えられる。

以上より本研究の目的は、これらの視聴覚刺激を用いて、まず表現型として扱われるERP、主観評価、BIS/BAS性格特性の3者の関連について検討することと、5-HTTLPRがその3つの表現型にどのような影響をあたえるかを明らかにすることとした。

1.4 論文の構成

本論文の題目は「性格特性・遺伝子多型と視聴覚刺激による印象評価・事象関連電位との関連」とし、全5章より構成する。本論文の構成は以下の通りである。

第1章では、本研究の背景に言及し、性格特性の指標、遺伝子型の指標としてBIS/BAS性格特性と5-HTTLPRに注目することが妥当と考えられる理由について述べ、本研究の目的を示した。

第2章では、視覚刺激による生理心理反応とBIS/BAS性格特性の関連について検討した。

第3章では、物体から発生するニュートラルな聴覚刺激を用いた実験を行いBIS/BAS性格特性との相関を検討した。

第4章では、5-HTTLPR多型と第2,3章と同様の刺激に対する反応との関連を検討した。

第5章では、男子若年者におけるERP及び印象評価の個人差とBIS/BAS性格特性及び5-HTTLPRとの関連について、本研究で得られた結果を総括し、研究の

限界と今後の展望を述べた。

なお、第 3 章の内容は Journal of physiological anthropology 33 (1), 21 (2014) に掲載された「Time window for cognitive activity involved in emotional processing」(M Motoi, Y Egashira, T Nishimura, D Choi, R Matsumoto, S Watanuki) を再構成したものである。

第2章 視覚刺激による印象評価・ERPと性格特性の関連性

2.1 はじめに

情動的な刺激に対する知覚・認知能力は、生物の生存と深く関わって発達（進化）してきた。情動は刺激開始後、数 msec から発生し数秒持続する (Olofsson et al., 2008)

そのプロセスについては時間分解能に優れる事象関連電位 (ERP) を用いた研究により徐々に明らかになりつつある。伝統的に、50 から 150 ミリ秒電位は前頭前皮質の影響を受けるには短すぎると考えられていた。しかしながら、現在では感覚入力刺激呈示後 56ms で後頭部の皮質によって処理され、80ms 後には背外側前頭皮質に伝達され処理されることが知られている。(Foxe and Simpson, 2002; Blenner and Yingling, 1994)

刺激に対する反応には個人差があり、この個人差を形成する背景として人の評価的、感情的経験の仕方の差異が一因として考えられる。この差異をもたらすのが、刺激への接近と回避のシステムの敏感性と強さである。

古くからこの2つのシステムはヒトのみならず動物の行動を制御していると考えられており、そこに神経回路との対応を見出したのが Gray (1981) の Behavioral Inhibition System (BIS)/ Behavioral Activation System (BAS) 理論である。Gray は生物の行動の理解のためこの2元論を用いたが、ヒトにおいてはさらに複雑にそれぞれのシステムを活性化・抑制して行動する。このことが異なるパーソナリティを形成し、同一の刺激に対する評価的・感情的経験の差異が生まれると考えられる。

Reinforcement Sensitivity Theory (RST) によると BIS は罰や新規なものに対

して抑制的に反応し、不快情動の惹起に関連する。BASは報酬となる誘因に反応して活性化するため、快情動に関わる (McNaughton and Gray, 2000)。このシステムの働きの強さを性格特性として評価する質問紙 (Carver and White, 1994) が考案された。この指標は実際に様々な情動反応との関連が示唆されている。例えば、高いBIS値を有する被験者は不快刺激をより不快であると主観的に評価し、高いBAS値を有する被験者は快刺激をより快と評価するという報告がある (Balconi et al., 2011)。ERP研究においても高BIS被験者はネガティブ画像呈示時の音刺激に対してN100振幅が大きく、高BAS被験者はポジティブ画像呈示時の音刺激に対しP300振幅が増大するとされている (Cuthbert et al., 1998)。すなわち、回避に関わるBISはERPの初期成分と関連し、接近に関わるBASは中・後期成分と関連することが示唆されている。これらは危険を回避し、報酬を得る生存戦略的機能と合致する。

しかしながら、近年刺激の種類によってBIS/BAS性格特性とERP反応の関連が異なる報告もある。Gable and Harmon-Jones (2013)によると、食欲を喚起する画像に対して高いBAS得点の被験者はより大きなN1振幅を示す。また、性的な画像による右眼窩前頭皮質(OFC)、島皮質、視覚野の活動とBAS報酬反応性に正の相関がある (Costumero et al., 2013)。

このような例から、ヒトにとって重要な情報に対する反応はBIS/BAS性格特性による個人差をより顕著に示すことが考えられる。上記のGable and Harmon-Jones (2013)の例では、食欲は生理的な低次の欲求であり初期のERP反応に影響を及ぼしたと説明されているが、その他の例についての研究はまだない。

さらに、先行研究はニュートラル刺激との比較により示唆された結果であるため、刺激の種類による影響の強弱や情動価との関連の検討もなされていない。複数の刺激内容を比較し、よりヒトの認知・行動にとって影響を及ぼすのはどのような刺激なのかを検討することで、これらの個人差がもたらされた理由やRSTのヒト特有の進化的意義についての知見を得ることができると考えられる。そこで、本研究は被写体と情動価の組み合わせによって性格特性とERP反応の違いを検討することとした。

2.2 方法

2.2.1 被験者

健康な日本人男子大学生・院生 92 名 (19~25 歳、平均 22.6 ± 1.3 歳) を被験者とした。全員右利きであり、裸眼視力または矯正視力は正常であることを自己申告で確認した。被験者には事前に実験について説明をし、書面により同意を得た。この実験は九州大学芸術工学研究院の倫理委員会に承認を得ている。

2.2.2 呈示刺激

画像刺激は International Affective Picture System(Lang et al., 1999) より選定した。画像の被写体を物体/動物/人物に限定し、それぞれについて付属の標準化された感情価得点に基づいて快・ニュートラル・不快の三種類の情動価に分けて各 30 枚ずつ、全 270 枚を選定した¹。

人物画像については、性的喚起の影響を防ぐため、被験者にとっての異性である女性を含む画像を除外した。また、顔認知による ERP 成分の惹起を避けるため、画面の半分以上を人物の顔面が占める画像を除外した。さらに実験参加者に対する倫理的配慮及び刺激強度の他カテゴリからの大きな逸脱を避けるため、極端に損傷した人体を含む画像を除外した。

実験刺激は、まず灰色の画面中央に白色の注視点が 500ms、その後 800ms の間画像が呈示され、画像の呈示終了後は灰色の画面が呈示された。画像の呈示順はランダムであった。刺激間は 1250ms~1750ms のランダムであった。画像の被写体・感情価のカテゴリごとに表示される頻度は同じとした。これを 1 セクションにつき 90 回くり返した。

2.2.3 実験手順

被験者には前日から過剰な運動・飲酒を避け十分な睡眠を取ることと、2 時間前からのカフェイン摂取と喫煙の禁止を指示した。被験者は電極装着後、モニター

¹IAPS 番号は付録に示した。

から100cm目を離して椅座位安静にした。被験者には脳波測定中は呈示される画像刺激に集中することと、注視点呈示から画像がされている間は瞬目を控えるよう教示した。

刺激は眼前100cmに設置した21インチモニターよりEz Stm（日本サンテック株式会社, 大阪, 日本）によって制御されて呈示された。1セクションは約9分間であり、5分休憩を挟み計3セクション行った。全セクションをあわせて、各被写体・情動価の9つのカテゴリごとにそれぞれ90回呈示された。実験後に全270枚に対してSelf Assessment Manikin(Bradley and Lang, 1994)を用いて情動価と覚醒度について1-9段階で主観評価を行った。その後、日本語版BIS/BAS性格特性(Kamide and Daibo, 2008)の回答を行った。

2.2.4 脳波測定・分析

脳波は64ch脳波キャップ(HydroCel Geodesic Sensor net)で採取し、アンプ(Net Amps 200 64channel EEG Amplifier)で増幅した後、脳波計(Net Station ver4.1.2)により測定した。電極の抵抗は実験中100 k Ω 以下に保ち、0.1-400Hz bandpassハードウェアフィルターを用いサンプリング周波数500Hzで連続的に記録した。リファレンス電極はCzとした。分析には、EMSE-data editor version 5.5を使用した。その際、bandpassフィルター(0.01-30Hz, 18dB/octave)を用い、61~64chを除く全電極の平均をリファレンスとした。個人データにおいて、ノイズの影響などによりデータが正常に記録されなかった電極は分析の対象外とした。 $\pm 100 \mu V$ を超えた瞬きなどのアーチファクトを含む試行を取り除き、残りの試行に対して刺激呈示を0msとして-100ms~800msの範囲を加算平均しERP波形を得た。その際、0msまでの平均値を波形全体から引くことで、ERPのベースライン補正を行った。加算回数は平均71.45回、SD=14.82であった。

2.2.5 統計解析

全被験者のうち、脳波についてはデータ欠損のあった1名を分析から除外した。

第 2 章 視覚刺激による印象評価・ERP と性格特性の関連性

主観評価については各 30 枚ずつの評価の平均値を各カテゴリの主観評価点とし、感情価（不快・ニュートラル・快）と被写体（物体・動物・人物）を要因とする二元配置の分散分析を行った。ERP データは前頭部を関心領域として、Fz,F3,F4,Cz 電極に対して統計解析を行った。BIS/BAS 得点と各生理心理指標について、ピアソンの相関分析を用いた。

統計処理は R version 3.0.3 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) を用いて行った。p<0.05 を有意とした。

2.3 結果

2.3.1 BIS/BAS 相関

被験者の平均 BIS 得点は 2.86 ± 0.53 点、BAS 得点は 3.12 ± 0.37 点であった。BIS 得点と BAS 得点の間には有意な相関はなかった ($r=-0.11$, $p>0.05$)。

2.3.2 印象評価

感情価について、被写体の主効果が有意であり ($F(2,182)=10.067$, $p<0.01$) 下位検定の結果、人物が他条件と比べて有意に快であった ($p<0.01$) 感情価の主効果が有意であり $F(2,182)=461.883$, $p<0.01$)、3条件とも有意な差があった ($p<0.01$)。交互作用も有意であった ($F(4,364)=52.365$, $p<0.01$)。交互作用の下位検定の結果、画像の被写体ごとに見ると、どの被写体カテゴリ内でも有意に不快<ニュートラル<快と評価されていた ($p<0.01$)。(図2.1) 情動価ごとに見ると、不快条件においては、他条件に比べて動物が最も不快であると評価され ($p<0.01$)、ニュートラル条件においては動物<物体<人物、快条件では物体<人物<動物の順で有意 ($p<0.01$) に快であるとされた。(図2.2)

覚醒度について、被写体の主効果が有意であり ($F(2,182)=64.851$, $p<0.01$) 下位検定の結果、人物が他条件と比べて有意に快であった ($p<0.01$) 感情価の主効果が有意であり $F(2,182)=114.708$, $p<0.01$)、他の条件と比べて不快条件が有意に覚醒的であった ($p<0.01$)。交互作用も有意であった ($F(4,364)=52.365$, $p<0.01$)。交互作用の下位検定の結果、画像の被写体ごとに見ると、動物条件は有意に不快<ニュートラル<快と評価されており ($p<0.01$)、物体・人物では有意に不快<快<ニュートラルの順で覚醒的であった (図2.3)。情動価ごとに見ると、不快条件においては、他条件に比べて物体が最も鎮静的であると評価され ($p<0.01$)、

第 2 章 視覚刺激による印象評価・ERP と性格特性の関連性

ニュートラル条件においては物体<人物<動物、快条件では人物<物体<動物の順で有意 ($p < 0.01$) に鎮静的であるとされた。(図 2.4)

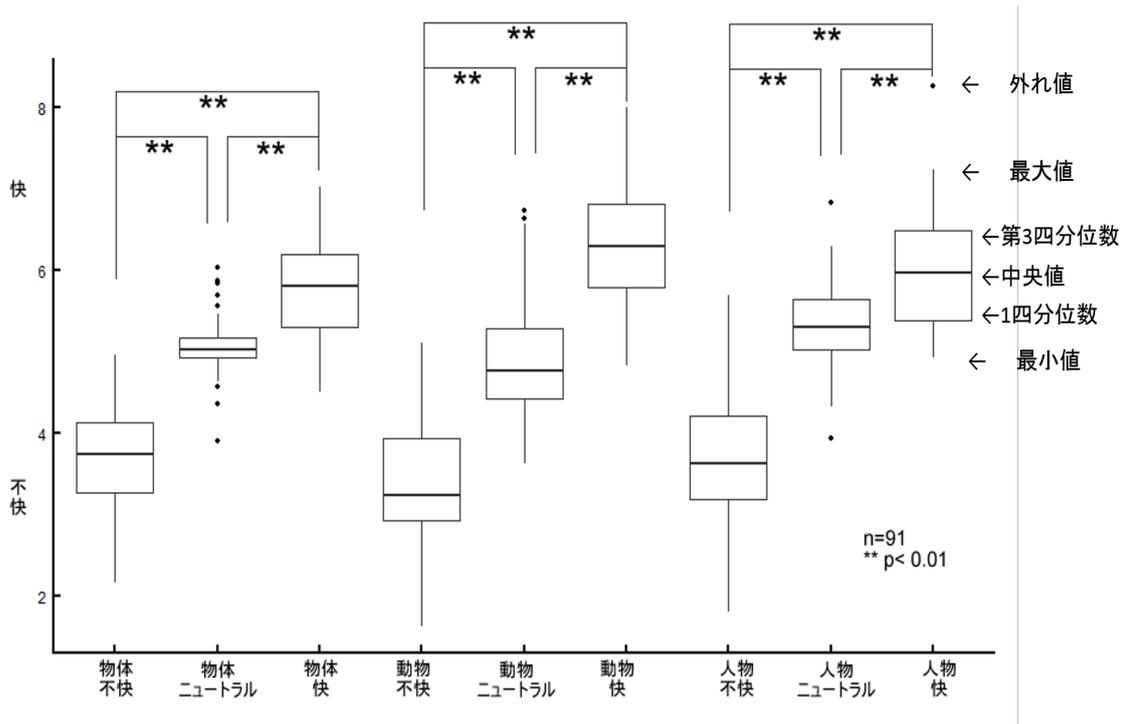


図 2.1: 感情価 (被写体ごと)

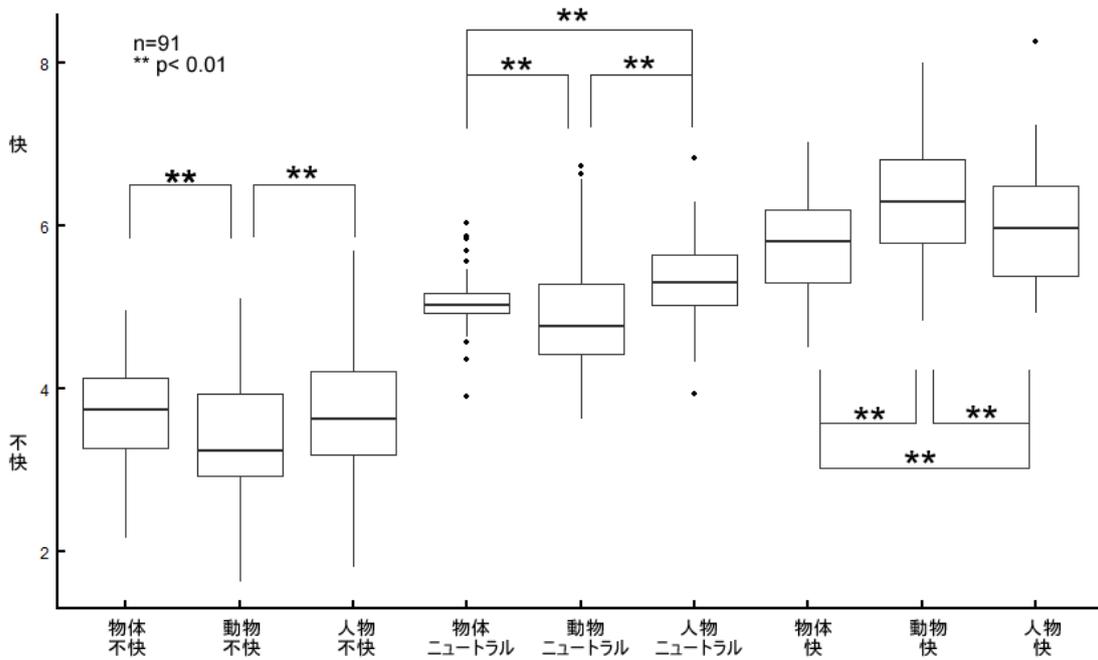


図 2.2: 感情価 (感情価ごと)

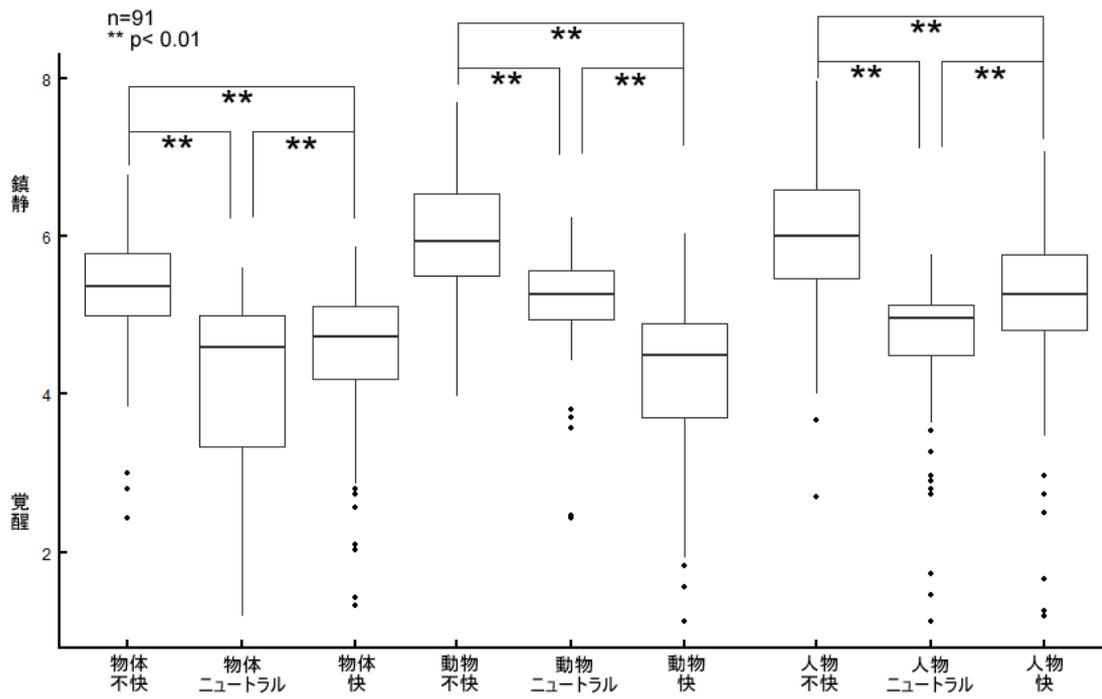


図 2.3: 覚醒度 (被写体ごと)

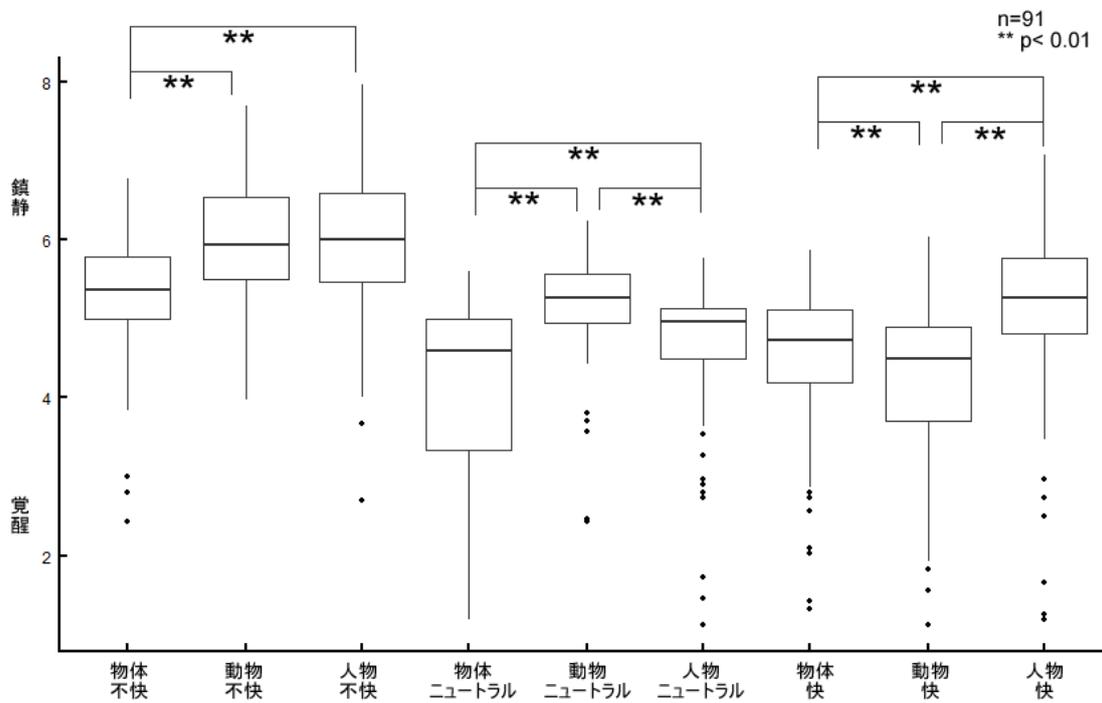


図 2.4: 覚醒度 (感情価ごと)

2.3.3 性格特性と印象評価の関連

感情価について

動物及び人物の不快画像と BIS 得点が負の相関を示した（表 2.1）。すなわち、BIS 得点が高い被験者ほど不快な刺激をより不快と評価した。しかしながら、物体においてはそのような関連が見られなかった（図 2.5）。さらに、人物の快画像と BAS 得点（駆動・報酬反応性）が正の相関を示した（図 2.6）。

表 2.1: BIS/BAS と感情価（快-不快）の相関係数

		BIS	BAS	BAS-D	BAS-RR	BAS-FS
物体	不快	-0.161	-0.125	-0.113	-0.201	0.007
	ニュートラル	-0.037	0.116	0.082	0.114	0.085
	快	0.103	0.121	0.149	0.190	-0.046
動物	不快	-0.244*	-0.102	-0.142	-0.134	0.033
	ニュートラル	-0.118	0.131	0.105	0.105	0.106
	快	0.124	0.126	0.184	0.096	0.018
人物	不快	-0.214*	-0.016	-0.080	-0.100	0.142
	ニュートラル	-0.009	0.138	0.155	0.186	-0.007
	快	0.099	0.235*	0.229*	0.292**	0.048

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

D:駆動; RR:報酬反応性; FS:刺激探求

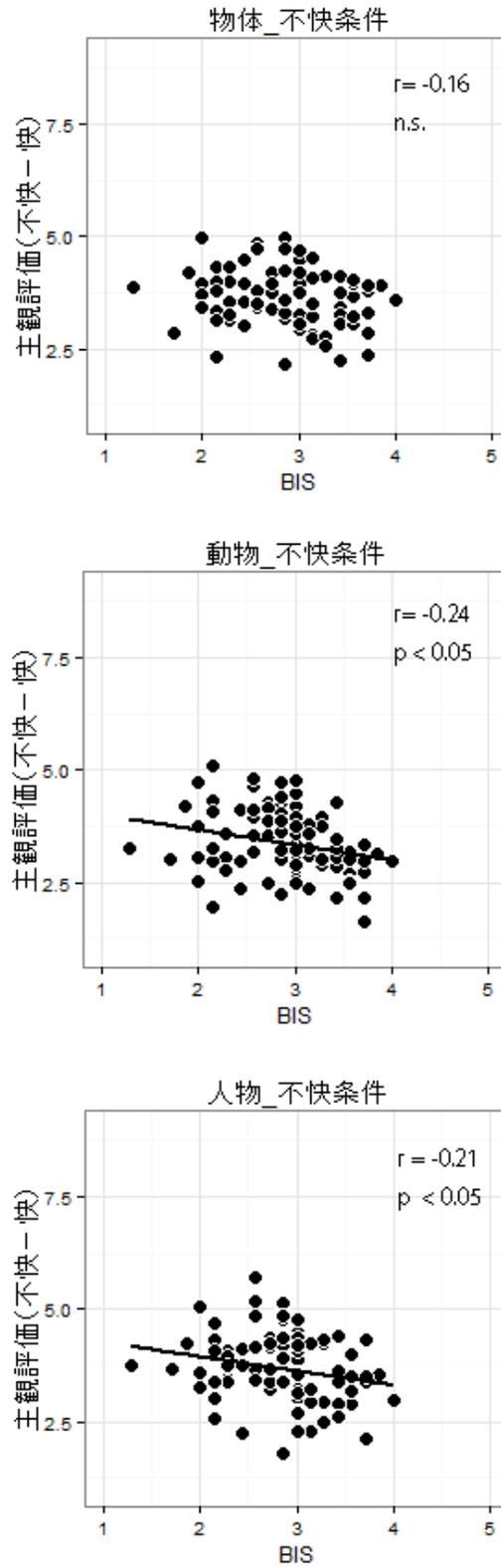


図 2.5: BIS と不快条件に対する主観評価の相関

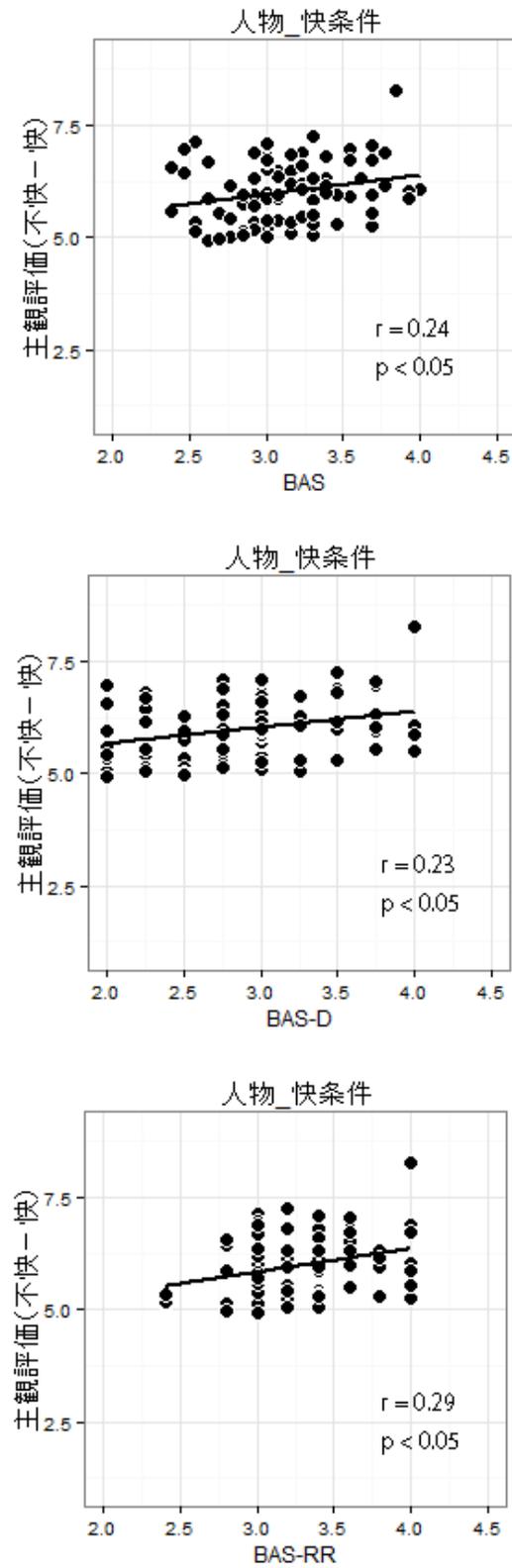


図 2.6: BASと人物・快条件に対する主観評価の相関

覚醒度について

動物の快画像についての覚醒度がBAS得点と有意な負の相関を示した(表2.2)。特に、BAS駆動の得点が高い被験者は動物の快、ニュートラル画像をより鎮静的であると評価した。(図2.7)人物の不快感画像についてBISが正の相関、BAS刺激探求が負の相関を示した。(図2.6)

表 2.2: BIS/BASと覚醒度(覚醒-鎮静)の相関係数

		BIS	BAS	BAS-D	BAS-RR	BAS-FS
物体	不快	0.200	-0.026	-0.069	0.102	-0.084
	ニュートラル	0.149	-0.075	-0.123	-0.086	0.031
	快	0.144	-0.116	-0.135	-0.105	-0.037
動物	不快	0.176	0.011	-0.016	0.154	-0.101
	ニュートラル	0.134	-0.183	-0.224*	-0.058	-0.148
	快	-0.085	-0.211*	-0.255*	-0.220*	-0.030
人物	不快	0.217*	-0.071	-0.044	0.100	-0.219*
	ニュートラル	0.048	-0.081	-0.134	-0.027	-0.028
	快	0.099	-0.086	-0.084	-0.025	-0.095

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

D:駆動; RR:報酬反応性; FS:刺激探求

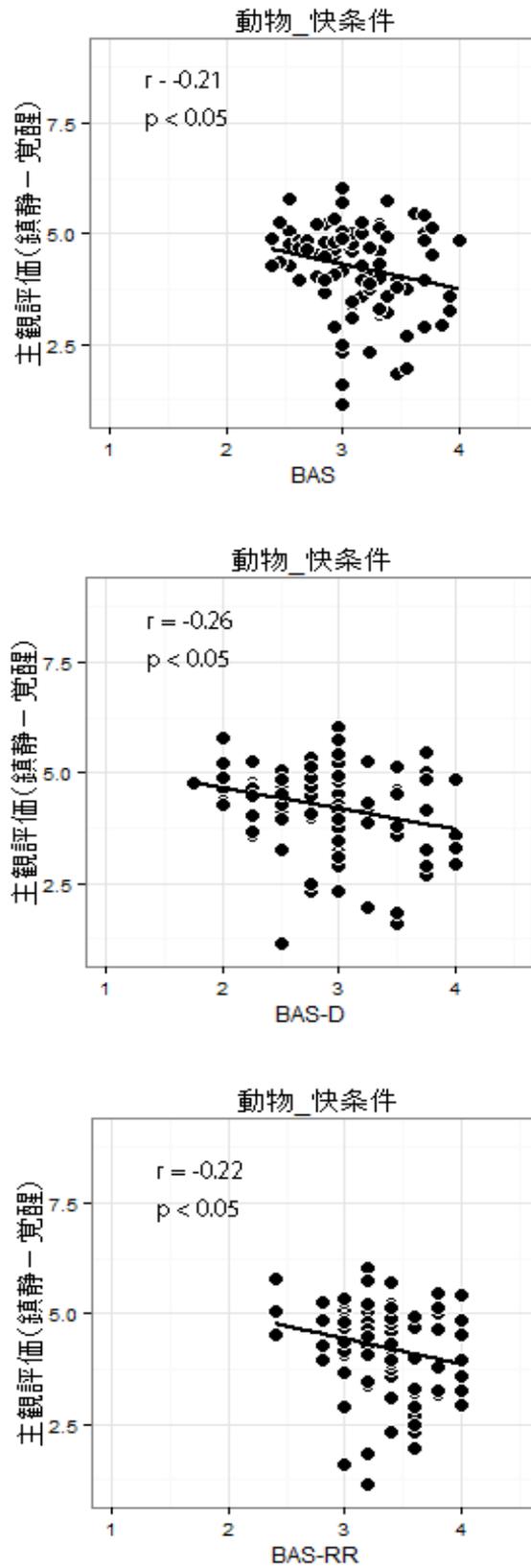


図 2.7: BAS と動物・快に対する覚醒度の相関

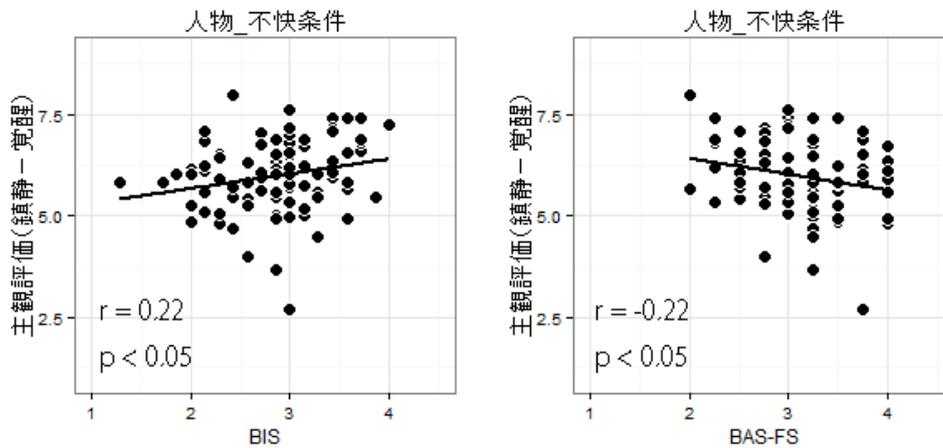


図 2.8: BIS/BAS 刺激探求と人物・不快条件に対する覚醒度の相関

2.3.4 性格特性と ERP の関連

解析対象とした電極のうち Cz 部位では有意な相関が見られなかった。また、BAS 合計と BAS 刺激探求は ERP と有意な相関が見られなかった。BAS 報酬反応性も 81 の組み合わせのうち有意な相関が 1 つしかなく、これは統計的に無視できると考えられる。

そこで BIS および BAS 駆動のみの結果を表 2.3 に示す。

N1 に相当する 90-166ms の陰性成分では BIS と BAS 駆動それぞれ有意な相関が見られるが、それ以降の成分では BIS のみが有意な負の相関を示した。左前頭 F3・Fz の N1 では物体・人物条件において BAS 駆動と快・ニュートラル刺激の間に正の相関が見られた。続く F4 部位では人物条件において BIS と 166~384ms で見られた陰性電位 (N2) に負の相関が見られた。さらに LPP にあたる 384-800ms 成分では主に右前頭 F4 部位において BIS と不快・快条件における負の相関があった。

また、感情価と F4 部位における各 ERP 成分の相関と、感情価を統制した ERP 成分と BIS との偏相関を 2.4 に示した。

表 2.3: BIS/BAS 駆動得点と ERP の相関

	物体				動物				人物			
	不快	ニュートラル	快	不快	ニュートラル	快	不快	ニュートラル	快	不快	ニュートラル	快
BIS												
90-166ms	Fz -0.151	-0.213*	-0.128	-0.146	-0.121	-0.175	-0.133	-0.178	-0.148			
	F3 -0.079	-0.120	-0.011	-0.079	-0.019	-0.015	-0.016	-0.107	0.003			
	F4 -0.151	-0.149	-0.101	-0.151	-0.161	-0.167	-0.119	-0.174	-0.213*			
166-384ms	Fz -0.148	-0.221*	-0.140	-0.161	-0.127	-0.178	-0.165	-0.163	-0.225*			
	F3 -0.158	-0.198	-0.066	-0.181	-0.104	-0.095	-0.112	-0.146	-0.116			
	F4 -0.170	-0.215*	-0.089	-0.195	-0.196	-0.280**	-0.232*	-0.247*	-0.305**			
384-800ms	Fz -0.185	-0.199	-0.112	-0.168	-0.101	-0.201	-0.221*	-0.177	-0.233*			
	F3 -0.191	-0.169	-0.031	-0.136	-0.040	-0.101	-0.161	-0.143	-0.103			
	F4 -0.217*	-0.212*	-0.111	-0.264*	-0.192	-0.299**	-0.298**	-0.233*	-0.252*			
BAS 駆動												
90-166ms	Fz 0.142	0.158	0.220*	0.129	0.172	0.113	0.175	0.173	0.222*			
	F3 0.157	0.240*	0.234*	0.208*	0.176	0.159	0.189	0.238*	0.229*			
	F4 -0.017	-0.022	0.021	-0.058	0.043	0.017	-0.072	-0.005	0.023			
166-384ms	Fz -0.012	-0.020	0.063	-0.062	-0.007	-0.034	0.037	0.005	0.075			
	F3 0.031	0.070	0.093	0.046	0.073	0.068	0.096	0.118	0.151			
	F4 -0.124	-0.127	-0.136	-0.170	-0.100	-0.107	-0.112	-0.103	-0.064			
384-800ms	Fz 0.076	0.047	0.111	0.031	0.085	0.054	0.102	0.104	0.153			
	F3 0.118	0.115	0.135	0.130	0.138	0.149	0.152	0.172	0.197			
	F4 -0.021	-0.041	-0.044	-0.060	-0.011	-0.030	0.001	0.026	0.040			

* p < 0.05, ** p < 0.01

考察内で使用した記号)

A

B

C

D

表 2.4: F4 部位における ERP と感情価の相関

	物体			動物			人物		
	不快	ニュートラル	快	不快	ニュートラル	快	不快	ニュートラル	快
ERP と感情価の相関									
N1	0.058	0.075	0.015	0.088	0.043	0.085	0.108	0.122	-0.024
N2	0.094	0.075	0.082	0.155	0.124	0.116	0.126	0.054	0.138
LPP	0.242*	0.133	0.229*	0.303*	0.200	0.208*	0.234*	0.206*	0.132
感情価を制御した ERP と BIS の偏相関									
N1	-0.196	-0.201	-0.160	-0.170	-0.197	-0.205	-0.133	-0.233*	-0.235*
N2	-0.221*	-0.163	-0.255*	-0.191	-0.362*	-0.224*	-0.248*	-0.345**	-0.276*
LPP	-0.240	-0.241*	-0.179	-0.212	-0.189	-0.377**	-0.304**	-0.268*	-0.293*

* p < 0.05, ** p < 0.01

2.4 考察

2.4.1 BIS/BAS について

BIS 得点と BAS 得点の間には有意な相関はなかった (図 3.2)。先行研究でも BIS 得点と BAS 得点が相関することはなく、独立の因子であることが知られている (高橋他, 2007)。従って、先行研究と同様に BIS と BAS をそれぞれ独立した指標として扱うこととする。

2.4.2 主観評価について

本研究の主観評価の結果からは BIS が不快、BAS が快情動と関連することが示唆された。これは先行研究と概ね一致した (Balconi et al., 2009)。

Balconi et al. (2011) は覚醒度の高低にかかわらず高 BIS 被験者ほどネガティブ画像をよりネガティブに、覚醒的に評価するとしている。本研究においては、不快画像のなかでも動物及び人物条件で高 BIS 被験者ほどより不快と評価し、さらに人物条件においてより覚醒的であると評価した (図 2.5)。

不快条件における被写体のカテゴリーごとの刺激強度の違いとしては動物の画像が有意に不快、人物と物体には差がないと評価され (図 2.2)、覚醒度は動物と人物に差がなく、物体が有意に鎮静的であった (図 2.4)。従って、Balconi et al. (2011) の覚醒度は BIS 得点と感情価の相関とは関連しないとする結果とは異なるが、より覚醒的な画像に対して感情価との相関が見られたと言える。

さらに、Balconi et al. (2011) は高 BAS 被験者ほど覚醒度の高低にかかわらずポジティブ画像をポジティブに評価することも報告している。本実験では、同様の相関が人物条件においてのみみられる。ヒトに対する快が報酬として強く働き、報酬への反応性や接近欲求の高い個人の主観に影響したことで、人物の写真が持つ重要性がより個人差を顕著に示したと考えられる。

また、高覚醒のネガティブ画像におけるBAS駆動と覚醒度の正の相関も報告されている (Balconi et al., 2011)。これは駆動尺度が重要な環境からの合図に即時かつポジティブな反応を促進する、能動的な行動システムを反映していると言われていることから説明できるとしている。本研究においては、動物は最も低覚醒かつ快な画像であったため重要性が低い合図とみなされ、高BASが心理的な反応をより抑制する方向に働いたため覚醒度を低く感じたのではないかと考えられる。

以上をまとめると、BISと感情価、BASと覚醒度に相関が見られた理由は画像の感情価・覚醒度の影響が考えられる。一方で、BISと覚醒度、BASと感情価に見られた相関は人物条件にのみ見られたものであるため、人物の画像が持つ社会的な意義への反応である可能性がある。人物が不快情動を伴う場合は、潜在的な脅威であるので高BIS被験者ほど覚醒度を高く評価して注目しておく必要があり、快感情を伴う場合は報酬に対する反応性が強い個人ほど、より強い快感情を感じる要因となりうるということが考えられる。

2.4.3 ERPについて

ERPの結果は、初期成分がBIS、後期成分がBASと関連すると言う一般的な先行研究とは一致しない。しかしながら、最も注意を向けると考えられる人物条件に対しての反応の個人差にBIS及びBAS駆動がかかわることが示唆された。

まず、初期の注意の指標であるN1は物体及び人物のニュートラル・快条件において、BAS駆動得点が高いほど小さくなった(表2.3中のA)。先行研究では報酬となる刺激に対して高BAS被験者ほど初期の注意のリソースを集中させる場合があることが示唆されているが、それとは一致しない。快条件だけでなく、ニュートラル条件でも見られたということは高いBAS被験者ほど何らかの行動を促進する必要のない刺激を弁別し、リソースをそちらに向けないようにしたと考えることができるかもしれない。さらに、N1は不快刺激でニュートラル・快刺激よりも大きくなることが知られているため、BAS駆動の高い被験者は早期の段階から刺激をより快として認知したことも考えられる。その影響は主観評価におけるBASと感情価の相関に表れるように主観評価まで持続することが示唆された。

中後期成分については人物について情動にかかわらず右前頭 (F4) が BIS 得点と負の相関を示した (表 2.3 中の B)。回避に関連する BIS 得点が高いほど N2 が大きく、LPP が小さかった。

Carretié et al. (2004) は N2 は様々なサブコンポーネントから成り、自動的情動処理とその他の認知処理が混在しているとしている。様々な要因がある中で、本実験において N2 振幅を変化させる可能性のあるものは画像カテゴリ、覚醒度、扁桃体の活動が挙げられる。

まず、物体の方が風景と比べて 150-250ms において前頭部では大きい陰性のピークを示す Bradley et al. (2007)、動物と非動物 (風景・人工物) を見分ける課題において 150-230ms の時間帯で前頭部の陰性電位が大きくなる (Codispoti et al., 2007) 等、前頭部における N2 の反応は画像刺激のカテゴリカルな知覚に関与していることが示唆されている。従って、人物というカテゴリを弁別する際の N2 振幅が、より重要な刺激を弁別し回避するために、高 BIS 被験者において増大した事が考えられる。

覚醒度に関しては、N2 振幅は右前頭部において覚醒度の低い不快刺激に対して最も大きくなる (Feng et al., 2012)、200-300 ms に前頭部において陰性電位が覚醒度の高い快・不快画像よりも低い覚醒度のニュートラル画像で大きくなる (Amrhein et al., 2004) 等の報告がある。さらに、220-300 ms に early posterior negativity (EPN) と呼ばれる高覚醒度刺激に対して増大する陰性電位 (Rozenkrants and Polich, 2008) が重畳することもある。覚醒度で言えば人物条件は最も覚醒度が高いため、この反応はあてはまらない。

もう一つの可能性として、Olofsson et al. (2008) はこの 250ms 前後の時間帯の反応は扁桃体の活動と関連するとしている。例えば、不快刺激を伴う不確かな合図に対しての不安から島皮質と扁桃体活動が増大する (Sarinopoulos et al., 2010) が、同様の実験で N2 振幅の増大が見られた (Lin et al., 2014) ことから、N2 と扁桃体活動に関連があることが考えられる。また、Barrós-Loscertales et al. (2006) は扁桃体の灰白質量と BIS が正の相関を示すことを報告している。従って、BIS と N2 振幅との関連が見られた可能性もある。今回、人物条件および動物の快条件で見

られたことは、不快画像については被験者は同様に N2 振幅を変化させたが高 BIS 被験者ほど刺激として重要である人物および快画像にまで不安感をもった結果、N2 振幅に個人差が表れた可能性が考えられる (表 2.3 中の B)。

次に、LPP は注意の持続及び覚醒度に関連していると一般的に言われている。それに従えば、ほとんどの画像条件に対して BIS の高い被験者は注意を向けていない傾向があることが示唆された (表 2.3 中の C)。Balconi et al. (2011) においては LPP と BIS 得点がネガティブ画像 (覚醒度どちらも) 条件において正の相関を示した。本実験でも、LPP の時点で不快画像において有意な相関が新たに加わったが、相関関係が負であった (表 2.3 中の C、斜線部分)。RST から考えると、BIS は回避行動反応を必要とするネガティブや嫌悪に対してより大きく反応する (Everhart and Harrison, 2000) ので Balconi の結果は回避すべき刺激に対して高 BIS 被験者が注意を維持したとして解釈が可能であるが、逆に本研究はそれと反対に、高 BIS 被験者の方が注意を向けないという結果になってしまう。人物というカテゴリに対しては N2 において高 BIS 被験者がより強く反応している影響があることが伺えるものの、物体・動物条件においては高 BIS 被験者が不快刺激に対して注意を払わなかった事になってしまう。

ここで ERP と主観評価の相関について検討を行った。その結果、LPP と感情価について相関が有意でないものは物体ニュートラル、動物ニュートラル、人物快の 3 つのみであった (表 2.4)。N1、N2 においてはいずれの条件も感情価との相関は見られなかった。従って、LPP の振幅には主観評価が関わっていると考えられたため、主観評価を制御した LPP と BIS の偏相関を求めた。その結果、物体・不快条件は $r = -0.240$ 、動物・不快条件 $r = 0.212$ となり、いずれも有意な相関が見られなくなった (表 2.4)。すなわち、これらの条件における BIS と LPP の関連は、主観評価と LPP の相関によるもの ($r_s = 0.24, 0.30$) であった可能性がある。LPP は覚醒度による影響が強いとされているため、感情価と LPP の相関を直接示した文献は少なく、例えば月経中及び卵胞期後半の神経質得点が高い女性において LPP と感情価の相関が見られた (Zhang et al., 2013) など限定的である。性格特性に関わらず、より刺激に対して注意を持続させた被験者が刺激をポジティブにとらえ

たことは選好注視や単純接触効果で説明が可能かもしれない。

以上より、回避を司る BIS 得点は ERP では 150ms 以降で人物というカテゴリにより反応し、主観評価上では覚醒度の高い刺激をより不快に感じ、不快刺激のなかでも人物に対する覚醒度を高く評価した。一方で、高い BAS 被験者は人物の画像により快情動がより喚起された。さらに BAS の中でも駆動が N1 と関連したことから、高 BAS 駆動の被験者は早期の段階でニュートラル・快な物体・人物という能動的に行動する必要のない刺激を判別していることを示唆した。それと対応するように、高 BAS 被験者は低覚醒度・快の刺激に対する覚醒度を低く評価した。

従って、それぞれの認知の段階で、刺激に対する反応の個人差に BIS / BAS 性格特性がそれぞれ異なった作用をすると考えられる。まず、初期の注意段階で、BAS 駆動が快およびニュートラルな刺激を判別し、過剰な注意反応の抑制に関与しているをしている可能性がある。さらに、生物であれば共通に存在する接近／回避の行動パターンであるが、ヒトにおいては特に BIS が人物の存在の弁別の認知プロセスや主観評価の強化に影響していることが本研究より示唆された。快・報酬刺激の強化要因として人物の存在が働くことも示唆された。

しかしながら Fz 部位における N1、N2 振幅と物体のニュートラル条件における相関(表 2.3 中の D) は以上の考察からは言及できなかった。感情価がニュートラルな刺激はコントロールとして用いられる事が多いため先行研究でも言及が殆ど無く、画像のカテゴリとしても無生物は重要性は高くないと考えられる。これについては、同様に物体から発生するニュートラルな聴覚刺激を用いた実験を行った第3章と併せて考察したい。

第3章 聴覚刺激による印象評価・ERPと性格特性の関連性

3.1 はじめに

第2章では視覚刺激による情動反応に性格特性が関わることを示唆した。本章では、製品評価等の応用を見据えて、情動を喚起させない程度の日常的な聴覚刺激を用いて、性格特性の影響を検討する。

音質評価は、従来、楽器音や放送の音声信号、各種の記録メディアの再生音などに対して適用されることが多かったが、近年、自動車や家電製品といった、様々な機械製品の音に対して適用される例が増えている(岩宮他, 2010)。

特に、自動車業界においては音質が明確に商品魅力の一つであると認識されている。単に音量を抑えるだけでは消費者の購買意欲には寄与しない(Fahy and Walker, 1998)ため、様々な部位から発生する音質の向上を目的として数々の研究がなされている。

本研究では自動車のドア閉音を使用した。自動車ドア音は非常に短く、自動車本来の機能(走り)とは直接関係はないものの、製品の高級感や安全性のイメージと関係が深いとされており、SD法を用いた評価が多く行われている(Bezat et al., 2014; Kuwano et al., 2006)。

そのため、先行研究において主観評価による評価が多数なされており、穏やかで深い、重い音が心地よい自動車ドア閉音であるとする主観評価は文化が異なっても比較的共通していることが分かっている(Hansen and Weber, 2009; Kuwano et al., 2006)。従って、本研究の性格特性の影響を検討する際に妥当な刺激と考えられる。

3.2 方法

3.2.1 被験者

聴覚障害のない男性被験者 29 名（21～24 歳、平均 22.6 ± 1.9 歳）とした。被験者は右利きで聴力に異常がなく、聴能形成に関する教育を受けていない事を自己申告で確認した。被験者には事前に実験について説明をし、同意を得た。この実験は九州大学芸術工学研究院の倫理委員会に承認を得ている。

3.2.2 呈示刺激

刺激の素材とする衝撃音は自動車のドアの閉じるときに発生する音を用いた。半無響室にて車外で以下の機材を用いて録音した自動車の閉音 3 種類（最大音圧 65dB(A)）を用いた。マイク（type2671, Brüel & Kjær, Naerum, Denmark）、アンプ（type3053-B-1210, Brüel & Kjær）PC（DELL E6410 Latitude）、ソフトウェア（7796 型 Pulse Automotive Test Manager(PULSE-ATM For Narrow band), Brüel & Kjær）を用いて収録した。マイクは車の運転席ドア取っ手から横 40cm、後方に 80cm の位置に地面から 80cm の高さのマイクスタンドに設置し、録音後 44.1kHz に圧縮した。実験は暗騒音 30dB(A) 以下の騒音電波シールド実験室で行った。実験室内は気温 26 度、湿度 50 % であった。作成した音刺激はコンピューターに取り付けたオーディオカードからデジタル出力した。出力した信号はオーディオプロセッサ（SE-U55SX2, ONKYO Corporation, Osaka, Japan）、ローパスフィルター（NF DV8FL、遮断周波数 20000Hz）、デジタルイコライザー（bx iEQ-31, Harman, Stanford, CT, USA）、ヘッドフォンアンプ（AT-HA20, Audio-Technica Corporation, Tokyo, Japan）の順に通され、ヘッドフォン（T40RpmkIIIn, FOSTEX Company, Tokyo, Japan）から実験参加者の両耳に呈示された。刺激の音圧校正には、騒音計（TYPE2075, 株式会社ナガノ計装, Tokyo, Japan）、人工耳（TYPE 4153, Brüel & Kjær）を用いた。騒音計の校正には、音圧校正器（TYPE 4231, Brüel & Kjær）を用いた。

3 種類の呈示刺激の音響心理値は以下である (図 3.1)。音の波形及び周波数解析結果は付録に記載した。

表 3.1: 聴覚刺激の音響心理値

	音 A	音 B	音 C
スペクトル重心 (Hz)	828.1	1370.3	1219.7
ラウドネス (sone)	2.06	1.77	1.9
平均シャープネス (acum (Z))	0.106	0.0906	0.123
ラフネス (asper)	2.65	1.44	1.36

3.2.3 実験手順

被験者には前日から過剰な運動・飲酒を避け十分な睡眠を取ることと、2時間前からのカフェイン摂取と喫煙の禁止を指示した。被験者は電極装着後、モニターから 100cm 目を離して椅座位安静にし、ヘッドフォンを装着した。被験者には脳波測定中は呈示される聴覚刺激に集中することと、聴覚刺激と同時に呈示される注視点が表示されている間は瞬目を控えるよう教示した。3種類の自動車閉音を 1.5~2秒間隔でランダムに各 60回呈示するセッションを5分間の休憩を取りながら3回行った。実験後に3つの音に対して視覚的アナログスケールを用いて、0(快)-100(不快)の主観評価を行った。その後、日本語版 BIS/BAS 性格特性 (Kamide and Daibo, 2008) の回答を行った。

3.2.4 脳波測定・分析

脳波は 64ch 脳波キャップ (HydroCel Geodesic Sensor net) で採取し、アンプ (Net Amps 200 64channel EEG Amplifier) で増幅した後、脳波計 (Net Station ver4.1.2) により測定した。Cz 部位をリファレンスとし、電極の抵抗は実験中 100 k Ω 以下に保ち、0.1-400Hz bandpass ハードウェアフィルターを用いサンプリング周波数 500Hz で連続的に記録した。リファレンス電極は Cz とした。分析には、EMSE-data editor version 5.5 (Source signal imaging, San Diego, CA) を使用した。その際、bandpass フィルター (0.1- 60Hz、Filter Order : 2) を用い、61~64ch を除く全

電極の平均をリファレンスとした。個人データにおいて、ノイズの影響などによりデータが正常に記録されなかった電極は分析の対象外とした。 $\pm 60 \mu V$ を超えた瞬きなどのアーチファクトを含む試行を目視により取り除き、残りの試行に対して刺激呈示を 0ms として -100ms~800ms の範囲を加算平均し ERP 波形を得た。その際、-100~0ms までの平均値を波形全体から引くことで、ERP のベースライン補正を行った。加算回数は平均 125 回、SD=17.59 であった。第 2 章で頭頂部での相関が見られなかったため、前頭中央部を関心領域として近傍の電極の電位を平均した (3, 6 (Fz), 8, 9, 図 3.1 参照)。80-160ms を N1、450-800ms を LPP としてこの区間の平均値を各 ERP 成分の振幅とした。LPP においては 600ms 以降のアーチファクトによって 2 人を分析から除外した。

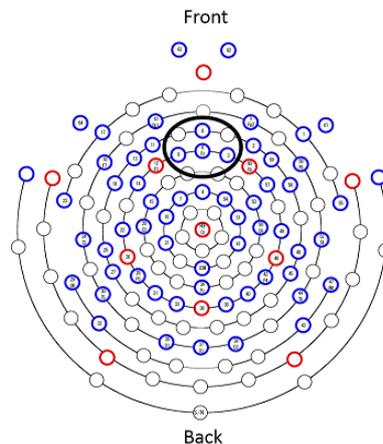


図 3.1: 電極配置と分析対象の範囲

3.2.5 統計解析

ERP 振幅、印象評価については 3 条件の音の平均値を用いた。R ver3.03 を使用し、 $p < 0.05$ を有意水準としてピアソンの回帰分析を行った。

3.3 結果

被験者の平均 BIS 得点は 2.85 ± 0.51 点、BAS 得点は 3.10 ± 0.46 点であった。BIS 得点と BAS 得点の間には有意な相関はなかった ($r=0.23$, 図 3.2)。

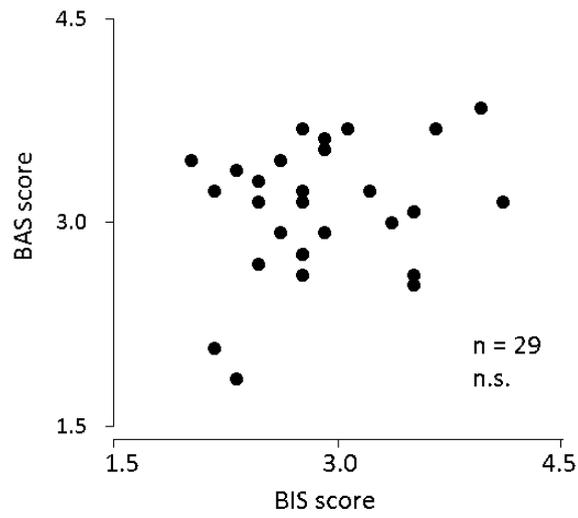


図 3.2: BIS/BAS 得点

被験者全員の平均 ERP 波形を図 3.3 に示す。

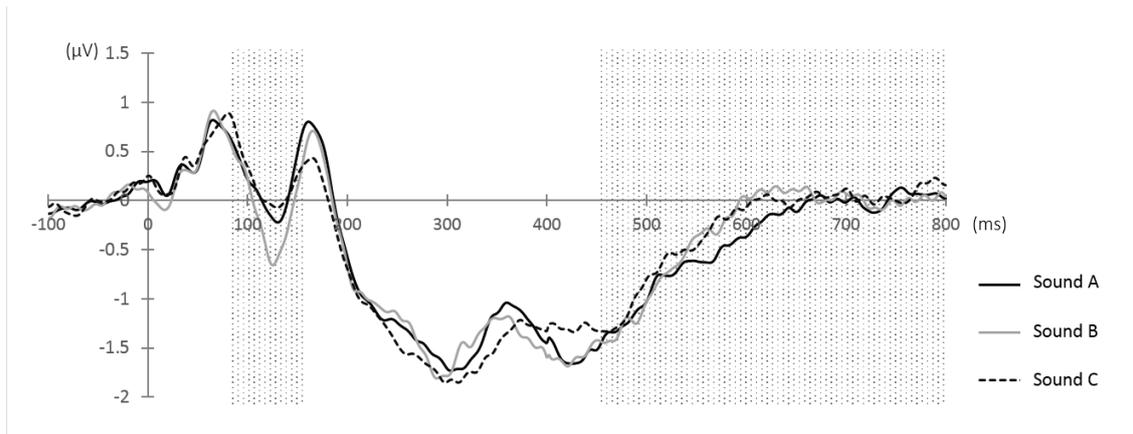


図 3.3: 前頭部の ERP 波形

表 3.2 に BIS/BAS と主観評価及び ERP の相関係数を示した。主観評価と BIS が有意な負の相関を示した (図 3.4(A))。BIS が高いほど音を快と評価した。N1 成分と BIS が有意な負の相関を示した (図 3.4(B))。N1 は陰性成分であるので高 BIS 被験者ほど N1 が大きい。LPP 成分は BAS 刺激探求と有意な正の相関を示した (図 3.4(C))。BAS 刺激探求が高い被験者ほど LPP が大きい。

表 3.2: BIS/BAS と主観評価及び ERP の相関

	快-不快 (n = 29)	80 to 160 ms (n = 29) N1	450 to 800 ms (n = 27) LPP
BIS	-0.58***	-0.33*	-0.19
BAS	0.14	0.04	0.18
BAS-Drive	0.20	0.17	0.14
BAS-Reward	0.11	-0.19	0.03
BAS-Fun Seeking	0.04	0.19	0.40*

* $p < 0.05$, *** $p < 0.001$

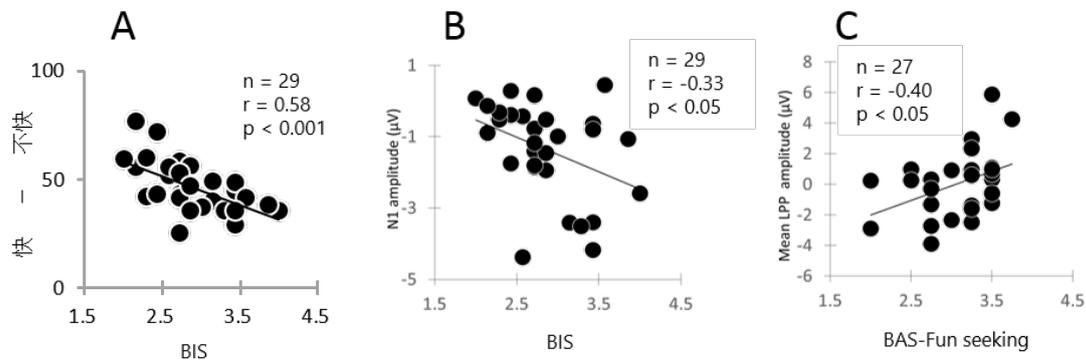


図 3.4: (A)BIS と主観評価 (B)BIS と N1 (C)BAS と LPP

3.4 考察

3.4.1 BIS/BASについて

BIS得点とBAS得点の間には有意な相関はなかった(図3.2)。先行研究でもBIS得点とBAS得点が相関することはなく、独立の因子であることが知られている(高橋他, 2007)。従って、先行研究と同様にBISとBASをそれぞれ独立した指標として扱うこととする。

3.4.2 主観評価について

BISが高い被験者ほど音を快と評価した(図3.4(A))。これは先行研究及び第2章の不快刺激(図2.5)において見られた相関とは異なる。本実験に用いた曖昧な音に対する評価は平均46.94とニュートラルに近いと考えられるが、最高77、最低25.67と大きくばらついている。第2章のように強い情動価を持った刺激と同時にニュートラル刺激を評価した時よりも個人差が顕在化したと考えられる。これは、より低い強度の情動を惹起した場合にのみ主観評価に対してかかるバイアスがあることが可能性として考えられる。例えば、主観評価にはネガティビティバイアス・ポジティビティオフセットと言うバイアスがある。刺激の強度が弱ければネガティブ感情よりもよりポジティブ感情に強く反応する傾向がポジティビティオフセット、刺激の強度が強くなるほどポジティブ刺激よりもネガティブ刺激に対して強く反応する傾向がネガティビティバイアスである(Cacioppo and Berntson, 1994)。このバイアスの強度の個人差に様々な性格特性や状態尺度が関わりとされている。BISに関してはネガティブな刺激に対するバイアスのかかり具合の強さ(ネガティブスロープ)と負の相関があり、BISが高いほど不快刺激におけるバイアスがかかりやすい(Ito and Cacioppo, 2005)。ネガティビティバイアスは刺激の強度が弱いとき、ネガティブ情動を弱く評価する傾向であるので、このバイアスがかかりやすい高BIS被験者が本実験の曖昧な音をより快と判断した可能性がある。

3.4.3 ERPについて

N1振幅とBIS得点との間には有意な正の相関があった(表3.2)。第2章でも同様に物体ニュートラル条件でN1振幅とBISに相関が見られた(表2.3)。BISとN1振幅が正の相関を示すこと(Balconi et al., 2011)が報告されており、それと矛盾しない結果となった。N1は一般的に選択的注意を反映する成分として知られている。本章における曖昧な音刺激においてもニュートラル条件と同様の現象が起こったと考えられる。本研究ではニュートラル刺激にのみ関連が見られたことにより、刺激の強度が強ければ特に注意のリソースを傾けなくても情報を得ることができるが、逆に刺激が弱ければ注意を払って回避行動を取るべきか否かを判断するという方策を高BIS被験者がとっている可能性が考えられる。

さらにBAS刺激探求得点とLPP振幅が正の相関があった(表3.2)。しかしながら、ERPの後期成分については覚醒度が強く影響するため快不快に対する反応は一貫した結果が得られていない。例えば、本研究のLPPと類似の区間の陽性成分P3b(439-630ms)は快刺激に対して前頭部で大きくなる(Delplanque et al., 2006)という報告がある。その一方で快、不快ともにLPPが大きくなる(Codispoti et al., 2007; De Cesarei and Codispoti, 2006)、若年者においてのみ快よりも不快でLPP振幅が大きい(Wood and Kiskey, 2006)など実験刺激の覚醒度の統制や実験プロトコルによって、LPPと感情価の関連は異なってしまう。

従って、単純に高BAS被験者が潜在的に快情動を感じたためLPPが大きく反応した、と考察することは難しい。覚醒度の他にLPP振幅を増大させる要因としてワーキングメモリ(WM)が挙げられる。例えばWMが大きい人ほどLPPが大きいという報告がある(Vogel and Machizawa, 2004)。さらに、ポジティブ刺激時のWM処理による左前頭皮質の活性とBASの関連が示唆されており、高BAS被験者はポジティブ情動画像呈示時にWMの活動が活発であることが報告されている(Harmon-Jones et al., 2010)。従って本実験においては、高BAS被験者が刺激に対してよりWMを活性化させ、その結果LPPが大きくなった可能性が考えられる。

一方、本研究では刺激が持つ覚醒度ではなく、被験者間で覚醒水準に差があったため高LPPを示した可能性は否定出来ない。BASに関連するとされる脳領域（大脳皮質、視床、線条体）は主に覚醒水準の維持に関わる (De Pascalis et al., 2005)。従って、高BAS被験者は覚醒水準を高く保っており、その結果高いLPPを示したとも考えられる。

しかしながら、本研究はBASの中でも下位尺度の刺激探求 (Fun-seeking) のみとの相関を示している。ERPを用いた先行研究において、Pe (164-360ms で表れる陽性電位) とBASの中でも刺激探求のみが特に相関し、前部帯状皮質 (ACC) の活動レベルとの関連が示唆されている (Boksem et al., 2006)。ACCは積極的な動機付けに関与する脳部位であり、快情動との関連もあると考えられる。

以上より、ヒトの日常的に生じる弱い情動反応の中でも不快情動に対する処理は100ms前後の早期に行われ、快情動に対しての処理は450ms以降の遅い時間帯に行われることが示唆された。ネガティブな脅威となりうる刺激に対しては初期の自動的注意に関連する処理が働き、ポジティブな刺激への反応はその後に続くという反応は刺激の生物学的意義に起因していると考えられている (Olofsson et al., 2008; Baumeister et al., 2001)。

不快情動に敏感とされる高BIS被験者ほどN100の反応が大きいことから、不快情動の処理は初期に行われることが先行研究と矛盾しない形で示唆された。快情動に敏感とされる高BAS被験者ほどLPPが大きいのは、快情動時のACCの活動がLPPに反映されたと考えられる。第2章と異なり刺激探求とLPPのみに相関が見られたのは、刺激強度から実際に行動へつながる駆動や報酬となりうるほどの快情動ではなく、興味を持つ程度の強弱の個人差が反映されたものと考えられる。

以上より、日常的な刺激においても主観評価およびERP反応に個人差が見られた。

このことは日常生活での刺激からうける情動反応が個人によって異なることを示唆する。例えば第3章における物音に対するN1とBISの相関係数 ($r=-0.33, n=29$) は、第2章における不快な人物画像に対するN2とBISの相関係数 ($r=-0.23, n=91$) と統計的に差がない ($X^2(1)=0.02, p>0.05$)。

第 3 章 聴覚刺激による印象評価・ERP と性格特性の関連性

従って、このような個人差について理解することは実験データのばらつきの統制をするなど生理指標を用いた製品評価への応用や、日常的なストレスケア等へに繋がる知見となると考えられる。

ただし、第 2、3 章で見られた相関係数及び説明率は性格特性と ERP について検討した先行研究と比較して特に低くはないものの、第 1 章で述べた製品の感性的評価への応用という観点から考慮すると大きくない。従って、さらに説明率の高い他の性格特性等についての検討等が必要となると考えられる。

また、本研究では単相関による指標間の関連の検討のみとなった。今後、性格特性と生理指標、行動の相互の影響について、パス解析や多変量解析等による検討が必要である。

第4章 ERP・主観評価と遺伝子多型の関連性

4.1 はじめに

第2章・第3章では性格特性と事象関連電位及び主観評価の関連を示した。本章では遺伝多型に注目し、中でもセロトニントランスポーター遺伝多型の影響を検討することとした。

神経伝達物質のセロトニン (5-hydroxytryptamine; 5-HT) は情動や社会的行動に大きな影響を及ぼすことで知られている。それに関連する遺伝多型においては、特にセロトニントランスポーター (5-HTT) の遺伝多型 (SLC6A4/ 5-HTTLPR) は様々な研究によって情動・認知活動に影響を及ぼしていることが示唆されている。

5-HTTLPR の調節領域の機能的多型は Short(s) 型 (14 回繰り返し) と Long(l) 型 (16 回繰り返し) の 2 つのアレルが存在する。s 型は l 型に比べ 5-HTT 遺伝子プロモーターへの転写効率が低く、有意にセロトニントランスポーター mRNA 及びタンパク質の生成が少なくなる。その結果、シナプス間隙のセロトニンの再取り込みが少なくなる (Lesch et al., 1996)。Lesch のグループは不安や回避特性に関する性格特性と s アレルとの関連を示唆し、それ以来、s アレルを持つ個人は不安に対する質問紙得点が高く、気分障害等の精神疾患との関連が示唆されてきた。健常者においても社会的行動や認知活動に多型間での違いが多数報告されている (Canli and Lesch, 2007)。例えば s アレルをもつ健常な被験者は嫌悪刺激に対して扁桃体活動が大きいこと (Hariri et al., 2002)、怒り表情に対する N400 が大きいこと (Battaglia et al., 2005) などが報告されている。先行研究では健常な成人被験者において l アレルがポジティブな情動的音声への N400 振幅が大きく、意味処理の段階で遺伝的な影響があることが示唆されている (Grossmann et al., 2013)。

さらに、5-HTTLPR は東アジアと諸外国でアレルの頻度が大きく異なることが知られている。具体的には s アレル頻度が南アフリカでは 28 %、イギリス・アメリカ・イタリア・ドイツ等は 40~50 %、中国が 70 %、日本と韓国が約 80 %とされている (Chiao, 2010; Gelernter et al., 1997)。

それだけでなく、欧米人の s アレル保持者は行動抑制を含む不安関連の指標が高いことが示唆されていたが、中国人の ss 型は行動抑制得点が低く (Chen et al., 2014)、不安得点が高く前頭前野と扁桃体の結合が弱い (Long et al., 2013) など、被験者集団によって一致した結果が得られていない。日本人においても l アレルはコーカソイドでの先行研究に反して、アルコールによる反社会的行動 (Ishiguro et al., 1999) や喫煙 (Ishikawa et al., 1999) のリスクが増加することが示唆されている。

さらに、日本人の ss 型は表情の変化に素早く反応するが、アメリカ人やアメリカで育ったアジア人では ss 型のほうが反応が遅い (Ishii et al., 2014) ことなどから、同一の多型であっても環境によって刺激に対する反応が変化する可能性が示唆されつつある。

第 2 章で指摘したとおり、感情価だけでなくどのような刺激に対して顕著に反応するかを知ることは、その個人差をもたらす要因の意義について考察する上で重要であると考えられる。しかしながら、現状 5-HTTLPR 多型は特に社会的な認知、行動に影響を及ぼすと考えられているので、先行研究は顔画像を用いたものが多数を占め、人物とそれ以外を比較したものは見当たらない。そこで本章では、第 2 実験と同様に被写体と感情価の組み合わせを検討することにより、遺伝多型によって重要な刺激が異なるかどうかを明らかにすることを目的とした。

また、第 3 章に示したようにドア音のような環境音に対する反応の個人差には性格特性が関与することが示唆された。そこで第 3 章と同じ聴覚刺激による実験も同時に行い、5-HTTLPR 多型が生理心理反応へ及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

4.2 方法

4.2.1 被験者

視覚刺激を用いた実験には第2実験と同一の健康な日本人男子大学生・院生93名(19~25歳、平均 22.6 ± 1.3 歳)を被験者とした。聴覚刺激の実験には、聴能形成に関する教育を受けた経験のある25名を除外して67名(19~24歳、平均 22.6 ± 1.1 歳)を対象に実験を行った。被験者には事前に実験について説明をし、同意を得ている。この実験は九州大学芸術工学研究院及び医学研究院の倫理委員会に承認を得ている。

4.2.2 遺伝子分析

実験前に被験者から唾液を採取した。DNAはSaliva DNA Isolation Kit (Cat# 45400, NORGEN, Canada)を使用して抽出した。抽出後PCR増幅をThermal cycler GeneAtlas E (ASTECH, Fukuoka, Japan)によって行った。PCRは変性を98℃で10秒、アニーリングを61℃で5秒、伸長を72℃で2秒のサイクルを35回繰り返した。反応液はテンプレートDNAを5 μ l, Prime STAR MAX DNA Polymerase (TAKARA BIO, Ohtsu, Shiga, Japan)を25 μ l, 各プライマーを1.25 μ l含む。プライマー(5-HTTLPR; Forw.: GGCGTTGCC GCTCTGAATTGC と Rev.: GAGGGACTGAGCTGGACAACCCAC)はHeils et al. (1996)に従った。PCR増幅後の生成物は3%のアガロースゲルを用いて40分間100Vで電気泳動し、エチジウムブロマイド溶液で染色した。512bpをlアレル、469bpをsアレルとした。12名の被験者が多型判別不可能であったため以降の分析から除外した。

視覚刺激実験における被験者の5-HTTLPR遺伝多型の割合はll (6.17% n=5), sl (27.16% n=22), ss (66.67% n=54), であり、Hardy-Weinberg平衡からの有意な逸脱はなかった($X^2(1) = 2.04, p > 0.05$)。

聴覚刺激実験における被験者の5-HTTLPR遺伝多型の割合はll (5.97% n=4), sl (26.87% n=18), ss (67.16% n=45) であり、Hardy-Weinberg平衡からの有意な逸脱はなかった($X^2(1) = 1.33, p > 0.05$)。Hardy-Weinberg平衡が成立してい

ることから、遺伝子タイプの分析ミスがないことを確認した。

また、視覚刺激・聴覚刺激の被験者集団間に遺伝子頻度の差はなかった ($X^2(2)=2.42$, $p> 0.05$)。

4.2.3 呈示刺激・実験手順

第 2 章、第 3 章と同様に行った。

4.2.4 脳波測定・分析

脳波測定については第 2 章、第 3 章と同様に行った。

分析については、画像刺激実験においては第 2 章と同一である。

聴覚刺激実験においては、 $\pm 100 \mu V$ を超えた瞬きなどのアーチファクトを含む試行を取り除き、残りの試行に対して刺激呈示を 0ms として -200ms~800ms の範囲を加算平均し ERP 波形を得た。その際、-200~0ms までの平均値を波形全体から引くことで、ERP のベースライン補正を行った。加算回数は平均 94.9 回、SD=15.59 であった。68-126ms、126-258ms、260-378ms、380-520ms、520-800ms の 5 区間に分け、それぞれの平均値を各 ERP 成分の振幅とした。

4.2.5 統計解析

II 型の被験者が極端に少ないため、全被験者を ss 型と sl+ll 型の 2 群に分けて分析を行った。BIS/BAS 質問紙得点については ss 型が 54 名、sl+ll 型が 27 名を対象とし等分散を仮定した t 検定を行った。

視覚刺激実験においては、主観評価は ss 型が 54 名、sl+ll 型が 27 名を対象とした。脳波については、ss 型の 1 名がデータ欠損のため ss 型 53 名、sl+ll 型 27 名を分析対象とした。遺伝タイプ (ss/sl+ll)・被写体 (物体/動物/人物)・感情価 (快/ニュートラル/不快) を要因とした 3 元配置分散分析を行った。

聴覚刺激実験においては、主観評価は ss 型が 44 名、sl+ll 型が 22 名を対象とし、遺伝タイプ (ss/sl+ll)・音条件 (A/B/C) の二元配置分散分析を行った。脳波に

については ss 型が 53 名、sl+ll 型が 27 名を対象に、遺伝タイプ (ss/sl+ll)・音条件 (A/B/C)・電極部位 F3/F4 を要因とした 3 元配置分散分析を行った。

Mendoza の多標本球面性検定を行い、被験者内効果について Greenhouse-Geisser のイプシロンにより自由度補正を行った。下位検定には Shaffer の方法を用いた。統計ソフトは R (ver. 3.03) を使用し、検定における有意水準は 5%未満とした。

4.3 結果

4.3.1 BIS/BASと5-HTTLPRの関連

図4.1に遺伝子タイプごとのBIS/BAS質問紙得点を示した。遺伝タイプごとにBIS得点には有意な差はなかった($t(79) = 1.003, p > 0.05$)。BAS及び各下位尺度の得点において有意な差はなかった(BAS: $t(79) = 1.003, p > 0.05$, BAS 駆動: $t(79) = 0.727, p > 0.05$, BAS 報酬反応性: $t(79) = 1.915, p > 0.05$, BAS 刺激探求: $t(79) = 0.199, p > 0.05$)。

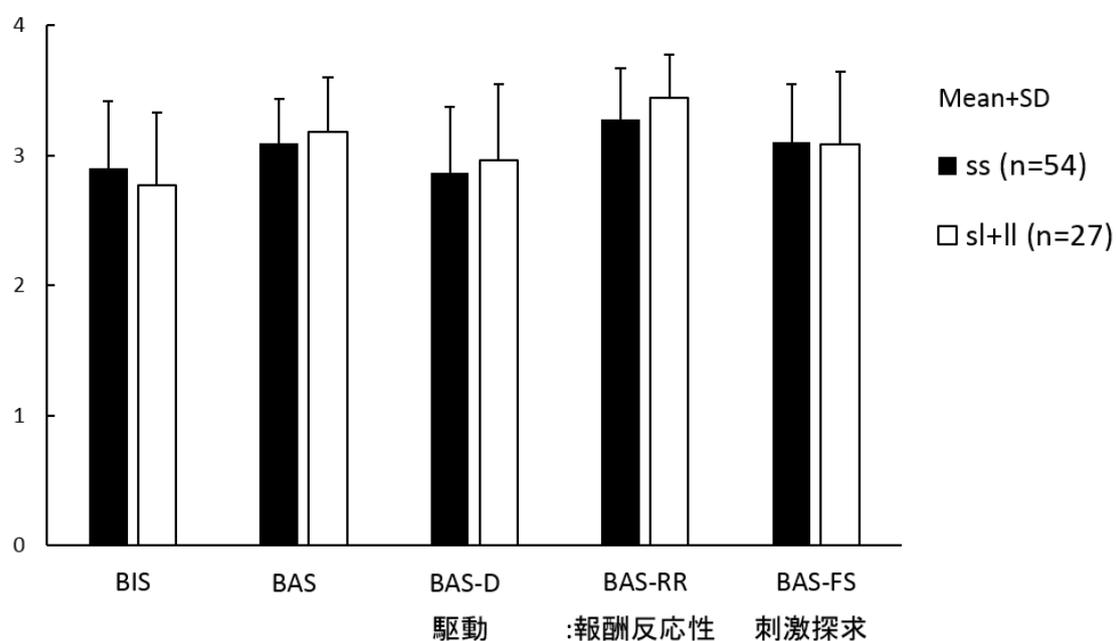


図 4.1: 遺伝多型別のBIS/BAS性格特性

4.3.2 視覚刺激実験

遺伝多型との印象評価の関連

快-不快、覚醒-鎮静のどちらの主観評価においても、遺伝多型による主効果及び交互作用はなかった。

図 4.2 に感情価の結果を示した。被写体、感情価の主効果が有意であり ($F(2,156)=74.922, p < 0.01$ 及び $F(2,156)=28.061, p < 0.011$)、それらの交互作用も有意であった ($F(4,312)=7.546, p < 0.01$)。

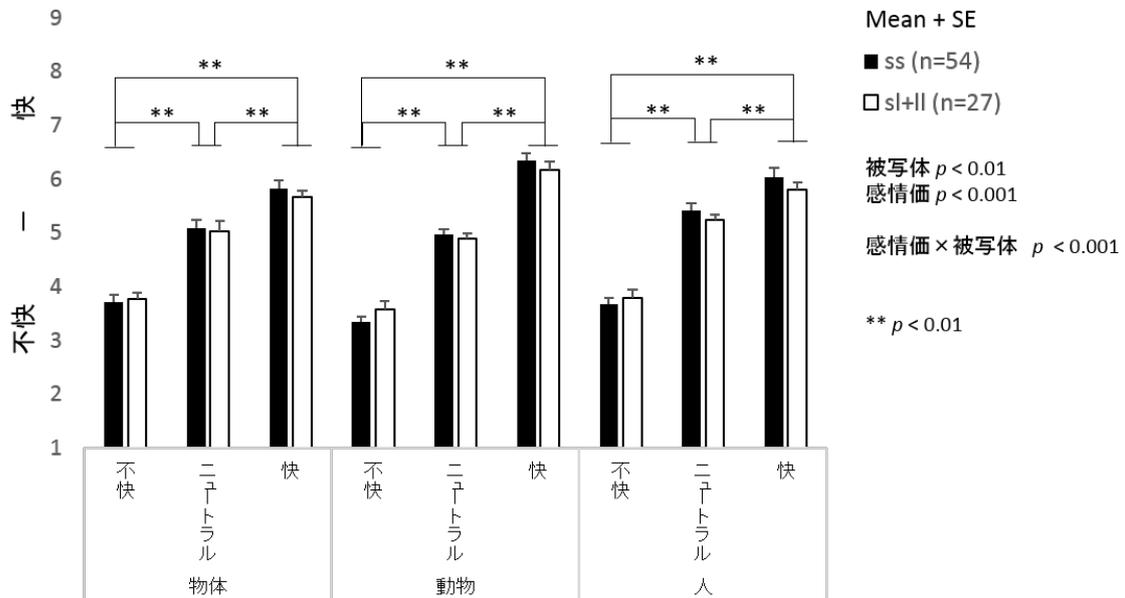


図 4.2: 視覚刺激の主観評価 (感情価)

図 4.3 に覚醒度の結果を示した。被写体、感情価の主効果が有意であり ($F(2,156)=74.922, p < 0.01$ 及び $F(2,156)=28.061, p < 0.01$)、それらの交互作用も有意であった ($F(4,312)=7.546, p < 0.01$)。

図 4.4 に感情価・覚醒度をそれぞれ被写体のカテゴリ別に示した。

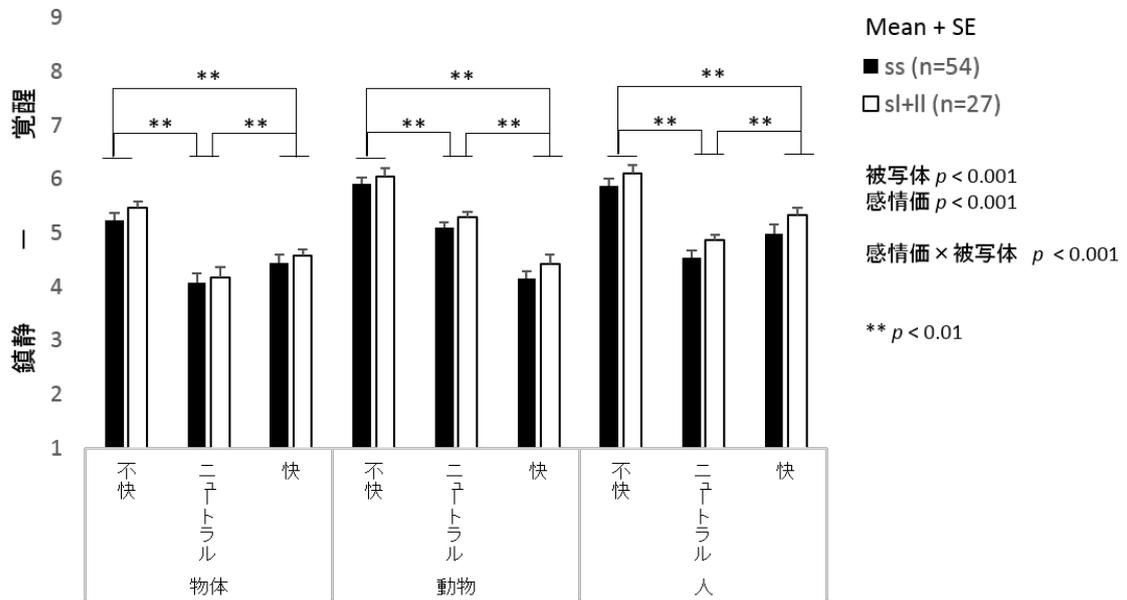


図 4.3: 視覚刺激の主観評価 (覚醒度)

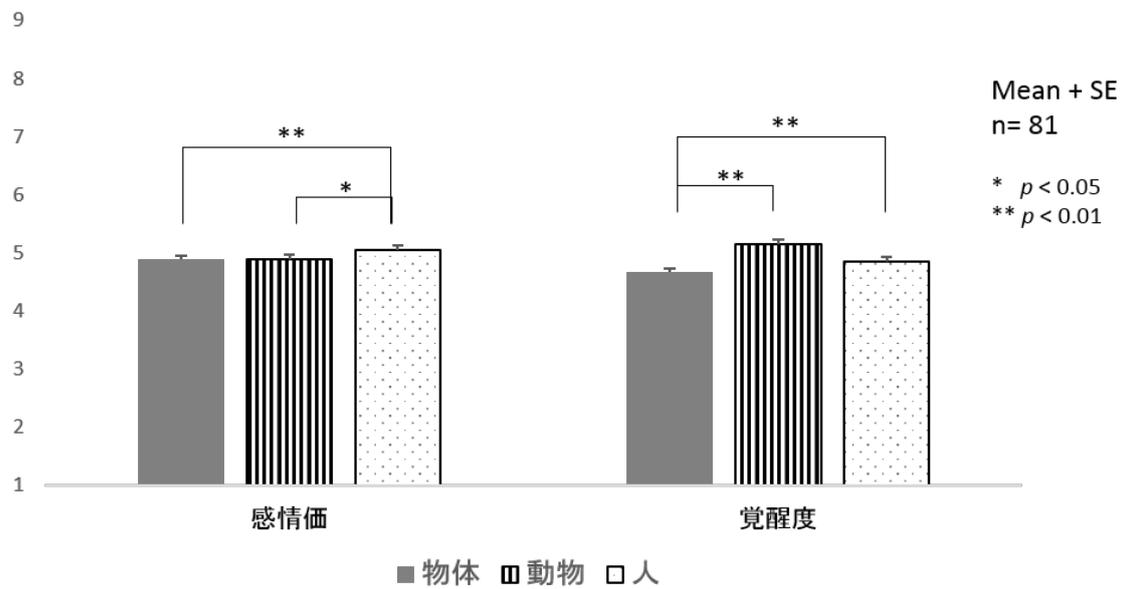


図 4.4: 被写体別の視覚刺激の主観評価

遺伝多型と ERP の関連

Fz 部位における ERP 波形と分析区間を図 4.5 に示した。

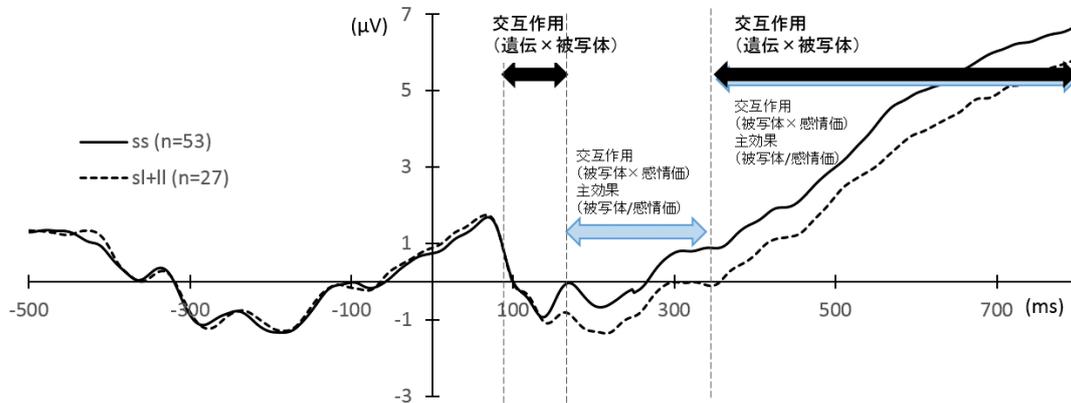


図 4.5: 前頭部の ERP 波形

N1 (90~166ms) は遺伝の主効果がなく、被写体と遺伝の交互作用が有意であった ($F(2,156)=5.395, p < 0.01$)。その他の要因については主効果、交互作用ともに有意でなかった。

N2 (166ms~384ms) については遺伝の主効果、交互作用ともに有意でなかった。

LPP (384-800ms) については遺伝の主効果はなかった。遺伝と被写体の交互作用が有意であった ($F(2,156)=3.9964, p < 0.05$)。被写体、感情価の主効果が有意であり (被写体: $F(2,156)=74.922, p < 0.01, \eta^2=0.0466$ 感情価: $F(2,156)=28.061, p < 0.01$) さらにそれらの交互作用も有意であった ($F(4,312)=7.546, p < 0.01$)。

このうち、遺伝要因の交互作用が有意であった 90-166ms 平均値と 384-800ms 平均値の下位検定を以下に示す。

N1 について被写体と遺伝の交互作用の下位検定の結果、sl+ll 型において有意差があった ($F(2,52)=5.683, p < 0.01$) (図 4.6)。物体 vs 人、物体 vs 動物、人 vs 動物はそれぞれ $t(26)=3.2094, p < 0.01, t(26)=2.8313, p < 0.01, t(26)=0.0594, p = 0.9531$ であり、物体が人物・動物条件よりも有意に小さかった。

LPP について被写体と遺伝の交互作用の下位検定の結果、どちらの型においても有意差が見られた (ss 型: $F(2,104)=73.3441, p < 0.01$; sl+ll 型: $F(2,52)=23.3101,$

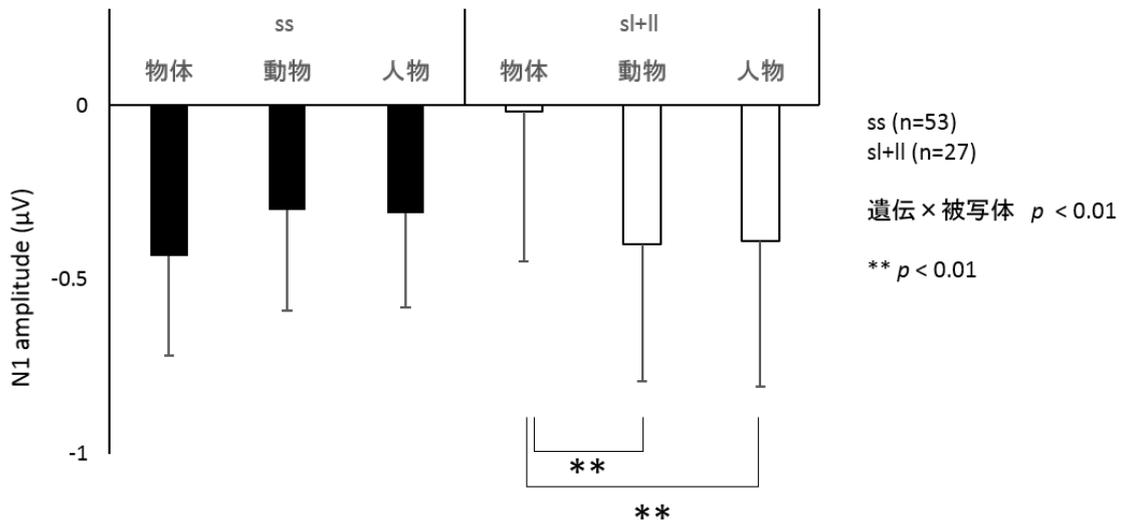


図 4.6: N1 振幅

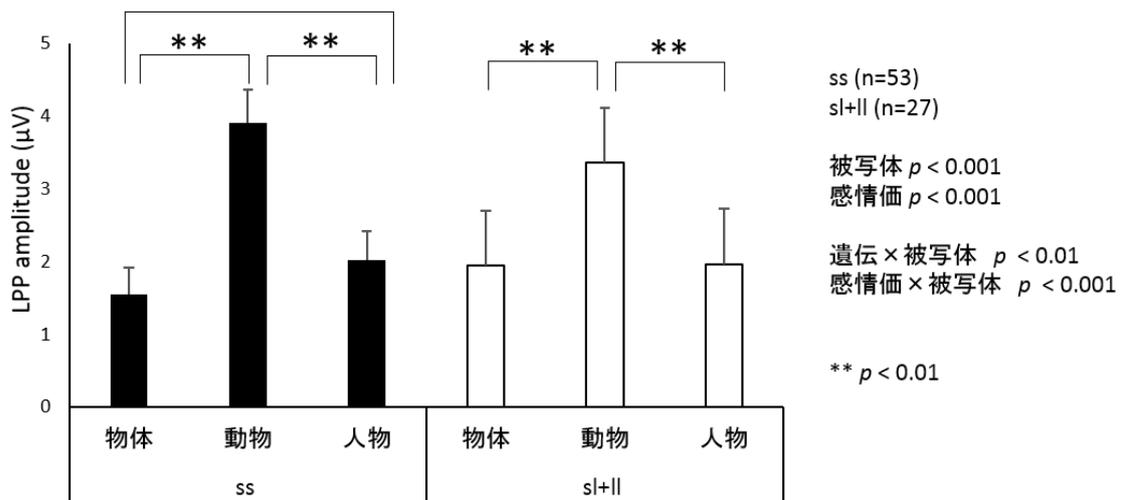


図 4.7: LPP 振幅

$p < 0.01$) (図 4.7)。ss 型においては物体 vs 人、物体 vs 動物、人 vs 動物はそれぞれ $t(52)=2.5778, p < 0.05$ 、 $t(52)= 12.0395, p < 0.01$ 、 $t(52)= 8.0071, p < 0.01$ であった。sl+ll 型においてはそれぞれ $t(26)=0.0426, p > 0.05$ 、 $t(26)= 6.2727, p < 0.01$ 、 $t(26)= 5.9565, p < 0.01$ であった。

4.3.3 聴覚刺激実験

主観評価

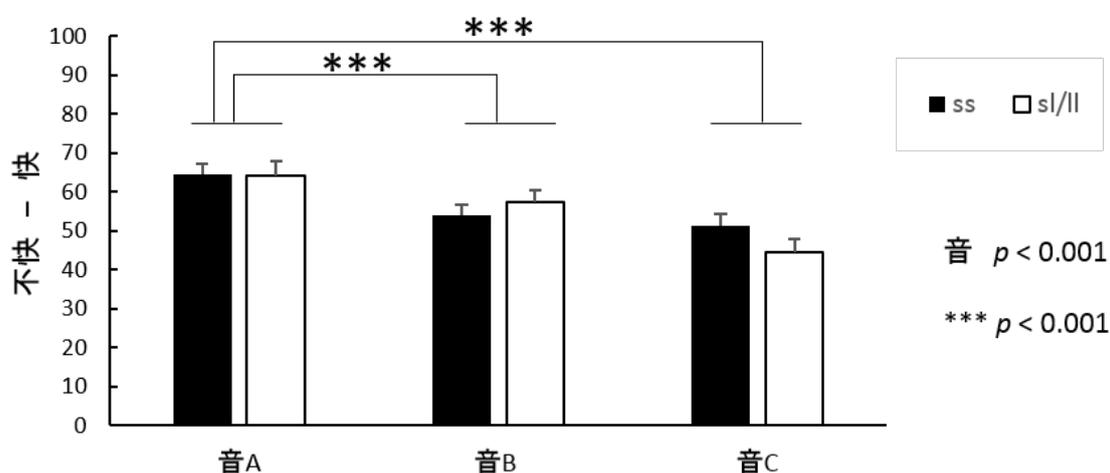


図 4.8: 音の種類ごとの主観評価

主観評価において遺伝要因の主効果は有意ではなかった ($F(1,65)= 0.0316, p > 0.05$)。音条件の主効果は有意であり ($F(2,130)= 8.4749, p < 0.01$)、下位検定の結果、音 A vs 音 B、音 A vs 音 C、音 B vs 音 C はそれぞれ $t(65)=3.8733, p < 0.01$ 、 $t(65)=3.5146, p < 0.01$ 、 $t(65)=0.8910, p > 0.05$ であった。遺伝と音条件の交互作用は有意ではなかった ($F(2,130)=0.015, p > 0.05$)。

ERP について

まず、各時間帯における主効果及び交互作用を図 4.9 に示す。

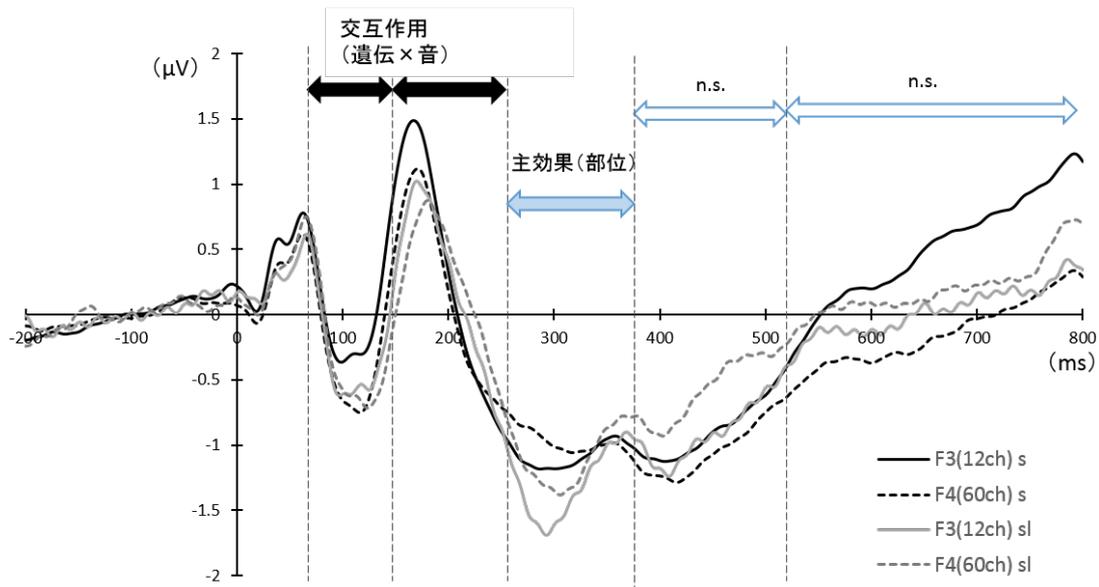


図 4.9: 前頭部の ERP 波形

このうち、遺伝要因の交互作用が有意であった 68-126ms (N1) 平均値の下位検定を以下に示す。

68-126ms 平均値 (N1)

N1 振幅に遺伝要因の主効果はなかった ($F(1,64) = 0.4780, p > 0.05$) (図 4.10)。音条件の主効果は有意であった ($F(2,128) = 3.9411, p < 0.01$)。下位検定の結果、音 Avs 音 B、音 Avs 音 C、音 Bvs 音 C はそれぞれ $t(64) = 2.5572, p = 0.0129$ 、 $t(65) = 2.5285, p = 0.0139$ 、 $t(64) = 0.0925, p > 0.05$ であった。遺伝と音条件の交互作用は有意であった ($F(2,128) = 3.5558, p < 0.05$)。下位検定の結果、各 A,B,C 条件における遺伝による差は $F(1,64) = 2.5640, p > 0.05$ 、 $F(1,64) = 0.0198, p > 0.05$ 、 $F(1,64) = 0.0119, p > 0.05$ と有意ではなかった。ss 型における音条件ごとの差は有意ではなかった ($F(2,86) = 2.7224, p > 0.05$)。sl+ll 型における音条件ごとの差は有意であり ($F(2,42) = 3.7782, p < 0.05$)、音 Avs 音 B、音 Avs 音 C、音 Bvs 音 C はそれぞれ $t(21) = 2.6972, p < 0.05$ 、 $t(21) = 1.6886, p > 0.05$ 、 $t(21) = 1.1963, p > 0.05$ であった。

電極位置の主効果はなかった ($F(1,64) = 1.8057, p > 0.05$)。電極位置と音条件

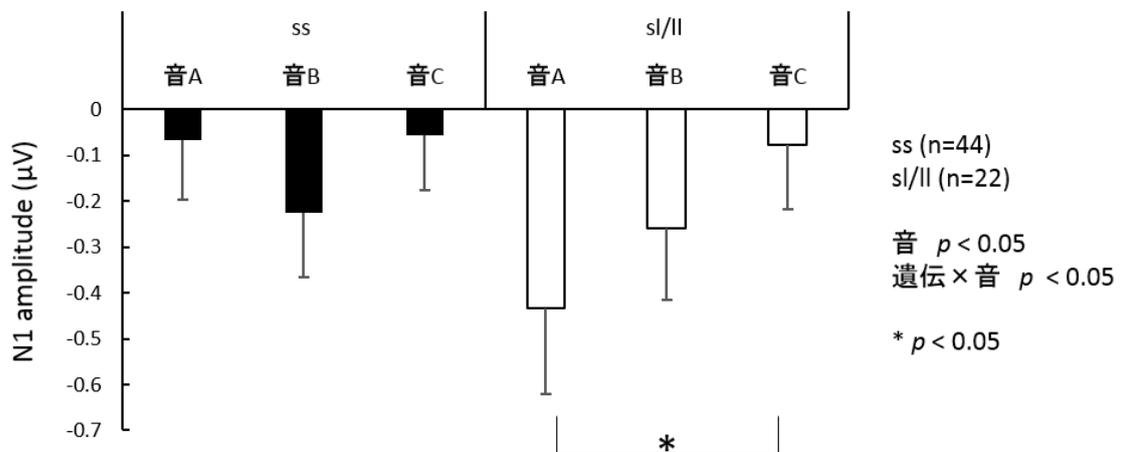


図 4.10: N1 振幅 (68-126msms)

の交互作用はなかった ($F(2,128) = 0.5668, p > 0.05$)。3 要因の交互作用はなかった ($F(2,128) = 0.1063, p > 0.05$)。

4.4 考察

4.4.1 BIS/BAS について

BIS/BAS 及び下位尺度において、遺伝子多型間で有意な差はなかった。5-HTTLPR の s アレルと BIS 得点の関連を示唆した報告と比べて少ない被験者数だったために差が検出できなかった可能性はあるものの、Whisman et al. (2011) の報告以降にセロトニンと BIS が直接関連する事を示す報告は見当たらない。その理由としては BAS とドーパミン系に比べて複雑な関連がセロトニンと BIS には想定されていることが考えられる。第 1 章で概略を述べたように BAS は腹側被蓋野と側坐核の比較的単純なシステムが想定されているが、BIS に関する脳内システムは中隔・海馬系に加え Papez の回路も含まれる (Pickering et al., 1999; 国里他, 2007)。その為、BAS に対しては単一のドーパミンに関する遺伝多型との関連を見出すこと

ができ、BIS とセロトニン遺伝多型の関係については明らかになっていないと考えられる。

4.4.2 主観評価について

主観評価においては、視覚・聴覚実験ともに遺伝多型の差が見られなかった(図 4.2、図 4.3 及び図 4.8)。不快情動時に扁桃体の活動が s アレルによって高まる事などから、s アレルは不快刺激に対してより不快と評価すると予想されたが、画像刺激を用いた先行研究でも主観評価と 5-HTTLPR 多型に関連がないという結果が複数得られている (Firk et al., 2012; Palit et al., 2011; Brocke et al., 2006)。扁桃体活動よりも海馬と眼窩前頭皮質の活動がより主観評価と相関する (Garrett and Maddock, 2006; Zald, 2003) ため、主観評価と 5-HTTLPR の関連が見られないと考察されており、本研究もそれに類似する結果であると言える。

4.4.3 ERP について

(I) 初期成分 N1 について

視覚刺激実験において、N1 は l アレルを持つ被験者が物体よりも動物及び人物に対して注意を向けていることを示した。一方で、ss 型は被写体間で N1 の振幅については差がなかった(図 4.6)。すなわち、覚醒度の高い 2 種類の画像に対して、選択的に注意を向けることができたのが sl+ll 型、一方でそのような初期注意のソースに差をつけていないのが ss 型である可能性がある。これについては聴覚刺激実験においても類似の結果(図 4.10) が得られている。聴覚刺激実験において、N1 は音 A において有意に振幅が異なることを示唆した(図 4.10)。そこで、まず N1 に関して考察する。

音刺激に対する 5-HTTLPR 多型による生理反応の差異については、1000Hz 純音による頭頂・側頭部における聴覚誘発電位の強度依存性 (Intensity dependence of

auditory-evoked potentials: IDAP) を、中枢セロトニン作動性神経伝達の指標として扱った研究が多数存在し、健常者においてはII型において大きい (Strobel et al., 2003; Hensch et al., 2006) と報告されている。Gallinat et al. (2003) は N1/P2 から算出した Loudness dependence (LD) という指標がII型で小さく、聴覚野の活動が低い可能性を示唆した。

今回分析を行った前頭部 N1 は一般的に選択的注意の指標であり、IDAP および LD とは異なると考えられる。5-HTTLPR と ERP 初期成分について言及したものは少ない。Enge et al. (2011) は純音に対する N1 成分を IDAP と分離し 5-HTTLPR 多型で比較したが、有意な差はなく、この遺伝多型が注意パフォーマンスを説明するのに十分でない事を示唆した。視覚実験・聴覚実験いずれにおいても、本結果では N1 振幅と遺伝タイプの主効果は見られなかった。従って本結果はこれを支持する結果と言え、視覚、聴覚共に初期注意に遺伝多型間の差がないことを示唆した。

一方で、視覚・聴覚実験どちらにおいても sl+II 型のみが刺激の種類との相互作用を示した (図 4.10、図 4.6)。従って、1 アレルを持つ被験者は刺激の種類によって注意が異なる可能性がある。

sl+II 型の被験者において、画像刺激で N1 が最も小さかったのが物体条件であった。物体条件は主観評価で最も鎮静的と評価されており (図 4.3)、第2章で考察したように物体は重要性の低い刺激である。従って sl+II 型の被験者ではそれ以外の動物・人物条件の N1 が増大した、つまり、より注意をひいたことが推察される。

聴覚刺激の主観評価においては音 A に対する N1 振幅が最も大きく、注意を引いたと考えられる。音 A、B、C のスペクトル重心は 828.1, 1370.3, 1219.7(Hz) と音 A が最も低く、ラウドネスは音 A が他と比べて 0.3~0.1sone 大きい (表 3.1)。従って、音 A は他の音と比べてやや低音で大きく聴こえた可能性がある。しかしながら、これらの物理的要因に sl+II 型のみが反応して N1 振幅を増大させたことは、前述の LD の研究から II 型は聴覚野の反応が抑制されている可能性があるため考えにくい。もう1つ考えられる音 A の特徴は主観評価にあり、図 4.8 に示すように音 A は最も快と評価されているため、すなわち快い音という重要性の高い音として捉えられた可能性がある。

しかしながら、従来 s アレルを持つヒトがストレス反応を強く示すことが注目されたため、l アレルと刺激への敏感さの関連を示す研究は多くはない。反応時間を用いた実験により ll 型にはネガティブ刺激の選択的回避と同程度にポジティブ刺激を選好するバイアスがあることが示唆されている (Fox et al., 2009)。本研究において画像条件の動物・人物条件に対する注意と、快音に対する選択的な注意はこの事と関連があると考えられる。すなわち、回避や選好を必要とするような生物に対する注意反応が sl+ll 型にのみ起こったことが推察される。

従って、本実験の聴覚刺激においては、より快と評価された刺激への注意反応の増大が sl+ll 型において見られたことから、l アレルの持つポジティブ刺激への反応バイアスが、先行研究よりもさらに初期段階から注意の差として生じていることが示唆される。

以上から、刺激全体に対する注意反応については遺伝タイプ間で差がないものの、ss 型は全ての刺激に同様の注意を払うのに対して、sl+ll 型には刺激種類のバイアスによる差が初期の注意段階から存在することが示唆された。

(II) 後期成分について

聴覚刺激実験においては、N3 以降の成分において遺伝ごとの有意差はなかった (図 4.9)。これは、今回の刺激においては注意の持続や覚醒度に対する遺伝的な影響が小さかったためであると考えられる。

一方、視覚刺激実験の LPP において、遺伝要因と画像条件の交互作用があった (図 4.7)。どちらの遺伝多型においても共通して動物に対する LPP が大きかった。LPP は覚醒度に対して振幅が大きくなるため、主観評価に従うなら動物と人物に対して同様に大きくなることが予想されたが、何らかの理由で遺伝多型に関係なく動物のみに対する注意が大きくなった。LPP が増大する要因としては画像の新規性や画像の明度、彩度等が他の条件より大きかった可能性が考えられるが、今回は遺伝要因での差がなかったため検討しない。

動物条件以外を考慮すると、ss 型は人物と物体に異なる LPP 振幅を示したため、両者に異なる注意を向けているが、sl+ll 型は人物と物体に向ける注意には差がな

い可能性が示された(図4.7)。

初期のN1成分においてはsl+ll型において選択的な注意が働き、後期成分においてはss型が人物に注意を向けていることから、両者には刺激に対する反応のプロセスに違いがある可能性がある。刺激の種類によって注意が潜在的に遺伝タイプによって異なることは、その刺激を知覚して受け入れるまでのタイミングや方策が遺伝タイプによって異なる事を示唆しているかもしれない。

なお、LPPにおいてss型が人物と物体を弁別し、sl+ll型では差がないことについては日本人男性においては表情を判別する時、ss型は笑顔に対して敏感さが高いがsl+ll型においては差がない(Koizumi et al., 2013)、sl+ll型よりもss型が素早く反応する(Ishii et al., 2014)など、ss型が人の顔に対して敏感である事を示した類似の先行研究がある。これらは日本人のみに見られる反応であり、曖昧かつ非言語的なコミュニケーションを行うことの多い日本人社会の環境の影響を受けたことが原因であると考察されている。これらは行動指標によって示唆された遺伝と環境の相互作用であるが、本研究においてLPPの段階でss型が人物に対して反応の差異があることが示唆された。Grossmann et al (2013)はN400反応の5-HTTLPR遺伝多型による違いが乳児では見られなかったことから、後期成分が社会環境的な影響を受けることを示唆している。第2章で画像カテゴリとN2の反応が関連する事を述べたが、そこで言及した知覚の段階での画像の弁別ではなく、記憶や意思決定等、より高度な認知活動に関わるとされるLPP(Finnigan et al., 2002)において差が見られたということは、後天的な社会環境の影響によって学習されたものであり、ss型はその影響を受けやすいという説に一定の根拠を与えることができると考えられる。

4.4.4 視覚刺激実験の感情価について

従来、多数の先行研究が情動反応と5-HTTLPRの関連を示唆していながら、本実験ではいずれの成分においても感情価と遺伝の相互作用が見られなかった。その理由としては5-HTTLPR多型が情動処理に関与するとされる根拠の基本である、扁桃体活動とsアレルの関連が近年疑問視されている事に関連するかもしれない。

Murphy et al. (2013) と、それに未出版のデータを加えた Bastiaansen et al. (2014) によるメタアナリシスでは、5-HTTLPR が扁桃体活動に与える影響は従来考えられていたよりもはるかに小さい、または有意ではないことを示唆した。さらにこれらの研究を受けて行われた、120 人を対象にした実験でも情動と脳活動の関連がなかったとしている (Bastiaansen et al., 2014)。この説に従えば、本研究は情動価による違いを検出できず、刺激の種類による ERP の違いがより顕著に表れたと言える。

また先行研究には顔と図形または注視点の比較を行っているものが半数近くあり (Murphy et al., 2013)、これが現状においては情動の違いとして考察されているが、図形と人物のカテゴリの知覚を反映している可能性もあるかもしれない。

従って、以上に述べた画像の被写体と遺伝多型の交互作用のみが表れたことは妥当であり、感情価だけでなく、異なる刺激対象への反応の差異を検討することの重要性を示唆するものであると考えられる。

4.4.5 まとめ

本研究より、初期成分において主観的に異なると判断した刺激に対して sl+ll 型に注意のバイアスがあり、後期成分では ss 型が従来考えられてきた社会的刺激（人物）に対する反応の違いが見られた。前者は数は少ないものの欧米で関連すると思われる研究が見られ、後者は日本人独自の反応とする研究との類似点があった。これは初期成分の示す注意には人類共通の傾向があり、後期成分は環境や学習によって変化しやすい遺伝多型が存在することが推察される。

近年注目されつつある、5-HTTLPR 遺伝要因と環境との相互作用について理解する手がかりとなる可能性がある。従って今後、環境・文化・性差等をふまえたさらなる研究が必要であると考えられる。

第5章 総括

本研究では、まず表現型として扱われる ERP、主観評価、BIS/BAS 性格特性の3者の関連について検討することと、5-HTTLPR がその3つの表現型にどのような影響をあたえるかを明らかにすることを目的とした。本章では、各章の内容を要約し、本研究から得られた結果をまとめ、さらに今後の展望を述べる。

第1章では、本研究の背景に言及し、種々の感性評価に用いられる指標として印象評価と事象関連電位に着目した。さらに、生理心理反応の個人差の要因として性格特性・遺伝多型の検討が必要であることを述べた。特に性格特性についてはBIS/BAS、遺伝多型については5-HTTLPR について検討することが妥当であり、これらがヒトの生理心理反応の個人差に与える影響を明らかにすることの必要性を示した。

第2章では、視覚刺激による生理心理反応とBIS/BAS性格特性の関連について検討を行った。IAPSから選定した物体/動物/人物を被写体とし、快/不快/ニュートラルの情動価を持つ9種類の画像に対するERP及び主観評価を測定し、BIS/BAS性格特性との相関を比較した。

結果として、回避的な行動傾向であるBIS得点が高い被験者はERPでは150ms以降で人物というカテゴリにより反応し、主観評価上では覚醒度の高い刺激をより不快に感じ、不快刺激のなかでも人物に対する覚醒度を高く評価した。一方で、高いBAS被験者は人物の画像により快情動をより喚起された。さらにBASの中でも駆動がN1と相関し、高BAS駆動の被験者は早期の段階でニュートラル・快な物体・人物という能動的に行動する必要のない刺激を判別していることを示唆した。それと対応するように、低覚醒度・快の刺激に対する覚醒度を低く評価した。

従って、それぞれの認知の段階で、より重要度の高い刺激に対する反応の個人

差に BIS / BAS 性格特性がより作用し、生物であれば共通に存在する接近／回避の行動パターンであるが、ヒトにおいては特に BIS が人物の存在の弁別の認知プロセスや主観評価の強化に影響していることが示唆された。快・報酬刺激の強化要因として人物の存在が働くことも示唆された。

第3章では物体から発生する曖昧な聴覚刺激を用いた実験を行い BIS/BAS 性格特性との相関を検討した。結果として、ヒトの日常的に生じる曖昧刺激に対する情動反応において 100ms 前後の早期 ERP と N1 が関連し、BAS 駆動と 450ms 以降の LPP が関連することが示唆された。また、刺激の強度が弱い場合に生じる主観評価のバイアスと類似の相関が BIS と関連して表れた。不快情動に敏感とされる高 BIS 被験者ほど N100 の反応が大きいことから、不快情動の処理は初期に行われることが先行研究と矛盾しない形で示唆された。快情動に敏感とされる高 BAS 被験者ほど LPP が大きいのは、快情動時の ACC の活動が LPP に反映されたと考えられる。ネガティブな脅威となりうる刺激に対しては初期の自動的注意に関連する処理が働き、ポジティブな刺激への反応はその後に続くという反応は刺激の生物学的意義に起因していると考えられている。

第2章と第3章の結果から、実験のための情動を惹起する刺激に対しても、日常的な曖昧刺激に対しても主観評価および ERP 反応に個人差があることが示された。さらに、第2章の不快刺激によって表れる相関と、第3章で見られる曖昧刺激によって表れる相関には相関係数を検討すると差がない事を指摘した。このことは日常生活での刺激から受ける情動反応が個人によって異なる事を示唆する。このような個人差について理解することは実験データのばらつきの統制をするなど生理指標を用いた製品評価への応用や、日常的なストレスケア等に繋がる知見となると考えられる。

第4章では情動反応や様々な認知、行動に対する影響が指摘されている 5-HTTLPR 多型と第2,3章と同様の刺激に対する反応の関連を検討した。本研究より、初期成分において主観的に異なると判断した刺激に対して s1+l1 型に注意のバイアスがあり、後期成分では ss 型が従来考えられてきた社会的刺激（人物）に対する生理的反応の違いが見られた。前者は数は少ないものの欧米で関連すると思われる研究

結果が見られ、後者は日本人独自の反応とする研究結果との類似点があった。このことにより、初期成分の示す注意には人類共通の傾向があり、後期成分は環境や学習によって変化しやすい遺伝多型が存在することが推察される。

刺激の種類によって注意が潜在的に遺伝タイプによって異なることは、その刺激を知覚して受け入れるまでのタイミングや方策が遺伝タイプによって異なる事を示唆しているかもしれない。近年注目されつつある、5-HTTLPR 遺伝多型と環境の相互作用について理解する手がかりとなる可能性がある。従って今後、環境・文化・性差等を踏まえたさらなる研究が必要であると考えられる。

以上の結果から、まず、情動を惹起する強度及び視聴覚モダリティの違いに関わらず、主観評価においては BIS/BAS 性格特性の影響があり、5-HTTLPR 遺伝多型は影響を及ぼさないことが分かった。ERP 反応については、初期成分については刺激に関わらず性格、遺伝特性の影響が共に見られた一方で、後期成分は情動の惹起による覚醒度の違いや注意の持続を反映することから、曖昧な刺激では遺伝による差異は見られなくなった。従って、今回着目した主観評価と ERP においては性格特性の影響が強く表れ、遺伝特性の影響は刺激強度の強い場合の ERP のみに限定的であったと言える。これは、第4章の結果から考察したように、特に後期成分以降の認知段階では遺伝多型に違いによる反応の差異が環境や学習の影響を受けて変化し、日常的には顕在化しないことを示唆する結果である。

接近・回避の生物学的システムにより強化された反応は広く刺激に対しての個人差を生み出すが、無生物よりも生物、さらに他の人間の存在に関してより顕著に表れる可能性が示唆された。今回着目した性格特性・遺伝特性は従来、情動反応についての個人差について多く検討されていたが、本研究より刺激のカテゴリの違いを検討することにより、これらの特性がもたらす個人差の意義を明らかにすることに繋がることが示唆された。

最後に、今後の展望について述べる。本研究は多様な性格・遺伝指標のなかでそれぞれ1つのみについて検討しているという限界がある。

第1章で5-HTTLPR と BIS/BAS 性格特性について関連する可能性について述べたが、本研究の被験者群については関連が見られなかった。第4章では5-HTTLPR

と社会的刺激についてのERP反応が関連することが示唆された。従って神経生物学的指標であるBIS/BASよりも、BIG5やIRIといった社会的パーソナリティ指標について5-HTTLPR多型との関連が多数報告されていることが関連するかもしれない。本研究においては、BIS/BASと5-HTTLPR遺伝多型を独立して扱うことになったが、これらの指標やその他性格特性、遺伝多型はお互いに相関、連動することも多く、多変量として解析されるべきである。従ってさらに多くのサンプルサイズや他の集団についての検討が必要である。

これらの個人差をもたらす要因について理解することは、個人差が問題となっている印象評価と生理的指標の補正等への応用につながり、疾病予測や製品評価の安定性向上への貢献が望めると考えられる。しかしながら、得られた相関係数や有意差は十分に大きいとは言えない。第1章で触れた医学分野での疾病予測に脳波や性格特性を利用することについての妥当性ですら議論が始まったばかりと言える。第4章で述べた遺伝と生理反応の関連についての見解が一致しないことなど、単独の要因についても見解が一致していない現状を鑑み、慎重に中立的な立場での検討、議論を深めることが重要であり、本稿とそこから発展する知見がその一端を担う事ができればと考える。

引用文献

- Amrhein, Christine, Andreas Mühlberger, Paul Pauli, and Georg Wiedemann (2004) “Modulation of event-related brain potentials during affective picture processing: a complement to startle reflex and skin conductance response?,” *Int. J. Psychophysiol.*, Vol. 54, No. 3, pp. 231–40.
- Anokhin, Andrey P (2014) “Genetic psychophysiology: advances, problems, and future directions.,” *Int. J. Psychophysiol.*, Vol. 93, No. 2, pp. 173–97.
- Balconi, Michela, Emma Brambilla, and Luciana Falbo (2009) “BIS/BAS, cortical oscillations and coherence in response to emotional cues,” *Brain Res. Bull.*, Vol. 80, No. 3, pp. 151–157.
- Balconi, Michela, Luciana Falbo, and Veronica Anna Conte (2011) “BIS and BAS correlates with psychophysiological and cortical response systems during aversive and appetitive emotional stimuli processing,” *Motiv. Emot.*, Vol. 36, No. 2, pp. 218–231.
- Barrós-Loscertales, A, V Meseguer, A Sanjuán, V Belloch, MA Parcet, R Torrubia, and C Avila (2006) “Striatum gray matter reduction in males with an overactive behavioral activation system.,” *Eur. J. Neurosci.*, Vol. 24, No. 7, pp. 2071–4.
- Bastiaansen, Jojanneke A, Michelle N Servaas, Jan Bernard C Marsman, Johan Ormel, Ilja M Nolte, Harriëtte Riese, and André Aleman (2014) “Filling the gap: relationship between the serotonin-transporter-linked polymorphic region and amygdala activation.,” *Psychol. Sci.*, Vol. 25, No. 11, pp. 2058–66.

- Battaglia, Marco, Anna Ogliari, Annalisa Zanoni, Alessandra Citterio, Uberto Pozzoli, Roberto Giorda, Cesare Maffei, and Cecilia Marino (2005) "Influence of the serotonin transporter promoter gene and shyness on children's cerebral responses to facial expressions," *Archives of general psychiatry*, Vol. 62, No. 1, pp. 85–94.
- Baumeister, Roy F, Ellen Bratslavsky, Catrin Finkenauer, and Kathleen D Vohs (2001) "Bad is stronger than good.," *Review of general psychology*, Vol. 5, No. 4, p. 323.
- Bezat, MC, Richard Kronland-Martinet, Vincent Roussarie, and Sølvi Ystad (2014) "From acoustic descriptors to evoked quality of car door sounds," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 136, No. 1, p. 226.
- Blenner, Janet L and Charles D Yingling (1994) "Effects of prefrontal cortex lesions on visual evoked potential augmenting/reducing," *International journal of neuroscience*, Vol. 78, No. 3-4, pp. 145–156.
- Boksem, Maarten a S, Mattie Tops, Anne E Wester, Theo F Meijman, and Monique M Lorist (2006) "Error-related ERP components and individual differences in punishment and reward sensitivity.," *Brain Res.*, Vol. 1101, No. 1, pp. 92–101.
- Bradley, Margaret M, Steven Hamby, Andreas Löw, and Peter J Lang (2007) "Brain potentials in perception: picture complexity and emotional arousal.," *Psychophysiology*, Vol. 44, No. 3, pp. 364–73.
- Bradley, Margaret M and Peter J Lang (1994) "Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential," *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, Vol. 25, No. 1, pp. 49–59.
- Brocke, B, D Armbruster, J Muller, T Hensch, CP Jacob, KP Lesch, C Kirschbaum, and A Strobel (2006) "Serotonin transporter gene variation im-

- pacts innate fear processing: acoustic startle response and emotional startle,” *Molecular psychiatry*, Vol. 11, No. 12, pp. 1106–1112.
- Cacioppo, John T and Gary G Berntson (1994) “Relationship between attitudes and evaluative space: A critical review, with emphasis on the separability of positive and negative substrates.,” *Psychological bulletin*, Vol. 115, No. 3, p. 401.
- Calder, Andrew J, Michael Ewbank, and Luca Passamonti (2011) “Personality influences the neural responses to viewing facial expressions of emotion,” *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, Vol. 366, No. 1571, pp. 1684–1701.
- Canli, Turhan and Klaus-Peter Lesch (2007) “Long story short: the serotonin transporter in emotion regulation and social cognition.,” *Nat. Neurosci.*, Vol. 10, No. 9, pp. 1103–9.
- Carretié, Luis, José A Hinojosa, Manuel Martín-Loeches, Francisco Mercado, and Manuel Tapia (2004) “Automatic attention to emotional stimuli: neural correlates,” *Human brain mapping*, Vol. 22, No. 4, pp. 290–299.
- Carver, Charles S. and Teri L. White (1994) “Behavioral inhibition, behavioral activation, and affective responses to impending reward and punishment: The BIS/BAS Scales.,” *J. Pers. Soc. Psychol.*, Vol. 67, No. 2, pp. 319–333.
- Chen, Xinyin, Guangzhen Zhang, Zongbao Liang, Minghao Zhang, Niobe Way, Hirokazu Yoshikawa, Xiaoyan Ke, Zuhong Lu, and Huihua Deng (2014) “The association between 5-HTTLPR gene polymorphism and behavioral inhibition in Chinese toddlers.,” *Dev. Psychobiol.*, Vol. 56, No. 7, pp. 1601–8.
- Chiao, Joan Y (2010) “Neural basis of social status hierarchy across species.,” *Curr. Opin. Neurobiol.*, Vol. 20, No. 6, pp. 803–9.

- Cloninger, C Robert, Dragan M Svrakic, and Thomas R Przybeck (1993) “A psychobiological model of temperament and character,” *Archives of general psychiatry*, Vol. 50, No. 12, pp. 975–990.
- Codispoti, Maurizio, Vera Ferrari, and Margaret M Bradley (2007) “Repetition and event-related potentials: distinguishing early and late processes in affective picture perception.,” *J. Cogn. Neurosci.*, Vol. 19, No. 4, pp. 577–86.
- Costa Jr, Paul T and Robert R McCrae (1992) “Four ways five factors are basic,” *Personality and Individual differences*, Vol. 13, No. 6, pp. 653–665.
- Costumero, Victor, Alfonso Barrós-Loscertales, Juan Carlos Bustamante, Noelia Ventura-Campos, Paola Fuentes, Patricia Rosell-Negre, and César Ávila (2013) “Reward sensitivity is associated with brain activity during erotic stimulus processing,” *PloS one*, Vol. 8, No. 6, p. e66940.
- Cuthbert, Bruce N, Harald T Schupp, Margaret Bradley, Mark McManis, and Peter J Lang (1998) “Probing affective pictures: Attended startle and tone probes,” *Psychophysiology*, Vol. 35, No. 03, pp. 344–347.
- De Cesarei, Andrea and Maurizio Codispoti (2006) “When does size not matter? Effects of stimulus size on affective modulation.,” *Psychophysiology*, Vol. 43, No. 2, pp. 207–15.
- De Pascalis, V, B Arwari, M Matteucci, and A Mazzocco (2005) “Effects of emotional visual stimuli on auditory information processing: a test of JA Gray’s reinforcement sensitivity theory,” *Personality and individual differences*, Vol. 38, No. 1, pp. 163–176.
- Delplanque, Sylvain, Laetitia Silvert, Pascal Hot, Simon Rigoulot, and Henrique Sequeira (2006) “Arousal and valence effects on event-related P3a and P3b during emotional categorization,” *International Journal of Psychophysiology*, Vol. 60, No. 3, pp. 315–322.

- Dunning, Jonathan P, Muhammad A Parvaz, Greg Hajcak, Thomas Maloney, Nelly Alia-Klein, Patricia A Woicik, Frank Telang, Gene-Jack Wang, Nora D Volkow, and Rita Z Goldstein (2011) “Motivated attention to cocaine and emotional cues in abstinent and current cocaine users—an ERP study,” *European Journal of Neuroscience*, Vol. 33, No. 9, pp. 1716–1723.
- Enge, Sören, Monika Fleischhauer, Klaus-Peter Lesch, and Alexander Strobel (2011) “On the role of serotonin and effort in voluntary attention: evidence of genetic variation in N1 modulation.,” *Behav. Brain Res.*, Vol. 216, No. 1, pp. 122–8.
- Everhart, D Erik and David W Harrison (2000) “Facial affect perception in anxious and nonanxious men without depression,” *Psychobiology*, Vol. 28, No. 1, pp. 90–98.
- Fahy, Frank and John Walker (1998) *Fundamentals of noise and vibration*: CRC Press.
- Feng, C, L Wang, C Liu, X Zhu, R Dai, X Mai, and YJ Luo (2012) “The time course of the influence of valence and arousal on the implicit processing of affective pictures,” *PLoS One*, Vol. 7, No. 1, p. e29668.
- Finnigan, Simon, Michael S Humphreys, Simon Dennis, and Gina Geffen (2002) “ERP ‘old/new’ effects: memory strength and decisional factor (s),” *Neuropsychologia*, Vol. 40, No. 13, pp. 2288–2304.
- Firk, Christine, Nicolette Siep, and C Rob Markus (2012) “Serotonin transporter genotype modulates cognitive reappraisal of negative emotions: a functional magnetic resonance imaging study.,” *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.*, Vol. 8, No. 3, pp. 247–58.
- Fox, Elaine, Anna Ridgewell, and Chris Ashwin (2009) “Looking on the bright

- side: biased attention and the human serotonin transporter gene.,” *Proc. Biol. Sci.*, Vol. 276, No. 1663, pp. 1747–51.
- Foxe, John J and Gregory V Simpson (2002) “Flow of activation from V1 to frontal cortex in humans,” *Experimental Brain Research*, Vol. 142, No. 1, pp. 139–150.
- Gable, Philip a and Eddie Harmon-Jones (2013) “Trait behavioral approach sensitivity (BAS) relates to early (<150 ms) electrocortical responses to appetitive stimuli.,” *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.*, Vol. 8, No. 7, pp. 795–8.
- Gallinat, Jürgen, Daniel Senkowski, Catrin Wernicke, Georg Juckel, Isabell Becker, Thomas Sander, Michael Smolka, Ulrich Hegerl, Hans Rommelspacher, Georg Winterer et al. (2003) “Allelic variants of the functional promoter polymorphism of the human serotonin transporter gene is associated with auditory cortical stimulus processing,” *Neuropsychopharmacology*, Vol. 28, No. 3, pp. 530–532.
- Garrett, Amy S and Richard J Maddock (2006) “Separating subjective emotion from the perception of emotion-inducing stimuli: an fMRI study,” *Neuroimage*, Vol. 33, No. 1, pp. 263–274.
- Gelernter, Joel, Henry Kranzler, and Joseph F Cubells (1997) “Serotonin transporter protein (SLC6A4) allele and haplotype frequencies and linkage disequilibria in African-and European-American and Japanese populations and in alcohol-dependent subjects,” *Human genetics*, Vol. 101, No. 2, pp. 243–246.
- Goldberg, Lewis R (1990) “An alternative” description of personality”: the big-five factor structure.,” *Journal of personality and social psychology*, Vol. 59, No. 6, p. 1216.
- Gray, Jeffrey A (1981) “A critique of Eysenck’s theory of personality,” in *A model for personality*: Springer, pp. 246–276.

- Gray, Jeffrey A (1982) “On mapping anxiety,” *Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 5, No. 03, pp. 506–534.
- Grossmann, Tobias, Amrisha Vaish, Janett Franz, Roland Schroeder, Mark Stoneking, and Angela D Friederici (2013) “Emotional voice processing: investigating the role of genetic variation in the serotonin transporter across development.,” *PLoS One*, Vol. 8, No. 7, p. e68377.
- Hajcak, Greg, Annmarie MacNamara, and Doreen M Olvet (2010) “Event-related potentials, emotion, and emotion regulation: an integrative review.,” *Dev. Neuropsychol.*, Vol. 35, No. 2, pp. 129–55.
- Hansen, Hans and Reinhard Weber (2009) “Semantic evaluations of noise with tonal components in Japan, France, and Germany: a cross-cultural comparison.,” *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 125, No. 2, pp. 850–62.
- Hariri, Ahmad R, Venkata S Mattay, Alessandro Tessitore, Bhaskar Kolachana, Francesco Fera, David Goldman, Michael F Egan, and Daniel R Weinberger (2002) “Serotonin transporter genetic variation and the response of the human amygdala,” *Science*, Vol. 297, No. 5580, pp. 400–403.
- Harmon-Jones, Eddie, Philip a Gable, and Carly K Peterson (2010) “The role of asymmetric frontal cortical activity in emotion-related phenomena: a review and update.,” *Biol. Psychol.*, Vol. 84, No. 3, pp. 451–62.
- Heils, Armin, Andreas Teufel, Susanne Petri, Gerald Stöber, Peter Riederer, Dietmar Bengel, and K Peter Lesch (1996) “Allelic variation of human serotonin transporter gene expression,” *Journal of neurochemistry*, Vol. 66, No. 6, pp. 2621–2624.
- Hensch, Tilman, Hanna-Linn Wargelius, Ulf Herold, Klaus-Peter Lesch, Lars Oreland, and Burkhard Brocke (2006) “Further evidence for an association of 5-

- HTTLPR with intensity dependence of auditory-evoked potentials.,” *Neuropsychopharmacology*, Vol. 31, No. 9, pp. 2047–54.
- Ishiguro, H, T Saito, S Akazawa, H Mitushio, K Tada, M Enomoto, H Mifune, M Toru, H Shibuya, and T Arinami (1999) “Association Between Drinking-Related Antisocial Behavior and a Polymorphism in the Serotonin Transporter Gene in a Japanese Population,” *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, Vol. 23, No. 7, pp. 1281–1284.
- Ishii, Keiko, Heejung S. Kim, Joni Y. Sasaki, Mizuho Shinada, and Ichiro Kusumi (2014) “Culture modulates sensitivity to the disappearance of facial expressions associated with serotonin transporter polymorphism (5-HTTLPR),” *Cult. Brain*, Vol. 2, No. 1, pp. 72–88.
- Ishikawa, Hajime, Tsuyuka Ohtsuki, Hiroki Ishiguro, Kimiko Yamakawa-Kobayashi, Kazue Endo, Yu-Lin Lin, Hisako Yanagi, Shigeru Tsuchiya, Ken-ichi Kawata, Hideo Hamaguchi et al. (1999) “Association between serotonin transporter gene polymorphism and smoking among Japanese males,” *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*, Vol. 8, No. 9, pp. 831–833.
- Ito, Tiffany and John Cacioppo (2005) “Variations on a human universal: Individual differences in positivity offset and negativity bias,” *Cogn. Emot.*, Vol. 19, No. 1, pp. 1–26.
- Kamide, Hiroko and Ikuo Daibo (2008) “Development of a Japanese version of the BIS/BAS scale,” in *INTERNATIONAL JOURNAL OF PSYCHOLOGY*, Vol. 43, pp. 498–498, PSYCHOLOGY PRESS 27 CHURCH RD, HOVE BN3 2FA, EAST SUSSEX, ENGLAND.
- Koizumi, Ai, Norimichi Kitagawa, Hirohito M Kondo, Miho S Kitamura, Takao Sato, and Makio Kashino (2013) “Serotonin transporter gene-linked polymor-

- phism affects detection of facial expressions.,” *PLoS One*, Vol. 8, No. 3, p. e59074.
- Kolassa, Iris-Tatjana, Frauke Musial, Alexander Mohr, Ralf H Trippe, and Wolfgang HR Miltner (2005) “Electrophysiological correlates of threat processing in spider phobics,” *Psychophysiology*, Vol. 42, No. 5, pp. 520–530.
- Kuwano, Sonoko, Hugo Fastl, Seiichiro Namba, Seishi Nakamura, and Hiroshi Uchida (2006) “Quality of door sounds of passenger cars,” *Acoust. Sci. Technol.*, Vol. 27, No. 5, pp. 309–312.
- Lang, Peter J, Margaret M Bradley, Bruce N Cuthbert et al. (1999) “International affective picture system (IAPS): Instruction manual and affective ratings,” *The center for research in psychophysiology, University of Florida*.
- Leppänen, Jukka M, Margaret C Moulson, Vanessa K Vogel-Farley, and Charles A Nelson (2007) “An ERP study of emotional face processing in the adult and infant brain,” *Child development*, Vol. 78, No. 1, pp. 232–245.
- Lesch, Klaus-Peter, Dietmar Bengel, Armin Heils, Sue Z Sabol, Benjamin D Greenberg, Susanne Petri, Jonathan Benjamin, Clemens R Müller, Dean H Hamer, and Dennis L Murphy (1996) “Association of anxiety-related traits with a polymorphism in the serotonin transporter gene regulatory region,” *Science*, Vol. 274, No. 5292, pp. 1527–1531.
- Lin, Huiyan, Hongwei Gao, Jin You, Jiafeng Liang, Junpeng Ma, Nan Yang, Huan Xu, and Hua Jin (2014) “Larger N2 and smaller early contingent negative variation during the processing of uncertainty about future emotional events.,” *Int. J. Psychophysiol.*, Vol. 94, No. 3, pp. 292–297.
- Long, Haixia, Bing Liu, Bing Hou, Chao Wang, Jin Li, Wen Qin, Dawei Wang, Yuan Zhou, Keith M Kendrick, Chunshui Yu et al. (2013) “The long rather than

the short allele of 5-HTTLPR predisposes Han Chinese to anxiety and reduced connectivity between prefrontal cortex and amygdala,” *Neuroscience bulletin*, Vol. 29, No. 1, pp. 4–15.

国里愛彦・陽弘山口・伸一鈴木他 (2007) 「パーソナリティ研究と神経科学をつなぐ気質研究について」.

McNaughton, N and J a Gray (2000) “Anxiolytic action on the behavioural inhibition system implies multiple types of arousal contribute to anxiety,” *J. Affect. Disord.*, Vol. 61, No. 3, pp. 161–76.

Murphy, S E, R Norbury, B R Godlewska, P J Cowen, Z M Mannie, C J Harmer, and M R Munafò (2013) “The effect of the serotonin transporter polymorphism (5-HTTLPR) on amygdala function: a meta-analysis,” *Mol. Psychiatry*, Vol. 18, No. 4, pp. 512–20.

O’Connell, Lauren A and Hans A Hofmann (2011) “Genes, hormones, and circuits: an integrative approach to study the evolution of social behavior,” *Frontiers in neuroendocrinology*, Vol. 32, No. 3, pp. 320–335.

Olofsson, JK Jonas K, Steven Nordin, Henrique Sequeira, and John Polich (2008) “Affective picture processing: An integrative review of ERP findings,” *Biol. Psychol.*, Vol. 77, No. 3, pp. 247–65.

Palit, Shreela, Robert J Sheaff, Christopher R France, Sarah T McGlone, William T Potter, Allan R Harkness, John L McNulty, Emily J Bartley, Rachel Hoffmann, Julie K Monda, and Jamie L Rhudy (2011) “Serotonin transporter gene (5-HTTLPR) polymorphisms are associated with emotional modulation of pain but not emotional modulation of spinal nociception,” *Biol. Psychol.*, Vol. 86, No. 3, pp. 360–9.

Pickering, Alan D, Jeffrey A Gray et al. (1999) “The neuroscience of personality,” *Handbook of personality: Theory and research*, Vol. 2, pp. 277–299.

Roberts, Brent W and Wendy F DelVecchio (2000) “The rank-order consistency of personality traits from childhood to old age: a quantitative review of longitudinal studies.” *Psychological bulletin*, Vol. 126, No. 1, p. 3.

Rozenkrants, Bella and John Polich (2008) “Affective ERP processing in a visual oddball task: arousal, valence, and gender,” *Clinical Neurophysiology*, Vol. 119, No. 10, pp. 2260–2265.

岩宮眞一郎・小沢賢司・藤沢望・小坂直敏・高田正幸・山内勝也 (2010) 『音色の感性学-音色・音質の評価と創造-』, コロナ社, 225 頁.

長沢伸也 (1994) 「官能による商品評価の基礎.」, 『日本化粧品技術者会誌.』, 第 28 巻, 第 1 号, 11–22 頁.

Strobel, A, S Debener, D Schmidt, R Hünnerkopf, K-P Lesch, and B Brocke (2003) “Allelic variation in serotonin transporter function associated with the intensity dependence of the auditory evoked potential,” *American Journal of Medical Genetics Part B: Neuropsychiatric Genetics*, Vol. 118, No. 1, pp. 41–47.

高橋雄介・山形伸二・木島伸彦・繁榊算男・大野裕・安藤寿康 (2007) 「Gray の気質モデル」, 『パーソナリティ研究』, 第 15 巻, 第 3 号, 276–289 頁.

Turkheimer, Eric (2000) “Three laws of behavior genetics and what they mean,” *Current Directions in Psychological Science*, Vol. 9, No. 5, pp. 160–164.

Vogel, Edward K and Maro G Machizawa (2004) “Neural activity predicts individual differences in visual working memory capacity,” *Nature*, Vol. 428, No. 6984, pp. 748–751.

Whisman, Mark A, Emily D Richardson, and Andrew Smolen (2011) “Behavioral inhibition and triallelic genotyping of the serotonin transporter promoter (5-HTTLPR) polymorphism,” *Journal of Research in Personality*, Vol. 45, No. 6, pp. 706–709.

Wood, Stacey and Michael A Kisley (2006) “The negativity bias is eliminated in older adults: age-related reduction in event-related brain potentials associated with evaluative categorization.,” *Psychology and Aging*, Vol. 21, No. 4, p. 815.

Zald, David H (2003) “The human amygdala and the emotional evaluation of sensory stimuli,” *Brain Research Reviews*, Vol. 41, No. 1, pp. 88–123.

Zhang, Wenjuan, Renlai Zhou, Qingguo Wang, Yan Zhao, and Yanfeng Liu (2013) “Sensitivity of the late positive potentials evoked by emotional pictures to neuroticism during the menstrual cycle,” *Neuroscience letters*, Vol. 553, pp. 7–12.

謝辞

本論文の作成に当たり、適切な御指導と暖かいご助言を頂きました多くの先生方に深く感謝の意を表します。先生方のご助言なくして本論文を書き上げることは出来なかったと思います。

まず、綿貫茂喜教授には学部4年次からの指導教官として、本研究にのみならず、研究者という仕事の魅力や人類の適応と進化という学術的な観点をご教授頂き、研究者としての礎も築いて頂きました。遅筆な私を我慢強く励まし、丁寧なご指導を頂き誠に感謝しております。さらに、ご多忙な時間を割いてご指導、ご助言くださった森周司教授、キムヨンキュ准教授に深く感謝申し上げます。

本研究はJSPS科研費13J07613の助成を受けたものです。また第3章及び第4章の一部において使用した音源の提供頂きましたトヨタ自動車九州株式会社眞子翼氏に感謝申し上げます。

実験の指導等、公私に渡り叱咤激励を頂きました長崎大学西村貴孝助教に感謝いたします。また、大変な実験を支えてくれた綿貫研究室の江頭優佳氏、樺田正樹氏、蓑手なつ美氏、並びに被験者として快く協力してくれた芸術工学部学生の皆様に心から感謝いたします。

最後に、私事ではありますが長年に渡る在学に関わる援助をいただいた家族に感謝致します。

付録 A 実験刺激詳細

本研究の第 2 章及び第 4 章の視覚刺激実験で用いた刺激の IAPS 番号を以下に記す。

物体・不快：6020, 6930, 7013, 7023, 7046, 7054, 7078, 7135, 7137, 9080, 9090, 9110, 9290, 9295, 9300, 9320, 9440, 9480, 9600, 9610, 9611, 9620, 9621, 9622, 9630, 9830, 9904, 9909, 9911, 9912;

物体・ニュートラル：5535, 6150, 6900, 7000, 7002, 7003, 7004, 7006, 7009, 7010, 7012, 7014, 7016, 7017, 7025, 7032, 7034, 7035, 7038, 7041, 7043, 7045, 7055, 7056, 7059, 7077, 7090, 7150, 7950, 9422;

物体・快：5000, 5001, 5010, 5020, 5030, 5040, 5200, 5202, 5450, 5471, 5480, 5800, 5890, 6910, 7042, 7053, 7058, 7061, 7095, 7096, 7100, 7140, 7900, 8162, 8170, 8325, 8501, 8502, 8510, 8531;

動物・不快：1050, 1051, 1052, 1090, 1110, 1113, 1120, 1200, 1202, 1205, 1220, 1270, 1271, 1274, 1300, 1301, 1525, 1930, 1932, 9180, 9181, 9182, 9183, 9184, 9185, 9186, 9187, 9560, 9561, 9571;

動物・ニュートラル：1026, 1030, 1040, 1114, 1121, 1122, 1240, 1302, 1313, 1321, 1333, 1350, 1390, 1505, 1560, 1595, 1616, 1640, 1645, 1661, 1670, 1675, 1726, 1820, 1850, 1908, 1931, 1935, 1945, 1947;

動物・快：1410, 1419, 1440, 1441, 1460, 1463, 1500, 1510, 1540, 1590, 1600, 1603, 1604, 1605, 1610, 1620, 1630, 1640, 1650, 1660, 1710, 1720, 1721, 1722, 1740, 1750, 1810, 1812, 1900, 1920;

人物・不快：9413, 2694, 2750, 6021, 6190, 6211, 6212, 6213, 6300, 6312, 6370, 6520, 6831, 6832, 8230, 8480, 8485, 9002, 9007, 9230, 9270, 9404, 9414, 9420, 9425,

9426, 9427, 9428, 9635.1, 9810;

人物・ニュートラル：2191, 2215, 2221, 2273, 2384, 2397, 2410, 2442, 2445, 2484, 2485, 2487, 2570, 2575, 2580, 2745.1, 2770, 4520, 8010, 8065, 8121, 8160, 8191, 8250, 8251, 8260, 8320, 8341, 8465, 9210;

人物・快：2080, 2150, 2331, 2791, 4542, 5470, 5626, 5628, 5629, 5836, 8001, 8021, 8031, 8034, 8041, 8130, 8158, 8161, 8163, 8186, 8193, 8200, 8208, 8220, 8340, 8350, 8370, 8400, 8467, 8492.

本研究の第3章及び第4章の聴覚刺激実験で用いた刺激の波形及び周波数解析結果を以下に示す。

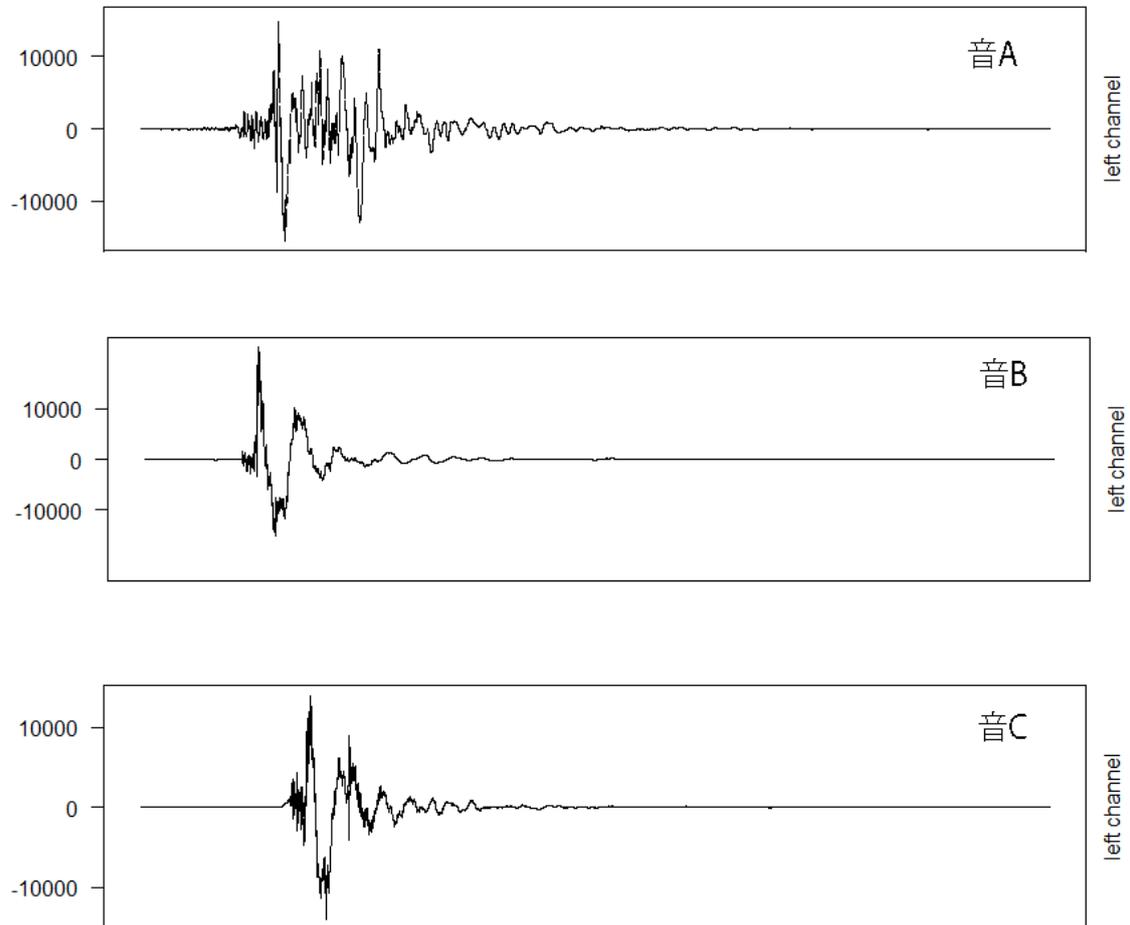


図 A.1: 刺激音の波形

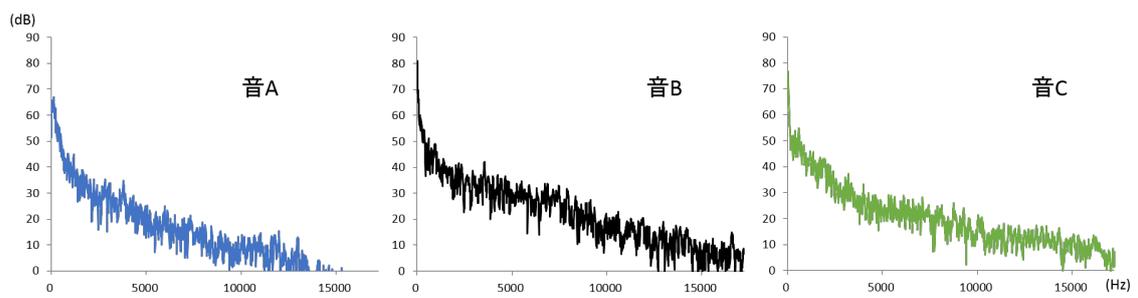


図 A.2: 刺激音の周波数スペクトル