

4H-8

経済システムの定性モデリングと教育支援に関する評価

松尾 徳朗 小松 正樹 大園 忠親 伊藤 孝行 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

e-mail: {tmatsuo, masa, ozono, itota, tora}@ics.nitech.ac.jp

1 はじめに

近年の電子計算機の汎用化にともない、計算機を利用した様々なタイプの教育支援ツールが開発されている [1]。著者らはこれまでに社会科学に関する教育において利用される、学習のための定性シミュレーションに基づいた教育支援システムを提案している。本稿では、上記の教育支援システムにおけるユーザ支援手法と、それに基づく評価に関して報告する。

本研究では、学習のプロセスにおいてインタラクティブな環境を整備することにより、学習者がナイーブ/ノービスであっても、システムが学習活動の継続が可能となる支援を提案する。特に、ノードとアークを持ったシミュレーションモデルを構築する際に、経済統計から観測された法則および理論をルールとして保持する。逐次にルールを提示することで学習者は効果的にシミュレーションモデルを作成することが可能である。本研究の新規性は、社会動態の学習のために定性シミュレーションを利用している点および支援においてユーザの状況を判断しながらシステムが支援する手法を開発する点にある。特に後者に関しては、学習者の状況に関して数段階のレベルを設定し、その状況ごとに学習者が作成しようとしているシミュレーションのためのモデルで、(1) グラフの穴埋め問題 (2) 部分的なグラフからの完成したグラフの完成 (3) ルールの部分的な提示 (4) ルールに反する部分の修正などの場合に分けて、学習者を支援する。

2 定性シミュレーション

学習者が大域的な経済系を学習するために、定性シミュレーションを適用する [2]。一般に、経済現象を特徴づける要因はそれに関係している複数の要因により決定づけられる。複数の要因は互いに関係を持った経済システムである。既存の研究では、定量的な解析手法は多く用いられている。他方、既存の定性推論/シミュレーションの教育への適用に関する研究で、物理ダイナミクス理解を支援するための教育応用に関する研究は多く存在しているが、社会現象に関してモデルを作成し、現象を観察し学習することを目的として、定性シミュレーションが適用された研究は少ない。経済システムの解析のための定性シミュレーション方式を開発し、経済教育支援機構を構築した。

学習者は、まず定性シミュレーションのためのモデルを作成する。モデルはノードとアークを持ったグラフとして図 1 のように構築される。ノードおよびアークはそれぞれ定性的な値で特徴づけられている。矢印で示されたアークの方向は、関連性の影響を示しており、例えば要因 A の定性値が増加すれば要因 B の定性値は減少するという表現がなされる。関連性の影響がノードの定性値を変化させ、変化の時間的な推移がノードの特徴となる。

3 定性モデル作成支援手法

ユーザが本システムを使う際に、システムがユーザの状態を判断し支援手法を適用する。ユーザの状況は多種多様であると考えられるが、知識を十分に有しない「ノービス」なユーザに関する支援方法について考察する。グラフ作成においてグラフ作成中にノードを追加およびアークを追加等に関して最後から次の操作

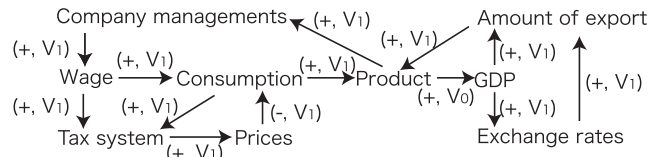


図 1: 因果モデルの例

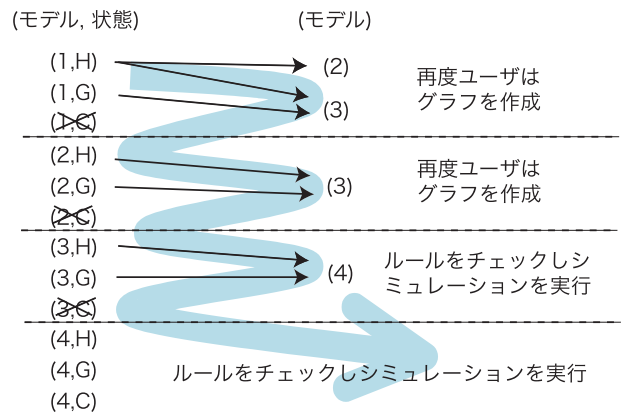


図 2: 段階的なモデル作成

が管理者 (指導者) が設定した時間以上ない場合に、長時間の操作の停止と判定される。質問は、ボタンをポップアップウィンドウ形式で表し、ポップアップウィンドウには「DONE (完了)」、「HINT (ヒント)」、「GIVE UP (ギブアップ)」および「NOT DONE YET (未完成)」のボタンが準備されている。ユーザの選択に基づき、支援のプロセスが変化する。

さらに、操作の経過だけでなく、作成したシミュレーションモデルに関して、次の 4 つのような結果が存在する。1. グラフのノードとアークがない、2. ノード数が少ない、3. 部分的なグラフが作成されている、4. 一通りのグラフが作成されている、である。

以上の状況とモデルに関して、それぞれの状況ごとに支援を行う。状態と作成されたモデルの状況を (3,H) というように表現する。括弧内の数字およびアルファベットは、モデルの状態およびユーザの状態を組で表したものである。この場合、操作の後に長時間操作が停止し、グラフは部分的にグラフが作成されており、ユーザがヒントを求めている状況である。支援は、4 つの段階を通して行われる。第一に、ユーザが本システムを使用した際の支援であり、上の状況に基づきそれぞれの状況に応じて支援される。支援を行う場合、基本的に図 2 に示される段階でモデルが完成されていく。図 2 は、提案する手法に基づいた支援によりユーザのモデルの状態が変化していくプロセスを示している。例えば、モデルおよびユーザの状態が (1, H) の時、上記で示した支援により、モデルの状態は 2. または 3. に発展する。そこで、さらにその状態におけるユーザの状態に基づき支援を行うことで、シミュレーション可能になるようにグラフを完成させる。支援は状況に応じて行われ、表 1 に分類される。

ノードを与えることができなかった学習者には、ランダムに選択された複数のノードおよびアークからなる部分グラフを準備さ

Tokuro MATSUO, Masaki KOMATSU, Tadachika OZONO, Takayuki ITO and Toramatsu SHINTANI  
Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology, Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya, Aichi, 466-8555 Japan.

表 1: 状況による支援

状況	支援
(1,H)	DB からランダムに選択された複数のノードをユーザに提示．ユーザは適切なノードを選択し，グラフ作成．
(1,G)	部分的なグラフをユーザに提示．ユーザはアークをつける穴埋め問題を解く．
(2,H)	DB に保持されているノードからランダムに選択し，複数のノードをユーザに提示．
(2,G)	DB に保持されているノードからランダムに選択し，複数のノードをユーザに提示．
(3,H)	DB に保持されているノードからランダムに選択し，複数のノードをユーザに提示．ルールとして保存されているノード間の関係を示すアーク例を提示する．
(3,G)	DB に保持されているノードからランダムに選択し，複数のノードをユーザに提示．ルールとして保存されているノード間の関係を示すアーク例を提示する．
(4,H)	ノード間の関係を示すアーク例を提示する．
(4,G)	ノード間の関係を示すアーク例を提示する．
(4,C)	アークの整合度のチェックを行いシミュレーションに移る．

表 2: 支援に関する実験結果

	支援ありの被験者	支援なしの被験者
ノード数	6.1	6.2
支援により追加した後のノード数	9.7	-
アーク数	10.3	10.5
アークの方向の正確さ	8.1	8.2
支援により改善されたアークの方向の正確さ	9.8	-
アークの影響の正確さ	7.2	7
支援により改善されたアークの影響の正確さ	9.4	-

れる．ユーザが補完することでシミュレーションを実行することが可能である．

ユーザが作成したアークには，ルールと相反するものが存在する場合は，抵触している部分に関して，システムが示し，修正させる．その後シミュレーションを実施する．

## 4 実験と結果

本章では，提案した手法に関して，有効性を被験者を用いた実験に基づいて評価する．被験者は専門および教養として経済関係科目を受講したことがない大学生を対象とした．実験では，本システムにおいて支援を受けてシミュレーションモデルを作成したグループおよび支援を受けずにモデルを作成したグループの両者に分類して比較実験を行った．実験は以下の2種類について行った．まず，経済のモデリングに基づいた定性シミュレーションモデルを作成する際に，本システムが行う支援に関してである．次に，支援を受けた側の被験者に，本システムで提案した手法が妥当であったかをアンケートで調査した．

表 2 は，支援を受けた被験者と受けていない被験者の作成したノード数，アーク数，アークの方向の正確さおよびアークの影響の正確さに関する平均値である．ノード数，アークの方向の正確さおよびアークの影響の正確さに関しては，それぞれ先述の支援手法に基づいた支援を行い，表 2 に測定結果を含めている．

次に，これらの実験の中で支援を受けたユーザに対して，提案した支援手法が妥当であったかをアンケートにより調査した．調査結果は表 3 の通りである．

表 3: アンケート結果

	そう思う	どちらでもない	そうは思わない
十分な数のノードが作成できたか	0%	18.2%	81.8%
システムからノードが提示されてモデルの完成に影響したか	72.7%	27.3%	0%
システムから指摘されたアークの影響の方向は役に立ったか	36.4%	27.3%	36.4%

支援を受けたユーザのうち7割以上が，ノードに関する支援が役に立ったと答えている．多くのユーザは，モデルを作成する以前の段階で，ユーザにとって経済に関する事柄は非専門的であり，そのため支援を受けることで，モデル作成をより効果的に行うことが可能となる．またそれだけではなく，アークの方向や影響の正確さなどシミュレーションにおいて，計算結果を左右する重要な定義に関しても，支援を受けた被験者では矛盾の少ないシミュレーション結果を得ることに成功している．

## 5 特長

経済教育において定性シミュレーションを導入することによる特長と本システムに関する特長を示す．

まず，経済教育における定性シミュレーション利用による特長として，次の3点が挙げられる．微分方程式などの複雑な数式を理解していない教育段階に所属している学習者にとって利用可能である点，シミュレーション結果をリアルタイムに知ることができる点，および定性シミュレーションの初期値やモデルの作成および定性シミュレーション結果が定性的な状態値として提供されるため，概念的な理解がより促進されると考えられる点である．

本システムの特長として，以下の3点が挙げられる．ユーザは，グラフベースの経済シミュレーションにおける定性シミュレーションモデルの作成を通して経済要因間の関係および影響に関して知ることができる点，経済の動きを決定づける要因を変化させることで擬似的に経済ダイナミクスの変化を観測できる点，定性シミュレーションモデル作成の際に，ユーザの状況に応じた支援を行うことで，学習者を支援することができ指導者がいない環境でも学習者はシステムの利用が可能である点である．さらに，経済システムの定性シミュレーションのためのモデルを作成する際に，ユーザが作成したものとシステムが保持しているルールが異なっていれば，ユーザが誤った知識を持っているということであり，システムがユーザに対して正しい要因間の関係および性質を提示する．学習者は経済システムを定性的なモデリングおよびシミュレーションを通して学習することが可能になる．

## 6 おわりに

本稿では，経済現象の観察学習を目的とした定性シミュレーションにおける経済モデルの構築とシミュレーションを通じた学習支援に関して提案した．定性シミュレーションモデル作成のためのエディタおよびモデル作成支援手法とその効果に関して議論し，評価実験により提案手法の有効性が示された．

## 参考文献

- [1] B. Bredeweg and K. Forbus, "Qualitative Modeling in Education," AI magazine, Vol. Vol.24, No. 4, 2003.
- [2] T. Matsuo, T. Ito, T. Shintani: A Learning Support Method in Qualitative Simulation-based Economic Education, Proc. of the 20th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-2005), pp. 1618-1619, July 2005.