

ドメインモデルベースのネットワーク分析による思考アプローチの可視化

Visualizing Thinking Approach with Domain Model Based Network Analysis

林 雄介^{*1}, 大崎 理乃^{*2}, 山本 樹^{*3}, 平嶋 宗^{*2}
Yusuke HAYASHI^{*1}, Ayano OHSAKI^{*2}, Tsukasa HIRASHIMA^{*2}

^{*1} 広島大学大学院先進理工系科学研究科

^{*1} Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University

^{*2} 信州大学工学部

^{*2} Faculty of Engineering, Shinshu University

^{*3} 文部科学省

^{*3} the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)

Email: hayashi@lel.hiroshima-u.ac.jp

あらまし：本稿では、規模が大きくないデータでも質的に解釈しやすい学習分析を可能にすることを目指して、学習ログデータの分析への定量的エスノグラフィー手法の適用を提案する。具体的には、算数文章題の単文統合型作問学習環境モンサクンでの学習データに対して、Epistemic Network Analysis (ENA) という手法を利用することで、思考アプローチが異なることが可視化でき定量的に比較できた。

キーワード：ドメインモデル、ネットワーク分析、思考アプローチ、再構成型学習環境、学習ログ

1. はじめに

学習の個別化は学習支援に関する研究分野で重要なトピックの一つである。この実現には、学習環境内での学習者の行動の詳細な分析を通じて、学習者の問題解決プロセスを詳しく理解する必要がある⁽¹⁾。そして、観察可能な学習者の行動を学習内容に関連づけることで、学習者の理解度を推測し、それに応じて教育を個別化することが可能になる⁽²⁾。

本研究では、ドメインモデリングと定量的エスノグラフィーによるアプローチで、規模の少ないデータでもデータの可視化と解釈ができる手法を確立することを目指す。具体的には、算数文章題の単文統合型作問学習環境モンサクン⁽³⁾での学習データに対して、Epistemic Network Analysis (ENA)⁽⁴⁾という手法を利用し、そこで利用するデータへの意味付けのためのコードをモンサクンのベースとなっている、学習ドメインである算数文章題のモデルを表す三文構成モデル⁽⁵⁾に基づいて決定することで、規模が大きくないデータでも質的に解釈しやすい分析が可能になることを目指している。

2. 手法

2.1 モンサクン

モンサクンは算数文章題についての単文統合型作問学習環境であり、学習者が要求された算数文章題を提供される単文を組み合わせることで正しく作れるまで作成する環境となっている。モンサクンは学習者が作成した算数文章題を診断して正誤フィードバックを提供することができ、学習者はその情報も頼りにして正解するまで作問を繰り返す。

これまでの研究成果から、学習者は特に逆思考問題と呼ばれる、物語から想定される演算と答えを出すための演算が整合しない算数文章題は解くことが

難しいだけでなく、作ることが難しいことも分かっている。例えば、モンサクンでは、図 1 に示すように「のこりはいくつ」の物語ならば引き算が想定されますが、要求される式としては答えを求めるための足し算の式が与えられている（ここでは逆思考&求答式作問とする）場合は誤答が多くなる。しかし、フィードバックを受けながら様々な作問を繰り返していくことによって、誤答が少なくなっていくことも確認されており、学習者は試行錯誤することで、その行き詰まりを自ら解消していると考えられる。

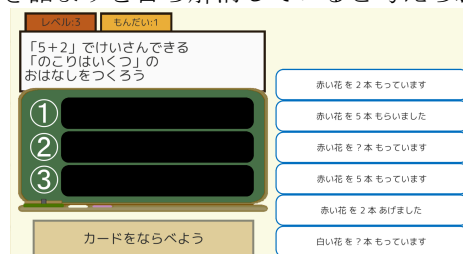


図 1 モンサクンの演習画面

2.2 Epistemic Network Analysis

Epistemic Network Analysis (ENA) は、データ内の接続の構造をモデル化するための技術である。ENA ではデータの構造の内でのデータ内の意味のある特徴（コード）の共起を定量化し、共起の重み付きネットワークを生成することでコード間のつながりをモデル化し、データを可視化することでデータから視覚的および統計的に比較できるネットワークを生成する。

3. 分析

本稿では、関東の私立大学1年生向けのプログラミングの講義内でモンサクンを論理的思考に関する演習として用いた 38 名分のデータの可視化を例として示す。各作問課題のステップ数を使って R で階

層的クラスタ分析し、NbClust パッケージを用いて最適クラスタ数を4つと判定した上で、図2に各作問課題におけるクラスタ毎の正解までのステップ数を示している。2.1節で示したように逆思考&求答式作問である作問課題3_1~3_5では正解まで多くのステップがかかると共に、基本的には作問課題を進めていくことでステップ数が減少している。ただし、興味深いことに、クラスタ2は例外的に3_1ではクラスタ1と同様にステップ数が少ないのに、3_2ではステップ数が増加してしまっている。この二つの群にどのような思考アプローチの違いがあったかをENAを使って可視化して分析する。

図3および図4はそれぞれ、3_1におけるクラスタ1と2のログに表1に示すコードで意味付けしたものをENAで分析した結果である。表1のコード表は三文構成モデルに基づいてモンサクンでの作問要求に合わせて設定したものである。このコードプリミティブを利用して、各ステップをC, EまたはF.*_S.*とする式と物語種類に関するコードプリミティブの組合せで自動的にコーディングしている。これによって、モンサクンでの作問要求に対して、式に従おうとしているか、指定された物語種類の形式を作ろうとしているのかを思考アプローチとして調べる。

図3からはクラスタ1の学生は正解(E)に到達できるF.x_S.Sのアプローチに加えて、F.F_S.xやF.x_S.sのアプローチをしているのに対して、図4からはクラスタ2ではF.x_S.xのアプローチがほとんどを示しており、ステップ数は変わらない(Mann-Whitney U 検定, $p=0.26$, $r=0.25$)ものの作問アプローチが違ってくるのが分かり、ENA上でx軸, y軸方向の両方で有意差もあった(Mann-Whitney U 検定, x軸: $p=0.0021$, $r=-0.37$, y軸: $p=0.0014$, $r=0.39$)。

4. まとめ

本稿では、規模が小さくないデータでも解釈しやすい分析手法の確立を目指して、モンサクンのデータを学習ドメインのモデルである三文構成モデルに基づいてコーディングしてENAで分析した。その結果として、表面的に正解までのステップ数がほぼ同じであっても、ENAでの分析によって思考アプローチが異なることが可視化できた上に定量的に比較できた。この結果は、大規模ではないデータから思考アプローチという抽象的なレベルの質的な解釈ができた上に定量的な比較もできることを示している。さらに、モデルに基づいた学習ログの自動コーディングによって実現しており、演習中のデータにリアルタイムに適用するなどの発展性も考えられる。

参考文献

- (1) Kinnebrew, J. S., & Biswas, G.: Identifying learning behaviors by contextualizing differential sequence mining with action features and performance evolution. *Proceedings of EDM 2012*, pp. 57–64 (2012)
- (2) Vahdat, M., Ghio, A., Oneto, L., et al.: Advances in learning analytics and educational data mining. *Proceedings of ESANN2015*, pp. 297–306 (2015)
- (3) 山元翔, 神戸健寛, 吉田祐太, 前田一誠, 平嶋宗: “教室授業との融合を目的とした単文統合型作問学習支援システムモンサクン Touch の開発と実践利用,” *電子情報通信学会論文誌D*, vol. 96, no. 10, pp. 2440–2451 (2013)
- (4) Shaffer, D. W., Hatfield, D., Svarovsky, G. N., et al.: Epistemic network analysis: A prototype for 21st-century assessment of learning. *International Journal of Learning and Media*, 1(2), pp. 175-187 (2009)
- (5) Hirashima, T., Yamamoto, S. and Hayashi, Y., “Triplet Structure Model of Arithmetical Word Problems for Learning by Problem-Posing,” *Proceedings of HCI international 2014 Part II*, pp. 42–50 (2014)

表1 コードプリミティブ

コード	説明
C	答え合わせをして間違い
E	答え合わせをして正解
F.e	解答欄に何も文が設定されていない
F.x	式の数字順に合わせて問題を作成している
F.F	式順戦略である

コード	説明
S.e	解答欄に何も文が設定されていない
S.x	物語にならない問題を作成している
S.s	指定の物語種類ではない問題を作成している
S.S	指定の物語種類である問題を作成している
S.u	物語種類の判定ができない(関係文がない)

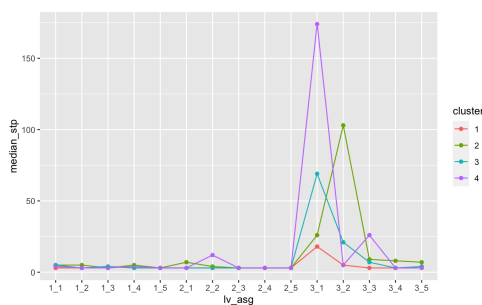


図2 各作問課題におけるクラスタ毎の正解までのステップ数

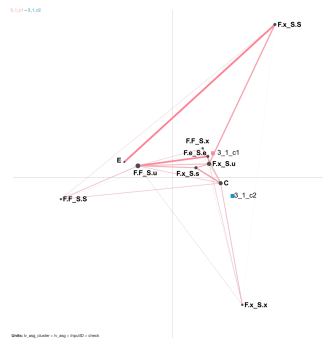


図3 作問課題3_1におけるクラスタ1のENA

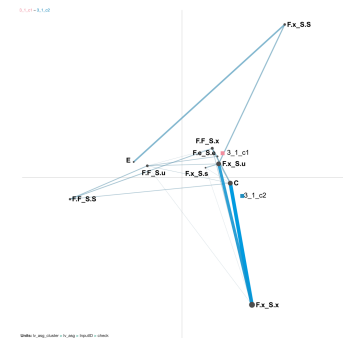


図4 作問課題3_1におけるクラスタ2のENA