

平成 22 年 5 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19500398

研究課題名（和文） 脳機能計測によるバイオフィードバック学習成立の脳内過程に関する研究

研究課題名（英文） A study on neural activities relating to learning process in biofeedback training by using fMRI

研究代表者

西村 千秋（NISHIMURA CHIAKI）

東邦大学・医学部・教授

研究者番号：50011193

研究成果の概要（和文）：

バイオフィードバックとは、自分では知覚できない身体状態をセンサによって検出し、その情報を利用して訓練を行い、やがてはそれを随意的に変化させられるようになる現象をいう。これを、脳内での意識上と意識下にわたる学習と考え、その過程を fMRI 計測により明らかにする研究を行った。バイオフィードバックには多くの脳機能が同時に関係するため、いくつかの要素に分けて実験を行い、全体像と照合した。その結果、大脳前頭前野や眼窩前頭野の活動の重要性が示された。

研究成果の概要（英文）：

Biofeedback is a technique to acquire regulation ability of an unaware bodily state including autonomic activity, where a subject trains oneself to voluntarily control the bodily state by referring an output of an appropriate sensor. It is regarded as a learning process lying between conscious and subconscious activities in brain. In this study neural activities in biofeedback were measured by fMRI. The result shows that neural activities in prefrontal and orbitofrontal corteces were related to biofeedback training.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用生体工学・生体材料学

キーワード：生体システム

## 1. 研究開始当初の背景

バイオフィードバックは、通常は知覚されない体内生理情報（たとえば自律神経系

活動）を工学的手段によって検出し、適切な形で知覚に提示することによって、それを手がかりとする自己学習訓練を可能にし、

結果として当該生理機能の随意的制御能力獲得を可能ならしめる技法の総称である。通常自律神経系諸機能が対象となるが、何らかの理由で失調した体性神経系活動に対してもその機能回復のために適用される。実際、バイオフィードバックはさまざまな生理機能に対して適用されており、心療内科、リハビリテーション、スポーツ訓練などの分野において心身の失調回復や意識変容促進の有力な手段として確立されている。また、最近では老人性失禁対策として福祉方面でも注目されている。

ところが、バイオフィードバック訓練が本質的には本人の自己学習であるため、その機序研究は臨床応用に比べて遅れている。とくに、学習が脳内の意識上と意識下にまたがる特殊なものであるため、その脳内過程の研究は他の脳機能研究には見られない困難が伴う。

以上の背景から、バイオフィードバックの機序、とくに意識上と意識下にわたる学習成立を支える脳内過程の解明が望まれていた。

## 2. 研究の目的

本研究は、上述のように未だ解明されていないバイオフィードバックの中枢神経機序を、近年著しい脳機能測定装置を利用して実証的に調べることを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) fMRI測定と作業内容

バイオフィードバックの中枢神経機序の計測は、fMRIを用いて行った。ただし、バイオフィードバックにおける学習過程にはさまざまな要素が組み合わさっているため、心理的な観点からいくつかの要素に分けて、それぞれに特徴的な脳活動をfMRI計測により捉え、全体像と組み合わせるといった研究手法をとった。

使用したfMRI装置は日立メディコ社製STRATIS II (1.5T)であり、得られた画像は、主としてソフトウェアSPM99により解析された。具体的には、realignment, normalization, smoothing 処理を経てmodelling および統計検定により、標準脳上に活動部位を描出した。

画像測定はブロック型のfMRI測定プロトコルによった。すなわち、研究協力者に2種類の作業(慣例により、一方をrest, 他方をtaskとよぶ)を課し、taskによる脳血流増加部位を、標準脳上に求めた。活動部位は、Brodmann領野番号で表現した。

対象とした作業および心的現象は、視覚作業における「気づき」、聴覚作業における「意識の振り向け」(attention)などであり、バイオフィードバック学習訓練としては、皮膚温バイオフィードバック訓練をとりあげた。

### ①視覚作業における「気づき」

内的な未解決感が何らかのきっかけで一挙に解決する現象(いわゆる「閃き体験」)を扱った。視覚的に提示された2課題(アルファベット並べ替えによる単語形成、および複数熟語に共通する伏漢字の発見)を研究協力者に課し、課題遂行中の脳神経活動をfMRI装置により測定し、それと課題遂行成績との関連を調べる方法により、閃き現象に付随する脳活動部位を推定した。なお、それぞれの課題とも、rest時には「安静にして下さい」のメッセージを画面表示した。

### ②聴覚作業における「意識の振り向け」

聴覚に関してA,B二種類の実験を行った。この実験はある音楽メロディーに対する意識の違いを見るもので、実験Aでは無音状態、聞き流し状態をそれぞれrestおよびtaskとし、実験Bでは聞き流し状態および傾聴状態をそれぞれrestおよびtaskとした。音刺激はResonance Technology社製特殊ヘッドホンによって呈示し、実験中は閉眼状態とした。

### ③皮膚温バイオフィードバック訓練

研究協力者の左手示指末節上に温度センサを装着し、その継時変化を画面にグラフで表示し、それを手がかりとしてバイオフィードバック訓練を行わせた(task時)。これと対比させるrest時には、画面表示を止めるとともに、安静状態をとることを指示した。測定後、研究協力者から、実験方略等について詳細な内観報告を求めた。内観報告は、後に脳活動部位の解釈を行う上で参考にした。

### (2)研究協力者

研究協力者は成人男女12名(男性5名、女性7名、年齢21~63歳)であった。全員に対して、所定の手続によって十分な説明を行い、書面による同意を得た上で実験への参加を求めた。

なお、本研究は、関係する以下の機関において倫理審査を受け、承認を得て行われた。

- ・東邦大学医学部倫理委員会
- ・東京電機大学ヒト生命倫理審査委員会



活動は、傾聴に伴ういくつかの抽象的な事象が複合して現れているものと考えられる。

(3)皮膚温バイオフィードバック訓練

画像測定結果は多様で、研究協力者ごとに大きなバラツキが観察されたが、共通して言えることは、訓練が進むにしたがって、前頭前野の活動が高まるとともに、ある程度バイオフィードバック訓練が進んだ研究協力者からは、視床下部およびその周辺に広く活動が見られた。したがって、この段階では、自律神経系機能が活性化され、意識上からの制御の影響が脳以外にも及んできたことの反映と考えられる。また、この研究結果は、脳における意識活動と、自律神経系制御に代表される無意識活動をつなぐのが、前頭前野、眼窩前頭野であることを強く示唆している。

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 24 件)

- ①西村千秋, 花田奈央, 有馬浩子: fMRIによる「音楽傾聴」関連脳神経活動の測定. 東京電機大学先端工学研究所ハイテク・リサーチ・センター研究成果報告書 (2009), 査読無, 75-76, 2010
- ②王力群, 栗城眞也: fMRIまたはEEG/fMRI同時測定による高次脳機能解析—事象関連fMRIとEEGの同時測定による視覚性P300の脳内過程の観察. 東京電機大学先端工学研究所ハイテク・リサーチ・センター研究成果報告書 (2009), 査読無, 45-50, 2010
- ③ Yuezhi Li, Li-Qun Wang, Yong Hu: Localizing P300 generators in high-density event-related potential with fMRI. Medical Science Monitor, 査読有, 15(3):MT47-53, 2009
- ④西村千秋: 医療の情報化と電子カルテシステム. 第3回横断型基幹科学技術研究団体連合コンファレンス論文集 (CD-ROM), 査読有, 3C3-1:1-4, 2009
- ⑤ Li-qun Wang: An analysis of logical process of 3D virtual imaging creation - A parametric fMRI study. Proceedings of the 7th International Symposium on Noninvasive Functional Source Imaging of the Brain and Heart & 7th International Conference on Biomagnetism (CD-ROM), 査読有, 2009

⑥Tajima T, Tadano C, Shimose R, Yona M, Naito Y, Shigeta E, Ushigome N, Nishimura C, Muro M: Effect of autonomic nerve activation in different ratio of heart rate / breathing rate during repeated bout of cycling exercise. Health and Behavior Sciences, 査読有, 7(2):59-66, 2009

⑦Shimada M, Hasegawa T, Nishimura C, Kan H, Kanno T, Nakamura T, Matsubayashi T: Anti-hypertensive effect of  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA)-rich *Chlorella* on high-normal blood pressure and borderline hypertension in placebo controlled double blind study. Clinical and Experimental Hypertension, 査読有, 31:342-354, 2009

⑧ Ishikawa Y, Akasaka Y, Suzuki K, Fujiwara M, Ogawa T, Yamazaki K, Niino H, Tanaka M, Ogata K, Morinaga S, Ebihara Y, Kawahara Y, Sugiura H, Takimoto T, Komatsu A, Shinagawa T, Taki K, Satoh H, Yamada K, Yanagida-Iida M, Shimokawa R, Shimada K, Nishimura C, Ito K, Ishii T: Anatomic properties of myocardial bridge predisposing to myocardial infarction. Circulation, 査読有, 120:376-383, 2009

⑨松本知子, 中野三郎, 宮城匡彦, 久保木幸司, 西村千秋, 芳野原: 2型糖尿病合併メタボリックシンドローム症例の動脈硬化病変重症度とリスク評価—Small, Dense LDL-Cと頸動脈内膜中膜複合体肥厚度およびプラークスコアの観点から—. 東邦医学会雑誌, 査読有, 57(1):59-69, 2009

⑩杉野圭史, 石田文昭, 村松陽子, 佐藤大輔, 佐野 剛, 草野英美子, 磯部和順, 坂本晋, 高井雄二郎, 建部順子, 盛田俊介, 西村千秋, 本間 栄: 特発性肺線維症におけるNAC単独吸入療法の効果とレドックス制御. 厚生労働科学研究「特発性肺線維症の予後改善を目指したサイクロスポリン+ステロイド療法ならびにNアセチルシステイン吸入療法に関する臨床研究」班平成20年度研究会報告書, 査読無, 13-18, 2009

⑪ Morita H, Ishikawa Y, Akishima-Fukasawa Y, Ito K, Akasaka Y, Nishimura C, Igarashi Y, Miki K, Ishii T: Histopathological predictor for regional lymph node metastasis in gastric cancer. Virchows Archiv: an international journal of pathology, 査読有, 454(2):143-151, 2009

- ⑫西村千秋：バイオフィードバックにみる、意識上—意識下間の学習と制御。心身健康科学，査読有，5(1)：15-21，2009
- ⑬安原洗一，角田徹，西村千秋：「ひらめき体験」に付随する脳神経活動測定を試み。東京電機大学先端工学研究所ハイテク・リサーチ・センター研究成果報告書(2008)，査読無，67-68，2008
- ⑭西村千秋，福本一朗，坪井康次，稲森義雄，大須賀美恵子：バイオフィードバック学会のめざすところ～医学・心理学・工学のシナジー～。横幹，査読有，2(1)：45-51，2008
- ⑮西村千秋：脳機能計測の工学的基礎。バイオフィードバック研究，査読無，35(1)：53-58，2008
- ⑯西村千秋：システム制御理論とバイオフィードバック。バイオフィードバック研究，査読無，35(2)：128-132，2008
- ⑰鈴木二郎，古屋・峯千絵子，西村千秋，中村道子，小堀俊一，川名明德，五日市緒里枝，広瀬芳史：10年間の地域社会経済特性の変化と精神科外来患者の変化。日本外来臨床精神医学会誌，査読有，6(1)：130-154，2008
- ⑱Nishimura C, Wang L-Q, Nagase A, Terada K, Miyamoto Y, Tsukuma H: A learning model of autonomic function in biofeedback. In Natume K, Hanazawa A, Miki T(eds.), BrainInspired IT III, ICS1301, Elsevier, 査読有，119-122, 2007
- ⑲Hayashi M, Yamamoto M, Nishimura C, Saito H: Do recent advances in MR technologies contribute to better gamma knife radiosurgery treatment results for brain metastases? The Neuroradiology Journal, 査読有，20(5)：481-490，2007
- ⑳Ishikawa Y, Aida S, Tamai S, Akasaka Y, Kiguchi H, Akishima-Fukasawa Y, Hayakawa M, Soh S, Ito K, Kimura-Matsumoto M, Ishiguro S, Nishimura C, Kamata I, Shimokawa R, Ishii T: Significance of lymphatic invasion and proliferation on regional lymph node metastasis in renal cell carcinoma. American Journal of Clinical Pathology, 査読有，128(2)：198-207，2007
- ㉑宇野富徳，王力群，三分一史和，外池光雄，町好雄：果物臭に対する脳活動部位の検討—機能的MRI研究—。日本味と匂学会誌，査読有，14(3)：503-506，2007
- ㉒Tsukuma H, Kubokawa T: Methods for improvement in estimation of a normal mean matrix. Journal of Multivariate Analysis, 査読有，98:1592-1610, 2007
- ㉓Tsukuma H, Kubokawa T: Simultaneous estimation of normal precision matrices. Journal of Statistical Studies, 査読有，26:119-138, 2007
- ㉔Kubokawa T, Tsukuma H: Estimation of parameters in a linear regression model under the Kullback-Leibler loss. Journal of Statistical Planning and Inference, 査読有，137:2485-2508, 2007
- [学会発表] (計16件)
- ①西村千秋：医療の情報化と電子カルテシステム。第3回横断型基幹科学技術研究団体連合コンファレンス，2009年12月5日，仙台
- ②Sugino I, Kuboki K, Matsumoto T, Nakano S, Nishimura C, Yoshino G: Association of fatty liver increases small, dense LDL in metabolic syndrome. The 6th Joint Seminar on Biomedical Sciences among Prince of Songkla University, Chiang Mai University, Kunming Medical University and Toho University, October 13, 2009, Tokyo
- ③Matsumoto T, Nakano S, Sugino I, Miyagi M, Iso K, Ueshiba H, Kuboki K, Tnaka M, Murakami E, Nishimura C, Yoshino G: The evaluation of atherosclerotic progression in metabolic syndrome patients with type 2 diabetes mellitus—from the stand point of small, dense LDL-C, intima-media thickness and plaque score—. The 6th Joint Seminar on Biomedical Sciences among Prince of Songkla University, Chiang Mai University, Kunming Medical University and Toho University, October 13, 2009, Tokyo
- ④松本知子，中野三郎，杉野郁美，宮城匡彦，磯薫，上芝元，久保木幸司，田中学，村上英一，西村千秋，芳野原：高齢者におけるメタボリックシンドロームの介入は必要

か？—small, dense LDL-Cとブラスコアの観点から—第24回日本糖尿病合併症学会, 2009年10月10日, 岡山

- ⑤西村千秋, 安原洸一, 角田徹, 王力群: 「ひらめき」に付随する脳神経活動の測定. 第37回日本バイオフィードバック学会学術総会, 2009年6月28日, 大阪
- ⑥松本知子, 杉野郁美, 中野三郎, 磯薫, 久保木幸司, 上芝元, 田中学, 村上英一, 西村千秋, 盛田俊介, 芳野原: IMTの決定因子としてのアディポネクチン、テストステロン及びsmall, dense LDL-コレステロールとの関連. 第52回日本糖尿病学会年次学術集会, 2009年5月22日, 大阪
- ⑦杉野郁美, 松本知子, 中野三郎, 宮城匡彦, 渡邊奈津子, 磯薫, 廣井直樹, 西村千秋, 久保木幸司, 芳野原: 血中 small, dense LDL-C(sLDL)に対するメタボリックシンドローム(MS)および志望間(FL)の合併の影響. 第52回日本糖尿病学会年次学術集会, 2009年5月22日, 大阪
- ⑧Matsumoto T, Nakano S, Iso K, Kuboki K, Ueshiba H, Tanaka M, Murakami E, Nishimura C, Morita T, Yoshino G: Relationship between carotid intima-media thickness (IMT) and adiponection, testosterone or small, dense LDL-cholesterol (SLCL-C). Third International Congress on Prediabetes and the Metabolic Syndrome, April 2, 2009, Nice, France
- ⑨松本知子, 杉野郁美, 中野三郎, 上芝元, 久保木幸司, 村上英一, 西村千秋, 芳野原: 糖尿病合併メタボリックシンドロームにおける小粒子LDL, hs-CRP及び頸動脈硬化症. 第29回日本肥満学会, 2008年10月17日, 大分
- ⑩杉野郁美, 松本知, 中野三, 久保木幸, 西村千秋, 芳野原: 血中small, dense LDL-Cに対するメタボリックシンドロームおよび脂肪肝の関与の比較検討. 第29回日本肥満学会, 2008年10月17日, 大分
- ⑪西村千秋: バイオフィードバックにみる, 意識上—意識下間の学習と制御. 第7回心身健康科学会学術集会シンポジウム, 2008年9月20日, 東京
- ⑫西村千秋: バイオフィードバックの工学的基礎理論. 第36回日本バイオフィードバック学会学術総会ワークショップ, 2008年6

月28日, 枚方

- ⑬小林利泰, 関川, 王力群, 斎藤恵一, 川澄正史: 視覚情報から連想される音イメージが聴覚情報処理中枢の活動に与える影響. 人と福祉を支える技術フォーラム 2008, 2008年3月1日, 東京
- ⑭遠藤剛, 関川, 王力群, 斎藤恵一, 川澄正史: 環境操作が再認時の脳活動に及ぼす影響. 人と福祉を支える技術フォーラム 2008, 2008年3月1日, 東京
- ⑮板谷恭平, 関川, 王力群, 斎藤恵一, 川澄正史: 音楽の種類がゲームプレイ時の脳活動に及ぼす効果. 人と福祉を支える技術フォーラム 2008, 2008年3月1日, 東京
- ⑯西村千秋, 福本一朗, 坪井康次, 大須賀美恵子: バイオフィードバック学会の目ざすところ—医学・心理学・工学のシナジー—. 第2回横断型基幹科学技術研究団体連合コンファレンス, 2007年11月30日, 京都

[図書] (計1件)

- ①西村千秋: バイオフィードバック. 産業カウンセリング辞典, 320, 金子書房, 2008

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

西村 千秋 (NISHIMURA CHIAKI)  
東邦大学・医学部・教授  
研究者番号: 50011193

### (2) 研究分担者

(なし)

### (3) 連携研究者

王 力群 (OU RIKIGUN)  
東京電機大学・先端工学研究所・講師  
研究者番号: 40312037

寺田 和子 (TERADA KAZUKO)  
東邦大学・医学部・講師  
研究者番号: 10217424

津熊 久幸 (TSUKUMA HISAYUKI)  
東邦大学・医学部・講師  
研究者番号: 50424685