

## MAS を用いたバス利用状況の再現と路線変更評価の試み ～日進市「くるりんばす」をケーススタディとして～

名城大学 学生会員 ○阿部直貴  
名城大学 正会員 松本幸正

### 1. はじめに

運転免許の自主返納件数はマクロ的には増加の傾向を示しており、免許返納後の移動手段の一つとしてコミュニティバスの重要性が高まっている。このコミュニティバスは自治体予算で運営されているが、その負担割合は高く、自治体の財政状況が厳しくなる中、運行経費削減のため利用状況に応じた運行の効率化が求められている。

そこで本研究では、バスの路線・ダイヤの効率性の評価が可能な手法の構築を目指し、現況のバスの利用状況を詳細に再現可能なマルチ・エージェント・シミュレーション(MAS)を開発する。このMASを用いて、バス利用状況の指標化を行うとともに、現路線を変更した場合の各指標の変化を試算する。

### 2. 対象路線の概要

本研究で対象とする愛知県日進市で運行されているコミュニティバス「くるりんばす」は、令和4年12月10日現在、7路線(赤池・米野木・三本木・梅森・五色園・岩崎・循環)あり、主に市役所を起終点として周回型で運行されている。

### 3. 開発するMASの概要

#### 3.1 MASの各エージェント

本研究では、バスの運行と利用状況を再現するためのMASとして、株式会社構造計画研究所のartiso<sup>1)</sup>を用いる。MASとは、定義した空間内にそれぞれの構成要素を表すエージェントを配置し、エージェントはステップごとに決められた行動規則に則って相互に影響を及ぼし合いながら動作をしていくものである。本研究では、“バス停エージェント”、“バスエージェント”、“乗客エージェント”、の3種類のエージェントを定義し、これらが相互に作用してシミュレーションが行われる。これらのエージェントがステップごとに決められた動作を行う。本研究では、1ステップを1秒として扱う。

#### 3.2 バスシミュレーションの設定

日進市から提供されているGTFSデータを利用し

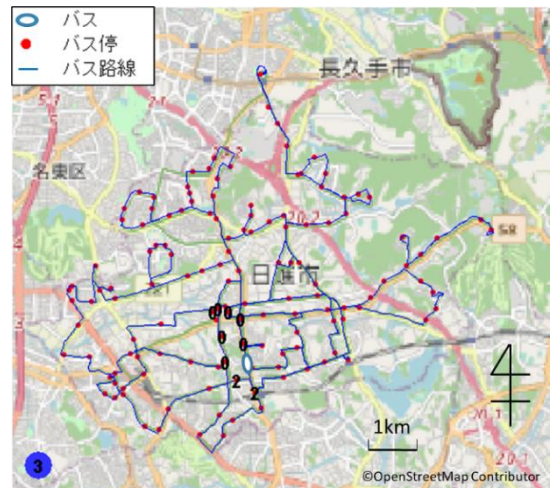


図-1 MASで用いる「くるりんばす」の路線図

てバス停と路線を設定した。図-1に本研究で作成したMASで用いる「くるりんばす」の路線全体を示す。図中の数字は循環線のバス停で待つ乗客数を表している。

#### 3.3 乗客発生率と降車比の算出

本研究では、シミュレーションを行う際のデータとして、バス運行データと乗客のバス停間ODデータを用いる。バス停間ODデータは、過去に調査されたもので、乗客一人一人の乗車バス停と降車バス停、乗車した時間(便)が記録されている。本研究では、2018年11月1日(木)の調査結果を用いて、バスの利用状況の再現を行う。

バス停ごとの乗客発生率と降車比は、ODデータをもとに算出した。乗客発生率は、それぞれのバス停ごとに、そのバス停で一日に乗車した人数を合計し、1日の運行時間で割ることで乗客発生率[人/分]とした。例えば、循環線の場合、「市役所」バス停で1日に乗車した人数の合計である52人を、循環線の1日の運行時間である766分で割ることで算出した。

降車比は、乗車バス停からどのバス停で降りるかを割合で示したもので、例えば、「市役所」から「浅間下」に1人、「日進駅」に42人、「折戸」に2人が移動したとすると、「市役所」からの乗客の合計は $1+42+2=45$ 人となり、降車比はそれぞれ $1/45$ ,  $42/45$ ,

2/45 となる。したがって、降車比の合計は乗車バス停ごとに 1 となる。乗客発生率や降車比は実際には時間帯によって変わると思われるが、今回は時間変動を考慮せずに設定した。

### 3.4 バス停エージェントの挙動

それぞれのバス停エージェントは、乗客発生率をもとに、1 ステップごとに乗客を発生させるかどうかの判断を行う。この判断は、乱数によって発生させる値が設定した閾値より大きいかどうかによって行う。

### 3.5 バスエージェントの挙動

バスエージェントは、ダイヤに合わせてそれぞれのバス停を出発するようにバス停間での走行速度を変化させる。道路に沿って設定されるルートは複数のリンクから構成されるため、これらのリンク長を足し合わせた道路に沿った路線上のバス停間距離を算出し、それをダイヤから求めたバス停間の所要時間で割ることでそのバス停間の走行速度とし、これによって、ダイヤ通りのバス運行を再現した。

### 3.6 乗客エージェントの挙動

乗客エージェントは、バス停エージェントから発生し、発生時刻(乗客が発生した時刻)、乗車時刻(バスに乗車する時刻)、待ち時間(乗車時刻から発生時刻を引いた時間)、乗車バス停、降車バス停、移動時間(バスに乗車していた時間)、移動距離(乗車バス停と降車バス停の路線に沿った移動距離)、降車時刻(乗車時刻と移動時間を足し合わせた時刻、つまり降車バス停に到着する時刻)のデータを取得するように設定した。乗客エージェントは、バスがバス停に到着したら乗車し、乗車した段階で降車比をもとに降車バス停が決められ、同時に移動時間、移動距離も自動で与えられる。また、降車時刻になったら乗客エージェントを削除するように設定した。

### 3.7 混雑率の算出

混雑率は、各バス停間における車内の乗客数を定員(ここでは 20 人とする)で割り、100 を掛けることで算出した。

## 4. バス路線の利便性や特性の評価

片方向で運行されている「くるりんばす」循環線を、双方向 1(一便ごとに交互に運行させる)、双方向 2(前半 11 便を右回り、後半 10 便を左回り)に変更し、シミュレーションを行った。その結果を表-1 に示すが、現状の片方向運行と比較して、双方向 1 と双方

表-1 シミュレーションによる各指標の算出結果

	平均待ち時間(s)	平均移動時間(s)	平均移動距離(km)	平均混雑率(%)
片方向	1232.4	536.4	2.0	5.2
双方向 1	1245.2	911.3	2.9	12.2
双方向 2	1304.7	823.6	2.4	12.8

表-2 バス利用状況変更後の各指標の算出結果

	平均待ち時間(s)	平均移動時間(s)	平均移動距離(km)	平均混雑率(%)
片方向	1145.5	812.8	2.5	25.4
双方向 1	1134.4	894.5	2.8	26.5
双方向 2	1149.8	780.2	2.5	25.1

向 2 のどちらも、すべての指標で値が大きくなった。理由として、現状の運行方向に合わせた需要は顕在化しているが、市役所で次の便に乗り継いでまで逆方向に向かう移動が少ないことが挙げられる。

次にバス利用状況を変更し、先に与えた OD の乗降バス停を入れ替えた OD 需要を新たに加えた場合での各指標の算出を行った。その結果を表-2 に示す。変更前と比べて片方向の指標は全体的に大きくなり、双方向では平均待ち時間、平均移動時間が小さくなった。このことより、片方向は、利便性が下がり、双方向は利便性が上がったことが分かる。また、各運行方法を比較したところ、双方向 2 が、3 つの指標で一番小さくなった。このことより、片方向循環を前提としない需要に対しては、双方向運行に優位性があることを示していると考えられる。

## 5. おわりに

本研究では、「くるりんばす」循環線の運行を MAS で再現した。この MAS を用いて、路線の運行方向の変更が各指標に反映されることが分かった。また、バス利用状況を変更し、片方向循環を前提としない需要を増やした場合、片方向運行は利便性が悪化し、双方向運行は利便性が上がることも分かった。今後は、異なる路線への改変などの影響を見ていき、効率的な路線を探っていく必要がある。

### 謝辞

本研究は、科学研究費補助金・基盤研究(C) (22K04357) を受けた研究成果の一部である。ここに記して、謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 山影進：人工社会構築指南、(有)書籍工房早山、2007