

2016 年度 卒 業 論 文

ピラニアの群れのシミュレーションに関する研究

指導教員：渡辺 大地 講師

メディア学部 ゲームサイエンスプロジェクト

学籍番号 M0113157

木村 紘幸

2017 年 3 月

2016 年度 卒 業 論 文 概 要

論文題目

ピラニアの群れのシミュレーションに関する研究

メディア学部

学籍番号：M0113157

氏
名

木村 紘幸

指導
教員

渡辺 大地 講師

キーワード

ピラニア、強さ、魚群、
Boid アルゴリズム、引力、斥力

ピラニアとはアマゾン川やオリノコ川に生息する鋭い歯を持つ肉食の淡水魚のことであり、魚のような小型生物だけではなく人間や牛などといった多くの生物を襲うため多くの人から危険な魚として認識されている。また、このような危険な魚としての認知が広いためかデジタルコンテンツの世界でもピラニアは人を襲う危険な魚として登場している。

しかし、これらの認識はすべて誇張表現であり、実際のピラニアは血液を水に混ぜるあるいは、水面を叩くなどといったピラニアを刺激する行動をしない限りは危険だと判断した獲物に対しては瞬時に逃げるなどと非常に臆病な性格をしており、滅多に人を襲う攻撃はしない魚であるがピラニアが危険である魚には変わらない上、誇張された認識を持つ人がいまだに多くいるためか、ピラニアが無差別に襲い掛かるシミュレーションやゲームが大半であり、ピラニアの自身や相手の状態によって行動を変える表現を考慮した手法も現在存在していない。

そこで本研究では群れで行動する生物の行動を制御する代表的な手法である Boid アルゴリズムに着目し、Boid アルゴリズムを拡張することでピラニアの自身や相手の状態によって群れでの行動を変える習性を表現し、検証を行った。

その結果、本研究の目的であるピラニアの習性を表現することが可能であることを確認した。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究目的とその背景	1
1.2	本論文の構成	2
第2章	ピラニアの特徴	3
2.1	ピラニアの概要	3
2.2	ピラニアの特徴	4
第3章	ピラニアの習性を表現する手法	5
3.1	Boid アルゴリズム	5
3.2	本研究の手法	8
第4章	検証と考察	12
4.1	獲物の強さがピラニアの群れの強さよりも高い場合の検証	14
4.2	獲物の強さがピラニアの群れの強さと同じ場合の検証	15
4.3	獲物の強さがピラニアの群れの強さよりも低い場合の動作	16
4.4	ピラニアが興奮している場合の動作	17
4.5	ピラニアが単独行動している場合の動作	18
4.6	ピラニアが単独行動し、かつ興奮している場合の動作	19
4.7	考察	19
第5章	まとめ	21
	謝辞	23
	参考文献	24

目 次

3.1 Cohesion (結合)	6
3.2 Separation (分離)	6
3.3 Alignment (整列)	7
3.4 引力による作用	10
3.5 斥力による作用	10
4.1 実行画面	13
4.2 高い場合	13
4.3 低い場合	13
4.4 同じ場合	13
4.5 実行から 0 秒後	14
4.6 実行から 8 秒後	14
4.7 実行から 16 秒後	14
4.8 実行から 30 秒後	14
4.9 実行から 0 秒後	15
4.10 実行から 8 秒後	15
4.11 実行から 20 秒後	15
4.12 実行から 30 秒後	15
4.13 実行から 0 秒後	16
4.14 実行から 8 秒後	16
4.15 実行から 18 秒後	16
4.16 分離をせずに獲物に近づくピラニア	17
4.17 実行から 0 秒後	17
4.18 実行から 4 秒後	17
4.19 実行から 8 秒後	18
4.20 実行から 0 秒後	18

4.21 実行から 8 秒後	18
4.22 実行から 0 秒後	19
4.23 実行から 8 秒後	19

表 目 次

4.1 実行環境	13
--------------------	----

第 1 章

はじめに

1.1 研究目的とその背景

アラン・M・ベルジュロンらの「知っているかな？ ピラニアの生活」[1]によるとピラニアとはアマゾン川やオリノコ川に生息する鋭い歯を持つ肉食の淡水魚のことであり、魚のような小型生物だけではなく牛や人間などといった大型生物も襲う危険な魚として認識されており [2]、実際にアルゼンチンで 60 人もの人々がピラニアによって負傷したという事件 [3] やブラジルで 6 歳の少女がピラニアに襲われ死亡するという事件 [4] などを起こしている。また、このような認識を多くの人々が得ているためか、2010 年にワインスタイン・カンパニーが制作した大量の人をピラニアが襲うという内容の映画である「ピラニア 3 D」[5] や、2010 年に CAPCOM が発売した「バイオハザード ダークサイドクロニクルズ」[6] でピラニアの姿をしたクリーチャーがプレイヤーに襲い掛かるなどと、デジタルコンテンツの世界でもピラニアは人を襲う危険な魚として表現されている。

しかし、これらの認識は全て誇張表現によるものであり、実際のピラニアは血液を水に混ぜるあるいは、水面を叩くなどといったピラニアを刺激する行動をしない限りは強いと判断した獲物に対して瞬時に逃げ、周囲に仲間がいる場合しか襲わないなどと非常に臆病な性格をしている

[7][8]。そのため滅多に人を襲う攻撃はせず、鋭い歯だけに注意さえすれば飼育は比較的容易であるため飼育する愛好家や水族館で展示している場所も多い [9][10]。しかし、ピラニアが危険である魚には変わらない上、誇張表現によって誤った認識を持つ人がいまだに多くいるためか、魚や鳥などの群れの行動を表現する群集シミュレーションにおいても無差別に襲い掛かる表現が大半を占めている。加えて群集シミュレーションの研究の大半が佐藤大輔ら [11][12] のように別個体が来たときに決められた行動しかしないものが多く自身や相手の状態によって行動を変えるピラニアの行動には適していない。またピラニアが単体である場合は安武諒ら [13] のように、有限状態機械 [14] といわれる手法を用いることで表現できるが、この手法はピラニアの個々の状態により振る舞いが決定する手法であるため、群れの状態を考慮に入れた群集の制御には適していない。そこで本研究では群集の行動を制御する代表的な手法である Boid アルゴリズム [15] に着目し、Boid アルゴリズムを拡張することによってピラニアの自身や相手の状態によって群れでの行動を変える行動を表現することを目的とした。初めにランチェスターの法則 [16] を参考にピラニアの興奮と群れの強さ、獲物の大きさから獲物とピラニアの強弱を表現する。次にポテンシャル法 [17] などで使われている引力と斥力を表すクーロン法則に強弱の値を当てはめることで、ピラニアが獲物に対して襲う、逃げるといった挙動を表現した。最後に Boid アルゴリズムに上記のルール加えることでピラニアの習性を表現できるのかを検証した。

その結果、本研究の目的であるピラニアの習性を表現することが可能であることを確認した。

1.2 本論文の構成

本論文では、2章でピラニアの習性や特徴について述べる。3章では Boid アルゴリズムと本研究のピラニアの習性を表現するアルゴリズムについて述べる。4章では本研究についての検証と考察について述べ、最後に5章でまとめを述べる。

第 2 章

ピラニアの特徴

本章では、ピラニアの習性や特徴、ピラニアに対して人が持つ認識などについて説明する。2.1 節では、人が抱いているピラニアの認識と実際のピラニアの行動との相違について説明する。2.2 節では、2.1 節で出たピラニアの行動に加えて本研究で表現するピラニアの習性について記載する。

2.1 ピラニアの概要

ピラニアはアマゾン川やオリノコ川に生息する肉食魚であり、大きな動物の肉すらも食いちぎる強靱な顎と歯 [18] を持ち、常に群れで生活することを重視する。その食事は群れで一斉に獲物に食らいつき、骨になるまで食べ続けるというものであり、実際に人間がピラニアの被害にあうという事件も起きている。そのため多くの人からピラニアは危険な魚として認識されている。

しかし、現実のピラニアは危険ではあるが非常に警戒心が強い上に臆病な性格をしている。そのため通常状態では小型生物の獲物には襲い掛かるが、大型生物には襲い掛かることは滅多になく、逆に逃げようとする [7]。

2.2 ピラニアの特徴

ピラニアの性格や獲物に対する行動について、本節ではアラン・M・ベルジュロンらの「知っているかな？ ピラニアの生活」[1]を基準にさらに詳しく述べていく。

初めに獲物に対する行動である。ピラニアは普段は小さな群れで行動し、小さな群れで行動しているときは小型生物しか襲わないが、大きな群れになるとピラニアは大型生物を襲うようになる。このことからピラニアは獲物と自身の群れの体積を比較することで自身との強弱を判断し、行動を決定していることが分かる。群れよりも獲物が大きければ獲物のほうが強いと判断し、ピラニアはその獲物から逃げ、逆に群れのよりも獲物が小さければ獲物のほうが弱いと判断し、ピラニアは獲物を襲う。

次に興奮による行動の変化である。ピラニアは血液の臭いを嗅いだりや水面を叩く音を聞くななどといった刺激を与えると興奮状態になる習性があり、興奮状態になったピラニアは獲物が強くても強弱の判断を無視して獲物を襲うようになる。ピラニアよりも大きく強いと判断され襲われないはずの人や牛が襲われるという被害が出ているのはこの習性によるものである。

最後にピラニアには群れでの行動である。ピラニアは獲物が弱くても単独でいる場合は獲物に対する行動の判断を変え、襲わないなどと消極的な行動だが、群れを成すことで獲物を襲う。そのためピラニアは獲物を襲うために群れを成すよう行動する。またピラニアは自分の群れ以外のピラニアに後をつけられないようにするために自分自身の近くに他のピラニアがいるときはそれに追従し、あまり近くに他のピラニアが居なければ、群れを離れない程度に自由移動する。しかし、ピラニアが興奮している場合は単独でいる場合でも獲物を襲う。

第 3 章

ピラニアの習性を表現する手法

本章では、ピラニアの動きを表現するために用いた手法について述べる。3.1 節では魚や鳥などの群れで使われている Boid アルゴリズムの説明と、Boid アルゴリズムを使ってピラニアの基本的な群れの動きを表現することについて説明する。3.2 節では、Boid アルゴリズムに追加するピラニアの習性を表現するためのアルゴリズムの手法について説明する。

3.1 Boid アルゴリズム

本研究ではピラニアの基本的な集団行動の制御を行うために Boid アルゴリズムに着目した。Boid アルゴリズムは 1987 年に Craig W. Reynolds ら [15] が発表した集団行動をシミュレーションすることができるアルゴリズムであり、現代まで集団の表現法として数多くの研究で使われている手法である。Boid アルゴリズムは Cohesion (結合)、Separation (分離)、Alignment (整列) の相互に影響を及ぼしあう 3 つのルールを各個体に与えることで、群れの動きを簡単に表現することができる手法である。

Cohesion (結合) は群れからはぐれないためのルールであり、このルールは自身から一定の範囲にいる仲間の位置から重心を求め、その重心へ向かうことで表現することができる。図 3.1 は

赤色の魚が自分、黒色の魚が仲間、水色が仲間から影響を受ける範囲、黄色の点が仲間の位置から求めた重心、白い矢印が自身が重心へ進む方向を図示したものである。

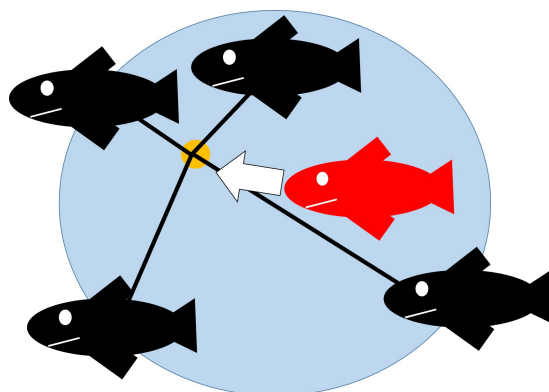


図 3.1 Cohesion (結合)

Separation (分離) は近づきすぎたらぶつからないように離れるルールであり、このルールは仲間の位置に対して自身の位置の差分の平均を自身の方向ベクトルに合わせて移動することで表現することができる。図 3.2 は赤色の魚が自分、黒色の魚が仲間、水色の円が仲間から影響を受ける範囲、黒色の線が自分に近づいた仲間との距離であり、白色の矢印が仲間の位置から求めた自身が進む方向を図示したものである。

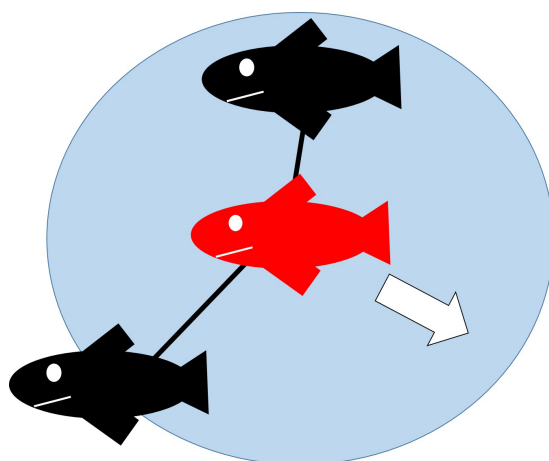


図 3.2 Separation (分離)

Alignment (整列) は群れと進む方向を合わせようとするルールであり、このルールは自身から一定の範囲にいる仲間の方向ベクトルの平均を求め、その方向に自身の方向ベクトルを合わせる

ことで表現することができる。図 3.3 は赤色の魚が自分、青色の魚が仲間、水色の円が仲間から影響を受ける範囲、黒色の矢印が仲間の方向ベクトルであり、白色の矢印が仲間の方向ベクトルから求めた自身の進む方向を明示したものである。

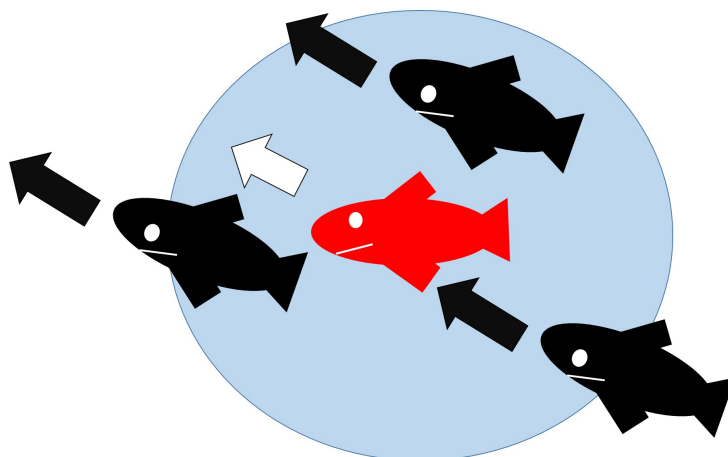


図 3.3 Alignment (整列)

Boid アルゴリズムは上記の 3 つのルールに重みといわれる重要度を与えることによって求める各速度ベクトルを個々の個体の位置ベクトルに足し合わせることで集団行動を表現することが出来る。そこで本研究では群れを表現するためこの手法を使うことによって群れの形を維持しながら移動する群れを表現した。式 (3.1) は、小林佳奈美ら [19] の研究で用いた Boid アルゴリズムの各ルールに重要度を与えた式であり、式 (3.2) は、重要度を与えた Boid アルゴリズムの次の瞬間の位置を求めるために用いた式である。定数 c は Cohesion (結合) の重み係数、定数 s は Separation (分離) の重み係数、定数 a は Alignment (整列) の重み係数、変数 t は現在の時間、変数 h は現在と次の瞬間の間の時間、 \mathbf{V}_i は現在の速度、 \mathbf{P}_i は現在の位置、 \mathbf{C}_i は Cohesion (結合)、 \mathbf{S}_i は Separation (分離)、 \mathbf{A}_i は Alignment (整列) を示している。

$$\mathbf{V}_i(t+h) = \mathbf{V}_i(t) + \left(\frac{c\mathbf{C}_i(t) + s\mathbf{S}_i(t) + a\mathbf{A}_i(t)}{c+s+a} \right) h \quad (i = 1, 2 \dots m) \quad (3.1)$$

$$\mathbf{P}_i(t+h) = \mathbf{P}_i(t) + \mathbf{V}_i(t+h) \quad (i = 1, 2 \dots m) \quad (3.2)$$

3.2 本研究の手法

本節ではランチェスターの法則を基に獲物とピラニアの状態から強さの差を求め、その値をクーロンの法則に当てはめることで、ピラニアの習性を表現する手法について述べる。

初めに獲物とピラニアの強弱判定を表現する。強さとはピラニアにとっての危険度を指しており、ピラニアは獲物と自身の体積の差で強い弱いかの判断をするという習性をもっている。本研究でもピラニアと獲物の体積を強さと定義し、体積に群れと興奮の要素をくわえることで2種類の強さの差を表現する。

次に、群れでの行動を表現する。群れでの行動とは本研究においてピラニアは単独で居るときは獲物を襲わず、群れを成しているときは襲う習性を指している。本研究ではピラニア個々の強さではなく、群れとしての強さを重視することで群れでの行動を表現する。式(3.3)はピラニアの群れの強さを求めるための式である。式(3.3)において、変数 j は群れの要素を含んだピラニアの強さ、変数 n はピラニアの個体の強さ、変数 p は仲間の強さ、変数 m は一定の範囲内にいる仲間の個体数を示している。

$$j = \begin{cases} n + p_1 + p_2 + \dots + p_m & (m > 0) \\ 0 & (m = 0) \end{cases} \quad (3.3)$$

式(3.3)を求めることで、周囲に仲間がいなるときは $j = 0$ とすることで、自動的に自身を弱いと認識し、群れでの行動を表現することが出来る。

次に、興奮を表現する。興奮とは本研究において興奮状態のピラニアは通常時では強いと判断した獲物であっても強弱の判定とは関係なしに獲物を襲う習性を指している。本研究ではピラニアの興奮の度合いを表す数値を興奮値と定義し、興奮値に合わせて相手の強さの認識を弱めることで、獲物を弱いと認識し、獲物が弱い場合と同じ判断をすることが出来る。式(3.4)は式(3.5)を元に表した興奮時に、相手の強さの認識を弱める式である。式(3.4)の変数 b は獲物の体積、変

数 e は各ピラニアの興奮値、変数 w はピラニア各個体の獲物に対する強さの認識を示している。

$$w = be \quad (3.4)$$

式 (3.4) を求めることで、通常時は e の数値を 1 に近づけ、興奮時は e の数値を 0 に近づけることで興奮時は獲物の強さを示す変数 w の値が小さくなり、本来は強いと判断するはずの獲物であっても弱いと認識することができる。

最後に式 (3.4) と式 (3.3) を組み合わせることで獲物に対するピラニアの強弱判断を表現することができる。式 (3.5) は獲物とピラニア個体の強さの差を求めるための式である。式 (3.5) の変数 d はピラニア各個体の獲物に対する強さの差を示している。

$$d = j - w \quad (3.5)$$

式 (3.5) を求めることで、 $d > 0$ のとき、ピラニアは獲物を弱いと判断し、 $d < 0$ のとき、ピラニアは獲物を強いと判断することができる。この式 (3.5) を獲物の強弱によって行動を変化するアルゴリズムに加えることでピラニアの習性を表現することができる。

次にピラニアが獲物の強さによって襲う、逃げるといった挙動の表現について述べる。ピラニアは逃げる場合は獲物に反発しているかのような動作をし、襲う場合は獲物に引き寄せられるかのような動作をする。このような動作からピラニアの獲物に対する行動は引力と斥力の関係に近い。ため、本研究ではピラニアの襲う、逃げるといった判断した後の動作の表現をするために引力と斥力を使うことで表現する。

引力とは二つの物体を互いに引き寄せあう力のことであるが、本研究では引力を個々のピラニアを獲物に近づけるための力と定義し、獲物の位置を \mathbf{G} 、ピラニアの位置を \mathbf{X} 、ピラニアが進む方向を \mathbf{F} 、 $\mathbf{G} - \mathbf{X}$ の値を \mathbf{R} とすることで $d < 0$ の時、引力を表現する。図 3.4 は黒い魚を獲物、赤い魚をピラニアとすることでピラニアと獲物の間に発生した引力を図示したものである。

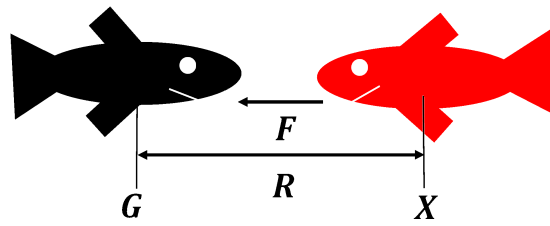


図 3.4 引力による作用

斥力とは二つの物体を互いに反発しあう力のことであるが、本研究では斥力を個々のピラニアを獲物から遠のさせるための力と定義することで $d < 0$ の時、斥力を表現する。図 3.5 は黒い魚を獲物、赤い魚をピラニアとすることでピラニアと獲物の間に発生した斥力を図示したものである。

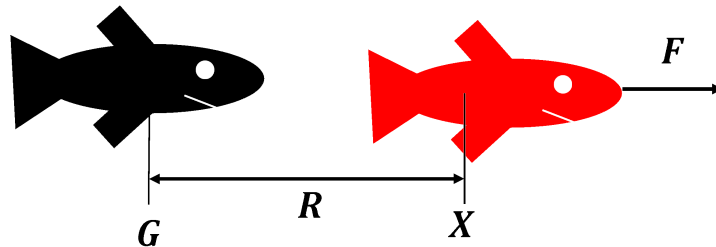


図 3.5 斥力による作用

このことから引力と斥力は獲物とピラニアの強さの差の値以外は全く同じであるため、引力と斥力のどちらを発生するかの判断は式 (3.6) で判断することができる。式 (3.6) の変数 d は式 (3.5) によって求めた数値を示している。

$$\mathbf{F} = \frac{\mathbf{R}d}{|\mathbf{R}|} \quad (3.6)$$

式 (3.6) で求めた \mathbf{F} をピラニアに与えることによって $d < 0$ のときピラニアは斥力を与え獲物から逃げ、 $d > 0$ のときピラニアは引力を与え獲物を襲う行動が発生する。この式 (3.6) を Boid アルゴリズムに加えることによってピラニアが群れを形成しつつ、ピラニアが獲物から逃げるあるいは襲う表現を実現する。式 (3.7) は式 (3.1) に式 (3.6) を加えた式であり、この式を求めることによって、ピラニアの群れでの行動を表現することができる。式 (3.7) のベクトル \mathbf{F}_i は式 (3.6)

を求めることによって現れた数値、定数 f は式 (3.6) の重み係数を示している。

$$\mathbf{V}_i(t+h) = \mathbf{V}_i(t) + \left(\frac{c\mathbf{C}_i(t) + s\mathbf{S}_i(t) + a\mathbf{A}_i(t) + f\mathbf{F}_i(t)}{c+s+a} \right) h \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.7)$$

第 4 章

検証と考察

この章ではピラニアの習性を加えた Boid アルゴリズムをつかってピラニアの動きについての検証と考察を行う。

本研究の手法ではピラニア個体の強さは自身の範囲内に仲間がいるかどうかで決まる。しかし、範囲を制限した場合は逃げる個体や襲う個体が同時に出現し、獲物とピラニアの強さが同じ場合の検証が不可能であるため本研究では範囲を無制限にすることで、ピラニアの全個体が同じ行動をするように設定した。図 4.1 は実行したプログラム画面を図示したもので水色の四角形のモデルが獲物、魚のモデルがピラニアを示し、300 匹のピラニアのモデルを用いて、更に各ルールの重み値をそれぞれ $c=1$ 、 $s=6$ 、 $a=2$ 、 $f=4$ とし、各ピラニアの獲物と仲間を識別する範囲は移動可能範囲の $\frac{1}{4}$ とした。ピラニアが獲物に触れた場合は獲物の肉を削ぐ行動とみなし、獲物の体積を少しだけ減少することでピラニアと獲物の強弱関係を変動するものとした。

検証では獲物の強さがピラニア各個体の体積の合計値よりも高い場合、同じ場合、低い場合、獲物が強くピラニアが興奮している場合、そして獲物が低くピラニアの周囲に仲間がいない場合の検証を行った。

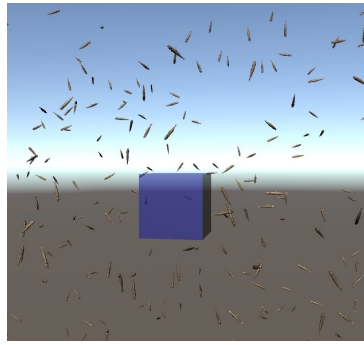


図 4.1 実行画面

本研究では獲物とピラニアの強さの差を可視化した。図 4.2 から図 4.4 は、獲物の強さがピラニア各個体の体積の合計値よりも高いと低い場合と同じ場合の獲物の様子を図示したものである。

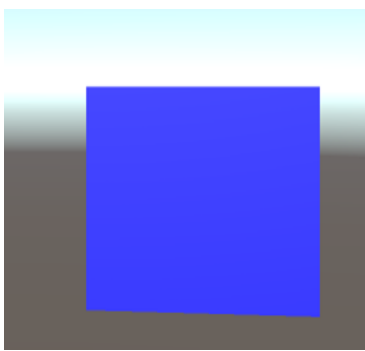


図 4.2 高い場合

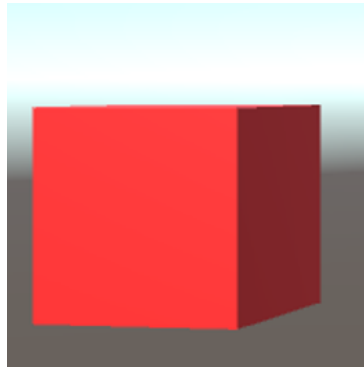


図 4.3 低い場合



図 4.4 同じ場合

本研究で実行したプログラミングは windows と OS 上で動作する統合型のゲーム環境開発である Unity[20] を利用した。検証に使用した環境は 4.1 のとおりである。

表 4.1 実行環境

OS	windows 10 Education
CPU	Intel Core i7-3770 3.40Hz
メモリ	16GB
GPU	NIVDIA GeForce GTX 560

4.1 獲物の強さがピラニアの群れの強さよりも高い場合の検証

図 4.5 から図 4.8 は獲物の強さがピラニアの群れの強さよりも高い場合の実行直後の様子と行動に変化が見られた 8 秒、16 秒、30 秒ごとのピラニアの動作の様子である。

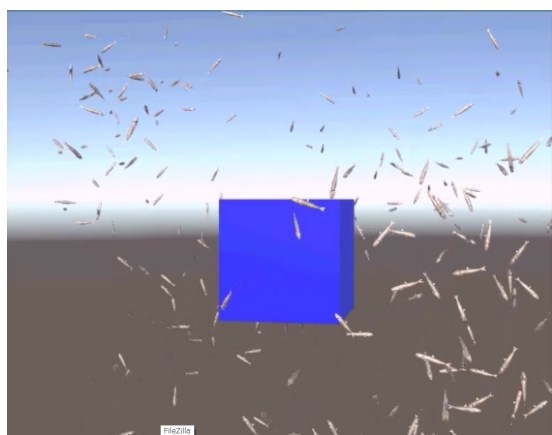


図 4.5 実行から 0 秒後

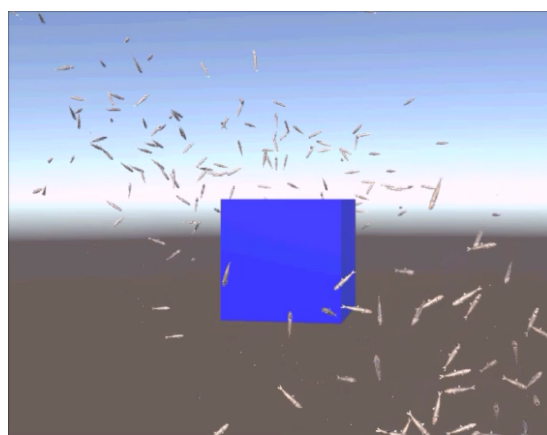


図 4.6 実行から 8 秒後

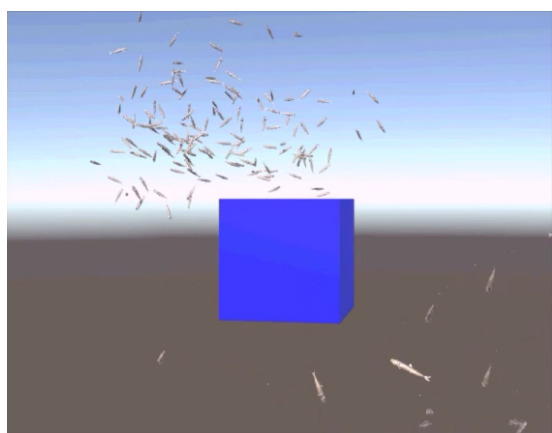


図 4.7 実行から 16 秒後

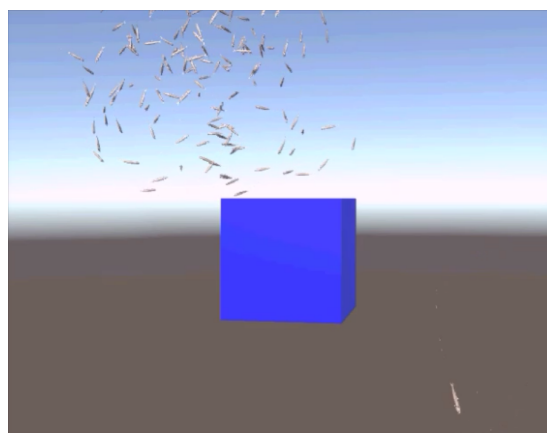


図 4.8 実行から 30 秒後

図 4.5 から図 4.8 は、獲物の強さがピラニアの群れの強さよりも高い場合ピラニアは最初は獲物が強くても群れを作ることに集中し、群れが形成し終わったら群れの形を維持ながら獲物から一定距離をとるように移動していることを確認した。

4.2 獲物の強さがピラニアの群れの強さと同じ場合の検証

図 4.9 から図 4.12 は獲物の強さがピラニアの群れの強さと同じ場合の実行直後の様子と行動に変化が見られた 8 秒、20 秒、30 秒ごとのピラニアの動作の様子である。

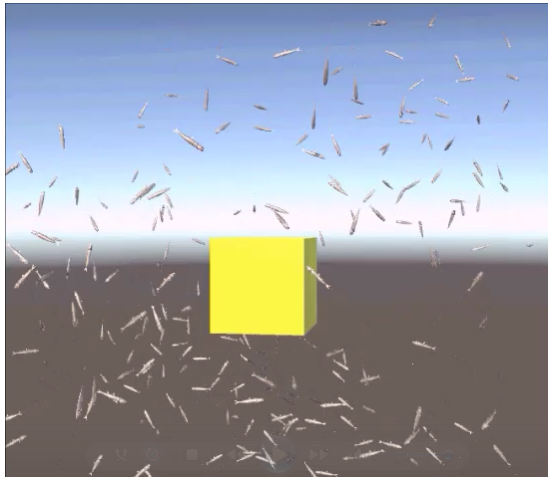


図 4.9 実行から 0 秒後

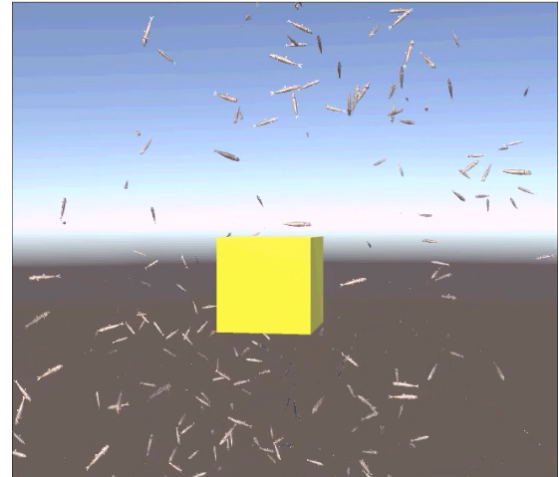


図 4.10 実行から 8 秒後

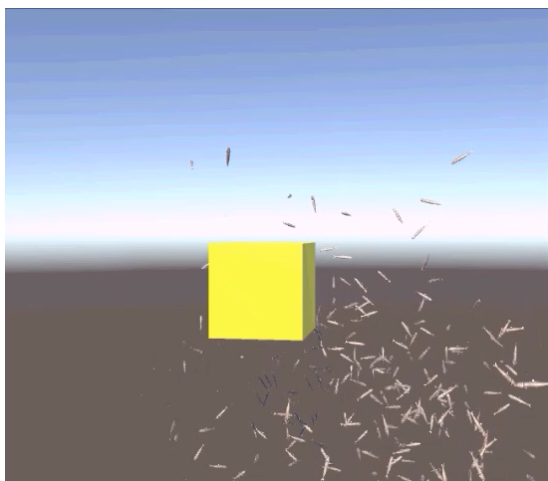


図 4.11 実行から 20 秒後

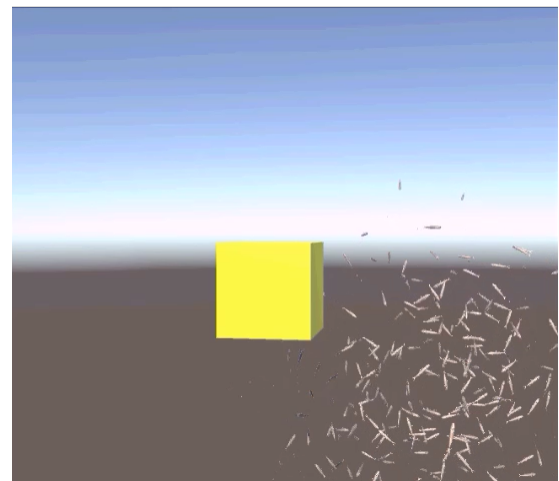


図 4.12 実行から 30 秒後

図 4.9 から図 4.12 の様子から、群れの強さと同じ場合、ピラニアは 4.1 節と同じくピラニアは最初は獲物が強くても群れを作ることに集中し、群れが形成し終えたら群れの形を維持ながら獲物から一定距離をとるように移動していることを確認した。

4.3 獲物の強さがピラニアの群れの強さよりも低い場合の動作

図 4.13 から図 4.15 は獲物の強さがピラニアの群れの強さよりも低い場合の実行直後の様子と行動に変化が見られた 8 秒、18 秒ごとのピラニアの動作の様子である。

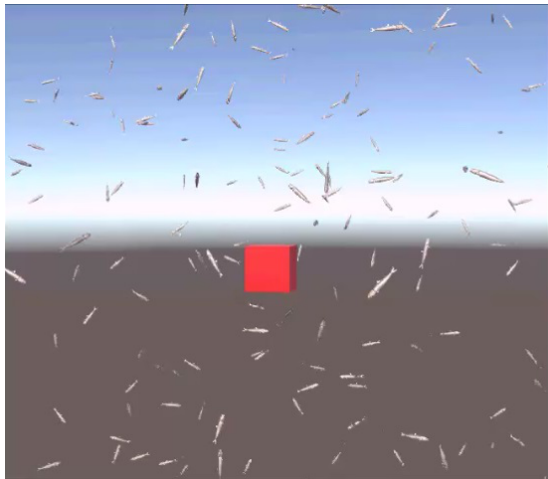


図 4.13 実行から 0 秒後

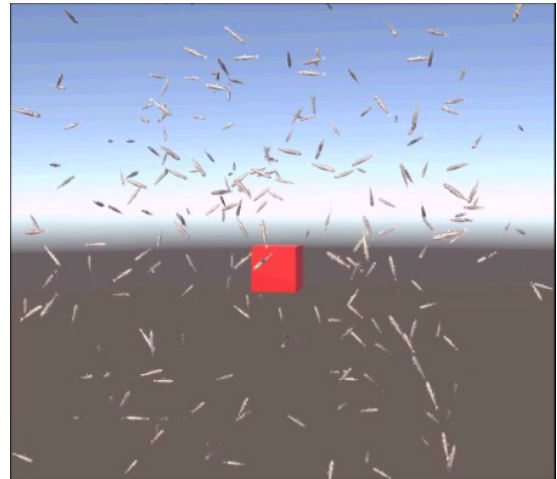


図 4.14 実行から 8 秒後

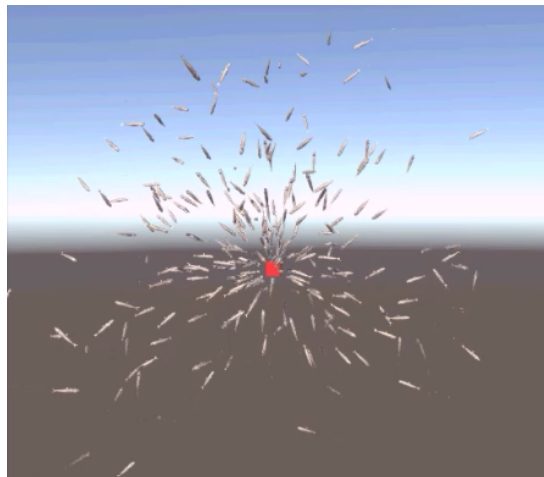


図 4.15 実行から 18 秒後

図 4.13 から図 4.15 の様子から獲物の強さがピラニアの群れの強さよりも低い場合本研究の各ピラニアの強さは群れの体積によって決まるため、最初は自身の強さを高めるために獲物を襲わずに群れを形成していることを確認した。

また $s > f$ にした結果、獲物を襲う場合でもなるべく仲間にぶつからないように注意しながら行動しているピラニアの習性に近い動作をしていたことを確認した。しかし、獲物との距離が近づくことで、 $s\mathbf{S} < f\mathbf{F}$ となり、多くの個体が分離をほとんどせずに仲間とぶつかってでも獲物に近づく動作をしていたことを確認した。図 4.16 は分離をせずに獲物に近づいているピラニアの様子を図示したものである。



図 4.16 分離をせずに獲物に近づくピラニア

4.4 ピラニアが興奮している場合の動作

図 4.17 から図 4.19 は獲物の強さがピラニアの群れの強さよりも高く、またピラニアが興奮している場合の実行直後の様子と行動に変化が見られた 4 秒と 8 秒ごとのピラニアの動作の様子である。

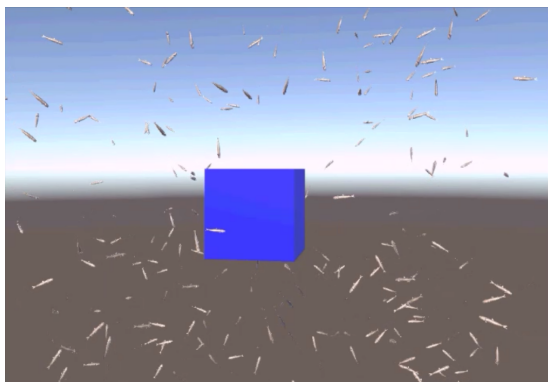


図 4.17 実行から 0 秒後

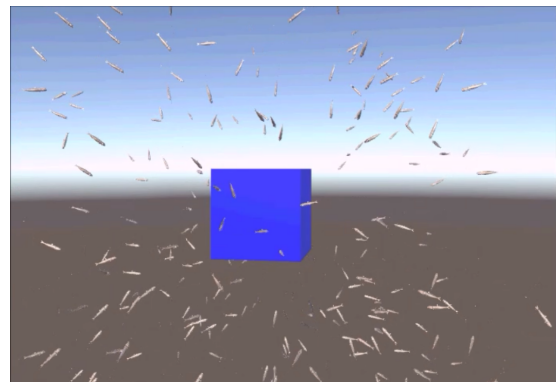


図 4.18 実行から 4 秒後

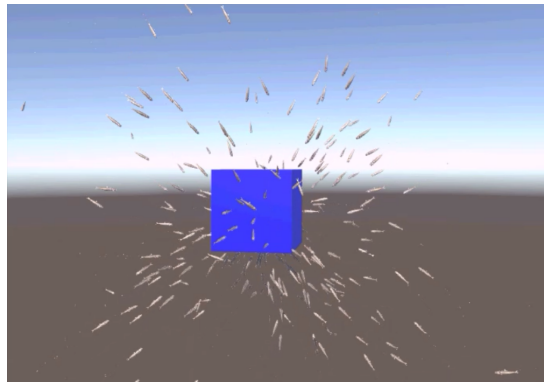


図 4.19 実行から 8 秒後

図 4.17 から図 4.19 の様子からピラニアが興奮している場合ピラニアは最初から群れの形成をあまりせずに近くに仲間がいると判断した瞬間に敵の強さに関係なく群れ全体で獲物が完全に居なくなる獲物を襲っていることを確認した。

4.5 ピラニアが単独行動している場合の動作

図 4.20 から図 4.21 は獲物の強さがピラニアの群れの強さよりも低く、またピラニアが単独行動している場合の実行直後の様子と 8 秒のピラニアの動作の様子である。

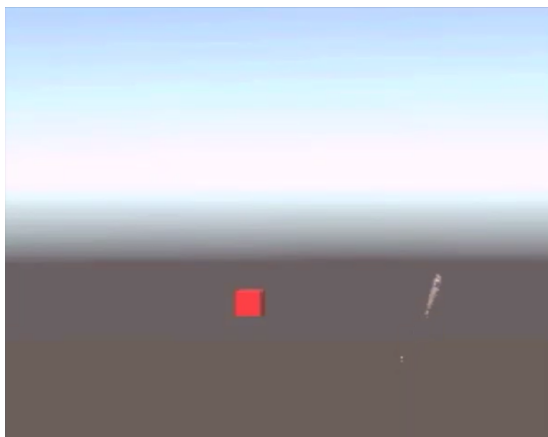


図 4.20 実行から 0 秒後

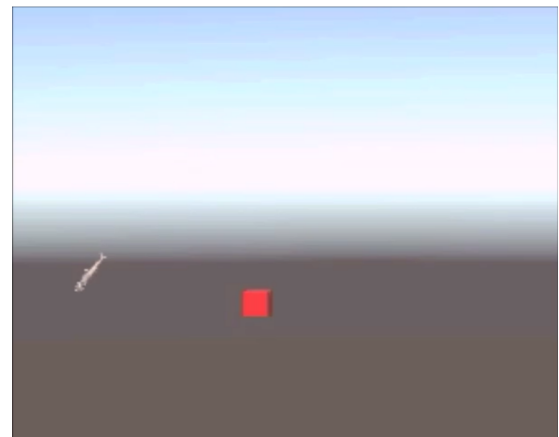


図 4.21 実行から 8 秒後

図 4.20 から図 4.21 の様子からピラニアが単独行動している場合ピラニアは獲物が弱くても、獲物を襲わずに一定の距離を保ちながら自由移動していることを確認した。

4.6 ピラニアが単独行動し、かつ興奮している場合の動作

図 4.22 から図 4.23 は獲物の強さがピラニアの群れの強さよりも低く、またピラニアが単独行動し、かつ興奮している場合の実行直後の様子と 8 秒のピラニアの動作の様子である。

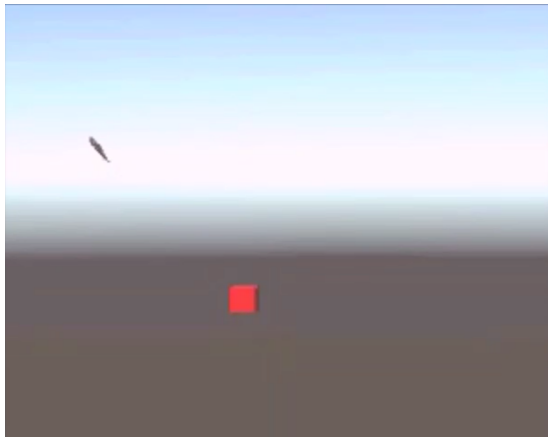


図 4.22 実行から 0 秒後

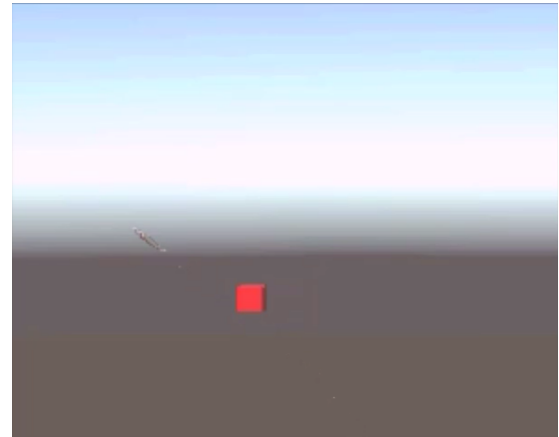


図 4.23 実行から 8 秒後

図 4.22 から図 4.23 の様子からピラニアが単独行動し、かつ興奮している場合本来は襲うはずのピラニアが 4.5 節と同じく、獲物を襲わずに一定の距離を保ちながら自由移動していることを確認した。

これは、本研究では興奮時にピラニア各個体の強さを強くするのではなく、獲物の強さの認識を弱める手法であるため、興奮時は獲物とピラニアの強さの差を示す d が 0 となり、 $d \neq 0$ の時に襲うあるいは逃げる判断を行う本手法では本来のピラニアの襲う判断をすることが不可能だからである。

4.7 考察

Boid アルゴリズムにピラニアの習性を表現したアルゴリズムを加えることによって、獲物が強いときは逃げ、弱いときは襲い、興奮しているときは強い弱い関係なく獲物を襲うというピラニアの習性を表現することができた。また、このアルゴリズムを使うことによって強い弱いの判断

だけではなく、ピラニアの積極性や群れでの移動方法などの習性も表現することができた。

しかし、表現した群れの動きには幾つか問題点があり、分離を本研究の手法よりも重要度を高くしたことによって獲物を襲う際に全個体が一直線に獲物に向かわず、現実のピラニアに近い少し蛇行しつつ獲物に近づくという挙動をしたが、分離の重要度を高くしても本研究のベクトルの大きさが分離のベクトルよりも大きくなった瞬間に、分離処理をほとんどせずに仲間とぶつかってでも獲物に近づこうとする個体が多数現れた。

また本研究の手法ではピラニアが単独行動しているときに興奮しても、ピラニアが獲物を襲わず、興奮していない場合と同じ行動をしていた。

第 5 章

まとめ

本研究ではピラニアの習性を表現することを目的した。この習性はピラニアの群れを作りつつ獲物が強いかわいかにによって逃げるか襲うかを変えるという習性のことである。この習性を表現するために本研究では群れの形成によく使われている Boid アルゴリズムに引力と斥力を求める式をもとに製作した獲物が強いかわいかにによって逃げるか襲うかを変えるアルゴリズムを加えた。その結果、群れを作りつつ獲物が強いかわいかにによって逃げるか襲うかを変えるという習性だけでなく、ピラニアの積極性や興奮などの習性も表現することができた。

しかし、表現した群れの動きには幾つか問題点がある。まず、本研究では重み付けと呼ばれる概念を使い、分離を本研究の手法よりも重要度を高くしたことによって獲物を襲う際に全個体が一直線に獲物に向かわず、現実のピラニアに近い蛇行しつつ獲物に近づくという動作を表現できたが、分離の重要度を高くしても本研究のベクトルの大きさが分離のベクトルよりも大きくなった瞬間に、分離処理をほとんどせずに仲間とぶつかってでも獲物に近づこうとする個体が多数現れた。また本研究の手法は獲物とピラニアの強さの均衡が崩れたときに襲うか逃げるかの判断を行う手法であるため、ピラニアが単独行動し、かつ興奮している場合などの均衡が崩れない場合はどのような行動をしても獲物を襲わない現象が発生した。

そのためより本物に近いピラニアの習性を表現するためには重り付けだけではなくほかにも様々な要素や条件などを取り入れる必要がある。

謝辞

本研究を締めくくるにあたり、終始ご指導ご鞭撻を頂きました先生方に心より感謝致します。

また様々な相談に応じて下さった研究室の院生の方々とメンバー、友人達に深く感謝致します。

参考文献

- [1] 小林道信. 熱帯魚ビギナーズガイド. 2006. 誠文同新光社.
- [2] ロケットニュース 24. ブラジルの「ピラニアを釣る方法」がワイルドすぎる. <http://rocketnews24.com/2015/01/14/533133/>. 参照:2017.02.17.
- [3] AFPBB News. ピラニアに襲われ 60 人負傷、猛暑のアルゼンチン. <http://www.afpbb.com/articles/-/3005706>. 参照:2017.02.17.
- [4] TOCANA. アマゾンの” 生きた凶器” が大暴れ！？ ピラニアの食欲逢瀬憂さに戦慄. http://tocana.jp/2015/04/post_6119_entry.html. 参照:2017.02.17.
- [5] ブロードメディア・スタジオ株式会社. ピラニア 3D 公式サイト トップページ. <http://bmstd.com/movie/696>. 参照:2017.02.17.
- [6] CAPCOM. バイオハザードダークサイドクロニクルズ 公式サイト トップページ. http://www.capcom.co.jp/information/bio_dc/index.html. 参照:2017.02.17.
- [7] 神戸新聞. スリル満点！ピラニア水槽を掃除 神戸スマスイ. <https://www.kobe-np.co.jp/news/kobe/201607/0009269444.shtml>. 参照:2017.02.17.
- [8] ロイター. 群れを成すピラニア、攻撃ではなく自己防衛＝調査. <http://jp.reuters.com/article/idJPJAPAN-26690620070702>. 参照:2017.02.17.

- [9] アラン・M・ベルジュロン. 知ってるかな? ピラニアの生活. 2006. 旺文社.
- [10] AFPBB News. 256 種類の熱帯魚を飼育するコロンビアの水族館. <http://www.afpbb.com/articles/-/2554383>. 参照:2017.02.17.
- [11] 佐藤大輔, 吉田典正. 捕食者-被食者生態系における魚の群れのシミュレーション. 情報処理学会グラフィクス・CAD 研究会, Vol. 199, pp. 77-82, 2006.
- [12] 佐藤大輔, 吉田典正. 魚の群れの-被食シーンにおける動作の表現に関する研究. 情報処理学会グラフィクス・CAD 研究会, Vol. 119, pp. 77-82, 2006.
- [13] 安武諒, 山口崇志, マッキンケネスジェームス, 永井保夫. チューリングテストによるゲーム ai の客観的評価. 東京情報大学研究論集, Vol. 16, No. 1, pp. 33-46, 2012.
- [14] 瀬戸謙修, 藤田昌宏. 有限状態機械 (fsm) とシンボリック状態探索を利用したコード生成手法. 情報処理学会, Vol. 43, No. 5, pp. 1235-1251, 2002.
- [15] Craig W. Reynolds. Flock, herds, and school : A distributed behavioral model. *ACM SIGGRAPH computer graphics*, Vol. 21, No. 4, pp. 25-34, 1987.
- [16] F.W.Lanchester. *Aircraft in Warfare;the Dawn of the Fourth Arm*. 1916.
- [17] 彌城祐亮, 江口和樹, 岩崎聡, 山内由章, 中田昌宏. ポテンシャル法によるロボット製品の障害物回避技術の開発. Technical Report 1, 三菱重工業, 2014.
- [18] AFPBB News. ピラニア、Tレックスもしのぐ「かみつき力」. <http://www.afpbb.com/articles/-/2917689>. 参照:2017.02.17.
- [19] 小林佳奈美, 陳延偉, 黄辛隠. 対話型進化計算を用いた魚群の知的自動生成システム. 立命館人間科学研究, Vol. 14, pp. 17-26, 2007.
- [20] Unity. Unity 公式サイト トップページ. <http://japan.unity3d.com/>. 参照:2017.02.17.