

K_034

Cyber Assistant Professor(CAP)による小学校理数教材の開発
Development of Elementary School Science and Mathematics Teaching Material by
Cyber Assistant Professor (CAP)

松林 武士† 松田 洋† 新藤 義昭†
Takeshi Matsubayashi Hiroshi Matsuda Yoshiaki Shindo

1. はじめに

近年、e-Learning システムによる学習が期待されており小学生向けの教材も作られている。その中で理科教育を支援する教材として、科学技術振興機構の小中高等学校における理科教材の「理科ねっとわーく[21]」がある。この教材は約 106 単元の教材数を有しているが、小学校用の教材はわずかに 17 単元にとどまり、全体の 16% にすぎない。また、「理科ねっとわーく」を含め、現在利用されている e-Learning システムは、文字、写真、図、実写映像を組み合わせた Web 形式が多い。これらの素材の中で最も効果的であると考えられるのは実写映像であるが、制作コストが大きく、対話機能を備えたコンテンツの制作は困難である。一方、3D-CG 技術で人間型ソフトウェアロボットを仮想教師として登場させ、映像や音声で学習する方法も高い学習効果を期待できる[5][9]。しかし、CG 映像の制作コストを軽減する技法や、対話機能の実現方式については、いまだ確立していない。この問題に対して、本研究室では受講者と対話をする機能を備えたリアルタイム 3D-CG アニメーション教材を用いる教育システム CAP(Cyber Assistant Professor)[14]と、映像教材の制作コストを軽減するための、ハイパーテキスト型映像シナリオ記述言語 CPSL2(Cyber Person Scenario Language 2)を開発してきた。本研究では、これらを用いて小学校高学年用の理科と算数の教材を開発し、実際に実験授業を行って評価した。

2. CAP(Cyber Assistant Professor)

2.1. CAP の概要

CAP とは、受講者が人間型ソフトウェアロボットと対話しながら自学自習することを目標とした e-Learning システムである。CAP に組み込まれた人間型ソフトウェアロボットが仮想教師となり、合成音声や字幕、演技、顔の表情を駆使して、受講者と対話しながら学習する。3D-CG 形状モデルで 3 次元の仮想舞台を設定し、その中に仮想教師と小道具を配置する。仮想舞台に配置された小道具は、自由に動かすことができる。また、一方的に情報を提示するだけでなく、教科の解説が終わると問題を提示することができ、その問題の回答に応じた解説をして学習を進めることができる。学習した教科がよく理解できなかった場合には、同じ内容を繰り返し学習することも可能で、教材の流れを柔軟に変えることができる。図 1 に CAP の実行画面を示す。

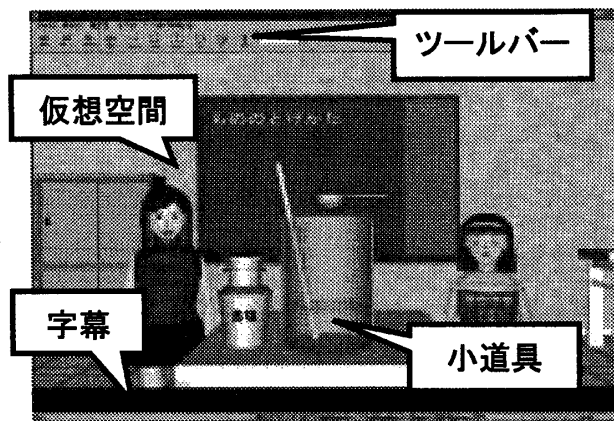


図 1 CAP の実行画面

2.2 対話機能

CAP が受講者と対話する機能は次の通りである。

(1) 回答選択機能

受講者が、ボタンなどの提示された小道具から回答をマウスによって選択し、選択された回答に対応した映像シナリオに分岐する。

(2) 外部シナリオ呼び出し機能

再生中のシナリオから、外部のシナリオを読み込み再生する。現在再生中のシナリオに関連した別のファイルへ学習を進めることができる。回答選択機能と併用することによって、大規模な教材シナリオを構造的に開発することができる。

(3) 数値入力機能

問題出題時に、舞台上に配置された数値入力パッドから受講者がマウスで数値を入力する。回答の正解、不正解に応じてシナリオを分岐させる。

(4) 文字入力機能

問題出題時に、文字入力パッドを舞台上に配置し、キーボードから単語などの文字を入力して回答する機能である。数値入力機能と同様に、回答の正誤によってシナリオを分岐させることができる。

3. CPSL2(Cyber Person Scenario Language)

CPSL2 とは、CAP の映像シナリオを記述するためのハイパーテキスト型スクリプト言語である。CAP の映像教材コンテンツの制作コストを低減し、自学自習教育システムとしての機能を実現することを目標として設計された。CPSL2 で記述したシナリオは、CAP ブラウザによって、対話型リアルタイム 3D-CG アニメーションに変換される。CPSL2 で記述したシナリオは、テキストエディタやワードプロセッサで編集することができる。現在ま

† 日本工業大学大学院 工学研究科 情報工学専攻
Graduate School of Computer and Information Major,
Nippon Institute of Technology

でに44種類のタグを開発した。CAPのシナリオは、このタグを用いて、人間型ソフトウェアロボットの演技や台詞、音楽、効果音、小道具の動きを記述する。前記した対話機能もタグによって記述する。これらを用いて、非専門家でもホームページを制作する程度のコストで、対話型リアルタイム3D-CGアニメーションを制作できる。表1にCPSL2の主要なタグを示す。

表1 CPSL2の主要なタグ

タグ名	機能
<STAGE>	舞台を定義する。
<PARTS>	小道具を配置する。
<SPEECH>	音声合成によって喋る。
<SCRIPT>	字幕を表示させる。
<MOTION>	関節を動かして演技する。
<CAMERA>	カメラを動かす。
<REQUEST>	シナリオを分岐させる。
<SOUND>	効果音を再生する。

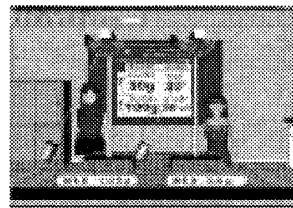
4. 小学校用の理数科目の教材開発

CAPの有用性を検証するために、小学校4年生から6年生を対象とした理科および算数の教材を開発した。この理由は以下の通りである。

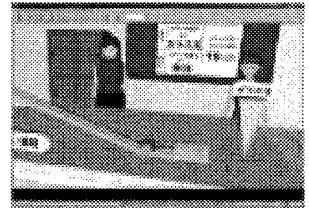
- (1) 小学校高学年の理科には、実体が小さくて見えないものや、大きすぎて把握しにくいもの（宇宙や気象）、本質的に見えないもの（電流や磁界など）が含まれており、児童が理解するのが難しい。これらは3D-CGアニメーションで事象を視覚的に表現することで、学習効果につながると期待できる。
- (2) 立体幾何学を教科書に記載された平面図だけで理解するのは、小学生にとって困難である。これらを3D-CG技術を用いて視覚化し、視点を変えて眺めることで、わかりやすく学習することが期待できる。
- (3) 受講者がCAPと対話しながら学習することで、受講者の理解度に応じた進行を可能にできる。

表2 シナリオ一覧

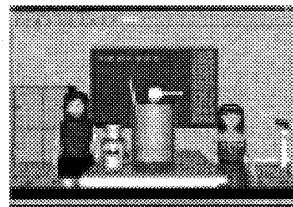
教科	単元	シナリオ数	問題数	総行数	映像時間(秒)
理科	おもりの働き	26	5	4067	2474
	ものとのけかた	50	12	8288	1320
	台風の進路	19	2	2665	1831
	発芽の仕組み	30	6	3770	1511
	コイルの働き	7	1	1022	613
	電気	130	25	10161	2964
	電流と方位磁針	23	6	5188	1100
	宇宙	7	1	904	307
算数	回転体	12	2	6473	1169
	展開図	38	6	4714	1076
	立方体の立体	39	3	5542	1332



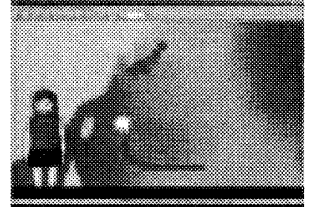
(a) おもりの振れ方



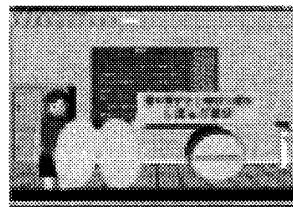
(b) おもりの衝突



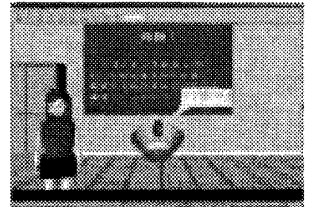
(c) ものの溶け方



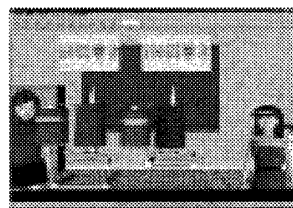
(d) 台風の進路



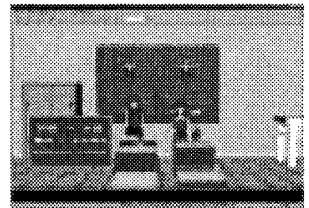
(e) 発芽の仕組み



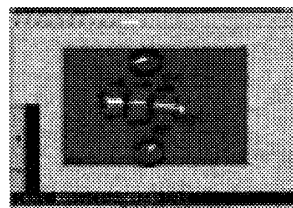
(f) 発芽の仕組み



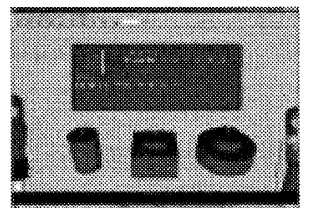
(g) コイルの働き



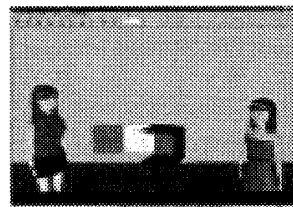
(h) 電流



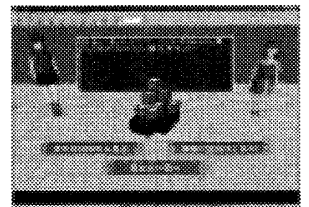
(i) 電流と方位磁針



(j) 回転体



(k) 展開図



(l) 立方体の立体

図2 教材シナリオの動作画面

これまでに、理科と算数あわせて約 370 個の教材シナリオ集を開発した。表 2 に教材シナリオの数と内訳の一覧を示す。本研究では、表 2 のうち、「コイルの働き」、「電気」、「電流と方位磁石」、及び算数の全単元を開発し、実験授業を行って評価した。図 2 に教材シナリオの動作画面を示す。

5. 実験授業

5.1 実験の概要

宮代町立の百間小学校と笠原小学校に協力していただき、4年生から6年生を対象に実験授業を行った。それぞれの学校に向向き、百間小では 26 人、笠原小では 17 人で計 2 回の実験授業を行った。授業は、児童を 1 つの部屋に集め、開発した CAP の教材をプロジェクトに映し、人間の教師と CAP が対話しながら授業を行う「インタラクティブレクチャ」と名付けた方式で行った。検証のため、対象単元の授業前テスト、授業後テストを行い、CAP の学習効果を測定した。1 回のテストの問題数は理科が 3 問、算数が 3 問の計 6 問を出題した。問題の難易度は私立中学受験程度とした。表 3 に実験で使用した教材を示す。解答方法は、理科については、答えとなぜその答えになったかという理由を記述してもらい、理由まで解答できた場合を正答とした。算数は立方体の問題については答えのみを記述する問題で、回転体は、図を記述する問題にした。CAP の教材は、解説や説明とそれに準じた問題を出題する構成となっており、問題を出題した際には、児童と論議を行い CAP に回答を入力した。図 3 に実験授業の風景を示す。



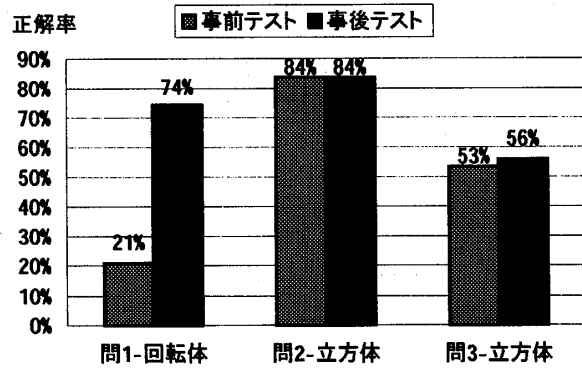
図3 インタラクティブレクチャの風景

表3 実験で使用した教材

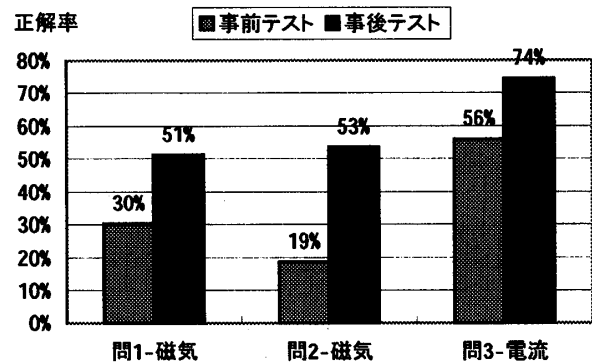
教科	単元
理科	回路を流れる電流
	電流が作る磁界
算数	回転体
	立方体

5.2 実験結果

実験に参加した生徒は、みな真剣に授業に集中して臨んでいた。授業にかかった時間は事前テストが約 8 分、事後テストが約 8 分、CAP を使った授業では、理科が約



(a)算数のテスト



(b)理科のテスト

図4 テストの正答率

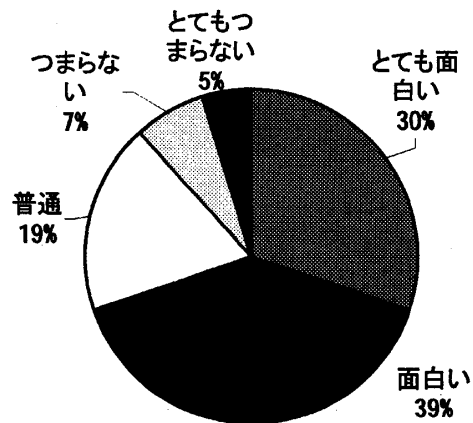


図5 アンケート結果

13分、算数が約 12分である。各問題の正解者数を正答率とし、図 4 に結果を示す。授業前テストでの正答率は、理科が平均 35%、算数が平均 53%であったのに対し、授業後テストの正答率は、理科が平均 60%、算数が平均 71%であった。数十分の教材映像で、私立中学受験程度という難しい問題であったにもかかわらず正答率が上がる結果となった。実験授業の最後にアンケート調査を行い「CAP の教材は面白かったですか」という質問をしたところ、図 5 に示す通り約 7 割の生徒が「面白かった」と回答した。また「解説がわかりやすかった」、「CAP のキャラクターが内容を話してくれたので、楽しく学習

できた」という意見もあった。これらのことから、CAPは、小学生の学習意欲に結びつく機能も有していると考えられる。また、本実験授業を参観した先生からは、「実際には見せることが難しい回転体や電流は3D-CGでわかりやすく表現されていた」との意見をいただいた。

6. まとめ

Cyber Assistant Professor(CAP)を用いた教材開発について報告した。また、CAPの有用性を検証するための実験授業について報告した。今後は、出題された問題の進捗状況や、回答を集計する機能、問題をランダムに出題する機能などを検討している。教材シナリオは、理科と算数だけではなく、英語や社会の教材も検討していきたい。

参考文献

- [1] C. Phillips, N.I. Badler: "Jack: a Toolkit for Manipulating Articulated Figures", ACM/SIGGRAPH Symposium on User Interface Software, 1988.
- [2] M.Hayashi, H.Ueda, T.Kurihara, M.Yasumura, "TVML(TV program Making Language)" Automatic TV Program Generation from Text-based Script", Proceedings of Imagina'99, 1999.
- [3] Tsutsui, M.Ishizuka, "A Multimodal Presentation Markup Language MPML with Controlling Functions of Character Agent." Journal of Information Processing Society of Japan, Vol.41, No.4, 2000.
- [4] Arthur C. Graesser, Xiangen Hu, "Teaching with the Help of Talking Heads", Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Learning Technology (ICALT2001), pp.460-461, 2001.
- [5] ssAmy L. Baylor, "Cognitive Requirements for Agent Based Learning Environments", Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Learning Technology (ICALT2001), pp.462-463, 2001.
- [6] 筒井孝之, 石塚満: "キャラクターエージェント制御機能を有するマルチモーダル・プレゼンテーション記述言語 MPML", 情報学論誌, 41, 4, pp.1123-1133, 2000.
- [7] 道家, 林, 牧野: "TVMLを用いた番組情報からのニュース番組自動生成" 映情学誌, 53, 7, pp.1097-1103, 2000.
- [8] 新藤義昭, 松田洋, 鈴木誠史: 3D-CG Animationのシナリオ記述言語 CPSL と Cyber Teaching Assistant の開発, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.8, pp.2782-2796, 2002.
- [9] 伊藤悠也, 松田洋, 新藤義昭, : 人間型ソフトウェアロボットを用いた Cyber Assistant Professor(CAP)の開発, 第3回情報科学技術フォーラム (FIT2004) 演論論文集 Vol3, pp.311-312, 2004.
- [10] 松田 洋, 新藤義昭: 対話型3DCGリアルタイムアニメーション記述言語を用いた自学自習用 e-Learning システムの開発、映像情報メディア学会誌、Vol.59, No.11, 2005.
- [11] H.Matsuda, Y.Shindo: "Development of Cyber Assistant Professor (CAP) and Cyber Person Scenario Language 2 (CPSL2) for Interactive 3DCG Animation", Proceedings of Computers and Advanced Technology in Education (CATE2005), pp.59-64, 2005.
- [12] H.Matsuda, Y.Shindo: "Design and Implementation of Cyber Assistant Professor: CAP", Proceedings of the 5th IEEE international Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2005), pp.297-301, 2005.
- [13] H.Matsuda, Y.Shindo: "Prototype of Cyber Assistant Professor: CAP", Proceedings of International Conference on Cognition and Exploratory Learning In Digital Age (CELDA2004), pp.141-148, 2004.
- [14] H.Matsuda, T.Morita, Y.Shindo: "Prototype of Cyber Theater Scenario Language", Proceedings of International Conference on Computer, Communication and Control Technologies (CCCT2003), 5, pp.77-80, 2003.
- [15] H.Matsuda, T.Morita, Y.Shindo: "Development of Cyber Theater and Cyber Theater Scenario Language", Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT2003), pp.330-331, 2003.
- [16] H.Matsuda, Y.Shindo: "Development and Utilization of Cyber Theater", Proceedings of International Conference on Computers in Education(ICCE2003), pp942-946, 2003.
- [17] Y.Shindo, H.Matsuda, J.Suzuki, "3D-CG Animation Scenario Language for Cyber Teaching Assistant", Journal of Information Processing Society of Japan, Vol.43, No.8, pp.2782-2796, 2002.
- [18] Y.Shindo, H.Matsuda, "Prototype of Cyber Teaching Assistant", Proceedings of IEEE Computer Society Press, IEEE International Conference on Advanced Learning Technology, pp.70-73, 2001.
- [19] H.Matsuda, Y.Shindo: "Design and Implementation of Scenario Language for Cyber Teaching Assistant", Proceedings of Enhancement of Quality Learning Through Information & Communication Technology, ICCE/SchoolNet 2001,2, pp.643-650, 2001.
- [20] 新藤義昭, 阿部正平: "OpenGL リアルタイム 3D プログラミング", 単行本, 秀和システム, 2000.
- [21] <http://www.rikanet.jst.go.jp>