

複雑二重ネットワーク知識教授モデルによる 学習効果シミュレーション

Learning effect simulation using a doubly structural network model

國吉 啓介*¹

Keisuke Kuniyoshi

倉橋 節也*¹

Setsuya Kurahashi

*¹筑波大学大学院ビジネス科学研究科

Graduate School of Business Science, University of Tsukuba

It is important for teacher to design a class while grasping the state of students understanding. In order to grasp the state of students, I need an integrated approach with the state of students understanding and knowledge structure and collaborative learning. So I propose a new simulation that is built with a doubly structural network model. It has an internal network and a social network. An internal network is built from the knowledge structure and the state of students understanding. A social network is built from cooperative relationship in the class. I address two problems. The first is consideration of the effects of teaching strategy given to learning. The second is consideration of the effects of placement given to learning. I found these results, 1) differences in teaching strategy give a change in the learning effect, and teaching strategy that this simulation produces has a high educational effect, 2) if a teacher gives a knowledge only once, dropouts tend to occur, 3) placing the students distributed tends to have the effect of education than placing the students centralized.

1. はじめに

教室という空間での教授効果の実態を把握するためには、各学習者の理解状態、知識構造、協調効果といった複数の視点を統合したアプローチが必要である。そこで本研究では、学習者の知識理解状態、知識の構造を踏まえた「内部ネットワーク」と、学習空間を踏まえた「社会ネットワーク」からなる、図1の複雑二重ネットワーク知識教授モデルを考案した。また「教授方略の学習過程への影響評価」「学習者の配置の学習過程への影響評価」という問題を設定して、本モデルを適用して、考察を行った。

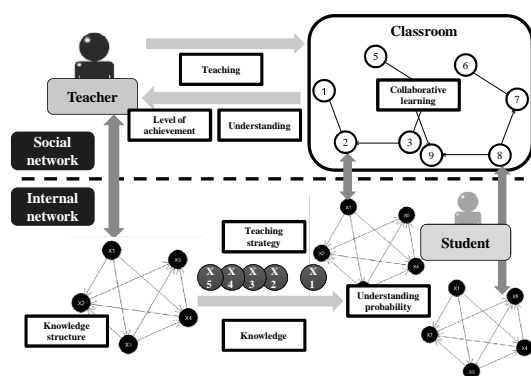


図 1: Overview of simulation

2. 関連研究

本研究では、「テスト理論研究」「学習構造化研究」「確率推論手法研究」「ネットワークモデル研究」の4分野の知見を参照している。「テスト理論研究」では、項目反応理論 [植野 10] を

活用した学力評価手法が提案されている。「学習構造化研究」では、教授知識の構造化法、学習課題の系列化法が提案されている [松居 10]。学習課題の順序関係に着目して構造化したものを教材構造グラフといい、構造化された教材構造グラフを一次元に配列するアルゴリズムを学習課題系列化という。「確率推論手法研究」では、ベイズ・アプローチの手法が提案されており、この知見を応用して各学習者の理解の状態を推定するグラフィカル・テスト理論 [植野 00] が提案されている。「ネットワークモデル研究」では、社会ネットワークと内部ネットワークという二つのネットワークからエージェント・シミュレーションを行う複雑二重ネットワークモデル [國上 09] が提案されている。

本研究では、これらの知見を参照し、各学習者の学力に応じた各知識の理解確率を項目反応理論によって算定し、知識同士の関係をベイジアンネットワークにより教材構造という形で推定し、知識間の関係を条件付き確率で結びつけ、両者の関係を内部ネットワークという形でモデル化する。さらに教室空間であるクラス内での教員、学習者間の関係を社会ネットワークという形でモデル化する。そしてこれらを複雑二重ネットワークモデルとして相互作用させる教授シミュレーション手法を提案する。

3. アプローチ方法

本シミュレーションでは、「達成度」と「平均教授回数」という尺度を利用する。達成度とは、クラスの学習者全員が全知識を正答する状態を1とした場合の正答状態比率を表し、平均教授回数とは、達成度が1になるまでの教授回数の平均を表す。教授シミュレーションを構築するにあたり、「モデル推定用正答履歴データ」「クラス内正答履歴データ」「席データ」を利用する。またモデル推定用正答履歴データから「モデル問題毎平均正答率」を、クラス内正答履歴データから「クラス問題毎平均正答率」と「クラス平均正答数」を算出している。なおクラス内正答履歴データについては、「クラスパターン1」としてクラス平均正答数が1.47問で、正答が2問以下の学習者で構成されたクラス、「クラスパターン2」としてクラスパターン1の6名を全問正答者に入れ替えたクラスの2種類のデータを

用意する。

内部ネットワークについては、「理解確率モデル」と「教材構造モデル」を多層的に組み合わせて構成している。理解確率モデルは、項目反応理論に基づき、項目母数と能力母数を推定し、それらの推定値を利用して構築している。どちらもモデル推定用正答履歴データを利用し、ソフトウェア R の ltm パッケージで推定し、式 1 の 2PL モデルを適用している。

$$P_j(\theta) = \frac{1}{1 + \exp(-Da_j(\theta - b_j))} \quad (1)$$

教材構造モデルは、ベイジアンネットワークでの構造推定を利用して、構築している。モデル推定はモデル推定用正答履歴データを利用し、欲張り法で推定し、条件付き確率を算出した。また各ノードへの確率伝播は有向グラフの向きに順方向で伝播すると仮定し、図 2 の形で実装している。なおソフトウェア R の deal, bnlearn パッケージで推定は行った。

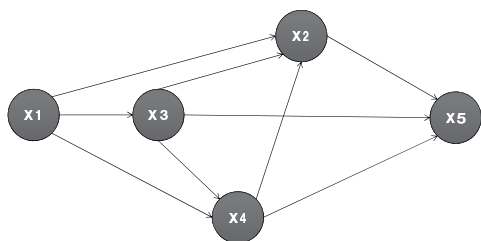


図 2: Bayesian network of knowledge structure

社会ネットワークについては、教員（1名）と学習者（30名）からなるクラスにおける座学での一斉授業を想定し、「わからない人は隣のわかる人に教えてもらいながら学習してください」という教員の指示のもと、指示に対応した協調学習が発生するという仮定に基づき、モデル構築を行った。学習者は、席データにより配置し、席が左右の学習者のいずれかが、対象の知識を理解している場合、教員からの教授時に、協調学習を行い、理解していない隣の学習者に教授された知識を理解させる形となっている。

複雑二重ネットワークモデルについては、次の手順で確率的に推定するモデルになっており、これを「複雑二重ネットワーク知識教授モデル」と定義する。また全知識に対して手順 2~6 を行い、理解確率の合計の増加量が最大となる知識を推定するアルゴリズムを「複雑二重ネットワーク知識教授モデルに基づく手順」と定義する。

1. 教授する知識 X_n を選択。
2. 学習者を順に 1 人選択。対象がなくなれば 7 へ。
3. 学習者の X_n が 1 ならば 2 へ。0 ならば 4 へ。
4. 社会ネットワークに基づき、協調が発生すれば $P(X_n) = 1$ として 6 へ。発生しなければ 5 へ。
5. 内部ネットワークに基づき、学習者の Ability を推定し、式 1 に代入し、Probability を計算し、 $P(X_n) = 1 \times Probability$ とする。
6. 内部ネットワークに基づき、 X_n とアークでつながり、後にある知識すべてに、それぞれの知識が 1 の状態以外の場合、確率伝播を行い、2 へ。

7. 算出された確率に基づき、1,0 の 2 値に変換。

4. 実験と考察

実験 1 では、教授方略の学習過程への影響評価について、考察を行う。実験 1 では、クラスパターン 1 に対して、複雑二重ネットワーク知識教授モデルに基づく手順に沿った教授（教授方略 1）、ランダムに知識を選択して教授（教授方略 2）、間違えた人の多い知識から教授（教授方略 3）、教授方略 3 にモデル問題毎平均正答率での加重を考慮して教授（教授方略 4）、モデル問題毎平均正答率が高い順に全員が理解したら次に進む教授（教授方略 5）の 5 つの教授方略を当てはめ、比較することで考察を行う。各 10 回のシミュレーションの結果は、平均教授回数が教授方略 1 が 8.2 回、教授方略 2 が 17.7 回、教授方略 3 が 11.8 回、教授方略 4 が 10.5 回、教授方略 5 が 9.3 回であり、達成度については初期の伸びが教授方略 1 がほかの教授方略に比べて優位であり、教授方略が異なると、学習効果も異なり、教授方略 1 の教授効果が高いことがわかった。またどの教授方略も 5 回の教授で達成度が 1 になることはなかったため、1 知識につき 1 回の教授で授業を進めると、今回のクラスでは積み残しを抱えた学習者が発生することがわかった。

実験 2 では、学習者の配置の学習過程への影響評価について、考察を行う。実験 2 では、クラスパターン 2 を利用し、社会ネットワークについて「集中配置」と「分散配置」の環境を用意して、教授方略 1 で各 10 回のシミュレーションを行い、結果を比較して考察を行った。集中配置とは学力の高い学習者を 1 箇所に固めて配置するモデルであり、分散配置とは学力の高い学習者を学力の低い学習者の隣にくるように分散させて配置するモデルである。平均教授回数は、集中配置が 8.8 回、分散配置が 8.1 回であり、集中配置するより、分散配置した方が、教授が効果的に作用する傾向があることがわかった。

5. 結論

本研究では、複雑二重ネットワークモデルを活用することで、各学習者の理解状態、知識構造、協調効果を考慮した教授効果について計量化し、効果の推定を可能とし、教室での教授の実態をはじめモデル化できた。これにより、学習効果の時系列での可視化が可能となり、教授方略の学習過程への影響評価ができ、学習者間の相互作用による学習効果の計量化が可能となり、学習者の配置の学習過程への影響評価ができた。この複雑二重ネットワーク知識教授モデルを活用することが新しい学習理論を見出す契機にもつながると考える。

参考文献

- [植野 10] 植野 真臣, 荘島 宏二郎: 学習評価の新潮流, 朝倉書店 (2010)
- [松居 10] 松居辰則, 平嶋宗: 学習課題・問題系列のデザイン, 人工知能学会誌, Vol.25, No.2, pp.259-267(2010)
- [植野 00] 植野 真臣: ベイズ・アプローチによるグラフィカル・テスト理論, 日本教育工学会論文誌, Vol.24, No.1, pp.35-52 (2000)
- [國上 09] 國上 真章, 小林 正人, 山寺 智, 津田 道夫, 寺野 隆雄: 複雑 2 重ネットワークモデルによる貨幣の創発現象の分析, 情報処理学会論文誌 数理モデル化と応用, Vol.2, No.1, pp.57-69 (2009)