

# 教師と生徒の InterActor を一人二役で演じる エデュテインメントシステムの開発

山本 倫也<sup>1,a)</sup> 渡辺 富夫<sup>2,b)</sup>

受付日 2012年6月25日, 採録日 2013年1月11日

**概要:** 著者らは、音声のみから豊かなコミュニケーション動作を自動生成する音声駆動型身体引き込みキャラクター InterActor を開発している。また、InterActor の引き込み効果に着目して、各種教育システムを開発してきた。本研究では、CG キャラクターのキャラクター性に着目し、教師と生徒の InterActor を一人二役で演じるエデュテインメントシステムを開発している。まず、コミュニケーションを楽しみながら学べるシステムのコンセプトを提案している。次に、面の皮インタフェースなど、なりきりの仕組みを備えたエデュテインメントシステムを開発している。その後、対話型コンテンツ制作を行っている。最後に、システムの評価実験を行い、一人二役により楽しく学習でき、学習者の発話が増えるなど、システムの有効性を示している。

**キーワード:** 身体的コミュニケーション, 身体的インタラクション, エデュテインメント。

## Development of an Edutainment System with InterActors of a Teacher and a Student in which a User Plays a Double Role of Them

MICHIYA YAMAMOTO<sup>1,a)</sup> TOMIO WATANABE<sup>2,b)</sup>

Received: June 25, 2012, Accepted: January 11, 2013

**Abstract:** InterActor is a CG embodied interaction character to make communicative motions and actions based on only speech input for entrained interaction. The authors have developed various education systems based on the InterActor's entrainment effect. In this paper, focusing on CG characters' characteristics, the concept of an edutainment system with InterActors is proposed for pleasant and effective learning in which the teacher enjoys the double role of a teacher and a student. Next, an edutainment system is developed with the functions for role play such as facial InterActor. Then, learning materials for interactive learning are developed. The effectiveness of the learning system and the interface is also demonstrated by the sensory evaluation of questionnaire and voice analysis.

**Keywords:** embodied communication, embodied interaction, edutainment

### 1. はじめに

遠隔教育は、場所や時間の制約を受けにくいオンライン

サービスの1つとして、今後ますます普及すると考えられる。しかし、web教材のようなデータのやりとりや、TV会議システムのような限られたコミュニケーションではなく、人と人のつながり、暖かいコミュニケーションなど、コミュニケーションの本質をとらえることで、遠隔、非対面ならではの強みを活かした教育システムの構築が期待される。

人は単に言葉だけではなく、うなずきや身振り・手振りなどの身体動作によるリズムを共有し、互いに引き込み

<sup>1</sup> 関西学院大学理工学部  
School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University, Sanda, Hyogo 669-1337, Japan

<sup>2</sup> 岡山県立大学情報工学部  
Department of Systems Engineering, Okayama Prefectural University, Soja, Okayama 719-1197, Japan

a) michiya.yamamoto@kwansei.ac.jp

b) watanabe@cse.oka-pu.ac.jp

合うことで円滑にコミュニケーションしている。著者らは、この身体的リズムの引き込みに着目し、聞き手と話し手の両機能を有し、音声のみから豊かなコミュニケーション動作を自動生成する音声駆動型身体引き込みキャラクター InterActor を開発し、キャラクターを介した遠隔コミュニケーションなど、日常的なコミュニケーション支援の有効性を示している [1]。また、InterActor の引き込み効果に着目し、教育に応用した音声駆動型複数身体引き込みコミュニケーションシステム SAKURA を開発し、コミュニケーション場の伝達効果を明らかにしている [2]。さらに、音声駆動型身体引き込みキャラクターを映像に重畳合成した教育支援システムでは、コミュニケーション場の伝達効果をビデオ映像に拡張しており（図 1）[3]、ビデオ映像が同一でも、成績中位者の試験結果が高得点になるなどの効果を明らかにしている。映像の制作側においても、手指動作入力を併用した音声駆動型身体引き込みキャラクターを開発して、CG キャラクターのキャラクター性を活かすコンテンツ制作を実現している [4]。

一方、人は、遊びの中で多くのことを学び、成長するといわれる [5]。本研究では、InterActor のような、人とのコミュニケーションを楽しく豊かにする技術を、より積極的に気づきの場や、学びの場に導入できれば、新たな教育応用が可能になると考えた。ここで着目したのが、啓発活動などで広く採り入れられている、人と人形の一人二役である [6]。近年は、娯楽としてとらえられてきた人と人形の一人二役を、教育の現場などに採り入れる試みもなされており [7]、楽しんでいるうちに自然に学ぶ、いわゆるエデュテインメントが実現されている。そこで、これまで棒づかい人形や片手づかい人形、パペットなどを使って行われていた一人二役を、CG キャラクターを活かして実現できれば、これまでにないコミュニケーションを創出し、新たなエデュテインメントの可能性を拓くと期待できる。

そこで本研究では、教師と生徒の InterActor を一人二役で演じるエデュテインメントシステムのコンセプトを提案し、システム開発を行っている。これは、InterActor のキャラクター性を積極的に活かすリアルタイムのコミュニ

ケーション支援として、CG キャラクターを介した一人二役を実現するとともに、コミュニケーション場の伝達効果に着目し、そのアプリケーションとして、エデュテインメントを実現するものである。具体的には、以下のステップで段階的に研究を進めている。まず、システムのプロトタイプを開発し、その問題点を検討する。その後、教示インタフェースの開発とコンテンツ制作を行っている。さらに、評価実験を行い、システムの有効性を示している。

## 2. コンセプト

本研究で提案する教師と生徒の InterActor を一人二役で演じるエデュテインメントシステムのコンセプトを図 2 に示す。教師は、役割に応じた外見のキャラクターや動物型キャラクターなど、InterActor のキャラクター性を活かして教師役 InterActor と生徒役 InterActor を一人二役で演じ分ける。生徒は、これらの InterActor とともにコミュニケーションを楽しみ、そのなかでコンテンツについて学ぶフレームワークである。

たとえば、教師が教師役 InterActor を用いて質問し、生徒役 InterActor が答えるという一人二役により重要な点を強調することができる。それを見た生徒が、生徒役 InterActor をまねて質問することも期待されるので、一人二役により、かかわりを深めながら学ぶことができる。また、生徒役 InterActor を介して話しかけられるときには、生徒は、友達と話すような感覚で率直な意見を述べるので、教師は、理解度を確認しながら、授業を創り上げることができるようになる。このようにして、教師は CG キャラクターによる一人二役を活用して、生徒は教師役 InterActor や生徒役 InterActor と一緒に、普段とは違った関係での学習を楽しむことで、教師の思いが伝わり、生徒の学習意欲も向上するのではないかと考えられる。

また、教師役 InterActor と生徒役 InterActor の身体動作は、InterActor の機能により、教師および生徒の発話から自動生成されるので、教師は役作りを楽しみ、コミュニケーションに集中しながら授業を進めることができる。この際、一方が話し手のときには他方が聞き手として振る舞

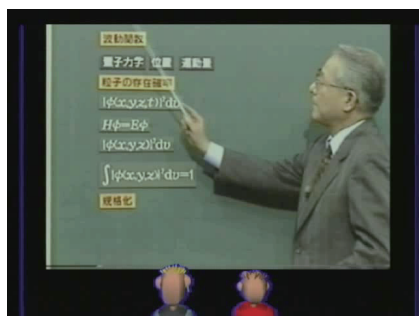


図 1 InterActor を映像に重畳合成した教育支援システム

**Fig. 1** A learning support system with InterActors superimposed on images.

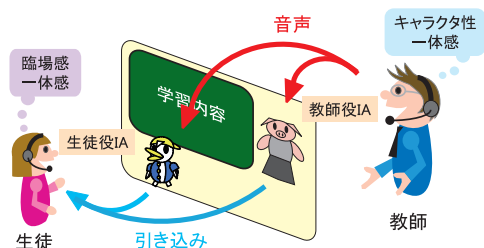


図 2 教師と生徒の InterActor を一人二役で演じるエデュテインメントシステムのコンセプト

**Fig. 2** Concept of the edutainment system with InterActors of a teacher and a student in which a user plays a double role of them.

うので、自然な引き込み動作による豊かなコミュニケーション場が生成される。これらの集団引き込み効果 [2] により、一体感あふれるコミュニケーションの実現が期待できる。

### 3. システム開発

#### 3.1 InterActor

本研究で導入した音声駆動型身体引き込みキャラクター InterActor は、対面とは異なるコミュニケーションの支援に有効性が示された動物型の InterActor (InterAnimal) である [8], [9]。図 3 のように、入力音声から聞き手あるいは話し手の各種コミュニケーション動作が生成される。

聞き手の身体動作は、音声の ON-OFF パターンに基づくうなずき反応モデルと、腕部および上体部に対してうなずきの予測値に基づく身体動作モデルを導入した。うなずきの予測モデルは、音声の呼気段落区分での ON-OFF 区間からなるユニット区間に対して、うなずきの開始が存在するかを MA (Moving-Average) モデルを用いた [1]。その他の身体動作の推定は、動物特有のしっぽの動きも含めて、うなずきの予測値を用い、うなずきよりも低い閾値に基づいて、身体動作を実行することで発話音声と関係付けた。瞬きの予測については、対面コミュニケーションにおける瞬き特性に基づいて、うなずきと同時に瞬きをさせ、うなずきを基点として指数分布させた。耳は瞬きよりも短い周期で指数分布させた。

話し手の身体動作は、MA モデルを用い、頭部動作よりも低い閾値に基づいて、各部位 (腕や胴体など) を動作させることで発話音声と関係付けた。腕の動作は肩部と肘部に分かれており、各々を閾値に基づいて動かした。口の開閉は、音声の ON-OFF パターンに基づいて動作させた。

#### 3.2 システム構成

本研究で開発したシステムの構成を図 4 に示す。教師側と生徒側でそれぞれ専用のソフトウェアを動作させ、教師側、生徒側それぞれの PC を Ethernet で接続して通信する構成である。

教師側では、教師役モードと生徒役モードを切り替え、

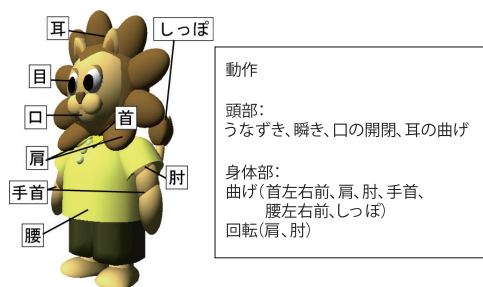


図 3 InterAnimal の概略

Fig. 3 Outline of InterAnimal.

Microsoft 社 PowerPoint のスライドを操作しながら、生徒とコミュニケーションするようにした。このために、後述の教示インタフェースを表示するモニターと、スライドの操作や話し手 InterAnimal の切替えを行うためのマウス、音声取得用ヘッドセットが配置されており、生徒側カメラの映像をモニターで確認しながら、教師役 IA や生徒役 IA として生徒に話しかける。これら InterAnimal のコミュニケーション動作は音声から自動生成される。この際、教師の音声はヘッドセットに接続された 2 台のボイスチェンジャによって変換され、それぞれのキャラクターらしい音声となって生徒側に出力される。ここでは、教師がコミュニケーションに集中できるように、オーディオ機器を操作することなく、マウス操作だけでキャラクタ変更できるようにしており、また、映像の伝送遅延を減少させるために、生徒側カメラを教師側 PC に USB 接続したシステムを構成した。

生徒側では、スライドをモニターに提示しながら教師とコミュニケーションさせた。ビデオカメラと表示用モニター、音声取得用ヘッドセットが配置されており、生徒がモニターに表示された InterAnimal に話しかけると、2 体の InterAnimal はともに聞き手として振る舞い、生徒の音声は教師側に出力される。

#### 3.3 画面構成

教師側では、自分が演じる InterAnimal を強調し、かつ一体感も得られるように、教師が使用している話し手キャラクターの顔パーツをモニター前面に表示し、キャラクターの頭部に入り込んだような「面の皮インタフェース [13]」とした (図 5)。これにより、教師役キャラクターを使用してい

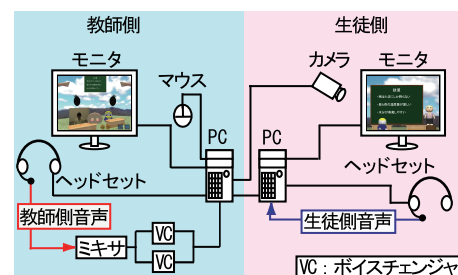


図 4 システム構成

Fig. 4 Configuration of the system.

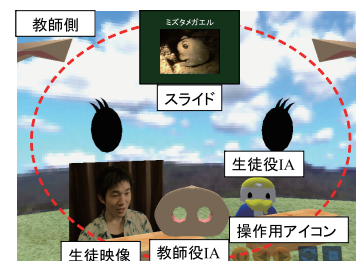


図 5 教師側の画面例

Fig. 5 Example of a display for a teacher.



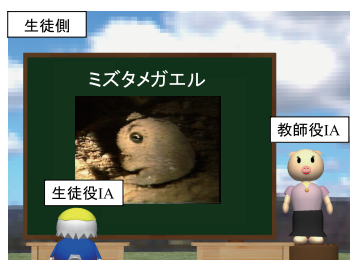


図 6 生徒側の画面例

Fig. 6 Example of a display for a student.

表 1 モードと InterAnimal の動作との関係

Table 1 Relationship between the mode and the operation of InterAnimal.

入力	教師役モード		生徒役モード	
	教師役IA	生徒役IA	教師役IA	生徒役IA
教師の音声	話し手	聞き手	聞き手	話し手
生徒の音声 PC からの音	聞き手	聞き手	聞き手	聞き手

るのか、生徒役キャラクターを使用しているのかが直感的に分かるだけでなく、教師は話し手キャラクターになりきって話をする事ができ、一人二役が活用しやすくなる。図では、教師役 IA としてブタのキャラクターを設定しており、教材として使用するスライドを画面上部に表示している。モニタ前面に面の皮として表示されている話し手キャラクターの鼻や口が話し手として振る舞う。画面右下のアイコンはスライドの操作や話し手 InterAnimal の切替えなどの機能を割り当てたアイコンであり、マウスのみで必要な操作を行うことができるため、教師側は役作りに専念できる。また、生徒と InterAnimal との一体感を強調するために、生徒の実写映像を InterAnimal と同じ仮想空間上の教室に配置した。これにより、生徒と 2 体の InterAnimal が 1 つの教室にいるという実感が強まり一体感も増す。

図 6 は生徒側の画面である。こちらは画面右に教師役 IA、左下に生徒役 IA を表示しており、中央部には教材として用いるスライドを表示した。ただし、面の皮インタフェースでも分かりやすい動物キャラクターとして、教師役 IA としてウシ、ゾウ、ブタ、生徒役 IA として、アヒル、ネコ、リスのキャラクターを新たに開発し、ユーザがいずれかを選んで使用できるシステムとした。

教師側・生徒側いずれにも 2 体の InterAnimal が表示されるが、これらが教師役・生徒役それぞれのモードでどのように動作するかを表 1 に示す。教師役モードの場合、教師が生徒に話しかけると、教師の音声に基づき教師役 IA は話し手として動作し、生徒役 IA が聞き手として動作する。生徒役モードの場合には、教師の音声に基づき生徒役 IA が話し手として動作し、教師役 IA が聞き手として動作する。そして、生徒がディスプレイ上の InterAnimal に話しかけると、モードにかかわらず教師役 IA と生徒役 IA は

聞き手として動作する。また、PC で再生される音声からも、その音声に基づき、教師役 IA と生徒役 IA は聞き手として動作する。

## 4. コンテンツ制作

### 4.1 予備実験による知見

予備実験として、小学生と保護者を対象に、開発したシステムのデモンストレーションを科学体験イベントで行った。ここでは、教師側と生徒側のシステムを左右に並べて、仕切の有無の 2 条件で、簡単なクイズを行った [10]。その結果、仕切があるほうが一人二役を使いこなせるという結果となったが、簡単なクイズがコンテンツでは、すぐに正解を答える小学生がいたり、一人二役を活用する場面があまり見られないこともあった。

また、先行研究 [3] で制作したエデュテインメント教材である、バロック音楽の起源や代表的な作曲家、用いられる楽器の説明など、一般的なスライドを用いて予備実験を行った。ここでは、スライドの内容に対して十分に議論できる大学生を対象とした。この結果、教師、生徒ともに InterAnimal を介してコミュニケーションすることでエデュテインメントを楽しめることが分かったが、コンテンツが複雑になっても、スライドによる講義形式だけでは一人二役を活用する場面が多くは見られず、生徒の意見を引き出すなど、2 章のコンセプトで述べた本来の特徴が引き出せないこともあった [11]。これは、コミュニケーションを楽しみながら、新しい着想に至っても、決められたスライドを用いるだけでは、それに基づく議論ひいては学習に踏み込めなかったためであると考えられる [12]。そこで、コミュニケーションを楽しむと同時に、一人二役を活用できる学習の流れを示し、学習コンテンツを制作したうえで、改めて評価実験を行うこととした。

### 4.2 学習の流れ

本研究では、一人二役を有効活用し、InterAnimal を介して対話しながら生徒の考えを引き出す授業を行うために、ここでは次の (1)、(2) のステップで学対話型コンテンツを制作した (図 7)。

#### ステップ (1): ディスカッション

教師が出した課題に対し、生徒の意見をできるだけ引き出すために、生徒と同じ立場である生徒役 IA を用いて話し合いを行わせる。具体的には、生徒役 IA と教師役 IA が対話する状況を作ることで、ディスカッションに参加させやすくし、場合によってはヒントを与える。生徒の気づきとして、課題の正解の 1 つを引き出す。

#### ステップ (2): 講義

教師は教師役 IA を用いて話し合いの結果についての詳しい説明を行う。生徒は自分と生徒役 IA が話し合って出した答えの説明を受けることで、授業内容が印象深いもの

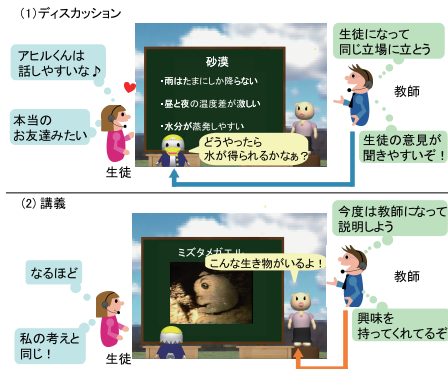


図 7 学習の流れ

Fig. 7 Learning flow.



図 8 スライドの全体構成

Fig. 8 Configuration of total slides.

となり、授業への参加意識も高まり、気づきが学びへとつながることが期待される。

#### 4.3 制作した学習コンテンツ

前述の (1), (2) のステップで授業を進めることができるように、生徒とのディスカッションによって内容が変わるような学習コンテンツを制作した。

ステップ (1) では、ディスカッション用のスライドと、その結果として導かれうる内容が書かれたスライドを用意した。具体的に制作したコンテンツは、砂漠の生き物に関するスライドであり、砂漠の生き物がどのようにして水を得るかを考える「水を得る」と、どのようにして暑さをしのぐかを考える「暑さをしのぐ」の 2 種類である。一例として「水を得る」のスライドを図 8 に示す。1 枚目のスライドはタイトルである。2 枚目のスライドには砂漠の特徴が書かれており、ディスカッションに用いる。3～6 枚目のスライドには砂漠の生き物が 4 種類掲載されており、教師は生徒に意見を出させたうえで、それを尊重しながらどのようにして砂漠の生き物が水を得ているかを話し合い、生徒の考えと同じ方法で水を得ている生き物を紹介する。生徒の柔軟な意見に対応するために、様々な方法で水を得ている生き物を選択した。

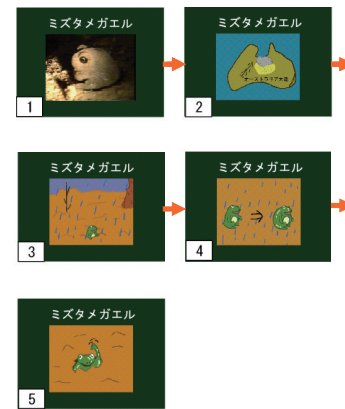


図 9 説明スライドの構成例

Fig. 9 Example configuration of explanation slides.

ステップ (2) では、ディスカッションの結果を掘り下げて説明するスライドを制作した。図 9 はその一例で、「たまにしか降らない雨をためておけばいいのでは？」という意見が出た場合に対応した、ミズタメガエルという生き物の説明をするための 4 枚のスライドである。生息地や習性について記述し、生徒の意見を深めるような構成とした。

以上は、1 つのディスカッションテーマに対して 4 種類の正解を用意し、それぞれに 5 枚のスライドからなる説明スライドを用意したこととなる。このスライドの制作には、教師用の解説文やスライド中の図の作成、著者らによる検証・議論を含めて、約 2 週間を要した。実際には、多くのエデュテインメント教材に見られるような、様々な事柄が網羅的に記載されているスライドが用意されており、教師がそれらの内容に精通しているのであれば、数時間の作業でコンテンツを制作できると考えられる。

## 5. 評価実験

### 5.1 方法

本システムの有効性を検証するために、一人二役で授業をする場合と、一人一役の教師役 IA のみを用いて授業をする場合を比較評価する実験を行った。小学生高学年程度から大人まで、砂漠およびその環境と、そこに生きる生物について議論できることを実験協力者の条件とし、本実験では、大学やアルバイト先で知り合いの関係にある 19～27 歳の男女 20 組 40 人を対象とした。

実験は教師側の実験協力者にシステムおよびコンテンツに慣れてもらうために 2 日間に分けて行った。実験の手順を図 10 のタイムテーブルに示す。1 日目には教師側の実験協力者のみにシステムについて説明を行った。まず、実験者を教師、実験協力者を生徒として、サンプルのコンテンツを用いて一人二役の授業を体験させた。次に、教師役 IA、生徒役 IA として 3 体ずつ用意したキャラクタ（教師役 IA としてウシ、ゾウ、ブタ、生徒役 IA として、アヒル、ネコ、リス）のうち、どのキャラクタを使って授業するか

1日目:教師側の実験協力者にシステムおよびコンテンツに慣れさせる

(教師側)

実験者を教師として、一人二役の授業を体験

使用するキャラクタを決め、コンテンツに慣れる

教師として、実験者を生徒に授業(教師役IAのみ・一人二役)

- ・ディスカッションが重要であることを説明
- ・教師役IAのみでは、教える側の立場から生徒の意見を引き出す
- ・一人二役では、教師役IAと生徒役IAによるコミュニケーションを

コンテンツに関する資料を渡し、復習

2日目:生徒側の実験協力者も参加してコミュニケーション実験

(教師側)

実験者を生徒に授業練習

実験協力者を生徒として、教師役IAのみで授業

実験協力者を教師として、授業

実験協力者を生徒として、一人二役で授業

実験協力者を教師・生徒として、授業

- ・課題を提示
- ・教師側と生徒側でコミュニケーションし、正解の一つを引き出す × 2
- ・引き出された正解に対して、教師側が解説

アンケート

図 10 タイムテーブル

Fig. 10 Time table.

決めさせた。そして「水を得る」「暑さをしのぐ」のスライドで紹介している動物に関する、学習コンテンツで教える内容についての動画を見せて、コンテンツに慣れさせた。その後、実験者を生徒として一人二役を用いる授業と、教師役IAのみを用いる授業についてそれぞれ練習を行った。ここでは、生徒側実験協力者とのディスカッションが重要であることを説明した後、教師役IAのみの場合は、教える側の立場から生徒の意見を引き出すような、一人二役の授業では、生徒役IAとしてだけでなく、教師役IAと生徒役IAの一人二役のコミュニケーションを含めて、ディスカッションを行うよう指示した。ディスカッションの内容は、生き物がどのようにして砂漠で水を得ているか、あるいは、砂漠で暑さをしのいでいるかについて、スライドで用意している典型的なアイデアに至るまで、生徒側に意見を出させるものであった。最後に、実験協力者には、見せた動画と同じ内容のDVDと、システムについて説明した冊子、授業で使用するスライドの資料を渡し、2日目までに復習するように指示した。

実験2日目には、教師側、生徒側両方の実験協力者で授業を行った。授業の様子を図11に示す。まず実験者を生徒として教師側に一人二役を行う授業と教師役IAのみを用いる授業をそれぞれ約5分練習させ、一人二役を含めて、1日目の指示どおり、ディスカッションを行いながら、システムを使いこなせることを確認した。その後、生徒側実験協力者に対して一人二役の授業であることを伝えてから、一人二役の授業、教師役IAのみの授業をランダムに行わせ、前半、後半とした。これは予備実験の結果、一人二役であることを伝えずに実験を行うと、最後まで3人で実験していると勘違いしたり、途中で相手が一人二役であることに気づいたり、2条件間の差が大きくなりすぎたためである[11]。スライドの内容は順序効果を考慮して実験協力者ごとにランダムとした。授業では、まず「水を得



図 11 授業の様子

Fig. 11 Lecture scenery.

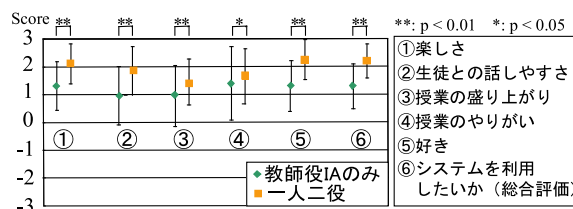


図 12 教師側 7 段階評価

Fig. 12 Result of seven points bipolar rating of teachers.

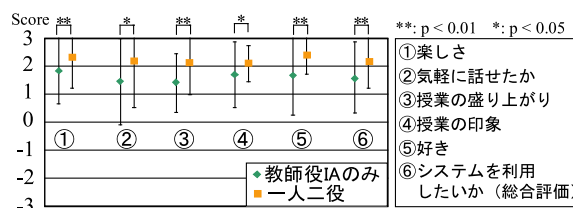


図 13 生徒側 7 段階評価

Fig. 13 Result of seven points bipolar rating of students.

る」などの課題を出した後、教師役のみ、あるいは教師役と生徒役の一人二役で、正解の1つを引き出せるまでディスカッションを行わせた。その後、引き出された正解に合わせて、詳細を教師側が解説した。これを2回繰り返す。砂漠の生物を2つ紹介した時点で終了とした。授業時間に制限は設けなかった。これにより、一人二役の仕組みの導入によりコミュニケーションがどのように変化するかを評価した。前半と後半の授業が終わった後、教師側、生徒側それぞれに6項目に対する7段階評価(中立0)を行わせた。

## 5.2 結果

教師側7段階評価の結果を図12に示す。一人二役を用いた授業が教師役IAのみの授業に対し、「楽しさ」「生徒との話しやすさ」「授業の盛り上がり」「好き」「システムを利用したいか」において有意水準1%で、「授業のやりがい」において有意水準5%で有意差が認められた。自由記入欄には「一人二役が純粋に楽しい」「生徒から意見を引き出しやすい」などの肯定的意見が多く寄せられたが、「慣れればもっと面白くなると思う」「教師役IAに戻ったときに疎外感を感じる」などの意見も見られた。

生徒側7段階評価の結果を図13に示す。一人二役を用いた授業が教師役IAのみの授業に対し、「楽しさ」「授業の盛り上がり」「好き」「システムを利用したいか」において有意水準1%で、「気軽に話せたか」「授業の印象」にお



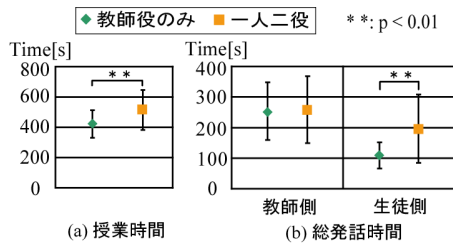


図 14 授業時間および総発話時間の比較

Fig. 14 Comparison of the learning time and the total length of utterance.

## 正解を探していることを伝えようとして発話する例

先生役：隣のかわいいネコさんと相談してもらおうかな。  
 生徒：はい。  
 生徒役：〇〇君。  
 生徒：（楽しそうに）はい。  
 生徒役：どうしたら水分を得ることができるかな？  
 生徒：砂漠ですか？砂漠で？うーん、やっぱり

## 冗談まじりで生徒役とのコミュニケーションを楽しむ例

教師役：砂漠では、雨がたまにしか降らせません。いったいどうしたらいいでしょうか？アヒル君と話し合ってみましょう。  
 生徒役：どうしたらいいかな？  
 生徒：水筒を持っていけばいいんじゃない？  
 生徒役：すぐなくなっちゃうよ。  
 生徒：じゃあ、雨が降ったときに、水筒に入れておけばいいんだよ。  
 生徒役：そっか、ためればいいのか。

## 友達感覚で呼びかけたり、相手の発言を繰り返す例

先生役：アヒル君と相談してみてください。  
 生徒：アヒル君？  
 生徒役：はい、水分が蒸発しやすいらしいね？  
 生徒：らしいね。じゃあ、汗かかなかったらいいんじゃない？  
 生徒：なるほど、僕もそう思ったよ。

図 15 一人二役における実験協力者の対話例

Fig. 15 Examples of dialogs between subjects in double role.

いて有意水準 5%で有意差が認められた。自由記入欄には「質問しやすい」「自分の意見が使われるので満足感がある」などの肯定的意見が多く寄せられた。

また、教師役 IA のみの場合と一人二役を用いた場合の授業時間を比較した結果、一人二役を用いた授業が有意水準 1%で長くなった（図 14(a)）、授業時間内における教師側と生徒側の総発話時間を比較した結果、教師側の総発話時間には差が見られず、生徒側の総発話時間が一人二役を用いた授業において有意水準 1%で増加した（図 14(b)）。

この理由として、教師側の発話時間に変化がなかったことから、発話時間の有意差が授業時間が長くなったことにつながっていると考えられる。詳細に見ると、多くの教師側実験協力者が、教師役では「ですます調」であったのに対して、生徒役では「～だよ」と口調を変えて同じ内容を発言したことがきっかけとなる場面が多く見られた。この結果として行われたコミュニケーションの変化は、組によって異なり、一概にまとめることはできなかったが、典型的な実験協力者の対話例を図 15 に示す。たとえば教師役 IA だけの場合に、沈黙することが多く気まずそうだった実験協力者が、生徒役 IA が加わることで楽しさを感じて、単に間をもたせるといういい方ではなく、正解を探していることを伝えようとして、質問された内容を繰り返し発言する例が見られた。また、教師役 IA のみの場合には

見られなかった冗談まじりの発言をしたり、よりキャラクターとの対話を楽しむ形で、生徒役 IA に対して呼びかけたりする例も見られた。他にも「～かな」「～はどう？」などとあまり自信のない考えも発言する傾向が見られたことも、この一因と考えられる。

これらの結果から、教師と生徒が本システムを用いて授業を行うことで、授業が盛り上がり、楽しい授業ができることが示された。さらに、官能評価だけでなく行動の変化として、一人二役を用いた授業では、生徒側の総発話時間のみ増加したことから、生徒が一人二役の授業であることを知っているにもかかわらず、教師が生徒役 IA として対話することで生徒の発言が促されるなど、学びのきっかけ作りができることが示された。

## 6. 考察

本研究では、教師と生徒を一人二役で演じるシステムを提案したが、その有効性を明らかにするまでには、インタフェースの問題、コンテンツの問題をそれぞれ解決する必要がある。これらは、一般ユーザにとって、キャラクターになりきることが必ずしも容易ではないこと、一人二役を演じることが容易ではないことを意味する。しかし一方で、本研究で提案した面の皮インタフェースや、対話型コンテンツを導入するだけで、これらを解決することができ、遠隔非対面を活かして、楽しく学ばせきっかけ作りができるエデュテインメントシステムの有効性が示された。とくに、InterAnimal を導入することで、人形を使った一人二役とは異なる、テレビ番組のように 2 体の CG キャラクターを用いながらの一人二役のエデュテインメントを、誰でもリアルタイムで楽しめることが特徴である。

一方、これまでの情報機器によるエデュテインメント支援といえば、博物館などの実空間での学びの支援 [14] や各種シミュレーションを応用するもの [15]、3 次元仮想空間システム [16] などが代表的であった。学びとコミュニケーションについては、知識を外化することなど、多面的な有効性が指摘されているものの [17]、本研究のように、学びとコミュニケーションの相乗効果に着目し、システムを開発し、多様なコミュニケーションの効果を示した研究例は報告がない。関連研究として、藤野らは、キーボード入力時のキャラクター導入による作業意欲向上効果を明らかにしているが [18]、これに加えて本システムでは、人と人とのリアルタイムのコミュニケーションによるつながり感、ごっこ遊びのような暖かいコミュニケーションが成立しており、これらの相乗効果により、エデュテインメントシステムとしての効果が示されたと考えることができる。また、Raffle らは、ビデオチャットを用いた遠隔読書システムに、対話相手のビデオ映像に加えて子どもに人気のキャラクター (Elmo) を導入しているが、その効果は示されていない [19]。近年では、Benesse による「しまじろうひろ

ば」[20]など、育児に用いるタブレット端末アプリがキャラクターを用いて開発されるようになっている。これも、広い意味での一人二役であると考えられるが、本研究では、一人二役のキャラクターを導入する効果を、定量的にも示すことができおり、多くのエデュテインメント研究がシステム開発にとどまり、官能評価による有効性が示されることも少ないなかで、この点も大きな成果である。

もちろん、キャラクターの役割と外見、システムとコンテンツなど、何がコミュニケーションの活性化に寄与しているかを明らかにすることは、今後の課題である。たとえば近年、CGによる影メディアや影アバタにより共創的な表現が創出されると報告されている[21]ことから、この重要性が示唆される。また何より、このようなシステムによる学習意欲の向上や、学習効果については、早急に評価する必要がある。しかし一方で、遠隔非対面に限らず、オフラインのマルチメディアコンテンツの作成や、教室などでスクリーンに映してのリアルタイム学習システムとして応用可能である。近年では、キャラクターを用いたシナリオ可視化システム[22]などの研究開発も進んでいるため、こういった方向性での応用の可能性も高い。また、一人二役でのコミュニケーションは、自然に知識を外化させることができる学習過程の解析ツールとしても用いることができるなど、幅広い応用が期待できる。今後は、子どもから大人まで楽しめるシステムとして、その有効性を示す各種評価を行うとともに、このような応用の枠組みを拡大することも課題である。

## 7. おわりに

本論文では、教師と生徒のInterActorを一人二役で演じるエデュテインメントシステムの開発を行った。まず、教師が一人二役を演じることで、コミュニケーションを活性化し、教師と生徒が楽しく効果的に学べるエデュテインメントシステムのコンセプトを提案した。次に、教師がキャラクターになりきるために、面の皮インタフェースや操作アイコンを備えたエデュテインメントシステムを開発した。さらに、一人二役を活かした授業ができる学習コンテンツを制作し、かかわりのなかで楽しみながら学ぶ仕組みを示した。最後に、評価実験を行った結果、一人二役を用いた授業が教師側、生徒側ともに高く評価され、さらに生徒が一人二役の授業であることを知っているにもかかわらず、生徒側の発言が促されるなど、システムの有効性が示された。

## 参考文献

- [1] Watanabe, T., Okubo, M., Nakashige, M. and Danbara, R.: InterActor: Speech-Driven Embodied Interactive Actor, *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol.17, No.1, pp.43-60 (2004).
- [2] Watanabe, T. and Okubo, M.: SAKURA: Voice-Driven Embodied Group-Entrained Communication System, *Proc. 10th International Conference on Human Computer Interaction (HCI International 2003)*, Vol.2, pp.558-562 (2003).
- [3] 山本倫也, 渡辺富夫: 音声駆動型身体引き込みキャラクターを映像に重畳合成した教育支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.8, pp.2769-2778 (2006).
- [4] 大崎浩司, 渡辺富夫, 山本倫也: 手指動作入力を併用した音声駆動型身体引き込みキャラクターの映像コンテンツ制作への応用, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.8, pp.2930-2941 (2008).
- [5] ヴィゴツキー (著), 神谷栄司 (訳): ごっこ遊びの世界—虚構場面の創造と乳幼児の発達, 法政出版 (1989).
- [6] 川尻泰司: 人形劇であそぼう, 玉川大学出版部 (1982).
- [7] 江川久美子, 原美智子: カウンセラーによるパペットの活用—学校での講話とカウンセリングにおける試み, 群馬大学教育学部紀要人文・社会科学編, Vol.57, pp.125-139 (2008).
- [8] 加藤裕代, 渡辺富夫, 山本倫也: 音声駆動型身体引き込み動物キャラクター InterAnimal, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2005 論文集, pp.619-622 (2005).
- [9] Watanabe, T. and Yamamoto, M.: InterAnimal: A Speech-driven Embodied Entrainment Animal Character, *XVth Biennial International Conference on Infant Studies*, 064 (2006).
- [10] 山村武志, 加藤裕代, 渡辺富夫, 山本倫也: 教師と生徒の InterActor を一人二役で演じる教示インタフェースの開発, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2006 論文集, pp.895-898 (2006).
- [11] 山村武志, 山本倫也, 渡辺富夫: 教師と生徒の InterActor を一人二役で演じる教示インタフェースの評価, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2007 DVD 論文集, pp.589-592 (2007).
- [12] Yamamoto, M. and Watanabe, T.: Development of an edutainment system with interactors of a teacher and a student in which a user plays a double role of them, *Proc. 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2008)*, pp.659-664 (2008).
- [13] 新徳 健, 渡辺富夫, 山本倫也, 瀬島吉裕: 身体的バーチャルコミュニケーションシステムにおける面の皮インタフェースの自己参照効果, 第6回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2005), pp.635-636 (2005).
- [14] 矢谷浩司, 大沼真弓, 杉本雅則, 楠 房子: Musex: 博物館における PDA を用いた協調学習支援システム, 電子情報通信学会論文誌 D-I (情報・システム), Vol.J86-D-1, No.10, pp.773-782 (2003).
- [15] 岩井大輔, 佐藤宏介: ThermoReality: 実環境に遍在する熱現象を対象とする投影型エデュテインメントシステム, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.11, No.4, pp.569-572 (2006).
- [16] 濱辺 徹, 松田充弘: サイバーコミュニケーション学習の実現に向けて, NRI 技術創発, pp.20-35 (2002).
- [17] 北川達夫, 平田オリザ: 日本には対話がない—学びとコミュニケーションの再生, 三省堂 (2008).
- [18] 藤野秀則, 石井裕剛, 下田 宏, 吉川榮和: アフェクティブインタフェースを用いた作業意欲向上方法の開発と評価, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門), Vol.128, No.1, pp.11-23 (2008).
- [19] Raffle, H., Ballagas, R., Revelle, G., Horii, H., Follmer, S., Go, J., Reardon, E., Mori, K., Kaye, J. and Spasojevic, M.: Family Story Play: Reading with Young Children (and Elmo) Over a Distance, *Proc. 28th International Conference on Human Factors in Computing*



- Systems (CHI 2010)*, pp.1583-1592 (2010).
- [20] しまじろうひろば, 入手先 (<http://kodomo.benesse.ne.jp/ap/enjoy/iapl/keitai/>).
- [21] Miwa, Y., Itai, S., Watanabe, T. and Nishi, H.: Shadow Awareness: Enhancing theater space through the mutual projection of images on a connective slit-screen, *The Journal of the International Society for the Arts, Sciences and Technology (SIGGRAPH 2011 Art paper)*, Vol.44, No.4, pp.325-333 (2011).
- [22] Matsuo, T. and Yoshino, T.: BunBunMovie: Scenario Visualizing System Based on 3-D Character, *HCI 2009*, LNCS 5610, pp.634-643 (2009).



山本 倫也 (正会員)

2002 年京都大学大学院エネルギー科学研究科博士後期課程修了。同年岡山県立大学情報工学部情報システム工学科助手, 2007 年同助教, 2009 年関西学院大学理工学部人間システム工学科准教授, 現在に至る。身体的インタラクション, コミュニケーション支援の研究に従事。2005 年ヒューマンインタフェース学会論文賞, 2005 年情報処理学会第 66 回全国大会大会奨励賞等受賞。ヒューマンインタフェース学会, 日本バーチャルリアリティ学会, 日本原子力学会 ACM 各会員。博士 (エネルギー科学)。



渡辺 富夫 (正会員)

1983 東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。同年山形大学工学部情報工学科助手, 1984 年同専任講師, 1989 年同助教授。1992~1993 年米国ブラウン大学客員研究員, 1993 年岡山県立大学情報工学部情報システム工学科教授, 現在に至る。身体的コミュニケーション, ヒューマンインタラクションの研究に従事。1998, 2003, 2012 年 IEEE ROMAN, the Best Paper Award, 2001, 2002, 2004, 2005 年ヒューマンインタフェース学会論文賞等受賞。日本機械学会フェロー, ヒューマンインタフェース学会, 計測自動制御学会, 日本バーチャルリアリティ学会, 日本赤ちゃん学会, 日本子ども学会, IEEE 各会員。工学博士。