

メディアベースの自由探訪を支援する
知識ベースシステム

—プリミティブの提案と試作—

伊藤紘二・伊丹誠・西田正美

東京理科大学

あらかし 本論文は、まず、VanLehn,K.の主張する self explanation に基づいた学習の方法論について論じ、学習支援システムの開発においては、Task Level と Discussion Levelを分離して考えた上で、パラメタによって結合するのがよいとする Cumming,G.の提案について論じている。ついで、メディアベースの探訪支援として我々が開発しているCAFEKSを、この2つの考え方を実現するような形に発展させる方法を論じた後、Discussion Level の仕組みにとって基本となる手がかり知識表現と問題記述の両方にとっての構成要素であるプリミティブの体系を提案し、小規模なプロトタイプで使われている手がかり記述の例を示している。

A Knowledge-Based Assistant for Free Exploration of a Media Base System

- Proposal of the Primitives and a Prototype Realization-

Kohji Itoh, Makoto Itami and Masami Nishida

Science University of Tokyo

Noda 278

Abstract The paper first discusses the self-explanation-based methodology of human learning brought to the fore by VanLehn,K. Also discussed is the proposal by Cumming,G. to conceptually separate the Discussion Level and the Task Level in developing a computer assistant for human learning. We describe how our CAFEKS project would naturally incorporate both ideas to evolve into an active media-based knowledge exploration environment. And we propose a system of primitives as basic discussion level constructs for describing problems as well as indexical knowledge description placed behind each of the media units with its slots made to point to indicative locations or parameters of activation of the media unit. Finally shown are some examples of indexical descriptions employed in a small prototypical realization.

1. 学習について

知識ないし智恵を伝達することによって、学習者における問題解決能力を育てるという教育の目的を達成するためには、学習者が、主体的に問題解決を試みる過程において、適切な知識を与えられるというプロセスが欠かせないことが、経験的に知られている。

人工知能、ことに高度なエキスパートシステムの研究からも、システムに知識を持たせるだけでは、知識の可能な組合せが多過ぎて、解をみつける手間が、爆発してしまうことが知られている。これに対する対策として、

(1) ケースとして、多くの例題とその解を与えておき、新しい問題については、例題の中から近いケースを探し出し、知識を用いてその解答の修正を行うことによって、解決をはかる (Case-Based Reasoning - CBR [Mitchell])、

(2) 知識の使い方としての方略を持たせる
の2つの方策が考えられている。

(1) の場合、常に近い例題がみつかるほどの例解を用意することは一般に不可能であり、やはり、(2) が、少なくとも併用されなくては成らない。しかし、この場合も、一般性のある、しかも手続として解釈して動かせるような規則としての方略は、与えることが難しい。機械学習の理論では、この問題に対して、事例の説明に基づく学習 (Explanation-Based Learning, EBL [Hammond]) が有効であることが知られている。これは、ある型の問題を解くという目標を与えて、その型の例題と解答をいくつか示し、それが、どの知識をどのように用いているかの説明を作らせ、その汎化によって、汎用性のある方略を作り出させるというものである。全ての機械学習のモデルのもとになるものとして、類似性に基づく学習 (Similarity-Based Learning - SBL [Michalski et al]) あるいは、事例からの帰納による学習がある。これは、多くの事例 (正例負例) を与えられたとき、それに基づいて一般的な概念 (内包的) や知識の獲得を図るものである。

機械を学習者に置き換えて考えた場合、方略自体、抽象的には教師が与えることができるとしても、それが汎用に使える手続として定着するためには、学習者に、例題と解法を示して、方略と知識の使われかたを説明させ (self explanation)、これを教師がチェックするというプロセスが欠かせないことを、EBLは示唆している [VanLehn]。一方、CBRに対応して、解法の参考にできるような典型的な事例を蓄えていることが必要であろうが、事例は、むしろ、問題の型と

方略の使い方の典型例として蓄え、方略を使う上で、事例を参照するという使い方が重要であろう。

また、SBLのポイントは、事例によって、対立する複数の概念の守備範囲や知識の適用範囲が明らかになってゆくことであって、これは、問題解決方略のレベルでない概念や知識を学習者に獲得させる場合にも、同様の意味で、事例が欠かせないことを示唆している。

ところで、人間の学習が現在の研究レベルの機械学習と異なるのは、後者においては、一つの閉じた記号体系の中でのプロセスを扱うのであって、必要ならその全容を提示することができるのに対し、前者では、意識の上で扱える記号体系が、意識下の記号体系に深く根を下ろしているにも拘らず、意識下の記号体系を意識化することができないために、それ自体では閉じていないことである [Minsky]。意識の上で扱える記号によって表わした知識は、意識下の記号系に連絡しないと理解されないのであって、特定の知識 (方略を含む) についてその様な連絡ができなかった学習者に対しては、意識の上での記号による伝達は何も伝えたことにならないのである。

そこで、意識化できない意識下の体系との連絡を確認し、連絡が成立していなければ、これを成立させるべく、常に、知識は、事例のメタファによる提示ないし演示を伴わせておく必要がある。それも、1つのことを1つの表現で示すのではなく、条件や解を変化させたときに、解や条件の充足性がどう変るかなど、近いものとの類似と差異を、複数 (必然的に) の表現で示す。人間は、差異と、それに基づいた同一性でしか、ものごとを認識しない [Bateson] からである。

さて、Cumming, G は、人間が母国語を覚えるプロセス、適切なコーチのついたゲームにおける上達の過程、弟子が親方から学ばずかた、の三つの Natural Learning について、学習対象に対する動機の高さ、実行場面における即時のアドバイスとガイダンス、個々の学習者間の差異をカバーする対応の多様さ、といった共通項を見出し、学習支援システム構築のガイドラインとすべきことを主張している [Cumming]。

また、最近の研究を引き、優れた人間教師は、生徒が個々の知識をどのように間違えているかを精密に分類することはしておらず (多分、間違え方は無数なので)、むしろ、色々な水準の生徒に見合ったアドバイスとガイドの、ある程度汎用の仕方を心得ていて、生徒が、正しい反応をするか、間違うか、行き詰るか、という水準の反応を見ながら、適切な仕方を選ぶとし

ている [Cumming]。

これらのことを踏まえて、彼は、コンピュータによる指導も、精密な学習者モデルに基づく指導よりは、まず、学習者が、課題について自ら立てた自由な作業仮説の結果を具体的な場面設定において見る事ができる仕組—Task Level (TL)—を作り、一方、それとは直接の結合のない形で、TL レベルの仕組と引数を通して連絡しながら、課題解決に対するアドバイスとガイドの仕方の選択を可能にするような Discussion ができる仕組—Discussion Level (DL)—をつくることで、優れた教師のやれることはできるとしている。TL の仕組は、DL にとっては、ブラックボックスでよいが、DL につなげるようなカテゴリ記号による手がかりは必要である。DL レベル自体の水準は、AI 分野の発達に依存するとしている。

また、動機づけとアドバイスにおける多様な学習者への対応の観点から、学習者が、自分の好みと水準に応じてそこから選べるような多様な課題とアドバイスのメニューを、要所ごとに持たせる必要があるとしている。

私見では、前述した、意識下および意識上の記号系の関係から考えて、DL の行なうことは、当然、伝達可能な意識上の記号系に依存するのであり、TL は、学習者の意識下の体系と連絡する必要があるから、事例とメタファによる提示の仕組を必要とする。従って、後者は、いわゆる Micro world [Greeno]の考え方を含んでいるが、学習者からの介入の技術的可能性の度合いは、分野に依存する。最小限、意識上の記号系から、複数の適切な事例が適切なメタファを通じて提供されるだけの仕組でもよいと考える。

2. 学習支援システムについて、

I T S は、学習者における理解状態のモデルに基づいた指導を行なうことを目指している。しかし、機械が陽に扱えるのは、意識の上の記号系であって、学習者の意識下における記号系のモデルを扱うことは、今のところ、不可能である。学習というプロセスの大半が、意識下の世界との深いかかわりのなかで行なわれることを考えると、意識下の部分における体系の特性のカテゴリ化と、意識の上の記号系による行動が、意識下の特性をどのように反映するかの相互関係の研究（それは可能であると考えられる）を進めなければ、意識下のレベルあるいは、それと意識上のレベルとの連絡に問題のある生徒の指導はできないだろう。

ハイパメディアの与える知識は、メディアユニットで与えられ、その作り方によっては、意識下の世界にも訴えるような TL レベルの仕組を作ることでもできる。但し、あくまで、メディアユニットで閉じた形であるが。一方、DL レベルに対応して、課題解決のための知識探索に対するアドバイスとしては、メディア間の直接的なリンクというかたちだけであり、予め固定されている。しかも編集者の意図と学習者の要請とが合うとは限らない。できる限り合わせようとする、リンクの編集は組合せ的爆発をおこす。また、学習者がどう把握したかについてシステムは責任を持たない。

さて、我々が開発している C A F E K S (Computer-Assisted Free Exploration of Knowledge Structures) は、知識を、諸メディアによって提供しつつ、メディア単位の背後に、メディアの各部分が表わしている知識について、一般に複数の視点からの手がかりを、一定のプリミティブの集合から選んだプリミティブの組合せとして表現しておく。また、プリミティブの間の関係は、推論可能な知識ベースの形で、持たせる。一方、学習者による問題記述や問い合せも、これらプリミティブによって表現させ、知識ベースを利用し、プリミティブ同士の部分的マッチングによって、問い合せに答える知識を検索する。この場合、問題の型に応じて、どのような順序で、どのような型の知識を探すべきかを示した方略をも、知識として提供して、知識探索を支援する。このような仕組を基本にしたシステムである。

基本概念の把握に重要な概念や知識の間の関係づけは、予め固定したリンクによることなく、プリミティブを介して、ダイナミックに行われる。一度検索された知識をベースにし、そのプリミティブ表現にいろいろな関係のプリミティブをくつつけて検索することにより、それと様々な視点で共通性のある、あるいは、お互いに反対ないし補足的などの関係にある知識や概念を表現したメディアの間を渡り歩くことができる。

とくに、学習者が自分の水準でのプリミティブを用いた問い合せにマッチする手がかりがみつからなくても、知識ベースを用いた書換えを行うことによって、探索範囲を広げることができる。

この様な連絡自体は、伝達可能な意識上の記号系の間の関係であって、Cumming の分けかたで言えば、これは、Discussion Level の仕組である。

一方、学習者がプリミティブと引数を指定して検索された事例、あるいは引数に学習者自身が値を指定して起動される事例を、適切なメタファを用いて演示するという仕組みを、知識を表現するメディアにもたせ、知識と知識を接続して、これを実行することができるならば、これは意識下のレベルと連絡しながら、学習者が自分で作業を行なえる Task Level の仕組みとなる。そして、Discussion Levelとは、プリミティブの引数を介して連絡している。

CAFEEKSでは、Cunningの主旨と同様に、学習者の個差に対応するのに、個別のモデルをつくりながら対応するのではなく、DL TL 両方における多様な対応を用意して選ばせるという方法を取る。また、課題解決の意識下の体系に依存する部分は、TL による支援を行なうにとどめている。

ハイパメディアとの比較で言えば、新しいメディアユニットを追加する場合でも、他のユニットとのリンクを張ることなく、そのユニットに対する手がかり表現をつくるだけで済むことは、はるかに有利な点である。

3. CAFEEKS

3.1 CAFEEKSの目標

上述した概要をベースにCAFEEKS計画の目標を述べるならば、つぎようになる。

(1) 諸メディアによる知識の提供

システムは、問題解決の為の方略知識から拘束知識、例題とその解決例、個別事実知識にいたる様々な知識を、様々なメディアで表現して、学習者に提供する。

(2) Discussion Level の支援

(a) 学習者による検索

学習者は、自分のことばやイメージを用いて、問い合わせを行うことにより、必要な知識を検索することができる。

(b) 方略知識に基づく検索支援

方略知識については、学習者の要請があれば、システムは、それに基づいて、知識の検索の誘導を行う。

(c) self explanation に基づく方略獲得の支援

システムの支援で解かれた例題を、使われた知識な

らびに方略と共にストックしておき、方略を教える場合に、例題の解答を示し、そこに使われている知識と方略が何であるかを、(a)の機能によって、説明させる。システムは、これをモニタしていて、直ちに修正を行なう。

(3) Task Level の支援

汎化された知識について、あるものは、学習者が、パラメタを自由に与えながら、インスタンス化し、その結果をシステムが演示することができる。

全ての汎化された知識は、少なくとも複数の事例をもっており、学習者の要請によって、これを提示することができるものとする。

例題については、できる限りパラメタ化して、学習者が設定したパラメタの変化に対して、解がどう変わるかを見ることができるようになる。

(4) 分野の専門家による知識の追加/修正

知識単位は、分野の専門家が、システムの支援によって、容易に追加/修正を行うことができる。

3.2 CAFEEKSの構成

システムは、その目的から、必然的に、evolutionalな構成方法をとる。したがって、オブジェクト指向スタイルによるプログラミングを採用している。以下に、主なオブジェクトについて仕様を示す。

メディアユニット

知識を表現して提示するためのメディア単位

データ：メディア提示の為のデータ

手続：メディアユニット作成編集、

メディアプロセス、即ち、メディア単位のインスタンス化、シミュレーション、アニメーション、音声や楽音の生成などの実施

手がかりプリミティブ知識ベース

手がかり記述の為のプリミティブの構造と階層と、プリミティブ間の関係を表わす知識ベース

データ：階層データ、プリミティブのスロット、プリミティブ知識記述、

手続：知識によって、手がかりを書換えることや、諸支援手続の実施

とくに、例題については、explanationのモニタリング

手がかり記述

メディアユニットの部分の表わす知識を検索する手がかりとして、プリミティブを用いた記述
データ：手がかり知識記述、
手続：手がかり記述作成編集、

手がかり・メディアポインタ
手がかり記述と、メディアとの対応
データ：手がかり記述スロットとメディアおよびメディア上位置などの対応
手続：スロットを指定されて、対応したメディア上の位置を提示する、メディア上でのピクに基づいて対応スロットを判断する。
動的メディアの場合、スロットの値から、メディアの動作を起動する、結果をスロットに戻すなど。

プロセスオブジェクト
問題解決の1ステップを表わすプロセス
データ：以後の問題解決プロセスの方略を表わすスタック、
親プロセス、子プロセス、既選択肢
手続：問題解決の1ステップ（やり直しを含む）の管理をする。即ち、スタックの先頭を解釈し、問題の型から方略をとってきたり、支援手続を起動する

セッションオブジェクト
問題解決を行うセッション
データ：問題解決プロセスが辿ったヒストリ、
現行プロセス識別
手続：問題解決の為の一連のやりとりを管理をする。即ち、問題の型を選ばせて、問題を記述させたり、つぎにゆくべきプロセスを選ばせる

ヒューマンインタフェースオブジェクト
システムの示すメニューから選んだプリミティブに対応したことば、グラフ、あるいは図形を用いて、学習者が、日本語やグラフや図形で記述した問い合せを理解する仕組と、検索された手がかりの内部表現から日本語、グラフ、あるいは図形表現を生成して、メニューとして表示する仕組
次のサブクラスをもつ
自然言語オブジェクト
日本語の為のLFGを用いたプリミティブ対応限定語彙の範囲での理解（BUP）と生成

(DCG)
トポロジグラフオブジェクト
グラフ構成による問題記述の理解と、検索結果のグラフによる提示
空間・図形オブジェクト
座標表現を用いた空間位置表現ならびに図形表現による問題記述と、検索結果の提示
楽音オブジェクト
楽音メディアの為のキーボード入力受付ならびに楽音生成音源制御

4. プリミティブの体系について

手がかり表現と問題記述の構成要素としてのプリミティブについては、必要十分なものを用意する必要がある。概念上の重複を避け、また、推論を正しく導くには、その体系化が不可欠である。

(a) 認知型
ものや関係や行為操作などのリアリティを認知するための枠組み
もの eg.人*、空気*、ルート*、時区間*
関係 eg.*と*は親子*、ルート*とその距離*、
時区間*とその時間*、振動*とその周波数*、
人*に手*がある*、もの*の形が*である*、
人*のからだ*に喉*/鼓膜*がある*、
行為・操作
eg. 対象*の単位*で割った値*を測定する、
人間*が音声*を発す*/聞く*、
主体*が*を目的に実験する*、
主体*が対象*を装置*で観測する*、
状況 eg.もの*が*というパターンで振動する*、
振動*が*から*へ伝わる*、
事象認知 主体*が事象*を認知する*

(b) 記号型
認知型でリアリティを把握した結果としての記号（アイデア）の世界で、型を定義する。

記号 eg.リスト*、アトム*、言葉*、文*、実数*、
複素数*、行列*
認知型表現*、事象型表現*
関係 eg.*は数式関係*、*と*は等しい*、
*と*は合同*、*は集合*のメンバである*、
*は条件*を満たす要素*の集合である*、
パターン eg.波形*

モデル eg.確率モデル
操作 eg.関数*のフーリエ変換*/展開*を求め
る*、定理*を証明する*、
言語*のテキスト*の理解をする*、
方程式*を解く*、
集合*の要素を数えて個数*を求める*、

(c) 事象型

認知型によるリアリティ把握が、ある時空において成立することを記述する。

eg.事象*1認知*2時間*3場所*4,
もの*5が振動する*2, 空気*5,
振動*2とその周波数*6,
対象*6の単位*8で測った値*9を測定する*、
ヘルツ*8, 1000*9, *10の近く*4,
人*11と耳*10, 本*12を入*11が書く*13.
(著者の耳の近くにおいて1000ヘルツの周波
数で空気が振動しているという事象)

インスタンスは事象認知知識

主体が、ある時空において、ある事象認知をした、
「するだろう」という事実（や予想）を表わす
eg.歴史的事実

(d) 汎化知識型

認知/事象や記号のカテゴリ間に、ある関係の成立
(これ自体記号表現されそれに関する操作が記号拘束
知識で与えられる)を主張する知識の型、およびその
処理や、獲得

認知型や記号型の関係や操作の類は、この様な知識
の裏付があつてその存在や可能性を保証される。

知識獲得、知識操作、知識表現

知識表現の型の分類

それらのインスタンスは、汎化知識

(i) リアリティ拘束知識

「ある事象の集りが認知されるという条件の下で、
それらについて、何等かの関係が成立する」ことを主張する。

<関係>:<認知、事象または、記号カテゴリの集り>

という形をしている。関係のふくむスロットは、認知、
事象、記号状況が含むスロットのあるものとshareさ
れている。<関係>の型特有の推論の仕方がある。

継起事象

こういう油は、これこれの状況で発火する
振動は隣接物体へ伝わる

共起認知/事象

人ならば、その人のからだがか喉をもつ
望遠鏡で土星を見ると、輪が見える
太陽が照っているとき、ものには影ができる

特徴知識 認知・特徴表

比較される複数の認知カテゴリの認知のそれぞ
れが成立するとき、知識を用いて成立することが
確かめられる識別上重要な認知カテゴリを属性と
その値として集めたもの。

行に認知カテゴリ、列に属性をおいた行列
の形。

認知階層関係

一応の階層はあるが、特徴共有の度合いの比較で
判断されるので、境界はぼけている。

認知類似関係 (類似関係にある型のリスト、共通上
位型)

ある上位認知カテゴリ型と多くの特徴を共有する
複数の異なる認知カテゴリ。

現象の物理的説明

認知・事象に関する数学的関係

数式関係

力学に関するニュートンの3法則
エネルギー保存の法則

ある移動について速度と所要時間を乗ずると距離
になる。

試行確率モデル

繰返し可能な試行の可能な結果を標本点、その
集合を標本空間、条件を満たす結果の集合を確
率事象、繰返し試行での出現相対頻度を確率

行列関係

認知・特徴表は、そのどの2つの認知カテゴリ
にも値の異なる属性名がある。

これは行列に関する特徴になっている
(約束ではなく、認知上の必要)。即ち、
どの異なる行も値の異なる列を持つ

:行に認知カテゴリ、列に属性を置いた認

知・特徴表

この類は、右辺にインスタンスを与えるとプログラムでチェックできる

リアリティ定性関係

事象集合の変数リストにおいて定性関係がある

リアリティ操作

実験操作によって結果が解る
対象に対する観測操作で観測結果が得られる。

蓋然的操作

ゲームの局面における最良の手。
健康法

(ii)記号拘束知識

「記号／記号操作の約束（の組合せ）によって、複数の記号状況の間に、ある関係が成立する」

含意関係（前提、帰結）

定理 証明可能な含意関係
三角形の内角の和は180度
ガロア体は、原始元を含む
公理 約束としての含意関係
順序、演算規則、
ユークリッド幾何の公理
証明手順の公理

定義（定義されるクラス、定義記述）

記号型の定義
群、環、体等の定義

類比関係（一方、他方、共通上位カテゴリ）

(iv)記号表現約束知識

「ある状況のある記号列で表現する」あるいは、「ある記号列が、ある状況を表わす」
これは、言葉や記号の意味や文法に関する知識

(v)問題解決方略知識

問題の型に応じて、問題を解くための方略
eg.事象認知問題の方略、診断問題の方略、
証明問題の証明方略、方程式求解方略、
製造工程の設計方略、

(e)問題型

問題解決の結果は、何等かの知識であることから、ある知識のあるスロットを未知として、これを求めるのが問題。

したがって、知識の型と、未知スロットの置きかたによって、問題の型ができる。

インスタンスは、問題。

eg.あるカテゴリの料理を作る手順は、操作知識で、その操作構造が未知であるとした問題は、料理手順問題

eg.事象認知知識にて、与件を与えられて、与件が属する事象カテゴリを決定するのは事象認知問題であるが、診断問題もその一種である。

eg. 現象の物理的説明知識の説明部分が未知な問題が物理的説明問題

5. 事例

CAFEEKSのもっとも基本になる使い方は、メディアユニットの背後に置いた手がかり表現を利用し、様々な関係を指定してメディアユニットどうしを結ぶことである。

フーリエ解析のテキストをもとに、プリミティブ体系をつくり、テキストの主要な部分の背後に、プリミティブを用いた手がかり表現を置いて、手がかり表現をたどることのできる仕組を開発している。

以下に、手がかり記述の例を示す。

音声をFFTによって、目に見えるようにできる

観測操作関係 (*1,対象 *2,操作*3,結果 *4) :

人が音声を発する(*4,人 *5,音声 *2)、
機械で変換する(*3,指示主体*6,機械*7,対象*2,
変換結果*8)、FFT(*7)、
人が目で見える(*4,人*6,目*9,対象*8)

音声は、波形

観測操作関係 (*1,対象 *2,操作*3,結果 *4) :

人が音声を発する(*5,人 *6,音声 *2)
ことのパターンを認知(*7,こと*4,パターン*8)、
波形(*8)

音声の波の周期が長いほど、音の高さは低い

定性関係 (*1,変数 [*2,*3],特性 [+,-]) :

周期的な波形が周期をもつ (*4,波形*5,基本周期*2)

- 、観測操作 (*6, 対象*7, 操作*8, 結果*9)、
- 人が音声を発す (*10, 人*11, 音声*7)、
- このパターンを認知 (*13, こと*9パターン*5)、
- 波形 (*5)、
- 人が音を聞く (*12, 人*14, 音*7, 音の高さ*3)、

繰り返しのある波を周期的な波といい、繰り返しの周期を周期という

定義(*1, 被定義[*2, *3], 定義[*4, *5]):

- 周期的な波 (*2, 周期*3)、波形 (*3)、
- 波形に繰り返しがある (*6, 波形*3, 周期*5)

アには、イヤウとは違う特徴があるはず。
イヌはイヌ、ネコはネコ。

- どの異なる行も値の異なる列を持つ行列 (*1)
- : 行に認知カテゴリ、列に属性を置いた認知
- ・特徴表(*1)

セントバーナード、チワワ、ブルいろいろな種類がいて
みんな全然違うのに、イヌ

認知類似関係 (類比 [*1, *2, *3], 共通上位*4)

まだ、Task Level の仕組はないが、次のものを当面必要なものとして、計画している。

- 音声入力→センサ+オッシロ→波形表示、
- 音声入力→FFT→sin, cos 成分、スペクトル表示、
- 波形1、2の描画入力→波を足し合わせた結果の表示、
- x, yの値の列→グラフプロットの表示、
- 2次元座標系上で点の移動入力→x/r, y/r, x/yを(x, y)や(r, θ)の関数としてプロット、
- 上述の仕組にて、 θ を時間に比例させる、
- 波1と波2の描画入力→波の積を表示、
- 図形を描画入力→面積の計算表示。

6. むすび

メディアベース探訪支援システムの利用法について、学習の理論を基に、手がかり表現を学習者とシステムの意識的な概念を用いた Discussion Levelに利用する仕方、手がかり表現の引数を介して、学習者にシミ

ュレーションメディアのパラメタを設定させて、Task Level の支援をし、その結果を戻して、Discussion Level とつなぐ、知識検索機能を使って、self explanation のモニタリングをするといった方法を提案した。

また、手がかり表現と問題記述の構成要素となるプリミティブの体系の試案を述べた。

手がかり表現を作ること自体簡単ではないが、プリミティブが確定すれば、適切なメニュー表示から選ぶことで、作業は簡単化されよう。

知識の型を決める関係がもつ固有の推論のタイプについては、検討不足であるが、このように、メタの関係と推論方式を結び付けることで、手がかりを渡る多様な渡り方に整理がつくものと思われる。

Discussion Levelには、日本語の理解と生成が必要であるが、語彙機能文法にもとづく意味処理を試みている。

とくに動的なTask Level の仕組と、これを手がかり表現を介して Discussion Level につなぐ仕組については、大いに興味のある課題である。

謝辞: ARCEでの Lectures と Discussions に、大変啓発されるところが多かった。ARCEの実行に尽力された方々に厚く御礼申し上げる。

参考文献

- Bateson, G, Mind and Nature, Bantam Books, 1979
- Cumming, G, Using Artificial Intelligence to Achieve Natural Learning, in Lewis, R & Otsuki, S. (eds.), Advanced Research in Computers in Education, North Holland, 1991
- Greeno, J.G., Productive Learning Environments, ibid.
- Hammond, K.J., Case-Based Planning, Academic Press, 1989
- Michalski, R.S. et al, Machine Learning I, II, 1983, 1986
- Minsky, M, 心の社会 安西訳、産業図書 1990
- Mitchell, T.M., Explanation-Based Generalization: a unifying view, in Machine Learning, 1, 47/80 1983
- VanLehn, K., Two Pseudo-Students: Applications of Machine Learning to Formative Evaluation, in Lewis, R & Otsuki, S. (eds.), Advanced Research in Computers in Education, North Holland, 1991