

仮想生徒へ「教えることで学習する」CAIシステムの構築と評価

大 林 史 明[†] 下 田 宏[†] 吉 川 榮 和[†]

学習者が受け身に講義を受講するだけでなく、積極的に思考活動を行い、それにより理解を深化し、定着することを支援する WWW ベース CAI システムの構築を目的に、「学習者が他者に教えることで自らもより深く学ぶ」という、教育の分野で広く効果が認められている原理を WWW ベース CAI システムに活用した。学習者が仮想的に他者に教授を行い学習を進めていく、擬人化エージェントを用いた WWW ベース CAI システムを試作し、学習者がエージェントとの対話の中から効率良く学習を深化させていく WWW ベース CAI システムとしての効果を実験した。本研究では実際に大学院講義を対象とした教育システムを構築し、さらに構築した CAI システムの有効性を評価するために被験者実験を行った。従来の WWW 方式の CAI と本研究で試作した CAI のいずれかで学習した被験者の学力試験による客観評価およびアンケートによる主観評価を行い、その結果、本 CAI システムは学習効果および動機づけなどの面で有効であり、総合的に高い教育効果があることが確認された。

Construction and Evaluation of a CAI System Based on “Learning by Teaching” to Virtual Student

FUMIAKI OBAYASHI,[†] HIROSHI SHIMODA[†] and HIDEKAZU YOSHIKAWA[†]

The effect of the CAI system is not so sufficient for the users to master the subject when the students just see or read the learning material passively by the conventional WWW-based CAI. For more effective learning by CAI, a new method of CAI system has proposed applying the educational theory of “Learning by Teaching”. The theory of “Learning by Teaching” is that when the learner teaches others actively and the responses be fed back to himself, he can learn more deeply by thinking and self-examining. So the new conversational WWW-based CAI system has provided by the introduction of personified agent applying this theory. The CAI system provides a new system function of teaching to the personified agent “Virtual Student”. Through the interaction with Virtual Student, the student can promote his learning. Furthermore, to evaluate the effectiveness of this CAI system, a laboratory experiment was conducted and achievement test and the questionnaire was given to the two groups studying by the new CAI or conventional WWW-based CAI. And it was confirmed that this CAI system was effective for learning.

1. はじめに

1.1 背 景

近年の計算機技術の発達は著しく、さらにインターネットにおける WWW に代表される情報通信技術の発達によって、ネットワーク環境での CAI に大きな可能性が開け、その開発が活発になってきている¹⁾。その中では、さまざまなコンテンツを統合し教材とするシステム²⁾や語学教育³⁾を対象とした教育支援システムの開発などさまざまな CAI システムの研究が行われている。またインターネットによる遠隔教育の研究も行われてきている。

しかし一般的な高等教育を対象とした WWW ベース CAI システムでは、効果的な教育支援を行う CAI システム作成のために多大な労力を要し、そのため実用レベルでは、学習内容を順次提示するだけでユーザはそれを読んで学習するという教科書的な教育支援システムが多かった。これでは受け身的な学習になり、演習問題以外には学習者が積極的に思考する機会が少なく、理解の定着を促進するという面では不十分であった。

そこで本研究では、理解の深化と動機づけの促進を支援するために「学習者が他者に教えることで自らもより深く学ぶことができる」という、教育の分野で広くその効果が認められている原理を⁴⁾ WWW ベース CAI システムに活用する。具体的には学習するものがコンピュータの中で学んだことを他者に教える機構を

[†] 京都大学大学院エネルギー科学研究科
Graduate School of Energy Science, Kyoto University

作って、学習を進めさせる WWW ベース CAI システムの試作を行う。

そのためにコンピュータの中に仮想的な他者として擬人化エージェントを生成し、それにユーザが対話的に教授するシステムを作成し、それにより効果的に学習者の学習活動を支援することを目的とする。その際には学習上効果的な発問の作成法と円滑な対話の方法を確立することも目指す。さらに、実際に大学院講義を対象とした教育システムを構築し、被験者実験を行って CAI システムの有効性を確認する。

2. 仮想生徒への教授による学習方法

2.1 仮想生徒への教授とは

学習者が能動的・主体的に他者に「教える」という働きかけを行い、その応答を自己にフィードバックすることによって、内省してより深く「学ぶ」ことが考えられる。このような「教えることによって学ぶ」ことの有効性は、従来から教育で重要視されてきた⁴⁾。また A. Collins らは、コンピュータを学習の道具に用いることで (1) 学習者が自己と他者の課題遂行過程をモニタし比較できる (2) 過程そのものを以前とは異なった視点や角度からとらえることができる (3) 多様な課題遂行過程を同時に比較することによって問題解決の過程を抽出することができる、と述べている⁴⁾。本研究では、コンピュータを教育に用いる CAI の新しい方向として、学習者が自ら教えることによって学ぶ機構の実現だけでなく、さらに学習における「誤り」は必然的にもなうものと考え、これを自ら修正できるようにする能力の養成を目指す。そこで具体的には、本研究では学習者の思考活動を重視する CAI を実現するために「仮想生徒」という擬人化エージェントを用いて学習者が仮想的に教授を行うことができる CAI システムを構築し、学習支援を行う。

一方、コンピュータネットワーク上で複数の学習者が協調して問題解決を行う過程は、学習達成の効率化のみならず、対象領域に関する学習者の深い理解の促進や、他者とのコミュニケーションを通じてメタ認知能力の育成、自己の行為の内省の促進などが期待される⁵⁾。

そこで本研究ではさらに、各学習者が教授した仮想生徒が一堂に会する「仮想教室」を設け、そこに各学習者も参観して、自分の教えた仮想生徒だけでなく他の学習者の教えた仮想生徒の応答を通じて他の学習者の思考も分かるようにし、多角的なものの見方の修得に至る学習を促進させる。ここで図 1 に「仮想教室」概念図を示す。

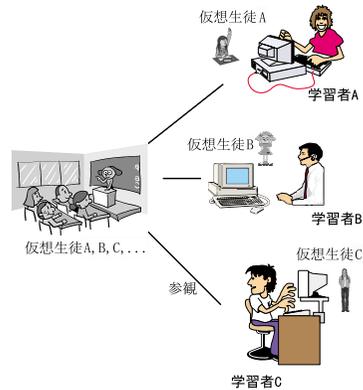


図 1 仮想教室の概念図

Fig. 1 Concept of Virtual Classroom.

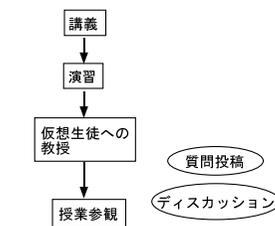


図 2 学習の流れ

Fig. 2 Flowchart of learning in this system.

2.2 学習のしくみ

以上の観点から、本教育システムでは以下の項目の実現を目指す。

- 教えることで自身の理解の深化を図る学習システムとする。
- 擬人化エージェントとの対話から学習を進める。
- 各学習者の理解度に適応できるようにする。
- 自分の思考を客観的に見つけ、学習に生かすことができるようにする。
- 他の学習者との交流から、幅広い学習を可能にする。

この方針に基づき、本システムでの学習方法を設計した。ここで学習の流れを図 2 に示すとともに、以下にその説明と学習上の意義を説明する。

- (1) 学習者はまずシステムから提示される通常の WWW ベースの講義を受け、基本的な学習をする。ここでの講義内容はテキストとして用い以後の学習でも参照できるようにする。
- (2) 学習者は若干の演習問題を行う。これによりシステムは学習者の弱点を自動的に診断することができる。
- (3) 次に、学習者は基本的な学習内容を理解し修得したもとして、システムが提供する「仮想生

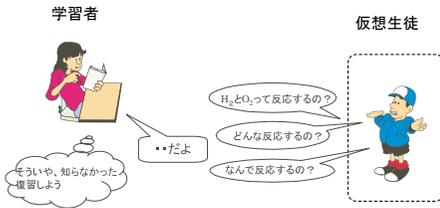


図3 仮想生徒からの質問と教授

Fig.3 Learning by teaching to Virtual Student.

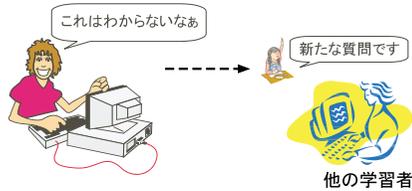


図4 学習者からの質問の活用

Fig.4 Practical use of question.

徒」と呼ぶ擬人化エージェントに対して家庭教師役になる。この仮想生徒は各学習者に1人ずつ割り当てられる。ここで図3に示すように、また講義内容を十分に理解していない仮想生徒が発する質問に答えたり、仮想生徒の誤りを訂正したりしながら、仮想生徒を教育する。ここで学習者が仮想生徒に与えた回答はシステムに保存され、後の授業参観の際に自分の教えた仮想生徒が答えることで学習者にフィードバックされるほか、システムはこの回答から学習者の弱点を診断することができる。またこの仮想生徒からの質問は、(2)および(3)でシステムが学習者の弱点を診断した結果を考慮して出すようにしている。

ここでの教授に取り組むことにより、学習者は自身の理解の再構築や定着を行うことができる。

- (4) 学習者が質問をしたい場合には、質問コーナーに投稿する。図4に示すように、この質問は学習者からの質問としてではなく、仮想生徒の新たな質問となり、ネットワーク上の他の学習者に投げかけられる。

この匿名性により、質問者は気楽に質問することができ、また他の学習者もシステムが提供するものよりも多くの課題に取り組み、学習の幅を広げることができる。質問者へのフィードバックは次の(5)で述べる仮想教室の授業参観でされる。

- (5) 図5に示すように、仮想生徒への教授を学習者

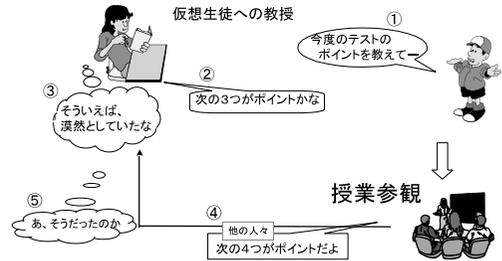


図5 仮想教室の参観と学習者へのフィードバック

Fig.5 Feedback from Virtual Classroom.

自身にフィードバックするために、仮想教室での授業参観を設ける。これは、仮想教室に各学習者が教えた仮想生徒が一堂に会し、その教室における先生からの質問に対して、各仮想生徒が各々の学習者から教わったことを発表していくものである。また先生も模範解答を述べる。学習者が仮想生徒に教えた内容、つまり自身の理解の適否はこの授業参観からフィードバックされる。

従来のCAIでは選択式の演習問題以外では学習者の理解度を測定することが難しく、演習の結果には現れにくい学習者の思考の誤りを抽出し、教育に生かすことが難しかった。しかし本システムでは、(3)で自分の思考を記入したものをここで客観的に見つめ直し、学習に生かすことができる。またこの参観により、他の学習者の思考も分かり、多角的な学習ができるとともに、新たな動機づけにもなる。またここでは各学習者の仮想生徒の名前のみが表示され、学習者そのものの名前は公開しないようにする。これにより学習者は心理的抵抗感なしに授業参観を利用できる。

- (6) さらに学習者同士でディスカッションをしたい場合には、ネットワーク上に開設するディスカッション・ルームを利用する。

3. 仮想生徒の発話

本学習システムでは仮想生徒の発問および発話がポイントとなる。以下ではこの発問と発話について述べる。

3.1 発問の構成

発問は「既知」と「未修得」との間の差異を自覚させ「未修得」の学習への意欲を喚起することが求められる。さらに教科内容の本質の修得に向かって、自らの思考を深化させていくために、それを方向づけ、手がかりを与えるものとして発動される必要がある。

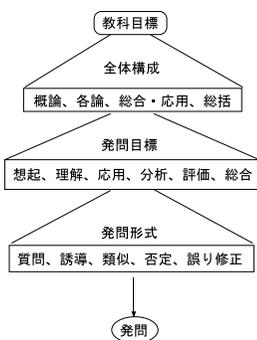


図 6 仮想生徒の発問構成

Fig. 6 Framework of question from Virtual Student.

ここでは効果的に学習を促進するための仮想生徒の発問の作成方法について考察する。CAIシステムには、これらを基に発問を作成し実装しておくものとする。図6に仮想生徒の発問設計の構成図を示す。

(1) 教科目標

まず、対象教材の教科目標を立てる。ここでは大項目から各論の小項目に至るまで、各々の教育目標を立案する。仮想生徒の発問はこの教育目標に基づくものである。

(2) 全体構成

教材全体を、概論、各論、総合・応用、総括の4つの項に大別し、仮想生徒の発問の全体のストーリーを作る。

以下ではそれぞれの項に対し適用すべき発問の目標およびその形式について述べる。

(3) 発問目標

前節で立てた個々の項に対し、学習者が発問へ回答するための取組みを通し、順次理解を深めていけるように、以下のような発問を行う。

- 想起 これまでに学習したことを想起させる。
- 理解 想起したことの理解、今までの学習事項の理解を確認する。
- 応用 問題解決において想起した知識や技術の応用可能性を検討させる。
- 分析 事象の要因、原因を見極め、理解させ、推論させ、事例をあげさせる。
- 評価 問題解決の仕方、考え方の根拠、正当性の判断をさせる。
- 総合 論理的思考の総合能力養成のため、問題解決、演繹、帰納などを求める。

(4) 発問形式

発問形式としては、質問、誘導、類似、否定、誤り修正がある。

- 質問 最も基本的な問いかけの形式である。
- 誘導 この問いを通して対象への視点を与えたり、思考の方向づけを促すものである。
- 類似 互いに類似したものを提示することによって、両者の違いを分析・比較させるものであり、これによって問題の本質を直観的に把握させるものである。
- 否定の発問 そのものの反対物・対立物を意図的に提示することにより、逆に否定を否定する過程を経て、そのものの必然性、本質を把握させるものである。
- 誤り修正 誤りを含んだ仮想生徒の考えを聞き、学習者がその誤りを訂正していくものである。ここでは学習者自身が犯した過去の誤りを再現する発問も行われ、これを通じて学習者は自身の思考の誤りを第三者の立場に立って客観的に見つめ直すことにより、思考を修正していくことができる。

3.2 学習状況への適応

仮想生徒の発問は、基本的には学習者に自ら考え、理解を深化・再構築することを促し、その適否は授業参観で学習者にフィードバックされるような発問を行う。そのために、回答は自由記述形式としている。これは書くことによる学習の定着効果もねらったものである。

しかしシステムは学習者の回答を診断する機能を備えることも必要であり、そのために学習者の回答を分析できるような発問も行う。これには選択回答式の発問や、回答文中のキーワードの有無などを判定できるような発問を与える仕組みが必要である。

さらにシステムは講義後の演習の結果や仮想生徒への回答からの診断を基に、教科目標の小項目ごとの達成度を診断し、仮想生徒に弱点部分を重点的に発問させることも行う。また以前の回答との矛盾があれば指摘するようにする。

3.3 対話上の工夫

学習者が仮想生徒とできるだけ自然な対話ができ、さらに学習をスムーズにするために以下のような対話上の工夫をする。

● 擬似雑談

各章の終了時に、リフレッシュのために若干の仮想生徒との擬似雑談ができるようにする。ここではあらかじめ会話のシナリオを立てておき、若干の選択で反応が変化するものの、基本的には学習者が話の流れに沿う限り、回答の内容にかかわらず自然な対話を続けていると感じさせるようなシ

ナリオを用意する．

- 不適切な回答の防止

本教育システムでは、学習者自身が教材を消化して知識を修得し回答することが求められる．しかしながらコンピュータ上での教育システムであるため、仮想生徒からの質問に対し、教材のコピー&ペーストだけで安易に回答してしまう恐れがある．そこで教材の丸写しの回答に対しては仮想生徒が反発をするようにする．

- 円滑なコミュニケーションのための配慮

学習者と仮想生徒との円滑な対話を実現するために、発問の設計時には以下のような点に配慮する．

1. 親しみやすくするために、仮想生徒は話し言葉で発問する．
2. 会話の臨場感を増すために、仮想生徒の発問では文字提示に加え、音声を用用する．
3. 円滑な対話のために、学習者からの回答に対し、受け答えの間投詞を適宜発する．
4. 学習者の動機づけのために、適宜、賞賛や感謝を伝える．

3.4 発問例

ここで、仮想生徒が発する質問の代表例をあげる．ここでは本システムの特徴である仮想生徒との親しみやすい対話による学習を例示するため、実際の会話体の文章のまま掲載している．以下は後述の「心理生理学」を学習内容とする教育システムにおける発問例で、ここでは学習者は先に生理指標の計測について学んでいる．その後、生理指標の応用としてメンタルワークロードの計測法を聞いている場面の会話である．

仮想生徒：「じゃあ、人が疲れているかどうかっていうのも、心臓関係のことも計るんだね．どういう項目を計るの？」

という発問がある．ここでもし学習者の回答の中に「心拍量」が入っていた場合には、

仮想生徒：「えー、でもさっき、心拍量は計るのが大変とってたじゃない．なのにするの？」

と矛盾を指摘する．

このようなさまざまな対話を繰り返し、学習者は順次学習を進めていく．

4. CAIシステムの構築

本章では上述の方針に基づき作成した CAI システムについて述べる．

4.1 システム構成

本 CAI システムの実際の作成ではインターネットの活用と汎用性を考え、WWW ベース CAI とする．

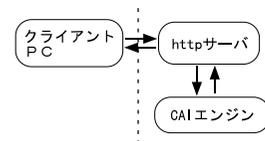


図7 システム構成

Fig. 7 System configuration.

システム構成は図7のように http サーバと CAI エンジン、クライアント PC からなる．

一方、本 CAI システムは教育機構としては3つのパートに分かれ、講義・演習部、家庭教師部、授業参観部で構成されている．

講義・演習部は通常の http サーバ内に WWW ページとして作成する．演習の結果は CAI エンジン内の学習者情報データベースに送られる．

家庭教師部は学習者が仮想生徒に対して家庭教師の役割をしながら学習する場であり、擬人化エージェントである仮想生徒が学習を管理し、進行させる．図8に CAI エンジン内の家庭教師部のソフトウェア構成を示す．家庭教師部は学習者情報データベースとエージェント部からなり、さらにエージェント部は学習診断部と対話管理部、ワード・データベースからなる．

学習者情報データベースは各学習者の演習の結果、また仮想生徒の各質問に対する学習者の回答を記録しておくデータベースである．ワード・データベースには仮想生徒が発する質問・言葉リストと、http サーバ内の各質問の画像・音声ファイルの url が収納されている．学習診断部は学習者からの入力を受け、選択回答式の演習問題の正誤の診断、および仮想生徒の質問に対する学習者の回答文から理解状況を診断する．この学習者の回答文は選択回答が用意されている場合や数値入力の場合以外は自由記述文であるため、各質問に対する模範解答に含まれているべきキーワード、もしくはあってはならないキーワードを検出し、これらで回答の適否を診断する．この診断結果は学習者情報データベースに収納される．また対話管理部は学習診断部および学習者情報データベースから情報を受け、今の学習者の回答、およびこれまでの学習状況から次に仮想生徒が発する言葉を選択する部分である．ここでは基本シナリオに沿った対話もしくは学習者の弱点部分を強化するような質問、または学習者に自らの誤りを修正させるような質問をワード・データベースから選択するようにしている．この選択はあらかじめルールベースで選択シナリオが設定されている．ここで決定された仮想生徒の質問は http サーバに送られ、クライアント PC に提示される．図9に実際に作成

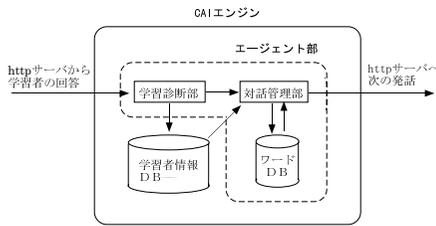


図 8 家庭教師部のシステム構成

Fig. 8 System configuration of Private Teaching Part.

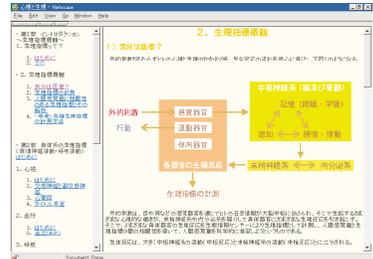


図 11 講義部の一例

Fig. 11 An example of Lecture Part.



図 9 仮想生徒の一例

Fig. 9 An example of Virtual Student.



図 10 授業参観の一例

Fig. 10 An example of Virtual Classroom.

した仮想生徒の画面例を示す。

授業参観部は学習者情報データベースから同一の質問に対する各学習者の回答を集め、仮想教室に提示する形に再整理し、httpサーバからクライアントPCに提示する。図10に実際に作成した授業参観の画面例を示す。

4.2 教育内容

本研究では構築する教育システムとして、京都大学大学院エネルギー科学研究科の講義科目「ヒューマンインタフェース論」の一部である心理生理学を対象に構築した(以下、この教育システムを「本研究型」と呼ぶ)。講義部の一例を図11に示す。ここでは基礎学習用と発展学習用の2種類のCAIシステムを作成した。基礎学習用は講義部が6ページ、仮想生徒の質問は標準コースで約20個、発展学習用は講義部が35ページ、仮想生徒の質問は標準コースで約110個である。

5. 実験評価と考察

本章では、試作したCAIシステムの有効性を評価するために行った実験とその結果について述べる。

5.1 評価実験

評価実験には本研究型の基礎学習用のCAIシステムを使用する。そしてその比較実験のために、同じ資料を基に構築した教科書型WWWベースCAI(以下、「教科書型」と呼ぶ)を作成した。これは本研究型の講義部を拡張したもので、より多くの資料と解説を載せて「本研究型」より内容が豊富なため、自習で十分な知識が得られるようになっている。これによって学習者は自身の興味に従い、自由に学習を進めることができる。この「教科書型」CAIと「本研究型」CAIの教育効果の比較実験のために、「心理生理学」の予備知識がなく、基礎学力に大差はないと考えられる理系大学生20名、文系大学生20名の男女に実験の被験者として協力してもらい、評価実験を行った。評価実験では、一定時間各CAIを使用した際の学習成果を確認する学力試験による客観評価と、両方のCAIを使用後に比較するアンケートによる主観評価を行った。実験の流れを図12に示す。まず被験者を文系理系各10名ずつ、計20名の2グループに分け、教科書型もしくは本研究型を2時間使用してもらった。その後、学習内容に関する20問の選択解答式で20点満点の学力試験を行った。1時間の休憩の後、先ほどと違う型のCAIを2時間使用してもらい、その後アンケート調査を行った。アンケートは1から5の5段階の尺度評価(数値が大きいほど良い評価)と記述による評価であり、質問項目は学習効果や動機づけ、設計上のインタフェースなどに関する14項目で、本研究型を教科書型と比較した質問である。表1にアンケートの質問項目一覧を示す。

5.2 学力試験結果と考察

学力試験の結果を図13に、その平均点と標準偏差を表2に示す。試験結果の平均点では本研究型の方が

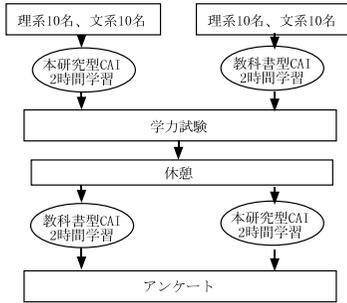


図 12 評価実験の流れ

Fig. 12 Flowchart of experimence.

表 1 アンケート質問項目

Table 1 Questions of questionnaire.

質問番号	質問内容
Q1.	教えるという学習スタイルは、教科書型と比較して、学ぼうという気持ちに役に立ちますか
Q2.	教えるという学習スタイルは、教科書型と比較して、理解を深めるのに役に立ちますか
Q3.	教えるという学習スタイルは、教科書型と比較して、内容を覚えるのに役に立ちますか
Q4.	対話の中から学習するというのは、教科書型と比較してやってみようという気になりますか
Q5.	教えるという学習スタイルは、教科書型と比較して、学習の負担は大きいですか(点数が高いほど負担小)
Q6.	授業参観で自分の回答をもう一度見直すことは学習の役に立ちますか
Q7.	授業参観で自分の回答と他の人の回答を比較できることは、学習の役に立ちますか
Q8.	会話調で話しかけてくるのは、やる気の向上に役に立ちますか
Q9.	雑談は息抜きに役立ちましたか
Q10.	仮想生徒の質問は、学習上適切でしたか
Q11.	仮想生徒との会話はスムーズでしたか
Q12.	仮想生徒の言葉は会話上適切でしたか
Q13.	教材の画面はいい印象でしたか
Q14.	仮想生徒の音声はいい印象でしたか

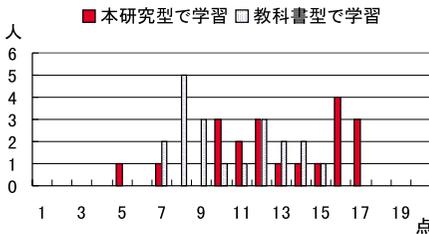


図 13 学力試験の結果

Fig. 13 Result of examination.

高得点を得ていた。またこの教科書型と本研究型の試験結果の有意差を検定するため、有意水準 $\alpha = 0.01$ として t-検定を行った。その結果、両者の結果に有意な差が認められ、本教育システムの学習効果の有意性が確認された。

また本研究型の試験結果の方が分散が大きく、特に

表 2 学力試験の平均点と標準偏差

Table 2 Avarege score and standard deviation of examination.

	本研究型	教科書型
平均点	12.85	10.35
標準偏差	3.45	2.58

表 3 主要アンケート項目の平均点と記述評価の代表的回答

Table 3 Typical answers of important questions.

質問	平均点	記述評価 (上位 2 位)	人数
Q1	4.3	・教えるために、自分で理解しようとするから ・やっけていておもしろい	14 6
Q2	4.2	・教えるために自分で理解しようと調べるうちに学べるから ・モチベーションが高まるから	10 4
Q3	4.2	・教えている間に自分の中で整理できるから ・読み直しが復習になるから	12 4
Q4	4.3	・たのしかったから ・2人でやっている感じがするから	9 4
Q5	3.2	・楽しみながらできるので負担は少ない ・わかりやすく教えるために、自分の学習量が多い	11 9
Q6	3.9	・振り返って客観的に見れるので認識のずれや間違いの確認もできるし、その分より深く理解できる ・内容をもう一度確認でき、頭に入る	14 5
Q7	4.3	・いろいろな角度から課題を見つめて学習が深まる ・自分の思考の細かい誤り、弱点がわかってよい	21 19

低得点をとった者が 2 名いるが、これについては後のアンケート記述を参照すると、PC の使用に不慣れで、そのため CAI で十分に学習できなかったことが原因であった。次に主観評価結果を基に考察を進める。

5.3 主観評価結果と考察

表 1 に示す各質問項目の評価結果は、尺度評価・記述評価ともに本研究型に対しておおむね高い評価が得られた。ここで、中でも本研究型の評価として重要と思われる質問項目に対する尺度評価の平均点と自由記述評価の回答数上位 2 位を表 3 に示す。この自由記述評価では複数回答を認めている。

ここで Q2, 3 の結果より、本 CAI の教えることで学ぶという学習システムは学習上効果的であることが示された。またこれは Q1 の結果より学習の動機づけでも有効であることが示された。この動機づけには擬人化エージェントとの対話という学習方法も有効であったことが Q4 の結果からうかがえる。また Q5 の結果では学習の負担の大小は意見の分かれるところであったが、本教育システムは学習者の思考活動を重視しているため、学習効果がある分、若干負担が大きくなっていると考えられる。しかし、Q5 の記述評価の記載から「分かりやすく教えるため」という学習への動機づけが、学習負担を緩和していることがうかが

える．さらに、授業参観での学習者自身へのフィードバックや他の学習者との交流が学習上有効であったことが Q6, 7 より示された．

これらの結果のように、本研究で作成した仮想生徒型 CAI は 2.2 節で述べた設計方針が有効に働き、学習効果および動機づけなどの面で高い効果があることが確認された．

また Q8 から Q12 の仮想生徒とのコミュニケーションに関する質問項目の評価結果はおおむね良好な評価を得たものの、エージェント部の自然言語処理の不十分さから仮想生徒とのコミュニケーションに食い違いが起こるときがあることが指摘された．また Q13, 14 の結果から、音声や画面の実装上のインタフェースについては若干の改良の余地があることも示された．

また質問以外の自由記述欄から、コンピュータに習熟していない者には、キーボードによる入力が学習にあたっての大きな障害となることも指摘された．

6. ま と め

本研究では学習者が仮想的に他者に教授を行い、対話の過程で学習を深めていくという擬人化エージェントを用いた WWW ベース CAI システムを構築した．本教育システムは以下のような特徴を持つ．

- 仮想生徒に対話的に教えることで自身の理解の深化を図る．
- 自分および他の学習者の思考を客観的に見つめ、学習に生かすことが可能．

そして構築した CAI システムを評価するために被験者実験を行い、学力試験による客観評価およびアンケートによる主観評価を行った．その結果、本 CAI システムは学習効果および動機づけなどの面で有効であり、総合的に高い教育効果があることが確認された．

今後は、言語処理機能を向上させ対話の自由度を上げていくとともに、誰にでも使える教育支援システムのために、音声対話によるキーボードレス・インタフェースの実現も目指す予定である．

参 考 文 献

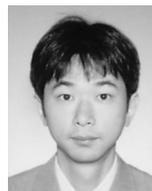
- 1) Okazaki, Y. and Kondo, H.: n ITS (Intelligent Tutoring System) on the WWW (World-Wide Web), *IEICE Trans. Information and Systems*, Vol.J80-D-II, No.5, pp.1304-1307 (1997).
- 2) Nakabayashi, K., Koike, Y., Maruyama, M., Touhei, H., Fukuhara, Y. and Nakamura, Y.: CALAT: an intelligent CAI system using the World Wide Web, *Syst. Comput. Jpn.*, Vol.28,

No.9, pp.17-25 (1997).

- 3) Imoto, Y., Nakagawa, K., Kuriyama, J., Kakiyaki, K. and Hashimoto, M.: Modeling and Implementation of German Language CAI Systems, *IEICE Knowledge-Based Software Engineering*, Vol.98, No.238, 239, pp.25-32 (1998).
- 4) 菅井勝雄: CAI への招待 [理論編] 教育学のパラダイム変換, 同文書院 (1989).
- 5) 清水康敬ほか: 教育学の現状と今後の展開, 日本教育工学会論文誌, Vol.22, No.4, p.207 (1999).

(平成 12 年 7 月 7 日受付)

(平成 12 年 10 月 6 日採録)



大林 史明 (学生会員)

1971 年生．1996 年京都大学工学部電子学科卒業．1998 年京都大学大学院エネルギー科学研究科修士課程修了．現在、同大学院博士課程在学中．ヒューマンインタフェースに興味を持つ．ヒューマンインタフェース学会、日本教育工学会学生会員．



下田 宏

1964 年生．1989 年京都大学大学院工学研究科修士課程修了．同年 (株) 島津製作所に入社、主に医用画像診断装置の研究開発に従事．1996 年京都大学大学院エネルギー科学研究科助手、1999 年同助教授、現在に至る．ヒューマンインタフェース、インタフェースデバイスに興味を持つ．ヒューマンインタフェース学会等の会員．博士 (工学)．



吉川 榮和

1942 年生．1970 年京都大学大学院工学研究科電気第二学専攻博士修了．同年同大学原子エネルギー研究所助手．1974 年動力炉・核燃料開発事業団勤務．1981 年京都大学原子エネルギー研究所助教授．1992 年同教授．1996 年同大学大学院エネルギー科学研究科教授、現在に至る．エネルギー情報学、マンマシンシステムの研究に従事．1992 年システム制御情報学会榎木記念賞論文賞、1995 年計測自動制御学会論文賞受賞．電気学会、計測自動制御学会、ヒューマンインタフェース学会等の会員．工学博士．