

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年4月9日現在

機関番号：13102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23650109

研究課題名（和文） ブレインアフェクティブロボット制御技術の創成

研究課題名（英文） On the Development of Control Technology of Brain Affective Robot

研究代表者 中川 匡弘（NAKAGAWA MASAHIRO）

長岡技術科学大学・工学部・教授

研究者番号：60155687

研究成果の概要（和文）：

本申請課題では、これまでの脳波（EEG）や近赤外分光（NIRS）計測に関する感性情報処理の一連の研究成果を統合し、EEG・NIRS融合型感性計測技術を確立し、さらに、その具体的な応用技術として、感性によるロボット直接制御を実現したブレインアフェクティブロボット制御技術を開発することにより、医用・福祉・ロボット制御の基盤技術の開拓を進めると共に、世界初のEEG・NIRS協調型ブレインアフェクティブインターフェースを開発する。

研究成果の概要（英文）：

In this project, we shall construct a novel control scheme of brain affective robot by means of an integration of the electroencephalogram(EEG) as well as the near-infrared spectroscopy(NIRS). As an practical application of the presently proposed affective control, the direct control in terms of the emotions has been accomplished in order to realize the fundamental technology of the medical, welfare and robot disciplines.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感性インターフェース

1. 研究開始当初の背景

ヒトの“こころ”や“感性”の科学的解明は、安全・安心・快適な持続的社會を築くための重要な研究課題の一つであり、国内外の多くの研究者がその計測技術の確立や基盤技術開発等の分野横断型学際的テーマにチャレンジしている。特に、近赤外分光法（NIRS: Near Infra-Red Spectroscopy）が光脳機能イメージングという新しいパラダイムの扉を開いて以来、高次脳機能の光計測による解明が渴望されている。そのような状況の中で、申請者のグループは、脳

の各部位で計測された大脳皮質毛細血管中の酸化・還元ヘモグロビン濃度の時空間ダイナミズムを利用した近赤外光感性情報解析手法を提案し（光トポグラフィによる感性情報解析：松下晋，中川匡弘，電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J88, No. 8(2005)pp. 994-1001; T. Q. D. Khoa, H. M. Thang and M. Nakagawa: Testing for Nonlinearity in Functional Near-Infrared Spectroscopy of Brain Activities by Surrogate Methods: J. Physiol. Sci. Vol. 58, No. 1, pp. 47-52, (2008); Truong Quang Dang Khoa, Yuichi Nakamura, Masahiro Nakagawa,

Recognizing Brain Motor Imagery Activities by Identifying Chaos Properties of Oxy-Hemoglobin Dynamics Time Series, Chaos, Solitons & Fractals, IVol.42 No. 743, 2009. pp.422-429 他), さらに, 喜怒哀楽等の基本的な感性(感情)情報に加えて, Yes/No等の意思情報も同様の解析手法により抽出可能であることを見出した(申請者単著:カオス・フラクタル感性情報工学第9,10章参照:特願2005-54004号, PCT出願第11/681388号 Emotional State Determination Method, 特許取得第3933568号, *Recognizing Brain Motor Imagery Activities by Identifying Chaos Properties of Oxy-Hemoglobin Dynamics Time Series*, Masahiro Nakagawa et al, Chaos, Solitons & Fractals, IVol.42 No. 743, 2009. pp.422-429. 他). そこで本課題では, このような感性・意思情報の協調型計測技術に根差したアフェクティブインターフェースの開発とそれをロボットの制御へ適用したアフェクティブロボット制御技術を開発することを主たる目的とする.

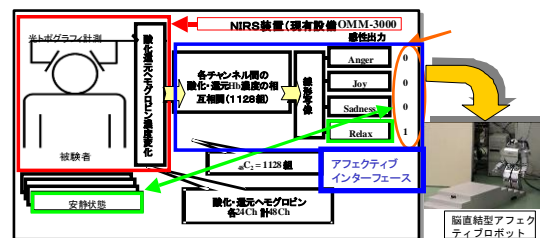
2. 研究の目的

これまで代表者の研究グループは(例えば, 中川匡弘著:“カオス・フラクタル感性情報工学”(2010, 日刊工業新聞社); NiNi Soe and M. Nakagawa; J. Phys. Soc. Jpn. Vol. 77, No. 3, 034803-1-0348803-10(2008) 他), 脳波が一樣フラクタルではなく一般化次元(マルチフラクタル次元)で特徴付けられるマルチフラクタル性を有し, 且つ, その性質の感性情報処理における有用性を報告してきた.(例えば, 研究代表者の単著(洋書)“*Chaos and Fractals in Engineering* (World Scientific Inc. (1999)を参照:カオス・フラクタル工学の洋書で売り上げ世界第3位(2002年2月) Amazon.com 調べ)そこで本申請課題では, これまでの脳波(EEG)や近赤外分光(NIRS)計測に関する感性情報処理の一連の研究成果を統合し, EEG・NIRS融合型感性計測技術を確立し, さらに, その具体的な応用技術として, 感性によるロボット直接制御を実現したブレインアフェクティブロボット制御技術を開発することにより, 医用・福祉・ロボット制御の基盤技術の開拓を進めると共に, 世界初のEEG・NIRS協調型ブレインアフェクティブインタ

ーフェースを開発することを目的とする.

3. 研究の方法

これまでの研究においては, ヒト脳ダイナミズムの計測技術確立のため, 事象関連電位(ERP)とそのフラクタル性に関する解析を行い, タスクを課した時間区間内において, 関連する各部位のフラクタル次元の変動に基づいたフラクタル感性情報計測手法を提案してきた.(中川匡弘著:“カオス・フラクタル感性情報工学”第6章他)その一連の研究成果を踏まえ本研究では, 近赤外分光法(NIRS OMM-3000:現有設備)により, 下図に示すシステムを構築し, 光計測に基づいた感性情報抽出に関する新機軸を開拓すると共に, 脳直結型アフェクティブロボット制御技術を開発する.



4. 研究成果

ヒトの感性に係る脳活性部位と発生メカニズムの脳波・近赤外分光同時計測による解明のため, 現有設備である24Ch近赤外分光装置(OMM-3000:(株)島津製作所)を併用することにより, 光(近赤外分光)と電気信号(脳波)の両側面から, より高精度・高信頼な感性・意思情報のアフェクティブインターフェースを構築した. 非拘束状態であるべく心的ストレスの少ない状態で脳波や心拍等の生体信号を計測するため, 12Ch小型軽量生体アンプ(Polymate II, TEAC(株)(2,500千円))を導入し, 非拘束状態でのリアルタイム感性計測システムの開発を進めた. また, 脳波・近赤外分光信号(酸化・還元ヘモグロビン濃度)に加えて, 被験者に体動センサー(Polymate II用, センサーユニット, TEAC(株):190千円)を取り付け, そのセンサー時系列データをフラクタル解析することにより, 感性情報分離システムへの入力データとし, その計測精度の向上を図る. また, 脳波信号については, フラクタル次元解析の前処理としてICA分離を行い, 行動に伴う筋電信号(アーティファクト)を分離・除去することに成功した. さらに, 利用者への心的負担軽

減のために我々が考案した新規なシナジェティック (A Circularly Connected Synergetic Neural Network, M. Nakagawa, IEICE Trans. on Fundamentals, Vol. E83- A No. 5

(2000)pp. 909-922. 他) とカオスリカレントニューラルネットにより, 多重連想想起と感性情報の学習予測機能を有する脳直結型アフェクティブインターフェースによるロボット制御技術を確立した. また, 制御用ヒューマノイドロボットには, HOAP-1 (富士通オートメーション: 現有設備) を用いた. (「次世代ヒューマンインターフェース開発最前線」(2013年6月発刊予定) に分担執筆中)

次に, カオスリカレントニューラルネット (カオスリカレントニューラルネットワークを用いた不規則時系列の学習・予測, 保高智昭, 中川匡弘, 電子情報通信学会, Vol. J90-A, No. 6 (2007) pp. 524-53) を用いた予測型バイオフィードバック効果の解明のため, デジタルビデオユニットを導入し, 被験者とアフェクティブロボットの動作・コミュニケーションのようすを記録・分析することにより, ブレインアフェクティブロボット制御技術を確立すると共に, 本システムの改良・最適化を行った. さらに, NIRSに加えて, EEGを併用することにより, システムの即応性と動作確度・安全性を高める制御・解析システムを構築することにより, EEG・NIRS 協調型アフェクティブインターフェースによるロボット制御技術を開発した.

次に, 高次感性の計測を実現するために, 喜怒哀楽といった感性 (感情) に加えて, “心地よさ” や “つややかさ”, 驚き, 軽蔑, 恐怖感, ストレス等の高次の心理状態に係る感性解析を行い, 先述の脳波 (EEG) と近赤外分光手法 (NIRS) の統合システムを構築した. その結果, 光電統合型の手法を用いることにより, 認識率が10%程度向上することが分かった.

今後は, 電気信号とヘモダイナミクスの冗長性の除去を試みることにより, 認識率の一層の向上を図る予定である. さらに, 環境ノイズに対するロバスト性を定量的に評価することも実用化に向けた重要な課題である.

本研究課題で提案するブレインアフェクティブロボット制御技術は, 未来の BCI

技術において不可欠であるだけではなく, 高齢化・福祉社会支援の観点から身体障害者の生活支援機器として渴望されている.

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8件)

(1) 丸山貴司, 中川匡弘, 脳波の高周波帯に着目した感性スペクトル解析手法, 電子情報通信学会, 査読有, Vol. 95-A, 2012, pp. 716-719, 掲載論文の DOI (デジタルオブジェクト識別子) 無し

(2) 丸山貴司, 中川匡弘, ヒト脳波のイメージタスクに対する周波数成分の変化, 電子情報通信学会, 査読有, Vol. 95-D, 2012, pp. 1410-1420, 掲載論文の DOI (デジタルオブジェクト識別子) 無し

(3) 丸山貴司, 笹本裕美, 荒川尚美, 川副智行, 中川匡弘, 脳波のフラクタル性を用いた感性推定精度の向上に関する研究, 電子情報通信学会, 査読有, Vol. 95-A, 2012, pp. 343-356, 掲載論文の DOI (デジタルオブジェクト識別子) 無し

(4) 佐瀬匠, 中川匡弘, 嗅覚と感性, Aroma Research No. 49, 査読有, Vol. 13, 2012, pp. 16-20, 掲載論文の DOI (デジタルオブジェクト識別子) 無し

(5) 土生智恵美, 山元ひろみ, 宮澤清, 佐瀬匠, 中川匡弘, パンティライナーに求められる香り, Aroma Research, 査読有, Vol. 13, No. 49, 2012, pp. 21-25, 掲載論文の DOI (デジタルオブジェクト識別子) 無し

(6) 中川匡弘, 脳波のフラクタル解析に基づいた感性計測手法とその応用, ファインケミカル, 査読有, Vol. 40, 2011, pp. 45-60, 掲載論文の DOI (デジタルオブジェクト識別子) 無し

(7) 中川匡弘, 脳波のフラクタル解析に基

づいた感性計測手法とその応用
フレグランスジャーナル 査読有, Vol.
373, 2011, pp. 59-63
掲載論文の DOI (デジタルオブジェクト識別
子) 無し

(8) 中川匡弘, 脳波のフラクタル次元解
析に基づく B C I 制御, 計測と制御, 査読有,
Vol. 50, 2011, pp. 292-297
掲載論文の DOI (デジタルオブジェクト識別
子) 無し

[学会発表] (計 3 件)

(1) 揖斐拓人, 武田美咲, 中川匡弘, 鈴江光
良, 脳波のフラクタル解析に基づいた犬の嗅
覚感性計測に関する研究, 感性工学会 2012 年
8 月 30 日 東京電機大学

(2) 村井航太, 松原史弥, 中川匡弘, 猪又広樹,
田村進一, 古川裕一, 富田正則, 須藤直人, 脳
波のフラクタル解析を用いた多機能電話の
操作性評価に関する研究, 感性工学会, 2012
年 8 月 30 日 東京電機大学

(3) 丸山貴司, 笹本裕美, 大高瞳, 荒川尚美,
川副智行, 中川匡弘, 脳波のフラクタル性を
用いた感性解析手法の推定精度向上に関す
る研究, 日本感性工学会,
2011 年 9 月 5 日 工学院大学

[図書] (計 1 件)

中川匡弘 脳波のフラクタル解析に基づいた
嗅覚感性の計測, Fragrance Journal (AROMA
RESEARCH),
2012, 8 ページ (分担執筆)

[産業財産権]

○出願状況 (計 2 件)

名称: 脳波測定用器具、センサ及び脳波の測
定方法

発明者: 中川匡弘等

権利者: 長岡技術科学大学, 資生堂

特願 2011-023071

出願年月日: 平成 22 年 2 月 12 日

国内外の別: 国内

名称: 脳波測定用器具、センサ-及び脳波の
測定方法

発明者: 中川匡弘他

権利者: 長岡技術科学大学 P C T / J P 2
012 / 051985

出願年月日: 2012 年 4 月 9 日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 1 件)

名称: 感性状態判別方法

発明者: 中川匡弘

権利者: 長岡技術科学大学

種類: P C T

番号: US 8 2 3 5 8 9 4

取得年月日: 2012 年 8 月 7 日

国内外の別: 外国

[その他]

ホームページ等

<http://pelican.nagaokaut.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中川 匡弘 (NAKAGAWA MASAHIRO)

長岡技術科学大学・工学部・教授

研究者番号: 60155687