

対象との遭遇時における人の内部状態のモデルと 接近・回避行動のシミュレーション

Investigation of two-dimensional model of interpersonal action intensity by simulation of approach behavior in encounters

坂本孝丈^{1*} 須藤明人² 竹内勇剛^{1,2}
Takafumi Sakamoto¹ Akihito Sudo² Yugo Takeuchi^{1,2}

¹ 静岡大学創造科学技術大学院

¹ Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

² 静岡大学情報学部

² Faculty of Informatics, Shizuoka University

Abstract: 人とロボットなどの人工物がコミュニケーションする場合、コミュニケーションを開始するきっかけは明示的に示される必要がある。これに対し、人同士のコミュニケーションでは、挨拶などにより明示的にコミュニケーションの開始が示されるよりも前に、接近行動や相手の方向に身体を向けるといったインタラクションが行われている。このような対象との遭遇時の初期段階で行われるインタラクションのパターンを人工物に組み込むことで、人-人工物のコミュニケーションの開始を促すことが可能である。しかし、互いにコミュニケーションを開始するつもりがあるか否かといった、対象との遭遇時における自身と対象との内部状態と、それぞれの状況に応じたインタラクションのパターンについては明らかとなっていない。そこで本研究では、対象との遭遇時に考慮すべき内部状態は、「対象に働きかけることに対する積極性」と「対象からの働きかけを受け入れることに対する積極性」で表現可能あり、互いの状態の組み合わせにより初期段階のインタラクションのパターンが決まると仮定する。そこから、エージェントベースシミュレーションと遺伝的アルゴリズムを用いて自身の内部状態に基づく接近、回避行動の生成と分析を行った。結果として、互いの内部状態の変化を考慮しない場合において、2つの積極性の組み合わせにより、人同士の遭遇時に生じる接近、回避行動が再現可能であることが示唆された。今後、接近、回避行動が自身や相手の内部状態に変化を及ぼす状況についてもシミュレーションにより検証を行う必要がある。

1 はじめに

ロボットなどの人工物の振る舞いが多様化することに伴い、人工物の振る舞いの意図を人に伝達することの重要性が高まっている。人工物の意図を人に推測してもらうためには人-人工物の間に対人的な関係を構築する必要がある。しかし、対人的な関係を構築するために、その人にとってその人工物が「自身と関係を構築し得る存在である」と見做されなければならない。一方で、人同士ではたとえ相手が見知らぬ者であってもコミュニケーションを開始することが可能である。また、人混みではできるだけ他者とのやり取りが生まれないように振る舞うこともできる。このことから、人同士のコミュニケーションの初期段階には、あまり意

識しない状態でのインタラクションを通して、何らかのきっかけに応じて、相手の内的状態や意図を推定するようなプロセスが存在すると考えられる。本研究では、この「何らかのきっかけが生じるまでのインタラクション」に注目する。この段階のインタラクションは、対象の内部状態を推定しながらその予測に応じて行動するのではなく、自身の内部状態と物理的な距離や互いの身体方向などの自身と相手の状況に応じて行動が方向付けられていると考えられる。本研究では、このような他者モデルを用いてコミュニケーションを行う以前に行われるインタラクションに注目し、このプロセスを明らかにすることを目的とする。

先行研究では、挨拶行動や身体配置といった人同士の対話場面におけるコミュニケーションを開始する以前の一連の行動パターンに関する研究が行われている [1]。また、人が相手との関係に応じて距離を使い分けていることや、距離や視線方向を互いに調整することで関

*連絡先： 静岡大学創造科学技術大学院
〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1
E-mail:dgs14010@s.inf.shizuoka.ac.jp

係性の調整を行っていることが示されている [2, 3, 4]. さらに、これらの人同士のインタラクションのパターンをロボットに適用した研究が行われている [5, 6]. これらの行動は少なくとも一方が相手とコミュニケーションを開始する目的がある場合に有効であると考えられる。しかし、互いにコミュニケーションを開始するつもりがあるか否かといった、対象との遭遇時における自身と対象との内部状態についてはあまり考慮されていない。特に、人混みの例のような互いにコミュニケーションの開始を避けようとする場面や、人工物側が人とのコミュニケーションを避けようとする場面についての想定はほとんど行われていない。これまでの研究 [7] ではコミュニケーションする意図がない状態で生じるインタラクションについて検証を行い、移動方向などのインタラクションのパターンが対象とのインタラクションを通して変化することが示されている (図 1)。しかし、これらのインタラクションのパターンとインタラクション最中の実験参加者の内的状態の対応付けは困難であり、内部状態の変化までを扱うことはできない。そこで本研究のアプローチとしては、コミュニケーション開始場面について内部状態のモデルを提案し、行動の生成、対応付けをシミュレーションにより行う。そこからインタラクションを方向付けるコンテキストがない状態で開始される 2 者間のインタラクションと内部状態について検証する。

本研究では内的状態の表現として図 2 に示すモデルを提案する。対人的なコミュニケーションにおいて互いの力関係の調整は重要な要因の一つとされている [8]. コミュニケーションにおける関係の構築プロセスに関する研究では、発話内容やジェスチャにおける関係制御 (relational control) に注目したインタラクションの分析が行われている [9, 10]. インタラクションの初期段階における対人的な関係制御に注目すると、自身の行動を通して相手との関係を構築しようとする方向と、相手の行動を受け入れることで関係を構築しようとする方向の 2 つの力が並行した状態を扱う必要があると考えられる。これに基づき、図 2 のモデルは相手に作用することに対する積極性の軸としてのコントロールと、相手のコントロールへの応答に対する積極性の軸であるアクセプタンスで構成される。

本研究ではこのモデルのパラメータと行動の対応付けについて、遺伝的アルゴリズム (GA) により仮想エージェントに行動戦略を獲得させることで行う。GA は生物の進化をモデルにしていることから、人が進化的に獲得した他者との力関係に基づく行動と類似した行動戦略の獲得が期待できる。また、GA を用いた行動戦略の獲得では、人が行動を直接設計する必要がなく、人が直感的に行動を設計できないような状況にも適用できる。視野や行動の制約をそのまま仮想エージェントの設計として組み込むことのできるため、人工物

に応用しやすい手法といえる。これらを踏まえて本研究では、GA により獲得された接近行動について分析を行い、提案モデルがコミュニケーション開始場面の内部状態として適当であるか検討する。そこから、コミュニケーションの初期段階における人の関係調整のプロセスを明らかにすることを目指す。本研究の発展することで、人同士の場合と同じように、他者からの働きかけを必要としている人を見つけることができる人工物や、状況に応じて自ら人に働きかけることができるロボットの振る舞いが設計が期待される。

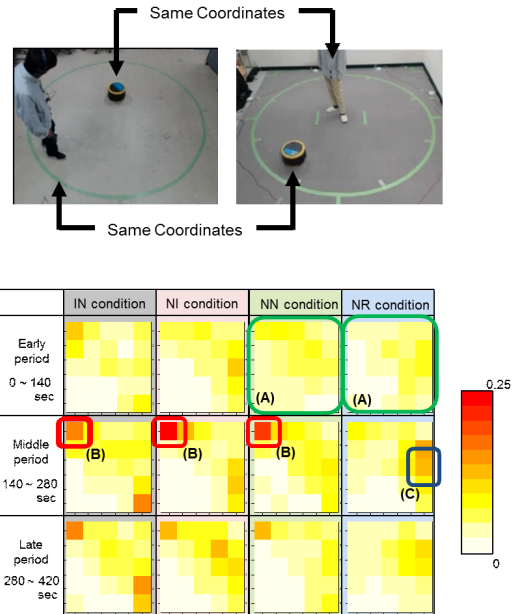


図 1: 先行研究で示されたインタラクションの特徴

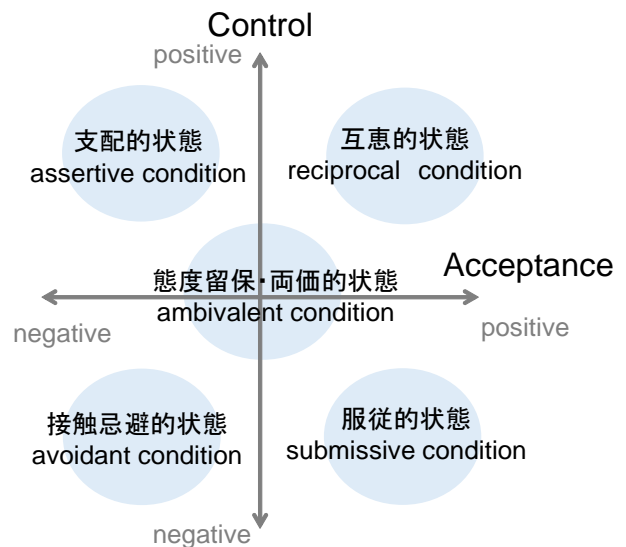


図 2: 内部状態の表現に用いる 2 軸モデル

2 対人的な行動を誘発する内部状態のモデル

本研究では、コミュニケーションを開始する前の初期段階における行動について検証する。この段階のインタラクションにおいては、会話場面のようなターンは構成されていないと考えられる。よって関係の定義の断定と受け入れの側面を平行して取り扱うことが可能なモデルを提案する。具体的には、図2に示した「相手の行動を制御すること」に対する積極性の軸と、「相手の制御を受け入れること」に対する積極性の軸との2軸のモデルについて検証する。2軸の値をモデルのパラメータとし、本研究では各パラメータの正負の組み合わせと、原点周辺の領域の5つの状態について取り扱う。各状態を具体的なコミュニケーション場面に当てはめると以下ようになる。

- 支配的状态
 - － 自分から話かけたいが相手からは話しかけられたくない状態。
 - － 相手に影響を与えたいが相手からの影響は受けたくない状態。
- 服従的状态
 - － 自分からは話しかけたくないが相手からは話しかけられたい状態。
 - － 相手に影響を与えたくないが相手からの影響は受けたい状態。
- 互惠的状态
 - － 自分から話しかけたいし、相手からも話かけられたい状態。
 - － 相手に影響を与えたいし、相手からの影響も受けたい状態。
- 接触忌避的状态
 - － 自分から話しかけたくないし、相手からも話しかけられたくない状態。
 - － 相手に影響を与えたくないし、相手からの影響も受けたくない状態。

本研究では、手始めにこれらの状態に対応する行動を2つのパラメータの値の違いにより表現できるかを検証する。提案モデルのパラメータと振る舞いを対応付けるために本研究では身体配置に着目する。Kendonは、人の操作対象との間に設けられる正面方向の空間を操作領域 (transactional segment) とし、この操作領域を重ねることで空間配置が維持されるとしている。そ

こで、操作領域内に対象を入れることで得られる利害をモデルのコントロールの軸の値に対応させ、対象の作業領域内に入ることをアクセプトの軸の値に対応させる。接近行動や内部状態の対応付いた行動は遺伝的アルゴリズムにより獲得可能であることから [11, 12], これを評価関数とし、遺伝的アルゴリズムの適合度の計算に用いることで、モデルの各状態と行動の対応付けを行う。以降では、遺伝的アルゴリズムおよびシミュレーションについて説明する。

3 GAを用いた行動戦略の獲得とシミュレーション

提案モデルのパラメータに対応する行動をGAにより仮想エージェントに獲得させる。仮想エージェントは2次元平面の仮想フィールド内で行動し、対象物との位置関係により利得を得る。この利得を計算する評価関数をモデルのパラメータに対応付けることで各状態に適応した行動を獲得させる。そこから各状態の行動の性質をシミュレーションにより検証する。適応した行動を獲得したエージェント同士を組み合わせシミュレーションすることで、内的状態の組み合わせによって生じるインタラクションの違いについて検証する。

3.1 仮想エージェント

図3に仮想エージェントの設計を示す。仮想エージェントは30ピクセルの円形で視覚センサ、接触センサ、操作領域を有する。視覚は半径150ピクセル中心角150度の扇形とし、半径と中心角でそれぞれ5分割した25領域のどこに対象が位置するかを判別する。また、対象の相対的な身体方向が八方向のうちいずれであるかを判別する。接触センサは対象と衝突している際に、死角を5つに分割した領域のどこに対象が位置しているかを判定する。また、対象の操作領域内に位置している場合の対象の位置を判定する。つまり仮想エージェントは対象の位置に応じてセンサ値として210の値を取得する。操作領域は半径60ピクセル中心角90度の扇形で表現し、対象が領域内にいる場合、後述する条件に応じて適合度が更新される。仮想エージェントの行動は、静止あるいは八方向への移動の9パターンと、身体方向の回転なし、左回転、右回転の3パターンを組み合わせた27種類でコード化する。一回で移動できる距離は7.5ピクセルで回転角度は15度である。仮想エージェントはセンサ値分である210要素の配列を持ち、各要素は27種類のコードのいずれかの値を取る。この行動のコードをGAにより適合させる。

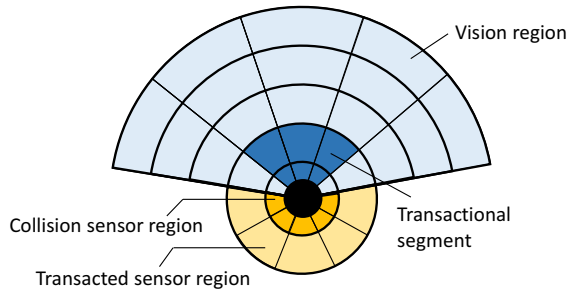


図 3: エージェントの設計

3.2 遺伝的アルゴリズム

図 4 に示す手順でモデルのパラメータに応じた行動を遺伝的アルゴリズムにより仮想エージェントに獲得させる。センサ値の配列を遺伝子配列とし、適合度の計算は 100 ステップの行動の結果から計算する。対象がセンサ内に位置しない場合のエージェントの行動はランダムとする。エージェントが行動するフィールドは一辺 400 ピクセルの正方形で平坦トーラスとする。各個体の評価に用いる適合度は以下の式から求める。

$$fitness = w_c t_p + w_a t_e - w_m t_m - w_h t_h, \quad (1)$$

w_c と w_a はモデルのコントロールとアクセプタンスの値に対応し、 t_p は仮想エージェントが対象の作業領域内にいたステップ数、 t_e は対象が仮想エージェントの作業領域内にいたステップ数を表す。 w_m 、 t_m は移動に伴うコストと実際に移動したステップ数、 w_h はターゲットと衝突した場合の損失と実際に衝突したステップ数とする。 w_c と w_a は、2.1 節で取り上げた 5 つ状態に準じて 5 つの条件に応じて設定する (図 5)。各条件 w_c と w_a の値を以下示す。

- 支配条件 (支配的状态): $w_c = 5, w_a = -5$,
- 服従条件 (服従的状态): $w_c = -5, w_a = 5$,
- 互惠条件 (互惠的状态): $w_c = 5, w_a = 5$,
- 忌避条件 (接触忌避的状态): $w_c = -5, w_a = -5$,

対象が仮想エージェントの作業領域内にいる場合、コントロールが正の条件では適合度を加点、負の条件では減点する。仮想エージェントが対象の作業領域内にいる場合、アクセプタンスが正の条件では適合度を加点し、負の条件では減点する。これにより、モデルのパラメータと行動の対応付けを実現する。また、全ての条件において w_m は 1、 w_h は 10 に設定する。

一世代あたりの個体数は 300 とする。初期の遺伝子配列はランダムとする。一回の試行は 100 ステップであり、仮想エージェントと対象の初期の位置および身

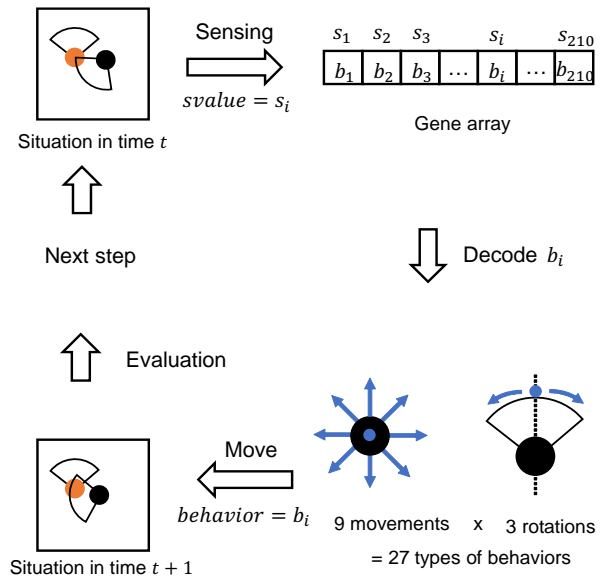


図 4: 各ステップのエージェントの行動

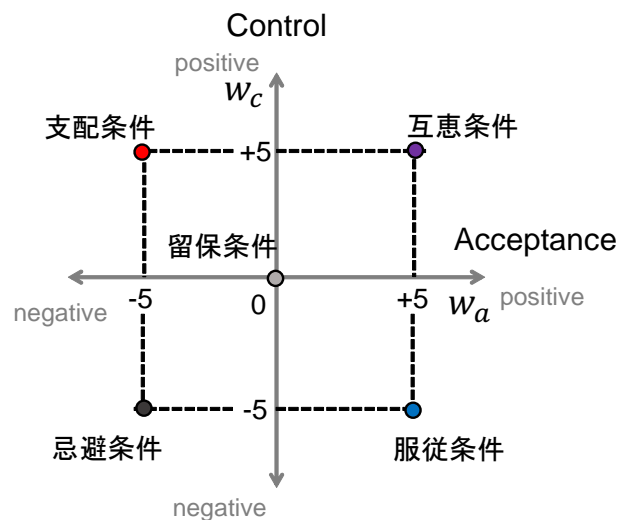


図 5: シミュレーションの条件

体方向はランダムとする。各個体の試行回数は10回とし、そのうち5試行が静止した対象、残りの5試行がランダムに動く対象を用いる。選択に用いる適合度は各ステップ、各試行の合計値とする。選択はトーナメント方式でトーナメントサイズは10に設定する。交差は交差確率0.8の一樣交差で、変位は確率0.03でランダムに10個の遺伝子を対立遺伝子に書き換える。これを5000世代分繰り返す。5000世代目に最も適合度が高かった個体（適合個体）の行動について検証を行う。なお、検証に用いる適合個体は各条件50個体ずつ作成する。

3.3 シミュレーション

まず、GAにより獲得した行動によりランダムな初期位置から設定した状態に到達することを確認する。具体的にはTS内に相手を入れるか否か、相手のTS内に入るか否かが達成されていることを確認する。また、設定した状態に至るまでの経路についても分析を行う。次に、各条件の行動戦略がモデルのパラメータに応じた状況設定と適合し得るものであるかを定性的に分析する。初期位置を対象の背面方向、遠距離正面方向、近距離正面方向に設定し、対象へ接近・回避する行動戦略について分析を行う。

4 シミュレーション結果と考察

4.1 獲得された行動戦略

各条件の適合個体50体の行動戦略を検証するために、それぞれの個体に対して50試行ずつ（一つの条件につき合計2500試行）のランダムな初期位置の対象に対する行動をシミュレーションした。図6に、ランダムな初期位置の対象に対する各条件の適合個体の行動結果を示す。上段は仮想エージェントと対象間の距離、中段は仮想エージェントの身体方向に対する対象の位置方向、下段は対象の身体方向に対する仮想エージェントの身体方向の変化を表す。左から支配条件、服従条件、互惠条件、忌避条件の結果であり、ステップ毎に求めた各条件の個体の平均は実線、標準偏差は破線で示される。また、各条件の加点される条件に必要な距離や方向が赤色の領域で、減点される条件に必要な距離や方向が青色の領域で表される。

表1にランダムな初期位置の対象への行動により、一回の試行（100ステップ）の間に一度でも対象をTS内に入れた試行、対象のTS内に入った試行、対象と衝突した試行の割合を示す。対象に接近する支配条件、服従条件、互惠条件では9割以上の対象の初期配置に対して目的の状態に到達したことが示された。一方で対

象の配置によっては目的の状態に到達できない試行が含まれていた。服従条件において対象をTS内に入れる行動は適合度が下がり、不利に働く。しかし、忌避条件と比較し対象をTS内に入れた試行の割合が高くなっている。これは、対象のTS内にエージェントが入ろうとする場合、対象を視野内に捉えつつ接近する必要があるため、服従条件においても対象をTS内に入れる試行数が小さくなり難かったと考えられる。また、不利な配置を通過しても目的の状態に到達することが適合度の減少を抑えることができることも要因であると考えられる。

4.2 接近・回避行動の分析

各条件の接近行動について比較するために、エージェントの初期位置を対象を視野の端でとらえられる距離かつ対象の正面とした場合と、背面とした場合についてシミュレーションを行った。表2, 3にそれぞれのシミュレーション結果を示す。目的の配置は評価値が加算される配置であり、到達までのステップ数は目的の配置に初めて到達したステップ数を示す。不利な配置は評価値が減少する配置であり、互惠条件には該当する配置はない。それぞれの値は各条件の50個体の試行に基づき求めた。正面からの接近では、支配条件の仮想エージェントは距離を詰める必要があるため、不利な配置を通過することが多くなる。また、背面からの接近では、服従条件の仮想エージェントが対象の正面方向に回り込むことにより、到達までのステップ数が大きくなっている。

忌避条件を含めた回避行動を検証するために、対象のTS内を初期位置とした場合についてのシミュレーション結果を表4に示す。回避行動は接近行動に比べて実行される割合が高いが、これは必要なステップ数が少ないためであると考えられる。

4.3 内部状態に応じた接近行動の定性的な分析

内部状態を表すControlは自分から相手へ働きかけることに対する積極性、Acceptanceは相手から自分へ働きかけられることに対する積極性に対応している。ControlとAcceptanceの少なくとも一方の値が正の条件で進化させた仮想エージェントは、対象との距離が離れている場合、接近行動をとる。そこで支配条件、服従条件、互惠条件の3つの条件について、仮想エージェントが対象に接近する際の移動経路を詳しく検討する。図7, 図8, 図9は各条件のもとで進化させた仮想エージェントの静止した対象に対する移動経路を示している。なお、中心の赤色の三角形は静止した対象物の位

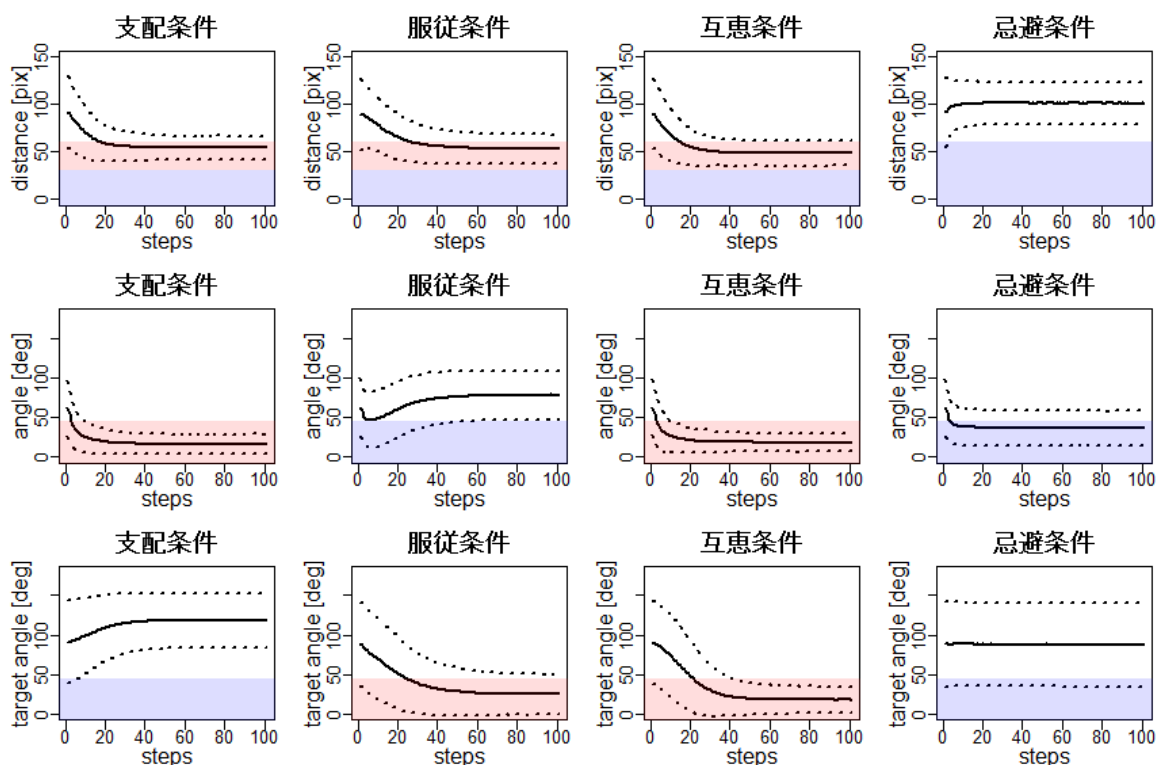


図 6: ランダムな初期位置の対象に対する仮想エージェントと対象の距離（上），仮想エージェントの身体方向に対する対象の位置方向（中），対象の身体方向に対する仮想エージェントの身体方向（下）の変化（ステップ毎の各個体の平均と標準偏差）の比較。赤色の領域は加点される配置，青色の領域は減点される配置を示す。

表 1: ランダムな初期値の対象への到達割合と衝突割合

	支配条件		服従条件		互惠条件		忌避条件	
	1st	5000th	1st	5000th	1st	5000th	1st	5000th
対象を TS 内に入れた試行	18.2%	94.4%	15.8%	36.2%	17.9%	96.1%	13.8%	5.92%
ステップ数の平均	12.7	14.1	9.79	21.5	10.3	14.0	7.99	7.26
(± 標準偏差)	(±15.6)	(±14.8)	(±11.4)	(±18.6)	(±11.6)	(±12.5)	(±7.66)	(±12.1)
対象の TS 内に入った試行	13.0%	16.0%	13.0%	91.0%	13.6%	95.7%	11.3%	7.84%
ステップ数の平均	9.27	11.9	9.12	23.3	11.2	19.8	6.85	8.73
(± 標準偏差)	(±12.6)	(±15.2)	(±12.4)	(±18.2)	(±17.7)	(±14.2)	(±10.5)	(±13.6)
対象と衝突した試行	10.2%	6.88%	9.44%	7.84%	11.5%	14.5%	8.04%	3.00%

表 2: 対象の正面からの加点される配置への到達割合

	支配条件		服従条件		互惠条件	
	1st	5000th	1st	5000th	1st	5000th
加点される配置に到達できた適合 VA の数	1/50	49/50	2/50	49/50	4/50	47/50
到達までのステップ数の平均	45.0	19.2	24.5	16.4	18.6	14.6
(± 標準偏差)	-	(±4.96)	(±9.19)	(±4.16)	(±0.957)	(±2.78)
減点される配置を通過した適合 VA の数	1/50	31/50	1/50	2/50	-	-

表 3: 対象の背面から加点される配置への到達割合

	支配条件		服従条件		互恵条件	
	1st	5000th	1st	5000th	1st	5000th
加点される配置に到達できた適合 VA の数	2/50	50/50	1/50	40/50	0/50	46/50
到達までのステップ数の平均 (± 標準偏差)	46.5 (±17.7)	16.7 (±3.52)	63.0 -	43.3 (±6.62)	- -	14.6 (±3.80)
減点される配置を通過した適合 VA の数	0/50	0/50	1/50	20/50	-	-

表 4: 対象の近距離正面からの離脱割合

	支配条件		服従条件		忌避条件	
	1st	5000th	1st	5000th	1st	5000th
減点される配置から離脱できた適合 VA の数	41/50	50/50	45/50	49/50	38/50	49/50
到達までのステップ数の平均 (± 標準偏差)	10.6 (±10.3)	6.44 (±4.45)	8.93 (±11.3)	4.45 (±1.31)	13.0 (±9.73)	4.98 (±1.72)

置と身体方向を表す。青色の三角形は仮想エージェントの初期位置からの位置と身体方向の変化を表し、ステップ数が進むにつれて濃い色で表示される。また、それぞれの左側の図が対象と対面した状態、右側図が対象が後ろ向きの状態を初期位置とした移動経路を示している。

図 7 は支配条件のもとで進化させた仮想エージェントの移動経路である。この条件では、自身の TS 内に対象を入れたステップ数だけ評価値が加点され、対象の TS 内に入ったステップ数だけ評価値が減点される。そのため図 7 (左図) の対象と向かい合った状態を初期位置とした場合の移動経路は、対象の正面方向を避けながら接近し、横方向から対象の方向を向く位置で静止している。このような接近方法はティッシュ配りのような一時的に相手に対して働きかけることが目的である場面に対応していると考えられる。また、図 7 (右図) で対象の後ろ側を仮想エージェントの初期位置とした場合、そのままの対象の後ろ側の位置を維持した状態で対象に接近し静止している。この方法で相手に接近し働きかける場合、相手側はいきなり声をかけられるような状況になるといえる。これは相手を急いで呼び止める必要がある場面や勧誘のように一方的に話を開始したい場面に見られる行動であり、Control が高く Acceptance が低い状況に即していると考えられる。

図 8 は服従条件における仮想エージェントの移動経路である。この条件では、自身の TS 内に対象を入れたステップ数だけ評価値が減点され、対象の TS 内に入ったステップ数だけ評価値が加点される。図 7 に示すように、対面状況を初期位置にした場合、回転しながら対象に接近することで自身の身体方向を対象が正面に位置しないようにずらした位置で静止している。また、対象の後ろ側から接近する場合、対象の正面方向に回り込み、自身は対象の方向を向かない位置で静止して

いる。このような接近行動は、相手が他の人と会話をしてる状態や何らかの作業をしている状態で、相手の様子を探る際に行われると考えられる。しかし、実生活においてこのような場面では相手との距離をあまり詰めずに、視線を向けるなどの行動がとられることが多い。本実験の評価値の計算方法では、身体方向と対象との距離を分離していないことから、距離を取りつつ身体方向を向けるような戦略は獲得されなかった。今後評価値の設定方法を見直すことでこの点についても検証可能であると考えられる。

図 9 は互恵条件の仮想エージェントの移動経路である。この条件では自身の TS 内に対象を入れたステップ数と対象の TS 内に自身が入ったステップ数の両方で加点される状況下での行動が獲得されている。対象の正面を初期位置とした場合、身体方向を維持したまま対象に接近し、静止する。対象の背後を初期位置とした場合、対象の正面方向に回り込み、自身の身体方向を対象に向けた状態で静止する。知り合いに対して会話を始める際は多くの場合、このような接近行動が取られると考えられる。

これらの結果から、Control と Acceptance の 2 つの値を持つ内部状態のモデルに基づき、インタラクションを行う前提がない未知の対象との遭遇時に想定される接近・回避行動が獲得されたといえる。ただし、現段階では相手の内部状態を考慮せず、かつ、自身の内部状態が固定されている。自身の行動と相手の行動が拮抗する場合、相手への接近を止めることでコストを抑える戦略と自身の内部状態を変化させる戦略が考えられる。つまり、自身の内部状態の変化を考慮するとき、どちらかが相手の内部状態に合わせる戦略が生じ得る。この点について検証を行うために今後は、自身の内部状態と対象の内部状態の組み合わせにより生じるインタラクションの性質についても分析を行う。こ

れにより、2者間の遭遇時のインタラクションが互いの内部状態の組み合わせによりどのように展開され得るかを検証する。

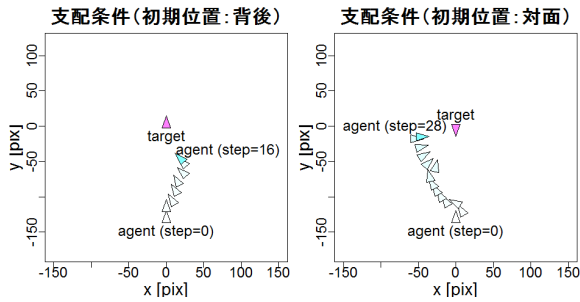


図 7: 支配条件（自分からは働きかけたいが相手からは働きかけられたい状況）の接近行動の例

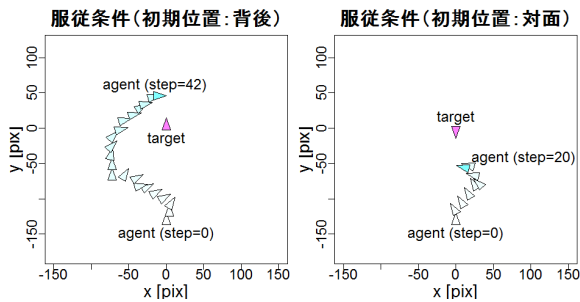


図 8: 服従条件（自分からは働きかけたくないが相手からは働きかけられたい状況）の接近行動の例

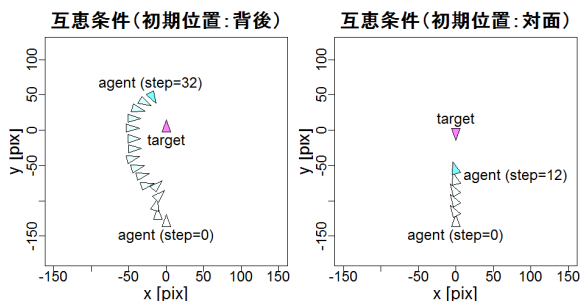


図 9: 互恵条件（自分から働きかけたいかつ相手からも働きかけられたい状況）の接近行動の例

5 まとめ

本研究では、対象との遭遇時に関わり方を方向付ける内部状態のモデルを提案し、この内部状態と接近行動について検証を行った。提案モデルは、対象に働きかけることに対する積極性の軸である Control と、相手

の働きかけを受け入れることに対する積極性の軸である Acceptance の 2 軸により構成される。本研究では、この Control と Acceptance の値を仮想エージェントと対象の近距離正面方向の領域に対応付け、内部状態に基づく接近行動を進化アルゴリズムにより仮想エージェントに獲得させた。そこから各条件の仮想エージェントが獲得した行動についてシミュレーションを行い検証した。結果として、Control と Acceptance のいずれかの値が正になる条件では対象に接近し、両方が負になる条件では対象を回避する行動が獲得された。また、対象に接近する場合について、対象の後ろ方向に回り込む、正面方向に回り込むなどの接近方法が Control と Acceptance の組み合わせに応じて生成された。これらことから、互いの内部状態の変化を考慮しない場合において、2つの積極性の組み合わせにより、インタラクションを行う前提がない対象との遭遇時に生じる人の接近・回避行動が再現可能であることが示唆された。今後、Control と Acceptance がインタラクションを通して変化する場合についてもシミュレーションにより検証する必要がある。これにより、自身と相手の状態に応じてコミュニケーションを開始するか否かを自律的に判断できるような人工物の設計が期待させる。

謝辞

本研究は MEXT 科研費 26118002 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Kendon, A.: *Conducting Interactions: Patterns of Behavior in Focused Encounters*, Cambridge University Press (1990)
- [2] Hall, E.T. : *Hidden Dimension*, Doubleday Company (1966) (日高敏隆, 佐藤信行 (訳) 『かくれた次元』。みすず書房, 1970)
- [3] Argyle, M. and Dean, J. : Eye-contact, distance and affiliation. *Sociometry*, Vol.28, pp.289–304 (1965)
- [4] Burgoon, J. K., Stern, L. A., Dillman, L. : *Interpersonal adaptation: Dyadic interaction patterns*, Cambridge University Press.
- [5] Heenan, B., Greenberg, S., Aghel-Manesh, S., and Sharlin, E.: Designing social greetings in human robot interaction, *In Proceedings of the 2014 conference on Designing interactive systems*, ACM, pp. 855–864 (2014)

- [6] Shi, C., Shiomi, M., Kanda, T., Ishiguro, H., and Hagita, N.: Measuring communication participation to initiate conversation in human–robot interaction, *International Journal of Social Robotics*, Vol.7, No.5, pp.889–910 (2015)
- [7] Sakamoto, T. and Takeuchi, Y. Initial Phase of Communication through Embodied Interaction with Simple-Shape Robot *In Proceedings of the Companion of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, ACM, pp. 275–276 (2017)
- [8] Burgoon, J. K., and Dunbar, N. E. : Nonverbal expressions of dominance and power in human relationships, *The Sage handbook of nonverbal communication*, Sage (2006)
- [9] Rogers, L. E., and Richard, V. F. Analysis of Relational Communication in Dyads: New Measurement Procedures, *Human Communication Research*, Vol.1, No.3, pp. 222–239 (2014)
- [10] Rogers, L. E., and Escudero, V. Relational Communication: An Interactional Perspective To the Study of Process and Form, Taylor & Francis (2014)
- [11] Reynolds, C. W. : Competition, coevolution and the game of tag, *Proceedings of the Fourth International Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems*, pp.59–69 (1994)
- [12] Pantelis, P. C., Gerstner, T., Sanik, K., Weinstein, A., Cholewiak, S. A., Kharkwal, G., and Feldman, J.: Agency and rationality: Adopting the intentional stance toward evolved virtual agents, *Decision*, Vol.3, No.1, 40 (2016)