

■S3 群 (脳・知能・人間) - 11 編 (教育支援システム)**4 章 教育・学習支援システム**

(執筆者: 柏原昭博) [2010年2月 受領]

■概要■

教育・学習支援システムでは、これまでいくつかのアーキテクチャが提案されているが、どのような学習理論・学習観を基盤として学習者とのインタラクションをデザインするか、システムにおける学習・教育活動をどうモデル化するかなどによって、設計・開発時に採用されるアーキテクチャは異なったものとなる。近年、システムデザインの基盤となる学習理論・学習観は、知識伝達から構成主義的・社会構成主義的学習観に基づく知識構築に主流が移り、学習者自ら知識を構築するプロセスを促進するためのアーキテクチャに基づくシステム開発が活発に行われている。また、こうした構成的な学習を実現可能とする情報インフラや情報通信機器がインターネット、Web やモバイル・ユビキタス機器など幅広く選択できるようになり、更に適応 (Adaptation)、学習の足場作り (Scaffolding)、シミュレーション、仮想現実感などのソフトウェア技術が高度化しており、同じアーキテクチャであってもより高い学習効果を期待できるシステムが創出されている。

一方、教育・学習支援システムによる支援対象 (ドメイン) については、教科教育の範囲を超え、様々な真正なる文脈で求められる知識や能力に拡大している。特に、Web を学習・教育リソースあるいは学習場として支援するシステムの開発が非常に顕著に行われている。

本章では、上述したような現状を踏まえて、(a) システムアーキテクチャ、(b) ドメイン、の二つの観点から教育・学習支援システムについて解説する。

【本章の構成】

本章では、教育・学習支援システムの主要なアーキテクチャとして、e ラーニング (4-1 節)、ILE (4-2 節)、CSCL (4-3 節)、シミュレーション・仮想現実システム (4-4 節)、ユビキタス・モバイル学習環境 (4-5 節)、認知ツール (4-6 節) について述べる。また、主要なドメインとして、言語学習 (4-7 節)、問題解決・理解支援 (4-8 節)、Web (4-9 節)、障害者教育支援 (4-10 節) を対象とした教育・学習支援システムについて述べる。

■S3 群-11 編-4 章

4-1 e ラーニング

(執筆著：植野真臣) [2008 年 10 月 受領]

e ラーニングが実用化段階に入って久しいが、未だに注目される最先端情報技術の一つである。その理由として、①知識社会の到来と学習価値の増大、②真正性の高い学習の必要性、③遠隔分散知の共有の必要性、などがあげられる。本節では、e ラーニングの理論的背景、定義、LMS (Learning Management System)、教材コンテンツ開発法、評価システム、について解説する。

4-1-1 定義

e ラーニングは一斉授業や集合研修の単なる近似ではない。もちろん、一斉授業や集合研修を講師が話す様子を録画したビデオを単に Web で配信すればよいのではない。これでは、教科書を電子化しただけの独習と変わりない。従来から研究されてきた CAI (Computer Assisted Instruction) は、教師によって行われてきた「教授過程」をコンピュータ上で表現し、それを自動化しようとするものであったため、実用的には、あくまでも対面教授の近似にすぎず、十分な成果をもたらすことはできなかった。その後、研究が進み、教師が中心となる「教授」をベースとした学習環境よりも、学習者 (集団) 自身が主体となり、学習者の自律的学習を生起させることができる学習環境の方が、個々の学習を真正化し、より有意義で効果的であることが明らかとなってきた。

このような背景の下、e ラーニングは、新しい学習パラダイム、学習者集団の自律的な学習生起を支援するコンピュータ環境として提案されたのである。それでも未だに e ラーニングを CAI の延長と考えている誤解も多い。例えば、クラークとメイヤー¹⁾は、「今日、e ラーニングと呼ばれるものの多くは 30 年前からある CAI (Computer Aided Instruction) と本質的に同じであり、多くの e ラーニング教材は、画面上に教科書を再現したものにすぎない」と酷評している。また、ブラウンとドゥギッド²⁾は、e ラーニングについて「ネットの価値は、単にそれが遠隔地の人々が互いに話せるようになったことだけではない。ネットの本当の価値は、コミュニケーション手段にデジタルコンテンツの配信をタイミングよく組み合わせることができることにある」と指摘している。更に、ベンヨンらもまた、インターネットを用いた授業の真の意味は、マルチメディア教材と協調学習を支援できる環境にあることと主張している³⁾。科学技術教育に限定しては、スキャンロン⁴⁾がマルチメディア教材を用いて実践的な経験をタイミングよく擬似的に経験させられることの重要性を主張している。例えば、学習者が理論的な学習をしている最中のビデオ映像による実験の提示は、学習者が理論と現象を関連付けて学習するために有効であると考えられる。また、植野と矢野⁵⁾は、e ラーニングを真正な実践と協働を実現するための自律的学習環境として定義している。

このように多くの研究者が、e ラーニングの特徴として、協調学習、理論学習と実践・経験の親和性の高さをあげている。

すなわち、e ラーニングとは、「(1)Multimedia：リソースのマルチメディアコンテンツによる教材の提示、(2)Collaboration：ネットワーク上での複数の学習者間の相互作用を通じた学習活動、(3)Computation：コンピュータの計算/推論機能による学習支援、という三つの要素

の融合による新しい学習環境下での学習を意味し、地理的に分散した学習者集団によって構成された学習共同体の生産的で自律的な協調的学習活動である」と定義できる⁶⁾。

以上より、e ラーニングとは単なるテクノロジーを指すのみでなく、社会的学習理論などの新しい学習理論や哲学を含んだ最新の学習形態のことを意味していることが分かる⁵⁾。

4-1-2 LMS (Learning Management System)

e ラーニングを実現するためには、LMS (Learning Management System) と呼ばれる情報システムが必要となる。LMS は「学習 (の生起) をマネジメントするためのシステム」⁶⁾ であり、(1) コンテンツの Web 配信・管理、(2) CSCL (Computer Supported Collaborative Learning)、(3) 受講者管理と学習履歴データ管理、(4) 教材コースの登録・管理、の機能、(5) 学習マネジメント機能をもつ⁶⁾。

(1) では、教材コンテンツとしてテキストのみでなく、画像・音声・動画などを用いたマルチメディアコンテンツを Web を通じて配信できるように設計される必要がある。これにより、実験プロセスや様々な現実の現象を再現することができ、例えば仮説実験学習や理論学習のタイミングに合わせた実験の提示などに用いることができる。しかし、コンテンツを自習することだけなら、従来の CAI (Computer Aided Instruction) でも十分可能である。e ラーニングの特徴は、更にインターネットにつながっていることであり、学習者間での協調学習 (Collaborative Learning) にある。例えば、マルチメディアコンテンツによって、実験といくつかの実験結果の仮説が選択肢として学習者に提示され、対立した仮説を選択した学習者同士で電子掲示板上で議論させることが可能となる。更に、正解の実験結果をマルチメディアコンテンツとして提示することにより、その説明を電子掲示板上で議論させることができる。すなわち、科学者の科学的方法を追従することができ、真正性が高い学習が実現できるのである。

コンピュータを用いた協調学習の支援システムは CSCL と呼ばれ、LMS の中でもその機能が埋め込まれていなければならない。CSCL は、学習者のレポートやプログラムなどの学習成果物を Web 上で共有させ、電子掲示板で学習者同士で議論できる環境や相互評価システムなどを提供するだけでなく、協調学習を様々な形で支援する知的機能が付加されている。CSCL は、有効な e ラーニングの設計のためにも最も重要な技術のひとつである。その理由は、協調学習では①頑健な知識構築に貢献する、②学習動機を向上させる、③考え方などのメタ知識の獲得を促進する、④議論の仕方や文章の書き方などの能力を向上させる、などの利点があり、自律的学習環境を構築するために有効であるからである。

(3) で示したように、LMS では学習者の個人情報詳細に管理されている。また、学習者が学習したコンテンツの系列や学習所要時間、演習問題の結果や所要時間などを詳細にデータベースに蓄積できる機能があり、これらのデータを学習者や教師にフィードバックし、学習の進捗などを管理できるのである。

また、(4) のように、多くの LMS では、教材コンテンツを登録し、管理する仕組みをもっている。また、教材そのものを作成するソフトウェアは、オーサリングツールと呼ばれ、LMS とは一般に区別される。教材コースの登録・管理システムでは、一般的に①教科管理、②コース管理、③カテゴリー管理、④分野管理、⑤授業科目管理、についての登録・管理が行える。

(5)は、eラーニングの定義による「コンピュータの計算/推論機能」に対応する。この機能がない LMS は、単に学習(者)データを管理しているにすぎなく、「Learning Management System」が意味するような「学習をマネジメントするシステム、学習生起を支援するシステム」ではない。具体的には、大量の学習履歴データのデータマイニング機能⁷⁾やそれらのデータを用いて学習者に適応的にアドバイスを行うエージェント機能や適応型学習環境機能⁶⁾、例えば、マルチメディアコンテンツにより実験を提示し、学習者が仮説選択肢を選んだあと、異なる結果を予測した学習者同士をつなぐ掲示板を自動的に提示し議論を誘発させるなど、学習者の状態に応じて適応的にインタフェースを変化させる LMS を実現させる形式言語⁶⁾などが開発されている。

4-1-3 効果的なコンテンツ開発法

eラーニングにおいて如何に効果的なコンテンツを作成するかは重要な課題である。メイヤー⁸⁾は、教材のマルチメディア提示(Multimedia Presentation)を「言葉(ナレーション)と画像によるコンテンツ提示法」として定義し、様々な実験から最も有効なコンテンツ提示法であることを示している。この事実を説明するモデルとして人間の知覚の二元通信路モデル⁹⁾(Dual-Channel Model)があげられる。

二元通信路モデルは、人間の情報入力が聴覚通信路と視覚通信路の二つの独立した経路を通じて行われ、二つの通信路それぞれ独立に決まった容量があると仮定したモデルである。すなわち、一方の通信路を使っていなくてももう一方の通信路の作業記憶資源が増えるわけではなく、二つの通信路を同時に使うことが効率的な作業記憶での資源の利用法であると考えるモデルである。

このモデルを基調とすると、図や動画などの視覚コンテンツとナレーションなどの聴覚コンテンツを同時に提示し、同時に二つの経路に言語と図を送り込むことにより、符号変換の認知負荷を大幅に減少させることができる。作業記憶の容量は一定であるので、入力情報の解釈の負荷が減少することにより情報統合への資源配分が大きくなり、理解がより容易になると考えられるのである。また、理解が進むために意味づけが活性化され、記憶が頑健になっていくと解釈できる。

更にメイヤーは、様々なマルチメディアコンテンツに関する心理実験を繰り返し、以下のようなコンテンツ作成のための七つの原理を導いている。

- (1) **マルチメディア原理**：文章のみのコンテンツよりも図付の文章からの方がよく学習できる。また、最も効果的な提示法はナレーション付のアニメーションである。
- (2) **空間的近接原理**：関連する文章と図がページ上で遠い場所に配置されるよりも近い場所に配置される方がよく学習できる。
- (3) **時間的近接原理**：関連する文章と図が別々に提示されるよりも同時に提示された方がよく学べる。
- (4) **一貫性原理**：無関係な内容がコンテンツに含まれていない方が含まれている場合よりもよく学習できる。
- (5) **提示形態原理**：図、動画と文章の提示(視覚+聴覚)よりも、図、動画とナレーションの提示(視覚+聴覚)の方がよく学習できる。
- (6) **冗長性原理**：動画、ナレーション、文章の提示よりも動画、ナレーションだけの提示

の方がよく学習ができる。

- (7) 個人差原理：(1)～(6)の原理による効果は、知識の多い学習者よりも知識の少ない学習者に有効である。

4-1-4 真正な評価を支援するシステム

e ラーニングとは、人工的で無理やりさせられる学習から「ありのままの学習 (Learning in wild)」や「真正な学習 (Authentic Learning)」への転換を目指して行われる行為である¹⁰⁾。つまり、テストなどで動機付けされない自律的な学習の実現こそが目的なのである。そのため、より現実的な文脈の下、真正な課題を設けて評価する必要がある。このような課題に対して学習者によって生成される成果物を学習成果物と呼ぶ。e ラーニングでは学習成果物は電子ファイルとして LMS 上に提出され、学習者間で共有される。その評価法は、(1)セルフアセスメント (自己評価)、(2)ピアアセスメント (学習者同士の相互評価)、(3)エキスパートアセスメント (教師などによる評価) に大別され、それぞれの評価システムは LMS 上に組み込まれる。ただし、e ラーニングは教師がいなくても成り立たなくてはならないので、基本的には(1),(2)の評価が中心となる。更に評価データは自動的に可視化され、リフレクション (振り返り) の誘発による学習活用や学習者評価などに用いられる。また、真正な評価においても、従来とおり、どの程度正しく知識を獲得したかを確認することは重要である。

知識を計測したり、演習を促進するために LMS に埋め込まれたコンピュータテストングを e テスティング¹⁰⁾ と呼ぶ。これらは、学習者個人の能力の相対的位置や知識状態、理解していない知識などを可視化・フィードバックし、それらの結果も LMS に格納される。また、近年、学習者自身に項目を作問させて実際にテストや演習問題に用いる方法が注目されており、「問題作り」が問題解決能力や問題分類能力を向上させ、学習者のメタ知識を発達させる働きがあることが知られている⁹⁾。

一方、e ラーニングでは学習者の詳細な学習履歴が大量に蓄積されることが特徴である。これらをデータマイニング⁷⁾ し、学習者や e ラーニングコース及び各コンテンツに重要なフィードバックを与えることも重要な評価活動となる。このように e ラーニングでは、多種かつ大規模な評価データが LMS 上で蓄積され、これらのデータを統一的に処理し、評価や学習そのものに活用させる知的な情報システムが LMS に組み込まれる必要がある。このようなシステムを一般に、e ポートフォリオマネジメントシステム¹⁰⁾ と呼び、単にデータを格納するだけでなく、どのような評価用データ (e ポートフォリオ) をどのように収集・蓄積し、学習や評価活動へ活用するかを支援するのである。特に e ラーニングに組み込まれた e ポートフォリオは、多種多様で大規模であり、マネジメントシステムの必要性が高く、一般的な e ポートフォリオマネジメントシステムに比較し、高度な機能が必要である。

以上のように、e ラーニングでは多数の学習者が参加しても学習者の自律的な学習を生起させ、協調的な活動から評価まで学習者間で行える環境を支援するのである。

■参考文献

- 1) R. C. Clark and R. E. Mayer, "e-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning," Jossey-Bass/Pfeiffer, 2003.
- 2) J. S. Brown and P. Duguid, "Universities in the digital age," Change, vol.28, no.4, pp.11-19, 2003.
- 3) D. Benyon, D. Stone, and M. Woodruffe, "Experience with developing multimedia courseware for the World

Wide Web: the need for better tools and clear pedagogy,” International Journal of Human Computer Studies, vol.47, pp.197-218, 1997.

- 4) E. Scanlon, “Learning science on-line,” Studies in Science Education, vol.30, pp.57-92, 1997.
- 5) 植野真臣, 矢野米雄, “科学的実践と協働を実現する e-Learning,” 日本教育工学会論文誌, vol.28, no.3, pp.151-162, 2004.
- 6) 植野真臣, “知識社会における e ラーニング,” 培風館, 2007.
- 7) 植野真臣, “e ラーニングにおけるデータ・マイニング,” 日本教育工学会論文誌, vol.31, no.3, pp.271-283, 2007.
- 8) R. E. Mayer, “Multi-Media Learning,” Cambridge University Press, 2001.
- 9) A. Paivio, “Mental representations: A dual coding approach,” Oxford, England: Oxford University Press, 1986.
- 10) 植野真臣, 永岡慶三(編著), “e テスティング,” 培風館, 2008.

■S3 群-11 編-4 章

4-2 ILE（知的学習環境）

（執筆者：竹内 章）[2009年9月 受領]

ILE（Intelligent Learning Environment）は、コンピュータ上に実現された仮想的な世界の中での活動を通して、そこに埋め込まれた知識を学習するように用意された環境であり、学習者の活動を支援システムが認識して学習を支援するものである。学習環境と支援機能の二つから構成されている点に特徴があり、Intelligent と呼ばれるゆえんは、学習者一人ひとりの活動を認識して、それぞれに対して適切な援助を与えるところにある。学習環境は、マイクロワールドと同様に学習者が主体的に環境に対して働きかけを行い、反応を観測しながら何らかの課題解決を行い、その過程において学習が進むように設計される。支援機能は、ITS（Intelligent Tutoring System）¹⁾と同様に学習者のモデリングを行い、その結果に従って学習者への支援を行う。

4-2-1 学習環境

人の学習にはいくつかの形態があり、教育の場面で最も一般的なのは教科書を読んだり講義を聴いたりすることにより、教授対象の知識を直接伝えられる知識伝達型の学習である。これに対して ILE では、学習者がコンピュータ内に作られた環境との情報のやり取り（インタラクション）を行いながら得た情報を解釈して、環境の中に埋め込まれた概念や知識を自ら発見的に獲得する学習形態を実現する。これは図 4・1 に示すユーザインタフェースのモデルと同様の構造である。教師（設計者）がもっている対象に関する理解のとおり振る舞う（デザインモデル）ことを目標にして学習環境（システム）を実装する。学習者（ユーザ）が学習環境を利用することでインタラクションが発生し、学習環境は埋め込まれた概念や知識をシステムイメージとして描いてみせる。学習者はシステムイメージを観察することで、対象に対する理解（メンタルモデル）を形成していく。

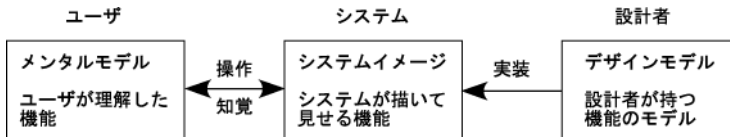


図 4・1 ユーザインタフェースのモデル

学習者は学習環境に対して様々な働きかけを行い、その結果を観察することによって学習を進めていく。環境に用意されるのは、例えばシミュレータのように、具体的な対象物が存在して、条件を設定して入力を与えるとその結果が事例として提示される学習対象領域の仮想的な世界である。したがって、対象領域に関する知識が直接的に表現された情報として学習者に伝えられることはなく、学習者がメンタルモデルを形成するためには、入出力の情報からそれらの間にある関係を推察したり、複数の入出力関係を一般化したりしなければならない。学習者には自らが積極的に環境とインタラクションを行うことが期待されており、良いユーザインタフェースと同様に、自然に様々な働きかけを起こしたくなるようなアフォーダンスをもつ学習環境を用意する必要がある。

ILE における学習は、学習者が能動的に知識を作り出す学習形態となることから、発見的学習、あるいは構成主義的学習²⁾と言われる。構成主義的学習は、経験したことを説明するようにメンタルモデルを構成していく学習であると言われている。最初は断片的で孤立している経験的知識を相互に関連づけ、適切に一般化していくことで汎化された知識を獲得する。しかし、全く何も知らないことに対していきなり複雑な知識を発見的に獲得することはほとんど不可能であり、事前に一定の知識を有していることが前提となる。すなわち、既得知識を利用して新たな経験を説明できるように理解していく学習、すでにもっているメンタルモデルを再構成していく学習である。既得知識との関連づけなしには進まない学習であり、関連づけが行われるがゆえに、知識伝達型の学習よりも、より深い理解が得られると期待されている。

構成的な学習を進めるには、目的を達成するように何らかのプランを立てて行動することが必要であり、知識獲得に要する負荷は知識伝達型よりも一般に大きくなる。更に十分な情報を収集していないなどの原因で誤った知識を獲得してしまう場合や、どうしてよいか分からなくなり行き詰まり状態になってしまう場合がある。したがって、学習目的を達成できるように適切な支援が必要となる。

学習環境を利用して発見的な学習を行っている学習者は、背景知識を利用しながら、**図 4・2**に示す活動を繰り返していると考えられる。

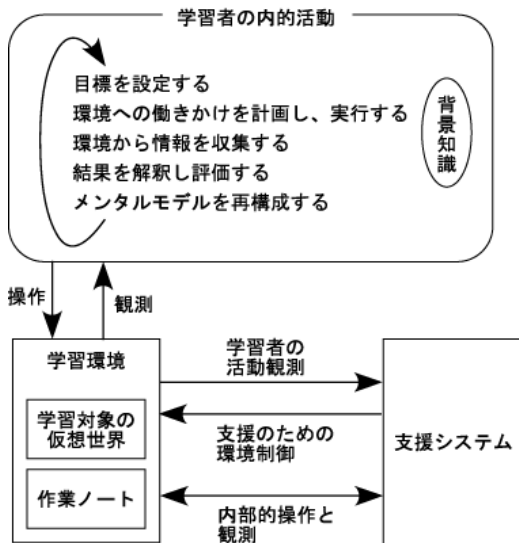


図 4・2 ILE の構成と学習者の内的活動

(1) 目標を設定する

学習環境にある仮想世界中の対象の性質を推定する、対象がある状態になる条件を調べる、現在のメンタルモデルから予想される結果を確認するなど、目標を設定する。

(2) 環境への働きかけを計画し、実行する

目標を達成するための方法を検討し、環境の設定や入力を決定して計画を実行する。

(3) 環境から情報を収集する

環境に含まれる多くの情報の中から取捨選択して情報を収集し、整理する。

(4) 結果を解釈し評価する

得られた結果を必要に応じて加工したり、意味づけを行うなど解釈し、結果が予想と一致するかなどの検討を行う。

(5) メンタルモデルを再構成する

結果を説明できるように学習対象のメンタルモデルを再構成したり、現在のモデルの適用限界を認識したりする。

知識獲得にいたるまでにはこれらの過程を試行錯誤的に行っており、これは探索活動と見なすことができる。こうした探索活動の中で学習者を支援する方法には、以下のように探索の範囲を制限して負荷を軽くしたり、探索を方向づけて行き詰まりを解消する手立てがある。

(1) 適切な抽象度のモデル提示

学習者の背景知識と学習目標に大きな飛躍がなく、段階的に学習を進められるように、与える環境を支配するモデル、すなわち学習対象知識の複雑さが徐々に増加するように環境の系列を用意する。

(2) 環境操作の自由度制限

学習者の活動の(1)と(2)が独立に行われることはなく、学習者が目標を設定する場合には、環境に対してできることを考慮しながら、その範囲内で計画を立てることになる。したがって、環境への入力制限することで学習者の目標設定の自由度が制限され、試行錯誤の範囲を制約することが可能となる。

(3) 可視化による観察対象の指示

現実には見えない情報を可視化することで、情報収集を支援する。(1)、(2)、(3)の支援は仮想世界を学習環境として利用することで可能となるものである。

(4) 課題を与えることによる目標設定

目標を与え試行錯誤を方向づけることで、学習者にかかる探索の負荷を軽減する。最初の段階の目標設定に限らず、例えば結果を解釈する段階で部分的な目標を与えてデータ間の関連性に注目させるなど、それぞれの過程に応じた目標を与えることができる。

(5) 利用可能な道具の制限

データを収集し整理するときには、通常、表やグラフなどを利用するし、データの加工には電卓などの計算ツールを使用する。試行錯誤のプロセスではノートにメモを取る。このような道具を作業ノートとして仮想環境に与えておくことで、結果の解釈に必要な作業が簡便に行えるようになり、負荷が軽減されるだけでなく、陽に表現することで考えを整理できる効果が得られる。更に、作業ノートの機能を制限することで学習者の活動が自然に制約され、探索の範囲を狭めることができる。

(6) 注目点を示唆

目標を与えて試行錯誤を方向付けるのと同じ効果を、学習環境からの出力情報や収集したデータを整理・加工している作業ノート中の特定の情報に注目させることで得られる。

4-2-2 適応的支援

学習者それぞれはもっている背景知識も異なるし、試行錯誤的学習の過程も異なる。学習者が置かれている状況に即して支援を実施するには、学習者の状況を支援システムが把握する必要がある。ITS と同様の方法が用いられる。通常の ITS では演繹的問題解決を対象にしており、学習者の問題解決過程を入力として、対象領域の知識を利用して学習者の状態を認識し、学習者がもっている誤り知識を推定して誤り治療を行う。ILE においても、支援を与える方法は異なるものの、個別の学習者の状態を推定して、それに適応した支援を行う。

ILE では学習者の能動的な活動を妨げないように支援システムが学習者の状態を把握し、支援を与える必要がある。このインタフェースになるのが学習環境の仮想世界と作業ノートである(図 4-2)。学習者の活動は、学習環境に対する操作列と、学習環境の状態として知ることができる。学習者が設定した目標や立てた仮説、試行錯誤の内容は、これらの思考活動を記録しながら作業ができるように作業ノートを設計しておくことで把握が可能となる。これらの情報をもとに学習者の状態を推定し、4-2-1 項で述べた方法で支援を実施する。状態推定には次のような方法が用いられている。

(1) 対象領域の制約検査³⁾

仮想世界中の対象物は一般にいくつかの構成要素が組み合わされることで作られており、それぞれの構成要素はそれ自身を特徴づけるいくつかのパラメータもっている。したがって、学習環境の状態は構成要素の接続関係とパラメータの集合として記述することができる。そこで、対象領域がもつ性質をこれらの情報に対する制約として与えておけば、適切でない状態を検出することができる。犯された制約を学習者が気づいていない対象領域の性質と見なし、支援対象とする。

(2) プラン認識

ある目標を達成するために必要な仕事を分割し、部分目標として定義する。更に部分目標を分割してより小さい部分目標に分割する。分割を続けていくと、最終的には環境に働きかけを行う具体的操作にまで分解される。このように階層的に目標を定義しておけば、ある目標を達成するために実行するべき操作を支援システムが認識できる。必要とあれば、この情報を用いて、学習者の代わりに環境を操作することもできる。逆に、学習者が行った操作を当てはめれば、学習者が何をしようとしているのか、達成できている部分目標、まだできていない部分目標を認識することができる。

(3) 仮説検査

環境中のパラメータ間の関係を見つけたり、ある関係が成立する条件を調べたりする場合のように、環境から事例を集め仮説を立てて検証し、洗練していく学習の場合には、事例に対する仮説の妥当性を検証する。収集済みの事例にカバーされる反例があれば、その事実を見落としているか、仮説が不適切な可能性がある。上記のプラン認識で述べた方法で支援システムが学習者からは見えないところで内部的に学習環境を操作して、まだ収集していない事例の中にカバーされない事例やカバーされる反例があれば、情報収集のためのアドバイスを与えるなどの支援が行える。

■参考文献

- 1) 岡本敏雄(編著),“教育情報工学 2,” 第 5 章, 森北出版, 2001.
- 2) 教育システム情報学会(編),“教育システム情報ハンドブック,” 第 5 章, 実教出版, 2001.
- 3) S. Ohlsson, “Constraint-based student modeling,” J. Artificial Intelligence in Education, vol.3, no.4, pp.429-447, 1992.

■S3 群-11 編-4 章

4-3 CSCL (協調学習支援システム)

(執筆者：小尻智子) [2010年3月 受領]

協調学習とは、様々な目的をもった複数の学習者が、共通の問題に対して相互作用しながら学習目的を達成する学習形態のことである¹⁾。コンピュータ支援の下でより有意義な協調学習を、地理的・空間的に離れた分散環境においても支援することを目的としたシステムは、協調学習支援システム (CSCL: Computer-Supported Collaborative Learning) と呼ばれる。CSCL には、分散環境下での相互作用を実現させる通信基盤に焦点を置いたものから、学習者間の議論を分析して相互作用を積極的に支援するものまで、その支援対象に応じて多様な分野・技術を用いた研究が存在している。渡邊の提案²⁾に基づいて、支援対象の機能の観点から CSCL を分類したものを図 4・3 に示す。

CSCL には、大きく分けて、分散環境下で学習者間の相互作用を支援するための環境の構築に焦点をあてたものと、学習者間の相互作用における知識レベルでの振舞いを対象とするものに分類できる。本節では、個々の特徴と、それらを扱ったシステムの例を示す。

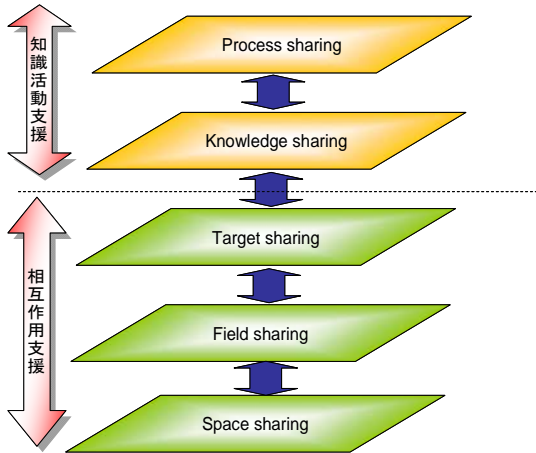


図 4・3 CSCL の支援対策

4-3-1 相互作用支援に焦点をあてた CSCL

学習者が空間を共有していない場合、通信手段が文字や動画に制限されているため、意思疎通が困難な状況がある。分散環境下で効果的な協調学習を実現するためには、より現実世界に近い学習手段としての環境を構築する必要がある。渡邊は、CSCL が実現しようとしている現実感の対象の相違から、Space Sharing, Field Sharing, Target Sharing という概念を提唱している²⁾。Space Sharing は、チャットなどの文字ベースのやり取りではなく、より他者の存在を意識できる Face-to-Face な空間を実現することを目的としている。より現実世界に近い情報を学習者に提供する動画を用いたテレビ会議システム³⁾などがこの概念に相当する。

林らは、現実世界の学習者の視野の役割に注目し、学習者の意識に応じて情報が変化するインタフェース⁴⁾を構築している。本インタフェースでは、学習者の発言（チャットへの入力）系列から学習者の興味となる対象者を推定し、円卓の周囲に表示された他者の映像への視線方向と距離を動的に変更する（図4・4）。このシステムでは、現実空間で行われる協調学習での学習者の視野により近い環境を提供することができる。

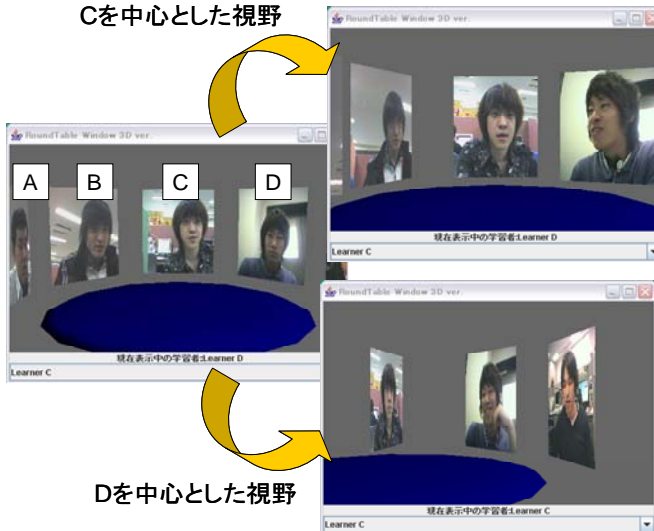


図4・4 林らの学習者の意識を反映した協調学習インタフェース

一方、Field Sharing は、学習者と空間との相互作用の実現を試みたものである。Space Sharing では、他者や環境の情報をいかに現実世界に近い形式で表現するかという側面に焦点が当てられていたが、Field Sharing は学習者の振舞いに応じて空間内が変化することで、空間に存在するという意識を与えることを実現する。前述の林らの協調学習支援インタフェース⁴⁾では、学習者の発言やメモウィンドウへの動作にともなって他者の画像の方向が変わることで、自身の振舞いに応じて変化する他者の注目意識を感じることができる（図4・4）。

Target Sharing は、特定の学習目的に特化した学習を支援するための空間構成である。複数の学習者で特定の学習目的を達成するための振舞いを実現する仕組みを有し、他者の振舞いへの気づきを提供するものが多い。益川らが開発したノート共有吟味システム ReCoNote⁵⁾では、学習者同士の知識を比較することで自身の知識を吟味させることを目的としている。個々の学習者が作成したノートやグループのノートを共有し、関連のあるノートにリンクを付与することが可能となっている。Wessner らは図を用いて数学の概念理解に関する協調学習の実現を目指している。彼らが利用している ConcertChat⁶⁾では、共有画面に描かれた図形の特定の箇所を指定してメッセージを送信することが可能となっており、チャットのメッセージ閲覧時に対象となる図を同時に参照することができるようになっている。

4-3-2 知識活動支援に焦点をあてた CSCL

知識活動支援に焦点をあてた CSCL では、学習者間の相互作用の内容をシステムが把握し、学習目的を達成できるような効果的な相互作用を促進する。システムの支援方法に応じて、Knowledge Sharing と Process Sharing の二つのレベルが存在する。Knowledge Sharing は、その時点の学習状況を整理して共有させることを目的としており、積極的に学習活動を誘導することはしない。

Constantino-González らは Entity-Relation (ER) モデリングを学習するために、ER 図を複数の学習者で描くことを目的としたシステム⁷⁾を構築している。学習者の ER 図とグループの ER 図を比較して相違点を指摘することで、相違点に関する学習者の発言を促している。

青木らが開発している科学技術論文の理解を対象とした協調学習を対象としたシステム⁸⁾では、論文の内容に対して発展的で多様な視点からの議論を促進するため、話題を論文の内容との類似性と話題間の相違性をもとに2次元空間上に配置している(図4・5)。配置された話題の分布から議論の状況を把握でき、ほかの視点からの話題が導出されることを期待している。

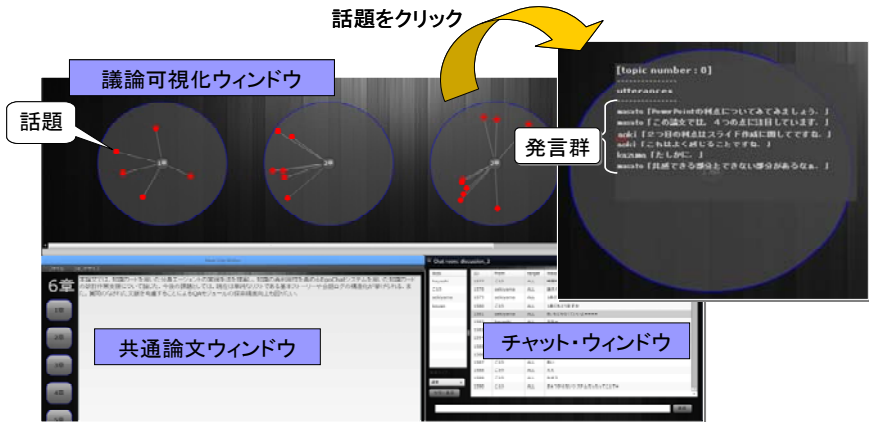


図4・5 青木らの論文読解のための議論支援システム

Process Sharing は、学習者に学習活動を共有させることを目指しており、学習者及び学習者間のその時点の状態を把握したうえで、特定の学習活動を誘導するよう積極的な支援をする。システムが問題解決に関する知識、あるいは学習者を誘導するための方略知識をもち、学習者の状態に応じて特定の目的に到達するような情報を提示する。この支援方法は、グループを一つの支援対象と見なしたときに、個別学習支援と類似した枠組みで扱うこともできる。

小尻らは、高校数学の問題を対象とした協調学習において、学習者の発言中のキーワードからグループとしての進捗状況を把握し、議論の膠着状態には次の導出ステップに関するヒントを生成するエージェントベースのシステム⁹⁾を構築している。また、共有キャンパスに描かれたグループの図に対して補助図形を動的に生成して提示する¹⁰⁾ことで、解の導出を進めるだけでなく、公式の適用範囲を意識させるための議論の誘導も実現している(図4・6)。

システムによる助言の生成

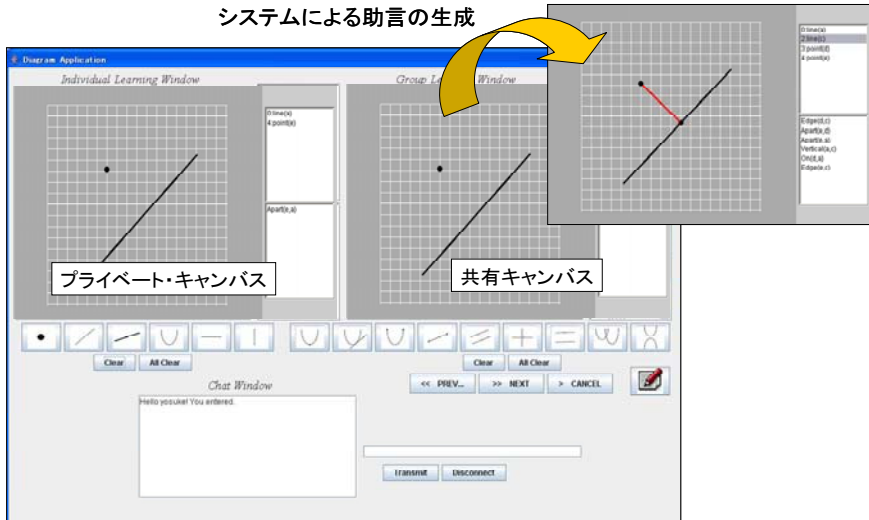


図 4・6 小尻らの図形問題の協調学習支援システム

4-3-3 まとめ

本節では、CSCL に関する研究を、支援対象の協調学習環境における位置づけに基づいて整理した。協調学習では学習目的を達成できるような学習活動がなされることが望ましいため、実現したい学習活動を意識してシステムを設計する。一方、学習活動は環境という制約の中で実現されるものであり、目的とする学習活動を実現させるための環境の構築もまた重要な要素である。学習活動を意識した環境の構築、あるいは環境の制約を考慮した学習活動の支援のように、環境と学習活動の双方を意識する必要がある。

■参考文献

- 1) P. Dillenbourg(eds.), "Collaborative Learning - Cognitive and Computational Approaches," Elsevier Science Ltd., 1999.
- 2) T. Watanabe, "Design of Advanced Learning-support Functionality in Cyber Society," Proc. of CATE2008, pp.266-271, 2008.
- 3) V-CUBE, <http://www.nice2meet.us/>
- 4) Y. Hayashi, T. Kojiri, and T. Watanabe, "Focusing Support Interface for Collaborative Learning," Journal of Information and Systems in Education, vol.6, no.1, pp.17-25, 2008.
- 5) 益川弘如, "ノート共有吟味システム ReCoNote を利用した大学生のための知識構成型協調学習活動支援," 教育心理学研究, vol.52, no.3, pp.331-343, 2004.
- 6) M. Wessner, W. Shumar, G. Stahl, J. Sarmiento, M. Mühlpfordt, and S. Weimar, "Designing and Online Service for a Math Community," Prof. ICLS2006, pp.818-824, 2006.
- 7) M. A. Constantino-González and D. D. Suthers, "A Coached Collaborative Learning Environment for Entity Relationship Modeling," Proc. of ITS 2000, pp.324-333, 2000.
- 8) M. Aoki, Y. Hayashi, T. Kojiri, and T. Watanabe, "Topic Visualization for Understanding Research Paper in Collaborative Discussion," Proc. of KES 2010 (2010年9月掲載予定).
- 9) T. Kojiri, Y. Ogawa, and T. Watanabe, "Agent-oriented Support Environment in Web-based Collaborative

- Learning,” Journal of Universal Computer Science, vol.7, Issue 3, pp.226-239, 2001.
- 10) T. Kojiri, Y. Murase, and T. Watanabe, “Diagram-based Support for Collaborative Learning in Mathematical Exercise,” IEICE Trans. on Information and Systems, vol.E92-D, no.4, pp.630-641, 2009.

■S3 群-11 編-4 章

4-4 シミュレーション・仮想現実システム

(執筆者：松原行宏) [2009年9月 受領]

4-4-1 シミュレーション

シミュレーションとは、百科事典マイペディアによると「ある現象または性質を模型によって実験し、その本質をとらえようとする事」である。一方、広辞苑には「物理的・生態的・社会的などのシステムの挙動を、これとほぼ同じ法則に支配されるほかのシステムまたはコンピュータの挙動によって、模擬すること」としている。つまり、ある現象をコンピュータなどによって模倣することであり、教育・学習支援システムの文脈では、いわゆる「模擬実験」を意味することが多い。

教育・学習支援システムは、1960年代頃からCAI (Computer Assisted Instruction) と呼ばれ開発されてきた。伝統的なCAIは、フレーム型の方式と、シミュレーション型の方式が代表的なものとして取り上げられており、教育・学習支援システム研究の早い段階で、シミュレーションは重要な方式と位置づけられている¹⁾。フレーム型は、教材の単位をひとつのページ (フレーム) に表現し、学習者の応答により、次のフレームが選択されて学習が行われる方式である。

一方、シミュレーション型は、教材の内容を内包する何らかのモデルをコンピュータ上に実現し、学習者の自発的な操作により、起こる現象や状態の変化を観察する方式である。内部のモデルはパラメータで表現されており、学習者が仮説に基づいてパラメータの値を自由に入力し、現象を観察し、予想したことと結果を比較する、という模擬実験を、試行錯誤的に繰り返すことにより学習が行われる。このように、学習者に自ら考える機会を与えることができる点に特徴がある。

シミュレーション型の学習支援システムの特徴として、以下の点があげられる²⁾。

- ・学習者が自発的に学習を行うことができる。
- ・何回でも自由に試行錯誤を行うことができる。
- ・現象の裏側にある法則を、発見的に学習することができる。
- ・実際には実物では行うことができない実験ができる。
- ・実際には見ることができない情報を擬似的に表示することができる (可視化)
- ・時間軸を自由に変化させ、現象を多面的に観察できる。
- ・学習者の自由な操作を許容している一方、受動的な学習者の支援が難しい。

4-4-2 マイクロワールド

シミュレーション型の教育・学習支援システムは、マイクロワールドを構成する。マイクロワールド (Micro World) とは、計算機上に作られた小世界であり、学習者が直接操作や体験によって自発的にある種の知識を発見することの支援を目的とした、視覚的インタフェースやシミュレータを中心とした模擬的な環境であると位置づけられる²⁾。これは知識伝達型の教育システムと対比して以下の点に特徴をもつ。

- ・ディスプレイ上に実現/表現された模擬世界のなかで、対象を直接操作することによって引き起こされる状態変化を観察することができる。したがって、仮説構成・実験・検

証を繰り返す試行錯誤を通じて、学習者が主体的に自分のメンタルモデルを正しい方向に再構成することを支援する可能性をもっている (図 4・7)。

- ・自由に対象を操作し、試行錯誤によって対象世界に内在する法則を見付け出すという行為は学習者の興味を高め、主体性を伸長し、発見的学習を通じた深い理解を支援するという、教育的に好ましい環境を提供することができる。
- ・光、音、力、速度のような直接的には目に見えない自然現象や、数直線や図形のような数学的な概念など、現実世界では見る事ができなかった対象も含めて視覚化した実験環境を実現することができる。

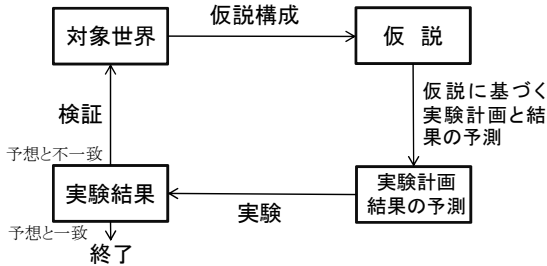


図 4・7 発見学習の過程

動作原理や法則を直接伝達するのではなく、学習者自らの仮説設定と検証のための実験の実施をシステムが支え、学習者が自発的に考え法則を見付け出すことにマイクロワールドの意義がある。学習者は自分の仮説に基づく更なるパラメータの変更とそれにもなった反応、及びその変化を観察することによって、そのマイクロワールドの動作原理となっている規則やルールを推定し、理解を深めることが期待される。

マイクロワールドはこのような優れた可能性をもっているが、学習者が試行錯誤の途中で行き詰ったり、間違いの深みにはまり込んだりした場合に対応できない。このような問題に対応するため、発見的学習環境での学習者の自発的学習とシステムからの積極的援助を混合させる知的マイクロワールドが検討されている。知的マイクロワールドは学習者の個性に対応した学習の支援が行えることを目標としており、学習者の状態推定とそれに基づく学習支援手法の確立が重要である。また、このように学習者に応じて適応的に学習支援をすることができる双方向性の学習環境として、ILE (Interactive Learning Environment) のパラダイムで議論されることが多い。一方、小世界の実験環境に臨場感をもたせ、極めて現実に近い形で実験環境を実現させることを目指したマイクロワールドと仮想現実や VR (Virtual Reality) 技術の融合も行われている。

4-4-3 仮想現実システムと教育・学習支援システム

近年、コンピュータや CG の高性能化とセンサ技術の向上にともない、教育・学習支援システムでのシミュレーション機能を担う技術として VR 技術や仮想現実システムの枠組みが導入されつつある³⁾。バーチャルリアリティ (VR : Virtual Reality / VE : Virtual Environment)

とは「実際には存在しないが、本質において存在していると同等な事実や実際の出来事」という意味になる。またこの技術を用いて作り上げられた世界を仮想現実、仮想環境、サイバースペースなどと呼び、計算機内部に構成された小世界という意味でマイクロワールドとも呼ぶことができる。ここで用いられる映像は実写映像の場合もあるし、コンピュータグラフィックスの場合もある。また、バーチャルリアリティを構成するための要件として、写実的・没入的リアリティ (Presence)、操作的リアリティ (Interaction)、振舞いのリアリティ (Autonomy) の3要素が必要であるとされている。この要件を満たすため、ディスプレイサブシステム、センササブシステム、シミュレーションサブシステムを含んだ枠組みで仮想現実システムを構成する (図4・8)。

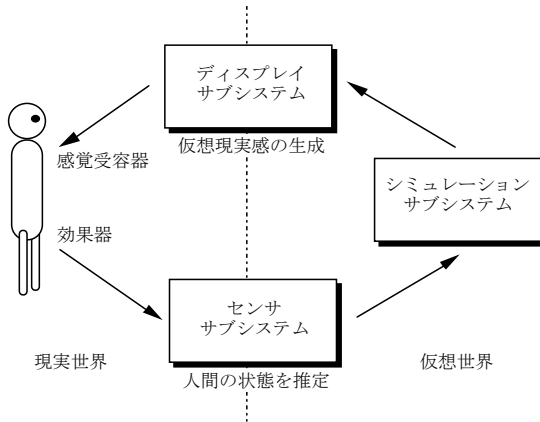


図4・8 バーチャルリアリティ生成の枠組み

VR 技術や仮想現実システムの枠組みを導入した教育・学習支援システムとして、以下が検討されつつある。

(1) マイクロワールドを VR/VE 上に実現

伝統的教授法は物事を体系化し演繹的に整理して教える方法であり、系統立てて効率的に教授できる方法である。これに対して、学習者が主体的な行為で発見的に学習を進めていくやり方も有益である。これは帰納型の教育システムであり、マイクロワールドでの発見的学習はこのタイプになる。第一の方向は、このマイクロワールドを VR/VE 環境上に構築し、よりリアルなマイクロワールドを提供するという考え方である。例えば図4・9のように、反力を実際に感じる事が可能な仮想空間内の物体を操作し、物理法則を体験的に学習させるなどが考えられる^{4),5)}。

(2) 訓練システムなどでの操作系の訓練環境を提供

通常、オペレータの訓練はシミュレータなどを利用して行うことが多いが、簡易に体験させることが可能である、臨場感のある訓練が行える、実機シミュレータの設置よりコスト面で優位である、などから、VR/VE 環境上での訓練システム構築が望まれている⁶⁾。訓練では

特に操作をとまなうことから、操作的リアリティ (Interaction) が特に重要であり、力覚ディスプレイや触圧覚ディスプレイを導入したシステムが開発されている。

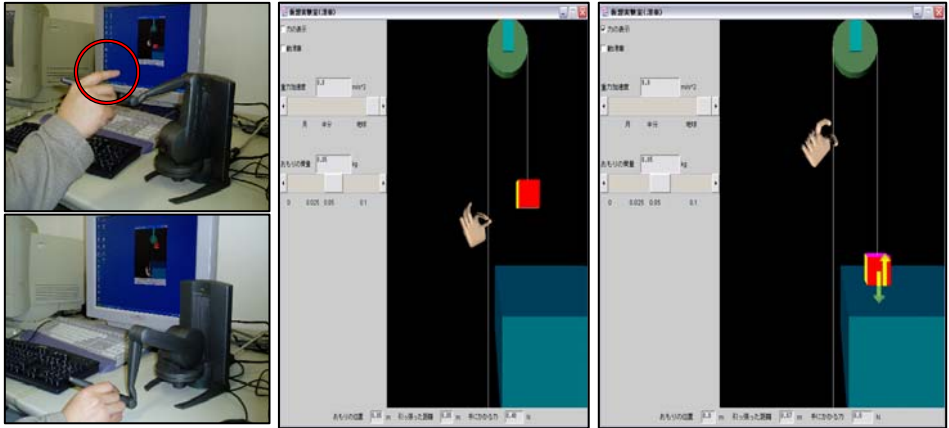
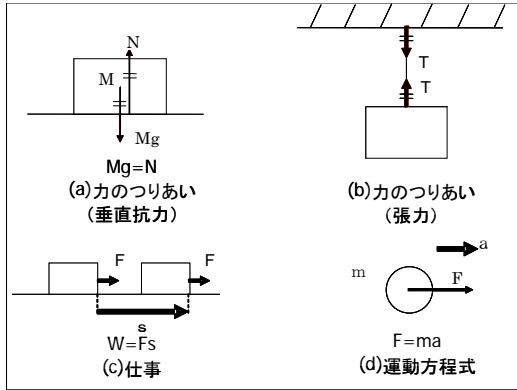


図4・9 反力デバイスを用いた初等力学（滑車の題材）学習支援の例

(3) 協調学習環境／グループ学習支援環境を提供

複数のユーザ（学習者、指導者双方を含む）が同一環境を共有し、双方向でやり取りをしながら学習を進めるのは、まさにVR/VEの概念と一致する（図4・10）。この場合、各ユーザが現実世界で同一の場所にいる必要がなく、むしろ遠隔に存在することの方が一般的であることから、通信技術、ネットワーク技術との連携により実現が期待できる。また、コンピュータによるエージェントがユーザの役割を担う場合もあり、エージェントとのやり取りを通してVR/VE環境上で学習する枠組みの検討がなされている⁷⁾。また、仮想世界と現実世界を複合した複合現実感の技術を応用し、学習者の体験を増幅させることによって効果的な学習を目指した取組みもなされている⁸⁾。

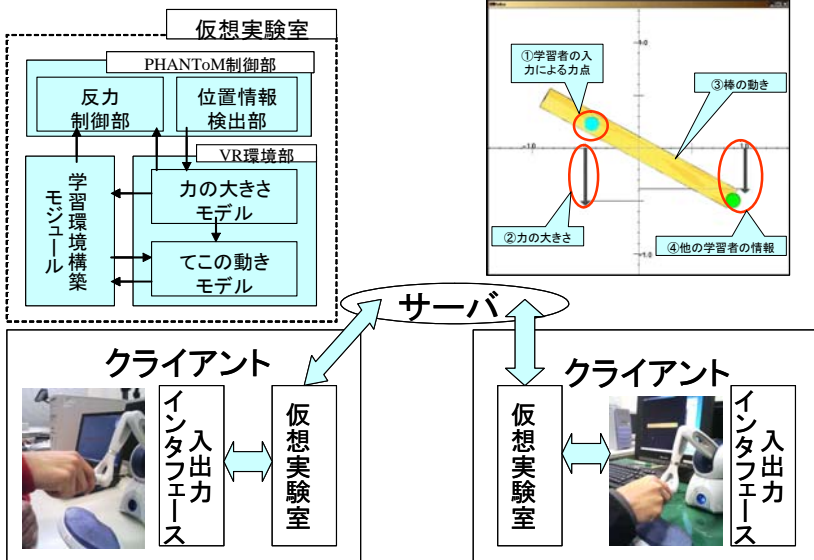


図 4・10 複数の学習者による仮想現実システム（仮想実験室）の共有

■参考文献

- 1) 大槻説乎, 山本米雄, “知的 CAI のパラダイムと実現環境,” 情報処理, vol.29, no.11, pp.1255-1265, 1988.
- 2) 松原行宏, “VR 技術と教育システム,” 教育システム情報学会誌, vol.17, no.1, pp.56-63, 2000.
- 3) 廣瀬通孝, “人工現実感の教育応用,” 計測と制御, vol.31, no.12, pp.1218-1223, 1992.
- 4) 小山達也, 原田哲也, 他, “力覚提示デバイスを用いた体験型学習環境の試作,” 人工知能学会研究会資料, SIG-ALST-A403, pp.25-30, 2005.
- 5) 神邊篤史, 松原行宏, 岩根典之, “上肢運動リハビリテーション支援システムのための力覚フィードバック機能の検討,” 電子情報通信学会論文誌, vol.J91-D, no.2, pp.314-323, 2008.
- 6) 原田哲也, 大澤範高, “「教育・訓練」特集号,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol.11, no.4, pp.451-544, 2006.
- 7) 濱中啓至, 松原行宏, 岩根典之, “てこ題材の仮想実験室を共有する初等力学の体験型学習支援システム,” 教育システム情報学会誌, vol.24, no.4, pp.253-264, 2007.
- 8) 杉本雅則, “体験の増幅を目指した学習支援,” 人工知能学会誌, vol.23, no.2, pp.210-242, 2008.

■S3 群-11 編-4 章

4-5 ユビキタス・モバイル学習環境

(執筆：緒方広明，矢野米雄) [2009年3月 受領]

4-5-1 定義と特徴

ユビキタス・モバイル学習環境とは、一般的には、携帯電話やPDA(Personal Digital Assistant)などの携帯情報端末などを用いて、学校や家庭、駅、図書館など、いつでもどこでも学習を支援できる環境のことである^{1),2)}。また、技術的な視点から、モバイル学習環境とユビキタス学習環境は次のように分類される。まず、モバイル学習環境は、学習者が携帯電話やPDAなどのモバイル情報端末を用いて、いつでもどこでもインターネットにアクセスしたり、他者とコミュニケーションすることにより、学習を行う場合である。一方、ユビキタス学習環境は、GPS(Global Positioning System)やRFID(Radio Frequency Identification)タグ、センサネットワークなどの環境に埋め込まれた情報を用いて、学習の状況に適した学習環境を提供する。

ユビキタス・モバイル学習環境の特徴を以下に示す。

- (1) **学習環境の常設性 (Permanency)** : 各学習者が日頃使い慣れた学習環境をいつでもどこでも利用できる。これにより、日常生活の中での学習 (Everyday Learning) において、日々学習した知識や経験を蓄積していくことができる。
- (2) **学習ニーズに対する即時性 (Immediacy)** : ユビキタス学習環境では、いつでもどこでも時間・場所にとらわれることなく、学習が必要なときに十分な学習が行え、学習の要求と行動との間のタイムラグが小さい。
- (3) **学習時の接続性 (Accessibility)** : 電子メールや掲示板、ビデオなどを用いて、学習者はいつでもどこでも、Webなどの教材にアクセスしたり、教師や専門家と同期・非同期にコミュニケーションできる。
- (4) **学習効果の実用性 (Practicality)** : 仮想空間に限らず、現実世界での出来事が学習の機会につながる。また、学習したことが現実世界の問題解決につながる。
- (5) **学習活動の状況性 (Situatdness)** : 学習活動が、現実世界の日常生活における、ある状況に埋め込まれる。つまり、ユビキタス学習環境では、学習者がその状況下にいることで、問題の理解やそれに関連する知識の獲得が促進される。
- (6) **学習教材の個人適応性 (Adaptability)** : 学習者は、いつでもどこでも教材にアクセスできるだけでなく、学習者の場所や時間、所持する情報端末などの周囲の状況によって、学習者に適切な教材が提供される。これは、しばしば“Provide the right information at the right time and right place in the right way to the right person”と呼ばれる³⁾。

4-5-2 学習理論

本節で解説するユビキタス学習環境を支える学習理論として、Authentic Learning (真正の学習、以下ALと略す)がある⁴⁾。ALは、学習者が実生活の中で体験や経験を通じて、知識や能力を習得していくというアプローチである。具体的にはALには以下の四つの形態がある。

- (1) **活動に基づく学習 (Action Learning)** : 学習者が自発的に実践すること (Learning by

Doing) によって学ぶ場合である。

- (2) **状況に基づく学習 (Situated Learning)**: 学習者がある状況で活動し、実践共同体に関与していくことにより、学ぶ場合である。
- (3) **偶発的な学習 (Incidental Learning)**: 学習者が偶然直面した問題への解決や体験を通じて学ぶ場合である。
- (4) **実験に基づく学習 (Experimental Learning)**: 学習者が実験や試行などの経験を通じて学ぶ場合である。例えば、「あるテーマについて調べる」などの調べ学習によって学ぶ場合である。

以上のように、現実世界での経験や体験を通して、ある状況下に存在することにより、学びが生じることを説明する理論がいくつかある。これらは、ユビキタスラーニング環境をデザインするうえで重要であると考えられる。

4-5-2 ユビキタス・モバイル学習環境の研究事例

(1) モバイル学習環境の例

ここでは、携帯電話や PDA などのモバイル機器を用いて教育や学習を支援するシステムをいくつか紹介する。

- (1) **レスポンスアナライザ**: 授業中、教師が学生に質問を行い、各学生は携帯端末機から回答を入力すると、即座に回答結果を集計して提示し、教師が学生の理解を把握しながら授業を進めるために用いる。例えば、Educlick と呼ばれる特別な携帯端末を用いたシステムや、タブレット PC を用いたもの⁵⁾、また、携帯電話を用いたシステム⁶⁾も開発されている。
- (2) **参加型シミュレーション**: 携帯情報端末をもった各学習者が共同参加して、教室の中を自由に動き回り、インタラクティブにシミュレーションを行い、理解を深めようとするものである。例えば、参考文献 7) は、PDA を用いて、対面した人に次々とウイルスが伝播していく過程のシミュレーションを行うシステムを開発している。また、ソートアルゴリズムの学習を対象としたシステムも開発されている⁸⁾。
- (3) **協同データ収集**: モバイル技術の利点を利用して、教室の外で実際のモノに触れるといった活動を通じて、データを収集し、教室でデータに基づいて議論しながら学ぶものである。その一例として、野鳥観察をテーマにした研究がある⁹⁾。これは、学習者が観察した野鳥の写真や音声を教室に送り、ヒントなどを通じて、野鳥や自然に関する知識を習得させる。また、小学生を対象にカメラ付携帯電話を用いて、共同でデータ収集・共有を行う研究もある¹⁰⁾。
- (4) **協同概念マップ作成**: PiCo-Map¹¹⁾ は、あるテーマをもとに学習者一人一人が概念マップを PDA 上に作成し、赤外線通信を用いて、それぞれのマップを交換・共有し、お互いに相違点などを議論することを支援する。個別の PDA 端末を用いることにより、学習者間のインタラクションが増加することが報告されている。
- (4) **クラスルームプレゼンタ**: これは、教師のスライドを各学習者もつタブレット PC に配布した後、各学習者は Digital Ink を用いて回答を行い、それを集めて、選んだ回答をプロジェクトに提示する¹²⁾。これにより、教師はすべての学生の回答を把握でき、模範回答や間違いなどを学生に示すことができる。

(5) **Group Scribbles**: これは、各学生がそれぞれの PC に PostIt のような個人用メモを書き、それを共有領域に移動することで、情報が黒板のように学生全員に提示する¹³⁾。これは、個人用・共用の作業領域を自由に移動できる点でクラスルームプレゼンタと異なる。

(2) ユビキタス学習環境の例

これは、RFID タグやセンサネットワークなどのユビキタス技術を用いて、学習者の現在の状況（コンテキスト）に適した、質問や教材などを提示する。以下にその例を示す。

(a) RFID 技術による実世界オブジェクトを用いた学習環境

これは、将来的には RFID は様々な日用品に取り付けられるであろうことを想定し、学習者の周囲にあるモノの情報を読み取り、学習者に単語の質問を提示するものである¹⁴⁾。具体的には、PDA から“Where is the CD boom box?” のような質問が音声で行われ、学習者が CD ラジカセのタグを PDA でスキャンすると正解、そうでなければ不正解となる。これは、モノに対するコメントも記入できるので、分からない単語の質問・回答を通して、語彙とモノを関連付けて記憶することを支援する。

(b) センサネットワークを用いた学習環境

センサを用いて擬態語・擬音語の学習支援を行う、ユビキタス学習環境として JAMIOLAS (Japanese Mimesis and Onomatopoeia Learning Assistant with Sensors) がある¹⁵⁾。擬音語とは、人間の聴覚から入る外界の音響・音声をまねて作った語である。例えば、「さらさら」「ごまあざあ」「ごーごー」などがある。また、擬態語とは、視覚や触覚など聴覚以外の感覚印象を言語音によって表した語である。例えば、「きらきら」や「ふらふら」などがある。JAMIOLAS では、温度や湿度、光、音などセンサからの情報をもとに、主に気象に関する擬態語・擬音語の支援を行う。この特徴を以下に示す。

- (1) 学習者はセンサを身に付け、学習者の周囲のデータを読み取り、学習者の現在の状況に相応しい擬態語・擬音語の質問をシステムが提示する。
- (2) 擬態語・擬音語辞書を用いて、センサの値を変更することにより、現在とは異なる状況の関連する語を学習できる。
- (3) 日本人教師や日本人学習者が、システムを使いながら擬態語・擬音語を登録できる。

これまでは、映像や音、絵などのマルチメディアデータを用いて、擬態語・擬音語の学習を支援してきたが、本システムを用いることにより、学習者は現実にとどのような状況下でどのような擬態語や擬音語が使えるのかを、体験を通じて学ぶことができる。

(c) 体験映像の蓄積・共有による学習環境

ユビキタス学習環境では、至る所で起こる経験や体験をどのように蓄積、共有、再利用して学習を支援するかが課題の一つである。そのために LORAMS (Link Of RFID And Movies System) では、日常の体験を録画した映像とその映像内で登場する実世界オブジェクトとを、RFID タグを読み取ることでリンクさせて記録し、共有する¹⁶⁾。学習者は共有した映像の中から、実世界のオブジェクトなどを検索キーとして映像を検索し、閲覧することによって、様々な体験を映像コンテンツとして共有し、それをもとに様々な分野の学習ができる。まず、LORAMS は、無線 LAN、RFID タグリーダをもつ PDA とデジタルビデオカメラを学習者 1 人につき 1 台ずつもっていることを想定する。撮影時、オブジェクトに付けられている RFID タグを読み込むだけで、映像とオブジェクトをリンクさせて記録する。次に、リンク付けし

て記録した映像を共有する。学習者が入力したオブジェクトの RFID タグ情報やテキスト情報から、映像を検索する。検索結果をランク付けして表示する。検索キーにしたオブジェクトを使用した場面のみを抽出して、学習者に映像を提供できる。ユーザ全員が映像に注釈を付けることができる。これに加えて、PerKAM (Personalized Knowledge Awareness Map) システム¹⁷⁾では、学習者の周辺のモノと他の学習者の興味や知識などの情報から、適切な協力者を視覚的に表示し、協調学習のきっかけを与える。例えば、PC のハードディスクを交換している最中に問題が起これり、自分でマニュアルや Web ページなどを調べても解決できないとき、近くで誰か手伝ってくれる人を探す場合に有効である。また、LORAMS と連携して、ビデオ映像で解決できない場合、PerKAM を用いて協調学習を行い、それをまたビデオ映像として蓄積していくことも可能である。

4-5-3 おわりに

本節では、ユビキタス・モバイル学習環境の定義や特徴、それを支える学習理論について述べ、いくつかの研究を紹介した。ユビキタス情報社会において、人々の学びをどのように支援できるのか、また、それが人々の生活にどのように影響を与えるかを検討することは、非常に重要な研究課題の一つであると考えられる。現在の技術で実現できるもの、2年後、3年後の技術で実現を図るもの、また、10年以上の未来を予想した研究など様々であるが、これらが有機的につながり、人々の生活を豊かで充実したものにすることが期待される。

■参考文献

- 1) 緒方広明, 矢野米雄, “ユビキタスラーニング環境の研究動向,” 教育システム情報学会学会誌, vol.22, no.3, pp.152-160, 2005.
- 2) 緒方広明, 矢野米雄, “ユビキタス・モバイル技術による学習支援,” 人工知能学会学会誌, vol.23, no.2, pp.213-220, 2008.
- 3) G. Fischer, “User Modeling in Human-Computer Interaction,” Journal of User Modeling and User-Adapted Interaction (UMUAI), vol.11, No.1/2, pp.65-86, 2001.
- 4) J. S. Brown, A. Collins, and P. Duguid, “Situated Cognition and the Culture of Learning,” Educational Researcher, (Jan.-Feb.), pp.32-42, 1989.
- 5) Y. C. Deng, S. B. Chang, L. J. Yang, and T. W. Chan, “EduCart: A Hardware Management System for Supporting Devices in a Classroom Learning Environment,” Proc. of WMTE2004, pp.177-181, 2004.
- 6) K. Nagaoka, “A Response Analyzer System Utilizing Mobile Phones,” Proc. of International Conference on Web Based Education 2005, pp.579-584, 2005.
- 7) V. Colella, “Participatory simulations: building collaborative understanding through impressive dynamic modeling,” Journal of the Learning Sciences, 9(4), pp.471-500, 2000.
- 8) C. Yin, H. Ogata, and Y. Yano, “Participatory Simulation Framework to Support Learning Computer Science,” International Journal of Mobile Learning and Organisation, vol.1, no.3, pp.288-304, 2007.
- 9) Y. S. Chen, T. C. Kao, J. P. Sheu, and C. Y. Chiang, “A Mobile Scaffolding-Aid-Based Bird-Watching Learning System,” Proc. of Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE) 2002, IEEE Computer Society Press, pp.15-22, 2002.
- 10) M. Takenaka, S. Inagaki, M. Ohkubo, H. Kuroda, and S. Doi, “Development of a Collaborative Learning Support System Using Camera-Equipped Mobile Phones: A Demonstrative Experiment in a 1st-Grade Class of a Japanese Elementary School,” Proc. of ICCE 2004, pp.457-465, 2004.
- 11) M. Curtis, K. Luchini, W. Bobrowsky, C. Quintana, and E. Soloway, “Handheld Use in K-12: A Descriptive Account,” Proc. of WMTE 2002, pp.23-30, 2002.
- 12) R. Anderson, R. Anderson, P. Davis, N. Linnell, C. Prince, V. Razmov, and F. Videon, “Classroom Presenter:

Enhancing Interactive Education with Digital Ink,” IEEE Computer, September, pp.56-61, 2007.

13) J. Roschelle, D. Tatar, S. R. Chaudhury, Y. Dimitriadis, C. Patton, and C. DiGiano, “Ink, improvisation, and interactive engagement: Learning with tablets,” IEEE Computer, 40(9), pp.38-44, 2007.

14) 緒方広明, 赤松亮, 矢野米雄, “TANGO: RFID タグを用いた単語学習環境,” 教育システム情報学会論文誌, vol.22, no.1, pp.30-35, 2005.

15) 緒方広明, 近藤智央, 殷 成久, 劉玉琴, 矢野米雄, “JAMIOLAS: センサを用いた擬態語・擬音語学習支援環境の試作,” 教育システム情報学会論文誌, vol.24, no.4, pp.333-342, 2007.

16) H. Ogata, Y. Matsuka, M. Bishouty, and Y. Yano, “LORAMS: Capturing sharing and reusing experiences by linking physical objects and videos,” International Workshop on Pervasive Learning 2007, pp.34-42, 2007.

17) M. Bishouty, H. Ogata, and Y. Yano, “Personalized Knowledge Awareness Map in Computer Supported Ubiquitous Learning,” Educational Technology and Society Journal, vol.10, no.3, pp.122-134, 2007.

■S3 群-11 編-4 章

4-6 認知ツール

(執筆者：柏原昭博) [2009年9月 受領]

一般に、人間が自分の認知プロセスに対して積極的に関与すること (Engagement) を前提として、認知プロセスの促進及びプロセス遂行スキルの向上を図るコンピュータシステムを認知ツールと総称する¹⁾。本節では、「学習」の道具としての認知ツールに焦点を当て、その役割・用途・可能性、及びデザイン方法について概説する。

4-6-1 認知ツールとは

通常の学習・教育支援システムでは、コンピュータが学習における教師役となり、主に学習者はシステム (教師) の制御下で提示される情報に従って学習を進めることになる。学習者側からみると、このような学習はしばしば Learning from Computers と称される²⁾。一方、認知ツールでは、教師役としてではなく、コンピュータが学習のための道具としての役割を担い、学習者自身が能動的にこの道具を用いて学習に関わる情報を作り出しながら学習プロセスを遂行することを前提としている。特に、学習者主導で学習プロセスの制御を行い、効果的・効率的なプロセス遂行のために認知ツールを用いる。このような学習は Learning with Computers と称される²⁾。

こうした学習者主導による学習プロセスにおいて認知ツールが果たす役割は、ツールなしでは遂行が困難または不可能な認知的タスクを学習者が実行できるようにすることである。あるいは、学習効果を高めるために同じ学習プロセスであっても遂行上有意義と考えられる認知的タスクを学習者に与えることである。つまり、物理的ツールのようにタスクや作業の軽減・代行を意図するのではなく、認知ツールとの相互作用を通じて認知的タスクを学習者が積極的に負うことを意図している。ただし、学習者が負うべき認知的タスクは学習にとって利得となり得るものである。

また、認知ツールとの相互作用では、学習に関わる心的な状態・プロセスやその生成物を外化して表現する場が学習者に提供される。このような外化表現活動を媒介として、学習者は(1)知識構築、(2)メタ認知・熟達、(3)評価、など学習にとって重要な認知的タスクを遂行することが可能となる。

以下では、(1)～(3)の用途に焦点を当て、認知ツールが提供する機能や可能性について説明する。

4-6-2 認知ツールの用途

(1) 知識構築

構成主義的学習観 (Constructivism) では、学習者自身が学習リソースに対して探求や問題解決などを行いながら、学んだ知識を構築することが重視される。しかしながら、このような知識構築は容易な認知的タスクではない。

これに対して、探求・問題解決プロセスの状態やそれらのプロセスの生成物を表現したり、リソースから学んだ内容を表現しながら構造化する機能を提供する認知ツールを用いることで、学習者による知識構築の遂行を支援することができる。このような知識構築タスクは、

認知ツールが提供する外化表現活動との親和性が高いことから、ツールによって実行可能となる最も典型的な認知的タスクとなっている。

一方、社会構成主義的学習観 (Social Constructivism) では、個人による知識構築よりも、社会的な文脈の中で知識を構築していくことが重視される。特に、学習者個人による知識構築では学んだ知識が不十分・不適切になることがしばしば問題となるが、社会的な文脈では他の学習者から批評を受けたり、他の学習者と比較・議論することで、自らの知識を洗練することが期待される。このような学習者間において学んだ知識の批評・比較・議論を行わせる認知ツールを提供することで、社会的な知識構築の遂行を支援することができる。

具体的には、認知ツールによって個々の学習者が外化表現した知識を学習コミュニティ内で共有したり、外化表現に対する修正・比較・議論を行う機能が提供される。Knowledge Forum³⁾をはじめとする CSCL (Computer-Supported Collaborative Learning) 向けの認知ツールの多くは、こうした社会的知識構築の用途で活用されている。

(2) メタ認知・熟達

認知ツールの利用では、学習者が学習プロセス遂行に対して積極的に関与することが前提である。そのうえで学習プロセス遂行をより効果的・効率的に行うためには、学習者自らが学習プロセスを観察し、自己評価を行って、それに応じて学習プロセスを自己調整することが必要である。これらの認知的活動は、学習プロセスに対するメタ認知と呼ばれる。メタ認知は、頭の中で起こる学習プロセスを対象としているため、学習者にとっては非常に遂行が困難なタスクであるといえる。

これに対して、学習リソースを学ぶプロセスを外化させる機能を有した認知ツールを用いることで、メタ認知の対象を具象化し、学習プロセスの観察・自己評価・自己調整を客観的に行う場を提供することができる。また、持続的に認知ツールを利用することを通じてメタ認知の経験を積み重ねることで、学習プロセス遂行に熟達することにも資することができる。特に、認知ツールを用いた外化表現操作と学習プロセスにおける心的操作との同型性が高い場合、認知ツールの操作に熟達することが学び方を学ぶことにつながり、学習プロセスの遂行スキルを高める。

例えば、Interactive History (IH と呼ぶ) は、ハイパーテキスト教材において学習者がページごとに学んだ内容を表現するとともに、それらを構造化することを媒介に知識構築プロセスを外化させる機能を有した認知ツールである⁴⁾。IH が提供する構造化操作は、ハイパーテキスト教材からの知識構築プロセスに対応しており、学習者は IH の操作に熟達することで知識構築プロセス遂行スキルを高めることが期待できる。

このように認知ツールの操作に熟達するうえでは、持続的に認知ツールを使い、メタ認知の経験を積み重ねることが必要である。参考文献 5) では、認知的徒弟制の考え方に基づき、学習コミュニティ内で認知ツールを持続的に利用する文脈を設定して、認知ツール操作の熟達度が異なる学習者間で相互作用させることでメタ認知の経験を効果的に積み重ねる手法が提案されている。

以上のように、認知ツールが提供する学習プロセスの外化表現機能は、メタ認知を促進するとともに、外化表現する経験を積み重ねることで学習プロセスを遂行するスキルを高めることにも貢献する。

(3) モデリング・評価

学習者に対する高度で適応的な学習・教育支援を実現するシステムでは、ユーザインタフェースを介して得られる学習者の入力から学習状態や知識状態をモデル化することが非常に重要なタスクとなる。しかしながら、このような学習者モデルの構築をコンピュータが的確に行うには限界がある。

そこで、学習者が認知ツールを用いて自らの学習状態・知識状態を表明することで、システムによる学習者モデリングの不的確さを補うというアプローチがある⁹⁾。つまり、認知ツールは学習者が自分の学習・知識状態をモデル化するための表現を提供し、システムは表現された学習者モデルに基づいてよりの確かな学習・教育支援を展開することが可能となる。こうしたモデリングを行うことは、学習プロセスに対するリフレクション(自己評価を含む)を促すことになり、学習者にとっても有意義なタスクであるといえる。

また、他者(教師や他の学習者など)が学習者の学習プロセスを評価する場合、学習中のパフォーマンスや学習後のテスト結果から間接的に推定することになるが、認知ツールを用いることでより直接的に学習の効果を評価することが可能となる。ただし、外化表現に対する解釈を学習者と他者との間で共有可能であることが前提となる。

4-6-3 認知ツールデザイン

認知ツールを用いて学習者が積極的に認知的関与とは、ツールを利用する文脈において学習者が負うべき認知的タスクをツール操作を媒介として実行することに対応する。認知ツールのデザインでは、ツールと学習者とのインタラクションを通してこのような認知的関与が生じるように考慮する必要がある。特に、デザインに当たっては、(1)認知的タスク、(2)ツールの操作系、(3)利用文脈(シナリオ)を決めることが重要となる。

まず、認知ツールによって期待される学習者の認知的タスクについては、基盤とする学習観や学習理論を考慮して設定することになる。例えば、構成主義学習観から認知ツールを活用する場合、個人的あるいは社会的知識構築を認知的タスクに設定し、熟達を目的に認知ツールを活用する場合はメタ認知やメタ認知経験の積み重ねを認知タスクとして設定することになる。

次に、認知ツールの操作は、学習者が認知的タスクを実行するうえで媒介としての役割を担うことから、そのデザインは非常に重要である。認知ツールが学習に関わる心的な状態・プロセスの外化表現に関する操作系を提供することは、学習者に対して学習プロセスの足場を築くこと(Scaffolding)、及び学習プロセス遂行に関する情報をその操作系に埋め込んでおくこと(Affordance)を意味する¹⁾。学習者は、埋め込まれた情報を顕在化させながら学習プロセスを発現することが期待される。

このような認知ツールの操作系をデザインするうえでは、学習プロセスにおける心的状態や心的操作のモデルを立て、それらの外化表現を定義し、かつ外化表現を描く操作を定義する。そして、定義したツール操作が認知的タスクの遂行を促進することを検証し、操作系をデザインすることになる。例えば、IHではハイパーテキスト教材における知識構築プロセスをモデル化し、そのプロセスの外化表現操作が知識構築遂行を促進することを検証したうえで、IHの操作系がデザインされている⁴⁾。学習者は、その操作系を足場とし、認知ツールとのインタラクションを通して知識構築プロセス遂行に関する情報を得ながら、知識構築を進

めることができる。

最後に、認知ツールが利用されるべき文脈については、同じ認知ツールでも利用文脈によって実行可能となる認知的タスクが制約されることから、デザインの段階で明確にしておく必要がある。通常、こうした利用文脈は、学習者に対して期待する認知的タスクに応じて設定することになる。例えば、学習スキルアップを期待するような場合、認知ツールを持続的に用いるような文脈を想定する必要がある。IH による知識構築プロセス遂行の熟達支援では、研究グループ内で持続的に研究内容に関係する Web リソース群を学ぶという文脈が想定されている。

以上のように、認知ツールのデザインは、想定する認知的タスク、認知ツールの操作系、ツールの利用文脈の関連性を踏まえて行うことが重要である。

■参考文献

- 1) B. Kim and T. C. Reeves, "Reframing research on learning with technology: in search of the meaning of cognitive tools," *Journal of Instructional Science*, vol.35, pp.207-256, 2007.
- 2) D. H. Jonassen, "Computers as Mindtools for Schools: Engaging Critical Thinking, Second Edition," Prentice-Hall, 2000.
- 3) Knowledge Forum, <http://www.knowledgeforum.com/KForum.htm> (2009).
- 4) 柏原昭博, 坂本雅直, 長谷川忍, 豊田順一, "ハイパー空間における主体的学習プロセスのリフレクション支援," *人工知能学会論文誌*, vol.18, no.5, pp.245-256, 2003.
- 5) A. Kashihara, K. Taira, M. Shinya, and K. Sawazaki, "Cognitive Apprenticeship Approach to Developing Meta-Cognitive Skill with Cognitive Tool for Web-based Navigational Learning," *Proc. of the IASTED International Conference on Web-Based Education*, pp.351-356, 2008.
- 6) S. P. Lajoie, "Computers as Cognitive Tools: No More Walls, Vol.2," Lawrence Erlbaum Associates, 2000.

■S3 群-11 編-4 章

4-7 言語学習支援システム

(執筆者：小西達裕) [2009年9月 受領]

4-7-1 概要

言語学習においては学習の特性上、学習者個々に聴解演習を行うことが重要であることから、古くから音声メディアを学習者が個別に使用できる学習環境（いわゆる LL 教室）が広く利用されてきた。その後、LL 教室はコンピュータシステムを組み込んだ CALL (Computer aided Language Laboratory) 教室に発展していく。それとともに学習者に提供されるメディアも言語使用状況を再現する動画の利用が標準的となり、また多様な情報処理技術を応用した言語学習支援システムが開発されるようになった。

本節では学習対象分野ごとに、先進的技術を応用した言語学習システムの構築事例を紹介する。なお本節では、実践的な言語教育に広く利用されているシステムであっても、言語教育に特化した機能をもたないものについては取り上げないこととする（例えば一般的なビデオチャットなどのネットワーク利用メディアを介して、他の学習者や外国人とコミュニケーションすることによる言語学習など）。

この分野に応用される主な情報処理技術には以下のようなものがある。

- ・ **音声言語処理技術**：会話訓練の際に学習者の発話を認識する。また、学習者の発話の音韻上の特徴を解析し、ネイティブの発話を基準としてその流暢さを評価する、など。
- ・ **自然言語処理技術**：会話訓練や作文演習において学習者による言語表現を解析し、その意味を理解したり、文法上の誤りを発見する。あるいは例文を解析してその構造を学習者に提示し、読解を支援する。また、文法演習問題の自動生成にも用いられる。
- ・ **言語資源データベース（コーパス）**：新聞記事などの大量の例文データを保持したデータベースは、作文演習の支援、多読による学習の支援などに用いられる。
- ・ **バーチャルリアリティ**：言語の仕様状況をより臨場感のある形で学習者に提示する。
- ・ **ユビキタスデバイス**：可搬なデバイス（携帯電話、PDA、ゲーム機など）を用いて、教室外での言語使用状況における学習を支援する。

4-7-2 聴解・発話学習支援システム

この分野では、古典的な学習方法であるスキット（対話状況を想定した寸劇）を観ながらの聴解・会話訓練を行う学習教材が多数開発されている。これに加えて近年、音声言語処理 (Spoken Language Processing) を応用した学習支援機能をもつシステムの開発が進んでいる。

聴解教材の作成には多大なコストを必要とする。字幕付テレビニュース放送を素材とした語学学習教材作成システム¹⁾は、ニュース番組において文字放送で送信される字幕情報を取得し、これをニュース音声・映像と組み合わせた聴解教材を半自動的に作成するものである。放送される字幕は音声認識処理により生成されているため、ニュース音声とはタイムラグが生じる。このシステムでは字幕に含まれる語を抽出し、ニュース音声の認識結果と突き合わせて両者の同期をとることができる。

峯松らの研究²⁾では音声認識技術の応用によって日本人英語学習者の発話の特徴を解析し、学習者ごとの発音の癖を抽出するとともに、これを視覚化して学習者にフィードバック

する機構を開発している。伊藤らの研究³⁾では同じく日本人英語学習者を対象とし、学習者の発話音声と教師の発話音声の音韻上の特徴の差異を分析することにより、学習者のリズム、イントネーションの正しさを自動判定する手法を開発している。

また、中国語学習者を対象とした声調学習ツール“声調式号”、“声調参号”⁴⁾は、模範音声と学習者音声の両者の発話ピッチをグラフ化して比較表示することにより、適正なピッチの視覚的な学習を支援する機能をもつ。更に、学習者音声の韻律を模範音声の韻律に矯正することにより、学習者自身の声で適正なピッチの発話音声を生成して、聴覚的にも学習を支援することができる。

4-7-3 読解学習支援システム

あすなる^{5),6)}は、自然言語処理(Natural Language Processing)技術を応用した日本語読解学習支援システムである。理工系留學生を対象とし、文献読解を支援することを主な目的とする。英語及び複数のアジア系言語の辞書をもち、学習者の母語により切り替えることができる。入力文に対して形態素解析を行い、単語の分かち書き情報、各単語の品詞・意味・使用例文を提示する(図4・11)。また、構文解析を行い、係り受け構造を木構造・ブロック構造として図示する(図4・12)。

単語ごとの情報 (のリンクすると右上に単語の概念説明が表示されます)

アスナロ	ハ	シゼン	ゲンゴ	ショリ	ギジュツ	ヲ	オウヨウ	シ	タ	ニホゴ	ドゥカイガクシユウ	シエン	デ	アル		
あすなる	は	自然	言語	処理	技術	を	応用	し	た	日本語	読解	学習	支援	システム	で	ある
名詞	助詞	名詞	名詞	名詞	名詞	助詞	名詞	動詞	助動詞	名詞	名詞	名詞	名詞	名詞	助動詞	助動詞

図4・11 「あすなる」の出力例1

あすなるは	自然言語処理技術を	応用した	日本語読解学習支援システムである
-------	-----------	------	------------------

図4・12 「あすなる」の出力例2

4-7-4 作文学習支援システム

作文学習の支援のために、学習対象言語のコーパス(Corpus)から語句の用例を検索する機能をもつシステムが数多く開発されている。一般に、コーパスからの用例検索では多数の検索結果の中から参考になる用例を選択することが必ずしも容易でないという問題がある。用例検索ツール SOUP⁷⁾(Illustrative-sentences Search Tool Using Phase Structure)は、句構造情報を用いて用例を分類提示することにより、学習者の負荷を低減している。例えば、ある名詞 N を目的語とする動詞を選択する場面で、「何らかの動詞の後に N を head とする句が出現すること」をキーとして検索した場合、単純な方法では単に条件を満たす事例が列挙されるだけである。SOUP では曖昧性を含む条件(この場合「何らかの動詞」)について、それにヒットした対象を基準に自動的に分類を行ってから結果を表示する。この例では、用例が動詞の種類ごとに分類されて提示されるため、学習者はどの動詞が N に対して適切かを判断しやすくなる。SOUP ではこのような分類を行うために、予め用例を構文解析して得られた句

構造情報を含むコーパスを利用している。

ネットワーク上で公開されている用例検索型作文支援システムに、なつめ^{6),8)}がある。これは、外国人留学生を対象とした日本語作文学習支援システムであり、句検索機能と例文検索機能をもつ。句検索機能では単語間の共起関係の学習を支援する。名詞と動詞/形容詞の共起関係、及び副詞と動詞/形容詞の共起関係をキーワードから検索できる。例えば、名詞「ネットワーク」をキーワードとして動詞/形容詞との共起関係を検索すると、**図 4-13**のように格助詞ごとに共起する動詞/形容詞が提示され、選択するとそれぞれの意味と用例を見ることができる。例文検索機能ではキーワードを含む例文をコーパスから検索するが、その際、日本語能力検定 (JLPT) の単語レベル (1 級から 4 級まで) を検索条件として指定できる。例えば、2 級以下を指定した場合には、1 級の単語を含まない例文だけを提示する。

ネットワークが	ネットワークを	ネットワークに	ネットワークで	ネットワークから
はりめぐらされる	ネットワークする	直接アクセスする	繋がせる	転送する
構築される	高度化させる	接続される	連結される	隔離される
断線する	破壊させる	組み入れられる	接続される	改組する
ストップする	はりめぐらせる	登録される	結ばれる	取り込む
張り巡らされる	開通させる	すり寄る	共有される	独立する

図 4-13 「なつめ」の句検索機能

作文学習支援システムのもうひとつの典型としては、学習者の作成した文を自動評価するものがある。徳田らの英作文教育支援システム⁹⁾は、オートマトンとして記述された正解文パターン及び典型的誤りパターンのテンプレートを用意し、これと学習者の作文をマッチングすることによって診断を行う。ここで、一般に学習者の作文には予期しないパターンの誤りが含まれるため、テンプレートと完全に一致しなくとも、最も近いものを検出できることが必要である。このシステムでは、非局所的な照合アルゴリズムを用いることにより、全体として最も学習者の作文に近い構造をもつテンプレートを検出することができる。

4-7-5 文字・語彙学習支援システム

言語学習において日常生活の中から学ぶことは重要である。TANGO システム¹⁰⁾は RFID (Radio Frequency Identification) タグを用いることにより、実世界の物体と学習環境を結び付けたシステムである。RFID とは、微小な無線チップ (タグ) を人や物品に貼付し、センサによりそれらを識別・管理する技術である。このシステムでは RFID タグが貼付された日用品などの物体が学習者の周囲に置かれている状況を想定する。学習者が携帯する PDA (Personal Digital Assistant) 上で動作するシステムが、学習者の周囲にある物体を RFID タグにより認識し、その物体に関する問題を出題する。例えば、台所で “What is the microwave?” といった質問が音声で出力され、学習者が電子レンジに貼られた RFID タグをシステムに読ませることができれば正解である。

非漢字圏の日本語学習者にとって、漢字の学習は大きな障壁となっている。単純な暗記学習よりも高い動機づけを与えるために、漢字学習をバズルゲーム化した学習支援システムが単漢字簡単¹¹⁾である。これは、漢字を字画ごとにばらばらにしたものを選択肢として学習者に示し、指定された漢字を正しい書き順で書くための字画の順序を入力させるものである。

また同様に、ゲーム形式の漢字学習環境に KanjiMaster¹²⁾がある。これは、漢字の部首と部首以外の部分を部品として与え、GUI上でこれらを組み合わせて実際に存在する漢字を作成させるものである。

4-7-6 その他

國近らは英語物語の聴解もしくは読解後にその内容に関する質問に答える学習の支援を行うシステムを開発している¹³⁾。このシステムは、主として中学校の教科書程度の英文を対象とし、学習者の理解度に応じて適切な質問文を生成する機能、学習者の解答を単なる表層レベルの一致だけでなく、意味レベルで評価する機能をもつ。

■参考文献

- 1) 小林 聡, 田中敬志, 森 一将, 中川聖一, “字幕付きテレビニュース放送を素材とした語学学習教材作成システム,” 人工知能学会論文誌, vol.17, no.4, pp.500-509, 2002.
- 2) 峯松信明, 藤澤友紀子, 中川聖一, “英単語発音上の癖の自動推定・視覚化とそれに基づく発音能力の韻律的評定,” 電子情報通信学会論文誌(D), vol.J83-D2, no.2, pp.486-499, 2000.
- 3) 伊藤彰則, 今野 樹, 鈴木基之, 牧野正三, “決定木を用いた単語クラスタリングによる英語韻律自動評価の高精度化,” 電子情報通信学会論文誌(D), vol.J91-D, no.2, pp.358-366, 2008.
- 4) 都木 徹, 服部有希子, 小宮 恵, 今井 篤, 岸 憲史, 伊藤崇之, “韻律の視覚化及び矯正音声を用いた中国語学習システム,” 電子情報通信学会論文誌(D1), vol.J88-D1, no.2, pp.478-487, 2005.
- 5) 仁科喜久子, 奥村 学, 八木 豊, 澤谷孝志, 戸次徳久, 杉本茂樹, 傅 亮, 阿辺川武, “構文構造, 多言語, 例文の表紙および読み上げ音声を実装した日本語学習支援システム-「あすなろ」の開発,” 特定領域研究(A)「高等教育改革に資するマルチメディアの高度利用に関する研究」, pp.81-84, 2001.
- 6) あすなろ・なつめ, <http://hinoki.ryu.titech.ac.jp/>
- 7) 三好康夫, 越智洋司, 金西計英, 岡本 竜, 矢野米雄, “英作文支援における句構造情報を利用した用例検索ツール,” 日本教育工学会論文誌, vol.27, no.3, pp.283-294, 2003.
- 8) 仁科喜久子, 吉橋健治, 曹 紅?, “作文支援システム「なつめ」における共起表現表示機能と評価,” 日本語教育方法研究会, vol.14, no.1, pp.44-45, 2007.
- 9) 徳田尚之, 黄 亮, 陳 亮, 日下部誠, 永井 明, “テンプレートオートマトンによるオンライン知的英作文教育支援システム,” 電子情報通信学会論文誌(D), vol.J84-D1, no.7, pp.1089-1101, 2001.
- 10) 緒方広明, 赤松 亮, 矢野米雄, “TANGO: RFID タグを用いた単語学習環境,” 教育システム情報学会誌, vol.22, no.1, pp.30-35, 2005.
- 11) 林 敏浩, 織田好洋, 澤田公寛, 林田行雄, “漢字の字画を学習するためのゲーム型ドリルシステムの開発,” 教育システム情報学会誌, vol.18, no.1, pp.7-15, 2001.
- 12) 林 敏浩, 林田行雄, “KanjiMaster: 部分構造の組み合わせゲームを用いた漢字学習システム,” 教育システム情報学会誌, vol.19, no.4, pp.240-245, 2002.
- 13) 國近秀信, 本田 実, 平嶋 宗, 竹内 章, “英語物語に関する質問応答のための意味比較による正誤判定,” 電子情報通信学会論文誌(D-1), vol.J88_D_1(1), pp.25-35, 2005.

■S3 群-11 編-4 章

4-8 問題解決・理解支援システム

(執筆者：平嶋 宗) [2009年4月 受領]

学習・教育において、問題解決は非常に重要な役割を果たしている。単に知識を獲得するだけであれば、講義などによる知識伝達や、教科書を用いて自習するなどの方法で事足りるが、その獲得したものをより確かなものとするためには、その知識を使ってみる必要がある。情報处理的なモデルで考えれば、与えられた情報から新しい情報を演繹するために用いられるのが「知識」であり、何らかの所与の情報が存在する状況の下で、未知の情報を求めるという設定において、知識が用いられることとなる。このような設定がいわゆる「問題」であり、知識を用いてその問題において求められている未知の情報を導くことが「問題解決」ということとなる。学習・教育においてはこのような問題解決を通して知識の使い方を学んでいくこととなる。

この問題解決は、ICT を活用した学習支援システムに関する研究の最も重要な対象の一つである。同じような学習活動を行った学習者であっても、そこで得た知識及びその洗練度合いは異なっていると考えるのが自然である。したがって、その知識を用いて行う問題解決も異なってくる場合が多く、問題解決は基本的には個別性の高い学習活動であるということが出来る。このことから、個別に行われる問題解決を個別に支援する一つの方法としての ICT 活用の可能性は大きいといえる。また、複数の学習者で協調的な問題解決を行う場合においても、本来個別に行われる問題解決を協調的なものとするうえでの ICT 活用の有用性は大きいとされている。

以下本節では、まず、一般的な演習問題を念頭に置いたうえで、問題解決支援システムの行うべき支援について概説する。その後で、問題の定義についてより詳しく述べる。更に、問題理解についても概説する。

4-8-1 問題解決支援

問題解決の支援としては、(1)出題、(2)解答評価、(3)解決支援、(4)協調支援、の四つを主な支援としてあげることができる。以下それぞれについて概説する。

学習者の行う問題解決の意義は、取り組んでいる問題の質によって左右される。学習者によって解けることが自明な問題を繰り返し行わせる問題演習も存在するが、これについては支援の必要性はほとんどないといえるので、ここでは学習者にとって何らかの新奇性をもった問題に取り組む場合に限って説明する。後者のような問題演習では、学習者は問題解決を通して既存の知識の使い方を学んでいくことになる。したがって、このような学習を効果的に進めるうえでは、学習者にとってどう解くかが自明となっている問題に取り組みさせることはあまり好ましくはない。また、学習者にとって自明ではないにしろ、解ける可能性の高い問題に取り組みさせることが必要であり、解けないことが予想される問題を与えるべきでない。これらのことから、学習者の学習進度と、学習者が学ぶべき事柄を吟味したうえで、学習者に与える問題を選ぶ必要があり、したがって「出題」は問題解決支援の最も重要な要素の一つとなる。このような機能の実現のために、学習者の理解状態を表現する学習者モデルと、問題の質を表現する問題をモデルに基づいて、出題を制御することとなる。ただし、e ラー

ニングなどの実用レベルではこれらのモデルに基づいてシステム設計時に出题系列を固定してしまうのが一般的であり、これらのモデルの明示的な記述・処理は、知識工学的なアプローチとして実験的に行われる段階である。

学習支援システムの最も重要な特徴の一つは、インタラクティブ性であり、上述の学習者に応じた出題もその一つである。問題解決の支援をインタラクティブなものとするためには、学習者の行う問題解決を評価する必要がある。したがって、解答（問題解決過程を含む）の評価は、解決支援システムにおける最も重要な機能一つといえる。この解答評価には、様々な形態があるが、それらは(1)評価レベル、(2)評価主体、の二つ観点から整理することができる。最も基本レベルの評価は、(1-1)正誤評価、である。これは問題に対する正解を用意しておくだけで可能である。しかしながら、様々な誤りがあり、またそれぞれの誤りが学習者に質的に異なった学習の機会を提供しているということを考えると、(1-2)誤り種類評価、まで行えることが望ましい。更に、学習者の知識がどのように不適切であるがために誤りが生じたのかまで評価しようとするれば、(1-3)バグ評価、が必要となる。誤り種類評価、バグ評価については、現時点の技術ではその精度の保障が難しいことから、実用化されているeラーニングシステムの多くは正誤評価レベルでの解答評価を行っており、誤り種類評価、バグ評価の実現・活用は今後の課題となっている。

学習支援システムにおいては、このような評価を行う主体はシステムとなるのが基本であるが（Agent-assessment）、学習者自身による評価（Self-assessment）、教師による評価（Teacher-assessment）、他学習者による評価（Peer-assessment）もあり得る。学習者自身が自分の行った問題解決を評価できることが最も望ましいといえるが、学習者自身は学習の途上にあり、十分に問題解決を行えないために学習としての問題解決を行っていることからして、学習者自身に評価させるだけでは不十分であることは明らかである。教師による評価はその精度・詳細さに優れており、最も望ましい評価といえるが、学習者と教師の比率を考えた場合、実際の教育現場で実現することは難しい。他学習者による評価は、協調学習の動機づけなどの効果もともなうことから有力な方法と思われるが、学習者自身による評価と同様の不十分さをともなっているといえる。これらの評価法はそれぞれ利点をもっており、学習支援システムをデザインするうえでこれらをどのように組み合わせて解答評価を行うかが重要となる。

解決支援は、(A)誤りや行き詰まりに対する支援、と(B)問題解決過程の外化支援、に分けることができる。誤りや行き詰まりに対する支援は、評価のレベルに大きく依存することになるが、基本的には(A-1)問題解決を進めさせるための支援、となる。正解、及びその正解を導くプロセスの説明が最も直接的なものとなるが、学習者の状態をより的確に把握することができていれば、学習者が自分自身でどのように問題解決を進めることができるかを気づけるような間接的な情報提供ができ、学習の観点からするとこのような支援が望ましいといえる。また、正しい問題解決を教えるだけでは、なぜ誤ったかの説明になっていないため、学習者自身に誤りを気づき、修正すべきことに納得させることが誤りの再発につながるとされており、(A-2)誤りに気づかせる支援、も重要とされており、学習支援システムにおける取り扱いも研究が進められている。また、ICTを活用することの一つの特徴は、情報を可視化し、操作可能化できることである。解決支援においても、問題解決を可視化し、その過程を操作可能にする試みが多くなされており、これを外化支援と呼ぶ。この外化支援は、自分

自身の問題解決を認知するメタ認知活動の促進につながっており、単に問題解決を進めるだけでなく、そこでの知識の使い方をより明確に学習者に理解させることを期待できる。

学習者の行う問題解決過程やその結果を他者と共有する、あるいはそれに対する意見を交換するといったことを行うことが、問題解決を進め、またそれを通じた学習をより効果的にするうえで有用とされている。しかしながら、問題解決は基本的に個別に行われるものであり、それを共有することは必ずしも簡単ではない。ICT を活用して問題解決の過程や結果の共有、及びそれらに関する意見交換を補助する試みが行われており、これが問題解決支援システムにおける協調支援である。

4-8-2 問題の分類

「問題」を自明のものとして問題解決の支援を概説したが、実際には様々な形態の問題が存在し、すべてを同様に捉えるわけには行かない。ここでは、学習・教育において取り扱われている問題を対象として、それらの分類について述べる。

最も明確に定義された問題の一つが、初期状態、目標状態、状態変更オペレータ、状態やオペレータに関する制約条件、で表現される「良定義問題」である。この良定義問題での問題解決とは、初期状態から目標状態を作り出すことにある。算数や数学の計算問題や式変形の問題は、この良定義問題に当てはまる。ここで、一般的な良定義問題の定義においては、探索を行うことによって問題解決を行うことになるが、学習・教育の文脈における問題解決では、オペレータを効率的に用いた問題解決を行えるようになることを求める。ここでオペレータを公式などの一般性の高い知識であるとすると、問題演習によって学習者に獲得させようとしているのは、その公式などの一般性の高い知識の使い方であるということになり、個々の知識や問題に強く結び付いた領域固有のヒューリスティクスがそれに相当するといえる。また、複数のオペレータがチャンク化されたマクロなオペレータとその使い方としてのヒューリスティクスが結合したものがいわゆる解法、ということができる。

良定義問題以外の問題は、良定義問題へ変換可能な問題と、良定義問題にできない問題に分けることができる。変換可能な問題は、更に、情報が過剰であったり不足している場合を考えることができる。良定義問題にできない悪定義問題は、その解決プロセス及びその解の妥当性を客観的に説明することが困難な問題であり、直接的に計算機による解決支援の対象とすることが難しいものであるが、間接的な支援は行われているので、どのような支援が可能かという観点から悪定義問題についても説明する。

算数や数学などでは、文章で問題を与え、計算によって解を導くといったいわゆる文章題が重要な役割を果たしており、計算問題と対比されることが多い。計算問題は典型的な良定義問題であるが、文章題も同様に解決に必要な情報を含んでおり、またその計算過程は計算問題と同じものとなる。したがって、計算問題と同様の問題空間で処理可能なように問題を定式化する過程を含んだ解決が行われる問題として文章題を定義することができる。定式化過程を含んだ問題解決を行わせる学習上の意義は、その定式化能力の向上といえる。このため、定式化過程を含む問題解決の支援を実現するためには、出題や解答評価、解決支援においてこの定式化過程を考慮する必要がある。計算問題を取り扱う場合と比較して複雑となるため、実用的なシステムとしてまだほとんど存在しないが、定式化過程を含んだ問題解決のモデル化と共に、このような解決支援のついでの研究が進められている。

定式化過程を含んだ問題でも、必要十分な情報で構成されているのが一般的である。これは、学習者を混乱させないという教育的配慮を反映したものであるが、反面、提供されているすべての情報が問題解決に関係するという前提の元での問題解決が行われることになり、個々の情報を十分に吟味して問題解決を行うことを必ずしも促していないといえる。このことに着目すると、不必要な情報を問題に含めておき、取捨選択を行わせるような問題（情報過剰問題）が有効と期待できる。更にこれを発展させると、学習者の情報の取捨選択活動によって、問題を作る、ということを行わせることも可能となる。また、文章題を前提として考えると、通常は文章のもっている文構造によって与えられる情報間の関係についても学習者に組み立てさせる、つまり文章を組み立てさせることで問題を作らせたり、あるいは問題として成立させるために新しい情報の追加が必要となる、といったような問題作りを行わせることも考えられる。このような設定は、情報不足をともなった問題と捉えることができ、不足情報の発見とその追加を行うことで、それらの情報の必要性と使い方に関する理解を深めることができると期待できる。

前述の問題は、元々良定義問題への変換が可能なものであり、計算機によりその過程を処理することが可能なものであった。これに対して良定義に変換困難な問題も教育・学習の文脈において用いられる。例えば、ある論題についての意見を述べるレポートを作成する、あるいは、それについての討論・結論を導く、といった課題がそれに相当する。このような課題においては、問題の状態や遷移オペレータを記述することは不可能であり、また、目標状態を定めることも難しいので、評価も困難であるといえる。このような問題の解決過程を支援する場合には、外化支援と協調支援が主な支援方法となり、その外化された解決過程や解答、及びそれらに対する意見表明を共有化することに ICT が活用されることとなる。

4-8-3 問題理解

問題理解という言葉は、(1)問題の定式化、(2)問題解決、(3)問題間の関係の把握、の三つの異なる意味で用いられることがある。前述のように問題の定式化とは問題の良定義な問題に変換することであり、変換されればその解き方は自明である場合が多い。例えば算数の文章題であれば、その問題がどの解法が適用できる問題であるかを考える過程が問題の定式化であり、それが終われば計算問題となる。この場合、計算として解決できるようにしたことが問題を理解したことでありといえる。この意味での理解を支援するためには、問題の解釈・変換過程を支援することになり、解釈のためのヒントの提示や、関連する問題の提供、といったことがその有効な支援となる。

問題はすでに定義したように、未知の情報を含んでおり、問題解決の結果としてその情報が既知となる。問題に関する情報をすべて明らかにした時点の問題理解と考えてもよく、問題を解くことが問題を解くこととなる。また更に、単に問題を解けた場合と、その解くために用いた知識がなぜ適用可能であったのかまで把握している場合に分けられるとされている。この分け方は用いられた知識に焦点を当てたものであるが、前者を知識の道具としての利用と捉えて道具的理解と呼び、後者と問題と適用された知識との関係が明らかになっているという意味で、関係的理解と呼ぶことがある。この意味での問題理解を支援することは問題解決の支援と同じとなる。

上記の二つは問題を解決するまでの過程における理解である。これに対して、ある問題が他の問題とどのように関係しているかを把握することも、問題理解と呼ぶことができる。良定義の問題において、初期状態や目標状態あるいは制約を変更するなどすることで異なる問題を作成することができる。この際、元の問題との関係は新しい問題の説明として重要となる。また、問題を定式化するとは、その問題を類型化するということであり、その類型化は他の問題との関係を表したものであるということができる。このような理解は、問題の关系的理解と呼ばれる。このような理解の促進方法としては、問題を変更して新しい問題を作成するといった問題変更演習が一つの有力な方法となっている。

■S3 群-11 編-4 章

4-9 Web ベースの学習支援システム

(執筆者：長谷川 忍) [2008 年 12 月 受領]

広域情報システムとして発達した World Wide Web (Web) を学習活動のプラットフォームと見なし、教育や学習に役立つ情報資源を学習リソースとして活用する Web-based Learning (WBL) が近年注目を集めている。WBL は従来の教育・学習環境における時間的・空間的な制約を軽減し、ネットワーク社会における「開かれた」教育・学習環境を実現するために必要不可欠な基盤となりつつある。ここでは、WBL における学習過程及び学習リソースの特徴について述べ、WBL を効果的に実現する学習支援システムについて概説する。

4-9-1 WBL における学習過程と学習リソース

WBL において想定される典型的な学習過程として、図 4・14 に示す主体的学習と構成的学習があげられる。主体的学習とは、学習者が設定した学習目的をもとに学習リソースを選択（ナビゲーション）しながら学習を進める過程である。一方、構成的学習とは、学習者が学習した内容を内省（リフレクション）しながら知識として構造化する学習過程を意味する。学習者自身による学習過程の管理・調整が要求される WBL は、従来の学習者受容型の教育アプローチと比較して、学習者の知識構成能力の発達に大きく貢献するものと考えられる¹⁾。

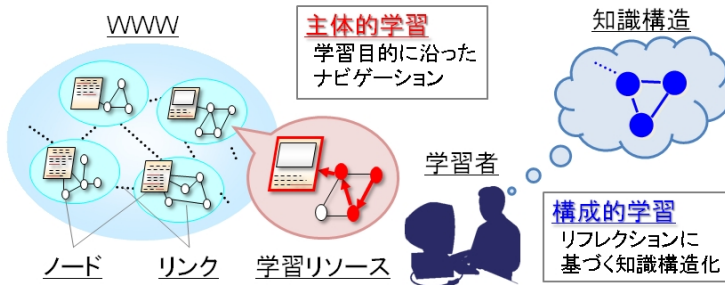


図 4・14 WBL における主体的学習と構成的学習

学習リソースの観点から WBL を捉えると、Web 上の任意のドキュメントを学習リソースとして活用するアプローチと、教育機関などで提供される e ラーニングコンテンツを学習リソースとして活用するアプローチとに大別できる。前者の特徴は、同一トピックに対して様々な立場の作成者によって記述されたリソースが存在するため、ナビゲーションにおける学習者の自由度が非常に高いことがあげられる。更に、学習項目や学習経路は学習者自身が主体的に設定するため、学習者によって学習過程や構成される知識構造が異なったものとなる。一方、後者のアプローチは、従来行われてきた対面講義と同等のカリキュラムをコースウェアとして電子教材化したものである。近年では、Web 上に講義ノートや講義映像などといった講義情報を公開する OCW (Open Courseware) の展開も盛んである。これらのリソースは、時間的・空間的な制約を軽減可能な WBL を通じた教育課程の実現や教育資源へのオープンアクセスの提供に利用されている。

4-9-2 ナビゲーション支援システム

WBLにおいて学習リソースが提供する学習空間は、一般に非連続的かつ多次元的な構造を有している。このため、学習可能な経路は無数に存在し、ドキュメント間の関係が不明確となり、物理的に全体像を捉えることが困難である。これらの問題を解決するナビゲーション支援システムは、**図 4・15**に示すように大きく以下の3種類のアプローチに分類される。

(1) 大域的ナビゲーション支援

大域的ナビゲーション支援とは、学習リソースに含まれる概念間の関係を構造化した概念地図³⁾やリンクによるノード間の関係を構造化した空間地図などといった学習リソースの構造情報を学習者に提供することにより、学習者が概念的または物理的な全体像を俯瞰的に把握することを支援するアプローチである。

(2) 局所的ナビゲーション支援

局所的ナビゲーション支援とは、学習者の理解度や進捗状況に合わせてナビゲーションすべきノードやリンクの候補を適応的に推薦または動的に生成するアプローチである³⁾。また、リンク先のページのサムネイルや概要を表示することで局所的な見通しを与えるアプローチも存在する⁴⁾。

(3) 目的指向ナビゲーション支援

目的指向ナビゲーション支援においては、ノードの概要情報と空間地図を自動生成して、学習目的に応じた学習経路のプランニングを支援する環境を提供する⁴⁾。学習者自身が予めプランニングを行うことによって、学習者の主体性を損なわずにナビゲーションの概要を前もって把握することが可能であり、学習が集約的に進むことが期待できる。

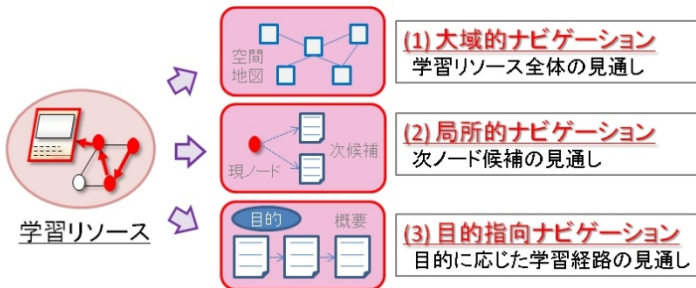


図 4・15 ナビゲーション支援システムの分類

4-9-3 リフレクション支援システム

WBLにおいては、膨大な情報が分散して存在するため、学習が進むにつれて、それまでに何をなぜ学習してきたかが不明瞭になり、知識の構築・再構成に失敗することがしばしば起こる。このため、学習者自身が構成してきた知識や学習目標の達成状況についてのリフレクションを促進することが必要不可欠である。こうした問題を解決するリフレクション支援システムは**図 4・16**に示すように大きく以下の3種類に分類される。

(1) 履歴・ブックマーク

Web ブラウザがもつ履歴機能やブックマーク機能によって、過去の学習行動を保存し、す

でに訪れたページへの再訪問を容易に行うことができる。ただし、WBLで得た知識構造をリフレクションできるかどうかについては学習者の能力に委ねられることになる。

(2) 学習履歴に対するアノテーション

学習履歴に対するアノテーションとは、学習者が学習履歴に学習目的などを注釈として付加することにより、リフレクションを支援する機能である⁵⁾。これにより、ノード間の関連性や学習時の意図などを含めてリフレクションを行うことができる。また、アノテーションの修正・削除・追加などを通じて知識構造の再構成を対話的に行うことが可能である。

(3) 知識外化

知識外化とは、学習者の知識構成過程を通じて得られた知識構造を学習者自身に外化させることにより、学習者自身が学習状態を明確に意識し、リフレクションを促進するアプローチである。一般に知識外化は自発的に起こりにくいため、学習過程の明示、外化環境の提供、外化の方向づけなどを組み合わせて、学習者の主体性を可能な限り損なわずに知識構造の外化を通じたリフレクションの促進を実現することが重要である⁶⁾。

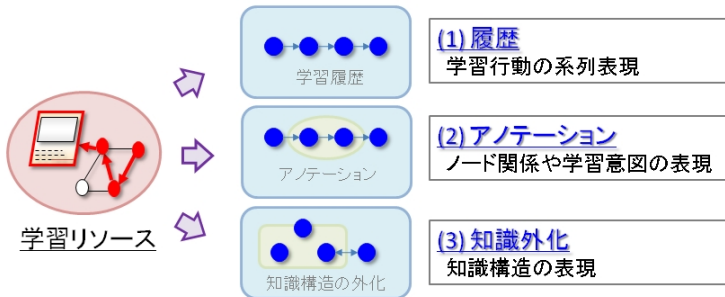


図4-16 リフレクション支援システムの分類

4-9-4 学習リソースの組織化・学習管理システム

Web上には膨大な数の学習リソースが存在しているため、それらの中から適切な学習リソースを発見することは、学習者にとって非常に困難である。また、Webにおいて目的とする情報を探すために一般的に利用される検索エンジンではキーワードやリンクによって重要度が判定されるため、学習リソースの収集に最適化された検索結果を得ることができるとは限らない。このような状況を改善するため、Web上の学習リソースを収集・分類・組織化するプロジェクトが世界各地で展開されている⁷⁾。

一方、学習管理システム（Learning Management System : LMS）とは、教育機関などで提供されるカリキュラム及び学習リソースの一元管理や学習者の履修状況管理、学習履歴管理、コミュニケーション支援などの機能により、eラーニングによる単位認定などのWBLを統合的に実現するために効果的なプラットフォームを提供するシステムである。

一般にこれらのシステムは、学習リソースの相互運用性の向上を目的としてSCORMに代表される標準規格をサポートしている。このため、標準規格に対応する学習リソースを作成するオーサリング支援システムは必要不可欠である。特に、学習リソースを管理するために

利用される LOM (Learning Object Metadata) は多岐にわたり、作成時の負荷も大きいことから、LOM のインデクシングを支援することは重要な研究課題となっている⁸⁾。

これらのシステムを利用した WBL においては、個々の学習者が自身の意欲や理解度に合わせて学習を進める自由度の高い学習行動が可能であり、積極的な学習者にとっては非常に高い学習効果が期待できる。このため、主体的・構成的な学習を支援するシステムを支援機能として取り込むことが行われている。一方、学習者自身が主体的に学習のペースをつかむことが難しく、理解に行き詰った学習者が構成的に学習を継続することも容易ではないため、学習途中のドロップアウトが対面講義と比較して多くなることも指摘されている⁹⁾。これらの問題に対しては、学習者対講師や学習者同士のグループ学習を実行するためのメールや掲示板などの非同期型ツール、チャットやアプリケーション共有などの同期型ツールに代表されるコミュニケーション支援機能が利用される。

4-9-5 まとめと今後の展望

Web ベースの学習支援システムは、WBL のポテンシャルに注目し、従来の対面講義では困難であった地理的・時間的な制約の緩和や異なるタイプの学習を効果的に実現するための様々なアプローチを提供している。今後は、Web 上で分散して存在する e ラーニングコンテンツを含むあらゆる学習リソースを多様な学習過程でシームレスに活用して学習するためのプラットフォームの開発が望まれる。また、多数の学習者のソーシャルな学習文脈を活用して、個々の学習目的や能力に応じて高度にパーソナライズされた支援機能を提供することも必要不可欠である。更に、学習者ごとに異なる学習過程が想定される WBL において、システムを評価するための効果的な指標を検討することも重要な課題であると言えよう。

■参考文献

- 1) M. Thuring, J. Hannemann, and J. M. Haake, "Hypermedia and Cognition: Designing for Comprehension," *Communication of the ACM*, vol.38, no.8, pp.57-66, 1995.
- 2) B. R. Gaines, and M. L. G. Shaw, "WebMap: Concept Mapping on the Web," *Proc. of Fourth International WWW Conference*, 1995.
- 3) P. Brusilovsky, "Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia," *Journal of User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol.6, pp.87-129, 1996.
- 4) 長谷川忍, 柏原昭博, "ハイパー空間における適応的ナビゲーションプランニング支援," *人工知能学会論文誌*, vol.21, no.4, pp.406-416, 2006.
- 5) A. Kashihara, S. Hasegawa, and J. Toyoda, "An Interactive History as Reflection Support in Hyperspace," *Proc. of EDMEDIA 2000*, pp.467-472, 2000.
- 6) 長谷川忍, 柏原昭博, 鈴木涼太郎, 豊田順一, "ハイパー空間における構成的学習のための知識外化支援環境," *教育システム情報学会誌*, vol.20, no.2, pp.106-118, 2003.
- 7) 清水康敬, "高など教育における e-Learning の支援と教育コンテンツの共有," *メディア教育研究*, vol.1, no.1, pp.1-10, 2004.
- 8) Y. Hayashi and M. Ikeda, "Knowledge Level Design Support for Adaptive Learning Contents Ontological Consideration on Knowledge Level Structure of SCORM2004 Contents," *Proc. of WWW'05 WS on Interoperability of Web-Based Educational Systems*, 2005.
- 9) O. Simpson, "Supporting Students in Online, Open and Distance Learning (2nd ed.)," Kogan Page, London, 2002.

■S3 群-11 編-4 章

4-10 障害者教育支援システム

(執筆者：棟方哲弥) [2009年3月 受領]

4-10-1 障害者教育支援システムと福祉工学

障害者の支援を行う工学の分野には、本節で述べる障害者教育支援システムのほかに、福祉工学や福祉情報工学がある。実態とすれば、同じ研究論文が教育工学（ET）研究会で発表されても、福祉情報工学（WIT）研究会で発表されても、おそらく違和感はないであろう。しかしながら、伊福部¹⁾は、福祉工学を「人間の非改造」を基本とする障害を補助・代行する“工学分野”と位置づけている。厳密な区別は、後の述べるように難しいが、本質的な意義やアプローチは、障害者教育支援システムと福祉工学では異なっている。

本節では、はじめに、障害者教育支援システムは”教育工学”の分野であることを改めて確認する。そうすることで、現状で曖昧になりつつある両分野の境目をより明確にし、この知識ベースが本領域に科された固有の使命を果たす研究を積み重ねるための大切なスタート地点になることを願う。

4-10-2 障害者教育支援システムの黎明期

とはいえ、両者が、それぞれの研究成果を共有し、相互にそれを高めていく体制が必要なことも言うまでもない。実際には、伊福部¹⁾が定義する福祉工学となる「失われたり衰えたりした感覚や手足、更には脳の機能を、機械で補助したり代行したりする」分野は、障害者の教育工学のルーツの一つであった。

例えば、1972年の電子通信学会教育技術研究会の特集“特殊教育への教育工学の応用”では、「身体障害者用印字装置」という運動機能の筆記を代行する“福祉工学”のアプローチと合わせて、知的障害（当時は精神薄弱児）へのプログラム学習とフィードバックの原理を応用した「K・R 遅延式レスポンスアナライザ」の報告があり⁵⁾、詫間⁶⁾は、この領域を「心身障害児の学習能力及び生活能力（ADL：Activities for Daily Life）の向上を理工学的手法により支援する応用科学」と表現している。

興味深いのは、研究会の後に、知的障害児へのプログラム学習とフィードバックの原理による学習の効果について、末武と小柳²⁾が“教育工学的考え方”が特殊教育でいかに効果的であるかを示す好例であることを述べていることであり、当時からすでに、両者の区別を成していたと考えられることであった。

同じ頃、米国では1972年に、現在のCEC（Council for Exceptional Children）のテクノロジーとメディア部門（Technology & Media Division）の前身である特別教育工学協会（Association for Special Education Technology）が設置されて、以下の七つの具体的な目的をあげていた。

- (1) 特別教育のための教材の改良と改善
- (2) 特別教育のための新技術開発の触発
- (3) 特別教育の特有なニーズの同定と発表
- (4) 特別教育と教育工学の両分野の協同の促進
- (5) 有効な特別教育教材の開発や作成の促進
- (6) 特別教育におけるテクノロジーの関する連邦法の改善

(7) 特別教育に教育工学を位置づけること

なお、米国では 1978 年に特別教育工学研究 (Journal of Special Education Technology) が創刊され現在に至っている。

更に同時期、末武⁴⁾は、特殊教育の目的を当時の学校教育法から紐解いて、その問題点解決のための教育工学的なアプローチとして以下の四つをあげている。

- (1) 対象となっている子どもたちの心身の欠陥をできるだけ補う方法を作り、実践すること。
- (2) 彼らとわれわれの間の相互のコミュニケーションが容易になるような法方法と簡易なハードウェアを作ること。
- (3) 彼らに適した教育の方法を更に追求して実践すること。
- (4) 世論に訴えて、特殊教育に対する関心を高め、国家的な見地からその実施をより大きくすること。

この当時の研究動向については、詫間と中村⁸⁾が丁寧に整理している。この中で、詫間と中村⁸⁾は、研究の準拠枠 (The Frame of Reference) を提案している。例えば、個人や集団などの行動 (Behavior) の軸と、感覚機能、理解・判断・動作といった課題 (Task) の種別という軸で構成される平面に、各種の障害 (視覚、聴覚、精神薄弱、肢体不自由、病弱・虚弱、情緒、重複) の軸が加わる研究領域空間を提案したのであった。それらに加えて、1979 年からの養護学校義務制に向けた重度重複児への教育工学的アプローチの役割への期待を述べている。

その方面の研究動向は続く松本¹³⁾に詳しいが、ここでは、それらの研究の多くが“福祉系の研究機関や教育現場の実践的な研究報告”であったと述べている。

ところで坂元¹⁸⁾は教育工学について、実践性と開発志向性が強い学術分野であり、現実や未来の教育改善を目指し、有効な技法、技術、仕組みを考案し、開発し、実践を通じた評価・改善を必要とする実際の学問分野と位置づけている。一方、「障害者教育」もまた、上記と同じ実践的なアプローチが行われるため、例えば、中村³⁾は、障害児教育そのものが、障害による種々の困難を解消ないし軽減するための工夫として行われることで、結果として教育工学というカテゴリーに分類できる成果を生んでいる³⁾との認識を示している。「障害児教育」の研究者の感情は別として、本領域の充実にとって有り難く、また興味深い事実である。

そして、この時期の障害児の教育工学は、すでに、以前の重度重複児へのアプローチへの期待から、より軽度の子どもの教科指導へと期待が転換し、更にユニバーサルデザイン (Universal Design) へと広がる³⁾と予測されていく。

4-10-3 研究パラダイムとその転換

障害者教育支援システムの研究を行う際は、その時代における障害の捉え方や技術革新を掌握し、研究パラダイムを意識することが必要となる。このために障害の支援に関する時代による変遷と障害の捉え方・考え方について検討する。

(1) 心身機能の欠陥パラダイム

末武⁴⁾と末武と小柳²⁾は、心身障害児のモデルとして、人間の情報活動のモデルと受容器の障害を補うモデルを提案している。

まず、末武と小柳²⁾は、一般に、複雑な要素が関連する課題に取り組む際に、これを取り扱う手段として、単純なモデルを作り、その対策を見出す手法²⁾を利用したのが、**図 4・17**の人間の情報活動のモデルである。このモデルでは感覚器や運動機能の欠陥とその補償について明確にされるが、実際の活動や、その活動する場面、あるいは、その“人”の個性や属性について一切捨象したモデルとなっている。**図 4・18**は、受容器の障害を補うモデルの直接的補助(b)と間接的補助(c)で、前者が拡大、後者は感覚代行と言えよう。

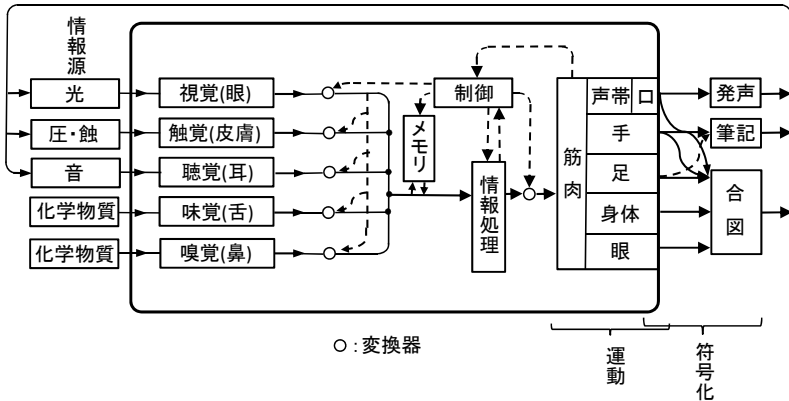


図 4・17 末武・小柳による人間の情報活動のモデル
(出典：末武・小柳，電子通信学会誌，1974²⁾)

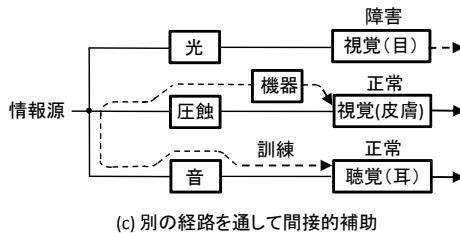
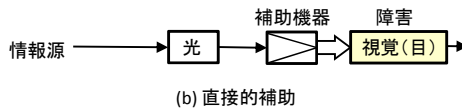
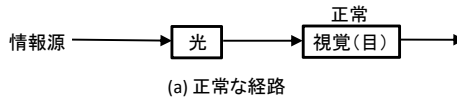


図 4・18 末武・小柳による受容器の障害を補うモデル
(出典：末武・小柳，電子通信学会誌，1974²⁾)

(2) 活動や参加とその背景要因を考慮するパラダイム

次に、Cook と Hussey¹²⁾ による HAAT (the Human activity assistive technology) モデルを **図 4・19** に示す。これを見ると、心身機能の欠陥パラダイムには見られない Context (背景要因) が現れることが理解される。人間の活動は、常に、それが行われる場 (家庭、学校、職場、共同体) と社会・人間関係に関する背景 (親しい間柄、見知らぬ相手、一人) と文化的背景、更には物理的な背景 (明るさ、音響、熱) を考慮すべきことが Cook と Hussey¹²⁾ により提起されている。

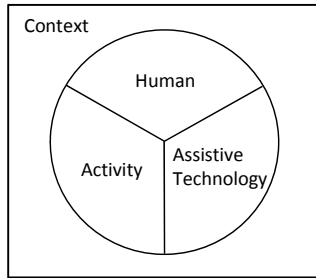


図 4・19 Cook & Hussey による HAAT モデル
(出典：Cook & Hussey, “Assistive Technologies Principles and Practice Second Edition,” Mosby, p.37, 2002⁷⁾)

これらは、世界保健機構 (WHO) の ICF (国際生活機能分類) でも同様のことが指摘された。例えば、生活機能と障害は、背景因子によって影響を受けること、とりわけ、活動と参加の領域について、実行状況 (Performance) と能力 (Capacity) の二つに分けて、その状況は背景因子 (Contextual Factors: 環境因子と個人因子があるが、現在は環境因子のみを扱う) により影響を受けるとする考え方である (**図 4・20**)。

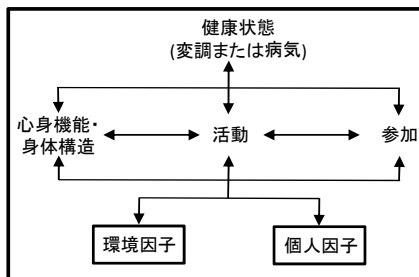


図 4・20 WHO による ICF の構成要素間の相互作用
(出典：世界保健機構, “ICF 国際生活機能分類-国際障害分類改訂版-,” 2002⁷⁾)

世界保健機構の ICF の考え方は、中央教育審議会答申¹⁰⁾ において、特別支援学校における 12 項目の改善の基本方針の一つに入れられた。したがって、学校をフィールドとする研究においては、今後、上記のような枠組みの中での開発・研究が必要となる。

(3) 特殊教育から特別支援教育への転換

教育工学が、実践性と開発志向性が強い学術分野であり、実践を通して評価・改善を必要とする分野であるからには、教育制度や学校システムへの整合性は重要である。本領域で言えば、特殊教育から特別支援教育への転換であろう。文部科学省初等中等教育局長通知（19文科初第125号）に「特別支援教育は、障害のある子どもたちへの教育にとどまらず『共生社会』の形成の基礎となる我が国にとって社会にとって重要な意味をもつ」と謳われて開始された特別支援教育は、すべての小学校・中学校・高等学校と特別支援学校において行われること、更に、発達障害のような、新たな障害への対応も合わせて求められるようになった。

すでに具体的な対応も行われている。特筆すべき例として、中邑¹⁴⁾が発達障害者へのテクノロジーの活用のお考え（“字を書くのが遅ければワープロで（本文より）”）と具体的なハードウェアとソフトウェアを紹介し、天野²¹⁾は、学習障害の予防教育と題して、コンピュータのソフトウェアを開発・提供した。天野の研究は、自身が1979年から行ってきた形成的評価による実証的研究に基づいている。技術の進展が速く、開発と評価のサイクルが比較的的教育工学分野では、長期にわたる定量的な評価が行われづらい中で、天野²¹⁾の学習プログラムは、プログラムを構成するために、長期の実証実験が行われているが、この研究は、中村³⁾のいう“結果として教育工学分野のカテゴリーに入る”門外漢の研究であり、その意味では、この領域の研究者の発憤を期待をしたい。これは、巖淵¹⁵⁾が欧米のコミュニケーション支援の研究で「科学的根拠をベースとした実践（EBP：Evidence-Based Practice）」の重要性が増していることを報告していることを考えれば、より強調されるべきであろう。

4-10-4 今後の研究の方向性について

冒頭に紹介した伊福部¹⁾は、脳の疾患に起因する障害（失語症、痴呆症、知的障害、学習障害）について、“機械で補助代行する工学分野”である福祉工学からのアプローチによっては糸口が見えない¹⁾と表現している。同様に、当時、東京学芸大学・教育工学センターの伊沢²²⁾は、感覚障害を補う分野のアプローチは、機械などを使うことが分かりやすいと述べたうえで“中枢の障害の場合には、いきなり機械とか装置とかを使うという問題の前に、まずプログラムそのもの、学習あるいは教育をプログラムそのものからもう一度科学的に考える”ことの必要性を指摘した。これらについて確信が得られていないとすれば、これらは、まさに冒頭に述べたように、“教育工学”の分野の使命として取り組むべき課題であろう。

末武⁴⁾による問題点解決のための教育工学的な四つのアプローチは、当時の学習指導要領への対応として構想されたものであるため、今後も、本分野において、その時代の研究者が検討すべきものである。具体的には、障害の多様化と障害観の転換、教育の場の多様化、新技術の台頭などであろう。

米国ではEdyburn²⁰⁾が、障害のある子どもの通常の学級へのインクルージョンのための最も重要な問題は、その子どもがカリキュラムにアクセスする手だてであるとしたうえで、Web 2.0やオープンソース、Creative Commons (<http://creativecommons.org>)という新しい枠組みによって、アクセシブルな学校用の教材をユーザの手で作りに上げることが可能であると提言している。

渡部¹⁶⁾は、テクノロジー研究で得られた知見、特にロボット開発で得られた知見を自閉症教育に応用した成果を報告している。このようなアプローチは、中村³⁾の指摘した障害に関

する研究の一部が結果として、教育工学のカテゴリーの入るという説明の逆の作用として、教育工学あるいは工学の考え方が、結果として、教育の本質的な部分に貢献する可能性が生まれることを示唆していると思われる。

中邑¹⁴⁾は、知的障害及び自閉傾向をもつ子どものVOCA (Voice Output Communication Aids,あるいはSGT: Speech Generation Device)の利用について、その利用の可能性を示した一方で、“絵画語彙検査で高い得点を示すだけの視覚言語理解がなければ実用的なVOCA利用は困難”¹⁴⁾であることを合わせて明らかにしている。教育現場で、これらの研究の成果を利用するときには、利用した際の有効性はもちろんのこと、予め、使用しても有効とならない条件などが事前に、はっきりしていることが重要である。

さて、ここまで書いてきたが、この分野の研究がどこまで進んだのかと問われると答えに窮するに思う。この原因は、おそらく到達点を示すべき対象があまりに多いことにあると思われる。例えば、先に述べた詫間と中村⁸⁾の研究の準拠枠を例にとれば、最低でも数十の組合せが存在し、それほど多くない研究者が、それぞれに十分な研究ができる状況とはいえない。そこで最後に、そのような状況を踏まえて、知見を積み上げる必要性について触れたい。

伊藤英一¹⁷⁾は、Shannonのコミュニケーションモデルを使って障害者別のコミュニケーションメディアの違いを整理した。これ自体は優れた内容であったが、菅井勝雄¹⁹⁾は、同じモデルで、障害別の通信系モデルを整理することを提案していた。30年の時を経ていること、掲載されている冊子の分野が異なること、シャノンのモデルは1948年のもので良く知られていることなどからすれば、やむを得ない状況と理解する一方で、知の積み上げという視点からすれば、大変に悔やまれる状況である。その意味で、本領域には、個々の研究を着実に進めることは言うまでもなく、関連分野を広く横断する研究情報の集積と定期的で包括的なレビューがなにより必要である。

■参考文献

- 1) 伊福部達, “福祉工学の挑戦,” 中公新書 1776, 中央公論新社, 2004.
- 2) 末武国弘, 小柳恭治, “特殊教育への電子工学の応用,” 電子通信学会誌, 57, pp.728-737, 1974.
- 3) 中村 均, “障害児教育,” 日本教育工学会(編), 教育工学事典, 実教出版, 2000.
- 4) 末武国弘, “特殊教育と教育工学,” 精神薄弱児研究, 190, pp.8-17, 1974.
- 5) 電子通信学会教育技術研究会(編), “特殊教育への教育工学の応用,” ET72-10(1972.12), 1972.
- 6) 詫間晋平, “障害児教育における教育工学の位置づけ,” 小柳恭治(編), “4 教材・教具,” 辻村泰男(監修), “障害児教育の今日的課題,” pp.27-33, 福村出版, 1976.
- 7) 世界保健機構(WHO), “ICF 国際生活機能分類-国際障害分類改訂版-,” 障害者福祉研究会(編), 中央法規出版, 2002.
- 8) 詫間晋平, 中村 均, “特殊教育における教育工学研究の概括(レビュー),” 日本教育工学雑誌, no.2, pp.117-124, 1977.
- 9) 文部科学省, “特別支援教育の推進について(通知)(19文科初第125号),” 平成19年4月1日, 2007.
- 10) 中央教育審議会, “幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援教育支援学校の学習指導要領等の改善について(答申),” 平成20年1月17日, 2008.
- 11) ASET, Journal of Special Education Technology, 1(1), 1978.
- 12) A. M. Cook and S. M. Hussey, “Assistive Technologies Principles and Practice Second Edition,” Mosby, 2002.
- 13) 松本 廣, “肢体不自由教育におけるコンピュータの利用,” 研究時評, 特殊教育学研究, 32(1), pp.45-53, 1994.
- 14) 中邑賢龍, “発達障害の子どもの「ユニークさ」を伸ばすテクノロジー,” 中央法規出版, 2007.

- 15) 巖淵 守, “欧米における障害のある人のコミュニケーション支援—科学的根拠をベースとした実践—,” 障害者問題研究, 34(2), pp.217-220, 2006.
- 16) 渡部信一, “自閉症教育とテクノロジー,” 障害者問題研究, 34(2), pp.188-195, 2006.
- 17) 伊藤英一, “コミュニケーションの困難からとらえた肢体不自由とその支援,” 障害者問題研究, 34(2), pp.178-187, 2006.
- 18) 坂元 昂, “教育学,” 日本教育工学会(編), 教育学事典, 実教出版, 2000.
- 19) 菅井勝雄, “情報理論(フィードバック理論を含む)の輪郭と活用,” 小柳恭治(編), “4 教材・教具,” 辻村泰男(監修), “障害児教育の今日的課題,” pp.33-39, 福村出版, 1976.
- 20) D. L. Edyburn, “A new Paradigm for Instructional Materials,” Journal of Special Education Technology, 23(4), pp.62-65, 2008.
- 21) 天野 清, “学習障害への予防教育への探求 —読み・書き入門教育プログラムの開発—,” 中央大学出版会, 2006.
- 22) 伊沢秀而, “教育学, 西ドイツの特殊教育を語る,” 全日本特殊教育研究連盟(編), 精神薄弱児研究, p.59, 1974.