

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：32607

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24700910

研究課題名(和文) eラーニングにおける汎用TAエージェント

研究課題名(英文) Intelligent Teaching Assistant Agent Independent of Learning Environment for e-Learning

研究代表者

高橋 勇 (Takahashi, Isamu)

北里大学・一般教育部・准教授

研究者番号：40345674

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、コンピュータを利用した学習において学習者が次にすべき作業や注目すべき場所などを示すことが可能なデスクトップマスコット型の支援システムを提案した。本手法の特徴は、教員が作成して学習者に与える画像付きの作業手順書と基本操作の知識ベースを利用し、学習者に質問をしたりPC画面のキャプチャ結果を参照することで、授業で利用するアプリケーションやLMSの種類によらずに支援できる点にある。本研究の成果として、システムの全体の枠組みを明確にし、知識表現や対話戦略をはじめとした具体的な実装方法をまとめた。

研究成果の概要(英文)：In the research, I developed an intelligent single agent system which is able to give advice about what the learner should do next and able to point to the place where the learner should look, in computer-based education. This agent is displayed as an active image popularly known as a "desktop mascot".

Many learners must use not only one application but some systems such as OS and LMS. My agent system can give advice to such learners by asking some questions, using the work sheet with some images which teachers drew up to guide learners and the knowledge base about basic operations of PC, and matching them with screen shots of learner's PC.

I proposed the overview of the whole systems, the knowledge representations of the educational flows, the methods to reason the learner's next actions by questions and image matching, and the method to give the learner appropriate guides.

研究分野：知的教育支援システム

キーワード：e-Learning 知的教育支援システム インタフェース エージェント

## 1. 研究開始当初の背景

(1) コンピュータを活用する授業においては、単一のアプリケーションだけでなく、例えば課題提出物のファイルへの保存に OS の機能を使ったり、提出に LMS の機能を使ったりするなど、複数のシステムを連携させながら学習することがほとんどである。しかし、ヘルプ機能などはシステムごとに別々に用意されており、学習の流れの中で行きづまった学習者を支援するシステムは十分には検討されていないように思われる。既存の学習支援に関する様々な研究でも、基本的には特定のアプリケーションを利用することを前提としてシステム開発が行われていた。

(2) この現状において学習者を指導するために、教員の中には学習者が行うべき作業の流れを記した画像入りの手順書を作成して提供する者も多くいるが、それでもいきづまる学習者は存在する。このような学習者のトラブルの解決を助けるのがティーチングアシスタント(TA)の役割であるが、人材面でも費用面でも、全てのコンピュータを活用した授業に TA を配置することは非常に困難な状況にある。

(3) 以上のことから、使用しているアプリケーションや LMS の種類などによらずに、学習の流れの中でいきづまった学習者に対してアドバイスができるような、TA の役割をになうソフトウェアが必要であると思われる。一般にはこれは非常に困難であるが、前述の(2)で示した教員が作成した手順書を活用し、それに基づいて学習者と対話をしたり、付与された画像と学習者のパソコン画面をキャプチャした結果を突き合わせたりすることにより、学習者の状況を把握して次にすべき作業を指示したり、注目すべき箇所を指し示したりする支援を行うことができるのではないかと考えた。しかし、それを実現するためのシステム全体の枠組みや、実際の TA が行っている具体的な支援方法の詳細、対話戦略や知識表現やアドバイス生成アルゴリズムなどの実装方法、現在のパソコンの性能でそれが可能かどうか、などについては明らかではなかった。

## 2. 研究の目的

以上の背景から、下記を研究の目的とした。

(1) 前述の(3)のアイデアにもとづいた支援システム全体の枠組みを整理し、TA の支援活動などを参考にしながら、そのシステムがいきづまった学習者を支援する具体的な方法やその実現に必要な機能を明確にする。

(2) 前述の(1)で明確にしたシステムの具体的な実装方法を検討し、特に重要となる作業手順書やパソコンの基本操作に関する基礎知識の記述方法、対話の戦略、アドバイス内容の特定方法や支援方法については具体的なアルゴリズムも含めて検討して提案する。

(3) 実際にシステムを試作し、本研究で提案する方法によって何をどこまで実現することが可能であるかを検証し、さらに今後検討すべき課題が何であるかを明確にする。

## 3. 研究の方法

前述の目的を達成するために、下記の方法で研究を行った。

(1) 本研究で提案する基本アイデアにもとづいた支援方法の方針を明確にし、システム全体の枠組みを検討して、基本システムを設計した。

(2) 設計した基本システムが本当に実装可能かどうかの見通しを得るために最低限必要な機能だけを持つシンプルなシステムを試作し、動作確認等を行った。

(3) 作成したシステムによって、いきづまった学習者を支援する具体的な方法とその実現に必要な機能を整理するために、コンピュータを活用する実際の授業における TA の支援活動について自記式調査及び観察調査を行い、結果を分析した。

(4) 上述の(3)の結果にもとづき、上述の(2)の試作システムに追加すべき機能と、その実装方法を検討・整理した。また、その結果にもとづいた支援システムを実装した。

(5) コンピュータを利用する授業の課題の一例と学習者の典型的ないきづまりの事例を想定し、本システムが妥当なアドバイスを生成することができるかどうかを確認した。また、本研究で提案したシステムの適用範囲と今後の課題について検討した。

## 4. 研究成果

本研究の成果として支援システム全体の枠組みと、具体的な実装方法を提案した。ここではその概要を述べる。

### (1) 支援システムの枠組み

本研究で提案した支援システムでは、TA の役割をするエージェントは、いわゆるデスクトップマスケットと呼ばれるパソコンの画面上に描かれる人型のキャラクタとして表示される。このキャラクタがジェスチャーをしたり、吹き出しでメッセージを表示したり、「はい」「いいえ」のボタンを表示して学習者に質問をしたり、棒でパソコン画面上の特定の場所を指し示したりすることで支援を行う。この手法はマイクロソフトのオフィスで過去に採用されていたオフィスアシスタントと似ているが、教員が作成する作業手順書にそって特定のアプリケーションに限定しない支援が行える点や、単にユーザからの質問に答えるだけでなく、学習者に対して質問を行ったり、画面をポインティングしてヒントを出したりすることができる点が異なっている。

図 1 は本システムの枠組みを示した図である。学習者のパソコンには前述のエージェ

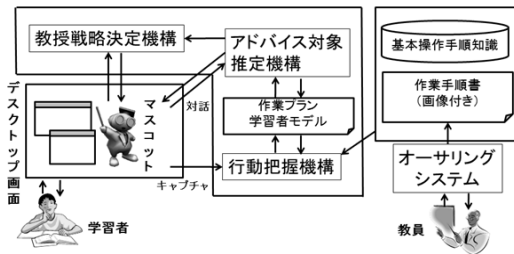


図1 TA エージェントのシステム構成

ントが表示され、様々な振る舞いができるようになっている。一方、システムには、教員が作成した画像付きの作業手順書に相当するデータ（例えば課題を達成するには、まず表計算ソフトで表とグラフを記録したファイルを作成し、次にブラウザでLMSのサイトへアクセスし、提出先のページを開いてファイルを提出する、などの作業手順を表現したデータ）と、あらかじめ用意しておいたパソコンの基本操作手順の知識（例えばアプリケーションを起動するには、デスクトップ上の該当するアイコンをダブルクリックすればよい、などの基本操作を表現したデータ）が用意されており、これらがエージェントの動作の決定に利用される。行動把握機構は、まずこれらの手順の知識に基づいて学習者が行うべき作業のプランを作成する。このプランは手順書に書かれた作業の最終目的を、パソコンの操作知識等を用いて具体化した詳細なものとなる。次に、学習者との対話の結果やパソコン画面のキャプチャ画像を参照し、その学習者がプランのどこまで達成したかを推定した学習者モデルを生成する。アドバイス対象推定機構はこの学習者モデルを参照してアドバイス対象の知識を特定する。教授戦略決定機構は全体をコントロールし、対話の順序やエージェントの振る舞い等を決定して支援を行う。本研究では、これらの機能のうち、オーサリングシステムを除く機能について内容を検討し、支援システムを実装した。

(2)知識表現

ここでは、TA エージェントの行動を決定する基準となる手順の知識の表現方法について述べる。

教員が作成する作業手順書とパソコンの基本操作の手順に関する知識は、目的となる行為（あるいはそのサブ目的となる行為）ごとに、それを達成するための手順を表す木構造と、その目的に関わるいくつかの条件を記述したフレームで表現する。その概略を図2に示す。一般に作業の手順は目的となる行為と、それを達成するための個々の手段にあたる行為群との間の関係として記述できる。例えば「表計算ソフトで表とグラフを記録したファイルを作成する」という行為は「表計算ソフトを起動する」「表を入力する」「グラフを追加する」「ファイルに保存する」という

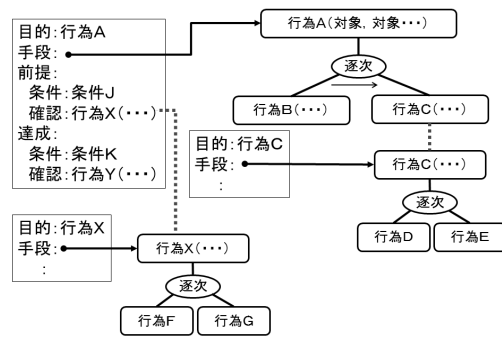


図2. 手順の知識表現

手段にあたる行為を順番に行うことで達成できる。これは目的となる行為をルートノード、手段にあたる個々の行為を葉ノード、その実行順序を中間ノードにもつ木構造として表現できる。このとき、葉ノードはその木の手順を実行するためのサブ目的とみなすことができ、その葉ノードをルートノードに持つ別の作業手順を用いてさらに詳細な手段へと展開することができる。図2で言えば、行為Aを達成するために必要な行為Cは、さらに詳細な行為Dと行為Eへと展開可能である。また、本研究では、このときに個々の行為を具体化する仕組みを導入した。例えば「表計算ソフトを起動する」という行為は、「アプリケーションを起動する」という基本操作の知識を用い、対象の「アプリケーション」を「表計算ソフト」へと具体化したうえで展開することで「デスクトップ上の表計算ソフトのアイコンをダブルクリックする」という具体的で詳細な手順へと展開が可能である。さらに、これらの個々の行為には画像データが付与できるようにしており、例えば注目すべきアイコンを指さして示唆するアドバイスなどを行う際にはこれを利用する。また、具体的に学習者が行える操作に相当する行為については、解説のテキストも付与できるようにしており、文章でアドバイスを表示する際にはそれが使われる。

この手順を表す木構造の他に、前提条件と達成条件を記録できるスロットを用意した。これには条件を満たしているか確認するための関数名と必要に応じた画像データ、それから、学習者がその条件を確認しようと思ったら何をすればいいのかを表した行為を記述できるようにした。前者の確認関数は例えば学習者のパソコンの画面上に特定の画像と同じものが表示されているか画像マッチングの技術を用いて確認する関数などである。一方、後者は学習者に出すアドバイスの内容を定めるために利用される。学習者の行動やTAの支援活動を調べた結果、ウィンドウの重なりや画面のスクロールなどによりパソコンの内部的には行動がとれるにも関わらず、画面上には操作対象の場所などが表示されていない状態になることが、かなり頻繁に起こることがわかった。しかし、これは本手法のように画像ベースで状況を把握し

ようとした場合に大きな問題となる。例えば LMS 上の授業のページを開いているが、スクロールによって提出先のリンクが表示されていないようなケースである。この場合、実際にスクロールをして探す作業をしないと、リンクをクリックするという行為が次にすべき行為として妥当かどうかの判断ができない。実際の TA はこのようなときに学習者と一緒にその対象を探して確認をとる活動を行っていた。つまり、学習者にページをスクロールするように指示を出し、もしリンクが見つければそれをクリックするというアドバイスを行い、もしリンクが見つからなければ違うページを見ている可能性があるかと判断して別のアドバイスを行っていた。前提条件や達成条件に付与された画像や確認関数はこのような状況をシステム側が把握するために利用し、もし条件を満たしていることが確認できない場合（上述の例ではキャプチャした学習者のパソコン画面上にリンクの画像が見つからなかった場合には、確認のための行為（上述の例では表示をスクロールしてリンクを探す行為）をアドバイスとして生成して学習者に指示できるようにした。

### (3) 対話戦略とアドバイス提示方法

ここでは、前述の知識表現を用いてどのように学習者を支援するかの概略を述べる。

前述したように、作業手順の知識を利用することによって、学習者が最終的に行うべき作業（例えば「課題を達成する」という行為）を具体的な個々の行為（例えば「デスクトップ上の表計算ソフトのアイコンをダブルクリックする」などの行為群）へと全て展開した木構造を作成することができる。これをプラン木と呼ぶことにする。学習者が支援を要求すると、システムはまずこのプラン木を作成する。次に、状況を把握するために、このプラン木のルートノードから順に中間ノードの行為を深さ優先で順々に示しながらその行為を達成したかを学習者に質問する。最初に学習者がまだ達成していないと回答したプラン木の葉ノードにあたる行為が、学習者が次に行うべき行為であると推定できる。アドバイス対象の行為が特定できたら、その行為に付与されたテキストや画像を使い、アドバイス文を表示したり注目すべき場所をポインティングしたりして支援を行う。ただし、前述の(2)で述べたように前提条件が満たされていない場合には、具体的なアドバイスを出す前に、その前提の確認を示唆するアドバイスが提示される。

この学習者との対話の際に、既に一度質問を行ったか、既に一度アドバイスを提示したか、などの情報を各行為ごとに記録した学習者モデルを作成する。そして、2度目に学習者が支援を要求したときには、このモデルを用いて、既に達成したと答えた質問をスキップしたり、全体の質問に入る前にその直前にアドバイスした行為が達成できているか確

認する質問を行ったりするなどの制御が行われる。この手法では、学習者が達成したと回答したにも関わらず実際にはまだ達成していなかったという状況も起こりえる。そのため、一度アドバイスを出した行為について学習者が達成したと回答した場合で、かつ、その行為に前述の(2)でのべた達成条件が付与されていた場合には、それを利用して本当に達成したのかを念のために確認する動作が行われる。

### (4) システムの動作例

ここでは、本研究で作成したシステムの動作の一例を示す。システムを起動するとデスクトップマスコットの形でエージェントが表示され、支援が必要かどうか質問される。「いいえ」と答えた場合にはエージェントはデスクトップ右下へと移動して待機状態となる。「はい」と答えた場合には状況を確認するための質問が順に表示される。図3は質問が進んでアプリケーションを起動することができたか質問している様子を示している。図4は、さらに質問が進んでプラン木の葉ノードの行為を達成したか質問がなされ、学習者が「いいえ」と回答したときに表示されるアドバイスの例である。このようにアドバイスが文章で表示され、学習者がさらにヒントが必要だと回答した場合には、行為に付与されている画像を利用して図5のように画面のポインティングによる支援が行われる。一方、もしウインドウに隠れるなどして画面上にアイコンが表示されていなかった場合には、図6のようにウインドウを動かしてアイコンを探すように指示が出される。

本研究では、表とグラフを作成して LMS に提出する課題を想定してシステムを構築し

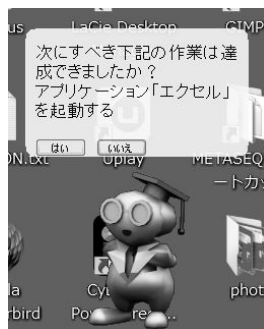


図3 達成状況の確認

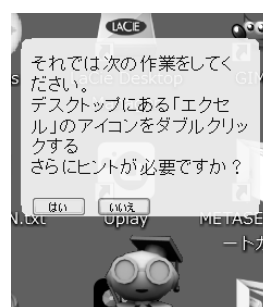


図4 手順の提示



図5 画面のポインティング

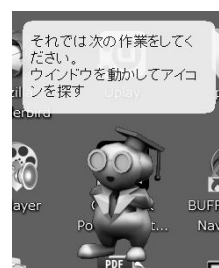


図6 確認の指示

た。ただし、教員が手順書を作成するために利用するオーサリングシステムの検討や実装は行うことができなかったため、手順書についてはシステム開発者が XML を利用して記述することで実装した。そのうえで開発したシステムの動作の検証を行い、学習者が達成できていないと回答した具体的な行為のそれぞれに対してアドバイスを提示できることを確認した。

#### (5)まとめ

本研究では、教員が作成する画像入りの作業手順書とパソコンの基本操作知識を用い、パソコン画面のキャプチャ結果や学習者との対話を利用することによって、利用環境によらずに学習の流れの中で統一的な方法で支援が可能な TA の役割をになうエージェントシステムの構築方法を提案した。また、具体的な実装方法についても検討し、実際にシステムを試作してその動作を検証した。本手法はパソコンを利用して行われる授業で、かつ、作業手順が木構造の形で整理できるものであれば、使用するアプリケーションや LMS に依存することなく学習者を支援することが可能である。本研究ではシステムを Windows 上で動くアプリケーションとして開発し、パソコンの基本操作の知識（ファイルの保存やアプリケーションの起動の方法など）についても Windows を前提に実装したが、本手法の考え方によって別の OS 上でシステムを実装し、基本操作の知識をその OS 用のものに差し替えることができれば、OS にも依存せずと同様の支援が実現できると考えられる。

その一方で、課題も多く残されている。本システムでは教員が作成する手順書を利用するが、その手順書を作成するオーサリングシステムの検討は十分に行うことができなかった。手順書の作成にはかなりの手間がかかるため、その方法について検討を重ねていく必要がある。また、今回は、画像のマッチングを容易にするために、教員が手順書の作成に利用するパソコンと学習者が利用するパソコンの設定（文字やアイコンのサイズやウィンドウの色など）が同じであることを前提に実装を行った。コンピュータ教室のように学習者が設定を変更できない管理された環境であればこのような前提をおくことも可能だが、学習者が所有するパソコンで実施する授業などでは、この前提をおくことはできない。これに対処するためには、学習者の環境をモニタリングして手順書の画像を適切なサイズ等に修正する手法などについて検討をする必要がある。さらに、実際の TA の支援活動を観察した結果、例えばキーボードのどのキーを押せば特殊な文字が入力できるかわからないケースなど、パソコン画面の外に存在する機器等を原因としたいきづまりもかなり多いことがわかったが、これに

ついても本手法では対応することができない。学習者の入力状況に応じて例えば仮想的なキーボードを画面上に表示してアドバイスを出す方法などについても今後は検討していく必要があると思われる。

#### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 1 件)

高橋勇, コンピュータを用いた学習を支援する汎用 TA エージェントの検討, 北里大学一般教育紀要, 査読有, vol. 21, 2016, 39-58

〔学会発表〕(計 3 件)

高橋勇, e-Learning における汎用 TA エージェントの作業指示機能の実装, 情報処理学会第 77 回全国大会, 2015.3.19, 京都大学 (京都府京都市)

高橋勇, 汎用 TA エージェントにおける教授戦略の検討, 情報処理学会第 76 回全国大会, 2014.3.11, 東京電機大学 (東京都足立区)

高橋勇, e-Learning 学習を支援する汎用 TA エージェントの設計, 情報処理学会第 75 回全国大会, 2013.3.7, 東北大学 (宮城県仙台市)

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

高橋 勇 (TAKAHASHI ISAMU)

北里大学・一般教育部・准教授

研究者番号：40345674