

プロジェクションマッピングを用いた パーソナライズ絵本システムの設計と試作

藤原 和音[†] 高橋 秀幸^{††}

一般的に絵本は、幅広い子供たちに向けて作られた本である。そのため、1冊の絵本だけでは、子供の個別の興味関心に対応することが難しい。また、スマートフォンやタブレットなどのデジタル端末が身近にある現代の子供たちにとって、従来の紙の本では、子供たちの興味を引くことが難しく、学習意欲の低下や集中力の欠如につながってしまう恐れがある。本稿では、子供の個別の興味や関心に着目し、より主体的な読書体験を目指した絵本システムを提案する。具体的には、絵本の登場人物のカスタマイズ性やIoT機器などを活用することで、現実世界でのインタラクションを基にした物語の進行といった特徴を有する絵本システムについて述べる。さらに、本稿では、本提案システムの基本機能として、画像の送信機能、画像のCG変換機能、背景画像との合成機能、ミニチュアハウスによる制御機能、画面遷移機能の試作を行い、各機能の動作実験について述べる。

Design and Implementation of Personalized Picture Book System using Projection Mapping

Kazune Fujiwara[†] Hideyuki Takahashi^{††}

Picture books are generally designed for a wide range of children. Therefore, it is difficult to respond to children's individual interests with only one picture book. In addition, for today's children, who are familiar with digital devices such as smartphones and tablets, it is difficult to attract their interest with conventional paper books, which may lead to a decrease in their motivation to learn and a lack of concentration. In this paper, we propose a picture book system that focuses on children's individual interests and aims for a more independent reading experience. Specifically, we describe the design and prototype of a picture book system with features such as customizability of characters and story progression based on interaction in the real world by utilizing IoT devices. Furthermore, this paper describes prototypes of the basic functions of the proposed system: image transmission function, image CG conversion function, background image composition function, control function using miniature houses, and screen transition function. We verified the operation of each function through some experiments.

1. はじめに

近年、幅広い子供たちの興味関心に対応するため、従来の紙媒体の絵本に加えて、鏡のように反射する紙を用いて立体的に見える絵本、うごかせるしかけのある仕掛け絵本、スマートフォンとAR(Augmented Reality)によって動きを表示するAR絵本などのデジタルな絵本をはじめ、従来の紙媒体の絵本とは異なる様々な工夫を凝らした絵本が登場している[1-3]。しかし、子供たちに個々の興味や関心に応じて紙媒体の絵本を読む機会を与えるためには、多くの絵本を揃える必要がある。加えて、現在、スマートフォンやタブレットが身近である子供たちにとって、従来の紙媒体の本では子供たちの興味を引くことが難しく、学習意欲の低下や集中力の欠如に繋がってしまう恐れがある。

また、学校教育の面では、今までの「一斉指導」から「個別最適な学び」という点が重要視されるようになった。2021年の文部科学省の中央教育審議会での学習指導要領にも多様な子供たちを誰一人取り残すことなく育成する「個別最適な学び」と「協働的な学び」の一体的な充実が図られることが求められる」とされている[4]。すなわち、学校教育においても個別に対応した学びが求められており、絵本のようなコンテンツにおいても個別最適なものが必要になると考えられる。

本研究では、子供たちの個別の興味や関心に着目し、より主体的な読書体験を可能にするパーソナライズ絵本システムの実現を目的とする。本稿では、登場人物のカスタマイズ性や現実世界でのインタラクションを基にした物語の進行を実現する基本機能について述べる。具体的には、子供側の操作性やカスタマイズ性を重視することで、より自由な読書体験を可能にし、子供の選択に合わせて読むたびに内容が変化する絵本コンテンツを実現するため、プロジェクションマッピングとIoT機器を活用し、画像の送信機能、画像のCG変換機能、背景画像との合成機能、ミニチュアハウスによる制御機能、画面遷移機能から構成される各機能の試作と動作実験について述べる。

2. 関連研究と課題

これまで絵本の読書体験を拡張させる目的として、インタラクション技術を用いる試みや研究開発が行われてきた。紙の絵本とテクノロジーによる表現・演出を組み合わせ、読書体験の拡張を図った研究がある[5]。これは、作成した絵本の題材に合わせて、映像の重畳表示により演出を加えることが可能であり、また、物語上で起きることを現実世界で追体験することが可能である。例えば、七夕を題材にした絵本では、

[†] 東北学院大学教養学部情報科学科
Department of Information Science, Faculty of Liberal Arts, Tohoku Gakuin University

^{††} 東北学院大学情報学部データサイエンス学科
Department of Data Science, Faculty of Informatics, Tohoku Gakuin University

星の映像を重畳表示し、疑似的に柵に短冊をつけるといった体験が可能である。

次に、既存の絵本に映像の重畳表示によって演出効果を変更できるシステム[6]に関する試みがある。具体的には、既存の絵本に対してプロジェクションマッピングで演出効果を変更することで、同じ物語でも舞台が違いうように感じさせ、また物語の言語を変更することが可能である。

しかし、上記の既存研究やシステムは、あくまで既存の絵本そのものに重点を置いたものであり、複数の物語にインタラクション表現を適用すること、物語に変化を与えることが困難である。本研究では、Arduino のセンサやボタンなどを用いることで、その操作によってインタラクション可能となり、物語に直接関与し、利用者が絵本の登場人物や物語の内容を操作できるといった、より自由度が高く、操作性の高い絵本システムを提案する。また、プロジェクションマッピングを用いることで、絵本の背景を変えることで様々な物語に対応できる、再利用性の高いシステムの実現を目指す。

3. 提案システム

3.1 プロジェクションマッピングを用いたパーソナライズ絵本システムの概要

本研究では、読書体験をより主体的にするために、白紙の本に物語を重畳表示し、登場人物のカスタマイズ性とストーリーの操作性を備えた絵本の提案を行う。

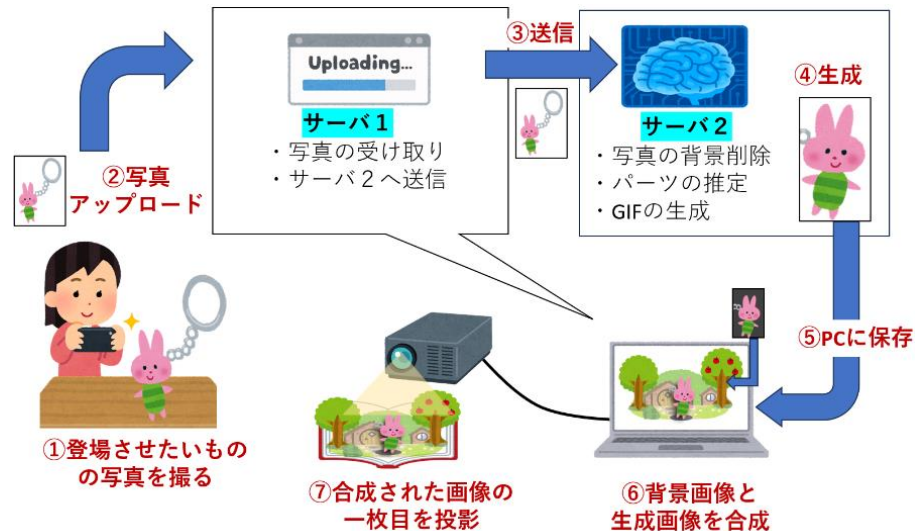


図 1 本提案システムの概要と操作手順

まず、図 1 に提案システムの概要と手順を示す。本提案システムでは、絵本の登場人物のカスタマイズ性を高めるために、利用者は登場するキャラクターを自身で変更することができる。これには、利用者が所持するフィギュアや人形、また、描いたキャラクターなどを絵本の登場人物に活用することを想定している。登場させたいキャラクターの写真を、事前に用意した物語の背景に合成する形で絵本の 1 ページを作成する。

次に、絵本のストーリーの操作性について述べる。本提案システムでは、絵本のページめくりと物語に沿った操作を現実世界で行うことで、物語の進行を促進させる。具体的な実現手段として、Arduino をベースとしたセンサやアクチュエータなどが搭載されたスマートハウスキットを用い、センサやボタンの操作によって物語の進行を実現する。これにより、読者は物語に直接関与することができ、より深い読書体験が期待できる。

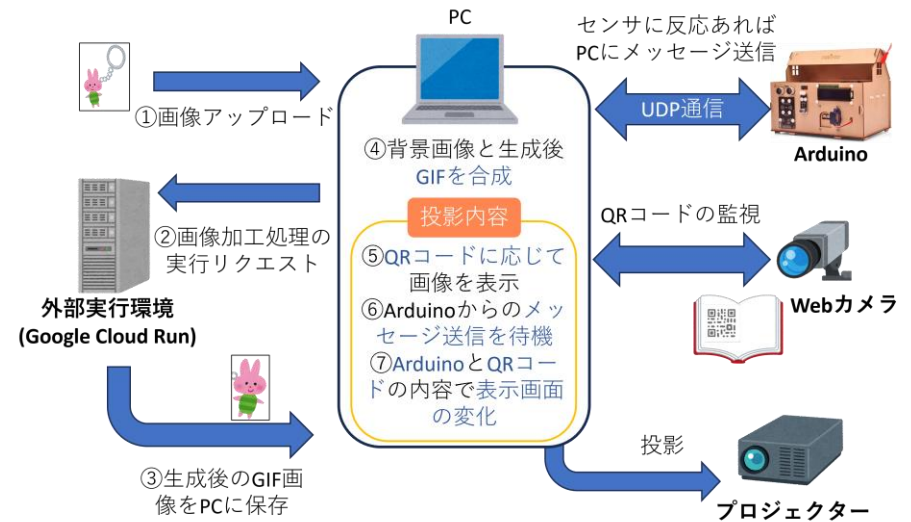


図 2 提案システムの構成

3.2 提案システムを構成する基本機能

図 2 に本提案システムの構成を示す。本システムを構成する基本機能は、主に(1)画像の送信機能、(2)画像のCG変換機能、(3)背景画像との合成機能、(4)ミニチュアハウスによる制御機能、(5)画面遷移機能の5つの機能から構成される。

(1) 画像の送信機能

物語に登場させるキャラクターの画像を、画像加工を行うサーバへ受け渡しを行う機

能である。撮影された画像は、Web アプリケーションによる画像アップローダを介して、画像加工の処理プロセスが置かれた外部実行環境上で画像加工のリクエストを送る。

(2) 画像のCG変換機能

送信された画像を加工する機能である。具体的には、画像からオブジェクトの検出と背景の削除を行いつつ、画像内のキャラクターの顔や手足などを推定し、モーションを反映した GIF の生成を行う。これらの一連の処理は Meta Platforms 社が提供する Animated Drawings[8]というライブラリを用いる。なお、キャラクターに特化した骨格検出の処理負荷が非常に大きいため、これらの処理部分のみ外部の実行環境である Google Cloud Run に配置し、(1)の機能からプログラム実行のリクエストを送ることで処理を行う。

(3) 背景画像との合成機能

(2)で取得した GIF 画像を、事前に用意した絵本の静止画の背景画像にそれぞれ合成する。背景画像に合わせて、(2)で取得できた GIF 画像をフレームごとに分割し、それぞれ絵本のページごとに指定の座標に重ね合わせることで、新しい GIF 画像を作成する。(2)の画像が取得できた時点で各背景との合成を自動で行い、フォルダにまとめて保存する。

(4) ミニチュアハウスによる制御機能

センサやボタンなどの入力を使用して画面遷移を行うための機能である。今回は、Arduino をベースとしたスマートハウスキットを用いる。Arduino 上で特定のセンサが検知した場合に制御用 PC 側にメッセージを送信する。本稿では、IC カードを IC カードリーダーにかざした場合、ファンモータを動かした場合、超音波センサを用いた場合に対応する。PC 側では、受信したメッセージ内容に基づき、絵本の画面切り替え時のトリガが発火することで、PC 側で画面の制御を行う。

(5) 画面遷移機能

ページめくりによる画面遷移を実現する機能である。各ページに割り振られた QR コードを Web カメラで読み取ることにより、その QR コードに対応する画像が読み込まれて表示される。

4. 試作システムの設計と実装

4.1 ハードウェアの構成

(1) プロジェクト

超短焦点プロジェクト(RICOH PJ WX4153N / WX415)を用いることで、手によって遮られることのない投影面を確保することとした。

(2) スクリーン

スクリーンとして、白紙の本かつ投影面が見やすいものとして、本提案システムの試作として、スケッチブックを選定した。

(3) PC (Windows 11 Home, バージョン 21H2, 16GB RAM)

画面遷移の制御、画像処理と背景画像との合成、ページめくりの検出を行うための端末である。スマートハウスキットと Web カメラを USB 接続で接続し、制御等を行う。

(4) スマートフォン(または、タブレット)

キャラクター画像のアップロードを行う際に使用する。Web ブラウザは、Safari を使用した。

(5) Web カメラ

QR コードを検出し、読み込むことによってページめくりの検出を行う。試作システムでは、BUFFALO Web カメラ BSW300MBK を使用した。なお、PC 内臓のカメラでも本試作システムは動作可能である。

(6) スマートハウスキット(Arduino)

センサやアクチュエータを接続し、読者の操作を検知する。また、検知したデータを PC に通知するため、Wi-Fi モジュールを使用してパソコンとの間で UDP 通信を行う。試作システムでは、ファンモータ、サーボモータ、超音波センサ、RFID モジュール、ボタンモジュール、LED モジュールを用いた。

4.2 題材とする物語の選定

試作システムでは、絵本の題材として桃太郎を選定し、インタラクティブ性を高めるための改変を加えたオリジナルストーリーを制作した。なお、桃太郎とした理由は、ストーリーの操作性やキャラクターのカスタマイズ性に適していると判断したためである。具体的には、主人公やお供のキャラクターが多く登場すること、また、お供のキャラクターの人数を変更することでストーリーに変化を与えやすいと考えたためである。ただし、試作システムの現段階では、主人公のみの変更が可能であり、今後の開発において、複数のキャラクターの導入を予定している。

4.3 試作システムにおける物語のインタラクション

試作システムにおいて、物語に関与できるインタラクションは、3 つである。まず、1 つ目として、超音波センサを用いたものである。超音波センサによって、物体との距離を計測し、距離が 5cm 以下になった場合に PC に検知したメッセージを送信する。これは、桃太郎の物語における、お供にきびだんごを与え、仲間に加えるシーンに対応している。具体的には、手を超音波センサに近づけることで、きびだんごをキャラクターに与えるシーンを再現したものである。

次に 2 つ目として、ファンモータを用いたインタラクションである。ボタンを押

している間にファンモータを動作させ、その時間を計測する。一定時間以上の動作を検知すると PC にメッセージを送信する。具体的には、物語における、主人公たちが舟を動かして鬼ヶ島に向かうシーンに対応している。

最後に、3つ目として、RFID を用いたものである。RFID リーダモジュールに RFID カード (IC カード) をかざすことで、スマートハウス内のドアがサーボモータの回転力で開く。IC カードを RFID リーダが検知すると同時に PC にメッセージを送信する。これは、物語において、主人公たちが鬼ヶ島の鬼に到達するために、島のドアを開けるシーンに対応している。

4.4 実装

キャラクタ画像の骨格検出を行うため、Google Cloud Run で Animated Drawings が提供している Docker イメージをビルド・実行し、http リクエストを受け付ける。次に、同一の Wi-Fi に PC、スマートフォンをそれぞれ接続する。PC 側で、Python による API サーバと React による Web アプリをそれぞれ localhost:8000 と localhost:3000 で起動する。スマートフォンからキャラクタの画像のアップロードを行う場合は、PC の Wi-Fi 上の IP アドレスを 192.168.xxx.xxx としたとき、スマートフォンのブラウザで 192.168.xxx.xxx:3000 を指定することで、Web アプリを利用することが出来る。キャラクタの画像送信後、Web アプリからの API リクエストによって、Python の API サーバに http リクエストが送信され、骨格検出の重い処理に関しては Google Cloud Run にさらに http リクエストを送信する。PC では、リクエストした処理が完了すると、指定された画面上でコンテンツを再生するため、その画面をプロジェクタに投影する。また、PC とスマートハウスキットは常に UDP でリアルタイム通信を行い、コンテンツの再生中に、動作が検知されるとメッセージが送信される。

4.5 各機能の動作実験

図 3 に画像の送信機能から画像の CG 変換機能、背景画像との合成機能までの一連の流れを示す。画像の送信後、骨格検出の処理を Google Cloud Run に実行リクエストを送り、処理後のデータを PC に保存する。そのデータを基にモーションを付与した GIF の作成を行い、事前に用意した複数の背景画像と合成してそれらをまとめたフォルダを生成する。フォルダが生成されると、アップローダである Web アプリ上に一連の処理の完了と、合成した画像がまとめられたフォルダのパスが表示される。

次に、画像の CG 変換機能である、Animated Drawings によるオブジェクトの骨格検出と背景の削除の例を図 4 に示す。図 4 は、元画像 (図 4(a))、骨格検出 (図 4(b))、背景削除 (図 4(c)) の例を示している。

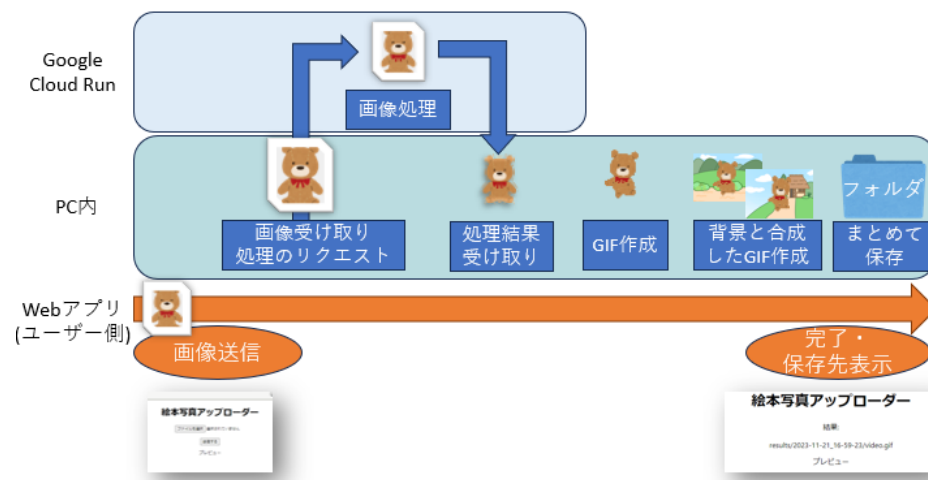


図 3 画像送信から画像処理完了までの流れ



(a) 元画像 (b) 骨格検出 (c) 背景削除

図 4 CG 変換機能の例

また、図 5 に背景画像との合成機能の動作イメージを示す。画像合成プログラムでは、画像処理が行われた GIF と静止画である背景画像の合成を行う。背景画像に合わせたキャラクタの表示位置は事前に手動で調整して数値を求めておき、ページごとに

決めた座標を一覧としてプログラム上に用意している。画像合成プログラム実行時には、その数値を反映して合成が行われた各ページが作成される。その際、作成された GIF 画像は、ページ番号に合わせたファイル名が付けられ、1つのフォルダとして保存される。絵本の画面制御プログラムでは、これまで合成した画像が保存されているフォルダの中で、最新のフォルダを選択し、コンテンツの再生に使用するために読み込みを行う。

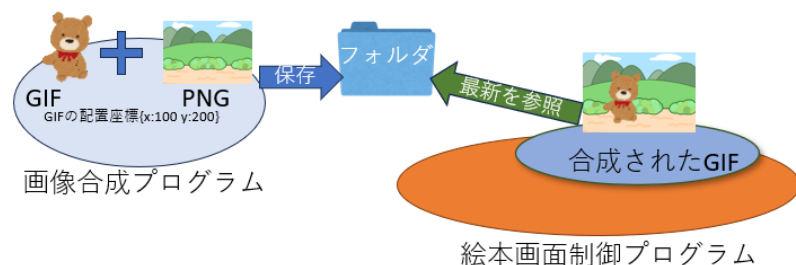


図5 画像合成プログラムのイメージ



図6 ICカードをかざした際の動作例

さらに、ミニチュアハウスによる制御機能の動作例を図6と図7に示す。図6では、

RFID モジュールに特定の IC カードが検出された場合に UDP 通信で PC 側にメッセージを送信している様子である。図7は、IC カードをかざした際の Arduino と Python のターミナルの動作例を示している。なお、今回の試作システムで用いるスマートハウスとセンサの構成を図8に示す。RFID モジュールは、サーボモータと連動する形で使用し、ボタンは、ファンモータと連動する形で対応している。

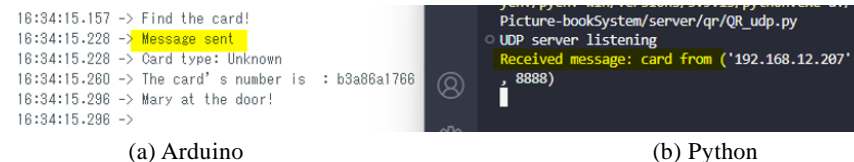


図7 ICカードをかざした際の Arduino と Python のターミナルの例

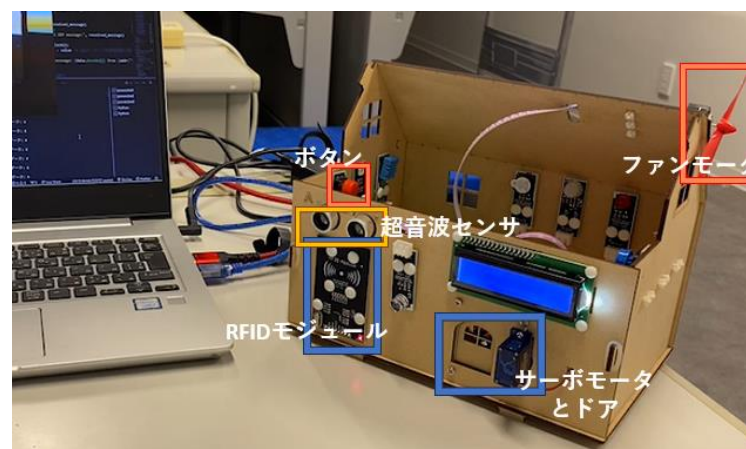


図8 試作システムで使用するスマートハウスとセンサの構成

画面遷移機能の動作例を図9に示す。制御 PC に接続した Web カメラから無地のスケッチブック上に取り付けた QR コードを読み取り、その番号に基づいたコンテンツが制御用 PC に接続しているプロジェクタから出力している様子である。スケッチブックの1ページごとに QR コードが取り付けられているため、絵本のように1ページごとにめくると異なる絵本のページとなる。

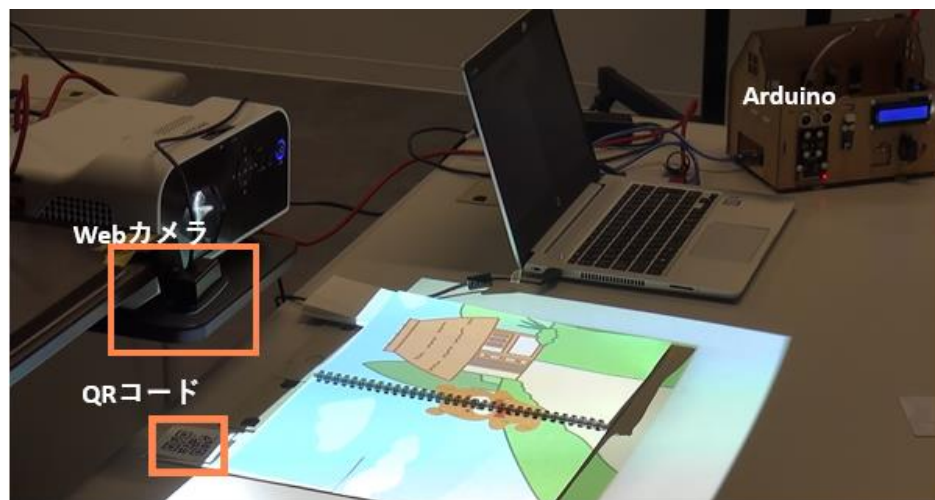


図9 試作システムの配置

5. 評価

5.1 比較研究による評価

子供たちの興味や関心に配慮し、より主体的な読書体験を可能にする絵本コンテンツの開発のため、本提案システムは、登場人物のカスタマイズ性やインタラクション部分に重点を置く形で実現手法を検討し、試作を行った。既存研究との比較を行い整理した本提案の特徴を表1に示す。

まず、インタラクションが与える物語への影響の項目については、提案システムは、ページめくりに加えスマートハウスの連携により、他と比較して物語に影響を与えられる機会が多いといえる。また、スマートハウスを用いたことで、ページめくりや映像投影のインタラクション以上に直接的かつ多様な影響が与えられると考えられる。

次に、IoT 機器との連携の項目に関して、提案システムは、スマートハウスの各種センサとの連携が可能であること、また、スマートハウスではない IoT 機器にも同一の Wi-Fi に繋ぎ、機器の動作を検知し組み込むことができれば、物語のインタラクションに含めることが可能であるため、より拡張性が高いと考えられる。

さらに、キャラクターのカスタマイズ性の項目に関しては、既存研究③では、登場

するキャラクターの 3D モデルを用意する必要があるが、当システムではキャラクターを映した画像があれば、変更が可能である。

最後に、システムの再利用性の項目においては、提案システムは、コンテンツの変化に伴い、背景画像やインタラクション内容など、システムの一部の調整が必要であるが、全体の作り替えは不要である。従って、他の既存研究と比較した際、システムの再利用性は高いといえる。

表1 既存研究との比較

| | インタラクションが与える物語への影響 | IoT 機器との連携 | キャラクターのカスタマイズ性 | システムの再利用性 |
|-------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 本提案 | ◎ 〔ページめくりとスマートハウス(各種センサ)〕 | ○ 〔各種機器と接続し、動作を検知できれば可能〕 | ◎ 〔写真があればカスタマイズ可能〕 | ○ 〔物語の背景とインタラクションの調整が出来れば可能〕 |
| 既存研究① | △ 〔ページめくり〕 | ○ 〔疑似体験を機器に置き換えれば可能〕 | × 〔既存の本に依存〕 | × 〔本と疑似体験を最初から設計する必要がある〕 |
| 既存研究② | ○ 〔ページめくり演出の変更〕 | × | × 〔既存の本に依存〕 | ○ 〔本に合わせた演出を別に用意すれば可能〕 |
| 既存研究③ | △ 〔マーカの変更〕 | × | △ 〔登場キャラクターの3Dモデルを用意できれば可能〕 | × 〔物語、マーカ、3Dモデルの準備が必要〕 |

既存研究①：映像投影を用いた絵本とその読書体験の拡張[1]

既存研究②：インタラクティブ絵本「キシマン」[2]

既存研究③：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ダル・インタフェース[9]

5.2 口頭インタビューによるシステムの評価と今後の拡張性

2023年12月9日に東北学院大学オープンキャンパスにおいて、各機能の試作を体験いただき、来場者への簡単な口頭インタビューを実施した。そこで得られた来場者からのフィードバックや当試作システムの拡張性に関する意見を総括・整理する。

システムの説明、インタビューを行った来場者の組数は、およそ19組であり、人数にすると約40名ほどだった。質問の内容は、「当システムを利用してみたいか」、「今後の拡張のアイデア」、「システムに対する意見」の3つである。

まず「当システムを利用してみたいか」という問いに関して、過半数から肯定的な回答を得た。次に「今後の拡張のアイデア」については、五感を刺激する音や匂いの追加、現在の静止画の絵本の背景に対して、奥行きや動きを加える意見や提案を得た。また、登場キャラクターに関してフィギュアや人形、イラストだけでなく、自分が動いている動画を表示させることで、子供への誕生日の記念の絵本としたいといった意見などがあった。他にも、絵本として遊んだあとアーカイブとして動画を残し、家でも楽しめるようにしたいという意見もあった。最後に「システムに対する意見」では、家庭や学校で用いる際の機器の費用面やシステム全体の大きさを懸念する声やプロジェクタから発せられる強い光に対する懸念もあった。一方で、アニメ文化との相性の良さや子供向けとして適していること、自分が子供の時に体験しなかったという好意的な意見もあった。

オープンキャンパスにおける口頭インタビューの結果、当試作システムに関しては、多くの来場者から肯定的な意見があり、様々なアイデアや期待が寄せられた。拡張性においても、五感を刺激する要素や動画の活用、システムの実用性向上に対する提案がなされた。ただし、懸念点も浮き彫りになり、特に機器の費用やプロジェクタからの強い光に対する注意が求められた。今後は、これらの意見を踏まえつつ、システムの更なる改善と発展に努めていく予定である。

6. おわりに

本稿では、プロジェクションマッピングを用いたパーソナライズ絵本システムの設計と試作について述べた。また、試作システムの各機能の動作確認と既存研究との比較評価、インタビューによる評価を行った。今後は、インタビューで得られた技術的な課題の解決とシステムの利便性向上に取り組む必要がある。今後の開発に関しては、キャラクターのカスタマイズ性とインタラクションによる物語への影響部分を高めるため、物語に複数キャラクターを登場させるための拡張やキャラクターの人数、センサを用いたインタラクションによる物語の分岐の拡張を行う。また、画像処理の点で、すべての形状のキャラクターに対応するため、画像のアップロード時点でのオブジェクトの

編集やキャラクターの形状に合わせた画像加工の対応を行う予定である。

参考文献

- 1) かがみのえほん きょうのおやつは
<https://www.fukuinkan.co.jp/book/?id=1651> (参照 2024-01-23)
- 2) しかけ絵本『うごかす!めくる!こうじげんば』
<https://store.shopping.yahoo.co.jp/smilekids/pie-04.html> (参照 2024-01-23)
- 3) 【ARひろげる絵本】みまもりようかい <https://www.kyotsube.jp/ar/>
- 4) 文部科学省 "「個別最適な学び」と「協働的な学び」の一体的な充実"。1. 本資料作成の趣旨。
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/senseiouen/mext_01487.html (参照 2024-01-23)
- 5) 北山玲奈, 望月茂徳, 大島登志一, "Immersive Tales: 映像投影を用いた絵本とその読書体験の拡張," エンタテインメントコンピューティングシンポジウム2023 論文集, pp.357-362, Aug. 2023.
- 6) 株式会社ズームス インタラクティブ絵本「キシマン」
<https://xooms.co.jp/project/interactive-picture-book/> (参照 2024-01-23)
- 7) 尾崎保乃花, 的場やすし, 椎尾一郎, "実世界人形遊びを拡張する仮想ドールハウスとその評価," 情報処理学会インタラクション2018, pp.183-188, Mar. 2018.
- 8) Meta Platforms Animated Drawings
<https://developers.facebook.com/blog/post/2023/04/13/meta-os-animated-drawings/> (参照 2024-01-23)
- 9) 粟飯原萌, 小林貴之, 村上雄太郎, 菅原祐人, 花村成慶, 武田智裕, 古市晶一, "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ダル・インタフェースの提案," 第73回全国大会講演論文集 2011, pp.307-308, Mar. 2011.