

因果モデルに基づく経済教育支援システムの提案

松尾 徳朗 田中雅章 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, mtanaka, itota, tora}@ics.nitech.ac.jp

1 はじめに

教育の分野において、近年多くの学習支援システムに関する研究が提案されている。本稿では、学習者が経済の系を学習することを支援するために、新規に経済系の各属性間の因果関係に基づいた学習支援システムのためのモデル作成手法を提案する。学習の対象は、分野の性質上、初等中等教育においては、総合学習または社会科において実施されると考えられる。または、高等教育においては、教養レベルの経済学の講義において利用されることができる。本研究の位置づけは、経済を対象とした定性シミュレーションにおけるシミュレーションモデルの作成に関してあり、本モデルは、人工知能技術の一領域である定性推論/定性シミュレーション技術を用いた、経済教育支援システムにおいて利用する。

本稿の構成を示す。第2章で、定性シミュレーションモデルに関して説明する。第3章でシステムの概要を示す。第4章で、本稿をまとめる。

2 定性シミュレーションモデルの作成

2.1 学習者の概念形成

定性推論は、人間の定性的な思考過程を分析、モデル化し応用した問題解決システムに関する研究分野であり、定性シミュレーションは定性推論研究の一領域である [5]。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。定性シミュレーションを用いた教育応用に関して、学習者が物理現象を定性的にシミュレートし、物理現象の理解を助けるためのツールの開発に関する研究が盛んである [2][3]。定性推論を教育に応用することには、次の2点の有効性が考えられる [1]。一つ目は、教育の多くが、概念的な知識に関するものである点である。定性推論を用いることであるメカニズムが存在する場合にメカニズムの概念的な理解が可能となる。二つ目は、定性推論が定量的なモデルの基礎に位置づけられる点である。学習者が、動的なシステム等において関数に基づく理解ではなく、定性的な原理からのアプローチで理解し始めることは多い。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、社会現象を理解し、意思決定を訓練することが可能な教育支援システムについて定性シミュレーションが適用にされた研究は少ない [6]。本稿で提案するシステムでは、経済現象をシミュレートすることにより経済現象を概念的に理解できるように、定性シミュレーションを用いる。

2.2 因果モデルの作成

複雑な状況や因果関係を分析する方法として、有向グラフを用いた構造モデルが有効であり、システムの振る舞いを観測することが可能である。社会システムを定量的に解析する手法にシステム・ダイナミクスがある。システム・ダイナミクスは、大規模なシステムに関して、計算機を用いた挙動解析法である。挙

動解析法では、定量的な（数学モデル化可能な）システムに関して有効である。しかし、経済環境などから影響を受ける税制などの動向推定は定量的に扱うことが困難であるため、定性的な手法により推定を行うほうが好ましいと考えられる。本推定を実現するために、人工知能の一分野である定性推論技術を用いた定性シミュレーションを提案する。動的なシステムの挙動を、定性的な情報に基づいて予測する技術の研究として定性シミュレーション手法が挙げられる [7]。本手法により、定量的に数値化できない場合の挙動推定や、複雑な対象における挙動の大域的理解が実現可能となる。

例えば、有効グラフを用いた因果モデルは、複雑な状況の分析に有効であり、分析するシステムにおいて動的な変化を分析することができる [4]。学習者が系の挙動などに実感が持てるように、本稿で示す研究においては、外部の経済環境によって価格が変化する商品を購入する場合を想定する。商品購入に関して実感を持ち意思決定の訓練を通して経済現象の理解と妥当性のある意思決定をするための消費者教育支援システムを構築した。本稿では、不動産に関するモデルに基づき説明する。不動産価格の変化に伴いユーザの意思決定が変化する要因として、ローンの利子率およびユーザの貯蓄額、為替相場、税制（住宅対象の減税政策等）、景気、住宅ローンのための融資政策などが挙げられる。このうち定量的に計算可能な要因もあるが、定量的に計算不可能な要因も存在するため定性シミュレーションを用いた分析が有効となる。

2.3 因果モデルにおける定義

定性的な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、グラフの各ノードおよびアークはそれぞれ状態値および変化の方向をもつ。ここでは、因果モデル（構造モデル）に関して以下に定義を示す。

定性的状態値：ノードは時刻ごとに状態値を持つ。不動産購入時期予測のための因果モデルにおいて、「減税政策」などがノードとして考えられるが、定量的な表現は困難である。グラフのノードに関して、基準を設定せず、3種類の定性値を定義する。

● 定義1（要因の定性的状態値）

- H: 次の時刻で現在の状態値以下
- M: H または L
- L: 次の時刻で現在の状態値以上

状態の変化傾向：ノードの状態の変化方向を定性的に示す。ノードの状態値の定性的時間微分に相当し、3種類の定性値で定義する。

● 定義2（状態の変化傾向）

- I: ノードの状態値が増加
- S: ノードの状態値が一定
- D: ノードの状態値が減少

影響の方向：以下、ノード間を結ぶアークに関して定義する。原因ノードの状態の変化が結果ノードの状態に与える影響の方向を定義3で示す。

Tokuro MATSUO, Masaaki TANAKA, Takayuki ITO and Toramatsu SHINTANI

Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology, Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya, Aichi, 466-8555 Japan.

- 定義3 (影響の方向)
 - +: 原因ノードの状態値が増加(減少)すれば結果ノードの状態値も増加(減少)
 - -: 原因ノードの状態値が減少(増加)すれば結果ノードの状態値も増加(減少)

影響の伝播速度: 影響の伝播速度は定義1~3の性質とは異なり, 因果モデルに依存する. 影響の伝播速度を定義4で示す.

- 定義4 (影響の伝播速度)
 - V_0 : 影響が瞬時に伝播
 - V_1 : 影響が遅れて伝播
 - $V_?$: 伝播速度が不明

影響伝播において, 瞬時にフィードバックされない系において, V_0 のアークの処理が全て終了したところで, 1単位時間進める. 次の単位時間で, 遅れて伝播される影響に関して処理を行う.

複数影響の加算: 因果モデルにおいて, 複数のノードからの影響が存在する場合, 影響の加算として次に定義する. ここでは, 2つのノードからの影響における加算を示す.

- 定義5 (複数影響による変化傾向の加算) あるノードに複数のアークからの影響が及ぶ場合, 状態の変化方向は表1で定義する. ただし, 表1では, 影響の方向が+の場合を示している. 表中の?は変化方向が一位に決定できない場合である.

表1: 複数影響による変化傾向の加算

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

3 LSDM: 消費者教育支援システム

本章では, 消費者の意思決定のための教育用アプリケーション (LSDM: e-Learning Support system for assisting consumers' Decision Making) に関して示す. 本システムは, 定性シミュレーションモジュールおよび数値計算モジュールから構成され, 2つのモジュールからの出力結果を統合してユーザに提供する. 定性シミュレーションでは, 計算値が"+", "-", "0"の定性値からなる. 定性的手法では, 数学モデルで表せないモデルに関するシミュレーションに優れている.

本システムの目標は, 定性シミュレーションおよび数値計算の結果をユーザに提供し, ユーザがシステムの出力結果に関して, 繰り返し利用し試行錯誤をすることで購入の実感を持ち, また, より効果的な意思決定のために経済現象を理解できる支援システムを構築することである. 本システムでは, 購入する商品に関して, 将来の価格の動向および利率などを予測しユーザに擬似的な商品購入の意思決定を実感させる. 近年, 株価予測および金融商品の価格予測に関する研究が盛んである. 多くの研究においては, 数値計算可能な数学モデルに基づいた予測が採用されている. 多くの価格予測に関する研究に基づき開発された支援システムは複雑な計算式に基づくことが多く, 専門家でないユーザが予測の過程を理解しシステムを利用することは困難であると考えられる. 本稿で提案するシステムは, 定性的な手法を用いているため専門家でないユーザがシミュレーションの過程に関して理解可能しやすい.

システムへの入力に関してユーザは, まずシミュレーションのための初期値を入力する. 初期値は, 現在の商品の価格, 利率, 貯蓄額である. 次に, ユーザの入力に基づき, 定性シミュレーションモジュールでは商品の価格変動および利率変動の傾向を出力する. 数値計算モジュールでは, 購入した際の総支払額を計算する. 数値モジュールの出力結果と数値計算の結果を統合しユーザに提供する.

数値計算モジュールでは, 商品の価格および利率やユーザの貯蓄額を計算するための計算式を用いる. 将来の状況を予測する際に商品の価格および利率を知ることは重要であると考えられる. 購入方法や代金の支払い計画をたてる際にも重要であると考えられる.

まず, ユーザの貯蓄額および商品の価格は意思決定において最も重要な要素である. 例えば, 貯蓄額が商品価格を上回る場合, ユーザは将来のローンの利率を知る必要はない. 貯蓄額が商品価格をした回る場合, ユーザは(住宅)ローンを用いて代金を支払うことを考慮に入れる必要がある. つぎに, ローンの利率は重要な要素である. ここでは, 金利は固定であると仮定する. 利率が低く支払い回数が少ない場合, 総支払額はローンを組まず購入する場合と大差はないと考えられる. 一方, ローンの利率が高い場合や長期に渡り支払いを続ける場合は総支払額は多くなる. ここでは, 一般的な単純な計算式に基づき住宅ローンの利率を計算する.

まず, ユーザの貯蓄額および商品の価格は意思決定において最も重要な要素である. 例えば, 貯蓄額が商品価格を上回る場合, ユーザは将来のローンの利率を知る必要はない. 貯蓄額が商品価格をした回る場合, ユーザは(住宅)ローンを用いて代金を支払うことを考慮に入れる必要がある. つぎに, ローンの利率は重要な要素である. ここでは, 金利は固定であると仮定する. 利率が低く支払い回数が少ない場合, 総支払額はローンを組まず購入する場合と大差はないと考えられる. 一方, ローンの利率が高い場合や長期に渡り支払いを続ける場合は総支払額は多くなる. ここでは, 一般的な単純な計算式に基づき住宅ローンの利率を計算する.

4 おわりに

本稿では, 因果モデルに基づく消費者教育用の支援システムに関して示した. ユーザがシステムを繰り返し利用することで, 経済現象を理解し, より妥当性のある意思決定ができる教育支援システムに関して新規に提案した. 既存の研究において, 物理教育における定性シミュレーションの利用に関して多く提案されている. 物理系の理解において定性シミュレーションは有効である. 一方, 消費者の意思決定を訓練するための教育支援に関する研究は存在しない. 因果関係を示した構造モデルに基づくシミュレーション手法とシミュレーション結果の教育への利用は有効であると考えられる. 因果関係のモデルを用いたシミュレーションを行うことで, 学習者はシミュレーションのプロセスを理解できる. また, 定性シミュレーションは, 不確定な変数が存在する場合にもシミュレーション可能であり, 初期値も単純な値を入力することで実行可能である. そのため, 計算機に不馴れな学習者でも操作が可能であると考えられる.

参考文献

- [1] Bredeweg, B., Forbus, K.: "Qualitative Modeling in Education", AI magazine, Vol. 24, No. 4, pp.35-46, American Association for Artificial Intelligence, 2004.
- [2] Forbus, K. D., Carney, K., Harris, R. and Sherin, B. L.: "A Qualitative Modeling Environment for Middle-school Students: A Progress Report", in the proceedings of International Workshop on Qualitative Reasoning, 2001.
- [3] Forbus, K. D.: "Helping Children Become Qualitative Modelers", Journal of the Japanese Society for Artificial Intelligence, Vol. 17, No. 4, pp.471-479, 2002.
- [4] Kuipers, B.: "Qualitative Reasoning", The MIT Press, 1994.
- [5] Russell, S., Norvig, P.: "Artificial Intelligence -A Modern Approach-", second edition, Pearson Education International, 1995.
- [6] Matsuo, T., Ito, T., Shintani, T.: "A Qualitative/Quantitative Model-Based e-Learning Support System in Economic Education", in the 19th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-2004), 2004.
- [7] 畑, 大川, 薦田: "定性シミュレーションにおける逆シミュレーション方式", 電気学会論文誌 C, Vol.115, No.11, pp.1369-1376, 1995 年