

マルチモーダル生体信号解析によるパーソナルな写真に対する興味と記憶の強さの推定

Estimate of the strength of interest and memory while viewing personal photos by multi-modal biometric signal analysis

速水 慎太郎[†], 森田純哉^{††}, 平山高嗣[†], 間瀬健二[†], 山田和範^{†††}

Shintarou Hayamizu, Junya Morita, Takatsugu Hirayama, Mase Kenji, Kazunori Yamada

[†] 名古屋大学大学院情報科学研究科, ^{††} 名古屋大学未来社会創造機構, ^{†††} パナソニック株式会社

Graduate School of Information Science Nagoya University, Institute of Innovation for Future Society,
Panasonic Corp.

hayamizu@cmc.ss.is.nagoya-u.ac.jp

Abstract

As an approach to achieve health and longevity lives, it is effective to feel nostalgia. In order to feel nostalgia, it is important to estimate cognitive and emotional faculties based on casual bio-sensing technology. To exclude noises/artifacts added to casually recorded bio-signals, multi-modal-bio-sensing is required because multi sensors capture head movement, eye movement, and so on. We simultaneously recorded electroencephalograph (EEG), eye tracker, and gyro sensors in an experiment where participants freely viewed photographs shot at their private event. In the analysis, we tried to remove artifacts in EEG using data recorded by gyro-sensors and eye tracker, and we also examined correlations between artifact-free EEG power spectral and subjective ratings about the photographs.

Keywords — EEG, picture, memory

1. はじめに

近年、健康に対する需要が増加しており、ウェアラブル機器を用いた運動の管理や体調のモニタリングなどに焦点が当たっている。しかし、健康になるためのケアを行う際に、体力などの身体機能の維持や向上をサポートするだけでは不十分であり、運動を行いたいという意思や外出したいという意欲といった心理的側面についても考えていく必要がある。そこで、本研究では健康需要へのアプローチとして、心理的な健康に焦点を当てる。既存の心理面への援助法の一つとして回想法が存在する。これは高齢者や認知症の患者が過去の出来事の写真を見ることが、自らの過去の振り返りや人生の見つめ直しを行い、活動意欲の向上や

情動機能の回復などを図るものである [1]。本研究では回想法の活動意欲を向上させる部分に着目し、閲覧者の過去の出来事を写した写真を自動提示するアプリケーションの開発を最終的な目的としている。以後、閲覧者が私生活などの過去の出来事を写した写真のことをパーソナル写真と表記する。このアプリの実現により自動的な回想法を実現し、心理的健康を促進させる。特に、昔の出来事の写真を見せ、なつかしさを感じさせることが心理的な健康促進に繋がると考えている。なつかしさには心理的健康が回復しやすくなる効果が確認されており、特に重要な要素と考えられる [2]。また、なつかしさは未来の出来事を想像する機能に寄与する可能性が示唆されており、この点からもなつかしさを感じさせることが重要であると言える [3]。

ここで、写真閲覧からなつかしさを感じさせるためにはどうすればいいのかという疑問が起こる。なつかしさの要因はまだ断定されておらず、明確に定めるのは難しい。しかし、なつかしさを感じた時には、エピソード記憶と呼ばれる自らの体験に基づく記憶の想起が多く伴うことが挙げられており、また、なつかしさのきっかけを感情が与えるという実験結果もある [3]。そこで、本研究ではパーソナルな写真閲覧時の興味と写真に対する記憶の強さを把握することを目的とし、脳波の取得を行う。

本研究は、マルチモーダルな生体信号を組み合わせ、自由度の高い手軽な写真閲覧条件における興味や記憶の強さの分析を行う。ここで、手軽なセンシングを行う理由、マルチモーダルな生体信号の解析を行う理由を説明する。我々は写真自動提示アプリケーションの開発を目的としており、最終的に、だれでも手軽に使えるアプリケーションの構築を目標としている。手軽

なシステムの利用を達成するためには、実験室において行われるような拘束的な条件での計測ではなく、簡便で自由度の高い状況での生体信号計測を実現する必要がある。

しかし、簡易的条件下でセンシングを行う場合、ノイズが混入しやすいという問題が存在する。例えば、脳波計測において、頭部の運動や眼球運動によるノイズが知られている。厳密な環境における計測では、こういったノイズができるだけ発生しないよう、実験参加者に対して、身体的拘束を強いる。それに対して、本研究では、マルチモーダルな生体信号を組み合わせることで、身体的拘束の少ない状況で計測された脳波のノイズ除去を試行する。つまり、頭部の運動や眼球運動を別のセンサーで計測することで、脳波のノイズを除去することを試みる。

また、本研究の目的は先述したように写真に対する興味と記憶の強さの推定である。そこで、本研究では、ノイズの除去された脳波と興味や記憶との関係性について分析を実施し、興味や記憶の強さにつながる要素についての検討を行なった。ノイズ除去を行うことで、より興味や記憶の強さを推定するのに有用な信号を得ることが期待できる。

2. 実験

2.1 実験目的

本実験では、簡易的な条件下における写真閲覧時の生体情報の取得、および興味と記憶の強さの測定を目的としている。簡易的な条件下であるため、取得した生体情報、特に脳波にノイズが混入することが考えられる。そこで、マルチモーダルセンサーにより取得した脳波からノイズ除去を行い、その後、パーソナルな写真を閲覧した際の写真閲覧実験を行い、写真に対する興味、記憶の強さの測定を行う。

2.2 実験参加者と提示刺激

3人に対して実験を実施した（男性3人、22-23歳）。提示刺激は実験参加者が同行した旅行の写真を使用した。使用した写真は複数年の旅行の写真であり（時期：1年半前-半年前）、旅行の参加者が撮影した。その写真の一部には今回の実験参加者が撮影した写真も含まれた。また、写真はグレースケールで提示された。

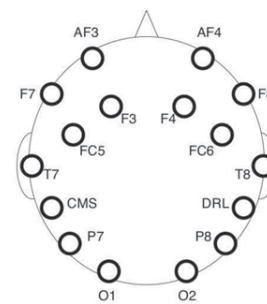


図1 EPOCの電極配置

2.3 機材

本研究では写真閲覧中に生体情報を取得するセンサーとして脳波計測器と視線計測器を使用している。脳波計測器として、Emotiv社製の「EPOC」を使用し、視線計測器にはThe Eye Tribe社製の「TheEyeTribeTracker」を使用した。これらのセンサーは、比較的安価なデバイスであり、手軽に使用できる。従って、これらのセンサの利用は、先述した簡易的な条件下での測定に適したデバイスである。EPOCは14チャンネルの脳波計測器で、電極配置は国際10-20法に基づいた図1の配置であり、サンプリング周波数は128Hzである。また、EPOCには角速度センサーが内蔵されており、2軸の角速度も取得することができる。こちらもサンプリング周波数は128Hzである。また、TheEyeTribeTrackerのサンプリング周波数は60Hzであり、計測精度は1°である。写真提示を行ったディスプレイはノートPC¹のディスプレイを使用した。大きさは1920×1080の15.6型である。また、実験参加者とディスプレイの距離を600mmとした。

2.4 実験手続き

実験参加者が同行した旅行の写真296枚の中から120枚をランダムに表示した。写真の提示時間は4秒間となっており、写真提示前の3秒間画面中央に注視点を表示し、そこを注視しておくよう指示を出した。1枚の写真が提示された後に評定を問う質問が画面に表示され、参加者は写真に対する主観評定値をキー入力した。質問は以下の3つであり、主観評定値は7段階で点数付けを行った。

1. 興味の強さ

1:弱い- 7:強い

¹ツクモオリジナル N1541J-720/, CPU: Intel Core i7-4712MQ, DRAM: 16GB, OS: Windows 8.1

2. 写真をいつの出来事か覚えているか
 - 1:記憶に無い - 7:よく覚えている
3. 写真はどこで撮ったか覚えているか
 - 1:記憶に無い - 7:よく覚えている

それぞれの質問項目は興味や記憶に関連していると仮定して設定した。特に記憶に関してはエピソード記憶との関連を想定している。エピソード記憶では「いつ」、「どこ」で体験した出来事なのかを覚えているかが重要であり、質問項目 2,3 ではこれらに関する質問を設定した。

3. 分析

3.1 マルチモーダルセンサーによる脳波のアーチファクト除去

脳波の電位は非常に小さな値であることから、体動や眼球運動などの神経活動以外のアーチファクトが混入しやすい。これにより、脳波の解釈に支障をきたすことや興味や記憶の強さを測る信号を得られないことも考えられる。そこで、脳波計で取得可能な電位以外のデータを利用することで、アーチファクトの除去を試行した。

本研究では、EPOC を用いて頭皮電位、頭部角速度を取得した。また、TheEyeTribeTracker を用いて視線も取得した。そこで、加速度センサーと脳波電位の相関を計算し、体動アーチファクトを除去する手法が存在する [4]。この手法を参考に EPOC の電位から体動アーチファクトの除去を試みた。また、視線と脳波電位の相関を計算することで眼球運動アーチファクトを除去できるか検討した。視線のデータを頭皮電位と同じく 128Hz にアップサンプリングした。まず、最初に 4 次バターワースバンドパスフィルタ (0.5-50Hz) を適用した。次に、頭皮電位に対し、独立成分分析を実行し、独立成分に分解する。独立成分分析には FastICA を利用した [5]。分解された全ての独立成分と頭部角速度、視線の変化量を求め、それぞれの相関係数を算出する。変化量は次の式で求めている。

$$\Delta s = |s(t+1) - s(t)|$$

t は時刻、 $s(t)$ は t 時点での各センサーの値である。頭部角速度の X 軸、Y 軸、視線の x 座標、y 座標の変化量と独立成分の変化量との相関係数がともに 0.5 を超えていた場合、その独立成分を除去した。その後、脳波への復元を行なった。

3.2 興味および記憶の強さの分析

本研究の目的は写真閲覧時の閲覧者の興味・記憶の強さを生体情報から推定することである。そこで、興味や記憶に関連する主観評価値と脳波特徴量との相関を計算し、興味および記憶の強さと脳波との関係の強さを調べた。脳波特徴量として、写真閲覧中の各チャンネルにおける脳波のパワースペクトルを計算した。周波数帯域を 5 つ設定し、 δ 波 (1-3Hz)、 θ 波 (4-7Hz)、 α 波 (8-13Hz)、 β 波 (14-30Hz)、 γ 波 (31-50Hz) とした。パワースペクトルについて、写真閲覧時の時間変化を検討するために、1 秒間のハミング窓を用いて時空間にオーバーラップなしの STFT で計算した。1 枚の写真閲覧中の提示時間は 4 秒であるので、ハミング窓で切り出される区間は 4 つである。また、写真閲覧実験では 120 枚の写真の閲覧を行うため、時間経過によるパワースペクトルの減衰の影響が考えられる。そして、最後に写真閲覧直前の 1 秒間の区間から脳波特徴量を計算し、写真閲覧中の各区間の脳波特徴量から差し引くことで減衰の影響を減らす。

記憶の強さについては主観評定値の質問 2,3 の平均を用いている。

4. 結果

4.1 角速度センサーによる体動アーチファクト除去の結果

電位の変化量と角速度の変化量の相関係数について、除去前と除去後で計算すると表 1 の値となった。

アーチファクト除去前に比べて角速度センサーの情報を用いることで、相関係数の値は小さくなっているのが確認でき、体動によるアーチファクトの影響を小さくできたと考えることができる。ここで、体動アーチファクト除去前と除去後での実験参加者 1 の 1 試行分の脳波の例を図 2 に示す。体動の影響により、図 2 の赤線で脳波に大幅な変化が見られたのだが、体動アーチファクトを除去したことで、図 2 の青線では大幅な変化が消えているのが確認できる。

4.2 視線計測による眼球運動アーチファクト除去の結果

今回、実験参加者 2 に関しては視線計測に不備が生じ、視線データの記録ができていないので除外した。相関分析を行った結果は表 2 である。この結果として、アーチファクト除去前の脳波と視線の x, y 座標の変化量の相関係数はすべて 0.1 以下と非常に小さく、同様

表 1 体動アーチファクト除去前と除去後の相関係数

	subject1				subject2				subject3			
	GyroX		GyroY		GyroX		GyroY		GyroX		GyroY	
	before	after	before	after	before	after	before	after	before	after	before	after
AF3	0.75	0.32	0.54	0.23	0.24	0.08	0.21	0.09	0.65	0.28	0.63	0.27
F7	0.70	0.30	0.67	0.29	0.22	0.08	0.20	0.09	0.69	0.30	0.67	0.29
F3	0.68	0.29	0.73	0.32	0.33	0.12	0.18	0.08	0.58	0.25	0.64	0.27
FC5	0.77	0.34	0.78	0.34	0.32	0.12	0.32	0.13	0.66	0.27	0.68	0.28
T7	0.70	0.30	0.61	0.26	0.19	0.07	0.11	0.06	0.64	0.27	0.69	0.29
P7	0.77	0.33	0.74	0.32	0.27	0.10	0.23	0.10	0.63	0.28	0.64	0.28
O1	0.77	0.34	0.69	0.30	0.44	0.16	0.32	0.13	0.68	0.29	0.65	0.28
O2	0.84	0.36	0.75	0.33	0.44	0.17	0.42	0.17	0.73	0.32	0.71	0.31
P8	0.77	0.33	0.67	0.29	0.24	0.09	0.16	0.06	0.64	0.28	0.56	0.25
T8	0.66	0.28	0.56	0.24	0.23	0.08	0.12	0.06	0.63	0.26	0.68	0.29
FC6	0.64	0.28	0.59	0.26	0.30	0.11	0.19	0.08	0.72	0.30	0.72	0.30
F4	0.80	0.34	0.62	0.27	0.22	0.08	0.20	0.09	0.67	0.30	0.73	0.33
F8	0.73	0.31	0.54	0.23	0.22	0.08	0.15	0.06	0.73	0.31	0.65	0.28
AF4	0.67	0.29	0.69	0.30	0.35	0.13	0.22	0.09	0.61	0.26	0.55	0.24

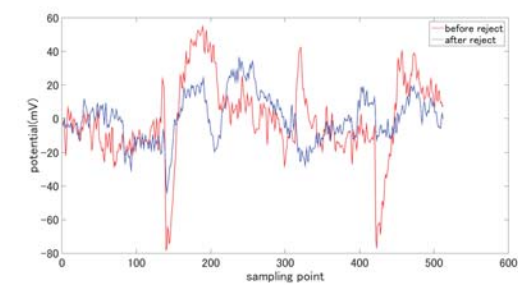


図 2 体動アーチファクト除去前の脳波 (赤線) と体動アーチファクト除去後の脳波 (青線)

の手法ではアーチファクトの除去を行うことが出来なかった．この原因として，視線の移動量を利用した分析では，サッケードや瞬きなどのノイズの混入しやすい状態について考慮した分析を行っていないことが考えられ，今後より詳細なノイズ除去について検討していく必要がある．

4.3 興味および記憶の強さの分析結果

脳波区間毎での脳波特徴量と興味と記憶の強さとの相関分析を行なった結果は表 3, 4 である．表中には，各区間の最大かつ有意水準 5%で相関が認められたスピアマンの相関係数とその電極位置，周波数帯域を記載している．
本実験で使用した脳波計測器のチャンネル数は 14 個であり，頭部のどの部位で主観評価値との相関が強

表 2 眼球運動の変化量との相関係数

	subject1		subject3	
	GazeX	GazeY	GazeX	GazeY
AF3	0.007	0.007	-0.005	-0.009
F7	0.009	0.008	-0.002	-0.005
F3	0.007	0.002	-0.005	-0.006
FC5	0.008	0.005	-0.005	-0.005
T7	0.008	0.001	-0.005	-0.004
P7	0.006	0.005	-0.004	-0.006
O1	0.011	0.006	-0.005	-0.004
O2	0.008	0.009	-0.005	-0.004
P8	0.005	0.006	-0.005	-0.005
T8	0.007	0.006	-0.004	-0.005
FC6	0.000	0.000	-0.003	-0.005
F4	0.010	0.007	-0.004	-0.006
F8	0.005	0.005	-0.001	-0.005
AF4	0.002	0.001	-0.005	-0.010

くなったかを分析するには十分なチャンネル数ではない．そこで，本研究では各周波数帯域ごとの相関が確認できたチャンネル数を数え上げ，チャンネル数を比較することで，どの周波数帯域で主観評価との相関が確認できるのかを分析した．各周波数帯域で相関が確認できたチャンネル数を数え上げた結果は図 3,4 である．

分析結果として，最大で 0.34 の負の相関が確認された．また，興味の強さとの相関について β 波の帯域は他の帯域に比べて相関が確認できたチャンネル数が多く，記憶度に関しては γ 波の帯域は他の帯域よりも相関が確認できたチャンネル数が多かった．また，記

憶の強さは興味の強さよりも相関が確認できたチャンネル数が多くなっていた。

相関数が多く確認できた周波数帯域は、興味および記憶の強さとの関係が強いと考えることができる。従来研究において、 γ 波と記憶との関係性の強さは示唆されている [6]。記憶の強さと脳波特徴量との相関において γ 波が他の周波数帯域よりもチャンネル数が多いという結果は、 γ 波は他の周波数帯域よりも記憶の強さとの関係性が強いと考えることができる。また、 β 波は集中状態に関係があると言われており [7]、写真に対する興味の高低と集中状態に関連がある可能性が示唆される。

また、脳波特徴量と興味と記憶の強さの相関が確認できたチャンネル数について各区間で比較したところ、記憶の強さでは θ 波、 β 波にて違いが確認された。 θ 波は区間 1，すなわち写真閲覧開始時の脳波特徴量で特に相関が確認できたチャンネル数が増加しており、 β 波では区間 3，すなわち写真閲覧 2-3 秒で相関が確認できたチャンネル数が増加しているのが確認できる。この結果から、どのタイミングの脳波を用いるかによって脳波特徴量に変化することが考えられ、時間変化をより詳細に捉えて分析する必要性が考えられる。

表 3 脳波特徴量と興味度との相関係数と電極配置

	subject1		subject2		subject3	
	chan/freq	rho	chan/freq	rho	chan/freq	rho
seg1	FC6/ δ	-0.18	O1/ β	0.18	T8/ δ	-0.18
seg2	P7/ α	0.23	P8/ θ	-0.20	F8/ γ	-0.23
seg3	F3/ δ	0.27	T8/ γ	0.18	AF3/ α	-0.19
seg4	T7/ β	-0.21	P8/ θ	-0.26	FC5/ β	-0.19

表 4 脳波特徴量と記憶度との相関係数と電極配置

	subject1		subject2		subject3	
	chan/freq	rho	chan/freq	rho	chan/freq	rho
seg1	T8/ α	0.24	F3/ γ	-0.18	AF4/ α	-0.34
seg2	T8/ γ	0.23	O1/ α	0.19	FC6/ γ	-0.25
seg3	F7/ β	0.23	F3/ γ	-0.20	F8/ γ	-0.29
seg4	F3/ θ	-0.26	T8/ γ	0.18	T7/ γ	0.22

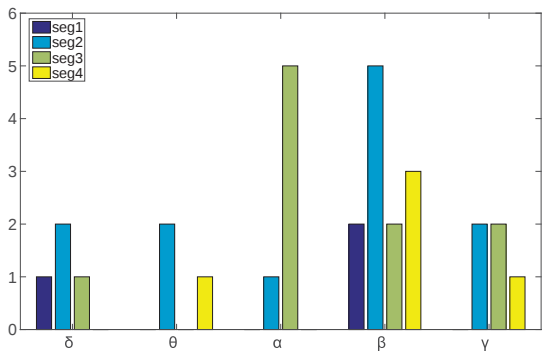


図 3 脳波特徴量と興味度との相関が確認できたチャンネル数

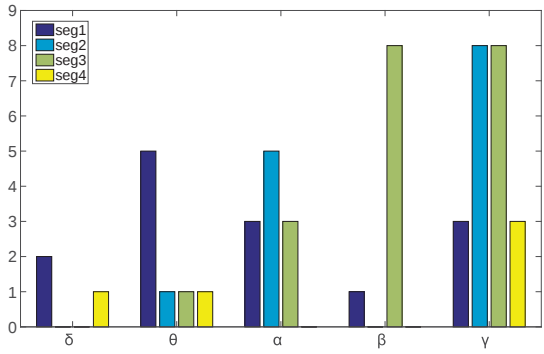


図 4 脳波特徴量と記憶度との相関が確認できたチャンネル数

5. おわりに

本研究では視線計測器と脳波計測器を用いたマルチモーダル生体信号解析を行うための検討を行なった。視線を用いた眼球運動アーチファクトの除去は再検討する必要があるが、加速度センサーを用いた体動アーチファクトの除去に関してはアーチファクトの影響が小さくなったのが確認できた。これにより、マルチモーダルな生体信号解析の有効性が確認できた。また、主観評価値と脳波特徴量との相関に関しては、最大 0.34 の負の相関が確認でき、興味の強さとの相関では β 波、記憶の強さとの相関では γ 波で相関が確認できたチャンネル数が他の周波数帯域よりも多く確認できた。

今後の課題として、時間変化をより詳細にとらえた分析を行う必要性がある。現在使用している脳波特徴量は写真閲覧時区間を 4 つに分割したものであり、時間変化を捉えるには不十分であるといえる。そこで、連続ウェーブレット変換を利用することなどで、より詳細に時間変化を捉えることが考えられる。また、詳細な時間変化を分析するために視線情報の利用が有用である可能性がある。視線情報を利用することで、どのタイミングで写真のどこを見たのかを分析することができ、上記の脳波の時間変化と組み合わせることで、詳細な分析が可能になると考えられる。

6. 謝辞

本研究は独立行政法人科学技術振興機構 (JST) の研究成果展開事業「センター・オブ・イノベーション (COI) プログラム」の支援によって行われた。

参考文献

[1] 野村豊子. 回想法とライフレビュー: その理論と技法. 中央法規出版, 1998.

- [2] Daniel L Schacter, Donna Rose Addis, and Randy L Buckner. Remembering the past to imagine the future: the prospective brain. *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 8, No. 9, pp. 657–661, 2007.
- [3] 楠見孝. なつかしさの心理学 思い出と感情. 誠信書房, 2014.
- [4] 和輝鬼鞍, 啓治伊良皆. 加速度センサを用いた脳波の体動アーチファクトの除去手法の検討. 生体医工学, Vol. 52, pp. O-359–O-360, 2014.
- [5] Aapo Hyvärinen and Erkki Oja. Independent component analysis: algorithms and applications. *Neural networks*, Vol. 13, No. 4, pp. 411–430, 2000.
- [6] Ole Jensen, Jochen Kaiser, and Jean-Philippe Lachaux. Human gamma-frequency oscillations associated with attention and memory. *Trends in neurosciences*, Vol. 30, No. 7, pp. 317–324, 2007.
- [7] J Baumeister, T Barthel, KR Geiss, and M Weiss. Influence of phosphatidylserine on cognitive performance and cortical activity after induced stress. *Nutritional Neuroscience*, Vol. 11, No. 3, pp. 103–110, 2008.