

# デジタルサイネージ向けのアイコン動作を 真似る選択方式の検証

令和5年度 卒業論文

日本大学 文理学部 情報科学科 宮田研究室

須賀 美月

# 概要

デジタルサイネージに複数のコンテンツが表示されている状況において、デジタルサイネージとスマートフォンを連携させる場合、ユーザはデジタルサイネージから対象のコンテンツを1つ選択する必要がある。しかし、NFC タグや Bluetooth 等を用いた従来方式で選択しようとする、ユーザへの制約・操作負担が大きいという問題があった。この問題を解決するために先行研究では、デジタルサイネージの複数のコンテンツの中からスマートフォンと連携させるものを選択する方法として、アイコンの動きを真似るデジタルサイネージ選択方式を提案した。これは、ユーザがスマートフォンを把持してデジタルサイネージ上のアイコン動作と同じタイミングで同じ動きのジェスチャを行うことで、対応するコンテンツを選択できる方式である。しかし、先行研究では、アイコンの動作時間帯とユーザがジェスチャを行う時間帯がずれることで、ジェスチャマッチングが失敗する問題があった。本稿では、この問題を解決するために各アイコンの動作時間間にマージンを設け、ジェスチャマッチング成功率の検証実験を行った。その結果、従来手法よりジェスチャマッチング成功率を向上させることができた。

# 目次

<b>第1章 序論</b>	<b>1</b>
1.1 研究の背景	2
1.2 研究の目的	2
1.3 本論文の構成	2
<b>第2章 デジタルサイネージとスマートフォンを連携して利用する研究事例</b>	<b>3</b>
2.1 近距離から指定する事例	4
2.2 中距離から指定する事例	4
2.3 遠距離から指定する事例	5
<b>第3章 研究課題</b>	<b>6</b>
3.1 問題の定義	7
3.2 研究課題の設定	7
<b>第4章 提案手法</b>	<b>9</b>
4.1 先行研究	10
4.2 改善案	10
<b>第5章 デジタルサイネージ向けのアイコン動作を真似る選択システムの実装</b>	<b>12</b>
5.1 システムの全体像	13
5.2 スマートフォンクライアント	13
5.3 デジタルサイネージクライアント	13
5.4 サーバ	14
<b>第6章 評価実験</b>	<b>15</b>
6.1 実験の目的	16
6.2 実験の概要	16
6.3 実験の手順	16
6.4 実験の結果	17
6.5 考察	17
<b>第7章 結論</b>	<b>19</b>
<b>謝辞</b>	<b>21</b>

---

参考文献	23
付録	24
研究業績	25

# 目 次

4.1	提案方式 . . . . .	10
4.2	アイコンの動作パターン . . . . .	11
4.3	アイコン動作時間帯 . . . . .	11
5.1	システム構成図 . . . . .	13
6.1	実験環境 . . . . .	16
6.2	デジタルサイネージ画面 . . . . .	17
6.3	被験者別ジェスチャマッチング成功率 . . . . .	18
6.4	手法別ジェスチャマッチング成功率 . . . . .	18

# 表 目 次

# 第1章 序論

## 1.1 研究の背景

昨今、デジタルサイネージは商業施設や公共施設など多くの場所に設置されている。その中でも、デジタルサイネージに複数のコンテンツが表示され、表示されたコンテンツを選択することでコンテンツの詳細情報を取得し、自身のスマートフォンで取得した情報を見ることができるシステムが主流となっている。デジタルサイネージに複数のコンテンツが表示される場合、ユーザは最初に対象のコンテンツを1つ選択する必要がある。しかし、従来方式で指定しようとする、ユーザへの制約・操作負担が大きいという問題がある。

## 1.2 研究の目的

この問題を解決するために先行研究 [1] では、デジタルサイネージの複数のコンテンツの中からスマートフォンと連携させるものを選択する方法として、アイコンの動きを真似るデジタルサイネージ選択方式を提案した。これは、ユーザがスマートフォンを把持して各デジタルサイネージ上のアイコン動作と同じタイミングで同じ動きのジェスチャを行うことで、対応するデジタルサイネージを選択できる方式である。しかし、この方式ではアイコンの動作時間帯とユーザがジェスチャを行う時間帯がずれることで、ジェスチャマッチングが失敗する問題があった。この問題を解決するために、各アイコンの動作時間の間にマージンを設けた。本稿では、マージンを設けたことでジェスチャマッチングの成功率が向上したか確かめるため、検証実験を行った結果について報告。

## 1.3 本論文の構成

本論文の構成は次のとおりである。

2章では、デジタルサイネージとスマートフォンを連携して利用する事例に関する研究事例について述べる。

3章では、本論文における問題の定義と研究課題について述べる。

4章では、本論文における提案手法を述べる。

5章では、デジタルサイネージ向けのアイコン動作を真似る選択システムに関する実装について述べる。

6章では、デジタルサイネージ向けのアイコン動作を真似る選択システムに関する評価実験・考察について述べる。

最後に7章にて、本論文の結論を述べる。



## 第2章 デジタルサイネージとスマートフォンを連携して利用する研究事例

本章では、デジタルサイネージとスマートフォンを連携して利用する研究事例について述べる。これらは、デジタルサイネージとスマートフォンを連携して利用するという点で本研究と関係している。2.1節では、近距離から指定する研究事例について紹介する。2.2節では、中距離から指定する研究事例について紹介する。2.3節では、距離から指定する研究事例について紹介する。

## 2.1 近距離から指定する事例

連携対象のデジタルサイネージに近距離（接触，あるいは，1メートル程度）まで近づいて指定する方式について述べる。Hardyらは、タイル状に敷き詰めたNFC（Near-Field-Communication）タグ上に映像を投影するデジタルサイネージを開発した[2]。ユーザはNFCリーダ搭載のスマートフォンをデジタルサイネージ上の任意の位置に接触させることで該当位置をポインティングできる。彼らはデジタルサイネージが1台のシーンのみを紹介しているが、原理的には複数のデジタルサイネージの中から任意の1つを連携対象として選択できる方式である。

Bring Your Own Pointer[3]は、デジタルサイネージからスマートフォンまでの距離とスマートフォンの回転角から、デジタルサイネージ上にポインタを表示させる手法である。この手法はスマートフォンをデジタルサイネージに向けることで、デジタルサイネージ上の任意の場所にポインティングすることができる。原理的には、1つのデジタルサイネージに対して複数のユーザが同時にアクセスすることができる。

## 2.2 中距離から指定する事例

連携対象のデジタルサイネージに中距離（遠くても3メートル程度）まで近づいて指定する方式について述べる。Shiraziらのシステム[4]は、デジタルサイネージの前に設置したカメラでスマートフォンのフラッシュライトを検出することで、ユーザがデジタルサイネージ上のどの位置にスマートフォンをかざしているか判定する方式である。デジタルサイネージが複数ある場合でも、それぞれの前にカメラを設置することで、ユーザがどのデジタルサイネージにスマートフォンをかざしているか判定することが原理的には可能である。

福島らのシステム[5]は、スマートフォンを用いて、デジタルサイネージ上のポインタを操作してコンテンツを選択し、スマートフォンにダウンロードできるシステムである。デジタルサイネージ側に深度センサが設置されており、その前でユーザがスマートフォンを振るジェスチャを行うと、当該デジタルサイネージとスマートフォンが通信可能になる。

## 2.3 遠距離から指定する事例

連携対象のデジタルサイネージに遠距離（遠くても5メートル程度）まで近づいて指定する方式について述べる。Daviesらのシステム [6] は、BluetoothをONにした状態のスマートフォンを、デジタルサイネージ側に設置したBluetoothスキャナで検知するシステムである。具体的には、スマートフォンの端末名をコマンドに変更することで、デジタルサイネージに当該コマンドに対応するコンテンツが表示される。一般的なスマートフォンのBluetooth通信可能距離は最大10メートルほどであるため、各デジタルサイネージが十分に離れて設置されている状況であれば、複数のデジタルサイネージの中から任意の1つを連携対象として選択できる。

宮田らのシステム [7] は災害時向けにデザインされたデジタルサイネージである。これは複数人が同時に利用することができ、ユーザは自身のスマートフォンを用いてデジタルサイネージ上のポインタを操作し、任意のコンテンツを選択することができる。ユーザのスマートフォンに搭載されているGPSセンサで計測した位置情報に基づいて、ユーザから近いデジタルサイネージに自動的に接続される仕組みとなっている。

## 第3章 研究課題

本章では、本研究における問題の定義と研究課題について述べる。

### 3.1 問題の定義

2.1節の近距離から指定する方式 [2] [8] はデジタルサイネージの設置場所によって利用することが困難である。デジタルサイネージが天井付近に設置されている場合は近距離に行くことが不可能である。加えて、デジタルサイネージを近距離から撮影して指定する方法 [8] は、商業施設が施設内における撮影を禁止していると利用できない問題もある。佐藤らのシステム [3] では選択に関する議論は行われていない。

2.2節の中距離から指定する方式 [4] [5] は人が多くいる場所においては利用が困難である。例えば、Shirazi らのシステム [4] は、デジタルサイネージ側にあるカメラでスマートフォンのフラッシュライトを検知する方法であるが、カメラとフラッシュライトの間に人や物が存在していると上手く動作しない可能性がある。福島ら [5] は、デジタルサイネージ側の深度センサでユーザのジェスチャを認識する方法であるが、これも同様に、深度センサとユーザの間に人や物が存在していると利用できない。

2.3節の遠距離から指定する方式は [6] [7] はユーザから最も近いデジタルサイネージが特定できない場合がある。例えば、Davies らのシステム [6] はデジタルサイネージ側に設置した Bluetooth スキャナでユーザを検知する方式であるが、このシステムの利用するためだけに端末名を変更することはユーザに負担がかかりすぎる。宮田らのシステム [7] はスマートフォンの位置情報を元に最寄りのデジタルサイネージを特定する方式であるが、屋内における位置情報の誤差は大きいいため、最寄りのデジタルサイネージを正確に特定できない可能性がある。

デジタルサイネージに表示される複数のコンテンツから1つ選択する場合、ユーザへの制約や操作負担が大きいという問題が存在する。先行研究 [1] では、デジタルサイネージとスマートフォンを連携するうえで下記3つの要件を満たすことを研究課題とした。

**要件 1** デジタルサイネージに近づく必要がない

**要件 2** デジタルサイネージとユーザの間に人や物が存在してよい

**要件 3** 識別情報を照合するために視線を行き来させる必要がない

### 3.2 研究課題の設定

3.1節で述べたように、研究課題を満たす手法として、アイコンの動きを真似るデジタルサイネージ選択方式を提案した [1]。これは、デジタルサイネージ上に一定の動きをするアイコンを表示し、ユーザがスマートフォンを持って、デジタルサイネージ上に表示されたアイコンの動きを真似することで、対応したコンテンツを選択できる方式である。この方式において、識別できるコンテンツの数はアイコンの動作パターンの数によって制限

されてしまう。そのため、アイコンの動作時間帯をずらすことで、同一の動作パターンであっても異なるコンテンツの識別情報として機能していた。そのような場合においてアイコンの動作時間帯とユーザがジェスチャを行う時間帯がずれてしまうことで、ジェスチャマッチングが失敗するという問題があった。

本研究を推進するうえでユーザが意図しないコンテンツを選択してしまう問題を解決するために、ジェスチャマッチング成功率を向上させる必要がある。本稿では、アイコンの動作時間帯をずらすことで同一の動作パターンであっても異なるデジタルサイネージの識別情報とする場合において、ジェスチャマッチングの成功率を上げることを研究課題とする。

## 第4章 提案手法

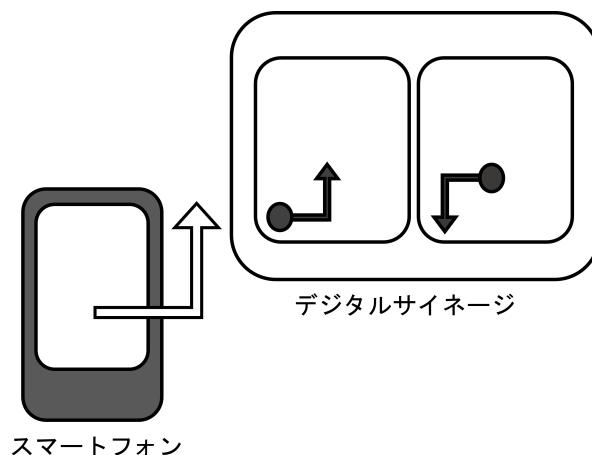


図 4.1: 提案方式

本章では，本論文における提案手法を述べる．

## 4.1 先行研究

先行研究 [1] では，3章の研究課題を満たす手法として，アイコンの動きを真似るデジタルサイネージ選択方式を提案した．これは，4.1のようにデジタルサイネージ上に一定の動きをするアイコンを表示し，ユーザがスマートフォンを持って，デジタルサイネージ上に表示されたアイコンの動きを真似することで，対応したコンテンツを選択できる方式である．デジタルサイネージ上に表示するアイコンの動きは，4.2のようなシンプルなものである．ユーザは，デジタルサイネージ上に表示されたアイコンの動きが視認できればよいため，デジタルサイネージに近づく必要がなくなる．人や物が完全に視界を遮っておらず，アイコンの動きを視認できれば，デジタルサイネージとユーザの間に人や物が存在してもよくなるため，要件1・2を満たしている．また，視線をデジタルサイネージに向けたまま識別情報であるアイコンの動きを真似ることができるため，視線を行き来させる必要がなく，要件3を満たしている．

## 4.2 改善案

3.2節の研究課題を達成するために，ジェスチャマッチング成功率の向上に向けシステムの改良を行う．具体的に，4.3のようにデジタルサイネージに表示された各アイコンの動作時間帯の間にどのアイコンも表示しないマージンの時間帯を設ける．アイコンの動作時間4秒に対して1秒間のマージンを設けた．マージンの時間帯に受け付けたジェスチャは，マージンの直前に表示されていたアイコンのコンテンツに対する接続要求として，マッチングするようにした．



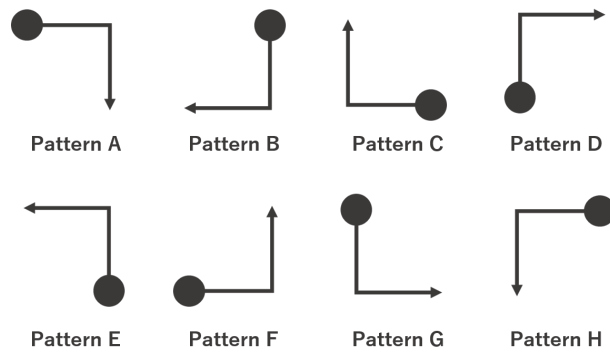


図 4.2: アイコンの動作パターン

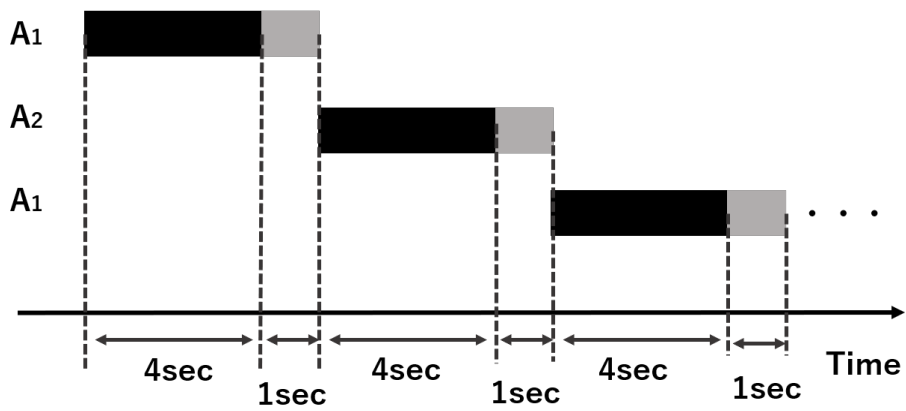


図 4.3: アイコン動作時間帯

例えば、4.2の Pattern A と対応するコンテンツが2つ (A1, A2) あるとき、最初の5秒間に行われたジェスチャは A1 に対する接続要求としてみなされる。

## 第5章 デジタルサイネージ向けのアイコン動作を真似る選択システムの実装

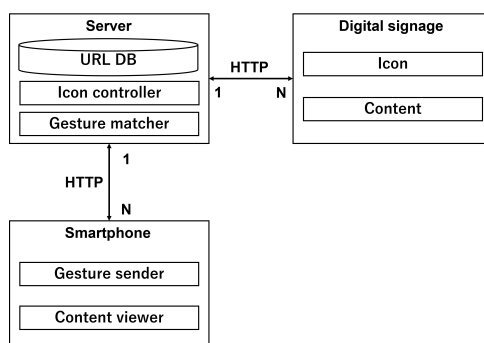


図 5.1: システム構成図

本章では、デジタルサイネージ向けのアイコン動作を真似る選択システムに関する実装について述べる。

## 5.1 システムの全体像

全体のシステム構成図を5.1に示す。システムは、サーバ、デジタルサイネージクライアント、スマートフォンクライアントからなるクライアントサーバモデルで実装する。

## 5.2 スマートフォンクライアント

スマートフォンクライアントでは、加速度の計測・コンテンツの表示を行う。スマートフォンの画面に表示したボタンが押されている間に、任意のジェスチャが行われると、その時の加速度センサ値を計測し、計測した加速度センサ値をサーバへ送信する。ユーザが送信した加速度データとアイコンの動きのマッチング結果として返ってきたコンテンツの内容をスマートフォンの画面に表示する。コンテンツ表示後に、ユーザがすぐに次のジェスチャを行えるように、加速度を計測するトリガーとなるボタンは表示したままにする。スマートフォンクライアントは、JavaScriptでWebアプリケーションとして実装をしているため、専用アプリケーションをインストールせずに利用できる。

## 5.3 デジタルサイネージクライアント

デジタルサイネージクライアントでは、デジタルサイネージの画面にコンテンツとそれに対応したアイコンを表示する。アイコンは動作時間帯にのみ表示されており、アイコン動作時間帯以外は、アイコンの軌跡のみが表示される。軌跡を常に表示している理由としては、ユーザがアイコンの動きを記憶しなくて済むようにするためである。表示するコンテンツはURLパラメータでサイネージコンテンツを指定することで、任意のコンテンツを表示することができる。デジタルサイネージはJavaScriptでWebアプリケーションと

して実装しているため、Webブラウザがあれば、各OSをデジタルサイネージとして使用することができる。

## 5.4 サーバ

サーバでは、スマートフォンのクライアントからジェスチャを行った時の加速度データを受け取り、アイコンの動きとユーザのジェスチャの類似度を算出する。

類似度の算出には、Dynamic Time Warping(DTW)を採用した。アイコンの動作時間とユーザのジェスチャの実行時間が異なる場合であっても、動作としては同一であるジェスチャを行っていた際には、同じジェスチャとみなすためである。

算出したDTW距離が最小となるアイコンの動きと対応するコンテンツをマッチング結果としてスマートフォンのクライアントへ送信する。なお、計算量削減のため、スマートフォンのクライアントから受け取った加速度データには、スケーリング、次元削減などを施している。

## 第6章 評価実験



図 6.1: 実験環境

本章では、デジタルサイネージ向けのアイコン動作を真似る選択システムに関する評価実験・考察について述べる。

## 6.1 実験の目的

本実験では、デジタルサイネージ上に表示された各アイコンの動作時間帯の間にどのアイコンも動作しない時間を設けることで、設けなかった場合と比べてジェスチャマッチングの正解率が上がるか検証することを実験の目的とする。

## 6.2 実験の概要

実験システムは5章で述べたとおりに実装した。手法はマージンなしのベースライン手法とマージンありの提案手法の2つである。実験協力者はスマートフォンを使い慣れている大学生8名(男性, 20代)である。6.1に実験環境を示す。実験は大学の実験室で行い、60インチディスプレイに6.2のように8つのコンテンツを同じサイズで2行4列に並べた。実験協力者はディスプレイから1.5メートル程離れて立ち、片手でスマートフォン(Google Pixel 4a)を把持し、ジェスチャを行った。スマートフォンを持つ手について指示はしなかった。

## 6.3 実験の手順

実験協力者は最初に本システムの操作方法の説明を受け、各アイコンを1回、計8回の操作練習を行った。この時、ジェスチャマッチングの正誤は被験者に伝える。次に、実験

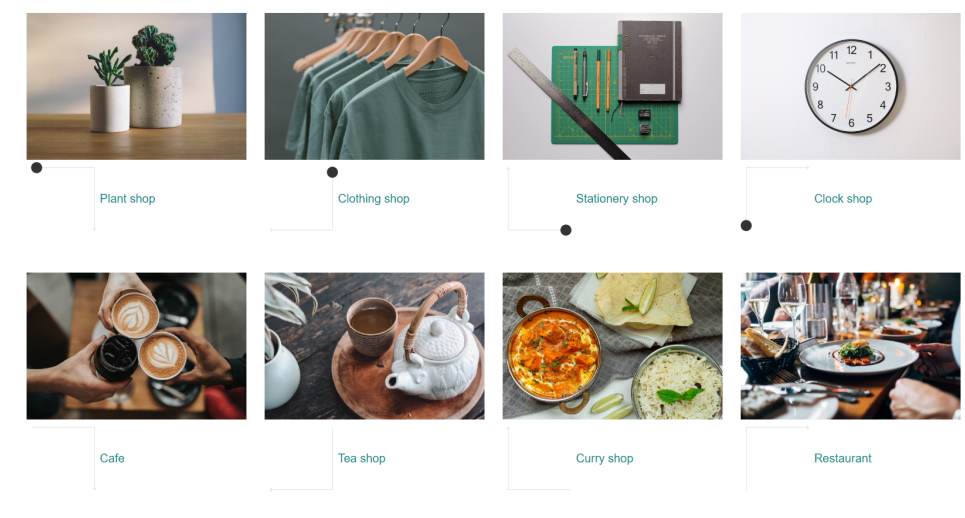


図 6.2: デジタルサイネージ画面

者がランダムに選択した手法を用いて、実験協力者はディスプレイに表示された8種類のコンテンツそれぞれに5回ずつ（計40回）ジェスチャによって選択する。その後、選択されなかった手法を用いて、同様に実験協力者はディスプレイに表示された8種類のコンテンツそれぞれに5回ずつ（計40回）ジェスチャによって選択する。両手法、選択時にマッチングに失敗した場合でもやり直しは行わず、各コンテンツの選択回数はいずれも5回ずつにした。順序効果の相殺のために、8種類のうち選択するコンテンツの順番は重複がないようにランダムに設定した。

## 6.4 実験の結果

実験結果を6.3と6.4に示す。縦軸は各実験協力者の選択成功率の平均値、横軸は実験参加者IDである。ベースライン手法と提案手法について、ジェスチャマッチングの成功率を検証した結果、各手法におけるジェスチャマッチング成功率はベースライン手法で49%、提案手法で77%となった。ベースライン手法と提案手法についてt検定を行った結果、ベースライン手法と提案手法の間に5%水準の有意差が確認された。

## 6.5 考察

ベースライン手法と提案手法の間に5%水準の有意差が見られたことから、各アイコンの動作時間帯の間にマージンを設けることはジェスチャマッチングの成功率の向上に有効であったと考えられる。

しかし、各実験協力者のマッチング結果を確認すると、3.2節で述べたアイコンの動作時間帯とユーザがジェスチャを行う時間帯がずれたことによるジェスチャマッチングの失

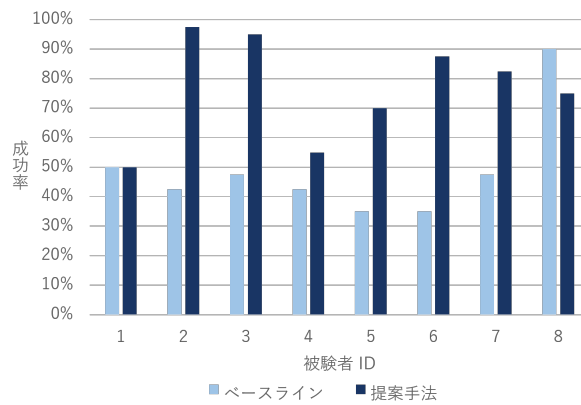


図 6.3: 被験者別ジェスチャマッチング成功率

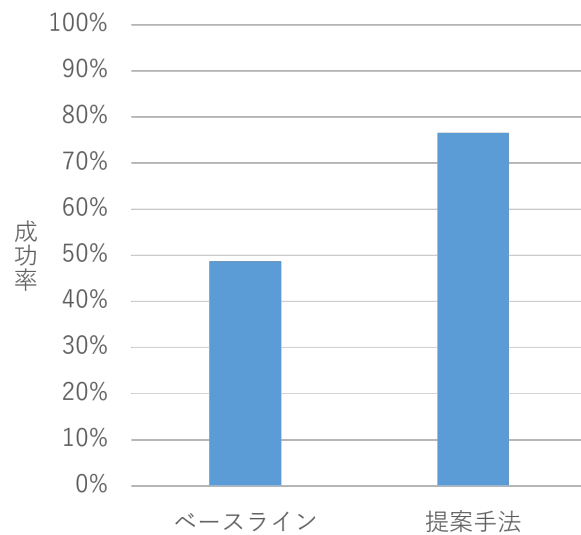


図 6.4: 手法別ジェスチャマッチング成功率

敗ではなく、ユーザが行ったジェスチャと異なるジェスチャに誤認識されるケースがみられた。このため、現在 DTW 距離が最小となるアイコンの動きと対応するコンテンツをマッチング結果とするアルゴリズムをさらに改良することで、よりジェスチャマッチングの成功率を高めていく。



## 第7章 結論

本研究は、ユーザがスマートフォンを持ちデジタルサイネージに表示されたアイコンの動きを真似ることで対応するデジタルサイネージを選択する手法において、ジェスチャマッチング成功率向上のため、デジタルサイネージ上に表示されたアイコンの動作時間帯にマージンを設け、この効果を検証した。ジェスチャマッチング成功率の検証実験を行った結果、各アイコン動作時間帯の間にマージンを設けた場合、従来手法よりジェスチャマッチング成功率が向上することが分かった。

今後は、さらなるジェスチャマッチング成功率の向上のため、誤認識されやすいジェスチャの分析を行うとともに、フィールド実験を行い、実空間における本システムの受容性について検証を行う。

# 謝辭

本研究は、ソフトバンク株式会社との共同研究の成果である。

## 参考文献

- [1] 宮田章裕. 真似て選択するデジタルサイネージ. マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2016 論文集, pp. 1350–1356, 2016.
- [2] Robert Hardy, Enrico Rukzio, Matthias Wagner, and Massimo Paolucci. Exploring expressive nfc-based mobile phone interaction with large dynamic displays. In *2009 First International Workshop on Near Field Communication*, pp. 36–41, 2009.
- [3] 佐藤光起, 松下光範ほか. Bring your own pointer: 複数の携帯端末による ad hoc なマルチポインティング手法. 情報処理学会論文誌, Vol. 62, No. 2, pp. 680–688, 2021.
- [4] Alireza Sahami Shirazi, Christian Winkler, and Albrecht Schmidt. Flashlight interaction: A study on mobile phone interaction techniques with large displays. In *Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '09)*, 2009.
- [5] 福島寛之, 山口徳郎, 立澤茂, 野中雅人. 公共ディスプレイと個人スマートフォンを連携させたインタラクティブサイネージの提案. 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 113, No. 109, pp. 33–38, 2013.
- [6] Nigel Davies, Adrian Friday, Peter Newman, Sarah Rutledge, and Oliver Storz. Using bluetooth device names to support interaction in smart environments. In *Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (MobiSys '09)*, p. 151–164, 2009.
- [7] 宮田章裕, 瀬古俊一, 青木良輔, 橋本遼, 石田達郎, 伊勢崎隆司, 渡辺昌洋, 井原雅行ほか. デジタルサイネージとモバイル端末を連携させた複数人同時閲覧のための情報提示システム. 情報処理学会論文誌, Vol. 56, No. 1, pp. 106–117, 2015.
- [8] Sebastian Boring, Manuela Altendorfer, Gregor Broll, Otmar Hilliges, and Andreas Butz. Shoot copy: phonecam-based information transfer from public displays onto mobile phones. In *Proceedings of the 4th international conference on mobile technology, applications, and systems and the 1st international symposium on Computer human interaction in mobile technology*, pp. 24–31, 2007.

# 研究業績

## 査読付き国際会議

- (1) Mizuki Suga, Yuuki Matsui, Haruna Niiyama, Kenro Go, Masato Furuno, and Akihiro Miyata: Study on a Content Selection Method by Mimicking Icon Movements for Digital Signage. Poster Proc. the 29th International Conference on Collaboration Technologies and Social Computing (CollabTech'23), pp.25-30 (2023年8月).
- 

## 研究会・シンポジウム

- (1) 竹田まり, 松井優季, 須賀美月, 齊藤孝樹, 呉健朗, 古野雅人, 市川裕介, 宮田章裕: 顔をぼかすビデオ会議システムに対する印象における性差の調査, 情報処理学会インタラクショナル2024論文集 (2024).
  - (2) 坂内武希, 須賀美月, 土岐田力輝, 呉健朗, 古野雅人, 市川裕介, 宮田章裕: 真似て選択するデジタルサイネージにおける適切なジェスチャ方式の調査, 情報処理学会インタラクショナル2024論文集 (2024).
  - (3) 松井優季, 須賀美月, 齊藤孝樹, 張宇航, 呉健朗, 古野雅人, 市川裕介, 宮田章裕: フィルタ条件による心理的負担への影響の基礎検討,(CNWS2023).
  - (4) 松井優季, 須賀美月, 齊藤孝樹, 木村悠児, 呉健朗, 森岡優一, 古野雅人, 宮田章裕: 発言量に基づいて可逆的に顔をぼかすビデオ会議システムの基礎検討, 情報処理学会シンポジウム論文集, マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2023), Vol.2023, pp.1666-1669 (2023年7月).
  - (5) 須賀美月, 松井優季, 新山はるな, 呉健朗, 森岡優一, 古野雅人, 宮田章裕: デジタルサイネージ向けのアイコン動作を真似る選択方式の検証, 情報処理学会シンポジウム論文集, マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2023), Vol.2023, pp.1110-1114 (2023年7月).
  - (6) 須賀美月, 武次優, 今井廉, 尹泰明, 呉健朗, 古野雅人, 宮田章裕: 真似て選択するデジタルサイネージの改良, 情報処理学会インタラクショナル2023論文集, pp.443-446 (2023年3月).
- 

## 受賞

- (1) マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2023) 野口賞, デジタルサイネージ向けのアイコン動作を真似る選択方式の検証, 受賞者: 須賀美月, 松井優季, 新山はるな, 呉健朗, 森岡優一, 古野雅人, 宮田章裕 (2023年7月).