



## 脳・自律神経系活動の複数プレイヤー同時計測による 協調型ゲームの「場」の解析

明治大学 理工学部

専任准教授 嶋田 総太郎

本研究では、協調ゲームを行っているときの複数プレイヤーの脳・自律神経活動を測定し、プレイヤー間で生理活動データがどのように関連しているかを解析する手法を開発する。特に機能的結合解析として、位相同期解析（データ変動の周期が合っているか）を駆使し、協調プレイのどのような局面でどの指標が有効かを検証する。



ゲームプレイ中の脳・自律神経系活動を調べた研究はこれまでもあったが、複数プレイヤーの脳・神経活動を同時に計測した研究はまだほとんど存在しない。複数人の脳神経活動を同時に計測する技術をハイパースキャニングと呼ぶが、ハイパースキャニング研究自体が黎明期にあり、ゲーム科学だけでなく脳科学研究としても本研究のインパクトは大きい。1人でゲームプレイをしているときの脳神経活動計測についてはこれまでも研究が進められており、研究代表者らもいくつかの研究を行ってきた。2人以上での協調ゲーム課題に関しては、囚人のジレンマ課題を模した社会ゲーム遂行時の脳活動計測が行われており、他者の内部状態を推測するときに働く「心の理論」機能に関わる領域が活動することが報告されている。また協調/対戦型ゲームを複数プレイヤーが遂行している場面を観察しているときの脳活動計測についても研究が行われている。しかしながらこれらはあくまで単独の被験者の脳活動であり、技術的な制約のためにゲームプレイ中の複数人の脳神経活動計測については

あまりなされていないのが現状である。

こうした中、2人以上の脳活動を同時に計測（ハイパースキャニング）する研究が散見されるようになってきた（Dumas et al., 2010 など）。これらは胡蝶波計（EEG）などを用いて、相互作用している2人の脳活動を同時に計測し、被験者間のデータの結合関係を調べる試みを行っている。本研究で取り上げる位相同期解析を用いて解析をしている研究もあるが、相互作用のどのような局面でどの指標が有意に観測されるのかもこについてはまだ十分なデータが揃っておらず、不明な点も多い。さらに自律神経系の活動を含めた機能的結合関係を調べたハイパースキャニング研究はほとんどなく、その研究意義は大きい。

### 1. 協調ゲーム課題中の心拍変動の日米間文化差

日本人被験者10名、アメリカ人被験者8名が実験に参加し、テトリスの協調プレイを行っているときの心拍データおよび映像データ、さらにそのときの感情状態を調べるアンケート（PANAS）データを取得した。

心拍変動（HRV）は、瞬時心拍数の変動を計算したものであり、自律神経系の活動を反映する。自律神経系は精神的興奮やストレスと関わる交感神経系と精神的落ち着きを反映する副交感神経系に分かれるが、HRVの周波数領域データから算出されるLF/HF成分は交感神経系、HF成分は副交感神経系を反映することが知られている。このデータを日米比較したところ、日本人では一人プレイに比べて協調プレイのときにLF/HF成分が有意に大きくなるが、アメリカ人ではそのような違いが現れないという結果が得られた（図2）。

同様にアンケートデータでも、日本人は一人プレイのときに協調プレイよりもポジティブな感情を強く持つことが示されたが、アメリカ人ではそのような傾向は見られなかった。日本人は協調プレイ時に精神的興奮ないしストレスを感じるのに対し、アメリカ人はそれほどでもないという文化差の違いが現れた興味深い結果といえる。

なお、この結果は、国際論文誌 *Social Behavior and Personality* 誌に掲載が決定している（業績1）。

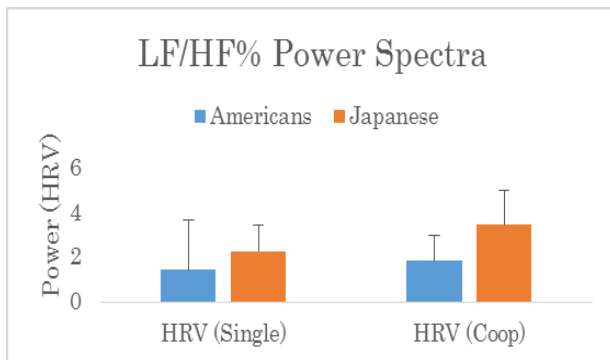


図2 心拍変動の日米間文化差

## 2. 心拍変動の2人間同期現象の解析

続く実験では、16組（日本人男性18人、重複あり）の被験者に参加してもらった。ここでは一人プレイ（1分）、休憩（1分）、二人協調プレイ（1分）、休憩（1分）を1セットとし、これを6セット行ってもらった。1人プレイ時とは2人のプレイヤーは独立に、しかし同時にプレイしてもらった。アンケートデータより、1人プレイよりも2人プレイのときのほうが、ネガティブな感情が強くなることがわかった。さらにこのときの心拍変動データ（LF/HF）を調べたところ、やはり2人プレイの時に強くなっていることがわかった。これは交感神経系が2人プレイ時に強く活動していることを示している。

一方で、2者間の心拍変動の位相同期解析（PSI）を行ったところ、HF、LF成分ともに1人プレイよりも2人プレイで結合が強くなっていることがわかった（ $P < 0.05$ 、図3）。このことは2人で協調プレイを行うことで、心拍成分の同期現象が生じていることを示している。

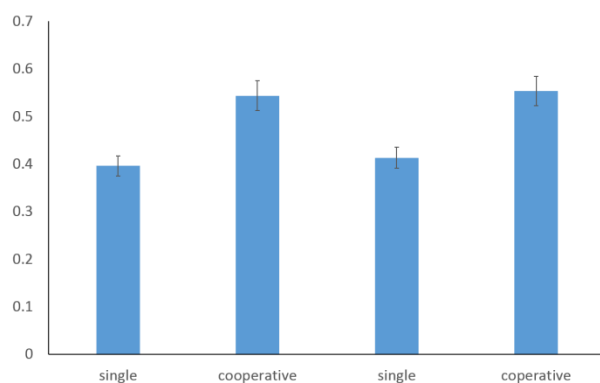


図3 各条件における位相同期（PSI）の強さ

これをさらに詳しく解析するために、2人の操作するブロック同士が衝突する場面（図4）の心拍変動データを各被験者ペアから抽出した。これは協調プレイがうまく行かなかった瞬間に相当する。このときのPSIを解析した結果、衝突後3-11秒にかけて位相同期が大きく崩れることが明らかになった（図5）。このことからPSIは協調

作業をしている2人の結合状態を反映しており、協調作業の乱れによって低下することが示唆された（業績2）。



図4 ブロックの衝突の様子

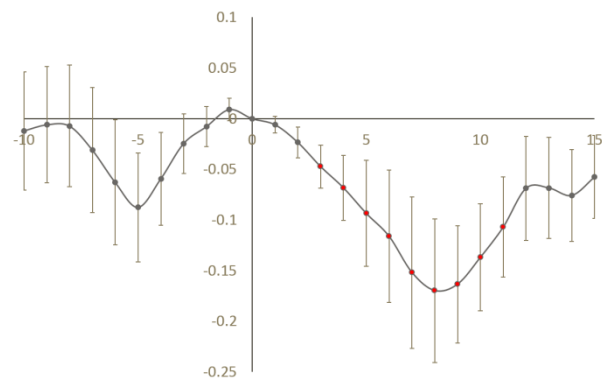


図5 ブロック衝突時のPSIの変化

本研究では、副交感神経系・自律神経系の2者同時活動計測を行い、それらの関係性を解析する手法を開発した。今回は主として自律神経系（心拍）の活動を指標として検討したが、相互作用のより定量的な解析が行えることを示せた。協調型ゲームの「場」の特徴を科学的に捉えるようになることで、新たな協調型ゲームの開発へとつながるだけでなく、オンラインネットゲームやオフィス環境等での協調作業の分析など、幅広い社会科学、情報科学分野への応用が期待できる。

## 研究業績

1. Noah JA, Ono Y, Shimada S, Tachibana A, Bronner S. (accepted) Changes in sympathetic tone during cooperative game play. *Social Behavior and Personality*.
2. Shimada S, Sakano S, Ono Y. (2015) Inter-subject phase synchronization of heart rate variability during cooperative video game playing. The 2015 Meeting of the Social and Affective Neuroscience Society. Boston.