

# 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

若林拓史<sup>1</sup>・浅岡克彦<sup>2</sup>・亀田弘行<sup>3</sup>・飯田恭敬<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 工博 名城大学教授 都市情報学部 (〒509-0261 岐阜県可児市虹ヶ丘4-3-3)

<sup>2</sup>正会員 工修 大阪市 (〒559-0034 大阪市住之江区南港北 1-14-16 WTCビル 18F)

<sup>3</sup>フェロー 工博 京都大学教授 防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

<sup>4</sup>フェロー 工博 京都大学教授 大学院工学研究科 (〒606-8317 京都市左京区吉田本町)

本研究では、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た。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た。ニュータウンを対象にアンケート調査を実施し、パラメータを推計するとともに災害や事故などで主要交通機関が停止した場合の事前・事後分析を行った。

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。

**Key Words :** discrete choice model, travel time reliability, travel time fluctuation

## 1. はじめに

道路・鉄道などの交通システムは、都市の活動に重要な役割を果たしているライフラインの一つである。ライフラインは、1975年に故 M.Duke UCLA 教授が、論文中で最初に用いた用語である。ライフライン系の被害では、災害などによる自身の被害が局所ないしは軽微であっても、システム全体に波及する影響が、時間的空間的に大きくなるといった特徴がある。また、他のシステムの被害による影響を受ける場合があるなど、脆弱性のあるシステムである。これを亀田<sup>1</sup>は、都市災害のタイプとして生活・社会機能支障型と分類している。

地震により落橋などの被害や停電が発生した場合、道路・鉄道は大きな影響を受け、都市の活動にも多大な影響を及ぼす。このような場合に備え、地震災害や大事故などによる主要交通機関の運休時に最も適切かつ効率的な代替交通手段のための災害管理対応計画や復旧計画が必要である。これは 1995 年の阪神・淡路大震災以来、特に大きな課題となっている。

しかし、非常時の交通体系の影響についての研究は、関東大震災から阪神・淡路大震災の間、都市交

通に大きな影響を与えた地震が少なかったために基礎データが存在せず進んでいなかったのが実情である。

日本とならぶ地震多発地帯である米国カリフォルニア州では、大都市の交通ライフラインの一部被害が全体の交通体系に大きな影響を及ぼした事例が見られる。

1989年10月17日にM7.1の地震（ロマ・ブリエタ地震）がサンフランシスコ都市圏を襲い、ベイブリッジの渡り桁の1ヶ所が落橋した。ベイブリッジは、上下各5車線の橋梁で、サンフランシスコと対岸を結ぶ橋梁群の中核的ルートであり、対岸との輸送量の約50%を分担していた。ベイブリッジの閉鎖は1ヶ月間に及び、1ヶ所の落橋がこの地域の交通に長期間にわたり大きな影響を与えた。具体的には、他の橋梁への迂回や所要時間の増大、出発時刻の変更などである。この地震に関しては、史上初めてといえる災害関係の交通データが収集された。亀田、浅岡他<sup>2</sup>は、サンフランシスコ湾に架かる橋梁群の交通量の変化と、ベイブリッジ閉鎖中乗客が急増したBART (Bay Area Rapid Transit) ベイブリッジと平行しサンフランシスコと対岸を結ぶ唯一の大量公共交通

輸送機関)の輸送量に関する詳細なデータを収集し、地震被害による交通体系の影響を調査報告している。また、若林、亀田<sup>3),4)</sup>は、亀田、浅岡他<sup>5)</sup>で得られたデータをもとに、災害時の交通システムの機能被害を同定するとともに道路網運用の効果を定量化し、非常時にとり得る緊急対策の効果と限界を分析している。

1994年1月17日、ロサンゼルス市郊外サンフェルナンドバレーのノースリッジ付近でM6.7の地震(ノースリッジ地震)が発生した。この地震では、いくつの大幹線フリーウェーが数ヶ所にわたり損壊し、通行不能となったのにもかかわらず、災害対策の初動体制の良さと、よく組織された交通運用システムがうまく機能し、地震後の交通システムの混乱が比較的少なくて済んだことが特徴としてあげられる<sup>5),6)</sup>。

このような事例を背景として、阪神・淡路大震災発生以前から、災害時の交通行動や交通システムマネジメントの研究を進める必要性が指摘されていた。しかし、両地震とも海外での事例であり、わが国では交通行動分析に必要な詳細な基礎データは全く存在しておらず、何らかの手がかりを得る必要があった。

このような状況下において1993年10月5日、大阪南港ポートタウン地区と都心を結ぶニュートラム(新交通システム)で事故が発生し、11月18日までの1ヶ月半の間運休するという事態が発生した。ニュートラムは1編成(4両編成)で約300人を輸送することのできる新交通システムである。同地区は埋立地に建設されたため、交通ルートが限られ、検討に適した条件を備えている。我々は、この特徴を利用して主要交通手段が運休した場合の利用者の意識変化を調査し、災害時の交通マネジメントの基礎的知見を得ようとした。

阪神・淡路大震災時の交通混乱を知った現在からロマ・プリエタ地震やノースリッジ地震を回顧すると、地震のライフライン施設に及ぼす被害の規模や期間にきわめて大きな差異があると認識せざるを得ない。当時、我々にとって日本のライフライン施設は頑健で少々の地震が発生しても施設被害は微少であり、被害はロマ・プリエタ地震やノースリッジ地震と同様のライフライン被害型であるとの認識であった。地震が発生しても何ら影響がなく、発災後の状態を非常時とは呼べない社会システムを構築するのが、土木技術者の終局的な責務ではあるが、ライフラインに微小な被害が発生し、その被害が長期・

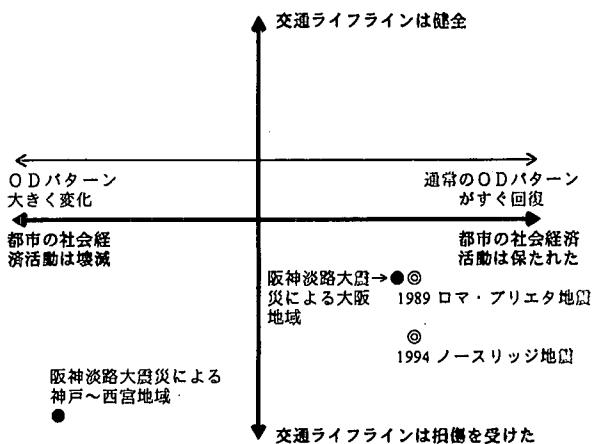


図-1 最近の都市地震の位置づけ

広範囲にわたって影響を及ぼす事例は今後とも生起することと思われる。阪神・淡路大震災だけが地震被害なのではなく、より被害の少ない地震災害(例えば南海、東南海地震による太平洋側大都市への地震被害など)について検討を加えておく必要がある。ニュートラムの1日輸送量(60,000人)と南港ポートタウンの人口(32,000人)を考慮すると、この運休期間を分析することは意味があるように思われる。

以上のように、交通ライフラインには種々の被害形態があるので、本研究の位置づけを阪神・淡路大震災を含めて概観しておく。若林<sup>7)</sup>は、最近の都市地震における交通ライフラインの損傷の程度と都市の社会経済活動が受けた影響の程度について図-1のように分類している。ニュートラムの長期運休は、図-1の第4象限に位置するロマ・プリエタ地震やノースリッジ地震のように、交通システムには被害があるものの、社会経済活動は大きく変化せず、生き残った交通システムで社会経済活動を支えなければならない状況に相当する。本研究で対象とする非常時は、この第4象限である。これに対し、阪神・淡路大震災は第3象限に位置しており、米国の地震と阪神・淡路大震災とは、地震の規模が違うことがわかる。第3象限に位置する災害や非常時管理に関しては別の観点からの分析が必要となる。

本研究は、非常時(第4象限)の交通手段選択行動の変化を明らかにし、主要交通手段の運休などによって交通のサービスレベルが変化した場合の運行管理などの交通システムの危機管理のあり方を考察するための基礎的研究である。この目的のために、①所要時間の信頼性を考慮した手段選択モデルを構築、その有意性を検討し、②このモデルをニュート

ラムの運休前後に適用し、パラメータ推計を行って利用者の交通手段選択の意識変化を明らかにする。

本論文の構成を述べる。2. では所要時間信頼性を考慮した手段選択に関する研究の意義を述べる。3. では大阪南港ポートタウン地区の居住者を対象としたアンケート調査について述べる。4. では所要時間信頼性を考慮した手段選択モデル構築のための前提条件を述べる。5. ではモデルをニュートラム運休前後に適用した結果を述べ、6. では結論と今後の課題を述べる。

## 2. 従来の研究と本研究の意義

従来の手段選択モデルの多くは、各手段の平均的交通特性に着目して開発されているが、各交通機関の所要時間は確定的ではなく、その変動は各々異なっている。例えば、勤務地への交通手段が自動車と鉄道の二通りある場合を考える。一般に、自動車の所要時間変動は鉄道の所要時間変動よりも大きいので、自動車の所要時間が鉄道よりも小さくても利用者は鉄道を選好するかもしれない。このように、時間価値が増大する中で、サービスレベルの変動を考慮した交通モデルが今後必要となると考えられる。

一般的に通勤者は、交通手段の選択に当たり、所要時間の変動も含めいろいろな不効用を考慮し、総不効用が最小となるように行動していると考えられる。不効用に所要時間の変動や信頼性を考慮した研究として、Hendrickson, Plank<sup>8)</sup>は、効用関数に出発時刻による所要時間の変動や早着・遅刻した場合のペナルティを考慮した出発時刻・経路選択モデルを構築し、早着や遅刻の場合の損失割合を求めるとともに、利用者は出発時刻により柔軟な対応を行っていることを明らかにしている。一方、Abkowitz<sup>9)</sup>は、信頼性は早着と遅刻の損失関数であるとしたモデルを構築し、交通サービスの信頼性のインパクトを検証している。Palma, Hansen, Labbe<sup>10)</sup>は、時間信頼性を遅刻や早着に伴う不効用で表現した経路選択モデルとアルゴリズムを提案し、所要時間が出発時刻帯によって変化した場合にもモデルが適応できることを示している。また、所要時間の信頼性を確率変動としてとらえた研究として、Jackson, Jucker<sup>11)</sup>は、信頼性を所要時間の期待値と分散との最小化モデルとして定式化し、アンケート調査より得られた結果を LINMAP<sup>12)</sup>などを用いて分散の係数分布を求め、その適合性を検証している。一方、Hall<sup>13)</sup>は、所要時間の変動を正規分布と仮定し、到着時刻制約を受

ける通勤ドライバーの交通行動を期待所要時間に安全余裕時間を加えた実効旅行時間と遅刻確率の不効用の和の最小化問題としてモデル化している。

Hall<sup>13)</sup>の研究では定量的な検討は行われていないが、その後、実効旅行時間モデルについて実証的に分析した研究が行われている。加藤、門田、浜田<sup>14)</sup>は、道路網の信頼性を安全余裕時間を条件とした無遅刻確率と走行速度の評価関数で定義した速達性を表現し、通勤者を対象とした調査から安全余裕時間と所要時間の関係を明らかにするとともに、信頼性指標は、需要予測において主要な説明変数となりうることを示した。内田、飯田、松下<sup>15)</sup>は、経路の時間信頼性の評価でもある出発時刻決定行動を実証的に分析するため、通勤ドライバーを対象に調査を行い、数量化理論 I 類を用いて安全余裕時間の決定要因を示した。具体的な研究として内田<sup>16)</sup>は、交通管理政策を評価するため、所要時間の変動をドライバーの知覚旅行時間分布としてとらえ、旅行時間と知覚旅行時間による遅刻ペナルティを考慮した出発時刻・経路選択モデルを構築し、各パラメータをアンケートより推定するとともに、時間的転移性に対する適合性を検証している。さらに飯田、柳沢、内田<sup>17), 18)</sup>は、道路混雑緩和策のあり方を考察するため、公共交通機関も含めた手段選択や経路選択と出発時刻決定の同時推定を通勤者の効用関数としてモデル化し、NL モデルを適用して交通行動を表現している。そして長野県須坂市周辺の交通行動を取り上げパラメータの推計を行っている。

以上の研究は、始業時刻などの到着時刻制約がある場合についての研究である。しかし、近年ではフレックスタイム制を導入する企業の事例も増加しており、この面からの研究も行われている。

飯田、柳沢、内田<sup>19)</sup>は、フレックスタイム制導入による道路混雑緩和策検討のために所要時間の不確実性を考慮した通勤行動モデルと評価関数を構築している。そして、時差出勤やフレックスタイムの効果を定量化し、評価を行っている。松井、藤田<sup>20)</sup>は、フレックスタイム制の社会的効果を定量化するため、MNL モデルを用い通勤時刻モデルを構築し、アンケートデータによりそのパラメータを推計している。そしてフレックスタイム導入の効果を円換算で表すとともに、導入による総所要時間の減少と交通混雑緩和効果を示している。また、飯田、柳沢、内田<sup>21)</sup>は、時差出勤制、フレックスタイム制、ロードブライシングの各方策の導入の効果や一般的な特性を見いだすため、各施策実施前後の動的なトリップ

特性や混雑緩和策としての比較分析を行っている。

以上のように、所要時間の変動を手段選択モデルに反映させる方法として、従来は先述の Hall の考え方を基本にしているものが多い。すなわち、所要時間の変動を所要時間の期待値と遅刻確率などからなる効用関数を介して間接的に考慮するモデルである。また、これらはすべて平常時の交通手段選択を対象としており、非常時の交通手段選択に関する研究は、ほとんどなされていないのが実状である。

本研究では、所要時間の変動を直接的に考慮した手段選択モデルを構築した。具体的な調査に基づき明示的に所要時間の変動を考慮した研究は、平常時に関する事例でも少なく、非常時を対象とした研究はほとんど見られない。これらの点が本研究の特徴であるといえる。

### 3. アンケート調査について

分析対象とした南港ポートタウン地区(大阪市住之江区)は、大阪市内の定住人口の増加を目指し大阪湾を埋立て建設された面積 100ha のニュータウンであり、1990 年の国勢調査では、31,966 人(9,771 戸)の常住人口を有している(図-2)。同地区は各々約 7~8 千人の人口を持つ南港中二~五丁目から構成されており、各丁目には小学校・幼稚園・保育所・公園が設置され近隣住区を形成している。また地区内は、自動車公害(騒音、排気ガス、交通事故)の排除を目的としてノーカーザーンとなっており、貨物自動車以外の自動車交通が規制されている。

ポートタウン地区は、人工島に位置するため市内方面に通勤通学する場合、その交通手段は極めて制限されたものとなる。平常時の主要交通手段は、新交通システムであるニュートラムであり、これに自家用車と港大橋を経由する路線バスが從となる形となっている。ニュートラムは、同地区からの通勤通学者の約 7 割が利用している。延長 6.6km で 8 駅を有しており、ラッシュ時 2.25 分間隔で運行されている。また、終端駅の住之江公園駅で市内中心部に乗り入れている地下鉄と接続している。乗車人員は、一日約 6 万人である。

平常時におけるポートタウン地区から市内方面へのルートとしては図-3 に示す 4 つのルートがある(1997 年 12 月 18 日以降は OTS[鉄道] 及び咲洲トンネル[有料道路]開通によりルートが増加)。

このような地区では主要交通手段が途絶した場合、陸の孤島となりやすく、途絶期間が長期に及ぶ

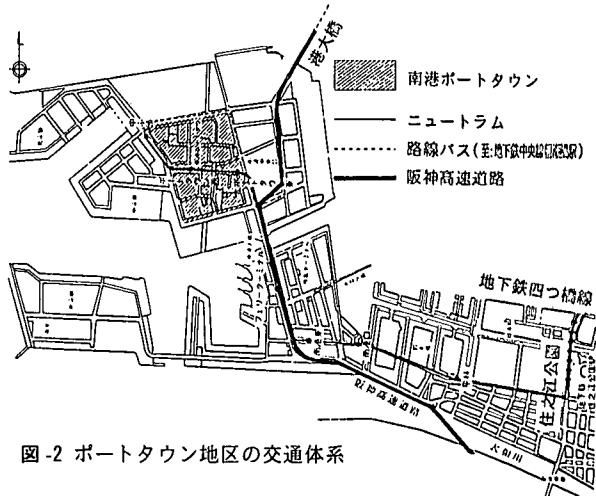


図-2 ポートタウン地区的交通体系

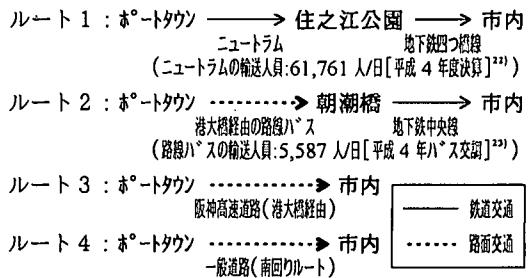


図-3 ポートタウン地区から大阪市内方面への交通手段

場合は、市民生活にとって大きな問題となる。1993 年 10 月に発生した事故では、ニュートラムは約 1 ケ月半の間運休した。ニュートラム運休中は、図-3 のルート 1 に同一経路の代行バスが投入され、1~2 分間隔で運行、一日 5 万人の乗客を輸送した。運休直後の数日を除き、徒歩時間や待ち時間については平常時と大差ないサービスレベルが提供されたもののニュートラム利用者は、大きな影響を受け、様々な試行錯誤の後、バスないしは自動車への転換を余儀なくされたことが、アンケートからも明らかになっている。

アンケートの内容は以下の通りである。

#### (1) 調査内容

アンケートの質問項目は、個人属性や通勤距離、平均所要時間などの一般的な交通サービス水準の他に、

- 今までに経験した最小所要時間\*とその頻度
  - 今までに経験した最大所要時間\*とその頻度
  - それらのルートならびに経由地
- などを車、ニュートラム、路線バスの各交通手段について尋ねている。また、
- 始業時刻と到着目標時刻
  - 出発時刻

などの項目を平常時及びニュートラム運休中について調査した。[\*：利用者が平常時ないしニュートラム運休時において認識している時間]

調査方法は、戸別配布、郵送による回収を基本とし、ニュートラム運休から半年後の1994年6月に南港中二丁目を、1年後の1994年11月に三～五丁目地区を対象に調査を実施した。分析対象とした二・四・五丁目地区の回収率は、

$$1,034(\text{回収}) / 7,462(\text{配布}) = 13.9\%$$

であった。なお、三丁目地区は駐車場が少ないので、バス停留所が遠いなど、他地区と異なる特徴があるため以後の分析から除外している。

## (2) 調査結果の単純比較

主な項目の集計結果を表-1(無記入含)に示す。平常時の利用交通手段は18%が車、71%がニュートラム、10%が路線バスであり、ニュートラムが大きなウェイトを占めている。なお当地区内は自動車通行が禁止されているため、マイカー保有率は、他の似たようなニュータウン地区と比較すると少々低いと思われる。

平常時とニュートラム運休時の利用交通手段の変化を図-4(有効回答)に示す。平常時の車利用は88人(19%)、ニュートラム利用者は338人(71%)、バスの利用者は48人(10%)であり表-1の全回答者の傾向と一致する。

ニュートラム運休時には、大半の利用者が代行バスを含むバス利用へと転換している。しかし、運休前の公共交通機関利用者のうち23人(4%)が車利用に転換し、車利用は111人(23%)となった。これは、代行バスのサービス水準がニュートラムに及ばなかったためと考えられる(両者の比較を表-2に示す)。ただし、平常時はニュートラム利用だが、運休中は代行バスではなく図-3のルート2の既存路線バス(港大橋経由)に乗り換えた人が46人(10%)もあり、車への転換だけではなく、同じ公共交通機関でも経路を変更した人がいることがわかる。

なお、車利用者88人のうち47人は、アンケートの結果から通勤後の業務などで必ず車を使用する人であり、手段選択が固定されていると考えられる。このグループをCaptive層として考え、手段選択モデルの対象からは除外した。この結果、車と公共交通機関の手段選択が可能な利用者のうち車利用者は、平常時では41人、ニュートラム運休時では64人(56%増)となっている。

図-4を要約すれば、平常時のニュートラム利用者

表-1 アンケート集計結果(無記入含)

項目	回答結果		
性別	男：701	女：331	無記入：2
年齢	10代：89	20代：144	30代：248
	50代：174	60代：70	無記入：4
職業	製造：56	販売：117	サービス：95
	事務：217	管理：92	技術：220
	大学生：43	高校生：66	中学生以下：3
	その他：39	主婦：7	無職：6
			無記入：15
免許	所持：690	持っていない：333	無記入：11
自家用車	所有：599	持っていない：399	無記入：36
目的	通勤：880	通学：115	その他：9
平常利用	車：187(18%)	ニュートラム：735(71%)	バス：102(10%)
運休時利用	車：235	バス：777	代行バス：579
			路線バス：153
			無回答：45
			無記入：22
全回答者数 1,034人(常住人口 24,065人 [7,462戸] 平成2年国勢調査結果)			

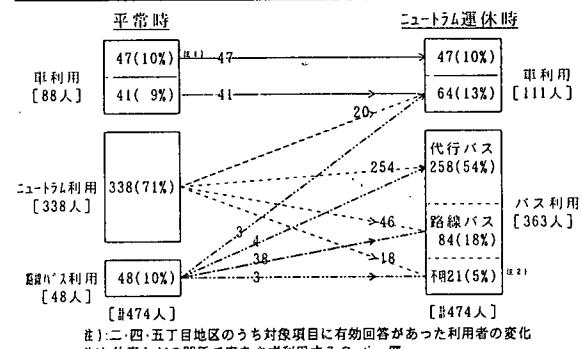


図-4 ニュートラム運休前後の交通手段の変化(有効回答)

表-2 代行バスとニュートラムの比較

	住之江公園～中砂原の片道往復料金	定員	逆行間隔	乗車までの待行列	終日輸送人員
路線バス	通常25分 最大40分	77人/台	1～2分	運休直前混雑時約300人	約5万人
ニュートラム	約15分	294人/編成	2分15秒	ほとんどなし	約6万人(4年累計)

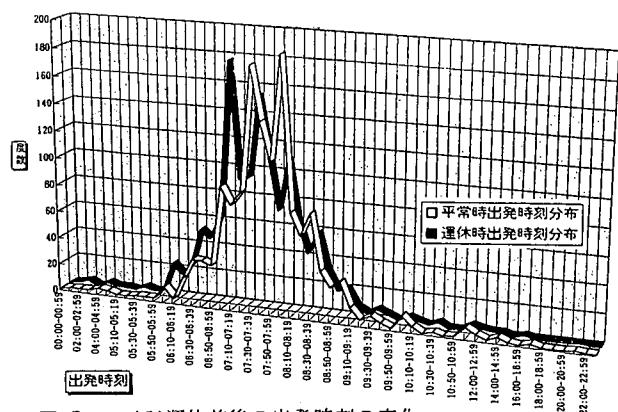


図-5 ニュートラム運休前後の出発時刻の変化

は338人で、運休中は20人(338人の6%)が車に、46人(338人の14%)が路線バスに手段を変更し、残りは代行バスを利用したことになる。大阪市交通局の別途調査によると、平常時のニュートラム利用者62,000人/日に対して、代行バスの利用者は約50,000人/日と約20%減(表-2)であり、図-4はこの調査結果と一致する。

また、図-5にニュートラム運休前後の出発時刻分布(全回答者)の比較を示す。運休中は出発時刻が平常時に比べ全体的に30分程度早まっており、ニュートラムの運休がポートタウン地区にかなり大きな影響を与えたことが分かる。

### (3) 自動車交通への影響

ニュートラム運休による自動車交通への影響については、詳細な調査はなされていない。しかし大阪内環状線住之江公園～南港東二丁目間では、平常時の10月4日(月)で19,717台／日であったものが、ニュートラム運休時の10月18日(月)で20,448台／日に、同じく住吉八尾線北加賀屋～南港東三丁目間では、平常時28,488台／日、ニュートラム運休時29,670台／日と2ヶ所とも平常時より4%前後増加している。また、阪神高速道路の大坂市内方向の入口である南港北入口では、平常時の10月4日(月)で17,888台／日の入場台数であったものが、ニュートラム運休時の10月6日(水)～8日(金)の平均では19,305台／日と約8%増加している。

詳細な道路交通量調査が実施されていないので明確なことはいえないが、ニュートラムの運休は、道路交通にもかなりの影響を与えたと思われる。

## 4. モデル構築のための前提条件

本研究では、所要時間の信頼性をその交通手段の所要時間の変動と定義している。具体的には、利用者が経験して知覚している最小所要時間や最大所要時間を調査して用いている。『信頼性』を発展させて確率表現した『信頼度』指標へと展開する点が今後の課題であるが、本研究では、利用者が手段選択において平均所要時間の他に時間信頼性をどの程度配慮しているかを知るのが当初の目的であるため、上記の定義とした。時間信頼性の定義は研究目的に応じて種々存在しており、手段選択に関しては2.で述べたとおりである。

通常、所要時間の変動は、それが小さいと分析者によって見なされる場合、効用関数中の変動項として取り扱われることが多い。しかし本研究では、次のように考えている。すなわち、利用者は交通手段を選択する段階で、既に各交通手段の所要時間変動(これを所要時間の信頼性と呼んでいる)を経験的に知っており、この知識に基づいて交通手段を選択すると考える。このため本モデルでは、所要時間の信頼性を確定項として効用関数に共通変数の形で追加

した形態となっている。この点が、本研究の大きな特徴である。本モデルの対象は、到着時刻制約のある通勤利用者が主体である。到着時刻制約のある通勤者は、平常時はもちろんニュートラム運休時においても遅刻の可能性を許容最小限度にとどめるように所要時間や経験・情報などを考慮し利用手段を選択していると考えられる。本モデルは、利用者がこのように行動してもなおかつ経験する所要時間の変動を調査し、この変動を所要時間の信頼性と位置づけて利用者の交通行動を説明した。所要時間の信頼性を表す指標を共通変数項に最小時間差や最大時間差のように時間差として導入した経緯については、次章(2)で詳しく述べる。代替手段の説明指標の設定方法については、3.で述べたように利用者が過去に代替手段を利用した経験があることを調査した上で、これらのサービス水準を本人に直接回答してもらう方法を採用している。通勤などに通常利用している交通手段以外の経験がなく、利用者が他の手段に対する所要時間などの認識を持たない場合は分析から除外している。

他の説明変数に関しては、以下のとおりである。

車利用の経路は、市内へ近くて早いが有料(500円:アンケート実施時点)である阪神高速港大橋経由のルートと南回りの一般道路のルートがあるため、車の項目に固有変数として導入した。一方、免許の所持や車の所有は、利用可能手段の選定に用いられることもあるが、免許や車を所有していないなくても家族の車や社用車などが利用可能であること、車利用のみならず公共交通利用の有無にも影響を与えることを考え、社会属性変数として考慮した。なお、説明要因の共通変数として通常用いられる料金については、通勤が9割と大半を占め、本調査でも公共交通機関利用者は自費負担のケースが少ないとから用いないこととした。

手段選択において本研究で採用した説明変数以外の要因の可能性も否定できないが、モデルを従来の平均的な説明指標に所要時間の信頼性指標を追加して簡潔に構成している点に本研究の特徴がある。

アンケートにおいて分析に必要な箇所の回答がなされており、最小・平均・最大所要時間の大小に合理性のある有効データ数は、平常時は515件である。ニュートラム運休時は、515件のうちから運休についても合理的な記述がなされているものを選定し、427件で分析を行った。目的地は50km圏内としている。第2トリップ以降に車利用の制約を受けるトリップを持つ利用者は、Captive層と考えて除

外している。表-3にこれら変数の平均・標準偏差を示す。

交通手段選択の検討においては、出発地と目的地が同一のデータを多数用いて検討することがよいとされる。しかし通常、そのようなデータは、数が限られるため分析精度の悪化が懸念される。本研究におけるアンケート調査データは、出発地はポートタウン地区であるが、目的地は限定されていない。しかし、大半の通勤者は大阪市内が目的地であり、鉄道網もネットワーク状に存在しており、利用者はどの交通手段も選択することが可能である。したがって、本研究ではODを限定せず、ポートタウン地区から大阪市内方面の手段選択と考えて手段選択モデルを構築した。

## 5. 分析結果について

### (1) 平常時における共通変数値の傾向

表-3によれば平均所要時間では、車が40分と一番速く、ついでニュートラム59分、バス62分という順番になっている。しかし、実際の選択結果は、ニュートラム、バス、車の順になっている。このように所要時間が小さい交通手段が必ずしも選択されていない状況があり、平均所要時間のみでは手段選択が説明できないといえる。この理由としては、本研究で目的とするように交通手段の信頼性が考慮されていることが挙げられる。その一方、調査方法が非集計分析を前提とするために、通勤などに通常利用していない交通手段の所要時間を聞いていることも挙げられる。つまり、通勤に車を利用していない回答者が、車利用の所要時間を回答するに当たり、高速利用を前提とした所用時間を回答しているケースが多いこともその理由であると考えられる。

### (2) 所要時間信頼性を考慮した手段選択モデルの構築

4. で述べた考え方をもとに手段選択モデルを構築する。ここでは、アンケートで得た平均所要時間、最小所要時間、最大所要時間の利用について以下に述べる3タイプのモデルを構築、比較する。

#### a) モデルI

所要時間信頼性を考慮する変数として、平均所要時間(AVT)に最小所要時間(MNT)、最大所要時間(MXT)の変数を追加したモデルである。

#### b) モデルII

変数として、平均所要時間(AVT)、最小時間差(LDT)、最大時間差(UDT)を採用したモデル。

表-3 各変数の平均・標準偏差

△	単位	手段	平常時		ニュートラム運休時		
			平均	標準偏差	平均	標準偏差	
【共通変数】 所要時間	分	車	40.515	20.217	46.752	22.560	
		NT	59.435	18.270	—	—	
		バス	62.241	22.975	69.857	22.318	
	〃	車	8.606	9.027	9.862	8.150	
		NT	6.715	5.895	—	—	
		バス	5.907	6.305	9.813	9.049	
最小時間差	〃	車	17.643	22.285	15.269	11.506	
		NT	7.072	7.560	—	—	
		バス	12.146	8.984	11.642	10.089	
	車	車	—	—	—	—	
		NT	—	—	—	—	
		バス	—	—	—	—	
【固有変数:車】 高速or普通	高速	高規制用選択者	312人	1.394	1.386	0.487	
		一般規制用選抲者	203人	—	—	—	
	普通	免許所有者	350人	1.320	1.326	0.469	
		免許不所有者	165人	—	—	—	
【社会属性変数】 車所有	車所有	車所有者	299人	1.419	1.396	0.489	
		車非所有者	216人	—	—	—	
	車無所有	車無所有者	—	—	—	—	
		車所有者	—	—	—	—	
有効データ数			515	—	427	—	
実利用交通手段			車:48、ニュートラム:407、バス:363	—	車:64、バス:363	—	

注1:高速道路利用=1、一般道利用=2 注2:所有=1、非所有=2

表-4 最小・最大所要時間の導入に関する検討結果

△	モデルI	モデルII	モデルIII
	PARAMETER (t-VALUE)	PARAMETER (t-VALUE)	PARAMETER (t-VALUE)
【共通変数】 平均所要時間	0.0263 ( 1.614)	-0.1058 ( -9.551)	-0.0877 ( -8.996)
	-0.1141 ( 6.282)	0.1141 ( 同左 )	0.0658 ( 6.293)
	-0.0180 ( -2.003)	同左 ( 同左 )	-0.0248 ( -1.070)
【固有変数:車】 高速道路or一般道路	2.9237 ( 6.655)	同左 (〃)	2.9106 ( 6.614)
	—	—	—
【社会属性変数】 免許有無:車	-5.1599 ( -4.815)	同左 (〃)	-5.4829 ( -5.065)
	0.9302 ( 3.303)	同左 (〃)	0.9503 ( 3.361)
	-1.5620 ( -2.361)	同左 (〃)	-1.4499 ( -2.226)
	0.6352 ( 2.519)	同左 (〃)	0.6350 ( 2.514)
	—	—	—
車所有:車	—	—	—
	—	—	—
車所有:NT	—	—	—
	—	—	—
バス所有:車	—	—	—
	—	—	—
バス所有:NT	—	—	—
	—	—	—

表-5 平均所要時間と最小・最大時間差間の相関係数

△	車の場合		NT(ニュートラム)の場合		バスの場合	
	平均所要時間	最小時間差	最大時間差	平均所要時間	最小時間差	最大時間差
平均所要時間	1.000	—	—	1.000	—	1.000
最小時間差	0.606	1.000	—	0.419	1.000	0.303
最大時間差	0.084	0.026	1.000	0.195	-0.011	-1.000
					0.160	-0.183
						-1.000

ここで、

$$LDT = AVT - MNT,$$

$$UDT = MXT - AVT,$$

である。

### c) モデルIII

変数として、平均所要時間(AVT), 最小時間差比率(RLD), 最大時間差比率(RUD)を採用したモデル。ここで、

$$RLD = (AVT - MNT)/AVT,$$

$$RUD = (MXT - AVT)/AVT,$$

である。

各モデルのパラメータ推計結果を表-4に示す。

モデルIでは、平均所要時間(AVT)の他に最大所要時間(MXT), 最小所要時間(MNT)を追加した単純なモデル構造としている。ロジットモデルの変数は独立である必要があり、MNT, MXTは、AVTに所要時間変動を増減させた値となるため三者の間には相関が予想される。表-4において平均所要時間のt-値が有意でないのは、これらの変数が独立でないことを示している。

次にモデルIIのように(AVT-MNT), (MXT-AVT)とするとAVTの影響が排除され、各変数間の相関は小さくなると考えられる。本モデルにおける三者の相関を示したもののが表-5である。最も大きい相関係数は、車の場合のAVTとLDT間の0.606であり、他はこれより小さく、AVT, LDT, UDTを変数として採用しても問題は少ないと考えられる。

モデルIIIは、所要時間の変動を(AVT-MNT)/AVT, (MXT-AVT)/AVTとして基準化したモデルである。しかし、表-4に示すように、最大時間関連のt-値は有意でなく、最大最小の両方向への所要時間変動を考慮したモデルとはならなくなつた。

以上の比較から、所要時間信頼性を考慮したモデルの共通変数には、係数の正負が合理的であり、t-値も良好であるモデルIIを用いることとした。

### (3) 選択肢固有ダミー変数の導入について

一般に選択肢固有ダミー変数は、採用した変数のみでは説明できない現象を吸収するものであり、ダミー変数の導入によりモデルの精度が改善される場合が多い。本事例でも、ダミー変数の導入の有無について検討した。しかし、説明力が向上しなかつたため、本検討では、ダミー変数を導入しないモデルとした。

### (4) 平常時の分析結果

MNLモデルによる平常時の分析結果を表-6左に示す。(2)でも述べたように、平均所要時間と最大時間差は、増加するほど効用が減少するのでパラメータの符号は負であるのが正しく、最小時間差は、

表-6 平常時とニュートラム運休時の分析結果

単位	平常時		ニュートラム運休時	
	PARAMETER	t-VALUE	PARAMETER	t-VALUE
[共通変数]				
平均所要時間	分	-0.1058 (-9.551)	-0.0322 (-3.851)	
最小時間差	〃	0.1141 ( 6.282)	-0.0047 (-0.284)	
最大時間差	〃	-0.0180 (-2.003)	-0.0290 (-2.195)	
[固有変数: 車]				
高速or普通	注1	2.9237 ( 6.655)	1.5953 ( 5.616)	
[社会属性変数]				
免許有無: 車		-5.1599 〃 : NT	-2.3589 0.9302 ( 3.303)	(-4.867)
車所有: 車	注2	-1.5620 〃 : NT	-1.6988 0.6352 ( 2.519)	(-4.209)
L*(0)		-338.6807	-180.4100	
L*(c)		-225.7242	-130.4199	
尤度比		0.334	0.277	
HIT-RATIO[%]		82.14 = 423/515	86.89 = 371/427	
SHARE(%)	車	ニュートラム	バス	車
PREDICT	7.4	87.8	4.9	7.0
ACTUAL	9.3	79.0	11.7	15.0
				バス

注1: 高速道路利用=1, 一般道利用=2 注2: 所有=1, 非所有=2

表-7 運休前後のパラメータ比率の変化

	平常時	ニュートラム運休時
[最小時間差]		
[平均所要時間]	-1.079 *	0.145
[最大時間差]		
[平均所要時間]	0.171 *	0.900 *

(\* : t-値有意)

増加するほど効用が増加するので符号は正であるのが正しい。共通変数のパラメータの符号はいずれもこのようになっており合理的である。また、固有変数、社会属性変数項のパラメータの正負も合理的である。

t-値を見ると平均所要時間のt-値の絶対値は、9.55と最大で、次に高速利用の有無、最小時間差のt-値の絶対値が6.66～6.28と続いている、すべて有意である。

非集計分析ではパラメータの比較は、単位が異なることもあり安易にはできない。しかし、森川<sup>24)</sup>は、交通における情報の価値について論じ、非集計モデルの推定パラメータを基準化すれば、情報提供前後の効用を捉えることができるとしている。Hendrickson, Plank<sup>25)</sup>や松井、藤田<sup>26)</sup>、朝倉、柏谷他<sup>27)</sup>は、非集計分析でパラメータを基準化して比較を行い、時間変数の価値をドルや円で表現している。

ここでは単位が同じである所要時間関係のパラメータについて比較する。平均所要時間と最小時間差

のパラメータを比較すると、表-7左に示すように両者は同等の重要度を持つ。これは、利用者にとって平均所要時間からの時間短縮効果が平均所要時間と同じ価値を持つことを示している。また、最大時間差のパラメータが平均所要時間の 0.171 倍 ≈ 1/5 であることと対比すると、最大時間差より最小時間差の方が約 5 倍大きな影響力を持つことが推定される。このことは一般化して述べることはできないかもしれないが、得られた結果に関するいえば、本研究で得られた興味深い結果である。すなわち、日々の手段選択において、利用者は所要時間の増加よりも、過去に経験した短縮効果の方を期待していることになる。

#### (5) 運休時における共通変数値の変化

ニュートラムが運休したことにより、所要時間などがどのように変化したかを概観する。なお、ニュートラム運休中に運行された代行バスと既存の路線バスについては、利用者は同種の輸送機関と見なしていると考え、本研究ではモデルの簡便性を考慮しバスという項目で一体に取り扱った。

表-6の各交通手段の利用率は、平常時は、車 9.3%，ニュートラム 79%，バス 11.7%であったが、ニュートラム運休時は、車 15%，バス 85%となり、車の利用率が 1.6 倍に増加している。表-3のアンケート結果による平均所要時間では、平常時と同様に車が 47 分と一番速く、ついでバス 70 分という順番になっている。一方、運休前後の比較では、車、バスは各々約 7 分の増加、平常時のニュートラムと運休時のバスの比較では約 10 分の増加となっており、ニュートラムの運休が道路交通に与えた影響の大きさが分かる。この 10 分増という値は、表-2のニュートラムと代行バスの公称所要時間の差に一致している。

最小時間差については、平常時と比較すると平均所要時間が増加していることもあり、車利用で約 1.3 分、バス利用で約 3.9 分の増加となっている。なお、平常時のニュートラムと運休時のバスの比較では約 3.1 分の増加である。

車に比べバス利用の方が最小時間差の増加が大きいのは、

a) 路線バスは一般乗合旅客自動車運送事業法に基づき運行されているが、道路運送法第 16 条の規定により、早着した場合でも早発できず、主要停留所で時間調整しダイヤどおりの運行に務める必要がある。

- b) ニュートラム運休時のような非常時の場合、代行バスをどのような法的位置付けで運行するかは、各事業者の判断による。しかし、路線バスと同様な取り扱いとすると申請から認可までにかなりの期間を要する。このため、ポートタウンの例では、「一般貸切旅客自動車運送事業(限定)」として運行がなされ、始終端停留所や車両数の設定はあるがダイヤの設定はなかった。
- c) したがってラッシュ時には代行バスを数分間隔で頻発することを目標としたので大幅に遅れる場合もあるが、かなり早く着くケースがあった。これが理由であると考えられる。

最大時間差の平均は、車では平常時よりも約 2.4 分、バスでは約 0.5 分小さくなっている。しかし、平常時のニュートラムと運休時のバスの比較では逆に約 4.6 分増加している。これは、車、バスについては、平均所要時間が約 7 分増加したのが主原因であると考えられ、ニュートラムとバスの比較では、定時性の高い鉄道交通(ニュートラム)と道路交通の違いによると考えられる。

#### (6) ニュートラム運休時の分析結果

分析結果を表-6右に示す。パラメータ比率として重要度の変化を考察すると表-7に示すようになる。[最小時間差] / [平均所要時間] のパラメータ比率を見ると、平常時は -1.079 であったものが、ニュートラム運休時は 0.145 と影響が激減し、最小時間差の t- 値も平常時は 6.28 と大きな値であったものが、運休時は -0.28 と有意でなくなっている。

一方、[最大時間差] / [平均所要時間] のパラメータ比率では、平常時は 0.171 であったものが、運休時は 0.900 と最大時間差の影響が相対的に大きくなっている。

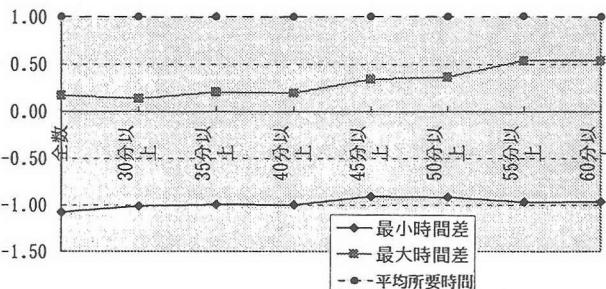
これは、平常時では早く到着できる可能性をかなり重視していた利用者も、非常時においては、それよりも最大時間を重視する方向に転じたことを意味している。これは、非常時の交通輸送システムを管理する場合の重要なポイントである。非常時では、通勤者は、早着の希望よりも、確実に到着することをより重視する。つまり、非常時の交通システム管理にあたり配慮すべき事項として、迂回路情報やその予想所要時間、および遅延の可能性についての正確で迅速な情報を利用者に提供することが重要であるということを我々に教えていた。将来の交通情報提供システムにおいては、このようなことを考慮した所要時間情報などを提供することが必要であると

表 -8 車の平均所要時間で分類した集計結果（平常時）

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース7	ケース8
全数	30分≤	35分≤	40分≤	45分≤	50分≤	55分≤	60分以上	
利用者数	車	48	39	28	24	15	9	6
	NT	407	340	227	213	143	125	88
	バス	60	35	17	16	9	5	3
	計	515	414	272	253	167	139	96
構成比	車	9.32%	9.42%	10.29%	9.48%	8.98%	6.47%	6.18% 6.25%
	NT	79.02%	82.12%	83.45%	84.18%	85.62%	89.92%	90.72% 90.62%
	バス	11.65%	8.45%	6.25%	6.32%	5.38%	3.59%	3.09% 3.12%
	総数	ケ	515	414	272	253	167	139

表 -9 車の平均所要時間で分類した分析結果（平常時）

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース7	ケース8
全数	30分以上	35分以上	40分以上	45分以上	50分以上	55分以上	60分以上	
平均所要時間	-0.1058 (-9.55)	-0.1055 (-8.03)	-0.1085 (-6.42)	-0.1063 (-5.02)	-0.1115 (-4.64)	-0.0810 (-3.42)	-0.1020 (-2.91)	-0.1019 (-2.91)
最小時間差	0.1141 (6.28)	0.1087 (5.06)	0.1079 (4.19)	0.1083 (4.03)	0.1014 (3.00)	0.0743 (2.10)	0.0987 (2.12)	0.0986 (2.12)
最大時間差	-0.0180 (-2.00)	-0.0146 (-1.48)	-0.0223 (-1.96)	-0.0209 (-1.80)	-0.0379 (-2.12)	-0.0295 (-1.21)	-0.0551 (-1.73)	-0.0551 (-1.73)
データ数	515	414	272	253	167	139	97	96

図 -6 平均所要時間のパラメータを 1 とした場合  
考え方である。

## (7) 平均所要時間によるセグメンテーション(平常時)

(4) では有効データすべてを対象に分析したが、本モデルは信頼性を時間差の形で考慮しており、平均所要時間が長い場合と短い場合とでは選択行動に違いがあることも考えられる。このため平均所要時間による選択の異質性を分析するため、所要時間をある基準でセグメントに区分して検討した。

今回は、平常時の車の平均所要時間で区分し、30分から5分刻みで60分までの8区分とした。層別区分をしない全数をケース1、車の平均所要時間30分以上で区分したものをケース2、以下同様にして60分以上で区分したものをケース8とする。

各ケースにおける利用者数や構成比を表-8に示す。ニュートラム利用者の構成比は、平均所要時間の区分が高いほど大きくなり、バス利用者の構成比は逆に減少している。また、車利用者の構成比はケース2～ケース4にかけて大きくなり、それ以後は減少している。このことから傾向的に車の平均所要時間が長いグループほどニュートラムの利用率が高

く、車利用は比較的短距離の利用者が中心であることが分かる。傾向をより詳細に分析するため、各ケースについて(4)と同様に分析した。分析結果を表-9に、平均所要時間のパラメータを1とした最小時間差、最大時間差のパラメータ比率のグラフを図-6に示す。

t-値を見ると平均所要時間や最小時間差の絶対値は、ケース1→ケース8にかけて減少しているが、1.96以上であり有意である。両者のパラメータを比較するとどのケースでも

$$[\text{平均所要時間}] : [\text{最小時間差}] = -1:1$$

であり、全データを対象とした分析結果と大差ないことが明らかとなった。

一方、最大時間差のt-値の絶対値は、ケース1,3,5のみ1.96以上で、特に所要時間50分以上で区分したケース6以降は、すべて有意でない。両者のパラメータの比較では、図-6に示すように所要時間の分類が大きくなると比率が上昇している。一般的に通勤距離が増大するほど、利用者は、最大時間差により注意を払うようになると考えられ、最大時間差のパラメータ比率の増加は、この傾向を裏付けている。しかし、t-値が有意でないケースが多い。この理由として次のような理由が考えられる。所要時間が長いケースではデータ数が減少し、各変数間の相関が強くなり従属関係が発生するためか、各変数のt-値は、減少傾向にある。このため、もともとt-値が低い最大時間差は、所要時間が長いケースになると有意でなくなったと考えられる。このように我々が予想したような、有意の最大時間差のパラメータの重要性が増大するという結果は得られなかった。

## 6.まとめと課題

本研究では、手段選択の説明要因として從来から提案してきた所要時間などの他に、所要時間の変動や安定性を説明する要因を追加し、交通手段の時間信頼性を考慮した手段選択モデルを構築することを目的とした。そのため、通常の平均所要時間の他に、利用者が過去に経験した最小および最大の所要時間を各交通手段毎にアンケートで調査し、非集計モデルを構築した。モデル構築にあたっては、所要時間項の問題を考慮して3つのモデルについて比較検討を行い、最小時間差、最大時間差という形で導入した。

本研究で得られた成果をまとめると以下のとおり

である。

(1) 平常時において最小時間差は、平均所要時間と同程度の重要度を持つが最大時間差の影響は少ない

平常時の分析では、平均所要時間の重要度と最小時間差（平均所要時間と最小所要時間との差）の重要度はほぼ等しいが、最大時間差については、平均所要時間の 20 % 程度の重要度しか持たないという結果が得られた。この結果は、利用者が日々、平均所要時間と同程度に今までに経験した所要時間の短縮を期待しているのに対して、遅延する可能性は早く到着する可能性の約 1/5 程度しか考慮しないということを示唆している。

(2) 主要交通手段が運休したような状況では、最小時間差の影響は激減し、最大時間差の重要度が増加する

ニュートラム運休時の分析では、平常時に比べ最小時間差の重要度が激減する一方、最大時間差の重要度が大幅に増加するという結果が得られた。このことは、平常時においては早く到着できる可能性を重視していた利用者が、非常時になると時間遅れを重視する方向に転じたことを示唆している。

(3) 平常時の所要時間で層別分類しても、最小時間差の重要度は大きな変化を示さない

選択の異質性を分析するため、平常時の車の所要時間に関して層別分類し検討したが、最小時間差を重視している傾向には大きな変化がみられなかつた。一方、所要時間が増大すると、最大時間差の重要度は増加するという結果が得られた。これは予想通りの結果であったが、 $t$ -値については、所要時間が増大すると有意性が少なくなるという結果となつた。

以上の結果は、非常時における交通システム管理において、

- a)迂回路情報やその予想所要時間の情報
- b)遅延の可能性についての正確で迅速な情報などを利用者に提供することが重要であることを示している。非常時における交通システムでは、上記の情報提供を含むシステムの運用が重要となる。

今後の課題を述べる。今回提案したモデルは、所要時間信頼性を直接的に考慮した手法であり、従来の Hall<sup>[3]</sup>などによる所要時間変動を遅刻や早着に伴うペナルティに置き換えて効用関数を求める手法とは異なる。今回のアンケート調査では最小・

最大所要時間の出現頻度や出勤時刻、始業時刻に関する調査も行っているので、効用関数に所要時間分布やペナルティ項を含むモデルを構築することができる。このために NL モデルなどを用いることを考えている。このモデルと今回構築したモデルを比較することで、両手法間の利害得失が明らかになると考えられる。また、1 つのモデルで平常時と非常時に連続的な対応ができる手法の検討を進めることも今後の課題である。

以上の検討を進めながら、平常時のみならず非常時にも有効な交通運用システムの検討を進めていきたいと考えている。

**謝辞：**本研究においてアンケート結果のデータベースの構築およびデータ入力に関して労を惜しまなかつた福井大学大学院博士後期課程宇佐美誠史君（当時大阪府立高専学生）、株式会社富士技研森山伸一君（同）の両君、ならびにアンケート調査にご協力いただいたポートタウン地区の住民の皆様に厚くお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 亀田弘行：都市震害の経験に学ぶ－都市の耐震性は向上しているか－、京都大学防災研究所公開講座・都市の防災[第1回]，pp.93-116, 1990.
- 2) 亀田弘行、浅岡克彦、小川信行、能島暢呂：ロマ・ブリエタ地震がサンフランシスコ湾岸地域の交通システムに与えた影響、京都大学防災研究所都市耐震センター研究報告別冊第7号, 1991.3.
- 3) 若林拓史、亀田弘行：ロマ・ブリエタ地震によるサンフランシスコ湾岸地域の交通サービスへの被害分析と交通運用策の評価、土木計画学研究論文集 No10, pp.103-110, 1992.
- 4) 若林拓史、亀田弘行：ロマ・ブリエタ地震後のサンフランシスコ湾岸地域の道路網運用の効果分析と災害時の道路網計画、都市計画論文集 No30, pp.91-96, 1995.
- 5) 若林拓史、能島暢呂：ノースリッジ地震と阪神大震災から学ぶ交通システムの危機管理、地域安全学会論文報告集 No5, pp.243-250, 1995.
- 6) 若林拓史、能島暢呂：交通システムの危機管理、土木学会震害調査シリーズ④ 1994 年ノースリッジ地震震害調査報告(第9集), pp.231-247, 1997.
- 7) 若林拓史：阪神淡路大震災における道路網連結信頼性と確率重要度による重要区間の評価、土木計画学研究論文集 No13, pp.391-400, 1996.
- 8) Hendrickson, C. and Plank, E. : The Flexibility of Departure Times for Work Trips, *Transportation Research*, Vol.18A No.1, pp.25-36, 1984.
- 9) Abkowitz, M. D. : Understanding the Effect of Transit Service Reliability on Work-Travel Behavior, *Transportation Research Record* 794, pp.33-41, 1981.
- 10) Palma, A. D. , Hansen, P. and Labbe, M. : Commuters' Paths with Penalties for Early or Late Arrival Time,

- Transportation Science*, pp.276-286, 1990.
- 11) Jackson, W. B. and Jucker, J. V. : An empirical study of travel time variability and travel choice behavior, *Transportation Science*, pp.460-475, 1982.
  - 12) Srinivasan, V. and Shocker, A. D. : Estimating the Weights for Multiple Attributes in a Composite Criterion Using Pairwise Judgments, *Psychometrika* 38, pp.473-493, 1973.
  - 13) Hall, R. W. : Travel Outcome and Performance : The Effect of Uncertainty on Accessibility, *Transpn Res.-B* Vol.17B No4, pp.275-290, 1983.
  - 14) 加藤文教, 門田博知, 浜田信二 : 道路の信頼性評価の簡便法, 土木計画学研究論文集 No4, pp.181-188, 1986.
  - 15) 内田敬, 飯田恭敬, 松下晃 : 通勤ドライバーの出発時刻決定行動の実証分析, 土木計画学研究論文集 No10, pp.39-46, 1992.11.
  - 16) 内田敬 : 実効旅行時間に基づく出発時刻・経路選択行動モデル, 土木計画学研究講演集 No17, pp.775-776, 1995.1.
  - 17) 飯田恭敬, 柳沢吉保, 内田敬 : 通勤ドライバーの出発時刻と経路の同時選択に関する行動分析, 交通工学 Vol.28 No6, pp.11-20, 1993.
  - 18) 飯田恭敬, 柳沢吉保, 内田敬 : 通勤者の出発時刻と経路を考慮した機関選択に関する行動分析, 土木計画学研究講演集 No17, pp.441-444, 1995.11.
  - 19) 飯田恭敬, 柳沢吉保, 内田敬 : 交通状態の不確実性を考慮した時差出勤策について, 土木計画学研究講演集 No15(1), pp.9-16, 1992.11.
  - 20) 松井寛, 藤田素弘 : フレックスタイム下における通勤出発選択行動とその効果分析, 土木学会論文集 No470 / IV-20, pp.67-76, 1993.12.
  - 21) 飯田恭敬, 柳沢吉保, 内田敬 : 通勤者の出発時刻を考慮したピーク需要コントロール政策の比較分析, 土木計画学研究講演集 No18(1), pp.95-96, 1995.12.
  - 22) 大阪市交通局 : 大阪市交通事業の概要, 1993.11.
  - 23) 大阪市交通局 : バス交通調査実績表, 1993.6.2 ~ 3 實施.
  - 24) 森川高行 : 交通における情報の価値, 交通工学 Vol. 29 No.1, pp.5-10, 1994.
  - 25) 朝倉康夫, 柏谷増男, 森智志, 坂本志郎 : 交通情報提供の効果計測のためのモデル分析 : 駐車場情報を例に, 土木計画学研究講演集 No16(1), pp.41-47, 1993.12.

(1998. 2. 12受付)

## EFFECT OF TRAVEL TIME RELIABILITY ON MODE CHOICE BEHAVIOR OF COMMUTERS AND TRAVEL BEHAVIOR CHANGE BEFORE/AFTER PUBLIC TRANSPORTATION SERVICE CLOSURE

Hiroshi WAKABAYASHI, Katsuhiko ASAOKA, Hiroyuki KAMEDA and Yasunori IIDA

Mode choice model explicitly considering travel time reliability is developed. This model quantifies travelers' attitudes towards travel time fluctuation as well as average travel time. Discrete choice model is estimated using survey data of new town commuters' decision making, which is drastically changed after major transportation closure.

First, this paper discusses the background of the research. Second, the significance of reliability of transportation systems is presented in chapter 2 where a state-of-the-art is briefly shown. Chapter 3 describes the case study area and the incident which caused the major transportation service halt. In chapter 4 and 5, mode choice model for assessing travel time reliability is proposed, after several models are tested using the actual data for normal period.

Finally, change in mode choice behavior before and after the temporal closure of major transportation service is presented. The commuters' attitude towards travel time reliability is discussed for normal and abnormal periods.