

# 都市交通シミュレーションを用いたバス料金政策についての影響分析\*

## Impact Analysis of Bus Fare System with Urban Traffic Simulation \*

秋山孝正\*\*・奥嶋政嗣\*\*\*・エランパリマデュー\*\*\*\*

By Takamasa AKIYAMA\*\*・Masashi OKUSHIMA\*\*\*・Madhu ERRAMPALLI\*\*\*\*

### 1. はじめに

モータリゼーションの進展する地方都市において、モビリティ確保の観点から、的確な公共交通政策が必要である。特に地方都市の現実的な公共交通機関の整備・拡充を考慮して、バス交通を基本とした公共交通が検討される。このとき、バス路線や運行形態の検討によるサービス水準の向上からバス利用促進を目指す場合が一般的である。具体的な公共交通政策においては、バスロケーションシステム、路線再編などのバス走行環境の改善、幹線路線とフィーダー路線の有機的接続による利用環境の整備等のサービス水準向上が基本的方策である。市民のモビリティ確保の点から公共交通の利便性を確保する点でこれらの政策は重要性が高い。一方で自動車利用率の高い現状を踏まえて、バスの料金政策を検討する。

本研究では、交通需要変化を考慮した交通シミュレーションモデルを構築し、地方都市におけるバス料金政策について定量的に分析する。具体的には、既存の料金制度（均一料金制と対距離料金）の運用に対して、ゾーン制料金を検討する。これより、地方都市の公共交通政策における料金政策の重要性を示す。

### 2. バス政策評価に関する交通シミュレーション

ここでは地方都市における具体的なバス政策評価を行うための設定条件と定量的評価を実行するための都市交通シミュレーションの基本的構成についてのべる。

#### (1) バスを基本とする公共交通政策

地方都市においては、急速なモータリゼーションに伴い自動車交通需要が増大し、公共交通機関の利用促進が

重要な課題となっている。本研究では、岐阜市の公共交通政策の基本的課題であるバス利用に関する都市交通政策を検討する。岐阜市においては、総合交通戦略として、利用しやすい公共交通機関の整備を目指して公共交通政策が実行されている。公共交通機関の有効活用は、中心市街地活性化の点からも重要性が高い。このときバス交通の利便性向上のために交通施設・サービス施設の整備拡充による利便性の向上を意図する交通政策が一般的である。バス輸送は軌道系輸送に比べて、多様な路線設定が可能である。その意味で路線再編や交通施設の拡充は基本的な課題である。一方でバス利用者の交通費用面での利便性を向上して、自発的なバス利用を促進するためには、料金政策の併用を検討する必要があると思われる。すなわち、料金政策を含んだ自律的な交通流動変化を前提とした公共交通政策の検討を意図するものである。

#### (2) ゾーン制バス料金の設定

本研究では地方都市（岐阜市）における現行バスシステムを検討対象とした。具体的なバスネットワークとして、市内中心部を通過する 44 路線を対象とした。またこれらのバス路線に対応する岐阜市幹線道路網を構成し、都市内の自動車交通とバス交通の総合的な交通環境を表現する。当該地域における現行のバス料金制度では、均一料金制（都心部の対応区間）と対距離料金制度を併用されている。したがって、利用停留所間で料金は異なり複雑な料金体系となっている。具体的なモデル化においては、現行の料金設定を参考として、3 km あたり 200 円の線形増加の対距離料金とし、3 km 未満では均一 200 円、3 km 以上の区間では、10 円単位で増加する形式の料金設定を用いる。この場合、全バス路線内では 16 種類のバス料金が設定される。

本研究では、都市交通運用のためのバス料金政策として「ゾーン制料金」を想定する。具体的には、バス料金圏の単位として、図-1のようなゾーン区分を設定する。中心市街地に相当する都心ゾーン⑥を中心として、計 10 ゾーンを想定する。したがって、この場合、バス料金はゾーン間の移動を基本として課金額を決定する。

具体的な「ゾーン制料金」の設定を整理したものが表-1 である。この設定では、①都心ゾーン内々の利用

\*キーワード：ゾーン制料金、公共交通政策、交通シミュレーション

\*\*正会員，工博，関西大学環境都市工学部

(〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35,

TEL:06-6368-1193, E-mail: akiyama@ipcku.kansai-u.ac.jp)

\*\*\*正会員，博士(工)，徳島大学大学院

\*\*\*\*博士(工)，Central Traffic Research Institute

(150 円)、②周辺部ゾーン内々の利用 (200 円)、③隣接ゾーン間を經由する利用 (250 円)、④3ゾーン間を經由する利用 (300 円)、⑤4ゾーン間を經由する利用 (350 円) を考えている。したがって、基本的にはゾーン間の移動を単位として料金が設定され、ゾーン間の空間的位置に基づいて課金される。このとき、空間的には近接したゾーン間の移動であっても、路線の設定に依存して複数路線の利用を余儀なくされる場合が発生するため、この点は乗り継ぎ割引の併用を想定している。

### (3) 交通シミュレーションの基本構成

本研究では、都市道路網に対する交通シミュレーションモデルを用いて分析を行う。ここで用いる交通シミュレーションモデルは、都市道路網におけるミクロな交通流モデルに対して、自動車とバス相互間の交通需要変動を考慮している。すなわち、都市交通需要に対して、都市内の自動車とバス（公共交通）利用の分担率を算定するモデルを付加している。具体的なモデル化の詳細は関連研究に報告されている。ここではシミュレーションモデルの基本的事項を整理する。①都市道路網上の交通状態はファジィ推論を利用したミクロ交通流モデルとして定式化されている<sup>14)</sup>。②都市ネットワーク上の交通需要変化は、自動車・バスの分担関係で規定する（ファジィ推論による交通機関分担モデル）<sup>5)</sup>。

したがって、本研究においてはバス料金政策の実行によるバスサービス水準の変化から、各交通行動者の交通機関選択をファジィ推論モデルにより構成している。

具体的には、①交通行動者は、バス料金設定を踏まえた交通機関選択を行う、②バス利用者は乗り継ぎ利用を前提とした経路移動を行う、③都市道路網上ではバス・自動車が走行し、混雑状況に依存した交通流動を生じるといふ各段階を算定可能としたものである。

### (4) 乗り継ぎ現象の記述

現行の路線ごとの料金設定においても、複数路線間を乗り継ぐ場合は「乗り継ぎ割引」が適用される。この制度を参考として、本研究で想定する「ゾーン制料金」では乗り継ぎ割引を前提とした交通運用を検討する。

具体的には、任意のバス利用に関して起点停留所 (A) から終点停留所 (B) の間で乗り継ぎを行う場合を考える。ここで乗り継ぎ停留所を (C) とする。つぎに「乗り継ぎ割引」を以下のように設定する。①乗り継ぎ割引が設定されない場合には (A) → (C) 間の料金と (C) → (B) の料金がそれぞれ降車時に課金される。②「乗り継ぎ割引」の設定がある場合には、上記①の料金に対して、停留所 (C) でのバスの再度利用に対して、料金が割引かれる。③また、複数路線が利用可能な任意の停留所では、「乗り継ぎ利用」が可能であるとする。

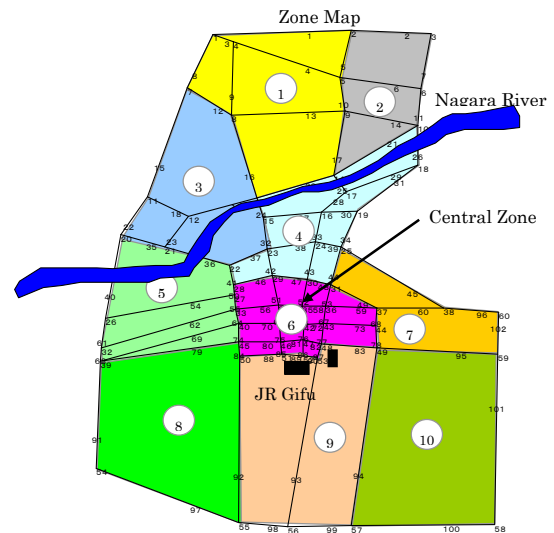


図-1 ゾーン制料金の設定 (ゾーン区分)

表-1 ゾーン制料金設定例

| Type of Travel  | Fare in Yens |
|---|--------------|
| Within Central Zone   | 150 yens     |
| Within other than central zone                              | 200 yens     |
| Two traveling zones including origin and destination zone   | 250 yens     |
| Three traveling zones including origin and destination zone | 300 yens     |
| Four traveling zones including origin and destination zone  | 350 yens     |

④停留所 (A) ~ (B) の各経路指標は、所要時間（走行時間と待ち時間）、バス料金および車内混雑度とする。⑤停留所 (A) ~ (B) が一路線の利用で移動可能な場合においても、所要時間の短い乗り継ぎ経路が存在する場合には利用される可能性があるとする。⑥「完全ゾーン制料金」は、(A) ~ (B) の移動に対して、利用路線数・乗り継ぎ回数に依存せず、(A) (B) の存在ゾーン間の位置より表-1による料金額を規定する。

これらの設定条件に基づき、交通シミュレーションモデルの具体的な構成を修正し、都市交通流動を算定する。

## 3. ゾーン制料金におけるバス利用変化分析

ここでは、都市内のバス利用に関してゾーン制料金政策を導入した場合の交通シミュレーション結果を用いて、各種交通現象推計に基づく定量的評価を試みる。

### (1) バス利用者数に関する推計

今回のバス料金政策の検討においては、午前のピーク時間帯として、6:00~9:00の交通運用状況を検討対象とする。したがって、当該時間帯の交通現象をミクロ交通シミュレーションにより記述する。本研究で提案する「ゾーン制料金」の導入は、全般的にはバス利用料金の割引に対応する。ここでバス利用者数の増加は、都市活動の議論においても、高齢者などの交通弱者の活動性増

大に関連する事項であり都市交通分析の基本となる。

図-2に現行のバス利用者数に対して、各料金政策に対応するバス利用者数の増加分を示す。具体的には自動車利用者(43,100トリップ)のバス利用への変更分を算定したものである。本図に示すように、ここでの設定では、乗り継ぎ割引金額の増加に対応して、バス利用者の増加(5.7%~7.3%)が算定される。さらに同一ゾーン内の乗り継ぎに関して無料とする「完全ゾーン制」の場合には、4,889トリップがバス利用に転換している。

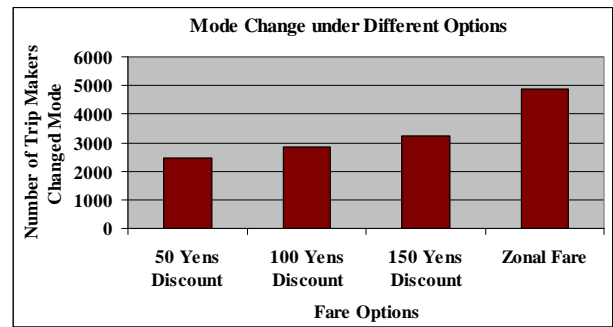


図-2 都市内バス利用者数の変化

### (2) バス料金収入に関する分析

つぎに、バス事業運営面の視点から、上記の交通機関分担率の変化に対応するバス料金収入について集計を行った。図-3に各ケースにおけるバスの運賃収入を示した。本研究で提案する乗り継ぎ割引を前提としたゾーン制料金は、全般的な料金割引に対応している。

しかしながら、いずれのケースの場合もバス運賃収入は、現行運賃収入より大きいことがわかる。これは、バス利用単価は減少する一方で、バス利用者数の増加により総収入が増加したものである。また乗り継ぎ割引に関する各ケースにおいては、運賃収入面の相違はほとんどない。また「完全ゾーン制」は、各ケース中でバス利用促進効果は最も大きい、料金収入面では次善である。

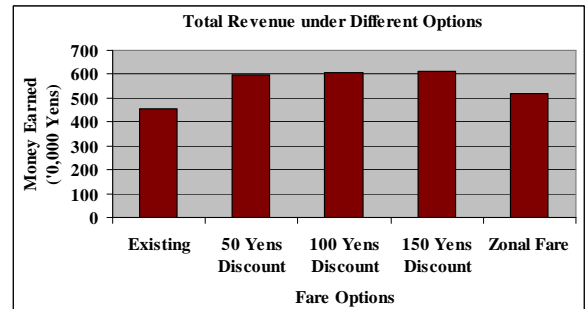


図-3 バス料金収入の変化

### (3) バス利用の交通行動に関する分析

本研究で提案する「ゾーン制料金」においては、交通行動者の「乗り継ぎ利用」による利用促進を意図している。ここでは、図-4にバス利用者の利用形態の変化を示している。本図より、バス利用に対する乗り継ぎ抵抗の低下による利便性向上の結果、バス利用者数は増加することがわかる。乗り継ぎ割引額に対応する各ケースにおいては、バス利用者数の増加傾向と同様に、乗り継ぎ利用者の増加が算定される。さらに、ゾーン内での乗り継ぎ利用を無料とした「完全ゾーン制」においては、顕著に乗り継ぎ利用が増加している。

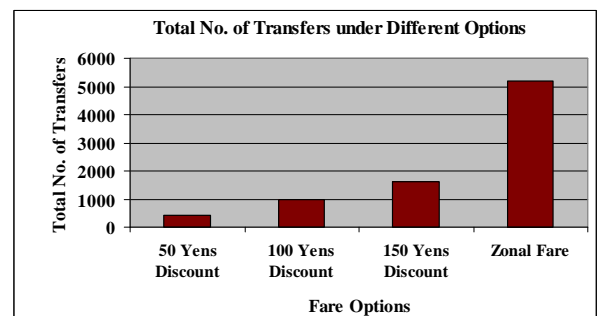


図-4 バス路線間乗り継ぎ利用者数

## 4. 都市交通運用としてのバス料金政策の検討

つぎに本研究で提案したゾーン制のバス料金政策の自動車交通を含めた都市交通全般の影響を検討する。これは、都市交通運用の現実的方法としてのバス料金政策の利用可能性を検討するものである。

具体的には都市道路網全体の交通状態を検討するために、図-5に各ケースの総旅行時間を整理した。現行の料金制度から、ゾーン制料金において乗り継ぎ割引を増加させた場合には、自動車交通からバス利用への転換が多数発生する。この結果、都市道路網上の通行車両台数が減少することから、総走行時間は減少する傾向にある。

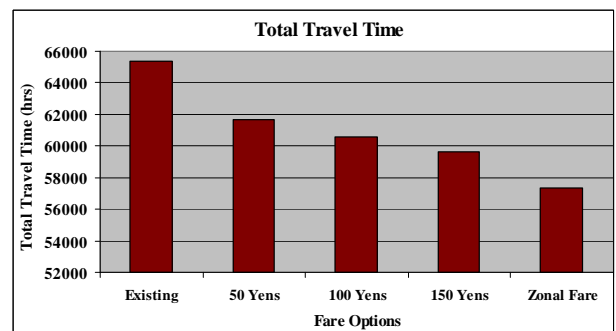


図-5 都市道路網における総走行時間の比較

上記のように公共交通政策として、乗り継ぎ利用を前提とした「ゾーン制バス料金」に関する具体的な検討を行った。交通シミュレーションによる算定結果を用いて、①バス利用促進に対応した交通現象および②交通運用の側面から都市道路網全体の交通状況に関連する統計指標

が算定された。マイクロ交通シミュレーションでは、都市道路網上で交通現象の時間的推移を観測することが可能である。このためバス料金政策の道路交通状態に与える影響を検討するため交通シミュレーションにより個別車両の運行状況を図示した。図-6は、ゾーン制料金設定を行った場合のピーク時間帯に相当する午前8:00時点の交通状態の算定結果を示したものである。ゾーン制バス料金の導入によって、都市道路網全体のバス利用の増加から、全般的な通行車両数減少が見られ、道路区間の混雑緩和が観測できる。このことから、バス料金政策の導入は都市交通運用面からも有効性の高い公共交通政策として位置づけられ、現実的な検討が期待される。

## 5. おわりに

モータリゼーションの進展する地方都市においては、モビリティの確保のための公共交通機関の整備拡充が問題となっている。現実的な運行可能性から、基本的にはバス交通を基本とした交通政策が実行されている。バスを中心とした公共交通政策本研究の成果は以下のように整理できる。①現行の都市バス路線運行に関するサービス水準向上に加えて、バス料金政策は基本的な交通需要変化を与えることから重要性が高い。②都市道路網を運行するバス利用者数を、交通需要変化を考慮した交通シミュレーションモデルにより推計することで、バス運行状況・道路交通状況の両面から交通政策評価が可能となった。③乗り継ぎを前提とした「ゾーン料金制」は、基本的に利用者のバス利用自由度の増加を与え、バス運行・道路交通状況に関する定量的な影響評価から良好な公共交通政策であることがわかった。

本研究においては、特定のバス料金政策に着目した交通影響分析を行った。現実的な実行可能性を踏まえた詳細な検討が望まれる。このため今後の課題として以下の諸点が挙げられる。①バス料金政策の具体的評価について、都市内移動の交通機関選択（大局的な意思決定）と道路網交通に影響を与える路線選択（経路選択）の整合的な推計方法を精緻化する。②マイクロ交通シミュレーションの計算結果の有効利用のため、バス利用者の主要交通行動形態のモデル化と自動車交通からの交通手段転換プロセスの定量化可能なモデル化が必要である。③また都市交通政策のバス利用促進過程を分析可能とするため、交通行動者をエージェント化した人工社会的なモデル構成を検討するなどの点が挙げられる。

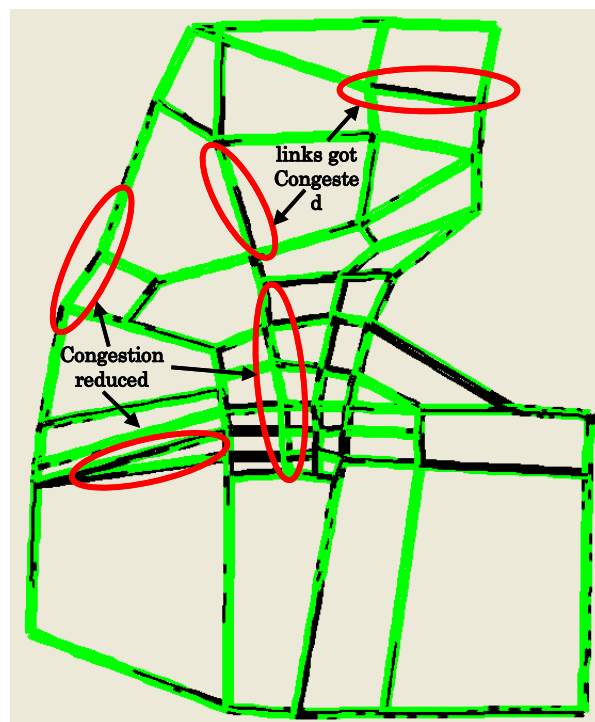


図-6 都市道路網に関する影響分析

なお本研究を遂行するにあたり、現実的な地方都市の総合的な公共交通政策の検討に関して、岐阜市総合交通協議会における各種議論が大いに参考になった。ここに記し、感謝の意を表する次第である。

## 参考文献

- 1) Madhu Errampalli, Masashi Okushima, Takamasa Akiyama : Microscopic Simulation Model Considering Public Transport Policy, Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies, pp. 2718-2733, 2005.
- 2) Madhu Errampalli, Masashi Okushima, Takamasa Akiyama : Evaluation of Public Transport Policy by Microscopic Simulation Model, Infrastructure Planning Review, Vol. 23, No. 4, pp. 945-953, 2006.
- 3) Madhu Errampalli, Masashi Okushima, Takamasa Akiyama : Fuzzy Logic based Car-following Model for Microscopic Traffic Simulation on Urban Road Network, Proceedings of the 6th ITS Symposium 2007, CD-ROM, No.P1-16, 2007.
- 4) 奥嶋政嗣・秋山孝正・エランパリマデュー : 都市交通政策評価のためのファジィ理論に基づくマイクロ交通流シミュレーション, 土木計画学研究・講演集, Vol. 37, CD-ROM, 2008.
- 5) Madhu Errampalli, Masashi Okushima, Takamasa Akiyama : Combined Fuzzy Logic based Mode Choice and Microscopic Simulation Model for Transport Policy Evaluation, Proceedings of the 11th World Conference on Transport Research, CD-ROM, 2007.