

# 個人写真閲覧に付随する情動喚起と記憶想起を検出するための脳波解析

Detection of emotion inducing and memory retrieval while viewing personal pictures by biometric signal analysis

速水慎太郎\*<sup>1</sup>  
Shintarou Hayamizu

森田純哉\*<sup>2</sup>  
Junya MORITA

平山高嗣\*<sup>1</sup>  
Takatsugu HIRAYAMA

間瀬健二\*<sup>1</sup>  
Kenji MASE

山田 和範\*<sup>3</sup>  
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.

Reflecting the increasingly aging society, many researchers so far have conducted studies aiming to develop supporting methods of elderly's health management and exercise promotion. However, most of them only target physical health; the mental sides haven't been fully focused by these researchers. Considering this situation, this study aims to quantify healthiness of cognitive and emotional functions. To achieve this, the study uses EEG evoked while subjects view photographs taken by subjects themselves. To confirm the differences of the EEG power spectrum according to memory and emotional states, we first divided epochs of viewing photos into the groups of high and low ratings for each scale. Following this, the time transitions of power spectrums were examined to reveal qualitative difference between the high and low ratings of each scale. The results of the experiment confirmed the relation between the EEG signals and the subjective cognitive and emotional states. These relations could be utilized to develop future supporting system of elderly's mental health by automatically assessing mental reactions for private photo presentations.

## 1. はじめに

持続可能な高齢社会の実現には、高齢者が健康に活動できることが不可欠であり、この問題を解決するために、多くのプロジェクトが行われている。著者が参画するCOI (Center of Innovation) プログラムの名古屋拠点では、高齢者が自らの意思で移動できるモビリティの創出を掲げており、高齢者の活動量増加を目指している。活動量の増加には、モビリティの創出の他に高齢者に対して外に出たいという意欲を抱かせる必要がある。そういった外出の誘導には、高齢者の認知状態や情動状態を把握し、それらを向上させるような刺激の提示が有効と考える。

以上のような背景から、著者らのグループは、高齢者の活動意欲を向上させる手段として、モデルベース回想法を提案してきた [1]。モデルベース回想法は、ユーザ個人の認知的・情動の状態（健康長寿力と呼ぶ）をモデリングし、モデルシミュレーションを活用することで、ユーザの活動を任意な方向へ誘導する。ユーザの記憶のモデル化および誘導には、ユーザ自身がライフログとして蓄積してきた写真を活用する（以後、ユーザの過去の記憶を写した写真を個人写真と表記する）。モデルがユーザの連想をガイドするように、ユーザ自身の記憶を反映した写真をスライドショー提示し、活動意欲の増強を促す。

こういったモデルベース回想法の実現には、写真に対するユーザ反応のモニタリングが必要である。たとえば、写真を閲覧することでユーザは実際に過去を振り返っているのか、またその記憶はユーザのどのような感情を喚起させるものなのかなどを把握することで、写真にかかわるユーザの記憶のモデルが詳細化され、ユーザの状態に応じた写真の提示が可能になる。特に、高齢者には、振り返ることで心理的な痛みを伴う記憶があるとされ [2]、モデルベース回想法による連想の誘導においては、極度な痛みを生起させる写真を回避する仕組みが必要とされる。

著者らは、写真に対するユーザ反応のモニタリングにおいて、脳波を利用する可能性に注目している。写真提示に伴う情動や記憶想起にかかわる信号を脳波から抽出することができれば写真に対する主観的なタグを、主観評定などの負荷をかけずに付与できるようになる。本研究では、こういったモデルベース回想法を実現する基礎的検討として、個人写真閲覧中の脳波から記憶と情動状態を推定する脳波特徴を抽出することを目指す。

## 2. 個人写真閲覧時に付随する情動喚起と記憶想起に関する仮説

情動及び記憶と脳波には関係性が確認されているが、これらの知見は人工的な刺激物、あるいは日常では観察されづらい刺激（たとえば、IAPS: International Affective Picture System [3]）を利用した実験で得られており、個人写真のような複雑な刺激を提示した際にも同様の知見が得られるか定かではない。そこで、本研究では個人写真閲覧時の情動喚起と記憶想起に関する分析を行なう。本研究ではSAM (Self-Assessment Mannikin) による評定を引用し、情動の分析対象を快・覚醒度とする。そして、情動と脳波との先行研究を踏まえて、以下の仮説を立てる [4][5]。

- (I) 個人写真を閲覧することで幸福な情動を喚起する場合、左前頭葉における  $\alpha$  波のパワースペクトルが右前頭葉における  $\alpha$  波のパワースペクトルよりも強くなる。
- (II) 個人写真を閲覧することで興奮度合いが低くなる場合、興奮度合いが高い場合よりも後頭部の  $\alpha$  波のパワースペクトルが強くなる。

次に記憶に関して、個人写真を閲覧することにより過去にどのような出来事があった、何をしていたかといったエピソード

ド記憶を想起することが考えられる。記憶との関係性が示されている脳波には、 $\theta$  波および  $\gamma$  波が存在する。しかし、低周波数は体動の影響を受けやすい。そこで、本研究では  $\gamma$  波のパワースペクトルの強さに着目し、次の仮説を立てる。

- (III) 個人写真を閲覧することで過去の出来事を強く思い出した時、過去の出来事を想起していないときに比べて  $\gamma$  波のパワーが強くなる。

### 3. 個人写真の収集及び分析データの取得

#### 3.1 写真収集実験

##### 3.1.1 実験目的

本実験では、写真閲覧実験で使用するための写真を収集する。写真収集の実験方法は、Burt [6] を参考にした。

##### 3.1.2 実験参加者と撮影機材

男性 5 名 (平均 25.6 歳) と女性 7 名 (平均 20.4 歳) が参加した。実験参加者の公募の際、実験の目的をライフログの収集行動に関する分析と示し、記憶に関する実験であることは告げなかった。撮影機材には Sony 製のデジタルカメラ (DSC-WX250) を使用した。デジタルカメラではフルカラーの 4896×3672 の写真が撮影される。

##### 3.1.3 実験手続き

実験では、記憶の想起を図るために、閲覧をすることで自らの生活を振り返ることができるような写真を撮影する必要がある。そこで、2 時間おきの撮影を行うこと、および自分の生活を記録するような写真を撮影するように教示した。写真撮影の教示の際に、撮影した写真を見返さないことと、ズームなどの機能を撮影する際に使用しないように指示した。実験参加者は 7 日間の連続した日常生活の撮影を行なった。撮影枚数については、1 日あたり 10 枚以上は撮影するように指示を出した。

#### 3.2 写真閲覧実験

##### 3.2.1 実験参加者と使用機材

3.1 と同じ実験参加者に実施した。実験では、生体情報を取得するセンサーとして、簡易脳波計測器である Emotiv 社製の EPOC (16 チャンネル、サンプリング周波数は 128Hz) を使用した。簡易脳波計測器を使用した理由として、本研究では個人写真を用いた手軽な過去の振り返りを目指しているからである。

写真提示にはノート PC<sup>\*1</sup> のディスプレイを使用した。解像度は 1920×1080、ディスプレイのサイズの大きさは 15.6 型である。また、実験参加者とディスプレイの距離を約 800mm とした。

##### 3.2.2 実験手続き

写真収集実験の最終日から平均 9 日 (範囲 5 日-15 日) の期間を空けて実施した。実験では写真収集実験で撮影した写真の提示を行なった。実験で提示した写真は、実験参加者が撮影した写真の中から 60 枚、他の実験参加者 4 人が撮影した写真の中から 60 枚を加えた 120 枚である。写真の抽出および他の実験参加者の選択は全てランダムに行なった。

実験参加者の撮影枚数が 60 枚以下であった場合、撮影された写真と同じ枚数だけ他の実験参加者が撮影した写真を加えた。他の実験参加者の写真は、写真閲覧中に過去の出来事を想起していない状況を作り出すことができると想定した。以降、他の実験参加者の写真のことをフィルター写真と表記する。

刺激提示はブラウザ上で行った。主観評定はキーボード入力で行なった。写真提示前の 4 秒間、画面中央に注視点が表示さ

れ、実験参加者には写真が提示されるまでは注視するように指示した。質問は以下の 3 つであり、主観評定値は 5 段階で点数付けを行なった。

1. 写真を閲覧したときの幸福度合いを 5 段階で評定してください。  
1:不幸に感じる- 5:幸福に感じる
2. 写真を閲覧したときの興奮度合いを 5 段階で評定してください。  
1:落ち着いている- 5:興奮している
3. 写真に対する記憶の鮮明さを 5 段階で評定してください。  
1:おぼえていない- 5:強くおぼえている

### 4. 分析

#### 4.1 情動喚起と記憶想起に関する分析

本研究では、個人写真閲覧時の脳波と個人写真閲覧時の主観評定を利用することで、2 節の仮説の検証を試みる。分析指標として個人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使用する。また、使用する脳波には予めフィルター処理および外れ値除去を行う。フィルター処理では、4 次バターワースバンドパスフィルタ (0.5-50Hz) を適用し、外れ値除去では、 $[-500\mu V, 500\mu V]$  の範囲を超える電位を除去する。

脳波の周波数帯域は、 $\delta$  波 1-3Hz、 $\theta$  波 4-7Hz、 $\alpha$  波 8-13Hz、 $\beta$  波 14-30Hz、 $\gamma$  波 31-50Hz とする。仮説の検証のために、写真閲覧時間全体のパワースペクトルを分析指標とした統計的な分析方法を行なう。算出した各時刻毎のパワースペクトルに対し、写真閲覧時間全体の平均を実験参加者毎に算出する。算出された平均値に対して、各仮説で定めた主観評定の高低ごとに、 $n=12$  の対応のある t 検定を行なう。 $p < .10$  となった時に差を認める。また、統計的に検証が不十分であった仮説に対して、パワースペクトルの時間変化を図示することで質的な検討を行なう。パワースペクトルの計算、図示には EEGLAB を使用した。

##### 4.1.1 仮説の分析指標

2. 章で立てた仮説を分析するための指標を算出する。

まず、仮説 I では、左脳のチャンネルのパワースペクトルから右脳のチャンネルのパワースペクトルを差し引いた値を算出し、主観評定 1 の高低の違いを分析する。

主観評定の高低の分割は、各実験参加者毎に主観評定の平均値を計算し、平均値を閾値として主観評定の高低に分割して使用する。これは主観評定 2,3 に関しても同様の分割を行う。

差分を算出するチャンネルの対応を以下に定め、以後差分チャンネルと表記する。

- 差分チャンネル 1  $AF3 - AF4$
- 差分チャンネル 2  $F7 - F8$
- 差分チャンネル 3  $F3 - F4$
- 差分チャンネル 4  $FC5 - FC6$
- 差分チャンネル 5  $T7 - T8$
- 差分チャンネル 6  $P7 - P8$
- 差分チャンネル 7  $O1 - O2$ .

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

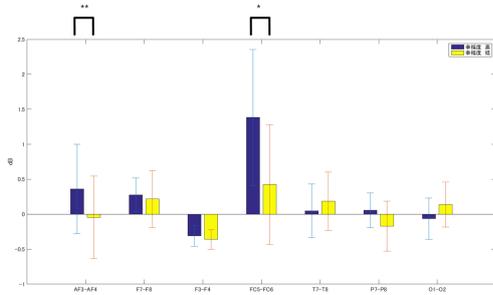


図 1: 主観評価 1 のパワースペクトル差分の平均, 標準誤差

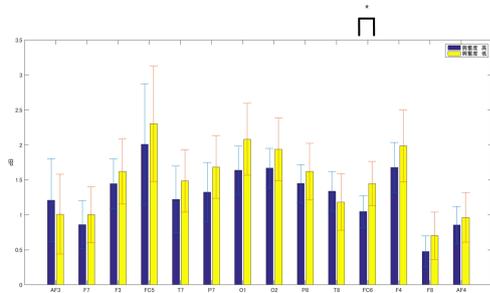


図 2: 主観評価 2 のパワースペクトルの平均, 標準誤差  
\* < .10 \*\* < .05

仮説 II では,  $\alpha$  波のパワースペクトルの値を算出し, 主観評価 2 の高低の違いを分析する。仮説 III では, 各チャンネルで算出される  $\gamma$  波のパワースペクトルを算出し, 主観評価 3 の高い写真を閲覧した時とフィルター写真を閲覧した時の違いを分析する。

## 5. 情動喚起と記憶想起の分析結果と考察

### 5.1 仮説 I の検討

4.1.1 節の分析指標を用いた分析結果を図 1 に示す。差分チャンネル 1, 差分チャンネル 4 にて有意差が確認された (差分チャンネル 1:  $t(11) = 2.72, p < .05$ , 差分チャンネル 4:  $t(11) = 1.99, p < .10$ )。差分チャンネル 1, 差分チャンネル 4 は前頭葉に位置するチャンネルであり, 先行研究で示された部位と大まかに一致する [7]。つまり, 前頭部における左半球の優位性が確認され, 仮説 I と整合的な結果が得られた。

### 5.2 仮説 II の検討

4.1.1 節の分析指標を用いた分析結果を図 2 に示す。FC6 において, 主観評価 2 の高低によるパワースペクトルの変化を認めた ( $t(11) = -1.89, p < .10$ )。ただし, 従来の研究において, リラックスの度合いと関連が指摘されている後頭部において, その差は有意とならなかった ( $O1: t(11) = -1.03, p > .10, O2: t(11) = -0.757, p > .10$ )。よって, 本研究における仮説 II の検証については, 統計的な検証という意味では不十分なものとなった。そこで, O1, O2 のチャンネルにおけるパワースペクトルの時間的変動を示し, 質的な検討を 6. 節で加える。

### 5.3 仮説 III の検討

4.1.1 節の分析指標を用いた分析結果を図 3 に示す。結果として, 全てのチャンネルで有意差は確認できなかった。この結果について, 本研究の仮説検証では, 写真閲覧全体における  $\gamma$  波のパワースペクトルの強さを比較していた。しかし, 記憶想

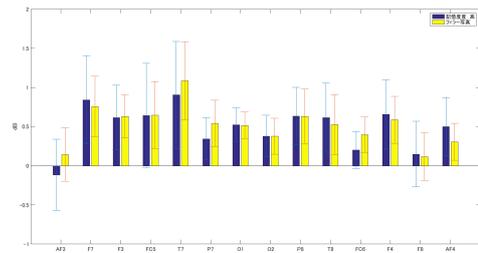


図 3: 主観評価 3 のパワースペクトルの平均, 標準誤差  
\* < .10 \*\* < .05

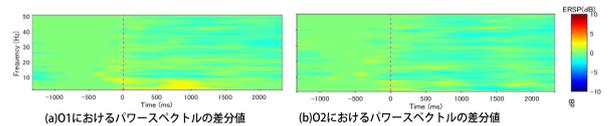


図 4: O1, O2 のパワースペクトルの差分値の時間変動

起による  $\gamma$  波の活性化が全てのタイミングで生じているとは限らなく, 写真閲覧時間である 4 秒間の  $\gamma$  波のパワースペクトルの平均を調べるだけでは分析が不十分である。そこで, パワースペクトルの時間変化を分析することで質的な  $\gamma$  波の強さの変動に関する検討を 6. 節で行なう。

## 6. 時間変化を考慮したパワースペクトル解析

### 6.1 仮説 II に使用した epochs における時間変化の分析結果

5.3 節で有意差が確認できなかった後頭部の部位である O1 及び O2 に対してパワースペクトルの時間変化を調べた。分析結果を図 4 に示す。図 4 は興奮度が高い epochs のパワースペクトルの強さから興奮度の低い epochs のパワースペクトルの強さを引いた値を示している。

### 6.2 仮説 II に使用した epochs における時間変化の分析結果に対する考察

興奮度の高い epochs では, 閲覧直後と 1500ms 以後で  $\alpha$  波のパワースペクトルの強さが異なっていた。

集中状態や興奮状態の際の後頭部の  $\alpha$  波の強さは, 安静時よりも減衰することが知られている。興奮度の高い個人写真を閲覧した場合, 最初は興奮度合いが強まり  $\alpha$  波が減衰した。しかし, 時間が経過するにつれて, 写真に対する興奮度合いが弱まり, その結果として,  $\alpha$  波の減衰が収まったと考えられる。

このことから, 個人写真閲覧に関して, 興奮度合いの強まりによる  $\alpha$  波の減衰は持続性の高いものではないと考えられる。そのため, 興奮度の高低を検出するためには写真閲覧直後の脳波からパワースペクトルの使用を行う必要が挙げられる。

### 6.3 仮説 III に使用した epochs における時間変化の分析結果

分析結果を図 5 に示す。この図では, 記憶度の高い epochs から算出されたパワースペクトルに対して, フィラー写真閲覧中の epochs から算出されたパワースペクトルを引いた値を示している。図 5 では, [5, -5]dB の範囲を超えたチャンネルを図示する。記憶の鮮明さによる特に大きなパワースペクトルの違いが確認された。

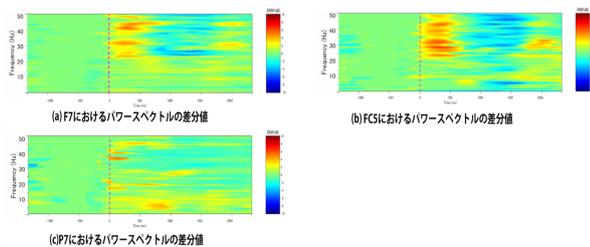


図 5: 各チャンネル毎のパワースペクトルの差分値の時間変動

#### 6.4 仮説 III に使用した epochs における時間変化の分析結果に対する考察

本節の分析で違いが確認できたチャンネルが左半球に位置する F7, FC5, P7 であった。短期記憶の研究で、記憶課題を実施しているときに活性化する部位が左半球であることが知られており [8]、本節の分析で違いが確認された部位と一致する。

また、F7, FC5, P7 にて、写真閲覧開始から 200-500ms のタイミングで記憶鮮明さが強い epochs の  $\gamma$  波のパワースペクトルが最も強くなっていた。F7, FC5 では、1000-1500ms のタイミングでフィルター写真閲覧時の epochs の  $\gamma$  波のパワースペクトルが最も強くなっていた。

この結果から、記憶鮮明さの強さにより、 $\gamma$  波のパワースペクトルが強くなるタイミングが異なるということが示唆される。このことについて考察する。

先行研究によると、視覚探索というトップダウン型メカニズムの課題において、280msec のタイミングで  $\gamma$  波が強く活性化することが知られている [9]。本研究では、視覚探索ではないが、記憶の想起を目的に、自ら体験した写真とフィルター写真を混ぜた写真群を提示するという実験を行なっている。記憶鮮明さの強い epochs では、閲覧者がトップダウン的な知識を持っていると考える事ができ、視覚探索課題におけるターゲット画像に相当すると考えられる。そのため、強い記憶想起の際に、200-500msec のタイミングで  $\gamma$  波が活性化した可能性が示唆される。

視覚から取り入れた要素を構築するボトムアップ型メカニズムの課題においても  $\gamma$  波が活性化することが先行研究により知られている。フィルター写真は、閲覧者にとって見覚えのない景色を撮影した写真であり、ボトムアップ的メカニズムの提示課題に相当すると考えられる。そのため、フィルター写真閲覧時の epochs でも記憶の符号化により、 $\gamma$  波が活性化したということが示唆される。

### 7. まとめと今後の課題

本研究では、個人写真の閲覧時の脳波を解析することで、情動喚起や記憶想起の強さによる違いを分析した。情動について、幸福度および興奮度の強さによる脳波のパワースペクトルの強さを比較した。結果として、幸福度が強くなることで、左前頭葉の  $\alpha$  波が右前頭葉の  $\alpha$  波よりも強くなることが確認できた。また、興奮度では、興奮度が弱くなる、すなわちリラックスすることで、興奮度が高い状態よりも  $\alpha$  波が強くなる傾向が確認できたが、統計的な有意差は確認できなかった。しかし、時間変化を考慮した分析では、リラックスしている状態では閲覧期間全体において、後頭部における  $\alpha$  波の活性化を確認した。

また、記憶想起について、写真閲覧全体では  $\gamma$  波の強さの違いは確認できなかった。しかし、 $\gamma$  波の活性化の時間変化を

分析することにより、強い記憶想起の際には閲覧直後に  $\gamma$  波が強くなるのに対し、記憶にない写真を閲覧した際には閲覧から 1000ms 後に  $\gamma$  波が強くなることを確認した。このことから記憶鮮明度の強さにより、 $\gamma$  波の活性化のタイミングが異なることが示唆された。

今後の課題としては、情動喚起や記憶想起を検出するための解析などが挙げられる。本研究では、情動喚起および記憶想起の強さによる脳波の特徴を分析した。しかし、回想法の効果量の計測などの実利用への応用を考えると情動喚起や記憶想起の定量化や検出を行う必要がある。

### 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 15H01615 および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] 森田純哉, 平山高嗣, 間瀬健二, 山田和範. メンタルタイムトラベルを誘導するモデルベース回想法. 情報処理学会研究報告, Vol. 2015-ASD-2, No. 16, pp. 1-6, 2015.
- [2] 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.
- [3] Peter J Lang, Margaret M Bradley, and Bruce N Cuthbert. International affective picture system (iaps): Technical manual and affective ratings. *NIMH Center for the Study of Emotion and Attention*, pp. 39-58, 1997.
- [4] Shari R Waldstein, Willem J Kop, Louis A Schmidt, Amy J Haugler, David S Krantz, and Nathan A Fox. Frontal electrocortical and cardiovascular reactivity during happiness and anger. *Biological psychology*, Vol. 55, No. 1, pp. 3-23, 2000.
- [5] Donald R Morse, John S Martin, Merrick L Furst, and Louis L Dubin. A physiological and subjective evaluation of meditation, hypnosis, and relaxation. *Psychosomatic medicine*, Vol. 39, No. 5, pp. 304-324, 1977.
- [6] Christopher DB Burt, Simon Kemp, and Martin Conway. Ordering the components of autobiographical events. *Acta psychologica*, Vol. 127, No. 1, pp. 36-45, 2008.
- [7] Richard J Davidson, Carrie Ellen Schaffer, and Clifford Saron. Effects of lateralized presentations of faces on self-reports of emotion and eeg asymmetry in depressed and non-depressed subjects. *Psychophysiology*, Vol. 22, No. 3, pp. 353-364, 1985.
- [8] Marc W Howard, Daniel S Rizzuto, Jeremy B Caplan, Joseph R Madsen, John Lisman, Richard Aschenbrenner-Scheibe, Andreas Schulze-Bonhage, and Michael J Kahana. Gamma oscillations correlate with working memory load in humans. *Cerebral cortex*, Vol. 13, No. 12, pp. 1369-1374, 2003.
- [9] Catherine Tallon-Baudry, Olivier Bertrand, Claude Delpuech, and Jacques Pernier. Oscillatory  $\gamma$ -band (30-70 hz) activity induced by a visual search task in humans. *The Journal of neuroscience*, Vol. 17, No. 2, pp. 722-734, 1997.