

仮想都市におけるデマンドバスのシミュレーション

坪山 宰^{1,a)} 水野 一徳¹ 佐々木 整¹ 西原 清一²

概要：デマンドバスは，時間と経路を利用者の需要に応じて柔軟に変更させることができるという利点から交通弱者にとって重要である．しかし，利用者数やその分布によって，利便性や採算性が低下する場合があり，十分な事前検証が必要である．本研究では開発中の仮想都市システムおよびマルチエージェント型交通シミュレータにデマンドバスエージェントを導入し，上記の検証が行なうことができる環境を構築する．また，いくつかの状況でシミュレーション実験を行なう．

1. はじめに

デマンドバスとは，決められた停留所やスケジュールがなく，お客の要望に応じて乗降場所やバス経路を自由に変更できるバスの運行形態 [2] であり，今後，高齢者や車の運転ができない交通弱者の方々に対しての新たな交通機関として期待されている．しかし，現在，デマンドバスは利便性や採算性の問題から実現化が厳しい状況であり，そのためには，様々な状況を想定した事前の検証が必要である．

本研究では，開発中である仮想都市システムおよびマルチエージェント型交通シミュレータ [1] にデマンドバスエージェントを導入し，シミュレーション環境の構築を行なう．また，いくつかの状況を想定したシミュレーション実験を行ない実験結果を示す．

2. 仮想都市システム

著者らは，自律的に変化する仮想都市およびマルチエージェント型交通シミュレータを開発中である．

自律的に変化する仮想都市は，都市の時代変化とそれに伴う建物の配置状況を生成する時代生成エンジンと，それによって生成された建物の配置データを保持する都市データベースからなる．時代生成エンジンは，道路，時間，配置モジュールの3つで構成されている．

マルチエージェント型交通シミュレータは，車両，歩行者，交差点，信号，道路の5つで構成されている．

また本仮想都市システムは，都市データベースとマルチエージェント型交通シミュレータを3DCGで表現する仮想都市から成り立っている．

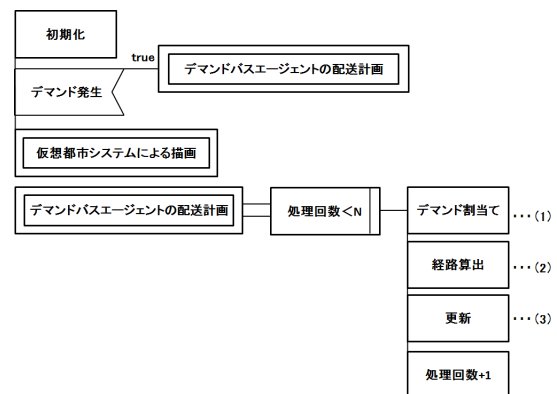


図 1 デマンドバスエージェントの配送計画のアルゴリズム

3. デマンドバスのシステム設計

3.1 システムの概要

デマンドは出発地点（乗車地点）と目的地点（降車地点）の二つの情報に分割される．入力されたデマンド（お客）の人数，バス台数の情報により，デマンド（お客）の位置情報，目的地情報，バスの位置情報を取得し，デマンド（お客）を振り分ける配送計画を行なう．その後，配送計画された配送情報を経路探索を行ない，経路情報を表示処理部（仮想都市システム）に送り，その経路にそってバスの移動を出力する．

3.2 基本環境

- バスには何人でも乗ることができる．
- デマンド（お客）の出発地点，目的地点はランダムに決定されるものとする．
- デマンド（お客）は逐次的には発生せず，一度に発生するものとする．
- デマンド（お客）はどちらの車線からでも乗り込めるものとする．
- バスの乗り換えは行なわないものとする．

¹ 拓殖大学大学院工学研究科電子情報工学専攻
Department of Computer Science, Takushoku University

² 筑波大学大学院コンピュータサイエンス専攻
Department of Computer Science, University of Tsukuba

a) y3m311@st.takushoku-u.ac.jp

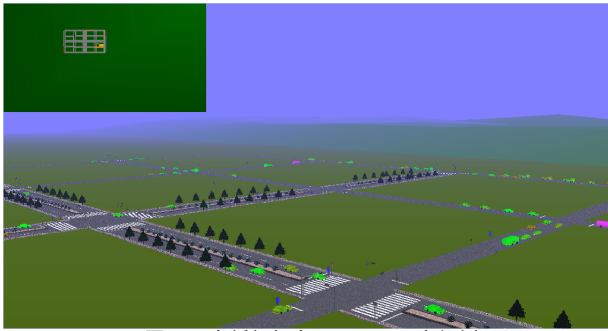


図 2 本仮想都市システムの実行例

3.3 処理手順

図 1 にデマンドバスエージェントの配送計画アルゴリズムを示す．まず，各エージェントの初期化を行なう．その後，デマンドが発生した場合，デマンドバスエージェントの配送計画を行なう．以下に，図 1 の (1)～(3) について説明する．

- (1) それぞれのバスにデマンド（お客）の割当てをランダムに行なう．
- (2) 各バスに割当てられたデマンド（お客）すべてを達成（目的地に送り届ける）する経路を，距離をコストとしたダイクストラ法を用いて算出する．本研究では，算出された各バスの経路の距離をデマンド達成距離と呼ぶ．また，デマンド達成距離をすべて足したものをデマンド達成総距離と呼ぶ．
- (3) すべてのバスのデマンド達成距離の平均値 M と差分の二乗の合計値 S の両方が低くなった場合にデマンド割当て候補として更新を行なう．

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n di}{n}$$

$$S = \sum_{i=1}^n (M - di)^2$$

： n ＝バスの台数

： di ＝バス i 番目のデマンド達成距離

(1)～(3) を N 回繰り返す．最終的に更新されたデマンド割当て候補の配送計画を，仮想都市システムにより描画する．

4. 実験

ここでは，都市のサイズを 5×5 （交差点数：21，交差点間の道路数：40）からなる道路網を用いて，デマンドの分布によるデマンド達成総距離を調べるためのシミュレーション実験を行なった．バスの台数は 1 台と 2 台にし，図 1 の処理回数 N は 1000 回とした．また，分布させるデマンド数は 2～10 とし，以下に示す 2 つの状況でのシミュレーション実験を行なった．図 2 に実行例を示す．

- (1) 一極集中：各デマンドの出発地，目的地のどちらかが都市の中心に集中する場合^{*1}．ここでは，道路網の (3,3)

^{*1} 駅や商店街などのデマンド（お客）が集中する場所を想定した場合の実験である．

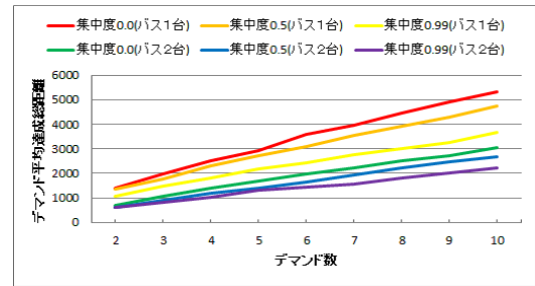


図 3 デマンドが一極集中する場合

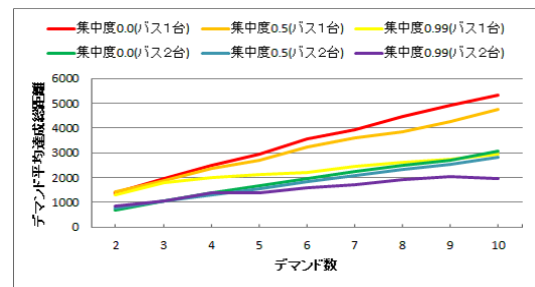


図 4 デマンドが二極集中する場合

に集中する確率を 0.0，0.5，0.99 とした．残りの出発地，目的地は都市全体からランダムに選択する．

- (2) 二極集中：各デマンドの出発地，目的地の集中の極が 2 つに増えた場合^{*2}．ここでは，道路網の (2,2) および (4,4) に集中する確率を 0.0，0.5，0.99 とした．

図 3，図 4 に実験結果を示す．図 3，図 4 は上記で述べた 2 つの状況でのシミュレーション実験より，各デマンド数に対し 100 回試行を行ない，デマンド達成総距離の平均を表している．一極集中，二極集中する場合，どちらも集中する確率が高くなるにつれ，デマンド達成総距離の平均が低くなっている．これは，デマンドの集中によりデマンドバスがその集中を必ず通るように自然に調整され，これによりデマンド達成総距離が改善されたものと考ええる．以上のことから，一極集中，二極集中する場合，どちらも集中する確率が高いと，利便性が高くなると考える．

5. おわりに

本研究では，開発中の仮想都市システムにデマンドバスエージェントを導入し，シミュレーション環境の構築を行なった．また，デマンド（お客）が一極集中した場合と二極集中した場合を想定したシミュレーション実験を行なった．今後は，より多様な環境やシナリオに対応できるように本システムの拡張を行なっていく予定である．

参考文献

- [1] Mizuno, K. et. al: Urban Traffic Flow Simulation with Traffic Accidents in Virtual City Spaces., NICOGRAPH International 2009 (2009).
- [2] 野田五十樹，篠田孝裕，太田正幸，中島秀之：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，Vol.49, No.1, pp. 422–252, 情報処理学会 (2008).

^{*2} 駅前とショッピングセンタが離れた場所にあり，都市全体からその二極への移動および二極間の移動を行なう利用者が多い場合の想定した場合の実験である．