

4U-6

定性的手法を用いた環境分析と環境教育支援システムの構築*

金 慶喜 松尾 徳朗 小松 正樹 伊藤 孝行 大園 忠親 新谷 虎松†

名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻‡

1 はじめに

本稿では、社会現象／自然現象に関して定性シミュレーションを用いた教育支援システムを提案する。本稿で示すシステムは、学習の対象は中等および高等教育課程の学習者としている。以上のユーザを対象にして、環境の変化の観察が可能となるように、環境モデルの構築と定性シミュレーションを通じた学習支援機構を構築する。

定性シミュレーションは、量に関する部分的な情報を用いて、与えられた動的システムの挙動を導出する技術である点である。定性シミュレーションを環境教育に応用することは、次の2点の有効性が考えられる。一つ目は、環境システムには不確実な変数が存在する。定性シミュレーションは、定量的な手法に基づいたシミュレーションに比べ、不確実な変数が存在する状況においてもシミュレーションが可能である。二つ目は、定性シミュレーションで用いる、現象における要因と影響を表す因果モデルには、複雑な数式がないので、本研究の対象である中等教育程度の学習者がモデルの作成とシミュレーションの過程と結果の理解がしやすい点である。

2 環境定性シミュレーションモデル

本研究における定性シミュレーションには、因果関係を示した因果モデル（構造モデル）を用いる。因果モデルは有向グラフとして示される。有向グラフの各ノードは定性的状態値を持ち、各アークは変化方向と影響の伝播速度を持つ。

定性状態値とは、変数の状態が定性的にどのような値であるかを示す。本研究では、ノード変数の定性状態値はノード変数の変化傾向で表され、増加、定常、減少の三つの状態値がありそれぞれを I, S, D で表示する。

アークは、関係のあるノード変数間を結び、ノード変数間の影響関係は影響方向で表す。影響方向について本研究では、+、- で表記する。+ は、原因ノード変数の値が増加（減少）すると結果ノード変数の値も増加（減少）することを表す。- は、原因ノード変数

表 1: 変化傾向の加算規則

+	I	S	D
I	I	I	?
S	I	S	D
D	?	D	D

の値が増加（減少）すると結果ノード変数の値は減少（増加）することを表す。

アークのもう一つの性質として、影響の伝播速度がある。本研究では、原因ノードから結果ノードまでの影響が即座に及ぶ場合と即座ではない（遅延がある）場合に大きく分類して、それぞれ V_0, V_1 と表記する。

あるノード変数に複数のアークから影響が及ぶ場合、ノード変数の変化傾向は変化傾向の加算規則に従って求める。変化傾向の加算規則は表 1 の通りである。

3 環境教育支援システム

3.1 システムの構成

本システムは、因果モデル作成の支援、定性シミュレーションシステム、サンプルモデルの提示の三つのユニットから構成されている。

因果モデルの作成の支援：因果モデルを構築する過程において構築に手間取ったり、知識不足のために構築不可能な学習者も存在する。そこで、本システムでは、学習者が因果モデルを作成しやすい知的エディタを設計し、実装している。システムのユーザ支援のための機能として (1) ノード変数の提示、(2) ノード変数の解釈、(3) アークの性質の提示がある。

まず、(1) ノード変数の提示について説明する。システムは環境に関する豊富なノード変数を持ち、学習者に提示する。学習者はシステムが提示するノード変数から、自分の作成する因果モデルに関係があるかどうかを検討しながら、有用なノード変数を選択できる。次に、(2) ノード変数の解釈について説明する。システムは各ノード変数の説明が書いてある辞書を持っており、学習者はノード変数の意味について簡単に調べることができる。学習者は因果モデルの作成中、ノード変数の辞書を利用して、ノード変数についての理解を深めることができるので、作成したモデルの合理性も高められる。最後に、(3) アークの性質の提示について説明する。因果モデルを作成する中で、あるアークの

*A Learning Support System based on Qualitative Environment Analysis

†Jin Qing Xi, Tokuro Matsuo, Masaki Komatsu, Tadachika Ozono, Takayuki Ito, Toramatsu Shintani

‡Dept. of Intelligence and Computer Science, Nagoya Institute of Technology, Gokiso, Showa-ku, Nagoya, 466-8555 JAPAN

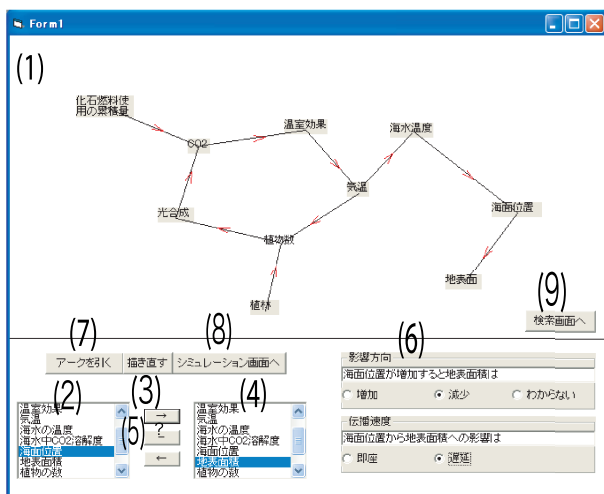


図 1: 因果モデル作成の支援

性質（ノード変数間の影響関係）について、知識が不十分である場合、システムに保持された説明が与えられる。このことにより、学習者はノード間の関係を構築しながらそれを理解できる。

定性シミュレーションシステム：本システムの定性シミュレーションでは、因果モデルに基づき、一つあるいは複数のノード変数の定性状態値の入力から、モデルの各ノード変数の定性状態値（変化傾向）を出力する。入力ノード変数からスタートして、アークの方向に沿って、アークの性質（影響方向と伝播速度）に従って、次々と各ノード変数の定性状態値（変化傾向）が求められる。複数のアークから影響が及ぶノード変数に関しては、変化傾向の加算規則（表1）に基づいて定性状態値が求められる。定性シミュレーションの結果を学習者に提示することで、学習者は環境システムの諸要素の因果関係を深く理解することができる。

サンプルモデルの提示：学習者が因果モデル作成の際に、ノード間の関係に関してシステムの支援を受けなかった場合、アークの方向が正しくない、アークの性質が不適當、アークが不要または不十分なことがある。システムは学習者が作成したノード変数を含んだモデルを作成し、学習者が作ったモデルとマッチングして、異なるところを学習者に提示する。これにより、学習者は自分が作成したモデルの不正確および不十分な箇所を発見することができる。

3.2 ユーザインタフェース

因果モデルを作成するためのユーザインタフェースを図1に示す。図1の(1)は、作成した因果モデルの出力画面である。図1の左下にある二つのリストボックス(2)および(4)には、環境に関するノード変数が登

録されている。学習者はモデル作成に必要なノード変数をこのリストボックスから選択する。ユーザがノード変数の意味について調べたいときは、調べるノード変数をリストボックスから選択し、「検索画面へ」のボタン(9)を押すことで、システムはそのノード変数に関する説明文章を学習者に提示する。矢印ボタン(3)は、ノード変数の影響方向を指定する。ノード変数間の因果関係が分からないときは[?]ボタン(5)を押すことで、システムはリストボックス(2)および(4)から選択した二つのノード変数間の因果関係を学習者に提示する。アークの性質（影響方向と伝播速度）に関しては図1の右下のラジオボタン(6)から設定できる。ノード変数の影響方向の選択欄(6)で、ラジオボタンのうち「分からない」を選択すると、システムは学習者に正しい影響方向を提示する。「アークを引く」ボタン(7)を押すと、選択した因果方向に従って、選択した二つのノード変数間に矢印線が描かれる。モデルを作成した後、「シミュレーション画面へ」ボタン(8)を押すことにより、シミュレーション画面へ移る。シミュレーション画面はここで省略したが、シミュレーション画面の入力としては、初期ノード変数の指定とそのノード変数の定性状態値の指定がある。システムは、入力した初期値と作成したモデルに従って定性的シミュレーションを行い、各ノード変数の定性状態値を曲線グラフとしてシミュレーション画面に出力する。

4 終わりに

本研究では、定性シミュレーションを用いた環境教育支援システムを提案した。学習者は、システムが提供しているモデルの構築と、構築したモデルに基づく定性シミュレーションを繰り返すことにより環境システム諸要素の動的な影響関係を理解できる。また、環境改善への思考能力も高めることができる。

学習者は、本システムが提供するモデル構築支援環境を利用することで、分からないノード変数の意味やノード変数間の影響関係について簡単に調べることができ、モデルの構築を通して環境知識を深めることができる。

参考文献

- [1] 西田: "定性推論の諸相" 朝倉書店, 1994.
- [2] 一博: "定性推論" 共立出版株式会社, 1989.
- [3] 松尾, 伊藤, 新谷: "定性シミュレーションに基づく消費者教育支援システムについて", 情報処理学会研究報告, Vol. 2004, No.13, pp. 33 - 38, 2004.