

# 動物への接触時における運動関連脳電位記録の試み

水田 敏郎・氏田 麻美・森本 文人・石黒 由貴・大森 慈子

仁愛大学人間学部

Attempt to record movement-related cortical potentials during contact with animals

Toshiro Mizuta, Asami Ujita, Fumihito Morimoto, Yuki Ishiguro, Yasuko Omori

Jin-ai university

本研究では、動物への接触時にみられる運動準備過程を事象関連電位でとらえ、生理心理学的に検討することを試みた。被験者は手指の動きを記録可能にするデータ・グローブを装着し、対象物の無い単なる掌握動作、小動物のモデル（ぬいぐるみ）をつかむ動作と実際のハムスターをつかむ動作を行った。運動中の人差し指の屈曲をトリガー（基準時点）として、その前後の脳波を記録し加算平均処理を行った。その結果、他の条件に比べハムスターをつかむ際には緩徐で弱い指の屈曲が生じ、運動直前には比較的大きな運動関連脳電位が生じた。以上より、つかむ対象の違いにより生じる運動の質的差異をとらえると同時に、質の異なる運動を実現する際の大脳皮質における運動準備上の負荷の量的な違いを事象関連電位で確認することができた。

キーワード：脳波、運動関連脳電位、データ・グローブ、動物、掌握運動

## はじめに

ヒトの頭皮上に置いた電極から、大脳皮質で生じた電流を捉え増幅したものが脳波（brain wave）である。人間の精神活動と脳波活動は密接な関連を持つことが知られている。例えば、脳波のなかでもよく知られている $\alpha$ 波（周波数帯域8～13Hz）は、安静時、いわゆるリラックスした時に多くみられ、精神活動時には消失する。また、脳波は意識水準をよく反映することから、睡眠の深度を調べる際にも用いられている。

脳波は、精神活動だけでなく種々の外的刺激の認知といった具体・個別的な心理反応や随意運動を行う時などにも変化を示す。様々なイベントに関連して発生する脳電位は事象関連電位（ERP：event-related potential）とよばれる。代表的な事象関連電位にP300がある。これは、二種類の弁別可能な感覚刺激を呈示した際、低頻度で呈示される刺激後の脳波を複数回加算し、平均電位を求めることで得られる反応である。P300は刺激に注意を向けたり、運動反応を生起したりしたときに、ヒトの頭頂部から前頭部にかけて刺激

後300ミリ秒前後に陽性（positive）方向に振れる電位で、注意・認知などの心的過程を反映するとされる。また、指の屈伸などの随意運動を実行する時には運動直前にヒトの運動野からは運動関連脳電位（MRCP：movement related cortical potential）が発生する。MRCPは陰性（negative）方向に緩やかに振れる電位であり、文字通り運動実行に先立ち生じ、随意運動の準備プロセスを反映していると考えられている。

さらに、準備の合図する信号（S1）と命令合図の信号（S2）刺激を設け、S2に対して運動を求める、いわゆる反応時間課題下においては、S1に対して刺激を認知するP300様のERPが出現した後、S2の予期的心理反応を反映した随伴陰性変動（CNV：contingent negative variation）が得られる。S2にする運動反応の直前にはCNVにMRCPが重畳する。

我々は、これまでに随意運動の質の違いがCNVやMRCPに反映されるかを検討してきた（水田・宮地・吉田・藤澤、2005）。具体的には、利き腕の第二指（人差し指）で命令刺激（S2）呈示後にスイッチを押

す反応時間課題を設定した（S2に先立ち予告刺激を（S1）呈示している）。そして、S2呈示後に特定のスイッチを押し続ける条件と、同じくS2呈示後に4種類のスイッチから1つのスイッチを自由に選択して押す条件下でCNVを測定したところ、Figure 1のように後者の条件においてより大きな陰性電位が得られた（山口,2004）。このことから、見かけ上同じ運動を行っていても、スイッチを選択するという意思決定を必要とする場合、運動直前に脳で生じる電氣的振る舞いはより大きくなることが示された。

このように、単純な意思決定の過程はERP上からも観察可能であるが、より複雑な心的過程を捉えることはできるであろうか。このような観点から、今回我々は、「動物への接触行動」に着目した。動物に対する接触行動は、スイッチを押すのとは運動の質が大きく異なる。そもそも、対象が生物であり対象動物自体も運動することから、対象の動きに合わせて接触する側にも運動の繊細な調節が求められる。そのため、触るという意志や行為に運動のチューニングという負荷が加わることになり、運動の準備にも複雑かつ強い反応が生じることが予想される。さらに、動物に触れる時の運動に関連する脳電位を調べた研究はほとんど見られないことから、本研究結果は新たな研究フィールドを拓く可能性も秘めている。

以上より、本研究では動物の接触時にみられる運動の特徴を生理心理学的に捉え、検討を試みることを目的とした。

## 方 法

### 1. 被験者

男子大学生1名（21歳）を対象にした。利き手は右であった。

### 2. 刺激と条件

本実験では、以下に示す3種類の条件を設定した。

①対象無し条件：被験者は利き手でゆっくり手を握る動作を約5秒間隔で30回繰り返した。

②モデル条件：被験者は、利き手で次（③）に示す実物の動物を模したモデル（ぬいぐるみ）をつかむ動作を約5秒間隔で30回程度繰り返した。

③ハムスター条件：飼育ケージの中に入れられた生後約1年のゴールデン・ハムスター（体長約15cmの雄、生後直後から人に飼育されており、人には慣れた個体である）を30回つかむことを繰り返した。ハムスターをつかむタイミングは被験者に委ねた。

3種類の条件については、Photo 1を参照。

### 3. 記録指標

①行動指標：被験者は実験中、右手にデータ・グローブ（ソリッドレイ研究所製，5DT Data Glove Ultra）

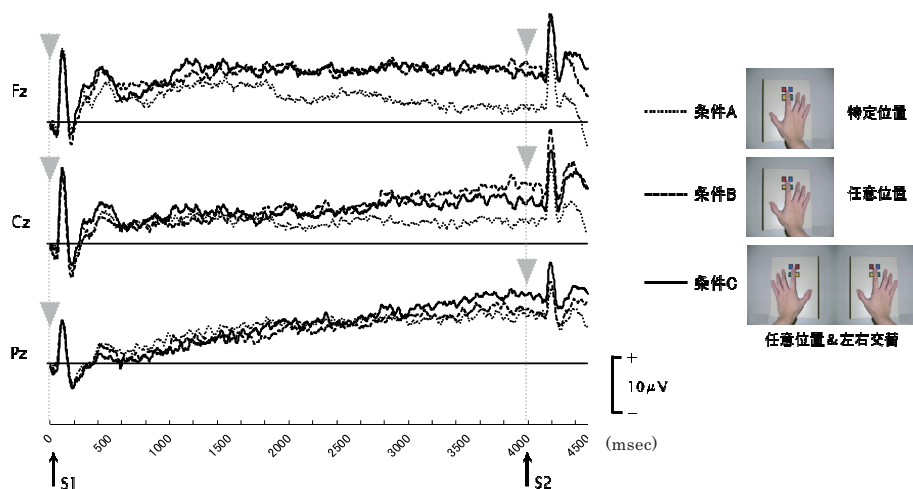


Figure 1. 3種類の反応時間課題で得られたCNV.

S1として1000Hz純音、S2として2000Hz純音を呈示した際のFz（前頭部）、Cz（中心部）、Pz（頭頂部）で記録した脳波の加算平均波形。いずれの条件でもS1呈示1000msecから徐々に陰性方向への変動（CNV）が見られた。また、特定位置のスイッチを押す条件に比べ、任意の位置のスイッチや左右を交替しながら任意のスイッチを押す条件でS2呈示前の変動が大きい（山口，2004を改編）。



Photo 1. 本実験で用いた3種類条件の様子。  
被験者の右手にはデータ・グローブが着けられている。

を装着した。データ・グローブの指部に配された角度センサーにより各指の関節の屈伸と進展を記録した。

②生理指標：国際10/20電極配置法に基づくC<sub>3</sub>（左中心部）、Pz（頭頂部）の脳波を両耳を基準として単極導出し、脳波計（日本光電社製、Neurofax EEG-1524）を用いて増幅後、パーソナルコンピュータ（lenovo社製、B51-80）上で動作する生体信号収録プログラム（キッセイコムテック社製、VitalRecorder2）を用いてサンプリング周波数200Hzでデジタル記録した。時定数は5.0秒、高周波遮断フィルターは60Hzとした。左眼垂直方向の眼球電位を脳波と同時記録した。時定数は1.0秒、高周波フィルターは60Hzとした。心電図も同時記録したが、今回は詳細を省略する。

#### 4. 手続き

本実験は、仁愛大学の心理学実験室内にあるシールドルームで実施した。被験者は電極装着後、シールドへ入室し、利き手にデータ・グローブを着けたうえで、上記の3種類の条件を①、②、③の順で行った。各条件とも30回の掌握動作（1回の掌握動作を1試行とする）を行った。各条件の長さは3分～5分程度とし、条件間に約3分間のインターバルを挿んだ。各条件を実施する間、行動指標と生理指標を連続的に記録した。

#### 5. 分析

各条件において、脳波上に眼球運動の影響が少ない試行を目視で確認、選別し、誘発脳波解析プログラム（キッセイコムテック社製、EPLYZER2）を用いて脳波を加算平均処理した。加算の基準点（0sec）は、データ・グローブにより検出した第二指の屈曲角度が最大値の約半分となった時点とした。加算区間には基準前1500msecから基準後の500msecを用いた。

## 結果

### 1. 指運動と生理指標の記録

Figure 2 に対象無し条件における10秒分の記録例を示した。横軸は時間（sec），その上に各記録指標を示す。今回の実験では、いずれの条件においても、脳波、眼球運動、心電図とデータ・グローブによる指関節の変化が安定して記録された。対象無し条件では、指を深く握りこむため、各指の急速で大きな角度変化が見てとれる。

### 2. 指運動を起点とした脳波の加算波形

Figure 3 に、3条件における人差し指運動の立ち上がり後を基準とした脳波の加算平均波形を示した。横軸は時間（msec）を、その上に左中心部と頭頂部の脳波、ならびに人差し指の運動波形を示す。

対象無し条件では、指の急峻な動きが見られるが、モデル、ハムスター条件では緩やかで小さな動きであった。脳波については、対象無し条件とモデル条件で、

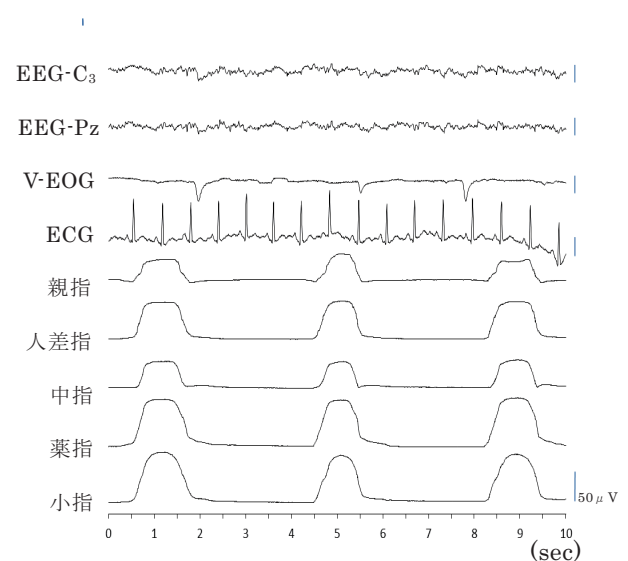


Figure 2. 対象無し条件における記録例

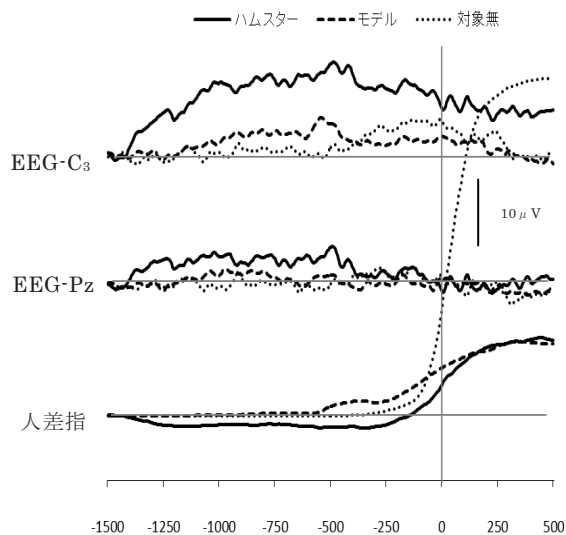


Figure 3. 人差し指運動の立ち上がりを基準(0秒)とした脳波の加算平均波形.

いずれの部位においても、指運動の立ち上がりに向けて緩やかで小さな陰性方向への変動が見られたのに対し、ハムスター条件ではより大きな振幅を示し、特に左中心部(C3)において顕著であった。

## 考 察

本研究では指運動と事象関連電位の定量的な観測により、動物の接触時にみられる運動の特徴を生理心理学的に検討することを目的とした。手指の動きの記録を可能にするデータ・グローブを装着し、対象物の無い単なる掌握動作、小動物のモデルをつかむ動作と実際のハムスターをつかむ動作の中から、人差し指の屈曲をトリガー(基準時点)として、その前後の脳波を加算平均処理し、事象関連電位の抽出を試みた。

その結果、指の動きに関しては、単に掌握動作を行うときは急峻で強い屈曲が起きたのに対して、モデルやハムスターに対しては緩徐で弱い屈曲が生じていた。このことから、目視できる範囲の見かけ上の運動からは区別が付きにくい同ような指の動作でも、データ・グローブを使用することで、指関節の屈曲速度の違いなどに大きな差を認めることができ、指運動の質の違いを定量的に測定可能であることが示唆された。

次に、こうした異なる指運動の前後における脳波の加算平均波形からは、指の屈曲前に緩やかな陰性変動が見られ、特に左中心部で大きな振幅がみられた。同部位は被験者の利き手である右手の運動野ならびに運

動連合野近傍に位置することから、今回得られた運動直前の陰性変動は運動関脳備電位と考えられる。さらに、ハムスターをつかむときに、最も高振幅な変動が認められた。これは、掌握する対象の動きに合わせて指運動に微細な調整を要したことで、運動準備に負荷がかかり、その強さが脳波上に反映されたものと考えられる。指運動の定量的な観測からは、ハムスターとモデルをつかむときでは大きな違いが見られなかったが、脳波上このような差が生じた点は興味深い。

今回、データ・グローブでヒトの実際の指の運動を定量化し、見かけ上同じ運動をした際の頭皮上脳波の違いを検討した結果、つかむ対象によって質の異なる運動が生じ、その違いを量的に表現できること、さらに、そうした運動を実現する大脳皮質運動野近傍における準備の負荷の差を事象関連電位で確認可能であることを示した。本研究では、試行的に1例の被験者を対象にしたが、今後はさらに多くの被験者を対象にデータの蓄積を行い、同様の反応が安定して得られるかを確認する必要がある。その結果得られる知見は、身体の微細の運動のコントロールに問題を持つ事例(たとえば発達障害児)などにおいて、運動を困難にしている生理・心理学的背景やメカニズムの探索やアセスメントへの活用が期待できる。

## 引用文献

水田敏郎・宮地弘一郎・吉田和典・藤澤 清(2005)手指の運動方向の決定過程に関する生理心理学的検討—脳波随伴陰性変動を中心に— 生理心理学と精神生理学, 23(2), 164-164.

山口美佳(2004)自己判断による手指運動前後の生理心理学的検討 2004年度仁愛大学心理学科卒業論文(未刊行)

## 参考文献

入野 宏(2005)心理学のための事象関連電位ガイドブック 北大路書房

河原靖典・西平賀昭・福本寛之・八田有洋・碓井外幸(2014)随意的な筋弛緩動作に先行する運動関連脳電位の変化 臨床神経生理学, 42(1), 1-10.

八木昭宏(1995)随伴陰性電位変動:人の脳における、感覚—運動連合および期待に関係した電気的信号 堀 忠雄・

齊藤 勇（編）脳生理心理学 重要研究集2 情報処理と行動  
誠信書房 pp.62-65.

## 付 記

本研究は仁愛大学共同研究費の助成を受けた。

本研究の一部は第23回日本生理心理学会（2005年）  
において発表した。

本研究は、仁愛大学動物実験委員会の承認を受けた  
（平成27年度，承認番号12）。

