

# 連続的な感情表出に基づく カウンセリング対話エージェントの評価

## Evaluation of Counseling Dialogue Agent Based on Continuous Emotional Expression

川又 朱莉<sup>1</sup> 上乃 聖<sup>1</sup> 李 晃伸<sup>1</sup>  
Akari Kawamata<sup>1</sup> Sei Ueno<sup>1</sup> Akinobu Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋工業大学

<sup>1</sup> Nagoya Institute of Technology

**Abstract:** カウンセリング等のメンタルケアにおいてエージェントの感情表現・共感表出は重要であるが、従来のエージェントの感情表出は、いくつかの表情パターンを発話に合わせて離散的に選択・表示する程度であるものが多い。本研究では、ラッセルの感情円環モデルを用いて連続的な感情を表出するモデルを提案する。これによるエージェントのリアリティやユーザの悩みの打ち明けやすさの向上が期待される。実際に本システムを用いてコロナ禍に関するカウンセリング対話を 19 名の大学生に対して行った結果を報告する。

### 1 はじめに

近年はメンタルケアや介護を目的とした、非タスク型の音声対話システムの利用が注目を集めている。高齢者の見守りや介護の負担軽減 [1] や精神疾患の治療 [2] など、様々な形で医療現場や福祉施設での導入が進められている。

メンタルケアや介護において重要なコミュニケーション技術として、傾聴が挙げられる。傾聴とは、話し手の気持ちを察しながら、受容的態度で話を聴くことである。このような「積極的傾聴」の態度を示すためには、効果的な話しかけでは不十分であり、言語情報以外にも、身振り、手振り、表情や声のトーンなどの非言語情報による細やかな感情表出によって共感を示す必要がある。更にメラビアンの法則でも知られているように、人は他者から受け取る情報のうち、表情や仕草などの視覚情報に最も影響を受けると言われている [3]。従って、エージェントがカウンセリング等の繊細な感情を扱うシステムに利用される場合も、エージェントの非言語情報による感情表出は重要であるといえる。

本研究では、メンタルケアや介護を目的とした対話エージェントの利用を想定し、エージェントの表情を無段階に表現し、かつ感情の変化も滑らかに表現可能な、連続感情表出を行うカウンセリング対話システムを提案する。対話エージェントの顔全体の変化によって連続感情表出を行うことにより、エージェントのリアリティや悩みの打ち明けやすさの向上が期待される。

### 2 関連研究

エージェントの感情表出は、タスクに応じて表出すべき感情をあらかじめ開発者が定義し、会話時にはシステムが発話内容に合わせて適切な感情表現を選択する、という手法がよく用いられる。

例えば、快度、覚醒度、確信度の 3 軸からなる心理空間でヒューマノイドロボットの心理状態を表現し、表情変化によって不安、悲しい、幸せ、驚き、怒りの感情を表現した研究 [4] や、ロボットの表情と感情をマッピングするため恒等写像学習によって感情空間を構築し、4 種類の感情領域を設定した研究 [5] がある。動作に感情を付与する研究では、関節の角度データや動作時間、速度を修正変化させることで感情を表出し、これを「速く」「大きく」などの形容表現によってルール化したものがある [6]。

これらの手法は、恣意的に分割した離散的な感情空間を使用して一時的な感情を推定し表出していたり、頷きやお辞儀などの固定的な動作パターンを扱ったものであり、細やかな感情表出を細やかな動作変化で表現するには至らず、人間に比べて単純化されたものである。しかしカウンセリング対話のような感情を伴う密な対話では、対話システムはより精密な感情表出が求められる。

エージェントが連続的な感情変化の表出を行った研究事例も存在する。アンドロイドを用いた場合、感情状態と身体の筋系のパラメータを対応付けることで感情変化を表現する発話動作生成システムがある [7]。エー

エージェントの感情空間モデルには、ラッセルの感情円環モデルが多く使用される [8]。このモデルは、縦軸を覚醒度、横軸を快・不快とし、32種類の感情を2次元平面上に円環状に並べたものである。使用例としては、実際の顔画像を使用してラッセル円環モデル上の連続的な感情値から顔画像を合成し、複数の感情間の表情を滑らかに表現した研究 [9] や、ロボットの感情状態をラッセル円環モデル上で定義し、対話において感情状態を変化させることで連続的に表情を変化させるモデルの提案 [10] などがある。

本研究では、より細やかな感情を表現し感情が遷移する様子を表出することを一言で連続感情表出とし、対話エージェントが連続感情表出を行うことによる対話への影響を評価、分析する。

### 3 提案手法

#### 3.1 エージェントの表出感情の制御

本研究では、エージェントの表情変化によって感情表出を行う。本システムで使用するモデルは、ムーンショット型研究開発「アバター共生社会」プロジェクトの一環として、名古屋工業大学で開発された対話エージェントの“うか”<sup>1</sup>である。“うか”は雑談対話・共感対話タスクでの利用をイメージしたCGエージェントで、頭部の身体パーツ(耳)は、表情や体全体の動作と合わせて同時に異なる表出を行うことが可能である。[11]。

また本システムではMMDAgent [12]を元に開発されたMMDAgent-EX<sup>2</sup>を用いる。MMDAgent-EXとは、名古屋工業大学で開発されたユーザが多様な音声対話インターフェースを自由に構築可能な音声インタラクション構築ツールキットであり、これを用いてシステムを構築する。

本研究では、ラッセルの感情円環モデル [8] に従ってエージェントの感情空間を定義する。提案手法では、傾聴対話において十分な感情表出ができると判断した計8つの感情に抽象化する。感情空間を8象限に区分けし、各象限の境界の感情のみを定義するものとする。また、感情の強度は原点からの距離で表されるものとする。すなわち、原点がニュートラルな感情であり、円周に近づくにつれ感情の強度が上がり、円周上が最も感情が強い。エージェントの感情の種類と強弱を2次元の円内の点として表現し、この点の移動で連続的な感情変化を表現する。

エージェントの感情は、(1) 表出感情と強度の決定 (2) 表情の合成 (3) 感情の遷移 という手順で制御される。

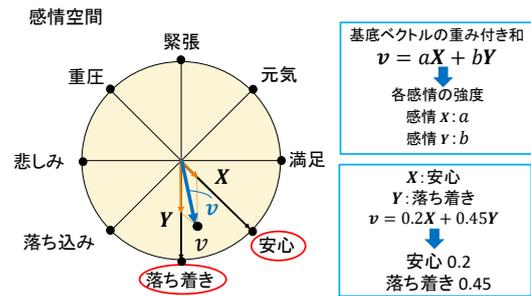


図 1: (1) 表出感情と強度の決定

表 1: “元気”の表情シェイプ (例)

目見開き	0.25	「あ」の口	0.20
目の光	0.95	口にっこり	1.0
眉角度	0.60	口開き	1.0
眉高さ	0.60	頬赤み	0.80
耳伸び	1.0		

#### (1) 表出感情と強度の決定

エージェントの感情を表す任意の点は、その所属する象限の両側の感情の重み付き和によって表現される。感情空間上の任意の点を指定した時、その点を挟む2つの表情ベクトルを基底ベクトル  $X, Y$  とする。点ベクトル  $v = a \cdot X + b \cdot Y$  で表現し、この  $a$  と  $b$  をそれぞれの感情の強度とする。

例えば、図 1 点  $v$  では、“安心”と“落ち着き”の2種類の混合表情を表出する。これらの感情ベクトルを基底ベクトルとし、 $v$  を基底ベクトルの重み付き和で表現した時、 $a = 0.2, b = 0.45$  となり、表出感情とその強度は、“安心”が 0.2、“落ち着き”が 0.45 となる。

#### (2) 表情の合成

モデルの表情はそのモデルに搭載されている全 97 個の表情シェイプ (顔のパーツ動作) のパラメータ (0 ~ 1) として定義される。本研究では、全 97 個のうち 25 個の表情シェイプを使用して代表 8 感情の表情が構成されており、それぞれの表情は各表情シェイプのパラメータを 0 から 1 で設定した結果生成される。例として“元気”の表情を構成する表情シェイプとそれぞれのパラメータを表 1 に示す。ここで、表情  $A$  と表情  $B$  をそれぞれ強度  $a, b$  で混合する場合、各表情シェイプのパラメータを  $a, b$  倍した表情を重ね合わせる。本システムでは、MMDAgent-EX の複数のモーションを重ね付きで重ね合わせる機能を利用してリアルタイムな混合表情の表出を行う。

<sup>1</sup><https://www.slp.nitech.ac.jp/avatar/>

<sup>2</sup><https://mmdagent-ex.dev/ja/>

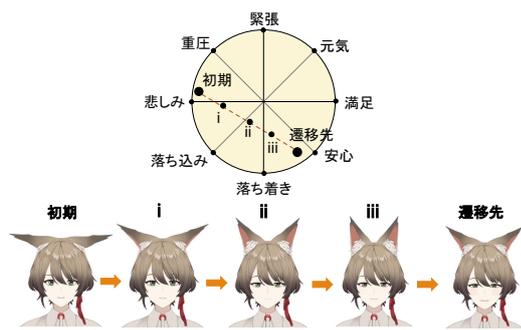


図 2: (3) 表出感情の遷移

### (3) 感情の遷移

感情を変更する際は、現在の感情に対応する座標から次の感情に対応する座標へ表現する感情の座標を等速度で移動させながら 60 ミリ秒ごとに感情を算出し、都度モデルの表情に反映させる。人は時間間隔 60 ミリ秒で継時的に提示したとき、像がなめらかに動いているように知覚される現象を利用した ( $\phi$  現象)。例えば、図 2 の感情空間上において初期座標と遷移先座標、及び 3 つの中間地点での表情は 2 下ようになる。

以上の操作により、対話エージェントの連続感情表出を行う。本システムは感情空間内の座標を指定するという操作のみでエージェントの表情が更新されるため、対話中のエージェントの感情制御を直感的に行うことができる。

### 3.2 実験システム

実験システムは図 3 に示す通り、Wizard of Oz 方式である。あらかじめ発話内容と感情空間座標のペアを定義したボタンを複数用意し、別室にいるオペレータが被験者の会話に対して選択することで女性の合成音声と表情による応答が被験者に提示される。会話中にボタンにない発話をする必要が生じたときは、オペレータが発話し、その内容を音声認識した結果を音声合成するとともに、マウスで直接感情空間座標をクリックして表出感情を指定する。この時、ボタンでの応答に比べて大きな応答遅延が生じるが、先に「そうなんですね」などのつなぎの言葉を再生することで間を持たせ、違和感を軽減する。

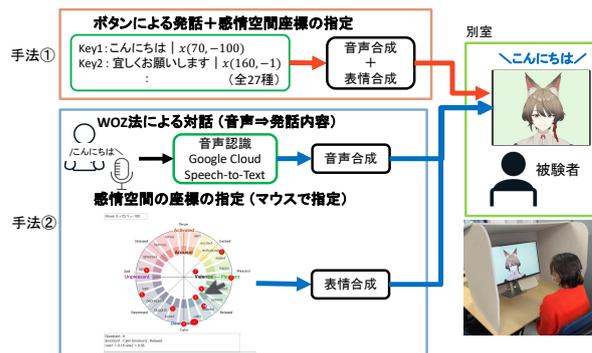


図 3: 実験システム

## 4 主観評価実験

### 4.1 実験内容・評価方法

評価実験では、提案手法である連続感情表出を行うシステム (提案システム) と、連続感情表出を行わないシステム (従来システム) を用意し、これら 2 種類の音声対話システムを比較評価する。従来システムは、単一感情を離散的に表出するシステムとする。提案システムと同一の 8 種類の感情の表情のみを使用し、指定した座標に対し同様の計算を行うが、混合は行わず重みが最も大きい感情を選択し、対応する表情をそのまま再生する。また表情の切り替わりは瞬間的に行われる。

実験では、「新型コロナウイルスによる生活の変化」というテーマで、CG エージェントと 1 対 1 のカウンセリング対話を一人当たり 5 分程度行う。オペレータは、カウンセリングに関する 40 時間程度の基礎学習を予め受ける。カウンセリングに関する対話はカウンセリングの基本パターンに従って行い、被験者に同調しながら、主に“落ち込み”、“悲しみ”の感情から、“嬉しい”、“安心”の感情の遷移を表出する。実験は従来システムと提案システムの 2 回、それぞれ影響を抑えるため 1 週間空けて行う。被験者はそれぞれの対話実験終了後に 2 種類の SD 法による評価アンケートに回答する。1 つ目はロボットの印象を評価するための尺度である“Godspeed Questionnaire” [13] から全 19 項目の質問を使用する。2 つ目は特に、対話エージェントの感情表出に対する印象を中心とした評価アンケートである。各質問に対し 5 段階の評価と、評価の理由を記入するための自由回答記述を設けた。

### 4.2 実験結果

正常に実験が終了した 19 名の結果をもとに評価を行う。以下、アンケート結果の一部を抜粋した結果を考察する。

アンケート 1 ではロボットの印象評価項目に関して、提案システムと従来システムの集計結果の平均スコアの差を、対応のある t 検定 (有意水準 5%) によって判定する。評価アンケート 1 の t 検定の結果は、知性の知覚に関して“ひどい - 良い”の項目のみ従来システムが提案システムよりも有意に高い値となった。提案システムによる中間的な感情表出によって表情が曖昧となる部分があり、また等速度で表情が更新することによる耳や顔の変化に違和感を覚えたという可能性がある。

また両システム共に全指標で平均スコアは 5 点中 3 点以上となった。またアンケート 2 の悩みの打ち明けやすさを問う質問においても、平均スコアは従来システムが 3.474 点、提案システムが 3.737 点となり、どちらも比較的高い評価を得た。これより本システムは CG でありながらカウンセリングを行う対話システムとして、好意的に受け入れられたと考えられる。

期待通りの表情が見られたか、という質問に関しては、従来システムの方が高い評価を得た。離散的な感情表出は、表情の変化が明確で感情が一意に伝わりやすかったと考えられる。対して提案システムは、混合表情の表出により曖昧な表情が生成される場合があったと考えられる。

## 5 客観評価実験

対話実験による主観評価では、エージェントの対話能力やカウンセリングの内容など、カウンセリングの効果が影響している可能性がある。被験者本人の体感を覗いた評価を行うために客観的な評価実験を行った。

### 5.1 実験内容・評価方法

エージェントとユーザ役の演者が、主観評価実験と同様の対話を、提案システムと、従来システムを使用して行った場合のエージェントの様子をそれぞれ収録する。評価者はその様子を見て、違和感のなさや、感情の読み取りやすさなどを AB テストで評価し、その理由を記述する。

### 5.2 実験結果

評価結果の表を表 2 に示す。評価項目と、25 名の回答者のうちそれぞれのシステムを選択した人数を並べた。

エージェントの感情表出については、提案システムである連続感情表出のほうが違和感が少なく、人間に近いという評価になった。一方で、感情の変化の読み取りやすさは従来システムのほうが高く評価され、表

表 2: 客観評価結果

質問	提案システム	従来システム
見た目の変化の違和感のなさ	17	8
人間らしさ	19	6
感情の読み取りやすさ	6	19
悩みの相談しやすさ	16	9
将来的な利用のしやすさ	15	10

情の違いの明確さが感情の分かりやすさにつながったと考えられる。

カウンセリングエージェントとしての評価については、25 名中 16 名が、提案システムの方が悩みを相談しやすと感じた。中には「より親身に相談に乗ってくれた、柔和な雰囲気ので安心できる」という意見もあったことから、連続感情表出は信頼感や安心感を高める効果があると考えられる。対して、従来システムはこれまでに述べた通り感情の変化や対話内容への反応が分かりやすいため、話しやすと感じる人もいた。

以上の意見が将来どちらを使いたいかという質問の回答に反映され、意見が分かれる結果となった。これより、カウンセリングに求めるものの違いにより、適切な感情表出が異なると考えられる。カウンセラーからの共感を得たい人にとっては、エージェントが連続的な感情変化を表出することで、より深い共感を示すことができるであろう。一方で、具体的なアドバイス等の明確な反応が欲しい人にとっては、離散的な感情変化のほうが反応が認識しやすく、自分の話を進めやすと感じていると考えられる。今後は、ユーザの好みや対話タスクに合わせて対話システムの感情表出を変化させるなどの工夫が必要である。

## 6 まとめ

本研究では、対話エージェントがカウンセリング等の感情を伴うような場面で利用される際に感情表現・共感表出が重要であることを考慮して、連続的な感情を表出するモデルを提案した。ラッセルの感情円環モデルを元に感情空間を設定し、感情空間上の座標の移動に従い表出感情とその強度を滑らかに変化させることで、感情の連続的な変化をモデル化した。被験者実験では、提案手法である連続的な感情表出を行う対話エージェントと、従来手法である離散的な感情表出を行う対話エージェントの比較評価を行った。

その結果、SD 法による主観評価では、提案システムと従来システムの平均スコアはともに 5 点中 3 点以上となり、アバターとのカウンセリング対話が比較的高い評価を得た。客観評価を通して、連続的な感情変化

は人間らしく自然であるため、親しみやすいと感じる人が多い一方で、従来手法の離散的な感情表出は、表情の違いが明確で対話中の感情変化が分かりやすく、話しやすいと感じることもあり、感じ方はユーザによって二分された。

本実験ではアニメ調のアバターを使用したため、従来手法の単一離散感情表出自体に違和感が少なく、反ってアバターに適していると感じた可能性がある。今後は、アバターをよりリアリティのある 3D アバターにするなど、違った見た目のアバターを使用した際の評価の違いを検証したい。また本実験は共感的態度を顔全体の動きによってのみ示したが、カウンセリングには多様なものが求められる。今後は相槌、目線の動きや身振りなどの身体動作や、声色などによる感情表出を組み合わせることで、多様なスタイルのカウンセリング対話エージェントを実現したい。さらに、連続感情表出に伴う表情変化の補間方法にも更なる工夫が必要である。

## 参考文献

- [1] 松元崇裕, 松村成宗, 渡部智樹, 今井倫太ほか. ロボットが高齢者と長期関係性を構築するための対話に基づく非同期コミュニケーション. 情報処理学会論文誌, Vol. 61, No. 2, pp. 181–199, 2020.
- [2] 柴田崇徳. 《第 6 回》非薬物療法としてのアザラシ型ロボット・パロによる神経学的セラピー. 計測と制御, Vol. 55, No. 12, pp. 1090–1094, 2016.
- [3] Albert Mehrabian, et al. *Silent messages*, Vol. 8. Wadsworth Belmont, CA, 1971.
- [4] Hiroyasu Miwa, Kazuko Itoh, Munemichi Matsumoto, Massimiliano Zecca, Hideaki Takanobu, S Rocella, Maria Chiara Carrozza, Paolo Dario, and Atsuo Takanishi. Effective emotional expressions with expression humanoid robot we-4rii: integration of humanoid robot hand rch-1. In *2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)(IEEE Cat. No. 04CH37566)*, Vol. 3, pp. 2203–2208. IEEE, 2004.
- [5] 後藤みの理, 加納政芳, 加藤昇平, 国立勉, 伊藤英則. 感性ロボットのための感情領域を用いた表情生成. 人工知能学会論文誌, Vol. 21, No. 1, pp. 55–62, 2006.
- [6] 矢野良和, 山口淳嗣, 道木慎二, 大熊繁. 人間の感情評価をモデル化した感情表現ルールに基づく感情動作生成. 知能と情報, Vol. 22, No. 1, pp. 39–51, 2010.
- [7] 境くりま, 港隆史, 石黒浩ほか. わずかな感情変化を表現可能なアンドロイド動作の生成モデルの提案. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. 100, No. 3, pp. 310–320, 2017.
- [8] Jonathan Posner, James A Russell, and Bradley S Peterson. The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology. *Development and psychopathology*, Vol. 17, No. 3, pp. 715–734, 2005.
- [9] 金森透有, 遠藤結城, 金森由博. 連続的な感情パラメータの操作による顔画像の表情操作. *Visual Computing + VC Communications 2022*, 2022.
- [10] 浦上浩希, 西出俊, 康シン, 任福継ほか. 連続感情空間上の感情状態遷移に基づく人間・ロボット対話システム. 第 80 回全国大会講演論文集, Vol. 2018, No. 1, pp. 399–400, 2018.
- [11] 李晃伸, 石黒浩. 自律・遠隔融合対話システムのための高生命感・高存在感 CG エージェントの開発. 人工知能学会研究会資料 言語・音声理解と対話処理研究会 第 96 回 (2022.12), p. 27. 一般社団法人人工知能学会, 2022.
- [12] Akinobu Lee, Keiichiro Oura, and Keiichi Tokuda. MMDAgent—a fully open-source toolkit for voice interaction systems. In *2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, pp. 8382–8385. IEEE, 2013.
- [13] Christoph Bartneck, Dana Kulić, Elizabeth Croft, and Susana Zoghbi. Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots. *International journal of social robotics*, Vol. 1, No. 1, pp. 71–81, 2009.

## 付録

表 3 に被験者実験における評価指標と提案システム及び従来システムの平均スコア, p 値を示す. 表 4 に, アンケート 2 における質問内容と結果の概要一覧を示す. 評価には 5 段階のリッカート尺度を用いており (1: 全くそう感じなかった, 2: あまりそう感じなかった, 3: どちらともいえない, 4: 少しそう感じた, 5: 非常にそう感じた), 表には各システムでの平均スコアを示す.

表 3: 評価アンケート 1 の 検定結果

評価項目	提案	従来	p 値
偽物のような - 自然な	3.737	3.895	0.546
機械的 - 人間的	3.474	3.526	0.901
意識を持たない - 意識を持っている	4.316	4.421	0.65
ぎこちない動き - 意識を持っている	3.474	3.053	0.323
活気のない - 生き生きとした	4.316	4.421	0.667
機械的な - 有機的な	3.526	3.263	0.499
人工的な - 生物的な	3.789	3.105	0.108
不活発な - 対話的な	4.316	4.368	0.804
無関心な - 反応のある	4.737	3.789	0.716
嫌い - 好き	4.526	4.474	0.053
親しみにくい - 親しみやすい	4.526	4.579	0.834
不親切な - 親切な	4.579	4.684	0.331
不愉快な - 愉快的な	4.105	4.316	0.331
ひどい - 良い	4.211	4.632	<b>0.028</b>
無能な - 有能な	3.842	3.895	0.826
無責任な - 物知りな	3.684	3.526	0.482
無知な - 責任のある	4.105	3.789	0.23
愚かな - 知的な	4.053	4.0	0.749
知的でない - 賢明な	3.895	3.895	1.0

表 4: 評価アンケート 2 質問内容・結果概要一覧

質問項目	平均スコア	
	提案システム	従来システム
<b>エージェントとの対話に関して</b>		
カウンセリング相手として適切さ	4.15	4.11
人との対話と比較した場合の話しやすさ	3.11	3.21
悩みの打ち明けたさ	3.74	3.47
頭部の耳の表現の適切さ	4.26	4.32
<b>エージェントの感情表現に関して</b>		
感情が変化する様子の読み取りやすさ	4.52	4.53
対話中の表情変化の自然さ	4.0	3.84
期待通りの表情変化の見られやすさ	4.53	4.73
声に対する感情変化の読み取りやすさ	3.47	3.52
人との対話と比較した場合の感情表現の分かりやすさ	3.95	3.74