

修士論文

HMD型ARデバイスを用いた
インタラクティブストーリーテリング

稲光 勇人

2018 年 2 月 1 日

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に
修士(工学) 授与の要件として提出した修士論文である。

稲光 勇人

審査委員：

加藤 博一 教授 (主指導教員)

清川 清 教授 (副指導教員)

Christian Sandor 准教授 (副指導教員)

Alexander Plopski 助教 (副指導教員)

HMD型ARデバイスを用いた インタラクティブストーリーテリング

稲光 勇人

内容梗概

ストーリーテリングは知識や経験を伝えるための重要な手段である。ストーリーテリング手法の一つとして、聞き手に物語を強く印象づける事ができるインタラクティブストーリーテリングがある。また別の手法として、ロケーションベースのストーリーテリングがあり、場所に強く紐付いた物語を聞き手に伝える事ができる。これらの手法を組み合わせたものとして、拡張現実感の技術を用いたインタラクティブARストーリーテリングがあり、盛んに研究されている。しかし、インタラクティブARストーリーテリングの有効性は、ハンドヘルド型ARデバイスでのみ示されており、HMD型ARデバイスでは示されていない。HMD型ARデバイスはハンドヘルド型ARデバイスと比べて様々な差異が存在するため、ハンドヘルド型ARデバイスで示されたストーリーテリングの有効性をHMD型ARデバイスにそのまま適用することはできない。よって本研究では、実際にHMD型ARデバイス向けのロケーションベースのコンテンツを開発し、ユーザーに体験してもらう。その様子をストーリーテリングの専門家の方々に視聴してもらい、アンケートにてコンテンツを評価してもらうことで、HMD型ARデバイスにおけるインタラクティブARストーリーテリングの有効性を明らかにしようと試みた。その結果、専門家全員が本コンテンツに対し魅力的であると回答した。これにより、HMD型ARデバイスにおけるインタラクティブストーリーテリングの有効性を確認した。また、ARコンテンツにおけるストーリー制作をサポー

*奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 修士論文，
NAIST-IS-MT1651013, 2018 年2 月1 日。

トするツールや方法論が数多くの論文で述べられているが、HMD型ARデバイスのコンテンツ制作における方法論やパイプラインについては記述がない。これは、HMD型ARデバイス向けのコンテンツやアプリが普及していないことが原因である。よって本研究では、HMD型ARデバイスのコンテンツ開発のためのパイプラインを提案した。また、それによる開発プロセスの効率化を確認した。

キーワード

拡張現実感，ヘッドマウンテッドディスプレイ，ストーリーテリング，制作パイプライン

Exploring Interactive Augmented Reality Storytelling with Head-Mounted Display*

Yuto Inamitsu

Abstract

Storytelling is an important means for conveying knowledge and experience. As one of the storytelling techniques, interactive storytelling allows a listener to strongly impress a story. Another technique is location-based storytelling, which narrates a story that is strongly tied to the place. As a combination of these techniques, interactive augmented reality (AR) storytelling using AR technology is being actively researched. However, the effectiveness of interactive AR storytelling has been explored in handheld AR devices, but not as extensively in Head-Mounted Display (HMD) type AR devices. The features of effective storytelling indicated in the handheld type AR device cannot be directly applied to the HMD type AR device, since these two differ from each other in many aspects. In this research, we created and developed location-based content for HMD type AR devices and made users experience it. We attempted to clarify what makes interactive AR storytelling effective in HMD type AR device by asking storytelling experts to watch the scenario we created and to evaluate its contents through a questionnaire. As a result, all experts responded that they are attracted to this kind of content. This confirmed the potential of effective interactive storytelling in HMD type AR devices. In addition, many papers describe tools and methodologies that support

*Master's Thesis, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS-MT1651013, February 1, 2018.

story production in AR contents. However, there is no description of methodology and pipeline in content creation of HMD type AR devices, due to insufficient amount of content and lack of applications available for observation. Therefore, in this research, we propose a pipeline for content development in HMD type AR devices.

Keywords:

Augmented Reality, Head-Mounted Display, Storytelling, Production Pipeline

目次

1. 序論	1
1.1. 背景	1
1.2. 本研究の目的	5
1.3. 本研究の貢献	5
1.4. 本論文の構成	6
2. 関連研究及び本研究の位置づけ	7
2.1. ストーリーテリング	7
2.2. インタラクティブなストーリーテリング	7
2.3. ARを用いたストーリーテリング	9
2.3.1. ハンドヘルド型 AR デバイスにおけるストーリーテリング	11
2.3.2. HMD 型 AR デバイスにおけるストーリーテリング	13
2.4. ロケーションベースのストーリーテリング	13
2.5. 本研究の位置づけ	14
3. HMD 向け AR コンテンツ「AR Yōkai: A Situated Augmented Reality Ghost Story」の開発	15
3.1. コンテンツ概要	15
3.2. システム構成	16
3.3. ストーリー設計	16
3.4. 制作パイプラインについて	17
3.4.1. アセット制作	18
3.4.2. オーサリングツールの開発	20
3.4.3. SLAM を用いたマッピング	20
3.4.4. コンテンツ実施場所における調整	23
3.5. 制作パイプラインに対する考察	23
4. HMD 型 AR デバイスにおけるストーリーテリングの有効性評価	28

4.1. 実験概要	28
4.2. 実験 1	28
4.2.1. 実験環境	
4.2.2. アンケート概要	28
4.2.3. アンケート結果	30
4.2.4. アンケート結果に対する考察	32
4.3. 実験 2	37
4.3.1. 実験環境	
4.3.2. アンケート概要	38
4.3.3. アンケート結果	38
4.3.4. アンケート結果に対する考察	46
 5. おわりに	 49
 謝辞	 50
参考文献	51
付録	54

図目次

図 1	RPG におけるインタラクションの例[3]	3
図 2	ハンドヘルド型 AR デバイス Lenovo Phab 2	4
図 3	HMD 型 AR デバイス. (a)Microsoft Hololens (b)MagicLeap (c)Meta2	4
図 4	Kids Interactive Adventure[6]	8
図 5	電子絵本システム MU ³ PictureBook[12]	10
図 6	Magicbook[13]	11
図 7	Timetraveler The Berlin Wall[20]	12
図 8	Igpaw: Intramuros[18]	13
図 9	HMD 型 AR デバイスのコンテンツ開発のためのパイプライン	17
図 10	アセット制作のワークフロー	19
図 11	左から Default, Diffuse テクスチャ, Normal テクスチャを適用した 3D モデル	20
図 12	Unity を用いたオーサリングツール	22
図 13	SLAM により取得された 3D マップ	23
図 14	3D マッピング実施場所. (a)弊研究室 (b)京都 春光院 (c)グランフロント大阪 EVENT Lab.	25
図 15	3D マッピング実施の様子	26
図 16	実施場所 (c)Google Map	29
図 17	実施場所の景観	30
図 18	アンケートに用いたリッカート尺度	31
図 19	アンケート回答者の性別	32
図 20	アンケート回答者の年齢	33
図 21	アンケート回答者の国籍	33
図 22	AR を利用したことがあるか	33
図 23	利用したことのある AR システム名またはコンテンツ名	33
図 24	HMD を利用したことがあるか	34
図 25	利用したことのある HMD の名称	34
図 26	コンテンツの内容と体験実施場所の景観は調和していた	34
図 27	本コンテンツを体験した場所は魅力的であった	35

図 28	本コンテンツの景観の調和は、コンテンツのストーリー体験を増強するのに役立った	3 5
図 29	本コンテンツのキャラクタは魅力的であった	3 6
図 30	本コンテンツと景観の調和は、キャラクタの魅力を増強するのに役立った	3 6
図 31	コンテンツのプレイに関して、戸惑うことはなかった	3 6
図 32	Hololens のつけ心地はよかった	3 7
図 33	前問の理由	3 7
図 34	プレイ時間に関して	3 7
図 35	アンケートに用いたリッカート尺度	3 9
図 36	アンケート回答者の性別	4 0
図 37	アンケート回答者の年齢	4 0
図 38	アンケート回答者の出身地	4 1
図 39	アンケート回答者の職業	4 1
図 40	アンケート回答者の勤続年数	4 2
図 41	質問: AR を使用したことがあるか	4 2
図 42	質問: Hololens のような HMD 型 AR デバイスを使用したことがあるか .	4 3
図 43	アンケート回答者が使用したことのある HMD 型 AR デバイス名	4 3
図 44	『AR Yōkai』を体験してみたいと感じましたか?	4 4
図 45	『AR Yōkai』のようなコンテンツを制作してみたいと感じましたか?	4 5
図 46	この動画、および『AR Yōkai』のプロジェクトを SNS などを通じてシェアしたいと感じましたか?	4 5
図 47	『AR Yōkai』は妖怪などが登場する世界観で構築されていますが、他にどのようなような世界観の AR コンテンツを体験してみたいですか? もしあればお教えてください。	4 6
図 48	回答者による自由記述のコメント	4 8
図 49	実験で利用したアンケート	5 6
図 50	実験で利用したアンケート	5 7
図 51	実験で利用したアンケート	5 8
図 52	実験で利用したアンケート	5 9

図 53 実験で利用したアンケート	6 0
図 54 実験で利用したアンケート	6 1

1. 序論

ストーリーテリング (Storytelling) とは、実際に起きた出来事や、作品として紡がれた物語を誰かに『語る』『伝える』ことを言う。本来は人々の口を通して伝えることを指すストーリーテリングだが、近年では、デジタル技術の発展により、その手法が多様化している。現代における代表的なストーリーテリングの手法は、テレビやスマートフォン、映画などである。加えて、聞き手がストーリーの流れに干渉することができる、「インタラクティブストーリーテリング」と呼ばれるものが登場している。

この序論では、1.1 でストーリーテリングに関する背景について述べる。1.2 では、ストーリーテリングとその媒体の関係を示す。1.3 では本研究の貢献について述べる。1.4 では本論文の構成について述べる。

1.1. 背景

我々の生活のなかで、物語が果たす役割は非常に大きい。自身の経験や知識を他人に共有するとき、ただ事実を伝えるよりも物語の形式で伝えた方が理解が容易に進む場合が多い。また、物語という形式で伝えられる事によって、聞き手はその内容を時系列順に受けとる。その結果、本来は複雑な内容を段階を踏んで理解できる。また、物語という形式は受け手の情感に訴えかける作用に長けており [1], その内容をより印象的なものにすることが明らかになっている。このように、物語が持つ力というのは知識や経験を受け継いでいく上で優れた形式ということがわかる。

一方で、物語の内容を正しくあるがままに伝えたい場合、伝える媒体によって物語の解像度に差異が生じる。これは、物語を伝える媒体によって提供できる情報量が異なってくるからである。例えば、物語が口語によって伝えられるとき、語り手が経験したことのないような物語を、さも経験してきた、もしくは見てきたかのように語るのは難しい。言い換えれば、口語によって語られる物語は、語り手自身の経験によって伝えられる情報量を制限されてしまうことになる。また物語が文字によって伝達される場合も、本の著者による文章表現能力によって伝

達できる情報量に変化が生じる．このように，媒体によって物語の情報に欠落が起きてしまった場合，物語を通して本当に伝えたい内容が聞き手に伝わらないおそれがある．

しかし，技術の進歩に伴い，物語を伝える媒体はめざましく発展した．古来は口伝・文字によって伝えられた物語が，デジタル技術の普及により，TV ドラマ，映画など，明確な画像や動画として人々に伝えられるようになった．近年では VR の普及に伴い，自分が物語の中に入り込んだかのようなストーリーテリングを実現することも可能になっている．このようにストーリーテリングの手法は多様化し，解像度の向上が実現できた．しかし，依然としてストーリーテリングそのものが持っている問題点の一つに，語り手からの聞き手に対する一方的な情報伝達の形態が挙げられる．この形態は物語を要領良く相手に伝えられるという点で優れているが，聞き手側からすると，物語を聞く際は常に受動的であるため，当事者意識の欠けた状態で物語の内容を受け取ってしまう場合がある．その結果として，物語の内容を生きた知識として吸収することができない場合がある．これを解決するために登場したのが，インタラクティブなストーリーテリングである．これは，ストーリーテリングの情報伝達の形態を双方向のやり取りへと発展させたものである．例として，ビデオゲームのロールプレイングゲーム（RPG）が挙げられる．RPG において，プレイヤーはキャラクタを操作し，主人公として物語に干渉することができるようになる．これによって，物語にプレイヤーの意志や選択が入り込む余地が生まれる．プレイヤーは「これは他人の物語ではなく，自分の物語でもある」と感じる事ができ，より深く物語の内容に没入する事ができる．

ストーリーテリングのための媒体の一つとして，拡張現実感（Augmented Reality 以下 AR）が存在する．AR とは，コンピューターグラフィックスによって生成されたオブジェクトを現実空間に重畳することであたかもそれが実際に存在するかのように見せる技術である．AR を用いれば，物語の出来事を現実世界で起きているかのように見せることができる．AR を用いたストーリーテリングは実世界の環境を物語の一部として利用できるという，他の媒体にはない唯一無二の特徴がある．この特徴は，物語の情報量の観点から見て非常に強力である．すでにハンドヘルド型 AR デバイスを用いたインタラクティブなストーリーテリングのユーザの体験における有効性が，Wither ら[2]にて示されている．また，



図 1 RPG におけるインタラクションの例[3]

魅力的な場所と AR の組み合わせがユーザより物語に没入させることも同様に示されている。

従来，AR ではマーカを用いたトラッキングや，GPS を用いた位置情報による情報の提示手法が主流であり，それに関連する研究が数多く存在している．しかし近年では，Simultaneous Localization and Mapping（以下 SLAM）と呼ばれる技術を実装したヘッドマウントディスプレイ（Head-Mounted Display 以下 HMD）型 AR デバイスが開発者向けに発売された．SLAM とは，自己位置推定と環境地図作成を同時に実行するためのアルゴリズムである．このアルゴリズムの実装によって，開発者はマーカや GPS 無しで，場所や環境を基準とした AR コンテンツを作成することが容易となった．すなわち，場所を基準とした HMD 型 AR デバイスを用いたストーリーテリングコンテンツを開発する準備がハードウェアの観点から整ったといえる．ここで上げたストーリーテリング，及び AR に関する研究については，関連研究の項で詳しく述べるものとする．

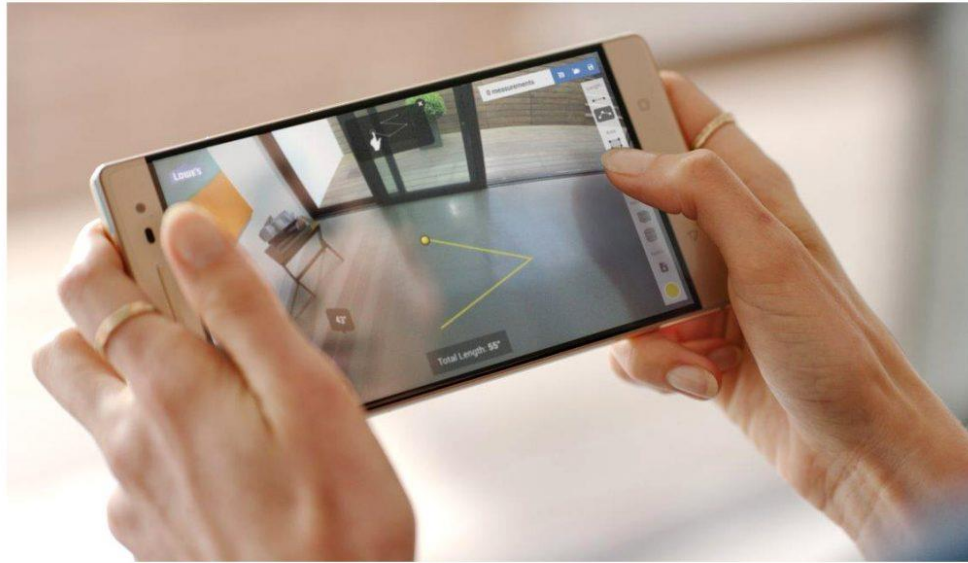


図 2 ハンドヘルド型 AR デバイス Lenovo Phab 2

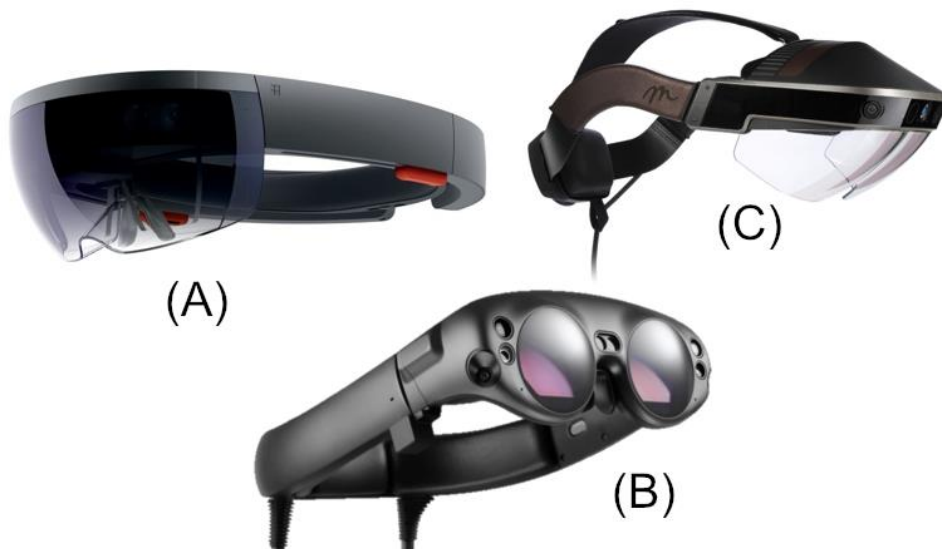


図 3 HMD 型 AR デバイス. (a)Microsoft Hololens (b)MagicLeap (c)Meta2

1.2. 本研究の目的

背景で述べた内容から，ストーリーテリングにおける解像度・当事者意識を向上させる要素を抜き出すと，以下の 3 つの要素が挙げられる．

- 多くの情報量を伝達できるメディアを用いたストーリーテリング
- インタラクティブなストーリーテリング
- ロケーションベースなストーリーテリング

本研究の最終的な目的は，上記 3 つの条件を達成したストーリーテリングを AR を用いて実現し，さらにそのストーリーテリングがユーザ体験の向上という点で HMD 型 AR デバイスにおいても有効であるかどうかを明らかにすることである．また，その過程において，SLAM の技術を用いた HMD 型 AR デバイスにおけるコンテンツの制作可能性を明らかにすることである．

1.3. 本研究の貢献

前述の通り，ハンドヘルド型 AR デバイスを用いたインタラクティブなストーリーテリングのユーザの体験における有効性が，Wither[2]らにて示されている．しかし，HMD 型 AR デバイスにおけるインタラクティブなストーリーテリングの有効性については述べられている論文はない．ハンドヘルド型 AR デバイスと，HMD 型 AR デバイスは，デバイス自体の形が大きく違っており，取り回しやすさやディスプレイ部の仕組みなども全くの別物となっている．表 1 にその特徴を示す．これらの特徴の違いから，ハンドヘルド型 AR デバイスでは適用できたストーリーテリングがそのまま HMD 型 AR デバイスに適用できない可能性がある．

よって，本論文の貢献としては，インタラクティブストーリーテリングの手法が HMD 型 AR デバイスにおいても有効であるかどうかを明らかにすることが挙げられる．また，HMD 型 AR デバイスのコンテンツやアプリケーションはまだまだ普及しておらず，その開発手法における知見が共有されていない状況にある．

表 1 AR デバイスの利点と欠点

	利点	欠点
ハンドヘルド型 AR デバイスの特徴	どこでも使える 小型・軽量 タッチパネルによるイ ンタラクション	画面が狭い カメラと肉眼の視点が 異なる 基本的に 2 次元で表示さ れる
HMD 型 AR デバイスの 特徴	常時装着によりどこで も使用できる	デバイスが重い 視野が狭い 周辺視が遮られる

よって本研究のコンテンツ開発を通して得られた情報や知見をもとに、SLAM の技術を用いた HMD 型 AR デバイスにおけるコンテンツの制作可能性を明らかにする。

1.4. 本論文の構成

以降、2 章にてストーリーテリングに関連する研究について説明し、本研究の位置づけについて述べる。3 章では、我々が本研究のために開発したコンテンツ、AR Yōkai: A Situated Augmented Reality Ghost Story について述べる。また、開発の際に場所を基準にした AR コンテンツを実現するためのパイプラインの提案とそのためのオーサリングツールについても述べる。4 章では、我々のシステムの有効性評価について、その手法、結果、考察を述べる、最後に 5 章で、本研究のまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究及び本研究の位置づけ

2.1. ストーリーテリング

Kerstin[4]らは、自伝的記憶における理論が、仮想環境下においてどのように適用できるかについてストーリーテリングの観点から述べている。彼らは仮想空間上でストーリーテリングを行う際のアプローチとして、魅力的な仮想空間環境を構築し、ユーザの認知ニーズを満たした上で、物語を再構築するという手法を取っている。ここでいう認知ニーズとは、物語の観点から世界を解釈し、理解し、対話したいという潜在的な欲求のことを言う。仮想空間にはさまざまなキャラクターや動物が配置されており、仮想空間の設計者は、これらの配置されたキャラクターやオブジェクトに機能や役割を割り当てることができる。ユーザは役割を割り当てられたオブジェクトとインタラクションをすることで、物語を体験していく。この手法は以下に述べる殆どの関連研究に応用できるが、分岐型のストーリーテリングに応用する場合、分岐に対応するためのメディア資産を用意しなければならない。通常、メディア資産は大量に用意するのが困難であるため、現実的な分岐量に留める必要がある。

2.2. インタラクティブなストーリーテリング

Nakatsu ら[5]は新しいメディアを用いたストーリー体験の端緒として、インタラクティブ映画システムのコンセプトとその構成例を提案した。インタラクティブ映画では、視聴者は映画内の登場人物とインタラクションを行う。映画のストーリーは、インタラクションによって分岐していく仕組みになっている。これにより、参加者にインタラクションを介して主体性を持ったストーリー体験を味わわせる事ができる。しかし、このインタラクティブ映画の実現のためには、登場人物として人間に似た、自然に演技させることが可能なキャラクターを生成する必要がある。Netflix 社は実際に Kids Interactive Adventure[6]という視聴者参加型のストーリーテリングコンテンツを配信している。Cavazza ら[7]は、仮想キャラクターとのインタラクションを用いたストーリーテリングシステムを構築した。彼らはキャラクターに対するインタラクションのメカニズムを仮想物体との



図 4 Kids Interactive Adventure[6]

直接的な物理的干渉と、音声理解による相互作用の 2 つに分類した．この 2 つのインタラクションを実行することで、ユーザはストーリーに介入することができる．

ストーリーを含んだコンテンツは、エンタテインメントと親和性が高いが、その構成方法はクリエイターの経験や能力に依存している．その問題を解決するため、Hoshino[8]は、ストーリー型インタラクティブシステムを容易に構築するための基盤システムについて、その概要を述べている．Schneider[9]は、インタラクティブなストーリーテリングのための基礎的なオーサリングツールである Storyworld を開発した．また、インタラクティブなストーリーテリングにおける連鎖的なエピソードの発生を目指し、Nakano ら[10]はエピソードツリーによる創発型ゲームを生成するための手法を提案した．これにより多様なエピソードの連鎖を容易に生成し、鑑賞することができる．しかし、ストーリーが長期化しエピソードツリーが増加すると、ストーリー展開を十分に制御できなくなる、といった欠点も存在する．

2.3. AR を用いたストーリーテリング

Cheok ら[11]は、複合現実空間とウェアラブルコンピュータに基づく対話型の演劇を提案した。Awaii ら[12]は、子供向け電子絵本における集中力持続のために、AR を用いたマルチモーダルなインタフェースを提案した。また、彼らは提案方式の有効性の確認のため、論文内で示したシステム構成の主要部分を MU³ PictureBook という名の電子絵本システムとして試作した。Billinghurst ら[13]は、AR マーカーが描かれた本である Magicbook を使用したアプリケーションを提案した。この Magicbook を発展させることで、Saso ら[14]は、AR を表現として用いた子供向けのポップアップブックを提案した。Carmen ら[15]は、本の形態をとっていた Magicbook に対して、AR マーカーが描かれた立方体を利用したストーリーテリングシステムを提案した。これらの研究においては、ストーリーテリングのため手法の提案にのみとどまっており、AR を用いることによるストーリーテリングの観点からの利点や、AR とストーリー体験の関係については述べられていない。

Bimber ら[16]は、独自に制作したヴァーチャルショーケースを用いて AR ストーリーテリングを行い、旧来のメディアを用いたストーリーテリングとの比較を行っている。

これらの研究は、AR という技術をストーリーテリングに応用しているが、使用するデバイスについては特に述べていない。よって本節では AR を用いたストーリーテリングについて、デバイスの種類を以下の 2 つに分類し、それぞれのデバイスに関連する研究について詳述する。

- ・ハンドヘルド型 AR デバイスにおけるストーリーテリング
- ・HMD 型 AR デバイスにおけるストーリーテリング



図 5 電子絵本システム MU³ PictureBook[12]

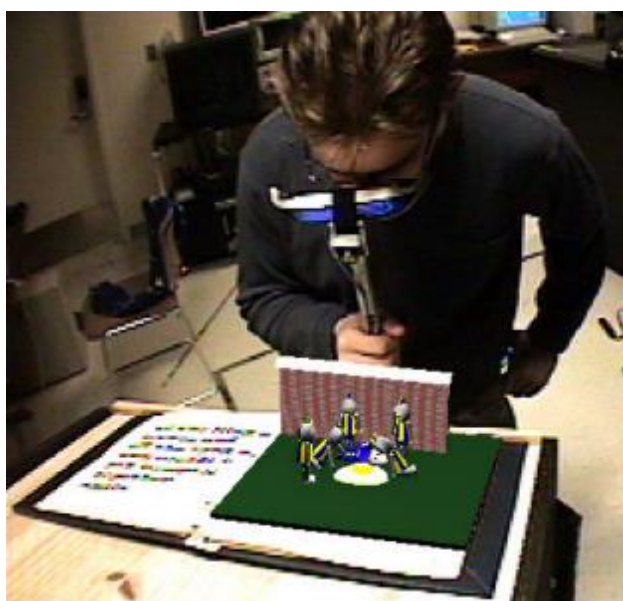


図 6 Magicbook[13]

2.3.1. ハンドヘルド型 AR デバイスにおけるストーリーテリング

ゲーミフィケーションの要素を含んだ AR コンテンツのストーリー作成を促進させるため，Vera ら[17]は AR シナリオ制作ツールである **SituAR** を開発した．**SituAR** はスマートフォンにて利用することができ，ソーシャルメディアとしての機能も備えている．これを利用することで，ユーザは制作したシナリオを共有することができる．Rodrigo ら[18]は，フィリピンの地区であるイントラムロスの歴史を，AR を用いて学ぶことのできる **Igpaw: Intramuros** を開発した．ユーザはスマートフォンにインストールされた **Igpaw** を通して，過去のイントラムロスの人物を模したキャラクターとインタラクションを行うことができる．また Lee ら[19]は，地震によって被害を被った都市を対象にした **CityViewAR** を開発した．ユーザは **CityViewAR** がインストールされたスマートフォンのカメラを通した画面を見ることで，地震が起きる前の都市の姿を確認する事ができる．彼らはこのような AR アプリケーションが，都市規模の観光や屋外のガイドのために役立つと述べている．また，歴史的なストーリーを伝える手段として，Hardenberg ら[20]らは **Timetraveler** プロジェクトを実施した．彼らは AR を

用いてベルリンの建築物の壁に対し，1989年のベルリンの様子を重畳した．重畳したされた壁には当時のベルリンの様子が克明に映し出されており，ARを通して印象的な歴史を伝えることに成功している．Witherら[2]はハンドヘルド型ARデバイスとして用いたロケーションベースの線形型ARストーリーテリングを提案した．この研究では1962年に亡くなったマリリン・モンローの生前のストーリーを，実環境に紐付けたARを用いて伝えている．彼らはこの研究を通して，ARと魅力的な場所の組み合わせがユーザを物語に没入させたと結論付けている．



図 7 Timetraveler The Berlin Wall[20]



図 8 Igpaw: Intramuros[18]

2.3.2. HMD 型 AR デバイスにおけるストーリーテリング

Holweg ら[21]は、ハイデルベルク城の歴史の物語を HMD 型 AR デバイスを用いて解説する Geist project を実施した。その際に、主なシナリオは 2.2 で示したストーリー構築ツールである Storyworld[9]を用いて制作された。しかし、ストーリーテリングにおける HMD 型 AR デバイスの有効性に関しては述べられていない。また、HMD 型 AR デバイスを用いた研究でストーリーテリングに着目した研究は、現在のところほとんど行われていない。

2.4. ロケーションベースのストーリーテリング

Azuma[22]はメディア論の観点から、ロケーションベースの AR ストーリーテリングはいまだ手探りの段階にあり、未熟であるという見解を示した。しかし彼は、その様子が映画の開発の初期段階を思い起こさせることについて触れ、今後、ロケーションベースド AR ストーリーテリングにおける先駆者たちが新しいメディアとしての問題を払拭するだろうと述べている。Kampa ら[23]は、屋外の博物館向けロケーションベースの AR ストーリーテリングの作成を支援するためのマー

クアップ言語, STARMML を開発した. また, 彼らはロケーションベース AR コンテンツの制作段階における諸問題を「現地でのデバッグ」, 「ストーリーの視覚化問題」, 「ストーリーの構造化問題」, 「ストーリーテスト」の 4 つに分類し, それらを解決するためのツールを開発した. しかし, ロケーションベースであることがストーリーテリングに影響を及ぼすのかどうかについては言及していない.

2.5. 本研究の位置づけ

インタラクションの要素を含んだストーリーテリングは, ユーザを物語に没入させるために有用である. また, AR デバイスを用いたロケーションベースのコンテンツは, 物語をより魅力的にすることがわかっている[2]. しかし, これが適用できるとされているのは, 現在のところ, ハンドヘルド型 AR デバイスのみである. よって本研究の目標は, インタラクティブ AR ストーリーテリングという手法の物語における優位性が, HMD 型 AR デバイスにも応用できるかどうかを明らかにすることである.

また, AR コンテンツにおけるストーリー制作をサポートするツールや方法論が数多くの論文で述べられているが, HMD 型 AR デバイスのコンテンツ制作における方法論やパイプラインについては記述がない. これは, HMD 型 AR デバイス向けのコンテンツやアプリが普及していないことが原因である. よって本研究では, HMD 型 AR デバイスのコンテンツ開発のためのパイプラインを提案する.

3. HMD 向け AR コンテンツ「AR Yōkai: A Situated

Augmented Reality Ghost Story」の開発

本研究では，インタラクティブ AR ストーリーテリングという手法の物語における優位性を HMD 型 AR デバイスで確認するにあたって，独自の HMD 型 AR デバイス向けコンテンツを開発した．本節では，その「AR Yōkai: A Situated Augmented Reality Ghost Story」というコンテンツについて，以下の要素に分けて示す．

- コンテンツ概要
- システム構成
- ストーリー設計
- 制作パイプライン

また，本コンテンツ開発のために構築した制作パイプラインに対する考察を述べる．

3.1. コンテンツ概要

本コンテンツは，HMD 型 AR デバイスにおけるインタラクティブ AR ストーリーテリングの有効性を明らかにするため開発された．またその過程において，HMD 型 AR デバイスのコンテンツ開発のためのパイプラインを構築した．また，本コンテンツは現実世界の雰囲気や実際に配置されている物体をもとに AR オブジェクトやキャラクタをセッティングし，実世界の環境と AR を高い次元で融合させた世界観をプレイヤーに体験させる内容になっている．コンテンツのテーマとして，日本古来のキャラクタである妖怪を選択した．日本のお寺や神社など，いかにも妖怪が出てきそうな現実環境や場所を選定し，その環境に即した AR コンテンツを制作した．

3.2. システム構成

本コンテンツは Microsoft 社より発売している HMD 型 AR デバイス, Hololens のためのコンテンツとして設計された。Hololens を採用した理由としては, SLAM アルゴリズムを使用できる HMD であったこと, コンテンツに要求されるスペックを満たしていたことが挙げられる。また, コンテンツそのものの制作には, ゲームエンジンの Unity をベースに弊研究室の D1 学生とともに開発した独自のオーサリングツールを使用した。オーサリングツールについては 3.4.3 にて述べる。

3.3. ストーリー設計

本研究におけるコンテンツの流れを以下に示す。コンテンツが開始すると, プレイヤーは妖怪「ぬらりひょん」からプレイヤー自身が置かれた状況について説明を受ける。その内容は以下のとおりである。

- プレイヤーは妖怪の世界と現実世界の間に入り込んでしまった。
- プレイヤーはこの付近に隠れている妖怪達を見つけ出し, 彼らを元の世界に返す必要がある。
- すべての妖怪を発見することで, プレイヤーは現実世界に帰還することができる。

これらの内容は, 本コンテンツの趣旨と達成条件を世界観に即した形でプレイヤーに伝えるための説明を含んでいる。これによって, プレイヤーは速やかに本コンテンツの物語に足を踏み入れる事ができる。また, どうすればコンテンツをクリアできるのかを理解することができる。

以降, プレイヤーは配置された妖怪たちを見つけ出すフェーズに移行する。この時見つけだす妖怪は順不同で配置されており, 見つけ出された際, それぞれが独立した反応を行う。この際, クリアに必要な妖怪の数は, 実環境の大きさや周囲の物体によって配置数が変わるため, 一定でない。

3.4. 制作パイプラインについて

本コンテンツを制作するにあたって、HMD 型 AR デバイスのコンテンツを制作するためのパイプラインを構築した。以下、パイプラインを 4 つの要素に分類し、個別に詳述する。

- アセット制作
- SLAM を用いたマッピング
- オーサリングツールの開発
- コンテンツ実施場所における調整

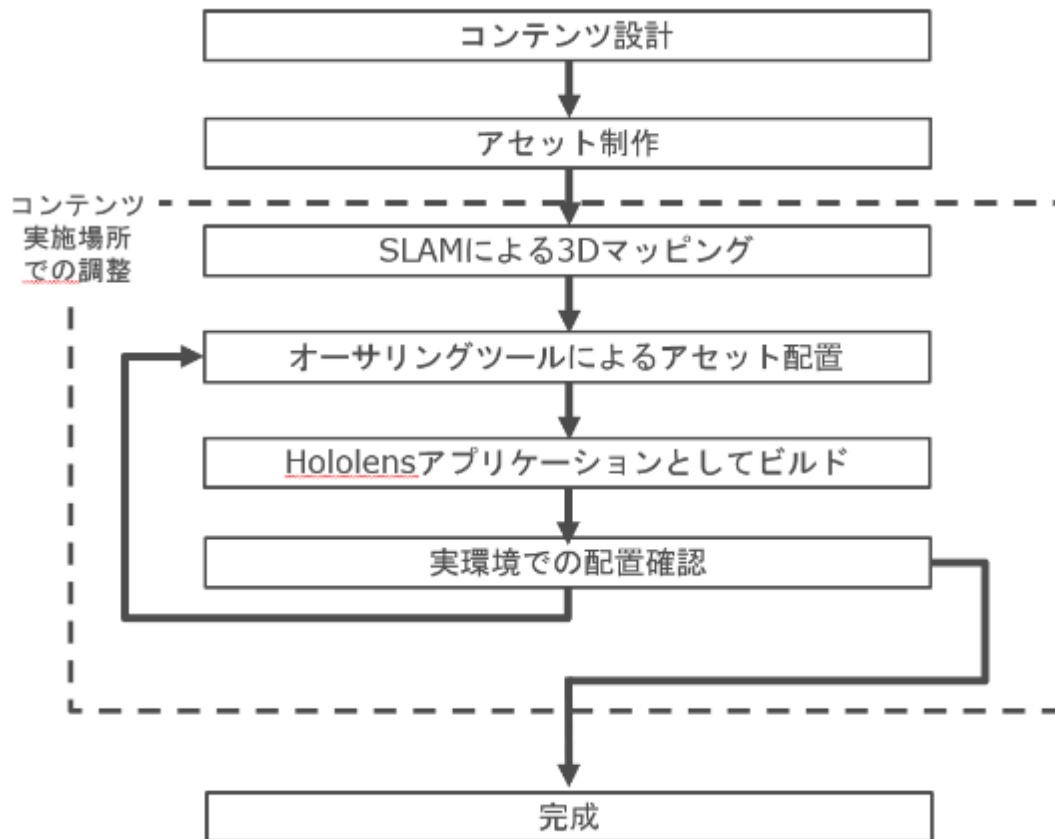


図 9 HMD 型 AR デバイスのコンテンツ開発のためのパイプライン

3.4.1. アセット制作

コンテンツを開発するためのアセットとして、キャラクターを表現するために、複数の 3D モデルを制作した。3D モデルには、アニメーションを利用するためにリギングを行った。3D モデルの精細感や実在感は、一般的にどれくらいのにポリゴン数をモデルに使用できるかに依存している。しかし、Hololens のコンテンツは Hololens のスペック上、表示できるポリゴン数に制限があった。そのため、本コンテンツでの 3D キャラクタは、一つにつき 5000~6000 ポリゴンまでという制限をかけている。モデリング、アニメーション、リギング及びモーフ制作のためのツールには MAXON Computer 社の CINEMA4D Student を使用した。

モデルの質感を表現するために、複数のテクスチャを制作した。制作したテクスチャは、RGB 情報を表現するための Diffuse テクスチャ、モデル表面の凹凸を仔細に表現するための Normal テクスチャの 2 つである。Diffuse テクスチャの作成には主に Foundry 社の Mari を使用した。また、妖怪の質感については、世界観の統一などの目的から、すべての 3D モデルが浮世絵に書かれた妖怪を参考にしている。テクスチャの微調整の際には Affinity 社から発売されている Affinity designer, Affinity photo を使用した。また、Normal テクスチャの作成には Pixologic 社が発売している Zbrush Core を用いた。Normal テクスチャの制作の手法として、まず Zbrush にてハイポリゴンモデルを制作した。次にリトポロジを行い、ローポリゴンのモデルを用意する。最後に焼き込み機能を用いてハイポリゴンモデルのディティールをローポリゴンモデルへ転写する。

コンテンツ内で妖怪が発見された際の効果音や BGM については Creative Commons の条件下で公開されているものや、非商用での利用が許諾された音楽を使用した。また、コンテンツのストーリーを伝える上で、妖怪たちのセリフを音声データとして録音し、使用する必要があった。妖怪たちの声は、著者によって演じられた他、弊研究室の修士 2 年の学生 2 人にも演じてもらい、その中から最もその妖怪のイメージに近いものを採用した。

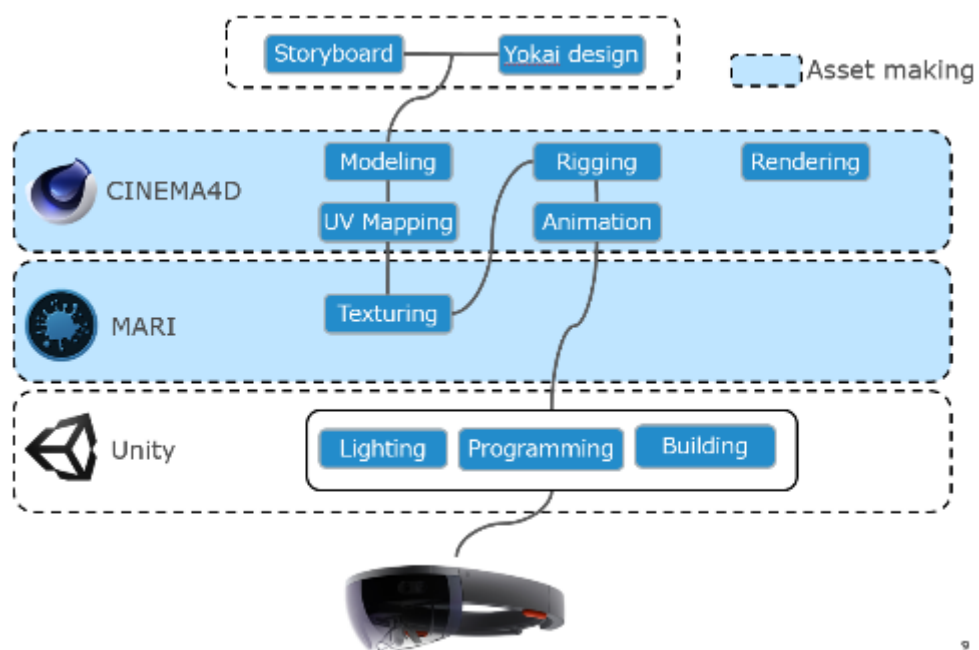


図 10 アセット制作のワークフロー

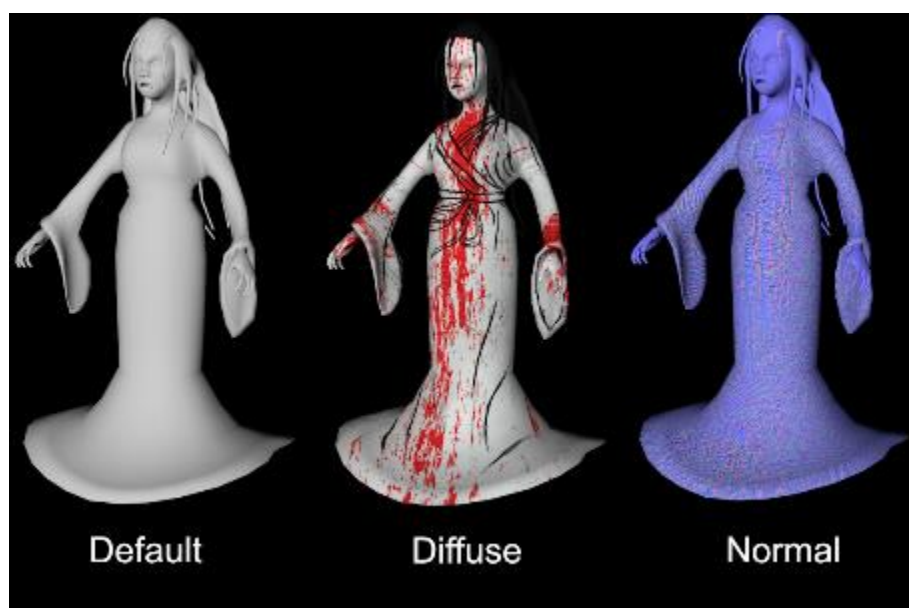


図 11 左から Default, Diffuse テクスチャ, Normal テクスチャを適用した 3D モデル

3.4.2. SLAM を用いたマッピング

環境に依存したコンテンツを制作するための準備として、コンテンツ実施場所の選定を行う必要がある。また、コンテンツの AR キャラクタと場所の位置合わせを行うために、コンテンツの実施場所の 3D マッピングをする必要がある。3D マッピングには、HMD に実装されている SLAM を用いる。SLAM とは、自己位置推定と環境地図作成を同時に行うアルゴリズムであり、これを用いることで、自身が今どこにいて、そしてどのような姿勢をしているのかをセンサデータより推定することができる。Hololens では、この機能は Spatial mapping という名前で提供されている。

3.4.3. オーサリングツールの開発

アセットを実世界に配置するツールとして、ゲームエンジンの Unity をベースにしたオーサリングツールを開発した。ロケーションベースのコンテンツを通常

の手法で開発する際の流れは、アセットとの制作、実環境の 3D マッピング、3D マップをもとにしてアセットの配置、実環境での動作テストとなる。しかし仮に実環境での動作テストが想定通りではなかった場合、アセットの配置への手戻りが発生する。コンテンツ実施場所が開発環境の付近であれば、その負担はさしたる物ではないが、その距離が離れれば離れるほど、手戻りのコストは跳ね上がる。また、実環境を見ながら配置を行う場合と、取得された 3D マップのみを参考にして配置を行う場合とでは、コンテンツ設計者の意図したコンテンツの再現度に差異が生じる。

そこで我々は、現地での 3D アセットの配置、修正、及びコンテンツの実行を容易にするオーサリングツールを開発した。このオーサリングツールは、前述の SLAM による実環境のマッピング機能を統合しており、SLAM を用いたマッピング→アセット配置→実環境でのテストの工程を容易に行うべく開発したツールである。

Hololens では、特にアセットに配置に関する設定を行わない場合、Hololens の位置を基準にコンテンツが実行される。これは、本コンテンツにおいては、Hololens を装着したユーザの立ち位置、及び身長で妖怪の配置位置が変わることを意味する。これを避けるためには、コンテンツの座標初期化のための位置を決めておき、そこに Hololens を配置してコンテンツを開始する方法があげられる。しかし、コンテンツは本来、さまざまなユーザに体験してもらうのが前提である。よってコンテンツを実施するたびに Hololens を初期化位置に配置するのは、非常に煩わしい手順となる。

このような自体を避けるために、Hololens には空間アンカーという機能が実装されている。空間アンカーとは、Hololens に表示される 3D オブジェクトが正しく、かつ確実に実環境の所定の位置に留まるための機能である。空間アンカーは、他の空間アンカーや実環境の静止座標系に対して必要に応じて調整される座標系を有している。また、設置された空間アンカーをセーブしたり、セーブされた空間アンカーをロードしたりする事で、Hololens アプリケーションはセッションをまたいで一意的な座標を利用する事ができる。この機能により、いつでもホログラムを正しい位置に表示する事ができ、システムは実世界の状況に沿った形で、時間が経過しても 3D オブジェクトを同じ場所に表示できるようなる。このように、空間アンカーは実世界の固定位置に 3D オブジェクトを配置するため

の非常に利便性の高い機能である。しかし、一度配置された空間アンカーは移動させる事ができない、という制限がある。

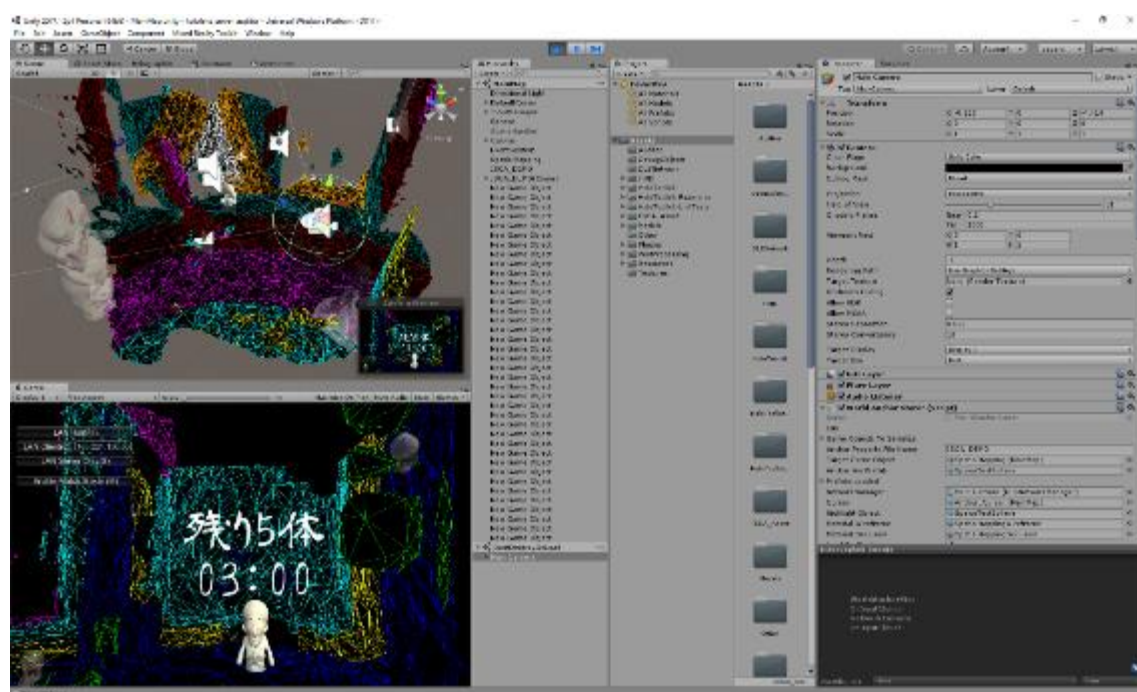


図 12 Unity を用いたオーサリングツール

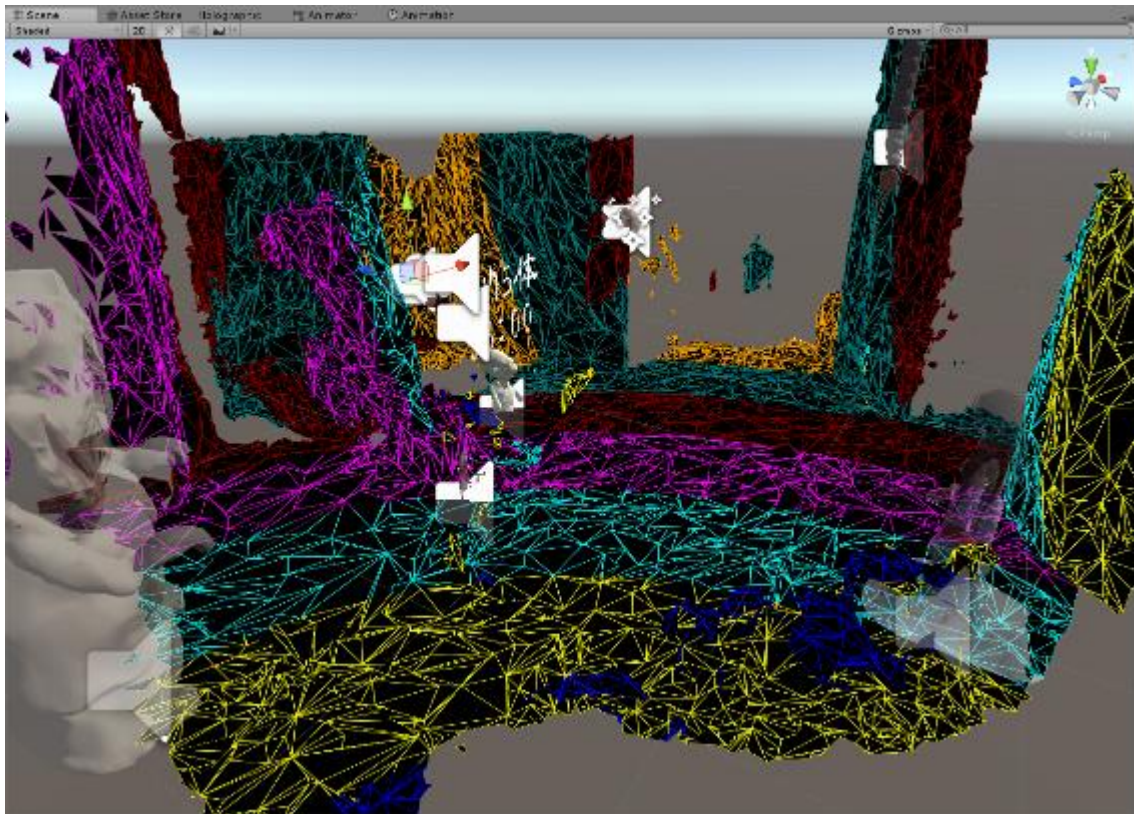


図 13 SLAM により取得された 3D マップ

3.4.4. コンテンツ実施場所における調整

コンテンツを制作した後、正しい実環境の位置に表示されるかを確認する必要がある。もし 3D モデルの位置が正しくない場合は、オーサリングツールにて再度配置の調整を施す必要がある。

3.5. 制作パイプラインに対する考察

今回のコンテンツ制作にあたって構築したパイプラインに対しての考察を行う。まずはアセット制作について考察していく。今回のパイプラインで制作したアセットは、ほとんどが期待通りに機能したが、一部の 3D モデルでは可視性

の問題が生じた。光学透過型 HMD の AR デバイスを使用したコンテンツは、実環境の照明の影響を受けやすい。そのため、過度な照明や太陽光の影響下にある環境では、一部の 3D モデルの認識が困難となった。主に認識が困難となった 3D モデルは、Diffuse テクスチャが白を基調としたものであった。これを避けるためには、事前にコンテンツを実施する場所の環境光を調べておき、強い環境光下にある場所では白色をベースにした 3D モデルの配置を禁止する、もしくは白色をベースにした 3D モデルそのものの制作を禁止することが必要である。この現象は、Hololens の投影のための光量を最大に設定することである程度回避できる。しかし、光量の最大化により、Hololens のバッテリーの消費速度が早くなるため、推奨できない。

次に、SLAM を用いたマッピングについて考察する。マッピングを行うにあたって、コンテンツ領域を指定する必要があった。ロケーションベースのコンテンツにおいて、どこまでをコンテンツ実施場所として指定するかは、最初に決定すべき重要な要素である。この指定を明確に実施しなければ、ユーザはどこまでがコンテンツ領域なのかが判断できない。まず、今回のコンテンツでマッピングを行った空間 3 ヶ所を以下に示す。

- 弊研究室 約 30m²
- 京都 春光院 約 50m²
- グランフロント大阪 EVENT Lab. 約 10m²

すべての空間において、SLAM による 3D マッピングは正しく動作した。しかし、マッピングする範囲が広くなるにつれて、3D マップの保存と読み込みに時間がかかるようになった。現時点で Hololens における 50m² を超える範囲のマッピングの成功は保証できていない。次にコンテンツ領域の確保について述べる。領域確保の指針として目安となるのは、領域の境界線として利用できそうな空間的特徴や遮蔽である。上記 3 ヶ所のうち、弊研究室及び春光院は壁を領域確保の目安として使用できた。他方、グランフロント大阪の EVENT Lab. はそのような遮蔽も、空間的特徴も存在しなかった。このように、コンテンツの領域を明確に示せない場合、コンテンツ実施前に地図を渡す等の方法でユーザに領域の範囲を伝える必要がある。もしくは、AR を用いた仮想的な壁などを表示し、明示的に



(a)



(b)



(c)

図 14 3D マッピング実施場所. (a)弊研究室 (b)京都 春光院 (c)グランフロント
大阪 EVENT Lab.

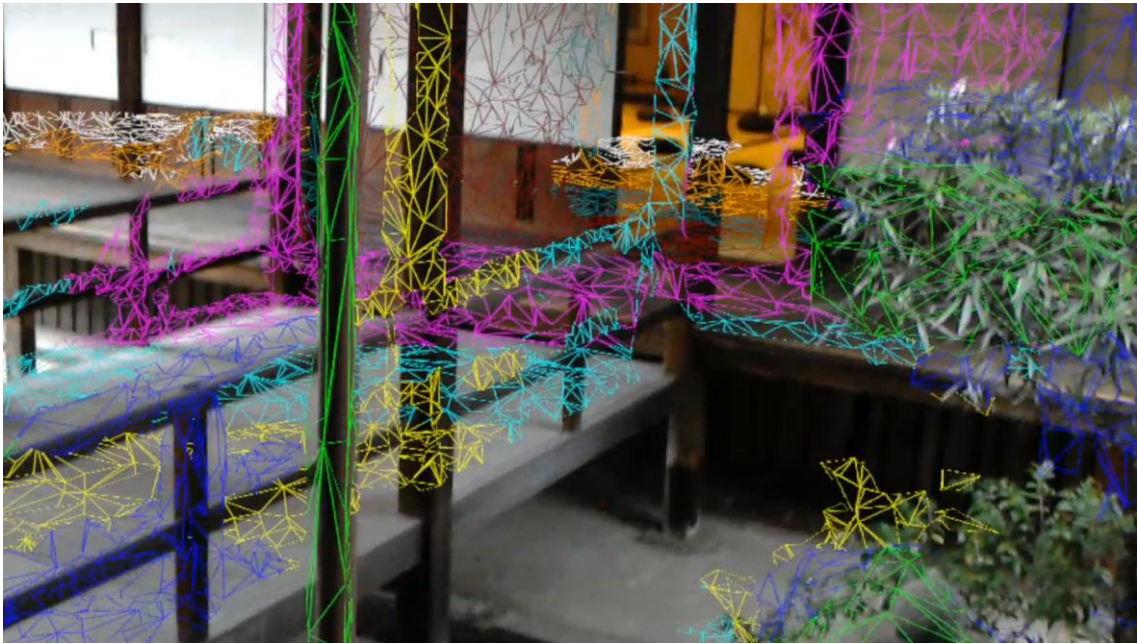


図 15 3D マッピング実施の様子

領域の境界を示す方法が考えられる。

次に、オーサリングツールの開発について考察する。前述の通り、オーサリングツールは現地で 3D マッピングと 3D モデルの配置を一度に行うために開発を行った。これにより現地での 3D マッピングの後、速やかに配置に移ることができた。またコンテンツの実行による配置場所の確認と再調整のサイクルを格段に早めることができた。一方で、ツールとして誰もが容易に利用できるものではなく、Hololens のコンテンツの開発に精通している人物が使用する必要がある。また、開発期間の都合上、本来必要な情報の提示を省いており、開発した人間しか知り得ない使用上の暗黙の了解などが存在する。これはオーサリングツールそのものの作り込みに起因する問題であり、今後のツールの改善で解決できると考える。

次にコンテンツの実施場所における配置調整について考察する。3D マッピングと同様に、上記 3 ヶ所にて調整を行った。3 ヶ所全ての配置において、特に視認性の確保と遮蔽物に配慮する必要があった。最初に配置における視認性の確保

について述べる．アセットの開発の考察で述べたように，実環境下では 3D モデルの色調に注意して配置を行う必要がある．また，強い環境光の付近への配置は避けるべきである．次に，遮蔽物の多い環境での配置について述べる．配置を実施した 3 ヶ所のうち，遮蔽物が多かったのは弊研究室と春光院であった．遮蔽物が多い場合，配置場所によっては 3D モデルが隠れてしまい，ユーザが視認できない可能性があった．これを避けるための対策として，事前にコンテンツでユーザが通過するルートを決めておき，その経路から視認できる位置に 3D モデルを配置することが挙げられる．

4. HMD 型 AR デバイスにおけるストーリーテリングの有効性評価

4.1. 実験概要

本節では，HMD 型 AR デバイスを用いたストーリーテリングがどれだけ有効なのかを評価するために，2 つの実験を行った．

- 1) 実際にコンテンツをプレイしてもらいその後アンケートを実施
- 2) ストーリーテリングに関する専門家の方々を対象にアンケートを実施

以下，上記 2 つの実験について述べる

4.2. 実験 1

4.2.1. 実験環境

被験者には，屋外のとある地点でコンテンツを実際に体験するように依頼した．コンテンツの体験中は，ユーザの頭部の座標と回転を Hololens のジャイロセンサにて記録した．被験者には体験後，コンテンツについてのアンケートに回答してもらった．

今回コンテンツ実施場所として選定したのは，奈良先端科学技術大学院大学付近の街道である．以下にその景観を示す．

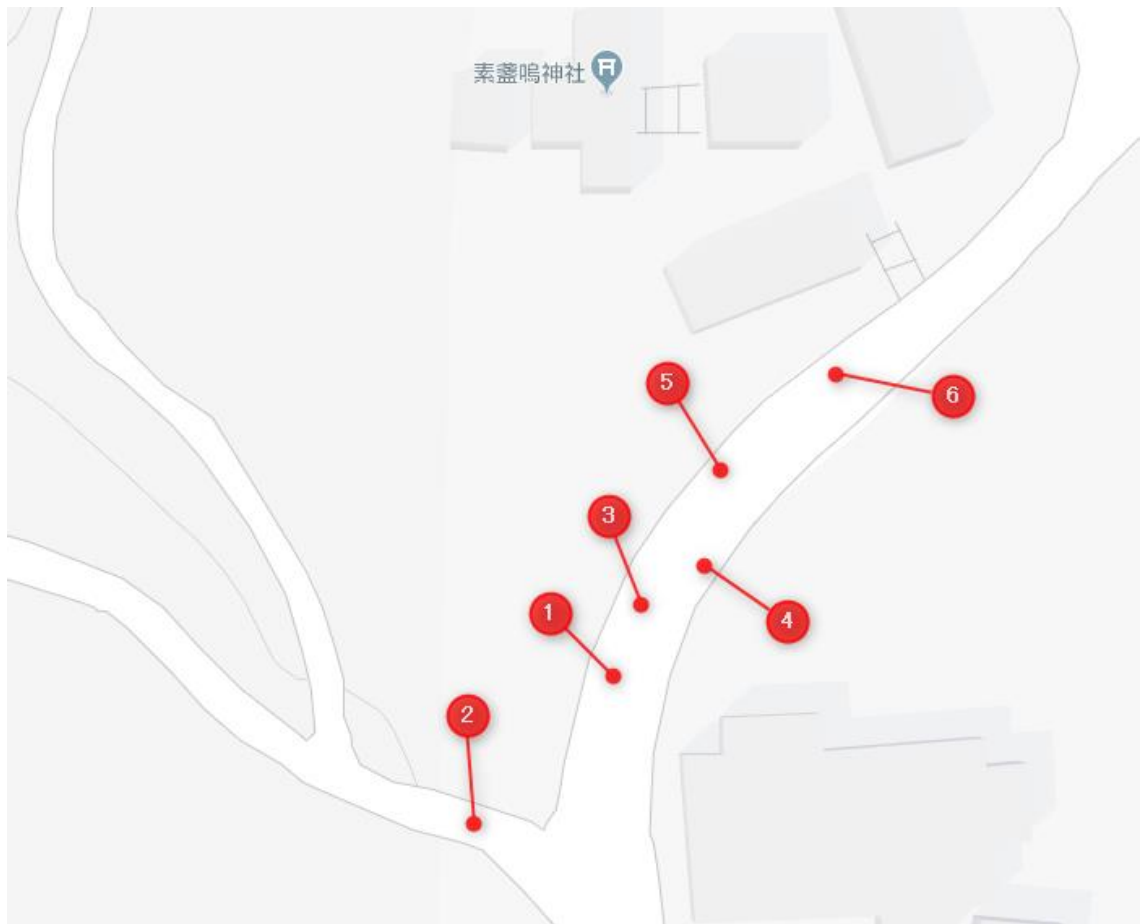


図 16 実施場所 (c)Google Map



図 17 実施場所の景観

また、実施場所の番号はそれぞれ、配置された妖怪の位置を示している。以下、その内容を示す。

- 1) ぬらりひょん
- 2) ぬりかべ
- 3) 提灯お化け
- 4) 怨霊
- 5) 化け草履
- 6) 大百足

4.2.2. アンケート概要

回答者の属性を分類するために、性別や年齢などについての質問を行った。そのときに用いた属性設問の内容を表 2 に示す。その後、AR Yōkai のコンテンツについての質問を行った。その際の質問の内容を表 3 に示す。質問 1～4 に関しては、屋外の景観がコンテンツの体験に対してどのような影響を及ぼしたのかを調査するため設けた質問である。質問 5～7 は AR コンテンツとしての改善点を調査するための設問である。それぞれの質問は 5 段階のリッカート尺度となっている。アンケートに用いたリッカート尺度を以下に示す。

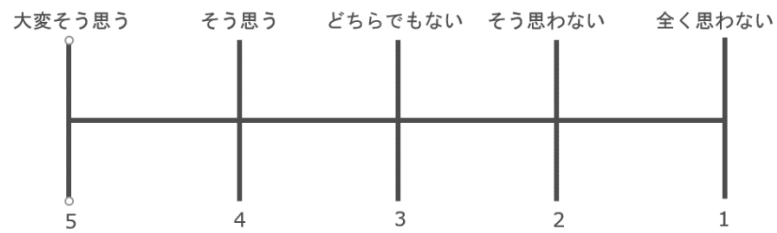


図 18 アンケートに用いたリッカート尺度

表 2 アンケートに用いた属性設問

属性設問 1	性別を教えてください
属性設問 2	年齢を教えてください
属性設問 3	国籍を教えてください
属性設問 4	AR を利用したことはありますか？
属性設問 5	全問にて『ある』と回答された方は、利用したことのあるシステム名，コンテンツ名をお答えください
属性設問 6	HMD 型 AR デバイスを利用したことはありますか？
属性設問 7	全問にて『ある』と回答された方は、そのデバイス名をお答えください

表 3 アンケートに用いた質問

質問 1	本コンテンツ内容と体験実施場所の景観は調和していた
質問 2	本コンテンツを体験した場所は魅力的であった
質問 3	本コンテンツと景観の調和は、コンテンツのストーリー体験を増強するのに役立った
質問 4	本コンテンツに登場したキャラクタは魅力的であった
質問 5	本コンテンツと景観の調和は、キャラクタの魅力を増強するの

	に役立った
質問 6	コンテンツのプレイに関して、戸惑うことはなかった
質問 7	『そう思わない』『全く思わない』と解答された方は、その理由をお答えください

4.2.3. アンケート結果

実施したアンケート結果について述べる．有効回答数は 4 であった．最初に，属性設問についての回答を以下に示す．

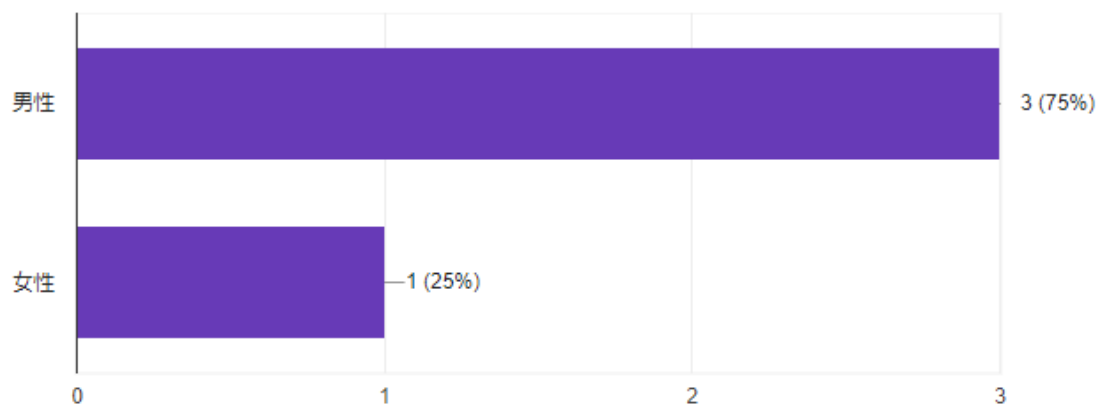


図 19 アンケート回答者の性別

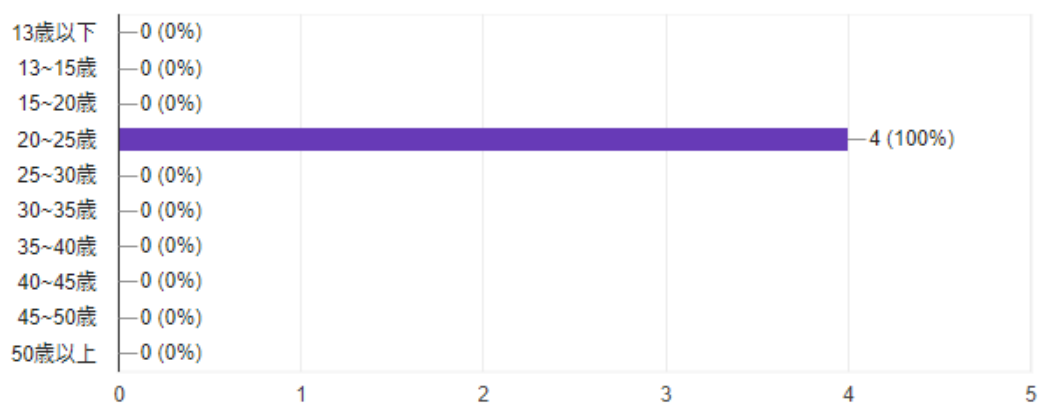


図 20 アンケート回答者の年齢



図 21 アンケート回答者の国籍

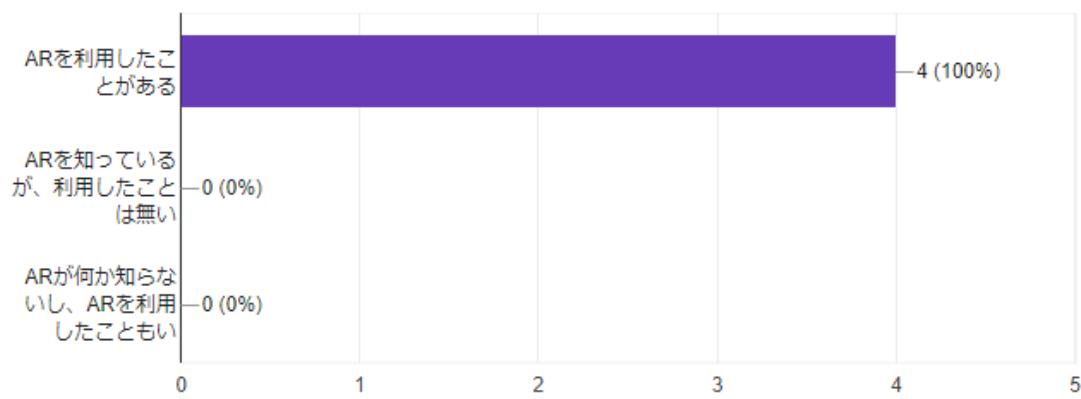


図 22 AR を利用したことがあるか

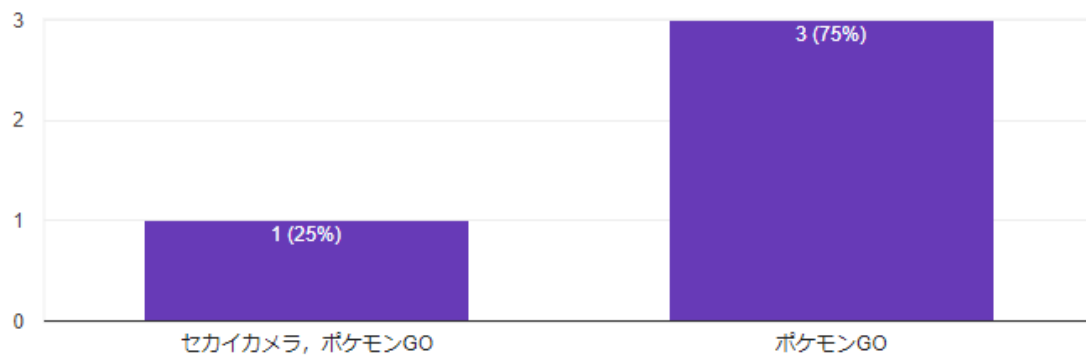


図 23 利用したことのある AR システム名またはコンテンツ名

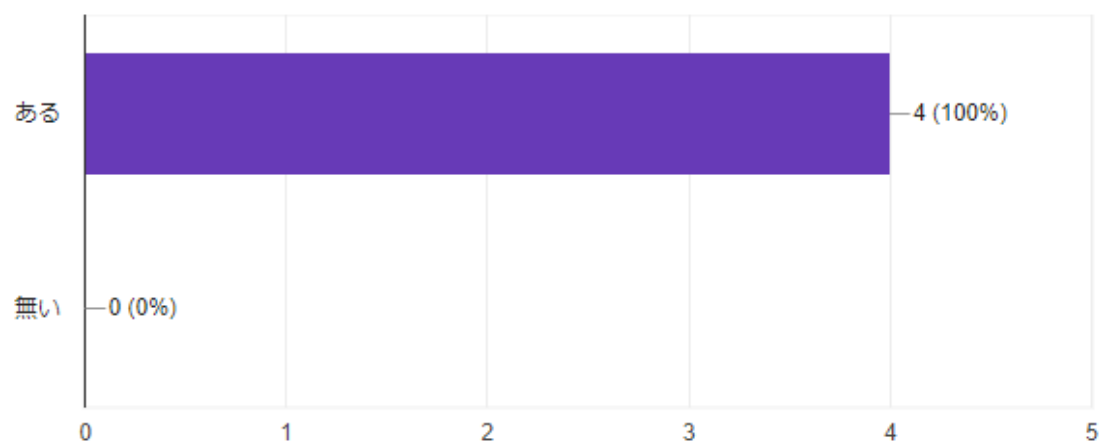


図 24 HMD を利用したことがあるか

Hololens
ホロレンズ
Hololens, Oculus, Moverio T-200

図 25 利用したことのある HMD の名称

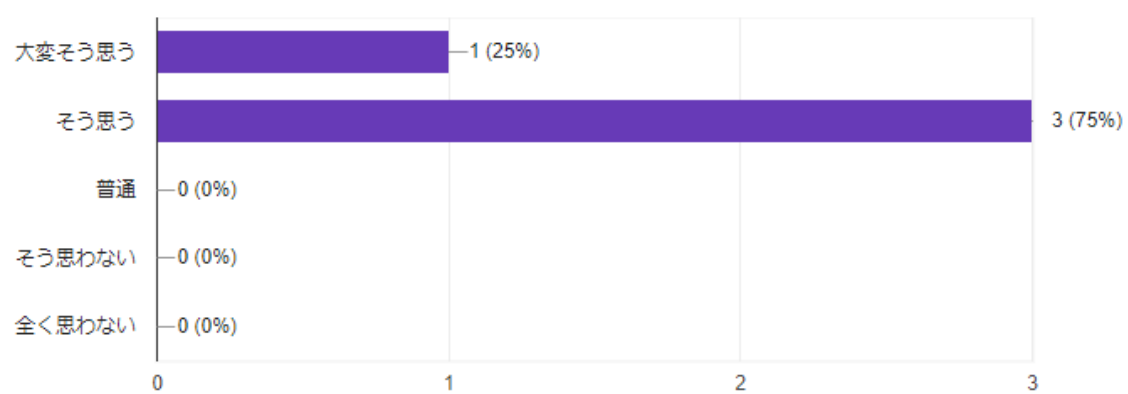


図 26 コンテンツの内容と体験実施場所の景観は調和していた

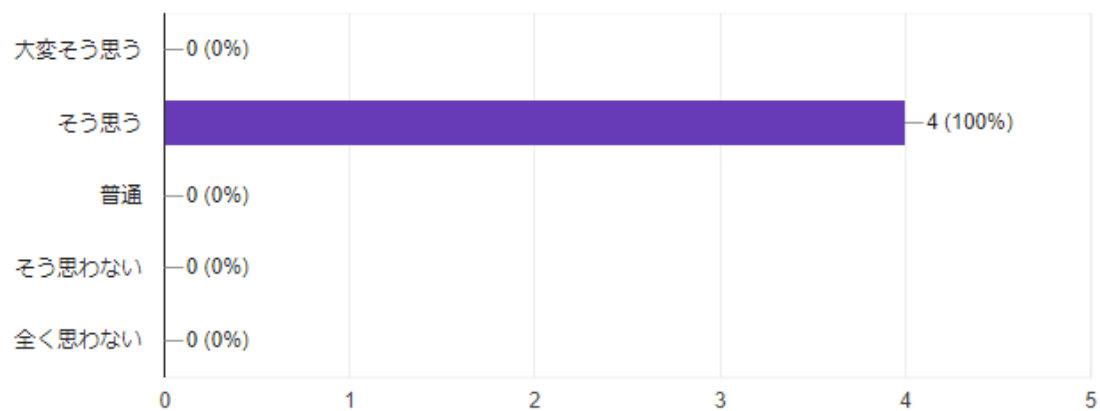


図 27 本コンテンツを体験した場所は魅力的であった

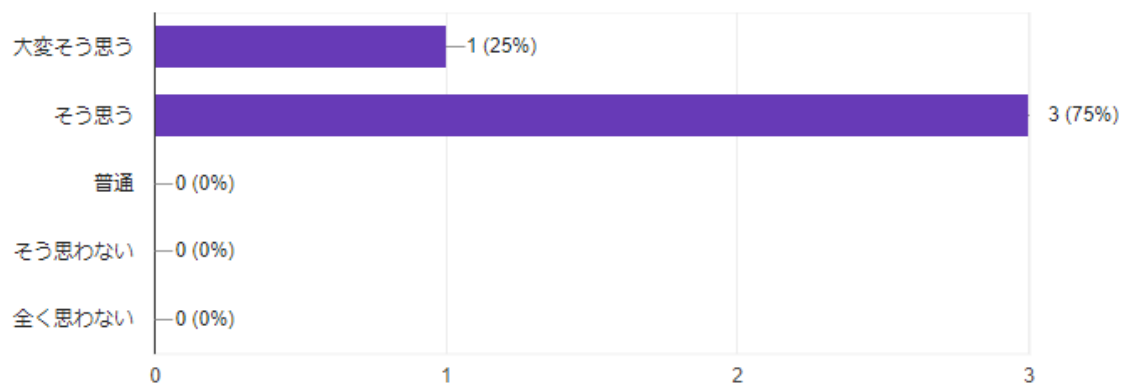


図 28 本コンテンツの景観の調和は、コンテンツのストーリー体験を増強するのに役立った

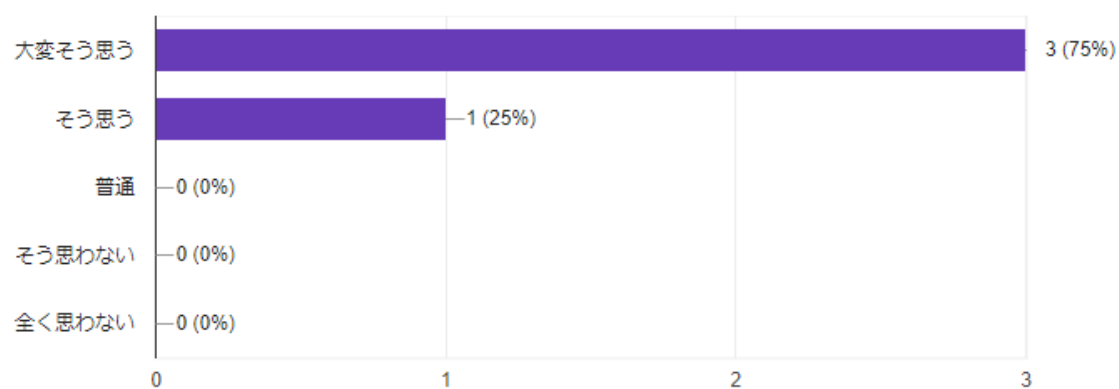


図 29 本コンテンツのキャラクタは魅力的であった

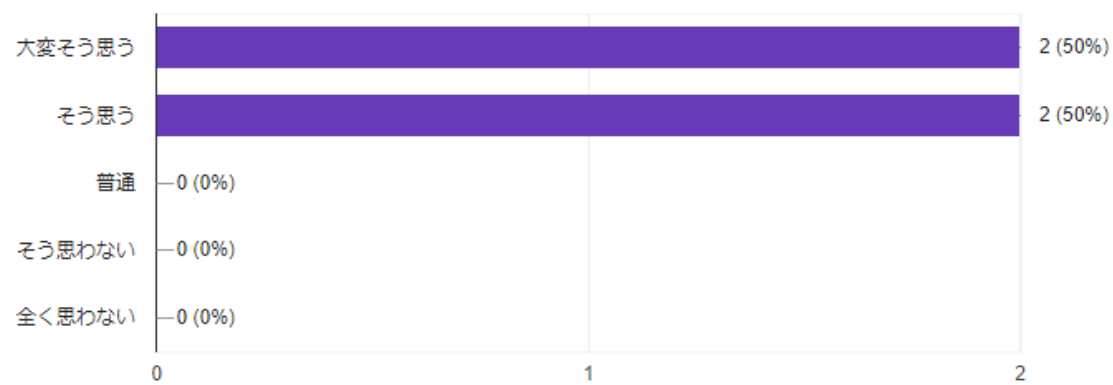


図 30 本コンテンツと景観の調和は、キャラクタの魅力を増強するのに役立った

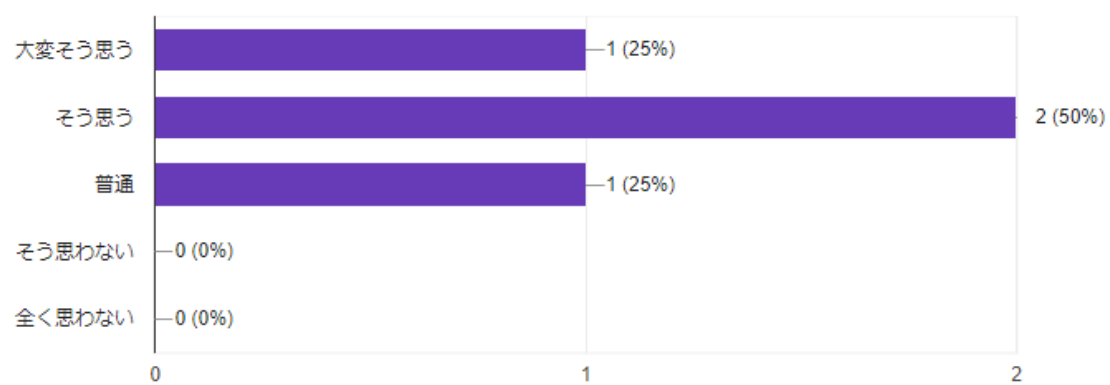


図 31 コンテンツのプレイに関して、戸惑うことはなかった

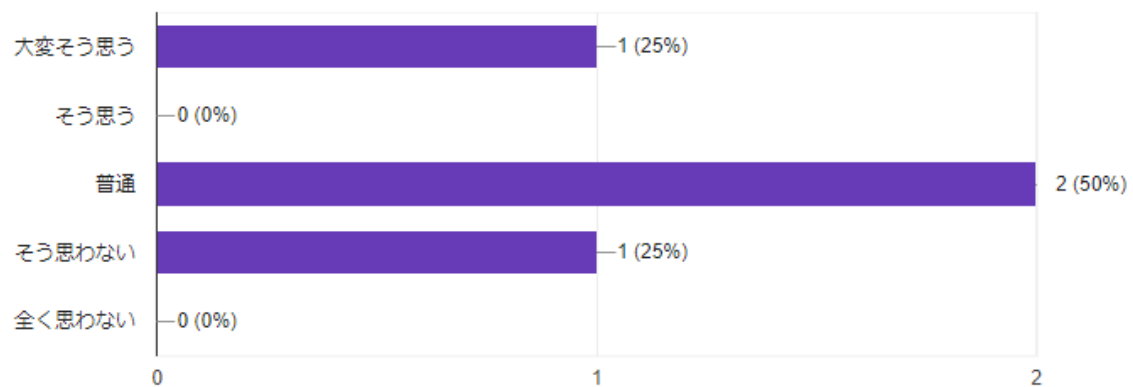


図 32 Hololens のつけ心地はよかった

手で支えていないと視界がずれてしまうため（ずれない程度までバンドを締めるときつすぎて痛い）

図 33 前問の理由

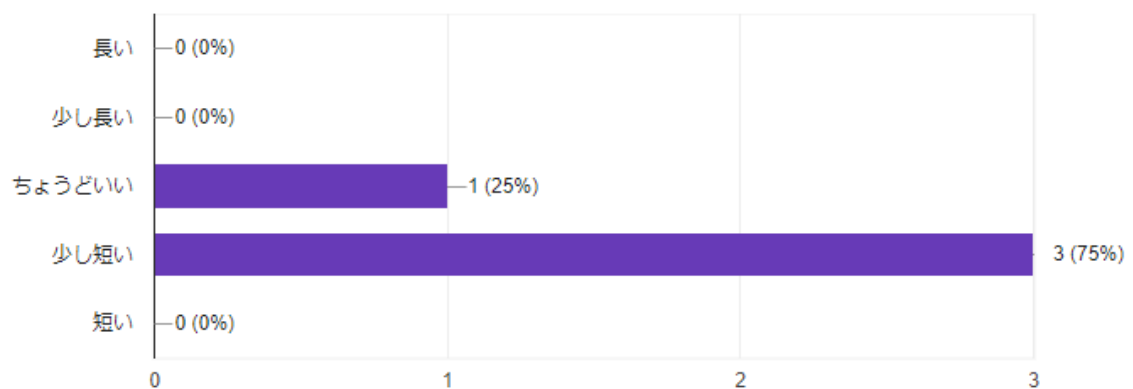


図 34 プレイ時間に関して

4.2.4. アンケート結果に関する考察

質問 1～4 の回答はいずれも、本コンテンツに対して好意的なものが多かった。また、実環境の景観がキャラクタの魅力やストーリーへの没入感を高めたという回答が得られた。このことから、現実環境と AR コンテンツの景観や世界観の一致は、AR コンテンツの体験を増強することがわかった。

また、AR コンテンツそのものに対する評価については、主に Hololens の装

着性に難があるという意見が得られた。これは、Hololens の重量や、装着の仕組みに端を発する問題であり、装着を補助するパーツなどの追加で解決できる。また、コンテンツの時間が短いという意見があった。これらは、妖怪のアセットやストーリーの追加で解消する反面、アセット制作には工数がかかる点が問題である。

4.3. 実験 2

4.3.1. 実験環境

アンケート回答者には、とあるユーザが本コンテンツをプレイしている様子を記録した動画を視聴するように依頼した。動画にはユーザからの視点も含まれている。視聴後は、本コンテンツについての説明を記述したプロジェクトページを閲覧してもらい、その後アンケートに答えてもらった。

4.3.2. アンケート概要

回答者の属性を分類するために、性別や年齢などについての質問を行った。そのときに用いた属性設問の内容を表 2 に示す。その後、AR Yōkai についての質問を行った。その際の質問の内容を表 3 に示す。質問 1 は、AR Yōkai がコンテンツとしてどの程度魅力的かどうかを調査するため設けた質問である。質問 2 は AR Yōkai のような HMD 型 AR デバイスを使用したコンテンツの開発を行いたい人がどれだけ存在しているのかを調査するために設けた。質問 3 は、HMD 型 AR デバイスをどれだけ普及させる事ができるか、ソーシャル上での口コミの観点から調査するための設問である。質問 4 は、AR Yōkai 以外のコンテンツ制作を考慮したときに、どのようなテーマのコンテンツのニーズがあるのかを調査するための設問である。それぞれの質問はご段階のリッカート尺度となっている。アンケートに用いたリッカート尺度を以下に示す。

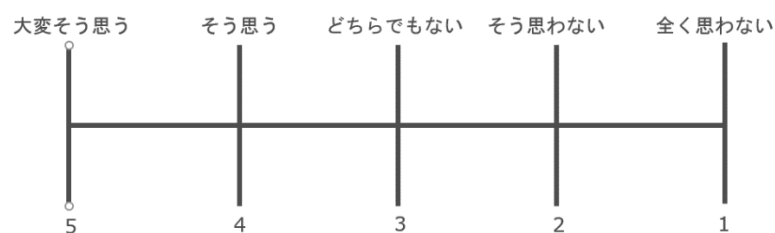


図 35 アンケートに用いたリッカート尺度

表 2 アンケートに用いた属性設問

属性設問 1	性別を教えてください
属性設問 2	年齢を教えてください
属性設問 3	当てはまる職種を選んでください
属性設問 4	勤続年数をお答えください
属性設問 5	AR を利用したことはありますか？
属性設問 6	HMD 型 AR デバイスを利用したことはありますか？
属性設問 7	全問にて『ある』と回答された方は，そのデバイス名をお答えください

表 3 アンケートに用いた質問

質問 1	『AR Yōkai』を体験してみたいと感じましたか？
質問 2	『AR Yōkai』のようなコンテンツを制作してみたいと感じましたか？
質問 3	この動画、および『AR Yōkai』のプロジェクトを SNS などを通じてシェアしたいと感じましたか？
質問 4	『AR Yōkai』は妖怪などが登場する世界観で構築されていますが、他にどのようなような世界観の AR コンテンツを体験してみたいですか？ もしあればお教えてください。

4.3.3. アンケート結果

実施したアンケート結果について述べる．専門家からの有効回答数は 10 であった．最初に，属性設問についての回答を以下に示す．

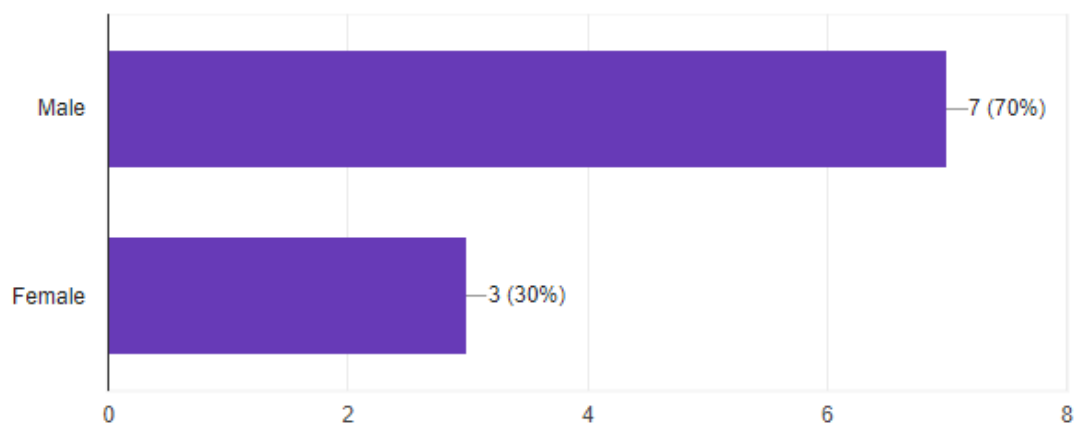


図 36 アンケート回答者の性別

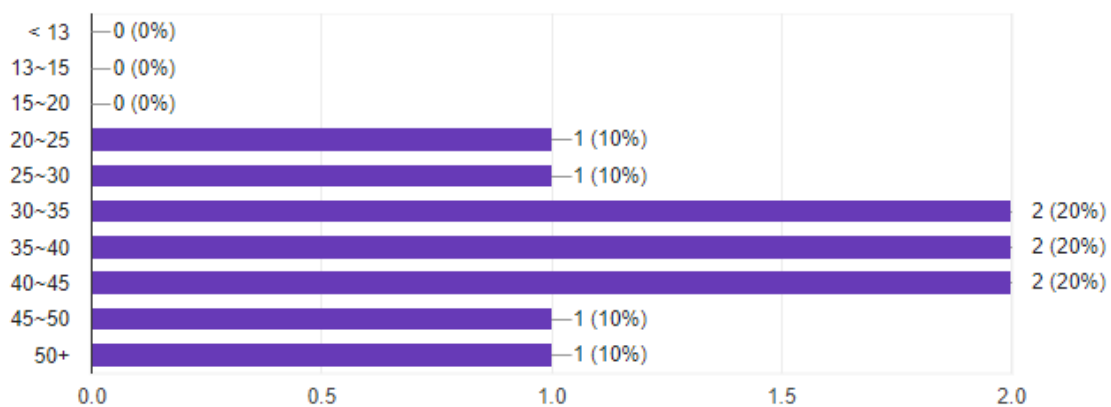


図 37 アンケート回答者の年齢

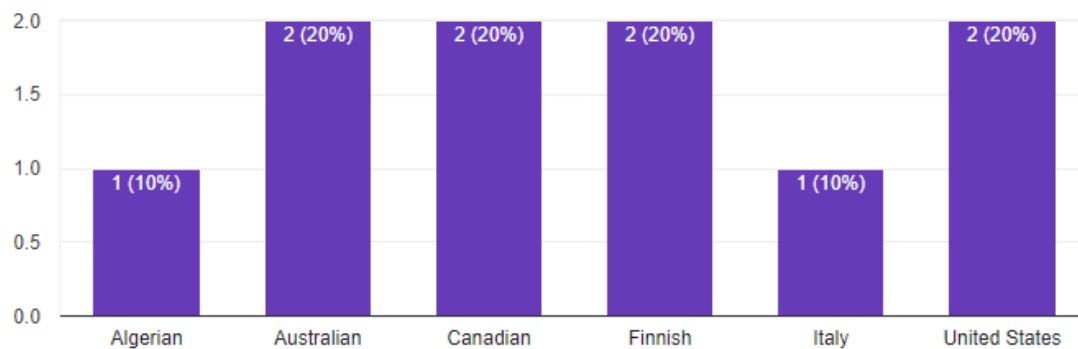


図 38 アンケート回答者の出身地

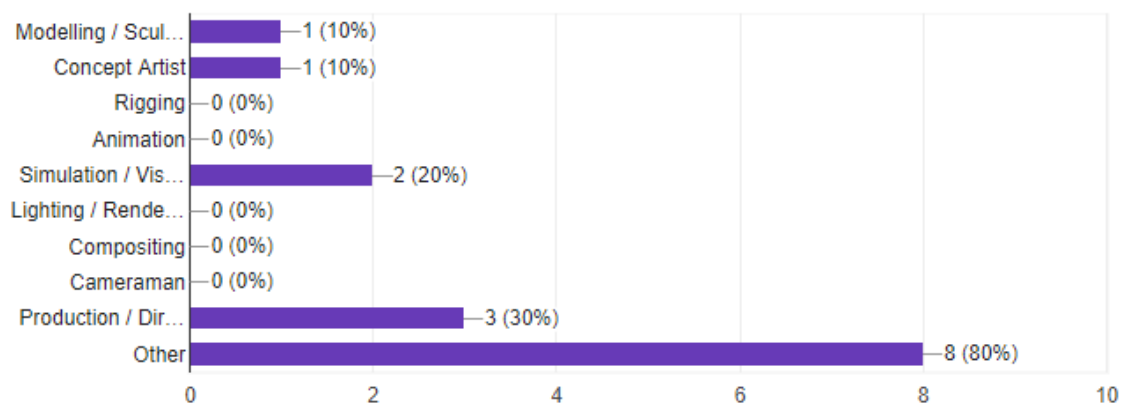


図 39 アンケート回答者の職業

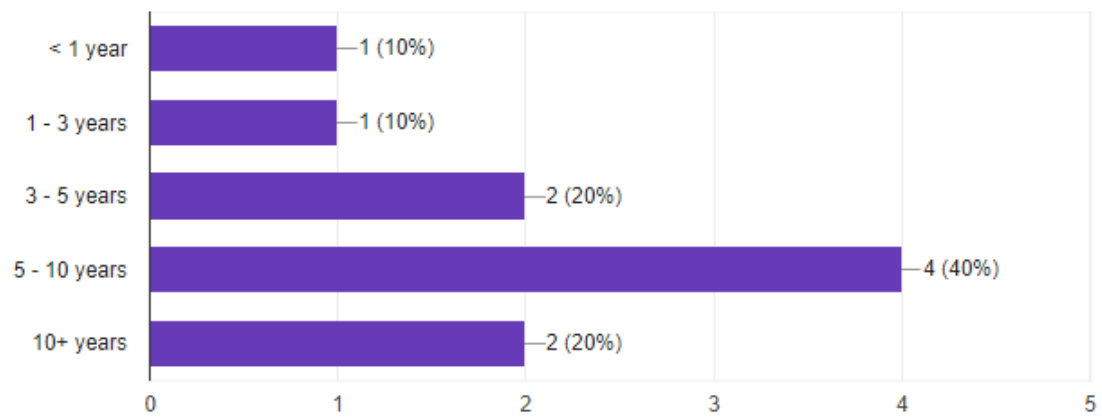


図 40 アンケート回答者の勤続年数

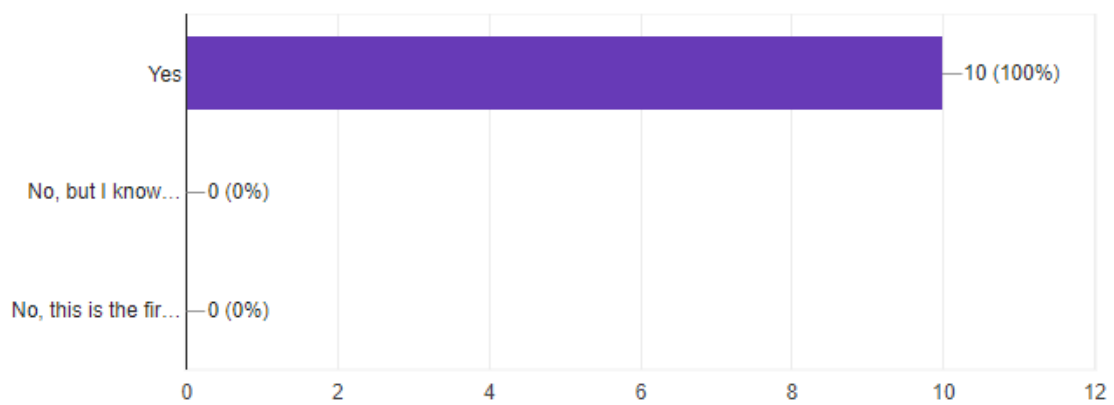


図 41 質問: AR を使用したことがあるか

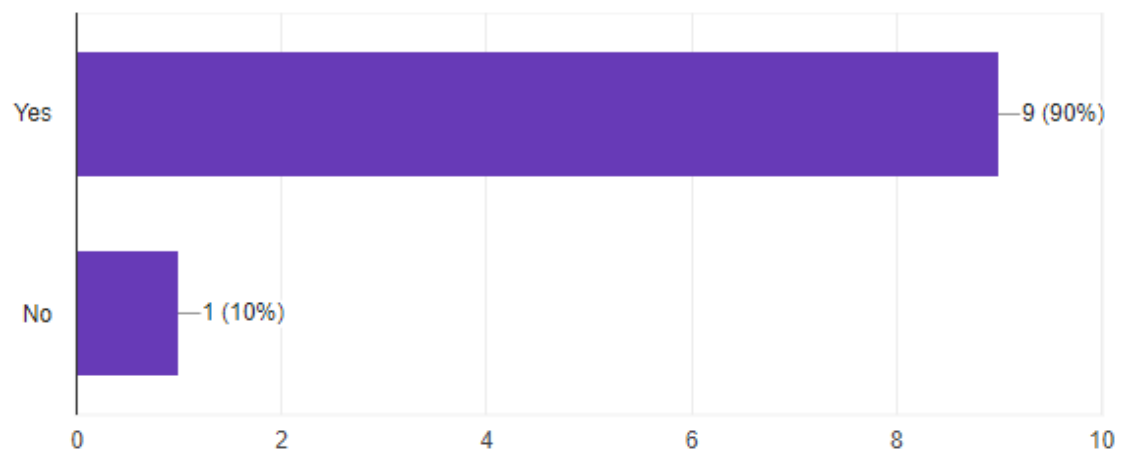


図 42 質問: HoloLens のような HMD 型 AR デバイスを使用したことがあるか

Canon Mixed Reality HMD (Only similar in being another head mounted AR platform. It requires a tether, so it is more limited in use and does not integrate as easily into real world environments)
ODG R7
Meta, Epson 100 & 200
HoloLens
Meta, Windows Mixed Reality, Samsung S8+
HoloLens / Meta / Osterhaut R7
HoloLens and ODG's R7

図 43 アンケート回答者が使用したことのある HMD 型 AR デバイス名

次に、質問 1 の結果を述べる。結果に関しては、「大変そう思う」が 8 人、「そう思う」が 2 人という結果となった。回答者の回答理由は主に 2 つに大別され

た．AR の体験が魅力的であるという意見と，妖怪とその周辺環境が魅力的であるという意見である．

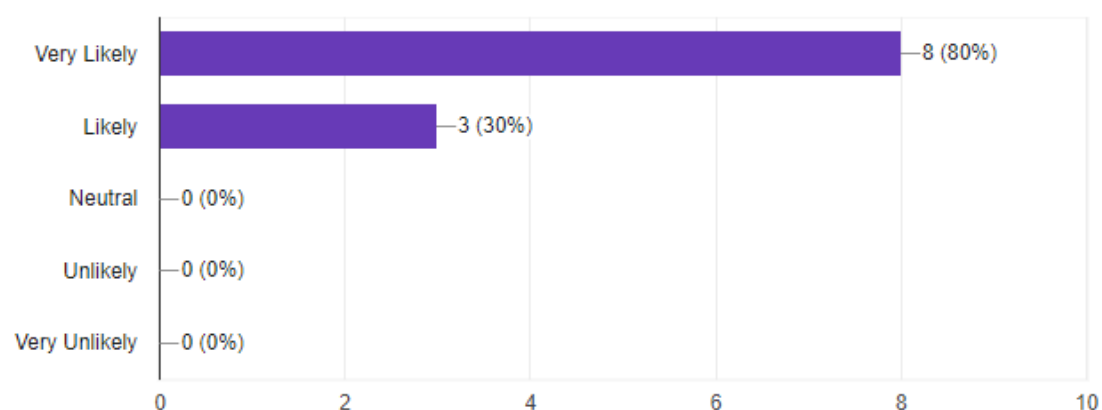


図 44 『AR Yōkai』を体験してみたいと感じましたか？

次に，質問 2 の結果を述べる．「大変そう思う」が 2 人，「そう思う」が 4 人，「どちらでもない」が 3 人，「そう思わない」が 2 人という結果となった．「大変そう思う」，「そう思う」と回答した人の回答理由として，複数人で AR を共有する機能を実装してみたい，という理由や，現在似たようなコンテンツを制作している，などがあった．一方，「そう思わない」と答えた人の理由としては，他のメディアの代わりに AR を使用する理由がないという，というものだった．

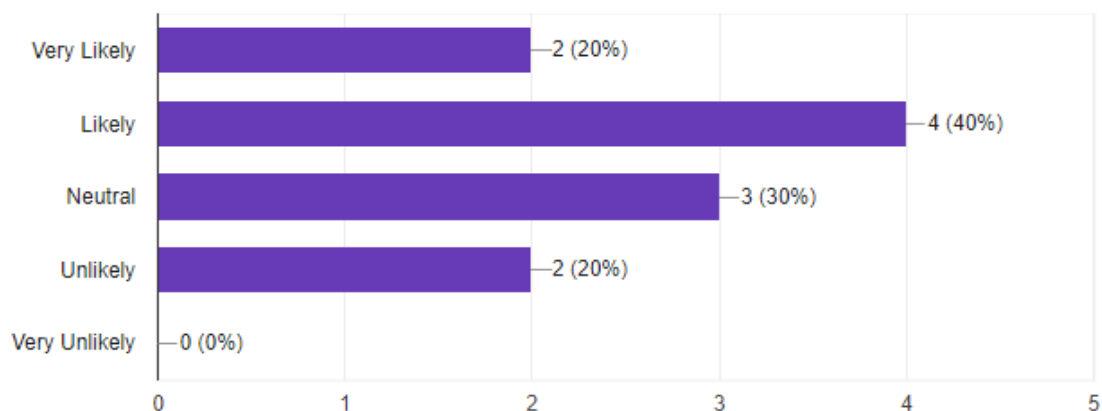


図 45 『AR Yōkai』のようなコンテンツを制作してみたいと感じましたか？

次に質問 3 の結果を述べる．「大変そう思う」が 2 人，「そう思う」が 1 人，「どちらでもない」が 3 人，「そう思わない」が 4 人という結果となった．

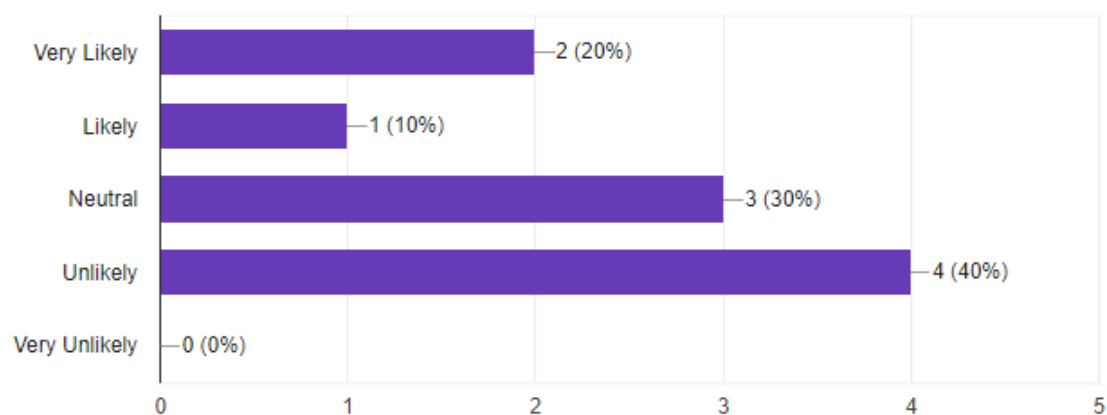


図 46 この動画、および『AR Yōkai』のプロジェクトを SNS などを通じてシェアしたいと感じましたか？

最後に、質問 4 の回答について述べる．回答としては、自宅や博物館、遺跡などがあった．また、アミューズメントパークでのアトラクションや観光案内などのテーマで体験がしたいとの意見もあった．また、季節による景観の変化をコンテンツのテーマと結び付けられないか、というアイデアもあった．

Real spaces. Homes, museums, historical sites, around a city or park, etc.
In museums, city, large industrial facilities, etc.
Entertainment/Tourism
day to day life
Everywhere
It's almost universal. For this idea, it could be used for horror-themed attractions at theme parks. It could also be used as a tourist attraction for different areas that may not see much tourism otherwise.
Black Rock City, and for Yuri's night, underneath the space shuttle at California Science Center (indoors)
Indoor
Anywhere, perhaps more likely indoors than outdoors (especially during winter)

図 47 『AR Yōkai』は妖怪などが登場する世界観で構築されていますが、他にどのような世界観の AR コンテンツを体験してみたいですか？ もしあれば教えてください。

4.3.4. アンケート結果に対する考察

本アンケートの目的は、専門家の方々に HMD 型 AR デバイスのストーリーテリングの有効性を評価してもらうことと、本コンテンツに対するフィードバックを得ることの 2 つを目的としていた．

まずは HMD 型 AR デバイスにおける有効性について考察する．質問 1 では「大変そう思う」「そう思う」が非常に多かった．アンケートの属性設問にて、回答者は全員が AR を経験していることがわかっている．よって、他の AR を経験

したことがある人々から見ても、HMD 型 AR デバイスを用いたストーリーテリングが魅力的である、ということがわかる。

次にフィードバックについて考察する。質問 2 の、「AR Yōkai のようなコンテンツを制作したいか」という問いに対しては、平均よりすこし高いスコアとなっている。これは、ロケーションベースのインタラクティブ AR ストーリーテリングのコンテンツを制作したいと考える人々が一定数存在していることを示している。また、質問 3 の、SNS などを通じたコンテンツのシェアについての問いに対しては、ネガティブな反応が多かった。この理由として、ロケーションベースのコンテンツはその体験が場所に紐付いているため、ネットを通じた共感を得られにくいことが考えられる。同様の問題は、仮想空間内での体験が主となる仮想現実感 (VR) でも生じることが知られている[24]。その他、自由記述のコメントが寄せられたので、以下に示す。基本的には好意的な意見で占められており、コンテンツのアイデアを評価する意見も見られる。他には、アンケート回答前に視聴を依頼した動画について、ナレーションを追加すべき、などの意見が述べられていた。また、ストーリーテリングの専門家の視点から、コンテンツに対する改善点や工夫できる点が挙げられていた。以下にその一覧を示す。

- ユーザが妖怪たちと遭遇する場合は、何らかの手がかりを利用するべきである。
- 音楽を効果的に使うことによって、ユーザに妖怪たちとの遭遇のヒントを与える事ができる。
- 一部の妖怪たちのテクスチャのディティールを改善することができる。

これらの意見はコンテンツの作り込みに関するものであり、より良いアセットや多様化したインタラクションを実装することで解決する見込みがある。

Your videos show the work as an interesting tech demo, but I would like some voice over narration to demonstrate what the full narrative experience feels like, from the moment the user puts on the HMD, through their encounters with each Yokai. I think this is a very interesting start, but would like to see the potential explored and pushed further, in terms of integrating storytelling and/or education into your project. I appreciate that you used actual drawings of Yokai as your inspiration for modeling and texturing your characters, and I am excited to see head-mounted AR as a viable way to experience mixed/augmented reality in real-world environments, versus at home in a game room.
I liked your work a lot, but I am not sure how much data you will gain with this questionnaire.
Good luck with the app :). If you need more information about my thesis which used the ODG R7 feel free to contact me
It's a great idea. Would love to see the next steps (Better models, more interactivity with the yokai).
Nice! Keep up the good work
Build ?
I like how the AR contents, the yokai, are tied to the location (and the cultural heritage of the site). The lantern spirits blend with their background and location nicely. I cannot say how the graphics look exactly, but for instance projecting a shadow on a translucent surface (the sliding door) was a creative solution and I can imagine how scary/exciting that would be for the person walking through your story. The shadows and similar cues for upcoming encounters with the yokai do create a story-line (unlike just simple encounters would). I wonder what kind of role audio has in the application, it was not apparent in the videos. But with sounds you could create similar cues for encounters (as you did with the shadow) for instance have scratching sound there before the critter yokai appears. The last yokai in the video clip had a hanging sleeve that looked too static to me (shape was too symmetric, it could be animated to have some fabric like movement), on the other hand I can imagine that in that kind of situation (scary yokai appearing suddenly and charging at you) it is not something one would notice. Also the critter yokai's chitin back could have a more detailed texture (the animation of the legs was very nice). This is really nitpicking, because overall, I think you have done a great job.

図 48 回答者による自由記述のコメント

5. おわりに

本研究では、インタラクティブ AR ストーリーテリングがユーザ体験の向上という点で HMD 型 AR デバイスにおいても有効であるかどうかを評価した。また、SLAM の技術を用いた HMD 型 AR デバイスにおけるロケーションベースのコンテンツの制作可能性について明らかにした。従来の研究で、インタラクティブ AR ストーリーテリングの有効性が、ハンドヘルド型 AR デバイスでは確認できていた。しかしこの結果を HMD 型 AR デバイスに適用できるかどうかは明らかにされていなかった。ハンドヘルド型 AR デバイスと HMD 型 AR デバイスはそれぞれ異なった特徴が存在し、それによってユーザのストーリー体験が大きく異なるため、ハンドヘルド型 AR デバイスの結果が、そのまま HMD 型 AR デバイスに適用できない。そこで、実際に HMD 型 AR デバイスを用いたインタラクティブ AR ストーリーテリングのコンテンツを開発し、ユーザに体験してもらった。また、その様子をストーリーテリングの専門家に視聴してもらい、その後コンテンツの評価を行うアンケートに回答してもらった。今回アンケートを依頼した専門家の方々は、全員 AR を使用した経験があった。このコンテンツを体験してみたいか、という質問に対しては、全員から同意の回答が得られた。このことから、少なくともインタラクティブ AR ストーリーテリングは HMD 型 AR デバイスにおいて有効だということがわかった。しかし、今回の結果はあくまで動画の視聴による評価であり、正確な評価を行うためには実際にコンテンツを体験したユーザを対象にアンケートを実施する必要がある。

また、今回の開発を通して得られた知見を活用し、ロケーションベースの HMD 型 AR デバイス向けコンテンツのためのパイプラインの提案を行った。本研究の開発では、これらのパイプラインを利用する事によって、ロケーションベースのコンテンツに付き纏う問題である、開発環境とコンテンツ実施場所の往復という問題を解決する事ができた。また、コンテンツ実施場所での実機確認による 3D モデルの配置確認と、その再配置のサイクルを短縮することができた。この結果は開発者の主観に基づくものであり、客観的な評価によるものではない。よって、従来のパイプラインと本研究で提案されたパイプラインを比較し、その有効性を確認する必要がある。

謝辞

本研究に際して、加藤博一教授には多大なるご指導，ご鞭撻を賜りました。未熟な自分が曲がりなりにも研究者として一定の結果を残せたのは，ひとえに加藤教授の温かい見守りと，的確なご助言によるものです。心より感謝申し上げます。また，本研究に関してやり取りを重ね，時に数々のアドバイスを，時に数々の激励を頂いた **Christian Sandor** 准教授に深く感謝致します。2年という短い間でしたが，研究者として非常に密度の濃い指導をして頂きました。ありがとうございます。ご多忙のなか，本論文の審査を引き受けていただいた清川清教授に厚く御礼申し上げます。研究のみならず，その他あらゆる面で数々のご助言を頂きました **Alexander Propsi** 助教授に深く感謝致します。また，本研究に関して数多くのお力添えを頂きました韓国科学技術研究院 **myDesignLab** の **Daniel Saakes** 教授に深謝申し上げます。研究生活において恩顧に預かりましたインタラクティブメディア設計学研究室 上野真紀子女史に衷心より御礼申し上げます。本研究のためにご協力して下さった春光院の川上全龍副住職に対して厚く謝意を表します。ともに研究生活を支え合ったインタラクティブメディア設計学研究室の先輩，同輩，後輩の皆様にお礼申し上げます。研究生活，私生活問わず数々のサポートをしていただき，感謝の念に堪えません。最後に，このような素晴らしい環境で研究する機会を与えて下さった両親を始めとする家族に深く感謝致します。

参考文献

- [1] H. Komeda, Y. Nihei, and T. Kusumi, “The roles of reader’s feelings in understanding narratives: Forefeel, empathy, and a sense of strangeness,” *Japanese J. Psychol.*, vol. 75, no. 6, pp. 479–486, 2005.
- [2] J. Wither *et al.*, “The Westwood experience: Connecting story to locations via mixed reality,” *9th IEEE Int. Symp. Mix. Augment. Real. 2010 Arts, Media, Humanit. ISMAR-AMH 2010 - Proc.*, pp. 39–46, 2010.
- [3] KEMCO/EXE-CREATE, “ドラゴンシンカー.” 2015.
- [4] K. Dautenhahn, “Story-Telling in Virtual Environments 1 Introduction 2 IVE 婁s as Interaction Machines,” *ECAI’98 Work. Intell. Virtual Environ. Bright. UK.*, pp. 1–9, 1998.
- [5] 中津 良平, 土佐 尚子, 越知 武鈴木 秀昭, “インタラクティブ映画システムのコンセプトと構成例,” 電子情報通信学会論文誌, vol. D-2, 情報・シス, pp. 944–953, 1998.
- [6] Netflix, “Kids Interactive Adventure.” 2017.
- [7] M. Cavazza, F. Charles, and S. J. Mead, “Interacting with virtual characters in interactive storytelling,” *Proc. first Int. Jt. Conf. Auton. agents multiagent Syst. part 1 - AAMAS ’02*, p. 318, 2002.
- [8] J. Hoshino, “Story-Based Interactive System Platform,” *17th Annu. Conf. Japanese Soc. Artif. Intell.*, pp. 1–2, 2003.
- [9] O. Schneider, “Storyworld creation: Authoring for Interactive Storytelling,” *Proc. 10th Int. Conf. Cent. Eur. Comput. Graph. Vis. Comput. Vis. (WSCG 2002)*, pp. 405–412, 2003.
- [10] A. Nakano, J. Koumura, E. Miura, and J. Hoshino, “Spilant World : エピソードツリーによる インタラクティブなストーリー創発型ゲーム,” 芸術科学会論文誌, vol. 6, no. 3, pp. 145–153, 2007.
- [11] A. D. Cheok *et al.*, “Interactive theatre experience in embodied + wearable mixed reality space,” *Proc. - Int. Symp. Mix. Augment. Reality, ISMAR 2002*, pp. 59–68, 2002.

- [12] M. Aibara *et al.*, “子供向け電子絵本における集中力持続のための マルチモータル ・ インタフェースの提案,” *第73回全国大会講演論文集*, vol. 2011, no. 1, pp. 307–308, 2011.
- [13] M. Billinghurst, H. Kato, and I. Poupyrev, “The MagicBook— Moving Seamlessly between Reality and Virtuality,” *IEEE Comput. Graph. Appl.*, vol. 21, no. 1, pp. 6–9, 2001.
- [14] M. I. Tomoki “Issac” Saso, Kenji Iguchi, “Little Red : Storytelling in Mixed Reality Copyright held by the author,” *ACM SIGGRAPH 2003 Sketches & Appl.*, p. 1, 2003.
- [15] C. Juan, R. Canu, and M. Giménez, “Augmented Reality interactive storytelling systems using tangible cubes for edutainment,” *Proc. - 8th IEEE Int. Conf. Adv. Learn. Technol. ICALT 2008*, pp. 233–235, 2008.
- [16] O. Bimber, L. M. Encarnação, and D. Schmalstieg, “The virtual showcase as a new platform for augmented reality digital storytelling,” *Proc. Work. Virtual Environ. 2003 - EGVE '03*, pp. 87–95, 2003.
- [17] F. Vera and J. A. Sánchez, “A model for in-situ augmented reality content creation based on storytelling and gamification,” *Proc. 6th Mex. Conf. Human-Computer Interact. - MexIHC'16*, pp. 39–42, 2016.
- [18] M. T. Rodrigo, N. R. Caluya, W. D. A. Diy, and E. C. E. J. Vidal, “Igpaw: Intramuros — Design of an Augmented Reality Game for Philippine History,” *Proc. 23 rd Int. Conf. Comput. Educ.*, 2015.
- [19] G. A. Lee, A. Dunser, S. Kim, and M. Billinghurst, “CityViewAR: A mobile outdoor AR application for city visualization,” *11th IEEE Int. Symp. Mix. Augment. Real. 2012 - Arts, Media, Humanit. Pap. ISMAR-AMH 2012*, pp. 57–64, 2012.
- [20] <http://www.miz-babelsberg.de/timetraveler>, “Timetraveler The Berlin Wall.” p. <http://www.miz-babelsberg.de/timetraveler>, 2014.
- [21] D. Holweg, O. Schneider, and S. Göbel, “GEIST - Geschichte vor Ort erleben GEIST - history experience at face,” pp. 87–91.
- [22] R. Azuma, “Location-Based Mixed and Augmented Reality Storytelling,” *Chapter 11 2nd Ed. Fundam. Wearable Comput.*

- Augment. Real.*, pp. 259–276, 2015.
- [23] U. S. Kampa, Antonia, “Smart Authoring for Location-based Augmented Reality Storytelling Applications,” *Inform. 2017*, pp. 915–922, 2017.
- [24] A. Ishii *et al.*, “ReverseCAVE: Providing Reverse Perspectives for Sharing VR Experience,” *Proceeding SA ’17 SIGGRAPH Asia 2017 VR Showc.*, no. 9, 2017.

付録

A. 実験で利用したアンケート

AR Yōkai: A Situated Augmented Reality Ghost Story ユーザスタディアンケート

*必須

個人情報

性別 *

☐ 男性

☐ 女性

年齢 *

☐ 13歳以下

☐ 13~15歳

☐ 15~20歳

☐ 20~25歳

☐ 25~30歳

☐ 30~35歳

☐ 35~40歳

☐ 40~45歳

☐ 45~50歳

☐ 50歳以上

国籍 *

回答を入力

ARを利用したことはありますか？ *

☐ ARを利用したことがある

☐ ARを知っているが、利用したことは無い

☐ ARが何か知らないし、ARを利用したことも無い

『ARを利用したことがある』と解答された方は、利用したシステム名、またはコンテンツ名をお答えください *

回答を入力

図 49 実験で利用したアンケート

今までにARヘッドマウントディスプレイを使用したことはありますか？ *

☐ ある

☐ 無い

今までにARヘッドマウントディスプレイを使用したことが『ある』と解答された方は、使用したデバイス名をお答えください。 *

ユーザスタディについて

本コンテンツ内容と体験実施場所の景観は調和していた *

☐ 大変そう思う

☐ そう思う

☐ 普通

☐ そう思わない

☐ 全く思わない

本コンテンツを体験した場所は魅力的であった *

☐ 大変そう思う

☐ そう思う

☐ 普通

☐ そう思わない

☐ 全く思わない

本コンテンツと景観の調和は、コンテンツのストーリー体験を増強するのに役立った *

☐ 大変そう思う

☐ そう思う

☐ 普通

☐ そう思わない

☐ 全く思わない

本コンテンツに登場したキャラクターは魅力的であった *

☐ 大変そう思う

☐ そう思う

☐ 普通

☐ そう思わない

☐ 全く思わない

図 50 実験で利用したアンケート

本コンテンツと景観の調和は、キャラクタの魅力を増強するのに役立った *

☐ 大変そう思う

☐ そう思う

☐ 普通

☐ そう思わない

☐ 全く思わない

コンテンツのプレイに関して、戸惑うことはなかった *

☐ 大変そう思う

☐ そう思う

☐ 普通

☐ そう思わない

☐ 全く思わない

『そう思わない』『全く思わない』と解答された方は、その理由をお答えください

回答を入力

Hololensのつけ心地は良かった *

☐ 大変そう思う

☐ そう思う

☐ 普通

☐ そう思わない

☐ 全く思わない

『そう思わない』『全く思わない』と解答された方は、その理由をお答えください

回答を入力

プレイ時間について *

☐ 長い

☐ 少し長い

☐ ちょうどいい

☐ 少し短い

☐ 短い

その他、ご感想が有りましたらお聞かせください。

回答を入力

図 51 実験で利用したアンケート

AR Yōkai: A Situated Augmented Reality Ghost Storyについてのアンケート

性別 *

☐ 男性

☐ 女性

年齢 *

☐ 13歳以下

☐ 13~15歳

☐ 15~20歳

☐ 20~25歳

☐ 25~30歳

☐ 30~35歳

☐ 35~40歳

☐ 40~45歳

☐ 45~50歳

☐ 50歳以上

職種 *

☐ モデル・イラストレーター・アクター・脚本

☐ リキシング

☐ アニメーター

☐ シミュレーション/VFX

☐ ライティング/レンダリング

☐ コンポジター

☐ カメラマン

☐ プロデューサー/ディレクター

☐ その他: _____

経験年数 *

☐ 1年未満

☐ 1~2年

☐ 3~5年

☐ 5~10年

☐ 10年以上

図 52 実験で利用したアンケート

ARを利用したことはありますか？ *

☐ ARを利用したことがある

☐ ARを知っているが、利用したことは無い

☐ ARが何だか知らないし、ARを利用したことも無い

今までにARヘッドマウントディスプレイを使用したことはありますか？ *

☐ ある

☐ 無い

前問にて『ある』と回答された方は、そのデバイス名をお答えください。

回答を入力

『AR Yōkai』を体験してみたいと感じましたか？ *

☐ 大層そう思う

☐ そう思う

☐ 普通

☐ そう思わない

☐ 全く思わない

前問にそう答えた理由をお答えください。

回答を入力

『AR Yōkai』のようなコンテンツを制作してみたいと感じましたか？ *

☐ 大層そう思う

☐ そう思う

☐ 普通

☐ そう思わない

☐ 全く思わない

前問にそう答えた理由をお答えください。

回答を入力

この動画、および『AR Yōkai』のプロジェクトをSNSなどを通じてシェアしたいと感じましたか？ *

☐ 大層そう思う

☐ そう思う

☐ 普通

☐ そう思わない

☐ 全く思わない

図 53 実験で利用したアンケート

『AR Yōkai』は妖怪などが登場する世界観で構築されていますが、他にどのような世界観のARコンテンツを体験してみたいですか？ もしあればお教えください。

回答を入力

その他、ご感想が有りましたらお聞かせください。

回答を入力

送信

Google フォームでパスワードを記憶しないでください。

図 54 実験で利用したアンケート