

Smart Pedagogy

奥出 直人^{*1}
Naohito Okude

白鳥 成彦^{*2}
Naruhiko Shiratori

^{*1} 慶應義塾大学環境情報学部 Keio University, Faculty of Environmental Information
^{*2} 慶應義塾大学政策・メディア研究科 Keio University, Graduate School of Media and Governance

To study expert knowledge and technology, we should study with situated pedagogy. This pedagogy has good points that learners get knowledge of practice in a situation. However, this study system has the problem that both learner and coach has burden of efficiency in making studying environment. To discharge it and keep this advantage, we should make studying environment with computer augmentation. In this thesis, this pedagogy system is named Smart Pedagogy. Learners can study expert knowledge efficiently and actively in the pedagogy with augmented media and interaction ontology.

1. 概要

高度な知識や技術の効果的な習得に欠かせないと言われていた状況的教育法(Situated Pedagogy)は、実際の実行に当たり多くの時間と人材が必要となる非効率性な手法であることが知られている。非効率性を解消しながらも、効果を維持するためには状況論を考慮したコンピューター教育環境を設計・開発する必要がある。本論文では、コンピューター環境が導入された状況的教育法を Smart Pedagogy と呼び、その方法論を提案する。

2. Situated Pedagogy の重要性と問題点

2.1 Situated Pedagogy の必要性

学習者が高度な専門知識を学ぶために注目されている理論として状況論的学習(Situated Learning)がある(Jean Lave and Etienne Wenger, 1991)。この状況論的学習を教育の分野に応用したのが Situated Pedagogy である。Situated Pedagogy は Theory into Practice (Volume35 Number 3,1996)において、Situated Pedagogies: Classroom Practices in Postmodern Times として教育の分野に取り上げられている。この中で、Situated Pedagogy のコンセプトは「教育者と学習者が参加している教育環境における矛盾や複雑さから、教育者が学習者にとって付加価値を創り出すこと」と定義されている。

その特集号の中で、Mimi Orner(1996)は大学内の授業プログラム(Woman's Studies courses)の中で Situated Pedagogy を使用している。この授業においては講義形式ではなく、学生は2人から5人のグループを作り、1つのテーマにそってグループ内で討議をしていき、答えを見つけていく。例えば、1つのグループは、アメリカにおけるエイズ教育をテーマとしてあげ、それを検討する。そうすることで、その学習の中では、学生の学習効果が向上し、状況の中から学生自身で問題を見つけ、それに対して提案ができるようになる。

また、白鳥は麻酔研修における状況制、Situated Pedagogy について医師にインタビューを行った。インタビューの中では、研修医が麻酔行為を学習する際には、指導医が周りにいる環境の中で、実践的に学習を行っていく。手術室内という実践状況の中での学習方法が本の中の知識から、実践の知識への移行課程であるとしている。

以上の事例から、「学習者が高度な専門知識を学ぶ際には、状況から直接学ぶことが多く、1人の自学自習という形では

その知識を学ぶことができない」という点が導かれる。そのため、教育者は講義形式のような形は取らずに、状況論的学習を使用することで、学習者の学習効果を高めているということがわかった。したがって、状況論的学習を導く Situated Pedagogy は高度な専門教育で欠かせない学習形態であると言える。

2.2 Situated Pedagogy が抱える問題点

しかし、Situated Pedagogy には大きな問題がある。例えば、スポーツ、音楽などさまざまな分野での熟達過程を研究しているエリクソン(2003)は「10年修行の法則」を提唱している。この「10年修行の法則」とは、熟達者の知識を習得するためには、学習者は形を真似するのみでは身につけることはできなく、最低10年間は集中した実践が必要不可欠であるという法則である。

例えば、コンピュータサイエンスに状況論的学習を持ち込もうとしている Mordechai Ben-Ari は、状況論的学習の限界について次のように述べている。彼は Lave (1993) の、算数教育において、教育者としての先生が算数を解くときにどのように何をするのかを、学習者としての子供が観察して真似するという状況論的学習の事例をあげ、この事例から「状況論的学習は、おそらく非効率であると同時に、実際の状況的環境をつくり上げるのに対し、学習者から教育者への負担があまりに大きい」と延べている。

以上の例から、Situated Pedagogy において、学習者が高度な専門知識や技を身につけるためには、非常に長い時間をかけた集中した実践が必要不可欠である。しかし、学習者だけでなく、教育者にとってもこの作業は大きな負担である。つまり、現状の Situated Pedagogy は高度な専門知識や技を身につけるには必要不可欠な教育方法であるが、そのために教育者と学習者は非常に膨大な時間をかけねばならず、非効率かつ不経済である。

今研究において、状況的教育法(Situated Pedagogy)の学習形態がもたらす非効率性という問題点を、コンピューターが教育インタラクションを強化する(オーグメンテーション)形で解決する。この、コンピューター環境によってインタラクションがオーグメンテーションされる状況的学習形態「Smart Pedagogy」によって、学習者はベテラン者、指導者との学習インタラクションが活性化されることで、高度な専門知識をより効率よく学習できるのである。

3. コンピューター教育支援の問題

コンピューターを使用して、教育を支援していく形は第二次世界大戦中の米国兵員教育の中で、短時間で最も効率よく教

育訓練を実地する方法を探ることからはじまる。この支援教育は、国防上の理由から急激に進歩し、1958年にハーバード大学のB.F.スキナー教授がIBMと協力して、IBM650を利用した2進法のプログラム学習を作った。これがコンピューターを教育、学習に取り入れた最初の形で、1924年にブレッシャーが提唱したティーチングマシン(Simple Apparatus Which Gives Tests and Scores, and Teaches)に、スキナー、ギルバート、メイジャー達がプログラム学習の教育方法を融合し、コンピューター上で実現した形である。この初期のCAIシステムをティーチングマシン型CAIと呼ぶ。この形式の代表的なCAIとしては、スタンフォード大学社会科学数学研究所のスーピース(Suppes)が中心となって作られたものがある。このCAIシステムは算数の演習において、学習者はキーボード、ライトペンなどを使用して入力し、ディスプレイ上に映し出される映像、音声を取得しながら、学習者に合った難易度の問題を選び、学んでいくものであった。

このCAIを利用した、学習方法はドリル&プラクティスと呼ばれ、コンピューターが支援する学習として、最初に認知されてきた手法である。(Edward H. Shrliff, 2000)ドリル&プラクティスの例としては、スタンフォード大学において、D.Kim達が制作した医療用支援ソフトウェアがある。このシステム内において、学習者は医療の画像を見ながら、複数ある解答にクイズ形式で答えていく。そして、コンピューターが学習者の解答を判別し、問題を続けるか、次に難しいステップに行くかを学習者の進捗状況に従って決めてくれる(D. Kim, 1993)。このように、ドリル&プラクティスは初期のコンピューター支援を行うティーチング型CAIとして、コンピューター支援の初期の時代から、現在まで使用されている教育システムである。

しかし、ドリル&プラクティスの問題点として、この教育方法がコンピューターから、学習者への知識伝達に中心を置いており、学習者が考える仕組みに焦点が当たっていないことがあげられる。つまり、ドリル&プラクティスは学習者に与えられるコンピューター上のリソースとしての刺激と、それに対する学習者の反応にのみ注目した学習方法であり、スキナーに代表される行動主義理論を基礎にしたものである。この方法では、学習者がどのように学ぶか、考えるかという仕組みに注目があっていない。そのために、学習者の能動的な行動が抑制されてしまい、コンピューターの刺激中にあるモノ以上に学習はできなくなってしまう。

このように、ドリル&プラクティスの知識詰め込み型の教育方法では、高度な知識を学習するには問題点があり、ティーチング型CAIのようなコンピューター支援の形では身体知取得の支援はできないことが分かる。

以上のようなCAI型の教育システムとは異なる形で、1960年代後半にピアジェが提唱するコンストラクショニズムの考え方を、MITのシーモアパパートがコンピューター支援教育に導入した。ピアジェが提唱した、コンストラクショニズムでは、対象と意味ある相互作用を行うことで、学習者が自分の力で様々な事柄を学んでいくというものである。(Piaget, 1970)この考えを引き継ぎ、パパートは、コンピューターによる子供に適した学習環境を提唱し、構築するための言語としてLogoを開発した。このLogoを使用したLogoプロジェクトでは、学習者である子供はタートルと呼ばれる学習設備を用い、LOGOというコンピューター言語を用いる。子どもは、タートルと交流し(タートルを使って遊びながら)、一緒に考え、相互作用して利用する。例えば、正方形をコンピューター上のグラフィックに描く時は、「コンピューターをプログラムして、正方形を描く」とは考えず、コンピューターの画面の上にある三角形で表示されたタートルをどのように動かせば、どのように描き方を教えれば正方形を描けるのかを想像し、次にキー

ボードから、英語に近い形であるLOGOを使用して、タートルに命令する。そのタートルとの相互作用の中で、子供ある学習者は自発的にプログラミングを学んでいくのである。(パパート、マインドストームから)

しかし、このようなコンストラクショニズムの考えで作られたソフトウェアにおいては、簡単なことしか教えられない、学習できないという問題がある。学習者はシミュレーションを使って、間違いながら、そして、それを訂正しながら学習していくのだが、その人自身の知的な枠を越えることができない。例えば、ある部分の面積を求めるのに、足し算のみで答えを出す学習者が、独力で積分法により面積を求めるという結論に達することができない。

つまり、コンストラクショニズムは学習者自身で知識を構築していくために、学習者に要求される能力が非常に高くなってしまふ。もしくは、学習者の能力の範囲を超える学習が非常に難しくなってしまうのである。このように、コンストラクショニズムを使用したコンピューター支援学習においては、学習者の範囲を超えることができず、熟達者の身体知である高度な知識を学習することはできないのである。

このピアジェが提唱し、パパートが利用したコンストラクショニズムの問題点を解決していく流れとして、ヴィゴツキーに始まる活動理論に根ざした、社会歴史的アプローチがある。

活動理論とは、ヴィゴツキーやレオンチェフなどロシアの発達心理学者達によって提唱された実践の理論で、人間の存在、行動、意識、発達を活動という概念を用いて解決しようとするアプローチである。

ピアジェ、パパート達によるコンストラクショニズムアプローチとの違いは、ピアジェが知識の習得、発達を個人的成長の枠に限定し、学習者個人の枠を出ることなしに考えていたのに対し、活動理論に根ざした社会歴史的アプローチは、知識の習得、発達は、社会、歴史、文化の中、個人間のプロセスの中において成立するとした。(オブホーク, 1976)つまり、コンストラクショニズムアプローチは学習を個人を分析の範囲にしていたのに対し、活動理論アプローチは個人をとりまく状況、社会にまで範囲を広げた点が大きな違いになっている(Lave, 1991)。

この活動理論アプローチを学習、教育に応用する形として、前述した状況論的学習があげられる。状況論的学習とは従来の高度で専門的知識を伝達する手法である徒弟制を、学習者が実践の状況の中における文化、社会から学ぶ手法として枠づけたものであるが、その状況論的学習とコンピューター支援を融合していく流れが1990年代からでてきた。

例えば、Teresa Hubscher-Younger達は大学生のアルゴリズム学習のためにWEB上にCAROUSEL(Collaborative Algorithm Representations Of Undergraduates for Self-Enhanced Learning)と呼ぶソフトウェアをつくり、学生をサポートした。そのシステム内において、学生はHTMLベースのインターフェースからCAROUSELにアクセスし、そのソフトウェアを通して、自分のアルゴリズムを発表し、それに対するコメントをもらうなどのコラボレーションを得ることができる。このコラボレーションと、学習グループの中における活動により、知識のある学生グループのみならず、他のグループまでもアルゴリズムを表現でき、理解できるようになる。また、Gerry StahlはCSCL(Computer Support for Collaborative Learning)として、このアプローチを学習、教育に適用し、学習者の知識構築をコラボレーション、デジタルのアーティファクトによって支援していく流れを提唱している。例えば、中学における3時間のロケットシミュレーションプロジェクトの例を挙げる。ここでは、5人の中学生が2台のコンピューターシミュレーション:SimRocketとデータシートを使用して、他のメンバーと実世界上のインタラクションを重ね、ロケットを作る作業をして

いく。この中でコラボレーション状況の中で知識が構成され、その効率性とコンピューターが媒介となるコラボレーションの適切さを述べている (Gerry, 2002)。このように、現状において、状況論的アプローチを基礎においたコンピューター支援の研究はレイヴが提唱する実践の共同体という概念における、コラボレーションによる知識構築をコンピューターによって支援する形である。

しかし、この現状のコンピューター支援による状況論的アプローチは、前章で述べたとおり非効率性という問題点を抱えている。つまり、学習者は状況論的学習を通して、効果的に熟達者の知識をコラボレーションしながら取得することができるが、その実践の状況を作り出すためには熟達者のフォローや、学習者の教育などの手間がかかるために、非効率性という問題点が指摘される。(Mordechai)

このコンピューター支援による活動理論的アプローチは、コンピューターによって熟達者の知識をそのまま表現し、学習者のために利用するオートメーションの機械としたために、熟達者の知識をすべて、詳細にわたってコンピューター内に表現することを目指した。

しかし、熟達者の知識を完全に、かつ詳細に表現しようとしたために、記述や推論の量が増加しすぎてしまうフレーム問題を引き起こした。その完全な熟達者の表現に囚われたために、人間の活動、知性をコンピューターがサポートする形で強化するというオーグメンテーションメディアとして利用されず、身体知を支援するという方向に向かわなかった。そのオーグメンテーション支援の方向に向かわなかったために、活動理論アプローチは身体知支援における画期的な解決法にはなっていない。

そこには学習、教育といった徒弟制の Pedagogy, Learning 自体を分析せず、学習自体を強化していくという観点が抜け落ちてしまっている。その学習自体、教育自体に焦点を当て、その能力を拡大していく状況的学習理論が、私達の提唱する Smart Pedagogy である。コンピューターにより、学習活動、教育活動を強化していくことで、モノ、アーティファクトにより、その人の学習活動を強化していくのであり、コラボレーションを強化していくわけではない。コラボレーションは確かに大事な一面であるし、状況的教育、学習にはかかせないものであるが、その焦点を、学習者が身体知を取得する能動的行為という部分に焦点を当てる必要がある。

それを解決する方法として、状況論的学習法にコンピューター環境を導入するオーグメンテーションの理論を導入する。

このオーグメンテーションの概念は D.C.Engelbart が人間の知性を拡大する概念フレームワークとして提唱した。このコンピューターにより知的能力を拡大することができ、人間は、コンピューターが無い時と比べて、より効率よく、より良く、理解できるようにするためのものである。そのシステムとは、コンピューターアーティファクトを使用して、記号の操作を容易にし、言語、方法論、訓練を含む統合的なシステムのことである。(Engelbart, 1962) このシステムの中で彼は H-LAM/T システムというものを考え、人間の知的プロセスを拡大させるために、知的プロセスをアーティファクトの中で処理、代行するメディアを提案した。

このオーグメンテーションシステムがモノをとおして、学習活動をオーグメントしていくことにより、学習者はベテラン者との教育インタラクションの中で、効率的に知識を取得でき、状況論的学習法の効率性を高めることができる。このように、人間の知性、インタラクション自体をコンピューターメディアによって強化し、オーグメンテーションしていくことで、徒弟制の非効率性を解消し、学習者が体験を通して学習できる方法を Smart Pedagogy とよぶ。

4. 身体知

前節までで述べてきた、状況論的学習法に基づいたオーグメンテーションシステムとしての Smart Pedagogy を適応することで、学習活動をオーグメントすることができるために、学習者は熟達者の身体知を獲得し、熟達者と同じコトが実践の状況の中で行えるようになる。この熟達者と同じコトができるということは、状況の中で目的を達成する行為ができたということである。

ここで、人間の行為というものをロシアの発達心理学者が提唱する活動理論の見地から捉え返してみる。

この活動理論の見地から考えると、学習者が熟達者と同じコトができ、学習するという行為は、熟達者と同じ活動が状況の中で行えるようになるということ、行為の詳細に注目すべきものではないことが分かる。例えば、野球のバッターを考えてみる。熟練したバッターがボールを打つという活動を学習したとは、スイングスピードや、バッティングフォームの形、スピードを学習者が再現できたという行為の詳細に価値があるのではなく、ボールを的確に打つという目的が達成でき、実際にバットでボールが打てるということである。これは、ハッチンスが例にあげる海軍の層舵手の例においてもそうである。(更なる、リファレンスとして上野さんの旋盤技術を伝達する徒弟制度と、ハッチンスの海軍の層舵手の例を出し、行為の詳細ではなく、活動を成し遂げることが身体知を獲得したということであることを裏付ける)。

以上の例から、身体知を学習し、獲得するとは、活動の中の一部に過ぎない一つの行為ができるようになったというミクロ的な部分に注目するものではなく、熟達者の活動を状況の中で行えるという活動のことであると言える。

そして、その熟達者の活動とは熟達者個人のみのものである。複合によって成り立つのではなく、複数の主体のインタラクションによって成立するものである。ロシアの心理学者であるレオンチェフは、活動とは、複数の主体による行為の複合であり、行為とその対象は一致せず、欲求に基づくものと、狩りの例を出して説明している。彼は、狩りという活動の中では、ある個人の行為は動物の群れを驚かせて追い立て、待ち伏せをしている他の参加者の所へ向かわせようとするものであり、そこで、その行為者の活動は終り、そこからは他者の参加者の活動によってなされる。(Leont'ev, 1980) このことは熟練者の身体的知識である活動というものが、複数の主体の行為の複合体であるインタラクションの活動によってなりたつことを示しており、熟達者個人の行為のみに注目しては、熟達者の身体知である、知的活動を捉えきれないことが分かる。

5. 現状の身体知研究から

以上の身体知の定義を用いると、現状の身体知の研究は熟達者の行為のみに注目して測定しているだけのものが多いこれらは、プロフェッショナルな人間の能力の測定の支援を行っている研究であるといえる。

つまり、熟達者の1つの行為に注目しているために、熟達者の行為は分析できても、学習者が熟達者の知識を取得する活動には適切ではなく、学習過程に焦点が当たっていない。学習者が身体知を学習するという、複数の主体による活動であるペダゴギーを分析しなくては、熟達者の活動インタラクションを適切に取得することはできず、身体知を学習者が取得することはできないのである。

5.1 Activity Theory と学習

その個人の行為はヴィゴツキー (1978) によると媒介されるモノ (Mediated Artifact) によって間接的につながっていると、

ヴィゴツキーの逆 3 角形の行為モデルを使用して、人間は、外部からの媒体物の刺激の助けをかりて、外部から自分の行動をコントロールすることを可能にしている。そして、そのヴィゴツキーのモデルを Liam J. Bannon は更に活動に拡張し、人間の活動は 1 つ以上の道具によって媒介されるとし、人間の活動は道具によって媒介される、複数の主体によって成り立ち、その主体はある目的を達成するために媒介物によって行為を行うと定義した。以上の理論を用いると、人間の学習活動は外部からの媒体物によってコントロールすることができる。そこで、状況論的学習活動は適切な媒体物を使用することで、オーグメントすることを示している。この概念は、従来の考えである「知識はすべて人間の頭の中に存在する」というものよりも、「知識は個人を超えた認知系の中にこそ存在し、社会的 文化的な相互関係の中で育まれる」と指摘できる (Hutchins, 1994) 例えば、Beach, K.D. はパートナーが注文を処理するために、自分の記憶を拡張するために、必要なグラス(メニューごとのグラスがある)をバーのコーナーの上に並ばせ、それを頼りに注文をさばっていく。

また、これと同じことが麻酔科医の手術室の中でも行われていることを麻酔科医師の薬箱を例に出して白鳥が述べている。

こうした事から、知識は上野が「知能の存在する場所は装置でも、人でもなく、両者の相互作用の中で想像される機能システムのなかにある」と述べたとおり、外部のインタラクションを左右するメディアを含む主体との相互作用の中にこそ知識は存在していると捉えることができる。

以上のような、オーグメンテーションメディアを使用して、学習者に状況的知識とプラン的知識の融合能力を強化させることができるようになる。身体知は、複数の主体のインタラクションの中にこそ存在し、個人の枠に、ましてや、個人の頭の中におさまるというものではない。そして、身体知の取得という学習活動を支援するためには、学習者がおかれている状況の中で、学習者の活動を外部からの媒体物によりコントロールし、それを通して効率性を増す必要がある。そのコントロールを、コンピューターによりオーグメントすることで、学習者は状況の中からその熟達者の身体知を効率的に、かつ効果的に取得することができるようになる。

6. 結論

これまで見てきたとおり、状況的教育論は、医療や、スポーツといった勤、経験といったものに大きく左右される身体知などの高度な専門的知識の伝達、学習において、実践、状況の中において知識を取得する重要性を説いている (Lave, 1991)。しかし、それを踏まえたであろう Situated Pedagogy におけるコンピューター支援学習は従来の知識伝達形式である講義形式(指導者から学習者への単一方向のインタラクションである)をオートメーション、自動化したものとなっており、身体知である高度な専門知識が状況内における複雑なインタラクションの中に埋め込まれていることが加味されていない。そのために、学習者が身体知を取得する活動自体は強化されていない。この形では新しい知識の形としてエンゲストロームが提唱する拡張による学習を実現し、強化することはできない。Smart Pedagogy が果たすゴールは身体知を取得する学習活動を強化するメディアの作成と、そのメディアを使用することによる状況的学習活動に対する積極的、能動的介入である。それが達成されることで、学習者は実践の中で状況的に知識を取得し、その状況自体もメディアを操作することにより自分向きに変更することができる。また、教育者も、学習活動を操作するメディアを使用することにより、直接

状況の中で教える徒弟制の利点を残したまま、その過程を侵さない形で学習者をサポートし、知識を伝達していくことができる。

これにより、いままでも状況の中で受動的にしか伝達することしかできなかった身体知を取得する活動を Smart Pedagogy が提唱するメディアにより、能動的にその活動を变化することができるのである。

実証的に、白鳥が麻酔研修における徒弟制の支援を目的として、Smart Pedagogy を麻酔ナビゲーションシステムとして制作した。このナビゲーションシステムは麻酔における状況的知識とプラン的知識の融合を果たすためのオーグメンテーションメディアとして、メディアを通して、実践の状況の中で、自分の知識を自由に出し入れし、操作することができる。

知識が活動の中に存在し、その活動はメディアによって能動的に変化させることができるという前提のもと、1 つめは、状況的学習論の重要性を認知し、その状況的学習活動を分析し、その活動をオーグメントするメディアを作成すること、2 つめは、そのメディアを使用して、能動的に学習者、教育者が知識活動を自分向きに変更できること。状況的知識の伝達というインタラクションを分析し、そのインタラクションを踏まえたメディアにより、そのインタラクションを強化するという流れが必要になってくる。それが Smart Pedagogy である。

今後はこの pedagogy システムを実践のモノとしていくためにプロトタイプの実証を行っていく予定である。白鳥の研究の最後にもあったように、プロトタイプはコンピューター上の GUI ではなく、より学習者の行為に密接した実世界インターフェースをもったインタラクションメディアとして完成させる必要がある。

その教育課程、学習過程を含む状況をコンピューター、メディア (Mediated Artifact) によってオーグメントすることで、主体者達の知識を学習していくことができる。どの学習分野においても学習者の知識取得における効率性をあげることができる 21 世紀の学習、教育理論である。コンピューター世代が第 3 のパラダイムを迎え、ユビキタスコンピューターの時代になってきている。この時代になってこそ、情報科学が人それぞれの情報格差を埋め、時間、空間を越えて他の情報が取得できる時代である。

参考文献

- [渡邊,1989] 渡邊茂, 坂元昂監修, CAIハンドブック, フジ・テクノロジーシステム, 1989
- [上野,1999] 上野直樹 「仕事の中での学習」 東京大学出版会, 1999
- [Engelbart, 1962] D. C. Engelbart, AUGMENTING HUMAN INTELLECT: A Conceptual Framework, 1962
- [Gerry, 2002] Gerry Stahl, Contributions to a Theoretical Framework for CSCL, Introduction to the Proceedings of the CSCL 2002 conference held in Boulder, 2002
- [Lave, 1991] Jean Lave, Etienne Wenger, 状況に埋め込まれた学習 正統的周辺参加, 産業図書, 1993 (原著 1991)
- [Leont'ev, 1980] Leont'ev, A.N., Problems of the development of the mind. Moscow: Progress, 1980 (邦訳: 松野豊・西牟田久雄訳, 子供の精神発達, 明治図書, 1980)
- [Skinner, 1954] Skinner, B. F., The science of learning and the art of teaching, *Harvard Educational Review* (Pages 86-97) 1954.
- [ピアジェ, 1988] ジャン・ピアジェ, 知能の心理学, みすず書房, 1998
- [オブホーク, 1976] オブホーク, 子どもの思考の発達段階, 明治図書, 1976