

テーブル上の物体の片付けを人に促すためのロボットの行動

Robot behavior that encourages human to tidy up disordered table

郷古 学*1

Manabu Gouko

金 天海*2

Chyon Hae Kim

*1東北学院大学

Tohoku Gakuin University

*2岩手大学

Iwate University

In this study, we investigated the influence of a robot's behavior on the motivation of tidying up. We developed a system that tidies up through the cooperation between a robot and a human. For completing this system, it is necessary to investigate the effective behaviors that encourages a human. To validate what behavior effectively encourage human to tidy up, we conducted a preliminary experiment with 13 male and 3 female participants, aged 20-23. We found the statistically significant difference between the cases where the robot took actions or not.

1. はじめに

家事の中でも、ゴミや汚れを取り除く清掃や、道具を所定の場所へ配置する整頓(片付け)は、快適な住環境のみならず、生産性の高いオフィスの実現に寄与することが知られている [Thomas 06, 松田 04]。家庭やオフィスの清掃に関しては、iRobot 社のルンバに代表される“お掃除ロボット”が既に実用化されているが、整頓を行うシステムは未だ存在しない。

本研究では、ロボットと人間が協調してテーブルの上に散乱した道具を片付けるシステムの構築を目指している。整頓作業(タスク)は、環境中から片付けの対象となる物体を識別する物体識別と、それらの物体を所定の場所へと運ぶ搬送という、二つのサブタスクから成る。本システムは、各サブタスクをロボットと人間とが分担して実行する。

これまでに、物体の自動識別に関する研究は盛んに行われている。一方で、搬送の自動化に関する研究は、工場や倉庫のような、搬送対象の形状や搬送先が限定される環境を対象としたものが多く [樋野 12]。家庭やオフィスを対象とした研究はほとんど行われていない。これは、それらの環境では整頓対象となる物体や、その片付け場所が多岐にわたり、タスクの定型化が困難であることに起因している。

近年、実環境における有効な問題解決手法の一つとして、人間とロボットとが協調して問題解決を目指す Human Robot Interaction (HRI) が注目を集めている。HRI による清掃や整頓に関する研究として、人間に、床に落ちているゴミを捨てることを促す、ゴミ箱型のロボットや [Yamaji 12]、子ども部屋に散乱したおもちゃの片付けを促すロボットが提案されている [Fink 14]。このように、ロボットが直接片付けるのではなく「人間に片付けを促す」という方法は、定型化が困難なタスクへの対応が期待できる。本稿の目的は、前述の片付けシステムを実現するにあたり、どのようなロボットの振る舞いが、人間に片付けを促すことができるのかを明らかにすることである。

2. 従来研究

本研究で採用する、人間に行動を促し問題解決を図るというアプローチとその有効性については、近年、仕掛学 (shikakeology) 分野で盛んに議論されてきた [松村 13]。仕掛学では、人の意

識や行動を変える一連の仕組みを「仕掛け」と呼び、次の三つの要件を満たすものとして定義している。(1) 具現化したトリガである。(2) 特定の行動を引き起こす。(3) 引き起こされた行動が課題を解決する。仕掛学の観点から本研究で目指している片付けシステムを考えると、前述の定義の (1) はロボット、(2) はロボットが物体の搬送を促すこと、(3) は物体の搬送による片付けの実現、がそれぞれ対応する。

また川上は、「不便」であるからこそ得られるユーザーの主観的な「益」を不便益 (benefit of inconvenience) と呼び、システムの利便性を多少失っても、そのシステムを利用することによりユーザーが得る益を重視するという、システム設計論を提案している [川上 11]。このような不便益システムという観点から提案システムを見ると、整頓作業のうち、ロボットが物体識別のみを行い、搬送をあえて人間に担当させることで、人間は片付けの習慣化や、搬送作業の熟達という益を得ることが期待できる。

これまでに、テーブル上の片付けを人間に促す工学システムとして TableCross が提案されている [Nishimoto 11]。このシステムは、共有で使用するテーブルの整頓状況を、個人が利用するパソコンのデスクトップ画面にフィードバックし、片付けを促すというものである。同システムでは、テーブルの整頓状況に応じて、画面にアイコン (仮想的なゴミに相当) を生成するというものである。

TableCross の評価実験の結果、同システムの導入前後で、使用者の半数 (11 名) が「(ゴミ) アイコンが表示されることが気になる」と答えたものの、テーブルに対する意識の変化や実際に片付けるといった行為の発現には至らなかった。同研究では、この理由の一つとして、システムの運用期間の短さを上げているが、著者らはこれに加えて、使用者へのフィードバックが仮想的である (実体を伴わない) ことが大きな理由と考えている [内藤 09]。本研究では、片付けを促すトリガとして実体のあるロボットを用いることで、より効果的な人間への片付けの促しが可能になると考えている。

3. 実験設定

3.1 実験概要

実験では、小型移動ロボットと道具が置かれたテーブル上で、実験参加者にペーパークラフトを作成してもらい、「ロボットの動作が、参加者の片付けのやる気 (動機付け) につながる」

連絡先: 郷古 学, 東北学院大学工学部, 宮城県多賀城市中央
1-13-1, gouko@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

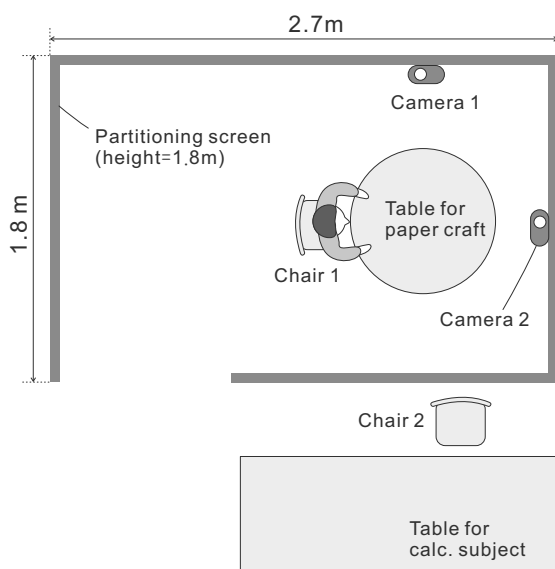


図 1: Experimental environment.

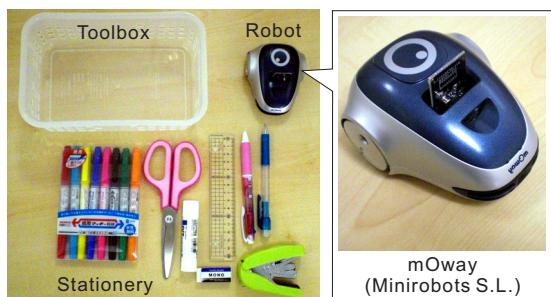


図 2: Stationery, toolbox and robot.

という仮説を検証する。

実験環境を図 1 に示す。実験では、参加者は二つの課題（ペーパークラフト作成課題と計算課題）を異なるテーブル上で交互に行う。ペーパークラフトを行うテーブル（円形、直径 0.8m）は、パーティションで仕切られた実験スペース内に置かれている。計算課題を行うテーブルは実験スペースの外側に置かれている。なお、テーブル上の様子および参加者の作業の様子を確認するため、実験中は、二つのカメラ（カメラ 1, 2）により実験スペース内を撮影する。

ペーパークラフトを作成する実験スペース内のテーブルに配置する物体を図 2 に示す。同テーブルには、ペーパークラフトを作成する上で必要となる文房具として、油性ペン（8 色、ケース入り）、ハサミ、ステープラー、のり、定規、ボールペン、シャープペンシル、消しゴム、それらの文房具を入れておく道具箱（toolbox）と小型移動ロボットを配置した。使用したロボット（mOway, Minirobots S.L. 製）は二つの車輪を持ち、Bluetooth により遠隔操作が可能である。

実験開始時のペーパークラフト作成用テーブル上の様子を図 3 に示す。ロボットは、着席した参加者前方のテーブルの隅に配置する（以下、初期位置と記す）。また、文房具は全て道具箱に入れた状態で参加者の左側に配置した。本実験では、テーブル上に置かれた物体（文房具）のうち、道具箱に入っている物体を「整頓された物体」と定義する。一方で、道具箱の外に

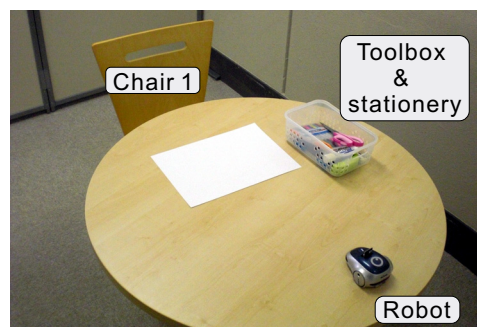


図 3: Environmental setup. Stationery, toolbox and robot are placed on the table.

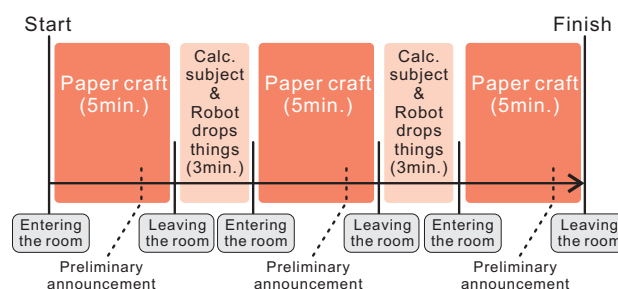


図 4: Experimental procedure.

置かれた物体を「整頓されていない（散らかった）物体」と定義する。

実験手順を（図 4）および以下に示す。

1. 実験参加者は入室の合図とともに実験スペースに入室、Chair1 に着席し、テーブル上に置かれた文房具を使ってペーパークラフトの作成を開始する。
2. ペーパークラフト作成開始 4 分 30 秒後に「あと 30 秒で退室です」という退室予告を参加者に伝える。
3. ペーパークラフト作成開始 5 分後に、参加者に退室を指示し、実験スペース外の椅子（Chair2）に着席させ、計算課題（二桁割る二桁の除算）を行ってもらう。
4. 計算課題開始から 3 分後に、再度、実験スペースへ入室し、ペーパークラフト作業の再開を指示する（手順 1 に戻る）。

実験は、3 回目のペーパークラフト作成終了まで行い、その直後に参加者にはアンケートを実施した。なお、参加者が計算課題実行中に実験スペース内に誰も入室していないことが分かるように、実験スペースへの出入り口は、参加者が計算課題を行っている場所から確認可能な一カ所のみとした。

3.2 ロボットの振る舞い

本実験で採用したロボットの振る舞いについて述べる。本研究では、ロボットの振る舞いを設計するにあたり、家事（掃除を含む）の動機付けに関する従来研究を参考にした [速水 12, 青木 11]。これらの研究では、家事の動機付けに関する 78 項目の質問事項に対して 5 段階評価（1：どんな時あてはまらない～5：いつも当てはまる）で回答を求めた。その結果、平

均値が4以上と高いのは「やらなければ生活ができない」「心地よく生活したいから」などの必要性を意味する項目が多かったと報告している。

このような結果から、人間が自発的に片付けを行う場合「片付けをしないと作業がしづらい」や「散らかっているのが不快」などの外発的な動機付けが作用していると考えられる。そこで本実験では、作業の続行が困難な状況を作り出すとともに、参加者に乱雑さを喚起させるため、参加者がペーパークラフト作成課題中断中(実験スペース退室後)に、ロボットにより整頓されていない物体、すなわち工具箱の外に置かれたテーブル上の物体を全てテーブルの下に落とさせた(排除させた)。ロボットは、対象となる全ての物体を落とし終えた後、初期位置へと戻り、停止するとした。

本実験において、人間とロボットのインタラクションをロボットの振る舞いのみ限定しているのは、最終的に構築する片付けシステムを言語に依存しないユニバーサルなものとするためである。

また、このようなロボットの動作は、実験者による遠隔操作により実現した。実験者は、実験スペース外の計算課題を行っている参加者から見えない位置から、カメラの映像をもとにロボットを操作した。なお、ロボットを動かした場合の動作音(モーター音)については、全ての参加者が聞こえていたことを、実験終了後のアンケートにより確認している。

提案するシステムでは、片付けを促すにあたり、ロボットが物体をテーブルから落とすという、ユーザーにとってネガティブな行為を採用している。前述したTableCross[Nishimoto 11]も、デスクトップ画面にアイコンを生成するというネガティブなフィードバックを用いている。

3.3 インストラクション

参加者には、実験に先立ち、以下の説明を行った。

1. 実験全体の流れについて(図4の簡略版を見せながら)。
2. 実験中はロボットには一切手を触れてはいけない(実験に用いるロボットの写真を見せながら)。
3. 実験に用いるペーパークラフトの簡単な作成手順について。

なお、ペーパークラフトは完成に20分程度要するものを用いた。後述の実験中に完成させた参加者は、16名中3名で、いずれも3度目の退出直前に完成させている。

3.4 アンケート

実験終了の直後に、参加者にアンケートを行った。アンケートでは参加者に、ペーパークラフトを作成したテーブルの上を片付けようと思ったかを質問した。なお同質問は、3回の退室時にそれぞれどう思ったかを回答してもらった。具体的な質問内容と回答を以下に示す。

【質問】

m 度目の退室の際にテーブルの上を片付けようと思いましたが?(この質問は $m = 1, 2, 3$ とし、それぞれの退出時について質問した)

【回答】

- 1: そう思う
- 2: どちらかといえば、そう思う
- 3: どちらともいえない
- 4: どちらかといえば、そう思わない
- 5: そう思わない

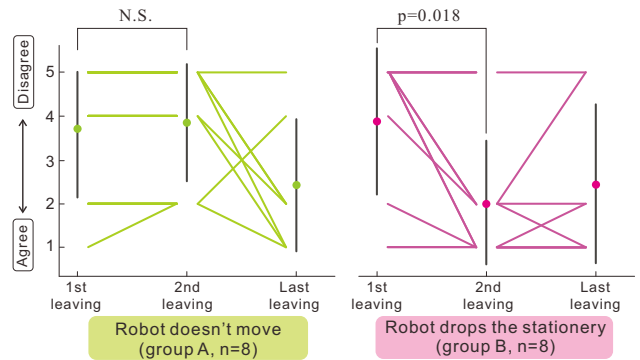


図5: Results of questionnaire item "I would tidy up the table before leaving." Participants rated their agreement with 5 level semantic differential scale method (1: agree, 5: disagree).

実験参加者は日本人大学生16名(男性13名、女性3名、20-23歳)である。参加者には、事前に実験に関する承諾を得ている。また、本実験の内容については、東北学院大学人間対象研究審査委員会から承認を受けている。

実験では、ロボットの動作条件毎に参加者を以下の二つのグループに分けた。

グループ A

ロボットは動作しない(ただ置いてあるだけ)。

グループ B

参加者が離席中にロボットが工具箱の外に置かれた物体をテーブルの下に落とす。

なお各グループ参加者の人数はそれぞれ8名で、Aグループは男性6名、女性2名、Bグループは男性7名、女性1名である。

4. 実験結果および考察

各グループの質問に対する回答をまとめたものを図5に示す。各退室時の回答に対してWilcoxonの符号付き順位検定を行った結果、ロボットが動作しなかったグループAでは、1度目と2度目の退室時の回答に有意な変化は見られなかった。一方で、ロボットがテーブル上の物体を落としたグループBでは、1度目と2度目の退室時における回答に有意差が確認できた($p = 0.018$)。つまり、参加者は1度目の退室時に比べて、2度目の退室時の方が「テーブルの上を片付けよう」と思っていることが分かった。

なお、各グループとも3度目の退出時には「片付けようと思う」と回答する傾向が見られた。これは、参加者は実験の事前説明において、実験スペースからの3度目の退室で実験が終了することを理解していることが影響していると考えられる。つまり「3度目の退室実験が終わりだから片付けよう」という考えが反映されていると考えられる。

続いて、実際に参加者が物体を搬送したかどうかを確認するため、実験の様子を撮影した映像をもとに、テーブル上の整頓されていない物体の数の変化について調査を行った。調査では、2度目の退出予告時の、テーブル上の整頓されていない(工具箱の外に置かれた)物体の数 L が、実際に退出するまでの30秒間に、どのように変化するかを確認した。 L が減ると

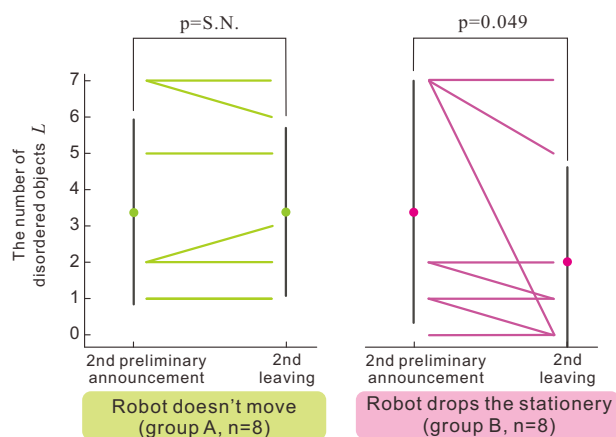


図 6: The number of disordered objects.

いうことは、整頓されていない物体を道具箱へと搬送する、つまり、片付けを行うことに対応する。

物体数 L は、ハサミや消しゴム、定規など物体毎に 1 として数えた。ただし、のりや油性ペンのように、キャップと本体とが分離して置かれている場合は、キャップと本体をまとめて 1 と数えた。また、手に持って使用中の物体は数えない。油性ペンはケースに入っている場合はまとめて 1 と数え、ケースから取り出されて置いてある場合には、個別に数えた。例えば、油性ペンがケース内に 5 本、ケース外に 3 本あり、それらが全て道具箱の外に置かれている場合は、4 と数える。

L の変化を図 6 に示す。 L が減少していたのは、グループ A では参加者 8 名中 1 名であるのに対し、グループ B では、8 名中 4 名であった。 L の変化に関して Wilcoxon の符号付き順位検定を行った結果、グループ A では有意な変化は見られなかった。一方で、グループ B では、 L の変化に有意差が確認できた ($p = 0.049$)。つまり、ロボットがテーブル上の物体を落とす行為が、参加者に実際のテーブル上の片付け (道具の搬送) を促していることが分かった。

5. まとめ

本稿では、ロボットと人間との協調によりテーブルの上の片付けを実現するシステムの構築を目指し、「ロボットが道具をテーブルから落とす行為が、テーブル利用者の片付けの動機付けにつながる」という仮説を検証した。小型移動ロボットを用いた実験の結果、利用者の離席時に、テーブル上の片付いていない道具をロボットが落とす行為が、テーブル利用者の片付けへの動機付け、および実際に物体の搬送につながることを示唆された。

今後の予定として、ユーザーの片付け行為をほめるなどのポジティブなフィードバックの導入や、ロボットの形状の違いによる片付けの動機付けへの影響を調べる予定である。

謝辞

本研究の一部は、科研費若手研究 (B)(24700196) の助成による行われました。ここに謝意を表します。

参考文献

[Thomas 06] F. Thomas and T. Don, "5S for the Office: Organizing the Workplace to Eliminate Waste", Productivity Press, (2006).

[松田 04] 松田, 他, "室内環境満足度ならびに知的生産性評価に関する研究 OSS-RPM ツールを用いた大学事務室の生産性調査," 日本環境管理学会誌, vol. 52, pp. 344-347, (2004).

[樋野 12] 樋野, 他, "複数台のコンベアベルトを組み合わせた搬送システムの構築," 精密工学会誌, vol. 78, no. 12, pp.1105-1111, (2012).

[Yamaji 12] Y. Yamaji *et al.*, "STB: Child-dependent sociable trash box," International Journal of Social Robotics, vol. 3, no. 4, pp.359-370, (2011).

[Fink 14] J. Fink *et al.*, "Which Robot Behavior Can Motivate Children to Tidy up Their Toys? Design and Evaluation of "Ranger"," Proc. of 9th ACM/IEEE Intl. Conf. on Human-Robot Interaction, pp.439-446, (2014).

[松村 13] 松村, "仕掛学概論 -人々の人々による人々のための仕掛学-," 人工知能学会誌, vol. 28, no. 4, pp.584-589, (2013).

[川上 11] 川上, "不便から生まれるデザイン 工学に生かす常識を越えた発想," 化学同人, (2011).

[Nishimoto 11] K. Nishimoto *et al.*, "TableCross: Exuding a Shared Space into Personal Spaces to Encourage Its Voluntary Maintenance," Proc. of CHI2011 Extended Abstract, pp.1423-1428, (2011).

[内藤 09] 内藤, 他, "実世界指向インタラクシヨに基づく情報提示手法の提案," 電子情報通信学会, vol. J92-A, no. 11, pp.840-851, (2009).

[速水 12] 速水, "感情的動機付け理論の展開 やる気の素顔," ナカニシヤ出版, (2012).

[青木 11] 青木, 他, "家事の動機づけ," 日本心理学会第 75 回発表論文集, pp.958, (2011).