

G-9

魚の行動モデルによる車の群走行シミュレーション Vehicle School Simulations with Behavior Models of a Fish

新地 辰朗[†]

Tatsuro Shinchi

田伏 正佳[‡]

Masayoshi Tabuse

北添 哲郎[‡]

Tetsuro Kitazoe

1. はじめに

我々はこれまでに、周囲の状況を捉えた複数のセンサー情報の中から、従うべきものを選別また維持する機能を持つ協調・競合型のニューラルネットワークを導入し、複雑な走行環境においても自律的に壁に沿うケペラロボット(単体)の制御に成果を収めてきた[1]。これまでのロボット制御の成果を、自動車などの実際の移動体に適用するためには、限られた空間を多くの個体が安全かつ効率的に移動する行動モデルを開発する必要がある。一般に、空間に対する移動体の密度が高くなるにつれて、接触等の問題が発生する危険性が高くなる。

本研究では、接近した個体同士の相互作用を生かし、個体間の協調・競合による自律的行動の創発を目指す。その際、自律的行動の基本的ルールは検討されながらも応用についての提案のない魚群行動を、車の集団行動に拡張する。ただし、本実験では複数のケペラロボットを、道路を走行する自動車群として考え、コンピュータシミュレーションで、モデルの検討及び評価を行う。

2. ケペラロボット

本研究では、知的ロボット研究によく利用される直径55mm高さ30mmのケペラロボットの動きを想定したコンピュータシミュレーションを行う。ケペラロボットは、前方に6個、後方に2個取り付けられた計8個の赤外線センサーにより、周囲の状況を検知し、左右2個の車輪それぞれの回転により、動きが決定されるものである。複数のケペラロボットによる相互作用や協調行動による動きを、Olivier Michel氏により開発された*Khepera Simulator ver.2.0*[2]上で検討する。

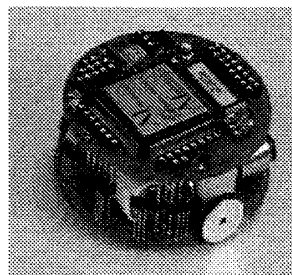
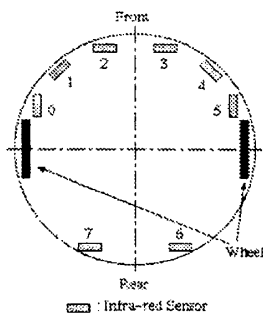


図 1: ケペラロボット

3. 行動モデル

3.1 魚の基本行動モデル

全体の動きを統率する個体を必要としないにも関わらず、個々の行動が相互に干渉し合う結果として創発される自律的な振舞いとして代表的なものに魚の群行動がある。青木による魚の行動モデルでは[3]、図2に示すように、周囲を3重の同心円で区切り、近傍の魚との距離を r とすると、i) $r < r_1$: 衝突回避領域, ii) $r_1 < r < r_2$: 並進領域, iii) $r_2 < r < r_3$: 接近領域に区分される。相手の魚がどの領域に位置するかにより、各魚が進行方向の調整を行うことになる。ただし、 r が r_3 を超過したり、死角となる後方に近傍の魚が位置した場合は、探索のためにランダムに方向を変える。このモデルでは、それぞれの個体が群化し、互いに適度な距離が維持される。

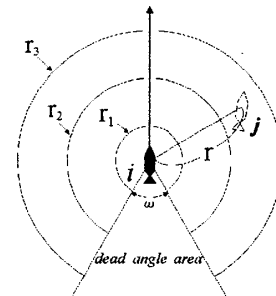


図 2: 魚の行動決定領域

3.2 ケペラの基本行動モデル

魚の基本行動モデルをケペラロボットに拡張するために、前方の6個のセンサーにより、探索できる障害物までの距離毎に、ケペラの行動パターンを規定することにする。進行方向正面のセンサー#2及び#3、斜め前方のセンサー#1及び#4、側方のセンサー#0及び#5毎に、魚の行動モデルに従い、ケペラの中心からの距離(r_1, r_2, r_3)で領域を区切る。ただし、図3に示すように、正面(a)、前方(b)、側方(c)で、それぞれに固有な領域を設定するものとし、例えば正面(a)の場合 r_{a1}, r_{a2}, r_{a3} で各領域を区切る。

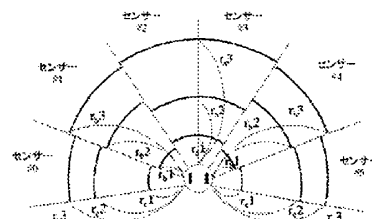


図 3: ケペラの行動決定領域

[†]宮崎大学教育文化学部 教育実践総合センター 情報科学研究部門
[‡]宮崎大学工学部 情報システム工学科

各領域毎の行動パターンについて示したのが表1である。表1に従う接近と衝突回避の繰り返しにより、個体間に適度な距離が保たれると共に、センサー #0 及び #5 からの情報により群の特徴である並進行動も可能となる。

領域	a) センサ#2,#3	b) センサ#1,#4	c) センサ#0,#5
$r < r_1$	旋回 (衝回)	旋回 (衝回)	旋回 (衝回)
$r_1 \leq r < r_2$	減速 (衝回)	直進 (並進)	直進 (並進)
$r_2 \leq r < r_3$	直進 (接近)	旋回 (接近)	旋回 (接近)
$r_3 < r$	直進 (探索)	直進 (探索)	直進 (探索)

表 1: 行動決定領域と行動パターン。ただし、表中の「衝回」とは衝突回避、また () 内は行動の目的。

4. シミュレーションと結果

シミュレーションにおいては、直線と緩やかにカーブする2種類の道路環境を設定した(図4)。ただし、2本の道路の端は、他の道路と連結することとし、画面上の道路の長さに制限を受けない境界設定となる(直線→カーブ→直線→...)。ロボットの個体数は、自由に設定でき、各個体の速度も可変である。ただし、各個体の最高速度は、2種類とし、速いものと遅いものの数がほぼ同数になるように設定した。ただし、行動決定領域の各半径は、表2に従うものとする。魚の行動モデルでは、他の魚までの距離に反比例する確率で相互作用すべき魚を決定するが、ロボットの進行方向やガードレールとの衝突回避のため、反応すべきセンサー情報の決定には工夫が必要となる。そこで、ここでは探索範囲を後方にまで拡大した図5中に数字で示す順番で各領域を探索することにする。

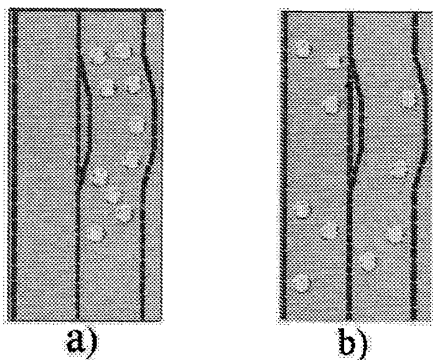


図 4: シミュレーションの道路環境

area	a) #2, #3	b) #1, #4	c) #0, #5
r_1	750	750	750
r_2	700	400	300
r_3	500	350	300

表 2: 領域を決定する同心円の半径を規定するセンサー値
図 4.a) は、ケペラが 10 台のときのシミュレーション開始間もなくのロボット配置図である。その後、しばらくすると速いケペラは遅いケペラを追い越しながら、また衝突することなく、好適な距離を維持する自律的な集団行動が見られるようになる(図 4.b))。図 6 は、表 2 及

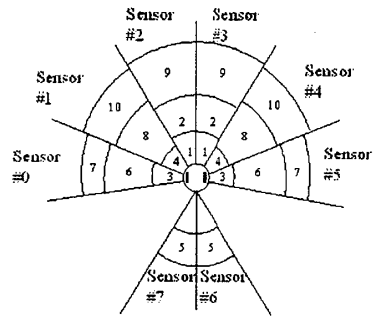


図 5: 領域探索順

び図5に示す設定に従うロボットの行動の様子を2000シミュレーションステップ分示したものである。シミュレーション開始から600step付近までは、平均の固体間隔は短く、全体の動きに対して、固体間の相互作用が機能していると思われる。この間、他のロボットとの衝突もほとんどなく、道路を高い密度でしかも安全に走行していたことになる。ところが、固体間距離がおおきくなると、他のロボットとの衝突も頻繁になり、自律的な行動性質は失われたと考えられる。

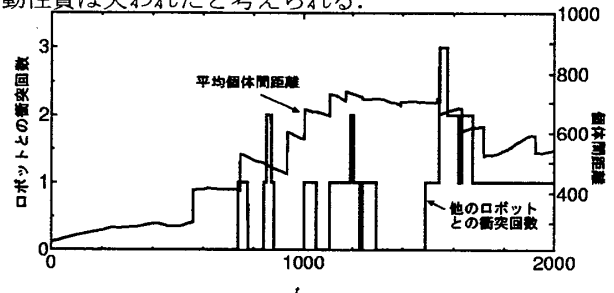


図 6: 衝突頻度と固体間距離の変化

5. おわりに

自動車の台数を減らすことなく、安全に全体を走行させようとする本研究での行動モデルは、全体の車に指示を出す特別な固体を必要としない自律分散システムを目指すものである。魚の行動モデルを導入することにより自律的な集団行動への手がかりを示すことはできたが、道路環境に適した協調・競合のバランスをとるためには、同心円の半径を規定するセンサー値や領域探索の順序を最適化する必要がある。また、同じ行動ルール下において、個体数が増加することで、全体のパフォーマンスがどのように変化するか、群知能の創発を確認する上で重要な課題と言える。

参考文献

- [1] T.Shinchi et al.:Evolutionary Robot Simulations with Competitive-Cooperative Neural Network and Adaptive Synaptic Couplings ; Proc.IEEE ROMAB'01,pp280-285(2001)
- [2] <http://wwwi3s.unice.fr/om/khep-sim.html>
- [3] Ichiro Aoki (1982) A Simulation Study on the Schooling Mechanism in Fish, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 48(8), pp.1081-1088