204

任意形状をもつエージェントの縄張り場の生成とその応用

旭川高専　○伊藤麻記　渡辺美知子　古川正志

要旨

任意形状をもつエージェントの行動を、エージェントが縄張りを形成しながら相互の干渉を避けるモデルをカモメの縄張り理論を拡張して提案する。また、縄張りの場を介してエージェントの行動がどのように可能であるかを報告する。

1. はじめに

日常生活あるいは産業上において、ある評価を満たすように任意の形状を配置する問題は、至る所にみることができる。本研究では、カモメの縄張り理論による円盤の充填問題の解法を利用し、任意の多角形に拡張する方法を提案する。また、その数値計算実験に基づいて、実験結果を検討する。

2. カモメの縄張り理論

カモメの縄張り生成機構については、種村の統計的な配置当てはめの理論が知られている。これは以下のように説明できる。

2匹のカモメには一定以上近づいて巣を作らない習性がある。これは互いに反発しあう力が存在していることを意味する。今、$\mathbf{X}_0$を一匹のカモメの位置とし、$\mathbf{X}$を他のカモメの位置とすると、任意の点$\mathbf{X}$において位置$\mathbf{X}_0$のカモメから受ける反発力は

$$f(x)=\left(\left|x-x_0\right|/R\right)^{-n} \tag{1}$$

で表される（n=2,4,・・・,n)。一般にｋ匹のカモメが存在する場合は、任意の点$\mathbf{X}$においてｋ匹のカモメから受ける反発力は

$$f(x)=\sum_{i=1}^{k}\left(\left|x-x_k\right|/R\right)^{-n} \tag{2}$$

となる。熱力学における２体間の確率密度分布は、二間の距離を$r=|\mathbf{x}-\mathbf{x_0}|$とすると

$$P(x)=\exp\left\{-f(x)/Z(r)\right\} \tag{3}$$

で表される。ここで、Z(r)は規格化因子と呼ばれ、

$$Z(r)=\int_0^{r_{\max}}\exp\left\{-f(x)\right\}dr \tag{4}$$

となる。

ｋ匹のカモメにこれを拡張すると、k+1匹めのカモメの存在できるGibbs分布は

$$Z(r)=\int_0^{V}\sum_{i=1}^{k}\exp\left\{-f(\mathbf{x}_i)\right\}dr_1dr_2\cdots dr_k \tag{5}$$

で与えられる。ここでVは$\mathbf{X}$を含む空間の大きさとなる。今６匹のカモメが存在する場合図１のような分布が得られる・

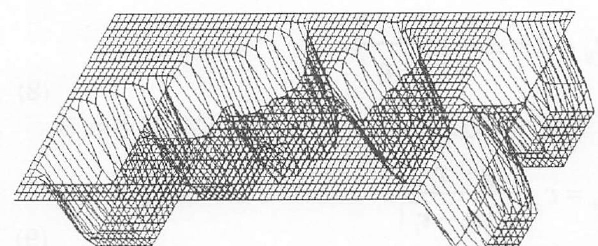

図１.６匹のカモメの作る確率分布

これから、７匹めのカモメはある確率以上の時に配置可能とすることができる。

これを吸引力として表すとf(x)の逆関数を用いればよいから以下のようになる。

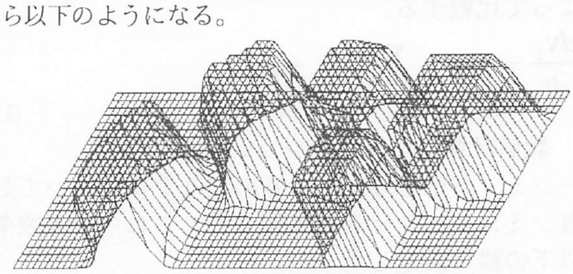

図２.縄張りを吸引力としてみた時

3. ランダム充填アルゴリズムの適用

3.1 ランダム充填アルゴリズム

カモメが一定の距離をおいて縄張りを形成することはすでに知られている。カモメの縄張り生成機構としては

（１）すでに土地にカモメが巣を作り、それらのカモメが互いの勢力関係により巣の縄張りの大きさを変更する。

（２）順にカモメが飛来し、空いた地点に着地しそこに縄張りを形成する。

の２つを考えることができる。これを多角形の配置問題として考えると、前者は初期多角形の全数配置を生成し、定着点をギブス（Gibbs)分布にあうように改善する方法であり、後者は順次多角形を充填する方法である。

本研究では（２）のアルゴリズムの応用を考える。

今、ある任意形状の集合$P=\{P_i, I=1,2,\cdots,N\}$の多角形を考える。また、$P_i$の代表点を$P_i^*$とする。$P_i^*=\mathbf{Y}$とした時に定まる多角形の点を$P_{ij}=X_{ij}(j=1,2,\cdots N_i)$とする。ある多角形$P_i$がこのように配置された時、$\mathbf{X}$の作り出す確率分布は、

$$\Pr ob(x_i) = \exp\left[-\left\{-\sum_k \sum_j \left(\left|x_{ik} - x_{ij}\right|/R\right)^{-8} / Z(x_i)\right\}\right] \tag{6}$$

であり、P_iについては、N個の形状が同時に作る確率と考えて、

$$\Pr ob(x) = \Pr ob(x_1)\Pr ob(x_2)\cdots \Pr ob(x_N) \tag{7}$$

となる。すなわち、

$$\Pr ob(x_i) = \exp\left[-\left\{-\sum_i \sum_j \left(\left|x - x_{ij}\right|/R\right)^{-8} / Z(x_i)\right\}\right] \tag{8}$$

を得る。これはすべての配置された形状の反発力による場の確率分布となる。Rは縄張り場の広がりを制御するパラメータである。これから以下のランダムの充填アルゴリズムを得る。

（１）k=1とする

（２）乱数で代表点の位置を定める。次に乱数で回転角を定め、その位置に任意形状を配置する。

（３）k=iとする。すでに配置された形状について縄張りに確率密度分布を計算する。新しく任意形状を乱数で選択し、それを配置する。もし、任意多角形の全ての頂点が確率密度Ω以上であれば配置を行い、そうでなければ再度繰り返す。

（４）すべての配置が終了するまで、（３）を繰り返す。

最適充填アルゴリズムはRの値によって、確率密度の範囲の広がりが制御される。ここで、１点の周囲の面積を考え、その半径をLとする。この面積の中に半径Rの縄張りの入る確率面積率をσ^2とすると、$R^2/L^2=\sigma$である。これから$R=L\sqrt{\sigma}$を得る。従って、多角形を囲む外周の長さLの大きさによる度合が制御され、この時完全に受け入れることができる確率Ωは１から0.9とする。

3.2　任意形状の領域判定法

任意形状の多角形をランダムに配置する時、その内部に含まれる点を調べる必要がある。任意形状の内外の判定は以下の計算により行える。

$$\Delta = \sum_i^k Cos^{-1}\left(\mathbf{x}_i^T \mathbf{x}_{i+1} / \left|\mathbf{x}_i\right|\left|\mathbf{x}_{i+1}\right|\right) \tag{８}$$

ここで、kは多角形の頂点の総数、$\mathbf{x}_i$は多角形の頂点であり、　$\Delta = 2\pi$の時、その点は多角形の内側である。

4 実験例

図３～６は、ランダム充填アルゴリズムを適用し、１６個の配置した時の確率分図とその配置を示す。

図３～４は１個目が配置されたときであり、図５～６は１６個を配置したときである。

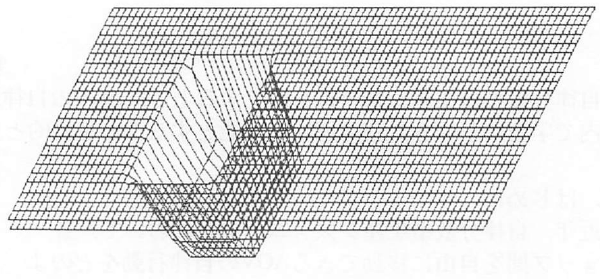

図3.１個目の形状が配置された時の確率分布

図4.１個目の形状が配置された時の平面図

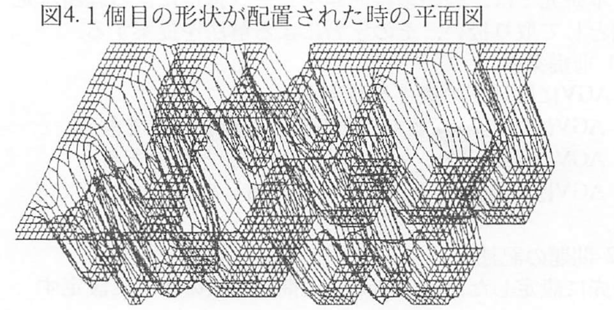

図５.１６個の形状を配置した時の確率分布

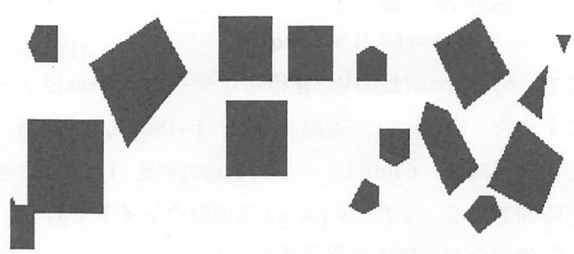

図６.１６個の形状を配置した時の平面図

この結果から、すでに多角形が配置された場所には、新しく配置されることなく、分割されたことがわかる。

５。おわりに

カモメの縄張り理論を利用したランダム充填アルゴリズムによる多角形の配置法を提案し、その数値計算実験を行った。

これらからランダム充填アルゴリズムでは形状が重複しないような確率分布が得られる事が検証された。

本研究は、マルチエージェントの作る共通の場を作る事を目指しており、今後、この確率分布の場を利用した自律エージェントの行動モデルの研究を行う予定である。

参考文献

種村正美:なわばりのパターンと生成機構、統計数理（１９８５）１７２－１７９