

マルチエージェントシミュレータを用いたデマンド応答型交通システムの導入効果分析

岐阜大学 ○米山 真未・倉内 文孝・高木 朗義

1. はじめに

近年, ICT(情報通信技術)を活用した新しい交通機関であるDRT(デマンド応答型交通システム)が普及してきたが, 十分な検討を行わずに導入されることが多く, 採算性の低さに苦勞する自治体も多い. DRT は地域の居住特性や地理条件により効率性が変化するため, それらを踏まえた事前の効果検討が必要である. また, 乗合による迂回など乗客の意思決定がDRTのサービス内容に影響を与え, さらに, 乗客は利用の繰り返しによりDRT の善し悪しを判断する. 本研究では, 乗客の学習や相互作用を考慮するためマルチエージェントシミュレータを用い, 乗客・DRT・地域を様々に設定し, 計算を行った結果からDRT 導入の効果を考察する.

2. マルチエージェントシミュレータの概要¹⁾

エージェントとは, 環境の状態を知覚し, 行動によって環境に影響を与えることのできる自律的主体のことである. マルチエージェントシミュレータとは, 複数のエージェント間の関係を簡単なルールで記述することで複雑な相互作用を表現するものである. 本研究で用いるシミュレータには, 図1のような相互関係をもつ乗客および事業者エージェントが実装されている. 事業者は, 予約状況に空きがあれば予約受諾, なければ拒否する. 乗客は, 利用のたびに所要時間・運賃・予約拒否回数を学習し, 次の意思決定に活かす. 選択を繰り返した結果, DRT 導入時の利用状況やそれに伴い得られる収入と支出の関係などが得られる.

3. 評価の視点

DRT を運行することにより, DRT がない(交通機関がタクシーのみ)場合に比べ, 乗客の所要時間を含むコストが小さくなった分を消費者余剰としてみる. この平均を求めることで, 地域全体の DRT 導入効果が得られる. 導入効果は, 一部の人に集中している可能性も否めないが, DRT は公共交通機関であり全ての人に平等なサービスを提供することが望ましい. そのため, 平等性の指標であるジニ係数を用いた DRT サービスの評価も行うこととした.

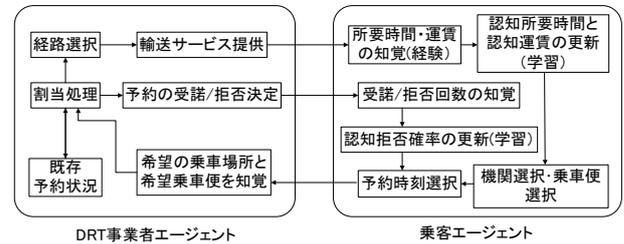


図1 エージェントの設定と概要

表1 DRT 運営費用および資本費用²⁾

分類項目	内容	費用	単位
資本費用 (固定費用)	システム賃貸料	3,480,000	[円/年]
	通信費	1,100,000	
	車両の原価償却費(9人)	412,830	
	人件費(一人当たり)	4,000,000	
	合計	8,992,830	
運営費用 (可変費用)	燃料油脂費	33	[円/km]
	車両修繕費	19.54	
	その他諸経費	91.83	
	合計	144.37	

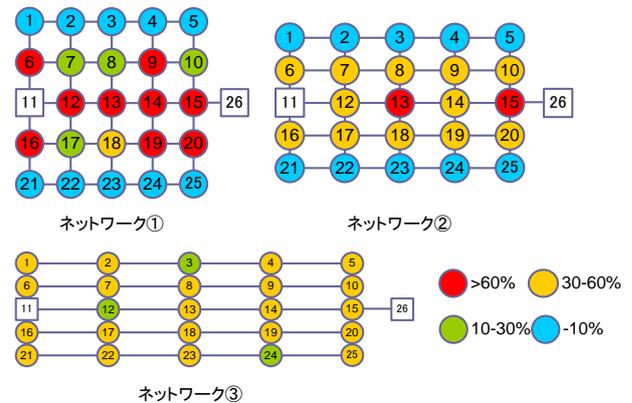


図2 ノード別12時便の利用率

事業者にかかる費用は既存資料を参考にして表1のように設定した. DRT の料金収入と費用の差で生産者余剰が求められる. 消費者余剰と生産者余剰の和で社会的余剰を求めることで, 様々な地域や乗客の設定によってDRT の効果の違いを見ることができる.

4. 仮想ネットワークにおける試行計算

(1) 計算の設定

図2のようなリンクコストの違う3つのネットワーク①全てのリンクコスト3(分/本), ②縦のリンク2(分/本), 横のリンク4(分/本), ③縦のリンク1(分/本), 横のリンク5(分/本)を対象としてそれぞれ試行計算を実行

する。どのネットワークも DRT の起点はノード 11、終点はノード 26 とする。この 2 つのノードを除く 24 個のノードのそれぞれが乗客 (1 人) の起点であり、乗客全員の下車地点をノード 26 とした。DRT 車両は、1 日 3 便運行し、10 時、11 時、12 時にノード 11 を出発しノード 26 に到着する。車両容量は 4 名である。乗客全員の需要発生確率を 0.5 (回/日)、希望到着時刻を 12:30、単位遅延コストを 200 (円/分)、単位早着コストを 10 (円/分)、時間価値を 50 (円/分)、として 300 日のシミュレーションを行った。乗客は早着コスト、遅延コスト、移動コスト、料金を含めた総コストを最小化するように交通機関を選択する。DRT を利用しない選択肢としてタクシーを使用することも可能であり、この場合のコストは 3 千円とする。

(2) ネットワーク形状による効果比較

DRT 料金 300 円として計算した結果、各ネットワークで 300 日のノード別 DRT12 時便の利用率を図 2 に、ネットワークごとのジニ係数を表 2 に、ネットワークごとの社会的余剰を表 3 に、運休回数を表 4 に示す。

迂回が発生しなければ、乗客全員 12 時の便が最適にもかかわらず、左のネットワーク①の結果を見ると、ノードによって 12 時発の DRT 利用率に差があることがわかる。起点と終点を結ぶライン上の乗客が 12 時の便の利用率が高く、そこから離れるほど利用率が低くなっている。これは、起点と終点を結んだラインから遠いノードは、乗客の乗り合わせによって極端な迂回のため希望到着時刻を大きく越えてしまうことが起こりやすく、利用便を早める傾向があるためである。このように端のほうの人が早い段階で早い便を利用しはじめる、あるいは利用をあきらめる傾向にある。その結果、起点と終点を結んだライン上のノードは所要時間が安定し、希望時刻に間に合うため、12 時便を利用することになる。同様に図 2 のネットワーク②や③を見ると、ネットワークの形状が細長いほどノードごとの 12 時便の利用率の差が小さくなることからわかる。ネットワークの形状が細長いほどノードごとに所要時間の差がでにくく、便ごとの利用率の差が小さいといえる。また表 2 を見ると、ネットワークの形状が細長いほどジニ係数が小さくなっている。DRT はネットワークの形状が細長いほど地域内に均質的なサービスが実施できると考えられる。

次に表 3 を見ると、ネットワークの形状が細長いほど生産者余剰が小さくなっており、効率的な DRT の運行

表 2 ネットワーク別ジニ係数

ネットワーク	1	2	3
ジニ係数	0.0900	0.0643	0.0466

表 3 ネットワーク別社会的余剰

ネットワーク	消費者余剰	生産者余剰	社会的余剰	固定費	固定費を含む社会的余剰
1	6,517,820	-1,306,350	5,211,470	8,992,830	-3,781,360
2	6,788,750	-1,157,475	5,631,275	8,992,830	-3,361,555
3	6,935,810	-980,475	5,955,335	8,992,830	-3,037,495

表 4 ネットワーク別運休回数

ネットワーク	1	2	3
運休回数	6回	11回	18回

表 5 DRT 料金による社会的余剰 (①)

DRT 料金	消費者余剰	生産者余剰	社会的余剰	固定費	固定費を含む社会的余剰
100	7,117,810	-1,981,625	5,136,185	8,992,830	-3,856,645
200	6,797,880	-1,636,125	5,161,755	8,992,830	-3,831,075
300	6,517,820	-1,306,350	5,211,470	8,992,830	-3,781,360
400	6,213,120	-946,425	5,266,695	8,992,830	-3,726,135
500	5,723,970	-637,800	5,086,170	8,992,830	-3,906,660
600	5,420,650	-346,650	5,074,000	8,992,830	-3,918,830
700	5,102,200	22,400	5,124,600	8,992,830	-3,868,230

ができているといえる。これは、ネットワークが細長いほうが、運行コストが小さくなることと、表 4 より DRT の運休回数が増えるためと考えられる。

(3) DRT 料金による効果分析

ネットワーク①に対して DRT 料金を 100 円～700 円まで 100 円ずつ変化させてシミュレーションを行った。そのときの社会的余剰を表 5 に示す。表 5 より、全ての料金で固定費を含めた社会的余剰は赤字になっているが、その中でも社会的余剰が一番大きいところで税金を使うことが消費者および生産者にとって最適といえる。今回の計算では、400 円が最適な DRT 料金となる。

5. おわりに

本研究は、マルチエージェントシミュレータを用いた DRT 導入効果の把握を目指すものであり、ここではネットワーク形状と DRT 料金による効果分析を示した。今後は、乗客によって遅延コスト・早着コストが異なるケース、需要発生パターンが異なるケースなど、様々なシミュレーションを行い、DRT の特性把握を進める予定である。

【参考文献】

- 1) Kurauchi, F. and Harao, A. "Multi-agent Simulation for Evaluating Demand Responsive Transport System", Proceeding of SCIS and ISIS 2008, 768-773, 2008
- 2) 日本のバス事業 2007, 日本バス協会