

都市開発シミュレーションゲームにおける プレイヤーエージェントの設計

坂田 匠悟^{1,a)} 福田 直樹^{2,b)}

概要: 本研究では、都市開発シミュレーションゲームにおいてプレイヤーの都市開発に協調や競争を行いながら自身の都市の発展を行うプレイヤーエージェントの動作の設計と試作について述べる。本試作プレイヤーエージェントの条件設定では、プレイヤーが単純に地区を配置していただくだけでは勝利することが難しく、プレイヤーエージェントの状況を考慮した戦略的なプレイをプレイヤーが楽しむことができる可能性があることを確認する。

1. はじめに

現実世界において、都市というのは単体で成長をしていくものではなく、都市は他の別の都市と何らかの関係を持ちつつ、協調的に成長していく。都市一つとっても、商業地区が多くある都市、住居地区が多くある都市や工業地区が多くある都市などが、都市計画法^{*1}に従って計画され、存在している。特に首都圏や近畿圏などでは、複数の都市や自治体が、首都圏整備法^{*2}や、近畿圏整備法^{*3}により、別のある一つ中心都市を基準として、その都市にないものを補う形で都市開発が行われている。

本研究によるプレイヤーエージェントは、プレイヤーの都市の開発状況を鑑みて、プレイヤーの都市に協調し、競争できるような都市へと変化していく様子を実現することを目的とした自動プレイヤーを実現するソフトウェアエージェントである。本研究では、都市開発シミュレーションゲームにおけるプレイヤーエージェントの設計について述べる。

2. 試作

2.1 試作ゲームの概要

本研究のプレイヤーエージェントを試作するにあたって、簡易的な都市開発シミュレーションゲームを構築した。



図 1 試作したゲームの画面

図 1 が試作した都市開発シミュレーションゲームの実行画面の例である。図 1 の左上に表示されているエリアがプレイヤーの開発している都市を表示するエリアであり、右側に表示されているのがプレイヤーの都市の情報及び各エージェントの都市の情報である。右下に表示されている日付が、ゲーム内における時間を表示しており、プレイヤーはゲーム内の時間を停止することができる。左下はゲームのプレイヤーが操作するパネルであり、右上のエリアに対して設置するタイルを選択することが可能である。また、画面上に表示される都市の切り替えと地価の表示を行うボタンも配置されている。

各都市は最初、20000 のお金を所持しておりタイルの設置、維持に費用がかかる。また、特定のタイルからは税金を徴収することができる。タイルの維持費と税の徴収は、ゲームを起動してから 1 日ごとに発生する。

¹ 静岡大学 情報学部
Shizuoka University Faculty of Informatics
² 静岡大学 大学院情報学領域
Shizuoka University Department of Informatics
a) sakata.shogo.18@shizuoka.ac.jp
b) fukuta@shizuoka.ac.jp
^{*1} 昭和 43 年 6 月 15 日法律第 100 号
^{*2} 昭和 31 年 4 月 26 日法律第 83 号
^{*3} 昭和 38 年法律第 129 号

表 1 タイルの建設費と維持費

タイル	建設費	維持費
道路	5	1
線路	12	6
住居地区	10	2
商業地区	10	2
産業地区	10	2
公園	25	10
駅	45	15

2.2 タイル

このゲームでは、プレイヤーは横 w マス、縦 h マスの計 $w * h$ マスの土地を最初から持っており、そこに都市を建造していくことになる。各マスには1つのタイルを費用を払って設置することができ、破壊することもできる。タイルの種類には、住居地区、商業地区、道路、公園などがあり、各タイルによって異なる設置費用と維持費がかかる。本試作では、設置費用と維持費は表1のように設定されており、 $w = 10, h = 10$ と設定している。

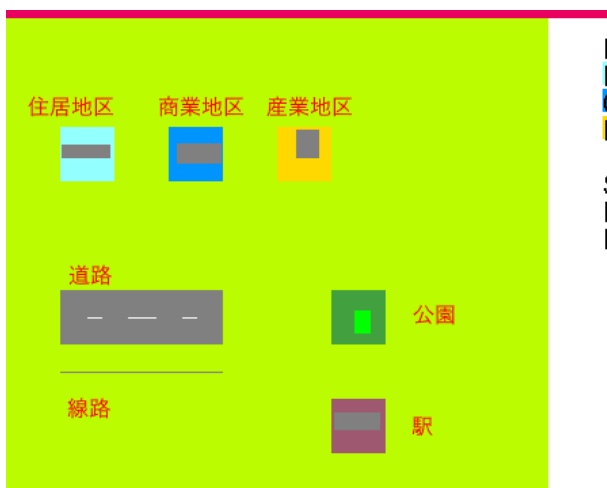


図 2 各種タイルの様子

2.3 地価パラメータ

本試作の都市開発シミュレーションゲームでは、地価パラメータというのが設定されている。地価パラメータは都市エリアの各マスに値が設定されており、そのマスのタイルの種類だけでなく、その周囲に設置するタイルによって地価パラメータが増減する。

地価パラメータ p は、公園では p_{park} 、住居地区では $p_{residence}$ 、商業地区では $p_{commerce}$ 、産業地区では $p_{industry}$ 、駅では $p_{station}$ である。本試作では、 $p_{park} = +3$ 、 $p_{residence}, p_{commerce}, p_{industry} = -1$ だが、周囲2マス以内に道路が配置されている場合には0となる。さらに $p_{station} = +1$ であるが、周囲に線路がある場合には線路の数だけ+1され、最大で+3となるように設定されている。

地価は、以上のグラフで示した地価増減量を持っているタイルから隣のマスへと減衰していく。地価の絶対値が大きいタイルから上下左右1マスに、地価が0に近づくように広がっていく。

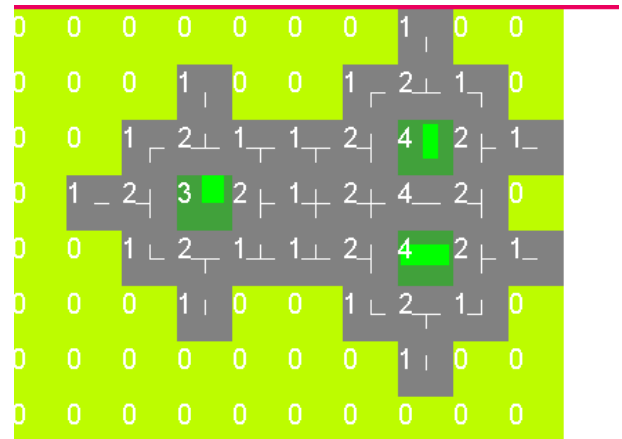


図 3 地価の広がり

2.4 税金の徴収

住居地区、商業地区、産業地区の地区タイルからは、税金を徴収することができる。各地区タイルにはレベルパラメータが存在していて、そのレベルをもとに徴収することができる税金の額が決定される。本ゲーム内では、タイルを建設した後の時間経過 t と地価 p に基づいて、そのタイルに対応するレベルが式(1)のように決定される。

$$level = \max(0, \text{floor}(\min(t, k * \max(j, p)))) \quad (1)$$

各エリアのタイルからレベルパラメータ ($level$) の i 倍の税金を徴収する。画面上には、所得として税収から維持費を引いた額が表示される。本試作ゲームでは、 $i = 2, j = 0.5, k = 4$ としている。

3. プレイヤーエージェントの試作

3.1 エージェントの目的

プレイヤーエージェントは、プレイヤーがより良い都市の開発が行えるような都市の開発を行う。プレイヤーはエージェントの都市があることによって、特徴を持った都市を開発することができ、また都市の収益もエージェントと競争することもできる。まだ設計段階だが、プレイヤーはエージェントの都市のサポートによって、都市を開発する難易度を調整できるようになり、プレイヤーのゲームに幅を持たせることができる。ゲーム内で動作するプレイヤーエージェントの試作を行った。

3.2 都市種別の識別

プレイヤーの開発している都市および、エージェントの開発する都市には都市の種別というパラメータが存在し、



図 4 都市種類の判定機構の動作例

エージェントの開発する都市はそのパラメータによって都市の目指す方向が決定する。この識別機構は、[1]と[2]で示されている都市の識別を改良したもので、最初、都市は村という種別である。タイルを複数設置し都市のサイズが大きくなると、ベッドタウン都市、中心都市、産業都市の3つに割り振られる。都市の住居地区、商業地区、産業地区の割合が計算し、住居地区が多く設置されている都市では、ベッドタウン都市になり、商業地区が多く設置されている都市では、中心都市、産業地区が多く設置されている都市では、産業都市になる。ただし例外として、エージェントは地域内での都市圏開発状況を考慮し、先に都市方針を決定している都市を考慮して決定することがある。例えばプレイヤーが中心都市であるのに、エージェントも同じく中心都市になることは避けるといった行動をとる場合がある。プレイヤーの都市種別も識別され、各エージェント内での戦略の決定のパラメータとして使用される。

各エージェントにこの識別機構を持たせることによって、都市種類の識別機構がない場合に比べ、都市間での協調開発がよりうまくエージェントにより行われる。本試作アプリケーションでは、プレイヤーへの便宜のために、各エージェントの持つ識別機構によって識別された各都市のタイプを表示できるようにしており、たとえばベッドタウン都市なら“BED”，中心都市なら“DOW”，産業都市なら

“IND”と表示される。

図4は、プレイヤーが住居地区のみを配置した場合のエージェントの動作例である。このように、住居地区のみを配置して行った場合には、プレイヤーの都市は、識別機構によりベッドタウン都市と識別され、“AgentCity1”では、ベッドタウン都市、“AgentCity2”では産業都市、エージェントの“AgentCity3”では中心都市と識別されることが確認された。

3.3 都市開発の動作

エージェントは、プレイヤーと各エージェントの都市がある地域内で協調しつつ、その都市の収益が大きくなるように都市の開発を行う。今回試作したエージェントは、ヒューリスティックなルールに基づいて確率的に都市開発戦略を決定する機構を用いたものである。都市の種類によって少し動作が異なり、最初の村の時点では、住居地区、商業地区、産業地区を配置していく動作をする。その後、都市種類の判定動作が行われ、都市の種類が決まると、その都市の種類に従って都市の開発を進める。ベッドタウン都市では住居地区を、中心都市では商業地区を、産業都市では産業地区の割合が高くなるように都市の開発を進めていく。いずれの場合で、公園か道路の設置もエージェント内の機構で指定された確率に基づいて行う。

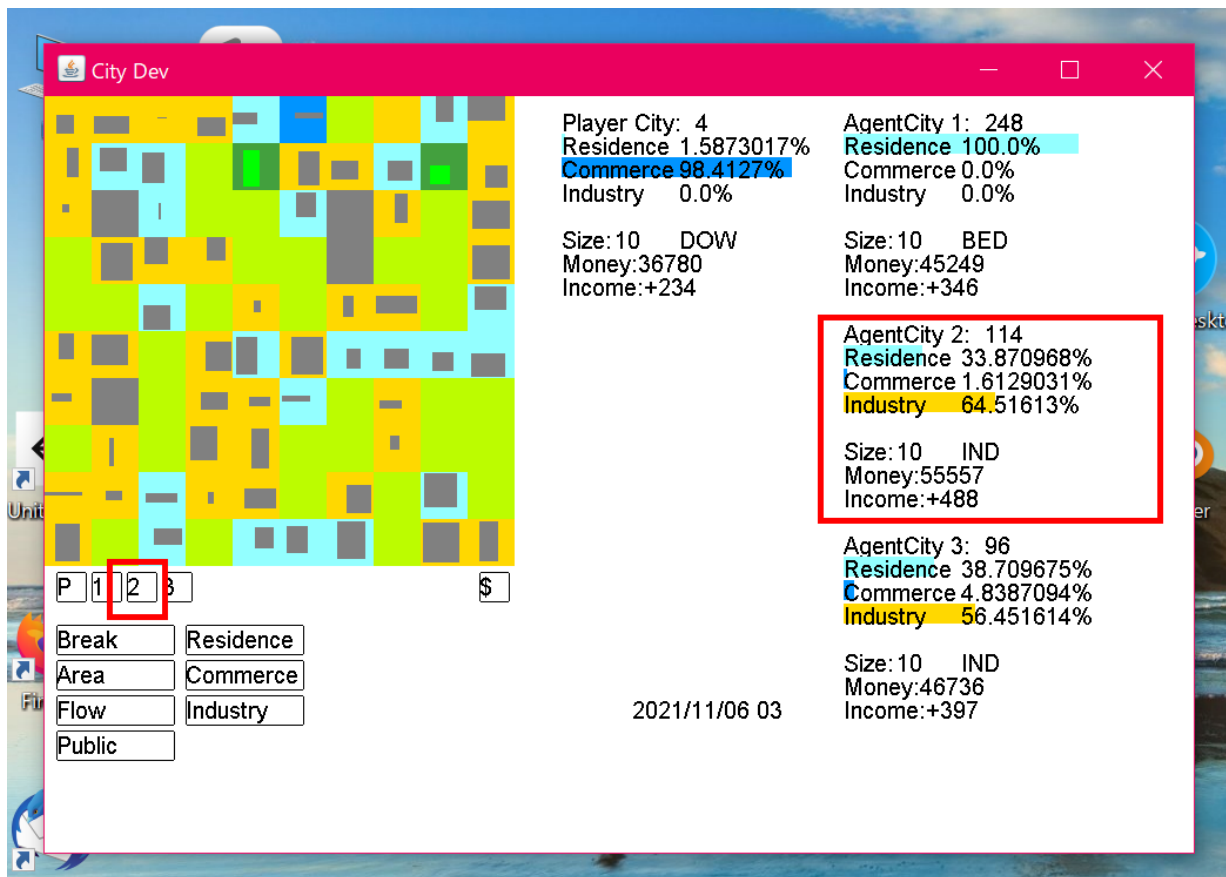


図 5 エージェント “AgentCity2” の都市開発の動作例

図 5 は、産業都市と判定されたエージェント “AgentCity2” の都市開発の動作例である。産業地区が一番多く、次に住居地区、さらに公園や道路などのタイルがエージェントによって配置されていることが確認された。

著者の一人が行った数回のテストプレイで観測された状況としては、たとえば、公園がうまく配置されることによってエージェントの収益が大きくなり、プレイヤー側も地価を上昇させるタイルである、公園や駅などを効率よく配置していかないと、エージェントに収益の面で負けてしまう場面が多かった。この状態のエージェントを利用した場合には、プレイヤーが単純に各種地区の配置を行うだけでは、エージェントに勝つことが難しく、公園や駅などを配置して対抗すると気づかないとゲームで勝つことが難しいことを確認した

4. おわりに

本研究では、都市開発シミュレーションゲームにおいてプレイヤーの都市開発に協調や競争を行いながら自身の都市の発展を行うプレイヤーエージェントの動作の設計と試作について述べた。本試作プレイヤーエージェントの条件設定では、プレイヤーが単純に地区を配置していくだけでは勝利することが難しく、プレイヤーエージェントの状況を考慮した戦略的なプレイをプレイヤーが楽しむことができる可能性があることを確認した。

将来的には [3] や [4] で示されている手法を用いて、よりゲーム性を高めたなエージェントの実装を行うことを計画している。それによって、各種変数がどのような状態であるならばプレイヤーにとって勝ちやすいまたは負けやすいゲームになり、プレイヤーのまた、機械学習等を用いたエージェントの開発についての設計を行う事も予定おり、エージェント同士で戦わせてどのような方向にエージェントが進化して行くのかについて研究の余地がある。

参考文献

- [1] Sakata, S. and Fukuta, N.: On a Preliminary Implementation of Enemy Agent on a City Development Simulation Game, *Proc. 10th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI AAI2021 / SCAI2021)* (2021). (poster)
- [2] 坂田匠悟, 福田直樹: 都市開発シミュレーションゲームにおける敵エージェントの試作, 情報処理学会第 83 回全国大会 (2021).
- [3] Areyan Viqueira, E., Cousins, C. and Greenwald, A.: Improved Algorithms for Learning Equilibria in Simulation-Based Games, *Proceedings of the 19th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems*, pp. 79–87 (2020).
- [4] Roman, C. and Turrini, P.: Multi-Population Congestion Games With Incomplete Information, *Proceedings of the Twenty-Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI-19*, pp. 565–571 (2019).