

行動変容向け情報提示システムの誤動作に対する寛容性獲得のための擬人化 -プラスチックごみの削減行動を例に

Anthropomorphism for making tolerance towards the failure of information display systems in behavior change
Using plastic waste reduction actions as an example

胡 伊端 †* 辻 愛里 †† 藤波 香織 ††
Yiduan HU † Airi TSUJI †† Kaori FUJINAMI ††

† 東京農工大学 生物システム応用科学府 生物機能システム科学専攻

† Department of Bio-Functions and Systems Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

†† 東京農工大学 大学院 工学研究院 先端情報科学部門

†† Division of Advanced Information Technology and Computer Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

Abstract

Technologies that support behavior change are often introduced into systems such as health advice and social support in daily life. However, users might distrust the system and eventually cease using it if there is a measurement or judgment error, which would go against the goal of behavior improvement. Based on the assumption that failures are inevitable, this study proposes a strategy to prevent withdrawal from the system by making the system reliable and empathic. With a focus on the system's anthropomorphism and its effect of revealing vulnerability, an anthropomorphic trash bin was investigated that makes the user aware of trash reduction and an ongoing experiment is introduced. The current experimental results on the impact of errors demonstrate that users' trust is damaged by faulty systems. Experiments on the effects of system anthropomorphism and vulnerability will be continued.

1 はじめに

行動変容を支援する技術は、日常生活での健康アドバイス提供や社会的支援などのシステムに導入されている。しかし計測や判定にエラーがあると、ユーザはシステムに不信感を抱き、やがて使用されなくなってしまうことから、行動改善の目的を達成できないことが懸念される。システムの擬人化 [1] は、一般的なコンピュータよりもユーザから信頼されることが確認され、共感することで、ユーザはエージェントに対してより積極的に行動しやすくなる [2]。ロボットの脆弱性が、ユーザの信頼性にプラスの影響を与えると、ユーザの共感性を得やすくなるという報告もある [3]。

本研究では、システムに信頼性と共感性を持たせることで、システムの誤作動を許すための寛容性を醸成し、途中の離脱を回避する手法を提案する。特に、システムの擬人化とそのシステムが弱みを見せる効果に着目して、ゴミの削減を意識づける擬人化ゴミ箱システムを開発し、検証実験によってその効果を明らかにすることを旨とする。本稿では提案するシステムの概要および提案するゴミ削減行動に対し誤動作が及ぼす影響について調査した結果を述べる。

2 擬人化ゴミ箱システム

2.1 システム概要

本システムは、行動の変容を促すためのコンテンツ（以下行動変容コンテンツ）と、システムの誤動作を許すための寛容性醸成コンテンツで構成される。ゴミ検出部で検出されたゴミの種別や量と検出の確信度を、木とエージェントの状態に関連付けてユーザにフィードバックすることで、ゴミ削減行動を長期的に動機づけ

* 連絡先：東京農工大学生物システム応用科学府生物機能システム科学専攻

〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16
E-mail: s218236u@st.go.tuat.ac.jp

る。図1のシステムフローに従い、以下で各部を説明する。

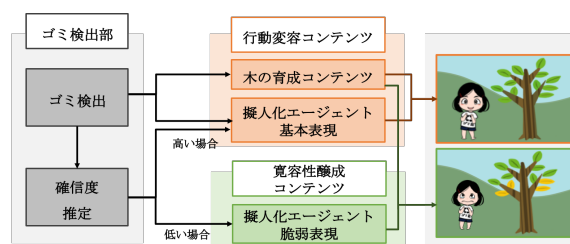


図1: システムフロー

2.2 ゴミ検出部

ゴミ検出部として、捨てられたゴミから重量だけでなく種別（プラスチック等）の検出を行い行動変容コンテンツとエージェントの振る舞いに反映することを想定している。検出した種別に対する確信度を推定し、エージェントに対する寛容性醸成に使用する。

2.3 行動変容コンテンツ

行動変容コンテンツは、擬人化ゴミ箱システムとの親和性を考慮し、1) 木の状態の変化として設計されたものと 2) 推定された確信度が高い場合にエージェントの表情を木と同様に変化させることで、より効果的な行動変容を促すものの2種類である。ゴミ削減の目標値は、ユーザのゴミ捨て習慣に応じて一日あたりゴミ捨ての目標重量を設定する。

1) の木の状態の変化では、予め設定したゴミ削減目標の達成度に応じて、図2と図3は当日の状態と過去の日の状態を示すためのものの表示である。本システムの基本的な機能として、使用当日は設定したゴミ削減目標の達成度に応じて、変化した木の状態をイラストで示す。木の状態が変化し、目標値を下回った（削

減された)場合は当日の木が図2左端の最もポジティブな基本状態を示し、目標値を超えてしまい達成できなかった場合はその量に応じて枯れる4段階の表示に切り替わる。一度枯れた木が元の状態に戻る表示は不自然であると考え、木についてはネガティブな表示にのみ変化するように設計した。使用翌日以降は、前日およびそれ以前のゴミの量に対し、当該の1日分のゴミの総量に基づいて、4段階の繁る状態または完全に枯れた状態を表示する。



図2: 当日の木の状態

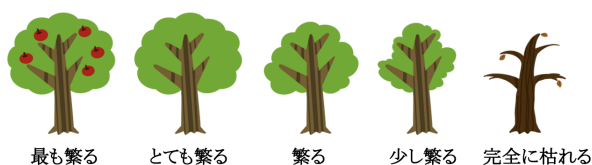


図3: 前日の木の状態

一方、2)の推定された確信度が高い場合に、エージェントの取りうる基本表現は、非言語的表現方法として表情と身体表現を用い、デフォルメキャラクターのわかりやすい特性を用いて設計した。ユーザがエージェントの感情を正しく判断できるか否かを調べるために、21名(女性11名、男性10名)の大学生を対象として、アンケートで設計されたエージェントの感情表現と実験参加者の回答との一致性に関する調査を実施した。評価結果を表1に示す。

表1: エージェントの基本表現の認識結果

無表情	とても嬉しい	嬉しい	少し悲しい	とても悲しい	一番悲しい
95.2%	100%	95.2%	85.7%	90.5%	95.2%

調査結果による、「無表情」、「とても嬉しい」、「嬉しい」、「少し悲しい」、「一番悲しい」の表現に対する正解率は90%以上を示し、この5段階の感情を正しく判断できることを確認した。しかし、「とても悲しい」の認知度はより低い結果となったことから、参加者の意見を元に、図4に示すようにより判断しやすいと考えられる表現に修正した。今回使用したエージェントの基本表現方法を図5に示す。

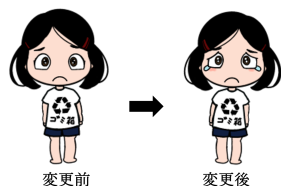


図4: 「とても悲しい」表現の修正

木の状態と比べ表情は急な変化であっても不自然さが抑えられることから、ユーザが捨てたゴミの量をより具体的に認識できるように、当日捨てたゴミの量と

目標値との比較で、目標値を下回った場合に図5の「とても嬉しい」、「嬉しい」、「無表情」3段階と、目標値を超えた場合の悲しい状態を表す3段階を示す。エージェントは図1右側に示したように当日の結果を表す木の隣に表示される。



図5: 擬人化エージェントの基本表現

2.4 寛容性醸成コンテンツ

ユーザのシステムの誤動作に対する寛容性を醸成するため、ゴミ検出に対する確信度が低い場合に、基本表現に代わり弱さを表現する。脆弱表現の感情についても、表情と身体表現の組み合わせを用い、デフォルメキャラクターの「軽い緊張感」のイメージで弱い脆弱表現を示し、「強い不安感」のイメージで強い脆弱表現を表示している。ユーザがエージェントの弱さのレベルを正しく判断できるか否かを調べるために、21名(女性11名、男性10名)の大学生を対象として、アンケートで設計されたエージェントの脆弱表現と実験参加者の回答との一致性調査を実施した。評価結果を表2に示す。

表2: エージェントの脆弱表現の認識結果

弱い脆弱表現	強い脆弱表現
81%	81%

この表より、基本表現と比べて判別率が低下した。参加者から集めたコメントを元に、弱さのイメージを図6に示すように修正し、以前よりも大きめに表現することで、エージェントの感情段階を判別しやすくなった。本システムは、確信度推定機能で、一定レベル以下の確信度をさらに2段階に分け、図7のように弱い脆弱表現と強い脆弱表現を使い分ける。すなわちゴミ検出結果に最も自信がないときには右側のような強い脆弱表現を示す。

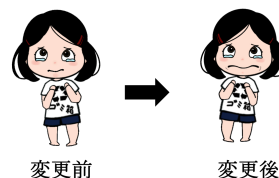


図6: 「強い脆弱表現」の修正

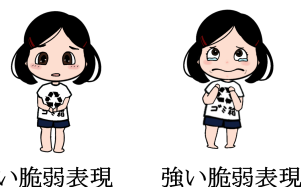


図7: 擬人化エージェントの脆弱表現

3 誤動作に対する印象評価実験

3.1 概要

行動変容システムのエラー発生時にエージェントとその脆弱表現が及ぼす影響を検証し、ユーザがシステムに対して寛容になり、長期間利用の達成可能性を明らかにするための印象評価実験を実施する。日常空間内におけるプラスチックゴミ捨て行動を対象とするため、20代の大学生および大学院生9名を被験者として、本システムを利用させる。実験システムは、Raspberry Piとロードセルによりゴミの重量を検出し、検出データに前処理を施し、一回あたりのゴミの重量と一日あたりゴミの総重量を得る。本実験では、システムの誤動作の可能性に応じて振る舞うエージェントに対する印象を調査するために、確信度を実験時に制御する必要がある。そこで高精度な計測が可能な重量に着目し、計測結果に意図的に誤差を埋め込むことで誤動作を生成し、誤差の大きさを確信度の低さと見なした。このため、図1の確信度推定機能を誤動作パターン生成機能に置き換えた。

実験システムを用いて、条件1) エージェント無し・誤動作無し、条件2) エージェント無し・誤動作有り、条件3) エージェント有り・誤動作無し、条件4) エージェント有り・誤動作有りの4条件を評価に用いる。各実験条件のコンテンツと実験シナリオを図8に示す。実験準備として、日常使い捨てプラスチックゴミの重量を紹介し、当該被験者の削減目標値を設定させる。その結果から毎日利用予定の人数に応じて、実験条件の実施期間に毎日の削減目標値を設定する。システムの使用前後に対する評価結果を分析するため、アンケートはシステム実験前、実施中、実験後3段階で行う。アンケートは各段階で擬人化ゴミ箱システムのユーザビリティ、信頼感を調査する。擬人化機能を追加した2つの条件について、使用前と使用後で擬人化エージェントに対するユーザの印象や共感性に対する評価内容を追加する。

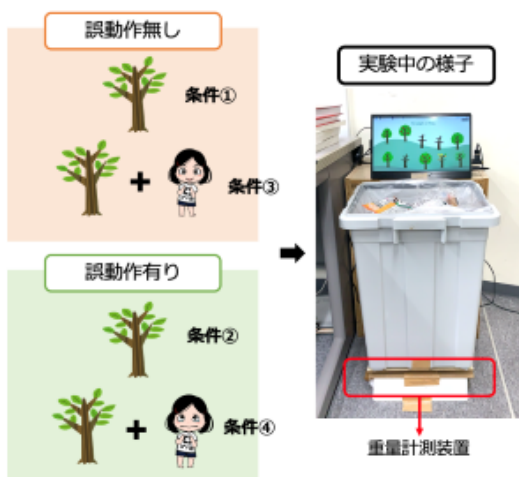


図8: 実験条件のコンテンツと実験シナリオ

誤動作パターンは、小さい検出誤差としてゴミ重量の50%または200%で誤って検出する場合に図7左の弱い脆弱表現を、大きい検出誤差としてゴミ重量の20%または500%で誤って検出する場合には図7右の強い脆弱表現を用いる。

実験実施の10日間で、「誤動作無し」、小さい検出誤差としての「誤動作1」、大きい検出誤差としての「誤動作2」の3種類の動作を実施する。また、誤動作1と2の場合、検出ゴミ重量の50%または20%、100%、200%または500%を異なる時間帯で繰り返して行う。実験参加者には条件は伝えない。

3.2 評価項目

本システムの評価項目は、システムに対するユーザの満足度とエージェント追加前後の信頼性の変化を検証すること、エージェントの表情状態に対してユーザが抱く信頼感と共感性を明らかにすることである。システムに対するユーザの信頼性と満足度の関係を調査するため、実験前・実施中・実験後にシステムユーザビリティスケール (SUS) から選択した8項目を評価に用いる。システムユーザビリティの調査は、実験前にシステム機能の説明後参加者全員、実施中に1日目から9日目まで毎日20時に当日のシステムを利用した被験者と、実験後被験者全員に回答を要求する。エージェントに対する信頼性評価には信頼性スケール [4] の10項目を利用する。ユーザビリティの調査と同様に実験前・実験後は全員を回答し、実施中に当日のシステムを利用した方のみを配信する。実験条件3)と4)において、エージェントに対していただく印象評価に GodSpeed[5]を用い、システムの動作と対応してエージェントの感情スケールを説明した後と、実験実施完了に被験者全員の回答を要求する。共感性の調査として、エージェントの表現の影響を受ける結果を調査するために、多次元共感性尺度 (MES)[6] の下位概念から他者志向的反応に関するものを用い、実験実施完了に被験者全員にアンケートを配信する。

3.3 実験結果

定量的評価として、実験条件1と2における、実験期間中の1人あたり1時間ごとのゴミ廃棄量および予め設定された目標値を図9に示す。実験条件1を使用した10日間で、1人あたり1時間ごとのプラスチックゴミの廃棄量が設定した目標値を超えたのは3日で、目標値からの差は10日間の合計で2.71gであった。実験条件2を使用した場合、ゴミ廃棄量が設定した目標値を超えた日が6日あり、実験期間に目標値からの差は合計で-5.02gとなった。

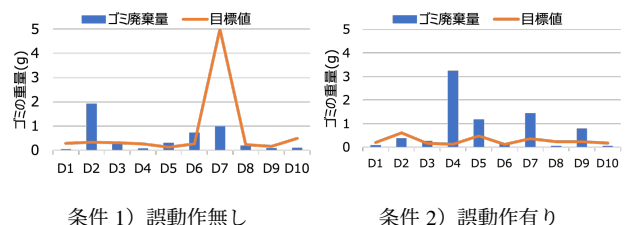


図9: 実験条件1) および2) におけるのゴミ廃棄量と目標値

定性評価として実験条件ごとのシステムユーザビリティ調査結果の例として利用日数が多い被験者の SUS スコアを図10に示す。被験者が実施期間中に実験参加しなかった日の結果については点線で表示している。

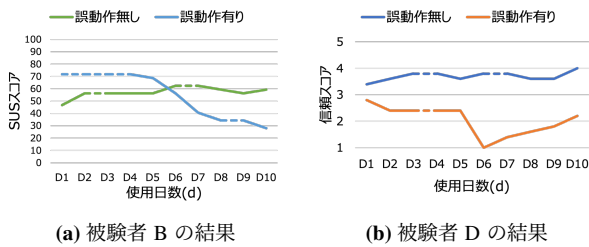


図 10: システムユーザビリティスコア変化の例

実験後に実施したシステムのユーザビリティの結果を図 11 に示す。2 条件間で有意水準 5 % で t 検定を行い、有意差 ($p < 0.01$) があったことを確認した。

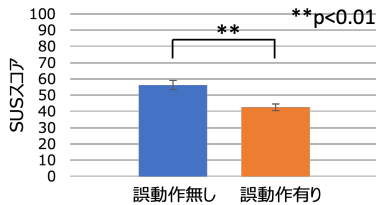


図 11: システムユーザビリティスコア

最後に、被験者 B と被験者 D を例に、実験条件 1) と条件 2) の実施期間におけるシステムに対する被験者の信頼性変化を図 12 に示す。上記のユーザビリティ調査と同様に、未使用の期間は点線で示される。

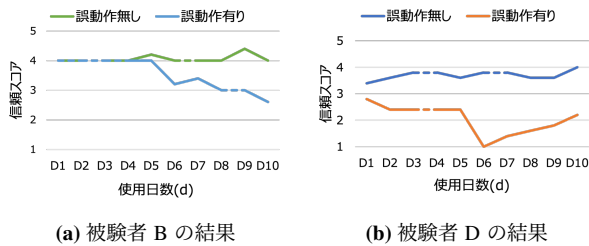


図 12: 信頼スコア変化の例

実験後に実施した信頼性の調査結果を図 13 に示す。2 条件間で一元分散分析 (ANOVA) を行い、有意差 ($p < 0.01$) があったことを確認した。

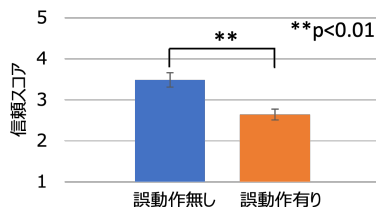


図 13: 信頼スコア

3.4 考察

図 9 より、誤動作がないシステムで、被験者はより多い日数目標値通りにゴミ捨て行動をしたことが確認できる。意図的に誤動作を埋め込んだシステムにおいては、被験者のゴミ捨て行動は設定された目標値を上回る傾向が見られた。すなわち、システムはエラーがない場合、ユーザにより良い行動改善を促すことができる。次に、図 11 より、被験者は誤動作無しのシステム

を誤動作有り条件に比べて高く評価した。さらに、図 10 に示す SUS スコア変化の例から、誤動作があるときは、システムに対するユーザの SUS スコアは時間の経過とともに低下になった。これはユーザがシステムを使いづらいと感じていることを表しており、誤動作有りシステムを長期間に使う可能性は低いことを示唆している。また、図 12 に示すように、誤動作があるシステムに対して、ユーザの信頼度が低くなることがわかった。使用後の信頼性調査アンケートの結果から、ユーザはエラーがない行動変容システムをより信頼する可能性が高い。最後に自由記述からは、正しく検出できる行動変容システムに対しては、「捨てる量を減らそうとする意識を持つことができた」、「視覚的な情報がゴミを捨てることへの抑止力になった」、というように肯定的な態度を持っているという結果が得られた。一方、システムの誤動作に対しては、「正しく動作していないことがとても気になった」、「ゴミを減らそうという意識はあまりなかった」など、より多くの否定的な意見が得られた。

4 おわりに

本研究では、行動変容向けシステムの誤動作に対するエージェントとその脆弱表現の影響について検証するために、ゴミ削減を目標とした擬人化ゴミ箱システムを開発した。現在、擬人化ゴミ箱システムの条件 3 の評価実験を実施している。今後は評価実験を引き続き行い、そこで得られた結果から実際に擬人化ゴミ箱システムを開発するための知見を収集する。また、実際に画像認識によりゴミの種別を判別するとともにその不確かさを脆弱表現に反映するシステムを開発し、評価を実施する。

参考文献

- [1] Kulms, P. et al. More human-likeness, more trust? The effect of anthropomorphism on self-reported and behavioral trust in continued and interdependent human-agent cooperation. Proc. of MUC'19, pp. 31–42, 2019.
- [2] 津村賢宏. 擬人化エージェントの自己開示による人の共感の促進. 人工知能学会全国大会論文集, pp. 1J4GS9a02, 2021.
- [3] Martelaro, N. et al. Tell me more designing HRI to encourage more trust, disclosure, and companionship. Proc. of HRI '16, pp. 181–188, 2016.
- [4] Madsen, M. et al. Measuring human-computer trust. Proc. of ACIS, 53, pp. 6–8, 2000.
- [5] 野村竜也. Human-Agent Interaction (HAI) における人の主観評価 (人工知能研究のベンチマークとは-標準問題・データセット・評価手法-). 人工知能, 31(2), pp. 224–229, 2016.
- [6] Madsen, M. et al. 多次元共感性尺度 (MES) の作成自己指向・他者指向の弁別に焦点を当てて. 教育心理学研究, pp. 487–497, 2008.