

## CG アニメーションを用いた理科仮想実験システムに関する研究

Research of Virtual Science Experiment System based on 3D-CG Animation

萩原 大<sup>†</sup>                      松田 洋<sup>‡</sup>                      新藤 義昭<sup>‡</sup>  
Masaru Hagiwara              Hiroshi Matsuda              Yoshiaki Shindo

## 1. はじめに

中学校の理科教育は、平成 21 年度より教育内容が増単され理科教育の充実が目指されているが、一方で、生徒の理科離れが叫ばれるようになってきている<sup>[1][2][3]</sup>。理科の講義時間を増単しても危険性の高い化学実験や複雑な手順に対する支援が必要な電気機械系の物理実験を行うのは困難な状況である<sup>[5][6][7]</sup>。これは理科の教員や実験助手の不足や、理科室の器具や薬品の不足、故障した装置の修理等の管理が困難であることなどが原因と思われる。本研究では、これらの問題を改善するために、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た教育システムである CAP2 (Cyber Assistant Professor 2) とハイパーテキスト形式でシナリオを記述する言語 CPSL3 (Cyber Person Scenario Language3) を開発<sup>[7][8]</sup>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。

## 2. CAP2 システムの概要

## 2.1. CAP2(Cyber Assistant Professor2)

CAP2 とは、受講者が 3D-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。CAP2 は、3 次元形状モデルでモデリングされた仮想舞台 (教室や実験室など) を仮想的に作り出し、この中に人間型ソフトウェアロボットが、音声合成や字幕の表示、顔の表情変化、体演技等を駆使しながら仮想教師や仮想生徒として登場する。また、3 次元形状モデルとして作られた様々な小道具 (実験道具、化学素材、機械部品等) 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。CAP2 は、これらの機能を用いて教材 CG 映像を提示するが、単に映像提示にとどまらず、受講者との各種対話機能を開発

<sup>†</sup> 日本工業大学 大学院工学研究科 情報工学専攻

<sup>‡</sup> Graduate School of Information Technology,  
Nippon Institute of Technology

してきた。また先行研究として、小道具に分岐先を設定して、マウスでクリックすると別の映像シナリオにジャンプする **Target Link** 機能や、小道具に、ハイパーリンクを設定して、ヒント映像や WEB 情報の閲覧、実写動画の再生などを行う **VEL (Virtual Exploratory Learning)** 機能開発してきた。

## 2.2. Cyber Person Scenario Language 3

Cyber Person Scenario Language 3 (以後 CPSL3 と称す) は、CAP2 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である。CAP2 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開発した。CPSL3 で記述したシナリオは、CAP2 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。シナリオファイルはテキストファイルなので、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。これらを用いて、非専門家でもホームページを制作するコストで対話型リアルタイム 3D-CG アニメーション教材を制作できる。表 1 に CPSL3 の主要なタグコマンドを示す。

表 1 CPSL3 の主要なタグコマンド

タグ名	機能
<STAGE>	舞台を構築する
<PERSON>	仮想教師(生徒)を登場させる
<SPEAK>	音声合成によって台詞を喋る
<SCRIPT>	字幕を表示する
<FACE>	仮想俳優の顔の表情を変える。
<ACTION>	仮想俳優を演技指示語で演技させる
<MOTION>	仮想俳優をモーションデータで演技させる。
<PARTS>	3次元形状モデルの小道具を読み込む
<MOVE>	小道具を動かす。
<MUSIC>	MIDI ファイルを再生する
<MOVE>	3D 形状モデルを数値制御で動かす
<SOUND>	効果音を再生する
<CAMERA>	カメラワークを数値制御で設定する

### 2.3. VEL ( Virtual Exploratory Learning )

VEL とは、仮想実験中に受講者を支援するヒント機能である。CPSL3 のシナリオ内に VEL のタグコマンドを記述する事により、WEB ページの表示や動画の再生、解説用の CAP2 を起動、Windows 内の任意のアプリケーションの起動を行う事ができる。表 2 に VEL のタグコマンドを示す。

表 2 VEL のタグコマンド

タグ名	機能
<EXPLORE>	エスケープターゲットを設定して VEL モードに入る
<INTERNET>	指定した URL を読み込む
<MPLAYER>	指定した動画ファイルを再生
<EXPLAIN>	解説用の CAP2 を起動
<SHELL>	任意のアプリケーションの起動

### 2.4. 学習履歴記録機能

CAP2 には、学習履歴記録機能が備わっており、対話型の理科仮想実験において、受講者の選択した部品や VEL 使用の履歴がテキスト形式のログファイルに記録される。

### 2.5. Target Link 機能

仮想舞台に配置した小道具に、回答属性番号というリンク情報を設定することができる。このリンク情報を設定された小道具を **Answer Target** と呼ぶ。受講者が Answer Target となった小道具をクリックすると、映像シナリオ内の場合わけブロック (C 言語の switch - case 文に類似した機能) に入り映像シナリオの流れを変更することができる。この場合わけブロックによって分岐した場所で、得点情報を演算したり、システム変数に値を代入することができる。表 3 に、Target Link 機能に関連するタグコマンドを示す。

表 3 Target Link のタグコマンド

タグ名	機能
<REQUEST>	小道具に回答属性番号を設定して、Answer Target とする。
<ANSWER>	Answer Target の場合わけのエントリーポイント。C 言語の case 文に相当する。
<SCORE>	得点の集計やシステム変数への値の代入、演算などを行う。
<SCENARIO>	指定され映像シナリオファイルを読み込んで実行する。

### 3. 研究の目的

本研究は、CAP2 による 3D-CG アニメーションを用いた理科仮想実験システムを開発して、実際

に中学校で実験授業を行い、CAP2 の実用性を検証することを目的とする。実験授業には移動式情報処理演習室を提案する。また、CAP2 の仮想実験教材の一部を 3D 立体映像化するシステムの設計要綱を提案する。

### 4. 理科仮想実験システムの教材開発

CAP2 を用いて、中学校用の対話型理科仮想実験システムを開発した。教材は「石鹼を作ろう」「化学電池の組み立て」「火花放電装置の組み立て」である。開発を行った教材の映像シナリオの行数を表 3 に示す。

表 3 中学校用の理科仮想実験の一覧

開発した教材名	CPSL3 の行数
石鹼を作ろう	3303 行
化学電池の組み立て	2565 行
火花放電装置の組み立て	3881 行

### 5. 実験授業

#### 5.1. 実験の概要

埼玉県久喜市立鷲宮東中学校の協力で、理科仮想実験授業を行った。2,3 年生の生徒を対象として、2010 年度は 29 人が参加し、2011 年度は 31 人が参加した。両年度とも実験授業の時間は約 90 分行った。2011 年度より新たに追加した機能である VEL の使用方法として、ヒント機能だけでなく、仮想実験が成功した際に正解特典映像を流す試みも行った。正解特典映像とは以下のようなものである。

- ① 本物の火花放電の実写映像の再生
- ② なぜ石鹼が出来たのかと言う詳しい解説

最後に、学習履歴記録機能で記録した学習履歴のアンケートを集計して、開発した教材の結果を分析した。

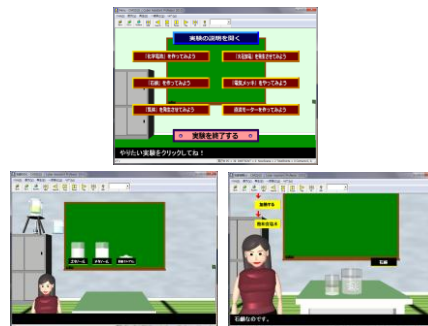


図 1 仮想実験の実験シーン (実験選択場面と石鹼を作ろうの一部)



図 2 実験授業の様子

### 5.2. 移動式情報処理演習室の提案

実験授業を行うために、17 型液晶ディスプレイの背面に VESA 規格の取り付けキットで CAP2 をインストールした超小型コンピュータ(Acer Revo)を合体させた機材を 35 台作成し、中学校の情報処理演習室に持ち込んだ。マウスやキーボードは、中学校の情報演習室の機材の配線を変えて借用した。筆者らは、これを**移動式情報処理演習室**と呼んでいる。1 日のうちに、搬入、実験、搬出を完了させることができた。小中学校において実験授業を行う方法として、ひとつの技法であると考えている。

### 5.3. 実験授業の結果

理科実験授業に参加した生徒たちは、真剣に集中して仮想実験に臨んでいた。理科仮想実験の受講者全体の正解率を図 3 に示す。

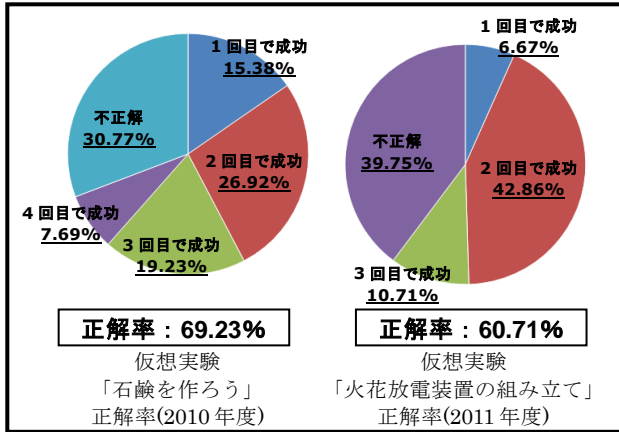


図 3 受講者全体の正解率

全体の正解率の分析を行うと、1 回目で成功した受講者は両実験とも少ないが、何度でも同じ仮想実験を繰り返し行える事から、2 回、3 回と仮想実験を行う事で正解率も上がり、最終的には「石鹼を作ろう」では約 70%、「火花放電装置の組み立て」では約 61%まで正解率が向上した。また、仮想実験は生徒が好きな実験を行う事が出来るので、実験成功まで挑戦せずに、別の実験を行ってしまう場合もあった。実験授業の最後に、仮想実験についての 5 段階評価アンケートを実施し

た。設問の平均を図 4 に示す。すべての項目で平均 4.0 を超えているが、「理科は得意である」と言う設問だけが、4.0 を下回っている。やはり理科への苦手意識が強いと思われる。だが、9 割の生徒が「面白かった」、「また授業を受けたい」と回答する結果になった。

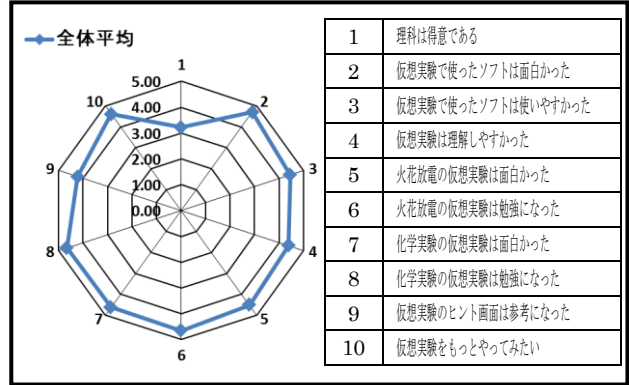


図 4 仮想実験のアンケート結果(2011 年度)

また、VEL を使用した場合と使用しなかった場合の正解率の比較を、図 5 (石鹼を作ろう)、図 6 (火花放電装置の組み立て) に示す。

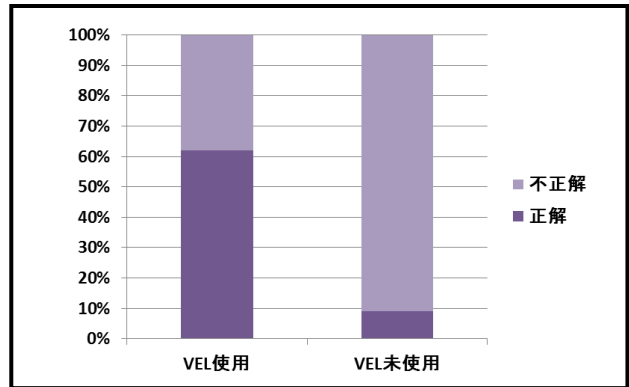


図 5 「石鹼を作ろう」の正解率

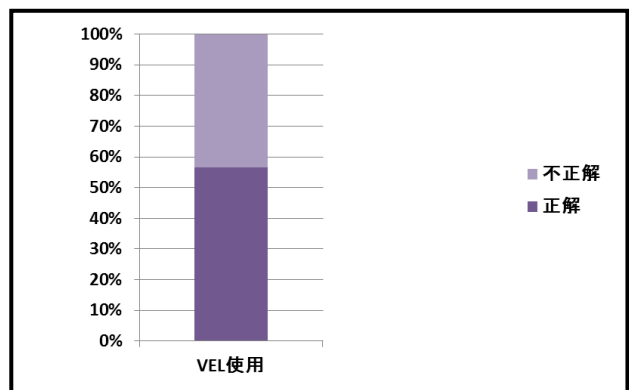


図 6 「火花放電装置の組み立て」の正解率

正解率の分析を行うと、「石鹼を作ろう」の場合は VEL 機能を使用した生徒の正解率が高くな

っている。「石鹼を作ろう」の VEL 機能は正解を導くのに役立ったと考えられる。一方の「火花放電装置の組み立て」は、全員が VEL を使用したが、正解率が約半分となった。火花放電の内容は、電磁誘導をまだ学んでいない 2 年生には少し難しかったと考えられる。

## 6. 今後の研究計画

### 6.1. 3D 立体映像化

CAP2 を用いた教材の一部を 3D 立体映像にする計画をたてている。3D 立体映像を用いるには、3D 立体映像が表示できる表示システムが必要である。まずは、3D 立体映像が表示できる表示システムから検討を行った。検討したのは、NVIDIA 3D Vision (液晶シャッターメガネ)、SONY の HMZ-T1 (ヘッドマウントディスプレイ)、EPSON の MOVEIRO (シースルーグラス) の 3 機種である。それぞれの装置には、着用年齢制限があり、中学生では使用できないもの、長時間の使用を禁止しているもの等があることが分かった。中学生でも着用可能で、ある程度の時間装着可能と思われるのは NVIDIA 3D Vision であると結論を得た。NVIDIA 3D Vision (図 7) は、液晶シャッターメガネと IR エミッターで構成される。



図 7 NVIDIA 3D Vision

### 6.2. 3D 立体映像コンテンツの開発

CAP2 ブラウザ全てを 3D 立体化して動作させる方法も考えられるが、受講者の負担や効果を考えると、現時点では疑問が残る。そこで、自分で組み立てた機材の最終映像を見る時や、ヒント映像や報酬映像で 3D 立体映像を利用する教材を開発中である。現在、3D 立体映像のコンテンツとして、以下の内容を考えている。

- ① 専用の 3D カメラ(FUJIFILM FINEPIX REAL 3D)を用いて立体画像や立体映像を撮

影し、VEL 機能によって再生プレイヤーを起動する。

- ② 3DCG 立体 API 関数を用いて、3D 立体 CG アニメーションプログラムを開発し、VEL 機能を用いて実行する。

しかし、3D 立体メガネは、眼鏡をしていない受講者にはあまり負担にならないと思われるが、既に近視眼鏡をしている受講者への負担を考慮する必要があると思われる。

## 7. まとめ

CAP2 を用いた理科仮想実験システムの開発と実験授業について報告した。仮想実験はおおむね良好な結果を得た。VEL をヒント機能だけではなく正解特典映像の表示に利用した。これは、受講者たちに、競争して正解にたどり着こうとするモチベーションを与えたようであったと実験授業の観察から見られた。さらに、CAP2 を使っての学習意欲向上を視野に入れて、3D 立体映像化教材の利用を検討する計画である。

## 謝 辞

本研究の一部は文部科学省の科学研究費助成事業の基盤研究 C(22500933)の支援を受けて行っています。

## 参考文献

- [1]加藤巡一:理科教育と理科離れの実態(二)中学校, 神戸松蔭女子学院大学 研究紀要 人文科学・自然科学篇, Vol.49, pp.17-32, 2008
- [2]理科離れの実相調査: 牛田憲行(愛知教育大学 理科教育講座), 『特色 GP2005 年~2008 年度 活動報告』より
- [3]これからの理科教育: 文部科学省初等中等教育局教育課程課 教科調査官 田代直幸
- [4]中学校理科デジタルコンテンツ集 [http://edu.city.tamba.hyogo.jp/link/rika/rika\\_j.htm](http://edu.city.tamba.hyogo.jp/link/rika/rika_j.htm)
- [5]理科ネットワーク <http://www.rikanet.jst.go.jp/>
- [6]中学校理科教育情報デジタルコンテンツ <http://www.ysn21.jp/itrika/>
- [7]Hiroshi Matsuda, Yoshiaki Shindo: "Development of Virtual Exploratory Learning for Cyber Assistant Professor (CAP)", Proceedings of the 19th International Conference on Computers in Education (ICCE2011), pp.292-296, 2011
- [8]松田洋, 新藤義昭:映像メディア学会誌 Vol.59, No11, pp.1659-1688(2005)「対話型 3DCG 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」
- [9]新藤義昭, 松田洋, 鈴木誠二:3D-CG Animation 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
- [10] 監修 吉沢四郎 発行 田中久雄:株式会社電気書院「電池ハンドブック」