

音声駆動型身体引き込みキャラクタを映像に重畳合成した教育支援システム

山 本 倫 也[†] 渡 辺 富 夫[†]

InterActor は、うなずきや身振り、手振りなどの豊かなコミュニケーション動作を発話音声から自動生成し、身体的コミュニケーションを支援するキャラクタである。本研究では、複数の InterActor を教育番組などの映像に聞き手として重畳合成することで、場とのかかわりから一体感・共有感を実感しながら聴講できる教育支援システムのコンセプトを提案し、そのプロトタイプシステムを開発している。まず、InterActor の配置実験を行ってキャラクタ配置を定め、その配置に基づく重畳合成の有効性を示している。次に、学習教材とエデュテインメント教材を作成し、ビデオ視聴後に試験で成績評価を行うことで、システムの有効性を確認している。

A Learning Support System with Speech-driven Embodied Entrainment Characters Superimposed on Images

MICHIYA YAMAMOTO[†] and TOMIO WATANABE[†]

InterActor is a speech-driven embodied entrainment character for activating human interaction and communication. It generates entrained communicative actions and motions such as nodding based only on speech input. A learning support system using the InterActor is proposed in which InterActors are superimposed on video images such as an educational program; a prototype of such a system is developed. First, the default arrangement of the InterActors is fixed by an evaluation experiment, and the effectiveness of the system is demonstrated by a sensory evaluation. The system effectiveness is also demonstrated by examination scores obtained after viewing videos of learning materials and edutainment programs developed with the proposed system.

1. はじめに

情報技術を活用した遠隔教育（e-learning）は、インターネットや企業内ネットワークの広がりとともに、時間や場所の制約を受けない教育システムとして、個人のスキルアップや企業教育、生涯学習などさまざまな場面で活用されている。CAI が、教材を CD-ROM など配布する形態が主流であったのに対して、e-learning では、教材をインターネットで配信する WBT（Web Based Training）や、学習者のコンテンツ管理やスキル目標の設定、学習進捗状況の確認などを一元的に行う機能を提供する LMS（Learning Management System）を使用したシステムが主流となっている。

WBT のコンテンツは、JAVA や CGI による記述から Macromedia Flash などへ、ネットワークインフ

ラの広帯域化とともに、より多様化している。この中で、近年とくに、従来からの遠隔教育教材を再利用する観点から、ビデオ教材のオンデマンド配信が広く用いられている。

一方で、e-learning では、自分のペースで学習できる反面、意欲の低い学習者のモチベーションを持続させることが難しく、自律的な学びの支援が課題となっている。このため、LMS を用いてチュータリングやラーニングコミュニティを取り入れるなど、動機付けの仕組みが導入されており、人とのかかわりのなかで学ぶことの重要性、普遍性が改めて注目されている^{1),2)}。

対面コミュニケーションでは、単に言葉によるバーバル情報だけでなく、音声に対するうなずきや身振り・手振りなどのノンバーバル情報が相互に同調して、対話者同士が互いに引き込み合うことでコミュニケーションしている。この身体性の共有が、一体感を生み、人とのかかわりを実感させている^{3),4)}。情報機器を介したコミュニケーションにおいても、このメカニズムを導入することで、インタラクションを円滑にし、一体

[†] 岡山県立大学情報工学部

Faculty of Computer Science and System Engineering,
Okayama Prefectural University

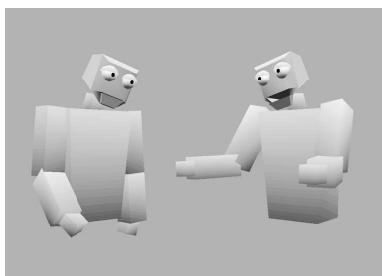


図 1 かかわりの場を生成する InterActor

Fig. 1 InterActors which generate interaction environment.

感のあるコミュニケーションを支援できる^{5),6)}。著者らはすでに、この身体リズムの引き込みに着目し、音声のみから豊かな聞き手と話し手のコミュニケーション動作を自動生成し、コミュニケーションを支援する音声駆動型身体引き込みキャラクタ InterActor を開発し、有効性を確認している。たとえば、図 1 のように聞き手と話し手のキャラクタを左右に配置することで、かかわりの場を生成できる技術として有効性を確認している^{7),8)}。

そこで本研究では、InterActor をテレビ教育番組などの映像に重畳合成することで、その場を共有し、一体感が実感できる教育支援システムを開発し、その有効性を示している。以下ではまず、本研究で新たに提案する教育支援システムのコンセプトを示し、そのプロトタイプシステムの構成を示している。次に、このプロトタイプを用いて InterActor のキャラクタ配置実験を行ってキャラクタ配置を定め、その配置に基づく重畳合成の有効性を示している。最後に、学習教材とエデュテインメント教材を作成し、ビデオ視聴後に筆記試験で成績評価を行うことで、システムの有効性を確認している。

2. InterActor を映像に重畳合成した教育支援システム

2.1 コンセプト

InterActor を映像に重畳合成した教育支援システムは、テレビ/ビデオ/ストリーミングなどの教育番組映像に複数の聞き手の InterActor を重畳合成し、この聞き手 InterActor が番組の音声に基づいてうなずきなどの身体動作を行うシステムである。本システムのコンセプトを図 2 に示す。教育番組映像中の話し手と、複数の聞き手の InterActor を同一画面上で重畳合成することで、話し手と InterActor が引き込むコミュニケーション場を生成しており、学習者は、場とのかかわりから一体感・共有感を実感しながら聴講す

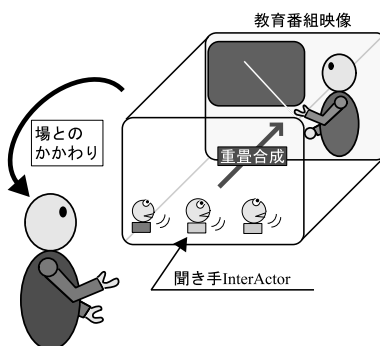


図 2 InterActor を映像に重畳合成した教育支援システムのコンセプト

Fig. 2 Concept of a learning support system with InterActors superimposed on images.

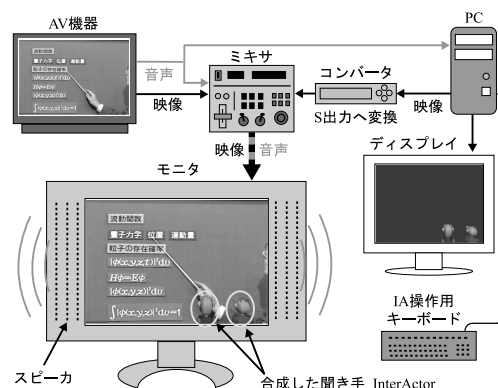


図 3 システム構成

Fig. 3 System configuration.

ることができる。従来から用いられている映像コンテンツをそのまま利用することで、講師の実感のある学習を実現すると同時に、集団で学ぶ協調学習の場のように、他人からの刺激による学習意欲の向上が期待できる。また、本システムを用いた学習は、教育番組を視聴するだけなので、IT 活用能力に依存せず教育支援効果が期待できる。

また、キャラクタの重畳合成では、複雑なオーサリングツールを用いる必要がないため、コンテンツ開発の場面で制作者が重畳合成させるだけでなく、一般の視聴者が、動機付けや飽きないための工夫として、自らキャラクタを合成できる。したがって、既存の教育ビデオなどのコンテンツを用いた従来型の e-learning にも、直接応用可能である。

2.2 システム構成

前述のコンセプトに基づいて構築したプロトタイプシステムの構成を図 3 に示す。本システムでは、テレビなどの AV 機器から出力される教育番組映像 (以

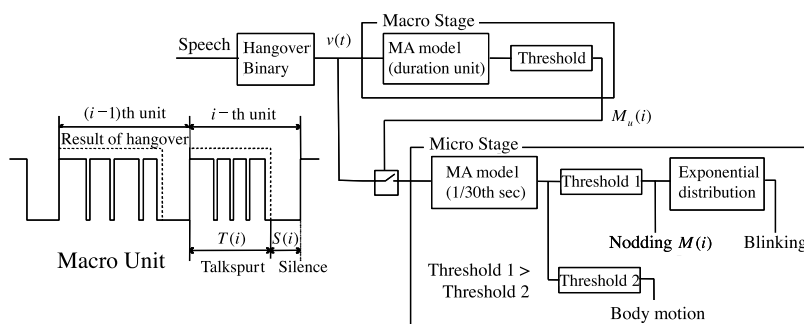


図 5 聞き手のインタラクションモデル

Fig. 5 Listener's interaction model.

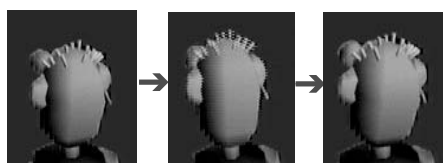


図 4 身体動作例 (うなずき)

Fig. 4 Example of embodied motion (nodding).

下, 元映像) の音声に基づき PC 上の InterActor が身体動作を生成する. PC で生成される InterActor の映像信号をダウンコンバータ (Digital Arts DSC ϕ 6d-HR) を通し S 端子出力に変換させ, AV 機器の元映像とともにミキサ (Panasonic Digital AV Mixer WJ-AVE55) に入力し, クロマキー合成処理でリアルタイムで重畳合成を行った後, テレビなどのモニターに出力している (以下, 提示映像). 本プロトタイプシステムは, 映像の受け手側での重畳合成システムを想定しており, InterActor の位置や大きさ, 提示映像中の元映像画面の大きさなどを, PC に接続された InterActor 操作キーボードにより自由に変化させることができる. 以下の図表中, IA は InterActor の略号である.

2.3 コミュニケーション動作の生成

InterActor は, うなずきや身振りなどの身体リズムの引き込みに着目し, 豊かなコミュニケーション動作を音声のみから自動生成し, コミュニケーションを支援することを目的に開発された CG キャラクタで, 話し手と聞き手の両機能を備えている.

対話者の語りかけや AV 機器からの入力音声に対して InterActor は聞き手として多様なうなずき動作や身体動作で体全体で引き込むように反応している (図 4).

この駆動モデルとして, 聞き手動作の場合, 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ている (図 5). うなずきの予測モデルはマクロ層とミクロ層からなる階層モデルである. マクロ層で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うなずきの開始が存在するかを $(i-1)$ ユニット以前のユニット時間率 $R(i)$ (ユニット区間での ON 区間の占める割合, 式 (2)) の線形結合で表される式 (1) の MA (Moving-Average) モデルを用いて予測する. 予測値 $M_u(i)$ がある閾値を超えて, うなずきが存在すると予測された場合には, 処理はミクロ層に移る. ミクロ層では音声の ON-OFF データ (30 Hz, 60 個) を入力とし, 式 (3) を用いて MA モデルでうなずきの開始時点を推定する. 予測値が閾値を超えた場合には InterActor をうなずかせる.

$$M_u(i) = \sum_{j=1}^J a(j)R(i-j) + u(i) \quad (1)$$

$$R(i) = \frac{T(i)}{T(i) + S(i)} \quad (2)$$

J : 予測次数

$a(j)$: 予測係数

$T(i)$: i 番目ユニットでの ON 区間

$S(i)$: i 番目ユニットでの OFF 区間

$u(i)$: 雑音

$$M(i) = \sum_{j=1}^K b(j)V(i-j) + w(i) \quad (3)$$

K : 予測次数

$b(j)$: 予測係数

$V(i)$: 音声データ

$w(i)$: 雑音

その他の身体動作の推定は, 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, 身を乗り出すなどの身体動作を実行することで発話音声と関係付けた. これらのコミュニケーション動作生成モデルは,

対面コミュニケーションでの音声と身体動作の関係を分析した結果に基づくものであり、モデルの有効性もすでに確認している⁹⁾。

3. InterActor の配置実験

3.1 実験方法

コミュニケーション場の生成では、キャラクタの配置が重要である^{10)~13)}。そこで本研究では、システムの標準 InterActor 配置（いわゆるデフォルト設定）を決めるとともに、利用者の好みの配置における InterActor 重畳合成の官能評価を行った。

被験者が聴講しやすいと考える InterActor の最適な配置を調べるために、被験者の手元のキーボードで InterActor の位置（両端、中央、右端）、大きさ、提示映像における元映像画面の大きさを選定させた（図 6）。まず、InterActor の数を 2 体とし、被験者が聴講しやすいと考える元映像画面の大きさを 50%~100%の間で選定させ（図 7）、その後、聴講しやすいと考える InterActor の位置、大きさを選定させた。大きさは、InterActor と提示映像の下端が接するようにしながら、キャラクタ全体の縮尺を変化させている。その後 InterActor 非合成時（InterActor なし）と InterActor 合成時（InterActor あり）を切り替えなが



図 6 実験風景

Fig. 6 Experimental scene.

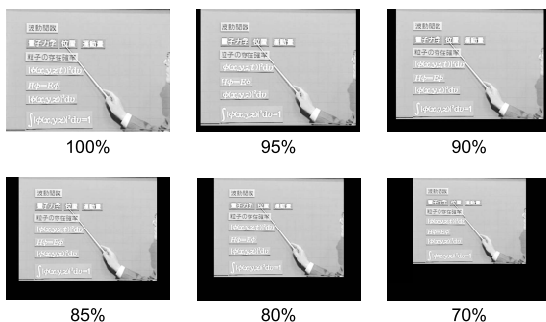


図 7 元映像画面の大きさ

Fig. 7 Sizes of source image screen.

ら視聴させ、InterActor なしを基準に InterActor ありを 7 段階（中立 0）で官能評価させた。同様の実験を InterActor の数が 3 体の場合についても行った。実験時の元映像は通信教育用の教材ビデオ（放送大学ビデオ教材・量子力学④）を用いた。被験者は学生 50 人であった。

3.2 実験結果

被験者が最適と考える元映像画面の大きさとして、それぞれの大きさを選定した被験者数を表 1 に示す。InterActor の数が 2 体および 3 体いずれの場合にも、元映像に対して 80%~90%の割合が好まれている。被験者が選定した最適な InterActor 配置は、2 体の InterActor を両端（3 体の場合は均等）に配置、InterActor を画面の中央に配置、InterActor を画面の右端に配置の 3 グループに分かれていた。

そこで、最も好まれた元映像画面の大きさである 80%~90%における InterActor の数、各元映像画面に対する、それぞれの配置グループに属する被験者数を表 2 に、被験者に最も好まれた元映像画面の大きさ 80%のときの 2 体の InterActor の位置・大きさを示す分布を図 8 に示す。InterActor の位置と大きさは、キャラクタの中心座標で表示しており、提示映像では高さが 2 倍となる。

これらより、InterActor が 2 体の場合には、90%のように大きな元映像画面を選んだ被験者は番組中の説明の文字を隠さないように InterActor を右に配置し、80%のような小さな元映像画面を選んだ被験者は InterActor を中央に配置する傾向が見られる。InterActor の大きさについても文字が隠れない程度の大きさが好まれる傾向があった。また、InterActor が 3 体の場合についても同様の傾向が見られた。

表 1 好ましい元映像画面の大きさとして選択した人数

Table 1 Numbers of selections for the most favorite size of source image screen.

映像%	100	95	90	85	80	70	60	50
IA2体	1	3	12	10	16	4	3	0
IA3体	1	2	10	13	14	8	1	1

[人]

表 2 InterActor の数・元映像画面の割合に対する各配置グループを選定した被験者数

Table 2 Number of selections for each group arrangement of InterActors.

グループ	映像%			IA2体			IA3体		
	90	85	80	90	85	80	90	85	80
両端(均等)配置	3	4	3	3	6	7			
中央配置	3	2	9	2	4	3			
右端配置	6	3	4	5	3	4			

[人]

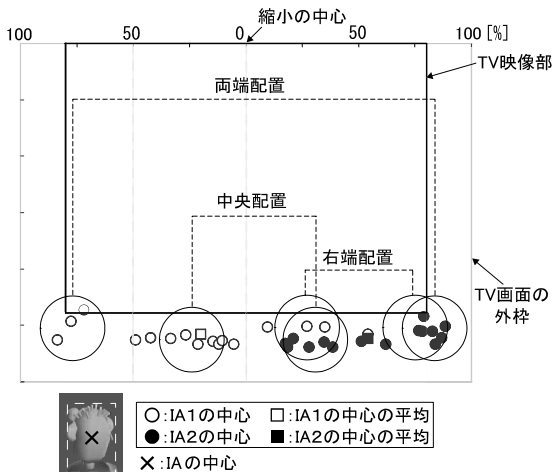


図 8 元映像画面が提示映像の 80%のときの InterActor の配置を示す分布図

Fig. 8 Distribution of the most favorite arrangements and sizes of InterActors at 80% source image.

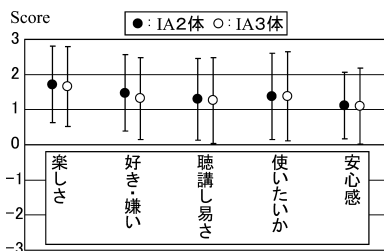


図 9 官能評価結果

Fig. 9 Result of questionnaire.



図 10 InterActor2 体での重畳合成の典型例

Fig. 10 Typical arrangement of InterActors superimposed on image.

InterActor なしを基準に InterActor ありを官能評価させた結果を図 9 に示す。InterActor の数が 2 体および 3 体いずれの場合にもすべての項目において、InterActor なしに比べて InterActor ありが高く評価され、システムの有効性が示されている。また、この結果から InterActor の数は 2 体でも十分であると考えられる。

以上より、標準 InterActor 配置といえる重畳合成の典型例を図 10 に示す。とくに右側の例は、表 2 で

最も多く支持された元映像画面の大きさ 80%の中央配置で、これをデフォルト設定とする。

4. InterActor 提示の効果

4.1 実験方法

前章の官能評価の結果、システムの有効性が示された。しかし、被験者が独自に選んだ配置の官能評価にとどまっている。そこで、配置実験の結果として決めたこのデフォルト設定の提示映像がどの程度評価され、InterActor 提示がどの程度効果的であるかを確認するために、定量評価を行った。

本実験ではまず、InterActor 重畳合成システムを用いて、以下の 3 種類の提示映像ビデオを制作した。

A: 元映像のみ

B: 元映像 + InterActor

C: 元映像 + InterActor (delay)

ここで、InterActor (delay) は元映像に対し、入力音声で 10 秒ずらしたときの InterActor の身体動作である。つまり、身体動作の回数や間隔は同じであるが、引き込みのタイミングとは異なる反応である。まず 3 種類のビデオをひとつおき視聴させた後、2 つずつ見比べながら比較させ、どちらが視聴しやすいかを一対比較させた。2 種類のビデオを 1 セットとして計 6 セットの比較を行った。順序効果をなくすために被験者ごとに提示する順序はランダムにした。被験者は学生 30 名、男女比は同じで、実験の元映像には通信教育用のビデオ（放送大学ビデオ教材・量子力学④）を用いた。

4.2 実験結果

一対比較の結果を表 3 に示す。表中の数字は各行のビデオ A・B・C の勝数を示している。この結果に対して、被験者による評価結果を定量的に評価するために、以下に示す Bradley-Terry モデルを想定した¹⁴⁾。Bradley-Terry モデルを想定することにより、一対比較に基づく評価を一義的に定めることができる。

$$P_{ij} = \frac{\pi_i}{\pi_i + \pi_j} \quad (4)$$

$$\sum_i \pi_i = \text{const.} (= \text{平均 } 50) \quad (5)$$

(π_i : i の強さの量, P_{ij} : i が j に勝つ確率)

強さ π は一対比較の結果から最尤推定した値で、ここでは A・B・C の視聴しやすさを表す。得られた視聴しやすさ π を図 11 に示す。2 章で述べた MA モデルをキャラクタに導入することで、視聴しやすさが Bradley-terry モデルのもとで約 40%増加した。一方、タイミングをずらした場合は InterActor がいないとき

表 3 一対比較の結果

Table 3 Result of paired comparison.

	A	B	C	Total
A		28	30	58
B	32		41	73
C	30	19		49

A: 元映像のみ
B: 元映像+IA
C: 元映像+IA (delay)

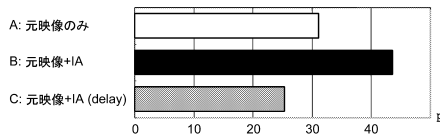


図 11 視聴しやすさ π
Fig. 11 Preference π .

よりも悪い評価であった。これは、ただ単にキャラクタが動いていればよいのではなく、音声と身体動作の合った引き込み効果のある InterActor を重畳合成することの重要性を示している。

5. 学習教材における効果

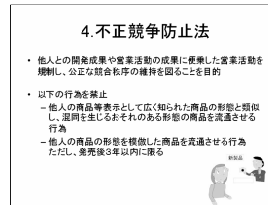
5.1 実験方法

InterActor を重畳合成したシステムの教育支援における有効性を確認するために、学習教材を作成し、試験を実施した。

学習教材には、20 枚のスライドを用いて知的財産権に関する講義を行う、約 13 分のビデオを制作した。スライドの例を図 12 に示す。ここでは、教材としての視聴しやすさを考慮して、文字の大きさ 28~32 ポイントのスライドを作成し、文字や図が InterActor を隠さないように配置した。合成した InterActor は 2 体で、配置実験で得られた知見を基に大きさを定め、提示映像の中央に配置した。また、講義中は講師の映像は写らないようにしている。実験に用いた提示映像例を図 13 に示す。

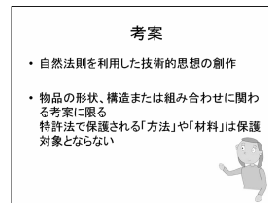
試験の問題は講義中に出てくる単語・語句などを問う 5 択問題で、全 25 問 (100 点満点) である。図 12 に設問の例も示している。

実験では、顔見知りの被験者 2 人一組に対して、1 人には InterActor なしのビデオを、もう 1 人には InterActor ありのビデオを個別に視聴させ、視聴後に試験を行った。被験者は各グループ学生 30 人ずつ 60 人である。実験風景を図 14 に示す。テレビの大きさは 29 インチ、文字の大きさは約 1.5 cm、被験者とテレビの距離は約 2 m であった。次章で述べるエデュテインメント教材を用いた実験との対比のため、実験方法を整理して表 4 に示している。



Q. 14
他人の商品等表示として広く知られた商品の形態と類似し、混同を生じるおそれのある形態の商品を流通させる行為を禁止する法律を選べ。
A. 著作権法 B. 禁止する法律はない
C. 不正競争防止法 D. 独占禁止法
E. 商標法

正解: C. 正答率: 56.7%, 出題: 14 枚目

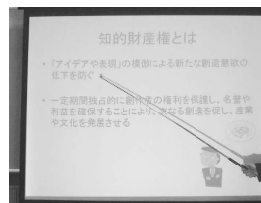


Q. 20
考案とは ☐ 法則を利用した技術的思想の創作。
A. 自然 B. 社会 C. 物理 D. 数学
E. 文学

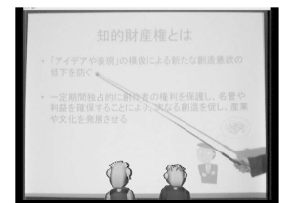
正解: B. 正答率: 53.3%, 出題: 19 枚目

図 12 スライドと設問、解答、正答率の例

Fig. 12 Examples of slide, question, answer and percentage of correct answer.



InterActorなし



InterActorあり

図 13 実験の提示映像例 (知的財産権)

Fig. 13 Example of experimental screen (intellectual property right).

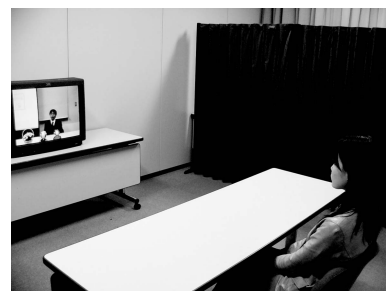


図 14 実験風景

Fig. 14 Experimental scene.

表 4 知的財産権ビデオの制作

Table 4 Production of IP video image.

制作映像	重畳合成システムのための学習教材映像
文字や図のサイズ	画面上でのサイズが大きくなるように指定
教師映像	ビデオ映像に教師が映らないように撮影
試験回数	1回 (大学や予備校の遠隔講義を想定)

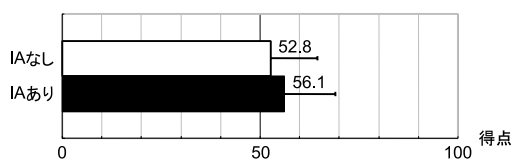


図 15 各グループ 30 人ずつの試験結果

Fig. 15 Examination result of each group of 30 subjects.

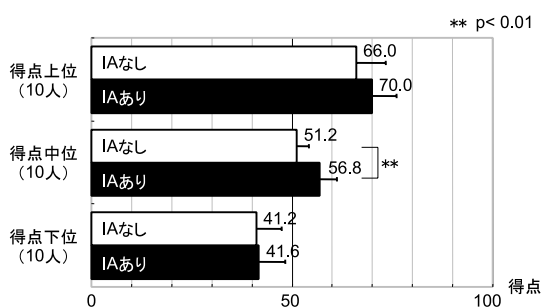


図 16 得点上位者・中位者・下位者各 10 人ずつに分けた試験結果

Fig. 16 Examination result divided into 3 groups of upper, medium and lower scores, each 10 subjects.

5.2 実験結果

各グループ 30 人ずつの試験結果の平均値と標準偏差を図 15 に示す。InterActor なしは 52.8 点、InterActor ありは 56.1 点であった。

InterActor ありと InterActor なしの各グループごとで試験結果を得点上位者・中位者・下位者各 10 人ずつに分けた場合の平均値と標準偏差を図 16 に示す。どの得点群においても、InterActor ありの方が得点が高かった。とくに得点中位者においては InterActor ありと InterActor なしの間に有意水準 1% で有意差があった。

以上の結果は、InterActor の重畳合成による教育支援効果を示すもので、提案システムの有効性を示している。

6. エデュテインメント教材における効果

6.1 実験方法

重畳合成に特化した映像での教育支援効果が確認できたので、さらに、より一般的な映像コンテンツとして、エデュテインメント教材を作成し、その教育支援効果の確認を行った。

エデュテインメント教材として、20 枚のスライドを用いてバロック音楽に関する講義を行う、約 15 分のビデオを制作した。スライドの例を図 17 に示す。文字の大きさを 24~28 ポイントと学習教材より小さくし、一般的なプレゼンテーションに近づけた。29 インチテレビの画面上で、約 1.0~1.5 cm の大きさである。



Q. 8

チェンバロについて正しい文を選ぶ。
A. 「クラヴィーア」とはフランス語での名称である。B. 音が出せる弦は一本である。C. 打鍵の強弱調整で、曲の強弱の変化が容易にできる。D. 小さな爪が弦を弾く発弦楽器である。E. チェンバロとピアノとは、関連性はない。

正解: D. 正答率: 60%, 82%,
出題: 14 枚目



Q. 9

国際的に活動の場を広げ、「メサイア」を始めた主として歌劇や声楽曲を作曲した人物は誰でしょう。

A. バッハ B. ヘンデル
C. ヴィヴァルディ D. シューベルト
E. オラトリオ

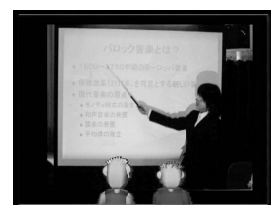
正解: B. 正答率: 61%, 77%,
出題: 19 枚目

図 17 スライドと設問、解答、正答率の例

Fig. 17 Examples of slide, question, answer and percentage of correct answer.



InterActorなし



InterActorあり

図 18 実験の提示映像例 (バロック音楽)

Fig. 18 Example of experimental images (baroque music).

合成した InterActor は 2 体で、配置実験で得られた知見を基に大きさを定め、提示映像の中央に配置した。本実験では、スライドだけでなく人が講義する様子も元映像に収め、一般的なビデオ教材と同じような画面構成にした。実験で用いた提示映像例を図 18 に示す。

試験の問題は講義中に出でくる単語・語句などを問う 5 択問題で、全 25 問 (100 点満点) である。図 17 に設問の例も示している。

実験では、顔見知りの被験者 2 人 1 組に対して、1 人には InterActor なしのビデオを、もう 1 人には InterActor ありのビデオを個別に視聴させ、視聴後に 1 回目の試験を行った。さらに、繰り返学習の効果を確認するために、InterActor ありの人は InterActor ありのビデオ、なしの人にはなしのビデオをもう一度視聴させ、その後、2 回目の試験を行った。被験者は各グループ学生 50 人ずつ 100 人で男女比は同じである。InterActor は文字を隠さない程度の大きさで提示映像の中央に重畳合成した。表 5 は、以上の実験方法を整理したものである。

表 5 バロック音楽ビデオの制作

Table 5 Production of baroque music video image.

制作映像	一般コンテンツを意識したエデュテインメント映像
文字や図のサイズ	プレゼンテーションをビデオ撮影したサイズ
教師映像	スクリーンの隣で教師が説明している映像
試験回数	2回(テレビ放送の録画など、繰り返し学習の効果も確認するため)

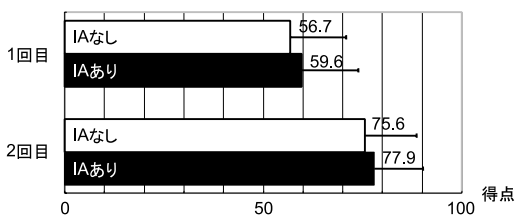


図 19 各グループ 50 人ずつの試験結果

Fig. 19 Examination result of each group of 50 subjects.

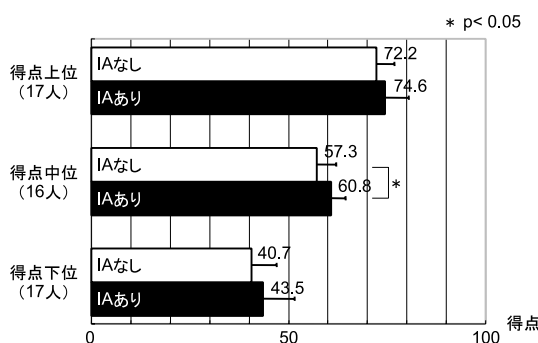


図 20 得点上位者・中位者・下位者の得点結果 (1 回目)

Fig. 20 Examination result divided into 3 groups of upper, medium and lower scores (first examination).

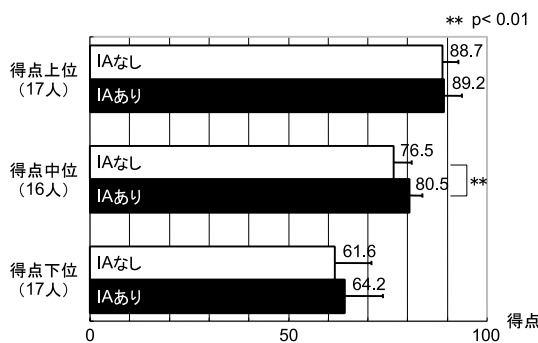


図 21 得点上位者・中位者・下位者の得点結果 (2 回目)

Fig. 21 Examination result divided into 3 groups of upper, medium and lower scores (second examination).

6.2 実験結果

ビデオ視聴後における、各グループ 50 人ずつの試験結果の平均値と標準偏差を図 19 に示す。1 回目は

56.7 点が 59.6 点に、2 回目は 75.6 点が 77.9 点になるなど、いずれも InterActor ありの平均点が高かった。

次に、1 回目の結果を InterActor ありと InterActor なしの各グループごとで試験結果を得点上位者・中位者・下位者各 10 人ずつに分けた場合の平均値と標準偏差を図 20 に示す。どの得点群においても、InterActor ありの方が得点が高く、特に得点中位者においては InterActor ありと InterActor なしの間に有意水準 5% で有意な差が認められる。

また、2 回目の結果を InterActor ありと InterActor なしの各グループごとで試験結果を得点上位者・中位者・下位者各 10 人ずつに分けた場合の平均値と標準偏差を図 21 に示す。どの得点群においても、InterActor ありの方が得点が高く、特に得点中位者においては InterActor ありと InterActor なしの間に有意水準 1% で有意な差が認められる。

以上より、本システムは教育支援システムとして有効であるとともに、繰り返し学習においても効果を示すものである。

7. 考 察

CG を用いた教育支援は、白板¹⁵⁾、教材¹⁶⁾、教室¹⁷⁾、体験学習環境¹⁸⁾ など、教育の場を電子化することでネットワーク化・マルチユーザ化をすすめる、その効果を期待するシステムが大半であった。一方、提案システムは、身体リズムの引き込み原理からかわりのあるコミュニケーション場を生成している点で、従来のシステムとはまったく異なるものである。このようなコミュニケーション支援の本質的な仕組みを導入することで、学習教材からエデュテインメント教材まで、幅広い教育支援が可能になったと考えている。

教育支援の効果は、教材ビデオの視聴後に試験を行った結果、InterActor を重畳合成した教材で学んだ被験者の平均点が高くなった。統計的な有意差は、分散の少ない得点中位者において見られた。したがって、とくに度数が集中する成績中位での教育支援効果が大きいと考えられる。試験後のアンケートで、「集団で講義を受けているような安心感があつた」「講義に集中できた」「眠くならなかった」「キャラクタがうなずくと、理解できた気になった」と回答する被験者がいたことから、InterActor の有効性を示す知見が得られたと考えている。

コミュニケーション場の伝達効果については、著者らの従来研究で、仮想教室に 1 体の話し手 InterActor を教師役として、複数の聞き手 InterActor を生徒役として配置することで (図 22)、生徒役の引き込み反

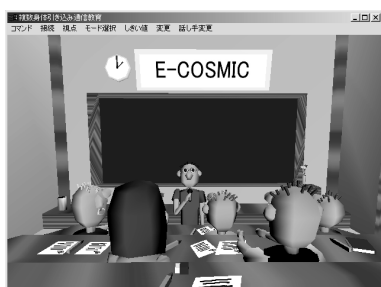


図 22 複数の InterActor を仮想教室に配置した“さくら”
Fig. 22 SAKURA with InterActors in virtual classroom.

応とだらけ反応が視聴者に与える影響について検討した結果、音声情報が同一でも反応の違いにより視聴者への伝達結果が異なることを明らかにしている¹⁹⁾。人が乳児期から、育児者の語りかけに対して身体動作の引き込みにより言語を習得してきた以上、この身体リズムの引き込みに基づくコミュニケーション場の伝達効果は、本質的なコミュニケーション支援になると考えられる²⁰⁾。本研究は、このようなコミュニケーション場の伝達効果を、CG のみの仮想教室から、映像と CG の重畳合成にまで広げた点で、大きな成果が得られたと考えている。

以上は、あくまでも、おおむね好まれるであろう平均的な InterActor 配置で評価実験を行った結果である。ユーザにとって快適な配置あるいは教育効果の高い配置は、個々のユーザに対して、元映像画面と InterActor 配置の組合せで存在しうる可能性がある。好みではなくても同等以上の教育効果となる組合せも存在しうるなど、ユーザに合わせたシステム開発や個別の評価を進めることで、いっそうの教育効果が期待できる。

アプリケーションとしては、本プロトタイプシステムのように視聴者の側でキャラクタを重畳合成するシステムと、制作者の側で合成するコンテンツ制作支援システムが考えられる。前者では、ストーリーミング映像に CG キャラクタを重畳合成するメディアプレーヤなど、ソフトウェアとしての普及が見込まれる。後者では、本研究のような聞き手 InterActor だけを重畳合成するシステムに加えて、話し手だけあるいは聞き手と話し手双方の InterActor を重畳合成できる番組制作システムが有効であろう。放送大学などの本格的な映像コンテンツ配信に加えて、大学の講義記録システムやパーソナルなストーリーミング放送など、映像コンテンツは蓄積される一方であることから、これらのアプリケーションでの幅広い利用が期待される。

8. おわりに

本研究では、複数の音声駆動型身体引き込みキャラクタ InterActor を教育番組などの映像に聞き手として重畳合成することで、かかわりの中で一体感・共有感を実感しながら聴講できる教育支援システムのコンセプトを提案し、プロトタイプシステムの開発と、各種の評価実験を通して、身体リズムの引き込みに基づくコミュニケーション場の伝達による教育支援効果を明らかにした。

とくに、学習教材やエデュテインメント教材による成績評価において、得点中位者において統計的な有意差があることを示し、提案システムの有効性を確認した。

しかし一方で、被験者 240 人（アンケート評価 80 人、成績評価 160 人）の協力を得てシステムの有効性を確認しているものの、InterActor を重畳合成するだけで成績が向上する、と結論づけることは尚早である。今後は、継続的な教育支援効果の評価や、個々のユーザに応じたシステム開発・評価を進めるとともに、注視点の推移や集中力の変化の分析を進めるなど、異なる指標からの評価検討も行う。

謝辞 本研究の一部は、科学技術振興機構（JST）の戦略的創造研究推進事業（CREST）研究領域「脳の機能発達と学習メカニズムの解明」における「コミュニケーション機能の発達における「身体性」の役割」プロジェクトの支援による。

参 考 文 献

- 1) 山本倫也、大坂融弘、小林 隆、石井裕剛、手塚哲央、吉川榮和：コミュニケーションと思考の媒体となる分散型仮想環境の作成支援法、情報処理学会論文誌、Vol.43, No.9, pp.2914-2927 (2002).
- 2) 渡辺富夫：身体的コミュニケーション技術とその応用、システム/制御/情報、Vol.49, No.11, pp.431-436 (2005).
- 3) Condon, W.S. and Sander, L.W.: Neonate movement is synchronized with adult speech: Interactional participation and language acquisition, *Science*, Vol.183, pp.99-101 (1974).
- 4) 渡辺富夫：コミュニケーションにおける身体性、ヒューマンインタフェース学会誌、Vol.1, No.2, pp.14-18 (1999).
- 5) Morishima, S.: Multiple Points Face-to-Face Communication in Cyberspace using Multimodal Agent, *HCI Communication, Cooperation, and Application Design*, Vol.2, pp.177-181 (1999).
- 6) 渡辺富夫：心が通う身体的コミュニケーションシ

- ステム E-COSMIC の開発, 機械の研究, Vol.53, No.1, pp.9-16 (2001).
- 7) Watanabe, T., Okubo, M. and Danbara, R.: InterActor for Human Interaction and Communication Support, *Proc. International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT '03)*, pp.113-120 (2003).
 - 8) 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).
 - 9) 檀原龍正, 渡辺富夫, 大久保雅史: 音声駆動型身体引き込みキャラクタ InterActor が発話音声に与える効果, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol.71, No.712, pp.152-159 (2005).
 - 10) 森川 治: ビデオ対話における自己像の表示による対話相手の存在感への影響, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.1, No.1, pp.61-68 (1999).
 - 11) 森川 治, 山下樹里, 福井幸男, 佐藤 滋: 超鏡対話における対話者の配置と話しやすさの関係, インタクション 2001, pp.179-186 (2001).
 - 12) 佐藤 章, 渡辺富夫, 大久保雅史: 音声駆動型身体引き込みキャラクタ InterActor の対話配置の検討, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2002 論文集, pp.103-106 (2002).
 - 13) 石井 裕, 渡辺富夫: VirtualActor を対面合成した身体的ビデオコミュニケーションシステム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.5, No.2, pp.73-82 (2003).
 - 14) 広津千尋: 実験データの解析—分散分析を超えて, 共立出版 (1992).
 - 15) 大即洋子, 坂東宏和, 加藤直樹, 中川正樹: 対話型電子白板を用いたグループ間の競争による学習を支援する教育ソフトウェアの一例とその効果, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.6, pp.1635-1644 (2003).
 - 16) 山本倫也, 岩田大司, 長松 隆, 下田 宏, 吉川 榮和: 大規模プラント保守訓練のための分散仮想環境のシミュレーション手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.5, No.4, pp.1103-1112 (2000).
 - 17) 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, Vol.1, pp.20-35 (2002).
 - 18) 安藤 真, 吉田和弘, 谷川智洋, 王 燕康, 山下 淳, 葛岡英明, 廣瀬通孝: スケーラブル VR システムを用いた教育用コンテンツの試作—マヤ文明コパン遺跡における歴史学習, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.8, No.1, pp.65-74 (2003).
 - 19) 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).
 - 20) 渡辺富夫: 身体的コミュニケーションにおける引き込みと身体性—心が通う身体的コミュニケーションシステム E-COSMIC の開発を通して, ベーサイエンス, Vol.2, pp.4-12 (2003).

(平成 17 年 11 月 21 日受付)

(平成 18 年 5 月 9 日採録)



山本 倫也 (正会員)

1974 年生. 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. 博士 (エネルギー科学). 同年岡山県立大学情報工学部助手, 現在に至る. CG やロボットをメディアとする身体的インタクションの研究に従事. 2005 年ヒューマンインタフェース学会論文賞, 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, 日本原子力学会の会員.



渡辺 富夫 (正会員)

1955 年生. 1983 年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了. 工学博士. 同年山形大学情報工学部助手, 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教授, 現在に至る. ヒューマンインタクション・コミュニケーションの研究に従事. 2001 年・2002 年・2004 年・2005 年ヒューマンインタフェース学会論文賞, 1998 年・2003 年 IEEE International Workshop on Robot-Human Interactive Communication, the Best Paper Award 等受賞. ヒューマンインタフェース学会, 日本機械学会, 計測自動制御学会, 日本赤ちゃん学会, 日本子ども学会, 日本 ME 学会, 日本バーチャルリアリティ学会, IEEE の会員.