

音と映像でエスカレーターの両側乗りを促す システムの開発と評価

Development and Evaluation of an Audio-Visual System to Encourage Bilateral Standing on Escalators

武田 怜香^{1*} 郷古 学¹
Reika Takeda¹ Manabu Gouko¹

¹ 東北学院大学
¹ Tohoku Gakuin University

Abstract: Standing on only one side of an escalator reduces transportation efficiency and may increase safety risks. This study proposes an audio-visual system that encourages bilateral standing without forcing users' behavior. The system estimates users' standing positions in real time and provides subtle visual and auditory cues to guide subsequent users. A field experiment in a university building showed that, within a specific pedestrian flow range, the imbalance between left and right standing positions was significantly reduced, indicating that the proposed system functions as a non-coercive shikake in which small behavioral changes propagate through social conformity to influence collective behavior.

1 はじめに

エスカレーターの安全利用は、自治体で独自の条例が制定されるなど、重要な社会的課題であり、その実現に向けて様々な研究が行われている [1, 2]. ステップ (踏段) の左右に 1 人ずつ乗ることが可能なエスカレーターは、輸送効率の観点から、利用者が踏段の両側に乗ることが望ましい。しかし実際には、踏段の片側のみ利用者が乗る「片側空け」が一般化している。

片側空けは、輸送効率の低下はもとより、片側が空くことで、他の利用者の歩行が誘発され、事故につながる危険も懸念される。日本エレベーター協会の調査 [3] においても、エスカレーターの利用者災害で最も多い事象は踏段上での転倒であり、その要因として「踏段上の歩行」や「駆け上がり」が挙げられている。

近年、人の意識や行動変容を実現する仕組み (仕掛け) の理解と応用を目的とした、「仕掛け学」研究が注目されている [4]。仕掛けは、人々に対して意識や行動の変化を強制しないことが特徴であり、これまでに様々な課題への応用事例や効果が報告されている [5]。

本研究では、エスカレーターの片側空けを解消する仕掛けとして、利用者に両側乗りを促すシステムを提案する。提案システムは、エスカレーターの利用者数の左右の偏りをリアルタイムで計測し、その情報から、

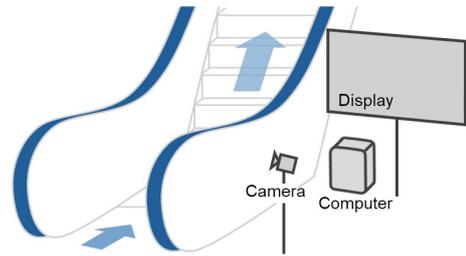


図 1: 提案システム概要

これからの乗ろうとする人に最適な立ち位置を促す。本稿では、提案システムの構成および、実際にエスカレーターに導入した検証実験について報告する。

2 提案システム

本章では、提案システムの概要とシステムの構成要素である、利用者の立ち位置推定手法および、促し方法について述べる。

2.1 提案システムの概要

提案システムの概要を図 1 に示す。同システムは、エスカレーター利用者を撮影するカメラ (Anker 社製, PowerConf C300)、カメラ画像から利用者の立ち位置

*連絡先: 東北学院大学
仙台市若林区清水小路 3-1
E-mail: s2245180@g.tohoku-gakuin.ac.jp

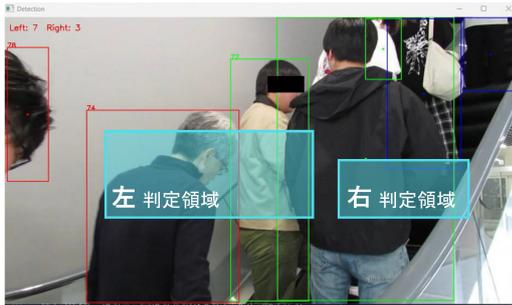


図 2: カメラ画像と左右判定領域

推定を行うコンピューターおよび、利用者に両側乗りの促しを行う 55 型のディスプレイ (I/O DATA 社製, LCD-M4K552XDB) から構成される。なお提案システムは、後述する検証実験の対象となるエスカレーターに合わせ、上りエスカレーター乗り口の右側に設置することを想定し、開発した。

2.2 利用者の立ち位置推定

利用者の立ち位置推定の手順を以下に示す。

1. カメラ画像 (図 2) に対して、人物検出モデル YOLO11 および、複数物体追跡アルゴリズム DeepSORT を用い、エスカレーター利用者を検出する。
2. 検出された人物領域 (矩形) から、利用者毎に重心座標を算出する。
3. あらかじめ画像上に設定した「左/右判定領域 (図 2 中の水色の長方形)」内に、各利用者の重心座標がとどまった時間を求める。
4. 手順 3 で求めた時間から、推定結果 (その利用者が階段の左右どちら側に立っているか) を出力する。

なお、立ち位置推定の精度は 87% であった。時刻 t における、階段の左および右側に立つ利用者の合計人数を $N_L(t)$, $N_R(t)$ とし、これらの値を推定結果により逐次更新する。また、これらの値は次節で述べるディスプレイの表示内容の生成に用いる。

2.3 行動変容のためのディスプレイ表示設計

ディスプレイには、図 3(a) に示す、足形のイラストが左右に描かれた階段のイメージが表示されている。足形のイラストは、これから乗ろうとする利用者の誘導を目的として、エスカレーター利用者の左右人数差により変化 (点滅) する。また、利用者の興味を惹くことを目的として、利用者の立ち位置を反映したアニメーションも表示される。具体的な表示内容を次に述べる。

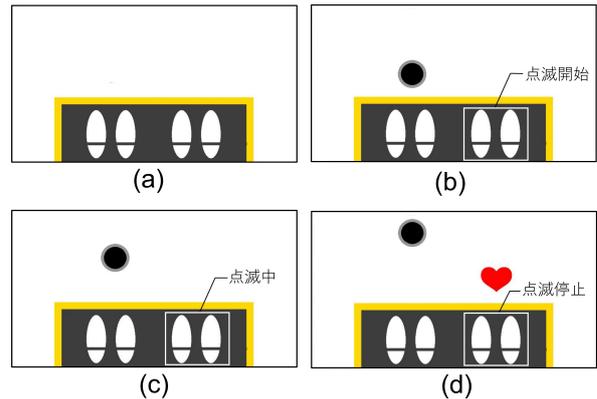


図 3: ディスプレイの表示

2.3.1 人数差の可視化による立ち位置誘導

階段に描かれた足形のイラストは、エスカレーターの利用状況に応じて点滅する。時刻 t において、階段の左および右側に立つ利用者の合計人数が等しい場合 ($N_L(t) = N_R(t)$)、左右いずれの足形イラストも、図 3(a) のように白色で表示される。一方、合計人数が左右で異なる場合 ($N_L(t) \neq N_R(t)$)、人数の少ない側の足形イラストが、白 \rightarrow 黒 \rightarrow 白 \rightarrow ... と点滅する。この点滅は、 $N_L(t) = N_R(t)$ となるまで継続される。

このように、階段の左右に立つ利用者の合計人数が、少ない側の足形イラストを視覚的に強調することで、これからエスカレーターに乗ろうとする利用者に対し、「どちら側に乗るべきか」を明示的に指示することなく、空いている側へと自然に誘導することを狙った。

2.3.2 利用者の立ち位置を反映したアニメーション

利用者の立ち位置を反映したアニメーション表示について述べる。ここでは例として、エスカレーターに誰も乗っていない状態を初期状態とし、表示内容の変化を説明する。初期状態では $N_L(t) = N_R(t) = 0$ であり、ディスプレイには図 3(a) が表示されている。

初期状態から、利用者 1 名が階段の左側に乗ったとする。このとき、ディスプレイに表示されている階段の左側 (推定された利用者の立ち位置側) から、利用者を意味するマーカー (黒丸) が出現し、階段の進行方向 (上方) へ移動を開始する (図 3(b), (c))。同時に、 $N_L(t) > N_R(t)$ となるため、次に乗る利用者に右側へ乗ることを促すため、右側の足形イラストが点滅を開始する。

続いて、別の利用者が右側に乗った場合、利用者を意味するマーカーとしてハートマークが出現し (図 3(d))、効果音出力される。また同時に、 $N_L(t) = N_R(t)$ となるため、足形イラストの点滅が停止する。ハートマ



図 4: 実験環境

クのマーカ―と効果音は、足形イラストが点滅している側に利用者が乗った場合のみ出現/出力される。このようなアニメーションの提示により、利用者の提案システムに対する興味を惹くことが期待できる。

3 検証実験

提案システムによる両側乗り促し効果を確認するため、検証実験を実施した。本実験は、東北学院大学人間対象研究審査委員会の承認を得て実施した（受付番号：2025-006）。また、利用者のエスカレータの普段の立ち位置や提案システムの印象を調べるため、アンケート調査も行った。

3.1 実験環境

東北学院大学五橋キャンパス講義棟の1階から2階へ向かう、上りエスカレータの乗り口に提案システムを設置した（図4）。設置日時は2025年10月27日（月）、10月29日（水）、11月5日（水）の3日間で、各日ともエスカレータ利用者が比較的多い、1校時から2校時の間（10:15–10:50）および、昼休みから3校時開始前（12:30–13:15）とした。

3.2 利用状況の計測方法

エスカレータの利用状況を調査するため、1分間あたりにエスカレータに乗った人数と、その立ち位置を計測した。計測は実験者が目視で行った。全 N 回の計測のうち、 i 番目の計測における利用者の合計数を流量 Q_i [人/min.] と定義し、そのうち、乗り口において、踏段の左、右、および中央に乗った利用者数を、それぞれ $P_{L,i}$ 、 $P_{R,i}$ 、 $P_{C,i}$ と定義した。

利用状況の計測は、提案システムの設置日時その他、比較対象として、非設置時も同様に実施した（計測日：2025年10月8日（水）、10月20日（月）、10月22

日（水））。計測を実施した日の天候は、いずれも晴れまたは曇りであった。

3.3 アンケート調査

普段のエスカレータ利用時における立ち位置や、提案システムに対する印象について調査するため、アンケート調査を実施した。調査は、アンケートの趣旨と Google フォームで作成した回答ページへのリンク（QRコード）を記載した用紙を配布し、回答への協力を依頼する形で実施した。配布日時は、提案システム設置最終日（11/5, 12:30–13:15）で、配布場所は提案システムを設置したエスカレータの降り口（2階）とした。以下に、質問項目（Q1~6）および選択肢を示す。

Q1. 普段、エスカレータではどちら側に立つことが多いですか（単一回答）。

（選択肢）

- 左側に立つ
- 右側に立つ
- 特に決めていない
- 状況に応じて異なる
- 覚えていない

Q2. その位置に立つ理由を教えてください（複数回答可）。

（選択肢）

- 習慣によるもの
- 周囲の人がそうしているから
- 急ぐ人のために片側を空けるため
- 状況に応じて判断している
- 特に理由はない
- その他（自由記述）

Q3. 講義棟1-2階の上りエスカレータにおいて、以下のような映像が表示されたディスプレイを見ましたか（単一回答）。



（選択肢）

- はい
- いいえ
- 覚えていない

以下の Q4~6 は、Q3 で「はい」と回答した人へのみ、回答してもらった。

Q4. ディスプレイに気づいた理由を教えてください (複数回答可)。

(選択肢)

- 映像が自然に視界に入ったから
- 音が聞こえたから
- 一緒にいた人が気づいたから
- 他の利用者が見ていたから
- その他 (自由記述)

Q5. ディスプレイを見た際、どんな印象を持ちましたか (単一回答)。

(選択肢)

- 面白そうだった
- 邪魔だと思った / 音がうるさいと感じた
- 特に何も感じなかった
- その他 (自由記述)

Q6. ディスプレイの表示を見たことで、エスカレーターに普段立つ位置を変えようと思ったり、実際に変えたりしましたか (単一回答)。

(選択肢)

- 実際に立つ位置を変えた
- 変えようと思ったが、実際には変えなかった
- 変えようとは思わなかった
- 覚えていない
- その他 (自由記述)

4 実験結果

本章では、実験結果について述べる。以下では、提案システム設置条件における結果を「仕掛けあり (With Shikake)」, 非設置条件における結果を「仕掛けなし (No Shikake)」と記す。仕掛けあり, なし条件下で計測したデータ数 N はそれぞれ 149, 139 であった。

4.1 利用状況と偏り

条件ごとに、エスカレーター利用者の立ち位置の割合を求めた。左, 右, 中央に乗った人数の割合は、仕掛けありの場合、74%, 23%, 3% (合計利用者数: 3795 人), 仕掛けなしの場合、75%, 23%, 2% (合計利用者数: 3529 人) であった。このことから、仕掛けの有無によらず、利用者の 3/4 がエスカレーターの左側に

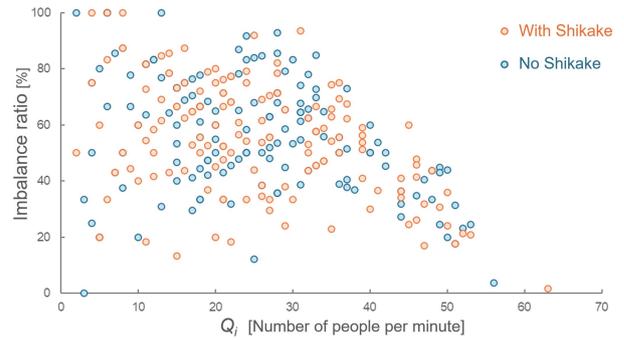


図 5: 流量と偏り率の関係

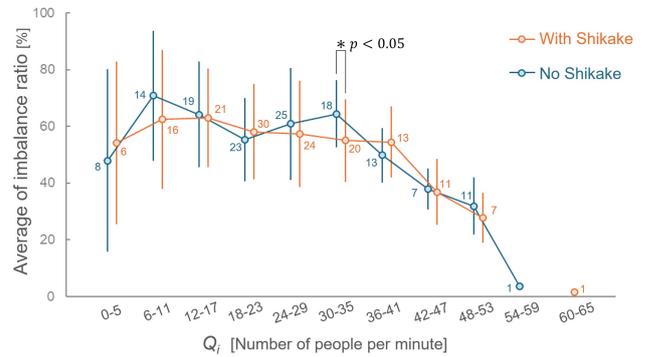


図 6: 各流量区間の偏り率の平均と標準偏差 (マーカー横の数値はデータ数を表す)。

乗っていることがわかった。また、中央に乗る利用者は、どちらの条件でも少ないことも確認された。

続いて、利用者の立ち位置の左右偏り度合いを調べるため、以下の式で i 番目の計測データの偏り率 (Imbalance ratio) IR_i [%] を定義した。

$$IR_i = \frac{|P_{L,i} - P_{R,i}|}{Q_i} \times 100 \quad (1)$$

IR_i は、流量 Q_i に対する左右の利用者数の差の割合であり、立ち位置の偏りが大きいほど 100% に近づく。

図 5 に、流量と偏り率の関係を示す。図より、仕掛けの有無に関わらず、流量が 30 [人/min.] 以下の領域では偏り率のばらつきが大きいことが確認できる。一方で、流量が増加するにつれて、偏り率が低下する傾向を示した。

流量の増減に伴う偏り率の変化を明らかにするため、流量を区間ごとに離散化し、各区間に含まれるデータから偏り率の平均値および標準偏差を求めた (図 6)。さらに各区間において、Welch の t 検定を行った。その結果、30-35 [人/min.] の区間において、仕掛けあり条件は、仕掛けなし条件と比較して、偏り率が有意に低かった ($t(35.73) = 2.15, p = 0.0388$)。

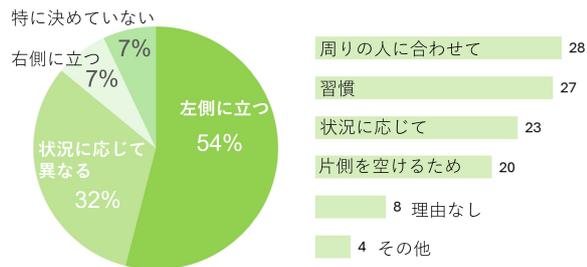


図 7: Q1 普段の立ち位置 (左), Q2 その位置に立つ理由 (右), (有効回答数: 71 名).

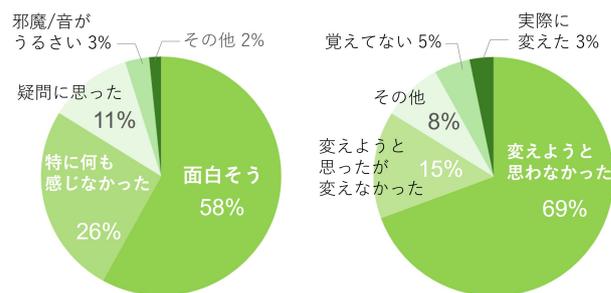


図 9: Q5 ディスプレイの表示に対する印象 (左), Q6 行動変容への効果 (右), (有効回答数: 62 名).

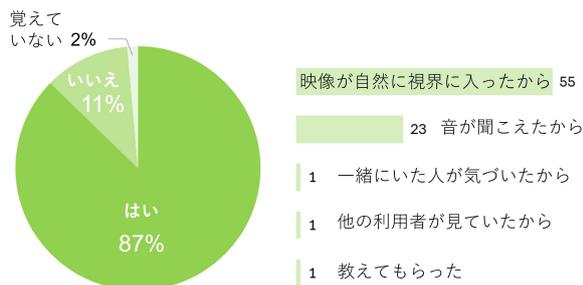


図 8: Q3 ディスプレイに気づいたか (左, 有効回答数: 71 名), Q4 気づいたきっかけ (右, 有効回答数: 62 名).

4.2 アンケート結果

図 7 に、アンケート Q1 および Q2 の結果を示す (有効回答数: 71 名). Q1 「普段、エスカレーターではどちら側に立つことが多いか」に対する回答では、「左側に立つ」が最も多く、全体の 54% を占めた. 次の、「状況に応じて異なる」が 32% であった. 「右側に立つ」および「特に決めていない」はいずれも 7% であった. Q2 「その位置に立つ理由」(複数回答可) は、「周りの人に合わせて」が最多の 28 件で、次いで「習慣」が 27 件、「状況に応じて」が 23 件、「片側を空けるため」が 20 件であった.

図 8 にアンケート Q3 および Q4 の結果を示す. Q3 「講義棟 1-2 階の上りエスカレーターにおいて、映像が表示されたディスプレイを見たか」に対する回答 (有効回答数: 71 名) は、「はい」は 87%, 「いいえ」は 11%, 「覚えていない」は 2% であった. Q4 「ディスプレイに気づいた理由」(複数回答可, 有効回答数: 62 名) は、「映像が自然に視界に入ったから」が 55 件と最も多かった. 次いで、「音が聞こえたから」が 23 件であった.

図 9 にアンケート Q5 および Q6 の結果を示す (有効回答数: 62 名). Q5 「ディスプレイを見た際の印象」に対する回答は、「面白そうだった」と思った」が 58% と最多で、次いで「特に何も感じなかった」が 26% であった. Q6 「ディスプレイ表示を見て、普段立つ位置を変えよ

うと思ったり、実際に変えたりしたか」に対する回答では、「変えようとは思わなかった」が 69% を占めた.

5 考察

5.1 流量と偏り率の関係

一般に、エスカレーター利用者は前方に他者が存在する場合、階段を 1 段以上空けて乗る傾向がある. 本実験で対象としたエスカレーターは、階段奥行きが 0.4[m], 速度が 30[m/min.] であることから、利用者が前方利用者と 1 段空けて階段に 1 名ずつ乗った場合、最大流量は 37.5[人/min.] となる. この流量以下の場合、利用者は立ち位置を自由に選択することが可能である. 一方で、この流量を超える場合は、1 階段に 2 名乗る必要が生じる. 図 5 において、流量が 35[人/min.] 付近を境に偏り率が低下しているのは、このような、左右の立ち位置選択の自由度の低下が原因であると考えられる.

なお、30-35[人/min.] の流量帯でのみ、条件の違いにより偏り率の有意な差が確認された点については、5.3 節でアンケート結果と合わせて考察する.

5.2 立ち位置の選択

アンケート Q1 および Q2 の結果から、エスカレーター利用時の立ち位置は、周囲の状況に強く依存して選択されていると考えられる. Q1 では「左側に立つ」が過半数を占めた一方で、「状況に応じて異なる」と回答した者も一定数存在した. また、Q2 では「周りの人に合わせて」、「習慣」、「状況に応じて」といった回答が多く、立ち位置の選択は、周囲の利用者の行動やその場の状況に合わせた、同調性の影響を受けることが示唆される.

5.3 仕掛けの効果と行動変容のメカニズム

30-35[人/min.]の流量帯でのみ、仕掛けあり条件の偏り率が、仕掛けなし条件に比べて有意に低く(図6)、仕掛けによる行動変容の効果が確認できた。この流量帯でのみ効果が確認できた点について考察する。

アンケート Q1, Q2の結果から、エスカレーター利用者の立ち位置選択は、同調性の影響を受けている可能性が示唆された。つまり、多数派の立ち位置に引き寄せられ、結果として片側(今回の実験では左側)を選択する傾向が生じたと考えられる。

流量が低い(他の利用者が少ない)場合、立ち位置選択に対する同調性の影響は相対的に小さく、流量が高くなるにつれて、その影響は大きくなると考えられる。今回の実験において、特定の流量帯でのみ促しの効果が確認されたのは、同調性の影響により比較的多くの利用者が左側に乗っていた状況下でありながら、一方で、立ち位置選択の自由度が一定程度残っていたため、仕掛けによる促しの効果が顕在化したと解釈できる。

なお、仕掛けの効果が確認されたにも関わらず、アンケート Q6において「(仕掛けにより)実際に立つ位置を変えた」と回答した利用者の割合は3%であり、一見すると効果が限定的であるように見える。この乖離は、行動変容が必ずしも利用者に自覚される形で生じたとは限らないことを示唆している。本実験では、仕掛けによって行動を変えた少数の利用者が、後続の利用者に対して行動選択の契機を与え、その結果、全体の偏り率が低下した可能性がある。この場合、後続の利用者は、自身の立ち位置選択を「仕掛けにより変えた」という自覚を伴わずに行動している可能性があり、その結果、アンケート Q6における自己申告の割合が低くなったと解釈できる。

以上より、本研究で確認された仕掛けあり条件における偏り率の低下は、個々の利用者に対する仕掛けによる行動変容の結果というよりも、仕掛けにより行動を変えた少数の利用者の振る舞いが、同調性を介して連鎖的に広がった結果として理解するのが妥当である。

5.4 仕掛けとしての提案システム

仕掛け学における三要件である公平性、誘引性、および目的の二重性の観点から、本研究で提案したシステムの特性を整理する。

まず公平性について述べる。提案システムによる映像や音の提示に対し、アンケート Q5においても、「邪魔だと思った」や「音がうるさいと感じた」といった否定的な評価は少数であり、多くの利用者にとって受容可能であったことが示されている。この点から、提案システムは公平性の要件を満たしていると考えられる。

次に誘引性について述べる。提案システムは、エスカレーターの立ち位置を強制するものではなく、立ち位置選択の自由を保持したまま情報を提示している。また、アンケート Q3~Q5の結果から、約9割の利用者は提案システムの存在に気づいており、その印象として「面白そうだった」とする回答が約6割を占めていることから、誘引性を満たしていると考えられる。

提案システムにおいて、仕掛ける側の目的は、エスカレーター利用時の左右の偏りの解消であるのに対し、仕掛けられる(利用者)側の目的は、提案システム(映像や音)に興味を向けることにある。実験では、利用者に対し、仕掛ける側の目的は明示されていない。このことから、目的の二重性も満たしていると言える。

以上より、提案システムは、利用者に不利益を与えることなく、行動を強制せずに誘い、かつ利用者自身の目的とは異なる形で社会的課題の解決に寄与するという、仕掛け学における三要件を満たしている。

6 まとめと今後の課題

本研究では、エスカレーター利用者に両側乗りを促すシステムを提案し、実環境下でその効果を検証した。その結果、中程度の流量帯において、システム導入時に左右の偏り率が有意に低下することが確認された。また、仕掛け学の観点から、提案システムは仕掛けの三要件を満たしており、公共空間における行動変容を非強制的に実現する有効な手法であることが示された。

今後の課題として、促し方法の違いが仕掛けの効果に与える影響を検討するとともに、利用者間の追従行動を詳細に分析することで、仕掛けの作用メカニズムをより明確にする必要がある。

参考文献

- [1] 新田都志子, “ヴィジュアルデザインを用いた自発的行動変容,” 経営論集, 文京学院大学総合研究所 編, vol. 30, no. 1, pp.65-83, 2023.
- [2] 株式会社日立製作所, 株式会社日立ビルシステム, “ニュースリリース,” 2023, <https://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2023/12/1225.html> (閲覧日 2025年12月12日) .
- [3] 一般社団法人日本エレベーター協会, “エスカレーターにおける利用者災害の調査報告(第10回),” Elevator Journal, vol. 56, pp. 14-32, 2025.
- [4] 松村真宏, “仕掛け学概論: 人々の人々による人々のための仕掛け学(仕掛け学),” 人工知能学会誌, vol. 28, no. 4, pp.584-589, 2013.
- [5] 仕掛け学研究会, “仕掛け学研究会のホームページ,” 2010, <https://www.shikakeology.org/> (閲覧日 2025年12月22日) .