

大規模集客施設利用者の施設利用行動特性を考慮した 地区内行動シミュレーションモデル開発に関する研究

A Study on Development for Visitors' Behavioral Simulation Considering Characteristics of Traffic,
Visiting and Consuming Behaviors in CBD Area with Large Scale Commercial and Service Facilities.

春名 攻* 山田 幸一郎** 山岸 洋明*** 立川 賢二***
by Mamoru HARUNA*, Koichiro YAMADA**,
Hiroaki YAMAGISHI*** and Kenji TATSUKAWA***

1. はじめに

近年、急激なモータリゼーションの進展や人々のライフスタイルの多様化等により、人口の郊外への移転が進み、これに伴う商業施設や公共施設の郊外移転等都市機能の郊外分散が進行している。この結果として、既存中心市街地における空き店舗が増加し、大型店も中心市街地から退転する動きが見られるなど、既存中心市街地における商業集積地区の魅力が相対的に低下し、商業機能の空洞化が深刻化しつつある。

このような状況に対して、近年、全国各地の商店街等で、顧客吸引力を高めるためのさまざまな取り組みがなされてきているが、都市全体の回遊環境やアクセス環境をはじめとする全体的な都市環境を良好にしていく上で課題・問題が山積しているため、個々の商業集積地区・商店街レベルでの努力では解決困難な問題が多く、問題解決がなされたという事例はほとんど存在していないというのが実状である。

したがって、このような中心市街地の活性化にあたっては、中心市街地の空洞化が複合的な要因によって生じているものであるという認識に立ち、中心市街地における総合的な都市環境の改善と商業機能の充実を車の両輪として、それらが互いに連携して相乗効果を生み出すように、各種事業を一体的・有機的に推進することが重要である。そして、このような都市環境の一体的・総合的改善を行うことによって、中心市街地における都市魅力を拡大し、中心市街地への訪問者の増加と回遊行動の活性化によって施設利用度を向上させ中心市街地の活性化

を図っていくことが重要であると考える。

また、一般的に具体的な施設整備・開発計画問題は、交通行動を含む人々の多様な都市内の行動によってその評価が決まってくる部分が多いといえよう。

このような考えの下、本研究では、施設整備後の人々の都市内における行動を先取的にシミュレートし、施設整備・開発計画段階に取り込んでおくことが検討を合理的に進める上で効果的・効率的であると判断した。

そこで、滋賀県大津市都心地区を対象として、大規模集客施設利用者の行動実態に関するアンケート調査を行い、その結果に基づいた人々の施設利用行動、消費行動、交通行動に焦点を当てた地区内行動シミュレーションモデルの開発を行った。そして、本シミュレーションモデルを用いた実験計画法に基づくモデル分析により、交通施設整備や商店街整備の効果分析を行った。

2. 既存研究の整理

近年、交通需要解析や交通現象解析における均衡配分手法の動学化の必要性や動的均衡配分手法の計算上の限界、さらには均衡配分手法の理論的問題等¹⁾から、新たな交通量配分手法として多くの交通流シミュレーションモデルが提案されてきている。

これら交通流シミュレーションモデルは、その基本的概念よりミクロモデルとマクロモデルに大別される。

ミクロモデルでは、Gazis ら²⁾による追従理論などをベースとして、INTRAS³⁾をはじめ多くのモデルが開発されている。その中でも NETSIM⁴⁾が国内外で広く利用され、国内でもこのモデルをベースとして研究・開発が進められているものがある。ミクロモデルでは個々の車両データが得られ、計算時間と記憶容量が一般的に大きくなるが、近年の演算器機やシミュレーション技法の開発・発展もあり本稿のケーススタディで取り上げる程度のネットワークへの適用も可能となってきた。

キーワード：地区交通計画、地区計画、再開発、整備効果計測

*正会員，工博，立命館大学理工学部環境システム工学科 教授
(〒525-8577 草津市野路東 1-1-1, TEL 077-561-2736 FAX 077-561-2667)

**正会員，工修，立命館大学大学院理工学研究科総合理工学専攻
(連絡先 同上) (日本建設コンサルタント(株))

***学生員，立命館大学大学院理工学研究科環境社会工学専攻
(連絡先 同上)

一方、マクロモデルは、交通流を数値的に捉え、交通量などのマクロな指標で表すもので、交通量、密度、平均速度の関係式（車両保存則、 $Q=KV$ ）により計算されるモデルが一般的である。早くに開発され広く利用された TRANSYT⁶⁾は交通量を基準とした計算と交通流の拡散を取り入れているのが特徴であるが、自由流のみで有効であったモデルである。他に代表的なモデルとしては、速度式に密度変動や定常状態への緩和を加えた Payne によるモデル⁶⁾、Payne のモデルを拡張した Cremer モデル⁷⁾などがあげられる。また独自に国内でも経路選択を主眼に置いたブロック密度法⁸⁾、BOX モデル⁹⁾、DYTAM-I¹⁰⁾等が開発されている。これらマクロモデルは、単位区間ごとにのみパラメータを持つので計算時間が短く大規模なネットワークに適している反面、例えば交差点付近や駐車場付近の渋滞状況を詳細に表現することに限界があると考えられる。

近年では上述した粒子・流体モデルの長所を利用してモデルが開発されてきている（例えば、AVENUE¹¹⁾）。

これらシミュレーションモデルは、交通現象解析や交通状態予測のために開発されたものであるが、近年では交通需要マネジメントを含む公共交通機関の運営方法¹²⁾や自動車交通公害軽減に関する検討¹³⁾へとその適用範囲を拡大してきている。

そして後述する本研究で開発した交通流シミュレーションモデルにおいては、リンク上を流体的に、そして交通渋滞等の原因となる車両の走行・停止状態を定量的に表現するために、このような状況の発生する交差点・駐車場付近においては、車両を粒子的に扱い BOX モデルの考え方を利用して表現することとした。

また、中心市街地等の地区内の人々の行動が車両のみならず、歩行も表現できるよう歩行者シミュレーションモデルについても開発した。そして、これら交通流・歩行者シミュレーションモデルを介して、訪問者の地区内での回遊状態を、後述する選択モデル等によって仮想表現した。

3. 対象地区の現況及び調査

(1) 調査対象地区の現況

近年、滋賀県大津市では、県道大津草津線沿線を中心として、大規模集客施設の立地が進んでいる。そのため、新規立地された大規模集客施設と古くから存在する商店

街が無秩序に混在しており、地元商店街の衰退が進行している。また、これら大規模集客施設整備と連携を図るべき交通施設整備が適切に行われていないため、大規模集客施設利用者の施設間移動交通や駐車場待ち行列、さらには、駐車場探しの迷走交通等が発生し、増大する流入交通と通過交通により交通容量が不足している県道大津草津線の道路機能の更なる低下を引き起こしている。

このような状況に対して、滋賀県、または大津市では、道路の拡幅等が検討されているが、県道大津草津線が琵琶湖と京阪鉄道に挟まれており、さらに沿道には多様な施設が林立していることから、新規道路の設置はもとより既存道路の拡幅についても長い年月と莫大な費用を要すると考えられる。こういった状況の中で、交通渋滞を緩和・解消するための効果的・効率的な交通施設整備や交通需要マネジメントシステムの導入が望まれている¹⁴⁾。

(2) 調査概要

地区訪問行動を積極的に誘発し中心市街地における商業・サービス施設の高度利用を考えた場合、まず、地区訪問者の行動特性把握が重要であると考えた。また、施設利用行動を考えた場合、周辺交通等に大きな影響を及ぼしていると考えられる大規模集客施設を中心として、施設利用が活発に行われている休日の施設利用行動に関するアンケート調査を行い、施設利用行動特性に関する分析を行った。なお、調査概要に関しては、表-1に示し、調査内容に関しては個人属性、施設間利用交通機関、アクセス時間、アクセス性の評価、利用施設の目的、施設内消費金額・滞在時間、施設の到着時間・出発時間、移動の際に利用した経路等を設けた。

表-1 アンケート調査概要

調査主題	休日における都市施設利用行動に関する実態調査
調査対象	大津市都心地区における大規模集客施設利用者
調査場所	大津市都心地区内大規模集客施設
調査期間	平成10年10月29日～12月13日（休日）
回収終了日	同年12月28日
回収方法	郵送による回収
配布数	4350部
有効サンプル数	1051部 （24.1%）

(3) 調査結果概要

調査結果より、施設利用に関しては、施設によって取り扱っている商品、サービス内容、立地条件等が異なることから、施設滞在時間、消費金額などの消費活動や利

用目的等も大きく異なっていることが伺えた。このことより、施設の集客性が増すためにはサービスの質の高度さ、多様性を十分に考慮する必要があると考える。

また、地区内における回遊行動に関する分析結果から、施設間移動に利用されている経路としては、施設間距離の短い経路や、歩行を楽しむことのできる商店街、景観等の歩行環境が整備された経路が多く利用されていた。このことから、移動距離が長くなっても徒歩での移動が行われていることから、快適な歩行環境を整備することによって、この様な特徴を活かした都市づくりが有効であると考えます。

4. 地区内行動シミュレーションモデル構築に関する検討

(1) 地区内行動シミュレーションモデルの全体構成

各選択行動の決定は、施設利用者自身の属性（個人情報）によって大きな影響を受けていた。そのため、各選択行動において大きく影響を及ぼしている要因をアンケート調査結果の分析を通して抽出し、その要因別の行動モデルの構築を行った。

そして、本シミュレーションモデルを、訪問施設とその施設までの交通手段を同時決定を行う施設訪問行動モデル、地区における交通状況を表現する交通シミュレーションモデル、徒歩による移動の状況を表現する歩行者シミュレーションモデル、施設における消費行動を表現する施設利用行動シミュレーションモデル等から構成し、歩行者と自動車を一体的にシミュレートすることによって、地区内における個人の行動をよりミクロな視点から表現できるとともに、地区の状況に対して多角的な評価を行うことができると考えた。その各モデルのシミュレーション上における処理のプロセスを図-1に示す。

なお、本シミュレーションモデルでは、地区訪問者行動を表現するにあたり、調査結果にもとづく地区内滞在時間を設定することにより、個人はその地区内滞在時間内で施設利用行動を行うものと仮定した。

(2) 施設訪問行動モデル

ここでは、地区訪問者が施設へ到着するまでの意思決定要素と考えられる、①施設を訪問する目的（訪問目的）設定、②目的を達成させるための施設選択、③その施設までの交通手段選択についての設定方法について述べる。まず、訪問目的であるが、これは時間帯別にアンケート

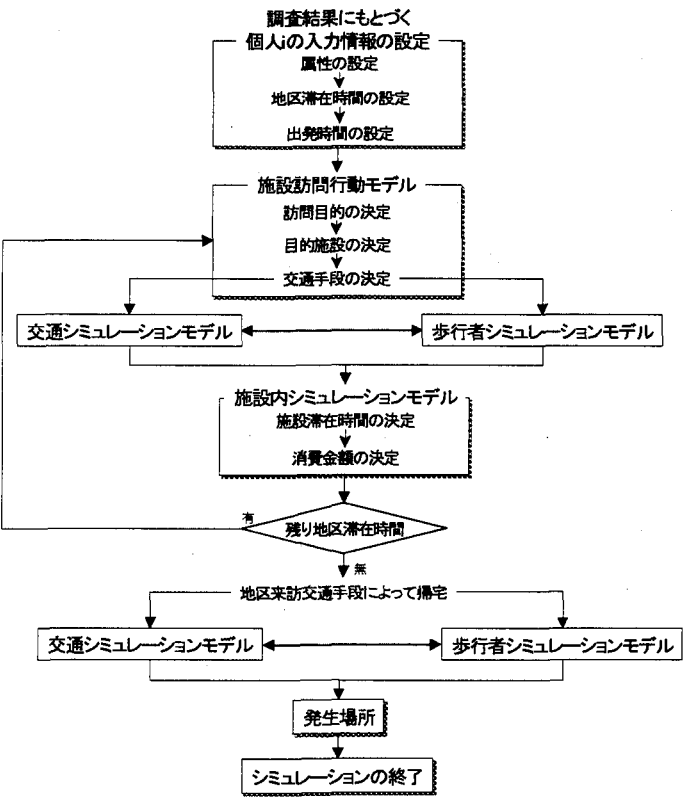


図-1 シミュレーションプロセス図

に設定した「施設を利用した目的」を統計し、これより確率式を作成した。また、移動交通手段と訪問施設の決定はネスティッドロジット(NL)モデルを採用し同時決定を行った。説明変数を、施設における目的業種面積、距離、自動車保有を示すダミー変数、地区内からの訪問者を示すダミー変数、移動時間とし、パラメータ推定した結果を表-2に示す。

表-2 NLモデルによる交通手段・訪問施設選択のパラメータ推定値

説明変数	パラメータ値	t 値
目的別施設面積 (㎡)	0.0833	0.15
移動距離 (m)	-0.0102	-0.52
移動時間 (分)	-0.3091	-2.56
車保有ダミー	3.8116	3.28
地区内住所ダミー	0.2826	0.44
λ	0.7433	
決定率	0.6429	

本モデルは、同時決定の多項ロジットであるため決定率 64.3%は有効であると考えた。

また、個人行動を検討していく上で施設選択行動は様々な要素によって表現されていると考えた。そこで、ネスティッドロジットモデルの例外として、複数の選択モデルを用いて表現することとした。

具体的には、①施設の内容を考慮せずに行動する場合には、ランダムで施設選択を行なう、②訪問目的を満たす施設を選択する場合には、施設総売場面積に対して訪

問目的に合致する売場面積の占める割合が最も大きな施設を選択する、③施設内の業種の多様性によって施設選択する場合には、業種数が最大となる施設を選択することとした。なお、その際の交通手段選択は、移動コスト、乗り換え時間と移動時間の和による移動所要時間、自動車保有ダミー、地区までの所要時間の説明変数から構成するロジットモデルを採用した。なお、パラメータ推定値は表-3に示す。これらモデルの説明変数は、アンケート結果をはじめとした各種調査データをもとに相関性を検討した上で設定した。

当然、施設のオリジナリティ、販売コストの差違、建物の様相等を初めとした個々の施設レベルでの自助努力の違いが選択行動に影響を与えていることは事実と認識している。そこで、後述する6章のモデル分析では、一つの方法として、アンケート調査結果をもとに、商店街のイメージが変化した場合の施設訪問確率を設定し、その効果を予測している。

表-3 ロジットモデルによる交通手段選択のパラメータ推定値

説明変数	パラメータ値	t 値
移動コスト (千円)	-14.5189	-0.54
移動所要時間 (時間)	-4.7400	-1.16
車保有ダミー	94.8821	7.58
地区所要時間 (時間)	76.9053	7.59
決定率	0.7821	

(3) 交通流シミュレーションモデル

(a) モデル概要

本シミュレーションモデルに内蔵されている交通流シミュレーションモデルは、動的な経路選択行動モデル（完全情報下での最小時間経路選択）を内蔵し、車両の移動を流体的に表現するモデルと、ある一定の大きさを持つ BOX 内を移動させることによって車両の挙動を表現するモデルとを階層的に配置し、それらを適切に用いた処理を行うことによって全体の交通流を表現するシミュレーションモデルである¹⁵⁾。

具体的には、リンク上の走行を K-V 曲線 (J.Drake 式¹⁶⁾) を用いて表現し (K-V モデル)、信号交差点や駐車場における待ち行列現象を BOX モデルによって表現している。なお、K-V モデルと BOX モデルを組み合わせている断面は、右折レーン設置位置としている。つまり、車両のリンク上の走行は、K-V 曲線を用いて流体的に表現することによって多 (単) 車線道路上の走行を表現することが可能となり、また、信号交差点や駐車場付

近 (路上にあふれた駐車場からの待ち行列については、リンク上の K 値を加算することで対応している。)においては、BOX モデルを用いることによって待ち行列現象を精緻に表現することができる (図-2)。

なお、右折車両のブロッキングの問題については、K-V モデルから BOX モデルへと車両が移動する際に、経路選択を行い、その結果にもとづき進入レーン別の FIFO リストに進入させることによって回避させている。

また、この K-V 曲線と BOX モデル間に以下のような流入規制を設定することによって、交通渋滞の隣接リンクへの伝播をも表現することが可能となる。

1) K-V 曲線から BOX モデルへの流入規制

BOX モデルにおいて、完全情報下での最小時間経路選択によって決定された進入レーン (右左折・直進) の最上流 BOX 内に車両が存在していない場合のみ流入可能である。

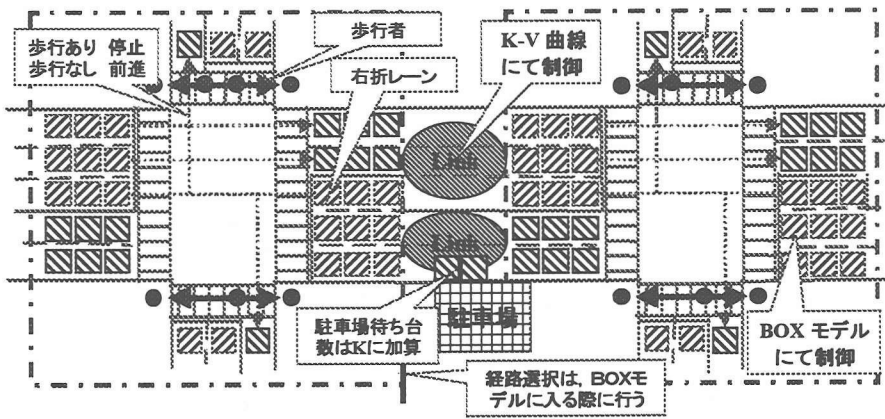


図-2 交通流シミュレーションモデル概要

2) BOX モデルから K-V 曲線への流入規制

リンク交通密度が 100[台/km/車線数]以上であった場合、もしくは、リンク走行速度が 0[km/h]であった場合はリンクへの流入を禁止する。

(b) 車両移動の表現

リンク上を走行している際には、スキャニングインターバル Δt (1 秒) 毎に、J.Drake 式によって交通流シミュレーションネットワークモデル上の全リンクの走行速度を算出する。

$$v_i(t) = v_i^f \cdot e^{-\frac{1}{2}(k_i/k_i^0)} \quad \text{for all } i \quad (\text{式 } 1)$$

ただし、 $v_i(t)$:リンク*i*の時刻*t*における走行速度[m/sec], v_i^f :リンク*i*の自由走行速度[m/sec], k_i :リンク*i*の交通密度[台/km/車線数], k_i^0 :リンク*i*の限界交通密度[台/km/車線数],である。

このように算出されるリンク走行速度を用いて、次式によって各車両の走行位置を Δt (1 秒) 毎に更新する。

$$x_n(t + \Delta t) = x_n(t) + \Delta t \cdot v_{i,n}(t) \quad \text{for all } n \quad (\text{式 } 2)$$

ここで、 $x_n(t)$: 車両 n の時刻 t における走行位置[m],
 i^n : 車両 n が走行中のリンク番号, である。

一方、BOX モデルにおいては、 Δt (1 秒) 毎に車両 n が存在する BOX と同一車線の下流側の BOX 内に車両が存在しなければ、その BOX へ移動し、そうでなければ当該 BOX 内で停止する。

なお、車両 n が存在する BOX が、当該リンクの最下流の BOX である場合は、信号現示を確認し、進行可能であれば流入リンクの最上流の BOX を参照し、同様の処理によって移動を行う。

(c) 経路選択行動モデル

先述のように、本交通流シミュレーションモデルにおける各車両は、最小時間経路を選択して走行する。なお、最短経路の探索は、経路の変更が可能な地点、つまり、ノードに到着する毎に、先述の J.Drake 式によって算出されるリンク旅行速度を用いてリンク旅行時間を算出し、これに基づいてダイクストラ法を用いて探索する。

(4) 歩行者シミュレーションモデル

歩行者シミュレーションモデルは、前述の交通流シミュレーションモデルとリンクしながら歩行者の移動状況をシミュレートするモデルである。ここでは、歩行者シミュレーションネットワークモデルを図-3のように構成することによって、交通流シミュレーションネットワークモデルと相互に関係を持たせ、前述の BOX モデルと歩行者シミュレーションモデルをリンクさせることによって、自動車と歩行者の錯綜状況を動的に表現する。

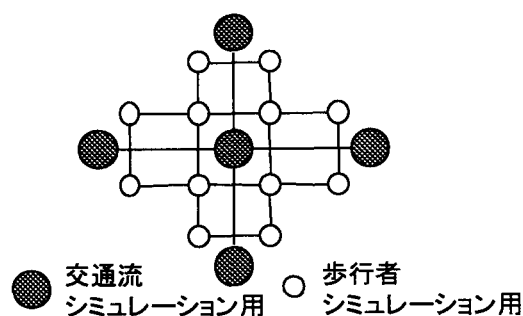


図-3 交通流・歩行者シミュレーションネットワーク関係図

なお、歩行者の移動状況をシミュレートするにあたって、以下のような仮定を行った (図-2 参照)。

- 1) 歩行者は目的地まで最短距離経路を選択する。

- 2) 信号交差点においては、歩行者が優先で、信号の青現示開始と同時に歩行者が交差点内を横断し、横断中の歩行者が存在する間は、自動車 (右左折車両) は当該 BOX 内で停止する。
- 3) 歩行者が信号交差点を斜め方向に横断する場合には、青信号側の横断を優先して交差点横断を行う。
- 4) 最短距離経路が複数存在する場合には、それらの経路から無作為抽出として経路を与える。

(5) 信号制御モデル

本モデルは、交通流シミュレーションネットワークモデル上に存在するすべての信号の信号現示 (青・赤の 2 種類) を同時に制御するものである。

具体的には、信号現示を 0-1 変数として表現し、これを各信号機別に設定された固定サイクルにしたがって変化させることによって制御する。なお、本モデルでは、通常、固定サイクルによる制御を行うが、車両感応制御等も表現可能である。

以上説明した歩行者・交通流シミュレーションモデルのロジックを図-4 及び図-5 をもって示す。

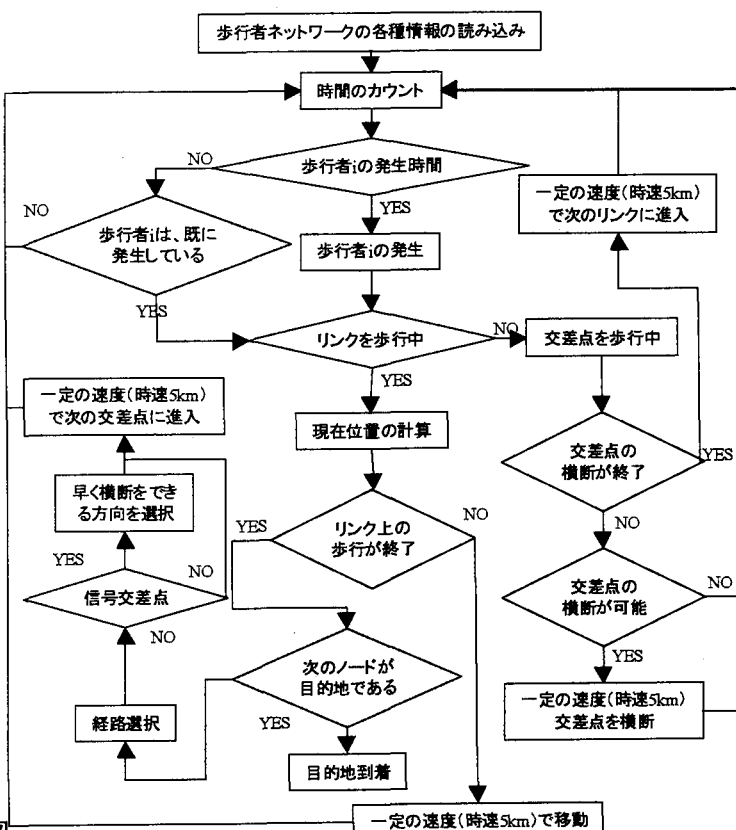


図-4 歩行者シミュレーションモデルフロー

(7) 施設内行動シミュレーションモデル

本シミュレーションモデルは、施設利用者の施設内の時間・お金の消費をシミュレートするモデルである。

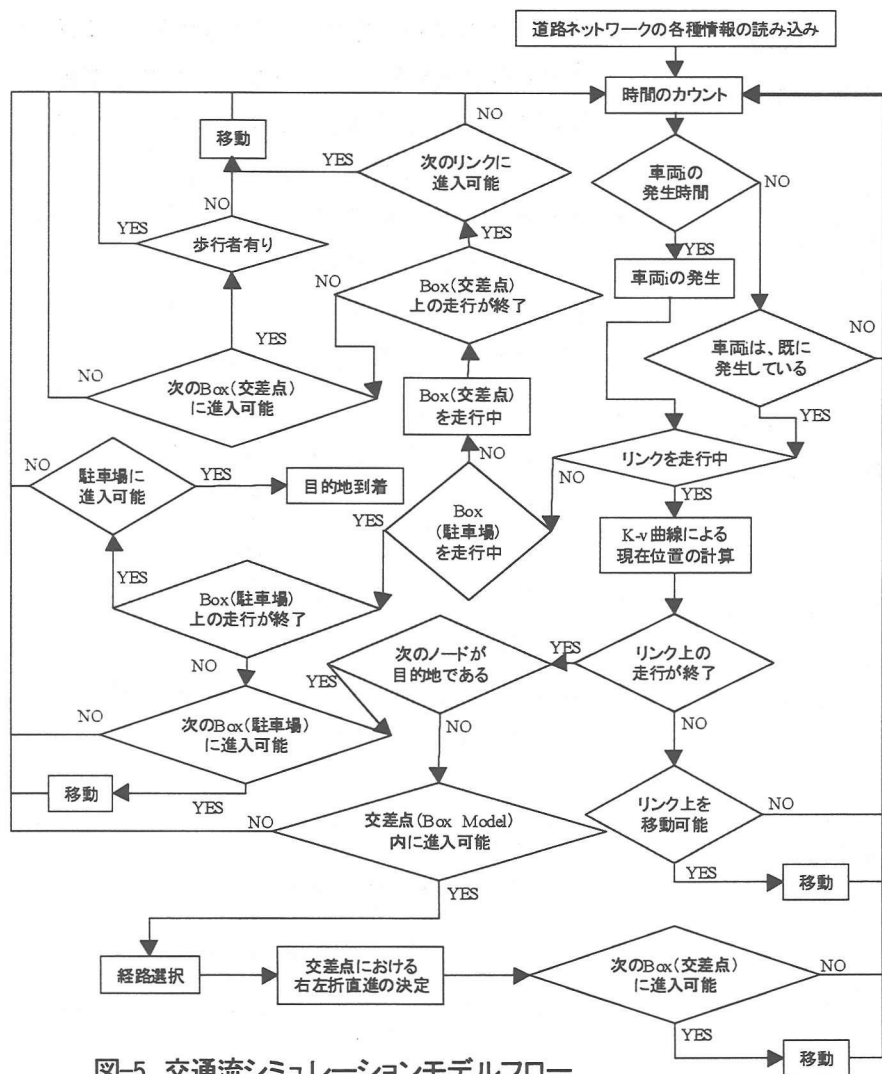


図-5 交通流シミュレーションモデルフロー

1) 施設内滞在時間の決定

調査結果から、外的基準を施設内滞在時間とした数量化II類分析により偏相関の高かった要因としては、訪問目的が挙げられた。また、施設への到着時間によって大きな変動が見られたため、到着時間も考慮することとした。つまり、到着時間に対して変化を及ぼす目的別に滞在時間を決定した(図-6)。

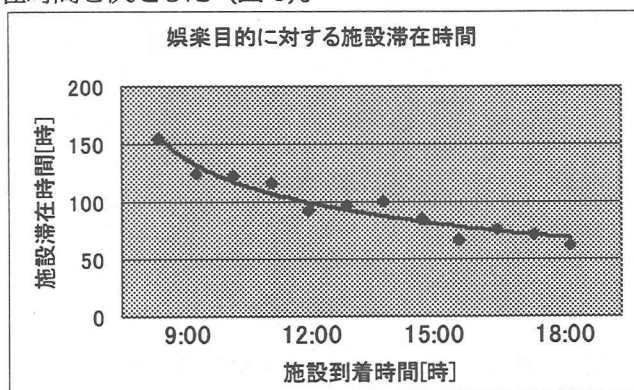


図-6 娯楽目的に対する施設滞在時間(例)

$$ts_n = \alpha_{l^n} \ln(t) + \beta_{l^n} \quad (\text{式 } 3)$$

ただし、 ts_n : 個人 n の施設滞在時間[min], t : 時刻[min]
(午前8時からの経過時間[min]), l^n : 個人 n の施設訪

問目的、 α_* , β_* : パラメータ, である。

表-4 パラメータ推定値

目的	α	β	R^2
食料品	-13.248	58.412	0.798
日用品	-25.082	136.600	0.862
衣料品	-17.048	121.520	0.841
喫茶飲食	-12.876	66.906	0.795
娯楽	-45.913	186.820	0.913
観光	-39.396	142.790	0.879

2) 消費金額の決定

消費金額に関しては、図-7、図-8に示す様に年齢と施設内滞在時間に大きく影響を受けていたことから、消費金額と施設内滞在時間との関係を年齢別に関数で表現することとした。なお、パラメータは表-5に示す。

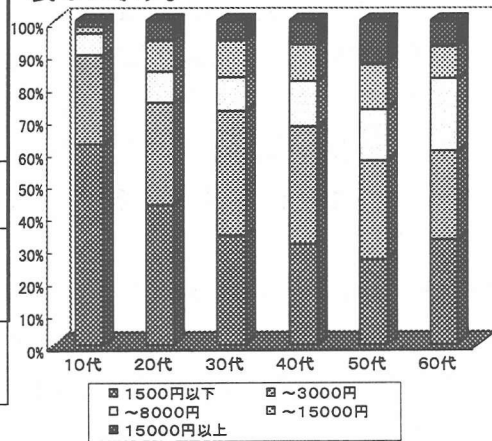


図-7 年齢別消費金額

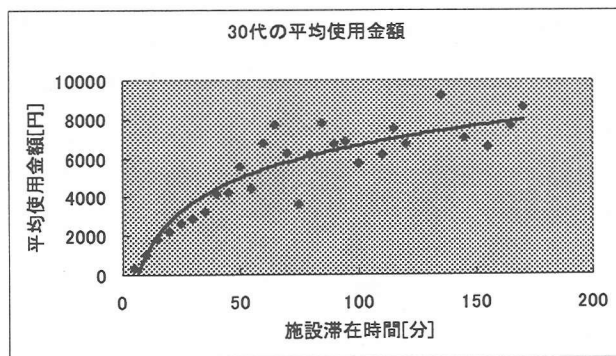


図-8 30代の平均使用金額の関係図(例)

$$mc_n = \alpha_{a^n} \ln(ts_n) + \beta_{a^n} \quad (\text{式 } 4)$$

ただし、 mc_n : 個人 n の消費金額[円], ts_n : 個人 n の施設滞在時間[min], a^n : 個人 n の年代, である。

表-5 パラメータ推定値

年代	α	β	R^2
10代	1409	-3710	0.877
20代	2875	-7852	0.864
30代	2712	-7196	0.869
40代	2477	-6133	0.807
50代	4437	-11350	0.790
60代	3994	-11217	0.798

(8) 発生モデル

本シミュレーションモデルにおいては、次のような方法にて発生モデルを作成した。まず、アンケート調査結果をもとに、本地区の訪問者の時間変動に伴う地区流入部に到着する時間を発生時間として、アーラン分布に近似した式を作成した(図-9)。そして、地区流入部で実施した、流入部通過者に対する地区訪問者の割合に関する調査¹⁴⁾から地区訪問者と通過者の割合を求めた。そして、これらのサンプル及び主要道路の交通量や駅の利用者数をもとに、調査サンプルから実際の母数へ拡大した。なお、シミュレーション計算は、作成された発生近似式をもとに1秒単位に発生する量を算出した。

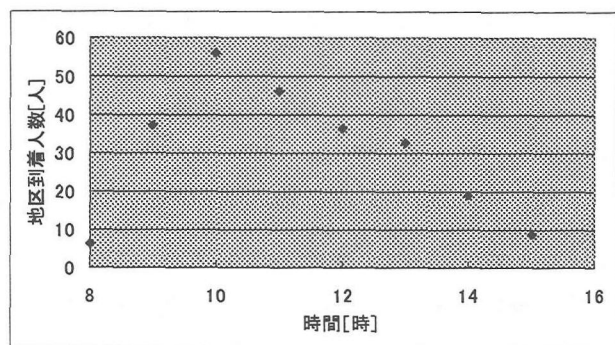


図-9 地区訪問者の発生時間分布(調査サンプル)

5. 地区内行動シミュレーションモデルの精度に関する検討

本シミュレーションモデルを用いたモデル分析を行うにあたって、まず、本シミュレーションモデルの精度について確認することとした。

なお、ここでは、滋賀県大津市の交通流シミュレーションネットワークモデル、及び歩行者シミュレーションネットワークモデルを図-10のように構成した。また、地区への訪問者数は、地区へ流入する断面交通量(表-6)から時間帯別の地区への目的とする割合から地区への自動車による訪問台数を推定する。また、時間帯別の利用交通機関割合から他の交通機関による訪問者数(グループ数)(表-7)を推定し地区への総訪問者数を推定することとした。

しかしながら、時間帯別の施設滞在者数を把握することは困難なため、ここではランダムサンプリングで行ったアンケート調査結果を実測データとして取り扱うこととした。そこで、アンケート調査の母数を地区訪問者数

と想定し、シミュレーションの精度の確認を行った。交通量に関する精度の確認では、先に推定した訪問者数および断面交通量を母数として各交差点の時間帯別交通量での確認を行った。

表-6 時間帯別断面交通量

交差点名	9時	10時	11時	12時	13時	14時
由美浜交差点(台)	2972	3376	3300	3363	3023	3534
春日町信号(台)	1071	1190	1383	1500	1359	1775
浜大津港交差点(台)	1781	2052	1762	1694	1511	1560
逢坂一丁目交差点(台)	722	859	888	873	961	907
自動車台数(台)	6546	7477	7333	7430	6854	7776
15時	16時	17時	18時	19時	20時	
3298	3873	3644	3844	2647	2257	
1557	2009	1794	2066	943	721	
1566	1638	1648	1546	1598	1455	
1025	1061	963	981	959	795	
7446	8581	8049	8437	6147	5228	

表-7 時間帯別交通機関訪問者数

	9時	10時	11時	12時	13時	14時
自動車訪問台数	523	3570	5306	4406	3222	3277
バス訪問者数	65	206	178	195	152	33
駅訪問者数	33	549	771	624	417	629
徒歩訪問者数	33	618	534	975	644	695
自転車・バイク訪問者数	261	893	652	1131	796	199
地区訪問者数(グループ)	915	5836	7440	7331	5230	4832
15時	16時	17時	18時	19時	20時	
1822	953	806	750	411	241	
30	27	38	39	51	30	
388	82	77	79	26	15	
209	163	77	39	77	45	
60	27	38	39	26	15	
2509	1252	1037	948	590	347	
総訪問者数						38267

また、地区内の回遊性に対する検証として、アンケートサンプリングデータから得た調査結果、及びシミュレーションから得た計算結果と調査結果との誤差を、図-11、図-12、図-13に示す(実際の各施設での滞在者数や出入人数の実測は調査が大規模となるために、簡潔な検証方法として、このような検証を行った)。なお、交通に関する精度については図-14に示すようであった。

なお、精度に係わる様々な角度からの検証及びシミュレーションで利用した諸データの調整については、調査・分析を引き続き行うこととするが、次章のモデル分析については、この計算結果をベースに行った分析を報告する。

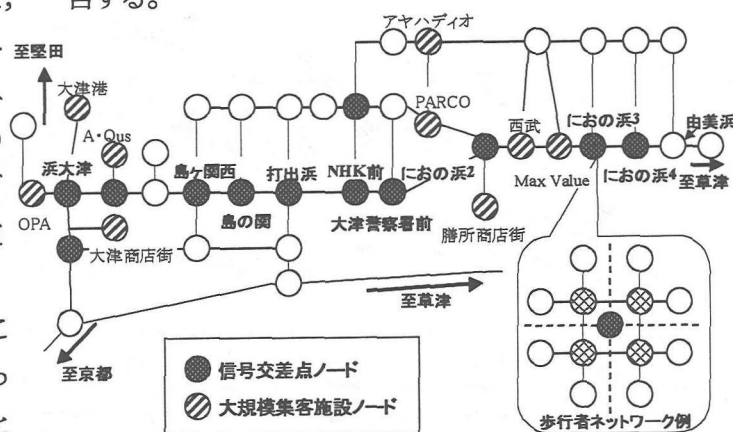


図-10 シミュレーション対象ネットワーク

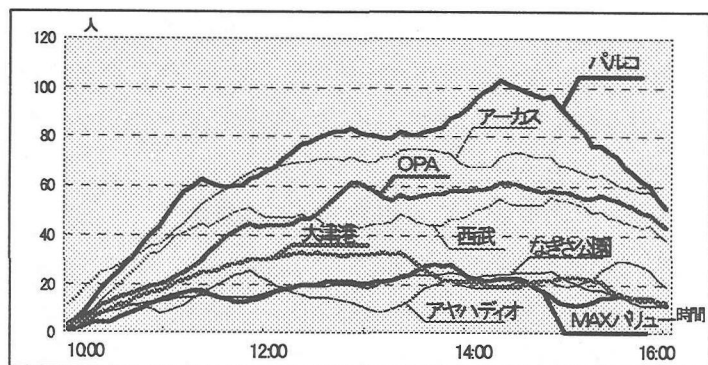


図-11 サンプルデータの調査結果(時間帯別施設滞在者数)

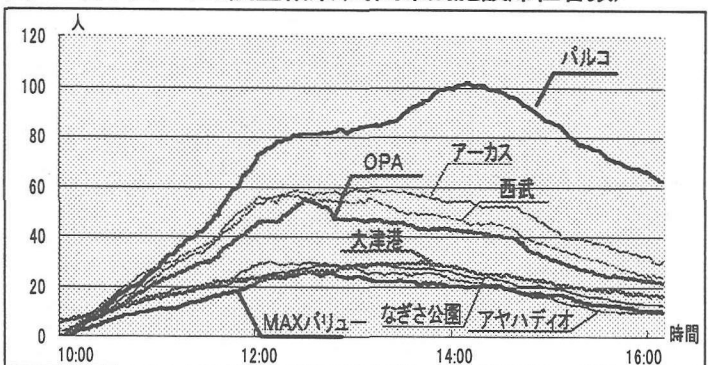


図-12 シミュレーションモデルの計算結果

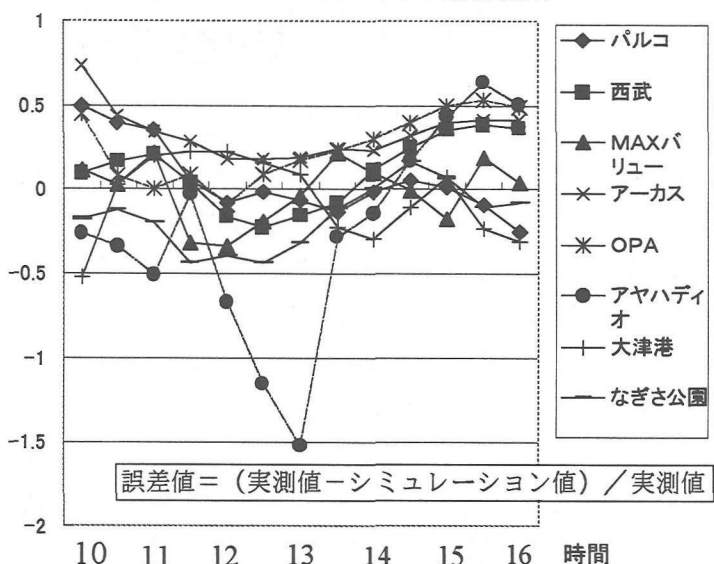


図-13 調査結果とシミュレーション値の誤差(乖離)

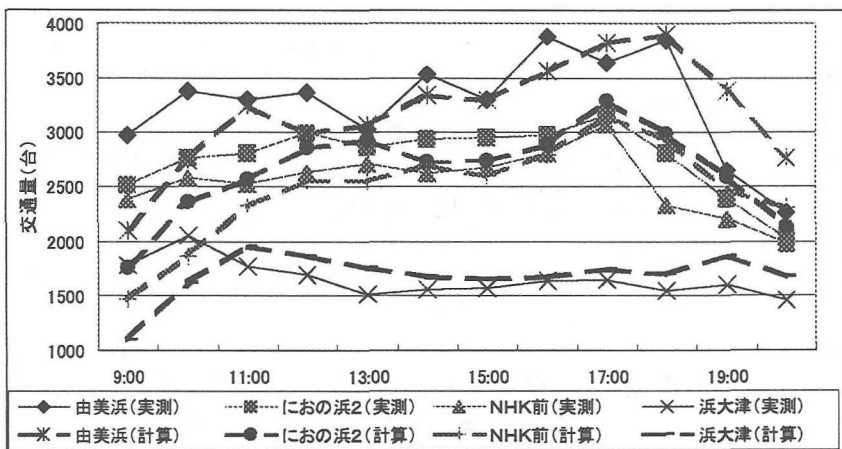


図-14 交差点交通量(時間帯別交通量)

6. 地区内行動シミュレーションモデルを用いたモデル分析

先述のように、中心市街地の活性化にあたっては、中心市街地における総合的な都市環境の改善と商業機能の充実という両者の整合性を図るとともに、それらを互いに連携させることによって相乗効果を生み出すように、各種事業を一体的・有機的に推進することが重要である。特に、交通施設整備は、都市・地域の発展や活性化といった目的のもとで行われる様々な施設整備・開発の結果、量的・質的に変化する交通需要を効果的かつ効率的に処理し、地域における交通状態が利便性・快適性・安全性といった面でドライバーや道路周辺住民にとって問題とならない状態に保たれているよう、整合性を図った形で進める必要がある。また、人々の都市施設を中心とした都市活動を効果的に支援しうる交通施設整備を行うことも重要である。

このような一体的な都市機能の強化による中心市街地の活性化を検討するにあたり、本研究では、次に挙げる項目を考慮して交通施設整備を含む施設整備計画をより総合的な視点から評価する必要があると考えた。

- 1) 地区内での人々の行動は、個人（あるいは同伴者を伴うグループ）ごとに意思決定がなされている。
- 2) 交通現象は人々の多様な行動を時間的・空間的に累計化することで現出する。
- 3) 人々の自動車による施設利用行動が地区の交通状況に多大な影響を与えている。

以上のような認識から、本研究では、本地区内行動シミュレーションモデルを用いたモデル分析により、前述のような計画検討を合理的に進める上で、重要な計画支援情報作成を行うこととする。

(1) 地元商業施設整備施策の効果分析

本研究では、地元商業施設が大規模商業施設との共存を目指し、商業機能とアクセス機能のバランスの取れた整備が都市魅力の向上を促すと考えた。そこで、地元商店街活性化を目指し地元商店街の売り場面積の拡張、イメージの変化、P&BR を行ったときの運賃といった表-8 に示す施策に関して、実験計画¹⁷⁾を、 L_{64} の直行配列表に基づいて作成し、分散分析を行った。

表-8 シミュレーション実験対象施策

要因	施策	水準1	水準2	水準3	水準4
A	食料品売場の増加	現状維持	300㎡増加	600㎡増加	1000㎡増加
B	衣料品売場の増加	現状維持	300㎡増加	600㎡増加	1000㎡増加
C	日用品売場の増加	現状維持	300㎡増加	600㎡増加	1000㎡増加
D	飲食・喫茶売場の増加	現状維持	300㎡増加	600㎡増加	1000㎡増加
E	イメージの改良	現状維持	市場型	モール型	パティオ型
F	P&BR運賃	0円	100円	200円	400円

回遊回数を特性値とした分散分析の結果(表-9)からP&BR運賃が寄与していることが分かった。そこで、水準による変動を図-15に示す。P&BR運賃が安くなることにより移動の交通機関としてバスが頻繁に利用される(図-16)、活発に回遊が行われていることが伺える。活発な回遊環境が中心市街地の活性化につながってくると考える。

表-9 分散分析表(特性値:回遊回数)

施策	自由度	変動	分散	純変動	寄与率
A	3	2.03E-04	6.75E-05	-1.00E-04	-
B	3	7.00E-04	2.33E-04	3.92E-04	7.56%
C	3	9.13E-04	3.04E-04	6.05E-04	11.68%
D	3	7.99E-04	2.66E-04	4.92E-04	-
E	3	3.48E-04	1.16E-04	4.00E-05	-
F	3	9.91E-04	3.30E-04	6.84E-04	13.19%
e	12	1.23E-03	1.03E-04	3.08E-03	59.34%
合計					100.00%

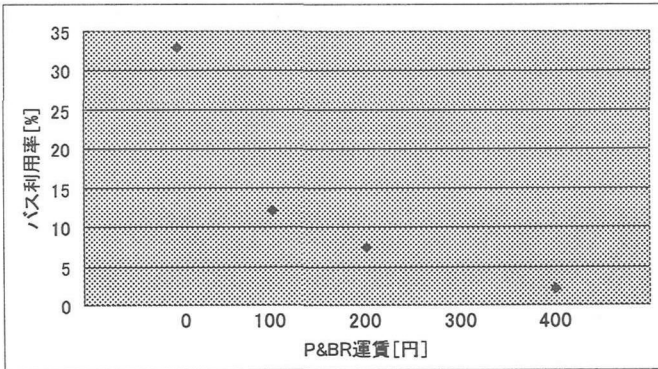


図-15 水準に対する平均回遊回数の推移

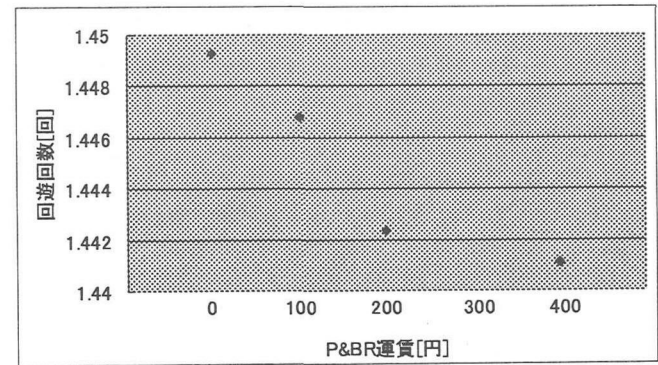


図-16 P&BR 運賃に対するバス利用率の推移

地元商店街の活性化を検討していく上で、地元商店街での消費金額の増大が直接的に関係を及ぼしている。そこで、施策として地元商店街の面積の拡張を行ったため、1日の単位面積当たり地元商店街の売り上げを特性値と

し検討(表-10)を行った。そこで、地元商店街の食料品売場面積の拡張が影響を与えていた。そこで、水準による変動を図-17に示す。水準による変動は、60㎡拡張を行ったとき特性値は最大を示しており、過度な整備を行っても単位面積で考えると、現状を下回る結果となっている。よって、適切な規模での開発がより効果的に地元商店街での消費金額の増大を促すことが出来る。

表-10 分散分析表(特性値:単位売場面積当りの売り上げ)

施策	自由度	変動	分散	純変動	寄与率
A	3	2.77E+10	9.24E+09	2.60E+10	23.22%
B	3	2.06E+10	6.87E+09	1.88E+10	16.84%
C	3	2.22E+10	7.40E+09	2.04E+10	18.27%
D	3	2.71E+10	9.04E+09	2.53E+10	22.68%
E	3	6.83E+09	2.28E+09	5.05E+09	-
F	3	1.87E+08	6.23E+07	-1.60E+09	-
e	12	7.11E+09	5.93E+08	1.78E+10	15.91%
合計					100.00%

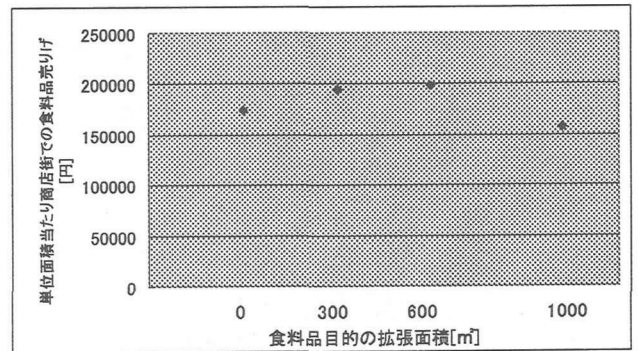


図-17 食料品目的の拡張面積に対する商店街売り上げ

(2) 交通施設整備施策の効果分析

ここでは、滋賀県の大津市における交通サービス水準の向上に寄与する交通施設整備施策について検討を加えるため、表-11に示す20の施策をそれぞれ4水準として、実験計画を L_{64} の直行配列表に割り付け、シミュレーション実験を行うこととした。なお、特性値としては、円滑な交通流の実現という視点から全車両の平均走行速度[km/h]、また、歩行者の快適なアクセス・回遊環境整備という視点から歩行者の平均信号待ち時間[sec]と設定し、シミュレーション実験を行った。続いて64回のシミュレーション実験結果に対して、特性値別に分散分析を行い、各施策の主効果に関する寄与率を各々算出した。その結果を表-12、表-13に示す。

まず、特性値を自動車の平均走行速度としたシミュレーション実験では、浜大津交差点改良(要因I)、島ヶ関西交差点改良(要因J)、におの浜2交差点改良(要因O)が有意(有意水準5%)な施策として抽出された。ここで、分散分析によって有意となった3つの施策について、

表-11 シミュレーション実験対象施策

要因	施策内容と対象場所	水準1	水準2	水準3	水準4
A	大津パルコ	現状維持	50台増	100台増	150台増
B	西武大津				
C	マックスバリュ				
D	アヤハディオ				
E	琵琶湖ホール				
F	大津港				
G	アーカス				
H	浜大津OPA	現状維持	信号サイクル及びスプリット60秒拡大	信号サイクル及びスプリット90秒拡大	信号サイクル30秒拡大、歩行者スクランブル交差点化30秒
I	浜大津交差点				
J	島ヶ関西交差点				
K	島の関交差点				
L	打出浜交差点				
M	NHK前交差点				
N	大津警察署前交差点				
O	におの浜2交差点	現状維持	上り方向1車線拡幅	下り方向1車線拡幅	双方向1車線拡幅
P	におの浜3交差点				
Q	大津草津線(競輪場～京阪浜大津駅)				
R	大津草津線(京阪浜大津駅～島ヶ関西)				
S	大津草津線(島ヶ関西～におの浜2)				
T	大津草津線(におの浜2～由美浜)				

表-12 分散分析表(特性値:平均走行速度)

施策	自由度	変動	分散	純変動	寄与率
A	3	4.13E-01	1.38E-01	3.02E-01	-
B	3	4.39E-01	1.46E-01	3.28E-01	-
C	3	4.56E-01	1.52E-01	3.45E-01	-
D	3	4.38E-01	1.46E-01	3.27E-01	-
E	3	4.49E-01	1.50E-01	3.37E-01	-
F	3	4.16E-01	1.39E-01	3.05E-01	-
G	3	4.37E-01	1.46E-01	3.26E-01	-
H	3	4.22E-01	1.41E-01	3.11E-01	-
I	3	6.28E-01	2.09E-01	5.17E-01	5.18%
J	3	8.09E-01	2.70E-01	6.98E-01	6.99%
K	3	1.82E-01	6.05E-02	7.04E-02	-
L	3	4.26E-01	1.42E-01	3.15E-01	-
M	3	5.43E-01	1.81E-01	4.32E-01	-
N	3	3.76E-01	1.25E-01	2.65E-01	-
O	3	7.72E-01	2.57E-01	6.61E-01	6.62%
P	3	4.57E-01	1.52E-01	3.46E-01	-
Q	3	4.84E-01	1.61E-01	3.73E-01	-
R	3	4.19E-01	1.40E-01	3.08E-01	-
S	3	5.67E-01	1.89E-01	4.56E-01	-
T	3	4.02E-01	1.34E-01	2.91E-01	-
e	12	4.45E-01	3.71E-02	2.67E+00	26.74%
合計					100.00%

表-13 分散分析表(特性値:平均信号待ち時間)

施策	自由度	変動	分散	純変動	寄与率
A	3	3.60E-09	1.20E-09	3.11E-09	-
B	3	3.15E-09	1.05E-09	2.66E-09	-
C	3	3.16E-09	1.05E-09	2.66E-09	-
D	3	3.85E-09	1.28E-09	3.35E-09	-
E	3	2.84E-09	9.47E-10	2.35E-09	-
F	3	3.32E-09	1.11E-09	2.83E-09	-
G	3	2.45E-09	8.17E-10	1.96E-09	-
H	3	2.71E-09	9.03E-10	2.21E-09	-
I	3	8.81E-09	2.94E-09	8.31E-09	10.15%
J	3	2.13E-09	7.09E-10	1.63E-09	-
K	3	1.19E-08	3.97E-09	1.14E-08	13.94%
L	3	1.04E-08	3.48E-09	9.94E-09	12.14%
M	3	1.59E-09	5.29E-10	1.09E-09	-
N	3	3.92E-09	1.31E-09	3.43E-09	-
O	3	2.72E-09	9.07E-10	2.23E-09	-
P	3	3.28E-09	1.09E-09	2.79E-09	-
Q	3	1.64E-09	5.46E-10	1.14E-09	-
R	3	3.55E-09	1.18E-09	3.05E-09	-
S	3	2.68E-09	8.94E-10	2.19E-09	-
T	3	2.17E-09	7.24E-10	1.68E-09	-
e	12	1.98E-09	1.65E-10	1.19E-08	14.49%
合計					100.00%

図-18,19,20 に示すように各施策の水準と特性値の関係図を作成した。

この結果から、交通容量の小さい(675 台/h/車線数)¹⁴⁾ 浜大津交差点、及び島の関西交差点においては、信号現示のサイクル及びスプリットを 60 秒拡大することによって、平均走行速度が向上するが、それ以上の青時間の拡大を行うと、逆に大津草津線へ流入する交通の信号待ち時間が増大するため、平均走行速度が低下しているものと考えられる。また、におの浜2 交差点においては、草津市方向から大津草津線を走行し、大津パルコへと右折する車両が多いため、青時間を拡大させることによって自動車による施設利用者の信号待ち時間が増加するため、大津草津線の交通密度が増加し、平均走行速度が現状よりも悪化するものと考えられる。

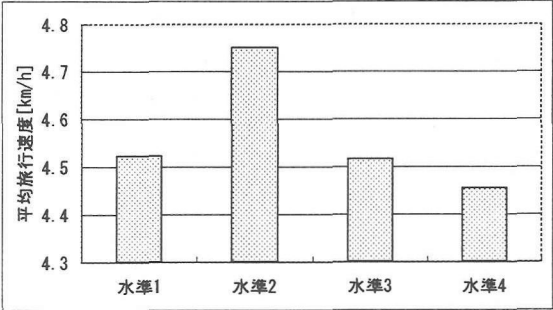


図-18 浜大津交差点改良と特性値の関係

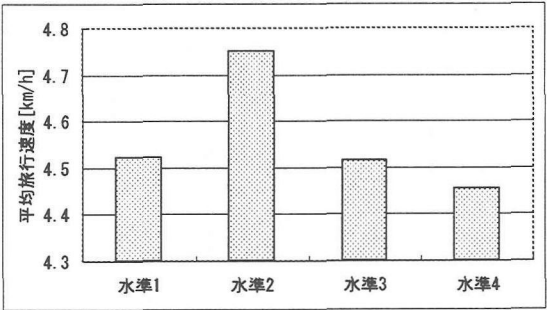


図-19 島ヶ関西交差点改良と特性値の関係

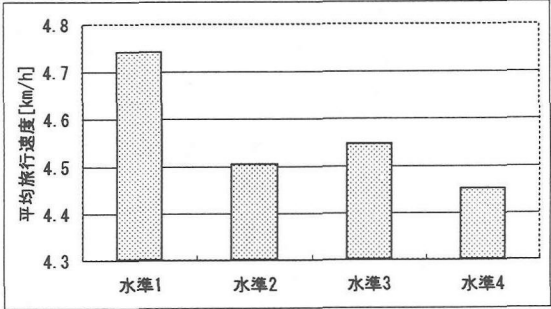


図-20 におの浜2 交差点改良と特性値の関係

一方、特性値を歩行者の信号待ち時間としたシミュレーション実験では、浜大津交差点改良(要因 I)、島の関西交差点改良(要因 K)、打出浜交差点改良(要因 L)が有

意な施策として抽出された。これについても同様に、各施策の水準と特性値の関係図を作成した（図-21、図-22、図-23）。

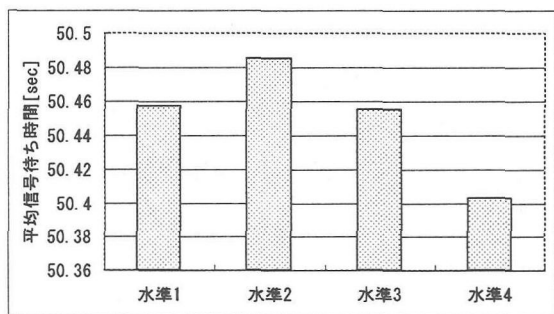


図-21 浜大津交差点改良と特性値の関係

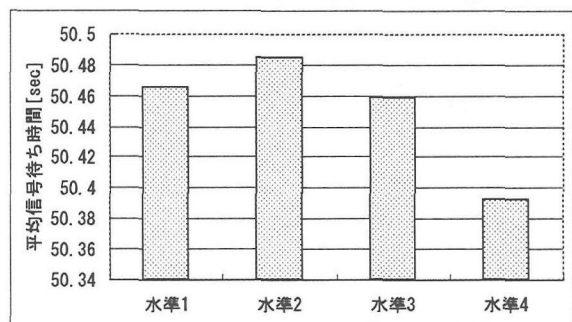


図-22 島の関交差点改良と特性値の関係

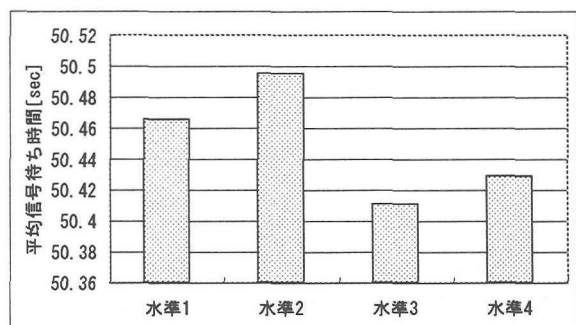


図-23 打出浜交差点改良と特性値の関係

この結果から、浜大津交差点、及び島の関交差点においてはスクランブル交差点化することによって、信号待ち時間が低減されている。しかしながら、図-18と図-21を比較すると、自動車はスクランブル交差点化することによって平均走行速度が現状よりも悪化するという結果が得られていることから、本交差点の改良を行う際には、より詳細な検討が必要であると考ええる。また、打出浜交差点においては、大津草津線を横断している歩行者が多いため、大津草津線の青時間を増加することによって信号待ち時間が低減されたものと考えられる。

7. おわりに

本研究では、目的地・交通手段選択モデル、交通流シミュレーションモデル、歩行者シミュレーションモデル、施設利用行動シミュレーションモデルを統合し、中心市街地内における人々の回遊行動を含む施設利用行動と、それに伴う消費行動、交通行動をミクロな視点から表現する地区内行動シミュレーションモデルの開発を行った。

そして、実験計画法に基づくシミュレーション実験を多角的な視点から行うことにより、滋賀県大津市都心地区における効果的・効率的な交通施設整備、及び、地元商店街整備のための計画支援情報としてこれを取りまとめた。

今後は、シミュレーションモデル上において、すべての歩行者が完全情報下での最短時間経路選択を行うと仮定した点について検討を加え、より高度な経路選択行動モデルを開発し、導入していくことが必要であると考えている。また、今回は主に物理的な基盤整備としての施設整備について検討を行ったが、交通需要マネジメント施策等の規制・制度の施策の効果についても更に検討を加えていく必要があると考える。さらに、今回、実験計画法を用いたシミュレーション実験によって抽出した施設整備施策は、主効果のみであったため、複数施策間の交互作用についても検討を加える必要があると考える。

【参考文献】

- 1)土木学会,“交通ネットワークの均衡分析”,1998
- 2)Gazis, D.C, Herman, R, and Rothery, R. W. Nonlinear Follow-the Leader Models of Traffic Flow. Operations Research, Vol.9,1959
- 3)Wicks, D.A.;Liebermann, E.B. Developing and Testing of INTRAS, a Microscopic Freeway Simulation Model, Federal Highway Administration, Rept. FHWA-RD-76-76,1997
- 4)TRAF-NETSIM User's Manual, FHWA,1984
- 5)TRANSYT-7F User's Manual, FHWA,1984
- 6)Payne, H. J. FREFLO:A Macroscopic Simulation Model of Freeway Traffic. Transp. Res Rec. 722, Urban System Operations, National Acad. Of Sciences, Washington D.C.,1979
- 7)M.Cremer,A Macroscopic Simulation Model of Urban Traffic Flow and its Application for Traffic Control

Systems, 2nd Intern ,CARDI Semi ,on Urban Traffic Networks, 1992

8) 桑原雅夫, 上田功, 赤羽弘和, 森田緯之, “都市内高速道路を対象とした経路選択機能を持つネットワークシミュレーションモデルの開発”, 交通工学, Vol. 28, 1993

9) 木戸伴雄, 池之上康一郎, 斎藤威, “街路網における経路探索・交通配分モデル (DYTAM- I) ”, 科学警察研究所報告交通網, vol. 19, No. 1, 1978. 2

10) Thomas Schwerdtfeger ; DYNEMO: A Model for the Simulation of Traffic Flow in Motorway Networks, Ninth International Symposium on Transportation and Traffic Theory, 1984

11) 例えば 堀口良太, 片倉正彦, 赤羽弘和, 桑原雅夫, “都市街路網の交通シミュレーター-AVENUE—の開発”, 第 13 回交通工学研究発表会論文集, 1993

12) 中川大, 伊藤雅, 小出泰弘, “公共交通と自動車交通を統合した都市交通シミュレーションシステムの構築”, 土木情報システムシンポジウム論文集, Vol. 7, 1998

13) 本間正勝, 森健二, 矢野伸裕ら, “交通管理対策による自動車交通公害低減を意図した総合型評価システムの開発”, 土木情報システムシンポジウム論文集, Vol. 7, 1998

14) 大津市, “大津市都心地区に係る交通施設整備計画 (資料編) ”, 1998

15) 春名攻, 馬場美智子, 山田幸一郎, 山岸洋明, 立川賢二, “市街地における大規模ショッピングセンタ開発計画問題と関連する交通施設整備・周辺土地開発計画問題に関する計画論的研究”, 日本地域学会第 35 回年次大会論稿集, 1998

16) 交通工学研究会編, “交通工学ハンドブック”, 1973

17) 田口玄一, “実験計画法 (上・下) ”, 丸善

大規模集客施設利用者の施設利用行動特性を考慮した地区内行動シミュレーションモデル開発に関する研究

春名 攻, 山田 幸一郎, 山岸 洋明, 立川 賢二

本研究においては, 中心市街地活性化を目指した都市施設整備・開発計画のための地区内行動シミュレーションモデルの開発及び滋賀県大津市中心市街地を対象としたモデル分析を行なった。地区内行動シミュレーションモデルは, 地区内の人々の訪問施設選択, 交通手段選択, 施設滞在時間等の一連の行動を決定させるための行動モデル, および人々の移動を実際的に表現するための交通流シミュレーションモデル, 歩行者シミュレーションモデルによって構築され, 都市活動をより詳細に表現することが可能であり, また, 都市施設整備後の人々の行動, 整備評価等を先取的に推測できるモデルである。実証的検討においては, 滋賀県大津市中心市街地を対象に具体的な施設整備計画のためのモデル分析を実験計画法に基づき行なった。

A Study on Development for Visitors' Behavioral Simulation Considering Characteristics of Traffic, Visiting and Consuming Behaviors in CBD Area with Large Scale Commercial and Service Facilities.

by Mamoru HARUNA , Koichiro YAMADA,
Hiroaki YAMAGISHI and Kenji TATSUKAWA

This study developed an effective and practical model analysis method utilizing simulation analysis for planning and designing commercial facility and transportation system and facility.

For rational analysis of urban planning, visitors' behaviors in the central area of the city is concluded in the simulation model developed for representing urban activities. The simulation model is consisted by 2 types simulation model. The first model is visitors' behavior choice and probability model in the CBD based on visitors' behaviors analysis from surveys. The second model is dynamic discrete micro traffic simulation model which represent traffic condition of car and on foot.
