

K-014

## 人間型ソフトウェアロボットを用いた理科仮想実験教材の制作技法の研究

齋藤 章裕† 松田 洋† 新藤義昭†  
 Akihiro Saito Hiroshi Matuda Yoshiaki Shindo  
 c1065234@cstu.nit.ac.jp

## 1. 研究の背景

## 1.1. はじめに

中学校で現在行われている理科の授業内容は、ゆとり教育の見直しにより、平成 21 年度から大幅に授業単元が増単され、教育内容も追加された。しかし、中学校には理科の実験助手や専門の技術員がいないため、危険を伴う化学実験や複雑な手順の工作実験を行うのは困難な状況にある。この問題に対して、本研究では対話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)<sup>1)</sup>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 CPSL3 (Cyber Person Scenario Language 3) を開発してきた。本研究では、これらを用いて中学生を対象とした理科の仮想実験教材を開発し実際に実験授業を行って評価した。

## 1.2. CAP (Cyber Assistant Professor) の概要

CAP とは、受講者が CG 技術で構築した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-Education 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を進める。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。図 1 に CAP 動作画面を示す。



図 1 CAP の動作画面

## 1.3. CPSL3(Cyber Person Scenario Language3)

CPSL3 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の映像シナリオ記述言語<sup>2)</sup>である。CAP の映像教材コンテンツの制作コストを低減し、映像教材の柔軟な修正変更を短時間で行うことを目標として設計された。CPSL3 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。CPSL3 で記述したシナリオは、テキストエディタで編集することが出来る。すでに約 44 種類のタグコマンドを開発した。CPSL3 のタグコマンドを用いて、人間型ソフトウェアロボットの顔の表情変化、演技や台詞、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コマンドによって記述する。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制作コストで、対話型リアルタイム 3D-CG アニメーション映像教材を制作できる。

## 2. 研究の目的

本研究では、CAP による 3D-CG アニメーションを用いた仮想実験教材の制作効率を向上させる事を目的とする。本研究では、仮想実験教材制作にかかる制作時間の計測を行い、実験教材開発に必要な制作コストについて分析する。また、効率の良い新たな統合型 CG 映像教材制作環境を開発したので、詳しく述べる。

## 3. 研究の内容

## 3.1. 理科実験教材の開発

CAP の仮想実験教材にかかる制作時間を分析するため、中学校理科の対話型仮想実験教材を開発した。

実験授業を行う中学校と協議した結果、「石鹼を作る」、「化学電池の組み立て」、「電気メッキ」の 3 種類を開発した。開発を行ったスタッフは、3 名である。教材映像の制作時間は「石鹼を作る」が約 50 時間、「化学電池の組み立て」が約 60 時間、「電気メッキ」が約 55 時間である。また、教材の難易度は高校受験程度とした。表 1 に教材シナリオ名と内訳の一覧を表示す。

†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

表1 中学校理科の教材シナリオ一覧

シナリオ名	CPSL3行数
石鹸を作る実験	3303
化学電池の組み立て実験	2565
電気メッキの実験	2018

CPSL3は、映像をタグコマンドと台詞や命令文(日本語)で記述できるので、プログラミング言語を用いるよりもはるかに制作コストは少ない。しかし、教材映像を制作時に、特に制作コストを増大させる要因は、入力エラーの発見と修正にあることが分かった。主なものは、以下のような点である。

- ① タグコマンドの英単語のスペルを間違える。
- ② 表情や演技を指示する命令語は、知識データベースに登録された「仮名漢字混じり文」であるが、同音異義語が実行例外の原因となる場合がある。
- ③ 同音異義語による記述例外は発見が難しい。
- ④ 小道具の選択時に、直接目で確認できない。
- ⑤ 効果音を選ぶ時に、その場ですぐ試聴できない。

特に、同音異義語のエラーは、発見が難しく、制作コストを大きく増大させていた。

### 3.2.新たな制作技法の研究

CAPの教材シナリオ制作を支援する統合型CG映像教材制作環境CAP-Studioを新たに開発中した。図2はCAP-Studioの動作画面である。これはCPSL3のシナリオをテキストエディタではなく、専用の記述環境で入力する制作環境であり、以下のような機能をもつ。

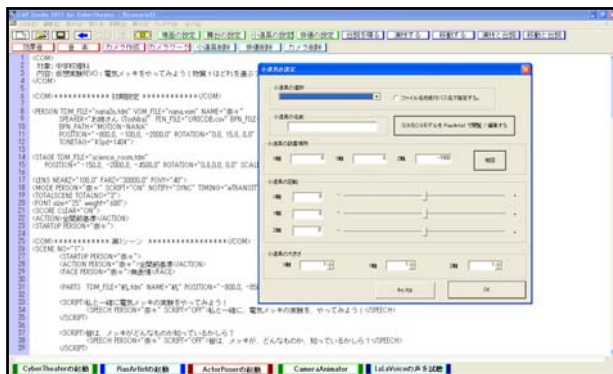


図2 CAP-Studioの動作画面

#### (1) タグコマンド入力機能

タグコマンドの入力は、全てボタンとダイアログボックスを駆使して行う。さらに、パラメータとして必要な「命令語」は、全てプルダウンメニューで選択する。また、座標値入力は地図を表示して地点をクリックして入力するか、スライダを動かして行う。図3にタグコマンドの入力機能を示す。

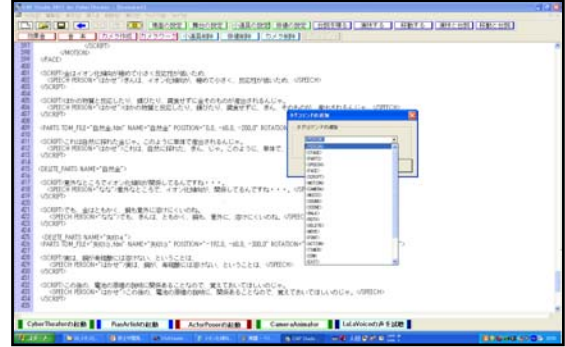


図3 タグコマンド入力機能

#### (2) 音声や効果音の試聴再生機能

効果音を選ぶ際に事前に視聴したり、仮想俳優に割り当てる合成音声を試聴することができる。図4に音声の視聴再生機能、図5に小道具の確認機能を示す。

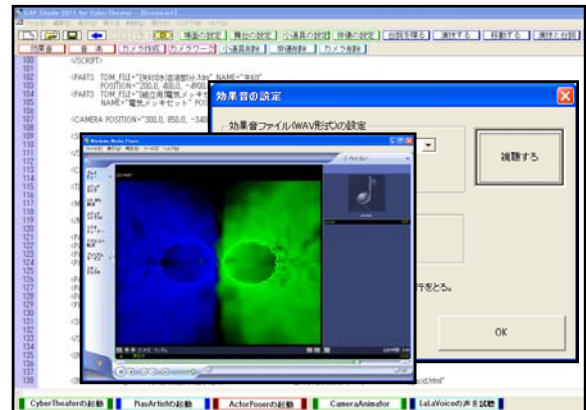


図4 効果音の視聴再生機能

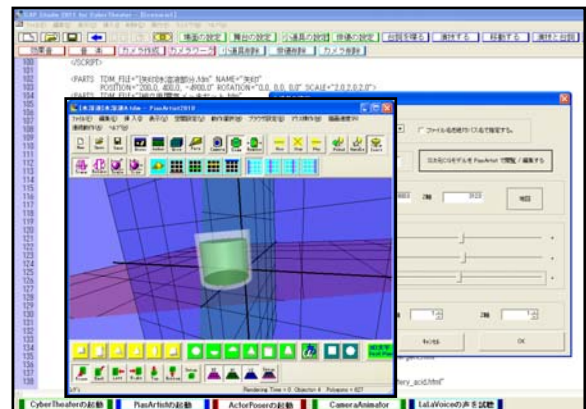


図5 小道具の確認機能

(3) 統合制作環境としての機能

CAP-Studio から以下の制作ツール群を、タグコマンド入力中でも、動的に呼び出すことができる。図6にCAP-Studioの構造図を示す。

- ① 形状モデリングツール(PiasArtist2010)
- ② 顔表情作成ツール(FEN Encoder)
- ③ 体演技作成ツール(BPN Encoder)
- ④ 小道具の振付ツール(ActorPoser2010)
- ⑤ 効果音試聴ツール
- ⑥ 合成音声の試聴ツール
- ⑦ CAP ブラウザ本体

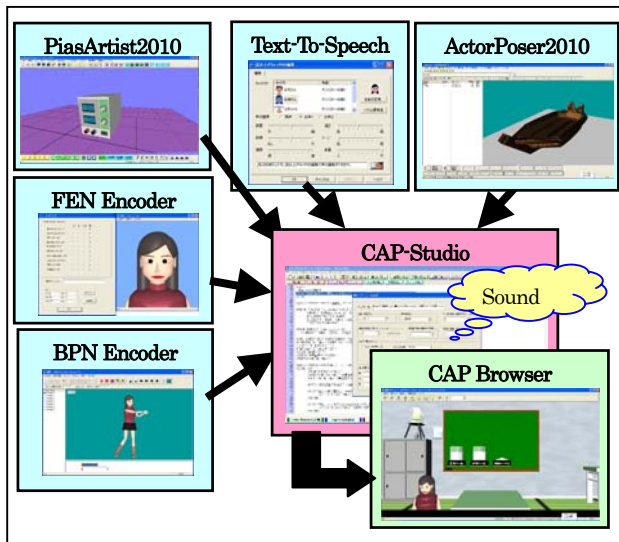


図6 CAP-Studioの構造図

4. 実験授業

4.1 実験の概要

久喜市立鷲宮東中学校の協力で、理科の仮想実験授業を行った。対象は、2年生、3年生、計33人である。また、実験授業の時間は約50分であった。コンピュータ教室に、CAPシステムが組み込まれた超小型コンピュータを40台持ち込み、生徒ひとりひとりがCAPを使った対話型仮想実験を行った。仮想実験で使用した教材は、表1で示した内容である。最後に学習履歴記録機能で記録した学習履歴やアンケートを集計して、対話型仮想実験の結果を分析した。図7に対話型仮想実験の風景、図8に「電気メッキの実験」の実効画面を示す。



図7 対話型仮想実験の風景



図8 電気メッキの実験

4.2 対話型仮想実験の結果

参加した生徒は、真剣に仮想実験に集中して臨んでいた。CAPには学習履歴を残せるログ機能があり、これにより仮想実験で生徒がどの材料を選択したのかを調べることができる。図9は実験授業の結果をまとめた物である。石鹼の仮想実験では、1回目で成功した受講者は15%だが、何回も繰り返し行う事で正解率も上がり、最終的な正解率は70%まで増加した。

また、実験授業の最後に、仮想実験について5段階評価のアンケートを実施した。設問の評価の平均を図10に示す。全ての項目で評価4.0を超えており、おおむね良好な結果となった。また、9割の生徒が「面白かった」、「またこのような授業を受けたい」と回答した。また「解説がわかりやすかった」という感想もあった。

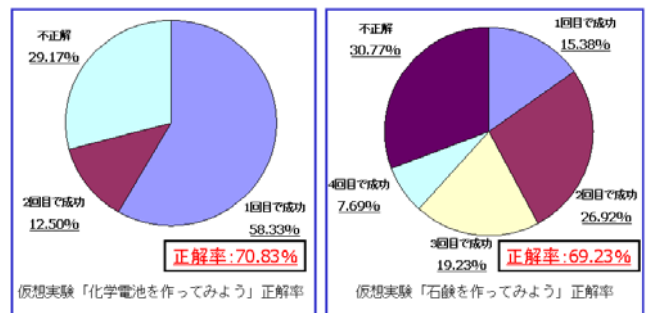


図9 実験授業の結果(全体の正解率)

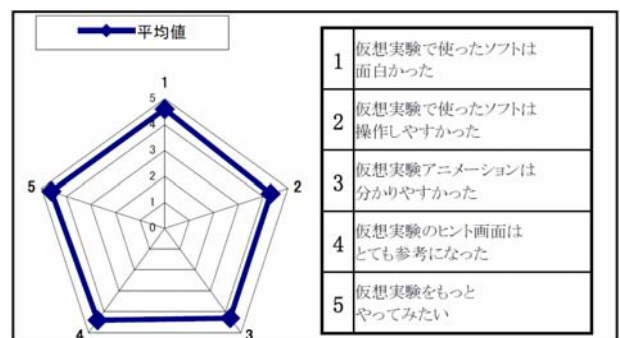


図10 実験授業のアンケート結果

## 5. まとめと今後の課題

CAP を用いた教材開発作業の分析と仮想実験授業について報告した。仮想実験授業は良好であったが、教材制作コストの軽減には、新たな CG 映像教材制作環境が必要であることも分かった。この問題を改善するため、実験教材の開発にかかる制作コストを削減するための**統合型 CG 映像教材制作環境 CAP-Studio**の開発を行った。

## 6. 謝辞

本研究は、文部科学省の科学研究費 基盤 C (22500933)の支援を受けて行っています。

## 参考文献

- [1] 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
- [2] 松田洋, 新藤義昭: 対話型 3D-CG 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, 映像メディア学会誌 Vol. 59, No. 11, pp. 1659-1668 (2005)
- [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] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.

- [13] H.Matsuda, Y.Shindo: "Development and Utilization of Cyber Theater", Proceedings of International Conference on Computers in Education (ICCE2003), pp.942-946, 2003.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] <http://www.rikanet.jst.go.jp>
- [19] 数研出版編集部: "チャート式シリーズ中 2 理科" 単行本 数研出版
- [20] <http://www.nhk.or.jp/str/tvml/>
- [21] <http://www3.toshiba.co.jp/pc/lalavoice/>
- [22] OpenGL Architecture Review Board : The official Guide to Learning OpenGL, Ver.1.1, Addison Wesley Publishers(1997).
- [23] 監修 吉沢 四郎 発行者 田中 久雄: 株式会社電気書院「電池ハンドブック」