

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K12061

研究課題名（和文）形状変化デジタルサイネージ：カタチと動きがもたらす効果の解明

研究課題名（英文）Shape-Changing Public Displays: Understanding the Effects of Shape and Motion

研究代表者

木下 雄一郎 (Kinoshita, Yuichiro)

山梨大学・大学院総合研究部・准教授

研究者番号：70452133

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、形状変化可能なディスプレイをデジタルサイネージに適用するという新たなアプローチを提案した。まず、ディスプレイの形状および動きに関するデザイン空間を分析し、形状変化の物理的特徴を決定づける6種類のパラメータを得た。次に、ディスプレイの形状変化の誘目性への効果の検証した。ディスプレイの存在を通行者に認識させるために最適な形状変化の位置や方向などを通行者の位置ごとに解明した。さらに、ディスプレイの前に立ち止まった通行者のインタラクションを促す局所的なディスプレイの動きの検証しし、3種類の操作について最適な動きのパラメータを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって得られた一連の知見は、デジタルサイネージにおける形状変化を活用した情報表現手法の指針として活用可能である。また、これらの知見は様々なコンテンツに応用可能である。例えば、サイネージを広告コンテンツに合わせた形状に変化させることによる誘目性および広告効果の増強、ディスプレイの動きの付加によるサイネージ上の擬人化エージェントの感情表現の強化、サイネージの形状変化による入力を積極的に活用したインタラクション設計などが想定される。

研究成果の概要（英文）：This study proposed a novel approach that applied shape-changing displays to digital signage. First, the design space of the display shape and its motion was analyzed and six parameters that determine the physical properties of the shape change were obtained. Next, the effect of display shape change was analysed in terms of its noticeability. The optimal shape-changing location and direction to make passersby aware of the presence of the display were revealed for each passerby's location. Furthermore, localized display movements that encourage passersby to interact with the display when they stop in front of it were analysed and the optimal movement parameters for the three types of operations were clarified.

研究分野：感性情報学、ヒューマンインタフェース、インタラクション

キーワード：形状変化ディスプレイ 公共ディスプレイ 目立ちやすさ 動的アフォーダンス

1. 研究開始当初の背景

公共空間に設置されたディスプレイによってインタラクティブに情報を提示するデジタルサイネージの普及が広がっている。しかしながら、実使用空間では、サイネージの誘目性が低く通行者がサイネージの存在を認知できない、存在は認知されていても、インタラクションが起きないといった問題が指摘されている (Huang et al., 2008)。

一方、インタラクション研究の分野において、表示部分の形状が物理的に変化し、曲がる、盛り上がる、といった多様な出力表現が可能なディスプレイが注目を集めている (Qamar et al., 2018)。さらにここ数年、形状変化時の「動き」によってユーザに特定の操作を促す「動的アフォーダンス」(dynamic affordance)の概念も新たな研究課題として注目されている (Tiab et al., 2016)。しかし、形状変化可能なディスプレイのデジタルサイネージへの適用についての議論は、これまでにほとんど起こっていない。

2. 研究の目的

本研究では、形状変化可能なディスプレイをデジタルサイネージに適用するという新たなアプローチを提案する。図1に示すように、ディスプレイ形状を通行者の状況に応じて動的に変化させることで、サイネージの存在への認知向上を図る。また、立ち止まった通行者に対し、ディスプレイの一部を局所的に動かすことで、インタラクションの促進を図る。本研究は以下の3段階で実施する。

- (1) まず、ディスプレイの形状および動きに関するデザイン空間を明らかにし、ディスプレイの形状変化を決定するパラメータを抽出する。
- (2) 次に、(1)で抽出されたパラメータの誘目性への効果を解明する。
- (3) 最後に、通行者のインタラクションを促す局所的なディスプレイの動きを解明する。

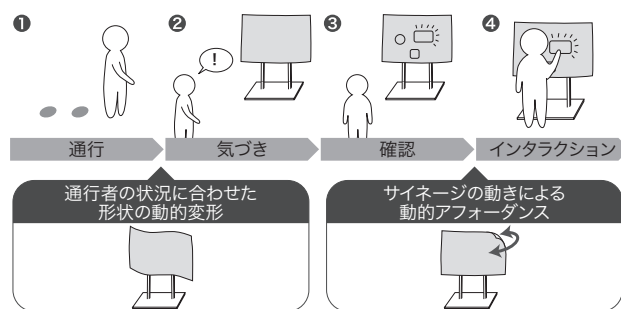


図1 本研究のコンセプト

3. 研究の方法

(1) ディ스플레이の形状および動きに関するデザイン空間の解明

14名の実験協力者を対象とした形状変化収集実験を実施した。60インチの形状変化可能なフレキシブルディスプレイを想定したシート状のモックアップを用意した。実験協力者には通行者の距離・方向といった条件を組み合わせた5種類のシナリオそれぞれについて、2名1組で相談を行いながらサイネージの存在を通行者に認知させるのに最適だと考えるディスプレイの形状変化を考案させ、モックアップを用いてそれを表現させた。また、それがどのような変形であるのかを口頭で説明させた。

(2) ディ스플레이の形状変化の誘目性への効果の検証

12名の実験協力者を対象とした形状変化評価実験を実験1、実験2の2段階で実施した。実験1では、通行者の距離{1m, 5m}と方向{正面, 側面}を組み合わせた4条件それぞれについて、設置方向{縦設置, 横設置}, 形状変化の方向{手前方向, 奥方向}, 形状変化位置(図2に示す9種類)の各パラメータを組み合わせた36種類のディスプレイの形状変化を(1)と同様のモックアップにより実験協力者に提示した。実験協力者は提示された形状変化について、誘目性、通行者の危険性のそれぞれを7段階のリッカート尺度で評価した。実験2では、実験1でそれぞれ高い誘目性、平均程度の誘目性、低い誘目性を示した3種類の形状変化に対し、形状変化速度{通常, 高速}, 繰り返しの有無{有, 無}の各パラメータを変化させ、実験1の同様の評価を実施した。

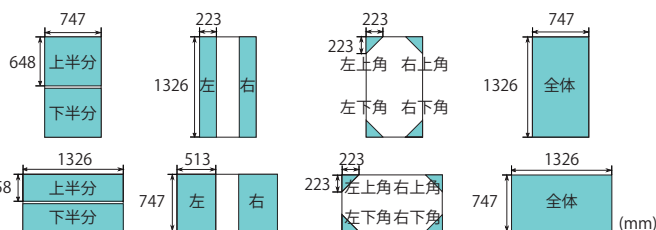


図2 形状変化位置

(3) 通行者のインタラクションを促す局所的なディスプレイの動きの検証

形状変化するディスプレイの特定の部分に対する3種類の操作{押し込む, 引く, ひねる}に着目し、12名の実験協力者を対象とした形状変化評価実験を実験1、実験2の2段階で実施した。実験1では、それぞれの操作について、形状変化速度{2cm/s, 9cm/s, 16cm/s} (ひねるについては、{50°/s, 175°/s, 300°/s}), 形状変化時の可動域{3cm, 6cm, 9cm} (ひねるについては、{30°, 105°, 180°}), 形状変化中の速度変化{一定, 速→遅, 遅→速}の各パラメータを組み合わせた27

種類のディスプレイの動きに、静止状態 3 種類を追加した 30 種類を、伸縮性のあるポリウレタンシートを用いたモックアップにより実験協力者に提示した。実験協力者は提示された動きが操作を促していると感じるかを 7 段階のリッカート尺度で評価した。実験 2 では、実験 1 で平均評価値が上位 5 位以内であったディスプレイの動きのすべての組み合わせについて比較評価を実施した。実験協力者 12 名に同時に形状変化する 2 台のモックアップを観察させ、5 段階のシェッフェの一対比較法で評価させた。

4. 研究成果

(1) ディスプレイの形状および動きに関するデザイン空間の解明

14 名の実験協力者から 233 種類の形状変化を収集した。これらの形状変化を、特徴ごとにまとめた結果、28 の種類の形状変化を得た。図 3(a)のように 1 箇所の変形で構成される形状変化や図 3(b)のように左部分と右部分が曲がるような複数箇所の変形で構成される形状変化がみられた。また、角度の小さい湾曲による形状変化や、完全に面と面が重なるまで折る角度の大きい形状変化も観測された。形状変化の方向は手前側のみでなく、図 3(c)のように奥側へ曲がる形状変化も観測された。さらに、形状変化をした後一度平面に戻り、また形状変化をするという連続した形状変化も確認された。これらの結果をもとに、形状変化の物理的特徴を決定づける 6 種類のパラメータとして、形状変化箇所の数、形状変化の方向、形状変化位置、繰り返しの有無、形状変化速度、形状変化角度を抽出した。

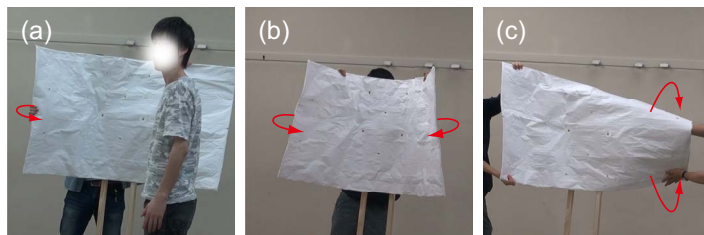


図 3 観測された形状変化の一例

(2) ディスプレイの形状変化の誘目性への効果の検証

① 縦設置における誘目性

まず、ディスプレイが縦設置である場合の距離・方向の各条件における誘目性を検討した。通行者まで距離が 1 m かつ通行者の方向が正面である条件 (図 4(a)) では、「上半分」や「全体」など形状変化の面積が大きいとき、誘目性の評価が高かった。形状変化の方向および形状変化位置を要因として分散分析を行った結果、要因間に交互作用があることが判明した。下位検定を行った結果、「上半分」、「下半分」、「左上角」、「左上角」が変形した際に、手前方向への形状変化の誘目性が有意に高くなることがわかった。

通行者までの距離 5 m、方向が正面の条件 (図 4(b)) においても要因間に交互作用が確認された。下位検定により、「下半分」が形状変化する際のみ手前方向に曲がる方が奥方向に曲がるよりも有意に誘目性が向上することが判明した。逆に、「下半分」以外の形状変化位置では、どちらの方向への形状変化でも効果に差がないことがわかった。

通行者の方向が側面の条件 (図 4(c)(d)) では、距離 1 m、5 m とともに「上半分」、「下半分」、「右半分」、「左上角」、「右下角」が形状変化した際は、手前方向への形状変化の方が奥方向より有意に誘目性が向上することがわかった。さらに、形状変化位置ごとの比較においては「下半分」「上半分」「全体」の形状変化の誘目性が高い傾向にあった。

以上より、ディスプレイが縦設置の場合について以下の形状変化の設計指針を示した。

- 全ての距離・方向において手前方向への形状変化の誘目性が高い。さらに、正面にいる通行者に対しては「上半分」もしくは「全体」を手前方向に大きく形状変化させることが有効である。

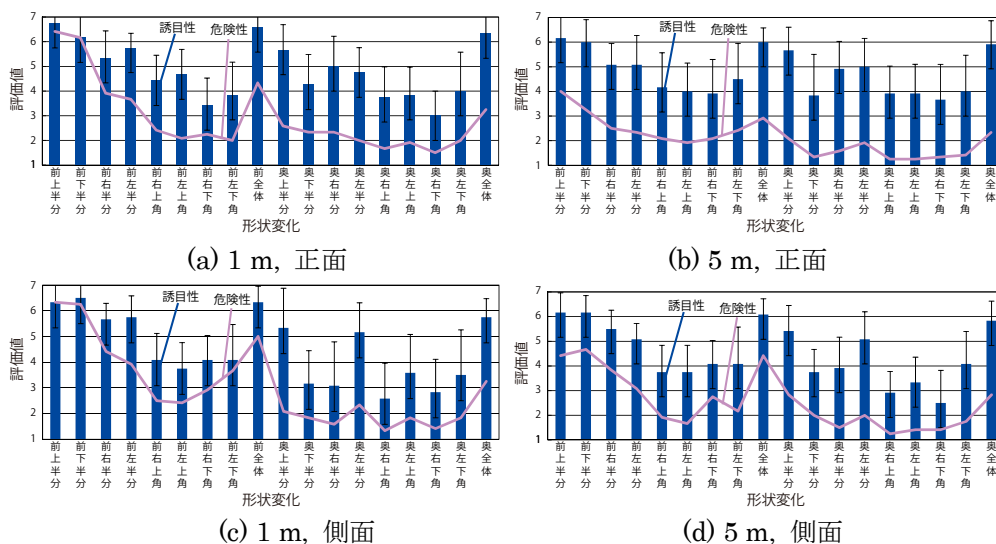


図 4 縦設置における形状変化ごとの誘目性および危険性

- 正面遠距離の際は奥方向へ形状変化させることも有効である。
- 側面にいる通行者に対しては「上半分」、「下半分」、「全体」を手前へ形状変化させるべきである。

② 横設置における誘目性

次に、ディスプレイが横設置である場合の距離・方向の各条件における誘目性を検討した。通行者まで距離 1 m, 方向が正面である条件 (図 5(a)) では、要因間に交互作用があり、下位検定により、「下半分」、「右半分」、「左半分」、「左上角」が変形した際は奥方向よりも手前方向の形状変化の方が有意に誘目性が高いことがわかった。また、「全体」の位置では形状変化向きにおいて有意差がみられなかったため、どちらへ曲げても同様の効果が得られる。

通行者までの距離 5 m, 方向が正面の条件 (図 5(b)) においては、要因間に交互作用は確認されなかった。また、各要因に主効果が確認され、手前方向への形状変化の誘目性は奥方向よりも有意に高かった。また、角以外の形状変化位置において、それぞれの形状変化位置における誘目性に有意差がないことが判明した。

通行者まで距離が 1 m, 方向が側面の条件 (図 5(c)) では、要因間に交互作用が確認された。「左下角」「全体」を除くすべての形状変化位置において、手前方向への形状変化の誘目性が有意に高かった。また、本実験に参加した実験協力者 12 名全員が、実験協力者から観測してデジタルサイネージの奥部分にあたる「右半分」が手前方向に曲がる形状変化の誘目性の評価を尺度の最大である 7 にしており、強い誘目性をもつと評価していた。

通行者までの距離 5 m, 方向が側面の条件 (図 5(d)) においても、各要因に交互作用が確認された。下位検定により、「上半分」、「下半分」、「右半分」、「右上角」、「右下角」が変形した際は手前方向に変形する形状変化の誘目性が有意に向上することがわかった。

以上より、ディスプレイが横設置の場合について以下の形状変化の設計指針を示した。

- 全ての距離・方向において手前方向への形状変化の誘目性が高い傾向がある。
- 近距離正面にいる通行者に対する誘目性を向上させるには、ディスプレイ全体を手前方向もしくは奥方向に曲げることが有効である。
- 遠距離正面および側面の通行者に対しては面積が大きく手前に曲がる形状変化が行われるべきである。特に、近距離側面の通行者に対しては通行者の進行方向側が曲がること誘目性向上につながる。

③ 形状変化速度、繰り返しによる誘目性の変化

実験 1 の評価対象のうち、高い誘目性を示した縦設置、手前方向、「上半分」の形状変化 (平均誘目性: 6.4, 以降, 形状変化 H), 平均程度の誘目性を示した横設置、奥方向、「右半分」の形状変化 (平均誘目性: 4.7, 以降, 形状変化 M), 低い誘目性を示した縦設置、奥方向、「左下角」の形状変化 (平均誘目性: 3.9) を対象に、実験 2 を行った。

速度を変化させる前後で形状変化の誘目性の平均評価値を t 検定により比較した結果、通行者までの距離 5 m, 方向が正面の条件において、形状変化 M の誘目性向上に有意傾向があることが判明した。また、繰り返しを付与する前後での比較では、通行者までの距離 1 m, 方向が正面の条件において、形状変化 M に繰り返しを付与することによって誘目性が有意に向上することが確認され、形状変化 H の誘目性向上においても有意傾向がみられた。また、形状変化 M に対しては、距離 5 m, 方向が正面の条件においても有意差が確認された。

以上より、ディスプレイの形状変化速度および繰り返しの有無について、以下の知見を得た。

- 形状変化が速くなることで、遠距離正面にいるユーザに対する誘目性の向上が期待できる
- 繰り返し形状変化を行うことが正面にいるユーザに対する誘目性の向上につながる

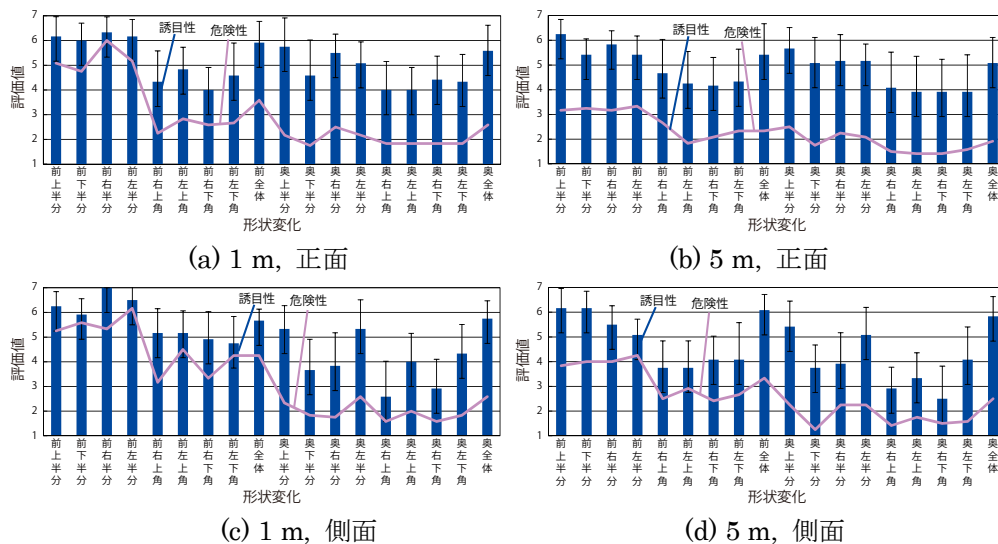


図 5 横設置における形状変化ごとの誘目性および危険性

(3) 通行者のインタラクションを促す局所的なディスプレイの動きの検証

まず、実験1の結果について検討した。押し込む操作における各パラメータの平均評価値について分散分析を行ったところ、形状変化速度と形状変化時の可動域に有意差がみられた。速度の平均評価値に対して下位検定 (Tukey-Kramer) を行ったところ、9 cm/s の評価値が 2 cm/s, 16 cm/s と比較して有意に高かった。また、可動域については、6 cm, 9 cm の評価値が高く、3 cm との間に有意差がみられた。引く操作では、形状変化時の可動域と形状変化中の速度変化に有意差がみられた。下位検定により、可動域では 6 cm, 9 cm の評価値が 3 cm と比較して有意に高いことがわかった。また、速度変化の平均評価値は、速→遅が最も高く、一定との間に有意差がみられた。ひねる操作では、形状変化時の可動域と形状変化中の速度変化速度変化に有意差がみられた。下位検定により、可動域では、105°, 180° の評価値が 30° と比較して有意に高いことがわかった。また、速度変化では、一定、速→遅の評価値が遅→速と比較して有意に高かった。

次に、実験1で平均評価値が上位5位以内であったディスプレイの動きを対象に実験2を実施し、一対比較の結果から尺度値を求め尺度図を構成した。それぞれの操作における尺度図を図6に示す。横方向の矢印はヤードスティックで、Yの値よりも特定の2つの尺度値間の差が大きい場合、それらの間には有意差があることを示す。押し込む操作では、速度 9 cm/s, 可動域 9 cm, 速度変化一定の組み合わせ、引く操作は、速度 16 cm/s, 可動域 9 cm, 速度変化速→遅の組み合わせ、ひねる操作は、速度 175°/s, 可動域 180°, 速度変化一定の組み合わせがそれぞれ最適な動きとわかった。

以上の2段階の実験結果から、通行者のインタラクションを促す効果的なディスプレイの動きとして、以下の知見を得た。

- 速度が速く可動域が大きい動きが押し込むインタラクションを促す
- 引くインタラクションにおいては、動きの速度が徐々に遅くなるといった速度変化のある動きが有効である
- ひねるインタラクションでは、可動域が大きい動きが有効であり、動きの速度は重視されない

(4) まとめ

本研究では、形状変化可能なディスプレイをデジタルサイネージに適用することを想定し、ディスプレイの形状変化の誘目性への効果、ディスプレイの局所的な動きの「動的アフォーダンス」への効果を検証した。本研究によって得られた一連の知見は、デジタルサイネージにおける形状変化を活用した情報表現手法の指針として、さまざまなコンテンツに活用可能である。

引用文献

- ① Huang, M. E., Koster, A., Borchers, J., Overcoming assumptions and uncovering practices: When does the public really look at public displays?, Proceedings of 6th International Conference on Pervasive Computing, 2008, 228–243.
- ② Qamar, I. P. S., Groh, R., Holman, D., Roudaut, A., HCI meets material science: A literature review of morphing materials for the design of shape-changing interfaces, Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2018, Paper No. 374 (23 pages).
- ③ Tiab, J., Hornbæk, K., Understanding affordance, system state, and feedback in shape-changing buttons, Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2016, 2752–2763.

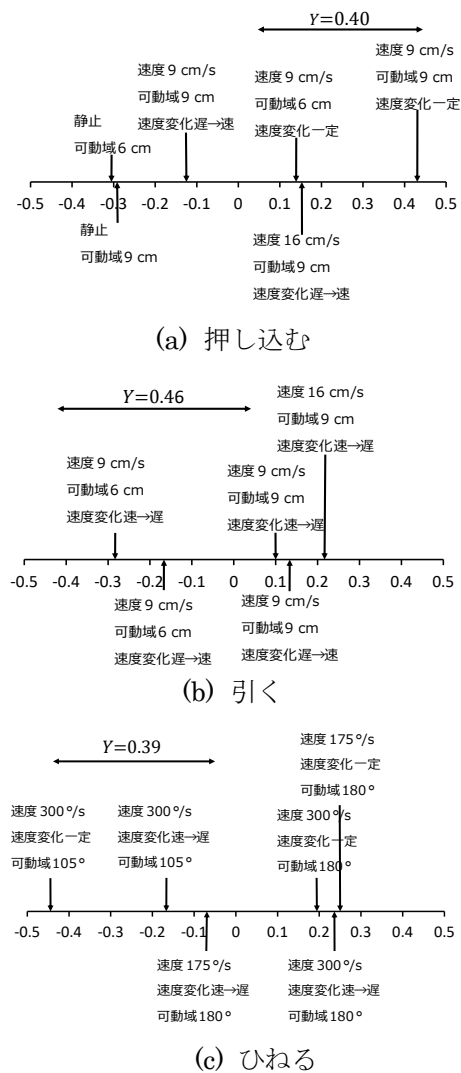


図6 各操作上位5位の動きの尺度図

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yuichiro Kinoshita, Yu Komiyama, Kentaro Go	4. 巻 -
2. 論文標題 Shape Estimation and Gesture Recognition for Origami-Based Deformable Surfaces	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics	6. 最初と最後の頁 1969-1974
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/SMC.2019.8914256	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ziwei Song, Yuichiro Kinoshita, Kentaro Go, Gangyong Jia	4. 巻 -
2. 論文標題 Touch Point Prediction for Interactive Public Displays Based on Camera Images	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of 2021 International Conference on Cyberworlds	6. 最初と最後の頁 133-136
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/CW52790.2021.00029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山川 奈央人, 郷 健太郎, 木下 雄一郎
2. 発表標題 奥行き方向に傾いたディスプレイにおけるタッピング所要時間のモデル化
3. 学会等名 第27回電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 嶋田 功輝, 郷 健太郎, 木下 雄一郎
2. 発表標題 形状変化するデジタルサイネージにおける文字可読性の調査
3. 学会等名 第26回電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 青木 輝, 木下 雄一朗, 郷 健太郎
2. 発表標題 形状変化デジタルサイネージ：感情表現に関わる形状変化要素の検討
3. 学会等名 第21回日本感性工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菱沼 真絢, 木下 雄一朗, 郷 健太郎
2. 発表標題 形状が変化するデジタルサイネージにおける印象表現要素の検討
3. 学会等名 第15回日本感性工学会春期大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平澤 志都, 木下 雄一朗, 郷 健太郎
2. 発表標題 フレキシブルディスプレイ上でユーザに特定の操作を促す形状変化特性の解明
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム2022
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>researchmap: 木下 雄一朗 https://researchmap.jp/yuichirokinoshita/</p>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	郷 健太郎 (Go Kentaro) (50282009)	山梨大学・大学院総合研究部・教授 (13501)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関