

# 学習者エージェントを用いた授業計画の評価シミュレーション

○松田恵祐, 高橋真吾 (早稲田大学)

大堀耕太郎, 穴井宏和 (株富士通研究所)

## Simulation Analysis of Lesson Plan Design Using Learner Agent Model

\* K. Matsuda and S. Takahashi (Waseda University)

K. Ohori and H. Anai (Fujitsu Laboratories Ltd.)

**概要**— 教育現場においては、講義、テスト、グループディスカッション、オンライン学習など、授業形態の多様性が増している。一定期間の授業計画を考える際には、これらの授業形態が与える学習者の意欲や行動への影響を考慮する必要がある。しかし、授業計画を実証的に評価することは、状況の再現性や倫理上の問題などにより限界がある。そこで、本研究では、学習者の意欲や行動の動的な変化を分析するための学習者エージェントモデルを構築する。また、グループディスカッションの方法を例として、授業形態が学習行動に与える影響をシミュレーションにより分析する。ここで得られた分析結果から、本シミュレーションが授業計画者に対して実施可能な支援と、今後の研究課題を示す。

**キーワード:** 授業計画, 学習意欲, エージェントベースモデル

## 1 はじめに

教育現場において、授業形態の多様性が増している。従来のように、学校や学習塾の教室に学生を集めて教師が行う対面授業に加え、近年ではweb上で授業を行う遠隔授業や、対面授業と遠隔授業を組み合わせた反転授業が台頭しつつある。

MOOCs (Massive Open Online Courses)に代表される遠隔授業では、受講者同士の情報共有がしやすいメリットが存在する<sup>1)</sup>。一方で、対面授業においても、教師が学生たちに向けて授業を聞かせる一斉授業だけでなく、グループ学習等の新たな授業形態が登場しているが、一斉授業と比べて学習意欲を高める働きがある一方で活動参加できないことによる精神的ダメージが大きいというデメリットも存在する<sup>2)</sup>。

また、教育効果を高めるための学習意欲に関する理論研究も存在する。ケラー<sup>3)</sup>は行動心理学の諸理論を学習意欲の観点から体系化したARCSモデル(Attention, Relation, Confidence, Satisfaction)を提案しており、今日までに教育学の、特に具体的な授業設計の分野において多くの論文に参照されている。

以上の研究により、授業計画者は、授業形態と学習意欲および学習成果の関係を考慮して授業計画を立てることができる。しかし、実際に一定期間の授業を行った際に、所与の授業計画が学習意欲や学習成果に与える影響について評価することは容易ではない。

一つの評価方法として、実証実験を通して学習者集団(例:学校におけるクラス)の学習意欲や学習成果の変化を調査することが考えられるが、実験には状況の再現性や、結果が得られるまでの時間、複数の対象に異なる授業を施すという倫理上の問題、等により限界がある。特に、一定期間の授業(例:全14回)の計

画を考える際には、可能な授業形態の組み合わせ(例:講義, グループワーク, 小テスト)は多数あり、網羅的に評価を行うことは不可能である。また、ARCSモデルを用いて授業計画と学習行動との関係を評価することも考えられるが、あくまで一時点での学習意欲の高低とその原因の理解に過ぎず、一定期間の授業計画において、どのように学習意欲や学習行動が変化するのは今日において説明できていない。

そこで、本研究では、ARCSモデルを参考に、所与の授業計画の下で、学習意欲および学習行動の動的な変化を分析することが可能な学習者エージェントモデルを構築する。また、本モデルを用いたシミュレーションにより、授業形態の評価を行い、授業計画支援の可能性を示す。

## 2 ARCSモデル

本研究で提案する学習者エージェントモデルの特徴は、学習意欲と学習成果の関係性にある。そこで、本モデルを構築する際には、一定の妥当性を確保するために、学習意欲と学習成果に関する複数の諸理論を体系化したARCSモデルを取り入れる。

ARCSモデルでは、学習者の意欲を「Attention: 注意度」「Relevance: 関連性」「Confidence: 自信」「Satisfaction: 満足度」に分類している(Table 1)。

これら4種の学習意欲は、それぞれ下位分類に示す事象があると向上するとしている。また、これらの学習意欲と学習行動の関係についても言及されている。生産現場等における学習意欲に関する研究<sup>4)</sup>では、意欲が向上すると学習成果が向上するようにモデル化されているが、教育現場における学習者の場合、意欲が向上しても学習成果が得られないケースも存在する。ケラ

一は学習者の学習意欲と学習成果の間には逆U字カーブの関係性があると仮定しており、学習意欲は大きすぎても小さすぎても学習成果が小さくなる、言い換えれば、変域の中央付近で学習成果が最大になると述べている。

Table1: ARCSモデル

上位分類	下位分類	どのようなときに上昇するか
注意 Attention	A1 知覚的喚起	感覚的な刺激等により興味を引かれる
	A2 探究心の喚起	矛盾を感じさせる等して探究心を掻き立てられる
	A3 変化性	授業の順序に多様性がある
関連性 Relevance	R1 目的指向性	将来必要になると感じる知識やスキルと関連があると感ずる
	R2 動機との一致 R3 親しみやすさ	達成することに喜びを感じる 身近な経験や出来事と関連性を感じる
自信 Confidence	C1 学習要件	学習目標が理解・納得できる
	C2 成功の機会	自分の能力ならやれそうだと感じる
	C3 個人的なコントロール	自分の能力の結果、うまく行ったのだと感じる
満足感 Satisfaction	S1 内発的満足感	新たに習得した知識やスキルの使用機会を感じる
	S2 外発的報酬	成功を外部からも感じさせてもらい強化する
	S3 公平さ	練習問題と事後テストの難易度にズレがない

### 3 提案モデル

本研究で提案するモデルは、授業計画を構成する「授業イベント」、授業を受講する「学習者エージェント」、複数の学習者エージェントから構成される「グループ」から構成される。モデルの概要図をFig.1に示す。

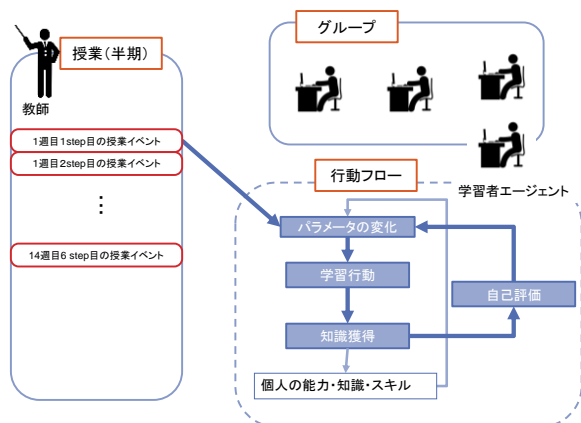


Fig.1: モデルの概要図

#### 3.1 授業イベント

講義を聞かせる、小テストを行う等の授業行為は学生に授業行為毎に異なる意欲をもたらすと考えられるため、モデル上でも区別する。これらの行為の単位を「授業イベント  $k$ 」と定義する。

#### 3.2 学習者エージェント

学習者エージェント  $i$  はそれぞれ  $[0, 1]$  の「注意度:  $A_i$ 」「関連性:  $R_i$ 」「自信:  $C_i$ 」「満足度:  $S_i$ 」「知識」「知識獲得率」のパラメータを持つ。

##### 3.2.1 パラメータの変化

授業イベントが提示される度、 $A, R, C$  の値がイベントごとに定められた一定値分だけ増減する。このとき、知識が基準値より大きい場合は、さらに  $C$  が上昇し、小さい場合は減少する。これは、一定の学習レベ

ルに到達することで自信が向上する、もしくは、到達せずに自信を失う、といった現象を表現している。

また、ペアリングやグループワークなどの複数人で行う授業イベントでは、上述以外のパラメータ変化が生じる。詳しくは、3.3 節で述べる。

#### 3.2.2 学習行動

ARCS のパラメータ値から学習成功率  $pLearning_i$  を以下のように計算する。

$$pLearning_i = 1 - \left\{ \left( \frac{1}{2} - A_i \right)^2 + \left( \frac{1}{2} - R_i \right)^2 + \left( \frac{1}{2} - C_i \right)^2 + \left( \frac{1}{2} - S_i \right)^2 \right\}$$

学習行動はその step において学習したか、しないかのブール代数で表現する。その決定は  $p = pLearning_i$  の

ベルヌイ試行で行う。これは、ARCS の値が高すぎず低すぎないときに、学習成果が最大になる、というケラーの研究に準じている。

#### 3.2.3 知識獲得

知識配列の各要素は授業の単位に対応しており、step 毎にどの単元の知識を参照するのかを予め定義しておく。知識獲得は、各 step において学習行動をした場合に、授業イベント毎に定めた定数に知識獲得率を掛けた値だけ対象単元の知識が上昇させることで、表現する。

#### 3.2.4 自己評価

step において学習行動をした場合、授業イベント毎に決まった値だけ  $S$  値が上昇する。これは、学習に成功し、学習者の満足度が高まったことを表現している。

#### 3.2.5 step 数の更新

自己評価の後、step 数の更新を行う。また、授業イベント・学習行動などに依らない定数値だけ  $A, R, C, S$  パラメータが低下する。これは時間が経つと刺激がないために学習意欲が低下することを意味している。

### 3.3 グループ

授業イベントによって数人規模でグループという単位を形成する。そのグループにおいて、相互作用が生じ、 $A, R, C$  のパラメータが変化する。下記に、相互作用の例を示す。

#### 例 1) グループディスカッション

グループディスカッションの場合には、3.2.1 節で述べた基準値による  $C$  の変化ではなく、代わりにグループ内のエージェントの知識量平均値と比較し、自身の知識が大きいときに自信が増加し、小さい時に減少する。

#### 例 2) ペアリング

ペアとなった、エージェントが同じ学習行動を行い、 $p = (2人の pLearning_i の平均値)$  のベルヌイ試行で学

習行動の成否を決定する。

## 4 シミュレーション実験

本稿では、半期の大学講義を対象としてシミュレーション実験を行う。具体的には、著者が受講したことがあり、かつ皆同じような知識状態でスタートする第二外国語の講義を想定する。

### 4.1 実験条件

#### 4.1.1 シミュレーション時間

計14回の講義があり、1回の講義につき6回の授業イベントを行うとする。講義時間は90分なので1回の授業イベントは15分間に相当する。シミュレーションでは、この1回の授業イベントが行われる時間を1stepに対応させる。

#### 4.1.2 授業イベント

本実験で想定する授業イベントは「ガイダンス」「文法の講義」「小テスト」「ペアで音読」「グループディスカッション」の5通りとする。各イベントによって変化する学習意欲のパラメータ値は、授業イベント間で各パラメータの変化量を一対比較し、Table 2の通り、設定した。

Table 2: ARCSモデル

授業イベント	A	R	C	S	知識
ガイダンス	0.21	0.39	0.2	0.06	0.05
文法の講義	0.05	0.07	0.2	0.06	0.05
小テスト	0.12	0.17	0.2	0.53	0.5
ペアで音読	0.19	0.11	0.2	0.16	0.11
グループディスカッション	0.43	0.26	0.2	0.18	0.29

#### 4.1.3 シナリオ

シミュレーション実験では、「学習者エージェントの初期の学習意欲パラメータ値」「グループディスカッションの方法」をシナリオ変数として設定し、その組み合わせからシナリオを決定した (Table 3)。

学習者エージェントは初期の学習意欲パラメータ値によって「高」か「並」か「低」の3タイプに分け、クラスにおける各タイプの割合を状況シナリオとして設定する。

また、グループディスカッションを行う際にグループを同タイプ、異タイプ、いずれの方法でエージェントを構成するのかを施策シナリオとして設定する。

Table3: シナリオ設定

シナリオ番号	施策	状況	高の人数	並の人数	低の人数
1	同タイプ	高多め	16	8	8
2	異タイプ				
3	同タイプ	並多め	8	16	8
4	異タイプ				
5	同タイプ	低多め	8	8	16
6	異タイプ				

## 4.2 シナリオ分析

各シナリオで100試行ずつ実験を行った。Fig.2は、全学習者エージェントのC, Sの平均値を示した図である。

Fig.2より、「高多め」「並多め」「低多め」いずれの状況においても「同タイプ」でグループピングしたほうが学習意欲が高くなるという結果を得た。

本モデルの相互作用は、「グループディスカッションにおいて自分の知識とグループの平均知識を比較し、自分が上回っていたら自信が増加、下回っていたら減少」である。「異タイプ」でグループピングした場合、知識獲得率が高い「高」タイプの学生は基本的に知識獲得率が低い「低」よりも常に知識が高くなるので、グループディスカッションの度に「高」の学生は常に自信が増加し、「低」の学生は常に自信が減少する。結果として両者とも自信が中央値から外れると考えられる。

次に、個々の学習者エージェントの自信の変化を分析することで上述の仮説を確認する。Fig.3-6は、状況「並多め」、施策「同タイプでグループピング」および「異タイプでグループピング」のシナリオにおいて、それぞれ平均値に近い試行を1つずつ取り出して、学習者エージェントのタイプごとに自信の変化を示した図である。

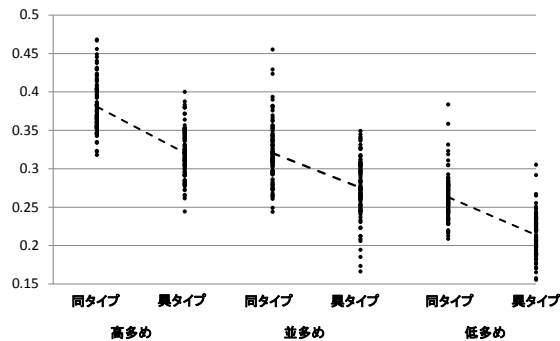


Fig.2 : C, S の平均値のランドスケープ

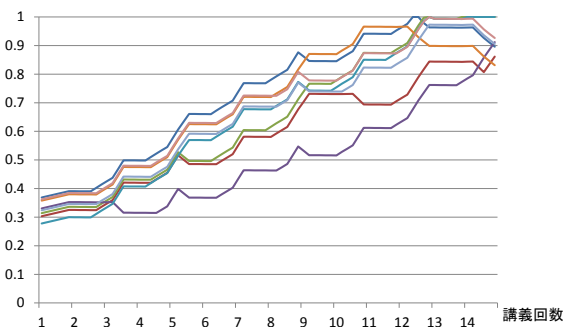


Fig.3: 「同タイプ」における「高」の学習者エージェントの自信の変化

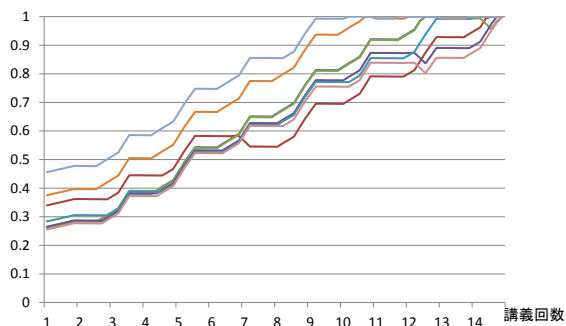


Fig.4: 「異タイプ」における「高」の学習者エージェントの自信の変化

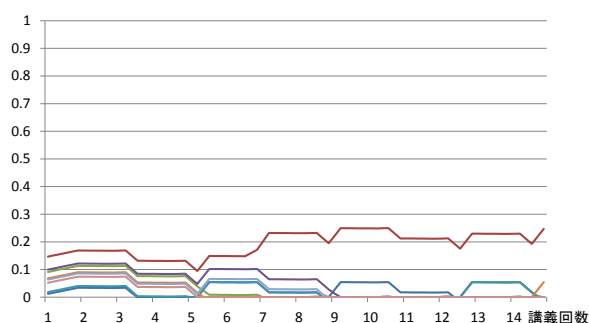


Fig.5: 「同タイプ」における「低」の学習者エージェントの自信の変化

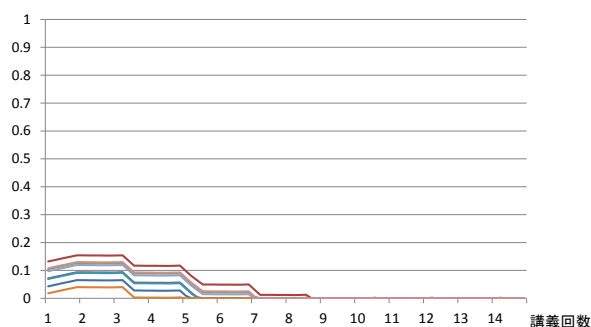


Fig.6: 「異タイプ」における「低」の学習者エージェントの自信の変化

「高」の学習者エージェントに着目すると (Fig.3,4), どちらのシナリオでも自信が1付近に近づいているが, 「同タイプ」のほうが自信の動き方にばらつきが見られる. 一方で, 「低」の学習者エージェントに着目すると (Fig.5,6), 「異タイプ」では全エージェントの自信が0になったが, 「同タイプ」の場合には自信を保ったエージェントが見られる. 以上より, Fig.2から得られた仮説が正しいことを確認した.

ここで, 本結果から考えられる現実での含意を説明する. 本モデルでは相互作用を「自分の知識が平均より上か, 下か」で考えているため, 「異タイプ」では実際は違うグループになっても「高」の学習者エージェントからは常に自分の知識が平均以上, 「低」の学

習者エージェントは常に自分の知識が平均以下という意味で, 常に同じ相手とグループ学習をしていることと同じと解釈できる. 一方で, 「同タイプ」では仮に同じ相手と複数回グループ学習をしても, タイミングにより自分の知識と平均知識の高低が入れ替わるため, 実際は異なる相手とグループ学習しており, 毎回違う刺激が得られる.

逆説的であるが, 「同タイプ」のほうが「異タイプ」よりもむしろ本質的に異なる相手とグループ学習しているかのように自信の推移を見せる. そのため, 「同タイプ」の方が学習意欲が高まるというシミュレーション結果は, 「さまざまな能力や資質があるものが一緒に勉強するという方が学習意欲が高まる」という現実を支持している.

## 5 まとめ

本研究では, 教育学において幅広く支持されているARCSモデルに基づいた学習者のエージェントモデルを構築した. また, グループディスカッションを例に, グループ作成の方法の違いが学習意欲の変化に与える影響を分析することで, 本モデルの一定の効果を説明することができた.

本研究はエージェントベース社会シミュレーションを用いることで, 授業評価の課題に対する解決の糸口を与え, 教育のマネジメントに利用できる可能性がある. 具体的には, 学習成果を出すことができずに未修了となる学習者や, 学習意欲の低下によりドロップアウトする学習者の特徴を理解し, 授業計画の修正を行う際に役立つと考えられる.

最後に今後の課題を述べる. 本稿で提案したモデルはアブストラクトモデルであり, 実現場との接合には至っていない. 授業イベントによるパラメータ値の変化も, 著者の主観評価で設定している. 今後は, 実証研究により授業形態や授業内容, 周りの学生の状況に応じてどのように学習意欲や知識が変化するかを分析し, 特定の現場における授業設計支援が可能なモデルへと発展させていく.

## 参考文献

- 1) 重田勝介: MOOCsのインパクトと高等教育の可能性, PCカンファレンス (2013)
- 2) 佐藤学: 学校の挑戦—学びの共同体を創る, 小学館, (2006)
- 3) J.M. Keller: 学習意欲をデザインする—ARCSモデルによるインタラクショナルデザイン—, 北大路書房 (2010)
- 4) N. Azizi, S. Zolfaghari and M. Liang: Modeling job rotation in manufacturing systems: The study of employee's boredom and skill variations, J. Production Economics, 123, 69/85 (2010)