時間経過による感情の度合いの減衰を取り入れたエージェントの実現

奈良女子大学 理学部 情報科学科 4 回生 12251875
新出研究室 向井香里

概 要

近年、コミュニケーションの場にエージェントが広く用いられる中で、より人間に近いエージェントが求められている。特に、より人間に近い感情を持ち、その感情表現を自身の行動決定に活かすことができるエージェントの実現が望まれる。度合い付きの感情表現を実装した先行研究をもとに、本研究では、その度合いが時間経過によって減衰するエージェントを実現した。本論文では、その実装と、実現した感情の度合いの減衰の妥当性の検討について述べ、最後に、より人間らしさを求めるために必要な課題点を述べる。

1　はじめに

近年、コミュニケーションの場にエージェントが広く用いられる中で、より人間に近いエージェントが求められている。そこで、より人間に近い感情を持ち、その感情表現を自身の行動決定に活かすことができるエージェントの実現が望まれる。

周囲の環境が常に変化する実世界において、問題解決のために行動できるエージェントの実現には、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、BDI モデル [4] による行為決定方式を計算機上で実現したもので、これにより BDI エージェントという人間の合理的な思考に基づいた行動を取るエージェントを構築することが可能となっている。BDI モデルとは、信念 (Belief)、願望 (Desire)、意図 (Intention) の 3 つの心的パラメータを用いて人間の合理的な行動をモデル化したものであり、BDI logic という論理モデルを持つ。

一方、OCC theory[3] と呼ばれる、心理学的見地を基に人間の包括的な感情をモデル化した理論が、感情の形式化に多く用いられている。この OCC theory では、信念や願望などの心的状態を用いて人間の感情を分類、特徴付けている。この感情の特徴付けは論理モデルで表現可能であり、BDI logic を持つ BDI モデルとは親和性が高い。

Adam らは、OCC theory の理論を BDI モデルに取り込むことで、感情を論理式でモデル化した。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、「不確実だが起こると期待されている事柄」を表現するなど、複数の新たなオペレータを導入し、これらを用いることで、OCC theory で扱われる 22 種類の感情の特徴付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、この研究におけるモデルでは感情の度合いについては扱っていない。

先行研究 [6, 7] では、Adam らの形式化を踏まえ、OCC theory で定義されている、感情の強さに影響を与える変数を導入することで、度合い付きの感情表現を持つエージェントを実現した。これらの研究により、生起した感情の種類のみならず、感情の度合いによる行動選択が可能となった。しかし、時間経過による感情の度合いの減衰や感情の消滅に関しては考えられていなかった。より人間らしさを追求するならば、感情の度合いは時間の経過とともに減衰し、さらにその度合いが 0 になった感情は消滅する方が、実世界において自然だと考えられる。また、一つの感情を連続して生起することはできるが、同時に複数の感情を生起することはできない点も、今後の課題として挙げられていた。

そこで本研究では、これらの先行研究をもとに、

1. 時間経過による感情の度合いの減衰
2. 度合いが 0 になった感情の削除
3. 複数の感情の同時生起

の 3 つの実現を行った。実装は BDI アーキテクチャを基盤とした処理系 Jason[2] で行った。なお、本研究は、奈良女子大学理学部情報科学科 4 回生今井との共同研究であり、本論文では上記のうち 1. の実装について述べ、2.3. については今井の論文 [5] で述べる。ただし、5 章で述べる検証については上記の 1.2. を本論文で扱い、3. のみ [5] で扱う。

2 OCC theory

本章では、本研究や先行研究 [6, 7] で用いられた OCC theory[3] について述べる。OCC theory とは、Ortony, Clore, Collins らが提唱した、信念や願望などの心的状態を用いて人間の感情を 22 種類に分類、特徴付けた理論である。感情の生起条件が明確であるため、計算機科学の分野で広く用いられている。

Ortony らは、感情タイプを反応の対象で大きく 3 つのクラスに分け、さらに、この 3 つのクラスを、いくつかのグループに細分化した。22 種類の感情タイプはそれぞれのグループに属することになる。また、この 22 種類の感情タイプには、感情の強さに影響する変数がそれぞれ定義されている。感情タイプの分類をまとめると次のようになる。

1. イベントの結果に対する反応
   - (a) 自分自身にとって望ましいかどうか
     - i. イベントに関して
       - — Joy(喜び), Disteress(悲しみ)
     - ii. 予想に関して
       - A. 単なる予想
         - — Hope(望み), Fear(恐れ)
       - B. 予想したことが起こった
         - — Satisfaction(満足), FearConfirmed(恐れていたことが確定)
       - C. 予想したことが起こらなかった
         - — Relief(安堵), Disappointment(落胆)
   - (b) 他者にとって望ましいかどうか
     - i. 他者が良い結果を得た
       - — HappyFor(共に喜ぶ), Resentment(憤り)
     - ii. 他者が悪い結果を得た
       - — SorryFor(共に残念に思う), Gloating(ほくそ笑む)
2. 行動に対する反応
   - (a) 自分の行動に対する評価
     - — Pride(自尊心), Shame(羞恥心)
   - (b) 自分の行動とイベントに対する評価 … 1.(a)i. との混合型
     - — Gratification(満足), Remorse(後悔)
   - (c) 他者の行動に対する評価
     - — Admiration(賞賛), Reproach(非難)
   - (d) 他者の行動とイベントに対する評価 … 1.(b)i. との混合型
     - — Gratitude(誠意), Anger(怒り)

3. 物体に対する反応
   — Love(好き), Hate(嫌い)

ここでの混合型とは、複数の感情が混合し生成した感情のことを指す。

3 従来研究

従来研究 [6, 7] では、Adam らの形式化 [1] を踏まえ、前章で述べた 22 種類のうち 20 種類の、度合い付きの感情表現の実装を Jason[2] で行った。本章では、従来研究で用いられた Adam らの形式化に関して述べ、次に従来研究における実装と課題とされた点を述べる。

3.1 Adam らによる形式化

Adam らの形式化 [1] では、感情表現の生起条件を、BDI モデルでの形式化に用いられる BDI logic の論理式で表現する。ここで、BDI モデルとは、信念、願望、意図の 3 つの心的パラメータを明示的に持ち、これらの心的パラメータを保持 · 更新することで意思決定を行い、目標を達成するように振る舞う、人間の合理的な行動をモデル化したものである。前章における 22 種類の感情を、以下の 6 グループに分類することで、グループごとに同じ形式を持つ生起条件を用いることができる。

① 1(a)i : Joy, Distress

② 1(a)iiA : Hope, Fear

③ 1(a)iiB : Satisfaction, FearConfirmed, 1(a)ii(C) : Relief, Disappointment

④ 1(b) : HappyFor, Resentment, Sorryfor, Gloating

⑤ 2 : Pride, Shame, Gratification Remorse, Admiration, Reproach, Gratitude, Anger

⑥ 3 : Love, Hate

Adam らによると、⑥の実装は、引数として対象物をとるため、一階述語論理が必要である。しかし、Adam らの論理体系では述語論理が扱えないため、⑥は形式化されていない。そのため、従来研究では⑥を除く 20 種類の感情表現の実装を行った。

3.2 従来研究の実装と課題

従来研究 [6, 7] では、前節の Adam らの形式化を踏まえ、OCC theory で定義されている、感情の強さに影響を与える変数を導入することで、度合い付きの感情表現の実装を行った。これらの研究により、エージェントの度合い付きの感情表現と、生起した感情によって行動を決定できるエージェントの実現が可能であることが示された。なお、従来研究における、度合い付きの感情表現を持つエージェントの実装方法の詳細に関しては今井の論文 [5] で述べる。

従来研究における課題としては、生起した感情の度合いの時間経過による変化は考えられていない点が挙げられる。より人間らしさを考慮するならば、時間経過とともにその感情の度合いは減衰していくと考える方が自然である。また、従来研究において実装された感情表現が、どの程度、実際の人間に近いかという、もっともらしさについて検討していない点も課題である。そこで、本研究では、時間経過による感情の度合いの減衰を導入し、その妥当性についての検証実験を行うことで、より人間らしい感情表現を目指すことにした。

4 時間経過による感情の度合いの減衰の導入

本研究では、前章を踏まえ、時間経過によるエージェントの感情の度合いの減衰を導入した。本章では、その実装について述べる。まず、エージェントが感情を生起するには、任意のタイミングで信念の追加や削除を行うイベントや、ゴールの追加を行うイベントを与える必要がある。そのため、従来研究で用意されていた、外部から TCP の 49999 番ポートに接続し指定したエージェントにこれらのイベントが与えられる環境を利用した。また、処理中で、感情の度合いと生起した時間を time という述語の引数として表現し、信念に保存する。

処理の流れは以下のとおりである。

(step1) 外部入力によりエージェントに信念が追加される

(step2) 感情が生起されているか検証する
生起されている → step3 へ
生起されていない → step1 へ

(step3) 感情とその度合い (D1) と生起した時間 (T1) を引数にもつ time 述語を信念に追加する

(step4) 任意のタイミング (T2) で行動を起こす指示を与える

(step5) そのときの感情の度合い (D2) の強さによって行動を選択する

(step6) step3 の time 述語を削除したのち、新たに D2 と T2 を引数にもつ time 述語を信念に追加する (time の更新)

例として、Joy を生起する際の時間的経過は図 1 のようになる。Joy は論理式

$$Joy^i_{f(d)}\varphi := Bel^i\varphi \wedge Des^i_d\varphi$$

により定義される (d および $f(d)$ は度合い、f は増加関数である)。したがって時刻T1で $Bel^i\varphi$, $Des^i_d\varphi$ の両方が信念に加われば、その時点で $Joy^i_{f(d)}\varphi$ が生起するが、時間とともに度合いが減衰するため、時刻T2で Joy の検査を行うと、度合いはD1時点より減少している。

以上の過程は、信念追加時の感情生起 ((step1)-(step3)) と、行動時の感情の度合い検査 ((step4)-(step6)) の 2 つに大きく分けることができる。それぞれについて以下に詳しく述べる。

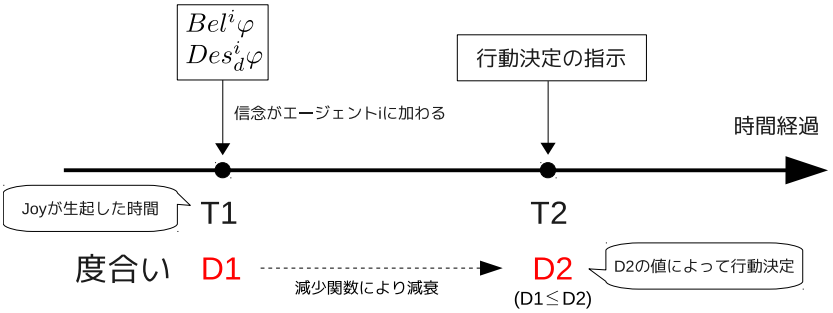

図 1: Joy を生起する際の時間的経過

4.1 信念追加時の感情生起

まず、外部入力によってエージェントに信念を追加する。エージェントは、信念が追加されるたびに、その信念によって感情が生起しているかどうかを検証する。もし信念が生起していない場合はそのまま感情が生起するまで外部入力を行う。逆に感情が生起した場合は、その感情の種類 (Joy,Distress など)、そして生起した時の度合い (D1) と時間 (T1) を、time 述語で表現し、信念として保存する。

従来のプログラムとの変更点としては、これまでは step4 のときのみに感情が生起しているかを検証していたが、感情の度合いの減衰を取り入れるには、感情が生起した時間を知る必要があるため、信念が追加されるたびに感情が生起しているかを検証するようにした。また、step3 において、生起した感情の度合い D1 は先行研究によって導入された関数によって計算し、生起した時間は、Jason に標準で用意されている関数 system.time によって測定した。step1 から step3 までの実際の実装形式は図 2 のようになる。

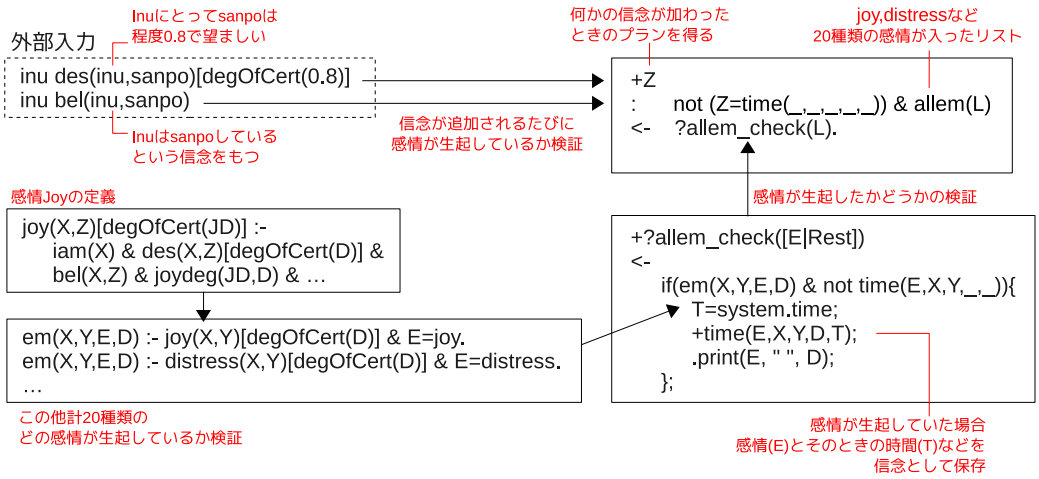

図 2: 信念追加時の感情生起の過程の実装

4.2 行動時の感情の度合い検査

任意のタイミングで外部入力によって行動選択の指示を与える。その時間を T2 とする。このとき、T2 と、step3 の time 述語の引数から得た T1 との差を、経過時間を引数にもつ減少関数に与えて、度合い D2 を求める。次に、D2 の値によって、行動選択を行う。最後に、現在の度合いと時間を保存するために、度合い D1 と時間 T1 を引数にもつ time 述語を信念から削除し、新たに、度合い D2 と時間 T2 を引数にもつ time 述語を信念に追加する。すなわち、信念中の time 述語を更新しておく。

T2 の測定は step1-step3 のときと同様に system.time によって行った。度合いが減衰しているかを確認するためには、step6 の後、step4 を行う必要があり、その時点の度合いを求めるために呼び出される time 述語は更新後のものである。つまり、度合いは D2 から減衰させるため、時間が経過するにつれて段々小さくなる。step4 から step6 までの実際の実装形式は図 3 のようになる。

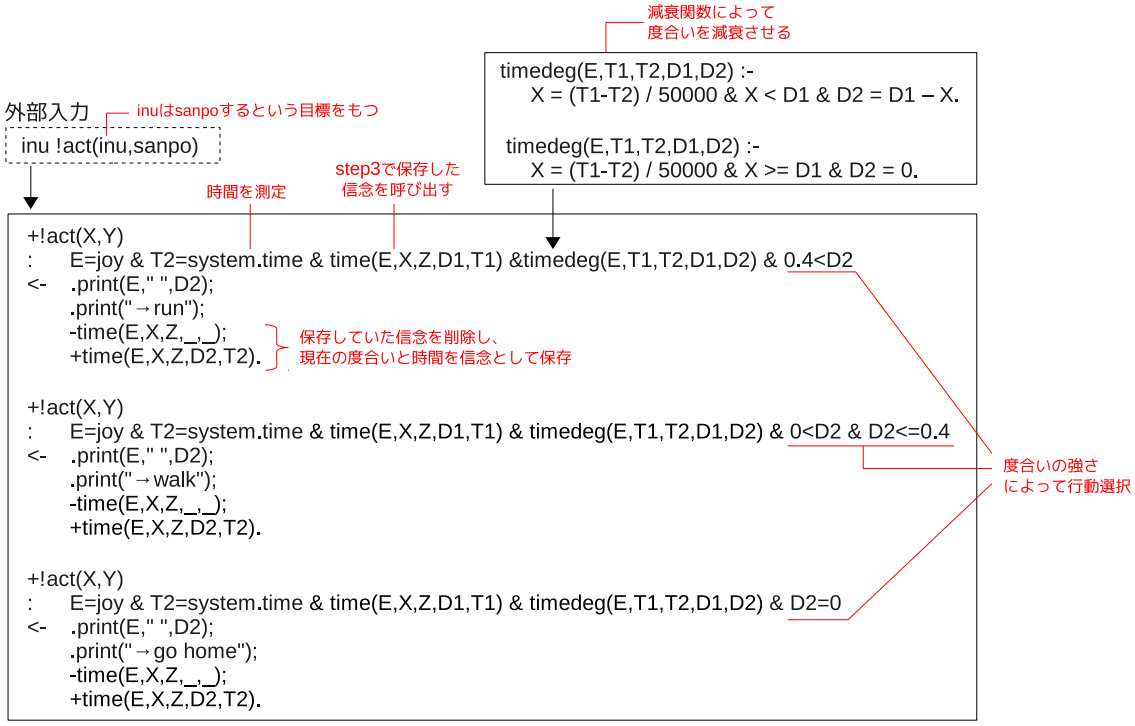

図 3: 行動時の感情の度合い検査の過程の実装

5　実験と結果

5.1　実験

実現した感情の減衰の妥当性について検証するために、よく知られていて感情表現も詳細な文学作品をシナリオとして使い、その通りの感情が起きるか検証した。より「人間らしさ」を追求するならば、文学作品ではなく、実際の人間の感情を基に検証することが望ましいが、心理学実験が困難なので、その代替として、本研究では文学作品を使用することにした。題材として『走れメロス』を使用した。ストーリーは以下の通りである。

> メロスは王のもとを目指していた。途中、疲労でたどり着けないかもしれないと絶望し、まどろんでしまったが、時間がたち、起き上がり、また希望を持って走り出した。

上記のストーリーをもとに、以下のように整理する。

- エージェント — メロス (melos)
- エージェントの目標 — 王のもとに到着する (reach_king)
- 発生した感情 — 絶望 (disappointment)
  度合い $D(0 \leq D \leq 1)$

また、度合い D の強さによる行動選択を以下のように設定する。

度合い D	行動
$0.4 < D \leq 1.0$	寝る (sleep)
$0 < D \leq 0.4$	起き上がる (get up)
$D = 0$	走る (run)

実験は、時間経過により減衰する度合い D の強さによって行動選択を行うプランを Jason 上で記述 (図 4) し実行することで行った。エージェントに行動決定の指示 (ゴール) が与えられたとき、その時点での度合い D を計算する。D が 0 以上の場合は、感情の種類とその度合い D、また D により決定された行動を出力させたのち、一定時間 (本実験では 20 秒) 待機し、再び行動決定のゴールを生成する。D が 0 の場合は、度合いが 0 になった感情の削除を行い、D が 0 以上の場合と同様の出力をさせる。なお、1 章で述べたとおり、感情の削除の実装に関しては今井の論文 [5] で述べる。

```
+!act(X,Y)
:       E=disappointment & T2=system.time &
        time(E,X,Z,D1,T1) & timedeg(E,T1,T2,D1,D2)  & 0.4<D2
<-      .print(E," ",D2);
        .print("→sleep");
        -time(E,X,Z,_,_);
        +time(E,X,Z,D2,T2);
        .wait(20000);
        !act(X,Y).

+!act(X,Y)
:       E=disappointment &T2=system.time &
        time(E,X,Z,D1,T1) & timedeg(E,T1,T2,D1,D2)  & 0<D2 & D2<=0.4
<-      .print(E," ",D2);
        .print("→get up");
        -time(E,X,Z,_,_);
        +time(E,X,Z,D2,T2);
        .wait(20000);
        !act(X,Y).

+!act(X,Y)
:       E=disappointment & T2=system.time &
        time(E,X,Z,D1,T1) & timedeg(E,T1,T2,D1,D2)  & D2=0
<-      .print(E," ",D2);
        .print("→run");
        -time(E,X,Z,_,_);
        +time(E,X,Z,D2,T2).
```

20秒待機し
再び行動を起こす指示を与える

度合いDの強さによって
行動選択

図 4: 検証実験の実装プログラム

5.2 結果

外部入力 (図 5) を行うことで、時間経過とともに度合いが減少する感情が生起し、また、その度合いの強さによって行動が変化することを確認した (図 6)。これにより、エージェントが物語での感情描写に則した行動を取ることが確認された。なお、図 6 で disappointment の度合いが 0 になった際に感情が削除されたことを表す出力を行っているが、この実装部分は、今井の論文 [5] の感情の削除の実装方法で述べられている。

《外部入力》

```
melos des(melos,reach_king)[degOfCert(0.8)]
melos reach_king[degOfCert(0.5)]
melos effort(melos,reach_king)[degOfCert(0.8)]
melos bel(melos,not reach_king)
melos !act(melos,reach_king)
```

0.8程度王のもとに到着することを望む
王のもとに到着することの実現度0.5
王のもとに到着するため0.8程度努力した
王のもとに到着できない(かもしれない)
行動決定の指示

図 5: 外部入力

《実行結果》

```
addPercept(melos, des(melos,reach_king)[degOfCert(0.8)])
addPercept(melos, reach_king[degOfCert(0.5)])
[melos] hope 1
addPercept(melos, effort(melos,reach_king)[degOfCert(0.8)])
addPercept(melos, bel(melos,not (reach_king)))
[melos] disappointment 1
addPercept(melos, goal(1,act(melos,reach_king)))
[melos] !act(melos,reach_king)
[melos] disappointment 0.7344200000000001
[melos] →sleep
[melos] disappointment 0.33374000000000004
[melos] →get up
[melos] disappointment 削除
[melos] disappointment 0
[melos] →run
```

それぞれ度合い1.0のhopeとdisappointmentが生起される

一定時間ごとの感情の度合いの強さとそのときの行動を表示

度合い0の感情の削除

図 6: 実行結果

6 終わりに

本研究では、より人間に近い感情表現を持つエージェントの実現を目指した。時間経過による感情の度合いの減衰を取り入れることで、エージェントがそのときの度合いに見合った行動選択を行うことが可能になった。

今後の課題として、感情がどの程度減衰するかを決定する部分の妥当性に関する検討が挙げられる。現段階では、20 種類の感情の度合いをすべて同じ減少関数によって減衰させたが、実際は書く感情によって違いがあると考えられる。また、実装ではこの関数は単純なものを用いている。さらに、人間では感情の減衰の他に、後で生起した感情が先に生起した感情を抑制するといったことも考えられるが、現在はそのような機能は導入していない。これらが現在の問題点として挙げられる。このような課題を解決することで、より人間らしい感情表現を実装させることを目指したい。

謝辞

本研究及び本論文の作成にあたり、指導教官の新出尚之教授から丁寧なご指導、ご助言を賜りました。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] 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] A. Ortony, G.L. Clore, and A. Collins. *The Cognitive Structure of Emotions.* Cambridge University Press, 1988.

[4] Munindar P. Singh, Anand S. Rao, and Michael P Georgeff. *Formal method in DAI: Logic-Based Representation and Reasoning.* Massachusetts Institute of Technology, 1999.

[5] 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.

[6] 石川葉子. 感情に程度の強さを取り入れたエージェントの実現. 2014 年度卒業論文, 奈良女子大学理学部情報科学科, 2015.

[7] 池之内彰子. OCC Theory に基づくエージェントの感情表現の論理モデル. 2014 年度修士論文, 奈良女子大学人間文化研究科, 2015.

[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 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.