

ワープジェスチャーによる コンテンツ切り替え時間のモデル化と満足度評価

平松大尚¹ 上野貴弘² 中道上^{2,3}

概要: 新型コロナウイルス感染症(COVID-19)が流行した際にオンラインツアーが広く導入された。オンラインツアーはバーチャルツーリズム(仮想観光)の一形態であり物理的な移動は行われない。その移動の実感がないことがオンラインツアーの満足度が得られない要因として考えられる。そのため移動する際の臨場感や到着した際の達成感を提供することでオンラインツアーの満足度を提供できると考えた。そこで本研究ではオンラインツアーの新たな移動方法としてワープジェスチャーを提案する。ワープジェスチャーとは手を上げて下げるジェスチャーで、手を上げている間ワープ動画が再生される。本研究では、距離ごとのワープ時間アンケートをもとに、ワープ時間のモデル化を行った。その後、ワープ時間の計測実験を行い移動する臨場感、到着した達成感を評価してもらい、ワープジェスチャーの評価を行った。実験の結果、手を上げて下げるパターンが最も臨場感、達成感が高い結果となった。

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症(COVID-19)が流行した際に、企業のミーティングや教育機関でのリモート授業などでZoomが活用された。Zoomはビデオ会議やチャット、音声通話が可能でプラットフォームである。Zoomを利用すれば世界中のどこかの地点の人ともコミュニケーションをとることが可能になる。このような技術を使ってオンラインツアーが行われている。オンラインツアーとは旅行先を実際に訪れて行う旅行(オフライン)とは異なり、インターネットを介してWEB上(オンライン)で行う旅行のことで、現地に行かず自宅など好きな場所からオンラインで参加ができる。参加者は現地からのライブ配信やコンテンツを視聴したり、現地ガイドや他の参加者との間で双方向のやり取りをしたりする。身体的・経済的な制約が少ないため誰でも参加でき、また普段は入れない場所も楽しめるなど、オンラインならではのメリットがある。

しかし、コロナ禍による特需が消失したことにより、オンラインツアーのリアルな旅行の「代替」目的が失われる中で、リアルな旅行の「予習」目的を先鋭化させつつ事業のリニューアルを図る事業者や、リアルな旅行に「代替」できない利用目的を模索し、事業展開を絞り込む事業者の存在が明らかとなった。どちらもリアルな旅行再開後に、リアルな旅行とオンラインツアーが共存する道を探る試みである[1]。オンラインツアーはバーチャルツーリズム(仮想観光)の一形態であり物理的な移動は行われない。その移動の実感がないことがオンラインツアーの満足度が得られない要因として考えられる。そのため移動する際の臨場感や到着した際の達成感を提供することでオンラインツアーの満足度を提供できると考えた。

そこで本研究では、オンラインツアーでの新たな移動方法としてワープジェスチャーを提案する。ワープジェスチャー

は、直立状態で両腕を上あげることで任意の場所にオンライン上で移動するジェスチャーである。このワープジェスチャーについて、ワープする距離とワープにかかる時間についてのアンケートを行い、ワープ時間のモデル化を行った。ワープ時間のモデルにもとづいたワープジェスチャーによるコンテンツ切り替え時間の計測実験を行った。そして、モデル化したワープジェスチャーの移動する臨場感と到着した達成感の面でアンケートを基に、オンラインツアーでの満足度を評価した。

2. オンラインツアーにおけるインタラクティブ要素の重要性

モニター上の景色を楽しむオンラインツアーでは体験型インタラクティブ要素が満足度の向上に重要である。これを示唆する例として体験型展示を導入した博物館がある。博物館は近年、従来の“見る”、“聞く”といった来館者にとって受け身となる展示だけではなく実際に“触る”、“体験する”など来館者が展示に参加をするハンズオン展示やインタラクティブ展示など体験型展示の実施が1980年代より進められている。これらの展示施設は人々が楽しめる展示体験を通して、地域や学術領域における理解や関心を深めると同時に、コミュニケーションの場として機能するようになった。そして解説員らによるツアーなど、展示と来館者とのコミュニケーションは展示に対する満足度を向上させるという研究結果も報告されている[5]。

以上の類似例になぞらえると、オンラインツアーは動画を視聴するだけや、パソコンの操作など、通常モニター越しに行われていることが多い。これは博物館の現代化以前の“見る”、“聞く”といった来館者にとって受け身となる展示と同じといえる。そのため、ワープジェスチャーのような、インタラクティブ要素がオンラインツアーの満足度向上に重要である。

1 福山大学工学研究科

2 福山大学

3 アンカーデザイン株式会社

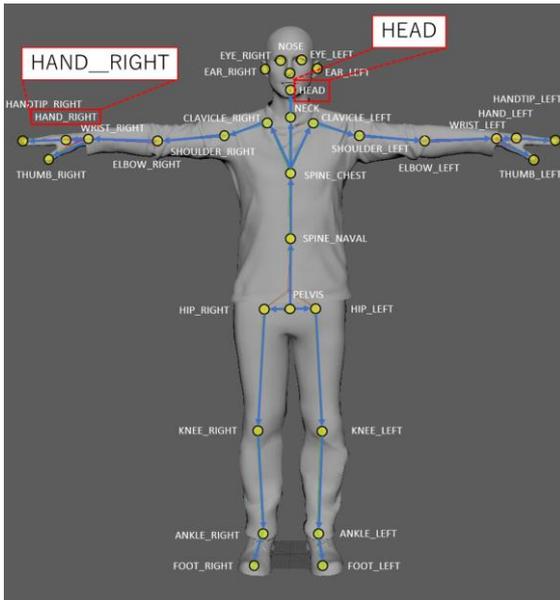


図 1. Joint types of human body in Kinect sensor

3. ワープジェスチャーについて

どのようなジェスチャーをコンテンツ切り替えのために使用するか検討する際に、テレビ番組等で見られる手を上げながらジャンプした後に次の場所へ移動している演出がある。この演出がコンテンツを切り替えたときと同様の効果があると考え、手を上げるジェスチャーを参考にした。その結果、本研究では両手を挙げるジェスチャーをワープジェスチャーとして提案する。さらに任意の場所にワープするまでの時間をワープ時間とする。

本研究を行うにあたり、ジェスチャーを認識するためのセンサー機器が必要となる。Azure Kinect は、特に骨格追跡の精度において Kinect v1 や Kinect v2 を上回る性能を持っている。Azure Kinect は従来のセンサーよりも多くの関節を追跡できる[2]。Azure Kinect DK は Depth センサーが投稿した赤外線が反射して戻ってくる時間から Depth 情報を得る「Time of Flight(TOF)」という方式で、Depth センサーは外観からは見えないが Color カメラの隣に赤外線カメラ(左)とパルス変調された赤外線を投稿するプロジェクター(右)が搭載されている[3]。また、Azure Kinect DK はカラーカメラ解像度が 3840×2160 で Depth センサーの解像度は 640×576 となっている。Azure Kinect DK の Depth データの取得範囲は、NFOV(狭視野深度モード)だと 0.5m～5.46m, WFOV(広視野深度モード)だと 0.25m～2.88m の範囲となっている。Azure Kinect DK に取得できる Player(=人物領域)は 6 人である。Azure Kinect DK ではすべての Joint(=関節)の取得可能な Skeleton が 6 人であり、Joint は Azure Kinect DK では 32Joint を取得することが可能である[4]。

本研究では、参加者の体全体の動きをリアルタイムで計測できる Azure Kinect DK を利用してジェスチャーを認識

表 1. ワープ時間アンケートの集計結果

ワープ先	平均値(s)	標準偏差	中央値(s)
3階 PC1 室 (0.013km)	2.23	1.04	2.17
未来創造館 (0.3km)	3.07	1.79	2.65
福山城 (12.5km)	5.05	4.21	3.74
大阪城 (212.1km)	7.14	8.14	4.55
スカイツリー (617.6km)	9.18	11.63	4.89
自由の女神 (11,460.6km)	13.33	19.88	6.73
月 (380,000km)	29.24	649.34	5.96

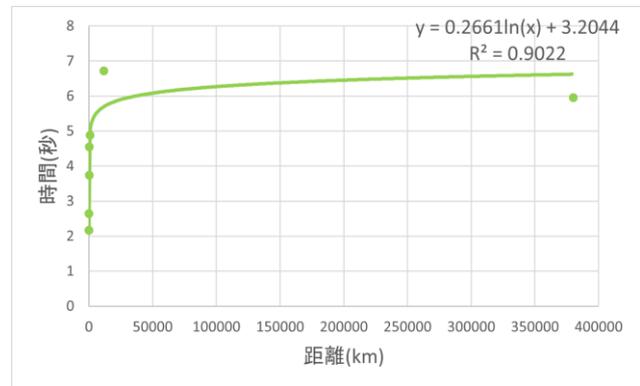


図 2. 中央値に基づくワープ時間の対数近似モデル

する。Azure Kinect DK を用いてワープジェスチャーを認識したときにコンテンツが切り替わるツールを開発する。Azure Kinect DK センサーで頭の Y 座標(HEAD)と右手の Y 座標(HAND_RIGHT)を取得し、頭の Y 座標よりも右手の Y 座標が小さくなったときをトリガーとしてコンテンツを切り替える設計し、プログラムを実装した。プログラムで使用した座標を図 1 に示す[4]。

4. 移動距離に対するワープ時間のモデル化

移動距離に対してワープ時間がどう変化するかを調べるためにワープ時間アンケートを行った。このアンケートを基にワープ時間のモデル化を行う。

4.1 ワープ時間アンケート

福山大学工学部棟一階ロビーから 7 つの場所にワープしたときにかかる時間を調べるアンケートを計 33 名に行った。スマホのストップウォッチ機能を使い、開始と同時に手を上げる。その後、指定された場所に到着したと感じた際に、手を降ろしストップウォッチを止める。工学部一階ロビーからワープする 7 つの場所は以下の通り設定した。

- ・ 福山大学工学部棟 3 階 PC1 室(0.013km)
- ・ 未来創造館(0.32371km)
- ・ 福山城(12.5km)
- ・ 大阪城(212.05km)
- ・ 東京スカイツリー(617.62km)
- ・ ニューヨーク自由の女神(11,460.6km)
- ・ 月(380,000km)

4.2 アンケート結果とモデル化

福山大学工学部棟一階ロビーから 7 つの場所にワープしたときにかかる時間を調べるアンケートを計 33 名に行った。ワープ先、平均値、中央値、標準偏差を表 1 に示す。距離が長くなるほどワープにかかる時間の平均値は増える結果となった。また距離が長くなるほど標準偏差も大きくなる結果となった。上記の結果を踏まえ、ワープ先の距離を横軸、時間を縦軸として中央値をプロットした結果を図 2 に示す。なお、プロット結果よりワープ時間は距離に沿って対数近似していることを鑑みて、対数近似曲線を引いてモデル化している。中央値を使って対数近似モデルを作成した理由は、平均値を用いた場合、標準偏差が大きい自由の女神や月に影響されワープ時間が極端に長くなる恐れがあったことにある。以上の結果をもとに対数近似モデルからワープ時間を設定した。

5. ワープジェスチャーによるワープ時間の計測実験

ワープジェスチャーを用いて福山大学工学部棟一階ロビーから様々な場所にワープすることを想定し、2 つのパターンの移動する臨場感や到着した達成感、ワープ時間が適切であったかを評価する実験を 16 名の実験参加者に行った。

実験環境として、壁と向かい合う状態で Azure Kinect DK センサーを 75 インチモニターの前に設置した。ジェスチャーを認識するための実験配置図を図 3 に示す。図 3 は実際に実験するときの 75 インチモニター、Azure Kinect DK、PC の配置である。

5.1 実験手順

評価は参加者が手を下げた時に画面が切り替わるパターンと自動で切り替わるパターンの 2 種類を体験してもらった。

図 2 の中央値に基づくワープ時間の対数近似モデルを参考にし、自動で切り替わるパターンのワープにかかる時間を以下の通りにした。

- ・ 未来創造館(0.3km) …2.884 秒
- ・ 福山城(12.5km) …3.876 秒
- ・ 広島駅(69.6km) …4.333 秒
- ・ 熊本城(297.3km) …4.719 秒
- ・ 上海タワー(1151.7km) …5.080 秒
- ・ マーライオン(4784.3km) …5.459 秒

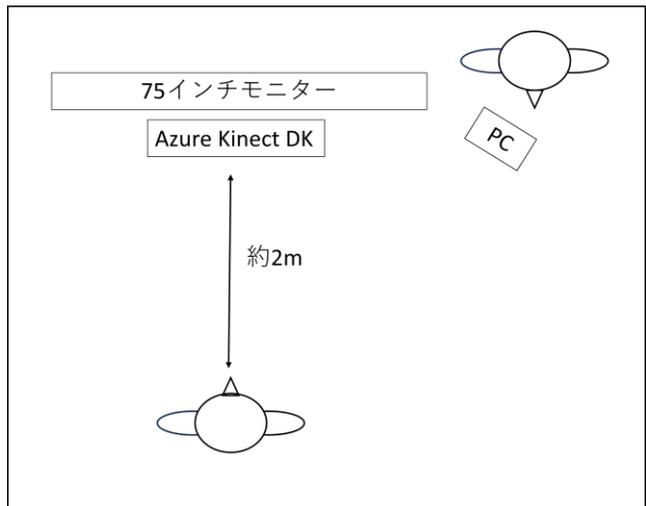


図 3. 実験配置図



(a)ワープ前



(b)ワープ中



(c)ワープ後

図 4. ワープジェスチャーによる切り替え

表 2. ワープジェスチャーによるワープ時間の計測結果

ワープ先	距離	手下げ切り替えパターン			自動切り替えパターン		
		平均値(s)	標準偏差	中央値(s)	平均値(s)	標準偏差	中央値(s)
未来創造館	0.3km	3.21	1.02	3.07	3.95	0.79	4.09
福山城	12.5km	6.04	3.64	4.55	4.92	1.26	5.14
広島駅	69.6km	10.92	13.49	5.61	5.65	1.64	5.86
熊本城	297.3km	13.60	13.81	8.49	5.96	1.95	6.14
上海タワー	1151.7km	14.65	13.41	11.98	6.65	2.05	6.69
マーライオン	4784.3km	16.77	14.00	13.88	7.09	2.22	7.05
エッフェル塔	9557.2km	18.93	14.93	13.71	7.35	2.59	7.06

表 3. ワープジェスチャーによる主観的満足度評価結果

	手下げ切り替えパターン			自動切り替えパターン		
	平均値	中央値	最頻値	平均値	中央値	最頻値
移動する臨場感	3.94	4	4	3.31	3.5	4
到着した達成感	3.81	4	4	2.81	3	4
時間は適切だったか	-	-	-	3.63	4	4

- ・ エッフェル塔(9557.2km) …5.643 秒

参加者が手を下げた時に画面が切り替わるパターンを体験してもらった後、移動する臨場感、到着した達成感を得られたか、1. 得られなかった 2. あまり得られなかった 3. どちらともいえない 4. やや得られた 5. 得られたとしての 5 段階評価と順位付けを行った。自動で画面が切り替わるパターンは先述した移動する臨場感、到着した達成感に加え、距離に対する設定したワープ時間が適切か、1. 短い、2. やや短い、3. 適切、4. やや長い、5. 長いとしての 5 段階評価を行った。ワープを始めてから終わるまでの様子を図 4 に示す。図 4(a)はワープを始める前の様子、図 4(b)はワープをしている途中の様子、図 4(c)はワープが終わった後の様子である。

5.2 実験結果と考察

ワープ時間の平均値、中央値、標準偏差を表 2 に示す。また、移動する臨場感、到着した達成感、ワープ時間が適切かの主観的満足度の 5 段階評価平均、中央値、最頻値を表 3 に示す。

自動で画面が切り替わるパターンの移動する臨場感、到着した達成感の平均値、中央値よりも手を下げて画面を切り替えるパターンの移動する臨場感、到着した達成感の平均値、中央値が高い値を出している。ワープ先の距離が遠くなるほど標準偏差が大きくなっている。移動する臨場感、到着した達成感ともに最高評価の 5 と回答した参加者は、手下げ切り替えパターンには 2 名であったことに対し、自動切り替えパターンは 0 名であった。

これらの結果より、手を下げて画面を切り替えるパターンのほうが自動切り替えパターンと比較して、移動する臨場感や到着した達成感を感じることができることが示唆さ

れた。その要因として参加者が任意のタイミングでジェスチャーをすることが移動する臨場感や到着した達成感を得られるのに繋がったことが考えられる。

6. ワープ切り替えパターンごとの満足度評価

オンラインツアーは通常、マウス操作でコンテンツを切り替えていることから、ワープジェスチャーの満足度を評価する点において比較する必要がある。そこで、切り替えパターンによる移動する臨場感、到着した達成感の変化について調べるアンケートとモデル化との差異を調べるアンケートを行った。

切り替えパターンとして、手を上げて下げる、手を上げる、1 クリック、2 クリックの 4 パターンとワープ動画あり、ワープ動画なしの 2 パターンを組み合わせた計 8 パターンを検討した。これらのパターンが移動の達成感、臨場感を得られたか、1. 得られなかった、2. あまり得られなかった、3. どちらともいえない、4. やや得られた、5. 得られたとしての 5 段階評価と移動する臨場感と到着した達成感を感じる順に順位付けを行った。

6.1 アンケート結果と考察

8 種の切り替えパターンの臨場感、達成感の 5 段階評価、移動する臨場感と到着した達成感を感じる順に順位付けをしてもらうアンケートを計 93 名に協力してもらった。8 種の切り替えパターン、5 段階評価の平均値、標準偏差、最頻値を表 4 に示す。8 種の切り替えパターン別の平均順位、標準偏差、最頻値を表 5 に示す。

表4. 切り替えパターンに対する臨場感, 達成感の5段階評価結果

切り替えパターン	移動する臨場感			到着した達成感		
	平均値	中央値	最頻値	平均値	中央値	最頻値
手を上げて下げる (ワープ動画あり)	3.57	4	4	3.65	4	4
手を上げる (ワープ動画あり)	3.47	4	4	3.33	4	4
1クリック (ワープ動画あり)	2.82	3	2	2.70	3	2
2クリック (ワープ動画あり)	2.93	3	2	2.74	3	2
手を上げて下げる (ワープ動画なし)	2.32	2	1	2.42	2	1
手を上げる (ワープ動画なし)	2.41	2	1	2.45	2	2
1クリック (ワープ動画なし)	2.02	2	1	1.98	2	1
2クリック (ワープ動画なし)	1.89	2	1	1.95	2	1

表5. 各切り替えパターンの臨場感, 達成感に関するアンケート順位詳細

切り替えパターン	移動する臨場感			到着した達成感		
	平均順位	標準偏差	最頻値	平均順位	標準偏差	最頻値
手を上げて下げる (ワープ動画あり)	2.04	1.96	1	1.96	1.94	1
手を上げる (ワープ動画あり)	2.32	1.27	2	2.65	1.39	2
1クリック (ワープ動画あり)	4.02	1.51	4	4.05	1.52	4
2クリック (ワープ動画あり)	4.16	1.59	3	4.16	1.56	3
手を上げて下げる (ワープ動画なし)	4.59	1.50	5	4.43	1.56	5
手を上げる (ワープ動画なし)	5.19	1.62	6	5.09	1.74	6
1クリック (ワープ動画なし)	6.76	1.56	7	6.81	1.68	8
2クリック (ワープ動画なし)	6.92	1.35	8	6.85	1.38	7

移動する臨場感, 到着した達成感共に手を上げて下げる(ワープ動画あり)の切り替えパターンが5段階評価, 順位でもっともよい結果となった。またワープ動画なしのパターンよりもワープ動画ありのパターンのほうが5段階評価, 順位共によい結果となった。さらにクリックよりジェスチャーを使ったパターンのほうが良い結果となった。これより, クリックよりもジェスチャーを使ってコンテンツを切

り替えたほうが移動する臨場感と到着した達成感がより高くなることがわかった。またワープ動画を挿むほうが臨場感, 達成感が高まることも示唆された。

6.2 ワープ時間計測実験

福山大学工学部棟一階ロビーから任意の場所までのワープジェスチャーによるワープ時間を計測した。協力者は計93名である。協力者はストップウォッチを持った状態

で、開始ボタンを押したと同時に手を上げたあと、指定された場所に到着したと感じた際に、手を降ろしストップウォッチを止めた。なお、福山大学工学部棟一階ロビーからのワープ先は下記7か所に設定した。

- ・ 未来創造館(0.3km)
- ・ 福山城(12.5km)
- ・ 広島駅(69.6km)
- ・ 熊本城(297.3km)
- ・ 上海タワー(1151.7km)
- ・ マーライオン(4784.3km)
- ・ エッフェル塔(9557.2km)

6.3 実験結果と考察

ワープ先、平均値、標準偏差、中央値を表6に示す。さらに図2におけるモデル化グラフ(黄緑色)とワープ時間計測結果に基づく対数近似グラフ(紫色)を重ね合わせたものを図5に示す。4章の計測結果(黄緑色)と比較して、本章の計測結果(紫色)は広島駅まではワープ時間が短い時間という結果になった。一方で、熊本城より遠いワープ先では、本章の計測結果のほうがワープ時間が長い結果となった。そして、距離が長くなるほどワープ時間の平均値と標準偏差が大きくなる結果となった。

7. まとめ

本研究では移動距離に対するワープ時間のモデル化を行い、ワープ時間を設定した。その後、ワープジェスチャーによるコンテンツ切り替え時間を距離ごとに計測する実験を行った。実験の結果、手を下げて画面を切り替えるパターンのほうがより移動する臨場感、到着した達成感を感じることができることが明らかとなった。設定したワープ時間によって自動で切り替わるパターンのほうが、待ち時間が発生してしまうイベントなどでは適していると考えられる。さらに、クリックとジェスチャーを比較した場合、ジェスチャーのほうが移動する臨場感、到着した達成感をより感じることが明らかとなった。さらにワープ中にワープ動画を挟むことによって臨場感、達成感を感じられたと考えられる。

今後の課題として Azure Kinect DK が取得できる座標のうち、どの座標を使ってジェスチャーの認識をしたら違和感なくワープできるかの評価を行っていく。また、今回の実験ではモデル化で設定した場所と異なる場所で計測したため、同じ場所でのモデル化と計測実験を行っていく。

表 6. ワープ時間計測実験の集計結果

ワープ先	平均値(s)	標準偏差	中央値(s)
未来創造館 (0.3km)	1.78	1.43	1.42
福山城 (12.5km)	3.28	2.64	2.44
広島駅 (69.6km)	5.65	6.03	3.39
熊本城 (297.3km)	9.27	13.06	5.08
上海タワー (1,151.7km)	14.59	32.30	6.39
マーライオン (4,784.3km)	19.85	47.56	7.65
エッフェル塔 (9,557.2km)	31.90	80.98	9.97

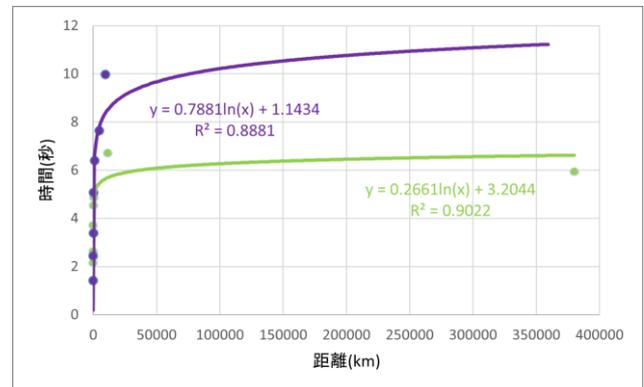


図 5. 4章の計測結果とワープ時間計測実験結果を重ね合わせたグラフ

謝辞 本研究は公共財団法人サタケ技術振興財団の助成を受けた。

参考文献

- [1] 山崎隆之, "コロナ禍を契機として誕生した「オンラインツアー」の盛衰," 香川大学経済学会, pp.367-388, 2024
- [2] Michal Tölgyessy, Martin Dekan, L'uboš Chovanec, "Skeleton Tracking Accuracy and Precision Evaluation of Kinect V1, Kinect V2, and the Azure Kinect," Applied Sciences, 11, 5756, 10.3390/app11125756, 2021
- [3] Azure Kinect DK のハードウェアの仕様 [https://learn.microsoft.com/ja-jp/azure/kinect-dk/hardware-specification\(2024/9/20\)](https://learn.microsoft.com/ja-jp/azure/kinect-dk/hardware-specification(2024/9/20))
- [4] Azure Kinect ボディトラッキングの関節 [https://learn.microsoft.com/ja-jp/azure/Kinect-dk/body-joints\(2024/9/20\)](https://learn.microsoft.com/ja-jp/azure/Kinect-dk/body-joints(2024/9/20))
- [5] 佐々木大輔, 中島武三志, 菅野由弘, "教育展示施設におけるサウンドインタラクションシステムの提案," エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2017 論文集, Vol.2017, pp.168-173, 2017