

リアルタイムグリッド環境における マルチエージェントの単一移動対象捕獲の探索法

唐 霄† 延原 肇‡

筑波大学大学院システム情報工学研究科知能機能システム専攻†

1. はじめに

ロボティクスおよびゲーム分野において、移動対象を追跡することは Moving Target Search (MTS) タスク [1] として定義されており、これを効率的に解くことができれば、当該分野に大きなインパクトを与えることができる。MTS における代表的な研究として、Cover-heuristic 法 (CH 法) [2] が挙げられるが、1. 計算量が多いこと、2. Tie-Breaking 問題の発生が改善の余地として残されている。

本研究では、1. CH 法の移動範囲探索過程を、ターゲット (Target, 捕獲対象を意味) とパーサ (Pursuer, 追手を意味) に分け、捕獲対象の移動範囲最小化問題として再定式化することで、計算量の削減を行う。さらに、2. CH 法における Tie-Breaking 問題の発生条件を定式化し、該当する場合に A star アルゴリズムを適用することで、この問題を解決する。

提案手法の有効性を、ベンチマーク地図 [3] を利用して実験を行い、最大 8.054% 計算量を削減することを示す。さらに、リアルタイム環境において、提案手法と現在代表的に利用されている A star アルゴリズムと比較し、高速に処理できることを示す。

2. Cover-heuristic 法

CH 法では、グリッド地図上のパーサがターゲットより早く到着できるタイル数を求める。その数を pursuer-cover-set (PCS) と定義する。一方、ターゲットがパーサよりも早く到着できるタイルの数を、target-cover-set (TCS) と定義する。

ターゲットおよびパーサは 1 単位時間に上下左右の 4 方向に移動可能とし、その位置を到達可能領域と定義する。あるパーサに関しては、上下左右のうち障害物が存在する場合を含め、最大 4 方向の PCS を図 1 に示すフローチャートにより計算する。その後、当該パーサは、最大の PCS を持つ方向に移動する。

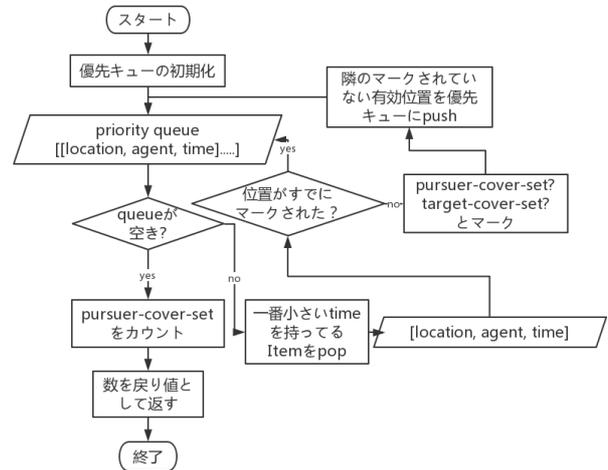


図 1. CH 法のフローチャート

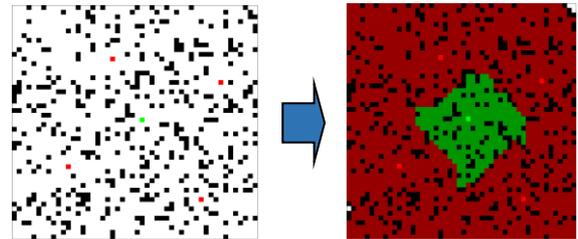


図 2. CH 法の計算例 (左: 初期状態、右: PCS と TCS の計算が完了した状態)

図 2 左のような初期地図 (赤=パーサ、緑=ターゲット) を、CH 法により計算した結果を、図 2 右に示す。ここで、グリッドの赤い部分が PCS のタイルであり、緑の部分が TCS のタイルである。CH 法の目的は、PCS を最大化することによって、ターゲットの移動範囲をできるだけ抑えることである。

しかし、CH 法には 2 つの問題がある。1 つめは、PCS の計算に地図全体の探索を行うため、計算量が多くなってしまふことである。2 つめは、複数のパーサの中で、到達可能領域の PCS がすべて等しいパーサが存在する場合に Tie-Breaking 問題 (どの方向に移動しても PCS が同じ状態) が発生してしまうことである。本研究では、これら 2 つの問題を解決するための手法を提案する。

3. 提案手法

まずは、CH 法の高速化手法を提案する。図 3 の 2 つの場合に示すように、PCS が黄色の線で囲まれた範囲の時点で、TCS の範囲が増大しないことがわかる。

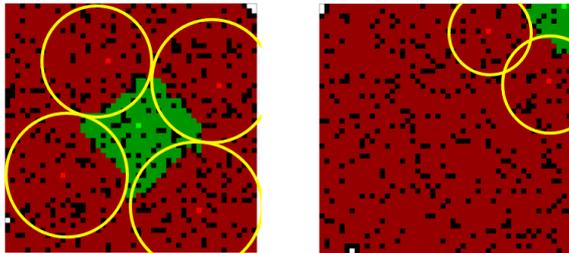


図 3. CH 法の計算が冗長な場合

特に、図 3 右に示す例の場合、CH 法では、PCS が地図上の大半を占めるので、計算の必要がない部分も探索することになってしまう。これは図 1 の終了条件が優先キューの空き状態になっているためである。これを改善するため、CH 法の優先キューに対して、提案手法は target-queue と pursuer-queue をそれぞれ定義する。図 4 のフローチャートのように、終了条件を target-queue の空き状態にする。パーサの到達可能領域のうち最も小さい TCS の方向を選ぶ。

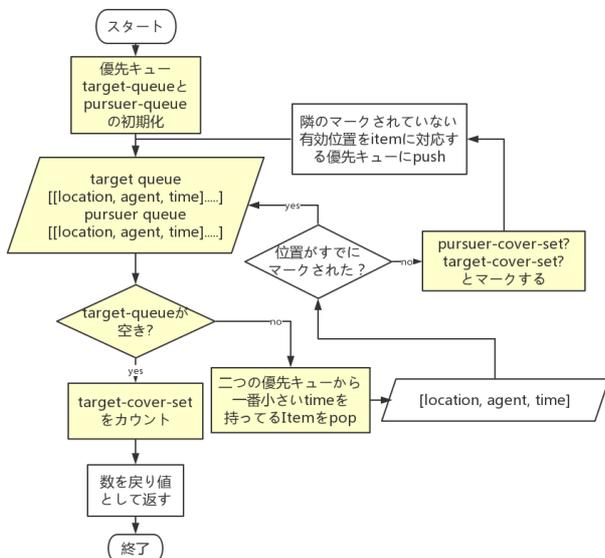


図 4. 提案手法のフローチャート

2 つめの問題である Tie Breaking 問題は、複数のパーサの中で、到達可能領域の TCS がすべて等しいパーサが存在する場合に発生する。本研究では、当該パーサに A star アルゴリズムを適用することで、この問題を解消する。

4. 評価実験

提案手法の有効性を確認するため、3 種類のベンチマーク地図[3]等に基づき、従来の CH 法と、

平均探索時間の観点で比較した。

表 1. CH 法と提案手法の比較実験

	CH 法 (s)	提案手 (s)	高速化の割合 (%)
Vacancy map (10x10)	0.000513	0.000471	8.054%
Homemade map (12x10)	0.000331	0.000324	2.264%
Maze map (40x40)	0.004877	0.004751	2.586%

リアルタイムの有効性を検証するため、本研究の提案手法とゲーム業界で代表的に使われている A star アルゴリズムと比較する。Homemade map および Maze map を用いて、ターゲットとパーサをそれぞれランダムに初期配置した状態から捕獲する実験を行い、図 5 に示すような結果が得られた。

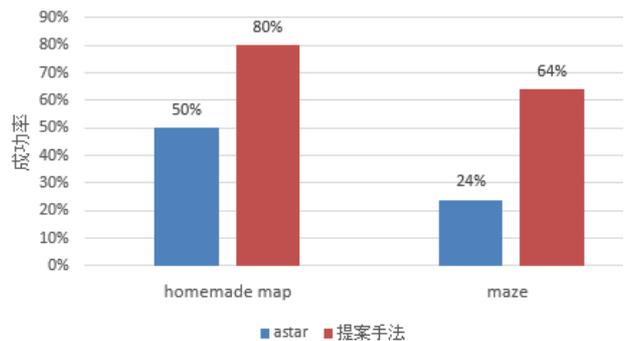


図 5. A star と提案手法の比較実験

以上の評価実験を通して、提案手法の有効性を示すことができた。

5. まとめ

本研究では、先行研究の CH 法の高い計算量と Tie-Breaking 問題解決するための手法を提案した。提案手法をプログラムに適用し、高速化を達成することと高い捕獲成功率を示した。今後は、より高速できる手法を研究する予定である。

参考文献

[1] T Ishida, RE Korf, “Moving Target Search”, in *IJCAI*, 1991.
 [2] A Isaza, J Lu, V Bulitko, R Greiner, “A Cover-Based Approach to Multi-Agent Moving Target Pursuit”, in *AHDE*, 2008.
 [3] NR Sturtevant, “Benchmarks for grid-based pathfinding”, in *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 2012.