

モチベーションをプロトコル記述に用いた NPC の行動選択

高橋拓也^{†1} 床井浩平^{†2}

本研究では 3D アクションゲームを対象に、戦闘シーンにおける複数の NPC (Non-Player-Character) の行動選択手法の開発を行った。ヒュームの道徳感情論に着想を得て、複数の NPC 間での情報共有によって各 NPC が行動選択の基準とする道徳感覚を獲得し、それぞれの NPC が持つ道徳感覚をもとに行動選択を行うモデルを開発した。これをもとに NPC の自律的な行動選択の動機を明確にし、デザイナーの意図が NPC の行動選択に反映できる手法の開発を行った。

The decision making of NPC's action by using NPC's motivation in protocol description

TAKUYA TAKAHASHI^{†1} KOHE TOKOI^{†2}

In our study, we developed the system of how to decide the actions of some NPC (Non-Player-Character) s in battle scene, which appears in 3D-Action-Game. In our model, each NPC decide the action which they act by autonomously. Each NPC decide the action by their morals which formed by messaging with other NPCs in battle scene. We developed this system by brainstormed from Hume's moralism. This system supports the designer of NPC to design the NPC by clarify the motivation of making decision which NPC acts.

1. はじめに

3D 仮想空間における複数のアバターの自律的制御はビデオゲームなどの映像表現において、広く用いられている [1]。アバターの自律的制御が映像コンテンツで用いられる場合、アバターの挙動はユーザーに視覚的な情報として与えられるが、その振る舞いはアバターのデザイナーの意図を反映している必要がある。アバターの制御 AI については複数の目的が存在しているが [2]、3D 対戦ゲームにおいてはアバターの行動制御モデルとして複数のアバター同士のコミュニケーションによって、アバターの行動目的を学習するものが提案されており [3]、その中でも“Motivation Based on Empathy” [4] などのアバターの感情をモデル化したものが数多く提案されている。本研究では対象を 3D 対戦ゲームとし、ゲームデザイナーの意図を反映した、アバターの自律的な行動選択手法の実装と、それを用いた対戦シーンの記述法の開発を行った。

2. 提案モデル概要

本研究の対象は 3D 対戦ゲームである。3D 仮想空間において自律的に行動するアバターを本研究では NPC (Non-Player-Character) と呼ぶ。NPC は、ゲームプレイ中ではプレイヤーの仲間としてプレイヤーの助けを行う、また、敵としてプレイヤーに攻撃を加える。NPC の自律的な行動

制御法について、NPC の振る舞いを Hume の道徳感覚 [5] に着想を得たモデルを用いてルール化した。Hume は道徳と感情の関係として以下の四つを示した。

- ① 人間の行動の動機は自身が思いつく欲求に起因する
- ② 人間は自身の欲求を満たす行動を行おうとする
- ③ 人間は欲求に沿った行動について、自身の道徳感情により行ってもよいかどうか判断する
- ④ 人間の道徳感情は、周囲の他者が自身の行動に対してどのように感じるかをもとに形成される

よって、本提案手法では上記①～④までの特徴をもとに以下の四つを NPC の行動選択におけるルールとして定義した。

- ⑤ 各 NPC の行動の動機は NPC が思いつく欲求に起因する
- ⑥ 各 NPC は自身の欲求を満たす行動を行おうとする
- ⑦ 各アバターは希望する行動が自身の持つ道徳感覚に合致するかを判断し実行の可否を決定する
- ⑧ 各アバターの道徳感覚は自身が行動を実行した際、他者 (他のアバター) が実行の結果をどのように感じるかによって決定する

上記のルールより、各 NPC は他 NPC とのコミュニケーションにより道徳感覚を構築し、構築した道徳感覚を基準として行動の選択と実行を自律的に行う。NPC のデザイナーは NPC が対戦シーン中にどのような役割であるかを明

^{†1} 和歌山大学システム工学研究科
Wakayama University Graduate School of Systems Engineering.

^{†2} 和歌山大学システム工学研究科
Wakayama University Graduate School of Systems Engineering

示することはせず、初期条件として各 NPC 間の関係性と選択可能な行動のみを設定する。初期条件と NPC 間でのコミュニケーションにより各 NPC は自律的に行動選択と実行を行うため、ゲームの対戦シーンではデザイナーがシナリオをあらかじめ定義することなく、自動的にデザイナーの意図したシナリオが形成される。

2.1 モデルの構成

本提案モデルは大きく 3 つの部分により構成される。各モデルの詳細については 3 章以降で述べる。

モデルを構成する要素は以下の 3 つである。

- 初期条件
- NPC 間でメッセージングを行う部分
- 各 NPC で行動選択、実行を行う部分

上記 3 つの部分のうち、NPC のデザイナーが変更を行える部分は初期条件のみである。NPC 間でメッセージングを行う部分と各 NPC で行動選択、実行を行う部分については、初期条件として与えられたデータをもとに各 NPC が自律的に行う。

3. 初期条件

初期条件は NPC のデザイナーが NPC に意図した振る舞いを行わせるために与える情報である。デザイナーの入力が必要な情報は以下の 5 種類である。

- ① NPC が行動選択を行う際、行動の候補を決定するための基準となる式
- ② 上記①の式と NPC がゲーム内で行う行動の対応付け
- ③ 上記①の式の変数となる NPC の感情の割合を表した値
- ④ 各 NPC が、選択した行動を実行可能かどうか判断するための基準となる、任意の 2NPC 間の関係性
- ⑤ NPC が行う行動が、行動の実行対象の NPC に対してメリットであるか、デメリットであるか

3.1 NPC 行動の候補を決定するための式

NPC が行動選択を行う際、どの行動を行うか候補を決定する。候補の決定は“Utility Theory”[6]によって決定する。よって Utility Theory の判断基準となる式を NPC のデザイナーが入力する。式は数式を入力するのではなく、2 軸のグラフを作成して入力する。

このグラフは縦軸を Utility Theory における利益率、横軸を 3 章にて前述した NPC の感情の割合を表した値となる。

具体的な図を図 1 に示す。図 1 では NPC が行動選択の候補を決定するための基準となる式を

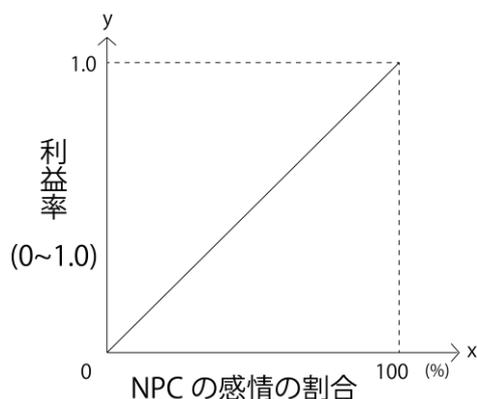
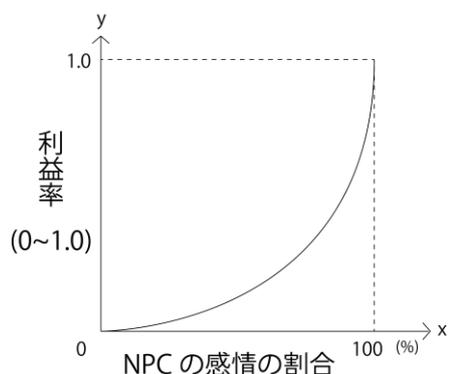


図 1 NPC が行動選択の基準とする式

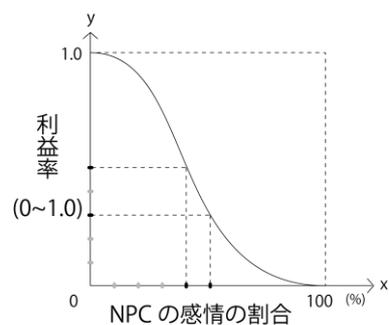
Figure 1 An equation which NPC use for making decision.



$$y = x^2 / 10000 \text{ (二次関数)}$$

図 2 NPC が行動選択の基準とする式②

Figure 2 An equation which NPC use for making decision (pattern 2).



$$y = 1 / (1 + (2.718 \times 0.45)^{x+40}) \text{ (ロジスティック関数)}$$

図 3 NPC が行動選択の基準とする式③

Figure 3 An equation which NPC use for making decision (pattern 3).

$$y = x/100$$

の式で表している。この Utility Theory を用いるために、 y の範囲を $(0 \leq y \leq 1.0)$ 、 x の範囲を $(0 \leq x \leq 1.0)$

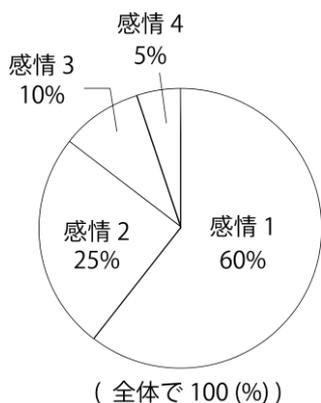


図 4 NPC の感情の割合

Figure 4 The percentage of NPC's emotion.

友好度の起点となる NPC	A	B	C	...
A		80	-70	
B	60		10	
C	-5	20		
...				

図 5 任意の 2NPC 間の関係

Figure 5 Relationship between any two NPCs.

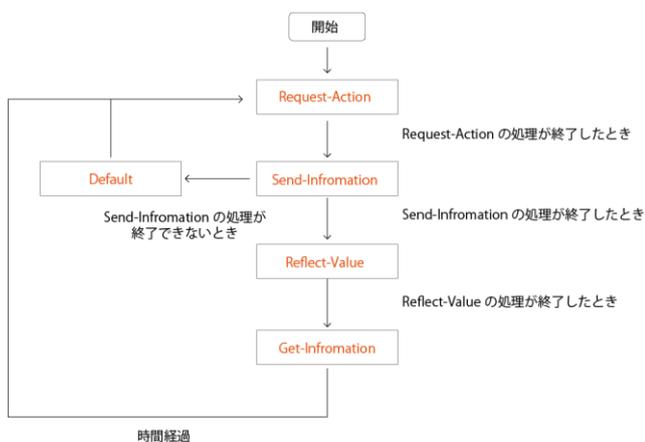


図 6 NPC の状態遷移の様子

Figure 6 Flow of NPC's state.

としている。

この式は他にも図 2 や図 3 といった式も例として可能である。Utility Theory が対応可能な式については、本論では言及しない。Utility Theory の利益率について、本提案モデルでは NPC が行動を選択する際の NPC にとってのモチベーションと言ひ換える。

例として、図 1 のような式であれば、NPC の感情 (x)

が増大するほど、NPC はその感情に結び付いた行動についてのモチベーション (y) が大きくなる。逆に図 3 のような式であれば、NPC の感情 (x) が増大するほど、NPC はその感情に対応した行動に対するモチベーション (y) が減少する。

3.2 NPC の行動とその動機となる式の対応付け

3.1 項にて、NPC の行動選択の候補を決定するための式について述べた。各 NPC は複数の行動を選択肢として持っている。本提案モデルでは、NPC の各行動に対しそれぞれに 3.1 項で述べた式を一对一で対応付ける。

例として、図 1 ならば攻撃、図 2 ならば防御、といったものである。これは NPC の性格(個性)をモデル化したものであり、2 章で述べた Hume の道徳感覚のうち、各 NPC の行動の動機は、NPC が思いつく欲求に起因するという特徴に対応する部分である。

3.3 NPC の感情の割合を表した値

NPC は 3.1 項で述べた行動の候補を決定するための式に、変数として感情の割合を表した値を用いる。例として図 4 のように、NPC が選択可能な感情に対して、その割合の合計が 100%となるようにする。図 4 における感情 1 が図 1 の式に対応しているのであれば、NPC の図 1 の式に対応した行動に対するモチベーション (利益率) は図 1 の式より 0.6 となる。NPC の感情の割合を表した値はゲームの対戦シーン中、NPC 間のメッセージングにより変化する。

3.4 任意の 2NPC 間の関係性

各 NPC はゲームの対戦シーン中に存在する任意の 2NPC 間の関係性について、任意の 2NPC の関係性を推察し、友好度として管理する。これはテーブル状のデータとして図 5 のように表せる。図 5 では縦軸を友好度の起点となる NPC とし、横軸を友好度の対象となる NPC としている。

例として、図 5 では B という NPC は C という NPC に対し、友好度が 10 であるとする。また、C という NPC を起点とした場合、B という NPC に対しては友好度が 20 であるとする。この友好度は取り得る範囲を $(-100 \leq s \leq 100)$ とする。友好度が負の値であれば 2NPC 間の関係性は敵対関係にあるとし、正の値であれば友好関係であるとする。値が -100 に近いほど強い敵対関係にあり、100 に近いほど強い友好関係にある。

この値は NPC 間のメッセージングにより変化する。また、この任意の 2NPC 間の関係性は各 NPC が個別に持っている。例として、図 5 の値を持っているのが A という NPC であった場合、他の NPC はそれぞれ値が異なった表を各自で持っている。

3.5 NPC が行う行動が行動の対象に与える影響

NPC は行動選択を行う際、その行動が実行対象の NPC に対して与える影響について考慮する。この値は「行動の実行対象に対してメリットである」または「行動の実行対象に対してデメリットである」のどちらかである。これは

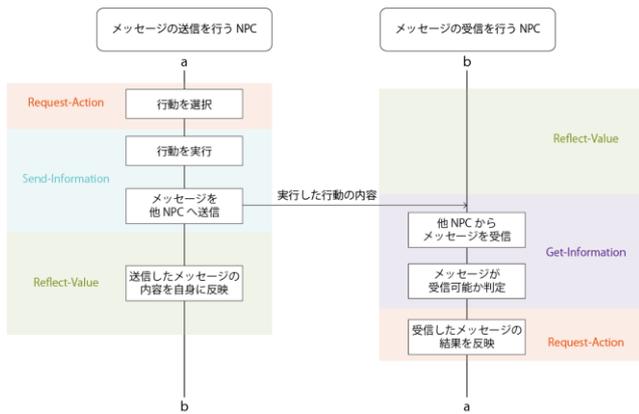


図 7 任意の 2NPC 間のメッセージング
Figure 7 Messaging between any two NPCs.

NPC の選択可能な行動のすべてに対してそれぞれ値として設定する。「NPC の行動が実行対象の NPC に対してメリットである」場合、値は (1) となる。「NPC の行動が実行対象の NPC に対してデメリットである」場合、値は (-1) となる。

4. NPC 間でメッセージングを行う部分

NPC 間でのメッセージングはゲームの対戦シーン上に存在するすべての NPC が、自身も含んだゲームのシーン上のすべての NPC に対して 1 対 N (N = ゲームのシーン上に存在する NPC の数) の関係でメッセージングを行う。

4.1 NPC の状態遷移

NPC 間のメッセージングは本提案手法に含まれる NPC の状態遷移モデルによって自律的に行われる。

NPC のとる状態は以下の 5 種類が存在する。

- Request-Action
- Send-Information
- Reflect-Value
- Get-Information
- Default

ゲームの対戦シーンに存在する各 NPC は常に上記のいずれかの状態を持つ。各 NPC で行う状態遷移の様子を図 6 に示す。また、任意の 2NPC 間において行うメッセージングの様子を図 7 に示す。

4.2 Request-Action

Request-Action 状態では NPC は自身が次に行う行動の選択を行う。これは 3 章で述べた、提案モデル内の各 NPC で行動選択、実行を行う部分によって行われる。詳細は 5 章で述べる。ゲームの対戦シーンに登場した NPC は Request-Action 状態から状態の遷移を開始する。

Request-Action 状態における一連の処理が終了した場合、NPC は Send-Information 状態に状態を遷移する。

4.3 Send-Information

Send-Information 状態にある NPC は、Request-Action 状態で決定した行動を実行する。このとき、他 NPC に対してメッセージの送信を行う。送信するメッセージの内容は以下の二種類である。

- NPC が実行した行動の対象となった NPC
- NPC が実行した行動が、実行対象の NPC に対してメリットであるかデメリットであるか

他 NPC に対し送信したメッセージは受信側の NPC が受信を行うかを決定する。受信しない場合、そのメッセージの内容は破棄される。Send-Information 状態の一連の処理が正常に終了した場合、NPC は Reflect-Value 状態に遷移する。

4.4 Reflect-Value

Reflect-Value 状態の NPC は Send-Information 状態で実行した行動の結果を自身の、行動選択、実行を行う部分のデータへと反映する。詳細は 5 章で述べる。

Reflect-Value 状態で行う一連の処理を終えると、NPC は Get-Information 状態へ遷移する。

4.5 Get-Information

Get-Information 状態にある NPC は他 NPC からのメッセージを受信可能である。メッセージの受信についての可否は NPC ごとに行う。他 NPC からのメッセージ受信についての詳細は 4.7 項で述べる。

Get-Information 状態で一定時間経過すると、NPC は Request-Action 状態へ遷移する。

4.6 Default

Default 状態は NPC が Send-Information 状態で正常に処理を終了できなかった場合に遷移する。

例として、NPC はゲームの対戦シーン中に存在しており、行動の実行対象の NPC も同様にゲームの対戦シーン中に存在する。ゲームの対戦シーンは時間経過とともに変化する。このとき、Request-Action 状態で選択した行動を行う対象となる NPC が時間経過によってゲーム対戦シーンから消滅している可能性がある。

Default 状態にある NPC は Request-Action 状態で選択した行動を破棄したのち、再度 Request-Action 状態に遷移する。

4.7 NPC の感覚

本提案モデルでは、Get-Information 状態の NPC は他 NPC からのメッセージの受信を行うが、その際にメッセージの受信の可否を受信側の NPC によって決定する。このメッセージの受信の可否は受信側の NPC が持つフィルターによって決定される。フィルターには以下の 2 種類のものがある。

- NPC の視覚を表したフィルター
- NPC の聴覚を表したフィルター

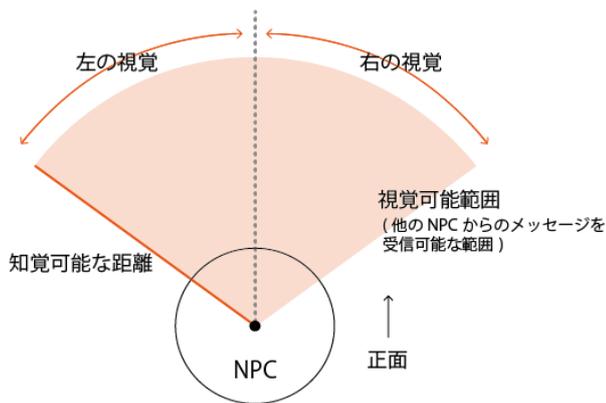


図 8 NPC の視覚

Figure 8 Range of NPC's view.

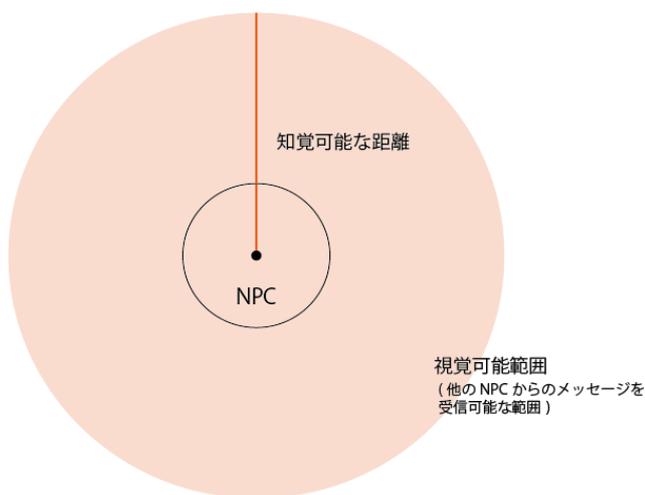


図 9 NPC の聴覚

Figure 9 Range of NPC's hearing.

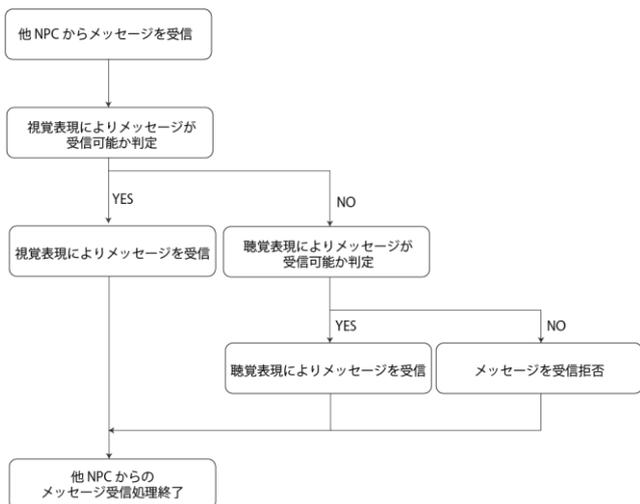


図 10 NPC の視覚と聴覚の関係

Figure 10 Flow of NPC's view and NPC's hearing.

このフィルターは生物の視覚・聴覚を簡易に模擬したものである。これは本研究の対象が 3D 仮想空間に存在する

NPC であるため、NPC に対する他の NPC からのメッセージの受信は 3 次元空間における範囲について考慮する必要があると考えたためである。

4.8 NPC の視覚を表したフィルター

NPC の視覚を表したフィルターでは 3D 仮想空間において図 8 のように表せる。範囲は NPC 自身が向いている向きに対し、NPC の位置を頂点とした正面方向に円錐形となる。

4.9 NPC の聴覚を表したフィルター

NPC の聴覚を表したフィルターでは 3D 仮想空間において図 9 のように表せる。範囲は NPC を中心とした球となる。

4.10 NPC の視覚と聴覚の関係

NPC は他 NPC からメッセージの受信を行った場合、それが受信可能であるかを視覚フィルターによって判定する。その後、他 NPC からメッセージが視覚フィルターによって受信不可能であった場合、聴覚フィルターによって受信可能であるかを判定する。視覚フィルターで受信可能であると判定した場合、聴覚フィルターによる受信は行わない。視覚フィルター、聴覚フィルターの両方で他 NPC からメッセージが受信不可能であると判定した場合、そのメッセージは破棄する。具体的な流れを図 10 で表す。

5. 各 NPC で行動選択、実行を行う部分

各 NPC は行動選択と実行を自律的に行う。NPC の行動選択は以下の手順に沿って行われる。

1. NPC の行う行動の候補を決定する
2. NPC の行う行動の候補について、行動を行ってもよいか判断する

5.1 NPC が実行する行動の候補の決定

NPC の行う行動の候補の決定を行うため、“Utility Theory”を用いた。Utility Theory の特徴は、Utility Theory によって選択された結果が、選択の基準となる目的に対して最大利益となることである。

Utility Theory に用いる値は 3 章で述べた初期条件のうち、以下のものである。

- ① NPC が行動選択を行う際、行動の候補を決定するための基準となる式（以下データ①とする）
- ② 上記①の式の変数となる NPC の感情の割合を表した値（以下データ②とする）

NPC は行う行動の候補の決定のため以下の手順を行う。

1. データ②の各感情に対し、それぞれの感情に対応したデータ①の式にデータ②の感情の割

合を代入する。

2. 上記の手順1で代入した値をもとに、それぞれの行動について、NPCのモチベーション(利益率)を求める。
3. 最もモチベーション(利益率)が高い行動を行動の候補として決定する

NPCは上記の手順で決定した行動の候補について、実行が可能であるかどうかを判定する。判定の手順については5.2項で述べる。

5.2 NPCの行動の実行

NPCは5.1項で述べた方法により行動を選択する。NPCは選択した行動について、実行が可能であるかどうかを以下の手順で判定を行う。

1. 自身の選択した行動について、対象となるNPCをランダムに決定する。
2. 上記1の手順により選択した、行動の実行対象となるNPCに対して、行動を実行してもよいか判定する。

上記1の手順では、行動の実行対象となるNPCを選択する。選択はゲームの対戦シーン上に存在しているすべてのNPCの中から、各NPCを選択する確率が一律な確率分布を使い、ランダムに選択する。

上記2の手順では、上記1の手順により選択したNPCに対して、以下の式により、選択した行動が実行可能であるか判定を行う。

X：選択した行動の自身への利益率

Y：選択した行動が行動の実行対象に対して与える結果

$P\alpha$ ：ゲームのシーン中に存在する任意のNPC α への自身の関係

$Q\alpha$ ： α と自身の行動の対象となるNPCの関係

$$\textcircled{1} \quad 0 \leq \sum (P\alpha * Q\alpha) / Y$$

$$\textcircled{2} \quad X \geq \lceil \sum (P\alpha * Q\alpha) / 10000 \rceil$$

上記①または②の式を満たすときNPCは行動を実行可能である。上記二式の(X)とは5.1項で述べたNPCの行動に対するモチベーション(利益率)($0 \leq X \leq 1.0$)である。上記二式の(Y)とは3章で述べた、NPCが行う行動が、行動の実行対象のNPCに対してメリットであるか、デメリットであるかである。上記二式の($P\alpha$)とは行動を実行するNPCが持つ、任意の2NPC間の関係を表したデータのうち、自身から見た、任意のNPC(α)に対する値($-100 \leq P\alpha \leq 100$)である。また、($Q\alpha$)とは行動を実行するNPCが持つ、任意の2NPC間の関係を表したデータのう

ち、任意のNPC(α)から見た、行動の実行対象となっているNPCに対する値($-100 \leq Q\alpha \leq 100$)である。

上記二式のうち①の式はNPCの選択する行動がゲームのシーン上に存在する周囲の他のNPCと利害が一致していることを表す式である。NPCが選択している行動が、ゲームのシーン上に存在する周囲の他のNPCと利害が一致しているとき、NPCは行動を実行可能である。

上記二式のうち②の式はNPCの選択している行動に対するモチベーションが、ゲームのシーン上に存在する他のNPCの利益よりも勝っている場合、それらの利害が一致していなくとも、行動を実行することを示した式である。

5.3 NPC自身が行った行動に対する結果の反映

NPCは行動を実行した場合、「NPC自身の持つNPCの感情の割合を表した値」に結果を反映する。実行した行動に対応する感情について、「NPC自身の持つNPCの感情の割合を表した値」を低下させる。このとき、すべての感情の割合の合計が(100(%))となるように、「割合を低下させる感情」を除くすべての感情の割合を上昇させる。割合の上昇は「割合を低下させる感情」を除いたすべての感情の比が、割合の変化前と同じとなるように割合の上昇を行う。

5.4 他のNPCが行った行動に対する結果の反映

他のNPCが実行した行動について、4章で述べたNPCの状態が「Get-Information」状態であるとき、かつ行動を実行した他NPCからのメッセージを受信可能であった場合、メッセージを受信したNPCは、受信したメッセージの内容をもとに自身の持つ、「各NPCが、選択した行動を実行可能かどうかを判断するための基準となる、任意の2NPC間の関係」に結果の反映を行う。

結果の反映は、以下の二点について行う。

1. 行動の実行対象となったNPCに対する、メッセージを送信したNPCからの関係
2. メッセージを受信したNPC自身から、メッセージを送信したNPCに対する関係

上記二つの値については、4.3項で述べた「メッセージを送信したNPCが実行した行動が、実行対象のNPCに対してメリットであるかデメリットであるか」をもとに値の変更を行う。

上記1の値について、メッセージを受信したNPCが持つ、「任意の2NPC間の関係」の値について、「メッセージを送信したNPCが実行した行動が、実行対象のNPCに対してメリットである」場合、メッセージを受信したNPCが持つ、「任意の2NPC間の関係」の値のうち、「メッセージを送信したNPC」から「メッセージを送信したNPCが行った、行動の実行対象となったNPC」への値に正の値を加算する。

メッセージを受信したNPCが持つ、「任意の2NPC間の関係」の値について、「メッセージを送信したNPCが実行

した行動が、実行対象の NPC に対してデメリットである」場合、メッセージを受信した NPC が持つ、「任意の 2NPC 間の関係」の値のうち、「メッセージを送信した NPC」から「メッセージを送信した NPC が行った、行動の実行対象となった NPC」への値に負の値を加算する。

上記 2 の値について、以下の式をもとに判定を行い、メッセージを受信した NPC が持つ「任意の 2NPC 間の関係」の値について結果の反映を行う。

S : メッセージを送信した NPC が行った行動が行動の実行対象に対してメリットであるかデメリットであるか

R : メッセージを受信した NPC から「メッセージを送信した NPC が行った行動の実行対象となった NPC」への値

$$D = S/R$$

上記式の D の値が正の値であった場合、「メッセージを送信した NPC」と「メッセージを受信した NPC」の利益が一致しているとして、メッセージを受信した NPC が持つ「任意の 2NPC 間の関係」の値のうち、「メッセージを受信した NPC」から「メッセージを送信した NPC への値に正の値を加算する。

上記式の D の値が負の値であった場合、「メッセージを送信した NPC」と「メッセージを受信した NPC」の利益が一致していないとして、メッセージを受信した NPC が持つ「任意の 2NPC 間の関係」の値のうち、「メッセージを受信した NPC」から「メッセージを送信した NPC への値に負の値を加算する。

6. おわりに

本研究の提案手法では、NPC の自律的な行動選択手法をゲームのシーン上に存在する任意の 2NPC 間のメッセージングによる情報交換をもとに実装した。NPC の行動選択のモデルとして“Utility Theory”を用いたが、そのパラメータはゲームの仕様に依存する「体力」「攻撃力」といったものを利用していない。そのため、NPC の選択する行動に対して、行動の対象となる NPC を指定したうえで行動選択を行うことができない。例として「他 NPC の体力が減少しているが、他 NPC はその NPC に対して、行動の対象を指定したうえで体力の回復を行う」といったことができない。

前述の問題点は、本提案手法を、ゲームを対象に用いるうえで大きな問題となる可能性がある。よって、NPC の自律的な行動選択を行ううえで、行動の実行対象となる NPC の決定にも、“Utility Theory”などのモデルを用い改良する必要があると考える。

謝辞 本研究にご助力いただいた皆様に、謹んで感謝の意を表す。

参考文献

- 1) Reynolds: Flocks Herds and Schools: A Distributed Behavioral Model in Computer Graphics, SIGGRAPH '87 Conference Proceedings, pages 25-34 (1987).
- 2) Sule, Yildirim and Rena, Norway: A survey on the need and use of AI in game agents, Sindre Berg Stene, SpringSim '08 Proceedings of the 2008 Spring simulation multiconference, Pages 124-131 (2008).
- 3) Genaro Rebolledo-Mendez, Sara de Freitas, Alma Rosa, Garcia Gaona: A Model of Motivation Based on Empathy for AI-Driven Avatars in Virtual Worlds, VS-GAMES (2009).
- 4) KATHRYN MERRICK : Modeling motivation for adaptive non player characters in dynamic computer game worlds, Computers in Entertainment (CIE)Volume 5 Issue 4 (2007).
- 5) 矢嶋 直規:ヒュームのシンパシー論. 一人間的自然の原理としての一, 国際基督教大学リポジトリ (2009).
- 6) Kevin Dill, Dave Mark,: Improving AI Decision Modeling Through Utility Theory, Lockheed Martin, Intrinsic Algorithm, GDC AI Summit (2010).

【 この位置に改ページを入れ,以降のページを印刷対象外とする 】

- 1 Reynolds: Flocks Herds and Schools: A Distributed Behavioral Model in Computer Graphics, SIGGRAPH '87 Conference Proceedings, pages 25-34 (1987).
- 2 Sule, Yildirim and Rena, Norway: A survey on the need and use of AI in game agents, Sindre Berg Stene, SpringSim '08 Proceedings of the 2008 Spring simulation multiconference, Pages 124-131 (2008).
- 3 Genaro Rebolledo-Mendez, Sara de Freitas, Alma Rosa, Garcia Gaona: A Model of Motivation Based on Empathy for AI-Driven Avatars in Virtual Worlds, VS-GAMES (2009).
- 4 KATHRYN MERRICK : Modeling motivation for adaptive non player characters in dynamic computer game worlds, Computers in Entertainment (CIE)Volume 5 Issue 4 (2007).
- 5 矢嶋 直規: ヒュームのシンパシー論. 一人間的自然の原理としての一, 国際基督教大学リポジトリ (2009).
- 6 Kevin Dill, Dave Mark,: Improving AI Decision Modeling Through Utility Theory, Lockheed Martin, Intrinsic Algorithm, GDC AI Summit (2010).