

コンピュータを利用した総合学習支援システムの設計・試作 および主観評価と活用法の考察

大林 史明[†], 山本 専[†], 伊藤 京子[†]
下田 宏[†] 吉川 榮和[†]

近年、学習指導要領に総合学習が加えられ、そのあり方が注目されている。しかし授業時間数の減少などの背景から有効な学習支援が期待されている。そこで本研究では総合学習の支援のために、コンピュータを用いた学習支援システムを設計した。ここでは特に近年の学力低下問題で議論にあがっている課題探求・問題解決能力の育成支援をめざし、ディベートを中心としたコース学習、グループ学習による遠隔学習支援システムを設計した。またより効果的な自主学習のために、学習支援を行う擬人化エージェントを設計した。次にエネルギー教育を題材に取り上げた学習支援システムを試作した。そして学習支援システムの評価のために被験者実験を行い、アンケートによる主観評価を行った。その結果、本学習支援システム有効性が示唆された。また学習過程の分析から、本システムを教育現場で活用する方法を考察した。

A Study of Learning Support System for Integrative Study

FUMIAKI OBAYASHI,[†] ATSUMU YAMAMOTO,[†] KYOKO ITO,[†]
HIROSHI SHIMODA[†] and HIDEKAZU YOSHIKAWA[†]

A new learning support system for integrated study was designed and developed. The aim of this learning support system is to support students within an integrative study environment in which various personal skills and general knowledge are to be developed. The main goals of this learning tool for the students are to stimulate their interest and creativity, to enhance awareness, to increase capability of researching on the subject and to improved problem-solving skills. The salient feature of this learning support system is that it is used for group learning by which each learner can develop the ability to reflect on the subject through mutual discussion. Moreover, in order to keep the attention of the students on the topic and provide them with a better assimilation of the curriculum, a personified agent is used as a cooperative associate who assists learners through natural communication, using voice conversation function in Japanese language. Then, the subject experiment was conducted. 12 university student studied with this system, and then the questionnaires of learners' subjective impression and the characteristic of learning process were examined. The conclusion of this evaluation is that this learning support system is proven to be effective and the use of it for energy education is recommended.

1. 緒言

近年、学習形態の1つとして総合学習が注目されている。これは教科の枠組みや区分にとらわれずに、テーマやトピックのもとに、体験や活動を経ながら学習者の興味・関心を軸に、問題解決をしたり、学習者の

学びを創り出そうとしたりする学習であり、学ぶことの意味とリアリティに基づく学習であるといわれる¹⁾。また教育課程審議会答申により小・中・高等学校教育の学習指導要領に「総合的な学習の時間」が加えられた。これは生涯学習審議会答申の「教科等の枠を越えて横断的・総合的課題の学習活動のため、現代的課題に対する学習機会の充実」に対処するものである。ここで、高校教員に対する近年のアンケート調査²⁾では、総合学習における問題解決能力や課題に対する積極的な関心を育成することの重要性が指摘されている一方、総合学習での指導方法や教材の開発の困難さなども指摘されている。また授業時間数の減少などにより、課

[†] 京都大学大学院エネルギー科学研究科
Graduate School of Energy Science, Kyoto University
現在、松下電工株式会社
Presently with Matsushita Electric Works, Ltd.
現在、三洋電機株式会社
Presently with SANYO Electric Co., Ltd.

内学習外での学習も重要視されてきており、これらの有効な支援策が求められている。

一方、近年様々な面での学生の学力低下が問題にあげられ、知識の鵜呑みや主体的に思考する能力の欠如などが懸念されている。これには大学入学以前の初等・中等教育のあり方が影響しているが、大学・高等教育においても、単に知識を獲得するだけではなく、「自ら学び、自ら考える力」の育成を基礎に「主体的に変化に対応し、自ら将来の課題を探求し、その課題に対して幅広い視野から柔軟かつ総合的な判断を下すことのできる力」(課題探求能力)の育成が求められてきており³⁾、総合学習における学習課題の1つとしても重視されている。

そこで本研究ではこれらの教育を取り巻く環境を背景に、コンピュータによる総合学習の支援システムの開発に取り組む。また試作システムを用いて被験者実験を行い、その評価とともにシステムの教育現場に適用する際の課題などを考察する。

2. 学習支援システムの設計

2.1 設計目標の検討

ここでは、総合学習に必要とされる教育支援目標を検討し、次いで支援システムの機能を検討する。

近年の高校教員に対するアンケート調査²⁾では、図1に示すように総合学習における問題解決能力や課題に対する積極的な関心を育成することの重要性が指摘されている。また表1に大学生の学力低下の問題について、大学入試センターが行った調査結果の一例をあげる⁴⁾。

この結果を参考にし、本研究では教育目標として、

- 自主的な課題の発見と取組みの姿勢の養成、
 - 論理的な思考と表現能力の養成、
 - 文献資料調査能力の養成、
 - 立場を異にする意見を理解する幅広い視野の養成、
- というトレーニングを学習の過程の中で行うようにする。

また課題に対する学習調査・情報収集にあたっては、情報機器を操作し膨大な情報源から必要な情報を抽出・判断・整理する情報リテラシの向上ということが近年求められている⁵⁾ことをふまえ、このような情報リテラシ向上の一部として情報機器操作および情報収集のトレーニングを行うようにする。また収集した情報の吟味、解釈のトレーニングもあわせて行うようにする。

一方、総合学習においては参加・体験型学習の必要性が教育現場からも指摘されているため²⁾、本研究の学習支援システムでも参加・体験型学習フレームワー

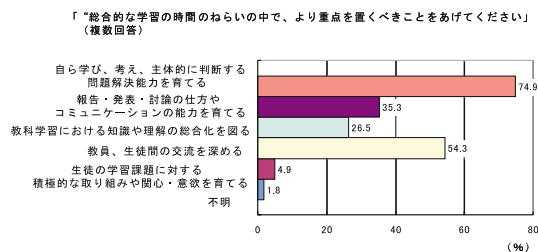


図1 総合学習で重点をおくべき項目

Fig. 1 Major emphasis of integrated study.

表1 学力低下の具体的内容について(複数回答)

Table 1 Findings about concrete matter of the decline in the scholastic performance.

質問	回答
自主的、主体的に課題に取り組む意欲が低い	84.8%
論理的に思考し、それを表現する力が弱い	77.3%
文献検索その他、大学での学び方を知らない	34.4%
他人の考えを理解する能力が低い	23.8%
数量的データを分析する基礎的能力が低い	17.4%

資料:「学生の学力低下に関する調査結果」
平成11年 大学入試センター

クを設計する。

次に、学習支援システムが満たすべき支援機能について検討する。

まず、上述の教育目標に対し、課外学習での使用においても効果的な学習を促進するために、学習のアドバイザーや支援を行うファシリテータ(facilitator)としての協調学習者を擬人化エージェントの形で組み込み、学習者が擬人化エージェントとの対話で学習を進めることができるようにする。総合学習における自主学习では学習が不十分に終わってしまったり、発散してしまったりする恐れがあり、ファシリテータ・エージェントの支援により、効果的な学習が可能になると考えられる。また協調学習者の存在により、学習者が学習に集中し学習への興味を増すため学習効果が高まることも指摘されており⁶⁾、協調学習者としての擬人化エージェントの導入により学習への動機付け効果もあることが期待される。

この擬人化エージェントとの対話にあたっては、自然でかつ使いやすいインタフェースを実現するため、自然言語を用いた音声入出力による対話を行えるようにする。

また、学習の機会と自由度を高めるため、遠隔学習にも対応できるシステムを構築する。

本研究では以上のような設計目標をみたく学習支援システムを設計する。

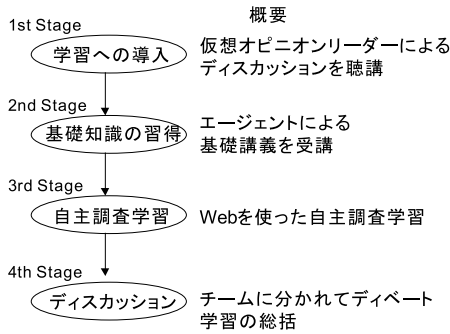


図2 学習の流れ

Fig. 2 Flowchart of learning.

2.2 学習支援システムのフレームワーク

本節では、前項で検討した仕様に基き設計した学習支援システムのフレームワークとその学習上の意義について述べる。

本学習支援システムでは図2のようなコース学習を行う。ここではコース学習の中心にディベート学習を導入することにした。これによりスムーズな課題への導入と積極的な調査学習、また課題を多角的に検討する能力の育成が可能になると考えられる。またこの学習はグループ学習であり、学習者間の相互作用により思考の拡大・深化が図られ、また学習態度を能動的にする効果も期待される¹⁾。

ここで学習の流れを説明する。まず初めに、学習課題に対して2つの論派を立てておき、学習者にはどちらかの立場を選択してもらい、学習を開始する。

(1) 第1ステージ

第1ステージは学習の導入としての役割を目的とする。図3にその概念図を示す。ここではディベートの2つの対立する論陣の代表となる、2人の仮想オピニオンリーダーが教材上で議論を展開する。学習者はその議論を聴講しディベートでの主要な論点を抽出し、各自の問題意識に従って調査・学習課題を設定する。これを通し、学習者は新たな学習テーマの内包する観点がかかるとともに、自主学習への導入の効果が期待される。

(2) 第2ステージ

このステージでは、予備知識・概念のない学習課題に対する基礎知識を得ることを目的としている。図4に概念図を示す。

ここでは学習者は擬人化エージェントによる基礎講義を受講する。この講義ではエージェントは講義資料の提示と音声による解説を行い、講義はエージェントにより受講者と対話的に進められる。また学習者はエージェントに対し、いつでも講義の進行調節を要求

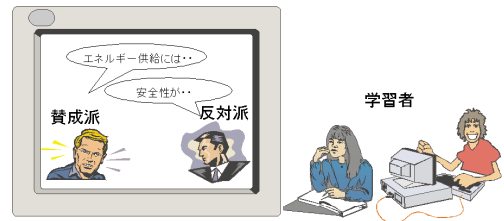


Fig. 3 Concept image of 1st stage.

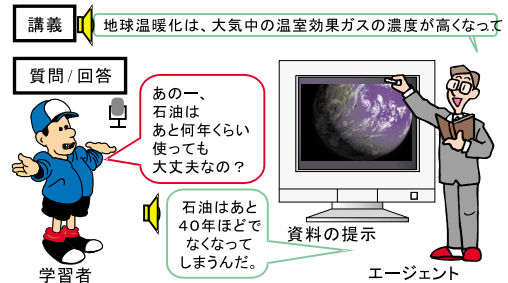


Fig. 4 Concept image of 2nd stage.

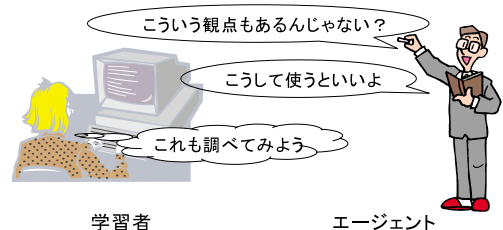


Fig. 5 Concept image of 3rd stage.

したり、疑問点を質問したりすることもできる。

(3) 第3ステージ

第3ステージでは、学習課題テーマについて自主調査をしてもらう。図5に概念図を示す。ここでは第1、2ステージを通してテーマについて自分で設定した課題や問題点などについて調べ、次の第4ステージで行うディベートの準備をする。

この調査学習にあたっては、情報リテラシー向上の1つとして、情報機器操作能力および情報収集能力の向上を図るため、Webを使って調査してもらう。さらにディベート準備にむけて情報の吟味、解釈を行うため、そのトレーニング効果も期待される。

このステージでは擬人化エージェントは、まず初めにWebで資料調査をする際の基礎的技術を教授する。さらに、自主学習が発散したり、十分な学習ができないことを防ぐため、課題テーマの学習に必要な視点を適宜示唆し、効果的な学習を支援する。

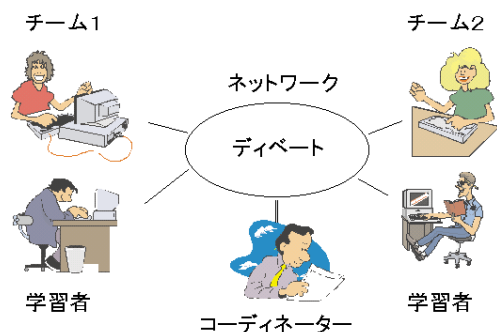


図6 第4ステージの概念図

Fig. 6 Concept image of 4th stage.

表2 学習フレームワークと期待される学習支援効果

Table 2 Framework of study and its effect.

学習フレームワーク	期待される効果
第1ステージ	学習課題の自主設定、学習テーマの観点把握
第2ステージ	基礎知識の習得
第3ステージ	自主調査の取り組み、資料調査のトレーニング
第4ステージ	論理的な思考のトレーニング、情報リテラシーのトレーニング 知識の実践応用、論理的な思考と表現のトレーニング 幅広い視野の養成

(4) 第4ステージ

第4ステージでは調査学習で得た知識の実践的応用として、学習者は第3ステージでの学習成果を生かし、2派に分かれてディベートを行う。図6に概念図を示す。このディベートは遠隔学習にも対応するため、ネットワーク上の会議室を用いて行う。ここには人間のコーディネータも参加し、議論の司会進行を行う。またこのディベートにはあらかじめ規定が用意され、“具体的な根拠がある方が有利である”、“論理的な理由付けではより緻密なものが有利である”などの採点基準に則り、勝敗がつけられる。そして最後にコーディネータが意見や議論の総括を行い、ディスカッションを締めくくる。

これにより論理的に思考し表現する能力、他者の考えを理解する能力などの育成が期待される。

ここで学習フレームワークと期待される学習支援効果との対応を表2に示す。以上、(1)から(4)までの一連の学習プロセスにより、課題に対する幅広い視点と深い知識の習得のみならず、課題探求学習の素養が養われることが期待される。

2.3 学習支援エージェントの設計

自主学習を行う第2, 3ステージでは学習支援エージェントによる学習支援が行われる。ここでは効果的に学習を支援できるように、かつ円滑に対話が行われるように設定したエージェントとの対話の方法を説明する。

まず、エージェントから学習者への発話は、(i) 講義

の解説、(ii) 講義中の学習者への問いかけ、(iii) 講義進行の調節、(iv) インターネットによる情報調査方法の解説、(v) 調査学習に必要な視点の示唆、(vi) 学習者からの発話への応答、(vii) 学習者の発話の問い直し、(viii) 学習者からの質問への回答などである。

ここで、(ii)の学習者への問いかけとは、講義中に学習者の理解度を確認するために問いかける質問であり、その解答の正誤によってエージェントは講義内容を変化させる。そして(iii)の講義進行の調節とは、講義の区切りごとに「先に進んでいいですか」という問いかけを行い、学習者からの返答によって講義を進めたり、もう一度説明したりするものである。また(v)の学習上の示唆は、現在のところ一定の調査時間ごとに観点の示唆を行うものとしている。また(vi)学習者からの発話への応答とは、エージェントの発話中に学習者から「すみません」などのように割り込んで話しかけられたときに「なんですか」と応答するものである。そして(vii)の学習者の発話の問い直しとは、学習者の発話が認識できなかった場合、「もう一度言って下さい」と再発話を要求するものである。実際の間人同士の対話においても、相手の発話が聞き取れず、何を言っているのか分からない場合がある。大抵の場合、そのようなときには「もう一度言って下さい」と聞き返すことが通常である。音声対話システムにおいても音声認識における誤認識などで相手の発話を正しく理解できなかった場合、もう一度発話を促すことで正しい認識結果を得られるならば、発話理解の精度向上が期待できる。このような聞き返し機能を持つことによって、音声の誤認識などがあっても対話上の工夫で補うことができる。

一方、エージェントが受け付ける学習者からの発話は学習上必要なもののみとし、(i) 講義進行調節の要求、(ii) エージェントからの問いかけへの返答、(iii) 疑問点の質問などを受け付けるようにした。

(i)の講義進行の調節とは、たとえば講義の説明を聞き逃したりした際には「もう一度言って下さい」と要求することができるものである。

また、(iii)の疑問点の質問は、講義中でも「ちょっとすみません」と話しかけることで割り込み質問ができる。こうした質問に対する回答は、基礎知識についてのみエージェントは対応する。それ以上の発展的内容に関しては、自主的に調べてもらうように促すものとする。なお、ここで対応する質問の種類は学習上重要と考えられる、意味、原因・理由、結果、対応・対策を問う4種類の質問タイプに現在対応している。

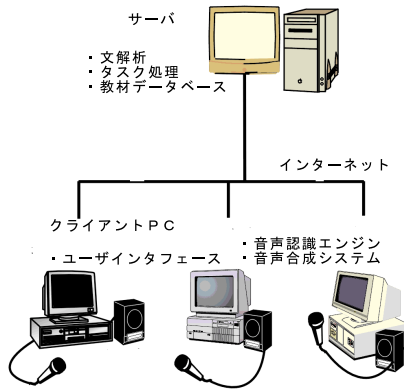


図7 システム構成

Fig. 7 Hardware configuration.

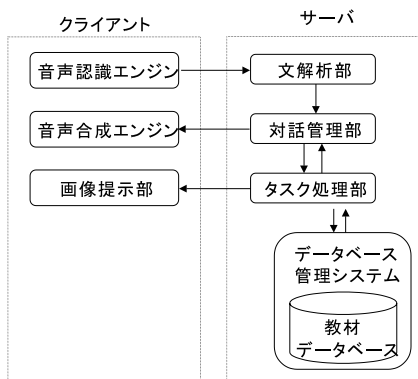


図8 ソフトウェア構成

Fig. 8 Software configuration.

3. 学習支援システムの試作

3.1 システム構成

試作した学習支援システムのシステム構成を図7に示す。これはサーバクライアント方式で、マルチクライアントに対応している。

またソフトウェア構成を図8に示す。

ここで、クライアントPCでは学習するインタフェース画面が提示され、また音声認識部と音声合成部を持つ。サーバでは教材とエージェントの制御部など学習支援システムの中心部分を持つ。文解析部で発話文の解析を行う。対話管理部では、システムが現在講義中、学習者の発話中、学習者に返答中などの状態を管理し、対話が円滑に行われるように管理する。またタスク管理部は、あらかじめ定められたルールに基づき、講義制御、質問回答などの処理を学習者の発話意図に応じて行う。またエージェントが発話する文やインタフェース画面に表示する講義資料などをデータベースから選び出し、提示する。また本システムの構築にあ

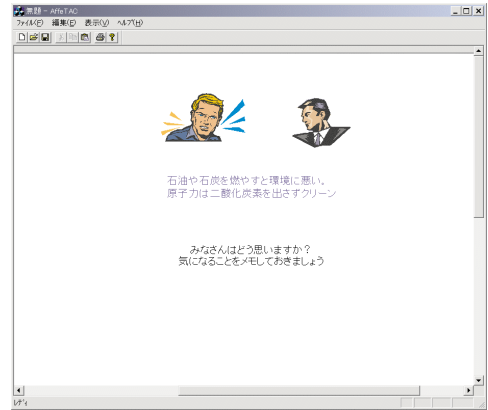


図9 第1ステージの画面例

Fig. 9 A snapshot of 1st stage.

たって、一部既存のソフトウェアを利用した。ここでは音声認識に IBM Via Voice、音声合成に東芝音声合成システム、形態素解析エンジンに JUMAN、データベースシステムに PostgreSQL を利用した。

またエージェントと学習者の対話は音声認識、発話文解析、タスク処理、音声合成の一連の処理を経て実現される。発話文解析では、音声認識処理の後に得られた文字列から、初めに発話タイプ別に分類される。ここでシステムが受け付ける学習者からの発話は2.3節でのべたように、要求文、返答文、質問文の3つの発話タイプに大別される。この処理は学習者の発話の中にそれぞれの発話タイプを特定できる特有の語を含んでいるかどうかをパターンマッチング処理を行うことで実現する。次に、発話文の形態素解析を行い文章を品詞単位に分解し、主語や述語などのキーワードを抽出し、各発話タイプ別に発話意図解析処理が行われる。この発話文解析では単文にのみ対応している。そして最後にタスク管理部で学習者の発話意図に応じて、あらかじめ決められたルールに基づきエージェントの応答処理を行う。

3.2 教育内容

このプロトタイプシステムでは、使用対象を大学生とし、取り上げた学習内容は、総合学習で取り扱う課題の1つとして着目されているエネルギー問題とし、ディベートのテーマを「原子力発電の今後」とした。

第1ステージの様子を図9に示す。ここではディベートの2つの論陣の仮想代表が議論をしている様子を学習者に聴講してもらう。この仮想議論は約4分間となっており、原子力発電に対する賛成、反対各派の代表的意見⁷⁾を提示している。

次の第2ステージの様子を図10に示す。この基礎講義は10単元で約12分間であり、エネルギー問題や

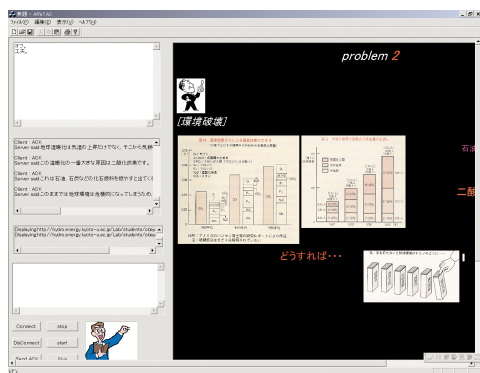


図 10 第 2 ステージの画面例
Fig. 10 A snapshot of 2nd stage.

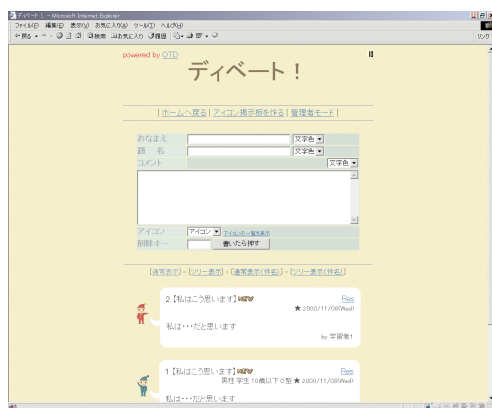


図 12 第 4 ステージの画面例
Fig. 12 A snapshot of 4th stage.

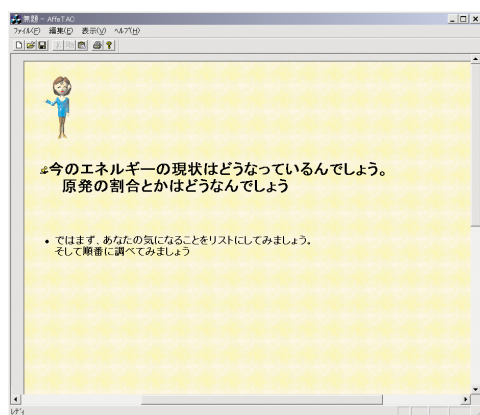


図 11 第 3 ステージの画面例
Fig. 11 A snapshot of 3rd stage.

表 3 事前アンケート質問項目

Table 3 Questions before study.

質問番号	質問項目
Qi	気になることがあると調べてみようと思う
Qii	人と議論するのは必要だと思いますか
Qiii	人と議論したりレポートを書いたりするのは苦にならない
Qiv	パソコンを使ったことがありますか (何年前から, 週何時間使用)
Qv	インターネットを使ったことがありますか (何年前から, 週何時間使用)
Qvi	インターネットで調べものをしたことがありますか
Qvii	原子力発電についてどう思いますか

原子力発電問題の概論を講義する^{8),9)}。またエージェントによる質疑応答は「化石資源がなくなるとどうなりますか」などのように、800種類以上の質問に対応している。

図 11 に第 3 ステージで自主調査中にエージェントがアドバイスをしている画面を示す。ここではエージェントは賛成・反対の各立場を離れ、より高度な視点を示唆し、学習の幅を広げる支援を行う。

また第 4 ステージのディベートの場の様子を図 12 に示す。ここでは掲示板形式の会議室でディベートを行うようにした。

4. 実験評価と考察

4.1 実験方法

ここでは学習支援システムを用いて学習実験を行い、被験者の主観評価、学習課程の特徴分析を通じて、学習支援システムの評価と教育現場に活用する際の課題などを考察する。

そこで基礎学力に大差はないと考えられる理系大学

生 6 名、文系大学生 6 名の男女に実験の被験者として協力してもらい学習実験を行った。実験は 2 名一組で行い、理系・理系の組、理系・文系の組、文系・文系の組を各 2 組とした。ここで実験の流れを説明する。実験の説明では、学習支援システムの評価という意図を隠すために「エネルギー問題に関心を持ってもらうためのもの」と説明し、次に学習者の学習姿勢などの状態を把握するために事前アンケートを行った。表 3 に事前アンケートの質問項目一覧を示す。

その後、被験者にはディベートの賛成側か反対側のいずれかに分かれてもらい、学習支援システムを使用して学習してもらった。ここでは実験のために第 3 ステージでの調査時間を 1 時間、第 4 ステージのディベートでは発言は交互に行うこととし、各人 3 回発言と限定した。また学習中に調査しようと思った項目、また調査した内容はメモに記録しておいてもらった。各ステージの間には 5 分程度の休憩を挟んでいる。

最後に学習終了後、事後アンケートに記入してもらった。このアンケートの質問は 20 項目からなり、1 から 7 の 7 段階の尺度評価(数値が大きいかほど良い評価)と自由記述を併用した。

表4 事後アンケートの質問項目と7段階尺度評価の平均値と標準偏差

Table 4 Questions and results.

質問番号	質問項目	平均値	標準偏差
Q1	この学習コースはたのしかったですか	5.5	1
Q2	この学習コースはしんどかったですか	4.1	1.7
Q3	このような学習コースは、自分で課題を見つけて取り組むというトレーニングになると感じますか	5.2	1.5
Q4	このような学習コースは、物事を論理的に考えることのトレーニングになると感じますか	5.8	1.2
Q5	このような学習コースは、自分の考えを表現し、伝えることのトレーニングになると感じますか	6.1	0.6
Q6*	人と議論したり、レポートを書いたりするのは苦にならない	0.7	0.8
Q7	このような学習コースは、文献など調べものをするトレーニングになると感じますか	5.3	1.2
Q8*	気になることがあったら調べてみようと思えますか	0.3	0.8
Q9	このような学習コースは、違う立場の考え方を理解するというトレーニングになると感じますか	5.5	1.1
Q10*	人と議論をすることは必要だと思いますか	0.3	0.4
Q11	このような学習コースは、幅広い視野から物事を考えるトレーニングになると感じますか	5.6	0.9
Q12	インターネットで調べものをするには慣れましたか	4.8	1.8
Q13	調べたいことは十分に調査できましたか	3.7	1.7
Q14	これからもインターネットで調べものをしていきたいと思いますか	6	1.2
Q15	インストラクターからの講義は学習の役に立ちましたか	5.3	1.2
Q16	インストラクターへ質問できる機能は活用しましたか	1.4	0.9
Q17	インストラクターが調査視点などをアドバイスしたことは学習の役に立ちましたか	4.5	1.7
Q18	インストラクターの存在はやる気向上に役立ちましたか	4.8	1.5
Q19	今後インストラクターにはどんなサポートを期待しますか	-	-
Q20	原子力発電について、今どう思いますか	-	-

*印：実験前後に同一質問を行い、その差を取ったもの
(実験後-実験前)

4.2 実験結果と考察

表4に事後アンケートの質問項目一覧と尺度評価の平均点、標準偏差を示す。表中で質問番号に*印が記されているものは、事前アンケートで同一の質問をしており、その評価値の変化を見ることで、意欲や姿勢の変化の評価を試みる項目である。なお、Q19、Q20は自由記述のみのため、平均点、標準偏差はない。

また表5に本システムの学習支援効果に関する質問に対する自由記述回答のうち、同一主旨で複数回答があったものの上位2位とその回答数を示す。

4.2.1 学習支援効果に関する主観評価

総合学習や能力育成の支援においては、学習者の数時間の使用だけで効果を確認することは難しいと考えられる。そこでここではまず、学習支援システムにトレーニングの効果があると思われるかどうかや今後取

表5 自由記述回答における複数回答上位2位

Table 5 Typical answers of questionnaire.

質問番号	記述回答	人数
Q3	・新たな課題も次々見つけられ、興味も湧くし勉強にもなる	3
Q4	・課題は与えられていた気もする	4
Q4	・論理性がないと相手を論破できない	5
Q5	・相手に自分の思っていることを論理立てて、いかに簡潔にわかりやすく伝えるかを考えるから	5
Q5	・ディベートは有効な手段だと思う	2
Q7	・論理的に意見を述べるためにより有効な根拠・情報を集めることが必要だから	3
Q9	・ディベート方式は相互理解の力がつくと思う	4
Q11	・多角的論点を持たないと論破されてしまう	4

り組もうという姿勢ができたかどうかという視点からアンケート調査により主観評価を行う。

(1) 学習者の感想による学習支援システムへの評価

学習コースがたのしかったかとの質問には、Q1の尺度評価は良好な結果であり、また自由記述でもおおむね、学習そのものが楽しいという感想を多く得られ、良好な結果であった。

一方、学習負担の面では、Q2の結果は良好とはいえないが、学習効果は得られているので、仕方ない面もあると考えられる。また本システムは本来、課外学習などにおいて学習者が自分のペースで学習することを想定したシステムであるが、実験として約4時間の連続学習であったことも疲労の一因と考えられる。

(2) 自主的な課題発見と取組みへのトレーニング

Q3では、尺度評価では5~7の評価をつけた者が9名、4が1名、2、3の評価の者が2名であった。記述評価では「興味も湧く」、「問題提起や誘導が良かった」などの記述をはじめ、肯定的な意見が多かった。ここでは第1、2ステージの支援がスムーズな課題設定に役だったことがうかがえた。また「課題は与えられていた」とする記述の一方「自由にできるのが良い」との記述もあり、課題のとらえ方により評価が分かれる部分もあった。

一方、学習者のメモ記録によると、第1、2ステージを通して被験者が設定した調査項目数は平均9.4項目標準偏差3.2であった。このことは、学習者には初めての学習内容での約16分の第1、2ステージからの抽出項目であり、かつ第4ステージのディベートも密度の濃い内容だったということとを考慮すると、ある程度課題設定できたのではないかと考えられる。

このようにディベートテーマが設定されている制約はあるが、学習課題設定のトレーニング効果が期待さ

れる。

(3) 論理的な思考と表現のトレーニング

Q5では表5の回答以外に、ディベートが掲示板での文字による討論であったことが良かったとの記述もあった。またQ6では平均点が、実験前では3.6と若干否定寄りであったのが、実験後に4.3と肯定寄りに変化しており意欲の向上がうかがえる。

これにQ4, Q5の尺度評価、記述評価の結果もあわせると、論理的思考や表現のトレーニングに効果が期待できると考えられる。またこれはディベート形式を取り入れたことによる寄与が大きいと推察される。

(4) 文献資料調査のトレーニング

Q8では事前アンケートでは評価3, 4をつけていた者が4, 5に上がっており、意欲の向上の効果があったと考えられる。ただし被験者1のように評価が5から4に下がった者もあり、「あまりにも資料が見つからなかったらあきらめるかも」というコメントが記され、Q13でもインターネットでの調査が困難だったと報告していることから、今回の学習でインターネット調査がスムーズにいかなかったために評価が下がったと考えられる。またQ7では表5の回答以外に、インターネットでの調査は利用しやすいという利点と情報の膨大さと内容の信頼性の問題などの限界もあることが回答で寄せられた。

これらQ7, Q8の尺度評価、記述評価から、ディベートのために情報収集するという動機付けとエージェントによる調査支援もあわせ、トレーニングの効果が期待できると考えられる。

一方、インターネットで情報収集することに関しては、事前アンケートで、被験者のインターネット使用状況は平均1.7年前、4.1時間/週であり、Qviの質問には平均5.1、標準偏差1.3であり、ある程度の使用経験はあるものと考えられる。ここでQ12とQ13から、インターネットでの調査にはある程度慣れてもらったが、実験では満足な調査はできなかったことがうかがえる。これは被験者が設定した調査項目は平均9.4項目あったのに対し、実験では調査時間を1時間と限定したためと考えられる。しかしQ14から、今後も使用しようという意欲を持ってもらったことがうかがえ、トレーニングの効果は期待できると考えられる。

(5) 多角的な考察のトレーニング

Q9の尺度評価も良好で、記述評価では「論理的に討論するから」「自分の意見と違う立場など、いろいろな立場に立てるのが良い」などの回答が多く、ディベート方式を取り入れたことが効果があったと考えられる。またQ10は学習効果を計ることに直結しない

が、取り組みへの姿勢が実験前より上がっていることから、トレーニング効果があったとも推察される。

またQ11の尺度評価の結果も良好で、記述回答も表5以外に「対立する人の意見を聞けることが良い」「自分の主観だけでは議論できない」「いったん自分の考えを置いて全体像をつかむことを意識できた」などの記述があり、トレーニング効果が期待できるとうかがえる。

また実際、今回の学習テーマであった原子力問題に関する実験前後の意見の変遷をみると、一例では実験前に原子力反対の意見であり、ディベートで賛成側に立った被験者gは、実験後に「勉強になった」「賛成の言うことにも一理ある」とのコメントを記しており、異なる立場からの議論を展開したことが、視野を広げる結果になったのではないかと推察された。

4.2.2 擬人化エージェントに対する主観評価

Q15とQ17の記述回答では「問題提起や立場の説明、基礎知識の説明が役だった」「うまく誘導してくれた」などの回答が多く、尺度評価の結果とあわせて、第1~3ステージでのサポートの効果がうかがえる。またQ18からインストラクタの存在自体が動機付けにも効果があることが示された。

しかしQ16の評価は芳しくなく、記述回答を参照すると、質問自体がなかったことのほか、どの程度まで質問に答えてくれるのか、どのように質問しているのかなど未知であったため使用をためらったことなどで機能を活用しないまま終わった者が多かった。また恥ずかしいなどの意見も若干あり、今後、質問しやすいように工夫をすることが必要と考えられる。またQ19への回答では、第3ステージの視点示唆では唐突に話しかけたことがとまどいを生じたことや、息抜きの雑談などもほしいとのことから、会話のあり方をさらに工夫する必要があると考えられる。

なお、本システムは実験中安定して稼働していたが、音声認識に関しては必ずしも十分な認識率を実現しておらず、今後、キーボードによる直接入力方式と併用できるようにすることが望ましいと考えられた。

4.2.3 学習過程分析による考察

次に、第4ステージでの討論での特徴を中心に、学習者の学習過程分析による考察を行う。実験では第3ステージでの調査学習は1時間、第4ステージでの討論は3ターンの発言と制限した。また第4ステージで要した時間は平均約90分、記述量は平均1560文字/人であった。

ディベートではエネルギーや原子力に関する事実誤認や解釈の誤りが目立った。第3ステージで様々な調

査を行ったにもかかわらず事実誤認が多かったことは、エネルギーに関する知識がまだまだ不十分であったり、数量的資料の理解が十分でなかったために資料を正しく解釈できなかつたと推察される。なお、本学習支援システムの第2ステージでは基礎知識の取得を目的とした基礎講義であったため、事実誤認が生じた事柄に関する解説は行っていなかった。また学習者が調査したホームページも必ずしも正確な情報が記されたものばかりではなかった。

そこで今後、本システムを活用するにあたっては第2ステージの基礎講義の充実が必要であると考えられる。また運用方法改善の面からは、基礎学習にける時間を大幅に増やすことや情報に対する吟味を必須化することが考えられる。これには、調査時には1つの事項に対して複数の情報源からの調査を必須とし、ディベート時にも示すことを課すなどのルール変更が考えられる。

またこの実験結果は、情報の鵜呑みや正しく解釈できないことによる誤解が多いという現在のメディアリテラシの問題を反映したものととも考えられる。しかし本システムによる学習を通じ、その誤認識を摘出することができたことから、教育現場で活用する際には、学習後のフォローアップを行うなどにより、情報リテラシの向上を図ることができると考えられる。

また一方で、ディベートの論旨展開については、相互の発言が3ターンという制約のために十分な議論は尽くせなかつたと思われるが、総じてテーマの多面的・複雑な問題に触れた議論ができずに、表層的議論にとどまっていた。また定量的なデータも提出されたが、数量的感覚の不足から資料の解釈が不十分なまま意見が主張されることもあった。

このため今後本システムの活用にあたっては、ディベートへの準備段階から、幅広い視点で考察を行うようにさせることが必要であると考えられる。そのための対応として、システムの改良面からは、エージェントの調査視点示唆においては具体的に様々な調査観点を指示すること、またディベートの立場別に指示内容を変えることが考えられる。また運用方法改善の面からは、幅広い調査への意識付けのためにディベートの採点ルールを変更し、相手側の主張への有効な反論には加点することなどのほか、学習終了後、逆の立場で再学習をさせることも有効であると考えられる。

また数量的感覚の不足から資料を十分に解釈できなかったことなどから、学習過程のレビューを行うなど、学習後のフォローをする機会を設けることが重要であると考えられる。

4.2.4 教育現場への適用方法の考察

これらの実験結果を通じて、本学習支援システムを教育現場で活用する際には以下のような事項が必要であると考えられる。まずシステムの改良面では、基礎講義の充実、エージェントの質疑応答項目の充実、エージェントの示唆内容充実化と立場別に示唆内容を変化させることが必要であると考えられる。そして本学習支援システムの運用するにあたっては、学習後のフォローにより、誤解釈などの訂正、不足観点の補足や議論不足の際の充実化が図られ、よりいっそう学習の効果が高まると期待される。また、本実験は約3時間ほどの学習であったが、調査や議論が十分にできなかったという問題があった。さらに上記のような学習後のフォローが今後必要であることや、授業時間数の減少で総合学習に十分な時間を充当できないことをふまえ、本支援システムを課外自主学習に使用し、そのフォローを課内時間で行うなどの運用方法も有効であると考えられる。

5. ま と め

本研究では、コンピュータを用いた総合学習の支援システムの設計と試作を行った。ここでは課題探求・問題解決能力の育成支援をめざしグループ学習型コースウェアと学習支援を行う擬人化エージェントを設計した。

そしてエネルギー問題を取り上げた学習支援システムを試作した。そして被験者による学習実験を行い、学習支援システムの有効性についてアンケートによる主観評価を行い、さらに教育現場への適用方法の考察を行った。

今後はエージェントの対話能力の向上などシステムの改良を図るとともに、教育現場でのフィールドワークなどにより総合学習支援システムのあり方をいっそう検討していきたい。

参 考 文 献

- 1) 日本教育工学会編：教育工学事典，実教出版，p.347, p.204 (2000).
- 2) (財)日本原子力文化振興財団：「エネルギーと環境」教育に関する高校教員アンケート調査報告書 (2000).
- 3) 文部省：中央教育審議会答申 (1999).
- 4) 大学入試センター：学生の学力低下に関する調査結果 (1999).
- 5) 文部省：大学審議会 (2000).
- 6) Miyake, N.: Constructive interaction and the interactive process of understanding; Cognitive

Science, Vol.10, pp.151-177 (1986).

- 7) 傍島 眞：原子力は何が問題か，ERC 出版，pp.10-199 (1999).
- 8) 向坊 隆：考えてみませんかエネルギーと原子力，テレメディア，pp.8-95 (1989).
- 9) 通商産業省編：地球時代のエネルギー新潮流，電力新報社，pp.8-194 (1991).

(平成 13 年 5 月 23 日受付)

(平成 14 年 6 月 4 日採録)



大林 史明(正会員)

1971 年生．1996 年京都大学工学部電子学科卒業．1998 年同大学大学院エネルギー科学研究科修士課程修了．2001 年同大学院博士課程修了．

現在，松下電工勤務．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，日本原子力学会会員．博士(エネルギー科学)．



山本 専

1974 年生．1998 年京都大学工学部電気第二学科卒業．2000 年同大学エネルギー科学研究科修士課程修了．

現在，三洋電機株式会社ハイパーメディア研究所勤務．音声情報処理技術の研究開発に従事．



伊藤 京子

1969 年生．1993 年京都大学薬学部卒業．1995 年同大学大学院薬学研究科修士課程修了．1999 年京都大学工学部電気電子工学科卒業．2001 年

同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．



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．