

マイクロワールドグラフにおける移行タスク自動生成システムの構築

Development of System for Automatic Generation of Transfer Tasks in Graph of Microworlds

東本崇仁^{*1}

TOUMOTO Takahito

堀口知也^{*2}

HORIGUCHI Tomoya

平嶋宗^{*1}

HIRASHIMA Tsukasa

^{*1} 広島大学

Hiroshima University

^{*2} 神戸大学

Kobe University

In simulation-based learning environments, a learner should be provided with always challenging and accomplishable tasks. 'Increasingly complex microworlds (ICM)' is a method for it which provides a series of microworlds (MWs) of different complexity. 'Graph of Microworlds (GMW)' is a framework of organizing multiple MWs which can adaptively generate a series of MWs and for ICM-based progressive learning. However, it costs a lot to describe GMWs. In this paper, we propose a multi-staged method of describing GMWs based on 'Graph of Models (GoM)' and individually described MWs. We also propose a system for automatic generation of transfer tasks in GMW and described the functions.

1. はじめに

ある現象の理解を深める際、現象のシミュレーションである MW (MicroWorld) を用いて現象を疑似体験させることは有用であるとされている。また、ある MW を体験し理解させるだけでなく、その MW から徐々に複雑なものへと移行していくことで、複雑な現象の理解へとつなげていく ICM (Increasingly Complex Microworld) [Burton 1984] のアプローチは効果的であるとされている。これまで、ICM に基づく様々な学習環境が開発され、有用性の検証も行われてきた [Wenger 1987]。

しかし、従来の研究では、提供される MW 系列が固定的であり、個々の学習者への「適応性」に問題があった。すなわち、各々の MW における学習対象(目的)および MW 同士の関係が明示的に記述されておらず、学習者に応じた次に学ぶべき適切な MW の選択や、なぜ次の MW へ進むべきかの説明が不可能であった。そこで、筆者らは、ICM における(1)各々の MW の学習目標および行うべきタスク、(2)MW 間の学習目標の差異および移行のために行うべきタスク(移行タスクと呼ぶ)を記述するための枠組みであるマイクロワールドグラフ(Graph of Microworlds: GMW)を提案した [Horiguchi 2005]。GMW は、上記(1)の記述をノード、(2)の記述をエッジとするグラフ構造である。任意のノード(MW)において、次に学ぶべき(漸進的な学習が可能な)MW の候補および移行タスクが、その隣接ノードおよび対応するエッジを参照することで得られる。学習の文脈に応じて GMW 上の経路を変更することにより、MW における適応的な漸進的学習が可能となる。

しかし、複数の MW およびそれらの関係を考慮した記述を行うことは、多くの労力を要する作業である。そこで本稿では、個々の MW の記述から GMW を半自動生成するための手法を提案するとともに、その手法に基づき開発した半自動生成システム、およびそのシステムが持つ機能について述べる。

2. 提案手法

GMW の半自動生成の枠組みを図1に示す。GMW は、各 MW におけるモデル同士の関係を記述したモデルグラフ(Graph of Models: GoM) [Addanki 1991] を下部構造として持つ

ており、これに個別に記述された MW の情報を合成することで、MW 同士の関係を半自動生成する。また GoM は、モデル間の差異とそれに基づく現象間の差異を対応付ける記述を持っており、これを利用して、MW 間の移行を促すタスクを自動生成することができる。

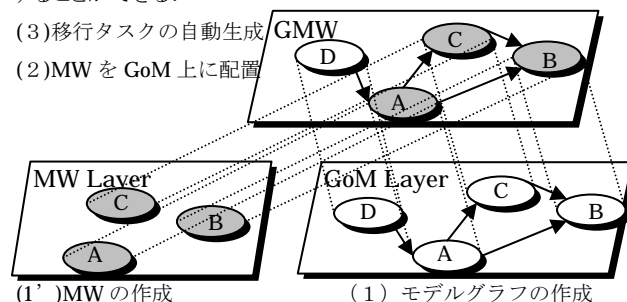


図1. GMW の半自動生成の枠組み

2.1 モデルグラフおよび個々の MW の記述

GoM のノードにはモデルとその成立条件(モデル化仮定)が記述され、モデルの成立条件および振る舞いの差異が十分小さいノード間には、その差異を記述したエッジが張られる。あるノード上のモデルに基づく予測値と、対象系における観測値が異なるとき、その差異を小さくする方向へエッジを辿ること(モデル変更)を繰り返して、観測値に最も適合するモデルを探索することができる(モデルベース推論能力)。GoM の作成手法は、自動モデリングおよび定性推論の分野においてある程度確立されており、ここでは、それに基づいてソフトウェア技術者により適切に記述されるものとする。

一方、個々の MW は、教育的背景を持つ(複数の)オーサにより作成される。その際、各 MW において対象とするモデルを、GoM により提供される(モデル化仮定を表す)語彙を用いて指定しておく。MW の作成では、主として対象モデルを理解するために行うべきタスクや状況設定などが記述される。

2.2 MW とモデルグラフの合成

作成された MW の組を GoM 上に配置して GMW を生成する。MW には、対象とするモデルが GoM におけるモデル化仮定(モデルにおいて考慮する存在物やプロパティ、プロセスなど)の語彙を用いて記述されているため、容易に GoM のノードに対応付けることができる。MW が GoM 上に配置されると、そ

これから漸進的に移行可能な MW の組, 及びそのモデル, 成立条件の差異, 振る舞いの差異などの情報を得ることができる。

2.3 移行タスクの自動生成

個々の MW には, GMW 上で隣接する MW への移行を促すためのタスクは記述されていない。MW の移行はすなわちモデルの移行であるので, ここでは「現在のモデルを変更しなければ予測値と観測値の差異を説明できない」ような状況設定の変化を伴うタスクを移行タスクとする。GoM の持つモデルベース推論能力 (2.1 節) を利用すれば, ある MW における状況設定をどのように変化させればそのモデルが不成立となり, 隣接する MW のモデルが成立となるか, また, その際の両者の振る舞いの差異に関する情報を得ることができる。これによって, 個々に記述された MW が配置された GMW から, MW 間の移行タスクを自動生成することができる。

3. マイクロワールドグラフ半自動生成システム

2 章で述べた手法を用いて GMW を半自動生成するシステムを試作した。本章ではその動作例を 3.1 節で示し, 以降の節で, 本システムが持つ GMW の生成に有用な機能を紹介する。

3.1 エッジおよび移行タスク自動生成機能

図2に示す2つの MW がオーサによって記述されたとする。これらは, 図3の GoM におけるモデル化仮定の語彙を用いてモデルを指定しており, 適切な照合により MW1 はモデル 1 に, MW2 はモデル 2 に対応付けられる (例えば, モデル 1 の物体 1, 2 をそれぞれ MW1 のブロック A, B に, 物体 1 のプロパティ m_1, a をブロック A のプロパティ $2.0, a_1$ に束縛する。実際には, これらはパターン変数を含む assertion として記述されている)。

図4のように MW1 および MW2 が GoM 上に配置されると, それらの間の関係が明らかとなる。すなわち, MW1 (のモデル 1) は, MW2 (のモデル 2) において箱の加速度 a_2 を 0 とした特殊な場合になっていることがわかる。また, このようなモデル化仮定の差異によって生じる両者の振る舞いの差異も, GoM のエッジを参照することにより得られる。すなわち, MW2 におけるブロック A の加速度は, MW1 におけるそれに a_2 を加算した値となる。これらの情報を用いて, MW1 から MW2 への移行タスク「滑車を加速度 a_2 で下降する箱に固定したとき, ブロック A の加速度はどうなるか」が自動生成される。このタスクに対しモデル 1 を用いて解答した学習者は, 予測値 (モデル 1 の振る舞い) と異なる観測値 (モデル 2 の振る舞い) を提示され, モデルの変更 (MW の移行) を強く促されることになる。



図2. 記述された2つの MW

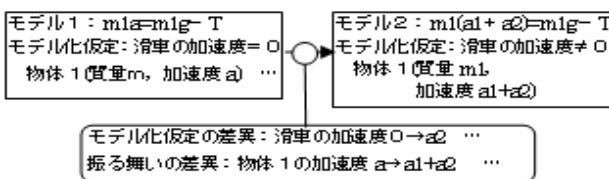


図3. 記述された GoM の一部

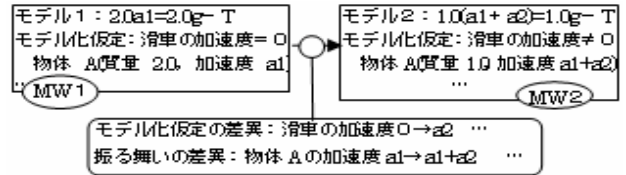


図4. MW を GoM 上に配置

3.2 タスクの追加提案機能

ある MW のタスクがオーサによって記述されるという事は, オーサは少なくともそのタスクを学習者に実行してほしいと望んでおり, そのタスクで習得可能な知識の学習を望んでいる事を意味する。通常, そこで獲得される知識は, その単一の MW でのみ活用できるものではなく, 複数の MW での利用が望まれると筆者らは考える。しかしながら, 複数のオーサが複数の MW を記述した場合 (あるいは単一のオーサであっても), ある MW でその知識を獲得するためのタスクが設定されていても, 他の MW で同様の知識を活用するためのタスクが設定されるとは限らない。

そこで, 本システムでは, ある MW であるタスクが記述されており, 隣接する MW でも同様のタスクを追加する事で移行タスクが生成可能な場合は, 隣接する MW に対してタスクの追加提案を行う。オーサがその提案を受け入れタスクを追加した場合は, システムは 3.1 節の機能により移行タスクを自動生成する。

3.3 MW の追加提案機能

2 章で提案された, GMW の自動生成の枠組みは, 個々の MW を記述する際, 他の MW との関連を意識しなくてよいというメリットがあった。その反面, オーサ任せに MW を記述させると, グラフとなるのに十分なだけの MW が記述されないことが考えられる。例えば, 図1の場合, MW-A, B が記述されなければ, 他の MW-C, D を記述し, GoM 上に配置したとしても, 生成される GMW はグラフの形をとらず, 漸進的な学習は行えない。システムは, このようにグラフの形を取らない場合に, 対応するモデルグラフ上のノードを説明し, 適切な MW の追加をオーサに促す機能を持つ。

4. おわりに

本稿では, MW における適応的な漸進的学習を可能とする GMW の枠組みを紹介し, GMW および移行タスクを半自動生成するための手法を提案し, その支援システムを開発した。同時にその支援システムが持つ機能について説明した。

参考文献

- [Burton 1984] Burton, R.R., Brown, J.S. & Fischer, G.: Skiing as a model of instruction, In Rogoff, B. & Lave, J. (Eds.), Everyday Cognition: its development in social context, Harvard Univ.Press (1984).
- [Wenger 1987] Wenger, E.: Artificial Intelligence and Tutoring Systems: Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge, Morgan Kaufmann(1987).
- [Horiguchi 2005] Horiguchi, T. & Hirashima, T.: Graph of Microworld: A Framework for Assisting Progressive Knowledge Acquisition in Simulation-based Learning Environments, Proc. of AIED2005, pp.670-677 (2005).
- [Addanki 1991] Addanki, S., Cremonini, R. and Penberthy, J.S.: Graphs of models, Artificial Intelligence, 51, pp.145-177 (1991).