

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：82636

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03282

研究課題名（和文）ワイヤレス時刻同期脳波計の開発と多人数同時脳波計測による共感に関する研究

研究課題名（英文）Development of wireless time-synchronized EEG device and research on empathy by simultaneous EEG measurement by multiple people

研究代表者

成瀬 康（Naruse, Yasushi）

国立研究開発法人情報通信研究機構・未来ICT研究所脳情報通信融合研究センター・室長

研究者番号：00455453

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,500,000円

研究成果の概要（和文）：時刻配信同期応答システムを搭載のBluetoothモジュールを研究代表者らがこれまでに開発したウェアラブル脳波計に搭載することに成功し、ワイヤレス時刻同期ウェアラブル脳波計の開発に成功した。また、このワイヤレス時刻同期ウェアラブル脳波計を用いて、映画を視聴中の脳波を同時に複数人計測するという実験を行った。その結果、同じ映画を見たときに、同じような気分や感想を持った人は、脳波の同期度が高く、異なる気分になったり、異なる感想を持ったりした人は脳波の同期度が低いということが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

同じ動画を見ることで、同じような気分になったり、同じような感想を持ったりすることは共感につながる重要なファクターであると考えられる。それ故、本研究により開発することに成功したワイヤレス時刻同期ウェアラブル脳波計を用いて、複数人の脳波を計測し、そのときの脳波の同期度を解析することで共感度に関する評価をすることができる可能性が示唆された。また、ワイヤレス時刻同期ウェアラブル脳波計は、マイクロ秒のオーダーで複数人の脳波をワイヤレスで同期することができることから、実環境下における脳波計測に有用なデバイスであり、実環境における脳波計測研究を加速できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：We succeeded in installing a Bluetooth module equipped with a time synchronization system in the wearable EEG device developed by the principal investigators, and therefore, succeeded in developing a wireless time synchronization wearable EEG system. Using this wireless time-synchronized wearable EEG system, we conducted an experiment to measure EEG of multiple people watching a movie at the same time. As a result, people who have similar moods and impressions when watching the same movie have high EEG synchronization, and people who have different moods or different impressions have low EEG synchronization.

研究分野：実環境下における脳機能計測とその応用

キーワード：脳波 時刻同期 共感

1. 研究開始当初の背景

人はなぜ、家族や恋人、友人らと映画やスポーツ観戦に行くのだろうか。それは、映画やスポーツ観戦を通して、お互い、共感するためであろう。また、重要な問題が起こった場合は、多くの人が集まって議論するのはなぜだろうか。それは、多くの人が、その重要な問題に対して意見を出し合い、議論を通して、お互いの意見に共感し、困難を解決する新しいアイデアを創発するためであろう。このように人と人の共感とはヒューマン・ヒューマンインタラクションにおいて、非常に重要なファクターであるといえる。

共感に関する脳活動計測を行った研究では二人でコミュニケーションを行っているとき、この二人の間で脳波が同期することが報告されている(Dumas Plos One 2012, Kawasaki Sci Rep. 2013, Koike Neuroscience Research 2015)。また、同じ動画を複数人が視聴した場合、多くの人が興味を示すシーンでは脳波が実験参加者間で同期するということが報告されている(Dmochowski, Nature Communications, 2014)。もちろん、テレパシーのように脳波が直接、実験参加者間で同期するわけでは無く、音声コミュニケーションであれば、会話の音、動画であれば、視覚情報や聴覚情報などを通して変調された脳波が同期したと考えられる。これらの研究は、コミュニケーション時や動画の視聴などにおいて、人がどのようなところに興味を持ち、注意を払い、共感するかということを知るための重要な知見をもたらしている。しかし、これらの研究の問題点もいくつかある。利用している脳波計が大きいためコミュニケーション時にも身動きできないという問題点もあるが、最大の問題点は、コミュニケーションを行う場合の人数は基本的に二人である点である。動画視聴に関しては、一人ずつ計測を行い、オフライン解析にて脳波の同期解析を行っていた。また、他のオンラインで脳活動を同時に計測する人数は最大二人であった。

このような問題点の最大の原因は、脳波計測装置自体にある。既存の脳波計で複数人の脳活動を同時計測(ハイパースキャニング)しようとした場合、同期信号を有線で送受信する必要がある。なぜならば、脳波の時間分解能はミリ秒のオーダーであるため、複数人で同時計測を行うには、脳波計間で時刻をマイクロ秒以上の精度で同期させなければ、脳波の同期解析が不可能であるからである。既存の技術では、このような高精度な同期信号は有線接続で送受信する必要がある。そして、多くの脳波計には、この同期信号を送受信するポートが付属されていないため、そもそも、ハイパースキャニングは不可能である。また、このポートが付属されている脳波計であっても、このポートは一つしかないため、基本的に、脳波計二台しか同期することが出来ない。その結果、二人分のハイパースキャニングしか出来ない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、3人以上の複数人の脳活動を同時計測可能な無線同期ウェアラブル脳波計を開発し、複数人が実環境に近い形でコミュニケーションをしているときの「共感」に関する研究を行うことである。本研究では、まず、ワイヤレスでありながら、理論上、100台以上とマイクロ秒以上の精度で同期が可能な時刻同期 Bluetooth モジュールを脳波計に実装し、ワイヤレス時刻同期ウェアラブル脳波計を開発する。そして、これを用いて共感が生み出されるような動画視聴中に、5以上の脳波の同時の脳活動計測を行い、これまで誰も計測したことがない共感に関する脳活動データを取得し、解析する。

3. 研究の方法

(1)ワイヤレス時刻同期ウェアラブル脳波計の開発

研究協力者がこれまでに開発した、時刻配信同期応答システムを搭載の Bluetooth モジュールを研究代表者らがこれまでに開発したウェアラブル脳波計に搭載した。時刻配信同期応答システムとは、Master から時刻を配信し、Slave 側でその時刻に同期できたかどうかの応答を返すことで、マイクロ秒以上の同期を実現する新しい無線のプロトコルを内蔵したシステムである。本研究開始前に研究協力者はこの時刻配信同期応答システムを搭載した Bluetooth モジュールの開発に成功していた。このシステムにより、Master となるパソコンの時刻と Slave となる Bluetooth モジュールの時刻を同期することができる。この Bluetooth モジュールを搭載したウェアラブル脳波計の開発を行った。

(2) 共感に関する脳活動データを取得および解析

映画を視聴中の脳波を同時に複数人計測するという実験を行った。映画は16種類の映画であり、参加人数は4~7名であり、のべ、101名からの脳波を計測した。この映画の視聴前後で POMS2 と呼ばれる気分に関するアンケートおよび、視聴後に映画に対するアンケートを取得した。そして、同時に視聴している人たちの間で脳波の同期度として、相関係数を求め、この相関係数と POMS2 による気分の変化、および、映画に対するアンケートの各項目との関係について調べた。

4. 研究成果

(1) ワイヤレス時刻同期ウェアラブル脳波計の開発

時刻配信同期応答システムを搭載の Bluetooth モジュールを研究代表者らがこれまでに開発したウェアラブル脳波計に搭載することに成功し、ワイヤレス時刻同期ウェアラブル脳波計の開発に成功した(図 1)。脳波計側には、slave となる Bluetooth モジュールが実装され、これが Master となる PC の時刻と同期しており、この同期した時刻のタイムスタンプを各サンプリングポイントに押すことで、このタイムスタンプを利用して複数の脳波計の間でデータをマッチングすることが可能となった。すなわち、無線にもかかわらず、マイクロ秒以上の精度で脳波計間での脳波データの同期が可能となったということである。そして、このシステムは、理論上、100 台上の Slave を Master の時刻と同期可能であることから、将来、100 人規模の脳波同時計測実験も可能となるというポテンシャルも持っている。



図 1 開発に成功したワイヤレス時刻同期ウェアラブル脳波計

本ワイヤレス時刻同期ウェアラブル脳波計の実証実験として、まずは、ヴァーチャルリアリティ (VR) 中のイベントと VR を行っている人の脳波をワイヤレスで同期し、事象関連電位が抽出できるか否かを調べたところ、VR イベントに対応した事象関連電位を抽出することに成功した。

(2) 共感に関する脳活動データを取得および解析

脳波の同期度と気分の変化との関係をスピアマンの相関係数を用いて調べた結果を表 1 に示す。表 1 の右側はこの相関係数において有意となった項目であり、POM2 で得られる様々な項目と相関が得られた。また、脳波の同期度とアンケート結果との関係をスピアマンの相関係数を用いて調べた結果を表 2 に示す。こちらも POM2 よりも項目は少なくはなっているが有意な相関が得られた。これらの結果は、同じ映画を見たときに、同じような気分や感想を持った人は、脳波の同期度が高く、異なる気分になったり、異なる感想を持ったりした人は脳波の同期度が低いということを示している。

同じ動画を見ることで、同じような気分になったり、同じような感想を持ったりすることは共感につながる重要なファクターであると考えられる。それ故、本研究により開発することに成功したワイヤレス時刻同期ウェアラブル脳波計を用いて、複数人の脳波を計測し、そのときの脳波の同期度を解析することで共感度に関する評価をすることができる可能性が示唆された。

No. ch	band	p < .05の列数 データ数	スピアマンの相関係数							相関係数のp値								
			AH: 怒り-敵意	CB: 混乱-当惑	DD: 抑うつ-落ち込み	FI: 疲労-無気力	TA: 緊張-不安	VA: 活気-活力	F: 友好	TMD: ネガティブな気分 状態を総合的に表す	AH: 怒り-敵意	CB: 混乱-当惑	DD: 抑うつ-落ち込み	FI: 疲労-無気力	TA: 緊張-不安	VA: 活気-活力	F: 友好	TMD: ネガティブな気分 状態を総合的に表す
1	Fz all(1-30Hz)	188 4	0.126	0.118	0.164	0.075	0.125	0.065	0.043	0.175	0.042	0.053	0.012	0.154	0.044	0.187	0.280	0.008
2	Fz delta(1-4Hz)	188 4	0.128	0.103	0.141	0.054	0.127	0.082	0.063	0.155	0.040	0.081	0.027	0.233	0.042	0.133	0.195	0.017
3	Fz theta(4-8Hz)	188 5	0.125	0.134	0.155	0.121	0.092	-0.042	0.017	0.153	0.044	0.034	0.017	0.048	0.104	0.717	0.409	0.018
4	Fz alpha(8-12Hz)	188 5	0.157	0.179	0.164	0.114	0.201	0.095	-0.059	0.268	0.016	0.007	0.012	0.060	0.003	0.096	0.791	0.000
5	Fz beta(12-30Hz)	188 0	0.041	0.018	-0.004	0.035	0.115	-0.034	0.022	0.026	0.287	0.404	0.522	0.319	0.057	0.677	0.382	0.362
6	Oz all(1-30Hz)	159 3	0.059	0.254	0.070	0.246	-0.152	0.040	0.018	0.227	0.231	0.001	0.190	0.001	0.972	0.307	0.409	0.002
7	Oz delta(1-4Hz)	159 3	0.045	0.255	0.067	0.232	-0.088	0.031	-0.010	0.218	0.285	0.001	0.200	0.002	0.866	0.348	0.550	0.003
8	Oz theta(4-8Hz)	159 1	-0.037	0.058	-0.090	0.193	-0.155	0.073	0.067	0.087	0.677	0.235	0.871	0.007	0.975	0.181	0.202	0.138
9	Oz alpha(8-12Hz)	159 1	0.002	-0.102	-0.018	0.132	-0.056	0.097	-0.035	0.011	0.488	0.899	0.587	0.048	0.759	0.111	0.667	0.447
10	Oz beta(12-30Hz)	159 3	-0.052	0.150	-0.041	0.200	0.036	0.018	0.073	0.139	0.741	0.029	0.697	0.006	0.328	0.410	0.179	0.040

表 1 脳波の同期度と気分の変化との間のスピアマンの相関係数

No. ch	band	p < .05の列数 データ数	スピアマンの相関係数							相関係数のp値						
			Q2 興味度	Q3 同シヤンプルの視聴経験	Q4 快・不快の度合い	Q5 覚醒度合	Q6 面白さ	Q7 満足度	Q8 理解度	Q2 興味度	Q3 同シヤンプルの視聴経験	Q4 快・不快の度合い	Q5 覚醒度合	Q6 面白さ	Q7 満足度	Q8 理解度
1	Fz all(1-30Hz)	188 1	0.056	0.066	-0.068	0.033	0.133	0.071	0.026	0.223	0.185	0.822	0.328	0.034	0.166	0.362
2	Fz delta(1-4Hz)	188 0	0.083	0.059	-0.106	0.018	0.101	0.046	0.013	0.128	0.210	0.927	0.402	0.083	0.264	0.429
3	Fz theta(4-8Hz)	188 1	0.030	0.021	0.006	0.055	0.138	0.071	0.079	0.341	0.386	0.466	0.225	0.030	0.167	0.141
4	Fz alpha(8-12Hz)	188 0	-0.028	-0.065	-0.024	-0.050	-0.018	-0.032	-0.056	0.648	0.811	0.627	0.752	0.595	0.668	0.776
5	Fz beta(12-30Hz)	188 0	-0.128	-0.029	0.054	0.034	0.035	-0.058	0.062	0.960	0.654	0.232	0.323	0.316	0.787	0.198
6	Oz all(1-30Hz)	159 3	-0.019	-0.047	0.182	0.178	0.148	0.100	-0.041	0.593	0.722	0.011	0.012	0.031	0.105	0.694
7	Oz delta(1-4Hz)	159 1	-0.004	-0.137	0.154	0.108	0.104	0.061	-0.092	0.520	0.958	0.026	0.088	0.097	0.222	0.876
8	Oz theta(4-8Hz)	159 3	-0.036	0.031	0.143	0.281	0.146	0.109	0.072	0.675	0.349	0.036	0.000	0.033	0.085	0.183
9	Oz alpha(8-12Hz)	159 1	-0.061	0.085	0.104	0.056	0.057	0.087	0.185	0.779	0.142	0.097	0.244	0.238	0.137	0.010
10	Oz beta(12-30Hz)	159 1	-0.121	-0.067	0.003	0.194	0.104	-0.038	0.053	0.935	0.801	0.483	0.007	0.096	0.683	0.255

表 2 脳波の同期度とアンケート結果との間のスピアマンの相関係数

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yokota Yusuke, Naruse Yasushi	4. 巻 15
2. 論文標題 Temporal Fluctuation of Mood in Gaming Task Modulates Feedback Negativity: EEG Study With Virtual Reality	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fnhum.2021.536288	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 横田悠右, 成瀬康
2. 発表標題 社会的状況におけるポジティブ/ネガティブフィードバックの主観的・客観的確率がフィードバック関連電位に与える影響
3. 学会等名 第44回日本神経科学大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusuke Yokota, Yasushi Naruse
2. 発表標題 Modulation of Feedback Negativity Caused by Events in Virtual Reality Shooting Game
3. 学会等名 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横田 悠右, 成瀬 康
2. 発表標題 線形混合効果モデルを使用したVRシューティングゲームにおける事象関連電位の解析
3. 学会等名 ヒューマンインタフェース2019
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 共感度測定方法	発明者 成瀬康, 中島加恵	権利者 国立研究開発法人 情報通信研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-058942	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	志賀 信泰 (Shiga Nobuyasu) (50536050)	国立研究開発法人情報通信研究機構・電磁波研究所電磁波標準研究センター 時空標準研究室・主任研究員 (82636)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------