

マルチエージェントを用いた学習データ流通のための 自動交渉手法の基本設計

早坂 喜哉[†] 本田 光来[‡] 高橋 晶子^{†‡} 菅沼 拓夫[‡]

仙台高等専門学校[†] 東北大学[‡]

1.はじめに

オンライン授業が急速に浸透して、Learning Management System(LMS)の活用が進み、そこから得られる膨大な学習データを収集することによる教育分野でのビッグデータの利活用、所謂 LA が注目されている^[1]。LA は、学習者の学習状況の把握に留まらず、教育の質の向上や能動的な学びを促すなど、効率的な学習支援が可能である。しかし、学習データの収集は、学習者の意思に反してデータが収集されたり、利用されたりなど、学習者のプライバシーを侵害する可能性がある。そこで、プライバシーに配慮しつつ、学習データを収集する枠組みが必要である。

本研究では、学習者の意思を反映した学習者エージェントと、情報収集者（あるいは分析者）の意思を反映した収集者エージェントが自動交渉を行うことで、学習データの公開度とそれに対するフィードバックの質を決定する手法を提案する。本発表では本提案手法の基本設計について述べる。

2.関連研究と提案

九州大学では、教材の閲覧ログを分析し、その結果をフィードバックすることで学習改善に役立てている^[2]。また、LA への注目の高まりに伴い、個人情報としての学習データの取り扱いが注目されている^[3]。一方で、データ収集に関する研究として、情報銀行においてデータ提供者とデータ収集者の両者の意思を考慮した対価決定を目的に、第三者エージェントが介入する自動交渉が提案された^[4]。この手法では、中立な第三者エージェントが交渉に介入することで交渉の公平性を担保し、交渉を効率的に行う。

上述のように、LA の手法や情報共有についての研究は様々あるが、LMS 上での操作ログをはじめとする、学習データの特性を考慮した、データの扱いに関する手法は十分でない。学習者が意識せずに残す学習データは、非常に量が多く、学習者本人がそのデータの共有の程度を管理するのは困難である。したがって、学習者の手を

煩わせず、健全な情報流通を実現するためには、学習者の意思に基づきデータ公開度を自動的に決定することが必要である。この課題に対し、本研究では、学習データに特化した情報流通のための、データの提供者・収集者間の自動交渉手法を提案する。

3.学習データに特化した自動交渉手法

3.1 第三者エージェントが介入する自動交渉

先行研究^[4]では、第三者エージェントが交渉参加エージェントの選好について、交渉内での行動より推定し、その結果をもとに自動交渉へ介入している。具体的な介入手法としては、ある条件を満たす交渉案集合を制約とし、交渉参加エージェントが制約外の提案を行った際に、第三者エージェントが制約内にある効用空間上で最近傍の交渉案を探し、それを採用する。なお、先行研究においては制約を、推定したナッシュ交渉解とのユークリッド距離が一定距離以内のものとしている（以降、制約-1）。また、制約-1 は選好推定の確信度がある閾値以上の場合に行われる。本稿ではこの手法をもとに学習データに特化した自動交渉手法を設計する。

3.2 学習データの特徴と自動交渉手法の概要

学習データに特化した自動交渉手法では以下の2つを考慮した。

- (1) クラスや学科など同一内容を学習している学習者が複数人いる。
- (2) 分析者は1人の学習データだけでなくクラス全体のデータを分析し、その中で学習者個人の位置づけをしたい。

これらの特徴を踏まえ本研究では、既存の1対1の交渉から、複数のエージェントが存在するクラスとデータ収集者間で交渉を行うクラス対1の自動交渉へと拡張する。また、データ分析の観点から、クラス内でなるべくデータの公開度をそろえるためデータ公開度の制約を設定する（以降、制約-2）。制約-2 は交渉を合意で終了したエージェントのデータ公開度の平均を算出し、その平均から一定距離にある交渉案集合とする。なお、制約-2 は制約を課す前に実際の交渉結果とは無関係なデータ公開度の平均を算出するために仮の受諾を行い、クラス内人数の10%が仮の受諾をしている場合に制約を課す。

3.3 学習データに特化した自動交渉手法の設計

クラス内人数 n としたときの第三者エージェン

Basic design of an automated negotiation method for learning data distribution using multiagent

HAYASAKA, Yoshiya, NIT, Sendai College

HONDA, Miku, Tohoku University

TAKAHASHI, Akiko, NIT, Sendai College, Tohoku university

SUGANUMA, Takuo, Tohoku University

トが介入するクラス対1の自動交渉手法の1ラウンドの手順を示す. 制約-2の場合にはラウンドの最後に制約を課す条件を満たしているか確認し, 満たしていれば次ラウンドから全エージェントに制約を課す.

- (1) 制約を課す条件を満たしていれば, 第三者 Ag が制約交渉案集合を生成.
- (2) 学習者 Ag_k が前のラウンドの提案を受け入れるか判断. 受け入れない場合は新たに自身の提案を第三者 Ag に送信.
- (3) 第三者 Ag は, 受け取った提案で学習者 Ag_k の推定モデルを更新する. また, 受け取った提案が制約外の提案ならば, 制約交渉案集合から最近傍の交渉案を探し, それを収集者 Ag に提案. 制約内ならばそのまま提案.
- (4) 収集者 Ag が提案を受け入れるか判断し, 受け入れない場合, 新たに自身の提案を第三者 Ag に送信.
- (5) 第三者 Ag は, 受け取った提案で収集者 Ag の推定モデルを更新する. また, 受け取った提案が制約外の提案ならば, 制約交渉案集合から最近傍の交渉案を探し, それを学習者 Ag_k に提案. 制約内ならばそのまま提案.
- (6) 1 から 5 を $k = 1$ から n まで繰り返す.

4. 実験と評価

4.1 実験目的と概要

クラス単位での自動交渉で制約なし, 制約-1, 制約-2, 制約-1 と制約-2 の両方 (以降, 制約-1, 2) について交渉の改善程度を比較するためにシミュレーション実験を行った. 制約なしでは, 第三者エージェントを介さず, 直接相手に提案を行う. 論点はデータ公開度とフィードバックのクオリティの2つとした. データ公開度は区間 $[0, 1]$ で 0.01 刻みの離散値をとるとして3つの選好タイプを想定した. フィードバックのクオリティは $\{A, B, C, D, E\}$ の5つの離散値をとるとして, Aは最も正確で質の高いフィードバック, B, Cと順に正確さが低下するとした. データ公開度のリスク回避型は交渉の成功を重要視するエージェントで, リスク愛好型は自身の効用を優先するエージェントを表す. 学習者は質の高いフィードバックを求めるとして, 収集者 (あるいは分析者) は質の高いフィードバックを提供することは負荷となるとして, それぞれの効用を図1のようにした. 各パラメータは最大交渉ラウンドを30, クラス内人数を30, 制約-1の制約距離 $r_1 = 0.2$, 制約-2の制約距離 $r_2 = 0.2$ とした.

4.2 実験結果と考察

クラス内には3通りの選好タイプを持つエージェントが10ずついるとして30人のクラスとした. このクラスと3通りの収集者エージェントの選好の組み合わせについて50回の交渉を行った.

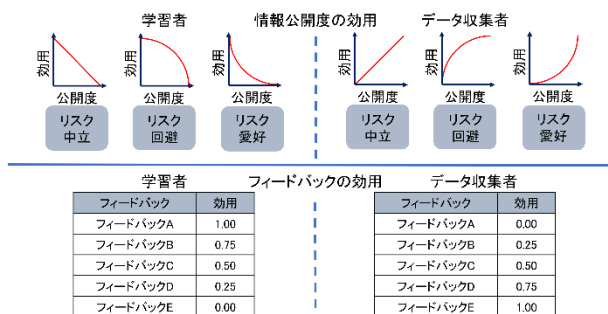


図1 各論点に対するエージェントの効用

表1 交渉回数50回の各指標の平均値

	制約なし	制約-1	制約-2	制約-1,2
交渉終了時間 (ms)	560	15,089	21,481	22,138
交渉終了ラウンド	6.9493	6.5407	8.5736	8.1933
ナッシュ交渉解との距離	0.2698	0.2076	0.2688	0.2076
データ公開度の標準偏差	0.2831	0.3088	0.1347	0.1270

結果を表1に示す. 交渉の実時間が最も少ないのは制約なしの場合となった. ナッシュ交渉解との距離は制約-1, 2, 制約-1 が同程度に小さく, 制約-2, 制約なしが同程度に大きくなった. データ公開度の標準偏差は制約-1, 2, 制約-2 が同程度に小さく, 制約なし, 制約-1 が同程度に大きくなった.

制約なしの場合と比較し, 制約ありの方が交渉終了時間が増大したことについて考察する. 第三者エージェントは制約交渉案集合を生成する際, すべての交渉案を全探索し制約を満たす交渉案を抽出する. 制約内の最近傍の交渉案を探す際にも, 制約交渉案集合を全探索する. このように交渉案集合を何度も探索する必要があるため計算量が増え, 交渉終了時間が増大したと考えられる.

5. おわりに

本稿では, 学生の意思に合わせた学習データ流通を目的として, クラス単位での自動交渉とデータ公開度の制約を提案した. 今後は交渉案集合内の探索を効率化し, 交渉時間を短くする手法の検討を行っていく.

謝辞 本研究は科学研究費補助金(22K02818)の助成を受けたものである.

【参考文献】

- [1] 文部科学省 総合教育政策局 教育DX推進室. 教育データの利活用に関する各種取組状況. https://www.mext.go.jp/kaigisiryo/content/20211222-mxt_syoto01-000019693_012.pdf (参照 2022-12-19)
- [2] 緒方広明, 藤村直美. 大学教育におけるラーニングアナリティクスのための情報基盤システムの構築. 情報処理学会論文誌. Vol. 3, No. 2, pp. 1-7 (2017)
- [3] 日経 XTEC. 名古屋市が小中 7 万台配布のタブレットを使用中止, 個人情報保護条例違反の指摘で, <https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/news/18/10573/> (参照 2022-12-19)
- [4] 戸嶋文二, 高橋晶子, 阿部亨, 菅沼拓夫. 情報流通においてデータ提供への対価を決定する第三者エージェントを用いた自動交渉. 情報処理学会論文誌. Vol. 62, No. 2, pp. 508-517 (2021)