

# パーソナルな写真観察中に記録された生体信号のマルチモーダル解析

Analysis of multimodal biosignal while viewing personal pictures

速水慎太郎<sup>\*1</sup> 森田純哉<sup>\*2</sup> 平山高嗣<sup>\*1</sup> 間瀬健二<sup>\*1</sup> 山田和範<sup>\*3</sup>  
Shintarou HAYAMIZU Junya MORITA Takatsugu HIRAYAMA Kenji MASE Kazunori YAMADA

<sup>\*1</sup>名古屋大学大学院情報科学研究科 Graduate School of Information Science, Nagoya University  
<sup>\*2</sup>名古屋大学 未来社会創造機構 Institute of Innovation for Future Society

<sup>\*3</sup>パナソニック株式会社  
Panasonic Corp.

As an approach to achieve health and longevity lives, it is effective to develop an index that quantifies cognitive/emotional faculties based on casual bio-sensing technology. To exclude noises/artifacts added to casually recorded bio-signals, multi-modal-bio-sensing is required. Our study 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. We also examined correlations between artifact-free EEG power spectral and subjective ratings about the photographs.

## 1. はじめに

近年、高齢化の進行などの影響により健康に対する需要は増加している。健康需要へアプローチするためには、自分の健康状態を知り、どこを改善すればいいのかを分析する必要がある。この健康状態を表す指標のことを、我々は健康長寿力指標と定義している。健康長寿力指標とは記憶、創造性などの認知機能に関連する知力と、幸福感、意欲に関連する気力と、筋力、身体能力に関する体力の3要素から構成される。本研究では、この3要素のうち、知力と気力の向上を目指しており、その支援として写真の自動提示が有効と考えている。特にパーソナルな写真は個人のライフログのような役割も兼ねていると考えられ、写真の閲覧により、過去の出来事の想起による知力の向上や、活動意欲の向上による気力の増加が期待される。実際に写真を閲覧すること自らの過去を振り返り、人生を見つめなおす回想法も行われている [1]。

ここで、写真閲覧から懐かしさによる気力向上や記憶の想起を起こすにはどうすればいいのかという疑問が起こる。懐かしさを引き起こす原因やどのような写真を覚えているかは人によって異なると考えられ、同じ写真でも人によっては幸福感を感じたり、不快感を感じたりすることも起こりうる。この問題を解決するために、写真閲覧時の個人の感情や認知機能をセンシングすることで、どのような写真が気力や知力に影響をあたえるのかを調べる方法が考えられる。本研究は、マルチモーダルな生体信号を組み合わせて、自由度の高い手軽な写真閲覧条件における認知や感情の分析を行う。以下、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記載する。

我々は健康長寿力指標を向上させる写真の自動提示を行おうとしている。最終的に、だれでも手軽に使えるシステム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、身体的な拘束を強いる。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、本研究の最終目的は先述したように気力や知力の推定である。そこで、本研究では、ノイズの除去された脳波と気力や知力との関係性について分析を行ない、知力や気力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、より知力や気力を図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、写真を閲覧した際の反応を簡易的な条件下でのセンシングによる生体情報の取得を目的としている。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生体情報からのノイズ除去を行い、そして、写真閲覧中の閲覧者の情動や、認知機能を測定することを目的としている。

### 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)。また、提示刺激は実験参加者が参加した共通のイベントの写真を使用した。使用した写真は複数年のイベントの写真を使用である(時期: 1年半前-半年前)。写真はこのイベントの参加者が撮影したものを持ち寄ったものを使用しており、写真の一部は今回の実験参加者が撮影した写真も含まれている。また、写真はグレースケールで提示している。

連絡先: 速水慎太郎, 名古屋大学大学院情報科学研究科,  
hayamizu@cmc.ss.is.nagoya-u.ac.jp

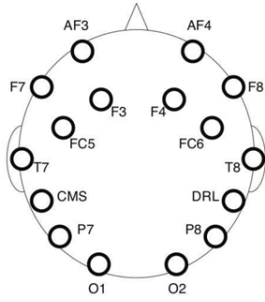


図 1: EPOC の電極配置

## 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と視線計測器を使用している。脳波計測計として、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、これらのセンサーの利用は、先述した手軽な健康長寿力の測定という我々の研究の目標と合致している。EPOC は 14 チャンネルの脳波計となっており、電極配置は国際 10-20 法に基づいた図 1 の配置となっており、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 軸の角速度も取得している。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  $1^\circ$  である。写真提示を行ったディスプレイはノート PC<sup>\*1</sup> で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は 600mm となっている。

## 2.4 実験手続き

実験参加者が参加した共通のイベントの写真 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 4 つであり、主観評定値は 7 段階で点数付けを行った。

1. 興味の高さ  
1:低い - 7:高い
2. 写真に見覚えがあるか  
1:全く見たことない - 7:見たことがある
3. 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
4. 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気力や知力に関連していると仮定して設定した。まず、質問 1 は写真に対する興味が高ければ、写真を閲覧する意欲につながると考え、気力に相当するとして設定した。次に、質問 2 は記憶力に関連すると考えている。これは、見たはずの写真の思い出せなければ、記憶力の低下に相当する

からである。また質問 3,4 はエピソード記憶に相当すると考えている。エピソード記憶では、個人の経験した出来事でのものに対する記憶とその背景の情報が含まれる。ここで、個人の経験した出来事の情報は写真に含まれているとし、その背景情報、すなわち日付などの「いつ」の情報や場所の「どこ」の情報についてを質問 3,4 で質問し、これがエピソード記憶に関連するとみなしている。

## 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知力や気力を図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。

脳波以外に取得しているデータとして、EPOC からは X 軸、Y 軸方向の角速度がある。また、本研究では脳波以外にも視線の同時計測も行っている。そこで、加速度センサーを用いたアーチファクトの除去手法を参考に EPOC の電位から体動アーチファクトや眼球運動アーチファクトの除去を試みた [2]。視線のデータは脳波と同じく 128Hz にアップサンプリングした。まず、最初に 4 次バターワースフィルタバンドパスフィルタ (0.5-50Hz) を適用した。次に、脳波に対し、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 [3]。分解された全ての独立成分と角速度センサーの変化量を求め、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 時点でのサンプル点の値である。角速度センサー 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 脳波パワースペクトルと主観評価との相関分析

本研究の目的は写真閲覧時の閲覧者の感情・認知機能をセンシングによって認識することである。そこで、感情・認知機能に関連する主観評価値と脳波特徴量との相関を調べ、主観評価値に影響を与える特徴量についての検討を行なった。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。周波数帯域は 5 つ設定し、 $\delta$  波 (1-3Hz)、 $\theta$  波 (4-7Hz)、 $\alpha$  波 (8-13Hz)、 $\beta$  波 (14-30Hz)、 $\gamma$  波 (31-50Hz) の各帯域の総和を計算した。パワースペクトルは、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たノーオーバーラップの 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。最後に、写真閲覧直前の 1 秒間の区間を用いて脳波特徴量を計算し、写真閲覧中の区間の脳波特徴量から差し引いている。これは、時間経過によるパワースペクトルの減衰の影響を減らすためである。

## 4. 結果

### 4.1 角速度センサーによる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、除去前と除去後で調べてみると表 1 の値となった。

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

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

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。また、体動アーチファクト除去前と除去後での一人の実験参加者の1試行分の脳波の例は図2となっている。体動の影響により、図2(a)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(b)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細かい状態について考慮していないためであると考えられる。過去の研究では、サンプリング周波数が500Hzの視線計測器を用いて、脳波からアーチファクトを取り除くことは行われており、これを参考にEyeTribeTrackrでもアーチファクトの除去が可能であるかを検討していく必要がある[4]。

#### 4.3 脳波パワースペクトルと主観評定との相関分析の結果

脳波区間毎での脳波特徴量と主観評価値との相関分析を行った結果は表3, 4, 5である。表中には、それぞれの区間での相関係数が最大かつ有意水準5%以下のものと電極位置、と周波数帯域と、スピアマンの相関係数を記載している。今回、質問2に関しては、7割弱の主観評価値が1となってしまったため、相関分析の対象から除外した。

結果として、最大で0.34の負の相関が確認された。しかし、反応する部位は人によってばらつきがあった。このことから、脳波を利用した知力や気力の推定を行う際には、個人別使用するチャンネルを選択する必要があると考えられる。

今回の実験で実行できなかったこととして、時間変化を十分にとらえた分析があげられる。今回の分析では、脳波区間の区切り方は1秒間のハミング窓をノーオーバーラップで切り出

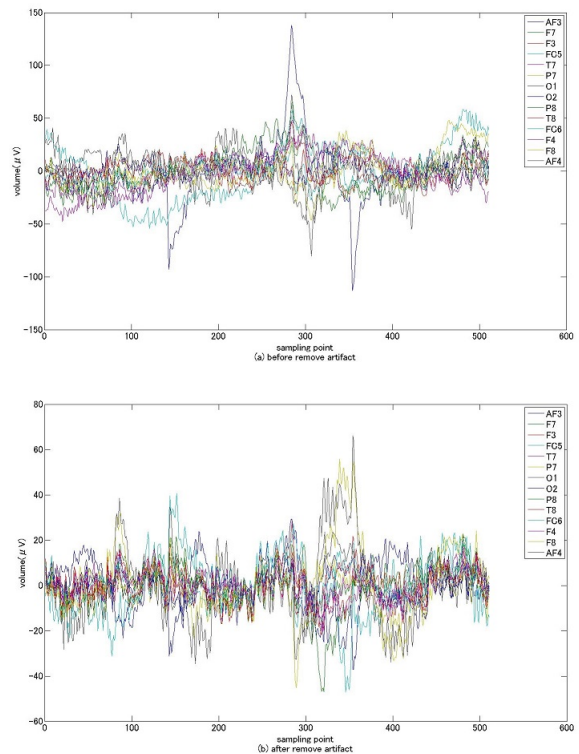


図 2: (a) 体動アーチファクト除去前の脳波 (b) 体動アーチファクト除去後の脳波

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

しており、写真によって取り出す区間を変更することは行わなかった。しかし、写真によって、脳波特微量の変化するタイミングは異なると考えられる。例えば、人が一人だけ写っている単純な写真と複数人写っている複雑な写真では、反応タイミングが異なることも予想できる。この解決策として、視線特微量を加味することで、例えば視線が停留している区間の脳波特微量を考慮するといった分析が考えられ、これは今後の課題である。また、今回の分析では画像情報を一切加えていない。上述したように写真により、写真内部の構成情報の複雑さが異なるため、これを考慮する必要もある。これも今後の課題である。

表 3: 脳波特微量と質問 1 の主観評価値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/ $\delta$	-0.18	O1/ $\beta$	0.18	T8/ $\delta$	-0.18
seg2	P7/ $\alpha$	0.23	P8/ $\theta$	-0.20	F8/ $\gamma$	-0.23
seg3	F3/ $\delta$	0.27	T8/ $\gamma$	0.18	AF3/ $\alpha$	-0.19
seg4	T7/ $\beta$	-0.21	P8/ $\theta$	-0.26	FC5/ $\beta$	-0.19

表 4: 脳波特微量と質問 3 の主観評価値との相関係数と電極配置

	subject1		subject2		subject3	
	chan/freq	rho	chan/freq	rho	chan/freq	rho
seg1	F3/ $\theta$	-0.23	AF3/ $\beta$	-0.20	AF4/ $\alpha$	-0.34
seg2	T7/ $\alpha$	0.25	O1/ $\alpha$	0.19	FC6/ $\gamma$	-0.25
seg3	AF4/ $\beta$	0.23	F3/ $\gamma$	-0.20	F8/ $\gamma$	-0.30
seg4	F3/ $\theta$	-0.26	T8/ $\gamma$	0.18	T7/ $\delta$	0.22

表 5: 脳波特微量と質問 4 の主観評価値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/ $\alpha$	0.25	F3/ $\gamma$	-0.18	AF4/ $\alpha$	-0.34
seg2	T8/ $\gamma$	0.20	O1/ $\alpha$	0.19	FC6/ $\gamma$	-0.25
seg3	O2/ $\beta$	0.23	F3/ $\gamma$	-0.22	F8/ $\gamma$	-0.28
seg4	F3/ $\theta$	-0.25	nothing		T7/ $\delta$	0.22

## 5. おわりに

本研究では視線計測器と脳波測定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。視線を用いたアーチファクトの除去は再検討していく必要があったが、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ていくのが確認できた。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、主観評価値との相関に関しては、最大 0.35 の負の相関が確認できた。しかし、画像情報や視線情報と主観評価値との関

係性の分析は行えていないため、今後行う必要がある。また、これらを組み合わせることにより、さらに写真閲覧者の知力や気力を記述できる特微量を分析していく必要もある。

今後として、上述したマルチモーダルなセンサーを組み合わせさせた特微量の発見や時間変化を考慮した分析を行なっていく。また、視線を用いたアーチファクト除去では変化量という単純な相関ベースではなく、より詳細な分析を行う必要がある。アーチファクト除去に関して、心拍の測定が行うことで心拍のアーチファクト除去も考えられ、今後検討していく。

## 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] 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.
- [3] Aapo Hyvärinen and Erkki Oja. Independent component analysis: algorithms and applications. *Neural networks*, Vol. 13, No. 4, pp. 411-430, 2000.
- [4] Michael Plöchl, José P Ossandón, and Peter König. Combining eeg and eye tracking: identification, characterization, and correction of eye movement artifacts in electroencephalographic data. *Frontiers in human neuroscience*, Vol. 6, , 2012.