

4S-10

TMS 的機構に基づいた プログラム言語教授における学習者モデル*

大野泰雅[†] 大沼宏行[†] 渡邊豊英[†]名古屋大学大学院工学研究科[‡]

1 はじめに

ITS(知的教授システム)の分野では、プログラム言語を対象とした教授システムについての研究が多くなされている [1][2]。ITS においては、学習者に適した教授を行うため、学習者の理解状態を表現する学習者モデルが欠かせない。しかし、従来の学習者モデルでは、学習の進行状況と誤りの履歴情報の保持を目的とした場合、十分とはいえない。

本稿では、TMS における節の弁明と真理値維持の機構に基づいて、学習の進行状況や誤りの履歴情報を表現し、学習者の理解状態を把握する方法を提案する。学習者モデルでは、学習者が何を理解しているかだけでなく、学習者がどの時点においてどのような誤りを発生させたかも同時に保存する必要がある。

従来研究されてきた学習者モデルの多くは、学習の進行状況に関する情報と、誤りに関する情報を、それぞれ個別に扱っている。しかし、履歴として学習者モデルを利用する場合、相互の関係を明確にし、有効に活用するには、これらが統合されていることが必要である。

我々は、新しい知識を節として時系列に並んだリストに追加することで、結論の真偽を判定することのできる TMS の機能に着目した [3][4]。どの段階でどのような知識が追加されたかを容易に確認できる TMS の特性に、新たに学習者の知識表現と誤りの状態を表現する機構を用意する。これによって、学習の進行状況とともに知識間の依存関係や誤りの状態などを、関係付けて表現できる。

2 枠組

我々の学習者モデルは、TMS とは異って新たに二つの節を導入する。学習の進行状況や知識の依存関係を保持する知識表現節と、誤りの箇所、形態、原因を保持する誤り表現節である。またそれぞれについて、信念を正当化する CR 弁明、WR 弁明を設定する。

2.1 知識表現節

学習の進行状況によって変化する学習者の知識の正誤を記録すると同時に、対応する学習項目における誤りを履歴として保持する。学習項目ごとに一節ずつ設

定される。節が in のときは学習項目を正しく理解している状態を、out のときは正しく理解していない状態を示す。節が追加されていない学習項目は、未学習である。

知識表現節は、CR 弁明によって正当化される。CR 弁明は、次の形式である。

(CR (inリスト) (outリスト))

- in リスト < 知識表現節の集合 >
この項目を学習するのに必要な前提知識を含む学習項目を示すため、ここには以前に追加された知識表現節が前提条件として入る。よって、in リストに含まれるすべての学習項目が in でない限り、この節は追加されないことを表す。
- out リスト < 誤り表現節の集合 >
この学習項目について過去に発生した誤りを表す節が入り、項目ごとに誤りを履歴として記録する。

この弁明により、in リスト中のすべての節が in であり、かつ out リスト中のすべての節が out のときのみ、知識表現節は in の値をもつ。

2.2 誤り表現節

問題演習において検出された学習者の誤りに対して、その特徴（誤りの箇所、形態、原因）を記録する。誤りが発生する度に、誤り原因に応じて一節もしくは複数が増加される。節が in のときは誤りが改善されていない状態を、out のときは改善された状態を示す。

誤り表現節は WR 弁明によって正当化される。WR 弁明は次の形式である。

(WR (該当節) (inリスト) (outリスト))

- 該当節 < 知識表現節 >
どの学習項目を学習中に誤りが検出されたかを記録する。誤りが発生した学習項目に対応する知識表現節が入る。
- in リスト < 誤り表現節の集合 >
この誤りを引き起こした原因が、別の知識に関する誤りにある場合、その別の誤りに対応する誤り表現節が入る。
- out リスト < 知識表現節の集合 >
誤り原因である学習項目を記録する。誤り原因に対応した知識表現節が入る。

*A Student Model for Programming Tutoring Based on TMS-like Mechanism

[†]Taiga OHNO, Hiroyuki Ohnuma and Toyohide WATANABE

[‡]Graduate School of Engineering, Nagoya University

この弁明により、inリスト中のすべての節がoutであり、かつ該当節及びoutリスト中のすべての節がinのときのみ、誤り表現節はoutの値をもつ。

3 誤りの表現

以上の枠組を用いて、学習者の知識状態を表現する。下記の学習項目を指導する例を用いて、我々の学習者モデルの動作を説明する。

1. 変数の概念 (前提知識: 無し)
2. 関数の概念 (前提知識: 無し)
3. 関数や引数の配置 (前提知識: 2)
4. 関数 SETQ の理解 (前提知識: 1,3)

まず「変数の概念」と「関数の概念」を指導する。これらには前提知識がないので、理解されたことが問題演習をとおして推定できれば、それぞれ図1中のように対応するN1,N2節を追加する。次に「関数や引数の配置」は、前提知識2があるのでN2節がinであり、かつこの項目が理解されたと推定できれば、図1のようにN3節を追加する。同様にしてN4節を追加して、指導を終了する。

節点	信念	弁明	状態
N1	変数の概念を理解	(CR {} ({}))	in
N2	関数の概念を理解	(CR {} ({}))	in
N3	関数名や引数の配置を理解	(CR (N2) ({}))	in
N4	関数SETQを理解	(CR (N1,N3) ({}))	in

図1: 誤りの無い状態

しかし、問題演習でN4節が正しく理解していないと思われた場合、outで追加する。もしくは、すでにN4節がinで追加されていれば、outに変更する。さらに、誤りの箇所がN4節で、誤りの原因がN3節であることを示す、誤り表現節N5節を追加する。ここで、N3節の誤りの原因がN2節にあったと診断されたとする。この場合、N5節を引き起こした原因となる誤りを表現する節として、N6節を追加する。また、それぞれの誤り表現節を追加する時点で、順次CR弁明のout節に誤りの履歴を追加する。結果、図??の状態となり、N5、N6節が誤りの特徴を表し、N2~N4節についての再指導が必要であることを表している。

節点	信念	弁明	状態
N1	変数の概念を理解	(CR {} ({}))	in
N2	関数の概念を理解	(CR {} (N6))	in
N3	関数名や引数の配置を理解	(CR (N2) (N5))	out
N4	関数SETQを理解	(CR (N1,N3) (N5))	out
N5	N4のN3による誤り	(WR (N4) (N6) (N3))	in
N6	N3のN2による誤り	(WR (N3) ({} (N2))	in

図2: 誤りが発生した状態

outになっているN2、N3、N4節にそれぞれ対応する学習項目について、この順に再指導する。再指導

の結果、各項目が理解されたと推定できれば、それぞれの知識表現節をinとし、誤り表現節をoutとする。結果として誤りの履歴がCR弁明に残り、図3の状態になって指導が終了する。

節点	信念	弁明	状態
N1	変数の概念を理解	(CR {} ({}))	in
N2	関数の概念を理解	(CR {} (N6))	in
N3	関数名や引数の配置を理解	(CR (N2) (N5))	in
N4	関数SETQを理解	(CR (N1,N3) (N5))	in
N5	N4のN3による誤り	(WR (N4) (N6) (N3))	out
N6	N3のN2による誤り	(WR (N3) ({} (N2))	out

図3: 誤りから回復した状態

4 おわりに

本稿では、我々の提案する学習者モデルにおける、新たな弁明の提案と、その基本動作について説明した。この機構によって表現される学習者モデルは次の点に利用できる。

- 未学習の学習項目の理解可否の判定
- 誤りの時期、箇所、状態、原因に関する情報の保持
- 学習項目ごとに上記の情報を容易に参照可能な誤り履歴の保管

しかし、この機構は一つの学習項目と一つの誤りについて多くの節を発生するため、節数を減らす工夫が必要である。また、再指導を行なった際の記録を残す機構がない。さらに、問題演習において、どう手が付けて良いかわからず、学習者が解答することを諦めた場合、学習者の解答そのものがないため、理解状態を推定することができない。よって、この学習者モデルでは、この状態を表現できない。以上のような点が我々の学習者モデルの主な問題点であり、今後検討を加え改良する予定である。

参考文献

- [1] G. Weber and A. Mollenberg: "ELM-PE: A knowledge-based programming environment for learning LISP", *Proc. of ED-MEDIA '94*, pp. 557-562(1994).
- [2] 藤居藤樹、渡邊豊英、田中淳志、杉江昇: "PASCAL プログラム教授システムにおける誤り同定法", *情報処理学会論文誌*, Vol. 34, No. 3, pp. 359-370(1993).
- [3] J. Doyle: "A Truth Maintenance System", *Proc. of Artif.intell.*, Vol. 12, pp. 231-272(1979).
- [4] 長嶋秀幸、小野浩二、松田昇、岡本敏雄: "TMS による問題解決の説明知識の抽出と意識化", *信学技報*, Vol. ET97-103, pp. 1-8(1998).