

実験結果に基づく仮想学級雰囲気生成モデルの提案

Proposal of a Parameterized Atmosphere Generation Model in a Virtual Classroom

福田匡人^{1*} 黄宏軒² 大田直樹² 桑原和宏²

Masato Fukuda¹

Hung-Hsuan Huang²

Naoki Ohta²

Kazuhiro Kuwabara²

¹ 立命館大学大学院情報理工学研究科

¹ Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

² 立命館大学情報理工学部

² College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

Abstract: 現在の教職課程では様々な学校問題に対応する指導力を養成するカリキュラムが組まれているが、実際の教育現場において指導力を養う機会は少ない。その結果、新規採用された教諭のうち1年以内に退職する割合も増加している。この問題を解決すべく我々は、仮想の学級を用いた指導訓練のプラットフォームを開発するプロジェクトを進めている。システム利用者の指導力を向上させる刺激を与えるフィードバックとして、仮想学級から表現される雰囲気に着目した。本稿では、3つの研究課題を検討し、実験結果に基づくパラメータ化された雰囲気生成モデルを提案する。(1) 雰囲気の生成にどのようなパラメータを用いることができるか。(2) 雰囲気を構成する要素は何か。(3) 数理モデルで雰囲気をどのように生成するか。

1 はじめに

新規採用された教諭のうち、着任3年後の離職率は平成27年度現在、約5割に至る[10]。背景には学校問題の複雑化がある。平成20年10月に東京都教育委員会より公表された教員人材育成基本方針によると、社会状況や子供の変化を背景に、学校教育における課題は一層複雑・多様化しているなか、学力向上、規範意識の醸成、保護者の苦情への対応等、今までの経験や方法では対応しきれない状況にある[12]。そのため、指導経験の浅い新任教諭にも、様々な状況に対応できる高い指導力が求められている。一方で、現在の教職課程では指導力を養成するカリキュラムが組まれているが、実際の教育現場において指導力を養う機会は少ない。例えば、教育現場において指導の実践経験を積むために設けられる教育実習は実施期間は約2週間のみである。加えて、模擬授業は教職課程を履修するものが生徒役を務める場合が多く、実際の現場に近い環境下で訓練を行うことは困難である。十分に教育現場を知ることがないまま、教諭になるのが現状である。

本研究では、新任教諭の指導力を養成する機会を提供すべく、生徒としてのCGエージェント(仮想生徒)の集団により構築される仮想学級を用いた指導訓練シ

ステムを提案する。システムは2つの設定を検討している。1つが特定の行動モデルによって仮想生徒が制御される自律システムであり、もう1つが、仮想生徒が人間の操作者によって操作されるWizard-of-Oz(WOZ)システムである。自律システムを実現するための再現性の高い行動モデルの構築には、実際の授業現場からデータを抽出することが求められる。しかし、生徒のプライバシーの問題はもとより、授業の実施にも影響を及ぼしかねないため、困難だと想定される。本研究では自律システムのためのプロジェクト段階として、WOZシステムに焦点を当てる。WOZシステムでは、利用者(授業者)は仮想生徒に対し指導を行う。操作者は授業者の指導内容を評価し、仮想生徒の振る舞いを操作することにより、リアルタイムな指導のフィードバックを行う。授業者は仮想生徒の振る舞いや学級状態に注意を払い、指導訓練を実施することで、指導技術に磨きをかけることが可能となる。

WOZシステムの設計にあたり、リアルタイムなフィードバックを与えるには仮想生徒を1人ずつ制御することは所要時間の観点から現実的でない。生徒が多い日本の授業環境における生徒の反応を忠実に再現するには、多数の仮想生徒を同時に扱う手法が求められる。実際の教育現場において、教諭は自らの授業の評価指標として、生徒個人の言語・非言語行動ではなく学級全体を意識する。教諭にとって学級の雰囲気は授

*連絡先：立命館大学情報理工学部

〒0525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1

E-mail: is0184xs@ed.ritsumeik.ac.jp

業戦略を決定する要因の一つであると考えられる。以上から指導のフィードバックとして仮想学級の雰囲気を活用できると考えられる。

マルチエージェントシステムにおいて、振る舞いの組み合わせが雰囲気を形成することは多くの研究によって示されている [13, 9]。また、人間の表層的な振る舞いは、内心の感情状態が顕在化したものであると考えられている。つまり、雰囲気は個々の仮想生徒の振る舞いの組み合わせから表出されることから、仮想生徒の内心の感情状態をパラメータとすることで、振る舞い及び雰囲気の表現が可能であると考え、以下の3つを研究課題とする。

1. 雰囲気の生成に必要なパラメータは何か
2. 雰囲気の構築に不可欠な要素は何か
3. パラメータから雰囲気を生成する数理モデルが構築できるか

雰囲気の認識は主観的であることから、雰囲気を数理モデルとして扱うことは困難である。我々は仮想学級の雰囲気モデル化を、教諭経験者の協力のもと実施した実験結果に基づいて検証する。

2 関連研究

CG エージェントを利用した仮想環境は多くの技能訓練システムで活用され、有効性が示されている。Jones ら [3] は若者の社交性の向上を目的とし、面接官としての CG エージェントを用いることで就職面接の訓練システムを開発した。Kenny ら [4] は、幾度もの診断経験が必要とされるメンタルセラピストが訓練を積む環境に悩まされている問題に着目し、患者としての CG エージェントによるメンタルセラピーの訓練システムを開発し、有用性を確認した。

一方、教諭を対象とした訓練システムは未だ多くは開発されていない。TeachLivE [2] は仮想学級を用いた、教諭のための指導訓練環境である。授業者の授業内容に対するフィードバックとして個別に仮想生徒を操作することを可能にした WOZ システムである。操作者は、あらかじめ定義されたアニメーションを選択するか、モーションキャプチャデバイスを使用してリアルタイムで仮想生徒に振る舞いを与えることにより、学級に存在する仮想生徒のうち1人だけを制御することができる。しかし、クラスの仮想生徒は6人しかいなく、多数の仮想生徒を一度に操作することは考えられていない。アメリカと日本では学級規模、授業形式が異なることから、1クラス当たりの生徒が多い日本の授業環境における生徒の反応を忠実に再現するには、多数の仮想生徒を同時に扱う手法が求められる。よって我々は雰囲気モデルによる仮想学級の制御を提案する。

3 仮想学級による指導練習システム

我々が目指す仮想学級による指導練習システムは没入環境下での指導訓練を実現する。授業者は HMD(Head Mount Display) もしくはスクリーン上に投影される仮想学級に対して指導を行う。授業者の指導内容や言動に応じて指導を評価し、指導のフィードバックをリアルタイムに行う。

指導練習システムのアーキテクチャを図1に示す。システムは意思決定部と行動決定部から構成される。意思決定部は、授業者の言語行動や非言語行動及び注視対象などのセンシング情報を評価基準に基づきパラメータ化する。これらのパラメータは、フィードバックとして適切な雰囲気を決定するために行動決定部にて利用され、各仮想生徒の振る舞いが決定される。システム開発の第1段階として、本研究では行動決定部における、雰囲気生成モジュールに焦点を当てる。

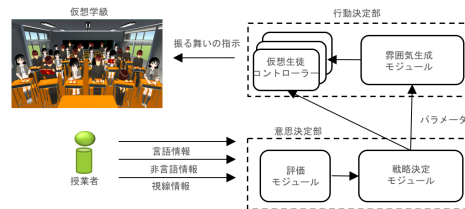


図 1: システムのアーキテクチャ

4 雰囲気モデルの設計

人間の表層的な振る舞いは内心の6種類の基本感情が顕在化したものである [1]。一方、擬人化エージェントによる感情状態や気分の表現は、エージェントの行動を通して知覚されるため、人間とエージェントのコミュニケーションにおける相互作用を有意に高めることが可能である [2, 5, 7]。また、Mehrabian らは [6]、韻律情報や表情、アイコンタクト、頷きそして身体動作が発話内容の信憑性を示す印象に関係していることを確認している。人間の心理と行動の相関関係を示す研究は多数報告されており、両者が全くの無相関であるとは考えにくい。生徒の心理状態は、生徒が表出する振る舞いを分析するための貴重な手がかりであり、雰囲気の生成に影響すると考えられる。仮想学級は生徒としての擬人化エージェント集団から構成されることを考慮すると、感情から顕在化された仮想生徒の振る舞いを通じて、雰囲気を知覚できると考えられる。よって仮想学級の雰囲気を、感情状態が起因となる仮想生徒の振る舞いによって生成される状況と仮定する。

Williamon ら [9] は聴衆としての CG エージェントの振る舞いの変化からフィードバックを認知することができることを明らかにした。しかし、聴衆の印象変化を強調すべく、CG エージェントは振る舞いの変化が顕著に感じられるように配置されている。一方で、授業場面では既存研究のシチュエーションに比べ聴衆の配置の奥行きが深いことから仮想生徒のレイアウトは雰囲気印象評価に影響を与えていると考えられる。以上から、学級の雰囲気は振る舞い、座席の位置、各仮想生徒の行動の確率分布の3つの要素によって決定されると考える。

生徒の振る舞いを見て解釈される学級の雰囲気は主観的であることから、教諭の指導経験に大きく依存する。つまり雰囲気モデル化には教育専門家の多くの認識を収集する必要があるここでは、現場での指導経験のある教諭経験者は、教育専門家と考えられる。我々は、CG エージェント集団が作る雰囲気モデルの設計のため、直感的に仮想生徒の振る舞いを操作できるインターフェースを開発し、教諭経験者に仮想学級で雰囲気を構成してもらう参加者実験を実施した。

5 雰囲気作成実験

多くの教諭経験者の知見に基づく雰囲気モデル化を目的とし、仮想学級に存在する雰囲気に関するデータ収集のために雰囲気作成実験を実施した。仮想学級に存在する雰囲気と雰囲気モデルに必要な特徴量情報を収集すべく、我々は Web 上で実行可能な実験インターフェースを開発し、クラウドソーシング¹を介して実験を実施した。合計 17 人（男性 7 人、女性 10 人）の教諭経験者の協力を得た。平均年齢は 40.71 歳（S.D. = 9.95）である。そのうち 13 名は 3 年から 10 年の教師としてのキャリアを持ち、他の 4 人は 10 年以上のキャリアを持つ。平均のキャリアは 9.65 年である。

5.1 実験計画

教諭経験者の知見を収集するため、中学校もしくは高等学校において 3 年以上の指導経験を持つ協力者を募った。データの収集のため、学級中の任意の仮想生徒に振る舞いを行わせることにより仮想学級の雰囲気を表現できる、専用の Web インターフェースを実験用を開発した（図 2）。与える振る舞いは授業における学習者の表出行動に関する研究において、生徒の行動記録から抜粋された振る舞いを参考にアニメーションを作成した [11, 14]。参加者には、下に示す 4 つのステップを通して、思いつく限りの雰囲気を表現するように求めた。

¹<http://www.lancers.jp>

1. 授業中に存在するシチュエーションを想像する
2. 6 つの基本的な感情の度合いを組み合わせることによって、各シチュエーションにおける感情状態を表現する。各感情は 10 段階の尺度で評価される
3. あらかじめ定義された 13 個の振る舞いから 1 つを選択し、その振る舞いを与える仮想生徒を座席表から選択する。選択された生徒は与えられた振る舞いを実行する
4. 生徒の感情状態を念頭に置き、全ての生徒に振る舞いを与えることで雰囲気を表現する



図 2: 雰囲気作成インターフェース

5.2 実験結果

実験協力者 1 人あたりの作成した平均雰囲気数は 14.65 個（S.D. = 4.48）である。作成された雰囲気数の総数は 249 である。各雰囲気は 2 つの要素で構成され、1 つは 30 人の生徒のすべてに割り当てられた振る舞いの分布、もう一つは 6 つの基本的な感情状態の程度である。以下、振る舞いと感情の 2 点に焦点を当て、考察を述べる。

5.2.1 振る舞いに関する分析

実験協力者は、仮想学級に存在する 30 人の仮想生徒全員に、13 種類のプリセットされた振る舞いのなかから選択した振る舞いを与える。作成された雰囲気数の総数は 249 個であることから、振る舞いのプリセットは計 7470 回使用された。表 2 に振る舞い別の使用回数と割合を示す。

前を向くや教諭に注目するといった振る舞いは多く使用されていることが、表 2 からわかる。一方で、強く頷くや頭の上で腕を組むといった振る舞いは約 1.7%しか使用されていない。つまり発生頻度の観点からは、発生割合の高い振る舞いほど重要性が高いということになる。しかし、単純に振る舞いの頻度だけで重要性を

コード	振る舞い	使用回数 (回)	割合
LT	教諭に注目する	1,499	20.1
LF	前を向く	1,054	14.1
BW	字を書く	958	12.8
LD	下を向く	909	12.2
LA	キョロキョロする	620	8.3
BC	頬杖をつく	522	7.0
BR	教科書を読む	509	6.8
SL	うとうとする	368	4.9
SS	爆睡する	283	3.8
NW	軽く頷く	263	3.5
BS	上体を揺らす	222	3.0
BH	頭の上で腕を組む	133	1.8
NS	強く頷く	130	1.7
合計		7,470	100.0

推定する場合、情報の希少性が考えられていない。雰囲気作成者がある雰囲気の特徴付ける際には、その雰囲気に特化した振る舞いが重要であると直観的に意味付与するケースが考えられる。つまり、ある特定の雰囲気にしか現れないような振る舞いは、その振る舞いを特徴付けているとも言える。一方で、これらの希少性が高い振る舞いは、それゆえ発生割合が低くなる。つまり、振る舞いの発生頻度と希少性の両方を考慮した、特徴ベクトルに変換されることが求められる。よって、TF-IDF 値による重みを用いて特徴をベクトル空間モデルで表現された抽出し、振る舞いの頻度分析を行った。TF-IDF は、ドキュメントを分類するために使用されるテキストマイニング技術であるが、本研究では雰囲気を構成する振る舞いの重要度を示す重みの計算に使用した。 F_{ab} は雰囲気 a において使用された振る舞い b の回数を示す。 B は学級に存在する振る舞いの総数であり、本実験では全ての生徒に何らかの振る舞いが付与されていることから常に 30 の値をとる。この時、その雰囲気における各振る舞いの発生頻度は以下のように計算される。

$$BF_{ab} = F_{ab}/B$$

雰囲気の総数を N 、 b が現れる雰囲気の総数を AF_b とすると雰囲気の頻度は以下のように計算される。

$$IAF_{bN} = \log N/AF_b$$

以上から、BF-IAF は以下のように計算される

$$BFIAF = BF_{ab} * IAF_{bN}$$

これにより振る舞いの頻度は、各雰囲気の BF-IAF の重みによるベクトルによって表される。次に、全雰

囲気中の全振る舞いの BF-IAF スコアの平均を計算し閾値として設定する。閾値を超える振る舞いは、すべての雰囲気にとって不可欠な要素であると考えられる。一方、閾値以下の振る舞いはアクセント要素として考えられる。よって、これらからすべての行動は、基本動作 (EB) とアクセント動作 (AB) の 2 つのグループに分けられる。各グループのリストを以下に示す。

$$EB = \{LF, LT, BW, BR, LD\}$$

$$AB = \{NW, NS, BH, BC, BS, LA, SL, SS\}$$

各生徒の EA もしくは AB の振る舞いの発生頻度を求め、結果をヒートマップとして図 3 に示す。

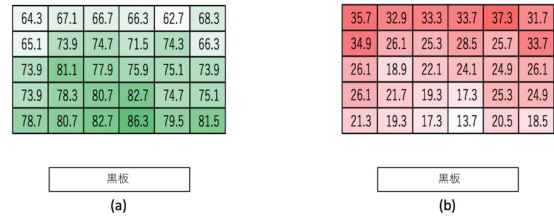


図 3: (a) 基本動作と (b) アクセント動作のヒートマップ。数字は各グループに属す振る舞いの発生確率 (%)

学級前方 (教卓) により近い座席に位置する生徒は、基本動作の発生割合が高い。それに伴い学級後方、特に教卓からの距離が大きい生徒はアクセント動作の発生割合が大きい。仮想学級の雰囲気において、授業者が容易に確認できる場所で発生する振る舞いに変化は少ない。つまり、その雰囲気の特徴付ける振る舞いは、学級後方で表現されることがわかる。

5.2.2 感情に関する分析

各雰囲気は 6 つの基本感情の程度の組み合わせで表現された。10 段階で決定された各感情の大きさは、実験参加者の主観的な感覚によって決定されたものであるため、異なる評定者間のデータを比例尺度で直接処理すべきではない。測定における個人的偏見を軽減するために、個々の参加者ごとに Z スコアを算出することにより感情パラメータを正規化し、比例尺度を用いて分析する。Z スコアに変換された各雰囲気の感情状態と振る舞いの相関結果を表 2 に示す。

各感情を表現するために使用される特徴的な振る舞いが表 2 からわかる。例えば、怒りと嫌悪の感情は LD と MC では高い正の相関が示された。一方で、LT と NS は負の相関が示された。相関結果の類似性から、これらの感情は授業中というシチュエーションにおいては区

別が難しいと考えられる。一方で喜びの感情に着目すると LD と MC では負の相関が示された。また、LT と NS は正の相関が示された。つまり、喜びの感情と怒りや嫌悪の感情は生徒の振る舞いから区別することが容易であると考えられる。このように感情状態と振る舞いには固有の相関関係が存在することが示された。よって仮想学級の雰囲気を確認し、仮想生徒の感情状態を推測することも可能であると考えられる。

表 2: 各感情状態と振る舞いの相関結果

	怒り	嫌悪	喜び	悲しみ	恐怖	驚き
LF	0.090	0.076	-0.005	0.000	0.018	0.081
LT	-0.207	-0.251	0.240	-0.009	0.055	0.297
BW	-0.182	-0.176	0.001	-0.156	-0.100	-0.184
BR	-0.095	-0.082	-0.052	-0.100	-0.026	-0.208
NW	-0.199	-0.243	0.306	-0.164	-0.116	0.153
NS	-0.207	-0.240	0.330	-0.137	-0.045	0.080
LD	0.274	0.374	-0.343	0.254	0.325	-0.049
BH	0.078	0.030	-0.018	-0.038	-0.065	0.120
BC	0.219	0.237	-0.171	0.052	-0.185	-0.183
BS	0.091	0.010	0.109	0.046	-0.037	0.093
LA	0.105	0.083	0.058	0.111	0.092	0.220
SL	0.082	0.094	-0.125	0.048	-0.181	-0.271
SS	0.186	0.236	-0.176	0.028	-0.177	-0.230

し、振る舞いのクラス数を考慮すると 13 個に分類する際のチャンスレベル 0.077 よりもはるかに高い。クラス間では大きな多様性が存在した (0.194~0.837)。雰囲気の表現に頻繁に使用される振る舞いは一般に識別が困難であり、使用頻度の低い振る舞いは識別し易いことが分かる。これは、より頻繁に使用された振る舞いのクラスは特徴的でなく、感情のパラメータに影響をされないからだと考えられる。

表 3: 決定木予測モデルの結果

振る舞い	適合率	再現率	F 値
LT	0.445	0.124	0.194
LF	0.487	0.269	0.346
BW	0.472	0.253	0.329
LD	0.489	0.355	0.412
LA	0.497	0.358	0.416
BC	0.526	0.492	0.509
BR	0.488	0.448	0.467
SL	0.563	0.747	0.642
SS	0.617	0.866	0.721
NW	0.609	0.886	0.722
BS	0.643	0.896	0.749
BH	0.717	0.992	0.832
NS	0.724	0.992	0.837
平均値	0.560	0.591	0.552

6 雰囲気モデルの提案

本章では、仮想生徒の感情と座席位置をパラメータとし、雰囲気を生成する予測モデルについて述べる。仮想学級における雰囲気は、個々の仮想生徒の振る舞いと仮想教室での座席位置から表現できると仮定した。したがって、雰囲気の生成は、6つの基本感情のパラメータから特定の座席位置の生徒の振る舞いへの変換と考えることができる。まず、仮想学級における 6×5 列の 30 人の生徒の位置を、2次元座標系に割り当てる。原点 (0,0) は授業者の前方、第 1 列の中心とする。各生徒間の距離は、水平方向 (X 軸) と垂直方向 (Y 軸) それぞれ、原点からの人数によって決定される。次に、座標値 (X, Y) を 1.0 の幅に正規化する。これにより、学級構成が異なる教室のレイアウトにも適用が可能となる。座標 (X, Y) の仮想生徒の振る舞いを 8次元ベクトル (6つの感情状態 + 二次元座標) から予測することで雰囲気の生成を定式化することができる。

教諭経験者によって表現された 249 の雰囲気は、 $249 \times 30 = 7,470$ のインスタンスに変換される。表 2 に示すとおり、各振る舞いのインスタンス数に偏りがあるため、訓練の前に各振る舞いのインスタンス数のバランスをとった。その後、C4.5 決定木 [8] を訓練した。

予測モデルの性能を表 3 に示す。F-measure の全体的な性能は 0.552 であり、適度な数値であった。しか

決定木の上位 4 層を図 4 に示す。決定木の上位層の説明変数は、訓練データを分類する上でより決定的である。また、教諭経験者が雰囲気を表現する際の意識過程に、より重要な役割を果たす可能性がある。決定木から、感情の否定的な感情状態、嫌気、恐怖、悲しみ、および垂直距離 (Y) が雰囲気表現の意識過程でより重要な要素であることが観察される。これは、仮想生徒が指導力に満足しているかどうかを判断し、垂直方向に仮想生徒の振る舞いに気を配ることを意味すると思われる。

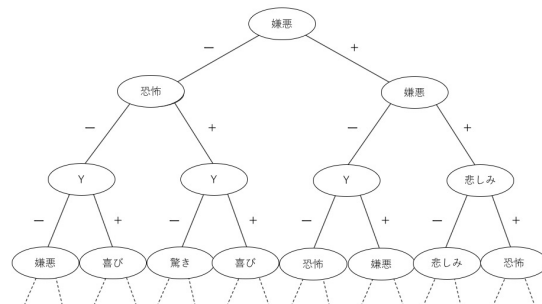


図 4: 決定木予測モデルの上位 4 層

7 考察

新任教諭の指導力を養成する機会を提供すべく、仮想学級を用いた指導訓練システムを提案し、仮想生徒の行動決定部の設計を行った。システム利用者の指導力を向上させる刺激を与えるフィードバックとして、仮想学級から表現される雰囲気に着目し、実験結果に基づくパラメータ化された雰囲気生成モデルを提案した。中学高・高等学校の授業中に存在する雰囲気を収集するため、教諭経験者の協力のもと実験を実施した。その結果を分析し、感情をパラメータとし雰囲気を生成する予測モデルを提案した。

しかし、予測モデルのF値は0.552と改善の余地がある。また、パラメータの入力値が教師データと同値であるが、予測値が不正解の場合に出力される雰囲気がどのように感じられるかは不明である。仮想生徒が実行する各振る舞い間の類似性が考慮されていないため、予測結果の誤差が計算できないことが原因であると考えられる。仮想生徒の振る舞いをカテゴリに分類し、影響力の異なるアクセント動作と基本動作の生成モデルを分け、生成結果がより把握できるモデルになる手法を検討する。

今後我々は、予測モデルを用いたWOZシステムを設計し実験を予定している。WOZシステムは今回の実験と同様に、教諭経験者によって操作されることで、システムに対して模擬授業を行う授業者のパフォーマンスに反応して雰囲気を変えるタイミング情報を収集することができる。最終的に、仮想学級の雰囲気を自動的に変更するモデルを開発し、自律システムの実現を目指す。

参考文献

- [1] Paul Ekman and Dacher Keltner. Universal facial expressions of emotion. *California Mental Health Research Digest*, Vol. 8, No. 4, pp. 151–158, 1970.
- [2] Patrick Gebhard and Kerstin H Kipp. Are computer-generated emotions and moods plausible to humans? In *International Workshop on Intelligent Virtual Agents*, pp. 343–356. Springer, 2006.
- [3] Haza el Jones, Nicolas Sabouret, Ionut Damian, Tobias Baur, Elisabeth André, Kaška Porayska-Pomsta, and Paola Rizzo. Interpreting social cues to generate credible affective reactions of virtual job interviewers. *arXiv:1402.5039*, 2014.
- [4] Patrick Kenny, Thomas D Parsons, Jonathan Gratch, Anton Leuski, and Albert A Rizzo. Virtual patients for clinical therapist skills training. In *International Workshop on Intelligent Virtual Agents*, pp. 197–210. Springer, 2007.
- [5] Sangyoon Lee, Andrew E Johnson, Jason Leigh, Luc Renambot, Steve Jones, and Barbara Di Eugenio. Emotionally augmented storytelling agent. In *International Conference on Intelligent Virtual Agents*, pp. 483–487. Springer, 2015.
- [6] Albert Mehrabian and Martin Williams. Nonverbal concomitants of perceived and intended persuasiveness. *Journal of Personality and Social psychology*, Vol. 13, No. 1, p. 37, 1969.
- [7] Blaise Potard, Matthew P Aylett, and David A Baude. Cross modal evaluation of high quality emotional speech synthesis with the virtual human toolkit. In *International Conference on Intelligent Virtual Agents*, pp. 190–197. Springer, 2016.
- [8] J Ross Quinlan. *C4. 5: programs for machine learning*. Elsevier, 2014.
- [9] Aaron Williamon, Lisa Aufegger, and Hubert Eiholzer. Simulating and stimulating performance: introducing distributed simulation to enhance musical learning and performance. *Frontiers in Psychology*, Vol. 5, p. 25, 2014.
- [10] 厚生労働省. 新規学卒者の離職状況に関する資料一覧. <http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000137940.html>, (最終検索日: 2017年10月31日).
- [11] 須田昂宏. 授業における学習者の表出行動をどのようにして意味づけるか: 研究方法に焦点をあてた先行研究のレビューから. 名古屋大学大学院教育発達科学研究科 教育科学専攻, 2014.
- [12] 東京都教育委員会. 東京都教員人材育成包括本方針. 2008.
- [13] 片上大輔, フィンバンタム. 複数の擬人化エージェントの subtle expression による集団圧力の生成. 電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎, Vol. 110, No. 459, pp. 1–6, 2011.
- [14] 椋木雅之, 美濃導彦. 講義室での受講生の振る舞い観測と理解度推定の研究. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. 26, pp. 1–4, 2012.