

机上の片付けの促し方法とその効果について

Effect of encouragement to tidy up on a desk

小笠原聡大¹ 郷古 学^{2*}
Akihiro Ogasawara¹ Manabu Gouko²

¹ 東京エレクトロン宮城株式会社

¹ Tokyo Electron Miyagi Ltd.

² 東北学院大学

² Tohoku Gakuin University

Abstract: To increase efficiency at work, it is important to keep the work space tidy. In this study, we propose a stationery holder robot to improve deskwork efficiency by reducing clutter. The robot is developed based on human-robot interactions, and it vibrates to remind and encourage workers to tidy their desks. In this paper, we investigate the effects of motivating participants using verbal reminders, posters, and the robots. The results showed that encouraging users by the robot is the most effective as compared with urging users by oral instructions or posters.

1 はじめに

オフィスにおける整理整頓は、作業効率の向上に寄与することが知られている [1]。一般に、工場などと比較すると家庭やオフィスなどの生活環境における片付けは、片付けの対象となる物体の形状や重量、また片付け先が多岐にわたる。そのためタスク（片付け）の定型化が困難であり、自動化の壁となっている。そこで本研究では、ロボットが直接片付けを実行するのではなく、人間に片付けを促すロボットの開発を目指す。

本稿では「机上の片付けを促すロボット」を開発するにあたり、ロボットによる促しに加え、日常的に行われている、口頭注意やポスター（貼り紙）による片付けの促しが作業効率に与える影響を調査する。

2 関連研究

片付け（整頓）の自動化に関する従来研究の多くは、工場や倉庫、図書館など、整頓する物体の形状や重量、片付け先が予め決まった環境を対象としている [2, 3]。一方で、家庭やオフィスなどの生活環境を対象とした研究は少ない [4]。これは、生活環境では片付ける物体や片付け先が多岐にわたるため、整頓作業の定型化が困難となることに起因していると考えられる。

一方で、Human-Robot Interaction (HRI) 分野では、人とロボットとの相互作用を通じて問題を解決する方

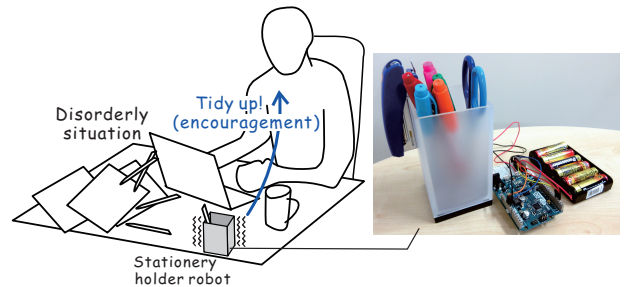


図 1: 提案方法（左）とペン立てロボット（右）

法が提案されている。「片付け」については、おもちゃ箱型ロボットの「Ranger」[5] や、妨害により片付けを促す TableCross[6]、小型ロボットによる促し [7] などが提案されている。これらの研究では「人間を含めた系」として片付けシステムをデザインすることで、ロボット単体では困難な作業への対応が期待できる。

3 片付けを促すロボット

3.1 ペン立てロボット

本研究では、机上の片付けを実現するにあたり、「作業に不必要な文房具の片付けを作業者に促すロボット」の開発を目指す。具体的には、机上の片付けが必要かどうかの判断と、片付けの作業への促しをロボット（以下、「ペン立てロボット」と記す）が担い、実際の片付けは作業者が行うという方法を提案する（図 1（左））。

*連絡先： 東北学院大学
宮城県多賀城市中央 1-13-1
E-mail:gouko@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

この方法では、片付け対象となる物体の搬送は人間が行うため、ロボットの機構は比較的単純となることが期待できる。

図1(右)に、ペン立てロボットのプロトタイプを示す。ロボットは市販のペン立て(NT-28, W 64mm × D 64mm × H 118mm)とマイクロコンピュータ(Arduino M0 Pro)および振動モーター(FM34F)を組み合わせて作成した。ロボットは、作業者が現在実施中の作業に不必要な文房具が机の上に放置されていることを検出すると、振動により作業者にその文具の片付けを促す[8]。なお現在、同プロトタイプは振動機能のみを有し、検出機能は未実装である。

机上の片付けの促しについては、PCの画面上に通知を表示する方法なども考えられるが、多くの先行研究において、効果的な促しには、促す主体が実体を有することが重要であることが報告されているため[9, 10]、本研究では実態のあるロボットによる促しを採用した。

3.2 「仕掛け」としてのペン立てロボット

近年、人の意識や行動を変える仕組み(仕掛け)の理解と応用を目指す仕掛け学の研究が注目されている[11, 12]。仕掛け学では、仕掛けを定義する要件として、誰も不利益を被らないこと(公平性)、行動を誘うこと(誘引性)、仕掛ける側と仕掛けられる側の目的が異なること(目的の二重性)の3つを挙げている。以下、これらの観点からペン立てロボットについて考察する。

○ 公平性

ペン立てロボットは振動により片付けを促すが、日常的にスマートフォン等の通知で用いられている程度の振動であれば、振動により不利益を被る(不快に感じる)作業者は少ないと考えられる。一方で、促しの頻度がユーザーに不快感を抱かせる可能性がある。この点については、実際に使用した上で評価する必要がある。

○ 誘引性

ロボットは振動により片付けを促しており、これが「誘引性」に相当する。振動は、作業中の作業に対して片付けという行動の気付きを与えるため、行動の選択肢を広げているとも言える。なおロボットが振動したとしても、作業者は「片付けをしない」という行動も選択可能であり、行動選択の強制性は弱いと考えられる。

○ 目的の二重性

ロボットおよび設計者側の意図(解決したい問題)は「片付けとそれによる作業の効率化」であり、一方で作業側側の意図(行動したくなる理由)

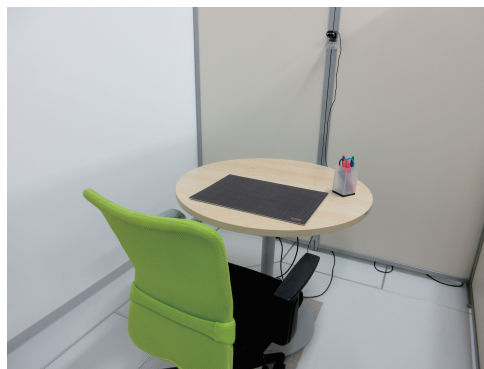


図 2: 実験環境

は「振動を止めて作業に集中したい」というものである。

4 実験設定

本実験の目的は、ロボットの振動による片付けの促しと、日常生活で用いられる既存の片付けの促し方(口頭注意や貼り紙)が、作業効率に与える影響を調べることである。

実験の参加者は、工学系大学生32名(男性20名、女性12名、21~22歳)である。参加者は机上での作業(ペーパークラフト)を4日間連続して行う。指定したペーパークラフトが完成するとその日の作業は終了とした。実験環境を図2に示す。

ペーパークラフトは「紙を切る」、「色を塗る」など複数の作業から構成されており、その手順は実験者から提示される。各作業ではペン、ハサミ、ステープラーなどをつつだけ使用する。現在実施中の作業に不要な文房具が机上にある場合には、参加者にその片付けを促す。

実験では、参加者を促し方に応じて以下のA~Dの4グループに分けた。

グループA：口頭注意のみ (男性5名、女性3名)

口頭注意による促し。1日目の実験開始前に口頭で「現在実施中の作業に必要な文具は、机上のペン立てに戻すこと」と指示をした

グループB：貼り紙 + 口頭注意 (男性5名、女性3名)

貼り紙による促し。「使わない文具はペン立てに戻すこと」と記載した貼り紙を作業者の正面の壁に貼り付けた。また、Aグループと同様の口頭による注意も行う。

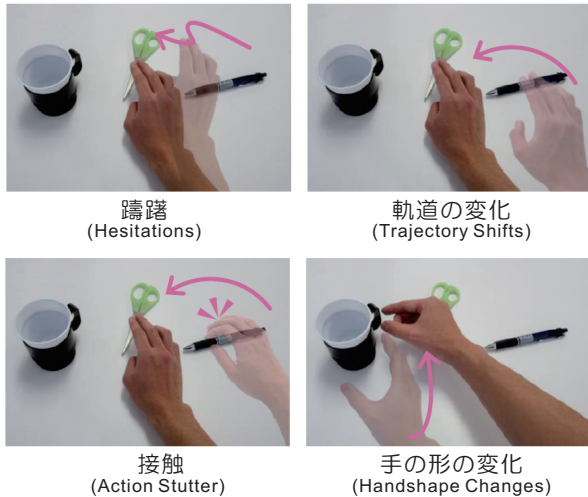


図 3: マイクロスリップ

グループ C：ロボット（男性 5 名、女性 3 名）

ロボットによる促し。ロボットが振動することで片付けを促す。参加者には、実験前にロボットの動作を説明した¹。

グループ D：促し無し（男性 5 名、女性 3 名）

促し無し。片付けに関しては実験者側からは言及せずに作業してもらう。

4.1 評価方法

作業効率の指標として、ペーパークラフトの完成に要した時間（作業時間）と、作業中に発生したマイクロスリップ [13] の回数を用いた。マイクロスリップとは、無意識下で発生する動作中の小さな淀みと定義され、ヒューマンエラーの原因となることが報告されている [14]。マイクロスリップは、以下の 4 つに分類される（図 3）

躊躇（Hesitations）

把持する対象に手を伸ばすが、その手前で微小な間止まり、再び対象に手を伸ばし、把持すること。

軌道の変化（Trajectory Shifts）

対象に手を伸ばすが、接触する直前に起動が変化し、別の対象に手を伸ばすこと。

接触（Action Stutter）

必要のない物体に触り、その後、別の対象を把持すること。

¹ロボットの動作（不要な文房具の検出と振動）については、別室でモニタリングしている実験者の遠隔操作により実現した。

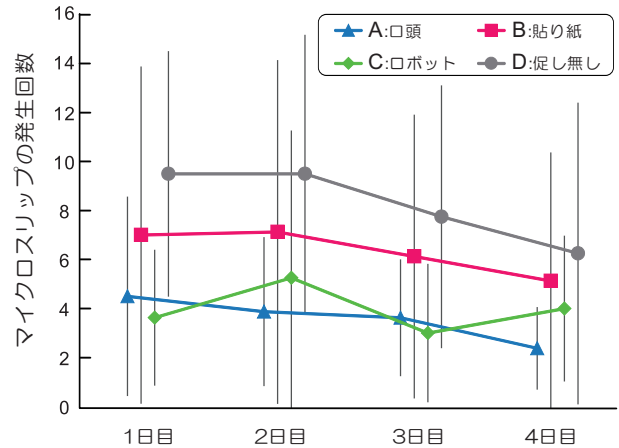


図 4: 各グループのマイクロスリップ発生回数の変化

手の形の変化（Handshape Changes）

対象に接触する直前に手の形が大きく変化すること。

乱雑な環境下ではアフォーダンス（行動の選択肢）が増加し、認知的負荷の増大につながり、マイクロスリップが発生しやすくなることが報告されている [14]。そのため、整頓状況を維持することによってマイクロスリップの発生を抑制できれば、ヒューマンエラーの少ない作業を実現できると考えられる。なお、マイクロスリップのカウントは、実験中の作業者の様子を録画したものを実験者 2 名で確認し、2 名がともにマイクロスリップの発生を確認したときのみカウントした。

また、最終日（4 日目）の実験終了後に、参加者に対して、アンケートを行った。アンケートは「 L 日目の作業中、文房具をペン立てに戻そうと思った。（ $L = 1 \sim 4$ ）」というもので、回答にはリッカート尺度に則った 5 段階評価を用いた。

5 実験結果

5.1 作業時間とマイクロスリップ

A～D グループのペーパークラフトに要した平均時間（標準偏差）は、867.5s (108.7)、812.5s (131.7)、723.1s (146.0)、741.3s (161.3) であり、各グループ間で有意な差は確認できなかった。

実験中のマイクロスリップの発生回数の平均値と標準偏差を図 4 に示す。グループと実験日について二要因分散分析を行った結果、実験日 ($F(3, 84) = 3.37, p < 0.05$) のみ有意であり、交互作用は確認されなかった。

各グループ（促し方）に対して Bonferroni の多重比較を行った結果、A-D ($p < 0.001$)、C-D ($p < 0.01$) の各グループ間で有意差を確認した。

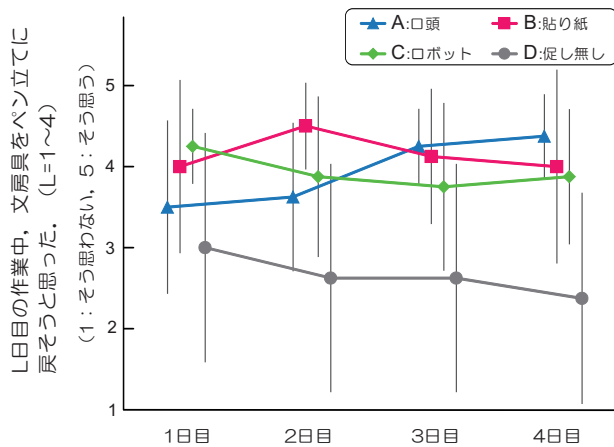


図 5: アンケート結果

5.2 アンケート結果

アンケートから得られた、各実験日における参加者の片付ける意思の平均値と標準偏差を図5に示す。グループと実験日について二要因分散分析を行った結果、グループ ($F(3, 28) = 4.51, p < 0.05$) と交互作用 ($F(9, 84) = 3.47, p < 0.01$) が有意であった。続いて、単純主効果の検定を行った結果、2日目 ($F(3, 28) = 4.76, p < 0.01$)、3日目 ($F(3, 28) = 4.41, p < 0.05$)、4日目 ($F(3, 28) = 6.06, p < 0.01$) において、有意差を確認した。さらに、Bonferroni の多重比較検定でグループ間で確認したところ、2日目は B-D ($p < 0.01$)、3日目は A-D ($p < 0.05$)、B-D ($p < 0.05$)、4日目は A-D ($p < 0.01$)、B-D ($p < 0.05$)、C-D ($p < 0.05$) グループ間で有意差が確認された。

6 考察

作業時間の結果から、促し方法の違いによる作業時間への影響は確認できなかった。

マイクロスリップの発生回数の結果から、促しを行わなかった D グループに比べて、口頭注意およびロボットによる促しを行ったグループ A、C で、マイクロスリップの発生回数が少ないことが示された。

A、B 各グループでは共に口頭での片付けの促しがなされているが、グループ B のマイクロスリップ発生回数については、グループ D との有意差が確認できなかった。これは、グループ B では参加者が作業中に貼り紙を確認しないことが影響している可能性がある。また同グループでは、貼り紙をすることで参加者が常に「片付け」を意識しなくてもよい（一時的に忘れても思い出せる）環境になっているとも考えられる。

またアンケート結果からは、口頭注意、貼り紙、ロボットのいずれの促し方も、4 日間に渡り作業者の片付けに対する意識を維持できていたと考えられる。

実験の様子を記録した動画からは、口頭注意や貼り紙による促しを行ったグループ A、B では、作業に必要な文房具をペン立てに戻し忘れたまま作業を続ける参加者が散見された。また、実験後のインタビューから、グループ B では貼り紙の存在には気付きつつも、内容までは確認しなかった参加者もいた。これらのことから、口頭注意や貼り紙による促しは無視される可能性もあると考えられる。一方で、ロボットによる促しがなされたグループ C では、参加者は文房具を戻し忘れても、ロボットの振動によりすぐに気が付き、片付けていた。

また、口頭注意はその注意内容を参加者が覚えておかななくてはならず、このことが参加者の認知的負荷を高める要因にもなると考えられる。今回の実験設定では確認できなかったが、タスクによっては、このような認知的負荷がヒューマンエラーを増加させる可能性が考えられる。

7 まとめと今後の課題

人に机上の片付けを促すペン立てロボットを提案し、同ロボットを「仕掛け」という観点から考察するとともに、ロボットのプロトタイプを用いて実験を行った。実験では、ロボットの振動による片付けの促しと、日常生活で用いられる既存の片付けの促し方（口頭注意や貼り紙）とで、作業効率にどのような違いが生じるかを調べた。実験の結果、提案ロボットによる片付けの促しがマイクロスリップの抑制に寄与することが確認できた。

今後の課題として、片付けが必要かどうかを判断する機能や、片付けを行った際に報酬を与えるような機能の実装などが挙げられる。また作業者に片付けを習慣化させるために、やりがいの付与により動機づけを変容させる（外的動機づけから内的動機づけへ）の仕組みを考える必要がある。

謝辞

本研究の一部は、科研費基盤研究 (C) (15K00363) の助成により行われました。ここに謝意を表します。

参考文献

- [1] D.T. Thomas Fabrizio, 5S for the Office: Organizing the Workplace to Eliminate Waste, Productivity Press, 2006.

- [2] 樋野 励, 原田 倫孝, “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.
- [3] B.K. Kim, K. Ohara, K. Kitagaki, and K. Ohba, “Design and control of librarian robot system in information structured environments,” Journal of Robotics and Mechatronics, vol.21, no.4, pp.507–514, 2009.
- [4] 福井 類, 勝代 雅行, 森下 広, 森武 俊, 佐藤 知正, “家庭用コンテナケース運搬ロボットにおける機械的柔軟性を活用したシステム構成法の提案と実証,” 日本ロボット学会誌, vol.28, no.7, pp.841–852, 2010.
- [5] J. Fink, S. Lemaignan, P. Dillenbourg, P. Rétornaz, F. Vaussard, A. Berthoud, F. Mondada, F. Wille, and K. Franinović, “Which robot behavior can motivate children to tidy up their toys?: Design and evaluation of ranger,” Proceedings of the 2014 ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction, pp.439–446, 2014.
- [6] K. Nishimoto, A. Ikenoue, K. Shimizu, T. Tajima, Y. Tanaka, Y. Baba, and X. Wang, “Tablecross: exuding a shared space into personal spaces to encourage its voluntary maintenance,” CHI’11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp.1423–1428ACM, 2011.
- [7] 郷古 学, 金天 海, “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,” 人工知能学会全国大会論文集, vol.29, pp.1–4, 2015.
- [8] A. Ogasawara, and M. Gouko, “Prototype stationery holder robot that encourages office workers to maintain a tidy desktop,” Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2016), pp.2192-2197, 2016.
- [9] McColl, D. and Nejat, D. : Meal-time with a socially assistive robot and older adults at a long-term care facility, Journal of Human-Robot Interaction, vol. 2, no. 1, pp. 152-171 (2013)
- [10] Šabanović, S., Reeder, S. M. and Kechavarzi, B. : Designing robots in the wild: In situ prototype evaluation for a break management robot, Journal of Human-Robot Interaction, vol. 3, no. 1, pp. 70-88 (2014)
- [11] 松村真宏：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)
- [12] 松村真宏,：仕掛学, 東洋経済新報社 (2016)
- [13] E. Reed, F. Carolyn, and D. Schoenherr, “On the nature and significance of micro-slips in everyday activities,” Journal of Ecological Psychology, vol.4, no.1, pp.51-66, 2009.
- [14] 鈴木健太郎, 三嶋博之, 佐々木正人, “アフォーダンスと行為の多様性: マイクロスリップをめぐる (< 特集 > 新システム論の視座-関係性と多様性の回復を求めて-(その2)),” 日本ファジィ学会誌, vol.9, no.6, pp.826-837, 1997.