

身近な情報機器への入力に経験や知識から推測される内容とは異なる出力を提示するインタラクティブな擬似出力手法

小泉篤志^{†1} 橋田朋子^{†1}

概要: 身近な情報機器が高度化・複雑化するにつれ、一般のユーザにはその仕組みが益々わからなくなり、さらには注意を払わなくなりつつある。筆者らは、ユーザに取って身近な情報機器での自分の入力に対する出力に確信が持たなくなる体験をしてもらうことで、自然と対象の仕組みに注意を向け、思いを巡らすのではないかと考える。そのためには本来はあり得ないはずだが、あり得るかもしれないと勘違いしそうになる出力、即ち擬似出力の手法が有効であると考え、人がこれまでの経験から推測しやすい状況を敢えて作った上で、ユーザの入力に対して推測した状況では本来起きないはずのものを生じさせる手法、逆に本来起きるはずのものを生じさせない手法、達成される機能が似ている道具の入力に機械の出力を同期させる手法の3つのインタラクティブな擬似出力手法を提案する。本稿では各擬似出力手法の具体事例として、遠隔地ライブ配信を模したタブレット上の映像にタッチでインタラクションができる、周期的に動く物体のライブ配信を模したPC上の映像が物体操作後にずれず、用途が類似するアナログな文房具の入力とファブリケーション機器の出力を同期させる、という手法を実装した。さらにユーザスタディを実施して3つの手法であり得る、あり得ないと感じる度合いが変わることを確認した。

1. はじめに

私達が日常で使う多様な情報機器や機械の仕組みが高度化・複雑化するにつれ、その仕組みは益々一般のユーザから見えなくなりつつある。このように仕組みがブラックボックス化することは、不安感を人に抱かせたり、仕組みを理解し機械を都合よく扱える人と扱えない人との格差を広げるといった課題を生みやすい。その一方で最近では仕組みがわかりにくいことを逆手に取り、本来はあり得ないはずだが、あり得るかもしれないと勘違いしそうになる出力（これを擬似出力と本稿では呼ぶ）を実現し、エンタテインメントやアート作品として楽しませるような事例や研究も活発化している[1][2]。

筆者らは、情報機器や機械と人々が上手に付き合っていくためには、見えづらい仕組みに人が興味を持ち考えるきっかけをうまく作ることが大事であると考え。その際に上述した擬似出力の手法が有効と考えられるが、これまでの擬似出力の多くは、ユーザが受動的に鑑賞する形や[3]、ユーザの入力に対し出力する場合でも明らかにフィクションとわかるコンテンツや状況を設定し、比較的すぐに違和感を感じられる形[4]をとっていた。これに対し本研究ではより日常で実際に起きそうな状況でのインタラクションを想定し、体験者が自分の入力に対する出力をあり得ると感じたりあり得ないと感じたりするよう行き来するような擬似出力の形を提案し、ユーザが対象の仕組みについて思いを巡らす体験の実現を目指す。

提案する擬似出力手法は大別すると3種類ある。一つ目は人がこれまでの経験から推測しやすい状況を敢えて作った上で、ユーザの入力に対して推測した状況では本来起き

ないはずのものを生じさせる手法である。二つ目は逆にユーザの入力に対して推測した状況では本来起きるはずのものを生じさせないようにする手法である。三つ目は、達成される機能は似ているが入力手法が明らかに異なる二つのモノを用い、本来関係がないはずの両者を同期して動かす手法である。一つ目と二つ目の手法は映像の表示が可能なタブレットやPCなどの情報機器を用い、三つ目の手法は特定の動作をする家庭用の機械を用い実現する。

本稿では以下に擬似出力の先行事例、本研究の提案手法、提案手法の実装、ユーザスタディについて述べる。

2. 先行事例

2.1 ユーザが受動的に鑑賞する擬似出力

ユーザの体験が受動的な擬似出力の事例として、MIRAGE[3]ではヘッドマウントディスプレイに過去の映像と現在の映像を交互に映すことにより、現在のことを映しているのか過去のことを映しているのか体験者に分からなくさせる。また、吐息[5]は映像に映されている人が映像の中で息を吹くと、映像の外である物理世界の布が揺れることで、本来影響を与え合うことのできない物理世界と映像世界の関係性を考えさせる。さらに、思い過ごすものたち[6]では、タブレット端末の液晶のキーボードに水を流し、水の流れによって打たれた不規則な文字列の中に時々“VOLVIC”と表示させることで、水によって不規則に打たれた文字列の中に時々規則的な文字が表示されることにより鑑賞者に違和感を与える。これらの事例では機械の擬似出力をユーザは受動的に鑑賞するため、体験者と機械とのインタラクションがない。本研究では体験者の入力

した結果に対応する擬似出力をインタラクティブに提示する点が異なる。

2.2 ユーザが能動的に楽しむ擬似出力

ユーザの体験が能動的な擬似出力の事例として、Pointer Pointer[4]ではブラウザ上にマウスのポインタをかざすと、数秒後にそのポインタを指差す人の写真が表示されることで、まるで画像に映る人物がポインタの位置を理解しているのではないかと体験者に思わせる。また、小人の仕事[7]ではユーザがスイッチを押すと、電気が消えて壁に小人とスイッチの影が映り、小人がスイッチの影を蹴ると実世界のスイッチが戻り電気がつく。影による情報と実世界の動きを対応させることで、まるで小人がスイッチを動かしているのではないかと思わせる。また、Inter Image[8]では、体験者がタッチパネルに指をかざすと、その指の動きに対応した様々な画像が指の入力の動きに応じて切り替えられ、まるでユーザ自身がそれらの画像内の事物を動かしているかのように感じさせる。

これらの事例はどれも機械とのインタラクションを行っているが、明らかにフィクションであると分かるコンテンツであり瞬時に違和感を感じられる。本研究では日常で実際に起きそうなインタラクションを想定し、体験者が過去に対象となる情報機器や機械を使用した時の経験を活用し、その経験が体験の途中で裏切られるような出力を提示することで仕組みに対して疑いや興味を抱かせる。

3. 提案手法

本研究の擬似出力手法は3種類に大別される。まず、リアルタイムの映像と記録編集された映像のどちらの表示も可能なタブレットやPCなどの情報機器を用い、これまでの経験からどちらの映像なのか推測しやすい状況を敢えて作った上で、一つ目はユーザの入力に対して推測した状況では本来起きないはずのことを生じさせる手法を、二つ目は逆に本来起きるはずのことを生じさせないようにする手法を提案する。三つ目は特定の動作をするデジタル機器とそれと用途は似ているがアナログな道具を用意し、本来関係がないはずの両者を同期して動かす手法を提案する。以上3つの擬似出力手法の詳細（使用状況、実現方法、利用する前提知識、体験者に与える違和感や勘違い）について次節以降に詳しく述べる。

3.1 遠隔地ライブを模した映像へのインタラクション

本手法は、カメラを内蔵したタブレット型端末を用い、遠隔のライブ映像をディスプレイに表示しているように見える状況において、本来はユーザのタッチ入力に合わせて動くはずがない映像内の物体が、あたかも影響を受けたかのような映像に切り替わるといった擬似出力手法である。図

1に本手法の概念図を示す。本手法はあらかじめ物体の状態が様々な複数のパターン映像を撮影しておき、ユーザのタッチ入力の位置や順番などに応じて整合性の取れた映像を出力することで実現する。遠隔のライブ映像配信のように見えることはLIVEという文字を画面内に表示することで実現する。

この仕組みはユーザが過去にタブレットをタッチし画面内のコンテンツを操作する経験と定点カメラのような遠隔地の映像配信の視聴の経験或いは知識があることを前提としている。前者の経験があることで、実際にはライブ映像に自分の手元の入力で影響が生じるはずはないが、一瞬それがあり得ることに感じてしまう。また後者の知識や経験があることで、ディスプレイに表示される物体がタブレットの持ち方を変えても動かないのに、作り込まれたコンテンツではなくリアルタイムの映像だと思い込むことができる、と考えた。

過去に撮影した
遠隔地の映像

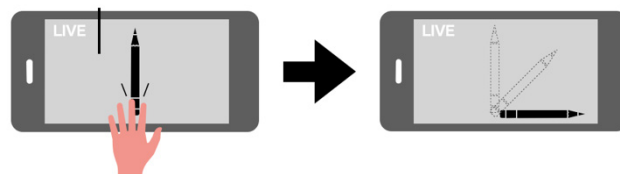


図1 遠隔地ライブ配信を模した映像への
インタラクションの概念図

3.2 周期運動物体とそのライブ配信風映像の位置ずらし

本手法は乾電池で駆動する周期的に動く物体、物体の映像を撮影するカメラ、映像を表示するPCを用いて、目の前で動く物体の映像をカメラで撮影し、その映像をリアルタイムでPCのディスプレイに表示しているように見える状況において、体験者がPCの操作で対象の動き（止/動）を制御すると、本来は一致するはずの実世界と映像の物体の位置に関して、実世界とは異なる位置の映像が表示される擬似出力手法である。図2に本手法の概念図を示す。本手法はあらかじめ、対象となる周期的な動きをする物体が一周の間動く映像を撮影しておく。また、現在の物体の位置をWebカメラで撮影した映像を、画像処理を行い物体の位置情報を推定し、その位置情報とユーザの操作内容に応じて動画の再生速度を調整することで整合性の取れた映像と取れていない映像をディスプレイに出力することで実現する。具体的には、目の前の物体をリアルタイムの映像だと思わせるため、体験の最初に対象と映像の位置関係を一致させ、ユーザの操作に対応して物体と映像が同時に動作を開始・停止させるがユーザが慣れてきたら徐々に物体の位置と異なる位置の映像を出力する。

この仕組みはユーザが過去に目の前の物体をカメラで

撮影し液晶画面にその映像を表示したことや、その様子を見たことがある経験或いは知識があることを前提としている。この経験があることで、Webカメラで撮影されている物体の映像をディスプレイに映している機材の状況が目の前にあると、人はディスプレイの映像をライブ映像だと思い込み、対象と映像の位置関係や動きが異なっても一瞬それがありえることのように感じてしまう。

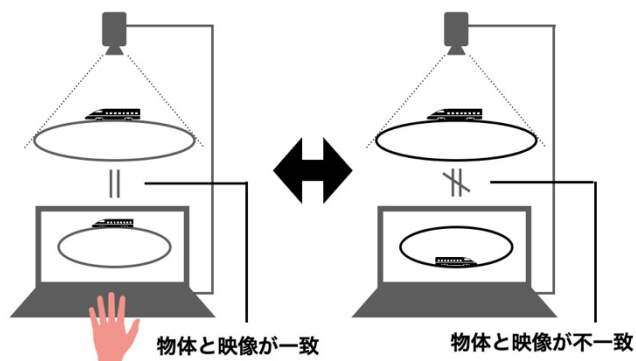


図2 周期運動物体とそのライブ配信風映像の位置ずれの概念図

3.3 用途が類似する道具の入力と機械の出力の同期

本手法は、特定の動作を行う機械と、その機械と用途が似ている電気を使用しないアナログな道具を用いて、対象の機械を使用する状況において、その機械を動かす入力部分を道具の入力方法に置き換え、その道具を使用する動作に合わせて機械から結果を出力する擬似出力手法である。図3に本手法の概念図を示す。本手法は、道具にセンサを取り付け、道具を操作したことを検出し、入力に応じて機械の動作を制御することで、道具の入力に対応した機械の出力を行う。

この仕組みはユーザが過去に入力となる道具と出力となる機械を使用したことがある経験或いは知識があることを前提としている。この経験があることで、道具を入力として使用した結果、同じ使用用途である機械から同期して出力がされると、道具と機械は繋がっていないのにあたかも繋がっているかのように思い、機械の出力によって生まれた結果の精度が高く入力の道具では実現できないような結果であっても、一瞬その結果に対し、入力に使用した道具が影響を与えているように感じてしまう。

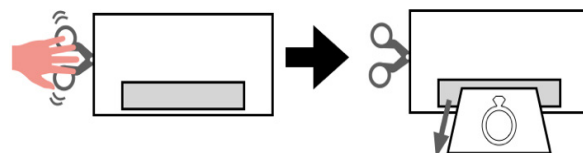


図3 用途が類似する道具の入力と機械の出力の同期の概念図

4. 実装

3種類の提案手法を実際に体験できるように適用可能な具体的な状況をそれぞれ設け、その状況に限定したシステムを作成した。以下にそれぞれの提案手法ごとの実装内容を示す。

4.1 遠隔地ライブを模した映像へのインタラクション

遠隔地ライブ配信を模した映像へのインタラクションの実装において、今回は特に遠隔地の映像をタブレット端末で映す状況の例として、「机の上に置かれている3本のペンをスマートフォンに映す状況」を設け、この状況に限定したスマートフォンアプリを開発した。本項ではユーザが表示されているペンの位置をタッチすると、タッチした位置のペンが倒れる動画に切り替わるアプリについて説明をする。本アプリケーションを使用している様子を図4に示す。



図4 遠隔地のペンを倒す映像を提示するスマートフォンアプリを使用する様子

本アプリケーションは、Swiftを使用して作成した。また、事前に3本のペンを1本ずつ倒す計6通りの倒れ方全てのペンが倒れる動画の撮影を行った。アプリの入出力のシステム構成図を図5に示す。アプリの起動時に画面に3本のペンが立っている映像が映されており、ユーザがいずれかのペンをタッチすると、タッチした画面の座標を取得し、その位置に応じたペンが倒れる動画に瞬時に切り替えるプログラムを作成した。

動作確認として、全6パターンへの倒し方全てのパターンにおいて動画を瞬時に切り替えることができた。

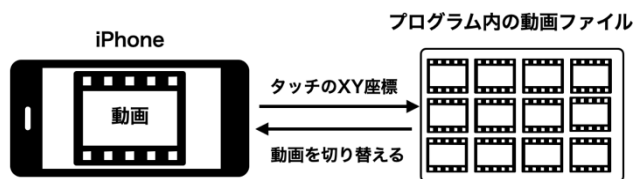


図5 遠隔地のペンを倒す映像を提示するスマートフォンアプリのシステム構成図

4.2 周期運動物体とそのライブ配信風映像の位置ずらし

周期運動物体とそのライブ配信風映像の位置ずらしの実装において、今回は特に周期的に動く物体と物体をリアルタイムで映すディスプレイの例として、「プラレールの電車をWebカメラで撮影しその映像をPCのディスプレイに映す状況」を設け、この状況に限定したシステムを開発した。本項ではユーザが操作するプラレールの位置や動き方と、ディスプレイに映されている過去のプラレールの映像の位置や動きを一致または不一致させるシステムについて説明する。システムを使用している様子を図6に示す。

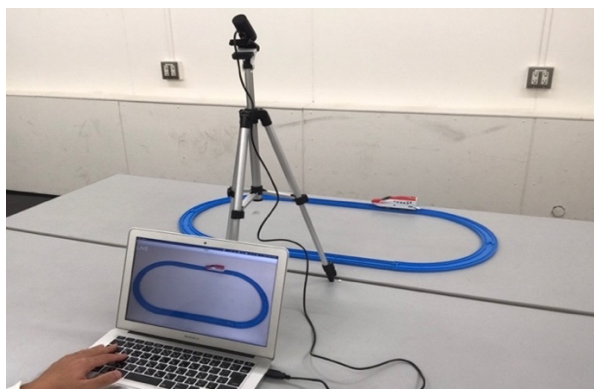


図6 プラレールの位置と映像での位置を一致または不一致させるシステムを使用する様子

本システムは、プラレールの電車、Webカメラ (BSW32KM03, Buffalo)、遠隔からオンオフの制御が可能な乾電池 (Mabeec, ノバルス株式会社)、PCによって構成され、Pythonを使用して全体の制御を行う。システム構成図を図7に示す。ユーザはPCのキー操作を行うことで実物のプラレールの電池として使用しているMabeecの電圧の数値を制御することにより、プラレールの動き(発進・停止)を制御する。Webカメラから取得したプラレールの電車のリアルタイムの映像から、画像処理ライブラリであるopenCVを活用し、電車の赤い部分をカラートラッキングすることにより位置情報を取得する。その位置情報をもとに、過去に撮影した動画の速度を調整することによ

り、物体と映像の動きを一致、もしくは不一致の状態にさせる。

動作確認として、PCのキーで物体の動作の開始と停止を制御できること、画像処理で物体の位置を認識しその位置に動画を合わせることで、ずらすことの確認ができた。

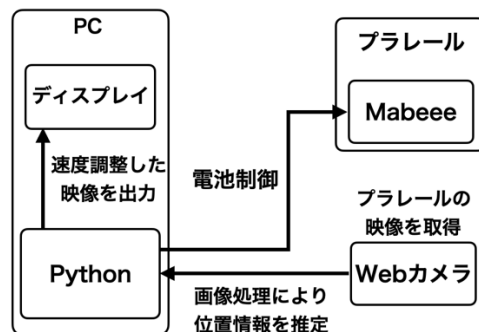


図7 プラレールの位置と映像での位置を一致または不一致させるシステムの構成図

4.3 用途が類似する道具の入力と機械の出力の同期

用途が類似する道具の入力と機械の出力の同期の実装において、今回は特に用途が似ている道具と機械の組み合わせの例として、「ハサミを入力としてカッティングマシンを動かす状況」を設け、この組み合わせに限定したシステムを開発した。本項ではハサミの持ち手の開閉に合わせてカッティングマシンが動くシステムの説明を行う。また、カッティングマシンが紙をカットする動作をユーザから見えないようにするためスチレンボードで覆っている。システムを使用している様子を図8に示す。



図8 ハサミでカッティングマシンを動かすシステムを使用する様子

本システムは、Arduino Uno、圧力センサ (FSR402, Interlink Electronics Inc.)、ステッピングモーター (SPG27-1101, 日本電産コパル電子株式会社)、モータードライバ (DRV8835, 株式会社秋月電子通商)、カッティングマシン (Portrait2, グラフテック株式会社)、ハサミ、3Dプリントしたラックピニオン機構によって構成される。システ

ム構成図を図9に示す。ユーザがハサミの持ち手を開閉すると、持ち手の接触部分につけてある圧力センサが開閉したことをセンシングし、その値の変化に応じて Arduino がステッピングモーターを制御し、ラックピニオン機構を動かしてカッティングマシンの再開・停止ボタンを押すことにより、カッティングマシンの出力状態を制御する。

動作確認として実際にハサミの開閉を行うと、カッティングマシンのスイッチを機構が押して機械が動き、ハサミの開閉を止めると動作停止のスイッチを押し、機械を停止させたことを確認した。

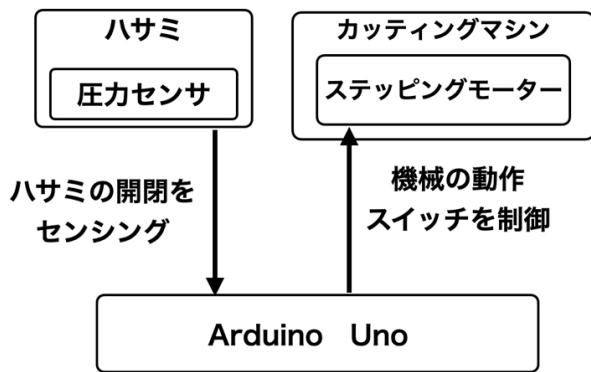


図9 ハサミでカッティングマシンを動かすシステムの構成図

5. 実験

5.1 実験概要

本研究で実装した3種類の擬似出力手法を使用する際、体験者が自分の入力に対する擬似出力に対して、あり得る、あり得ない、の感情を抱くか、また体験を通じてシステムの仕組みを考え、機械の仕組みに対する興味や疑問を抱いたかを調査するため、20代の男女6人を対象としたユーザースタディを行った。手順としては各手法のシステムを、操作方法と使用開始時の状況設定のみを伝えて実際に体験してもらい、全てのシステムの体験終了後にアンケートを実施した。アンケートの評価項目は各システムの感想を聞く設問として「①入力に対する出力はあり得ると感じた」、「②入力に対する出力はあり得ないと感じた」、「③体験中にどんな仕組みなのか考えた」を設け、3種類の体験全体を通じた感想を聞く設問として「④以前より情報機器や機械への見えない仕組みに対する興味が強まった」、「⑤以前より情報機器や機械への見えない仕組みに対する疑いの気持ちが強まった」を設けた。それぞれの項目において「よく当てはまる」を5、「全く当てはまらない」を1として、5段階評価を行った。また、アンケートの最後に今回の擬似出力を体験して感じたことを自由に記述する項目を設けた。

5.2 実験結果

手法ごとの設問項目の評価値の結果を図10に示す。手法と評価項目を要因とした2要因の分散分析を行った結果、交互作用に有意差が見られた($F(4,20)=8.18, p<0.01$)。手法ごとの違いについての単純主効果を検定したところ、設問項目①では1%水準で有意であり、設問項目②では5%水準で有意であった。Holm法を用いた多重比較の結果、設問項目①において、遠隔地ライブを模した映像へのインタラクションの回答平均値が、その他の手法よりも5%水準で有意に高く、設問項目②においては、周期運動物体とそのライブ配信映像の位置ずらしと用途が類似する道具の入力と機械の出力の同期の回答平均値が、遠隔地ライブを模した映像へのインタラクションよりも5%水準で有意に高かった。

よって遠隔地ライブを模した映像へのインタラクションはその他の手法と比較し、入力に対する擬似的な出力があり得ると感じられやすく、周期運動物体とそのライブ配信映像の位置ずらしと用途が類似する道具の入力と機械の出力の同期は、遠隔地ライブを模した映像へのインタラクションと比較し、入力に対する擬似的な出力があり得ないと感じられやすいことが分かった。

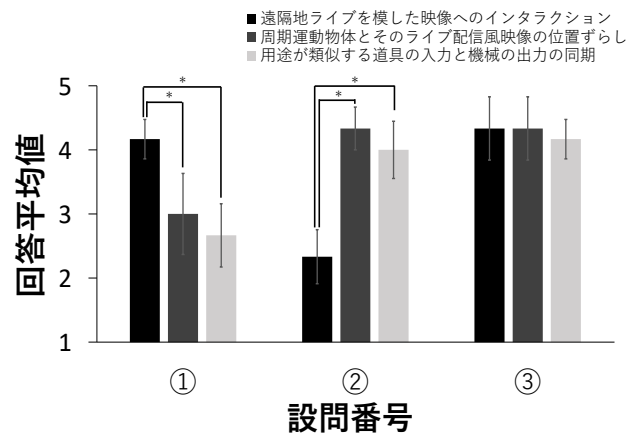


図10 各手法の体験に関する設問の回答平均値

また、3種類の体験の全体を通じた設問項目の結果を図11に示す。設問項目④「以前より情報機器や機械への見えない仕組みに対する興味が強まった」と設問項目⑤「以前より情報機器や機械への見えない仕組みに対する疑いの気持ちが強まった」の平均値はそれぞれ4.33、3.83であり、標準誤差はそれぞれ0.21、0.47であった。設問項目④に関しては、参加者全員の評価が4以上であり、本手法の擬似出力を経験することで情報機器や機械への仕組みへの興味が強まると考えられる。一方設問項目⑤に関しては、2名の参加者が評価3以下を選択したことから、仕組みに対する疑いの気持ちが増すとは言えないことが分かった。

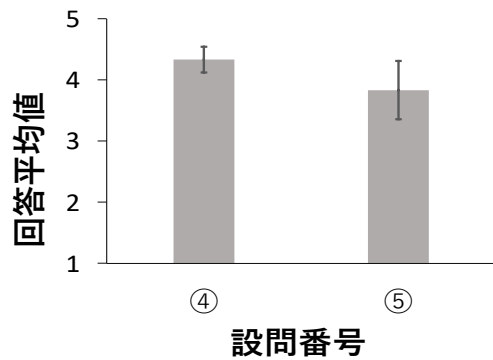


図 11 体験全体を通じた設問の回答平均値

また実験参加者の自由な感想として、視覚情報からは理解出来ない機械の可能性を感じたという意見や、どのように出力をずらしているのか今回の機械の仕組みを考えたという意見、自分の予想と機械の出力とのずれが面白いという意見などから、擬似出力に関する肯定的な意見が挙げられた。一方で、体験の途中でシステムが自分の予想と異なる動きをした際に行为主体感が薄れてしまうという意見もあり、擬似出力を体験する上で、行为主体感という観点から実装の設計を再度考える必要があると考えられた。

6. おわりに

本研究では日常で実際に起きそうな状況でのインタラクションを想定し、情報機器や機械への入力に対し、ユーザーの前提知識や経験とは異なる擬似的な出力を提示する手法を3種類提案した。また、それぞれの手法を特定の状況において実際に体験できるように実装した。また、ユーザースタディを行い手法の有効性を調査した結果、手法によってあり得る、あり得ないと感じる度合いが変わることが分かり、また、この体験を通じた機械の仕組みに対する興味を持ったことが考えられた。

今後の展望として、提案手法のバリエーションを増やすこと、本手法を使用した別の装置で実装すること、本研究での提案手法よりもさらに日常でよく使用される機械で使用できる擬似出力の手法を探すこと、また、あり得ると、あり得ないの両方を実際に体験できる形の手法や実装を模索することを考えている。

参考文献

- [1]Maarten Baas. Schiphol Clock. <http://maartenbaas.com/real-time/schiphol-clock/>, (参照 2021-12-21)
- [2]新宿に出現「トイ・ストーリーの窓」 “人間の前で動いてはいけない” おもちゃの世界を体験.
<https://www.oricon.co.jp/news/2139605/full/>, (参照 2021-12-21)
- [3]藤井直敬ら. MIRAGE. <https://mirage.grinder-man.com/>, (参照 2021-12-21)
- [4]Pointer Pointer. <https://pointerpointer.com/>, (参照 2021-12-21)

- [5]吉岡徳仁. 吐息. <https://www.tokujin.com/works/2004-hermes-souffle/>, (参照 2021-12-21)
- [6]谷口暁彦. 思い過ぎものたち.
<http://okikata.org/exhibition/001/>, (参照 2021-12-21)
- [7]遠藤紘也. 小人の仕事. <http://hiroya-endo.net/works/the-diligent-shadow.html>, (参照 2021-12-21)
- [8] 谷口暁彦. Inter Image.
<https://okikata.org/%E2%98%83/interimg/>, (参照 2021-12-21)