

IT を用いた交通調査の高度化・効率化に関する研究

井坪 慎二

[目次]

1. 序論	1
1.1. 背景	1
1.2. 我が国における交通調査結果の適用場面	2
1.3. 需要予測と交通量調査データの関連	3
1.4. 日本における道路交通調査の課題点	5
1.5. 本研究の目的	7
2. 交通調査に関する現状と課題	10
2.1. ラグランジュ型交通調査とオイラー型交通調査	10
2.2. 日本におけるラグランジュ型の交通調査とその課題	10
2.3. 日本におけるオイラー型の交通調査とその課題	11
2.4. 既存の文献のレビュー	12
2.4.1. 起終点調査に関する既存の文献	12
2.4.2. 交通量調査に関する既存の文献	14
2.5. まとめと本研究のねらい	16
3. 交通量調査の高度化に関する検討	17
3.1. 本章の目的	17
3.2. 新たな交通量計測機器（新型モバイルトラカン）に必要とされる要件	17
3.2.1. 現状分析	17
3.2.2. 人手観測による交通量計測の誤差について	17
3.2.3. 機械計測手法の開発目標	24
3.3. 新型モバイルトラカンに適するセンサの検討について	26
3.3.1. センサの比較検証について	26
3.3.2. 赤外線センサの原理と特徴	31
3.5. まとめ	38
4. 起終点調査の高度化に関する検討	40
4.1. 本章の目的	40
4.1.1. プローブパーソン調査の特徴について	40
4.2. 調査概要	41
4.2.1. 被験者の募集	41
4.2.2. 被験者の属性	41
4.2.3. 調査スケジュールと調査の手順	43
4.2.4. 調査票の設計	44
4.2.5. プローブパーソン調査の実施方法	45
4.2.6. GPS 機器の位置測定精度について	50

4.3.	プローブパーソン調査の活用による調査精度の向上・効率化.....	51
4.3.1.	コスト面の調査の効率性の向上について.....	51
4.3.2.	トリップ把握精度の向上.....	53
4.3.3.	経路情報の取得と所要時間の把握.....	56
4.3.4.	所要時間情報の精度向上.....	56
4.4.	プローブパーソン調査に関する被験者の負荷について.....	57
4.5.	IT 機器に不慣れな世代による機器操作性について.....	59
4.6.	大規模調査に活用する際の課題.....	65
4.7.	まとめ.....	67
5.	プローブパーソン調査を用いた様々な政策アウトカムの計測.....	69
5.1.	本章の目的.....	69
5.2.	調査の概要.....	69
5.2.1.	調査の目的.....	69
5.2.2.	被験者の募集.....	69
5.2.3.	調査対象期間.....	73
5.2.4.	調査の概要.....	73
5.3.	つくばエクスプレスの開業によるインパクトの分析.....	75
5.3.1.	定時制の向上による朝のゆとり時間の創出.....	75
5.3.2.	東京方面への利用交通手段の変化.....	77
5.4.	つくば地域の交通課題の把握に関する分析.....	78
5.4.1.	つくば地域の交通状況の特色.....	78
5.4.2.	つくば市周辺のピーク時の旅行速度.....	78
5.4.3.	抜け道に関する分析.....	80
5.4.4.	つくばセンター周辺の駐車場の選択に関するうろつき交通の発生.....	82
5.4.5.	送迎トリップに関する分析.....	86
5.5.	まとめ.....	87
6.	新規交通施設整備による交通行動の変化.....	89
6.1.	はじめに.....	89
6.1.1.	時間信頼性に関する既存の研究.....	89
6.2.	対象地域の概要.....	90
6.3.	スクリーンライン交通量調査の結果.....	91
6.4.	スクリーンライン交通量調査の結果プローブパーソン調査による抜け道交通の特性分析.....	93
6.4.1.	PP 調査の概要.....	93
6.4.2.	細街路の利用特性に関する分析.....	96
6.4.3.	細街路における道路利用実態.....	97

6.5.	所要時間変動と経路選択の関係性に関する実証分析	105
6.6.	京奈和道路開通による所要時間と時間信頼性変化に関する分析	114
6.7.	未計上便益の計測に関する分析	119
6.7.1.	細街路から幹線道路への交通転換による便益.....	119
6.8.	CO2 排出量の変化に関する分析	122
6.9.	道路ユーザーニーズの把握ツールとしての活用	124
6.10.	まとめ	127
7.	まとめ.....	129
7.1.	本研究のまとめ	129
7.2.	本研究による新たな知見.....	135
[参考文献]	136

1. 序論

1.1. 背景

より効率的かつ透明性の高い社会資本整備を行うために、道路交通に関する業績をデータに基づき適切に評価し、それを政策立案および事業実施に適切に反映させることの必要性が増してきている。国土交通省においても、これまで「平成15年度道路行政の業績計画書」¹⁾、「平成15年度道路行政の達成度報告書/平成16年度道路行政の業績計画書」²⁾「平成16年度道路行政の達成度報告書/平成17年度道路行政の業績計画書」³⁾をとりまとめ、その中で各種の業績指標について、目標値及び現況値を公表している。この中で道路交通の円滑性を計測するための主要な指標として渋滞損失指標を掲げているが、その算出には、全国道路街路交通情勢調査（以下、「道路交通センサス」という）により計測される交通量や、旅行速度が用いられている。さらに、近年では、地球温暖化防止のためのCO2排出量のモニタリングや、大気環境の保全のための大型車交通量の把握などの目的で交通量や旅行速度といった交通データは、益々重要度を高めている。また、将来の交通計画を策定するための需要予測については、道路交通センサスの自動車起終点調査や全国PTなどの起終点調査データが用いられている。

これらのように、道路交通施策を策定する際に、交通量、旅行速度、起終点（OD）といった交通データは、無くてはならないものである。これらの交通データを取得するため、国土交通省では、概ね5年に1度の割合で道路交通センサスを実施しており、一般交通量調査の中で全国約3万箇所の交通量、旅行速度、道路状況の調査を行い、自動車起終点調査のなかで約160万台の自動車を有効調査台数としてODの調査を行っている。また、交通量については、全国約500カ所において、4車種区分が可能な車両感知器を用いて、常時観測を実施している。このほかにも、有料道路などの社会実験の効果計測や、新規道路整備効果の把握を目的として、全国各地で交通データの取得が行われている。

しかし、道路交通センサスをはじめとするこれらの調査については、数十年来、基本的な調査の枠組みが変わっておらず、人手に頼って行われているのが現状である。基本的な道路交通センサスなどの調査員については、多くの調査員は短期的に雇われたアルバイトであることが多く高コストである、調査精度の均質性を保ちにくい、データを電子化する時間・労力がかかるなどの課題が存在する。これらの問題点の中でもコストをどう削減していくかという点については、今後益々財政事情が厳しくなるなかで、早急に対応していくべき課題である。

また、道路交通センサスについては、概ね5年に1回の秋期のみの調査結果であり、交通量常時観測調査についても、全国で約500カ所と限られている。道路については、ある一定レベルのストックが形成され、「つくる」時代から、より効率的に「つかう」時代に突入し、TDM・モビリティマネジメントをはじめとしたソフト施策も含めた総合的な交通計画を立案していく必要がある。これらの立案については、時間帯毎の混雑状況や、よ

り細かなゾーン区分での OD 情報やなど、よりきめ細かな交通データが必要となってきたりしている。

その一方、近年の情報技術（以下、「IT」という）の発達はめざましく、収集系として活用可能なツールが普及してきている。人々や車の移動を詳細に把握するための位置特定技術としては、GPS（Global Positioning System）機器が携帯電話などにも搭載され、交通調査ツールとして実用化がなされはじめている。また、超音波や磁気センサなど、交通量をはじめ人々や車の通過を感知することができるセンサ群の価格も非常に安価となってきたりしている。これらの情報技術を活用することにより、豊富な情報量で、かつ、調査精度も高く、そして安価な交通調査を行える可能性がある。

1.2. 我が国における交通調査結果の適用場面

交通調査は、そもそも我が国の交通課題の現状把握や課題解決等に用いるために実施するものである。そのため、交通調査手法について議論をするに際して、調査結果がどのように使われているかという活用場面について触れておく。

表 1.1 に我が国の交通調査の活用場面を整理している。この表を見ても分かるとおり、道路交通センサを主体とした交通量調査の結果については、非常に多様な場面で活用が行われている。

特に、将来交通量推計および将来の道路ネットワークの交通量配分においては、非常に多様な場面で使用が行われている。特に近年注目を浴びているのが、事業路線における費用対効果の算出である。我が国においては、将来需要予測を行い、その結果を元に交通量配分を行い、新規路線については費用便益分析、つまり B/C を算出している。費用便益分析の結果のみで新規路線の採択を行っているわけではないが、実質的には費用便益費が 1 を上回らない限り道路の整備は困難である。また、費用便益分析による投資効率の結果は、事業の完成まで一定期間ごとに行われ、その都度、事業評価監視委員会により事業の是非の評価が行われる。

また、日本の高速道路は平成 17 年に高速道路株式会社と独立行政法人高速道路保有・債務返済機構が設立され、高速道路資産については、高速道路保有・債務返済機構が保有し、その貸付料を各高速道路株式会社から徴収するという流れになっており、その貸付料の算定にあたっては、将来交通量推計の結果が用いられている。この様に将来交通量推計結果については、我が国の社会資本整備に関して、直接的かつ根本的に関わっており、その推計の元となる交通調査データの如何により、日本の生活・経済を支える道路ネットワークの整備が直接左右されることとなる。

表 1.1 我が国における交通調査結果の活用場面

	使用分野	実際の使用の場面
OD 調査・交通量調査	将来交通量推計・各路線将来交通量の算定	事業路線の費用対効果 (B/C) の算出
		有料道路償還計画の基礎資料
		将来道路路線の種級、車線数の決定
		環境影響評価の基礎資料
		交差点計画 (右折帯流長の決定)
		橋梁床板厚の決定 (大型車交通量より)
		新規路線の舗装構成の検討 (大型車交通量より)
	交通問題の諸検討	観光面での基礎検討資料
		渋滞対策の基礎資料
		高速料金割引等社会実験の影響把握の基礎資料
物流施策の検討基礎資料		
交通量調査	渋滞把握	渋滞損失時間の算定
	維持管理計画の基礎資料	舗装オーバーレイの基礎資料
	騒音等検討の基礎資料	道路環境センサスなどの基礎資料
	沿道環境改善の基礎資料	大気環境影響把握の基礎資料

1.3. 需要予測と交通量調査データの関連

前述のとおり、我が国将来の交通量の推計の場面において、交通調査の結果が用いられ、その推計如何によって、我が国の道路整備が左右され、さらには、将来の国民の生活・社会経済活動が影響をうけることとなる。交通量調査結果は、我が国の将来に影響を及ぼす重要な基礎データであるが、将来需要予測と交通調査データとの関連について、詳しく説明を行う。

図 1.1 に、将来交通需要予測と交通調査データの関係を示している。図 1.1 に示すとおり、将来交通需要予測は、全国総走行台キロの推定、全国将来 OD 表の推定、配分交通量の順で行われており、そのすべての段階で交通調査データが用いられている⁴⁾⁵⁾。また、図 1.1 に示す全国総走行台キロの推定のうち、乗用車走行台キロの推定のフローを図 1.2 に示す。発生原単位の推定、乗用車分担率の推定には、全交通機関を対象にしたパーソントリップのデータが用いられており、平均利用距離および平均輸送人数については、道路交通センサスの OD 調査の結果が用いられている。このように、将来交通需要予測と交通調査データは密接に関連しており、交通調査結果の精度が直接将来交通量の予測の精度に直結す

ると言っても過言では無い。

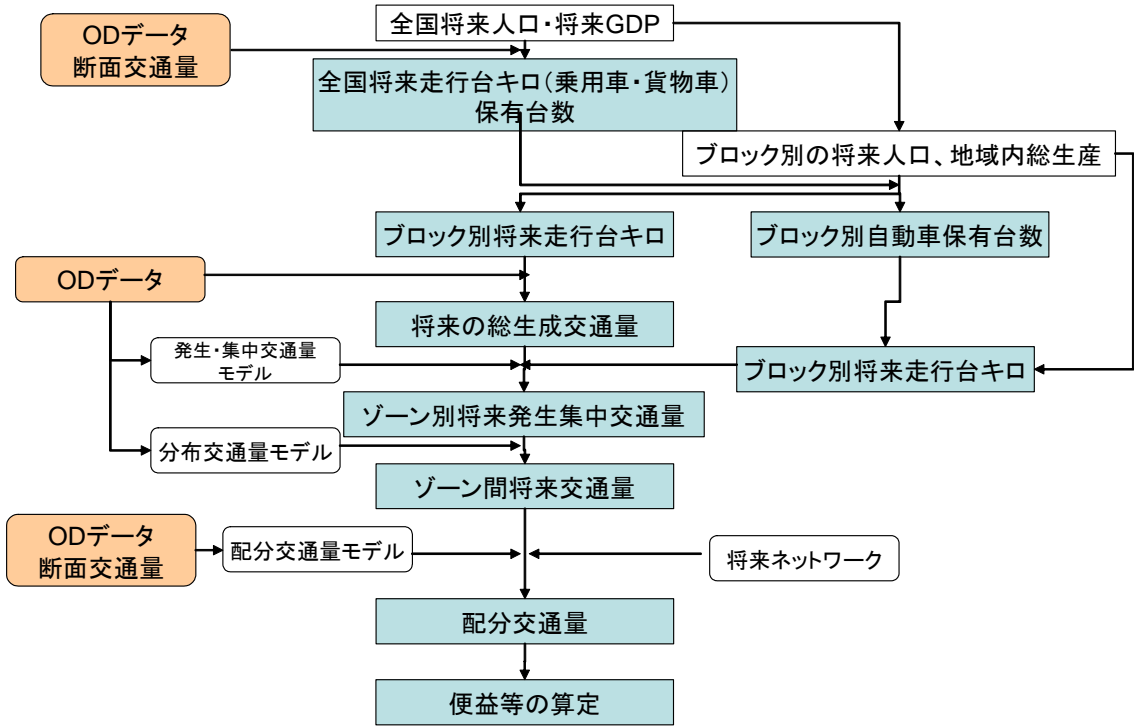


図 1.1 将来交通需要予測と交通調査データとの関連

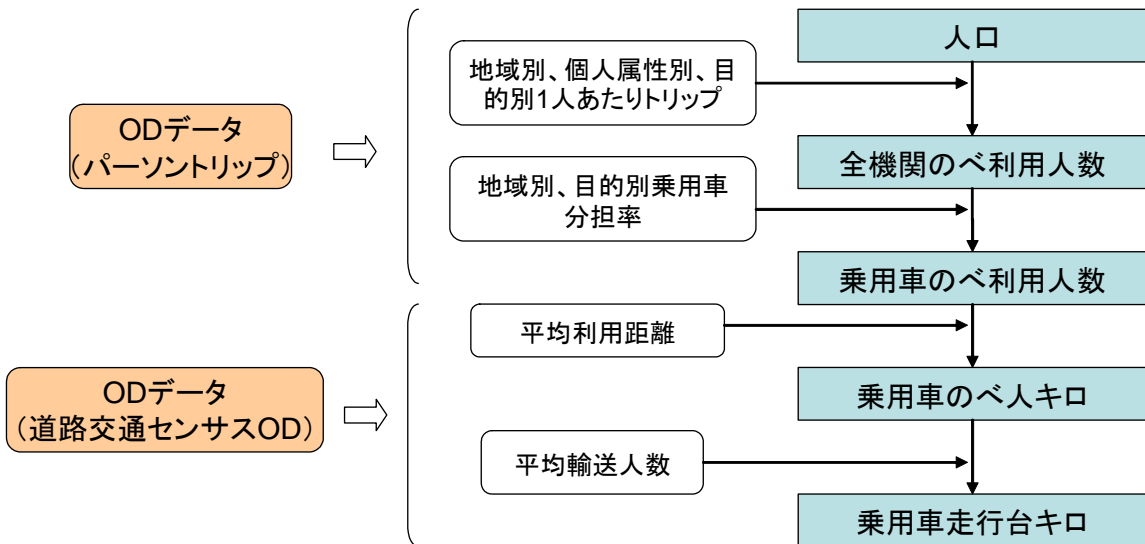


図 1.2 全国乗用車走行台キロの推定

また、前述のとおり断面交通量調査と起終点調査は、交通需要予測においては、両者とも欠くことのできないデータであり、車の両輪とも言える。

起終点調査においては、地域別/属性別/目的別等の1人あたりトリップや、平均利用距離等の将来予測のためのパラメータを提供する調査である。また、断面交通量については、総走行台キロのトレンドや現在値の確認、配分交通量の現況再現性のチェックなど、主にコントロールトータルを決めるために用いられる。これらの関係の概念図を図 1.3 に示す。

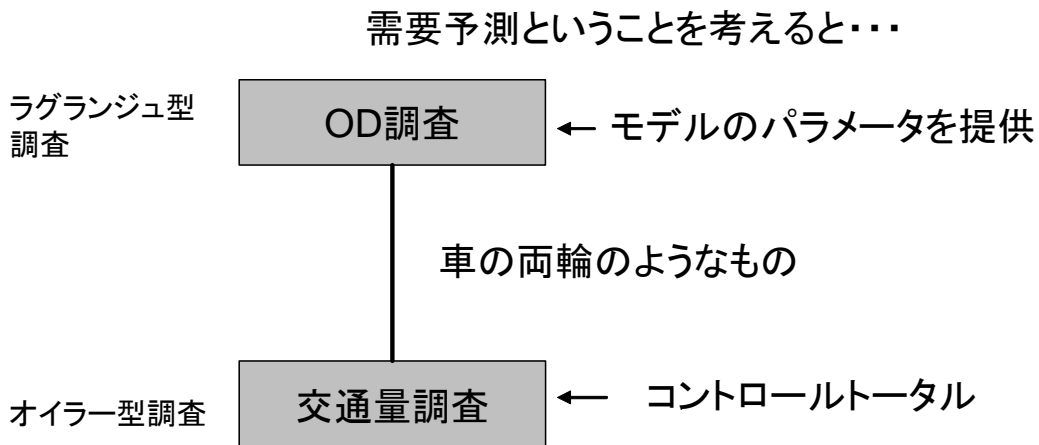


図 1.3 OD 調査と交通量調査の関係

1.4. 日本における道路交通調査の課題点

前述のとおり、我が国の将来交通需要予測および交通課題を検討する際に交通調査データが用いられているが、以下に記述する課題が存在している。

○短期的な交通行動の変化がとらえにくい

2008 年の前半には、租税特別措置法の期限切れによる揮発油税の本則税率化（暫定税率 48.6 円/リットル→本則税率 24.3 円/リットル）や原油高騰によるガソリン等の価格の高騰により、ガソリン価格が乱高下した。

また、2009 年度 3 月には、緊急経済対策の一環として、高速道路料金が土日に限り、1000 円という施策が政治主導で実施されている。

これらの変化や施策は非常に短期間のうちに行われるため、定期的なモニタリング調査を行っていないと、誘発交通等の交通量の変化の把握は難しい。しかしながら、我が国においては限られた断面での交通量観測は交通量の感知器等により常時行われているが、トリップに着目した調査は、約 5 年に一度実施されるだけである。そのため、これらのガソリン価格等に着目したトリップ目的や機関分担等の分析は困難である。ガソリン価格の低下や、高速料金割引により誘発交通が発生したとも考えられるが、現在の交通調査結果が

らは、因果関係も含めた評価が困難である。

○長期的な個人のライフスタイルの変化がとらえられない

道路交通センサスやパーソントリップ調査は、自動車登録データや住民基本台帳からの抽出調査であり、毎回の調査に対して、抽出対象者は異なる。そのため、個人のライフスタイルに着目した変化は把握が難しい。特に、我が国においては、地方部の公共交通機関の衰退による自動車依存の増加や、それに付随する高齢者ドライバーの増加などが想定されているが、変化に着目したデータの把握が難しい。継続的にパネル調査を実施することができれば、ライフスタイルやそれによる交通行動の変化を経年的により顕著にとらえることができる。

○経路情報の取得が困難である

現行の道路交通調査のうちトリップの起終点を把握する調査は、紙アンケート方式による調査が主体である。そのため、調査対象者であるドライバーの経路情報を知ろうとした場合には、地図等への経路の記載が必要であり、調査対象者への負担が大きい。そのため、道路交通センサス OD 調査やパーソントリップ調査においては、経路情報の把握が困難である。

経路情報が把握できていないため、例えば事故率の高い細街路の抜け道的な利用状況などの実態については、把握ができていない。

○トリップ長が不正確

図 1.2 に示すとおり、乗用車走行台キロの推定に際しては、平均利用距離をデータとして用いている。一方で、道路交通センサスの OD 調査においては、オドメータの距離を記載することとしているが、調査対象者の記憶に頼る調査方法となっており、その計測精度は決して高いものとなっていない。

○OD 所要時間の把握が不正確

OD 間所要時間については、道路交通センサス OD 調査やパーソントリップ調査などで、起終点やその発着時刻を記憶に頼り記入するため、5分や10分などある一定の単位でまとめられてしまう。

OD 所要時間などに関しては、例えば将来 OD 量を推定するに対して、グラビティモデルなどでは地域間の距離時間は重要なパラメータであり、その精度の向上は将来交通需要予測の精度向上に直接関連する。

○人手に頼った調査のため高コスト構造

我が国の起終点調査は、調査員が訪問・調査票留め置き・回収という人手に頼った調査

である。また、交通量調査にしても、一部の機械観測地点を除き、アルバイトを雇い目視による手観測を行っている。人手観測結果は、電子データにするため入力の手作業も発生する。また、これらの人手は、多くはアルバイトであるが、アルバイトを管理するための管理経費等も発生する。これら、我が国の交通調査は、人手に頼っているが故に高コスト構造となっている。

これらの課題について、「短期的な交通行動の変化がとらえにくい」「長期的な個人のライフスタイルの変化がとらえられない」の点に対しては、継続的なパネルモニタを確保しておくことで対応が可能である。次章以降で説明を行うプローブパーソン調査については、日々のモニタに対する負荷が少なく、継続的な調査の協力が得やすいという特徴がある。また、6章にて京奈和道路開通によるプローブパーソン調査の解析を行っており、元データには、開通後1年経過したのちのパネルデータを用いている。本調査におけるパネル調査は、モニタのうち半数以上の協力が得られており、プローブパーソン調査においては、パネル調査の協力が得やすい。

「経路情報の取得が困難」「トリップ長が不正確」という点に対しては、GPSを用いて位置を把握し、デジタル道路地図にマップマッチングを行うプローブパーソン調査では、紙調査に比べると、遙かに精度の高い情報が取得できる。

「OD 所要時間の把握が不正確」という点に対しても、プローブパーソン調査では、トリップの起終点で機器の操作を行うため、起終点の時刻をサーバに記録できる。記憶にたよる紙調査に比べると、こちらも遙かに正確な情報が取得できることとなる。

「人手に頼った調査のため高コスト構造」という点については、機械化を行うことにより改善が可能である。交通量調査については、3章にて説明を行う簡易な計測機器を用いることにより、イニシャルコストは高くなるが、ランニングコストを低減できるため、トータルコストの削減が可能である。また、4章以降で説明を行うプローブパーソン調査についても、一定期間の継続調査を行うことにより、1日あたりの費用ではコストを削減できることとなる。

1.5. 本研究の目的

本研究の目的は、断面交通量調査と起終点調査を主眼に置き、コストの削減・得られる情報量の増加・精度の向上という点から、交通調査を高度化・効率化することに主眼を置き、新たな技術を用いた交通調査について、実測データに基づきその実用可能性を検討し、今後の課題について検討を行う。さらに、新たな技術を用いた交通調査の実測データから、今まで明らかになっていなかった事実について解析を行うことにより、新たな交通調査手法の有効性を確認する。以下に、各章の構成を示す。

2章では、我が国でこれまで行われている既存の交通調査について、整理を行い、さらに、交通調査に手法について行われている既存の研究についてレビューを行い、断面交通

量調査および起終点調査という交通調査の両輪の調査についての課題を明らかにする。

3章では、断面交通量調査について、既存の手観測の精度の比較から、必要とされる交通量精度を明らかにして、新たなセンサ技術を用いた交通量調査手法およびシステムを開発する。

4章では、起終点調査について、GPS 付き携帯電話+インターネットダイアリーを用いた調査（以下、プローブパーソン）技術について、調査コストを含めた効率性、これまで定量的な評価が困難であった無報告の問題、得られる調査精度の向上などについて、実測データを元に、紙ベースのアンケート調査との比較を行うことにより、プローブパーソン調査の有用性について検証を行う。

5章では、つくばエクスプレスの開通に伴うインパクトを計測するために行われたつくばプローブパーソン調査により得られた結果から、政策課題に対応した様々なアウトカムの計測事例について示すことにより、プローブパーソン調査の有効性を示す。

6章では、京奈和道路の開通前後のプローブパーソン調査結果から、新規道路施設整備事前事後のパネル調査結果から、これまで明らかにならなかった抜け道など細街路の利用特性、経路選択行動について、時間信頼性の観点から検証を行う。

7章では、2章、3章、4章、5章、6章までの結果について、まとめを行い、本論文による新たな知見についてまとめる。これらの各章の関係を、図 1.1 に示す。

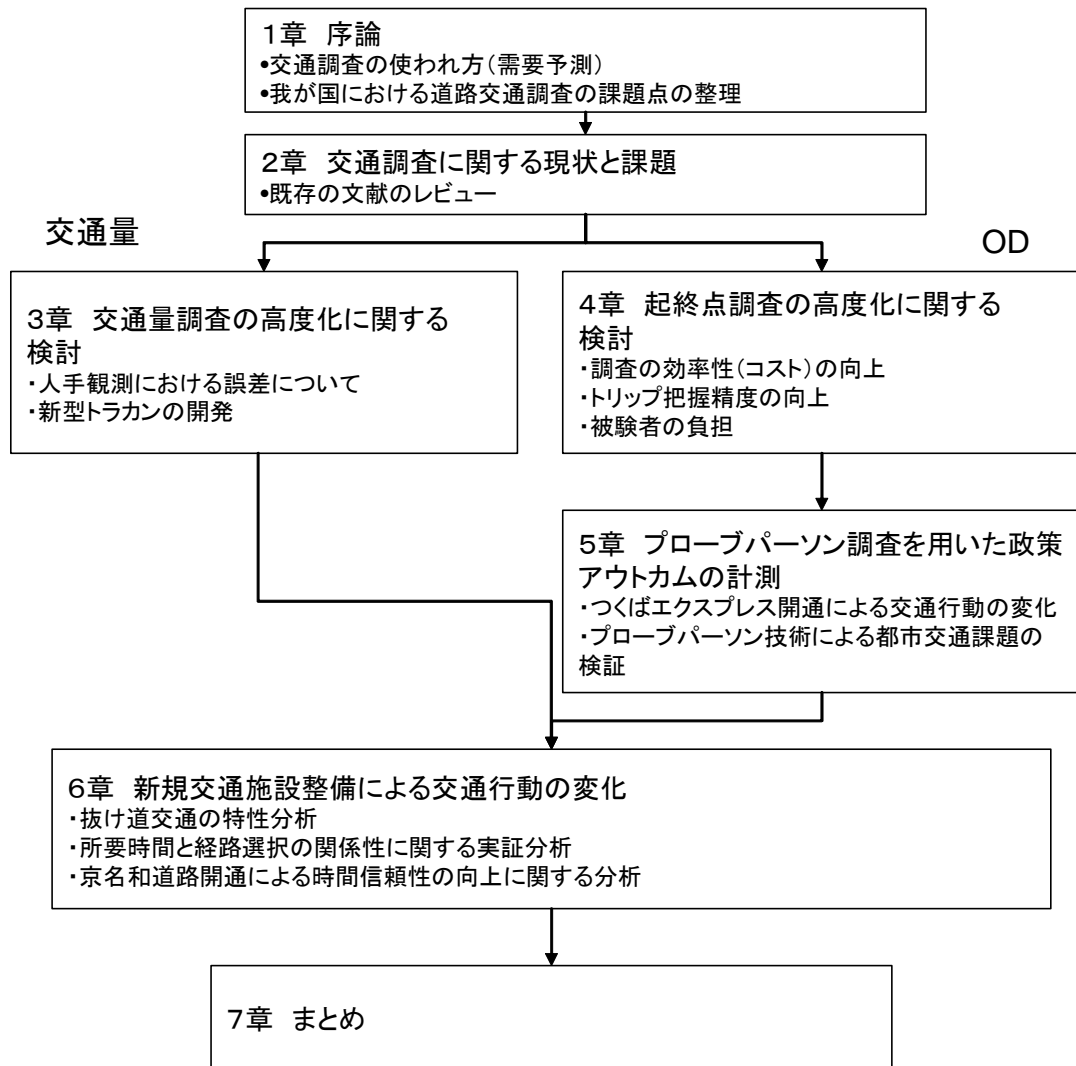


図 1.4 各章の構成

2. 交通調査に関する現状と課題

2.1. ラグランジュ型交通調査とオイラー型交通調査

本論文では、交通計画に特に重要と考えられる、車を含めた人の移動の流れを把握する調査手法と、主に車に焦点をあてて車の通過量を計測する調査手法に主眼を置き議論を進める。前者を流体力学の概念を用いて、ラグランジュ型の交通調査と定義を行い、後者をオイラー型の交通調査とする。これらの2つの調査手法は、交通計画を立てる際に何らかのモデルを作ると言った際には、前者がサンプル的に個々の詳細なトリップを把握することにより様々なモデルの構築のためのパラメータを提供するという意味合いを持つことが多い。それに対して、後者については、地点通過する交通量の全数調査となるためモデルのトータルコントロールのデータを提供する、もしくは、モデルの再現性などをチェックするためのデータを提供するという用途で使われる。いわば、この2つの調査による調査の結果は、交通計画をたてる際にいずれも欠くことはできず、いわば車の両輪のようなものである。

2.2. 日本におけるラグランジュ型の交通調査とその課題

表 2.1 に日本国内におけるラグランジュ型の調査である主な起終点調査を示す。いずれの調査についてもそのほとんどが大規模サンプルの1日の紙ベースのアンケート表を用いた訪問留置による調査である。

このような調査については、秋の1日の調査であるため、季節変動を抑えることができない。人手による訪問留置調査であるため、コストがかかる。アンケート票を用いた調査であり、被験者の回想に頼るため記入の誤りが発生しやすい。回答負荷が大きいいため、記入漏れが発生しやすいといったような問題点がある。

また、近年では、個人情報保護法も施行され、国民のプライバシーの意識も非常に高まりつつあり、訪問留め置き型の調査では、紙ベースのアンケート調査に対しては難色を示されることも少なくない。

表 2.1 ラグランジュ型の主な大規模調査交通調査

調査名称	全国道路街路交通情勢調査 (道路交通センサス)	都市圏パーソントリップ調査 (東京都市圏)	全国都市パーソントリップ調査
主な調査主体	国土交通省 都市地域整備局・道路局	国土交通省 都市地域整備局	国土交通省 都市地域整備局
調査周期	概ね5年周期	概ね10年周期	概ね5年周期
調査地域	全国	東京都市圏	全国の都市 (約100都市)
調査の対象	自動車の一日の車の運行	人の1日の流動	人の1日の流動
調査方法	紙ベースのアンケートによる訪問留置調査	紙ベースのアンケートによる訪問留置調査	紙ベースのアンケートによる訪問留置調査
抽出率	自動車の登録データに対して、2～3%	住民基本台帳に対して、2～3%	1都市あたり500世帯

2.3. 日本におけるオイラー型の交通調査とその課題

また、表 2.2 に日本国内におけるオイラー型の調査である主な交通量調査を示す。これらの交通量調査については、道路交通センサスにおいては、一部は簡易型のトラフィックカウンターを用いて機械計測を行っているものの、その多くは人手観測に頼っているため、コストがかかるという問題点がある。H11 道路交通センサスにおける平均的な地点である往復2車線平均交通量6000台、平日12時間調査休日12時間調査という条件で、調査コストを考えた場合、約16万円と試算されている⁶⁾。この試算値は、調査の準備、調査員の人件費、管理費、諸経費など業務委託に関わる金額をすべて含んでいる。さらに、人手観測については、その精度の均質性の確保が非常に難しい。特に道路交通センサスという大規模調査の場合では、その大部分をアルバイトの観測員にゆだねることとなるので、その精度の均質性の確保はより一層困難となる。

常時観測地点には、基本観測地点や補助観測地点があるが、通年を通して交通量を把握できる地点は、約500地点と非常に限られている。

また、上記の様な定期的な調査のほか各行政主体や道路管理者のニーズに応じて、交通量調査が行われている。H15年の実績では、約2500の道路交通センサス区間において、交通量の調査が行われている⁷⁾。

表 2.2 オイラー型の主な大規模調査

調査名称	全国道路街路交通情勢 調査 (道路交通センサス)	常時観測調査	
		基本観測調査	補助観測調査
主な調査主体	国土交通省 道路局	国土交通省 道路局	国土交通省 道路局
調査周期	概ね5年周期	年間を通して常時観測	毎年の春と秋
調査地点数	交通量観測地点は約2 万2千箇所	約500地点	約200地点
調査の方法	主に人手観測による4 車種分類 (一部機械計測)	車両感知器(トラフィック カウンター)による 4車種分類	簡易トラフィックカウ ンターによる1週間の 連続調査

2.4. 既存の文献のレビュー

2.4.1. 起終点調査に関する既存の文献

回想式のアンケート方式による起終点調査の報告漏れは、交通調査において大きな課題である。というのも、起終点調査によるトリップ情報の収集は、トリップの生成過程やトリップの総量を類推することが大きな目的であり、起終点調査による報告漏れはそれらの分析に直接的に影響を与えるからである。

Brog⁸⁾らは、起終点調査について「報告されないトリップ (non-reported trips)」の理由として、以下の3つを示している。

- ①数日にわたる調査において被験者の注意不足
- ②トリップを忘れた、もしくは、冗長と判断して報告しない。
- ③計画されたトリップを知られなくなかった。

さらに、レポートされないトリップは、5-15%であり、利用する交通機関やトリップ目的により異なることを示している。

また、その後 Richardson⁹⁾は、短距離トリップ、重要でないトリップ、自動車でないトリップについては、報告漏れが起きやすいことを指摘している。

Forrest¹⁰⁾らは、GPSを用いたトリップ把握の方法と、CATI (computer-assisted telephone interview) 方法の比較により、手法の違いによるトリップの把握特性の違いを検証した。

Stopher¹¹⁾らは、GPSにより取得された軌跡データを用いて、被験者の記憶を想起させることによる調査手法を作成し、その結果や、メリットなどを記述した。

Pearson¹²⁾らは、GPSと電話インタビューによりトリップを比較し、報告されないトリップについて、トリップ目的別に検証を行っている。

羽藤らは¹³⁾、都市空間における時空間アクティビティデータの収集手法としてPHSを用いて、従来のパーソントリップ調査との比較を行っている。その結果、従来のパーソントリップ調査にくらべ、経路情報の収集が容易であり、1割程度のアンケートの記入漏れのトリップの計測が可能となることを報告している。

GPSを用いた交通行動調査として、以下がある。

FHWA¹⁴⁾では、車載型：hand-held computerとPersonal Digital Assistant（GPS receiverを組み合わせてシガーライター部から電源を得られるよう加工した機器）をつかって、世界で最初のGPSを利用した大規模なテスト的な交通行動調査をレキシントンにおいて行っている。GPSによる位置情報に加え、機器によりトリップ目的などを取得し、GPSにより取得された、トリップ数、旅行時間、旅行距離等を、過去に行われたCATI調査による結果と比較している。

Bachu¹⁵⁾らは、GPSにより得られた軌跡をGISを用いて被験者に示すことにより過去のトリップを想起させる方法により交通行動調査を実施した。コストも安く、被験者の負担が少ないため、今後の交通行動調査への活用を示唆している。

Pearson¹⁶⁾らは、本格実施された最初のGPSによる交通行動調査をおこなった。既往調査とGPSによる調査を比較することにより、GPSにより取得されるデータの取得間隔からトリップ起終点を判別するための最適時間（Dwell time）を算出し、全てのトリップに対する報告漏れトリップの割合は、Dwell timeが45秒のとき31.1%、120秒のとき12.4%であった。

Sean¹⁷⁾らは、GPSにより取得されるデータから得られる経路データ、滞留データをGIS上に表示するアルゴリズムを開発し、99%の精度での経路情報や、車両停止（滞留）の有無を把握している。

Draijer¹⁸⁾らは、携帯型調査機器の使用により、自動車以外の交通手段についての情報取得を試みた初めての交通調査を実施している。被験者負担の減少（あるいは除去）、経路選択情報、高精度の位置情報、デジタルでのデータ取得などを目的として実施した。

既存の起終点調査の問題点に関しては、以下の検討が行われている。

Schoenfelder¹⁹⁾らは、スウェーデンのBorlangeにおいて、310台で車載型の機器を用いて、調査をアクティビティダイアリ調査により行っている。トリップ起終点と乗客を降ろすなどの短い滞留を判別し、トリップ終点の位置や土地利用、トリップ開始時刻やトリップ時間からトリップの目的を特定している。

California Department of Transportation²⁰⁾では、トリップ起終点、旅行時間、交通手段、トリップ目的などをCATIで調査し、CATIとGPSによるトリップを比較することにより、GPSにより取得・判別が可能（不可能）なトリップや従来のCATI調査による未報告トリップがどの程度存在するかを分析している。トリップ時間や世帯構成、年齢、収入などの世帯・個人属性別に未報告トリップ割合を算出、短時間のトリップについて未報告のケ

ースが多いことを示している。

Wolf^{2 1) 2 2)}らは、では、ジョージア工科大学を中心として複数機関の協力により実施された、交通や土地利用に関する大規模調査を行っている。GPSデータからのトリップ検出、土地利用からのトリップ目的生成、経路・距離の算出を試みている。

East-West Gateway Coordinating Council^{2 3)}では、CATIによる交通行動調査とあわせてGPSによる調査を実施し、両データによる旅行開始時刻を基準に、12.5分を閾値としてCATIとGPSのトリップをマッチングし、CATIとGPSのトリップ数を比較した結果、CATIによる未報告トリップの有無に影響を及ぼす要因として、旅行時間、自動車保有、世帯収入、年齢以下の4つの要因の影響が大きいことを示した。

Department for Transport^{2 4)}では、London Area Travel Survey の一部としてGPSによる交通調査を実施している。TIAS (GeoStats software) により、GPSデータを旅行距離やトリップ情報を含むダイアリーデータに変換しアンケートによるダイアリーデータと比較し、ダイアリー調査では、複数の未報告トリップが存在していることを確認している。調査後、機器の使いやすさについてインタビューを行い、高齢者や女性が機器による調査に対して難しさを感じていることを示している。

Asakura^{2 5)}らは、ITを用いた交通調査について、CATI、PHS、GPS、携帯電話 (GSM) を用いた方法などについて、豊富なレビューを行い、かつ、そのデータ処理プロセスについて、技術の進歩や最新の課題について述べている。

Sharp^{2 6)}らは、豊富なレビューを元に、次期交通行動調査に際して、GPS、携帯電話、WEBなど新たなIT技術の活用や、複数日の交通調査も視野に入れて、調査手法の配慮点について整理を行っている。

Wolf^{2 7)}らは、報告されないトリップに着目し、報告されないトリップが、トリップ長 (VMT: Vehicle miles of travel) と所要時間に及ぼす影響について、カルフォルニアにて行われたGPSを用いた交通調査の結果を用いて検証している。

瀬尾^{2 8)}らは、道路交通センサスについて、データ収集や処理を人手に頼っているため、調査に要する時間や費用に課題があることを報告している。

上記で示すとおり、GPSを用いた起終点調査が数多く行われている。また、GPSを用いた起終点調査により「報告されないトリップ (non-reported trips)」の評価が行われている。しかしながら、GPSによる調査が多く行われているエリアは米国であり、その調査手法は電話によるインタビューであるCATI (computer-assisted telephone interview) が中心である。我が国で行われている、紙ベースのアンケートでの「報告されないトリップ」の事例は少ない。

2.4.2. 交通量調査に関する既存の文献

交通量調査に関する既存の検討については、常時観測調査などをはじめとする常設のトラフィックカウンターを用いた調査と、道路交通センサスなど用途で用いられる可搬型ト

ラフィックカウンターを仮設置して行う2種類に分けることができる。

まず、前者の常設のトラフィックカウンターについては、以下の既存の研究が存在する。

吉川²⁹⁾らは、TV画像からの車両の検出を映像情報のみから抽出する方法を述べ、位置設定をグラフィック信号と映像信号の重ね合わせによりビデオモニタで確認しながら行っている。

若井ら³⁰⁾は、機能を絞ることにより、安価な速度検出用画像処理型トラカンについて、天候、時間帯、カメラ設置位置などについて、トラカン精度を検討した。

佐藤ら³¹⁾は、非常電話標識などの既設支柱に設置することを想定した、ステレオ画像処理方式での画像型トラカンの開発を行い、フィールドでの性能確認を行っている。

長谷川³²⁾らは、道路管理用のカメラ画像から画像処理により自動で交通量計測を行い、ほぼ数%の誤差で交通量を計測できることを確認している。

平松ら³³⁾は、ステレオマイクによる左右2つの通過交通音データを用いて、交通量をカウントする手法について約94%の精度があることを確認し、音響センサを用いた交通量調査手法を提案している。

川崎ら³⁴⁾は、伊勢湾岸道路において、施工した「ITVカメラによる画像処理型高越量計測設備」に関する評価を行い、95%-104%の交通量検知精度、93%-105%の速度検知精度を得ることを確認した。

また、後者の可搬型のトラフィックカウンターの検討については、以下のものがある。

榎園ら^{35) 36)}は、超音波センサを用いた持ち運び可能な簡易な交通量の計測システムを作成し、計測誤差が数パーセント以内であることを確認している。

井坪³⁷⁾らは、簡易型トラフィックカウンターの精度について、ビデオ観測を真値として、手観測の精度と比較を行い、コストについても人手観測と比較を行っており、簡易型トラフィックカウンターを用いた調査では、そのコストが約2/3となることを確認している。。

石間ら³⁸⁾³⁹⁾は、走行路実験を通してセンサネットワーク技術の特性や適用条件などを把握し、その利用可能性の検討を行っている。具体的には、走行・停止車両の検知、走行車両の車長計測、走行車両速度の計測、渋滞車両の検知、道路状況の把握などへのセンサネットワークの適用可能性について報告を行っている。

井坪⁴⁰⁾らは、国内外の交通量調査機器について、インターネット上の情報や既存の文から調査を行い、その全体像を把握した上で、今後の方向性について述べている。

このように、まず、常設型のトラフィックカウンターについては、これまで超音波による交通量計測が主流であったが、近年は道路監視用の画像（ITVカメラ）などを用いた交通流計測の開発が行われている。

また、可搬型のトラフィックカウンターについては、超音波センサを用いた開発が行われたが、その後の報告が無く、現状の手観測と比較して、劇的なコストダウンとなる調査手法が未だ確立されていない。

2.5. まとめと本研究のねらい

本章では、既存の交通調査について起終点調査と断面交通量調査をラグランジュ型とオイラー型と分類した上で、日本国内で行われているそれぞれの調査について、概観を行い、既存の研究についてレビューを行った。2章の結果をまとめると、以下の通りである。

- 日本国内では、道路交通センサス、パーソントリップ調査など、多くのオイラー型とラグランジュ型の調査が行われているが、その大部分は、人手により行われており、高コスト構造となっている。
- ラグランジュ型の交通調査である起終点調査では、既存の紙アンケートによる方法では、回答負荷が大きいため、「報告されないトリップ」が発生していることは、確認され、GPS を用いた調査により検証が行われているが、電話によるインタビューの CATI が中心である。
- 国民の個人情報に対する意識の高まりから、起終点調査で用いている訪問留め置き調査という手法は、拒否されることが多くなってきている。
- オイラー型の交通調査である断面交通量調査については、人手で行われることにより、コスト高、精度の均質性の確保の困難さ等の問題を引き起こしている。

これらのことから、本研究のねらいとして、以下に示す。

- ①人手観測で行われることにより高コスト構造となっている交通量調査について、簡易に計測を行うことができる機械を開発する。
- ②実際に存在が指摘されている紙アンケート方式による起終点調査の「報告されないトリップ」の問題に対して、紙アンケート方式と IT を用いた OD 調査の比較を行うことにより、その量の把握、特性の分析を実証的に行う。
- ③IT 機器を用いて行う調査により、これまで紙ベースの調査方法では把握が困難であった交通行動についての知見を得る。

3. 交通量調査の高度化に関する検討

3.1. 本章の目的

本章では、道路交通センサや道路の開通の効果計測など様々な目的で行われているオイラー型の交通調査である断面交通量調査について、人手観測によるコストの増大・精度の管理が難しいという前章で議論を行った課題について対応するため、新たな計測機器の導入の検討を行う。以下では、開発を行う新たな交通量計測機器を「新型モバイルトラカン」と呼ぶこととする。

3.2. 新たな交通量計測機器（新型モバイルトラカン）に必要とされる要件

3.2.1. 現状分析

国内外の主要なトラフィックカウンタに関する情報を収集し、性能比較表として整理した。表 3.1 に示す。使用センサは、超音波センサが一部見受けられるものの、磁気センサが大部分を占めている。また、車種区分は大型と小型の2車種区分である。本項で開発・検証を行う機器については、概ね表 3.1 に示す性能を満たす必要がある。

表 3.1 主要なトラフィックカウンタの性能比較表

メーカー		A社	B社			C社
検出素子		磁気センサ	巨大磁気抵抗センサ	巨大磁気抵抗センサ	超音波センサ(24.5GHz)	パンプ型地磁気変位センサ
測定項目		台数/車速/車長	台数/車速/車種	台数/車速(正・逆)/車長	通過時間/車頭時間、車速、車長	台数/車速/車長
測定精度	台数	98%以上		99%		99.8%
	車速	±10%(6km/h~80km/h)			±1km/h	±5%
	車長	±1m(6km/h~120km/h)	小型車/大型車区分	小型車/大型車区分	±0.1m	±0.7m
計測範囲		6km/h~120km/h	18km/h~128km/h	10km/h~180km/h	3km/h~199km/h	
最大計測台数		3台/秒	5台/秒			
データ保存量		20万台			120万台	6万台/1日
最大計測時間		1週間	1週間		21日間	1年
時計		内蔵	内蔵		内蔵	
I/F		RS232C	RS232C			
電源		NiMH電池	NiCd	中継ユニットから供給	12Vバッテリー	
環境条件		-15°C~+65°C	-30°C~+75°C	-20°C~+70°C	-25°C~+75°C	
外形寸法		400×240×15	165×140×16	200×120×70	300×350×150	直径250×180
設置場所		路面貼付	路面貼付	路面埋込	電柱/歩道橋	路面埋込
通信機能	機能	なし	なし	有線		2.4GHz 30m
	接続台数			8台		32台
オプションセンサー						温度/降雨センサ

3.2.2. 人手観測による交通量計測の誤差について

ビデオを正値として、人手観測の誤差がどの程度存在するかについて検証を行った。平成18年11月21日(火)に、図3.1で示す箇所について、人手観測を併せてビデオによる撮影を行った。人手観測を行った観測員は、国土技術政策総合研究所の道路研究室の研究者および交流研究者である。ビデオ撮影の結果は、研究室に持ち帰り再生を行いながら複数名にてカウントを行い、数値があわない場合には確認を行うという作業を

行っており、正值として取り扱っている。



図 3.1 人手観測検証の箇所

この正值と人手観測の誤差を調べたものが、表 3.2 および表 3.3 である。この結果を見ると、1 時間計では、概ね 5%以内の誤差に収まっているが、10 分集計で見ると、十数%の誤差の部分もある。また、交通量の多い観測箇所①および観測箇所⑧は人手/ビデオの値のずれが、他の観測箇所よりも大きいと考えられる。これらについて、観測箇所毎の人手観測とビデオ観測（正值）との値を散布図にしたものが図 3.2 である。これを見ると、交通量が多い観測箇所①および観測箇所⑧については、その他の箇所よりもばらつきが大きいことがわかる。

この観測箇所①および観測箇所⑧については、ばらつきが大きく、人手観測とビデオ観測（正值）の比率が他の箇所と異なる傾向を示していると考えられる。観測箇所①および⑧とそれ以外の箇所における度数分布を図 3.3 および図 3.4 に示す。ここで、横軸を人手観測とビデオ観測（正值）との比としたのは、観測誤差は各カウント数に一定の割合で発生するランダムなカウントミスであると想定されるため、観測数の正值であるビデオ観測の値で除して正規化したものを横軸としている。

図 3.3 および図 3.4 を見ると、観測箇所①および観測箇所⑧とそれ以外の箇所は標準偏差が異なる。ここで、標準偏差が異なる観測箇所④、⑤、⑪、⑬と観測箇所①および⑧について、それぞれの母分散が異なるかどうかの統計的検定を以下で行う。

表 3.2 つくば山における人手観測誤差の検証（その1）

観測箇所①

観測時間		上り			下り		
		ビデオ観測 (正值)	人手観測	人手/ビデオ	ビデオ観測 (正值)	人手観測	人手/ビデオ
9:30～10:30	9:30 ～ 9:40	149	164	110%	216	204	94%
	9:40 ～ 9:50	170	167	98%	190	194	102%
	9:50 ～ 10:00	150	146	97%	156	169	108%
	10:00 ～ 10:10	130	155	119%	130	123	95%
	10:10 ～ 10:20	125	123	98%	162	170	105%
	10:20 ～ 10:30	145	150	103%	151	140	93%
10:30～11:30	10:30 ～ 10:40	149	152	102%	162	173	107%
	10:40 ～ 10:50	138	163	118%	152	142	93%
	10:50 ～ 11:00	149	144	97%	163	168	103%
	11:00 ～ 11:10	129	126	98%	151	149	99%
	11:10 ～ 11:20	141	124	88%	160	172	108%
	11:20 ～ 11:30	140	156	111%	179	180	101%
1時間計(前)	9:30 ～ 10:30	869	905	104%	1005	1000	100%
1時間計(後)	10:30 ～ 11:30	846	865	102%	967	984	102%
2時間計	9:30 ～ 11:30	1715	1770	103%	1972	1984	101%

観測箇所④

観測時間		上り			下り		
		ビデオ観測 (正值)	人手観測	人手/ビデオ	ビデオ観測 (正值)	人手観測	人手/ビデオ
2:30～13:30	12:30 ～ 12:40	55	54	98%	22	19	86%
	12:40 ～ 12:50	35	35	100%	19	21	111%
	12:50 ～ 13:00	40	37	93%	25	24	96%
	13:00 ～ 13:10	46	47	102%	25	26	104%
	13:10 ～ 13:20	41	44	107%	28	28	100%
	13:20 ～ 13:30	29	27	93%	20	20	100%
3:30～14:30	13:30 ～ 13:40	28	28	100%	23	25	109%
	13:40 ～ 13:50	31	32	103%	38	38	100%
	13:50 ～ 14:00	29	29	100%	31	31	100%
	14:00 ～ 14:10	19	19	100%	24	27	113%
	14:10 ～ 14:20	27	26	96%	26	24	92%
	14:20 ～ 14:30	21	22	105%	36	34	94%
1時間計(前)	12:30 ～ 13:30	246	244	99%	139	138	99%
1時間計(後)	13:30 ～ 14:30	155	156	101%	178	179	101%
2時間計	12:30 ～ 14:30	401	400	100%	317	317	100%

観測箇所⑤

観測時間		上り			下り		
		ビデオ観測 (正值)	人手観測	人手/ビデオ	ビデオ観測 (正值)	人手観測	人手/ビデオ
5:00～16:00	15:00 ～ 15:10	18	18	100%	21	21	100%
	15:10 ～ 15:20	17	16	94%	22	22	100%
	15:20 ～ 15:30	21	22	105%	34	34	100%
	15:30 ～ 15:40	18	17	94%	26	26	100%
	15:40 ～ 15:50	14	14	100%	14	14	100%
	15:50 ～ 16:00	25	25	100%	23	22	96%
6:00～17:00	16:00 ～ 16:10	13	14	108%	16	16	100%
	16:10 ～ 16:20	13	13	100%	22	20	91%
	16:20 ～ 16:30	12	12	100%	10	10	100%
	16:30 ～ 16:40	6	7	117%	8	8	100%
	16:40 ～ 16:50	7	8	114%	12	12	100%
	16:50 ～ 17:00	7	7	100%	12	12	100%
1時間計(前)	15:00 ～ 16:00	113	112	99%	140	139	99%
1時間計(後)	16:00 ～ 17:00	58	61	105%	80	78	98%
2時間計	15:00 ～ 17:00	171	173	101%	220	217	99%

表 3.3 つくば山における人手観測誤差の検証（その2）

観測箇所⑧

観測時間		上り			下り		
		ビデオ観測 (正値)	人手観測	人手/ビデオ	ビデオ観測 (正値)	人手観測	人手/ビデオ
4:00～15:00	14:00 ～ 14:10	68	68	100%	88	89	101%
	14:10 ～ 14:20	98	92	94%	81	80	99%
	14:20 ～ 14:30	66	72	109%	76	71	93%
	14:30 ～ 14:40	75	84	112%	101	92	91%
	14:40 ～ 14:50	65	65	100%	98	98	100%
	14:50 ～ 15:00	84	91	108%	90	97	108%
5:00～16:00	15:00 ～ 15:10	70	76	109%	98	105	107%
	15:10 ～ 15:20	67	63	94%	80	79	99%
	15:20 ～ 15:30	62	69	111%	106	96	91%
	15:30 ～ 15:40	73	76	104%	83	80	96%
	15:40 ～ 15:50	77	76	99%	108	109	101%
	15:50 ～ 16:00	76	79	104%	98	106	108%
1時間計(前)	14:00 ～ 15:00	456	472	104%	534	527	99%
1時間計(後)	15:00 ～ 16:00	425	439	103%	573	575	100%
2時間計	14:00 ～ 16:00	881	911	103%	1107	1102	100%

観測箇所⑩

観測時間		上り			下り		
		ビデオ観測 (正値)	人手観測	人手/ビデオ	ビデオ観測 (正値)	人手観測	人手/ビデオ
5:00～16:00	15:00 ～ 15:10	15	15	100%	32	32	100%
	15:10 ～ 15:20	11	11	100%	30	29	97%
	15:20 ～ 15:30	17	16	94%	42	41	98%
	15:30 ～ 15:40	16	17	106%	35	35	100%
	15:40 ～ 15:50	10	10	100%	22	22	100%
	15:50 ～ 16:00	17	17	100%	21	22	105%
6:00～17:00	16:00 ～ 16:10	10	10	100%	21	20	95%
	16:10 ～ 16:20	6	6	100%	27	27	100%
	16:20 ～ 16:30	5	5	100%	15	15	100%
	16:30 ～ 16:40	2	2	100%	8	9	113%
	16:40 ～ 16:50	5	5	100%	17	17	100%
	16:50 ～ 17:00	1	1	100%	19	19	100%
1時間計(前)	15:00 ～ 16:00	86	86	100%	182	181	99%
1時間計(後)	16:00 ～ 17:00	29	29	100%	107	107	100%
2時間計	15:00 ～ 17:00	115	115	100%	289	288	100%

観測箇所⑬

観測時間		上り			下り		
		ビデオ観測 (正値)	人手観測	人手/ビデオ	ビデオ観測 (正値)	人手観測	人手/ビデオ
2:30～13:30	12:30 ～ 12:40	63	63	100%	29	28	97%
	12:40 ～ 12:50	54	53	98%	40	41	103%
	12:50 ～ 13:00	49	48	98%	42	40	95%
	13:00 ～ 13:10	55	56	102%	27	27	100%
	13:10 ～ 13:20	42	41	98%	36	33	92%
	13:20 ～ 13:30	31	31	100%	40	42	105%
3:30～14:30	13:30 ～ 13:40	39	38	97%	38	38	100%
	13:40 ～ 13:50	23	22	96%	59	59	100%
	13:50 ～ 14:00	33	33	100%	59	59	100%
	14:00 ～ 14:10	40	40	100%	43	42	98%
	14:10 ～ 14:20	34	33	97%	49	49	100%
	14:20 ～ 14:30	32	33	103%	54	51	94%
1時間計(前)	12:30 ～ 13:30	294	292	99%	214	211	99%
1時間計(後)	13:30 ～ 14:30	201	199	99%	302	298	99%
2時間計	12:30 ～ 14:30	495	491	99%	516	509	99%

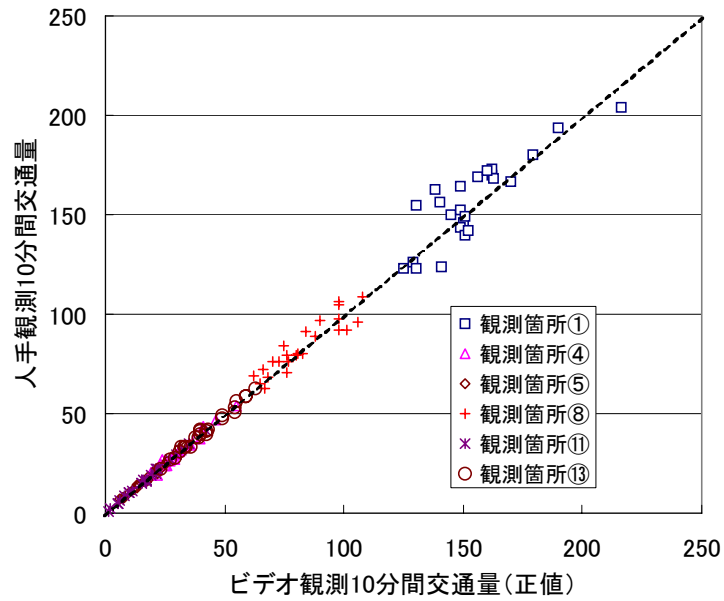


図 3.2 人手観測とビデオ観測（正值）との差

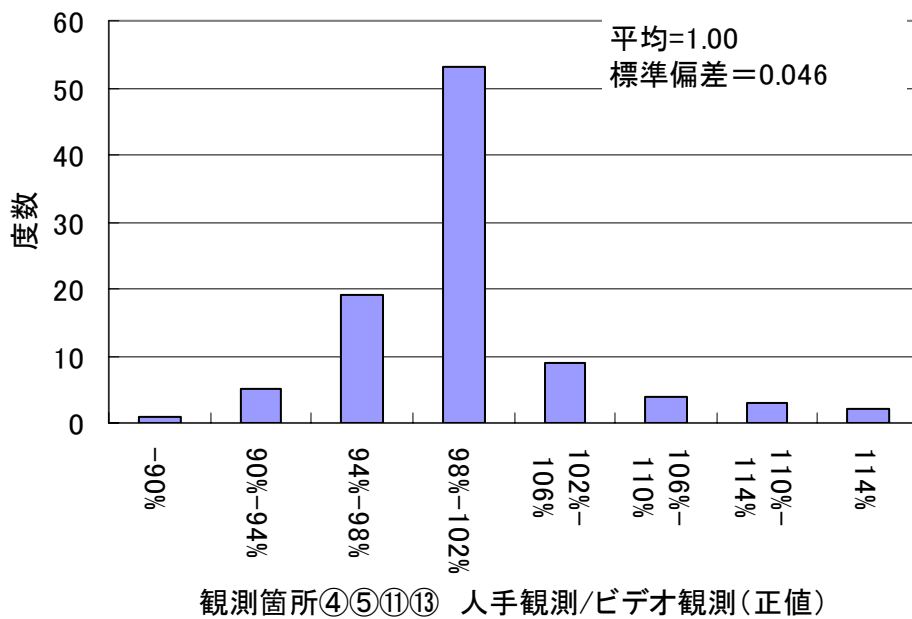


図 3.3 人手観測とビデオ観測（正值）との比の分布（観測箇所④、⑤、⑪、⑬）

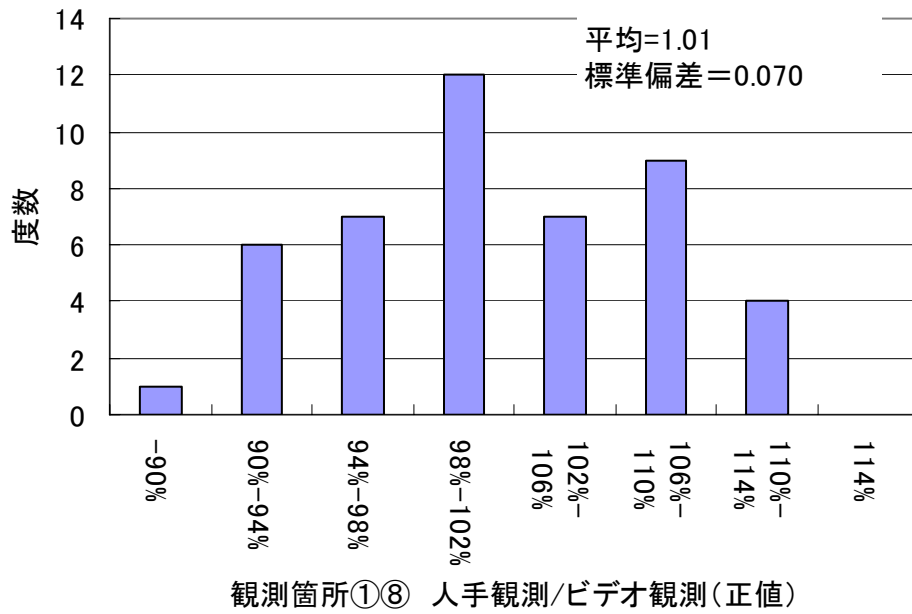


図 3.4 人手観測とビデオ観測（正值）との比の分布（観測箇所①、⑧）

2つの正規分布に従う2つの群の「標準偏差もしくは分散が等しい」という帰無仮説の検定にはF検定が用いられる。一つの正規母集団から大きさ m の標本を抽出して標本分散 S_x^2 をつくり、他の正規母集団から大きさ S_y^2 をつくったとき、以下に示す X は、自由度 $(m-1, n-1)$ の F 分布に従う⁴¹⁾。

$$X = \frac{m(n-1)S_x^2}{n(m-1)S_y^2} \quad (\text{式 3.1})$$

ここで、人手観測による誤差については、車両のカウントに対して一定の割合でランダムに発生すると考えられるため、正規分布に従うと仮定して、検定を行う。

帰無仮説 H_0 ：観測箇所④⑤⑪⑬の人手観測とビデオ観測（真値）との比の分散 S_x^2 と観測箇所①もしくは⑧の人手観測とビデオ観測（真値）の比の分散 S_y^2 は同一である。

検定の結果、有意水準5%では、観測箇所①、⑧ともに仮説が棄却され、有意水準1%の場合に観測箇所①のみ仮説が棄却されたため、観測箇所④⑤⑪⑬の分散と観測箇所①および⑧の分散は、統計的に有意に異なるという結論が得られた。

表 3.4 検定のための統計量と検定結果

	観測箇所④⑤⑪⑬
人手観測/ビデオ観測（真値）の分散 S_x^2	0.0022
サンプル数 m	96

	観測箇所①	観測箇所⑧
人手観測/ビデオ観測（真値）の分散 S_y^2	0.0058	0.0039
サンプル数 n	24	24
検定統計量 X	0.37	0.53
有意水準1%の時の検定結果 ($0.436 < X < 2.29$ の時 H_0 採択)	H_0 棄却	H_0 採択
有意水準5%の時の検定結果 ($0.561 < X < 1.78$ の時 H_0 採択)	H_0 棄却	H_0 棄却

これらの結果から観測箇所①および⑧については、交通量が多いため誤差が多くなると考えられるが、観測箇所①は観測箇所⑧に比べてさらに誤差が多い。このことは、観測箇所①のみが唯一4車線の道路であることが考えられる。四車線の道路については、車通しの重なりで見えづらいということも想定されるし、見るべき車線数が多いためカウントミスが発生しやすいと考えられる。

なお、前述のとおり、今回の人手観測誤差の検証については、国土技術政策総合研究所の研究員により実施している。素性が分かっている者で実施した調査においても、数%の誤差が発生している。一方で、道路交通センサなどの交通量調査を実施する際には、その大半はアルバイトであるため、精度の管理が難しい。また、交通量調査は、概ね8時間以上の計測が通例であり、休憩を挟むとはいえ、疲労および集中力の低下による誤差の増大も懸念される。また、24時間の観測地点なども存在するため、そのような箇所では深夜に渡り交通量計測をすることとなるため、さらに誤差は増大すると考えられる。実際の大規模調査による人手観測の誤差は、今回の比較調査以上に存在すると想定される。

3.2.3. 機械計測手法の開発目標

平成17年道路交通センサにおいては、車両通過時の地磁気の変化を感知して交通量を計測する簡易型トラフィックカウンターと呼ばれている機械を導入している。図3.5にその外見と設置状況を示す。表3.5に簡易型トラフィックカウンターのメリットとデメリットを示しているが⁶⁾、道路交通センサを想定した場合、人手観測の16万円/地点にくらべ、簡易型トラフィックカウンターは約11万円/地点と、コストは約2/3となるが、劇的なコスト削減とはならない。これは、簡易型トラフィックカウンターは、設置と撤去に際して交通規制が必要であり、その交通誘導員および設置撤去の作業員に多くの人件費がかかるためである。

それに加え、設置の際には、毎回使い捨てとなってしまう専用の滑り止めシートを貼り付ける必要もあり、それらもコスト増に影響している。この簡易型トラフィックカウンターについては、使い回しを前提としているため、試算については、費用の購入に関する費用が計上されていないが、価格は1台（1車線の計測が可能）あたり約50万円である。さらに、簡易型トラフィックカウンターについては、厚さは約2CM程度であるが、道路上に設置するため、二輪車などへの影響も考えられる。新たに開発を行うモバイルトラカンには、これらの簡易型トラフィックカウンターの欠点を補う機能を有することを目標とする。

また、新型モバイルトラカンは、道路交通センサや事業効果計測などで行われている手観測の代替を目的としている。道路交通センサの平均車線数は、2.2車線であり、片側に各機器を設置して1車線毎の交通量を計測し、2車線の交通量を計測することができれば、多くの地点に適用することができる。そのため、1車線の交通量の計測ができることを新型モバイルトラカンの目標とする。

また、道路交通センサをはじめとする手観測の交通量調査では、ナンバープレートの

判別によりバス・大型貨物・小型貨物・乗用車という4車種区分にて交通量調査を行っている。しかしながら、車高の高いRV車や1ボックスカーの普及や、車両形状の多様化により、車両の外形で4車種区分を行うことは非常に難しい²⁸⁾。また、平成15年12月に道路交通センサスに関して、4車種区分交通量の活用事例について、国土交通省の道路関係各事務所、都道府県政令市、交通関係コンサルタントにアンケートを行い、主な活用事例は以下の通りであった。

- 交通量推計（配分のため車種区分は重要でない）
- 渋滞損失算定（4車種区分が必要）
- 環境アセスメント（2車種区分で十分）
- 事業評価（B/C算定）（4車種区分が必要）
- 道路機能の判断（観光交通にバス、物流貨物の把握については、4車種区分が必要）
- 道路計画・交差点設計（2車種区分で十分）
- 線形不良箇所（大型車迂回損失額）算出（バスの交通量は少ないため2車種区分で十分）
- 異常気象時通行規制区間の迂回損失額算出（4車種区分が必要）
- アスファルト舗装の耐流動対策の設計で大型車交通量を使用（2車種区分で十分）

上記の活用例のうち、時間価値が関係する損失関連の用途については、4車種区分が必要であるが、すべての道路交通センサス区間で4車種区分が必要であるわけではない。そのため、平成17年道路交通センサスにおいても、大型・小型の2車種区分しかできない簡易型トラフィックカウンターを、各センサス区間の4車種区分の必要性を勘案して、導入することとしている。これらのことから、新型モバイルトラカンでは、車長により2車種区分をすることを開発の目標とする。

これらの簡易型トラフィックカウンターのデメリットを踏まえ、新たに開発を行う新型モバイルトラカンの開発目標を以下の通りとした。

- 交通量を計測できるセンサを登載し、自動で交通量の計測が行えること
- 設置・撤去が安全で簡易なこと（路面に設置しない）
- 小型で持ち運びが容易なこと
- 従来の簡易型トラフィックカウンターに比べて安価であること
- 95%以上の観測精度を有すること
- 車長による2車種区分ができること

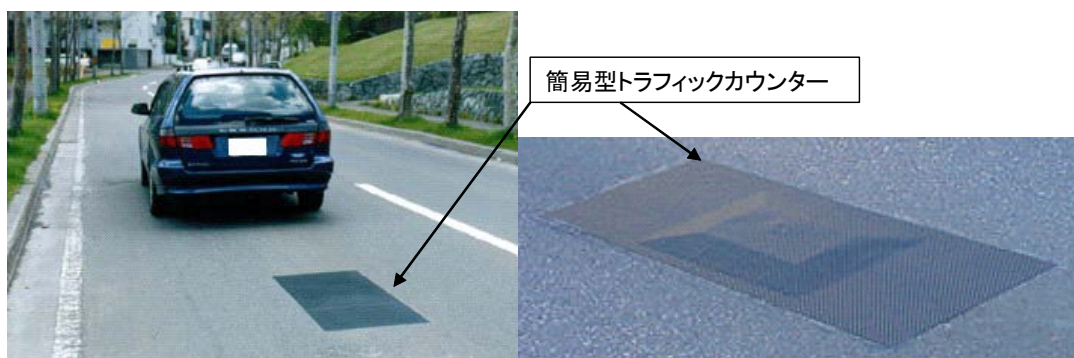


図 3.5 簡易型トラフィックカウンターの外見と設置状況

表 3.5 簡易型トラフィックカウンターのメリットとデメリット

メリット	デメリット
<ul style="list-style-type: none"> ・<u>低コストで複数日の(連続1週間程度)の計測が可能</u> <ul style="list-style-type: none"> 平日休日12h人手観測 16万円(2日間、計24h) 機械計測一週間 11万円(初期費用除き) ・電子データにより記録されるため集計作業の手間が非常に少なく、集計期間もわずか ・調査員が不要であり、観測地点毎の精度が均一 ・調査地点での安全面、用地確保への配慮が不要 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>2車種分類(大型・小型)しかできない</u> ・<u>歩行者・二輪車が計測できない</u> ・機器購入の初期費用がかかる(一台約50万円) ・設置撤去のために短時間の交通規制が必要

3.3. 新型モバイルトラカンに適するセンサの検討について

3.3.1. センサの比較検証について

新型モバイルトラカンの開発にあたって重要なポイントは、路側から車両を検知することができるセンサの選定と判定のためのアルゴリズムである。現在、交通量の計測に用いられているセンサは、赤外線、超音波、磁気などである⁴⁰⁾。現在、小型、高性能な、赤外線、超音波、磁気センサが安価に入手できる。

本項では、これら3つのセンサについて、路側に実際に設置して、交通量を観測し、さらにビデオ観測による真値との比較を行うことによって、新型モバイルトラカンに適するセンサを特定する。

本研究では、実際の道路環境と通行車両を対象として、路肩に設置した各種センサの計測データを比較することにより車両検知性能を検証した。使用したセンサは、磁気センサ、超音波センサ、長距離型の測距センサ(以下、赤外線センサ)の3種類である。

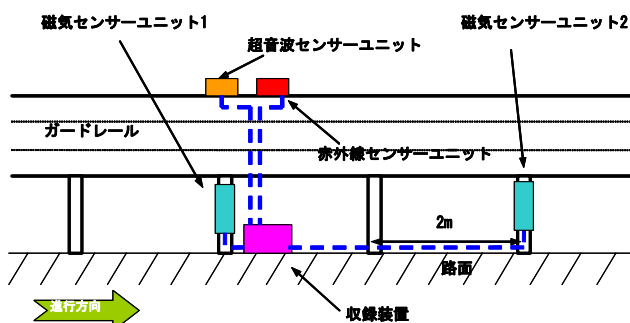
試験場所は、東京から東に約 100km 離れた茨城県内のセンサス区間（3 箇所）である。試験装置は、車道境界に敷設されているガードレール支柱に磁気センサユニットを装着し、ガードレール上端に超音波センサユニット・赤外線センサユニットを取付け、歩道部分に収録装置を設置した。

なお、車両検知性能は以下の 2 項目から評価した。

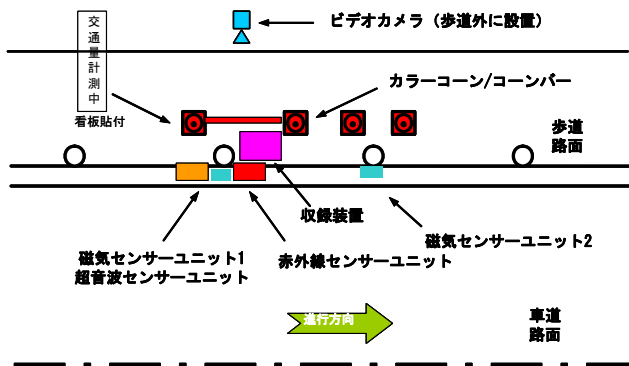
- ①各種センサ波形とビデオ映像の判読結果の比較
- ②手前車線における走行車両の認識率

機器の設置の状況は図 3.6 に示す通りである。

(1) 車道側から見た側面図



(2) 上面図



磁気センサーユニット(250W×90H×300Dmm)



左側: 超音波センサーユニット(80W×50H×100Dmm)
右側: 赤外線センサーユニット(60W×20H×37Dmm)



収録装置(400W×280D×190Dmmコンテナボックス)

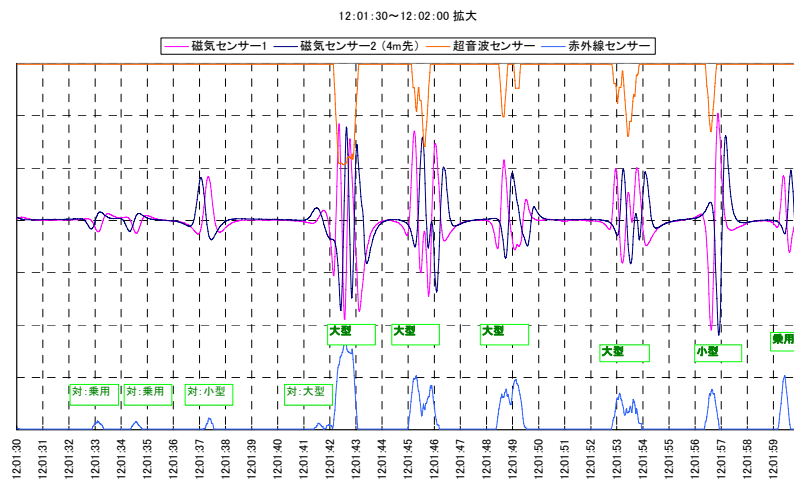
図 3.6 各センサの設置状況

図 3.7 に各種センサの計測結果とビデオの目視結果の比較を行っている。その考察を以下に示す。

- ・磁気センサと超音波センサは、車種と出力電圧の相関関係が見受けられない。
- ・磁気センサは、同じ車種の車両が通過しても、異なった波形を示す。
- ・磁気センサは車両通過時に複雑な波形を示す。特に対向車線との離合時は分類不可能である。
- ・超音波センサは対向車線の車両を検知できない。
- ・超音波センサは手前車線の車両を検知できない場合がある。
- ・赤外線センサは、車両までの距離や車長によって出力電圧が変化している

- ・赤外線センサは、対向車線の車両も検知できる。
- ・赤外線センサは、車種に関係なく手前車線の車両をほぼ完璧に検知できる。

この図を見ると一見して、赤外線センサが波形も安定していることがわかる。また、大型車の反応時間は長く、小型車の反応時間は短いため、同様のセンサを距離を離して2つ設置することにより車速を検知できれば、車長を推定して2車種を区分できる可能性が高いことがわかる。超音波センサについては、安定して反応はしているが、反応の安定度は赤外線センサに若干劣ることがわかる。また、磁気センサについては、車両の通過に対して安定して反応しているが、パターンが一様でないため、検知のアルゴリズムが複雑となることが予想される。



- ・赤外線センサの波形が最もシンプルで、ノイズが少なく、車両に対する感度も良い。
- ・赤外線センサは、対向車線の車両も検知できる。



図 3.7 各種センサの計測結果とビデオ目視の比較

これらのことから、反応が安定しており、車両検知アルゴリズムが簡易なフローでおこなうことができると予想されている赤外線センサと超音波センサについて、3箇所において、各箇所2時間交通量の検知精度の検証を行った。

STEP1: ビデオ映像 (Video) から手前車線における 10 分毎の車両台数をカウントする。

STEP2: 赤外線センサ (IR) の計測データに閾値を設定し、10 分毎の車両台数をカウントする。

STEP3: 超音波センサ (US) の計測データに閾値を設定し、10 分毎の車両台数をカウントする。

STEP4: 認識率を計算する

その結果を表 3.6 表 3.7 表 3.8 に示す。赤外線センサについては、98%以上の高い認識率となっており、これらの結果から、新型モバイルトラカンには、赤外線センサが適していると考えられる。

表 3.6 車両検知性能比較結果 (観測点 1)

日 時 平成17年10月26日(水)					
区 間 1050					
場 所 笠間市才木					
	手前車線				
	Video(台)	IR(台)	US(台)	認識率_IR(%)	認識率_US(%)
07:00:00-07:10:00	115	113	157	98.26	136.52
07:10:00-07:20:00	114	117	166	102.63	145.61
07:20:00-07:30:00	130	124	234	95.38	180.00
07:30:00-07:40:00	130	121	144	93.08	110.77
07:40:00-07:50:00	134	132	146	98.51	108.96
07:50:00-08:00:00	123	121	188	98.37	152.85
08:00:00-08:10:00	139	138	208	99.28	149.64
08:10:00-08:20:00	114	115	135	100.88	118.42
08:20:00-08:30:00	105	107	76	101.90	72.38
08:30:00-08:40:00	107	107	56	100.00	52.34
08:40:00-08:50:00	97	99	78	102.06	80.41
08:50:00-09:00:00	126	125	58	99.21	46.03
	1434	1419	1646	98.95	114.78

表 3.7 車両検知性能比較結果（観測点2）

日時 平成17年10月26日(水) 区間 1068 場所 鹿島市小山					
	手前車線				
	Video(台)	IR(台)	US(台)	認識率_IR(%)	認識率_US(%)
11:00:00-11:10:00	101	98	90	97.03	89.11
11:10:00-11:20:00	82	82	74	100.00	90.24
11:20:00-11:30:00	83	83	77	100.00	92.77
11:30:00-11:40:00	73	74	63	101.37	86.30
11:40:00-11:50:00	78	76	67	97.44	85.90
11:50:00-12:00:00	78	79	64	101.28	82.05
12:00:00-12:10:00	85	85	75	100.00	88.24
12:10:00-12:20:00	68	68	57	100.00	83.82
12:20:00-12:30:00	87	87	70	100.00	80.46
12:30:00-12:40:00	101	100	93	99.01	92.08
12:40:00-12:50:00	59	59	53	100.00	89.83
12:50:00-13:00:00	63	63	54	100.00	85.71
	958	954	837	99.58	87.37

表 3.8 車両検知性能比較結果（観測点3）

日時 平成17年10月26日(水) 区間 1062 場所 潮来市上戸					
	手前車線				
	Video(台)	IR(台)	US(台)	認識率_IR(%)	認識率_US(%)
14:00:00-14:10:00	111	105	8	94.59	7.21
14:10:00-14:20:00	93	97	10	104.30	10.75
14:20:00-14:30:00	99	101	16	102.02	16.16
14:30:00-14:40:00	75	70	14	93.33	18.67
14:40:00-14:50:00	84	86	203	102.38	241.67
14:50:00-15:00:00	91	89	263	97.80	289.01
15:00:00-15:10:00	95	99	232	104.21	244.21
15:10:00-15:20:00	80	91	189	113.75	236.25
15:20:00-15:30:00	65	79	158	121.54	243.08
15:30:00-15:40:00	68	72	219	105.88	322.06
15:40:00-15:50:00	79	84	270	106.33	341.77
15:50:00-16:00:00	85	87	76	102.35	89.41
	1025	1060	1658	103.41	161.76

また、今回の試験で使用した磁気センサ、超音波センサ、赤外線センサの性能比較したものを表 3.9 に性能一覧表として整理した。

対向車を手前車線走行と認識する課題もあったが、実際の道路環境と通行車両を対象として車両検知性能を評価した結果、「赤外線センサ」が最も簡易な手法により、精度良く手前車線の車両をカウントできることが判った。

表 3.9 各種センサの性能比較表

	磁気センサ	超音波測距センサ	赤外線測距センサ
方式	磁性体である鉄でできた車両が通過することで地磁気の乱れが生じそれを観測する	車両に 40kHz 超音波を発信し、その応答時間より対象物までの距離を測定する	車両に赤外線を発信し、三角測量の原理で対象物までの距離を測定する
長所	<ul style="list-style-type: none"> センサ自体は安価である 感度調整が容易である 設置方法が簡単である（超音波/赤外線センサではセンサを正しく車両に向ける必要がある） 	<ul style="list-style-type: none"> センサを向けた方向だけの検出ができる 距離測定方式なのでキャリブレーションが容易 	<ul style="list-style-type: none"> 5m までの長距離測定が可能なので対向車線まで計測することができる 測定範囲が狭いために水平設置で対向車まで計測し、俯角をつけることで手前車線だけを計測することができる 光なので応答速度が速い センサ部分がモジュール化されており、すぐに設計に着手できる 距離測定方式のため、キャリブレーションが容易である
短所	<ul style="list-style-type: none"> 車両の帯磁状況によるため車両の大きさと測定値が比例しない 離合時の波形が複雑で処理が困難である（車両接近中や、離れていく間も磁気変化がある） 同一方向でも観測波形が一樣でなく処理が難しい 設置場所に応じたキャリブレーションが複雑となる 既存の簡易トラカンと同一方法であり新規性はなく、すでに特許もある 	<ul style="list-style-type: none"> 測定範囲が 3m までなので手前車線でも反射状況により測定できない場合がある 測定範囲が広いので対向車線はじめ周囲の物体の接近の影響を受ける 防滴センサが高価である 送受信レベルの増加のための実験が必要 音波なので応答が遅く（車速検知が困難）、温度の影響も受ける。 	<ul style="list-style-type: none"> 赤外線反射率の低い車両では計測できない場合がある 太陽光入射の影響があるので、設置上の工夫が必要である
改善点	<ul style="list-style-type: none"> 波形処理アルゴリズムの研究が必要である 	<ul style="list-style-type: none"> 出力レベルを上げ、受信部にホーンをつけると感度を上げられる（ただし応答はさらに遅れる。車速/車長計測が難しい） 	<ul style="list-style-type: none"> 俯角をつけて設置し判定閾値を下げることで手前車線だけを確実に検知できる
評価	×	△	○

3.3.2. 赤外線センサの原理と特徴

①測定原理

今回使用した赤外線センサは、発光部に赤外線発光ダイオード（波長 850nm：近赤外線）、受光側に位置検出素子 PSD (Position Sensitive Detector) を用いたものである（図 3.8）。発光した赤外線が対象物との距離によって PSD に入射する位置が異なり、それを測定することで対象物までの距離を測定するものである。

従来型では検出距離が 1.5m であったためにフィールドでの使用が出来なかったが、技術的な進歩と長距離型のニーズが高まり、最近になって 5m まで検知可能な赤外線センサが新たに開発された。

②特徴

- ・光学測距方式のため、超音波方式に比べて応答速度が速い。
- ・光学測距方式のため、反射物の形状や色の影響を受けにくい。
- ・距離信号が電圧変化で出力されるため、制御回路が不要である。
- ・赤外線センサ自体の価格が、1000 円程度と非常に安価である。
- ・指向性が非常に高く、センサ視野角が 5 度以内である（2m 距離において±5cm 程度）。

- ・赤外線の人体（目）に対する影響は、JIS C6802(IEC60825-1)クラス 1 に準拠している。

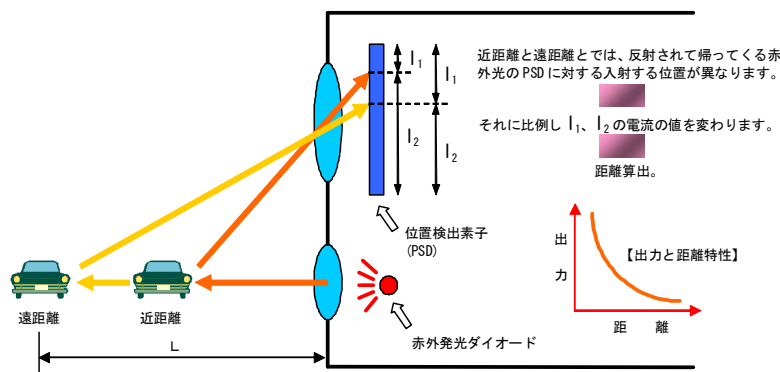


図 3.8 赤外線センサの測定原理

3.4. 実フィールドにおける新型モバイルトラカンの精度検証

3.4.1. 目的

前述のとおり、車両検知センサの性能比較、赤外線センサの基礎的検証を行った。本項では、モバイルトラカンの試作機を製作し、実際のフィールドでの性能確認を行った。

3.4.2. 装置の仕様と構成

次項で実フィールドにおいて、モバイルトラカンの試作機を用いて精度検証を行う。試作機の仕様について、以下に示す。

(1) 装置の構成

本装置は、メイン・サブの2つのセンサから成る「センサユニット」とセンシングデータを処理・解析する「ゲートウェイユニット」から構成される(図 3.10)。センサユニットには、手前車線のみを確実に検知するために、センターラインに照準を合わせた俯角をつける工夫をした。メインセンサは、自身の検知データと進行方向4m先に設置されたサブセンサの検知データをゲートウェイユニットへ送信する機能を持つ。ゲートウェイユニットについては、両車線のメインセンサから計測データを無線通信で受信するとともに、車両カウント・車速・車長を計算する機能を持つ。外観写真を図 3.9に示す。



図 3.9 モバイルトラカンの外観

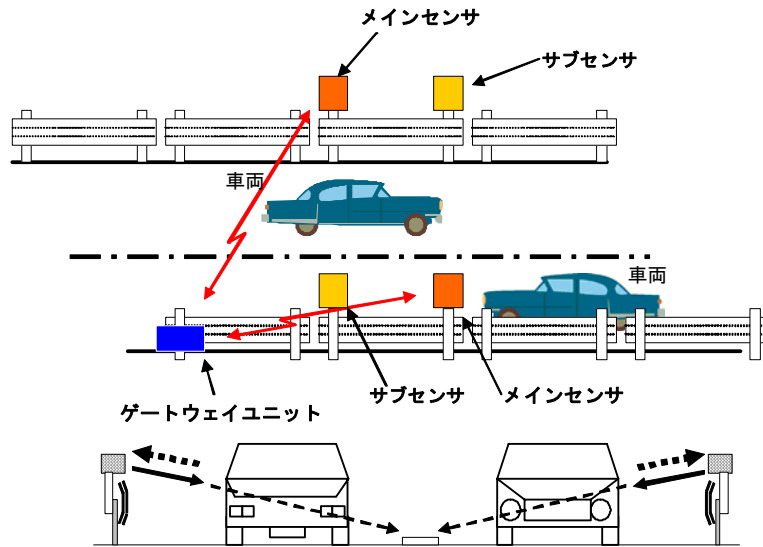


図 3.10 装置の構成図

(2) センサユニットの仕様

本研究で開発したセンサユニットの諸元を表 3.10、センサユニットブロック図を図 3.11に示す。

現状の電源は、充電式単三電池8本であり、2日間の連続計測が可能である。当初は、1週間の連続計測を目標にしていたが、赤外線センサの消費電力が5Vで30mAと非常に大きかったことが最大の原因である。この点については、センサユニットとは別にバッテリーの増設ボックスを設置することで対応可能とした。なお、測定精度については、目標精度を記述している。

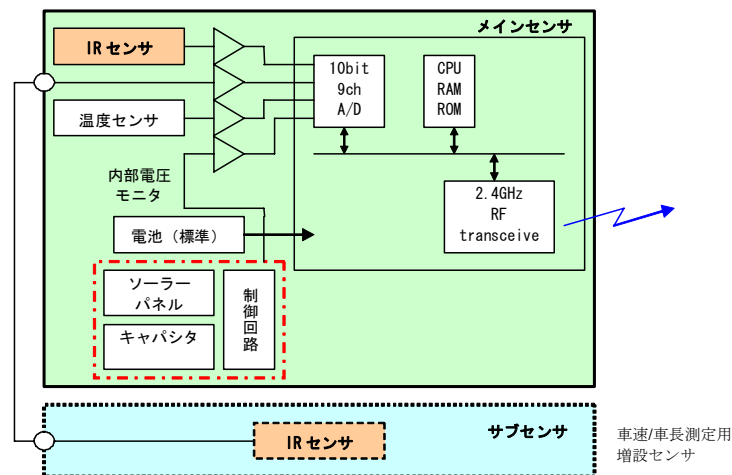


図 3.11 センサユニットブロック図

表 3.10 センサユニットの仕様

	項目	仕様
測定部	測定方式	赤外線測距センサー方式
	測定内容	対象(手前)車線の走行車両の検知 (車両先頭通過から通過完了までの 時間計測)
	反応距離	30cm~500cm
	測定内容	測定インターバル時間(30 秒間)の手 前車線通過車両情報
	計測範囲(対象車両)	停止~120km/h ※5km/h 以下は、車両カウントのみ
	測定精度*	台数:99% 測定範囲:5km/h~120km/h 速度:真値±13%(60km/h 走行時) 車長:±63cm(60km/h 走行時の小型 車両 480cm)
	最大検知能力	48 台/30 秒
	モニタ	車両検知モニタ表示
	その他測定項目	内部温度 内部電圧
	通信部	送信周波数
送信電力		1mW
送信間隔		測定インターバル時間(30 秒)間隔で 1 回送信
アンテナ		装置内蔵
通信内容		識別記号 測定インターバル時間(30 秒間)内の 通過台数、車両通行情報 内部温度 内部電圧
電源	方法	充電式単三電池 8 本 (ニッケル水素電池)
	電圧	2.4V
	容量	消費電力:(上記電池で 48 時間稼動) 0.75W(台数計測のみ) 1W(サブセンサ含む)
オプション	サブセンサー	車速、車長測定用
	増設バッテリー	1 週間駆動用
	ソーラー/キャパシタ	電池不要
環境	動作温度	-10℃~+50℃
	防水性	防滴構造(IP65)
安全性	アイセーフティについて JIS C6802(IEC60825-1)クラス 1	

(3) ゲートウェイユニットの仕様

本研究で開発したゲートウェイユニットの諸元を表 3.11、ゲートウェイユニットブロック図を図 3.12 に示す。現状では、時刻毎の車両カウント数、走行車両の速度、走行車両の車長、車種分類の結果(大型/小型)、渋滞検知に関するデータを記録する。記録媒体は、128MB のコンパクトフラッシュメモリを標準としており、日交通量 30,000 台が 2 週間連続してもデータを蓄積・管理できる容量としている。現状の電源は、センサユニットと同様に充電式単三電池 8 本であり、7 日間の連続計測が可能である。今後、24 時間 365 日の計測を目指してソーラーシステムへの変更も可能な仕様としている。

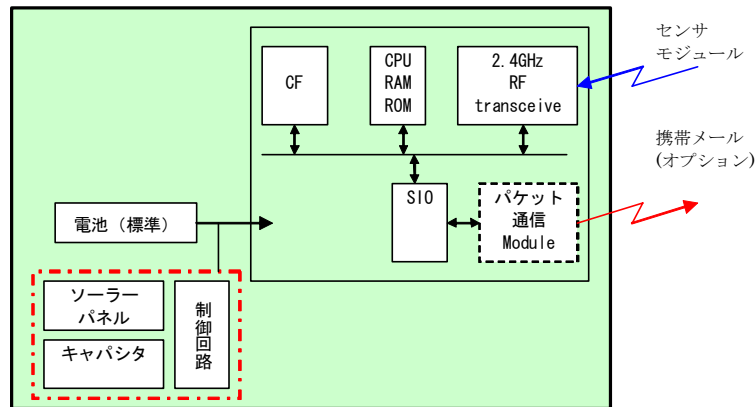


図 3.12 ゲートウェイユニットブロック図

表 3.11 ゲートウェイユニットの仕様

	項目	仕様
処理部	車両計測	メインセンサから送信されるデータから下記を抽出 <ul style="list-style-type: none"> 時刻毎車両通行カウント 通過車両速度 通過車両車長 車種分類 (大型/小型) 渋滞検知 (将来対応)
	通信部	受信周波数 2.4GHz 帯
データ蓄積部	受信数	メインセンサ 2 台 (標準) 最大 4 台 (将来対応。4 車線まで)
	アンテナ	装置内蔵
	通信距離	センサユニットとの通信距離は見通しで最大 70m
	方式	コンパクトフラッシュメモリ 標準附属 128MB
	保存データ量	60,000 台/1 日最大 1 ヶ月分/256MB (最大台数にて)
電源	データ管理	ソフトウェアクロック管理
	データ形式	CSV 形式
	時計精度	±5 秒/日
	時刻設定	スイッチにて年/月日/時分設定
環境	方式	充電式単三電池 8 本 (ニッケル水素電池)
	電圧	2.4V
	容量	消費電力 : (上記電池で 6 日間稼動) 0.17W
環境	動作温度	-10°C~50°C
	防水性	防滴構造 (IP65)

3.4.3. 実フィールドにおける精度検証

モバイルトラカンの試作機について、筑波山において、精度検証を行った。実際に設置した箇所をに示す。3.2.2と同様にビデオ観測を行い、それを研究室に持ち帰り複数名でカウントを行って整合を図っており、ビデオ観測を正値としている。ビデオ観測 (正値) と

モバイルトラカン観測交通量との比較を図 3.14および 表 3.12に示す。



図 3.13 モバイルトラカンの精度検証地点

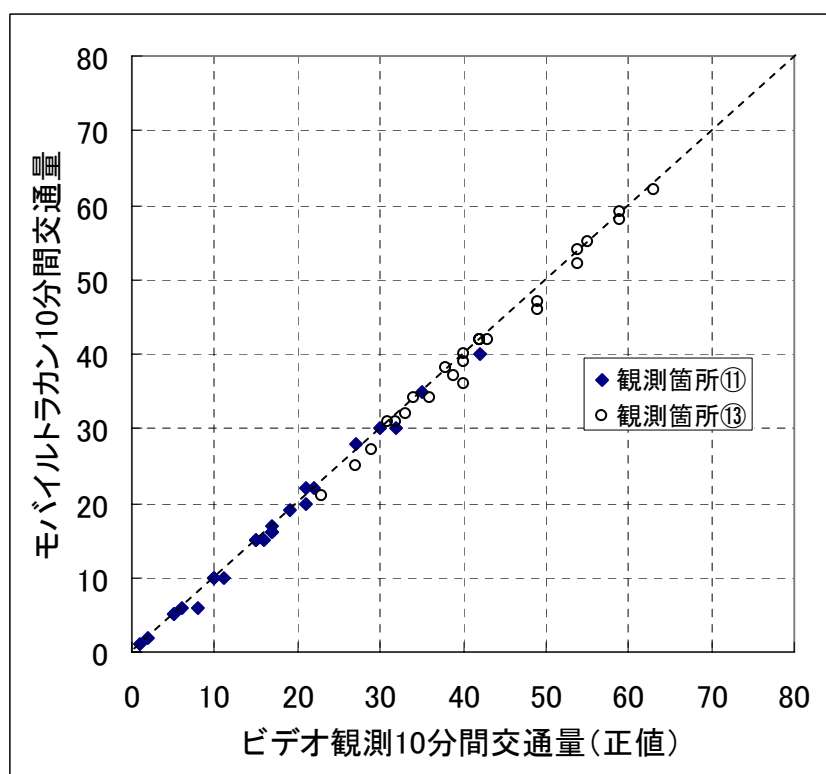


図 3.14 ビデオ観測（正值）とモバイルトラカンとの差

表 3.12 筑波山におけるモバイルトラカン誤差の検証

観測時間			上り			下り		
			ビデオ観測 (正值)	モバイルトラ カン	トラカン/ビ デオ	ビデオ観測 (正值)	モバイルトラ カン	トラカン/ビ デオ
5:00~16:00	15:00 ~ 15:10	15	15	100%	32	30	94%	
	15:10 ~ 15:20	11	10	91%	30	30	100%	
	15:20 ~ 15:30	17	16	94%	42	40	95%	
	15:30 ~ 15:40	16	15	94%	35	35	100%	
	15:40 ~ 15:50	10	10	100%	22	22	100%	
15:50 ~ 16:00	17	17	100%	21	22	105%		
6:00~17:00	16:00 ~ 16:10	10	10	100%	21	20	95%	
	16:10 ~ 16:20	6	6	100%	27	28	104%	
	16:20 ~ 16:30	5	5	100%	15	15	100%	
	16:30 ~ 16:40	2	2	100%	8	6	75%	
	16:40 ~ 16:50	5	5	100%	17	16	94%	
16:50 ~ 17:00	1	1	100%	19	19	100%		
1時間計(前)	15:00 ~ 16:00	86	83	97%	182	179	98%	
1時間計(後)	16:00 ~ 17:00	29	29	100%	107	104	97%	
2時間計	15:00 ~ 17:00	115	112	97%	289	283	98%	

観測時間			上り			下り		
			ビデオ観測 (正值)	モバイルトラ カン	トラカン/ビ デオ	ビデオ観測 (正值)	モバイルトラ カン	トラカン/ビ デオ
2:30~13:30	12:30 ~ 12:40	63	62	98%	29	27	93%	
	12:40 ~ 12:50	54	54	100%	40	36	90%	
	12:50 ~ 13:00	49	47	96%	42	42	100%	
	13:00 ~ 13:10	55	55	100%	27	25	93%	
	13:10 ~ 13:20	42	42	100%	36	34	94%	
	13:20 ~ 13:30	31	31	100%	40	40	100%	
3:30~14:30	13:30 ~ 13:40	39	37	95%	38	38	100%	
	13:40 ~ 13:50	23	21	91%	59	59	100%	
	13:50 ~ 14:00	33	32	97%	59	58	98%	
	14:00 ~ 14:10	40	39	98%	43	42	98%	
	14:10 ~ 14:20	34	34	100%	49	46	94%	
14:20 ~ 14:30	32	31	97%	54	52	96%		
1時間計(前)	12:30 ~ 13:30	294	291	99%	214	204	95%	
1時間計(後)	13:30 ~ 14:30	201	194	97%	302	295	98%	
2時間計	12:30 ~ 14:30	495	485	98%	516	499	97%	

図 3.14を見ると、人手観測の図 3.2と異なり、交通量の変化や観測地点のの違いでの精度の違いは見られない。ほぼ一様に分布していると考えられる。これらのことから、機械計測を用いると、精度の均一性の確保ができると考えられる。1時間帯での誤差も概ね5%以内に収まっていることが確認できた。

また、トラカン観測交通量/ビデオ観測(正值)の度数分布を、図 3.15に示す。これを見るとトラカン観測交通量/ビデオ観測(正值)の値はマイナス側に偏っている。これは、モバイルトラカンは、赤外線センサを使用しており、黒い車の一部でカウントがしづらいことがビデオ観測との検証の結果、確認されている。

これらは、系統的な誤差であると考えられるため、たとえば、社会実験や新規の道路供用などの事前事後の比較のための計測であれば、特段の問題は無いと考えられる。一方で、

道路交通センサスなどの大規模の調査の場合であれば、補正観測を実施し、系統誤差を補正する必要がある。

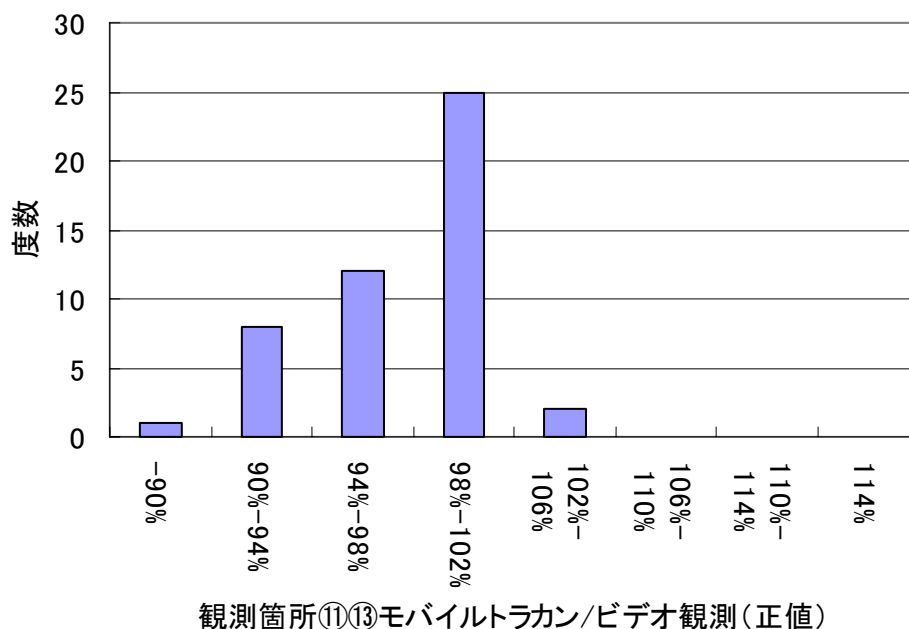


図 3.15 モバイルトラコンとビデオ観測（正値）との比の分布

3.5. まとめ

本章では、人手観測が主体のため高コスト構造となっている断面交通量調査について、簡易に設置できる交通量計測機器を開発し、道路交通センサスなどの人手による交通量計測の代替とするため、新たな交通量の計測機器（新型モバイルトラコン）の開発を試みた。

機械計測（新型モバイルトラコン）の機器を開発するにあたり、目標とする精度を設定するため、現状の人手観測の精度について、検証を行った。ビデオ観測を行い、研究室に戻り複数名でカウントした結果を正値として、人手観測の誤差を検証したところ、交通量が多い観測箇所においては、誤差の分布が他の箇所と異なることが分かった。誤差の分布を正規分布と仮定して、検定を行ったところ、交通量が多い箇所の誤差の分布は少ない箇所の誤差と統計的に有意に異なることが分かった。また、人手観測の誤差は、1時間値にまとめたところ、概ね5%程度となることが分かった。

新型モバイルトラコンの開発目標を現状の交通量調査結果の使われ方も踏まえ、以下に設定した。

- 交通量を計測できるセンサを登載し、自動で交通量の計測が行えること
- 設置・撤去が安全で簡易なこと（路面に設置しない）
- 小型で持ち運びが容易なこと

- 従来の簡易型トラフィックカウンターに比べて安価であること
- 95%以上の観測精度を有すること
- 車長による2車種区分ができること

次に、新型モバイルトラカンに使用する簡易で安価なセンサとして、赤外線センサ、超音波センサ、磁気センサを設定し、精度の比較をおこなった。その結果、赤外線センサが反応が明瞭であり、最適と選定された。

赤外線センサを組み込んだ、モバイルトラカンの試作機を作成し、実際に筑波山にて、交通量計測精度の検証を行った。人手観測の場合と同様に、ビデオ観測結果を研究室に持ち帰り、複数名で交通量をカウントするという手法で正値を算出し、その値との比較を行った。その結果、精度の均質性は確保され、概ね1時間帯であれば、5%以内の精度が確保されることを示した。

しかしながら、モバイルトラカンによる交通量計測では、赤外線センサが黒い車に反応しづらいという特性が判明し、わずかながら、計測結果が少なくなる傾向がある。これは、系統的な誤差であるため、社会実験や新規道路供用などの事前事後の比較であれば、特段の問題が無いが、道路交通センサスなどの大規模調査の場合には、補正観測を行い、補正を行う必要があることがわかった。

4. 起終点調査の高度化に関する検討

4.1. 本章の目的

ラグランジュ型の交通調査である起終点調査については、現行の交通調査体系は、交通の流動状況や施設整備状況の量的把握に主眼が置かれ、大規模かつマクロな調査で構成されている。このような調査ではこれまで紙ベースのアンケート調査を主として実施されてきている。一方で、紙によるアンケート調査手法については、2章で述べたように、紙アンケート形式の調査については、被験者の回想に頼るため記入の誤りが発生しやすい。回答負荷が大きいため、記入漏れが発生しやすいといったような問題点があり、「報告されないトリップ (under-report trip)」が発生することが、これまで確認されてきている。特に紙アンケート調査について、この「報告されないトリップ」については、その量がどの程度発生するのか、どのようなトリップで発生するのかなどについて、不明確な点が多い。

一方、IT 機器のめざましい発展により、GPS 付き携帯電話なども普及している。また、携帯電話にプログラムを組み込み簡単なアンケートが実施できる様になり、交通行動調査への活用可能性が広がっている。

本研究では、愛媛県松山市を実際のフィールドとして、道路交通センサスやパーソントリップ調査などで用いられている紙ベースの調査票に一日の交通行動を回想して記入する従来の交通行動調査（以下紙アンケート調査）と、GPS 付き携帯電話と web ダイアリーを組み合わせた IT を利用した交通行動調査（プローブパーソン調査）を比較し、「報告されないトリップ」を含めたトリップの把握精度の向上、得られる情報量の向上、コストを含めた調査の効率性の点について実証的に分析を行い、道路交通センサスやパーソントリップ調査など大規模調査に対する課題整理を行う。

4.1.1. プローブパーソン調査の特徴について

GPS 付き携帯電話と WEB ダイアリーを用いたプローブパーソン調査については、これまで使われてきた紙アンケート調査に比べて、以下の特徴を有する。

- 移動中は GPS 信号により軌跡を取得するため、トリップの報告漏れ (under-report) がおきにくい。
- 軌跡を確認しながら、トリップ目的・機関選択をダイアリーに入力するため、得られるトリップ情報が正確になる。また、出発到着時刻も電子的に自動で得られるためこれまでの紙アンケート方式による申告に比べると、非常に正確である。
- これまでの紙アンケート形式であると、経路情報を入手することは、被験者の負担から難しかったが、プローブパーソン調査手法では、GPS 信号を利用することにより、経路情報を得ることができる。
- 訪問留め置き方式による紙アンケート調査では、訪問と回収のための人手がかかり、その人的な手間がコストに直結するが、プローブパーソン調査では、説明会が必要であるが、データ収集は通信網を利用するため、複数日の調査においては、プローブパ

ーソン調査のコストメリットが得やすい。

○紙アンケート調査では、アンケート表を回収した後、電子データにするために、ゾーンコードの付与などの符号化(コーディング)、電子化のための入力作業(パンチング)、論理整合エラーチェックなどの作業時間が必要であるが、プローブパーソン調査では、調査結果が電子データで得られるため、時間が短縮できる。

これらのおり、プローブパーソン調査手法については、様々なメリットが存在する。本章では、これらのプローブパーソン調査手法の有用性を紙アンケート方式との比較により、実証的・定量的に把握することを行う。

4.2. 調査概要

4.2.1. 被験者の募集

愛媛県松山市を調査対象地域として、メールマガジンを利用して31人の被験者を募集し調査を行った。図4.1にモニタ応募ページの概要を示す。

モニタの応募の条件は、以下に示すとおりである。

- ① 松山市内およびその周辺(北条市・伊予市・東温市・松前町・砥部町)に住み、松山市(特に中心部)へ通勤・通学をしている方
- ② 11月26日(金)～12月1日(水)のうちいずれかの日に、調査用紙の受け渡しの可能な方(調査員による訪問配布:30分程度)
- ③ 12月4日(土)、5日(日)のいずれかの日に、GPS携帯電話を用いた交通行動調査の説明会に参加いただける方(愛媛大学にて実施:1～2時間程度、詳細時刻は応募状況をみて調整いたします)
- ④ WindowsのOSがインストールされたパソコンをご自宅にお持ちで、インターネット接続環境があり、ホームページの閲覧、Eメールの送受信、簡単なワードへの入力など、パソコンの基本操作ができる方
- ⑤ 普通自動車免許を持ち、自分で自由に利用できる自動車をお持ちの方

4.2.2. 被験者の属性

募集の結果31名の被験者が調査に参加した。被験者の属性を図4.2に示す。図4.2に示すとおり、男女比と年齢構成がほぼ均一になるように被験者を選定している。

図4.3に免許と自動車の保有状況について示している。そもそも、こちらは被験者の選定条件であったため両者ともに100%である。

交通行動調査モニター募集 | デジタルシティ愛媛 - Microsoft Internet Explorer

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) お気に入り(A) ツール(T) ヘルプ(H)

戻る 検索 お気に入り

アドレス(C) C:\Documents and Settings\mitsubv\Desktop\松山PPV募集応募画面\交通行動調査モニター募集 | デジタルシティ愛媛 その1.htm

カスタマイズ 検索 「Y」をクリックして、Yahoo! JAPANトップページにアクセスしてください。

愛媛No.1のポータルサイト
デジタルシティ愛媛
Digital City EHIME えびめ

交通行動調査モニター募集

GPS携帯を用いた交通行動調査 モニター募集

【調査日：2004/12/2 (木) ~ 2004/12/10 (金)】

◆モニターとして調査にご協力いただいた方には、3000円相当の謝礼を差し上げます◆

*下記の[モニターの条件][調査内容][調査方法]をご一読の上、ご協力いただける方は、ページ最下部のボタンよりご応募ください。応募の締切は、11月7日(日)23:59とさせていただきます。

「GPS携帯を用いた交通行動調査について」

調査は合計2回行います。1回目にアンケートによる交通行動調査を行い、2回目にGPS携帯電話を利用した交通行動調査を行います。2回の調査の結果を比較することにより、新たな交通行動調査手法の導入に向けた課題を整理することを目的としています。

■調査日時(予定)

- アンケートによる交通行動調査:12月2日(木)
- GPS携帯電話を利用した交通行動調査:12月6日(月)~12月10日(金)

■モニターの条件

下記の条件を満たす方を30名募集

- 松山市内およびその周辺(北条市・伊予市・東温市・松前町・砥部町)に住み、松山市(特に中心部)へ通勤・通学している方
- 11月26日(金)~12月1日(水)のうちいずれかの日に、調査用紙の受け渡し可能な方(調査員による訪問配布:30分程度)
- 12月4日(土)、5日(日)のいずれかの日に、GPS携帯電話を用いた交通行動調査の説明会に参加いただける方(愛媛大学にて実施:1~2時間程度。詳細時刻は応募状況を見て調整いたします)
- WindowsのOSがインストールされたパソコンをご自宅にお持ちで、インターネット接続環境があり、ホームページの閲覧、Eメールの送信、簡単なワードへの入力など、パソコンの基本操作ができる方
- 普通自動車免許を持ち、自分で自由に利用できる自動車をお持ちの方

*募集人数以上に応募があった場合は、調査主体の方でモニターを選定を行います。

■調査の内容・方法

STEP1:モニターとなられた方に直接、E-mailまたは電話にて調査担当よりご連絡差し上げ、訪問日および説明会参加日を調整いたします。

↓

STEP2:訪問日に家庭訪問を行い、調査用紙を調査担当より直接ご本人(またはその家族の方)にお渡しし、記入方法をご説明いたします。

↓

【12月2日(木)】
STEP3:アンケート調査日1日の行動を、アンケート調査にてお答えいただけます。

↓

【12月4日(土)・12月5日(日)】
STEP4:説明会参加予定日に、記入済みのアンケート用紙を持参の上、愛媛大学に集合いただき、GPS携帯電話を利用した交通行動調査の説明およびGPS携帯電話の配布を行います。

↓

【12月6日(月)~12月10日(金)】
STEP5:GPS携帯による調査期間中、モニターの方は、GPS携帯電話を携帯し、移動ごとに機器を操作して移動目的と交通手段を入力していきます。また、GPS携帯による調査期間中、1日1回(10分程度)指定のホームページを開覧いただき、GPS携帯により取得されたその日の行動データの確認、修正をおねがいします。

↓

STEP6:調査期間終了後、調査機器を送付いただき(送付日は事前にお渡しします)、その後調査の感想をWebアンケートにてご回答いただけます。機器の回収を確認できた方に3,000円相当の謝礼をお送りいたします。

■調査の担当

- 調査主体:国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室
- 調査協力:愛媛大学工学部建設環境工学科交通工学研究室
- 調査担当(とりまとめ):財団法人 計量計画研究所 交通研究室
- 調査担当(実態調査):株式会社タイム・エージェント、株式会社トランスフィールド

応募フォームはこちら

*上記の内容を良くご理解の上、ご応募ください。

図 4.1 モニタ応募ページの概要

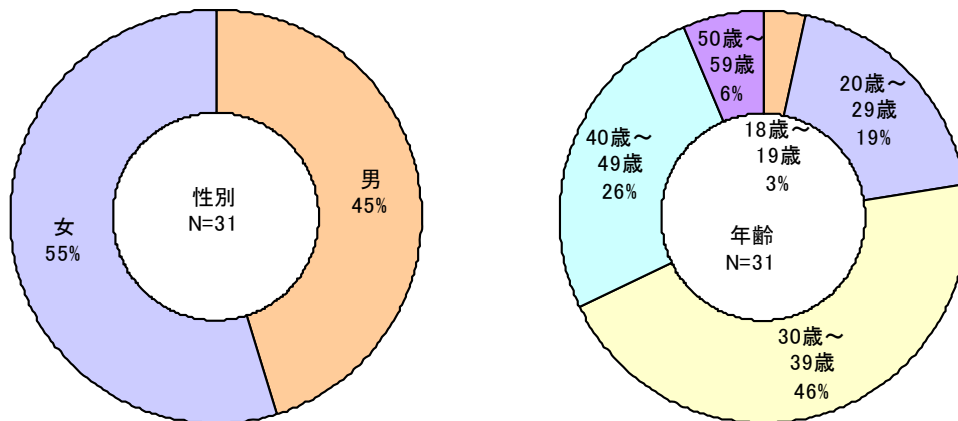


図 4.2 被験者の性別属性と年齢構成

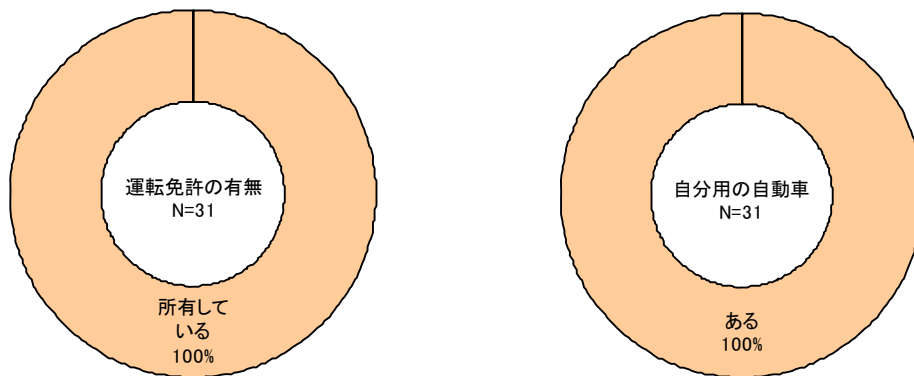


図 4.3 被験者の免許・自動車の保有

4.2.3. 調査スケジュールと調査の手順

調査スケジュールとしては、31人の被験者に対して、事前に各家庭を訪問して、紙アンケートを配布して、平成16年12月2日の平日の1日の行動を記録する様に依頼を行った。その後、平成16年12月4日と5日にかけてプローブパーソン調査の調査方法の説明会を開催して、調査手法の説明を行うとともに、調査機器の貸し出しを行った。また、この説明会の際に、紙アンケート調査の回収も行った。その後、プローブパーソン調査については、平成16年12月6日～10日までの平日5日間の行動を調査した。調査スケジュールについては、表4.1に示す。

紙アンケート調査をはじめに行った理由としては、プローブパーソン調査を行った後に紙アンケート調査を行うと、両調査を比較するという本調査の主旨が被験者に想起されることにより、紙アンケート調査の記入率の向上を防ぐためである。なお、被験者募集の際には、ITを用いた調査を紙アンケート調査を行うという旨は伝えているが、4.1.1に示し

たプローブパーソン調査の優位性を紙との比較により検証するという、今回の分析の主旨については、伝えていない。

表 4.1 調査スケジュール

項目	11月											12月																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
a. モニター募集, 協力依頼			①	WEBによる募集	→																							
b. アンケート配布, 調査											②	→																
c. 移動体通信機器調査 説明会/アンケート回収																			④	→								
d. 移動体通信機器調査 調査機器の回収																						⑤	→					回収

4.2.4. 調査票の設計

調査票の設計についてであるが、今回の調査の目的は、我が国で行われているパーソントリップ調査や道路交通センサス OD 調査などの紙ベースの交通行動調査とプローブパーソン調査との比較を行うことである。さらに、分析としてはトリップの報告漏れやトリップの把握精度の向上を比較するものである。

そのため、調査票はこれまで使われている調査票と極力あわせる必要があるが、今回の調査は全交通手段の個人の交通行動の把握に主眼をおいたため、調査票のデザインについては、パーソントリップ調査の調査票に従うこととした。

また、質問項目を表 4.2 に示す。紙とプローブパーソン調査との比較、全交通団を取得するという今回の調査趣旨を踏まえ、パーソントリップ調査にて把握されている情報については、基本的に把握できる調査票とした。ただし、表 4.2 に示すとおり、道路交通センサス OD 調査においても把握されている情報は概ね把握できる調査票となっている。巻末の付録に調査票を示す。

表 4.2 今回の調査調査項目と

道路交通センサスおよびパーソントリップ調査との比較

		今回調査 (全手段)	センサス OD 調査 (自動車のみ)	PT 調査 (全手段)
世帯の状況	属性	性別	性別	性別
		年齢	年齢	年齢
		使用者の住所	使用者の住所	居住地
		(被験者募集時に 勤務先を調査)		勤務(通学)先
		職業	職業	職業(産業)
		世帯人数	世帯人数	世帯人数
		保有運転免許	保有運転免許	保有運転免許
自動車の状況	自動車 保有状 況等		使用燃料	
			初度登録年月	
		保有台数	保有台数	保有台数
		ナンバープレート	ナンバープレート	ナンバープレート
		車種	車種	車種
		所有者	所有者	所有者
		1日の走行距離	1日の走行距離	1日の走行距離
		主な運転者	主な運転者	利用可能な自動車の有無
活動・行動の状況	人(物) の移動	移動目的	運行目的	移動目的
		出発施設所在地	出発地・施設	出発施設所在地
		到着施設所在地	目的地・施設	到着施設所在地
		出発時刻	出発時刻	出発時刻
		到着時刻	到着時刻	到着時刻
		乗車人数	乗車人数	乗車人数
		区間距離(自動車)	区間距離	
			荷物の輸送の有無	
	モード 間情報	端末交通手段		端末交通手段
		代表交通手段		代表交通手段
			他機関からの乗り換え有無	
			乗り換え交通機関	
		乗車人数	乗車人数	乗車人数
	経路情報	乗り IC・降り IC	乗り IC・降り IC	乗り IC・降り IC
			乗りフェリー・降りフェリー	
	滞留場 所情報	駐車場所	駐車場所	駐車場所
駐車料金			駐車料金	

*H11 センサス OD 調査, H10 年東京都市圏 PT 調査を参考とした

4.2.5. プローブパーソン調査の実施方法

プローブパーソン調査の操作の概要について、図 4.4 に示す。また、調査被験者に携帯を依頼した GPS 付き携帯電話を図 4.5 に示す。調査被験者は、出発時、経由時および到着

時に携帯電話のアプリケーションを操作する。今回、経路については、乗り換えなどで、利用交通機関を変更した際に操作をするように被験者に依頼を行っている。出発時、経路時、および到着時の操作について、それぞれ図 4.6 図 4.7 図 4.8 に示す。

これらの操作により、移動中については、30秒ごとに携帯電話に搭載されているGPS機能により位置が取得され、被験者の時系列的な移動軌跡がセンターサーバーに蓄積される。

各被験者は、1日の交通行動を終えて、自宅に帰った際に、WEBダイアリーにアクセスする。WEBダイアリーの操作画面を図 4.9 に示す。出発到着時刻、出発到着地、交通機関については、GPS携帯電話の操作時に取得されているので、WEBダイアリーを開いた時点で表示されている。そのため、被験者はGPS携帯電話操作時に入力を行っていない移動目的や車利用時であれば駐車場などの項目について、WEBダイアリー上で入力することとなる。また、移動の軌跡については、図 4.10 に示すような画面において確認をすることができる。WEBダイアリーでは、これらの移動軌跡を確認しながら、トリップの入力を行うことができる。

この機能により、紙ベースのアンケートの際には、すべての項目について記憶に頼りながら記録していたが、プローブパーソン調査においては、GPSにより取得された軌跡や携帯電話を通じて入力した結果をWEBダイアリーを通じて確認しながら入力ができる。この機能により、これまで指摘されていたトリップの報告漏れを防ぐことができると考えられる。

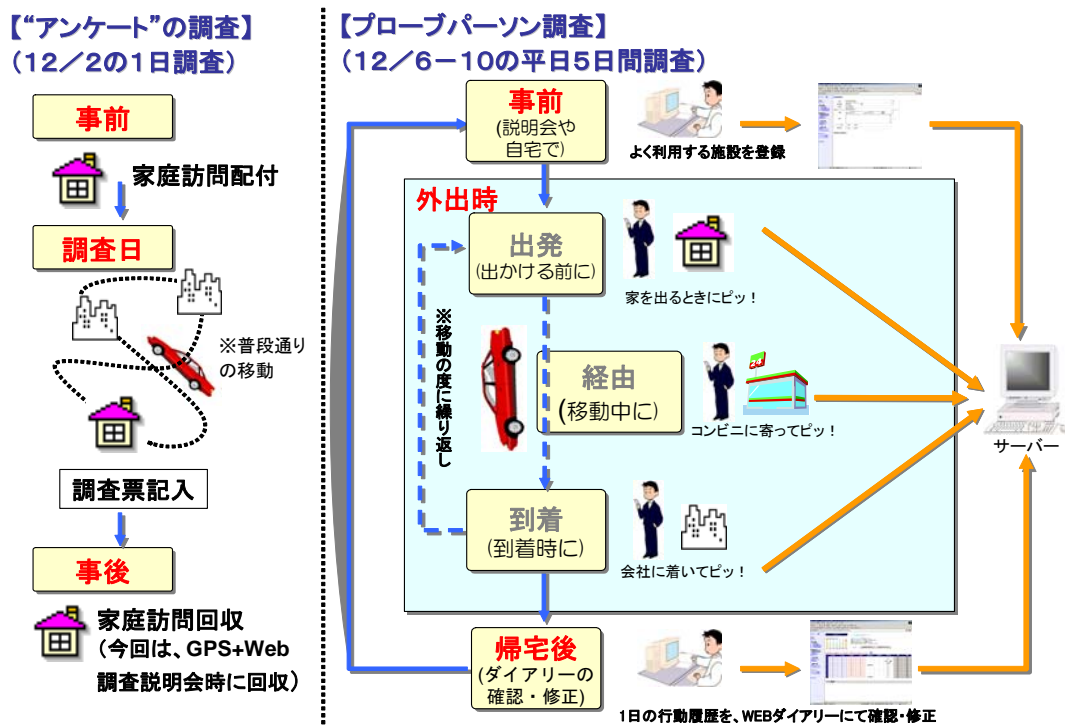


図 4.4 調査手順の概念図



図 4.5 GPS 携帯電話の外観

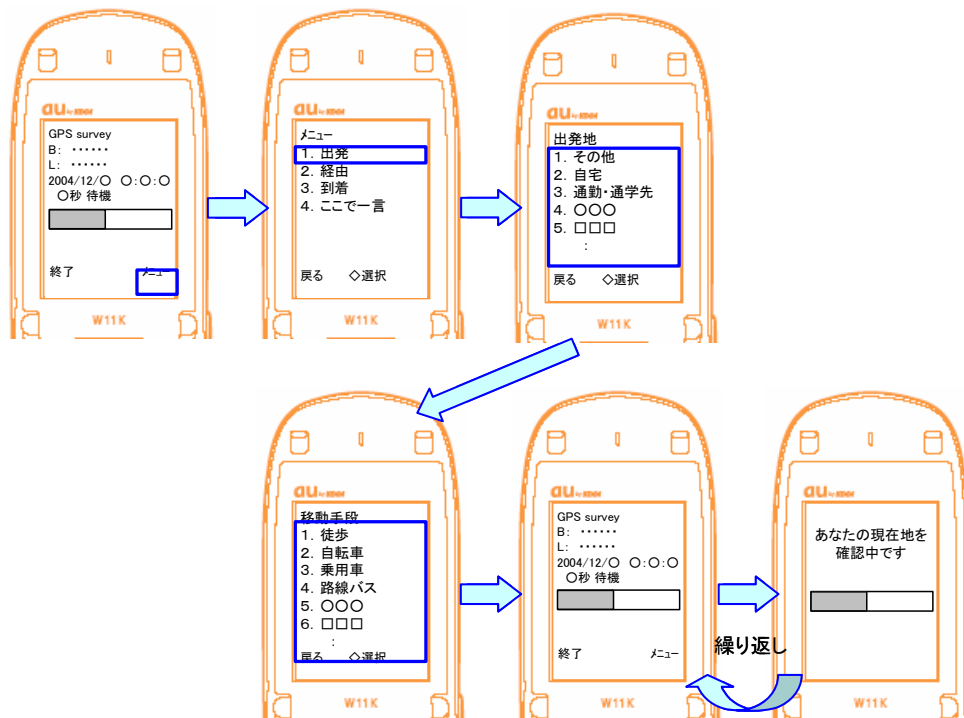


図 4.6 出発時の携帯電話の操作

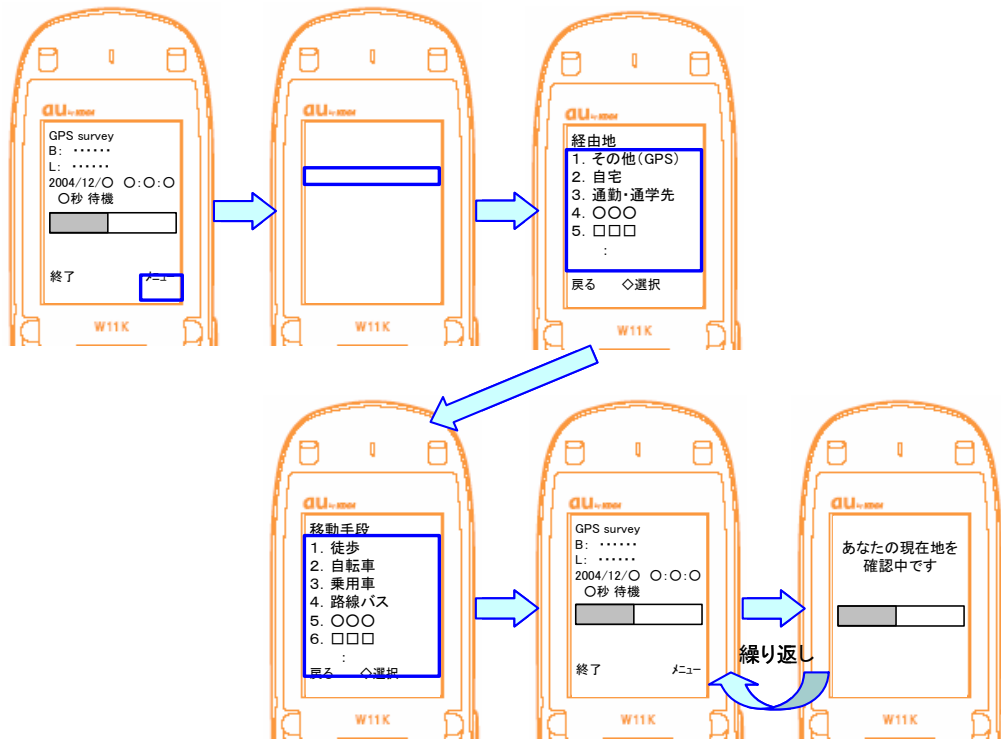


図 4.7 経由時の携帯電話の操作

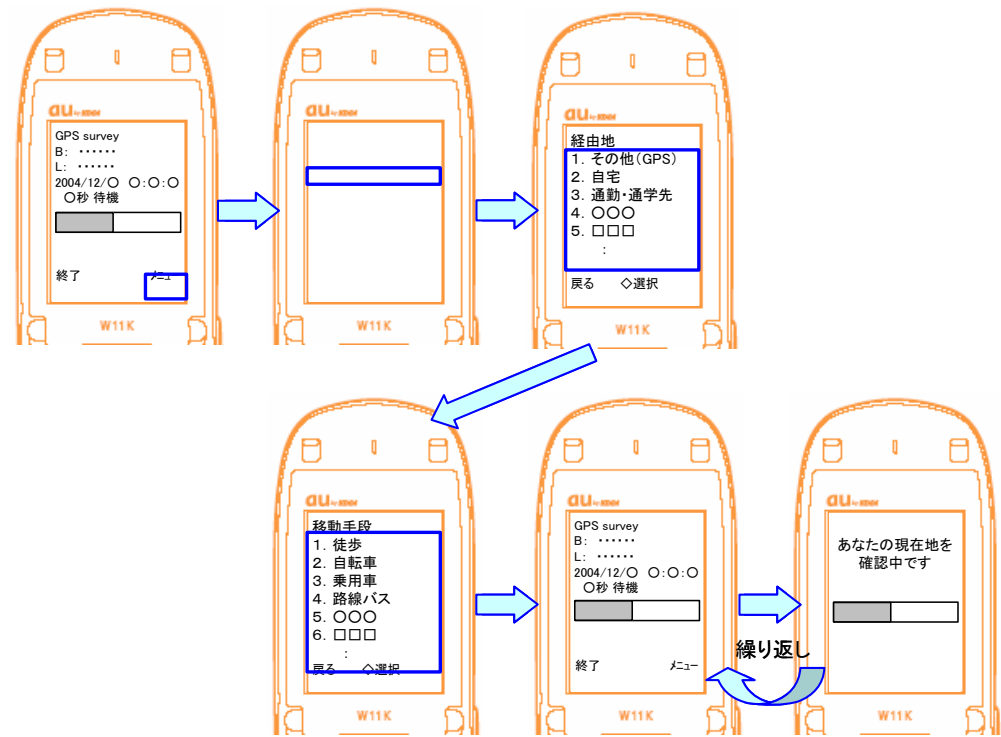


図 4.8 到着時の携帯電話の操作



図 4.9 WEB ダイアリーの操作画面



図 4.10 移動軌跡の確認画面

4.2.6. GPS 機器の位置測定精度について

本調査で用いた GPS 付き携帯電話の位置特定精度について示す。GPS は、約 30 個の GPS 衛星のうち、上空にある数個の衛星からの信号を GPS 受信機で受け取り、現在位置を知るシステムである。そのため、上空に遮蔽物が少なく GPS 信号を得やすい空間においては、位置特定精度が向上する。その一方で、屋内など GPS 信号が遮蔽される空間においては、位置特定精度が低下する。また、GPS 付き携帯電話については、GPS 信号による位置特定が難しい場合には、携帯基地局からの信号強度により位置を補完する。本調査で用いた GPS 付き携帯電話の位置特定精度について、図 4.11 に示す⁴²。

図 4.11 を見ると、GPS 付き携帯電話については、屋外では概ね 20m 以内の位置特定精度を持っているが、屋内では、概ね 50m 以内の位置特定精度を持っていることがわかる。

これらの位置特定精度が調査に及ぼす影響についてであるが、たとえば、図 4.9 に示す WEB ダイアリーを記入するにあたって、その起終点や利用した交通機関を想起するには、十分な精度を持っている。また、GPS 付き携帯電話については、前述の通り GPS 信号のみでの位置特定が難しい場合には、基地局からの電波信号強度により位置を補完する。位置特定情報の中に、「0':GPS、'1':Hybrid、'2':複数基地局、'3':測位失敗、'4':基地局、'5':複数基地局(2 より精度悪)」といった判別情報が含まれるため、位置特定精度の高い GPS 信号のみでマップマッチングを行うことにより旅行速度や経路の特定には、影響は少ない。

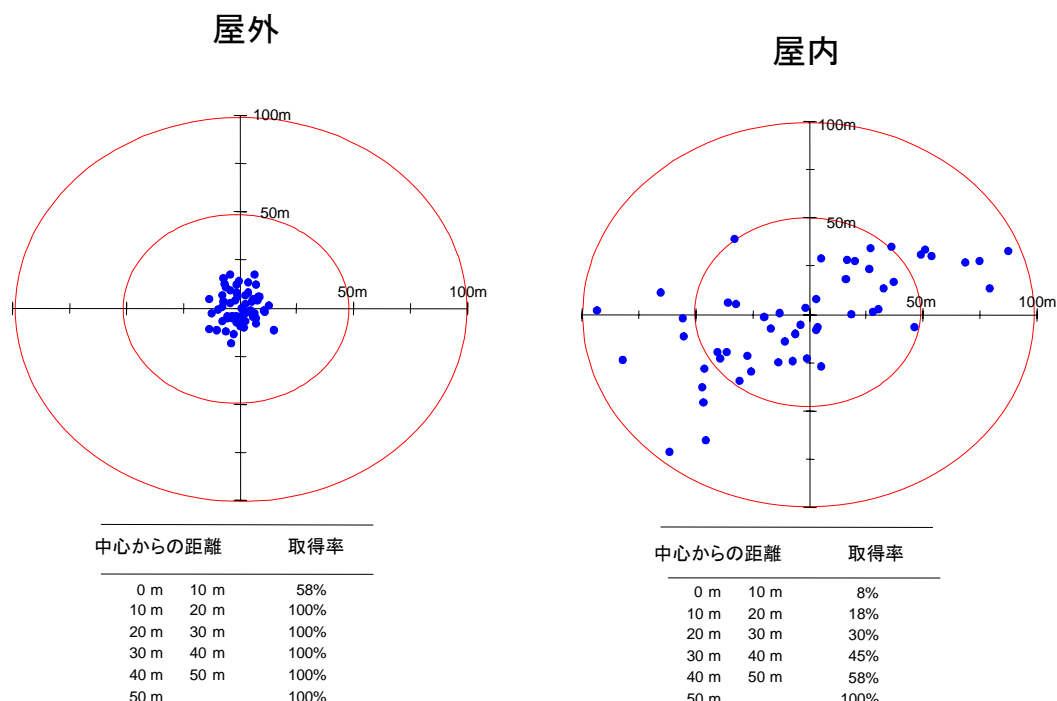


図 4.11 GPS 付き携帯電話による位置特定精度

4.3. プローブパーソン調査の活用による調査精度の向上・効率化

4.3.1. コスト面の調査の効率性の向上について

これまで道路交通センサスやパーソントリップ調査においては、配布、説明、回収、データ入力（パンチ）などをすべて人手により行うため、これらが人件費という形ですべて調査コストに反映されることとなる。平成6年の道路交通センサスにおいては、起終点調査に50億円の費用がかかっている²⁸⁾。

今回の調査において、アンケート調査票および移動体通信機器の配布から、調査より取得されたデータのデジタル化までに要した時間は、紙を媒体としたアンケート調査で97.4人分/票、移動体通信機器による調査で30.2人分/票であり、今回の調査においては、1票あたり67.2人分のデータ化コスト差が生じている。この処理時間の差を、図4.12に示す。

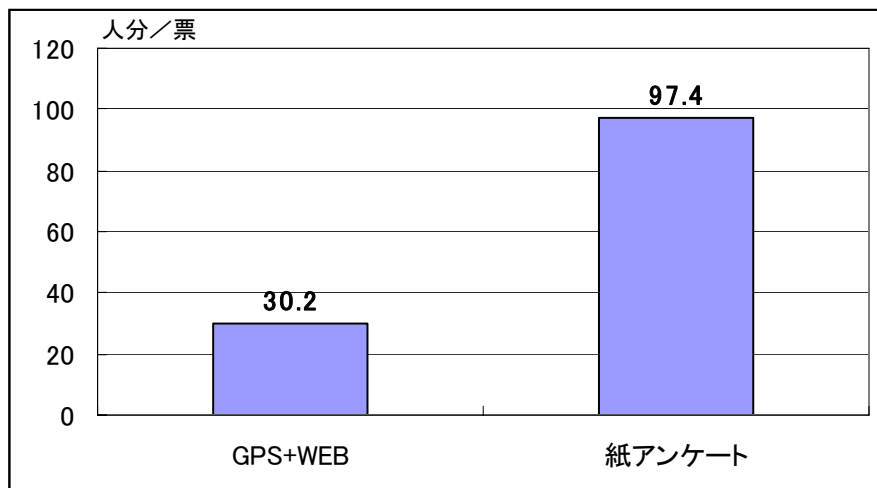
それぞれの調査において、デジタルデータ化までに要した時間内訳は表4.3のとおりである。まず、今回の説明にデータ取得からデジタルデータ化までの所要時間に着目すると、アンケート調査票（移動体通信機器）の配布回収時間、および調査説明会の実施時間について見ると、紙のアンケート調査では合計2,538人分（2人）の時間を要するのに対し、移動体通信機器では、4,680人分（13人）とより多くの時間を必要とすることが分かる。まず、紙アンケート方式では、調査員が各家庭に訪問するため、その移動時間と説明のための時間を集計している。2人でのべ2,538人分ということで、約40時間程度の時間を要している。その一方で、GPSとWEBを用いたプローブパーソン調査手法では、携帯電話の使い方やWEBダイアリーの使用方法を説明するため、説明会場にて説明を行ったため、計13名でのべ4,680人分（約78時間）の時間を要している。

その一方で回収したデータのチェック電子化の作業においては、プローブパーソン調査手法を利用した場合には、被験者が入力した情報と機器により自動的に入手したデータをそのままデジタルデータとすることが可能であり、回収時のチェック、回収時の修正作業、符号化の作業（コーディング）、入力作業、論理エラーチェック、論理エラー修正作業のための作業時間を必要としない。このため、プローブパーソン調査手法は、調査・分析者の作業負担を増やすことなく、曜日別など複数日に亘る継続調査が可能であるという利点が挙げられる。また、データ化までの時間が短縮されることにより、必要なデータのすばやい入手・分析が可能になると考えられる。

現時点では、移動体通信機器の配布や利用方法の説明に多くのコストが必要であり、今後、移動体通信機器を用いた調査を普及させるためには、被験者本人の持つ携帯電話による調査を可能とし、機器配布時間を削減することや、機器操作の簡略化により、調査説明会を行わなくても調査が実施できるような改良を加えていくことが重要である。

プローブパーソン調査の手法が道路交通センサスのような本格的に導入されると、大幅な効率化が見込まれる。また、基本的にプローブパーソン調査に係る人的な調査コストは、説明会・機器の回収など関わるものであり、より長期間の連続調査とすることにより低下が見込まれる。今回は、プローブパーソン調査については、5日間のみであるが、5章に

て述べるつくばでの平成17年の実績では、60日間程度の継続調査を行っている。このような場合には、人的コストについては、さらに低下が見込まれる。



※時間の比較の対象は、配布からコーディング、エディティング、パンチング、電子データエラーチェックまでを対象、各調査票の作成、エラーチェックプログラム作成時間は除いている

図 4.12 各調査のデータ化までの作業時間

表 4.3 データ化に要した作業時間内訳

	紙アンケート	GPS+WEB	備考
被験者数(人)	31	31	
調査日数(日)	1	5	
配布移動時間(人分)	1,230	4,680	調査日数による影響なし
説明時間(人分)	78		
回収移動時間(人分)※1	1,230	0(郵送回収)	
回収時チェック(人分)	84	0	調査日数により作業時間が増加
エディティング(人分)	51	0	
コーディング(人分)	119	0	
入力(人分)	42	0	
エラーチェック(人分)	165	0	
エラー修正(人分)	20	0	
合計時間(人分)	3,019	4,680	
票数(票)	31	155	
1票当たり時間(人分/票)	97.4	30.2	

※1:紙アンケートの回収移動時間は想定(配布と同じ時間)

※2:移動体通信機器のデータ処理時間は考慮していない

4.3.2. トリップ把握精度の向上

前述のとおり、紙のアンケート形式の交通行動調査では、これまで報告されないトリップが指摘されてきている。プローブパーソン調査手法を用いることにより、これらの問題点を軽減できる。

図 4.13 にプローブパーソン調査と紙アンケート調査との自動車トリップ原単位の比較を行っている。この図を見るとプローブパーソン調査のトリップ原単位が向上している。また、今回の調査については、サンプリングもランダムサンプリングではないため、一概に比較はできないが、参考として愛媛県の H11 道路交通センサスの自動車トリップ原単位も掲載しているが、プローブパーソン調査のトリップ原単位との差異が見られる。

また、図 4.14 にプローブパーソン調査と紙アンケート調査との全交通機関でのトリップ原単位の比較を行っている。この図においても、プローブパーソン調査のトリップ原単位が向上している。また、こちらもサンプリングがランダムサンプリングではないため、一概に比較はできないが、参考として、昭和 45 年に行われた松山市のパーソントリップ調査におけるトリップ原単位も掲載している。

いずれの結果においても、プローブパーソン調査と紙アンケートによる調査を比べるとプローブパーソン調査の方がトリップをより多く把握されるという結果となっている。紙アンケート調査は、回答を回想に頼るため、トリップが欠損すると考えられるが、プローブパーソン調査では、常に携帯電話を用いてトリップ毎に位置をマーキングしたのち、日々 WEB ダイアリーにてトリップ情報を確認しているため、トリップを忘れるということがおきにくく、トリップの把握が向上していると考えられる。

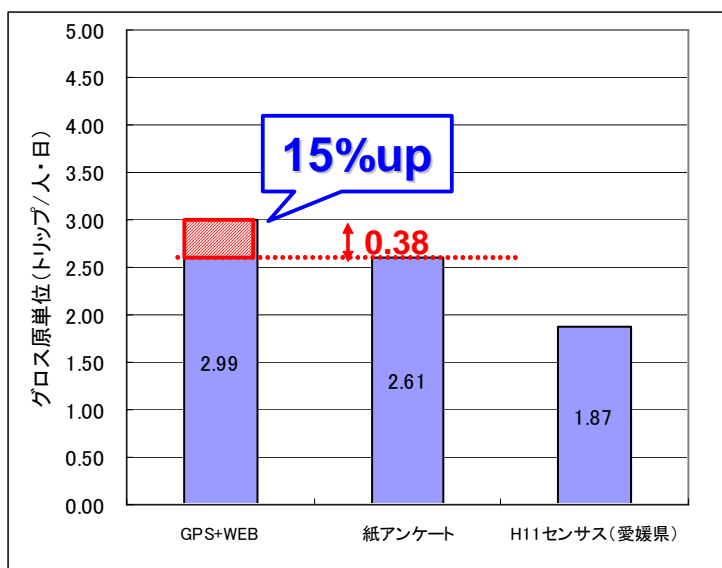


図 4.13 紙アンケート調査とプローブパーソン調査の自動車トリップ原単位

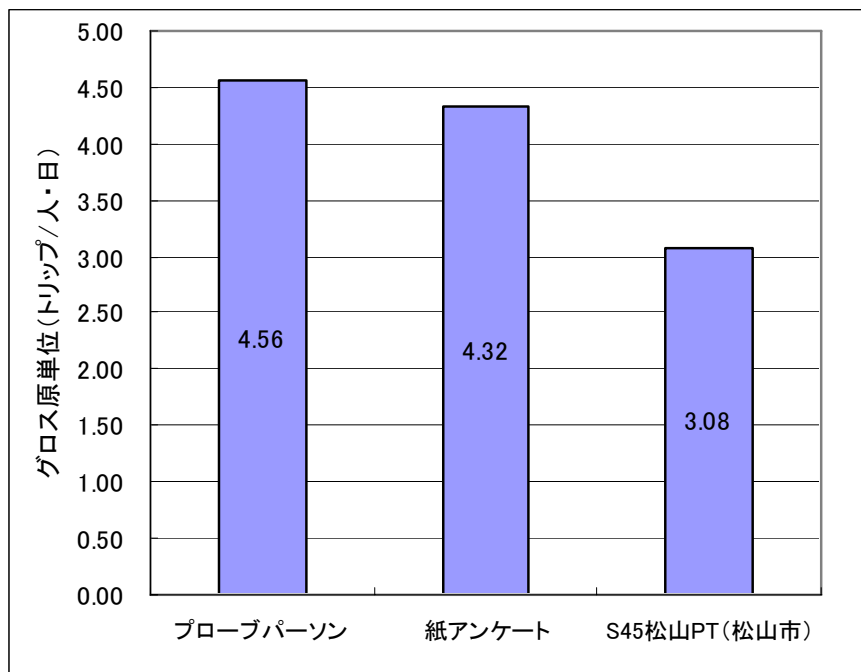


図 4.14 紙アンケート調査とプローブパーソン調査のトリップ原単位（全交通機関）

また、トリップの分布をトリップ目的別に検証したものが、図 4.15 である。この図を見るとプローブパーソン調査に比べて紙アンケートの方が、通勤・業務に比べて、私事トリップのトリップ数が低下している。このことは、通勤・業務などの定型のトリップに比べて、私事トリップなどの非定型のトリップの方が、報告漏れが起きやすいということを示している。

次に、距離帯別毎のトリップ分布を見たものが、図 4.16 である、この図をみると短距離トリップにおいて、紙アンケートのトリップ数が少ない。この図は、紙アンケート調査については、短距離トリップにおいて、トリップの欠損が発生しやすいことを示していると考えられる。

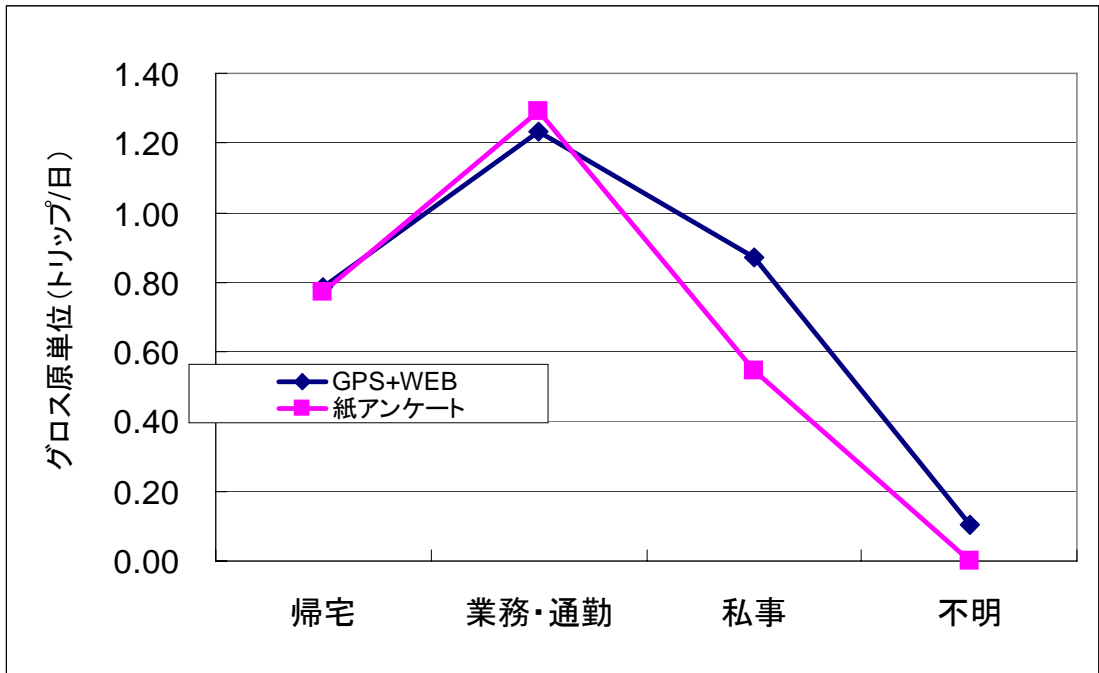


図 4.15 紙アンケート調査とプローブパーソン調査の目的別のトリップ数

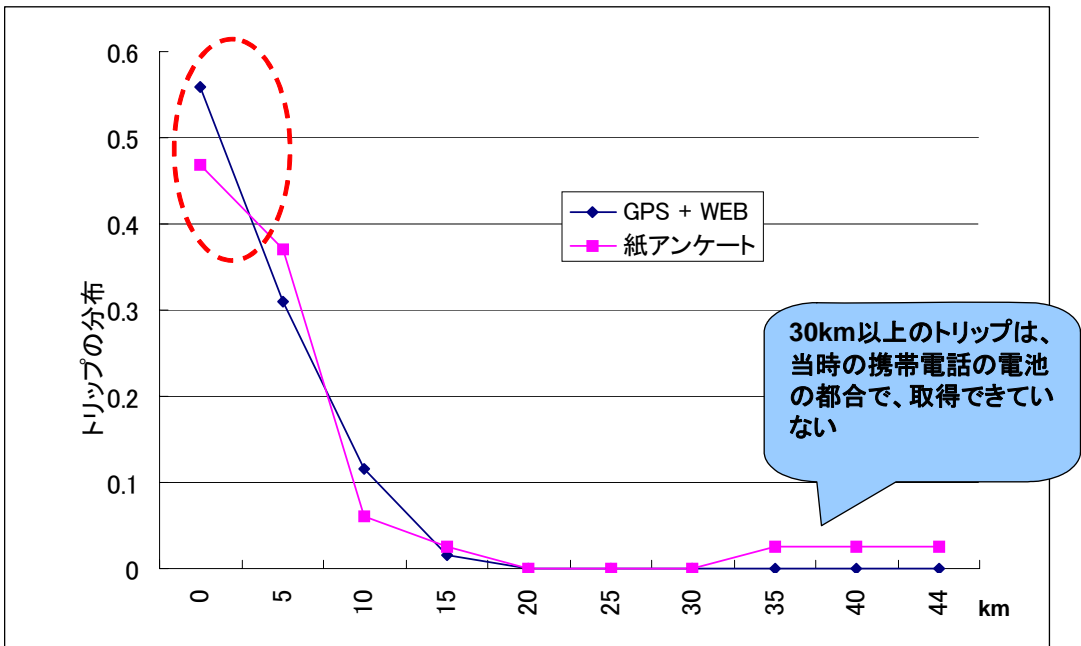


図 4.16 距離帯別ごとのトリップ分布

4.3.3. 経路情報の取得と所要時間の把握

これまでの紙アンケート調査において、詳細な移動経路の調査は不可能であったわけではない。地図を添付し、実際に通った経路をなぞる等調査を行えば、経路が調査できないわけではない。しかしながら、そのような調査は、被験者の負担が少なくなく、被験者の負担の増加は回収率の低下なども引き起こす可能性をはらんでいる。そのため、これまでの大規模交通行動調査であるパーソントリップ調査や道路交通センサス OD 調査においては、起終点位置のみの調査が行われてきた。

しかしながら、プローブパーソン調査については、携帯電話の GPS 機能を用いて、移動経路の時系列的な把握が可能である。実際の経路情報の把握について、図 4.17 に示す。実際に経路が得られるだけでなく、起終点の位置も図 4.11 で示した精度で把握することができる。

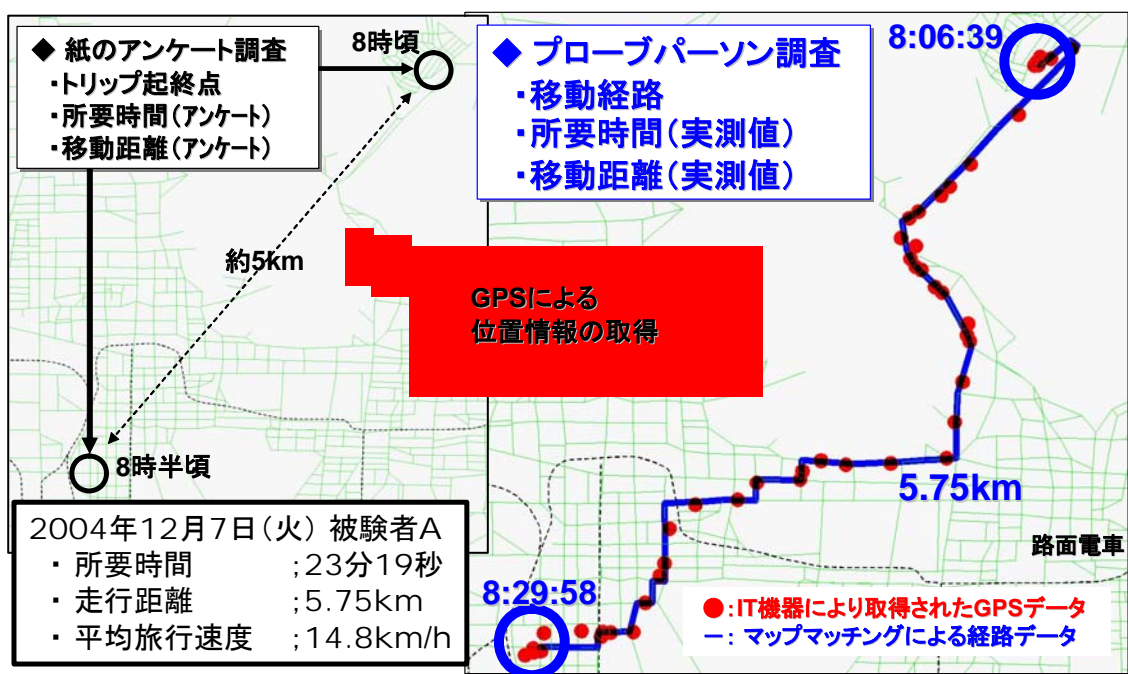


図 4.17 プローブパーソン調査による経路と所要時間の把握

4.3.4. 所要時間情報の精度向上

図 4.18 にプローブパーソン調査と紙アンケート調査によるトリップ時間の分布を示す。プローブパーソン調査は GPS による連続的な移動履歴データを捉え、それによりトリップ旅行時間が正確に把握できる。一方、紙アンケート調査は記憶による記入のため、30分や10分などのきりの良い単位でまとめられ回答されていた。このようにプローブパーソン調査は所要時間情報の精度向上に寄与でき、たとえば、利用者均衡配分のための LOS 変数の精度向上などに活用が期待される。

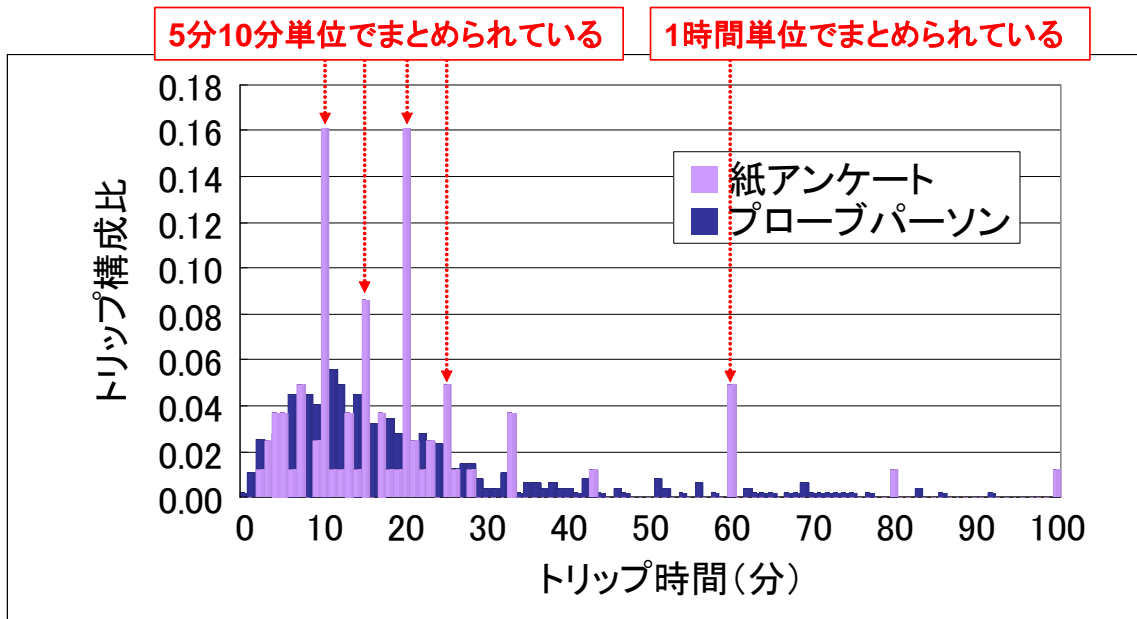


図 4.18 紙アンケート調査とプローブパーソン調査のトリップ時間分布

4.4. プローブパーソン調査に関する被験者の負荷について

調査実施後に各被験者を対象として各調査方法による回答負荷のアンケートを行った。1日のWEBダイアリーの平均入力時間に関する回答結果を図4.20に示す。約9割以上の人がWEBダイアリーの入力時間は、15分以内であると回答している。

調査のやりやすさに対するアンケートの結果を図4.20に、今後の協力のしやすさに関する回答結果を図4.21に示す。調査のやりやすさについては、プローブパーソン調査の方がやりやすいという回答が、約8割から得られている。また、今後どのような調査に協力したいかという点については、約5割がGPS携帯電話+WEBダイアリー、約2割がWEBダイアリーのみ、約2割がGPS携帯電話のみという結果になっており、実に9割の者がITを用いた交行動調査に協力したいという意向を持っていることがわかった。

実際、図4.20に示すとおり、WEBダイアリーの入力時間は概ね10分程度であり、定期的に電子メールをチェックする者であれば、それと同時にできるため、それほど負荷はかからないと考えられる。

今回、メールマガジンを通して被験者を募集したため、WEBの操作に慣れていることに対する影響、さらに自主的に参加意志を表明する被験者であるという影響はあるが、全体としてプローブパーソン調査の方がやりやすいもしくは協力しやすい調査であるという回答となっており、回答負荷はプローブパーソン調査の方が少ないと考えられる。

【平均の操作時間は？】

約9割が15分以内に操作

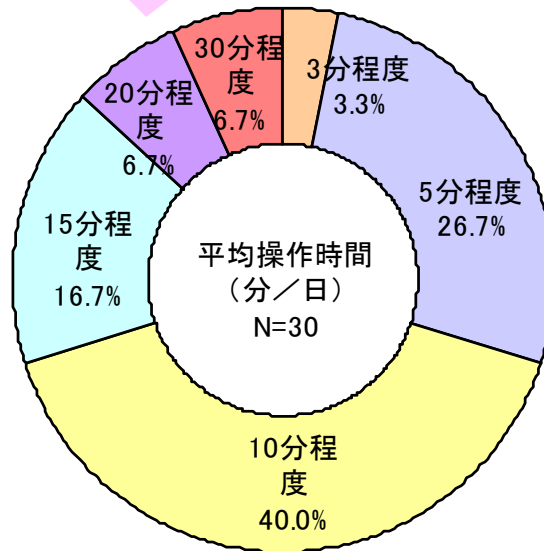


図 4.19 WEB ダイアリーシステムの1日の平均入力時間について

【やりやすかった調査は？】

IT機器のほうが調査しやすい

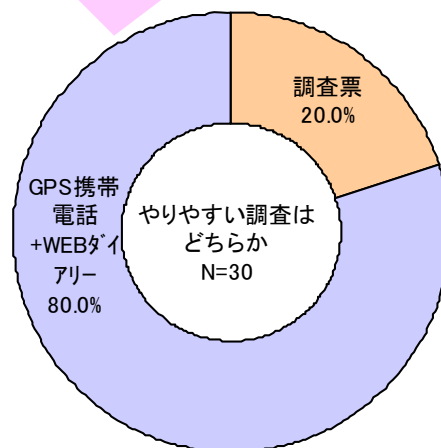


図 4.20 調査のやりやすさについて

【今後協力しやすい調査は？】

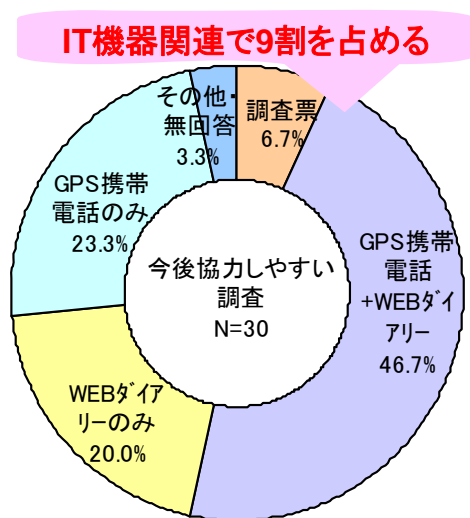


図 4.21 今後の調査の協力について

4.5. IT 機器に不慣れな世代による機器操作性について

GPS 携帯電話および WEB ダイアリーシステムを用いて交通行動調査を実施するにあたり、年齢の高い者は機器の取り扱いに慣れていないことが想定されるため、結果として調査データの精度に影響を及ぼすことが考えられる。本調査においては、50 歳～59 歳の 2 名の被験者が存在している。本項では、その 2 名を対象に取得されたトリップ情報の分析を行う。対象とする 2 名の被験者の個人属性は表 4.4 のとおりである。

表 4.4 被験者の属性

	性別	年齢 (年代)	職業	運転免許 の有無	自動車の 有無	通勤時の自 動車利用
被験者 A	男	50 歳～ 59 歳	管理的職業従事者	有	有	不明
被験者 B	女	50 歳～ 59 歳	サービス業従事者	有	有	利用しない

被験者 A、B および全被験者 31 名平均の曜日別トリップ数を自動車トリップ、その他のトリップ別に図 4.22、図 4.23 に示す。また、調査期間中の被験者の行動一覧およびトリップの例を図 4.24 に示す。

平均のトリップ数については、被験者 A が 5.00 トリップ/日、被験者 B が 3.40 トリップ/日、全被験者平均が 4.56 トリップ/日となっており、他の被験者のトリップ数と他

の被験者のトリップ数に特に目立った差は表れていない。

曜日別のトリップ数を見た場合には、被験者 A のトリップ数が曜日により大きく変化していることに対し、被験者 B は曜日によらず 1 日 3 トリップ程度を示した。これは、被験者 A が日中に複数の業務トリップを行っていることが影響していると考えられる。また、交通手段別に見た場合には、被験者 A については全被験者平均に近い値を示しているのに対し、被験者 B は、基本的に自転車を利用して移動を行っており、調査期間中の自動車トリップが 1 トリップのみと非常に少ない結果を示した。

また、被験者 A および B の一連のトリップチェーンを表 4.5 および表 4.6 に示す。

両被験者ともに、家を出てからから帰るまでの一連のトリップデータがトリップチェーンとして取得されており、トリップの抜け落ちは無い。また、事後アンケートにおいても、両被験者ともに機器の操作に対する不明点や抵抗はなかったと回答している。これらの結果より、丁寧な説明により高齢者についても、特に操作上の問題なく調査機器を利用可能であると考えられることができる。

今回の調査では、WEB により被験者を募集した関係から、すべての被験者が、比較的 IT 機器の操作に慣れている可能性が高い。このため、今後の課題としては、日常生活において携帯電話やインターネットを利用しない人を対象に調査を実施した場合にも、機器の操作に問題は生じないか検討を行う必要がある。

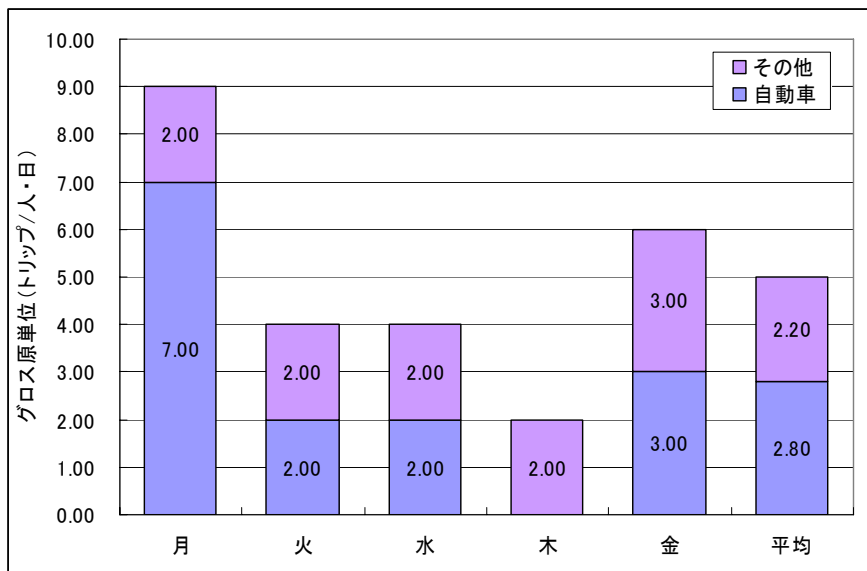


図 4.22 被験者 A—曜日別トリップ数

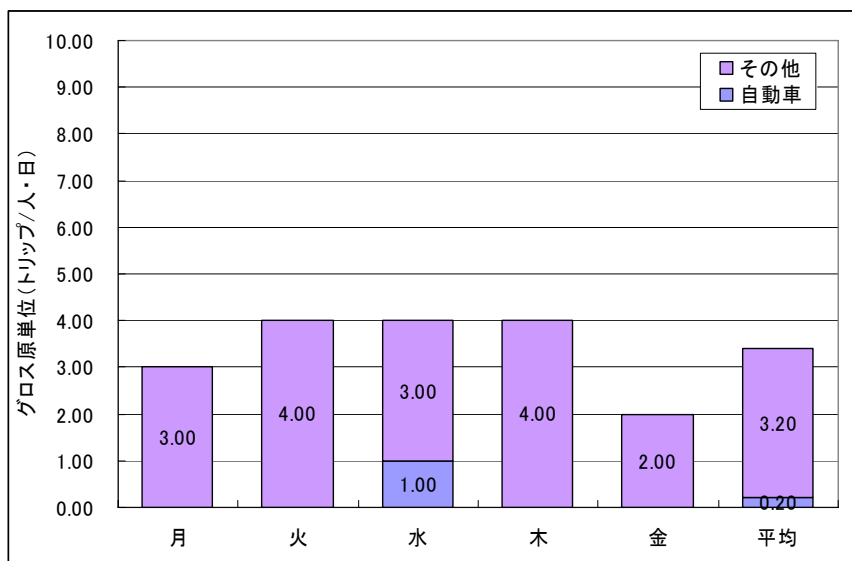


図 4.23 被験者 B—曜日別トリップ数

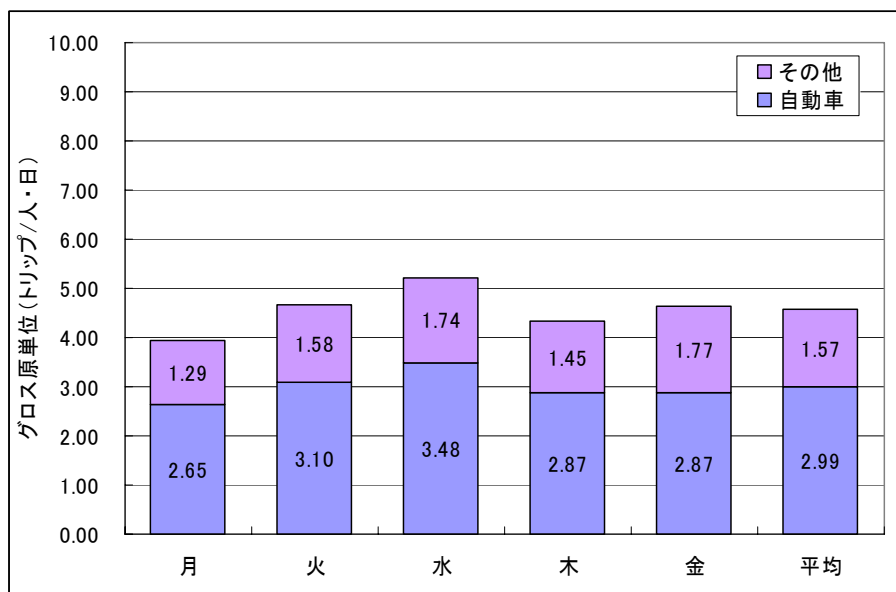


図 4.24 全被験者 (31 名) —曜日別トリップ数

表 4.5 被験者 A のトリップチェーン

状態	時刻	施設	手段
出 発	12/06 07:27	自宅	自動二輪(50cc〜)
到 着	12/06 07:53	通勤・通学先	
出 発	12/06 10:43	通勤・通学先	乗用車
到 着	12/06 11:03	通勤・通学先 松	
出 発	12/06 11:03	通勤・通学先 松	乗用車
到 着	12/06 11:25	通勤・通学先	
出 発	12/06 11:29	通勤・通学先	乗用車
到 着	12/06 11:48	その他	
出 発	12/06 12:02	その他	乗用車
到 着	12/06 12:12	通勤・通学先	
出 発	12/06 13:10	通勤・通学先	乗用車
到 着	12/06 13:23	通勤・通学先 素	
出 発	12/06 13:25	通勤・通学先 素	乗用車
到 着	12/06 13:32	通勤・通学先	
出 発	12/06 17:34	通勤・通学先	自動二輪(50cc〜)
到 着	12/06 17:59	自宅	
出 発	12/06 19:12	自宅	乗用車
↓	12/06 19:21	その他	乗用車
↓	12/06 19:26	パーティ・フジ	乗用車
↓	12/06 19:41	セブンスター 砥	乗用車
到 着	12/06 20:08	自宅	
出 発	12/07 07:29	自宅	自動二輪(50cc〜)
到 着	12/07 07:53	通勤・通学先	
出 発	12/07 17:33	通勤・通学先	自動二輪(50cc〜)
到 着	12/07 17:57	自宅	
出 発	12/07 19:23	自宅	乗用車
到 着	12/07 19:41	東道後ユートピア	
出 発	12/07 20:40	東道後ユートピア	乗用車
到 着	12/07 20:53	自宅	
出 発	12/08 07:31	自宅	自動二輪(50cc〜)
到 着	12/08 08:00	通勤・通学先	
出 発	12/08 10:17	通勤・通学先	乗用車
↓	12/08 10:42	通勤・通学先 潮	乗用車
到 着	12/08 11:29	通勤・通学先	
出 発	12/08 13:12	通勤・通学先	乗用車
↓	12/08 13:34	通勤・通学先 素	乗用車
到 着	12/08 14:03	通勤・通学先	
出 発	12/08 17:27	通勤・通学先	自動二輪(50cc〜)
↓	12/08 17:56	A B C 石井店	自動二輪(50cc〜)
到 着	12/08 18:05	自宅	
出 発	12/09 07:27	自宅	自動二輪(50cc〜)
到 着	12/09 07:52	通勤・通学先	

出 発	12/09 17:45	通勤・通学先	自動二輪(50cc〜)
到 着	12/09 18:12	自宅	
出 発	12/10 07:27	自宅	自動二輪(50cc〜)
到 着	12/10 07:52	通勤・通学先	
出 発	12/10 09:32	通勤・通学先	乗用車
↓	12/10 10:05	通勤・通学先 松	乗用車
↓	12/10 10:20	通勤・通学先 潮	乗用車
到 着	12/10 10:41	通勤・通学先 伊	
出 発	12/10 10:41	通勤・通学先 伊	乗用車
↓	12/10 10:56	通勤・通学先 道	乗用車
到 着	12/10 11:37	通勤・通学先	
出 発	12/10 14:06	通勤・通学先	乗用車
↓	12/10 14:34	通勤・通学先 御	乗用車
到 着	12/10 14:58	通勤・通学先	
出 発	12/10 17:30	通勤・通学先	自動二輪(50cc〜)
到 着	12/10 18:07	自宅	
出 発	12/10 19:55	自宅	徒歩
到 着	12/10 20:32	自宅	

表 4.6 被験者 B のトリップチェーン

状態	時刻	施設	手段
出発	12/06 12:00	自宅	自転車
到着	12/06 12:20	伊予鉄高島屋	
出発	12/06 13:09	伊予鉄高島屋	自転車
↓	12/06 13:15	ダイコクドラッグ	自転車
↓	12/06 13:26	アジアン	自転車
↓	12/06 13:53	自宅	自転車
到着	12/06 14:22	ハトマート	
出発	12/06 14:38	ハトマート	自転車
↓	12/06 14:47	マルナカ中央通	自転車
到着	12/06 15:09	自宅	
出発	12/07 10:18	自宅	自転車
到着	12/07 10:41	業務用竹原店	
出発	12/07 10:55	業務用竹原店	自転車
到着	12/07 11:27	自宅	
出発	12/07 12:26	自宅	自転車
到着	12/07 12:51	通勤・通学先	
出発	12/07 18:41	通勤・通学先	自転車
到着	12/07 19:00	自宅	
出発	12/08 08:25	自宅	自転車
到着	12/08 08:45	通勤・通学先	
出発	12/08 13:23	通勤・通学先	自転車
↓	12/08 13:40	マルナカ中央通	自転車
到着	12/08 14:13	自宅	
出発	12/08 15:44	自宅	徒歩
到着	12/08 15:48	レフコ	
出発	12/08 18:05	レフコ	乗用車
到着	12/08 18:10	自宅	
出発	12/09 10:32	自宅	自転車
↓	12/09 10:35	その他	自転車
到着	12/09 11:05	マルナカ中央通	
出発	12/09 11:05	マルナカ中央通	自転車
到着	12/09 11:24	自宅	
出発	12/09 12:30	自宅	自転車
到着	12/09 12:49	通勤・通学先	
出発	12/09 18:33	通勤・通学先	自転車
到着	12/09 18:59	自宅	
出発	12/10 11:51	自宅	自転車
↓	12/10 12:12	ロック	自転車
↓	12/10 12:36	三越 松山店	自転車
到着	12/10 12:51	通勤・通学先	
出発	12/10 18:23	通勤・通学先	自転車
到着	12/10 18:43	自宅	

4.6. 大規模調査に活用する際の課題

モニタを募集して被験者とする今回のようなプローブパーソン調査については、有料道路の社会実験の効果分析や次章で述べるつくばエクスプレスのインパクト調査においても実施例があり、調査手法としては、実用レベルと考えられる。

本項では、道路交通センサスやパーソントリップなどの将来交通需要予測などに用いる大規模調査にプローブパーソン調査を適用しようとした場合の課題について、考察を行う。

①ランダムサンプリングに関する問題

現在、道路交通センサスについては、統計報告調整法に基づき総務省に調査の申請を行い、承認統計調査として、自動車保有情報よりランダム抽出を行っている。今回のプローブパーソン調査のような、操作方法について詳細な説明を必要とし、複数日の連続調査が必要となる調査の場合、被験者の負担から、承認統計調査としての実施ができない可能性がある。また、承認統計調査として認められた場合にも調査協力を拒否するケースも十分に考えられる。そのような場合に、回答率が低かった場合には、バイアスが生じる可能性もある。海外では、交通行動調査に対して少額の謝礼を支払っている事例もあり、回答率を向上させるためには、謝礼を払うなどの措置も考えられる。しかしながら、我が国においては国が実施する調査において、多少なりとも謝礼を支払うことは、いわゆるバラマキともとらえられる可能性があり、謝礼を払うことが社会的に許容されるかという問題も生じる。

②被験者の負荷についての整理

前述のとおり、現在、道路交通センサスについては、統計報告調整法に基づき総務省に調査の申請を行い、承認統計調査として、自動車保有情報よりランダム抽出を行っている。統計報告調整法においては、「統計報告の作成に伴う負担を軽減する」ことを目的としており、総務省申請の際に主に被験者の回答負荷についての審査が行われる。このような IT 調査については、前述の図 4.20 図 4.21 が示すとおり、プローブパーソン調査の方が被験者の回答負荷は少ないという結果が出ているが、回答従来の紙アンケートベースの統計調査とは手法も異なる上、複数日調査を基本とした調査となるため回答負荷が増加し被験者の負担も増加するととらえられるおそれがある。これらについては、今後も知見を重ねていく必要がある。

③機器に不慣れな人に対する実施可能性

今回の調査においては、メールマガジンを用いて被験者の募集を行ったため、比較的パソコンや携帯機器の扱いに慣れた人が集まっているということを考慮に入れる必要がある

が、前述のように紙アンケート調査に比べ、プローブパーソン調査の方が協力しやすいという結果が出ている。また、今回被験者の中に 50 年代後半の女性もいたが、問題なく調査が行えた。

また、携帯電話が普及してから 10 年程度は経過してきており、国民の大半が携帯電話を所有する状況となってきた。携帯電話に付属しているメール機能やインターネット閲覧機能を現在使いこなしている世代が、年齢を重ねると、自ずと携帯電話などの IT 機器に慣れた者が多くなる。これらのことから、近年の情報機器の普及を考えると、プローブパーソン調査が被験者に受け入れられる可能性は高いと思われる。

しかしながら、これらの機器に不慣れな者についても考慮を行う必要があるため、説明会を実施し、さらに説明会の際に各被験者のプローブパーソン調査への適合度を判断し、適宜紙アンケート調査と併用を行うなどの手法を考えていく必要がある。

④機器の改良

今回の調査では、GPS 機能が搭載されている、通信機能により web との連携が容易、通信網により自動でデータ収集ができる、簡単なプログラムが搭載できる、持ち運ぶことを想定している機械なので小型で丈夫、汎用的に普及している機器なので比較的安価、などの理由により、GPS 付き携帯を採用し、WEB ダイアリーの組み合わせを行い調査を実施した。

しかしながら、携帯電話でアプリケーション機能を連続使用すると電源の消耗が非常に激しく、今回の調査においても、数時間ごとの充電が必要であった。また、本来は携帯電話なので、実施の際にアプリケーションを立ち上げないといけないなど、わかりやすさという面で改善の余地はある。プローブパーソン調査を本格的に実施するには、さらに機器の改良が望まれる。

⑤より実効性の高い調査実施方法の確立

道路交通センサスにしてもパーソントリップ調査にしても、何年かに 1 度の大規模調査となっている。プローブパーソン調査のような機器を用意する必要がある調査手法の場合、大規模調査に対応した機器の数的調達是非現実的である。そのため、機器の使い回しを考慮しながら、通年で一定周期毎に被験者を入れ替えながら、調査を実施していくという調査体制を考えていく必要がある。

また、そのような通年での調査実施体制を考えた場合、これまでのある 1 時期の交通行動しか把握できていなかったものが通年で把握できるようになり、観光交通の把握や、季節の変動などを把握できることになり、よりきめ細かな交通施策に資する調査を行うことが出来ると考えられる。

4.7. まとめ

GPS 携帯電話および WEB ダイアリーを併用するプローブパーソン調査手法は、紙アンケート形式のこれまでの調査方法に比べて、トリップ報告漏れの削減、被験者が入力するトリップ目的・機関選択の情報の精度向上、出発・到着時刻精度の向上、経路情報の向上、連続調査によるコストの削減のメリットが存在する。特に、トリップ報告漏れについては、アンケート調査上のバイアスとして、欧米では研究の対象とされてきた経緯がある。

本章では、プローブパーソン調査について、紙アンケート調査と同一の被験者で比較しながら、前述の調査精度の向上、コストの改善、被験者の負担について比較を行った。主な知見について、以下に示す。

プローブパーソン調査手法と紙アンケートの1日あたりのトリップを比較すると、紙アンケート手法の方が、1日あたりのトリップ数が約15%少なく、トリップの報告漏れ発生しており、さらにプローブパーソン調査手法を用いることに改善ができると考えられる。

さらに、トリップ目的別に、プローブパーソン調査手法と紙アンケートのトリップを比較すると、私事トリップで紙アンケートのトリップ数が少ない結果となった。また、さらにトリップ延長別で、プローブパーソン調査手法と紙アンケート手法のトリップ数を見ると、0~5kmの短距離のトリップにおいて、紙アンケート手法のトリップが少ない結果となった。

このことから、これまで様々な文献にて報告がなされている紙アンケート調査における「報告されないトリップ (under-report)」の問題が、実際に同一モニタでの比較検証により、非定型の私事トリップおよび短距離のトリップで多いことが実証的に確認された。

所要時間の分布を、紙アンケート調査手法とプローブパーソン調査手法により比較すると、紙アンケートについては、10分や30分単位でまとめられて報告がされているが、プローブパーソン手法では、なだらかな分布系を示している。本来、トリップの所要時間が10分や30分単位でまとまることは考えにくく連続的な分布型をなしていると考えられる。プローブパーソン調査手法による方法は、連続的な分布となっており、プローブパーソン手法を用いることにより所要時間の把握精度の向上が図れると考えられる。

被験者の調査に対する負荷を調査実施後のアンケートにより把握した。その結果、調査のやりやすさについては、紙アンケート形式に比べ、プローブパーソン調査の方がやりやすいという回答が、約8割から得られている。また、今後どのような調査に協力したいかという点については、実に9割の者がGPS携帯電話もしくはWEBダイアリーを用いた交通行動調査に協力したいという意向を持っていることがわかった。このことから、今回の調査は、メールマガジンを利用して募集をしたサンプルということは勘案しても、回答負荷はプローブパーソン調査の方が少ないと考えられる。

次に、IT機器の操作に不慣れであると考えられる年代のプローブパーソン調査手法のデータ取得について確認を行った。その結果、トリップチェーンに特段の不整合は無く、適切に実施されていることが確認できた。今回は、メールマガジンを利用して募集をした被

験者であるということはあるが、50年代の被験者においても適切な調査実施ができたことから、説明会において丁寧に説明を行うことにより、IT機器に不慣れな被験者でも調査実施が可能であると考えられる。

パーソントリップ調査や道路交通センサスなどの大規模交通調査についての適用については、被験者の負担の点から、統計報告調整法に基づいてランダムサンプリングができないという可能性がある。また、大規模調査の実施については、電源の持続時間やわかりやすさという点で、改良も望まれる。今後も継続的な検討が必要である。

5. プローブパーソン調査を用いた様々な政策アウトカムの計測

5.1. 本章の目的

パーソンプローブ調査については、道路交通センサスやパーソントリップ調査など、需要予測を主な使用目的とした精度に対する要求が厳しい調査については、4.6において示した課題が存在する。しかしながら、必ずしもランダムサンプリングである必要のない都市の政策課題の把握や、アウトカムの計測などいわゆる「good understanding」のための調査としては、位置を時系列で取得することができ、継続的な調査を行うことができるプローブパーソン調査は、非常に有用なツールになると考えられる。しかしながら、アウトカムの計測を目的として行われたプローブパーソン調査は少なくその事例も少ない。

本章では、つくばエクスプレスの開通に伴うインパクトを計測するために行われたつくばプローブパーソン調査により得られた結果を用いて、個人ベースの交通行動をラグランジュ的に計測することにより、都市の課題の把握ができること、そして様々な政策課題に対応したアウトカムが計測できることを示すことにより、プローブパーソン調査の有用性について確認を行うことを目的とする。

5.2. 調査の概要

5.2.1. 調査の目的

2005年8月、つくば（茨城県）と秋葉原（東京都）を最速45分で結ぶ新規鉄道つくばエクスプレス（以下、TX）が開通した。図5.1にTXの路線図を示す。これまで、つくば中心部と東京を直接結ぶ交通手段は道路混雑の影響を避けられない高速バスであったことから、TX開通に伴う所要時間の短縮や定時性の向上は、人々の交通行動やつくばの交通に大きな影響を及ぼすものと考えられる。

本調査では、TX開通が及ぼす影響を把握するため、4章にて説明を行ったGPS携帯電話とWEBダイアリーを組み合わせたプローブパーソン調査手法を用いて、つくば周辺で生活する人の交通行動を調査した。

5.2.2. 被験者の募集

つくば市周辺に居住もしくは就業することを条件として、つくば市を対象としたインターネットのポータルサイトやニュースサイトでの案内、つくばセンター付近へのポスターの掲示などを行い、被験者を募集した。その結果74名のモニタが集まった。モニタの年齢と性別について図5.2に示す。モニタの職業について、図5.3に示す。モニタの居住地と勤務地（通学を含む）について、それぞれ表5.1図5.4および図5.5に示す。



図 5.1 つくばエクスプレスの路線図について

■性別・年齢

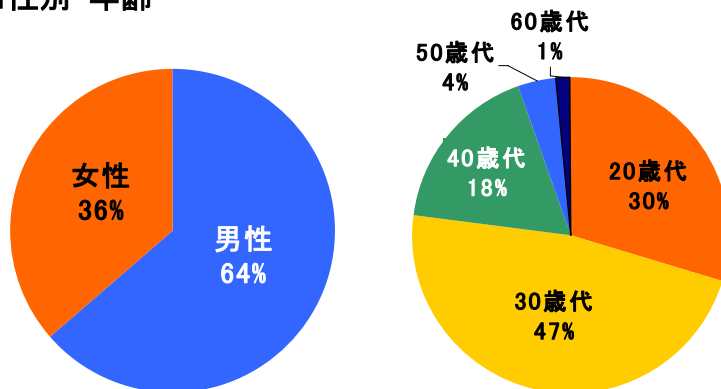


図 5.2 被験者の性別と年齢

■ 職業

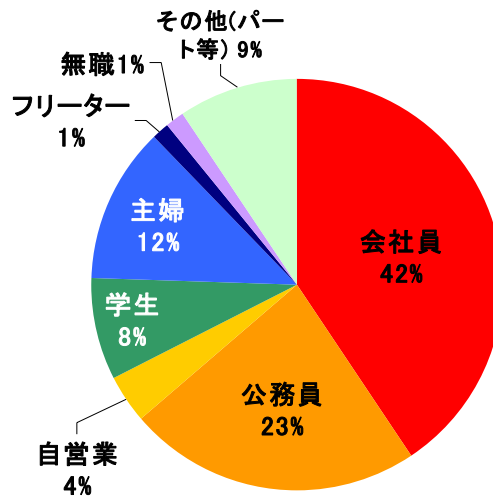


図 5.3 被験者の職業

		勤務地							計
		つくば市	土浦市	牛久市	下妻市・ 筑西市	水戸市	東京都	なし	
居住地	つくば市	34	3	2	1	1	9	10	60
	土浦市	1					1		2
	牛久市・阿見町	2							2
	筑西市	1							1
	八郷町・真壁町	1			1				2
	八千代町・千代川村・三和町	3							3
	谷和原村	1							1
	千葉県	3							3
	計	46	3	2	2	1	10	10	74

表 5.1 通勤・通学の OD 状況

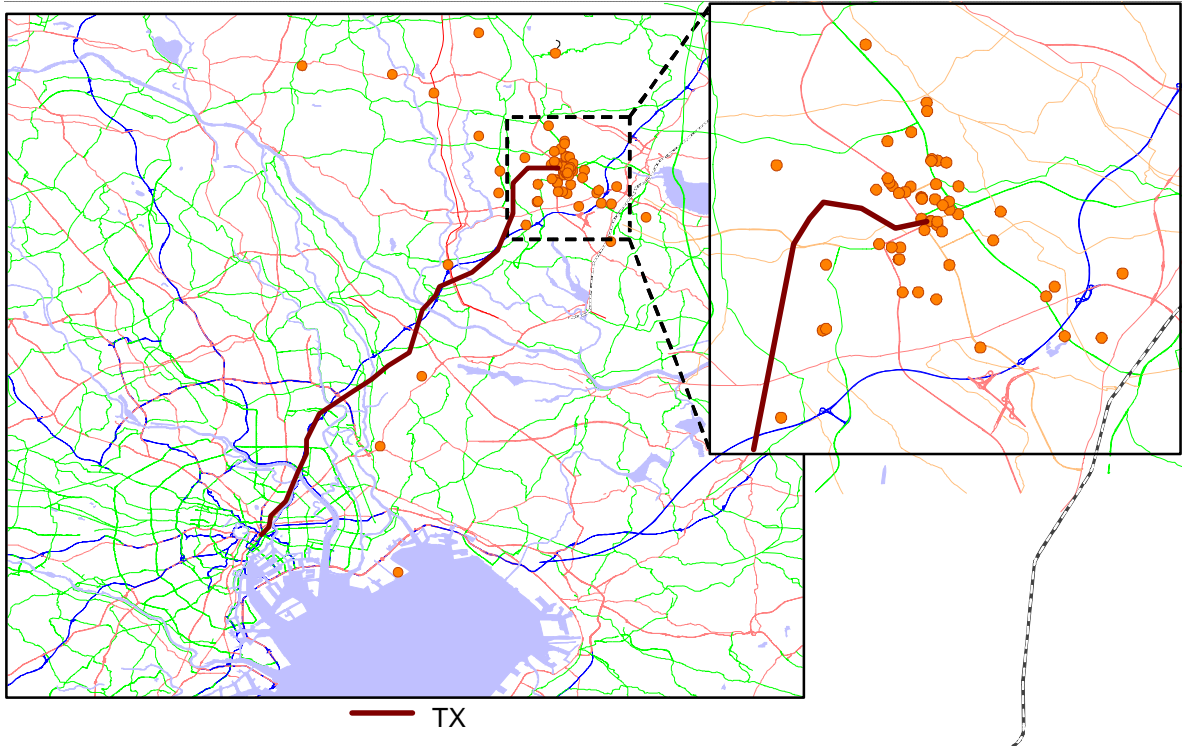


図 5.4 被験者の居住地の分布

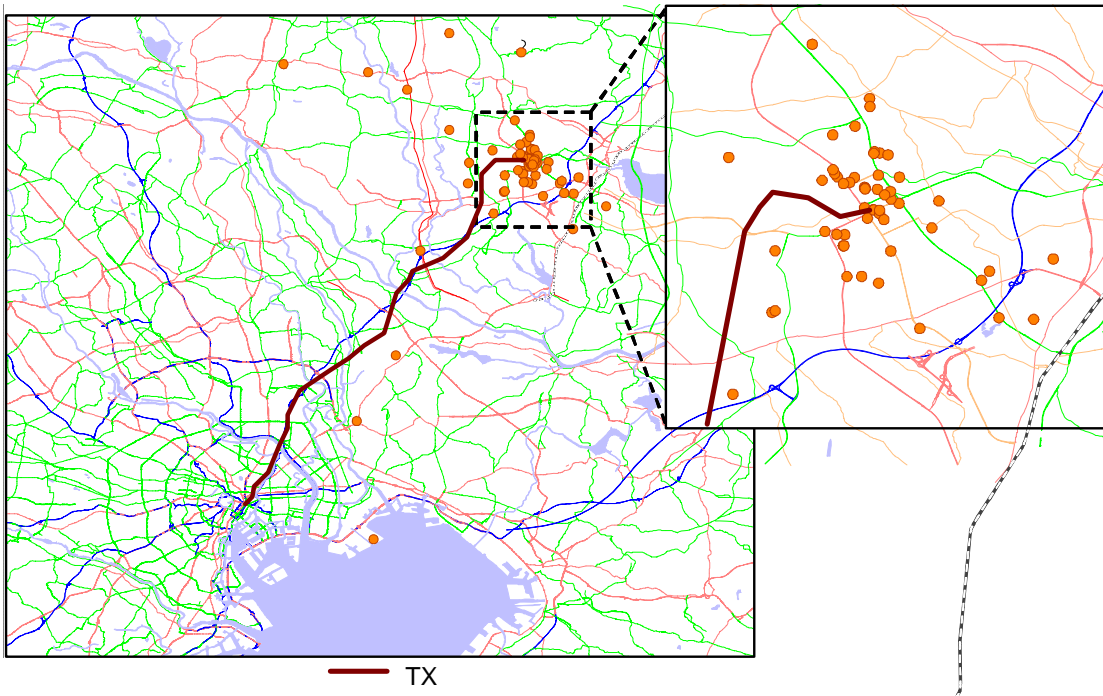


図 5.5 被験者の勤務地（通学含む）の分布

5.2.3. 調査対象期間

TXは平成17年8月24日に開通をした。夏休みの影響が多いと思われる時期を除いて、開通前の平成17年7月4日～7月24日（21日間）および開通後の平成17年8月24日から9月30日（38日間）を対象として、調査を実施した。なお、平成17年7月25日から8月23日の間については、被験者からの調査機器の回収は特に行わず、任意の調査期間としたため、一部の被験者の行動データについては、これらの期間も収集されている。

5.2.4. 調査の概要

モニタの調査協力内容は、外出する際にGPS携帯電話（調査者が貸与）を所持し、トリップ（移動）の出発・到着時に図5.6に示す操作をする。また、1日1回程度、自宅等のパソコンで図5.7に示す調査専用サイト（以下、Webダイアリー）にアクセスし、トリップ情報（移動目的、利用交通手段等）を入力する。なお、今回の調査のWEBダイアリーについては、管理者から被験者におおのこの交通行動に対して、質問を送り回答をもらえるシステムとしている。以上のモニタの協力により、調査期間中のトリップデータを表5.2に示す内容で収集した。

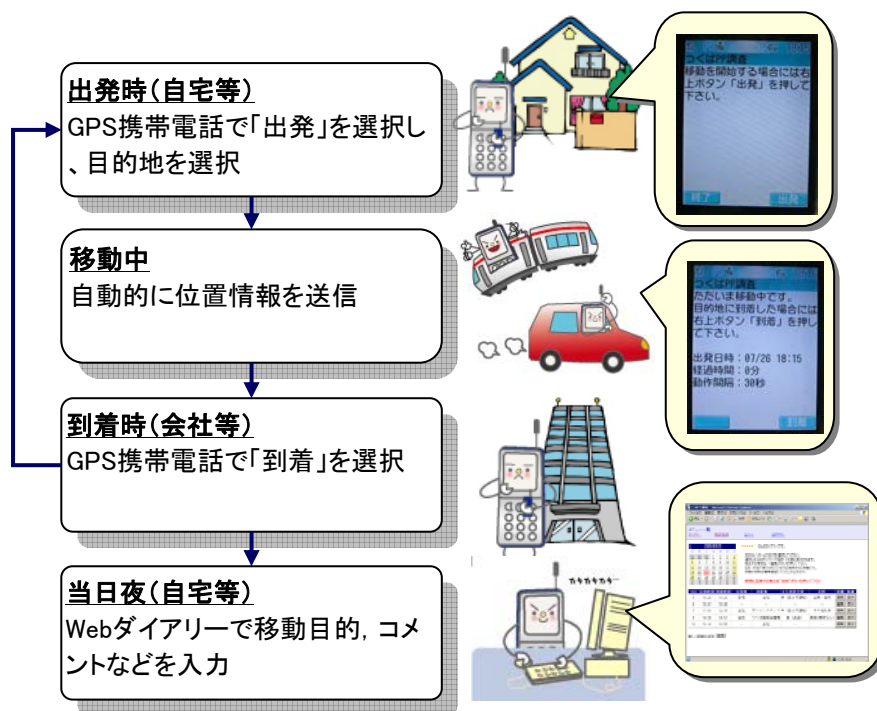


図 5.6 各被験者の協力内容

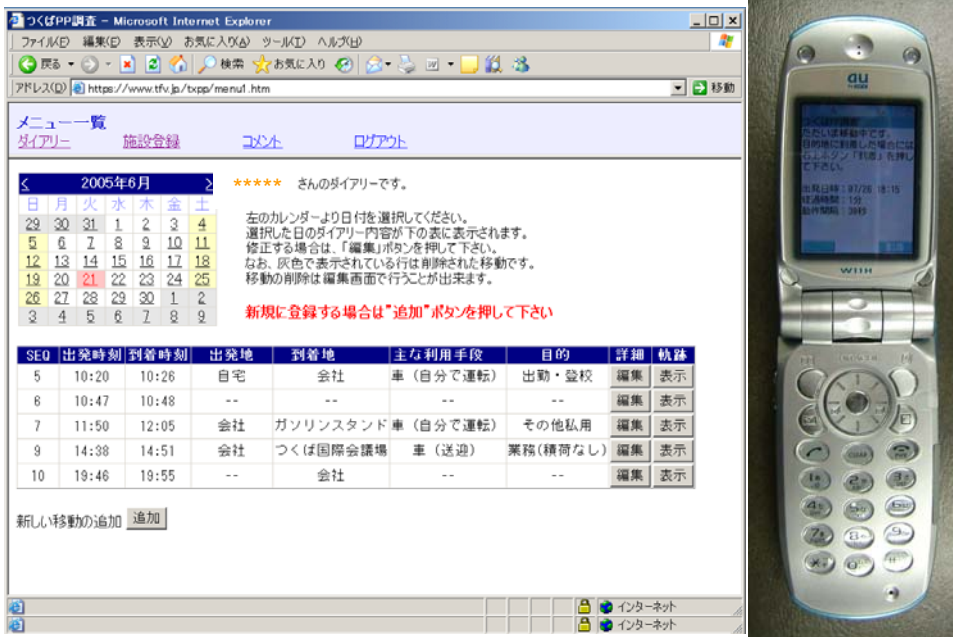


図 5.7 GPS 携帯電話と Web ダイアリー

表 5.2 調査データの概要

調査期間
TX開通前：2005.7.4～7.24 (21日間) TX開通後：2005.8.24～9.30 (38日間)
モニター
つくば市周辺に居住もしくは就業する73名 ※TX開通前・開通後ともに同一のモニター
各トリップで収集するデータ
<p>[GPS携帯電話]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 出発および到着時刻、移動軌跡、目的地 <p>[Webダイアリー]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 移動目的、利用交通手段、出発地、コメント <p>※コメントは任意でトリップの際に気づいた点 (混雑状況など) を入力</p>

5.3. つくばエクスプレスの開業によるインパクトの分析

5.3.1. 定時制の向上による朝のゆとり時間の創出

つくば周辺から東京周辺へ TX で通勤するようになったモニタの平均通勤時間を図 5.8 に示す。TX の開通前は、つくば中心部-東京間を直接結ぶ交通期間は、高速バスしかなく、この高速バスは首都高速で渋滞に巻き込まれた際には、所要時間の変動が激しかった。常磐道:桜土浦 IC から首都高速:向島ランプの高速バスの所要時間を図 5.9 に示す。図 5.9 を見ると、つくばから東京への上り方向については、所要時間のばらつきが特に大きく、約 40 分から 100 分程度のばらつきとなっている。また、そのばらつきは朝のラッシュ時間帯が多いと考えられる。通勤・通学のトリップは到着時刻制約があることが一般的であるため、高速バスの利用者は、ある程度の余裕時間を設定した上で出発時刻を選択していたものと思われる。

しかし、定時性が高く、所要時間が短縮される TX の開通により、朝のゆとり時間が創出され、所要時間のばらつき（標準偏差）についても小さくなっていることがわかる。高速バス利用からの転換の場合、20分から53分の朝のゆとり時間が創出されていることがわかる。

このようにプローブパーソン調査では、所要時間の精度が高い、日々の移動軌跡情報が収集可能であるといった特徴があるため、これまで実質的に析が難しかったことも分析が可能となっている。

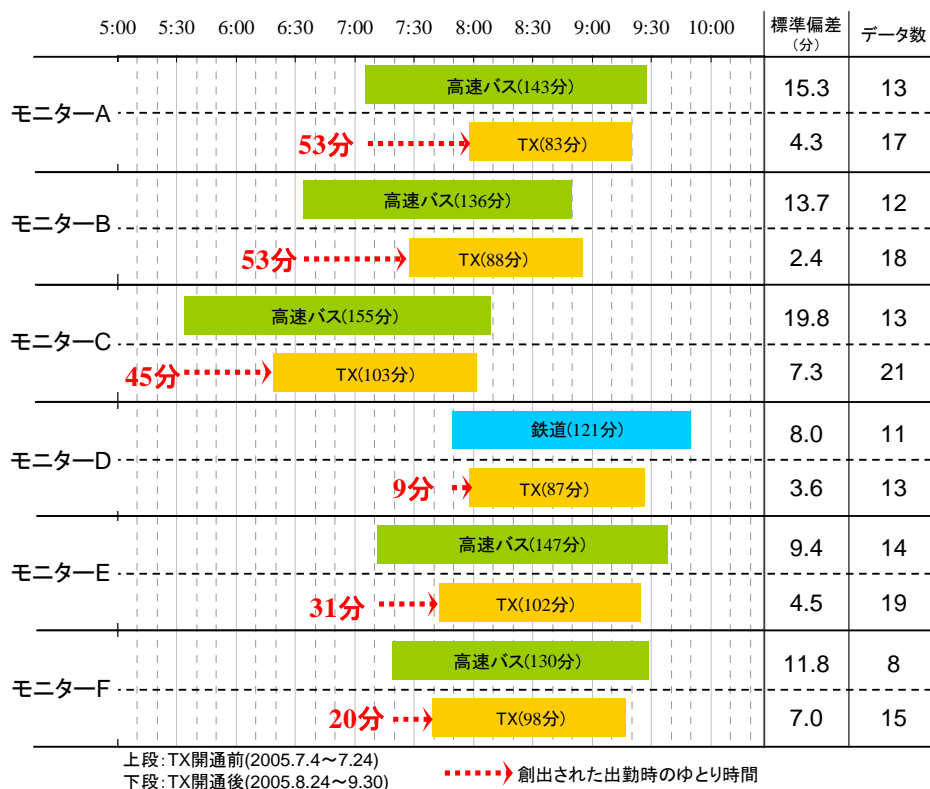


図 5.8 東京方面に通勤するモニタの平均通勤時間

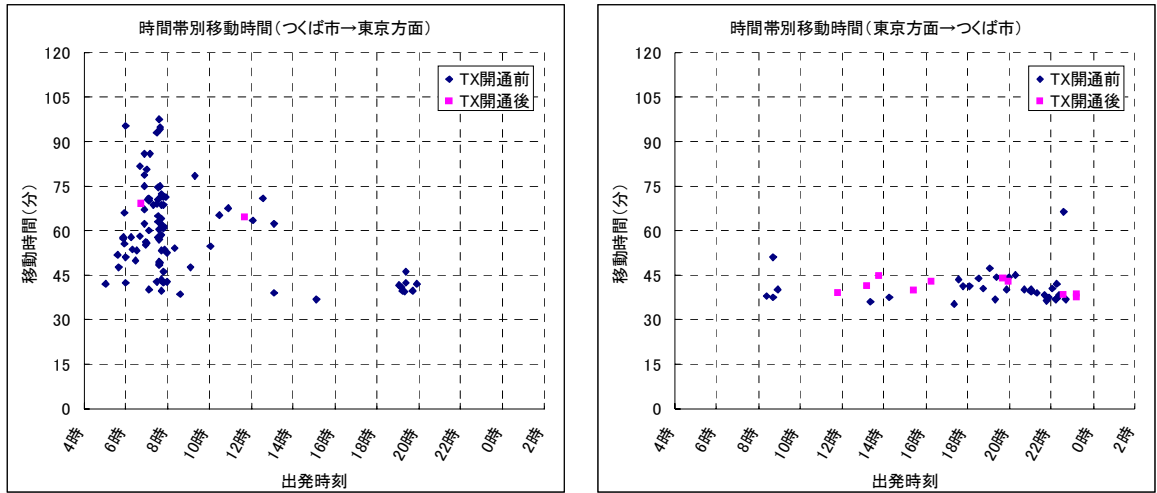


図 5.9 高速バスの所要時間分布 (常磐道：桜土浦 IC～首都高速：向島ランプ)

また、図 5.10 に高速バスから TX に交通機関を変更したある被験者の出発時刻と到着時刻の変化を示している。7 月当初は、高速バスで通勤していたが、夏休みに入り高速バスの所要時間が徐々に増加しそれに伴い出発時刻を早めている様子が見える。さらにその後、お盆の帰省ラッシュとも重なり首都高速道路の渋滞が激しくなり、JR 常磐線を利用している。その後 8 月 24 日に TX の開通に伴い、利用交通機関が TX になっている。その結果、朝のゆとり時間が概ね 30 分から 1 時間程度創出されている。

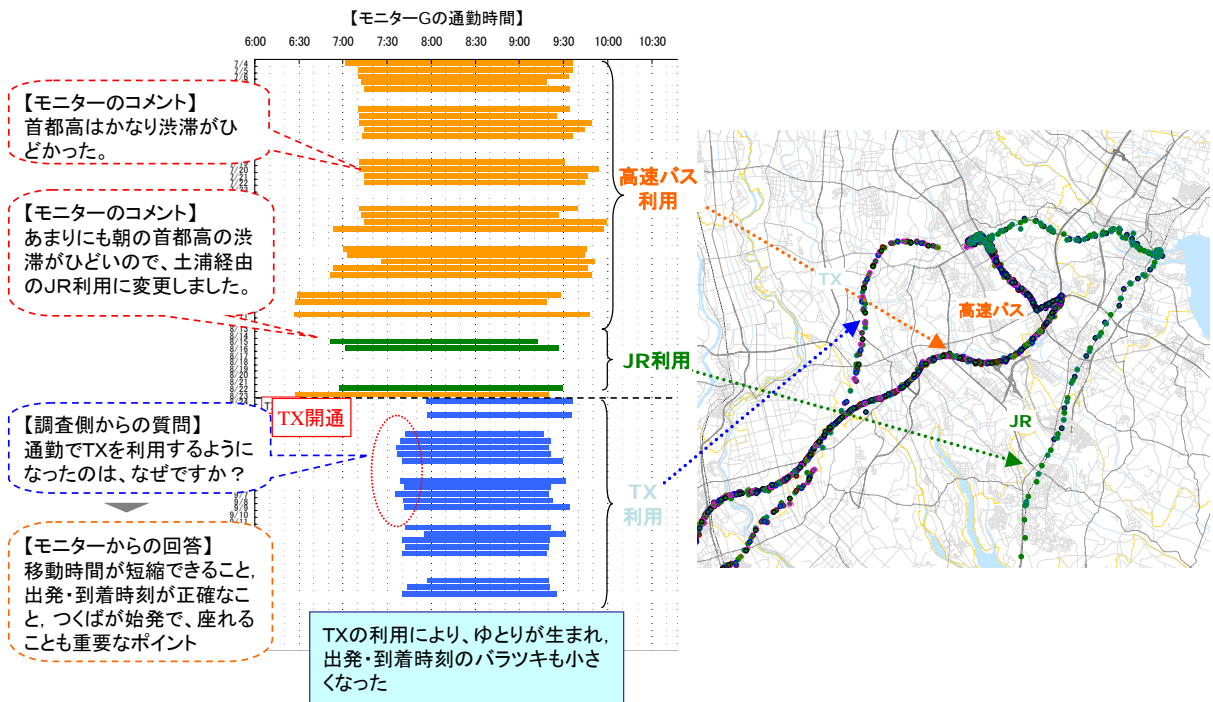


図 5.10 ある被験者の利用交通機関と出発時刻の変化

5.3.2. 東京方面への利用交通手段の変化

全モニタのつくば周辺から東京方面のトリップについて、その利用交通機関の変化を示したのが、図 5.11 である。全モニタの東京方面からつくば方面へのトリップについて、利用交通機関の変化を示したのが、図 5.12 である。東京方面への上り方向については、所要時間が短い TX にほとんど転換しているが、つくば方面については、高速バスの利用も若干ながら残っている。これは、図 5.9 で示したとおり、東京への上り方向には、首都高速道路の渋滞が激しく、高速バスでは時間信頼性が低いため、利用者は TX にほぼすべてが転換したが、下り方向については、比較的渋滞の程度が少なく、また、時間制約のあるトリップも少ないと考えられるため、若干ながら高速バスの利用も残っていると考えられる。

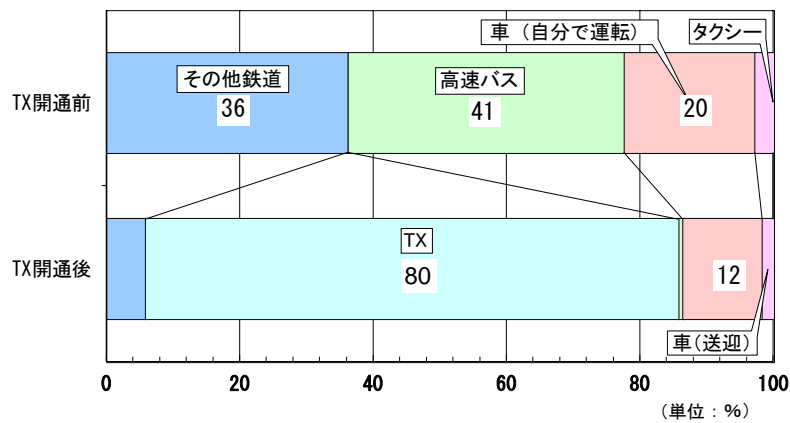


図 5.11 つくば周辺→東京方面トリップの交通手段の変化（全モニタ集計値）

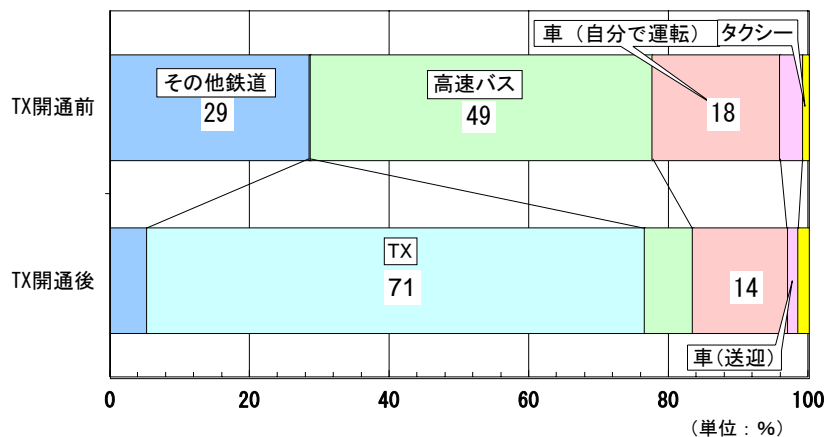


図 5.12 東京方面→つくば周辺トリップの交通手段の変化（全モニタ集計値）

5.4. つくば地域の交通課題の把握に関する分析

本項では、ラグランジュ的な交通調査手法であるプローブパーソン調査の結果から、つくば地域が抱える交通課題について把握を行うことを考える。

5.4.1. つくば地域の交通状況の特色

交通状況に関してつくば地域の特色としては、ショッピングセンターや市役所、研究所などの施設が分散して立地していることが上げられる。また、バス交通はそれほど発達しておらず、利用も少ない。その一方、ショッピングセンターや研究所などには広大な駐車場が用意されており、車線数が多く交通容量の高い道路も整備されているため自家用車の利便性は非常に高く、通勤をする際にも、ショッピングをする際にも、メインの交通機関として自家用車が用いられている。

被験者の平日及び休日の代表交通機関を図 5.13 および図 5.14 に示す。これを見ると自家用車や自転車が圧倒的に用いられている交通手段であることがわかる。その一方、高速バス以外の市内バスはほとんど利用されていないことがわかる。

この自家用車の機関分担率が非常に高く、バスなどの公共交通機関が発達していないという特徴は、以降で示しているがつくばの交通状況について多くの弊害をもたらしている。

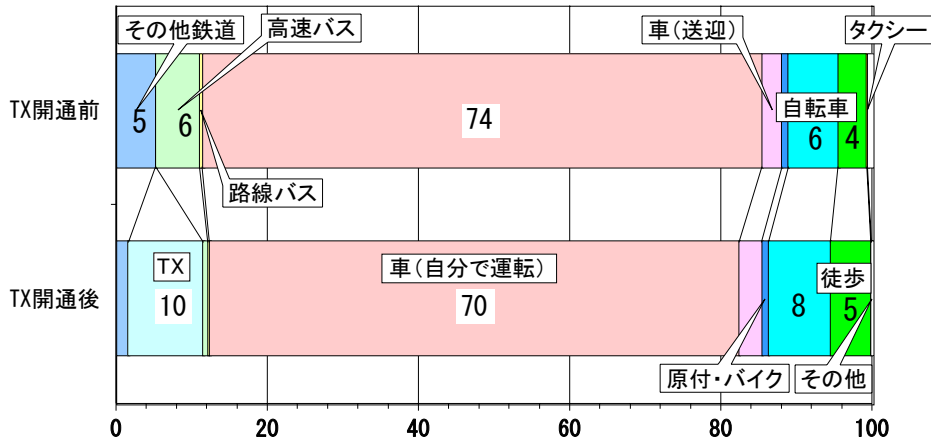
5.4.2. つくば市周辺のピーク時の旅行速度

繰り返しになるが、プローブパーソン調査手法においては、GPS を用いて位置と時刻をとらえているので、各モニタの自動車利用の際のリンク毎の旅行速度を算出することが可能である。図 5.15 につくばセンター付近の平日の朝夕ピーク（8,17 時台）、休日の（13 時台）の道路の旅行速度を算出した。これらを見ると、平日の 8 時台と休日の 13 時台について、つくばセンター周辺で旅行速度が低下していることがわかる。

現在国土交通省では、毎年の渋滞損失指標を算定しており、これらはバスや業務委託による調査専用の車両に GPS 機器を搭載して旅行速度の計測を行っている。これらについては、財政事情の厳しい昨今、効率的な調査手法が求められているところである。

図 5.15 に示すとおり、プローブパーソン調査を利用して、混雑の状況の把握が可能である。これらのプローブパーソン調査については、通信コスト等もかかるものの旅行速度以外の豊富なデータが収集できるため、調査の効率化という意味では、意義が大きいと考えられる。

代表交通手段の構成比(平日)

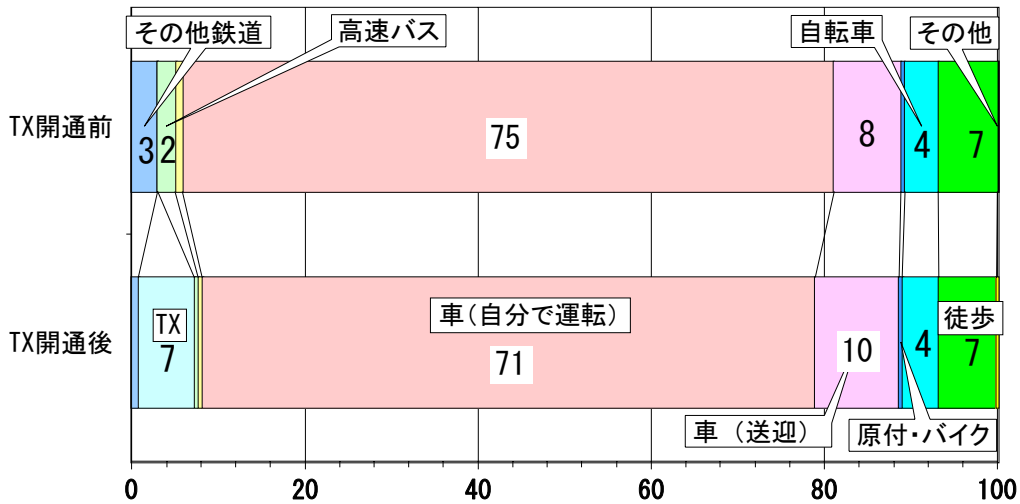


(単位 : %)

※TX開通前…3456トリップ
TX開通後…5613トリップ

図 5.13 被験者の代表交通手段 (平日)

代表交通手段の構成比(休日)



(単位 : %)

※TX開通前…1523トリップ
TX開通後…2426トリップ

図 5.14 被験者の代表交通手段 (休日)

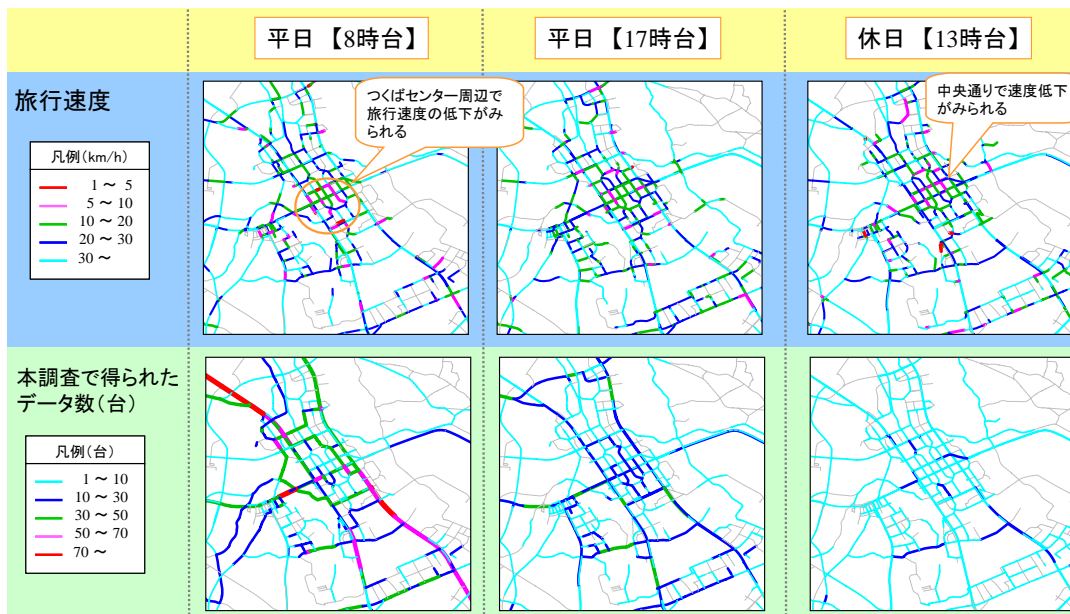


図 5.15 つくば周辺のピーク時の旅行速度

5.4.3. 抜け道に関する分析

図 5.15 に混雑箇所と平行する道路の利用状況を示している。これは、いわゆる「抜け道」の分析を行なったものである。西大通りの南行きに関しては、平日の 8 時台については、旅行速度が 10 km/h 以下に低下しており、混雑している箇所である。それと平行する形で存在する道路については、歩道も設置されておらず車線数も少なく西大通りや土浦学園線に比べると規格の低い道路であるが、特に混雑時の利用状況が高く、抜け道として利用されている可能性がある。図 5.17 に実際に当該道路を利用するトリップの利用経路とトリップ長を示している。この図を見ると、短絡ルートを通った後、西大通り方向に戻っており、短絡ルートとして抜け道的に利用されていることがわかる。

通過交通や、トリップ長の長い交通については、幹線道路の利用を進め、生活道路や規格の低い道路に自動車交通が入り込むことを防ぐことは、交通安全の観点から非常に重要な視点である。しかしながら、これまでの紙による調査手法では、調査の負荷の大きさから日々の経路情報を入手することが難しかったため、そのような生活道路や規格の低い道路に入り込むいわゆる「抜け道」交通については、把握が非常に困難であった。プローブパーソン調査により、抜け道交通の把握可能性について、今後も知見を重ねていく必要がある。

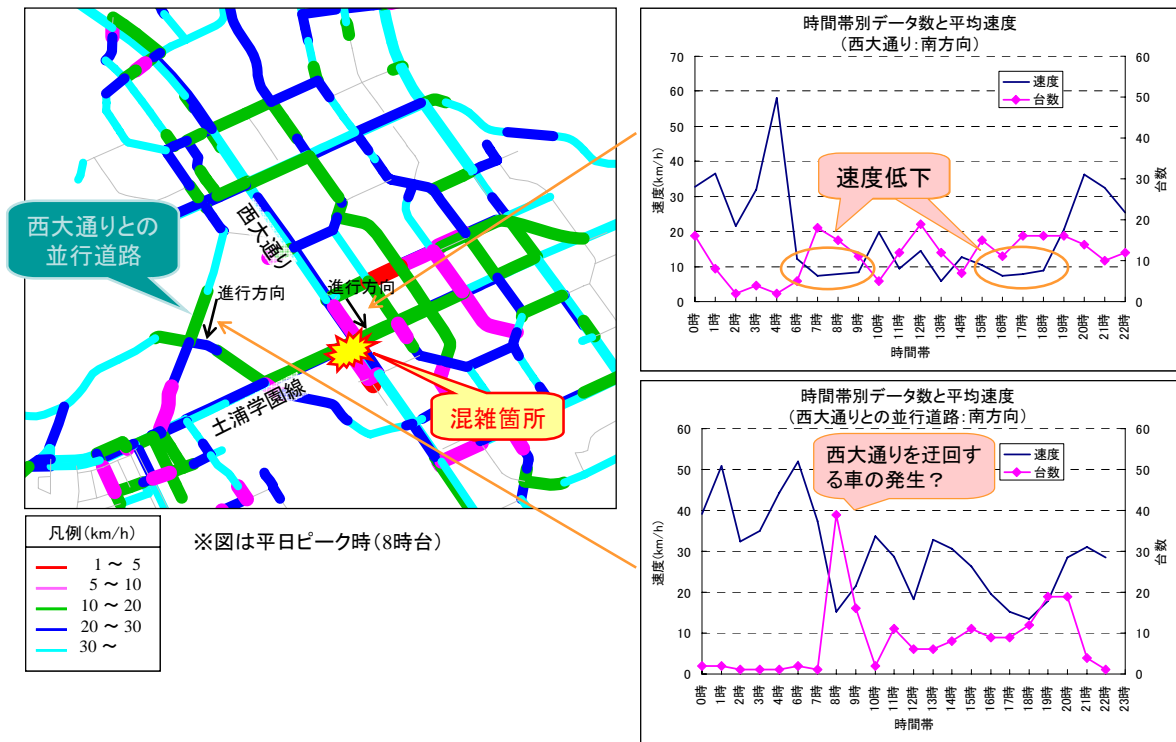


図 5.16 混雑箇所と平行する道路の利用

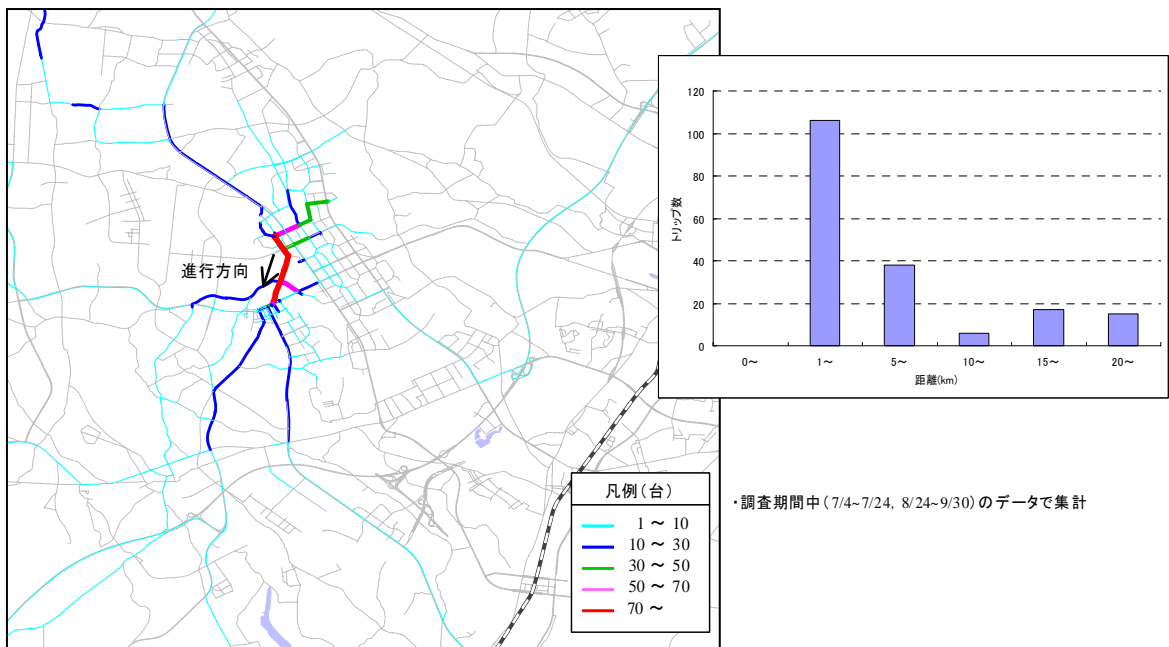


図 5.17 西大通りに並行する道路(南向き)の利用フローとトリップ長

5.4.4. つくばセンター周辺の駐車場の選択に関するうろつき交通の発生

前述したが、つくばは公共交通手段が発達していないため、特に週末のショッピングなどを想定した場合、自家用車に頼らざるを得ないという状況が存在する。そのため、西武百貨店、ジャスコ、ショッピングモールの Q't や MOG を要するつくばセンター周辺では、休日の 13 時頃では、駐車場が満車となり待ち行列が発生する。図 5.18 につくばセンター周辺の駐車場の立地図を示す。図の中で、南 1 と書かれている駐車場が西武百貨店、ジャスコ、Q't や MOG の一番近くに立地しているため、最も混雑していると考えられる駐車場である。



図 5.18 つくばセンター周辺の駐車場

今回のつくばパーソンプローブ調査では、予定していた駐車場と実際の利用駐車場をWEBダイアリーのなかで被験者に質問している。その集計を図 5.19 と表 5.3 に示す。この結果をみると、南1の駐車場を予定していて、北1に変更を行った被験者が多いことがわかる。

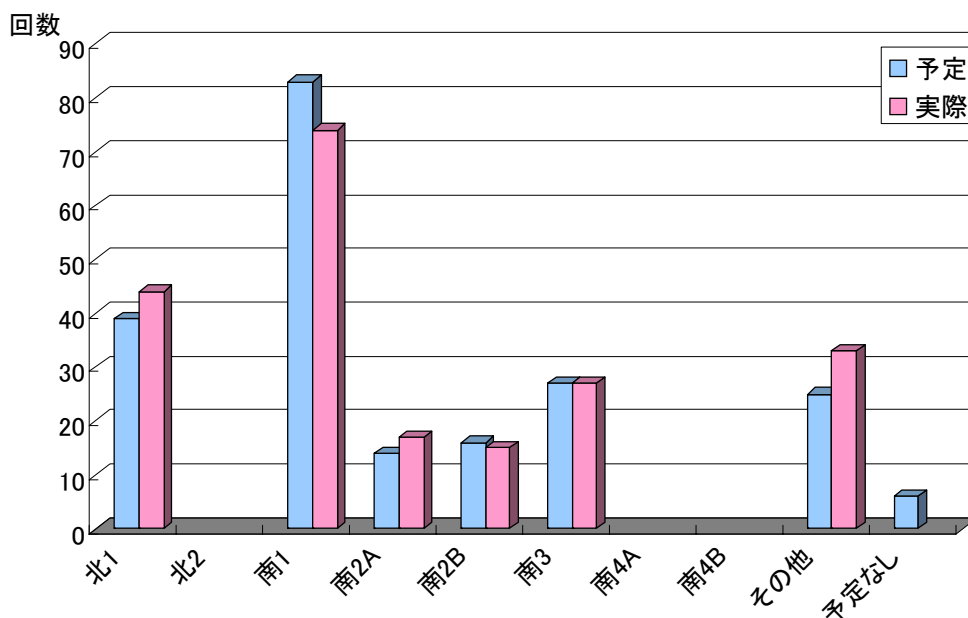


図 5.19 予定していた駐車場と実際利用した駐車場

表 5.3 予定していた駐車場と実際利用した駐車場のクロス集計

		実際に利用した駐車場								総計	
		北1	北2	南1	南2A	南2B	南3	南4A	南4B		その他
予定していた駐車場	北1	35		3	1						39
	北2										
	南1	9		71	1					2	83
	南2A				14						14
	南2B				1	14				1	16
	南3						27				27
	南4A										
	南4B										
	その他					1				24	25
	予定なし									6	6
総計		44		74	17	15	27			33	210

これら南1から北1に駐車場の変更を行った交通に関して、ある被験者の移動軌跡を図 5.20 図 5.21 図 5.22 に示す。図 5.20 図 5.21 については、変更の理由も聞いているため、その理由についても示しているが、その理由は待ち行列の発生であることがわかる。また、これらの行動について、予定駐車場から実際の駐車場までの走行経路距離をうろつき距離として定義すると、モニタ A、B、C の行動について、それぞれ 200m、200m、700m と計算できる。

休日のつくばセンター周辺は、図 5.15 においても示しているとおり混雑しているため、これらの駐車場変更によるうろつき交通は、多少なりとも周辺の道路混雑の拍車に影響していると考えられる。また、これらのうろつき交通は余分な二酸化炭素も排出し、無駄な交通であると考えられる。

これらのうろつき交通は、混雑している駐車場の情報がドライバーに提供されていないため発生すると考えられる。つくば市周辺には駐車場の情報提供の案内板は、存在しない。これらの課題は、例えば駐車場案内の情報提供装置の設置や、ITS によるカーナビへの駐車場の情報提供などにより解決できると考えられる。



図 5.20 あるモニタ A の駐車場変更の状況

モニターB 9月11日 西武百貨店への移動

うろつき距離
約200m



事務局からの質問

センター周辺の駐車場利用についての質問です。実際に利用された駐車場が予定の駐車場と異なりますが、なぜですか？

モニターBからの回答

近いので南1に入れようと思いましたが、車が列になってたくさん待っていたため、断念しました。

※ うろつき = 予定駐車場から実際の駐車場までの走行経路・距離

図 5.21 あるモニタ B の駐車場変更の様子

モニターC クレオスクエアへの移動

うろつき距離
約700m



※ うろつき = 予定駐車場から実際の駐車場までの走行経路・距離

図 5.22 あるモニタ C の駐車場変更の様子

5.4.5. 送迎トリップに関する分析

前述のとおり、つくばはバスなどの公共交通機関が発達していないため、端末交通については、送迎も含む自家用車、自転車、徒歩などが主な交通機関である。そのため、TXの終着駅であるつくばセンター周辺には、送迎のための車両が多く路上駐車していることが多い。つくばセンター周辺は、道路自体も2車線以上あるため、ピーク時以外は円滑性に影響を与えるとは言い切れないが、路上駐車する車両が存在すると右左折の際の見通しが低下することによる安全面での影響が考えられる。また、路上駐車する車両の発生により実質的な車線数が低下するため、運転のしやすさも低下すると考えられる。

送迎のトリップ目的である車両について、待ち時間とその場所を示したのが、図 5.23 である。待ち時間は、送迎トリップの前または後でつくば駅周辺に滞在した時間を集計している。また、図 5.23 には、路上駐車をしている車両の写真も示している。これらを見ると送迎目的でつくばセンター周辺の路上に多くの車両が停車していることがわかる。

これらのトリップのモニタの自宅住所と1時間に1便以上存在するバス路線との関係を図 5.24 に示す。この図を見ると、1時間に1便以上バス路線があるにもかかわらず、送迎トリップを行っている。つくばにおいては、自動車交通への依存度が非常に高く、その一例と言える。

この分析についても、軌跡により移動の経路を追うことができるという PP 調査の特徴を活かした分析といえる。

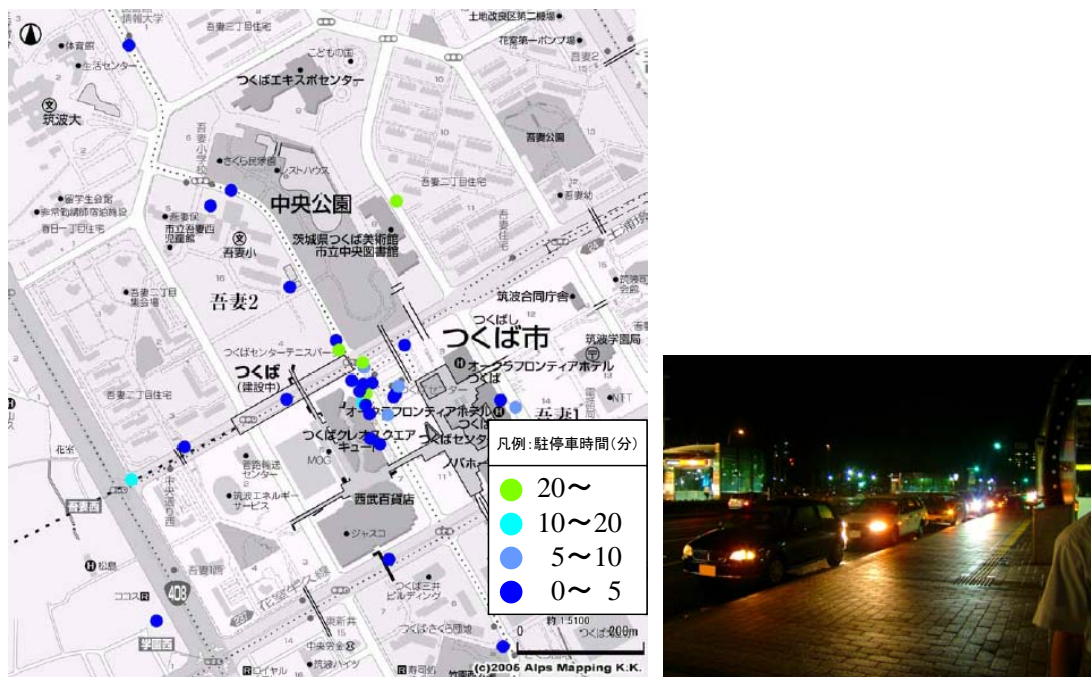
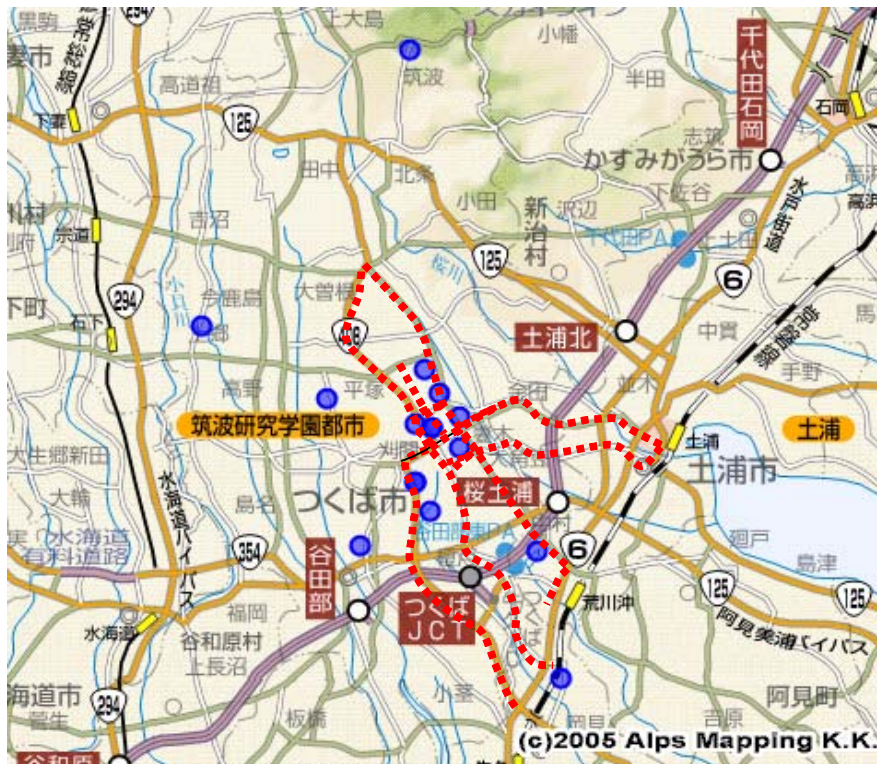


図 5.23 つくばセンター付近における送迎トリップの待ち時間と停車位置



..... 1時間に一本以上便があるバス路線

図 5.24 送迎トリップを行ったモニタとバス路線との関係

5.5. まとめ

本章では、①これまで得るのが難しかった移動経路まで含めて交通行動が取得できる、②起終点の時刻の把握が正確である、③複数日の継続調査について協力が得やすい、というプローブパーソン調査の特性を活かして、つくばエクスプレスの開通前後に行われたつくばプローブパーソン調査により得られた結果を用いて、つくばエクスプレスによる交通行動の変化や、都市の課題の把握を行った。以下に、本項で得られた知見を示す。

筑波周辺から東京周辺へTXで通勤するようになったモニタについて、朝の通勤時間の短縮効果の分析を行った。これらのモニタは、主に高速バスからTXに交通転換をしており、所要時間のばらつきの大きい高速バスから定時制の高いTXを利用することにより、20分から53分の朝のゆとり時間が創出されていることがわかった。これらの分析は、軌跡の情報と起終点の出発到着時刻が精度高く分かるというプローブパーソン調査の長所を活かした分析である。

また、

次に、プローブパーソン調査の結果を用いて、つくば市周辺のピーク時の旅行速度の分析を行った。このことから、つくばセンター周辺で旅行速度が低下していることが分かっ

た。国土交通省では、旅行速度を計測するためにプローブ旅行速度調査を実施しているが、プローブパーソン調査を実施することにより、旅行速度のみならず、下記で示す様な都市の課題も把握もできるため、調査としては効率的になると考える。

混雑を避けるために、並行する道路の混雑状況と抜け道を通るトリップの増加から、規格の低い道路を通行する「抜け道」交通について分析を行った。これらの抜け道交通については、事故率の高い規格の低い道路を通行するため、事故の増大を招くと考えられる。

次に、筑波センター周辺の駐車場の選択行動を調べることにより、思った駐車場に入れないために迂回を行う「うろつき交通」の分析を行った。これらのうろつき交通は、無用な混雑を引き起こす要因ともなり、また、CO₂も排出されるため、決して望ましい行動とは言えない。なお、駐車場の案内システムなど ITS による情報提供により、希望優先順位の高い空いている駐車を案内することができれば、これらのうろつき交通は無くなると考えられる。

つくばエクスプレスの開通により、TX の終着駅であるつくばセンター付近に送迎のための車両が多く路上駐車している。これらの送迎トリップについて、そのトリップの位置をプロットした。また、バス路線があるにもかかわらず、送迎を行っており、つくばの自動車依存の高さを示す結果といえる。

①これまで得るのが難しかった移動経路まで含めて交通行動が取得できる、②起終点の時刻の把握が正確である、③複数日の継続調査について協力が得やすいといったプローブパーソン調査手法を用いることにより、これまで分析が難しかった点について、分析が可能となっている。

6. 新規交通施設整備による交通行動の変化

6.1. はじめに

一般に新規にバイパスなどの幹線道路が整備されると走行時間の短縮、走行費用の軽減等の効果があり、それに伴い経路変更や目的地の変更、交通手段の変更等の交通行動が変化することが予想される。

生活道路（細街路、非道路交通センサス対象道路）/幹線道路（道路交通センサス対象道路：一般都道府県道以上）/自動車専用道路の事故率はそれぞれ異なっていることから（図6.1）、前述の変化のうち経路の変更については事故低減といった面で社会的な効果を及ぼす可能性がある。より具体的には、バイパス等の開通により既存の幹線道路の混雑の緩和がもたらされ、抜け道的に用いられていた細街路から幹線道路に経路が変更されるような場合には、それぞれの事故率が異なることから事故の減少が期待される。バイパス整備などの社会的効果の把握にあたって、これらの細街路から幹線道路への転換の実態を明らかにすることは有用と考えられるが、紙ベースのアンケート調査により細街路まで含めた経路を把握することが難しいため、これまで具体的な調査を行った事例がほとんど無い。

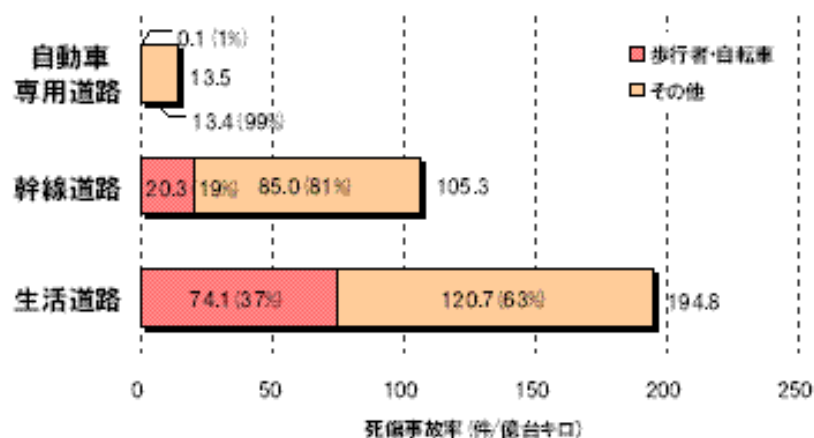


図 6.1 道路種類別の死傷事故率の比較（2004年）^{4,3)}

京奈和自動車道の開通前後に行われた、スクリーンライン交通量調査およびプローブパーソン調査により、細街路までふくめた交通流動の把握を行った。本章では、これらの細街路まで含めた交通利用実態について、分析を行う。

また、分析に際しては、プローブパーソン調査の利点である所要時間の把握精度が高いという点を活かして、時間信頼性との関係および所要時間の時間信頼性の視点から行う。

6.1.1. 時間信頼性に関する既存の研究

本省では、細街路の利用実態について、時間信頼性の観点から分析を行う。ここで、時間信頼性に関する既存の研究について、整理を行う。

出発時刻選択行動に関しては多くの研究がなされている。一般的なものとしては、所要

時間に確率変動を定義し、そのもとでドライバーの効用最大化（不効用最小化）行動を仮定するものが多い。遅刻確率を条件として出発確率を定義した研究例として松本ら⁴⁴⁾、角ら⁴⁵⁾、などが挙げられる。

松本らは、所要時間の変動によって生じる遅刻確率に注目し、「通勤者はおのおのの始業時刻に対して適当であると判断した遅刻確率を持つ出発時刻を選ぶ。」と考え、通勤者の許容する遅刻確率と選択した出発時刻との関係を分析した。

この研究をもとにして、角・宮木らは公共交通機関利用者の出発時刻選択特性の分析を行った。さらに角・岡田ら⁴⁶⁾は、出発してから到着指定時刻の旅行時刻までの旅行時間と各出発時刻での道路混雑による時間損失の不効用とのトレードオフを考慮する効用関数を定義し、不効用の混雑項に関するパラメータを推定した。

Hall⁴⁷⁾はドライバーが出発時刻を決定する際、「出発してから始業時刻までに損失する実旅行時間と目的地までの旅行時間のばらつきから生じる遅刻確率とのトレードオフを考慮している」として、ドライバーの損失コスト関数を定義し所要時間のばらつきは正規分布に従うとし、ドライバーの最適な出発時刻決定問題を損失コスト関数の最小化問題として提案した。

若林⁴⁸⁾らは、交通手段選択モデルとしての非集計行動モデルの説明変数に所要時間の信頼性を加えたモデルの構築を試みている。信頼性を所要時間の変動として捉え、過去に経験している最小所要時間と最大所要時間を用いて手段選択モデルを構築している。結論として平常時においては、平均所要時間と最小所要時間の差のウェイトが高いこと、そして主要交通機関がストップすると最大所要時間に対する注目度が上昇することが判明した。

村上⁴⁹⁾らは、SP 調査における所要時間信頼性の表現方法の違いが回答に及ぼす影響に着目し、鉄道とバスの手段選択に関し、3つの表現方法を含む実地 SP 調査を行い、データをロジットモデルを用いて分析し、所要時間信頼性の表現方法が行動モデル上で影響するという結果を得ている。

村上ら⁵⁰⁾は、旅行時間信頼性の高い公共交通機関が利用者の活動スケジュールに与える影響に着目し、沖縄都市モノレールを取り上げ、通勤利用者へのアンケート調査とインタビュー調査を行った。旅行時間信頼性が主な手段転換要因のひとつであること、平均旅行時間と旅行時間信頼性が朝の活動スケジュールの変化と遅刻の減少をもたらしていること、個人の行動変化や到着時刻制約状況に関し個人間の差異がみられること、旅行時間変動が複数の要素からなり、さまざまな変動への対処方法と関連すること、を明らかにした。

6.2. 対象地域の概要

奈良県北部地域では、2006年4月15日に京奈和自動車道「大和・御所道路（大和区間）」のうち、郡山南 IC～橿原北 IC の 1 インターペアー間 7.8km が開通した（以下、「当該区間」

とする)。京奈和自動車道は、京都・奈良・和歌山を結ぶ総延長約 120km の高規格幹線道路であり、国道 24 号のバイパスとして整備が進められているが、当該区間については、現状では通行料金は課されていない。道路構造規格は第 1 種第 2 級であり設計速度は 100km/h の自動車専用道路である。京奈和道路の計画概要を図 6.2 に示す。

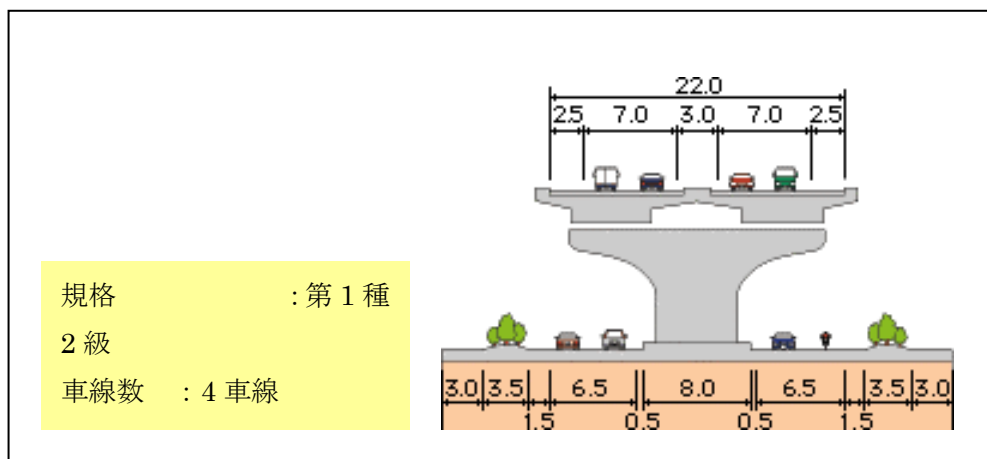


図 6.2 京奈和道路の計画概要

6.3. スクリーンライン交通量調査の結果

人手による交通量調査については少なからず費用がかかること、さらに、細街路における交通量調査については、調査のための用地の確保が困難であるなど、実査上の問題もあることから、町道などの細街路を含めたスクリーンライン交通量調査はこれまでの実績はほとんどない。

図 6.3 に示すスクリーンライン断面において、京奈和自動車道の開通前の 2006 年 3 月 8 日と開通後の 2006 年 5 月 24 日に交通量調査を実施した。各路線の交通量を図 6.4 に示す。また、道路種別毎の交通量の変化についても図 6.5 に示す。

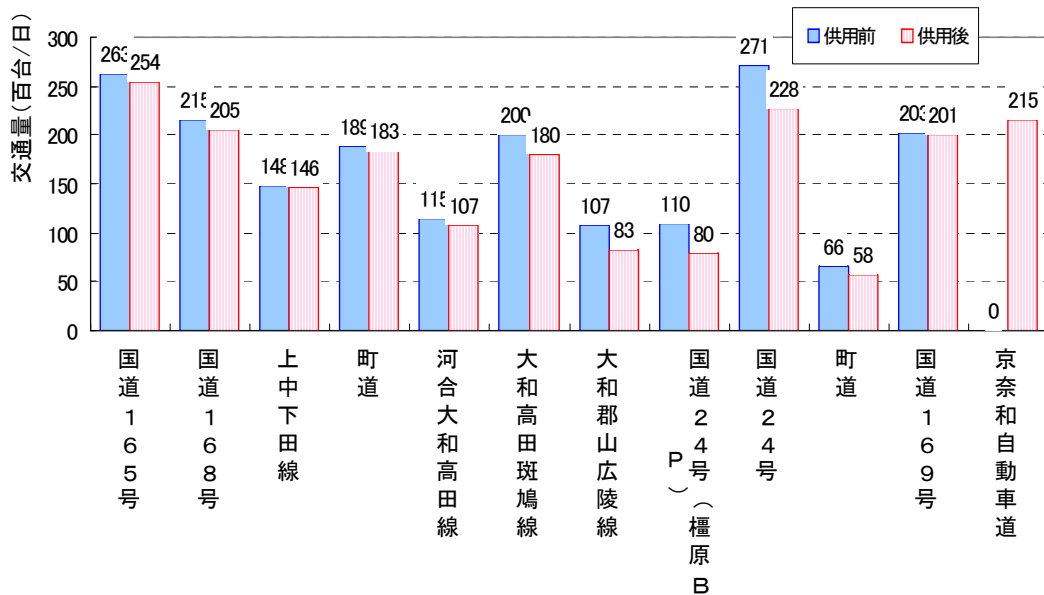
これらの結果をみると、町道から国道まで、全体的に交通量が減少し、京奈和自動車道に交通が転換していることがわかる。図 6.4 から細街路（生活道路）、県道・国道クラス（幹線道路）と自動車専用道路の死傷事故率は異なるため、交通が転換することにより、今回の調査対象エリアでは交通事故の減少が期待される。

なお、今回のスクリーンライン交通量調査については、極力細街路まで調査を実施したが、調査コスト・用地の確保などの関係で、スクリーンライン上のすべての細街路まで含めた調査ができたわけではないことをここに記しておく。

また、今回の調査については、3 章において開発を行ったモバイルトラカンは、開発時期が間に合っていないため用いていない。仮に 3 章で開発されたモバイルトラカンが使用可能な環境であれば、得られる精度・コストの面・設置の場所などを勘案してもモバイルトラカンを使用していたと思われる。



図 6.3 対象地域の概要とスクリーン調査断面



開通前: 2006年3月8日、開通後2006年5月24日

図 6.4 供用前後の各路線の交通量の変化

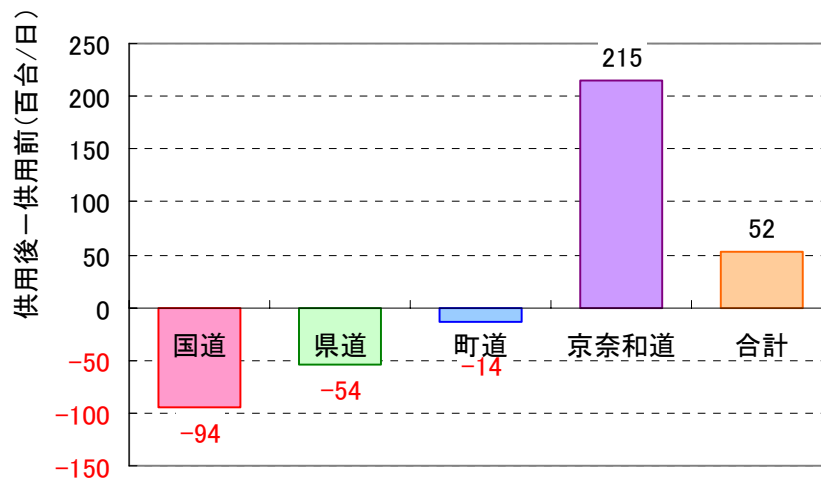


図 6.5 各道路種別の供用前後の交通量変化

6.4. スクリーンライン交通量調査の結果プローブパーソン調査による抜け道交通の特性分析

本来、施設整備・交通安全上の理由などから、幹線道路は地域間の移動機能、町道などの細街路は目的地までのアクセス機能を担うべきと考えられる。しかしながら、図 6.4、図 6.5 で示したとおり、京奈和自動車道の開通により、町道クラスの交通量も減少している。このことは、京奈和道路が開通する以前については、細街路が抜け道として使われ、地域間の移動交通（通過交通）が細街路に入り込んできていたが、京奈和道路の開通により地域間の移動交通が幹線道路に回帰したと予想される。図 6.1 に示すとおり、細街路の事故率は幹線道路に比べ高いため、これらの本来細街路へ入り込むべきではない地域間移動の広域交通の細街路への混入は、好ましいことではない。これらのことから、京奈和道路開通前に行われたプローブパーソン調査（以下、「PP 調査」という）結果を用いて、細街路に混入する広域交通（抜け道交通）の特性を分析した。

6.4.1. PP 調査の概要

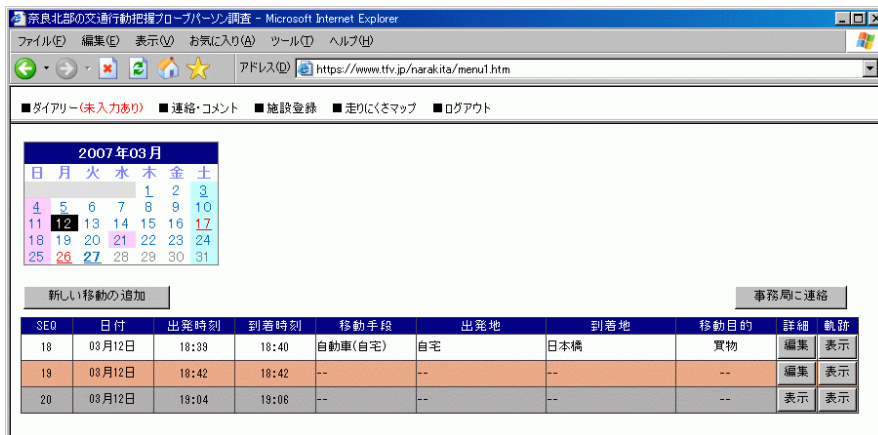
PP 調査とは、モニタに GPS 機能付携帯電話を貸し与えて、移動情報を取得する調査である。更には WEB ダイアリーと組み合わせて各トリップに対して移動目的などの属性を付加させることで、きめ細やかな行動調査が可能となる調査手法である。表 6.1 に GPS 携帯電話および Web ダイアリーによるデータ収集項目を示す。Web ダイアリーの画面を図 6.6 に示す。

調査期間と調査モニタ数を表 6.2 に示す。開通前調査は 22 日、開通後調査は 25 日間調査している。なお、事前調査・開通後調査ともに参加したモニタ（以下、「パネルモニタ」

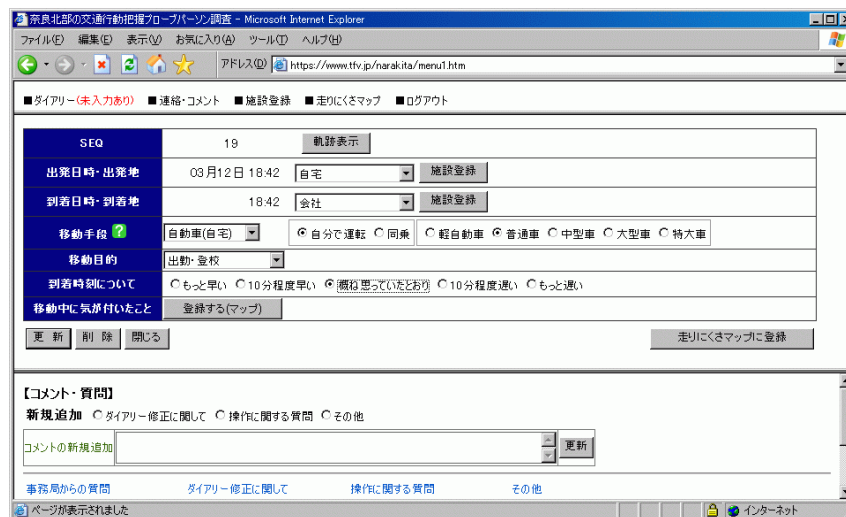
とする。)が135人存在する。被験者については、ショッピングセンターなどでチラシを配り募集を行った。

表 6.1 GPS携帯電話とWebダイアリーによるデータ収集項目

調査機器	収集データ項目
GPS 携帯電話	<input type="checkbox"/> 出発時刻、出発地の緯度経度 <input type="checkbox"/> 到着時刻、到着地の緯度経度、到着施設 <input type="checkbox"/> 移動中の緯度経度 <ul style="list-style-type: none"> ・大和区間周辺地域：約 10 秒間隔 ・その他地域：約 1 分間隔 <input type="checkbox"/> 自動車への乗車及び降車の時刻及び緯度経度
WEB ダイアリー	<input type="checkbox"/> 出発施設 <input type="checkbox"/> 移動手段 <input type="checkbox"/> 運転者及び車種（自動車利用者のみ） <input type="checkbox"/> 移動目的 <input type="checkbox"/> 移動の所要時間の評価（自動車利用者のみ） <input type="checkbox"/> 事務局からの質問に対する回答 <input type="checkbox"/> 移動中に気が付いたこととその場所（地図） <input type="checkbox"/> 走りにくい場所とその内容（地図）



ダイアリー一覧画面



トリップ編集画面

図 6.6 Web ダイアリー操作画面

表 6.2 調査期間とモニタ数

	京奈和道路開通前調査	京奈和道路開通後調査
調査実施時期	2006年3月10日～31日 (平日15日、休日7日、計22日)	2007年3月7日～30日 (平日17日、休日7日、計24日)
モニタ数	196人	207人
事前・開通後調査の共通モニタ (パネルモニタ)	135人	

6.4.2. 細街路の利用特性に関する分析

本項では、本来細街路に入り込むことが望ましくない広域的なトリップを分析対象とするため、サンプルの中から、京奈和自動車道周辺地域を南北に通過するトリップ（京奈和自動車道の南北地域を発着地とする約400トリップ）を抽出して分析することとした(図 6.7)。

また、これらのトリップのマップマッチング結果を図 6.8 に示す。この結果を見ると広域的なトリップであっても、細街路まで非常に多岐にわたって道路が利用されていることがわかる。

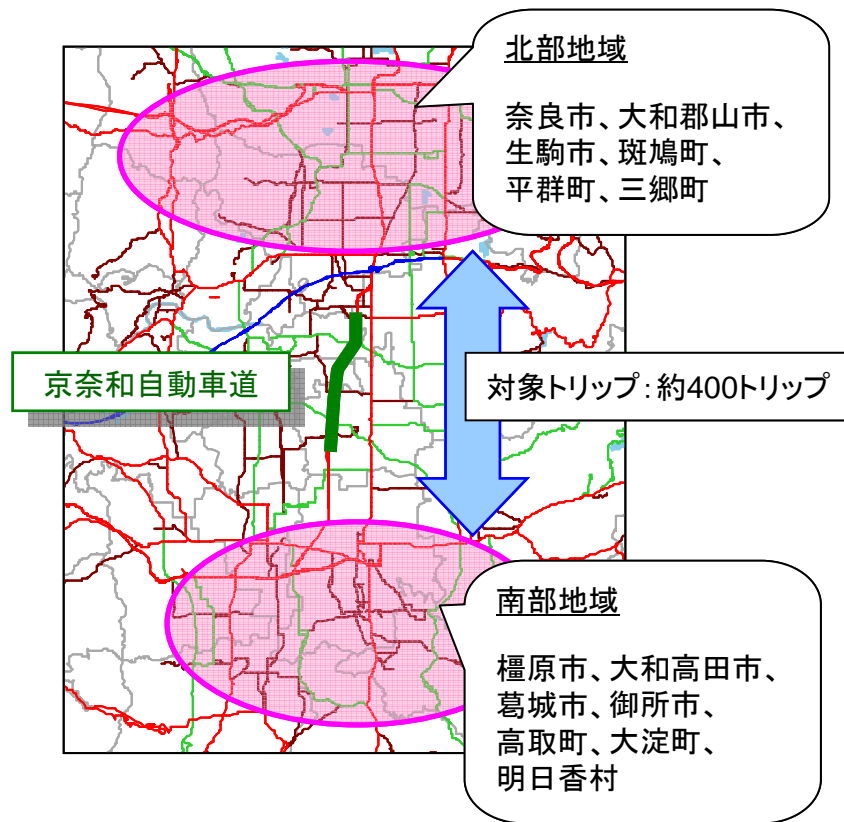


図 6.7 抽出を行った分析対象トリップ

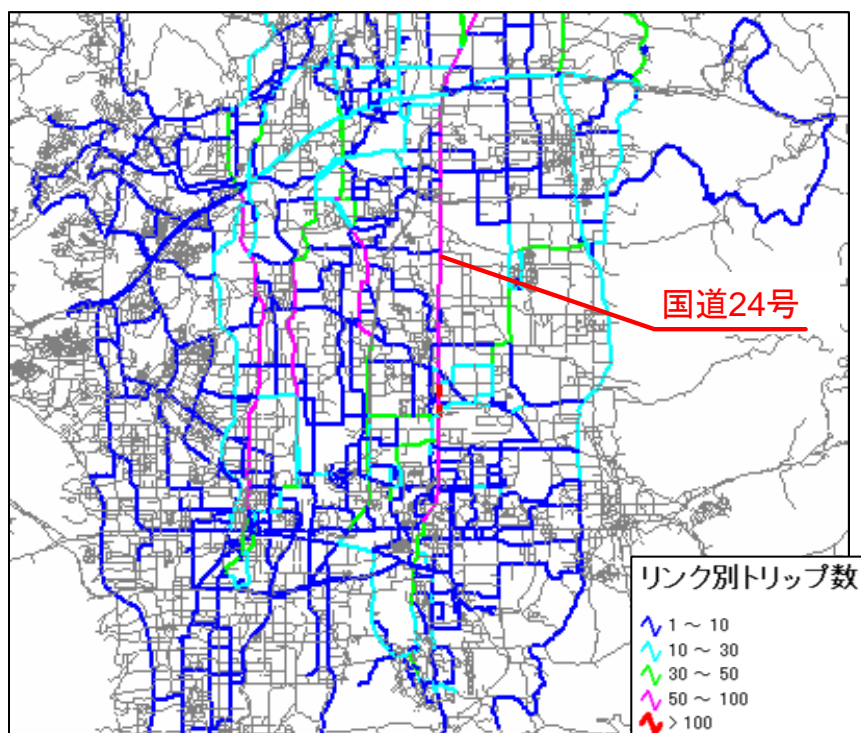


図 6.8 分析対象トリップのマッチング結果

6.4.3. 細街路における道路利用実態

PP 調査による南北通過トリップのサンプルから、交通量調査と同断面（図 6.3 に示すスクリーンライン）上での開通前と開通後の路線分担率を時間帯別に見たものが、図 6.9 および図 6.10 である。

図 6.9 をみると、開通前については、朝夕のラッシュ時間帯での細街路分担率が高まっている。これから、周辺道路事情に精通しているモニタが、幹線道路の混雑回避を目的として細街路を抜け道利用している状況が窺える。

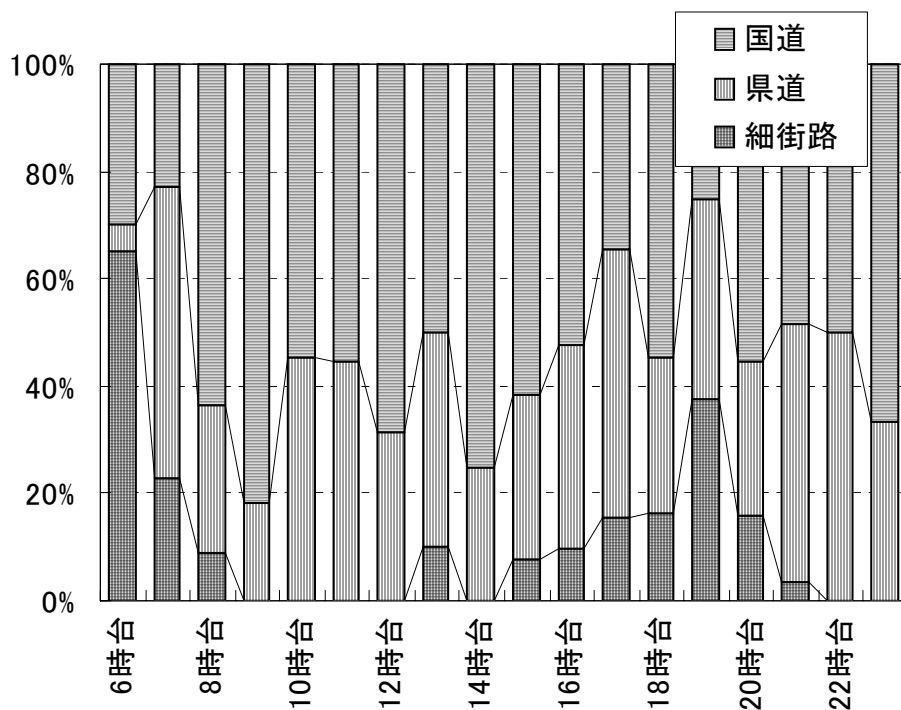
図 6.10 を見ると開通後調査については、ほぼ全時間帯にわたって、京奈和道路が使用されており、細街路の利用はほとんど無い。

上記の細街路を抜け道利用する要因として、旅行速度とともに旅行速度の安定性（移動時間信頼性）があると考えられる。今回抽出を行った南北の通過トリップのスクリーンライン断面通過時の旅行速度の集計を開通前と開通後に行ったのが、図 6.11 および図 6.12 である。図 6.11 を見ると、開通前については、時間帯に限らず国道・県道に比べ、細街路

でのばらつきが小さくなっている。

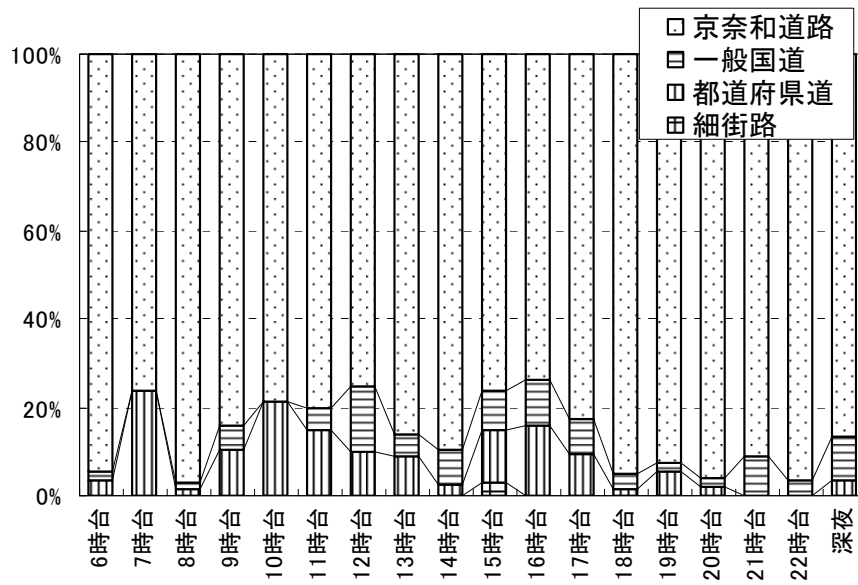
また、細街路の分担率が高まる朝夕の時間帯においては、国道・県道の平均旅行速度を細街路の旅行速度が上回る結果となっている。このことから、ラッシュ時間帯においては、細街路を利用した方が、定時性が高くかつ走行速度が高いことがわかる。

一方、図 6.12 を見ると、開通後については、ほとんどのトリップが京奈和道路を利用する結果となり、細街路の利用はほとんど無くなっている。また、平均速度についても、朝夕、それ以外の時間帯を通して、京奈和道路がもっとも高く、次に国道、次に県道の速度が高くなる傾向を示しており、規格の高い道路の速度が高いという結果になっている。



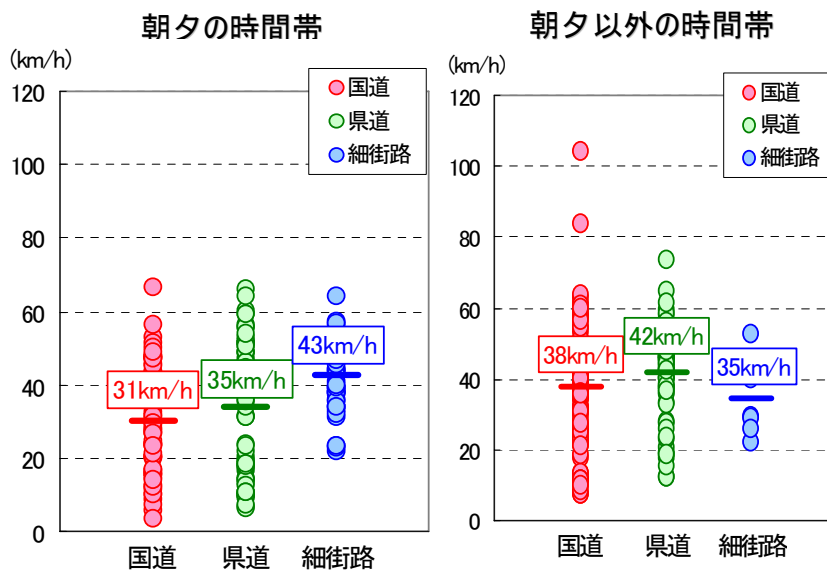
(PP 調査マッチング結果)

図 6.9 時間帯別・道路種類別分担率 (開通前)



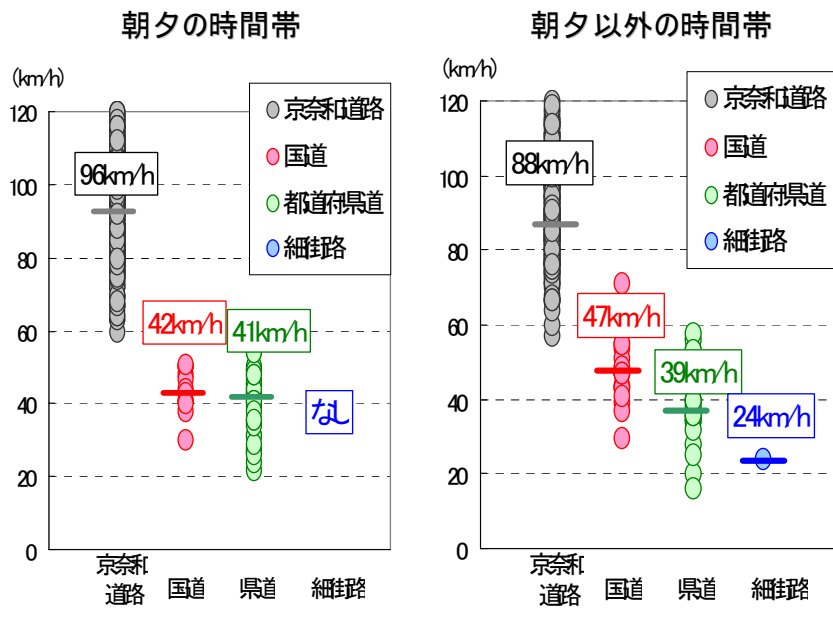
(PP 調査マッチング結果)

図 6.10 時間帯別・道路種類別分担率 (開通後)



※朝夕は細街路の分担率が高まる6～8時、17～21時と設定
 ※速度は交通量調査断面を通過する際の旅行速度

図 6.11 広域トリップのスクリーンライン通過時の旅行速度 (開通前)



※朝夕は細街路の分担率が高まる6～8時、17～21時と設定
 ※速度は交通量調査断面を通過する際の旅行速度

図 6.12 広域トリップのスクリーンライン通過時の旅行速度（開通後）

また、この細街路の時間信頼性は、各モニタの定時性の認知状況からも窺うことができる。本 PP 調査においては、各トリップに対してその実際にかかった所要時間が予定していた時間に対してどれだけ乖離していたかを質問している。その調査画面を図 6.13 に示す。

SEQ	5	軌跡表示
出発日時・出発地	03月01日 07:49	自宅 [施設登録]
到着日時・到着地	08:21	勤務先 [施設登録]
移動手段 ?	自動車(自宅)	<input checked="" type="radio"/> 自分で運転 <input type="radio"/> 同乗 <input type="radio"/> 軽自動車 <input checked="" type="radio"/> 普通車 <input type="radio"/> 中型車 <input type="radio"/> 大型車 <input type="radio"/> 特大型
移動目的	出勤・登校	
到着時刻について	<input type="radio"/> もっと早い <input type="radio"/> 10分程度早い <input checked="" type="radio"/> 概ね思っていたとおり <input type="radio"/> 10分程度遅い <input type="radio"/> もっと遅い	
移動中に気が付いたこと	登録する(マップ)	
更新 削除 閉じる		走りくさマップに登録

図 6.13 各トリップの認知状況の調査画面

京奈和道路の開通前と開通後の広域トリップのスクリーンライン通過時の道路種別と予測所要時間と実際にかかった時間との乖離状況を示したのが、図 6.14 となる。図 6.14 を見ると、開通前については、細街路を通過したトリップでの乖離状況が小さく概ね想定どおりの時間で移動が可能という結果となっている。開通後については、特定の傾向は見

られない。

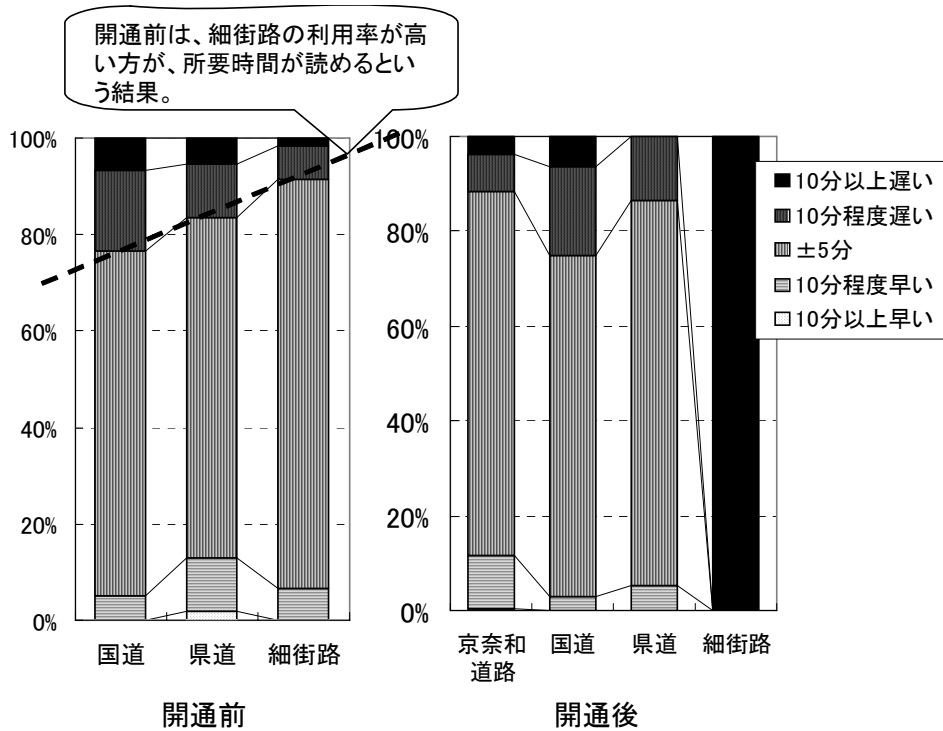


図 6.14 広域トリップのスクリーンライン通過時の選択道路と定時性の認知状況

また、京奈和道路開通前と開通後の広域トリップの細街路利用比率と実際にかかった所要時間と予想所要時間との乖離状況を示したものが、図 6.15 である。開通前については、細街路の選択率が上がるほど、所要時間と予測所要時間との乖離が少ないという結果が得られている。広域トリップの開通後については、特定の傾向は見られない。図 6.14 は、特定のスクリーンライン上での道路選択、図 6.15 は、トリップのうちの細街路利用率に着目したものであるが、図 6.15 についても図 6.14 と同様の傾向を示している。

図 6.14 および図 6.15 から、京奈和道路が開通していない混雑した状況では、広域的なトリップであっても、細街路を選択した方が予測所要時間との乖離が少なく、「時間が読める」ということを示している。

これらの分析は、日々の通勤経路と所要時間を正確に把握できるプローブパーソン調査手法により可能となった分析である。

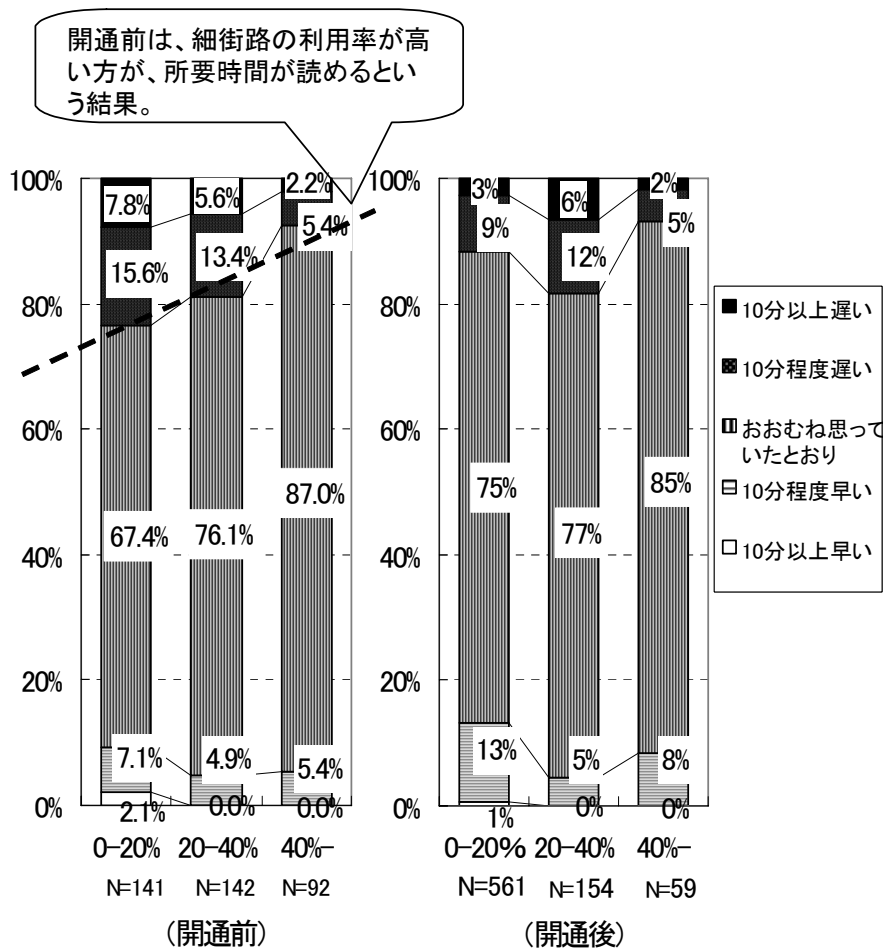


図 6.15 広域トリップの細街路の選択率と定時性の認知状況

次に、国道24号線沿線で、京奈和自動車道を直接できない地域のトリップの幹線道路の利用向上について示す。京奈和道路の開通により、国道24号の旅行速度は向上している。

まず、図 6.16 に示す国道24号線沿いであつ、京奈和道路は自動車専用道路でアクセスできるランプが両端点に限られており、京奈和自動車道を利用すると遠回りになるであろう地域を抽出し、自動車トリップの経路の細街路利用率を、開通前と、開通後で比較を行った。その結果を図 6.17 に示す。

この結果、開通前と開通後のいずれの場合においても、開通後の細街路の利用比率は減少している。これは、国道24号の旅行速度が向上し、細街路から国道24号および県道などの幹線道路に利用が回帰したためと考えられる。細街路の利用が低下しており、地域の事故の減少が期待できる。



トリップ抽出方法
 ・左の長方形に入るトリップのうち、走行距離が6.5km以上のトリップを抽出。(速度が改善した24号を通るが、京奈和道路は通らないトリップの範囲を抽出)

図 6.16 OD抽出の範囲

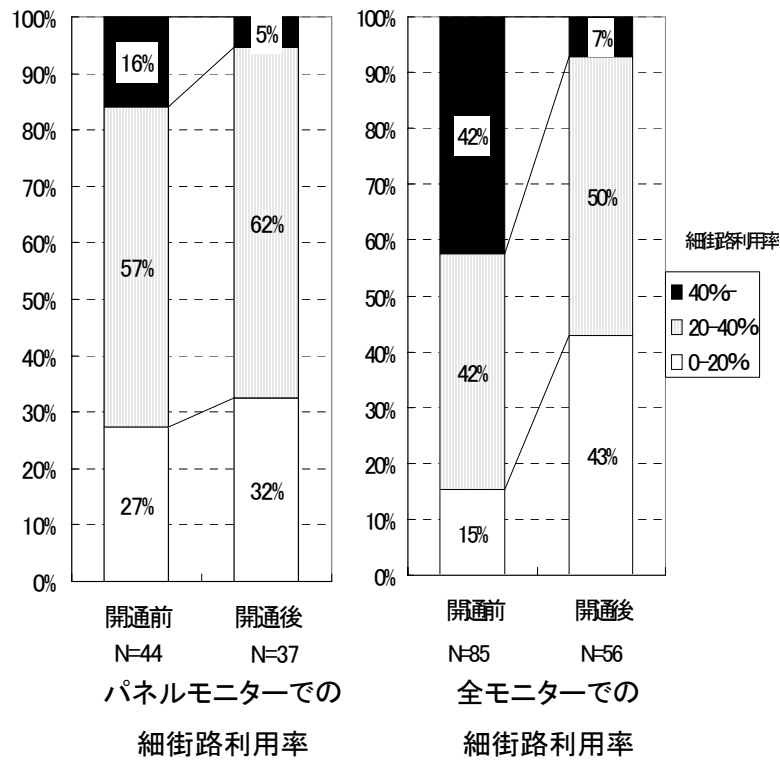


図 6.17 京奈和道路開通による国道への回帰の状況

道路ネットワークにおいては、階層性を持つことが望ましい。広域的な拠点間同士の連絡など広域的なトリップについては、高速道路などアクセスコントロールされた交通機能に特化した高規格な道路で受け持ち、生活圏域中心間都市間の連絡は、国道・主要地方道など幹線道路で受け持ち、生活圏域内や周辺の集落などの連絡や幹線道路と生活圏域の連絡は市町村道で受け持つべきである。

その理由としては、図 6.1 に示す事故率の関係から長距離トリップは、事故率の少ない自動車専用道路で受け持つべきであるし、また、長距離トリップに対して速度サービスを保つためには、アクセスコントロールされた構造で高規格な道路で長距離トリップを受け持つべきである。一方で、市町村道などは、周辺道路や沿道施設などの出入りのしやすさや自転車歩行者の通行機能などアクセス機能を保った構造としないと、地域での生活を営むことができない。これらの交通機能とアクセス機能との重視関係の概念図を図 6.18 に示す。

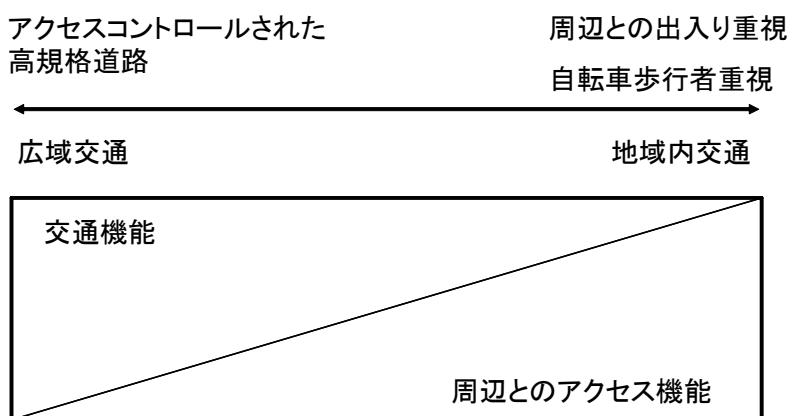


図 6.18 道路の機能分担の概念図

国土交通省においても、道路ネットワーク体系については、社会資本整備審議会においても議論が行われている⁵¹⁾。社会資本整備審議会における道路ネットワークの階層性の概念を図 6.18 に示す。基本的には、「A 広域的な拠点間都市の連絡」については、高速で定時制の高い交通機能を確保し、F 生活圏域の中心都市と周辺都市・集落との連絡については、安全で円滑な日常交通や、地域に応じた交通機能と空間機能のバランスを求めるといふ結論となっている。

一方で、本分析の結果から、京奈和道路の開通以前については、本来 10 km 以上の広域トリップについても、幹線道路以外の細街路に入り込んでいる実態が明らかとなった。さらに、京奈和道路が開通することによって、細街路から京奈和道路への転換や、速度が回復しサービスレベルが向上した国道 24 号への細街路からの交通の転換が確認され、道路整備により、道路ネットワークの適正な階層性が保たれることが実証された。このことは、細街路への抜け道交通が多い地域については、同様の結果が期待される。

ネットワーク構成要素	目的と意義	求められる機能
A 広域的な拠点都市間の連絡 ←→	<ul style="list-style-type: none"> ■広域物流の効率化 ■広域的な連携・交流による国土の一体化 ■地域ブロック間の資源・機能の相互補完 	<ul style="list-style-type: none"> ■高速で定時性の高い交通機能 ■災害等に対する信頼性確保
B 広域的な拠点都市と生活圏域の中心的都市の連絡 ←→	<ul style="list-style-type: none"> ■拠点都市の都市的サービス等を地域ブロック内で広く共有 ■地域ブロック内の連携・交流による一体感の醸成 	<ul style="list-style-type: none"> ■拠点都市からの日帰り圏の拡大 ■拠点都市への円滑なアクセス ■災害等に対する信頼性確保
D 大都市の環状道路 ←→	<ul style="list-style-type: none"> ■都市部の交通円滑化とCO2排出削減 ■都市構造の改善・再編 	<ul style="list-style-type: none"> ■都市交通の円滑化に必要な交通容量確保
E 国際交流拠点アクセス ←→	<ul style="list-style-type: none"> ■対アジアをはじめとする国際交流拠点と地域ブロックとの経済交流の拡大・効率化 	<ul style="list-style-type: none"> ■拠点的な空港・港湾等への直結 ■国際海上コンテナ車の通行が可能
C 生活圏域の中心都市間の連絡 ←→	<ul style="list-style-type: none"> ■生活圏域間の機能の連携・相互補完 	<ul style="list-style-type: none"> ■円滑な交通の確保 ■災害等に対する信頼性確保
F 生活圏域の中心都市と周辺都市・集落との連絡 ←→	<ul style="list-style-type: none"> ■人口減少下における基本的サービス(医療、買い物、公共サービス等)の共有 ■景観形成や魅力的な公共空間の提供 	<ul style="list-style-type: none"> ■安全で円滑な日常交通の確保 ■地域のニーズにあった空間機能

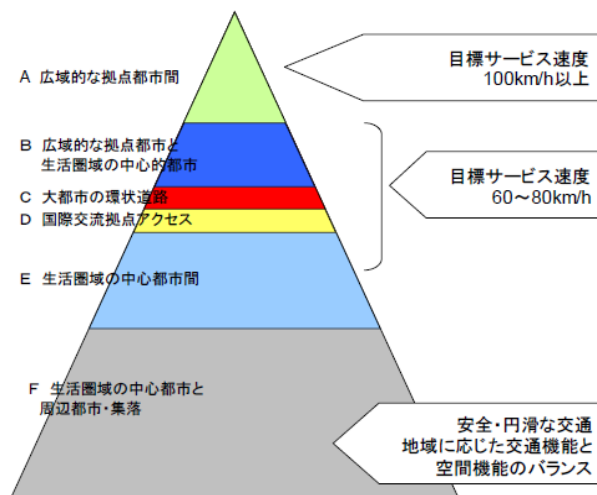


図 6.19 将来の国土を支える道路ネットワーク体系 (案) ⁵¹⁾

6.5. 所要時間変動と経路選択の関係性に関する実証分析

道路ネットワークのサービスレベルは、需要の揺らぎ、天候、事故や工事など様々な要因により日々変動している。特に、所要時間の変動は、道路利用者の出発時刻選択や経路選択に大きな影響を与えていると考えられる。このような所要時間の不確実性が経路選択に与える影響に関しては、種々の研究成果が蓄積されている。しかしながら、これまで用いられてきた紙ベースのアンケート調査では、実利用経路に関する観測データを一定期間にわたり得ることが難しかったため、所要時間変動と経路選択に関する実証的な分析を行った事例は少ない。

水野⁵²⁾らは、奈良県の北部地域においてプローブパーソン調査手法を用いて、PP調査結果を用いて細街路の利用特性について分析を行っている。その結果、路線別の分担率が時間帯で異なること、その要因として「最短時間で通過」できる経路として細街路を選択する傾向があることを示している。

本項では、所要時間変動と経路選択の関係性について分析を行う。

6.5.1. 分析対象データの整備

所要時間と経路選択の関係进行分析するため、プローブパーソン調査で得られたトリップデータの中から、自動車による通勤トリップを抽出して、分析対象データを整備した。通勤トリップを対象におこなったのは、所要時間の変動を分析するために、同一 OD 間で一定のトリップ数を確保できること、及び、到着時間制約があるために交通状況に応じて経路を変更している可能性が高いと考えられるためである。なお、トリップ目的が通勤であっても、移動途中にコンビニエンスストアに立ち寄ったようなトリップは除外し、同一施設間のトリップだけを抽出している。さらに、調査期間中に 10 回以上、同一施設間で通勤目的の移動をしたモニタのみを抽出し、OD 間の平均所要時間が 10 分未満の短トリップも分析対象外とした。最終的に分析対象としたのは、92 名のモニタの 1702 トリップである。

6.5.2. 所要時間と経路選択の関係

所要時間変動と経路選択の関係进行分析するため、位置データを DRM リンクにマップマッチングを行い、モニタごとに通勤に利用された経路数を算定した。その結果を示す。約6割のモニタが複数の経路を使い分けており、最大で6経路を持つモニタも存在することがわかった。

次に、分析対象モニタごとに通勤所要時間の変動係数と利用経路数の関係を整理した結果を図 6.20 に示す。この図を見ると、通勤に利用される経路数が多いモニタほど所要時間の変動係数も大きくなる傾向が見受けられる。また、図中には、国道 24 号北行き(千代南交差点→嘉幡町交差点)の朝ピーク時における変動係数を示しているが、大半のモニタの変動係数はこの値を下回っている。分析対象トリップには、東西方向のトリップも含んでいるために一概に比較できないが、モニタの多くが幹線道路を中心とした経路を選択していれば、その変動係数は国道 24 号の値に、より近いものとなる可能性が高い。通勤の様に定時性が求められるトリップでは、交通状況に応じて生活道路を利用する経路を選択するなどして、所要時間の変動を抑えるモニタが多く存在することを示唆する結果と言える。

今回の分析結果を、回帰分析した結果が、表 6.3 である。この表を見ると、分散比および各係数の t 値は、1%の有意水準で統計的に有意であるため、統計的には意味のあるモデルである。しかしながら、重相関係数は、0.41 とそれほど高くないため、あてはまりはそれほど高くない。

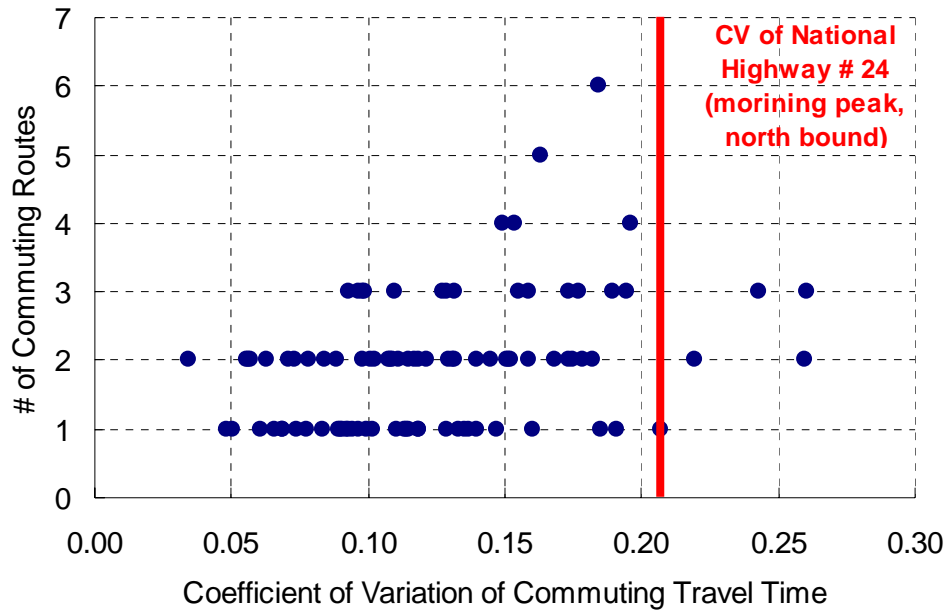


図 6.20 通勤経路数と所要時間の変動係数との関係

回帰統計	
重相関 R	0.375308
重決定 R2	0.140856
補正 R2	0.13131
標準誤差	0.909897
観測数	92

分散分析表				
	自由度	変動	分散	分散比
回帰	1	12.21618	12.21618	14.755**
残差	90	74.51208	0.827912	
合計	91	86.72826		

	係数	標準誤差	t 値
切片	0.981936	0.26822	3.661**
X 値 1	7.710598	2.007301	3.841**

** : 1%有意

表 6.3 通勤経路数と所要時間の変動係数の回帰分析結果

6.5.3. 所要時間と経路選択の関係

図 6.20 に示す 6 経路のモニタの通勤経路のパターンを図 6.21 に、通勤経路を図 6.22 に示す。この 6 経路のモニタの通勤経路のうち、期間中に 1 1 回利用されている経路 B と、土曜日に利用されている経路 E の重複率は約 86% であり、その違いは限定的である。図 6.23 は、経路 B と E の違いをクローズアップしたものであるが、経路 E は南北方向の主要幹線である国道 24 号を直進しているのに対して、経路 B は途中から生活道路に流入して迂回していることが確認できる。平日は混雑する国道 24 号を避け、所要時間が安定した生活道路を利用している。このような細街路への流入交通は、図 6.1 に示すとおり、ただでさえ事故率の高い細街路に対して、時間を急ぐ車両が流入するため、交通事故等の原因となると考えられる。

また、図 6.22 を見ると、本モニタの経路は、経路 A、D、F の西側ルートと経路 B、C、E の東側ルートの大きく二つに分かれていることがわかる。経路選択肢集合に関しては、眞浦⁵³⁾ら、中西⁵⁴⁾、山川⁵⁵⁾らが、経路間の重複率を用いた経路選択肢集合について、検討を行っている。

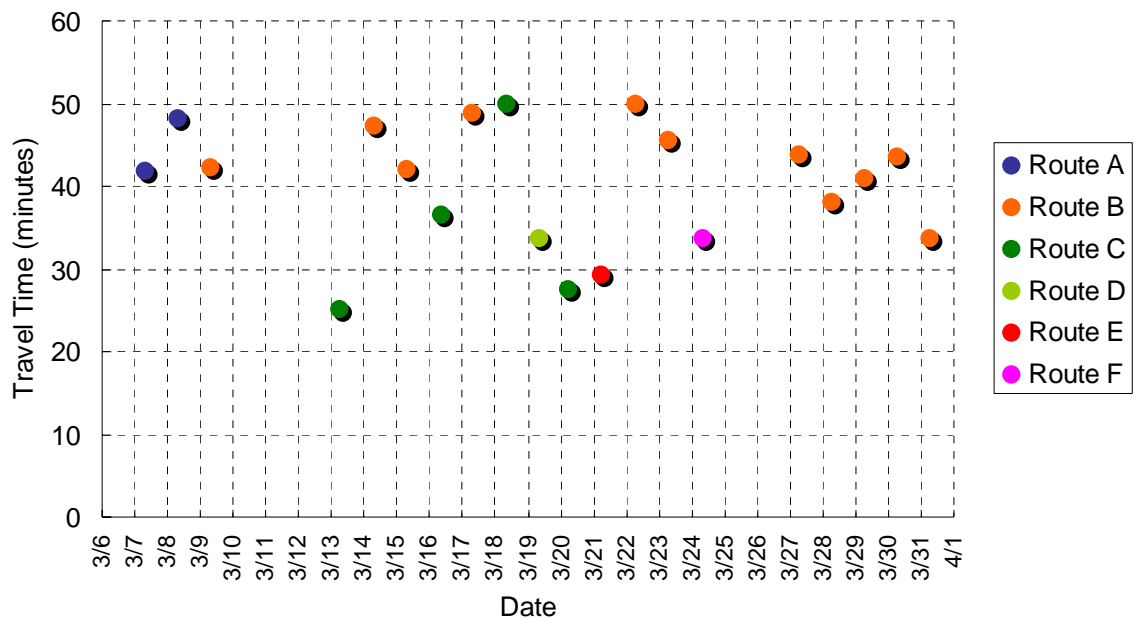


図 6.21 あるモニタの通勤経路の利用パターン

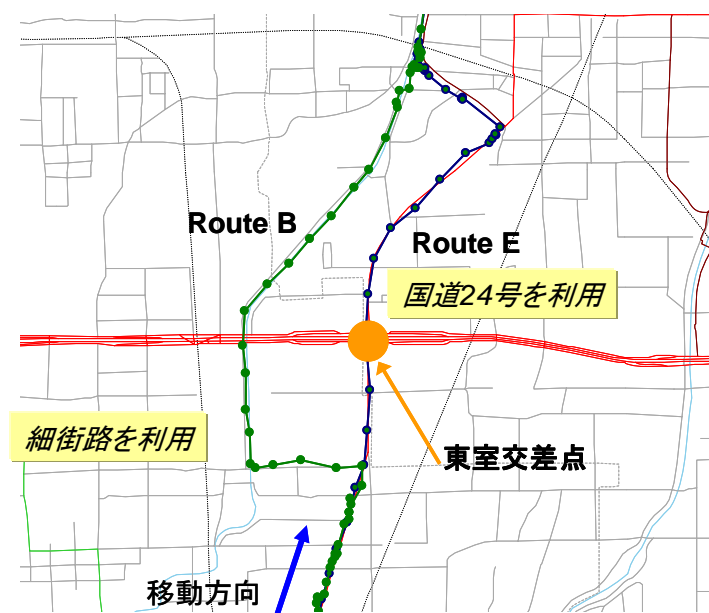


図 6.23 あるモニタの通勤経路の違い

本論文については、眞浦⁵³⁾ら山川⁵⁵⁾らの経路選択枝集合の生成の考え方をを用いて、以下の方法で経路選択枝集合の生成を行った。

眞浦⁵³⁾ら山川⁵⁵⁾らの手法では、アルゴリズムにより代替経路を設定して、足切りをしながら経路選択枝集合を絞り込んでいる。列挙された経路は、お互いに重複するリンクを持つため、類似する経路が選択枝集合に含まれないように絞り込む。

Step1:経路選択枝集合生成アルゴリズムのパラメータとして、迂回率（最短経路長に対する選択経路長の比）の上限値、重複率（各経路間の重複するリンクの延長の比）を設定する。

本論文では、眞浦ら⁵³⁾の研究から迂回率：1.5 重複率：0.5 として設定を行った。

Step2:代替経路の経路長を計算し、迂回率が基準値の1.5を上回っているものを削除する。

Step3:経路選択の中で、選択回数の多いものから順に並べて、最も選択回数の多い経路を選択枝集合に加える。

Step4:次に選択回数の多い経路について、重複率を計算し、重複率が基準値の0.5を上回っていれば、同一の経路選択枝として加える。下回っていれば、別の経路選択枝とする。

Step5:Step4 を繰り返す。

Step6:列挙された選択枝が無くなった場合には終了する。

重複率を利用して経路を絞り込んだ結果、6 経路は、2 つの経路選択枝に絞り込まれた。その結果を、図 6.24 に示す。見て分かる通り、経路集合の経路途中については、東と西の2つに分かれているが、起終点付近については、数種類のバリエーションがあり、それを組み合わせて、6 種類の経路が観測されている。また、経路の重複率にて、絞り込んだ

結果 2 経路という数に絞り込まれたため、選択肢集合としてはそれほど多くないことが分かる。

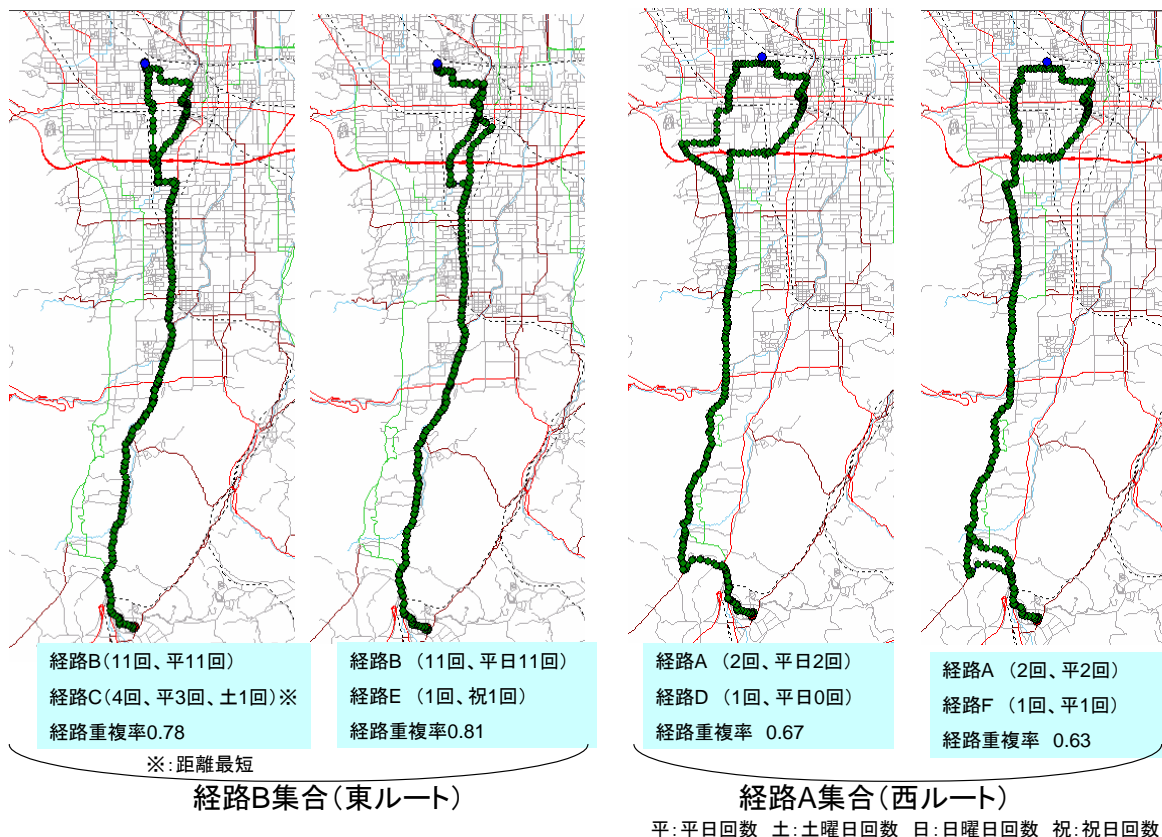


図 6.24 経路選択肢集合生成の結果(nk105)

以下では、図 6.20 にて経路数が 4 以上のモニタに対して、同様の経路重複率を用いて経路選択肢を絞り込む。

図 6.25 図 6.26 図 6.27 図 6.28 に、経路数が 4 以上のモニタの経路選択肢集合生成の結果を示す。図 6.24 に示した nk105 も含めて計 5 名が経路数 4 以上を使って通勤行動を行っている。

これら 5 名の通勤経路についての考察を以下に示す。

- ①通勤経路に主として使われている経路が明確に存在する。
- ②主として使っている経路は、距離最短でない場合が多い。
- ③土日祝日につかっているルートは、メインで使っている経路でないことが多い。

まず、「①通勤経路に主として使われている経路が明確に存在する。」についてであるが、上記 5 モニタともにメインで使われている経路がはっきりしており、通勤のうち約半数以上は同じ経路を用いている。

次に「②主として使っている経路は、距離最短でない場合が多い。」についてであるが、

図 6.24 から図 6.28 に示す 5 モニタのうち、図 6.25 に示す nk105 だけが※に示す最短距離の経路を選択している。それ以外のモニタについては、メインで使っている経路と距離最短の経路が一致しない。

次に「③土日祝日につかっているルートは、メインで使っている経路でないことが多い。」についてであるが、5 モニタあわせて、土曜日・日曜日・祝日に出勤したケースは 5 回存在するが、そのうちメインで使われている経路が選択されたのは、図 6.26 のケースのみである。

これらの事実が、所要時間や時間信頼性を含めて最適なルートを選択したために、最短でないルートを中心に使っているという仮説も考えられるが、本調査結果からは、その分析はデータ数が少なく判断ができない状況である。

しかしながら、プローブパーソン調査手法を用いることにより、これらの経路選択行動が詳細に分析が可能となっており、今までの紙ベースの調査では難しかったことである。

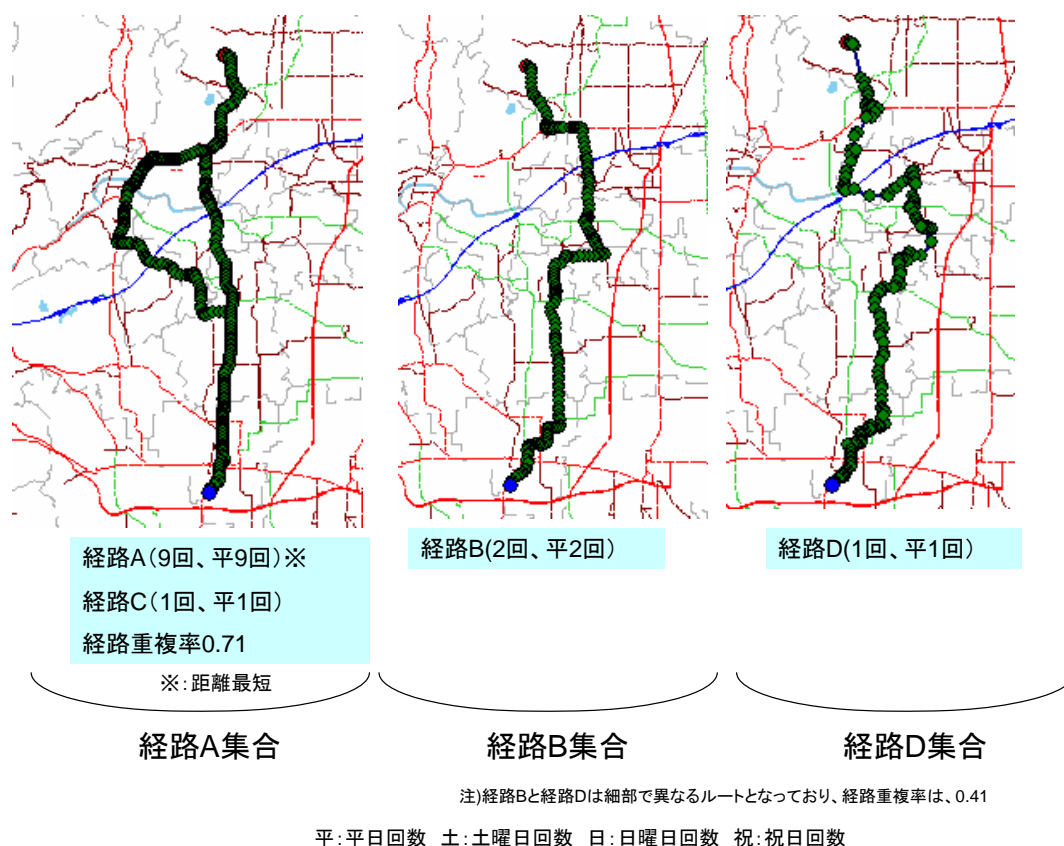
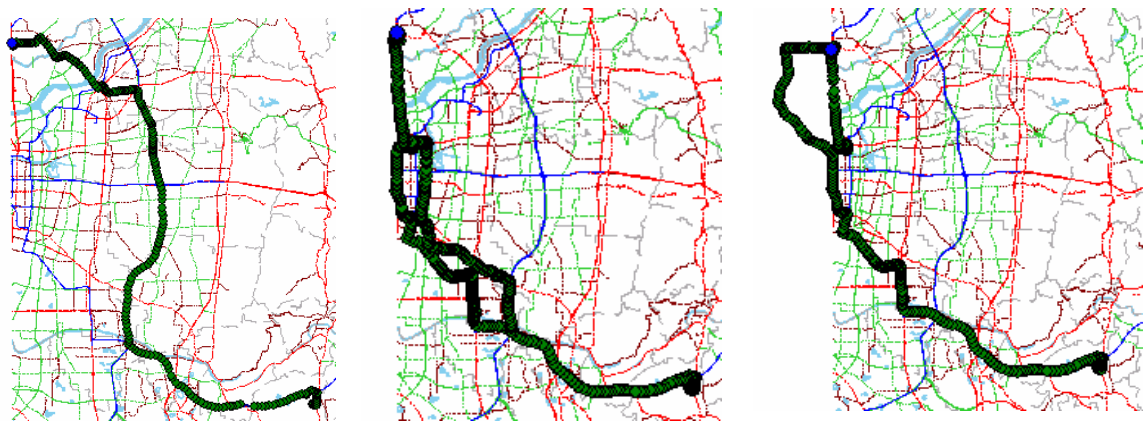


図 6.25 経路選択肢集合生成の結果(nk008)



経路A(10回、平9回土1回)

経路B(2回、平2回)
経路C(1回、日1回)※
経路重複率0.52

経路B(2回、平2回)
経路D(1回、平1回)
経路重複率0.76

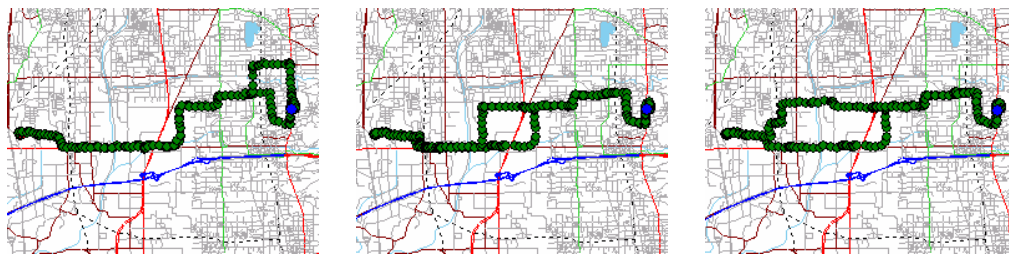
※:距離最短

経路A集合

経路B集合

平:平日回数 土:土曜日回数 日:日曜日回数 祝:祝日回数

図 6.26 経路選択枝集合生成の結果(nk045)



経路A(9回、平9回)
経路B(1回、平1回)
経路重複率0.85

経路A(9回、平1回)
経路C(2回、平2回)
経路重複率0.73

経路A(9回、平1回)
経路D(2回、平2回)※
経路重複率0.51

※:距離最短

経路A集合

平:平日回数 土:土曜日回数 日:日曜日回数 祝:祝日回数

図 6.27 経路選択枝集合生成の結果(nm026)

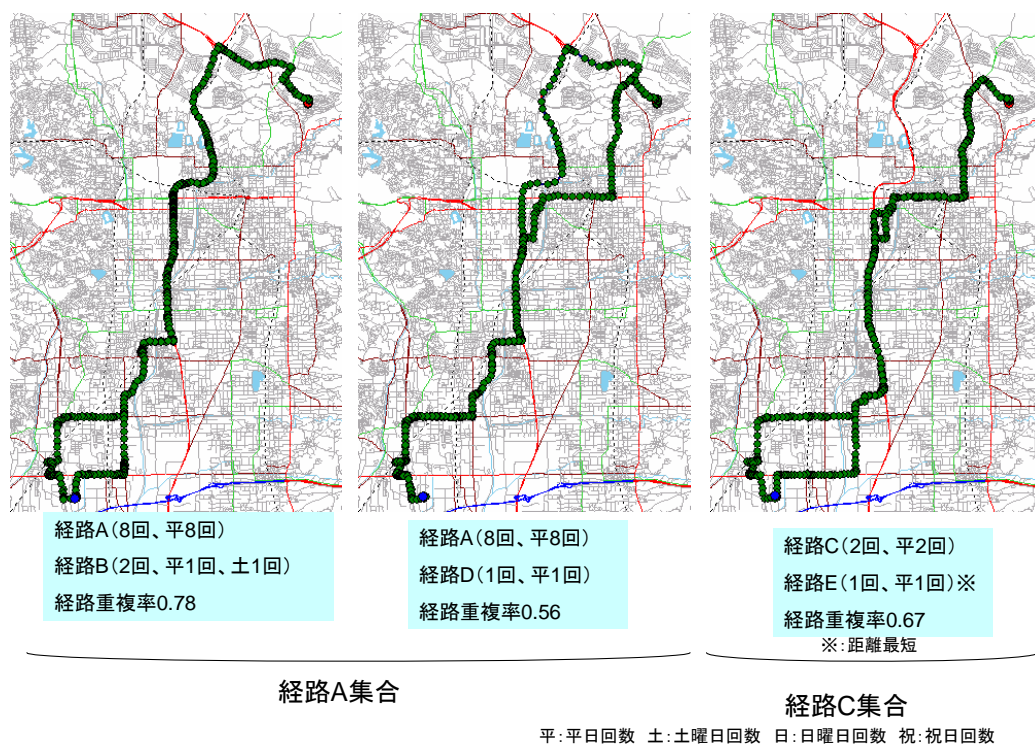


図 6.28 経路選択枝集合生成の結果(nm044)

6.6. 京奈和道路開通による所要時間と時間信頼性変化に関する分析

京奈和道路の開通による広域的な南北交通の所要時間の変動や利用経路の変化を調べるために、図 6.29 に示す断面 A-B 断面 C-D を跨いで通過するトリップを抽出した。抽出されたトリップは、開通前 300 トリップ、開通後 327 トリップであった。図 6.29 は、開通前後での利用経路について、道路利用率（トリップ数に対する各道路の利用数）をみると、開通前は国道 24 号の利用が最も多いのに対し、開通後は京奈和道路に大きく利用がシフトし、その他の道路の利用率は総じて低下している。また、前述の 6.4.3 と同様に、開通前に見られた細街路への流入が、当該区間の周辺では、ほぼ無くなってきている。

これらのトリップについて、断面間の通過に要する時間をみたものが図 6.30 である。開通前後で中央値が 24.8 分→12.0 と大きく減少している。開通前の中央値は、開通後の 90% タイルの水準である。

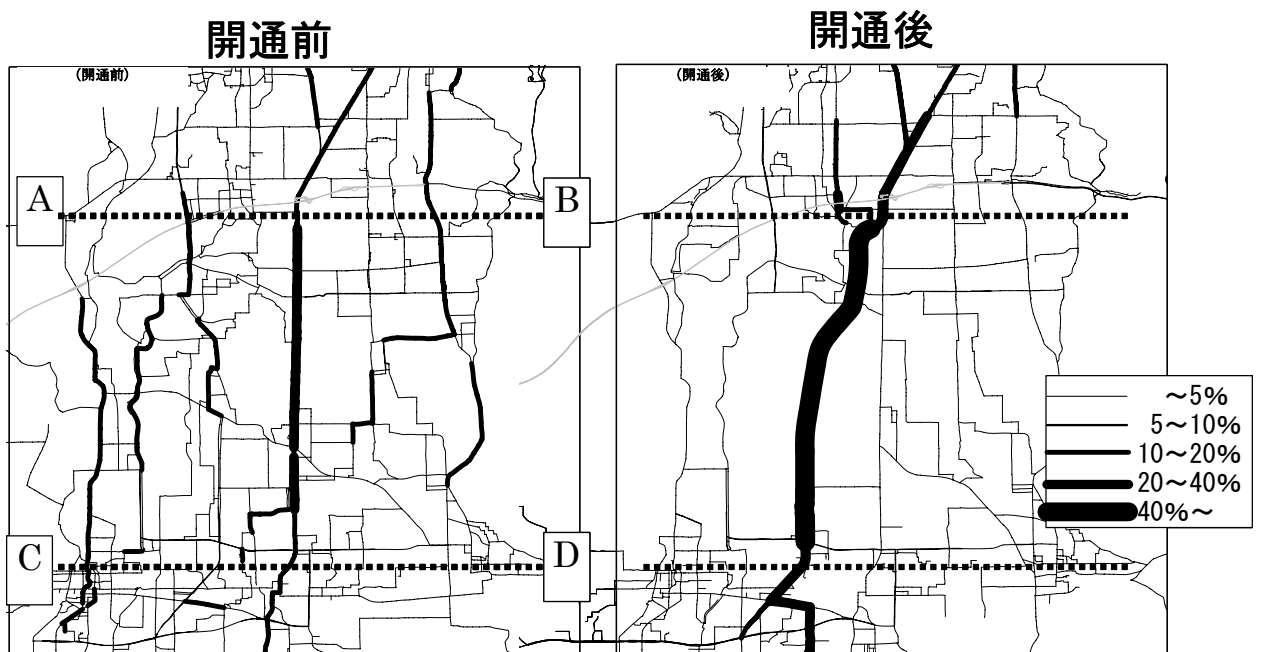


図 6.29 断面 A-B 断面 C-D を通過するトリップ

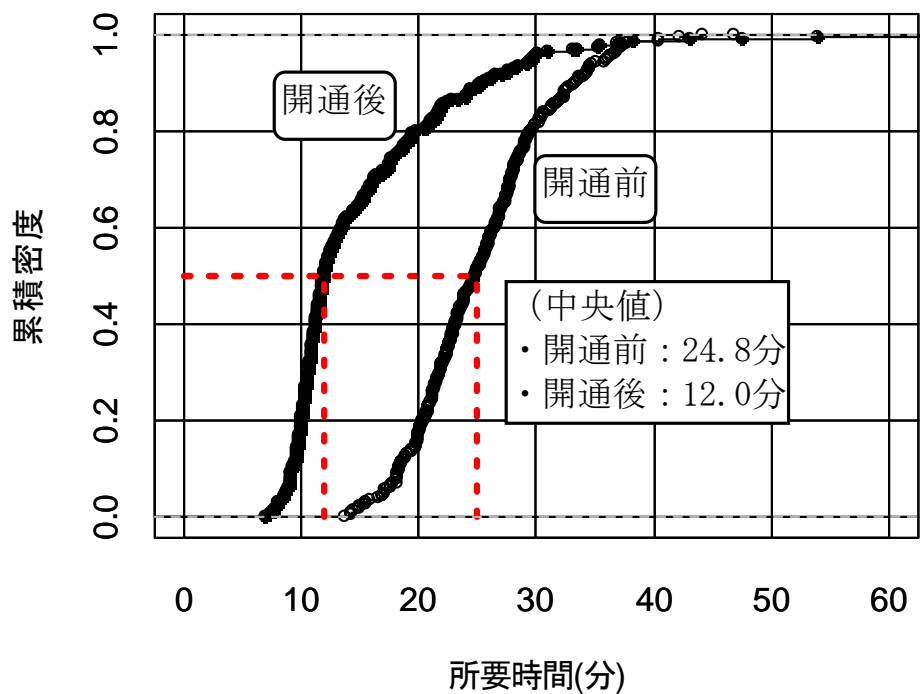


図 6.30 断面 A-B 断面 C-D を通過するトリップの断面間旅行時間

開通前後による所要時間の信頼性について、道路の信頼性を評価する指標を用いて比較を行った。指標としては、米国で利用されている指標を採用した。米国では、目的地までの旅行時間に対する遅れを考慮し、安全側でみた旅行計画時間(Planning Time、以下 PT)を 95%タイル値で設定し、遅れを考慮した旅行時間と平均旅行時間を用いて、指標化(= Buffer Index、以下 BI)を行なっている⁵⁶⁾⁵⁷⁾。

PTの意味であるが、PTは、95%タイル値であるため、「20回に1回くらいは遅刻をするが、おおむね遅刻をせず目的地に到着できる所要時間」を意味している。次にBIについて、説明を行う。BIの算出式は、以下である。

$$\text{Buffer Index} = (\text{Planning Time} - \text{平均旅行時間}) / \text{平均旅行時間}$$

ここで、BIは、上記のとおり、概ね遅刻をしない旅行時間と平均所要時間の差、つまり、遅刻をしないための余裕時間を、平均旅行時間で除した指標である。言い換えると、遅刻をしないための余裕時間を平均旅行時間で正規化した指標である。BIは、余裕時間の正規化指標であるため、その値が少ない方が、信頼性が高いということになる。

京奈和道路開通前後のPTおよびBIを示したものが、表6.4である。これを見ると、PTおよび平均旅行時間は、京奈和道路の開通により低下しており、旅行速度は向上していると考えられる。しかしながら、BIについては、逆に増えており時間信頼性が低下していると考えられる。図6.30を見ても、開通後の累積密度0.8以上は、なだらかになっており、所要時間のばらつきが多くなっていることが分かる。

	開通前	開通後
PT(Planning Time)	35.7分	29.6分
平均旅行時間	25.4分	15.5分
BI(Buffer Index)	0.4	0.9

表 6.4 京奈和道路開通前後の PT および BI

開通後に時間信頼性が悪くなった原因について、分析を行う。まず、累積密度が0.8以上のトリップについて抽出した。その多くのトリップが、図6.32に示すような、京奈和道路を使用しないトリップであった。累積密度が0.8以上のトリップ60トリップに対して、55トリップが、京奈和道路を使用しないトリップであった。

京奈和道路は、4車線の自動車専用道路であり、その平均速度は時速87km/hである。また、開通後の京奈和道路と並行する国道についてマップマッチング後のDRMリンク毎の速度の累積分布は、図6.33に示すが、京奈和道路のリンク旅行速度はその大半が70km/h以上であるのに対して、並行する国道のリンク旅行速度はそのほとんどが60km/h以下である。京奈和道路と並行するサービスレベルは非常に高い道路であると考えられる。これらの顕

著なサービスレベルの違いが、図 6.31 に示す累積分布の 0.8 以上の部分の時間信頼性の低下の要因と考えられる。

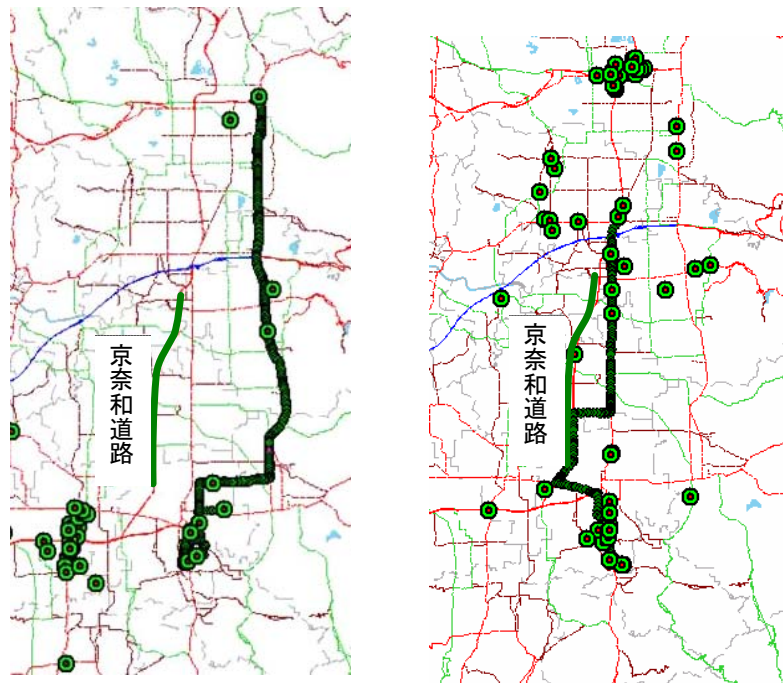


図 6.32 京奈和道路を使わないトリップの例

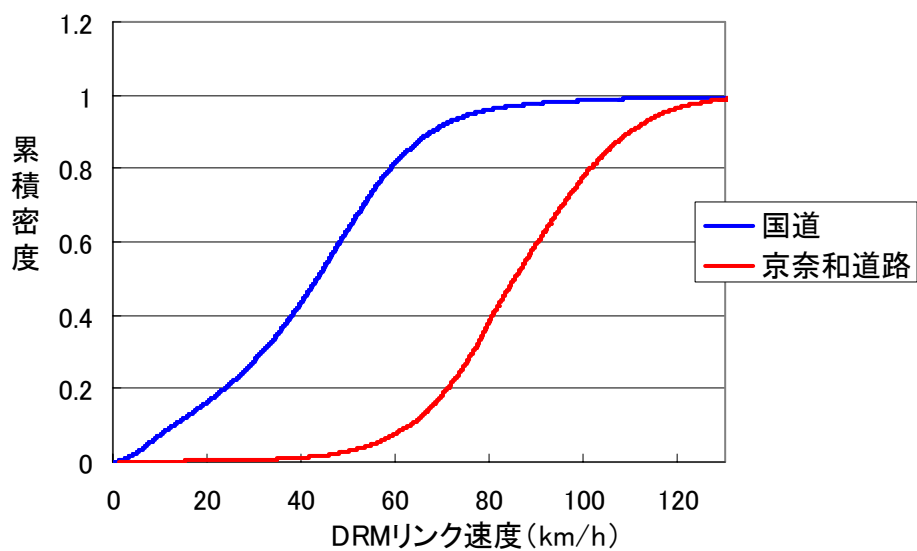


図 6.33 京奈和道路と国道の DRM リンク速度の累積分布

また、累積分布 0.8 以上のトリップの 5 トリップは、京奈和道路を利用するにもかかわらず、

所要時間がかかっているトリップである。この要因としては、京奈和を利用する際に京奈和道路の両端のICに乗るまで、もしくは降りるまでに所要時間がかかっているケースである。

これらの京奈和道路の乗り降りに所要時間がかかっている事例を図 6.34 に示す。京奈和道路自体は、延長 7.8km 程度であり、図 6.30 に示すとおり、AB-CD 間を通過する際の中央値は 12 分であり、図 6.33 に示すとおり、京奈和道路の速度は概ね 70km/h 以上であるため、時として京奈和道路へのアクセスとイグレスに時間を要して、時間信頼性に影響を与えているという実態が存在する。なお、京奈和道路は、以北には道路計画が存在するため、道路整備によりこれらの混雑はいずれは、軽減すると考えられる。

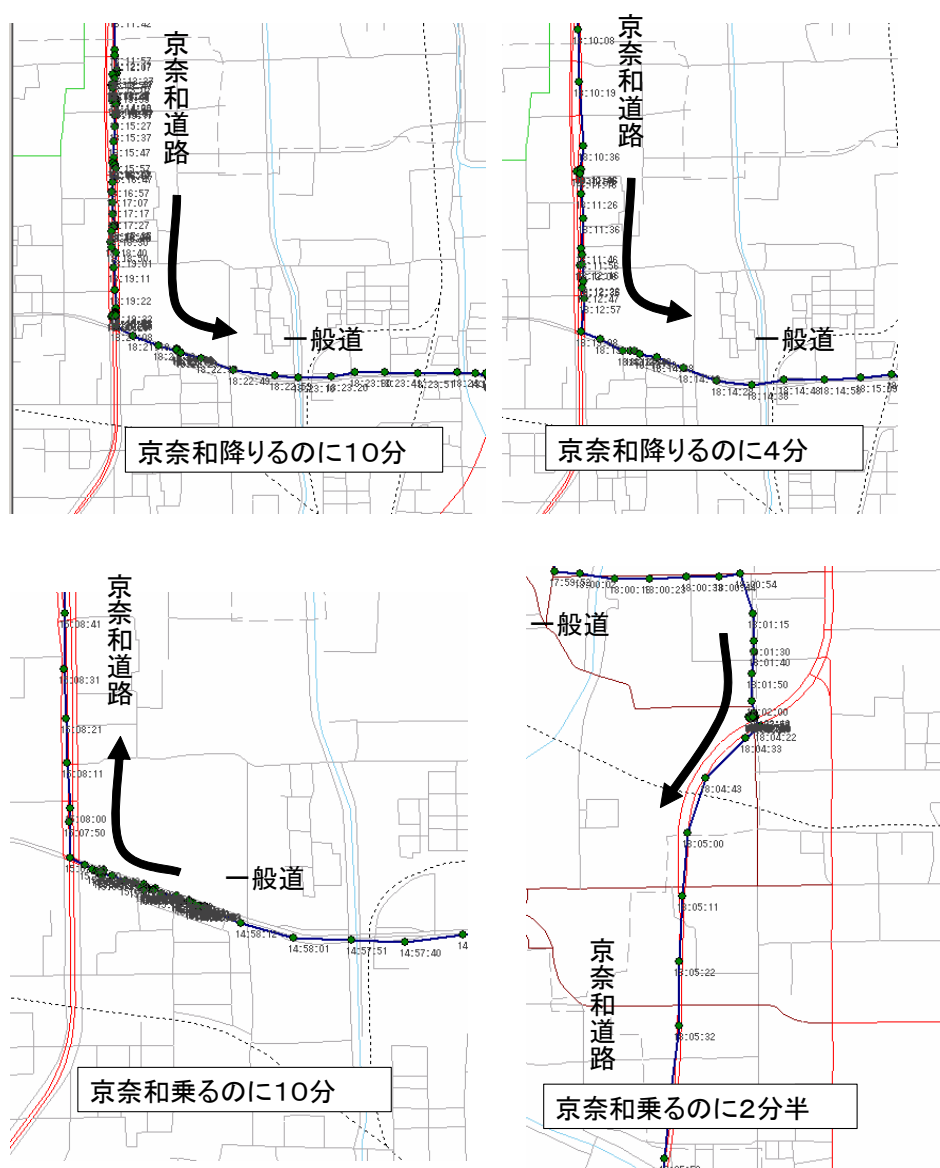


図 6.34 京奈和道路の乗り降りに所要時間がかかっている事例

6.7. 未計上便益の計測に関する分析

我が国においては、新規の道路整備を行う際には、費用便益分析、いわゆる B/C の算定を行うこととなっている。この算定に際しては、以下の 3 便益について計上をすることとなっている⁵⁸⁾。

- ① 走行時間短縮便益：道路整備の有無における走行時間の差（時間短縮）を計測
- ② 走行経費減少便益：走行条件が改善される費用の低下を示すものであり、燃料費、油脂（オイル）、タイヤ、車両整備費等である。
- ③ 交通事故減少便益：道路整備の有無における交通事故による社会的損失の差を計測

このほかにも、道路整備による直接的な効果として、所要時間の信頼性向上、騒音減少、CO2 削減など、様々な項目があるが、計測の精度が上記 3 便益に比べて少ないという議論や、二重計上の問題から現状では、上記 3 便益のみの計上となっている。しかしながら、計測精度の向上や、二重計上の問題については、取得データの精度による問題も多いため、調査手法の改良により信頼性の高いデータ取得が可能となり、3 便益以外の項目についても新たな便益として計測できる可能性がある。

なお、我が国では、上記 3 便益のみで費用便益分析を行っているが、諸外国では 3 便益以外の項目も用いて便益を用いている。我が国で採用している 3 便益については、各国共通で採用されている⁵⁹⁾。

例えば、イギリスにおいては、時間信頼性、外部経済、経路多様性、大気汚染なども便益評価項目として採用している。また、ドイツでは、騒音、大気汚染、雇用効果、誘発交通効果なども見込んでいる。ニュージーランドでは、時間信頼性、走行快適性、走行中の不快感、CO2 排出量なども費用便益分析効果対象としている。

我が国では、前述のとおり費用便益分析において、3 便益以外は見込んでいないが、このことについて、「日本の便益算出方法は、世界に類を見ない過小評価（和歌山県）」、「道路の評価方法は、3 便益に限定するのは、相当厳しいストイックな評価方法では無いか（委員）」、「3 便益以外の効果には、精度上のばらつきがあるため、当面、参考値としてあつかいつつ、精度を高めて行くための試行を重ねていく必要がある。」などの意見もある⁶⁰⁾。

また、平成 21 年 3 月に国土交通省が実施している道路改築事業の B/C の点検が行われたが、18 事業については、B/C が 1 未満であったために事業が一時凍結されている。そのため、道路事業の費用便益分析において、より正確で妥当性の高い便益算出方法は、我が国の道路整備において、喫緊の課題といえる。

本項では、プローブパーソン調査手法により計測されたこれまで未計上の新たな便益評価項目について、定量的な評価を行う。

6.7.1. 細街路から幹線道路への交通転換による便益

前述の 3 便益のうち、交通事故減少便益は、事故率の高い道路から、構造的に高規格な

事故率の低い道路への転換により、交通事故が減少し、社会的な損失が減少することを計測している。具体的には、以下の算出式により便益が算出される。

$$\text{年間総事故減少便益} : BA = BA_o - BA_w$$

$$\text{交通事故の社会的損失} : BA_i = \sum_l AA_{il}$$

ここで

BA = 年間総事故減少便益 (千円/年)

BA_i = 整備*i*の場合の交通事故の社会的損失 (千円/年)

AA_{il} = 整備*i*の場合のリンク*l*における交通事故の社会的損失 (千円/年)

$X_{1il} = Q_{il} \times L_l$: 整備*i*の場合のリンク*l*における走行台キロ (千台km/日)

$X_{2il} = Q_{il} \times Z_l$: 整備*i*の場合のリンク*l*における走行台箇所 (千台箇所/日) ……式 6.1

Q_{il} : 整備*i*の場合のリンク*l*における交通量 (千台/日)

L_l : リンク*l*の延長(km)

Z_l : リンク*l*の主要交差点数 (箇所)

i : 整備有りの場合*w*、無しの場合*o*

l : リンク

道路・沿道区分			交通事故損失算定式	
一般道路	D I D	2車線	$AA_{il} = 2150 \times X_{1il} + 530 \times X_{2il}$	
		4車線以上	中央帯無	$AA_{il} = 2000 \times X_{1il} + 530 \times X_{2il}$
			中央帯有	$AA_{il} = 1700 \times X_{1il} + 530 \times X_{2il}$
		その他市街地	2車線	$AA_{il} = 1670 \times X_{1il} + 550 \times X_{2il}$
	4車線以上		中央帯無	$AA_{il} = 1580 \times X_{1il} + 500 \times X_{2il}$
			中央帯有	$AA_{il} = 1140 \times X_{1il} + 500 \times X_{2il}$
	非市街部		2車線	$AA_{il} = 1330 \times X_{1il} + 660 \times X_{2il}$
		4車線以上	中央帯無	$AA_{il} = 1100 \times X_{1il} + 570 \times X_{2il}$
			中央帯有	$AA_{il} = 950 \times X_{1il} + 570 \times X_{2il}$
		高速道路		$AA_{il} = 360 \times X_{1il}$

これらの交通事故減少便益については、道路整備の無しの場合の交通事故による社会的損失から道路整備有りの場合の交通事故による社会的の差をとったものである。

次に、実際の交通事故減少便益の算出方法について、説明する。式 6.1 によると、交差点の数やリンク長はネットワーク設定や算定する時点での道路網計画の設定により決定すべきものであるため、未知量は交通量のみとなる。交通量については、将来の道路ネットワークと将来 OD 表を設定し、交通量配分を行い、各リンクの交通量を算出する。すると、各リンクの交通量が算出されるため、式 6.1 により、整備がある場合の交通事故の社会的損

失である BA_w が算出される。

その算出に用いた道路ネットワークから、当該道路ネットワークだけ外して、再度交通量配分を行う。そうすると、整備無しの場合の各リンク交通量が算出されるため、 BA_o が算出される。 BA_o と BA_w の差をとって、単年度の交通事故減少便益が算出されることとなる。

ここで、問題となるのは、費用便益分析の際に用いる交通量配分に際して設定する道路ネットワークは、多くの場合は、観測交通量が存在する道路交通センサスの対象ネットワーク道路を用いて設定しているということである。6.4.3 等で明らかとなった、細街路からの幹線道路への交通転換による事故減少は、そもそもネットワークの設定に細街路が入っていないため、計上されていない。

また、式 6.1 の表を見ると分かるが、事故の発生の原単位は、2 車線道路までが対象となっており、1 車線の道路などは対象外となっている。これは、この原単位の設定の元データとなっているのが、事故統合データベースであり、同データベースで登録されている事故の状況やと道路構造等の関係は一般都道府県道以上のみである。これらのことから、現状の費用便益分析の手法や用いているパラメータからは、細街路から幹線道路への転換の便益は算定ができない。

ここで、本節では、京奈和道路の開通前後で実施されたプローブパーソン調査結果を用いて、通過交通トリップが細街路から幹線道路や高規格道路（京奈和道路）に転換することによる事故の減少について、分析を行う。

事故減少の算定対象としては、図 6.29 にて示した AB-CD 断面を通過するトリップのうち、京奈和道路の並行区間である AB-CD を通過する間のみの走行経路を設定する。また、細街路の事故率については、図 6.11 に示す億台キロあたりの死傷事故件数を用いる。これらのデータから、道路整備の有り無しの場合について、細街路の事故率を設定する場合と設定しない場合の京奈和道路の開通前と開通後の 1 トリップあたりの事故率をみたものが表 6.5 である。

我が国における費用便益分析の事故減少便益については、使用する将来 OD 表は同一であり、経路毎のリンクの事故発生確率を足し上げて算出している。また、それぞれのリンクについては、細街路の事故率の高さは勘案されていない。そのため、表 6.5 では、開通前と開通後において、細街路の事故率の高さを勘案する場合と勘案しない場合の 1 トリップあたりの事故発生確率の減少分を比較した。

表 6.5 をみると、今回の京奈和のケースにおいては、細街路の事故率の高さを勘案する場合は、京奈和道路の開通により 1 トリップあたり事故率の減少は、758.8 (件/億トリップ) であるが、細街路の事故率の高さを勘案しない場合では、京奈和道路の開通による 1 トリップあたりの事故率の減少は、615.6 (件/億トリップ) であり、約 2 割の差が発生している。このことは、もし、将来的に便益評価のための道路ネットワークを細街路まで設定し、細街路の事故減少の関係式が設定された場合には、通過トリップについては、場合によって

は約 1.2 倍程度の事故減少便益の増加が期待できることを示している。

表 6.5 細街路事故率を見込む場合見込まない場合の事故発生確率の差

開通前

	①		②	③=②*①	④	⑤=④*①
	1トリップあたり、AB-CD間 走行キロ	シェア	死傷事故率	死傷事故発生 確率	細街路事故率を 幹線道路事故率 としたときの死傷 事故発生確率	死傷事故件数
単位	(km/トリップ)		(件/億台km)	(件/億)	(件/億台km)	(件/億)
国道	4.4	35%	105.3	458.2	105.3	458.2
県道	4.9	40%	105.3	520.6	105.3	520.6
細街路	3.0	25%	194.8	588.8	105.3	318.3
総計	12.3	100%		1567.6		1297.1

開通後

	①'		②'	③'=②'*①'	④'	⑤'=④'*①'
	1トリップあたり、AB-CD間 走行キロ	シェア	死傷事故率	死傷事故件数	細街路事故率を 幹線道路事故率 としたときの死傷 事故発生確率	死傷事故件数
単位	(km/トリップ)		(件/億台km)	(件/億トリップ)	(件/億台km)	(件/億トリップ)
京名和	6.3	53%	13.5	85.3	13.5	85.3
国道	3.0	25%	105.3	318.5	105.3	318.5
県道	1.2	10%	105.3	127.9	105.3	127.9
細街路	1.4	12%	194.8	277.1	105.3	149.8
総計	12.0	100%		808.8		681.5

③'-③	↔	⑤'-⑤
京奈和道路開 通による1トリッ プあたりの死傷 事故件数の減 少	約20%の差	細街路の事故 率を見込まない ときの京奈和道 路開通による1ト リップあたりの 死傷事故件数 の減少
(件/億トリップ)		(件/億トリップ)
758.8		615.6

6.8. CO2 排出量の変化に関する分析

地球温暖化が全世界的な問題となっており、自動車から排出される CO2 の削減が重要な課題となっている。プローブパーソン調査を行うことにより、自動車トリップの走行距離と旅行速度が把握できるため、CO2 の排出量の算定を行うことができる。前述の A-B 断面と C-D 断面を通過するトリップのうち、135 名のパネル被験者について、1 通過あたりの ABCD 間において排出する CO2 の量を比較したものが図 6.35 である。

CO2 算出の方法は、次の手順で行っている。まず、GPS より取得した軌跡情報のマップ

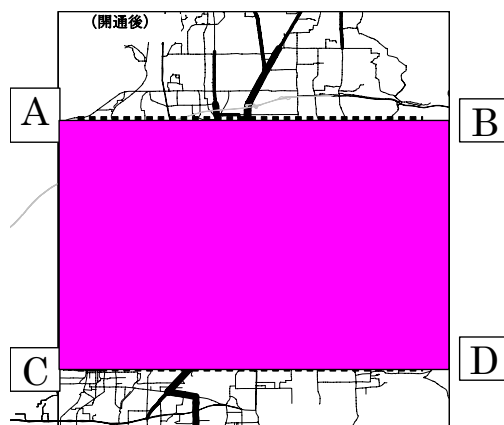
マッチングを行い DRM (デジタル道路地図) リンク毎の旅行速度を算出する。その算出されたリンク速度について、式 6.2 に示す大城らによる CO₂ 排出量の乗用車排出原単位式^{6 1)}を使用し、各リンクの CO₂ 排出量を足し上げて算出で、総 CO₂ 排出量の算出を行っている。

$$EF = 1864.3/v - 2.3201v + 0.020070v^2 + 166.85$$

EF : CO₂ 排出係数(g-CO₂ / km・台) ……式 6.2

v : 平均走行速度(km/h)

これを見ると、京奈和道路開通後の CO₂ 排出量は、約 14%程度削減されており、これは、平均旅行速度が改善したことにより、燃費が良くなったためと考えられる。環状道路整備など都市内の渋滞解消を目的に行われる道路事業については、速度改善による CO₂ 排出量の削減が期待できる。



分析対象エリア

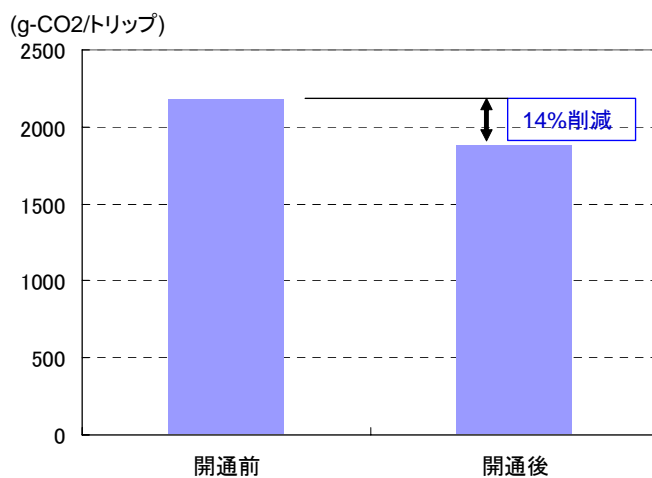


図 6.35 AB-CD 通過トリップの排出 CO₂ の比較

京奈和道路の起終点 IC を利用するために、IC へのアクセス・イグレス距離が増え、トリップ全体としての CO2 排出量が増加してしまうという懸念がある。そのため、AB 断面-CD 断面間を通過するトリップで、開通前後で同一の起終点を持つトリップについて、1 トリップあたりの走行キロと CO2 排出量について分析を行ったものが、図 6.36 である。これをみると、約半数の起終点ペアの走行キロは増加するものの、CO2 排出量が増加する起終点ペアは、1 起終点ペアのみであり、本調査では IC を利用するためのアクセス・イグレスを含めても CO2 排出量は減少する傾向であった。

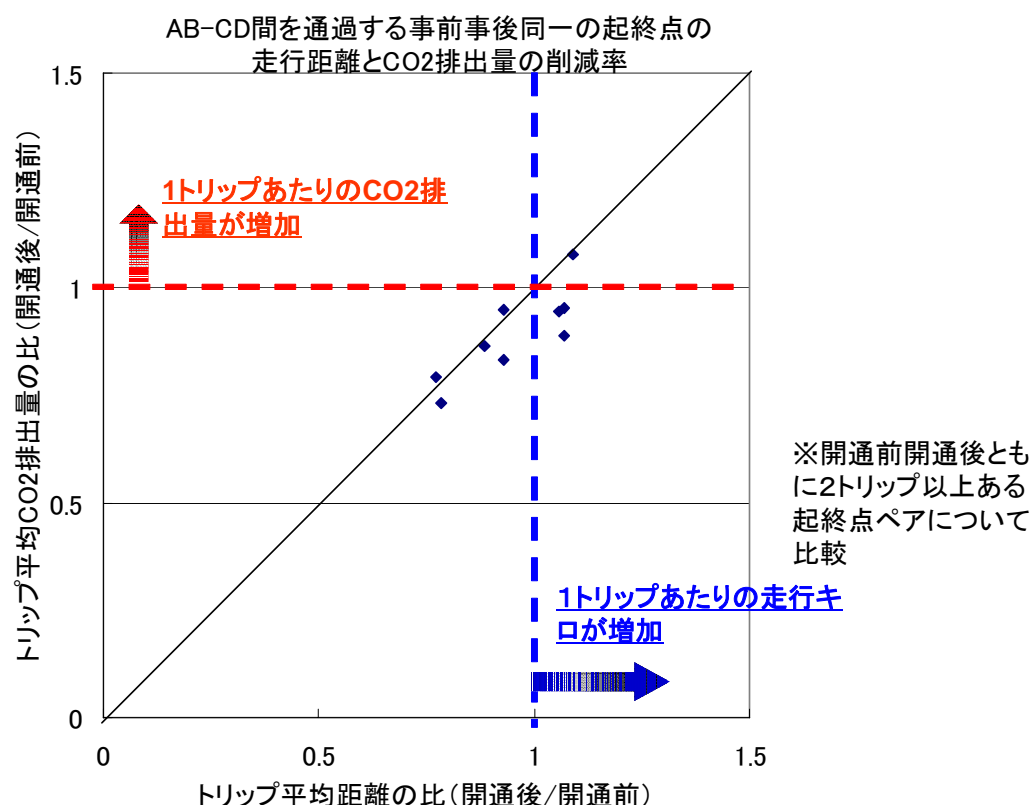


図 6.36 AB-CD 断面を通過する事前事後同一起終点トリップの走行距離と CO2 削減率

6.9. 道路ユーザーニーズの把握ツールとしての活用

本調査においては、調査システムの機能として、被験者が気に掛かった地点や走りにくいと考えた地点にマーキングを行い、それらの意見を募集する機能を追加した。図 6.37 に意見を入力した地点を示す。箇所は国道 24 号に多く、特に柏木交差点や郡山南 IC 近辺への入力が多くなっているが、街路への入力もみられる。

また、入力した理由を図 6.38 に示す。走りにくい理由としては、渋滞・混雑が最も多く、次いで道路が狭い、信号のタイミングが悪い、右左折しづらい、見通しが悪いなどが比較

的多い。

これらの調査方法により、今後の道路施策の改善ニーズの把握に活用が可能である。これまで、道路ユーザーの不満については、電話による苦情など非常に限られていた。しかしながら、本調査で用いた様なシステムを用いることにより、効率的にきめ細かくユーザーニーズの把握が可能となる。たとえば、図 6.38 を見ると、交通安全に関する意見も多いが、道路ユーザーが危険だと思っている箇所について、なぜ危険であるのかということが把握できれば、効率的に改善をすることができ、交通事故減少に寄与することができる。

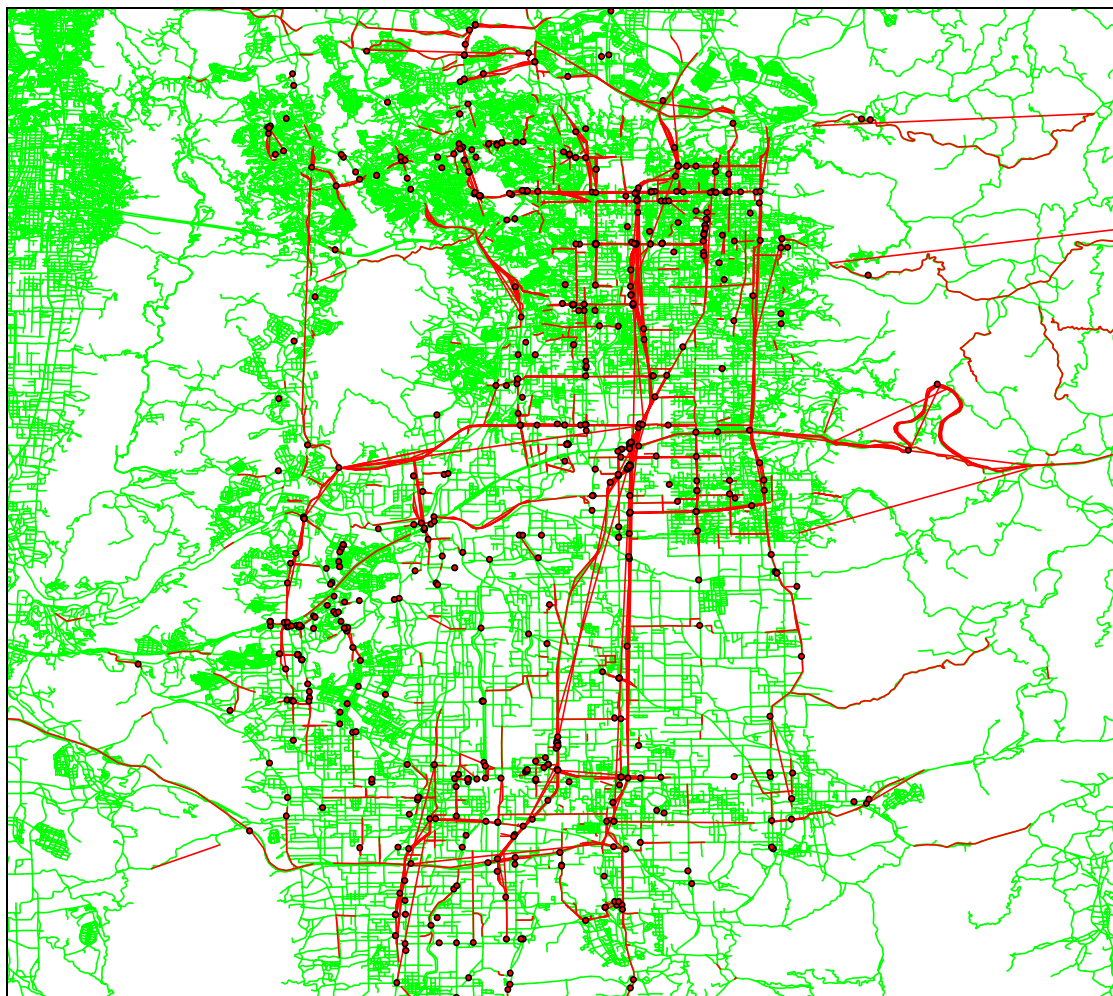


図 6.37 「走りにくさマップ」の入力箇所

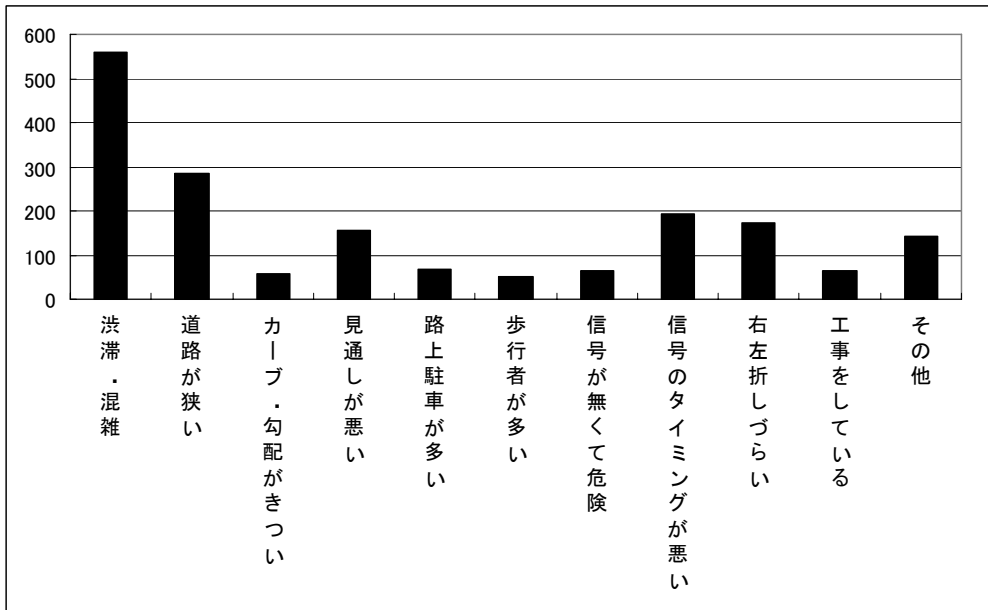
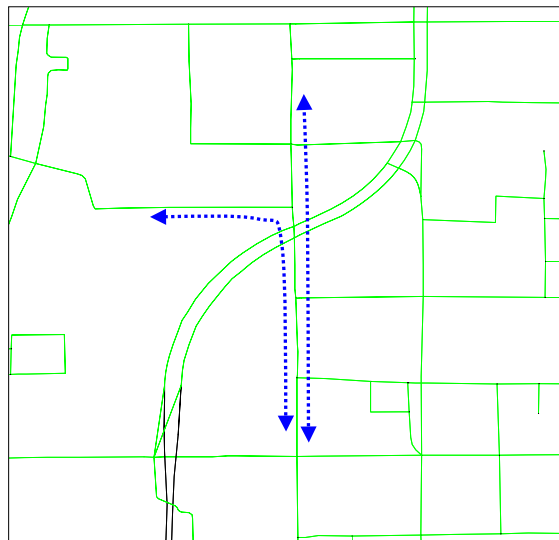


図 6.38 走りにくい理由



モニターコード	不満度	コメント
rk034	高い	南行、北行とも車が多く非常に混雑しています。
m020	中	朝のラッシュ時、進入禁止違反の対向車が迷惑。
m080	高い	道路が狭く行き直りができない。
rk267	中	時間帯一方通行なのですが、よく対向車がきこまれます。
rk270	中	対向しにくい。
m020	高い	朝の混雑時間帯で左折北進する車両が対向車に迷惑。
rk231	中	信号機が悪い、調整せよ。
rk268	低い	7:30-9:00は左折禁止になっているが、左折する車が非常に多い。

図 6.39 下ツ道における入力例

6.10. まとめ

本章における知見を以下に示す。

京奈和自動車道の開通前後のスクリーンライン交通量調査の結果、国道・県道クラスはもとより、細街路まで交通量が減少し、京奈和自動車道に交通が転換している。これらの結果から、地域全体の交通事故の減少が期待される。

京奈和供用前のPP調査データにより、細街路を利用する広域交通（抜け道交通）の特性の分析を行った。細街路利用トリップは、朝夕のラッシュ時に多く見られ、細街路を通る方が、スクリーンライン通過速度は速いことがわかった。また、細街路を通ったトリップの方が、実所要時間と当初予測していた所要時間との乖離が少ないという結果が得られた。これらのことから、各モニタは、迅速にかつ的確に到着できるため、細街路を抜け道として利用していると考えられる。

また、京奈和道路を直接的に利用しないであろう国道24号付近のトリップを抽出したところ、細街路から国道24号へのトリップの回帰が見られた。これらは、京奈和道路の開通により国道24号の旅行速度が改善し、幹線道路としての機能が回復したためと考えられる。

また、通勤トリップに着目し、所要時間変動と利用経路数に相関関係が有ることを示した。さらに、幹線道路の所要時間が不安定であることが、生活道路への通過交通の流入などネットワークの適正な利用を阻害している可能性が高いことを示した。

経路重複率をもちいて、通勤経路数が4以上のモニタについて、分析を行った。その結果、経路重複率の考え方をを用いると、これらの経路は3以下に集約されることがわかり、個人の経路選択の幅はそれほど多くないことが分かった。

また、経路選択行動を分析することにより、以下のことが分かった。

- ①通勤経路に主として使われている経路が明確に存在する。
- ②主として使っている経路は、距離最短でない場合が多い。
- ③土日祝日につかっているルートは、メインで使っている経路でないことが多い。

これらの事実が、所要時間および時間信頼性を考慮した結果、平日に主として使われるルートが形成されているのかは、データ数が少なく判断ができないが、プローブパーソン調査の利点を生かして、このような経路選択行動の詳細な分析が可能となっている。

現在、道路整備による便益は、幹線道路を対象とした配分により求めており、その便益は幹線道路を対象とした走行時間短縮便益、交通事故減少便益、走行経費減少便益の3便益のみである。一方で、本調査の結果から細街路から幹線道路への転換が確認されており、このことは、事故率の高い細街路から事故率の低い幹線道路に交通が転換することにより、これまで計測できなかった交通事故減少便益があることを示している。今後、同様の調査を重ねることにより、定量的な把握が可能となれば、今まで計測できなかった便益も見込める可能性が出てくる。

京奈和道路開通前後の旅行速度と時間信頼性を分析した。京奈和道路の開通により、平均旅行時間は、劇的に改善するが、その一方で、時間信頼性は低下していた。これは、京奈和道路以外の道路がつかわれること、京奈和道路へのアクセス・イグレスに時間がかかることが原因であった。また、開通前後の CO2 排出量を比較した。平均旅行速度が向上するため CO2 の排出量も減少することが確認できた。

また、本調査ではモニタからの意見収集のシステムを組み込み、さらにそれらの意見をマップ上にまとめた。これまで道路ネットワーク上の課題の収集方法としては、プローブや事故などの既存データの解析、道路パトロール、また、苦情等などがメインであり、非常に限られたものであった。しかし、本調査システムを活用することに、より多くのきめ細かな意見を収集できる可能性があることを確認した。

紙によるアンケート調査では、通過速度や経路を詳細に分析することは困難であり、これらの経路を含めた交通行動の詳細な分析は、IT を用いた調査手法によりはじめて可能となったものである。

また、これらのシステムを発展させると、細かな過去の経路情報からユーザーの交通行動を診断し、ユーザーの好みの適切な経路を誘導できる可能性がある。例えば、平均旅行速度が燃料消費量の少ないエコルートや、事故率の少ないルートである安全ルートなど、様々なユーザーの嗜好に即したルート案内が可能となる。

これらの分析は、詳細に経路を分析できる、所要時間の把握精度が高い、継続した調査が可能であるというプローブパーソン調査手法のメリットを活かしたものである。

7. まとめ

7.1. 本研究のまとめ

本研究の目的は、断面交通量調査と起終点調査を主眼に置き、コストの削減・得られる情報量の増加・精度の向上という点から高度化・効率化することに主眼を置き、新たな技術を用いた交通調査について、実測データに基づきその実用可能性と今後の課題について検討を行った。

1章では、我が国の交通調査について、交通調査データの活用方法や、交通調査データと将来需要予測との関係、交通調査の課題について述べた上で、本研究の目的を整理した。

2章では、既存の交通調査について起終点調査と断面交通量調査をラグランジュ型とオイラー型と分類した上で、日本国内で行われているそれぞれの調査について、概観を行い、既存の研究についてレビューを行った。2章の結果をまとめると、以下の通りである。

- ・日本国内では、道路交通センサス、パーソントリップ調査など、多くのオイラー型とラグランジュ型の調査が行われているが、その大部分は、人手により行われており、高コスト構造となっている。
- ・ラグランジュ型の交通調査である起終点調査では、既存の紙アンケートによる方法では、回答負荷が大きいため、「報告されないトリップ」が発生していることは、確認され、GPSを用いた調査により検証が行われているが、電話によるインタビューのCATIが中心である。
- ・国民の個人情報に対する意識の高まりから、起終点調査で用いている訪問留め置き調査という手法は、拒否されることが多くなってきている。
- ・オイラー型の交通調査である断面交通量調査については、人手で行われることにより、コスト高、精度の均質性の確保の困難さ等の問題を引き起こしている。

3章では、人手観測が主体のため高コスト構造となっている断面交通量調査について、簡易に設置できる交通量計測機器を開発し、道路交通センサスなどの人手による交通量計測の代替とするため、新たな交通量の計測機器（新型モバイルトラカン）の開発を試みた。

機械計測（新型モバイルトラカン）の機器を開発するにあたり、目標とする精度を設定するため、現状の人手観測の精度について、検証を行った。ビデオ観測を行い、研究室に戻り複数名でカウントした結果を正値として、人手観測の誤差を検証したところ、交通量が多い観測箇所においては、誤差の分布が他の箇所と異なることが分かった。誤差の分布を正規分布と仮定して、検定を行ったところ、交通量が多い箇所の誤差の分布は少ない箇所の誤差と統計的に有意に異なることが分かった。また、人手観測の誤差は、1時間値にまとめたところ、概ね5%程度となることが分かった。

新型モバイルトラカンの開発目標を現状の交通量調査結果の使われ方も踏まえ、以下に設定した。

- 交通量を計測できるセンサを登載し、自動で交通量の計測が行えること
- 設置・撤去が安全で簡易なこと（路面に設置しない）
- 小型で持ち運びが容易なこと
- 従来の簡易型トラフィックカウンターに比べて安価であること
- 95%以上の観測精度を有すること
- 車長による2車種区分ができること

次に、新型モバイルトラカンに使用する簡易で安価なセンサとして、赤外線センサ、超音波センサ、磁気センサを設定し、精度の比較をおこなった。その結果、赤外線センサが反応が明瞭であり、最適と選定された。

赤外線センサを組み込んだ、モバイルトラカンの試作機を作成し、実際に筑波山にて、交通量計測精度の検証を行った。人手観測の場合と同様に、ビデオ観測結果を研究室に持ち帰り、複数名で交通量をカウントするという手法で正値を算出し、その値との比較を行った。その結果、精度の均質性は確保され、概ね1時間帯であれば、5%以内の精度が確保されることを示した。

しかしながら、モバイルトラカンによる交通量計測では、赤外線センサが黒い車に反応しづらいという特性が判明し、わずかながら、計測結果が少なくなる傾向がある。これは、系統的な誤差であるため、社会実験や新規道路供用などの事前事後の比較であれば、特段の問題が無いが、道路交通センサスなどの大規模調査の場合には、補正観測を行い、補正を行う必要があることがわかった。

4章では、プローブパーソン調査について、紙アンケート調査と同一の被験者で比較しながら、前述の調査精度の向上、コストの改善、被験者の負担について比較を行った。GPS 携帯電話および WEB ダイアリーを併用するプローブパーソン調査手法は、紙アンケート形式のこれまでの調査方法に比べて、トリップ報告漏れの削減、被験者が入力するトリップ目的・機関選択の情報の精度向上、出発・到着時刻精度の向上、経路情報の向上、連続調査によるコストの削減のメリットが存在する。特に、トリップ報告漏れについては、アンケート調査上のバイアスとして、欧米では研究の対象とされてきた経緯がある。主な知見について、以下に示す。

プローブパーソン調査手法と紙アンケートの1日あたりのトリップを比較すると、紙アンケート手法の方が、1日あたりのトリップ数が約15%少なく、トリップの報告漏れ発生しており、さらにプローブパーソン調査手法を用いることに改善ができると考えられる。さらに、トリップ目的別に、プローブパーソン調査手法と紙アンケートのトリップを比較すると、私事トリップで紙アンケートのトリップ数が少ない結果となった。また、さらにトリップ延長別で、プローブパーソン調査手法と紙アンケート手法のトリップ数を見ると、0~5kmの短距離のトリップにおいて、紙アンケート手法のトリップが少ない結果となった。このことから、これまで様々な文献にて報告がなされている紙アンケート調査における「報

告されないトリップ (under-report)」の問題が、実際に同一モニタでの比較検証により、非定型の私事トリップおよび短距離のトリップで多いことが実証的に確認された。

所要時間の分布を、紙アンケート調査手法とプローブパーソン調査手法により比較すると、紙アンケートについては、10分や30分単位でまとめられて報告がされているが、プローブパーソン手法では、なだらかな分布系を示している。本来、トリップの所要時間が10分や30分単位でまとまることは考えにくく連続的な分布型をなしていると考えられる。プローブパーソン調査手法による方法は、連続的な分布となっており、プローブパーソン手法を用いることにより所要時間の把握精度の向上が図れると考えられる。

被験者の調査に対する負荷を調査実施後のアンケートにより把握した。その結果、調査のやりやすさについては、紙アンケート形式に比べ、プローブパーソン調査の方がやりやすいという回答が、約8割から得られている。また、今後どのような調査に協力したいかという点については、実に9割の者がGPS携帯電話もしくはWEBダイアリーを用いた交通行動調査に協力したいという意向を持っていることがわかった。このことから、今回の調査は、メールマガジンを利用して募集をしたサンプルということは勘案しても、回答負荷はプローブパーソン調査の方が少ないと考えられる。

次に、IT機器の操作に不慣れであると考えられる年代のプローブパーソン調査手法のデータ取得について確認を行った。その結果、トリップチェーンに特段の不整合は無く、適切に実施されていることが確認できた。今回は、メールマガジンを利用して募集をした被験者であるということはあるが、50年代の被験者においても適切な調査実施ができたことから、説明会において丁寧に説明を行うことにより、IT機器に不慣れな被験者でも調査実施が可能であると考えられる。

パーソントリップ調査や道路交通センサスなどの大規模交通調査についての適用については、被験者の負担の点から、統計報告調整法に基づいてランダムサンプリングができないという可能性がある。また、大規模調査の実施については、電源の持続時間やわかりやすさという点で、改良も望まれる。今後も継続的な検討が必要である。

5章では、①これまで得るのが難しかった移動経路まで含めて交通行動が取得できる、②起終点の時刻の把握が正確である、③複数日の継続調査について協力が得やすい、というプローブパーソン調査の特性を活かして、つくばエクスプレスの開通前後に行われたつくばプローブパーソン調査により得られた結果を用いて、つくばエクスプレスによる交通行動の変化や、都市の課題の把握を行った。以下に、5章で得られた知見を示す。

筑波周辺から東京周辺へTXで通勤するようになったモニタについて、朝の通勤時間の短縮効果の分析を行った。これらのモニタは、主に高速バスからTXに交通転換をしており、所要時間のばらつきの大きい高速バスから定時制の高いTXを利用することにより、20分から53分の朝のゆとり時間が創出されていることがわかった。これらの分析は、軌跡の情報と起終点の出発到着時刻が精度高く分かるというプローブパーソン調査の長所を活かし

た分析である。

次に、プローブパーソン調査の結果を用いて、つくば市周辺のピーク時の旅行速度の分析を行った。このことから、つくばセンター周辺で旅行速度が低下していることが分かった。国土交通省では、旅行速度を計測するためにプローブ旅行速度調査を実施しているが、プローブパーソン調査を実施することにより、旅行速度のみならず、下記で示す様な都市の課題も把握もできるため、調査としては効率的になると考える。

混雑を避けるために、並行する道路の混雑状況と抜け道を通るトリップの増加から、規格の低い道路を通行する「抜け道」交通について分析を行った。これらの抜け道交通については、事故率の高い規格の低い道路を通行するため、事故の増大を招くと考えられる。

次に、筑波センター周辺の駐車場の選択行動を調べることにより、思った駐車場に入れないために迂回を行う「うろつき交通」の分析を行った。これらのうろつき交通は、無用な混雑を引き起こす要因ともなり、また、CO₂ も排出されるため、決して望ましい行動とは言えない。なお、駐車場の案内システムなど ITS による情報提供により、希望優先順位の高い空いている駐車を案内することができれば、これらのうろつき交通は無くなると考えられる。

つくばエクスプレスの開通により、TX の終着駅であるつくばセンター付近に送迎のための車両が多く路上駐車している。これらの送迎トリップについて、そのトリップの位置をプロットした。また、バス路線があるにもかかわらず、送迎を行っており、つくばの自動車依存の高さを示す結果といえる。

本章における知見を以下に示す。

京奈和自動車道の開通前後のスクリーンライン交通量調査の結果、国道・県道クラスはもとより、細街路まで交通量が減少し、京奈和自動車道に交通が転換している。これらの結果から、地域全体の交通事故の減少が期待される。

京奈和供用前の PP 調査データにより、細街路を利用する広域交通（抜け道交通）の特性の分析を行った。細街路利用トリップは、朝夕のラッシュ時に多く見られ、細街路を通る方が、スクリーンライン通過速度は速いことがわかった。また、細街路を通ったトリップの方が、実所要時間と当初予測していた所要時間との乖離が少ないという結果が得られた。これらのことから、各モニタは、迅速にかつ的確に到着できるため、細街路を抜け道として利用していると考えられる。

また、京奈和道路を直接的に利用しないであろう国道 24 号付近のトリップを抽出したところ、細街路から国道 24 へのトリップの回帰が見られた。これらは、京奈和道路の開通により国道 24 号の旅行速度が改善し、幹線道路としての機能が回復したためと考えられる。

また、通勤トリップに着目し、所要時間変動と利用経路数に相関関係が有ることを示した。さらに、幹線道路の所要時間が不安定であることが、生活道路への通過交通の流入などネットワークの適正な利用を阻害している可能性が高いことを示した。

経路重複率をもちいて、通勤経路数が4以上のモニタについて、分析を行った。その結果、経路重複率の考え方をを用いると、これらの経路は3以下に集約されることがわかり、個人の経路選択の幅はそれほど多くないことが分かった。

また、経路選択行動を分析することにより、以下のことが分かった。

- ①通勤経路に主として使われている経路が明確に存在する。
- ②主として使っている経路は、距離最短でない場合が多い。
- ③土日祝日につかっているルートは、メインで使っている経路でないことが多い。

これらの事実が、所要時間および時間信頼性を考慮した結果、平日に主として使われるルートが形成されているのかは、データ数が少なく判断ができないが、プローブパーソン調査の利点を生かして、このような経路選択行動の詳細な分析が可能となっている。

現在、道路整備による便益は、幹線道路を対象とした配分により求めており、その便益は幹線道路を対象とした走行時間短縮便益、交通事故減少便益、走行経費減少便益の3便益のみである。一方で、本調査の結果から細街路から幹線道路への転換が確認されており、このことは、事故率の高い細街路から事故率の低い幹線道路に交通が転換することにより、これまで計測できなかった交通事故減少便益があることを示している。今後、同様の調査を重ねることにより、定量的な把握が可能となれば、今まで計測できなかった便益も見込める可能性が出てくる。

6章では、京奈和自動車道の開通前後に行われた、スクリーンライン交通量調査およびプローブパーソン調査により、細街路までふくめた交通流動の把握を行った。以下に得られた知見を示す。

京奈和自動車道の開通前後のスクリーンライン交通量調査の結果、国道・県道クラスはもとより、細街路まで交通量が減少し、京奈和自動車道に交通が転換している。これらの結果から、地域全体の交通事故の減少が期待される。

京奈和供用前のPP調査データにより、細街路を利用する広域交通（抜け道交通）の特性の分析を行った。細街路利用トリップは、朝夕のラッシュ時に多く見られ、細街路を通る方が、スクリーンライン通過速度は速いことがわかった。また、細街路を通ったトリップの方が、実所要時間と当初予測していた所要時間との乖離が少ないという結果が得られた。これらのことから、各モニタは、迅速にかつ的確に到着できるため、細街路を抜け道として利用していると考えられる。

また、京奈和道路を直接的に利用しないであろう国道24号付近のトリップを抽出したところ、細街路から国道24へのトリップの回帰が見られた。これらは、京奈和道路の開通により国道24号の旅行速度が改善し、幹線道路としての機能が回復したためと考えられる。

また、通勤トリップに着目し、所要時間変動と利用経路数に相関関係が有ることを示した。さらに、幹線道路の所要時間が不安定であることが、生活道路への通過交通の流入などネットワークの適正な利用を阻害している可能性が高いことを示した。

経路重複率をもちいて、通勤経路数が4以上のモニタについて、分析を行った。その結果、経路重複率の考え方をを用いると、これらの経路は3以下に集約されることがわかり、個人の経路選択の幅はそれほど多くないことが分かった。

また、経路選択行動を分析することにより、以下のことが分かった。

- ①通勤経路に主として使われている経路が明確に存在する。
- ②主として使っている経路は、距離最短でない場合が多い。
- ③土日祝日につかっているルートは、メインで使っている経路でないことが多い。

これらの事実が、所要時間および時間信頼性を考慮した結果、平日に主として使われるルートが形成されているのかは、データ数が少なく判断ができないが、プローブパーソン調査の利点を生かして、このような経路選択行動の詳細な分析が可能となっている。

現在、道路整備による便益は、幹線道路を対象とした配分により求めており、その便益は幹線道路を対象とした走行時間短縮便益、交通事故減少便益、走行経費減少便益の3便益のみである。一方で、本調査の結果から細街路から幹線道路への転換が確認されており、このことは、事故率の高い細街路から事故率の低い幹線道路に交通が転換することにより、これまで計測できなかった交通事故減少便益があることを示している。今後、同様の調査を重ねることにより、定量的な把握が可能となれば、今まで計測できなかった便益も見込める可能性が出てくる。

京奈和道路開通前後の旅行速度と時間信頼性を分析した。京奈和道路の開通により、平均旅行時間は、劇的に改善するが、その一方で、時間信頼性は低下していた。これは、京奈和道路以外の道路がつかわれること、京奈和道路へのアクセス・イグレスに時間がかかることが原因であった。また、開通前後のCO₂排出量を比較した。平均旅行速度が向上するためCO₂の排出量も減少することが確認できた。

また、本調査ではモニタからの意見収集のシステムを組み込み、さらにそれらの意見をマップ上にまとめた。これまで道路ネットワーク上の課題の収集方法としては、プローブや事故などの既存データの解析、道路パトロール、また、苦情等などがメインであり、非常に限られたものであった。しかし、本調査システムを活用することにより、より多くのきめ細かな意見を収集できる可能性があることを確認した。

紙によるアンケート調査では、通過速度や経路を詳細に分析することは困難であり、これらの経路を含めた交通行動の詳細な分析は、ITを用いた調査手法によりはじめて可能となったものである。

また、これらのシステムを発展させると、細かな過去の経路情報からユーザーの交通行動を診断し、ユーザーの好みの適切な経路を誘導できる可能性がある。例えば、平均旅行速度が燃料消費量の少ないエコルートや、事故率の少ないルートである安全ルートなど、様々なユーザーの嗜好に即したルート案内が可能となる。

これらの分析は、詳細に経路を分析できる、所要時間の把握精度が高い、継続した調査が可能であるというプローブパーソン調査手法のメリットを活かしたものである。

7.2. 本研究による新たな知見

本研究により新たに得られた知見について、以下にまとめる。

○「報告されないトリップ」の量および特性の把握について

これまで、紙アンケート調査について、その回答負荷・煩わしさから存在すると言われていた「報告されないトリップ (underreport trip)」について、その特性を定量的に明らかにした。トリップ全体としては、紙アンケートに比べパーソンプローブ調査手法では、約 15%トリップ把握精度が向上することを確認した。また、短距離トリップや、私事トリップにおいて、報告されないトリップが多いことを、実証的に明らかにした。

○細街路の抜け道交通の実態について

京奈和道路の開通事前事後のプロブパーソンデータを用いて、本調査により、これまでほとんど実態の把握が困難であった細街路の抜け道交通について、実態を分析した。その結果、道路混雑を避けるために抜け道的に細街路を利用し、京奈和自動車道の開通により、幹線道路の速度が回復した後は、細街路の利用が減少していることを確認した。

現在、道路整備による便益は、幹線道路を対象とした配分により求めており、その便益は幹線道路を対象とした走行時間短縮便益、交通事故減少便益、走行経費減少便益の3便益のみである。一方で、本調査の結果から細街路から幹線道路への転換が確認されており、このことは、事故率の高い細街路から事故率の低い幹線道路に交通が転換することにより、これまで計測できなかった交通事故減少便益が存在することを示している。今回の京奈和道路によるケースでは、細街路における死傷事故率を見込む場合には、約2割ほど事故率が増加する傾向が確認された。

○所要時間変動と経路選択行動について

これまで、また、通勤トリップに着目し、所要時間変動と利用経路数に相関関係が有ることを示した。さらに、幹線道路の所要時間が不安定であることが、生活道路への通過交通の流入などネットワークの適正な利用を阻害している可能性が高いことを示した。

経路重複率をもちいて、通勤経路数が4以上のモニタについて、分析を行った。その結果、経路重複率の考え方を用いると、これらの経路は3以下に集約されることがわかり、個人の経路選択の幅はそれほど多くないことが分かった。

[参考文献]

- 1)平成15年度道路行政の業績計画書, 国土交通省道路局
- 2)平成15年度道路行政の達成度報告書/平成16年度道路行政の業績計画書, 国土交通省道路局
- 3)平成16年度道路行政の達成度報告書/平成17年度道路行政の業績計画書, 国土交通省道路局
- 4)将来交通量予測のあり方検討委員会報告書 国土交通省道路局 平成16年3月
- 5)道路の将来交通需要推計に関する検討会報告書 国土交通省道路局 平成16年3月
- 6)道路交通センサスに関する検討会第一回資料,国土交通省道路局ホームページ
<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/sensas/1st/6.pdf>
- 7)道路交通センサスに関する検討会第四回資料,国土交通省道路局ホームページ
<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/sensas/4th/4.pdf>
- 8)Brog, W., E.Erl, A.H.Meyburg and M.J.Wermuth; Problems of Nonreported Trips in Survey of Nonhome Activity Patterns, Transportation Research Record 891,1982
- 9) Richardson, A.J.,E.S.Ampt and A.H.Meyburg; NONRESPONSE ISSUES IN HOUSEHOLD TRAVEL SURVEY, Conference on household travel surveys: New Concepts and Research Needs, National Academy Press, 1995
- 10)Timothy L. Forrest, David F. Pearson, Ph.D., A Comparison of Trip Determination Methods in GPS-Enhanced Household Travel Surveys, TRB Annual Meeting CD-ROM, 2004
- 11)Peter Stopher, Andrew Collins, CONDUCTING A GPS PROMPTED RECALL SURVEY OVER THE INTERNET, TRB Annual Meeting CD-ROM,2004
- 12) David F. Pearson, Household Survey Trip Under Reporting A Case Study in Laredo, Texas, TRB Annual Meeting CD-ROM
- 13)羽藤英二, 朝倉康夫, 時空間アクティビティデータ収集のための移動体通信システムの有効性に関する基礎的研究, 交通工学 vol.35 No.4, pp.19-27, 2000.
- 14) Global Positioning System for Personal Travel Surveys Lexington Area Travel Data Collection Test FINAL REPORT, FHWA, 1997
- 15) Prashanth K. Bachu, Trisha Dudala, Sirisha M. Kothuri; Prompted Recall in Global Positioning System Survey: Proof-of-Concept Study, Transportation Research Record, Volume 1768, 2001
- 16) Pearson, D. ; Global Positioning System (GPS) and Travel Surveys: Results from

the 1997 Austin Household Survey, Eighth Conference on the Application of Transportation Planning Methods, 2001

¹⁷) Sean T. Doherty et. al.: Moving Beyond Observed Outcomes Integrating Global Positioning Systems and Interactive Computer-Based Travel Behavior Surveys, Transportation Research E-Circular E-C026, Proceedings of the transportation research board Conference on Personal Travel, 1999

¹⁸) Draijer, G., Kalfs, N. and Perdok, J. : Global Positioning System as Data Collection Method for Travel Research, Transportation Research Record 1719, Transportation Research Board, Washington D.C., pp. 147-153., 2000

¹⁹) Schoenfelder, S. et. al.: Exploring the potentials of automatically collected GPS data for travel behaviour analysis A Swedish data source, Arbeitsberichte Verkehr- und Raumplanung, 124, IVT, ETH, Zuerich, 2002

²⁰) 2000-2001 California Statewide Household Travel Survey Final Report, California Department of Transportation, 2002

²¹) Jean Wolf, Randall Guensler, Lawrence Frank, Jennifer Ogle; The Use of Electronic Travel Diaries and Vehicle Instrumentation Packages in the Year 2000 Atlanta Regional Household Travel Survey: Test Results, Package Configurations, and Deployment Plans, 9th International Association of Travel Behaviour Research Conference, 2000

²²) Wolf, J., Using GPS Data Loggers to Replace Travel Diaries in the Collection of Travel Data, Dissertation, Georgia Institute of Technology, School of Civil and Environmental Engineering, Atlanta, Georgia, 2000

²³) HOUSEHOLD TRAVEL SURVEY Final Report of Survey Results, EAST-WEST GATEWAY COORDINATING COUNCIL, 2003

²⁴) THE USE OF GPS TO IMPROVE TRAVEL DATA-Use of GPS in Travel Surveys Study Report, Department for Transport, March 2003

²⁵) Yasuo Asakura, Eiji Hato; TRACKING INDIVIDUAL TRAVEL BEHAVIOUR USING MOBILE PHONES: RECENT TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT, 11th IATBR in Kyoto, 2006

²⁶) Sharp, J. and Murakami, E. : Travel Survey Methods and Technologies—Related Considerations. Journal of Transportation and Statistics, 8 (3), 2005

²⁷) Wolf, J. et. al.; IMPACT OF UNDERREPORTING ON MILEAGE AND TRAVEL TIME ESTIMATES: RESULTS FROM GLOBAL POSITIONING SYSTEM-ENHANCED HOUSEHOLD TRAVEL SURVEY, Transportation Research Record No. 1854, 2003

²⁸) 瀬尾卓也, 長谷川金二, 河野辰男, 田宮佳代子; 道路交通センサス(全国道路・街路交通情勢調査)の変遷と改善に関する調査, 国土技術政策総合研究所資料 第53号

²⁹) 吉川仲次, 田口耕造, 中西恒彦; TV画像による交通量計測, 電気学会論文誌 C,

- 30)若井昌彦, 岩田武夫;速度検出用画像処理型トラカンの開発, 電気学会道路交通研究会資料, 21-33, 2000
- 31)佐藤尚良, 内藤丈嗣, 杉村博之, 岩田武夫, 若井昌彦;ステレオ方式速度検出用画像処理型トラカンの開発, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2001-17, 2001
- 32)長谷川金二, 田村央, 井坪慎二;業績評価のためのデータ収集・分析システムの構築, 平成15年度道路事業調査費等年度報告 国土技術政策総合研究所資料第185号 p.6-7
- 33)平松義崇, 加藤ジェーン、渡邊豊英;ステレオマイクを用いた自動車走行音の認識, 交通工学 第40巻6号, p68, 2005
- 34)川崎徹也, 西山和人, 徳留秀樹, 阪本禎宏;画像処理を用いた交通量計測設備の試行評価について, 電気学会道路交通研究会資料, 26-34, 1999
- 35)榎園正義, 佐藤充弘, 藤島崇, 倉田典光, 高田啓一郎;簡易型交通量計測システムの開発, 土木学会年次学術講演会講演概要集 Vol.57th, CD-ROM
- 36)佐藤光弘, 榎園正義, 矢野義行, 倉田典光, 高田啓一郎;簡易型交通量計測システムを用いた2車線への適用検証, 土木学会年次学術講演会講演概要集 Vol.58th, CD-ROM
- 37)Shinji Itsubo, Yukihiro Tsukada, Hiroyuki Ogino;Methods and Future Prospects for Investigating Traffic Data using Information Technology, 10th World Congress on ITS, CD-ROM, 2004
- 38)高田知典, 石間計夫, 井坪慎二;センサネットワーク技術の活用による道路交通調査の効率化に関する研究, 土木計画学研究・講演集 Vol.31, CD-ROM, 2005
- 39)石間計夫, 高田知典, 塚田幸広, 井坪慎二;道路交通調査へのセンサネットワーク適用に関する研究, 土木学会 土木建設技術シンポジウム2005, CD-ROM, 2005
- 40)井坪慎二, 牧村和彦;車の動きに関する観測技術とその展望、交通工学 vol.39/No.6, p.13-18, 2004
- 41)薩摩順吉;理工系の数学入門コース 確率統計, 151p, 岩波出版
- 42) Eiji HATO, Itsubo Shinji, Takuma MITANI; Development of MoALs (Mobile Activity Loggers supported by gps-phones) for travel behavior analysis, Transportation Research Board 85th Annual Meeting, CD-ROM, 2006
- 43) 国土交通省 HP 「ひろがる安心、やすらぐ暮らし」,
<http://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/sesaku/03.html>
- 44) 松本嘉司, 角知憲, 田辺俊郎;一般化時刻に基づく交通の実質消費時間の推定, 土木

学会論文集, 第 337 号, pp.177-183,1983

45) 知憲, 宮木康幸, 村尾光弘, 松本嘉司;任意の運行特性を持つ公共交通機関利用者の一般化時刻, 土木学会論文集, 第 347 号, pp.95-104, 1984

46) 3) 角知憲, 岡田良司, 杉野浩茂, 宮木康幸; 経路上の交通渋滞に応答する自動車通勤者の出発時刻決定行動モデル. 土木学会論文集, 第 449 号, pp.107-115, 1992

47) Randolph W. Hall: Travel Outcome and Performance; The Effect of Uncertainty on Accessibility, Transportation Research Part B ,Vol.17,No.4,pp.275-290,1983

48) 若林拓史, 浅岡克彦, 亀田弘行, 飯田恭敬; 交通手段選択における所要時間信頼性の影響と交通サービス途絶時の利用者の意識変化に関する研究, 土木学会論文集,632号,20p-40p

49) 村上岳司, 原田昇, 太田勝敏; SP 調査における所要時間信頼性の表現形式が選択に与える影響, 土木計画学研究・論文集,第 20 卷 3 号,539p-546p,2003

50) 村上岳司, 大森宣暁, 原田昇; 旅行時間信頼性の高い公共交通の導入による利用者の活動スケジュール変化, 土木計画学研究・論文集,第 22 卷 3 号, 559p-567p

51)国土交通省 社会資本整備審議会 第 15 回基本政策部会資料 資料 4 将来の国土を支えるネットワークのあり方, 国土交通省, 2006

52) 水野洋幸, 西堀泰英, 南部浩之, 白水靖郎; プローブパーソン調査データを用いた自動車の細街路利用特性の分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.35

53) 眞浦靖久, 朝倉康夫, 羽藤英二, 宗貞孝太郎; 経路選択収集生成アルゴリズムの提案と松山市道路網での検証, 土木計画学研究・講演集, No.22(2), 1999

54) 中西雅一, 羽藤英二; プローブパーソンデータによる経路選択モデルのパラメータ推定, 土木計画学研究・講演集,第 29 卷,2004

55) 山川佳洋, 羽藤英二; ラベリング方を用いた経路選択枝集合の有用性の検証, 第 28 回交通工学研究論文報告集, 2008

56) FHWA : Traffic Congestion and Reliability Final report -Trend and Advanced Strategies for Congestion Mitigation,2005.9

57) FHWA : Monitoring Urban Freeways in 2003 - Current Conditions and Trends from Archived Operations Data-,2004.12

58) 費用便益分析マニュアル, 国土交通省 道路局 都市・地域整備局, 2007

59) 森地茂, 金本良嗣; 道路投資の便益評価 理論と実践, 355p, 東洋経済新報社

60) 道路事業の評価手法に関する検討委員会 第四回 資料, 国土交通省 道路局, 2008

⁶¹)大城温, 松下雅行, 並河良治, 大西博文; 自動車走行時の燃料消費率と二酸化炭素排出係数, 土木技術センター, 土木技術資料, Vol.43 No.11, 2001

謝辞

故 北村隆一先生には、今回の研究を始める上でのきっかけを頂き、交通行動調査に関する深淵なる知識により、本研究の指導を頂きました。今思えば決して体調がすぐれない時にでさえ、快く研究の打ち合わせを頂きました。ここに深謝の意を表します。

京都大学大学院工学研究科谷口栄一教授には、実務側の課題を踏まえて多々の有用なご意見を頂きました。厚く御礼申し上げます。

京都大学大学院工学研究科宇野伸宏准教授、吉井稔雄准教授には、研究の打ち合わせを通して、本研究の向上に資する様々なご意見を頂きました。また、遠隔地で論文執筆をするにあたり、大学との調整など、ここでは書き表せないほどの支援を頂きました。厚く御礼申し上げます。

東京大学大学院羽藤英二先生には、プローブパーソン技術を通して、博士課程への入学を志すきっかけを与えて頂き、また、プローブパーソン研究会を通して、本研究を支えていただいた方々との出会いを提供いただきました。厚く御礼申し上げます。

岐阜大学工学部社会基盤工学科倉内文孝准教授、京都大学大学院工学研究科菊池輝助教には、研究室ゼミや学会発表の場などで本研究に対して数多くの重要なご指摘、ご意見を頂きました。心より御礼申し上げます。

PP データの集計・分析に際して多大なる支援を頂いた(株)都市交通計画研究所 田名部淳氏、菅 芳樹氏、(社)システム科学研究所 丹下 真啓氏、前川 友宏氏、(株)地域未来研究所 眞浦 靖久氏、(株)都市交通計画研究所、(社)システム科学研究所、(株)地域未来研究所の皆様には甚大なる感謝の意を表します。

私の在籍当時からの国土交通省国土技術政策総合研究所道路研究室のメンバーには、論文執筆のアドバイス、データの入手、観測など様々な面で、支援を頂きました。特に当時の室長であった国土交通省塚田幸広氏には、常に前向きな姿勢で指導いただき、本研究を進める上での環境整備に尽力いただきました。また、(株)エイトコンサルタント 野間真俊氏には、交通量観測のデータ収集に際して、協力を頂きました。心より御礼を申し上げます。

(株)リプロ高田知典氏、(株)インターネットイニシアティブ東俊孝氏には、モバイルトラックの開発にあたり、データ収集面で多大なる協力を頂きました。心より御礼を申し上げます。

(財)計量計画研究所の牧村和彦氏をはじめとする、同研究所の方々には、分析基礎データの収集や参考文献の収集において、多大な協力を頂きました。心より感謝の意を表します。

国土交通省村田重雄氏、同土谷宏巖氏には、京奈和道路のプローブパーソン調査データの収集にあたり、多大なご協力を頂きました。心より御礼申し上げます。

最後に、これまで私をあたたく応援してくれた両親、論文提出間近にほとんど家に居なかったにもかかわらず文句を言わず支えてくれた妻 佐和、娘 明莉に感謝いたします。

付録

(4章の比較で用いたアンケート票と記入例)

この調査は、みなさまに1日の移動の内容をお答え頂くことで、交通行動調査の手法の検討を行うものです。この調査票に記入された内容は、この目的以外には使用いたしません。

秘 交通行動調査
世帯・自動車票

- 記入についてのお願い
- ・記入はなるべく黒の筆記具でお願いします。
 - ・回答は、の部分(回答欄)に記入して下さい。
 - ・回答欄に番号がついている場合は、該当する番号を で囲んで下さい。
 - ・回答欄に〔 〕がついている場合は、具体的に数字や文字で記入して下さい。

国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室
愛媛大学工学部 建設環境工学科 交通工学研究室
財団法人 計量計画研究所
株式会社 タイム・エージェント
株式会社 トランスフィールド

問1 記入例を参考に、あなたの世帯の方全員の一人ひとりについて、お答え下さい。

いちばん左の欄の番号が、世帯人員それぞれの方の「個人番号」となります。別紙「個人票」問6の「運転者」には、この個人番号(1~6)でお答え下さい。

記入例

1 (あなた)	① 男 2 女	満 37 歳	4 番	① 大型または普通自動車 ② 自動二輪車 ③ 原動機付自転車のみ ④ 持っていない
------------	------------	--------	-----	--

個人番号	性別は 番号を で 囲んで下さい。	年齢は 平成16年12月1 日現在の年齢を記入 して下さい。	職業は 表1から選んで 番号を記入して 下さい。(1つ)	保有運転免許は 保有している運転免許の番号をすべて で囲んで下さい。
1 (あなた)	1 男 2 女	満 <input type="text"/> 歳	<input type="text"/> 番	1. 大型または普通自動車 2. 自動二輪車 3. 原動機付自転車のみ 4. 持っていない
2	1 男 2 女	満 <input type="text"/> 歳	<input type="text"/> 番	1. 大型または普通自動車 2. 自動二輪車 3. 原動機付自転車のみ 4. 持っていない
3	1 男 2 女	満 <input type="text"/> 歳	<input type="text"/> 番	1. 大型または普通自動車 2. 自動二輪車 3. 原動機付自転車のみ 4. 持っていない
4	1 男 2 女	満 <input type="text"/> 歳	<input type="text"/> 番	1. 大型または普通自動車 2. 自動二輪車 3. 原動機付自転車のみ 4. 持っていない
5	1 男 2 女	満 <input type="text"/> 歳	<input type="text"/> 番	1. 大型または普通自動車 2. 自動二輪車 3. 原動機付自転車のみ 4. 持っていない
6	1 男 2 女	満 <input type="text"/> 歳	<input type="text"/> 番	1. 大型または普通自動車 2. 自動二輪車 3. 原動機付自転車のみ 4. 持っていない

表1 職業の分類

●職業をお持ちの方	パート・アルバイトを含む(ただし学生は除く)	●職業をお持ちでない方
1. 農林漁業従事者	7. 保安職業従事者	12. 生徒・児童・園児(中学生以下)
2. 採鉱・採石従事者	8. 事務的職業従事者	13. 学生(高校生以上)
3. 技能工・生産工程従事者	9. 技術的・専門的職業従事者	14. 主婦・主夫(職業従事者を除く)
4. 販売従事者	10. 管理的職業従事者	15. 無職
5. サービス業従事者	11. その他	16. その他
6. 運輸・通信従事者		

問2 あなたの世帯で所有、または使用しているすべての自動車についてお答え下さい。

いちばん左の欄の番号が、世帯で所有する自動車の「車両記号」となります。別紙「個人票」問6の「利用自動車」には、この車両番号(A~F)でお答え下さい。

記入例

A	愛媛 33	① 軽乗用車 ② 乗用車 ③ バス ④ 軽貨物車 ⑤ 小型貨物車 ⑥ 貨客車 ⑦ 普通貨物車 ⑧ 特種車	走行前の メーター <input type="text"/> km 7 2 2 6	走行後の メーター <input type="text"/> km 7 2 5 7	① ほぼ個人専用 ② 家族共有 ③ その他	個人番号 <input type="text"/> 番 1
---	-------	---	---	---	-----------------------------	-------------------------------------

車両記号 (アルファベット)	ナンバープレート	車種 該当番号に をつけ て下さい。	調査日(12/2)1日の 走行距離メーター指示値 (1km単位、右詰で記入して下さい)	主な運転者 該当番号に をつけて下さい。 「1.ほぼ個人専用」の場合は、問 1の個人番号も記入して下さい。	
A	<input type="text"/>	1. 軽乗用車 2. 乗用車 3. バス 4. 軽貨物車 5. 小型貨物車 6. 貨客車 7. 普通貨物車 8. 特種車	走行前の メーター <input type="text"/> km 走行後の メーター <input type="text"/> km	1. ほぼ個人専用 2. 家族共有 3. その他	個人番号 <input type="text"/> 番
B	<input type="text"/>	1. 軽乗用車 2. 乗用車 3. バス 4. 軽貨物車 5. 小型貨物車 6. 貨客車 7. 普通貨物車 8. 特種車	走行前の メーター <input type="text"/> km 走行後の メーター <input type="text"/> km	1. ほぼ個人専用 2. 家族共有 3. その他	個人番号 <input type="text"/> 番
C	<input type="text"/>	1. 軽乗用車 2. 乗用車 3. バス 4. 軽貨物車 5. 小型貨物車 6. 貨客車 7. 普通貨物車 8. 特種車	走行前の メーター <input type="text"/> km 走行後の メーター <input type="text"/> km	1. ほぼ個人専用 2. 家族共有 3. その他	個人番号 <input type="text"/> 番
D	<input type="text"/>	1. 軽乗用車 2. 乗用車 3. バス 4. 軽貨物車 5. 小型貨物車 6. 貨客車 7. 普通貨物車 8. 特種車	走行前の メーター <input type="text"/> km 走行後の メーター <input type="text"/> km	1. ほぼ個人専用 2. 家族共有 3. その他	個人番号 <input type="text"/> 番
E	<input type="text"/>	1. 軽乗用車 2. 乗用車 3. バス 4. 軽貨物車 5. 小型貨物車 6. 貨客車 7. 普通貨物車 8. 特種車	走行前の メーター <input type="text"/> km 走行後の メーター <input type="text"/> km	1. ほぼ個人専用 2. 家族共有 3. その他	個人番号 <input type="text"/> 番
F	<input type="text"/>	1. 軽乗用車 2. 乗用車 3. バス 4. 軽貨物車 5. 小型貨物車 6. 貨客車 7. 普通貨物車 8. 特種車	走行前の メーター <input type="text"/> km 走行後の メーター <input type="text"/> km	1. ほぼ個人専用 2. 家族共有 3. その他	個人番号 <input type="text"/> 番

この調査は、みなさまに1日の移動の内容をお答え頂くことで、交通行動調査の手法の検討を行うものです。
この調査票に記入された内容は、この目的以外には使用いたしません。

秘 交通行動調査

個人票

■ 記入についてお願い

- ・記入はなるべく黒の筆記具でお願いします。
- ・回答は、 の部分(回答欄)に記入して下さい。
- ・回答欄に番号がついている場合は、該当する番号を○で囲んで下さい。
- ・回答欄に〔 〕がついている場合は、具体的に数字や文字で記入して下さい。

国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室
愛媛大学工学部 建設環境工学科 交通工学研究室
財団法人 計量計画研究所
株式会社 タイム・エージェント
株式会社 トランスフィールド

スタート

表1 施設の種類

- 住宅・寮
- 学校・教育施設・幼稚園・保育施設
- 文化・宗教施設
- 医療・厚生・福祉施設
- 事務所・会社・銀行
- 官公庁
- スーパー・デパート
- その他の商業施設
- 宿泊施設・ホテル
- 工場・作業所
- 交通・運輸施設
- 倉庫・物流ターミナル
- その他の施設

表2 目的

- 勤務先へ(帰社を含む)
- 通学先へ(帰校を含む)
- 自宅へ
[私用目的]
- 買物へ
- 食事・社交・娯楽へ(日常生活圏内)
- 観光・行楽・レジャーへ(日常生活圏をこえる)
- その他の私用へ(通院・塾・習い事など)
- 送迎
[業務目的]
- 販売・配達・仕入・購入先へ
- 打合せ・会議・集金・往診へ
- 作業・修理へ
- 農林漁業作業へ
- その他の業務へ

表3 交通手段

- 徒歩
- 自転車
- 原動機付自転車(50cc以下)
- 自動二輪車(50ccをこえる)
- タクシー・ハイヤー
- 乗用車
- 軽乗用車
- 貨物自動車・軽貨物車(ライトバン含む)
- 自家用バス・貸切バス(送迎バス含む)
- 路線バス(高速バス含む)
- 路面電車
- 鉄道
- 船舶
- 航空機
- その他

表4 駐車場所

道路上	1. 有料(パーキングメーター・パーキングチケットなど)
道路外	2. 無料
	3. 月極
有料	4. 時間貸し
	5. 店舗等の有料駐車場
無料	6. 自宅車庫
	7. 勤務先、訪問先の敷地内
駐車せず	8. 店舗等の駐車場(買物割引で無料も含む)
	9. 駅前広場
	10. その他の空き地など
	11. 駐車しなかった

問1 施設の場所は
1日のはじめにいたところ

施設の場所は 市 町 丁目
 市 町 丁目
 村 (字)

※建物の名称や、付近の有名な建物、駅名・停留所名などを記入して下さい

施設の種類の欄は 左の表1から選択

注 調査日は、平成16年12月2日(木曜日)午前3時から翌日午前3時までです。

1回目のトリップ
(問1で回答した場所)

出発地 出発時刻は 1. 午前 時 分
 2. 午後 時 分

2回目のトリップ
(1回目のトリップの到着地と同じ)

出発地 出発時刻は 1. 午前 時 分
 2. 午後 時 分

3回目のトリップ
(2回目のトリップの到着地と同じ)

出発地 出発時刻は 1. 午前 時 分
 2. 午後 時 分

4回目のトリップ
(3回目のトリップの到着地と同じ)

出発地 出発時刻は 1. 午前 時 分
 2. 午後 時 分

問2 施設の場所は
1. 午前 時 分
2. 午後 時 分

施設の種類は 左の表1から選択

到着時刻は 1. 午前 時 分
 2. 午後 時 分

施設の場所は 市 町 丁目
 市 町 丁目
 村 (字)

※建物の名称や、付近の有名な建物、駅名・停留所名などを記入して下さい

施設の種類は 左の表1から選択

出発時刻は 1. 午前 時 分
 2. 午後 時 分

施設の場所は 市 町 丁目
 市 町 丁目
 村 (字)

※建物の名称や、付近の有名な建物、駅名・停留所名などを記入して下さい

施設の種類は 左の表1から選択

出発時刻は 1. 午前 時 分
 2. 午後 時 分

施設の場所は 市 町 丁目
 市 町 丁目
 村 (字)

※建物の名称や、付近の有名な建物、駅名・停留所名などを記入して下さい

施設の種類は 左の表1から選択

出発時刻は 1. 午前 時 分
 2. 午後 時 分

問3 施設の種類は 左の表1から選択

問4 そこに行かれた目的は 左の表2から選択

問5 そこに行くまでの

利用した交通手段の種類(表3から選択)	所要時間(分単位で記入)	交通手段を換えた地点(駅名、停留所名、付近の有名な建物などを記入して下さい)
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	

施設の種類は 左の表1から選択

そこに行かれた目的は 左の表2から選択

そこに行くまでの

利用した交通手段の種類(表3から選択)	所要時間(分単位で記入)	交通手段を換えた地点(駅名、停留所名、付近の有名な建物などを記入して下さい)
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	

施設の種類は 左の表1から選択

そこに行かれた目的は 左の表2から選択

そこに行くまでの

利用した交通手段の種類(表3から選択)	所要時間(分単位で記入)	交通手段を換えた地点(駅名、停留所名、付近の有名な建物などを記入して下さい)
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	

施設の種類は 左の表1から選択

そこに行かれた目的は 左の表2から選択

そこに行くまでの

利用した交通手段の種類(表3から選択)	所要時間(分単位で記入)	交通手段を換えた地点(駅名、停留所名、付近の有名な建物などを記入して下さい)
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	
 	 分	

問6 利用した自動車を「世帯・自動車票」の自動車記号でお答え下さい

まただれが運転しましたか

自動車での移動距離は何kmでしたか km

家族の方は何人乗車しましたか
また、家族以外の方は何人乗車しましたか

家族の方(あなたも含めて) 人
家族以外の方 人

どこに駐車しましたか 左の表4から選択

有料道路を利用しましたか
乗降インターチェンジ・ランプはどこですか

1. はい → 最初に乗ったインターチェンジ・ランプ名
2. いいえ → 最後に降りたインターチェンジ・ランプ名

「世帯・自動車票」の車両記号(A~F) 1. 2. その他

「世帯・自動車票」の個人番号(1~6) 1. 2. その他

移動距離 km

家族の方(あなたも含めて) 人
家族以外の方 人

どこに駐車しましたか 左の表4から選択

1. はい → 最初に乗ったインターチェンジ・ランプ名
2. いいえ → 最後に降りたインターチェンジ・ランプ名

「世帯・自動車票」の車両記号(A~F) 1. 2. その他

「世帯・自動車票」の個人番号(1~6) 1. 2. その他

移動距離 km

家族の方(あなたも含めて) 人
家族以外の方 人

どこに駐車しましたか 左の表4から選択

1. はい → 最初に乗ったインターチェンジ・ランプ名
2. いいえ → 最後に降りたインターチェンジ・ランプ名

「世帯・自動車票」の車両記号(A~F) 1. 2. その他

「世帯・自動車票」の個人番号(1~6) 1. 2. その他

移動距離 km

家族の方(あなたも含めて) 人
家族以外の方 人

どこに駐車しましたか 左の表4から選択

1. はい → 最初に乗ったインターチェンジ・ランプ名
2. いいえ → 最後に降りたインターチェンジ・ランプ名

5回目以降は裏面に記入下さい

表1 施設の種類

- 住宅・寮
- 学校・教育施設・幼稚園・保育施設
- 文化・宗教施設
- 医療・厚生・福祉施設
- 事務所・会社・銀行
- 官公庁
- スーパー・デパート
- その他の商業施設
- 宿泊施設・ホテル
- 工場・作業所
- 交通・運輸施設
- 倉庫・物流ターミナル
- その他の施設

表2 目的

- 勤務先へ(帰社を含む)
- 通学先へ(帰校を含む)
- 自宅へ
[私用目的]
- 買物へ
- 食事・社交・娯楽へ(日常生活圏内)
- 観光・行楽・レジャーへ(日常生活圏をこえる)
- その他の私用へ(通院・塾・習い事など)
- 送迎
[業務目的]
- 販売・配達・仕入・購入先へ
- 打合せ・会議・集金・往診へ
- 作業・修理へ
- 農林漁業作業へ
- その他の業務へ

表3 交通手段

- 徒歩
- 自転車
- 原動機付自転車(50cc以下)
- 自動二輪車(50ccをこえる)
- タクシー・ハイヤー
- 乗用車
- 軽乗用車
- 貨物自動車・軽貨物車(ライトバン含む)
- 自家用バス・貸切バス(送迎バス含む)
- 路線バス(高速バス含む)
- 路面電車
- 鉄道
- 船舶
- 航空機
- その他

表4 駐車場所

道路上	<ol style="list-style-type: none"> 有料(パーキングメーター・パーキングチケットなど) 無料 月極 時間貸し 店舗等の有料駐車場
道路外	<ol style="list-style-type: none"> 無料 勤務先、訪問先の敷地内 店舗等の駐車場(買物割引で無料も含む) 駅前広場 その他の空き地など
駐車せず	<ol style="list-style-type: none"> 1 駐車しなかった

	5回目のトリップ (4回目のトリップの到着地と同じ)	6回目のトリップ (5回目のトリップの到着地と同じ)	7回目のトリップ (6回目のトリップの到着地と同じ)	8回目のトリップ (7回目のトリップの到着地と同じ)																																	
問2	施設の場所は																																				
出発地	出発時刻は																																				
	1. 午前 [] 時 [] 分 2. 午後 [] 時 [] 分	1. 午前 [] 時 [] 分 2. 午後 [] 時 [] 分	1. 午前 [] 時 [] 分 2. 午後 [] 時 [] 分	1. 午前 [] 時 [] 分 2. 午後 [] 時 [] 分																																	
問3	施設の場所は																																				
到着地	施設の場所は																																				
	市 [] 町 [] 丁目 [] 市町村 [] (字) []																																				
	※建物の名称や、付近の有名な建物、駅名・停留所名などを記入して下さい []																																				
	施設の種類の [] 左の表1から選択																																				
	到着時刻は																																				
	1. 午前 [] 時 [] 分 2. 午後 [] 時 [] 分	1. 午前 [] 時 [] 分 2. 午後 [] 時 [] 分	1. 午前 [] 時 [] 分 2. 午後 [] 時 [] 分	1. 午前 [] 時 [] 分 2. 午後 [] 時 [] 分																																	
問4	そこに行かれた目的は																																				
	[] 左の表2から選択																																				
問5	そこに行くまでの																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>利用した交通手段の種類(表3から選択)</th> <th>所要時間(分単位で記入)</th> <th>交通手段を換えた地点(駅名、停留所名、付近の有名な建物などを記入して下さい)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> </tbody> </table>				利用した交通手段の種類(表3から選択)	所要時間(分単位で記入)	交通手段を換えた地点(駅名、停留所名、付近の有名な建物などを記入して下さい)		分			分			分			分			分			分			分			分			分			分	
利用した交通手段の種類(表3から選択)	所要時間(分単位で記入)	交通手段を換えた地点(駅名、停留所名、付近の有名な建物などを記入して下さい)																																			
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>利用した交通手段の種類(表3から選択)</th> <th>所要時間(分単位で記入)</th> <th>交通手段を換えた地点(駅名、停留所名、付近の有名な建物などを記入して下さい)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> </tbody> </table>				利用した交通手段の種類(表3から選択)	所要時間(分単位で記入)	交通手段を換えた地点(駅名、停留所名、付近の有名な建物などを記入して下さい)		分			分			分			分			分			分			分			分			分			分	
利用した交通手段の種類(表3から選択)	所要時間(分単位で記入)	交通手段を換えた地点(駅名、停留所名、付近の有名な建物などを記入して下さい)																																			
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>利用した交通手段の種類(表3から選択)</th> <th>所要時間(分単位で記入)</th> <th>交通手段を換えた地点(駅名、停留所名、付近の有名な建物などを記入して下さい)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> </tbody> </table>				利用した交通手段の種類(表3から選択)	所要時間(分単位で記入)	交通手段を換えた地点(駅名、停留所名、付近の有名な建物などを記入して下さい)		分			分			分			分			分			分			分			分			分			分	
利用した交通手段の種類(表3から選択)	所要時間(分単位で記入)	交通手段を換えた地点(駅名、停留所名、付近の有名な建物などを記入して下さい)																																			
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>利用した交通手段の種類(表3から選択)</th> <th>所要時間(分単位で記入)</th> <th>交通手段を換えた地点(駅名、停留所名、付近の有名な建物などを記入して下さい)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>分</td><td></td></tr> </tbody> </table>				利用した交通手段の種類(表3から選択)	所要時間(分単位で記入)	交通手段を換えた地点(駅名、停留所名、付近の有名な建物などを記入して下さい)		分			分			分			分			分			分			分			分			分			分	
利用した交通手段の種類(表3から選択)	所要時間(分単位で記入)	交通手段を換えた地点(駅名、停留所名、付近の有名な建物などを記入して下さい)																																			
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
	分																																				
問6	利用した自動車を「世帯・自動車票」の自動車記号でお答え下さい																																				
	まただれが運転しましたか																																				
	自動車での移動距離は何kmでしたか																																				
	家族の方は何人乗車しましたか																																				
	また、家族以外の方は何人乗車しましたか																																				
	どこに駐車しましたか																																				
	有料道路を利用しましたか																																				
	乗降インターチェンジ・ランプはどこですか																																				
	1. 「世帯・自動車票」の車両記号(A~F) [] 2. その他 [] 1. 「世帯・自動車票」の個人番号(1~6) [] 2. その他 []	1. 「世帯・自動車票」の車両記号(A~F) [] 2. その他 [] 1. 「世帯・自動車票」の個人番号(1~6) [] 2. その他 []	1. 「世帯・自動車票」の車両記号(A~F) [] 2. その他 [] 1. 「世帯・自動車票」の個人番号(1~6) [] 2. その他 []	1. 「世帯・自動車票」の車両記号(A~F) [] 2. その他 [] 1. 「世帯・自動車票」の個人番号(1~6) [] 2. その他 []																																	
	家族の方(あなたも含めて) [] 人																																				
	家族以外の方 [] 人																																				
	[] 左の表4から選択																																				
	[] 左の表4から選択																																				
	[] 左の表4から選択																																				
	[] 左の表4から選択																																				
	1. はい → 最初に乗ったインターチェンジ・ランプ名 [] 2. いいえ 最後に降りたインターチェンジ・ランプ名 []	1. はい → 最初に乗ったインターチェンジ・ランプ名 [] 2. いいえ 最後に降りたインターチェンジ・ランプ名 []	1. はい → 最初に乗ったインターチェンジ・ランプ名 [] 2. いいえ 最後に降りたインターチェンジ・ランプ名 []	1. はい → 最初に乗ったインターチェンジ・ランプ名 [] 2. いいえ 最後に降りたインターチェンジ・ランプ名 []																																	

自動車を利用した方のみお答え下さい

運転した方のみお答え下さい