

障害物で視界が限定されたマルチエージェント追跡問題に関する研究

賀数元春[†] 深海 悟[†]大阪工業大学 大学院情報科学研究科[†]

1. はじめに

近年、警備ロボットなどの登場に伴い、自律移動ロボットによる人物追跡に関する研究が行われている[1]. また、追跡対象が逃走している場合は複数エージェントによる追跡が不可欠となる. しかし現実世界で逃走する対象を追跡する際は、障害物により視界が遮られてしまう状況に陥る. そこで障害物の存在する状況を想定した追跡問題について研究を行った.

追跡問題についてはこれまで強化学習を用い、学習時間の削減や状態爆発への対策などの研究が行われていた. その多くは障害物のない環境下での実験である. 障害物を加えた研究も存在するが、障害物裏の状態も認知でき現実には即さない[2]. そこで本研究では、障害物により視界が限定される状況において、追跡者同士が通信により情報共有を行うことによる効果について検証を行った. 加えて、障害物なし環境における強化学習により得られた協調動作を実装し、これが障害物あり環境でどのように効果を及ぼすかについて検討を行った.

2. 追跡問題

追跡問題は、ある領域を逃げ回る逃走エージェントを複数の追跡エージェントが捕らえるシミュレーションゲームである. 本研究では追跡問題を次のように定義する.

- $m \times m$ マスの格子状の環境に、逃走エージェントと複数の追跡エージェントを配置する.
- 各エージェントには視界があり、視界範囲内にいるエージェントしか認識できない. また、視線上に障害物が存在すればその障害物の向こう側のエージェントについては認識できない.
- 各エージェントは上下左右いずれかに1マス移動、もしくはその場に停止の5つの行動を行える. 行動は全てのエージェントが同時に行う.
- 各エージェントが同時に行動する時間単位をステップとする.

- 追跡エージェントに通信が許可されている場合は、通信範囲内に存在する全ての追跡エージェントに任意のメッセージを送信することができる.
- 通信は移動と同時に行うことができる.
- 逃走エージェントの四方全てが追跡エージェントや壁、障害物に囲まれるとその逃走エージェントは確保される.
- 初期状態から確保されるまでの1回をエピソードとする.

3. 追跡アルゴリズム

本研究の追跡エージェントは学習を行わないため、あらかじめ逃走エージェントを捕まえられるようにプログラムしなければならない. 今回は逃走エージェントの位置までの最短道のりで追跡させる. ここでいう最短道のりは障害物を考慮した追跡エージェントまでの最短経路である.

また先に述べたように、障害物なし環境下で学習により得られた協調動作をあらかじめ組み込む. 今回実装した協調動作は「回り込み」と「譲り合い」である[3]. 「回り込み」は、逃走エージェントから距離がある際に味方がいない方向から優先して移動する動作とする. 「譲り合い」は、逃走エージェントと追跡エージェント2体が連続して一列に並んでいる際に、逃走エージェントと隣接した追跡エージェントが横に移動し、後ろに居た味方がその場所を埋める動作とする.

4. 通信

本研究では追跡エージェント同士の通信を許可している. 今回は、追跡エージェントの位置情報を共有するために通信を利用する.

各ステップにおいて逃走エージェントを直接認識できている追跡エージェントは、「逃走エージェントの位置」、「自身の位置」、「自身が見えている追跡エージェントの位置」を範囲内の全ての追跡エージェントに送信する. そのメッセージを受信した追跡エージェントは、次のステップにおいてメッセージに含まれるエージェントの位置を把握して行動することができる.

The Pursuit Problem in situations where visibility is blocked by the obstacles

[†] Motoharu Kakazu [†] Satoru Fukami

[†] Graduate School of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology.

5. 実験

今回の実験は通信による効果、及び協調による効果を確認するために、通信あり・なし、協調あり・なしを組み合わせる4パターンで検証を行った。また、実験フィールドも障害物のない 15×15 の MAP1 等、以下の図 1～図4の MAP1～4 を用意した。各パターンにつきそれぞれのフィールドで 10000 エピソードの実験を行った。

その他、実験環境は以下の通りである。

- 追跡エージェントは4体
- 視界距離は5マス
- 通信範囲は 10 マス

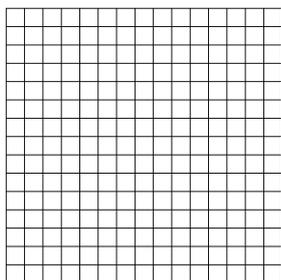


図1 MAP1

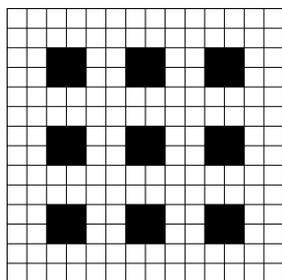


図2 MAP2

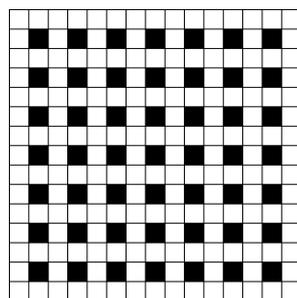


図3 MAP3

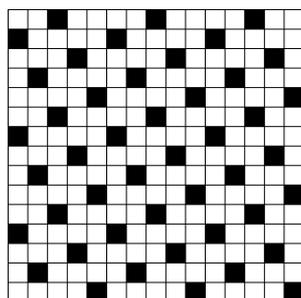


図4 MAP4

6. 結果と考察

実験結果を以下の表 1 に示す。値は1エピソードにかかったステップ数の平均値である。

表 1 MAP1～4 の実験結果

MAP1	通信あり	通信なし	MAP2	通信あり	通信なし
協調あり	33.7	49.4	協調あり	43.5	131.9
協調なし	72.9	152.4	協調なし	67.9	220.2

MAP3	通信あり	通信なし	MAP4	通信あり	通信なし
協調あり	22.5	63.5	協調あり	52.0	241.8
協調なし	23.6	73.0	協調なし	51.1	273.6

MAP1 の表をみると協調により時間を半分以上減らすことに成功している。これは障害物のないフィールドで学習を用いた場合に得られた協調動作が再現できていて、なおかつ効率化に繋がっているということを意味する。しかし MAP3 や MAP4 では協調によ

る時間短縮効果は小さい。このことから、地形が違えば効果的な協調動作も違うことが確認できる。

協調効果の低いフィールドの共通点は、障害物の大きさと推測できる。MAP3 や MAP4 は1マスの障害物が細かく並んでおり、4方向から囲おうとしても障害物により動きが制限されてしまう。ところが MAP2 のように大きな障害物で、尚且つ道幅の広いフィールドでは、障害物を壁のように利用して平面と同じように捕獲することができる。さらに道幅も広いので、「譲り合い」も行いやすい環境なのと思われる。

一方、通信による効果は一部を除き 50%以上の時間短縮になっており、安定した効果が出ていることがわかる。特に障害物ありの方が高い効果がある。これは障害物の裏側にいるエージェントの位置もわかるようになるためであり、視界が限定されるという弱点は完全に補えたといえる。

しかし今回の通信の効果は万全ではない。通信ありで最も短時間で確保できたのは常に道幅が1マスしかない MAP3 であり、空間の多い他のフィールドではその約2倍の時間がかかっている。障害物を越えて回り込むことは得意だが、各エージェントが互いに視界範囲に入っている際には今回の通信では何の効果も得られない。したがって今回の通信内容で得られる効果は大局的な回り込みのみである。逃走ターゲット周辺では別の内容の通信による効率化や、障害物を含んだ状況ならではの新たな協調動作が求められる。

7. おわりに

今回の実験の結果、障害物による視界の縮小は通信により解決できること、及び障害物なし環境で習得した協調動作は障害物あり環境では効果があまり出ないことが確認できた。今後は逃走エージェント周辺での有効な通信内容や、障害物あり環境特有の協調動作を学習により見つけることについて研究を進めたい。

参考文献

[1] 戸上千裕,長尾智晴:自律移動ロボットによる特定人物追跡に関する研究, 情報処理学会第 76 回全国大会, 5T-6(2014).

[2] 今井悟士, 五十嵐治一, 石原聖司:状態の複数の抽象化による方策こう配法の高速化 —トンネル状の障害物が存在する追跡問題への適用—, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J94-D, No.6, pp.968 (2011).

[3] 櫻井 祐輔:マルチエージェント強化学習による協調性獲得の検証 —追跡問題を例として—, 高知大学大学院理学研究科修士論文(2008).