

2003年度 卒業論文

人間の行動特性を考慮した
雑踏における自律エージェントモデルの歩行行動

指導教員：渡辺 大地 講師

メディア学部 3DCG アプリケーション構築プロジェクト

学籍番号 00P027

石川 朱香音

2003年度 卒業論文概要

論文題目

人間の行動特性を考慮した
雑踏における自律エージェントモデルの歩行行動メディア学部
学籍番号：00P027

氏名

石川 朱香音

指導
教員

渡辺 大地 講師

キーワード

パーソナルスペース, 歩行モデル, エージェントモデル, 群集シミュレーション

現在、映画・テレビ・ビデオゲーム業界などの様々な映像コンテンツ産業において、3DCGキャラクタによるキャラクタモデルの群集を制御し、エキストラ役者の代用として使用する機会が増えている。しかし、既存の群集モデルの制御手法ではキャラクタの構成員全体の集合行動を考慮した研究は多いが、雑踏を歩行するキャラクタの群集のように個々の動きが重視される場面での反応はランダムな数値によって個性の差を出しているものが多い。実際の志向性を持たない他人同士の群集は、集団行動を行う群集に比べ性格や外見的特性などの個性がそれぞれの歩行行動に大きな影響を与えるため、ランダムな数値だけでは表現しきれない歩行行動をとることがある。そこで、本研究では志向性を持たない群集モデルの個々のキャラクタの個性化を図る手法を提案するために、行動科学の集合行動の研究に対し、対人距離論の特性を取り入れた。その結果個々の群集モデルに実際の人間に見られるような歩行行動のばらつきを確認した。

このパーソナルスペースが引き起こすいくつかの特徴的な要素を考慮した結果、歩行モデル集団にも実際の人間に見られる歩行行動のばらつきを確認した。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	はじめに	1
1.2	本論文の構成	3
第2章	パーソナルスペース	4
2.1	パーソナルスペースについて	4
2.1.1	パーソナルスペースの定義	4
2.1.2	縄張りに対するパーソナルスペース	4
2.1.3	状況に応じたパーソナルスペースの区分	5
2.1.4	パーソナルスペースと性格の関係	5
2.1.5	パーソナルスペースと警戒心の関係	6
2.1.6	特殊な相手に用いる特殊なパーソナルスペース	6
2.1.7	混雑時におけるパーソナルスペースの減縮	7
2.1.8	パーソナルスペースと年齢の関係	7
第3章	パーソナルスペースを考慮した群集制御手法	8
3.1	基本方針	8
3.2	エージェントの持つ機能	9
3.2.1	パラメータ	9
3.2.2	特殊なキャラクタの認識	10
3.2.3	回避リスト	10
3.2.4	回避行動	14
3.2.5	歩行行動	15
第4章	結果と考察	17
4.1	概要	17
4.2	結果	17
4.2.1	性格の表現	17
4.2.2	特殊な相手に対する回避行動	18
4.2.3	混雑している場合の挙動	20
4.3	考察	20

第5章 まとめ	22
謝辞	23
参考文献	24

目 次

3.1	視界リストの範囲	11
3.2	周囲リストの範囲	12
3.3	意識リストの範囲	14
3.4	回避行為で得られる回避ベクトル	15
3.5	実際の歩行行動	16
4.1	特殊キャラクタと擦れ違い時の対向者エージェントの回避行動 . . .	18
4.2	特殊キャラクタが接近したエージェントの回避行動	19
4.3	特殊キャラクタの追い抜き時の他エージェントの回避行動	20

第 1 章

はじめに

1.1 はじめに

現在、映画・テレビ・ビデオゲーム業界などの様々な映像コンテンツ産業において、コンピュータグラフィクスによるキャラクタモデル集団をコンピュータが自動的に制御する群集制御技法を用いる機会が増えてきている。映像コンテンツ制作者はこれらのキャラクタモデルをエキストラ役者の代用としたり、背景の通行人として使用する。例えば映画「AntZ」[1]では沢山の昆虫キャラクタがこの群集制御技術によって行動し、ビデオゲーム「決戦II」[2]では500人もの3DCGモデルによる兵士がこの技術をもって自律的に戦う。群集制御によるキャラクタは周辺の障害物や他のモデルとの兼ね合いから自分の動きを決定し、あたかも意思があるかのように動く。また、こうしたキャラクタモデルはシチュエーションに応じた動きを前もって用意することにより、自律的な判断で行動する。こうしたキャラクタモデルの群集制御に用いる理論の中でもっとも有名なものはBoid理論[3][4]と呼ばれるものである。Boid理論とは、1987年にC. W. Reynoldsが発表した論文の中に出てくる鳥や魚などの群れ集団の制御のための理論である。しかし、このBoidモデルは個性的なモデルを表現することには向いていない。なぜならBoidモデルは個々の判断をもたず、代わりにBoidモデル全体を制御する機能が存在するからである。これは『群れをまとめる』には良い方法であるが、『個と個のかかわり』を重視する場合には向かない面もある。全体を包括的に統括するBoidに対

し、モデルごとに主体性を与えるのがマルチエージェントシステムと呼ばれる手法である [5][6]。エージェント [7][8] とは心や知能を構成する単純なプロセスの一つである。現在人工知能、設計論をはじめとした様々な分野で用いている。このエージェントを利用した群集制御手法では、エージェントが周辺環境や他のエージェントとの相対的位置などから、自分の挙動を自律的に決定し行動する。これにより単純な回避行動だけでなく災害時の避難シミュレーションのパニック状態の伝播、マラソンなどの運動競技中の他エージェントの接近による焦り・不安値の上昇に影響される行動を引き起こすことが可能である [9]。このような災害時の群集やレース中の選手の集団は、現実世界においても知らない者同士が相互に影響しあい、避難口に向かったりゴールを競ったりする。こうした群集が集団や集合という一時的なまとまりを形作る状況下では、個々の人間の個性が同質化し、全体が均一な行動を起こし易いという特徴がある [10][11]。エージェント同士のコミュニケーションが集団の内部で循環しながら反応を引き起こしていくという既存の手法はこうした行動科学の集合行動を実現することに向いている。

しかし、映像コンテンツにおいてエキストラとして頻繁に用いられる「街の雑踏における歩行者群」という群集は厳密に言えば集団行動を行っているわけではない。雑踏における歩行者群のように志向性を持たない他人同士の群集は、集団・集合行動を行う群衆に比べ性格や外見的特性などの「個性」がそれぞれの歩行行動に大きな影響を与える。例えば内向的な性格の人間は外向的な性格の人間に比べて自分の周囲に広い空間を保とうと行動する傾向がある [12]。また人は派手な服を着ている人と地味な服を着ている人に接近する際には、派手な服を着ている人よりも距離を置く傾向があり、髭を生やしている・他人種であるなど他とは違う個性を持つ人間からは威嚇を感じ、距離を置きたがる傾向がある [13]。このようにして、様々な要素が人間の心理に影響を与える為、人間はすれ違う相手によっては大きく迂回したり、早足で通り過ぎたりするという特殊な行動に出ることもある [10]。このように個性によって行動が変わってくる志向性を持たない群集キャラクタモデルの歩行行動を表現するためには、キャラクタモデルがそれぞれ人間の

行動特性を考慮した個性と、それに準じた行動をとる必要がある。

そこで本研究では、群集制御によるキャラクタモデルの歩行行動に個性を与える為の手法を提案する。その為に行動研究の概念の一つで人間の行動に様々な影響を与える「パーソナルスペース」と呼ばれる要素の持つ特性を考慮する。人間の心理的圧力が引き起こす特殊な行動を集団制御に適用することによりより個人的なキャラクタモデルの集団を作成する。

1.2 本論文の構成

本論文では、まず2章で現実の人間が利用する「パーソナルスペース」という概念について記述する。3章ではキャラクタモデルにパーソナルスペースの特性を反映した群集制御を提案し、4章では結果と考察を記述する。そして最後に5章でまとめを記す。

第 2 章

パーソナルスペース

2.1 パーソナルスペースについて

実際の人間の歩行行動に特性を与えるものとしてパーソナルスペースがある。本章ではパーソナルスペースについて記述する。

2.1.1 パーソナルスペースの定義

パーソナルスペース [14] とは、Robert Sommer が提唱した人間の周囲に存在する携帯可能なテリトリーのことである。この空間は占有空間として意識するもので、人間同士の緩衝帯のような役割を果たしている。この空間内に他人が入ってくるか、あるいは他人のパーソナルスペースに侵入せざるをえなくなると不快に感じ、この空間に他者が存在しないと快適に過ごすことができる。歩道のすれ違い動作でも、対向者同士が滅多に衝突することなく移動することが出来るのは、人間がお互いにこのパーソナルスペースを意識しているからである。また、十分なパーソナルスペースが保てない混雑した道などは歩行者に不快感を与える。

2.1.2 縄張りに対するパーソナルスペース

一般に動物は「縄張り」と呼ばれるテリトリーを持つ。パーソナルスペースも一種のテリトリーではあるが、一般に動物が生活する上で意識する「縄張り」と

パーソナルスペースには以下の表 2.1 のような違いがある [12]。

表 2.1: パーソナルスペースと縄張りの違い

	縄張り	パーソナルスペース
範囲	固定型	携帯型
境界	他者に見えるように目印	不可視
中心	なし	自分の身体
侵入	他者を追い出す為に攻撃行動	自分が引き下がる

2.1.3 状況に応じたパーソナルスペースの区分

パーソナルスペースを保つために他者との間を取る距離を一般的に対人距離という。ホール [15] は、この対人距離を相手やシチュエーションに応じて 4 つの区分にわけた。

表 2.2: ホールによる対人距離の区分

区分	距離の目安	使用する相手の例	使用する状況
密接距離	0 ~ 60cm	親子・親友・恋人	親密な会話
個体距離	45cm ~ 120cm	親子・親友・夫婦	通常の会話
社会距離	120cm ~ 300cm	職場の同僚・仕事相手	会議や仕事
公衆距離	300cm ~	演説者と聴衆	講演・講義

表 2.2 の距離の区分はさらに遠近の層に分かれるが、本論文では割愛する。人間が距離を絶対値として感じることは不可能であるが、人間は表 2.2 に示されるように、日常生活において他人との間に相手や状況に応じた距離を置くことでパーソナルスペースを快適に保っている。

2.1.4 パーソナルスペースと性格の関係

性格が外向的・内向的であるかによってパーソナルスペースは変化する。一般的に外向的な性格の人間はパーソナルスペースが狭く、内向的になるに従ってそ

の範囲は拡大していく。外向的な性格特性のある人間は他人が近づいてきても嫌悪を抱きにくく、他人のパーソナルスペースに多く侵入することにもためらいを持たない傾向がある。逆に内向的な性格特性のある人間は他人に必要以上に近づかれることを嫌い、他人のテリトリーと感じる範囲に侵入することも拒む。また、人間は他人に近づく傾向のある人間を外向的であるとみなす。

2.1.5 パーソナルスペースと警戒心の関係

外向・内向的な性格特性とは別に、暴力的な傾向のある人間や犯罪者は広いパーソナルスペースを取る。これは人間に対する強い不快感や警戒心の現れである。とくに暴力的な傾向のある犯罪者は、暴力的ではない犯罪者と比較した場合、そのパーソナルスペースの平均面積は4倍である。また、後方からの接近に敏感で、パーソナルスペースへの他者の侵入を潜在的攻撃行動と受け取る傾向がある。しかし、人間は人ごみの中で暴力的・攻撃的性向のある人間を識別することはできないので、自らの身を危険から避けるために常識的でない服装や粗野な言動を示す人には接近しない傾向がある。

2.1.6 特殊な相手に用いる特殊なパーソナルスペース

暴力的な人間から遠ざかる危険忌避的な心理影響とは別に、人間は特別な相手に対して大きなパーソナルスペースを用意する。特に社会的な権力者（政治家・著名人）に対しては自動的に30フィート（約10メートル）の距離を取る。また、上司と部下、教師と学生など社会的上下関係にある人間同士の間にも通常より広いパーソナルスペースが持たれる。まったく見知らぬ他人でも魅力的な女性など、視覚的に明らかな特別な個性をもつ人間の傍を通る時は大きく迂回する。

2.1.7 混雑時におけるパーソナルスペースの減縮

人間は自分のパーソナルスペース内に他者が存在すると不快感を抱く。ラッシュアワー時や狭いエレベータの中など、必要なパーソナルスペースを取ることが出来ない状況においては、人間は一時的にパーソナルスペースを減縮することで混雑による不快感を軽減しようとする。ただし、パーソナルスペースを減縮することは本来不本意な状況であり、減縮すること自体も不快感を伴う。そのため電車の混雑が緩和したりエレベータ内の人数が減ったりなどして十分なスペースを確保することが可能になると、人は不快感をなくす為にパーソナルスペースを再び広げる。

2.1.8 パーソナルスペースと年齢の関係

パーソナルスペースは子供のうちは狭く、成長するにつれ範囲を広める。これには以下の二つの影響がある。

- 子供の身長や胴回りが大きくなり、物理的に広いスペースが必要となる為。
- 他人とのかかわりを学ぶにつれ、必要なスペースを使い分ける能力を身につける為。

パーソナルスペースは40代頃に範囲がピークとなり、その後加齢するごとに再び狭まってゆく傾向にある。年配になるにしたがって他人と接近することに嫌悪を抱かなくなるのである。

第 3 章

パーソナルスペースを考慮した群集制御手法

3.1 基本方針

現実の人間はその個性に応じて 3 章で述べたような様々な要素が影響し、歩行行動が変化する。本論文ではコンピュータグラフィクスにおける志向性を持たない雑踏歩行エージェントの制御において、個々のエージェントにパーソナルスペース研究の中からいくつかの特性を反映し、雑踏における人間行動のばらつきを表現する手法を提案する。

まず、人間には外向的な性格であるほど他人に近づくという特性 [12] がある。この特性を各エージェントの他人に対する近づき易さに反映する。これにより、エージェントにも外向的・内向的という性格の違いを与える。これに足が速い・遅いなどの身体的能力差を持たせれば、エージェントの歩行行動にバリエーションを持たすことができる。

次に、人間が特殊な相手（例えば警察官、芸能人など）に対して広いパーソナルスペースを用意し、特別な存在として意識するという特性 [12] を考慮する。特殊なキャラクタとして設定したエージェントを用意し、その特殊キャラクタエージェントを避ける際に通常のエージェントを避けるよりも大幅な回避距離をとるような機能をエージェントに反映する。

最後に、現実の人間は混雑時にはパーソナルスペースを一時的に減縮するという研究を考慮し、エージェントが周囲の混雑時にはパーソナルスペースを自動的に縮減するような機能を反映する。これはエージェントが現実の人間が感じるような混雑に対する不快感を表す属性を持ち、不快感が高まると自動的にパーソナルスペースを減縮するように設定することで実現する。

以上の要素を考慮することによって、志向性を持たない群集が個性を持つ機能を作成する手法を提案する。

3.2 エージェントの持つ機能

エージェントはそれぞれが位置・速度などの物理ステータスと、自分に影響する範囲を知るためのいくつかのリスト、そして移動や回避を制御する為の関数を持つ。以下でその主な機能について説明する。

3.2.1 パラメータ

各エージェントは個別の行動を制御する為、以下のようなステータスを持つ。これらのステータスの数値は個々のエージェントごとに別の値を設定することが可能である。

- 物理ステータス

物理ステータスとは、速度・位置・加速度・視力をはじめとしたエージェントの身体的能力と空間的配置を表すステータスである。この物理ステータスの値を変更することにより、エージェントの身体的能力に変化をつけることができる。

- パーソナルスペース

エージェントはパーソナルスペースという範囲を持つ。本来パーソナルスペースは前方に広い卵型になっているが、本研究では単純に正円として扱っ

ている。パーソナルスペースは回避行動に影響し、次に記す不快感によりその範囲を变化する。

- 不快感

不快感は周囲の混雑度合いに影響されるステータスである。パーソナルスペース内に他エージェントが存在しない場合、つまり必要なパーソナルスペースが保たれている場合は不快感は下がり、そうでない場合はあがってゆく。エージェントは不快感が高いと周囲の混雑状況を早期に脱出する為に加速度や速度を変更する。

3.2.2 特殊なキャラクタの認識

社会的権力者や著名人に対しては大きなパーソナルスペースを用意するという研究を踏まえ、本手法では「特殊キャラクタ」という存在を設定した。これを設定することで社会的権力者や著名人として設定したキャラクタや、あるいは目立たせたいキャラクタに対し、自動的に他キャラクタが特別なパーソナルスペースを用意しているように演出することができる。今回は特殊キャラクタの認識にエージェントのマテリアルの色が赤のものという条件を与えた。この条件の設定に関しては他に特定の制服及びそれに準じたもの、あるいは主人公キャラクタや著名人として設定したキャラクタのIDについての知識をあらかじめ与えておくという方法が考えられる。

3.2.3 回避リスト

各エージェントはそれぞれ回避に必要な視界リスト・周囲リスト・意識リストの3つのリストを持つ。このリストはそのエージェントに影響する他エージェントのIDを記録するためのものである。今、エージェントが n 体存在するとする。このとき、各々のエージェントをそれぞれ $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ とし、その位置ベクトルは $\vec{A}_1, \vec{A}_2, \vec{A}_3, \dots, \vec{A}_n$ とする。

- 視界リスト

回避リストの一つである視界リストは、そのエージェントが見ることのできる全ての他エージェントの ID を記録するリストである。エージェントは進行方向に距離が k 、角度が θ の視界範囲を持つ。この範囲内に入った他エージェントを視界リストに追加し、この範囲から外れたエージェントはリストから削除する。 k の値は視力のよさをあらわすことができ、この値が高いエージェントほど視力がよい。しかし現実の人間が視界に入ったもの全てを避けようとはしないように、視界リストに入っているエージェントが全て回避行動に影響するわけではない。特殊キャラクタを除いては、ある一定の範囲まで近づいてこない限り回避対象にはしない。

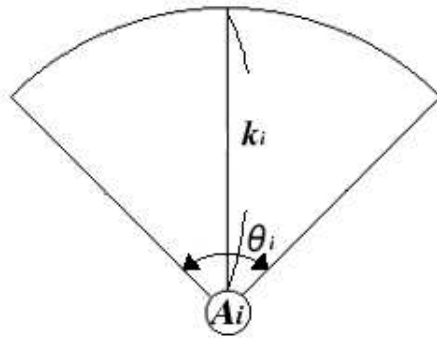


図 3.1: 視界リストの範囲

図 3.1 はエージェント A_i の持つ視界リストの範囲を示している。図中 k_i がエージェント A_i の視力にあたり、 θ_i がエージェント A_i の視野にあたる。エージェント A_i の持つ視界リストは、以下の条件式 (3.1) 式を満たすエージェント A_j を登録する。

$$\begin{aligned}
|\vec{A}_j - \vec{A}_i| < k_i, \quad \frac{\vec{A}_j \cdot \vec{A}_i}{|\vec{A}_j||\vec{A}_i|} > \cos \theta_i \\
j = 1, 2, \dots, n \\
i \neq j
\end{aligned} \tag{3.1}$$

- 周囲リスト

回避リストの一つである周囲リストの示す範囲が本研究に於けるパーソナルスペースに当たる。エージェントはパーソナルスペースを決めるパラメータとして距離 p を持ち、他エージェントとの相対距離が p 以下になった場合、パーソナルスペースの範囲に他エージェントが侵入しているとみなす。この範囲に入っているエージェントを前方後方関係なくリストに追加し、近い将来衝突するかも知れない範囲にいるエージェントとして認識する。また、このリスト内に存在する他エージェント数によって、エージェント周囲の混雑度や不快度を更新する。

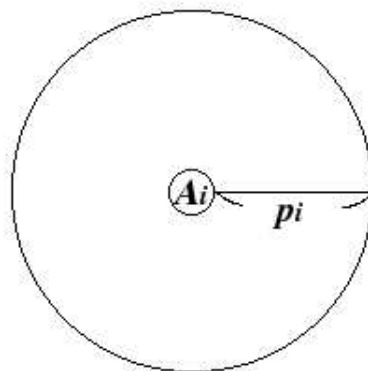


図 3.2: 周囲リストの範囲

図 3.2 はエージェント A_i の持つ周囲リストの範囲を示している。エージェント A_i を中心とし、 p_i を半径とした円内がエージェント A_i のパーソナルスペースに相当する。エージェント A_i の持つ周囲リストは、以下の条件式 (3.2) 式を満たすエージェント A_j を登録する。

$$\begin{aligned} |\vec{A}_j - \vec{A}_i| &< p_i, \\ j &= 1, 2, \dots, n \\ i &\neq j \end{aligned} \tag{3.2}$$

- 意識リスト

回避リストの一つである意識リストは、視界リストと周囲リストの双方に含まれるエージェントの ID を記録する。意識リストとは、エージェントの進行方向にあって衝突回避の必要な近さに存在している他エージェントの ID を登録するリストである。このリストが直接の回避行動に用いられるものである。ただし、特殊キャラクタは例外として、周囲リストに入っていないくとも、視界リストに入ってきた時点で意識リストに追加する。

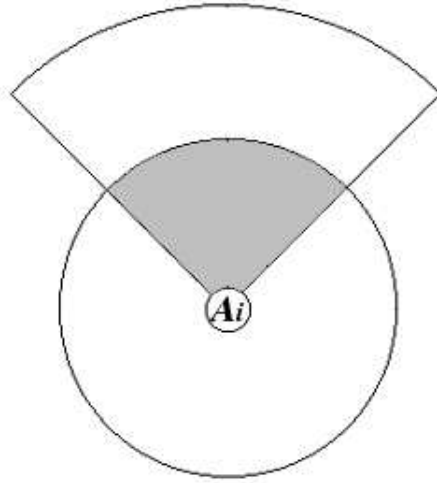


図 3.3: 意識リストの範囲

図 3.3中の色のついた部分が意識リストの範囲である。基本的にはこの範囲内に入っているエージェントの ID を意識リストに記録する。今、視界リストを LS 、周囲リストを LP とする。また、特殊キャラクタ群を LX とすると、意識リスト LC は式 (3.3) 式の条件を満たすエージェントを登録する。

$$LC = (LP \quad LX) \quad LS \quad (3.3)$$

3.2.4 回避行動

エージェントは意識リストが空でない場合に回避行動を行う。図 3.4は意識リストが空でない場合のエージェント A_i の通常回避行動の様子である。エージェント A_i の回避ベクトル \vec{a}' の向きは \vec{a} の逆ベクトルと等しくなる。回避ベクトル \vec{a}' の長さは、 \vec{a} の長さに反比例する。エージェントは歩行行動の際にこの回避ベクトルを用いる。

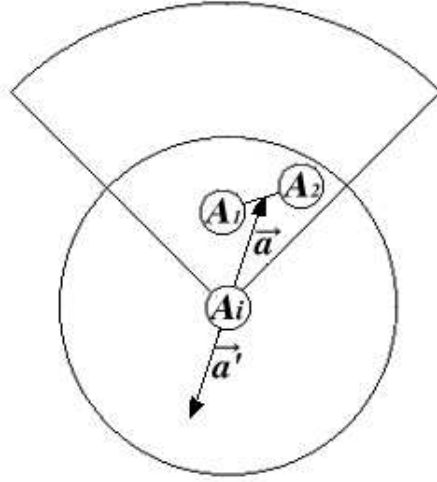


図 3.4: 回避行為で得られる回避ベクトル

3.2.5 歩行行動

各エージェントにはそれぞれゴールが設定されており、通常は個々のゴール地点に向かって進行する。しかし、意識リストに他エージェントが存在する場合は、一時的に回避行動を行う。回避行動の為の回避ベクトルは下式 (3.4) 式によって得られる。今、意識リスト LC 内に m 個のエージェントが存在する。その m 個のエージェントの位置ベクトルを $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \dots, \vec{B}_m$ とおくとエージェント A_i の回避ベクトルは次式によって求める。

$$\vec{a} = \left(\frac{\sum_{j=1}^m \vec{B}_j}{m} - \vec{A}_i \right) \quad (3.4)$$

$$\vec{a}' = -C \frac{-\vec{a}}{|\vec{a}|} \quad (C \text{ は比例定数}) \quad (3.5)$$

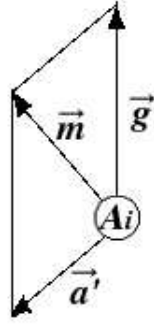


図 3.5: 実際の歩行行動

図 3.5 中 \vec{g} はゴール方向に向かう推進力で、 \vec{a}' は式 (3.4) 式で得られた回避ベクトルである。意識リストに他エージェントが存在する場合、エージェント A_i はゴール方向への推進力 \vec{g} と回避ベクトル \vec{a}' の加算ベクトルである \vec{m} が、エージェント A_i の進行ベクトルとなる。また、エージェントは速度が無限に増加することを防ぐために、それぞれが最大速度値 M_{\max} を持っている。エージェントの速度はこの値を超えることはない。これにより \vec{m} の大きさが M_{\max} を超える場合、 \vec{m} を下式 (3.6) 式によって \vec{m}' に制限する。

$$\vec{m}' = \frac{\vec{m}}{|\vec{m}|} \cdot M_{\max} \quad (3.6)$$

現在のエージェント A_i の位置を \vec{A}_i とすると、 Δt 秒後のエージェント A_i の位置 \vec{A}'_i は、下式 (3.7) 式で求める。

$$\vec{A}'_i = \vec{A}_i + \vec{m}' \Delta t \quad (3.7)$$

第 4 章

結果と考察

4.1 概要

本研究では、歩行モデルとしてプリミティブな形状を利用したエージェントを使用した。各エージェントは独立のクラスオブジェクトとした。このエージェントが道路を歩き、他エージェントを追い越したり、対向者とすれ違ったりするさまをシミュレーションした。その個々の歩行行動に実際の間が持つようなパーソナルスペースの影響を考慮した。

4.2 結果

4.2.1 性格の表現

エージェントのなかには他エージェントにぶつかりやすいエージェントや躊躇いがちなエージェントが確認できた。パーソナルスペースが広く、スピードや加速度が高いエージェントは動作が急激で他エージェントにぶつかりやすく、粗暴な印象を与えた。逆にスピードが遅くパーソナルスペースが狭いキャラクタは他のエージェントにぶつかる際によく一時停止した。そのため歩行行動に対して躊躇いがちに見え、おどおどとした印象を与えた。また、混雑した状況でもスムーズに進むエージェントも確認できた。これはパーソナルスペースが狭い為であると考えられる。

表 4.1: エージェントの歩行行動の傾向

パーソナルスペース	速度	歩行行動	様子
広い	早い	相手をはじき易い	粗暴
広い	遅い	立ち止まりやすい	おどおど
狭い	早い	スムーズ	活動的
狭い	遅い	スムーズ	おおらか

4.2.2 特殊な相手に対する回避行動

特殊なキャラクタとして設定したエージェントが画面内を歩行する際に、他エージェントが大きく避けるのが確認できた。

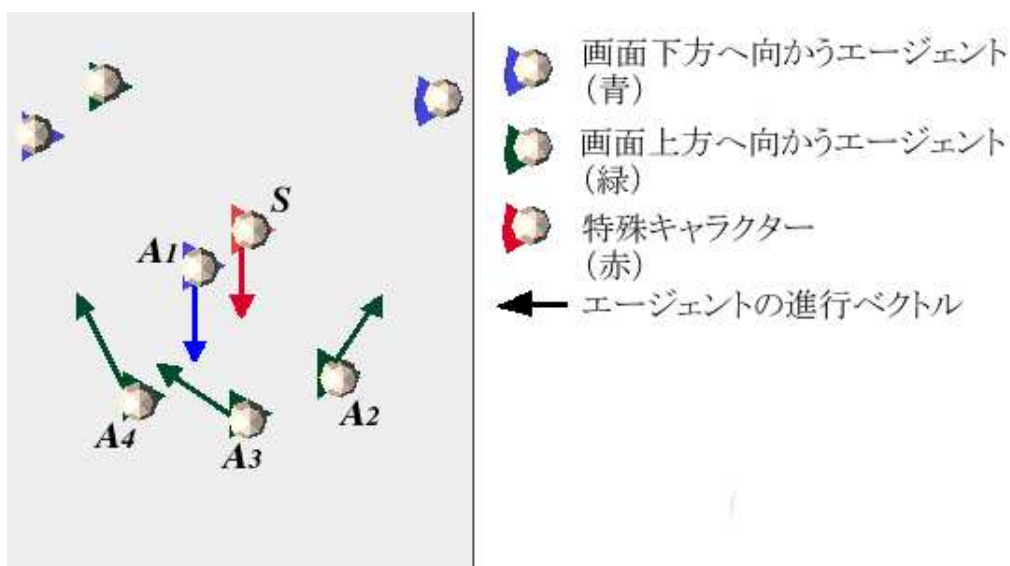


図 4.1: 特殊キャラクタと擦れ違い時の対向者エージェントの回避行動

図 4.1中において、赤のエージェント S は特殊キャラクタである。 S は画面下方に向かって進行している。青のエージェント A_1 はエージェント S と同方向に向かい進行しているエージェントであり、緑のエージェント A_2, A_3, A_4 は画面上方に向かって進行している。赤のエージェントの対向者である緑のエージェントが、特殊キャラクタである S を遠巻きに避けようとしている様子である。

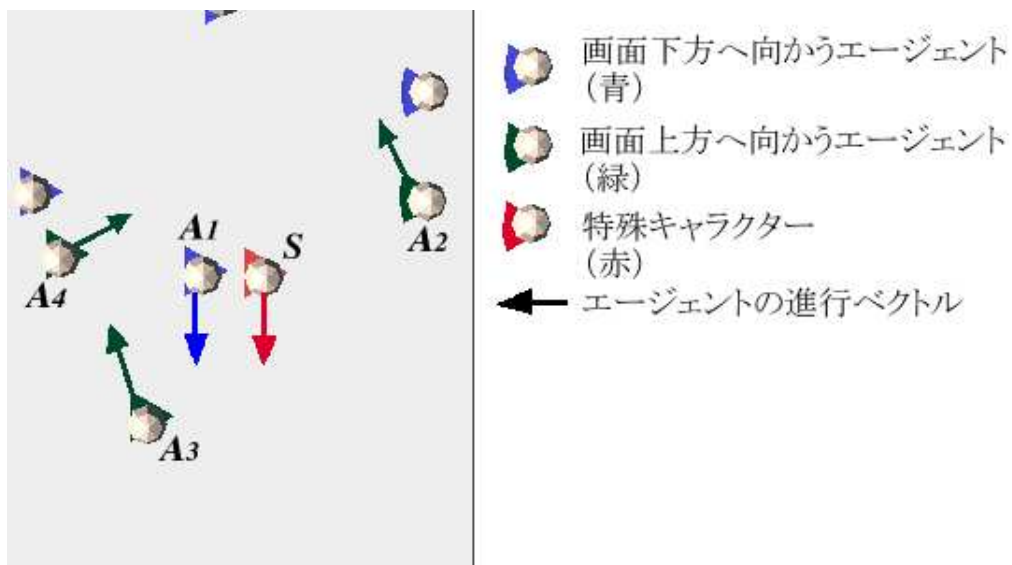


図 4.2: 特殊キャラクターが接近したエージェントの回避行動

図 4.2は図 4.1の後の画面である。図 4.2において、エージェント A_2 , A_3 , A_4 はエージェント S に対する回避行動をほぼ終わっている。エージェント A_1 はエージェント S よりも歩行速度が遅かった為、エージェント S と隣り合う状態になっているが、エージェント S はこの時点ではまだエージェント A_1 の視野に侵入していない。

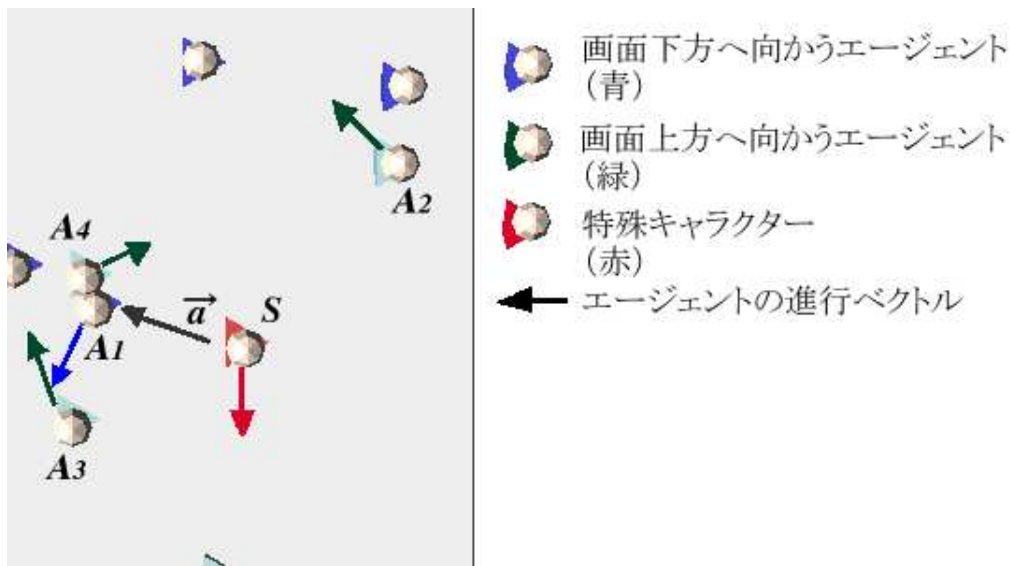


図 4.3: 特殊キャラクターの追い抜き時の他エージェントの回避行動

図 4.3は図 4.2の後の画面である。エージェント A_1 の視界範囲内にエージェント S が進入したため、エージェント A_1 の意識リストにエージェント S が登録された。エージェント A_1 は特殊キャラクターであるエージェント S との相対距離を広くしようと \vec{a} 方向へ回避行動をとった。この様子は実際の間人が著名人や社会的権力者などにたまたま遭遇し、驚いて飛び退る状況に酷似している。

4.2.3 混雑している場合の挙動

周辺が混んで来た場合、前方に人垣ができていても、はじめは立ち止まり戸惑ったが、周囲のエージェント数の増加により不快度が高くなることによってパーソナルスペースを減縮させることにより通り抜けることができるようになった。

4.3 考察

エージェントの行動にパーソナルスペースの持つ特性が引き起こす人間行動に影響させることにより、実際の間人に見られる行動をエージェントで表現するこ

とが出来た。

今後の課題として以下のような要素が挙がる。

- 性別・年齢による範囲の違い

パーソナルスペースは性別・年齢によっても変化する。エージェントが性別・年齢といった属性を持つ場合は、性別・年齢に応じたパーソナルスペースの展開の差異も考慮するべきである。

- ペアあるいは集団で行動する際のパーソナルスペースの変動

雑踏における歩行行動では、ペアあるいは集団で歩行している場合、個人で歩行している場合とはパーソナルスペースの展開が異なる。エージェント同士が親子・夫婦・友人などの属性を持つ場合の条件付けも考慮するべきである。

- 身長や胴回りの大きさなど、身体的要素によるパーソナルスペースの違い

実際のパーソナルスペースは身体的特徴とも関連付けられる。エージェントが身長・体型という質的な違いをもつ場合は、その属性も考慮するべきである。

第 5 章

まとめ

本研究では志向性のない雑踏の歩行者群衆を表現する為に、行動科学の中でも集団全体を研究する集合行動ではなく、個人個人の性格や属性により変化する対人距離研究のなかのパーソナルスペースの持つ視覚的特性を取り入れることとした。これにより、現実の人間に見られるような個性的な歩行行動を行うモデルを確認することができた。以上のことから、本研究では志向性を持たない群衆エージェントを制御する際にモデルの歩行行動に対人距離研究の特性を考慮することで、個性的な歩行群衆を作成できることを示した。

謝辞

本研究を進めるにあたり、終始温かいご指導をいただいた渡辺大地講師と和田先生に心よりの感謝の意を表します。また、研究生活において多々、お世話になりました友人、および研究室のメンバーに深く感謝いたします。最後に、これまで温かく見守ってくださった家族に深く感謝します。

参考文献

- [1] DreamWorks Picture, "AntZ",
1998. <http://www.antz.com/technology>.
- [2] 株式会社コーエー, "決戦 II", 2001.
<http://www.gamecity.ne.jp/products/products/ee/new/kessen2/index.htm>.
- [3] Craig W. Reynolds, "Flocks, herds, and schools: A distributed behavioral model", In Computer Graphics (Proc. Of SIGGRAPH '87), pages 25-34, 1987.
- [4] Craig W. Reynolds, "REYNOLDS engineering & design",
<http://www.red3d.com/>.
- [5] 沼岡千里, 大沢英一, 長尾確・共著, "マルチエージェントシステム", 共立出版株式会社, 1998.
- [6] 先天目章, "マルチエージェントと複雑系", 森北出版株式会社, 1998.
- [7] マーヴィン・ミンスキー, 安西祐一郎 訳, "心の社会", 産業図書, 1990.
- [8] 山田誠二, "適応エージェント", 共立出版株式会社, 1997.
- [9] Ho Kyung Kim, Jun Kyu Oh, Min Gyu Choi, Hyun Joon Shin, Hyung Woo Kang, and Sung Yong Shin, "An Event-driven Approach for Crowd Simula-

tion with Example Motions, Technical Report”, CS-TR-2001-170, Computer Science Department, KAIST.

- [10] 小山隆, 末永俊郎, ”行動科学”, 放送大学教育振興会, 1986.
- [11] 加藤秀俊, 梶田叡一, 原岡一馬, 大橋幸, 田崎篤郎, 島田一男, ”個人・集団・社会 講座 現代の心理学”, 小学館, 1982.
- [12] 渋谷昌三, ”人と人との快適距離 パーソナルスペースとは何か”, NHK BOOKS, 1990.
- [13] アイブルニア・イベスフェルト, 日高敏隆監修/桃木暁子他訳, ”ヒューマン・エソロジー 人間行動の生物学”, ミネルヴァ書房, 2001.
- [14] Sommer,R., 穉山貞登 訳, ”人間の空間”, 鹿島出版, 1972, (1969,Personal Space: The Behavioral Basis of Design. Prentice-Hall,Inc., Englewood Cliffs.).
- [15] エドワード・ホール, 日高敏孝・佐藤信行訳, ”かくれた次元”, みすず書房, 1970.