

# 交通シミュレーションを用いた交通社会実験時の交通手段選択に関する研究\*

A Study on the Modal Choice of Visitors in Experimental Scheme on Transportation with Traffic Simulation \*

中村直樹\*\*・森本章倫\*\*\*

By Naoki NAKAMURA\*\*・Akinori MORIMOTO\*\*\*

## 1. はじめに

近年のモータリゼーションの進展により、公共交通の衰退、住宅、商業施設等の郊外立地、中心市街地の衰退等が問題となっている。特に自動車に依存した地方都市での交通体系においては、中心市街地への自動車利用の増加が市街地の魅力を低下させる要因の一つとなっている。このような中心市街地の衰退へ対処していくためには、商業・文化施設の再生、自動車の抑制、及びそれに替わる交通手段の整備を一体的に行い、歩行者・自転車・公共交通中心の開発が望まれる。

公共交通中心の施策として、近年ではトランジットモールやパークアンドライドなどが注目されており、各地で行われた交通社会実験の成果と課題について報告されている<sup>1)</sup>。交通社会実験に関する既存研究として、金城ら(2002)<sup>2)</sup>は那覇市のトランジットモール社会実験の実施によって、来街者の回遊性が向上したことを明らかにしている。また、五反田ら(2005)<sup>3)</sup>は、さいたま市における交通社会実験を事例として「交通シミュレーション・社会実験・本格実施」サイクルの有効性を紹介している。これらの報告・研究の事例では、交通社会実験の実施によって、周辺の交通環境が大きく変化している。この変化により交通手段選択にも変化が見られると考えられるが、これまでに社会実験時の交通手段選択について分析した研究はほとんど見られない。したがって本研究では、社会実験実施によって交通環境が変化した際の交通手段選択について分析する。特に来街者の手段選択が、どの程度の交通環境変化を想定して行われているかを分析することを目的とする。分析にあたっては、平成 18 年 11 月に宇都宮市において行われたトランジットモール社会実験をケーススタディとする。

\*キーワード: 交通社会実験、交通手段選択、交通シミュレーション

\*\*学生員、宇都宮大学大学院工学研究科建設学専攻

栃木県宇都宮市陽東7丁目1番地2号 TEL/FAX028-689-6224

\*\*\*正員、工博、宇都宮大学工学部

## 2. 宇都宮市におけるトランジットモール社会実験

近年では宇都宮市においても、中心市街地活性化に向けて、トランジットモール導入についての議論が熱を帯びている。それに伴い、宇都宮市におけるトランジットモールの有効性を検証するため、2006 年 11 月に「大通りにぎわいまつり」と称しトランジットモール社会実験が行われた。この社会実験は 11 月 4 日(土)及び 5 日(日)の 11:00 から 15:00 に宇都宮市中心市街地の大通りにおいて行われた。図 1 に示す約 500m の区間がトランジットモール化され、モール区間内の公共交通は既存の路線バスが活用された。実験当日は、沿線商店によるオープンカフェや、フリーマーケット等が実施された。またモール区間外においても複数のイベントが同時に開催され、中心市街地全体で魅力の向上が図られた。



図 1. 交通シミュレーション対象範囲

## 3. 社会実験時の交通手段選択

交通手段の選択行動を行う際には、個人や世帯の属性及び各交通手段のサービス水準から得られる効用の中で、最も効用の大きいものが選択される。したがって、現時点における個人の選択行動

を説明する非集計行動モデルを利用する場合、「来街者がすべての交通手段についてサービス情報を知っている」ことが前提条件となる。また、将来の選択行動について説明する際には、「現在の交通環境が大きく変化しない」こと、若しくは「変化したとしてもその情報が認知されている」ことが前提条件となる。しかし、交通社会実験を行うことで交通環境は著しく変化し、その状況を来街者が事前に把握することは困難である。つまり、社会実験時の交通手段選択は、どの程度の交通環境の変化を想定して行われているか不明瞭である。これを明らかにするため、複数の交通シミュレーションの結果を取り入れて、式(1)に示す多項ロジットモデルを作成し、各モデルの精度を比較した。

$$P_{in} = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j \in J_n} \exp(V_j)} \quad (1)$$

ここで、 $P_{in}$ は個人 $n$ が交通手段 $i$ を選択する確率で、あり $V_i$ は個人 $n$ が交通手段 $i$ を選択した際に得られる効用関数を表している。

式(1)の効用関数に説明変数として取り入れるシミュレーション結果は、自動車の所要時間 $t_{car}(\text{min})$ とした。この所要時間は、以下の式(2)及び式(3)によって算出している。算出に利用する平均旅行速度は、市街地から半径 1.5km<sup>(1)</sup>の範囲では、シミュレーションアウトプットからえられた値 $v_1$  (km/hour) を、1.5km以上の区域では平成 11 年度道路交通センサスの宇都宮環状線内の平均値 $v_2$  (km/hour) としている。

$$0 < d < 1.5 \quad t_{car} = d/v_1 \times 60 \quad (2)$$

$$1.5 < d \quad t_{car} = \{1.5/v_1 + (d - 1.5)/v_2\} \times 60 \quad (3)$$

ここで  $d$  は中心市街地と各居住地の距離 (km)、また、他の説明変数は、アンケート調査から得られた個人属性をダミー変数として取り入れるものとした。

#### 4. 交通シミュレーションによる社会実験の再現

交通社会実験を行った際の周辺交通流を把握するため、宇都宮市中心市街地を対象として交通流の再現を行った。交通流の再現にはマイクロ交通流シミュレータ TSIS5.1 を用いた。

##### (1) 現況交通流の再現

社会実験時の交通流を再現する前に、ネットワークを作成するため、現況再現を行った。ここで

使用するデータは、平成 17 年 3 月 12 日 (土) に行われた宇都宮市内交通量調査において、市街地が最も混雑した休日の 15:00 から 16:00 までのものとした。また、モール区間を通過するバスについても、実際の路線及び運行間隔を基に再現した。

ネットワークの再現性を確認するため、各リンク断面交通量の交通量調査による実測値とシミュレーションによる推計値の整合性を検討した。その結果、寄与率 $R^2=0.935$  と良好な値が得られたため、作成したネットワークは中心市街地の交通流を十分に再現していると判断した。

##### (2) 交通社会実験実施時の交通流再現

交通社会実験時の交通流再現は、以下で述べる 3 つのシナリオを設定して行った (図 1. 下部参照)。これらのシナリオの再現結果から得られた渋滞長を図 2. に示す。

シナリオ 1 では社会実験が行われる 500m 区間の全域において、一般車両の進入規制を行い、トランジットモール化した場合について交通流の再現を行った。その結果現況に比べ 2 倍以上の渋滞が見られた。そこでシナリオ 2 では、500m 区間の一部において一般車両の進入を許可し、モール区間を縮小した。このシナリオ 2 におけるモール区間の縮小によって、渋滞の緩和が確認された。また、シナリオ 2 までの施策ではモール区間端部の本町交差点を挟んで設置されているため、モール区間外のバス停におけるバスの挙動によって、交通流の乱れが生じていた。そこで、シナリオ 3 では「県庁前」バス停の統合を行い、交通流の乱れを防止した。このバス停の統合による渋滞長低減の効果はシンボルロードの南側に見られた。

次に、路線バスが最も多く運行される大通りのバス所要時間を測定した結果を表 1. に示す。シナリオ 1 では、現況に対して最大で 14 分程度、平均でも約 9 分程度の増加が見られたが、シナリオ 2 及び 3 では緩和されている。特にシナリオ 3 で設

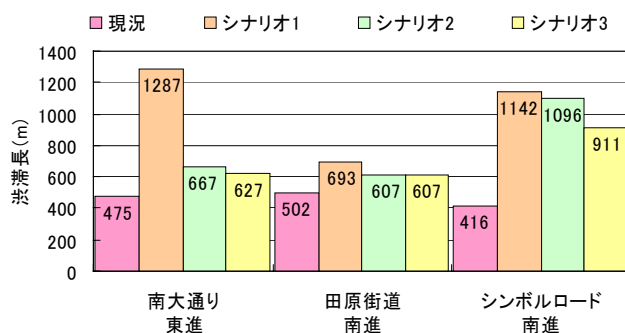


図 2. 施策の変化による渋滞長の変化

表1. 交通流予測によるバス所要時間の変化 (休日 15時台)

| 現況    |       |       | シナリオ1 |       |       | シナリオ2 |       |       | シナリオ3 |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 発     | 着     | 時間    | 発     | 着     | 時間    | 発     | 着     | 時間    | 発     | 着     | 時間    |
| 00:59 | 09:14 | 08:15 | 00:56 | 15:55 | 14:59 | 00:56 | 09:55 | 08:59 | 00:56 | 07:57 | 07:01 |
| 05:47 | 15:12 | 09:25 | 05:48 | 20:08 | 14:20 | 05:48 | 15:45 | 09:57 | 05:48 | 14:01 | 08:13 |
| 10:38 | 21:50 | 11:12 | 10:40 | 34:01 | 23:21 | 10:39 | 23:54 | 13:15 | 10:39 | 19:51 | 09:13 |
| 15:29 | 25:54 | 10:25 | 15:29 | 35:56 | 20:27 | 15:29 | 29:51 | 14:22 | 15:30 | 26:10 | 10:40 |
| 20:20 | 19:14 | 08:54 | 20:20 | 43:58 | 23:38 | 20:20 | 39:47 | 19:27 | 20:20 | 31:57 | 11:37 |
| 25:11 | 33:51 | 08:40 | 25:13 | 48:08 | 22:55 | 25:13 | 45:51 | 20:38 | 25:11 | 35:57 | 10:46 |
| 平均    |       | 09:28 | 平均    |       | 19:57 | 平均    |       | 14:26 | 平均    |       | 09:35 |

(単位は「min:sec」)

定したバス停の統合により、バスの所要時間が現況レベルまで短縮されたことが分かる。

こうした分析結果をふまえ、社会実験当日の交通規制は、シナリオ3によって再現されたものを施すことに決定された。

### (3) シミュレーション結果の検証

交通シミュレーションの精度を確認するために、シナリオ3で行われた交通流予測の結果と、実験時の実測値を比較した結果、寄与率 $R^2=0.752$ が得られた。渋滞長についてもシミュレーションによる推計値と、実験時の実測値を比較した結果、寄与率 $R^2=0.673$ が得られた。事前に行った交通シミュレーションによる社会実験時の交通流再現は、ある程度の予測が出来ていると言える。

また、自動車の平均旅行速度については、ネットワーク全体で、シナリオ3のシミュレーション推計では18.6km/h、当日の実測では15.7km/hとなり、約3km/hの差が見られたが大きな開きは見られなかった。

## 5. 通常と社会実験当日の交通手段

社会実験時行った来街者アンケート(配布回収1591票:回収率39.7%、聞き取り354票、合計1945票の内市内居住者1283票を集計)の結果から、通常と当日の来街におけるモダリティシフトの状況を分析した。図3は通常来街時の交通手段毎に当日の交通手段の割合を示している。これを見ると、半数以上の来街者が通常と同一の交通手段で社会実験のイベントに訪れていることが分かる。サンプル数の少ない通常バイク利用者を除くと、他の交通手段へのモダリティシフトが最もよく見られたのは、通常自動車利用者であり、半数近くの46%が他の交通手段へと転換している。図4は当日来街時の交通手段毎に通常と同一の交通手段の割合を示している。当日自動車利用者のうち74%が、通常と同一の来街においても自動車利

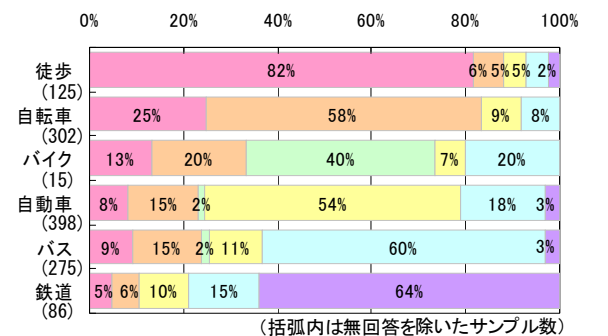


図3. 通常交通手段毎にみた社会実験当日の交通手段

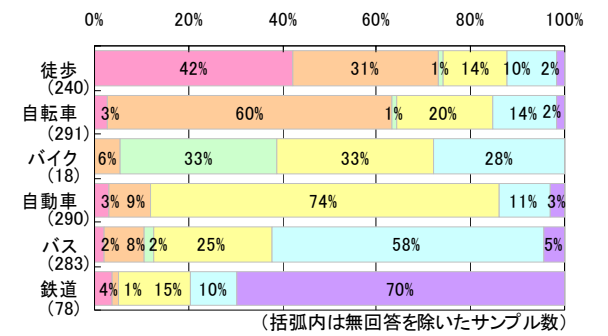


図4. 社会実験当日の交通手段毎にみた通常交通手段

用と回答しており、他の交通手段からの転換は自動車が最も少なくなっている。このことから、トランジットモールの実施により、多くの住民が自動車での来街を控えたことが分かる。

## 6. トランジットモールの交通手段選択への影響

来街者アンケートから確認された自動車から他の交通手段へのモダリティシフトは、トランジットモール実施時の渋滞を懸念したことによるものであると考えられる。これについて分析するため、3章で述べた多項ロジットモデルを作成した。

対象とする選択肢はトランジットモール実施時の中心市街地への交通手段となる、徒歩・自転車、自動車、バスの3つを設定した。鉄道については、サンプル数が少なく再現が困難となるため本分析では除外した。また、分析に用いるサンプルは、アンケート調査で分析に必要な問すべてに回答のあった945票とした。

次に各手段別に設定したダミー変数について述べる。まず、半数近くの来街者がトランジットモール実施時も通常と同一の交通手段を利用していることから、各手段の効用関数に通常利用ダミーを設定した。また、自動車の効用関数には、アンケート調査において「車利用を控えようと思いませんか」という問い、「まったくそう思う」と答えたサンプルについて1とする車意識ダミーを設定した。

表 2. モデルの推定結果

| 効用関数       | 説明変数    | シナリオ1       |         | シナリオ2       |         | シナリオ3       |         | 実測          |         |
|------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
|            |         | パラメータ       | t 値     | パラメータ       | t 値     | パラメータ       | t 値     | パラメータ       | t 値     |
| 共通         | 所要時間    | -0.094 (**) | -11.960 | -0.083 (**) | -11.668 | -0.087 (**) | -11.816 | -0.078 (**) | -11.091 |
| 徒歩・自転車     | 通常利用ダミー | 1.473 (**)  | 6.884   | 1.461 (**)  | 6.975   | 1.460 (**)  | 6.928   | 1.534 (**)  | 7.387   |
| 自動車        | 通常利用ダミー | 1.082 (**)  | 5.472   | 1.106 (**)  | 5.631   | 1.102 (**)  | 5.600   | 1.092 (**)  | 5.568   |
|            | 年齢ダミー   | 0.481 (*)   | 2.158   | 0.439 (*)   | 2.000   | 0.445 (*)   | 2.022   | 0.461 (*)   | 2.106   |
|            | 車意識ダミー  | -0.413 (*)  | -2.000  | -0.519 (*)  | -2.540  | -0.507 (*)  | -2.480  | -0.572 (*)  | -2.804  |
|            | 自動車定数   | -2.552 (**) | -9.098  | -1.921 (**) | -7.452  | -2.038 (**) | -7.809  | -1.412 (**) | -5.758  |
| バス         | 通常利用ダミー | 1.211 (**)  | 5.974   | 1.239 (**)  | 6.136   | 1.237 (**)  | 6.110   | 1.199 (**)  | 6.000   |
|            | バス停ダミー  | 1.655 (**)  | 5.946   | 1.704 (**)  | 6.059   | 1.712 (**)  | 6.091   | 1.612 (**)  | 5.755   |
|            | 専用車ダミー  | 0.744 (**)  | 3.883   | 0.698 (**)  | 3.650   | 0.709 (**)  | 3.700   | 0.713 (**)  | 3.740   |
|            | バス定数    | -3.405 (**) | -10.492 | -3.351 (**) | -10.131 | -3.409 (**) | -10.305 | -3.173 (**) | -9.706  |
| $\chi^2$ 値 |         | 758.4       |         | 730.1       |         | 738.9       |         | 713.2       |         |
| 自由度調整尤度比   |         | 0.356       |         | 0.342       |         | 0.346       |         | 0.334       |         |
| 的中率 (%)    | 徒歩・自転車  | 85.59       |         | 82.66       |         | 83.33       |         | 82.66       |         |
|            | 自動車     | 68.00       |         | 64.00       |         | 64.00       |         | 62.80       |         |
|            | バス      | 58.96       |         | 62.55       |         | 61.75       |         | 62.15       |         |
|            | 全体      | 73.86       |         | 72.38       |         | 72.49       |         | 71.96       |         |

その他に 20～50 代ダミーを設定した。バスの効用関数には、市内主要バス路線沿線の居住者を 1 とするバス停ダミーと、個人の専用車を持っていないサンプルを 1 とする専用車ダミーを設定した。以上のダミー変数とシミュレーション結果をもとに非集計分析を行った。

ここでモデルの推定結果を表 2.に示す。これを見ると、推定した 4 つの非集計モデルにおいて、モデルの説明力を表す尤度比、的中率、 $\chi^2$ 値、及びパラメータのt値は、良好な値が得られ十分な説明力と論理性があることが確認された。特に各シナリオによる 3 つのモデルにおいて所要時間のt値が 99%有意となっている。このことから、自動車の所要時間として交通シミュレーションの結果を非集計分析に反映させることが出来たといえる。

また、モデル間での非集計分析結果の比較を行うと、尤度比、的中率、 $\chi^2$ 値、には差異が見られた。どの指標においても、最も良好な値が得られたのは、社会実験時に実際に行われたシナリオ 3 ではなく、シナリオ 3 に比べ交通負荷の大きいシナリオ 1 やシナリオ 2 によるモデルであることが分かる。また、実測データによるモデルの $\chi^2$ 値、尤度比、的中率が、最も低くなっていることも分かる。これら 3 つのモデルの違いは、自動車の所要時間のみで、他の説明変数はいずれのモデルも同一のものを用いている。このことから、これらの説明力や論理性の違いは、渋滞の度合を表す 1 つの指標である自動車の所要時間の違いによるものであると考えられる。このような差異が見られたことから、社会実験当日の来街者の交通手段選択行動が実現象よりも大きな交通負荷や、激しい交通渋滞を想定して行われた可能性があると考えられる。

## 7. おわりに

本研究では交通社会実験時の交通手段に着目して、分析を行った。非集計モデルの作成では、交通シミュレーションの結果を導入して分析を行った。作成された 3 つのモデルからは、渋滞予測の結果を交通手段選択モデルに組み込むことへの可能性を見出した。さらにこれら 3 つの比較をすることで、実験時の交通手段選択は現実よりも大きな交通負荷を想定して行われたことが分かった。

交通社会実験がこれまでに経験のない交通環境であったため、渋滞状況の過大認知につながったと考えられる。施策の本格実施によって、日常的になった交通環境についての分析も今後必要であると考えられる。

### 【補注】

- (1) 本研究で行った交通シミュレーションの再現範囲は、距離  $d$  の基点を中心とする半径 1.5km の円に囲まれるため、1.5km を境界として平均旅行速度を使い分けることにした。

### 【参考文献】

- 一例として、国土交通省道路局 HP、「社会実験の推進～道路施策の新しい進め方～」  
URL<http://www.mlit.go.jp/road/demopro/index.html>
- 金城一也 福田敦 関陽水：「トランジットモール導入時における来街者の回遊特性に関する研究-那覇市国際通りを事例として-」、土木学会第 57 回年次学術講演会概要集、pp.9-10、2002
- 五反田八紘 福田匡宏 椎名主税 中野英明 坂本邦宏 久保田尚：「交通シミュレーション・社会実験・本格実施」サイクルに関する事例研究～大宮氷川参道周辺地区まちづくり～」、土木計画学研究・講演集、No.32、CD、2005