

修士論文

平成 17 年度 (2005)

エージェント間
コミュニケーションモデルに関する研究

東京工科大学大学院 バイオ・情報メディア研究科

メディアサイエンス専攻

石川 朱香音

修士論文

平成 17 年度 (2005)

エージェント間
コミュニケーションモデルに関する研究

指導教員 金子 満 教授, 渡辺 大地 講師

東京工科大学大学院

バイオ・情報メディア研究科 メディアサイエンス専攻

石川 朱香音

論文の要旨

論文題目	エージェント間 コミュニケーションモデルに関する研究
執筆者氏名	石川 朱香音
指導教員	金子 満 教授, 渡辺 大地 講師
キーワード	擬人エージェント, 人工感情, コミュニケーションモデル, 表情調整機能
[要旨]	<p>近年、擬人エージェントや擬似的な感情を持たせるための研究が行われている。エージェントは、人間の感情をモデル化したもの（以下感情モデルという）に基づき、感情を生成し、感情に起因するしぐさを行う。感情モデルを利用することにより、ユーザのエージェントに対する親しみや信頼性を増幅する効果がある。</p> <p>エージェントの人工感情及びそれを表現する表情表出については、これまでも多くの研究が存在する。しかしユーザがシナリオを書き込むことにより生成するタイプのエージェント以外は、感情モデルをそのまま表情として適用するモデルが多い。感じたことをそのまま表出する感情モデルは、限られた状況では十分である。しかし、大人が関わる対人コミュニケーションにおいては、感じた感情をそのまま表現することは少ない。状況に応じて表情を調整することにより、表情を偽ったり、大げさに表現したりするのである。例えば、愛想笑い・ポーカークフェイス・子供の嫉の際の大げさな怒りの表現などもこうした調整の結果である。エージェントがより自然な感情起因反応を起こすために、表情調整機能を取り入れることは有効である。</p> <p>本研究ではエージェントが感情を生成してから表情に表出するまでの間に、表情調整機能を取り入れる。これにより感情を任意に増強・抑制した場合の表情を生成することで、愛想笑い・同情などの感情を誇張した表情や偽装した表情などを表出する手法を提案する。</p>

A b s t r a c t

Title	Artificial Emotional Communication Model Between the Social Agents
Author	Akane Ishikawa
Advisor	Professor Mitsuru Kaneko, Lecturer Taichi Watanabe
Key Words	Agent, Artificial Emotions, Social Communication
[summary] <p>This paper presents artificial emotion system that takes account of social relationship between agents. The studies of artificial emotion system for robots and agents are increasing in those days. Artificial emotion system enables robots and agents to perform actions caused by emotional reasons. For example, when a user strokes the head of robot or agent with this system, then they smile. When a user hit the head of them, then they get angry. Usually, artificial emotion system allows only simple reactions such as just smiling for feeling happiness. On the other hand, the human being in the real world adjusts their emotion before it appears on their faces. This is a reason of a forced smile, expressing sympathy and pretend angry etc. In this paper, I suggested to make two emotions. One is the basic emotion. It means the real intention of the agent. Another one is the controlled emotion. It represents a fake emotion for demonstrate faces in situation. This paper reports methods of generation these two emotions and demonstration faces social situation.</p>	

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景	2
1.2	研究の目的と成果	4
1.3	本論文の構成	4
第2章	人間の感情と表情	6
2.1	基本的感情	7
2.2	表情と表情表出	8
2.2.1	顔面の重要性	8
2.2.2	普遍的な表情	8
2.2.3	顔面の変化	9
2.3	表情調整について	11
2.4	まとめ	13
第3章	人工感情	14
3.1	人工感情とは	15
3.2	人工感情の適応事例	16
3.3	人工感情について	17
3.4	まとめ	18
第4章	社会的状況下における表情調整手法の提案	19
4.1	本研究の手法	20
4.2	感情の調整について	23
4.2.1	基本感情	23
4.2.2	調整感情の使用	24
4.2.3	調整感情生成手法	25
4.3	表情の生成	29
4.4	表情の推測	33
第5章	結果	35
5.1	実装	36

5.2	実行結果	37
5.3	考察	46
5.4	現状での問題点	46
第6章	結びに	48
	謝辞	51
	参考文献	52

目 次

2.1	顔面の動かしやすい部位の境界	10
4.1	感情生成から表情表出までのフロー	21
4.2	増強・抑制のモデル	23
4.3	基本感情：怒りの表情	30
4.4	調整感情：笑いの表情	30
4.5	実際に表出する表情	30
4.6	無表情の可能性がある場合の基本感情と調整感情の表出ルール	32
4.7	基本感情と調整感情の表出ルール	33
5.1	無表情・喜・怒・哀・驚の5表情	36
5.2	エージェント同士の会話の様相	37
5.3	基本感情の変遷	38
5.4	調整感情の変遷	39
5.5	ケース1でのエージェントの表情変化	39
5.6	基本感情の変遷	40
5.7	調整感情の変遷	41
5.8	ケース2でのエージェントの表情変化	41
5.9	基本感情の変遷	42
5.10	調整感情の変遷	43
5.11	ケース2でのエージェントの表情変化	43
5.12	基本感情の変遷	44
5.13	調整感情の変遷	45
5.14	ケース3でのエージェントの表情変化	45

表 目 次

2.1	感情の特徴	7
2.2	基本感情に関する研究者とその分類要素	8
2.3	普遍性のある顔の基本形	9
2.4	主な表情表出調整の規則	13
3.1	エージェント（含むソフトロボット）一例	16

第 1 章

はじめに

1.1 研究背景

近年、オートメーション化が進む中で、一方では、ヒューマノイドと呼ばれるロボットが家庭に入り込み、人間の生活を幫助していく社会システムの実現に向けた研究が数多く行われている [1] [2]。もう一方で、コンピュータ上の世界においては、様々なソフトウェアやコンテンツがデジタル化していく中で、デジタル技術を用いたキャラクタ、特にエージェントと呼ばれるプログラムが出現するようになってきている [3] [4] [5]。

エージェントは本来代理人を指し示す言葉であり、何かを代行するソフトウェアとして用いられることの多い用語である。様々な種類のものが存在するが、中でも近年、活用場面が増えてきたエージェントには、人間や動物の形を模した擬人エージェントと呼ばれるものがある。これら擬人エージェントは、ウェブショッピングなどのインタフェース上で人間のスタッフの代わりにユーザとやり取りを行うケース、CGを用いる映画でエキストラの代役として用いるケース、ビデオゲームなどでプレイヤーの操作を必要とせず、自律的な動作を行うノンプレイヤーキャラクタ (NPC) として用いるケースなどで利用できる。

また、擬人エージェントは単に外見が人間や動物の姿形を模しているだけではなく、個性や感情を持っているように振舞うよう設定されている場合が多い。エージェントに個性や感情を与えることで、エージェントのユーザに対する信頼性や生命性を向上する効果がある [6]。その為、エージェントに対し個性や感情を与えるための研究も多く行われている。

現在、擬人エージェントの多くはインタフェースやデモンストレーション、プレゼンテーション場面などで使用する場合が多い。これらは主に制作者があらかじめシナリオを書き、そのシナリオに沿って行動するスクリプトベースのものが多く、ユーザの選択により、どのような感情変化を起こすかという挙動も作りこみをすることで表現力を向上することができる。これらのスクリプトベースのエージェントの多くはユーザ対エージェントを対象としている。

また、エキストラやNPCに用いるエージェントの感情状態は、非常に単純な挙動で動いていることが多い。例えば、映像作品などにおいて、戦場に配置したキャラクターエージェント同士が接近するという状況になった際に、怒りや恐怖などの感情状態を持たせることにより、エージェント同士が怒りの態で攻撃行動を行ったり、恐怖を感じているように対象から逃げ惑ったりする [7]。こうしたエージェントは単純なルールで動いている為、感情の細やかな生成は行っていないが、映像作品の短いひとコマを演出するには十分である。

しかし、今後エージェントの利用範囲が広まるに従い、エキストラやNPCなどのエージェント同士のコミュニケーションに対しても、信頼性や生命性向上のため、細やかな感情表現を行う必要性が高まることが予想できる。例えば、美術館や史跡などのウォークスルーコンテンツ、ネットワークゲームなどの仮想空間上において、客を演出する為にエージェントがユーザと長時間同じ空間に滞在する場面などの、エージェントの表情やエージェント同士のコミュニケーションを観察することのできるような場面では、エージェント同士のコミュニケーションであっても感情的コミュニケーションや表情変化は非常に重要な要素となることが予想できる。

インタフェースエージェントのように作り込みを行わず、エージェント同士のコミュニケーション機能を向上するために、本研究では実際の人間が行っている表情調整機能に着目した。実際の人間は対人コミュニケーションにおいて表情を偽る性質がある。感じている感情をそのまま表情として表現することは少なく、相手との関係や状況に応じて感情を調節し、大げさに表出したり偽ったりする。例えば、愛想笑い・ポーカーフェイス・子供の躰の際の大げさな怒りの表現などもこうした調整の結果である。エージェント同士の友人関係・上下関係などの要素から少ない感情要素でこれらの複雑な表情を自動生成することができれば有効であると考えられる。

1.2 研究の目的と成果

本研究では、エージェント同士の感情起因のコミュニケーション能力に焦点を当て、この向上手法を提案する。特に、少ない感情要素のみを利用する簡易なシステムにおいて、感情の混在した様々な表情を生成すること、愛想笑いや同情などの表情調整を自動的に行うこと、友人や敵対する他人、上下関係などに応じて表情を調整することを目標とする。その為に、本心と、その場で表出すべき感情の二種類の感情値を用意し、それら二つを利用するシステムを提案する。

本研究では、エージェントが人工感情を生成してから表情に表出するまでの間に、現実の人間が持つ表情調整機能を考慮した人工感情機能を提案する。エージェントの本心となる基本感情の他に、表情調整の為に生成する調整感情の二つの感情を作成し、その両者から最終的にどのような表情を表出するかを決定するシステムである。調整の際に、エージェント同士の社会的な人間関係や会話の状況、相手の表情から推測する相手の本心などを考慮したうえで、最終的にどのような表情を表出するか決定する。これにより、少ない感情要素の組み合わせから、相手との立場の違いなどを考慮した微妙な表情を簡易に表出できると考えた。

また、本研究の手法を用いたエージェント同士のコミュニケーション場面において、どのように表情や感情が変化していくのかを検証した。感情を任意に増強あるいは抑制した場合の表情を生成することにより、友人・親子・仕事相手などの人間関係の属性を持ったエージェントの間で、愛想笑いや同情など、感情を誇張した表情や偽装した表情を観察した。

1.3 本論文の構成

本論文では、まず2章で人工感情のモデル構築の際に重要な要素である現実の人間の感情研究について述べる。その後、3章でエージェントの実際に人工感情を用いている分野と事例を紹介する。4章ではエージェント同士のコミュニケーション活動に対する表情調整機能について提案し、5章でその実装結果を述べる。最後

に6章でまとめを述べる。

第 2 章

人間の感情と表情

本章では、人工感情の話が始めるにあたり、まず人工感情や感情モデルの元となる、実際の人間の感情に関して述べる。感情は主観的なものであるために、客観的な観測が難しく、感情の分類や定義に関しては決定打となる研究は存在していないのが現状である。しかし、ロボットやエージェントに簡易な感情や表情を持たせる場合には有効な研究が多いため、ロボットやエージェントの人工研究に関しても、研究者の主観的な感情経験に基づき構築するだけでなく、こうした感情研究を元に研究を進めているケースも多い。また、全身の中でもっとも感情が表れる顔面の表情に関する研究についても挙げる。エージェントやロボットの表情もこうした研究を元に表情を構築する機会が多いからである。

本章ではまず、感情の特徴および基本的な感情として分類することのある、いくつかの感情要素について述べる。次に、本研究で着目する人間の表情調整機能について述べ、最後に感情に対応した表情の特徴と、表情がどのように顔面に表出しているのかについて述べる。

2.1 基本的感情

人間を始めとする動物の一部は感情を持っている。こうした感情や表現については様々な研究がある [8] [9] [10]。代表的な研究例として顔面にあらわす表情反応、心拍数や涙などの生理反応、慰めを求めたり手をこすり合わせるなどの対応的行動、他人より不当な扱いを受けたと感じるなどの認知の4つがある。表 2.1 にその特徴を挙げる。

表 2.1: 感情の特徴

特徴名	内容
表情反応	微笑、しかめ面、歯を食いしばるなど
生理反応	心拍数の増加、涙が浮かぶなど
対応的行動	母親の慰めを求める、両手をこするなど
認知	他人により不当に害を受けたと思う

また、表 2.2 は、感情の基本的な構成要素である基本的感情についての研究者と、感情の要素に関するものである。

表 2.2: 基本感情に関する研究者とその分類要素

研究者名	感情の基本要素
エクマン	喜び、悲しみ、恐れ、嫌悪、怒り、驚き
イザード	興味興奮、喜び、驚き、苦悩不安、怒り、嫌悪、軽蔑、恐れ、恥、罪悪感
プルチック	受容、驚き、恐れ、悲しみ、嫌悪、期待、怒り、喜び

人工感情の研究においては、それぞれの研究対象に適した分類を研究者が任意に選ぶ取捨が多い。

2.2 表情と表情表出

2.2.1 顔面の重要性

人間が何かの感情を持ったときには、様々な身体的特徴として感情が現れる。それは無意識に起こる顔色の変化や唾液の分泌量などの生体反応であったり、相手に故意に感情を伝えるための仕草やジェスチャーであったりする。しかし、感情は主に顔が引きつる、全身がこわばるなどの筋肉の動きとして現れる。なかでも顕著に現れる部分は顔面にあられる表情である [11]。人間はコミュニケーションの場において、相手の表情を見ることにより、相手が今何を感じているかを推察することができる。また、同じように表情に表すことで、相手にメッセージを伝えることができる。

2.2.2 普遍的な表情

表情には感情と同じだけの複雑な種類と個人差があるが、文化を越えて認識することができる普遍性のある基本的な表情というものが存在する。これは、文化を越えた生物学的な表情の表示規則である。例えば、目の周りの筋肉が引き締め

られ、口角の端が引き上げられた表情は「幸福」、鼻にしわがより、上唇が持ち上がった表情は「嫌悪」のときに現れる表情である。また、そうした表情の顔写真を様々な文化の人間に見せても、それがどんな感情に起因する表情なのかを共通して認識することができる。

表 2.3 は、普遍性のある表情における、顔面の筋肉の動きの特徴である。これらの表情と対応する感情の結びつきは、どのような文化においても認められる。つまり、現状いかなる文化においてもこれらの筋肉運動の結果である表情を見れば、言語による表現は違えど同じ感情を連想するものと考えられている。人工感情を用いた研究では、これらの特徴を踏まえ、ロボットにつけた眉や口を動かすことで表情を表出したり、エージェントの顔画像ないしはキャラクタモデルの顔ポリゴンを変更することにより感情を表現している。

表 2.3: 普遍性のある顔の基本形

感情名	特徴
怒り	眉が下がり、引き寄せられる。上瞼が持ち上げられる。瞼の下が鼻の方へ引く。唇がしっかり結ばれる。
嫌悪	鼻にしわを寄せる。上唇を上げる。
恐怖	眉が引き上げられ、ともに引き寄せられる。上瞼が持ち上がる。下瞼が緊張する。口角が後方に引かれる。唇は開かれているか、くっついている。
幸福	目の周りの筋肉を引き締める。口角の端を引き上げる。
悲しみ	眉の内側の両側を引き上げ、共に引き寄せる。目が下方に向けられている場合がある。下唇を押し上げる。目の周りの筋肉を引き締める。口唇の端を引き下げる。
驚き	眉の内側と外側を持ち上げる。上瞼がわずかに隆起する。顎が下がる。

2.2.3 顔面の変化

人間は表情を表出する際、顔面にある表情筋を用いる。この表情筋の緩め方、緊張仕方により、顔面が変化する [12] [13] [14]。人間はこれら表情筋の動きの組み合

わせにより表情を判断している。

表情筋には動かしやすい部位とそうでない部位がある。例えば、言葉を発する口周辺の筋肉は意図して動かすことが容易であるが、オトガイ方形筋（顎の筋肉）、鼻の錐体筋（鼻梁の筋肉）、前頭筋と雛眉筋（前頭や額の筋肉）などは、自分の意思で動かすことが難しい部分である。

一般的に顔面の動かしやすさの違いは、大きく分けて「目から上」「目元」「目から下」の三部位に分けて考えることができる。

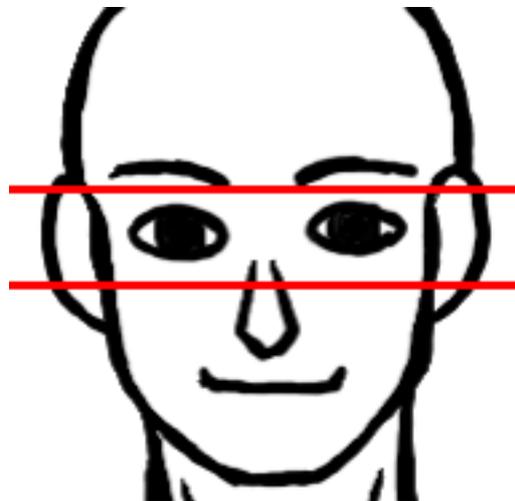


図 2.1: 顔面の動かしやすい部位の境界

図 2.1は、人の顔面を三部位に分けた際の大まかな境界線を示している「目から上」は、眉や額などの部分を含み、「目元」は目や瞼を含む。「目から下」は頬や口元、唇などの部位を含む。

音声を発したり咀嚼するために意識的に動かすことの多い「口元」を含む「目から下」の筋肉がもっとも発達しており、動かしやすい。したがって表情を生成する際にもこの部分は意識的に動かしやすい部分である。次に「目から上」が動かしやすく、「目元」が一番意識して動かすことができない為、本心がもっとも現れやすい部分である。

2.3 表情調整について

人間は基本的には、感情に対応した表情を表出する。しかし、状況に応じて表情として表出するまでの間に感情を調整し、結果として現れる表情に影響を与える場合がある。社交的な場面、例えば友人と一緒にいる場面や上司や部下と共にいる場面では、それぞれの感情に対応した表情をどれだけ表出するかを調整し、表情を使い分けるのである。ただし、表情表出の規則は非常に文化に左右される部分である。ここでは日本でのケースを挙げている [15]。

日本における表情表出の特徴として、集団意識と上下関係がある。まず、日本人は友人や家族など、当人の属する集団の内の人間と、ちょっとした顔見知りや他人などの集団外の人間との間に明確な区別をおく傾向があり、これが表情表出の規則にも影響している。また、日本はアメリカなどと比べると、上下関係を重んじる傾向があり、当人より地位の低いものに対する態度・当人より地位の高いものに対する態度にも違いがある。

こうした人間関係の例およびその特徴として以下のようなものがある。

- 友人や家族

日本では、友人や家族に対して嫌悪感や悲しみを抑える傾向がある。嫌悪感や悲しみは否定的な感情であり、こうした否定的な感情は集団の和を乱すと考えられている。

また、当人の感情状態が実際どうであるかは別に、当人の表情の表出を相手や当人の属する集団のメンバーたちの感情にあわせるという同調性を持っているのも日本の特徴である。これは、同じ感情を感じていると表すために、相手や集団が喜びの雰囲気であるときは喜びの表情をしたり、相手や集団が怒りや悲しみの状態であるときは、本心ではそう感じていなくても同じ感情に相当する表情を示さなくてはならないというような規則である。この傾向は、日本人が集団の関係を重んじ、集団の内にいる人間に対しては、その関係を平穩に保ち、維持しようとする機能が働くからであると考えることが出

来る。

- 当人より地位の高い者

日本では、上下関係を維持しようという傾向があるため、地位の上の者と下の者との関係の場合は、地位の違いを際立たせ、維持する為に表情を調整する傾向がある。

一般的に地位の下の者は地位の上のものに対して、怒りなどの否定的な感情を抑え、それとは逆の肯定的な表情である微笑を偽装しようとする傾向がある。地位が上のものから不当な非難を浴びた場合も、怒りを感じていないわけではなくとも怒りの表情は抑えるという傾向がある。

- 当人より地位の低い者

当人より地位の低いものに対しては、逆の場合と違い、怒りを表出することは構わない。この場合抑えるべき感情は、弱さを示す悲しさや恐怖などである。これらの感情を表出することは人間としての脆さを表すことにつながり、上下の関係性の明確さが薄れる。また、冷静沈着でいることも重要な要素であるため、喜びや幸福を表すことも避ける傾向がある。上の立場の人間は、感情をコントロールできることを価値とみなされる。

また、それとは別に地位の上の者は下の者に対し謙虚に振舞う場合もある。この場合は下の者に対して同情の気持ちを示す傾向もある。

- 他人

日本人は、当人の属さない外の集団、親しくない知人や他人に対しては露骨な無関心や冷ややかな態度を装ったり、怒りや嫌悪感、競争心などを露骨に示す傾向がある。特にゆきずりの人間など、将来関係性を持たないと予想できる人間に対しては和を保つ必要がなく、関係性をあえて持ちたくないという意思表示をする為にあえてそうした態度をとることもある。

人間は乳児の頃からこうした表情の表出調整を学習する。これにはもちろん個人差があるが、日本の場合はこの表情表出の為の規則や感情のコントロールを行うことを強制する社会的な傾向がある。表示規則に従わなければ恥ずかしい思いをしたり、半人前に扱われる場合もある。また、上司に対して怒りをあらわにした場合は、職を追われる場合すらある。その為、表情の表出調整機能は非常に重要なものであると考えられる。表情表出の為の調整機能は周囲の社会や文化に応じて異なるが、マツモトら [15] は共通して表 2.4 のような規則があると述べている。

表 2.4: 主な表情表出調整の規則

種類	内容
表情の縮小	実際に感じているよりも感情を少なめに示すこと
表情の中立化	何か感じていても感情をまったく示さないこと
表情の誇張	実際に感じている以上に大げさに感情を示すこと
表情の偽装・隠蔽	実際に感じている以外の別の感情を示すこと
表情の混合	二つ以上の感情を一緒にして同時に表情に混ぜ込むこと

表 2.4 は、人間が対人コミュニケーション場面において本心を隠した表情を表出する際に行ういくつかの機能である。このような調整機能は、文化的な表示規則に基づいて行う。この表示規則は後天的な学習により習得するものである。本研究では、このマツモトらの述べた規則を元に、感情モデルの表情調整機能を構築する。

2.4 まとめ

以上のように、人間は感情をもち、内部状態である感情を、主に表情を表出することにより他人に表す。その際に表情を偽ることにより相手を欺いたり、表情を大げさに表出することにより同情心や威嚇などの表現を行う。これらのことを踏まえ、4章から実際のエージェントへこの機能を持たせたモデルの提案を行う。

第 3 章

人工感情

本章では、人工感情を用いる分野であるエージェントやロボットに関して述べる。その後、既存の人工感情の研究について述べ、既存研究の問題点および改善案を述べる。

3.1 人工感情とは

人工感情とは、エージェントやロボットなどの人工物に、人間が行うような感情に基づく反応を起こさせるために用いるシステムである。エージェントやロボットの内部に喜怒哀楽などの感情に相当するパラメータを持たせ、これらの値をある特定の刺激や内部状態に応じて増減させることにより人工的な感情状態を作り出し、それを表情や仕草で表現するための指標とする。

例えば、犬型のロボットに対し、撫でられるという刺激を受けた際に、喜びに相当するパラメータを増加するようにしておく。喜びが増えると、現実の犬が喜んでいるときに尻尾を振るのと同じように、『尻尾を振る』という動作を起こすように設定しておく。そうすればこの犬型ロボットはユーザから頭を撫でられた際に喜びが増え尻尾を振ることになり、見ているユーザからは本当の犬が喜んでいるのと同じ反応をする = 生きている犬のようだという感覚を与える効果が期待できる。

また、映画のCGやビデオゲームで用いることのある戦争型群集シミュレーションなどでは、敵を見つけると怒りに相当するパラメータが増加するエージェント、または敵を見つけると恐怖に相当するパラメータが増加するエージェントを設定しておく。怒り状態にある際は対象の敵を攻撃するようにし、恐怖の状態にある際は敵を発見したらその敵から遠ざかるよう設定すれば、エージェント同士が接近することにより、自動的に戦いが始まったり逃げ惑うシーンを得ることが出来る。

このように、人工感情を設定することにより、ユーザが直接人工物に対しインタラクションを行うユーザ対人工物の場合であったり、ユーザは直接関与しないがユーザが人工物同士のコミュニケーションの様子を観察するような場合であっても、実際の間人間が行うような感情起因の動作を行わせることが可能となる。

人工物が感情に起因する動作を起こすことにより、ユーザは人工物に対し社会性を感じるため、信頼性・親しみなどを増幅する効果がある。擬似生命としてのエージェントやロボットにとっては、人工感情は非常に重要な要素であるといえる。

3.2 人工感情の適応事例

エージェントはその全ての種類に人工感情を用いているわけではないし、中には搭載する必要性のないものもある。ここでは、エージェントの種類や、人工感情の活用範囲について述べる。

エージェントには様々な分類がある。表 3.1 は、その分類の一例である。

また、ロボットは主にボディを持ち、エージェントはソフトウェア上で動くという認識があるが、近年では、これら二つを同一視することもある。エージェントもロボットの一部として扱い、エージェントに対しソフトロボット・バーチャル型ロボットなどという呼称を用いるケースも出現してきた。本研究においては、ロボットは現実世界にボディを持つもの、エージェントは主にソフトウェア上で動くものとして取り扱う。

表 3.1: エージェント（含むソフトロボット）一例

分類	特徴
検索性ロボット	インターネット上で情報収集を行う目的のロボット
擬人化エージェント	擬似的な人格を持ったエージェント
自律エージェント	自律的な行動をとるエージェント
インタフェースエージェント	ウェブページやソフトウェア上のインタフェースとしてユーザと直接コミュニケーションをするエージェント

技術の進歩により多くの分類が現れているエージェントだが、全てが人工感情を持っているわけではない。主に、人間を模した擬人エージェントや、人格を持つアニメーションエージェントなどが人工感情を用いる。

エージェントの中には goal-based と script-based の 2 種類がある [16]。goal-based は自律的な振る舞いをするシステムであり、振る舞いや外部刺激に対する反応がエージェントに任される。script-based システムはエージェントの自由度が低くなるが、ユーザからの操作性はあがる。現在、エージェントの研究ではこの script-based のシステムを多く見ることができる。script-based システムは感情もユーザの記入するスクリプトによるところが多い。また、人工感情としての自由度が高いのは goal-based のエージェントである。

一方、決められたルーチンワークを行う検索性ロボットと呼ばれるエージェントなどは、作業の無人化を目的としており、コミュニケーション能力を持つ必要性がない。そのためこうしたエージェントは人工感情とは無関係である場合が多い。

3.3 人工感情について

ここでは人工感情を取り入れたエージェントに関する事例を述べる。

- んとと君

NTT サイバーソリューション研究所で開発された仮想完成生命体と呼ばれるコミュニケーションキャラクタ。ユーザの示す感情や、画面に対して操作するツールによるユーザからの刺激に対し、感情表現で答えることができる。

- MPML

東京大学で研究している、コンテンツ記述言語 MPML(Multimodal Presentation Markup Language)。任意のエージェントを生成することができる。非常に多くの種類の感情要素を持つ。、タグによって感情を記述することができる。MPML は基本的にタグによりエージェントの感情を記述するが、SCREAM を用いることでルールベースで自動的に感情を作成することが出来る [17]。また、上司と部下といった社会的関係を考慮することも可能である。

- 東京工業大学 交渉エージェント

ネットワーク上でのユーザ同士の交渉の代理役として研究が行われているエージェント [18] [19]。相手との交渉の際に用いる表情表出の場面において、意識的に表出する表情についても研究をしている。

- eReality

レクサーマトリクス社のユーザインタフェース。性格や感情を持たせたエージェントを配置することが出来、ユーザがエージェントと交渉することの出来るインタフェースを構築することが出来る。

人工感情を使用している例は、他にエンタテインメント型・コミュニケーション型ロボットに多く見ることが出来る [20] [21] [22] [23]。現時点で、ロボットに関する人工感情の研究はゴールベースのものが多く、エージェントに関する人工知能の研究は、制作者がシナリオを記述することにより実現するスクリプトベースのものを多く見ることが出来る。また、ビデオゲームなどで用いる敵キャラクタなどは、怒りや敵対心といった感情要素を元に対応行動をとることが多い。

3.4 まとめ

現在、多くの人工感情を用いるエージェントはエージェント対人間を想定したものであり、エージェント対エージェントの人工感情に関する研究は数が少ない。エージェント対エージェントの場合は一部の映画やゲームに見られるように実際の人間が行うような表情調整などの複雑なコミュニケーションは行っておらず、エージェント対人間を想定した研究に関しては、複雑な表情を表現することはできるが、スクリプトを書きこむ必要のあるものが多いという点が挙げられる。

第 4 章

社交的状況下における表情調整手法の 提案

現在、自律型の人工感情対人工感情のコミュニケーションでは、シナリオベースで書き込んでゆくものか、動物同士や通行人同士の挨拶などの単純な遣り取りが多い。しかし、人工感情同士がコミュニケーションする場面が増えてくれば、より人間同士のコミュニケーションで見ることができるようコミュニケーション反応を自動的に起こす重要性が高まるだろう。

本研究では、人工感情対人工感情のコミュニケーションにおいて、人間同士の社交的場面で見ることができコミュニケーション反応を考慮したコミュニケーションを実現する。中でも人間同士の遣り取りの中で頻繁に見ることができ、また顔面に表れやすい反応である表情調整について考察する。具体的にはエージェント同士の遣り取りのなかで愛想笑い・ポーカーフェイス・同調表情の表出など、表情の偽りや誇張などの対人コミュニケーションで日常見ることができ場面を表現するための手法を提案する。

以下で、本研究で提案する表情調整手法について述べる。

4.1 本研究の手法

本研究では、エージェントの本心である素の感情を基本感情と呼び、表情を調整して表出する為に基本感情から生成する感情を調整感情と呼ぶ。本研究では、この基本感情と調整感情の両者を利用して表情を生成し表出を行う。基本感情と調整感情は独立して存在する。

また、表出側のエージェントから表情を受け取った相手側のエージェントは、その表情と状況などから相手の調整前の基本感情を推測する。相手に対しては本心を隠した表情を表出しようとし、逆に表情を受け取った場合はそこから相手の本心を探ろうとする。

図 4.1 は本研究での感情生成から表情表出までの流れを示したものである。

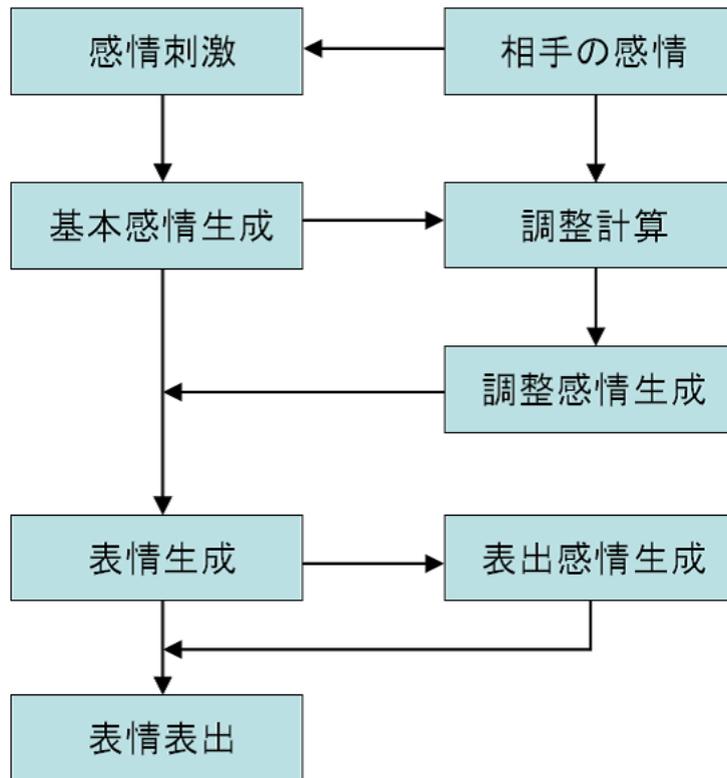


図 4.1: 感情生成から表情表出までのフロー

以下では図 4.1 で示した個々の過程について説明する。

- 感情刺激

基本感情を生成するための元となる要素。本研究ではエージェント同士が会話状態にある場合、任意で適切な基本感情要素を増減させる。また、感情刺激は後述する相手の感情からも影響を受ける。

- 基本感情生成

エージェントの本心となる基本感情を生成する。感情刺激によって定まる。一番数値の高い要素がその場面でのエージェントの気持ちとなる。

- 調整計算

基本感情から調整感情を算出する。調整する際に用いるフィルタは、相手との関係や相手の感情などから選択する。

- 調整感情生成

基本感情を調整し、エージェントがその場面で出すべき表情とも言える調整感情を生成する。

- 表情生成

基本感情と調整感情から、実際に表出する表情を合成する。本心の表情への出やすさ、本心の強さなどにより、同じ基本感情と調整感情でも違った表情を表出することがある。

- 表出感情生成

表出感情は、表情を表出する際に相手側エージェントに内部パラメータとして送信する感情である。受け取り側エージェントはこの表出感情をもとに相手の本心を推測する。

- 相手の感情

相手から受け取った表出感情から、相手の本心を推測する。推測した相手の本心により、感情刺激や調整計算に調整を行うことにより、相手の感情に対する同調や反発などを表現するのに利用する。

図 4.2 は、基本感情から調整感情を生成する際の個々の要素における増強・抑制のモデルである。個々の要素は互いに影響しあう。

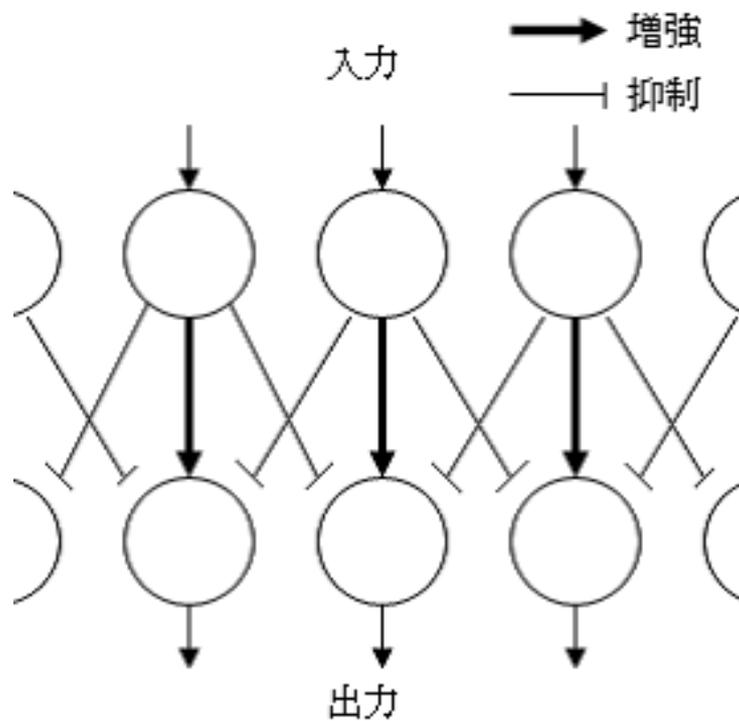


図 4.2: 増強・抑制のモデル

4.2 感情の調整について

4.2.1 基本感情

本研究で用いる基本感情とは、エージェントの本心となる感情値である。

本研究では、2章で記述した、人間の基本感情として挙げることのできるいくつかの要素の中でも、表情として見た場合に他と明らかに差異が認められる『喜び』、『怒り』、『悲しみ』、『驚き』の4つの感情について取り扱う。これら4つの要素を0～1の間の値に数値化し、その4つの要素を持つベクトルを基本感情として扱う。

これらの中で一番値の高い要素を、その時点でのエージェントの本心とする。エージェントが一人でいるときなど、表情に調整を加える必要の無い場面におい

ては、この基本感情の中で一番高い値の表情、すなわち本心を表出する。

また、後述する 4.4 節で得た、相手の本心と考えることの出来る感情を、感情刺激の一因として取り入れることで、より適切な基本感情の変化を行うことが出来る。例えば、通常は親しい友人と話している場合、喜びの基本感情が増えるように設定するが、その友人が悲しんでいるときには悲しみの感情を増加することにより、友人同士の感情の同調を表現する。

4.2.2 調整感情の使用

本研究で用いる調整感情は、基本感情とは別に用意するものである。基本感情と同じくベクトル型となっており、基本感情から後述する感情調整用行列を用いた計算により作成する。基本感情がエージェントの本心となるのに対し、本研究での調整感情はその状況下において、エージェントが表出するのに相応しい感情という意味合いを持つ。

本研究では、基本感情から表情調整に用いる調整感情を生成する際の調整処理として、行列演算を用いる。喜び、怒り、悲しみ、驚きをそれぞれ m_0, m_1, m_2, m_3 とすると、各要素は式 (4.1) のように求められる。

$$\begin{cases} m_0 = f_{00}b_0 + f_{01}b_1 + f_{02}b_2 + f_{03}b_3 \\ m_1 = f_{10}b_0 + f_{11}b_1 + f_{12}b_2 + f_{13}b_3 \\ m_2 = f_{20}b_0 + f_{21}b_1 + f_{22}b_2 + f_{23}b_3 \\ m_3 = f_{30}b_0 + f_{31}b_1 + f_{32}b_2 + f_{33}b_3 \end{cases} \quad (4.1)$$

これにより、 \mathbf{b} を式 (4.2)、 \mathbf{m} を式 (4.3)、 \mathbf{F} を式 (4.4) と書くと、調整感情を求める式は式 (4.5) と表すことが出来る。

$$\mathbf{b} = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} \quad (4.2) \quad \mathbf{m} = \begin{pmatrix} m_0 \\ m_1 \\ m_2 \\ m_3 \end{pmatrix} \quad (4.3)$$

$$\mathbf{F} = \begin{pmatrix} f_{00} & f_{01} & f_{02} & f_{03} \\ f_{10} & f_{11} & f_{12} & f_{13} \\ f_{20} & f_{21} & f_{22} & f_{23} \\ f_{30} & f_{31} & f_{32} & f_{33} \end{pmatrix} \quad (4.4)$$

$$\mathbf{m} = \mathbf{F}\mathbf{b} \quad (4.5)$$

上記のように考えることによって、フィルタを行列そのものとして定義した。このような行列をあらかじめ複数用意し、適宜選択し処理を行う。

4.2.3 調整感情生成手法

2.3 節で述べたように、人間と人間がコミュニケーションを行う上で、お互いの立場や関係は感情の発露の一種である表情表出に非常に重要な影響を与える要素である。こうした対人関係やシチュエーションによる表出の違いは、文化によって違いが生じるものであるが、本研究では日本の場合を想定している。

立場や関係の違いは、以下のような場合に現れる。

- 一人のとき
- 家族と一緒に
- 友達と一緒に
- 知り合いと一緒に
- 公衆
- 自分よりも地位の下の者と一緒に
- 自分よりも地位が上の者と一緒に

一人でいる場合には、表情を工夫して表す必要はないが、それ以外の場面では、相手に対し、それぞれどの程度感情を表情に表すかが違ってくる [15]。中でも、自分の属する集団内と集団外、および上下関係に関しては明確な特徴がある。

家族や友人関係にあたる、当人の属する集団内の人間関係に対しては、日本では、アメリカなどと比べ、集団の秩序を重んじる傾向がある。そのため、否定的な感情を抑えたり、集団内で同じ表情を表出したりする。また、集団外の人間に対しては、表情を抑えたり、否定的な感情を表出する傾向がある。また、上司は部下に対して怒りを表出することはかまわないが、逆は一般的に認められないなどといったような特徴がある。

本研究はエージェント同士のコミュニケーションに主眼を置いているため、エージェント同士にこのような立場や関係性などの社会的な属性を設定する。本研究で取り扱うシチュエーションは以下の通りとなる。また、フィルタに用いる概念は 2.3 節で述べたものを元に作る。

行列の作成の仕方は、まず、基本となる感情値変化の設定から行う。

$$\begin{array}{c}
 \text{喜} \quad \text{怒} \quad \text{哀} \quad \text{驚} \\
 \begin{array}{c}
 \text{喜} \\
 \text{怒} \\
 \text{哀} \\
 \text{驚}
 \end{array}
 \begin{pmatrix}
 f_{00} & f_{01} & f_{02} & f_{03} \\
 f_{10} & f_{11} & f_{12} & f_{13} \\
 f_{20} & f_{21} & f_{22} & f_{23} \\
 f_{30} & f_{31} & f_{32} & f_{33}
 \end{pmatrix}
 \end{array} \tag{4.6}$$

式 (4.6) は、基本感情が 4 種類の場合に用いる 4 行 4 列の行列である。調整用行列の生成の基本は単位行列を元にする。また、一人でいる場合など、調整感情の作成が必要ない場面では調整用行列も単位行列となる。

例えば、怒りを表出してはならない相手に対して用いる調整用行列の場合、怒りに相当する f_{11} の値を 1.0 以下にすることにより表現する。この行列に基本感情を掛けると、怒りの弱まった調整感情を生成することが出来る。同じように喜の場合は f_{00} 、哀の場合は f_{22} 、驚の場合は f_{33} の値を調整する。

その他の要素は、ある感情が別の感情にどれほど影響するかに関わる部分である。例えば、本心が怒っていればいるほど笑いの表情を偽装しようとする場面、あるいはそうした性格を持ったキャラクタの調整用行列を生成する際には、 f_{01} の値を0以上に設定する。また、不快な他人を前にしたときのように、楽しい気持ち強い時ほど怒りを強く表出するような場面では、 f_{10} の値を同じように0以上に設定することにより表現することが出来る。

この手法にのっとり生成した行列の例を以下に示す。ただし、以下の行列はあくまで一例であり、エージェントに持たせる性格・個性に応じて変更することにより、怒りやすい、喜びやすいなどの違いを持たせることが出来る。行列中の+の記号は、0以上1以下の任意の数値である。

- 親しい友人

親しい友人同士の場合は、基本的に喜びなどの好感情を表出し、怒りや悲しみなどの否定的な感情を縮小する。友人同士の場合は、基本的に良い感情を増幅し、怒りや悲しみなどは縮小する。例として以下のような行列を定義した。

$$F = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{喜} & \text{怒} & \text{哀} & \text{驚} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{喜} \\ \text{怒} \\ \text{哀} \\ \text{驚} \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & + & + & 0 \\ 0 & + & 0 & 0 \\ 0 & 0 & + & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (4.7)$$

式(4.7)は、基本行列に対し、否定的な感情である怒や哀を縮小する。また、怒や哀の感情が強いほど、肯定的な感情である喜を増加することにより、親しい友人である相手に対して否定的な感情を表さないような調整感情を生成することが出来る。

- 自分よりも地位が上の者

当人よりも地位が上のものに対しては、怒りの感情を示してはならない傾向がある。そして、怒りを感している場合には、好感情である微笑の表情などを表出し、それを偽装する傾向がある。そこで、今回は式 (4.8) のように、怒りを縮小し、怒っているときほど喜びが増えるような行列を定義した。これにより、基本感情が怒の場合でも、喜の表情を強く示す調整感情を得ることが出来る。

$$F = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{喜} & \text{怒} & \text{哀} & \text{驚} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{喜} \\ \text{怒} \\ \text{哀} \\ \text{驚} \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & + & 0 & 0 \\ 0 & + & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (4.8)$$

- 不愉快な他人

他人と接する場合は、無関心を装うが、ちょっとしたことで怒りを表出するという傾向に基づき、式 (4.9) を定義する。怒以外の感情は縮小し、また、弱さを表出する可能性がある悲しみなどの感情は縮小するという傾向に基づき、哀の感情が強いほど怒の感情を増幅するよう設定した。これにより、全体的に感情を抑えるが、怒や哀などの否定的な感情が高まると怒りを積極的に表出する調整感情を得ることが期待できる。

$$F = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{喜} & \text{怒} & \text{哀} & \text{驚} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{喜} \\ \text{怒} \\ \text{哀} \\ \text{驚} \end{matrix} & \begin{pmatrix} + & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & + & 0 \\ 0 & 0 & + & 0 \\ 0 & 0 & 0 & + \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (4.9)$$

また、感情をそのまま表出する傾向のある性格づけを行う際は基本行列に近い

形とし、複雑な性格を表現する為には多くの要素に何らかの数値を入れることにより表現することができる。

4.3 表情の生成

本研究では 4 種類の感情に対応した表情と、そのいずれでもない表情、すなわち無表情の 5 種類の単純化した顔画像を用いる。

人間は額や眉などの顔の上部・口元や頬などの目の周辺・顔の下部の 3 つの領域を独立に動かすことが出来るため、今回は表情をこれら 3 つの部位の組み合わせによって表現する。困り笑いや泣き笑いなどの表情の混合もこの段階で行う。

表情の顔面に対する表出のしやすさには固体差があるが、一般的に顔の下部、顔の上部、目の周辺の順に意識的に動かしやすい部位となっている。本研究ではこれら三部位に対し、エージェントの固体ごとに動かしさの度合いをあらかじめ決定しておき、本心である基本感情を元に得られた表情パターンと、表情調整を行うための調整感情で得られた表情パターンのどちらが顔の部位に表れるかを決定する。

これにより、例えば本心は怒っており、状況は笑うべき場面において、目が笑っていない偽装の笑みのような表情を表出することが出来る。図 4.3、図 4.4、図 4.5 は、基本感情と調整感情から実際に表出する表情を生成するイメージ図である。



図 4.3: 基本感情：怒りの表情

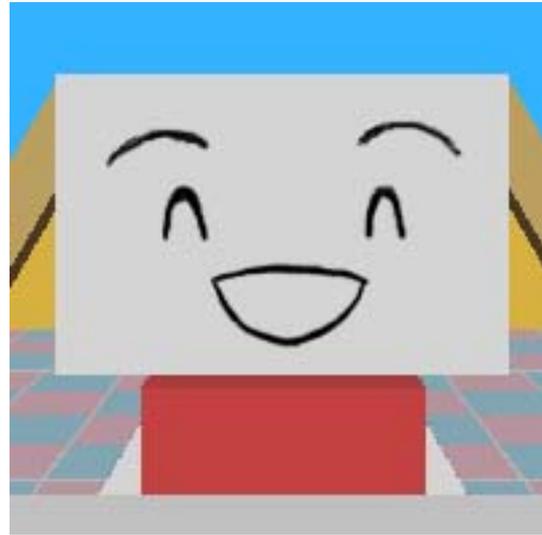


図 4.4: 調整感情：笑いの表情



図 4.5: 実際に表出する表情

図 4.3 を基本感情で得られた表情パターン（この場合は怒り）であるとする。また、図 4.4 を、調整感情で得られた表情パターン（この場合は笑い）であるとする。つまり、この例においては、本心は怒っているが、社会的な立場の違いや会話の状況などから笑うことが適切な反応である場面を表している。

そして図 4.5 が、これら二つの感情から実際に生成した表情の例である。この場合、目と眉は怒っているが、口元だけが笑っている表情となっている。

また、基本感情 b の中で一番強い値を b_{max} 、調整感情 c の中で一番強い値を c_{max} 、基本感情と調整感情の顔の部位（目より上、目元、口元）に対する現れやすさを k とすると、顔の部位それぞれに対する表情の選択は以下のように行う。

$$L_b = b_{max} - k \quad (4.10)$$

$$L_c = c_{max} - (1 - k) \quad (4.11)$$

L_b と L_c 、0 のうち、 L_b が最大の場合は基本感情を表情として採用し、 L_c が最大の場合は調整感情を採用し、0 の場合は無表情を表出する。 $L_b = L_c$ の場合は基本感情を採用する。以上の状態をグラフで表すと図 4.6、図 4.7 のようになる。図 4.6 は無表情を表出する可能性のあるケースであり、図 4.7 は無表情が表出する可能性のない場合である。

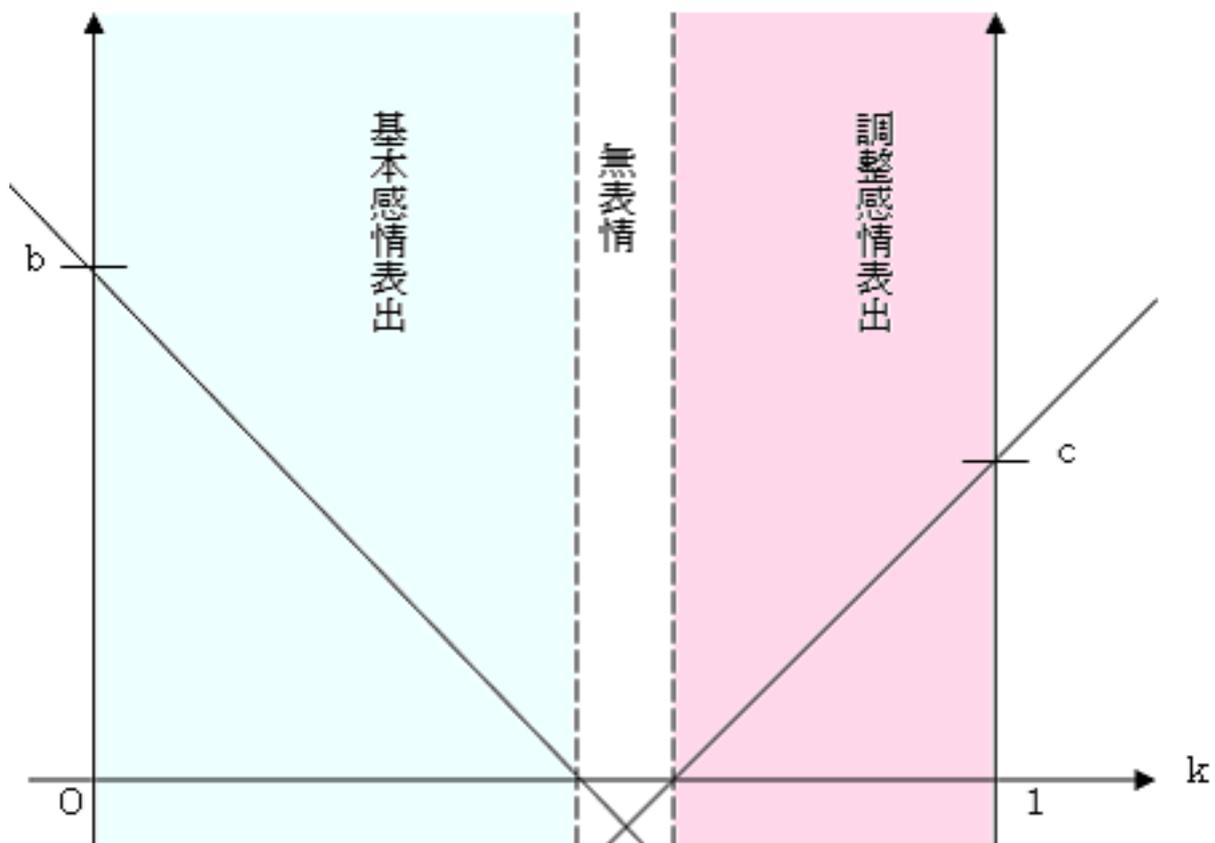


図 4.6: 無表情の可能性がある場合の基本感情と調整感情の表出ルール

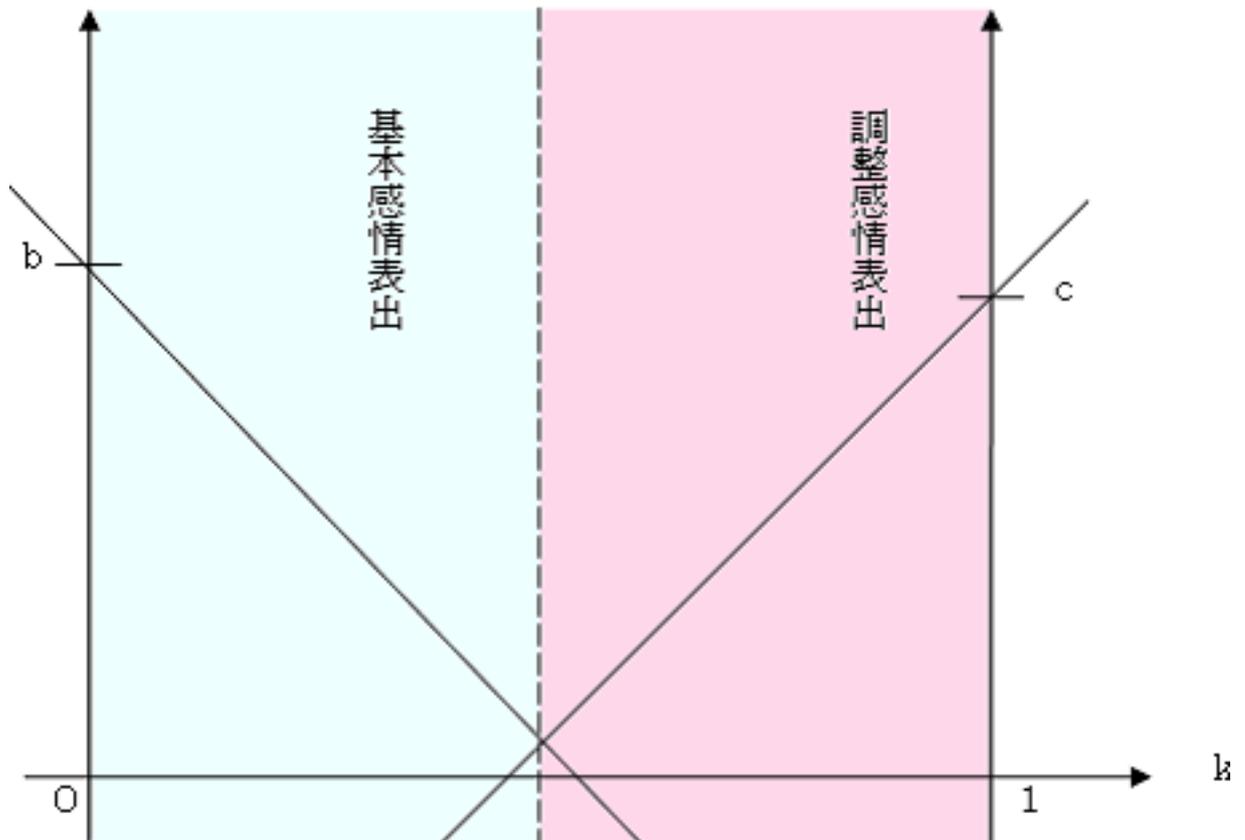


図 4.7: 基本感情と調整感情の表出ルール

4.4 表情の推測

あるエージェント A が本心そのままの表情ではなく、調整した表情を表出した場合、それを見た側のエージェント B が A の表情をそのまま A の本心であるにとらえると、出力側は調整を行っている為に不都合が生じる。現実の人間も相手の表情をそのまま相手の本心としてとらえているのではなく、相手の本心を表情から推測し自分の反応に反映している。そこで、エージェントに相手の表情から本心を逆算する機能を持たせる。本研究では感情値をベクトルとして扱い、その調整を行列演算にて行うため、逆行列演算を用いて解釈を行う。

エージェントは顔画像表出と同時に相手に内部パラメータとして表出感情 a を

送る。表出感情 a は、基本感情 b と調整感情 c の混合ベクトルとなる。この混合比は固体により違いを持たず。受け取り側エージェントはそのパラメータを参考に、相手側の本心を検討する。

相手エージェントから受け取る内部パラメータとしての表出感情を a 、受け取り側エージェントが現在の会話の状況・属性からもし相手の立場にあった場合選択するフィルタを F とすると、相手の本心としてとらえることのできる感情 b' は以下の式 (4.12) のように求める。

$$\mathbf{b}' = \mathbf{F}^{-1}\mathbf{a} \quad (4.12)$$

この b' を元に、以下の二点に関し調整を加える。

1. 基本感情に対する感情刺激
2. 基本感情に対する調整計算

1では、例えば親しい友人が楽しい表情をしていれば同じ感情を増やし、逆に悲しい表情をしていれば徐々に悲しい気持ちを増やすことにより、友人同士の同調行動を表現する。2では、当人は楽しい気持ちだが親しい友人が悲しい表情をしているときなどに、悲しみの表情を表出し、それとは逆の表情である嬉しいという表情を表出しないように喜の感情を縮小する機能となる。

これを踏まえ、ある感情を増幅し、それと対照的な感情を縮小する効果のみを持つ調整用行列 A を定義する。これは例えば哀を増加する際には喜を、喜を増加する際には怒と哀を縮小する行列である。これを元に、式 (4.5) を更に以下のように拡張する。

$$\mathbf{m} = \mathbf{FAb} \quad (4.13)$$

式 (4.13) により、相手感情を考慮した調整感情を表出することが出来る。

第 5 章

結果

本研究では、自律型のアニメーションエージェントを用意し、提案したシステムを実装した。エージェント同士がコミュニケーションする際の基本感情の変化と、調整感情の変化、それに伴う表情の変化について観察した。

5.1 実装

本研究で用いたエージェント

本研究では、眉・目・口の3パーツから構成できる顔面を持った簡易なアニメーションキャラクターを使用した。顔の3パーツは、それぞれ喜・怒・哀・楽・無表情の5種類のパターンを持っている。図5.1は、使用したエージェントの表情である。



図 5.1: 無表情・喜・怒・哀・驚の5表情

コミュニケーション

本研究でのエージェントのコミュニケーションは、発話と視聴の2つの状態を持っており、その2つの状態を使い分けている。一方が発話状態にある時はもう一方は視聴状態にある。この状態はランダムに入れ替わる。発話状態にあるエージェントは、基本感情から調整感情を生成し、表情を調整したうえで表出する。視聴状態にあるエージェントは会話の内容や状況から基本感情を生成する。また、相手が出した表情から相手の基本感情を求め、調整感情生成の際に考慮する。図5.2は、エージェント同士の会話の様子である。

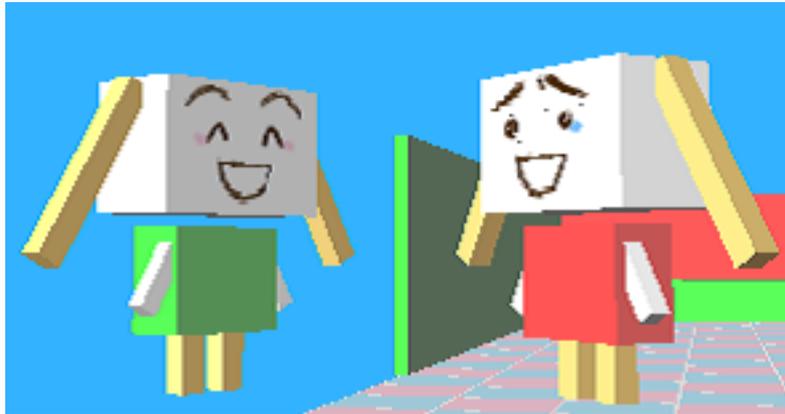


図 5.2: エージェント同士の会話の様様

調整感情生成用の為の属性

今回は、1人のエージェントに対し、友人・仕事の上司・他人という3種類の相手エージェントを用意した。

5.2 実行結果

実装したエージェント同士の表情変化を観察した。

ケース 1 親しい友人が来た場合

ここでは、エージェントが怒りの状態である場合に親しい友人が来るという状況を想定した。親しい友人が来るという状況で設定している基本感情の変化の傾向は以下である。

- ・喜 大きく増加
- ・怒 減少
- ・哀 減少
- ・驚 やや増加

親しい友人が来た場合、基本的には喜びなどに代表される好意的な感情を表出し、怒りや悲しみなどの表情は抑える傾向がある。その為、エージェントでも親しい友人が来た際には、喜びの感情を誇張する表現が望ましい。

図 5.3 に基本感情の変移のグラフを表す。初めは怒の値が強いが、徐々に怒が下がり、喜があがることにより、親しい友人との会話の中で怒りが収まり喜びが増幅する様子となっている。

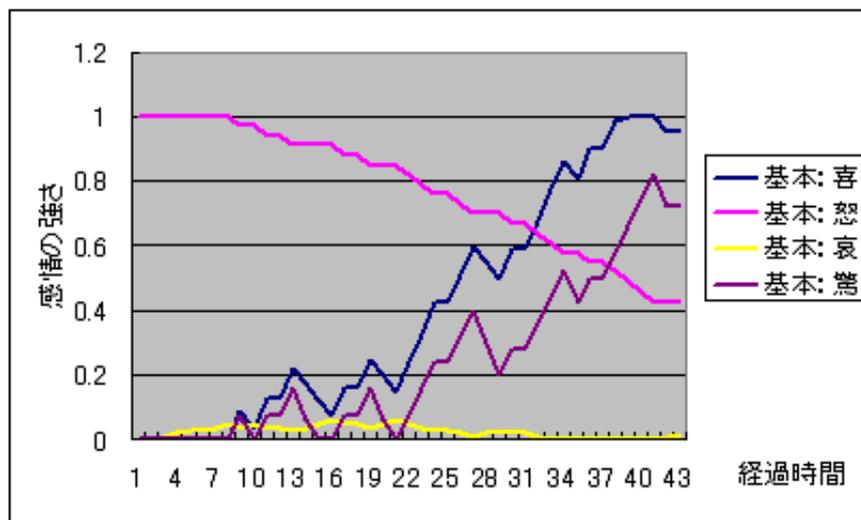


図 5.3: 基本感情の変遷

次に 図 5.4 にその本手法を用いたことにより生成した調整感情の変移のグラフを表す。基本感情では初めのうちは怒の値が圧倒的に強かったが、本手法を用いることにより、怒を押さえ、喜を積極的に表出するようになっている。

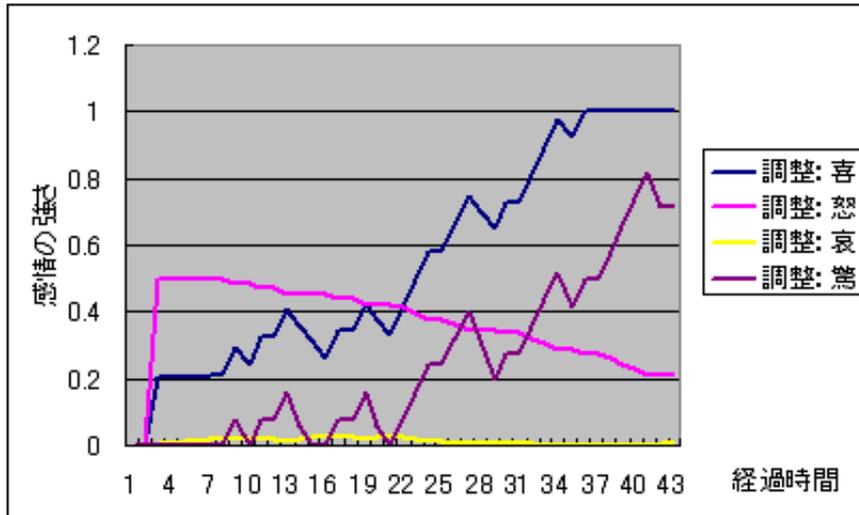


図 5.4: 調整感情の変遷

図 5.5 は、上記の基本感情と調整感情から生成したエージェントの表情の変化である。初めは本心・表情ともに怒りの状態であったが、友人が来たことにより調整感情を生成し、表情を変化しやすい口元から偽装の表情としての喜びを表出し始めた。徐々に基本感情が変化するに従って、本心から笑うようになった。これにより、特に初期状態においては本心は怒の状態であるため、愛想笑いを表現できたといえる。



図 5.5: ケース 1 でのエージェントの表情変化

ケース 2 悲しんでいる友人が来た場合

ここでは、悲しんでいる親しい友人が来るという状況を想定した。基本感情の変化の傾向は、ケース 1 と同じである。

しかし、親しい友人同士の場合は相手と同じ感情を示すという傾向もある。この場合は、悲しんでいる友人が来るという状況のため、本心が喜であっても、友人に合わせた哀の表情を表出することが望ましい。

図 5.6 に基本感情の変移のグラフを表す。悲しんでいる友人が来るまでは喜の状態であったが、相手感情から哀を認識することにより、当人の状態も徐々に哀が上昇し、それと対照的な感情である喜の感情が下がっている。

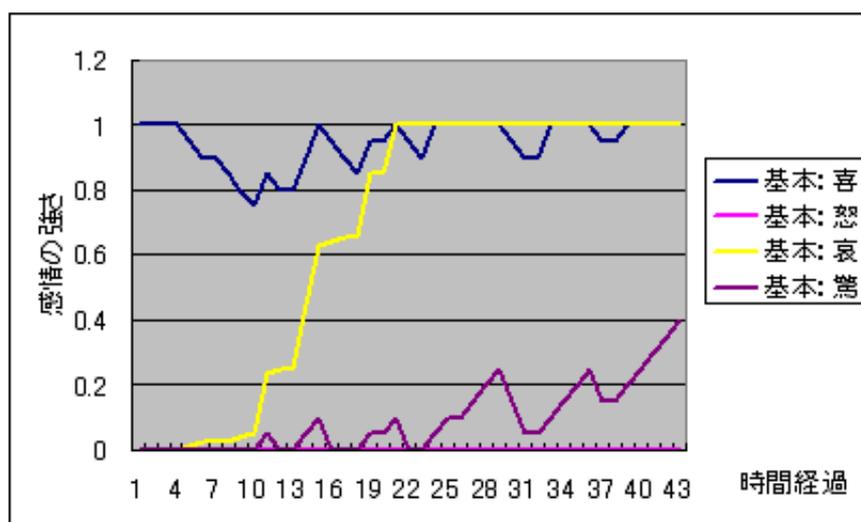


図 5.6: 基本感情の変遷

次に図 5.7 に本手法を用いたことにより生成した調整感情の変移のグラフを表す。悲しんでいる友人が来ることにより、本心が哀の状態になるまでは喜の感情を押さえ哀を誇張した調整感情を生成している。

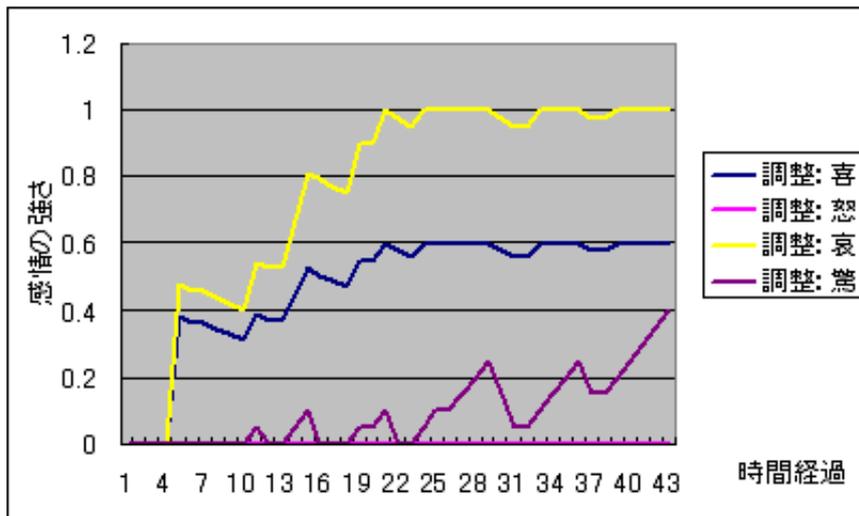


図 5.7: 調整感情の変遷

図 5.8 は、基本感情と調整感情から生成したそのときのエージェントの表情の変化である。初期設定において基本感情が喜びだったため、初めは友人の来客に対しても喜の表情を表出していたが、やがて友人の表情に合わせて哀の表情を偽装し始めた。次第に、基本感情も友人の感情の影響を受けて哀が高まり、本心から哀の状態になっていったが、今度は友人が対象エージェントの表情から喜を偽装し始めた。そのため、それにつられて今度は口元に喜の表情を表し始めた。これにより、相手が悲しんでいる場合には同情している表情を作り、なおかつ徐々にお互いが相手と同じ表情を表出するという様子が観察できた。これにより同調表情を表現できたといえる。

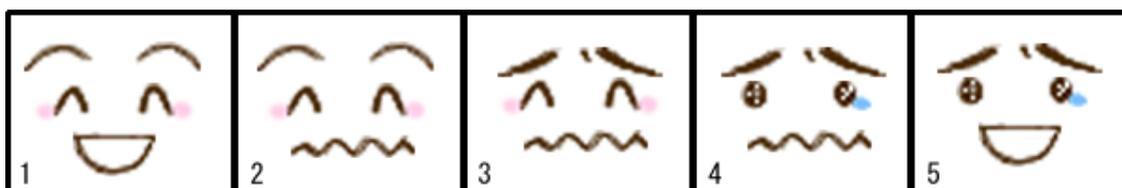


図 5.8: ケース 2 でのエージェントの表情変化

ケース 3 仕事の上司が来た場合

ここでは、仕事上の上司が来たという状況を想定した。基本感情の変化は以下の通りとする。

- ・喜 やや減少
- ・怒 やや増加
- ・悲 やや増加

当人より立場が上のものがある場合、人は否定的で攻撃的な感情である怒りの感情を押さえ、その逆の性質を持つ喜びなどの表情を積極的に表出する傾向がある。また、悲しみの表情に関しては、相手との立場の差を強調するために表出することは構わない。

これにより、本心が怒りであっても目元が笑っていない偽装の笑みなどで表情を隠蔽する表現が適切である。また、本心が怒っていればいるほど喜びの感情を表出しようとする様子も求められる。

図 5.9 に基本感情の変移のグラフを表す。初めは怒りの感情のみが高かったが、後に哀の感情も高まるようになっていく。

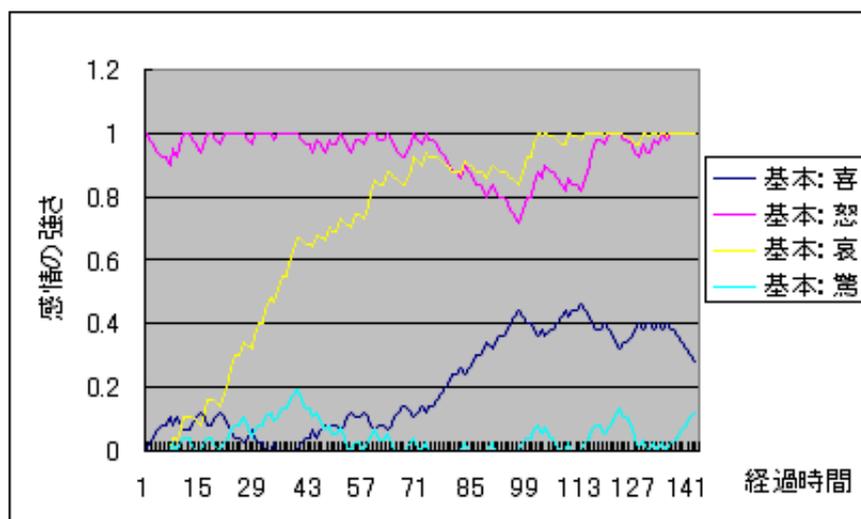


図 5.9: 基本感情の変遷

次に図 5.10 に本手法を用いたことにより生成した調整感情の変移のグラフを表す。怒の感情だけが高いうちは、怒れば怒るほど喜の状態を高めるように調整することにより、喜の感情を偽装した調整感情を生成している。哀の感情に関しては、このケースでは調整する必要がないので、ほぼそのままである。

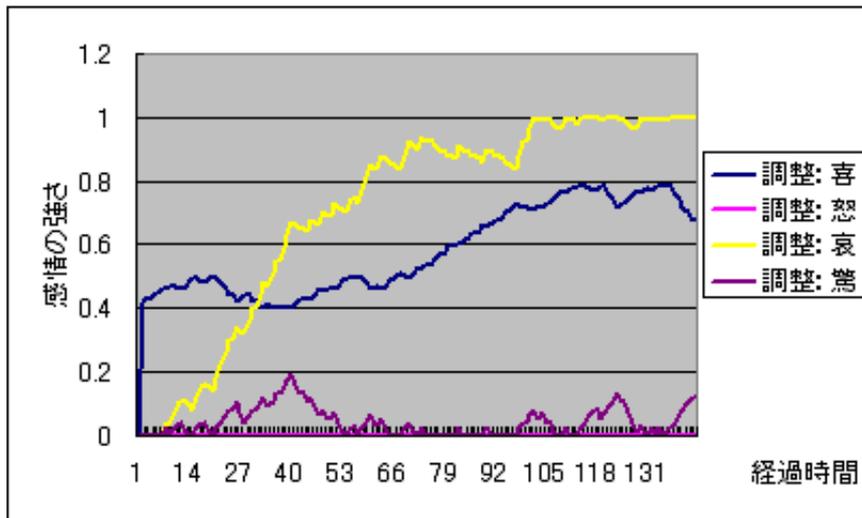


図 5.10: 調整感情の変遷

図 5.11 は、この時に表出した表情である。はじめは図中1のように怒の表情だったが、上司が現れたことにより2のように口元に笑みを偽装している様子が観察できた。これは、愛想笑いの表情と捉えることが出来る。また、基本感情の哀の感情が高まるに従い、偽装の喜よりも本心で、なおかつ表出してもかまわない哀の感情を表出することにより、怒りの表情を隠蔽した。



図 5.11: ケース 2 でのエージェントの表情変化

ケース 3 集団外の他人が現れた場合

ここでは、押し売りのような不快な他人が来たという状況を想定した。基本感情の変化は以下の通りとする。

- ・喜び 減少
- ・怒り 増加
- ・悲しみ 増加

将来関係を持ちたいと思わないような不快な他人が現れた場合、人間は無感情・無関心を装う。また、些細なことで怒りなどの否定的な感情をあらわにし、弱みにつながる悲しみなどの感情は抑える傾向がある。

これにより、不快な他人が来た際には、感情を押さえ無関心を装うか、不快さを表す怒り以外の基本感情は押さえる表現が求められる。また、弱みにつながる哀の表情はなるべく表出しないよう、怒などの感情で隠蔽しようとする様、つまり、強がっている表情や警戒する表情が適切な反応である。

図 5.12 に基本感情の変移のグラフを表す。初めは怒よりも哀の感情が高いが、やがて両者ともに拮抗するようになっている。

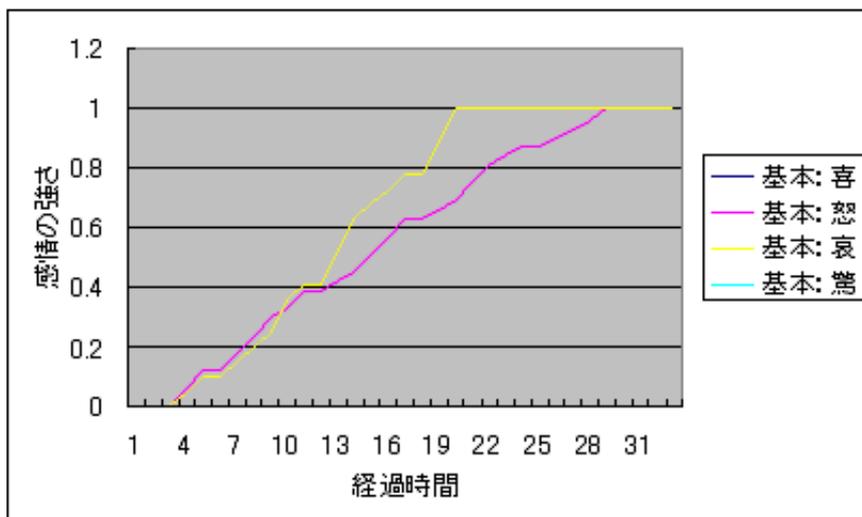


図 5.12: 基本感情の変遷

次に図 5.13 に本手法を用いたことにより生成した調整感情の変移のグラフを表す。初めは、全体的に抑えた感情になっていたが、徐々に哀よりも怒を強調した調整感情となった。

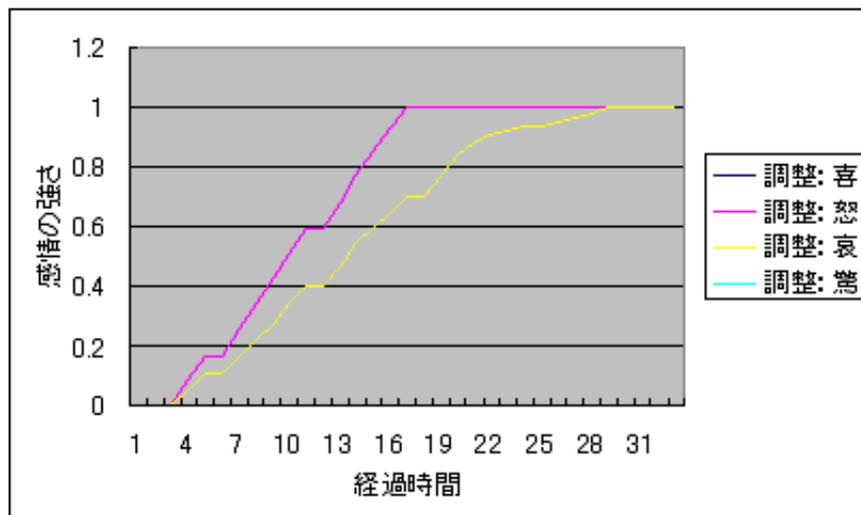


図 5.13: 調整感情の変遷

図 5.14 は、この時に表出した表情である。初めは本心が哀であっても、無関心を装うため無表情を表出しようとしたが、徐々に哀が高まるにつれ、それを押し隠すために怒を積極的に表出している様子となった。結果的に本心の表れやすい目元に哀が現れているが、哀の感情が高まるほど怒によって隠蔽する表情と鳴った。最終的には怒と哀の感情値が拮抗してきたため、図中 4 と 5 の表情を繰り返すようになった。これにより、不快な他人に対し、怒を積極的に表出し、哀を隠蔽する警戒の表情を表現できたといえる。

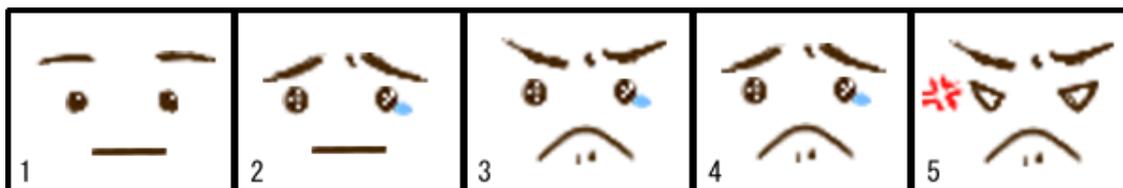


図 5.14: ケース 3 でのエージェントの表情変化

5.3 考察

ケース 1 では、友人に対して愛想笑いを表現できた。ケース 2 では、悲しい表情をしている友人にたいして同調を表現できた。ケース 3 では、上司に対し、基本感情の怒りを隠蔽している様子を表現できた。ケース 4 では、他人に対し、本心とは違った怒りを表出することで不快・警戒の様子を表している様子を表現できた。

いずれのケースにおいても、このような表情変化が起こったことにより期待した成果を得ることができた。これにより、少ない感情要素のみを利用する簡易なシステムにおいて、感情の混在した様々な表情を生成すること、愛想笑いや同情などの表情調整を自動的に行うこと、友人や敵対する他人、上下関係などに応じて表情を調整することを達成した。

5.4 現状での問題点

現状挙げることのできる問題点は以下の 3 点である。

- 相手によって推測のフィルタを変えていない

実際の間人は相手のパーソナリティにより、表情の表に出やすい人間、出にくい人間などを判断した上で相手の本心を推測している。本研究では、常に自分が相手の立場だった場合に使う調整行列を利用して相手の感情を推測しているが、知人に対しては特別なフィルタを用意する必要がある。

- 会話の状況を考慮していない

会話にはシリアス、リラックスなどの属性があり、それにより表出する表情も本来は違うものであるべきだが本研究ではこれを考慮に入れていない。会話の属性によっても表情を調整する必要がある。

- 定性的なフィルタ作成手法

現在、フィルタの作成手法は非常に定性的である。実際の間人の表情表出の

観察から数値化できる傾向を求め、それを利用した自動的なフィルタ作成手法が必要である。

第 6 章

結びに

本論文では、擬人エージェント同士の感情的コミュニケーションとその表出に関する機能向上を目的に研究を行った。特に人間の表情調整機能に着目し、少ない感情要素から愛想笑いや同情の表情などの表情の誇張や偽装など、人間同士のコミュニケーション場面で欠かせない表情を表出するための手法の提案を行った。

人工感情の本心と、会話の場面にふさわしい感情の二種類を用意し、それらから表情を生成することにより、本心をそのまま表出するのは違う表情を得ることが出来た。また、本研究の手法を用いることにより、エージェントによって本心の表出しやすさ、本心の調整度合いに変化をつけることで、本心が顔面に現れやすい個体、本心を押し隠すのが得意な個体などのバリエーションを簡易に得ることが出来る。また、相手の本心を逆行列演算により簡易に算出し、それも表情に取り入れることにより、相手の気持ちがよくわかっているエージェント、場の雰囲気を読めないエージェントなどの変化をつけることも可能である。

本研究は、今後使用場面が多くなるであろう人工感情同士のコミュニケーション場面、例えばエージェント同士のコミュニケーション、ウェブペットやゲームのノンプレイヤーキャラクターなどの自律キャラクタに適用することが考えられる。

また、検討課題として、以下のような手法の拡張が考えられる。

- 相手による推測の違い

現実の人間にも、相手の感情を察するのが上手い人間とそうでない人間がいる。また、怒りやすい傾向の人間、笑いやすい傾向の人間など、感情の変化にも個人差がある。現状では、相手の本心を推測する際に、自分のフィルタを用いて計算を行っているが、特に親しい間柄の相手の場合、相手の反応傾向を学習し反映するシステムが必要である。

- 調整用行列の妥当性の検証

現在、調整用の行列は非常に定性的な見地から手動で作成している。この行列の妥当性を検証する必要がある。

- 複数エージェント間のコミュニケーション

現在は1対1のモデルであるが、複数のエージェントがいる場面での反応も考慮する必要がある。

なお、本論文は情報処理学会第68回全国大会において、“擬人エージェントにおける社会的表情表出手法”[24]と題して発表した内容を含む。

謝辞

本論文執筆にあたり、適切なお指導をいただいた渡辺大地講師と和田篤先生に感謝の意を表します。また、主査を引き受けてくださった金子満教授、および副査を引き受けてくださった宮岡伸一郎教授に感謝いたします。最後に、多大な迷惑をかけた家族・友人・知人の皆様にお詫びと感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] 田近伸和, “未来のアトム”, 株式会社アスキー, 2001.
- [2] 吉田典之, “ロボットもの知り百科”, 電波新聞社, 2003.
- [3] 中野有紀子, “知識流通の為のメディア技術 -インタフェースエージェントの利用-”, 社会技術研究論文集 Vol.1, 77-84, 2003.
- [4] 穴吹まほろ, 山本裕之, 田村秀行, “Welbo: 複合現実空間に存在する擬人化エージェント”, 第 5 回知能情報メディアシンポジウム論文集, pp.191-198, 1999.
- [5] 石塚満, 橋本周司, 森島繁生, 小林哲則, 金子正秀, 相澤清晴, 苗村健, 伊庭斉志, 土肥浩, “マルチモーダル擬人化インタフェースとその感性基盤機能,” 感性的ヒューマンインタフェース公開シンポジウム資料, pp.99-111, 2000.
- [6] 土肥浩, 石塚満, “WWW と連携する擬人化エージェントとの HAI”, 人工知能学会誌, Vol.17, No.6, 693-700, 2002.
- [7] Mark DeLoura 編, 川西裕幸 監訳, 狩野智英 翻訳, “GAME PROGRAMMING GEMS”, 株式会社ボーンデジタル, 2001.
- [8] ランドルフ・R・コーネリアス, 斉藤勇 監訳, 堀内久美子 訳, “感情の科学 - 心理学は感情をどこまで理解できたか”, 誠信書房, 1999.
- [9] Ekman, P. “Facial Expression”, American Psychologist Vol.48, No.4, 384-392, 1993.
- [10] Ekman, P. “Basic Emotions”, The Handbook of Cognition and Emotion, 45-60, 1999.
- [11] R. H. フランク, 山岸俊男 監訳, “オデッセウスの鎖 適応プログラムとしての感情”, サイエンス社, 1995.
- [12] 香原志勢, “顔と表情の人間学”, 平凡社, 1995.

- [13] アイブルニア・イベスフェルト, 日高敏隆監修/桃木暁子他訳, “ヒューマン・エソロジー 人間行動の生物学”, ミネルヴァ書房, 2001.
- [14] 山口 真美, “顔の特徴情報を探る実験的研究”, 風間書房, 2002.
- [15] ディビット・マツモト, 工藤 力, “日本人の感情世界”, 誠信書房, 1996.
- [16] 間瀬健二, シドニー・フェルス, 江谷為之, アルミン・ブルーダリン, “インタフェース・エージェントに関する基礎検討”, 情報処理学会研究報告 HI, No.69-8, 1996.
- [17] H. Prendinger, M. Ishizuka, “SCREAM: Scripting Emotion-based Agent Minds”, Proc. of AAMAS'02. ACM Press, 350-351, 2002.
- [18] 湯浅将英, 安村禎明, 新田克己, “確率モデルを用いた擬人化エージェントの表情表出”, 第 17 回人工知能全国大会論文集, 2003.
- [19] 湯浅将英, 安村禎明, 新田克己, “オンライン交渉における擬人化エージェントの表情選択支援”, 情報処理学会研究会資料, HI-109/SLP-52, 1-6, 2004.
- [20] Business Design Laboratory, “ifbot”,
<http://www.business-design.co.jp/>.
- [21] 加納政芳, 吉田宏徳, 加藤昇平, 伊藤英則, “感性会話型ロボット「ifbot」の表情制御の感情空間へのマッピング”, 第 66 回情報処理学会全国大会論文集, 分冊 4, 77-78, 2004.
- [22] ATR 知能映像通信研究所, “Robovie”,
<http://www.mic.atr.co.jp/michita/everyday/>.
- [23] SONY, “AIBO”,
<http://www.jp.aibo.com/>.

- [24] 石川朱香音, 渡辺大地, “擬人エージェントにおける社会的表情表出手法”, 情報処理学会第 68 回全国大会, 2003.