

ストーリー性を付加したARキャラクター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[†] 中谷友香梨[†] 米澤 朋子^{†a)}

Phonogram Learning System on AR Animal with Narrative Interaction

Sana MAEKAWA[†], Yukari NAKATANI[†], and Tomoko YONEZAWA^{†a)}

あらまし 本研究では表音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、動物を映し出す位置の設定を場面として保存し、順序付けて保存する構成によりストーリー性を追加した。また作成した物語シーンを保存することも可能にした。これによりシステムを繰り返し使用することを促し、継続的な学習を目指す。キーワード 拡張現実感、表音文字学習、物語性

1. ま え が き

本論文では、表音文字の学習システムを提案する。特に、母国語の表記法が表音文字であるユーザが、他国語の表音文字を学習することに焦点を当てる。表音文字とは文字の分類の一つで、一字一字が特定の意味をもたず、一つ一つの音声に対応してその発音を表すものであり、ローマ字・アラビア文字・仮名などがある[1]。表音文字は文字表記と音韻の対応が規則的であるため、文字を読む際、個々の文字を音韻的に処理すると考えられている[2]。つまり表音文字の学習において文字と発音を一致させることが大事であるといえる。未知の単語の学習において、他者によって発音された音を聴き、その単語を表記するための文字列を知るといった流れと、表記された文字の羅列に未知の単語を見つけ、その単語の意味や音韻を知るといった流れがある。学習対象言語について表記に慣れていない状況(外国語学習の初歩や幼児の言葉学習時など)では、特に前者が多いと考えられる。発音を聴き、単語の意味を理解することなく表記をできるようになることで、外国語学習の基盤ができるといえる。そのため、見慣れな

い文字に慣れ、音韻にあった文字を選択できるまでのステップを補助することが表音文字型外国語学習の第一歩ということもできる。

そこで本システムでは、文字と音を繋げて覚えることを支援するシステムを作成した。文字を選んで並べるといった作業により、繰り返し文字に触れ、音を聞くことで文字と音を学習することを期待する。また、文字を並べて単語を作ることにより、文字学習から単語の学習に繋ぐことができる。

言語を習得するには、入力された言語の情報処理の自動化が重要である。自動言語処理には多くの情報を長期記憶に格納する必要がある、それにより流暢に言語を処理できるようになる[3]。新たな知識を長期記憶へ保存するには、繰り返し学習することが必要であるため、本システムでは仮想的なオブジェクトが作られる楽しみや、物語作成シーンと言ったゴールを加え継続的な使用を目指した[4]。このような継続利用の楽しみは、幼児の母国語表音文字の学習過程に寄与することが期待されるだけでなく、日本語を学ぶ海外の学習者や日本人が表音文字を用いる外国語言語を独自に学ぶ際にも役立つとともに、異文化の他者とのコミュニケーションのきっかけになる可能性もある。本論文では連続する複数シーンによる出来事の記述の存在をストーリーと呼び、シーン形成時の様相の多様性をストーリー性と呼ぶ。言葉のない複数シーンが連続する流れを

[†] 関西大学総合情報学部, 高槻市

Faculty of Informatics, Kansai University, Takatsuki-shi, 569-1095 Japan

a) E-mail: yone@kansai-u.ac.jp

もつためには、登場人物の交代や周辺の様相の変化が必要であると考え、楽しみながらの使用を促すためシステムにストーリー性及びストーリー性要素として様相を付与できる仕組みを導入した。

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たりしやすいといった、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できない問題や、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 [5]~[7]。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 [8] 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、学習者に興味をもたせるシステム [9] が提案されたり、コンテンツを楽しく学習したりするための試みは多い。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、学習システムも存在する [11]。

例えば秦野・米澤らは、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できる AR の利点を利用し、物体を実際に動かすことで空間認識能力を向上させる学習手法を提案した [12]。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といったものである。このように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。

本研究では学習者が楽しみながら表音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。そこで、ユーザに飽きさせない要素として、ストーリー性を用いる。小宮山らは語学学習を目的とした低年齢向けのシステムにストーリー性を用いて、児童に絵本を読む意欲を湧かせたり、物語の閲覧や作成の機能により、個人の能力に応じて英語を学習できることを目指した [10]。本研究も同様に、ストーリー性をもたせ学習者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。また、物語や状況気分に基づく記憶の向上も期待され

る [13], [14] ことから、ストーリー性要素としてシーンの様相を変化させることとした。本研究では、言語ではなく文字の文字学習を目的としているため、文法などを気にせず単語のみの利用で物語を進めていくことができるようにした。

3. システム内容

システムの動作は大きく分けて以下の三つである。

- 動物名称の単語パズル
- 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

本システムは学習者が遊ぶ感覚で表音文字を学習できることを目標としている。そこで、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場面設定を加えることで、単語パズルで動物を出した後、キャラクターを使って物語る、という自然な流れで文字を見せることができ、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、学習者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^(注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できる [15]。

図 1 に本システムの全体図を、図 2 に処理のフロー

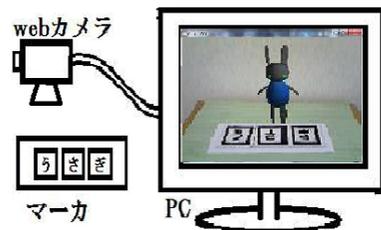


図 1 システムの全体図
Fig. 1 Overall view of the system.

(注1) : <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

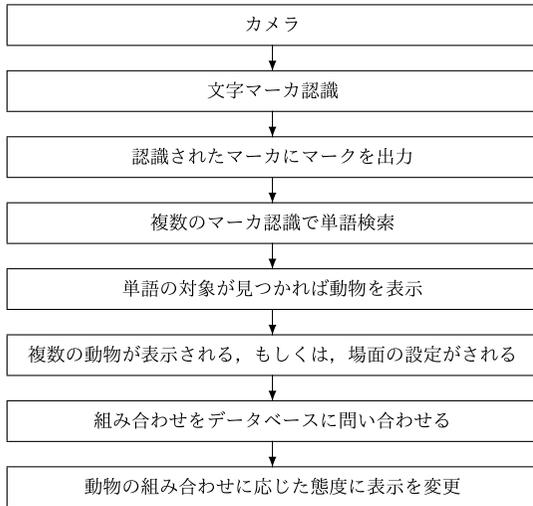


図 2 システムのフローチャート
Fig. 2 Flowchart of the system.

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。

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、動物の名前を構成文字マーカを選び並べる操作を単語パズルと定義する。パズルは空間的・意味的・数値的に解を出すゲームで、言葉遊びや数独などが含まれる。提案システムでは、ジグソーパズルのように、物理的な並びからの結果を得るインタラクションが ARToolKit により実現されることを応用し、言葉遊びのような、文字並べによる意味の生成の楽しみを拡張するため、単語パズルを導入した。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 に示されるように文字 AR マーカを並べる横長の下敷きカードを採用し、複数の文字マーカによる動物表示を安定して移動操作することも可能にした。この下敷きカードはあくまでマーカ操作や配置が苦手なユーザのための物であり、このカードがなければ動物が表示されないわけではない。

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

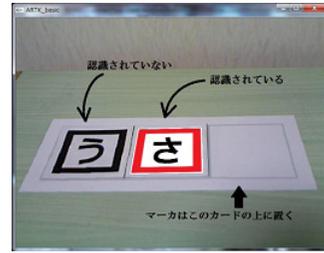


図 3 文字マーカが認識されると枠が赤くなる
Fig. 3 Frame of character turned to red when recognized.



図 4 動物の 3D オブジェクトの出現
Fig. 4 Appearance of a 3DCG Model of a rabbit.

ように、文字マーカが認識されたときは、学習者に認識された文字が分かりやすくなるよう、該当マーカの枠を赤枠として表示することとした。

この文字マーカを左から右に読める様に幾つか横に並べ、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できるので、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ときに、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。これは動物キャラクタに強弱の属性値を与え、同時表示の動物間で比較し、強弱に応じて態度を変化させている。

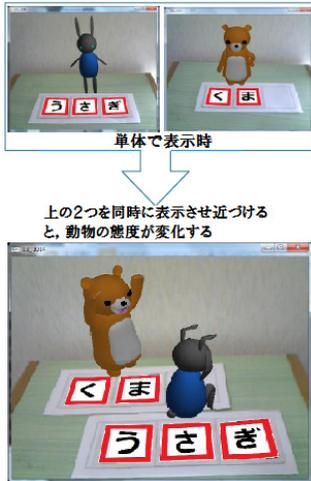


図 5 動物の態度の変化する例 1
Fig. 5 Change of an animal's behavior (1).

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 のよう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 のように「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。また学習者が物語りを作成する際に、動物に感情をも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

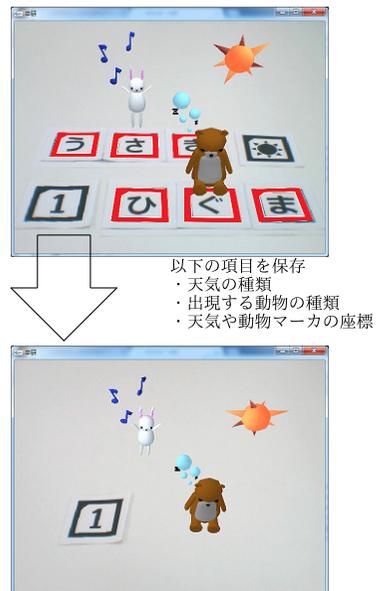
ストーリー性を形成する場面設定を深めるために、場面の天気を設定できるようにした。天気の種類は雨・晴れ・夜の三つである。天気の設定は天気の絵が書かれたマーカ(以後天気マーカと呼ぶ)を表示することでできる。天気マーカを表示すると画面上の天気が変更され、動物は天気に応じて態度を変える。例えば図 6 のように雨を設定した状態で猫を表示すると、猫は水を嫌ってうずくまるような態度を見せる。このように動物を表示する場面を設定することで、物語が作りやすくなると考えた。

3.5 場面の保存

作成した物語を保存できる機能を実装した。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。



図 6 動物の態度の変化する例 2
Fig. 6 Change of an animal's behavior (2).



数字マーカを表示すると、数字に対応付けて保存したシーンを再現できる。

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

動物を表示した状態で、シーンの出現順を示す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、設定した場面における天気の状態・表示した動物・その位置座標を数字に対応付けてセットで保存する。保存した後に 1 種類の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)。この仕組みを用いて、連続する複数のシーンを形成して保存することで、ストーリーの流れを作成できる。

3.6 文字学習におけるヒント提示

文字を読むことのできない学習者が、並べたい文字が分からない、若しくは動物の名前が分からず動物を出せない場合を想定し、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、学習者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、学習者が使い慣れるにつれ、段階をこなしていき、自然と動物の名前を覚えることができるように支援する。

以下 3.6.1 及び 3.6.2 に述べるとおり、学習難易度に応じたシステムの利用を可能とする。具体的には、全くの初心者や文字学習経験の浅い幼児などの学習の最初のステップとして、1) 並べたい動物の絵が描かれた AR マーカを表示し、必要な文字マーカを提示する。次に、ある程度文字を見慣れて文字マーカを選定するところまでは行くが、確信の低い状況にある初級者には、次のステップとして、2) ユーザが用いる文字マーカの並びに応じて、部分的に正解・不正解を提示する。これらのサポートを必要としなくなったユーザは、3) 3.5 までに述べたシステムのみ利用により文字学習をすることとした。

3.6.1 文字表示によるヒント

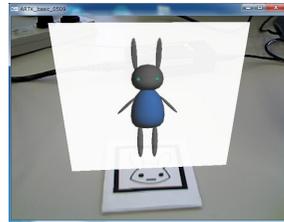
文字マーカとは別に、動物の絵が描かれた AR マーカ (以後動物マーカとする) を用意した。動物マーカは図 8 のようにカメラに映すとマーカ上に動物の名前と音声が表示される。これは、文字が全く分からない学習者が、文字を並べるときに使用するヒントであり、文字そのものを見せることで、文字を並べることができる。

3.6.2 並べる動物と使用する文字のヒント

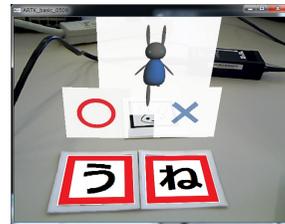
このステップでは、先に動物を提示して、その文字が合っているかを教える。まず文字マーカとは別に AR マーカ (以後ヒントマーカとする) を用意する。ヒントマーカをカメラに映すと、平面のうさぎが表示さ

れ、『うさぎ』と音声が出る (図 9 (a))。

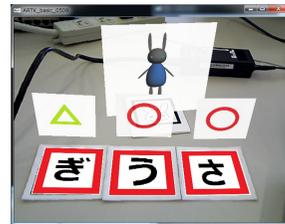
ヒントマーカの上に平面の動物が表示されている状態で文字マーカをカメラに写すと、その文字が動物の名前に含まれないなら「×」がマーカ上に表示される (図 9 (b))。動物の名前に含まれる文字マーカのうち、連続した並びが合っているマーカには「○」が表示され、並びが間違っているマーカには「△」が表示される (図 9 (c))。なお、並びの合っている箇所が複数にわたる場合、前方の 1 組のみ「○」とする。正しく文字を並べると、ヒントマーカ上の平面のうさぎは消え、文字マーカ上に 3D オブジェクトの動物が現れる。このヒントは、音は分かるが文字の形が分からない幼児や外国語学習者を支援するためのヒントである。そのため、正解の並び部分を示すと同時に、修正対象の候補ができるだけ部分的に示されることで、難易度を下げモチベーションを保つことを狙った。また先に表示



(a) 並べる対象の動物が平面的に表示され、動物名を読み上げる。
(a) Displayed 2D image with the name of the animal.



(b) 単語に含まれない文字があると「×」が表示される。
(b) "×" is displayed at the non-included character.



(c) 並びの修正対象に「△」が表示される。
(c) "△" is displayed on marker to be rearranged.

図 9 文字マーカに対するヒント表示プロセス
Fig.9 Process of the hint representations.



図 8 文字のヒント
Fig. 8 Hint with characters.

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する。

4. 実験

4.1 実験目的

本研究では以下の四つの実験を行った。

- 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ときの態度変化の違いによる面白さの調査。

- 実験 4：天気を設定したとき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に加えたストーリー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。

また実験 3 と実験 4 ではひらがなを使用したがる、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、表音文字であること、文字の形がそれほど複雑でなく、AR マーカにしやすかったからである。また、使用する文字や、システムの使用順により差が出ないように、システムの使用順は被験者によって異なり、使用する文字もシステムごとに変えた。

4.2 実験 1：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、各群一つずつランダムで選び被験者に使用させた。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、並べ終わると動物の CG が表示される。システム使用后、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。またこの流れを一週間おきに計 3 回

グループ1	グループ2	グループ3
きつね ከቡኔ	かえる ከአፋ	くらげ ከረጌ
たぬき ታቲኪ	めだか ማዳካ	うさぎ ከሳገ
ねずみ ከሚሚ	ぼんだ ታገዳ	うなぎ ከሳገ
ひぐま ከገሚ	とんぼ ተገበ	こぶら ከበረ
ひつじ ከገዘ	かもめ ከሞሜ	こあら ከላረ
いたち ከታቺ	おるか ከላሳ	こりら ከረረ

図 10 使用した動物群 (実験 1)
Fig. 10 Used animals (Experiment 1).

グループ1	グループ2	グループ3	グループ4
いたち ሳገገፍ	くらげ ማዳታ	めだか ሳገገፍ	うさぎ ሳገገፍ
たぬき ሳገገፍ	こぶら ማዳታ	ぼんだ ሳገገፍ	うなぎ ሳገገፍ
きつね ሳገገፍ	こりら ማዳታ	かえる ሳገገፍ	ひぐま ሳገገፍ
ねずみ ሳገገፍ	こぶら ሳገገፍ	かもめ ሳገገፍ	ひょう ሳገገፍ
しやち ሳገገፍ	こあら ሳገገፍ	とんぼ ሳገገፍ	おうむ ሳገገፍ

図 11 使用した動物群 (実験 2)
Fig. 11 Used animals (Experiment 2).

グループ1	グループ2	グループ3
きつね	ひょう	うさぎ
くらげ	こりら	こあら
かえる	かもめ	いたち
ひぐま	たぬき	ぼんだ

図 12 使用した動物群 (実験 3, 実験 4)
Fig. 12 Used animals (Experiment 3, Experiment 4).

表 1 実験条件 (実験 1)
Table 1 Conditions in Experiment 1.

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	並べ終わったときに音声表示
条件 3	文字マーカを置くごとに音声表示
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 Questions in Experiment 1.

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

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 2 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、理由も記述させた。

システム動作について詳しく説明する。I 群は動物

表 3 分散分析表:テスト正答率 (実験 1)
Table 3 Analysis of variance for correct answer (Experiment 1).

I 群：音声のヒント (動物の名前) [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)]						
	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 [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)]						
	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 [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)]						
	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						

の名前の読み上げるタイミングについてである。条件 1 では音声一度聞かせてからその動物を並べさせた。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、文字マークがカメラに認識されるごとに「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」のマークを認識させると「う うさぎ」という風に流れる。条件 4 では、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、ヒントマークの代わりに数字マークを使用した。問題番号と同じ数字のマーク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。

4.3 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 のとおりである。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 のとおりである。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やすかった。」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、マーク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。

表 4 分散分析表:評価項目結果 (実験 1)

Table 4 Analysis of variance for evaluation items (Experiment 1).

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				

4.4 実験 2：表示オブジェクトに関する実験

4.4.1 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させた。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 と図 13 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、○×△をマーク上に表示させるようにした。システム使用后、問題とアンケートに答えさせ、この手順をシステムご

表 5 実験条件 (実験 2)
Table 5 Table of conditions in Experiment 2.

	有	無
動物表示	条件 1(図 13.1)	条件 2(図 13.2)
文字表示	条件 3(図 13.3)	条件 4(図 13.4)

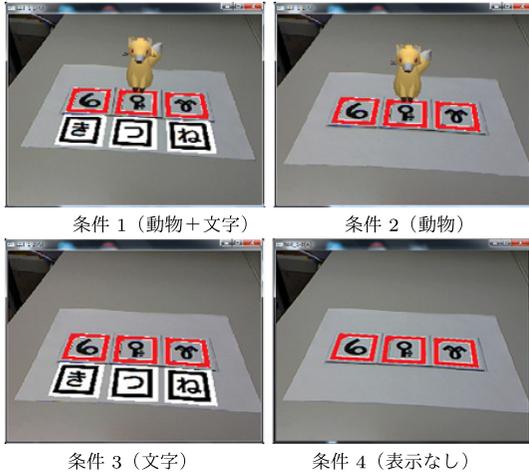


図 13 実験条件 (実験 2)
Fig. 13 Conditions in Experiment 2.

表 6 主観評価の項目
Table 6 Questions in Experiment 2.

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
質問 5	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

表 7 分散分析表:表示するオブジェクト
Table 7 Analysis of variance for evaluations in Experiment 2.

	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

とに行った。アンケートは、システムに興味をもってもらえるか、システムはユーザに楽しさを与えるかを調査するために四つの評価項目を用意し(表 6)、実験 1 と同様に 5 段階で評価させ、理由も記述させた。

4.4.2 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 のとおりで、グラフ化したものが図 14 である。全ての評価項目で、動物表示の有無において有意差を得られたので、動物

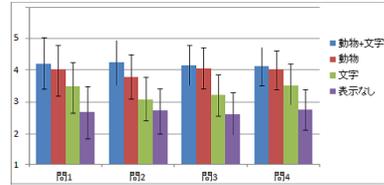


図 14 表示するオブジェクトの違いによる主観評価の結果
Fig. 14 Results of the questionnaire.

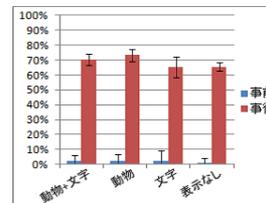


図 15 テスト正答率の結果:表示するオブジェクト
Fig. 15 Accuracy rate in Experiment 2.

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とき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ると考えられる。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 15)が、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。

4.5 実験 3・実験 4:オブジェクトの態度変化に関する実験

継続的な使用を促すために用意したストーリー性要素による面白さを調べた。今回検証したのはオブジェクトの態度変化についてである。オブジェクトが態度変化する条件は二つあり、動物を複数表示したときの関係性による態度変化(実験 3)と天気マークの表示時に天気に応じた態度変化(実験 4)による面白さを検証した。

表 8 分散分析表:テスト正答率 (実験 2)
Table 8 Analysis of variance for accuracy (Experiment 2).

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 9 実験条件:(実験 3)
Table 9 Conditions in Experiment 3.

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

表 10 実験条件:(実験 4)
Table 10 Conditions in Experiment 4.

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

4.5.1 実験手順

実験 3 では被験者には 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、○×△をマーカー上に表示させるようにした。システム使用后、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、システムに興味をもってもらえるか、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四つ用意し (表 6)、5 段階で評価させ、理由も記述させた。

実験 4 では被験者に 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 10 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 体に全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 (図 12 の各グループ内) 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、○

表 11 分散分析表:複数表示時の態度変化 (実験 3)
Table 11 Analysis of variance for behavioral changes (Ex.3).

	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

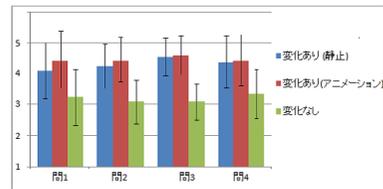


図 16 主観評価の結果:複数表示時の態度変化 (実験 3)
Fig. 16 Results of subjective evaluations (Ex.3).

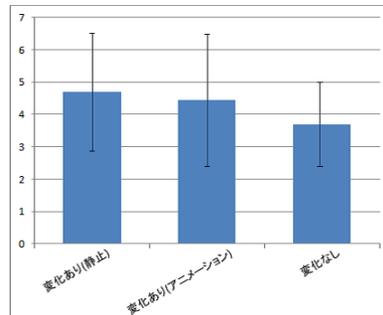


図 17 組み合わせの数:複数表示時の態度変化 (実験 3)
Fig. 17 The number of the combinations.

×△をマーカー上に表示させるようにした。システム使用后、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、実験 3 と同じように行った。

4.5.2 オブジェクトの態度変化に関する結果と考察

実験 3 での質問に対する評価は表 11 のとおりである。グラフ化したものが図 16 である。評価項目と組み合わせ数の結果 (図 17) のどちらにおいても、動きの有無にかかわらず態度変化があるときに有意差が得られた。また、実験 4 での質問に対する評価は表 12

表 12 分散分析表:天気設定時の態度変化 (実験 4)
Table 12 Analysis of variance for behavioral change
(Ex.4).

	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

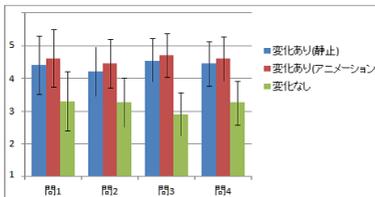


図 18 主観評価の結果:天気設定時の態度変化 (実験 4)
Fig. 18 Results of subjective evaluations (Ex.4).

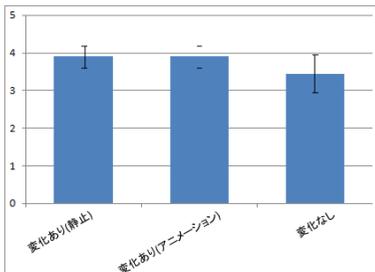


図 19 表示した動物の数:天気設定時の態度変化 (実験 4)
Fig. 19 The number of animals with behavioral
changes by weathers.

のとおりであり、グラフ化したものが図 18 であり、実験 3 と同様に評価項目と表示数の結果 (図 19) のどちらにおいても、動きの有無にかかわらず態度変化があるときに有意差が得られた。

「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、動物に態度変化をもたせ、動物を表示させることや、天気を設定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。また、「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、動物ごと・組み合わせごとに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。「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二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。

5. 考 察

5.1 実験の考察のまとめ

楽しく文字学習ができ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。

- 動きの有無にかか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ー性要素の有効性も得られ、動物に態度変化をもたせると、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必要があると考える。今後動物の動きのバリエーションを増やすことで、更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よいと考えられる。

また、システムの改善点が幾つか見つかった。

- 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ときに、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でき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ー性を付加した。今回用意したストーリー性要素は実験により、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あり、連続して使用するには、用意したストーリー性要素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更に増やしていく必要がある。現在考えられる追加要素は大きく分けて五つある。

一つ目は、システムへの興味や楽しさを追加することで、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ク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。これにより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。

二つ目は、物語る事が苦手な学習者のために、自動的なストーリー展開の補助。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、「うさぎ」はどこかへ逃げて行ってしまふ、というアニメーションが表示されりことで、ストーリー展開を自動的に行う。自動的な展開により、動物を表示させるだけでも楽しむことができたり、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できる可能性がある。しかし過度なストーリー展開の補助は、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。

三つ目は文字を並べるとき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なかどうかを、○×△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、しばらくマーク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よいと考えられる。

四つ目は、継続的な使用に耐えられるように、システムの使いやすさや頑丈さなどのシステムの強化である。現在マークには厚紙を使用しているが、もちにくい・並べたときにずれてしまうといった問題点がある。そこでマークを木やプラスチック製にしたり、ブロックにすることで、もちやすくするといったことが考えられる。

五つ目は、言葉遊びの可能性を広げる同音異義語の扱いである。現在は登録された3Dキャラクタが現れるだけであるが、複数の意味の存在する単語パズルを並べた場合、両方の意味を交代交代で表示したり、わざと文脈上予測される意味とは違うキャラクタを示してみたりすることで、ユーザとシステムの遊びの状態を生成できる可能性もある。また、種の近い動物は類似した外見をもつため、動物表示と同時に種の説明や生育環境の表示といった知識リソースの表示を併用すると、意外な動物の存在の学習効果も期待される。そして、対象となる動物が増えた結果、同音異義語による言葉遊びの可能性も増える。

また、今回天気マークなどには絵を使用したがる、これを「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したりなどの、本システムの応用例が幾つか考えられた。例えば、日本語で使用するひらがなも表音文字であるので、本システムを応用すれば幼児がひらがなを学習する際に使えると考えられる。幼児期の学習は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もつ様にすべきであるということが述べられている [16]。そのため学習に絵本や玩具が使われることも多く [17]、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、日常生活の中で幼児が興味をもって、自ら学ぶことを促す必要があるとされている [18]。本研究が目的とした、長く使い続けることができること、また遊んでいるうちに自然に学ぶことができることが学習に使われる玩具に必要な要素として挙げられ、本システムを使うことを期待できる [19]。

6. む す び

本研究では、AR マークに用いた単語パズルによって、表音文字を母語とする人が、他の表音文字を学習す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るという流れの中で、文字に触れる機会を増やし、文字に慣れることを

目指す。また継続的にシステムを使用できるように、表示させた動物の態度の変化や、場面設定などのストーリー性をシステムに加えた。

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三つを検証した。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。

謝辞 本研究は一部科研費 24300047 及び科研費 25700021 の助成を受け実施したものである。

文 献

- [1] 大辞林 第三版, 松村明 (編), 三省堂, 2006.
- [2] アンナ・コメジンスカ, “外国人と日本人による仮名と漢字の認知,” 日本語教育連絡会議発表論文集, pp.75-80, 1995.
- [3] 篠塚勝正, “言語脳科学に基づく第 2 言語習得の考察,” 成城英文学, vol.32, pp.1-18, 2008.
- [4] 吉田晴世, 横川博一, 村瀬未花, 田邊宏樹, 牧田 快, 定藤規弘, “未知語の模倣と反復における語彙学習の神経基盤と自動化プロセス,” 信学技報, 2009TL-109(140), 2009.
- [5] 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, vol.26, pp.61-66, 2006.
- [6] 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, vol.29, no.3, pp.197-205, 2006.
- [7] 瀬戸崎典夫, 上妻堯甫, “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, vol.36(Suppl.), pp.185-188, 2012.
- [8] (株) キバンインターナショナル, e-learning ポータルサイト, <http://elearning.co.jp>
- [9] 石窪秀隆, 光原弘幸, 矢野米雄, “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),” 信学技報, 2011ET-2006(9), 2011.
- [10] 小宮山美緒, 古井陽之助, 速水治夫, “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,” 情報処理学会シンポジウム論文集, vol.2005, no.6, pp.305-308, 2005.
- [11] 近藤淳樹, 蓑島伸明, “拡張現実を用いた漢字教育システム作成に関する研究,” 南山大学 数理情報学部 情報通信学科 2009 年度 卒業論文 要旨集, 金研究室, 2009.
- [12] 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,” 情処学研報, 2012-MPS-87(33), pp.1-6, 2012.
- [13] N. Lin, S. Kajita, and K. Mase, “A multi-modal mobile device for learning Japanese kanji characters through mnemonic stories,” ICMIO7, pp.335-338, 2007.
- [14] G.H. Bower, H. Gordon, K.P. Monteiro, and S.G. Gilligan, “Emotional mood as a context for learning and recall,” J. Verbal Learning and Verbal Behavior, vol.17, no.5, pp.573-585, 1978.
- [15] 橋本 直, ARToolkit を使った拡張現実感プログラミング, <http://kougaku-navi.net/ARToolKit/>, 工学ナビ, 2007.
- [16] 幼稚園教育要領解説, 文部科学省, 2008.
- [17] 「知育玩具とは」, <http://www.知育.biz/1.html>, 知育.biz, (2014/1/16 アクセス).
- [18] 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, 2004.
- [19] 篠田守夫, 天野孝雄, 松原貞嗣, 菊池季比古, “教育玩具のデザイン解析に関する研究 (I),” 産業工芸試験所報告, 第 55 号, 工業技術院・産業工芸試験所, pp.1-17, 1968. (平成 26 年 2 月 28 日受付, 6 月 15 日再受付)

前川 紗那



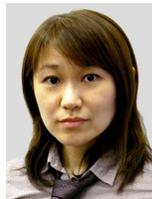
2013 年関西大学総合情報学部卒。同年より (株) システムコーディネーター勤務。在学時は、幼児教育システムや AR 応用システムに興味。茶室インタラクティブシステムの構成にも関わった。

中谷友香梨



2012 年関西大学総合情報学部卒。現在同大総合情報学研究所前期博士課程在籍中。擬人化エージェント研究や、Web ソーシャルコミュニケーションシステムに関する研究に従事。アナログシステムの製作やぬいぐるみロボットの研究にも携わっている。

米澤 朋子 (正員)



1999 年慶應義塾大学環境情報学部卒業、2001 年同大大学院政策・メディア研究科修士課程修了。同年日本電信電話 (株) 入社、同社サイバースペース研究所にて音声合成に関する研究に従事。2003 年～2011 年 (株) 国際電気通信基礎技術研究所に出向。2007 年 3 月名古屋大学大学院情報科学研究科後期博士課程短縮修了。2011 年より、関西大学総合情報学部准教授、現在に至る。擬人化コミュニケーションに興味。情報処理学会、日本音響学会、VR 学会、HI 学会会員。博士 (情報科学)。