

■S3 群 (脳・知能・人間) - 11 編 (教育支援システム)**2 章 学習と教授の理論**

(執筆者：鈴木栄幸) [2010年3月 受領]

■概要■

教育支援システムの研究を支える理論は、大きく二つに分けられる。一つは学習理論であり、一つはデザイン理論である。学習理論は、主に心理学や認知科学から発生したもので、人の能力の様態とその形成に対する知見を提供する。歴史を大まかに振り返れば、学習理論の潮流は、個人主義的理論から関係論的理論へと方向を変えてきており、教育支援システムの研究も、この流れから直接・間接の影響を受けている。関係論的な学習観からは、近年注目される協調学習支援システムの研究が発生している。もちろん、学習に関する理論は「正しい」一つの考え方に収斂するようなものではなく、様々な理論のエッセンスが、一つの教育支援システムの中に取り込まれている。

一方、デザイン理論とは、教育支援システムをどのように設計し、運用し、評価するかに関する理論である。デザイン理論には、まず、学習の支援をインストラクションの視点から捉え、その手法を他関連領域の知見との融合をとおして集大成しようとするインストラクショナルデザイン研究の流れがある。学習理論における関係論へのシフトは、教育支援システムのデザインにも影響を与えている。例えば、アクターネットワーク理論や活動理論を援用し、教育支援システムのデザインを、システム単体のデザインではなく、それを使う人々の関係や組織の規則といった「人とモノのネットワーク」の編成として捉える動きがある。

また、学習科学と呼ばれる研究領域では、実験室的な統制が不可能な教育現場における参加的デザイン実践を、学習研究のプログラムの中核に据えている。他方、オントロジー研究は、教材のシナリオの記述や、学習に関わる概念整理のために応用可能であり、その意味で、教育支援システムのデザインへの貢献が期待できる。

本章では、上述したような現状を踏まえて、教育支援システムに関連する学習理論とデザイン理論について解説する。

【本章の構成】

本章では、学習と教授の理論に関わるテーマとして、学習理論の歴史と動向 (2-1 節)、学習環境デザイン (2-2 節)、協調学習 (2-3 節)、学習科学 (2-4 節)、インストラクショナルデザイン (2-5 節)、オントロジー (2-6 節) について述べる。

■S3 群-11 編-2 章

2-1 学習理論の歴史と動向

(執筆者：加藤 浩) [2009年5月 受領]

学習理論も様々あり、個々を議論するには紙幅が足りないので、ここでは具体的な学習理論というよりも、学習観と呼ぶほうがふさわしいレベルで、特に教育支援システムと関わりが深いものについてその変遷を解説する。

学習観の変遷の捉え方として、代表的なものには、コシュマン (T. Koschmann) による教授工学研究の四つのパラダイム¹⁾がある。その研究パラダイムとは

- ① 行動主義を背景とするコンピュータ利用教授 (Computer Assisted Instruction : CAI)
- ② 情報処理論を背景とする知的教授システム (Intelligent Tutoring System : ITS)
- ③ 認知的構成主義を背景とする Logo-as-Latin
- ④ 社会文化的学習理論を背景とするコンピュータ利用協調学習支援 (Computer Support for Collaborative Learning : CSCL)

である。しかし、コシュマン自身が後に述べているように²⁾、その分類にはまだ議論の余地がある。特に一般にCAIの範疇とみなされているコンピュータ利用教材・システムの中には、行動主義的な設計原理に基づく教材だけではなく、その他のタイプのコンピュータ利用教材も含まれることが多い。そこで、ここでは教材のタイプを加味した分類を採用する。

2-1-1 行動主義的学習観

行動主義心理学の歴史は古く、1912年にワトソン (J. B. Watson) が行った「行動主義者から見た心理学」という講演に端を発する。行動主義は、それまでの心理学で中心的役割を果たしていた内観 (自己観察) 法を批判して、客観的データを重視した。

その立場は次のようなものである。

- ① 客観的に観察可能な「行動」を研究対象にした。
- ② 意識・意志などの心的なものを行動の説明原理に用いることを否定した。
- ③ 客観的に観察可能で操作可能な刺激 (Stimulus) と、それに対する反応 (Response) との連合で行動を説明できるとした。ここから S-R 理論とも呼ばれている。

その後、行動心理学は心理学の主流の地位を得て隆盛を迎えるが、それが教育支援システムに結実するには1950年代にスキナー (B. F. Skinner) が開発したティーチングマシンまで待たねばならない。ただし、ティーチングマシン自体は1924年にプレッシー (S. L. Pressey) が発明したものであり、スキナーの功績は、その教材の設計原理として提唱したプログラム学習 (Programmed Instruction) の理論にある。スキナーは学習を自発的行動の持続的変容と定義し、学習させたい行動が発現した後に、適切なタイミングで適切な強化 (報酬や罰など) を与えることで、任意の行動が形成できると考えた。その強化の与え方や教材の設計法を人間の学習に適用したのがプログラム学習の理論である。その要点は次のようなものである。

- ① **スモールステップの原理**：学習内容を細分化し、各段階の進度を小さくすることで、無理なく行動を形成する。
- ② **積極的反応の原理**：学習者の積極的・自発的反応が喚起されるようにする。これより、多肢選択問題よりも空欄穴埋め問題の方が良いとされる。

- ③ **即時フィードバックの原理**：一つのステップが終わると、即座にその結果・評価が学習者に返される。
- ④ **自己ペースの原理**：各学習者の個別の進捗で学習が進められる。
- ⑤ **学習者検証の原理**：教材は実際の学習者の反応をもとに修正・改良される。

ティーチングマシンはコンピュータを内蔵しない機械仕掛けであったが、1960年代になって、コンピュータが普及し始めると、ほどなくプログラム学習の原理を応用したコンピュータ支援のドリル型教材が出現した。その代表としてスーペーズ (P. Suppes) によるストランド算数ドリルがあげられる。これは、コンピュータから計算問題が提示されて、それに学習者が回答すると、コンピュータが直ちにその正誤情報を学習者に返し、正答率が高ければ問題の難易度を上げ、低ければ下げるなど、問題レベルを個人に適応させることができた。

なお、行動主義の中でも、スキナーは急進的行動主義 (Radical Behaviorism) の立場を取り、意志などの観察不可能な説明概念を用いることを否定したが、その一方では、刺激 S と反応 R の間に生体 O の内部条件を仮定するハル (C. L. Hull) らの新行動主義 (S-O-R 理論) もあり、決して行動主義も一枚岩ではない。ただし、教育支援システムに限っていえば、スキナーの与えた影響が多大であったといえよう。

2-1-2 表象主義的学習観

表象とは、人間が心的にもっていると考えられる、世界の事物に対応する観念や言葉やイメージの構造を意味する。表象は直接観察不可能であるため、行動主義では一旦は排除されたが、実験を積み重ねていくうちに、内的状態を仮定しないと説明しにくい実験事実が提出されるようになった。これに対応して、行動主義には前述の新行動主義のような方針変更が加えられたが、他方で、行動主義を批判して表象の機能を認知の中心に据える表象主義も出現した。表象主義では、記憶・学習・問題解決などの人間の高度な精神機能が、表象の心的操作によって実現されていると考えた。

この立場が発展した背景には、コンピュータの存在が関わっている。すなわち、表象がコンピュータのプログラムやデータに、表象の操作が計算 (リスト操作も含む) に対応付けられることによって、人間の心的活動がひとつの情報処理システムとみなされたのである。そして認知過程のモデルをコンピュータプログラムの形で表現し、そのコンピュータシミュレーションの結果を人間の行動と比較検討することでモデルの妥当性を検証する方法がとられるようになった。つまり、直接観察不可能な人間の心的過程を「科学的」に研究する新しい方法論をコンピュータが可能にしたのである。人間の認知過程をモデル化したアンダーソン (J. R. Anderson) の ACT-R 理論などが、このような研究の典型例である。

認知過程をそのようにとらえるならば、学習とは個人が保有する知識=心的表象の量を増やし、質を高めることと考えられる。したがって、教育の第一義的な役割は、より正しい知識を、より多量に蓄積させることになる。それを実現するために、正しい知識をもった教師が、学習者にその知識を伝達するのと同様のことをコンピュータで実現したのが、チュートリアル (教授) 型の教材である。これは、正しい知識を文章や図表や動画などで表現して、それを学習者に視聴させて知識を伝達するという、今日の e ラーニングに多く見られるタイプの教材である。

表象主義的なチュートリアル型教材と行動主義的なドリル型教材との境界は必ずしも明瞭

ではないが、一般にチュートリアル型教材はドリル型教材ほどのスモールステップではなく、強制的な反復もそれほど行われぬ。また、評価もドリル型教材のように行動目標を逐一チェックするのではなく、教えたことの一部を出題して、その結果から知識がどの程度形成されたか推定するようなやり方がとられる。

更に 1980 年代後半に、その発展として、知的 CAI システムが登場した。これは人工知能技術を応用して、知識をデータ構造やプログラムで表現し、それをコンピュータで駆動することによって、より高い学習効率とより柔軟なインタラクションを実現した。例えば、学習者がシステムと対話できるシステムや学習者の誤りの原因を診断できるシステムなどが開発された。知的 CAI システムは、一般に、学習内容に関する専門知識、教授方略に関する知識、学習者の理解状態を表す学習者モデルをもち、それらが連携しながら学習過程を制御する機構になっている。しかし、知的 CAI 研究は一時期盛んに行われたが、現在もなお実用レベルには至っていない。

2-1-3 構成主義的学習観

表象主義的学習観において学習者の地位は、与えられる知識を受容すべき存在として、受動的な立場に置かれていた。これに対して、知識は外から与えられるのではなく、学習者自らが主体的に構築していくものだと主張するのが構成主義的学習観である。思想的には、表象主義が客観的に真である知識なるものを想定している点で実在論的なのに対して、表象主義は、人それぞれが異なる認識の枠組みをもち、異なる世界を認識するので、客観的・普遍的な世界が想定し得ないとする点で独我論的である。

学習理論における構成主義の源流はピアジェ (J. Piaget) の発生的認識論であるといわれている。それによると、人間はそれぞれ認識の枠組み (シエマ) をもっており、それを適用して世界を理解しようしたり、あるいは、理解できるように自分のシエマを主体的に組み替えたりする。学習とは、そのような過程を経てシエマが発達していくこととみなされる。このような立場をとるならば、教育のなすべきことは、学習者が主体的に自分自身のシエマを発達させることを促すような学習環境を整えることである。逆に、知識を教え込むことについては、ピアジェの次の言葉が示すように極めて慎重である。「子どもにその子どもが自分ひとりで発見できるはずだったことを早まって教えるたびに、子どもはそれを作り出すこと、そしてその結果、それを完全に理解することから遠ざけられる³⁾。

この思想を具体的な教育システムを通して、世界に広く普及させたのがパーパート (S. Papert) である。パーパートは Logo⁴⁾ という Lisp に似た機能をもち、より簡易な文法を備えたプログラミング言語を開発した。Logo の特徴はタートルグラフィックスという描画機能を備えていたことである。学習者は Logo 言語で、画面上のタートルに「20 歩前進しろ」とか「右に 60 度曲がれ」などと命令し、その軌跡を描かせることで画面上に図形を描くことができた。この方式による描画は、学習者自身がタートルになったつもりで床の上を移動すれば、そのときの行動がそのまま命令になり、子どもにも直感的に理解しやすかった。その活動を通して、学習者の論理的思考能力、幾何学的知識、プランニング能力などが発達するといわれた。

Logo のように、ある環境が与えられ、学習者がその環境に主体的に働きかけると、その環境固有の法則に則ったフィードバックが得られ、そこからその環境の法則に関する知識を構成していくような教材はマイクロワールド型教材またはシミュレーション型教材と呼ばれる。

2-1-4 社会文化的学習観

これまで見てきた学習観は、学習を個人の内的な変化として捉えていたのに対して、状況論に代表される社会文化的学習観では、学習が社会文化的な過程によって構築されていることを強調する。

まず、人の「能力」は、人間に内在する知識が単純に表出された結果なのではなく、人の特定の行為を「有能だ」とか「頭が良い」とか言ったり評価したりする場面におけるインタラクションを通して、社会的に構築されているのだという立場をとる。つまり「有能さ」はそれを発揮する主体とそれが発揮される状況との関係の中に立ち現れるものであり、それらを切り離して独立に議論することはできないと考えるのである。

同様に、学習も単なる行動の変化とは考えられない。なぜなら、厳密に言えば決して同一のものが再現することはない行動の何を「変化」と呼んでよいかは、社会文化的かつ状況的に決まっていくからである。つまり、「学習」という事態が成立するためには、そのコミュニティの流儀に従って、特定の状況である種の行動を社会的に表示することが必要である。例えば、近代の学校文化においては、テストが個人の「能力」を測定する用具と考えられているが、それは一面的な見方である。状況論的立場からは、テスト自体が、何が「能力」とみなすべき行動かを規定している極めて社会文化的な構築物であるという見方ができる。したがって、テストによって測定された個人の「能力」は、単純な個人の属性としての能力ではなく、その個人とテストとの関係として存在するものであり、テストを生み出した背景にある文化や歴史や社会と相対的であると考えるのである。

また、学習の過程における他者との相互作用の重要性も強調される。ヴィゴツキー (L. S. Vygotsky) は人の高次な精神機能は社会生活にその起源があり、その発達過程において社会的な活動が個人の能力に常に先行すると述べている。すなわち「人が自主的に解決できる問題によって決まる発達水準と、他者との共同の中で範例や教示などを与えられながらならば解決できる問題によって決まる発達水準とのあいだの相違」⁵⁾ を発達の最近接領域 (ZPD : Zone of Proximal Development) と定義し、ZPD 中にある問題が、次第に独力で解決できるようになり、同時に、別の課題が新たに ZPD に入ってくることで学習が進むと考えた。

このように、学習をひとつの社会的達成とみなす立場をとれば、個人が属するコミュニティの社会的関係の変化が、学習において本質的であると考えるのは当然の帰結である。実際、レイヴ (J. Lave) とウエンガー (E. Wenger) の正統的周辺参加 (LPP : Legitimate Peripheral Participation) 論⁶⁾ においては、学習を人が実践のコミュニティに正統的な地位を与えられて、初めは新参者として文化的実践に周辺的に関わっていくが、次第に十全に (full) 参加していくようになり、やがて自他共に認める一人前の成員になっていく過程として捉えているし、エンゲストレム (Y. Engeström) の「拡張による学習」理論⁷⁾ では、学習とは、活動の対象、コミュニティ、道具、ルール、分業などからなる活動システムが、内部矛盾を契機として、総合的に再編されることであるとしている。

近年、盛んになってきた協調学習 (Collaborative Learning) 及びそのコンピュータ支援システム (CSCL) の研究は、社会文化的学習観の影響を受けたものが多い。例えば、コンピュータを、学習者コミュニティの相互作用を促進するために用いたり、文化的実践へのアクセスの手段として用いたりするようなシステムが提案されている。しかし、社会文化的学習観に立てば、学習はすべからず社会的、すなわち協調学習なのであるから、その影響は CSCL だ

けにとどまるものではなく、学校内外を問わず、すべての学習に及ぶ。他方、CSCL 研究の中にも協調学習と個別学習を二項対立的に捉えているようなものもあり、CSCL 研究のすべてが必ずしも社会文化的学習観に立っているわけではない。

■参考文献

- 1) T. Koschmann, "Paradigm shifts and instructional technology: An introduction," In T. Koschmann(ed.), "Cscsl, Theory and practice of an emerging paradigm," Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ, pp.1-23, 1996.
- 2) T. Koschmann, "Revisiting the paradigms of instructional technology," Proc. the Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning, In Tertiary Education (ASCILITE 2001), Melbourne, Australia, pp.15-22, Dec. 9-12, 2001.
- 3) J. Piaget, "Piaget's theory," In P. H. Mussen(ed.), "Handbook of child psychology," pp.103-128, John Wiley and Sons, New York, p.113, 1983.
- 4) S. Papert, "Mindstorm: Children, computers, and powerful ideas," Basic Books Inc., New York, 1980.
- 5) L. S. ヴィゴツキー, 柴田(訳), "思考と言語," 新読書社, 東京, pp.297-304, 2001.
- 6) J. Lave and E. Wenger, "Situated learning: Legitimate peripheral participation," Cambridge University Press, Cambridge, 1991.
- 7) Y. Engeström, "Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research," Orienta-Konsultit, Helsinki, 1987.

■S3 群-11 編-2 章

2-2 学習環境デザイン

(執筆者：鈴木栄幸) [2009年3月 受領]

「学習環境デザイン」という言葉は、現在、教育学研究者によって広く用いられている。それは、教育システムや学習支援プログラムの開発・運営を一般的に指し示すものとして使われることも多い。その中で、教育学研究者の多くは、自分の仕事を「学習環境のデザイン」と呼ぶことのラディカルさに無頓着であるかもしれない。しかし、「学習環境デザイン」という言葉には、新しい学習観、新しいデザイン観の提案が含まれている。この革新性を意識してこそ、「学習環境デザイン」は、新しい形の学習支援を生み出す力をもつのだと考えられる。

2-2-1 学習環境としての探索空間

教育システム研究において「学習環境」という言葉が注目された最初のポイントは、構成主義的な学習観に基づくマイクロワールド型教材が登場したときだと考えられる。それ以前のコンピュータ利用教育は、ドリルやチュートリアル型の CAI が中心であった。ドリルを支えていたのは行動主義的な学習観であり、刺激と反応の結合を作り出すための反復学習と正解反応への即時強化がシステムに組み込まれていた。チュートリアルは、表象主義的な学習観が基にあり、教師やエキスパートの知識構造を学習者に移行するための情報表現がコンピュータ上に構成されていた。

これに対して、構成主義的学習観では、主体的に外界とやり取りをし、その過程を通して認識の枠組みを構成していくことを学習と捉えている。このとき、学習の支援とは、学習内容の伝達ではなく、小さな探求者としての学習者が世界を自由に探索し、法則や知識を発見していくことができるような「環境」の提供であると考えられた。Logo 言語¹⁾が、このような「環境」の代表例である。Logo のタートルグラフィックス自体には、なんら学習内容は内在していない。それは、学習者の命令によって線を描くだけのシステムである。学習者は、Logo の世界を自由に探索しながら、また、Logo を道具として使いながら、様々な発見をしていくことが期待されている。「クンクン市のえりちゃんとおぐくん」²⁾では、算数嫌いの児童が Logo によって、長さや角度の概念を発見的に理解していく過程が感動的に描かれている。

Logo に並ぶ、記念碑的な教材として「ミミ号の航海 (The Voyage of the Mimi)」がある。これは、科学/数学教育のためのマルチメディア・ミックスドメディア教材であり、映像、コンピュータソフトウェア、教科書、掛け図などの教材、ワークシートから構成される。映像は、ヨット「ミミ号」に科学者とともに乗り込んで鯨の生態研究に参加する少年少女の全 13 話からなる冒険ドラマである。そのドラマに出演している俳優が、実際の博物館や研究所を訪れて科学者達にインタビューをする映像も各回に付与されている。学習者は、映像を視聴し、そこに示されている科学的調査分析や計算作業を体験したり、映像を素材に議論を行ったりする。マルチメディア教材の先駆けとして注目を浴びがちなミミ号の航海であるが、この教材は、学習者が探索すべき世界を与えるという意味で、構成主義的「学習環境」となっている。実在の科学者へのインタビュー映像を用意することで、学習者の知的な探求が

物語世界の中で閉じてしまわずに、現実世界にもつながるように工夫されている点など非常に先駆的な教材であった。

構成主義的な学習における「環境」という言葉は、ドリル、チュートリアルといった知識定着型の教育システムから、発見型・問題解決型の教育システムへシフトを端的に示すキーワードであった。それは、「注入から発見へ」という新しいインストラクション観に向かう「熱」を内在させた言葉であったといえる。上記の教材は、いまや古典として言及されることが多く、その問題点や限界も指摘されている。しかしながら、e ラーニングの興隆によって、チュートリアル型の教育システムへと注目が戻る現代において、再度、構成主義的な発見的学習の意義と可能性について再考することは十分に意味のあることである。

2-2-2 学習環境としての社会的関係

「学習環境」という言葉が次に注目されたのは、状況論的な学習理論³⁾により、学習の本質的社会性が指摘されたときである。状況論的学習論は学習を個人の内的な変化とみず、コミュニティへの参加過程、すなわち、学習者を取り巻く社会的関係の変化とみる。そのように考えるならば、学習の支援は、学習という事態を可視化するような社会的関係の編成にほかならない。このような学習観から発生した学習支援の一つの形が CSCL (Computer Supported Collaborative Learning) である。CSCL は、直訳すれば「コンピュータ支援の協同学習」ということであり、学習者が一緒に学習活動を行うことの支援を指しているようにみえる。しかし、CSCL という新しい教育システム概念は、歴史的経緯からみて、状況論的な学習観をベースに（少なくとも、従来の学習観への異議申し立ての中から）発生したものであり、CSCL の CL には、学習が本質的に協同的過程である、すなわち社会的関係の変化であるという理念が含まれているのである。

状況論的学習論における学習環境とは、学習者を含む社会的関係そのものである。先述の構成主義的学習では、準備された教育システム（教材）が学習環境となり、学習者は、その教材との関わりの中で理解を構成していく。これに対して、状況論的学習において学習者は、自身とともに変化を続けるほかの学習者との関わりを通して、その関係をつなぎかえていく。その過程が学習であり、そのときに構成される関係が学習環境にほかならない。構成主義的学習において学習環境は学習を作りだすために予め用意される材料であるが、状況論的学習においては学習環境と学習は一体化している。CSCL システムは、それ自体に学習のリソースを内在させているのではなく、学習者を含む社会的関係（学習環境）を作りだすための基盤を提供するものだといえる。

以上まとめると、学習環境という言葉には、学習支援に関する二つの革新が埋め込まれている。一つは、構成主義がもたらした、学習リソースの在り方に関する革新であり、もうひとつは、状況論的学習論がもたらした、学習リソースの位置と範囲に関する革新である。

2-2-3 学習環境のデザイン

状況論的学習観は、学習を個人の問題から社会的関係の問題へと拡張した。この学習観は、すべての教育システム開発者・研究者が受け入れているわけではない。しかし、教育支援システムに関わるすべての人々は、状況論的学習観が提示した「個人から関係へ」という視点シフトの影響力から逃れることはできない。なぜなら、このシフトは教育システムのデザイ

ンという営みにもそのまま当てはまるからである。以下に、伝統的デザイン観と状況論的学習観によるデザイン観の拡張について述べる。

(1) 伝統的デザイン観

伝統的なデザイン観の特徴を一語で示すならば、機能内在主義という言葉が適切であろう。機能内在主義とは、教育システムの機能が、そのシステムの内部にあると捉える考え方である。例えば、協同ライティングを支援するためのシステムには、複数ユーザ達が文字を同時入力するための機構や、文章の修正箇所を見やすく表示するための機構が組み込まれることになる。このように作られたシステムの仕組みを、システムの「機能＝協同ライティングが支援されること」と同一視すること、それが機能内在主義である。機能を能力に置き換えれば、このようなデザイン観は、状況論的学習論が否定した個人主義的な学習観と同型である(参考文献 4)を参照)。

機能内在主義からは、投入主義が派生する。「機能」がシステムに内在するのであれば、ある特定の「機能」をもつシステムを現場に投入すれば、その機能が現場において実現できるはずである。このように考えるのが投入主義である。例えば、協同ライティング支援システムを現場に投入すれば、学習者の協同ライティングが可能になると考えることである。機能内在主義、そして、そこから派生する投入主義は、一見、なんら問題がないように見えるが、デザインが対応すべき範囲を狭め、必要なデザインワークを見えなくしてしまう危険がある。

(2) デザイン観の拡張

学習が個人への能力の内在ではなく学習者を含む社会的関係(人やモノの関係)の編成であるのと全く同様に、教育システムのデザインは、システム単体を制作することではなく、そのシステムが目的を達成するための社会的関係(人やモノの関係)の編成として捉えることができる。このようなデザイン観は、CSCLに限らず、ドリル型教材であろうと、今はやりのeラーニングであろうと、あらゆる教育システムのデザインに当てはまる。その意味で、教育支援システムの開発に関わる人々は、すべからく「学習環境としての社会的関係」のデザイナーとして位置づけられるのである。

(3) アクターネットワーク理論から見たデザイン

能力が個人に内在する、という考え方に異を唱えたのが状況論的学習論であるが、「システムに機能が内在する」という捉え方に揺さぶりをかけるために、ここではアクターネットワーク理論を参考にする。アクターネットワーク理論は、ラトゥール(Bruno Latour)やカロン(Michel Callon)らの科学技術研究を通して成立した考え方である。ラトゥール⁵⁾⁻⁷⁾は、パスツールの提唱する予防接種というテクノロジー、フランスにおける新交通機関、また、科学者の生み出す知識が、どのような経緯を経て社会的に受け入れられていくか(またそれに失敗するの)かを検討している。同様に、カロン⁸⁾は、フランスにおける電気自動車開発の頓挫を取り上げ、それを、企業、行政、消費者、そして、触媒や燃料電池といった、人とモノを含むネットワークの構成とその変質によって説明を試みている。

その中で、彼らは、科学的事実やテクノロジーが、人々や人工物によるネットワークによって支えられていること、そして、ある発見を事実として構成するようなネットワークを

作り上げるために科学者・技術者達が何をしているのかを明らかにした。事実を構成するために科学者らが行う作業の実例として、連盟関係の樹立や関心の翻訳がある。連盟関係の樹立とは、ある事柄を主張する目的で、他者の言葉や論文、組織、人工物などとの関係付けを行うことで自分の主張のサポートをさせることをいう。先行研究や統計データの引用、新聞記事への言及、権威ある研究組織との提携、世論の利用といったことが連盟関係の樹立の例である。学術論文において自分の主張のサポートのために他の研究者の論文を引用することは日常的に行われている。これは、その論文を査読した学会、その査読システムを信頼している多くの同僚たちを味方に引き入れて自分の主張を強める操作にほかならない。連盟のネットワークをうまく張り巡らせることが、反論に対する強度を高めることになる。

一方、関心の翻訳とは、他者の利害関心を自分の利害関心に同一化させることで、自身の関心の追求に他者を巻き込むプロセスである⁹⁾。基礎物理学の研究という自身の研究上の関心を、ガン治療という社会的関心と同一化させることで研究への公的支援を得る、といったことが、関心の翻訳の一例である。また、ある理論や技術がある人・組織に受け入れもらうために、その理論や技術を支援したり受け入れたりすることが、その人・組織の目標達成のために避けて通れないルートとなるように、人々や人工物（理論や商品、データなど）の位置づけや関係の在り方を再定義するといった調整もなされる。

アクターネットワーク理論の視点からみれば、教育システムのデザインも、システム単体のデザインではなく、社会的ネットワークのデザインだということになる。例えば、教育システムが現場において「機能」するためには、実践者である教師の関心（教育者として追求すべきこと）とシステムの振舞いが一致しなくてはならないし、教室のデザインや他の教材との関係において、そのシステムが有効性に利用されるような環境調整が必要となるだろう。また、学校の管理責任者（校長など）との連盟関係の樹立も、システムの導入には欠かせないだろうし、もちろん、学習者も重要なアクターである。このとき、教育システムの「機能」は、システムの仕組みから発生するものではなく、システムを取り込む形で構成される社会的ネットワークの全体の振舞いだと考えることができる。もしそうであれば、教育のシステムのデザインとは、そのシステムが「機能する」ような、人々とモノのネットワークを構成していくことにほかならない。このとき、投入主義は否定される。なぜなら、ネットワーキングの視点にたてば、同一のシステムを投入した場合でも、構成されるネットワークの在り方によって、現れ方が異なる、つまり、別の「機能」を示すことになるからである。また、このような考え方においては、デザインはネットワークの一部である。つまり、デザインは、ほかの人やモノとの関係を作りだすとともに、その関係の中で、自らの位置づけを変化させられていくものなのであり、デザインの外に出ることはできないのである。

アクターネットワーク理論によって示唆されるデザインとは、システム単体を設計・開発するだけでなく、そのシステムを教育現場に導入し運用することを通して、そのシステムの目指す学習の在り方を現実化するための環境（環境を構成する要素には、開発者、実践者、学習者、管理者、親といった人々や、コンピュータシステム、教材、文具といったモノ、また、現場の規則やルールといったものが含まれる）を構成していく過程だと考えられる。このような社会的ネットワーキング作業を、ここで改めて「学習環境デザイン」と名付ける。

2-2-4 学習環境デザイン実践

学習環境デザインを社会的ネットワークの視点で捉えたとき、そのデザインの範囲は拡大し、このためのデザイン理論やデザイン手法が求められる。学習環境デザインをどのようにして行えばよいのかという問題は、現在の教育工学の重要テーマであり、多くの研究者によって模索がなされている段階である。ここでは、学習環境デザインに関わる幾つかの手法・知見を紹介する。

(1) エスノグラフィー、アクションリサーチ、参加型デザイン

社会関係をデザインするためには、現場の状況を詳しく知る必要がある。誰が学習に関わっており、現場にどのような道具がすでにあり、人々がどのような関係にあるか、といったことを把握したうえで、その中にシステムを組み込む方略を立てなくてはならない。そのためにはエスノグラフィーが必須である。システムが実際のどのように機能したのかの評価も、現場の社会的関係の変化をつぶさに観察することによってのみ可能であると考えれば、エスノグラフィーは、デザイン全般にわたって行われることになる。観察して記述するだけでなく、現場に積極的に関与して現場を変えていく作業であるという意味で、この作業はアクションリサーチ¹⁰⁾と呼んでいいだろう。

アクションリサーチでは、二つの参加がキーとなる。ひとつは、デザイナーが現場の活動に関わり、現場の社会関係の変化を内部から編成するという意味での参加である。もうひとつは、現場の人々（教育システムであるならば教師や学習者、保護者など）のデザインへの関与である。

現場の人々（システムの想定ユーザ）をデザインに参加させるという考え方の源流の一つは、北欧から発生した参加型デザイン¹¹⁾である。これは、システム開発におけるデモクラシーの追求（デザイナーとユーザの非対称的な権力構造の打破）の中から発生した考え方で、ユーザ参加型のデザインの具体的な手法について研究が蓄積されている。

(2) 継続的デザインと活動理論

学習環境デザインが現場の人々と道具の関係を編成する仕事であるとすれば、そのデザインは継続的になされるということの意味する。すなわち、現場の社会的関係は絶えず変化しており、その結果、導入したシステムの機能を阻害するような関係編成がなされることもあり得る。そのような事態に対処し、システムが目論みとおりに学習を支援するように継続的に環境の調整を行う必要がある。また、時間の流れの中で、学習活動の在り方や、その目標、システムの意味づけなどを発展的に修正し続けることも要請される。教育システムのデザインとは、社会的関係の継続的デザイン活動なのである。

このような社会的関係の歴史的編成を取り扱う理論として活動理論がある。活動理論は、人間の営為を活動システムの働きとして捉える考え方である。この活動システムは、内部の矛盾を契機に常に再編成され、その過程で、新しい道具を絶えず創造していく。エンゲストロームは、活動システムを、「道具を介して世界に関わる主体」を、規則と役割分担によって規定されるコミュニティが下支えするような三角形のモデルとして示した¹²⁾。この三角形モデルは、活動システムの要素を示し、それらの要素間の関係を可視化する道具であり、その意味で、学習環境デザインのために利用することができる。

(3) 多声的デザインと対話可能性デザイン

関係論的なデザイン観に立った場合、デザインは無限に存在する現場状況に対応しながら調整を行っていく作業にほかならない。このように考えたとき、学習環境を予めデザインしておくことにはどのような意味はあるのだろうか。この点については、サッチマンのプランに関する考え方がヒントになるだろう¹³⁾。サッチマンは、プランと状況的行為の中で、人の行為は、予め設定されたプラン（計画）に従って構成されるのではなく、その場その場の、環境との相互作用によって構成されると論じている。サッチマンにとって、プランは、行為のすべてを決定するプログラムではなく、行為をゆるやかに制約するリソースにすぎない。では、リソースに格下げされたプランは行為の構成に全く関われないのか、といえばそうではない。行為の構成過程において、どのようなプランが参照されるかは、構成される行為の質に少なからぬ影響を与える。なぜなら、行為は、プランとの並置によって説明されたり、調整されたりすることになるからである（もちろん、その過程でプラン自体がモデファイされることもあり得る）。

このように、プランが行為を完全に決定するものではないにしても、プランを立てることの意義は否定できない。システムのデザインもプランニング作業として位置づけることが可能であろう。先の述べた機能内在主義とは、まさに、プラン（デザイン）が行為（「機能」）のすべてを決定するという考え方にほかならない。関係論的なデザインに観に立った場合、システムは、現場における学習活動のプランを人工物として表現したものであり、そのシステムのゆるやかな制約のもと、その場的な調整を通して学習の支援が構成されていくと考えられる。

システムと学習支援の関係をこのように捉えたとき、システムのデザインはどのように行えばよいのだろうか？ 非常に困難な道であるが、次のような考え方ができるかもしれない。まず、教育システムを、現場において学習支援を行うための、柔軟性を持ったリソース（リソース群）として捉え、そのような視点からデザインすべきであろう。目指す学習活動のための設計をすることは当然必要だが、そこに、現場での調整の余地を残した設計にすべきであろう。デザイナーが想定した使い方のみが強固に表現されたようなシステムでは、調整の余地が少ないという意味で不適格である。むしろ、現場との対話に開かれたシステム、すなわち、様々な導入現場で起こり得る調整の中で、柔軟な位置づけを取り得るシステムが望まれるだろう。これは、システムの仕様に闇雲に冗長性をもたせばよいということではない。システムが社会的ネットワークの構成要素となるためには、システムの導入に関わる様々な人々の意見や価値観、彼らの社会関係を豊に想像し、それらに対する回答可能性としての冗長性を組み込んでおく必要がある。この意味で、教育システムのデザイナーは、システムに関わる様々な人々の意見や価値観、その背後にある社会的関係を想定し、それと仮想的に対話しながらシステムの形を決定していく能力、すなわち、多声的デザイン能力を備えていないてはならないといえる。

■参考文献

- 1) S. Papert, "MINDSTORMS Children., Computers, and Powerfull Ideas," Basic Books, 1980.
- 2) 戸塚滝登, "クンクン市のえりちゃんとロゴくん," ラッセル社, 1989.
- 3) J. Lave and E. Wenger, "Situating Learning: Legitimate Peripheral Participation," Cambridge University Press, 1991.

- 4) 鈴木栄幸, 加藤 浩, “協同学習環境のためのインターフェースデザインー「アルゴブロック」の設計思想と評価,” 有元, 加藤(編), “シリーズ状況的認知「認知的道具のデザイン」,” pp.66-94, 金子書房, 2001.
- 5) B. Latour, “Science in action: how to follow scientists and engineers through society,” Harvard University Press, 1987. (川崎, 高田(訳), “科学が作られているとき,” 産業図書, 1999.)
- 6) B. Latour, “Pasteurization of France,” Harvard University Press, 1988.
- 7) B. Latour, “Aramis or the love of technology,” Harvard University Press, 1996.
- 8) M. Callon, “Society in the making: The study of technology as a tool for sociological analysis,” In W. E. Bijker, T. P. Hughes, and T. Pinch (Ed.), “The social construction of technical systems: New directions in the sociology and history of technology,” MIT Press, pp.83-103, 1987.
- 9) M. Callon, J. Law and A. Rip, “Mapping the Dynamics of Science and Technology: Sociology of Science in the Real World,” The Macmillan Press, 1986.
- 10) J. Mckerman, “Curriculum Action Research: A handbook of Methods and Resources for Reflective Practitioner,” Kogan Page, 1991.
- 11) D. Schuler and A. Namioka, “Participatory Design: Principles and Practices,” Lawrence Erlbaum, 1993.
- 12) Y. Engestrom, “Learning and Expanding: An activity-theoretical approach to developmental research,” Cambridge University Press, 1987. (山住他(訳), “拡張による学習: 活動理論からのアプローチ,” 新曜社, 1999.)
- 13) L. Suchman, “Plan and situated action: the problem of human-machine communication,” Cambridge University Press, 1987. (佐伯(監訳), “プランと状況的行為: 人間と機械のコミュニケーションの可能性,” 産業図書, 1999.)

■S3 群-11 編-2 章

2-3 協調学習

(執筆者：中原 淳) [2010年3月 受領]

1990年代、爆発的に広がったインターネットは、遠隔地にいる人々が参加可能な分散協調型の学習環境を生み出した。また、教育現場では、従来の知識伝達型の教育スタイルが見直され、学習者同士の相互作用を中核にすえた協調学習、参加型学習の在り方が模索され始めた。コンピュータやインターネットが、教育スタイルの転換に寄与する道具立てのひとつとして位置づけられ、教育現場への導入が盛んになった。そのような背景のもと、1990年代に研究が盛んに行われたのが CSCL (Computer Supported Collaborative Learning) 研究である。

CSCL 研究とは「協調学習を支援するコンピュータソフトウェアの開発に関する研究、あるいはそれを利用して実施される教育実践研究」のことである。CSCL を用いる学習者は、他の学習者と相互作用しつつ、協同で問題解決に取り組んだり、相互に理解を深化させたりすることができる。

本節においては、CSCL 研究が注目されることになった(1)社会的背景、(2)理論的背景、(3)代表的な研究プロジェクトの紹介、(4)現在の動向について概観する。

2-3-1 社会背景

近年の情報化社会の進展と、それに呼応する教育政策の充実によって、教育現場においては、コンピュータの普及と利用が目まぐるしく進んだ。各教育現場においてコンピュータが普及し、利用されるようになりつつある一方で、カリキュラムや授業形式の見直しも行われるようになってきた。小学校や中学校では 2003 年度より「総合的な学習の時間」がカリキュラムに導入された。「総合的な学習の時間」では、従来の教科の仕切りが緩和され、学習者が探究活動などの問題解決型の学習に主体的かつ創造的に取り組むことが目指されている。グループ学習や異年齢集団による協同的な学習などの多様な学習形態を教育現場で具体化することが期待されている^{1), 2)}。多くの場合、コンピュータはそのための学習の道具として位置づけられ、活用されている。高等教育においても、従来から実施されてきた一斉講義スタイルの授業が反省され、その一環として情報通信技術を活用した双方向性の高い学習を実施することが求められている³⁾。

このように、教育現場で支配的であった教育スタイルの見直しの方針のひとつに「協調学習」がある。初等、中等、高等教育を問わず、どの教育現場においても、学習者が様々な他者と対話や議論を行いつつ、問題解決を行うような学習の形態が重要視されており、そのための手段としてコンピュータが活用され始めている。

協調学習については、そのプロセスや学習効果について、これまで様々な研究が行われてきた。例えば、Rochelle⁴⁾によれば、協調学習の効果は、学習者同士の相互作用を通して、全員の理解が収束に向かうことに見いだせるという。一方で、Miyake⁵⁾によれば、協調学習の効果とは、学習者間の理解が一致せず、そのことによって相互に互いの理解を説明する活動が自然と生まれ、その結果、学習者個々人の理解が促進されることにあるとしている。成功した協調学習では、学習者の推論や思考がより高次なものに発展したり、情報の系統化や統合化といったようなことが起こるとする Blumenfeldら⁶⁾のような意見もある。

2-3-2 CSCL 研究の学術的背景

CSCL 研究の学術的背景を、ここでは、(1) 状況的学習論、(2) CSCW 研究という二つの視点から論じる。

状況的学習論とは、「人間の学習」を、個人の「頭」の中に知識を蓄積すると見なさない学習論である。人間の知的有能さは、人間を取り巻く道具や他者に分かちもたれており⁷⁾、学習は、それらとの協調によって達成されるものであるという。人間は個人の頭の中に蓄積された知識だけを適用し有能に振る舞っているのではない。自分のまわりに存在する道具をその都度うまく活用し、自分よりもより有能な他者、自分とは違った専門知識や技能をもった他者とパートナーシップを結びつつ、有能に振る舞っている。状況的学習論の研究は、おおむね、そのようなコスモロジーのもとで研究がなされる。

Lave と Wenger⁸⁾ はリバリアの仕立屋における徒弟的学習を対象としたフィールドワークを通して「学習」という概念の再構築を行った。Lave らの提唱した正統的周辺参加論 (Legitimate Peripheral Participation) によれば、ある実践の共同体において社会的に意味があると見なされている活動に学習者自身が参加 (Participation) することこそが学習にほかならない。ある人間が共同体内の他者と社会的な関係を維持し、共同体の提供する様々なアーティファクトと協調しつつ、最初は共同体への「周辺」から徐々に参加の度合いを強め、次第に共同体内で認められることによって、より十全的な参加 (Full Participation) に至る学習者の軌跡を学習と見なす。

Sfard⁹⁾ は、情報処理アプローチと状況的認知アプローチのそれぞれに基づく学習をメタファを用いて対比している。情報処理アプローチに基づく学習を「獲得メタファ (Acquisition Metaphor)」、状況的認知アプローチに基づく学習を「参加メタファ (Participation Metaphor)」として位置づけた。

「獲得メタファ」の学習においては、学習を「知識の獲得」と把握し、知識を個人が「所有」すべきものとされていた。学習者たる子どもは「同じ知識で満たされる容器」のようなものとされ、教師は「すべての知識の源」とされた。

しかし、「参加メタファ」は、この「獲得メタファ」の学習と学習観が異なっている。このメタファにおいては、学習とは「共同体への参加」として把握され、知識とは「共同体における実践や談話の形式や活動」にほかならず、子どもは「協同的ではあるが独立した個人」であり、教師は「知的リソースへのアクセシビリティを確保するもの」あるいは「共同体内における先達」と把握されている。

「参加としての学習」論、いわゆる状況的学習論が隆盛を極めていた頃、コンピュータサイエンスでは、CSCW (Computer Supported Cooperative Work: コンピュータを利用した共同作業支援: 各単語の頭文字をとって CSCW と呼ばれる) と呼ばれる新たな研究領域が生まれており、その一部の研究者が学習システムに対していくつかの提案を行うようになっていた。これが、CSCL 研究のもうひとつの学術背景である。

CSCW 研究の母胎となっていた Association for Computing Machinery (米国計算機学会) の学会誌「Communications of ACM」において学習者中心の教育 (Learner-Centered Education) と呼ばれる特集が生まれ、新たな学習支援システムの在り方が、検討され始めた。

この特集で Soloway と Pryor¹⁰⁾ らは、コンピュータと人間の関係 (Human-Computer Interaction) を「技術中心主義 (Technology-Centered)」, 「ユーザ中心主義 (User-Centered)」,

「学習者中心主義 (Learner-Centered)」の三つに区分した。これからのコンピュータと人間の関係に求められるのは、人間が技術の進展の恩恵を一方的に享受する「技術中心主義」でもなければ、技術を使いこなすことを要求する「ユーザ中心主義」でもない。学習者が相互に学びあうことを媒介するコンピュータの在り方、すなわち「学習者中心主義」の学習システム開発の必要性が主張された。

従来の学習システム研究では、例えばティーチングマシンや CAI (Computer Assisted Instruction) に典型的に見られるように、学習を個人の頭の中への知識蓄積とみなし、それへの知識伝達を支援することを目的とするシステム開発が多かった。

しかし、そうではなくむしろ、複数の学習者同士の議論や談話や協同作業、つまり他者との相互作用を媒介として達成される協同的な問題解決を支援するテクノロジーの在り方を模索することに研究の方向性が転換してきたのである¹¹⁾。そうした研究は次第に CSCL と呼ばれ始めた。

2-3-4 CSCL 研究

CSCL 研究には、これまでに北米を中心に無数の先行研究があるので、そのすべてを列挙することは不可能である。ここでは、CSCL 研究の初期に開発され、その後の研究に大きな影響を与えた CSILE¹²⁾を紹介する。CSILE は、(1)思考プロセスの外化、(2)外化物の比較・検討・吟味・議論、(3)議論した結果の要約、可視化という基本的な協調学習のプロセスを支援している。

CSILE (Computer Supported Intentional Learning Environment : 各単語の頭文字をとって CSILE) は、子どもたち同士が、まず自発的に自ら考え、次に疑問に思うことやその考えを外化しあい、協同的に探求しあいながら、協同の知識データベースをつくりあげていくことを支援するソフトウェアであり、トロント大学において開発された¹¹⁾。

このソフトウェアで支援の対象となっているのは意図的学習 (Intentional Learning) である。意図的学習とは学習者自身が意図的に設定したゴールに従って、自分の思考を積極的に外化する際に引き起こされる認知プロセスである¹³⁾。ゆえに、このソフトウェアを使用する学習者は、まず自発的かつ積極的に自らの思考プロセスを他者に外化し、共有することが求められている。教師や専門家から伝達された知識を個人の「頭」の中に蓄積するだけでなく、子どもたちによる「知識を構築していく共同体 (Knowledge-Building Community)」の構築を目指している^{14),15)}。

CSILE に独自に実装されている機能に「Thinking Type」と呼ばれる発言ラベルがある。発言ラベルとは、「my theory : 私の考え」、「I need to understand : 分きたい」、「new information : 新しい情報」、「this theory cannot explain : この考えでは説明できない」、「a much better theory : よりよい考え」、「putting our knowledge together : まとめてみると」などのように、学習者がメッセージを投稿する際に、自分の発言に付与するラベルである。相互に付与した発言ラベルを参照しながら、他の学習者の意見にコメントしたり、関連するメッセージ同士を結び付け、構造的で科学的な議論を行うことができるとされていた。議論がなされたあとは、クラスや集団でそれを共有し、皆に認められたものは「Publish」することもできた。個人間の相互作用の中から「公共知」あるいは「集合知」をつくりだすことを支援していた。

以上, CSILE を概観した. こののち様々な CSCL が開発されたが, 基本的には(1)自らが考えていること, 思考プロセスを外化させること, (2)外化したものを相互に比較・検討・議論できるようにすること, (3)議論や比較の結果を個人ないしは集団で要約したり, 可視化させること, などを, 様々な形で支援している.

2-3-5 CSCL 研究の現在

1990 年代中盤から 2000 年代初頭にかけて隆盛をほこった CSCL 研究であるが, 現在は, 研究が一段落した印象がある. その背景には, インターネットの技術が高度化し, 更には, 一般の人々の生活の中に双方向でのコミュニケーションが次第に普及し始めるに従って, あえて, CSCL という概念を用いたり, あえて, CSCL に特化したシステムを用いなくても, コモディティ化した一般ツールを使って, 人々が協調学習することがなされていることにある. 例えば, ブログ, Twitter, ソーシャルネットワークサービスといったサービスのうえでは, グローバルな規模で, 多くの人々がコミュニケーションを営んでおり, 時には協調学習が成立している. いわば, 学校現場のみならず, 様々な領域で「CSCL と呼ばない CSCL」が生まれるに至っている.

一方, ここ数年の傾向としては, ロボットを相手とした協調学習研究がなされ始めようとしている. かつて, まだコンピュータが珍しかった頃, 「Computer as Cognitive Partner」とよく喧伝されていたものだが, それにかわるものとして「Robot as Cognitive Partner」と位置づけた研究がなされ始めている. ワークショップや参加型学習の現場において, ロボットが人々の協調学習をいかに支援できるのかが問われている.

■参考文献

- 1) 文部省, “小学校学習指導要領,” ぎょうせい, 1998.
- 2) 文部省, “新学習指導要領,” 1999. http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301.htm
- 3) 坂元 昂(監修), 中原 淳, 西森年寿(編), “e ラーニング・マネジメント-大学教育の挑戦,” オーム社, 2003.
- 4) Rochelle, “Learning by collaborating: convergent conceptual change,” *The journal of learning science*, vol.2, pp.235-276, 1992.
- 5) N. Miyake, “Constructive interaction and the iterative process of understanding,” *Cognitive Science*, vol.10, pp.151-177, 1986.
- 6) P. C. Blumenfeld, R. W. Marx, E. Soloway, and J. Krajcik, “Learning with peers: From small group cooperation to collaborative communities,” *Educational Researcher*, vol.25, no.8, pp.37-40, 1996.
- 7) G. Salomon(ed.), “Distributed cognitions: Psychological and educational consideration,” Cambridge University Press, 1993.
- 8) J. Lave and E. Wenger, “Situated learning: Legitimate peripheral participation,” Cambridge University Press, 1991. (佐伯 胖(訳), “状況に埋め込まれた学習 -正統的周辺参加,” 産業図書, 1993.)
- 9) A. Sfard, “On two metaphor for learning and dangers of choosing just one,” *Educational Researcher*, vol.27, no.2, pp.4-13, 1998.
- 10) E. Soloway and A. Pryor, “The next generation in human-computer interaction,” *Communications of ACM*, vol.39, no.4, pp.16-17, 1996.
- 11) M. Scardamalia and C. Bereiter, “Computer support for knowledge-building communities,” In T. Koschmann(ed.), “CSCL: Theory and practice of emerging paradigm,” pp.204-260, 1996.
- 12) M. Scardamalia and C. Bereiter, “Student communities for the advancement of knowledge,” *Communications of the ACM*, vol.39, no.4, pp.36-37, 1996.
- 13) C. Bereiter and Scardamalia, “Intentional learning as goal of instruction,” In L. B. Resnick(ed), “Knowing,

Learning and Instruction: Essays in honor of Robert Glaser,” LEA, pp.361-392, 1989.

- 14) M. Scardamalia, C. Bereiter and M. Lamon, “The CSILE Project: Trying to bring the classroom into world 3,” In K. McGilly(ed.), “Classroom lessons: integrating cognitive theory and classroom practice,” The MIT Press, pp.201-228, 1994.
- 15) J. Hewitt, “From a focus on tasks to a focus on understanding: The cultural transformation of a Toronto classroom,” T. Koshmann, R. Hall, and M. Naomi, “CSCL2: Carrying forward the conversation,” LEA, pp.11-41, 2002.

■S3 群-11 編-2 章

2-4 学習科学

(執筆著者：益川弘如) [2008年10月受領]

現実場面における学習の質の向上を目指しつつ、その学習過程を解明する学問分野が「学習科学」である。従来では成し得なかったレベルの「学習」を実現していくために、学習過程を解明する認知科学研究と、最新の ICT を活用して学習環境を開発する工学研究を組み合わせる試みが多く行われている。1991年に The Journal of The Learning Sciences が発刊され、同時に国際会議が開かれ、「学習科学」という学問分野としての名称が登場した。その後、2003年に国際学習科学会 (The International Society of the Learning Sciences) が発足し現在に至る。

学習科学には三つの大きな特徴がある。一つは「学習者中心」の考え方を基盤とする点である。知識とは、基本的に個人が主体的に構成するものだが、その過程は相互作用的で、文化社会の中、人と人、道具との相互作用を介して深める「協調的」なものである。そして獲得すべき知識は、状況に対し適応的に活用でき、必要に応じて再構築可能な「可搬性」「信頼性」「持続性」の三つを持ち合わせた状態である必要がある¹⁾。また、ICT など科学技術の進展により、協調的な知識構築場面をより強力に支援できるようになってきている。

二つ目は、「デザイン研究」という研究手法を用いる点である。従来では統制された実験室内で短期の変化を追っていたが、デザイン研究では、長期の複雑な実践場面を観察対象とする。「デザイン・実践・分析評価」のサイクルを繰り返す中で、徐々に高度な学習成果を目指し、データを蓄積していく。またそのため多くの研究は、認知科学研究者、工学研究者、教師、また校長や地区の管理者らから成る、多彩なコミュニティ集団によって実施されている。

三つ目は、長期の変化を詳細に見ていくことで、学習の質的变化や効果的な支援方法に関する研究を深めている点である。科学技術の進展で、個人々の学習過程がより容易に詳細に記録して分析できるようになった。そのような中、数年にわたる長期のデータを研究対象としたり、実践規模を拡大して幅広い適用・普及を目指していく研究が行われている。

2-4-1 学習科学の学習理論

学習科学では、「学習者中心」の考え方を中心に据える²⁾。知識とは基本的には、個人々により構成されるものである。しかしその構成活動は、生得的条件と既有知識による内的制約と、社会及び文化などの外的な制約を充足する形で行われる。日常的認知研究や熟達研究の進展から、「学習」を短時間の変化ではなく、より長いスパンで捉え、人の一生の間にとどのような学習を経験するのか、またどのような経験をしていくのが良いのか、という視点から学校教育における「学習目標」の捉え直しも起きている。学校卒業後に学習者に求められるのは、必要に応じて知識技能を組み替えて適用可能な「適応的熟達者」であろう。三宅¹⁾は、獲得すべき学習目標として、以下の三つをあげている。

- ・ **Portability (可搬性)** : 学習成果が、将来必要になる場所と時間まで「持ってゆける」こと。
- ・ **Dependability (信頼性)** : 学習成果が、必要になったときにきちんと「使える」こと。
- ・ **Sustainability (持続性)** : 学習成果が、修正可能であることを含めて「長持ちする」こと。

「可搬性」とは、特定の授業でできるようになった知識を、その授業の中に留めず、他の授業で活用したり、将来社会に出たときに活用できる知識をもつことである。「信頼性」とは、

学習者自身が活用できると確信できる知識として身につけ、実際に状況に合わせて適応的に使うことができる状態であることである。「持続性」とは、学習成果が長持ちすることである。時代の進歩によって、理論や技術は常に更新されていく。それに合わせて知識を更新していくことができる、そのような学び方を獲得することが求められる。

また学習科学では、学習者主体で高度な知識や学ぶ力を身につけていくために、「協調的」な活動と、テクノロジーを用いた「学習支援」を導入する。建設的相互作用論では、ペアで問題を解決する際、互いの理解度の違いが双方の知識の再吟味を促し、個々の理解が各々深まる様子を示している³⁾。また、実行役とモニタ役が共通の「外化物」を介すことでそれぞれが異なる解釈をし、その解釈の違いがより抽象度の高い理解へと変化する強制的な機会となり、一人での問題解決よりも明らかに効果が高いことが実証されている⁴⁾。そして、グループで説明役とモニタ役に分かれて協調的な読解活動を行う **Reciprocal Teaching** (相互教授法) では、相互に要約や疑問点、想定問題を説明し合う活動を通して読解力を高めることに成功している⁵⁾。

三宅らの大学授業の実践では、各自が概念地図を作成し、他者への説明や自己知識の再構築のために活用するツール、**ReCoNote** (**Reflective Collaboration Note**) を導入している^{6), 7)}。**ReCoNote** を活用して考えやまとめを外化し、その情報を他者と共有して比較吟味する活動を通すことで、自己の日常経験と結び付けた知識統合や、複数資料からの俯瞰的な理解など、個々の学習者が個々に理解を深めていく支援をしている。

2-4-2 学習科学の研究手法

現実の教室場面などを研究フィールドとする際には、「デザイン実験、デザイン研究 (**Design Experiments, Design Research, Design-based Research**)」などと呼ばれる研究手法を用いる⁸⁾⁻¹⁰⁾。従来の実験室での統制群、実験群の比較による検証方法とは根本的に異なり、複雑な要因が絡み合っている教室の場面で評価する。実践場面としての授業をデザインする際、最大限の効果が得るため複数の要因を入れた形で設計する。また、効果を検証するために様々な方法を駆使して学習プロセスデータを収集する。収集した学習過程記録を分析して、学習者の変化を検証し、効果のあった活動を同定していく。詳細な分析から、学習理論の精緻化や次の実践サイクルの改善へとつなげていく (表 2・1)。

表 2・1 従来の実験研究とデザイン研究の七つの違い⁹⁾

	従来の実験方法	デザイン研究
場 所	実験室	複雑な状況 (教室など)
扱う要因	一つの変数を変える	複数の変数を扱う
実験状況	実験者が意図的にコントロール	コントロールしていない特定の状況
実験手続き	固定した手続きで	柔軟にデザインの修正も行う
社会との関連	社会と分離している	社会と相互作用している
研究スタイル	仮説を検証する	枠組みを開発していく
立 場	実験者として	デザイン・分析の共同参加者として

学習成果の評価について Pellegrino ら¹¹⁾は、「認知・観察・解釈」からなる「評価の三角形」という考え方を提唱している。適切な学習者に対する認知をもたなければ観察すべき部分を誤り、適切な解釈ができない。例えば旧来の学習観に基づく、個々の内容の暗記を重視した認知では、テストの正誤で暗記を観察し、解釈をしていた。対して学習科学では、最新の学習理論(認知)に基づき授業を設計し、学習の場で起きている学習プロセスを観察する。学習者の初期の考え方が、授業での働きによってどう変化したのか、どの支援や活動が鍵となって学習成果に結び付いたのかなど、詳細データをもとに解釈していく。

経年比較によって初めて明らかになる研究もある。カリフォルニア大学バークレー校の Linn らの WISE (Web-based Inquiry Science Environment) では長年、小中学校「科学」を対象に、日常に科学を持ち込み、科学を学び続ける力の育成を目標に実践している¹²⁾。成功した12週間のカリキュラムを効率的に実現するために、年々時間数を減らしたカリキュラムを実施した結果、6週間にすると形式的解答を求める選択肢問題は低下しないが、概念的理解を測る記述式問題は25%まで低下するという結果を出している¹³⁾。

2-4-3 学習科学の発展

これまで特定の教室・学校・地域を対象として、各々研究成果を積み重ねてきたが、現在では徐々に実践規模を拡大し、異なる条件や場所での比較検証や成果の普及促進、また、より長期に及ぶ学習データを収集して、そこから学習を解明する研究が進められている。

トロント大学の Bereiter, Scardamalia らが1986年から始めたプロジェクトでは、過去の小中学生の作文過程の研究成果をもとに、各々の学習者が「書く」内容を共有し深めていくことで「知識構築」を支援する学習支援環境 CSILE (Computer Supported Intentional Learning Environment) の研究を進めてきた。その後1995年に、各国様々な教科での汎用的な活用を目指し、Knowledge Forum として市販化された。今では世界中の国々で幅広く利用されており、多様な活用方法や詳細な分析結果などが、年1回開催される国際ミーティングで共有されている。日本においても大島らが神戸大学附属住吉小学校で理科や総合的な学習などを対象として、数年にわたって実践を積み重ねている¹⁴⁾。

中京大学の三宅らの学習科学チームでは、10年以上にわたって「認知科学」を学ぶ大学生を対象に、協動的に学習するカリキュラムを実践している。初期の実践では一つの授業を対象にしていたが、今では入学時から2年間にわたる複数の授業カリキュラム群を対象としている。学生自身が自分の学習プロセスを観察したり、他人と比較したり、文献資料について理解したことを説明し合い、相互吟味を繰り返す協動的な活動 (Dynamic Jigsaw 法) を通して、認知科学の基礎概念を獲得する様子が見えてきている¹⁵⁾。最近ではこれを、数学などへのカリキュラムに範囲を広げて、長期学習過程のデータ収集と分析もしている。また、実践で集めた学習過程データから上手にいった「条件」を抽出することで、規模や目的が異なる他機関、教員養成学部へ転用可能なことを検証している¹⁶⁾。また教師教育へ展開し、現職教員院生を対象に、デザイン研究実践ができるスクールリーダ養成を目指した実践も実施している。授業にはデザイン研究サイクルを取り入れ、デザイン、観察実践、データ収集分析、改善案抽出活動を協動的に繰り返している¹⁷⁾。

アメリカでは NSF (National Science Foundation) による強力な研究資金援助を得て、大規模なプロジェクトが始まっている。WISE を進めていた研究グループらは最近、TELS

(Technology Enhanced Learning In Science) という新プロジェクトを始めた。9大学の研究グループがチームとなり、ITを活用した科学教育のカリキュラム開発と実践に加え、現職教師教育や教員を目指した院生教育、科学教育研究、テクノロジー開発研究を統合的に実施している。この統合ミッションの中で、「科学」の教科で扱う全カリキュラムのコンテンツを開発・公開し、教育委員会や教師らと共に、大規模な実践の評価、実践の普及を進めている。

ほかにも2004年に、ワシントン大学、スタンフォード大学、企業、複数の研究所の学習科学者によってLIFE (The Learning in Informal and Formal Environments) センターが立ち上げられた。ここでは、学校環境だけでなく学校外環境も含めた「人の一生」という多様な長期データを収集・分析していくことで、そこで起きているすべての学習タイプを解明していくことを目標としている。そのために、神経生理、認知、発達、社会文化など、多様な視点から、様々な年齢、領域、学習環境で、人はいかに学ぶかの原則を探す試みが行われている。

以上のように、多様な現実場面で大規模なデータを収集して比較分析したり、CSCL システムの開発を進めていくことで、学習科学は「人はいかに学ぶか」の解明と「人はどこまで賢くなれるのか」を追及している。

■参考文献

- 1) 三宅なほみ, “学び方を学ぶ工夫としての協調学習—その理論的背景と具体的な実践例,” 国立国語研究所(著), “日本語教育年鑑 2007 年版,” くろしお出版, 2007.
- 2) J. D. Bransford, A. L. Brown, and R. R. Cocking, “How people learn, Brain, mind, experience, and school,” National Academy Press, Washington, D.C., 1999. (森 敏昭, 秋田喜代美(監訳), “授業を変える: 認知心理学のさらなる挑戦,” 北大路書房, 2002.)
- 3) 三宅なほみ, “理解におけるインタラクションとは何か,” 佐伯胖(編), “認知科学選書 4 理解とは何か,” 東京大学出版会, 1985.
- 4) H. Shirouzu, N. Miyake, and H. Masukawa, “Cognitively active externalization for situated reflection,” *Cognitive Science*, 26, pp.469-501, 2002.
- 5) A. S. Palincsar and A. L. Brown, “Reciprocal-teaching of comprehension fostering and monitoring activities,” *Cognition and Instruction*, 1(2), pp.117-175, 1984.
- 6) 三宅なほみ, “コンピュータを利用した協調的な知識構成活動,” 杉江修治, 関田一彦, 安永 悟, 三宅なほみ(編), “大学授業を活性化する方法,” 玉川大学出版部, pp.145-187, 2004.
- 7) 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.
- 8) A. Brown, “Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings,” *The Journal of the Learning Sciences*, vol.2, no.2, pp.141-178, 1992.
- 9) A. Collins, “Toward a Design Science of Education,” In E. Scanlon and T. O’ Shea(Eds.), “New Directions in Educational Technology,” Springer-Verlag, New York, 1992.
- 10) S. Barab, “Design-Based Research: A Methodological Toolkit for the Learning Scientist,” R. Sawyer(Ed), “Cambridge Handbook of The Learning Sciences,” Cambridge, 2006.
- 11) J. Pellegrino, N. Chudowsky, and R. Glaser, “Knowing What Students Know,” National Academy Press, Washington DC., 2001.
- 12) 三宅なほみ, 白水 始, “学習科学とテクノロジー,” 放送大学教育振興会, 2003.
- 13) D. Clark and M. Linn, “Designing for knowledge integration: The impact of instructional time,” *The Journal of The Learning Sciences*, 12, pp.451-493, 2003.
- 14) J. Oshima, R. Oshima, S. Inagaki, M. Takenaka, H. Nakayama, E. Yamaguchi, and I. Murayama, “Teachers and Researchers as a Design Team: Changes in Their Relationship Through the Design Experiment Approach with a CSCL Technology,” *Education, Communication & Information*, 3(1), pp.105-127, 2003.
- 15) N. Miyake, and H. Shirouzu, “A collaborative approach to teach cognitive science to undergraduates: The

learning sciences as a means to study and enhance college student learning,” *Psychologia*, 18, pp.101-113, 2006.

- 16) H. Masukawa, “Transferring an established curriculum from one university to another -Extraction and evaluation of conditions for transferring-,” *The 5th International Conference on Cognitive Science*, 2006.
- 17) 益川弘如, 村山 功, 石上靖芳, “理論と実践の統合を支援する学習支援システムの構築,” 第 50 回人工知能学会先進的学習科学と工学研究会, pp.1-6, 2007.

■S3 群-11 編-2 章

2-5 インストラクショナルデザイン

(執筆著者：鈴木克明) [2008 年 10 月 受領]

2-5-1 インストラクショナルデザイン (ID) の定義と経緯

インストラクショナルデザイン (Instructional Design : ID) は、教育活動の効果・効率・魅力を高めるための手法を集大成したモデルや研究分野、またはそれらを応用して教材や授業などの学習環境を実現するプロセスのことを指す¹⁾。日本では、2000 年頃からの e ラーニングの浸透とともに注目を集めるようになった用語であるが、欧米ではそれ以前から教育工学研究の中心的概念として広く用いられてきた。

日本語訳としては、これまで、授業設計、授業デザイン、教授設計、教育設計技法などがあてられてきたが、21 世紀に入ってからカタカナで、または ID と略して表記されることが多い²⁾。1980 年代にはコンピュータ援用教育 (CAI) などの情報技術の教育利用に関連して欧米流の ID が新しい教育を生み出す方法論として一部の注目を集めた。しかし、ID が志向する科学的な知見に基づいて系統的に教育活動を構築するという方法論は、旧来から我が国の教育実践に受け継がれてきた伝承的・伝統的な教育へのアプローチに統合・融合したとは言い難い状況で推移している。

教育専門職として ID を担当する人をインストラクショナルデザイナーと呼び、欧米では 1970 年代から専門職種として認知されてきた。大学院修士・博士課程での専門家養成機関も多く、関連学会などによる専門職能 (コンピテンシー) の整理とそれに基づく認定・養成制度も確立しており、企業における教育研修担当部署や教育コンテンツ開発会社などでは必須の職能として位置づけられている³⁾。ID の専門性を経営に位置づけるための上級管理職として CLO (チーフラーニングオフィサ) を配置することも、大企業では常態化している。

一方我が国では、NPO 法人イーラーニングコンソシアムが 2008 年に創設した「e ラーニングプロフェッショナル認定資格制度」に「ラーニングデザイナー」が設けられ、修了と同時にその資格が得られる e ラーニング専門家養成に特化した大学院が熊本大学に教授システム学専攻として 2006 年に開設されるなど、近年になってようやく専門家養成が本格化した⁴⁾。e ラーニングなど新しい教育手段の採用や教育機能への注目度の高まり、あるいは職能継承問題の深刻化などの社会状況の変化にともない、大学あるいは企業内教育において教育専門職が求められており、ID の基礎を効果的・効率的に身につける教育課程への期待も高まっている。

2-5-2 ID の 3 目的：効果・効率・魅力

ID には教育の効果・効率・魅力を高めるという三つの目的がある。教育の効果は、学習の成果を示す基準として予め設定した学習目標への到達度で確かめる。教育の効果を高めるためには、第一に、誰に対してどんな目標達成のための教育を実施するのかを明確にすることが必要である。目標と現状の差分を確定して教育活動の出入口を明確にする過程をギャップ分析という。目標の到達度を確かめるための評価方法を、どのような教育方法を採用するかを考えるよりも、先に決めることを重視する。また、教えずぎを防ぐ意味でも、より大きな目標を達成する有効な手段としてある教育が位置づけられるかどうかを点検し、「本当に必要な教育」に焦点化する手法 (ニーズ分析) が重要視されている。

教育活動は学習者の「学びを支援する」ための環境を整えることにほかならないため、効果的な学習支援を実現するために、学習心理学の諸理論から教育手法を導き出し教育者の立場で環境構築の指針をモデル化する。これらの知見を教授理論または教授設計 (ID) モデルと呼ぶ。ID モデルは、学習者と学習課題、及び学習環境の条件が与えられたときに最適な教育方法を提案するものであり、ガニエの9教授事象やメリルのID第一原理などが代表的なIDモデルとして広く知られている。1970年代のプログラム学習教材の構築を支えた行動主義心理学から、コンピュータとの対比で人の情報処理を考える認知主義心理学、のちに学習者が自ら意味を構築していく過程を重視する構成主義心理学など、IDモデルが依拠する心理学理論も時代とともに拡大している⁵⁾。

教育の効率化とは、コスト効果 (投資対効果, ROI) を高めることを指す。同じ教育効果をあげるために投入するコスト (人・モノ・金・時間) をなるべく減らして、より安く、より短期間に、そしてより労力をかけずに当初の目標を達成する。そのための工夫を提案するのも、IDの重要な役割である。システムのアプローチを援用して、着実にステップを踏んで良いものを実現する手法 (ADDIEモデル: 分析・設計・開発・実施・評価の頭文字をとったIDプロセスの一般形) が教科書的である一方で⁶⁾、ラピッドプロトタイプング手法の応用により開発期間を短縮したり環境変化により柔軟に対応するための工夫も提案されている。また、IDの黎明期から、完成後に外部評価を受けること (総括的評価) の対比として、設計・開発者自らが開発途上で利用者に試用させる過程で教材の完成度を高めていく手法が、形成的評価として概念化され、その方法論も確立されてきた。これらの研究成果はIDプロセスモデルとして集大成されており、初学者やID初期導入者に実践的なガイドラインとして提供・活用されている。

教育活動の魅力とは、学習活動が終了した時点で「またやってみよう」と思う気持ちをもたせることを指す。つまり、学習意欲が継続することである。我が国では特に、「できるようにはなる一方で、もうやりたくないと思う」という傾向が強いと国際比較などで報告されてきたことからみても、教育活動の効果を高める (できるようにはなる) だけでは不十分であり、「できるようになるだけでなく、もっとやってみたくなる」ことを実現する設計手法が求められている。IDモデルでは、ケラーのARCS動機づけモデルが、学習意欲を高めるための工夫を過不足なく盛り込む手法として広く知られている。

2-5-3 工学的アプローチと関連諸学問を結び付けた教育実践支援学

IDは、システムのアプローチを採用して問題解決過程を支援するプロセスとして広く知られている。システムのアプローチは工学一般に採用され、初期の目的を達成していくために有効な合目的な方法論として情報システムの構築など各方面で成果を上げてきた。IDプロセスは工学的アプローチに精通している者にとっては親しみももてる枠組みであると言える。システムのアプローチを示す用語が Systematic から Systemic へと変化し、ウォータフォールモデル的な静的・段階のプロセスモデルからアジャイル的な動的・反復的ラピッドプロトタイプングを志向し、「より速く、より安く、より性能の良い」システム開発への要求に答えるための変化を遂げてきたことなど、情報工学関連諸領域との共通点も多い。

一方で、教育という応用分野の特異性から、IDモデルには、学習理論やコミュニケーション学の研究知見に依拠することで、「いかに学びを支援するか」という課題への答えを提供す

ることが求められてきた。システムのアプローチに従って合目的に教材を設計・開発しても、それが必ずしも効果的・効率的・魅力的なものに仕上がる保証はない。ID モデルは、プログラム学習時代からの研究成果を受け継ぎ、教育メディアの効果的な用い方など、学習とコミュニケーションに関する関連諸科学の知見を取り入れて発展してきた。基盤となる理論や情報技術環境の変化によって、現在でも様々な ID モデルが提案されている。ID モデルはまた、優れた教育実践から応用可能な設計原理を抽出することによっても発展してきた。教育活動に有効な情報を何でも折衷的に取り入れて、教育実践に応用可能な形に変換して提供する実践志向の支援学であり、関連諸理論と教育実践とをつなぐ橋渡しの役割を担っている。

2-5-4 ID モデルとその基盤となる学習心理学の事例

ARCS モデルは、魅力を直接扱う代表的な ID モデルとして、ジョン・ケラーによって 1984 年に提唱されたものである。ARCS モデルを待つまでもなく、学習意欲あるいは動機づけは心理学などで盛んに研究されてきたテーマである。しかし、研究知見が膨大に蓄積されてきた一方で、教育実践者あるいは設計者がより魅力的な教育活動を展開するための指針として直接応用可能な形に整理されてきたとは言い難い。そこで、ARCS モデルは動機づけ関連分野の知見を統合・整理し、ある特定の動機づけ理論に傾倒することなく、また、教育を設計する際に「動機づけが必要」とだけ指摘する代わりに、どのように「魅力」を高めていくかの枠組みを実践者向けに提案したものである。動機づけに障害になりそうな要因は、注意 (Attention: おもしろそうか)、関連性 (Relevance: やりがいがありそうか)、自信 (Confidence: やればできそうか)、満足感 (Satisfaction: やってよかったか) のいずれにあるか、を問うことで、問題の明確化を図る枠組み (頭文字をとって ARCS モデル) を提案している。更に、問題領域における動機づけの工夫を教授方略例として選択的に活用できる形で提供することで、設計者を支援している。心理学を中心にした関連諸学問の知見を実践者向けに整理した枠組みと手法を提案しているという意味で、ID モデルの典型例であるといえる⁷⁾。

ID の産みの親として知られている学習心理学者ロバート・M・ガニエが 1970 年代に提唱した 9 教授事象は、教育活動が学習を支援する目的を達成するためには九つの異なる働きかけ (事象) から構成するという枠組みである。一般の講義形式の教育活動の中核となる「新しい情報の提示」(事象 4) の前には、学習者の注意を獲得し (事象 1)、学習者に目標を知らせ (事象 2)、新しい情報を理解するために必要な前提事項を思い出させる (事象 3) という機能を果たす「導入」が必要であるとする。新しい情報を提示する際には、既知の情報との意味的関連を強調するガイダンス (事象 5) をともなうことが効果的であり、理解した事項を確認するための練習 (事象 6) と矯正により理解を深めるフィードバック (事象 7) やテストすることによる学習効果 (事象 8) や忘れた頃に思い出す練習 (事象 9) が更に必要であるとし、「与えるだけ」の講義形式がなぜ効果的でないかを説明し、何を加える可能性があるのかを指摘している。効果的な教育活動を設計する際にも、現状の教育活動を改善するためのヒントを得るためにも、更には、効果的でない教育活動から最大限の学習成果を得るために受講者は何をすべきかのヒントとしても、参考になる枠組みである。

学習心理学に詳しい読者であれば、この枠組みが認知心理学で考案され発展した人間学習の情報処理モデルに依拠していることが理解できるだろう。導入の役割は、人間の情報処理の注意・制御系に働きかけ (事象 1・2)、既知の内容を長期記憶から短期記憶に甦らせる (事

象3) ことにある。ガイダンス(事象5)は意味ネットワークに新規学習事項を絡み取らせて長期記憶へ格納するための方策であり、練習とフィードバック(事象6・7)は一度長期記憶に格納した新規学習事項を検索して取り出すプロセスを支援するものである。このように、人間の学習メカニズムの各フェーズを踏まえてそのプロセスを支援するための外的条件を整えることを目的に、9教授事象は構成されモデル化されている。IDモデルが学習に関する理論を背景にデザイン原理を抽出・提起していくという方向性が確立したことになる。

1990年代初頭に誕生した学習科学の産みの親とされているロジャー・シャンクは、IDモデルの発展にも大きく貢献した研究者の一人である⁸⁾。シャンクが提唱したゴールベースシナリオ(GBS)理論は、シミュレーション型の学習環境を構築するIDモデルである。仮想的なシナリオの中で学習者が現実的な問題に直面し、使命を果たすための役割を与える。行動選択の場面が提示され、必要な情報はその場でアクセス可能になるため、情報が必要な文脈の中で学習が展開できる。行動選択においては失敗が奨励され、失敗を如何に解釈するかを考えることでより深い学習を支援する。GBS理論に立脚して開発された学習環境は企業内教育、高等教育、中等教育など幅広い分野で効果を上げており、理論の有用性が確認されている。更に、GBS理論を発展させる形で様々なIDモデルが開発されている。

GBS理論は、シャンクが人工知能研究者として構想した学習理論である事例ベース推論モデル(Case-based Reasoning: CBR)に基づいている。人は物語の骨格(スクリプト)とそれに関連する豊富な事例をもとに推論を行うと考え、自分がすでに知っている事例に基づいて推論した予測と実際に生じた事態のズレを考察することによって学習が促される、という理論である。したがって、ズレ、すなわち予測の失敗が学習の契機であり、失敗を積み重ねて自らの事例辞書をより豊かに、かつ相互関連させていく過程として学習を捉えた。CBRが提唱する「ズレ」を意図的・組織的に生じさせることを目的に学習環境をデザインするためのIDモデルとしてシャンクがたどり着いたのがGBS理論であった。このほかにも、CBRをもとにして教室での学習活動を組織化するためのIDモデルとしてデザインによる学習(LBD)モデルも提唱され、学習科学の方法論として定着したデザイン研究によって教育実践の現場で検証・発展している。

■参考文献

- 1) 鈴木克明, “e-Learning 実践のためのインストラクショナル・デザイン【総説】,” 日本教育工学会誌, 29, 3 (特集号: 実践段階の e-Learning), pp.197-205, 2005.
- 2) 例えば, ディック他, “はじめてのインストラクショナルデザイン,” ピアソン・エデュケーション, 2004. や, ガンエ他, “インストラクショナルデザインの原理,” 北大路書房, 2007. などがある.
- 3) R. C. Richey, D. C. Fields, and M. Foxon, “Instructional design competencies: The Standards (3rd ed.),” ERIC Clearinghouse on Information & Technology, Syracuse University, 2000.
- 4) 大森不二雄(編著), “IT時代の教育プロ養成戦略: 日本初のeラーニング専門家養成ネット大学院の挑戦,” 東信堂, 2008.
- 5) 鈴木克明, “教育・学習のモデルとICT利用の展望: 教授設計理論の視座から(解説),” 教育情報システム学会誌, 22, 1, pp.42-53, 2004.
- 6) 鈴木克明, “教材設計マニュアル,” 北大路書房, 2002.
- 7) 鈴木克明, “『魅力ある教材』設計・開発の枠組みについて—ARCS動機づけモデルを中心に—,” 教育メディア研究, 1, 1, pp.50-61, 1995.
- 8) C. M. Reigeluth (Ed.), “Instructional-design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory (Vol.II),” Lawrence Erlbaum Associates, 1999.

■S3 群-11 編-2 章

2-6 オントロジー

(執筆著者：林 雄介) [2008年10月 受領]

教育支援システム研究は、これまで蓄積されてきた学習と教授の理論を反映させた情報システムを構築する、または情報システムを利用した教育実践から新たな教育的知見を見いだす研究といえる。この項目では、学習と教授の理論と情報システム、実践をつなぐ工学的な基盤の観点から、人工知能研究の分野で提案されている「オントロジー」について紹介する^{*1}。

2-6-1 オントロジーとは

「オントロジー」とは本来、哲学用語で「存在論」という意味であるが、コンピュータ科学においては真理を追究するのではなく、そのような哲学者の「姿勢」を学び、工学的に「役に立つ」範囲で対象世界の根元的な概念体系を考察したものである。つまり、「対象世界のモデル化のために基盤となる概念体系で、コンピュータと人間が理解を共有できるように書き記したもの」といえる。これは共通語彙（概念）を提供する体系化された辞書（のようなもの）ともいえる。ただし、自然言語における言葉の多様な使われ方を説明するものではなく、オントロジーの中で用いられる際の意味を限定するものである。つまり、辞書のように「このように使われている」という記述的な（Descriptive）なものではなく、オントロジー構築者の意図を込めて、「このような意味でこの概念を使う」という主張的な（Prescriptive）のものである。オントロジーのより詳しい定義については参考文献 1) を参照されたい。

このようなオントロジーの意義を理解するには、人工知能研究の分野でオントロジーが生まれた経緯を知ることが助けになると思われる。1960年代後半から始められたエキスパートシステム研究は、人工知能技術が Toy Problem だけではなく実社会への問題解決に応用できることを示すのに大きく貢献し、現実を直視して地道に構築された知識ベースによって実世界に存在する解決が困難な問題を解ける「知的」な計算機を実現した。教育支援システムの分野でも、この応用として知的 CAI (Computer Aided Instruction) や ITS (Intelligent Tutoring System) などと呼ばれる研究が盛んに行われ、教育知識を教授戦略や領域（ドメイン）知識、学習者モデルに分割して知識ベース化することで知的な教育支援システムがいくつも構築された²⁾。

しかし、1980年代に入って様々な産業において実用的なエキスパートシステムが構築される一方で、知的さの源泉となる「知識」への工学的アプローチを更に発展させるうえでの大きな問題点もいくつか明らかになった。その中で特に注目したいのは、知識を積み上げることの難しさである。エキスパートシステムでは専門知識をプロダクションルールとして記述し利用する。そう一言でいっても、実際には専門家を含む種々の知識源から知識を抽出し、ルールの形式に整理する作業は膨大なものである。この肝心な、しかも手間のかかる部分を支援する技術が欠けていた。知識を積み上げるためにはその前提となる仮定や視点、利用の目的に対する基本的合意が必須であるが、前提を明示化するための方法論がなかったのであ

*1 一般的な定義に関しては S3 群 (脳・知能・人間) - 3 編 (人工知能と学習) - 4 章 (知識マイニング・発見) を参照されたい。

る。このために、知識ベースの共有・再利用に関して問題ごとのアドホックな構築や知識の更新の難しさといった大きな欠点があることも指摘された。

このような背景のもとで、知識を積み上げるための方法論として提案されたものが「オントロジー工学」である。オントロジー工学は知識ベースの前提となる仮定や視点、利用の目的を明示化する枠組みを提供すると共に、そのうえで知識を積み上げるための方法論を提供する。このオントロジー工学の重要な思想は、「内容指向」の研究^{*2}であるということ、オントロジーは計算機と人間の両方のために存在し共有・再利用されるものであるという二つである。知識は複数の主体の間で共有され、様々な目的のために再利用されなければならない。そして、計算機による知識処理は、多様な知識源に潜在する知識を人間と計算機の両方の主体にとって操作可能な形に抽出、変形、組織化する技術、すなわち、知識メディア技術に進化しなければならない。オントロジー工学はそのような技術の基盤として期待されるものであり、教育システム研究においても学習と教授の理論と教育支援システム、そして実践をつなぐ工学的な基盤の一つになり得ると考えられる。

2-6-2 オントロジーの応用

オントロジーの応用はオントロジーが果たす役割に応じて以下の5タイプに分類できる²⁾。以下では、それぞれの分類を教育支援システムの研究分野における応用事例と併せて紹介する。また、その他のオントロジーに関連する教育システム研究についてはO4E wiki³⁾に多くの文献が紹介されているのでこちらを参照されたい。

(1) 共通語彙としてのオントロジー

もっとも直接で単純な応用であり、あるドメインにおける語彙の統一を目標とする。この応用に近いものとして、Bloomらによる教育目標の分類学 (Taxonomy)⁴⁾があげられる。これはカリキュラムやテストの開発の基礎となる教育目標に関する用語を整理する理論的枠組みを構築することを目指して、教育目標の階層的分類を行ったものである。このような分類階層はオントロジーの主要な構成要素の一つ(すべてではない)であり、本質属性^{*3}に基づいて語彙を意味的に整理することによって、共有性の高い共通語彙を整備することができる。

(2) 情報アクセスのためのオントロジー

WWWのような大規模情報源において、情報アクセスを少しでも知的にして必要な情報を素早く入手できるようにすることは重要な課題である。オントロジーはこの問題に対して、次の二つの方法で貢献する。一つはWWW上の情報資源にアノテーションするためのメタデータ要素と語彙を提供すること、もう一つはメタデータを解釈するためのクラス階層やクラス間の関係を提供することである。例えば、教育支援システムの分野でのメタデータとして代表的なIEEEによるLOM (Learning Object Metadata)⁵⁾と対応づけて考える。

前者に関しては、各データ要素が取り得る値を(1)のように共通語彙として定めておくこと

*2 人工知能研究の中には、論理や知識表現などを扱う「形式指向」の研究と、知識の内容を研究対象とする「内容指向」の研究がある。オントロジー工学は、「内容」を場当たりのではなく、一般性をもって扱う技術とそれを支える理論を確立することを目指している。

*3 個物(インスタンス)のidentityを決定づける属性²⁾。

でデータ記述のガイドラインを設定できる。各国語での利用や対象領域ごとの語彙の統制のために、データ値として扱える語彙（概念）やその規則は **application profile** としてまとめられている。これをオントロジー工学的な観点から整備することで、その一貫性や整合性が明確にできる。後者については、**Information model** として定義されているデータ構造における各要素の意味とそれらの間の関係の明示化や規約の形式化が考えられる。これをより反映させたデータ構造としては、現状の XML による記述 (**XML-binding**) ではなく **RDF** による記述 (**RDF-binding**) が提案されており⁶⁾、データ構造の規約を記述の枠組みに反映させることで要素間の関係性やデータの整合性などを計算機が解釈できるようになる。

(3) 相互理解のための媒体としてのオントロジー

人や計算機間での相互理解が人と計算機を含めた系における知的活動の実現に向けて必要となる。セマンティックウェブはこのタイプの応用の最大のアプリケーションで、オントロジーに基づく意味解釈やオントロジー変換などが重要な研究課題である²⁾。これは(2)よりも高度で、メタデータのマッチングだけではなく、それらを使った推論が求められる。この分類の代表的な事例として、**LOCO (Learning Object Context Ontology)** を利用したシステムがあげられる⁸⁾。

LOM は（どちらかという）文脈依存性の低い設計時のメタデータを対象としているが、**LOCO** はそれに加えて、ある **LO** が特定のコンテンツの中に組み込まれている際の文脈 (**Context**) をメタデータとして記述する枠組みを提供する。その記述のための概念的な枠組みはオントロジー記述言語 **OWL** によって記述されたオントロジーとして構築されており、セマンティックウェブ処理技術を利用することで、トピックやメディア形式といった文脈依存性の低い内容だけではなく、学習プロセスにおける位置づけやそのコンテンツの想定学習者といった文脈依存性が高い内容で検索することを可能にする。

(4) 規約としてのオントロジー

インスタンスは実世界のオブジェクトのモデルであり、オントロジーはインスタンスのモデルであることから、オントロジーはどのようなインスタンスがあり得るかということを規定するメタモデルであるといえる。このメタモデル（モデルに関するモデル）としての役割を活用し、システムは自身の支援対象を「理解」し、ユーザを知的に支援することができる。このようなシステムはオントロジーアウェアなシステムと呼ばれる。

オントロジーアウェアなシステムの例として、**EON**⁹⁾ や **iDesigner**¹⁰⁾ といったオーサリングツールがあげられる。これらのシステムでは、学習・教授に関する行為や対象物に関する概念をタスクオントロジーやドメインオントロジーとして体系化し、それに基づいてオーサが想定する学習・教授シナリオを概念レベルで設計することを支援する。この概念レベルというのは、学習実行時に学習者に提示される学習オブジェクトのフローや制御構造（ここでは実装レベルと呼ぶ）ではなく、その教育的意味の記述を表している。

これらオーサリングツールの特徴は、オントロジーによって学習・教授シナリオを記述するための概念レベルでの基本的な概念を提供し、実装レベルに対する設計意図を記述できるようにしている点である。**iDesigner** では、この設計意図の記述によって設計したプロセスの妥当性を検証する機能を提供している。これは概念レベルシミュレーションと呼ばれる機能

で、想定する学習者のモデルに対して、オントロジーを規約として実装レベルではなく概念レベルのプロセスモデルを擬似的に実行することで学習・教授プロセスの妥当性の検証を支援する。

EON では、オーサが複数の実装レベルのプロセス（学習・教授戦略）を設計することに加えて、メタ戦略（学習・教授戦略を決定するための戦略）を設定することによって、そのプロセスの目標と適用条件を概念レベルで明確に記述することができる。メタ戦略は、オントロジーに基づく条件記述とパラメータ設定の組み合わせによって構成され、実行時には学習者に合わせて実装レベルプロセスを動的に変化させるために利用される。

(5) 知識の体系化の基盤としてのオントロジー

知識を体系化する際には、厳密に定義された合意に基づく概念や語彙を用いて様々な現象や観測事象、興味ある対象を説明する理論が記述され、それに基づく知識の記述と組織化がなされる。厳密に定義された合意に基づく概念や語彙としてのオントロジーはこのような知識の体系化の拠り所になる。

オントロジーに基づく学習理論と教授理論の体系化の研究の一例として、OMNIBUS プロジェクト¹¹⁾があげられる。このプロジェクトでは、単に多種多様な学習・教授理論のデータベースを作って「検索」できるようにするだけではなく、授業や学習コンテンツのシナリオ作成時に、適用可能な理論の内容を「説明」し、「適用」できる情報システムを実現するための知識の組織化基盤の構築を目指している。この研究では『学習者の状態変化という観点から、「学習」に関する共有可能な何らかの「工学的近似」を見いだせるのではないか』という作業仮説を立て、パラダイムの相違点と共通点を工学的に浮き彫りにするための概念基盤として OMNIBUS オントロジーを構築している。

この OMNIBUS オントロジーでは学習・教授理論について 2 種類の概念化をしている。一つは、個々の理論を原理などの本質属性で整理することであり、各理論のパラダイムなどによる階層的な分類である。もう一つは、個々の理論に含まれている学習・教授方略を目的（学習者の状態変化）の達成・分解関係として記述する枠組みである。そして、この 2 種類の概念化を関連づけることによって、ある理論全体としてのマクロな観点と、個々の方略の詳細において対象とする状態や行為などのミクロな観点、またその中間的な観点として個々の方略の性質といった様々な粒度の観点から理論を整理し、理解と活用を支援する情報基盤の構築を目指している。

■参考文献

- 1) 溝口理一郎, “オントロジー工学,” オーム社, 2005.
- 2) E. Wenger, “Artificial intelligence and tutoring systems: computational and cognitive approaches to the communication of knowledge,” Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1987. (岡本敏雄, 溝口理一郎 (監訳), “知的 CAI システム - 知識の相互伝達への認知科学的アプローチ,” オーム社, 1990.)
- 3) D. Dicheva, “O4E Wiki,” <http://o4e.iiscs.wssu.edu/xwiki/bin/view/Blog/Articles>.
- 4) B. S. Bloom, J. T. Hastings, and G. F. Maclus, “Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning,” McGraw-Hill, 1971. (梶田叡一, 藤田恵聖, 渋谷憲一, “教育評価ハンドブック,” 第一法規, 1973.)
- 5) IEEE LTSC WG12, “IEEE Standard for Learning Object Metadata,” <http://ltsc.ieee.org/wg12/>
- 6) “Joint DCMI/IEEE LTSC Taskforce,” <http://dublincore.org/educationwiki/DCMIIEEELTSCTaskforce>.

- 7) V. Devedzic, "Semantic Web and Education," Springer, 2006.
- 8) C. Knight, D. Gasevic, and G. Richards, "Ontologies to integrate learning design and learning context," J. of interactive Media in Education, vol.7, 2005.
- 9) T. Murray, "Authoring Knowledge-Based Tutors: Tools for Content, Instructional Strategy, Student Model, and Interface Design," J. of the Learning Sciences, 7(1), pp.5-64, 1998.
- 10) 林 雄介, 山崎龍太郎, 池田 満, 溝口理一郎, "オントロジーアウェアな学習コンテンツ設計環境," 情報処理学会論文誌, vol.44, no.1, pp.195-208, 2003.
- 11) R. Mizoguchi, Y. Hayashi, and J. Bourdeau, "Inside Theory-Aware and Standards-Compliant Authoring System," Proc. of SWEL'07, pp.1-18, 2007.