

自律エージェントの感情表現の度合いと 他者からの情報の信頼性について

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 15480377 吉井優佳

目次

	頁
1 はじめに	2
2 従来研究	3
2.1 OCC theory	4
2.2 Adam らによる形式化を基にした実装	4
2.3 従来研究の課題点	4
3 感情の度合いの決め方について	5
4 信頼度の導入	6
4.1 「信頼度」の定義	6
4.2 「信頼度」の感情生起への導入方法	7
5 検証結果	8
5.1 感情の度合いの決め方についての実験	8
5.2 信頼度についての実験	10
6 まとめ	11
謝辞	12
参考文献	12

概要

近年、人工知能が発達してロボットに感情を持たせる研究が進んでいる。ロボットに感情を持たせることで、より人間に近い行動をロボット自身が選択することが期待できる。Adam 等の先行研究では、OCC theory と BDI モデルを使った論理式による感情表現が行われており、ロボットは自身で知覚した情報や他者から伝えられた情報をもとに自らの感情を生起させている。本研究では、適切な感情の大きさの決め方を再検討し、また情報を伝えてきた他者がどの程度信頼できるかを表す「信頼度」というオペレータを新たに導入し実装した。本論文では、感情の大きさの決め方や信頼度の実装、それにより発生する感情生起の実験結果と課題について述べる。

1 はじめに

近年、人工知能が発達し、人間と意思疎通しながら行動できるロボットの研究が進んでいる。このようなロボットに感情を持たせることで、より人間に近い行動をロボット自身が選択することが期待できる。

実世界のような周囲の環境が常に変化する状況において、問題解決のために行動をするロボットの実現には、BDI アーキテクチャが有効であることが示されている [8]。BDI アーキテクチャとは、人間の合理的な行動を信念 (Belief)、願望 (Desire)、意図 (Intention) の 3 つの心的状態を用いてモデル化した BDI モデル [2] によって、行動の決定方式を計算機上で実現したものである。BDI モデルは BDI logic という論理モデルをもち、これにより BDI エージェントという人間の合理的思考に基づいた行動を選択するロボットを構築することが可能となる。

また、OCC theory [1] と呼ばれる理論があり、信念や願望などの心的状態によって、人間の包括的な感情を 22 種類に分類し特徴づけている。この OCC theory は、論理モデルによって表現することが可能で、BDI logic をもつ 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 [9] 上の信念ベースを用いて実現することが可能となる。

Adam らによる先行研究 [3] では、OCC theory の理論を BDI モデルに取り込むことによって、OCC theory で扱われている 22 種類の感情のうち、20 種類の感情を論理式で形式化している。また、筆者の所属する研究室の既存研究 [5][6][7] では、Adam らの先行研究では実装されていなかった love と hate を含む、OCC theory によって分類された 22 種類の感情すべてが、度合いの強さや時間経過に伴う減衰も含めて表現されている。しかし、従来研究では感情の度合いについて、「感情生起のもととなる信念の度合いに関する非減少関数」などの形でしか規定しておらず、度合いの具体的な決め方に関する適切さについては議論していない。また、他者から伝えられた情報によって感情が生起する場合があるが、従来研究ではその情報をそのまま信念として用いており、情報を伝えた他者の信頼性については考慮されていない。

そこで本研究では、従来の感情の度合いの適切な決め方を再検討し、また情報を伝えてきた他者をどの程度信頼できるかという「信頼度」というオペレータを新たに導入し、感情生起に影響するようにプログラムを実装した。

2 従来研究

従来研究では、感情に関する理論である OCC theory と、人間の合理的な行動をモデル化した BDI モデルを利用して、感情を論理式で形式化した Adam らの論文をもとに実装を行っている。本節では OCC theory による 22 種類の感情の分類と Adam らによる形式化について述べ、さらに従来の実装について課題を述べる。

2.1 OCC theory

OCC theory[1] とは、Ortony, Clore, Collins らが提唱した、心理学的見地を基に人間の包括的な感情を 22 種類に分類し特徴づけた理論である。感情の特徴づけが明確で理解しやすいため、計算機科学分野において広く用いられている。以下にその分類を示す。

1. 事象の結果の望ましさに関して
 - a. 自分にとっての結果の望ましさに関して
 - i. イベントに関して
 - Joy(喜び), Distress(嘆き)
 - ii. 予想に関して
 - A. 単なる予想に関して
 - Hope(望み), Fear(恐怖)
 - B. 予想していた事象が起きたことに関して
 - Satisfaction(満足), FearConfirmed(恐れていたことが確定)
 - C. 予想していた事象が起きなかったことに関して
 - Relief(安堵), Disappointment(落胆)
 - b. 他者にとっての結果の望ましさに関して
 - i. 他者が良い結果を得ることに関して
 - HappyFor(共に喜ぶ), Resentment(憤る)
 - ii. 他者が悪い結果を得ることに関して
 - SorryFor(共に残念に思う), Gloating(ほくそ笑む)
2. 行動に対するに賞賛度に関して
 - a. 行動に関して
 - i. 自分の行動に関して
 - Pride(自尊心), Shame(羞恥心)
 - ii. 他人の行動に関して
 - Admiration(称賛), Reproach(非難)
 - b. 行動とイベントに関して
 - i. 自分の行動とイベントに関して (Joy, Distress との混合型)

- Gratification(達成感), Remorse(後悔)
- ii. 他人の行動とイベントに関して (HappyFor, Resentment との混合型)
 - Gratitude(謝意), Anger(怒り)
- 3. 対象に対する好き嫌いに関して
 - Love(好き), Hate(嫌い)

2.2 Adam らによる形式化を基にした実装

Adam らの形式化 [3] では、感情生起条件を BDI logic の論理式で表現している。2.1 で示した 22 種類の分類を、以下の 6 グループに分類することで、グループ毎に同じ形式をもつ感情生起条件を用いることが可能である。

- ① Well-being emotions : Joy, Distress
- ② Prospect emotions : Hope, Fear
- ③ Confirmation emotions : Satisfaction, FearComfirmed, 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

Adam らは⑥を除く①～⑤の感情のみ形式化を行ったが、従来研究では⑥を含む 22 種類の感情すべてが形式化されており、感情の度合いが時間経過に伴う減衰を含めて実装されている。

2.3 従来研究の課題点

従来研究では、感情に度合いが定められていたが、その決め方は「感情の生起条件となる信念の度合いに関する非減少関数」の形でしか示されていなかった。この決め方は、次節に述べるように、感情の生起条件となる信念が複数あるとき、信念の度合いが感情の度合いに適切に反映しない場合がある。また、ロボットは他者から伝えられた情報を基に自らの感情生起を行う場合があるが、従来研究ではその情報をそのまま信念として信じており、情報を伝えた他者の信頼性については考慮されていない。

そこで本研究では、感情の度合いの決め方をより適切だと考えられる方法に変更し、他者から伝えられた情報をロボットがどの程度信じるかを感情生起に影響させる「信頼度」というオペレータを新たに導入した。次節以降で、これらの実装について述べる。

3 感情の度合いの決め方について

Adam らの論文では論理式での感情表現の方法は定義されていたが、その度合いについては定義されていなかった。論理式で感情表現を表す際にその感情の度合いも含めて表現している研究は少ない。

従来研究では、感情生起のもととなる信念の度合いを 0 から 1 の間で定め、その信念の度合いに関する非減少関数として感情の度合いを 0 から 1 の間で表している。しかし、非減少関数の具体的な形については論理式としては定めておらず、実装の段階で適当に定めているだけであり、その関数の妥当性については議論されていなかった。そこで本研究では、Nguyen の論文 [4] をもとに、感情の強さの度合いを、信念の度合いに関する増加関数として、以下に述べるように変更した。

感情生起のもととなる信念には、 $Bel^i\varphi$ (エージェント i が事象 φ の成立を真であると信じる) のように度合いを持たないものと、 $Des_x^i\varphi$ (エージェント i が事象 φ の成立を x 程度望む) のように度合いを持つものに分類される。現在の定義では、1 つの感情の生起条件に、度合いを持つ信念が 1 つないし 3 つ含まれている。度合いを持つ信念が 1 つの場合は、従来の変更せず、その信念の度合いをそのまま感情の度合いとして定め、度合いを持つ信念が 2 つ以上の場合の論理式を変更した。度合いをもつ信念が感情生起条件に 2 つ含まれる感情 Hope を例としてその変更方法を述べる。

Hope の生起条件の形式的定義を以下に示す。

$$Hope_{f(x,y)}^i\varphi := Des_x^i\varphi \wedge Prob_y^i\varphi \wedge y \neq 1$$

これは、「エージェント i にとって事象 φ の成立が x 程度望ましく、かつ、エージェント i が事象 φ の成立する可能性を y 程度あると信じ、かつ、 y が 1 でないならば、エージェント i は事象 φ の成立に対する $f(x, y)$ 程度の感情 Hope を生起する」ということを意味する。

この Hope の度合いである関数 $f(x, y)$ の従来の定義を以下に示す。

$$f(x, y) = x + y \quad \text{if } x + y < 1$$
$$f(x, y) = 1 \quad \text{if } x + y \geq 1$$

これは、「エージェント i の事象 φ の成立に対する望ましさの程度 x 」と「エージェント i の事象 φ の成立に対する可能性の程度 y 」を加算した値が 1 未満であれば、その値を Hope の度合いとし、加算した値が 1 以上であれば 1 を Hope の度合いとすることを意味する。

次に変更後の定義を以下に示す。

$$f(x, y) = \frac{x + y}{2}$$

変更後は、「エージェント i の事象 φ の成立に対する望ましさの程度 x 」と「エージェント i の事象 φ の成立に対する可能性の程度 y 」の平均値をとった増加関数とした。Nguyen は [4] で「『望

ましさ』や『可能性』などの信念の度合いが高いほど感情の度合いも高くなり、反対に信念の度合いが低いほど感情の度合いも低くなることが望ましい」と述べており、複数の信念の度合いのパラメータが感情の度合いに均等に反映する関数を望ましいものとして挙げている。我々はこの Nguyen の考え方が妥当であると判断し上記の論理式に変更した。実行例については 5 節の検証結果で述べる。また、図 1 と図 2 に感情の度合いを決める論理式について、従来の非減少関数と変更後の増加関数のグラフをそれぞれ示す。

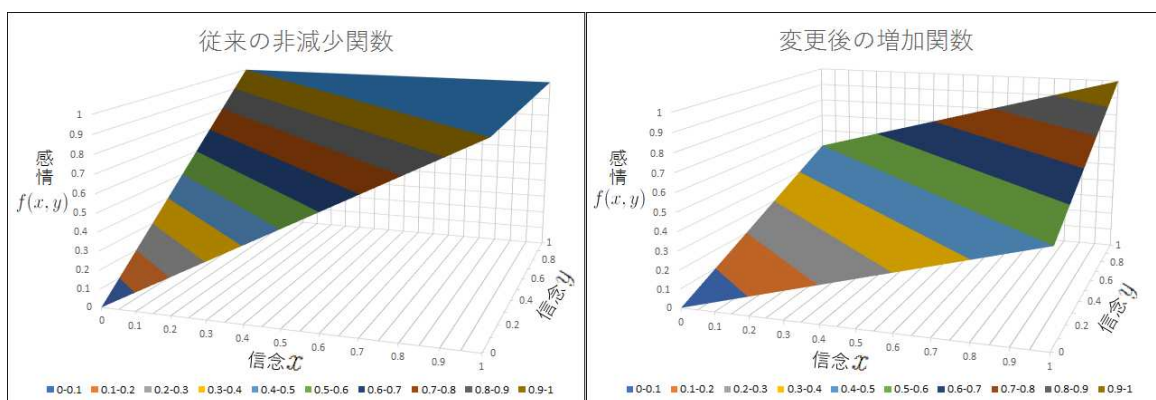


図 1 従来の非減少関数

図 2 変更後の増加関数

どちらのグラフも横軸と奥行きはそれぞれ感情生起のもととなる信念の度合いを表しており、縦軸は生起する感情の度合いを表している。従来の非減少関数のグラフは、信念の度合いが一定以上になると感情の度合いが 1 で止まってしまうため、感情の度合いが平らになっている部分がある。この部分では、信念の度合いが変わってもその影響が感情の度合いに影響しない。それに対して変更後のグラフは、信念のパラメータが感情の度合いに均等に影響を与えることになるため、従来の不具合が解消される。

Nguyen は、度合いを持つ信念が感情生起条件に 3 つ含まれている場合については考慮していなかったが、本研究では上記の考え方から 3 つの場合も平均値をとることが妥当だと判断した。

4 信頼度の導入

本研究では、他のエージェントを引数にとる「信頼度 (Trust)」という信念を新たに導入した。本節ではその導入方法について述べる。

4.1 「信頼度」の定義

従来研究では、他者から伝えられた情報によって生起する感情が存在するが、その情報が嘘である可能性については考慮されていなかった。しかし、実世界では人間が他者に嘘をつく場合があり、他者から伝えられた情報を信用できない状況がある。そこで、より人間らしいロボットの実装

を目指すために、新たに「信頼度」というオペレータを導入した。

「信頼度」の定義は、他者から伝えられた情報がどの程度信頼できるかという度合いを 0 から 1 の間で定めたもので、従来の感情生起条件である信念の一部としてエージェントの初期信念に追加した。以下にその論理式を示す。

$$Trust_{y,j}^i$$

この式は、「エージェント i がエージェント j から伝えられた情報を y 程度信用する」ということを意味する。相手の伝える情報を信頼できるほどこの信頼度の度合いは高くなり、反対に相手が嘘つきであるとエージェントが判断して相手の伝える情報の信頼性が低いほど、信頼度の度合いは低くなる。

4.2 「信頼度」の感情生起への導入方法

他者から伝えられる情報を生起条件とするすべての感情の定義において、Prob というオペレータが使われている。このオペレータは以下の形で使われる。

$$Prob_p^i \varphi$$

これは、「エージェント i が事象 φ を起こる可能性を p 程度信じる」ということを意味する。これは本来、感情を生起するエージェント自身が知覚する信念であったが、これを他者から伝えられた場合に以下の形で自身の信念に加えるようにした。

$$Bel^i Prob_x^i \varphi [source\ j]$$

$[source\ j]$ はエージェント j を情報源とすることを意味する。これは、「エージェント j から伝えられた『エージェント i が事象 φ を起こる可能性を x 程度信じる』という情報をエージェント i が信じる」ということを意味する。従来の実装では、他者に信念を伝える chat 機能があり、chat 機能で他者から伝えられた信念を A とすると、 $Bel^i A$ の形でエージェントに信念が加えられる。これを用いて、オペレータ Prob を以下のように定義し直した。→ の左辺のいずれかが成り立つときに限り、右辺が成り立つものとする。

$$Prob_p^i \varphi [source\ i] \rightarrow Prob_p^i \varphi$$

$$Bel^i Prob_x^i \varphi [source\ j] \wedge Trust_{y,j}^i \rightarrow Prob_p^i \varphi \quad \text{ここで } p = x \times y$$

1 つ目の式はエージェント自身が知覚した場合で、2 つ目の式は他者から Prob を伝えられた場合である。自身で知覚した場合は Prob の度合いは p となり従来のままだが、他者から伝えられた場合に Prob の度合いを $p = x \times y$ とし、他者から伝えられた Prob の度合いに信頼度をかけた値を自身の Prob の度合いとなるように導入した。この変更により、他者からの情報を生起条件に含むすべての感情について、度合いに他者の信頼度が考慮されるようになった。

5 検証結果

本節では、本研究の妥当性を検証するために行った実験とその結果について述べる。3, 4 節それぞれの内容について別のストーリーを用意し検証を行った。

5.1 感情の度合いについての実験

感情の度合いの決め方については、実験 1 で感情生起のもととなる信念の度合いが高い場合を、実験 2 で信念の度合いが低い場合を検証し、従来の方法と変更後の方法を比較した。望む (Hope) と満足する (Satisfaction) を生起させるシナリオとして以下のように設定した。

猫のたま (tama) が魚 (sakana) を得ることを望ましく思っている。実験 1 では、たまはとても空腹で、魚を得ることに対する望ましさの度合いが高い状態であり、実験 2 では、たまはあまり空腹ではなく、魚を得ることに対する望ましさなどの度合いが低い状態である。

5.1.1 信念の度合いが高い場合の検証結果

感情生起のもととなる信念の度合いが高い場合のたまの初期信念と外部入力を以下に示し、実験結果を図 3 に示す。

たまの初期信念
`prob(tama,sakana)[degOfCert(0.8)].` ← たまが魚を得られる可能性0.8
`des(tama,sakana)[degOfCert(0.6)].` ← たまが魚を得ることへの望ましさ0.6

外部入力
 ① `tama effort(tama,sakana)[degOfCert(0.8)]` ← たまが魚を得るために0.8程度努力した
 ② `tama bel(tama,sakana)` ← たまが魚を得たと信じた

<従来>	
<code>[tama] hope1</code>	← たまの感情hopeが1程度生起
<code>addPercept(tama, perc(addbel,1,effort(tama,sakana)[degOfCert(0.8)]))</code>	
<code>[tama] !b effort(tama,sakana)[degOfCert(0.8)]</code>	← たまの信念に <code>effort(tama,sakana)[degOfCert(0.8)]</code> が追加……①
<code>addPercept(tama, perc(addbel,2,bel(tama,sakana)))</code>	
<code>[tama] !b bel(tama,sakana)</code>	← たまの信念に <code>bel(tama,sakana)</code> が追加……②
<code>[tama] satisfaction1</code>	← たまの感情satisfactionが1程度生起
<code>[tama] joy0.6</code>	← たまの感情joyが0.6程度生起
<変更後>	
<code>[tama] hope0.6999999999999999</code>	← たまの感情hopeが0.6999999999999999程度生起
<code>addPercept(tama, perc(addbel,1,effort(tama,sakana)[degOfCert(0.8)]))</code>	
<code>[tama] !b effort(tama,sakana)[degOfCert(0.8)]</code>	← たまの信念に <code>effort(tama,sakana)[degOfCert(0.8)]</code> が追加……①
<code>addPercept(tama, perc(addbel,2,bel(tama,sakana)))</code>	
<code>[tama] !b bel(tama,sakana)</code>	← たまの信念に <code>bel(tama,sakana)</code> が追加……②
<code>[tama] satisfaction0.6999999999999998</code>	← たまの感情satisfactionが0.6999999999999998程度生起
<code>[tama] joy0.6</code>	← たまの感情joyが0.6程度生起

図 3 実験 1 の結果

実験 1 の結果、従来の方法は Hope と Satisfaction の度合いが 1 程度生起しているのに対し、変更後は Hope と Satisfaction の度合いは約 0.7 程度生起している。信念の度合いを比較的高い値で設定しているため生起する感情の度合いはどちらも高くなるが、感情の強さは 0 から 1 の間で定めていて 1 は絶対的な強さの感情であるため、変更後の方が妥当であると考えられる。

5.1.2 信念の度合いが低い場合の検証結果

感情生起のもととなる信念の度合いが低い場合のたまの初期信念と外部入力を以下に示し、実験結果を図 4 に示す。

たまの初期信念
`prob(tama,sakana)[degOfCert(0.3)].` ← たまが魚を得られる可能性0.3
`des(tama,sakana)[degOfCert(0.4)].` ← たまが魚を得ることへの望ましさ0.4

外部入力
 ① `tama effort(tama,sakana)[degOfCert(0.4)]` ← たまが魚を得るために0.4程度努力した
 ② `tama bel(tama,sakana)` ← たまが魚を得たと信じた

<従来>	
<code>[tama] hope0.7</code>	← たまの感情hopeが0.7程度生起
<code>addPercept(tama, perc(addbel,1,effort(tama,sakana)[degOfCert(0.4)]))</code>	
<code>[tama] !b effort(tama,sakana)[degOfCert(0.4)]</code>	← たまの信念にeffort(tama,sakana)[degOfCert(0.4)]が追加……①
<code>addPercept(tama, perc(addbel,2,bel(tama,sakana)))</code>	
<code>[tama] !b bel(tama,sakana)</code>	← たまの信念にbel(tama,sakana)が追加……②
<code>[tama] satisfaction1</code>	← たまの感情satisfactionが1程度生起
<code>[tama] joy0.4</code>	← たまの感情joyが0.4程度生起
<変更後>	
<code>[tama] hope0.35</code>	← たまの感情hopeが0.35程度生起
<code>addPercept(tama, perc(addbel,1,effort(tama,sakana)[degOfCert(0.4)]))</code>	
<code>[tama] !b effort(tama,sakana)[degOfCert(0.4)]</code>	← たまの信念にeffort(tama,sakana)[degOfCert(0.4)]が追加……①
<code>addPercept(tama, perc(addbel,2,bel(tama,sakana)))</code>	
<code>[tama] !b bel(tama,sakana)</code>	← たまの信念にbel(tama,sakana)が追加……②
<code>[tama] satisfaction0.3666666666666667</code>	← たまの感情satisfactionが0.3666666666666667程度生起
<code>[tama] joy0.4</code>	← たまの感情joyが0.4程度生起

図 4 実験 2 の結果

実験 2 の結果、従来の方法では hope が 0.7 程度、satisfaction が 1 程度生起しているのに対し、変更後の方法では hope が 0.35 程度、satisfaction が 0.37 程度生起している。従来の方法では、信念の度合いが低いにもかかわらず感情が比較的高い度合いになってしまうが、変更後は信念の度合いに即して感情の度合いも低くなっている。また、satisfaction については 5.1.1 の実験 1 と比較したとき、従来の方法はどちらも度合いが 1 となり、信念の度合いの変化が感情の度合いに反映されづらくなっている。この結果から、信念の度合いに即して感情の度合いが決まる変更後の式の方が妥当であると考えられる。

5.2 信頼度についての実験

信頼度については、イソップ物語の「狼と羊飼いの少年」のシナリオを用いて実験を行った。ストーリーは以下の通りである。

シナリオ：羊飼いの少年が村人に狼が出たと嘘をつく。最初は、村人は少年の言動を信じて恐怖を感じるが、少年が繰り返し嘘をつくことで少年への信頼度が下がると、村人は少年の言動を信じなくなり、村人の恐怖の感情の度合いも低くなる。

エージェント：少年 (boy), 村人 (villager)

想定される感情：狼の出現 (wolf_encounter) に対する村人の恐怖 (Fear)

また、Fear の形式的定義を以下に示す。

$$Fear_{f(x,y)}^i \varphi := Expect_x^i \varphi \wedge Des_y^i \neg \varphi \wedge x \neq 1$$

Fear の生起条件となる信念 Expect の論理式には以下のように4節4.2で変更した Prob が含まれており、これによってエージェント (村人) の Fear の度合いが情報を伝えたエージェント (少年) の信頼度に影響を受ける。

$$Expect_x^i \varphi := Prob_x^i \varphi \wedge \neg Bel^i \varphi \wedge \neg Bel^i \neg \varphi$$

5.2.1 信頼度についての検証結果

現在の実装では、信頼度はソフトウェアの実行中に変更処理ができないため、信頼度以外の条件は変更しないまま、信頼度のみを変えて2回ソフトウェアを実行することで実験を行った。

村人が少年の言動を信じていて信頼度が高い場合の村人の初期信念と外部入力を以下に示し、実験結果を図5に示す。

村人の初期信念
 trust(boy)[degOfCert(0.9)]. ← 少年への信頼度0.9
 des(villager,not wolf_encounter)[degOfCert(0.6)]. ← 狼と遭遇しないことへの望み0.6

外部入力
 boy !chat(villager,prob(villager,wolf_encounter)[degOfCert(0.9)]) ← 少年が村人にオオカミが出たと伝える

<検証結果>
 [boy] 追加
 [villager] 追加
 addPercept(boy, perc(goal,1,chat(villager,prob(villager,wolf_encounter)[degOfCert(0.9)])))
 [boy] !chat(villager,prob(villager,wolf_encounter)[degOfCert(0.9)]) ← 少年が村人にオオカミが出たと伝える
 [boy] send
 [villager] prob:0.9, trust:0.9, expect:0.81 ← fearの生起条件の1つexpectの値が決まる
 [villager] fear0.7050000000000001 ← 村人のfearが0.705程度生起

図5 信頼度が高い場合

続いて、繰り返し嘘をつかれたことで少年を嘘つきだと判断し、少年への信頼度が下がった場合の村人の初期信念と外部入力を以下に示し、実験結果を図 6 に示す。

村人の初期信念
`trust(boy)[degOfCert(0.1)].` ← 少年への信頼度 **0.1**
`des(villager,not wolf_encounter)[degOfCert(0.6)].` ← 狼と遭遇しないことへの望ましき **0.6**

外部入力
`boy !chat(villager,prob(villager,wolf_encounter)[degOfCert(0.9)])` ← 少年が村人にオオカミが出たと伝える

<検証結果>
[boy] 追加
[villager] 追加
`addPercept(boy, perc(goal,1,chat(villager,prob(villager,wolf_encounter)[degOfCert(0.9)])))`
[boy] !chat(villager,prob(villager,wolf_encounter)[degOfCert(0.9)]) ← 少年が村人にオオカミが出たと伝える
[boy] send
[villager] prob:0.9, trust0.1, expect:0.09000000000000001 ← `prob`の生起条件の1つ`expect`の値が決まる
[villager] fear0.345 ← 村人の`fear`が**0.345**程度生起

図 6 信頼度が低い場合

図 5 から分かるように、村人が少年の言動を信じていて信頼度が高いときは Fear が 0.705 程度と比較的高い度合いで感情が生起している。それに対し、図 6 から分かるように、少年を嘘つきだと判断して少年への信頼度が低くなると、生起する感情 Fear も 0.345 程度の低い度合いとなる。他者から伝えられた情報をどの程度信頼しているかを感情生起に影響させることでシナリオに則した感情が生起されることが確認できた。

6 まとめ

本研究では、既存研究で表現されていた 22 種類の感情の度合いに注目しその決め方を再検討することで、より人間に近い感情表現のできるロボットの実現を目指した。

今後の課題としては、現在は他者への信頼度を不変なものとして設定していて、信頼度が変わる場合はソフトウェアを実行し直す必要があるが、現実では他者への信頼度は変化するものであるため、実行中に変更処理ができるようにすることが望ましい。

また、本研究では感情生起の要因となる信念の度合いを妥当なものとして感情の度合いを定めているが、信念の度合いは現実世界では数値化することが難しく、実験で用いた値もシナリオからの推測による主観でしかない。そのため、信念の度合いを設定する際の評価方法についても検討が必要であると考えられる。

謝辞

本研究の遂行及び本論文の執筆にあたり、指導教員の新出尚之准教授にはとても丁寧なご指導、ご助言をいただきました。鴨浩靖准教授には基礎となる記号論理についてご教示をいただきました。また、博士前期課程塚本麻衣先輩から従来研究についての詳しいご説明や本研究内容に対するご助言をいただきました。こころからの感謝の気持ちとお礼を申し上げたく、謝辞にかえさせていただきます。

参考文献

- [1] A. Ortony, G. L. Clore, and A. Collins. *The Cognitive Structure of Emotions*. Cambridge University Press, 1988.
- [2] Anand S. Rao, Munindar P. Singh, and Michael P. Georgeff. *Formal Methods in DAI: Logic-Based Representation and Reasoning*. Massachusetts Institute of Technology, 1999.
- [3] Carole Adam, Andreas Herzig, and Dominique Longin. A logical formalization of OCC theory of emotions. *Synthese*, Vol. 168, No. 2, pp. 201-248, 2009.
- [4] Manh Hung Nguyen. Combination of cognitive and quantitative aspects to estimate the degree of emotions, *Journal of Computer Science and Cybernetics*, Vol. 32, No. 3, pp. 209-224, 2016.
- [5] 今井那緒. OCC theory に基づくエージェントの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, 奈良女子大学大学院人間文化研究科情報科学専攻, 2018.
- [6] 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, 奈良女子大学生生活環境学部情報環境学科生活情報通信科学コース, 2018.
- [7] 塚本麻衣. 感情表現を持つ自律エージェント. 2017 年度卒業論文, 奈良女子大学生生活環境学部情報環境学科生活情報通信科学コース, 2018.
- [8] 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*, 2012.
- [9] Rafael H. Bordini, Jomi Fred Hubner, and Michael Wooldridge. *Programming Multi-Agent Systems in AgentSpeak using Jason*. John Wiley and Sons, 2007.