

構成による学習への知識工学的アプローチ

Semantic-Structure-Oriented Approach for Learning by Construction

平嶋 宗
Tsukasa Hirashima

広島大学大学院工学研究院
Department of Engineering, Hiroshima University

This paper describes Semantic-Structure-Oriented approach for learning by construction in Intelligent Learning Environment. To make a model of semantic structure plays a crucial role in designing learning environments and it is a major contribution of artificial intelligence for computers in education. In this paper, several researches focusing semantic structure are introduced. Then, several examples of learning by construction based on the semantic structure are also explained.

1. はじめに

ICT の学習／教授への活用 (Computers in Education, Technology-Enhanced Learning, eLearning) に関する研究, 特にその先進的な取り組みにおいては, 人工知能的なアプローチが重要な役割を果たしている[平嶋 10]. ここで人工知能的といった場合, 機械学習・データマイニングといった推論・統計処理的な技術の指す場合と, 意味的な構造の記述といった知識工学的な側面を指す場合がある. 本稿では, 意味的構造記述の重要性に着目し, まず Semantic-Structure-Oriented な研究アプローチについて概観する. さらに, その意味的構造記述に基づく学習活動としての構成による学習について述べ, いくつかの研究事例を報告する.

2. Semantic-Structure-Oriented

2.1 AI in CAI

最初の人工知能的な学習支援システム (ICAI, ITS) は, SCHOLAR[Carbonell 70]であるとされている. この SCHOLAR は記憶のモデルとしての意味ネットワークの提案を受けて設計・開発されたものであり, 意味ネットワークとしての学習対象に関する構造的記述に基づいてその学習対象に関する知的な対話を行うシステムを実現している.

Carbonell はこの SCHOLAR を紹介する論文のタイトルを "AI in CAI" とした上で, そのアプローチを, "Information-Structure-Oriented" を呼び, 従来の CAI 研究のアプローチを "Ad hoc-Frame-Oriented" と呼んで対比している. ここで Ad hoc-Frame-Oriented とは, 教授活動や学習支援活動を直接的にシステムに組み込もうというものであり, システムの振る舞いを重視したものであるということが出来る. これに対して, Information-Structure-Oriented では, 教授・学習活動の背景にある情報構造を明らかにすることがまず重視され, 教授活動や学習支援は, その構造から導かれるものとする考え方である. この考え方に基づく, 教授・学習活動は必ずしも現実の教育の場で行われていることの模倣ではなく, また, ICT を用いることの特徴に合わせた新しい教授・学習支援の形態を提案することにもつながる.

2.2 GUIDON プロジェクト

Clancey は, 世界で最初の実用レベルの能力を持ったエキス

パートシステムとされる MYCIN の知識ベースを教材として感染症の診断法の教授を行う GUIDON[Clancey 79]の設計・開発を行った. この研究を通して, Clancey は, MYCIN に組み込まれていた知識は診断という振る舞いを行う上では十分なものとなっていたものの, なぜそのような診断が行えるのかといったその振る舞いの根拠が記述されていないなど, 適切な教授活動を行ううえでは不十分であることを指摘し, MYCIN の知識の再構成 (NEOMYCIN) とその知識を用いた教授システムである GUIDON2 およびそのような知識を構築してゆくためのシェル HERACLES といった一連のシステムの設計・開発を行った [Clancey 86]. これらの研究も, 教授活動を行う上で, 振る舞いの再現だけでなく, その振る舞いの背景にある意味的な構造を明らかにすることの重要性を示したものであるといえる. また, このような知見や試みは, 知識の構築や再利用といった知識工学の一つの起源となっているもいうことができる.

2.3 定性推論

定性推論の重要な目的の一つに, 「対象系の振る舞いを人に分かりやすく説明すること」がある. de Kleer は回路の学習支援環境として有名な SHOPIE において, 回路の振る舞いを定量的に説明するだけでは学習者の理解の助けにならないとの知見に基づき, 学習者にとって受け入れ可能な説明を生成するものとしての定性的な説明の生成法を考案している [de Kleer 81]. Forbus は STEAMER という蒸気プラントの教育用シミュレータにおいて, 学習者にとって理解可能な説明を追及したものと定性推論に到達している [Forbus 81]. Forbus は, 定性推論の学習への活用を継続的に行っており, たとえば対象系に関する定性モデルを学習者に組み立てさせることでその対象系に関する理解を促進するといった学習支援環境に関する研究がある [Forbus 02]. ここでさらに重要なのは, このような分かりやすい説明の生成を目的とした場合, 対象系をどのように記述するかが非常に重要な役割を果たすことである. これは, 対象系についての人の理解に適した意味構造を取り出すことと解釈することが可能である.

2.4 MINDSTORMS

Papert は, MINDSTORMS: Children, Computers and Powerful Ideas [Papert 80] において, 学習の対象となる知識を適切なサイズで取り出してくること, それらを組み立てること, が学習活動として非常に重要であることを指摘している. まずその序論において, "Anything is easy if you can assimilate it to your collection of models. If you can't, anything can be painfully difficult (p.

xix) "と述べ、また、"LOGO's Roots: Piaget and AI"という章を設けた上で、"When knowledge can be broken up into "mind-size bites", it is more communicable, more assimilable, more simply constructable (p. 171, paperback edition)"と述べている。さらに、ここでの適切なサイズの知識とは、ドメインの専門家や教育者が持っているものとは必ずしも一致したものではないと指摘し、情報工学、特に人工知能の研究が提供する様々な概念や記述法がそのような知識の分節化に貢献するであろうことを述べている。

2.5 Computational & Cognitive アプローチ

これらの研究は、いずれも学習・教授活動の背景にある意味的構造を明らかにすることに注力した研究であり、Carbonell の提唱した Information-Structure-Oriented に沿ったものと解釈することができる。意味的な構造、ということをやより強調する意味で、ここでは、Semantic-Structure-Oriented と呼ぶことにする。この意味的構造は、計算機による何らかの処理を前提とすることから、Computational であることが求められ、また、人にとっての意味の沿っている必要があることから、Cognitive な側面でも妥当であることが求められる。この Computational と Cognitive をどのように、またどの程度満たすかで、様々な研究が成立すると考えられる。オントロジー工学とは、この意味記述を作成するにあたって、その構成要素を明らかにしながら記述していくための方法論を提供するものであり、様々な意味記述を統一的に解釈し、また、比較することを可能すると期待できる。

次章では、この意味的記述に基づいた「構成させることによる学習」に関して述べる。

3. 構成することによる学習

3.1 枠組み

いくつかの部品から成り立っている対象物を理解しようとした場合、部品からその対象物を組み立てることは、一つの有力な学習法となる。この学習を、知識や概念など元々は分節化された部品が存在しないような対象に対しても適用しようという試みがなされている[Papert 80; Forbus 02]。筆者も同様な試みを行っているが、(1)学習の対象が部品とその部品間の関係で構成される構造を持っており、(2)個々の部品や部品間が持ちえる関係については既知のものとしてよく、(3)その構造を理解することが学びにおいて重要であること、を前提としている。これは人が物事を理解する際に、その物事の分節化(部品化)と構造化(部品の組み立て)が行われていると仮定すると、部品を用意した上でその組み立てとして行われる構成による学習は、分節化を部品の認識として上で、その部品の組み立てという構造化のみを行わせる学習となっているといえることができる。このような前提の下では、学習者の構成物の診断可能性が高まり、インタラクティブ化が期待できる。次節では、構成することによる学習のインタラクティブ化の実現事例を紹介する。

3.2 研究事例

(1)算数の文章題を対象とした作問学習支援[横山 06]: 算数の文章題の構造的な記述を行った上で、その構造に基づいた問題の部品化とその部品のグラフィカルな組み立て、および組み立てられた問題の診断機能を実現している。和もしくは差の演算 1 回で解ける問題を対象とした事例では、一つの問題は三つの問題状況を表す文と一つの定型の問いとして表現されており、問題状況を表す三つの文を組み立てることが学習者の活動となる。この活動を通して、学習者が問題の構造を把握す

ることを期待している。このシステムは小学校の算数の授業の一環としての利用が行われている。

(2)力学問題を対象とした問題変更演習支援[脇 09]: 力学の問題を、問題を構成する概念間の関係として表現した表層構造、その問題が属している状況を表す制約構造、およびその問題の数量的な解決過程を表す解法構造として表現した上で、ある問題を変更する作業が学習者に行わせるシステムを実現している。問題全体を構成するわけではないが、問題の構成要素を操作する活動であり、構成による学習の一つの形態といえることができる。

(3)Kit-Build 概念マップ[福田 10]: ここでは、教授者がゴールとなる概念マップをまず作成し、それを分解したものをキットとして学習者に提供し、学習者に組み立てさせる。これまでのところ、教授者が行った教授の内容を学習者がどの程度理解しているかを診断し、フィードバックを返すことを主な目的としているが、このマップ構成活動は、構成することによる学習としての可能性を十分に含んでいるといえ、今後学習の側面からの検討を行っている予定である。

4. まとめ

本稿では、人工知能的な学習・教授支援システムに関する研究に対する Semantic-Structure-Oriented なアプローチについて説明した後、作成された意味的構造の一つの学習利用として、学習活動の一環として学習者にその構造を部品から構成させる試みについて紹介した。このような活動とその支援は人手で行うことは困難であり、知的な学習・教授支援の意義を示す上で重要な研究課題になると期待できる。

参考文献

- [Carbonell 70] Carbonell, J. R.: Ai in CAI: an artificial intelligence approach to computer-assisted instruction. IEEE Transaction on Man- Machine Systems, Vol.11, No.4, pp.190-202(1970).
- [Clancey 79] Clancey W.J.: Tutoring Rules for Guiding a case method dialogues, International Journal Man-Machine Studies, Vol.11, pp.25-49(1979)
- [Clancey 86] Clancey W.J.: From GUIDON to NEOMYCIN and HERACLES in twenty short lessons: ONR final report 1979-1985, AI Magazine, Vol.7, No.3, pp40-60(1986),
- [de Kleer 81] de Kleer, J. and Brown, J.S.: Mental Models of Physical Mechanisms and Their Acquisition, Cognitive Skill and Their Acquisition, LEA, pp.285-309(1981).
- [Forbus 81] Forbus, K. and Stevens, A.L.: Using Qualitative Simulation to Generate Explanations, BBN report 5511(1981).
- [Forbus 02] Forbus, K.: Helping Children Become Qualitative Modelers, 人工知能学会誌, Vol.17, No.4, pp.471-479(2002).
- [福田 10] 福田, 山崎, 平嶋, 舟生: Kit-Build 式概念マップによる学習内容の構造的な理解促進法, 人工知能学会全国大会, 1E3-S7-7(2010).
- [平嶋 10] 平嶋宗: 「学習支援システムのシステムティックなデザイン: 学習の工学を目指して」にあたって, 人工知能学会, 25(2), pp.237-239(2010).
- [Papert 80] Papert S.: Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas, Basic Books(1980) (奥村喜世子訳: マインドストーム—子供, コンピューター, そして強力なアイデア, 未来社(1982))
- [脇 09] 脇, 浦, 堀口, 平嶋, “初等力学を対象とした問題変更演習支援システムの設計・開発”, 教育システム情報学会学会誌, Vol.26, No.4(2009).
- [横山 06] 横山, 平嶋, 岡本, 竹内: "単文統合としての作問を対象とした学習支援システムの設計・開発", 教育システム情報学会誌, Vol.23, No.4, pp.166-175 (2006) .