

機関番号：12608

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500536

研究課題名（和文） 脳マルチモダリティ測定を用いてアスリートのための感情コントロール法を開発する

研究課題名（英文） Development of emotional coping method for athletes using multimodal physiological measurements.

研究代表者

小谷 泰則 (KOTANI YASUNORI)

東京工業大学・大学院社会理工学研究科・助教

研究者番号：40240759

研究成果の概要（和文）：本研究では、脳マルチモダリティ測定法を用いて、アスリートの感情コントロール法を開発することを目的とした。実験では、被験者の情動を操作するような実験課題を行い、その時の脳活動を測定した。さらに、脳波のバイオフィードバックを利用した感情コントロール法を開発しその効果を検証したところ、脳波によるバイオフィードバック・トレーニングシステムの有効性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to develop emotional copying method for athletes using multimodal physiological measurements. Brain activities were recorded, and analyses revealed that the insular cortex affected attentional system and other cognitive systems. We also developed an EEG biofeedback training system to control emotional state. The results indicate efficiency of EEG biofeedback training method to control emotional state for athletes.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学、スポーツ科学

キーワード：スポーツ心理学

1. 研究開始当初の背景

多くのスポーツ選手にとって、感情をコントロールすることはパフォーマンスの向上における重要な要素であり、特にオリンピックなどの大きな大会においては競技結果を左右する重要な心理的要因となる。そのため、オリンピック代表選手などのような国際的に活躍する選手の多くがメンタルトレーニングなどに励み、感情をコントロールするスキルを身につけようとしている。

しかしながら、これまでのメンタルトレ

ニング研究においては、メンタルトレーニング自体は効果的であるものの、なぜメンタルトレーニングが効果をもたらすのか、またどのようなメカニズムによってその効果は発揮されるのかという基礎的な研究は少なかった。このような研究が少ない理由として、メンタルトレーニングによる心理的な変化を客観的に捉えるための適切な手法が少なかったことが考えられる。例えば、メンタルトレーニングによって生理学的な変化、特に脳活動にどのような変化が生じているかを明

らかにすることは難しかった。そのため、心理的な変化を客観的に捉えるための指標として、心拍の変動や GSR (Galvanic Skin Reflex; 皮膚電気反射) などの末梢の生理的反応を捉えることによって、心理的な変化を定量的に測定する試みが主になされていた。

しかし、1990 年代以降、脳の活動を視覚的に捉えることができる fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging; 機能的磁気共鳴画像法) などの脳イメージングの技術の進化により脳の活動を容易に視覚化できるようになってきた。fMRI は、脳内の血流中に含まれる酸化型ヘモグロビン (酸素と結合しているヘモグロビン) と還元型ヘモグロビン (酸素と結合していないヘモグロビン) が磁場に対して異なる反応を示すという特徴を利用して脳活動を視覚化する装置である。例えば、ある脳領域の神経活動が高まると、酸素の消費に伴い一時的に酸素のないヘモグロビン (還元型ヘモグロビン) が増加し、その後、酸素不足を補うために酸素のあるヘモグロビン (酸化型ヘモグロビン) の量が急激に増えるという現象が生じる。つまり、最終的に脳活動が高まった脳領域ほど酸化型ヘモグロビンの量が増えることになる。そのため、活動が高まった領域はそうでない領域と比べ磁場に対する信号反応が異なり、その信号を適切に測定することによって脳活動を視覚化することが可能になる。

この様な手法により、情動・感情における脳メカニズムに関する研究も飛躍的に進み、それまで動物実験により指摘されていた扁桃体の重要性のみならず、眼窩前島皮質 (OFC) や前部帯状皮質 (ACC)、島皮質といった脳領域も重要な役割をなしていることが示された。

この様な知見や研究手法をスポーツ科学に適用することによってアスリートの感情惹起のメカニズムも明らかにすることができるものと思われる。

2. 研究の目的

本研究では、fMRI や脳波などを用いて感情の発生のメカニズムを同定すると共に、アスリートのための感情をコントロールするための方法を開発することを目的とした。特に、感情コントロール法として脳波を用いたバイオフィードバックシステムを構築することも目的とした。

具体的には、本研究では、アスリートのための感情コントロール法を開発するために以下の 2 つの実験を行った。

(1) 情動の脳内メカニズムの確認実験

(2) 感情コントロール法開発のための基礎実験

「情動の脳内メカニズムの確認実験」では、

これまでの先行研究で示されている情動関連領域の内、特に島皮質・前部帯状皮質・眼窩前島皮質に注目して、これらの脳領域において情動反応が惹起されるような状況で賦活しているかを確認することを目的とした。

また、「感情コントロール法開発のための基礎実験」では、視覚刺激を用いて情動をコントロールすることを試み、情動の変化を脳波で捉えながらバイオフィードバックシステム構築を目指すことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 情動の脳内メカニズムの確認実験

実験では、情動に関する脳活動を測定するために以下の 2 つの実験課題を用いた。

① テニスサーブ予測課題：より競技場面に近い状況での感情を操作するために、テニスのサーブレシーブ場面の CG (コンピュータグラフィックス) を用いて、可能な限り正確にサーブ方向を予測するというテニスサーブ予測課題を用いた。この課題では、スクリーン上にテニスのサーブをする CG が現れ、一定時間内 (サーブのインパクトの瞬間まで) にサーブの方向を予測する (右もしくは左方向) ことが求められた。また情動反応を高めるために、パフォーマンスによる報酬の有無も操作するようにし、心理的なプレッシャーが発生するような状況を設定した。

② タイミング課題：これまでの情動研究から被験者のパフォーマンスに関する情報を持った刺激を呈示したときに眼窩前島皮質 (OFC) や前部帯状皮質 (ACC)、島皮質といった脳情動系が賦活することが示されている。このことから、本研究においても遅延フィードバックを伴うタイミング課題を実験課題として採用し、パフォーマンスに伴う報酬も与えることによって情動的な反応を惹起するようにした。

(2) 感情コントロール法開発のための基礎実験

本研究では、被験者の情動反応を高めた状態において、感情をコントロールするための方法として、覚醒度の低い視覚刺激を呈示することにより情動反応を抑制することを試みた。刺激図版を用いることにより、知覚の視覚刺激優位の法則に従い、被験者の意識が内的感覚から視覚刺激へ注意が配分されることを意図した。

実験では、「情動の脳内メカニズムの確認実験」の課題等を用いて情動反応を惹起させた。感情を抑制する方法としては、自主的に感情抑制を試みる方法と、視覚優位の法則を

利用して中性的な刺激図版を与え情動活動を抑制させることを試みた。図版は国際情動図版システム (International Affective Picture System: IAPS) から覚醒度が低い図版を選択した。

(3) 脳活動の測定

脳活動の測定に関しては、「情動の脳内メカニズムの確認実験」においては、fMRI による測定を行い、「感情コントロール法開発のための基礎実験」においては脳波と fMRI の測定を行った。

fMRI の測定は 1.5 テスラの MRI スキャナーを用いて測定し、分析には SPM (statistical parametric mapping) を用いて分析を行った。

脳波の測定は、55 個の電極が埋め込まれた脳波キャップを被験者に装着させ、脳波を頭皮上 55 部位より記録した。分析には BESA (brain electric source analysis) ソフトウェアを用いた。



図 1 fMRI 測定風景

4. 研究成果

(1) 情動の脳内メカニズムの確認実験の結果

本研究では、感情コントロールのメカニズムとして、「情動の賦活 (身体末梢)」→「右前部島皮質の賦活」→「感情の意識化」→「感情コントロール技法の実施」→「右前部島皮質の活動低下もしくは身体末梢の覚醒水準低下」→「知覚された感情の低下」→「感情のコントロール」という仮説を立て、特に右前部島皮質の活動が見られるかを検討した。その結果、右前部島皮質が課題遂行中に賦活することが観察された (図 2 白丸部分)。また前部帯状皮質の賦活も観察された。

さらに、各脳領域間の活動が上記モデルに当てはまるか fMRI のデータを用いて Effective Connectivity の検討を行った。その結果、島皮質から情動関連領域 (ACC や OFC) への連絡、および注意システム (背側注意システム) への連絡が確認され、情動系の過度な賦活が、右前部島皮質を介して注意システムの崩壊をもたらしていることが示された。

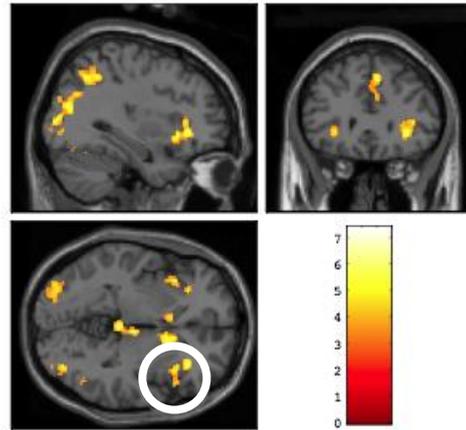


図 2 右前部島皮質の活動

(2) 感情コントロール法開発のための基礎実験

感情コントロール法開発のための基礎実験ではこれまでの実験より明らかにされた右前部島皮質の活動に注目し、右前部側頭部の脳波を中心的に分析した。その結果、右前部側頭部の β 波と主観的な感情得点との間に有意な相関が見られた。このことは、主観的な感情が高まるほど右前部側頭部の β 波の活動が高まることを意味し、この部位での脳波が感情コントロール法の開発において有効な指標になり得ることが示唆された。

また、情動が惹起された状態において、覚醒度の低い IAPS 情動図版を呈示したところ、主観的な感情得点が有意に低下し、また右前部側頭部の β 波のパワー値も低下する傾向にあった。

(3) 感情コントロール法の開発：脳波バイオフィードバックシステム

これまでの研究結果から、「情動の賦活 (身体末梢)」→「右前部島皮質の賦活」→「感情の意識化」→「感情コントロール技法の実施」→「右前部島皮質の活動低下もしくは身体末梢の覚醒水準低下」→「知覚された感情の低下」→「感情のコントロール」という感情コントロール法のモデルを構築することができた。また、このモデルで中心的な役割を果たす右前部島皮質の活動はその周辺の皮質の活動と共に、右前部側頭部の β 波のパワー値に反映される可能性が示された。

これらの知見を利用して脳波を用いたバイオフィードバックシステムを構築した。脳波の測定は、Emotive Systems 社の EPOC システムを用いて測定するようにし、データの取り込みプログラムや分析プログラム、フィードバック呈示プログラムを作成した (図 3)。



図3 バイオフィードバック用脳波システム装着図

システムでは、装着した脳波システムから無線で脳波がパーソナルコンピュータに転送され、周波数解析により右前部側頭部のパワー値をリアルタイムで算出し、そのパワー値に比例してコンピュータ画面のアニメーション(オブジェクト)が回転するようにした。被験者はPC画面上のオブジェクトの回転が緩やかになるように心理状態をコントロールできるようにトレーニングを行った。また、トレーニング中の一定期的ごとに覚醒度の低いIAPS図版を呈示できるようにした。トレーニング効果には個人差があるものの、島皮質の活動を反映すると思われる脳波を用いたバイオフィードバック・トレーニングシステムの有効性が示唆された。

(4) まとめ

本研究では、「情動の賦活(身体末梢)」→「右前部島皮質の賦活」→「感情の意識化」→「感情コントロール技法の実施」→「右前部島皮質の活動低下もしくは身体末梢の覚醒水準低下」→「知覚された感情の低下」→「感情のコントロール」という感情コントロール法のモデルを構築することができた。また、それらの知見を利用した脳波バイオフィードバックによる感情コントロール法の開発を行い、その有効性が示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

① Yasunori Kotani, Yoshimi Ohgami, Yumiko Kuramoto, Tetsuji Tsukamoto, Yusuke Inoue, and Yasutsugu Aihara, The role of the right anterior insular cortex in the right hemisphere preponderance of stimulus-preceding negativity (SPN): an

fMRI study, *Neuroscience Letters*, 450, 75-79, 2009 (査読有り)

② 小谷泰則 「動機づけを高めるフィードバック情報と脳のはたらき」 *体育の科学* 58-2: 101-105 2008 (査読無し)

[学会発表] (計9件)

① Yasunori Kotani, Yoshimi Ohgami, Tetsuji Tsukamoto, and Yusuke Inoue, Effective Connectivity of the Right Anterior Insular Cortex in Anticipation of Feedback Stimulus, *Psychophysiology*, 47, Supplement 1, S60, 2010, Portland, USA (2010年10月1日)

② Yasunori Kotani, Yoshimi Ohgami, Tatsuya Yoshihiro, Tetsuji Tsukamoto, and Yusuke Inoue, Psycho-Physiological Interactions of the right Anterior Insular Cortex in Anticipation of Feedback, 16th Annual Meeting of the Organization of Human Brain Mapping, 2010, Abstract Book, Page 111; 87 WTh-AM, BARCELONA, SPAIN, (2010年6月9日)

③ 小谷泰則、大上淑美、高橋まどか、福原和伸、島本好平、井田博史、石井源信「右前部島皮質がつなぐ注意と情動の脳内ネットワーク」、日本スポーツ心理学会第37回大会、日本スポーツ心理学会第37回大会研究発表抄録集 p. 58-59 (福山・2010年11月21日)

④ 高橋まどか、井田博史、福原和伸、小谷泰則、石井源信「回転するパトンのキャッチングにおける手の反応タイミング」、日本スポーツ心理学会第37回大会、日本スポーツ心理学会第37回大会研究発表抄録集 p. 80-81、(福山・2010年11月21日)

⑤ 小谷泰則、大上淑美、吉弘達也、塚元鉄二、井上優介「刺激先行陰性電位(SPN)における島皮質と弁蓋の機能的差異」、第39回日本臨床神経生理学会・学術大会、臨床神経生理学 37-5、p. 347、(小倉・2009年11月18日-20日)

⑥ 小谷泰則、「ヨーイ、ドン」からわかる心と体と脳の関係」、日本スポーツ心理学会第35回記念大会・大会企画シンポジウム、日本スポーツ心理学会第35回記念大会研究発表抄録集、p4-5、2008 名古屋・中京大学 2008年11月14日(金)

〔図書〕（計1件）

①小谷泰則、「運動とストレス」、安部孝、琉子友男編、「これからの健康とスポーツの科学 第3版」、p139-153、講談社サイエンティフィック、2010

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小谷泰則 (KOTANI YASUNORI)

東京工業大学・大学院社会理工学研究科・助教

研究者番号：40240759

(2) 研究分担者

石井源信 (ISHII MOTONOBU)

東京工業大学・大学院社会理工学研究科・教授

研究者番号：20108202