

認知モデルと生理指標を組み入れた写真スライドショーの評価 Evaluation of Photo Slideshow Implementing a Cognitive Model and Physiological Indices

板橋和希^{1*} 森田純哉¹ 平山高嗣² 間瀬健二² 山田和範³

Kazuki Itabashi¹, Junya Morita¹, Takatsugu Hirayama², Kenji Mase², and Kazunori Yamada³

¹ 静岡大学

¹ Shizuoka University

² 名古屋大学

² Nagoya University

³ パナソニック株式会社

³ Panasonic Corporation

Abstract: 本研究では、認知アーキテクチャACT-Rの自伝的記憶のモデルと生理指標を組み入れた写真スライドショーシステムを開発した。ユーザの記憶の振り返りを支援するには、二つの課題がある。一つはユーザの記憶を辿る写真提示を行うことである。もう一つは提示写真に対して、内部状態をフィードバックしモデルを調整することである。認知モデルと生理指標を本システムに組み入れることで課題の達成を目指し、評価実験により本システムの可能性と課題を明らかにした。

1 はじめに

1.1 回想法とその課題

近年、半導体技術の発達によりデバイスの小型化・低コスト化が進んでいる。それによって、ウェアラブルデバイスが急速に普及し、日々の行動の記録を容易に行うことができるようになった。ウェアラブルデバイスを装着することで運動・睡眠などのサイクルを継続的に記録し、過去の行動の振り返りや生活習慣の見直し、さらには定量的に分析することでストレス状態の可視化が可能となった。それらの日々の活動を記録として残すことはライフログと呼ばれ、現在ライフログを活用した多種多様なサービスが展開されている。

写真による日々の行動の記録もライフログの1つである。ライフログとして撮りためた写真を閲覧することは、過去の記憶を呼び起こす(回想)のに有効な手段の1つである。Sedikidesら[1]は記憶の回想により懐かしさを覚えることはポジティブな感情の生起、自己肯定感の維持・向上、社会的絆の強化、人生の意味付けの機能を有していると指摘した。

記憶回想(reminiscence therapy)は、精神支援(メンタルヘルスケア)の手法の1つとして介護現場等で用いられている支援法である。記憶の回想によって、ポ

ジティブな感情の誘発が起こることで、鬱病や認知症などの精神疾患を抱える患者が心理的な安定や人生を肯定的に受け入れることを手助けする。しかし、回想によって想起される内容はそれぞれ個人が保有する記憶であり、記憶に伴う感情の統制が困難な点、個人によって刺激の効果が異なる点などが回想法の抱える問題点だと指摘されている[2]。これらの問題を解消するには、回想法の実施者が、対象者の自伝的記憶を十分に把握する必要がある。

1.2 モデルベース回想法

森田らは[3]は、認知アーキテクチャACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational[4])を用いて現在ではない時間の経験を、まるでタイムトラベルをするかのように鮮明に思い浮かべることを意味するメンタルタイムトラベル[5]のモデル化を行った。ACT-Rの宣言的知識にユーザ個人のライフログ写真を搭載することでユーザの記憶の状態を表現し、回想法が抱える問題点の1つであった個人間に起こる刺激の効果の差異を解消した。また、ACT-Rのデフォルトのパラメータ値では、認知症患者の記憶連想プロセスを再現する[6]のに対し、宣言的知識のノイズパラメータに高い値を付与することで短期記憶への検索の集中を解消し、健常者の記憶連想プロセスを再現した。

*連絡先: 静岡大学 情報学部 情報科学科
〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1
E-mail: cs15007@s.inf.shizuoka.ac.jp

1.3 ACT-R と神経生理学との統合

Dancy ら [7] は、自立神経系の数理モデル HumMod と ACT-R を結合した ACT-R/ ϕ の開発を行った。HumMod によって計算されるノルアドレナリン分泌量と ACT-R の宣言的知識のノイズパラメータを結合することで、ストレス環境下における認知プロセスのシミュレーションを実現した。ACT-R のパラメータ値は生理的メカニズムによって定まると示唆し、ACT-R と自律神経系モデルとの接合によって、潜在的な内部要因を含めた数多くの行動・認知がシミュレーション可能であると指摘した。また、正確な認知モデルを構築するためには、複数のレベルで認知をサポートしていくことが重要であると提唱した。

1.4 本研究の位置付け

森田らの先行研究では、回想法の問題点である記憶の回想に伴う感情の統制が困難という課題があった。そこで本研究では写真スライドショーシステムに ACT-R と生理指標を組み入れることで回想法が抱える 2 つの問題の解消を狙った。具体的にいえば、ACT-R を用いることで個人間に起こる刺激の効果の差異を解消する。また、閲覧中に心拍変動の測定を行うことでユーザのストレス状態を計測し、ノルアドレナリンの分泌量と対応付けて考えることで、心理的状态を推定する。ACT-R の宣言的知識のノイズパラメータにフィードバックすることで、記憶の回想によって生起する感情の統制を狙う。

2 写真スライドショーシステム

2.1 システム概要

システムの全体構成を図 1 に示す。ユーザは動的に切り替えられていく写真をディスプレイを介して閲覧する。写真の閲覧中には、心拍数・心拍周期・心拍波形、体表温、3 軸加速度が測定可能なウェアラブル心拍センサ myBeat を用いて心拍測定を行い、ACT-R の固有パラメータ値として定義する。写真は写真管理ソフト iPhoto に格納されており、iPhoto のメタデータ、および写真に対して画像分類を施すなどして属性(人、場所、物、時間)を付与し、ACT-R の宣言的知識として定義をする。画像の認識には、DeepLearning のフレームワークである Chainer を使用し、GoogLeNet のモデルを用いて画像の分類を行った。定義された固有パラメータ値、宣言的知識に基づき ACT-R を用いることで、写真に対して連想検索を行うプロセスのモデルを構築する。現在表示されている写真から次にどの写真

を提示するのか、そのモデルによって決定する。写真の表示は Web サーバによって制御され、Web サーバが ACT-R のプロセスのトリガーを引き、ACT-R からレスポンスを得ることで写真をブラウザ上に提示する。

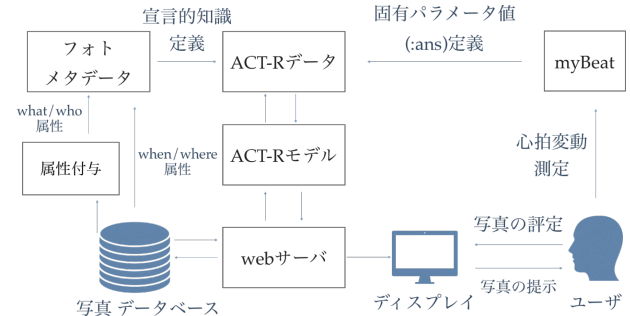


図 1: システム概要図

2.2 モデル構成

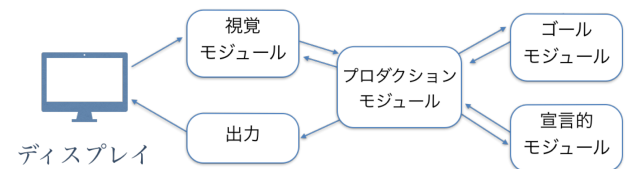


図 2: モジュール構成

本システムで用いたモジュールの構成を図 2 に示す。宣言的モジュールでは関連するライフログ写真を連想検索するプロセスに必要な知識をモデル化する。ACT-R の宣言的知識を構成する要素はチャンクと呼ばれる構成要素からなり、写真の知識として写真に写っている人物 (Who), 写真の撮影時期 (When), 写真の撮影場所 (Where), 写真に映っているシーン (What) の属性が付与されている。視覚モジュールを介してモデルがユーザの閲覧している写真を認識し、認識した写真の属性がゴールモジュールに一時的に保持される。プロダクションモジュールは、ゴールモジュールの状態に応じて、現在の写真と関連する写真を検索するリクエストを宣言的モジュールに送信する。モデルは、一定時間認識と検索を繰り返す、最後に検索された写真が、次の写真として、ディスプレイに表示される。

2.3 活性値計算

宣言的知識の検索では、プロダクションモジュールの検索リクエストに合致した全てのチャンクに対して活性値が計算される。その中で最も活性値の高いチャンクが提示される。活性値 A_i は、ベースレベル活性

値 B_i , 活性化拡散 S_i , ノイズ ϵ_i (ACT-R パラメータ:ans) の合計として計算される.

$$A_i = B_i + S_i + \epsilon_i \quad (1)$$

本研究では, ベースレベル活性値の計算において以下の式 2 を用いる. n はチャンク i の出現回数, t_j は j 番目の出現からの経過時間, d は減衰率 (ACT-R パラメータ:bll), β_i (ACT-R パラメータ:blc) はオフセット値を示す.

$$B_i = \ln\left(\sum_{j=1}^n t_j^{-d}\right) + \beta_i \quad (2)$$

式 1 の第二項, 活性化拡散はコンテキスト C に対するチャンク i の連想強度 S_i として計算される. コンテキスト C は, ゴールバッファに含まれる属性値 j の集合を表す. W_j は, 属性値 j に付与される注意の重みを表し, S_{ji} は, 属性値 j と宣言的知識のチャンク i の連想強度を表す.

$$S_i = \sum_{j \in C} W_j S_{ji} \quad (3)$$

MAS (ACT-R パラメータ:mas) は, 連想強度の最大値であり, fan は, 要素 j と連想関係にあるチャンクの宣言的知識における総数を示す. 式 4 で示すように MAS から fan を引くことで, 宣言的知識の中で多くのチャンクと結合する中心性の高い要素の連想強度が低くなる. つまり, 活性化拡散の計算は, 検索にコンテキストの効果を含めるだけでなく, 宣言的知識のネットワークにおいて, 中心性の高い要素への検索の集中を防ぐ効果も有している.

$$S_{ji} = MAS - \ln(fan_j) \quad (4)$$

2.4 心拍フィードバック

本システムでは, 閲覧中に心拍センサを装着し, 測定した心拍の変動時系列データ RRI (R-R-Interval) からストレス評価の指標である SDNN (RRI 標準偏差) [8] を算出しユーザーのストレス状態を推定する. ノルアドレナリン分泌量と対応付けることで, ACT-R 宣言的知識のノイズパラメータ値の更新を行う. ノイズパラメータ値は, 緊張状態と推定された場合は低いノイズが付与され直近の記憶 (短期記憶) から写真の検索が行われる. 対して, リラックス状態と推定された場合は高いノイズ値が付与されることで, 直近の同じ写真ばかりでなく古い写真の検索が行われる.

SDNN は, ストレス状態で低い値, リラックス状態で高い値をとる. myBeat より取得した最新 150 データ分の RRI を 3 データずつに分け, それぞれにおいて

標準偏差を計算し, 50 データの SDNN を算出する. 算出された SDNN の平均値 \bar{x} と標準偏差 s を用いて, 最新の SDNN をサンプルデータ x として標準化し, 式 5 より算出された値の絶対値を宣言的知識のノイズパラメータ値とする.

$$x \mapsto \frac{x - \bar{x}}{s} \quad (5)$$

3 評価実験

3.1 実験目的

本実験の目的は, 研究目的で掲げた以下の 2 つの課題を検討することである.

1. 写真を閲覧するユーザーの記憶を追憶させていく写真提示を実現させること
2. 写真の閲覧を通してユーザーに起こる心理的状态を推定し, それに基づいた写真の提示を行うこと

評価実験を実施し, アンケートの結果, 閲覧中の発話, 写真遷移を分析し認知モデルと生理指標を組み入れた写真スライドショーシステムの有用性と課題を明らかにする.

3.2 評価手法

本研究で提案する写真スライドショーシステムを評価するために, 以下で説明する 3 種類の提示条件を比較に用いる.

条件 1: ランダム提示条件 写真の検索・提示は写真データセットからランダムに行われる

条件 2: ACT-R パラメータ固定条件 写真の検索・提示は連想検索するモデルによって行われ, モデルの振る舞いを規定するパラメータは, :bll 0.2, :blc 15, :mas 2, :ans 0.5 と設定した

条件 3: ACT-R パラメータ変動条件 写真の検索・提示は連想検索するモデルによって行われ, モデルの振る舞いを規定するパラメータは, :bll 0.2, :blc 15, :mas 2 とし, :ans を計測した SDNN によって変動させる

3.3 実験設定

静岡大学の情報学部生 2 名 (男性 1 名, 女性 1 名) の参加者について実験を実施した. 実験参加者 2 名を実験参加者 A,B とし, 実験に用いるライフログ写真はそ

表 1: 主観評価アンケート

No.	質問項目
1	スライドショーはあなたにとって興味深いものでしたか.
2	写真の閲覧が記憶の思い出のきっかけになりましたか.
3	提示される写真につながりを感じましたか.

それぞれ実験参加者 A は 287 枚, 実験参加者 B は 299 枚を利用した. これらの写真は, 本研究のために撮影されたものではなく, 実験参加者が私生活の中で撮影したものである.

閲覧実験中, 心拍センサの装着, 思考の発話を実験参加者に課した. 各条件, 1 回の閲覧を 5 分間とし, 閲覧終了後実験参加者の主観評価を調査するために表 1 に示す 5 段階のリッカート尺度を用いたアンケートを行った. アンケートの記入終了後, 次の条件の閲覧を行った. 3 種類の提示条件それぞれ 1 回ずつの閲覧を 1 セットとし, 条件の実施順序を変更し計 6 セット行う参加者内実験を実施した. 各セット終了後に 5 分程度の休憩を設けた.

また, ACT-R の組み込み関数 (mp-process) を用いることで, モデルのシミュレーション時間を, 閲覧実験実施日の 00:00:00 に設定をした. データセットに付与された時刻情報と組み合わせることで, 現実世界の時刻と対応した記憶検索のシミュレーションを行うことが可能である.

4 結果と考察

評価実験で得られた主観評価アンケートデータ, 写真遷移データ, 発話内容の分析と結果の考察を各実験参加者ごとに実施した.

4.1 実験参加者 A

4.1.1 アンケート結果

図 3 に実験参加者 A の各質問項目における主観評価アンケートの結果を示す. 実験参加者 A の主観評価アンケートのそれぞれの質問項目を従属変数とし, 写真提示条件を要因 (ランダム条件 vs. パラメータ固定条件 vs. パラメータ変動条件) とする一元配置分散分析を行った. なおこの分析において, 各セットを対応のあるデータとして扱った.

3 つの質問項目のうち, 写真提示条件の主効果が有意となったのは, 質問項目 3 「提示される写真につながりを感じましたか」のみであった [質問項目 1: $F(2, 15) = 0.68, n.s.$, 質問項目 2: $F(2, 15) = 0.32, n.s.$, 質問項目 3: $F(2, 15) = 7.42, p < .01$].

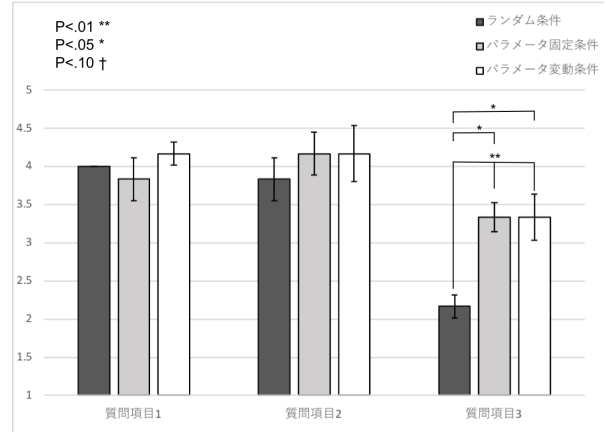


図 3: 実験参加者 A アンケート結果

質問項目 3 において, 主効果が有意であったため, Bonferroni 法による多重比較を行った. 分析の結果, ランダム条件とパラメータ固定条件において有意な差が認められた (ランダム条件 < パラメータ固定条件, $p < .05$). また, ランダム条件とパラメータ変動条件についても有意な差が認められた (ランダム条件 < パラメータ変動条件, $p < .05$). つまり, ランダム条件と比較し, モデルベース提示の 2 条件 (パラメータ固定条件, パラメータ変動条件) は提示される写真につながりを強く感じたことが示された.

4.1.2 発話分析

表 2: 実験参加者 A 発話内容 (パラメータ固定条件)

提示	発話
1	これは横浜かな. 観覧車に乗ってたのかな. 写真が変わらないことある.
2	これも横浜か.
3	友達のおばあちゃんち行った時の.
4	これも横浜か. なんか違う気がしなくもないな.
5	アイスじゃないか. なんだろ.
6	これも観覧車. いろんな方向見れる.
7	どこだ. なんだろこれ.
8	おいしかったやつだ. すごいみんな無言だった.
9	修学旅行. 海の方の神社.
10	じゃあこれも修学旅行なのかな. 全然覚えてないな. お店の窓.
11	これは遠足の.
12	観覧車. 観覧車.
13	これも高いから観覧車なのかな. 色んな所見れる.
14	観覧車だ. 何日か行ってるのかな.
15	遠足だ. 雀かわいいやつだ. 誰がつけてるんだろ. この編物春とか行ったら付いてるのかな.
16	友達がめちゃくちゃやけどしたやつだ. 荷物が.
17	これは観覧車じゃなくて普通に歩いて撮ったのかな.
18	めっちゃぶれてる. 時之栖.
19	(発話なし)

実験参加者 A がモデルベース提示の 2 条件によって提示される写真につながりを強く感じた要因を明らか

表 3: 実験参加者 A 発話内容 (パラメータ変動条件)

提示	発話
1	家のそばの桜かな。あまりよくない。
2	うーん、同じとこかな。
3	もうちょっとアップで撮ればいいのに。
4	桜多いな。同じとこっぽいけどな。
5	満開かな。でも開いてないのある。
6	脚立とかほしい。
7	桜。もうすぐ桜咲くかな。
8	美術館だ。計算されてそうな位置取り。
9	おいしくなかったやつだ。なんでこんな美味しくなかったんだろう。
10	おいしかったやつだ。でも熱かったんだよな。もう一回食べたいな。
11	乗った。でっかいな。いろんなとこ見れるわ。
12	中だ。この公園ポケモンGOいっぱいいた気がする。
13	あー、美術館のピザ。めっちゃ美味しかったな。
14	あー、切り分けてる。美味しかったな。モッツアレラ。
15	これ美術館の花でしょ。かわいい。なんて花か全然覚えてない。
16	美術館の木だ。つたが絡みついているのがいいな。木とりすぎなんだよな。
17	なんか家と桜がいい感じだった気がする。
18	雪だ。いぶ積もったやつだ。このときが一番積もったかもしれないな。
19	美術館の花だ。かわいいな。
20	彫刻なんだから。竹。
21	これもよくわからないんだよな。 なんか怖い彫刻多かった気がする。人も多かったしな。 何か災害でもあったんだろうかっていうテーマだったのかもかもしれない。
22	これも災害みたいなの願してる。懐かしいな。 確か中央においてあったんだよな。
23	そんな見て欲しいのかな。

にするためにパラメータ固定条件及びパラメータ変動条件の発話内容の分析を実施した。

各提示条件の発話内容を抜粋したものを表 2, 表 3 に示す。パラメータ固定条件の 9, 10 枚目の提示において、1 枚前の提示された写真によって、次に提示された写真に関する記憶の回想が促されていることが観察された。またパラメータ変動条件の閲覧中の発話についても、1,2,3,4,5,7 枚目の提示に共通して「桜」に関する発話が連続して起こっていることが観察され、実験参加者が写真の閲覧によって記憶の連想が起きていることが示唆される。

つまり、パラメータ固定条件及びパラメータ変動条件について主観評価アンケートの結果及び発話内容の分析により、モデルによる写真提示は記憶を追憶させる提示がなされていることに一定の妥当性が示された。

4.2 実験参加者 B

4.2.1 アンケート結果

図 4 に実験参加者 B の各質問項目における主観評価アンケート結果を示す。実験参加者 B についても同様に、主観評価アンケートのそれぞれの質問項目を従属変数とし、写真提示条件を要因とする一元配置分散分析を行った。なおこの分析においても、各セットを対応のあるデータとして扱った。分散分析の結果、3 つの質問項目のうち質問項目 1「スライドショーは、あなたにとって興味深いものでしたか」のみ写真提示条件の主

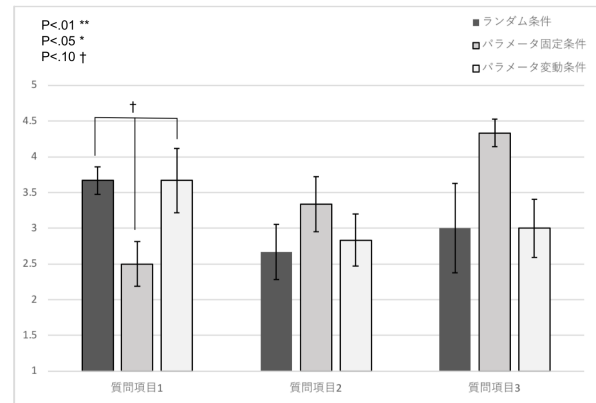


図 4: 実験参加者 B アンケート結果

効果が有意傾向となった [質問項目 1: $F(2, 15) = 3.36$, $p < .10$, 質問項目 2: $F(2, 15) = 0.70$, $n.s.$, 質問項目 3: $F(2, 15) = 2.50$, $n.s.$].

続いて多重比較の結果、ランダム条件とパラメータ固定条件、ランダム条件とパラメータ変動条件、パラメータ固定条件とパラメータ変動条件それぞれについて、有意な差は認められなかった。

4.2.2 発話、写真遷移分析

実験参加者 B の主観評価アンケートの結果より、質問項目 1 の評定値の平均は、パラメータ固定条件の評定値が他 2 条件と比較し、低い値であった。この要因を明らかにするために、実験参加者 B のパラメータ固定条件における閲覧中の発話及び写真遷移についての分析結果を述べる。

5 セット目のパラメータ固定条件の発話、写真遷移について抜粋し図 5 に提示する。提示写真の 6,8,15 枚目、9,11,14 枚目がそれぞれ同じ写真を繰り返し提示されたことがわかる。9,11,14 枚目の発話内容を抜粋すると、9 枚目の提示「ギリギリだったからジェットコースター乗れなかったな。」、11 枚目の提示「ここらへんの写真結構でてるよな。なんか出来事あったかな。」、14 枚目の提示「よく出てくるな。」という発話が見られた。これらの発話から、繰り返し提示される写真へストレスを感じていることを推測できる発話が観察された。また、写真が繰り返されるごとに発話数が減り、その経験における記憶の回想の限界が観察された。これはつまり心理的状态に基づいた写真提示がなされなかったためだと推測される。これに反して生理指標によるフィードバックを組み入れたパラメータ変動条件は、ユーザの心理的状态を推定し、それに基づいた写真の提示がなされていた可能性が明らかになった。

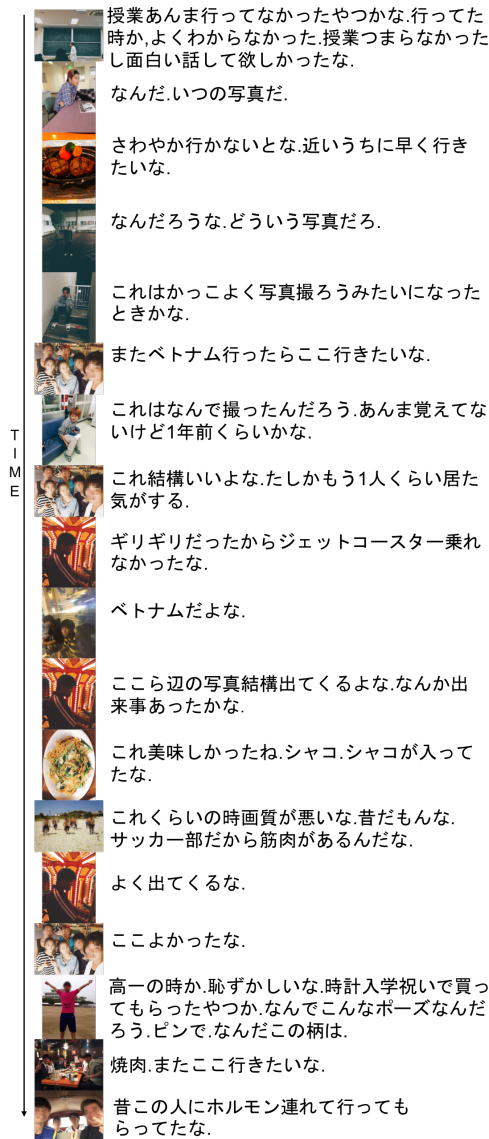


図 5: 実験参加者 B 発話・写真遷移 (パラメータ固定条件)

5 おわりに

本稿では認知モデルと生理指標を組み入れた写真スライドショーシステムの開発, 評価実験を実施した. 各実験参加者の主観評価アンケート, 閲覧中の発話, 写真の遷移の結果から, 回想法の支援として認知モデルと生理指標を写真スライドショーに組み込むことの意義を示した.

しかし, 本研究には課題が残されている. 実験中に計測した心拍変動の分析が実施できていないため, 今後データの分析を行う必要がある. 加えて, 心理的状態の推定, ノイズ値との対応付けが妥当であったのかを心拍変動の分析結果と関連付けて検討することが必要である.

また本研究ではサンプル数が少なく, 簡単な傾向を示すのみになってしまった. 今後はよりサンプル数を増やし, 実験参加者によるバイアスを生じさせない必要がある.

参考文献

- [1] Constantine Sedikides, Tim Wildschut, Lowell Gaertner, Clay Routledge, and Jamie Arndt. Nostalgia as enabler of self-continuity. *Self-continuity: Individual and collective perspectives*, pp. 227–239, 2008.
- [2] 日本心理学会 監修 楠見 孝編. 懐かしさの心理学. 思い出と感情. 誠信書房, 2014.
- [3] 森田純哉, 平山高嗣, 間瀬健二, 山田和範. 認知アーキテクチャを組み入れた写真スライドショーの開発: 展望と課題. 人工知能学会全国大会論文集 2015 年度人工知能学会全国大会 (第 29 回) 論文集, pp. 2M4NFC04b3–2M4NFC04b3. 一般社団法人 人工知能学会, 2015.
- [4] John R Anderson. *How can the human mind occur in the physical universe?* Oxford University Press, 2009.
- [5] 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, p. 657, 2007.
- [6] Christian Lebiere and Bradley J Best. Balancing long-term reinforcement and short-term inhibition. In *Proceedings of the 31st annual conference of the cognitive science society*, pp. 2378–2383, 2009.
- [7] Christopher L Dancy, Frank E Ritter, Keith A Berry, and Laura C Klein. Using a cognitive architecture with a physiological substrate to represent effects of a psychological stressor on cognition. *Computational and Mathematical Organization Theory*, Vol. 21, No. 1, pp. 90–114, 2015.
- [8] 前田陽一郎. 心拍情報に基づくリラクゼーションサウンド生成手法. 日本知能情報ファジィ学会 ファジィ システム シンポジウム 講演論文集第 31 回 ファジィシステムシンポジウム, pp. 29–34. 日本知能情報ファジィ学会, 2015.