

## デマンドバスを対象としたミクロ交通シミュレータの開発

A Development of the Microscopic Traffic Simulator for the Demand Bus

與那嶺貴雄<sup>†</sup> 赤嶺有平<sup>‡</sup> 上原和樹<sup>†</sup> 遠藤聡志<sup>‡</sup> 根路銘もえ子<sup>§</sup>  
 Takao Yonamine Yuuhei Akamine Kazuki Uehara Satoshi Endo Moeko Nerome

## 1. はじめに

利便性の高い交通手段としてデマンドバスが注目されている。デマンドバスは、利用者の需要により経路を変更可能な交通機関である。利用者は自由に乗る時間を指定し、目的地で降りることができるため、固定路線バスと比べると自由度の高い交通手段であるが、導入事例が少ないのが現状である。このデマンドバスの導入には、利便性および採算性が高いことが重要であり、事前に正確な導入時の効果を見積もる必要がある。実際に、実験的検証を行う場合にはコストがかかるうえに、効果を見積もるまでに時間がかかるため、比較的lowコストで評価が行える交通シミュレータによる検証が求められる。

これまでには、様々なシミュレータが作成されており、デマンドバスの検証が行われてきた。野田ら [1] は、デマンドバスの大規模運行の可能性を探るため、シミュレーションによりデマンドバスと従来の固定路線バスの利便性と採算性の関係を解析した。また、鳥居ら [2] は、リアルタイム配車スケジューリングを行い、利用者がデマンドバスを利用した場合と、道路ネットワーク内に設定した固定路線バスを利用した場合および徒歩で移動した場合との時間的利便性の比較を行い評価した。これらの研究では、仮想都市を対象としており、町やバス速度などを抽象化しているため、具体的な値を入力する必要があると述べられている。一方、デマンドバスの評価には、車両ごとの影響を再現できるミクロ交通シミュレータへの実装が求められる。これにより、デマンドバスが渋滞に与える影響や受ける影響を評価することが可能である。

本稿では、筆者らが新たに開発した沖縄県那覇市通勤圏を対象としたデマンドバスのミクロシミュレータについて述べる。使用するミクロ交通シミュレータでは、渋滞時に旅行時間の再現性が高いシミュレーションを行うことができ、デマンドバスについてより正確な評価が可能と考えられる。導入するデマンドバスモデルは、上原ら [3] によって提案された軌道交通機関へと乗り継ぐ手法を導入する。

## 2. デマンドバスモデル

本研究で導入するデマンドバスモデルは、大型バスと連携することでアクセス性および輸送効率を高めることに焦点を当てている。本モデルは、利用者を目的地まで輸送するのではなく、大型バスへ乗車可能な地点へと集約する。その地点より、大型バスで軌道交通機関へと乗車可能な地点まで輸送する。

デマンドバスは、あらかじめ利用者の予約を必要とし、その予約情報をもとにスケジューリングアルゴリズムに

よって算出された経路に従って走るデマンドバスをモデル化する。デマンドバスは、経路情報、出発時刻および路線番号を持っており、出発時刻になると発車し経路情報に従って各地点で停車する。その地点にこの路線番号のバスの利用者がいれば、乗車可能であるが、定員を超えると乗車できない。現段階では、乗降車にかかる時間は考慮されておらず、また、乗降に関して、各ノードで行われており、エッジの途中で乗降することはできない。本稿におけるノードは交差点を表現し、エッジは交差点間の道路を示す。

大型バスは、利用者の目的地へ向かう軌道交通機関まで輸送する。デマンドバスと同様に経路情報および出発時刻を持っており、経路情報は、大型バスへの乗車地点から軌道交通機関へ乗車可能な地点までの迂回の少ない直線的な経路で輸送する。ミクロシミュレーションでは、複数回に渡り大型バスが発車し乗客を軌道交通機関へと輸送する。

## 3. 交通シミュレータ

本シミュレータは、マクロシミュレーションの結果に基づきミクロシミュレーションが行われる。マクロシミュレーションでは、経路配分と交通手段の選択を行って、各リンクの交通量、各交通手段の利用者を算出する。

## 3.1. 地域データ

シミュレーションに用いた地域データは、沖縄県那覇市通勤圏の市町村をモデルとして構築した。本稿では、那覇市内へのトリップ数が比較的多いうるま市以南の沖縄本島中南部の市町村を那覇通勤圏と表現する。

ノード数	639
リンク数	2006
リンク総延長	376 km
総トリップ数	1455525

表 1: 地域データのパラメータ

## 3.2. デマンドの決定

デマンドは、パーソントリップ調査 [4] の出発ゾーン、到着ゾーンより作成する。出発ゾーン、到着ゾーンに属するノードの中から、それぞれランダムに出発ノード、到着ノードを選択し作成する。

## 3.3. 交通手段選択

スーパーネットワークを構築し、それに対して経路探索をすることで経路と交通手段を決定している。スーパーネットワークとは、実道路ネットワークのエッジを交通手段によって分けたネットワークである。これを利用することにより、交通手段選択を含めた最小コストの経路探索が可能である。デマンドバスについては、現時

<sup>†</sup>琉球大学 理工学研究科 情報工学科<sup>‡</sup>琉球大学 工学部<sup>§</sup>沖縄国際大学

点では、外部プログラムによりデマンドバスの経路や乗降車地点を決定し、それを入力値として与えている。

### 3.4. 経路配分

本研究では、OD間経路交通量は、利用者均衡配分により決定する。

### 3.5. 個人の経路決定

個人の経路決定は、積み重ね [5] による方法により決定する。

### 3.6. ミクロシミュレーション

交通流は、ドライバーの振るまいをモデル化した Driver-Vehicle Unit (DVU) を構成要素としたマルチ・エージェント・システムとして表現される。本シミュレータにおける DVU は、所謂 GM モデル [6] をベースとして先行車両がない場合の加速項と先行車両がいる場合の減速項を追加したモデルである。

- 加速状態 前方に十分な空きがあれば最大加速度  $A_1$  で加速する。
- 減速状態 前方に車両が接近している場合、衝突しないように減速時の最大加速度  $A_2$  で減速する。
- 追従状態 前方の車間距離が適切な場合、前方車両の速度  $\dot{x}_0(t)$  に近づける。

$$\begin{aligned} \ddot{x}_1(t+T) &= aA_1 + bA_2 + (1-a-b)f \\ f &= \alpha \frac{\{\dot{x}_1(t)\}^m}{g^l} (\dot{x}_0(t) - \dot{x}_1(t)) \\ a &= R\left(\frac{g - D(\dot{x}_0(t), \dot{x}_1(t) + A_1)}{\beta_1}\right) \\ b &= R\left(\{D(\dot{x}_0(t), \dot{x}_1(t)) - g\} \frac{\dot{x}_1(t)}{\gamma}\right) \\ g &= x_0(t) - x_1(t) \\ R(y) &= \begin{cases} 0 & (y < 0) \\ 1 & (y > 1) \\ y & (other) \end{cases} \end{aligned}$$

ここで、 $x_0(t), x_1(t)$  は、前方車両の位置、自車の位置、 $A_1, A_2$  は、加速時の最大加速度、減速時の最大加速度を示す。 $D(\dot{x}_0, \dot{x}_1)$  は、速度  $\dot{x}_1$  の車両が加速度  $A_2$  で減速する前方の速度  $\dot{x}_0$  の車両に対して安全に停止可能な車間距離、 $m, l, \alpha, \beta_1, \beta_2$  は、パラメータである。

### 3.7. 公共交通のミクロモデル

本シミュレータでは、公共交通機関として路線バスが実装されている。路線バスは、経路情報、出発時刻、路線番号を持っており、実際の路線情報に基づいて走行する。乗降車に関しては、路線上の各ノードで行い、乗降にかかる時間は考慮していない。バスの最高速度は、制限速度より低い値を設定し、バス1台あたりの定員が設定されている。デマンドバスは、路線バスを拡張し、自由な経路を設定できるモデルである。経路生成は、地方都市郊外から都市部へのデマンドに対してスケジューリングを行い、その結果得られるデマンドバスの経路情報および利用者が乗車するデマンドバスの路線番号をシミュレータの入力とする。

軌道交通は、経路情報、出発時刻および次の乗車地点までの所要時間を持っている。それぞれは、実際の経路、出発時刻および所要時間をもとに入力しており、乗車に関しては、ノードで行われている。移動については、軌道交通は車道と独立したレーンを走るため、他の交通機関へと影響がないと考え、ミクロシミュレーションは行わずに、所要時間が経過すると次のノードまで移動するモデルとしている。

## 4. おわりに

利用者の要求に応じて経路が変化するデマンドバスのミクロシミュレーションモデルと他の公共交通の乗り継ぎを考慮した交通手段選択が可能なマイクロ交通シミュレータを開発した。現時点での問題として、本研究でのミクロシミュレーションは、乗降時間を考慮していないため、乗降による停車が引き起こす渋滞を再現することができない。今後の課題は、より詳細なミクロシミュレーションを行うための、デマンドバスにおける乗降時間の導入である。また、本研究では、外部プログラムを利用し、デマンドバスの経路情報および利用者の乗車する路線番号をシミュレータの入力としていたが、シミュレータ内で行えるように統合する予定である。

## 5. 謝辞

本研究は、科研費 若手研究 (B) (23760356) の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] 野田, 篠田, 太田, 中島: シミュレーションによるデマンドバス利便性の評価, 情報処理学会論文誌 49(1), 242-252, 2008.
- [2] 鳥居: デマンドバスシステムの利便性の評価シミュレーション, 電子情報通信学会技術研究報告. ITS 104(506), 13-18, 2004.
- [3] 上原, 赤嶺, 遠藤, 根路銘: クラスタリングとデマンドバスを用いた大規模通勤システムについての検討, 情報処理学会研究報告. ITS, [高度交通システム] 2014-ITS-56(3), 1-7, 2014.
- [4] 沖縄本島中南部都市圏総合都市交通協議会: 第3回沖縄本島中南部都市圏 パーソントリップ調査報告書 (2009).
- [5] 土木学会: 道路交通需要予測の理論と適用 (2006).
- [6] May, A. D. and Keller, H. E. M.: Non-Integer Car-Following Models, Highway Res. Board, No.199, pp.19-32, 1967.