



## ウェアラブル脳波計を用いたコンピュータゲームの没入度 に関連する神経基盤の解明

情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター

研究員 横田 悠右

### 1. はじめに

情報技術の発達とともに、コンピュータゲームは、我々の身近な存在となっている。かつてはコンピュータゲームを遊ぶために、パソコンや専用のゲームハードウェアを必要としていたが、近年は、スマートフォンやタブレット型PCによって手軽にゲームを遊ぶことができる。コンピュータゲームは、ゲームをプレイすること、そのものが楽しいという特性をもっているため、我々は時間を忘れてゲームに熱中することができる。そのため、ゲームを実験課題として考えたとき、ゲームは、実験参加者が自ら進んで、より積極的に実験課題を行ってくれるため、実験参加者のモチベーションを向上させるためのツールとして非常に有用である。ゲームを単なる遊びのツールとしてではなく、教育や訓練といった人材育成のためのツールとして利用することも非常に効果的な応用であろう。

それでは、コンピュータゲームをプレイしているとき、プレイヤーの脳内でどのような処理が行われているのだろうか。この疑問を解決するため、本研究で精度を用いてゲーム中のプレイヤーの脳活動を調査した。脳波はミリ秒オーダーの時間精度で、その活動が変化するため、脳波から詳細な情報を抽出するためには、同様にミリ秒オーダーの精度で、ゲームイベントが発生したタイミングを知る必要がある。しかしながら、市販されているコンシューマゲームでは、いつ、どのようなタイミングでゲームをクリアした、またはミスが発生したか、といったイベント情報を詳細な時間精度で知ることができない。そのため、従来研究では、研究者が自ら開発したクラシック風の簡素なグラフィックゲームを使い、ゲーム内で発生したイベントをログファイルとして出力し、ログを参照することで、詳細な時間精度のイベント情報を手に入れていた。しかしながら、数十年前のクラシックなゲームよりも、ゲームとしての完成度が高い近年のコンシューマゲームを使用した実験のほうが、実験参加者のモチベーションは高くなると考えられる。さらに、一人でプレイするゲームよりも、二人でプレイする対戦型ゲームは、相手に勝ちたいという欲求が高まると考え、実験参加者がゲームに対して強い意欲を示すと考えた。そこで、本研究では、コンシューマゲームを使用した実験におい

ても、ミリ秒オーダーの時間精度でイベントタイミングを取得できるシステムを開発するとともに、ゲームイベントによって発生した脳波成分から実験参加者のモチベーションを推定することを狙った。

### 2. 実験方法

本研究では、コンシューマゲームにおいてイベントが発生したタイミングを詳細な時間精度で知るために、ゲーム機本体からTV画面に出力される映像信号から同期信号を抽出し、同時に同期信号の更新タイミングでTV画面をカメラで動作撮影することで、TV画面で写されたすべての映像を保存した。この方法によって、実験参加者が観測するTV画面、すなわち視覚刺激はすべてカメラで撮影されているため、実験終了後に撮影された映像からイベントが発生した映像フレームを特定することができる。このイベントが発生した映像フレームの時間情報は、同様に、イベントタイミング計測装置にも保存される仕組みになっている。最後に、イベントタイミング計測装置と映像フレーム間で対応するフレームを同定するため、ボタン押しを使ったマニュアルトリ

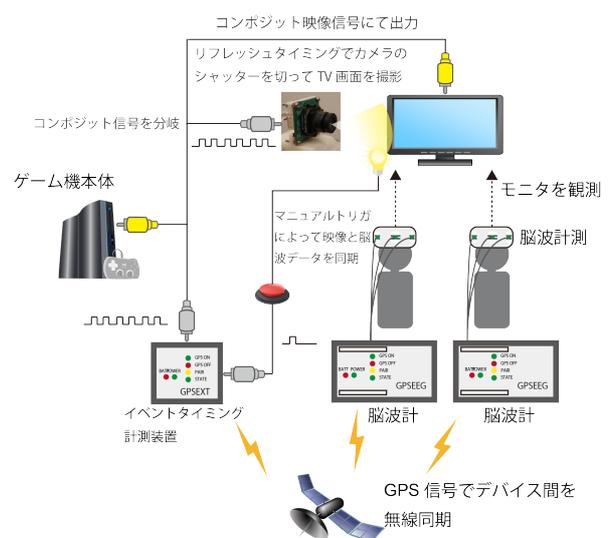


図1：コンシューマゲームからイベントタイミング情報を抽出して脳波解析を可能にするシステム

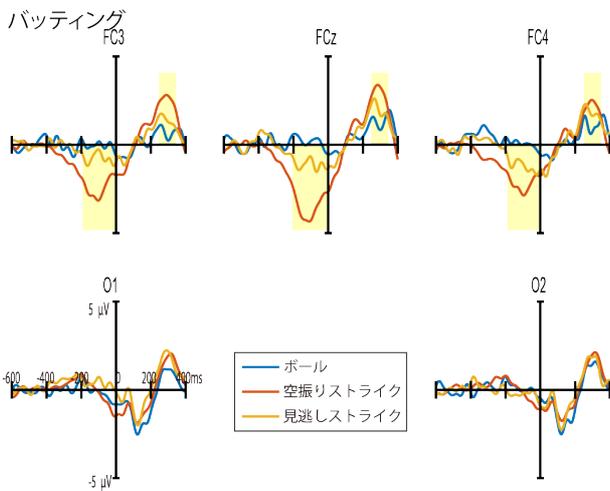


図2：野球コンシューマゲーム中の脳波波形

が使用した。マニュアルトリカは、ボタンを押すとTVのそばに設置したLEDが点灯すると同時に、イベントタイミング発生装置に信号が送られる。そのため、撮影された動画においてLEDが点灯したフレームとイベントタイミング計測装置に送信された信号の立ち上がりを時刻合わせすることで、すべてのゲームイベントのタイミングを知ることができる。イベントタイミング発生装置と実験参加者の脳波計は、GPS信号を用いた無線同期システムによって時刻情報が共有されている。本システムにより、すべての時刻およびイベントタイミング情報が複数のシステム間において共有される。本システム概要図を図1に示す。

本システムを用いて対戦型の野球コンシューマゲームを2人でプレイしたときの脳波を計測した。実験には、19人が参加した。脳波は、GPS信号が受信できるPolymate Mini AP108ベースの脳波器によって計測された。本研究では、バッティング結果が、ボール、空振りストライク、見逃しストライクと判定されたときの脳波成分に着目した。これらのイベントが発生したタイミングは、カメラによって撮影された動画から目視によってすべてのタイミングを特定した。そして、計測した脳波から、これらのイベントが発生したタイミングのデータを切り出した。

### 3. 結果・考察

野球ゲームのバッティング結果におけるボール、空振りストライク、見逃しストライクが発生したときの脳波波形を図2に示す。図2の0msはバッティング判定が目視で判断できるタイミングを示す。前頭ラインであるFCチャンネルにおいて、空振りストライク時において大きな振幅の波形が観測された。特に、空振りストライクと判定できるタイミングより以前に陰性方向に大きな振幅が見られる。この脳波成分は、ヒトがエラーを認識したときに発生するエラー関連陰性電位(Error-related negativity: ERN)

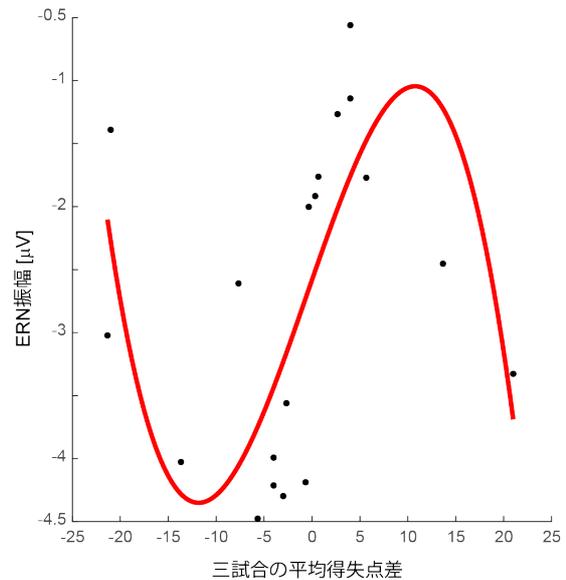


図3：空振りストライク時の脳波は試合展開によって変化する

であると考えられる。このERNは、ボールや見逃しストライクでは発生していないことから、空振りストライクというイベントは野球ゲームにおいてとりわけ大きなエラーとしてプレイヤーが認識していると考えられる。また、このERNが試合展開によって変化するのではないかと考え、3試合における対戦相手の得失点差とプレイヤーのERNの関係を調べた(図3)。その結果、ERNは試合においてわざわざ点数が負けているときに最も大きく表れることが半明した。一方で、試合をリードしているときはERNの陰性電位が抑えられた。しかしながら、この関係性はおよそ10点差内におけるものである、得失点差が10点を超えると、大きく負けていてもERNが増大することはなく、逆に陰性電位が小さくなる結果となった。これは、プレイヤーがゲームに対してモチベーションがなくなり、空振りストライクをエラーとして認識していないと考えられる。この結果から、野球ゲームにおけるプレイヤーのモチベーションがERNという脳波成分から推定できる可能性を示した。

### 4. おわりに

本研究では、野球コンシューマゲームをプレイしているときの脳波を計測し、プレイヤーがゲームに対して抱えているモチベーションをERNから推定できる可能性を示した。今後は、ゲームを連日プレイするなか、ERNを観測する予定である。プレイヤーの上達度や飽き度を推定することで、より面白いゲームを開発するためのツールとしてERNが活用できるのではないかと期待している。