

博士論文

認知課題および身体的活動による不快感情の制御
— 認知神経科学的検討 —

Regulating negative emotion with cognitive and physical tasks:
A cognitive neuroscience study

東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻
広域システム科学系

小澤 幸世

目次

要約

| | |
|---|----|
| 第1章 序論 | 1 |
| 1.1 感情制御とは | 1 |
| 1.2 不快感情の抑制の脳神経学的メカニズム | 1 |
| 1.3 脳神経学的検討の重要性と現状の問題点 | 2 |
| 1.4 本研究の動機 | 3 |
| 1.5 ディストラクション（気晴らし）とは | 4 |
| 1.6 ディストラクションの脳神経学的メカニズム | 4 |
| 1.7 感情制御による脳活動と感情反応による脳活動 | 5 |
| 1.8 本研究の目的 | 7 |
| 1.8.1 前頭前野の活動を指標にした感情制御の検討は可能か？ | 7 |
| 1.8.2 身体的活動は不快感情を制御するか？ | 7 |
| 第2章 前頭前野における感情処理による脳活動の測定の試み — 近赤外線分光法（NIRS）による検討—（実験1） | 8 |
| 2.1 背景 | 8 |
| 2.2 方法 | 9 |
| 2.2.1 参加者 | 9 |
| 2.2.2 実験環境 | 9 |
| 2.2.3 感情刺激 | 9 |
| 2.2.4 認知課題 | 10 |
| 2.2.5 実験手続き | 10 |
| 2.2.6 行動指標の分析 | 11 |
| 2.2.7 近赤外線分光法の測定と分析 | 12 |
| 2.2.7.1 近赤外線分光法の測定 | 12 |
| 2.2.7.2 近赤外線分光法の分析 | 12 |
| 2.2.7.2.1 前処理 | 12 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 2.2.7.2.2 データ分析 | 13 |
| 2.3 結果 | 14 |
| 2.3.1 行動指標 | 14 |
| 2.3.1.1 IAPS 写真の感情価の評定 | 14 |
| 2.3.1.2 n-back 課題の成績 | 14 |
| 2.3.2 近赤外線分光法 | 14 |
| 2.3.2.1 写真呈示時の oxyHb 変化 | 14 |
| 2.3.2.2 n-back 時の oxyHb 変化 | 17 |
| 2.4 考察 | 21 |
| 2.5 本章のまとめ | 23 |
| 第3章 感情制御による脳活動と感情反応による脳活動の弁別 (実験2) | 24 |
| 3.1 背景 | 24 |
| 3.2 方法 | 25 |
| 3.2.1 参加者 | 25 |
| 3.2.2 実験環境 | 25 |
| 3.2.3 感情刺激 | 25 |
| 3.2.4 認知課題 | 25 |
| 3.2.5 実験手続き | 26 |
| 3.2.6 行動指標の分析 | 27 |
| 3.2.7 近赤外線分光法の測定と分析 | 27 |
| 3.2.7.1 近赤外線分光法の測定 | 27 |
| 3.2.7.2 近赤外線分光法の分析 | 27 |
| 3.2.7.2.1 前処理 | 27 |
| 3.2.7.2.2 データ分析 | 28 |
| 3.3 結果 | 30 |
| 3.3.1 行動指標 | 30 |
| 3.3.1.1 IAPS 写真の感情価の評定 | 30 |
| 3.3.1.2 n-back 課題の成績 | 30 |
| 3.3.2 近赤外線分光法 | 31 |

| | |
|--|----|
| 3.3.2.1 感情刺激直後の n-back 時とレスト時の Δ OxyHbNegEffect | 31 |
| 3.3.2.2 レスト時とレスト後の n-back 時の Δ OxyHbNegEffect | 37 |
| 3.3.2.3 写真呈示時とレスト時の Δ OxyHbNegEffect | 42 |
| 3.4 考察 | 45 |
| 3.5 本章のまとめ | 47 |
| 第4章 タッピングによるディストラクション効果の検討 (実験3) | 48 |
| 4.1 背景 | 48 |
| 4.2 方法 | 49 |
| 4.2.1 参加者 | 49 |
| 4.2.2 実験環境 | 49 |
| 4.2.3 感情刺激 | 50 |
| 4.2.4 タッピング課題 | 50 |
| 4.2.5 不快度と写真の想起に関する主観評定 | 50 |
| 4.2.6 Global-Local 課題 | 50 |
| 4.2.7 実験手続き | 51 |
| 4.2.8 行動指標の分析 | 52 |
| 4.2.9 近赤外線分光法の測定と分析 | 53 |
| 4.2.9.1 近赤外線分光法の測定 | 53 |
| 4.2.9.2 近赤外線分光法の分析 | 54 |
| 4.2.9.2.1 前処理 | 54 |
| 4.2.9.2.2 データ分析 | 55 |
| 4.3 結果 | 55 |
| 4.3.1 行動指標 | 55 |
| 4.3.1.1 IAPS 写真の感情価の評定 | 55 |
| 4.3.1.2 タッピング課題 | 56 |
| 4.3.1.3 不快度と写真の想起に関する主観評定 | 56 |
| 4.3.1.4 Global-Local 課題 | 59 |
| 4.3.2 近赤外線分光法 | 63 |
| 4.3.2.1 タッピング時の oxyHb 変化 | 63 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 4.3.2.1.1 「感情価×期間」の交互作用 | 63 |
| 4.3.2.1.2 「タッピング速度×感情価」の交互作用 | 68 |
| 4.3.2.1.3 「タッピング速度×期間」の交互作用 | 73 |
| 4.3.2.1.4 2次の交互作用および各主効果 | 81 |
| 4.4 考察 | 81 |
| 4.5 本章のまとめ | 86 |
| 第5章 本研究のまとめ | 87 |

引用文献

謝辞

要約

不快感情の制御は、健全な社会機能や精神衛生を保つ上で重要な役割を果たしている。感情制御の方略には多様なものがあるが、本研究では多岐の人が実施可能な「ディストラクション（気晴らし）」を用いた感情制御の脳神経学的検討を行った。ディストラクションは「不快な対象物や気分から注意を逸らす」という注意配分による制御方略である（Stone & Neale, 1984）。一般的に課題には認知課題が用いられるが、本研究では身体的活動による不快感情の抑制機能についても検討した（実験 3）。脳機能イメージング装置には、被験者への負荷が少なく多岐の人に適用可能な「近赤外線分光法（NIRS）」を用いた。NIRSを用いた感情制御の検討を可能にするために、まず前頭前野の活動を指標に、感情処理に関わる脳活動（「感情処理による脳活動」）を捉えられるか否かを検討した（実験 1）。次に「感情処理による脳活動」が、不快感情の抑制機能を反映する「感情制御による脳活動」か、または内側前頭前皮質（MPFC）を中心とした「感情反応による脳活動」かを、弁別する検討を行った（実験 2）。

実験 1 前頭前野における感情処理による脳活動の測定の試み

— 近赤外線分光法（NIRS）による検討 —

本実験では、課題負荷が異なるワーキングメモリ課題を用いて、前頭前野に「感情処理による脳活動」が捉えられるか否かを検討した。

方法：参加者は、右利きの男性大

学生 20 名（平均年齢 $19.38 \pm .79$

歳）であった。感情刺激は、

International Affective Picture

System（IAPS; Lang et al., 1995）の中から中性および不快の写真を選択した。認知課題

は、難易度が異なる 2 種類の n-back 課題（1-back と 3-back）を採用した。測定装置は、

OEG-16（スペクトラテック社製）を用いた（図 1）。実験では固視点を呈示後、同じ感情

価の IAPS を 2 枚続けて呈示した。n-back 課題の教示画面（“1-back”または“3-back”

の文字列）を呈示した後、その教示に応じた n-back 課題を実施させた（図 2）。

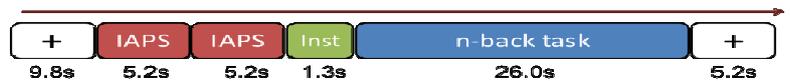


図 1：1 試行の流れ（実験 1）

結果： n-back 遂行時の oxyHb 変化量を従属変数に、2（感情価）×2（課題負荷）の分散分析を実施した。その結果、チャンネル

6 [F(1, 19)=6.31; p=.021]、9 [F(1, 19)=5.84; p=.026]、12 [F(1, 19)=6.35; p=.021]、15 [F(1, 19)=12.05; p=.003]で感情価の主効果が見られ、いずれのチャンネルも中性感情刺激後より不快感情刺激後で、有意に oxyHb 変化量が増加していた（図 3）。他の有意差はなかった。

考察： MPFC 前部を中心に、不快感情刺激による脳活動の増加が見られ、NIRS を用

いても前頭前野に「感情処理による脳活動」を捉えられることが示唆された。IAPS 呈示時ではなく認知課題時にのみ感情価の有意差があったことから、この活性は抑制機能をもつ認知処理（「感情制御による脳活動」）を反映している可能性もあるが、MPFC 前部の活性が中心であり、「感情反応による脳活動」である可能性もある。

実験 2 感情制御による脳活動と感情反応による脳活動の弁別

本実験では、前頭前野に見られる「感情処理による脳活動」が、「感情反応による脳活動」か「感情制御による脳活動」かを、弁別する試みを行った。先行研究では、感情制御による脳活動の活性は実行機能の利用に伴うことが指摘されている。そこで本実験では、感情刺激後の認知課題時とレスト時の血流変化を比較する検討を行った（図 4）。「感情制御による脳活動」を反映していれば、レスト時より認知課題時の方が不快感情刺激後の脳血流増加量が大きく、

「感情反応による脳活動」を反映していれば、認知課題時よりレスト時の方が脳血流増加量

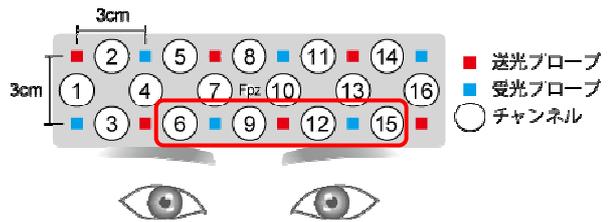


図 2 : OEG-16 のチャンネル配置図

(Ozawa et al., 2014 より引用)

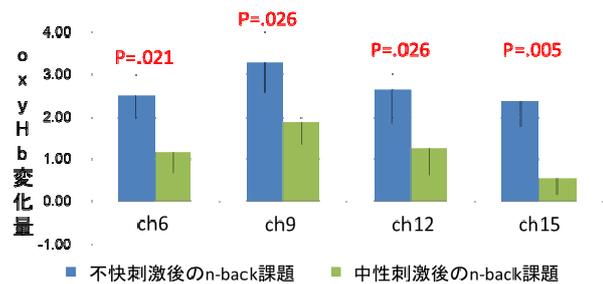


図 3 : n-back 時の oxyHb 変化量

図 4 : 1 試行の流れ（実験 2）

が大きいことが予想された。

方法：参加者は右利きの男性大学生 28 名で、1-back 群に 14 名（平均年齢 19.71 ± 1.86 歳）、3-back 群に 14 名（平均年齢 20.57 ± 1.83 歳）が割り当てられた。

結果：実験 1 で中性写真の呈示によって血流増加が生じたことから、不快感情刺激条件から中性感情刺激条件の oxyHb 変化量を差し引き、「不快な感情処理による脳活動」（ $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ ）を抽出した。 $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ を従属変数に、2（課題の種類：レスト時または n-back 時） \times 2（課題の負荷）の ANOVA を実施した。その結果、2 チャンネルでレスト時の方が n-back 課題時より有意に増加していた（ch5 [F(1, 26) = 5.79; P = 0.024], ch10 [F(1, 26) = 4.43; P = 0.045]）。チャンネル 5 のレスト試行の加算平均波形を図 5 に示す。課題負荷の主効果や交互作用はなかった。

考察：内側前頭前皮質（MPFC）の前部の活性は「感情反応による脳活動」を反映していることが示唆された。前頭前野における感情処理は、認知処理と切り離し難く（Hoshi et al., 2010）、「課題無関連思考」も反

映している可能性もあった。認知課題遂行時の方が「不快な感情処理による脳活動」の活性が小さく、本実験の結果は認知課題の遂行が不快な感情を抑制するという先行知見（Dieler et al., 2010）を支持していた。不快感情を抑制は、MPFC 前部の活動低下と関連していることが予想された。

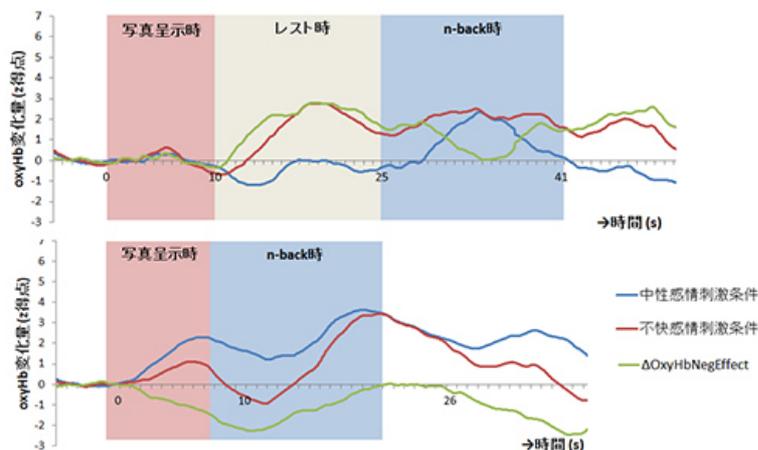


図 5：各試行の加算平均波形（チャンネル 5）

実験 3 タッピングによるディストラクション効果の検討

本実験では、身体的活動の遂行が MPFC 前部の活動低下を生じ、不快感情に抑制的に機能するか否かを検討した。課題は脳計測でアーチファクトが入りにくい指タッピングを用いた。予備実験では 1 秒に 2 回のタッピングが最も快適度が高く、この速度のタッピング（中速タッピング）にディストラクション効果が予想された。中速タッピングの遂行は、

高速、低速のタッピングより、不快感情や不快記憶の想起の抑制、視覚情報処理範囲の拡大、課題の遂行に伴う MPFC 前部の血流減少を促すと予想された。

方法：参加者は、
右利きの大学生
12 名（男性 6 名、
女性 6 名、



図 6：一試行の流れ（実験 3）

$M \pm SD = 20.42 \pm 1.51$

歳）であった。測定

は島津社製の NIRS（OMM-1080）を用いた。実験は、高速（1 秒に 5 回）、中速（1 秒に 2 回）、低速（1.5 秒に 1 回）の 3 種類のタッピング試行で構成された（図 6）。タッピング後に、不快感情（Q1）とタッピング中の不快写真の想起頻度（Q2）に関する主観評定と、Global-Local 課題による視覚情報処理範囲の測定を行った。

分析と結果：2 つの主観評定と、G-L 課題の反応速度をそれぞれ従属変数に 3（速度） \times 2（感情価）の分散分析を実施した。その結果、主観評定では、中性感情刺激条件より不快感情刺激条件で、不快感や想起頻度が高かった[不快度, $F(1, 11) = 53.35$; $P = 0.000$; 写真の想起, $F(1, 11) = 125.78$; $P = 0.000$]。視覚情報処理範囲には交互作用があった[$F(2, 22) = 3.85$; $P = 0.037$]。不快感情刺激後の低速タッピングでは、中性感情刺激条件より不快感情刺激条件で反応速度が有意に小さく、視覚情報処理範囲が縮小していたが ($P = 0.012$)、中速タッピングでは、反応速度における感情価の有意差がなかった（図 7）。oxyHb 変化量の分析では、3（速度） \times 2（感情価） \times 2（期間：前期または後期）の分散分析を実施した。その結果、速度と期間の交互作用があり、中速タッピング条件は、他のタッピング条件より多くのチャンネルで、後期に血流減少する傾向があった（図 8）。

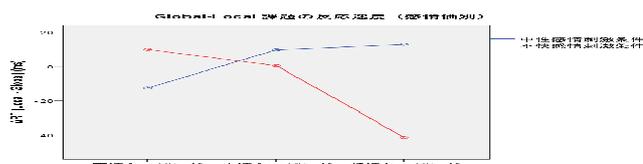


図 7：Global-Local 課題における交互作用

考察：中速タッピングの遂行は、主観的な把握ができない潜在的な感情変化を生じており、不快感情に対し抑制的に機能した可能性がある。中速タッピングの遂行に伴う MPFC 前部の活動低下は、課題への集中による“課題無関連思考”や感情状態のモニタリングの抑制による脳の

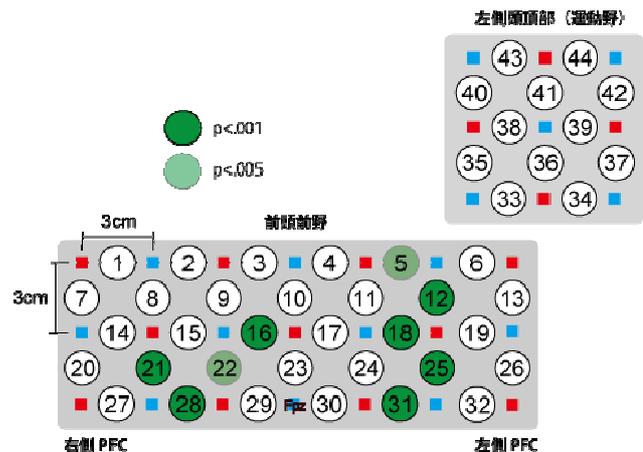


図 8 : oxy-Hb 変化量が後期に減衰したチャンネル

効率化が促進されたことによるのではなかろうか。視覚処理範囲の拡大

は、快感情の創出を示唆しており、適度な速度のタッピングが、不快感情に対して抑制的に機能し、ディストラクション効果をもつ可能性が示唆された。

総合考察

本研究では、不快感情刺激後の認知課題遂行時に、「感情反応による脳活動」による活性が示され、NIRS により MPFC 前部の感情処理が捉えられることが示された。認知課題と身体的課題の遂行は、MPFC 前部の活動低下を生じ、不快感情に抑制的に機能したことが示唆された。本研究では、中速タッピングが“課題無関連思考”や感情状態のモニタリングを抑制したか否かは明らかにしていない。“課題無関連思考”に伴う MPFC や PCC の活動や、感情処理の中心的領域である大脳辺縁系の活動も含めた総合的な脳活動の検討は、今後の課題と思われる。また身体的活動、視覚情報処理範囲による感情評価、NIRS への着目は、認知課題の遂行や、感情状態の自己モニタリングができない子どもや一部の患者群を対象とした脳神経学的検討を可能にすると思われる。

第1章 序論

1.1 感情制御とは

社会生活において、適応的に感情を制御する能力は重要である。激しい感情爆発による対人関係の亀裂や、不快な感情状態による囚われによって目の前のことに手がつけられなくななど、人は自己の意思に沿わない行動を往々にして体験したり、そのような体験に遭遇したりしている。健全で円滑な社会生活を営むためには、感情を適切に制御することが重要であり、近年、このような感情制御の問題に注目が寄せられてきた。「感情制御」とは、人がどのような感情をどのような時にもち、そしてその感情をどのように体験したり表現したりするか、決定付けることである (Gross & James, 1998)。特に不快な感情を制御する能力は、重要な社会的テーマであり、このような能力の欠損は、精神的・身体的な不全 (Davidson, 2000) や、社会機能の不全 (Butler, Egloff, Wilhelm, Smith, Erickson & Gross, 2003; Gross & John, 2003) の危険因子となりうる。例えば、精神的・身体的な不全が深刻化すると、うつ病 (Ritchey, Dolcos, Eddington, Strauman & Cabeza, 2011) や心的外傷後ストレス障害 (Post Traumatic Stress Disorder; PTSD) を発現することもある (Hayes, LaBar, McCarthy, Selgrade, Nasser, Dolcos, Morey & Workgrp, 2011)。うつ病に見られる不快な感情を反芻する傾向や、PTSDに見られる侵入的な外傷的記憶を想起する傾向は、日常生活においてどのように考え、行動するかという態度に、阻害的に働く。一方、社会機能の不全は、子どもの問題としても高い注目が集められている。感情制御能力は幼児期の発達過程に獲得されるが (Lewis, Granic, Lamm, Zelazo, Stieben, Todd, & Pepler, 2008)、その能力の獲得の失敗は、家庭や学校での対人関係において、攻撃性や不安などによる不適応的な行為をもたらす (Lewis, Granic & Lamm, 2006; Lewis, Todd & Honsberger, 2007; Wolfe & Bell, 2007)。このように、感情制御の能力は、健全な精神衛生や円滑な社会機能を送るために、幅広い年齢層において、重要な役割を果たしている。

1.2 不快感情の抑制の脳神経学的メカニズム

不快感情が喚起された状態では、感情処理を中心的に行う脳深部の大脳辺縁系が活性化される。しかし、認知処理の中心的処理領域である前頭前野を活性化させることで、大脳辺縁系の活性が減衰し、不快感情が和らぐことが先行研究によって明らかとされている

(Dolcos & McCarthy, 2006; Dolcos, Iordan & Dolcos, 2011; Van Dillen, Heslenfeld & Koole, 2009)。これが不快感情の抑制の脳神経学的メカニズムとされるが、このようなメカニズムの解明を巡って、数多くの脳機能イメージング研究がなされてきた (Hare, Tottenham, Davidson, Glover & Casey, 2005; Erk, Abler & Walter, 2006; Goldin, McRae, Ramel & Gross, 2008; Adrian, Zeman & Veits, 2011)。それらの研究によれば、感情制御の神経基盤は、扁桃体を含む大脳辺縁系の“hot”な感情システムと、前頭前野の“cold”な認知システムの相互作用に基づく (Gray, Braver & Raichle, 2002, Dolcos et al., 2011)。これらのシステムの関係は、一方の活性が高まれば、一方の活性が低下するというように、活性状態が拮抗関係にあると考えられている (Mayberg, Liotti, Brannan, McGinnis, Mahurin, Jerabek, & Fox, 1999)。したがって、感情制御は、“cold”な認知システムの駆動によって前頭前野が活性化されることで、“hot”な感情システムにあたる大脳辺縁系の活性が低下するというメカニズムを背景に達成される。例えば、Ochsner, Bunge, Gross & Gabrieli (2002) では、不快な写真を不快ではないと「再評価」し、前頭前野を活性化させることで、扁桃体の活性を低下し、不快感情を抑制することが示されている。

1.3 脳神経学的検討の重要性と現状の問題点

このように感情制御の神経基盤を解明しようとする背景には、感情研究にまつわるいくつかの問題点が指摘されていることがある。感情は主観的であるという特徴をもつため、感情に関わる研究の多くは、感情状態の自己報告 (Gratz & Roemer, 2004; MacDermott, Gullone, Allen, King & Tonge, 2010) に基づき、感情を評価する方法を用いている。しかし自己報告による方法は、被験者が実験の目的を推測できる可能性があり、回答の歪みを生じさせる傾向がある (Ohira, Nomura, Ichikawa, Isowa, Iidaka, Sato, Fukuyama, Nakajima & Yamada, 2006)。さらに主観的体験を内省する能力は個人差が大きく、自身の内面で生じている感情的体験を他者に説明するのが困難な場合もある。とりわけ、子どもや、認知機能が低下している一部の患者群にはこの傾向が見られるであろう (杉山・海野, 2005; 小澤・田辺・後藤; 2010)。したがって、感情状態の変化を正確に捉えることは時に困難である。そこで感情状態の伝達に関わる問題を除いて、感情に関わる活動を客観的に捉えるため、近年では脳神経学的手法を用いる試みが重要視されてきた (Ochsner & Gross, 2005; Ohira et al., 2006)。

感情を脳神経学的に検討するためには、一般に、感情処理の中心的部位に当たる脳深部の大脳辺縁系の活動を測定できる脳機能イメージング装置を用いる。例えば、機能的核磁気共鳴断層画像法（functional magnetic resonance imaging : fMRI）やポジトロン断層法（positron emission tomography : PET）などである。しかしこれらの脳機能イメージング機器は、拘束力が高く、被験者への負荷も高いため、低年齢の子どもや高齢者、病理水準が高い患者など、一部の対象者に適用し難いという特徴をもつ。したがって、感情制御が特に重要な問題となる子どもや一部の患者では、検討が困難という現状の問題がある。

1.4 本研究の動機

このような問題を背景に、本研究では、子ども、高齢者、病理水準が高い患者など、多岐の人を対象に検討および適用できる感情制御方略を提案することを将来的な展望とする。そこで本研究では、「多岐の人に実施可能な簡単な感情制御方略」および「多岐の人に適用できる脳機能イメージング装置」の2点について、一般大学生を対象に、次の基礎的な検討を行った。1点目の「多岐の人に実施可能な簡単な感情制御方略」については、後述する「ディストラクション（気晴らし）」（Stone & Neale, 1984; Nolen-Hoeksema & Morrow, 1991）による感情制御方略を採用した。2点目の「多岐の人に適用できる脳機能イメージング装置」については、前頭前野の脳血流変化を簡便に測定できる「近赤外線分光法（NIRS）」を用いた。「近赤外線分光法（NIRS）」とは、ある一定の周波数の近赤外光が生体を通過する際にヘモグロビンに吸収されることを利用して、生体の血液量を非侵襲的に測定する装置である（福田, 2009）。NIRSは、装着が簡単で、被験者への負担が少ない。また装置が小型で移動可能なものもあり、子どもや患者への適用にも適している。NIRSは頭表から2から3cm範囲の脳血流変化量を測定するため（福田, 2009）、脳深部の血流動態は測定できないという限界があるものの、近年、前頭前野の測定で感情処理による脳活動を捉えた研究報告もある（Hoshi, Huang, Kohri, Iguchi, Naya, Okamoto & Ono, 2011; Herrmann, Ehliis & Fallgatter, 2003; Herrmann, Plichta, Ehliis, Alpers, Muhlberger & Fallgatter, 2008; Dieler, Plichta, Dresler & Fallgatter, 2010）。NIRSを用いて前頭前野の血流動態で感情処理による脳活動が捉えられれば、多岐の人を対象にした感情制御研究を展開することが可能になるであろう。

1.5 ディストラクション（気晴らし）とは

「多岐の人に実施可能な簡単な感情制御方略」として、ディストラクション（気晴らし）を採用することは先に述べたが、ディストラクションとは、様々な感情制御方略の一種である。例えば、Gross & Thompson（2007）の感情制御のプロセスモデルによれば、感情制御方略には、「回避」「自己主張」「ディストラクション（気晴らし）」「再評価」「抑制」の種類があることが挙げられている（図 1-1）。

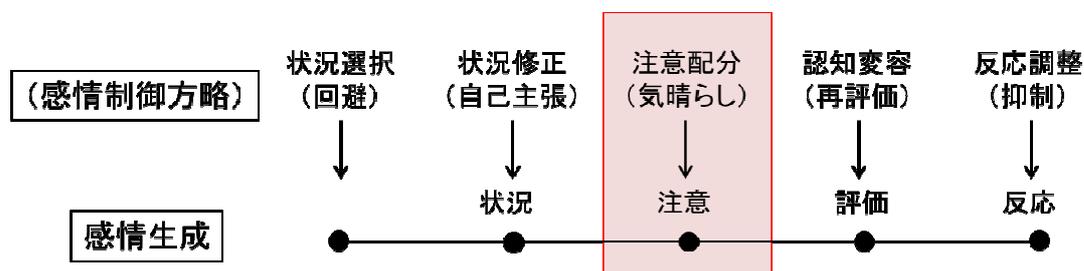


図 1-1：感情制御のプロセスモデル (Gross & Thompson, 2007)

このプロセスモデルに基づけば、感情制御方略として、状況の回避や、自己主張による状況修正が困難な場合に、「不快な対象物や気分から注意を逸らす」という注意配分による制御方略が用いられる。例えば、日常的には読書をしたり、映画を見たり、散歩をするなど、他のことをしたり考えたりして気分転換を図ることである。この注意の転換による感情制御方略が、ディストラクション（気晴らし）とされる (Stone & Neale, 1984; Nolen-Hoeksema & Morrow, 1991)。ディストラクションは、不快な出来事に関連した反芻を防ぎ、不快感情を制御する効果があることが報告されている (Nolenhoeksema & Morrow, 1993; 及川, 2002)。一方で、例えば「再評価」の感情制御方略は、考え方を変えていくことによって感情を制御する方略であり、高次の認知能力や自己統制能力を要する感情制御方略と考えられる。注意の転換を背景としたディストラクションは、数々の感情制御方略の中でも、比較的簡単な制御方略であり、多岐の人に実施可能な簡単な感情制御方略を提案できる可能性がある。

1.6 ディストラクションの脳神経学的メカニズム

ディストラクションに関する脳神経学的検討では、不快感情を低下させるディストラク

ション方略として、通常、実行機能を用いる認知課題による方略が取り上げられている。これらの研究では、実行機能の活用によって生じた前頭前野の活性が、不快感情によって賦活した大脳辺縁系の活性の抑制（Ochsner, et al., 2002; Erk et al., 2006）や、主観的な不快感の低減（Van Dillen et al., 2009）と相関することが示されている。

Van Dillen et al. (2009) によるディストラクションの研究では、認知課題の課題負荷が、主観的な不快感の低減や大脳辺縁系の活性を調整するか否かを検討した（図 1-2）。この検討では、不快写真の呈示後に、高難易度および低難易度の暗算を実施させた結果、高難易度の暗算課題が、低難易度の暗算課題より扁桃体を含む大脳辺縁系の活性を抑制し、主観的な不快感情を低減することを示した。同時に、暗算の遂行が背外側前頭前野（DLPFC）などの前頭前野領域を活性化することを示した。この結果は、課題負荷が高いワーキングメモリ課題の遂行が、ディストラクションとして機能し、不快感情の抑制に関与したことを示唆している。



図 1-2 : Van Dillen et al. (2009) における実験デザイン

1.7 感情制御による脳活動と感情反応による脳活動

Van Dillen et al. (2009) で示されたとおり、認知課題によるディストラクションの遂行は、両側の背外側前頭前野（DLPFC）を活性化することが知られている。実行機能による“cold”な認知処理の遂行は、感情を認知的に制御する役割（「感情の認知的制御」）を果たし、同時にこれらの領域を活性化させると考えられている（Dolcos et al., 2011）。DLPFC の他にも、眼窩前頭皮質（orbitofrontal cortex , OFC; Banks, Eddy, Angstadt, Nathan & Phan, 2007）、内側前頭前野（medial prefrontal cortex, MPFC; Ochsner et al., 2002）、腹外側前頭前野（ventrolateral cortex , VLPFC; Lévesque et al., 2003）などの幅広い領域に、感情抑制による活性化が見られることが報告されている。しかしながら、感情の抑制による DLPFC の活性は、最もコンセンサスが得られた現象といえよう（Beauregard, Levesque & Bourgouin, 2001; Lévesque, Eugene, Joannette, Paquette,

Mensour, Beaudoin, Leroux, Bourgouin & Beauregard, 2003)。DLPFC は、OFC を介して大脳辺縁系と連結しており（Cavada, Company, Tejedor, Cruz-Rizzolo & Reinoso-Suarez, 2000）、これにより DLPFC と大脳辺縁系の脳活動の拮抗関係を実現していると考えられている。以上に述べてきた「感情の認知的制御」による前頭前野領域の活性を、本研究では「感情制御による脳活動」と定義する。

一方で、PET および fMRI によるメタ分析によれば、MPFC は感情刺激によって最も賦活する部位とされる（Phan, Wager, Taylor & Liberzon, 2002）。この活性は、感情抑制による活性とは異なり、感情刺激による反応と考えられている。本研究では、このような活性を「感情反応による脳活動」と定義する。

以上をまとめると、前頭前野領域における「感情処理に関わる脳活動」は、DLPFC を中心とした「感情制御による脳活動」と、MPFC を中心とした「感情反応による脳活動」の 2 種類に大別される（図 1-3）。本研究では、これらの 2 種類の脳活動をまとめて「感情処理による脳活動」と定義する。感情制御の過程では、不快感情を抑制する「感情制御による脳活動」は増加すると考えられているのに対し、不快な感情を反映する「感情反応による脳活動」は減少する必要がある。両者は相反する意味合いの脳活動であるが、MPFC の非活性化の観点から感情制御を捉えた研究はされていない。またこれらの脳活動の弁別を試みた先行研究もされていない。

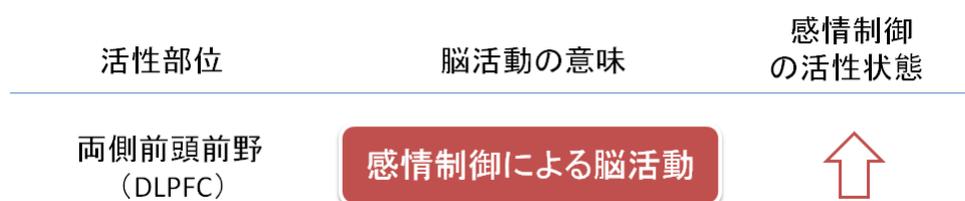


図 1-3 : 「感情制御による脳活動」と「感情反応による脳活動」の比較

1.8 本研究の目的

1.8.1 前頭前野の活動を指標にした感情制御の検討は可能か？

NIRS を用いて、前頭前野で感情処理を捉えることができ、さらに「感情制御による脳活動」と「感情反応による脳活動」を弁別できれば、多岐の人を対象に、感情制御方略の検討および提案を行うことができるだろう。そこで本研究では、まず「前頭前野の活動を指標にした感情制御の検討は可能か？」という点について明らかにするため、NIRS を用いて、次の 2 つの準備的検討を行った。

実験 1：前頭前野における感情処理による脳活動の測定の試み

－近赤外線分光法（NIRS）による検討（第 2 章）

実験 2：感情制御による脳活動と感情反応による脳活動の弁別（第 3 章）

1.8.2 身体的活動は不快感情を制御するか？

感情制御の脳神経学的検討は、認知課題を用いたものが一般的であり（飯田・市川・大平, 2009）、本研究でも、実験 1 と実験 2 では認知課題を用いた脳神経学的検討を行った。一方で、適度な運動はネガティブな感情を変化させる効果があり（Thayer, 1987）、特に普段から運動を行っている者は、怒りや抑うつなどの不快感情の自己制御に有効であること（Stevens & Lane, 2001）が報告されている。しかし身体的活動によるディストラクション効果を検討した脳神経学的な検討は見当たらない。

そこで本研究では、「多岐の人に適用できる感情制御方略」を提案するため、指タッピングを用いた身体的活動による感情制御の検討を行った。指タッピングは、1 人で手軽に、安全に行える身体的活動であり、認知課題の遂行が困難な子どもや患者なども実施可能である。また、脳計測でアーチファクトが入りにくい身体的活動という利点がある。以上の点から、本研究では下記の中核的検討を行った。

実験 3：タッピングによるディストラクション効果の検討（第 4 章）

第2章 前頭前野における感情処理による脳活動の測定の試み

－近赤外線分光法（NIRS）による検討－（実験1）

2.1 背景

先述のとおり、先行研究における感情制御の脳神経学的検討は、前頭前野と大脳辺縁系の血流動態を中心的に検討されているため、脳深部の大脳辺縁系の測定が可能なfMRIやPETによる脳機能イメージング機器が主に用いられている。一方で、近赤外線分光法（NIRS）は表皮から3cm程度下の血流動態を測定するため、脳深部の大脳辺縁系の活動は捉えられないが、近年NIRSを用いて、前頭前野で「感情反応による脳活動」を測定する試みがある（Herrmann, Huter, Plichta, Ehli, Alpers, Muhlberger & Fallgatter, 2008; Hoshi et al., 2011; Dieler et al., 2010）。例えばHoshi et al.（2011）では、快、不快、中性の感情刺激写真を呈示している最中の血流動態をNIRSで測定した。その結果、強い不快感情を創出する写真は両側のVLPFCを活性化し、強い快感情を創出する写真は左側のDLPFCを非活性化する傾向を見出している。しかしHoshi et al.（2011）では、不快感情刺激条件と中性感情刺激条件の条件ごとに、ベースラインと、写真呈示時の脳血流変化量の差を報告するに留まっており、条件間に脳血流変化量の有意差を報告していない。したがって「感情反応による脳活動」が捉えられる可能性は示されたものの、感情刺激の統制によって生じる明らかな感情価の差を示すためには、課題も残されていると思われる。

一方で、「感情制御による脳活動」は、先述したVan Dillen et al.（2009）の実験デザインのように、課題に関連しない感情刺激を行った後に、認知課題を実施することによって、課題遂行中に生じると考えられている。「感情制御による脳活動」は、DLPFCが中心的活性部位であり、負荷が高い課題の方が、ディストラクション効果が高いことが示されている。そこで本実験では、Van Dillen et al.（2009）の実験デザインを基に、課題負荷が異なるワーキングメモリ課題を用いて、認知課題遂行中の前頭前野の脳活動に「感情制御による脳活動」が捉えられるか否かをNIRSで検討した。さらに、課題に関連しない感情刺激の呈示中（写真呈示時）に、「感情反応による脳活動」が捉えられるか否かについても検討した。すなわちNIRSを用いて、前頭前野における「感情処理による脳活動」の測定を検証した。

Hoshi et al.（2011）によれば、写真呈示時は中性感情刺激条件より不快感情刺激条件

の方が賦活する傾向があることが予想された。一方、ワーキングメモリ課題時は、中性写真呈示後より不快写真呈示後の方が、DLPFC が賦活する傾向があることが予想された (Beauregard et al., 2001; Lévesque et al., 2003)。この活性量は低負荷の認知課題より高負荷の認知課題の方が大きいと考えられた (Van Dillen et al., 2009)。ワーキングメモリ課題の成績については、先行研究に基づき、不快感情刺激条件の方が低下することが予想された (Dolcos & McCarthy, 2006)。

2.2 方法

2.2.1 参加者

精神疾患や神経学的疾患の既往をもたない右利きの男性大学生 23 名を対象に実験を行った。3 名のデータは NIRS データの乱れや、不快写真に対する不快感による中断によって分析から除外し、残りの 20 名 ($M \pm SD = 19.38 \pm 0.79$) を分析対象とした。全ての参加者は、事前に東京大学の倫理審査委員会の承認を得た研究の説明を受け、実験参加への同意を書面で表明した。

2.2.2 実験環境

実験は、薄暗がりのシールドルームで実施された。参加者は、CRT モニター (32 × 24 cm) の前の椅子に座るよう指示された。参加者とモニターの距離は、約 80cm であった。近赤外線分光法の装置 (Spectratech OEG-16; スペクトラテック社, 横浜, 日本) が頭部に装着された。

2.2.3 感情刺激

感情刺激には、IAPS (Lang, Bradley & Cuthbert, 1998) による感情刺激写真を用いた。IAPS の各写真には、感情価および覚醒度の平均評定値が 9 件法で定められている (1: 不快または低覚醒、9: 快または高覚醒)。本実験では、この平均評定値に基づき、IAPS のデータセットの中から、中性および不快の写真を各 32 枚選択した。選択した写真の感情価の平均値は、中性写真、不快写真の順に、5.10、2.00 であった。覚醒度の平均値は、中性写真、不快写真の順に、3.18、6.00 であった。不快写真は、覚醒度が 5.50 以上のもののみを選択した。写真は様々な内容を含むように選択した。中性写真の例は、人間、植

物、食べ物、物質、不快写真の例は、犠牲者、切断、昆虫、汚れたトイレなどである。曖昧な印象を与える内容の写真は含めなかった。

2.2.4 認知課題

認知課題は、代表的なワーキングメモリ課題である 1-back 課題および 3-back 課題を用いた。12.70mm の白文字の数字が、2 秒に 1 回、黒い背景画面の中央に表示された。数字は、1 から 9 の中からランダムに呈示された。参加者は、1-back では呈示された数字が 1 つ前の数字と一致する場合に、3-back では呈示された数字が 3 つ前の数字と一致する場合に、Enter キーをなるべく早く押すように指示された（図 2-1）。1 試行につき全 13 回、数字が表示され、そのうち数字の一致は 3 回含まれていた。

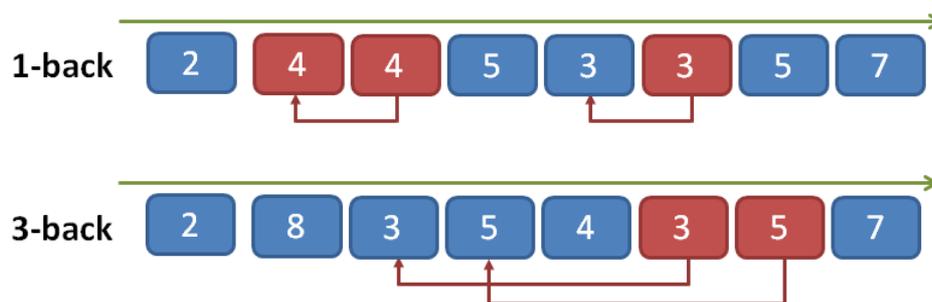


図 2-1 : 1-back 課題および 3-back 課題における刺激呈示の例

2.2.5 実験手続き

参加者は、アーチファクトの混入を避けるため、NIRS の測定中は体動や呼吸の乱れをなるべく避けるように実験前に指示された。また手を挙げればいつでも実験を中断できることが伝えられた。参加者の様子は別室にてモニターされた。

NIRS の測定では、まず NIRS 装置が参加者の頭部に装着された。NIRS 測定中の課題は、各試行が 5 つの期間から構成された（図 2-2）。「最初のレスト時」は、白い固視点が画面の中央に 9.8 秒呈示された。参加者は、固視点が呈示されている間は、固視点の中央を眺めるように指示された。「写真呈示時」は、同じ感情価の写真が 2 枚連続して呈示された（中性と中性、不快と不快）。写真の呈示時間は、各 5.2 秒であった。直後に、“1-back

task”または“3-back task”の白文字が、画面の中央に約 1.3 秒呈示された（「インストラクション時」）。その後約 26 秒間の 1-back 課題または 3-back 課題が実施された（「n-back 時」）。N-back 課題では、各文字が画面の中央に 300 ミリ秒呈示され、1,700 ミリ秒の刺激間隔（ISI）が設けられた。N-back 課題の後、固視点が 5.2 秒呈示された（「最後のレスト時」）。

NIRS の測定前は、中性写真のみで構成される 6 試行の練習が行われた。NIRS の測定では、中性および不快の写真を用いた 32 試行が実施された。NIRS の測定後に、NIRS 装置が頭部から取り外された。最後に測定で用いられた全写真が再び呈示され、参加者は 9 件法で写真の感情価を評定した（1:不快、9:快）。

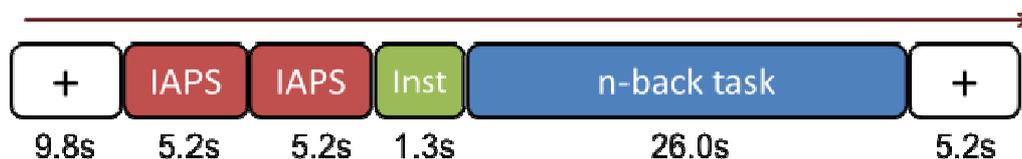


図 2-2：一試行の流れ（実験 1）

2.2.6 行動指標の分析

実験において感情刺激の条件に統制が取れていたか否かを検証するため、NIRS 測定時の IAPS 写真に関し、不快写真と中性写真の間に、感情価の差があるか否かを対応のある t 検定で検討した。

n-back 課題の課題成績の分析では、正答率と反応時間を指標に用いた。感情刺激が認知課題の成績に与える影響を検討するため、2（感情価：中性または不快）×2（課題負荷：低負荷または高負荷）の被験者内要因（反復測定）の分散分析を実施した。

究では分析に oxyHb 変化量を用いた。

oxyHb データには、まず高域フィルタ (0.0076 Hz) をかけてノイズを除去した。各チャンネルを個別に分析し、すべてのサンプリングデータを一試行ごとにセグメントしてから、写真呈示直前の 4.59 秒 (7 サンプル) の平均値が 0、標準偏差が 1 となるように全データを z 得点化した (Matsuda & Hiraki, 2006)。写真呈示直前の 4.59 秒をベースラインとし、IAPS 写真の呈示中および n-back 課題中の oxyHb 変化量のデータを用いて分析を行った。ノイズを除去するため、隣り合わせとなるサンプリングデータの差とその標準偏差を算出し、8SD 以上のサンプリングデータを 1 つ以上含む試行は、分析から除外した。

2.2.7.2.2 データ分析

データ分析では、写真呈示時および n-back 課題時の前頭前野の活動を個別に分析した。

まず個人解析を実施した。感情価の条件ごとに、各期間の oxyHb 変化量の加算平均とその標準偏差を算出した。ベースラインからの脳血流変化量を検討するため、1 サンプルの t 検定によって、各期間の oxyHb 変化量の平均値をベースライン (平均値は 0) と比較した。

次に集団解析を実施した。まず、全参加者の各期間の oxyHb 変化量の加算平均と標準偏差を算出した。写真呈示時の集団解析では、1 サンプルの t 検定を用いて、写真呈示時の oxyHb 変化量の平均値をベースライン (平均値は 0) と比較した。さらに各感情価の oxyHb 変化量に差があるか否かを検討するため、対応のある t 検定で比較した。N-back 課題時の集団解析では、n-back 課題時の oxyHb 変化量を従属変数に、2 (感情価: 中性または不快) × 2 (課題負荷: 低負荷または高負荷) の被験者内要因 (反復測定) の分散分析を実施した。

2.3 結果

2.3.1 行動指標

2.3.1.1 IAPS 写真の感情価の評定

対応のある t 検定の結果、不快写真は中性写真より、感情価の評定値が有意に小さかった [感情価の平均値: 中性, 4.21; 不快, 1.96; $t(19) = 10.07, P < 0.001$]。

2.3.1.2 n-back 課題の成績

2 (感情価: 中性または不快) × 2 (課題負荷: 低負荷または高負荷) の被験者内要因 (反復測定) の分散分析の結果、正答率には主効果や交互作用はなかった (表 2-1)。反応時間には、課題負荷の主効果があり、1-back 課題の方が 3-back 課題より反応時間が短かった [反応時間の平均: 1-back, 246.32 ms; 3-back, 363.77 ms, $P < 0.001$]。

表 2-1. n-back 課題の正答率および反応時間の平均値および標準偏差

| | 中性感情刺激 | | 不快感情刺激 | |
|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 1-back | 3-back | 1-back | 3-back |
| 正答率 (% Correct) | 94.58 (4.30) | 90.83 (13.36) | 94.79 (6.61) | 88.75 (14.88) |
| 反応時間 (ms) | 241.46 (94.71) | 354.83 (179.08) | 251.18 (122.49) | 372.71 (166.29) |

2.3.2 近赤外線分光法

2.3.2.1 写真呈示時の oxyHb 変化

個人解析の結果を表 2-2 に示す。中性写真の呈示では、20 名の参加者のうち 7 名 (35%) が、1 つ以上のチャンネルでベースラインからの oxyHb 増加量が有意、20 名のうち 3 名 (15%) がベースラインからの oxyHb 減少量が有意であった。不快写真の呈示では、20 名のうち 9 名 (45%) がベースラインからの oxyHb 増加量が有意、6 名 (30%) がベースラインからの oxyHb 減少量が有意であった。有意差があったチャンネルは、参加者ごとに異なっていた。

表 2-2. 写真呈示時の oxyHb 変化量が有意であったチャンネル(個人解析)

| 参加者番号 | 中性写真呈示時 | | 不快写真呈示時 | |
|-------|--------------|------------------|-------------|--------------|
| | 活性化 | 非活性化 | 活性化 | 非活性化 |
| 1 | - | - | - | 3/4/6/12 |
| 2 | - | - | 2/9/12/16 | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 4 | 2/8-11/14-16 | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 6 | - | 16 | - | 16 |
| 7 | - | 1/3-6/9-11/13/15 | 8 | - |
| 8 | 1-16 | - | 1-16 | - |
| 9 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 11 | - | - | 7/11-15 | 5 |
| 12 | - | - | - | - |
| 13 | - | - | 1/3/14 | - |
| 14 | 2/4/6/8-15 | - | 2/9/12 | 16 |
| 15 | 2/5/9/11/14 | - | 1-11/13-16 | - |
| 16 | 1-9/11-15 | - | 2/3/8-11/14 | - |
| 17 | - | 3/15 | - | 2-5/11/14/15 |
| 18 | 12/15 | - | - | 3/16 |
| 19 | - | - | - | - |
| 20 | 8 | - | 15 | - |

注 1) 数字はチャンネル番号を示す。

注 2) “-”は、いずれのチャンネルも有意差がなかったことを示す。

集団解析の結果を表 2-3 に示す。この表ではチャンネルごとの oxyHb 変化量の平均値と標準偏差が示されている。ベースラインと、写真呈示時の oxyHb 変化量を比較した 1 サンプルの t 検定では、中性写真呈示時は、12 個のチャンネルで oxyHb 増加量が有意であった。不快写真呈示時は、3 個のチャンネルで oxyHb 増加量が有意であった。

一方で、対応のある t 検定の結果、すべてのチャンネルで、中性写真呈示時と不快写真呈示時に、oxyHb 変化量の有意差がなかった。

表 2-3. 写真呈示時の oxyHb 変化量(集団解析)

| チャンネル 番号 | 中性写真呈示時 | | | | 不快写真呈示時 | | | |
|-------------|---------|------|-------|-----------|---------|------|-------|----------|
| | M | SD | t(19) | p | M | SD | t(19) | p |
| 1 | -0.01 | 0.90 | -0.05 | 0.958 | 0.50 | 1.55 | 1.44 | 0.165 |
| 2 | 0.83 | 1.35 | 2.74 | 0.013 * | 0.94 | 2.29 | 1.85 | 0.080 |
| 3 | 0.56 | 1.66 | 1.51 | 0.148 | 0.57 | 2.69 | 0.95 | 0.354 |
| 4 | 0.46 | 1.10 | 1.88 | 0.076 | 0.28 | 1.90 | 0.65 | 0.522 |
| 5 | 0.90 | 1.45 | 2.79 | 0.012 * | 0.57 | 2.59 | 0.99 | 0.336 |
| 6 | 0.85 | 0.92 | 4.12 | 0.001 ** | 0.52 | 1.62 | 1.44 | 0.166 |
| 7 | 0.71 | 0.95 | 3.37 | 0.003 ** | 0.75 | 1.59 | 2.12 | 0.047 * |
| 8 | 1.14 | 1.58 | 3.21 | 0.005 ** | 0.94 | 2.44 | 1.72 | 0.101 |
| 9 | 1.52 | 1.32 | 5.16 | 0.000 *** | 1.37 | 2.51 | 2.43 | 0.025 * |
| 10 | 0.85 | 1.40 | 2.70 | 0.014 * | 0.78 | 2.48 | 1.42 | 0.173 |
| 11 | 0.99 | 1.45 | 3.04 | 0.007 ** | 1.06 | 2.98 | 1.59 | 0.129 |
| 12 | 1.12 | 0.95 | 5.28 | 0.000 *** | 0.93 | 1.28 | 3.26 | 0.004 ** |
| 13 | 0.80 | 1.12 | 3.19 | 0.005 ** | 0.82 | 1.76 | 2.09 | 0.051 |
| 14 | 1.26 | 1.88 | 3.00 | 0.007 ** | 1.39 | 2.99 | 2.09 | 0.051 |
| 15 | 0.56 | 1.56 | 1.60 | 0.126 | 1.12 | 2.67 | 1.88 | 0.076 |
| 16 | 0.57 | 1.03 | 2.48 | 0.023 * | 0.78 | 1.98 | 1.77 | 0.093 |

注) *: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$; ***: $P < 0.001$

2.3.2.2 n-back 時の oxyHb 変化

不快写真呈示後の n-back 課題時の oxyHb 変化量の個人解析の結果を表 2-4 に示す。不快写真呈示後の 1-back 時は、1 つ以上のチャンネルで、写真呈示時の oxyHb 変化量が、ベースラインと比較し有意な増加を示したのが 20 名の参加者のうち 11 名 (55%)、有意な減少を示したのが 20 名のうち 1 名 (5%) であった。不快写真呈示後の 3-back 時は、11 名 (55%) に有意な増加、2 名 (10%) に有意な減少があった。

なお中性写真呈示後の n-back 課題では、1-back と 3-back のいずれの場合も、ベースラインからの oxyHb 変化量に有意差を示すチャンネルがある参加者はいなかった。

表 2-4. n-back 時の oxyHb 変化が有意であったチャンネル(個人解析)

| 参加者番号 | 不快写真呈示後の 1-back | | 不快写真呈示後の 3-back | |
|-------|--------------------|-------|-----------------|----------------|
| | 活性化 | 非活性化 | 活性化 | 非活性化 |
| 1 | 9 | - | - | - |
| 2 | - | 10/11 | - | 11 |
| 3 | - | - | - | - |
| 4 | 11/13/14 | - | - | - |
| 5 | - | - | - | 4/6/7/13/14/16 |
| 6 | - | - | 1-3/5/7/9/11/13 | - |
| 7 | - | - | 1-7/9-16 | - |
| 8 | 1/9 | - | 1/2 | - |
| 9 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 11 | - | - | 7/11/13 | - |
| 12 | 2/5-12/14-16 | - | - | - |
| 13 | 3/5/8/10/12-15 | - | 13 | - |
| 14 | 4/6/7/9/12/13 | - | 5-7/9-12 | - |
| 15 | 2-6/8/10/11/13/14/ | - | 1-4/7/9 | - |

| | | | | |
|----|---------------------|---|----------------|---|
| | 16 | | | |
| 16 | 1/4/5 | - | 3/4/6/10/11/16 | - |
| 17 | 11/13-16 | - | - | - |
| 18 | - | - | 1/3/4/6/12-16 | - |
| 19 | 1/2/4/7/8/11-15 | - | 16 | - |
| 20 | 3/6/7/9/10/12/13/16 | - | 1/12/16 | - |

注) 数字はチャンネル番号を示す。“-”は、有意差を示すチャンネルがなかったことを示す。

n-back 課題時の oxyHb 変化量を指標とした集団解析では、2 (感情価：中性または不快) × 2 (課題負荷：低負荷または高負荷) の被験者内要因 (反復測定) の分散分析を実施した。感情価の主効果があったチャンネルは、チャンネル 6 [F(1, 19) = 6.31; P = 0.021]、9 [F(1, 19) = 5.84; P = 0.026]、12 [F(1, 19) = 6.35; P = 0.021]、および 15 [F(1, 19) = 12.05; P = 0.003]であった (表 2-5; 図 2-4)。全チャンネルにおいて、中性感情刺激より不快感情刺激後の n-back 時に有意な増加があった。いずれのチャンネルも課題負荷の主効果や、感情価と課題負荷の交互作用はなかった。

表 2-5. n-back 時の oxyHb 変化量を指標とした 2 × 2 の被験者内要因の分散分析 (集団解析)

| チャンネル番号 | 感情価 | | 課題負荷 | | 交互作用 | |
|---------|---------|---------|---------|-------|---------|-------|
| | F(1,19) | p | F(1,19) | p | F(1,19) | p |
| 1 | 0.79 | 0.386 | 0.34 | 0.569 | 1.10 | 0.307 |
| 2 | 1.27 | 0.275 | 0.03 | 0.861 | 0.02 | 0.889 |
| 3 | 2.04 | 0.170 | 0.10 | 0.752 | 0.04 | 0.841 |
| 4 | 0.59 | 0.450 | 0.01 | 0.909 | 0.73 | 0.405 |
| 5 | 0.48 | 0.496 | 0.08 | 0.787 | 1.30 | 0.268 |
| 6 | 6.31 | 0.021 * | 1.16 | 0.300 | 0.41 | 0.531 |
| 7 | 3.93 | 0.062 | 0.06 | 0.805 | 0.10 | 0.753 |

| | | | | | | |
|----|-------|----------|------|-------|------|-------|
| 8 | 0.76 | 0.393 | 0.60 | 0.449 | 0.01 | 0.909 |
| 9 | 5.84 | 0.026 * | 0.00 | 0.949 | 2.50 | 0.130 |
| 10 | 1.36 | 0.258 | 1.73 | 0.205 | 0.14 | 0.709 |
| 11 | 2.32 | 0.144 | 1.04 | 0.322 | 0.18 | 0.674 |
| 12 | 6.35 | 0.021 * | 0.03 | 0.866 | 0.00 | 0.976 |
| 13 | 2.32 | 0.144 | 0.00 | 0.960 | 0.02 | 0.899 |
| 14 | 2.83 | 0.109 | 0.03 | 0.861 | 0.02 | 0.905 |
| 15 | 12.05 | 0.003 ** | 0.00 | 0.957 | 0.00 | 0.988 |
| 16 | 1.54 | 0.230 | 0.12 | 0.737 | 1.55 | 0.229 |

注) *: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$

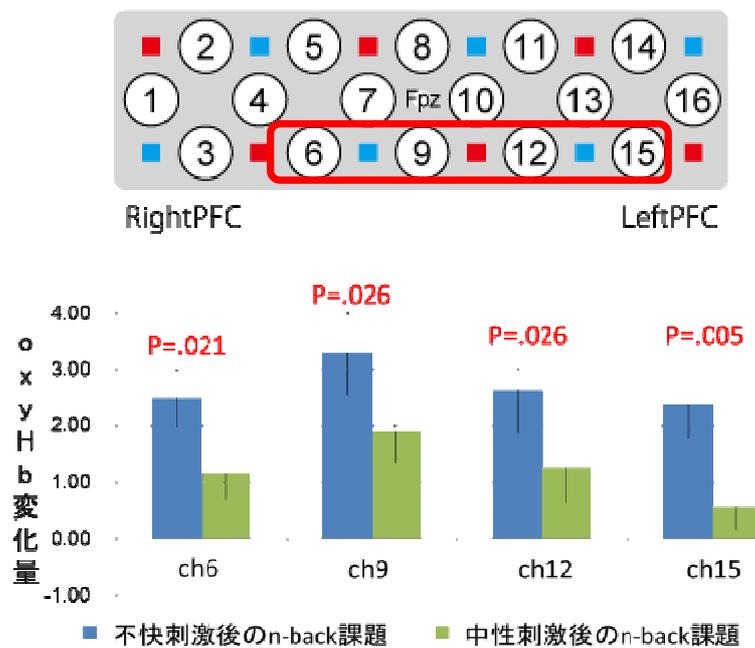


図 2-4 : n-back 課題時の脳活動に感情刺激の影響が見られたチャンネルとその結果

図 2-5 に、n-back 課題時に感情価の主効果があったチャンネル 6、9、12 および 15 の oxyHb 変化の加算平均波形を示す。各波形は、条件ごと（中性写真呈示後の 1-back、中性写真呈示後の 3-back、不快写真呈示後の 1-back、不快写真呈示後の 3-back）に示されている。

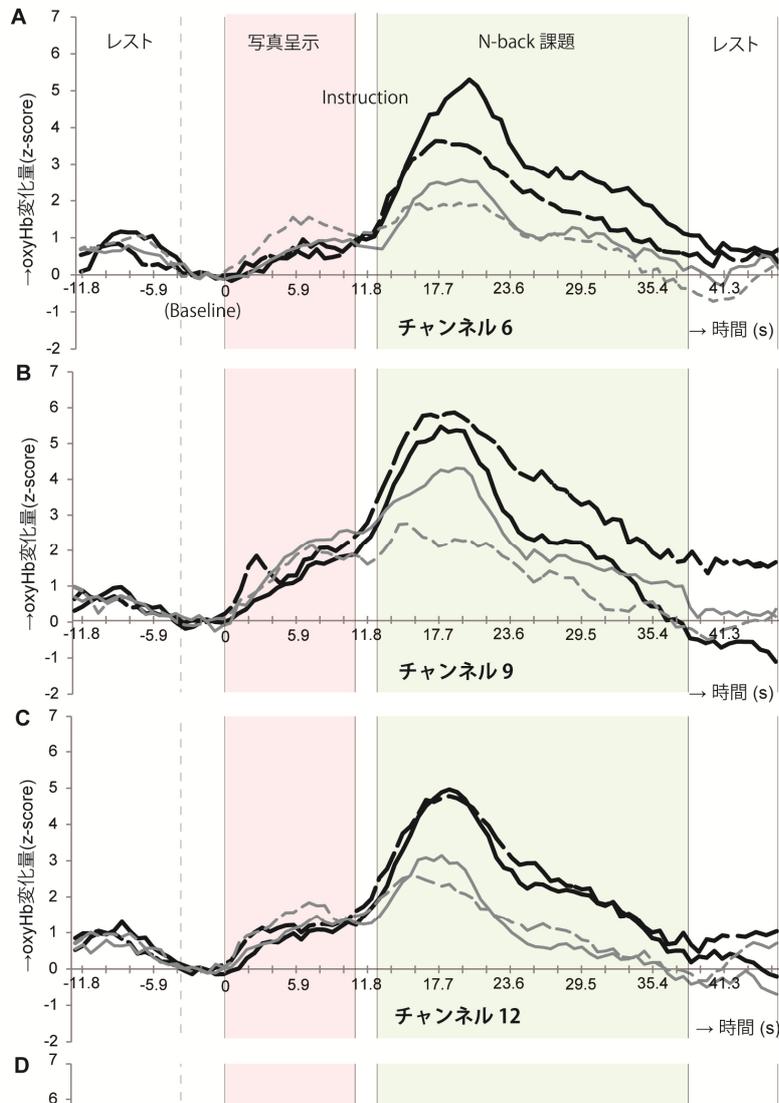


図 2-5 : oxyHb 変化量の加算平均波形

2.4 考察

本研究では、n-back 課題時の脳血流変化に感情価間の有意差が認められた。しかし、写真呈示時の脳血流変化については、各条件において、ベースラインとの比較による血流変化の傾向性が示されたのみで、感情価間の血流変化量の有意差はなかった。したがって、写真呈示のみでは「感情処理による脳活動」を捉えたとは言い難いが、NIRS を用いた検討でも、認知課題遂行時に「感情処理による脳活動」を捉えられることが示唆された。

N-back 課題時の oxyHb 変化量については、チャンネル 6、9、12 および 15 において、感情価間に有意差があった(表 2-5; 図 2-4)。これらのチャンネルは、国際 10/20 法の Fp1 (チャンネル 12)、Fpz (チャンネル 9)、Fp2 (チャンネル 6)、F7 (チャンネル 15) に位置し、Fp1、Fpz、Fp2 は両側の上前頭回、F7 は左側の下前頭回に相当していた(Okamoto et al., 2004)。本研究では、これらの領域を中心に、感情刺激による脳活動への影響が明らかに確認された。

しかしながら、この領域で確認された「感情処理による脳活動」は、「感情制御による脳活動」と「感情反応による脳活動」のどちらとも解釈可能な結果を示していた。チャンネル 6、9、12 は MPFC 前部に相当するが、メタ分析によれば、MPFC は感情刺激による脳活動の場として、最も認知されている前頭前野の領域である(Phan et al., 2002)。したがって、MPFC 前部で確認された活性は、「感情反応による脳活動」を支持する結果と捉えられた。一方で oxyHb 変化量の加算平均波形(図 2-5)を眺めると、写真呈示時は、両感情価とも同様のパターンで oxyHb 変化量が増加する。この活性は、n-back 課題の開始とともに分化し始め、中性感情刺激後より不快感情刺激後の n-back で、急速に増加する。このような急速な血流増加は、写真呈示時ではなく、認知課題の遂行時に生じるという点で認知処理に依存しており、「感情制御による脳活動」を支持する結果とも捉えられた。

本実験では、MPFC 前部に「感情処理による脳活動」が認められた一方、両側の DLPFC にはその活動が認められなかった。この理由としては、NIRS を用いた表層に近い脳血流変化の測定では、DLPFC における「感情処理による脳活動」はやや捉えにくい可能性が考慮される。しかし NIRS を用いた検討では、DLPFC より MPFC 前部の「感情処理の脳活動」の方が捉えやすいという傾向性は、本実験の試みとしては重要な知見と思われる。

N-back 時の脳血流変化に対し、写真呈示時については、対応のある t 検定の結果、すべてのチャンネルで、感情価間の活性量に有意差がなかった。しかしベースラインとの比較

では、不快写真提示時（3チャンネル）より中性写真提示時（12チャンネル）の方が、有意な血流増加量を示すチャンネルが多いという傾向性が示された（表 2-3）。個人解析の結果によれば（表 2-2）、不快写真提示時における前頭前野の活性量は、中性写真提示時より、活性、非活性の個人差がやや大きい（45%の参加者が増加、30%が減少；表 2-2）。このような個人差の影響により、中性写真提示時より不快写真提示の方が、ベースラインとの比較による活性量の有意差を示すチャンネルが少なかった可能性もある。Hoshi et al. (2011)でも同様に、不快写真提示時の脳活動において、比較的大きな個人差が示されている。Hoshi et al. (2011)では、6秒間の不快写真提示中の前頭前野の活動を検討したが、14名の参加者のうち7名（50%）が増加、6名（42.9%）が減少を示していた。したがって本研究で認められた脳活動の傾向性は、先行研究を支持する妥当なものであると思われる。このような感情刺激による脳活動の個人差は、脳構造や個人特性の違いに起因している可能性がある。特に不快写真刺激による脳活動は、扁桃体と前頭前野のコネクティビティなどの関与が指摘されている（Cremers, Demenescu, Aleman, Renken, van Tol, van der Wee & Roelofs, 2010）。

一方、Hoshi et al. (2011)では、個人差を減少させる分析を行うことで、写真提示時の活性量に、ベースラインとの比較による有意差を示している。具体的には、強い不快感情による脳活動のみを抽出するため“1”（最も不快）と評定されたデータのみを用いた分析を行った。その結果、両側の VLPFC に有意差が認められた。このように、“1”（最も不快）と評定された限定された範囲のデータのみを用いたことで、不快感情刺激による脳血流変化量の分散が小さくなり、統計的有意差を生じやすくなったと思われる。

以上のとおり、単なる写真提示のみでは、脳活動に感情価間の有意差は認められず、感情刺激による明らかな「感情処理による脳活動」は捉えがたいが、脳活動の傾向性に関するエビデンスは示された。感情刺激による脳活動を捉えるためには、個人差を小さくすることが重要な要因となろう。

課題負荷の影響については、n-back 課題の反応時間は、3-back より 1-back の方が有意に早かったが（平均反応時間：1-back, 246.32 ms; 3-back, 363.77 ms, $P < 0.001$ ）、正答率には有意差がなかった。oxyHb 変化量における課題負荷の有意差もなかった。先行研究（Van Dillen et al., 2009）では、低負荷より高負荷の認知課題の方が、前頭前野が活性化され、その活性は「感情制御による脳活動」を反映していることが示唆されている。本研

究で脳活動に課題負荷の影響がなかったことは、「感情反応による脳活動」を示唆するものであると捉えられる。

2.5 本章のまとめ

N-back 課題時の脳血流変化に感情価間の有意差が認められ、NIRS を用いても「感情処理による脳活動」を捉えられることが示唆された。活性領域は「感情制御による脳活動」として広く認められている DLPFC ではなく、「感情反応による脳活動」を支持する MPFC 前部を中心としていた。認知課題の遂行に依存した活性であるため「感情制御による脳活動」である可能性もあるが、本実験の結果のみからは、どちらの脳活動かを判別できない結果となった。一方、写真呈示時の脳血流変化については、ベースラインとの比較では、有意な血流変化が確認されたものの、感情価間の有意差が認められず、明らかに「感情処理による脳活動」を捉えたとは言い難い結果となった。NIRS で「感情処理による脳活動」を捉えるためには、単なる写真呈示による活性ではなく、感情刺激後の課題に付加された感情処理の活性に着目することが有効であると思われる。

第3章 感情制御による脳活動と感情反応による脳活動の弁別（実験2）

3.1 背景

人は感情の生成と感情の制御を同時的に行っており (Campos, Frankel & Camras, 2004)、両者の間に明確な線引きをし難い (Gross & Barrett, 2011) ことが指摘されている。しかし不快感情刺激後の認知課題時の前頭前野の活性は、感情制御として捉えられる傾向がある (Cromheeke & Mueller, 2013)。感情生成によって生じた「感情反応による脳活動」と「感情制御の脳活動」の弁別を試みた先行研究も見当たらない。本実験では、実験1 (Ozawa, Matsuda, & Hiraki, 2014) と同様に、課題負荷の異なる認知課題を用いて、実験1で見られた不快感情刺激後の認知課題時の活性が、「感情反応による脳活動」か、「感情制御による脳活動」かを明らかにする試みを行った。

これまでの感情制御研究では、「感情制御による脳活動」は実行機能の利用に伴うことが報告されている (Beauregard et al., 2001; Lévesque et al., 2003)。したがって、「感情制御による脳活動」は、不快感情刺激後の認知課題時に伴って生じていることが想定される。一方で、「感情反応による脳活動」は、感情刺激時と、感情刺激後の認知課題時の両方で生じていることが想定される。そこで本実験では、「感情制御による脳活動」と「感情反応による脳活動」を弁別するため、感情刺激後の認知課題時の脳活動と、感情刺激後のレスト時の脳活動を比較する検討を行った。不快感情刺激後の認知課題時の方がレスト時より脳活動が大きければ、その脳活動は「感情反応による脳活動」より「感情制御による脳活動」を反映しており、反対に、レスト時の方が認知課題時より大きければ、「感情反応による脳活動」を反映していると考えられた。

さらなる検討として、時間的経過に伴う「感情反応の脳活動」の推移を検討するため、写真呈示時と、写真呈示後のレスト時の脳活動を比較した。認知課題によるディストラクションを行わずとも、時間的経過に伴い、不快感情が減少するのであれば、写真呈示時より、写真呈示後の方が血流変化量は減少すると考えられた。

3.2 方法

3.2.1 参加者

精神疾患や神経学的疾患の既往がない右利きの男性大学生 34 名が実験に参加した。6 名のデータは、NIRS データの乱れ、不快写真に対する不快感による中断、写真の評定方法の違いなどから、分析から除外した。残りの 28 名のうち、14 名 ($M \pm SD = 19.71 \pm 1.86$) は 1-back 群、14 名 ($M \pm SD = 20.57 \pm 1.83$) は 3-back 群に割り当てられた。全ての参加者は、事前に東京大学の倫理審査委員会の承認を得た研究の説明を受け、実験参加への同意を書面で表明した。

3.2.2 実験環境

実験環境は、実験 1 と同様であるが、用いた NIRS 装置は、新型の OEG-SpO₂ (スペクトラテック社, 横浜, 日本) であった。

3.2.3 感情刺激

感情刺激は、実験 1 と同様に、IAPS (Lang et al., 1998) の感情刺激写真を用いた。IAPS で定められている各写真の感情価および覚醒度の平均評定値に基づき、中性写真および不快写真を各 24 枚選択した。感情価の平均値は中性写真、不快写真の順に、5.10、2.04 であった。覚醒度の平均値は、同順に 3.18、6.07 であった。不快写真は、覚醒度が 5.00 以上のものを選択した。

3.2.4 認知課題

認知課題は n-back 課題を用い、実験 1 と同様の方法で実施した。1 回の試行につき全 8 回、数字が呈示され、そのうちの数字の一致は 3 回であった。

3.2.5 実験手続き

実験手続きは実験 1 と同様の手順で実施したが、下記の点が実験 1 とは異なっていた。

実験デザインは、n-back 試行とレスト試行の 2 種類から構成された (図 3-1)。どちらかの種類の 4 試行から構成されるブロックを 2 回ずつ実施した (n-back 試行のブロック 2 回、レスト試行のブロック 2 回)。4 回のブロックの呈示順は、参加者間でカウンターバランスを取った。

n-back 試行は、4 つの期間から構成された (図 3-1)。「最初のレスト時」では、白い固視点が画面の中央に 10.0 秒間呈示された。「写真呈示時」では、同じ感情価の写真が 2 枚連続して呈示された (中性と中性、不快と不快)。写真の呈示時間は、各 5.0 秒であった。0.3 秒のブランクの後、16.0 秒間の n-back 課題が実施された (「n-back 時」)。N-back 課題の後、固視点が 5.0 秒間呈示された (「最後のレスト時」)。

一方レスト試行では、写真呈示後に固視点を 15.0 秒間呈示し、参加者はその間は固視点を眺めるように指示された (「中間のレスト時」)。レスト後に n-back 課題が 16.0 秒間実施され、最後に固視点が 5.0 秒間呈示された。したがってレスト試行は、「最初のレスト時」「中間のレスト時」「n-back 時」「最後のレスト時」の 5 期間から構成された (図 3-1)。

各ブロックは、中性写真を用いた 2 試行と不快写真を用いた 2 試行で構成され、各試行の順序はランダムに呈示された。NIRS 測定前に、n-back 試行とレスト試行の練習試行を 2 回ずつ実施した。NIRS の測定後は、IAPS 写真の感情価の評定を求めた (1:快、9:不快)。

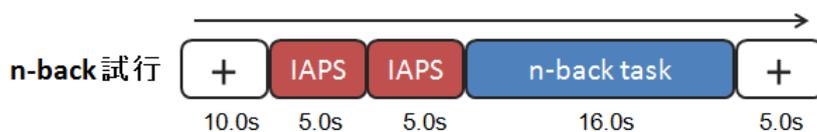


図 3-1 : n-back 試行およびレスト試行における一試行の流れ (実験 2)

3.2.6 行動指標の分析

IAPS 写真の感情価の評定は「1:快」から「9:不快」の 9 件法で行ったが、IAPS 写真の平均評定値に従い、評定値を反転した（1:不快、9:快）。

不快写真の呈示条件、および中性写真の呈示条件の間に、評定値の差があるか否かを検討するため、2（感情価：中性または不快）×2（課題負荷：低負荷または高負荷）の混合計画による分散分析を実施した。

n-back 課題の分析では、正答率と反応時間を指標に用いた。感情刺激が n-back 課題の成績に与える影響を検討するため、2（感情価：中性または不快）×2（期間：写真呈示後の n-back またはレスト後の n-back）×2（課題負荷：低負荷または高負荷）の混合計画による分散分析を実施した。

3.2.7 近赤外線分光法の測定と分析

3.2.7.1 近赤外線分光法の測定

本実験で用いた新型の OEG-SpO₂ のデータサンプリング間隔は 82 ms であった。その他の点については、実験 1 と同じである。

3.2.7.2 近赤外線分光法の分析

3.2.7.2.1 前処理

実験 1 との相違点を下記に説明する。

新型 OEG-SpO₂ でのデータサンプリング間隔の短縮に伴い、高域周波数のノイズも除去するため、バイパスフィルタをかけた（0.0081–0.5000 Hz）。また写真呈示前の 4.92 秒（60 サンプル）をベースラインとしてデータを z 得点化した。5SD 以上のサンプリングデータを 1 つ以上含む試行は、分析から除外した。

まず条件ごとの oxyHb 変化量を算出した（中性感情刺激条件の n-back 試行、不快感情刺激条件の n-back 試行、中性感情刺激条件のレスト試行、不快感情刺激条件のレスト試行）。実験 1 において、中性写真の呈示によっても前頭前野が活性化する傾向が見られたため（表 2-3）、この影響を除外した不快な感情処理による活性（ $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ ）のみを抽出するため、不快感情刺激条件における活性（ $\Delta\text{OxyHbNegStimulation}$ ）から、中

性感情刺激条件における活性 ($\Delta\text{OxyHbNeuStimulation}$) を差し引いた。N-back 試行とレスト試行のそれぞれで算出を行い、2種類の不快な感情処理による活性 ($\Delta\text{OxyHbNegEffect}$) を算出した(「n-back 試行における不快な感情処理」と「レスト試行における不快な感情処理」)。不快な感情処理による活性 ($\Delta\text{OxyHbNegEffect}$) は、写真呈示による活性と、n-back 課題の遂行による活性が除外されていることとなる。不快な感情処理による活性 ($\Delta\text{OxyHbNegEffect}$) に想定される脳活動は、「感情制御による脳活動」と「感情反応による脳活動」となる。図 3-2 に、各試行の課題中に想定される脳活動を示す。先述のとおり、「感情制御による脳活動」は、n-back 課題時のみ、「感情反応による脳活動」は、写真呈示時、n-back 課題時、およびレスト時のすべてに生じていることが想定される。

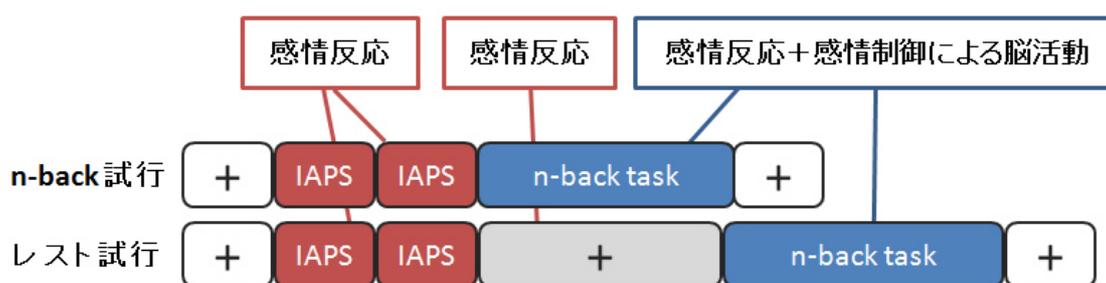


図 3-2：一試行における課題中の「感情制御による脳活動」と「感情反応による脳活動」

3.2.7.2.2 データ分析

「感情制御による脳活動」と「感情反応による脳活動」を弁別するため、最初に感情刺激直後の認知課題時と、感情刺激直後のレスト時の不快な感情処理による活性 ($\Delta\text{OxyHbNegEffect}$) を比較する検討を行った(図 3-3)。不快感情刺激後の認知課題時の方がレスト時より不快な感情処理による活性 ($\Delta\text{OxyHbNegEffect}$) が大きければ、その脳活動は「感情反応による脳活動」より「感情制御による脳活動」を反映しており、反対に、レスト時の方が認知課題時より大きければ、「感情反応による脳活動」を反映していると考えられた。この仮説を検討するため、感情刺激直後の n-back 課題時とレスト時の $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ を従属変数として、被験者内(課題：n-back またはレスト) × 被験者間(課題負荷：低負荷または高負荷)の混合計画による分散分析を実施した。

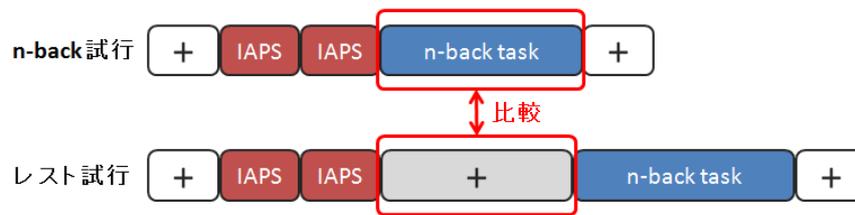


図 3-3 : 感情刺激直後の n-back 時とレスト時の脳活動の比較 (分析 1)

さらに、レスト時の不快な感情処理による活性 ($\Delta\text{OxyHbNegEffect}$) が、ディストラクションとなる n-back 課題の遂行に伴って減少するか否かを検討するため、レスト時と、レスト後の n-back 課題時の不快な感情処理による活性 ($\Delta\text{OxyHbNegEffect}$) を比較した (図 3-4)。不快な感情処理による活性 ($\Delta\text{OxyHbNegEffect}$) が「感情制御による脳活動」によるものであれば、n-back 課題の遂行によってこの活性量は増加し、「感情反応による脳活動」によるものであれば減少する可能性が予想された。この仮説を検討するため、レスト時と、レスト後の n-back 課題時の $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ を従属変数として、被験者内(課題: レストまたは n-back) × 被験者間(課題負荷: 低負荷または高負荷)の混合計画による分散分析を実施した。



図 3-4 : レスト時とレスト後の n-back 時の脳活動の比較 (分析 2)

さらなる検討として、時間的経過に伴う不快な感情処理による活性 ($\Delta\text{OxyHbNegEffect}$) の変化を検討するため、写真呈示時と、写真呈示後のレスト時の不快な感情処理による活性 ($\Delta\text{OxyHbNegEffect}$) を比較した (図 3-5)。この期間における不快な感情処理による活性は、「感情反応による脳活動」を反映していると想定される (図 3-2)。ディストラクションとなる認知課題を遂行せずとも、時間的経過に伴い不快感情が減少するのであれば、写真呈示時より、写真呈示後のレスト時の方が「感情反応による脳活動」は減少することが予想された。この仮説を検討するため、写真呈示時と、写真呈示後のレスト時の $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ を従属変数として、被験者内(期間: 写真呈示時またはレスト時) × 被験者間(課題負荷: 低負荷または高負荷)の混合計画による分散分析を実施した。

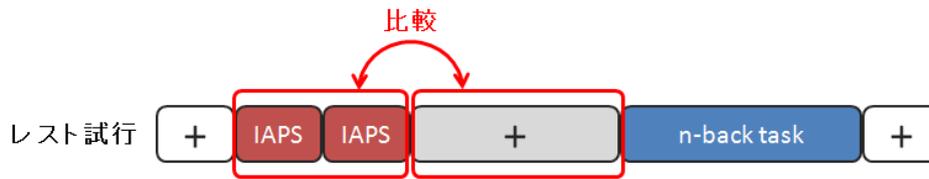


図 3-5 : 感情刺激時と感情刺激後のレスト時の脳活動の比較 (分析 3)

3.3 結果

3.3.1 行動指標

3.3.1.1 IAPS 写真の感情価の評定

IAPS 写真の評定値を従属変数とした 2 (感情価: 中性または不快) × 2 (課題負荷: 低負荷または高負荷) の分散分析の結果、感情価の主効果が見られた。不快写真は中性写真より、感情価の評定値が有意に小さかった [感情価の平均値: 中性, 5.89; 不快, 2.63; $F(1, 26) = 470.94$; $P = 0.000$]。課題負荷の主効果や、感情価と課題負荷の交互作用はなかった。

3.3.1.2 n-back 課題の成績

正答率や反応時間を従属変数とした 2 (感情価: 中性または不快) × 2 (期間: 写真呈示後の n-back またはレスト後の n-back) × 2 (課題負荷: 低負荷または高負荷) の分散分析の結果、主効果や交互作用はなかった。n-back 課題の正答率と反応時間を表 3-1 に示す。

表 3-1. n-back 課題の正答率および反応時間の平均値および標準偏差

| | 中性写真の呈示 | | 不快写真の呈示 | |
|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | 写真呈示後の n-back | レスト後の n-back | 写真呈示後の n-back | レスト後の n-back |
| 1-back 群 | | | | |
| 正答率 (% Correct) | 74.84 (36.86) | 76.80 (37.12) | 74.18 (36.43) | 76.14 (36.79) |
| 反応時間 (ms) | 132.16 (62.75) | 143.54 (120.85) | 125.23 (73.67) | 131.26 (71.10) |
| 3-back 群 | | | | |
| 正答率 (% Correct) | 85.71 (13.20) | 89.68 (6.11) | 89.29 (7.69) | 85.71 (14.57) |
| 反応時間 (ms) | 255.79 (99.21) | 241.69 (54.32) | 236.53 (178.52) | 241.46 (47.67) |

3.3.2 近赤外線分光法

3.3.2.1 感情刺激直後の n-back 時とレスト時の $\Delta OxyHbNegEffect$

感情刺激直後の n-back 課題時（表 3-2）と、レスト時（表 3-3）の「不快感情刺激条件における活性（ $\Delta OxyHbNegStimulation$ ）」、「中性感情刺激条件における活性（ $\Delta OxyHbNeuStimulation$ ）」、「不快な感情処理による活性（ $\Delta OxyHbNegEffect$ ）」の平均値と標準偏差を以下に示す。

表 3-2. 感情刺激直後の n-back 時の oxyHb 変化量の平均値と標準偏差

| チャンネル 番号 | $\Delta OxyHbNegStimulation$ | | $\Delta OxyHbNeuStimulation$ | | $\Delta OxyHbNegEffect$ | |
|-------------|------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| 1 | -0.36 | 4.80 | 0.60 | 2.55 | -0.96 | 5.08 |
| 2 | 1.51 | 3.37 | 1.95 | 2.39 | -0.44 | 3.99 |
| 3 | 1.17 | 7.32 | 0.82 | 3.24 | 0.35 | 7.98 |
| 4 | 1.33 | 4.27 | 1.42 | 3.06 | -0.09 | 4.83 |
| 5 | 1.93 | 3.83 | 2.39 | 2.97 | -0.47 | 4.94 |
| 6 | 2.87 | 5.34 | 1.63 | 3.32 | 1.25 | 6.45 |
| 7 | 1.75 | 4.20 | 1.50 | 3.03 | 0.25 | 5.27 |
| 8 | 1.40 | 4.63 | 1.66 | 2.84 | -0.26 | 6.05 |
| 9 | 3.46 | 4.36 | 2.13 | 3.85 | 1.33 | 6.33 |
| 10 | 1.83 | 4.11 | 1.80 | 3.45 | 0.04 | 5.88 |
| 11 | 1.01 | 4.78 | 1.18 | 2.63 | -0.17 | 5.72 |
| 12 | 3.68 | 3.93 | 2.73 | 3.26 | 0.95 | 5.30 |
| 13 | 2.04 | 3.92 | 2.10 | 3.05 | -0.06 | 4.44 |
| 14 | 2.56 | 4.53 | 2.07 | 2.69 | 0.49 | 4.71 |
| 15 | 2.02 | 4.76 | 0.90 | 3.23 | 1.12 | 5.00 |
| 16 | 1.44 | 3.48 | 1.11 | 2.92 | 0.33 | 4.35 |

表 3-3. レスト時の oxyHb 変化量の平均値と標準偏差

| チャンネル 番号 | $\Delta\text{OxyHbNegStimulation}$ | | $\Delta\text{OxyHbNeuStimulation}$ | | $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ | |
|-------------|------------------------------------|-----------|------------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| 1 | 0.35 | 6.98 | -1.43 | 3.08 | 1.78 | 6.88 |
| 2 | 1.58 | 6.00 | 0.29 | 3.58 | 1.30 | 6.05 |
| 3 | 0.88 | 7.77 | -1.81 | 4.65 | 2.69 | 7.67 |
| 4 | 1.08 | 6.58 | -0.98 | 4.63 | 2.06 | 5.99 |
| 5 | 1.45 | 6.23 | -0.68 | 4.83 | 2.13 | 6.78 |
| 6 | 1.26 | 11.02 | -0.71 | 4.12 | 1.97 | 9.32 |
| 7 | 1.02 | 6.55 | -0.71 | 3.41 | 1.73 | 5.95 |
| 8 | 1.09 | 5.10 | -1.11 | 4.17 | 2.20 | 5.25 |
| 9 | 3.82 | 7.62 | 0.12 | 2.59 | 3.70 | 7.11 |
| 10 | 2.39 | 6.16 | -1.23 | 4.01 | 3.63 | 6.97 |
| 11 | 0.97 | 9.41 | -1.39 | 3.30 | 2.36 | 9.91 |
| 12 | 3.71 | 6.13 | 0.13 | 3.44 | 3.58 | 5.96 |
| 13 | -0.03 | 6.74 | -1.21 | 3.50 | 1.18 | 7.42 |
| 14 | 1.96 | 7.93 | 0.08 | 2.80 | 1.89 | 8.03 |
| 15 | 1.64 | 7.41 | -0.68 | 3.55 | 2.32 | 6.85 |
| 16 | 1.39 | 5.77 | -0.53 | 3.31 | 1.92 | 5.83 |

$\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ を従属変数とした 2 (課題: レストまたは n-back) \times 2 (課題負荷: 低負荷または高負荷) の分散分析の結果、チャンネル 5 [$F(1, 26) = 5.79$; $P = 0.024$] と 10 [$F(1, 26) = 4.43$; $P = 0.045$] に、課題の主効果があった (表 3-4; 図 3-6)。いずれのチャンネルも、n-back 課題時よりレスト時に有意な血流増加があった。課題負荷の主効果や、課題と課題負荷の交互作用があるチャンネルはなかった。

表 3-4. $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ を従属変数とした課題 \times 課題負荷の分散分析の結果
(レスト時と感情刺激直後の n-back 時の脳活動の比較)

| チャンネル 番号 | 課題 | | 課題負荷 | | 交互作用 | | |
|-------------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|-------|
| | $F(1, 26)$ | p | $F(1, 26)$ | p | $F(1, 26)$ | p | |
| 1 | 3.42 | 0.076 | 3.32 | 0.080 | 0.01 | 0.905 | |
| 2 | 1.62 | 0.213 | 1.89 | 0.181 | 0.07 | 0.798 | |
| 3 | 1.38 | 0.251 | 0.43 | 0.517 | 0.45 | 0.509 | |
| 4 | 2.98 | 0.096 | 0.10 | 0.758 | 0.31 | 0.583 | |
| 5 | 5.79 | 0.024 | * | 0.04 | 0.836 | 0.41 | 0.528 |
| 6 | 0.13 | 0.722 | 0.00 | 0.999 | 0.10 | 0.749 | |
| 7 | 1.73 | 0.200 | 0.03 | 0.876 | 0.13 | 0.718 | |
| 8 | 4.00 | 0.056 | 0.35 | 0.559 | 0.96 | 0.336 | |
| 9 | 1.66 | 0.209 | 0.30 | 0.590 | 1.44 | 0.242 | |
| 10 | 4.44 | 0.045 | * | 0.06 | 0.802 | 0.05 | 0.834 |
| 11 | 1.35 | 0.256 | 1.61 | 0.215 | 0.45 | 0.510 | |
| 12 | 2.76 | 0.109 | 0.02 | 0.880 | 0.02 | 0.888 | |
| 13 | 0.50 | 0.487 | 0.27 | 0.607 | 0.00 | 0.997 | |
| 14 | 0.56 | 0.459 | 0.52 | 0.478 | 0.31 | 0.580 | |
| 15 | 0.54 | 0.470 | 0.04 | 0.854 | 0.05 | 0.823 | |
| 16 | 1.72 | 0.201 | 0.04 | 0.851 | 0.94 | 0.340 | |

* $P < 0.05$

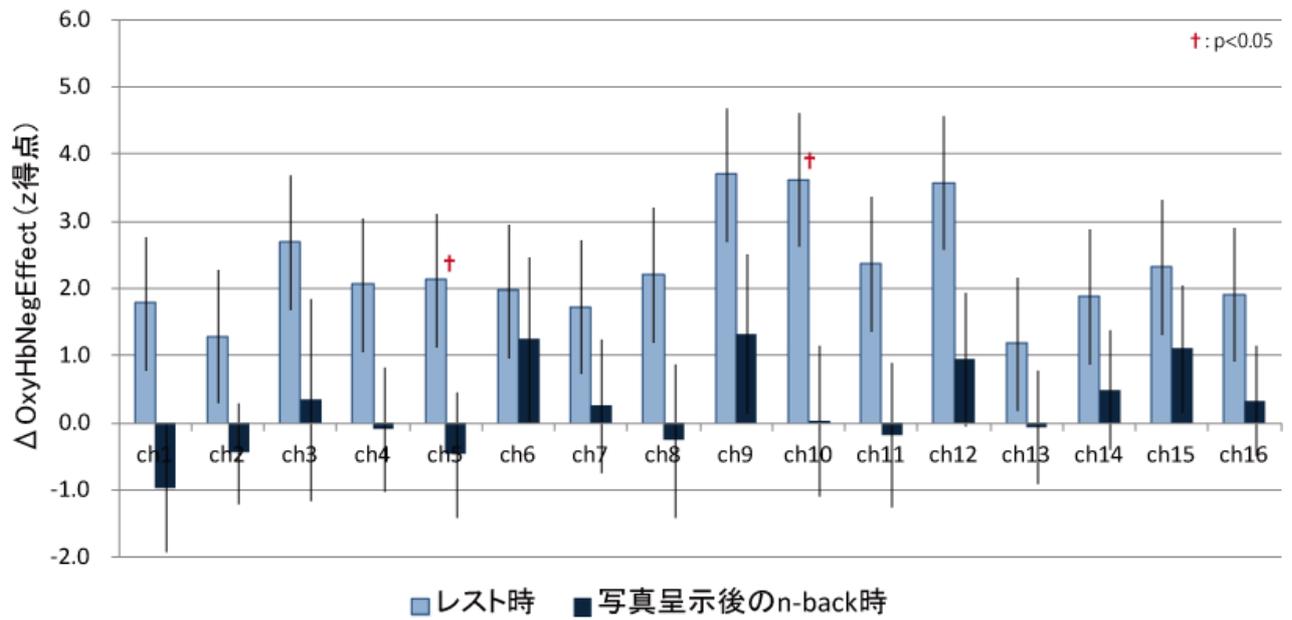


図 3-6 : レスト時と写真呈示後の n-back 時における不快な感情処理による活性
 (Δ OxyHbNegEffect) (分析 1)

チャンネル 5 (図 3-7) とチャンネル 10 (図 3-8) の各試行の加算平均波形を以下に示す。
 課題負荷の主効果はなかったため、両負荷の値は平均化した。

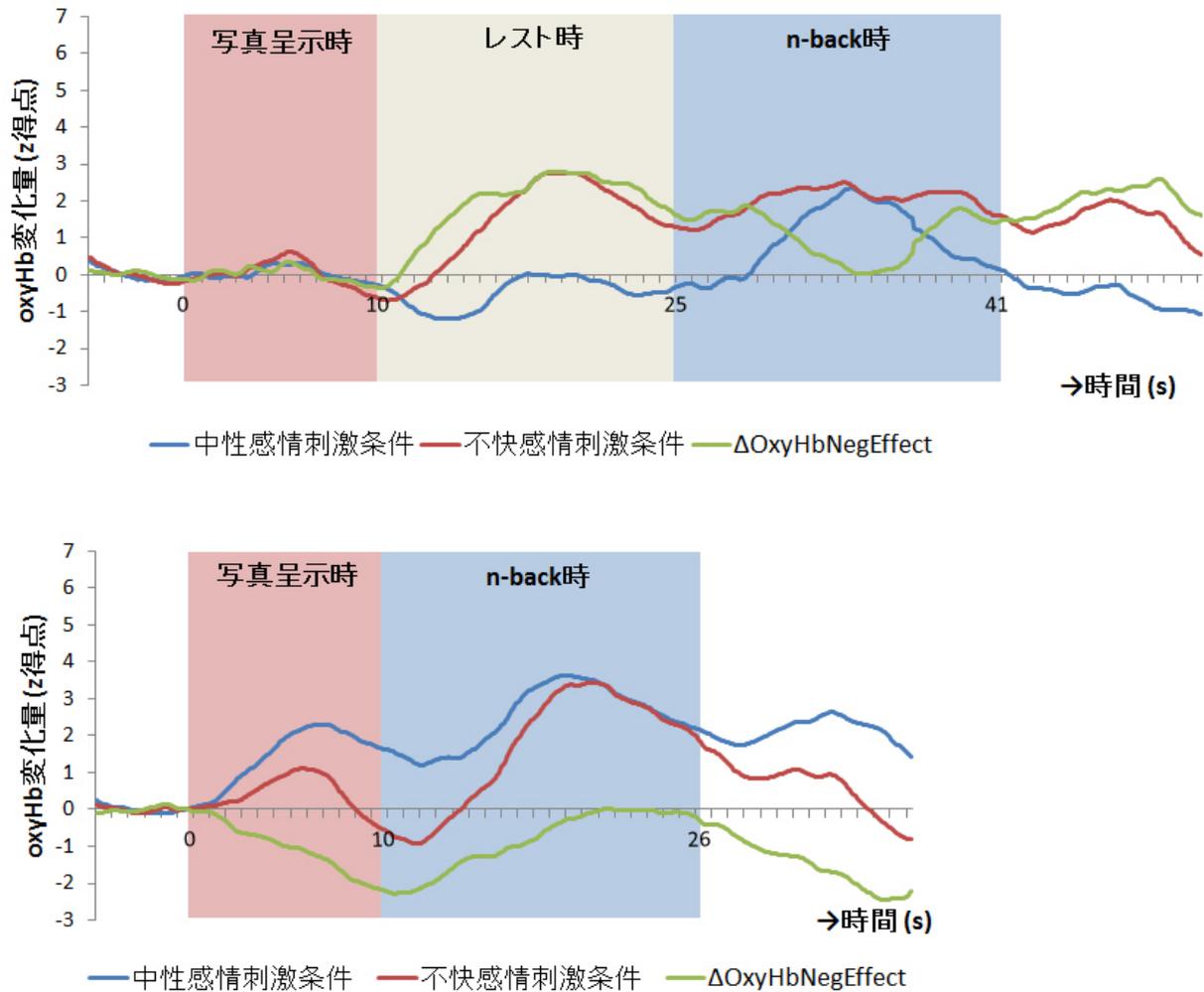


図 3-7 : 各試行の加算平均波形 (チャンネル 5) (分析 1)

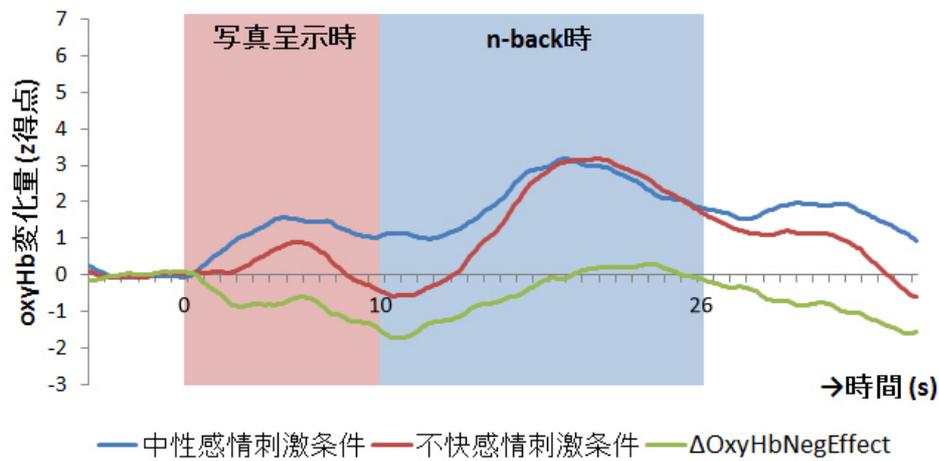
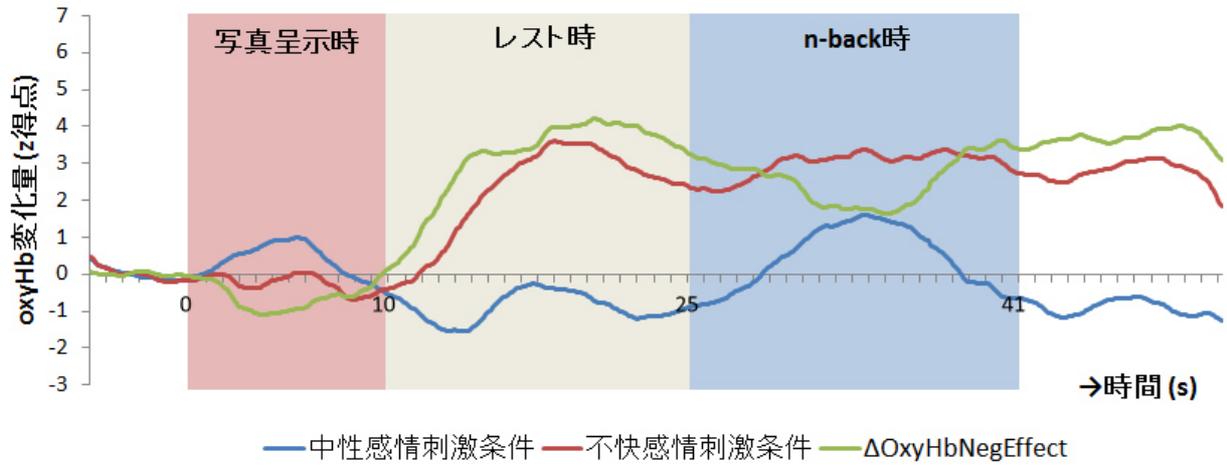


図 3-8 : 各試行の加算平均波形 (チャンネル 10) (分析 1)

3.3.2.2 レスト時とレスト後の n-back 時の $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$

レスト後の n-back 課題時（表 3-5）の「不快感情刺激条件における活性（ $\Delta\text{OxyHbNegStimulation}$ ）」、「中性感情刺激条件における活性（ $\Delta\text{OxyHbNeuStimulation}$ ）」、「不快な感情処理による活性（ $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ ）」の平均値と標準偏差を以下に示す。

表 3-5. レスト後の n-back 時における oxyHb 変化量の平均値と標準偏差

| チャンネル番号 | $\Delta\text{OxyHbNegStimulation}$ | | $\Delta\text{OxyHbNeuStimulation}$ | | $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ | |
|---------|------------------------------------|-----------|------------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| 1 | 0.82 | 5.63 | -0.30 | 3.89 | 1.11 | 5.33 |
| 2 | 1.74 | 6.74 | 1.93 | 5.42 | -0.19 | 6.42 |
| 3 | 2.04 | 6.61 | -1.21 | 7.79 | 3.25 | 7.58 |
| 4 | 1.79 | 7.35 | 0.27 | 6.11 | 1.52 | 5.23 |
| 5 | 2.06 | 5.82 | 0.73 | 5.14 | 1.32 | 6.33 |
| 6 | 0.98 | 12.47 | 0.48 | 4.70 | 0.50 | 9.90 |
| 7 | 1.72 | 6.24 | 0.68 | 3.84 | 1.05 | 5.18 |
| 8 | 1.36 | 4.67 | 0.28 | 4.98 | 1.08 | 4.51 |
| 9 | 3.64 | 6.42 | 0.88 | 3.29 | 2.77 | 6.02 |
| 10 | 3.08 | 5.80 | 0.18 | 4.11 | 2.90 | 6.30 |
| 11 | 0.96 | 11.39 | -0.17 | 3.39 | 1.13 | 11.27 |
| 12 | 2.60 | 5.96 | 1.29 | 3.57 | 1.31 | 5.13 |
| 13 | 0.59 | 7.77 | 0.66 | 3.54 | -0.07 | 7.29 |
| 14 | 1.74 | 7.87 | 1.72 | 3.13 | 0.02 | 7.70 |
| 15 | 1.72 | 6.95 | 1.10 | 3.77 | 0.62 | 5.56 |
| 16 | 1.14 | 4.34 | 0.28 | 3.68 | 0.86 | 4.86 |

$\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ を従属変数とした 2 (課題: レストまたは n-back) \times 2 (課題負荷: 低負荷または高負荷) の分散分析の結果、チャンネル 12 [$F(1, 26) = 8.65; P = 0.007$] と 14 [$F(1, 26) = 5.46; P = 0.027$] に、課題の主効果があった (表 3-6; 図 3-9)。いずれのチャンネルも、レスト後の n-back 課題時よりレスト時に $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ が大きかった。課題負荷の主効果や、課題と課題負荷の交互作用があるチャンネルはなかった。

表 3-6. $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ を従属変数とした課題 \times 課題負荷の分散分析の結果
(レスト時とレスト後の n-back 課題時の脳活動の比較)

| チャンネル 番号 | 課題 | | 課題負荷 | | 交互作用 | | |
|-------------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|-------|
| | $F(1, 26)$ | p | $F(1, 26)$ | p | $F(1, 26)$ | p | |
| 1 | 0.76 | 0.393 | 2.30 | 0.141 | 0.00 | 0.995 | |
| 2 | 2.23 | 0.147 | 0.95 | 0.338 | 0.02 | 0.884 | |
| 3 | 0.38 | 0.545 | 0.02 | 0.892 | 0.32 | 0.579 | |
| 4 | 0.45 | 0.507 | 0.01 | 0.909 | 0.01 | 0.939 | |
| 5 | 0.64 | 0.432 | 0.00 | 0.998 | 0.07 | 0.787 | |
| 6 | 2.89 | 0.101 | 0.17 | 0.688 | 0.87 | 0.358 | |
| 7 | 0.62 | 0.437 | 0.03 | 0.862 | 0.07 | 0.798 | |
| 8 | 2.83 | 0.105 | 0.01 | 0.927 | 0.23 | 0.636 | |
| 9 | 1.85 | 0.185 | 1.03 | 0.319 | 1.17 | 0.290 | |
| 10 | 1.00 | 0.328 | 0.05 | 0.830 | 0.35 | 0.557 | |
| 11 | 2.66 | 0.115 | 1.10 | 0.303 | 0.00 | 0.956 | |
| 12 | 8.65 | 0.007 | ** | 0.02 | 0.888 | 0.13 | 0.718 |
| 13 | 2.95 | 0.098 | | 0.07 | 0.795 | 0.01 | 0.909 |
| 14 | 5.46 | 0.027 | * | 0.52 | 0.478 | 0.05 | 0.821 |
| 15 | 3.95 | 0.057 | | 0.33 | 0.571 | 0.50 | 0.487 |
| 16 | 2.74 | 0.110 | | 0.01 | 0.935 | 4.22 | 0.050 |

** $P < 0.01$; * $P < 0.05$

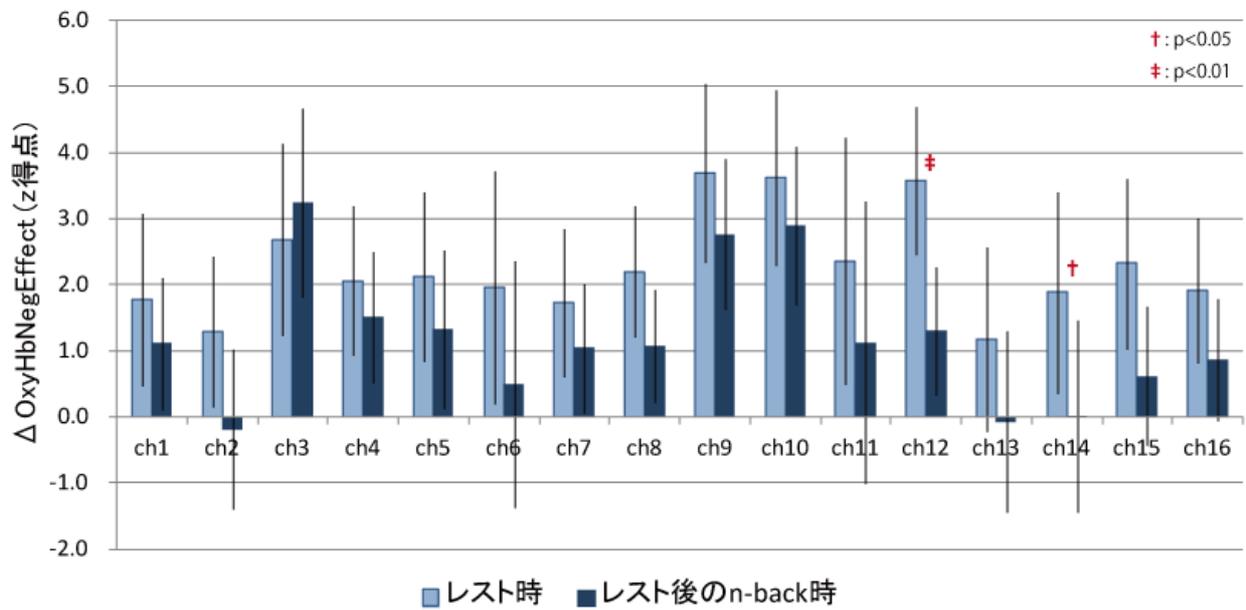


図 3-9 : レスト時とレスト後の n-back 時における不快な感情処理による活性
 (Δ OxyHbNegEffect) (分析 2)

チャンネル 12 (図 3-10) とチャンネル 14 (図 3-11) の各試行の加算平均波形を以下に示す。課題負荷の主効果はなかったため、両負荷の値は平均化した。

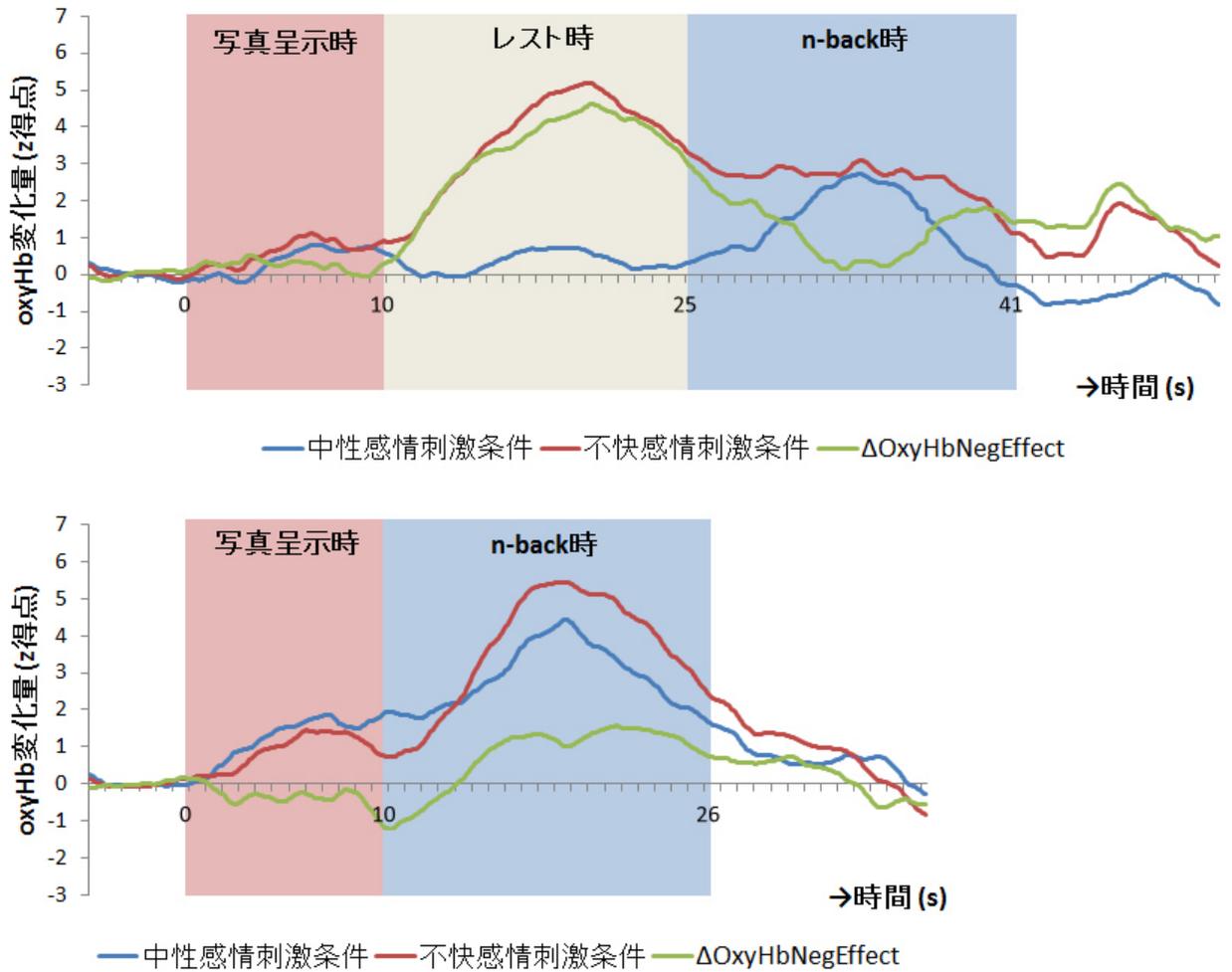


図 3-10 : 各試行の加算平均波形 (チャンネル 12) (分析 2)

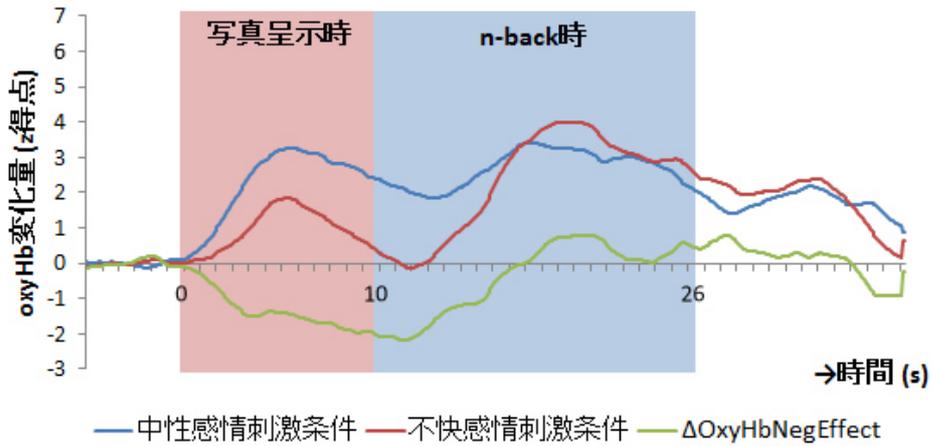
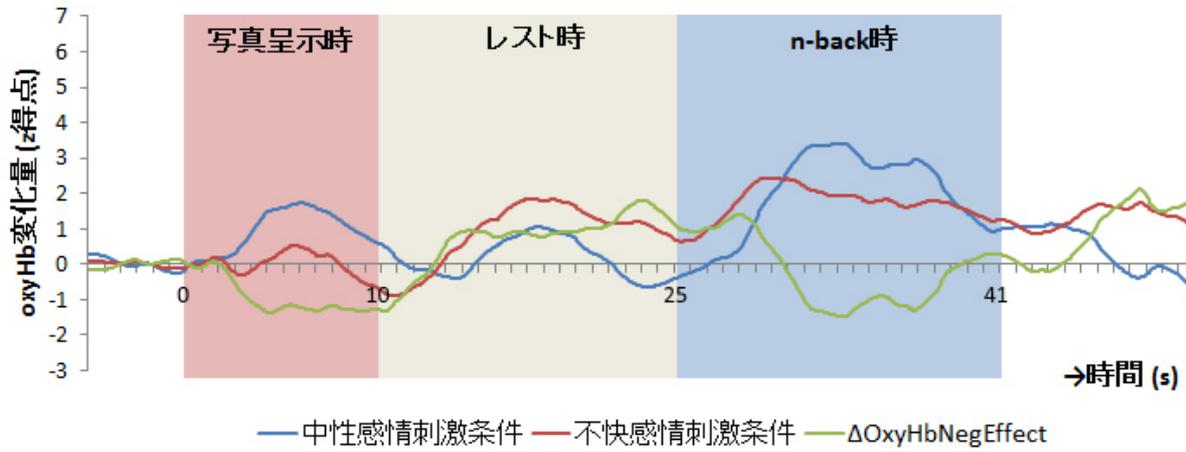


図 3-11：各試行の加算平均波形（チャンネル 14）（分析 2）

3.3.2.3 写真呈示時とレスト時の $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$

写真呈示時（表 3-7）の「不快感情刺激条件における活性（ $\Delta\text{OxyHbNegStimulation}$ ）」、「中性感情刺激条件における活性（ $\Delta\text{OxyHbNeuStimulation}$ ）」、「不快な感情処理による活性（ $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ ）」の平均値と標準偏差を以下に示す。

表 3-7. 写真呈示時の oxyHb 変化量の平均値と標準偏差

| チャンネル 番号 | $\Delta\text{OxyHbNegStimulation}$ | | $\Delta\text{OxyHbNeuStimulation}$ | | $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ | |
|-------------|------------------------------------|-----------|------------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| 1 | -0.53 | 2.84 | -0.23 | 1.82 | -0.29 | 3.35 |
| 2 | -0.04 | 3.22 | 0.58 | 2.37 | -0.62 | 3.95 |
| 3 | -0.97 | 4.40 | -0.25 | 2.05 | -0.72 | 4.02 |
| 4 | -0.80 | 3.94 | -0.06 | 2.50 | -0.75 | 3.97 |
| 5 | -0.17 | 3.24 | -0.05 | 2.65 | -0.12 | 3.80 |
| 6 | -0.84 | 5.43 | 0.01 | 2.67 | -0.85 | 4.66 |
| 7 | -0.70 | 3.51 | 0.11 | 2.10 | -0.81 | 2.85 |
| 8 | -0.39 | 3.15 | -0.15 | 2.66 | -0.24 | 3.64 |
| 9 | 0.86 | 3.35 | 0.37 | 2.38 | 0.49 | 3.45 |
| 10 | -0.33 | 2.91 | 0.05 | 2.20 | -0.38 | 3.47 |
| 11 | -0.76 | 3.86 | 0.05 | 2.11 | -0.81 | 3.96 |
| 12 | 0.54 | 3.14 | 0.43 | 2.02 | 0.10 | 3.36 |
| 13 | -1.14 | 3.48 | -0.29 | 2.22 | -0.85 | 3.68 |
| 14 | 0.02 | 3.53 | 0.60 | 1.80 | -0.59 | 3.55 |
| 15 | -0.49 | 4.89 | 0.12 | 2.30 | -0.61 | 4.07 |
| 16 | 0.41 | 3.18 | 0.37 | 2.40 | 0.03 | 3.42 |

$\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ を従属変数とした 2（期間：写真呈示時またはレスト時） \times 2（課題負荷：低負荷または高負荷）の分散分析の結果、全チャンネルで、期間の主効果があった（表 3-8; 図 3-12）。いずれのチャンネルも写真呈示時よりレスト時の方が、 $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ が有意に大きかった。期間の主効果や、期間と課題負荷の交互作用があるチャンネルはなかった。

表 3-8. $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ を従属変数とした課題 \times 課題負荷の分散分析の結果
(写真呈示時とレスト時の比較)

| チャンネル 番号 | 期間 | | 課題負荷 | | 交互作用 | |
|-------------|------------|----------|------------|-------|------------|-------|
| | $F(1, 26)$ | p | $F(1, 26)$ | p | $F(1, 26)$ | p |
| 1 | 5.58 | 0.026 * | 0.66 | 0.423 | 1.60 | 0.217 |
| 2 | 7.08 | 0.013 * | 0.43 | 0.516 | 2.17 | 0.153 |
| 3 | 13.86 | 0.001 ** | 0.00 | 0.948 | 0.09 | 0.769 |
| 4 | 15.93 | 0.000 ** | 0.03 | 0.867 | 0.04 | 0.844 |
| 5 | 6.93 | 0.014 * | 0.02 | 0.878 | 0.45 | 0.510 |
| 6 | 5.56 | 0.026 * | 0.01 | 0.941 | 0.15 | 0.705 |
| 7 | 9.32 | 0.005 ** | 0.00 | 0.983 | 0.01 | 0.919 |
| 8 | 12.94 | 0.001 ** | 0.04 | 0.841 | 0.06 | 0.805 |
| 9 | 12.43 | 0.002 ** | 1.92 | 0.178 | 0.39 | 0.540 |
| 10 | 18.41 | 0.000 ** | 0.00 | 0.960 | 0.00 | 1.000 |
| 11 | 6.03 | 0.021 * | 1.19 | 0.286 | 1.20 | 0.283 |
| 12 | 18.76 | 0.000 ** | 0.08 | 0.775 | 0.36 | 0.554 |
| 13 | 4.33 | 0.048 * | 0.05 | 0.818 | 0.11 | 0.738 |
| 14 | 6.42 | 0.018 * | 0.67 | 0.420 | 0.26 | 0.613 |
| 15 | 12.49 | 0.002 ** | 0.13 | 0.720 | 0.00 | 0.950 |
| 16 | 7.64 | 0.010 ** | 0.63 | 0.435 | 0.04 | 0.852 |

** $P < 0.01$; * $P < 0.05$

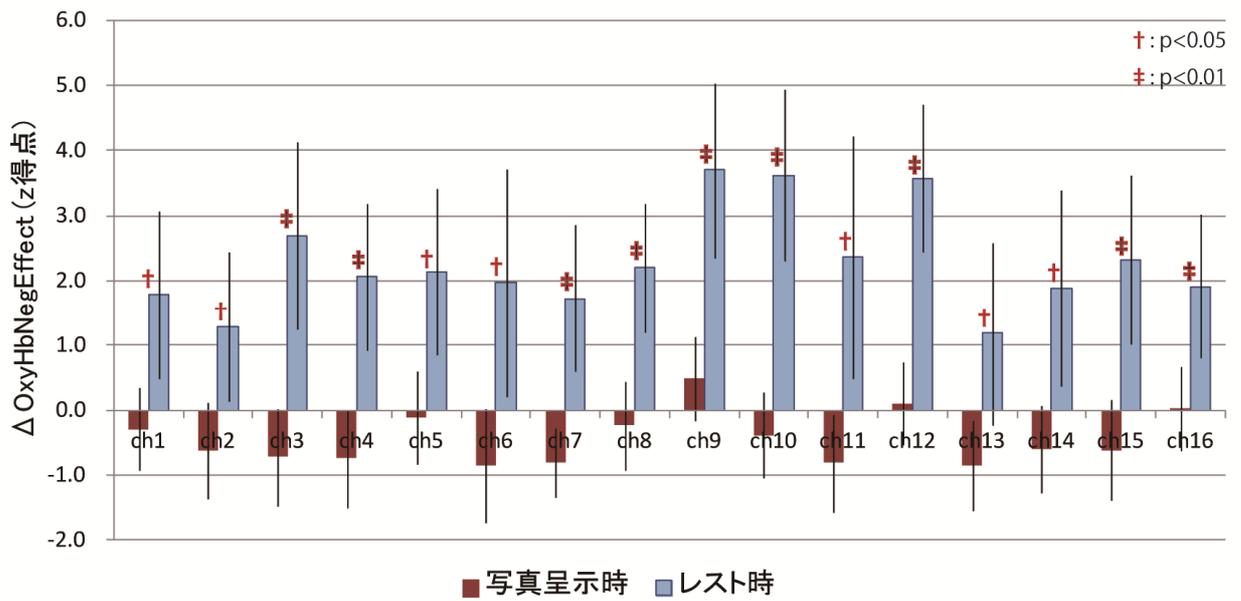


図 3-12 : 写真呈示時とレスト時における不快な感情処理による活性
(Δ OxyHbNegEffect) (分析 3)

3.4 考察

本実験では、不快感情刺激後の前頭前野の活性が「感情制御による脳活動」か、または「感情反応による脳活動」かを弁別するために、まず感情刺激直後の認知課題時とレスト時の脳活動を比較した（図 3-3）。結果的には、チャンネル 5 と 10 において、レスト時の方が不快な感情処理による活性が大きく（表 3-4; 図 3-6）、この活性は「感情反応による脳活動」によるものであることが示唆された。2 点目に、レスト時の不快な感情処理による活性が、n-back 課題の遂行に伴って減少するか否かを検討するため、レスト時と、レスト後の n-back 課題時の脳活動を比較した（図 3-4）。その結果、チャンネル 12 と 14 において、レスト後の n-back 課題時に、不快な感情処理による活性の減衰が認められた（表 3-6; 図 3-9）。したがって、この結果も「感情反応による脳活動」を示唆していた。以上の 2 点の検討は、不快な感情処理による活性がいずれも「感情反応による脳活動」を反映しているという点において、一致していた。課題負荷の違いによる脳活動への影響もみられず、この結果も実験 1 で考察したとおり、「感情反応による脳活動」を支持するものとして捉えられた。

不快な感情処理による活性の領域は、1 つ目の分析ではチャンネル 5、10 であり、Fp2、Fp1 に当たり、左側上前頭回、右側上前頭回に相当する領域であった（Okamoto et al. 2004）。2 つ目の分析では、チャンネル 12 と 14 であり、Fp1、F3 のやや腹側に当たり、それぞれ右側上前頭回、左側 DLPFC よりやや腹側に位置する領域であった（Okamoto et al. 2004）。これらの活性領域は、前頭前野の中央部にあたる MPFC 前部（チャンネル 5、10、12）を中心としている。この結果は、MPFC 前部が「感情処理による脳活動」を反映しやすいという実験 1（Ozawa et al., 2014）の結果を支持するものであった。MPFC は、感情の種類に関わらず、感情反応を最も反映しやすい前頭前野領域とされ（Phan et al., 2002）、認知処理を要する課題か否かに関わらず（Phan et al., 2002）、感情処理の一般的役割を果たすこと（Lane, Reiman, Bradley, Lang, Ahern, Davidson & Schwartz, 1997）が指摘されている。本 NIRS 実験では、MPFC 深部の活性については明らかではないが、NIRS による測定でも、MPFC 前部に「感情反応による脳活動」を捉えられる可能性が示された。一方で、DLPFC を中心とした「感情制御による脳活動」は、確認されなかった。

3 点目の検討では、時間的経過に伴う「感情反応による脳活動」の推移を検討するため、写真呈示時と、写真呈示後のレスト時の脳活動を比較した（図 3-5）。その結果、全チャン

ネルで写真呈示時よりレスト時の方が有意に賦活していた（表 3-8; 図 3-12）。MPFC 前部に相当するチャンネル 5、10、12 の加算平均波形（図 3-7、図 3-8、図 3-10）を眺めても、写真呈示後のレスト時に、不快な感情処理による活性（ $\Delta\text{OxyHbNegEffect}$ ）が急激に増加する傾向が確認される。一見、感情刺激写真の呈示による感情反応は、写真呈示時に高まり、写真の消失とともに低下すると思われたが、結果的には写真呈示時よりむしろ、写真の消失後に、脳活動が増加していた。この結果は、不快な感情を刺激する対象物が目前から消失しても、不快な感情は保持される傾向があり、さらには増加する可能性も示している。

さらに、不快感情のみならず、認知処理も増加している可能性がある。大脳辺縁系と異なり、前頭前野は高次認知機能を担う領域であり、感情刺激写真の呈示により記憶の想起や思考が生じている可能性が指摘されている（星，2010）。また課題遂行時よりレスト時に脳活動が活性化する現象は、デフォルトモードネットワーク（Default Mode Network; DMN）として知られている。これによれば、各種の目的志向的な課題の遂行時より、レスト時の方がデフォルトモードネットワークの活性領域として考えられる MPFC や後帯上皮質（posterior cingulate cortex; PCC）が増加する傾向があるという（Fox, Snyder, Vincent, Corbetta, Van Essen & Raichle, 2005; McKiernan, D'Angelo, Kaufman & Binder, 2005）。写真呈示による課題遂行時とレスト時を比較した検討では、快、不快、中性の写真呈示時より固視点呈示のレスト時に、PCC、楔前部（precuneus）、下頭頂小葉（inferior parietal lobule; IPL）、および前帯状皮質（ventral anterior cingulate cortex; vACC）が活性化したことが報告されている（Pitroda, Angststadt, McCloskey, Coccaro & Phan, 2008）。本実験でも写真呈示時よりレスト時の方が、MPFC 前部が活性化する傾向が示された（表 3-8; 図 3-12）。またさらには中性写真呈示後のレスト時より、不快写真呈示後のレスト時の方が、いくつかのチャンネルで oxyHb 変化量が増加する傾向も認められた（対応のある t 検定の結果; ch8, $t(27) = 4.97$, $P < 0.035$; ch9, $t(27) = 7.58$, $P < 0.010$; ch10, $t(27) = 7.58$, $P < 0.010$; ch12, $t(27) = 10.12$, $P < 0.004$ ）。このようにレスト時に脳活動が活性化する理由としては、レスト時は、外的事象から内的状態へと注意が転換され、内省的な思考が活発化するためであることなどが指摘されている。例えば、外的環境や身体状態のモニタリング、予定の立案などを含む様々な認知処理が行われることが指摘されている（Binder, Frost, Hammeke, Bellgowan, Rao & Cox, 1999; Gusnard & Raichle,

2001; McKiernan, Conant, Chen & Binder, 2003; Raichle, MacLeod, Snyder, Powers, Gusnard & Shulman, 2001)。これらの認知処理は、一般に自己言及的 (self-referential) であり、特定の外界の事象に関連しない“課題無関連思考” (Giambra, 1989; Shaw & Giambra, 1992) という特徴をもち、MPFC の活性と関連するとされる (Whitfield-Gabrieli, Moran, Nieto-Castanon, Triantafyllou, Saxe & Gabrieli, 2011)。本実験における MPFC 前部の活性も、このような“課題無関連思考”を含んでいた可能性も推測される。

うつ傾向をもつ者は、不快な感情を反芻し、不快な感情を持続させる傾向があることが知られている (Nolenhoeksema, Morrow & Fredrickson, 1993)。本実験でも、不快な感情による活性がレスト時に持続する傾向が示されたが (表 3-8, 図 3-12)、認知課題の遂行は、この活性を減少させた (表 3-4, 図 3-6; 表 3-6, 図 3-9)。この結果は、単なる安静より、認知課題の遂行が、不快な感情を抑制するという可能性 (Van Dillen et al., 2009) を支持している。つまり、認知課題の遂行が不快な感情反応や認知処理を抑制するディストラクションとして機能した可能性を示している。

3.5 本章のまとめ

本実験では、前頭前野における「感情処理による脳活動」が、「感情制御による脳活動」か、「感情反応による脳活動」かを弁別する試みを行った。その結果、「感情反応による脳活動」を支持する結果が得られた。「感情反応による脳活動」の領域は、実験 1 同様に、MPFC 前部を中心としており、特にこの領域で、不快な感情刺激による活性を捉えられることが示された。この活性は、感情反応のみならず、“課題無関連思考”を含んでいる可能性も推測された。また「感情反応による脳活動」はレスト時に高まる傾向を示し、不快な感情は安静時に上昇し、保持される傾向が示唆された。一方で、認知課題の遂行が、この活動の減少と関連しており、認知課題の遂行が不快な感情による脳活動を抑制し、ディストラクションとして機能した可能性を示していた。

以上により、本実験では、「感情制御による脳活動」は確認されなかったが、NIRS でも前頭前野に「感情反応による脳活動」を捉えられることが示された。感情制御の脳神経学的検討では、DLPFC を中心とした「感情制御による脳活動」を捉える試みが一般的である。しかし NIRS を用いた感情制御の検討では、MPFC 前部における「感情反応による脳活動」に着目し、この活性低下に着目することが有効であることを本研究では提案する。

第4章 タッピングによるディストラクション効果の検討（実験3）

4.1 背景

実験2では、レスト時より、ディストラクションとなる認知課題の遂行時の方が、MPFC前部を中心とした不快な感情処理による脳活動を低下する傾向が示された。先行研究によれば、外在へと注意が向けられた目的志向的な課題の遂行が、背内側前頭前野（DMPFC）の局所脳血流量を減少する現象が報告されている（Gusnard & Raichle, 2001; Mazoyer, Wicker & Fonlupt, 2002）。この理由としては、安静時にはDMPFCに雑多な思考による認知処理が生じているが、課題に集中する必要性が生じると、これらの認知処理が抑制されることなどが指摘されている（松田, 2010）。このような神経活動の抑制（“neural inhibition”）は、脳の効率化を促進し、局所脳血流量を減少させるという（Shulman, Fiez, Corbetta, Buckner, Miezin, Raichle, & Petersen, 1997）。

MPFCは、不快な感情刺激によって生じた感情処理や認知処理による活性が生じやすい領域である（Phan et al., 2002）。実験1と実験2では、MPFC前部に不快感情刺激による活性が確認されたが、抑制的な機能は、これらの領域の活動低下を生じさせ、同時に不快感情も減少することが予想された。したがって、抑制効果が高い課題ほど、課題の遂行に伴う減衰量が大きいことが予想された。

感情制御に関する脳神経学的検討では、一般に認知課題が制御方略に用いられている（飯田他, 2009）。一方で、適度な運動はネガティブな感情を変化させる効果があり（Thayer, 1987）、不快感情の抑制に有効であること（Stevens & Lane, 2001）も報告されているが、身体的活動を用いたディストラクションの脳神経学的検討は見当たらない。そこで、本実験では、外在への注意を要する視運動課題が、不快感情に対し抑制的に機能するか否かを検討した。視運動課題には、脳計測の上でアーチファクトが入りにくい指タッピングを用いた。

認知課題を用いた検討では、課題負荷が高い方が、不快感情の抑制効果が高いことが示されている（Van Dillen et al., 2009）。一方、タッピング課題を用いた脳神経学的検討では、高速の方が前頭前野（Matsuda & Hiraki, 2004）や運動野（Kuboyama, Nabetani, Shibuya, Machida & Ogaki, 2004）を活性化することなどが報告されているが、タッピング速度の違いが、不快感情の抑制にどのように関与するかは検討されていない。そこでタッピング

に関する予備実験を実施したところ、1秒に2回のタッピングが、各種の速度のタッピングのうち遂行時の快適感が最も高かった。したがって、1秒に2回の中速タッピングが他の速度のタッピング（高速タッピングと低速タッピング）より抑制効果が高く、また課題遂行中のMPFC前部の活動を減少することが予想された。

中速タッピングは、主観的な不快感情を低下し、不快な対象物に関する想起を抑制することが予想されたため、主観評定を基にこれらを検証した。さらに自覚できない潜在的感情変化を捉えるため、視覚情報処理範囲の測定を行った。藤・佐藤・河原・永井（2012）によれば、歯でペンを保持することにより笑顔に類似した口周辺の表情を作ることが、潜在的快情動を創出し、視覚情報処理範囲を拡大させたことが報告されている。視覚情報処理範囲は、感情状態に関連しており（Gasper & Clore, 2002）、不快感情は中心視野の処理を促進し、視覚情報処理範囲を縮小する一方で（Esterbrook, 1959）、快感情は周辺視野の処理を促進し、視覚情報処理範囲を拡大するとされる（Fredrickson & Branigan, 2005）。中速タッピングが最も抑制効果が高いのであれば、他のタッピングと比較して、視覚情報処理範囲を拡大させることが予想された。

4.2 方法

4.2.1 参加者

精神疾患や神経学的疾患の既往をもたない右利きの大学生15名が実験に参加した。3名のデータは、不快写真への不快感により実験を中断したため、分析から除外した。よって、12名（男性6名、女性6名、 $M \pm SD = 20.42 \pm 1.51$ 歳）を分析対象とした。全参加者は、事前に東京大学の倫理審査委員会の承認を得た研究の説明を受け、実験参加への同意を書面で表明した。

4.2.2 実験環境

実験は、薄暗がりのシールドルームで実施された。参加者は、19インチの液晶モニター（39cm × 29cm）の前の椅子に座るよう指示された。参加者とモニターの距離は、約60cmであった。NIRS装置は、前頭前野と運動野の測定が可能であるOMM-1080（島津製作所、京都、日本）を用いた。

4.2.3 感情刺激

感情刺激には、IAPS (Lang et al., 1998) による感情刺激写真を用いた。IAPS の写真の感情価および覚醒度の平均評定値に基づいて、中性および不快の写真を各 36 枚選択した。感情価の平均値は中性写真、不快写真の順に、5.10、2.11 であった。覚醒度の平均値は、中性写真、不快写真の順に、3.21、5.97 であった。不快写真の覚醒度は、すべて 5.0 以上であった。

4.2.4 タッピング課題

タッピング課題では、右人差し指によるタッピングを行った。12.70mm (36pt) の白文字の固視点が、黒い背景画面の中央に点滅して表示された。予備実験によってタッピング速度の違いによる快適感の違いを検討し、タッピング速度を決定した。高速タッピングでは 1 秒に 5 回、中速タッピングでは、1 秒に 2 回、低速タッピングでは 1.5 秒に 1 回、固視点が点滅した。固視目の呈示時間は、100ms であった。参加者は、固視目の点滅に合わせて、右手の人差し指で Enter キーを押すように指示された。タッピングの際は、人差し指はキーから離すこと、人差し指以外は机の上に乗せて置くように指示された。

4.2.5 不快度と写真の想起に関する主観評定

タッピング後に 2 種類の主観評定を実施した。1 つ目の評定は、不快度 (感情反応) に関するものであった。「今、どの程度不快な気持ですか?」という質問に対し、その瞬間の気持ちについて、8 件法 (1:全然不快ではない、8:非常に不快) で回答を求めた。2 つ目の評定は、写真の想起 (認知処理) に関するものであった。「写真に関連することをどの程度考えましたか?」という質問に対し、タッピングをしていた際の写真の想起について、8 件法 (1:全然考えなかった、8:非常に考えた) で回答を求めた。写真の想起については、頭の片隅で考えていた、視覚的に見えた感じがしたなど、どのような想起の方法でも構わないこと、また自身の主観的な尺度で回答して構わないことが伝えられた。

4.2.6 Global-Local 課題

タッピング後に、視覚情報処理範囲を測定する Global-Local 課題を実施した。参加者は、呈示画面に “H” または “T” のターゲット文字を認識した時に、そのターゲット文字に対

応するキー（“←” または “→”）を押すよう指示された。またなるべく早く反応するように指示された。文字刺激の例を、図 4-1 に示す。文字刺激には、8 種類があった。“F”、“H”、“L”、または “T” のアルファベット文字が用いられ、大きい文字は、小さい文字によって構成されている。8 種類の文字刺激は、“H” または “T” のターゲット文字が、Global な場合（小さい F または L で構成される 2 種類の大きな H と、小さい F または L で構成される 2 種類の大きな T）と、Local な場合（小さい H で構成される 2 種類の大きな F と L と、小さい T で構成される 2 種類の大きな F と L）の半々で構成された。文字刺激の視野角度は、 $4.29 \sim 5.71 \times 6.89 \sim 7.13^\circ$ であった。文字刺激は、Nittono, Fukushima, Yano & Moriya (2012) を参考に作成した。



図 4-1 : Global-Local 課題における文字刺激の例

4.2.7 実験手続き

参加者は実験前に、NIRS の測定中はアーチファクトの混入を避けるため、体動や呼吸の乱れをなるべく避けるように指示された。また手を挙げればいつでも実験を中断できることが伝えられた。参加者の様子は別室にてモニターされた。

NIRS 測定の準備として、頭部にホルダが装着され、その上にプローブが配置された。課題は、高速、中速、低速の 3 条件のタッピング課題から構成された。単一の速度のタッピング 6 試行で構成されるブロックを 2 回ずつ実施した（高速タッピング条件のブロック 2 回、中速タッピング条件のブロック 2 回、低速タッピング条件のブロック 2 回）。計 6 回のブロックの呈示順は、参加者間でカウンターバランスを取った。

一試行の流れを図 4-2 に示す。最初に白い固視点が画面の中央に呈示された。9 秒、12 秒、15 秒の呈示時間があり、各ブロック内の 6 試行の中でカウンターバランスを取った。次に、同じ感情価の写真が 2 枚連続して呈示された（中性と中性、不快と不快）。写真の

呈示時間は、各 5.0 秒であった。直後に 20.0 秒間のタッピング課題が実施された。タッピングは、固視点の呈示にあわせて Enter キーを押すように指示された。タッピングの終了後に、不快度および写真の想起に関する主観評定の画面が、同順で呈示された。評定画面において、数字キーが押されると、次の画面に遷移した。主観評定の後、Global-Local 課題の教示画面が呈示された。教示画面では、「矢印に人差し指を置いてください。」という指示文と、「H」および「T」のアルファベット文字の下に「←」および「→」の矢印が示された。アルファベット文字と矢印の向きの組合せは、参加者間でカウンターバランスを取った。教示画面が 2 秒間呈示された後、8 種類の文字刺激がランダムな順序で呈示された。参加者は「H」または「T」を認識したら、「←」または「→」のどちらかをなるべく早く押して回答した。参加者が回答すると、黒いブランク画面が 250ms 呈示された。続けて次の文字刺激が呈示された。Global-Local 課題の後、「Enter キーに右手の人差し指を置いてください。」という教示画面が 2 秒間表示され、再び固視点が表示された。

各ブロックは、中性写真呈示による 3 試行と不快写真呈示による 3 試行で構成された。写真はランダムに呈示された。

なお NIRS の測定前に、練習試行を行った。各速度のタッピングのをそれぞれ 1 回ずつ実施した。NIRS の測定後に、課題で使用した計 48 枚の写真が再び呈示され、写真の感情価の評定を 9 件法で行った（1:快、9:不快）。

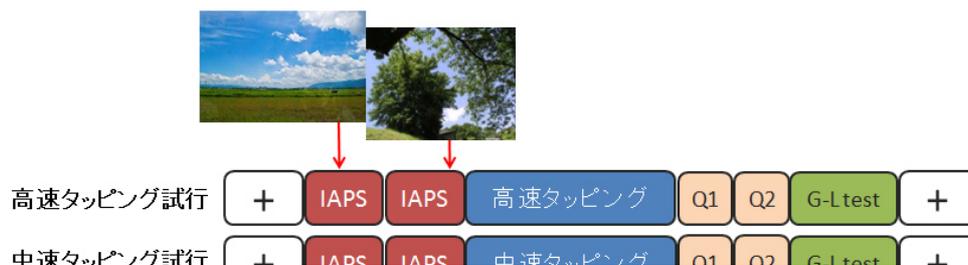


図 4-2：高速・中速・低速タッピング条件における一試行の流れ（実験 3）

4.2.8 行動指標の分析

NIRS 測定後の IAPS 写真の感情価評定は「1:快」から「9:不快」の 9 件法で行ったが、IAPS の平均評定値の基準に揃えるため、評定値を反転した（1:不快、9:快）。不快感情刺

激条件と中性感情刺激条件の間の感情価の差を確認するため、タッピング速度（高速、中速、低速）と写真の感情価（中性、不快）による 3×2 の被験者内要因（反復測定）による分散分析を実施した。

タッピング課題の分析では、条件ごとに 1 秒間の平均反応回数と平均反応時間を算出した。反応時間は、固視点が表示された瞬間をオンセットとした。タッピング速度（高速、中速、低速）と写真の感情価（中性、不快）の違いによる反応回数と反応時間の差を検討するため、各指標を従属変数に、3×2 の被験者内要因（反復測定）による分散分析を実施した。

不快度および写真の想起の主観評定の分析では、各指標を従属変数に、タッピング速度（高速、中速、低速）と写真の感情価（中性、不快）による 3×2 の被験者内要因（反復測定）による分散分析を実施した。

Global-Local 課題では、ターゲット文字（“H”または“T”）に対する反応速度を指標に用いた。反応速度の算出は、条件ごとに Local なターゲット文字に対する平均反応速度から、Global なターゲット文字に対する平均反応速度を差し引いて算出した（ ΔRT ）。算出方法は、Nittono et al. (2012) を参考にした。この反応速度の差分（ ΔRT ）を従属変数に、タッピング速度（高速、中速、低速）と写真の感情価（中性、不快）による 3×2 の被験者内要因（反復測定）による分散分析を実施した。

4.2.9 近赤外線分光法の測定と分析

4.2.9.1 近赤外線分光法の測定

NIRS 装置は、島津製作所の OMM-1080 を用いた。OMM-1080 は、約 780nm、805nm、830nm の 3 種類の波長の近赤外光を用いて、頭表から約 2cm 程度深部の酸素化ヘモグロビン（oxyHb）と脱酸素化ヘモグロビン（deoxyHb）の濃度、およびその和である総ヘモグロビン（totalHb）を算出する。本実験では 3cm 間隔に配置された 15 の送光プローブと 15 の受光プローブを用いた。前頭前野の 32 チャンネル（6×18cm）、左側運動野の 12 チャンネル（6×6cm）から構成される計 44 チャンネルを用いてヘモグロビン変化量を計測した。データサンプリングの間隔は 100 ミリ秒であった。

OMM-1080 のホルダを頭部に装着する際には、最も腹側に配列されているプローブ一列の中心が、国際 10-20 法の Fpz に位置するように配置した（図 4-3）。前頭前野の測定範囲

は、Fp1、Fpz、Fp2、F7、F8、F3、F4 であった。Fp1 と Fp2 は左側と右側上前頭回、F7 と F8 は左側と右側下前頭回、F3 と F4 は DLPFC に相当する (Okamoto et al., 2004)。左側運動野の測定範囲は C3 に当たり、中心後回に相当する。

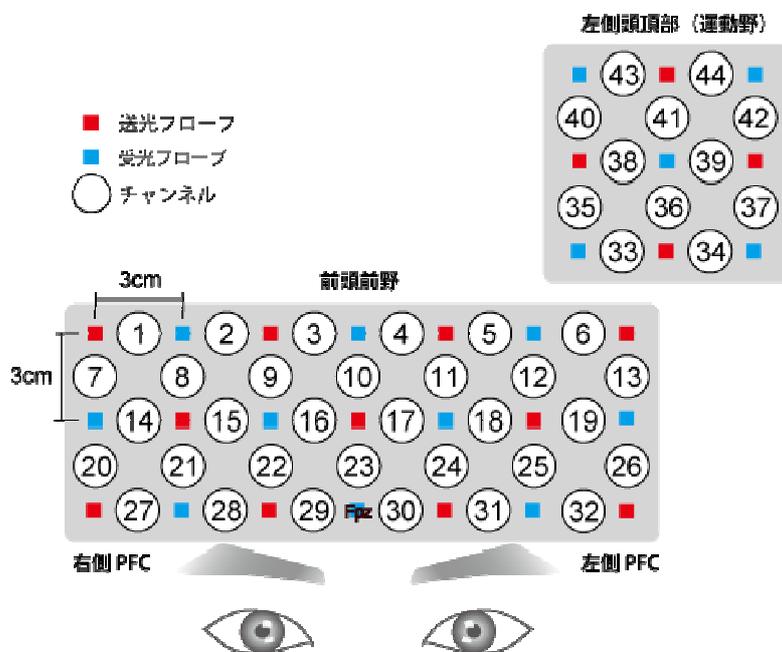


図 4-3 : OMM-1080 によるチャンネル配置図

4.2.9.2 近赤外線分光法の分析

4.2.9.2.1 前処理

実験 1 や実験 2 と同様に、本実験でも oxyHb 変化量を分析に用いた。ノイズを除去するため、データにはバイパスフィルタをかけ (0.0056–0.5000Hz)、1 試行につき、8SD 以上のサンプリングデータを 1 つ以上含む試行を分析から除外した。データは、写真提示前の 5.00 秒 (50 サンプル) をベースラインとして全データサンプルを z 得点化した。分析は、チャンネルごとに行った。

条件ごとの oxyHb 変化量を算出した (中性感情刺激条件の低速タッピング試行、不快感情刺激条件の低速タッピング試行、中性感情刺激条件の中速タッピング試行、不快感情刺激条件の中速タッピング試行、中性感情刺激条件の高速タッピング試行、不快感情刺激条件の高速タッピング試行)。

タッピング時の 20 秒間の oxyHb 変化量を分析に用いた。

4.2.9.2.2 データ分析

中速タッピングが他の速度のタッピングより、タッピングの遂行中に前頭前野の活動低下を生じるか否かを検討するため、タッピング速度（高速、中速、低速）、写真の感情価（中性、不快）、期間（前期、後期）の $3 \times 2 \times 2$ の被験者内要因（反復測定）による分散分析を実施した。前期と後期は、タッピング時の 20 秒間を折半した 10 秒間ずつを分析対象とした。本分析では傾向性を確認するため、10%の有意水準まで含めて検討した。

4.3 結果

4.3.1 行動指標

4.3.1.1 IAPS 写真の感情価の評定

タッピング速度と写真の感情価による 3×2 の分散分析の結果、感情価の主効果が見られた。不快写真は中性写真より、感情価の評定値が有意に低かった [感情価の平均値: 中性 4.39; 不快 1.66; $F(1, 11) = 134.04, P = 0.000$]。タッピング速度の主効果や、タッピング速度と感情価の交互作用はなかった。

4.3.1.2 タッピング課題

タッピングの平均反応回数と平均反応時間の平均値と標準偏差を表 4-1 に示す。

表 4-1.タッピング課題における反応回数および反応時間の平均値および標準偏差

| | 中性感情刺激条件 | | | 不快感情刺激条件 | | |
|-----------|-------------|---------------|---------------|-------------|---------------|---------------|
| | 高速 | 中速 | 低速 | 高速 | 中速 | 低速 |
| 反応回数(回/秒) | 1.44(0.65) | 1.54(0.47) | 0.46(0.15) | 1.56(0.67) | 1.52(0.62) | 0.45(0.14) |
| 反応時間(ms) | 17.66(6.33) | 184.04(45.85) | 284.45(63.78) | 19.24(6.80) | 181.08(61.41) | 315.47(82.52) |

注) 値は、“平均値 (標準偏差)”を示す。

反応回数と反応時間の各指標を従属変数としたタッピング速度と写真の感情価による 3 × 2 の分散分析の結果、いずれの指標も速度の主効果があった[平均反応回数 (回/秒) : 高速 1.50, 中速 1.53, 低速 0.46, $F(2, 22) = 30.13$, $P = 0.000$; 平均反応時間 (回/秒) : 高速 18.45, 中速 182.57, 低速 299.96, $F(2, 22) = 159.59$, $P = 0.000$]。Bonferroni 法による多重比較の結果、平均反応回数は、高速と中速が低速より反応回数が有意に多かった。平均反応時間は、高速、中速、低速の順に、反応時間が有意に短かった。写真の感情価の主効果や、タッピング速度と写真の感情価の交互作用はなかった。

4.3.1.3 不快度と写真の想起に関する主観評定

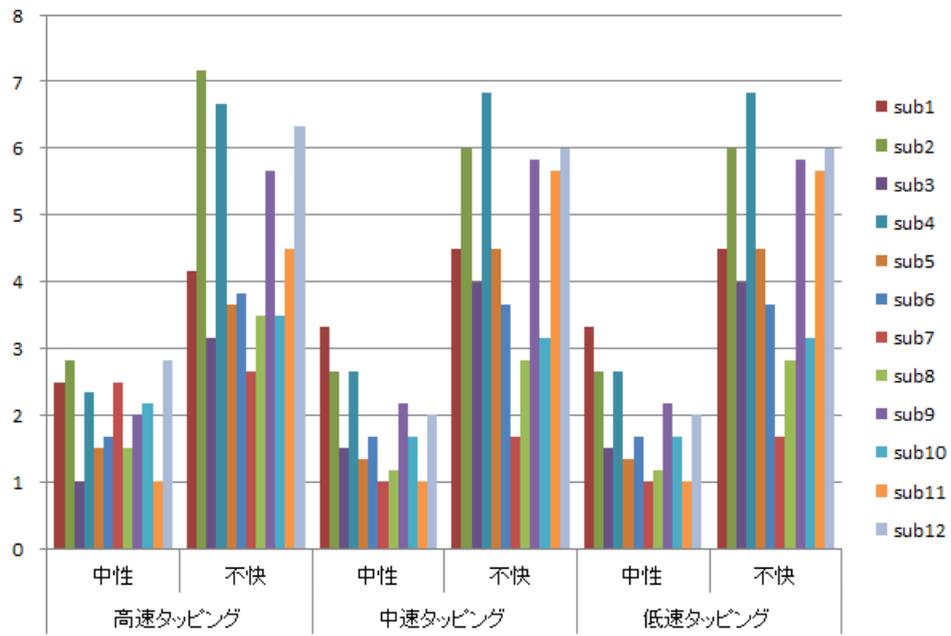
主観評定における平均値と標準偏差を表 4-2 および、図 4-4 (不快度) と図 4-5 (写真の想起) に示す。

表 4-2.不快度と写真の想起の主観評定における平均値および標準偏差

| | 中性感情刺激条件 | | | 不快感情刺激条件 | | |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 高速 | 中速 | 低速 | 高速 | 中速 | 低速 |
| 不快度 | 1.99(0.65) | 1.84(0.74) | 1.84(0.74) | 4.57(1.50) | 4.56(1.55) | 4.56(1.55) |
| 写真の想起 | 2.04(0.95) | 2.11(0.89) | 2.11(0.89) | 4.43(1.73) | 4.56(1.00) | 4.56(1.00) |

注) 値は、“平均値 (標準偏差)”を示す。

不快感(被験者単位)



不快感(平均値)

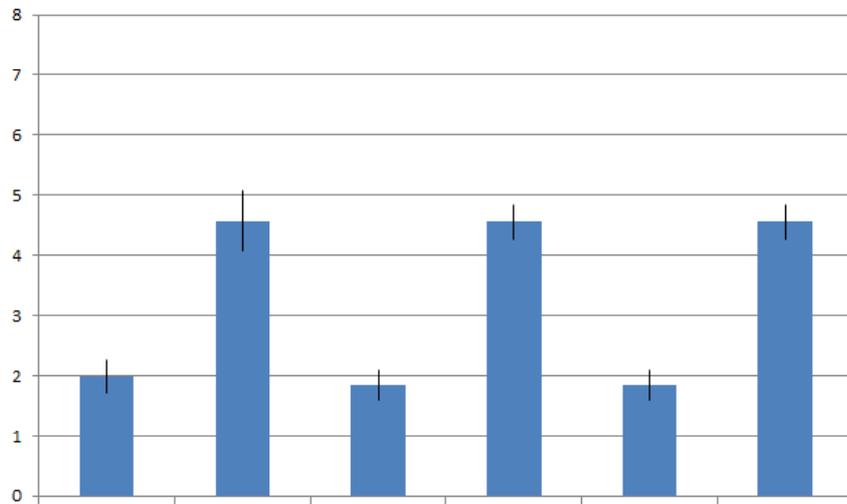
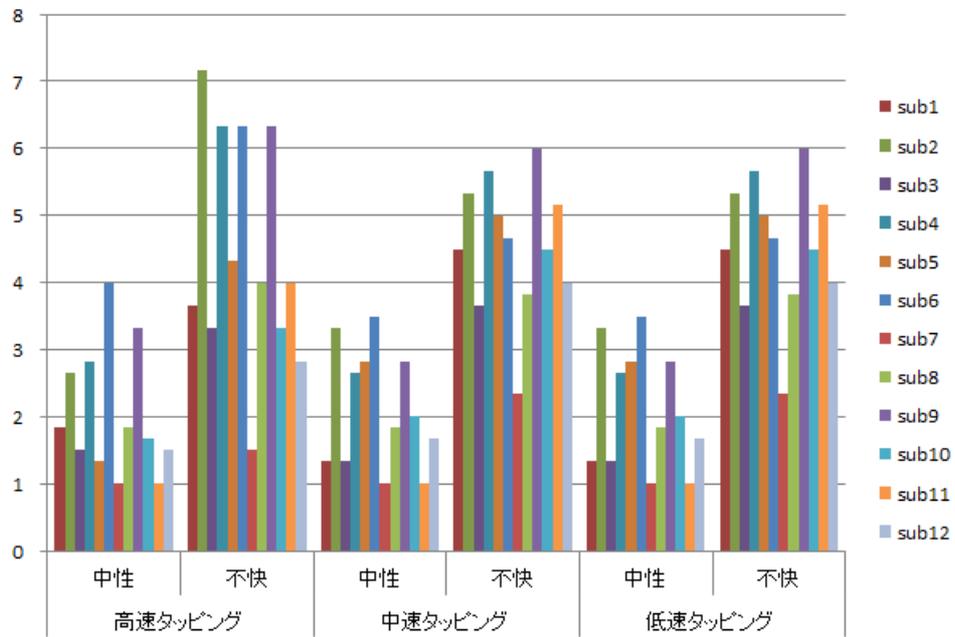


図 4-4 : 不快感の主観評定の結果

写真の想起(被験者単位)



写真の想起(平均値)

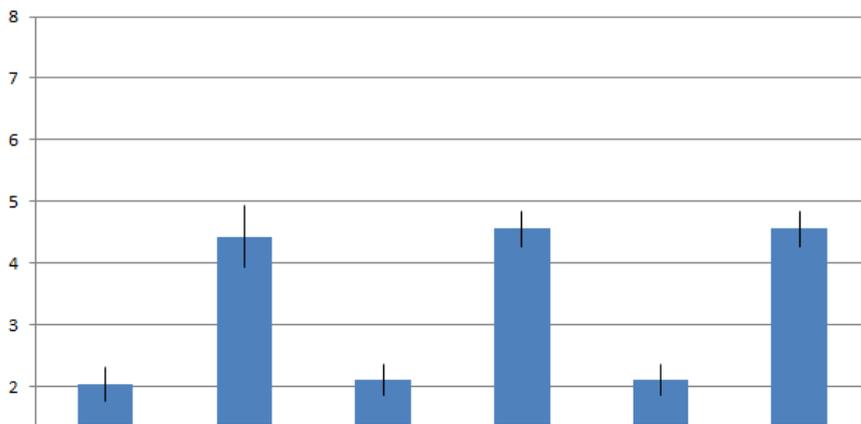


図 4-5 : 写真の想起の主観評定の結果

不快度を従属変数としたタッピング速度と写真の感情価による 3×2 の分散分析では、感情価の主効果があった[中性 1.89, 不快 4.56, $F(1, 11) = 53.35$; $P = 0.000$, 表 4-3]。不快感情刺激条件の方が中性感情刺激条件より、不快度が高かった。タッピング速度の主効果や、タッピング速度と写真の感情価の交互作用はなかった。

同様に、写真の想起を従属変数としたタッピング速度と写真の感情価による 3×2 の分散分析では、感情価の主効果があった[中性 2.09, 不快 4.51, $F(1, 11) = 125.78$; $P = 0.000$, 表 4-3]。不快感情刺激条件の方が中性感情刺激条件より、写真の想起頻度が高かった。タッピング速度の主効果や、タッピング速度と写真の感情価の交互作用はなかった。

表 4-3: 不快度および写真の想起の主観評定を従属変数とした
タッピング速度 × 写真の感情価の分散分析の結果

| | タッピング速度 | | 写真の感情価 | | 交互作用 | | |
|-------|------------|-------|------------|-------|------------|------|-------|
| | $F(2, 22)$ | p | $F(1, 11)$ | p | $F(2, 22)$ | p | |
| 不快度 | 0.19 | 0.828 | 53.35 | 0.000 | ** | 0.46 | 0.635 |
| 写真の想起 | 0.28 | 0.757 | 125.78 | 0.000 | ** | 0.03 | 0.970 |

** $P < 0.01$

4.3.1.4 Global-Local 課題

Global-Local 課題の反応速度 (ΔRT) の平均値と標準偏差を表 4-4 と図 4-6 に示す。

表 4-4. Global - Local 課題における反応速度 (ΔRT) の平均値および標準偏差

| | 高速 | 中速 | 低速 |
|--------|----------------|--------------|----------------|
| 中性刺激条件 | -12.59 (84.92) | 9.64 (69.74) | 12.80 (48.98) |
| 不快刺激条件 | 9.83 (99.90) | 0.39 (58.4) | -41.43 (68.40) |

注) 値は、“平均値 (標準偏差)”を示す。

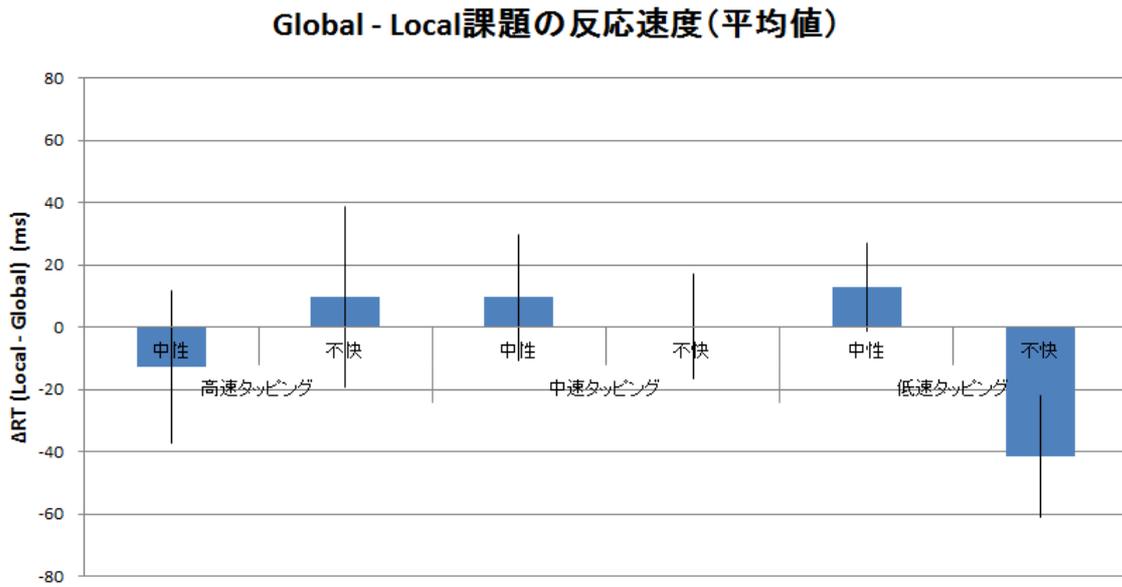
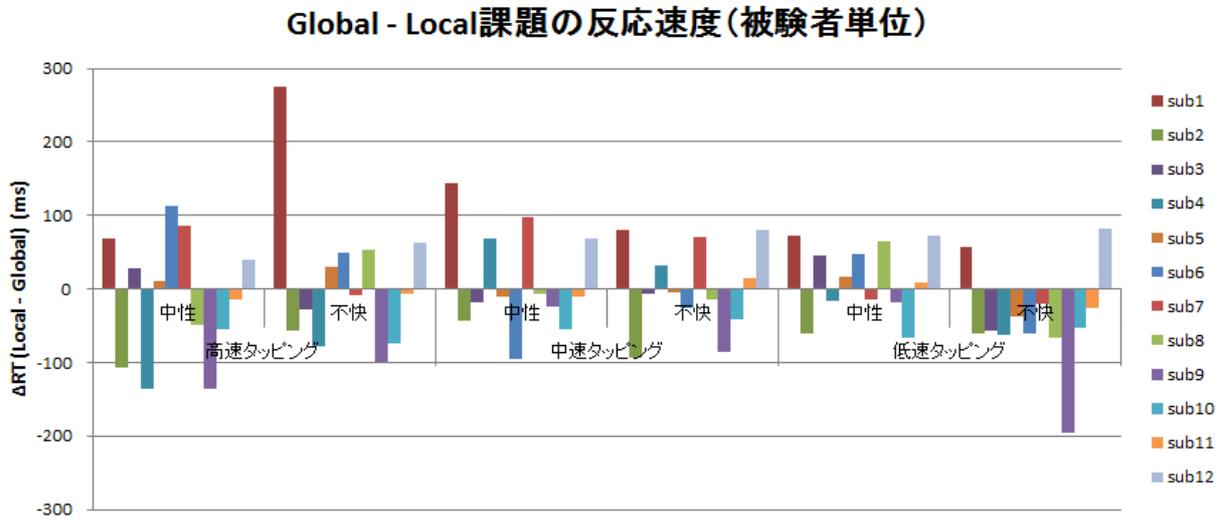


図 4-6 : Global-Local 課題の反応速度の結果

反応速度 (ΔRT) を従属変数としたタッピング速度と写真の感情価による 3×2 の分散分析では、「タッピング速度 \times 写真の感情価」の交互作用があった [$F(2, 22) = 3.85$; $P = 0.037$, 表 4-5]。不快感情刺激条件でタッピング速度の主効果があり、低速タッピングより中速タッピングで、 ΔRT が有意に大きかった [中速 0.39, 低速 -41.43, $P = 0.014$, 図 4-7]。また低速タッピングのみ、写真の感情価の主効果があり、中性感情刺激条件より不快感情刺激条件で、 ΔRT が有意に小さかった [中性 12.80, 不快 -41.43, $P = 0.012$, 図 4-7]。その他の有意差はなかった。

表 4-5: 反応速度 (ΔRT) を従属変数としたタッピング速度 \times 写真の感情価の分散分析の結果

| | タッピング速度 | | 写真の感情価 | | 交互作用 | | |
|----------------------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|---|
| | $F(2, 22)$ | p | $F(1, 11)$ | p | $F(2, 22)$ | p | |
| 反応速度 (ΔRT) | 0.73 | 0.491 | 2.45 | 0.146 | 3.85 | 0.037 | * |

* $P < 0.05$

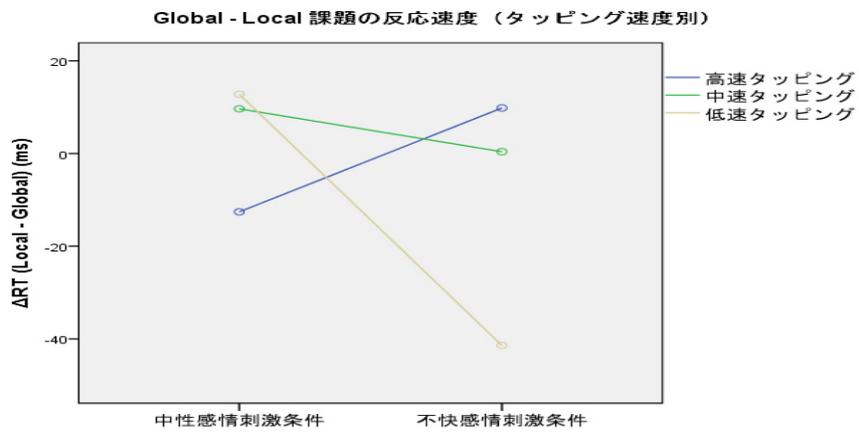
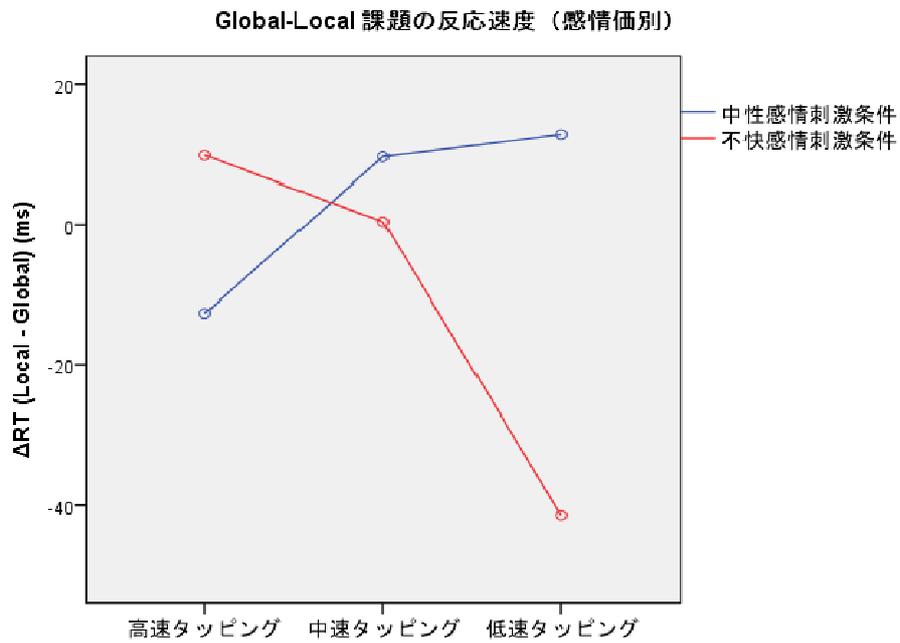


図 4-7 : タッピング速度 × 感情価の交互作用

4.3.2 近赤外線分光法

4.3.2.1 タッピング時の oxyHb 変化

タッピング時の oxyHb 変化量を従属変数としたタッピング速度、写真の感情価、期間の $3 \times 2 \times 2$ の被験者内要因（反復測定）による分散分析を実施した。

4.3.2.1.1 「感情価×期間」の交互作用

「感情価×期間」の交互作用があったチャンネルは、チャンネル 3 [F(1, 11) = 5.19; P = 0.044] および 38 [F(2, 22) = 9.34; P = 0.011] であった（表 4-6）。10%水準で交互作用の有意傾向があったチャンネルは、8 [F(1, 11) = 3.45; P = 0.090]、35 [F(2, 22) = 3.97; P = 0.072] および 33 [F(2, 22) = 3.64; P = 0.083] であった。以上のチャンネルのうち、前期より後期に oxyHb 変化量が有意に減少したチャンネルは、中性感情刺激条件では、チャンネル 8 (P=0.036)、3 (P=0.024)、および 38 (P=0.030) であった（図 4-8）。これらのチャンネルの加算平均波形を図 4-9 に示す。一方、不快感情刺激条件では、有意差があったチャンネルはなかった。

表 4-6：感情価と期間の各主効果および交互作用

| 領域 | チャンネル番号 | 感情価 | | 期間 | | | 感情価×期間 | |
|--------|---------|----------|----------|----------|----------|---|----------|---------|
| | | F(1, 11) | p | F(1, 11) | p | | F(1, 11) | p |
| 右側 PFC | 7 | 2.23 | 0.163 | 0.10 | 0.759 | | 0.75 | 0.404 |
| | 20 | 1.94 | 0.191 | 0.23 | 0.644 | | 0.30 | 0.594 |
| | 1 | 0.05 | 0.821 | 4.49 | 0.058 | † | 0.02 | 0.887 |
| | 14 | 0.28 | 0.125 | 7.62 | 0.019 | * | 0.48 | 0.501 |
| | 27 | 3.82 | 0.077 | 9.39 | 0.011 | * | 1.09 | 0.320 |
| | 8 | 0.01 | 0.943 | 4.08 | 0.069 | † | 3.45 | 0.090 † |
| | 21 | 11.86 | 0.005 ** | 11.94 | 0.005 ** | | 0.40 | 0.539 |
| | 2 | 0.16 | 0.701 | 3.80 | 0.077 | † | 3.14 | 0.104 |
| | 15 | 0.55 | 0.475 | 5.18 | 0.044 | * | 2.97 | 0.113 |
| | 28 | 13.41 | 0.004 ** | 17.37 | 0.002 ** | | 1.14 | 0.309 |

| | | | | | | | | | |
|--------|----|-------|-------|----|-------|-------|----|------|---------|
| | 9 | 0.73 | 0.413 | | 3.36 | 0.094 | | 2.39 | 0.150 |
| | 22 | 10.30 | 0.008 | ** | 9.55 | 0.010 | * | 0.38 | 0.549 |
| | 3 | 0.30 | 0.111 | | 2.70 | 0.129 | | 5.19 | 0.044 * |
| | 16 | 1.19 | 0.299 | | 3.54 | 0.087 | † | 0.31 | 0.587 |
| | 29 | 6.89 | 0.024 | * | 14.30 | 0.003 | ** | 0.53 | 0.483 |
| | 10 | 0.19 | 0.675 | | 0.70 | 0.422 | | 0.28 | 0.607 |
| 内側 PFC | 23 | 1.12 | 0.312 | | 0.67 | 0.431 | | 0.11 | 0.741 |
| | 4 | 0.40 | 0.541 | | 2.41 | 0.149 | | 1.16 | 0.305 |
| | 17 | 0.02 | 0.905 | | 2.65 | 0.132 | | 0.55 | 0.474 |
| | 30 | 2.21 | 0.166 | | 10.95 | 0.007 | ** | 0.16 | 0.693 |
| | 11 | 1.78 | 0.210 | | 2.12 | 0.174 | | 1.51 | 0.245 |
| | 24 | 3.21 | 0.101 | | 10.20 | 0.009 | ** | 0.34 | 0.570 |
| | 5 | 1.39 | 0.263 | | 5.35 | 0.041 | * | 1.17 | 0.304 |
| | 18 | 1.19 | 0.298 | | 6.95 | 0.023 | * | 1.82 | 0.205 |
| | 31 | 4.90 | 0.049 | * | 19.08 | 0.001 | ** | 0.11 | 0.743 |
| | 12 | 0.00 | 0.966 | | 9.21 | 0.011 | * | 0.53 | 0.482 |
| <hr/> | | | | | | | | | |
| | 25 | 1.69 | 0.220 | | 10.41 | 0.008 | ** | 0.00 | 0.971 |
| | 6 | 0.14 | 0.711 | | 0.08 | 0.777 | | 2.69 | 0.129 |
| 右側 PFC | 19 | 0.10 | 0.761 | | 0.55 | 0.474 | | 0.03 | 0.865 |
| | 32 | 13.61 | 0.004 | ** | 4.66 | 0.054 | † | 0.30 | 0.596 |
| | 13 | 0.36 | 0.083 | | 1.72 | 0.217 | | 0.03 | 0.861 |
| | 26 | 10.62 | 0.008 | ** | 0.01 | 0.922 | | 0.16 | 0.698 |
| <hr/> | | | | | | | | | |
| | 40 | 0.34 | 0.571 | | 0.54 | 0.479 | | 2.82 | 0.121 |
| | 35 | 0.14 | 0.714 | | 0.99 | 0.340 | | 3.97 | 0.072 † |
| 左側運動野 | 43 | 0.29 | 0.601 | | 0.21 | 0.655 | | 0.57 | 0.465 |
| | 38 | 1.72 | 0.216 | | 0.43 | 0.525 | | 9.34 | 0.011 * |
| | 33 | 0.75 | 0.405 | | 0.03 | 0.871 | | 3.64 | 0.083 † |
| | 41 | 2.07 | 0.178 | | 0.02 | 0.883 | | 1.12 | 0.312 |

| | | | | | | |
|----|------|-------|------|-------|------|-------|
| 36 | 3.08 | 0.111 | 0.01 | 0.915 | 0.72 | 0.415 |
| 44 | 1.53 | 0.242 | 0.39 | 0.544 | 2.14 | 0.171 |
| 39 | 0.25 | 0.625 | 0.13 | 0.730 | 2.96 | 0.113 |
| 34 | 0.27 | 0.612 | 0.05 | 0.837 | 1.56 | 0.238 |
| 42 | 0.09 | 0.766 | 0.65 | 0.438 | 1.04 | 0.330 |
| 37 | 0.32 | 0.582 | 0.48 | 0.504 | 0.06 | 0.808 |

** $P < 0.05$; * $P < 0.05$; † < 0.1

図 4-8 : OxyHb 変化量が有意に減衰したチャンネル (前期 > 後期)

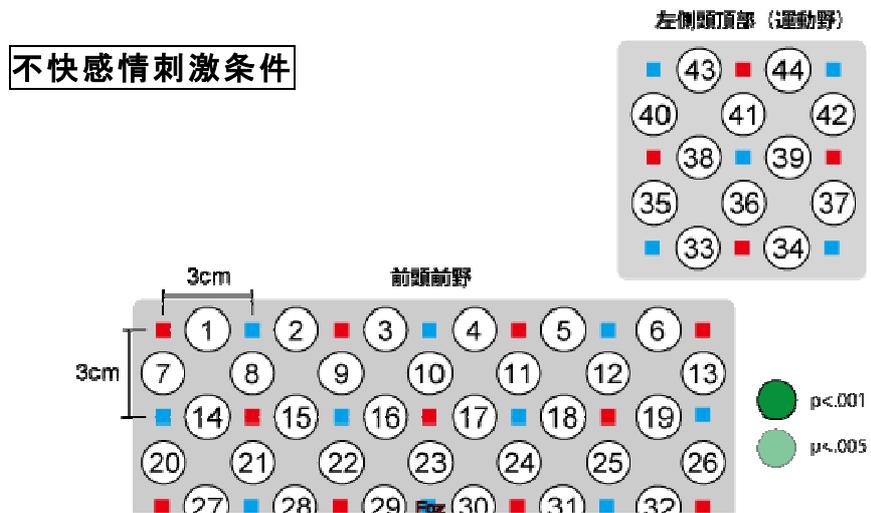
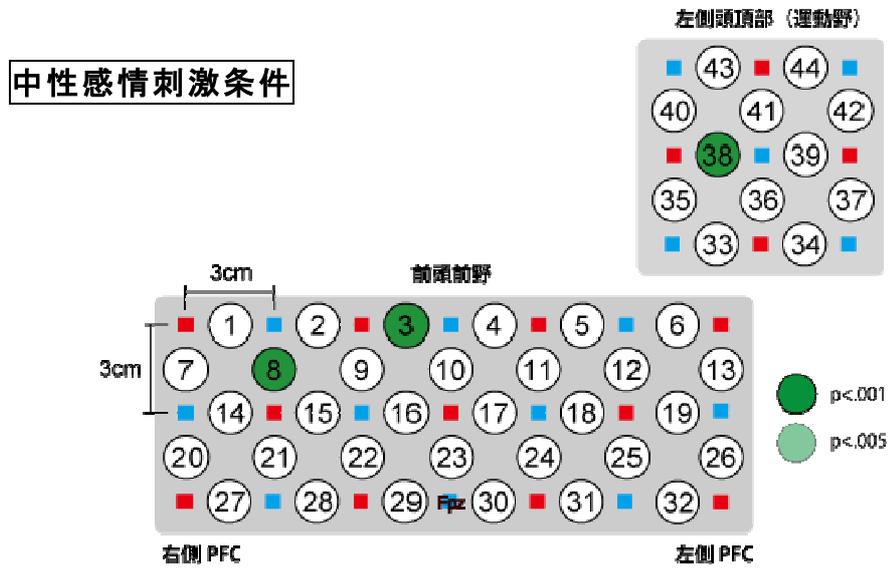
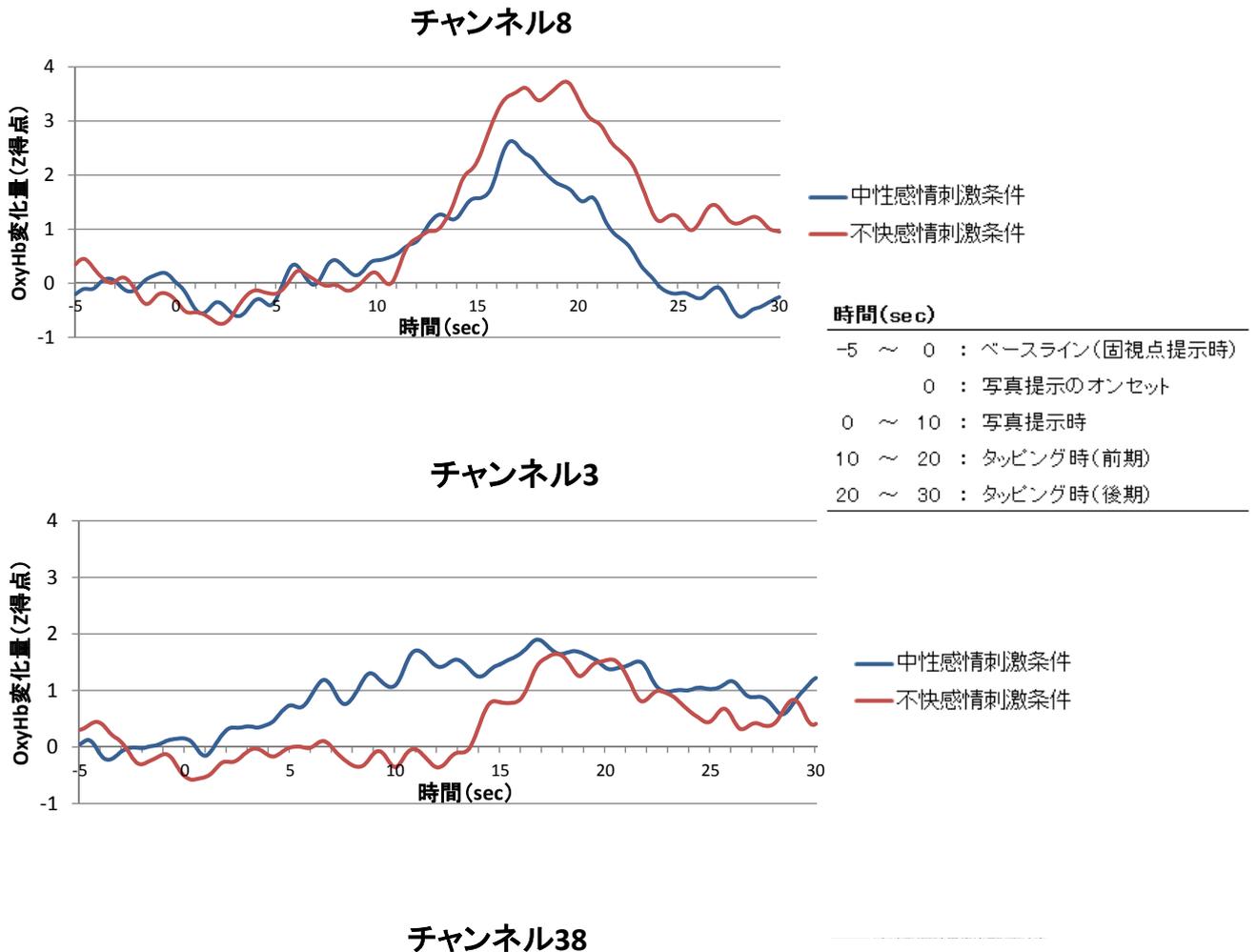


図 4-9 : 感情価ごとの加算平均波形 (チャンネル 8、3、38)

中性感情刺激条件で、前期より後期に oxyHb 変化量が有意に減少したチャンネル

チャンネル 8 ($P=0.036$)、チャンネル 3 ($P=0.024$)、チャンネル 38 ($P=0.030$)



4.3.2.1.2 「タッピング速度×感情価」の交互作用

「タッピング速度×感情価」の交互作用があったチャンネルは、チャンネル 28 [$F(2, 22) = 5.32$; $P = 0.013$]および 22 [$F(2, 22) = 3.52$; $P = 0.047$]であった（表 4-7）。高速タッピングではチャンネル 28 ($P=0.000$) と 22 ($P=0.009$)、中速タッピングではチャンネル 22 ($P=0.032$) において、中性感情刺激条件より不快感情刺激条件で oxyHb 変化量が有意に増加した（図 4-10）。低速タッピングで有意差があったチャンネルはなかった。チャンネル 28 および 22 における各速度のタッピングの加算平均波形を図 4-11、4-12 に示す。

表 4-7: タッピング速度と感情価の各主効果および交互作用

| 領域 | チャンネル番号 | 速度 | | 感情価 | | 速度×感情価 | |
|--------|---------|------------|-------|------------|----------|------------|---------|
| | | $F(2, 22)$ | p | $F(1, 11)$ | p | $F(2, 22)$ | p |
| 右側 PFC | 7 | 1.18 | 0.327 | 2.23 | 0.163 | 0.62 | 0.550 |
| | 20 | 0.14 | 0.872 | 1.94 | 0.191 | 1.29 | 0.296 |
| | 1 | 0.11 | 0.901 | 0.05 | 0.821 | 0.02 | 0.984 |
| | 14 | 0.24 | 0.792 | 0.28 | 0.125 | 1.72 | 0.202 |
| | 27 | 1.26 | 0.303 | 3.82 | 0.077 | 0.31 | 0.734 |
| | 8 | 0.75 | 0.485 | 0.01 | 0.943 | 1.61 | 0.223 |
| | 21 | 0.24 | 0.788 | 11.86 | 0.005 ** | 0.81 | 0.460 |
| 内側 PFC | 2 | 0.66 | 0.525 | 0.16 | 0.701 | 0.48 | 0.626 |
| | 15 | 0.84 | 0.445 | 0.55 | 0.475 | 1.29 | 0.296 |
| | 28 | 1.34 | 0.283 | 13.41 | 0.004 ** | 5.32 | 0.013 * |
| | 9 | 0.92 | 0.414 | 0.73 | 0.413 | 0.76 | 0.480 |
| | 22 | 0.05 | 0.952 | 10.30 | 0.008 ** | 3.52 | 0.047 * |
| | 3 | 0.97 | 0.395 | 0.30 | 0.111 | 0.09 | 0.911 |
| | 16 | 0.24 | 0.787 | 1.19 | 0.299 | 1.73 | 0.201 |
| | 29 | 0.52 | 0.601 | 6.89 | 0.024 * | 1.21 | 0.318 |
| | 10 | 0.47 | 0.633 | 0.19 | 0.675 | 1.29 | 0.296 |
| | 23 | 2.70 | 0.089 | 1.12 | 0.312 | 0.87 | 0.435 |

| | | | | | | | |
|--------|----|------|---------|-------|----------|------|-------|
| | 4 | 0.97 | 0.395 | 0.40 | 0.541 | 0.01 | 0.992 |
| | 17 | 0.52 | 0.604 | 0.02 | 0.905 | 2.35 | 0.119 |
| | 30 | 1.03 | 0.372 | 2.21 | 0.166 | 0.49 | 0.619 |
| | 11 | 1.90 | 0.174 | 1.78 | 0.210 | 0.18 | 0.833 |
| | 24 | 0.81 | 0.459 | 3.21 | 0.101 | 0.72 | 0.497 |
| | 5 | 1.58 | 0.228 | 1.39 | 0.263 | 0.17 | 0.849 |
| | 18 | 3.90 | 0.036 * | 1.19 | 0.298 | 0.69 | 0.514 |
| | 31 | 0.75 | 0.483 | 4.90 | 0.049 * | 0.74 | 0.491 |
| | 12 | 0.20 | 0.818 | 0.00 | 0.966 | 1.22 | 0.315 |
| | 25 | 1.27 | 0.302 | 1.69 | 0.220 | 1.73 | 0.200 |
| | 6 | 0.15 | 0.859 | 0.14 | 0.711 | 1.06 | 0.365 |
| 右側 PFC | 19 | 0.38 | 0.691 | 0.10 | 0.761 | 0.37 | 0.697 |
| | 32 | 2.37 | 0.117 | 13.61 | 0.004 ** | 1.67 | 0.211 |
| | 13 | 1.62 | 0.220 | 0.36 | 0.083 | 0.27 | 0.764 |
| | 26 | 1.08 | 0.356 | 10.62 | 0.008 ** | 1.17 | 0.331 |
| | 40 | 0.10 | 0.906 | 0.34 | 0.571 | 0.33 | 0.724 |
| | 35 | 2.28 | 0.126 | 0.14 | 0.714 | 0.73 | 0.493 |
| | 43 | 0.16 | 0.854 | 0.29 | 0.601 | 2.48 | 0.107 |
| | 38 | 1.26 | 0.304 | 1.72 | 0.216 | 0.48 | 0.624 |
| | 33 | 0.73 | 0.493 | 0.75 | 0.405 | 1.98 | 0.161 |
| 左側運動野 | 41 | 0.08 | 0.922 | 2.07 | 0.178 | 0.92 | 0.412 |
| | 36 | 0.59 | 0.566 | 3.08 | 0.111 | 1.67 | 0.210 |
| | 44 | 1.08 | 0.356 | 1.53 | 0.242 | 0.09 | 0.914 |
| | 39 | 0.78 | 0.471 | 0.25 | 0.625 | 0.04 | 0.963 |
| | 34 | 0.65 | 0.530 | 0.27 | 0.612 | 0.43 | 0.659 |
| | 42 | 2.13 | 0.142 | 0.09 | 0.766 | 0.05 | 0.949 |
| | 37 | 0.03 | 0.973 | 0.32 | 0.582 | 0.06 | 0.942 |

** $P < 0.05$; * $P < 0.05$; † < 0.1

図 4-10 : 各タッピング速度で OxyHb 変化量が有意に増加したチャンネル
 (不快感情刺激条件 > 中性感情刺激条件)

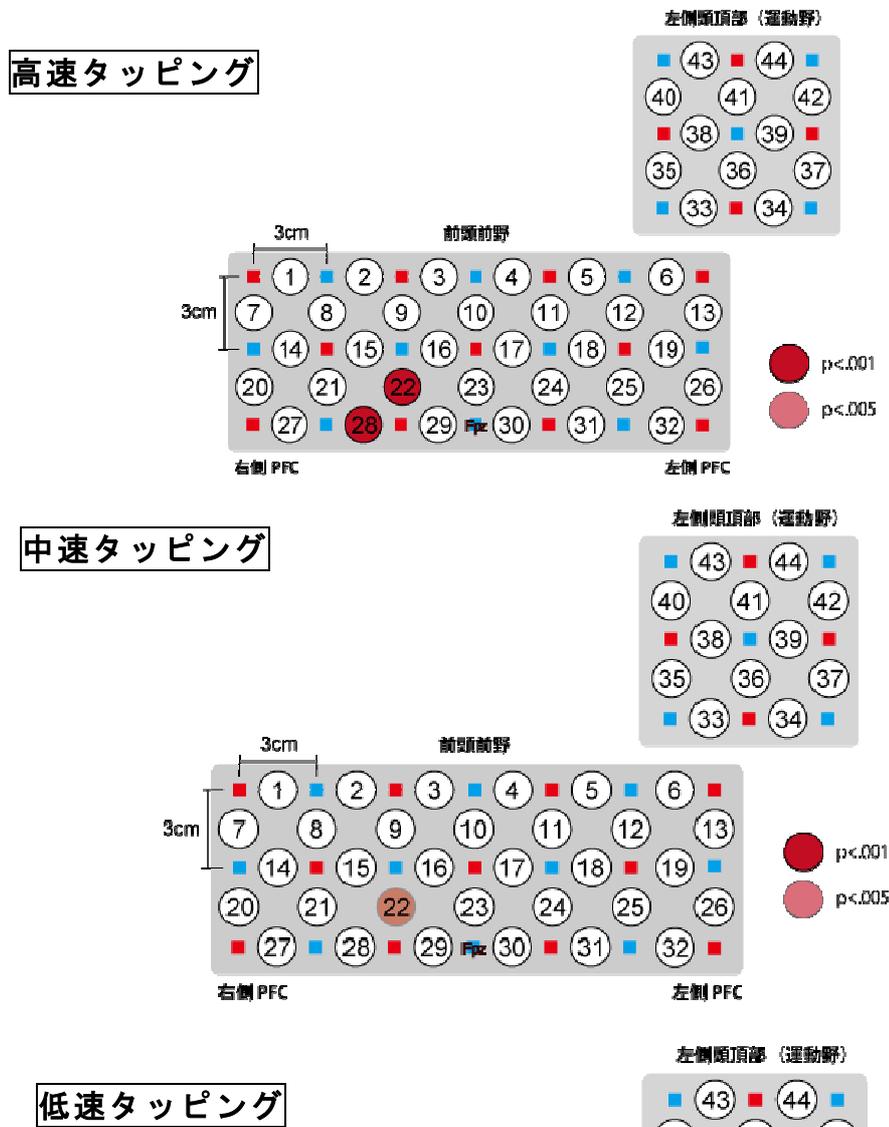


図 4-11：各タッピング速度の加算平均波形（チャンネル 28）

チャンネル 28 高速タッピングのみ、中性 < 不快 (p=.000)

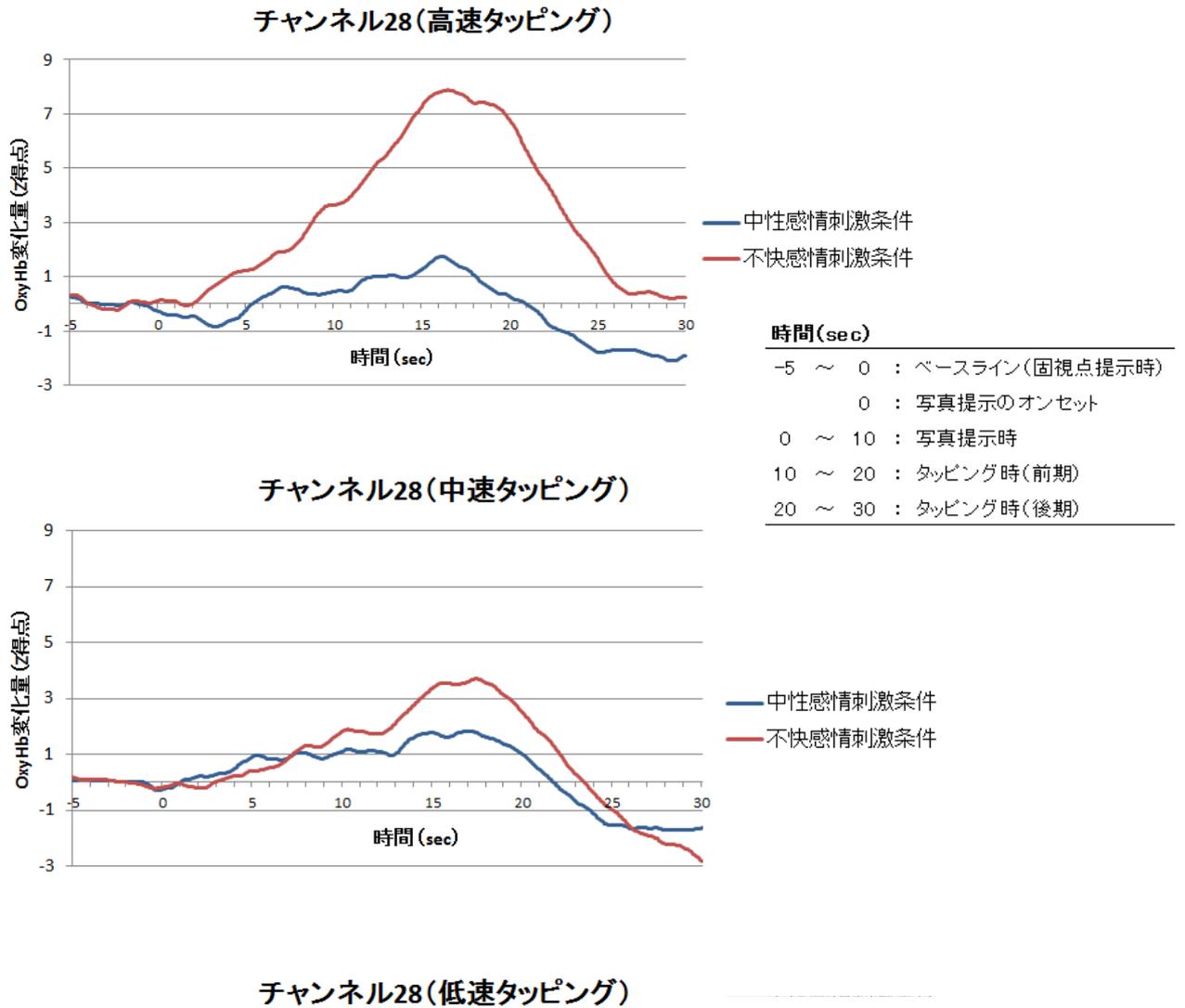
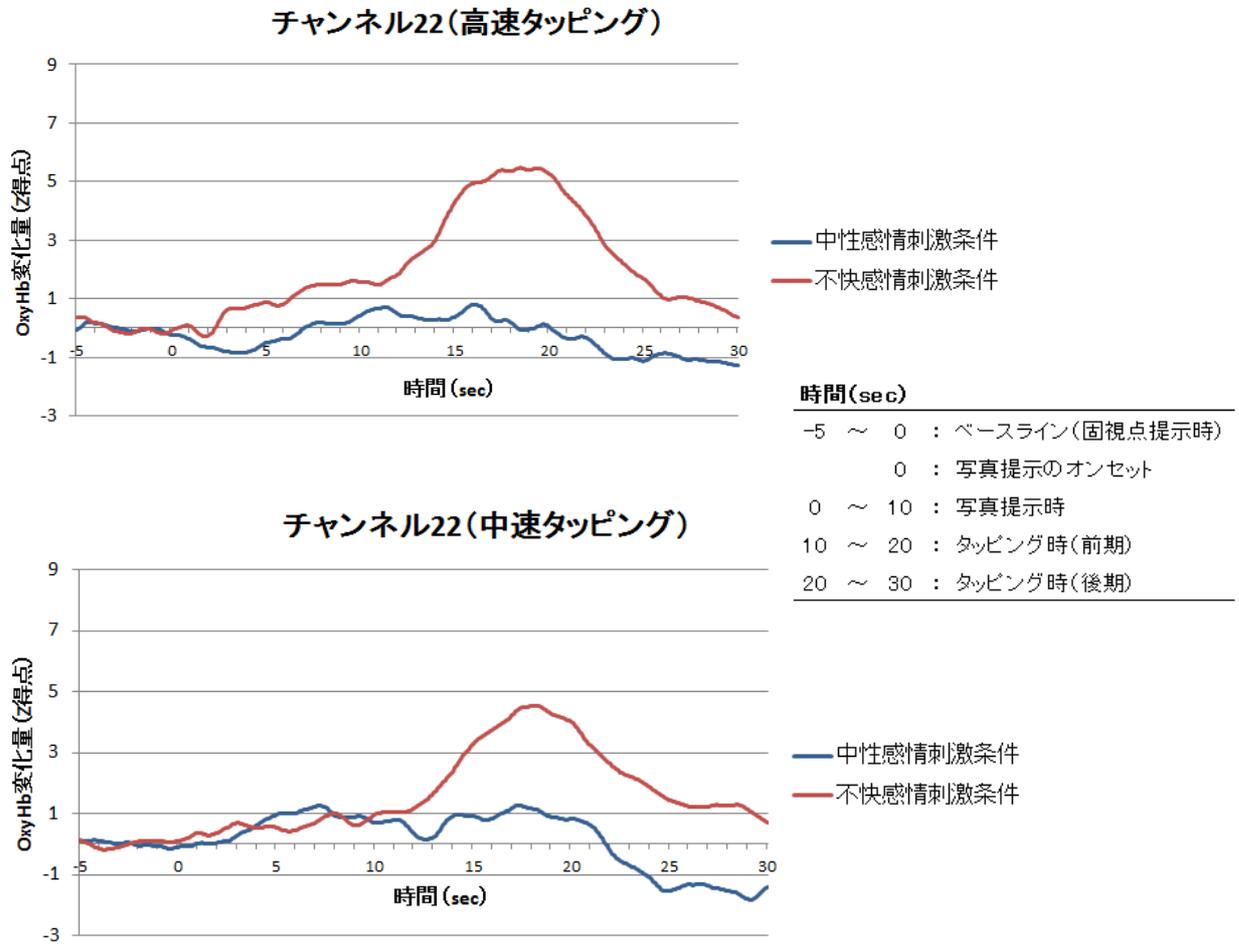


図 4-12 : 各タッピング速度の加算平均波形 (チャンネル 22)

チャンネル 22 高速タッピング (p=.009) と中速タッピング (p=.032) で、中性 < 不快



チャンネル22(低速タッピング)

4.3.2.1.3 「タッピング速度×期間」の交互作用

「タッピング速度×期間」の交互作用があったチャンネルは、チャンネル 21 [F(2, 22) = 4.58; P = 0.022]、28 [F(2, 22) = 6.13; P = 0.008]、16 [F(2, 22) = 4.51; P = 0.023]、23 [F(2, 22) = 4.43; P = 0.024]、5 [F(2, 22) = 5.31; P = 0.013]、12 [F(2, 22) = 5.44; P = 0.012] および 25 [F(2, 22) = 4.74; P = 0.019]であった (表 4-8)。10%水準で交互作用の有意傾向があったチャンネルは、チャンネル 22 [F(2, 22) = 3.40; P = 0.052]、10 [F(2, 22) = 2.89; P = 0.077]、18 [F(2, 22) = 2.86; P = 0.079]、31 [F(2, 22) = 3.39; P = 0.052] および 19 [F(2, 22) = 2.77; P = 0.084]であった。以上のチャンネルのうち、前期より後期に oxyHb 変化量が有意に減少したチャンネルは、高速タッピングでは、計 5 チャンネル (21(P = 0.007)、28(P = 0.002)、22(P = 0.005)、5(P = 0.033)、および 18(P = 0.016))、中速タッピングでは、計 9 チャンネル (21(P = 0.005)、28(P = 0.002)、22(P = 0.018)、16(P = 0.009)、5(P = 0.017)、18(P = 0.023)、31(P = 0.001)、12(P = 0.004)、および 25(P = 0.001))、低速タッピングでは計 3 チャンネル (28(P = 0.026)、31(P = 0.012)、12(P = 0.005)) であった (表 4-9、図 4-13)。これらのチャンネルの加算平均波形を図 4-14 に示す。

表 4-8: タッピング速度と期間の各主効果および交互作用

| 領域 | チャンネル番号 | 速度 | | 期間 | | 速度×期間 | | |
|--------|---------|----------|-------|----------|----------|----------|----------|--|
| | | F(2, 22) | p | F(1, 11) | p | F(2, 22) | p | |
| 右側 PFC | 7 | 1.18 | 0.327 | 0.10 | 0.759 | 0.69 | 0.514 | |
| | 20 | 0.14 | 0.872 | 0.23 | 0.644 | 0.25 | 0.785 | |
| | 1 | 0.11 | 0.901 | 4.49 | 0.058 † | 1.93 | 0.169 | |
| | 14 | 0.24 | 0.792 | 7.62 | 0.019 * | 0.21 | 0.814 | |
| | 27 | 1.26 | 0.303 | 9.39 | 0.011 * | 1.31 | 0.289 | |
| | 8 | 0.75 | 0.485 | 4.08 | 0.069 † | 1.18 | 0.325 | |
| | 21 | 0.24 | 0.788 | 11.94 | 0.005 ** | 4.58 | 0.022 * | |
| | 2 | 0.66 | 0.525 | 3.80 | 0.077 † | 0.18 | 0.836 | |
| | 15 | 0.84 | 0.445 | 5.18 | 0.044 * | 1.08 | 0.356 | |
| | 28 | 1.34 | 0.283 | 17.37 | 0.002 ** | 6.13 | 0.008 ** | |

| | | | | | | | | | |
|--------|----|------|-------|-------|-------|----|------|-------|---|
| | 9 | 0.92 | 0.414 | 3.36 | 0.094 | † | 0.80 | 0.461 | |
| | 22 | 0.05 | 0.952 | 9.55 | 0.010 | * | 3.40 | 0.052 | † |
| | 3 | 0.97 | 0.395 | 2.70 | 0.129 | | 0.05 | 0.954 | |
| | 16 | 0.24 | 0.787 | 3.54 | 0.087 | † | 4.51 | 0.023 | * |
| | 29 | 0.52 | 0.601 | 14.30 | 0.003 | ** | 2.28 | 0.126 | |
| | 10 | 0.47 | 0.633 | 0.70 | 0.422 | | 2.89 | 0.077 | † |
| 内側 PFC | 23 | 2.70 | 0.089 | 0.67 | 0.431 | | 4.43 | 0.024 | * |
| | 4 | 0.97 | 0.395 | 2.41 | 0.149 | | 1.43 | 0.261 | |
| | 17 | 0.52 | 0.604 | 2.65 | 0.132 | | 2.23 | 0.132 | |
| | 30 | 1.03 | 0.372 | 10.95 | 0.007 | ** | 0.62 | 0.549 | |
| | 11 | 1.90 | 0.174 | 2.12 | 0.174 | | 1.99 | 0.161 | |
| | 24 | 0.81 | 0.459 | 10.20 | 0.009 | ** | 1.04 | 0.370 | |
| | 5 | 1.58 | 0.228 | 5.35 | 0.041 | * | 5.31 | 0.013 | * |
| | 18 | 3.90 | 0.036 | 6.95 | 0.023 | * | 2.86 | 0.079 | † |
| | 31 | 0.75 | 0.483 | 19.08 | 0.001 | ** | 3.39 | 0.052 | † |
| | 12 | 0.20 | 0.818 | 9.21 | 0.011 | * | 5.44 | 0.012 | * |
| | 25 | 1.27 | 0.302 | 10.41 | 0.008 | ** | 4.74 | 0.019 | * |
| | 6 | 0.15 | 0.859 | 0.08 | 0.777 | | 2.06 | 0.151 | |
| 右側 PFC | 19 | 0.38 | 0.691 | 0.55 | 0.474 | | 2.77 | 0.084 | † |
| | 32 | 2.37 | 0.117 | 4.66 | 0.054 | † | 1.43 | 0.260 | |
| | 13 | 1.62 | 0.220 | 1.72 | 0.217 | | 1.44 | 0.257 | |
| | 26 | 1.08 | 0.356 | 0.01 | 0.922 | | 0.73 | 0.495 | |
| | 40 | 0.10 | 0.906 | 0.54 | 0.479 | | 0.80 | 0.463 | |
| | 35 | 2.28 | 0.126 | 0.99 | 0.340 | | 0.95 | 0.401 | |
| 左側運動野 | 43 | 0.16 | 0.854 | 0.21 | 0.655 | | 0.01 | 0.989 | |
| | 38 | 1.26 | 0.304 | 0.43 | 0.525 | | 0.35 | 0.710 | |
| | 33 | 0.73 | 0.493 | 0.03 | 0.871 | | 0.76 | 0.481 | |
| | 41 | 0.08 | 0.922 | 0.02 | 0.883 | | 0.11 | 0.900 | |

| | | | | | | |
|----|------|-------|------|-------|------|-------|
| 36 | 0.59 | 0.566 | 0.01 | 0.915 | 0.57 | 0.572 |
| 44 | 1.08 | 0.356 | 0.39 | 0.544 | 0.17 | 0.849 |
| 39 | 0.78 | 0.471 | 0.13 | 0.730 | 0.13 | 0.875 |
| 34 | 0.65 | 0.530 | 0.05 | 0.837 | 0.65 | 0.531 |
| 42 | 2.13 | 0.142 | 0.65 | 0.438 | 0.29 | 0.749 |
| 37 | 0.03 | 0.973 | 0.48 | 0.504 | 0.59 | 0.561 |

** $P < 0.05$; * $P < 0.05$; † < 0.1

表 4-9: タッピング速度 × 期間の下位検定

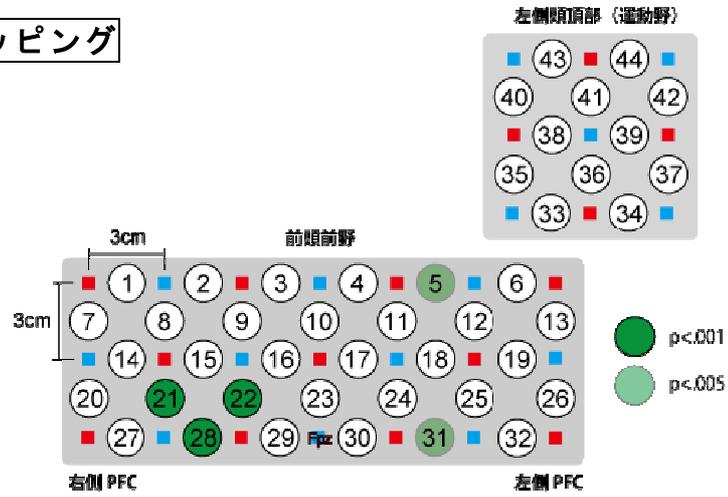
| 領域 | チャンネル 番号 | 速度 × 期間 | | 多重比較 (前期 > 後期) | | | |
|--------|-------------|------------|-------|------------------|-----------|-----------|-------|
| | | $F(2, 22)$ | p | 高速(p) | 中速(p) | 低速(p) | |
| 右側 PFC | 7 | 0.69 | 0.514 | | | | |
| | 20 | 0.25 | 0.785 | | | | |
| | 1 | 1.93 | 0.169 | | | | |
| | 14 | 0.21 | 0.814 | | | | |
| | 27 | 1.31 | 0.289 | | | | |
| | 8 | 1.18 | 0.325 | | | | |
| | 21 | 4.58 | 0.022 | * | 0.007 | 0.005 | - |
| 内側 PFC | 2 | 0.18 | 0.836 | | | | |
| | 15 | 1.08 | 0.356 | | | | |
| | 28 | 6.13 | 0.008 | ** | 0.002 | 0.002 | 0.026 |
| | 9 | 0.80 | 0.461 | | | | |
| | 22 | 3.40 | 0.052 | † | 0.005 | 0.018 | |
| | 3 | 0.05 | 0.954 | | | | |
| | 16 | 4.51 | 0.023 | * | | 0.009 | |
| | 29 | 2.28 | 0.126 | | | | |
| | 10 | 2.89 | 0.077 | † | - | - | - |
| | 23 | 4.43 | 0.024 | * | - | - | - |

| | | | | | | | |
|--------|----|------|-------|---|-------|-------|-------|
| | 4 | 1.43 | 0.261 | | | | |
| | 17 | 2.23 | 0.132 | | | | |
| | 30 | 0.62 | 0.549 | | | | |
| | 11 | 1.99 | 0.161 | | | | |
| | 24 | 1.04 | 0.370 | | | | |
| | 5 | 5.31 | 0.013 | * | 0.033 | 0.017 | - |
| | 18 | 2.86 | 0.079 | † | 0.016 | 0.023 | - |
| | 31 | 3.39 | 0.052 | † | - | 0.001 | 0.012 |
| | 12 | 5.44 | 0.012 | * | - | 0.004 | 0.005 |
| | 25 | 4.74 | 0.019 | * | - | 0.001 | - |
| | 6 | 2.06 | 0.151 | | | | |
| 右側 PFC | 19 | 2.77 | 0.084 | † | - | - | - |
| | 32 | 1.43 | 0.260 | | | | |
| | 13 | 1.44 | 0.257 | | | | |
| | 26 | 0.73 | 0.495 | | | | |
| | 40 | 0.80 | 0.463 | | | | |
| | 35 | 0.95 | 0.401 | | | | |
| | 43 | 0.01 | 0.989 | | | | |
| | 38 | 0.35 | 0.710 | | | | |
| | 33 | 0.76 | 0.481 | | | | |
| 左側運動野 | 41 | 0.11 | 0.900 | | | | |
| | 36 | 0.57 | 0.572 | | | | |
| | 44 | 0.17 | 0.849 | | | | |
| | 39 | 0.13 | 0.875 | | | | |
| | 34 | 0.65 | 0.531 | | | | |
| | 42 | 0.29 | 0.749 | | | | |
| | 37 | 0.59 | 0.561 | | | | |

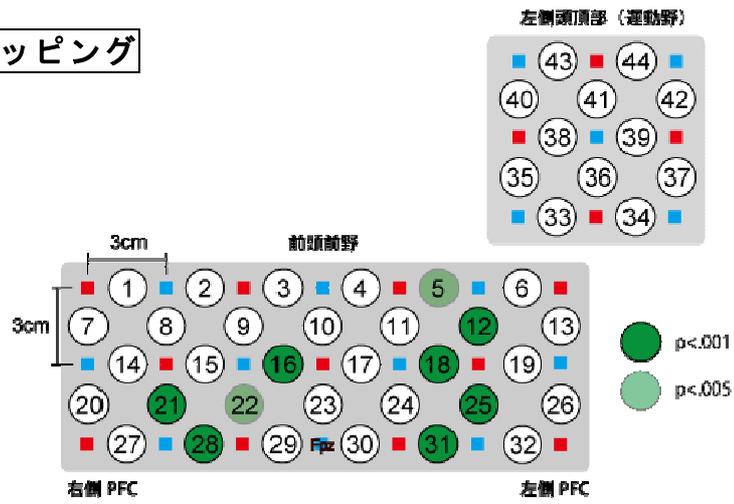
** $P < 0.05$; * $P < 0.05$; † < 0.1

図 4-13 : OxyHb 変化量が有意に減衰したチャンネル (前期 > 後期)

高速タッピング



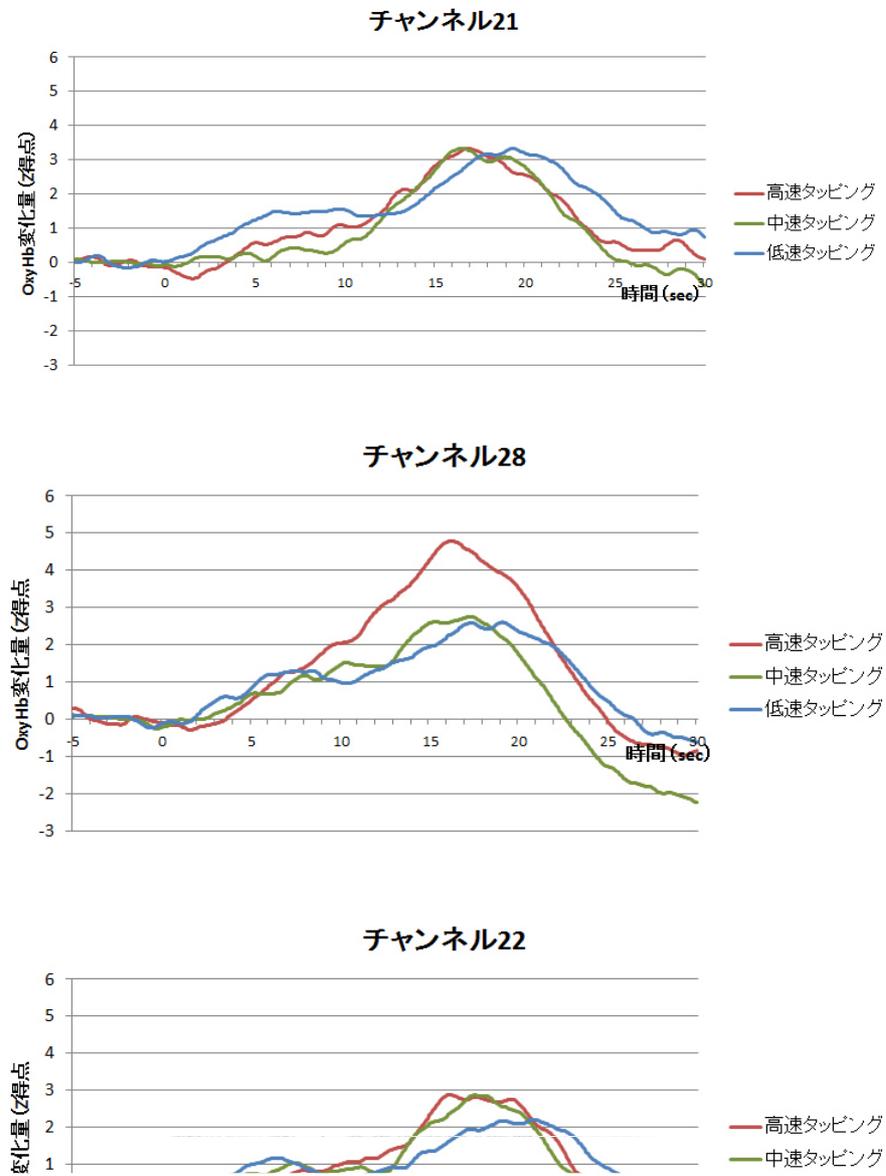
中速タッピング



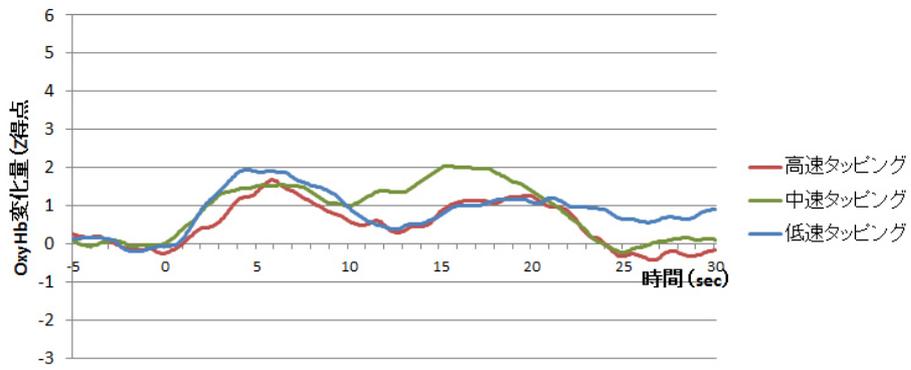
低速タッピング



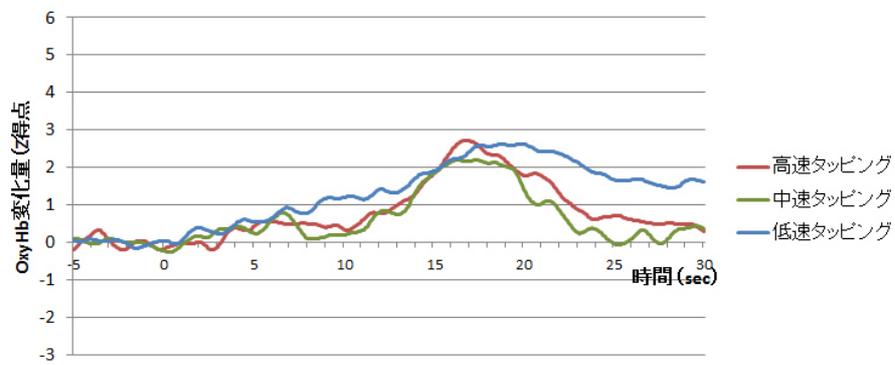
図 4-14 : OxyHb 変化量が減衰したチャンネルの加算平均波形（前期＞後期）



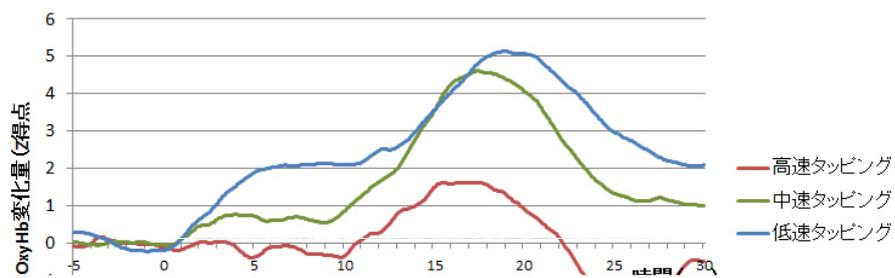
チャンネル16



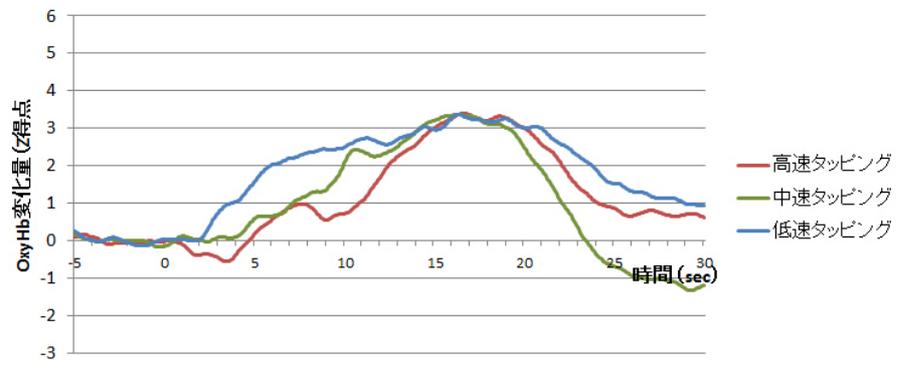
チャンネル5



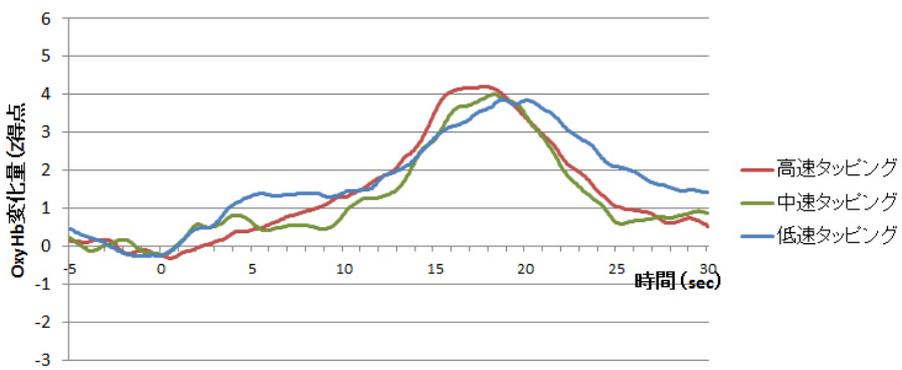
チャンネル18



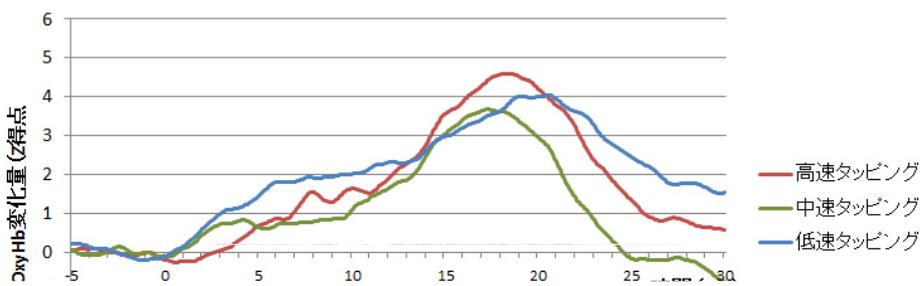
チャンネル31



チャンネル12



チャンネル25



4.3.2.1.4 2次の交互作用および各主効果

以上に述べてきたチャンネルの他に、チャンネル 6 [F(2, 22) = 3.63; P = 0.043]では、「タッピング速度×感情価×期間」の2次の交互作用があった。低速タッピングで、不快感情刺激条件のみ、前期より後期に oxyHb 変化量が増加していた (P = 0.049)。

同様にして、交互作用がなく、感情価の主効果があったチャンネルは、チャンネル 21 [F(1, 11) = 11.89; P = 0.005]、28 [F(1, 11) = 13.41; P = 0.004]、22 [F(1, 11) = 10.30; P = 0.008]、29 [F(1, 11) = 6.89; P = 0.024]、31 [F(1, 11) = 4.90; P = 0.049]、32 [F(1, 11) = 13.61; P = 0.004]、および 26 [F(1, 11) = 10.62; P = 0.008]であった。これらの全チャンネルで、中性感情刺激条件より不快感情刺激条件に oxyHb 変化量が増加していた。

交互作用がなく、タッピング速度の主効果があったチャンネルは、チャンネル 18 [F(2, 22) = 3.90; P = 0.036]であった。しかし Bonferroni 法による多重比較の結果、高速タッピング、中速タッピング、低速タッピングの条件間に有意差はなかった (高速 1.27、中速 2.52、低速 3.43)。

交互作用がなく、期間の主効果があったチャンネルは、チャンネル 14 [F(1, 11) = 7.62; P = 0.019]、27 [F(1, 11) = 9.39; P = 0.011]、15 [F(1, 11) = 5.18; P = 0.044]、29 [F(1, 11) = 14.30; P = 0.003]、30 [F(1, 11) = 10.95; P = 0.007]および 24 [F(1, 11) = 10.20; P = 0.009]であった。全チャンネルで、前期より後期に oxyHb 変化量が減少していた。

4.4 考察

本実験では、中速タッピングが他の速度のタッピングより、不快感情を抑制するか否かを検討したが、不快度の主観評定に有意差はなかった。どの速度のタッピングでも中性感情刺激条件より不快感情刺激条件の方が不快度が有意に高く、写真呈示による感情刺激の影響がタッピング後も持続していた (表 4-3)。よって、中速タッピングによる主観的な不快感情の低減は確認されなかった。

同様にして、写真の想起に関する主観評定にも、タッピング速度の違いによる有意差はなかった。すべてのタッピング速度で、中性感情刺激条件より不快感情刺激条件で写真の想起頻度が有意に高く、不快写真呈示後の方が、タッピング中に写真を想起する傾向があった (表 4-3)。ディストラクションによる感情制御方略は、不快な対象物から別のものへと注意を転換することであり、それにより不快な対象物に関する反芻的思考が低減されるこ

とが指摘されている (Nolenhoeksema & Morrow, 1993)。しかし中速タッピングに、その傾向は確認されなかった。この理由としては、タッピングによる身体的活動は、行為が簡単であるため、課題遂行中のワーキングメモリの負荷が減り、認知処理を抑制しにくい傾向も考えられる。したがって、認知課題による方略より認知処理を抑制する効果はやや低い可能性も示唆される。しかし本実験では、写真の想起に関する認知処理のみを取り上げているため、自己言及的 (self-referential) で、特定の外界の事象に関連しない“課題無関連思考” (“Task-unrelated thoughts”) (Giambra, 1989; Shaw & Giambra, 1992) が抑制されていた否かについては明らかとなっていない。

以上により、主観評定による不快感情の低減や写真想起の抑制は確認されなかったが、Global-Local 課題の結果、不快感情刺激条件において、低速タッピングより中速タッピング後に反応速度 (ΔRT) が有意に大きく (表 4-5; 図 4-7)、視覚情報処理範囲が拡大されていた。Global-Local 課題を用いた先行知見では、快感情時より不快感情時に、Local な視覚処理が促進されることが示されている (Gasper & Clore, 2002)。対して、快感情は、Global な視覚処理を促進することが示されている (Fredrickson & Branigan, 2005)。本実験でも、不快写真の呈示時には視覚処理の範囲が一時的に縮小されていたと思われる。しかし中速タッピングの遂行が、中性感情刺激時と同程度まで、処理範囲を拡大することを促したと考えられる。これにより中速タッピングでは、反応速度 (ΔRT) に感情価による有意差がなくなった可能性がある。一方、低速タッピングでは、中性感情刺激条件より不快感情刺激条件の方が、反応速度 (ΔRT) が有意に小さく、写真呈示による感情刺激の影響がタッピング遂行後も持続していた。なお中性感情刺激時には、いずれのタッピング速度にも反応速度 (ΔRT) に有意差はなかった。中速タッピングによる視覚情報処理範囲の拡大の効果は、平常時の感情状態における処理範囲を拡大させる程には大きくないことが示唆された。

脳血流動態の検討では、右側 PFC (チャンネル 8)、MPFC の背側部 (チャンネル 3)、および運動野 (チャンネル 38) に「感情価×期間」の交互作用があった (表 4-6; 図 4-8)。これらの領域では、中性感情刺激条件で後期に脳活動が低下したが、不快感情刺激条件では低下しなかった。この結果は、これらの領域が感情刺激による影響を反映しやすい領域であり、また不快感情による活性が持続されやすいことを示している。

やや右側の MPFC の腹側部 (チャンネル 22 と 28) には、「タッピング速度×感情価」の

交互作用が確認され（表 4-7; 図 4-10）、この領域も感情刺激による影響を示していた。下位検定では、高速タッピングでは 2 つのチャンネル（チャンネル 22 と 28）で、中速タッピングでは 1 つのチャンネル（22 チャンネル）で、中性感情刺激条件より、不快感情刺激条件の方が、脳血流増加量が大きかった。一方、低速タッピングには、脳血流変化に感情価間の有意差はなかった。チャンネル 22 と 28 の加算平均波形を眺めると（図 4-11、4-12）、高速または中速タッピングにおける血流増加は、不快感情刺激後のタッピング課題の前期に生じていた。この結果は、ある一定の運動量を超える身体的活動の始動には、先行する不快感情の影響を受けやすいことを示している。すなわち、不快感情時に、活動量の大きい運動を開始する際には、より一層エネルギー消費を要することを示している。

以上に述べてきた「感情価×期間」および「タッピング速度×感情価」の感情刺激の影響は、MPFC 前部（チャンネル 3、22、28）を中心としていた。感情価の主効果があったチャンネルも、MPFC 前部が中心であった（チャンネル 28、22、29 および 31）。これらの結果は、MPFC 前部が不快感情刺激による活性を反映しやすいという実験 1 と実験 2 の結果を概ね支持していた。さらに本実験では運動野（チャンネル 38）にも、不快感情刺激による活性が持続する傾向が示され（表 4-6; 図 4-8）、この領域における感情刺激の影響が確認された。

「タッピング速度×期間」の交互作用では、高速、中速タッピングを中心に、前期より後期に血流減少する傾向が示された（図 4-13）。低速タッピングは、減少量が比較的少なく、加算平均波形からも、20 秒のタッピング中に一定の脳活動量を保つ傾向（プラトー状態）が一部のチャンネルで確認される（図 4-14）。Shulman et al. (1997) による PET 研究のメタ分析によれば、目的志向的な課題遂行による能動的注意は、MPFC を含む広域の領域の局所脳血流量を減少させる。例えば、このような局所脳血流変化量の減少は、テレビゲーム中にも生じることが報告されている（Matsuda & Hiraki, 2006）。テレビゲームの遂行は、課題への注意を必要とし、課題を円滑に遂行するために、その他の脳活動が抑制されるという（松田, 2010）。またコンピュータゲームの“テトリス”の遂行が、不快記憶の生成を減少させ、ゲームによる抑制効果を示している（Holmes, James, Coode-Bate, & Deebroose, 2009）。Holmes et al. (2009) では、手術、事故、溺死などのトラウマ的な内容のビデオを参照した後にテトリスを行うと、1 週間後にビデオ内容の想起率が低いことを示した。この理由としては、テトリス遂行中における課題への注意が、他の視空間的な

認知処理を抑制し、侵入的思考を抑制したためであることなどが示唆されている。ゲームのような娯楽的な課題は、課題への注意が高まりやすく、高い集中力を生じるため、他の脳活動に対し、抑制的に機能したのではなかろうか。

本実験でも、中速タッピングの課題は遂行しやすく、集中力が高まりやすいことが、事後アンケートから確認された。中速タッピングは、「ほとんどリズムを気にせずにおせた」「高速よりも程良く、適度なスピードだったために、準備もしやすく、集中力も途切れなかった」などの感想が報告されている。中速タッピングでは、外在の課題へと注意が焦点化され、内省的な“課題無関連思考”や感情状態などのモニタリングが抑制されていた可能性がある。これにより脳活動が減少したのではなかろうか。感情状態のモニタリングの抑制は、不快感情の抑制を促していた可能性もある。

一方、低速タッピングについては、「少し間があるので合せなければいけなかった」「タイミングを取りづらかった」「秒数を数えないとうまく点滅に合せられなかった」「タイミングを合わせようとしていた」「間が長くてじれる」などの感想が報告された。これによれば、言語化された思考によって課題を意識的に行っている傾向や、焦燥感などの感情も生じていることが確認される。低速タッピングは、課題を遂行しにくく、課題への注意が焦点化されにくいため、他の認知処理に対し、抑制的に機能しにくい傾向が考えられる。

さらに、事後アンケートによれば、タッピング速度の快適感（5件法（不快1-快5））は、高速（ $M \pm SD = 3.00 \pm 1.21$ ）、中速（ $M \pm SD = 3.17 \pm 0.83$ ）、低速（ $M \pm SD = 2.58 \pm 0.79$ ）と、中速タッピングで最も高く、中速タッピングの遂行中に快感情が創出されていた可能性が示唆される。中速タッピングでは、視覚情報処理範囲に感情価間の有意差が認められなかったことから、不快感情刺激後のタッピング時に視覚情報処理範囲が拡大された可能性が考慮されることから、中速タッピングの遂行が、快感情を創出した可能性が示唆される。創出された快感情が不快感情に対し、拮抗的に作用した可能性もある。

高速タッピングについては、事後アンケートでは中速タッピング（ $M \pm SD = 3.17 \pm 0.83$ ）と同程度に快適感が高かったが、標準偏差もやや大きく（ $M \pm SD = 3.00 \pm 1.21$ ）、個人差が大きい傾向が認められた。例えば、「あまり考えないで押せた（快適度5）」「何も考えずリズムよく押せた（快適度4）」などという高い快適感を報告する回答や、「つかれる、そちらに意識をもっていかれる（快適度1）」「スピードが速すぎてついていけない（快適度1）」などという低い快適感を報告する回答があった。比較的活動量の大きい高速タッピングは、

個人の運動能力の違いを反映しやすく、一貫した傾向とならなかったのではなかろうか。Global-Local 課題における反応速度 (ΔRT) の標準偏差も、他の速度のタッピングよりやや高めにており (中性感情刺激条件 84.92、不快感情刺激条件 99.90; 表 4-4)、比較的大きな個人差を示していた。これにより統計的有意差を生じなかった可能性もある。

なお感情刺激については、IAPS で定められている感情価と覚醒度の平均値評定値に基づき写真を選択した。写真の再呈示による感情価の評定では、不快写真は中性写真より感情価の評定値が有意に小さく、写真の感情価の統制が取れていることが確認されたが、次のような課題が残されている。この評定では「写真がどの程度不快か」の回答を求めたが、参加者は他の写真と比較や一般的認識に基づき、不快感の程度を認知的に判断した可能性がある。この過程によって反映される感情は “perceived emotion” (Gabrielsson, 2002; reviewed by Schubert, 2013) に近く、タッピング遂行の実験時に、参加者が初めて写真を見たときに体験した実際の感情状態 (“felt emotion”; Gabrielsson, 2002) と異なっている可能性がある (Gabrielsson, 2002)。本実験では 15 名の参加者のうち、3 名が不快写真への不快感により実験を中断し、多くの参加者が「思ったより写真は不快だった」という感想を述べている。また「次に何の写真が出てくるかわからない怖さ」や「実験が進むにつれて写真に慣れていった」などの感想を述べる参加者も少なからず存在し、写真の感情価以外の要因が主観的不快感の程度に影響を与えていた可能性も考えられるが、このような感情体験は写真の再呈示による感情価の評定では捉えきれていない。実際の感情体験 (“felt emotion”) が、ディストラクションによってどのように変化したかをより正確に捉えるためには、次のような方法が考えられる。本実験ではタッピング後の不快感 (“felt emotion”) の程度のみを尋ねたが、写真提示時も不快感の程度も尋ね、2 時点で “felt emotion” の変化を捉えることが挙げられる。写真提示時の感情状態は、自己報告のみならず、ジョイスティックなどを用いて、写真提示中に体験されている不快感の変化を連続的に評価する方法 (Nagel, Kopiez, Grewe, & Altenmuller, 2007; 山本・柳澤・綱島, 2014) も考えられる。主観的な感情体験の推移の把握には、課題遂行中も測定可能な自律神経系の反応も有益な手がかり (Gomez & Danuser, 2007; Chapados & Levitin, 2008) となろう。さらにディストラクションは主観的不快感 (“felt emotion”) を低減するが、写真の感情価の評価 (“perceived emotion”) は、ディストラクション課題の影響を受けにくいことが予想されるため、これらの相違を利用した観点からの検討 (Kawakami, Furukawa, Katahira,

& Okanoya, 2013; Kawakami, Furukawa, & Okanoya, 2014) も一案として挙げられる。例えばタッピング後の不快感情の程度の評価 (“felt emotion”) とタッピング前に見た写真の評価 (“perceived emotion”) の差をディストラクションの有無により比較することなどである。

最後に、本実験では、タッピングが不快感情に抑制的に機能するためには、適度な速度が必要であることが示された。しかし本実験では、レスト条件と中速タッピングの比較を行っていない。また本実験では、“課題無関連思考”や感情状態のモニタリングの抑制を捉えていない。中速タッピングによるディストラクション効果をさらに検証するためには、DMNの領域とされるMPFCやPCCなどの活性低下を、レスト条件と中速タッピング条件の比較にて検討することも一案であろう。感情が視覚情報処理範囲に影響を与えるメカニズムは、覚醒度や接近回避の動機づけ (Easterbrook, 1959)、瞳孔サイズ (van Steenbergen, Band & Hommel, 2011) などが指摘されているが、明らかとなっていない。また本実験では、視覚刺激への反応速度を指標に用いたが、直接的に視野の範囲を検討していない。タッピングが視覚情報処理範囲に与える影響を、自律神経系の指標や視線計測器を用いて検討することは有益であろう。

4.5 本章のまとめ

本実験では、適度な速度の身体的活動である中速タッピングが、他の速度のタッピングより、不快感情を抑制するか否かを検討した。その結果、主観評定に基づく不快度や写真の想起は減少していなかったが、視覚情報処理範囲は拡大していた。中速タッピングの遂行は主観的には把握できない潜在的な感情変化を生じており、不快感情に対し抑制的に機能した可能性がある。中速タッピングでは、課題の遂行に伴うMPFC前部の活動低下が顕著に認められた。中速タッピングが脳の効率化を促進し、不快感情に伴う脳活動を低下させた可能性が示唆された。課題を遂行しやすい中速タッピングが、課題への注意を焦点化し、集中力を高めていた可能性が示唆された。さらに中速タッピングの遂行が、快感情を創出した可能性も示唆された。身体的活動による不快感情の抑制は、認知課題を用いた不快感情の抑制メカニズム (Dolcos et al., 2011) とは異なるメカニズムを背景にしている可能性があるが、適度な速度の身体的活動は、不快感情に対して抑制的に機能する可能性が示唆された。

第5章 本研究のまとめ

本研究では、子ども、高齢者、病理水準が高い患者など、多岐の人を対象とした感情制御方略を提案することを将来的な展望とし、「多岐の人に実施可能な簡単な感情制御方略」および「多岐の人に適用できる脳機能イメージング装置」の2点について、一般大学生を対象に、基礎的な検討を行った。「多岐の人に実施可能な簡単な感情制御方略」については「ディストラクション（気晴らし）」による制御方略、「多岐の人に適用できる脳機能イメージング装置」については「近赤外線分光法（NIRS）」を用いた。

NIRS を用いた感情制御研究を可能にするためには、「前頭前野の活動を指標にした感情制御の検討は可能か？」という点を明らかにする必要がある。そこで実験1および実験2の検討を行った。

実験1では、前頭前野における「感情処理による脳活動」の測定を試みた。写真呈示時には、脳活動に感情価間の有意差がなかったが、ワーキングメモリ課題遂行時の脳活動には感情価間の有意差が見られた。不快感情刺激後のワーキングメモリ課題の遂行時に脳活動が増加し、MPFC前部を中心に「感情処理による脳活動」が確認された。したがって、NIRSを用いて、前頭前野における感情処理の活動を検討するためには、単なる感情刺激写真の呈示による反応を検討するよりも、感情刺激と認知課題を組み合わせた方が有効であることが示唆された。すなわち、認知課題の遂行は、前頭前野の利用を要するが、その際に感情刺激の影響が付加されるため、その付加される活動量に着目した方が、「感情処理による脳活動」を捉えやすいと考えられる。実験1の限界点としては、「感情処理による脳活動」が、「感情反応による脳活動」か「感情制御による脳活動」かを弁別できなかったことがある。

そこで実験2では、これらの弁別を試みる実験を行った。「感情制御による脳活動」は実行機能の利用を伴うことが指摘されているため、実行機能を用いる認知課題時とレスト時の脳活動を比較することで、弁別を試みた。その結果、不快感情刺激条件では、レスト時に前頭前野の活動量が増加する傾向が示され、不快感情刺激後の前頭前野の活性は、「感情反応による脳活動」であることが示唆された。領域は、実験1同様に、MPFC前部を中心としていた。この活性は、感情反応のみならず、DMN中に見られる“課題無関連思考”を含んでいる可能性も考慮された。課題への注意を要する認知課題の遂行は、感情状態の

モニタリングや“課題無関連思考”を抑制している可能性があり、ディストラクションとして機能したと思われる。実験 2 においても、DLPFC を中心とした「感情制御による脳活動」による活性は確認されなかったが、MPFC 前部を中心に「感情反応による脳活動」を捉えられることが示された。したがって、不快感情の抑制を捉えていくためには、この領域の活動低下に着眼する必要があることが明らかとなった。これにより、NIRS を用いた感情制御の検討が可能になると思われた。

そこで、感情の抑制機能が予想される課題の遂行が、前頭前野の活動低下を生じるか否かを実験 3 で検討した。課題は、多岐の人に適用できる簡単な感情制御方略として、タッピングを用いた身体的活動を取り上げた。適度な速度の中速タッピングは、高速や低速のタッピングより、前頭前野の活動低下を生じ、不快感情や不快記憶の想起を抑制し、視覚情報処理範囲を拡大することが予想された。その結果、主観報告による不快感情や不快記憶の想起の減少はなかったが、不快感情刺激後の中速タッピングが視覚情報処理範囲を拡大することが示唆された。これにより、中速タッピングが潜在的な感情変化を生じ、不快感情に対して抑制的に機能したことが示唆された。また中速タッピングで、課題の遂行に伴う MPFC 前部の活性が顕著に減少する傾向が示された。よって、脳の効率化が促進されると同時に、不快感情に伴う活性も抑制されている可能性が示唆された。以上により、適度な速度の身体的活動の遂行は、不快感情に対して抑制的に機能し、ディストラクション効果をもつ可能性が示唆された。

なお本論文の文中で mPFC 前部や DLPFC などの領域に言及したが、NIRS は空間解像度が低く、また脳深部の活性は捉えることができないため、領域の特定はあくまでも暫定的なものである。また本研究では、中速タッピングによって、“課題無関連思考”が抑制されたか否かについては明らかにしていない。“課題無関連思考”に伴う MPFC や PCC の活動低下も確認していない。fMRI を用いて活性領域を特定し、本研究で見られた現象をさらに検証していくことは今後の課題と思われる。また感情と視覚情報処理範囲の相関を媒介する要因を、視線計測器や自律神経系の指標を用いて検討することは、メカニズム解明への一案であろう。身体的活動、視覚情報処理範囲による感情評価、NIRS への着目は、認知課題の遂行や、感情状態の自己モニタリングができない子どもや一部の患者群を対象とした脳神経学的検討を可能にすると思われる。

また本研究では一般大学生を対象に検討を行ったが、比較的重篤な患者群に対し、本研究

の成果がどのような示唆を与えられるか否かについては留意が必要である。中速タッピングによる不快感情の抑制は、主観的な感情変化を生じる程には大きくないため、臨床的介入に、中速タッピングをそのまま適用することによる効果は考えにくい。しかし、身体的活動は適度な速度で行うことによって快感情を創出し、不快感情を抑制しうる可能性は、現状行われている各種の臨床的介入に活用できると思われる。例えば興奮が収まらない感情状態の患者に、快適なリズムで身体的活動を行わせ、気分転換を図ることを促すなどである。ただし臨床的介入の実現化には、様々な検討課題が残されているといえよう。また外在的な注意を要する課題によって脳活動が低下した現象は、侵入思考や自動思考などの臨床症状の抑制のメカニズムにも関連している可能性があると思われる。症状中心のアプローチによる臨床症状のメカニズムの解明（丹野，2000）は指摘されているが、介入のメカニズムについても明らかにすることは重要であると思われる。本研究の成果が感情制御のメカニズム解明の一助になるとともに、各種の応用に向けても一翼を担うことができることを願っている。

引用文献

- Adrian, M., Zeman, J., & Veits, G. (2011). Methodological implications of the affect revolution: A 35-year review of emotion regulation assessment in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *110*(2), 171-197. doi: 10.1016/j.jecp.2011.03.009
- Banks, S. J., Eddy, K. T., Angstadt, M., Nathan, P. J., & Phan, K. L. (2007). Amygdala - frontal connectivity during emotion regulation. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *2*(4), 303-312. doi: Doi 10.1093/Scan/Nsm029
- Beauregard, M., Levesque, J., & Bourgouin, P. (2001). Neural correlates of conscious self-regulation of emotion. *Journal of Neuroscience*, *21*(18).
- Binder, J. R., Frost, J. A., Hammeke, T. A., Bellgowan, P. S. F., Rao, S. M., & Cox, R. W. (1999). Conceptual processing during the conscious resting state: A functional MRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *11*(1), 80-93. doi: Doi 10.1162/089892999563265
- Butler, E. A., Egloff, B., Wilhelm, F. H., Smith, N. C., Erickson, E. A., & Gross, J. J. (2003). The social consequences of expressive suppression. [Clinical Trial Randomized Controlled Trial]. *Emotion*, *3*(1), 48-67.
- Campos, J. J., Frankel, C. B., & Camras, L. (2004). On the nature of emotion regulation. *Child Development*, *75*(2), 377-394. doi: DOI 10.1111/j.1467-8624.2004.00681.x
- Cavada, C., Company, T., Tejedor, J., Cruz-Rizzolo, R. J., & Reinoso-Suarez, F. (2000). The anatomical connections of the macaque monkey orbitofrontal cortex. A review. *Cerebral Cortex*, *10*(3), 220-242. doi: DOI 10.1093/cercor/10.3.220
- Chapados, C., & Levitin, D. J. (2008). Cross-modal interactions in the experience of musical performances: physiological correlates. [Comparative Study Randomized Controlled Trial Research Support, Non-U.S. Gov't Research Support, U.S. Gov't, Non-P.H.S.]. *Cognition*, *108*(3), 639-651. doi: 10.1016/j.cognition.2008.05.008
- Cremers, H. R., Demenescu, L. R., Aleman, A., Renken, R., van Tol, M. J., van

- der Wee, N. J. A., Roelofs, K. (2010). Neuroticism modulates amygdala-prefrontal connectivity in response to negative emotional facial expressions. *Neuroimage*, 49(1), 963-970. doi: DOI 10.1016/j.neuroimage.2009.08.023
- Cromheeke, S., & Mueller, S. C. (2013). Probing emotional influences on cognitive control: an ALE meta-analysis of cognition emotion interactions. *Brain Structure and Function*, doi: 10.1007/s00429-013-0549-z
- Davidson, R. J. (2000). Dysfunction in the Neural Circuitry of Emotion Regulation--A Possible Prelude to Violence. *Science* 289, 591-594.
- Dieler, A. C., Plichta, M. M., Dresler, T., & Fallgatter, A. J. (2010). Suppression of emotional words in the Think/No-Think paradigm investigated with functional near-infrared spectroscopy. *International Journal of Psychophysiology*, 78(2), 129-135. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2010.06.358
- Dolcos, F., Iordan, A. D., & Dolcos, S. (2011). Neural correlates of emotion-cognition interactions: A review of evidence from brain imaging investigations. *J Cogn Psychol (Hove)*, 23(6), 669-694. doi: 10.1080/20445911.2011.594433
- Dolcos, F., & McCarthy, G. (2006). Brain systems mediating cognitive interference by emotional distraction. *Journal of Neuroscience*, 26(7), 2072-2079. doi: 10.1523/jneurosci.5042-05-2006
- Easterbrook, J. A. (1959). The Effect of Emotion on Cue Utilization and the Organization of Behavior. *Psychological Review*, 66(3), 183-201. doi: Doi 10.1037/H0047707
- Erk, S., Abler, B., & Walter, H. (2006). Cognitive modulation of emotion anticipation. *European Journal of Neuroscience*, 24(4), 1227-1236. doi: 10.1111/j.1460-9568.2006.04976.x
- Fox, M. D., Snyder, A. Z., Vincent, J. L., Corbetta, M., Van Essen, D. C., & Raichle, M. E. (2005). The human brain is intrinsically organized into dynamic, anticorrelated functional networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(27), 9673-9678. doi: DOI 10.1073/pnas.0504136102

Fredrickson, B. L., & Branigan, C. (2005). Positive emotions broaden the scope of attention and thought-action repertoires. *Cognition & Emotion*, 19(3), 313-332. doi: Doi 10.1080/02699930441000238

藤 桂・佐藤広英・河原純一郎・永井聖剛 (2012, Dec.) 潜在的な快感情の喚起による視覚情報処理範囲の拡大 日本認知科学会第 29 回大会, 仙台国際センター.

福田正人 (編). 精神疾患と NIRS—光トポグラフィ—検査による脳機能イメージング. 東京: 中山書店; 2009.

Gabrielsson, A. (2002). Emotion perceived and emotion felt: same or different? *Musicae Scientiae*, 6, 123-147. doi: 10.1177/I02986490601000203. (Special issue 2001-2002)

Gasper, K., & Clore, G. L. (2002). Attending to the big picture: Mood and global versus local processing of visual information. *Psychological Science*, 13(1), 34-40. doi: Doi 10.1111/1467-9280.00406

Giambra, L. M. (1989). Task-Unrelated Thought Frequency as a Function of Age - a Laboratory Study. *Psychology and Aging*, 4(2), 136-143. doi: Doi 10.1037/0882-7974.4.2.136

Goldin, P. R., McRae, K., Ramel, W., & Gross, J. J. (2008). The neural bases of emotion regulation: reappraisal and suppression of negative emotion. [Research Support, N.I.H., Extramural]. *Biol Psychiatry*, 63(6), 577-586. doi: 10.1016/j.biopsych.2007.05.031

Gomez, P, & Danuser, B. (2007). Relationships between musical structure and psychophysiological measures of emotion. *Emotion*, 7(2), 377-387. doi: 10.1037/1528-3542.7.2.377

Gratz, K. L., & Roemer, L. (2004). Multidimensional assessment of emotion regulation and dysregulation: Development, factor structure, and initial validation of the difficulties in emotion regulation scale. [Article]. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, 26(1), 41-54. doi: 10.1023/b:joba.0000007455.08539.94

Gray, J. R., Braver, T. S., & Raichle, M. E. (2002). Integration of emotion and

- cognition in the lateral prefrontal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(6), 4115-4120. doi: 10.1073/pnas.062381899
- Gross, J. J., & Barrett, L. F. (2011). Emotion Generation and Emotion Regulation: One or Two Depends on Your Point of View. *Emotion Review*, 3(1), 8-16. doi: Doi 10.1177/1754073910380974
- Gross, J. J., & John, O. P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: Implications for affect, relationships, and well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85(2), 348-362. doi: Doi 10.1037/0022-3514.85.2.348
- Gross, J. J., & Thompson, R. A. (2007). Emotion regulation: Conceptual foundations. In J.J. Gross (Ed.), *Handbook of emotion regulation*. New York: Guilford Press, pp.3-24.
- Gusnard, D. A., & Raichle, M. E. (2001). Searching for a baseline: Functional imaging and the resting human brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(10), 685-694. doi: Doi 10.1038/35094500
- Hare, T. A., Tottenham, N., Davidson, M. C., Glover, G. H., & Casey, B. J. (2005). Contributions of amygdala and striatal activity in emotion regulation. *Biological Psychiatry*, 57(6), 624-632. doi: DOI 10.1016/j.biopsych.2004.12.038
- Hayes, J. P., LaBar, K. S., McCarthy, G., Selgrade, E., Nasser, J., Dolcos, F., Workgrp, V. M.-A. M. (2011). Reduced hippocampal and amygdala activity predicts memory distortions for trauma reminders in combat-related PTSD. *Journal of Psychiatric Research*, 45(5), 660-669. doi: DOI 10.1016/j.jpsychires.2010.10.007
- Herrmann, M. J., Ehlis, A. C., & Fallgatter, A. J. (2003). Prefrontal activation through task requirements of emotional induction measured with NIRS. *Biological Psychology*, 64(3), 255-263. doi: 10.1016/s0301-0511(03)00095-4
- Herrmann, M. J., Huter, T., Plichta, M. M., Ehlis, A. C., Alpers, G. W., Muhlberger, A., & Fallgatter, A. J. (2008). Enhancement of activity of the primary visual cortex during processing of emotional stimuli as measured

- with event-related functional near-infrared spectroscopy and event-related potentials. *Human Brain Mapping*, 29(1), 28-35. doi: Doi 10.1002/Hbm.20368
- Holmes, E. A., James, E. L., Coode-Bate, T., & Deerprouse, C. (2009). Can Playing the Computer Game "Tetris" Reduce the Build-Up of Flashbacks for Trauma? A Proposal from Cognitive Science. *PLoS One*, 4(1). doi: Artn E4153 Doi 10.1371/Journal.Pone.0004153
- 星祥子 (2010) . 気分を担う前頭葉のはたらき 体育の科学, 60, 250-254.
- Hoshi, Y., Huang, J. H., Kohri, S., Iguchi, Y., Naya, M., Okamoto, T., & Ono, S. (2011). Recognition of Human Emotions from Cerebral Blood Flow Changes in the Frontal Region: A Study with Event-Related Near-Infrared Spectroscopy. [Article]. *Journal of Neuroimaging*, 21(2), e94-e101. doi: 10.1111/j.1552-6569.2009.00454.x
- Hoshi, Y., Kobayashi, N., & Tamura, M. (2001). Interpretation of near-infrared spectroscopy signals: a study with a newly developed perfused rat brain model. *Journal of Applied Physiology*, 90(5), 1657-1662.
- 飯田沙依亜・市川奈緒・大平英樹 (2009) . 認知課題による不快感情の制御 感情心理学研究, 17, 28-35.
- Kawakami, A., Furukawa, K., Katahira, K., & Okanoya, K. (2013). Sad music induces pleasant emotion. *Front Psychol*, 4, 311. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00311
- Kawakami, A., Furukawa, K., & Okanoya, K. (2014). Music evokes vicarious emotions in listeners. [Review]. *Front Psychol*, 5, 431. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00431
- Kuboyama, N., Nabetani, T., Shibuya, K., Machida, K., & Ogaki, T. (2004). The effect of maximal finger tapping on cerebral activation. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*, 23(4), 105-110.
- Lane, R. D., Reiman, E. M., Bradley, M. M., Lang, P. J., Ahern, G. L., Davidson, R. J., & Schwartz, G. E. (1997). Neuroanatomical correlates of pleasant and unpleasant emotion. *Neuropsychologia*, 35(11), 1437-1444. doi: Doi 10.1016/S0028-3932(97)00070-5

- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1998). *International affective pictures system (IAPS): Digitized photographs, instruction manual and affective ratings* (Tech. Rep. A-6). Gainesville: University of Florida, NIMH Center for the Study of Emotion and Attention.
- Levesque, J., Eugene, F., Joanette, Y., Paquette, V., Mensour, B., Beaudoin, G., Beauguard, M. (2003). Neural circuitry underlying voluntary suppression of sadness. *Biological Psychiatry*, 53(6), 502-510. doi: Doi 10.1016/S0002-3223(03)01817-6
- Lewis, M. D., Granic, I., & Lamm, C. (2006). Behavioral differences in aggressive children linked with neural mechanisms of emotion regulation. In B. M. M. A. S. M. B. Lester (Ed.), *Resilience in Children* (Vol. 1094, pp. 164-177).
- Lewis, M. D., Granic, I., Lamm, C., Zelazo, P. D., Stieben, J., Todd, R. M., Pepler, D. (2008). Changes in the neural bases of emotion regulation associated with clinical improvement in children with behavior problems. *Development and Psychopathology*, 20(3), 913-939. doi: 10.1017/s0954579408000448
- Lewis, M. D., Todd, R. M., & Honsberger, M. J. M. (2007). Event-related potential measures of emotion regulation in early childhood. *Neuroreport*, 18(1), 61-65. doi: 10.1097/WNR.0b013e328010a216
- MacDermott, S. T., Gullone, E., Allen, J. S., King, N. J., & Tonge, B. (2010). The Emotion Regulation Index for Children and Adolescents (ERICA): A Psychometric Investigation. [Article]. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, 32(3), 301-314. doi: 10.1007/s10862-009-9154-0
- Massimini, F., Csikszentmihalyi, M., & Carli, M. (1987). The Monitoring of Optimal Experience - a Tool for Psychiatric Rehabilitation. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 175(9), 545-549. doi: Doi 10.1097/00005053-198709000-00006
- 松田剛 (2010) . テレビゲーム中における前頭前野の活動変化とその要因
体育の科学, 60, 228-232.
- Matsuda, G. & Hiraki, K. (2004) Prefrontal cortex deactivation during video

- game play. in *Gaming, Simulations and Society: Research Scope and Perspective*, Springer-Verlag Tokyo, 101-109.
- Matsuda, G., & Hiraki, K. (2006). Sustained decrease in oxygenated hemoglobin during video games in the dorsal prefrontal cortex: a NIRS study of children. [Clinical Trial Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Neuroimage*, 29(3), 706-711. doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.08.019
- Mayberg, H. S., Liotti, M., Brannan, S. K., McGinnis, S., Mahurin, R. K., Jerabek, P. A., Fox, P. T. (1999). Reciprocal limbic-cortical function and negative mood: Converging PET findings in depression and normal sadness. *American Journal of Psychiatry*, 156(5), 675-682.
- Mazoyer, P., Wicker, B., & Fonlupt, P. (2002). A neural network elicited by parametric manipulation of the attention load. *Neuroreport*, 13(17), 2331-2334. doi: DOI 10.1097/01.wnr.0000044988.13025.30
- McKiernan, K. A., D'Angelo, B. R., Kaufman, J. N., & Binder, J. R. (2006). Interrupting the "stream of consciousness": An fMRI investigation. *Neuroimage*, 29(4), 1185-1191. doi: DOI 10.1016/j.neuroimage.2005.09.030
- McKiernan, K. A., Kaufman, J. N., Kucera-Thompson, J., & Binder, J. R. (2003). A parametric manipulation of factors affecting task-induced deactivation in functional neuroimaging. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(3), 394-408. doi: Doi 10.1162/089892903321593117
- Nagel, F., Kopiez, R., Grewe, O., & Altenmuller, E. (2007). EMuJoy: Software for continuous measurement of perceived emotions in music. *Behavior Research Methods*, 39(2), 283-290. doi: Doi 10.3758/Bf03193159
- Nittono, H., Fukushima, M., Yano, A., & Moriya, H. (2012). The Power of Kawaii: Viewing Cute Images Promotes a Careful Behavior and Narrows Attentional Focus. *PLoS One*, 7(9). doi: ARTN e46362 DOI 10.1371/journal.pone.0046362
- Nolenhoeksema, S., & Morrow, J. (1991). A Prospective-Study of Depression and Posttraumatic Stress Symptoms after a Natural Disaster - the 1989 Loma-Prieta Earthquake. *Journal of Personality and Social Psychology*, 61(1), 115-121. doi: Doi 10.1037//0022-3514.61.1.115

- Nolenhoeksema, S., & Morrow, J. (1993). Effects of Rumination and Distraction on Naturally-Occurring Depressed Mood. *Cognition & Emotion*, 7(6), 561-570. doi: Doi 10.1080/02699939308409206
- Nolenhoeksema, S., Morrow, J., & Fredrickson, B. L. (1993). Response Styles and the Duration of Episodes of Depressed Mood. *Journal of Abnormal Psychology*, 102(1), 20-28. doi: Doi 10.1037/0021-843x.102.1.20
- Ochsner, K. N., Bunge, S. A., Gross, J. J., & Gabrieli, J. D. E. (2002). Rethinking feelings: An fMRI study of the cognitive regulation of emotion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(8), 1215-1229. doi: Doi 10.1162/089892902760807212
- Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2005). The cognitive control of emotion. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(5), 242-249. doi: DOI 10.1016/j.tics.2005.03.010
- Ohira, H., Nomura, M., Ichikawa, N., Isowa, T., Iidaka, T., Sato, A., Yamada, J. (2006). Association of neural and physiological responses during voluntary emotion suppression. *Neuroimage*, 29(3), 721-733. doi: DOI 10.1016/j.neuroimage.2005.08.047
- 及川 恵 (2002) . 気晴らし方略の有効性を高める要因—プロセスの視点からの検討—教育心理学研究, **50**, 185-192.
- Okamoto, M., Dan, H., Sakamoto, K., Takeo, K., Shimizu, K., Kohno, S., Dan, I. (2004). Three-dimensional probabilistic anatomical cranio-cerebral correlation via the international 10–20 system oriented for transcranial functional brain mapping. *Neuroimage*, 21(1), 99-111. doi: 10.1016/j.neuroimage.2003.08.026
- Owen, A. M., McMillan, K. M., Laird, A. R., & Bullmore, E. (2005). N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging. *Human Brain Mapping*, 25(1), 46-59. doi: 10.1002/hbm.20131
- Ozawa, S., Matsuda, G., & Hiraki, K. (2014). Negative emotion modulates prefrontal cortex activity during a working memory task: a NIRS study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. doi: 10.3389/Fnhum.2014.00046

- 小澤幸世・田辺 肇・後藤和史 (2009). 精神表現性解離と身体表現性解離
——概念の導入における予備的文献的研究—— 静岡大学心理臨床
研究, **8**, 41-49.
- Phan, K. L., Wager, T., Taylor, S. F., & Liberzon, I. (2002). Functional
neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation studies in
PET and fMRI. [Meta-Analysis Research Support, Non-U.S. Gov't
Research Support, U.S. Gov't, Non-P.H.S.]. *Neuroimage*, *16*(2), 331-348.
doi: 10.1006/nimg.2002.1087
- Pitroda, S., Angstadt, M., McCloskey, M. S., Coccaro, E. F., & Phan, K. L.
(2008). Emotional experience modulates brain activity during fixation
periods between tasks. *Neuroscience Letters*, *443*(2), 72-76. doi: DOI
10.1016/j.neulet.2008.07.050
- Raichle, M. E., MacLeod, A. M., Snyder, A. Z., Powers, W. J., Gusnard, D. A.,
& Shulman, G. L. (2001). A default mode of brain function. *Proceedings
of the National Academy of Sciences of the United States of America*,
98(2), 676-682. doi: DOI 10.1073/pnas.98.2.676
- Ritchey, M., Dolcos, F., Eddington, K. M., Strauman, T. J., & Cabeza, R.
(2011). Neural correlates of emotional processing in depression: Changes
with cognitive behavioral therapy and predictors of treatment response.
Journal of Psychiatric Research, *45*(5), 577-587. doi: DOI
10.1016/j.jpsychires.2010.09.007
- Schubert, E. (2013). Emotion felt by the listener and expressed by the music:
literature review and theoretical perspectives. [Review]. *Front Psychol*, *4*,
837. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00837
- Shaw, G. A., & Giambra, L. M. (1992). Task-Unrelated-Thoughts of
College-Students Diagnosed as Hyperactive in Childhood. *International
Journal of Psychology*, *27*(3-4), 390-390.
- Shulman, G. L., Fiez, J. A., Corbetta, M., Buckner, R. L., Miezin, F. M.,
Raichle, M. E., & Petersen, S. E. (1997). Common blood flow changes
across visual tasks .2. Decreases in cerebral cortex. *Journal of Cognitive
Neuroscience*, *9*(5), 648-663. doi: DOI 10.1162/jocn.1997.9.5.648
- Stevens, M.J., & Lane, A.M. (2001). Mood-regulating strategies used by

- athletes. *Athletic Insight: the Online Journal of Sport Psychology* 3. Available from URL: http://www.athleticinsight.com/Vol3Iss3/MoodPDF.pdf?origin=publication_detail
- Stone, A. A., & Neale, J. M. (1984). New Measure of Daily Coping - Development and Preliminary-Results. *Journal of Personality and Social Psychology*, 46(4), 892-906. doi: Doi 10.1037//0022-3514.46.4.892
- Strangman, G., Culver, J. P., Thompson, J. H., & Boas, D. A. (2002). A Quantitative Comparison of Simultaneous BOLD fMRI and NIRS Recordings during Functional Brain Activation. *Neuroimage*, 17(2), 719-731. doi: 10.1006/nimg.2002.1227
- 丹野義彦（2000）．認知行動アプローチ——臨床科学をめざして—— 丹野義彦（編）現代のエスプリ 認知行動アプローチ 臨床心理学のニューウェーブ 至文堂 pp.5-13.
- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2009). Claude Bernard and the heart-brain connection: Further elaboration of a model of neurovisceral integration. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33(2), 81-88. doi: DOI 10.1016/j.neubiorev.2008.08.004
- 海野千畝子・杉山登志郎・加藤明美（2005）．被虐待児における自傷・怪我・かゆみについての臨床的検討 小児の精神と神経, **45**, 261-271.
- Van Dillen, L. F., Heslenfeld, D. J., & Koole, S. L. (2009). Tuning down the emotional brain: An fMRI study of the effects of cognitive load on the processing of affective images. *Neuroimage*, 45(4), 1212-1219. doi: 10.1016/j.neuroimage.2009.01.016
- van Steenbergen H, Band GPH and Hommel B (2011) Threat but not arousal narrows attention: evidence from pupil dilation and saccade control. *Front. Psychology* 2:281. doi: 10.3389/fpsyg.2011.00281
- Whitfield-Gabrieli, S., Moran, J. M., Nieto-Castanon, A., Triantafyllou, C., Saxe, R., & Gabrieli, J. D. E. (2011). Associations and dissociations between default and self-reference networks in the human brain. *Neuroimage*, 55(1), 225-232. doi: DOI 10.1016/j.neuroimage.2010.11.048

Wolfe, C. D., & Bell, M. A. (2007). The integration of cognition and emotion during infancy and early childhood: Regulatory processes associated with the development of working memory. *Brain and Cognition*, 65(1), 3-13. doi: 10.1016/j.bandc.2006.01.009.

山本修一・柳澤一機・綱島 均(2014, Mar.) 快・不快視覚刺激呈示中の脳活動評価 第4回 NU-Brain シンポジウムー光脳機能イメージングの研究開発および臨床応用に関するシンポジウムー, 島津製作所東京支店 イベントホール.

謝辞

本論文の執筆する上で、時に厳しく、時に温かく、数々の貴重なご意見を賜りました指導教員の開一夫教授に厚くお礼申し上げます。京都府立医科大学の松田剛先生には、本論文の執筆の当初から、NIRSの操作・解析方法や、基礎研究に必要な考え方まで、なくてはならない数々のご助言やご指導を賜りました。深く感謝申し上げます。

開研究室のOB、PD、学生の皆様にも、数々のご意見や、予備調査の協力など、快いご支援を賜りました。時に指摘し合い、時に励まし合う関係に支えられ、本論文の完成に至りました。秘書の皆さまにも、滞りない研究展開の上で補助業務にご協力いただきました。本論文の完成に至る長い道のりを共に歩んできた開研究室の皆様にも厚くお礼申し上げます。

本研究は不快な感情写真の呈示により、不快感を喚起させるという負担の多い実験であったのにも関わらず、東京大学の学生の皆様には、実験への誠意あるご参加いただきました。深く感謝致します。

本論文は、皆様方のお力添えに支えられて、完成に至りました。心より感謝申し上げます。本当にありがとうございました。

2014年12月