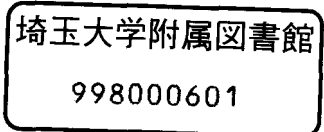


平成8・9年度文部省科学研究費補助研究 基盤(B)(2)

情報処理モデルとして捉えた

自動車運転者の経路選択構造のモデル化に関する研究

埼玉コーナー



平成10年3月

研究実施者：埼玉大学理工学研究科 助教授 久保田尚

研究協力者：埼玉大学工学部 助手 坂本邦宏

研究組織

研究代表者 : 久保田尚 (埼玉大学理工学研究科)
研究協力者 : 坂本邦宏 (埼玉大学工学部建設工学科)

研究経費

平成8年度	3, 600千円
平成9年度	500千円
計	4, 100千円

研究発表

小山周一, 久保田尚, 他 ; 情報をコントロールされた自動車運転者の WayFinding 機構に関する実験的研究, 土木計画学研究・論文集 13, pp.603-612, 1996

坂本邦宏, 久保田尚, 福山剛男 ; 自動車運転者の認知特性と経路選択のモデル化, 日本行動計量学会第24回大会発表論文抄録集, pp.50-53, 1996

福山剛男, 久保田尚, 他 ; 日常的OD間におけるドライバーの経路選択行動とその経路形成仮定に関する調査研究, 土木学会第51回年次学術講演会講演概要集第4部, pp.208-209, 1996

1 章 はじめに	9
1-1 研究の背景と目的	9
1-2 研究の構成.....	10
2 章 自動車運転者の眼球運動に着目した経路選択行動に関する分析 ...	12
2-1 研究の背景.....	12
2-2 研究の目的.....	12
2-3 注視点データの抽出実験	13
2-3-1 実験の概要	13
2-3-2 アイマークレコーダについて	14
(1) 仕様.....	14
(2) その他	15
2-4 アイマークデータの分析法について	15
2-4-1 注視点データと有効視野について	15
2-4-2 アイマークデータの分析・分類について	17
2-4-3 アイマークデータの分類.....	17
2-5 実験結果.....	19
2-5-1 探索状況時の注視点データ	19
2-5-2 ナビゲーションシステム搭載の影響	20
2-6 眼球運動による経路選択行動に関する分析及び考察	23
2-6-1 ランドマークとなった建物・構造物について	23
2-6-2 経験と注視物の関係.....	26
2-7 本章のまとめ	27
3 章 くり返し走行実験による自動車運転者の経路選択機構とその変容	30
3-1 本研究の目的	30
3-2 くり返し走行実験	31
3-2-1 実験概要.....	31
(1) 実験地区.....	31
(2) 実験条件と方法.....	33
(3) 取得データについて.....	33
(4) 分析の方法	34

3-3 実験結果	34
3-3-1 旅行時間の変容	34
(1) 期待旅行時間について	34
(2) 実旅行時間について	37
3-3-2 経路選択機構についての変容	39
(1) 使用経路重視項目について	39
(2) 使用経路満足度について	43
(3) 使用経路の道路選択率について	44
(4) 使用経路の変更率について	47
(5) 使用可能経路数について	48
3-3-3 経路形成過程についての変容	50
(1) 被験者 C の使用経路形成	52
3-3-4 空間認知構造についての変容	56
(1) 認知地図構造について	56
(2) 認知経路数について	63
3-3-5 注視点行動についての変容	64
3-4 本章のまとめ	66
4 章 動的経路変更モデルを用いた tiss-NET の改良	69
4-1 背景と目的	69
4-2 動的経路変更モデルの概念	70
4-2-1 既存配分手法の現状と課題	70
4-2-2 動的経路変更の基本概念	70
4-2-3 動的経路変更要因	73
(1) 個人属性	73
(2) 相対幅員比	73
(3) 方向角と目的地までの距離	74
(4) 交差点通過距離と交差点通過時間	74
(5) 先詰まり状況	76
4-3 走行実験	77
4-3-1 実験地区	78
4-3-2 走行回数	78
4-3-3 実験時間帯	78
4-3-4 実験手順	78
(1) 個人属性の調査	78
(2) 対象地区に関する認知地図の作成	78

(3) 予定経路の設定	79
(4) 走行	79
(5) 走行後調査	79
4-4 データの取得	80
4-4-1 初期経路利用に関する要因	80
(1) 先詰まり状況と経路変更との関係	80
(2) 目的地までの距離と経路変更との関係	81
(3) 方向角と経路変更との関係	82
(4) 相対幅員比と経路変更との関係	82
(5) 交差点通過時間と経路変更との関係	83
(6) 交差点通過距離と経路変更との関係	84
(7) 自動車運転頻度と経路変更との関係	85
4-4-2 選択可能リンク判別モデル	86
(1) 先詰まり状況とリンク利用との関係	86
(2) 方向角とリンク利用との関係	86
(3) 相対幅員比とリンク利用との関係	87
4-5 動的経路変更モデルの構築	88
4-5-1 初期経路利用判別モデル	88
4-5-2 選択可能リンク判別モデル	89
4-6 tiss-NET WIN SYSTEM	90
4-6-1 車両個々の動き	91
4-6-2 ネットワークのパーツ化	92
4-6-3 シミュレーションの進行	92
4-7 tiss-NET WIN の開発	93
4-7-1 CP (Changeable Point) の導入	93
4-7-2 動的経路変更モデルの導入	94
4-7-3 動的経路変更モデル導入後のシミュレーションの進行	95
4-8 本章のまとめ	98
5 章 交通情報提供による自動車運転者の経路選択行動に関する実験的考察	100
5-1 はじめに	100
5-2 交通情報提供による自動車運転者行動モデル	101
5-2-1 交通情報提供による自動車運転者行動フローチャート	101
5-2-2 VICS の渋滞情報に対する運転者の行動モデル	104

(1) VICS の概要	104
(2) VICS の渋滞情報に対する運転者の行動モデル	105
5-3 走行実験	106
5-3-1 走行実験概要	107
(1) 実験地区	107
(2) 被験者と条件	107
(3) 実験手順	108
5-4 走行実験結果	109
5-4-1 VICS に関する考察	109
(1) VICS の便利性	109
(2) VICS の信頼性	110
(3) VICS の必要性	111
5-4-2 経路変更の説明要因	111
(1) 予定経路の方向角	111
(2) 変更方向の方向角	112
(3) 距離	112
(4) 先詰まり時間	112
(5) 先詰まり距離	112
(6) VICS 情報の渋滞・混雑距離	113
(7) 個人属性	113
5-4-3 交差点属性と経路変更	113
(1) 方向・距離	113
(2) 方向角	115
5-4-4 交通状況と経路変更	116
5-4-5 VICS 情報属性と経路変更	119
5-4-6 個人特性と経路変更	122
5-5 経路変更モデル	124
5-5-1 非集計分析によるモデル推定	124
(1) 先詰まり距離を用いた場合	125
(2) 先詰まり時間, 先詰まり距離の両方を用いた場合	126
(3) 先詰まり時間を用いた場合	128
5-5-2 判別分析によるモデル推定	129
(1) 推定結果 1	130
(2) 推定結果 2	131
5-6 本章のまとめ	132

1章 はじめに

1-1 研究の背景と目的

道路ネットワークにおけるリンク交通量を推定する実務的な手法として、最短時間経路探索を基礎とする容量制限付き分割配分法が現在でも広く用いられている。この方法は、運転者の完全情報保持が前提とされていることや、全ての運転者が時間最短化という単一の行動原理をもつと仮定していることなど、実際の運転行動から見ると明らかな矛盾を抱えるものではあるが、「20年後の都市間道路ネットワークの日交通量予測」といった長期的・マクロ的な予測に関しては必要十分な精度を持つと判断され、利用されてきた。この方法が確立された1960年代から70年代頃のコンピュータの性能が、最短時間経路探索を繰り返すこの手法にちょうど適合していた点も、普及にあたっての大きな要因であったろう。

他方、交通管理の効果推定や交通インパクトスタディなどの短期的な交通量予測、あるいは地区レベルのミクロ的な推定を行う場合には、交差点を明示的に扱うことをはじめ、路上駐車の影響といったミクロな現象を考慮する必要がある。また、個々の運転者の持つ情報量（経験の蓄積量）や行動原理を考慮することが欠かせないだろう。さらに、今後急激な進展が見込まれる交通情報提供の効果を見込む際にも、交通量をマスとして捉える従来の配分計算では対応しきれず、運転者個々のレベルへの影響を考える必要性が高まることは確実である。

これまでも、ネットワーク上の経路選択問題を取り上げた研究は少なくないが、そのほとんどは、OD間の特定の数経路を設定した上で、道路幅員や屈折回数といったネットワークの静的特性等によって経路選択特性を説明しようとするものであり、通常の配分計算手法の代替として、短期的・ミクロ的レベルにおいて利用できるような普遍性を持つものではなかった。

本研究の目的は、自動車運転者の経路選択メカニズムを解明し、それを、短期的・ミクロ的な交通量推定のための具体的なシミュレーションシステムに組み入れることである。そのための手がかりとして、認知心理学で注目されている情報処理モデル（人間を情報処理体とみなし、認知や記憶を情報処理の過程として扱う）を自動車運転者について援用する。すなわち、視覚情報や交通情報などに関する「知覚」、道路状況や混雑状況についての「経験」などの蓄積と、運転者本人の諸属性等が総合され、アウトプットとして、ある日ある時の経路が決定される、と考えるものであり、それらの一連の認知メカニズムを解明しようとするものである。これにより、従来ブラックボックスの中に入れられてきた運転者の経路選択特性を明示的に扱うことができるようになる。

本研究の第2の目的は、上で解明された経路選択メカニズムを、工学的に意味のある形で利用できるように加工することであり、具体的には、tiss-NET WIN という名称ですでに開

発を進めている配分シミュレーションシステムの中に組み込むことである。このシステムは、車両（すなわち運転者）を個々に扱いながら、ネットワーク上の各リンク・ノードの交通量を推定するものである。

1-2 研究の構成

本研究の構成は以下の通りである。

まず、「経路選択」の前段階として、経験0のネットワーク上をある目的地に向かって進む際の「経路発見」（環境心理学では Wayfinding と呼ばれる）の段階を扱う。特に自動車の運転に関しては、「渋滞に遭わずにすむ道」といった動的な交通状況まで含めた意味での「道の発見」であり、この段階での Wayfinding メカニズムの解明がまず重要なテーマとなる。そこで、本研究においては、市街地における実走行実験を通して運転者の経路発見のメカニズムを検討することにした。未経験の経路を目的地まで走行し、その経路を記憶する上で、最も重要な情報は視覚情報である。そこで実験において、被験者である運転者には、アイマークレコーダーを装着させ、運転中の視点を全て記録した。これと、実際の選択経路等とを比較することにより、未経験の市街地を繰り返し走行し、経路を記憶する過程において、視覚情報がどのような役割を果たすかを解明する。この分析は第2章で行う。

続く第3章では、この問題を更に直接的に経路選択問題に結び付ける。各被験者あたり20 数回ずつのくり返し走行実験を行い、経路選択が長期的にどのような変容を遂げていくのかを観察する。それにより、「すべてのドライバーが完全情報を持ち、最短時間経路を選択する」という仮定の妥当性について批判を加える。

第4章以降は、経路選択問題を実務レベルで活用するための試みである。まず第4章では、われわれの研究室で開発中の交通シミュレーションシステム tiss-NET に、交差点における経路選択機構を組み込むメカニズムを提案している。われわれのこれまでの研究により、システムの汎用性を担保するためには、経路選択モデルを、交差点における進行方向モデルとして取り扱うことが適切であることがわかっているため、ここでもその方針を継続する。すなわち、個々の車両（運転者）が交差点（厳密に言えば交差点の数十メートル手前）において、予め割り当てられた個人属性を考慮した上で進行方向を与えられて先へ進む、というメカニズムである。

最後の第5章においては、この問題を交通情報提供問題に応用するための基礎的分析を行う。ここでも、くり返し走行実験を行い、VICS 搭載の有無により、経路選択傾向がどのように異なるか、といった点の分析を行う。

2章 自動車運転者の眼球運動に着目した経路選択行動に関する分析

2-1 研究の背景

現在、我が国では多くの人が気軽に車を移動・輸送の手段として使用し、車の利用によって様々な恩恵を被っている。しかし、現在は、交通システムの容量を超える交通需要を生み出すことを主原因として様々な問題が生じている。都市における「交通問題」はアメリカで1950年代、ヨーロッパで60年代初頭、日本では60年代半ばから表面化してきた。また、アジア諸国においては70年代から近年にかけて、交通渋滞、交通事故、大気汚染などの問題が顕在化してきている。

このような問題に対処するために、道路交通のインテリジェント化を代表とする自動車交通の管理・誘導の必要性が高まってきている。最近の情報、通信技術の進歩をもってすれば、道路交通情報の高度化は可能であり、多種多様の交通情報を的確にドライバーに伝えることが可能であると考えられる。そこでは単にドライバーに交通情報をのべつまくなしで提供するだけでなく、多くの情報を正しく処理するという供給側の高度化・知能化も必要となってくる。これを有効に実行するためには自動車運転者の行動を把握し、その行動を予測すること、特に運転経路に着目した予測が重要となってくる。しかし、実際に自動車運転者が経路を選択する際には、運転者の心理的要因、経験、個人属性など様々な要素が関連し、そこでの自分にとって最もよいであろう道を形成しているだろうと考えられる。いわゆる利用者最適化である。一方管理側からすれば、個人の最適化よりも全体としての効率化、つまりシステム最適化によって運営することを望む場合もあろう。この様に問題極めて複雑であるが、今後の自動車交通の管理・誘導を効果的に運用させるには、まず初期段階として自動車運転者の経路選択行動のメカニズムを解明する必要がある。

2-2 研究の目的

本研究では、自動車運転者は目的地へ移動するとき、どのようにして経路を発見し、またどの経路を選択するのかといった経路探索の問題に注目している。そこで、まず運転者は何を手がかりにその経路を発見するのか、また、何に注意をはらって運転しているのかを探る。本章では、その経路選択行動の基礎的研究として、自動車運転者の眼球運動そのものに注目する。自動車運転者が車内で得られる交通情報としては、地図やカーナビゲーションシステムなどの二次元的なものが多い。しかし、実際の経路ネットワークおよび視野空間は三次元的なものであり、自動車運転者はその三次元的なつながりをもとに経路を理解しているものと考えられる。そこで、運転者の視点に注目して、運転者は自動車運転中どのようなモノ・エレメントに注目し経路を選択しているのかを分析し、基礎的な経路選択メカニズムを探ることを目的とする。

2-3 注視点データの抽出実験

2-3-1 実験の概要

来訪経験がない地区を走行する時、運転者はまずどこに注目するのか？ということを探るため、被験者に注視点データを記録できる「アイマークレコーダ装置」を装着してもらい、走行中の運転者の「眼」はどこを注視しているか分析する。そして、注視点の傾向を探るとともに、経路を選択する時どこに注目しているかを分析するために、実走行の繰り返し実験を行うことで、運転者の眼が注視する対象物の違い、注視時間の違いなどを分析した。また、実験実施においては以下の事項を検討した。

- ・本実験ではアイマークレコーダを装着して走行実験を行うということで、走行の上で問題がないよう、被験者には十分に走行に注意してもらう。
- ・アイマークレコーダの性能上からもあるが、被験者は原則として裸眼で通常運転に差し支えない程度の視力を持った人である。また、来訪経験がない場所を走行させるということで、被験者には実験地区に精通している人を除いている。
- ・実験に使用する車は、通常、各被験者の所有車としたが、所有車がない被験者には、運転者をとわない保険がかけられている所有車を持っている被験者に了解を取り実験車として借り、走行してもらう。
- ・アイマークレコーダは、比較的、操作に慣れを必要とするため実験者は事前に何回かアイマークレコーダのキャリブレーション等の操作に慣れておく。また、アイマークレコーダの走行中のずれをなくすため比較的きつめにアイマークレコーダを装着しておく。

2-3-2 アイマークレコーダについて

今回の実験で使用するアイマークレコーダはナック社のアイマークレコーダモデル EMR-7 である。これは従来型モデルをより小型軽量化しさらに操作性を向上させたものであり、最新のデジタル技術を応用している。このアイマークレコーダでは、角膜反射方式を採用している。角膜反射方式とは眼球に対し光（近赤外光）を当て、眼球の角膜内部に生じる虚像（反射光）を捕らえる方式である。眼球の回転中心と角膜の曲率中心がずれていることを利用して虚像点の動きから被験者の実際に見ているポイントを算出する。そのためまぶた等の影響を受けず、広い範囲で検出できる。

(1) 仕様

アイマークレコーダ装置は、被験者頭部に設置するカメラ部と画像処理を行うボックス部の二つから構成されている。カメラ部は非常に小型で、頭にバンダナを巻いて、そこに LL サイズの卵が 2 個ぶら下がっている程度の感覚で、総重量は 350 g となっている。近赤外 LED の照射光を角膜に照射し、反射光を CCD で検出する。分解は 400*300 程度。時間分解能力は VTR 撮影と同様の 30 コマ/秒。赤外反射用のハーフミラーは平板のため、

メガネの使用は可能だが本実験において眼鏡使用被験者はいない。注視点移動のキャリブレーションは X, Y の倍率補正のみ行える。図 2.1 にアイマークレコーダ装着状況の写真を示す。



図 2.1 アイマークレコーダ装着時の風景

(2) その他

実験の実地には、アイマークレコーダ装置の他に、視野映像と注視点マークを記録するビデオカメラ、キャリブレーション調整用のモニタが必要となる。実際の実験時には、液晶付きのハンディカムビデオを使用した。が、画面が小さいためにキャリブレーションの微調整が難しい。

2-4 アイマークデータの分析法について

2-4-1 注視点データと有効視野について

人間の視野（周辺視野）は横方向で 180° ～ 210° の広がりをもつが、解像度の高い範囲は網膜構造によって決定し、ごく一部に限られている。この解像度の高い部分で見ることを中心視（注視点）という。これは視野内の角度でいうと約 2° の範囲にすぎない。したがって、課題や行動にとって必要な部分をつぎつぎと中心視していかなければならない。中心視の移動すなわち眼球運動は、ふつう 1 秒間に 2 回から 5 回程度生じ、眼球運動の停止中すなわち注視中に情報が取り込まれる。この眼球運動の停止時間は約 0.2～0.7 秒で、これを注視時間という。

しかし、中心視している部分だけから認知に役立つ情報が取り込まれているの

ではない。中心視の周りすなわち周辺視野のうち、われわれの認知に寄与する部分を有効視野という（図 2.2）。これは、中心視すると同時に認識できる範囲であり、注視点の周りで比較的明確に意識される範囲である。ゆえに、有効視野は次の2つの理由で情報獲得にとって極めて重要である。

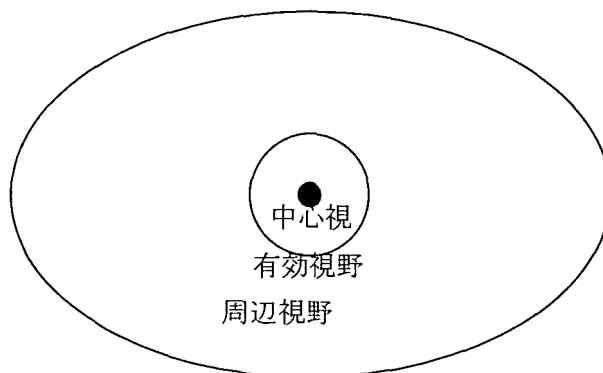


図 2.2 視野の模式図

その1つは発見効率という理由である。すなわち有効視野がある対象、ある箇所の周りに存在あるいは出現した別の対象にいかにか速く気づきうるか、見落とさないですむかという発見効率に関係するからである。

もう1つの理由は、有効視野がつぎの注視点の移動先の決定に関係するからである。多くの注視移動は、有効視野内で何かに気づきそれを手がかりとして行われていく。有効視野の外、すなわちとくに認知されていないところに何の手がかりもなく注視点を移動していくという方法は、でたらめなものとなり注視移動効率の低下につながる。ゆえに、広い有効視野が確保されていることは、発見効率と注視移動効率という2点から、情報の獲得上重要となる。

中心視野の広さは網膜構造に規定されている。これに対して、有効視野の広さは、主には心的負荷、知識、経験、技能等の心理的な要因、及び刺激の密度等に規定され、視角で約 4° から 20° くらいまで変化する。本実験では、この様に状況に応じて変化する有効視野の分析を行うことは困難として、純粹に注視点（中心視）のデータを分析することとした。

2-4-2 アイマークデータの分析・分類について

アイマークデータの分類・分析については、以下の条件によっておこなった。

- ・本研究におけるアイマークの分類に際しては、アイマーク像が1つのエレメント上に着いてから、多少、アイマーク像が対象物上を動いたとしても、そのアイマーク像は同じ対象物上にあると考え1回の注視とみなしている。
- ・また、一般的には、1つのエレメント上に5コマ以上（約0.15秒以上）留まっている時、

その対象物を認知していると考えられている。

- ・注視時間はコマ数より算出したものであるが、コマ数から導き出された時間と、実際の注視時間と厳密には一致しない。
- ・最大注視時間とは、ある対象物に対して何回か注視が行われたとき、その注視された時間の内、最も長い注視時間と考える。
- ・平均注視時間はある対象物に対しての注視時間の合計を注視回数で割ったものとする。
- ・また、移動という用語を用いているが、これはある対象物から他の対象にアイマーク像が動いた時に要した時間（コマ数）と考えている。
- ・また、本研究では、被験者 10 名の内、6 名分の 1 回目の走行における全区間での注視対象の割合と 1 名の数回にわたる認知地図に記されたことのある対象物の注視回数、最大注視時間、平均注視時間を算出している。

2-4-3 アイマークデータの分類

運転者の注視点データとして、表 2.1 表 2.2 のにあげた分類・用語にしたがって分類を行った。

表 2.1 注視対象物の分類

方向	対象物	詳細	自動車の状態
前方	車	停車車	1、停止時
対向	信号	路駐車	2、走行時
周囲	道路	駐車車	
室内	歩行者	規制標識	
ルームミラー	歩道	案内標識	
サイドミラー	木	指示標識	
空	建物	警戒標識	
	電柱	店名	
	標識		

表 2.2 注視対象物分類整理のために用いた用語の意味

前方	前方とは、自分の車が走っている側の道路上にあるもの
対向	対向とは、対向車が走っている側の道路上にあるもの
周囲	周囲とは、道路上外にあるもの（歩道は含まない）
室内	車室内にあるもの
空	青い部分と雲の部分
歩行者	歩行者とは、自転車も含む
走行時	走行時とは自車が走行している時（減速、加速含む）
停止時	停止時とは自車が渋滞、信号待ちなどで停止している時
停車車	停車している車
路駐車	路上駐車している車
駐車車	駐車している車

アイマークデータの分析には多大な時間を要するために、全旅行区間内のデータ抽出は1回目の走行に限定し、2回目以降の走行においては、認知地図上で1回でも記されたことのある建物の注視点データを抽出した。

2-5 実験結果

2-5-1 探索状況時の注視点データ

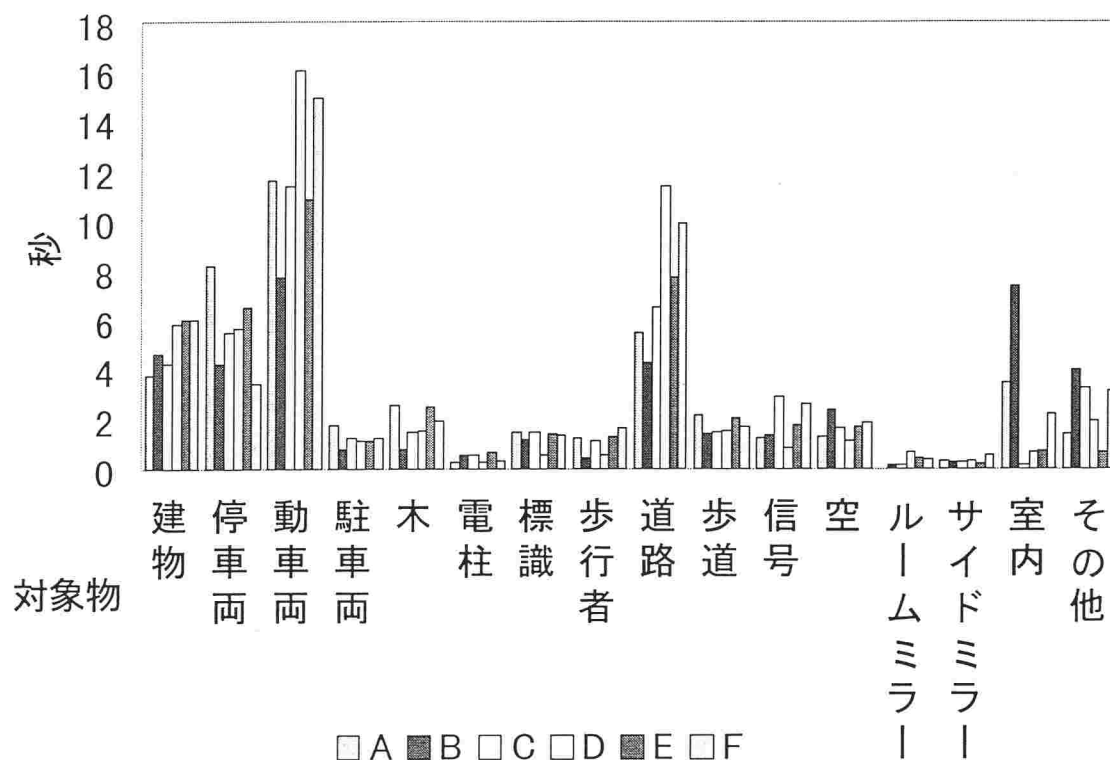


図 2.3 走行 1 回目における単位時間当りの各注視対象物の注視時間

図 2.3 に、各被験者の走行 1 回目における、単位時間 (1 分間) 当りの注視対象物の平均を示す。走行 1 回目においては、各被験者は実験地区のネットワーク、建物などを全く認知しておらず、経路を理解する上での運転者の眼球運動がより確かめられると考えられる。

自動車運転者が走行中に見ている対象物としては、「動車両」「道路」を見ている割合が非常に高い。つまり、初めて走る地区という経路探索状態においてのデータであるにもかかわらず、運転者が走行中に注視する対象としては純粋なステアリング操作やアクセル・ブレーキ操作などの運転操作に直結するものが圧倒的に多いことがわかる。当然、経路選択要因と考えられる建物や標識を見ている割合は少ない。旅行全体を平均化するとこの様に経路探索・選択と注視点データの関連性は見られなくなる。

2-5-2 ナビゲーションシステム搭載の影響

また、被験者 A と B は、走行実験の際にカーナビゲーションを搭載してもらった車である。表 2.3 及び図 2.4 より被験者 A,B における室内の注視時間が長いことが分かる。被験者 A,B は走行中、又は停止時に車の室内を見ていることが分かりカーナビ使用車における被験者の室内を注視する割合がカーナビ未使用の車に比べ、高いことが確かめられる。

表 2.3 1 回目の注視点データ詳細

被験者	A	B	C	D	E	F
カーナビ	あり	あり	なし	なし	なし	なし
旅行時間	17分	15分	13分	14分	12分	14分
移動	753	4892	2995	792	2173	868
4コマ以下	6293	3746	3609	3357	3159	1879
建物	1953	2165	1663	2453	2230	2523
停車両	4239	1981	2164	2399	2444	1449
動車両	6002	3629	4475	6783	4041	6321
駐車両	931	367	470	476	407	527
木	1325	355	594	661	923	814
電柱	131	250	215	121	241	138
標識	763	540	582	238	528	587
歩行者	619	200	435	232	478	701
道路	2827	2010	2473	4813	2870	4200
歩道	1114	685	579	667	764	732
信号	621	660	1123	343	653	1101
空	674	1128	644	464	632	809
ルームミラ	12	91	67	276	157	169
サイドミラ	165	140	115	144	83	226
室内	1810	3459	66	276	270	947
その他	753	1886	1277	816	249	1347
合計	30985	28184	23546	25311	22302	25338

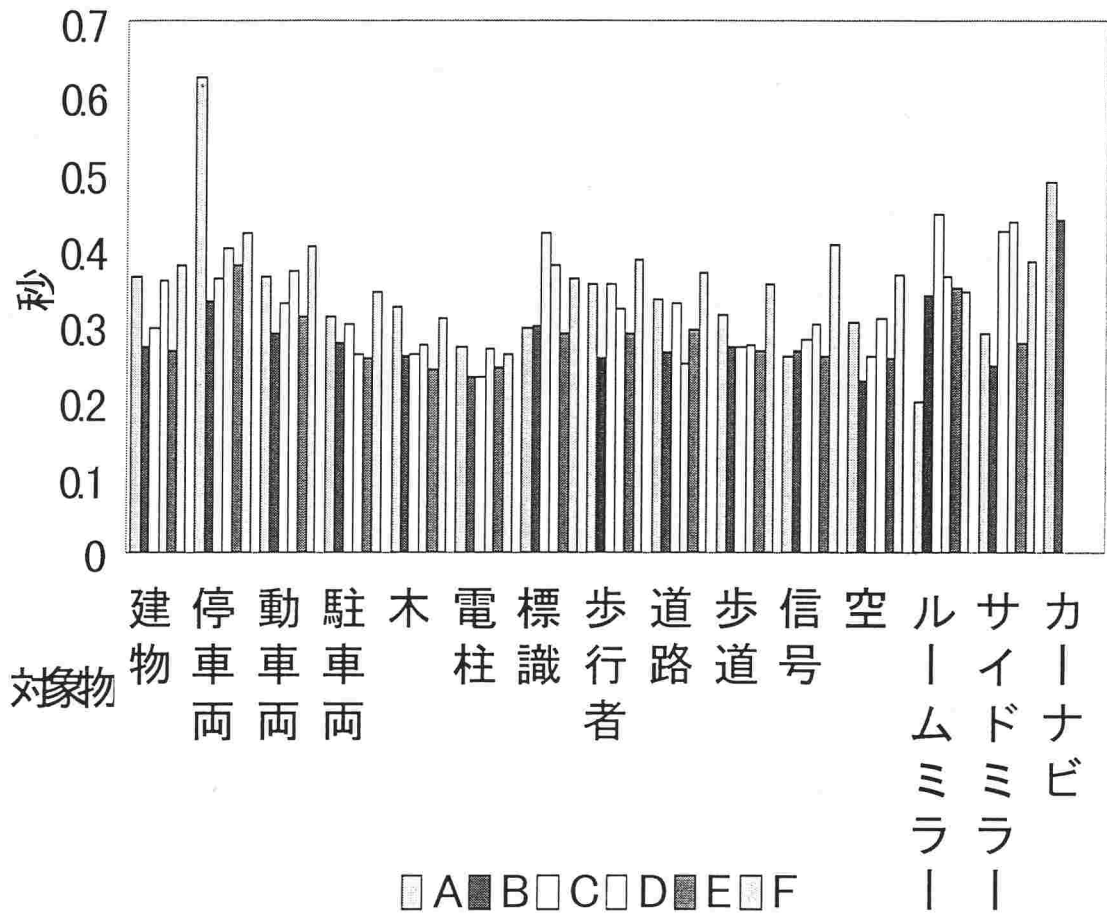


図 2.4 対象物の平均注視時間

また、比較的ナビゲーションの平均注視時間が長い反面、ナビゲーション使用者のルームミラーやサイドミラーの平均注視時間はカーナビ未使用の被験者における平均注視時間と比べると短く、一般的に言われている走行時におけるナビゲーションの「操作」だけでなく、純粋な「使用」の安全性への懸念も生じた。

2-6 眼球運動による経路選択行動に関する分析及び考察

2-6-1 ランドマークとなった建物・構造物について

本実験では、走行中に経路選択に関することとして、発言データ（プロトコル）を取り、その経路を選択した理由を被験者に尋ねている。また、走行後には経路を覚える時に参考したものとしてランドマークとなり得る建物や標識などのデータも採取している。また、本実験では、約 3 ヶ月に及ぶ長期走行実験を実施し、5人の被験者がおおむね 23 回の走行をおこなったが、実験実地や分析の条件によりアイマークデータについては 1 回、2 回、3 回、10 回、11 回、21 回目の計 5 回の走行データのみ採取した。

そこである被験者（ナビゲーション無し）の経路選択と関係されるようなことを抜き出すと以下の様になる。

1回目の走行において

目印, ランドマーク	理由
戸田駅から北上し車へ向かい突きあたりの交差点	17号との接点
外環, そこを越えて1つめの信号	南浦和へと続く道への右折の場所
間の狭い2つの信号	南浦和駅へ続く道への接点

2回目の走行において

戸田駅から出て幹線道路を突き当たった交差点	17号道路との接点
外環越えて1つめの交差点	南浦和へと続く道の右折の場所
トヨタ①の先の交差点	17号の渋滞を避ける裏道への交差点

3回目の走行において

17号を避けるための手前の交差点	17号を避けるため
錦町5丁目の交差点	南浦和へと続く道への接点

11回目の走行の走行において

歩道橋, 外環	17号を右折する場所
武蔵野銀行	南浦和駅へ右折

21回目の走行の走行において

ローソン①	1通からの出口, 右折の場所
-------	----------------

以上の経路に関するデータおよびプルトコロの結果より、この被験者においては経路選択の重要なイメージにおいて非常に「外環自動車道」を注目していることがわかった。

よって、今度は「外環自動車道」のアイマークデータに着目して検討を行うと、以下の様に整理される。

注視回数

走行回数	3回目	10回目	11回目	21回目
注視回数	4回	6回	3回	1回

最大注視時間

走行回数	3回目	10回目	11回目	21回目
最大注視コマ数	8コマ(0.27sec)	7コマ(0.23sec)	7コマ(0.23sec)	5コマ(0.17sec)

平均注視時間

走行回数	3回目	10回目	11回目	21回目
平均注視コマ数	6.3 コマ(0.21sec)	6.2 コマ(0.21sec)	5.7 コマ(0.19sec)	5.0 コマ(0.17sec)

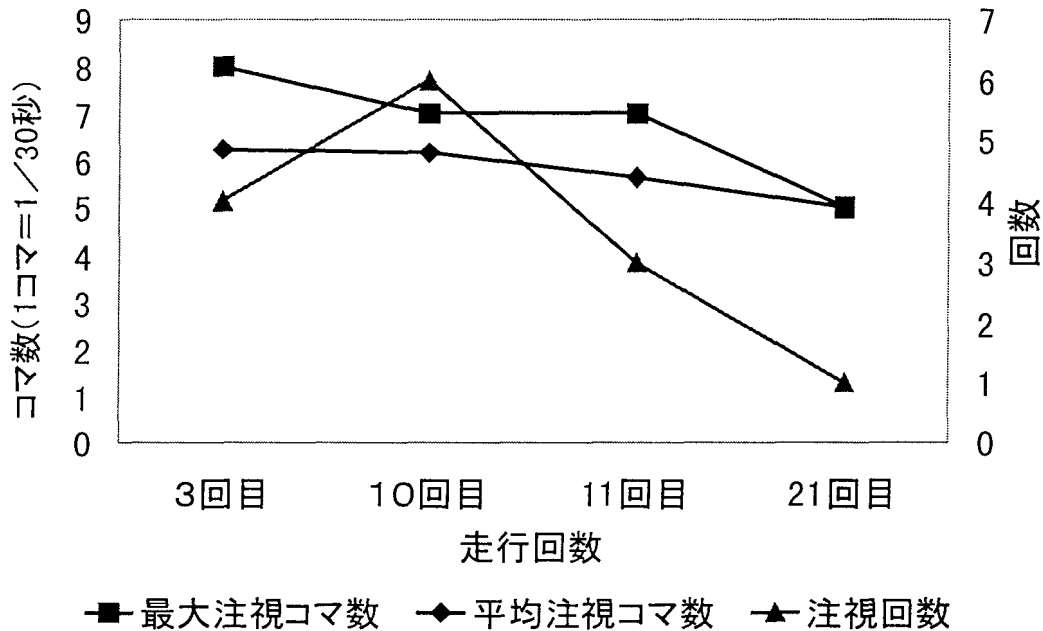


図 2.5 経験の蓄積に伴うランドマークの注視回数と注視時間の変化

注視回数は、全体的に減っていった傾向がある。3回目の走行においては外環自動車道の全体的な位置が分からなかったのが、徐々に OD 間における外環自動車道の位置を把握することによって注視回数が減っていくと考えられる。また、10回目においては注視回数、最大注視時間、平均注視時間のどのグラフにおいてもグラフが上昇している。これは、3回目の走行において外環自動車道の大まかな OD 間での位置をとらえ、経路選択上での重要なランドマークとして捉えているとも考えることができる。そして、走行を繰り返して行くことにより外環自動車道の経路選択の上での経路選択要因が低下してきたとも考えられる。

2-6-2 経験と注視物の関係

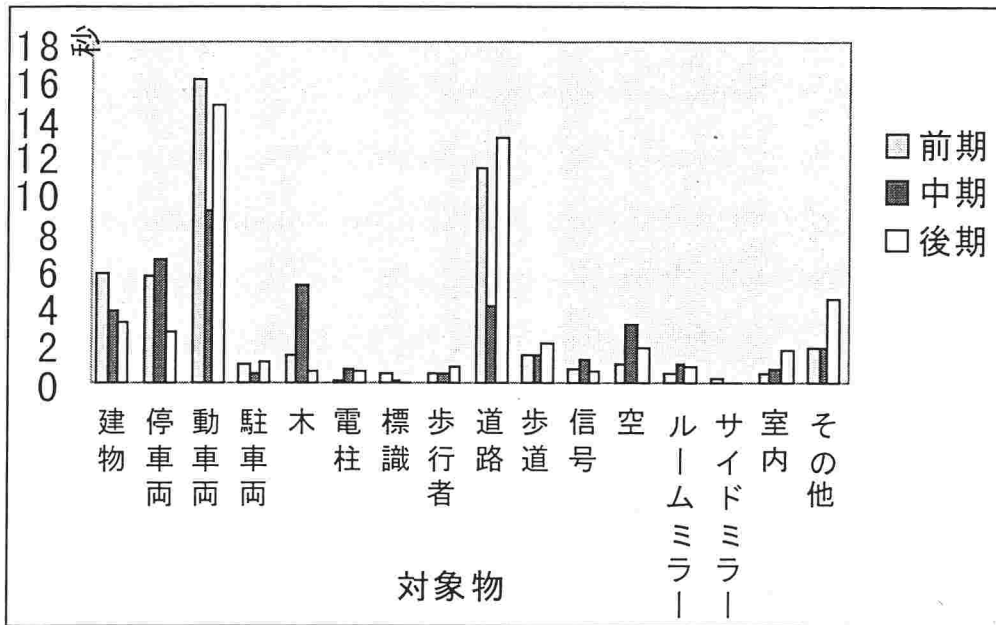


図 2.6 単位時間当たりの各注視対象物の注視時間推移
(前期・・走行回数 1 回目, 中期・・10 回目, 後期 21 回目)

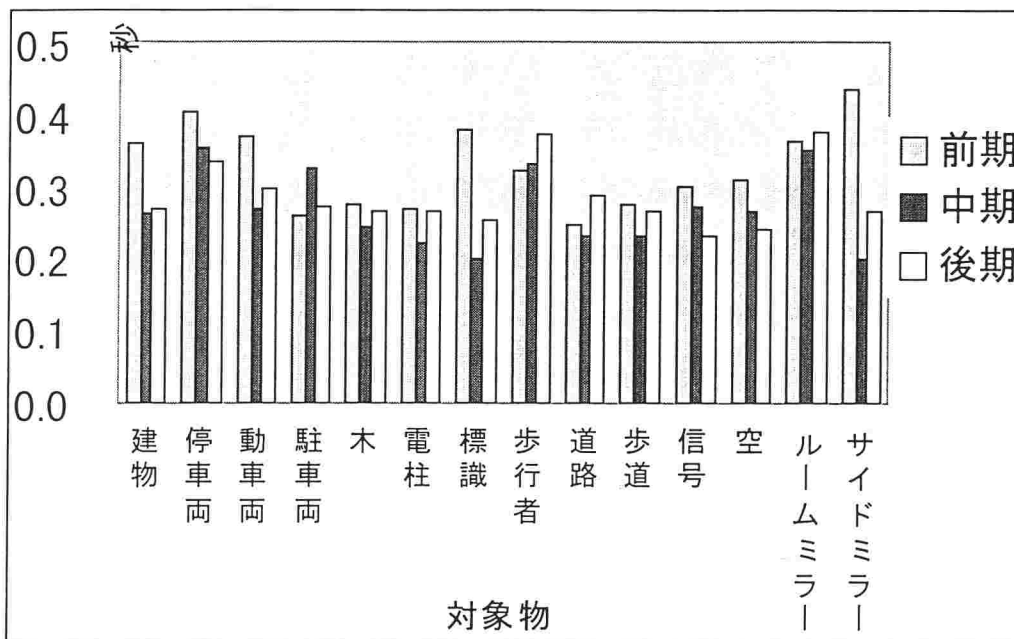


図 2.7 平均注視時間の推移

図 2.6 および図 2.7 は、ある被験者 1 名が走行経験を重ねることによる単位時間当たりの

注視時間合計と平均注視時間の推移を示している。この図における前期、中期、後期とは、走行実験における走行時期を示したものであり、前期は実験地区を1回目に走行した時、中期は10回目、後期は21回目のデータを使用している。

前期、中期、後期における違いを考えてみると、走行回数による経験の蓄積と注視点時間の関係にはそれほど有意の差が生じていない。つまりあるOD間といったトリップでは、自動車運転者は走行経路の認知度に関わらず、見ている「もの」の割合はそれほど変化が無いと考えられる。

2-7 本章のまとめ

本研究では、自動車運転者の「視点」そのものに着目した分析を行った。5人の被験者による実走行の長期実験を実地し、全体としての傾向は把握できたが、アイマーク情報の膨大さのために経路に限定した詳細な分析にはいたらなかった。秒間30コマを撮影するVTRでは、15分のトリップでも27,000コマとなり、1コマ1コマを記録する実際の分析では、実時間の10倍程度の時間を要してしまった。その中でもランドマークに着目した分析では、傾向としてはあるが、経験にともってランドマークとしての意味合いが変化していくことが分かった。今後は、トリップ全体ではなく、ある1トリップやあるランドマークに絞った分析法を行うことが考えられる。

「参考文献」

- 加藤篤史；“自動車運転者の認知地図特性に関する分析”，埼玉大学平成2年度卒業論文
- 岩崎伸昭；“運転者の心理・経験と交通状況を考慮した動的経路配分手法”，埼玉大学平成8年度修士論文
- 久保浩；“自動車運転者の経路探索と形成過程に関する研究”，埼玉大学平成8年度卒業論文
- 萩原亨，加来照俊；“運転者の注始点とその評価に関する研究”，土木計画学論文集 pp.121-128, 1998年11月
- 笹森秀樹，赤木幸靖；“視環境が運転者に及ぼす影響についての研究”，第12回交通工学研究発表会論文集 pp.9-12, 1992年11月
- 大口敬，片倉正彦，鹿田成則；“道路線形と見通し視距の関係に関する考察”，土木計画学研究講演集 pp.585-588, 1996年11月
- 森津秀夫，中島正樹；“動的経路誘導のための経路選択行動モデルに関する一考察”，土木計画学研究講演集 pp.753-756, 1996年11月
- 深堀清隆，窪田陽一，大友正晴；“アイカメラを用いた街路環境整備の事後評価”，第16回交通工学研究発表会論文集 pp.141-144, 1996年11月
- 木村一裕，清水浩志郎，井深慎也；“高齢運転者の注視行動と運転能力”，土木計画学研究 pp.45-50, 1992年11月

森地茂，浜岡秀勝；“運転者の注視行動に着目した交通事故分析”，土木計画学研究講演集 pp.807-810，1995年11月

卷上安爾，岡田典久，笠間良治；“アイカメラを用いた注意喚起標識の効果についての調査研究”，土木計画学研究講演集 pp.545-548，1996年11月

中島義明；映像の心理学（サイエンス社）

箱田裕司；認知科学のフロンティア（サイエンス社）

多鹿秀継ほか；情報処理の心理学（サイエンス社）

淀川英司；視聴覚情報科学／（オーム社）

利島保，生和秀敏；心理学のための実験マニュアル（北大路書房）

松田文子；心理的時間（北大路書房）

3章 くり返し走行実験による自動車運転者の経路選択機構とその変容

3-1 本研究の目的

一般に自動車運転において、ある“出発地”から“目的地”までへの移動の必要があり、その移動においては使用する“経路”が必要である。その構成要素は移動の基本的な単位（origin, destination, link）である。ところで自動車運転者は、実際の市街地街路を走行する場合、何を手がかりに使用経路を決定するのであろうか。

また、自動車運転者の使用経路決定は市街地認知（空間認知）なしでは上手くいかない。目的地に向かうとしたところ、そこまでの経路が無い（認知していない）ならば、到達することはおそらく不可能であろう。

そして、その様な空間認知は対象地域内での走行経験などから形成されると考えられるが、その空間認知はどのような成長があり最終的にはどのようなになるのであろうか。その空間認知構造は自動車運転者の経路選択機構にどのような影響を与えているのであろうか。

本研究では、自動車運転者を取り巻くさまざまな交通環境から、実際に自動車運転者がどのように経路を決定していき、そして、運転経験を重ねるごとに経路選択機構がどのように変容するか、について調査する。そして、その経路選択の結果としての使用経路はどのように形成され、変容しているのか、また、自動車運転者の人の要因に着目して、その認知構造にはどのような変容が見られるのか等、走行実験を繰り返すことによって、認知の度合い、経路選択機構、使用経路形成の変化について調査し、自動車運転者の経路選択機構の解明を行う。

本実験において、自動車運転者の運転段階における注視行動の違いについて“アイマークレコーダ”を用いて調査する。また、認知（記憶）したものを認知地図や走行後アンケートより調査する。さらに、“経路選択理由”を、ビデオカメラによるプロトコル法を用いて運転中に調査し、経路選択機構を調査する。

3-2 くり返し走行実験

本実験において、自動車運転者の経路選択機構を探る為に、実走行実験を行なった。本研究の特徴としては、経路選択の結果である「使用経路」について調査する。その使用経路の選択機構の傾向、またその変容について調査し、使用経路の選択機構のメカニズムを解明することを目的としている。また、使用経路の決定、変容という観点から、長期にわたっての“くり返し走行実験”を行い、実際に存在する地域における経路の形成段階にも着目し、その変容について調査を行なった。

3-2-1 実験概要

(1) 実験地区

J R埼京線戸田駅西口ロータリーからJ R京浜東北線南浦和駅西口ロータリーまでのO D間とし、直線距離で3. 2 Kmの実験地域である (図 3.1).

また、本実験の目的として、使用経路形成段階に着目する為の実験地域は被験者の運転経験の無い地域を選択した。実験対象地域には、幹線道である国道17号とそれと交差する、東京外郭環状道路が存在する。また、目的地への走行において使用経路選択肢が多く存在するように実験地域を決定した。

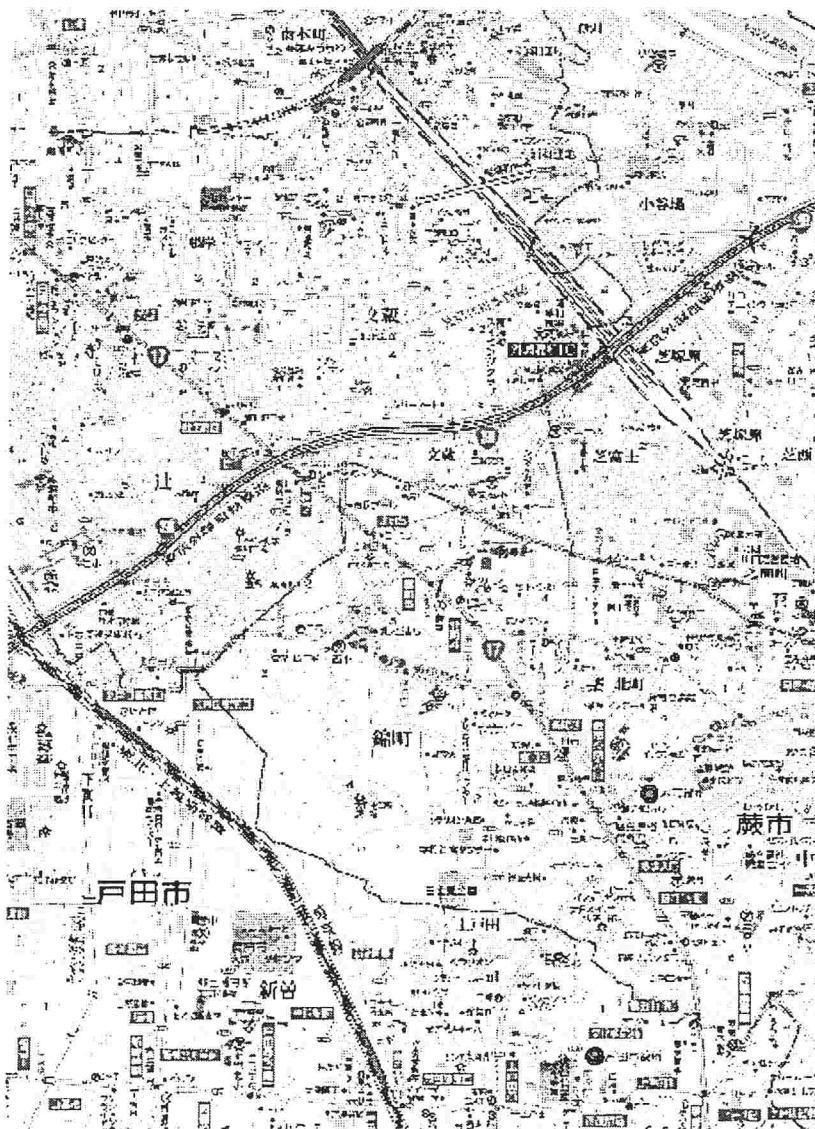


図 3.1 実験対象地区

(2) 実験条件と方法

実験の被験者については、被験者は埼玉大学の運転免許を保有した学生5人。実験頻度・期間として日常的なOD間における使用経路選択機構について着目することより、週に2～3回の頻度で、一日に1度だけの走行実験をしてもらう。また、経路選択機構の変容についての調査から、長期間でのくり返し走行実験を行い、3ヶ月間の期間の実験を行なった。JR戸田駅からJR南浦和駅への走行実験を往路とし、往復走行実験を行なった。

(3) 取得データについて

本研究ではくり返し走行実験において、経路選択機構の変容に関係すると考えられる幾つかの変容について考察をする。その幾つかの変容とそれに関連するデータについて、表3.1に示すような取得データを用い考察する。

表 3.1 経路選択機構の変容と取得データ

	取得データ	内容
経路選択機構に関する変容	・経路データ ・走行データ ・発言データ	目的地までに費やした時間、走行中に停止した回数、時間、使用経路選択理由等をビデオ撮影により取得。
経路形成過程に関する変容	・経路データ ・発言データ	目的地に到着する為に使用しようと予定している経路、実際に目的地へ到着する為に使用した経路などのデータ
空間認知構造に関する変容	・認知地図	走行前、往路走行後、復路走行後に認知地図を書いてもらう。 知っている、覚えている経路、建物、気になった交通状況など記入してもらう。
注視点行動に関する変容	・アイマークレコーダー	アイマークレコーダを用いて自動車運転者の注視点行動について調査。

(4) 分析の方法

3ヶ月間の実走行実験における経路選択機構の変容に関して、使用経路の選択理由、経路属性データの変容、最適経路の条件等についての考察を行なう。

経路選択機構に関する変容に関して、実際使用した経路の選択傾向やその使用経路属性に関する変容について考察を行なう。

経路選択機構の変容の結果としての経路形成過程に関して、3ヶ月間の実走行実験における、自動車運転者の経路選択としての結果である経路の変遷について着目し、その形成過程について考察を行なう。

自動車運転者の空間認知構造における変容に関して、運転経験を重ねることにより空間

認知としての認知地図にどのような成長が見られるか、また経路形成過程における認知構造についての特徴について考察を行なう。

最後に、自動車運転者の注視点行動の変容に関して、運転経験を重ねることによる自動車運転者の経路選択行動にどのような注視点行動の違いが見られるのか、自動車運転者の経路選択行動に関して視覚的情報の差について考察を行なう。

3-3 実験結果

3-3-1 旅行時間の変容

(1) 期待旅行時間について

実験出発地から目的地へ向かって走行してもらう際に、「どのくらいの時間で目的地に到着出来ると思いますか?」と被験者に質問し、これから考えられる将来のトリップに対する予測する旅行時間として「期待旅行時間」を調査した。その結果、くり返し走行実験を行なっていった経過と期待旅行時間の変容について、往復走行実験の往路での期待旅行時間を被験者毎に示したものが図 3.2 である。

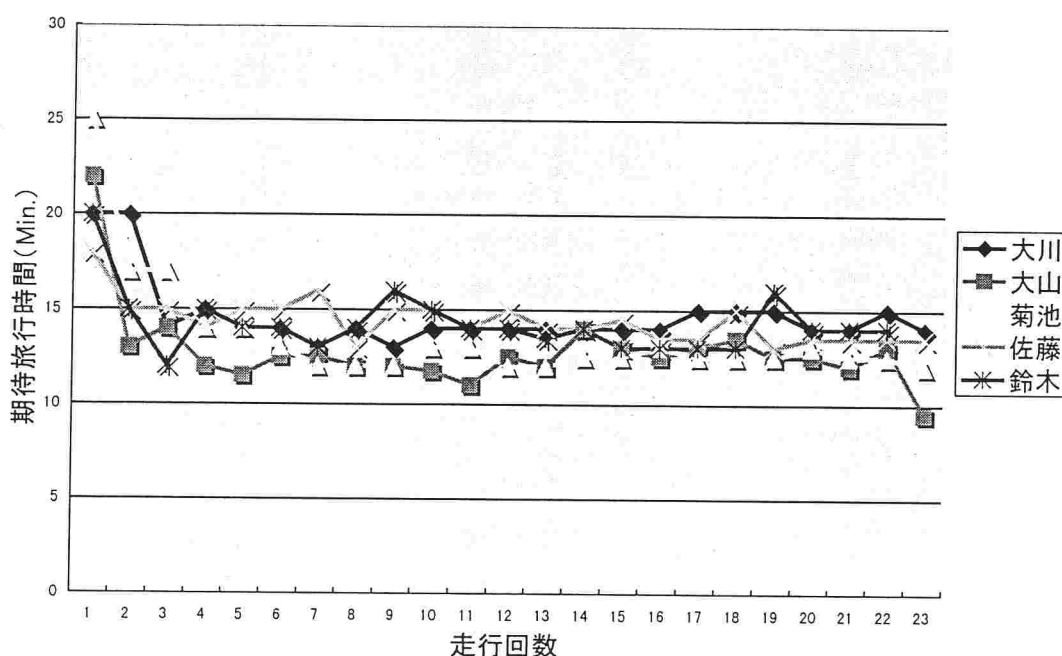


図 3.2 各被験者毎の期待旅行時間の走行回数による変容 (往路)

どの被験者においても、数回の走行経験を経た後に、期待旅行時間の収束が見られる。

その後、9～10回の走行経験後はほぼ期待旅行時間における変動が少なくなっていることが見られる。また、初回走行時において、実験地区による走行経験は全く無い状態での期待旅行時間としては、全ての被験者は実際に目的地に到着するまでの旅行時間よりも多めに予想する傾向があることが見受けられる。

また、復路について同様に、くり返し走行実験を行なっていった経過と期待旅行時間の変容について、往復走行実験の往路での期待旅行時間を被験者毎に示したものが図 3.3 である。

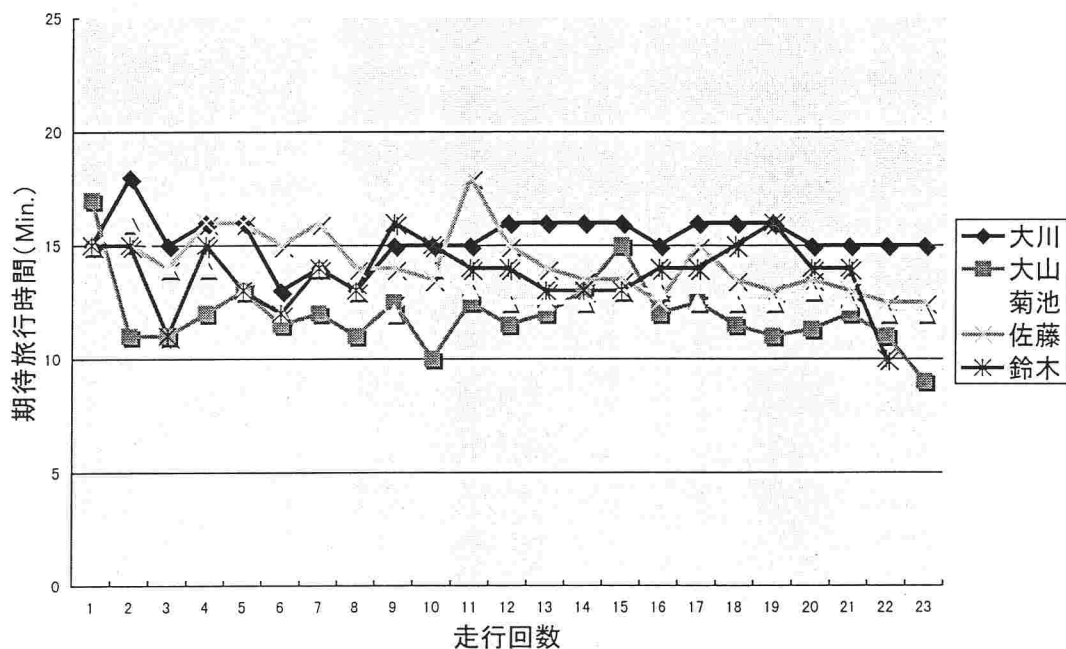


図 3.3 各被験者毎の期待旅行時間の走行回数による変容（復路）

これから見受けられる事は、復路初回の期待旅行時間について、往路の走行経験を考慮して、そこから期待旅行時間の推測を行なうことが実験において明らかになった。このような、自動車運転者の運転経験は所要時間推測においても大きな影響を与えていることが判る。

また、期待旅行時間の収束において見てみると、だいたい復路については、10回～13回を超えたあたりから、期待旅行時間の変動の幅が小さくなって収束している傾向が見られる。

以上より、全体的な傾向として、①運転経験のない未知の出発地から目的地までの期待旅行時間は、予想が付かない為、実際の旅行時間と比べると多めに推測する機会が多いこと、また、②ほんの数回の走行経験から期待旅行時間を推測することが出来るようになる

こと、そして、③今回の走行実験においては期待旅行時間の変動がなくなり、収束したような傾向が見られたのは、ほぼ10回～13回走行後においてであること、などがわかった。

(2) 実旅行時間について

くり返し走行実験において、被験者が出発地から目的地まで実際に走行してもらった時に、そのトリップに実際にかかった所要時間を「実旅行時間」として調査した。

その結果、くり返し走行実験による走行回数の経過と実旅行時間の変容について、往復走行実験の往路での実旅行時間を被験者毎に示したものが 図 3-3-3 である。

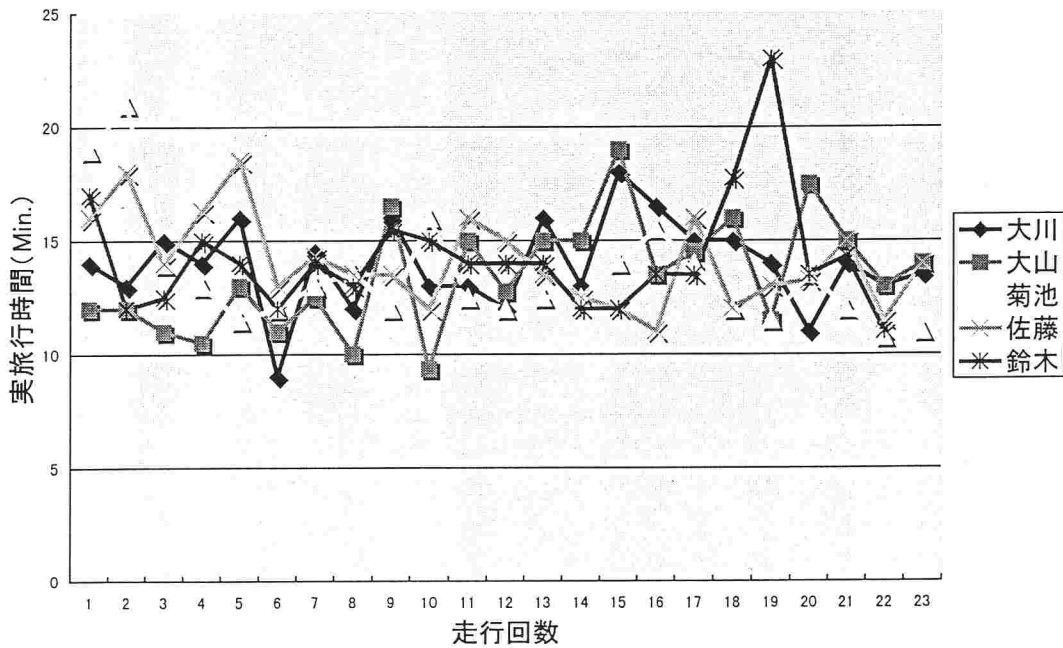


図 3.4 各被験者毎の実旅行時間の走行回数による変容（往路）

図 3.4 からわかるように、往路に関しては、走行回数と実旅行時間の間に明確な関係が見られない。すなわち、一般的に予想されるような、経験の蓄積による旅行時間削減効果を見ることができない。この理由として、①トリップ距離が長くないといったケーススタディ上の理由、②その日その時の交通状況（天気、信号でのタイミング、被験者の体調など）、といった影響要因が考えられる。

また、くり返し走行実験による走行回数の経過と実旅行時間の変容について、往復走行実験の復路での期待旅行時間を被験者毎に示したものが図 3.5 である。

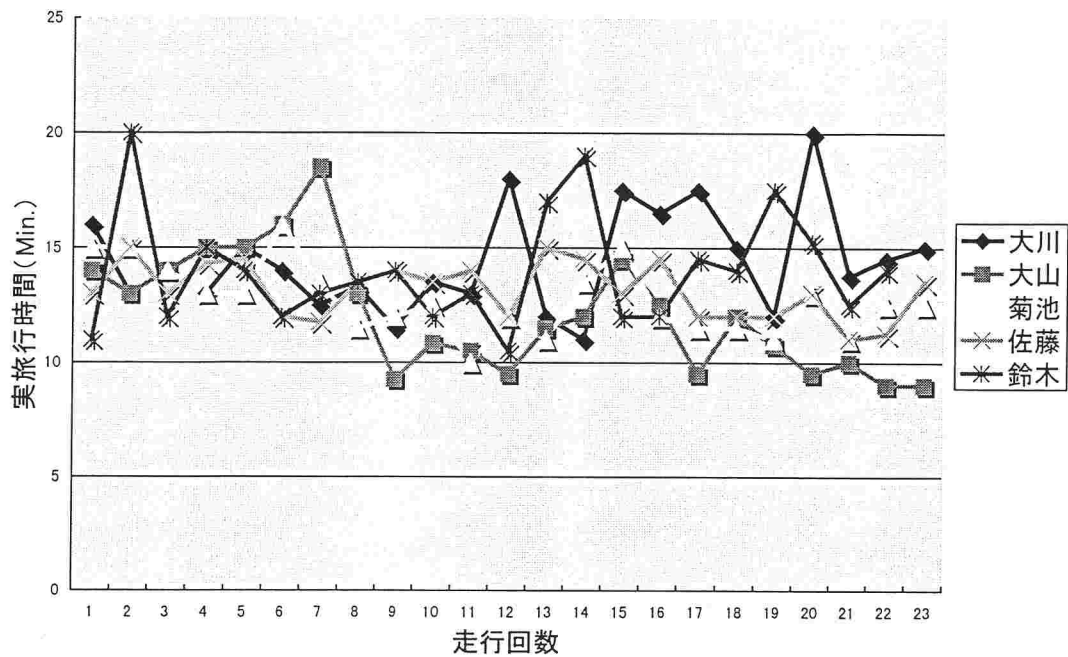


図 3.5 各被験者毎の実旅行時間の走行回数による変容（復路）

復路についても、往路と同様に全体でのはっきりした傾向は見うけられることは出来ない。しかし、個々について見てみると、被験者の大山、菊池においては実旅行時間の変容が走行経験を重ねるにつれて、徐々に減少傾向にあると考えられる。

3-3-2 経路選択機構についての変容

(1) 使用経路重視項目について

使用経路選択機構のくり返し実験による変容を調査するにあたり、被験者属性アンケートを行なった。そのなかで、基礎的な経路選択をするにあたり、使用経路重視項目について調査を行なった。重視項目として、表 3.2 にある基本的な経路選択に関する 8 項目を挙げ、1 番目に重視する項目から、4 番目までの重視項目に挙げてもらった。

表 3.2 重視項目一覧

1	距離が短い経路
2	時間が短い経路
3	曲がる回数が少ない経路
4	信号や一時停止などでとまる回数が少ない経路
5	渋滞のない経路
6	景色のよい経路
7	歩行者や自転車が少ない経路
8	道幅が広い経路

以下にその結果を図に示す。図 3.6 は、被験者属性アンケート時に回答してもらった結果である。

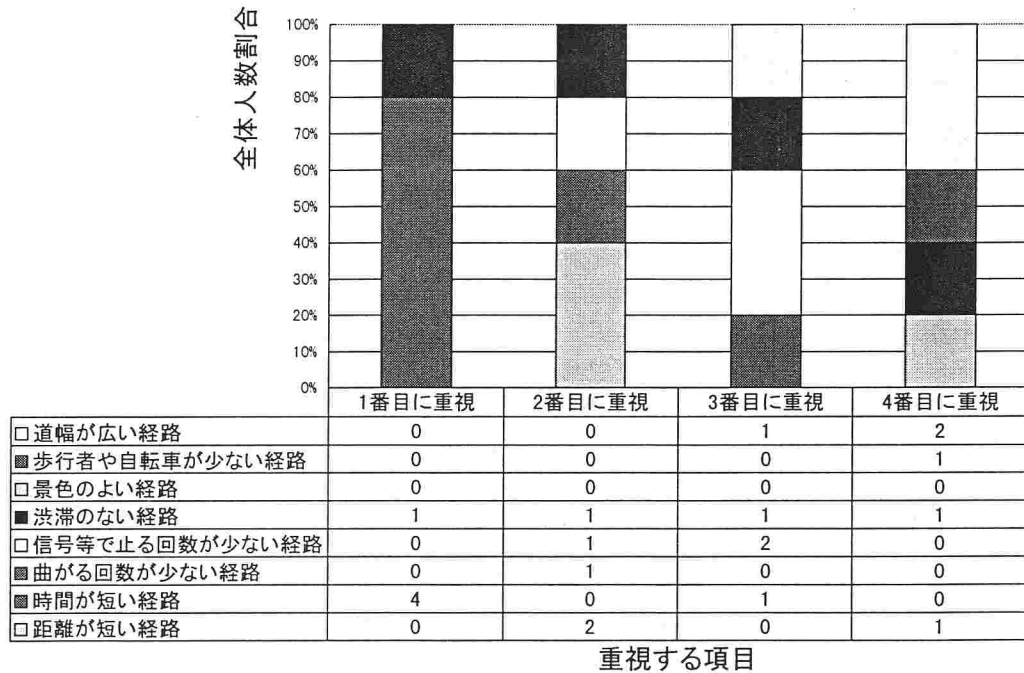


図 3.6 被験者属性アンケートでの経路選択重視項目

走行実験前の被験者属性アンケートからの経路選択重視項目の選択結果から見てわかることは、1番重視される項目として、「時間が短い経路」という項目が重視されている。他には「渋滞の無い経路」という項目を挙げている被験者も見られた。

2番目に重視されている項目としては、「距離が短い経路」、「曲がる回数が少ない経路」、「信号などで止る回数が少ない経路」「渋滞の無い経路」の4項目が挙げられている。2番目に挙げられている重視項目の特徴として見られることは、「距離の短い経路」を重視項目としてあげていることがある。3番目の重視項目の特徴としてみられることは、新たに「道幅が広い経路」が挙げられていることである。そして、4番目の重視項目として挙げられている内容は「道幅が広い経路」、「歩行者や自転車が少ない経路」等が挙げられている。

この選択経路重視項目は走行実験前の被験者属性アンケートでの結果であるので、被験者での一般的な経路選択行動についての選択経路重視項目である。そのため、選好調査データである。よって、被験者の選好的な選択項目が見られることと考える。

走行実験前の選択経路重視項目の選択特徴としては、1番目に重視する重視項目として「時間が短い経路」が挙げられていることである。これは、自動車運転者の経路選択機構に旅

行時間というような時間的要因が大きく関係していることが分かる。

また、「渋滞の無い経路」が全体的に挙げられていることも、被験者においての自動車運転において渋滞に関しての関心が高いことを示していることと考えられる。同様に「距離が短い経路」、「道幅が広い経路」においても、挙げられている割合があるので、距離、道幅という項目に関しても重視されることがわかる。

また、くり返し走行実験として、3ヶ月間の実験対象地域においての実走行実験を終えた被験者に対して、走行実験後アンケートを行ない、使用経路重視項目について調査を行った。

その使用経路重視項目についての選択結果を以下に示す。

くり返し走行実験においては、出発地～目的地間の往復走行をしているので、その往路についての走行実験後アンケートから得た、往路についての経路選択の重視した項目についての結果を図 3.7 に示す。

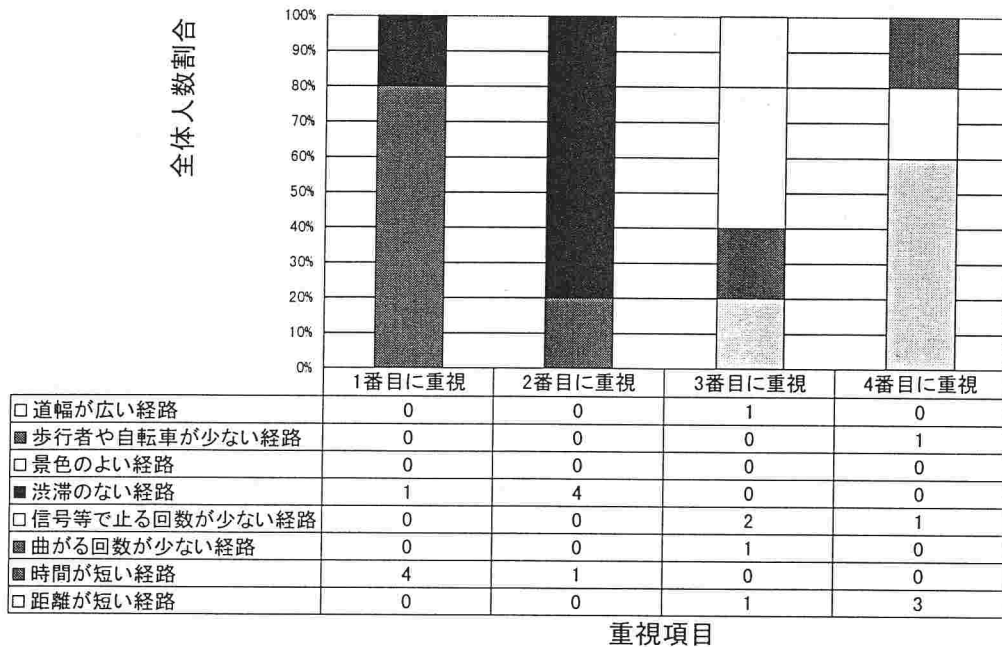


図 3.7 被験者属性アンケートでの経路選択重視項目（往路実験終了後）

往路走行後の往路についての経路選択重視項目についての結果からは、1番目、2番目に重視されている項目には「時間が短い経路」、「渋滞の無い経路」が選択されている特徴が見られる。また、「信号などで止る回数が少ない経路」、「距離が短い経路」について3番目、4番目と重視項目に挙げられていることがわかる。往路についてのくり返し走行実験後のアンケートにおいて、2番目に重視されている「渋滞の少ない経路」の割合が、走

行実験前と比較すると多く、より強く重視されて来ていることが特徴として挙げられる。また、走行実験の後「道幅が広い経路」を重視する項目として挙げている被験者の割合が減少している事も特徴の一つだと考えられる。

復路においても往路実験終了後と同様な傾向が見られた。

(2) 使用経路満足度について

くり返し走行実験において、走行後のアンケートで「今回の走行についてはどう評価できますか?」という質問事項をして、被験者に「大変満足している」から「大変不満である」の5段階評価として選択してもらった。

その結果と、満足度の評価時における走行実験での停止時間について、往路走行実験についてみたものが図3.8である。

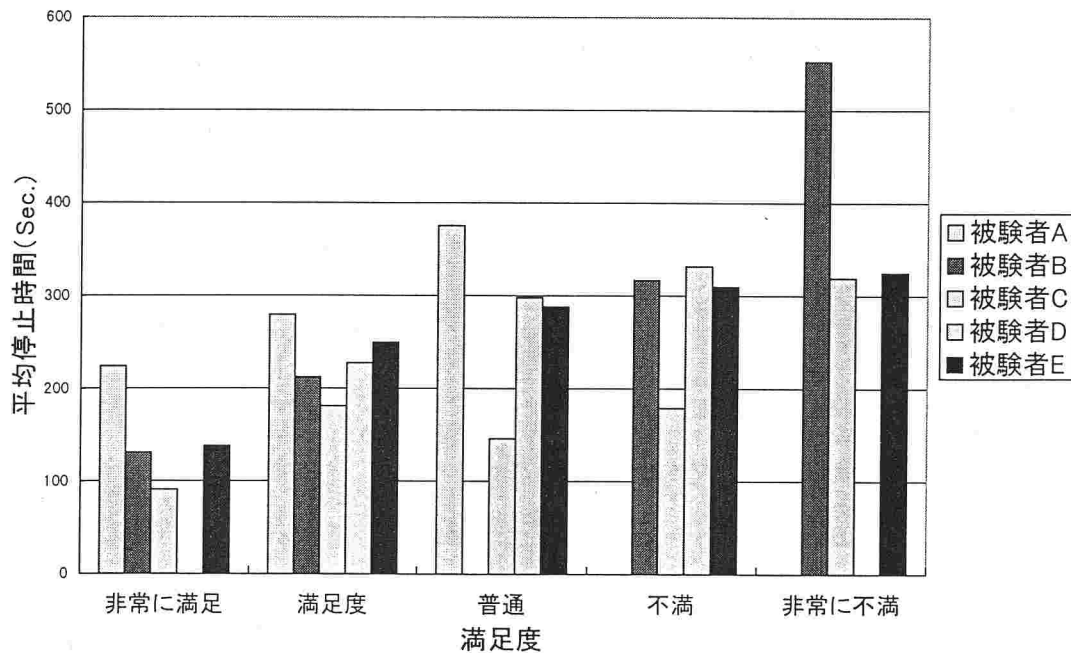


図 3.8 走行経路満足度別に見た平均停止時間（往路）

走行実験の往路について、走行経路に対する満足度と停止時間の関係では、停止時間の多ければ多いほど、満足度については評価が低くなるという傾向がある。

ここでは被験者個々ではあるが、ある程度の閾値をもってして、それぞれの満足度が決定されていることがわかる。その停止時間については、増加すれば増加するほど使用経路に対する自動車運転者の満足度の評価が悪くなるということが判った。

全体的な傾向としては、復路においても同様に、停止時間が増加すれば増加するほど、

その走行経路についての満足度の評価は低くなることがわかった。これは走行経路の重視項目にもあったように「信号などの停止回数の少ない経路」が選択される傾向が、この停止時間と満足度との関係にあらわれてきていると考えられる。

走行経路についての経路選択機構において、走行経験を重ねるにしたがってドライバーは最適な経路形成を目指し、そのなかでの「信号などの停止回数が少ない経路」を重視していく。それは、すなわち使用経路選択機構において満足度の高い経路へと経路選択をしていくという過程から、停止回数の少ない重視される経路から、停止時間の少ない満足度の高い経路へと経路選択がなされ、変わっていくものと考えられる。

(3) 使用経路の道路選択率について

実際に被験者が走行した、使用経路についてどのような道路を走行していったのかを、走行回数を4つに分けて、その使用経路における道路種類を幹線道路、地区道路、細街路に分類し、その総延長距離の割合を示したものが図3.9である。

幹線道路として、実験地域内を通る国道17号程度の幹線道として国道で2車線（センターライン有）の幹線道路としたもの。地区道路としては、国道以外の道路で2車線（センターライン有）の比較的道幅の広い道として、細街路としてはセンターラインの無い比較的道幅の狭い道路を対象とした。

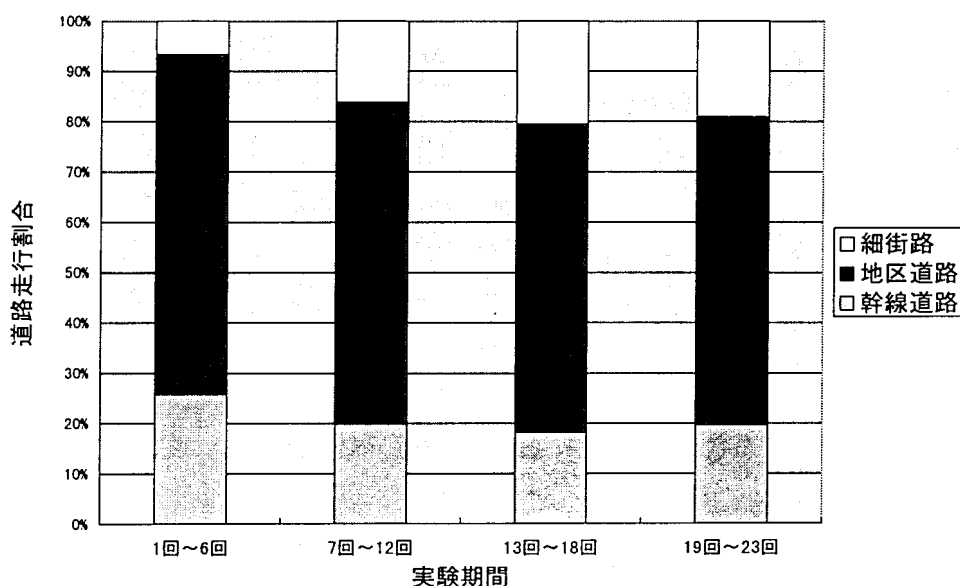


図 3.9 使用経路の道路種別走行割合

これから見うけられることは、運転経験が増加することによって、幹線道の利用率が減少して、その代わりに交通量の比較的少ない地区道路やあまり交通量も無く、信号も少ないような細街路の走行率が増加している。

また、カーナビゲーションを使用していない被験者（3人）と使用した被験者（2人）で分けて、使用経路の道路種別走行率を示したものが図 3.10 である。

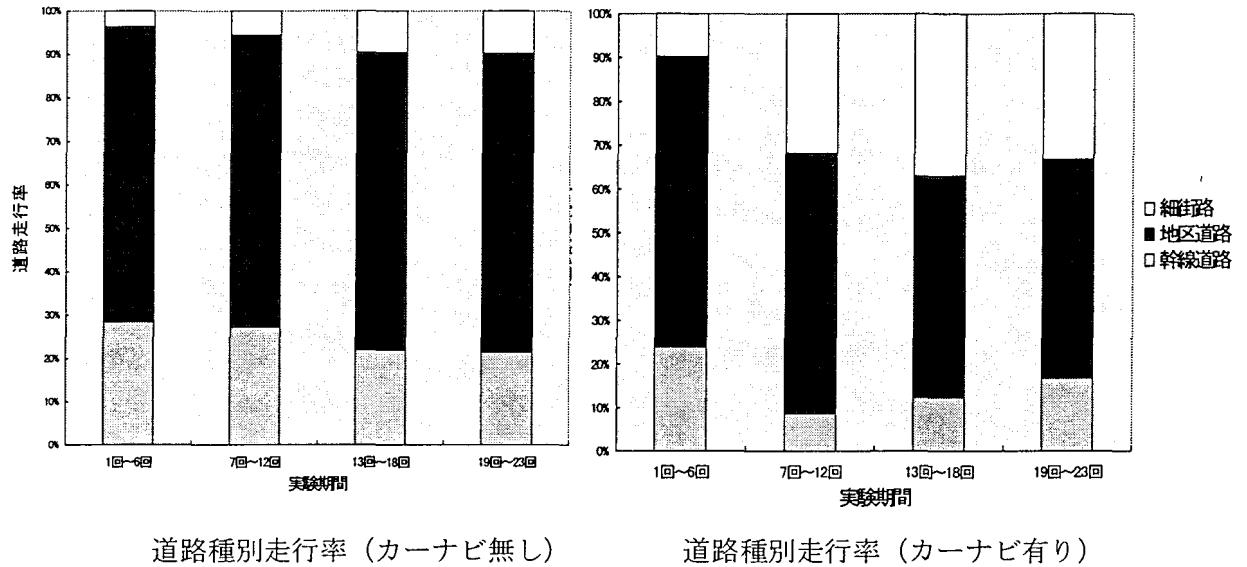


図 3.10 使用経路の道路種別走行割合 (情報提供有無別)

以上の結果から分かることは、自動車運転者の使用経路は、走行経験の少ない時期においては主幹線道路を利用する割合が多く、そして、運転経験を重ねていくたびにわかりやすい、道幅の広い幹線道路の利用率が減少し、その代わりに幹線道に比べて交通量の少ない地区道路や、信号や交通量の極端に少ない細街路の利用率が増加していることが分かる。また、カーナビゲーションを使用している自動車運転者と使用していない運転者とでは使用経路における細街路の走行率に差が見られた。

カーナビゲーションを使用している自動車運転者においては使用していない自動車運転者と比較すると、細街路を走行する割合が大きく違い、カーナビゲーションを使用している自動車運転者の方が、より多く細街路を選択し、利用するように使用経路を変容させていることが分かる。

(4) 使用経路の変更率について

自動車運転者の経路選択行動において、実際に経路走行中での交通状況や何かしらの判断によって予定している経路途中での経路変更を行った場合について、カーナビゲーションシステムを使用している自動車運転者と使用していない自動車運転者の経路途中変更率を走行実験を通して、全トリップ数に対する、途中変更のあったトリップ数の割合を示したものが図 3.11 である。

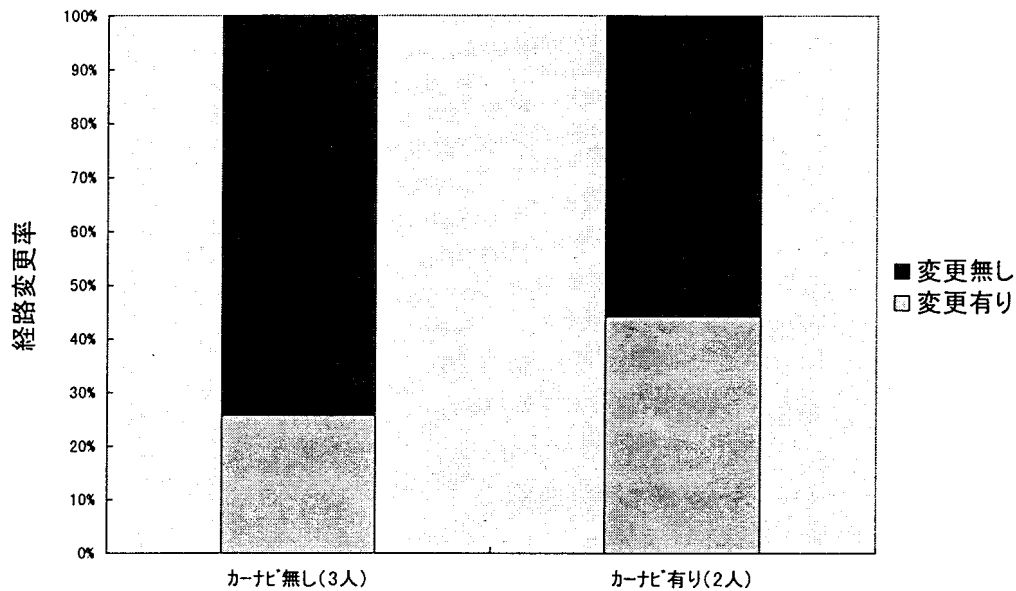


図 3.11 自動車運転者の情報提供別に見た経路変更率

これから、見うけられることはカーナビゲーションを使用して走行している自動車運転者の方が使用していない自動車運転者よりも経路途中での経路変更の割合が大きくなっていることである。

カーナビゲーションシステムのようなリアルタイムな情報提供の利用が自動車運転者の経路選択における経路変更にも大きく関与していることが確認された。また、それらの情報の利用によって、他の経路への変更の容易さが経路変更率の割合に現れていると考えられる。

(5) 使用可能経路数について

走行実験前に被験者に「現段階で目的地へ行く場合に、何通りの経路を想定することが出来ますか?」と質問し、被験者が考えられる範囲の目的地までの経路数について調査した。

その走行前に被験者が答えた経路数は、被験者の中での目的地までへの利用可能経路数であると考えられる。出発地～目的地間での経路数は実験対象地域内においても無数に存在する中で、被験者の想定しうる、すなわち利用可能性のある経路数であると考えられる。逆に言えば、その経路以外の経路は使用する可能性が無いか、認知していない経路なので目的地へと向かう為の使用経路とは異なる。

その使用経路数の調査結果、往路における使用経路数の走行回数の経過による変容につ

いて示したものが図 3.12 である。

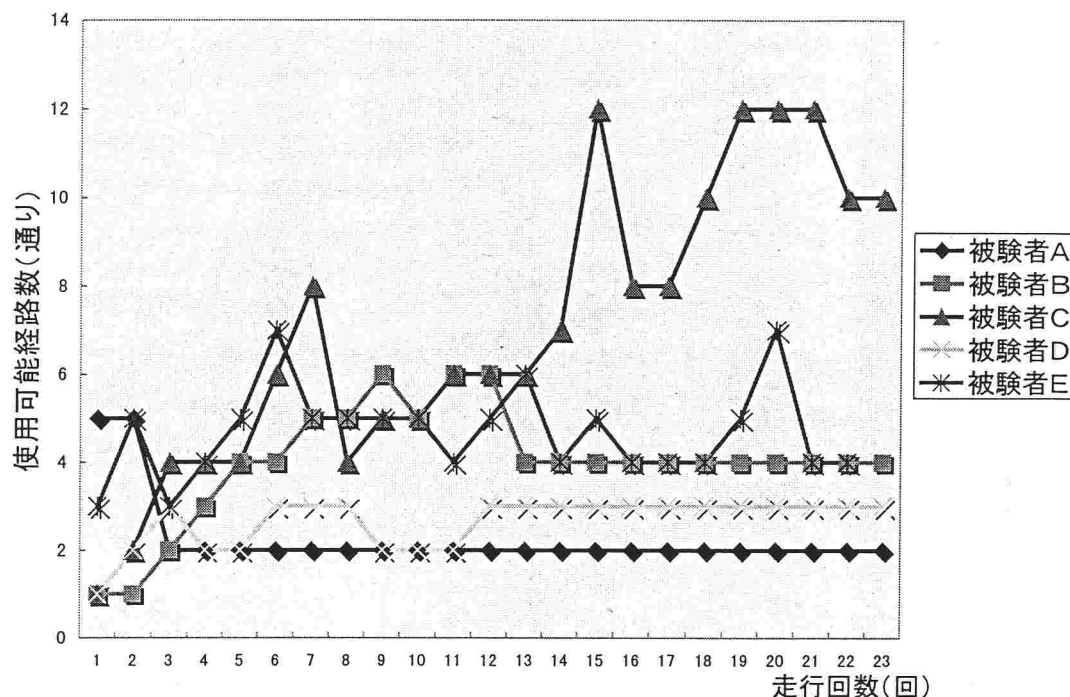


図 3.12 各被験者毎の使用経路数の走行回数による変容 (往路)

これから使用経路数においても、ほとんどの被験者についてある増加傾向を示す時期が見られる。それは経路形成段階の発達段階であると考えられる。また、使用経路発達段階の後に使用経路は減少しある程度の数で横ばいになる。この状態が使用経路形成段階の収束段階にあたりと考えられる。

使用経路数の収束段階であると考えられる使用経路数のほぼ決まっている状態から、再度、使用経路数の増加がみられる個所が存在する。たとえば、被験者 C の 15 回目以降について着目してみると、一度経路数が増加をし、その後使用経路のが絞られて少しの使用経路数の安定が見られたが、15 回目から再度、前回の使用経路 7 通りから 12 通りの使用経路数と一気に増加したのをきっかけに、増加傾向を示すようになった。その理由としては、15 回目の増加時には使用経路を以前の通ったことのある経路を使用してみたといった、大きな経路変更があり、その予定経路について「工事渋滞に入ってしまった時の代替経路」が多く走行前に想定され、その結果、使用可能経路数の増加になった。しかし、次回からはまた、従前の使用経路に戻したが、その使用経路を変更し、よりスムーズな経路を選択するようになった。結果、その使用経路に準ずる認知が広がり、使用経路数の増加に至った。

また、被験者 E の 20 回目を見てみると、そこでは使用経路の安定状態から、再度の増加が見られる。このわけは、19 回目の走行時に予定経路の混雑から経路変更を行ない、

結果的に新たなネットワークの認知にいたった結果、使用経路数も増加傾向を示した。しかし、結局使用しない経路とみなされ、使用経路数は元の安定している状態の数に戻った。

こうしてみると、使用経路の増加は使用経路変更とおおきな関係があることが分かる。使用経路が増加するという事は、新たなネットワークを認知し、使用可能になるということで、すなわちそれが使用経路の増加を示す。逆に考えると、使用経路が安定し、ある平衡を保つということは新たなネットワークの認知はなく、おおきな使用経路の変更は起きていないということが考えられる。

しかし、被験者 A について見てみると、初期の段階から使用経路は複数考えており、その中から経路を選択するようにしている。よって、初期が使用経路数が多くその後、大きな使用経路変行動が無く使用経路数も増えることはない。この被験者に関していえば、予定経路は幹線主体の2経路のみとなって、ほとんどそれ以外使用することはなかった。他の被験者と比較すると、使用経路選択理由に“わかりやすい”“道幅が広い”“安全である”という理由が多く見られた。

3-3-3 経路形成過程についての変容

くり返し走行実験において、実験地域での経路選択機構に変容が見られ、経路形成段階が確認された。

使用経路の形成段階とは、実際に自動車運転者の使用する経路自体が形成されるに至って、その使用経路が運転経験の少ない時期における経路から、運転経験を増すことによって使用経路において選択の幅が広がり、さらに使用経路の数にも増加が見られ、そしてその多くの経路の中から自動車運転者の要求に見合った使用経路が選択される段階、そして最後には多くの利用可能な使用経路の中から最も自動車運転者の要求に見合った使用経路が選択される。その最終段階以降には使用経路は決定し、使用経路が収束状態になると考えられる。(図 3.13)

本節においては、実際に、被験者の実験地域での使用経路について例を挙げ、その形成段階についておってみるとともに、その収束した経路についての特徴を挙げる。そして、使用経路の収束段階においてみられる特徴としての I F ~ T H E N 条件の確立について考察を加える。

使用経路の I F ~ T H E N 条件とは、大きな観点からはトリップ目的やトリップ条件であったり、細かくは交通状況に対しての条件であったりする。その条件は、既に走行前に決定している。

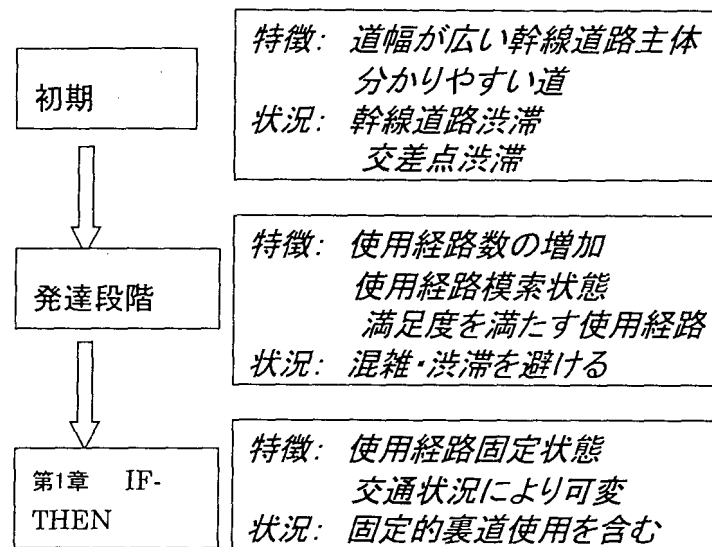


図 3.13 使用経路の形成過程

(1) 被験者 C の使用経路形成

被験者 C の往路走行時の場合での、経路形成段階の初期においての、実際の走行経路について図 3.14 に示す。

この経路形成段階における最初の段階を経路形成初期段階と呼ぶ事にする。

この経路形成段階の初期においては幹線道主体の経路が選択されている。その選択理由としては「なるべく目的地に直線的に行けて、わかりやすそうな道」ということが挙げられ、経路形成初期段階でこの幹線道主体の経路を選択した被験者は、多少の違いはあるが、ほぼ全員がこの幹線道主体の分かりやすい経路を選択している結果となった。

特徴としては、運転経験の少ない段階においてであり、経路選択傾向が分かりやすく、幹線道路主体の経路を選択する。

また、後程述べる事になるが、この段階における認知構造は認知地図から見たところ、1次元的な広がりしか持たず、それ以外の経路を選択する余地が無いことが見受けられる。次の経路形成段階として、運転経験の増加によって使用経路において選択の幅が広がり、さらに使用経路の数にも増加が見られ、そしてその多くの経路の中から自動車運転者の要求に見合った経路選択をする段階を発達段階と呼ぶ。

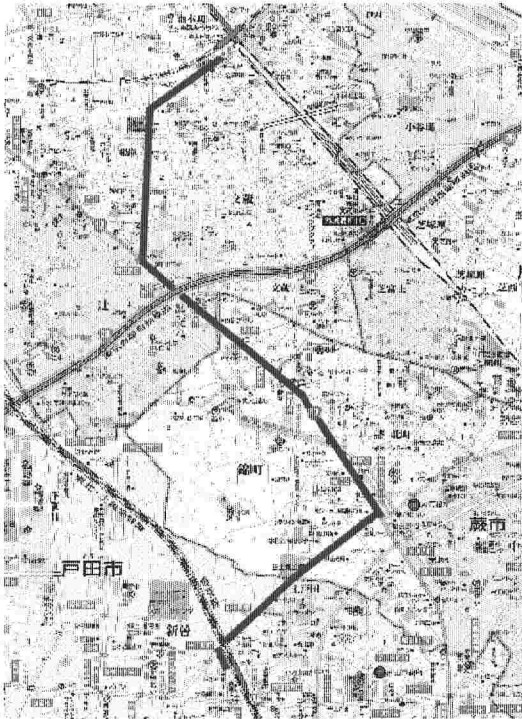


図 3.14 経路形成段階の初期段階

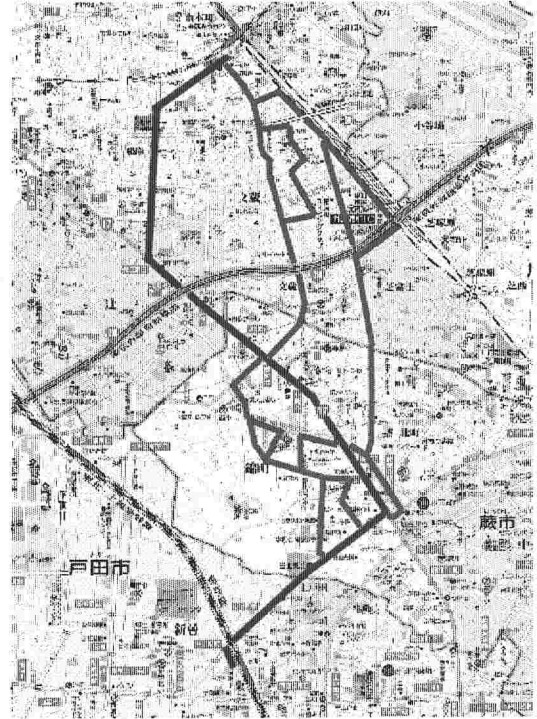


図 3.15 経路形成段階の発達段階

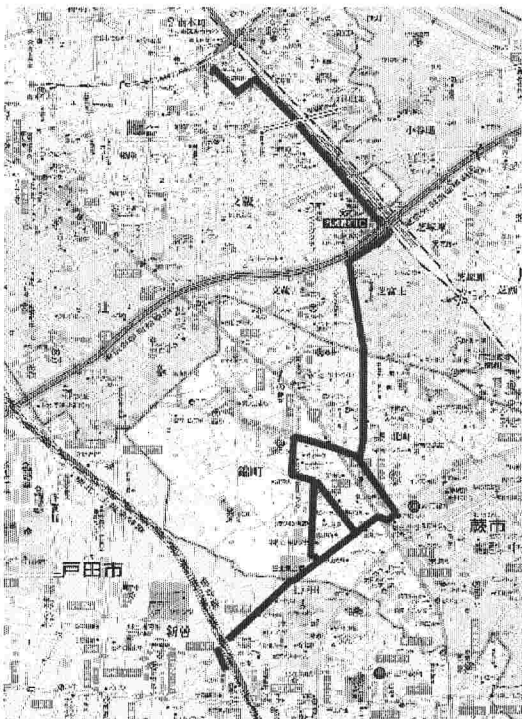


図 3.16 経路形成段階の収束段階

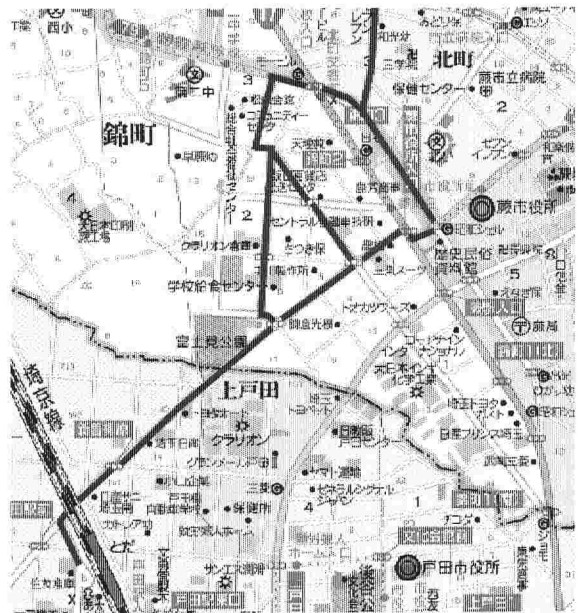


図 3.17 収束経路の IF~THEN 条件の確立

図 3.15 は、被験者 C における使用経路形成段階の発達段階にあたるものとして、実際の使用経路がどのようなネットワークの広がりを示している。

おおまかな使用経路の変容について紹介していくと、最初は初期段階であった幹線道主体の経路を使用していたが、幹線道の国道 17 号が混雑することが多いので、国道 17 号の混雑・渋滞回避を理由に、国道 17 号を出来るだけ使用しない経路へと変化を加えた (①②を使用する様になる)。

その後、しばらく経路は安定していたが、③の交差点の待ち時間が長いこと、②の経路において道路工事が始まったことも併せてその経路を避け、④の経路を使用するようになった。その選択理由には「車の交通量も少ない」「信号少ない」「走りやすく、時間も短い」という理由が挙げられていた。

その経路の中でも⑤の交差点での待ち時間が長い⑥の経路では路駐歩行者が多い、ということで使用経路を変容させていった。

このように、経路を試したり、変更してみたり、認知ネットワークを広げていくような段階が使用経路の発達段階であると考えられる。

最終的には図 3.16 に示す経路に収束し、これからほとんど経路変更はされなかった (予定経路、代替経路含めて)。

そして、この収束した経路においては、以下のような I F ~ THEN 条件の確立が見られた。図 3.17 は使用経路の I F ~ THEN 条件の確立を示す為、詳細図として載せる。

収束経路は 1 通りではなく、交通状況に対応した I F ~ THEN 条件の確立が見られた。

被験者 C の往路での収束経路における I F ~ THEN 条件の収束では、

予定使用経路は①を通る経路で、「渋滞が無い」「時間がかからない」等の選択理由が挙げられている。しかし①の交差点は信号待ち時間が長いということを考慮に入れ、JR 戸田駅から走行してくる途中で①の交差点の信号の状況によって②、③の経路に変更するという条件の確立が見られる。いわば、I F 「もし信号が赤になりそうならば」 THEN 「②、③の経路へ変更」、I F 「もし、①の信号が青でぬけられそうであるならば」 THEN 「そのまま進行する」という様な条件の確立が見られた。この条件の確立によって、停止回数、停止時間の減少を実現し、そして、渋滞の無い使用経路への進行を実現している。

このように、収束した使用経路には I F ~ THEN 条件の確立が見受けられる。そして、その I F ~ THEN 条件は様々な交通状況に対応していることがわかる。

被験者 C の場合の収束経路における I F ~ THEN 条件では、交差点信号での停止を避けるような、条件の確立が見られた。

使用経路の形成段階は、全被験者においてその傾向が見られたものの、その発達段階や

収束段階の使用経路には個人個人において特徴が有り、個人属性が大きく関わってきていると考えられる。このような個人の性格や属性によつての経路選択機構の解明もこれからの課題であると考えられる。

3-3-4 空間認知構造についての変容

(1) 認知地図構造について

ここでは、実際の認知地図において例を挙げながら、くり返し走行実験による市街地認知属性の変容について、考察を加えていくこととする。今回描いてもらった認知地図には、距離的正確性、方向角的正確性については考慮してもらっていない。

また、認知地図の描かれ方の特徴から、経路選択機構の変容についても触れながら、認知地図の変容について述べていく。代表的な例として被験者 1 人についての例を挙げながら説明していく。

図 3.18 は、被験者にくり返し走行実験を行なう前に、実際に走行したことの無い実験地域についての認知地図を書いてもらったものである。

走行経験が無いということなので、認知地図を描く事は出来ない。したがって、この初回走行実験においての走行前の認知地図については、まず、目的地までの経路を覚えてもらうということで、地図を被験者に渡し、経路を確認してもらって、目的地までの経路を覚えてもらった後に地図を返してもらい、そこで認知地図を書いてもらうこととした。

こうして被験者に認知地図を書いてもらったものが図 3.18 である。これから見られる特徴としては、目的地と出発地、そして、その経路が描かれているが、その経路は 1 通りであり、記載されている内容においても、建物に対する記入は少なく、交差点の特徴や交差点名などの経路特徴について描かれている。

この様な事から走行経験の無い地域において、地図を手がかりに道を覚える際に自動車運転者は地図を見て、覚える事柄として、建物などではなく交差点の特徴や交差点名などの経路に直接関係していくものについて認知し、それを基に経路選択行動を起こしていくことがわかる。

次に、同被験者において、初回走行の後に描いてもらった認知地図を図 3.19 に示す。

初回走行実験後に描いてもらった認知地図からは、初回走行時に覚え認知対象物や認知交差点について描かれている。さらに使用経路沿道における主要な建物について認知され、記憶されていることがわかる。ただし、認知走行経路は出発地から目的地までの間には 1 経路しか描かれておらず、空間認知構造においての 1 次元性が見られる。

また、交通状況についての認知もされており、より実際の走行地域に近い認知をしていることが見られる。

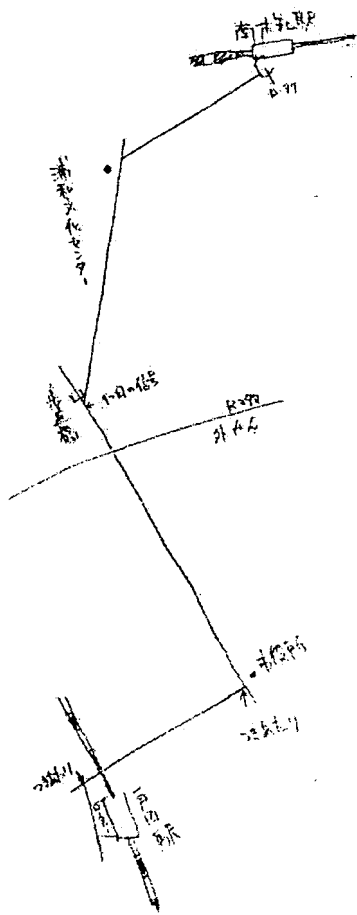


図 3.18 認知地図 (走行経験無)

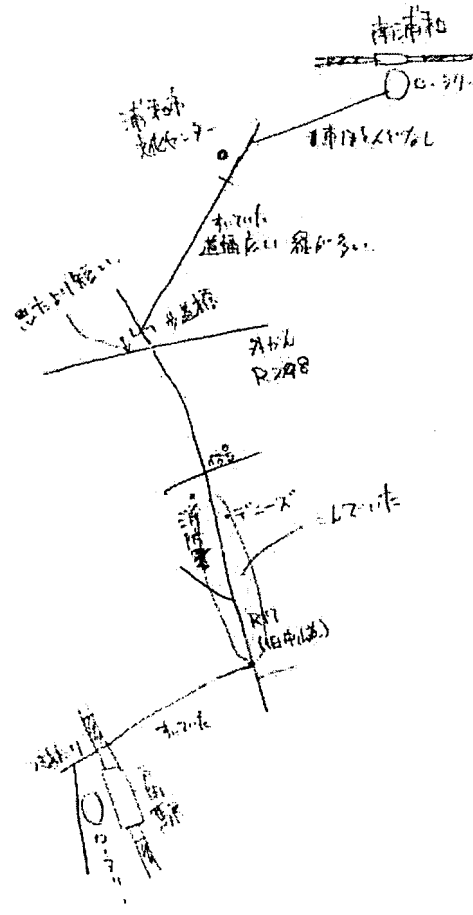


図 3.19 認知地図 (初回走行後)

ここで、特筆して挙げたいことの一つは、認知心理学分野での認知地図における研究である。認知地図とは、固体の持つ環境の空間的なレイアウトの内的表像であるということで、その認知地図の発達において“道路図”と“測量図”と呼ばれる段階があるということである。“道路図”においては、特定の場所を示す経路であるが二次元的情報を含まない。それにたいして、“測量図”には二次元的な情報が含まれるということである。

この様な事から先に挙げた、認知地図を見てみると、走行経験が少ないために、目的地までの認知経路は1経路のみであり、ほぼ1次元的な広がりしか持たないので、先に言う“道路図”に当てはまるものと考えることが出来る。

また、道路図においては1次元的なものであるため、その1経路について走行不可能になってしまった場合には、2地点間が分からないので迂回路を考えることが出来ないということも挙げられる。

この事も実際、走行していて道に迷ってしまう理由に当てはまることと考える。

続いて、実験回数3回目での走行前認知地図について、同被験者における認知地図を図3.20にあげる。この認知地図から分かることは、目的地までの認知経路数において複数の認知経路数が見られることである。

また、認知対象物数についてや交差点の名称など、経路特徴に関する認知について詳しくなっており、走行実験初回時からの認知地図よりも成長していることである。

この段階では、先にも述べたように、すでに目的地までの実験対象地域についての空間認知構造に2次元的な広がりを見せ、この段階での認知地図は、“測量図”的な認知地図であると考えられる。

この段階までの空間認知構造が出来上がると目的地までの方向などが予測できるようになり、迂回路や、経路の選択において大きな影響が考えられる。経路選択機構の形成段階において、初期段階では、分かる道も少なく、幹線主体である道を選択すると考えられる段階とは、このような空間認知における“道路図”の様な状態であると考えられ、また、多くの経路を探索し、経路数の増加が見られ、認知ネットワークの拡大時期にあたると考えられる。発達段階はこの認知地図における“測量図”的な空間認知構造が自動車運転者に成長した時であると考えられる。

空間認知構造において、認知経路数や認知対象物などにおいてもある収束段階が見られたが、実際に、ある認知地図のネットワークの広がりを持ってしまうとそれ以上広がることは少ないと考えられる。

最後に、認知経路数においても、認知対象物数においても収束段階に入っていると考えられる時期の認知地図について、同被験者における23回目走行前の認知地図を図3.21に挙げる。

この認知地図は、ほぼ実験地域での被験者菊地における空間認知の最終段階であると考えられる。認知経路数、認知対象物数においても収束が見られる。

以上のような空間認知構造としての認知地図の変容についてもほぼ全員の被験者についてみられ、経路選択機構とその自動車運転者の認知構造に大きな関連が有ることが見受けられた。

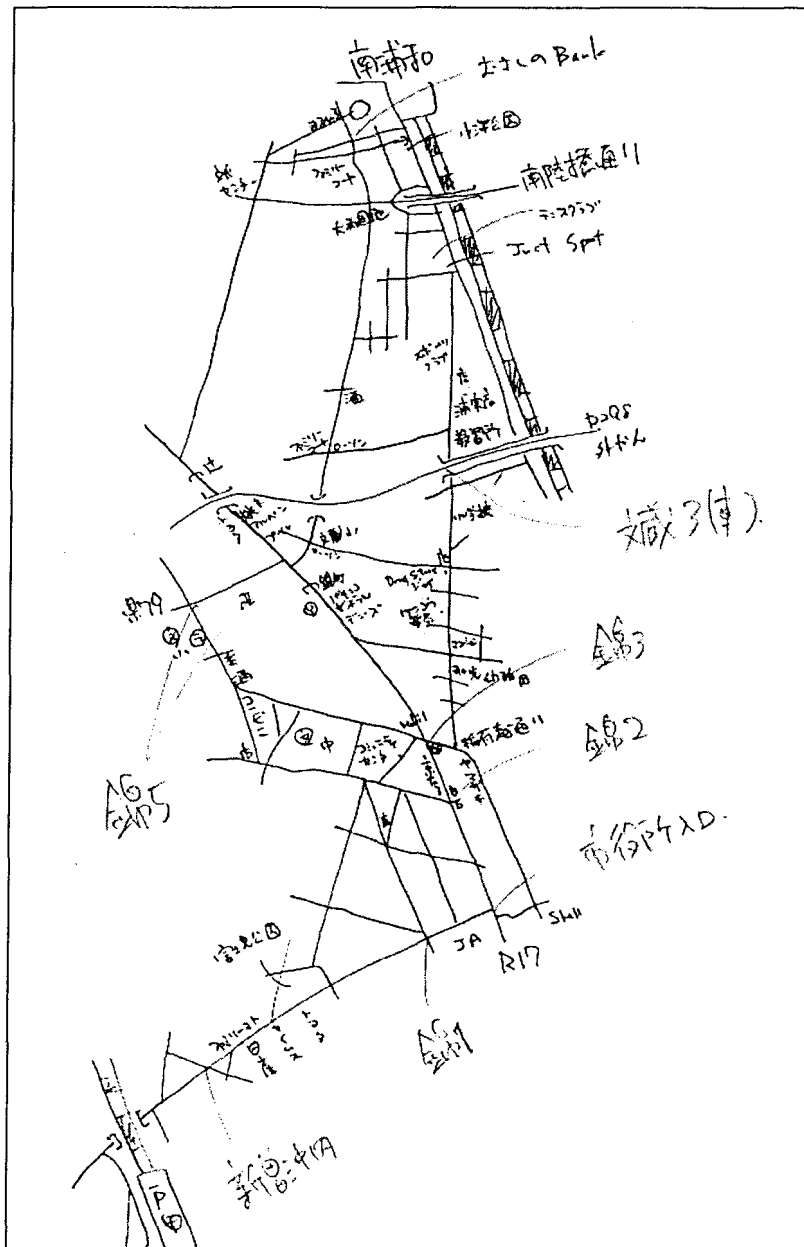


図 3.21 認知地図 (2 3回目走行前)

(2) 認知経路数について

くり返し走行実験の際に、その出発地～目的地の対象エリアを、被験者に「認知地図」として、毎回の走行前、往路走行後、復路走行後の3回に書いてもらい、その認知地図には被験者の覚えているもの全てを記入してもらった。(対象地域内の覚えている道、建物、ランドマーク等)

その認知地図について、描かれている経路(交差点間のリンク)の数を数え、その数を「認知経路数」として、走行前、往路走行後、復路走行後についてすべてについて、走行回数

の経過とともに、その認知経路数の変容を示したグラフが図 3.22 である。

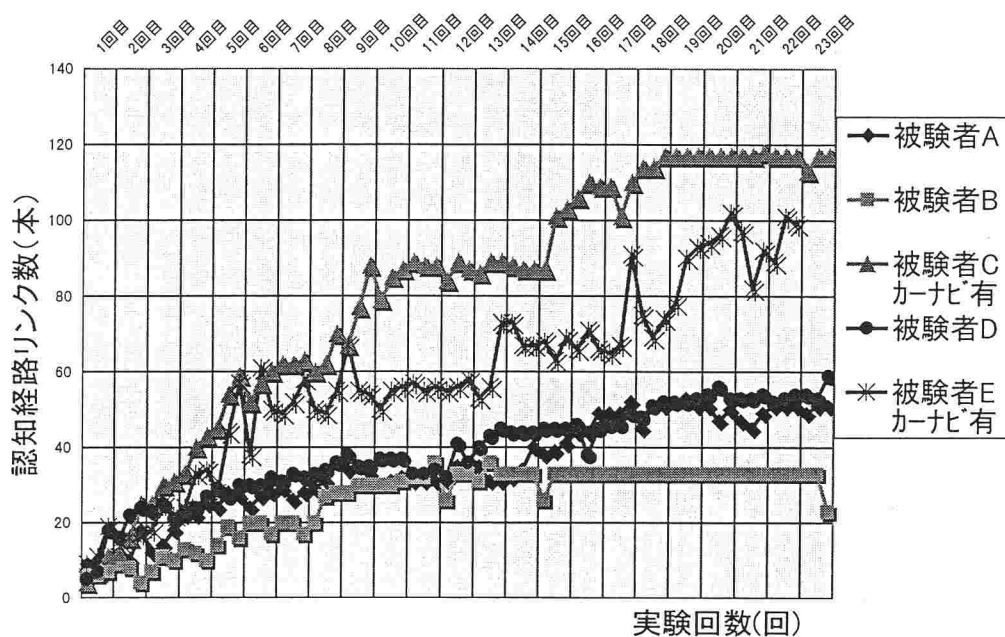


図 3.22 各被験者毎の認知経路数の走行回数による変容 (全体)

これからは、自動車運転者の認知経路数に増加傾向が見られる時期とその後安定状態が見られる時期、また、その安定状態からさらに認知に増加傾向を見せることがあるということが判る。

この走行回数初期の認知経路数の増加傾向は、対象地区についての市街地認知の発達段階であるということがわかる。この時期に自動車運転者は対象地域における市街地ネットワークを徐々に認知していく、そのため認知経路数についても増加し、いわば経路形成段階の発達状態にあるのではないかと考えられる。また、ある程度の市街地認知が進むと、認知経路数においても収束状態が見られ、数的にも安定している時期が見られる。この時期においては、市街地認知がある程度終了し、それ以上増えないことから新たな経路の発見は行われず、使用経路のが安定するというような、いわば経路の収束段階が市街地認知レベルで考えられる。

このようなことから、市街地認知レベルでの経路形成段階についてある初期段階、発達段階、収束段階というような段階が見られたが、収束段階後もある時期に再び新たな市街地認知が起り発達段階に入るといことも見受けられる。

また、認知経路数において、カーナビゲーションを使用して情報提供を行なった被験者と使用せずに地図だけで走行実験を行なった被験者を比べると、明らかに認知経路数において差が見られた。これから、情報提供が自動車運転者個人の市街地認知においても大きな影響を与えていることがわかる。

3-3-5 注視点行動についての変容

本研究では、くり返し走行実験を通して経路選択機構とその変容について研究していくことを目的としている。その中で、くり返し走行実験をしていく自動車運転者は、実際に走行経験を重ねることで経路選択機構の変容に見られる様な変化が、自動車運転者の知覚・認知行動に見られるのかについて分析した。本研究においては、眼球運動を観測するためにNAC社製の光学測定機器アイマークレコーダを使用して実験を行なった。

走行実験において、被験者にアイマークレコーダを装着してもらう。そして、実際に目的地までの走行を行なってもらう。今回、実験に使用したアイマークレコーダは比較的に軽量であり、透明の反射版を目の前に装着する以外、視界を妨げるようなものは特にないので、実際の走行の妨げになることはないと考えられる。

念のために、アイマークレコーダを装着したときの違和感や、運転影響を考慮して、前もって被験者にはアイマークレコーダを装着してもらって、実験対象地域とは異なる地域で練習走行を行なっている。

くり返し走行実験において、自動車運転者の経路形成段階の経過と共に注視点行動の違いを調査するために、アイマークレコーダを用いて、自動車運転者の実際に見ているものについてみたグラフが図 3.23 である。また、本実験においては、0.15 秒以上注視しているものを注視対象物とした。

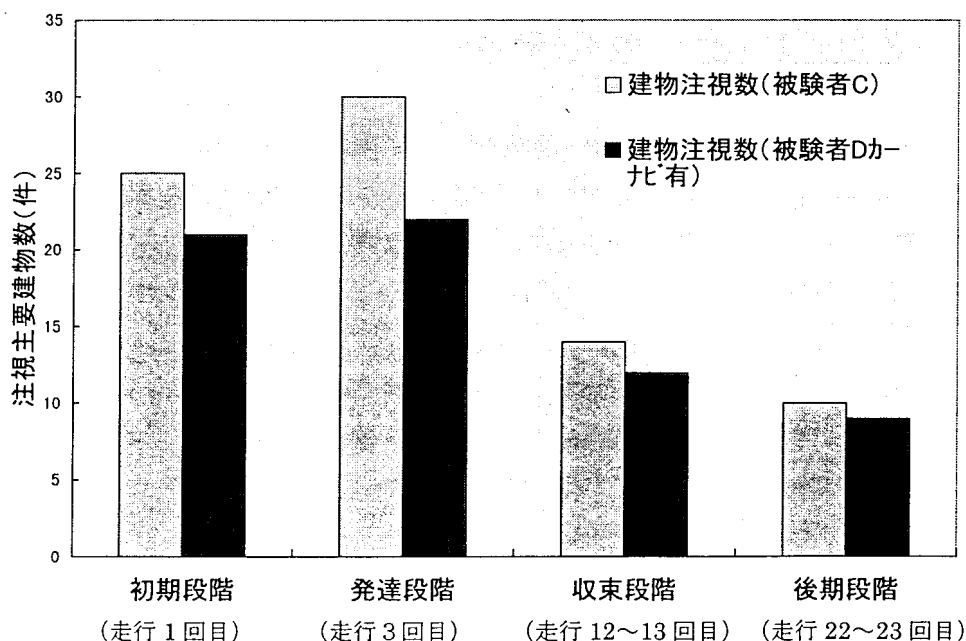


図 3.23 経路形成段階別に見た主要建物注視件数

経路形成段階ごとにあたる走行実験回数において、各段階ごとを、初期段階（走行 1 回

目), 発達段階(発達段階の初期: 走行 3 回目), 収束段階(収束段階の初期: 走行 12~13 回目), 後期段階(収束段階: 走行 22~23 回目)と以上のようにわけ, 注視した主要建物(民家, マンション, 名前の分からない工場等は除く)の件数について見たところ, その段階ごとにおける主要建物注視件数に違いが見られることが分かる。

このことから, 運転経験を重ねることによって経路形成がなされるが, その経験を重ねている間に, 走行地域における認知が進み, 経路を認知する上での一つの目安となる建物における注視を伴うことの無く, 経路を認知していけるのではないかと考えられる。

走行経験の増加によって, 主要建物注視件数が減少していることから, 走行中における注視行動にも自動車運転者の認知が大きく関係してくることが考えられる。

3-4 本章のまとめ

自動車運転者の運転経験の無い地域におけるくり返し走行実験により, 経路選択機構の変容について調査した結果, 経路選択機構の変容において, 自動車運転者の使用経路形成過程について段階性を見出した。

その経路形成段階の段階的成長には初期段階, 発達段階, 収束段階というような3段階が存在し, くり返し走行することにより, 運転経験を重ねるごとに段階成長してゆくことが明らかになった。

その経路形成段階には, 自動車運転者の空間認知構造の変容が大きく関わっていることが判った。

自動車運転者の初期段階での空間認知構造は道路図の認知構造で, その認知は1次元の広がりを持った, 空間認知構造である事がわかった。

また, 発達段階での空間認知構造の特徴は測量図の認知構造で, その認知は2次元の広がりを持ち, 走行経験を重ねることによって認知ネットワークの広がりを示す事がわかった。

収束段階においては, 認知経路数, 認知対象物などの認知属性での, 認知ネットワークの収束が見られた。その収束段階においては使用可能経路数は収束し, ある程度の数で安定する事がわかった。その数は必ずしも1経路ではなく, 複数の経路で成り立つこともある事が確認された。

そして, その収束経路には交通状況などに対応したIF~THEN条件の確立が見られた。

また, くり返し走行実験において運転経験を重ねることによって, 自動車運転者の視覚認知行動に変容が見られることがわかった。

参考文献

- 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し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
- 小山周一，久保田尚，岩崎伸昭，高橋伸夫；格子型道路網における情報をコントロールされた自動車運転者の Way-Finding 機構に関する実験的研究，土木計画学研究・講演集 No.18(2) pp.501-504
- 岩崎昭信；運転者の心理・経験と交通状況を考慮した動的経路配分手法，平成 7 年度学位論文
- 坂本邦宏；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，平成 6 年度埼玉大学学位論文
- 日本大学大学院 福田 健；ドライバーの旅行時間知覚に関する基礎的研究，土木学会第 50 回年次学術講演会 1995.9
- 久保田尚，加藤篤史，窪田陽一；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(1991)
- 今田寛典，中村隆，門田博知；自動車運転時のドライバーの意識と行動の分析，土木計画学研究・講演集 No.16(1)1993.12pp55-61
- 立命館大学:巻上安爾，岡田典久，笠間良治；アイカメラを用いた注意喚起標識の効果についての調査研究 “土木計画学研究・講演集 No19(2) 1996 年 11 月 pp.545-548
- 飯田恭敬・内田敬・宇野伸宏；通勤者の旅行時間予測機構に関する実験分析，土木計画学研究・講演集，No.13， pp.335-342， 1990.3
- 飯田恭敬・内田敬・山本政博・村田重雄；実験アプローチによる動的経路選択行動のモデル化，土木計画学研究・講演集，No.14(1)， pp.271-278， 1991.11
- 木村一裕・清水浩志郎・井深慎也；高齢運転者の注視行動と運転能力，土木計画学研究・講演集，No.15(2)， pp.45-50， 1992.11
- 森津秀夫・松田洋二・高野宏和；交通状況と経路誘導効果に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.15(1)， pp.55-60， 1992.11
- 飯田恭敬・宇野伸宏・長谷川哲朗；情報提供効果の分析のための経路選択シミュレーション，土木計画学研究・講演集，No.15(1)， pp.67-74， 1992.11
- 小林潔司；情報提供によるドライバーの経路誘導に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.15(2)， pp.85-90， 1992.11

4章 動的経路変更モデルを用いた tiss-NET の改良

4-1 背景と目的

近年、モータリゼーションの発展に伴い様々な交通問題が深刻化してきている。特に都市部において地区レベルの交通問題に着目してみると、交通渋滞が日常茶飯事となっている。その原因としては新規大規模店舗の立地による周辺への影響、工事による車線制限による渋滞、また、道路幅員の狭さや路上駐車などの周辺交通への影響等が挙げられる。つまり交通インパクトがその要因となっていると考えられる。

このような交通問題を解決するためには、まず現在交通量の把握や将来交通量の予測といった交通インパクトを算出することが重要である。我が国では、その 1 つの手法として 1960 年代から交通シミュレーションを用いた交通計画が行われるようになってきている。しかし、これまでに確立された交通シミュレーションにおける交通量推定手法は広域的な道路ネットワークを対象とし、また交通流を一つの集合体とみなしているものがほとんどである。また、ミクロレベルの交通行動を扱う場合には無視できない運転者の経路選択等、交通行動に関するパラメータのデータが十分に蓄積されていないのが状況である。

本研究では、自動車運転者の経路選択に影響を及ぼす要因に着目し、既存の配分手法に動的経路変更の概念を組み込むことによって、今まで行われてきたような全ての車両が初めに設定された最短時間経路を走行するという配分手法に替わり、個人個人が認知している道路ネットワークの違いを考慮できたり、時々刻々変化する交通状況による経路変更を考慮できるような、車両 1 台 1 台の挙動を取り扱うことのできる配分システムを構築し、よりミクロな交通状況の再現を可能にすることを目的としている。

4-2 動的経路変更モデルの概念

4-2-1 既存配分手法の現状と課題

自動車運転者の経路選択行動に着目すると、運転者は経験のない場所を初めて走行する場合、何回かの走行経験がある場合、そして日常的にその経路を走行している場合、といったように、そのおかれている状況ごとに最も適していると考えられる経路を走行していると思われる。

しかし、配分モデルにおいて対象となるネットワークは、存在する全ての道路もしくは制作者が意図的に選んだ道路で構成される。このため、運転者が存在を知らない道を選択することになったり、実際の走行では使用している道路がネットワークに存在しないといったケースが生じる可能性もある。

また、現在の経路選択モデルのほとんどは、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

の要因により最初に選んだ経路を必ずしも走行しつづけるとは限らない。さらに、経路決定の時期も全ての運転者が出発地点ではないという可能性もあり、出発地点のみでの経路決定では不十分であると考えられる。今後配分手法を考えるにあたって、このような問題を解決していくことが重要である。

4-2-2 動的経路変更の基本概念

先に述べたとおり、従来の配分手法の矛盾点として、

- ・ 配分対象ネットワークの選定
 - ・ 自動車運転者が認知していない経路であってもその経路が最短経路と決定されれば走行する
 - ・ どのような道路交通状況下においても途中での経路変更が不可能である
- などが挙げられる。

そこで、これらの問題を解決するために図 4.1 に示したフローに基づいた、新たな交通量配分手法の確立を目指す。これは従来の配分法にネットワークの選択性という概念を用いており、旅行中に運転者が現在の移動状況により全ノードにおいて接続リンクの利用可能性を判断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手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。既存の配分手法では、運転者はそのまま目的地に到着する。本モデルの場合、出発して交差点（ノード）の直前に車両が到着すると、そのノードに接続している、初期経路として利用されるリンクについて交通状況などを決定要因として用い、そのリンクが運転者にとって利用可能（認知可能）経路かどうかの判断を行なう。この判断の結果として、初期経路が利用可能であれば経路を変更することはないが、初期経路が利用不可能とされた場合、対象ノードからそのリンクを除外し、残りの接続リンクに対して利用可能かどうかの判断を行なう。この時、利用可能リンクが1本と判断された場合はその経路を、2本以上であればそのリンクを対象として最初と同様の配分計算を行ない走行経路を決定する。また、例外として判別の結果利用可能なリンクが存在しない場合は、便宜上初期経路を走行するものとする。（右折専用車線のある交差点についても同様の判断が可能である。）

この操作を繰り返し、各車両が目的地に到達した時点で終了する。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。

これは、個々の車両を主体として捉えると旅行上での経路での動的経路変更を表している。また、個人属性が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こ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できる。

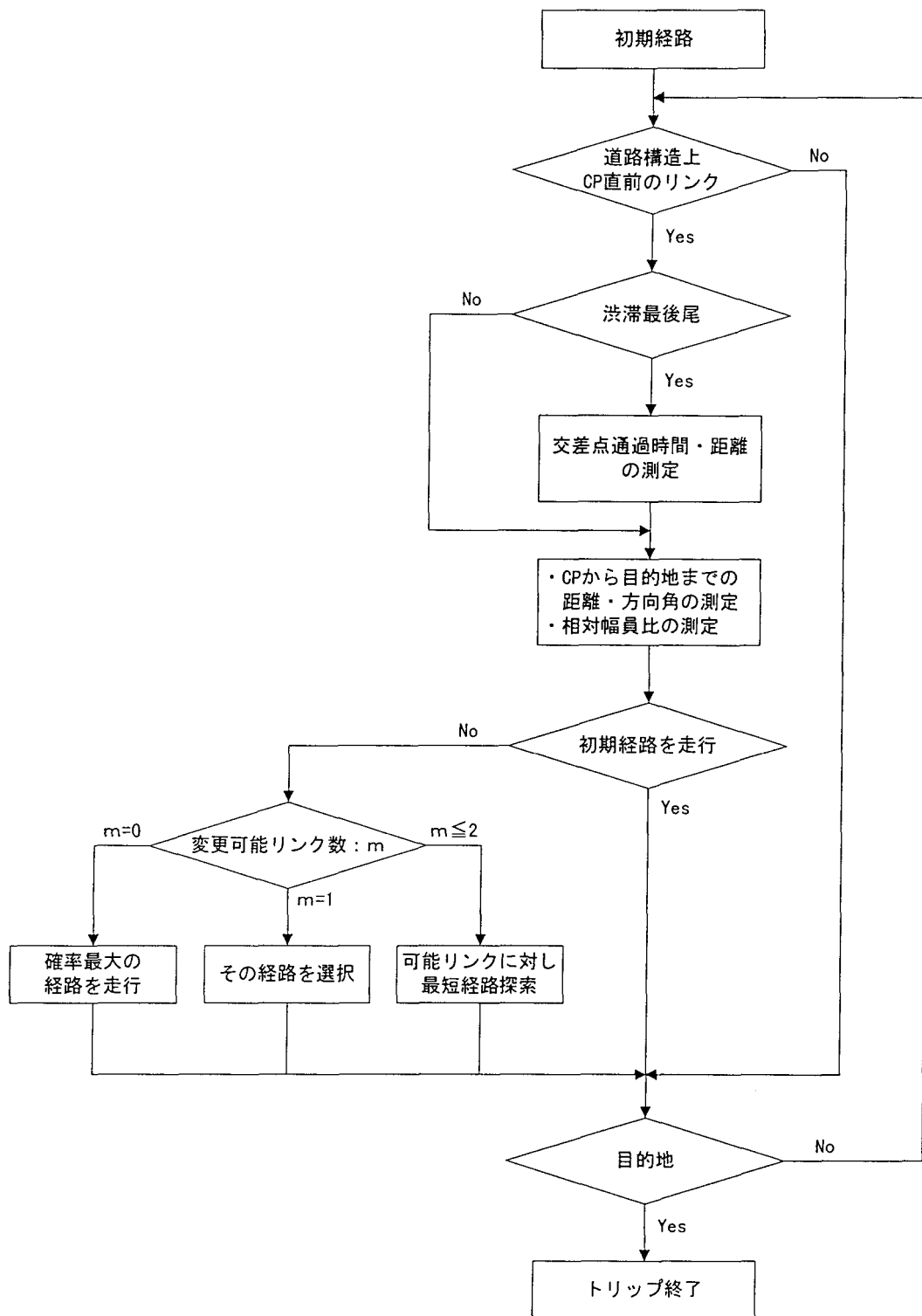


図 4.1 動的経路変更フロチャート

4-2-3 動的経路変更要因

前述したが、本モデルは各交差点の接続リンクについて自動車運転者が初期経路を走行可能かどうか、また不可能な場合、残りのリンクについて各リンクが利用可能であるかどうかを判断するものである。

本研究では、動的経路変更モデルを構築する手段として非集計分析によるモデルの推定を行なう。まず、モデルの推定を行なうにあたって、免許保有期間、運転頻度、来訪回数などの個人属性と、道路幅員、などの道路属性、先詰まり状況、交差点通過距離などの交通状況を説明変数として用いる。

以下に今回用いる説明変数の説明を行なう。

(1) 個人属性

自動車運転者の目的地周辺への来訪回数、免許保有期間、自動車運転歴、運転頻度を月数、日数/年等に換算する。

(2) 相対幅員比

相対幅員比は現在走行中の道路幅員に対する対象方向の道路幅員で表す。

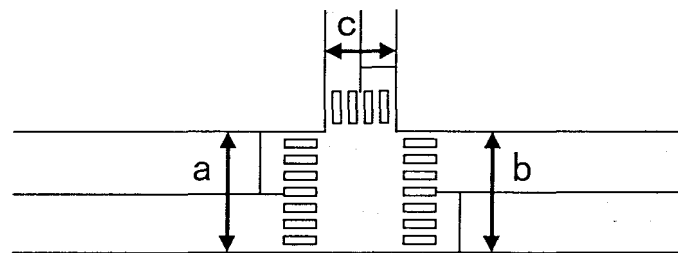


図 4.2 相対幅員比

図 4.2 において左方向から交差点に進入する場合、以下のように求める。

- ・直進の場合： b / a
- ・左折の場合： c / a

(3) 方向角と目的地までの距離

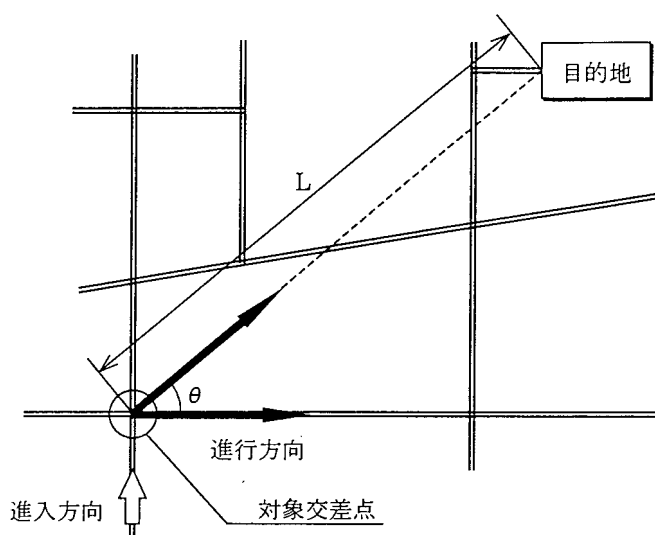


図 4.3 方向角と距離

方向角は、対象交差点を原点にして車両の進行方向と目的地方向からのふれ角を表す。

ここで、実際に方向角を求める方法として、予め全てのセントロイド・ゲートウェイ、そして一般ノードに座標を与えておき、内積を用いて角度 ($\cos \theta$) を決定する。また、対象交差点から目的地までの直線距離を目的地までの距離： L (m) とする。

(4) 交差点通過距離と交差点通過時間

車両がリンクを走行中、その次の交差点の信号による待ち行列や、先詰まりによる渋滞の最後尾につくことで停止することがある。このような場合、車両が停止した地点から交差点の停止線までの距離を交差点通過距離、またその時に経過した時間を交差点通過時間と定義する。

しかし、道路構造令の解説と適用では、右折禁止の場合や設計速度 40km/h 以下の 2 車線道路で、設計時間交通量が 200 台/時未満でかつ右折率が 20%未満の場合以外は、幹線道路新設の場合、全ての平面交差点に右折車線を、基本的な構成要素として設けることとなっている。ネットワークを作成する場合、このことを考慮に入れないことはできない。そこで tiss-NET WIN において、現在一般車線（ノーマルリンク）を走行しており、交差点進入部分に右折専用車線（エクспанション）が存在する場合、交差点通過距離を車両が停止した地点から右折専用車線の直前までの距離を交差点通過距離とし、その時に経過した時間を交差点通過時間とした。

実際の交通では車線変更禁止でない場合、車線をまたいで右折車線に入る場合があり得る。システムに組込むにはある程度の定式化が必要であるため、車線変更（経路変更）の発生する地点として右折車線の直前（エクспанションの入り口部分）とした。

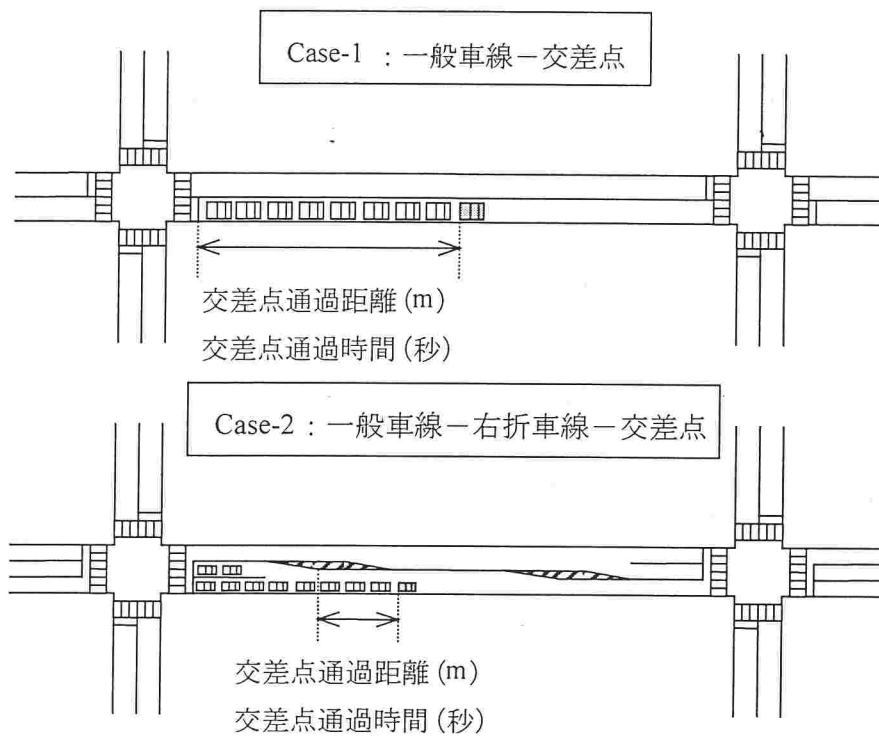


図 4.4 交差点通過距離・交差点通過時間

(5) 先詰まり状況

自動車運転者が先詰まり状況を判断する場合、自車の前を走行している車両が乗用車であるか大型車であるかなど、現在取り巻かれている交通状況によって先詰まりの状況判断が変わってくると考えられる。以下に交通状況による先詰まり状況とその状況を運転者が認識できるかどうかの例を示す。

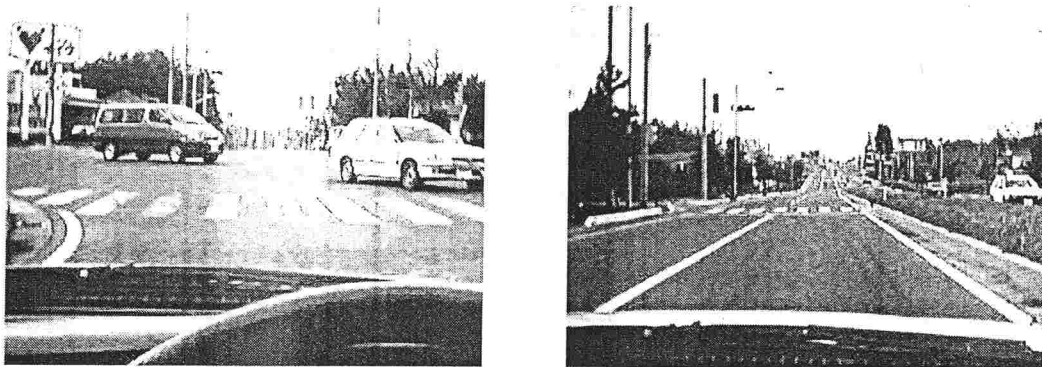


写真 4.1 先詰まりなし



写真 4.2 先詰まりあり・認知不可能

4-3 走行実験

動的経路変更モデルを構築するために 1997 年 1 月に走行実験を行なった。この実験では先に述べた経路変更に影響を及ぼすと考えられる要因と、予定経路からの経路変更との関係を検証することを目的としている。実験の設定条件は以下の通りである。

4-3-1 実験地区

埼玉大学を出発地点として大宮駅西口（大宮市）、浦和駅西口（浦和市）、志木駅南口（新座市）の 3カ所をそれぞれの目的地とする OD 間とした。実験箇所を 3-OD としたのは、地域の特性に依らない一般性の高いモデルの構築を行おうとしたことと、被験者が比較的来訪経験のある地区とそうでない地区の対比を試みたからである。各 OD 間の距離はそれぞれ 4.5km, 4.4km, 5.3km で距離による選択行動の違いは無視できる範囲とした。

4-3-2 走行回数

3 種類の OD に対して 34 トリップ（片道 1 トリップ）とした。

4-3-3 実験時間帯

平日夕方と休日の午後～夕方。交通状況による経路変更の影響の調査を主目的としているためある程度の混雑が予想される時間帯を選んでいる。

4-3-4 実験手順

(1) 個人属性の調査

被験者に対して、実験目的地周辺への走行経験回数、運転歴、運転頻度などの個人属性と経路決定の時期や裏道などの使用傾向などについて、アンケート調査を行った。

(2) 対象地区に関する認知地図の作成

対象 OD を含むエリアについて認知地図を作成させる。エリアはは走行する可能性のある範囲で被験者が任意に設定するものとする。認知地図に記入する道は、被験者が利用する可能性のある範囲で知っている道全てとする。

記入はシャープペンで行い、距離などもなるべく正確に記入する。

地図などの参照は不可とする。記入には 20 分以上（30 分以内）の時間をかけてもらう。記入は A3 用紙に行ない、何枚使用しても構わないとした。

(3) 予定経路の設定

予定経路の設定、期待旅行時間の聴取を行なう。

認知地図に記入された経路の中から出発時点での予定経路の設定を行なう。また、その経路についての期待旅行時間も同時に記入させる。予定経路は、頭の中に思い描ける範囲で行い、走行途中に経路変更が行なわれた場合は、可能な限りその地点から再設定を行なわせる。また期待旅行時間は認知地図上のノード単位で行うが、全てのノードに対して行うのではなく被験者が実際に経路を考える際のノード単位で行った。

(4) 走行

実際に走行を行なう。「なるべく早く」という条件下で走行をしてもらう。但し予定経路は無視してもかまわない。同乗者がビデオ撮影によって、交通状況の把握とプロトコル法による時間以外の要因の抽出を行う。道に迷った場合、認知地図を記入したエリアを外れた場合については、外れたことを被験者に伝える。その場合以外、被験者は自力で走行する。時計を見ること、ラジオを聞くことは不可。地図については別途定める。走行終了後 O と D を入れ替えて行う。但し、認知地図については認知ネットワークの増加分だけ更新する。

(5) 走行後調査

走行終了後に、経路変更のあった箇所について認知地図に記入させる。また、走行経路について感じたことや経路に関する情報なども記入してもらう。

出発時点で認知地図に記入していなかったが実際使用した道、使用していないが走行中に発見もしくは存在を思い出した道などを記入させる。認知地図上に無い道を走行していた場合は、知っていて描かなかった道なのか知らない道なのか聞き地図に記入する。

4-4 データの取得

表 4.3 の要因についてデータの取得を行なった。取得したサンプルは、対象交差点数が 315 交差点、対象リンク数が 706 リンクであった。

表 4.1 取得データの種類

走行前アンケートから	ビデオ映像から	認知地図から
免許取得月数 (月数)	通過時間 (秒)	目的地まで距離 (m)
運転月数 (月数)	通過距離 (m)	方向角 (度)
運転頻度 (日数/年)	先詰まり状況 (有/無)	相対幅員比
来訪回数 (回)		

このうち、初期経路利用判別モデルの構築に使用したデータ数が 279 リンクであり、選択可能リンク判別モデルの構築に使用したデータ数が 35 交差点、92 リンクである。

4-4-1 初期経路利用に関する要因

取得データの中で、被験者が予め認知地図に記入した交差点について、予定通り初期経路利用、非利用について分析を行なった。

(1) 先詰まり状況と経路変更との関係

全サンプルに対して先詰まりありのサンプル数が多いとはいえないが、この結果から予定経路の交通状況と経路変更発生が密接に関係していることが分かる。

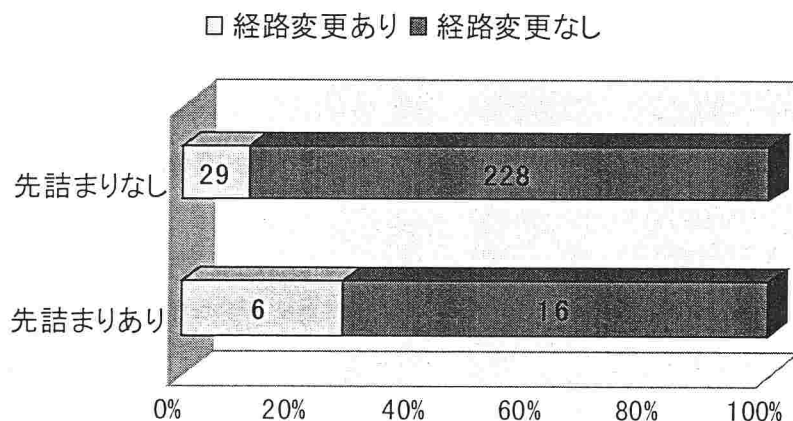


図 4.5 先詰まり状況と経路変更との関係

(2) 目的地までの距離と経路変更との関係

この結果によると、経路変更発生回数が目的地までの距離が大きい場合と小さい場合に

分かれている。これは、出発地点が大学であり目的地が比較的規模の大きな駅であったことから親近性の高い地域であったと考えられる。

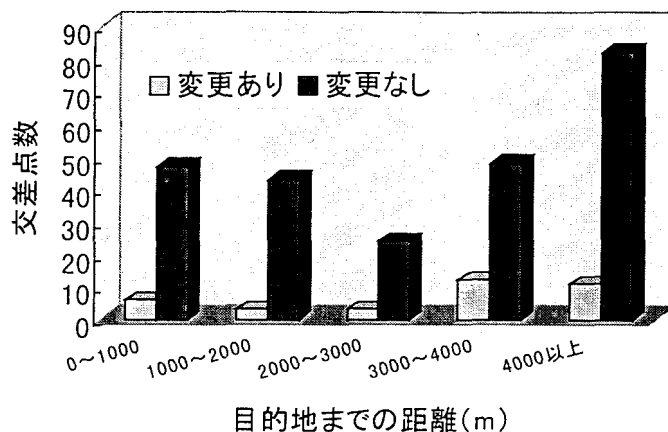


図 4.6 目的地までの距離と経路変更との関係

(3) 方向角と経路変更との関係

図 4.7 から、運転者が決定した予定経路の方向角の多くが 90°以下であることが分かる。それに比べ、経路変更後の方向角は、120°までの範囲に広がっている。これは、交差点の形状により接続リンクが直角に近い形で接続しているためだと考えられる。

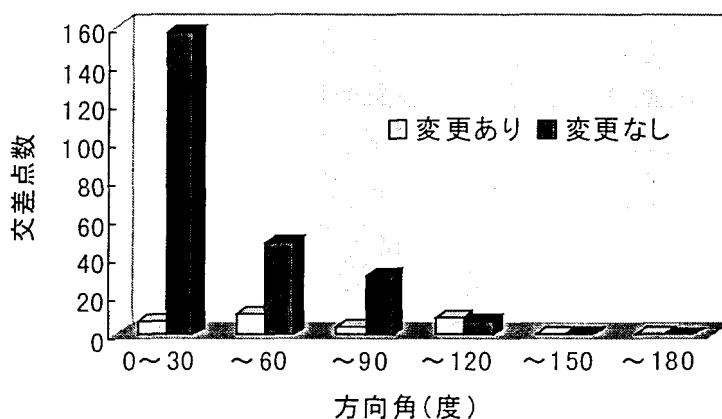


図 4.7 方向角と経路変更との関係

(4) 相対幅員比と経路変更との関係

経路変更あり、経路変更なし、共に相対幅員比が 1.00 から離れるに従ってサンプルが徐々

に少なくなっている。また、相対幅員比が小さいほうが若干サンプルが多いのは出発地点である大学前の国道 463 号線が幅員の大きい道路であることが関係しているものと考えられる。

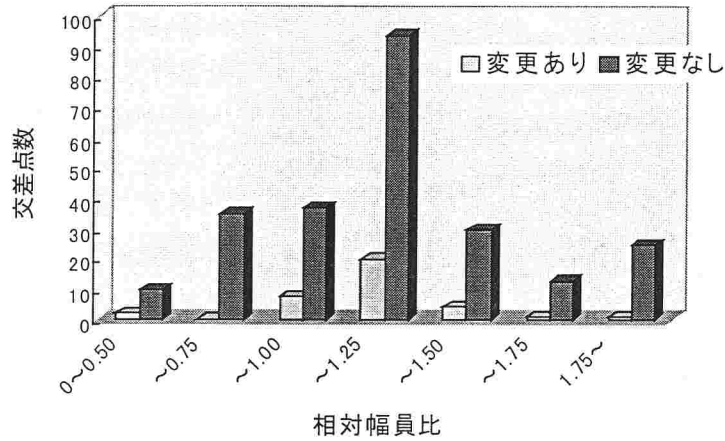


図 4.8 相対幅員比と経路変更との関係

(5) 交差点通過時間と経路変更との関係

信号のサイクル長は常識的に 40 秒から 180 秒の範囲で可変と考えられるため、交差点通過時間の時間範囲について場合分けを行なった。0 秒は停止することなく通過、0~40 秒が最小サイクル以下の通過時間、40~180 秒が 1 サイクル分の通過時間、そしてそれ以上である。交差点通過時間は経路変更に直接的な影響を及ぼしていないと考えられる。

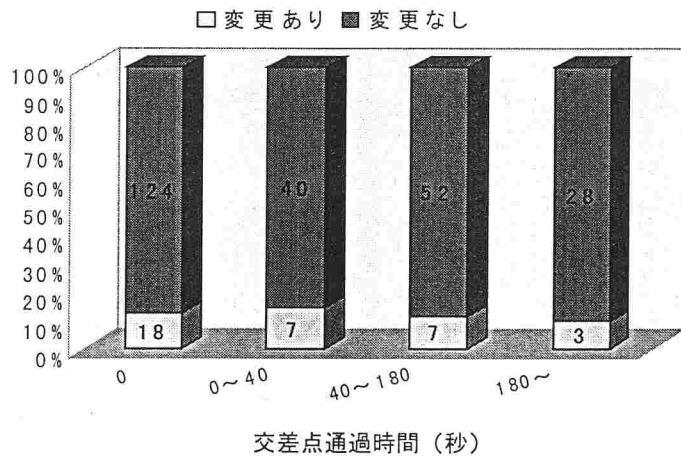


図 4.9 交差点通過時間と経路変更との関係

(6) 交差点通過距離と経路変更との関係

交差点通過距離と交差点通過時間の間には密接な関係があると考えられる。交差点通過時間と同様に、交差点通過距離と経路変更との間にも直接的な影響が見られない。

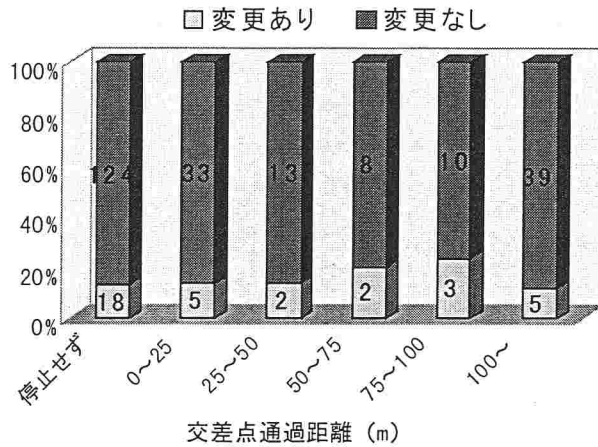


図 4.10 交差点通過距離と経路変更との関係

(7) 自動車運転頻度と経路変更との関係

経路変更の割合に着目した場合、あまり変化がみられないが、経路変更回数に着目した場合、ほぼ毎日運転している運転者のほうが経路を変更する回数が多いことが分かる。

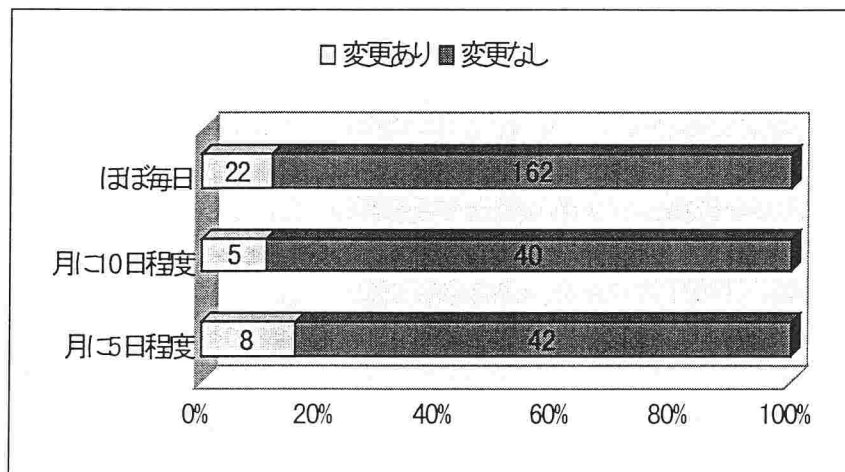


図 4.11 自動車運転頻度と経路変更との関係

4-4-2 選択可能リンク判別モデル

取得データの中で、被験者が予め認知地図に記入した交差点について、予定経路を選択せずに新たな経路を選択した交差点を対象に、その交差点に接続した各リンクについて分析を行なった。

(1) 先詰まり状況とリンク利用との関係

図 4.12 から先詰まりが認知されてもそのリンクを選択されている場合がある。このことから、経路を選択する場合、先詰まり状況よりも大きな影響を与える要因が他にあることが分かる。

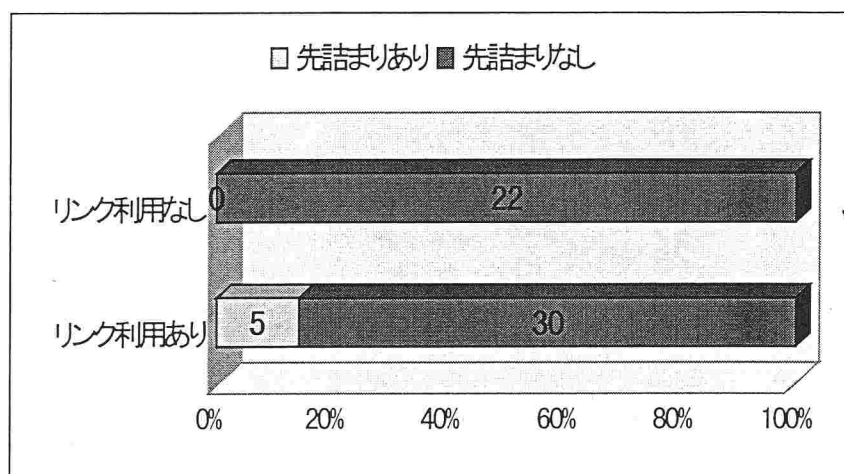


図 4.12 先詰まり状況とリンクの利用との関係

(2) 方向角とリンク利用との関係

図 4.13 から分かるとおおり、方向角が小さいほど利用回数が増えている。逆に方向角が大きくなるに連れて非利用の割合が大きくなっている。特に、利用された経路の 9 割近くが方向角 90° 以下である。このことから、経路変更には方向角が大きな影響を及ぼしているといえる。

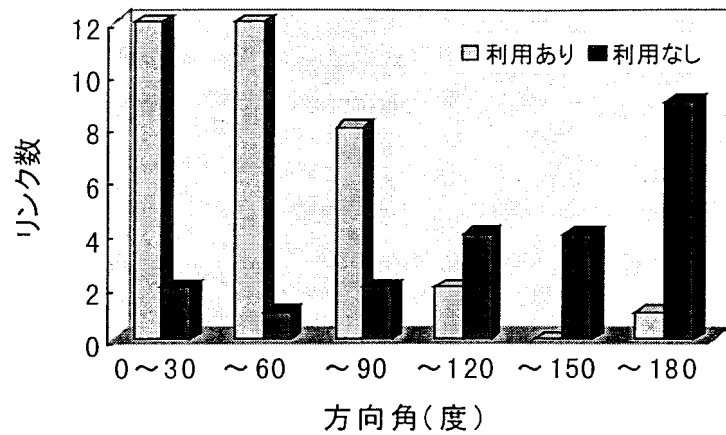


図 4.13 方向角とリンク利用との関係

(3) 相対幅員比とリンク利用との関係

まず、相対幅員比のサンプルのほとんどが 1.25 以下である。これは初期経路選択時点で相対幅員比が 1.00 近くの経路を選択しているため通常選択されない交差点に接続する残りのリンクの相対幅員比が小さいためだと考えられる。ここで、相対幅員比 1.25 以下に着目する。相対幅員比が大きくなるに連れて利用回数が増え、小さくなるに連れて選択されない割合が高くなっている。このことから、方向角と同様に経路選択に影響を与えている要因と考えられる。

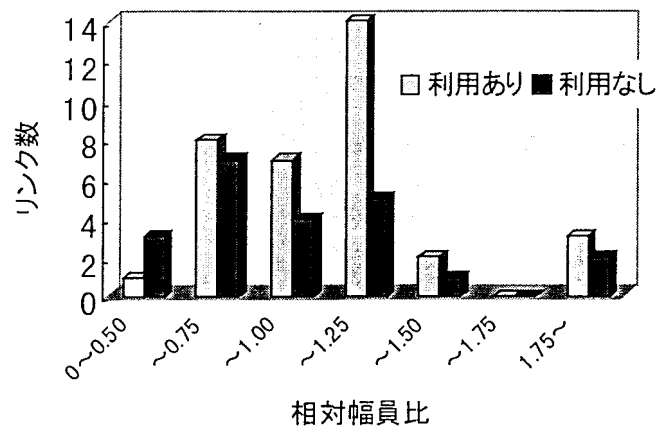


図 4.14 相対幅員比とリンク利用との関係

4-5 動的経路変更モデルの構築

動的経路変更モデルの構築にあたり非集計分析を用いた。非集計分析とは、交通行動単位としての個人（あるいは世帯）が、利用可能な選択肢の中からどう選ぶかを表現している。また、非集計分析ではデータをそのまま個人レベルで使用してモデルを作成するのであり、その代わりに、予測時に個人レベルの選択結果を集計する手順が加わるのである。

4-5-1 初期経路利用判別モデル

「初期経路利用判別モデル」とは全交差点において、ダイクストラ法によって決定された初期経路を各車両が実際に利用するか、利用しないかを判断するモデルである。この時、初期経路を使用すると判断された場合には初期経路をそのまま利用することになるが、初期経路を利用しないと判断された場合にはそれ以外の経路を利用することになる。そこで走行実験（4-5）より得られたデータから、自動車運転者が交差点において「予定経路を利用する、予定経路を利用しない、のどちらかを選択する」という 2 項ロジットモデルの構築を行なった。初期経路利用・非利用に影響を与える要因として「先詰まり状況」「方向角」「自動車運転期間」「自動車運転頻度」が挙げられた。パラメータ推定結果を表 4-2 に示す。

表 4.2 初期経路利用判別モデルのパラメータ推定結果

	パラメータ	t 値
先詰まり状況	2.610	2.82
方向角	0.042	4.10
自動車運転期間	-0.160	-2.04
自動車運転頻度	-0.013	-2.04
定数項	0.535	0.15
ρ^2 (尤度比)	0.314	
的中率	89.9	

この表から t 値、 ρ^2 (尤度比)、的中率ともに満足のいく推定結果であると考えられる。

4-5-2 選択可能リンク判別モデル

初期経路利用判別モデルで初期経路を利用しないと判断された場合に、「選択可能リンク判別モデル」によって決定された新たなリンクを車両は走行することになる。

「選択可能リンク判別モデル」とは、まず対象ノードに接続しているリンクのうち初期経路として利用される予定だったリンクを削除する。次に残った各リンクに対して、自動車運転者にとってそのリンクが利用可能であるか利用不可能であるかを判断するモデルである。この時、利用可能と判断されたリンクが 1 本であればその経路を走行することになる。また、2 本以上であれば対象ノードを新たな始点として、利用可能と判断されたリンクに対しダイクストラ法による最短経路再探索を行ない走行経路を決定する。

ここで、初期経路利用判別モデルと同様に走行実験から選ばれたデータを用いて「各リンクが利用可能、利用不可能」という 2 項ロジットモデルによるパラメータ推定を行なった。その結果、各リンクについての利用可能性に影響を与える要因として「方向角」「相対幅員比」「自動車運転期間」「自動車運転頻度」が挙げられた。パラメータ推定結果を表 4.3 に示す。

表 4.3 選択可能リンク判別モデルのパラメータ推定結果

	パラメータ	t 値
方向角	0.402	4.07
相対幅員比	-0.008	-0.79
自動車運転期間	-0.082	0.83
自動車運転頻度	-0.008	-1.01
定数項	1.335	0.29
ρ^2 (尤度比)	0.314	
的中率	89.9	

この表から ρ^2 (尤度比)、的中率は満足いく結果となったが、t 値が低いことが分かる。これは、予定経路の変更というデータのサンプルが少なかったこと、また走行実験「埼玉大学-志木駅」間において、運転者の多くが道を間違ってしまった（意図的でない経路変更）ため、データが偏ってしまったことに原因があると考えられる。

4-6 tiss-NET WIN SYSTEM

tiss-NET WIN (traffic impact simulation systems for road-NETwork for WINdows) は、埼玉大学設計計画研究室が独自に開発した交通流配分システムである。このシステムは、平成 6 年度から継続して研究、開発されてきている。

システム最大の目的は、地区交通計画を対象としてミクロな交通状況を再現できるシステムづくりである。

ある地区において開発が行なわれる際の他の交通への影響「交通インパクト」の予測が非常に重要となる。なぜなら、日本の都市部のように限られた道路空間では、路上駐車などの現象が原因で容量低下が起これ、交通渋滞が引き起こされるためである。そのためには、個々の車両を扱い、なおかつ個々が独自の動きをする必要がある。さらに、右左折率などでは表すことのできない経路変更を導入するために、配分手法を独自に提案している。

また、利用者特性を考慮して GUI (Graphical User Interface) を強化した。地区交通計画者が容易に利用できるように統計的な結果だけではなく、アニメーションによる表示を行ない、視覚的な評価も可能である。

4-6-1 車両個々の動き

地区レベルというマイクロな交通状況を考えた場合、車両を個々に扱うことが必要となってくる。tiss-NET WIN SYSTEMにおいても、車両1台1台を独立に考え、個々のデータをそれぞれの車両に保持させている。まず、道路を「コンパートメント」と定義した長さ5mの単位で分割し、コンパートメント内を各自のデータを持った車両が、データを移動させることで車両の移動を表現している（図4.15）。コンパートメント長5mという数値は、車両が停止した時に占有する長さから考えられたものである。車両は前方車両の状態などから次のコンパートメントへの移動時刻を判断し、移動することとなる。

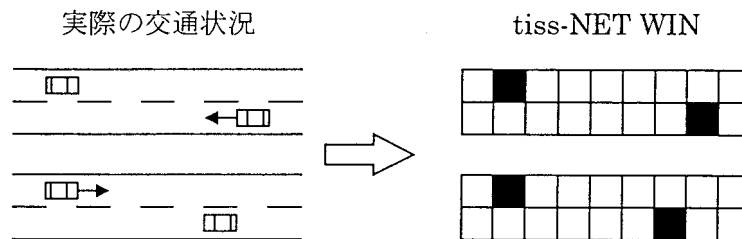


図 4.15 実際の交通状況とコンパートメントへの分割例

4-6-2 ネットワークのパーツ化

大規模ネットワークになると、コンパートメント1つ1つについてその挙動を記述しようとするプログラムが大きくなりすぎ、全体の把握が困難になる。そこで tiss-NET WIN では、大規模または複雑なネットワークに対応できるようネットワークのパーツ化を行なった。まず、ネットワークをリンク、ノード、駐車場などに分ける。各パーツ内では更に、パーツ内で番号をつけコンパートメント単位で通し番号をつける。重複したパーツはない。これにより、同じ形状のパーツはそのまま利用することができ、パーツの変更も容易に行なうことができる。

パーツ化の基準としては以下のものが挙げられる。

- ・パーツ分けされても、コンパートメント長は全て5m
- ・交差点は1つのノードパーツになる
- ・ノードパーツは停止線からリンク方向へ5m外側に向かったコンパートメントとする
- ・リンクパーツは原則としてノード間で1つであるが、右折専用車線など道路構造や道路形状が変わる場合、また規制速度が変わる場合などはそれぞれを分割し別々のリンクとして扱う
- ・リンクデータ、ノードデータは構造体として自分自身のデータを持つ
- ・パーツ間は後述するジョインによって結ばれる

4-6-3 シミュレーションの進行

tiss-NET WIN では分割配分を基礎としている。全体のシミュレーション時間を m 分割し、最初の $1/m$ 時間（第 1 フェーズ）ではダイクストラ法による最短経路を求め、その経路に車両を発生・走行させる。 $1/m$ 時間が経過した時点で実走行により計測されたセクションタイムを利用し、再度新しい最短経路を計算する。ここで、1 フェーズが経過した時点で未使用（車両が走行していない）のセクションがある場合、ダミーの「テスト車両」を走行させることによりセクションタイムを計測する。ただしこの場合、テスト車両が走行している間の道路交通状況と通常車両の同路交通状況を同じ条件にする必要があるためテスト車両が走行する間は通常の車両も走行させる。全てのセクションタイムを取得した時点でシミュレーション時刻を戻し、新たな最短経路を計算する。その経路が次の $1/m$ 時間に発生する車両の走行経路となる。この操作を分割回数分だけ繰り返し全交通量の配分を行なう。

4-7 tiss-NET WIN の開発

本節では、動的経路変更モデルを tiss-NET WIN へ組み込むにあたり、新たに追加した点、変更した点について述べることにする。

4-7-1 CP (Changeable Point) の導入

最短経路に従って車両は走行するが、交通状況などによって道路構造上、運転者が経路を変更する可能性がある地点を CP (Changeable Point) と定義する。これは tiss-NET WIN の概念を前提にすると、車両が走行しているリンク（道路）の次のパーツ種がノード（交差点）または、エクспанション（右折専用車線）であれば、道路構造上その車両は右折、左折、直進、全ての経路を選択可能な状況にあるといえる。この場合、個人属性によってノードの直前に経路を決定する運転者もいれば、リンクに入った時点で次のノードでの進行方向を決定している運転者もいるだろう。しかし、実際に経路変更するための行動が現れるのはノードの入り口部分、またはエクспанションの入り口部分である。そこで、この各入り口部分を CP と定義する。（図 4.16）

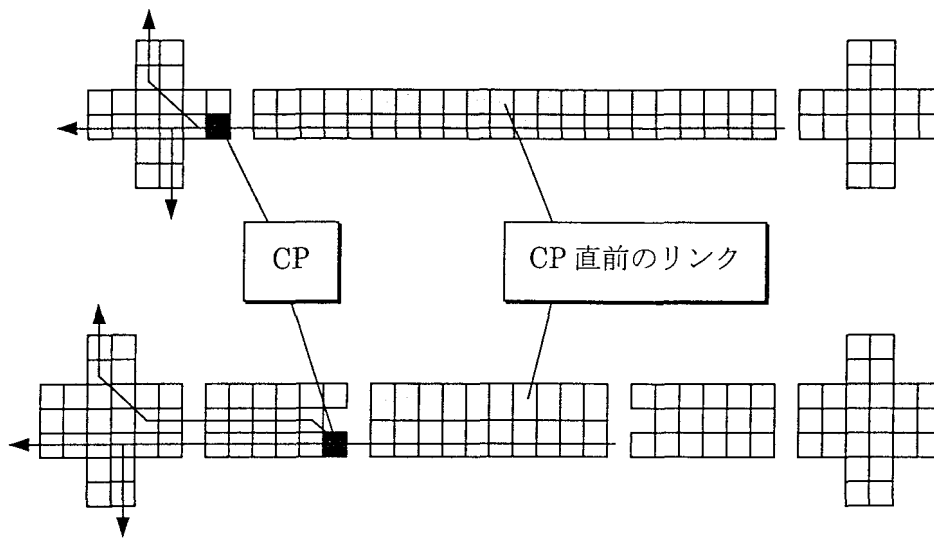


図 4.16 道路構造の違いによる CP の例

4-7-2 動的経路変更モデルの導入

走行実験によって構築した「初期経路利用判別モデル」, 及び「選択可能リンク判別モデル」を tiss-NET WIN へ組み込むにあたり, モデルの簡略化を行なった. 4-6 で構築した各モデルには個人属性として「自動車運転期間」「自動車運転頻度」を用いた. しかし実際の交通では, ある特定地域においての全自動車運転者の個人属性を調べることは不可能に近い. このため, これらの説明変数をモデルに組み込んだとしても与えるべきデータを揃えることが不可能である.

また, シミュレーションの実行時にかかる計算量を削減するためにも, 今回は動的経路変更モデルから個人属性を削除した. しかし, 将来的に個人属性の考慮が可能になることも考えられるため, 個人属性の導入可能なプログラムを構築した. 以下に個人属性を削除した場合の各モデルのパラメータ推定結果を示す.

表 4.4 初期経路利用判別モデルのパラメータ推定結果 (改定型)

	パラメータ	t 値
先詰まり状況	2.381	2.84
方向角	0.042	4.12
定数項	-6.711	-5.04
ρ^2 (尤度比)	0.269	
的中率	91.4	

表 4.5 選択可能リンク判別モデルのパラメータ推定結果（改定型）

	パラメータ	t 値
方向角	0.386	4.03
相対幅員比	-0.005	0.57
定数項	-3.050	-2.50
ρ^2 (尤度比)	0.431	
的中率	87.7	

両モデルとも個人属性を考慮して構築したモデルと比べて、定数項の t 値以外は大きな変化が生じなかった。このため個人属性を除いたモデルをシミュレーションに組み込むとしても、大きな影響はないものと考えられる。

4-7-3 動的経路変更モデル導入後のシミュレーションの進行

先に説明したとおり、各車両は最短経路に従って進行するが、CP (Changeable Point) に達して時点で、次に走行する予定のリンクの「先詰まり状況」「方向角」を取得する。先詰まり状況は予定経路を走行している全車両の速度を計測し、平均速度が 10km/h 以下であれば先詰まりあり、と判断する。これらを用いて「初期経路利用判別モデル」により、初期経路の利用・非利用を判断する。この結果、初期経路利用と判断された場合にはそのまま初期経路を走行し、非利用と判断された場合には、対象交差点に接続する初期経路と走行してきたリンクを除いた全リンクに対して「方向角」「相対幅員比」を取得する。この時、選択可能リンクが 1 本の時にはその経路を走行し、2 本以上の時にはそのリンクに対してダイクストラ法による最短経路再探索を行ない走行経路を決定する。例外的に 1 本も選択されなかった場合には便宜上初期経路を走行させる。

これらの操作を繰り返し全車両が目的地に到着した場合にシミュレーションが終了する。

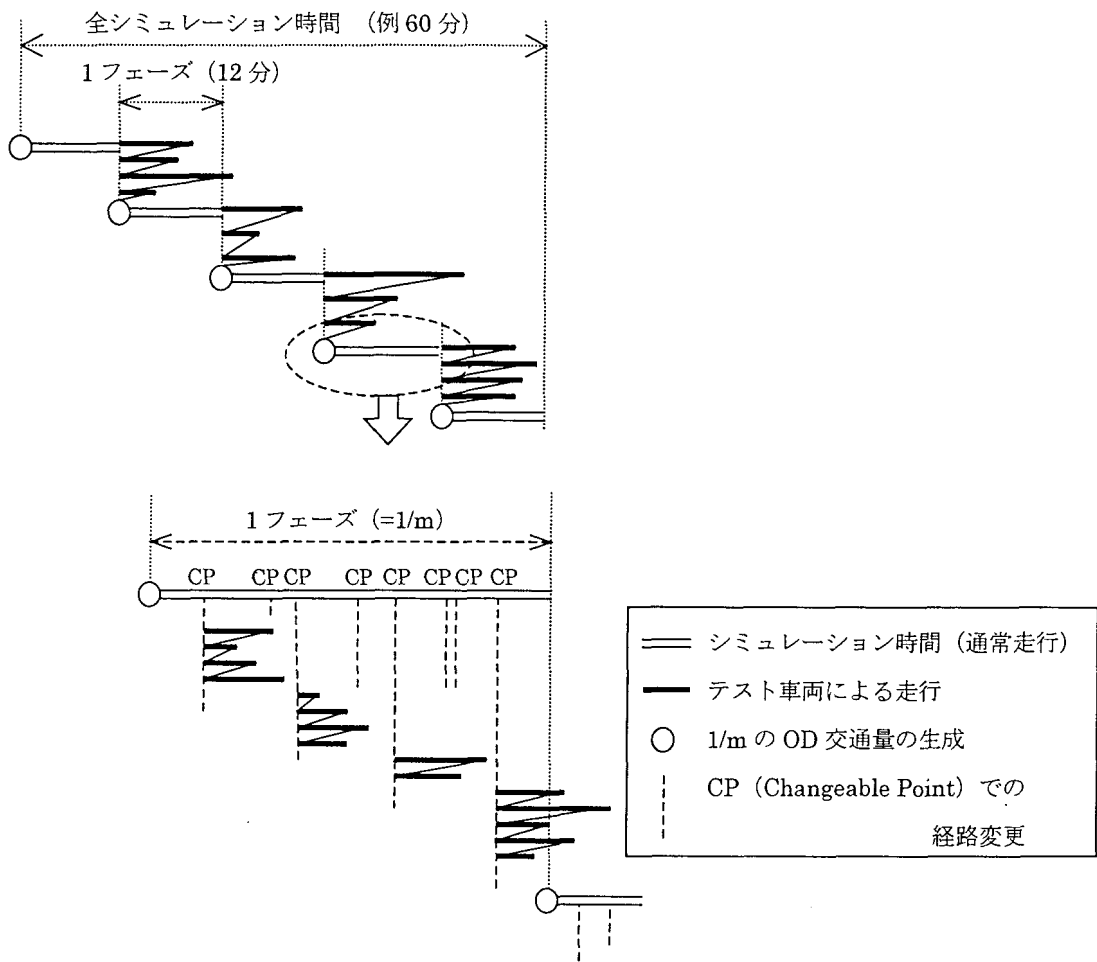


図 4.17 CP 導入後のシミュレーションの実行

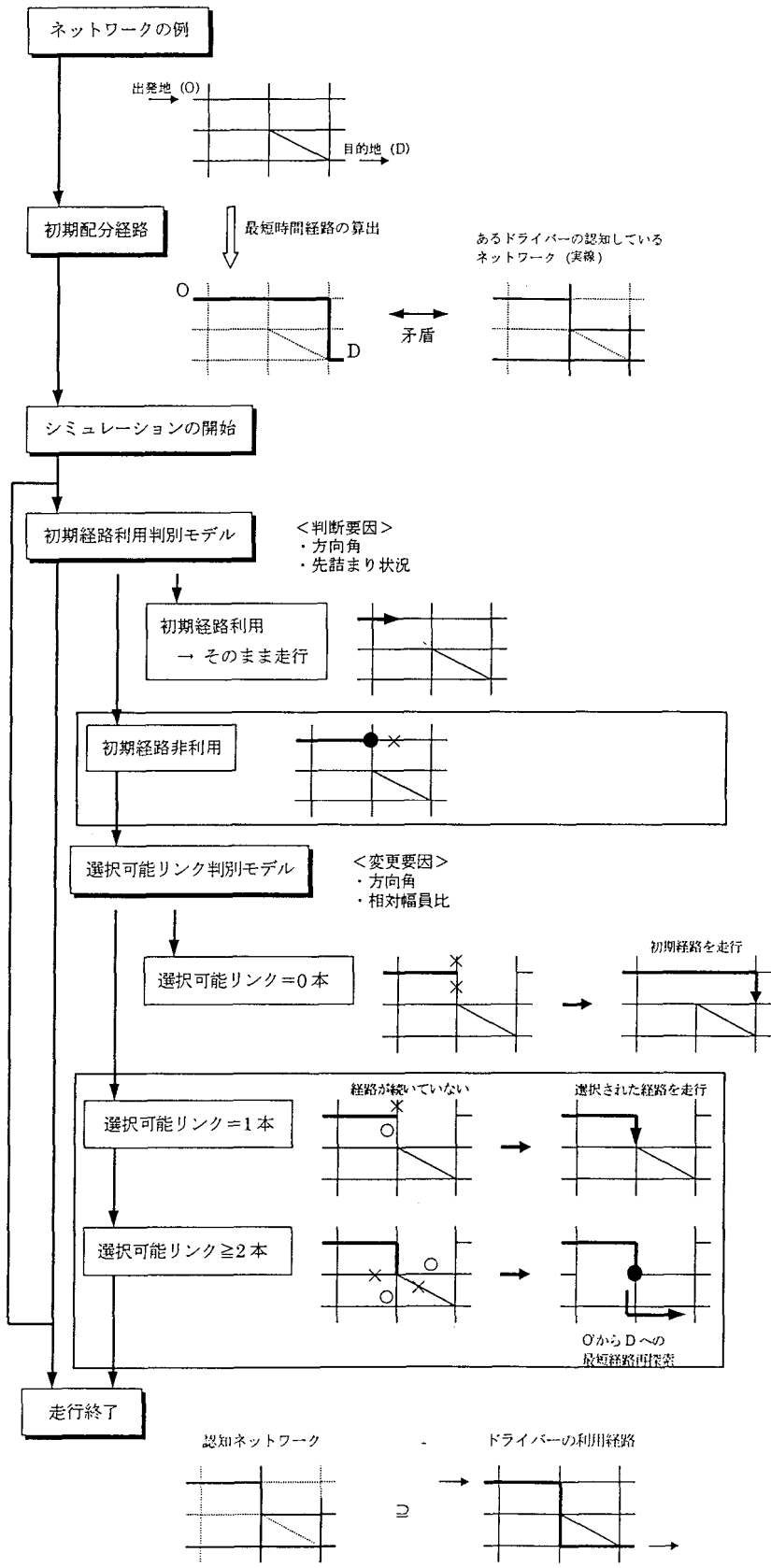


図 4.18 tiss-NET WIN における動的経路変更の例

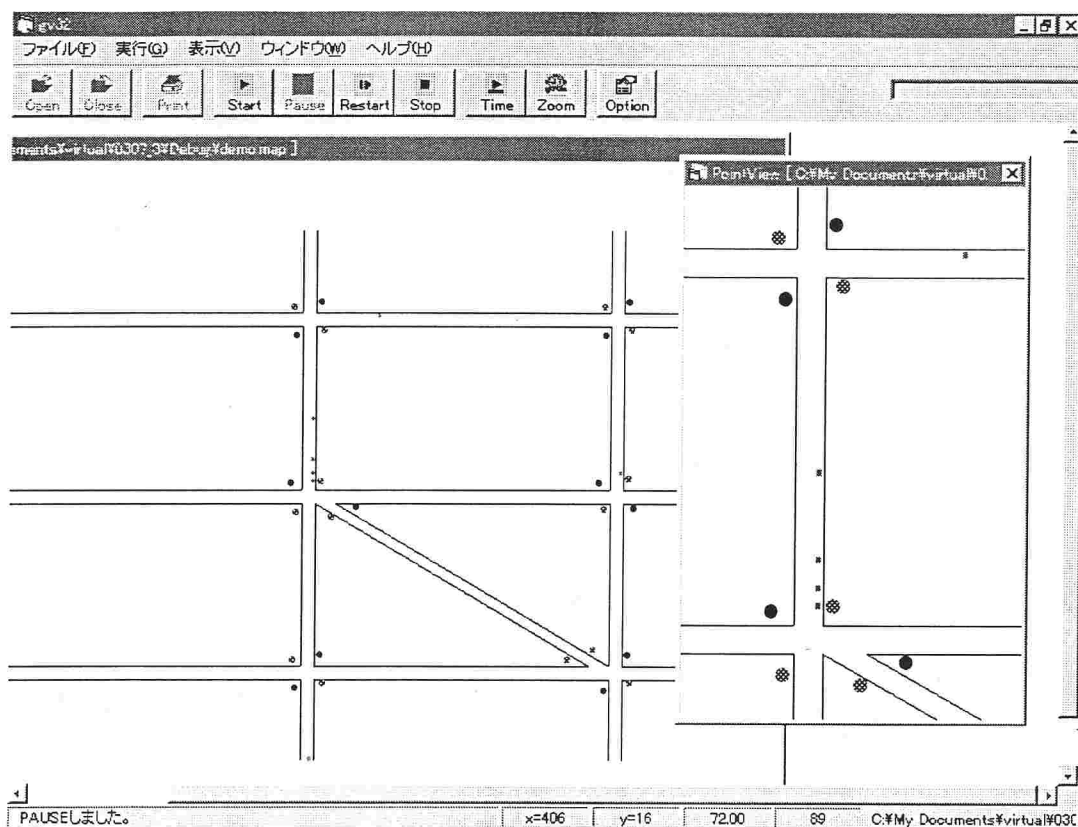


図 4.19 シミュレーション実行画面

4-8 本章のまとめ

本研究は車両ごとの交通状況による予定経路の変更など、tiss-NET WIN に動的な経路変更の概念を組み込むことを目的として始められた。

そこで走行実験を行ない、ダイクストラ法によって決定された初期経路を各車両が利用する・しないの判断を行なう「初期経路利用判別モデル」、また初期経路を利用しない場合に代替経路として、実際にどの経路を利用するのかを判断する「選択可能リンク判別モデル」の両モデルを、非集計分析を用いた 2 項ロジットモデルによって構築した。これにより、経路の利用・非利用に影響を及ぼす要因が明らかとなった。

さらに、このモデルを tiss-NET WIN に組み込むことによって、既存の配分手法では不可能であった、個々の車両の途中経路変更、1-OD に対して各車両ごとに複数経路の選択が可能となった。これにより従来の配分手法での 2 つの矛盾を解消することが出来た。

しかし、現段階において tiss-NET WIN の配分手法では実旅行時間を用いている。つまり従来の配分手法が抱える矛盾の一つである、完全情報の仮定が未だ解消されていない。この矛盾を解決するためには配分に自動車運転者の期待旅行時間を用いる必要がある。

また、今回のモデル化にあたって各交差点に接続したリンク情報に着目した。しかし、

運転者が選択したリンクは線的な単体で存在しているのではなく、面的に広がるネットワークの一部である。運転者があるリンクを選択したとしても、それがリンク自体の情報によって利用されたものなのか、その後続くネットワークも含めた情報によって利用されたものなのか現在は判断することが出来ない。よって、今回は考慮することが出来なかった個人属性を含めた、自動車運転者の経路選択行動を考慮したモデルの構築、そして tiss-NET WIN への組み込みが今後の課題として考えられる。

参考文献

岩崎伸昭, 久保田尚, 坂本邦宏, 高橋伸夫; “交差点での個人の経路変更可能性に着目した経路選択モデル”, 土木計画学研究・講演集 18, pp.509-512,1995

坂本邦宏, 久保田尚, 杉浦孝臣, 高橋伸夫; “GUI を考慮した交通インパクトシミュレーションシステムの開発”, 土木計画学研究・講演集 18,pp.181-184,1995

菊池守久; “動的経路変更モデルを用いたネットワーク配分シミュレーションモデルの開発”, 埼玉大学平成9年度卒業論文

5章 交通情報提供による自動車運転者の経路選択行動に関する実験的考察

5-1 はじめに

近年、首都高速や幹線道路における予想旅行時間の提供や都市部における駐車場案内システムの普及など、一般自動車運転者への道路交通情報提供の充実が図られてきている。また、自車の位置が数メートルという精度でリアルタイムに認識できる車載ナビゲーションシステムは機能充実と価格低下の中で急速に普及するなど、運転者の交通情報への関心が高まってきている。特にここ数年、音声ガイドやディスプレイ表示による経路探索機能、経路誘導機能を搭載した高性能なナビゲーションの普及や VICS (Vehicle Information and Communication System) , ATIS (Advanced Traffic Information System) といった路車間通信システムの開発といった ITS (Intelligent Transport Systems) の進展により、リアルタイムの交通情報提供で運転者を誘導し既存のネットワークの有効利用を図るといった新たな交通管制手法が行われている。特に、VICS は 1996 年 4 月 23 日に首都圏の主要道路および東名・名神高速道路全線で情報提供が開始されて以来、96 年には大阪府下の一般道路および大阪圏の高速道路、さらに 1997 年の 5 月には愛知県で情報提供が開始され、官民一体によって、一般に普及しつつある。

しかし、車載ナビゲーションシステムやリアルタイムな道路交通情報などの、新しい交通情報提供によるドライバーの行動変化は、そのメカニズムがドライバーの心理的な要因を多く含むために非常に複雑になることが予想される。現在各国で基礎研究やフィールドワークがなされているものの、これらの自動車運転者の行動変化することは不可能な状況に近い。当然、それに伴う道路交通状態への変化や新たな問題発生は無視できなくなることが予想されるが、根本的な変化要因が予測できない限り、定量的な予測は不可能である。

本研究は、交通情報提供の中でも、最近、一般の自動車運転者に普及しつつある VICS、その中でも一番利用度が高いと考えられる情報である、レベル 3 における渋滞情報に注目し、それによる運転者の行動変化を解析するとともに、行動変化のモデルを構築することを目的としている。

5-2 交通情報提供による自動車運転者行動モデル

自動車ドライバーは運転中に様々な交通情報を得ることができる。では、ドライバーはこれらの交通情報をどのように処理・判断しているのだろうか。交通情報提供に対する行動変化のメカニズムを分析することを目的とする。

5-2-1 交通情報提供による自動車運転者行動フローチャート

しかし、交通情報提供に対する運転者の行動変化のメカニズムは大変複雑であり、容易に分析することはできない。そこで、いくつかの前提を置き、ある程度的を絞った。前提

は以下の通りである。

- 1) 自動車ドライバーが運転中に受けられる情報である。
- 2) 最初にトリップの目的地が決まっている。
- 3) トリップの初期経路が決定している。

これら3つを前提にした交通情報に対するドライバーの行動をフローチャートに示す。

交通情報提供が自動車運転中のドライバーにあった場合、ドライバーは5段階の処理・判断をする。

[必要]

これは情報が提供された場合、その時、何らかの交通情報を得たいと思っているかどうかを判断する。(例えば、前に交通情報を表わす掲示板が近づいてきた場合、その掲示板の交通情報を見ようするかどうかを示す。)

[利用可能]

これは情報が提供され、その情報を得ようと思った時ドライバーがその情報を得ることができるかどうかを示す。(例えば、掲示板が目の前に近づき、掲示板の交通情報を見ようした時、スピードが速すぎて見えないとかそのようなことがないかどうかを示す。)

[利用]

これは情報を得た場合に、その情報がドライバーにとって利用できる情報なのかどうかを判断する。(例えば、得た情報がトリップの目的地方面と全然関係ない場合は、当然ドライバーは利用しようとは思わないはずである。つまりドライバーが欲しいと思っている情報であるか否かを判断する。)

[目的地変更]

これはドライバーが情報を含めた要因によって目的地を変更しようとするかどうかを判断する。(当然、目的地が変更すれば、経路も変更される。)

[経路変更]

これは、目的地は変更しないが、情報を含めた要因によって経路を変更しようとするかどうかを判断する。

以上の5つの判断を繰り返しドライバーは目的地までトリップすると考えられる。

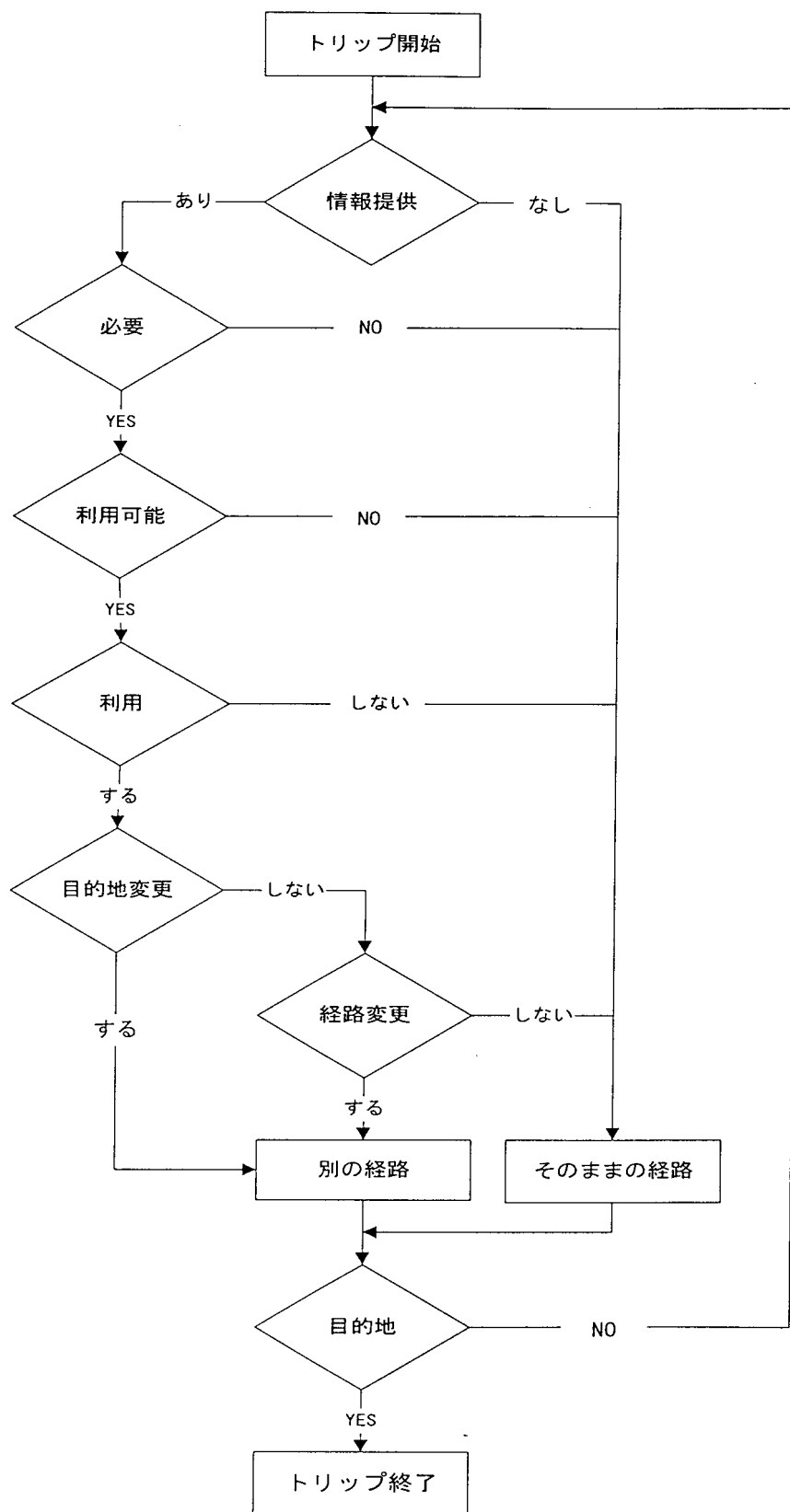


図 5.1 交通情報提供による自動車運転者行動フローチャート

5-2-2 VICS の渋滞情報に対する運転者の行動モデル

(1) VICS の概要

VICS(Vehicle Information and Communication System)とは、一言でいうのなら道路から車への多角的な情報提供サービスということができる。現在、高速道路上などで、ラジオ電波にのせて道路情報サービスが行われているが、こうした情報提供がさらに精密かつリアルタイムに、あらゆる道路上で車搭載のカーナビゲーションやカーラジオ、カーオーディオの液晶表示板に情報提供されるのである。1995年、横浜で開催された第2回 ITS 国際会議に合わせて、VICS は実験を行い、さらに 96 年の春のサービス開始時には東京都、千葉県、埼玉県、神奈川県、東京都の東京圏と首都高速、東名、名神の全線で、第 1 期の 96 年には大阪府、昨年の 97 年には愛知県で、今年 98 年には京都府、その後、兵庫と続く予定である。

また、VICS の情報提供は 3 種のモードで行われる。

レベル 1(文字表示型) : VICS 情報を 30 字(1 行 15 字×2)以内の文字情報として表示している。

レベル 2(簡易図形表示型) : デフォルメした図形に各種の情報を表示する。

レベル 3(地図表示型) : 目的地への経路の渋滞情報や規制情報、駐車場の満空情報などを、既存のカーナビをシステムアップすることで表示できる。

図 5.2 はレベル 3 における渋滞情報が表示された画面で、道路の横に赤と黄色の矢印によって渋滞の方向と距離が表されている。また、赤矢印は「渋滞」で平均速度が 10km/h 以下、黄色矢印は平均速度が 10~20km/h の間である。

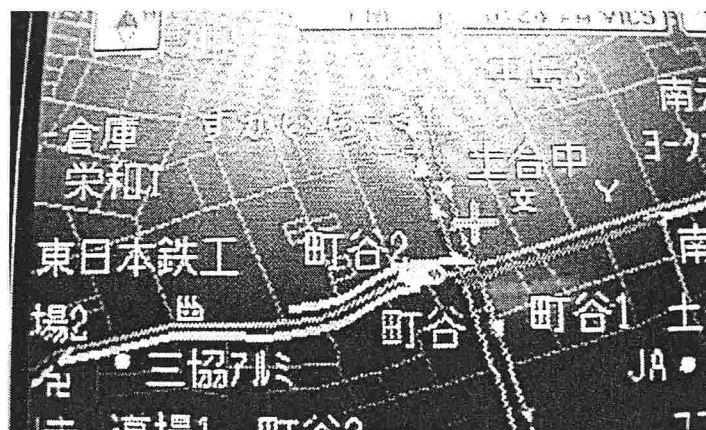


図 5.2 VICS の画面(レベル 3 の渋滞情報)

(2) VICS の渋滞情報に対する運転者の行動モデル

図 5.1 で示した交通情報提供による自動車運転者行動フローチャートにおいて、実際の交通情報を受けた時の処理を検討してみる。具体的には、VICS のレベル 3 における渋滞情報を対象とする。これは、急速な発展によって今後日本の道路交通に大きな影響を与えると考えられること、VICS 情報に対する既存研究が少ないこと、VICS 情報の中でレベル 3 の渋滞情報は利用度が高いことを理由としている。

では、具体的に検討を開始してみる。

[必要]

今回は、考慮しない。(暫定的に VICS 車載車は、VICS の電源を入れカーナビの画面を見ようとするとする。)

交通情報を必要とするか、しないかはそれぞれ個人の性格、その時の交通状況や来訪回数など様々な要因が複雑に絡み合ってくると考えられるため、今回は考慮しなかった。

[利用可能]

VICS を車載しているドライバーは VICS を使えないとは考えづらい、またレベル 3 では、道路地図がそのまま表示されており、地名が分からない等も考えづらいため全てのドライバーが利用可能とする。厳密に言えば、VICS の使い始めたばかりの人と何ヶ月も使っている人とでは、少しは違ってくるかもしれない。しかし、使い始めの人でも全く使えないとは考えづらいため、すべて利用可能とした。

[利用]

VICS のレベル 3 の渋滞情報はその車両の周囲の情報しか出ない(また、ドライバーはどのように設定すると考えられる。)ため、今回の実験では全て利用するとした。

[目的地変更]

今回は考慮しない。目的地変更は全てのトリップの中でも少ないと考えられることと、実験、解析が大変複雑になると思われるため、今回は目的地を固定した。

[経路変更]

運転者がどのような時経路変更するか走行実験にてモデルを構築する。

以上より、経路変更モデルを走行実験により構築する。

5-3 走行実験

VICS の渋滞情報における経路変更モデルを構築するために、走行実験を行った。この実験では渋滞などの実際の交通状況に関する要因、運転歴などの個人的要因、目的地に対する方向などの物理的要因、そして VICS のレベル 3 の渋滞情報による交通情報の要因と、あらかじめ想定していた経路からの経路変更との関係を調べることを目的としている。

5-3-1 走行実験概要

実験の前提条件は以下の通りである。

(1) 実験地区

埼玉大学から北浦和駅西口（浦和市）、北浦和駅西口（浦和市）から埼玉県庁駐車場（浦和市）をそれぞれ OD とした地区とした（図 5.3）。実験地区を以上の通りにしたのは、出発点と目的地の間にほぼ直線に VICS の渋滞情報が表示される幹線道路が通っており、渋滞と経路変更の関係が分かりやすいと考えたためである。また、被験者には事前にその地区の道路のビデオを見せるなどによって、ある程度道路網を覚えてもらった。



図 5.3 実験対象地区

(2) 被験者と条件

被験者：学生 15 人

実験時間帯：平日の朝と夕方、それぞれ通勤時間・帰宅時間を選び、なるべく渋滞が起きる時間帯。

(3) 実験手順

実験は以下の手順で行った。

(a) 事前調査

「対象地区の道路網の紹介」

今回の実験では、運転者はその地区の道路網をある程度知っていることを前提としている。大学近郊のために、ほとんどの被験者がある程度の道路ネットワーク知っていたが、裏道等の状況を理解してもらうために、8 ミリビデオで撮影した道路を、説明を加えながら分かりやすく紹介し、実験地区の道路網全体を再確認した。

「個人属性の調査」

走行実験の被験者に対して、運転歴、運転頻度などの個人属性と経路決定時期や VICS など交通情報についてのアンケート調査を行った。

(b) 走行実験

「予定経路の設定」

予定経路の設定、期待旅行時間の聴取を行う。

道路地図に出発時点で通る可能性のある経路を全て記入してもらう。また初期経路について期待旅行時間、初期経路が渋滞などしていた場合に使う代替経路と初期経路と交わる交差点からのそれぞれの予測距離も記入させる。

「走行」

実際に走行を行う。

「なるべく早く」という走行条件の下で走行してもらう。ただし予定経路、代替経路は無視しても構わない。同乗者がビデオ撮影によって、交通状況の把握、また、VICS が車載されている場合は、VICS の画面を録画することによって、運転者がどのように VICS を利用しているのか、渋滞情報について把握する。同乗者は経路の誘導にならない程度に道路網について教える。時計を見ること、ラジオを聞くことは不可。

「走行後調査」

走行終了後に、どのくらいトリップに時間がかかったか、経路選択の成功、失敗やその理由等を記入させる。

(c) 走行実験事後調査

「個人属性の調査」

走行実験の被験者に対して、経路決定時期や VICS など交通情報についてのアンケート調査を行った。

5-4 走行実験結果

5-4-1 VICS に関する考察

走行実験では VICS のレベル 3 の渋滞情報を用いたが、走行実験後に、VICS についてアンケートを行い、それぞれの質問項目について検討した。具体的には、VICS の便利性、信頼性、必要性についてそれぞれ考察を行った。

(1) VICS の便利性

「大変便利である」「便利でない」という両極端は誰もいず、中央に集中したが、8 割の人が VICS を便利であるとしており、これから今後の VICS の発展が伺える

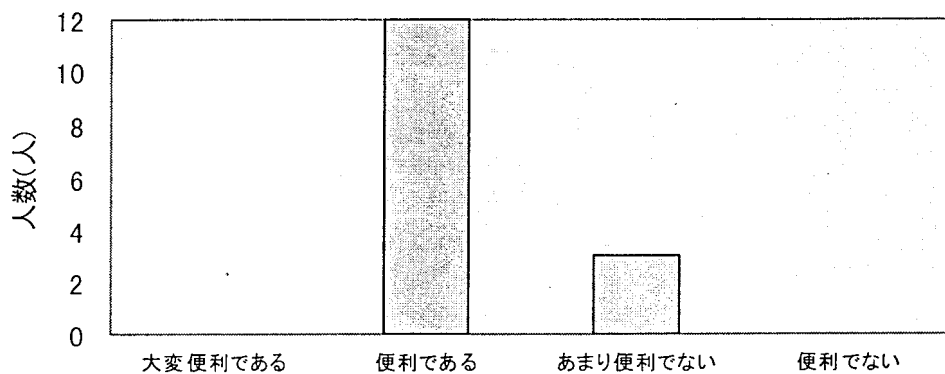


図 5.4 VICS の便利性(走行実験後)

(2) VICS の信頼性

全体的に中央にかたまっている。信頼できる人が 6 割を超えているが、4 割の人があまり信頼できないと答えている。これは現在の VICS は情報の更新サイクルにばらつきがあり、時と場合によって、その時の道路状況とマッチしない場合があったためだと考えられる。情報収集から情報提供までの更なるスピード化、情報のリアルタイム化が要求されていることが読み取れる。

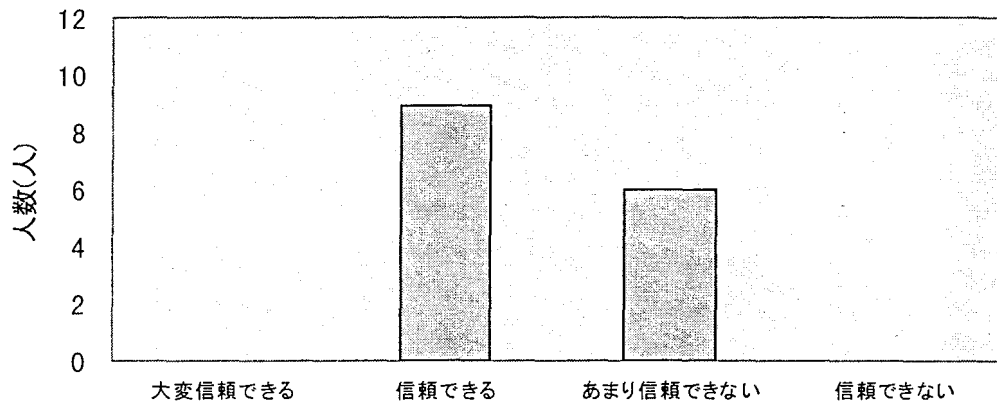


図 5.5 VICS の信頼性(走行実験後)

(3) VICS の必要性

被験者が学生であったためか、是非購入したいと答えた人は 1 人しかいないが、全体的に VICS を必要とする人が 7 割を超えており現在の道路交通において、VICS の必要性が伺える。

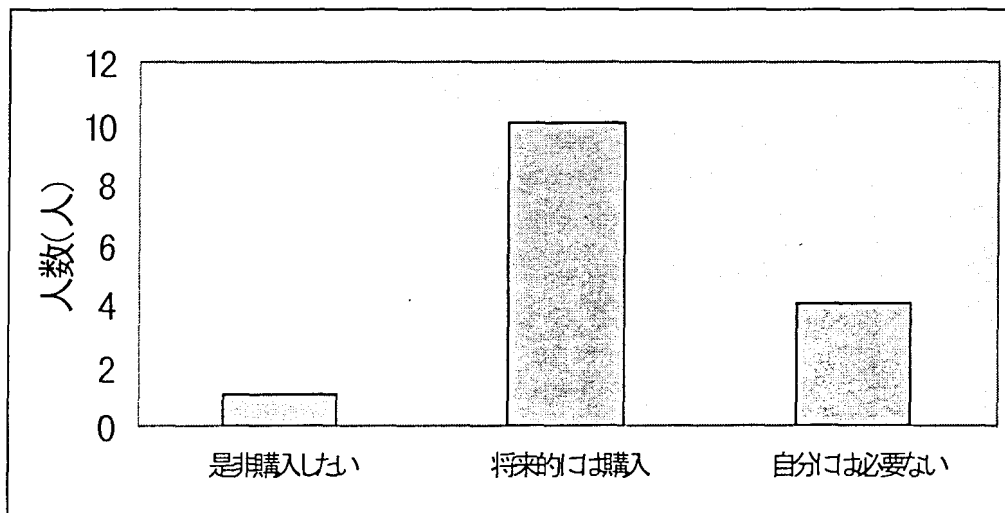


図 5.6 VICS の必要性(走行実験後)

5-4-2 経路変更の説明要因

本研究においては、前提として「ドライバーは道路網をある程度知っている」としているため、経路変更の発生を走行前に被験者に描いてもらった初期経路と代替経路の交わる交差点と実際走行してもらった時、経路変更した交差点を経路変更モデル構築のための交差点サンプルとした。この交差点一つ一つについて経路変更の有無を調べた。

交差点における経路変更を説明するための要因として交差点の形状、交通状況を以下のように定義づけた。

(1) 予定経路の方向角

予定経路の方向の目的地からのふれ角を表わす。

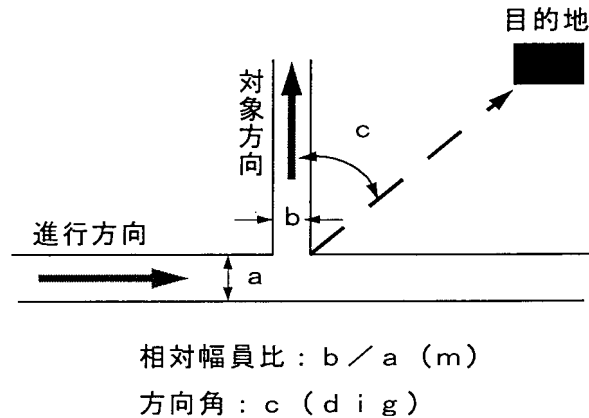


図 5.7 方向角

(2) 変更方向の方向角

予定経路の方向角と同様で、代替経路の方向角。

(3) 距離

交差点と目的地の間の直線距離

(4) 先詰まり時間

対象交差点を通過するのにかかった待ち時間。赤信号などで止まった場合、信号待ちの最後尾で停止してから交差点を通過するまでの時間、対象交差点が渋滞の先頭になっている場合、渋滞の最後尾に着いてから交差点を通過するまでの時間。

(5) 先詰まり距離

対象交差点直前リンクで渋滞などによって一度停止してところから対象交差点までの距離。

(6) VICS 情報の渋滞・混雑距離

交通情報についての要因

(7) 個人属性

また、交差点や交通状況などの要因の他にも、個人の経験量などによる選択行動の違いについても考察するためアンケート調査によって以下の項目について調査した。

(a) 自動車の運転の習熟度についての要因

運転免許の取得時期，車の運転歴，運転頻度

(b) 対象 OD を含むネットワークの認知度に関する要因

来訪回数，来訪頻度，対象 OD の経路数

5-4-3 交差点属性と経路変更

(1) 方向・距離

観測された経路変更について、方向・距離という交差点のもつ属性の側面から分析を行った。まず、交差点と目的地からの距離と経路変更の関係についてみる。

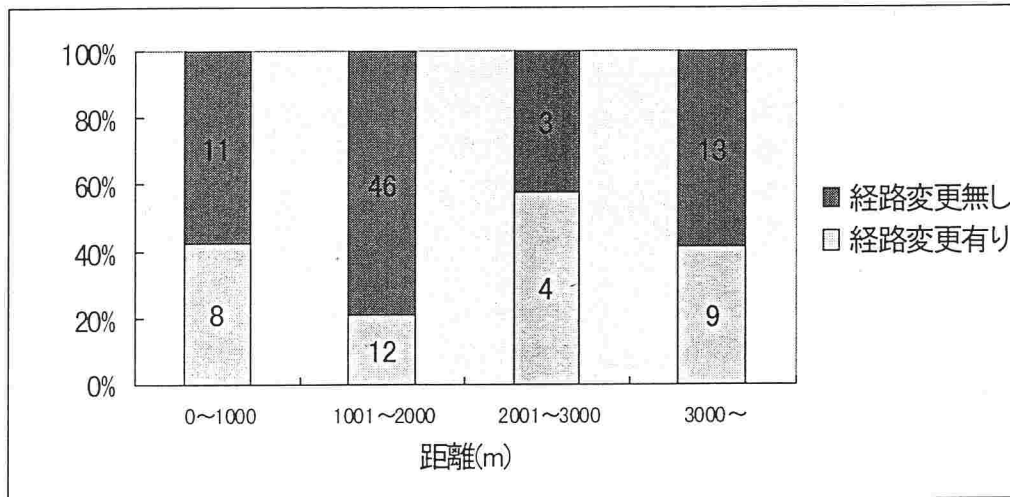


図 5.8 目的地までの距離と経路変更の発生率(VICS 有り)

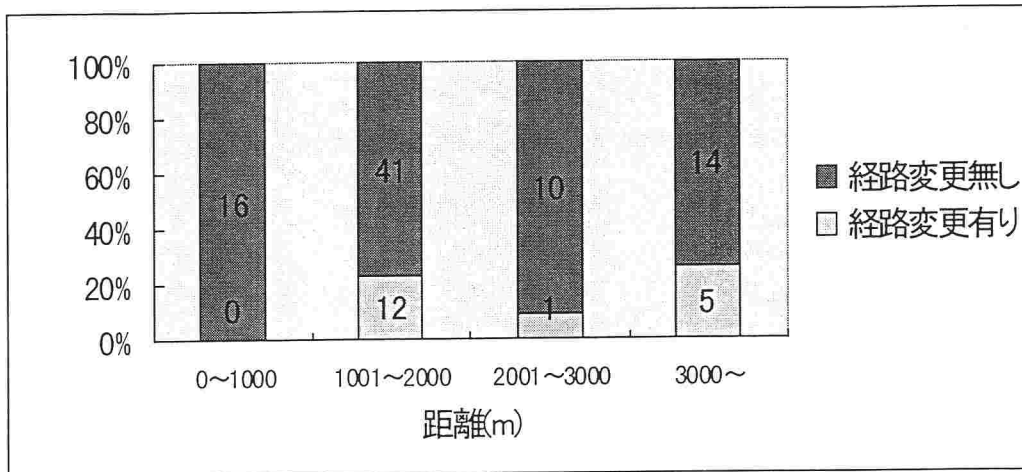


図 5.9 目的地までの距離と経路変更の発生率(VICS 無し)

図 5.8・図 5.9 より、VICS 無しの場合、経路変更が行われている地点は出発直後の多いほうがわかる。これは目的地までの距離が短くなる程、変更(迂回)することによる走行距離の増加率が高くなること、経路選択肢が減ることによるものと思われる。それに比べ、VICS 有りの場合は、交通状況により柔軟に対応していることが分かる。

(2) 方向角

次に方向角について分析を行った。図 5.10 は代替経路の方向と経路変更について見たものである。

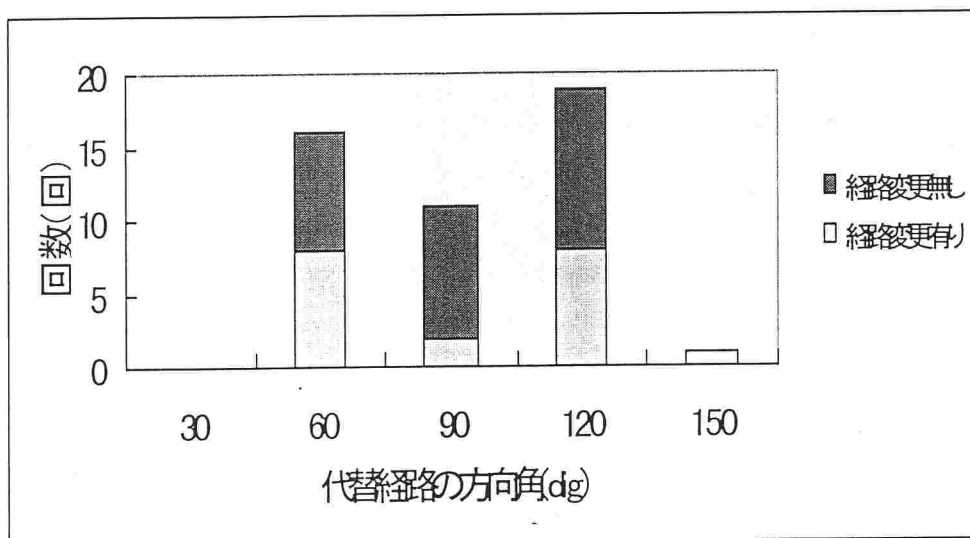


図 5.10 代替経路の方向角と経路変更の有無(VICS 有り)

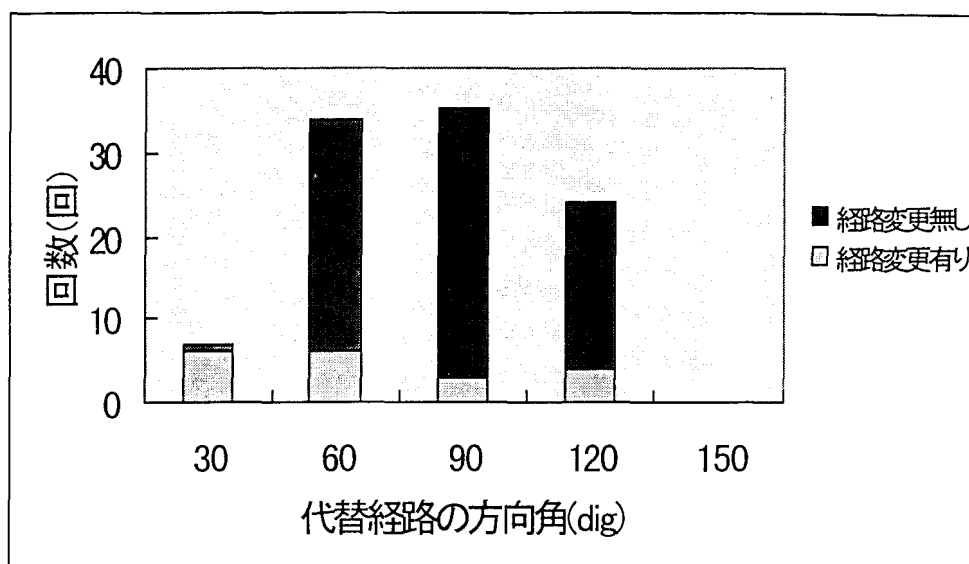


図 5.11 代替経路の方向角と経路変更の有無(VICS 無し)

一般的に、代替経路の方向角が大きくなるほど経路変更が減ると考えられるが、これからは方向角が大きくなっても小さい時とそれほど経路変更の差が無かった。また、VICS 有りとなしの場合もあまり差が無かった。方向角の大きさによる差が無かったのは、ある程度道路網を知っており、経路全体の一部である交差点だけでなく、経路全体を考え、経路を選択しているためだと考えられる。

5-4-4 交通状況と経路変更

先詰まり時間と経路変更との関係について分析する。(図 5.12, 図 5.13)。この結果から、先詰まり時間が長くなるほど、経路変更の割合が高くなっていることがわかる。また、VICS の有無では VICS を車載している方が、先詰まり時間が短い時の経路変更する割合が急激に高くなっている。VICS を車載している方は、現在の交通状況だけでなく、経路全体の交通状況を考え、早い段階で積極的に経路選択していると考えられる。

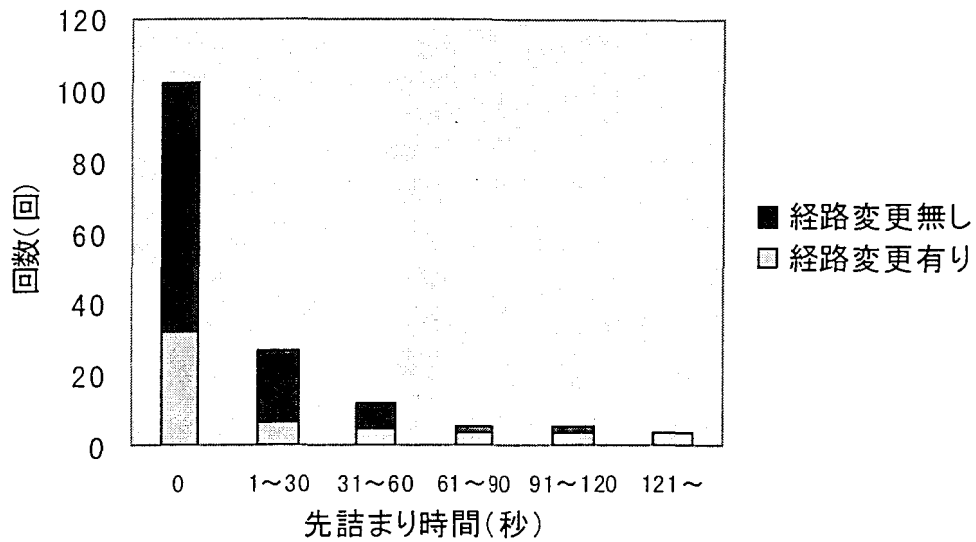


図 5.12 先詰まり時間と経路変更(VICS 有り)

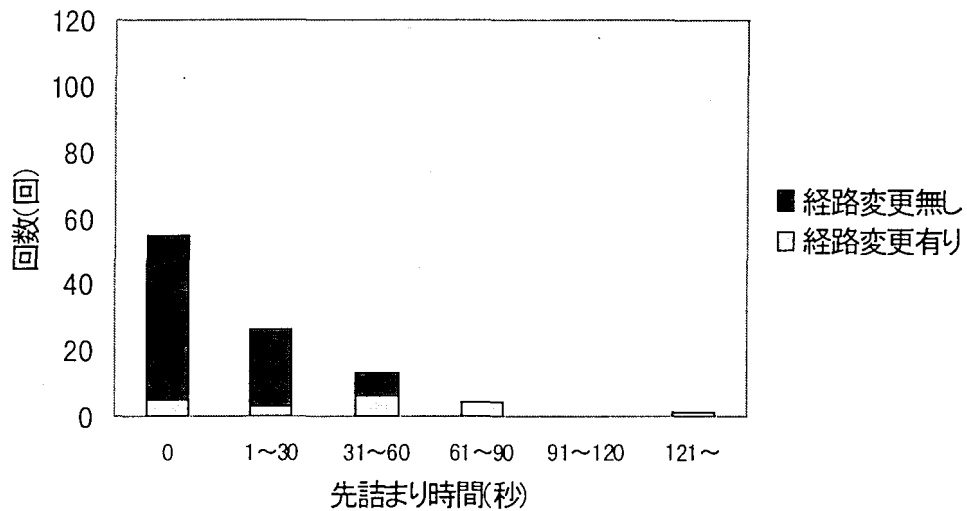


図 5.13 先詰まり時間と経路変更(VICS 無し)

次に先詰まり距離と経路変更の関係について分析する。(図 5.14, 図 5.15)

サンプル数は少ないが先詰まり距離が 30m を超えると高い割合で経路変更していることが分かる。また、先詰まり距離が 0m に注目すると、VICs が搭載されている方が高い割合で経路変更している。ドライバーが経路全体の交通状況を考え柔軟に経路を選択していることが分かる

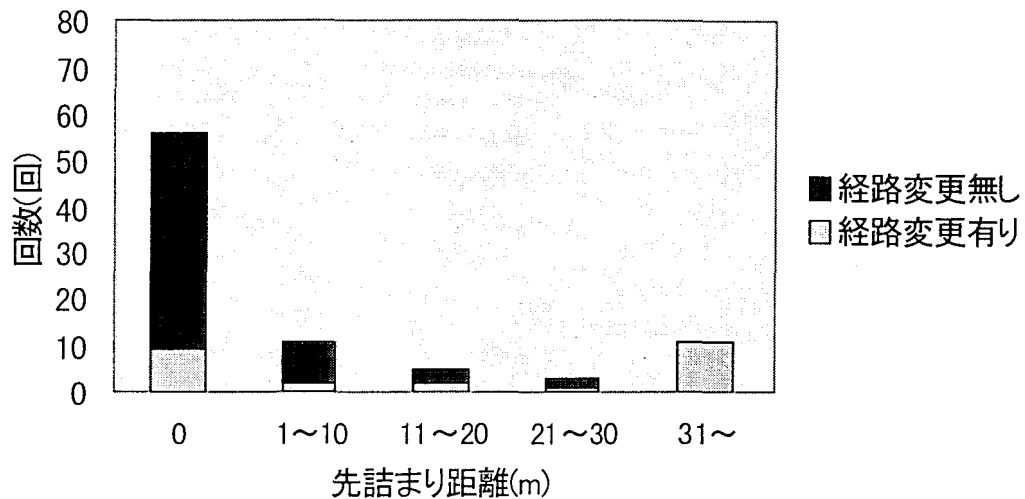


図 5.14 先詰まり距離と経路変更(VICS 有り)

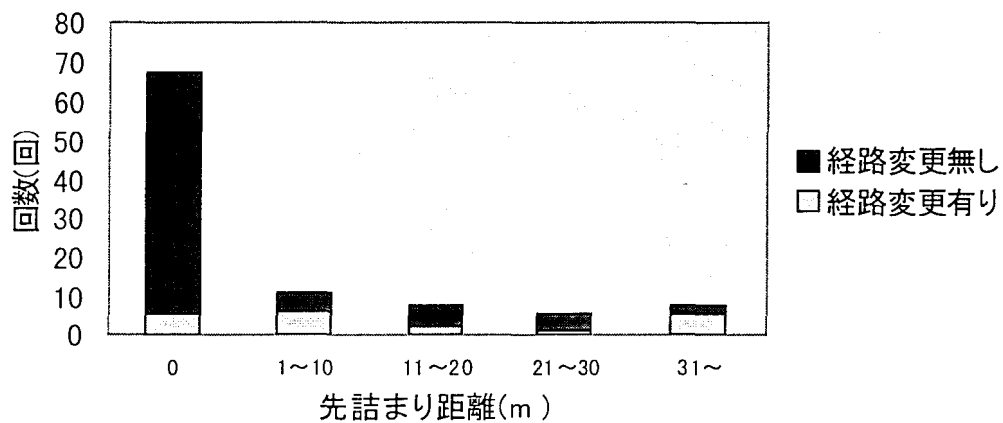


図 5.15 先詰まり距離と経路変更(VICS 無し)

5-4-5 VICS 情報属性と経路変更

VICS 情報と経路変更の関係について分析する。

VICS のレベル3 の渋滞情報はカーナビの画面上に平均時速が 10~20km の場合、「混雑」、平均速度が 10km 以下であると「渋滞」と 2 段階に分けて表示される。

図 5.16, 図 5.17 は, 経路を変更する可能性のある交差点から目的地までの現在経路における VICS の渋滞情報, 「渋滞」の距離を横軸に, 「混雑」の距離を縦軸にとり, 経路変更ありとなしの場合について散布図を表わしている。経路変更無しの散布図を見るとほとん

どのサンプルが、混雑距離 600m、渋滞距離 500m の長方形内にかたまっているのに対して、経路変更ありの場合は、経路変更無しに比べサンプルが散らばっており、VICS の渋滞情報の渋滞距離、混雑距離が共に長くなるほど経路変更の割合が高くなることが分かる。また、渋滞距離が 1000m を超えた場合、経路変更無しのサンプルが無く、特に渋滞距離に影響していることが分かる。しかし、全体的に 2 つのグラフは似ており VICS 情報だけで経路変更の有無を一概に述べることはできない。

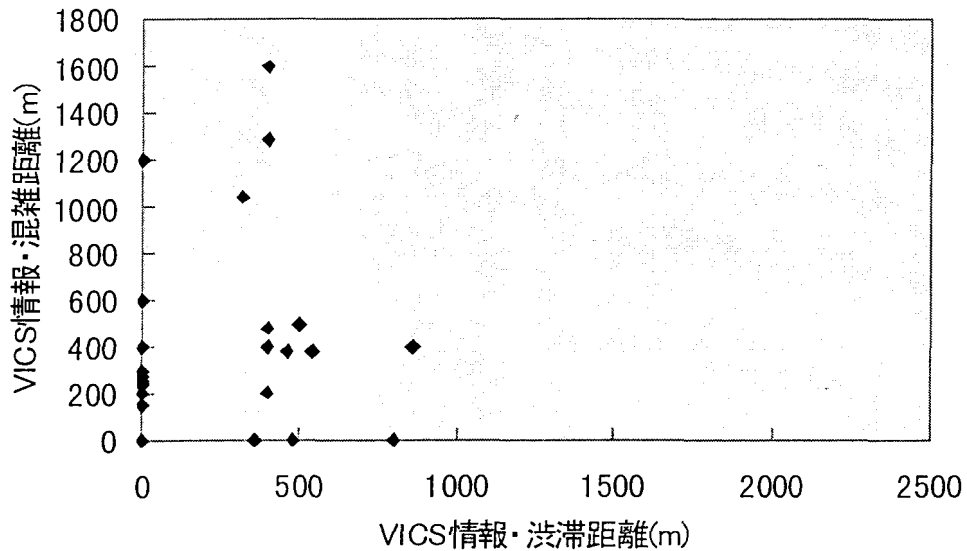


図 5.16 VICS 情報と経路変更の関係(経路変更無し)

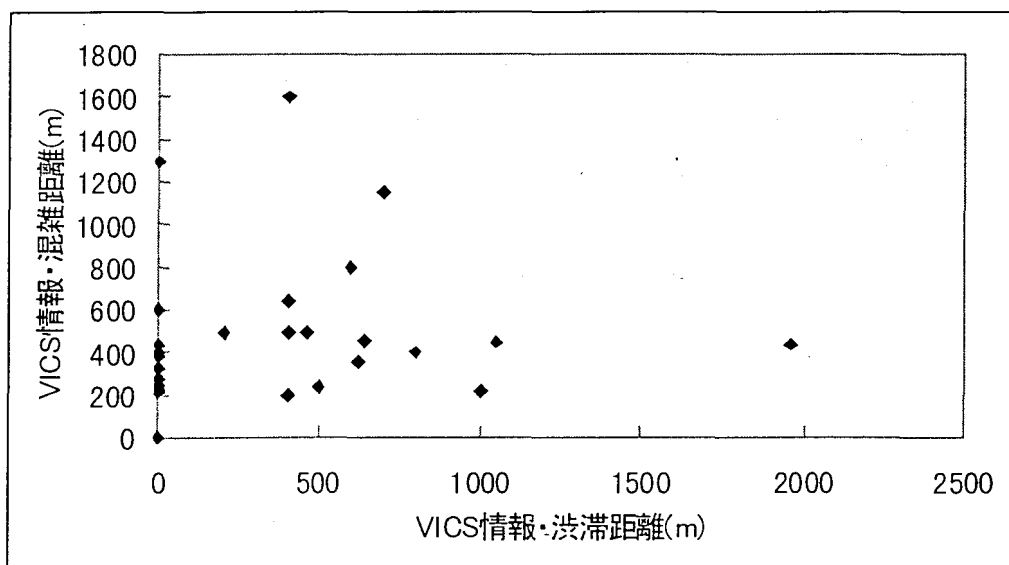


図 5.17 VICS 情報と経路変更の関係(経路変更有り)

また、VICS 情報の種類別による経路変更の割合を示したものが、図 5.18・図 5.19 である。渋滞距離が伸びるほど変更有りの割合は多くなってきているが、混雑距離では、はっきりした傾向はでていない。

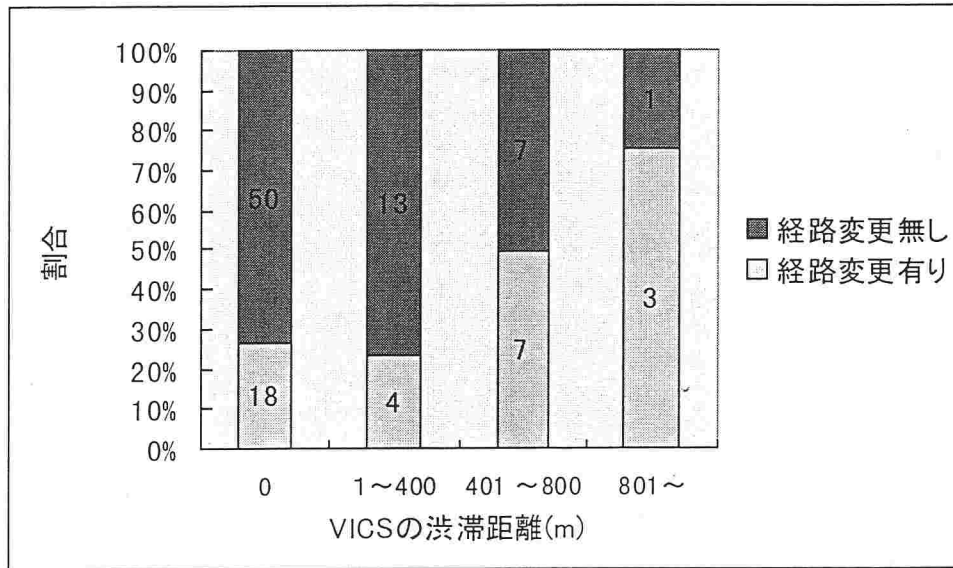


図 5.18 VICS の渋滞距離と経路変更の関係

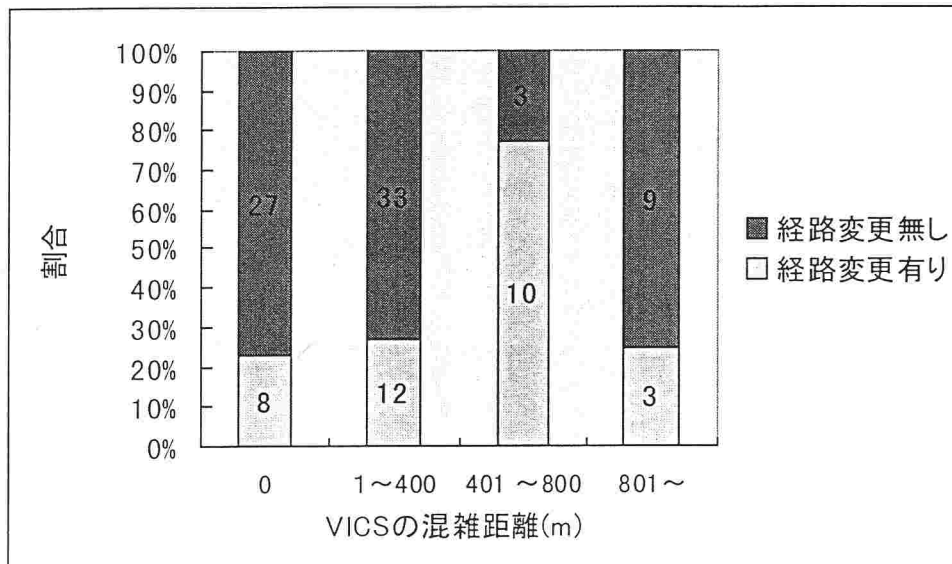


図 5.19 VICS の混雑距離と経路変更の関係

5-4-6 個人特性と経路変更

個人特性と経路変更の関係を分析する。

図 5.20, 図 5.21 は, 運転頻度と経路変更の関係を表わしている。VICS 有り, 無し共, 同じようなグラフになっている。運転頻度が低いドライバーは, 経路変更の割合が低いことがわかる。また, ある程度運転頻度が高くなると経路変更の割合が変わらなくなってくる。これから, 運転頻度が低いドライバーは, 運転頻度が高いドライバーに比べ, 運転慣れしていないため, 運転頻度が高いドライバーに比べ裏道を敬遠する傾向があることがわかる。またある一定の運転頻度までいくと運転慣れしてくるため, それ以上は変わらない。

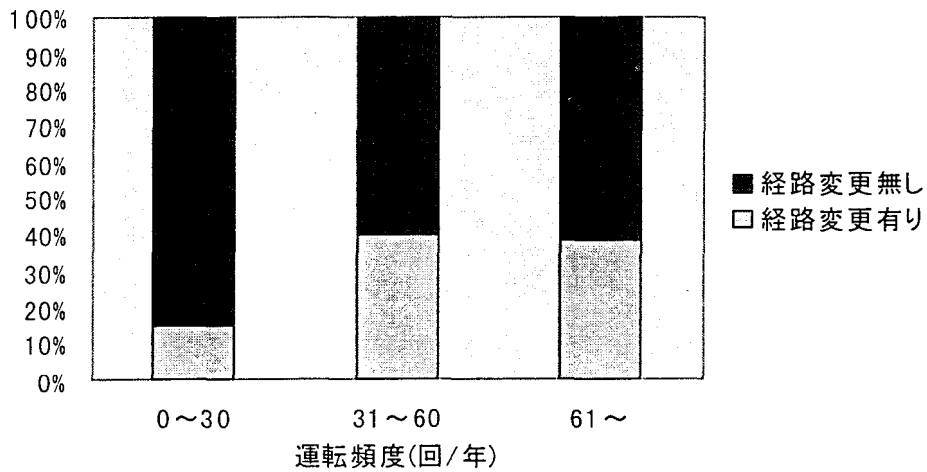


図 5.20 運転頻度と経路変更の関係 (VICS 有り)

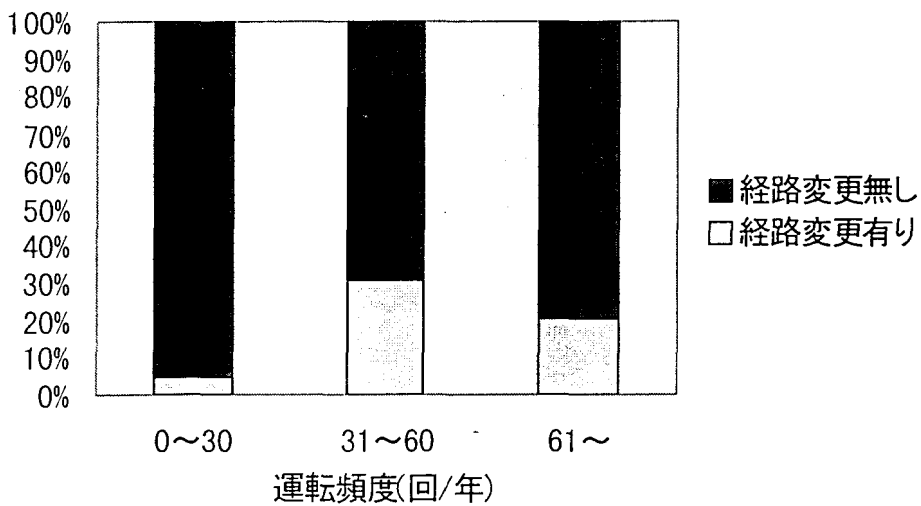


図 5.21 運転頻度と経路変更の関係 (VICS 無し)

5-5 経路変更モデル

実験で得られた結果を基に、経路変更モデルの構築を行った。

5-5-1 非集計分析によるモデル推定

走行実験の結果として得られた運転者が経路変更の可能性のある交差点をもとに、運転者が交差点において「経路変更する、しないのどちらかを選択する」という 2 項ロジットモデルを検討した。モデルの式は以下となる。

$$Pc = \frac{1}{1 + EXP(-V)}$$

$$V = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_yx_y$$

v : 効用

a_y : パラメータ

x_y : 変数

Pc : 経路変更しない確率

分析に用いた変数は以下の種類を検討した。今回のモデル推定にあたって交差点属性変数はモデルの中で個人属性変数として扱う。

「共通変数」

現在経路，代替経路それぞれの交差点からの目的地までの距離(m)

現在経路，代替経路それぞれのリンクの方向角(dig)

現在経路，代替経路それぞれのリンクの道路幅員比

「選択肢固有変数(VICS 情報属性)」

現在経路 VICS の渋滞距離(m)

 VICS の混雑距離(m)

代替経路 VICS の渋滞距離(m)

 VICS の混雑距離(m)

「交差点属性」

先詰まり時間(sec)，先詰まり距離(m)

目的地までの直線距離(m)

VICS のこれまでの渋滞距離(m)

VICS のこれまでの混雑距離(m)

「個人属性」

運転回数(回)，運転頻度(回/年)

運転歴(ヶ月)

定数(現在経路 ; 1)

非集計モデル(Disaggregate Analysis)を用いてモデル化を行った。モデルの作成は全ての OD ペアを一括し行った。まず最初の段階において、VICS 情報属性を表わす各変数は全て用い、それ以外の説明変数の入れ替えの検討から開始した。

方向角を用いた場合、方向角のパラメータの+、-が逆になるため説明変数を用いないことにした。

VICS のこれまでの渋滞距離、混雑距離を説明変数に用いた場合、最尤度推定法の収束計算において発散するケースが生じたため説明変数として用いないこととした。

道路幅員比は効用がはっきりしないため説明変数として用いないこととした。そのため、共通変数では距離を、固有変数は全て用い、交差点属性の入れ替えを行った。

(1) 先詰まり距離を用いた場合

表 5.1 に結果を示す。この結果をみると的中率、尤度比とも良好な値が出ている。モデル自体の説明力が高いが、共通変数である距離の説明力が低い。

表 5.1 非集計モデルによるパラメータ推定結果（先詰まり距離）

変数	項目	パラメータ(t 値)
共通変数	距離	-0.00015 (-0.1318)
固有変数(現在経路)	VICS の渋滞距離	-0.0025 (-1.6730)
固有変数(現在経路)	VICS の混雑距離	-0.0033 (-1.8824)
固有変数(代替経路)	VICS の渋滞距離	-0.0063 (-2.0470)
固有変数(代替経路)	VICS の混雑距離	-0.0038 (-1.5534)
交差点属性	先詰まり距離	-0.0572 (-1.8409)
定数	定数	1.7310 (1.7507)
	サンプル数	48
	尤度比	0.4813
	的中率(%)	83.3

(2) 先詰まり時間, 先詰まり距離の両方を用いた場合

次に, 交差点属性に先詰まり時間, 先詰まり距離の2つを入れモデル推定を行った.
モデル自体の説明力が大幅に上がっており, また, 的中率は変わらないものの, 尤度比も若干上がっている.

表 5.2 非集計モデルによるパラメータ推定結果 (先詰まり時間・距離)

変数	項目	パラメータ(t 値)
共通変数	距離	-0.0021 (-1.1240)
固有変数(現在経路)	VICS の渋滞距離	-0.0029 (-1.7862)
固有変数(現在経路)	VICS の混雑距離	-0.0044 (-2.1744)
固有変数(代替経路)	VICS の渋滞距離	-0.0081 (-1.9771)
固有変数(代替経路)	VICS の混雑距離	-0.0031 (-1.0513)
交差点属性	先詰まり時間	-0.0390 (-1.9421)
交差点属性	先詰まり距離	-0.0278 (-1.0292)
定数	定数	1.6800 (1.4427)
	サンプル数	48
	尤度比	0.5597
	的中率(%)	83.3

(3) 先詰まり時間を用いた場合

交差点属性に先詰まり距離を抜き、パラメータ推定を行った。固有変数である VICS の混雑距離(代替経路)の説明力が下がっているが、全体的に説明力が上がっている。尤度比は若干下がっているものの的中率は変わっていない。

各モデルの符号、t値、尤度比、的中率とも満足のいく結果となった。

良好なモデルができたが、道路幅員など、効用では表わせない要因もありロジットモデルでは限界があると考えられるため、同じように判別分析によるモデル推定を行った。

表 5.3 非集計モデルによるパラメータ推定結果 (先詰まり距離)

変数	項目	パラメータ(t 値)
共通変数	距離	-0.0018 (-1.2308)
固有変数(現在経路)	VICS の渋滞距離	-0.0031 (-2.0615)
固有変数(現在経路)	VICS の混雑距離	-0.0045 (-2.2354)
固有変数(代替経路)	VICS の渋滞距離	-0.0073 (-2.2743)
固有変数(代替経路)	VICS の混雑距離	-0.0028 (-0.9742)
交差点属性	先詰まり時間	-0.0485 (-2.4736)
定数	定数	1.8474 (1.6662)
	サンプル数	48
	尤度比	0.5261
	的中率(%)	83.3

5-5-2 判別分析によるモデル推定

次に判別分析を用いてモデル化を試みた。現在経路，代替経路のどちらへの帰属かを判別する。モデル式は以下のようなになる。

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_yx_y$$

a_y : パラメータ

x_y : 変数

y の値が 0 以上の場合 : 経路変更する, y の値が 0 より小さい場合 : 経路変更しない, となる。

判別分析に用いた独立変数は以下の通りである。

「現在経路，代替経路の距離比」

現在経路・代替経路の方向角差(dig)

現在経路・代替経路の道路幅員比

「選択肢固有変数(VICS 情報属性)」

現在経路 VICS の渋滞距離(m), VICS の混雑距離(m)

代替経路 VICS の渋滞距離(m), VICS の混雑距離(m)

「交差点属性」

先詰まり時間(sec)

先詰まり距離(m)

目的地までの直線距離(m)

VICS のこれまでの渋滞距離(m)

VICS のこれまでの混雑距離(m)

「個人属性」

運転回数(回), 運転頻度(回/年, 運転歴(ヶ月)

パラメータ推定結果と分布関数形を示す。なおグループ 1 は現在経路，グループ 2 は代替経路を示している。

(1) 推定結果 1

表 5.4 判別モデルによるパラメータ推定結果 1

	判別係数	偏 F 値
先詰まり時間	0.008	2.563
先詰まり距離	0.009	1.561
VICS の現在経路の渋滞情報	0.001	4.205
VICS の現在経路の混雑情報	0.002	10.097
VICS の代替経路の渋滞情報	-0.002	10.613
VICS の代替経路の混雑情報	-0.002	3.213
今までの運転回数 (運転頻度 * 運転歴)	-0.001	2.057
定数項	-0.581	

理論誤判別率 : 0.229

マハラノビス汎距離 : 4.700

正判別率 : 87.5%

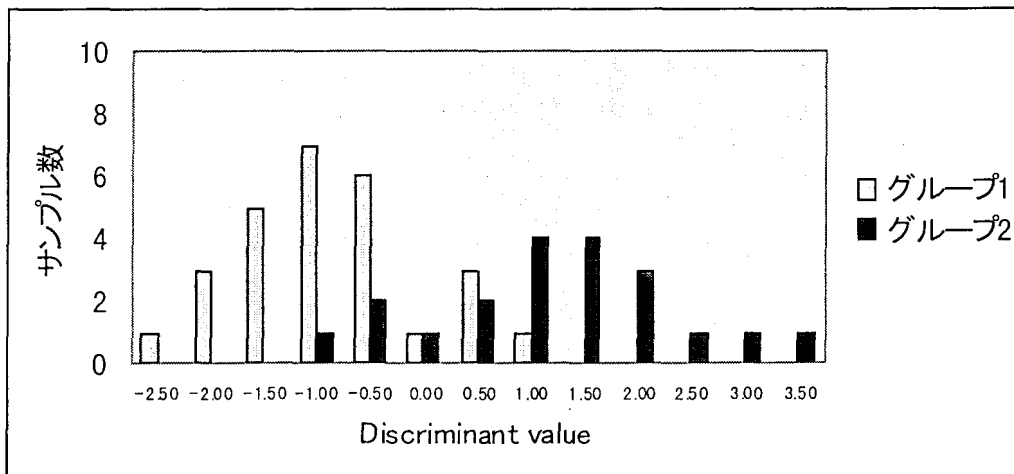


図 5.22 2群の分類(推定結果 1)

表 5.4 が示すとおり高い相関を示している。2 群の分布も比較的分離しており判別率も高く値となっており、良好な結果といえる (図 5.22)。しかし、例えば運転頻度がほぼ毎日(25 回/月)で運転歴を 20 年であるドライバーの場合、個人属性である「今までの運転回数」の値を求めると、 $25 * 20 * 12 = 6000$ になり他の説明変数に比べ大きくなるため、この説明変数のみによって経路変更の有無が決まってしまうことになる。これは、今回の実験では 22, 23 歳の被験者が多かったため、「今までの運転回数」の値域が大変狭かったためだと考えられる。

(2) 推定結果 2

表 5.5 判別モデルによるパラメータ推定結果 2

	判別係数	偏 F 値
先詰まり距離	0.017	7.797
VICS の現在経路の渋滞情報	0.002	6.550
VICS の現在経路の混雑情報	0.002	7.479
VICS の代替経路の渋滞情報	-0.002	11.477
VICS の代替経路の混雑情報	-0.002	4.152
定数項	-0.842	

理論誤判別率：0.229

マハラノビス汎距離：3.888

正判別率：83.3%

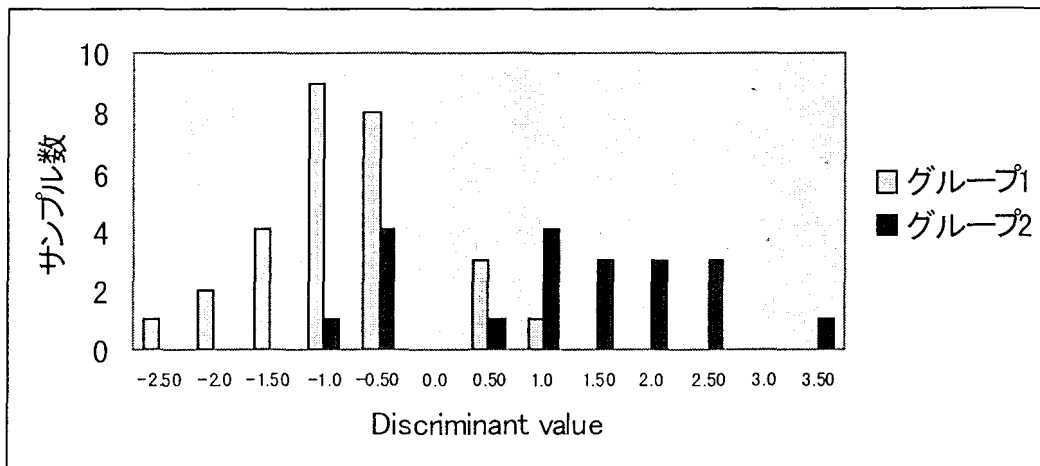


図 5.23 2群の分類(推定結果 2)

この結果もまた高い相関を示している。判別率は比較的良い値であり、2群の分布も比較的分離しており良好な結果といえる (図 5.23)。

5-6 本章のまとめ

本研究では交通情報、VICS のレベル 3 の渋滞情報における運転者の経路変更モデルを構築した。

本モデルにより、VICS の交通情報提供による自動車運転者の行動変化を分析することが可能となり、情報提供交通管制手法などのきめ細かな交通政策の評価をする足がかりになったといえる。

また、今後の課題として本研究により構築した経路変更モデルを交通量配分シミュレー

ションシステムに組み込み、交通情報提供による道路交通の影響評価を行うことや、VICSのレベル3の渋滞情報だけを対象としたがそれ以外の交通情報提供に対するモデルの構築などが挙げられる。

参考文献

- 岩崎伸昭；運転者の心理・経験と交通状況を考慮した動的経路配分手法
黒川洸；非集計行動モデルの理論と実際／(社)土木学会
内山久雄ほか；やさしい非集計／(社)交通工学研究会
桐山勝ほか；ITSのすべて／日本経済新聞社
VICSの挑戦；財団法人 道路交通情報通信システムセンター
財団法人交通工学研究会；高度情報化に対応した道路及び道路交通システム／第57回・第58回交通工学講習会テキスト
河口至商；多変量解析入門I／森北出版株式会社
奥野忠一ほか；多変量解析法／日科技連出版社
谷口正明・羽藤英二；経路選択における道路交通情報の有効性／土木計画学研究・講演集 No.16, p89-p94, 1993
中里亮・兵藤哲朗・高橋洋二；高度交通情報システムを用いた貨物運行車の経路選択行動／第16回交通工学研究発表会論文報告集, p77-p80, 1996
羽藤英二・谷口正明・杉恵頼寧；経路選択における交通情報提供の有効性の分析／第13回交通工学研究発表会論文集, p93-p96, 1993
久保篤史・飯田恭敬・宇野伸宏；旅行時間情報提供下での逐次経路選択行動に関する実験分析／土木計画学研究・講演集 No19(2), p749-p751
飯田恭敬・内田敬・中原正顕；所要時間情報によるドライバーの経路変更の分析／第12回交通工学研究発表会論文集, p49-p52, 1992
飯田恭敬・宇野伸宏・松井恵太；動的シミュレーションによる交通情報提供の影響分析／土木計画学研究・講演集 No18(1), p13-p19, 1993
堀田都・横田孝義；シミュレーションによる交通情報提供効果の評価／第13回交通工学研究発表会論文集, p81-p84, 1993
飯田恭敬・宇野伸宏・長谷川哲朗；情報提供効果の分析のための経路選択シミュレーション／土木計画学研究・講演集 No15(1), p67-p70, 1992
飯田恭敬・内田敬・中原正顕・広松幹雄；交通情報提供下の経路選択行動のパネル調査／土木計画学研究・講演集 No16(1), p7-p11, 1993
飯田恭敬・宇野伸宏・村田重雄；実験による情報提供下の経路選択機構の分析／第13回交通工学研究発表会論文集, p97-p100, 1993
古屋秀樹・西井和夫・上西雅規；経路所要時間情報提供システムが観光周遊行動に及ぼす影響分析／土木計画学研究・講演集 No19(1), 1996