

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 19 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300082

研究課題名(和文) 感性情報に基づく意思決定プロセスの感性脳科学的研究

研究課題名(英文) A study on decision-making processes based on affective information

研究代表者

尾崎 繁(Ozaki, Shigeru)

筑波大学・医学医療系・講師

研究者番号：60292546

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,100,000円、(間接経費) 2,730,000円

研究成果の概要(和文)：人は他者との関係を損なわずに、より多くの報酬を得るための行動を選択するが、経済学的には不合理な行動に価値を見出すことも多い。人の意思決定プロセスの理解は、報酬系・情動系の脳内機構の解明だけでなく、その成果を感性工学的、神経経済学的な応用へ繋げる意義を有する。そのためには、感性情報に基づいた意思決定プロセスを評価する実験パラダイムと解析方法を開発すると同時にその脳機能原理の理解を目指した、感性脳科学的研究アプローチが重要となる。本研究は、そのための客観的指標として脳波の事象関連電位に注目し、人および動物を対象とした意思決定プロセスを解析する実験モデルを開発した。

研究成果の概要(英文)：The human beings select behaviors to maximize rewards without interfering social relationships with others. However, we also often make unreasonable choices of our behavior from the economical standpoint of view. Understanding the human decision making process is important not only to clarify the brain mechanisms underlying reward evaluation and emotion but also to apply its fruits to neuroeconomic and affective (in Japanese, KANSEI) engineering studies. It is also necessary to develop the experimental and assessment paradigms for evaluating the decision making process based on affective information. Paying attention to the potency of event-related potentials of electroencephalogram, this project has been promoting to develop experimental models for estimating the decision making process based on KANSEI in human subjects and animal models.

研究分野：感性脳科学

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：感性脳科学 事象関連電位 動物モデル

1. 研究開始当初の背景

人は他者との関わりの中で、より価値の高い報酬をより多く得られる行動を選択する。一方、人は損をする確率が高いギャンブルに興じたり、損を承知で無私の奉仕をする等、経済学的には不合理な行動を選択することも多く、むしろ単純な利害から考えると不合理な行動に価値を見出すことが人の生活に安らぎと潤い、さらには幸福感をもたらすと考えられる。近年、人を含む動物の意思決定の情報処理機構の脳科学的理解は急速に進展し、実社会における経済活動の行動選択の仕組みを解明する神経経済学が発展してきた(Glimcher et al., '08)。また、人の意思決定プロセスに関する様々な観点の感性工学的研究が大きな注目を集めている。

動物は、喜・怒・恐・悲のような本能的情動をもつ。さらに人は、複雑な対人・対社会関係の中で、共感・思いやり・嫉妬といった社会的情動を発達させた。喜びや共感、あるいは怒りや嫉妬が、経済学的合理性を欠く行動を引き起こすように、これらの情動は行動の意思決定を左右する。我々は、感性情報を「外界を感覚情報として知覚し、状況依存的に情動へ作用する脳内情報」と定義し、この感性情報が人の意思決定プロセスに関与する脳内機構に迫りたいと考えた。

人の脳波として記録される事象関連電位(event-related potential: ERP)は、種々の感覚入力あるいは注意・認知・課題解決等の実験パラダイムに対する脳内情報処理プロセスを反映した電位記録であり、客観的心理指標として様々な研究に用いられている(大熊, '99; 入野, '05)。したがって、ERPを指標として、感性情報が情動および意思決定プロセスに及ぼす影響を定量的に捉えることが可能と考えられる。

意志決定の脳内情報処理機構を解明するためには、実験動物モデルが必須となる。小型霊長類コモンマーモセットは、将来の報酬を見据えた行動と愛他的社会行動が報告されており(Burkart et al., '07; Stevens et al., '05)、人の感性情報処理機構の原始型を理解するための種々の要因を統制することが可能なため、人の実験結果と対応させた研究結果を得られる。我々はコモンマーモセットの実験系を構築している(尾崎ら, '10)、これを発展させることで、人の感性情報処理の原理に迫ることが可能となる。

2. 研究の目的

(1) 人を対象とした研究： 人の生活場面の行動選択を摸した実験パラダイムを開発し、被験者個々の選択行動の基礎的パラメータ(価値関数)を求める。ERPを用いた客観的指標を検索する。被験者から脳波記録を行ない、で開発した課題遂行中のERPを解析する。で取得したパラメータを解析し、報酬理論やゲーム理論等に基づいて被験者の行動をモデル化する。

(2) 動物を対象とした研究： 人では不可能な環境的、遺伝的条件の統制を動物モデルにより克服すれば、意志決定プロセスの基盤となる脳機構の理解に寄与すると共に、その要素を活用した感性工学的応用の道が拓ける。人と類似の特質を有する動物が、社会関係の中で将来の幸福を見据えた行動をどのように選択するのか、その行動モデルを構築する。

行動選択実験パラダイムの開発：コモンマーモセットを用いた行動選択課題の実験パラダイムを開発し、各個体の行動選択の価値関数を求める。ERPの記録：自由行動下のコモンマーモセットの脳波をテレメトリ式に記録する。人の既知のERPとの関連に着目し、指標となるERPを検索する。

3. 研究の方法

(1) 人を対象とした研究： 様々な選択課題や反応課題を行う被験者からERPを記録するためには、多様な課題提示に対応した解析が可能なユニバーサルな実験システムが必要である。最初に行動課題時のERP測定中に、様々な刺激条件の中から任意の刺激に対するERPのみを抽出し、加算平均等の計算とそれに対応した行動データを処理するためのシステムを開発した。の実験システムを用いて、健康成人7名の刺激画像に対する判断課題時のERPを解析した。課題には、数量判断課題(2つうち、大きい数字を回答)と単純選択課題(花と家の画像のうち、指示された画像を回答)を使用した。刺激提示間隔(Inter-stimulus interval: ISI)を2秒~10秒に設定し、コンスタントISIとランダムISIの2つの条件で実験した。国際10-20法に基づき電極を配置、16チャンネルから脳波を記録した。

(2) 動物を対象とした研究： 本学動物実験施設に構築した飼育設備でコモンマーモセット(雌4匹、雄1匹)を管理した。タッチパネルモニタに視覚弁別刺激を提示し、動物がそれに対して応答(画面上ボタンの操作)すると、適切な応答に対して報酬装置を作動させる実験装置のハードウェアとソフトウェアを開発した。動物に視覚弁別課題のトレーニングを課し、実験システムに改良を加えながら、行動課題を習得させた。

生体電気活動記録ワイヤレスモニタリングシステム(ML880B103、ADI)を導入し、実験に必要な外科処置の環境と手法を整備した。実験環境と手法の改良のために、最初にコモンマーモセットと大きさの近いラット(雄14匹、体重約300g)を実験に使用した。生体電位送信器の電極を頭骨上に配置し、聴覚誘導性のERPをワイヤレス記録した。

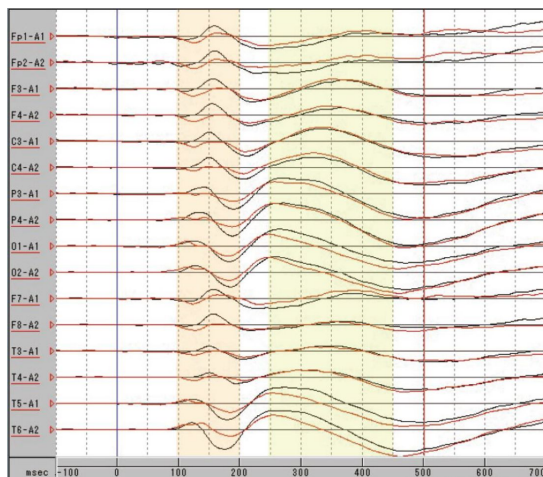
4. 研究成果

(1) 人を対象とした研究： 実験に必要な装置を開発した。刺激提示・応答解析ソフトウェア Presentation(Neuro-behavioral

Systems)を用い、刺激画像をモニタ上に映すとともに、それぞれの ISI の刺激提示と被験者の応答に対応したトリガーパルスを出力させることで、刺激提示、脳波記録と行動データの同期を可能にする実験システムを新たに構築した。トリガーパルスはPCの平行ポートから出力し、自作変換ボックスを介して脳波計 (Neurofax EEG-1000、日本光電) にアナログ信号入力した。脳波データは VITALTRACER と EPILEZYER -R (キッセイコムテック) を用いて解析した。刺激提示前 100 ms から、刺激提示後 1000 ms まで ERP の測定区間とし、各条件で 36 回分の加算平均をした。行動データは MATLAB(Mathworks)を用い、刺激提示からボタン押しまでの時間 (反応時間) と正答率を解析した。

の実験システムを使用して、被験者は数量判断課題と単純選択課題を行った。両課題とも、ランダム ISI シークエンスでは ISI が長くなるほど反応時間が短縮し、コンスタント ISI シークエンスでは ISI が長くなるほど反応時間が延長するという傾向が見られた。ERP の測定の結果、数量判断課題と単純選択課題において、刺激の提示と選択行動に対応した ERP が側頭葉後部から頭頂葉、後頭葉に対応するチャンネルで観察された。次に、被験者間、ISI シークエンス別に ERP のグラウンドアベレージを行った。その結果、図 1 のように、側頭、頭頂、後頭部のチャンネル (T5, T6, P3, P4, O1, O2) において、被験者の反応直前のネガティブピークの持続時間、前頭部のチャンネル (F3, F4, F7, F8, C3, C4) における刺激提示後 100~200 ms のネガティブピークの大きさに、「数量判断課題」(黒線)には見られたが、「単純選択課題」(赤線)では見られない特徴的な波形が観察された。

図 1: 「数量判断課題」と「単純選択課題」の ERP 記録の例



複数の画像、あるいはそれらの組み合わせを刺激に用いた選択課題や反応課題を被験者に課し、それぞれの応答に対応する ERP を記録解析するためには、多様な刺激・応答条件の中なら任意の応答を抽出する必要があ

る。本研究は、そのためのユニバーサルな実験システムを開発し、数量判断課題と単純選択課題を行った時の被験者の ERP を解析した。今後は更に被験者を増やし、刺激提示間隔 (ISI) に応じた ERP の特徴を同定し、脳のどの部位で、時間と数量の相互作用が起きているかを解析する。また、取得したパラメータを用いて、被験者応答のモデル化を試みる。

(2) 動物を対象とした研究: 視覚弁別課題用実験装置を開発した。タブレット型コンピュータのタッチパネルモニタを使用した刺激画像提示とその応答を記録するための実験装置と、それを制御するソフトウェアを Flash (Adobe) を使って作製した。動物の選択行動、報酬装置の作動は、データ収録解析装置 (PowerLab, ADI) を用い、ビデオ動画と同期させて記録した。動物に報酬 (ジュース) と連合させる 2 種類 (赤と青) の刺激画像ボタンを提示し、その選択行動に応じて報酬投与を制御し、その行動を記録するシステムを完成させた (図 2)。

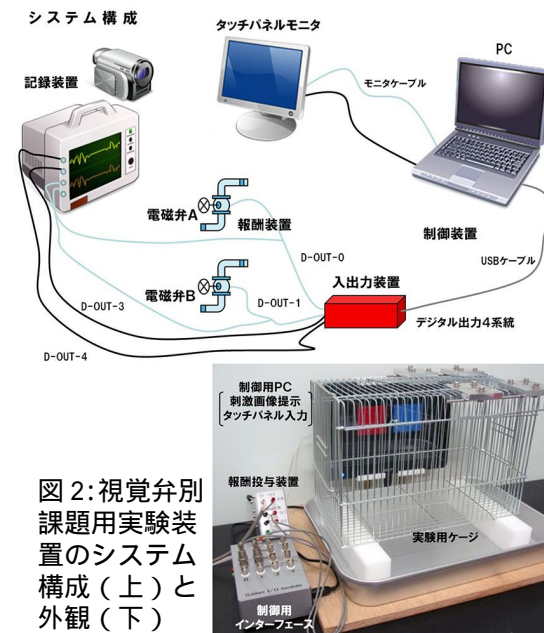
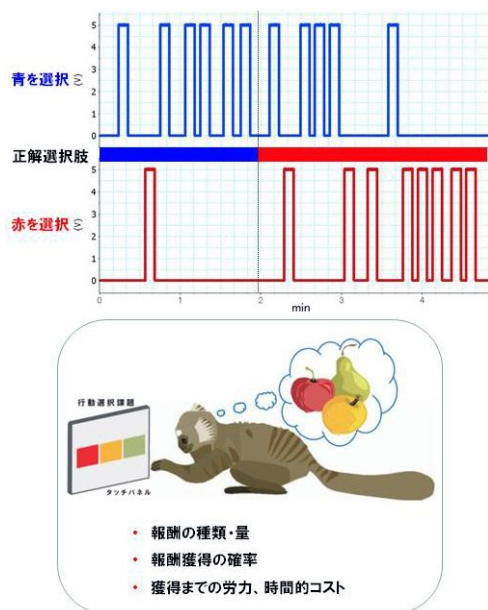


図 2: 視覚弁別課題用実験装置のシステム構成 (上) と外観 (下)

まず、動物を飼育ケージから実験用ケージに入出入りさせる訓練を行なった。リンゴ片等の報酬を与えることで、各個体とも自発的に実験用ケージに入出入りするようになった。また、この視覚弁別課題に適した報酬を選択するために、種々のジュースに対するコモンスターの嗜好性を調べ、リンゴジュースを報酬として与えることにした。第二段階では、実験用ケージに入った状態で実験装置に馴化させるための訓練を行いながら、実験者は遠隔操作によりノズルからリンゴジュースを適宜与え (0.2~0.3 ml/回) この環境で報酬が得られることを動物に学習させた。実験環境への馴化を完了させた後、第三段階として、動物がジュースを飲むために、タッチパネル上に提示される赤あるいは青の刺

激画像ボタンを押すと報酬を獲得できることを学習させた。各個体（雌4匹）の自発的な行動生起と、その試行錯誤による強化学習の様式に従い、この行動課題を習得させた。さらに、赤と青のボタンに異なる報酬価値（一方は報酬あり、他方は報酬なし）を与え、その意味を理解させるための訓練を行った。その結果の一例を図3（上）に示す。動物がいずれかのボタンを選択したタイミングをパルス表示（幅7秒：正解では報酬装置作動）した。青が正解（報酬あり）、赤が不正解（報酬なし）のとき、赤を一度選択した後に青を5回連続で選択し、その都度動物は報酬のリンゴジュースを得た。ここで正解ボタンを入れ替えると、数回の試行錯誤を経たのち、ボタンの意味を理解し、動物は正解ボタン（赤）を続けて選択し、報酬を獲得するようになった。

図3：視覚弁別課題における報酬獲得行動の一例（上）と実験の構想（下）

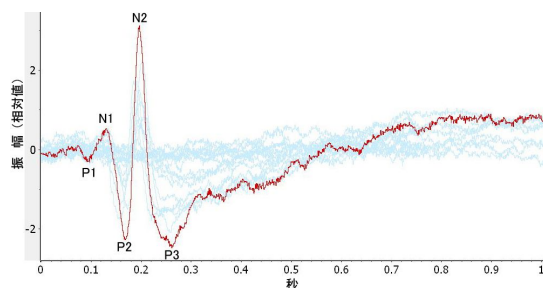


感性情報に基づいた意思決定プロセスについて、コモンマウスセットの認知能力と行動特性を活かした実験パラダイムの開発の可能性が示唆された。今後は、視覚弁別課題の内容を改良し（図3下）動物の生育環境等に操作を加えることによって、人の感性情報処理機構の原始型を理解するための研究をさらに発展できると考える。

ワイヤレスモニタリングシステムを用いた、実験動物の聴覚誘導性ERPの記録システムを構築した。実験に必要な手術の環境と手法を整備し、施術中の動物の吸入麻酔と体温の管理、心拍数、血中酸素飽和度の監視を行った。まず実験環境と手法を確立するため、コモンマウスセットと大きさの近いラット（雄14匹、体重約300g）を実験に使用した。イソフルラン吸入麻酔下のラット頭骨上

に生体電位送信器の記録電極を配置した。幅100msの電圧パルスで生じるブザー音を刺激として与えた。聴覚性に誘導される脳波をワイヤレス記録し、音刺激をトリガーとする100回の加算平均により事象関連電位を観察した。最大上刺激による聴覚誘導性事象関連電位の例を図4に示す。人の聴覚誘導電位の長潜時成分（P1-P3, N1, N2）に相当すると考えられる電位波形が観察された。このワイヤレスモニタリングシステムにより、事象関連電位の解析が可能であることが示唆されたが、覚醒した自由行動下の動物から安定した脳波波形を記録するためには、ステンレススクリー電極を使用した頭骨への固定方法の工夫等、技術的改良の余地がある。また、これをコモンマウスセットに適用するためには、さらなるシステムの改善が必要となるが、行動課題遂行中の脳波、あるいは心電図や筋電図をワイヤレス記録できれば、強力な研究ツールとなり得る。

図4：麻酔下ラットよりワイヤレス記録した聴覚誘導性事象関連電位（P1-P3, N1, N2は長潜時成分）、100回の加算平均記録（赤線）



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4件)

Ozaki, S., Iwamoto, Y., Hisano, S. Potency of animal models in kansei engineering: a basic approach from neuroscience. *Kansei Engineering International Journal*, 11(3): 127-132, 2012. (査読有)

Iwamoto, Y., Umetsu, D., Ozaki, S. Evaluation of driver-vehicle matching using neck muscle activity and vehicle dynamics. *Kansei Engineering International Journal*, 11(3): 147-154, 2012. (査読有)

Watanabe, N., Wada, M., Irukayama-Tomobe, Y., Ogata, Y., Tsujino, N., Suzuki, M., Furutani, N., Sakurai, T., Yamamoto, M. A Single Nucleotide Polymorphism of the Neuropeptide B/W receptor-1 Gene

Influences the Evaluation of Facial Expressions, PLoS ONE 7(4): e35390. doi:10.1371/journal.pone.0035390 2012. (査読有)

Ogata, Y., Horaguchi, T., Watanabe, N., Yamamoto, M. Comparison of the Choice Effect and the Distance Effect in a Number-comparison Task by fMRI, PLoS ONE, 6(6): e21716. doi:10.1371/journal.pone.0021716, 2011. (査読有)

[学会発表](計11件)

尾崎 繁 感性を測るための脳科学の流儀, シンポジウム「脳科学の流儀: 感性を測るということ」, 第15回日本感性工学会大会, 2013.9.6. 東京都杉並区.

緒方洋輔 感性工学における functional Magnetic Resonance Imaging(fMRI)計測の基礎知識・注意点と応用可能性, シンポジウム「脳科学の流儀: 感性を測るということ」, 第15回日本感性工学会大会, 2013.9.6. 東京都杉並区.

尾崎 繁, 久野節二 霊長類動物モデルにおけるストレス応答の評価, 第15回日本感性工学会大会, 2013.9.7. 東京都杉並区.

大島直樹 プレパレーションツールにおける香り呈示による視線の変化, 第15回日本感性工学会大会, 2013.9.6. 東京都杉並区.

Koshibe Y, Ogata Y, Yamamoto M, Kato M, Uno A, Hiragana reading in aphasia: voxel-based lesion-symptom mapping study. Korea-Japan Joint Symposium in Reading and Spelling .2013.2, Yeong-Jin Cyber college.

岩本義輝, 尾崎 繁 感性とヒューマンダイナミクス 神経生理学の視点を入れて JSME Symposium: Sports and Human Dynamics 2012 2012.11.15. 愛知県豊橋市.

尾崎 繁 縁(えにし)の感性工学: イントロダクション 第14回日本感性工学会大会 2012.8.30. 東京都足立区.

緒方洋輔, 山本三幸, 尾崎 繁 数量判断課題時における事象関連電位の測定と解析 第14回日本感性工学会大会 2012.8.31. 東京都足立区.

大島直樹 香り刺激の印象と連想図形との関連 第14回日本感性工学会大会

2012.8.30. 東京都足立区.

尾崎 繁, 岩本義輝, 久野節二 感性工学における脳科学基礎研究 - 動物モデルによるアプローチ - 第13回日本感性工学会大会 2011.9.3. 東京都新宿区.

Ogata, Y., Horaguchi, T., Yamamoto, M. Specific characteristics in the time perception during the number comparison task: what happened at 8 sec inter-stimulus interval. 8th IBRO World Congress of Neuroscience, 2011.7. Florence, Italy.

[図書](計5件)

尾崎 繁 (共同編集) 筑波大学出版会、感性認知脳科学への招待、2013、199.

山本三幸 (分担執筆) 筑波大学出版会、感性認知脳科学への招待、2013、63-75.

尾崎 繁 (分担執筆) 羊土社、はじめの一步のイラスト生理学改訂第2版、2012、39-44、79-88.

山本三幸 (分担執筆) 羊土社、はじめの一步のイラスト生理学改訂第2版、2012、52-59、96-103.

岩本義輝 (分担執筆) 羊土社、はじめの一步のイラスト生理学改訂第2版、2012、28-38、45-53、60-69.

[産業財産権]

出願状況 (計0件)

取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.md.tsukuba.ac.jp/basic-med/physiology/sys-neurosci/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

尾崎 繁 (OZAKI, Shigeru)
筑波大学・医学医療系・講師
研究者番号: 60292546

(2) 研究分担者

山本 三幸 (YAMAMOTO, Miyuki)
筑波大学・医学医療系・准教授
研究者番号: 80143147
【平成23年度まで(定年退職)】

岩本 義輝 (IWAMOTO, Yoshiki)
筑波大学・医学医療系・准教授
研究者番号: 50184908

【平成 24 年度まで（退職）】

(3)連携研究者

大島 直樹 (OHSHIMA, Naoki)
北海道情報大学・情報メディア学部・准教授
研究者番号：50375466

山本 三幸 (YAMAMOTO, Miyuki)
筑波大学・人間系・研究員
研究者番号：80143147
【平成 24 年度から】

緒方 洋輔 (OGATA, Yousuke)
国立精神・神経医療研究センター・先進脳
画像研究部・流動研究員
研究者番号：60641355
【平成 24 年度から】