

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

森田 純哉^{1,a)} 平山 高嗣² 間瀬 健二² 山田 和範³

概要: これまで発表者らは、パーソナルデータを用いた自伝的記憶のモデル構築、およびそれを組み入れた写真スライドショーアプリの開発に取り組んできた。本発表では、アプリの背景にあるモデルベース回想法のコンセプトを議論する。モデルベース回想法は、(1) 認知アーキテクチャによるユーザモデリング、(2) ユーザフィードバックによるモデル学習、(3) モデルによるユーザの働きかけを要素とする。個人化された認知モデルによって、ユーザに写真が提示され、ユーザからのフィードバックによってモデルがチューニングされる。その結果として、人間とモデルの同調、あるいはモデルによる人間の連想の引き込みが生じる。こういったモデルベース回想法の方法論を完成させることで、ユーザの記憶想起をポジティブな方向へ導き、建設的な未来展望へつなげるシステムが構築されると考えている。

キーワード: 写真回想法, ACT-R, ユーザモデリング

Model-based Life Review and Reminiscence: The Guide of Mental Time Travel

Abstract: The authors so far have developed a photo slideshow app that includes a user model of autobiographical memory constructed from a combination of cognitive architecture and personal lifelog data. In this presentation, we will discuss the concept behind our app, called *model-based life review and reminiscence*. This concept consists of three parts: (1) user-modeling using a cognitive architecture, (2) model learning from user feedback, and (3) prompts generated from the user model. The personalized user model presents photos to a user, and parameters of models are modified through reactions of users. As a result, we considered that synchronizations between a user and a model, or entrainments from a model to a user are emerged. Such an approach of model-based life review and reminiscence will construct a system that guides a user to recall positive memories and to make a constructive future planning.

Keywords: life review and reminiscence, ACT-R, User Modeling

1. はじめに

日本の高齢化がとまらない。今後、この社会を持続させるには、高齢者の活動量を維持し、向上させていくことが不可欠である。そして、高齢者の活動を効果的に活発化させるには、健康長寿に向けた潜在的な心身状態を把握し、その結果に基づく働き掛けが必要になる。

この目的を達成する手段として、著者らが注目しているのが、自伝的記憶の回想である。介護現場において、回想

法は、認知症を含む高齢者に対する支援として、ポピュラーな手法である。大まかに言えば、回想法は、写真や音楽などを対象者に提示することで、過去を回想させるものである [1]。その効果によって、回想法はライフレビューとレミニッセンスに分けられる。前者は、過去の振り返りによる人生の総括や死生観の深化を狙うのに対し、後者は懐かしい思い出の喚起による心理的な安定、もしくは意欲の喚起を狙う。また、回想法は、対象者と実施者が一対一の関係においてなされる場合もあれば、対象者が複数のグループとなり、互いに思い出を語り合う場合もある。

著者らは、これまで、一対一の回想法場面と対応する写真提示アプリケーションの開発に取り組んできた [2], [3]。その効果として、ユーザを楽しませつつ活動意欲を向上さ

¹ 名古屋大学未来社会創造機構
Institute of Innovation for Future Society, Nagoya University

² 名古屋大学情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nagoya University

³ パナソニック株式会社 Panasonic Corp.

^{a)} j-morita@cmc.ss.is.nagoya-u.ac.jp

せるレミニッセンスを狙っている。本稿では、著者らの構築してきたアプリケーションの背後にあるコンセプトであるモデルベース回想法について議論する。以下、2節では、本研究の背景として、回想法において期待される心理的効果、および回想法の問題点をレビューする。その後、3節において著者らが提案するモデルベース回想法の枠組みを示し、4節にて現状の到達点と今後の展望をまとめる。

2. メンタルタイムトラベルと回想法

2.1 メンタルタイムトラベルの効果

回想法の効果は、心理療法の文脈では十分に実証されてこなかった。よって、本稿では、記憶に関する認知心理学や神経科学の知見を援用することで、その効果を議論する。

記憶に関する研究分野は、これまで記憶が感情に及ぼす影響の大きさを繰り返し示している。たとえば、マウスを対象とした最新の実験研究では、楽しい記憶を人為的に思い出させることで鬱症状が改善されることを示している [4]。人間において、この効果は、ノスタルジアとして研究されている [5], [6]。ノスタルジアは、過去を懐かしむ感情である。ノスタルジアの生起する状況を検討した質問紙調査は、ノスタルジアがネガティブな気分のときに多く生起すること、ノスタルジアを感じた後にポジティブな感情が訪れることを示す。これらより、過去のポジティブな記憶を思い出すことが、心理的な安定を導くと考えることができる。

しかし、過去のポジティブ記憶を思い出すことは、現実と向き合うことから逃避し、閉じこもりの原因になるのではないかという疑問も生じさせる。この疑問に対しては、メンタルタイムトラベルに関わる近年の研究から答えることができる。メンタルタイムトラベルとは、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ができる [7]。たとえば、過去の追体験をすることで、そのときの感情が付随して呼び起こされる。想起されるのが楽しかった記憶であれば、現在も楽しい気分になる。

記憶の研究者らは、人間は、過去への追憶だけでなく、未来への展望においても、メンタルタイムトラベル的な体験をすると指摘する。fMRI を使った実験では、過去の事例を想起することと未来を展望することに同じ脳部位（前頭葉内側部と海馬）が関わることを示している [8]。つまり、未来をありありと思い浮かべるためには、過去の経験の想起が必要になる。その意味で、過去を思い出すことと、未来を展望することは裏表の関係にある。過去の想起を行わずに、明るい未来を思い浮かべることができない。よって、適切な過去の回想は、未来への活動に繋がると仮定することができる。

2.2 回想法の問題点

回想法のポジティブな効果が喧伝される一方で、回想法には複数の問題が考えられる。滝川は、現在の回想法を巡る状況について、以下の問題を指摘する [1]。

- (1) 回想法の効果についての実証的な検討が十分にされていない。
- (2) 記憶に伴う感情の統制が困難である。自伝的記憶の回想は、ポジティブな経験の追体験だけでなく、不安や葛藤、抑うつ的な状態も誘発する。これらの感情の喚起は、ライフレビューとしての回想法では必要であるものの、レミニッセンスの実践としては不適切である。
- (3) 手続きの未確立。回想法は、これまで介護の現場において実践的に行われており、形式化されているとは言い難い。
- (4) 個人によって刺激の意味が異なる。同じ写真に対して、ポジティブな感情を喚起する個人もいれば、ネガティブな感情を喚起する個人も存在する。

本研究は、回想法に関わる実証研究ではない。よって、上記 (1) は本論文の範囲外である。ただし、先に述べたメンタルタイムトラベルの観点から、過去を回想することの心理的効果について、ある程度の理論的な裏付けが得られていると考えている。

本研究が焦点を当てる問題は、(2) から (4) である。これらの問題を回避するには、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。システムとして考えた場合、この目的の達成には個人化されたユーザモデルが必要になる。こういった背景より、著者らは、これまでにモデルベース回想法を提案してきた [2], [3]。

3. モデルベース回想法

3.1 コンセプト

著者らは、モデルベース回想法という言葉を用いて、個人化された認知モデルに基づく回想法という意味で用いている。モデルベース回想法のコンセプトを図 1 に示す。図 1 は大きく 2 つの領域に分けられる。左下は現実のユーザが存在するリアル領域、右上はユーザのモデルが存在するバーチャル領域、すなわちシステム内部の世界である。リアル領域とバーチャル領域のインタフェースはディスプレイに表示される写真となっている。

ディスプレイに表示される写真は、スライドショー形式で、動的に切り替えられていく。現在の写真から何を次の写真として提示するのか、モデルが決定する。ここで、モデルは、自伝的記憶に関するユーザの連想記憶をシミュレートすると仮定する。そして、自伝的記憶のモデルは、ユーザの保持する写真、およびそこに含まれる属性（人や場所、物）を知識とすることで構成されると考える。さらに、モデルによる写真の連想検索は、ユーザの認知的状態や情動的状态と対応づけられるパラメータによって、制御

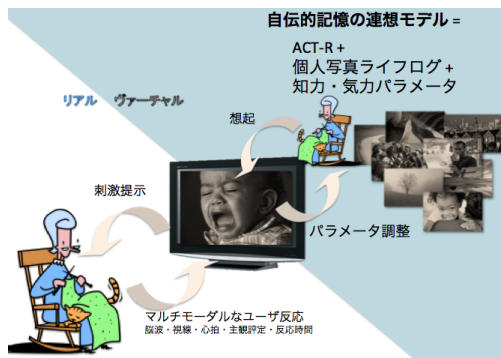


図 1 モデルベース回想法のコンセプト

されると考える。

図 1 の枠組みにおいて、モデルによる写真の想起は、そのままユーザへの刺激提示になる。ユーザはモデルによって提示された写真に対し、何らかの反応を返す。モデルは、写真に対するユーザの反応を予測しつつ、予測誤差を利用したパラメータ調整を行っていく。これにより、ユーザの認知的状態、情動的状态をモデルが学習し、学習結果に基づく刺激提示が行われるようになって考えている。

つまり、この枠組みは、ユーザ側のリアルな世界と、モデル側のバーチャルな世界が写真を介して対話をし、互いの状態を擦り合わせていくものになっている。こういったユーザ反応に基づくモデルパラメータの推定は、知的学習支援の研究分野において開発されてきたチュータリングシステムと対応している [2]。たとえば、カーネギーメロン大で開発される Cognitive Tutor は、回答者の誤答パターンから、知識の状態を推定し、ヒントを表示する [9]。

以下、モデルベース回想法を、モデル部 (図 1 の右上)、フィードバック部 (図 1 の左下)、インタラクション部 (図 1 全体) に分けて説明していく。

3.2 モデル部

3.2.1 アーキテクチャ

認知アーキテクチャを用いることで、写真に対する連想のプロセスをモデル化する。認知アーキテクチャとは、認知モデルの土台となるソフトウェアのことである。共通の認知アーキテクチャの上に、ユーザやタスクに固有の知識、パラメータを加えることで、個別化されたモデルが構成される。こういった標準化されたアーキテクチャを使うことは、ユーザの個人差を表現するという目的に対して有効である。

これまで複数の認知アーキテクチャが開発されてきた。近年、最も多くの研究者に利用されているのは、ACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational [10]) といえる。ACT-R の最も基本的な部分は、プロダクションシステムとして実装されている (図 2)。ただし、通常のプロダクションシステムと異なり、ACT-R にはワーキングメモリに相当するバッファが複数存在する。それら複数のバッファは、

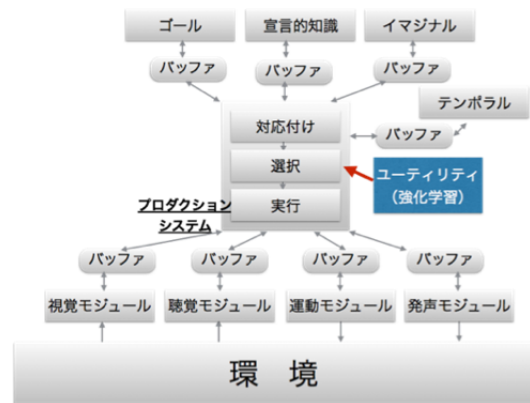


図 2 ACT-R のモジュール構造

自律して動作するモジュールと結合する。プロダクションシステムは、バッファを介してモジュールにコマンドを送信する。また、モジュールは、処理の結果を、バッファを介してプロダクションシステムに送信する。プロダクションシステムは、バッファの状態に応じて、発火するルールを選択し、バッファの状態、すなわちモジュールへのコマンドを書き換えていく。

3.2.2 モデルの構成

ACT-R によって構成される写真回想の概略的なモデル構成図を図 2 に示す。詳細は、[3] を参照されたい。

プロダクションシステムのほか、モデルはゴール、宣言的記憶、視覚などのモジュールを持つ。視覚モジュールを介し、モデルはユーザが観察しているのと同じ写真を観察する。モデルが観察して認識した写真の属性は、ゴールモジュールに一時的に保持される。プロダクションシステムは、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知識に送信する。モデルは、パラメータとして定められた時間内で、写真の観察と検索を繰り返す。最後に宣言的知識から返された写真が、次の写真として、ユーザおよびモデルの観察するディスプレイに送られる。

本研究のモデルの構成のうち、特に重要になるのが宣言的記憶である。モデルの宣言的記憶はユーザの保持する写真ライブラリによって構成される。写真ライブラリから、個別の写真の属性を抽出することで、写真同士が属性で結合された意味ネットワークを構成する。写真の属性として、Who (誰が写っているか)、What (何が写っているか)、Where (どこで撮影された写真か)、When (いつ撮影された写真か) の 4 種類をコーディングする。Who と What は画像処理的に取得し、Where と When は EXIF メタデータからコーディングする。

宣言的記憶を意味ネットワークとして構成できれば、プロダクションルールによって、ネットワークを前向きに探索していくことで、写真に関する連想検索をモデル化できる。モデルは現在表示される写真と共通する属性を持つ写

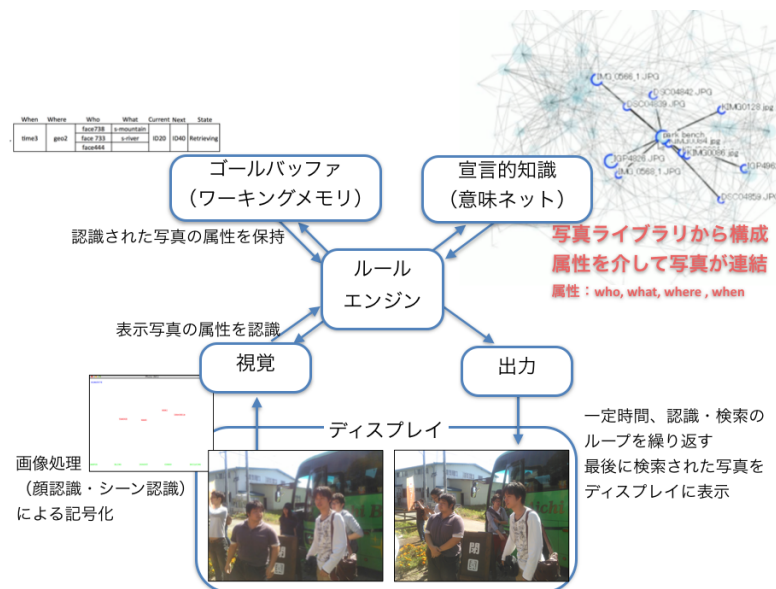


図 3 モデルの概略

真を、次の写真として検索していく。先に述べたように、写真には、Who, What, Where, When の属性が付与される。各時点において、これらの属性のうちの何を共通する写真を検索するかは、それぞれの属性に対応するルールのユーティリティ値によって定まる。ルールのユーティリティ値がどのように更新されるのかについては、3.3.2にて説明する。

3.2.3 パラメータと動作例

同じ連想関係で結合される写真が複数存在した場合、どの写真を検索するかは、宣言的知識の活性値によって決定される。活性値の計算は、パラメータ設定によって変化する。著者らは、これまで、ACT-R の宣言的知識の利用に関わる以下のパラメータを検討してきた。

- 忘却: 最近撮影された写真ほど検索されやすく、古い写真は検索されづらい。
- 学習: 過去に複数回検索された写真は検索されやすい。よって、古い写真であっても、一旦検索されれば、それ以降検索されやすくなる。
- 抑制: 直前に検索された複数枚の写真の活性値を抑制する [11]。
- コンテキスト: 現在表示されている写真と複数の属性が共通する写真は、単一の属性が共通する写真に比べ、検索されやすくなる。
- 活性ノイズ: 上記一連の効果に対して付与されるノイズ。

図 4 は、モデルパラメータとして、抑制の有無とノイズの高低 (ANS = 0.1 vs. ANS = 0.5) を操作した結果を示している。忘却と学習のパラメータは、ACT-R の枠組みのなかで、最もベーシックなものとなるため、このシミュレーションでは固定している。また、コンテキストの影響

を操作したシミュレーション結果は、[3] に示している。操作パラメータを除くシミュレーション条件 (データセット、手続き) は、[3] と同様である。

図 4 の横軸は、検索された頻度によって写真を降順に並べた順位を示している。図より忘却と学習のみが働くモデル (左の青線) は、少数の写真に偏った検索がなされたことがわかる。それに対して、抑制は、忘却と学習によってもたらされる繰り返し検索を、わずかではあるものの抑えている (左右のグラフの間で、低ノイズの一位に差が認められる)。抑制の効果に比べ、ノイズの効果は、より顕著に観察される。左右両方のグラフにおいて、高ノイズが付与された条件 (青線) は、低ノイズの条件 (黒線) に比べ多くの種類の写真が検索されている。

ACT-R の研究者は、しばしば学習と忘却のみが働くベーシックなモデルによる連想検索の挙動を、病的なものと表現する (pathological behaviors such as out-of-control looping [11])。少数の偏った写真の繰り返し検索は、認知症の人の振る舞いにも観察されるものである。つまり、ACT-R による連想検索は、デフォルトで認知症の人の振る舞いをシミュレーションする。図 4 のシミュレーション結果は、デフォルトのモデルに抑制や適度なノイズを加えることで、認知症に対する健常な人の記憶のプロセスを再現することができることを示唆している。

3.3 ユーザからのフィードバック

モデルベース回想法の枠組みでは、ユーザからのフィードバックによってモデルのパラメータが調整され、ユーザの認知的状態や情動の状態が推定されると考える。モデルパラメータの調整に利用するフィードバックとして、本研究では、評定などのユーザの随意的な反応ではなく、生体

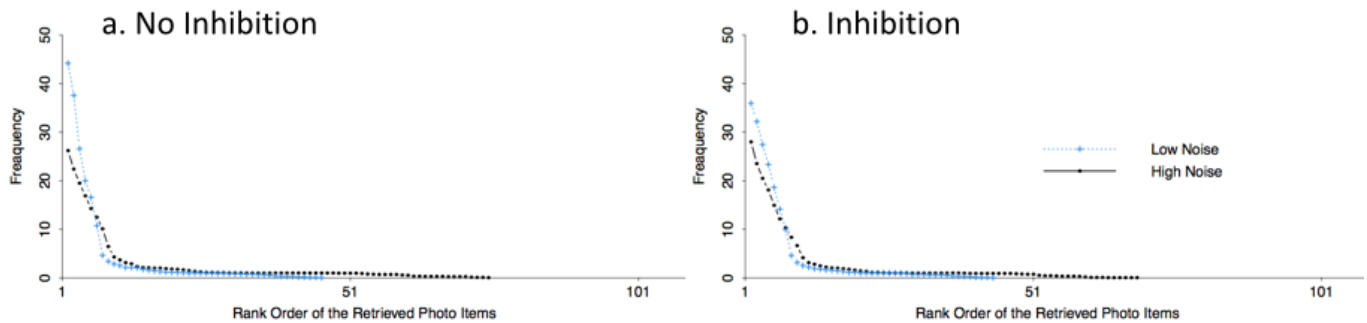


図 4 検索された写真の順位別頻度

信号による無意識的な反応を考える。生体信号をフィードバックとして利用することは、ユーザの負荷を低減する利点がある。以下、著者らが想定している2種類のフィードバック方式を議論する。

3.3.1 心拍の同調

ACT-R と生体信号の結合を考える際、Dancy らの試みが参考になる [12]。彼らは、生理学において構築された計算機モデル HumMod と ACT-R を結合する試みを発表している。HumMod は 5000 以上の生理的な変数の関数関係を定義し、その時間変化をシミュレーションするプラットフォームである。

前提として、Dancy らは、ACT-R のパラメータ値は生理的なメカニズムによって定まると考えている。そして、HumMod が含む生理変数のいくつかは、ACT-R のパラメータと直接結びつくとして仮定する。具体的に、Dancy らは、HumMod によって計算されるアドレナリンの分泌量と、宣言的知識のノイズパラメータを結合する。そして、ストレス環境下における単純な計算課題のパフォーマンスを、この結合関係から再現しようとした。ストレス音により、ノルアドレナリンの分泌量が変化し、計算課題における宣言的知識の検索にミスが生じるまでの状況がモデル化された。

本研究がモデル化する自伝的記憶の連想は、Dancy らの課題とは性質が異なる。本研究が扱う状況は、計算課題に比べ、認知的負荷の低い課題である。ただし、Dancy らが指摘したノルアドレナリンの分泌と宣言的知識の活性ノイズの関係性は、本研究においても当てはまる可能性がある。

図 4 のシミュレーション結果によれば、活性ノイズは、多様な写真を検索させる効果を持つ。つまり、活性ノイズの付与によって、直近の同じ写真ばかりでなく、古い記憶も想起され、メンタルタイムトラベルが生じることが示唆される。Dancy らが仮定した活性ノイズとアドレナリンの対応を考えれば、メンタルタイムトラベルは、緊張の緩んでいるとき、リラックスしているときに生じると考えることができる。

アドレナリンの分泌を非侵襲的に計測する手段として、心

拍の測定を考えることができる。近年、多くの簡易な心拍センサーが市販されており、心拍は最も簡便に取得できる生体信号となっている。ここから、写真スライドショーを観察している際のユーザの心拍数と ACT-R の活性ノイズを同期させるアプリケーションを考えることができる。緊張している際には、最近の写真が繰り返し検索され、緊張が緩んだ時、過去の写真が検索されるようになる。

3.3.2 脳波信号による報酬

理論的にいえば、2 節で議論したメンタルタイムトラベルを介した意欲の喚起は、大脳基底核における報酬系の活動（ドーパミンの放出）と関連する。そして、ACT-R において、報酬系はルールに付与されるユーティリティ値を変動させるメカニズムとしてモデル化される（図 2 の強化学習）。本研究のモデルでは、Who, What, Where, When の各属性と対応する写真検索ルールにユーティリティ値が付与される。これらのどのルールを用いて写真を検索するかは、ユーティリティ値の比較によって決定される。ユーティリティ値は、ルール選択の結果得られた報酬によって更新される。正の報酬が得られれば、その選択に関与したルールのユーティリティ値が上昇し、負の報酬が得られれば、選択に関与したルールのユーティリティ値が下げられる。

こういった ACT-R のユーティリティ値の変動を、ユーザの脳内における報酬系の動きと連動させられれば、ユーザの好みに応じた属性選択がモデルによって再現できるようになる。モデルベース回想法としてのチャレンジは、非侵襲的に計測される生体信号からどのようにして、ユーザの脳内の報酬系の活動を推測できるかということである。

著者らは、脳波信号によって、報酬信号を定義できると考えている。これまで、実験参加者個人のプライベート写真を刺激とした脳波計測実験を行ってきた。実験参加者によって評定された刺激に対する主観的な興味度と相関する脳波信号を探索した結果、ベータ波の強度との相関が見出された [14]。

3.4 人間とモデルのインタラクション

ここまでに議論したモデル部、およびユーザからのフィードバック部を統合することで、どのような人間とモデルのインタラクションを考えることができるだろうか。以下、対人インタラクションにおける研究を参考としつつ、2つのインタラクションの形態を議論する。

3.4.1 モデルとユーザの同調

一つの形態は、モデルのパラメータがユーザの認知的状態、心理的状态と同調するインタラクションである。具体的に言えば、ユーザのアドレナリンの放出およびドーパミンの放出が、それぞれACT-Rの活性化ノイズ、ルール選択の報酬と同調する。対人関係の心理学において、人間は同調する他者に対して、よい印象を抱くことが指摘されている。そのため、同調効果に基づくインタラクションはユーザにポジティブな感情を起こすことが期待できる [13]。このインタラクションにおいて、写真を観察しているユーザにとっては、見たい写真のみがディスプレイに現れる状態となる。

3.4.2 モデルによるユーザの引き込み

人間同士のインタラクションを観察すれば、同調行動を基本としつつも、先行と後行の時間関係に基づく、リーダーとフォロワーの関係が生起する。たとえば熟練した店員の動作は、顧客の動作に先行することが発見されている [15]。また、熟達した落語の演者の笑いは、観客の笑いを引き込み [16]、瞬きのタイミングをもコントロールすることが見出されている [17]。

メンタルタイムトラベルを誘導するためには、人間とモデルが単純に同調するだけでなく、モデルによる連想が、人間の連想に先行し、人間の連想を引き込む必要がある。そして、モデルがユーザのリーダーになるためには、モデルになんらかの連想の方向性、ゴールが与えられる必要がある。モデルに対して、どのようなゴールをどのように与えることができるだろうか。本稿において議論したパラメータでいえば、緊張を和らげる、緊張を促すなどの方向性は、活性ノイズと心拍の対応関係を調整することで、実現できそうである。ただし、活動意欲の向上など、より高次のゴールに結びつく誘導を実現する方法は、本稿のここまでの議論から導くことができない。今後の検討が必要である。

4. おわりに

本稿では、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の枠組みを議論した。今回の原稿にて議論したのは、コンセプトの設計であり、実装レベルでは複数の研究課題を含んでいる。3.2のモデル部や3.3.2に述べた写真に対する脳波反応など、いくつかの研究課題については、すでに独立した研究として実施を進めている。ただし、3.4にて議論した人とモデルのインタラクションは、試論にと

どまっている。今後、システムの作り込みを進めつつ、実証研究の計画を立てていく。

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] 瀧川真也：なつかしさと記憶、臨床的応用、懐かしさの心理学—思い出と感情 (楠見孝 編), 誠信書房, pp.23-40 (2014).
- [2] 森田純哉, 平山高嗣, 間瀬健二, 山田和範：認知モデリングに基づく高齢者支援の試み, 第73回先進的学習科学と工学研究会 (SIG-ALST), (2015).
- [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, 第29回人工知能学会全国大会, (2015).
- [4] Ramirez, S., Liu, X., MacDonald, C. J., Moffa, A., Zhou, J. Roger, L. Redondo, R. L., and Tonegawa, S.: Activating positive memory engrams suppresses depression-like behaviour, *Science*, Vol. 522, pp. 335-339 (2015).
- [5] Routledge, C. and Wildschut, T. and Sedikides, C. and Juhl, J.: Nostalgia as a Resource for Psychological Health and Well-Being, *Social and Personality Psychology Compass*, Vol. 7, No. 11, pp. 808-818, (2013).
- [6] 川口潤：人はなぜなつかしさを感じるのか、懐かしさの心理学—思い出と感情 (楠見孝 編), 誠信書房, pp.23-40 (2014).
- [7] Tulving, E.: Memory and consciousness, *Canadian Psychology*, Vol. 26, No. 1, pp. 1-12 (1985).
- [8] Kragel J. E., Morton N. W., Polyn S. M.: Neural activity in the medial temporal lobe reveals the fidelity of mental time travel, *Journal of Neuroscience*, Vol. 35, No. 7, pp. 3378-818, (1999).
- [9] Anderson, J. R. and Boyle, C. F. and Reiser, B. J.: Intelligent Tutoring Systems, *Science*, Vol. 228, No. 4698, pp. 456-462 (1985).
- [10] Anderson, J. R.: *How can the human mind occur in the physical universe?*, Oxford University Press (2007).
- [11] Lebiere, C., and Best, B. J. Balancing long-term reinforcement and short-term inhibition. In Proceedings of st Annual Conference of the Cognitive Science Society (2009).
- [12] Dancy, C. L. and Ritter, F. E.: Using a cognitive architecture with a physiological substrate to represent effects of a psychological stressor on cognition *Computational and Mathematical Organization Theory*, (in-press).
- [13] Chartrand, T. L. and Bargh, J. A.: The chameleon effect: The perception-behavior link and social interaction, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 76, No. 11, pp. 808-818, (1999).
- [14] 速水慎太郎, 森田純哉, 平山高嗣, 間瀬健二, 山田和範：興味や記憶力の推定のための写真閲覧時のマルチモーダル生体信号解析, 第29回人工知能学会全国大会, (2015).
- [15] 辰巳慎, 永井由佳里, 森田純哉：アパレルセレクトショップにおける店員顧客間の同調傾向の研究, *知識共創*, Vol. 2, (2012).
- [16] 野村亮太, 丸野俊一：ユーモア生成過程にみられる演者と観客による関係システムの解明, *認知科学*, Vol. 14, No. 4, 494-508, (2007).
- [17] 野村亮太, 岡田猛：話芸鑑賞時の自発的なまばたきの同期, *認知科学*, Vol. 21, No. 2, 226-244, (2014).