

長崎、鹿児島と福岡間における鉄道・自動車 利用による都市間交通に関する研究

永田 優希¹・大枝 良直²・外井 哲志³

¹学生会員 九州大学大学院工学府 都市環境システム工学専攻
(〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 九州大学伊都キャンパスウエスト 2 号館 10 階 1004 号室)
E-mail: nagata.yuki.320@s.kyushu-u.ac.jp

²正会員 九州大学大学院 工学研究院 環境紹介部門
(〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 九州大学伊都キャンパスウエスト 2 号館 10 階 1037 号室)
E-mail: oeda@doc.kyushu-u.ac.jp

³正会員
E-mail: toisatoshi@gmail.com

九州では 2011 年に九州新幹線が全線開業し、2022 年度には九州新幹線西九州ルートが開業予定である。これに伴って人々の往来の形態は変わることが予想され、人々の旅行形態は地域経済や観光産業に影響するため、都市間交通における人々の行動を把握することは重要である。本研究では、すでに新幹線が開通している鹿児島で行ったアンケート調査データと、これから開通が計画されている長崎でのアンケート調査をもとに、長崎、鹿児島と福岡間での都市間交通に関して、出発・帰宅時刻についてモデル化を行って分析する。結果として、福岡への旅行において、出発・帰宅時間やモデルパラメータの違いから、両都市における人々の福岡に対する満足度の感じ方が異なっている可能性があることが分かった。

Key Words: *intercity transportation, Shinkansen, road traffic, travel utility, disutility model*

1. はじめに

(1) 交通サービスの発展と交通行動

新幹線の開業や航空網の拡充など幹線交通機関の発展に伴って都市間移動は高速化され、その所要時間は短縮し、前後と比べて人々の往来は容易となっている。これに伴って人々の往来の形態は変わることが予想される。

このような交通サービスの発展による人々の交通行動の変化の一例として九州新幹線に着目する。九州新幹線は福岡県の博多駅から鹿児島県の鹿児島中央駅の間を結ぶ整備新幹線であり、2004年に熊本県の新八代駅と鹿児島中央駅の間で部分開業し、2011年に新八代駅から博多駅が開業したことで全線開業を果たした。

九州新幹線に関する既往の諸調査を見ると、例えば、九州経済調査協会¹⁾によれば全線開通後の観光消費額が九州 7 県で対前年比、約 11%増加しており、また九州 7 県の居住者を対象とするネットアンケート調査によると新幹線の沿線にある福岡・熊本・鹿児島の 3 県において九州新幹線の生活への影響のプラス効果が 3 割以上と大きくなっている。更に観光庁の「宿泊旅行統計調査」²⁾

によると、2007 年には九州の延べ宿泊者数が約 3073 万人であったのに対し、九州新幹線が全線開業した 2011 年には前年比約 27%増で宿泊者数が 4600 万人を超えた。さらにその後は熊本地震が発生した 2016 年と COVID-19 が発生した 2020 年を除いては、毎年前年を上回る宿泊者数を記録していた。

一方で、山口ら³⁾によると、1 人当たり宿泊観光旅行の回数は全体として減少しており、特に一度も旅行をしない人が多い地方部はその傾向が増加している。

以上のことから、新幹線の開業後は都市への訪問や宿泊日程など、旅行する際の多くの行動選択に影響が出ていることが考えられる。しかし日本国内の観光需要は全体としては減少しており、九州のような地方部ではよりこの問題が顕著になると考えられる。

このように、旅行における選択行動の変化は、地域経済や観光振興に密接に関わることであり、上記のような行動の変化に着目することは重要であると言える。

(2) 既往研究

中長距離交通の開業効果や需要予測に関しては、過去

に多くの研究が行われている。例えば柴田ら⁵⁾は、幹線鉄道旅客動向の交通機関分担率の推定に際して、トリップ調査から得られた旅客の主観的嗜好性を考慮した選択行動モデルと、分担率推定手法を開発している。また、寺部ら⁷⁾は新幹線と航空が競合する都市間において旅客を対象とした交通行動調査を行い、交通マーケティングという視点から、チケット購買方法やサービスの充実といった様々なマーケティング方策が与える影響を考慮した交通機関選択モデルを構築している。次に、鳥居ら⁸⁾は、九州新幹線全線開通前後の新幹線および九州内の空港の利用状況を調査し、幹線交通機関が競合状態にある時の新幹線と航空機の交通機関選択の状況やその選択要因について所要時間や費用の面から分析を行っている。以上のように、新幹線と航空といった複数の交通機関に着目してその機関分担率をモデル化する研究が多く見られる。

次に、誘発交通量や新幹線の開通に伴う所要時間等の交通サービスレベルの変化に関する研究として、小西ら⁹⁾は情報流動量に着目し誘発交通量を含めた将来交通量推定のモデル構築を行い、誘発交通量の理論的な推計を可能にした。また、根津ら¹⁰⁾は、新幹線等の都市間交通インフラ整備が国全体や地域に及ぼす影響を総合的に評価可能なモデルシステムの構築を行った。さらに、高橋ら¹¹⁾は、北海道新幹線が開業したことによる函館エリアへのアクセス所要時間の短縮および訪問者数の変化について、全国総合交通分析システムとモバイル空間統計から分析を行った。しかし、中長距離交通における交通サービスレベルの変化を対象として1日の時間帯での交通需要を予測できるモデルを構築した研究はあまり見られない。

さらに、出発時刻や滞在時間に関する研究を見ると、高田ら¹²⁾は、遅延時間が特定の確率分布に従っていると仮定し、出発時刻に関する期待効用を定式化した。森地ら¹³⁾は、観光地内における各種選択行動について、経路選択行動及び観光周遊行動を対象とした非集計行動モデルと観光地滞在時間モデルをつなぎ合わせることで、レクリエーション交通の流動を表現するモデルを確立した。しかし、中長距離交通に関して交通サービスレベルの変化から出発時刻や滞在時間に関して着目しモデルを構築した研究はあまり見られない。

以上のように、交通機関分担率をモデル化する研究が多く見られる一方、交通サービスレベルを基に都市間に関して1日の時間帯での交通需要や行動時刻決定に着目した研究は少ないと言える。

(3) 研究目的

すでに新幹線が開通している鹿児島及びこれから開通が計画されている長崎でのアンケート調査をもとに、長

崎と福岡間での都市間交通に関して、出発・帰宅時刻についてモデル化を行うことで定量的に分析し、轟木ら¹⁴⁾、徳永ら¹⁵⁾、河上ら¹⁶⁾によって構築された鹿児島と福岡間の結果と本研究での長崎の結果を比較する。具体的に取り扱う行動は、長崎、鹿児島を始発点として福岡を目的地とする日帰り旅行である。

日帰り旅行を対象とした理由は、旅行が1日で完結し、宿泊等を考慮する必要が無い場合、都市間交通における人々の行動を最も捉えやすい旅行形態であると考えたためである。また、調査に鹿児島県と長崎県を選択した理由は、ルート上起点であるためである。

2. 出発・帰宅時刻決定モデルの概要

本研究では角ら¹⁷⁾の非効用モデルを参考にパラメータを設定してモデル構築を行う。

ある都市への訪問における出発・帰宅時刻を決定する要素のうち、人の主観的な要素に着目すると、目的地で得られる満足度と移動にかかる時間や疲労といった要素が重要であると考えられる。さらにその行動は24時間の時間的制約を受ける。そこで本研究では「時間に関する非効用 D が最小となる自宅出発時刻、帰宅時刻を人は選択する」と仮定する。その際に、次のように非効用関数を設定する。

(1) 出発時刻が早いことによる非効用 D_1

出発時刻が早いほど、非効用は指数関数的に大きくなると考え、出発時刻が早いことによる非効用 D_1 について式(1)のように非効用関数を仮定する。

$$D_1(t_d) = \begin{cases} A[\exp\{\alpha(t_a - t_d)\} - 1] & (t_d < t_a) \\ 0 & (t_d > t_a) \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 t_d は自宅からの出発時刻を、 t_a は D_1 の閾値に対応する時刻を、 A 、 α は D_1 における正のパラメータを表す。出発時刻が早いことによる閾値 t_a は起床時刻の影響を受けると考えられる。

(2) 目的地滞在時間が短いことによる非効用 D_2

目的地滞在時間が十分に長い時に得られる効用は、訪問する都市によって異なると考え、その効用に関する都市固有のパラメータを都市 j に対して m_j として導入する。この m_j を本研究では「魅力度」と呼称し、都市の訪問によって得られる効用の上限値を表すものとする。目的地滞在時間が短いことによる非効用 D_2 について式(2)のように非効用関数を仮定する。

$$D_2(t_s) = m_j \exp(-\gamma t_s) \quad (2)$$

また、目的地滞在時間 t_s は目的地退出時刻 t_o と目的地到着時刻自宅 t_{in} によって式(2a)のように書き換えられる。

$$D_2(t_o) = m_j \exp\{-\gamma(t_o - t_{in})\} \quad (2a)$$

ここで、 γ は D_2 における正のパラメータを表す。関数形から、 D_2 は滞在時間が長くなるにつれゼロに収束するが、これは限界効用逓減の法則を「目的地で過ごす時間が経過するにつれて効用は一定値に収束する」という形で表現し、さらにそれを裏返して非効用としているためである。

(3) 帰宅時刻が遅いことによる非効用 D_3

帰宅時刻が遅いほど、非効用は指数関数的に大きくなると考え、帰宅時刻が遅いことによる非効用 D_3 について式(3)のように非効用関数を仮定する。

$$D_3(t_h) = \begin{cases} B[\exp\{\beta(t_h - t_b)\} - 1] & (t_h < t_b) \\ 0 & (t_h > t_b) \end{cases} \quad (3)$$

また、帰宅時刻 t_h は目的地退出時刻 t_o と所要時間 t_n によって式(3a)のように書き換えられる。

$$D_3(t_o) = \begin{cases} B[\exp\{\beta(t_o + t_n - t_b)\} - 1] & (t_o + t_n < t_b) \\ 0 & (t_o + t_n > t_b) \end{cases} \quad (3a)$$

ここで、 B 、 β は D_3 における正のパラメータを、 t_b は D_3 の閾値に対応する時刻を表す。帰宅時刻が遅いことによる閾値 t_b は就寝時刻の影響を受けると考えられる。

(4) 目的地滞在時間が長いことによる非効用 D_4

人は滞在時間が短いことにより非効用を感じるが、逆に滞在時間が長いことによっても、身体的及び精神的な疲れに関する非効用を感じると考えられる。この非効用は、ある時間を閾値として増加するものではなく、滞在時間に関して単調的に増加していくと考え、式(4)のように非効用関数を仮定する。

$$D_4(t_s) = \delta_0 t_s \quad (4)$$

また、目的地滞在時間 t_s は目的地退出時刻 t_o と目的地到着時刻自宅 t_{in} によって式(4a)のように書き換えられる。

$$D_4(t_o) = \delta_0(t_o - t_{in}) \quad (4a)$$

ここで、 δ_0 は D_4 における正のパラメータであり、正規分布 $N(\mu_{\delta_0}, \sigma_{\delta_0})$ に従うとする。

(5) 退出時刻の推定方法

人は往路出発時刻の決定に関して、目的地での滞在時間を考慮して決定すると考えられる。そこで、本研究では、目的地到着時刻を条件とした目的地退出時刻の決定行動と、この段階を踏まえた出発時刻決定行動とを分けて取り扱うものとする。

各非効用は各人においては加算可能であり、各行動を決定する際には加算された非効用が最小になるように人は行動すると仮定する。

(6) 個人差の導入

希望出発時刻（希望到着時刻）や、希望帰宅時刻（希

望退出時刻）は人によって、また場合によって変動することが考えられる。また、日帰りと宿泊においても、それぞれで人の行動は変動するものと考えられる。本研究で述べる個人差とは、同じ性質の集団の中で起こる人の違いによるばらつきを意味し、一方場合差とは同じ集団の同じ人の選択行動における、条件によるばらつきを意味する。

本研究では、観光・買い物を目的とした大都市訪問交通においては、場合差よりも、個人差の方が支配的であると考える。個人差を考慮した人の行動のばらつき t_a 、 t_b 、 δ_0 を正規分布（対数正規分布を含む）で、それぞれ平均と分散の2つのパラメータの組 $(\mu_{t_a}, \sigma_{t_a})$ 、

$(\mu_{t_b}, \sigma_{t_b})$ 、 $(\mu_{\delta_0}, \sigma_{\delta_0})$ と仮定することによって表す。そ

れぞれに個人差が発生すると考えられるため、正規分布を与えている。

3. アンケート調査

(1) 概要

a) 調査地域と調査時期

本研究では、九州新幹線を対象とした鹿児島市（鹿児島中央）と薩摩川内市（川内）で沿線住民の都市間旅行を調べるアンケート調査と長崎市と大村市を対象とした都市間旅行のアンケート調査のデータを利用する。調査日は、鹿児島の調査では、鹿児島市が2013年11月5日から6日、薩摩川内市が2013年11月4日である。長崎の調査では、長崎市が2017年11月21日から22日、大村市が2017年11月20日である。

b) 調査項目

調査項目として、2013年の調査では、まず、年齢、性別、免許の有無、自由に使える車の有無、JR駅までのアクセス時間、新幹線駅までのアクセス時間といった個人属性を質問した。さらに、全線開業前後それぞれ1年間の熊本、福岡、広島、神戸、大阪、京都への訪問頻度、交通手段、宿泊日程、出発・帰宅時刻、旅行目的等を質問した。

2017年の調査では、まず、年齢、性別、職業、免許の所持、自動車の保有、を利用する際の最寄り駅とアクセス時間と手段、高速バスを利用する際の最寄りバス停とアクセス時間と手段、長崎空港を利用する際のアクセス時間と手段等の個人属性を質問した。次に、福岡、熊本、鹿児島、広島、神戸、大阪、京都を目的地とする場合の旅行における訪問頻度、交通手段、宿泊日程、出発・帰宅時刻、旅行目的、同行者の有無、割引料金の利用、最も選択した交通手段とその理由について質問した。熊本、

鹿児島、広島、神戸、大阪、京都を目的地とする場合については、乗り換えの発生を考慮した回答形式となっている。

c) 調査対象

両アンケート調査ともに旅行目的は買い物・観光・出張を質問項目としているが、本研究では買い物・観光目的のみを取り扱った。これは出張目的と比較して時間的制約の中で自由な意思で最適な行動選択を行うと考えられるためである。また、本研究はこれらのアンケート調査の項目のうち、福岡を目的地とする旅行を対象としている。

(2) 交通環境

a) 鹿児島の交通環境

鹿児島での調査地である、鹿児島市と薩摩川内市における福岡に向かう場合の交通環境については、鹿児島市では、鉄道に関しては市内に新幹線停車駅が存在し、高速道路については、福岡方面へのインターチェンジが3ヶ所とハーフインターチェンジが1ヶ所存在している。

薩摩川内市では、鉄道に関しては市内に新幹線停車駅が存在している一方で、自動車利用については、福岡方面への高速道路が現在建設中であるため、市内より高速道路のみを利用しての旅行はできない。

b) 長崎の交通環境

長崎での調査地である、長崎市と大村市における福岡に向かう場合の交通環境については、まず、長崎市は鉄道と高速バスの始発点であり、特急列車停車駅は2ヶ所、高速バス停留所は4ヶ所存在している。また、高速インターチェンジは市内に3ヶ所あり、自動車で高速道路を利用しやすい環境となっている。市内の公共交通としては、路線バスと路面電車、JR 駅が存在している。

大村市は、特急列車を利用するためには隣市にある諫早駅に向かわなければならない一方で、高速バスの停留所は市内に2ヶ所存在し、鉄道と比べて利用しやすい環境となっている。また、高速道路に関しては、大村インターチェンジから利用できる(2017年時点)。市内の公共交通としては、路線バスとJR 駅が存在している。

(3) 調査結果

2013年と2017年それぞれのアンケート調査の集計結果を示す。

a) 個人属性

年齢の構成を図-1に示す。どちらの調査も幅広い年代の回答を得ていると言える。中でも、鹿児島と長崎のどちらにおいても50代・60代の方の割合が高いことがわかる。違いとしては、鹿児島では長崎より40代以下の回答者の割合が高い一方で、長崎においては70代以上の割合が高いことが分かる。

性別の構成を図-2に示す。性別の構成は、鹿児島と長崎のどちらにおいても、男女の割合はほとんど等しいことが分かる。細かく見てみると薩摩川内市では男性の割合が55%、長崎市で女性の割合が54%とやや高くなっているが、おおむね割合は同程度であるといえる。

運転免許の保有率を図-3に示す。鹿児島市、薩摩川内市、大村市では、運転免許の保有率が90%以上であり非常に高いことがわかる。長崎市は74%と調査対象地の中では低い値であったが、平成30年の警察白書¹⁸⁾によると全国での運転免許保有者は約74.8%と言われているため、本調査結果は全国平均と比較しても高く、最も低い長崎市でも全国平均程度であることが分かった。特に薩摩川内市ではより多くの方が運転免許や自家用車を保有している。これは鹿児島市では、薩摩川内市と比較して都市内の鉄道や市内バスなど公共交通機関が発達していることが要因の一つではないかと考えられる。

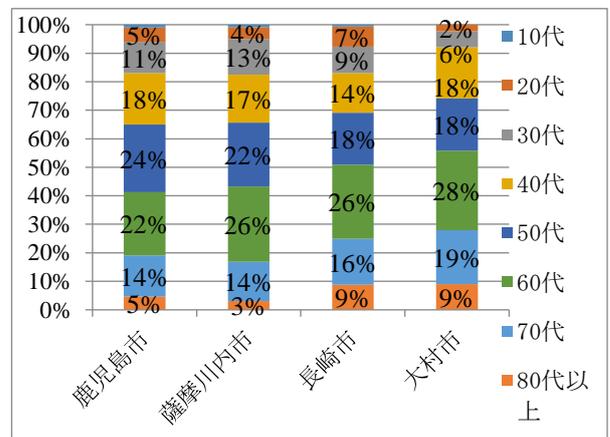


図-1 都市別年齢構成

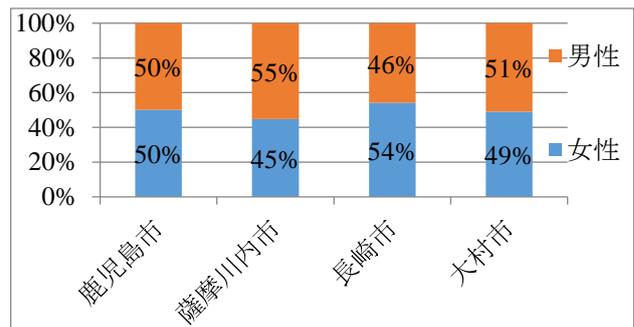


図-2 都市別性別構成

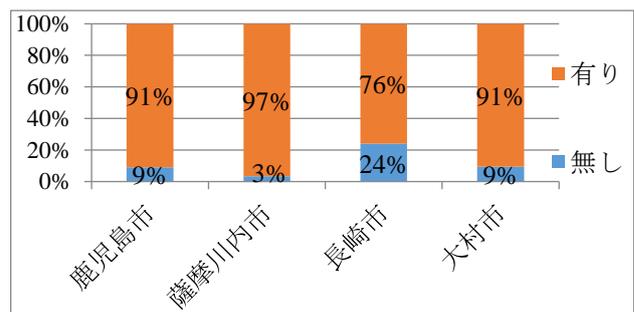


図-3 都市別運転免許保有率

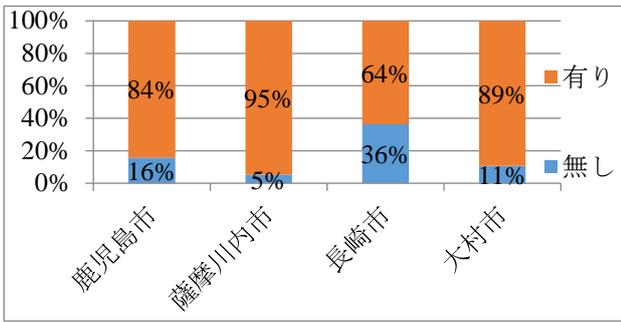


図-4 都市別自家用車保有率

自家用車の保有率を図-4に示す。自動車の保有率は鹿児島市で 84%、薩摩川内市で 95%、長崎市で 64%、大村市で 89%であった。鹿児島における保有率が全体的に見て長崎より高いのは、回答者の年齢層が長崎の方が高めであったためであると考えられる。また、都市別に見てみると、薩摩川内市と大村市ではより多くの方が自家用車を保有している。これは鹿児島市、長崎市では、薩摩川内市、大村市と比較して都市内の鉄道や市内バスなど公共交通機関が発達していることが要因の一つではないかと考えられる。

b) 宿泊日程

福岡への旅行における宿泊日程について、図-7に示す。鹿児島では、全線開業前後ともに全体の 30%近くが日帰り旅行、50%近くが1泊の旅行、約20%が2泊の旅行を選択していることが分かる。一方、長崎では日帰り旅

行の割合が全体の70%近くが日帰り旅行、25%が1泊の旅行であった。これは、長崎-福岡間と鹿児島-福岡間における都市間の距離に差があることが影響していると考えられる。

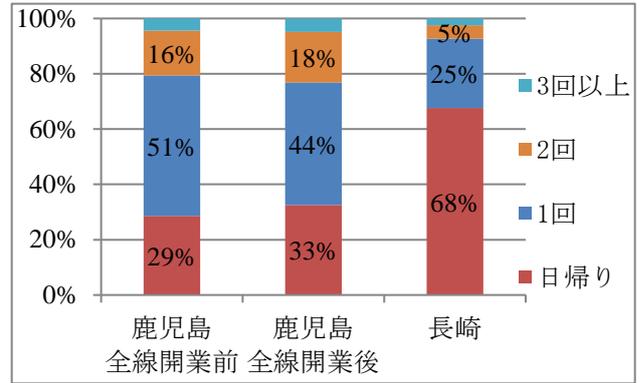


図-7 出発地別宿泊日程

c) 出発・帰宅時刻

福岡への日帰り旅行における出発・帰宅時刻分布について図-5、図-6に示す。まず、出発時刻について、長崎では午前8時に出発する人が最も多く全体の約35%程度であり、続いて午前9時での出発が多く約30%であった。全体を見てみると午前7時から午前10時の間に大半が出発するという結果となった。

一方で、鹿児島では出発する人数が最も多いのは午前8時で長崎と同じであるが、続いて人数が多いのは午前

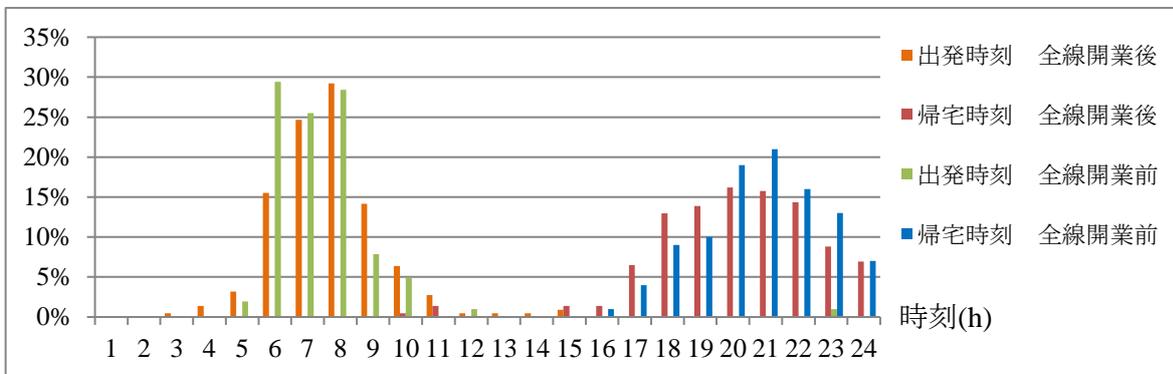


図-5 鹿児島における出発・帰宅時刻分布

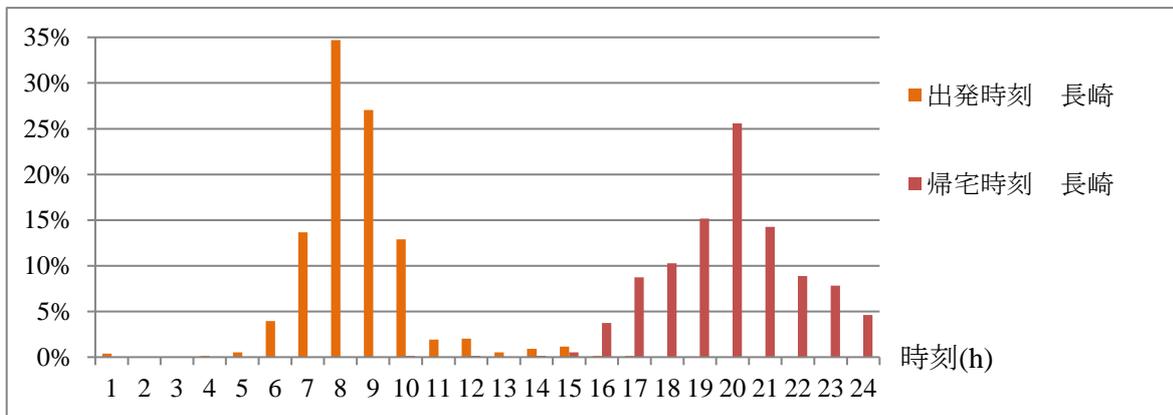


図-6 長崎における出発・帰宅時刻分布

7 時であった。全体を見ると午前 6 時から午前 9 時の間に大半が出発しており、長崎よりも出発時刻が早い傾向があることが分かった。

帰宅時刻について、長崎では午後 8 時に帰宅する割合が最も高く約 25% であり、続いて午後 7 時と午後 9 時に帰宅する割合が約 15% であった。

鹿児島では、午後 8 時と午後 9 時の帰宅時刻の割合が高く約 15% であり、続いて午後 7 時と午後 10 時の割合が高かった。全体を見てみると、両都市共に午後 8 時を中心に、その前後の 1 時間の間に帰宅する人が多いという同様の傾向が見られた。

まとめると、帰宅時刻は両出発地において同様の結果が見られた一方で、出発時刻には差があることから、長崎と鹿児島の人の間には福岡への旅行の全行程にかかる時間に違いがあるといえる。

d) 交通機関分担

長崎、鹿児島から福岡へ旅行する際の交通機関分担について図-8 に示す。まず、長崎-福岡間での交通機関分担については、自動車利用の割合が 46% と最も多く、続いて高速バスの利用が 29%、鉄道利用が最も少なく 22% であった。鹿児島-福岡間では、鉄道利用が 74% と大部分を占め、自動車利用は 26% であった。

このような結果になった理由として、1 つ目に所要時間の影響が考えられる。長崎-福岡間では、どの交通手段を用いても所要時間が 2 時間弱であり、大きな差が無い一方で、鹿児島からでは、鉄道と自動車との間で所要時間に大きな差があるため、短時間で移動できる鉄道が多く使われていると考えられる。2 つ目としてはアクセス性の影響も考えられる。長崎の調査地である長崎市、大村市では両都市内に高速道路のインターチェンジや高速バスの停留所があるが、大村市には特急列車の停車駅が無いので長崎全体として鉄道利用者が少なくなったことが考えられる。鹿児島では、鹿児島市内から高速道路と鉄道の両方を利用できるのに対して、薩摩川内市から福岡方面に向かう高速道路が建設中であるために自動車利用がしにくい環境にあるので鉄道利用が多くなったことが考えられる。

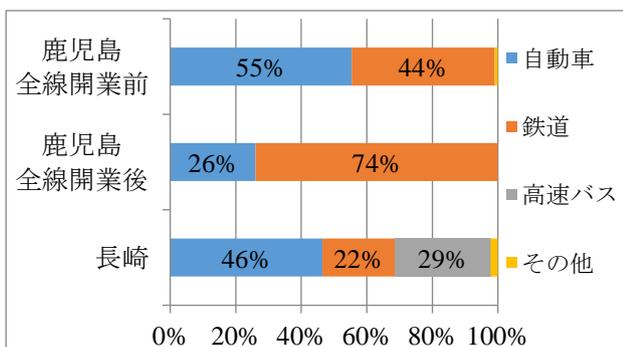


図-8 交通機関分担

e) 訪問頻度

1 年間の両都市から福岡の訪問頻度については図-9 に示す。長崎から福岡への 1 年間での訪問頻度は 3 回が最も多く 23%、続いて 2 回で 22% である。年に 1 回しか訪れないという割合は全体の 12% であった。一方で、鹿児島から福岡への訪問回数は 1 回の割合が最も多く 84% であり、複数回訪れる割合は少なかった。

このように、両都市間の中で福岡を訪問する際の訪問頻度には違いがみられた。その理由としては、1 つは出発・帰宅時刻の項でも述べたように両都市の間で福岡に対する満足度の感じ方が異なる可能性が考えられる。また、1 回の旅行にかかる料金も長崎-福岡間と鹿児島-福岡間で大きく異なる事も影響していると考えられる。

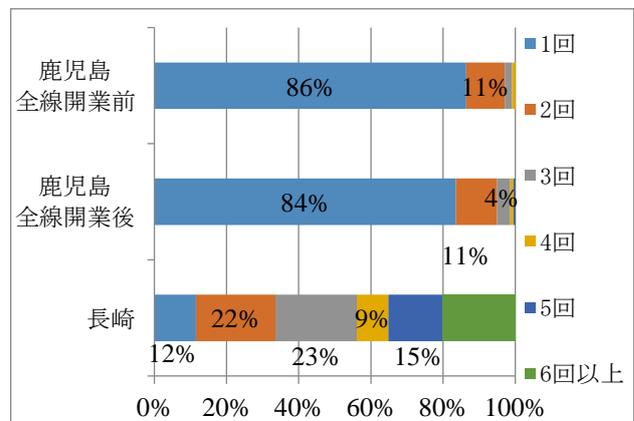


図-9 出発地別訪問頻度

4. パラメータ推定と検定の方法

(1) パラメータ推定方法

a) 計算方法

パラメータの推定にはシンプレックス法を用い、評価関数にはカイ二乗値を用いた。パラメータに初期値を与え理論値を計算し、アンケート調査での実測値（観測値）との二乗誤差が最小となるパラメータを推定した。

具体的には、まず最適な帰宅時刻を求めるために予め目的地到着時刻を条件として与えて、式(5)のようにカイ二乗値が最小になるようにパラメータを計算した。

$$\chi^2 = \sum_j \sum_t \frac{(M_{ct}^j - M_{mt}^j)^2}{M_{mt}^j} \quad (5)$$

ここで、 M_{ct}^j は都市 j における時刻 t での帰宅者数の推計値すなわち計算によって算出した理論値を、 M_{mt}^j は都市 j における時刻 t での帰宅者数の実測値を表す。

更に、出発時刻のパラメータにも初期値を与えて、今度は出発時刻の関数として、帰宅時刻と同様にして出発

時刻のカイ二乗値が最小になるようなパラメータを計算した。

この際、都市の魅力度 m_j は鹿児島から福岡に向かう場合を $m_{\text{kagoshima}} = 100$ の定数として固定し、長崎から福岡へ向かう場合の魅力度 m_{nagasaki} をパラメータとして推計した。

b) 初期値

本研究では、河上ら¹⁶⁾の先行研究で用いられた鹿児島を始発点とする都市間交通におけるモデルのパラメータを参考にしている。まず、先行研究におけるパラメータを初期値として与え、長崎-福岡間について出発・帰宅時刻決定モデルのパラメータの推定を行い、その値の比較を行った。

(2) 入力データ

所与のデータとしてそれぞれの所要時間が必要である。本研究で対象とする交通機関は、自動車、高速バス、鉄道である。まず自動車に関しては、Google マップ¹⁹⁾とNEXCO²⁰⁾を参考に各 OD 間の所要時間と高速道路の料金を算出した。各 OD 間の最速の所要時間および参考とするコストを表-1に示す。

表-1 自動車利用の料金と所要時間 (2017年)

	昭和町	西山町	新地	大村
所要時間	109分	109分	111分	86分
通常料金	4440円	4600円	4490円	3830円
割引料金	3230円	3340円	3290円	2800円

自動車のコストは高速料金とガソリン代の和であるとした。ガソリン代は式(6)のように計算した。

$$\text{ガソリン代(円)} = \frac{\text{距離(km)} \times \text{ガソリン単価}\left(\frac{\text{円}}{\text{L}}\right)}{\text{燃費(km/L)}} \quad (6)$$

なお燃費は国土交通省のガソリン乗用車の平均燃費値²¹⁾を参考に、21.6 (km/L)とした。ガソリン単価については、総務省の小売物価統計調査年報²²⁾を参考に、139.7 円/Lとした。

また、アクセス時間に関しては、アンケート調査を基に、個人の居住地から最も近いインターチェンジまでの距離を算出し、国土交通省の「道路交通センサス²³⁾」における、都市内交通の自動車速度を用いることでアクセス時間の算出を行った。図-10 に自動車におけるアクセス時間分布を示す。

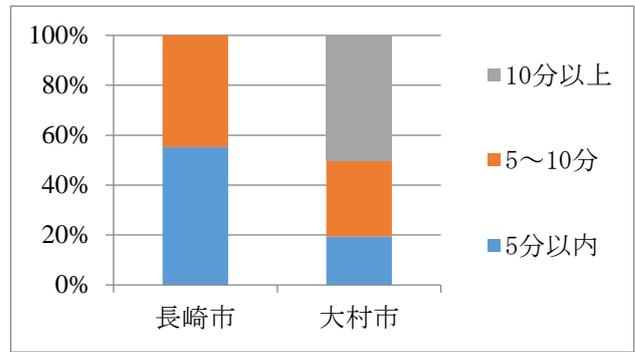


図-10 長崎における自動車のアクセス時間割合

次に、鉄道の料金及び所要時間を JR 九州 HP²⁴⁾から算出した。料金と所要時間をまとめたものを表-2に示す。なお、長崎駅と浦上駅は長崎市にある特急列車を利用できる駅であり、諫早駅は、大村市から最も近い特急列車を利用できる駅である。

表-2 鉄道料金と所要時間

	長崎駅	浦上駅	諫早駅
所要時間	113分	110分	95分
通常料金	4710円	4710円	4230円
割引料金	2750円	2750円	2750円

この所要時間に、アンケートで質問した最寄り駅までのアクセス時間を加算して鉄道の所要時間を計算する。図-11 に、長崎に住む人の最寄り駅までのアクセス時間を示す。また、運行本数については、各駅ともに1日に上下26本ずつの運行となっている。

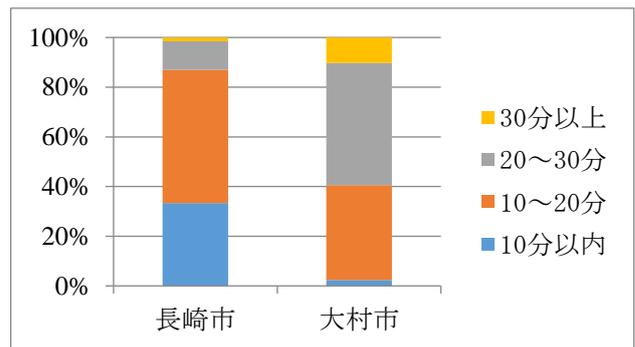


図-11 各都市における最寄り駅までのアクセス時間

最後に、高速バスの料金と所要時間については、長崎-福岡間運行されている「九州号²⁵⁾」の料金と所要時間を参考に求めた。料金と所要時間についてまとめたものを表-3に示す。なお、長崎駅前、大波止、松山町、昭和町は長崎市における高速バス停であり、大村木場、大村インターは大村市における高速バス停である。

表-3 高速バスの料金と所要時間 (2017年)

	長崎駅前	大波止	松山町	昭和町	大村木場	大村インター
所要時間	148分	136分	141分	143分	137分	117分
通常料金	2570円	2570円	2570円	2570円	2470円	2370円
割引料金	2315円	2315円	2315円	2315円	2055円	2055円

この所要時間に、アンケートで質問した最寄りの高速バス停までのアクセス時間を加算して高速バスの所要時間を計算する。図-12 に、長崎に住む人の最寄りの高速バス停までのアクセス時間を示す。

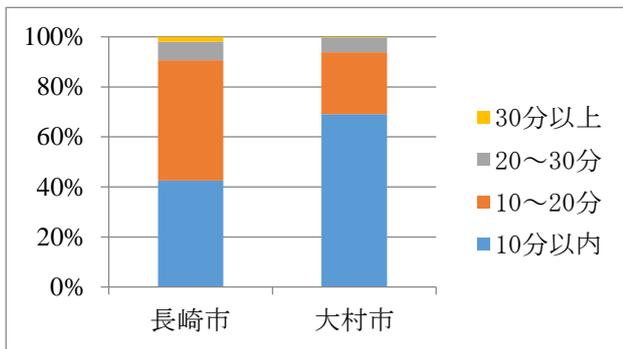


図-12 各都市の最寄り高速バス停までのアクセス時間割合

(3) データ適用時の仮定

アクセス時間について、自動車に関しては、アンケート調査に項目がないため、アンケートに記入している居住地から最寄りの高速インターチェンジを利用すると仮定した。鉄道、高速バスに関しては、アンケート調査を利用しているが、アクセス時間について範囲を持った回答は、その平均値を採用している。

データについて、アンケート調査での回答の中には十分な回答がなされていないものがあつた。その場合は、項目ごとの平均値をとり、重みをつけた平均値を仮の値として採用している。

5. 推定結果

パラメータ推定と、それによって算出された出発・帰宅時刻の人数分布をそれぞれ表-4と図-13に示す。

パラメータ推定の結果、帰宅時刻決定モデルのカイ二乗値は 90.42，出発時刻決定モデルのカイ二乗値は 46.72 となった。この結果からは、非効用の中でも人の主観的な部分に対しては鹿児島と長崎では大きな違いは見られなかった。これは地域や環境に依らず、人の感覚はある程度共通している可能性がある。また、出発時刻が早い・帰宅時刻が遅いことによる非効用の閾値に違いがあり、各都市の出発・帰宅時刻の違いを定量的に表現できた。さらに、魅力度の値にも大きな差があり、両都市における人々の福岡に対する満足度の感じ方が異なっている可能性がある。

表-4 先行研究の本研究のパラメータ推定結果

パラメータ	先行研究 ¹⁶⁾	推定結果
m	100	130
A	19.8	20.2
α	4.6	4.1
B	0.56	0.54
β	2.59	2.73
γ	0.104	0.103
μ_{ta}	7.4	8.4
σ_{ta}	1.4	1.4
μ_{tb}	19.5	21.5
σ_{tb}	1.9	2.2
$\mu_{\delta 0}$	0.69	0.69
$\sigma_{\delta 0}$	0.30	0.29

また、出発・帰宅時刻決定モデルについて理論値の分布と実測値の分布で KS 検定を行ったところ、有意水準 20%で棄却されず、統計的な有意差はないことが確認された。また、相関係数は $R = 0.96$ となった。この検定の結果から、このモデルの再現性は比較的良好であるといえる。

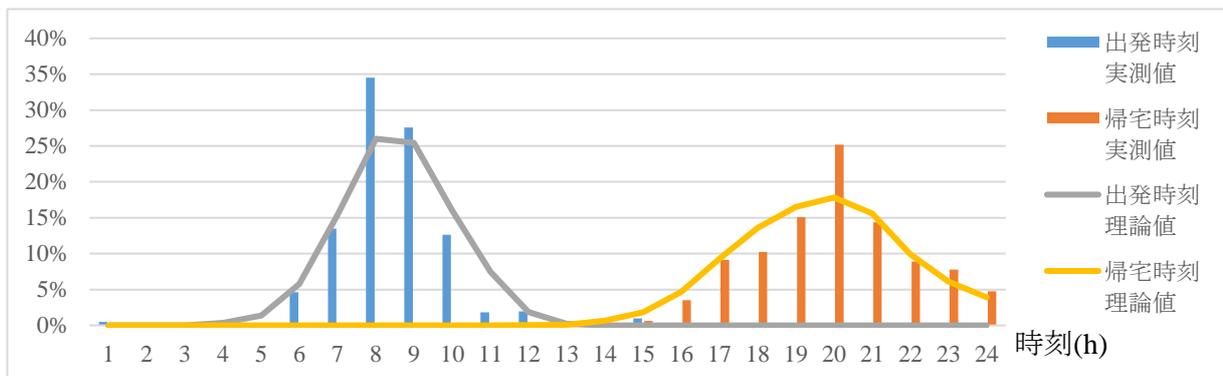


図-13 長崎における出発・帰宅時刻の理論値と実測値

6. おわりに

本研究では、長崎を始発点として福岡を目的地とする日帰りの場合の都市間交通について、長崎を対象地とするアンケート調査を行った。そして鹿児島を始発点として福岡を目的地とする先行研究¹⁰⁾と本研究での調査結果を用いて、人々の交通行動における出発・帰宅時刻に関して長崎と鹿児島での差をモデル化を通して分析した。

アンケート調査結果より、出発・帰宅時刻については、長崎、鹿児島の出発時刻と帰宅時刻から移動における所要時間と滞在時間に差があることが分かり人々が福岡で満足度を十分に感じることでできる時間に違いがある可能性が考えられた。交通機関分担においては、所要時間や料金の影響が大きいと分かった。訪問頻度では、長崎では複数回訪問するのに対して、鹿児島では1回の訪問が多かったことから、1回の訪問にかかる費用や所要時間から長崎に居住する人が鹿児島の人よりも訪問回数が増えていることが考えられた。

モデルに関しては、先行研究のパラメータをもとに、出発・帰宅時刻決定モデルにおける魅力度、帰宅時刻の閾値のパラメータの修正を行った。その結果から、鹿児島の人が福岡に感じる魅力度より長崎の人が福岡に感じる魅力度のほうが相対的に高いという結果が得られ、このことは、長崎から福岡が地理的に非常に近いため旅行がしやすいことが影響していると考えられる。また、推定結果について、まず出発・帰宅時刻決定モデルに関しては目的地への出発・帰宅時刻の理論値と実測値でKS検定を行うと各都市とも有意水準20%で棄却されず、統計的な有意差はないことがわかった。相関係数は $R=0.96$ であった。以上の結果から、出発・帰宅時刻決定モデルの再現性は比較的良好であることを確認できた。

課題としては以下のことが挙げられる。まず、本研究において先行研究と値に違いがあったパラメータについては、どの都市でも適用できるよう考慮しなおす必要がある。また、今回のモデルには都市固有の魅力度 m を用いたが、このパラメータは現時点では今回扱った長崎-福岡間にしか適用できない。今後はアンケートの集計結果を活用してこれらのパラメータを都市の集積率や人口、経済規模などによる関数で表すなど、他の都市でも適用可能なモデルにする必要がある。今回は都市訪問における効用を「魅力度」という単一のパラメータのみで表現したが、より詳細に満足度に影響を与える要素を考慮することも考えられる。

さらに今回は観光・買い物を目的とした旅行者を対象にして分析を行ったが、通勤・出張といったビジネスでの利用客の行動についても分析する必要があると考えられる。公共交通の利用者はビジネス客を多く含んでおり、その需要の変動を効果的に予測することは非常に重要で

ある。ビジネスにおいては、観光以上に所要時間に敏感であることや、運賃の拘束が小さいこと、必ずしも個人の考えで最適な選択ができないことなどを考慮する必要があると考えている。

今後は本研究のアンケート調査データや出発・帰宅時刻決定モデルのパラメータを用いて、交通機関分担や都市訪問回数といった分析も行うことができると考えている。

参考文献

- 九州経済調査協会：九州新幹線開業後の九州における観光消費の状況，九州経済調査月報3月号，pp.21-24，2012
- 九州経済調査協会：九州新幹線全線開業10年の効果と影響，九州経済調査月報3月号，pp.5-6，2021.
- 観光庁：宿泊旅行統計調査 (http://www.mlit.go.jp/kankochu/siryu/toukei/shukuhaku_toukei.html，2021.9.26最終閲覧).
- 山口裕通，奥村誠：宿泊観光旅行発生パターンの特徴と経年変化，土木学会論文集D3(土木計画学)，Vol.72，No.3，pp.248-260，2016
- 柴田宗典，内山久雄：幹線旅客の交通機関選択行動における意思決定プロセスのモデル化に関する研究，土木計画学研究・論文集，Vol.26，no3，pp.457-468，2009
- 柴田宗典，奥田大樹他：旅客の嗜好性と選択肢の選別プロセスを考慮した幹線鉄道の分担率推定手法の開発，運輸政策研究所季刊「運輸政策研究」，Vol.17，No.1，pp.2-11，2014
- 寺部慎太郎，加藤涉他：新幹線と航空が競合する都市間における交通機関選択モデルの構築，土木計画学研究講演集，2002
- 鳥居雅孝，志水康祐：九州新幹線鹿児島ルート全線開通の影響～交通機関を選択する旅客特性について～，国土交通省港湾空港部，2014
- 小西康人，高橋清他：高規格鉄道整備に伴う将来交通量の推計に関する研究，土木学会第48回年次学術講演会，pp.742-743，1993
- 根津佳樹，藤井聡：交通インフラ投資によるマクロ経済への影響分析のためのシミュレーションモデルMasRACの構築，科学・技術研究第5巻2号，2016
- 高橋央豆，浅田拓海，有村幹治：北海道新幹線開業前後における函館エリア来訪者数の比較分析，土木学会論文集D3(土木計画学)，Vol.74，No.5，pp.L827-L835，2018
- 高田和幸，鈴木孝典，藤生慎：鉄道の遅延時間を考慮した出発時刻決定行動に関するモデル分析，土木学会論文集D3(土木計画学)，Vol.68，2012
- 森地茂，兵藤哲郎他：時間軸を考慮した観光周遊行動に関する研究，土木計画学研究・論文集，Vol.10，pp.63-70，1992
- 轟木聖子，角知憲他：生活サイクルと交通サービスレベルを考慮した大都市訪問交通の頻度の変化に関する研究，九州大学修士論文，2009
- 徳永大輝，大枝良直他：整備新幹線の開通に伴う長距離交通行動の変化に関する研究，九州大学修士論文，2014

- 16) 河上洋輝, 大枝良直他: 日帰り・宿泊選択と交通機関分担を考慮した九州新幹線の訪問頻度決定モデルの構築, 九州大学修士論文, 2016
- 17) 角知憲他: 時間的拘束を受けない日帰り交通の時刻決定行動モデルと自動車を用いるリクリエーション交通への適用, 土木学会論文集, Vol.425, No.IV-14, pp.73-79, 1991
- 18) 警察庁: 警察白書, 2018
- 19) Google: Google マップ, (<https://www.google.co.jp/maps/>, 2021.9.26 最終閲覧).
- 20) 西日本高速道路株式会社: 予測到着時間 (<http://search.w-nexco.co.jp/time.php>, 2021.9.26 最終閲覧).
- 21) 国土交通省: 自動車燃費一覧 (http://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_fr10_000019.html, 2021.9.26 最終閲覧).
- 22) 総務省: 小売物価統計調査年報 平成 29 年 (<https://www.stat.go.jp/data/kouri/doukou/2017np.html>, 2021.9.26 最終閲覧).
- 23) 国土交通省: 平成 27 年度 全国道路・街路交通情勢調査 (道路交通センサス) (<http://www.mlit.go.jp/road/census/h27/>, 2021.9.26 最終閲覧).
- 24) JR 九州: 時刻運賃検索 (<http://www.jrkyushu.co.jp/railway/>, 2021.9.26 最終閲覧).
- 25) 九州急行バス HP より (<http://www.nishitetsu.ne.jp/kyushugo/>, 2021.9.26 最終閲覧).

(Received ?)
(Accepted ?)

INTERCITY TRANSPORTATION BY RAIL AND AUTOMOBILE BETWEEN NAGASAKI, KAGOSHIMA AND FUKUOKA

Yuki NAGATA, Yoshinao OEDA and Satoshi TOI

In Kyushu, the Kyushu Shinkansen line was fully inaugurated in 2011, and the Kyushu Shinkansen West Kyushu Route is scheduled to open in 2022. It is important to understand people's behavior in intercity transportation because the change in travel patterns will affect the local economy and tourism industry. In this study, based on a questionnaire survey conducted in Kagoshima, where the Shinkansen is already open, and Nagasaki, where the Shinkansen is planned to open in the near future, we modeled and analyzed the intercity transportation between Nagasaki, Kagoshima and Fukuoka in terms of departure and return times, mode choice, and frequency of visits. The results show that people in the two cities may feel differently about their satisfaction with Fukuoka based on differences in departure and return times and frequency of visits. In addition, it was suggested that the difference in the time required and the accessibility to each means of transportation may be related to mode choice.