

工業高専生への導入を目的とした B-Method のモデル記述 (2)

大西孝臣^{†1} 堀 武司^{†2}

概要: 形式手法 B-Method の導入を目的として, 来春より実施する実験において工業高専情報系第4学年学生を対象にする実験テーマに活用できそうな規模, 難易度であり, 問題数を確保できる論理記述の対象について検討している. 本稿では, 前回の発表において頂いた, モデル検査ツールの導入が学生の興味を惹くであろうというご意見を反映させて, 実験手順の見直しとして, モデル検査ツール ProB を導入して, 学生による論理パズルの求解を行わせることを提案する. この提案に伴ってモデルの記述対象の再検討を行い, 新たな記述対象として, 前回の発表において候補に挙げていた邦文演繹パズルの導入を提案する. 結果, 1 回目の実験における指導内容の目処が立ったので報告する.

B-Method Modellings Aimed to Introduce for Students of Institute of Technology (KOSEN) (2)

TAKAOMI OHNISHI^{†1} TAKESHI HORI^{†2}

1. はじめに

筆者大西の所属している苫小牧高専において学年進行が進んでいる学科改組の機会を利用して, 平成31年度より情報科学・工学系第4学年前期に4時限(実質180分)×2回の時間枠で実施する学生実験のテーマを刷新して, 形式手法 B-Method の工業高専情報系の学生への導入を行う.

本稿では, 前回の発表[1]において頂いたご意見を反映させて, 1 回目の実験手順及び新たな記述対象を提案する.

2. 導入環境について

筆者大西が来春に指導を行う予定の実験においては, クラスを4つの班に分けて, 人数枠としては約10名を1班とする学生を相手にする. 学生実験で使用できるPCはCPU: Intel Core2Duo(3.00GHz)×1die, RAM:4.00GB, OS:Windows 10Pro である. B-Method のモデル記述支援及び定理証明ツールである仏国 ClearSy 社の Atelier B Ver.4.2.1[2], 及び, 独国ハインリッヒ・ハイネ大学が開発した B-Method 記述のモデル検査ツールである ProB Ver.1.8.0[3]を導入する.

3. 実験手順の見直し

3.1 論理パズル求解の過程の導入

前回の発表[1]において, 形式記述のモデル検査ツールの機能が論理パズルの正解を検出できるという特質を活かしたならば, 受講する学生にとって形式手法への親しみが持てる実験になるであろうというご意見を頂いた. そこで, 1 回目の学生実験のテーマにおいて, 2 章において述べた ProB における制約充足ソルバ機能を用いて学生に論理パズルの解を求めさせることを提案する.

3.2 論理パズル記述モデルへの制約充足ソルバの適用

実験において学生による論理パズル求解の過程を導入するため, ProB の制約充足ソルバ機能に適用させるためのモデリングのアレンジを行った, 論理パズルの Atelier B のシステムモデルの構文構造への対応付けについて図1に示す.

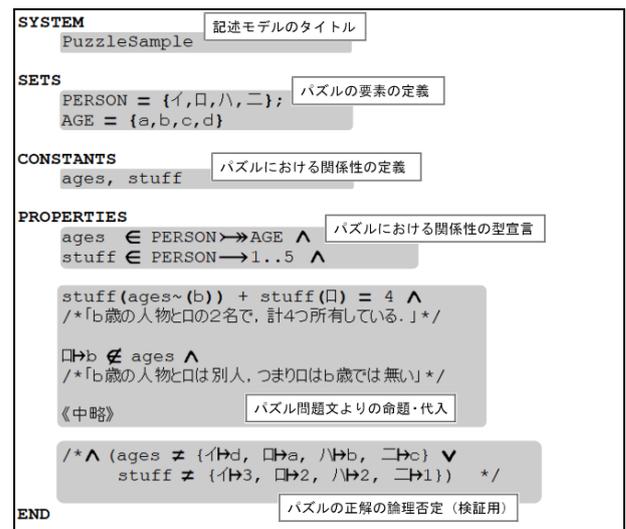


図1 制約充足ソルバに適用する論理パズルのモデル構文構造への対応付け

Figure 1 Semantic mapping from logic puzzles, to be applied to a constraint satisfaction solver, onto the syntax structure for modelling, verifying and validating

4 章の例も含め, 記述対象の論理パズルは静的な制約充足問題であるため, B-Method の静的モデルを記述する方針として, 論理パズルに係る定数や, 関係性に係る定義を CONSTANTS 節に記述し, 論理パズルの文章において明示あるいは暗示されている命題や代入などを PROPERTIES 節に記述することにする.

^{†1} 苫小牧工業高等専門学校
National Institute of Technology, Tomakomai College
^{†2} 北海道立総合研究機構
Hokkaido Research Organization

学生実験においては、Atelier Bのエディタを用いて論理パズル問題に対するモデルを学生に記述させる。このエディタにおいて、記述モデルに対する B-Method の文法チェックが行われる。記述モデルにおいて INITIALISATION 節や OPERATIONS 節が存在しないため、Atelier Bは well definedness properties 証明責務のみを生成する。

パズル問題に対する記述モデルを ProB に読み込ませる時点において制約充足ソルバ機能が自動的に働いて、パズル解の探索が行われる。ProB の Enabled operations ビューにおいてパズル問題の解候補とその候補数が表示される。解候補はビュー内の SETUP_CONSTANTS 選択肢として列挙され、選択肢をクリックすることで State Properties ビューにおいて選択された解候補の内容が具体的に表示される。

制約充足ソルバ機能による解候補の数は、ProB の Preferences メニューにおいて設定できる MAX_INITIALISATIONS 環境変数の数値を最大値として制約されている。探索がこの最大値に達した際には、Enabled operations ビューにある MAX ボタンがアクティブになることで通知される。

学生が解候補が皆無となるモデルを記述した場合、モデルの ProB への読み込みの際において PROPERTIES 節の命題を満足する CONSTANTS の候補の探索に失敗したとのエラーが通知される。

図1において、学生にとって論理パズルの正解が既知である場合において、この正解に当たる命題を論理否定・コメントアウトしたものを載せている。この正解の論理否定を PROPERTIES 節における命題の一部として活かすことにより、学生による記述モデルがパズルの正解を含まない解候補を生成しているケースを判別することができる。

4. モデル記述対象の再検討

4.1 再検討した記述対象について

前回の発表[1]においては、問題数を多く獲得できるという理由もあって、英文論理パズル[4]をモデル記述対象として提案した。

実験テーマとして学生によるパズル求解の過程を導入するのに際して、この英文論理パズルにおいては問題文がもたらす解空間に制約が無く、解候補の数が可算無限となるため、学生実験における記述対象としては扱いにくいものであるとの判断をして排除することとして、モデルの記述対象の再検討を行った。

代替の記述対象としては、解空間の規模が有限の範囲に収まり、問題数も多く獲得できるという理由から、前回の発表における候補の1つであった邦文演繹パズル[5]を提案する。例として、文献内の邦文演繹パズルにおける問題とその答えについて、装飾を外した要約を図2に示す。

4.2 邦文演繹パズルの導入について

文献[5]に載っている22個の邦文演繹パズルに対する At-

- ・4名の人物イ、ロ、ハ、ニが、a歳、b歳、c歳、d歳と全員が異なる年齢（順不同）であり、人物と年齢の間には全域全単射の関係がある。これらの人物は、それぞれ、ある種の物を1つ以上（自然数）所有している。
 - ・b歳の人物とロの2名で、計4つ所有している。
 - ・c歳の人物とハの2名で、計3つ所有している。
 - ・a歳の人物とニの2名で、計3つ所有している。
 - ・c歳の人物とイの2名で、計4つ所有している。
 - ・イ、ロ、ハ、ニの4名で、計8つ所有している。
- ◆上記の「人物－年齢－物の所有数の関係」を具体的に述べよ。

（答え：イ-d-3、ロ-a-2、ハ-b-2、ニ-c-1）

図2 邦文演繹パズル Puzzle10 の問題と答えの要約

Figure 2 Summary of both question and solution of a logical deduction puzzle “Puzzle10” written in Japanese

elier Bによるモデル記述および定理証明、3.2節において述べた方針による ProB によるパズル求解を確認している。

Atelier B が生成する well definedness properties 証明責務は高々数十個程度であり、最多で105個生成された。これらの証明責務に対しては基本的に自動証明が行われる。

個々の邦文演繹パズルそのものの複雑さや難易度にもよるが、これらのパズル問題の記述に際して、関係性の演算子としては全域全単射 (\rightarrow)・全域関数 (\rightarrow) やマップレット (\mapsto) が使用され、その他の演算子としては関係の逆 (\leftarrow)・関係の像 ($\lceil \]$)・全称 (!すなわち \forall)・定義域 (dom)・値域 (ran)・要素数 (card) の使用が求められる。

学生実験においては、まず例題として、複雑さや難易度に当たる構成が単純なパズルについての問題と対応する記述モデルを提示して、パズルの問題文とモデルの記述の際の意図との対応付けについて学生に示したい。

求解させるパズル問題の提示の際に、SETS 節および CONSTANTS 節における記述を実験指導者があらかじめ指定することで、学生によるモデル記述の発散を防ぐことを考えている。学生によるモデル記述に際しては、PROPERTIES 節に記述させる各行に対応させて、その意図をコメントとして書かせることを考えている。

参考文献

- [1] 大西孝臣. 工業高専生への導入を目的とした B-Method のモデル記述 (1), ウィンターワークショップ 2018・イン・宮島, 2018, pp.38-39.
- [2] “Atelier B とは”. <http://www.atelierb.eu/ja/>, (参照 2018-12-02)
- [3] “The ProB Animator and Model Checker”. https://www3.hhu.de/stups/prob/index.php/The_ProB_Animator_and_Model_Checker, (参照 2018-12-02)
- [4] Wylie, C. R.. 101 Puzzles in Thought & Logic, Dover Publication, 1957
- [5] 小野田博一. 論理パズル BEST100, PHP 研究所, 2015