

VR を用いた学習者の状況の自動推定 Automatic Assessment of Student State using Virtual Reality

橋村 頌太[†] 島川博光[‡]
Shota Hashimura Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

生徒の理解度に合わせた授業は学習効果が高い[1]が、多くの人的資源が要求される。なぜなら教師が理解度に合わせて授業の進度を調整するためには、生徒らの理解度を把握し続ける必要があるからだ。特に多人数向けの講義の場合、逐一理解度を確認しつつそれに合わせて授業の進度を調整することは現実的でない。また、試験においては生徒の知識の有無を問うことはできるが、知識があっても適切に活用できず問題が解けない生徒を発見できない。知識を持たない生徒、知識があっても状況に応じて引き出せない生徒、知識を使いこなせる生徒、この3つの状態に対してとるべき指導方針は異なる。これらの理解度に合わせた教育を行うため、本研究では学生の理解状況の自動推定法を提案する。

2. 関連知識

2.1 スキーマ

人の脳には何度も繰り返した処理をパターンとして覚える作用がある。この処理のパターンをスキーマと呼び、脳にスキーマを構築することを学習と呼ぶ。スキーマは、知識として脳内に格納される。教育において、正しいスキーマが解答者の脳に格納され、与えられた課題に対する適切なスキーマの群が選択され、これらの組み合わせ方が判明していれば、解答者はスムーズに解くことができる。逆にその課題を解くのに必要なスキーマが不足しているなら、パターン外の慣れない思考が解答者に求められることとなり、解答に滞りが生じる。知識があっても問題が解けない場合、それは問題に応じて適切に知識を取り出せていないからである。知識を活用可能にするため、教育では知識を与えるだけでなく、知識をスキーマに変化させるところまで指導することが望ましい。しかし知識と違いスキーマは、テストなどを通じての確認が困難である。また、各課題に必要な知識は定義できても、必要なスキーマとなると抽象的で定義が難しい。よって現在の授業では知識を与えることに重きが置かれ、そこから先のスキーマ構築に関しては各自が演習の中でパターンを見出し、体得するしかない状況にある。

2.2 VR 教育

近年、VR が教育に活用されつつある。VR 教育のメリットとしては

- ① 生徒は教材を目の前で見ることができ、学習内容の構造を直感的に理解しやすい
- ② 生徒は、教材内のオブジェクトを自分の好みに合わせてインタラクティブに動かし、学習内容を熟読することができる
- ③ 学生は、空間内で3Dオブジェクトを共有し、学習コンテンツに対して議論をすることができる

といった点がある [2]。通常の授業において知識を身に着けるより、VR 空間の中で知識の活用を体感しながら学習すれば、知識がスキーマへと転じやすいといえる。これに加えて、ユーザの頭の動きや手の動きをリアルタイムに高精度トラッキングし、記録することができるというメリットもある。これらの生徒の身体的なふるまいを正確に記録できる点は、生徒の理解状況を推定する点で有利に働くと考えられる。

2.3 既存研究

生徒の理解度に合わせた授業をサポートする研究として、以下のようなものがある。Philip ら[3]は、プログラミングの授業における教師が生徒の進捗を把握しやすくするツール Codeopticon を作成した。Codeopticon では同時に 15 人分の学習者のコード編集画面を、教師の画面にタイル状に表示させている。15 人以上の学習者がいる場合にはコードに変化があった生徒の画面を優先的に表示し、学生たちの現状を教師が把握しやすくしている。しかし、人力で多人数の生徒の進捗を把握しなければならないため、教師に大きな負担がかかってしまう問題がある。

Volodymyr ら[4]は、3D モデリングのワークショップにおいて、教師が生徒の進捗を把握しやすくするツールを作成した。このツールでは、すべての生徒の画面のライブ映像が教師の PC に表示され、併せて生徒の大まかな操作履歴を表すタイムラインが表示される。タイムラインにより生徒の進捗が理解しやすくなり、また操作履歴に応じたサポートを自動提供することで、教師の負担を軽減している。しかしサポートの自動提供には、その学生の理解度を自動推定する必要があり、それは困難なため現在のところ特定の動作に反応してサポートを表示するという単純なものしか実現できていない。より教師の負担を軽減し、生徒の学習効果を高めるためには、生徒の理解度を自動推定する必要がある。

生徒の理解度を自動推定した研究として、中村ら[5]によるものがある。この研究では、e-learning 中の学生の顔をカメラで取得することで、その学生が教材に感じている主観的難易度の高低を 75%程度の精度で推定することに成功した。しかし顔動作には個人差があるため、使用前に顔動作推定機を訓練する必要があるという課題が残されている。

[†] 立命館大学情報理工学研究科 Graduate School of Information Science and Engineering Ritsumeikan University

[‡] 立命館大学情報理工学部 College of Information Science and Engineering

3. VRを用いた学習者の状況の自動推定

3.1 手法概要

本論文ではVR空間で課題に取り組む学生のふるまいから、その学生の理解状況を推定する方法を提案する。図1に本手法の概要図を示す。

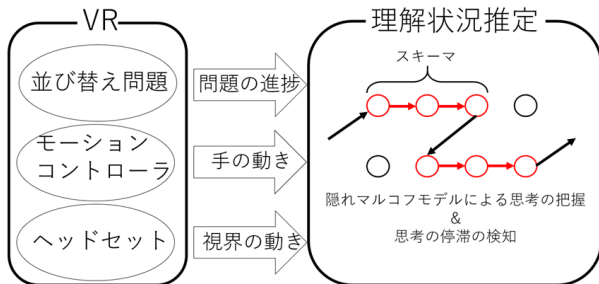


図1 手法概要図

本研究では課題の例として、英単語並び替え問題を扱う。学生にVR空間で英単語並び替え問題に取り組んでもらい、解答過程のふるまいを毎秒50回記録する。ふるまいには問題の解答状況を表す英単語の座標だけでなく、学生の手動きと頭の動きも含まれる。学生のふるまいを観測データとし、隠れマルコフモデルを作成、学生が問題のどの部分に取り組んでいるのかを状態推定する。この隠れマルコフモデルにおける状態数は、出題中の英単語並び替え問題の単語数と同じである。各状態は解答者がどの単語について考えているかを表す。この隠れマルコフモデルにおける状態推移は、学生の思考の流れの再現であるといえる。学生のふるまいからその思考の流れを把握できれば、思考の滞る箇所、すなわちスキーマが構築されていない箇所を検知できる。

3.2 VR空間での英単語並び替え問題

本研究で扱うVR空間での英単語並び替え問題について説明する。図2に回答者の視界の例を示す。

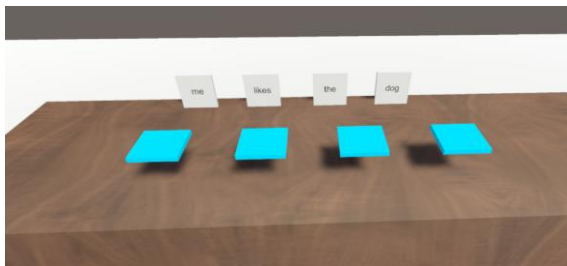


図2 VR空間での英単語並び替えテスト

問題が始まると、解答者の前に英単語カードが置かれる。この英単語カードは並び替えると正しい英文を作ることができる。VR世界に投影された自分の手を使って単語カードを掴み、青い空欄に正しい順番で並び替えることが、今回の研究で扱う課題である。解答過程での手の座標、向き、掴んでいるもの、そして頭の座標、向き、各単語の座標を1秒間に50回記録する。

3.3 解答に必要なスキーマの推定

同じ問題へ同じ解答する場合でも、その解き方には個人差があり、ふるまいには違いが表れる。一方、各問題を解くのに必要なスキーマは決まっており個人差はない。本研

究では、この違いを利用して各問題に必要なスキーマを推定する。スキーマの求め方を図3に示す。

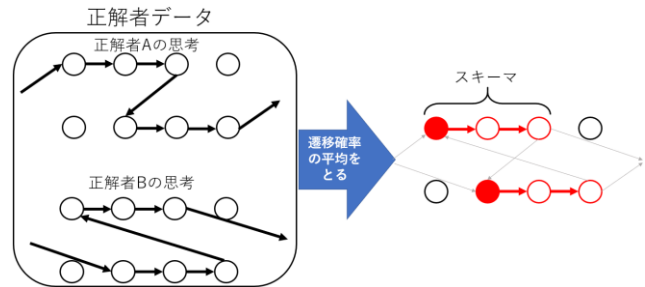


図3 正解者データからのスキーマ算出

マルコフモデルにおける遷移確率は、思考の流れを表す。マルコフモデルにおける遷移確率の高い部分は、解答者にとって迷いのない、決まりきった解法のパターンが形成されているといえる。正解者のマルコフモデルの遷移確率の平均をとったとき、個々人特有の考え方による遷移確率は小さくなり、反対にその問題に必ず用いられるスキーマによる遷移確率は大きくなる。つまりこの方法で問題に必要なスキーマを明らかにできる。

3.4 スキーマの有無の判定

前節で述べた方法で各問題の解答に必要なスキーマが判明している状態ならば、次に生徒が同じ課題に取り組んだ場合にリアルタイムにその学生のスキーマの有無を自動推定できる。まずマルコフモデルから生徒の解答中のふるまいをもとに、生徒がどの単語について考えている状態か推定する。解答に必要なスキーマの始まりにあたる状態に生徒が入ったとき、スキーマが構築された生徒であればそのスキーマに沿って思考が推移するはずである。一方、そのスキーマを保持していない生徒であれば、スキーマの流れから逸脱した状態遷移を行ったり、あるいはスキーマの途中で長時間思い悩んだりすることが考えられる。こうしたふるまいを検知することによって、生徒がどのスキーマを持っていないかを推定することができ、その情報をもとに適切な指導を行うことができる。

4. おわりに

本論文では、学生の理解状況の自動推定法を提案した。本手法で学生のスキーマの有無を把握できれば、より学生の理解度に即した指導が可能となる。今後は実験を通して本手法の有効性を確かめる。

参考文献

- [1] Schnotz, W., & Krschner, C. (2007). A reconsideration of cognitive load theory. *Educational Psychology Review*, 19(4), 469-508.
- [2] SHIBATA, Takashi, et al. Encouraging collaborative learning in classrooms using virtual reality techniques. In: *EdMedia+ Innovate Learning. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE)*, 2018. p. 1577-1582.
- [3] Guo, Philip J. "Codeopticon: Real-time, one-to-many human tutoring for computer programming." *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology*. ACM, 2015.
- [4] Dziubak, Volodymyr, et al. "Maestro: Designing a System for Real-Time Orchestration of 3D Modeling Workshops." *The 31st Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. ACM, 2018.
- [5] e-learningにおける学習者の顔動作観測に基づく主観的難易度の推定 電子情報通信学会論文誌 D Vol.J93-D No.5 pp.568-578