

## ゲームにおけるプレイヤ戦略の床清掃ロボットへの適用

大場 直史\* 宮下芳明†

**概要.** 床清掃ロボットは複数のセンサで室内を把握し、AI アルゴリズムによってその空間をくまなく清掃しようとする。しかし、その効率は現状では低く、探索の無駄や未清掃領域が指摘されている。人間がプレイするゲームには「複雑な形状のフィールドを限られた時間・情報量・移動量で探索する」タスクが与えられるが、このタスクに対し、多くのプレイヤが主体的・無報酬で参加するだけでなく、多様で優れた解決戦略を生み出している。そこで筆者らは、人間に陣取りゲームを行わせることによって戦略を引き出し、その戦略を床清掃ロボットに適用した。評価実験を行った結果、床清掃ロボットに内蔵されている AI アルゴリズムによる探索よりも陣取りゲームの高得点者の探索のほうが優れていることを示した。

### 1 はじめに

近年、清掃行為を自動化すべく床清掃ロボットが開発され、普及しはじめている。これらは複数のセンサで室内を把握し、独自のアルゴリズムでその空間をくまなく清掃しようとする。しかし、その清掃効率は現状では低く、探索の無駄や未清掃領域が指摘されている。一方で「Splatoon」[1]等のゲームに目向けると、「複雑な形状のフィールドを限られた時間・情報量・移動量で探索する」タスクに対して、多くのゲーマーが主体的・無報酬で参加し、その競争の中で多様かつ優れた戦略を創発している現象がある。

今日、我々人類はコンピュータによる計算の恩恵を多分に受けているが、タンパク質の構造をもとにして作られたパズル Foldit に参加したプレイヤたちが難問を快挙した事例 [2] など、人間のほうがよい解決を導ける領域もある。筆者らは、床清掃ロボットによる探索問題においても、人間のほうが優れた解決案を提示できると考えた。その考えを元に人間に陣取りゲームを行わせることによって戦略を引き出し、その戦略を床清掃ロボットに適用した。

### 2 システム概要

クラウド上にて、ゲームプレイヤは顔のみが描かれたキャラクタを操作する Snake と陣取りゲームを組み合わせたゲームを行う。マイクロタスクとして提示するために 1 回あたりの制限時間を設ける。この制限時間になると操作するプレイヤが交代し、自身より前のプレイヤの操作情報などを引き継ぐ。

時間内に探索した経路距離からスコアづけを行い、複数プレイヤの間で競争をさせる。

#### 2.1 ハードウェア

清掃ロボットには Roomba 880 モデルを用い、Bluetooth モジュール（シリアル通信）で制御を行う。清掃ロボットを制御するサーバと、プレイヤ側インタフェースを提供するクライアントの構築にはプログラミング言語 Processing を利用した。操縦者は別の端末から Roomba 操作機へ接続することで、掃除空間から離れての操作を可能とした。

#### 2.2 ソフトウェア

プレイヤは顔のみが描かれた芋虫を摸したキャラクタを操作する。このときキャラクタが通過した領域は胴体として、壁や机などに衝突した箇所は障害物としてマッピングされる。プレイヤは障害物の大きさや形を推測しつつ、いかに芋虫を成長させるかを競う。

1 回あたりのプレイ時間を 30 秒としている。プレイヤに効率の良い経路探索を行わせるため、最高得点記録と前プレイヤが得た障害物情報を表示する。

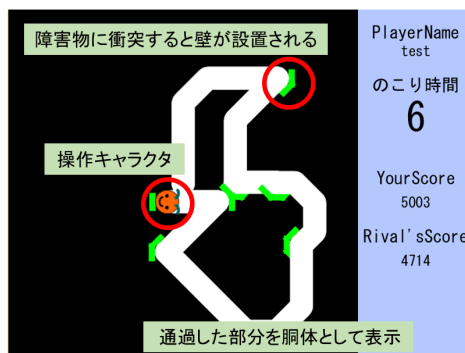


図 1. プレイヤ側インタフェース（フィールド 1 の場合）。

Copyright is held by the author(s).

\* 明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科

† 明治大学 総合数理学部

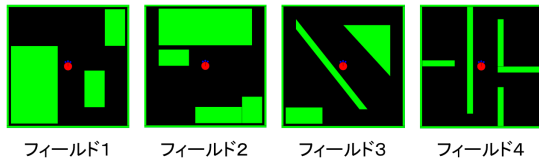


図 2. ゲーム空間一覧.

### 3 評価実験

#### 3.1 実験条件

優れた成果を出したプレイヤーと清掃ロボット AI の部屋内の探索効率を比較するため、各フィールド毎に同時刻あたりにおけるゲームスコア上位の平均を取り出す。この実験は 19 歳から 22 歳までの男女 7 人に行わせたため、上位 3 データでの平均を用いることにする。

今回は実験を行う環境を考慮して制御側サーバ内にゲーム空間を作成した (図 2)。このゲーム空間は傾向の異なる 4 種類のフィールドで、実際に存在する部屋を再現したものを 2 種類 (1, 2)、意図的に家具を壁に対し斜めに設置したもの (3)、迷路の様に細分化した実際には多く存在しえないような部屋 (4) となっている。なおロボット側のスコアは現実には再現した各フィールドで 5 回ずつ挙動を撮影し、それをゲーム空間で復元して得る (図 3)。

スコアはキャラクターの移動毎に未通過部分は 5 点、自身が通過している部分は 1 点として算出し、プレイ時間は 30 秒、開始位置は毎回フィールドの中心からとした。

#### 3.2 結果

t 検定を行った結果、有意水準 5% でフィールド 2, 3, 4 のデータに上級プレイヤー操作が有意に優れていた (表 1)。しかしフィールド 1 については有意差が見られなかった。フィールド 1 は他と比べ単調な構造になっており、障害物に接触しにくいことが原因である。

この評価実験から複雑な構造の部屋に対しては清掃ロボット AI より、上位ゲームプレイヤーによる探索が優れているといえる。

表 1. 各フィールド上位スコア平均の比較.

フィールド	プレイヤー	清掃ロボット	t 値
1	4649	4068.3	1.67
2	4852.3	3588	3.81
3	4715.7	3747	5.69
4	5137.3	4024.3	3.14

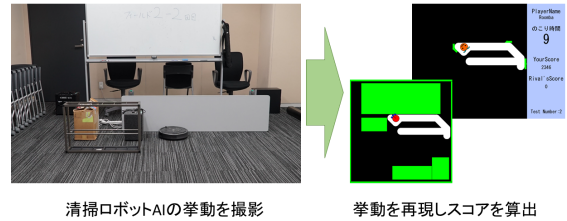


図 3. 清掃ロボット AI のスコア算出 (フィールド 2) .

### 4 考察

本稿ではゲーム上級者が清掃ロボット AI より優れていることを示した。熟練したプレイヤーの戦略構築法を抽出することで、いかなる部屋でも効率よく探索できる万能な AI を生み出すことができるのではないかと考える。

今回の実験では 1 人毎にスコアを集計したが、多人数でこのゲームを引き継ぎながら行った場合の効率を調査する必要がある。

### 5 関連研究

市村ら [3] は掃除機に加速度を取得するセンサを取り付け、適度な速度で動かすことでより高いスコアが算出されるシステムを提案した。このスコアは twitter で公開共有することで自身あるいは他者との競争意識や達成感を生み出し継続モチベーションを高めると述べている。小笠原ら [4] は掃除機の柄にプロジェクタを取り付け、前方に投影されたオブジェクトを吸い込んでゆくアプリケーションを開発した。掃除にエンタテインメント性を付加し、大人だけでなく子供が掃除を楽しんで行える手法だとしている。

### 謝辞

本研究は JST,CREST の支援を受けた。

### 参考文献

- [1] Splatoon  
<http://www.nintendo.co.jp/wiiu/agmj/>.
- [2] Crystal structure of a monomeric retroviral protease solved by protein folding game players.  
<http://www.nature.com/nsmb/journal/v18/n10/full/nsmb.2119.html>.
- [3] 市村哲, 矢澤崇史, 戸丸慎也, 渡邊宏優. 家事をゲーミフィケーションする試み〜掃除への適用〜. マルチメディア、分散、協調とモバイルシンポジウム 2014 論文集, pp.1285-1290, 2014.
- [4] 小笠原遼子, 山木妙子, 塚田浩二, 渡邊恵太, 椎尾一郎. インタラクティブな掃除機. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム論文集, pp.71-74, 2007.