

**ミクロな道路交通状況と
運転者の経験・心理を考慮した
経路交通量予測手法の開発**

課題番号：06650585

平成7年度科学研究費補助金（一般研究C）

研究成果報告書

平成8年3月

研究代表者 **久保田 尚**
(埼玉大学工学部 助教授)

は し が き

研究代表者

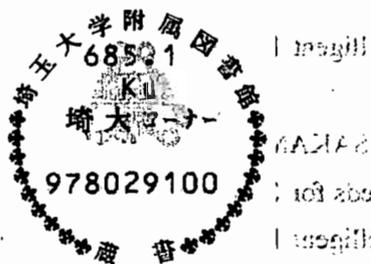
久保田 尚 (埼玉大学工学部 助教授)

研究参加者

小野塚 大輔 (平成5年度埼玉大学卒、現鹿島建設)
 中島 敬介 (平成5年度埼玉大学卒、現日本技術開発)
 坂本 邦宏 (平成6年度埼玉大学大学院卒、現住宅都市整備公団)
 門司 隆明 (平成6年度埼玉大学大学院卒、現パシフィックコンサルタンツ)
 岩崎 伸昭 (平成6年度埼玉大学卒、現埼玉大学大学院)
 小山 周一 (平成6年度埼玉大学卒、現首都高速道路公団)
 杉浦 孝臣 (平成6年度埼玉大学卒、現埼玉大学大学院)
 曾田 信行 (平成6年度埼玉大学卒、現埼玉県)
 高橋 伸夫 (平成6年度埼玉大学卒、現埼玉大学大学院)

研究経費

平成6年度	2 2 7 8 千円
平成7年度	6 8 0 千円
計	2 9 5 8 千円



研究発表

中島敬介、久保田尚、坂本邦宏

駅前の大規模店舗周辺における交通状況再現シミュレーション
第14回交通工学研究発表会論文集、pp.85～88 (1994.11)

小野塚大輔、久保田尚、門司隆明

自動車運転者の経験・心理を考慮に入れた期待旅行時間モデル
土木計画学研究・講演集 No.17、pp.771～774 (1995.1)

坂本邦宏、門司隆明、中島敬介、久保田尚

大都市近郊の主要鉄道駅周辺における休日交通問題の諸相
土木計画学研究・講演集 No.17、pp.47～50 (1995.1)

目次

第1章 はじめに

1-1.研究の背景	1
1-2.研究の目的	2
1-3.本研究の位置付け	2
1-4.研究の構成	3

第2章 選択経路探索メカニズム

2-1.はじめに	5
2-2.既存の Way Finding 研究の検討	7
2-3.実験	8
2-4.第2章のまとめ	23

第3章 配分手法の検討

3-1.研究の背景と目的	25
3-2.地区交通計画における既存配分手法の現状と課題	26
3-3.経路可変型交通量配分法	30
3-4.判別モデルの推定と検証	32
3-5.第3章のまとめ	39

第4章 tiss-NET WIN システムの開発

4-1.背景と目的	41
4-2.tiss-NET WIN の開発概念	44
4-3.tiss-NET WIN SYSTEM	47
4-4.第4章のまとめ	51

第5章 ミクロな交通状況の考慮

5-1.交差点挙動	52
5-2.混雑時の市街地道路における車両挙動シミュレーション	58
5-3.tiss-NET WIN における駐車場シミュレーション	64
5-4.まとめと今後の課題	71

第6章 まとめ

73

第1章 はじめに

1-1. 研究の背景

大規模再開発等に伴う自動車交通の局所的な集中及びそれによる渋滞問題が、交通インパクトという形で認識され、開発前の交通アセスメントの必要性が叫ばれている。ところで、例えば都心部の数haの地区を対象として交通アセスメントを実施する場合には、地区道路網の交通量予測を行うことが不可欠であり、その場合には、交差点や道路幅員などはもちろん、路上駐車などが交通流に与える影響も考慮する必要がある。しかし現状では、こうしたマイクロな道路交通状況を考慮した交通量配分手法が確立されておらず、多くの場合大規模道路網への適用を前提とした従来型の配分計算を行っている。本研究は、交通アセスメントに適した実用的なモデルの開発に対する社会的要請に基づくものである。

なお、システムの基本構成はすでに小宮、久保田(1993)によって構築済みであり(tiss-NETと命名)、現在も継続的に改良を進めている。現在までに開発したtiss-NETの特色は次の通りである。

- 道路上の車両の挙動を1台単位で扱うモデルであり、各OD毎に確率的に発生する車両が、その時点での道路交通状況をすべて考慮した上での最短時間経路を探索してネットワーク上を走行する。
- 経路走行時間の算出にあたってQV曲線は使用せず、直前に走行した車両の走行時間の実績(実績のない場合は、当該地点にダミー車両を走行させて時間を取得する)を用いる。このとき、路上駐車等に伴う車線のはみ出しや右折などについてはギャップアクセプタンスを考慮しており、その時点でのマイクロな道路交通状況を考慮した上での走行時間を利用している。
- 汎用性の高いパソコンを用い、道路網の作成などを対話形式で行う。これは、自治体職員などが気軽に交通アセスメントを行えることを目指したためである。同じ目的で、計算結果のアニメーション表示も行い、交通流の状況が視覚的にも理解できるようにしている。

本研究においては、次に述べるような本質的な改良を加え、モデルの論理性と適用性を向上させる。

1-2. 研究の目的

本研究の目的は、上記のtiss-NETの改良という形で地区レベルへの適用に適した新しい経路交通量予測モデルを開発し、その適用性を確認することである。具体的には、次の点が上げられる。

- a) 現時点のtiss-NETでは、従来の配分モデルと同様に、運転者がネットワークの情報を出発前に完全に把握しているという前提に基づいて最適経路を選択する、という無理な仮定に基づいている。しかし実際には、過去の経験や混雑の状況によって運転者の選択経路は動的に変化するはずである。そもそも、選択対象としうる経路を運転者がどのように獲得していくか、というメカニズムも全く解明されていない。こうした疑問は、とりわけミクロなレベルの交通行動を扱う場合には無視できないものである。そこで本研究では、認知心理学の分野の研究成果を取り込みながら、①自動車運転者は、選択対象となる経路の代替案をどのように獲得していくか、というメカニズムの解明、②獲得した経路代替案の中から、どのような評価基準で経路を選択するか、という経路選択モデルの構築、を行う。
- b) システムをさらに使い勝手のよいものにするため、グラフィカル・インターフェース機能の強化を図る。特に、信号パラメータの入力や交差点線形の入力などを、パソコンのウィンドウズ機能を利用して効率的に行うようにする。
- c) その他、システム自体の改良として、大型車混入の考慮、入力労力の短縮、などを行う。
- d) 以上の改良を終えた時点で、適用性の検証を行う。
- e) 本システムは、車両1台を単位とすることから、各運転手がつ道路交通情報の量や内容を容易にコントロールしてシミュレーションが行える。そこで、駐車場案内誘導システムなどの情報提供手法について、その最適化を図るための動的なシステムを構築する。

1-3. 本研究の特色及び関連研究の中での位置づけ

本研究は、対象を地区レベルに限定してはいるが、交通量配分計算手法に関して従来のものとは全く異なるアプローチを目指すものであり、従来の手法が持っていた非論理性を克服しようとするものである。飯田（京都大学）らによる近年の研究と共通の問題意識を持つものであるが、本研究は、さらに実用性を重視したアプローチである。海外には、地区レベルの配分計算のためのプログラムがいくつか開発され、市販もされているが、本研究で開発するシステムは、その中でもとりわけミクロレベルの道路交通状況に対応できるものである。

1-4.研究の構成

まず、第2章では、自動車運転者の選択メカニズムの分析を行う。意識調査により、自動車運転者は何を意識して運転しているのかを分析する。次に紙上実験により運転特性を調べ、情報量の変化が運転者にどのような影響を与えるか分析する。さらに、市街地での走行実験を行って選択経路の獲得履歴及び選択要因を抽出する。具体的には、ある出発地から来訪経験のない目的地まで、概略の方向と距離、及び到着地点のランドマークだけを指定して走行させ、そのときに走行する経路、及びその理由をインタビューする。これを何度も繰り返して、同じ出発地から目的地までに至る経路がどのように変化するか、またその理由はなにか、を分析する。また、一回の走行が終了する度に経路の認知地図を描かせる。これらにより、選択可能経路の獲得経過と、獲得後の経路選択要因を抽出する。なおここでは、本研究が交通アセスメントへの適用を前提としていることから、目的地は都心部の大規模商業施設とする。

この研究で特に重要なのは、運転者がどのような経路を獲得していくかという問題である。

第3章では、従来の配分手法の問題点を指摘し、新たな経路選択モデルの提案を行う。現在の配分手法では、“全ての人が最短事件経路を知り、その経路に交通量が集まる”ことになっている。ところが、初心者が知らない経路が最短経路になっている場合があり、実際の交通状況と矛盾している。そこで各交差点での経路認知判断をモデル化し、交差点ごとに各枝を認知できるかの判断を行うことで矛盾を解決した。

第4章では、地区交通計画のための交通シミュレーションシステムtiss-NET WIN システムの概要を示す。今回のシステムの改良としては、①第3章で述べた経路選択モデルの採用、②地区交通問題のシミュレーションという設定から、利用者の立場を考慮してユーザーフレンドリーなシステムの構築を図った。

更に今後の発展性を考え、リンク部やノード部へのパーツ化、個人属性への考慮、更に情報化への対策がなされている。

第5章では、交通インパクトを考える上で重要になってくる交通状況の考慮について述べる。地区交通レベルでのシミュレーションを行う場合に特に重要となることは、都市計画問題としては“ミクロに”交通問題を検討する必要があることである。今回は、①交差点能説に関する遅れ挙動、②車両速度の一般化と適応、③駐車場のシミュレーション、について述べている。

最後に第6章で全体の研究成果をまとめることにする。

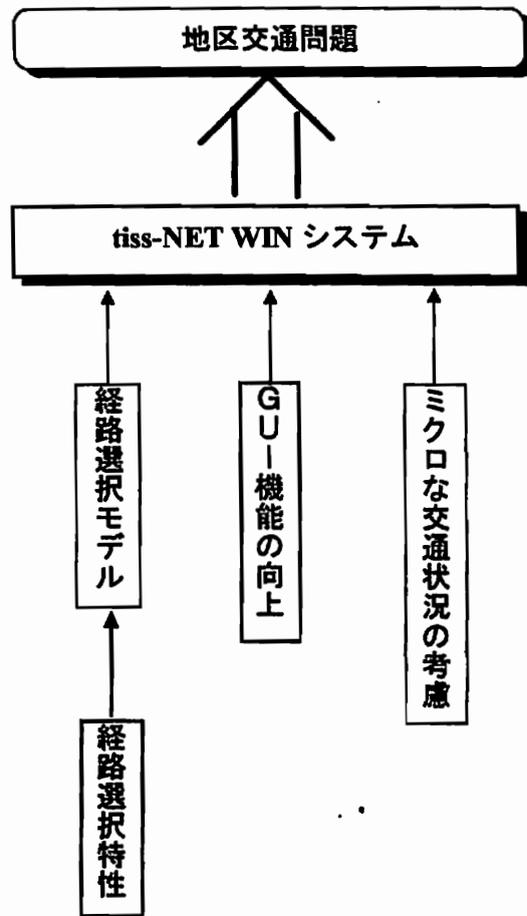


図1-1 本研究の構成

第2章 自動車運転者の経路選択行動分析

2-1. はじめに

自動車運転者の経路選択モデルにおいては、運転者が対象地区の交通状況を完全に把握していると仮定するか、あるいは、分析者があらかじめ数本の利用可能性のあるルートを設定し、選択肢を限定する、などの方法が採られる。一方、現実の運転者がある経路を選択する状況を考えてみると、経験のない場所を初めて走る場合、数回の経験を経た場合、そして日常的にOD間を走行しながら自分なりの経路を獲得した場合、といった各段階毎に、その時点で可能な限り最善の経路を探しながら自分なりの経路を形成していると考えられる。

ここでは、これまで自動車運転者についてはほとんど扱われてこなかった、このような経路の形成過程に着目する。経路の発見あるいは探索については、認知心理学や建築の分野において、主に歩行者を対象とする‘Way Finding’問題として扱われ、研究例も少なくない¹⁾。‘Way Finding’とは、経路に関する情報が不足している低学習状況における経路発見・探索行動を指す用語である²⁾。

自動車を運転する場合の「経路探索」とは、単に「道を探す」という意味だけでなく、所要時間などの観点からの「よりよい経路」の探索という意味も含むであろうから、ここでは、「運転者が自分なりに納得のいく経路を見つける」という意味で‘Way Finding’という言葉を用いることにする。

その上で、本研究では、全くの未体験の状態から数回の経験を経るまでの間に、どのように経路を発見し、また選択するのか、というメカニズムの解明に取り組む。すなわち、経験や情報によって、運転者は経路をどのように選択するか、またその理由は何か、という課題に取り組む。

これにより、交通モデルの中でブラックボックスとされてきた運転者の経路選択メカニズムを明らかにできる。それにより、実務的には、市街地の中に確実に存在する走行経験の少ない運転者、あるいは初めて来訪した運転者の経路選択の予測することや、各種の情報が与えられたときに運転者の反応を予測することも可能になる。また、外部から与えられる情報の内容や量によってそのメカニズムがどのように影響を受けるか、を分析することにより、情報提供による交通流への影響評価も可能になるであろう。

以上のような問題意識に基づき、第2章では、

- ①研究が進んでいる歩行者の‘Way Finding’機構と運転者のそれとを比較し、その特性を明らかにすること、
- ②外部から与えられる情報と運転者の‘Way Finding’との関係を明らかにすること、を目的とした。研究を進めるにあたり、認知地図やプロトコル法といった認知心理学手法を援用し、運転者個人の心理的側面にまで踏み込んだ分析を行うことに務めた。

なお、ここでは、経路選択の対象道路網として、格子型道路網を取り上げた。それは、格子型道路網では、距離が等しい最短経路が幾通りか存在するため、距離以外の経路選択の要因が抽出しやすいこと、及び、歩行者についてすでに格子状経路についての研究例があり、歩行者と自動車運転者との違いから自動車運転者特有のメカニズムを明らかにしやすいと考えたためである。

2-2. 既存の‘Way Finding’研究の検討

前述のように、歩行者の Way Finding に関する研究は、建築空間等を対象として比較的多く行われている。わが国の代表的な研究例として、舟橋の一連の研究を上げることができる。例えば、格子状経路における歩行者の経路選択に関する研究では、ある格子状街路地区において、この地区の初来訪者を被験者として、対角線上に位置するOD間を歩行してもらい、その経路探索状況を観察するといった実験を行っている。この実験では被験者はA、B 2グループに分類され、A群は目的地まで距離と方向を教示され、B群は白地図を出発前に見た後に、各々自力で目的地まで到達することを求められる。

この結果、A群では対角線方向沿いの階段状経路選択が多く、これは対角方向に目標物があるという意識が、同一街路上の直進を長く続かせない探索方法を採らせたものと解釈された。一方、B群は境界線上歩行をする点が大きな特徴である。

このように、歩行者の経路発見や経路選択に関する研究において、①距離的には等しい経路が存在する中で、明らかに特定の経路が選択される傾向があること、及び②その傾向は、外部から与えられる情報内容によって大きく変わること、等が明らかになっている。

一方、自動車運転者の‘Way Finding’を研究した事例はきわめて限られるが、その中で、久保田・加藤・窪田³⁾は、自動車運転者と歩行者との経路の認知の仕方の違いについて認知地図を用いて研究している。そして、経路を記憶する手がかりとして、運転者は信号、標識、看板など運転行動に直接手がかりとなるものが多いのに対して、歩行者には沿道の建物を手がかりとすること、等を明らかにしている。

また、小野塚・久保田・門司⁴⁾は、自動車運転者の交通行動の意志決定根拠を明らかにするため、一般市街地での繰り返し走行実験によって経路形成過程を明らかにし、経験量や知覚旅行時間を説明変数とする期待旅行時間モデルを作成した。その結果、渋滞箇所や信号待ち交差点を避けられる経路を探索する運転者の特性等が明らかになっている。

本研究は、これらの研究成果を踏まえたうえで、運転者の保持する情報量などの実験条件をより厳密にコントロールした走行実験などを通して、運転者の経路形成過程と形成要因の分析を行うものである。

2-3. 実験

本研究では運転者が目的地を決定してから運転行動に至るまでの過程を段階的に追っていくために一般的な経路選択要因を抽出するためのアンケート調査と2つの紙上実験、さらに走行実験を行った。アンケート調査では自動車運転者が経路を選択する際にどのようなことを重要視して決定するのかを直接の質問により得ることを目的として行った。実験1（紙上実験）では、出発地点と目的地の位置関係、出発地点の向きを考えた実験。実験2（紙上実験）では、実在する格子状地区を取り上げてその地区に関する情報の程度を変化させた地図を用いて経路選択の傾向を探る。実験3（走行実験）では、実際に格子状地区を走行し、実際の走行によりあらわれてくる経路選択の要因について考える。これら3つの実験はそれぞれ関連があり、それぞれ（表2-1）の位置付けに基づいて実験を行っている。本来は実験3の走行実験において情報提供の違いによる経路選択への影響を調査できればよいのであるが、時間的制約や被験者の制約といったことにより実験2において情報の程度の影響を調査している。

表2-1. 実験の概要

	実験1	実験2	実験3
種類	紙上実験	紙上実験	走行実験
実験内容	数パターンの格子状型の地図を被験者に配り自動車を運転する際に最適であると考えた経路を記入させる。また実験1の被験者には同時にアンケートも行った。	実在のある地域について、道幅や幹線道路の情報、ランドマークや交通規制、渋滞情報などを段階的に与え、実験1と同様に最適と思われる経路を記入させる。	実験2で用いた場所について、渋滞情報のある場合と無い場合に分けて実際に走行し、実験者が同乗してビデオ撮影を行った。また走行後に被験者には認知地図を描いてもらう。1名につき4～6回実験を行う。
被験者	自動車免許を保有する学生50人	自動車免許を保有する学生40人	自動車免許を保有する学生16人。被験者は運転歴1年以上。この地域の走行経験のないもの
実験の位置付け	格子状経路における歩行者の経路探索との比較	情報提供の程度による経路選択への影響分析	実際の走行における経路選択判断の分析

(1) 経路選択要因アンケート

一般的な経路選択要因を抽出するためのアンケートは、普通自動車の運転免許保有している学生50名に対して行った。アンケートの形式は回答用紙に記号を記入してもらうといった一般的なものである。

質問内容は自動車の運転頻度、重要視する経路選択要因についてのもので、経路選択要因については「距離が短い」、「時間が短い」、「曲がる回数が少ない」、「停止回数が少ない」、「渋滞がない」、「景色が良い」、「歩行者、自転車等が少ない」、「道幅が広い」といった8項目である。

集計の時点で、ほとんど毎日運転する人を「頻度高」、月に1回程度から週に2回程度までの人を「頻度中」、ほとんど運転しない人を「頻度低」として集計を行った。

この結果、運転頻度の高い人は時間的な要因を気にしている人が多く、運転頻度の低い人、言い換えるとその土地に慣れていない人ほど道幅の広いこと、歩行者が少ないことなど運転のしやすさに関する要因の割合が高くなっている。このグラフは8項目の中で最も重要視するものを集計したものであり、景色がよいといった要因をあげる人はいなかった。これは、観光目的ではない普段の運転ではほとんど考慮には入れずに運転しているといったことが伺える。したがって Way Finding といった経路探索においては時間的な要因と道路幅員や歩行者数といった運転のしやすさに関する要因の両方が重要であることが予測できる(図2-1)。

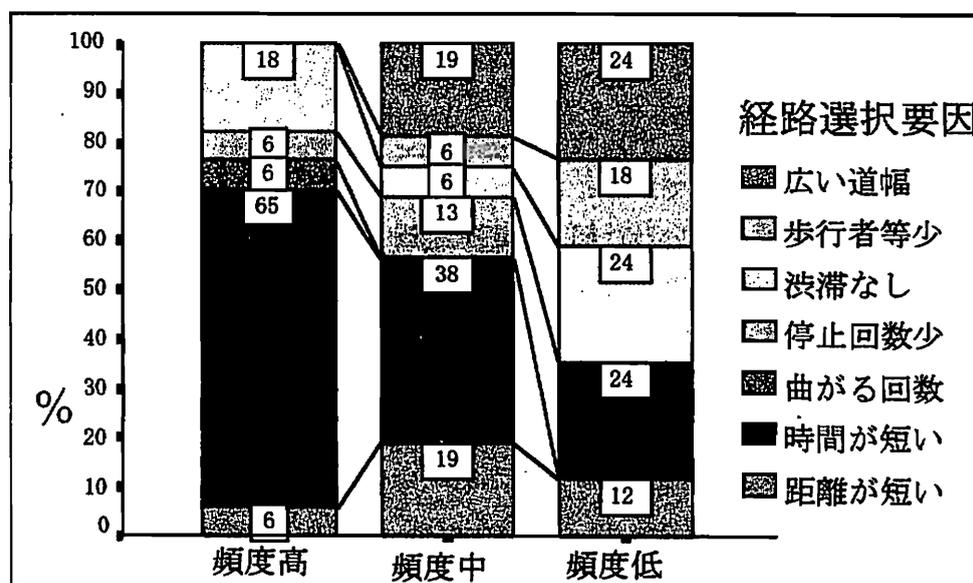


図2-1. 運転頻度別の経路選択要因

(2) 紙上実験 (実験 1、実験 2)

紙上実験は自動車運転者実際に運転をするにあたって、どんな経路を考え、どんな経路を理想としているのか把握するために行った。

実験 1 格子状ネットワークでの紙上実験

(a) 目的

目的地に至る距離、時間が共に等しい経路が複数存在していた場合の経路選択傾向を知るため及び歩行者の経路探索行動との比較を行うために、格子状地区という設定でネットワークのみを与えた実験を行う。

(b) 方法

自動車普通免許を保有している学生 50 名を対象に、格子状の道路網の白地図に、出発地点と目的地を設定し、被験者に自分がこれから運転するといった設定で通ろうと考えた経路を記入してもらおう。出発地点と目的地の位置関係、出発地点での向きによる影響を知るために、12 パターンの位置関係を設定し、どういった経路が選択されやすいのか、どういったばらつきがあるのかの検討を行う。

(c) 結果

図 2-2、及び図 2-3 は実際の記入結果であるが、これらの図からも明らかなように、自動車運転者が初めにイメージする経路は殆どが出発地点と目的地を結ぶ最短距離で結ぶ四角形の辺を走行するような経路である。また、初めに与えられた向きの影響は大きく、どのパターンにおいても約 7 割の人がはじめに与えられた向きで目的地に一番最短となる地点まで直進して、そこを曲がりまたその向きで目的地に最短となる箇所まで行ってアクセスするといった経路を選択するものが多かった。次に多いのは出発直後に曲がり目的地に直進でたどり着ける通りを目指すような経路を選んだものである。

一般的には曲がる回数の少ない経路が選択されている。ここで行った全てのパターンでは曲がる回数が最少で 2 回であるが、ほとんどの被験者が曲がる回数は 2 回である。また全体的にはじめに左折の場合の方が早く曲がっているような傾向も見られた。縦方向と横方向に移動距離の差がある場合においてもはじめに与えられた向きが大きく影響しているようであるが、曲がる位置については多少早く曲がるような傾向も伺える。

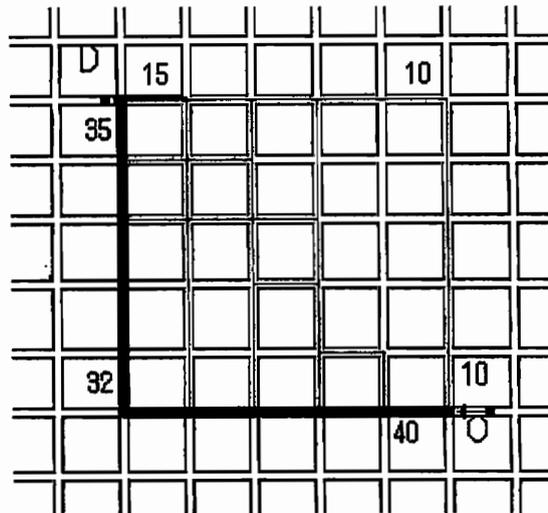


図 2 - 2. 自動車運転者の格子状経路(実験 1)

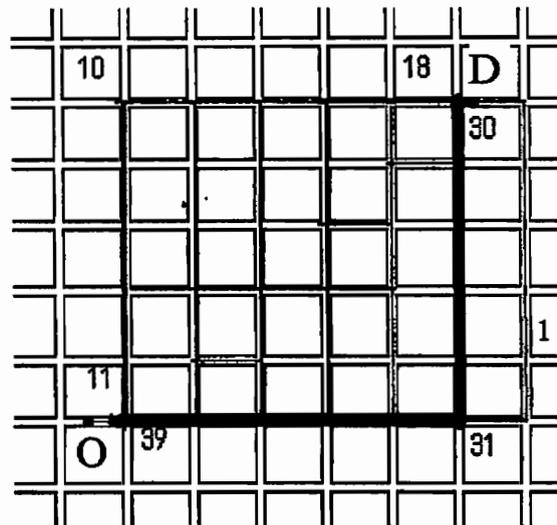


図 2 - 3. 自動車運転者の格子状経路(実験 1)

歩行者に関しては、地図を見せずに方向だけを知らせた場合はOD間を結ぶ直線に沿うような階段状の経路をとり、白地図を見せた場合は境界線上の経路（四角形の辺をたどる経路）を選択する傾向がみられるが、今回の自動車運転者を対象にした場合においてやはり歩行者と同様に境界線上の走行を選ぶ傾向がみられた。しかし自動車においては交差点上を出発点とすることはないと考え、向きを与えたため向きの違いによる影響がはっきりとみられた。しかし、歩行者と自動車運転者との結果を比較すると、選択経路にはさほど違いがない。両者の選択経路、特に右左折のしやすさの違いを明白にするには走行実験を実際に行い、自動車運転者固有の経路探索のメカニズムを解明することが必要である。

実験2 情報の影響を考慮した紙上実験

(a) 目的

自動車運転者が実際に自動車を運転するとき、出発地から目的地に至る経路が複数存在し、経路選択に様々な要因が考えられる場合における経路選択の傾向の把握を行う。

(b) 方法

この実験に用いる地図は、実際に実在する地区のものである。被験者に地図を配布し、最適であると考えた経路を記入してもらう。情報のレベルを

- ・道路網のみを示す地図
- ・道路幅員がわかっている地図
- ・一般の地図程度の情報が分かっている地図
- ・右折禁止と一方通行の箇所が示されている地図
- ・右折禁止と一方通行の他に渋滞箇所がわかっている地図

のレベルを5つに分け、それぞれ記入してもらう。被験者は自動車普通免許を保有する学生40名で20名ずつの2グループに分け、グループにより出発地点の向きを変えてアンケートを行った。被験者にはこの地区がどこであるかは知らせていない。

(c) 結果

レベル1では、道路網のみがわかっているもので、道路幅員には違いがない地図を用いた。このレベルでは、少々特殊であるが結果的には実験1で得られた結果と同様の傾向が見られた。出発地から右向きで出発するものは目的地まで少なくとも3回は曲がらなくてはならないが、殆どが最低回数の3回で到達できる経路を選んでいる。上向きで出発するもの(図2-4)は曲がる回数が最低2回で到達できるが、4回曲がる経路を選んだものも少なからず見られた。これらの人は曲がる回数こそ多いものの境界線上の走行であるといえる。

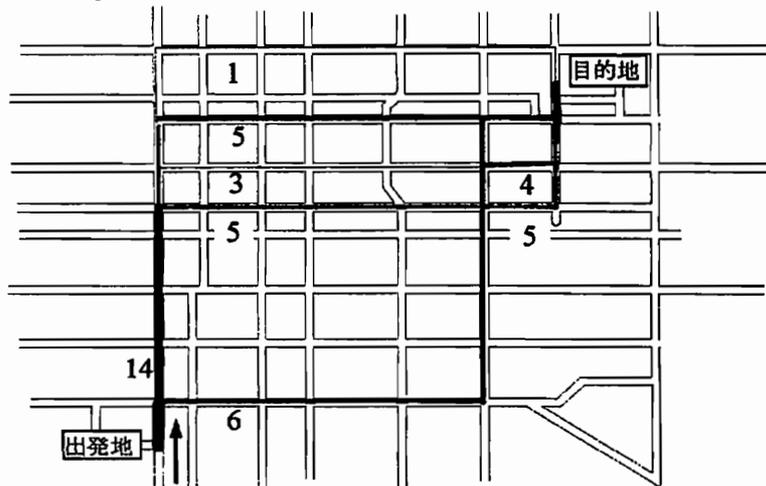


図2-4. レベル1 (道路幅員は同じ) の集計結果

レベル2では運転頻度の低い人が重要視する道幅を変化させたものであるが、やはり道幅が広い経路が選ばれている。右向きの出発の場合はレベル1で選んだ経路が広い経路であったので選択の変化は少なかったが、上向きの出発のもの（図2-5）は大幅に経路選択の傾向が変わっている。しかしながら曲がる回数の少ない経路を選んでいることはかわっていない。

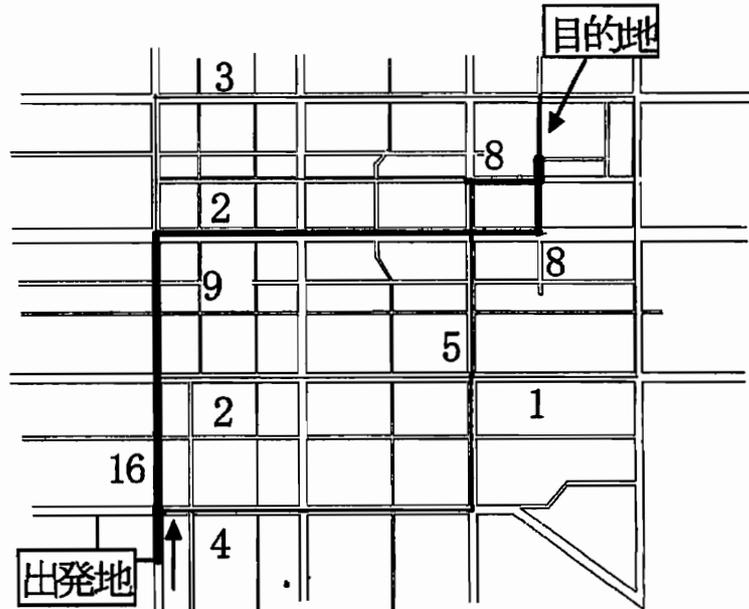


図2-5.レベル2（道路幅員が違う）の集計結果

レベル3では、市販の地図と同様に幹線道路と非幹線道路の区別がなされ、さらに川、高速道路、鉄道と駅的位置関係がわかるようになっている（図2-6①）。このレベルでは駅を避け、距離的にも最短距離ではない経路を選択している人が目立っている。しかしながら曲がる回数は少なく幹線道路を多く含んだものとなっている。この場合、駅周辺では人が多い、自動車の流れが悪いのではないかといったイメージがあるためと思われる。この経路を選んだものは最短距離よりも、混雑のない経路を重視しているであろう。しかし依然としてレベル2の経路を選んだものが最も多く個人のイメージによる違いが現れている。（図2-6②）

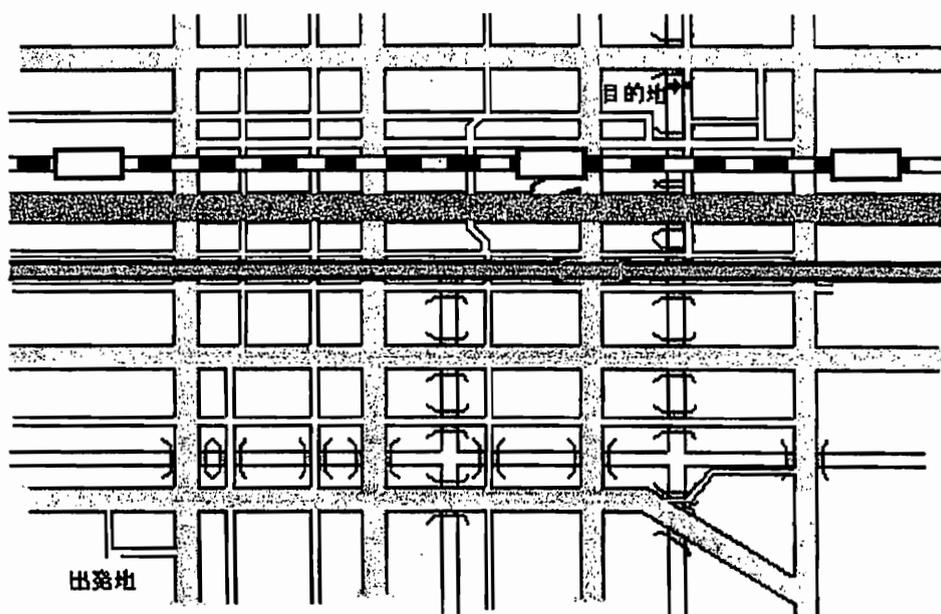


図 2 - 6 ① レベル 3 (一般の地図と同じ) の地図 (実際はカラー)

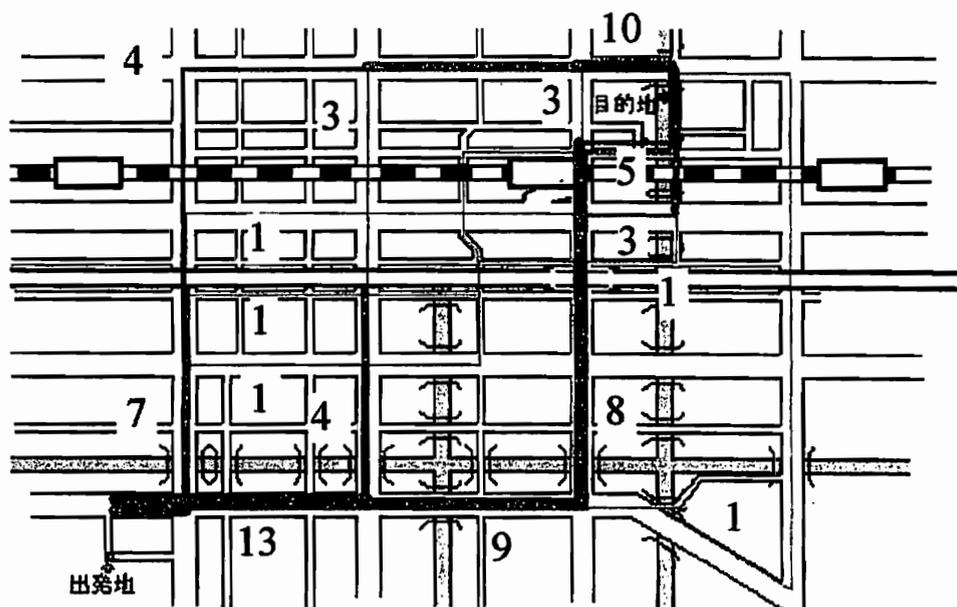


図 2 - 6 ② レベル 3 の集計結果

レベル 4 では右折禁止や一方通行の情報を加えたものである。右折禁止にひっかかってしまう経路を選んでいたら他の道幅の広い道路に経路を変更している。また、選択経路も分散してきている。

レベル5は、レベル4のものに渋滞情報を加えたものである。幹線道路や、特に国道の駅前付近が混雑するように表示されている地図になっている（図2-7①）。この渋滞情報（図の斜線部）によって道幅の狭い道路（非幹線道路）を選択しているものが急激に増加し、レベル1～4までとは傾向が大きく変化している。殆どの方が最短距離の経路であるが曲がる回数は多くなっている。歩行者には影響が少ないと思われる経路選択要因が自動車運転者には重要になっていることがわかる。（図2-7②）

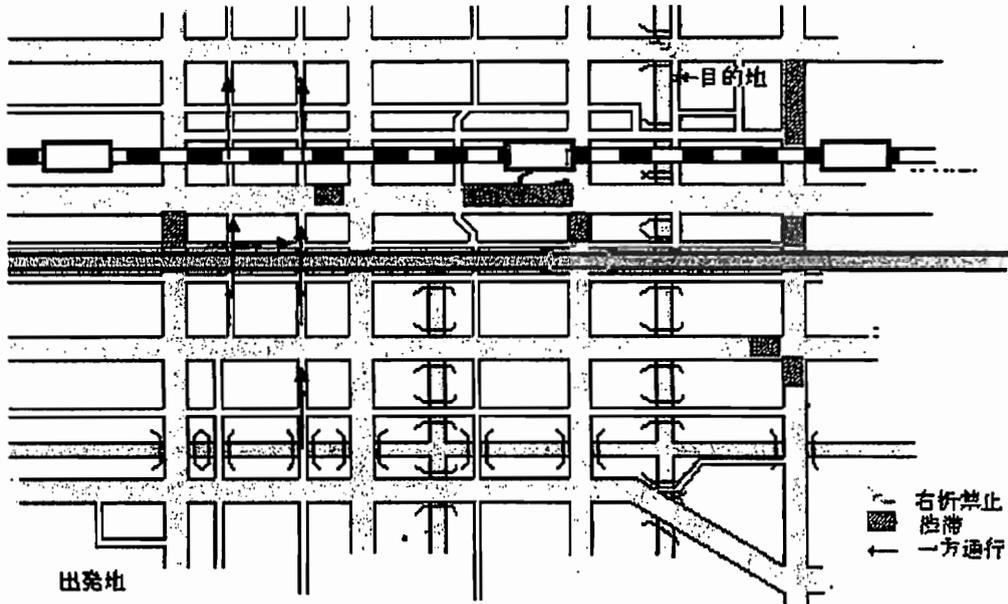


図2-7① レベル5（渋滞情報有り）の地図

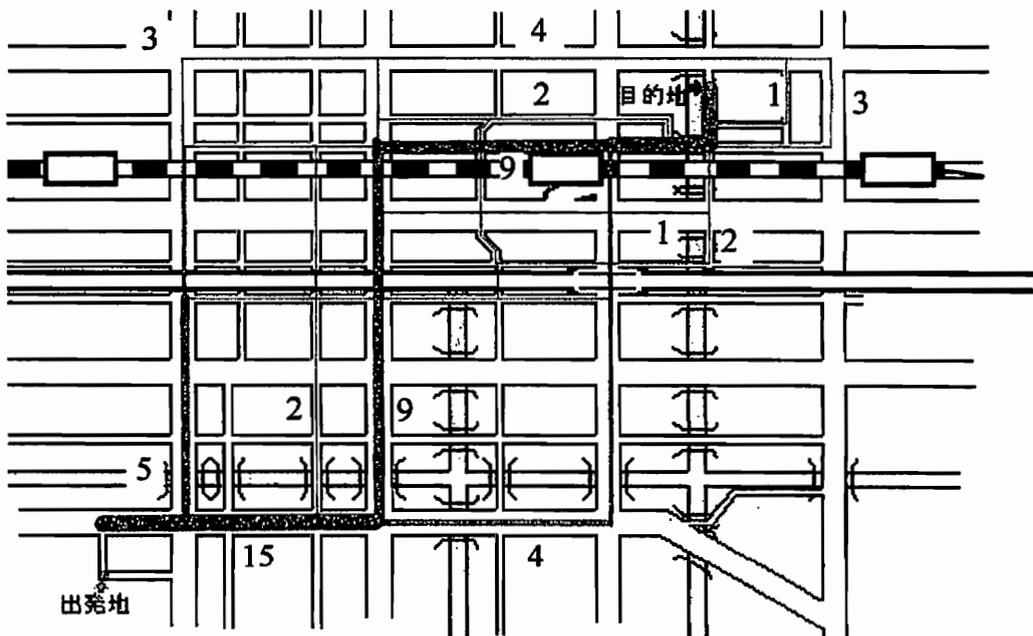


図2-7. レベル5（渋滞情報有り）の集計結果

(3) 走行実験（実験3）

(a) 目的

紙上実験である実験1においては、運転者がどんな経路を理想としているのかがを
知り、実験2では情報により運転者がどのような影響を受けるのかを検討してきた。走行
実験（実験3）については実験2で取り上げた地域において実際の走行実験を行った。
これによって紙上実験では表れない要因を調査することとした。これは運転する前の段
階（紙上実験）と運転の最中（走行実験）の両方のドライバー心理がわかると考えたた
めである。また、走行経験を積むことによってどのような傾向がみられるのかを知るこ
とも目的のひとつである。

(b) 方法

実験地区は実験2で用いた地図の範囲であり、東京都の江東区と墨田区にまたがる格
子状の地区で走行距離は5～6キロである（図2-8）。自動車にはビデオを設置し、
実験者が同乗する。出発地は紙上実験と同様に2つに分けて行う。目的地は出発前に写
真を見せ、同乗者が到着を知らせる。被験者に実験地区の地図を渡し、走行前及び信号
待ちの時間に見てもらおうように指示し、実際に運転してもらう。また被験者を実験2の
レベル3の地図を渡したグループ（A）、レベル5の渋滞情報まではいった地図を渡し
たグループ（B）、最近普及しているカーナビゲーションを利用するグループ（C）の
3つに分ける。各被験者について納得のいく経路に落ち着くまで原則として4～6ステ
ップ繰り返し走行を行う。経路の満足水準を知るために運転前に期待旅行時間を調査し、
運転後に認知地図を描いてもらった。

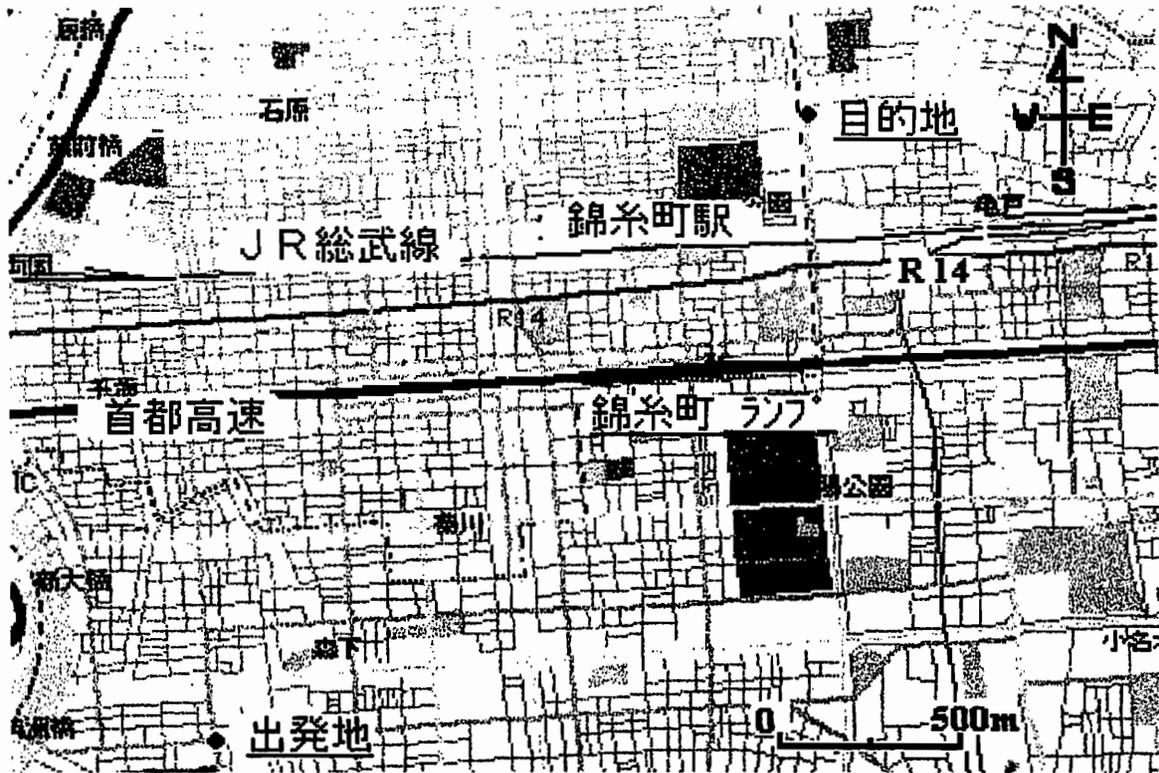


図 2 - 8 走行実験地区

被験者は運転免許取得後 1 年以上の学生 16 人でグループ A 5 名、グループ B 4 名、グループ C 7 名である。これらの被験者には紙上実験の実験 2 は行っていない。またこの地区には初来訪である。実験日には月曜日から金曜日の平日を選んで行った (表 2 - 2)。

表 2 - 2 走行実験

グループ	情報	被験者数
A	地図ネットワークのみ	5
B	道路名、交通(渋滞)情報あり	4
C	ナビゲーションシステム搭載	7

(c)結果

図2-9から図2-14まで、走行実験における各グループごとに第1ステップ、最終ステップについての選択経路を示す。

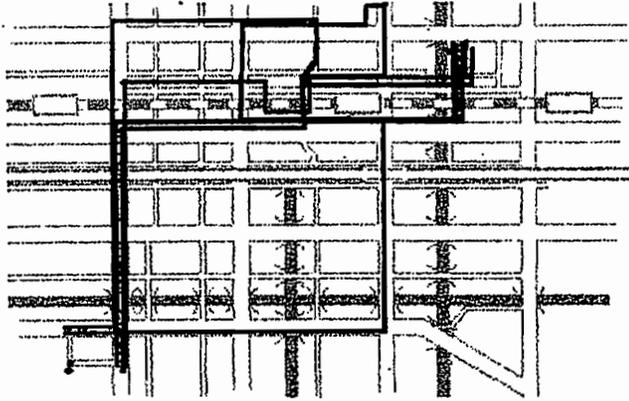


図2-9.グループAの第1ステップの選択経路

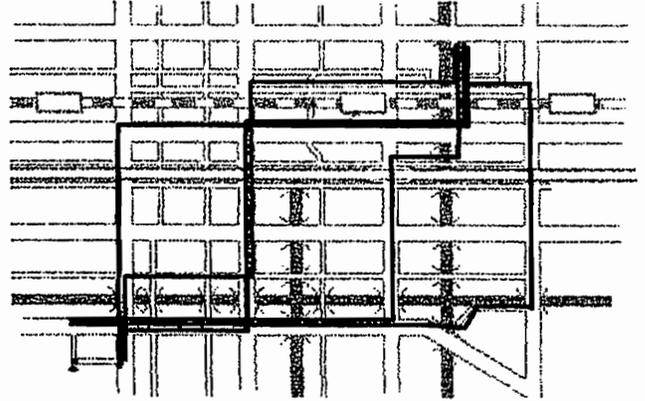


図2-10.グループAの最終ステップの選択経路

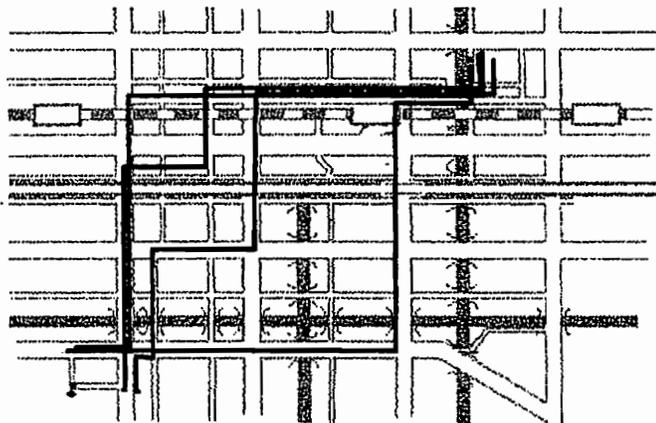


図2-11.グループBの第1ステップの選択経路

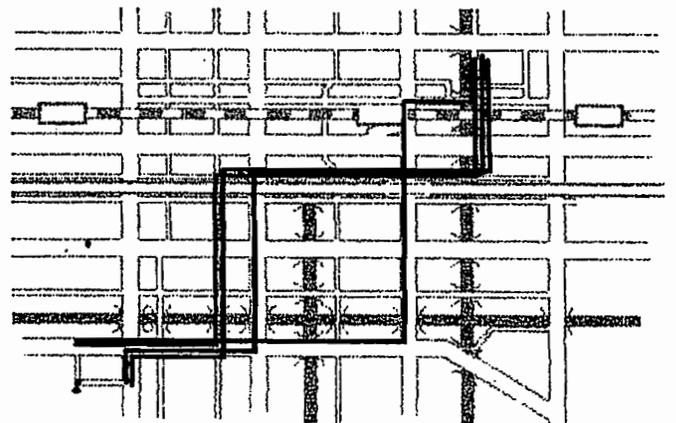


図2-12.グループBの最終ステップの選択経路

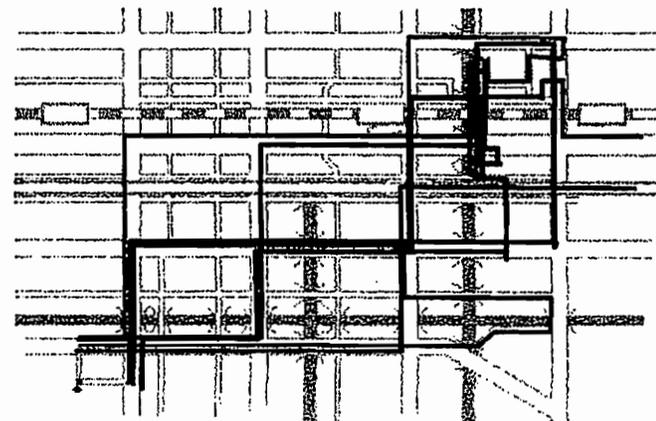


図2-13.グループCの第1ステップの選択経路

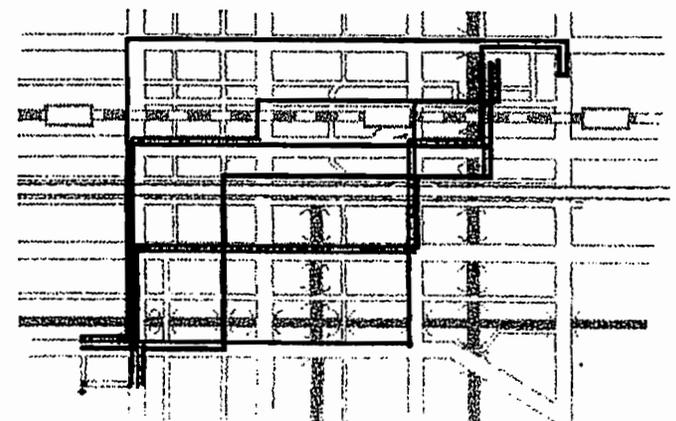


図2-14.グループCの最終ステップの選択経路

グループA (図2-9、図2-10) においては、大まかな情報しか与えていないために、紙上実験で始め得られたような曲がる回数の少ない単純な経路を選ぼうとしている。しかし、実際の河川や鉄道といった目印となるものが自分が描いていた距離感覚と異なるために迷走するケースが見られている。最終的には自分が走りにくかった箇所を避けるような経路探索行動を行っているが走行的には単純で幅員が広い幹線道路を多く含む経路を走行している。特徴的な例として(図2-15)に示す被験者1においては、河川や鉄道といった目印を強く意識してしまったために、目印を誤認したときに距離感失ってしまい混乱した様子が第1ステップにうかがえる。ステップが進むに連れて、よりわかりやすい道路を選択している。

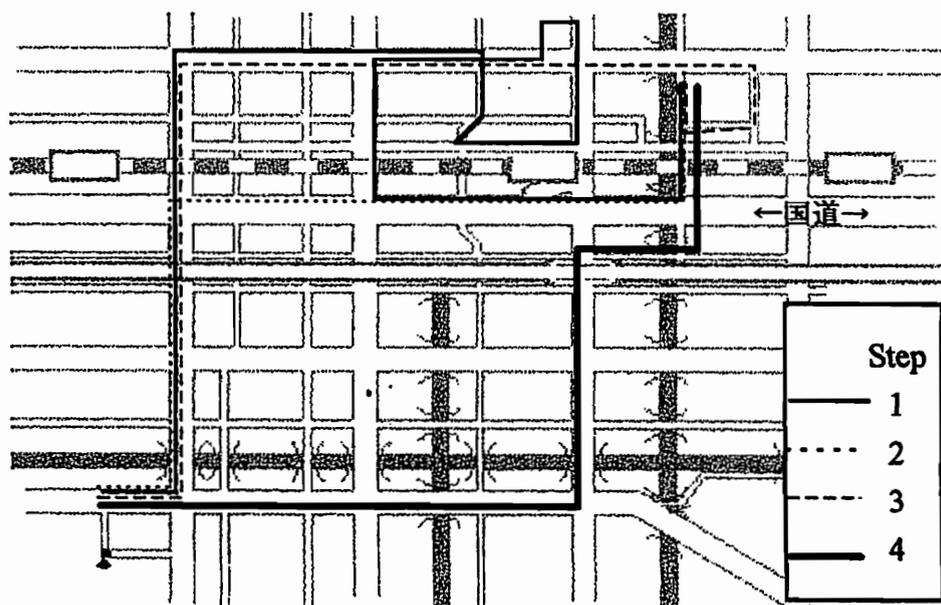


図2-15 被験者1 (グループA) の経路選択履歴

グループB (図2-11、図2-12) においては、初来訪であるにもかかわらず、第1ステップにおいて、渋滞情報などの影響で意識的に細街路に進入するケースが見られる。最終ステップにおいても渋滞や以前のステップにおいて走行しにくかった箇所を避けながらもより走行しやすい新たな細街路を探索している。また、グループAとは異なり、河川や鉄道といった大きな目印の他に交差点の位置関係を強く意識している発言がプロトコルによって多く得られた。

グループC（図2-13、図2-14）においては第1ステップにおいても初めから曲がる回数の多い複雑な経路を選択している。これは、ナビゲーションシステム上に目的地方向を示す矢印が表示されているために運転者がその矢印の方向に大きくはずれる経路の選択を敬遠する傾向があるためと考えられる。つまり、四角形の対角線に沿うような走行である。さらに運転経験が増えるにあたって、他のグループと異なり同じ幹線道路を通るにしてもわかりやすという理由からではなく、ナビゲーションによって自分の位置を見失うことなく攻撃的に経路探索を行うことが出来ている。また、例えナビゲーション上の表示を見落として自分が意図したのと異なった経路に進入してしまっても、現在地が分かり簡単に経路を修正できるという余裕がプロトコルよりうかがえた。特徴的な例として（図2-16）に示す被験者2は、第1ステップにおいて、カーナビゲーションの表示によって南北方向にはしる河川を道路と誤認したが混乱することなく目的地に向かって経路を進んでいった。その際に、かなり幅員の狭い道路に進入したがカーナビゲーションによって先のネットワークが認識できているために積極的に探索を行っていた。

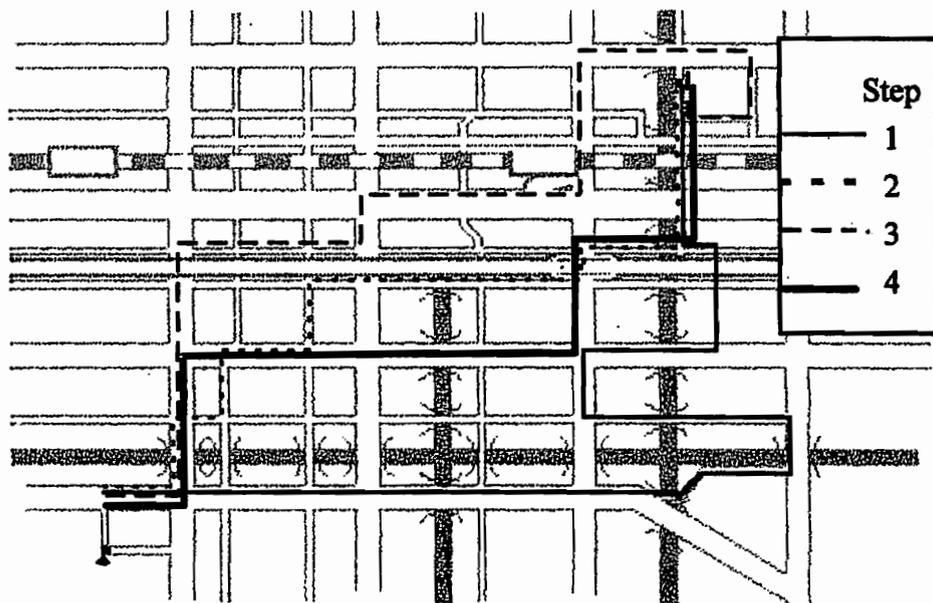


図2-16 被験者2（グループC）の経路選択履歴

さらに各グループ間の比較分析を行った。グループA、CとBを比べると渋滞情報があるグループBは細街路を走行する距離の割合が高くなっている（図2-17）。また、グループCでは自分の走行している位置が確認できるため、ステップを重ねる毎に細街路に走行する率が高くなっている。グループCに渋滞情報を与えていたならば更に高い細街路走行率であったらと予測できる。

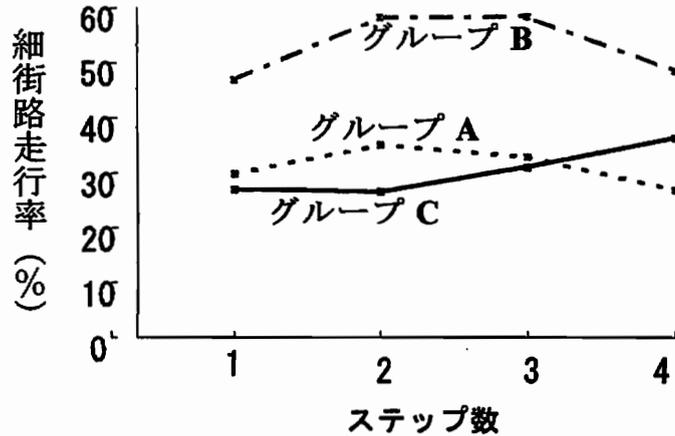


図2-17 細街路走行率

エレメントの数は初めに多くの情報を与えていたBが多くなっており、ステップ数で見ると全てのグループで第1ステップが多く第2ステップで減少し、また徐々に増加傾向となっている。これは距離感のつかめない第1ステップはいろいろと覚えるが第2ステップは目印となるものに絞って記憶しているようである。グループCにおいてはナビゲーションがあるために自力で現在地の把握をする必要がなくなり、運転者自身が経路を覚える必要性が低くなり、認知しているエレメントが少なくなると考えられる。（図2-18）。

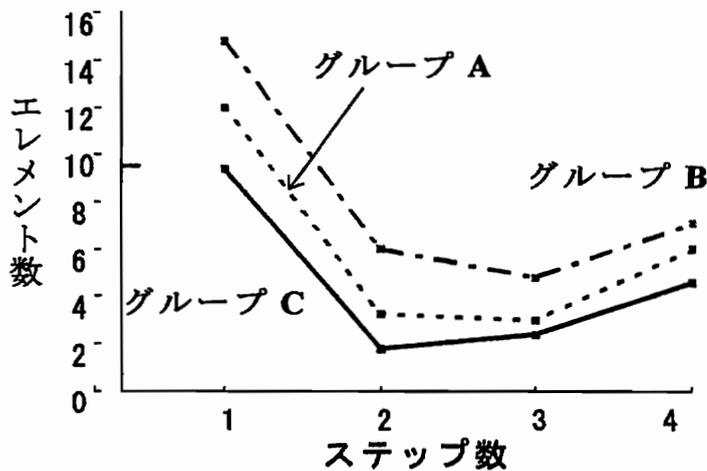


図2-18 認知地図に描かれたエレメント数

今回の実験地での走行は、被験者のほとんどが最終的に15分程度の期待時間となっており、20分を越えてしまっている者は不満な様子が伺えた。また、旅行時間の予測は、ステップが進むにつれてほぼ実走行時間に近づいてきている。また、期待旅行時間は、だんだん短いものとなっている。走行実験とアンケートの結果から初めはわかりやすさ、単純さを求めて行くが、走行経験が増す毎に時間的要因が重要視されていく傾向がつかめる(図2-19)。

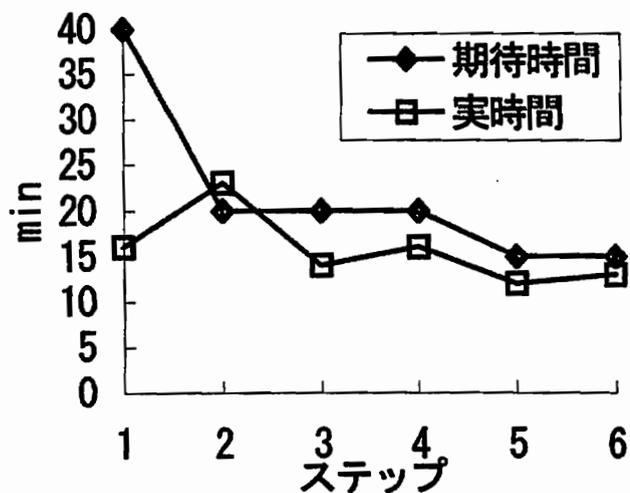


図2-19 被験者3 (グループB) の実旅行時間と期待旅行時間

2-4. 第2章のまとめ

本章は様々なレベルの情報を持つ運転者の Way Finding 機構を解明しようとしたものである。

実験1では、単純な格子状経路において直線走行が多く、曲がる回数の少ない、境界線上の走行が多く見られることがわかった。更に、出発時に与えられる向きの影響が大きく、境界線上の走行でもはじめての向きを直進しようとする走行が多いことがわかった。

実験2では、経路検索が情報の影響によりどのような結果を示すのか検討した。その結果、道幅、幹線道路、市街地、一方通行、右折禁止、渋滞などの影響で自動車運転者は大幅に経路を変更する可能性があることが示せた。

実験3では、実際の走行による経路選択要因について検討した。その結果、実際の経路探索においては、わかりやすさが大きな影響を与えていることがわかった。また、走行実験とアンケートの分析により、走行経験が増すごとに時間的要因が重要視されていく傾向がつかめた。

以上のことから、自動車運転者は、大きな目印が存在し、曲がる回数の少ないといったわかりやすい単純な経路を選択する傾向がある。そこに道路の種類の情報に加わることにより、道幅の広い道路へと快適性を求めて経路をとるようになることがわかった。更に、渋滞情報が加わると、更なる快適性や時間の短縮のため、複雑でしかも狭いと思われる道へと進入する傾向があることもわかった。

カーナビゲーションシステムは、経路探索時において、現在位置の表示や目的地との位置関係がわかることから、意図する経路からはずれても運転者に余裕を与え、更に複雑な経路を走行することも可能となることがわかった。

現在、自動車交通を誘導する手段として、このようなシステムを利用しようとする傾向がある。この結果、これまでの単純な経路探索をしてきた運転者が、たとえ初来訪であっても複雑な経路をとるようになることが考えられる。更に、渋滞個所がわかるシステムでは、初来訪でも狭い道路に進入し、地区道路が抜け道として利用されることが多くなることが予想される。これは大きな問題であり、住宅地域などの地区道路の安全性といったことが重要になり、ナビゲーションシステムが経路探索へ及ぼす影響のさらなる研究が望まれているといえる。

今回の分析では、経験の少ない時点での経路発見を対象としたが、経験の蓄積過程をより長期的に解明することが今後の課題である。また、経路探索の状況を知るために、認知地図、ビデオ撮影によるプロトコル法を用いたが、被験者の描いた地図が必ずしも認知した物すべてを表しているとはいいがたく、プロトコル法に関しても実験ということ意識させずに、どのように普通の状態に近い発言を被験者から得るかということも解決していかなければならない。

< 2 章 参考文献 >

- 1) P.H.L. Bovy, E Stern : Route Choice : Wayfinding in Transport Networks
- 2) 舟橋 : Way Finding を中心とする建築・都市空間の環境行動論的研究
- 3) 久保田、加藤、窪田 : 自動車運転者の認知地図の特性に関する研究、土木計画学研究論文集、No.9、pp61~68、1991
- 4) 小野塚、久保田、門司 : 自動車運転者の経験・心理を考慮に入れた期待旅行時間モデル、土木計画学研究講演集、No.17、1995

第3章 配分手法の検討

3-1. 研究の背景と目的

沿道の開発に伴う交通インパクト分析の必要性やITSの進展など、ミクロな現象や個人差を考慮した交通モデルへのニーズが高まっている。交通計画の各段階のうち、手段分担等については非集計モデルの使用が一般化し、そうしたニーズへの対応が図られつつあるが、経路（および交差点）の交通量を求める配分計算の段階では、いまだに大規模ネットワークを対象とした集計モデルである「容量制限付き分割配分法」が一般的に用いられている。

従来の集計モデルによる交通量配分法では、交通行動を一つの集合体の平均的な挙動の結果とみなしている。しかし本来の交通現象は、各個人の経路選択行動が集積された結果であり、その行動は経済面や心理的などと複雑な関連性を持っている。少なくとも地区交通のレベルにおいて、より現実的なモデルを構築するには、こういった個人の選択メカニズムを解明しなければならない。また、急速に発展を遂げた非集計モデルについても、交通量配分に用いるためにはいくつかの課題がある。

そこで本研究では、まずこれらの既存配分法の問題点を整理するとともに新たな交通量配分法概念を提示する。そして大宮駅西口の商業地区（図3-1）について調査を行い、ネットワークの認知についてモデルの構築を行う。

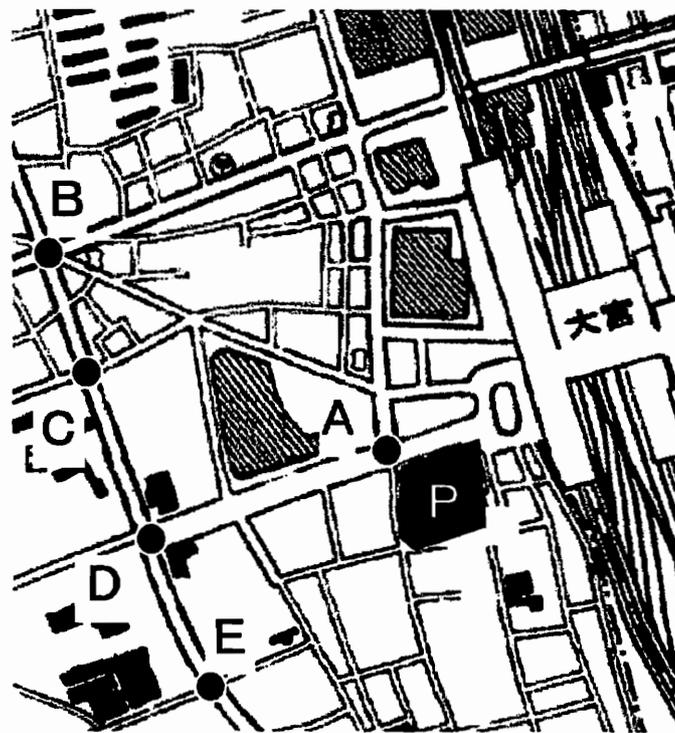


図3-1 調査対象地区の概要（大宮駅西口）

3-2. 地区交通計画における既存配分手法の現状と課題

(1) 既存配分法の問題点

これまで、経路選択や交通量配分に関しては様々な研究がなされている。しかし基本理論や方法論が、もともと都市、地域レベルのネットワークを対象としていないため、地区レベルのミクロな配分への適用には様々な問題がある。本研究ではこれらの点を改善した配分モデルの構築を行うために、まず現在の配分手法が抱える課題を整理する。

① ネットワークに関する課題

配分モデルにおいて、対象となるネットワークは全ての道路、もしくは作成者側が意図的に選んだ道路である。しかし、こういった場合運転者がその存在を知らない道を選択することになったり、実際は使う道がネットワークに存在しないといったケースが考えられる。現在、1 ODに複数の経路を設定しその選択を決定するモデルなどが盛んに研究されているが、これらを実際の配分に用いる場合は、本来は個々の運転者ごとに使用可能なネットワークを決定することが必要である。

② 配分原則に関する問題

様々な配分方法があるが、その多くは運転者が完全情報下にあると仮定されている。これはすなわち、運転者は出発地点において、目的地までの全経路の所要時間を知っているということであり、地区レベルではこの矛盾な無視できない。経路選択においては、いくつかの選択肢について過去の経験などによって時間を予測し、使用経路を決定するのが普通であろう。よって配分においては実時間でなく、こういった予測時間を用いた方が、現実に合致している。

③ 経路の途中変更

現在の経路選択モデルのほとんどでは、出発地において経路を決定されると、目的地まで経路が変更されることはない。しかし現実には、選択経路の混雑度や、交通情報などによって最初に選んだ経路を必ずしも走り続けるとは限らない。また経路決定の時期も、全ての運転者が出発地点であるとはいえず、出発地点のみでの配分では不十分である。VICSなどによる情報提供による交通行動の変化にも対応するためには、この問題を改善することが不可欠である。

これら従来の配分法の問題点を整理した結果、最終的にめざす交通量配分法を図3-2のように位置づけることとした。まず配分には実時間でなく期待時間¹⁾を用いること、そして、旅行中に各交差点で使用可能ネットワークと経路変更の可能性を判定する。また今回の走行の経験が、次回の選択行動に反映することができるようにする。

本研究ではこの中で特にネットワークの認知に関して分析を行い、運転者の利用可能な道（選択肢）を決定するモデルの構築を行った。また、経路の途中変更や、配分原則に関しては2-6でふれる。

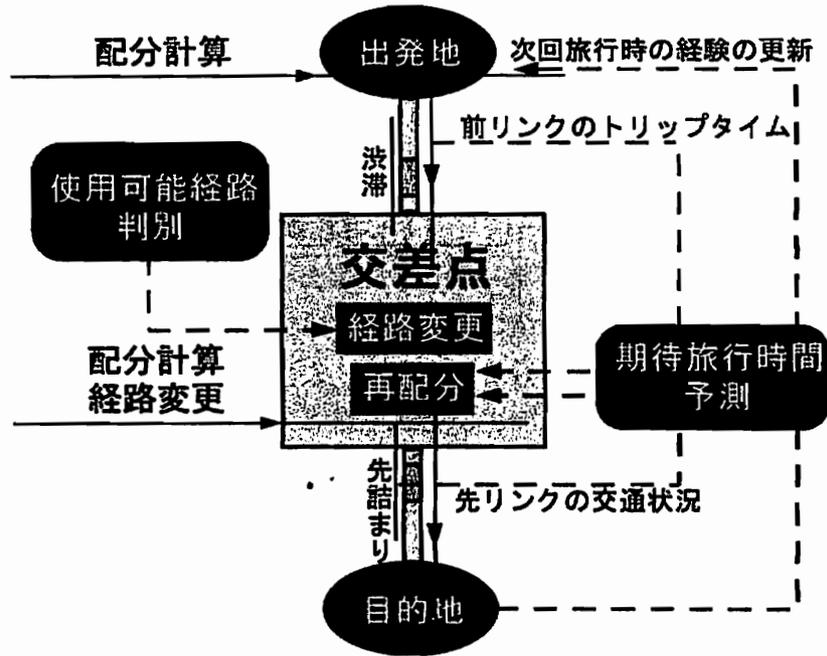


図3-2 本研究における配分の概念

(2) 実在ネットワークにおける経路選択

配分において、認知ネットワークが問題となるケースとして大宮駅西口のA交差点における経路選択行動を例に挙げる²⁾。A交差点は、地区内で休日の混雑が最も激しい交差点のひとつである。

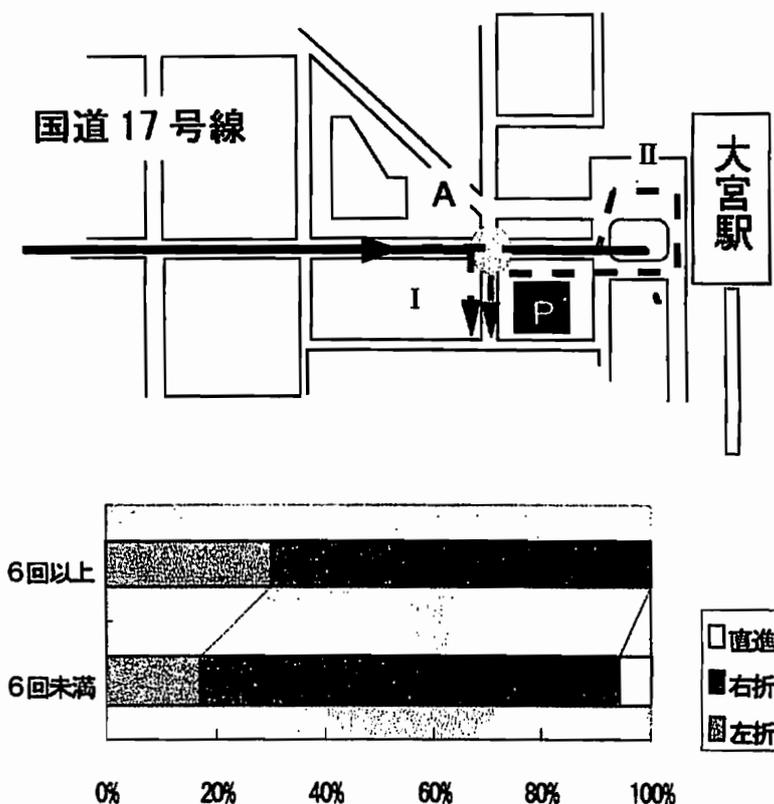


図3-3 駐車場利用回数別の進入経路

図3-3は国道方面からA交差点を利用するものについて、駐車場への進入経路の選択を、駐車場利用回数別に2つのグループに分けてまとめたものである。駐車場への進入経路は、主としてA交差点で右折する経路（I）、ロータリーを經由して左折で進入する経路（II）の2つのパターンが存在する。A交差点は買い物交通と駅へ向かう交通とが交錯する交差点で、休日になると駐車場の待ち行列が交差点内にまで続き大渋滞を引き起こす。この待ち行列の影響などで、混雑時は右折で進入するより、駅のロータリーを經由して左折で進入した方が早く駐車場に到達することができる場合が多い。

従来の配分方法によれば、多くの運転者は所要時間の短い経路IIを選択するはずである。しかし実際は経路Iの方が利用者がかなり多く、また利用回数が少ないグループは右折で進入する割合がより多くなっていることがわかる。このような結果になる理由としては、運転者が所要時間の短い経路Iの存在を知らなかった、つまり利用経験の差が

ネットワークの認知量に影響を与えているということが考えられる。市街地レベルのようなマイクロなシミュレーションを行う場合にはこういった影響を十分に考慮することが必要であり、モデル上でも表現可能でなければならない。

配分を行う場合には、まず第一にOD間に存在する無数の経路の中から、配分の対象となるネットワークをいかに決定するかが問題となる。このネットワークは個人によって大きく異なり、その特定は難しい。経路選択モデルの構築と同様に、この「配分対象となるネットワーク」に関しても様々な研究がなされている。

(3) ネットワーク認知に関する既存研究

近年の非集計モデルの発展により、個人属性を考慮できる様々な経路選択モデルの開発が行われている。しかしこれらの多くは、分析者が何らかの基準で選んだ、複数の選択肢を対象にしているにすぎず、一般的なネットワーク上で適用するには、運転者が利用する可能性のある道（選択肢）を決定する必要がある。

運転者が道をどのように発見・認知し記憶するのかという心理学的なアプローチは、これまで歩行者や自転車などを中心として盛んに行われてきた。このアプローチは経路形成過程と深い関わりを持っており、動的な配分モデルの構築をしようとする場合この影響を無視することはできない。

ただ、実際の配分においては、記憶されている（知っている）道がそのまま選択肢集合となることはあり得ない。知っている道の中から、何らかの基準をクリアした経路のみが選択肢となりうる。

最初、この選択肢集合は実際に対象地区において運転者の使用経路を観測し、それに基づいて決定されていた。しかしこのような方法では選択肢集合の決定を一般化する事が難しい上、将来の交通量予測への適用にも疑問がもたれる。

様々な研究において、この選択肢の一般的な表現が試られている。例えば Dial³⁾はその基準を、経路を形成する全てのセグメントが目的地に近づく場合、あるいは目的地から遠ざかり、かつ目的地に近づく場合としている。また、経路特性にあるしきい値を与える方法もある。これには様々な方法があるが、Borges⁴⁾らの歩行者の経路選択に関する研究によれば、選択肢となりうる経路は、最短距離の経路の150%以内の距離としている。

しかしこういった基準も、客観的な選択肢の設定法であるとは言い難い。選択可能な道は、距離や時間などの他にも様々な要因によって決定されるであろうし、個人によるネットワークの違いも当然考慮されるべきである。

3-3. 経路可変型交通量配分法

(1) 基本概念

先に述べたとおり、従来の配分法の矛盾点として、配分対象ネットワークの選定、運転者が全く知らない道でもあっても最短経路とされれば選択する、一度経路が決定されたら、途中でどんなに交通状況が変化しても経路の変更が不可能である点などが挙げられる。そこでこれらの問題点を解決するために、図3-2に示した考え方に基いた、新たな交通量配分手法の確立をめざす。この配分法を概念を図3-4に示す。これは従来の配分法にネットワークの選択可能性という概念を用いており、旅行中に運転者が全ノードにおいて接続リンクの利用可能性を判定するというものである。

まず運転者は出発地において、従来の配分法と同じように目的地までの経路（初期経路）を決定し、トリップを開始する。通常では運転者はそのまま目的地に到達する。本モデルの場合、出発して交差点（ノード）に運転者が到達すると、そこに接続している道路（リンク）全てに対して、初期経路に対して選択可能な道（経路変更の対象である道）かどうかの判別を行う。この判別の結果として利用が不可能とされたリンクを除外し、そのノードを新たな出発点として、最初と同様の配分計算を行いトリップを続行する。利用可能なリンクが1つしか存在しない場合は、配分計算を行わずそのリンクへ進むものとする。また、例外として、判別の結果使用可能なリンクが存在しない場合は、判別関数による確率が最も高くなった経路を便宜的に選択するものとする。このような過程を目的地に到着するまで繰り返し、目的地に到達した段階で終了する。つまり、本モデルでは従来の経路選択モデルのような、OD間の選択肢という考え方は存在しない。

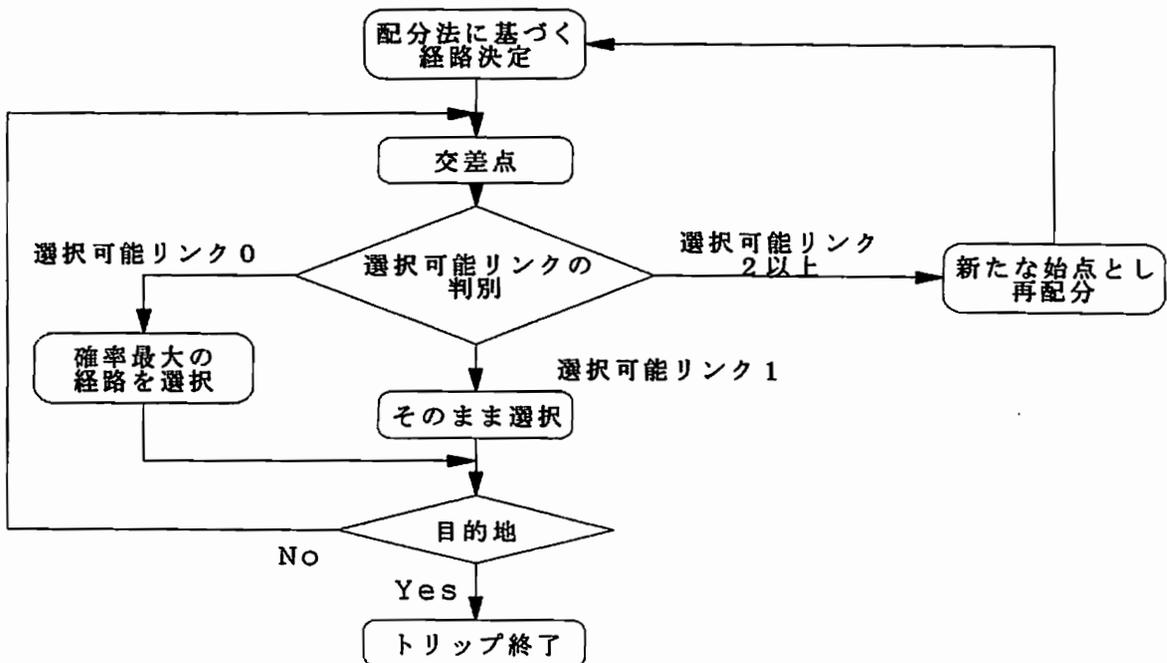


図3-4 経路可変型交通量配分法の内容

このモデルは主として接続リンクの使用可能性を判別する選択可能経路判別モデルと、変更可能経路が存在した場合に再配分を行う配分モデルの 2 つにわけることができる。本研究ではおもに選択可能経路判別モデルについて扱い、交通量配分に関しては従来の実旅行時間を用いた配分を行うものとした。

(2) 選択可能経路判別モデル

本モデルは、各交差点の接続リンクを運転者が使用可能か、不可能かを判定するものである。このような方法を用いることにより、モデル作成者が任意に選択肢を決定する必要はなく、全てのネットワークを配分の対象とすることが可能となる。また、各交差点における初期経路からの経路変更を行うことも可能となる。、本研究では判定のための手段として、判別分析を用いている。判別分析はサンプルの持つ特性からそのサンプルがそれぞれのグループに帰属するかを求める手法であり、本モデルにおいては運転者の属性や交差点形状などから選択可能グループに属する確率を求めるものである。実際のシミュレーションにおいては、各個人のランダム性を考慮するために、算出された判別確率に対して乱数を割り当て、属するグループの判定を行う。

3-4. 判別モデルの推定と検証

(1) 判別可能経路調査

判別分析を行うために、本研究では図3-1の地区を対象として紙上実験を行った。紙上実験は、地区内の駐車場Pに車での来訪経験を持つ被験者に対し、駐車場Pを利用する場合に利用する可能性のある経路パターンを全て白紙に記入してもらった。この記入経路によって地区内の全30交差点について、各接続リンクの利用可能性の有無を調べ、モデル推定のためのサンプルとした(図3-5)。さらに被験者に対して来訪経験などの個人属性を尋ねるアンケートを行い、交差点の持つ各属性の他に個人の持つ経験などが判定に与える影響についても同時に考慮した。この実験は、学生21人に対して行い、エリア内の30の交差点に関して、816のサンプルを得た。

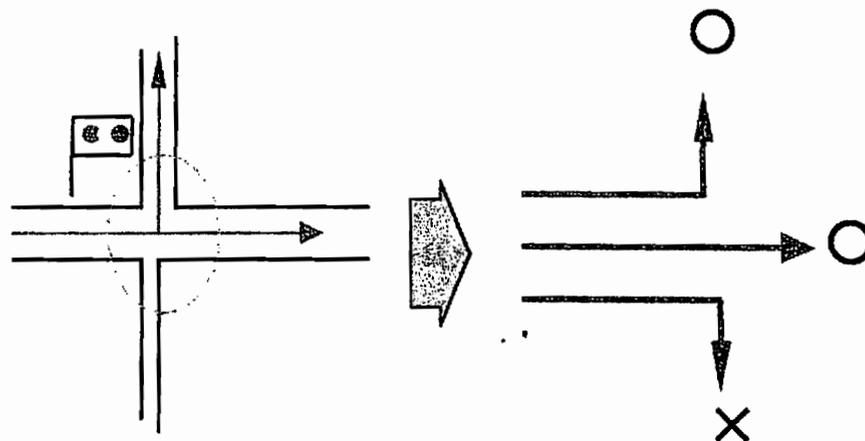


図3-5 地図からのサンプリング

(2) 判別関数式の推定

まず判別分析を行うにあたって幅員、方向、信号の有無、案内板の有無などといった交差点の持つ属性と、免許所持歴、運転頻度、来訪回数などの個人属性を説明変量とし、その中で相関が高い変数を用い線形判別関数の推定を行った。

判別関数に用いた変数は、相対幅員、方向角、距離、信号の有無、案内板の有無である。相対幅員は現在走行中の道路幅員に対する対象方向の道路幅員、方向角は対象方向の目的地からのふれ角を表す(図3-6)。

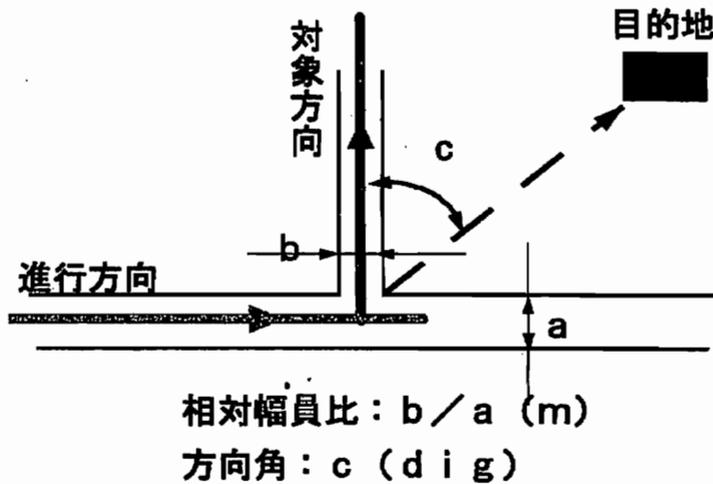


図3-6 変数の定義

また、個人属性に関しては上に挙げた交差点の属性と比較して、十分な相関関係が得られなかった。よって今回のケースでは判別関数式の中に経験を示す説明変量を用いず、設定した経験変量の中で最も相関の高かった対象地域への自動車での来訪回数により、3つのグループに分けて判別関数式の推定を行った。表3-1にパラメータの推定結果を示す。

表 3 - 1 パラメータの推定結果

	exp1 10 回未満	exp2 10~30 回	exp3 30 回以上
方向角 (F 値)	0.0435 (86.864)	0.0332 (27.942)	0.0376 (54.037)
相対幅員比 (F 値)	-3.6213 (35.442)	-3.9306 (21.542)	-2.3902 (15.49)
距離 (F 値)	0.0038 (5.912)	0.0001 (0.315)	0.0045 (6.121)
信号の有無 (F 値)	-0.813 (1.514)	-0.9427 (1.087)	-0.9556 (1.4938)
案内板の有無 (F 値)	-4.2938 (32.007)	-4.2821 (16.029)	-3.3102 (13.872)
定数項	6.5473	8.4001	4.5494
マハラノビス距離	7.277	6.345	5.259
相関比	0.769	0.72	0.714
誤判別率	8.90%	10.40%	12.60%

パラメータの符号が正である変数は、対象リンクを選択不可能とする要因である。

この推定結果を見てみると、ある程度予想できたことではあるが選択可能性の有無に最も大きな影響を与えているのは目的地からのずれを示す方向角であり、続いて走行中の道幅に対する対象リンクの道幅を示す相対幅員比であることがわかる。これらを経験ランク別にみても、経験の低い層 (EXP1) の選択可能性はこれらの要因に極めて依存していることがわかる。逆に経験の高い層 (EXP3) はこれらとの相関は相対的に低くなっており、「遠回り」「狭い道」であっても柔軟に選択可能であることがわかる。

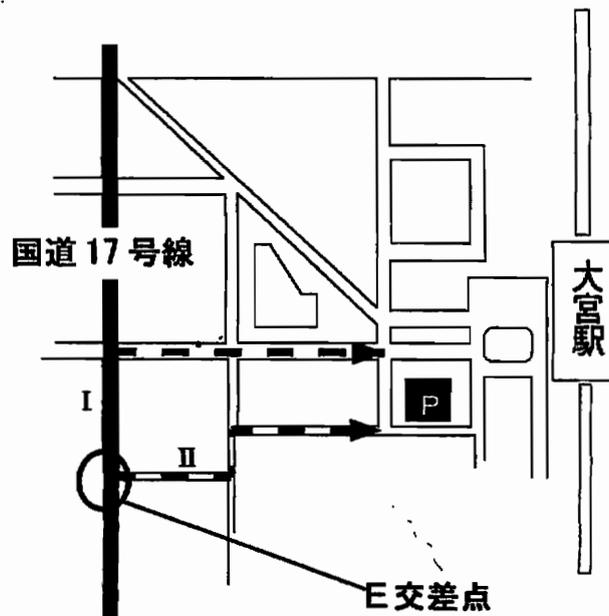
信号の有無に関してはそれほど高い相関を示さなかった。また案内板の有無に関しては先に挙げた方向、幅員と深い関係があるとえられる。しかし将来的な情報提供の影響などを考慮に入れるため設定した。この場合の案内板は、目的駐車場が駅の正面に立地することから、その店舗名を示す案内板の他に、駅を示す案内板も同等に扱った。この案内板についても、EXP1 が高い相関を示し、EXP3 が低くなっていることがわかる。また相関比、誤判別率は概ね適正な値であるといえる。

この結果から、経験の高い層ほど交差点の持つ属性が選択の有無に与える影響が小さいことがわかる。誤判別率、相関比も EXP1 に比べて悪い値となっており、予測が難しくなっているといえる。逆に、経験の低い層は交差点の属性に選択可能性は大きく依存しており、案内板などの情報を与えることで選択可能性を大きく高められることが予想できる。

(3) 判別モデルの検証

求めた判別関数式の検証のために、実際のネットワークについて、モデルによる推定値と、アンケートによる選択可能判別率の比較を行った。図3-7は南方向から国道を使用した場合の駐車場への一般的な経路Ⅰと裏道Ⅱ（幅員は非常に狭く歩行者も多い）、その分岐交差点Eである。

このケースも図3-2の場合と同様で、混雑時は裏道Ⅱを利用した方が経路Ⅰの場合より早い。しかし実際はこの裏道Ⅱを利用する運転者はわずかである。表3-2はE交差点における裏道Ⅱの経路変更の可能性をモデルによる推定と、アンケートの結果を比較したものである。



方向角	相対幅員比	距離	信号	案内板
20	0.44	290	なし	なし

図3-7 経路Ⅰ北上に対する経路Ⅱの属性

表 3-2 E交差点における裏道Ⅱの判別確率

運転回数	モデルによる推定	アンケートの結果
EXP1 10回以下	13.9%	10.0%
EXP2 10~30回	15.2%	20.0%
EXP3 30回以上	21.8%	33.3%

今回はアンケートで十分なサンプル数が得られなかったこともあり、信頼性の検定を行うまでには至らなかったが、比較的近い値となっている。

(4) 経路可変型配分法による経路推定

実在のネットワークについて、作成した判別モデルに従来の配分計算を加えた経路可変型の交通量配分によって実際に配分計算を行って経路を推定し、従来の配分法による推定経路との比較を行った。

図 3-8 は、従来の配分法によって、旅行時間が最小になるように B の交差点から駐車場 (P) まで、配分計算を行った結果として決定された経路である。今回用いたリンク間タイムは 1992 年の 9 月に当地区で行った実走行実験の結果によるものを用いている。実走行時間によって決定される従来の配分法によると、このような設定条件下では全ての運転者が図のような経路を選択することとなる。

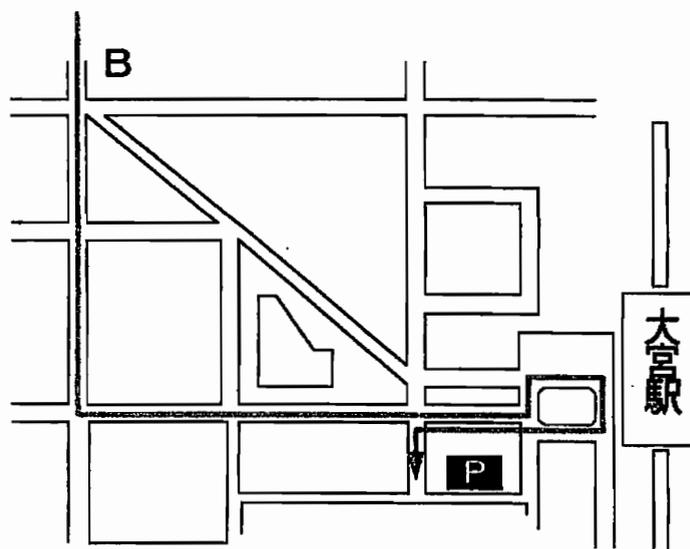


図 3-8 従来の配分法による推定経路

次に図3-8と同様の設定条件において、経路可変型のモデルによって経路の推定を行った。決定経路とその形成過程の例を図3-9、10に示す。

図3-9はこの地区への来訪経験が10回以下の運転者（EXP1）について推定を行った例である。

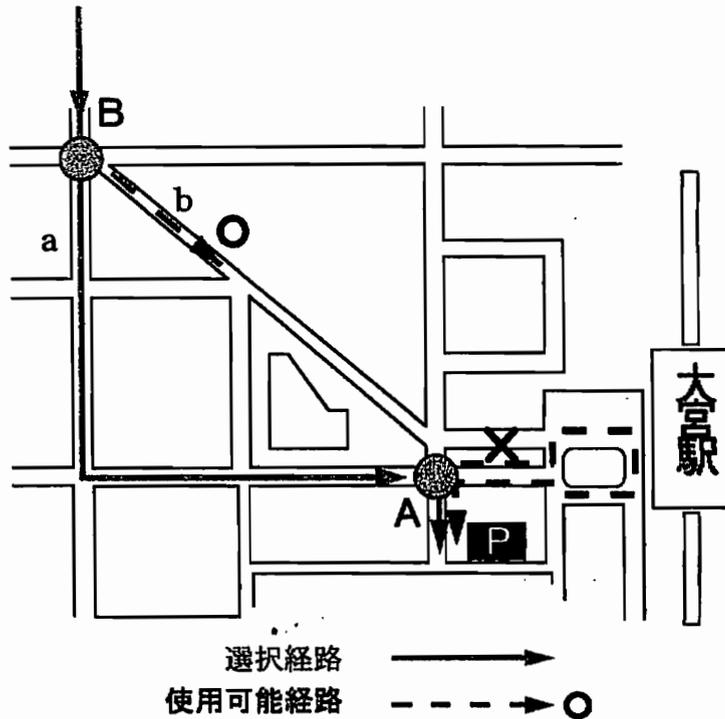


図3-9 推定経路（EXP1）

この場合、B交差点に到達した運転者は選択可能経路の判別を行いaとbの2つの接続リンクを使用可能経路とした。よってB交差点でそれ以外の接続リンクを除外して配分計算を行い、その結果として選ばれた経路であるaに進む。

各交差点において同様の判別を行ったが、この運転者の場合使用可能なリンクは1つずつしか存在しなかったため、結果として図のような経路が形成された。

次に来訪経験が30回以上の運転者（EXP3）について推定を行った例が図3-10である。この場合もA交差点まで、結果として同じ経路となっているが、先の例と異なりC,Dの交差点でも複数の使用可能リンクが存在し、そのつど配分計算を行って図のような経路が形成される。

この2つの配分例と、図3-8の配分例を比較してみる。両者とも出発時に設定される経路は、図3-8と同じである。EXP1の場合B交差点で初期配分の経路を選択不可能としている。ここで従来では考慮されていなかった「知らない道」への配分を防いでいる。また、EXP3の場合、結果として図3-9と同じ経路となっているがB~Dの各交差点で、他の選択肢が設定されているので、この時点で何らかの走行環境の変化が生じれば選択経路が変わることもある。

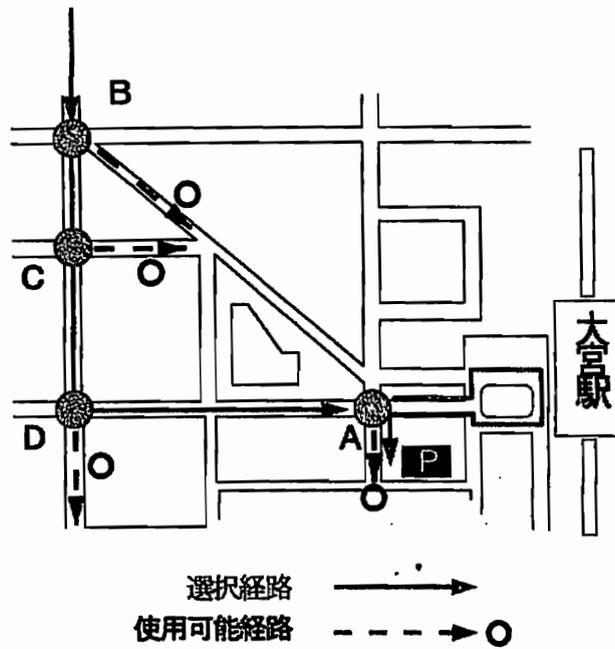


図3-10 推定経路 (EXP3)

3-5. 第3章のまとめ

(1) 判別分析の適用可能性

本研究では従来の交通量配分法の矛盾点の解消のため経路可変型交通量配分法を提示し、そのなかのネットワークの認知について、選択可能な経路の特定という考え方をを用いた。この選択可能経路の特定には判別分析を用いることとし、モデル式の推定を行った。推定の結果として、ネットワーク認知の要因と、その重要度を明らかにした。また、経験の量によりそれらへの依存度の違い、運転経験を蓄積することによる認知量の増加を表現することができた。

課題としては、まず本判別モデルのさらなる改良が必要であると思われる。実験対象エリアを増やしその一般性を高めること、運転目的などに応じたモデルを構築する事などが必要である。また経験などの個人属性を、モデル内で表せるようにするとともに、そういった変数をシミュレーションに用いる場合の、数値の与え方などについても考える必要がある。

(2) 選択可能判別型交通量配分法の展望

今回の研究により、従来の配分法におけるネットワークの認知という問題についての改善はなされた。しかし、①経路の途中変更を表現できない、②最短の所要時間によって配分されている、③時間以外の選択要因の反映ができない、などといった未解決の矛盾点を多く抱えており、その改善にはさらなる研究が必要である。以下に今後の研究の方針を示す。

経路の途中変更に関しては、交差点を経路変更可能な地点：CP (Changeable Point) とすることでその表現が可能となった。現在の段階ではリンク間タイムが出発時点と異なった場合に結果として経路の変更が行われる。しかし実際のネットワークでは、渋滞などインパクトに応じた経路変更が行われている。本モデルにおいてはこれらの影響を、CPに至る前のリンクの走行状況とCPの先に存在する先詰まりの影響を考慮する。

配分に用いる時間に関しては、先にも述べたとおり現在の配分法では、知り得ないはずの先方のリンクの実所要時間を用いている。そこで、この矛盾を解消するために配分に期待旅行時間を用いることを考えている。この期待旅行時間は実際の所要時間とは異なり、過去の走行経験などに基づいて決定される、運転者が出発地点において予想する旅行の所要時間である。この期待旅行時間を配分に用いることで、動的なモデルの構築が可能になること、個人による差異を表現することも可能となる。また、CPでの再配分を行う際にその地点までの走行状況を期待旅行時間の算出に反映させることで、先に述べた経路変更を表現することも考えられる。

期待旅行時間による配分と、交通インパクトの影響を、本研究で扱った選択可能経路

判別モデルと結びつけることで従来の配分法の矛盾点は大幅に改善できると思われる。

< 3章の参考文献 >

- 1)坂本邦宏、門司隆明、中島敬介、久保田尚；“大都市近郊の主要鉄道駅周辺における休日交通問題の諸相” 土木計画学・講演集 No.17 pp.47-50 1995
- 2)小野塚大輔、久保田尚、門司隆明；“自動車運転者の経験心理を考慮に入れた期待旅行時間モデル” 土木計画学研究・講演集 No.17 pp.771-774 1995
- 3) Dial,R ； “A probabilistic traffic assignment model which obviates path enumeration” ,
Transportation Research 5(2) pp.83-122 1971
- 4) Borgers, A. and Timmermans ,H.J.P ； “A model of pedestrian route choice and demand for retail facilities within inner-city areas shopping” ,Geographical Analysis 18(2) pp.115-128 1986

第4章 tiss-NET WIN システムの開発

4-1. 背景と目的

交通問題のなかで交通渋滞・混雑の解消は重要な課題となって久しいが、その対策の検討材料として、交通シミュレーターによるシミュレーションが有効となる場合が多い。

日本においては、欧米諸国に見られる古くからの車軸文化がなく歴史的に道路整備が遅れているだけでなく、道路整備に対する意識が低かった。また近年の急激なモータリゼーションの進行や山岳地形と海岸という地理的条件から道路基盤整備が追いついていない。この結果、日本においては沿道が他店舗の立地や路上駐車による道路交通への影響が Traffic Impact(TI)として認識され、その対策が重要視されている。そして、その対策の効果を推定するために、駐車行動や交差点での右折行動などミクロな交通状態を考慮した自動車交通量の推定が必要になってきている。現在ある自動車交通量の推定手法は、広域的な道路ネットワークを対象とした長期予測を行うものがほとんどであり、TI の影響を考慮できるような地区道路を対象とした交通量配分システムはあまりない。そこでこのような現象を対象とするために tiss-NET¹⁾ (traffic impact simulation system for road **NET**work) が開発された。

tiss-NET の特徴は以下の通りである。

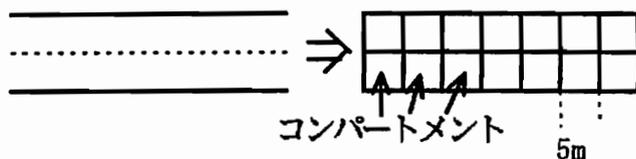
- ネットワークに配分される各車両の経路は、検索された最短時間経路に出発時点に配分される。
- 道路を5mの長さのコンパートメントに分割し、コンパートメント間の移動によって車両1台1台の動きをミクロに表現する(図4-1)。
- これを道路ネットワークに拡張しOD間の各車両の所要時間を記録する。その際、交差点での右折待ち時間や、路上駐車による遅れなど、道路上でのミクロな現象を考慮する。
- 上記の所要時間の集計を任意の時間毎に行い、これによってOD間の最短時間経路が更新される。従ってQ-V曲線は用いない。

ミクロな状況を考慮する場合は、Q-V曲線から得られる所要時間では有効性が低い。その点において、通常の分割配分手法にシミュレーションによる実測結果を導入するという基本概念が tiss-NET における根本概念である。

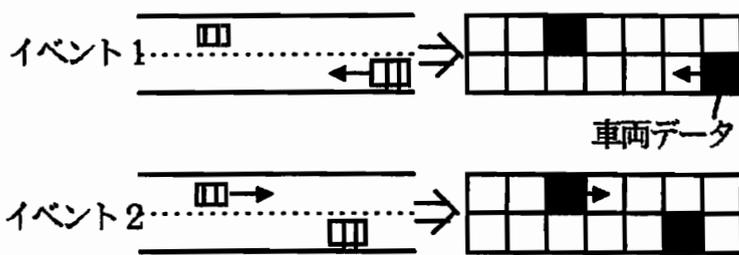
また、tiss-NET は、その利用者特性を考慮して GUI を強化した。地区開発計画者が容易に利用できるように統計的結果だけでなく、アニメーションによる表示を行える。

実際の交通状況 ⇒ tiss-NET WIN

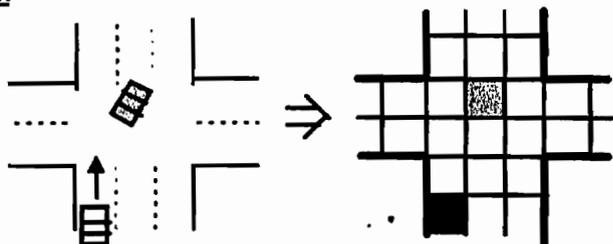
①コンパートメントへの割付



②車両とデータの移動



③交差点



④路上駐車車両

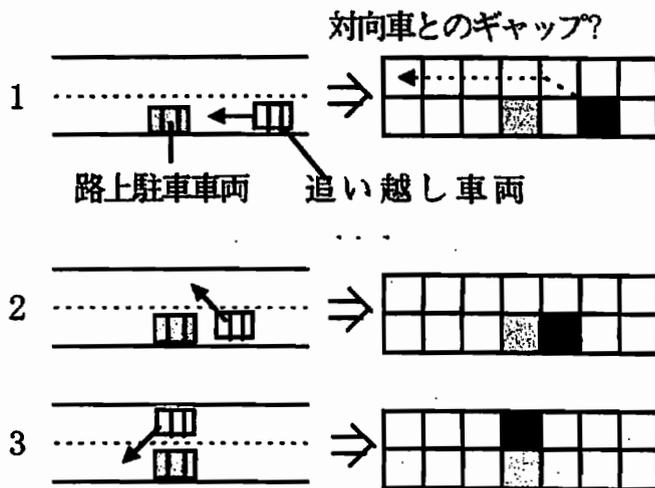


図4-1 実際の交通状況とコンパートメントへの分割

tiss-NET は段階的にミクロな交通シミュレーションと交通量配分を行える独特のシステムであるが、すべての経路が最初に決められてしまう等のいくつかの制限がある。そこで tiss-NET WIN (traffic impact simulation system for road **NET**work for **WIN**dows) を開発した。

tiss-NET WIN では、TI の評価手法として、従来の交通量配分の理論展開の限界を感じ、トラフィック・シミュレーションとの融合を試みている。この結果、車両属性に基づいた動的経路変更モデルを組み入れることで、TI の重要課題の一つである個々の車両属性の違いによる交通行動の相違を表現することが可能となった。経路の変更はドライバーの属性を無視しては考えられないことは明白であり、経験の浅いドライバーにとっては、いわゆる「裏道」の利用は通常行われませんが、経験豊富なドライバーでは裏道の積極的な利用も考えられ、そこにはドライバーの性格や運転条件などが影響してくる。さらに、ドライバーが情報提供を受けた際、それを個人特性の変化と捉えることによって情報提供を考慮することを可能にした。

また、大幅な操作性の改善を狙い、Microsoft Windows Ver.3.1 プラットフォームでの利用環境を提供し、G U I (Graphical User Interface) 機能を向上させている。

4-2. tiss-NET WIN の開発概念

(1) 分割配分法とトラフィックシミュレーションの融合

複雑な道路交通ネットワークに、いかに最適な交通を配分するかという問題は、最短時間経路への配分という仮定で一応の解決を見いだしている。この自動車運転者が最短時間経路を選択しているという仮定を、実用的にシミュレーションしているのが分割配分法であり、本システムの基礎理論もこの分割配分法にほかならない。最短経路発見のアルゴリズムとしては、今日ダイクストラ法に基づく最短経路検索が定着している。ダイクストラ法は、リンク間所要時間によるネットワーク上の最短経路問題の解法として、実用上の効率の良さは他の追従を許していない。ここで、より現実的な問題としてよく採り上げられる事象に、ノード通過所要時間の考慮がある。容量制限の考えを交差点にも適応させてこの問題を解決するという手法は、分割配分法の延長として捉えることが可能で、国内外で多くの研究発表が行われている。しかし、路上駐車や駐車場待ち行列の影響を交差点問題と同様に捉えることは TI を考える上で適切とは思えない。なぜなら、ある車両1台の交通行動によって周囲の交通状況が大きく変わり得ることが、経験的にも感じられるためである。この様に、個々の車両の行動を表現することは従来の分割配分法の延長ではなく、トラフィック・シミュレーションによる表現が適切であると考えたことから tiss-NET WIN が誕生した。

tiss-NET WIN における、分割配分法とトラフィックシミュレーションの融合による特長は以下の点である。

- 実測による旅行時間から最短経路を検索可能なため、路上駐車などミクロな交通状況を考慮できる
- 個々の車両が目的地や行動特性などの属性を持ち、属性によって行動が異なる

(2) 動的経路変更

tiss-NET WIN では、車両に対する初期の配分経路に最短時間経路を指定している。これはまさに個人属性を無視した経路を指定していることになるが、この矛盾を図4-2のように解決した。

最短時間経路に従って車両は進行するが、交差点などの経路変更可能性を持つ地点、CP(Changeable Point)に達した時点で、個人属性と道路属性をパラメータとした「交差点判断モデル」(第3章)を用いて、ネットワーク認知の判断を行う。その結果初期経路が認知されないと判断された場合は、認知されたリンク先の最短経路を検索する。この繰り返しによって、個々の車両が認知しているネットワーク上での最短経路を走行することになる。バスなどの特定車両では、路線を経路に指定して不変とした。また、特定ODに対しての初心者の経路は、案内板に従った経路「最易経路」を任意の確率で指定することを設定可能にした。

これは、個々の車両を主体と捉えると旅行上での経路での動的変更を表している。また、個人属性が交差点判断モデルのパラメータに用いられるために、この繰り返しによって、個々の車両が認知しているネットワーク上での最短経路を走行するという合理的な結果を得ることがきる。

またシステム構築上、様々な処理アルゴリズムを受け入れられる構造としている。将来的に目的地の変更や属性による走行特性違いなどのモデルを包括することで、そのシミュレーションが可能になる。

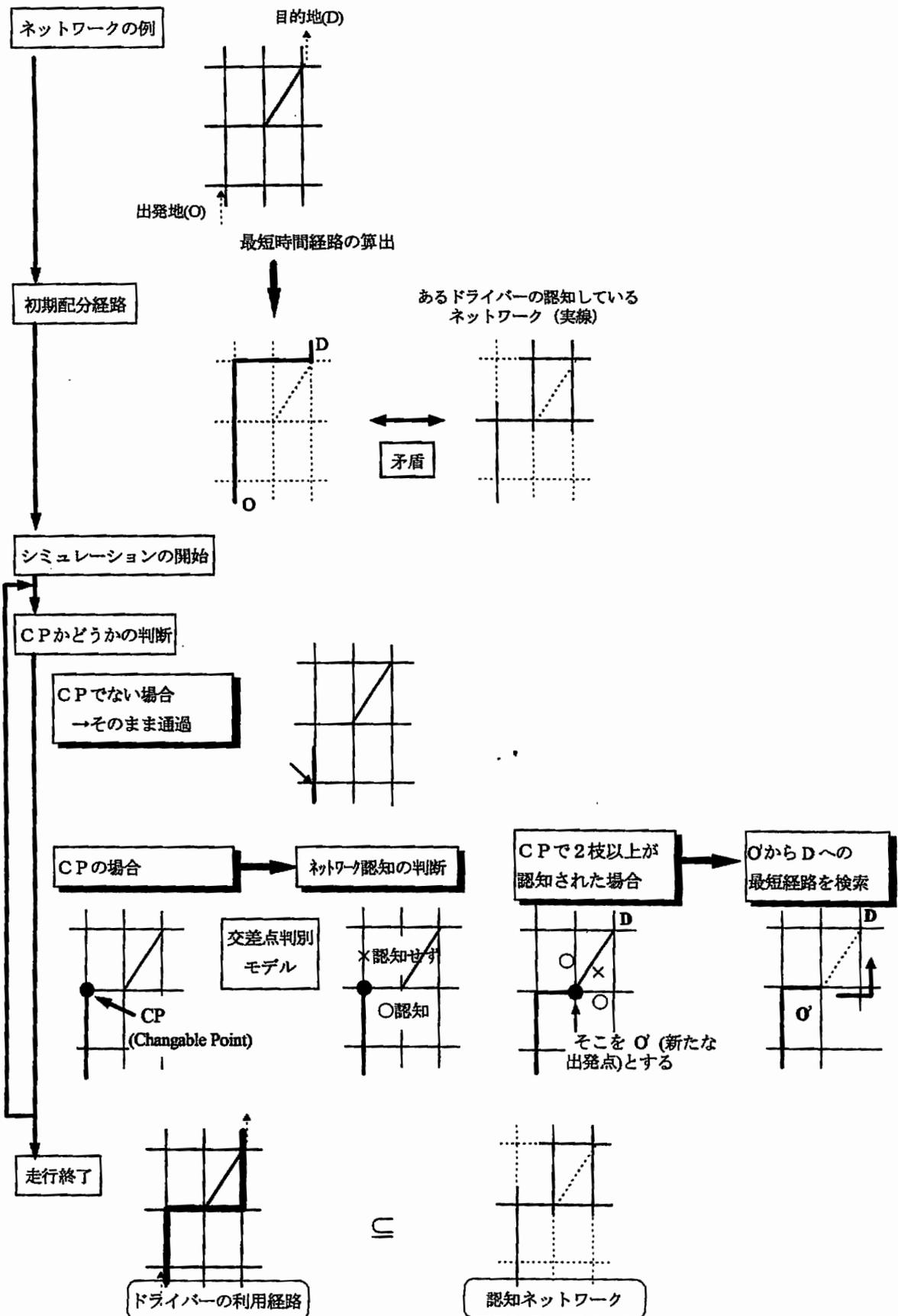


図4-2 tiss-NET WINにおける経路選択モデルの例

4-3. tiss-NET WIN SYSTEM

(1) システム全体像

システムの全体像は、図4-3に示すようなアプリケーション構成になっている。シミュレーションに必要なデータ入力を行う「Easy Input」及び「NET Input」。その入力データの管理とモデルのビルド管理、実行可能プログラムの時起動等を行う「Sim-Build」。結果の表示を行う「Graphic Viewer」である。

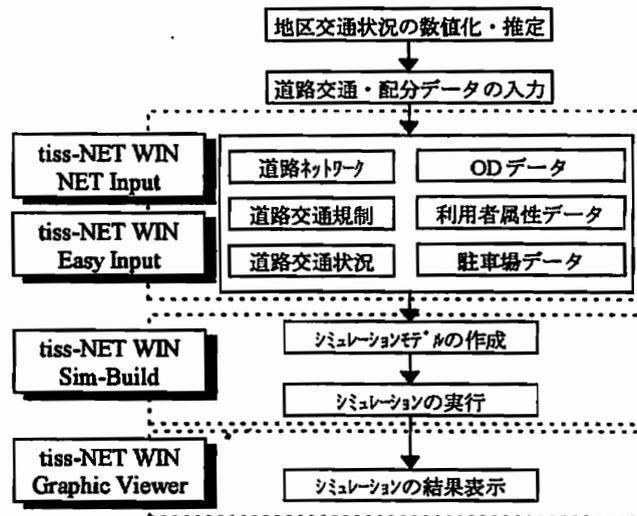


図4-3 tiss-NET WIN SYSTEM 全体像

各アプリケーションは、図4-4、図4-5にあるように、Windows上で稼働する。データの入力や結果表示には、極力GUIの向上を考慮した。

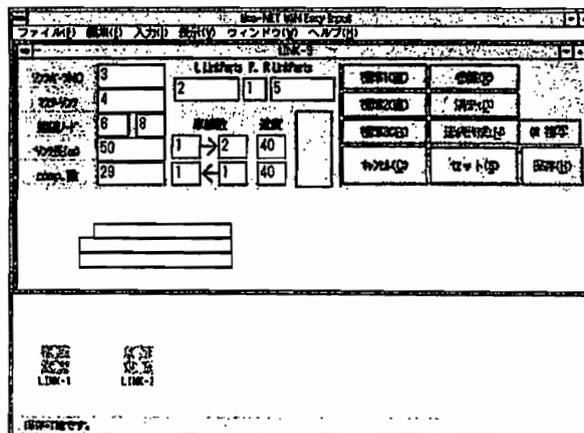


図4-4 tiss-NET WIN -Easy Input-

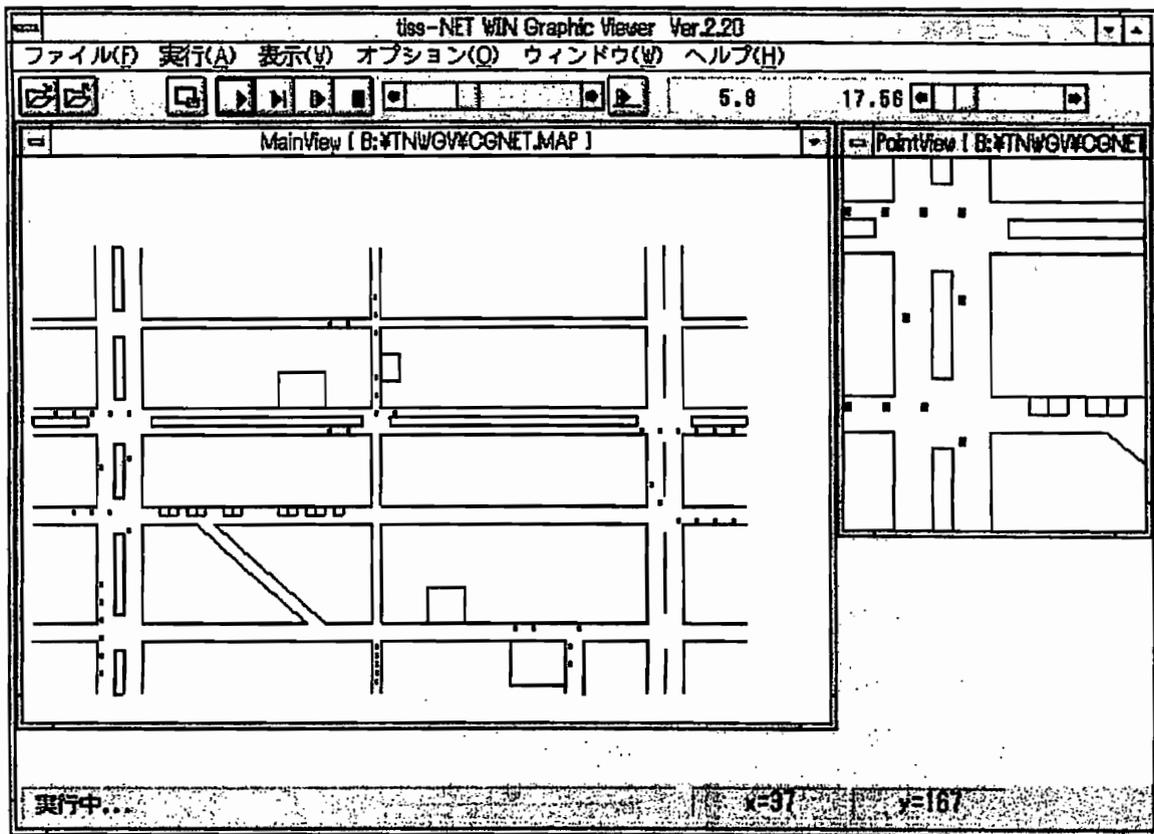


図 4 - 5 tiss-NET WIN -Graphic Viewer-

(2) セクションとセクションネットワーク

ミクロな交通状況を考慮するためには、路上駐車車両や交差点での方向別通過時間などの走行時間に影響を及ぼす要因を考慮する必要がある。そこで、リンクと交差点を関連づけた「セクション」(1つの単路部と両端の2交差点)という概念を使用した。

図4-6にセクションの概念図を示す。同じリンクを通行する車両であっても、その進入方向と退出方向の違いによって、そのリンクタイムは異なっている。例えば、右折待ちの時間は交差点での右折車両の待ち時間は反対側の交通によるもので、そのことにより後ろの交通に遅れをもたらしている。そのために、この例では9つのセクションを設定してその全てを計測する。さらに、このセクションの走行時間のネットワークを作成することによって、通常のDijkstra法による最短経路検索に帰着可能になった。

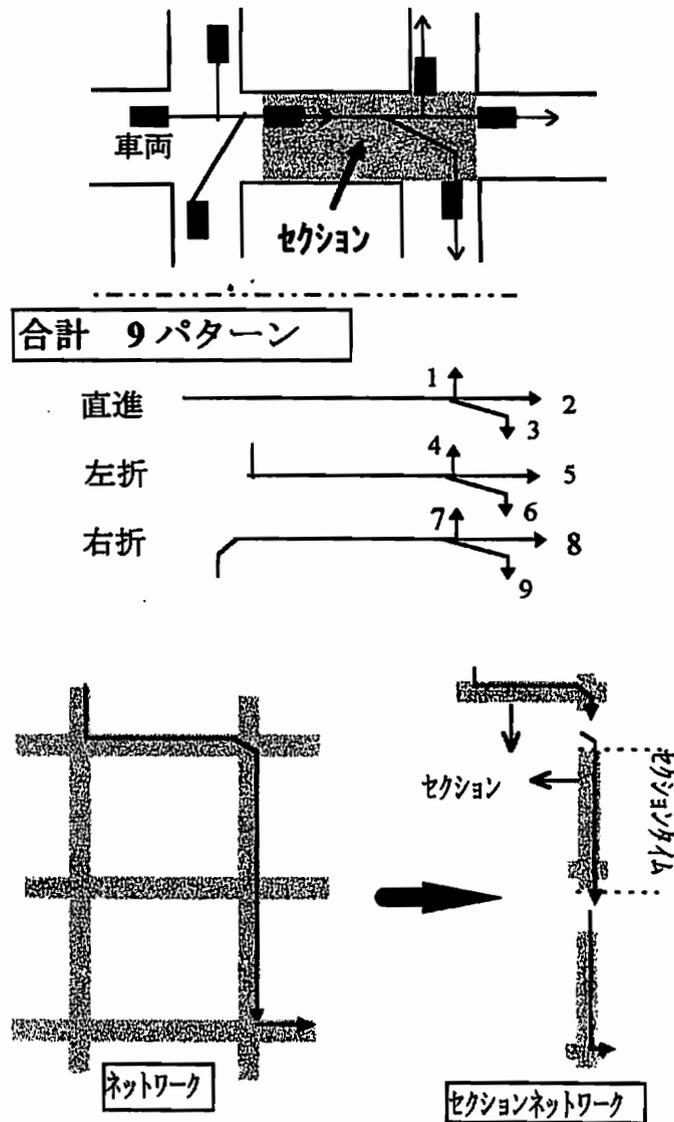


図4-6 セクションとセクションネットワーク

(3) シミュレーションの進行

本システムは、分割配分を基礎とするために、全体のシミュレーション時間を m 分割して、最初の $1/m$ 時間（第1フェーズ）は初期最短時間経路に車両を発生・走行させる。そして、個々の車両の挙動を常に監視して、CPに達した場合は、CPを基準点として実走行により計測されたセクションタイムによって最短経路の再検索を行い、再検索された最短経路に新たに配分する（図4-7）。 $1/m$ 時間が経過した時点で、再度新しい最短時間経路を計算し、その経路を次の $1/m$ 時間に発生する車両の初期走行経路とする。これを分割回数分だけ繰り返し全交通量の経路配分を行う

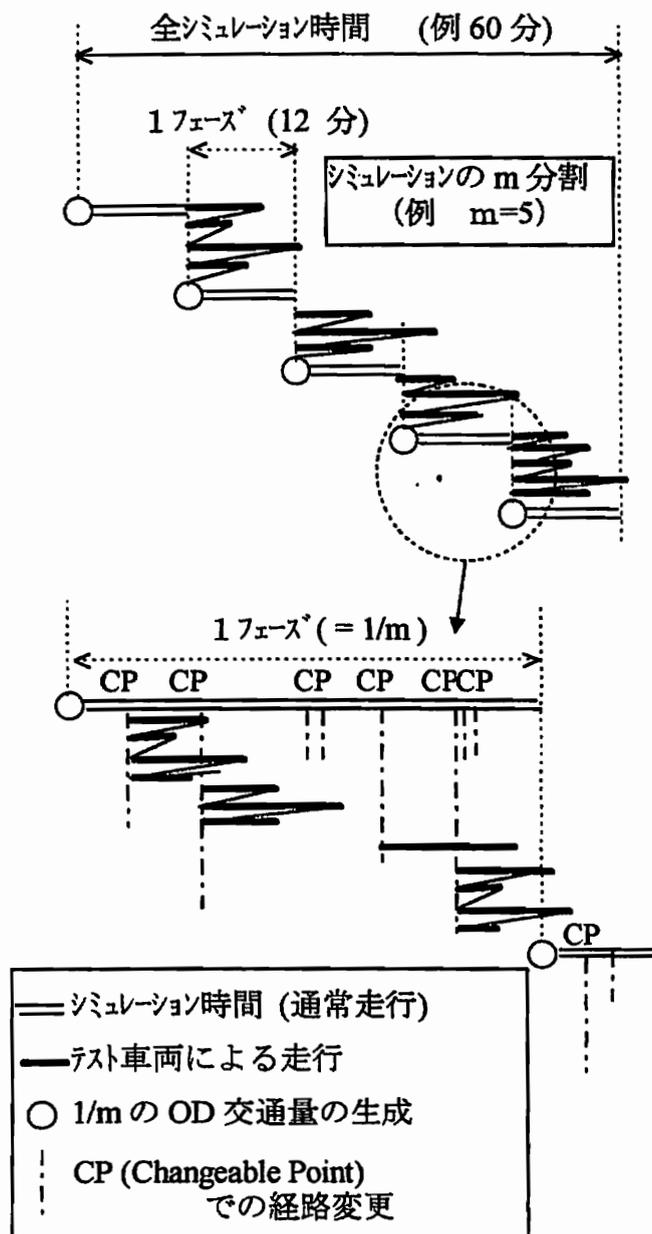


図4-7 シミュレーションの進行

4-4. 第4章のまとめ

本研究は、我々が従来開発してきた MS-DOS ベースのシステム「tiss-NET」の改良から始まった。MS-DOS ベースのシステムでの最大の問題点は、その使用性の低さであった。これは地区交通計画者が必ずしもコンピュータの熟練者とはならない現状を踏まえ、高級言語のモデルのコンパイルやビルドといった作業の煩わしさのためにシステムの一般化を阻害している問題である。利用者の立場を考えたシステム、それが GUI に優れた Windows への移行であった。また、交通シミュレーターとしての向上をはかるためにネットワークのパーツ化、改良型セクションによるセクションネットワークという概念の使用などによって大幅な改良結果を得ることができた。

もう一つの目的は、配分シミュレーション手法への個人属性の考慮、情報提供による動的経路配分の組み込みである。個人属性の考慮に関しては、個々に属性情報の構造体を設定して、様々なモデル式を考慮できることが可能な機構を構築した。また、その属性データ自体を可変なものとして扱うことによって情報提供による動的経路変更への対応も可能としている。

最後に利用者側の意見として、シミュレーションのリアルタイムを重要視する声もある。tiss-NET WIN は、パソコン上でのシミュレーションを大前提としているために、パフォーマンスの関係から全て計算してから結果表示という流れにしている。この結果、パラメータ変更の結果をリアルタイムに表示することはできないが、配分シミュレーションとしては、リアルタイム性の追求とマシンパフォーマンスのバランスから、現段階では本方式を採用している。

<第4章参考文献>

- 1)小宮秀彦、久保田尚：交通インパクトスタディのための配分交通量推定方法の検討、土木計画学研究・講演集 No.16(1)、pp.151~158、1993

第5章 ミクロな交通状況の考慮

第3章、第4章では、現在の配分手法の矛盾を解決するための手法を検討した。tiss-NET WINは、地区交通レベルでの交通インパクトを考慮できることを目指したシステムであるため、ミクロな交通状況、つまり交差点特性や車速の問題、駐車場問題、信号現示問題などを考慮する必要がある。tiss-NET WINでは、これらの交通状況をパーツに分けて考慮した。

この章では、

5-1. 交差点、特に右折挙動の分析

5-2. 車両速度

5-3. 駐車場におけるケーススタディ

を取り上げる。

5-1. 交差点挙動

(1) はじめに

交差点は、交通事故の大半を占めるといふ交通安全面、交通流を遮るといふ交通容量の面でネックになるなど、特に研究を要する部分である。地区交通問題を考えると、路上駐車問題、信号の現示問題、車両挙動といったミクロ交通状況を考慮しなくてはならない。こういう細かな交通状況は様々な要因が絡み合い分析に困難な状況になっている。そこで、ミクロな交通状況を考慮できる交通シミュレーターが必要であると考えられる。しかし、今までの研究では、ネットワークにおいて最も重要な部分となる交差点において、このシミュレーションシステムでは十分にミクロな交通状況を考慮していない。そこでこの研究では交差点部に注目し、tiss-NETを信号の現示状況や交差点内の車両挙動特性などミクロな交通状況を考慮した交差点シミュレーションに拡張させることを行った。さらに、ミクロな交通状況を再現するにあたって、個人属性や車種といった車両独自のデータ部の確保をし、将来に向け大規模ネットワーク用への改善などを行った。またこのシステムでは、Windows上で結果表示するなどGUI (Graphical User Interface) にも考慮をし、最終的にはWindows上で情報を入力することでネットワークを組み立てて地区交通をシミュレーションできるシステム (tiss-NET WIN²⁾) の開発を最終的な目的としている。

(2) 交差点内の車両挙動分析

ミクロな交通状況を考慮したシミュレーションを開発することを念頭に置き、交差点内の各車両挙動について考慮してみた。左折車や直進車は、先詰まりや信号、歩行者の影響という自分の車の直前の状況判断という比較的解析しやすい要因により車両の進行が決定する。ところが右折車の場合、左折車・直進車と同様の影響を考慮した上に、対向車の影響の問題が大きく関わっている（図5-1）。そこでこの研究では、右折車両と対向車との関係に注目してデータを取り、その結果をシミュレーションに組み込むことにした。

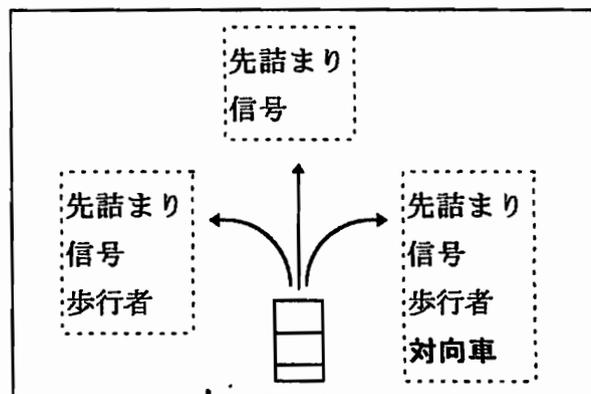


図5-1 車両挙動への影響

ドライバーの右折の判断は、対向車との距離と対向車の速度という2つに關係している。そこでその両者を一度に説明できる“右折車と対向車とのギャップ時間”に注目し、ビデオ撮影結果（1994年大宮西口ビデオ調査³⁾）から右折車と対向車とのデータを採取した。右折車両が交差点に近づき、右折するかしないかの行動（交差点を通過するか、停止するか）とその時の対向車とのギャップ時間を求め、その結果を右折車の通過確率の分布として關係を求めた。つまりこの結果は、右折車両がある時間の対向車とのギャップがあったときの、交差点を渡るか渡らないかの確率を示していることになる。右折レーン内での停止の有無、対向の車線数によってデータを分類し、各状態における右折車の交差点を通過する確率（右折確率）を求めた（図5-2）。図中の“停止”とは右折レーンでの停止をしたことを示し、“動”とは右折レーンを停止せずに交差点を通過することを示す。

この調査の結果、当然のことながら対向車線の多さによってギャップ時間を長くともなくては右折しないことがわかった。また右折車両は右折レーン内で停止しない方が速度を落とさず交差点を通過できるため、ギャップ時間が短くて済むなど、各条件によって交差点を渡れるギャップ時間が変わるのがわかった。

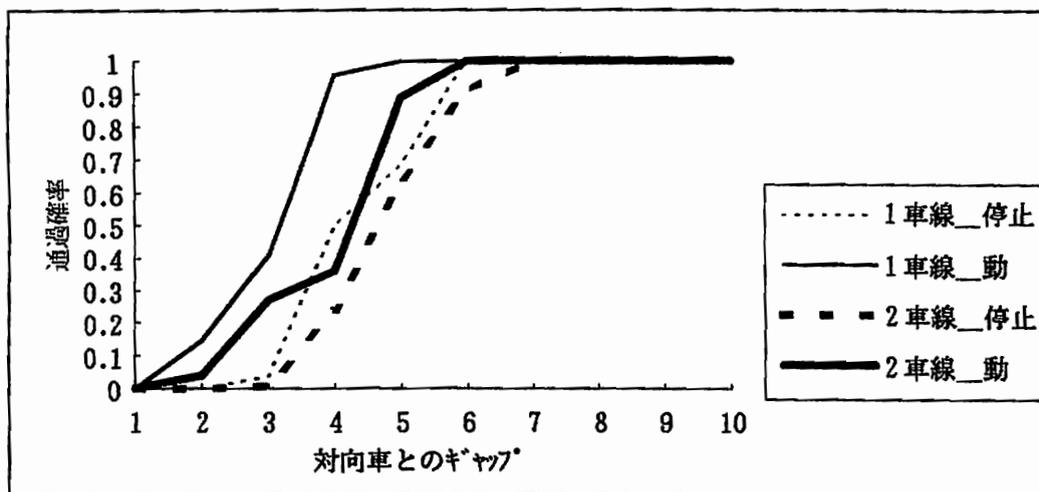


図5-2 右折車と対向車とのギャップ時間と右折確率の関係

(3) 交差点シミュレーションシステムの開発

tiss-NETはこれまで埼玉大学設計計画研究室で開発されたc言語により作成したシミュレーションシステムである。このシステムは道路を5m四方のメッシュに区切ったコンパートメント内に車両を表現し、配列間のデータの移動によって車両の挙動を表現するシステムである。このシステムをもととして、ネットワークになったときの一般化と簡略化のため、交差点や駐車場などのパーツに分割した。この研究はその内の交差点についてのシステムを構築したものである。

tiss-NETの改良に当たり、交差点の種類は形状・大きさ・信号の違いなどを考えると無数あり、各々の交差点を開発するのは容易ではないと考えた。そこでミクロな交通状況を再現し尚各種の交差点に一般化を持たせるため、交差点毎に信号現示のデータやコンパートメント（道路をメッシュ状に切ったもの）の走行コースのデータを作成し、各交差点の固有の値として持たせることにした。図5-3の例は、下方向から右折する車両の走行コースのデータであり、右折車両は図の塗りつぶしを走行するようになっている。右折車両は対向車との距離と速度を計測し（図の点線の方向へ対向車両を検索する）、前節で作成した右折確率をもとに、右折するかしないかの判定をすることになる。

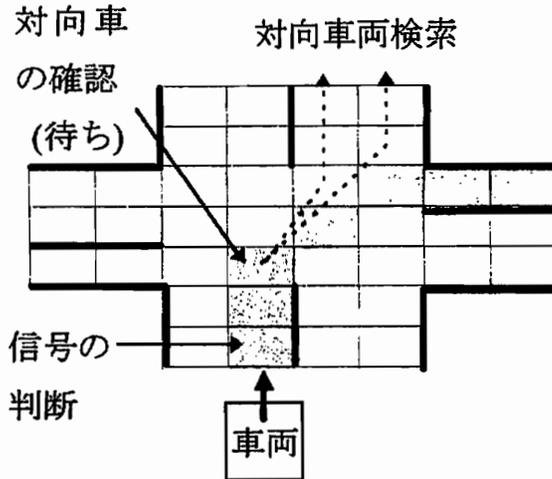


図 5 - 3 右折車両の挙動

このシステムにおいて、交差点内では図 5 - 4 に示すとおり各車両から進行方向の情報を得て、進行方向により交差点の先の情報や対向車と信号現示の状況を判断し、交差点を通過できると進行できるなら次のコンパートメントへ車両情報を移動する。不可能だと判断されるとそこで車両は待ちに入り、先のコンパートメントが空いたり信号現示などで進行可能になると次のコンパートメントに移動できるか再度確認を行うことになる。

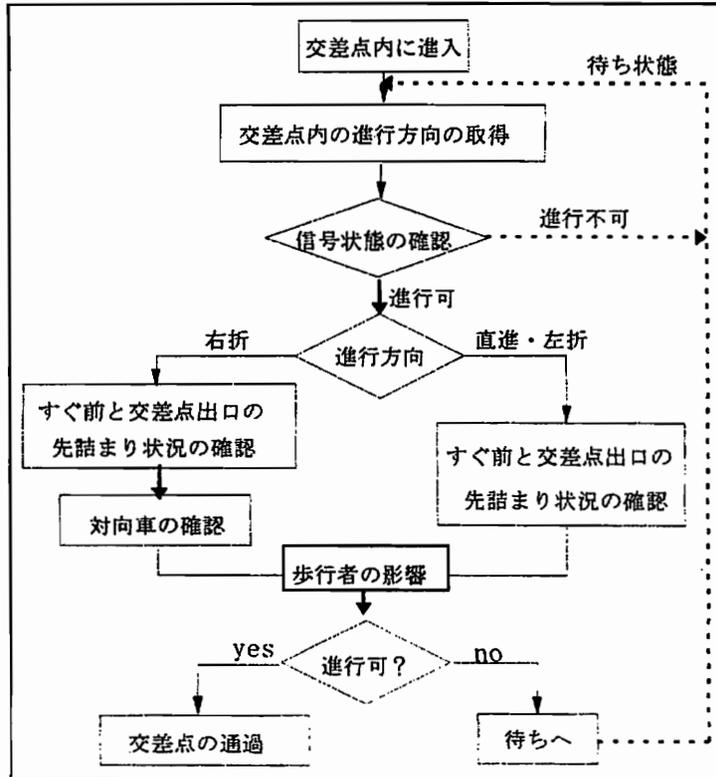


図 5 - 4 交差点進行判別フロー

また、このシステムでは、以前のtiss-NETからの配列体系の改良、交差点挙動用関数（対向車のチェック等）の開発、車両属性や交差点情報といった構造体の利用といったプログラム上の改良をしてこの交差点シミュレーションシステムを開発した。

こうして完成した交差点シミュレーション実行画面の一例が図5である。この画面からもわかるように、Windows上で実行することにより、視覚的、操作性などの面での向上を図った。例えば拡大縮小、画面出力実行速度の変更、任意時刻からのシミュレーション画面の再開などが行えるようになっている。

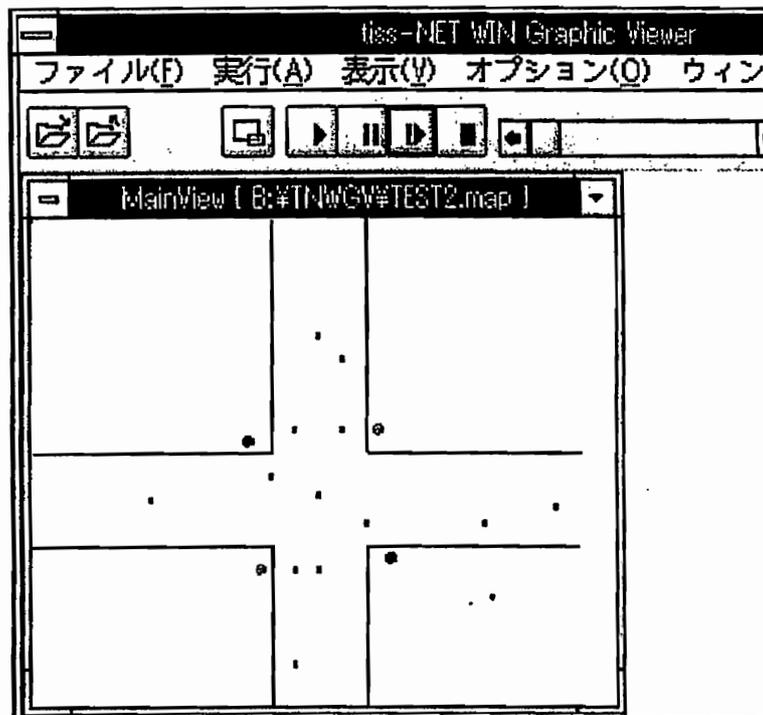
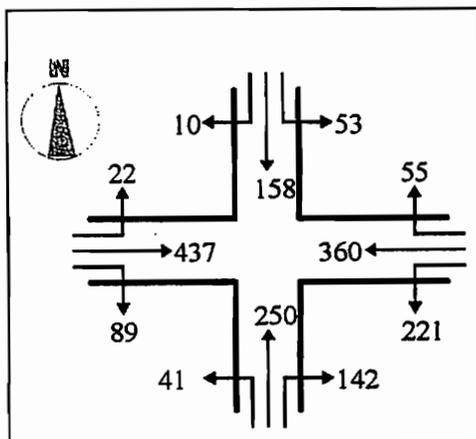


図5-5 交差点シミュレーション実行画面

(4) シミュレーションシステムの有効性

この交差点シミュレーションシステムを用いて、実際に存在する交差点について検証してみることにした。データとして使用した交差点の一例は大宮駅西口の四枝交差点で、北から向かう道路以外の各方向からの道路は右折レーンを持つ交差点である。北からの道路も右折車が直進車と併走できる広さがあるので実質的には右折レーンがあるような道路幅員を有していると考えてよいと思われる。この交差点の1時間当たりの交通量は調査³⁾により図5-6（左）に示した通りであることがわかった。また信号現示サイクルは図5-6（右）に示す8サイクルによるものであった。



交差点形状

各方向1車線+東西南方向からは右折レーン有り

信号現示

139秒サイクル

東西方向 青82秒、黄4秒、右折青5秒

南北方向 青30秒、黄4秒、(南のみ)右折青8秒

全赤時間 各3秒

左図は1時間交通量(11:00~12:00)

図5-6 交差点シミュレーションにおけるケーススタディ

今回開発した交差点のシミュレーションシステムにおいて、交差点形状、車両発生状況、信号現示を実際の交通状況に従い入力し実行してみた。このシミュレーションでは車両発生分布の乱数種により結果が変わるが、数種類の乱数種でシミュレーションを行い、5分間の交差点通過交通量を計測し、各乱数種での交通量値を平均して実際の調査結果と比較してみることにした。表5-1に比較結果を示す。

表5-1 シミュレーション結果と調査値の比較

注) 5分間の交差点通過交通量

	左折車				直進車				右折車			
	4.4	15.0	3.2	2.2	10.0	23.0	13.0	33.0	1.2	4.8	8.0	8.4
シミュレーション	4	18	3	2	13	30	21	36	1	5	12	7
調査結果												

この結果から判断してみると、シミュレーションの値が若干小さめに出ているが、これはシミュレーションでは車両発生地点から交差点までの距離があり、到達まで時間がかかるためであると思われる。そして今回の研究での課題である右折車に関して、よい適合を示していると思われ、右折確率が十分機能していると考えられることができる。

5-2. 混雑時の市街地道路における車両挙動シミュレーション

(1) 研究の構成

実際に道路上を走行する車の動きを表現するにあたっての様々な手法には、現実の状況からの裏付けが必要とされる個所が多いが、それに対する検討はまだ不十分である。そこで本研究では、混雑時の市街地道路における個々の車両挙動の一般化を行い、その車両挙動を従来から開発を進めているトラフィックシミュレーション (t i s s) 内への組み込みを行う。また、新しい手法として個々の車の挙動というマイクロな関係をQ-V関係というマクロな関係を用いて評価する。

(2) 車両挙動の一般化

本研究においては追従挙動、様子見挙動についての重回帰モデルの作成と発進遅れ時間のアーラン分布との適合度検定をおこなった。

(a) 調査およびデータ整理について

先に述べた車両挙動を一般化するためには、複数台連なって走行している車両の車間距離、相対速度、速度、加速度といったデータを得る必要がある。それらのデータを採取する場合、現段階においてはビデオ画像からのデータ採取が1番よい方法ではないかと考えビデオ画像からデータを採取することとした。そこで次の様なビデオ撮影およびデータ整理を行った。

① ビデオ撮影について

撮影地点として大宮駅前のソニックシティ30階、また撮影対象は国道17号とした。またデータ処理に用いる場合に必要となる撮影対象地点の1mごとの距離が分かるように目印をおいて同時に撮影を行った。(尚、非接触型車速計を搭載した車両の撮影を事前に行い、両者を比較したところ、ビデオ撮影による計測で十分な精度がえられることを確認した。)

撮影日時

1994/9/29 (金)

11:30-13:30

周辺状況

混雑時

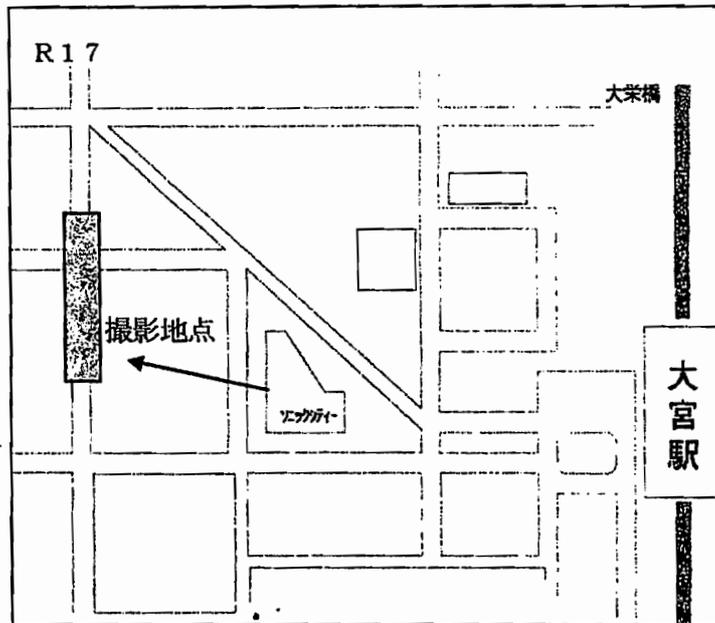


図5-7 調査地点 (大宮駅西口)

②データの整理方法について

ビデオ撮影により得られた画像から先に述べた諸データを採取するために、本研究においては、モニターに同時に撮影した目印をもとに1mごとの目盛り線を引き、その目盛り線を車両が通過した時間を1/30秒単位で採取し、その値(距離(m) - 時間(s) 関係)から必要な加速度、速度等のデータを導き出した。また発進遅れについても同じビデオ画面より前車の発進から後続車の発進までにかかる時間を測定した。

(b) 追従挙動の重回帰モデルについて

ビデオからのデータを重回帰分析して次のような重回帰モデルを得た。

表 5-2 追従挙動の重回帰モデル式

(減速時)

$$a_{k+1}(t+T) = -0.64269 \frac{v_{k+1}^{1.302714}(t+T)}{(x_k - x_{k+1})^{0.700378}}$$

(加速時)

$$a_{k+1}(t+T) = 0.344428 \cdot v_{k+1}^{0.485301}(t+T) \cdot (x_k - x_{k+1})^{0.145414}$$

ただし、 $a_k(t)$; k 番目の車の時刻 t の時の加速度(m/s²)

$v_k(t)$; k 番目の車の時刻 t の時の速度(m/s)

$x_k(t)$; k 番目の車の時刻 t の時の位置(m)

T ; 反応遅れ時間(=1秒)

また、追従範囲については、追従車の速度と車間距離の関係をプロットし、それらの点を含む

様な範囲をもって、設定した。

$$\text{追従範囲}(m) \leq 5/3 \times \text{追従車速度}(m/s) + 10$$

(c) 様子見挙動の回帰モデルについて

様子見挙動とは、我々が名付けたものであるが、前方に赤信号やそれに伴う停止車両などの障害物がある際に、運転者が停止を嫌うという様な意図により、ある程度速度の低い状態で走行して障害物のなくなるのを待つといった挙動が見られることから、これをモデル化しようとしたものである。表 5-3 がそのモデル式である。

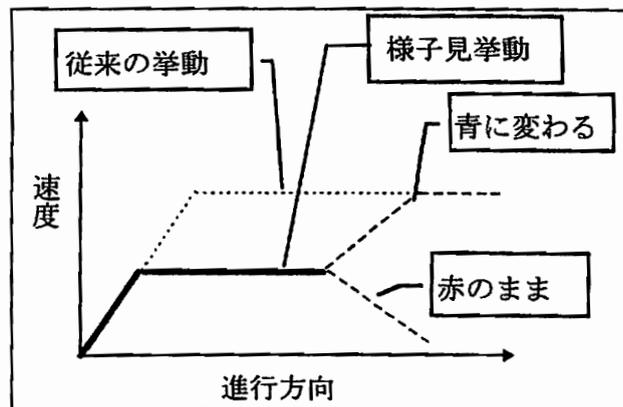


図 5-8 様子見挙動の概念 (赤信号に向かう場合)

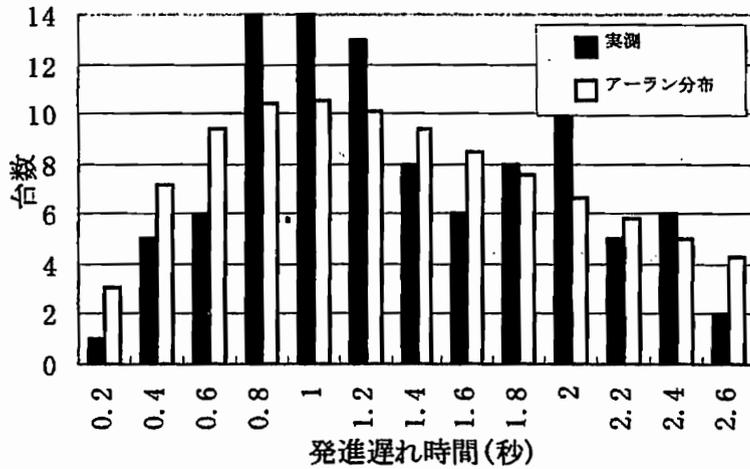
表 5 - 3 様子見挙動のモデル式

$$v = 0.032231 \cdot x + 5.347425$$

ただし、 v ; 走行速度
 x ; 障害物までの距離

(d)発進遅れ時間の適合度検定について

発進遅れについては、交差点における 2 台目以降の車両の発進遅れ時間を計測した。適合度検定の結果、図 5 - 9 に示すように $k = 2$ のアーラン分布に適合することがわかった。



発進遅れ時間
 黒 ; 実測
 白 ; アーラン分布 (K = 2)
 場集団平均推定値 1.27 秒
 母集団標準偏差の推定値 0.61
 $X^2 = 10.67 < X^2_{10} (0.05) = 25.19$

図 5 - 9 交差点における発進遅れの分布

(3) シミュレーションの作成と検証

本研究においては、前述した車両挙動モデルを埼玉大学設計計画研究室において開発された離散型交通流シミュレーション *t i s s* に組み込みを行うという形で作成した。右図が実際にシミュレーション実行した画面である。そして実際の現象との検証を行うためにビデオを撮影した地点と同様な道路を当てはめシミュレーションを作成した。

上で述べた車両挙動にはいくつかのものがあるが、このシミュレーション内での車両の挙動では、追従挙動から計算される速度、様子見挙動から計算される速度、規制速度の3つの中で速度の1番低いものを採用して車両の速度とした。

またシミュレーションによる値と実際の交通現象を比較する具体的な方法としては、両方から得られる $Q-V$ 関係を比較するという方法を用いた。

① 実際の $Q-V$ 関係の測定について

$Q-V$ 関係を実測により測定する場合、高速道路の様な信号の影響のないところでの測定が一般的である。しかしながら本研究においては、市街地道路における $Q-V$ 関係を採取する必要がある。そこでいろいろ試行をした結果、信号の影響を一樣なものとして測定をするのがよいのではないかと思われ、上流側の信号の青開始時刻（青時間約90秒）から60秒間の測定による $Q-V$ 関係を2時間分測定した。この測定には追従方程式作成時に使用したビデオ画像を用いて行った。速度の算出方法は、5m間隔の目盛り線を通過する時間から $(5\text{ m}) / (\text{通過時間 s})$ の様にして求めた。

② 結果

その結果、図5-10の様な $Q-V$ 関係を得ることができた。 $Q-V$ 関係とは交通密度と平均速度の関係であり、交通密度は車間距離と非常に大きな関係があるといえる。本研究で作成した追従挙動の重回帰モデルでは車間距離と速度を説明変数として加速度を得るものであり、この式より求められる加速度を車両挙動として用いるということは追従方程式が速度と車間距離にかなりの影響を与えるということになる。よって1台1台の車両挙動というマイクロな交通現象を $Q-V$ というマクロな交通現象を用いて検証するという事は、非常に妥当な方法であるということがわかる。図は、実測とシミュレーションから得られた $Q-V$ 関係を1つのグラフにしたものである。まず、実測値の $Q-V$ 関係を見ると、平均速度が40 km/h 付近で頭打ちのような形をしており少し形は崩れてはいる。しかしながらその他の地点においては一般的に見られる $Q-V$ 関係の形をしていることが分かる。シミュレーションによる $Q-V$ 関係について見ると、制限速度を基準にしているの、その付

近で頭打ちのような形をしている。また、全体的に $Q-V$ 関係としては崩れたものとなっている。実測値とシミュレーションに得られた $Q-V$ 関係について比較を行ってみると、速度の高い地点でのずれが感じられる。実測値のデータが平均速度が 40 km/h 以上となるような場合を含んでおらず、そのような値を含めればシミュレーションによる値と同じような値を得られるのではないか、という推測はできるが現段階では確かではない。また平均速度が $20\text{ km/h}\sim 40\text{ km/h}$ ぐらいの値を見るとシミュレーションの方が交通量の少な目の値にはなっているが、ほぼ同様な $Q-V$ 関係が得られていることが分かる。

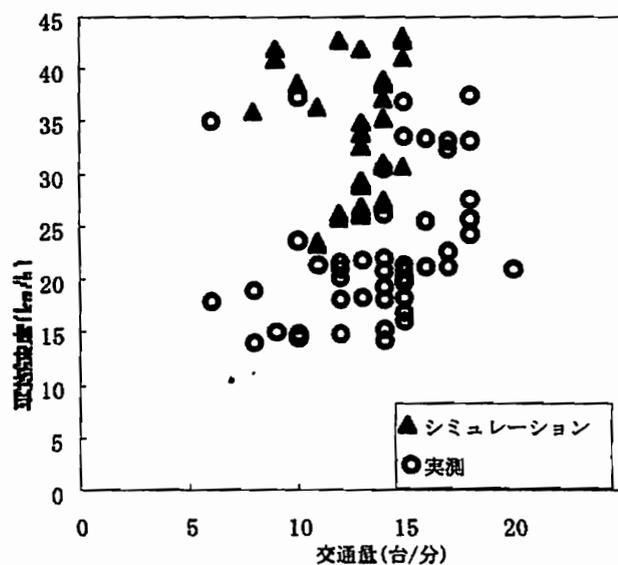


図5-10 シミュレーションと実測の $Q-V$ 関係

5-3. tiss-NET WIN における駐車場シミュレーション

(1) tiss-NET WIN における駐車場の扱い

従来の tiss-NET において駐車場はODペアの途中に存在するものとされている。しかし、実際の買い物交通などにおいてはあるセントロイドから駐車場へやってきた車両はふたたびもと来たセントロイドへ戻っていくのが一般的に考えられる車両の挙動である。駐車場があるOD経路の途中に存在しているという視点から考えると、駐車場利用の挙動はOとDが同一地点となるものとして考えなければならない。

以上のようなことから tiss-NET WIN では以下のようにシステムの改良を行った。

駐車場を目的地 (D) とする車両は出発地 (一般的に自宅・O) を出発して地区道路網の中の最短時間経路を通過して駐車場の入口に対応したコンパートメントへと到着する。ここで、駐車場の区画が空いているかどうかを調べ、空いていなければ駐車場の入口で車両が待機し、後続の車両が到達すれば入口に待ち行列が発生する。駐車区画が利用可能だと判断された場合は駐車場入口を通過後、車両は入庫時刻・リンクタイム等の各種統計値を取得し駐車場内の各区画 (コンパートメント) へと移動し、ある一定の確率分布に従って駐車場利用時間が与えられる。この駐車場の利用時間は調査より求められる利用時間の分布を適用している。駐車場の一つの区画はメモリ上の配列と一対一で対応しており、シミュレーション上ではグラフィックとしては表現されないダミーコンパートメントとなっている。車両のデータや利用時間などは、車両の駐車した区画と対応したメモリ内の駐車場の配列に移され記憶されている。

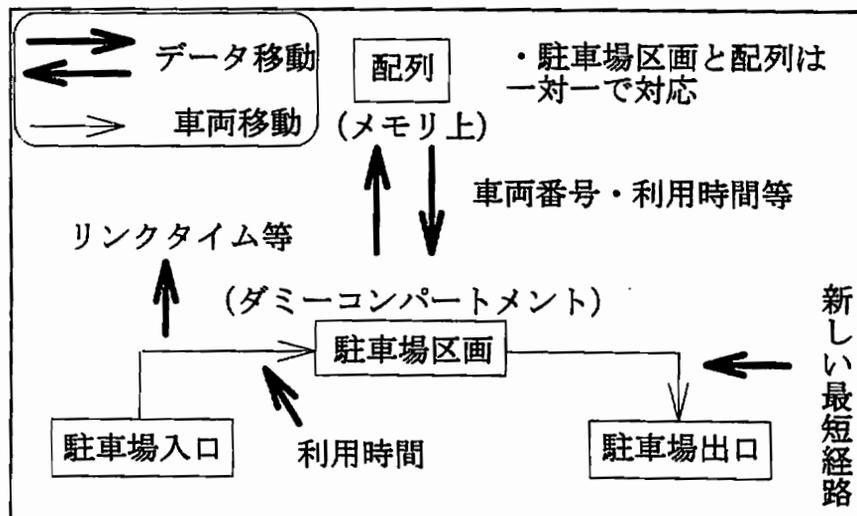


図 5 - 1 1 tiss-NET WIN 駐車場モデル概念図

各区画に移動した車両は、利用時間の終了後に駐車場区画から出庫するイベントがスケジュールされる。利用時間経過後に出庫イベントがスケジュールされた車両は駐車場の出口に対応したコンパートメントに移され、駐車場に関する各種の統計値取得及びメモリ内に移動させた車両に関するデータを呼び戻した後、駐車場をO、以前の発生地点（Oの地点）をDとしたOD間の最短経路が与えられ、再び出発する。このとき駐車場入口に駐車待ち車両が存在する場合は、その車両に対して入庫に関するイベントが直ちにスケジュールされ、空いた駐車区画に車両が移動される。（図5-11）

(2) ケーススタディ

埼玉県大宮市 JR 大宮駅西口のSデパートを対象として調査を行い、駐車場に関するロジックをシステムに組み込んで、大規模駐車場周辺地区のシミュレーション、特に待ち行列に関してシミュレーションを行った。

① 調査概要

ケーススタディを行うにあたって必要なデータを集めるために大宮駅西口において調査を実施した。調査日時は、1993年9月5日(日)10:00～18:00。調査項目は大規模駐車場の利用状況・駐車待ち行列体験調査・駐車場利用者対象アンケート調査等を行った³⁾。図5-12に実際に調査を行った調査地域の概略図を、図5-13に駐車場の待ち行列発生状況を各々示す。

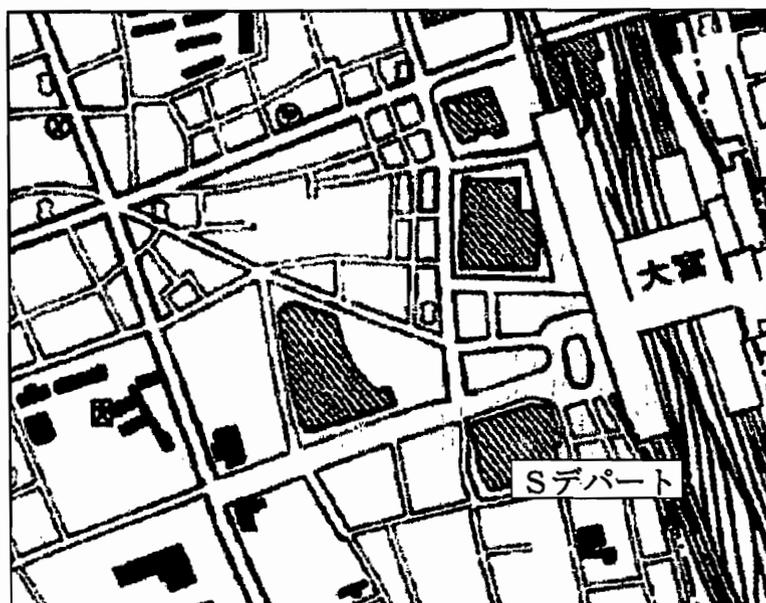


図5-12 調査対象地域（大宮駅西口）

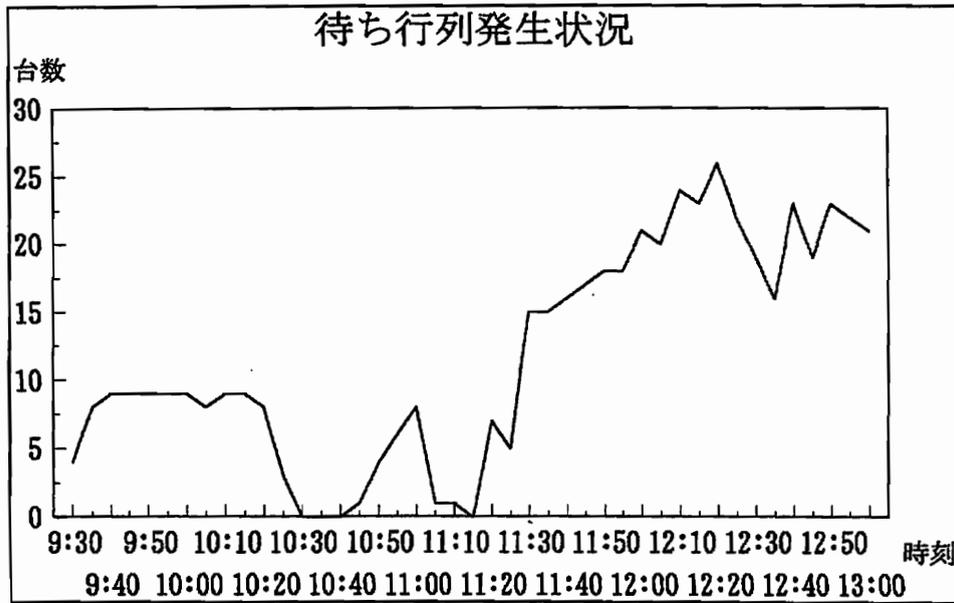


図 5 - 1 3 Sデパート駐車場における待ち行列発生状況

②シミュレーションモデル

調査によって得られた結果をもとに tiss-NET WIN を用いてシミュレーションを行った。tiss-NET WIN を適用する際に、調査によって得られデータのうち使用するデータはOD表と駐車場の利用時間分布である。OD表については駐車場利用者アンケートによって駐車場の利用車両の進入経路別割合が判明しているのので、これを用いて駐車場利用台数調査によって得られた利用台数の全数に拡大して利用車両のODを得る。また、Sデパート地下駐車場の利用時間分布は、駐車場利用状況調査より図 5 - 1 4 に示すように、平均駐車時間 1 1 9 分、位相 $k = 3$ のアラン分布に適合している。

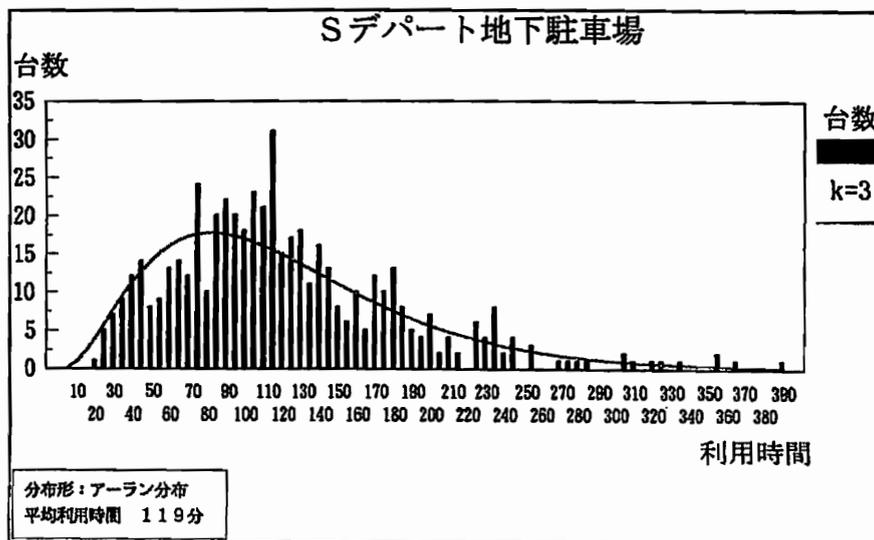


図 5 - 1 4 駐車場利用時間分布

しかし、実際のシミュレーションを行う上では時刻変動を考慮する必要がある。大規模店舗に付随する駐車場を考えた場合、本来は店舗の開店から閉店までのシミュレーションを行うことが理想であるが、今回は、データ量の制約から、午後 12:00 をシミュレーション開始時刻とした。

そこで、シミュレーション開始時刻には駐車場内は満車の状態であると考え、シミュレーション開始時に駐車場内にある車について、図 5-15 のようなある時間断面以降の残りの駐車場利用分布を与え、シミュレーション実行中に駐車場に到着する車は図 5-14 の利用時間分布を与えた。

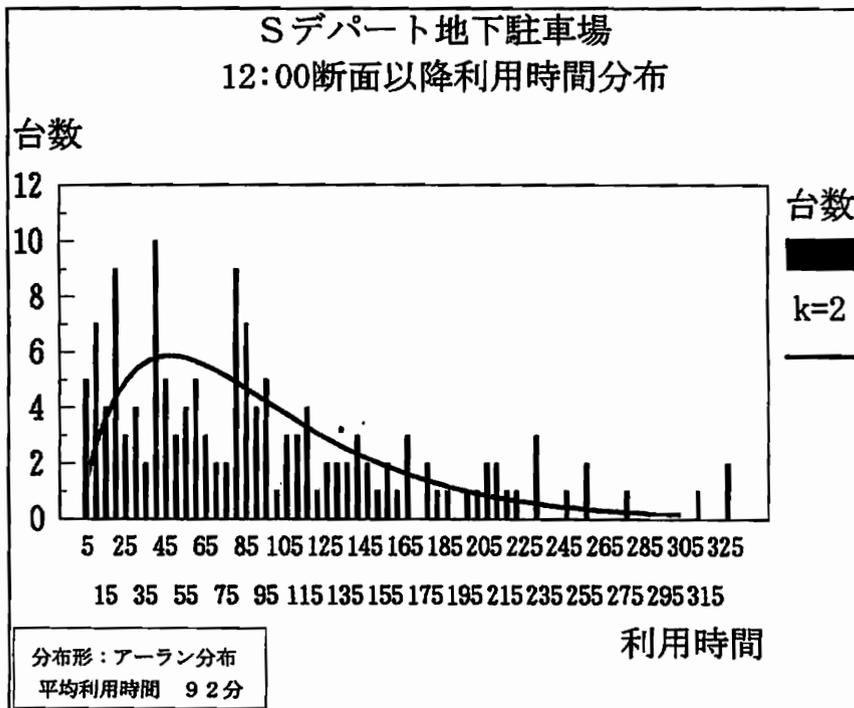


図 5-15 時間断面以降の駐車場残り利用時間分布

以上のデータをもとに行った実際のシミュレーション画面を図5-16、5-17に示す。

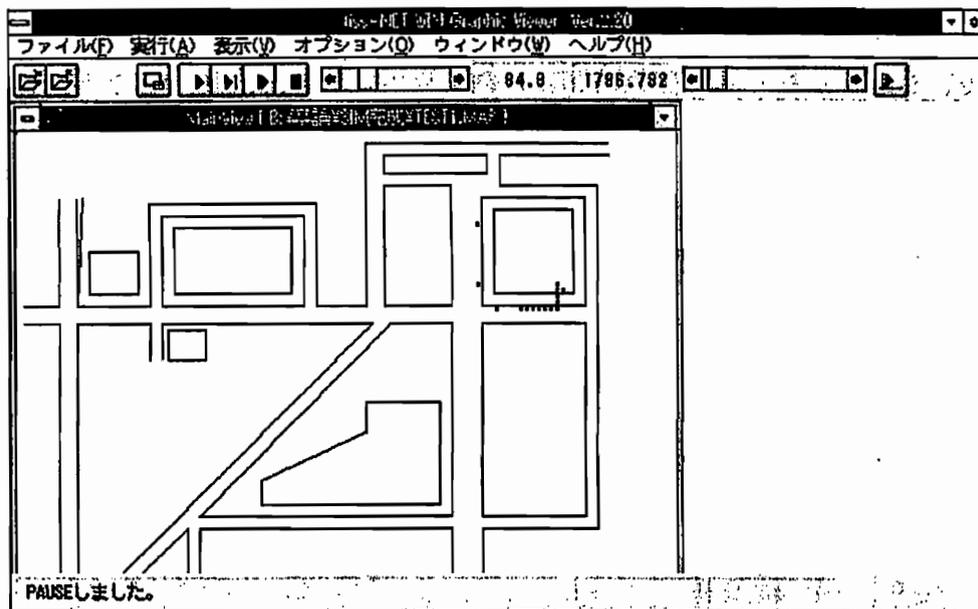


図5-16 シミュレーション画面 (全体画面)

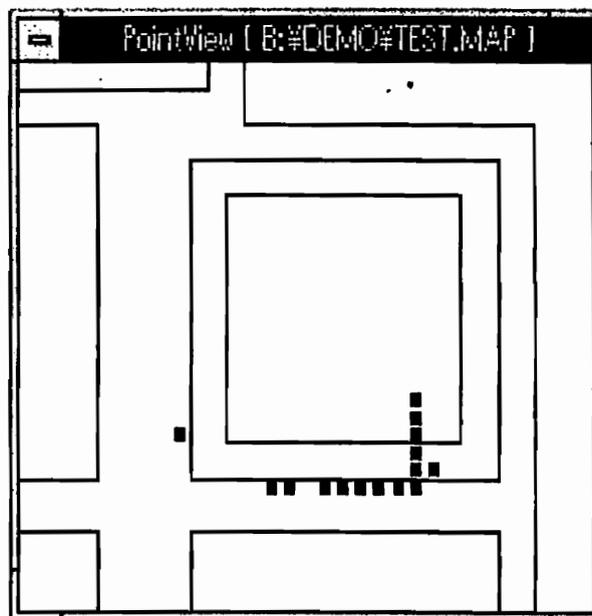


図5-17 シミュレーション画面 (拡大画面)

③シミュレーション結果

まず、待ち行列台数を対象として、調査によって得られた台数とシミュレーションによって得られた台数を定量的に比較を行い、シミュレーションによる現況の再現性の検証を行った。その結果、図5-18に示すように調査結果とシミュレーション結果がかなり近い値を示すことが確認できた。シミュレーション開始時における両結果の差は、調査においてはシミュレーション開始前に既にある程度の待ち行列ができていたが、シミュレーションにおいてはシミュレーション開始時に待ち行列の発生を考慮していないために生じたものである。

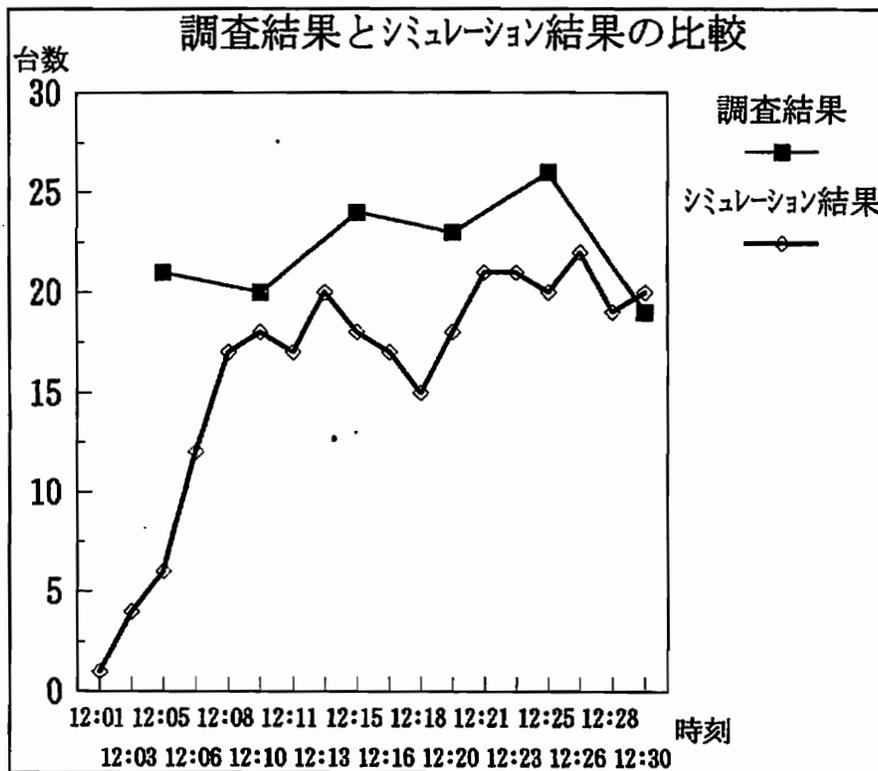


図5-18 待ち行列台数の時系列変化の再現状況

さらに、このシミュレーション結果をもとに平均待ち行列台数分だけ駐車場の容量を増やした場合のシミュレーション結果を図5-19に示す。

図5-19に示されているように、ただ単に駐車場容量を平均待ち行列台数分増やしただけでは、すべての待ち行列を解消することはできないことが確認できる。

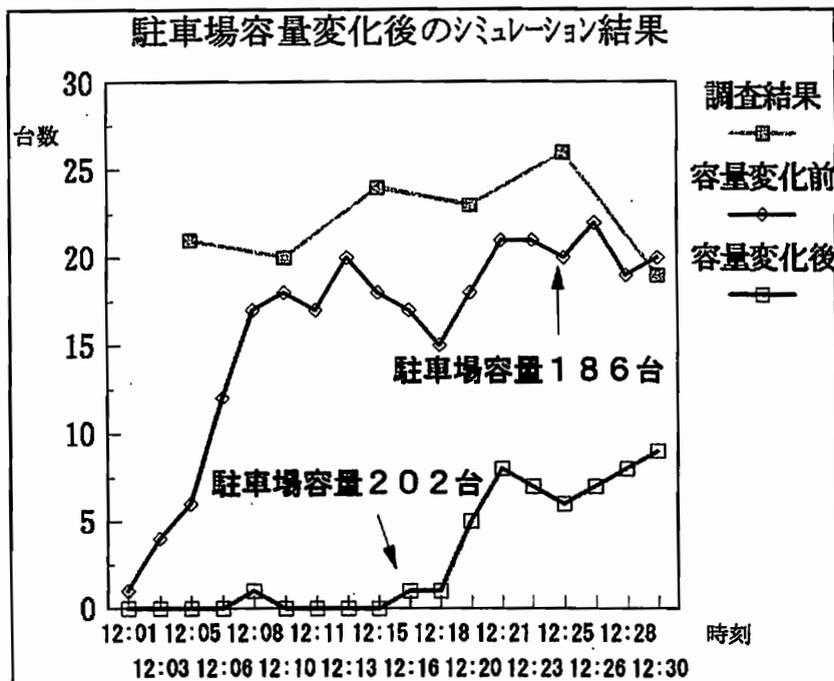


図5-19 駐車場容量変化後の待ち行列の時系列変化

同様にして駐車場容量を増加させてシミュレーションを行った結果、駐車場容量を31台増加させた時シミュレーション実行中に駐車場入庫待ち行列は発生しなかった。図5-13の調査による待ち行列の発生状況と比較すると、この増加台数は調査による待ち行列の最大値より大きくなっている。

このように、駐車場入庫待ち行列の解消の一方法として考える駐車場容量の増加について、シミュレーションによってどの程度増加をさせれば有効であるかを定量的に評価をすることができる。

5-4. まとめと今後の課題

5-1では、交差点における右折確率分布を作成及び導入をして、より現実近く、ミクロな交通状況を考慮したシミュレーションが再現できた。

今後は歩行者や大型車混入なども考慮し、よりミクロな交差点シミュレーションを作ることが必要である。更にネットワークでの有効性を確認し、入力からシミュレーション実行、結果表示までを簡単にできるWindowsに対応したシミュレーションシステム (tiss-NET WIN) の開発をし、都市交通の諸問題を解決できるシステム作りを行っている。

5-2では、今まであまり手の付けられていない混雑時の市街地道路における車両挙動を一般化する事に務め、車両挙動シミュレーションへの組み込みを行った。その結果、まだ改良の余地は残すが、実測値に近いQ-V関係を収得する事に成功した。またこのことから、実際の車の挙動に近い車両挙動の一般化、及び車両挙動シミュレーションの作成ができたといえる。また、シミュレーション結果を評価する手法として、Q-V関係を用いた検証という1提案を提案することができた。

追従挙動、様子見挙動、発進遅れというものに着目しその一般化およびシミュレーションへの組み込みを行ったが、他にも考慮すべき要因が多数あると思われる。また、本シミュレーションでは単路部のみについてのものであり、ネットワークへの拡張が今後の課題である。

5-3では、駐車場ロジックを改良し、利用時間分布や駐車場容量を考慮したことによって、大規模駐車場より発生する駐車場入庫待ち行列の状況をより実際に近い形でシミュレートすることが可能になった。そして、この改良により今回ケーススタディで行ったような駐車場容量変更等による周辺への影響評価の一手法として本シミュレーション用いることが可能であることが確認できた。今回行ったようなビジュアルな結果表示及び数値による結果表示の両方から行うことは今後の地区交通計画の代替案の策定において非常に重要になってくるであろうと考えられる。

今後は、より広範囲な交通インパクトへの適用を考えたシミュレーションへ精度を向上させることが重要課題である。

また、大型車の混入や、日本では特に大きな影響を持っている路上駐車の影響、歩行者の影響などの交通状況を考慮する必要がある。更にこれらを統合したネットワークでの有効性の確認が必要である。

<第5章参考文献>

- 1)小宮秀彦、久保田尚：交通インパクトスタディのための配分交通量推定方法の検討、土木計画学研究・講演集（1993）pp.151～158
- 2)坂本邦宏、久保田尚、門司隆明、杉浦孝臣、高橋伸夫：個人属性と情報提供を考慮した交通量配分シミュレーションシステム、土木学会第50回年次学術講演会、pp198～199
- 3)坂本邦宏、門司隆明、中島敬介、久保田尚：大都市近郊の主要鉄道駅周辺における休日交通問題の諸相、土木計画学研究・講演集17（1995）pp.47～50

第6章 まとめ

本研究の目的は、都市開発に伴う交通インパクトを事前に予測するシミュレーションシステム (tiss-NWT WIN) の開発を行い、地区レベルへの適用に適した新しい経路交通量予測モデルを構築することである。

具体的には、

- a) 配分シミュレーションにおける経路選択メカニズムについて、認知心理学の分野の研究成果を取り込みながら新たな経路選択モデルを構築する。
- b) システムのグラフィカル・インターフェイス機能の強化、特に WINDOWS 上への移植を図る。
- c) 車両速度の考慮や交差点の微視的考慮などマイクロな交通状況を考慮する。といった点を目的としている。

研究の成果としては、

①自動車運転者の選択経路獲得及び選択メカニズムの解明

自動車運転者の経路選択メカニズムを解明するために、認知心理学の成果を踏まえた分析を行った。実験・調査は次の2種類である。

第1の実験は、市街地道路において自動車運転者がどのような経路を獲得していくか、といういわゆる‘Way Finding’問題を扱い、実際に来訪経験のない運転者を被験者とした実走行実験によって経路獲得・選択メカニズムを解明した。その際、地図情報や渋滞情報、ナビゲーションシステムなど情報量をコントロールして経路選択への影響の分析を行った。

第2の実験では、ある程度来訪経験のある運転者を対象に、渋滞状況などに対応した動的な経路選択の可能性について、情報量などの個人属性や情報板などの外部情報などが経路選択に与える可能性を分析した。

②経路選択モデルの構築

“すべての自動車運転者が最短時間経路を知っている”という配分手法の矛盾を解決するために、“自動車運転者が各交差点において代替経路へ行くか”の考慮を行っていると考えた。交差点において各枝に対し経路判別モデル（その経路を認知するか、しないか）による経路認知判断を行い、選択可能経路を用いた最短経路を検索する。これを各交差点毎に続けることにより、従来の配分手法の矛盾を解消した。

③tiss-NETシステムの改良 (yiss-NET WINシステムの構築)

従来開発してきた tiss-NET を WINDOWS 上に移植し、使用環境を向上させ、ユーザーフレンドリーなシステムの構築を進めた。その他車両速度の考慮、交差点での右折待ち挙動を再現し、駐車場台数の変化などでマイクロな交通状況を考慮したシステムを構築し、有効性を確認した。

などが挙げられる。