

人の行動による屋内の汚れの表現

武仲毅知[†] 田中敏光[†] 佐川雄二[†]

駅構内や学校の廊下などの多人数が恒常的に使用する場所では、その場所を通過する人の速度や数により、汚れの濃さが変化する。そこで本研究では、仮想空間に通路を設定して、人どうしや人や壁との相互干渉を考慮した群集の移動シミュレーションを行うことで、各個体の移動経路を求め、そして、移動経路に沿って移動速度や歩幅を考慮した足跡をつけることで、床面の汚れを生成する。また、壁ぎわを通過する個体については、人体や持ち物が壁に接触することで生じる汚れを計算し、壁に付加する。こうすることで、床面や壁面の汚れをリアルに表現する。

Expression of indoor grime by human walk

Tsuyoshi Takenaka[†],
Toshimitsu Tanaka[†] and Yuji Sagawa[†]

Dirty floors and walls are commonly viewed in the place where many people walk over. Intensity of the grime increases in proportion to the number of people passing through. And pattern of the grime changes by the walking speed of the people. Therefore, in this study, we create realistic images of floors and walls by the following method. First, motion pass and speed of each person is computed with crowd simulation. Then foot patterns are allocated along the pass after modified according to the speed. If a person walks near a wall, contact of the person and the wall is evaluated. In the case of contact, at some of the height of shoulder, arm, hand, or foot, related grime patterns are overwritten on the wall.

[†] 名城大学大学院
Meijo University

1. はじめに

近年のCG技術の進歩により、現実と見間違えるようなリアルな映像を作ることが可能になっている。このようなリアルな映像は、さまざまな分野に恩恵をもたらしている。例えば映画の制作では、セットやミニチュアをCGで置き換えることで、製作期間やコストが削減できている。また、ゲームやバーチャルリアリティでは、映像のクオリティの向上が、より高い没入感をもたらしている。建物や景観のシミュレーションでも、リアルな映像を使うことで、本物と見紛うほどの視界の再現が可能になっている。しかし、映像のクオリティは現状で十分というわけではない。むしろこれらの分野では、よりいっそう詳細なリアリティが求められている。

CGで表現された物体をよりリアルに見せるには、物体の形状や配色を本物に忠実に再現する事に加えて、表面の汚れや傷といった生活感を表す質感の変化を表現する事も不可欠である。実際、模型やミニチュアの作成では、ウェザリングと呼ばれる汚れをつける技術が使われている。質感変化のうち、建物外壁の退色やひび割れといった、日照や風雨などの自然現象によって生じるものを表現する手法(7-9)は多数研究されているが、屋内の壁面や床面に見られるような、人為的要因で生じる汚れについては、あまり報告がない。そこで、本研究では、人の移動により生じる壁や床の汚れをリアルに表現する手法を検討する。

2. 関連研究

これまでにも、少数ではあるが、人の流れを考慮して壁面や床面に汚れや傷をつける研究が行われている。壁面については、歩行者が接触することで生じる汚れや手垢を表現する手法が提案されている(1,2)。これらの研究は、コンクリートの建物の廊下に見られるような、硬質でつやのない壁面を対象としている。文献1)の研究では、使用者の年齢により壁面の異なる高さに汚れがつく様子が、文献2)の研究では、靴、靴、身体の接触により、異なる高さに異なる形状の汚れがつく様子が表現されている。床面については、使用頻度と時間経過を反映した歩行による床面の汚れテクスチャの生成手法が、穂浪らにより報告されている(3)。この研究では、実測値から分布モデルを作成し、汚れや埃の量を決めている。また、移動経路にリアルタイムに足跡をつける研究(4,5)も行われている。

3. 研究の目的

建物内の壁面や床面には多くの傷や汚れが見られる。中でも駅や学校の廊下には目立った汚れが付いている。人通りが多い場所の床や壁の汚れは、人がそこを通過する回数に比例して増えていく。また、移動速度や混雑具合によっても汚れ方が変化する。

穂浪の研究 3)では、実際の廊下で通行量や通過する位置を計測し、それをもとに歩行者分布のモデルを作成している。そして、モデルから求まる歩行者数を用いて床面に汚れの色を付ける(床面を黒くする)ことで汚れを表現した。本研究では群集の行動を模したシミュレーションにより人の移動経路や移動速度を推定する。それぞれの個体には、スタートとゴールの場所と一定の範囲で変化する基本速度を与え、相互の衝突や壁との衝突を考慮して、各個体の移動経路と速度を求める。そして、その移動経路にそって、移動速度や個体の歩幅を反映した足跡をつける。また、壁際を移動する個体については、肩や腕、持ち物などが壁と接触することを想定して、壁面に汚れを付ける。このようにして汚れを付けた床面や壁面を自由な視点から観察できるようにすることで、汚れの効果を確認する。

4. 汚れ生成モデル

4.1 群集の行動モデル

ボイドを参考に人の行動モデルを作成する。ボイドでは、引き離し、整列、結合の3つの基本ルールを用いて、鳥の群れの行動をシミュレーションしている(10)。本研究では、群衆は個体ごとに独立しており、グループを作らないので結合は使用しない。整列は群集の目的地が設定されているため、周囲の個体と移動ベクトルの向きを合わせる一般的なボイドのルールを使用する。引き離しについては、人が密集した状態を再現するために、次のように拡張する。

許容最低距離を定義し、個体間の距離がこれ以下になったら引き離しのルールを適用する点は同じだが、周囲の一定の範囲の個体密度が高いほど許容最低距離が小さくなるように制御する。また、個体の最大移動速度も周囲の個体密度に比例して小さくする。さらに、ボイドでは各個体の大きさを無視して点として扱うが、人では少なくとも体の大きさに相当する距離だけ他の人から離れる必要があるため、この距離を進入不可領域と定義して、それ以下に接近したら、強制的にこの距離まで遠ざける。最大移動速度、歩幅、許容最低距離などのパラメータの初期値や、壁面汚れの生成に必要な背丈、肩幅、持ち物の有無なども、個体ごとに異なる値を設定できるようにする。壁面に対しても同様に、個体ごとに設定された許容最低距離と進入不可領域を用いて、引き離しのルールを適用する。

これらの工夫により、現実に近い人同士または人と壁との相互干渉を表現する。さらに、移動経路ごとの経由地点の自動設定などの仕組みを追加し、建物内での群集の行動をシミュレーションする。

4.2 汚れパターンのモデル

壁面については、文献2)の手法と同様に、サンプルとなる壁面を撮影した写真から汚れのパターンを採取する。また、画像や周囲の状況から、汚れが生じた原因を推定

する。そして、汚れのパターンを汚れの原因で分類し、1cm/pixelのスケールの画像として保存する。従来研究で用いた汚れ画像を流用するとともに、独自に画像を採集して追加する。

床面については、足跡の写真から汚れのパターンを取得し、同様に保存する。また、実際の床面を調査してそれぞれのパターンの現れる割合を調べ、個体ごとの初期値に反映する。

どちらについても、適切な汚れパターンが撮影できない場合には、汚れの原因を模倣することで、実験的にパターンを収集する。また、汚れが規則的になることを防ぐために、汚れの原因ごとに複数のパターンを用意する。

4.3 床面と壁面の定義

任意の位置に任意の形の通路を配置できるようにするために、床の平面図をビットマップ画像として与え、それから床面と壁面を生成する。詳細な汚れを表現するために、床面は、与えられた定義画像を1cm/pixelとなるように拡大して使用する。表示に用いるDirectX9の関数D3DXCreateTextureでは、扱える画像のサイズが最大8192pixel四方に制限されている。これを1cm/pixelのスケールにすると約82m四方となる。現実にはそれ以上の広さを持つフロアも多いので、床面を適度なサイズ(50~80m四方)で分割して表示する。

壁面は、床の平面図から壁面の始点・通過点・終点を求め、それらを繋いだ折れ線上に一定の高さの長方形を配置する方法で自動生成する。図1を用いて手法を説明する。本研究では、平面図では、床面を白、壁面を黒線で与えることにしている。また、通路は平面図の4辺のどこかにつながっている(閉領域ではない)とし、壁の向きを縦横に限定している。このため、まず、平面図の上端を横方向にスキャンし、黒画素を探す。黒画素が見つかったら、そこから定義画像の4辺のどこかに達するまで黒素を追跡する。こうして、壁面の始点と終点を求める。また、追跡の途中で方向が変わる点があれば、その点を通過点として記録する。平面図の残りの各辺についても、この処理を順に行う。ただし、前に検出した壁面が再検出されないようにするため、以前の処理で検出された始点または終点と一致する点はスキップする。

建築基準法施工令では、壁面の高さを2.1m以上にするように指定されている(以前は一般住宅が2.1m以上、学校は3m以上だったが、2005年の法改正で区分が廃止された)ので、本研究では2.1m以上3.5m未満の範囲で壁の高さを任意に選べるようにしている。壁面に使用するテクスチャも、床面と同様に、cm/pixelのスケールで作成する。まず、8192pixel四方の大きさを1枚つくり、それをcm単位で表した壁面の高さで短冊に区切って使用することで、連続した壁面がなるべく1枚のテクスチャで収まるようにする。また、壁面の長さは均一ではないので、テクスチャの横方向の長さは壁面の長さ(cm単位)に合わせて調整する(図2)。

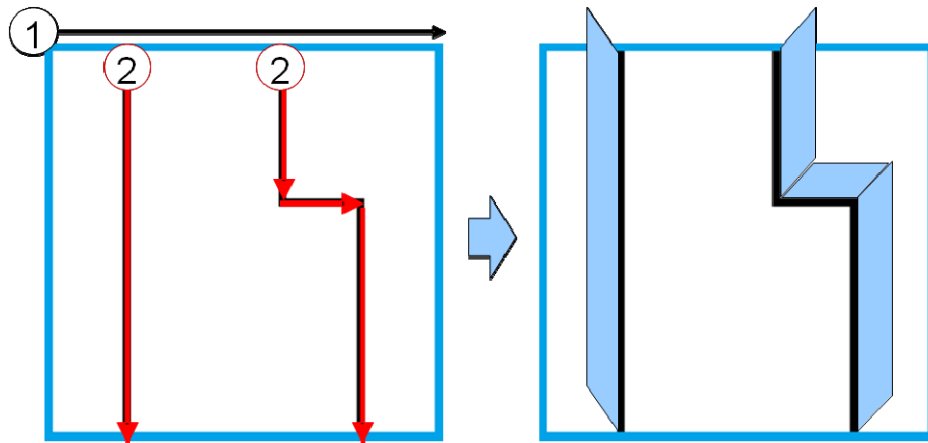


図 1 壁面生成の手順

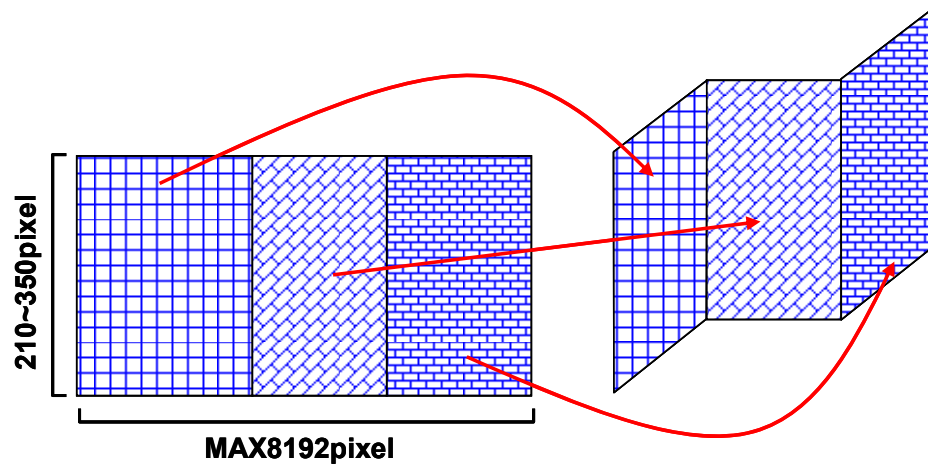


図 2 壁面の長さごとのテクスチャの対応

5. 汚れの生成

群集の行動シミュレーションで求めたそれぞれの個体の通過位置を中心として、個体ごとに設定された歩幅に従い、靴跡の汚れパターンを左右交互に床面画像の上に重ね描く。このとき、パターンの向きを移動方向と一致するように回転する。また、汚れに規則性が現れないように、個体ごとに靴跡に使用するパターンの種類と大きさをランダムに初期設定する、さらに、フィルタ処理で靴跡パターンにぼけやノイズを加える。

個体と壁との距離が一定値以下の場合には、壁との接触を判定する。実世界では、壁に極めて近いと腕や肩、靴、持ち物などが壁に触れるが、少し離れると手先や持ち物だけが接触する。これを考慮して、壁との距離により接触の頻度や接触する部位を変えて、接触しているか否かを判定する。接触した場合には、接触した高さ、長さ、強さなどを求める。そして、接触したものに对应的汚れパターンを選択し、それに長さに比例した変形と強さに比例した輝度補正を加えた後、壁面と接触した位置に重ね描く。

6. 床面の汚れの表現例

靴跡は1種、移動速度は2.0~3.0m/秒、進入不可領域は0.5m、許容最低距離は0.5~1.5mからランダムに初期値を選択する条件で、1000人が歩いたときの床面の汚れを、群集シミュレーションを用いて生成した。このときの通路の配置、及び移動経路と人数を図3に示す。移動経路は3つあり、個体ごとに3つうちのひとつをランダムで選択しているため、経路ごとに約330人割り振られている。

また、図4~6に、直路、分岐する三叉路、合流する三叉路での床面の画像を示す。ただし、これらの図では、判りやすくするために汚れを濃く描いている。それぞれの画像の位置は図3に四角で示されている。

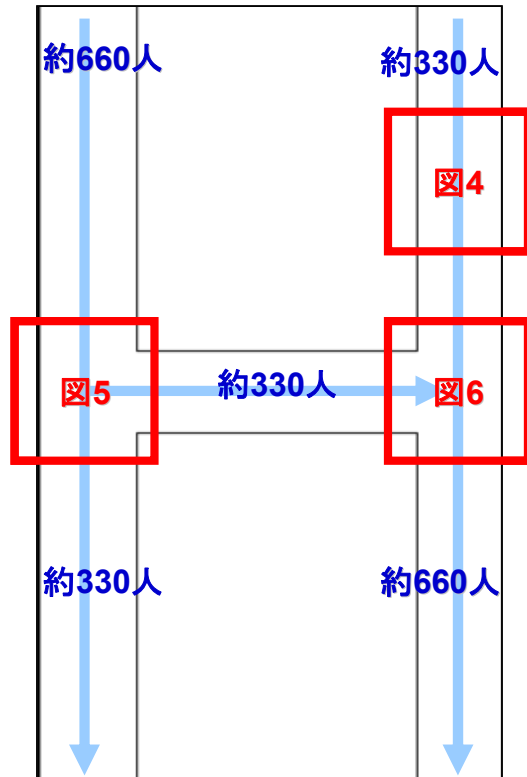


図 3 通路の配置と人の流れ

汚れの分布から、シミュレーションの群集が、壁から一定の距離だけ離れた範囲で、通路全体に広がって歩いていることがわかる。図5では直進しようとする人と右折しようとする人の干渉で、図6では直進してきた人と合流する人との干渉で、歩く速度が遅くなるため、歩数に対して移動距離が少なくなり、合流地点に濃い汚れが発生している。

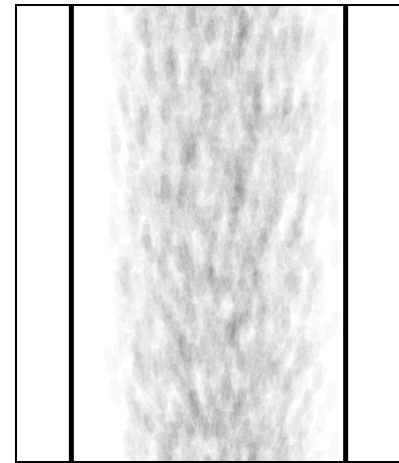


図 4 直路での汚れの様子

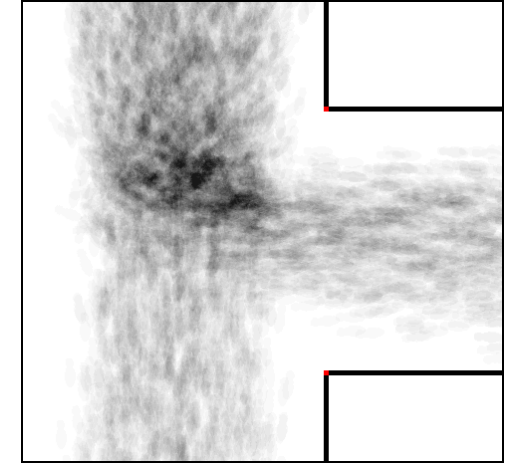


図 5 三叉路での分裂での汚れの様子

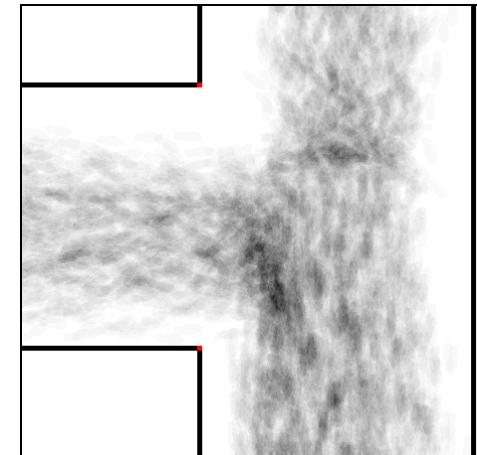


図 6 三叉路での合流での汚れの様子

図7と8はこの床面を自由視点から見たものである。図7は図3の向きに対応した全体の鳥瞰図で、図8は床面から1.7mの高さから見た通路内の景観である。図7より、直線部分の床の汚れの濃さが図3に示した通過人数に比例していることが見て取れる。壁面の汚れは、現段階では生成できていないため、図7と8では壁面はライトグレー一色で表現している。

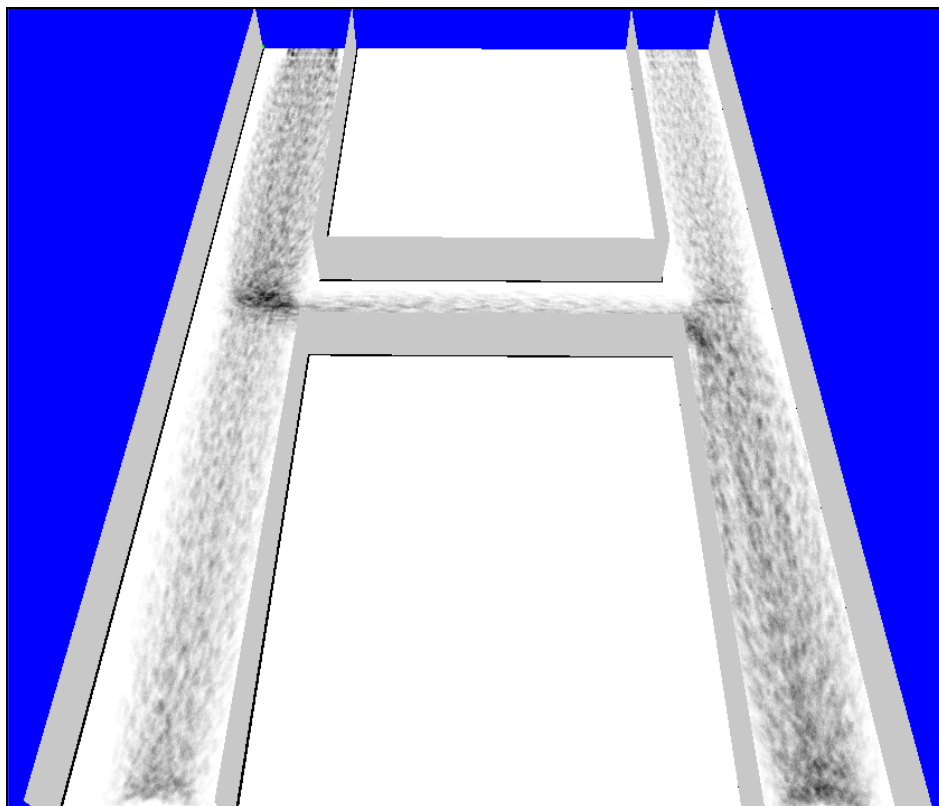


図7 3D空間での汚れの表現（鳥瞰図）

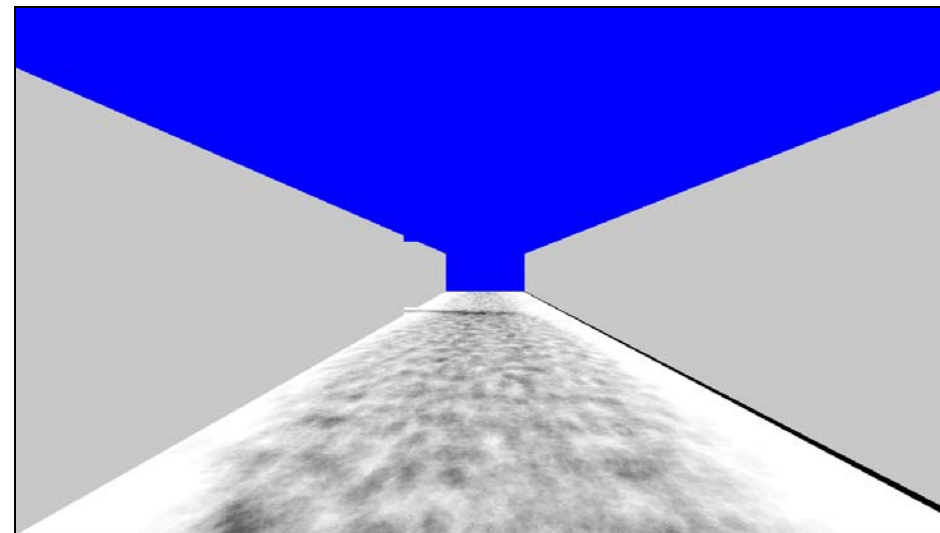


図8 3D空間での汚れの表現（床面から1.7mでの視点）

7. おわりに

本研究では人の移動により生じる壁や床の汚れをリアルに表現する手法を開発している。本報告では、それに必要な屋内における群集の行動モデルと、汚れパターンの収集方法、および床面と壁面の汚れ生成手法を紹介した。また、床面汚れの表現例により、人の移動や床面上の分布を反映した汚れが付けられることを示した。

今回の表現例では単純な靴跡テクスチャを1種類しか使っていないが、今後は実測した多数のテクスチャを使う予定である。そこで、文献1,2,3)の汚れのモデルを検証した上で、壁面と床面の汚れについて画像の採取と分析を進め、汚れのモデルを完成する。その後、群集シミュレーションと組み合わせて壁面と床面の汚れを生成し、3D空間に表示する。そして、実際の壁面や床面の汚れ具合と比較することで、手法の有用性を評価する。

参考文献

- 1) 堀尾武志: 年齢層を考慮した壁面汚れの生成手法, 電気学会東海支部若手セミナー予稿集, pp90-91(2001-3)

- 2) 可児春奈枝, 田中敏光, 佐川雄二: 人の接触で汚れた壁面の CG 表現, 平成 19 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, O-403 (2007-9)
- 3) 穂浪大輔, 田中敏光, 大西 昇: 汚れによる室内の質感表現手法の提案信学技報. EID, 電子ディスプレイ Vol.98, pp.97-102, (1999).
- 4) 竹内鋭典, 田中敏光, 杉江 昇: インタラクティブ足跡表示手法, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J88-D-II, No.5, pp.906-915 (2005-5)
- 5) 平野陽裕, 田中敏光, 佐川雄: 床面と地面の足跡のリアルタイム生成, 電気学会論文誌, Vol.130-C, No.2, pp.351-357(2010)
- 6) 青木香織, 勝村大, 谷村知洋, 高橋時市郎: CG のための実測データに基づいた木材表面色の経年変化モデル, 電子情報通信学会総合大会 2008 講演論文集,D-11-100(2008).
- 7) 勝村大, 谷村知洋, 青木香織, 阿部祥子, 高橋時市郎: 歴史的町並み復元のための木材の経年変化を考慮した家屋自動生成, Visual Computing/グラフィクスと CAD 合同シンポジウム 2006 予稿集, pp.107-112 (2006).
- 8) 尹新, 藤本忠博, 村岡一信, 千葉則茂: 木材経年変化のビジュアルシミュレーション法, 芸術科学会論文誌, Vol. 1, No. 3 pp.108-110 (2002).
- 9) S.C.Hsu and T.T.Wong: Simulating dust accumulation, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.15, No.1, pp.18-22 (1995).
- 10) Reynolds, Craig: Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model, Proc. SIGGRAPH '87, pp.25-34 (1987)