

2017 年度卒業論文
感情表現を持つ自律エージェント

奈良女子大学 生活環境学部 情報衣環境学科 生活情報通信科学コース 4 回生
新出研究室 14480303 塚本麻衣

概要

近年、人間との対話を目指すにあたり、ロボットに人間らしい感情を持たせる研究が進んでいる。他者の感情の推測を可能とすることで、推測した感情に対応したより人間らしい感情生起が可能となる。また、自身の感情生起と他者の感情推測を同一の条件で行うことが望ましいが、そうした研究は過去に見られない。そこで、OCC theory と BDI モデルの結合を用いた Adam らによる形式化に基づく従来研究での実装に加え、本研究では感情 Love、Hate の実装、感情 Love、Hate を用いた他の感情の実装の改良、他者の感情の推測を可能とし、加えて従来の実装にあった不具合の修正を行った。本論文では修正点、他者の感情の推測の実装と、生起、推測した感情の検証結果と課題について述べる。

1 はじめに

近年、ロボットに人間らしい感情を持たせる研究が進んでいる。ロボットが人間と対話するにあたり、感情によって返答に変化があれば、より自然な対話が可能となり、感情に従った行動を選択することによって、より人間らしい行動をとることが可能となる。また、自身の感情生起だけでなく、他者の感情を推測し、推測した感情に対応した感情が生起することが望ましい。他者の感情推測は、自身の感情生起と同一の条件で行われることが望ましいが、そういった研究は過去に見られない。

常に周囲の環境が変化していく実世界において、問題解決のための行動を決定するロボットの実装には BDI アーキテクチャが有効とされている [10]。BDI アーキテクチャとは、人間の行動を「信念」、「願望」、「意図」の 3 つの心的状態でモデル化した BDI モデル [5] による行動決定式を計算機上で実現したものである。また、感情の形式化には、心理学に基づいた感情の生起に関する OCC theory [4] と呼ばれる、人間の包括的な感情を形式化し、信念、願望などの心的状態を用いて感情を分類、特徴づける理論が多く使われている。この OCC theory による特徴づけは論理モデルによる表現が可能であり、BDI logic を持つ BDI モデルとの親和性が高く、既存の BDI アーキテクチャの実装である Jason [2] 上の信念ベースを用いての実現が可能である。

Adam らの研究 [1] では、OCC theory を BDI モデルに取り込むことで、感情を論理式でモデル化している。BDI モデルでの形式化に用いられる論理体系である BDI logic に対し、「不確かだが起こると期待されている事柄」など、複数の新たなオペレータを導入し、用いることによって、OCC theory によって扱われる 22 種類うち、20 種類の感情の特徴づけを論理式として形式化し、BDI モデルに取り込んでいる。しかし、この研究では OCC theory で扱われる感情のうち一階述語論理が必要となる感情 Love、Hate の形式化は行っていない。

従来研究 [6][7] では、Adam の論理式を基に既存の BDI アーキテクチャの実装である Jason の信念ベースを用いてこれらの実装や、複数の感情の同時生起、生起した感情を時間経過によって度合いが減衰し、削除されるエージェントの実装を行っている。しかし、これらの研究では、OCC theory で特徴づけられている Love、Hate の 2 つの感情が Adam の論理式では形式化されていなかったために実装されておらず、これらに影響を受ける他の感情の実装についても不十分であった。また、他者の感情の推測についても行われていない。

そこで、本研究では、従来実装されていなかった感情 Love、Hate の実装、Love、Hate を用いた他の感情の実装の改良、自身の感情生起と同一の条件に基づく他者の感情の推測を行った。また、従来の実装で見つかった不具合の修正を行った。なお、本研究は同研究室の修士 2 回今井と 4 回浅井との共同研究であり、本論文では他者の感情の推測、不具合の修正について述べる。感情 Love、Hate の実装、Love、Hate を用いた他の感情の実装の改良については [9] で述べ、論理式による形式化については [8] で述べる。

3.1 従来の実装

Adam らの形式化では、感情の生起条件を BDI logic の論理式によって表現している。OCC theory によって特徴づけられた 22 種類の感情を以下の 6 つのグループに分類することによって、グループ毎に同じ形式を持つ生起条件を用いることを可能としている。

- ① Well-being emotions : Joy, Distress
- ② Prospect emotions : Hope, Fear
- ③ Confirmation emotions : Satisfaction, FearConfirmed, Relief, Disappointment
- ④ Fortunes-of-others : HappyFor, Resentment, SorryFor, Gloating
- ⑤ Attribution emotions : Pride, Shame, Admiration, Reproach, Gratification, Remorse, Gratitude, Anger
- ⑥ Attraction emotions : Love, Hate

⑥を形式化するには、対象物を引数としてとるために一階述語論理が必要であるが、Adam らの形式化命題論理を用いているため、⑥を除いた感情を形式化している。そこで従来研究でも、Adam らの形式化を基に、OCC theory で定義された 22 種類の感情のうち⑥を除いた 20 種類の感情を実装した。加えて感情の時間経過による度合いの減衰と削除、複数の感情の同時生起等が行われている。実装は、Adam らが形式化した感情の生起条件を Jason の論理プログラムとして記述し、生起条件となる信念が発生すれば感情が生じた旨とその時刻を記録することで行っている。

3.2 従来の実装における課題

従来研究 [6][7] では、感情 Love、Hate の実装が行われておらず、これらの感情に影響を受けると考えられる感情の実装も不十分であった。また、他者の感情の推測についても行われていなかったが、他者の感情を推測し、推測した感情に対応した感情を生起することが望ましいと考えられる。これらのことから、感情 Love、Hate の実装、Love、Hate を用いた他の感情の実装の改良、他者の感情の推測を本研究での課題とした。また、従来研究での実装に 1 節で述べた通り不具合が発見されたため、それらの修正についても課題とした。前述の通り、本論文では、他者の感情の推測と修正点についてのみ述べる。

4 他者の感情の推測

従来研究では、他者の信念を得ることで生起する感情が存在するが、他者の感情の推測については行われていなかった。しかし、より人間らしいエージェントの実装を目指すにあたり、他者の感情の推測を行い、推測した感情に対応した感情の生起を行うことが望ましいと考えられる。推測には、自身の感情生起と同一の条件に基づくことが妥当といえるため、感情の生起条件となる信念を感情推測の対象が持っていると感じた時、対象の感情の推測を行うよう実装した。ただし、今回は他エージェントが持っている信念が自エージェントに外部から明示的に伝えられるものと仮定して実装を行った。現在、OCC theory によって特徴づけられた感情のうち、生起に自身の信念と、相手の信念を必要とする感情 HappyFor, SorryFor, Resentment, Gloating を除く 18 種類の推定感情の実装を行っている。以下に例として感情 Joy (喜び) の生起条件と推測条件を述べる。

感情 Joy (喜び) の生起条件の形式的定義 [8] は以下の通りである。

$$Joy_{f(d)}^i \phi := Des_d^i \phi \wedge Bel^i \phi \quad (1)$$

これは「エージェント i にとってイベント ϕ の成立が d 程度望ましく、且つ、エージェント i がイベント ϕ の成立を信じているならば、エージェント i はイベント ϕ の成立に対する $f(d)$ 程度の感情 Joy を生起する」という意味である。ここで、 $Des_d^i \phi$ は「エージェント i にとってイベント ϕ の成立は d 程度望ましい」、 $Bel^i \phi$ は「エージェント i がイベント ϕ の成立を信じている」という意味である。なお、[8] では、イベントが生起条件であることを正確に反映するため、 Bel ではなく、信念の発生を表す新たに定義したオペレータ Bel_{arise} を生起条件に用いているが、ここでは議論を簡単にするため、従来定義に沿って Bel を用いている。

感情 Joy (喜び) の推測は以下の条件によって行われる。

$$GuessJoy_{f(d)}^{i,j} \phi := Bel^i Des_d^j \phi \wedge Bel^i Bel^j \phi \quad (2)$$

これは「エージェント j にとってイベント ϕ の成立が d 程度望ましいとエージェント i が信じており、且つ、エージェント j がイベント ϕ の成立を信じているとエージェント i が信じているならば、エージェント i はエージェント j のイベント ϕ に対する $f(d)$ 程度の感情 Joy を推測する」という意味である。ここで、 $Bel^i Des_d^j \phi$ は「エージェント j にとってイベント ϕ の成立が d 程度望ましいとエージェント i が信じている」、 $Bel^i Bel^j \phi$ は「エージェント j がイベント ϕ の成立を信じているとエージェント i が信じている」という意味であり、(2) からは以下の式が導かれる。

$$GuessJoy_{f(d)}^{i,j} \phi \equiv Bel^i (Des_d^j \phi \wedge Bel^j \phi) \quad (3)$$

これは「『エージェント j にとってイベント ϕ の成立が d 程度望ましく、且つ、エージェント j がイベント ϕ の成立を信じている』ことをエージェント i が信じているならば、エージェント i はエージェント j のイベント ϕ に対する $f(d)$ 程度の感情 Joy を推測する」という意味である。

ここで、(3) の右辺は、(1) の右辺に Bel^i を付けた形をしているため、エージェント i は、自身の感情 Joy の生起と同一の条件がエージェント j について成り立ったとき、エージェント j のイベント ϕ に対する感情 Joy の生起を推測すると言える。

イベントの成立に対する望ましさの度合い d の値が大きいくほど、感情 Joy の程度も大きくなると考えられるため、感情 Joy の度合いを計算する関数 $f(d)$ は増加関数と定義している。他の感情の推測に関しても同様に推測対象が感情の生起条件の信念を持っていることを信じているとき、対象の感情の生起を推測する。これにより、同一の条件に基づいた感情生起と他者の感情の推測を可能とした。

他者の感情推測を行うエージェントの入力と出力の例を図 1 に示す。入力エージェント $pochi$ への $mike$ の信念の入力を表し、出力は、 $pochi$ に $mike$ に関する $GuessJoy$ が度合い 0.6 で生じたことを意味する。

(入力)

mike !chat(pochi,des(mike,fish)[degOfCert(0.6)]) (pochi に魚を得ることが 0.6 程度望ましいと伝える)

mike !chat(pochi,bel(mike,fish)) (pochi に魚を得たと信じていることを伝える)

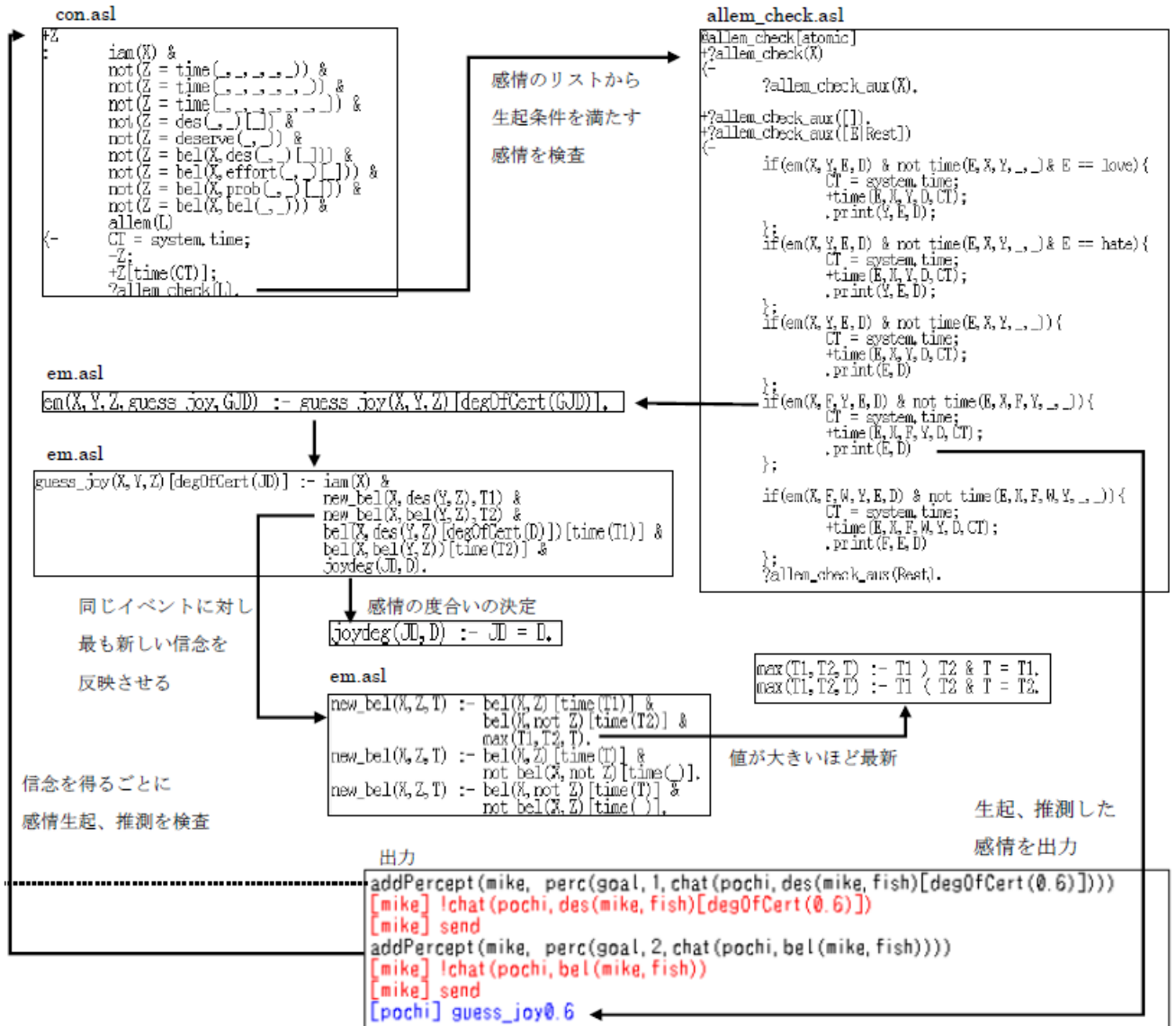


図 1 他者の感情推測

5 不具合の修正

ここでは、従来研究の実装の不具合とその修正について述べる。

5.1 望ましさを示す信念の修正

OCC theory では、あるイベントに対する望ましさ、あるいは望ましくなさを感情生起に影響するパラメータの1つとしており、我々の実装でも、ある事柄に関する望ましさを表す信念 des を感情生起の条件の一部としている。そのため、感情生起には信念 des が必要となる。また、ある事柄に対する望ましさの度合いは常に一定ではなく、状況によって変化することが望ましい。しかし、従来研究では、信念 des は度合いの調節を行うために外部入力から得ているため、外部からの入力があるまでは感情生起ができなかった。また、一度得た信念 des の度合いを変更することもできなかった。そこで、信念 des を初期信念に入れ、エージェントが最初からイベントに対する信念 des を持つようにすることで、信念 des の外部入力を待たずに感情生起を行えるようにし、同じイベントに対する信念 des の更新を行えるようにすることで、望ましさの度合いの変更を可能とした。

初期信念に des(pochi,sanpo)[degOfCert(0.8)] を持っているエージェント pochi の信念 des を変更し、感情を生起させた場合に変更後の度合いに基づいた感情生起が行われる例を図2に示す。

(初期信念)

pochi des(pochi,bone)[degOfCert(0.5)] (pochi は骨を得ることが0.5程度望ましい)
 pochi des(pochi,sanpo)[degOfCert(0.8)] (pochi は散歩が0.8程度望ましい)

(入力)

pochi bel(pochi,bone) (pochi が骨を得たと信じる)
 pochi des(pochi,sanpo)[degOfCert(0.7)] (pochi は散歩が0.7程度望ましい (desの変更))
 pochi bel(pochi,sanpo) (pochi が散歩したと信じる)

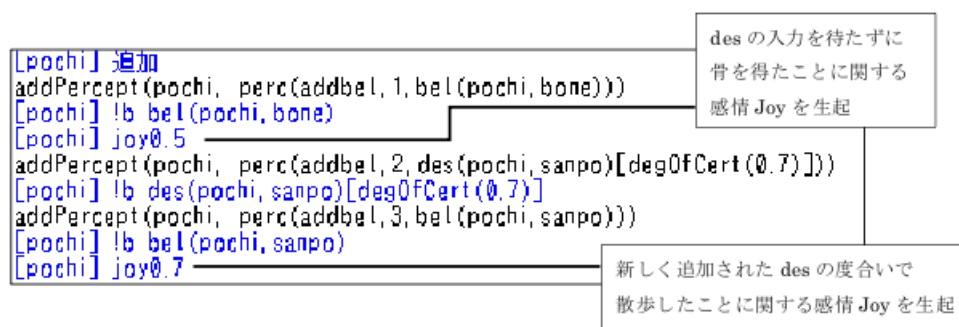


図2 desの変更

5.2 予期を示す信念の修正

感情の中には、あるイベントの成立を予期することを生起条件に含むものと、あるイベントの成立を予期しないことを生起条件に含むものがある。一方、信念の度合いを0から1までとしているため、イベントの成立を予期しないことで生起する感情の生起の検査は、予期を表す信念 prob の度合いを0.5以下とすることで実装していた。しかし、イベントの成立を予期することで生起する感情には信念 prob の度合いの制限をつけて

おらず、信念 prob の度合いが 0.5 以下であれば、同じイベントに対して、成立を予想することで生起する感情と、予想しないことで生起する感情が同時生起してしまうといった矛盾が生じていた。そこで、イベントの成立を予想する場合は ϕ 、イベントの成立を予想しない場合は $\text{not } \phi$ という表現にすることにより信念を分けて、これらの同時生起が起こらないよう実装を変更した。以下に例を示す。

(初期信念)

```
pochi des(pochi,win)[degOfCert(0.3)] (pochi は優勝することが 0.3 程度望ましい)
pochi des(everyone,win)[degOfCert(0.5)] (pochi は優勝することが 0.5 程度賞賛されると思っている)
```

(入力)

```
pochi prob(pochi,not win)[degOfCert(0.6)] (pochi は優勝しないことを 0.6 程度予想)
pochi effort(pochi,win)[degOfCert(0.3)] (pochi は優勝するために 0.3 程度努力)
pochi bel(pochi,win) (pochi は優勝したことを信じる)
```

```
addPercept(pochi, perc(addbel, 1, prob(pochi, not (win))[degOfCert(0.6)]))
[pochi] !b prob(pochi, not (win))[degOfCert(0.6)]
addPercept(pochi, perc(addbel, 2, effort(pochi, win)[degOfCert(0.3)]))
[pochi] !b effort(pochi, win)[degOfCert(0.3)]
addPercept(pochi, perc(addbel, 3, bel(pochi, win)))
[pochi] !b bel(pochi, win)
[pochi] gratification!
[pochi] pride0.9
[pochi] joy0.3
```

図 3 prob を生起条件の一部とする感情の生起

この例の状況において、従来研究では、Gratification (満足)、Pride (誇りに思う)、Joy (喜び) および Satisfaction (満足) の 4 つの感情が生起されていた。しかし、Gratification はイベントの不成立の予想を、Satisfaction はイベントの成立の予想を条件に含む感情であるため、同一のイベント (pochi の優勝) に対してこれらが両方生起するのは不合理であると考えられる。従来は、pochi の優勝に関する予想を $\text{prob}(\text{pochi}, \text{win})[\text{degOfCert}(0.4)]$ で表現し、その度合いが 0.5 以下であるため、それを予想しないことが条件である Gratification が生起し、一方で、Satisfaction の生起条件は prob の度合いを考慮せずに実装していたため、Satisfaction も生起していた。修正した実装では、pochi の優勝の予想の表現を前述のように not を用いたものに変更し、Gratification の生起条件も not つきの prob を用いたものに変更したため、Gratification は引き続き生起する一方で、not なしの prob を生起条件に持つ Satisfaction が生起することはなくなった。

以下にこれらの感情の生起条件の形式的定義 [8] を示し、この例での実際の生起との比較について述べる。

感情 *Gratification* (満足) の生起条件の形式的定義 [8] は以下の通りである。

$$\text{Gratification}_{f(d,l,p)}^i \phi := \text{Des}_d^i \phi \wedge \text{BelPastProb}_l^i \neg \phi \wedge \text{Bel}^i \phi \wedge \text{Praise}_p^i \phi \quad (4)$$

これは「エージェント i にとってイベント ϕ の成立は d 程度望ましく、且つ、過去のある時点でイベント ϕ の不成立を l 程度予想し、且つ、エージェント i がイベント ϕ の成立に対し p 程度賞賛されると思っており、

且つ、エージェント i がイベント ϕ の成立を信じているならば、エージェント i はイベント ϕ の成立に対し $f(d, l, p)$ 程度の感情 *Gratification* を生起する」という意味である。

感情 *Pride* (誇りに思う) の生起条件の形式的定義は以下の通りである。

$$Pride_{f(l,p)}^i \phi := BelPastProb_l^i \neg \phi \wedge Bel^i \phi \wedge Praise_p^i \phi \quad (5)$$

これは「エージェント i が過去のある時点でイベント ϕ の不成立を l 程度予期し、且つ、エージェント i がイベント ϕ の成立に対し p 程度賞賛されると思っており、且つ、エージェント i がイベント ϕ の成立を信じているならば、エージェント i はイベント ϕ の成立に対し $f(l, p)$ 程度の感情 *Pride* を生起する」という意味である。

感情 *Joy* (喜び) の生起条件の形式的定義は以下の通りである。

$$Joy_{f(d)}^i \phi := Des_d^i \phi \wedge Bel^i \phi \quad (6)$$

これは「エージェント i にとってイベント ϕ の成立は d 程度望ましく、且つ、エージェント i がイベント ϕ の成立を信じているならば、エージェント i はイベント ϕ の成立に対する $f(d)$ 程度の感情 *Joy* を生起する」という意味である。

感情 *Satisfaction* (満足) の生起条件の形式的定義は以下の通りである。

$$Satisfaction_{f(d,e,l)}^i \phi := Des_d^i \phi \wedge BelPastProb_l^i \phi \wedge Effort_e^i \phi \wedge Bel^i \phi \quad (7)$$

これは「エージェント i にとってイベント ϕ の成立は d 程度望ましく、且つ、過去のある時点でイベント ϕ の成立を l 程度予期し、且つ、エージェント i がイベント ϕ の成立のために e 程度努力し、且つ、エージェント i がイベント ϕ の成立を信じているならば、エージェント i はイベント ϕ の成立に対し $f(d, e, l)$ 程度の感情 *Satisfaction* を生起する」という意味である。

今回の例では、イベントの不成立の予期を生起条件に含む感情 *Gratification* と感情 *Pride* は生起し、イベントの成立予期を生起条件に含む感情 *Satisfaction* は生起していない。このように、矛盾のない感情生起が可能となった。

6 実験と結果

自身の感情生起、及び他者の感情の推測の妥当性を示すために、文学作品より取り出したシナリオを用いての検証実験を行った。本来ならば、被験者を用いた実験が望ましいが、心理学実験は困難であったため、現段階では文学作品を用いた検証を行うこととした。シナリオは「小公女」(「A Little Princess」)[3]のストーリーから一部を抜粋して使用した。このシナリオを用いて、我々の実装による感情生起および推測が、物語に明示的に描写されている、あるいは確実に読み取れる感情生起に合致するかどうかを検証する。実験は、生起した感情を基に行動を選択するプランを Jason 上で記述することによって行った。

実験シナリオは以下の通りである。

人物：Sara, Becky, Minchin

シナリオ

『Minchin は Sara がお金持ちになって寄付してくれると思っていたので、Sara が貧乏になることを望んでいなかったが、Sara の父が事業に失敗し、貧乏になってしまった事に怒る。父の知らせを聞いた Sara は父が死亡し一人になってしまった事を悲しむ。同じように知らせを聞いたベッキーは Sara が悲しんでいると思い、共に悲しむ。』

なお、本シナリオより前に Sara、Becky、Minchin は互いへの好き嫌いについて述べていたため、実験開始と共に互いへの感情 Love、Hate が生起すると考えられる。Sara は Becky に対して Love、Minchin に対して Hate を生起し、Becky は Sara に対して Love、Minchin に対して Hate を生起し、Minchin は Sara に対して Hate、Becky に対して Hate を生起すると考えられる。

6.1 結果

前述のシナリオに沿って以下のように信念を与えて実験し、結果は図 4 のようになった。

(初期信念)

Sara

des(sara,not alone)[degOfCert(0.8)] (一人になることを 0.8 程度望まない)

appealing(becky)[degOfCert(0.3)] (Becky に 0.3 程度魅力を感じる)

familiar(becky)[degOfCert(0.4)] (Becky に 0.4 程度親しみを感じる)

unappealing(minchin)[degOfCert(0.4)] (Minchin に 0.4 程度魅力を感じない)

familiar(minchin)[degOfCert(0.1)] (Minchin に 0.1 程度親しみを感じる)

Becky

des(becky,bel(sara,not alone))[degOfCert(0.6)] (Sara が一人になることを 0.6 程度望まない)

appealing(sara)[degOfCert(0.4)] (Sara に 0.4 程度魅力を感じる)

familiar(sara)[degOfCert(0.4)] (Sara に 0.4 程度親しみを感じる)

unappealing(minchin)[degOfCert(0.7)] (Minchin に 0.7 程度魅力を感じない)

familiar(minchin)[degOfCert(0.1)] (Minchin に 0.1 程度親しみを感じる)

Minchin

des(everyone,not poverty)[degOfCert(0.4)] (貧乏になることは賞賛されない)

des(sara,not poverty)[degOfCert(0.6)] (Sara が貧乏になることを 0.6 程度望まない)

unappealing(sara)[degOfCert(0.7)] (Sara に 0.7 程度魅力を感じない)

familiar(sara)[degOfCert(0.1)] (Sara に 0.1 程度親しみを感じる)

unappealing(becky)[degOfCert(0.4)] (Becky に 0.4 程度魅力を感じない)

familiar(becky)[degOfCert(0.1)] (Becky に 0.1 程度親しみを感じる)

(入力)

- 1 minchin prob(sara,not poverty)[degOfCert(0.8)] (Sara が貧乏にならないことを予期)
- 2 minchin bel(sara,poverty) (Sara が貧乏になったことを信じる)
- 3 minchin !act6(minchin,sara,poverty) (minchin の行動選択)
- 4 sara bel(sara,alone) (父が死亡し一人になったと信じる)
- 5 sara !act1(sara,alone) (Sara の行動選択)
- 6 sara !chat(becky,des(sara,not alone)[degOfCert(0.8)]) (Becky に一人になることを望まない伝える)
- 7 sara !chat(becky,bel(sara,alone)) (Becky に一人になった事を信じていること伝える)
- 8 becky !act2(becky,sara,alone) (Becky の行動選択)

```
[minchin] beckyhate0.5
[becky] minchinhate0.7999999999999999
[sara] minchinhate0.5
[minchin] sarahate0.7999999999999999
[becky] saralove0.8
[sara] beckylove0.7
addPercept(minchin, perc(adbel, 1, prob(sara, not (poverty))[degOfCert(0.8)])) ← ①
[minchin] !b prob(sara, not (poverty))[degOfCert(0.8)]
addPercept(minchin, perc(adbel, 2, bel(sara, poverty))) ← ②
[minchin] !b bel(sara, poverty)
[minchin] anger1
[minchin] reproach0.6
[minchin] distress0.6
addPercept(minchin, perc(goal, 3, act6(minchin, sara, poverty))) ← ③
[minchin] !act6(minchin, sara, poverty)
[minchin] anger
[minchin] 0.5583
[minchin] 怒る
addPercept(sara, perc(adbel, 4, bel(sara, alone))) ← ④
[sara] !b bel(sara, alone)
[sara] distress0.8
addPercept(sara, perc(goal, 5, act1(sara, alone))) ← ⑤
[sara] !act1(sara, alone)
[sara] distress
[sara] 0.649
[sara] 悲しむ
addPercept(sara, perc(goal, 6, chat(becky, des(sara, not (alone))[degOfCert(0.8)]))) ← ⑥
[sara] !chat(becky, des(sara, not (alone))[degOfCert(0.8)])
[sara] send
addPercept(sara, perc(goal, 7, chat(becky, bel(sara, alone)))) ← ⑦
[sara] !chat(becky, bel(sara, alone))
[sara] send
[becky] guess_distress0.8
[becky] sorryFor1
addPercept(becky, perc(goal, 8, act2(becky, sara, alone))) ← ⑧
[becky] !act2(becky, sara, alone)
[becky] sorryfor
[becky] 0.96963
[becky] 共にすごく悲しむ
```

図4 シナリオの再現をした結果

図4では、MinchinがSaraが貧乏になったことに対して度合い0.6のreproachや度合い0.6のdistressを

生起したことが示されている。これらはいずれも明示されてはいないものの、物語から確実に読み取れると判断できる感情である。また、出力中の `guess_distress0.8` は、Sara が一人になったことに度合い 0.8 の `distress` を生起したことを Becky が推測したことを表す。このように、シナリオ通りの感情生起や感情推測を行えていることが確認できた。

7 終わりに

本研究では従来の研究を基に新たに感情 `Love`、`Hate` の実装、感情 `Love`、`Hate` を用いた他の感情の実装の改良、他者の感情推測を行い、また、現在確認された不具合の修正を行った。本論文ではそのうち他者の感情推測、不具合の修正について述べた。

今後の課題として、現在の実装では他者の感情の推測を外部からの入力によって必要な情報を得て行われ、信念の度合いについても外部で割り当てられたものをそのまま使用しており、自身で度合いを決めての感情生起、推測は行っていない。そこで、文章や音声などといったものから情報を取り出しての感情推測、エージェント自身が度合いを決める感情生起、推測が課題としてあげられる。今後はこれらの課題の解決によってより人間らしい感情生起を可能とするエージェントの実装をめざす。

8 謝辞

本研究の遂行及び本論文の作成にあたり、近畿大学理工学部の高田司郎先生から研究結果に関して議論していただき、指導教員の新出尚之准教授から丁寧なご指導、ご助言を賜りました。心からの感謝の気持ちと御礼を申し上げたく、謝辞にかえさせていただきます。

参考文献

- [1] Carole Adam, Andreas Herzig, and Dominique Longin. A logical formalization of occ theory of emotions. *Synthese*, Vol. 168, No. 2, pp. 201–248, 2009.
- [2] Rafael H. Bordini, Jomi Fred Hübner, and Michael Wooldridge. *Programming MultiAgent Systems in AgentSpeak using Jason*. John Wiley & Sons, 2007.
- [3] Frances Hodgson Burnett. 小公女 (A Little Princess) 菊池寛訳. 青空文庫, 1927.
- [4] A. Ortony, G. L. Clore, and A. Collins. The cognitive structure of emotions. *Cambridge University Press*, 1988.
- [5] Anand S. Rao, Munindar P. Singh, and Michael P. Georgeff. Formal methods in dai:logic-based representation and reasoning. *Massachusetts Institute of Technology*, 1999.
- [6] 向井香里. 時間経過による感情の程度の減衰を取り入れたエージェントの実現. 2015 年度卒業論文, 奈良女子大学理学部情報科学科, 2016.
- [7] 今井那緒. 複数の感情の同時生起および削除を取り入れたエージェントの実装. 2015 年度卒業論文, 奈良女子大学理学部情報科学科, 2016.
- [8] 今井那緒. OCC theory に基づく感情表現と時間経過に関する論理モデル. 2017 年度修士論文, 奈良女子大学理学部情報科学科, 2018.
- [9] 浅井沙良. エージェントの感情生起について - 新たな感情の追加 -. 2017 年度卒業論文, 奈良女子大学生

活環境学部情報衣環境学科生活情報通信科学コース, 2018.

- [10] 藤田恵, 片山寛子, 新出尚之, 高田司郎. 実世界の多様性に適応した BDI ロボットについて. 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用, Vol. 5, No. 1, pp. 50–64, 2012.