

令和 4 年 5 月 25 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22854

研究課題名（和文）“ナッジ”エージェント：人をウェルビーイングへと導くエージェントの基礎的研究

研究課題名（英文）"Nudge" Agents: A Basic Research of Agents Leading People to Well-Being

研究代表者

小野 哲雄（ONO, Tetsuo）

北海道大学・情報科学研究院・教授

研究者番号：40343389

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、行動経済学における“ナッジ”を「心のナビゲーション」として捉え、それを我々がこれまで研究を進めてきたHuman-Agent Interaction (HAI) の基盤技術により“ナッジ”エージェントとして実装した。このエージェントシステムを用いた実験により、人々をウェルビーイング(心身ともに豊かな生活状態)へと導くことが可能であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、“ナッジ”はさまざまな場面で利用されてきたが、個別の意思決定に影響を与えるヒューリスティクスやバイアスに関する研究に留まっており、それらの文脈を整理し体系化したうえで、より一般的な社会システムに導入しようという研究は行われてこなかった。本研究はポストAIの時代を見据え、“ナッジ”エージェントとのインタラクションをとおして、人々の生活の質(quality of life)を向上させる意思決定を促す挑戦的かつ探索的な研究であることを示すことができた。

研究成果の概要（英文）：In this study, we consider "nudge" in behavioral economics as "mental navigation" and implement it as a "nudge" agent using the basic technology of Human-Agent Interaction (HAI), which we have been studying. Experiments using this agent system have shown that it can lead people to wellbeing (a state of life in which both mind and body are enriched).

研究分野：ヒューマンエージェントインタラクション

キーワード：ナッジエージェント プーストエージェント 応援エージェント 環境知能システム ヒューマンエージェントインタラクション

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

行動経済学において提唱されている“ナッジ”(nudge)は「ほとんど気づかないくらいにささやかな方法」で人々を健康や幸福へと導く戦略(Thaler 08)として知られ、Thaler は当該研究の業績により 2017 年にノーベル経済学賞を受賞した。このナッジの考え方・手法は、さまざまな公共政策に適用され成果を収めるとともに、人々が自分自身の意思決定をよりよいものとするために多くの場面において活用されている。

一方、従来のナッジに関連した研究では、実験室内において質問紙やディスプレイ上の選択肢の内容や構成を変えることにより条件を設定し、その条件間における実験参加者の回答や反応の違いを調べるものが多かった。しかし言うまでもなく、実際の社会的なインタラクションでは、うなずきなどの応答の時間的なタイミングや、視線などの空間的参照を用いた社会的シグナルが意思決定に大きな影響を与えている。つまり、従来の行動経済学におけるナッジに関する研究では、選択肢や物の配置などの「静的な」選択構造のみを考慮し、社会的シグナルなどの「時間的・空間的」に変化する「動的な」選択構造を扱ってこなかった。

## 2. 研究の目的

本研究ではナッジを「心のナビゲーション」として捉え、それを我々がこれまで約 20 年間にわたり研究を進めてきた Human-Agent Interaction (HAI) の基盤技術を用いることで“ナッジ”エージェントとして実装することにより、人々を「良い行動」へと導くことが可能な、新しい社会的インタラクションの枠組みを提案する。さらに、このエージェントとのインタラクションをとおして、人々の生活の質 (quality of life) を向上させる意思決定を促すことが可能かどうかを検証する。特に本研究では、このエージェントの設計方法に関する基礎的な研究を行う。

具体的には、HAI 基盤技術により、人々をウェルビーイング(心身ともに豊かな生活状態)へと導くナッジエージェントのモデル化と実装を行う。この目的を達成するために、以下の 2 つの項目の研究を行う。

(a) ナッジの認知的なメカニズムの解明とそのモデル化

(b) ナッジエージェントの実装方法の提案

(a) すでに述べたように、従来の行動経済学におけるナッジに関する研究では、選択肢や物の配置などの「静的な」選択構造のみを考慮し、社会的シグナルなどの「時間的・空間的」に変化する「動的な」選択構造を扱ってこなかった。本研究では、最新の AI 技術を用いた動作計測および解析装置により人の動作を計測・解析することで、社会的シグナルを含んだ「時間的・空間的」に変化する「動的な」選択構造における意思決定過程の分析をとおして、ナッジの認知的メカニズムの解明を目指す。さらに、この研究成果とこれまでの研究で明らかになったバイアスの機能に基づき、計算機上に実装可能なナッジのモデル化を行う。

(b) 次に本研究では、人々をウェルビーイングへと導く意思決定を促すナッジエージェントの実装方法を提案する。ナッジエージェントとは、人とのインタラクションにおいて、情動的、時間・空間的な要因(選択構造)を変化させることで認知的な自動システムに働きかけ、人の意思決定を“それとなく”導くエージェントシステムである。

### 3. 研究の方法

本節では、本研究で実装したナッジエージェントについて説明する。ここでは HAI 基盤技術のうち、ITACO システム(Ono 00, 小川 06)に関連した技術を用いる。ITACO システムでは、ユーザの選好(判断基準や趣味など)を学習済みのエージェントが環境内にあるさまざまなメディアに「移動」(agent migration)することにより、ユーザに対して、文脈に応じた適切な支援を行うことができる。

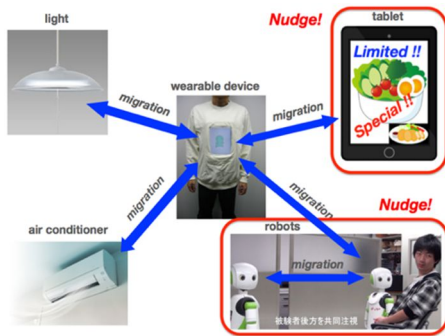


図 1 エージェントの「移動」によるナッジの実装 図 2 人間の行動を変容させるナッジの動作事例 1 (知覚的コントラスト)

図 1, 図 2, 図 3 を用いてナッジエージェントの動作について具体的に説明する。いま, 病気治療のためカロリー摂取制限を受けているユーザを想定する。エージェントはユーザの選好を学習済みであり, 環境内にあるさまざまなメディアや IoT 機器に「移動」しながら, ナッジを提供することができる。たとえば, 図 1 に示すように, エージェントはユーザのウェアラブル PC からレストランのメニューを表示するタブレットに「移動」し, 低カロリーメニューの配置やデザインを変更することにより (知覚的コントラストを利用), ユーザの意思決定に働きかけ, 無意識のうちに低カロリーメニューの選択を促す(図 2)。さらに別の状況では, エージェントがロボットに「移動」し, 共同注意の機能により関係(リズム構造)を構築した後, 視線誘導の機能を用いて, ユーザの視線 (注意) を高カロリーの飲み物の広告から低カロリーの飲み物へ誘導し, 自然にそれを選択するように促す(図 3)。これらのナッジの実現方法は, HAI に関する我々の先行研究の知見に基づくものである。ユーザは上記のようなナッジエージェントとのインタラクションをとおしてカロリーを抑えた食事を選択するようになる。

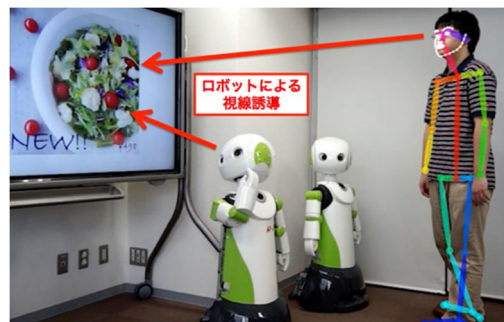


図 3 人間の行動を変容させるナッジの動作事例 2 (ロボットによる視線誘導)

### 4. 研究成果

本節では, (1) 実装したナッジエージェントの機構の概要を説明し, (2) 3 節で説明した応用事例について実際のシステムの動作を説明する。最後に, (3) 評価実験の概要について述べる。

#### (1) ナッジエージェントの機構の概要

本研究の目的を実現するための方法論における学術的独自性と創造性は, 以下の 3 点にまとめることができる。

(a) 行動経済学の「理論」と AI システムの「学習」により少ないデータから人間の意思決定を予測可能 (図 4)

(b) エージェントが環境にある IoT デバイスへ「移動」(agent migration)することにより文脈に適

した意思決定の支援が可能 (図 5)

(c) ナッジを構成するプロセスを可視化することにより人間の意思決定力を「育てる」ことが可能

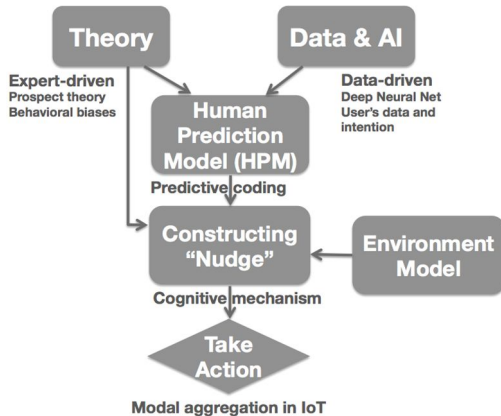


図 4 ナッジエージェントの機構の概要

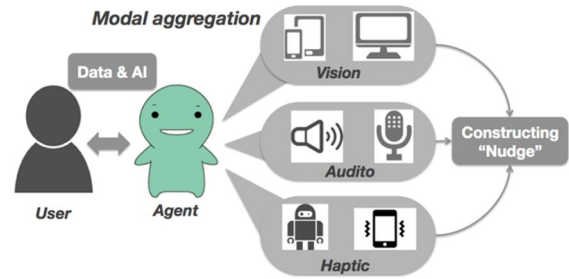


図 5 IoT デバイスを用いたナッジの実装

まず、図 4 を用いて (a) を説明する。エージェントは行動経済学の理論的な知見を用いてユーザの意思決定を予測し、その行動の確率分布を求める(Theory, 図 4 (以下同様))。しかし、人の意思決定や選好を単純なモデルで予測することは難しい。このため、エージェントを介してユーザに関するデータを収集し、個別のユーザの意思決定を予測する(Data & AI)。両者の差分がユーザの意思決定の予測を特徴づける(HPM)。上記のように、本モデルでは「理論」と「学習」を統合することにより、少ないデータからユーザの意思決定を予測し、適切なナッジを構成・実装することができる (Constructing “Nudge”)。

次に、図 5 を用いて (b) を説明する。現在、クラウドを介して IoT デバイスを統合し、総体として機能するシステムの研究(aggregate computing)が進められている。本提案システムでは、ユーザにある行為を“それとなく促す”というナッジの特徴を実現するため、環境にある IoT デバイスをモダリティごとに分類 (視覚 (Vision)、聴覚 (Audito)、触覚 (Haptic)、図 5(以下同様)) し、そのデバイスの表現力を用いて文脈に適した意思決定の支援を行う。たとえば、ユーザに対して視覚的コントラストに基づくナッジを適用する場合は、エージェントがタブレット (Vision) に「移動」し、その表現力を利用して図 4 により構成されたナッジを実環境において実現する。

最後に、(c)を説明する。メタ学習 (meta-learning) は学習方法を学習することであり、認知科学ばかりではなく、機械学習においても現在、積極的に研究が行われている。ここでは、人間の意思決定力を「育てる」ために、自分の意思決定の方法を見直す方法を提案する。すでに(a)で述べたように、ナッジエージェントはユーザの意思決定を予測 (特徴量を抽出) することを目指す。ここでは、(a)の予測結果を用いて、ユーザとは異なるバイアスを用いた意思決定の事例を提示することにより、自分の意思決定について内省を促し、意思決定力を育む。

## (2) プロトタイプシステムの実行例

いま 3 節と同様に、病気療養中のためカロリー摂取制限を受けているユーザがレストランに入った場面を想定する。まず図 4 を用いて説明する。エージェントは行動経済学における時間割引に関する知見 (Theory) およびユーザとの対話データに基づき DNN により獲得されたユーザの選好 (Data & AI) から、意思決定の予測モデルを用いて、ユーザが高カロリーの食事を選ぶ可能性が高いことを予測する (HPM)。エージェントはこの予測に基づき、レストランのタブレット

を操作し、低カロリーメニューの配置やデザインを変更することにより、知覚的コントラストと選択肢の構造化を用いてナッジを構成し (Constructing“ Nudge ”) ユーザの意思決定に働きかけ、低カロリーメニューの選択を促す (Take Action) 。

次に、図 5 により環境内にあるさまざまなメディアや IoT デバイスを用いてナッジを実装する方法を説明する。本提案システムでは、ユーザにある行為を“それとなく促す”というナッジの性質に適したシステム構成とするため、EdgeAI を用いてモダリティごとにデバイスを統合する。具体的には、この動作例ではユーザがレストラン内にいるという状況を踏まえ、利用可能な視覚情報を用いて、エージェントがタブレットを操作し (Vision)、ユーザに低カロリーのメニューの選択を促す (図 2)。また、ロボットを利用可能な状況では、共同注意による視線誘導の機能 (Ono 16) を利用し (Haptic)、ユーザの注意を低カロリーメニューへと向かわせる (図 3)。各モダリティの機能の検証後、それらの相互作用の検討を行う。最終的に、ユーザ自身の意図したカロリー摂取制限を実行させ、ユーザをウェルビーイングへと導く。

### (3) クラウドソーシングを用いた評価実験

2020 年度、2021 年度は、新型コロナウイルス感染症の感染拡大にともない、実際にロボットや環境知能システムを用いた実験室での評価実験が不可能であった。このため、ナッジの認知的なメカニズムの解明とそのモデル化に焦点をあて、クラウドソーシングを用いた評価実験を行った。

具体的には、ナッジエージェントを用いることにより人間の利他性がどのように変容するかを検証することにより、ナッジエージェントが人間の行動を変容させることが可能かどうかについて検証した (Hang 21)。これまでの研究で、人間と人間の相互作用において、ナッジを用いて利他的な行動傾向に導くことが可能であることが示されている。しかし、社会的ロボットやエージェントを用いて、人間にナッジを提示することにより、彼らを利他的な行動傾向に導くことが可能かどうかについては検証されていない。本研究では、社会的ロボット(エージェント)の動作を映像刺激として被験者に与え、「ピークエンド効果」と「多視点の提供」という 2 つのナッジ機構を適用し、社会的ロボットの行動の変化により人間の利他的な行動傾向を促進できるかどうかを確認した。実験では 136 名の被験者を対象に、クラウドソーシングによるオンライン実験を実施した。その結果、映像の最後に設定されたピークエンド効果に基づく社会的ロボットの行動を見た被験者は、評価指標(ディクテーターゲーム)での成績が向上し、ナッジ(ピークエンド効果)が実際に人間の利他性を促進し、社会的に好ましい意思決定へと導くことが確認された。

#### < 引用文献 >

Thaler, R. H. & Sustein, C. R. (2008). *Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness*, Yale University Press.

Tetsuo Ono, Michita Imai (2000). Reading a Robot's Mind: A Model of Utterance Understanding based on the Theory of Mind Mechanism, *Proceedings of Seventeenth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-2000)*, pp. 142-148.

小川浩平, 小野哲雄 (2006). ITACO: メディア間を移動可能なエージェントによる遍在知の実現, 『ヒューマンインタフェース学会論文誌』, Vol. 8, No. 3, pp. 373-380.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Chenlin Hang, Tetsuo Ono, Seiji Yamada
2. 発表標題 Designing Nudge Agents that Promote Human Altruism
3. 学会等名 The 13th International Conference on Social Robotics (ICSR 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoki Osaka, Kazuki Mizumaru, Daisuke Sakamoto, Tetsuo Ono
2. 発表標題 A Subtle Effect of Inducing Positive Words by Playing Web-Based Word Chain Game
3. 学会等名 The Ninth International Conference on Human-Agent Interaction (HAI 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kento Goto, Kazuki Mizumaru, Daisuke Sakamoto, Tetsuo Ono
2. 発表標題 ADioS: Angel and Devil on the Shoulder for Encouraging Human Decision Making
3. 学会等名 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川添 和希, 坂本 大介, 小野 哲雄
2. 発表標題 感情モデルへの自在なマッピングによるバーチャルエージェント顔表情作成ツールの実現
3. 学会等名 HAIシンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tetsuo Ono
2. 発表標題 Intelligent Room using IoT Network and Personal AI Agents
3. 学会等名 2021 International Symposium on Big-Data, Cybersecurity and IoT (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野哲雄
2. 発表標題 “ナッジ”エージェント：人をウェルビーイングへと導く環境知能システム
3. 学会等名 人工知能学会全国大会(第34回)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小野哲雄
2. 発表標題 人間とロボットが共生する社会における労働環境の改善および改革を目指して
3. 学会等名 第93回日本産業衛生学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小野哲雄
2. 発表標題 ヒューマンロボットインタラクション：人々をウェルビーイングへと導く社会的ロボット
3. 学会等名 ET&IoT Digital 2020～イノベーションの社会実装を加速させるエッジテクノロジー総合展～
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小野哲雄
2. 発表標題 “ナッジ” エージェント：人をウェルビーイングへと導くエージェントの提案
3. 学会等名 2019年度人工知能学会全国大会(第33回)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 小野哲雄	4. 発行年 2020年
2. 出版社 近代科学社	5. 総ページ数 25
3. 書名 プロジェクション・サイエンス-心と身体を世界につなぐ第三世代の認知科学-	

1. 著者名 山田誠二、小野哲雄	4. 発行年 2019年
2. 出版社 近代科学社	5. 総ページ数 212
3. 書名 マインドインタラクション AI学者が考える ココロ のエージェント	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>研究成果に関するページ：“ナッジ” エージェントとは？  <a href="https://hci-lab.jp/tono/nudge-agent.html">https://hci-lab.jp/tono/nudge-agent.html</a></p>
---



6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------