

行動変容を志向したマルチモーダルデータからのユーザー行動モデリング：  
認知アーキテクチャを活用したインタラクションデザインの事例

|       |  |
|-------|--|
| メタデータ | 言語: ja<br>出版者: 技術情報協会<br>公開日: 2021-07-15<br>キーワード (Ja):<br>キーワード (En):<br>作成者: 森田, 純哉<br>メールアドレス:<br>所属: |
| URL   | <a href="http://hdl.handle.net/10297/00028284">http://hdl.handle.net/10297/00028284</a>                  |

# 行動変容を志向したマルチモーダルデータからのユーザ行動モデリング ー認知アーキテクチャを活用したインタラクションデザインの事例

《執筆者のご所属・お名前》

第一執筆者： 静岡大学 森田純哉

## はじめに

急速に進展する情報社会において、ユーザの行動にまつわる様々な問題が表出している。なかでも、ユーザを特定の行動にトラップさせる行動嗜癖は、情報技術の浸透にともなって、より深刻化している<sup>1)</sup>。情報社会にまつわる行動嗜癖の対象は、オンラインゲームからビデオオンデマンドサービス、スマートフォン上での健康管理アプリケーション、あるいは日常的なメールチェックまで多岐にわたる。これらの技術の利用において、ユーザは明確な意識を持たないまま、情報環境が提供する特定の行動パターンに縛りつけられる。行動嗜癖は、ユーザの生産性を奪うだけでなく、メンタルヘルスへの悪影響も想定される。たとえば、統制されない状況でのインターネットサーフィン、ユーザをネガティブな精神状態に陥らせ、抑うつと関連する繰り返しの思考（反芻思考）を誘発する。

そういった情報技術への不適応からユーザを脱却させるためには、行動モデリングに基づく行動変容の技術が必要である。本稿では情報機器とのインタラクションによって得られる複数の様相のデータ（マルチモーダルデータ）を、ユーザの行動モデルへ入力するアプローチを示す。このアプローチにおいて、システムはユーザの振る舞いをリアルタイムにモニタリングし、不適応行動から脱却するきっかけ（行動経済学におけるナッジ<sup>2)</sup>）を生成する。ここで利用される行動モデルは認知アーキテクチャに基づくものであり、人による自律的な制御を助けるものである。本稿では上記のシステムから得られるマルチモーダルデータの分析事例を提示し、情報技術とユーザの望ましい関係を議論する。以下、著者のアプローチについて示す前に、本稿の背景となるプロジェクトを紹介する。

## 1. 忘却 Web プロジェクト

著者は2018年度より、現在に至るまで「忘却する Web 情報提示機構の実装と認知的・経済的価値の評価」なるプロジェクト（以下、「忘却 Web プロジェクト」と記す）を遂行してきた（2021年度秋に終了予定）。このプロジェクトは、日本学術振興会による「課題設定による先導的人文学・

社会科学推進事業」のもとで実施されるものである。事業名に示されるよう、学術振興会が設定した課題に対し、研究者による解決の提案が求められる。著者による忘却 Web プロジェクトは「忘却に関する学際的研究と社会対応基盤の構築」という課題に応えることを意図した。募集の際に、この課題に関して、下記のような文面が掲げられた<sup>3)</sup>。

過去の痕跡が記憶として安定して存在し続けることにより、集団でも個人でも過去からの連続性を感じ取ることができる。大量の情報を蓄積できるビッグデータは、現在における集合的記憶とも言えるかもしれない。逆説的ではあるが、ビッグデータの存在は、忘却される権利に対する社会的ルールの構築が重要であることを明らかにしたものの、忘却に関する分野横断的な研究の推進は未だ十分ではない。忘却される権利の保障可能性や実効性には、技術的な観点から疑問も出されているので、検索エンジンなどの運用に関わる実務者と共同した集団的忘却に関する社会レベルでの研究が喫緊の課題である。また他方では、集団的忘却の問題は、個々人の忘却についてどのような社会的判断を下すべきかという個人レベルの問題でもある。(中略) 忘却に関する問題は心理学、社会学を核としながら、多様な学問領域が交わる学際的な課題となっている。(中略) 忘却に関する社会的合意につながるような広範な人文学・社会科学的研究が期待される。

文中にあるように、忘却される権利にまつわる問題解決が求められている。インターネット上に残された個人の情報は、個人に対して様々な不利益を及ぼす可能性がある。そういった不利益から個人を保護するために、公共的なインターネット上から個人の情報を消去する権利を個人に認める議論である。欧州などでは、この問題に関する権利保障が進められ、個人情報保護に関する施策とともに急速な展開がなされた。一方でこの問題への対処は簡単ではないところがある。この権利の保障のされ方によっては、情報サービスの提供や利用に制限が生じ、個人の知る権利や技術の発展が阻害される可能性がある。また、この権利を真剣に考えていけば、個人の情報はどこまでが個人の情報であるのか、あるいは個人はどこまで自立しているのかという難問に行き着く。我々の意思決定は意識するにせよしないにせよ周囲の環境に影響されている。自由意志に関する哲学的な論考を展開せずとも、忘却すべき情報をぶれることなく自己決定し、生涯変動しない個人など存在しないということは容易に理解される。

上記のようにこの問題は、様々な捉え方が存在するがゆえに社会的合意が困難である。そして、この問題にかかわらず、近年は多様な価値観の間で、解消のしがたい衝突が多々生じている。著者のスタンスは、これらの衝突を解消する直接的な制度設計を目指すものではない。情報技術と人間について、根本的に関係を改善する、あるいは関係を深化させる技術を目指している。著者は、情報技術と人に関わる多くの問題は、進化的に獲得された人間の認知的な仕組みと情報環境

の不適合によって生じていると考えている。図1は、忘却プロジェクトの提案書に記載した著者の問題意識、およびそれへのアプローチを示している。

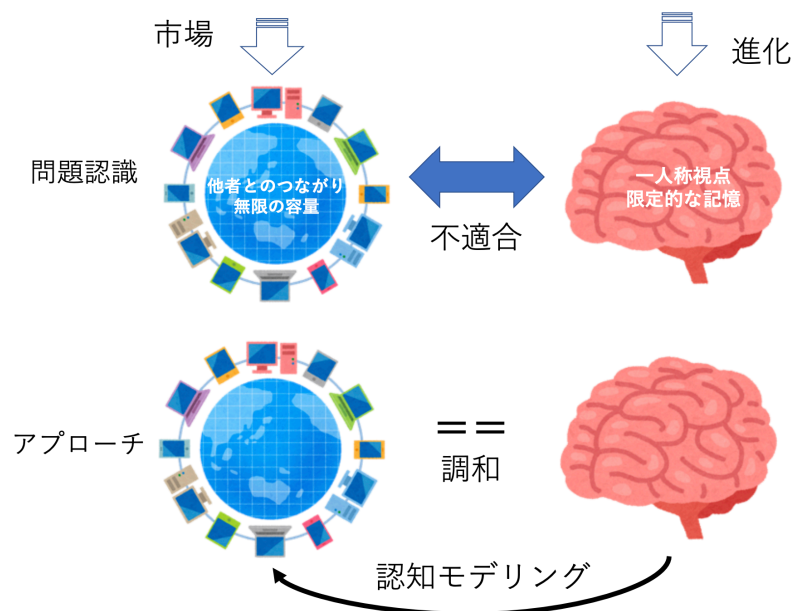


図1. 忘却 Web プロジェクトの問題意識とアプローチ。

忘却される権利との絡みでいえば、人間の記憶が環境適応の結果であることは複数の研究者から指摘されている。記憶の心理学的研究で著名なダニエル・L・シャクターは著書の『なぜ「あれ」が思い出せなくなるのか』（原題は *The Seven Sins of Memory: How the Mind Forgets and Remembers*）において、人間の記憶の様々な特性がいかにして人類の生き延びにおいて有効であったのかを論じている<sup>4)</sup>。そのなかでも、時間と共に情報が失われていくという記憶の特性（つまり忘却）に関して、次のように述べている。

物忘れ - 時間とともに忘却すること - もまた適応性の表われである。もはや必要でなくなった情報を忘れることは、必要な作業だからだ。心理学者のロバートとエリザベス・ビョークが指摘したように、重要でなかったり、もはや必要でない情報は思い返すこともないため、時間がたつとアクセスしにくくなる。ジョンアンダーソンたちはこの発想をさらにすすめて、時間の経過にともなって忘れることこそ、環境に適応する1番の方法だと考えた。アンダーソンはさまざまな状況での情報の使われ方について調べ、過去に使われた特定の情報が現在でも使われるかどうかを予想した。つまり物忘れが規則正しく起こっているのかを観察したのだ。

個人は自分の記憶に関わらず、外から新たな仕事が次々と与えられる。こういった新しい仕事

に対して、いくつかの過去の記憶を思い出すことは有効に働くかもしれない。しかし、大部分の記憶は目の前の課題にとって有用ではなく、そういった重要ではない記憶は自然と思い出さなくなっていく。つまり、人は現在の仕事に集中するために、あるいは今を生きるために過去の記憶を減衰させている。

上記のような健常な記憶の代謝がうまくいかず、特定の古い記憶にとらわれてしまった場合、自身の記憶に基づく環境の再生産が繰り返えされる。つまり、個人が忘れずに思い出した記憶は、思い出した時点で個人にとっての新しい記憶となり、さらなる強化が続く。このような「つきまとう記憶」は、PTSD (Post Traumatic Stress Disorder :心的外傷後ストレス障害) の症状として知られてきたが、他の精神疾患や一般的な個人にも観察される。たとえば、抑うつ症状として、ネガティブな同じ思考を繰り返す反芻思考が知られているが、これも上記のような記憶の強化メカニズムとして説明できる<sup>5)</sup>。あるいは、冒頭で述べたインターネットサーフィンにおける行動嗜癖なども、特定の情報への反芻と捉えられる。

反芻的な記憶は、特に Web に代表される現在の情報環境において増幅されやすい。情報環境は、物理的な制約が取り払われ、人がそのときに望む情報を思い通りに提示する。よって、特定の記憶にとらわれた人は、インターネットを利用することで、その記憶を容易に強化できる。さらに、インターネット上では、個人と社会の境界が曖昧化される。Web 空間には、同様に脱身体化された多数の個人が繋がる。多人数による記憶の強化が同期することで、ネガティブな思考は増幅され、ネットいじめや炎上など様々な悲劇が生じる。忘却される権利にまつわる問題は、そのような現代のインターネット環境がもつ特性の一つの表れにすぎない。

これを解決するためには、ユーザが自分の関心事に対して、適度に忘れ、適度に注意をそぐことが必要である。社会の多くの成員が自分の行動嗜癖や反芻的思考に自覚的になり、それを制御できれば、忘却される権利に関わる多くの問題は解消される。著者らの忘却プロジェクトでは、そのような自律的なユーザから構成される情報社会を構築するために、人間の認知過程のモデルに基づくアプローチを提案し、そのアプローチの適用による検討を行ってきた。

## 2. 認知アーキテクチャ・機械学習・マルチモーダル生体信号

近年の情報技術に関するブレイクスルーは深層学習であり、多くの注目がそこに集まっている。人間は物理的な信号を離散的な記号に変換することで事物を理解する。よって、人間と協調する機械の実現にとって、人間から与えられたラベルに従いつつ、物理信号からの縮約表現を自動構成する深層学習は、確かに有用である。しかし、深層学習にはその制御に関する問題も指摘されている。内部処理がブラックボックス化されているという問題、また人間によるアプリアリな知識を直接入れることが困難という問題がある。

これらの困難さを補うために、認知アーキテクチャの観点が重要になってくる。認知アーキテクチャとは、知性を生み出す構造（脳の構造）と精神機能（問題解決、学習、思考、意思決定など）を結ぶ設計あるいは仕様を意味する<sup>6)</sup>。機械学習がデータ主導の技術であるとすれば、認知アーキテクチャは仕様が明確な人間主導のモデリング技術である。人間によって意味づけられた要素を整合的に組み合わせることでタスクを実行するモデルが構築される。これにより、認知アーキテクチャのユーザは、モデルとの主体的な関わりができる<sup>7)</sup>。さらには、知性という曖昧な対象を語るための共通の記号的基盤が生み出され、研究者や技術者間でのコミュニケーションが促進され、研究コミュニティが形成される。

古くから多くの認知アーキテクチャが構築されてきた。そのなかでも、先のシャクターによる引用文にも登場したジョン・R・アンダーソンが主導する ACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational)<sup>6)</sup> は、最も代表的なものである。認知アーキテクチャの 40 年の歴史をレビューした論文<sup>8)</sup>のなかでも、ACT-R はもっとも多く機能をもち、もっとも多く研究者に用いられてきたことが示されている。著者らのグループによる後述の研究においても、このアーキテクチャを用いている。

ACT-R の Web サイト (<http://act-r.psy.cmu.edu/>) のトップページにおいて、このアーキテクチャは以下のように説明される（著者による日本語訳）。

*ACT-R は認知アーキテクチャであり、人間の認知をシミュレートし、理解するための理論である。ACT-R の研究者は、人間が知識をどのように組織化し、知的な振る舞いを生成するのかを理解しようとしている。また、われわれがどのように世界を認識し、世界について思考し、世界に働きかけるのかという問いへの詳細な答えを追求する。研究の進展によって、ACT-R は人間の認知的課題のすべての領域を網羅するシステムに進化するだろう。*

上記のように認知アーキテクチャは人間による人間の理解を志向する。その発展によって、人間のあらゆる行動を合理的に制御する社会が近づく考える。ただし、人間の主観には元来の限界がある。人間には思い込みがあり、その枠を超えることは容易ではない。認知アーキテクチャによる認知モデリング、あるいは従来のコンピュータによる一般的なコーディングでは、コンピュータからのフィードバックが思い込みから脱却する有効な手がかりであった。コンピュータとのインタラクションを通して、コーダーのマインドセットが更新され、徐々に完成されたシステムに近づいていく。

しかし、マインドセットの更新は誰もが出来るわけではない。また、いかに天才的なモデラーであっても、マインドセットの更新を伴う逐次的な開発には規模の限界がある。結果として、認

知アーキテクチャによる実用的なシステムの開発には厳しい制限が課せられ続けた。対照的に深層学習はモデラーの知識の水準にかかわらず、問答無用に対象の表現を構築する。モデラーの知識水準によらない技術は、人間の知性の限定合理性を超える有効な手段を示しているのかもしれない。

上記のように深層学習と認知アーキテクチャの両者にはそれぞれの問題がある。よって、最終的には、トップダウンとボトムアップの融合が必要である。この考えから、著者らは、ボトムアップ的なデータの入力によって駆動される認知アーキテクチャベースのモデリングをおこなってきた。とくにマルチモーダル生体信号を認知アーキテクチャに投入し、ユーザの個人モデルを構築するアプローチを進めてきた。ここでのマルチモーダル生体信号とは、表情、動作、脳波、心拍など、人の様々な内部状態を反映していると仮定される様相の異なるデータ群である。それぞれの様相には異なる形で人間の内部状態が反映されるため、内部状態の推定においては、複数のモダリティの統合的な利用が有効と考えられる。

このアプローチによる具体的なアプリケーションとして、ライフログを利用した認知アーキテクチャ上の記憶のモデルと、ユーザから得られる生体信号をリアルタイムに結合するシステムを開発してきた。認知アーキテクチャとライフログの組み合わせにより、個人の記憶がモデル化される。その振る舞いをユーザに提示することで、ユーザの記憶の想起に介入する。さらに個人の記憶をユーザの生体信号と同期することで、その時々ユーザの状態をモデル化する。著者の過去の研究では、この枠組みの具体的なアプリケーションとして、ライフログとしてユーザが撮りためた写真を用いるモデルベース回想法を実施してきた<sup>9-13)</sup>。そのなかで、脳波や心拍を含むマルチモーダルな生体信号により、ユーザに提示する写真を変化させるインタラクティブな感情誘導を議論してきた。図2にその概要を示す。しかし、モデルベース回想法は、情報環境の利用時に生じる反芻的な行動嗜癖に直接介入するものではない。以下では、冒頭に示した Web の利用における反芻的な振る舞いからの脱却に焦点を当てた研究を示す。

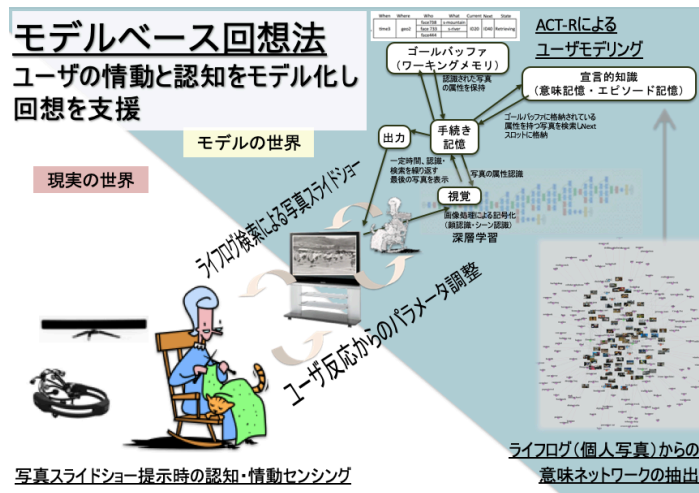


図 2. モデルベース回想法の概要図.

### 3. モデルベース Web 広告システム：ユーザの現在のモデルと逆転モデル

個人化認知モデルの発展として、Web 閲覧中にユーザの過去の Web 閲覧の記憶を提示するシステムを開発している。このシステムは、Web ブラウザである Google Chrome を拡張することで、ACT-R と Web 環境を接続する。ユーザが過去に閲覧した Web コンテンツを、ACT-R の記憶として格納する。これをユーザが Web を閲覧している際に提示する。とくに Pitakchokchai と著者らが開発したシステム<sup>14)</sup>は Web 広告を模したインタフェース上に ACT-R の出力が表示される。行動ターゲティングなどの手法にみられるように、Web 広告には暗黙的に個人の記憶のモデルが組み込まれている。そのような記憶に基づく広告を、営利的な目的のためのみではなく、ユーザの行動変容の手段として利用する。

#### 3.1 システム

図 3 は Pitakchokchai らによるシステムの概要を示している。このシステムはユーザが日常的なネットショッピングにおいて閲覧した商品画像をサーバに保持する。サーバ上のデータは ACT-R による利用が可能ないようにコーディングされる。商品画像は画像認識によってタグづけされ、閲覧時刻データもクラスタリングによって離散化される。それらの属性を結合することで、商品画像同士を結ぶネットワークを構成する。ACT-R によって構築された記憶のモデルは、このネットワークを逐次的に辿り、ユーザに画像を提示していく。



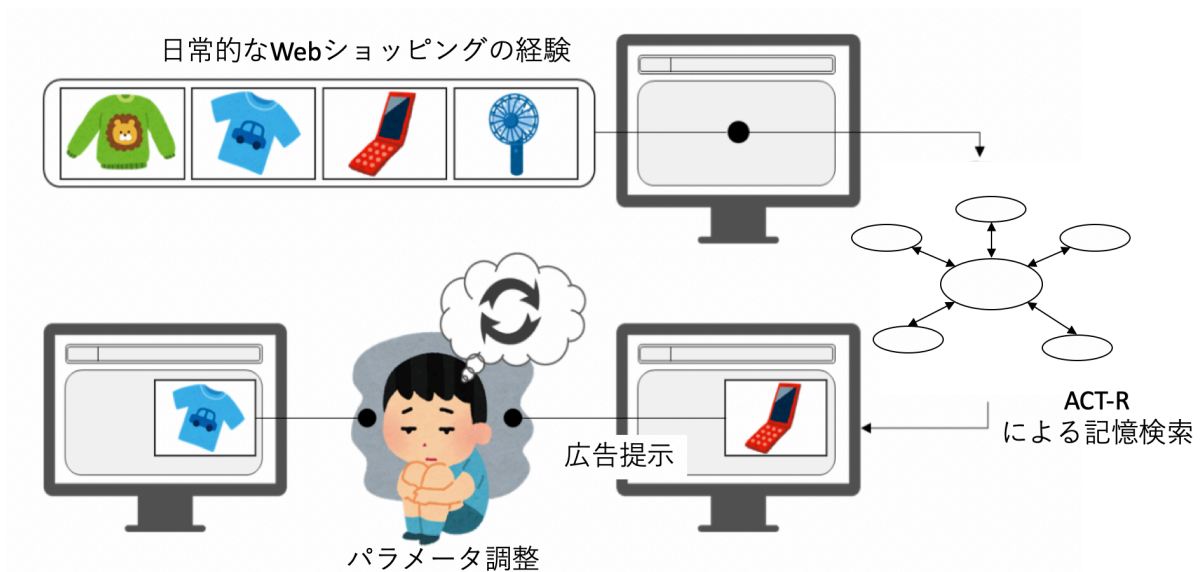


図 3. モデルベース Web 広告システム. Pitakchokchai<sup>16)</sup> より変更して転載.

ネットワークを辿るアルゴリズムは、ACT-R に実装される記憶検索のパラメータによって制御される。ACT-R には（ベースレベルと呼ばれる）記憶の強度と、それに対するノイズが、パラメータとして含まれる。記憶の強度は学習と忘却の効果によって得られる。最近閲覧された記憶の強度は高く、頻繁に閲覧された記憶の強度も高い。このパラメータにより、ACT-R によって構築された自由連想のモデルは、デフォルトで「お気に入り」の記憶想起を繰り返す。そのような反芻的な振る舞いを抑制するパラメータとして、ノイズを付与する。ノイズが大きい場合にモデルは、「お気に入り」から外れる確率が高くなり、ネットワークの広い範囲の記憶を得ることができる。それに対して、ノイズが小さい場合にはネットワークの局所的な検索から抜け出せず、同じ項目が繰り返し選択される。ACT-R による過去の研究<sup>15)</sup>において、ノイズは自律神経系の働きを反映するという仮説が示されている。副交感神経が優位なときにノイズは大きくなり、交感神経が優位な時にノイズが小さくなる。よって、このシステムにおいて、モデルのノイズとユーザの心拍を連動させることで、リアルタイムにユーザの精神状態を反映したモデルが得られる。

### 3.2 実験

Pitakchokchai は、ユーザの心拍と連動する 2 種類のモデルを構築し、反芻の抑制に及ぼすそれぞれの効果を検討した<sup>16)</sup>。そのうちの一つはユーザの心拍とモデルのノイズが直結する「通常モデル」である。ユーザの心拍間隔が変動している時（副交感神経優位時＝リラックスしている時）にモデルのノイズを大きくし、ユーザの心拍間隔が規則的な時（交感神経優位時＝集中している時）にモデルの心拍間隔を小さくする。もう一つは心拍とノイズの対応を逆転させた「逆転

モデル」である。ユーザの心拍間隔が変動している時（副交感神経優位時＝リラックスしている時）にモデルのノイズを小さくし、ユーザの心拍間隔が規則的な時（交感神経優位時＝集中している時）にモデルのノイズを大きくする。通常モデルはユーザが何かに集中しているときに、ネットワークを局所的に探索し、同じ商品画像を何度もユーザに提示する。それに対して、逆転モデルは、ユーザが何かに集中しているときには、多様な商品画像を提示する。つまり、不安に陥ったユーザが反復的なインターネットの検索を行っている際に、通常モデルはユーザと一緒に反芻し、逆転モデルはユーザの反芻を妨げる動作を示す。

実験では、ユーザを反芻的な Web 閲覧が生じる状況に誘導し、そこからの回復を検討した。「ムード誘導課題」において、参加者は最近のネガティブな記憶を思い出すことを求められ、それを文書に書き出した。次の「メイン課題」では、今後、新しい生活を始めることを想定し、必要な物品を Web から探すことを求められた。このメイン課題中に、参加者の心拍に応じた広告提示がなされた。実験課題中の参加者の表情を Web カメラで記録し、同時にアイトラッカーによる視線追跡を行なった。各課題は 15 分間程度続けられた。

### 3.3 データの分析結果

#### (1) 個別モダリティにより示される結果

実験によって得られた主観データ、検索に用いられたキーワード、計測された視線、心拍を分析した。2 つのモデルの効果の差異は、主観評定において認められた。逆転モデルを提示された参加者はより広告に気付き、メイン課題中のネガティブな記憶の想起が抑制されたと評定した。

他のデータについては、モデルの差異ではなかった。検索に用いられたキーワードは、ムード誘導課題の影響から、ネガティブなものが多い印象であった。ただし、そういった印象に関して、モデル間での差異で定量的に比較することは困難であった。

図 4 は一名の参加者から得られたメイン課題中の視線分布をヒートマップとして示している。広告が提示された領域を右側の矩形に示しているが、ここに目立った視線の滞留は認められない。この例に示されるように、システムの違いによらず、実験中の広告への視線の滞留は、顕著に表れなかった。

図 5 は実験で得られた心拍間隔 (R-R Interval) および心拍間隔変動 (Standard Deviation of the NN intervals) の例を示す。この参加者はムード誘導課題において、心拍間隔変動を低下させている。心拍間隔は副交感神経優位な状態で大きく変動する。そのため、ムード誘導課題における心拍間隔変動の低下は、この課題によって参加者が緊張状態に導かれたことを示している。そして、この参加者に関しては、メイン課題中に心拍変動の増大が見られ、緊張状態からの回復が示される。しかし、このような傾向に関して、統計的に有意なモデル間の差を見つけることは

困難であった。

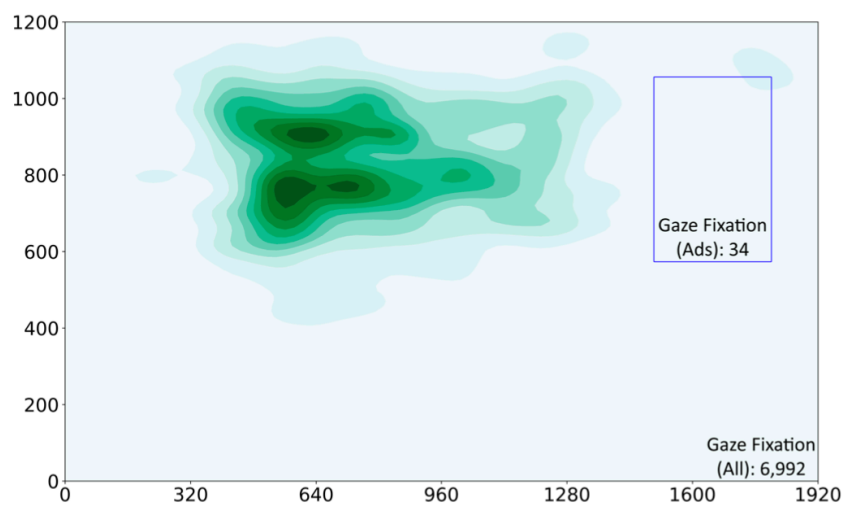


図 4. 視線の分布例. Pitakchokchai<sup>16)</sup>より引用.

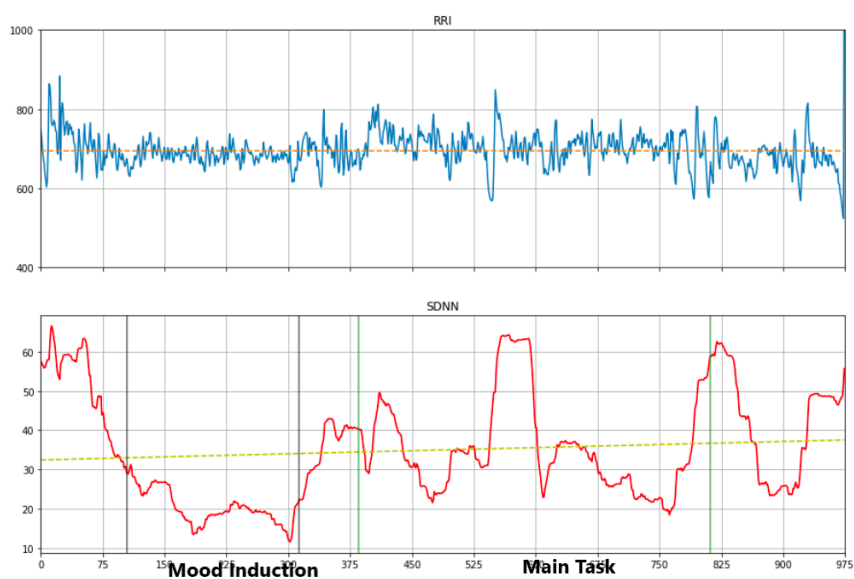


図 5. 心拍変動の例. Pitakchokchai<sup>16)</sup>より引用.

## (2) 複数モダリティによる広告提示アルゴリズムの分類

個々のモダリティにおいて、条件間の直接的な差が認められなかったという結果は、これらのデータに反映される行動の定量化の困難さ、あるいはデータ取得における統制の不十分さを示唆する。本来、精度の高い視線計測の結果を得るためには、実験中の参加者の頭部を固定する措置が必要である。しかし、今回の研究では、身体的拘束による参加者の気分変動への影響を考慮し、

頭部を自由に動かせる状況での実験をおこなった。また、心拍データに関してもモデルの差異による変動に対して、個人差による変動が大きく、モデル間の差を確かめるには至らなかった。

上記のような困難さを克服するために、Raj と著者は、マルチモーダルなデータを用いた機械学習（サポートベクトルマシン）による分析をおこなった<sup>17-18)</sup>。この分析では、上記の分析で用いられた心拍に加え、課題中に撮影された顔画像から得られる特徴を利用した。深層学習ベースの顔認識ライブラリである OpenFace<sup>19)</sup>を用いて、頭部の位置によらない視線の向きを取得した。それを 1 秒毎に平均した値をデータとし、提示された広告システムが通常モデルであったのか逆転モデルであったのかを分類した。その際、参加者を区別せず、5 分割交差検証によって、ランダムに割り当てられた 4/5 のデータを学習データ、1/5 のデータをテストデータとした。

なお、この研究において広告提示のモデルは参加者間要因であった。そのため、サポートベクトルマシンによる分類ができたとしても、広告提示に用いたモデルの差異ではなく課題に従事した参加者の差異を表す可能性を除外できない。よって、この分析では、個人差を表す分析のベースラインとして、ムード誘導課題時の分類を設定した。

結果として、メイン課題時の分類の正確度は 0.78 であり、ムード誘導課題時の分類の正確度 0.72 を上回った。また、心拍データを含めずに視線のみを入力とした場合、課題間の差がさらに拡大した。その際のメイン課題における分類の正確度は 0.74 であり、ムード誘導課題における分類の正確度は 0.66 であった。つまり、メイン課題中での視線データには、モデルの特性が顕著に反映されていた。モデル間の差異は画面中の広告提示パターンに表れるため、OpenFace から抽出された視線が大きく分類に寄与したという結果は、納得しやすい。

なお、視線に比べて、モデル間の差異に対する心拍の影響は顕著ではなかった。しかし、心拍をデータとして追加することで、メイン課題における分類の正確度は 0.74 から 0.78 に向上した。この微細な向上が、心拍に反映された気分の回復に由来するのか、視線と心拍の相乗効果であるのか、あるいは条件間の参加者の個人差を反映したものであるのか、現時点で判断することは困難である。マルチモーダルデータの利用の利点に関しては、今後のさらなる検討が必要である。

#### 4. まとめ

本稿では現代の情報環境と人に関わる問題として、インターネット上での行動嗜癖（反芻的思考）を取り上げた。そして、この問題を解決するために、関心事への注意を適度に削ぎ、適度に忘れることの必要を述べた。生体信号と認知アーキテクチャを用いる著者らのアプローチは、この問題に対して、人間の自律的な制御を残した解決策を模索するものである。現代社会において、情報技術から独立した完全な人間の自律性は不可能である。しかし、認知アーキテクチャを利用するアプローチは、明示的な設計に基づくため、最終的に人間による制御の余地が残される。

提案するアプローチの具体的な実装として、広告による反芻的思考への介入を紹介した。現在の人間と同調するモデルに対して、現在の人間とは逆の振る舞いをするモデルが、反芻を抑止する結果となった。しかし、この結果の普遍性に関しては注意する必要がある。今回の状況においては、実験設定として、ユーザが改善されるべき状態におかれた。これとは異なり、ユーザがすでに望ましい状況にいるときには、異なる結果が得られるかもしれない。ユーザの望ましい状況を維持するためには、ユーザと同調するモデルが有効であるとも考えられる。よって、モデルと人間の状態を対応づけるインタラクションデザインについては、今後もさらに原理的に検討をしていく必要である。

なお、本研究は広くいえば、ナッジによる行動変容を目指すものである。ナッジに対するあらゆる批判は無意識への介入である。特定の誰かの意図によって、ユーザの行動がユーザの意図しないまま誘導されることは、望ましいものとはいえない。よって、認知アーキテクチャによるパラメータの設定は、ユーザ本人の意志によってなされるべきである。抑うつ状態にある人間、あるいは行動嗜癖に陥った人間も、常に病理的な状態にあるわけではない。大抵の人間には、自分の振る舞いを省みる「反省モード」がある。そのときに、認知アーキテクチャによる自己モデルのパラメータを、本人自身の意思で設定することができる。他の誰でもない自分の意思が反映されたナッジによって、病理的な状態からの脱却が達成されるべきである。

いずれにせよ、情報技術と人間の調和的な関係を保つには、人間自身がマインドセットを更新しつづける必要がある。認知アーキテクチャに実装されたパラメータは、そのような反省的思考を実現するために、人間によって設計された座標を提供する。情報技術と人間の関係をメタに捉えるフレームワークとして認知アーキテクチャを定めることが、技術を活用しつつも人間性を残す社会において重要と考えている。

## 謝辞

ここで示した研究は日本学術振興会の課題設定による先導的人文学・社会科学研究推進事業の実社会対応プログラム「忘却する Web 情報提示機構の実装と認知的・経済的価値の評価」の一環として実施した。

## 参考文献

- 1) A. Alter, *Irresistible: The Rise of Addictive Technology and the Business of Keeping Us Hooked*, Penguin Press (2017) (アダム・オルター (著), 上原裕美子 (訳), 僕らはそれに抵抗できない 「依存症ビジネス」 のつくられかた, ダイヤモンド社, (2019))
- 2) R. H. Thaler, C. R. Sunstein, *Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth, and*

- Happiness, Penguin Press (2009) (リチャード・セイラー (著), キャス・サンスティーン (著), 遠藤 真美 (訳), 実践行動経済学, 日経 BP, (2009))
- 3) 独立行政法人日本学術振興会, 課題設定による先導的人文学・社会科学研究推進事業 (実社会対応プログラム (研究テーマ公募型)) 平成30年度公募要領 (2018)
  - 4) D. L. Schacter, *The Seven Sins of Memory: How the Mind Forgets and Remember*, Houghton Mifflin, (2001) (ダニエル・L. シャクター (著), 春日井 晶子 (翻訳), なぜ, 「あれ」が思い出せなくなるのかー記憶と脳の7つの謎, 日本経済新聞出版社, (2002))
  - 5) M. V. Vugt, M. van der Velde, and ESM-MERGE Investigators. How does rumination impact cognition? A first mechanistic model. *Topics in cognitive science*, 10, pp. 175-191 (2018)
  - 6) J. R. Anderson, *How can the human mind occur in the physical universe?* Oxford University Press (2009)
  - 7) 森田純哉, 機械学習時代における認知的学習モデルの役割, *人工知能*, Vol. 35, No. 2, pp. 223-232 (2020)
  - 8) I. Kotseruba and J. K. Tsotsos, 40 years of cognitive architectures: core cognitive abilities and practical applications, *Artificial Intelligence Review* (2018)
  - 9) 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, *研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI)*, Vol. 2015, No. 16, pp. 1-6 (2015).
  - 10) 森田 純哉, 平山 高嗣, 間瀬 健二, 山田 和範, ライフログ写真と認知アーキテクチャを利用したモデルベース回想法: ケーススタディの報告, *日本認知科学会第33回大会発表論文集*, pp. 443-447 (2016)
  - 11) J. Morita, T. Hirayama, K. Mase, K. Yamada, Model-based reminiscence: Guiding mental time travel by cognitive modeling, *Proceedings of the 4th International Conference on Human Agent Interaction*, pp. 341-344 (2016)
  - 12) K. Itabashi, J. Morita, T. Hirayama, K. Mase, K. Yamada, Interactive Model-based Reminiscence Using a Cognitive Model and Physiological Indices, *Proceedings of the 18th Annual Meeting of the International Conference on Cognitive Modelling* (2020)
  - 13) 森田 純哉, 佐久間 一輝, 野村 太輝, 平山 高嗣, 榎堀 優, 間瀬 健二, 脳波と深層学習を活用した記憶の想起に伴う快不快感の認識, *生体情報センシングと人の状態推定への応用: 健康, 体調, ストレス, 疲労, 感情, 心理, 興味*, 技術情報協会 (2020)
  - 14) T. Pitakchokchai, J. Morita, Y. Yamamoto, H. Yuhashi, T. Koguchi, Memory-based

web advertising to distract rumination, HAI シンポジウム 2020 (2020)

- 1 5) C. L. Dancy, ACT-RΦ: A cognitive architecture with physiology and affect, *Biologically Inspired Cognitive Architectures*, 6, pp. 40–45 (2013)
- 1 6) T. Pitakchokchai, The Framework Based on Cognitive Model to Distract Rumination During Web Browsing, Master thesis in Shisuoka University, Unpublished (2020)
- 1 7) G. B. Raj, J. Morita, Transferring a facial depression model to estimate mood in a natural web browsing task, *Proceedings of 2020 International Conference on Pervasive Artificial Intelligence (ICPAI)* (2020)
- 1 8) G. B. Raj, J. Morita, Analyzing implicit intervention of rumination during web browsing, *Proceedings of the 35th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence* (2021)
- 1 9) T. Baltrusaitis, A. Zadeh, Y. C. Lim, L. Morency, Openface 2.0: Facial behavior analysis toolkit, In *2018 13th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2018)*, pp. 59-66. IEEE, (2018)