ストーリ性を付加したARキャラクタインタラクションによる表音文字学習システム

前川　紗那[*1]

“Hiragana” Learning System on AR Animal with Narrative Interaction

Sana Maekawa[*1]

Abstract – 本研究ではひらがなの文字学習手法として，AR を用いた動物表示システムを提案する．平仮名が書かれた AR マーカを 2〜3 個並べ，動物を表す特定の単語にするとその動物の 3D モデルがマーカ上に映し出される．このシステムを展開し，同時に表示させた動物同士の関係性や場面に応じた動物の態度の変化や，動物を映し出す場所の設定によりストーリ性を追加した．また作成した物語シーンを保存することも可能にした．

This paper proposes an interactive AR puzzle system that enables to learn phonogram characters through a narrative scene design with 3D virtual animals.When the user arranges Hiragana-written AR markers so as to represent a specific animal in a line, a 3D model of animal is displayed on the set of AR markers.Each animal changes the attitude corresponding to the relationship to the other animal in the same scene.In order to design and save the scene and scenario for storytelling, the user can set the weather and so on.

Keywords : ARToolkit，for Hiragana education ，narrative

1.　はじめに

1.1　研究背景

親や幼児教育施設の幼児に対する学習の方針に差はあるものの [1]，幼いころから文字学習をはじめる子供は多い [2]．幼稚園教育要領解説 [3] によると，幼児は日常生活の中で，人数や事物を数えたり，量を比べたり，また，様々な形に接したりすることを体験している．教師は幼児がより多くの体験が出来るように環境を工夫し，生き生きと数量や図形などに親しむことができるような，援助をしていく必要があるとしている．つまり，物事を単に教えるのではなく，幼児の必要に応じて様々な経験を積み重ねながら，数や文字に対して興味を持つ様にすべきであるということが述べられている．そのため学習に絵本や玩具が使われることも多く [4]，幼児に無理やり教え込むのではなく，それらを使うことにより，日常の生活の中で幼児が興味を持って，自ら学ぶことを促す必要がある [5]．

学習に使われる玩具に必要な要素として，長く使い続けることが出来ること，また遊んでいるうちに自然に学ぶことが出来ることが挙げられる [6]．しかし，これらの要素をどちらも満たす玩具は数が少ない．現在ある学習に用いられる玩具の例を挙げる．積み木の面に文字の書かれた玩具は，積み木を高く積み重ねたり，家や動物など自由に作品を作ったりするなど可塑性があり，幼児が長く遊ぶことが出来る．またその遊びの過程で自然に文字に触れ，自然と文字を学習できることが期待できる．しかし一方で，文字を覚えさせる要素があまりなく，学習効果は弱い．よって積み木で遊ぶという事が阻害されないように，文字を覚えられる枠組が必要である．また，ひらがなの書かれたボタンを押すとその文字の発音をする玩具がある．これは文字学習に必要な，文字の形と音を繋げる学習 [7] には有効であるが，文字を押せば音が流れるだけなので，インタラクションに変化がないため飽きやすく，持続して遊ぶことは期待できない．

そこで，本研究では楽しく文字学習が出来るシステムを考える．方法としては 2 つあり，1 つ目は既存の物に新たな機能を付与する方法である．例えば積み木に，ブロックを積み上げて作品を作るとその名前を言ってくれるなどの機能を付け加えるものである．2 つ目は既存の概念を応用し，新たな物を作る方法である [8] [9]．前者の場合，インタラクションに変化がないことが改善されないことも考えられるので，今回は後者の方法をとり，パズルの概念を利用したシステムを作成した．

1.2　研究目標

本研究では組み合わせるというパズルの概念を利用し，楽しく文字学習が出来るシステムを開発した．文字を組み合わせるパズルの楽しみに，仮想的なオブジェクトが作られる楽しみと，物語シーンの作成といった具体的なゴールを加えた．マーカを複数並べるという

*1: 関西大学　総合情報学部　米澤研究室
*1: Yonezawa laboratory，Faculty of Informatics, Kansai University

動作により，文字に触れる回数を増やすことで学習効果を期待する．今回は仮想的なオブジェクトを表現するのに AR(拡張現実感) 技術を用いた．

AR とは実世界から得られる知覚情報に，コンピューターで処理した情報を付け足したり，センサーによる情報を加えたりして，人間の現実認識を強調したり拡張したりする技術である．AR はキーボードやマウス操作などが不要であり，マーカやそれに変わるものを使用し直感的な操作が可能であることや，オブジェクトを 3DCG で立体的に表現できることから, 近年 AR を用いたツールは分野を問わず開発されており [10]，幼児が楽しく学習が出来る新しいインタラクションシステムを利用した，玩具の研究も多く開発されている [11] [12]．例えば子供が積み木で遊ぶ感覚で, 音符に見立てたキューブを並べることで音楽創作のきっかけを与えるシステム [13] や，奥行きのある表示が可能なことを利用した指文字学習システム [14] などである．また，AR 教材の有効性をはかる研究も多くあり [15] [16]，仮想現実を用いることでシステムへの没入感や視覚的な楽しみが，学習に効果をもたらすことが示されている．

マーカを使用する AR システムの多くは，マーカを 1 つカメラに映せば，そのマーカ上にオブジェクトが出てくるというものであるが，複数のマーカを並べ，1 つのマーカとして認識させたり [17]，オブジェクトを表示する [9] という使い方もある．本システムは後者の方法をとり，単にマーカをカメラに映すのではなく，複数のマーカを並べないとオブジェクトが出現しないようにした．これは，マーカを単にオブジェクトを表示するものではなく，マーカを並べ遊んでもらうことを狙いとするためである．

またオブジェクトが条件によって動く機能や，シーンの保存機能を実装しており，幼児が物語を作れるようなシステムを目指す．オブジェクトの出現や物語の作成という楽しみを与えることで，継続して本システムで遊んでもらうことを狙いとする．

2. 関連研究

電子媒体や新しいインタフェースを用いた e-learning に関する研究は，どこでも学習が可能であったり，画像・動画付で学習内容が理解しやすいといった，メリットがある一方で，学習意欲のない者のシステム使用を促すことは出来ない問題や，PC 操作などの IT スキルの乏しいユーザはシステムを使えないといった問題があり，電子媒体を用いた e-learning の使用についての様々な議論がされている [18] [19] [20]．そこで，操作性を改善するためにタブレットを利用したもの [21] や，教材の中に入り込むというユーザ参加型インタラクティブを実現し，学習者に興味を持たせるシステム [22] が提案されたり，コンテンツを楽しく学習するための試みは多い．

特に子供向けのシステムにおいては，ユーザに飽きさせない要素を入れたり，ユーザにより分かり易く物事を教えることを目指した研究が多く見られる．また，直感的な操作が可能で，3DCG で立体的な表現が可能である AR の特性を利用した，学習システムもある程度存在する．また, 幼児の学習に関する検討も行われており，絵本を用いることで，母親との相互作用が比較的多く生じることが示されている [23]．このことからストーリ性が対話的な学習を支援すると考える．

本研究では，幼児が楽しみながら文字を学習できることを目的としている．継続的なシステムの使用が，文字の学習を促すと仮定し，ユーザに飽きさせない要素が必要であると考える．そこで，ユーザに飽きさせない要素として，ストーリ性を用いた研究を関連研究として挙げる [24]．また本研究と同様に AR を用いて，直感的で分かりやすいアプリケーションを目指した研究を挙げる [25] [26]．

2.1 デジタル絵本教材システム

関連研究として小宮山らによる語学学習を目的とした低年齢向けのシステム [24] を挙げる．これは小学校低学年の児童の自発的な英語学習を目的としており，既存の語学学習教材が持つ特徴を活かしながらも，低年齢児童が語学学習に取り組みやすい様に配慮したデジタル絵本システムである．このシステムには 4 つの特徴がある．1 つ目は絵本を閲覧し，児童が英語を学習できること．2 つ目は絵本にストーリ性を持たせ，児童に絵本を読む意欲を湧かせることができること．3 つ目は絵本の閲覧と物語作成の機能により，個人の能力に応じて英語を学習できること．最後に教材データをネットワーク上で管理しているため，ネットワークに接続できる環境であれば時間や場所を問わずに学習でき，同じシステムを使う他の児童と交流学習を行えることである．

本研究でも，ストーリ性を持たせ幼児に文字を並べたり物語を作成する意欲を湧かせることを目指す．しかし本研究では，文字を読めない幼児の文字学習を目的としているため，文章を使わずに単語のみの利用で物語を進めていく．また，マーカに書かれた文字をパズルのように使える遊びの楽しみを加えた．

2.2 AR を用いた漢字学習システム

近藤・簑島らによる拡張現実感を用いた漢字教育システム作成に関する研究 [25] を挙げる．これは AR 技術を用いて，直感的で分かり易いアプリケーションを目指した漢字の教育システムである．このシステムで使用するマーカには「田」「日」などの漢字が書かれ

ている.「田+丁=町」の様に 2 つのマーカを組み合わせると 1 つの複合文字になる場合，マーカ同士を正しい位置関係で近付けると，マーカ間に複合文字が表示されるというものである．また，キーボード操作によりマーカに設定された文字に対応した 3D の仮想オブジェクトやふりがなが表示されるというものである．

本研究では幼児が楽しみながら学習をすることを目指している．そこで出現するオブジェクトに動きを付け，オブジェクトの組み合わせを考えたり，作ったりすることで，物語の構成を考えながら文字を学べるという学習形態をねらった．

2.3 空間認識能力の向上ための学習手法

秦野・米澤らによる，AR を用いたらの空間認識能力の向上ための学習手法を挙げる [26]．これは，物体を実際に動かすことで，子供でも直感的に動作と視覚の両方の感覚を使って扱うことが出来る AR の利点を利用し空間認識能力を向上させることを，ねらったシステムである．このシステムを使用し，立体的な遊びを行うことで，子どもたちが自然と空間を把握する空間認識能力を育むことができる．

マーカ上にブロックを表示し，各面から見える図を想像することで，空間認識能力のための学習を行う．一方本研究では，文字を並べると実際にマーカ上に動物を表示し，動物と関連付けながら文字学習を行う．

3. システム内容

システムの動作は大きく分けて以下の 3 つである．

- 言葉パズル
- 動物の関係性や場面状況に応じた動物の態度
- 文字学習におけるヒント提示

本システムは幼児が勉強をさせられているという感覚ではなく，遊ぶ感覚で気がつけばひらがなを学習できることを目標としている．そこで，幼児が描きたい動物の名前に必要な文字を選択したり，並び替えたりすることで文字に慣れることを促す．これに動物の態度の変化や，天気の設定といったストーリ性性を加えることで，言葉パズルで動物を出した後，キャラクターを使って遊ぶ，という自然な流れで文字を見せることができるので，遊ぶ感覚で文字を学習できる．

また，文字を並べるためのヒントを提示することで，幼児のレベルに合わせて文字を学習できるようにした．

3.1 システム概要

開発環境は Microsoft Visual C++ 2008 Express Edition を用いた．また本システムにおける AR(拡張現実感) 表現は，AR を実現する C 言語用のソフトウェアライブラリである ARToolkit を使用する．ARToolkit [1]を使うことにより，紙に印刷されたパターンをカメラで読み取り，その上に 3D オブジェクトをオーバレイ表示するアプリケーションを簡単に作ることが出来る [27].

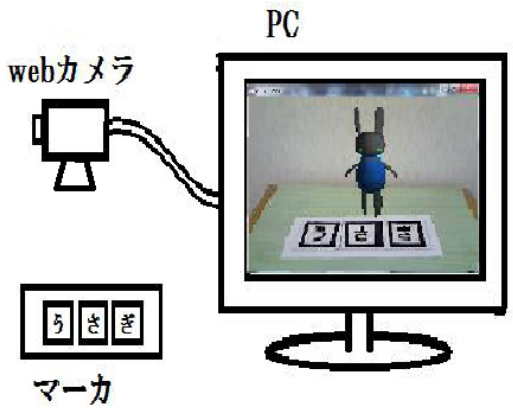


図 1 システムの全体図
Fig. 1 Overall view of the system.

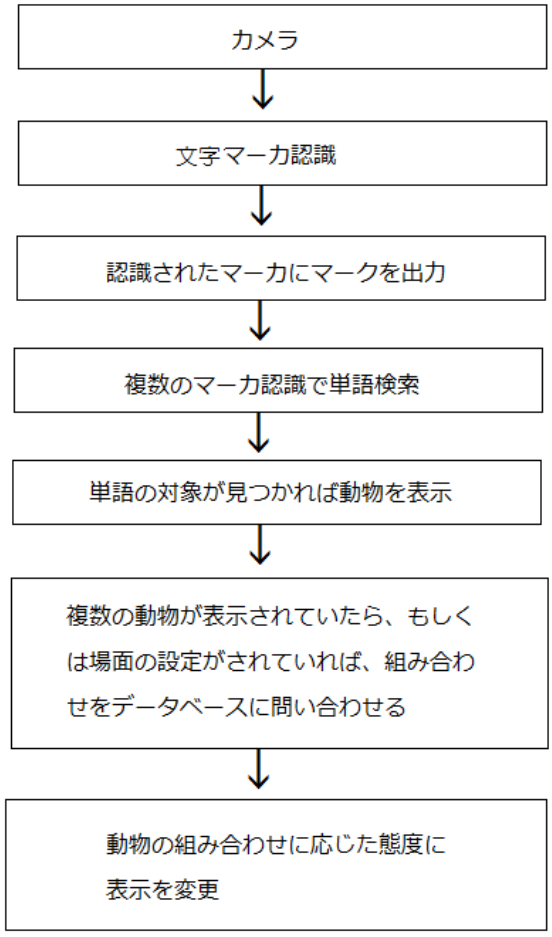


図 2 システムのフローチャート
Fig. 2 Flowchart of the system.

図 1 に本システムの全体図を，図 2 に処理のフローチャートを表す．操作は全てマーカで行い，マーカを web カメラで写すことで結果が PC に表示される．

1: http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/

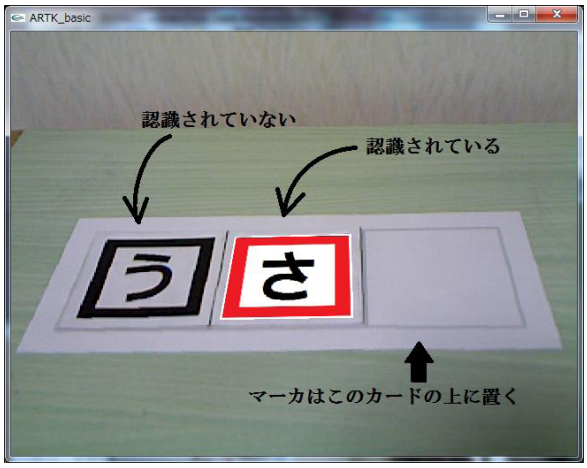


図 3　マーカーが認識されると枠が赤くなる
Fig. 3　Frame will turn red marker is recognized.

図 4　動物の 3D オブジェクトの出現
Fig. 4　A 3DCG Model of Rabbit appears.

3.2　単語パズル

本システムでは，ひらがなが書かれた AR マーカ (以後文字マーカとする) を使用する．ここでは，文字マーカをパズルのピースと見立て，動物の名前を作る操作を単語パズルと定義する．また，パズルの並べやすさと複数のマーカをまとめたときの動かしやすさを考慮し，図 3 に示されるように横長の下敷きの上に文字 AR マーカを並べる仕様となっている．

本システムではまず，文字マーカをカメラに認識させると，図 3 の「さ」のマーカのように，文字のまわりに描かれた黒枠が赤く表示され,「さ」という文字を読み上げる音声が流れる．一方図 3 の「う」の枠は黒のままなので，このマーカは認識されていない．

この文字マーカを左から右に読める様にいくつか横に並べ，特定の動物の名前に並べると，文字マーカが示す動物の 3D オブジェクトがマーカ上に映しだされる．文字マーカの並びが動物の名前にならない場合や，マーカ同士が離れすぎていたりすると，動物を表す単語とは認識されず，動物オブジェクトは表示されない．

例を図 4 に示す．文字マーカを「うさぎ」の順に並べ，カメラに映し認識させると，うさぎの 3D オブジェクトが仮想的にマーカ上に映しだされる．

動物を表示させようとするたびに，文字に触れさせることが出来るので，文字への慣れを促すことが期待できる．

3.3　動物の関係性による変化

このシステムでは同時に複数の動物を表示させることも可能である．複数の動物を同時に表示させる時に，動物同士をマーカが接触する程度に近づけると，動物は相手の動物との関係性によって，それまでと違った態度を見せたり，体の向きを変えたりする．

例を図 5 に示す.「くま」と「うさぎ」を同時に表示させる場合，うさぎの 3D オブジェクト一体だけであれば，図 4 の様に直立する格好のオブジェクトが出現する．しかし近くに,“くま”を表示させると図 5 の様に“くま”が“うさぎ”に向かって威嚇する様な格好 (両手を上げる) になり,“うさぎ”は“くま”に驚いて背を向けてしゃがむような格好になる．これは実世界における，くまはうさぎより強いという力関係によるものである．また幼児がままごと遊びをする際に，動物に感情を持たせやすくするために，動物の振る舞いは擬人的なものにした．

3.4　環境の設定

ストーリ性を深めるために，場面の天気を設定できるようにした．天気の種類は雨・晴れ・夜の 3 つである．天気の設定は天気の絵が書かれたマーカ (以後天気マーカと呼ぶ) を表示することで出来る．天気マーカを表示すると画面上の天気が変更され，動物は天気に応じて態度を変える．例えば図 6 のように雨を設定した状態で猫を表示すると，猫は水を嫌ってうずくまるような態度を見せる．このように動物を表示する場面を設定することで，物語が作りやすくなると考えた．

3.5　場面の保存

作成した物語を保存出来る機能を実装した．作ったシーンを順序付けて物語を構成し，後から見返すことを可能にすることで，物語を作ろうというやる気を引き出させることを期待する．

動物を表示した状態で，数字が書かれたマーカ (以後数字マーカとする) を表示させると，設定した場面・表示した動物・その位置座標をセットで保存する．保存したあと数字マーカをもう一度表示させると，保存した物語シーンを再現できる (図 7)．

3.6　文字学習におけるヒント提示

文字を読むことの出来ない幼児が，並べたい文字が分からないもしくは動物の名前が分からず動物を出せ

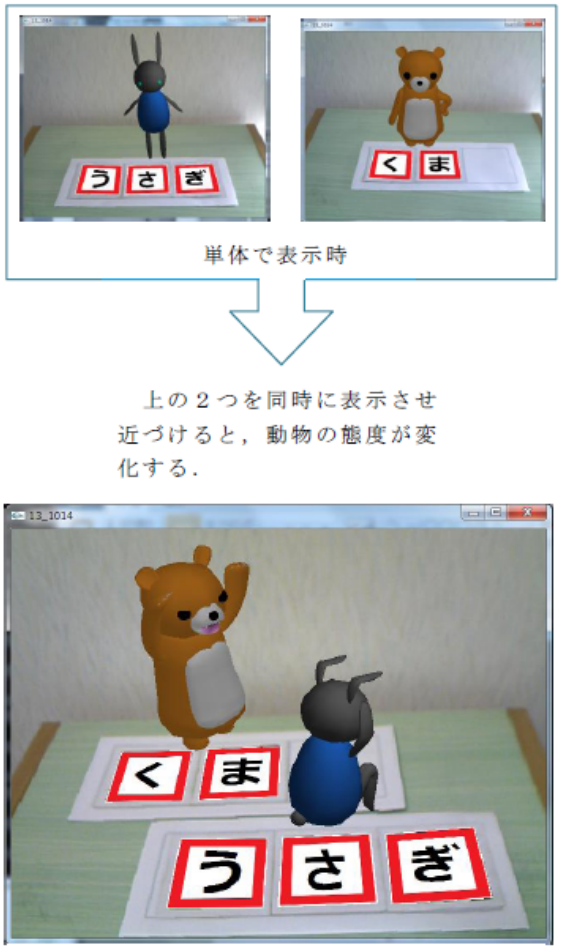


図 5　動物の態度の変化する例 1
Fig. 5　Example1) Animals'behavior changes.

図 6　動物の態度の変化する例 2
Fig. 6　Example2) Animals'behavior changes.

ない場合を想定し，その動物の名前のヒントを与える．ヒントは複数用意し，それらを組み合わせることで，幼児のレベルに応じた学習ステップを考える．学習ステップを付けることで，幼児が遊び慣れるにつれ，段階をこなしていき，自然と動物の名前を覚えることが出来るように支援する．

3.7.1　ステップ 1:文字表示によるヒント

文字マーカとは別に，動物の絵が描かれた AR マーカ (以後動物マーカとする) を用意した．動物マーカは図 8 のようにカメラに映すとマーカ上に動物の名前と音声が表示される．これは，文字が全く分からない幼児が，文字を並べる時に使用するヒントであり，文字そのものを見せることで，文字を並べることを支援する．

3.7.1　ステップ 2：並べる動物と使用する文字のヒント

このステップでは，先に動物を提示して，その文字が合っているかを教える．まず文字マーカとは別に AR マーカ (以後ヒントマーカとする) を用意する．ヒントマーカをカメラに映すと，平面のうさぎが表示され，『うさぎ』と音声が出る (図 9.A)．

平面の動物が表示されている状態で文字マーカをカメラに写すと，その文字が動物の名前に含まれるなら「○」が，含まれないなら「×」がマーカ上に表示される (図 9.B)．また，文字マーカをヒントマーカの近くで，並べると，並びが合っているマーカには「○」が表示され，順番が間違っているマーカには「△」が表示される (図 9.C)．きちんと文字を並べると，ヒントマーカ上の平面のうさぎは消え，文字マーカ上に 3D オブジェクトの動物が現れる．このヒントは，音は分かるが文字の形が分からない幼児を支援するためのヒントである．また先に表示する動物を見せることで，並べる動物をイメージしやすくなる．

4.　実験

4.1　実験目的

本研究では以下の 4 つの実験を行った．

- 実験 1：文字を並べる際のヒントの違いによる学習効率やシステムの使いやすさの調査．
- 実験 2：文字マーカを動物の名前に並べたとき，動物や文字が出てくることによる学習効率と面白さの調査．
- 実験 3：動物を複数表示させた時の態度変化の違

図 7　場面の保存
Fig. 7　Preservation of a scene.

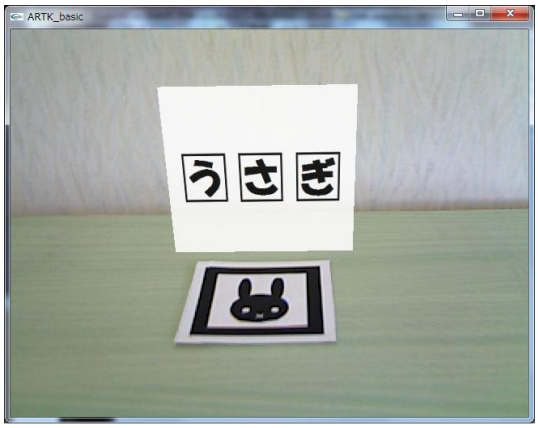


図 8　文字のヒント
Fig. 8　Hint of character.

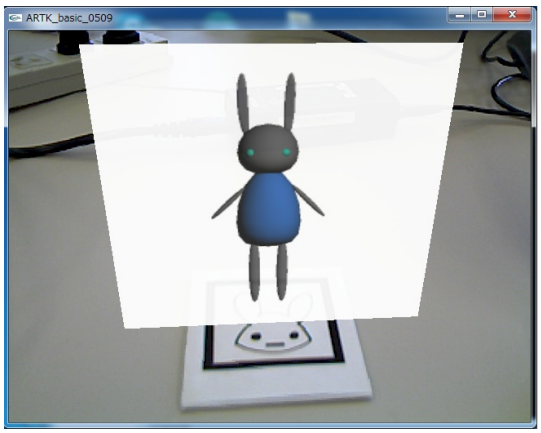


図 9　A. 平面の動物が表示され，名前を読み上げる.
Fig. 9　A. Display of animal flat and read the name.

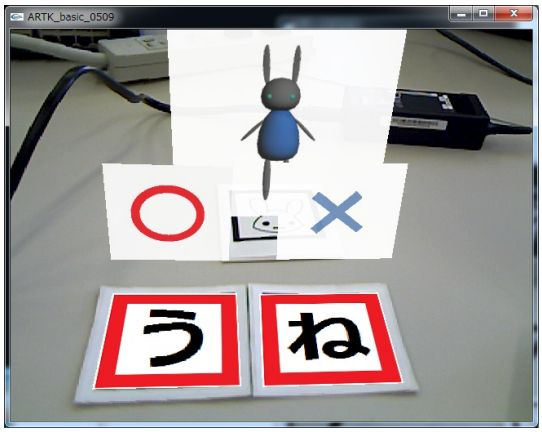


図 9　B. 文字が違うと「×」が表示される.
Fig. 9　B. ”×” be displayed character is different.

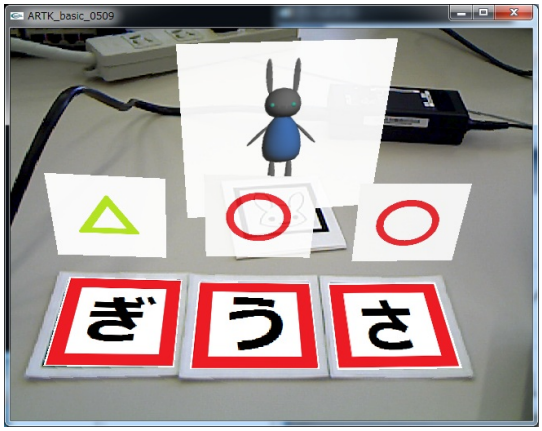


図 9　C. 場所が異なると「△」が表示される.
Fig. 9　C. “△” is displayed place is different.

いによる面白さの調査.

- 実験 4：天気を設定した時の動物の態度変化の違いによる面白さの調査.

実験 3・実験 4 は，継続的な使用を促すためにシステム加えたストーリ性要素による面白さを調べることを目的として行った.

実験 1 の実験参加者は 19〜23 歳の 42 人 (男 27 名・女 15 名)．実験 2〜実験 4 は同時に行ない，実験参加者は 19〜23 歳の 20 人 (男 8 名・女 12 名) であった．また，実験 2〜実験 4 の参加者のうち，10 人は実験 1 にも参加者している.

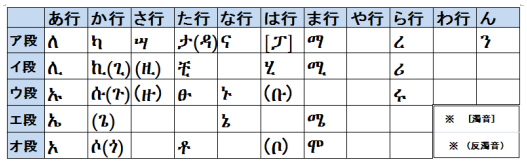


図 10　実験 1 で使用した文字 (エチオピア文字)
Fig. 10　Characters used in experiment1(Ethiopic)

図 11　実験 2 で使用した文字 (ヴァイ文字)
Fig. 11　Characters used in experiment2(Vai)

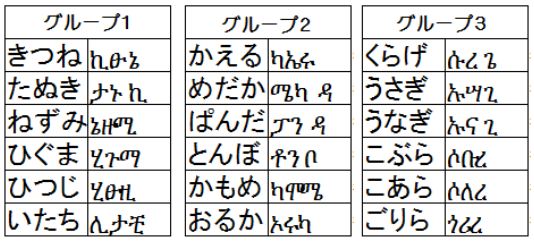


図 12　使用した動物群 (実験 1)
Fig. 12　Animal used(Experiment1)

また実験 3 と実験 4 ではひらがなを使用したが，今回の実験の参加者は大学生であったので，学習効果を調べる実験 1 と実験 2 では，ひらがなの代わりにそれぞれエチオピア文字 (図 10) とヴァイ文字 (図 11) を使用した．エチオピア文字とヴァイ文字を選んだ理由は，一つ一つの字が意味をもたず、音のみを表す表音文字であり，さらに文字の形がそれほど複雑でないため，AR マーカにしやすかったからである．

4. 2　ヒントの出し方に関する実験

4.2.1 実験手順

まず被験者には，システムで使用するエチオピア文字の読み方を語群から選ぶ問題を解かせた．次に 3 種類のシステムを使って問題用紙で指定した動物 6 体を順番に作らせた．システムの条件を表 1 に示す．

システムの条件の中から，各群 1 つずつランダムで選び被験者には，動物の名前は教えず作成可能な匹数だけを教えた．システムの基本動作は，文字マーカを認識させるとその文字が読み上げられ，並べ終えると動物の CG が表示される．システム使用後, 問題とアンケートに答えさせ, この手順をシステムごとに行った．問題はシステムで使用したエチオピア文字の読み方を語群から選ばせるもので，アンケートは表 6 の内容を当てはまる・まあまあ当てはまる・どちらでもない・あまり当てはまらない・当てはまらないの 5 段階で評価させ，理由もあれば記述させた．また，システムの使用順は被験者によって異なり，使用する文字マーカもシステムごとに変えた．

図 13　使用した動物群 (実験 2)
Fig. 13　Animal used(Experiment2)

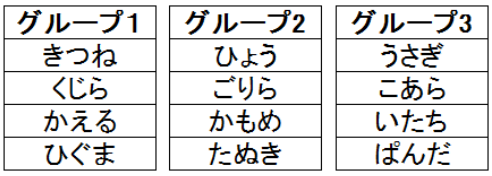


図 14　使用した動物群 (実験 3，実験 4)
Fig. 14　Animal used(Experiment3，Experiment4)

システム動作について詳しく説明する．I 群の音声のヒントでは，条件 1 は並べる動物の名前を読み上げる音声を一度聞かせてからその動物を並べてもらい，並べ終えたら次に並べてもらう動物の名前を読み上げる音声を聞かせ，次の動物を並べ始めさせた．条件 2 では，文字を並べ終えたときに動物の CG の表示と同時にその動物の名前の音声を一度だけ流すようにした．条件 3 では，文字マーカがカメラに認識されたときに,「文字＋動物の名前の音声」が流れる．例えば，うさぎを並べようとしているときに,「う」のマーカを認識させると「う　うさぎ」,「く」のマーカを認識させると「く　うさぎ」という風に流れる．条件 4 はどのタイミングでも動物の名前を読み上げる音声は流れない．II 群・III 群のシステム動作は，上記の文字学習におけるヒント提示のステップ 2 で説明したとおりである．なお今回の実験では，ヒントマーカの代わりに

表 1　実験条件 (実験 1)
Table 1　Condition(Experiment1)

Ⅰ群：音声のヒント (並べる動物の名前)	
条件 1	初めに音声表示
条件 2	並べ終えたときに音声表示
条件 3	文字マーカを置く毎に音声表示
条件 4	動物の名前の音声なし

Ⅱ群：○×△のヒント	
条件 1	○×△ヒントあり
条件 2	○×△ヒントなし

Ⅲ群：2D 表示	
条件 1	2D 表示あり
条件 2	2D 表示なし

表 2　質問内容
Table 2　Question.

質問 1	必要な文字を見つけやすかった
質問 2	文字は並べやすかった
質問 3	また、使ってみたいと思う
質問 4	このシステムを他の人にも教えたいと思う
質問 5	自由記述

番号の書かれたマーカを使用した．問題番号と同じ数字のマーカを表示させることで，並べようとしている動物をシステムに認識させ，平面の画像や○×△のヒントを表示した．

4.2.2　ヒントの出し方に関する結果と考察

テスト正答率は表 3 の通りである．実験回数とシステム使用前後においては差が出たが，ヒントの出し方では有意差が得られなかった．

また，それぞれの質問に対する評価は表 4 の通りである．Ⅱ群では有意差が得られた.「正解・不正解が表示されて分かり易かった.」という感想も得られ，○×△のヒントがあることで，必要な文字を選びやすくなり，動物を並べるときのヒントとして有効的だと考えられる．一方，Ⅰ群とⅢ群では，有意差が得られなかった．回答理由を見てみると，音などのヒントに関することより，マーカの動かしやすさや使いやすさについての記述が多く，ヒントに関する回答が得られにくかったと考えられる．

自由記述より,「慣れてくると楽しくなってくる」「パズル・謎解きみたいで楽しい」という感想が得られ，このシステムを使う面白さはある程度期待できると考えられる．

また,「ヒントがあるほうが、文字を並べ易い」という意見がある一方で,「ヒントの絵が邪魔だ」「マーカの置き場所に困る」との意見もあった．これは，カメラのマーカ認識精度がそれほど高くないため，ある程度マーカにカメラを近づける必要があり，その結果写す範囲が狭くなったことが考えられるので，改善する必要がある．

表 4　分散分析表:評価項目結果 (実験 1)
Table 4　Analysis of variance table(Experiment1)

Ⅰ群：音声のヒント (並べる動物の名前)

	F(A)	p(A)	F(B)	p(B)
質問 1	1.374	0.2663	6.769	0.0020****
質問 2	0.728	0.5418	0.077	0.9260
質問 3	0.240	0.8680	0.713	0.4936
質問 4	0.121	0.9474	0.925	0.4012

+ p<.10,* p<.05,** p<.01,*** p<.005,**** p<.001

Ⅱ群：○×△ヒント

	F(A)	p(A)	F(B)	p(B)
質問 1	5.723	0.0218*	3.982	0.0227*
質問 2	0.000	1.0000	2.000	0.1424
質問 3	6.756	0.0132*	0.698	0.5006
質問 4	6.168	0.0175*	1.623	0.2041

+ p<.10,* p<.05,** p<.01,*** p<.005,**** p<.001

Ⅲ群：2D 表示

	F(A)	p(A)	F(B)	p(B)
質問 1	1.029	0.3171	3.610	0.0319*
質問 2	0.688	0.4120	0.438	0.6467
質問 3	0.366	0.5491	3.862	0.0254*
質問 4	0.030	0.8646	2.782	0.0684+

+ p<.10,* p<.05,** p<.01,*** p<.005,**** p<.001

もう一つ，改善する点として音声が挙げられる．マーカを表示させた時に発音するのは，並べる手がかりとして有用であるが，今回の実験では音声に機械音を使用したため,「ず・つ」「ひ・き」のように，似ている文字は識別しにくくなり,「合っているのかが分かりづらい」という意見が目立った．

4.3　表示オブジェクトに関する実験

4.3.1　実験手順

まず被験者には，システムで使用するヴァイ文字の読みかたを語群から選ばせる問題を解かせた．次に 4 種類のシステムを使って動物を 5 種類作らせた．4 種類のシステムの条件は表 5 のとおりである．被験者には，動物の名前は教えず作成可能な匹数だけを教えた．また文字を並べるヒントとして，○×△をマーカ上に表示させるようにした．システム使用後, 問題とアンケートに答えさせ, この手順をシステムごとに行った．問題はシステムで使用したヴァイ文字の読み方を語群から選ばせるもので，アンケートは表 6 の内容を当てはまる・まあまあ当てはまる・どちらでもない・あまり当てはまらない・当てはまらないの 5 段階で評価させ，理由もあれば記述させた．また，システムの使用順は被験者によって異なり，使用する文字マーカもシステムごとに変えた．

4.3.2　表示オブジェクトに関する結果と考察

それぞれの質問に対する評価は表 7 の通りで，グラフ化したものが図 16 である．システムに興味を持ってもらえるか，システムはユーザに楽しみを与えるか

表 3　分散分析表:テスト正答率 (実験 1)
Table 3　Analysis of variance table(Experiment1)

[実験条件 (要因 A)・実験回数 (要因 B)・システム使用前後 (要因 C)]

Ⅰ群：音声のヒント (並べる動物の名前)

	F(A)	p(A)	F(B)	p(B)	F(C)	p(C)
正答率 (文字毎)	0.312	0.8169	83.944	0.0000****	122.985	0.0000****
正答率 (単語)	1.064	0.3765	72.873	0.0000****	104.778	0.0000****

+ p<.10,* p<.05,** p<.01,*** p<.005,**** p<.001

Ⅱ群：○×△ヒント

	F(A)	p(A)	F(B)	p(B)	F(C)	p(C)
正答率 (文字毎)	0.271	0.6061	85.542	0.0000****	136.494	0.0000****
正答率 (単語)	0.063	0.8.25	92.681	0.0000****	108.206	0.0000****

+ p<.10,* p<.05,** p<.01,*** p<.005,**** p<.001

Ⅲ群：2D 表示

	F(A)	p(A)	F(B)	p(B)	F(C)	p(C)
正答率 (文字毎)	1.485	0.2306	119.341	0.0000****	136.668	0.0000****
正答率 (単語)	1.681	0.2026	83.611	0.0000****	112.387	0.0000****

+ p<.10,* p<.05,** p<.01,*** p<.005,**** p<.001

表 5　実験条件 (実験 2)
Table 5　Condition(Experiment2)

	有	無
動物表示	条件 1(図 15.1)	条件 2(図 15.2)
文字表示	条件 3(図 15.3)	条件 4(図 15.4)

表 6　主観評価の項目
Table 6　Question

質問 1	また使ってみたいと思う
質問 2	文字を並べるのはわくわくした
質問 3	他の動物でも試したいと思った
質問 4	このシステムを他の人にも教えたいと思う 勧めたい人や使用場面が具体的にあれば記入
質問 5	自由記述

を調査するために 4 つの評価項目を用意した.

すべての評価項目で，動物表示の有無において有意差を得られたので，動物を表示することは有効であると考えられる．また，文字表示の有無においても有意差が得られたが，動物を表示している時の文字表示の影響は少なかった.

回答理由より,「動物が表示されると達成感がある」「動物が出てくるのが楽しみ」といった感想が得られ，動物が表示されることが楽しみの一つとなったことが考えられる．一方，文字表示に関しては「文字表示だけだとただの作業になってしまう」「動物が表示されないと物足りない」といった感想が得られ，文字表示自体に面白みは得られにくく，動物が表示されると，文字表示による面白さはそれほど重視されなくなったと考えられる．しかし「文字が表示されると覚えやすい」「文字の読み方がわかりやすい」といった感想が得られ，文字が表示されることで，並べる文字がわかりやすくなり，文字を覚えやすくなると考えられる.

またテストの正答率に差は見られなかった (表 8，図 17) が，これは被験者が大学生であったことや，実験時間が数時間であったため学習効果の差が見られなかったためと考えられる.

表 9　実験条件：(実験 3)
Table 9　Condition(Experiment3)

表示された動物の態度変化	
条件 1	動物の態度変化あり (静止)
条件 2	動物の態度変化あり (アニメーション)
条件 3	変化なし

4.4　動物の関係性による態度変化に関する実験

4.4.1　実験手順

被験者には 3 種類のシステムを使って動物を 2 体づつ同時に表示させた。3 種類のシステムの条件は表 9 のとおりである．態度の変化ありの場合，2 体の動物が同時に表示されたとき，互いに体をむき合わせ，相手によって喜ぶ・悲しむ・怒る・威嚇するのどれかの態度を見せる．被験者には，作成可能な 4 体の動物を教え，2 パターン以上の組み合わせを作るように指示し，自由に動物を作らせ何パターン作成するかを記録した．また文字を並べるヒントとして，○×△をマーカ上に表示させるようにした．システム使用後, アンケートに答えさせ, この手順を条件ごとに行った．アンケートは表 6 の内容を当てはまる・まあまあ当てはまる・どちらでもない・あまり当てはまらない・当てはまらないの 5 段階で評価させ，理由もあれば記述させた．また，システムの使用順は被験者によって異なり，使用する動物もランダムに変更し，システム間でかぶらないようにした.

4.4.2　動物の関係性による態度変化に関する結果と考察

それぞれの質問に対する評価は表 10 の通りである.

表 7　分散分析表:表示するオブジェクト
Table 7　Analysis of variance table

	F(A)	p(A)	F(B)	p(B)
質問 1	44.333	0.000****	21.111	0.0002****
質問 2	38.668	0.000****	9.616	0.0059**
質問 3	31.814	0.000****	7.107	0.0153*
質問 4	26.085	0.001****	15.545	0.0009****

+ p< .10,* p<.05,** p<.01,*** p<.005,**** p<.001

表 8　分散分析表:テスト正答率 (実験 2)
Table 8　Analysis of variance table(Experiment2)

表示するオブジェクト [動物表示 (要因 A)・文字表示 (要因 B)・システム使用前後 (要因 C)]

	F(A)	p(A)	F(B)	p(B)	F(C)	p(C)
正答率	1.759	0.2004	0.040	0.03429	163.473	0.0000****

+ p<.10,* p<.05,** p<.01,*** p<.005,**** p<.001

表 10　分散分析表:態度変化 (複数表示時)
Table 10　Analysis of variance table

	F	p	多重比較
質問 1	23.920	0.000****	1{3},2{3}
質問 2	28.612	0.000****	1{3},2{3}
質問 3	30.144	0.000****	1{3},2{3}
質問 4	22.159	0.000****	1{3},2{3}

+ p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001

表 11　実験条件 : (実験 4)
Table 11　Condition(Experiment4)

表示された動物の態度変化 (天気表示時)	
条件 1	動物の態度変化あり (静止)
条件 2	動物の態度変化あり (アニメーション)
条件 3	変化なし

で，グラフ化したものが図 18 である．評価項目は実験 2 と同様に，システムに興味を持ってもらえるか，システムがユーザに楽しみを与えるかを調査するために 4 つ用意した (表 6).

評価項目と組み合わせ数の結果のどちらにおいても，動きの有無に関わらず態度変化があるときに有意差が得られた．また「組み合わせで反応が変わるのが面白かった」「動物がどのような反応を見せるかが気になった」という感想が多く，動物に態度変化を持たせ，動物を表示させることへの興味を抱かせることができたと考えられる．

「動きがあると良い」という感想はあったが，今回アニメーションは態度変化後と変化前の 2 つを交互に表示する方法をとったため，見た目には静止したものとあまり差が付きにくく，有意差が得られにくかったと考えられる．

4.5　天気による態度変化に関する実験

4.5.1　　実験手順

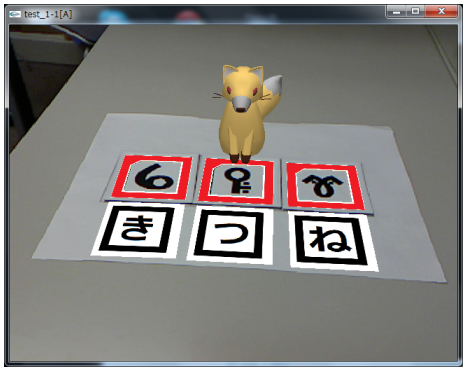
被験者には 3 種類のシステムを使って天気を設定しながら，動物を表示させた．3 種類のシステムの条件は表 9 のとおりである．天気は晴れ・雨・夜の 3 種類を用意し，動物 1 体にすべての天気を設定するように指示した．態度の変化ありの場合，天気が設定されると喜ぶ・悲しむ・寝る・傘を差すのどれかの態度を見せる．被験者には，作成可能な 4 体の動物を教え，3 種類の動物を作らせ，残りの 1 種類の作成は自由として，何種類の動物を作成するかを記録した．また文字を並べるヒントとして，○×△をマーカ上に表示させるようにした．システム使用後, アンケートに答えさせ, この手順を条件ごとに行った．アンケートは表 6 の内容を当てはまる・まあまあ当てはまる・どちらでもない・あまり当てはまらない・当てはまらないの 5 段階で評価させ，理由もあれば記述させた．また，システムの使用順は被験者によって異なり，使用する動物もランダムに変更し，システム間でかぶらないようにした．

4.5.2 天気による態度変化に関する考察

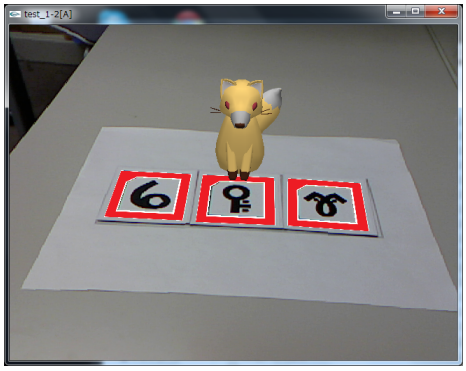
それぞれの質問に対する評価は表 12 の通りであり，グラフ化したものが図 20．評価項目は，システムに興味を持ってもらえるか，システムをユーザに楽しみを与えるかを調査するために 4 つ用意した (表 6).

評価項目と表示数の結果のどちらにおいても，動きの有無に関わらず態度変化がある時に有意差が得られた．また「天気で反応が変わるのは面白い」「いろんな反応を見たい」という感想があり，動物に態度変化を持たせることで，天気を設定する楽しみを与えられたと考えられる．

また「天気毎に反応が変わって楽しかった」や「動物ごとに反応が違うのでよかった」という感想が得られ，天気ごとに反応が変わることや，同じ天気でも動物によって異なった反応を見せる事も楽しみの要因の一つになったと考えられる．

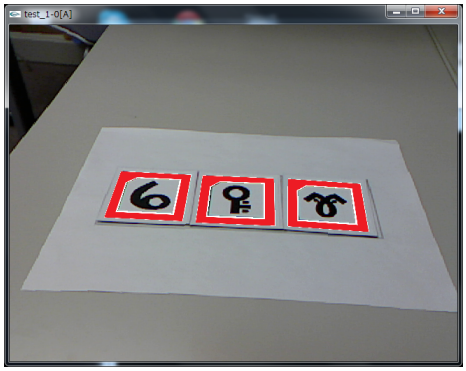


条件 1(動物+文字)



条件 2(動物)

条件 3(文字)



条件 4(表示なし)

図 15　実験条件 (実験 2)
Fig. 15　Condition4(Experiment2)

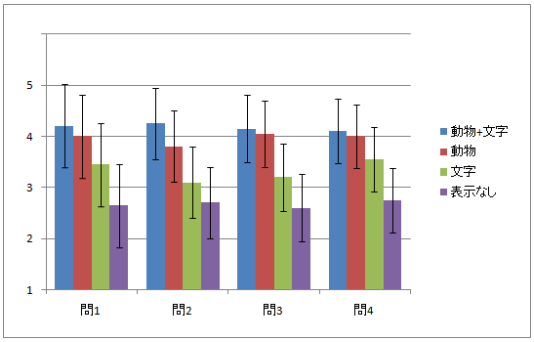


図 16　主観評価の結果：表示するオブジェクト
Fig. 16　Results of the questionnaire

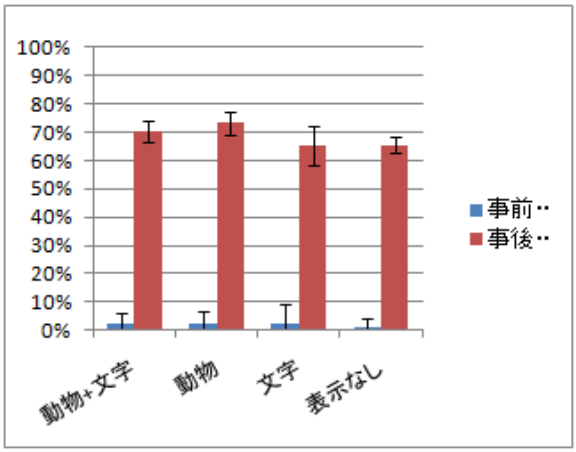


図 17　テスト正答率の結果：表示するオブジェクト
Fig. 17　Test accuracy rate

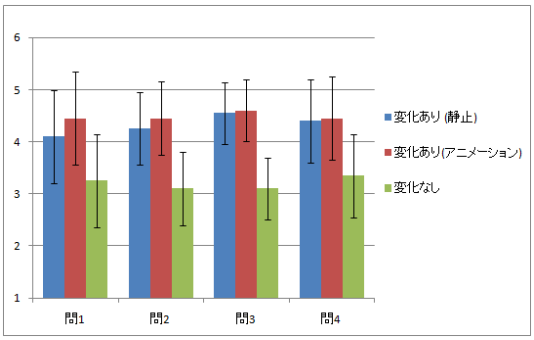


図 18　主観評価の結果：態度変化 (複数表示時)
Fig. 18　Results of the questionnaire

表 12　分散分析表:態度変化 (天気設定時)
Table 12　Analysis of variance table

	F	p	多重比較
質問 1	28.500	0.000****	1{3},2{3}
質問 2	20.818	0.000****	1{3},2{3}
質問 3	51.339	0.000****	1{3},2{3}
質問 4	25.058	0.000****	1{3},2{3}

+ p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001

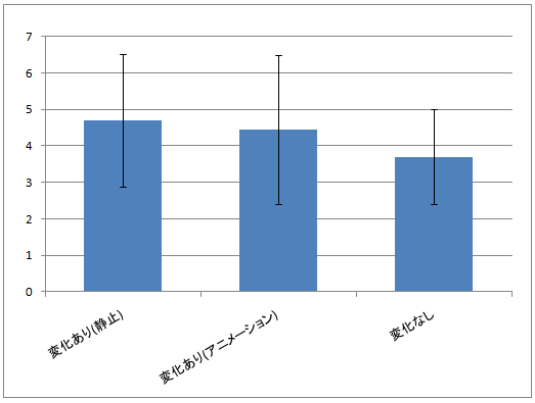


図 19　組み合わせた数：態度変化 (複数表示時)
Fig. 19　The number that I put together

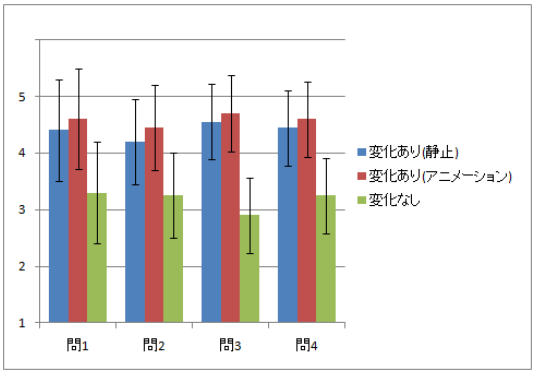


図 20　主観評価の結果：態度変化 (天気設定時)
Fig. 20　Results of the questionnaire

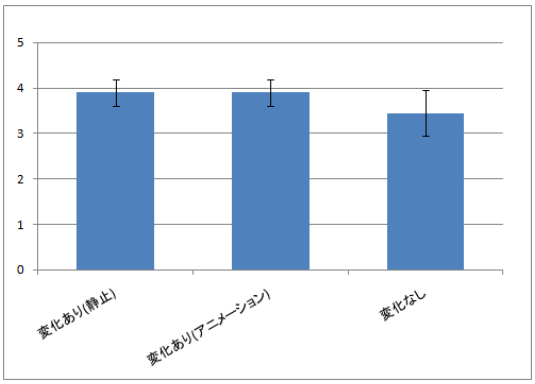


図 21　表示した動物の数：状態変化 (天気設定時)
Fig. 21　The number of animals which I displayed

5.　考察

5.1　実験の考察のまとめ

楽しく文字学習が出来ることを狙いとしたシステム提案を行い，システムによる面白さと，システムによる文字学習効果を調査する実験を行った．

実験により得られた結果を以下にまとめる．

- 動きの有無に関わらず動物表示をすることで，楽しみが与えられる．
  ・態度変化があると，より楽しみを与えられる
- 文字を表示すると学習効率が見られる．
- ヒントの出し方による学習効果の差はあまり見られなかった．

実験結果より動物を表示させることによって，文字を並べる楽しみや達成感を与えられると考えられる．また，並べることに対しても，パズルみたいで面白いという感想が得られ，本システムの面白さは期待できる．また，システムの継続的な使用を目的として用意したストーリ性要素の有効性も得られ，動物に態度変化を持たせると，楽しみが得られることがわかった．また態度変化を与える場合でも，ワンパターンな変化ではなく動物ごとに変化を異なるものにすることが必要であると考える．今後動物の動きのバリエーションを増やすことで，さらに楽しみを追加できると考える．

文字表示において面白さは期待できないが，学習においては必要な要素であると考えられる．実験によっての学習効果は得られなかったが，文字があると覚えやすかった，文字と読み方をイメージしやすかったという感想が得られ，学習のしやすさという点では，有効である可能性があり，今後システムに文字表示を採用しても良いと考えられる．

また，システムの改善点がいくつか見つかった．

- マーカの認識率の改善
- 文字音声の改善

まず，マーカの認識率について，電気の明るさなどの環境によってマーカが認識されなかったり，周囲の物がマーカとして認識されたりすることがあり，今後改善が必要である．次に，流す音声についてである．実験 1 で機械音を使用した時に，聞き取りづらいという意見が多かったため，実験 2〜実験 4 では人の声を録音し使用した．これにより聞き取りづらいという意見は少なくなったものの，完全にはなくならなかった．聞き取りやすい音に変えたり，一音の長さなどを調節したりすることで，改善していく必要がある．

5.2　全体の考察

本研究では楽しく文字学習が出来るシステムを開発した．具体的には，文字を組み合わせるパズルの楽しみに，仮想的なオブジェクトが作られる楽しみを付け足したシステムである，またシステムの継続的な使用が文字学習につながると考え，長く使っても飽きさせない要素としてストーリ性を付加した．今回用意したストーリ性は実験により，システムを使用する面白さの要因になることがわかった．しかし，実験の途中で飽きてしまう参加者もおり，連続して使用するには用意したストーリ性が物足りなかったと考えられる．そこで，今後継続的な使用を促す要素をさらに増やしていく必要性がある．現在考えられる追加要素は大きく

分けて 4 つある．

- 1．システムへの興味や楽しみの追加，
- 2．自動的なストーリ展開の補助．
- 3．文字を並べる時の支援．
- 4．システムの強化．

1 つ目は，システムへの興味や楽しみを追加することで，継続的な使用を実現する事を目指す，具体的には，出現させた動物の動きをマーカを使うことで命令できたり，動物の泣き声や環境の音を追加するといったことである．このようにすることで作成する場面のイメージがしやすくなり，物語性が深まる可能性がある．

2 つ目は，佐藤氏の研究 [28] にもあるように，幼児が物語を展開することは難しい．そのため物語ることを支援する機能を付けるべきかもしれない．例えば、「くま」と「うさぎ」を同時に表示した場合，自動的に「くま」が「うさぎ」を追いかけて,「うさぎ」はどこかへ逃げて行ってしまう，というアニメーションが表示されりことで，ストーリ展開を自動的に行う．このようなストーリ展開を，自動的に行う機能をつけることにより，動物を表示させるだけでも楽しむことが出来たり，展開を見て続きを作ってみようという意欲を惹きだすことが出来る可能性がある．しかし自動的なストーリ展開の補助をしすぎると，シーン作成の自由性が失われてしまうため，バージョンを分けてソフトを作成するなどの工夫が必要である．

3 つ目は文字を並べる時の支援機能の追加である．現在のヒントは，表示した文字が並べる動物に必要かどうかを，○×△で教えるといったものや，最初に文字そのものを見せるといったものである．実験時には○×△表示ヒントを用意したものの，×が出て続けてしまうと，次に出す文字がわからず悩んでしまい手が止まってしまう人や，どんな動物が並べられるかがわからず手が止まってしまうことが見られた．そのため，しばらくマーカが表示されないと文字を表示したり，表示されている文字から作れる動物が画面端から顔をのぞかせるようなヒントを追加しても良いと考えられる．

4 つ目は，システムの強化である．実際に継続的に使用するには，システムの使いやすさや頑丈さが必要である．例えば，現在マーカには厚紙を使用しているが，持ちにくい・並べたときにずれてしまうといった問題点がある．頑丈にするためにマーカを木やプラスチック製にしたり，ブロックにすることで，持ちやすくするといったことが考えられる．

今回マーカには，ひらがなを使用したが，ユーザに合わせて漢字や英語を使用することで，幅広い人に利用してもらえる可能性がある．場面設定などには絵を使用したが，これも同様に“絵→ひらがな→漢字”のようにユーザの文字の学習度に合わせて変更することで，長く使用できると考えられる．また，今回はストーリの作成を行いやすくするために，動物はデフォルメ化したキャラクタを使用し，動作も擬人的なものにしたが，表示する CG をもっと現実的なものにすれば，文字学習だけでなく理科などの教材にも応用できる．

6. おわりに

本研究では，AR 単語パズルによって，幼児が文字を学習できるシステムを開発した．必要な文字を選択し，並び替えることで画面に動物を表示させ，遊び感覚で継続的に文字学習できることを目指した．このシステムで文字に触れる機会を増やし、文字に慣れることを目指す．また，ヒント表示の方法による学習効果の違い・文字を並べたときに表示するものの違いによる学習効率とシステムの面白さ・動物の態度変化による面白さの 3 つを検証した．実験の結果，動物表示をすることは楽しみがあることがわかり，本システムは遊ぶものとしての面白さがあることがわかった．動物をただ表示するのではなく，動物同士の関係性や，設定した場面環境によって態度の変化を与えることも有効的であることがわかった．学習効果を図る実験では有意性は得られなかったが，文字表示や○×△ヒントは，文字の覚えやすさや並べやすさに有効であることがわかった．

本システムは，文字を並べるとその動物が表示され，言葉の意味をイメージしながら学習できるので，文字だけでなく言葉としての学習にも役立つのではないかと考えられる．今回は，文字の学習を目的としたシステム構成であったが，今後は，言葉として学習できるようなシステムに発展させていく．現在考えられる方法としては，文字マーカを「く」「ま」と並べると，“くま”のオブジェクトが表示されるのと同時に「くま」と言葉が表示されるなど，動物と同時に文字を見せる．そのようにすることで，文字と文字が繋がった一つの言葉として意識させることを期待する．そのほかには，「はしる」「ねる」など，動物の態度を文字マーカで操作したり，天気マーカなどのマーカに描かれた絵を文字に直すことで，言葉としての学習にも使用できるように発展させていく．また，動物のぬいぐるみに名前を表示させたり，並べた文字の動物の，ぬいぐるみを指し示すようなシステムなど，仮想オブジェクトにとどまらず，実世界のモノを用いたシステムを展開していく．

参考文献

[1] 幼児教育・保育についての基本調査速報版 (保育所編) ; ベネッセ教育研究開発センター次世代研究所,pp12-13, (2009).
[2] 森重敏 : 幼児の文字学習とその指導の問題に関する一研究 ; 人文学報. 教育学, pp1-27(1978)
[3] 幼稚園教育要領解説 : 文部科学省, p.p118, (2008).
[4] 「知育玩具とは」 , http://www. 知育.biz/1.html(2014/1/16 アクセス)
[5] 幼児教育ハンドブック ; お茶の水大学子ども発達教育研究センター, pp.96-107, (2004).
[6] 篠田・天野ら : 教育玩具のデザイン解析に関する研究 (I)
[7] 長岡由記; かな文字の「読み」の習得過程論についての一考察;(2009)
[8] 浅井紀久夫, 大澤範高 他 : 仮名認識による日本語学習支援システムの開発 ; 信学技報 (2004)
[9] 松橋英輔, 千種康民 他 : 拡張現実感を用いた児童向け ABC パズル開発ツール ; 電子情報学会総合大会 (2010)
[10] 杉本雅則 : 拡張現実感手法を用いた学習支援.
[11] 門村 亜珠沙, 河内山 寛之 他 : Hello! My Friends! :IC カードを利用した電子幼児絵本のデザインと制作
[12] 町田正樹, 片桐郭順:AR 技術を用いた幼児教材の開発; 電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会 (2010)
[13] 牧野真緒, 大島千佳 他: 子供の音楽創作意欲を高めるための「音に触って聞く」作曲システムの提案; 日本知能情報ファジィ学会誌, vol17, No2, pp164-174.(2005)
[14] 原田泰, 生田目美紀 他:指文字練習あいうえお; デザイン学研究作品, (2003).
[15] 初谷拓郎, 岡村拓哉 : 拡張現実を用いた授業支援教材における教育効果の検証 ; 電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会 (2012)
[16] Maria Roussos, Andrew Johnson et al. : Learning and Building Together in an Immersive Virtual World
[17] 泉本優輝 : AR-Experience を利用した効果的な幼児学習ー あひにわ ! ー (2009)
[18] 渡辺宏二, 門谷眞一郎 : 芸術工学部における e-Laening システム運用の試み : Fedora Core 5 と Moodle による環境構築と若干の授業への展開から, ; 北海道東海大学紀要. 芸術工学部 26, 61-66,(2006)
[19] 鈴木克明 : e-Learning 実践のためのインストラクショナル・デザイン ; 日本教育工学会論文誌 (2005)
[20] 瀬戸崎典夫・上妻尭甫 : タブレット端末を活用した天体学習用 AR テキストの評価 ; 日本教育工学論文誌, 36(Suppl.), 185-188,(2012)
[21] e-learning ポータルサイト : http://elearning.co.jp
[22] 石窪 秀隆, 石窪 秀隆 他 : デジタル教材に視聴者が入り込む Interactive Niche-Learning システム (エンタテインメントを活用した学習環境/一般) ; 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学 110(453), 299-304,(2011)
[23] 佐藤鮎美, 堀川悦夫 他 : 遊び文脈が乳児の行動に対する母親の応答性に及ぼす効果 ～ 絵本遊び場面, おもちゃ遊び場面, 何も使わない遊び場面の比較から ～ ; 電子情報通信学会, pp.9-14 (2014)
[24] 小宮山, 古井, 速水 : 語学学習を目的とした低年齢向けデジタル絵本教材システムの構築;
[25] 近藤, 蓑島: 拡張現実を用いた漢字教育システム作成に関する研究
[26] 秦野真衣, 米澤朋子 : AR を用いた空間認識能力向上のための学習方法 ; 情報処理学会研究報告 (2012)
[27] 橋本直,「工学ナビ」,http://kougaku-navi.net/ARToolKit/index.html(2014/1/16 アクセス)
[28] 佐藤朝美 : 幼児の物語行為を支援する学習システムの開発 ; 日本教育工学会論文誌 32(1), p.p33-42(2008)
[29] 坂井伸平, 玉田俊郎 : 知育デザインのための子供のプロファイリング化とその方法に関する基礎研究 (2) ; 日本デザイン学会デザイン学研究, 研究発表大会概要 (49), pp114-115. (2002)
[30] 前川, 中谷, 米澤:物語性を活用した AR 文字学習手法の提案;(2013)

付録

付録 A. 用いた 3D 動物キャラクタ

図 A·1 3D オブジェクト : きつね (ノーマル)
Fig. A·1 3D object of the animal : Fox(normal)

図 A·2 3D オブジェクト : きつね (笑顔)
Fig. A·2 3D object of the animal : Fox(smile)

図 A·3 3D オブジェクト : きつね (泣いている)
Fig. A·3 3D object of the animal : Fox(cry)

図 A·4　3D オブジェクト：きつね (睡眠)
Fig. A·4　3D object of the animal : Fox(sleep)

図 A·5　3D オブジェクト：きつね (威嚇)
Fig. A·5　3D object of the animal:Fox(threat)

図 A·6　3D オブジェクト：たぬき (ノーマル)
Fig. A·6　3D object of the animal : Raccoon dog(normal)

図 A·7　3D オブジェクト：たぬき (笑顔)
Fig. A·7　3D object of the animal : Raccoon dog(smile)

図 A·8　3D オブジェクト：たぬき (泣いている)
Fig. A·8　3D object of the animal : Raccoon dog(cry)

図 A·9　3D オブジェクト：たぬき (睡眠)
Fig. A·9　3D object of the animal : Raccoon dog(sleep)

図 A·10　3D オブジェクト：ねずみ (ノーマル)
Fig. A·10　3D object of the animal : Mouse(normal)

図 A·11　3D オブジェクト：ひぐま (ノーマル)
Fig. A·11　3D object of the animal : Bear(normal)

図 A·12　3D オブジェクト：ひぐま (笑顔)
Fig. A·12　3D object of the animal : Bear(smile)

図 A·13　3D オブジェクト：ひぐま (泣いている)
Fig. A·13　3D object of the animal : Bear(cry)

図 A·14　3D オブジェクト：ひぐま (睡眠)
Fig. A·14　3D object of the animal : Bear(sleep)

図 A·15　3D オブジェクト：ひぐま (傘を持つ)
Fig. A·15　3D object of the animal : Bear(have an ambrella)

図 A·16　3D オブジェクト：ひつじ (ノーマル)
Fig. A·16　3D object of the animal : Sheep(normal)

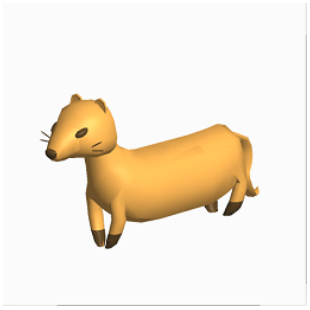


図 A·17　3D オブジェクト：いたち (ノーマル)
Fig. A·17　3D object of the animal : Weasel(normal)

図 A·18　3D オブジェクト：いたち (笑顔)
Fig. A·18　3D object of the animal : Weasel(smile)

図 A·19　3D オブジェクト：いたち (泣いている)
Fig. A·19　3D object of the animal : Weasel(cry)

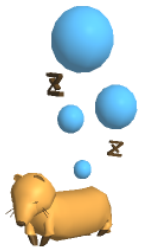


図 A·20　3D オブジェクト：いたち (睡眠)
Fig. A·20　3D object of the animal : Weasel(sleep)

図 A·21　3D オブジェクト：かえる (ノーマル)
Fig. A·21　3D object of the animal : Frog(normal)

図 A·22　3D オブジェクト：かえる (笑顔)
Fig. A·22　3D object of the animal : Frog(smile)

図 A·23　3D オブジェクト：かえる (泣いている)
Fig. A·23　3D object of the animal : Frog(cry)

図 A·24　3D オブジェクト：かえる (睡眠)
Fig. A·24　3D object of the animal : Frog(sleep)

図 A·25　3D オブジェクト：めだか (ノーマル)
Fig. A·25　3D object of the animal : Killi-fish(normal)

図 A·26　3D オブジェクト：ぱんだ (ノーマル)
Fig. A·26　3D object of the animal : Giant panda(normal)

図 A·27　3D オブジェクト：ぱんだ (笑顔)
Fig. A·27　3D object of the animal : Giant panda(smile)

図 A·28　3D オブジェクト：ぱんだ (睡眠)
Fig. A·28　3D object of the animal : Giant panda(sleep)

図 A·29　3D オブジェクト：ぱんだ (傘を持つ)
Fig. A·29　3D object of the animal : Giant panda(have an ambrella)

図 A·30　3D オブジェクト：とんぼ (ノーマル)
Fig. A·30　3D object of the animal : Dragon-fly(normal)

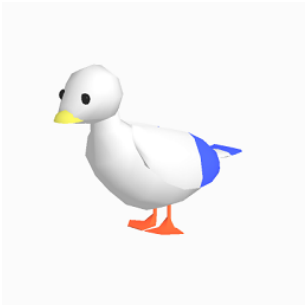


図 A·31　3D オブジェクト：かもめ (ノーマル)
Fig. A·31　3D object of the animal : Gull(normal)

図 A·32　3D オブジェクト：かもめ (笑顔)
Fig. A·32　3D object of the animal : Gull(smile)

図 A·33　3D オブジェクト：かもめ (泣いている)
Fig. A·33　3D object of the animal : Gull(cry)

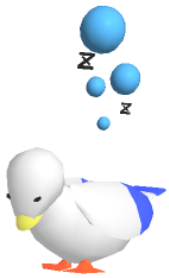


図 A·34　3D オブジェクト：かもめ (睡眠)
Fig. A·34　3D object of the animal : Gull(sleep)

図 A·35　3D オブジェクト：しゃち・おるか (ノーマル)
Fig. A·35　3D object of the animal : Killer whale(normal)

図 A·36　3D オブジェクト：くらげ (ノーマル)
Fig. A·36　3D object of the animal : Jelly-fish(normal)

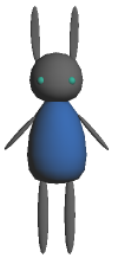


図 A·37　3D オブジェクト：うさぎ (ノーマル)
Fig. A·37　3D object of the animal : Rab-bit(normal)

図 A·38　3D オブジェクト：うさぎ (笑顔)
Fig. A·38　3D object of the animal : Rab-bit(smile)

図 A·39　3D オブジェクト：うさぎ (泣いている)
Fig. A·39　3D object of the animal : Rab-bit(cry)

図 A·40　3D オブジェクト：うさぎ (睡眠)
Fig. A·40　3D object of the animal : Rab-bit(sleep)

図 A·41　3D オブジェクト：うさぎ (傘を持つ)
Fig. A·41　3D object of the animal : Rab-bit(have an ambrella)

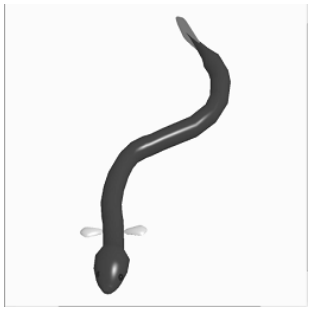


図 A·42　3D オブジェクト：うなぎ (ノーマル)
Fig. A·42　3D object of the animal : Eel(normal)

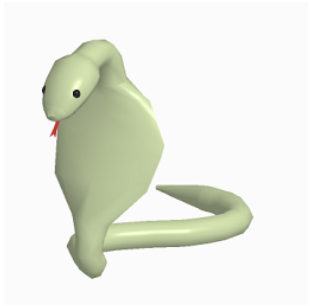


図 A·43　3D オブジェクト：こぶら (ノーマル)
Fig. A·43　3D object of the animal : Co-bra(normal)

図 A·44　3D オブジェクト：こあら (ノーマル)
Fig. A·44　3D object of the animal : Koala(normal)

図 A·45　3D オブジェクト：こあら (笑顔)
Fig. A·45　3D object of the animal : Koala(smile)

図 A·46　3D オブジェクト：こあら (泣いている)
Fig. A·46　3D object of the animal : Koala(cry)

図 A·47　3D オブジェクト：こあら (睡眠)
Fig. A·47　3D object of the animal : Koala(sleep)

図 A·48　3D オブジェクト：ごりら (ノーマル)
Fig. A·48　3D object of the animal : Gorilla(normal)

図 A·49　3D オブジェクト：ごりら (喜び)
Fig. A·49　3D object of the animal : Gorilla(happy)

図 A·50　3D オブジェクト：ごりら (睡眠)
Fig. A·50　3D object of the animal : Gorilla(sleep)

図 A·51　3D オブジェクト：ごりら (傘を持つす)
Fig. A·51　3D object of the animal : Gorilla(have an ambrella)

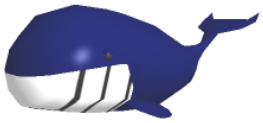


図 A·52　3D オブジェクト：くじら (ノーマル)
Fig. A·52　3D object of the animal : Whale(normal)

図 A·53　3D オブジェクト：くじら (笑顔)
Fig. A·53　3D object of the animal : Whale(smile)

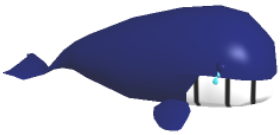


図 A·54　3D オブジェクト：くじら (泣いている)
Fig. A·54　3D object of the animal : Whale(cry)

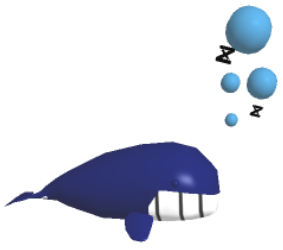


図 A·55　3D オブジェクト：くじら (睡眠)
Fig. A·55　3D object of the animal : Whale(sleep)

図 A·56　3D オブジェクト：ひょう (ノーマル)
Fig. A·56　3D object of the animal : bale(normal)

図 A·57　3D オブジェクト：ひょう (笑顔)
Fig. A·57　3D object of the animal : bale(smile)

図 A·58　3D オブジェクト：ひょう (泣いている)
Fig. A·58　3D object of the animal : bale(cry)

図 A·59　3D オブジェクト：ひょう (睡眠)
Fig. A·59　3D object of the animal : bale(sleep)

図 A·60　3D オブジェクト：おうむ (ノーマル)
Fig. A·60　3D object of the animal : Cockatoo(normal)