



---

# 主観的価値に基づく超低床式路面電車の 導入事業の評価手法の開発

---

(課題番号：14550530)

平成14～15年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))

研究成果報告書

平成16年2月

研究代表者 <sup>フジワラ アキマサ</sup> 藤原章正



大学大学院国際協力研究科教授)

## まえがき

環境財に対する価値（オプション価値、代位価値、存在価値、遺産価値など）の計測には、最近、意識データを用いた主観的価値の計測法（仮想評価法：以下 CVM）が用いられる場合が増えている。しかし、客観的価値の評価法に比べて評価指標の信頼性（偏りやばらつき）に疑問が残されており、説明責任のもてる交通事業評価手法とするためにも主観的価値の計測法の改良が望まれている。

本研究は、「超低床式車両を用いた路面電車（以下、低床式 L R T と呼ぶ）」を対象として、主観的価値に基づく交通事業評価手法を確立することを目的とする。低床式 L R T は高齢者や障害者にとってバリアをなくし利用を促進するといった利用価値のみならず、若者にとって自らの老後の利用を見込んだオプション価値や他者の福祉改善による価値なども含まれており、これらを如何に計測するかが重要となる。

研究の方法としては、14 年度に、まず「CVM による環境質の経済評価：非市場財の価値計測」をレビューし基礎理論と問題点を明らかにした後に、1999 年に研究グループで実施した広島市低床式 L R T の導入に対する WTP 調査データを用いて、主観的価値データに含まれる問題点とその対応方法について検討した。その結果、CVM の回答者が表明する支払意思額に含まれる曖昧性には 4 つのタイプがあることが明らかになった。これらの曖昧性への対処法として、ファジィ理論に基づく調査分析方法（ファジィ CVM）を提案し、その有効性について道路整備事業のアンケートデータを用いて検討した。

15 年度は、初年度に構築した主観的価値の曖昧性を取り扱うことのできるファジィ理論に基づく調査分析方法を改良して、CVM により計測した主観的価値の区間推定の方法を提案した。その成果は、日本都市計画学会、土木学会およびアジア交通学会において発表した。また、路面電車の低床化に対する主観的価値のバイアス修正のために抵抗回答の修正方法と負価値回答の修正方法を提案してその有効性を実証した。

最後に、熊本市および広島市で導入された低床式路面電車に対する利用者の満足度調査データを用いて、低床式 L R T に対する利用者の重要視するサービス要因とその水準を明らかにした。また熊本市と広島市のデータを比較して、低床式 L R T に対する主観的価値の地域間安定性について検討するとともに、広島市の 2 時点のデータを比較して、同じく時点間安定性について検討した。

以上 2 年間の研究により提案した低床式 L R T 導入の主観的価値の計測方法は、従来の手法よりも信頼性が高く、当初の目的はほぼ達成できたと考えている。今後は、手法の簡便性、客観的な利用データと主観的な心理データとの統合方法など、実用化に向けた検討を重ねてゆく予定である。

広島大学図書

0130499828



研究代表者 藤原章正

## 研究組織

研究代表者 藤原章正 (広島大学大学院国際協力研究科教授)  
研究分担者 杉恵頼寧 (広島大学大学院工学研究科教授)  
張 峻屹 (広島大学大学院国際協力研究科助教授)  
岡村敏之 (広島大学大学院国際協力研究科助手)  
研究協力者 李 百鎮 (広島大学大学院国際協力研究科博士課程後期)  
黒田英伸 (広島大学大学院国際協力研究科博士課程前期)  
桑野将司 (広島大学大学院国際協力研究科博士課程前期)  
三宅洋行 (広島大学大学院国際協力研究科博士課程前期)

## 交付決定額 (配分額)

(金額単位：万円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 14 年度	110	0	110
平成 15 年度	120	0	120
総計	330	0	330

## 研究発表

### (1) 学会誌等

- 1) 杉恵頼寧・張峻屹・岡村敏之・藤原章正・周藤浩司 (2002) : フレックスタイム制度の導入が出勤・退社時刻選択行動に及ぼす影響の分析, 土木計画学研究・論文集, No.19, pp.383-390.
- 2) 岡村敏之・藤原章正・神野優・杉恵頼寧 (2002) : 共通プリペイドカードによる都市圏内公共交通乗車記録の特性分析, 土木計画学研究・論文集, No.19, No.1, 29-36.
- 3) 岡村敏之・藤原章正 (2002) : 共通プリペイドカードデータを用いた公共交通機関の需要特性分析, 交通工学研究発表会論文報告集, No.22, pp.261-264.
- 4) 張峻屹・杉恵頼寧・藤原章正・玉置善生 (2002) : 相対性効用の概念に基づく交通機関SPパネルデータの分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.19, No.3, pp.365-374.
- 5) 森山昌幸・藤原章正・杉恵頼寧 (2002) : 高齢社会における過疎集落の交通サービス水準と生活の質の関連性分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.19, No.4, pp.725-732.
- 6) 藤原章正, 岡村敏之(2002) : 広島都市圏における都市形態が運輸エネルギー消費量に及ぼす影響, 第37回日本都市計画学会学術研究論文集, pp151-156.
- 7) 森山昌幸・藤原章正・杉恵頼寧・小霜陽子 (2002) : GIS集落データベースを活用した過疎地域のバス運行計画支援ツールの開発, 交通工学研究発表会論文報告集, No.22, pp.261-264.
- 8) Fujiwara, A., Lee, B.J., Ishikawa, N. (2002) : Scheduling behavior models for long-distance intercity travel, Proceedings of the ICIT, pp.458-464.
- 9) Moriyama, M. Fujiwara, A. and Sugie, Y. (2002): Development of GIS-aid Planning system for Bus Services in Depopulated Areas, Proceedings of ICIT, Beijing, pp.380-389.
- 10) 石川智之・藤原章正・杉恵頼寧・李百鎮 (2003) : 不確実性を考慮した航空移動スケジュール決定行動モデルの構築, 土木計画学研究・論文集, Vol.20, No.3, 509-514.
- 11) 張峻屹・藤原章正・岡村敏之・尾高慎二 (2003) : 選択肢評価構造の不均一性を考慮したマルチモーダル情報提供効果の評価, 交通工学研究発表会論文報告集, No.23, 213-216.
- 12) 藤原章正・城福健陽・坂田俊平・森山昌幸 (2003) : 身の丈にあった地域公共交通サービスを目指して—計画支援シミュレーションシステム ComPASS, 運輸と経済, No.2, pp.61-68.
- 13) 藤原章正・張峻屹・岡村敏之 (2003) : ファジィ理論に基づくCV調査分析法による住区内街路整備の評価, 都市計画論文集, No.38-3, 505-510.
- 14) 森山昌幸・藤原章正・杉恵頼寧 (2003) : 過疎地域における公共交通サービスの評価指標の提案, 都市計画論文集, No.38-3, 475-480.

- 15) 茂里一紘・山下英生・齊藤公男・藤原章正 (2003) : 新しい研修派遣型技術者教育の試みとその評価, 工学教育, 日本工学教育協会, Vol.51, No.5, 11-17.
- 16) Fujiwara, A., Lee, B.J. and Zhang, J. (2003): A Hybrid Discrete Choice Model with Fuzziness, Proceedings of European Transport Conference (CD-ROM).
- 17) Fujiwara, A., Sugie, Y. and Harada, S. (2003) : Effectiveness of EM-based imputation methods on correcting item non-response biases in travel diaries. Selected Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research.
- 18) Lee, B.J., Fujiwara, A. and Namgung, M. (2003) : Route choice behavior model using fuzzy inference. Selected Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research.
- 19) Lee, B.J., Fujiwara, A., Sugie, Y. and Namgung, M. (2003) : A sequential method for combining random utility model and fuzzy inference model. Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.7, No.2.
- 20) Lee, B.J., Fujiwara, A., Zhang, J. and Sugie, Y. (2003): Analysis of Mode Choice Behaviours based on Latent Class Models, Proceedings of the 10th International Conference on Travel Behaviour Research, International Association for Travel Behaviour Research (IATBR) (CD-ROM).
- 21) Lee, B.J., Fujiwara, A., Zhang, J. and Kuwano, M. (2003): Measurement of Willingness to Pay of Street Environment Improvement Based on Uncertainty, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.4, 1356-1365.
- 22) Moriyama, M., Fujiwara, A., Sugie, Y. and Zhang, J. (2003): Development of a Travel Frequency Forecasting System for Bus Service in Depopulated Areas, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.5, 1576-1590.
- 23) Okamura, T., Fujiwara, A. and Zhang, J. (2003): Transport Survey and Marketing Methods in Urban Public Transport by Using Boarding Records Collected by Integrated Stored Fare Card System, Selected Paper for International Symposium on City Planning, 270-279.
- 24) Sugie, Y., Zhang, J. and Fujiwara, A. (2003): A Weekend Shopping Activity Participation Model Dependent on Weekday Shopping Behavior, Journal of Retailing and Consumer Sciences, Vol.10, No.6, 335-343.

# 目次

第1章	調査研究の概要	
1.1	調査研究の目的	1
1.2	調査の概要	2
第2章	低床式路面電車の顧客満足度の時点間および地域間比較	
2.1	はじめに	3
2.2	アンケートの概要	3
2.3	調査の集計結果	4
2.4	時点間のLRV導入効果分析	9
2.5	地域間のLRV導入効果分析	18
第3章	仮想評価法を用いた低床式路面電車の評価	
3.1	背景	26
3.2	既往の研究のレビュー	27
3.3	広島市の低床式路面電車	28
3.4	調査の概要	28
3.5	路面電車に対する一般住民の評価と支払意思額	29
3.6	支払意思額決定モデル	30
3.7	路面電車低床化の価値	33
3.8	まとめ	35
第4章	ファジィ理論に基づくCV調査分析法の提案	
4.1	はじめに	36
4.2	本研究の位置づけ	36
4.3	ファジィCVMの提案	36
4.4	アンケート調査	40
4.5	従来の方法による推定結果	40
4.6	ファジィCVMによる推論結果	42
4.7	ファジィCVMの有効性の検討	44
4.8	結論	45

参考文献

# 第1章 調査研究の概要

## 1.1 調査研究の目的

近年、世界的に環境、高齢社会といった観点から路面電車の見直しが進んでいる。我が国でも1997年に熊本市で、1999年に広島市でそれぞれ低床式車両（Light Rail Vehicle：LRV）を用いた路面電車の営業が開始された。この新しい路面電車は、車内の段差を無くするようデザインされた乗り物であり、健常者だけではなく高齢者や身障者等の移動制約者の乗降も楽になると考えられている。すなわち、利用者にとってはサービス水準が改善され、満足度の向上が大いに期待されている。

欧米では公共交通機関の運行コストに占める補助金の割合が、平均でも50%を占めており、近年新設されたものに限ればさらに高い割合となっている。我が国においても、ノンステップバスやコミュニティバスに対する補助制度があり、路面電車に対しても助成措置が講じられるようになった。しかし、それに伴う行政の負担が増大し一部削減するとの意向を示したことにより、バス事業者等の中には新車両の導入を見合わせるものもある。路面電車の運行費用を税金で賄うことについては賛否両論があるであろうが、財源の補助を慎重に検討していく必要がある。そのために、事業による便益をより正確に把握する必要がある。

このような社会資本の整備における評価は、これまで費用便益分析などを用いて行われることが多かった。しかし、路面電車の低床化のような質的な改善事業の評価を路面電車の旅客数の増加といった顕在化した需要によってのみ行くと、短期的には必ずしも効果があったという評価になることは少ない。実際には、顧客満足度の向上という、顕在化していない評価指標が大きく改善されていると考えられる。また、そのような直接的な利用によって得られる便益以外にも、路面電車の存在自体の価値や、それによる都市のイメージアップといった効果、さらに、直接的な利用以外の利用価値（将来の利用を考えた場合の安心感など）や非利用価値（他人の利用を考慮した場合の価値など）といった評価指標も、顕在化はしていないものの向上していることが十分に考えられる。このような潜在的・間接的な需要（価値）を評価指標に加えると、評価結果が異なることが予想される。

これらの間接的・潜在的な価値を計測する手法として、仮想評価法（Contingent Valuation Method：CVM）が開発されている。その評価対象の範囲は拡大されつつあり、交通工学の分野においても適用可能性が確認されてきている。しかしながら、CVMには様々なバイアスが存在することが報告されており、研究の主眼はバイアスを除去し精度を向上させることに置かれている。

前述したように、既存の評価手法では顧客満足度の向上や直接的利用価値に含まれない価値を計測することはできない。そこで本研究では、直接的利用価値以外の価値と顧客満足度を定量的に評価する手法を考案し、LRVの導入効果を評価することを目的とする。その際、環境経済学の分野で発展してきたCVMの適用可能性について検討することとし、各種バイアスの存在を念頭に置き、最適な適用方法を考案する。また、CVM推定論に関

して、これまで抵抗回答として扱われてきた「計画に反対」との回答を「拒否回答」と定義し、その取り扱い手法について提案する。

また、さらなる導入に向けて、LRV の効果が地域間・時点間との満足度の比較分析によって、一般性の高いものであることが確認されるならば、西欧に比べて路面電車に対する補助金制度が充実していない日本の政府の対応を変えることが期待できる。そこで本研究の目的として、より一般的な LRV の評価を高めるために顧客満足度の変化の分析を、さらに空間的（異なる地域間）・時間的（導入後経過時間）に分析を押し進めることで、利用者の LRV への評価の安定性を確認する。その比較分析を、広島・熊本を対象にした。全国での位置付けとして、広島は大都市、熊本は地方都市としての特色が強く、これらを分析して得た結果は、他都市にもはてはまると考えられる。

## 1.2 調査の概要

広島、熊本での LRV 導入経緯とアンケート調査の日程を表 1.1 に示す。

表 1.1 LRV 導入・アンケート日程<sup>1)</sup>

		H11												H12											
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
熊本 営業開始(H9.8.1)	LRV導入経過推移	• (2編成追加) 11/8 12/15																							
	アンケート実施期間	↔																							
広島	LRV導入経過推移	5/24			6/15			9/30			10/31			• (3編成追加) 11/6 12/31											
	アンケート実施期間	↔			↔			↔																	

熊本では LRV 導入後 2 年 4 ヶ月後に、広島では導入前、導入後 4 ヶ月後、導入後 1 年 5 ヶ月後に調査を行ったデータを利用する。調査項目の概要は表 1.2 の通りである。

表 1.2 調査項目の概要

	広島			熊本
	導入前	導入後(前期)	導入後(後期)	導入後
個人属性・世帯特性	○	○	○	○
通勤通学状況	○	○	○	○
私用移動状況	○	○	○	○
路面電車の評価	○	○	○	○
路面電車のイメージ	○	○		○
必要なまちづくり	○			○
公共交通政策に対する賛否	○			
低床式路面電車の認知状況	○			
低床式路面電車の利用・評価		○	○	○
CVM	○	○		
サービス水準によるSP調査	○			
共通カードの評価			○	
路線の延伸希望箇所				○
公共交通問題への自由記入				○



## 第2章 低床式路面電車の顧客満足度の時点間および地域間比較

### 2.1 はじめに

近年，日本では低床式路面電車(LRV)導入の動きが全国各地で広がっており，導入効果を明らかにすることが望まれている．従来は利用者の増減による顕在化した需要による効果分析が行なわれてきたが，それでは潜在的な需要など全ての価値を測定することができない．そこで本研究では顧客満足度を効果指標とし，これらを異なる地域間・時点間で比較することによって，LRVの導入効果の安定性について検討することを目的とする．

比較の対象としては，公共交通機関の需要がある程度見込まれる地方中枢都市及び，中核都市である広島と熊本をとりあげ，利用者に個人属性・利用頻度・満足度評価・LRV評価などを含む同じアンケートをおこなった．そのデータを基に，それぞれ集計分析・共分散構造分析を行い，結果を考察する．

### 2.2 アンケートの概要

本調査では，広島電鉄・熊本市交通局・九州東海大学との協力により，LRV導入後の満足度を測定するために，共通アンケート項目を設け，それぞれでアンケートを行った．表2.2.1にLRV導入・アンケート日程を示す．

表 2.2.1 LRV 導入・アンケート日程

		H11											H12										
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
熊本 営業開始(H9.8.1)	LRV導入経過推移	• (2編成追加) 11/8 12/15																					
	アンケート実施期間	↔																					
広島	LRV導入経過推移	• 9/30 10/31 • (3編成追加)											11/6 12/31										
	アンケート実施期間	↔											↔										

アンケート実施期間の状況

広島 H11.9/30～10/31 導入4ヵ月後 1編成運転

H12.11/6～12/31 導入1年5ヵ月後 4編成運転

熊本 H11.11/8～12/15 導入2年4ヵ月後 3編成運転

以下，H11に広島で行った調査を広島（前期），H12に行った調査を広島（後期）と呼ぶ．

#### 2.2.1 共通の質問項目の内容

##### 1) 個人属性

性別 年齢 職業 自家用車台数 住所

##### 2) 通勤通学状況

自宅出発時刻 目的地到着時刻 自宅一乗車電停，降車電停一目的地までのそれぞれの手段と時間 乗換回数・時間 乗車・降車電停 運賃 運賃支払方法

### 3) 私人(通勤・通学以外)移動状況

路面電車利用頻度 目的地 代表交通手段

### 4) 路面電車の評価

安全性(3項目) 速達性(2項目) 定時性(1項目) 快適性(6項目)  
利便性(8項目) 経済性(1項目) 情報(1項目) 総合評価

### 5) LRVの利用・評価

乗車経験 乗降 揺れ 座席 座席数 車内広さ

### 6) LRVのSP評価

外出増加 イメージ 増便

## 2.2.2 アンケート配布・回収状況

配布に関して、広島では広島電鉄に、熊本では熊本市交通局にアンケート配布を委託した。配布・回収結果は表 2.2.2 の通りである。広島での配布場所は主に広島・横川・己斐・宮島線沿線の主要電停である。またクロス集計では路面電車・LRV 満足度の平均値のみ欠損値を含む回収数でそのまま分析を行った。有効回答率が低い数値を示すのは、欠損値を除いたデータのみを共分散構造モデルで使用したためである。サンプル数が低いため、クロス集計ではばらつきがみられた。

表 2.2.2 アンケート配布・回収結果

(単位:枚 回収率=回収数/配布数 有効回答率=有効回答数/回収数)

対象	配布場所	配布数	回収数	有効回答数	回収率(%)	有効回答率(%)
広島(前期)	全線の主要電停	1342	383	135	28.5	35.1
広島(後期)		4000	1019	370	25.4	36.3
熊本	熊本駅・健軍	2000	432	247	21.6	57.2

## 2.3 調査の集計結果

### (1) 個人属性・利用特性

年齢構成を見ると、熊本は広島に比べてやや若者層が多い結果となり、広島(前期)では、高齢者の割合が高かった。(図 2.3.1) 性別では、広島(後期)は熊本に比べてやや男性の割合が多い。(図 2.3.2) 自家用車の有無に関しては、大きな差異は見られなかった。

(図 2.3.3) 職業では、広島(前期)が広島(後期)に比べ、就業者・学生の割合が30%ほど高かった。(図 2.3.4) 利用頻度では、広島(後期)の利用頻度が低い傾向にあった。

(図 2.3.5) 支払い方法では、広島は定期券・回数券の割合が下がり、共通カードの割合が上がっていた。共通の傾向として共通カード、定期券の順に主な支払手段となっている。

(図 2.3.6)

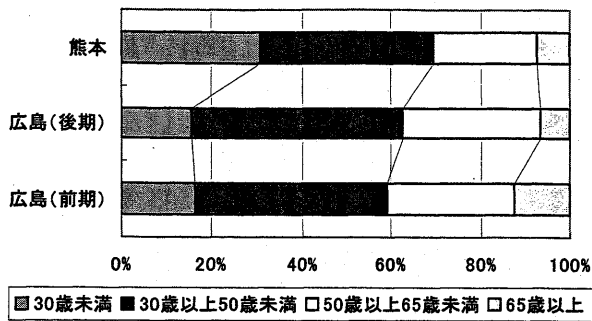


図 2.3.1 年齢構成

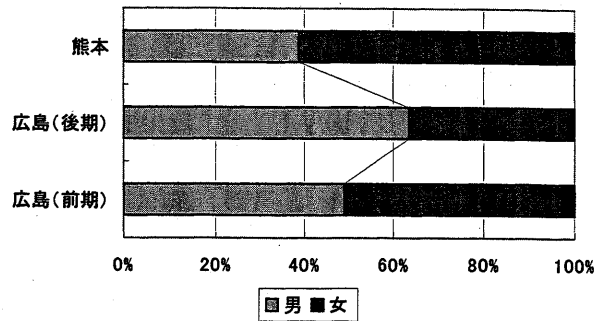


図 2.3.2 性別

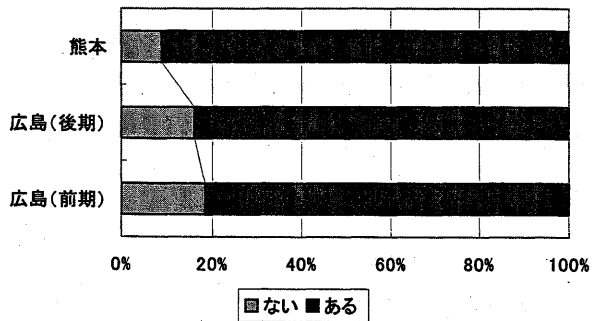


図 2.3.3 自家用車の有無

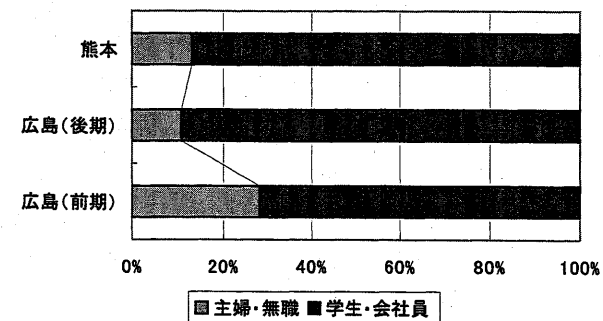


図 2.3.4 職業

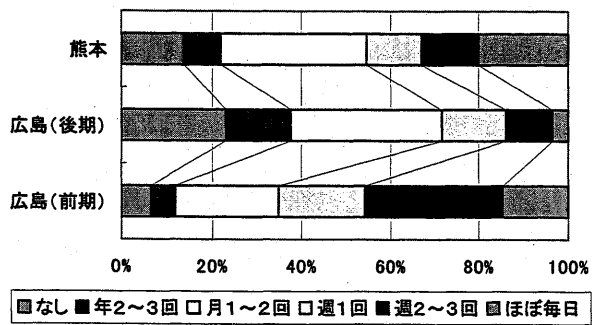


図 2.3.5 私的利用頻度

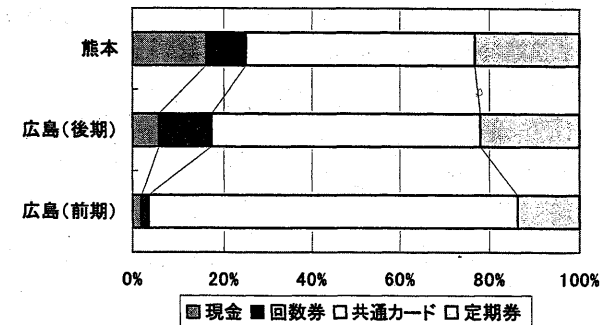


図 2.3.6 支払方法

## (2) 路面電車の評価

図 2.3.7 は利用者の路面電車に関する満足度評価を平均化し、その変化を調べたものである。アンケート項目では、現在の路面電車に関するサービス項目 23 項目に対して 5 段階評価 (0=わからない, 1=そのとおりだと思う, 2=どちらかといえばそう思う, 3=どちらともいえない, 4=どちらかといえばそうは思わない, 5=そうは思わない) をしてもらい、各項目の平均値をとり、5 から平均値の差をとった値をグラフに作成した。ただし、0=わからない の評価は切り捨てた。質問項目に正の評価、負の評価があり、負の評価については逆転させてある。つまりグラフが正の評価が長いほど評価が高く、負の評価が長いほど評価が悪いことを示す。その結果、3 時点で大きな差異は見られなかった。

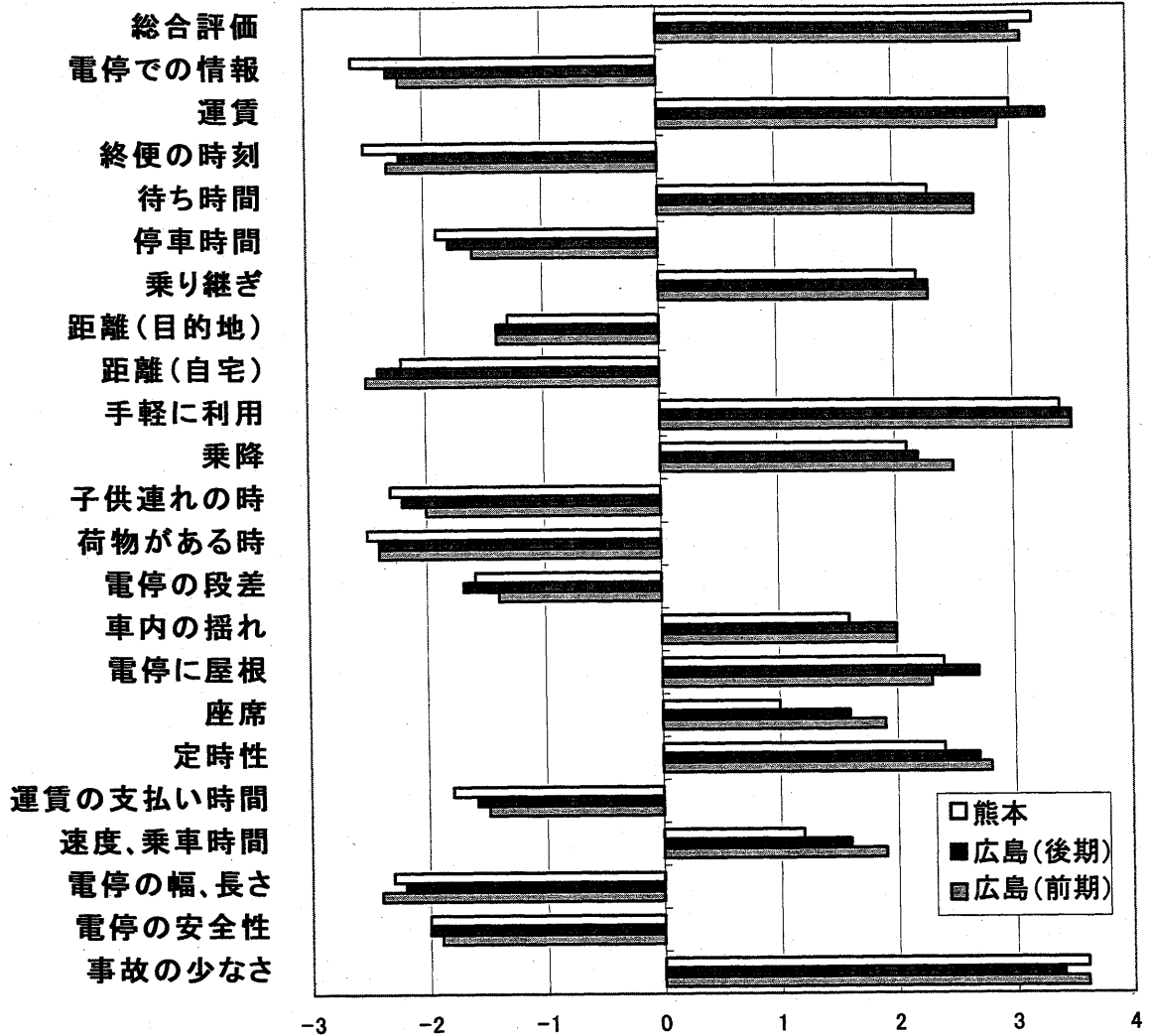


図 2.3.7 利用者による路面電車満足度

また、LRV 導入効果を図るために、回答者に LRV の乗車経験を聞き、乗車経験のある人に、「乗降のしやすさ」、「車内の揺れ」、「座席の座りやすさ」、「座席数」、「車内の広さ」について 5 段階評価をしてもらった。その結果を満足度評価同様グラフで示す。(図 2.3.8) この結果、共通する傾向として乗降、揺れの順に満足度が高い。しかし、座席数に関する評価がかなり低く、LRV の導入経過時間の長い熊本、広島(後期)、広島(前期)の順に高いことから、LRV の乗車回数が増えるにつれて座席の数が少ないことに対する不満が明らかになった。座席数の早急な処置が望まれる。

さらに、LRV に関するアンケート回答者全員に LRV の乗車経験(乗った・まだ乗っていない)と、「外出が増えると思うか」・「広島イメージアップになると思うか」・「LRV の運行本数を増やすべきか」といった項目について 2 段階(思う・思わない)で評価してもらった。この結果、乗車経験では LRV の導入経過時間の長い順に利用者の乗車経験率は高くなっており、広島(後期)では LRV が利用者にはほぼ浸透していたことがわかった。(図

2.3.9) 外出増加に関して広島（前期）では、利用者の40%近くがLRVが増えると外出も増加すると答えている。しかし導入安定後の広島（後期）と熊本では、約20%だったことから、広島（前期）ではLRVを過剰に評価していることがわかった。（図2.3.10）これは、イメージアップ・増便に関しても導入経過時間が長くなるにつれて評価は下がっていることから、明らかであると思われる。（図2.3.11 図2.3.12）また、総合評価を評点別の割合で見ると、共通する傾向として、路面電車を総合的に優れた乗物だと感じていることがわかった。（図2.3.13）

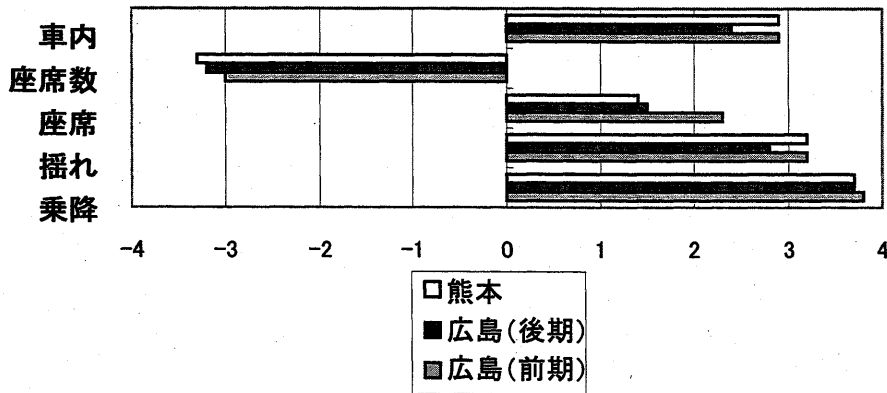


図 2.3.8 利用者による LRV 満足度

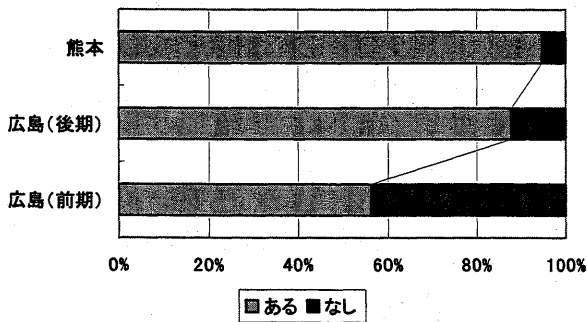


図 2.3.9 LRV 乗車経験

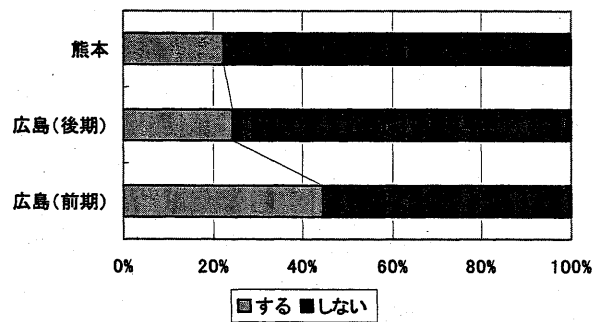


図 2.3.10 外出増加

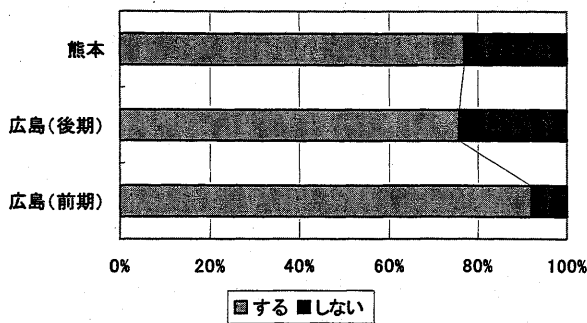


図 2.3.11 イメージアップ

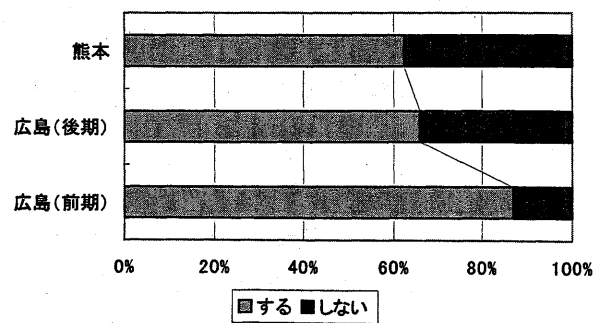


図 2.3.12 増便

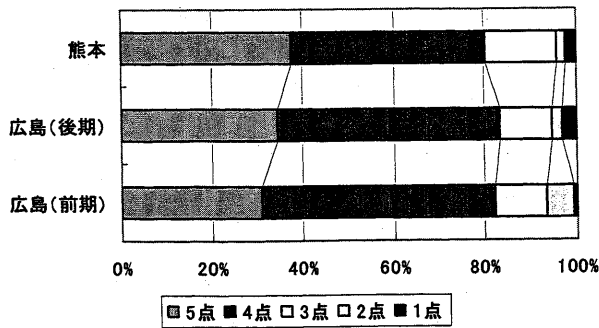


図 2.3.13 総合評価

(3) LRV と従来の路面電車の満足度の比較

LRV 導入によって変化するであろう項目 (乗降のしやすさ, 揺れの減少) について比較を行った. (図 2.3.14~図 2.3.17) その結果, 共通して乗降・揺れがともに高い満足度評価を得た. これにより, LRV 導入効果が確認された.

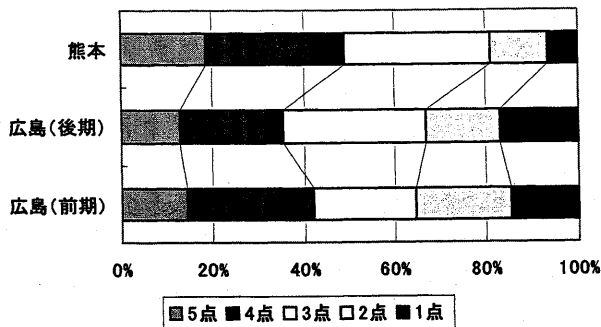


図 2.3.14 乗降 (従来の路面電車)

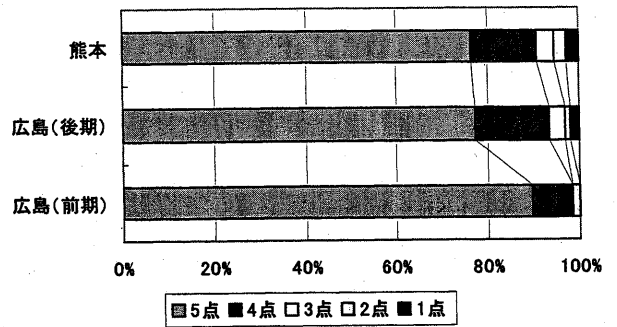


図 2.3.15 乗降 (LRV)

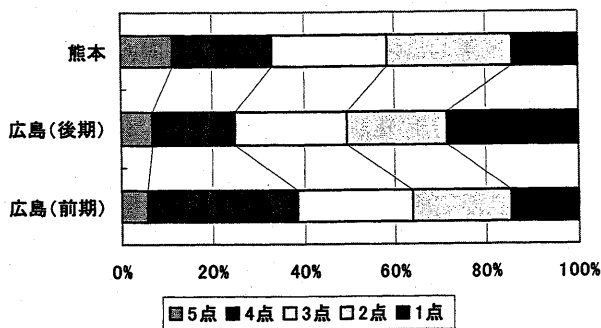


図 2.3.16 揺れ (従来の路面電車)

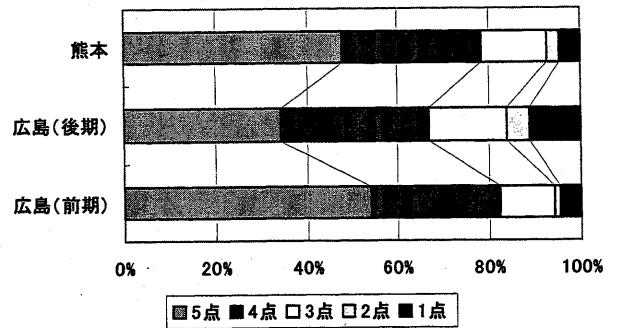


図 2.3.17 揺れ (LRV)

これらから, 広島 (前期) は LRV 導入後 4ヶ月ということで, LRV を過剰に評価していると思われる. しかし, LRV の利用回数が増えるにつれて, 導入安定後の広島 (後期) と熊本では, 評価にばらつきがなくなっている.

## 2.4 時点間の LRV 導入効果分析

### 2.4.1 分析の概要

時点間の LRV 導入効果分析は、同地域で異なる 2 時点で分析をおこなうため、比較対象のデータは広島（前期）と広島（後期）を用いる。

ここでは、共分散構造モデルを作成し、因果構造分析をおこなった。使用したソフトウェアは SPSS の AMOS である。

分析では、広島（前期）と広島（後期）でそれぞれモデルを作成し、互いのモデルでデータを入れて適合させようとしたが、反復回数が限界値を超え、両者の比較ができなかった。そこで共通モデルを作成することにした。よって、個々のモデルについての分析結果および考察と、共通モデルについての分析結果および考察を示す。（モデルの概念図については、2.4.2 で説明する）また共通モデルでは、比較するための指標として t 検定をおこなった。（t 検定については、2.4.3 で説明する。）

さらに LRV 導入効果を図るために、LRV の乗車経験のある人に限定し、LRV に関する満足度 5 項目と 3 つの SP 項目、計 8 項目に個人属性（年齢、性別、自家用車、支払方法別）と通勤利用、利用頻度からのパスとの共通のモデルについての分析と考察を示す。ここでも共通モデル同様 t 検定をおこなった。ここで、共通モデルのみを用いたのは、この分析では一つのモデルで適合したためである。

分析結果には、項目間のパスの関係・パラメータ・t 値とサンプル数・GFI・AGIF を示した。GFI (Goodness of Fit Index) とは作成した因果モデルが、データ（共分散行列）を何パーセント説明したかというモデルの「説明力」の目安となるもので、AGFI (Adjusted Goodness of Fit Index) とはその説明力から不安定度を割引した指標である。

### 2.4.2 共分散構造分析で作成したモデルの概念図

作成したモデルの概念図を図 2.4.1 に示す。個人属性として、年齢・性別・自家用車所有の有無を設け、また必要に応じて支払方法（現金、回数券、共通カード、定期券）別の個人属性も設けた。利用頻度とは、通勤・通学以外での路面電車の利用を意味する。また、満足度には路面電車の満足度と LRV の満足度に関する 5 項目の質問（乗降性、揺れ、座席の座りやすさ、座席数、車内の広さ）を設けた。概念図は、個人属性からの直接の因果関係を見るためのパス (①)、個人属性から利用特性を見るためのパス (②)、また各満足度との因果関係を見るためのパス (③)、利用特性、各満足度から総合へのそれぞれのパス (④、⑤) で構成されている。

個人属性、利用特性は潜在変数であり、個人属性、利用特性内の観測変数をそれぞれ示す。（図 2.4.2）（図 2.4.3）観測変数である各満足度項目（LRV 満足度 5 項目も含む）27 項目に関しては、安全性・速達性・定時性・快適性・利便性・経済性、情報・総合評価・LRV 快適性として、潜在変数化している。安全性内パス図を例として示す。（図 2.4.4）他の満足度も全てこれと同型である。

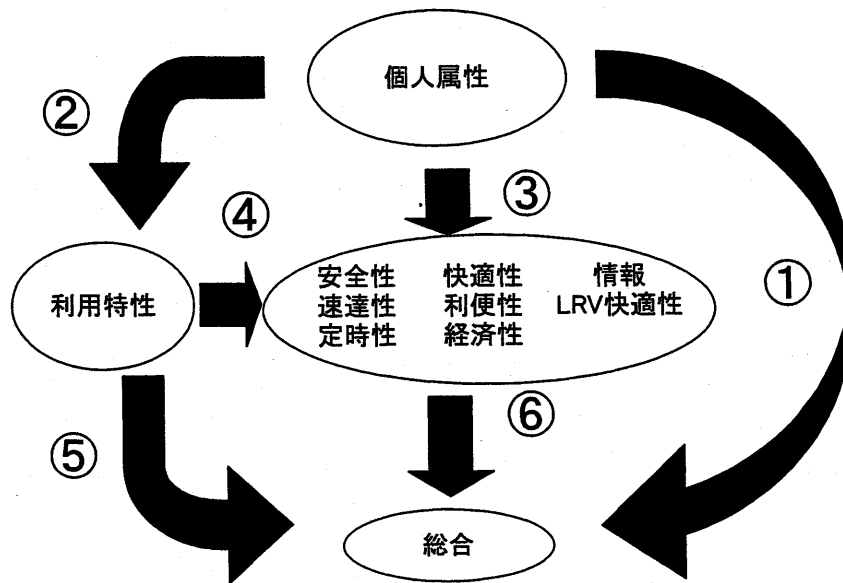


図 2.4.1 モデルの概念図

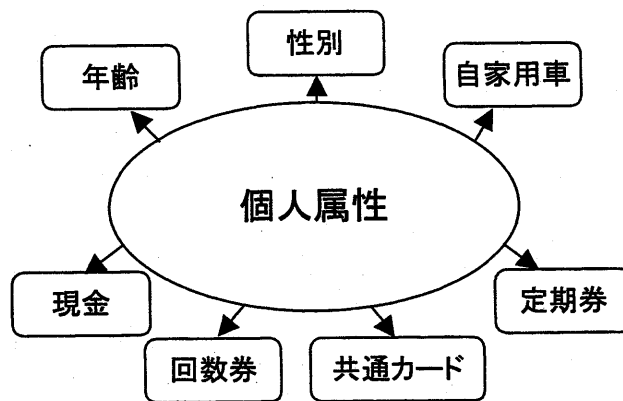


図 2.4.2 個人属性内パス図

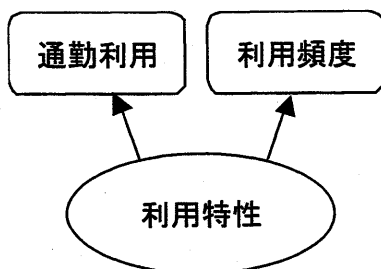


図 2.4.3 利用特性内パス図

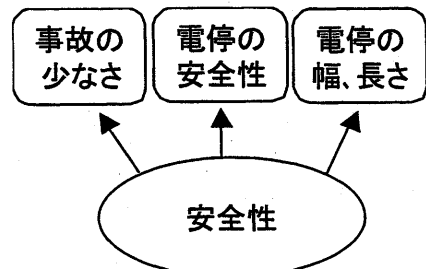


図 2.4.4 安全性内パス図

### 2.4.3 t検定

共通モデルを比較分析する際に、パラメータ間に真に差があるかを判断するために t 検定をおこなった。t 検定で t 値が有意ならばパラメータ間に差があり、逆に t 値が低ければ



パラメータ間に差がないことを意味する。t検定は以下の式で求められる。

$$t\text{検定量} = \frac{|\alpha_1^2 - \alpha_2^2|}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2}}$$

ここで、 $\alpha_1$ =広島（前期）のパラメータ  $\alpha_2$ =広島（後期）のパラメータ

$s_1$  =広島（前期）の標準誤差  $s_2$ =広島（後期）の標準誤差  
である。また、広島（後期）と熊本の分析もこれと同様におこなった。

#### 2.4.4 広島（前期）の分析結果と考察

広島（前期）での分析結果を表 2.4.1 示す。表の番号は、モデルの概念図（図 2.4.1）に対応している。モデルに関しては、t 値が高い順に最低 3 つ示してある。また、共通モデルでは、全てのパスを示した。以下のモデルも同様である。

分析結果から年齢から安全性、定時性、利便性へのパスが  $t=2.58$ （1%有意）以上、経済性へのパスが  $t=1.96$ （5%有意）以上であった。つまり、年齢が高い人ほど定刻通りに運行されていると感じており、路面電車は安全な乗り物で、運賃が安く、手軽に利用できる便利な乗り物であると評価している。パラメータとの関係より、この順に満足度の度合いが強いことが明らかになった。

性別から快適性、定時性、LRV 快適性へのパスが 1%有意だったことから、男性は女性よりも路面電車と LRV が快適であると感じていることがわかった。逆に女性は男性よりも路面電車の定時性を評価していることがわかった。

自家用車から経済性へのパスが 5%有意を示し、自家用車を所有している人は所有していない人よりも、運賃に対しては満足している。これは、評価のサービスの基準が路面電車以外の交通手段と関係があることが考えられる。

総合評価への因果パスでは、年齢、現金、経済性、安全性からのパスが 1%有意であり、また速達性、情報、LRV 快適性からのパスが 5%有意であった。パラメータとの関係により満足度項目においては、速達性や安全性、LRV 快適性の重要度が高く、それに比べると経済性や情報の重要度が低いことが明らかになった。ここで、情報のパラメータが負を示しているが、他の満足度と比較しても値が極端に低く、乗客は情報に対してそれほど重要性を感じていないといえる。また、年齢が低い人と総合評価との因果関係が確認された。つまり、高齢者は現状のサービスに満足しているが将来的な路面電車の評価に対しては、若者の評価が高いといえる。同時に LRV に対しての満足度が高い人は総合評価が高いことで、これらから導入後 4 ヶ月の時点で既に LRV の導入効果が確認された。

また、欠損値を除くデータを使用したためサンプル数は低く、GFI が約 0.7、AGFI は 0.62 という結果が得られた。

表 2.4.1 広島（前期）の因果構造分析結果

		パラメータ	t値	
年齢 →	安全性	0.018	3.43	**
	定時性	0.020	3.22	**
	利便性	0.010	2.62	**
	経済性	0.013	2.52	*
	速達性	0.007	1.81	
性別 →	快適性	-0.489	-2.33	*
	定時性	0.426	2.27	*
	LRV快適性	-0.221	-2.11	*
自家用車 →	経済性	0.232	2.01	*
	快適性	0.177	1.19	
	定時性	0.124	0.93	
利用特性 →	LRV快適性	-0.212	-1.11	
	利便性	0.097	0.96	
	速達性	0.084	0.93	
総合 ←	年齢	-0.015	-2.67	**
	性別	0.051	0.36	
	自家用車	0.027	0.30	
	現金	1.129	2.97	**
	回数券	-0.540	-1.21	
	定期券	0.128	0.55	
	利用特性	0.116	0.75	
	経済性	0.245	4.71	**
	安全性	0.821	4.05	**
	速達性	1.177	2.19	*
	情報	-0.077	-2.15	*
	LRV快適性	0.355	1.97	*
	快適性	0.069	1.38	
定時性	-0.036	-0.80		
サンプル数		135		
GFI		0.69		
AGFI		0.62		

③  
 ④  
 ①  
 ⑤  
 ⑥

A → B : A から B への因果関係      \*\* = 1% 有意  
 A ← B : B から A への因果関係      \* = 5% 有意

#### 2.4.5 広島（後期）の分析結果と考察

広島（後期）での分析結果を表 2.4.2 示す。分析結果から、年齢から利用特性、利便性、情報、定時性、安全性へのパスが 1% 有意で、快適性へのパスが 5% 有意であった。パラメータの関係から年齢が高い人ほど、利用回数は多く、他の満足度との相対的な比較により、利便性、情報に対する満足度の高さが確認された。加えて、時刻通りに運行されている、安全な乗り物である、快適である、の順に満足度が高かった。

性別から利用特性へのパスが 1% 有意で、利便性、安全性、経済性へのパスが 5% 有意であった。女性は男性よりも路面電車の利用頻度が高く、電停の情報、安全な乗り物であること、手軽で便利な乗り物であることの順に因果関係が強かった。

自家用車から LRV 快適性へのパスが 5% 有意を示した。自家用車を所有している人は、所有していない人よりも LRV を高く評価していることが明らかになった。これは、路面電車の評価を決めるときに、サービスの評価の基準が自家用車の有無によって影響されてい

ると考えられる。

利用特性から LRV 快適性、速達性、定時性、利便性、経済性へのパスが 1%有意であり、安全性、快適性へのパスが 5%有意だった。利用回数が多い人は、少ない人よりも速達性に満足している。これは、路面電車の利用頻度が増えることで、路面電車の速度に対しての違和感がなくなったと考えられる。同様に、利用回数が多い人は少ない人よりも、LRV の快適性への因果関係が高かった。利用回数が増加すれば、LRV のサービスの価値はより評価されていることが明らかになり、導入効果が確認された。同様に、路面電車が時刻通りに運行されていると評価しており、また運賃の安さ、路面電車は安全な乗り物、快適であり、手軽に利用できる乗り物であるとの順に満足度が高かった。共通して、利用回数が増加することで、路面電車の価値がより高くなることが確認された。

支払方法別の利用特性へのパスは、共通カード、定期券、回数券、現金がいずれも 1%有意を示し、この順に因果関係が強かった。つまり、この支払順に利用回数が増加する傾向があることがわかった。また、共通カードの使用者は、利用頻度の増加と因果関係が強いことで、共通カードがバス・路面電車・アストラムラインとの連携によって、乗換が手軽にできるようになった効果が表れていると考えられる。

総合評価への因果パスでは、利便性、安全性、LRV 快適性、定時性からのパスが 1%有意であり、速達性からのパスが 5%有意であった。パラメータとの関係により満足度項目では、他の満足度に比べて利便性、安全性、LRV 快適性、速達性、定時性の順に因果関係が強かった。つまり、手軽に利用できる人と評価している人が総合評価に一番大きな影響を与えていることで、利便性の重要度が明らかになった。また路面電車が安全で、時刻通りに運行されているという信頼性への認識が総合評価を高めることがわかった。さらに LRV に満足している人たちは高い総合評価を与えている。さきほどの路面電車の利用頻度が高い人ほど LRV に対する評価が高かったことから、LRV の乗車経験が増加すれば、LRV の評価は高まり、その結果路面電車に対しての総合評価も高くなることが考えられる。これにより、LRV 導入効果が確認された。

また GFI が 0.78 で AGFI は 0.73 という説明力が高く、安定性の良い結果が得られたことで、分析結果の信頼性が証明された。

表 2.4.2 広島（後期）の因果構造分析結果

		パラメータ	t値		
年齢 →	利用特性	0.029	4.63	**	②
	利便性	0.011	3.83	**	
	情報	0.017	3.51	**	③
	定時性	0.015	2.92	**	
	安全性	0.012	2.82	**	
	快適性	0.011	2.34	*	
性別 →	利用特性	0.706	4.09	**	②
	利便性	0.169	2.37	*	③
	安全性	0.264	2.16	*	
	情報	0.278	2.01	*	
自家用車 →	LRV快適性	0.206	2.55	*	③
	快適性	0.144	1.54		
	経済性	0.102	1.19		
共通カード →		4.569	11.81	**	②
定期券 →	利用特性	4.472	11.20	**	
回数券 →		4.297	10.20	**	
現金 →		2.422	6.10	**	
利用特性 →	LRV快適性	0.124	6.09	**	④
	速達性	0.133	5.34	**	
	定時性	0.116	5.12	**	
	利便性	0.045	3.49	**	
	経済性	0.059	3.21	**	
	安全性	0.053	2.84	*	
	快適性	0.045	2.26	*	
総合 ←	自家用車	0.031	0.53		①
	年齢	0.001	0.17		
	性別	-0.012	-0.12		
	現金	0.149	0.63		
	共通カード	-0.178	-0.54		
	定期券	-0.176	-0.54		
	回数券	-0.116	-0.36		
	利用特性	-0.013	-0.18		⑤
	利便性	0.757	4.76	**	⑥
	安全性	0.274	4.57	**	
	LRV快適性	0.199	3.71	**	
	定時性	0.083	2.98	**	
	速達性	0.114	2.01	*	
	経済性	0.059	1.83		
	情報	-0.014	-0.50		
快適性	0.016	0.43			
	サンプル数	370			
	GFI	0.78			
	AGFI	0.73			

A → B: AからBへの因果関係      \*\* = 1% 有意  
A ← B: BからAへの因果関係      \* = 5% 有意

#### 2.4.6 同地域における2時点間のLRV導入効果分析

共通のモデルを表2.4.3に示す。t検定結果を高い順に並べた。満足度別の内パスに関しては、t検定の結果有意となったLRV快適性、速達性を示した。

年齢、自家用車、利用特性から各属性へのパスは、t検定の結果有意なものはない。年齢、自家用車、利用特性からのパスでは、広島（前期）と広島（後期）で顕著な差がないことがわかった。

性別から各属性へのパスは、快適性に対して5%有意だった。広島（前期）では男性が女性よりも路面電車が快適であると感じていたのが、広島（後期）ではその評価が逆転し、女性が快適であると感じていることがわかった。これは、さきほどの個々の分析結果からも、広島（前期）では女性が快適性に対して、有意であったことと、広島（後期）では性別と快適性との因果関係が確認されなかったことから裏付けることができる。

また各満足度の内パスでは、t検定の結果からLRV快適性と速達性に有意があることが確認された。LRV快適性の内パスのうち、乗降、座席、座席数に対して5%有意だった。広島（前期）よりも広島（後期）は座席が座りやすい、座席数の評価が下がっていた。これに対して、乗降の評価は上がっていた。また、路面電車の速達性の評価が下がっていたことが明らかになった。

総合評価への因果パスでは、経済性と安全性に対して5%有意だった。これらは、広島（前期）よりも評価が下がったことがわかった。また、広島（後期）では、LRV快適性からのパスが1%有意だったことから、総合評価への因果関係が明らかになりLRVの導入効果が確認された。これは、さきほどの広島（後期）も同じく総合評価へのLRV快適性からのパスが有意であることが確認されたことから、裏付けられる。

共通モデルでは、サンプル数には違いがあるものの、説明力・安定性がともに高い結果が得られたことで、分析の信頼性が証明された。

表 2.4.3 広島（前期）と広島（後期）の路面電車の因果構造分析結果

		広島(前期)		広島(後期)		t検定	
		パラメータ	t値	パラメータ	t値		
年齢→	快適性	-0.002	-0.32	0.013	2.81 **	1.74	③
	速達性	0.058	1.05	-0.064	-1.18	1.58	
	利便性	0.090	1.08	-0.166	-1.17	1.56	
	情報1	0.081	0.91	-0.190	-1.20	1.48	
	LRV快適性	0.026	1.17	-0.050	-1.02	1.40	
	安全性	0.018	3.38 **	0.014	3.18 **	0.62	
	経済性1	0.013	2.52 *	0.011	2.48 *	0.31	
	定時性	0.020	3.22 **	0.022	4.31 **	0.26	
	利用特性	0.093	2.32 *	0.091	5.52 **	0.05	
性別→	快適性	-0.487	-2.30 *	0.138	1.04	2.50 *	③
	利便性	2.179	1.00	-5.025	-1.22	1.55	
	情報1	2.169	0.92	-5.725	-1.25	1.53	
	速達性	1.520	1.05	-1.710	-1.10	1.52	
	経済性1	-0.279	-1.72	-0.008	-0.06	1.34	
	LRV快適性	0.408	0.71	-1.375	-0.98	1.17	
	定時性	0.426	2.27 *	0.184	1.30	1.03	
自家用車→	LRV快適性	-0.165	-0.65	0.581	1.55	1.65	③
	利便性	-0.651	-0.69	1.266	1.16	1.33	
	情報1	-0.663	-0.64	1.373	1.13	1.27	
	速達性	-0.498	-0.80	0.437	1.06	1.25	
	経済性1	0.232	2.01 *	0.088	1.03	1.00	
	定時性	0.124	0.93	0.055	0.55	0.41	
	利用特性	-0.850	-1.09	-0.623	-2.36 *	0.28	
利用特性→	情報1	-0.906	-0.98	2.295	1.33	1.63	④
	利便性	-0.829	-0.97	2.018	1.30	1.60	
	速達性	-0.538	-0.96	0.709	1.19	1.53	
	LRV快適性	-0.208	-0.92	0.635	1.19	1.46	
LRV快適性→	乗降	0.138	1.29	0.406	7.22 **	2.20 *	
	座席	2.649	3.23 **	0.888	8.05 **	2.13 *	
	座席数	0.511	2.05 *	-0.029	-0.40	2.08 *	
	車内	1.182	3.21 **	0.919	8.13 **	0.68	
速達性→	速達性1	1.416	3.23 **	0.285	1.90	2.44 *	
総合←	性別	-0.618	-0.61	-3.375	-1.18	0.91	①
	年齢	-0.031	-0.80	-0.113	-1.14	0.77	
	自家用車	0.301	0.79	0.888	1.17	0.69	
	利用特性	0.217	0.57	1.360	1.25	0.99	⑤
	経済性1	0.234	4.28 **	0.076	2.33 *	2.48 *	
	安全性	0.794	3.86 **	0.304	4.90 **	2.28 *	⑥
	速達性	0.914	1.82	0.052	0.47	1.68	
	定時性	-0.007	-0.15	0.081	2.93 **	1.61	
	快適性	0.102	1.97 *	0.022	0.58	1.25	
	LRV快適性	0.172	1.05	0.160	2.84 **	0.07	
情報1	-0.096	-2.13 *	-0.097	-1.36	0.01		
サンプル数		135		370			
GFI		0.70		0.80			
AGFI		0.64		0.76			

## 2.4.7 同地域における2時点間のLRV評価

広島（前期）と広島（後期）の分析結果を表2.4.4に示す。

表2.4.4 広島（前期）と広島（後期）のLRVの因果構造分析結果

		広島(前期)		広島(後期)		t検定
		パラメータ	t値	パラメータ	t値	
年齢→	座席	0.019	2.61 **	-0.003	-0.49	2.56 *
	増便	-0.003	-1.34	0.002	1.39	1.77
	座席数	0.005	0.89	-0.002	-0.36	1.09
	イメージ	-0.003	-1.73	-0.001	-0.54	0.71
	車内	-0.001	-0.17	-0.007	-1.21	0.70
	揺れ	0.006	1.05	0.010	2.06 *	0.51
	外出	-0.002	-0.72	-0.001	-0.63	0.28
	乗降	0.003	1.32	0.004	1.53	0.24
性別→	揺れ	-0.394	-2.29 *	0.201	1.48	2.71 **
	座席	-0.191	-0.86	0.146	0.96	1.26
	座席数	-0.032	-0.20	-0.257	-2.14 *	1.10
	車内	-0.015	-0.07	0.196	1.27	0.81
	乗降	0.069	0.90	0.129	1.56	0.53
自家用車→	外出	-0.094	-1.57	0.044	1.36	2.03 *
	増便	0.007	0.16	-0.014	-0.38	0.38
	揺れ	0.235	1.92	0.243	2.52 *	0.05
無職→	車内	0.157	0.66	-0.746	-3.12 **	2.69 **
	イメージ	-0.061	-1.20	0.155	2.18 *	2.47 *
	増便	-0.062	-0.97	0.167	2.13 *	2.27 *
	乗降	0.050	0.58	-0.096	-0.75	0.95
	座席	0.210	0.85	0.519	2.21 *	0.91
	揺れ	-0.137	-0.72	-0.392	-1.85	0.90
	座席数	0.077	0.42	-0.036	-0.19	0.43
	外出	-0.045	-0.48	0.002	0.03	0.40
通勤利用→	外出	0.048	0.56	-0.148	-2.28 *	1.82
	座席数	0.382	2.26 *	0.104	0.60	1.15
	座席	0.826	3.63 **	1.063	4.90 **	0.75
	増便	-0.104	-1.76	-0.132	-1.82	0.30
	イメージ	-0.099	-2.09 *	-0.090	-1.37	0.11
利用頻度→	座席数	-0.021	-2.04 *	0.001	0.14	1.48
	イメージ	-0.001	-0.39	0.003	0.85	0.80
	外出	-0.005	-1.02	-0.009	-2.31 *	0.62
	増便	0.001	0.29	-0.001	-0.25	0.35
サンプル数	135		370			
GFI	0.79		0.71			
AGFI	0.61		0.47			

年齢からのLRVの各項目へのパスは、座席へのパスが5%有意だった。座席が座りやすいの評価は年齢が高い人から、低い人へとシフトしていることが確認された。

性別から各項目へのパスは、揺れへのパスが1%有意だった。LRVは揺れが小さい、の評価が男の人から女の人へとシフトしていることが確認された。

自家用車から各項目へのパスは、外出へのパスが5%有意だった。LRVが増えれば外出が増加する、の評価は自家用車をもっていない人からもっている人へとシフトしていることがわかった。ここで通勤・通学以外での路面電車の利用頻度は減少するという傾向があることから、自家用車をもっている人が、将来的にLRVにより外出が増加すると答えていることから、路面電車離れから路面電車の利用への移行の展望が開けていると思われる。

無職から各項目へのパスは、車内へのパスが1%有意、イメージ、増便へのパスが5%有意だった。車内が広い、の評価は就業者から、就業者でない人、具体的には専業主婦や高齢者へと評価がシフトしている。LRVにより広島はイメージアップする、本数を増加してほしい、の評価が専業主婦、高齢者から就業者へとシフトしている。

通勤利用、利用頻度各項目へのパスは、有意なものなかった。よって通勤利用、通勤・通学以外での路面電車の利用によって、広島（前期）と広島（後期）では顕著な差はないことが明らかになった。

また広島（前期）では、GFI、AGFIの値はうまく適合したが、広島（後期）の因果構造モデルの適合度を表す指標（GFI、AGFI）は十分に高いとは言えない。これは因果パスの数が多いためである。

## 2.5 地域間のLRV導入効果分析

LRV導入安定後分析は、異なる地域間でのLRV導入効果の分析をおこなうため、比較対象のデータは広島（後期）と熊本を用いる。LRV導入安定後分析でも、同様に広島（後期）と熊本で個々のモデルと共通モデル、LRVの共通モデルを用い、分析結果の条件に関しては全て同上である。

### 2.5.1 広島（後期）の分析結果と考察

広島（後期）での分析結果と考察は、表2.4.2に示したので省略する。

### 2.5.2 熊本の分析結果と考察

熊本での分析結果を表2.5.1に示す。

年齢から快適性、定時性へのパスが1%有意、安全性、経済性へのパスが5%有意だった。年齢が高い人は、路面電車が快適な乗物である、時刻通りに運行されて、安全な乗物であり、運賃も安いと感じており、この順に重要度が高かった。

性別からLRV快適性へのパスが5%有意であった。男性は、女性よりもLRVが快適な乗り物であると感じている。

自家用車から安全性へのパスが5%有意であった。自家用車を所有していない人は所有している人よりも、路面電車が安全であると感じている。

総合評価への各満足度からのパスは、性別、経済性、定時性からのパスが1%有意、利



便性からのパスが 5%有意だった。男性が女性よりも路面電車を高く評価していることが明らかになった。また他の満足度に比べて、手軽で便利であるということに重要性を感じており、総合評価を高めることがわかった。また、運賃が安く、時刻通りに運行されている、の順に重要性を感じていることがわかった。

また、GFIは0.75、AGFIは0.71であったことから、説明力・安定性の高い結果であり、分析の信頼性が証明された。

表 2.5.1 熊本の因果構造分析結果

		パラメータ	t値		
年齢 →	快適性	0.018	4.00 **	③	
	定時性	0.015	3.26 **		
	安全性	0.014	2.45 *		
	経済性	0.012	2.36 *		
	LRV快適性	-0.005	-1.70		
性別 →	LRV快適性	-0.228	-2.31 *		
	快適性	0.239	1.67		
	経済性	0.246	1.52		
自家用車 →	安全性	0.177	2.13 *		②
	速達性	0.059	1.30		
	利便性	-0.020	-0.85		
共通カード →	利用特性	1.479	1.54		④
定期券 →	利用特性	0.906	1.51		
利用特性 →	安全性	-0.300	-1.37		⑤
	LRV快適性	0.137	1.32		
	速達性	0.123	1.19		
総合 ←	性別	-0.457	-3.86 **	①	
	自家用車	0.018	0.37		
	共通カード	-0.368	-1.38		
	現金	-0.160	-1.28		
	定期券	-0.212	-1.10	⑥	
	回数券	0.150	0.93		
	利用特性	0.359	1.27		
	経済性	0.148	3.97 **		
	定時性	0.104	2.65 **		
	利便性	1.136	2.05 *		
速達性	0.166	1.68			
快適性	0.075	1.29			
安全性	0.029	0.77			
情報	0.022	0.67			
LRV快適性	0.008	0.07			
サンプル数		247			
GFI		0.75			
AGFI		0.71			

A → B: AからBへの因果関係      \*\* = 1% 有意  
A ← B: BからAへの因果関係      \* = 5% 有意

### 2.5.3 異なる地域間における2時点間のLRV導入効果分析

広島（後期）と熊本の共通モデルを表2.5.2に示す。t検定結果を高い順に並べた。満足度別の内パスに関しては、t検定の結果有意となったLRV快適性、快適性、安全性を示した。

年齢からのパスは、広島（後期）では、利用特性、利便性が1%有意、快適性、速達性、情報、安全性、経済性が5%有意だった。熊本では快適性、定時性が1%有意、経済性、情報、利用特性、安全性、利便性が5%有意だった。

広島（後期）は、快適性、情報、安全性、速達性、経済性、利便性の順に因果関係が強く、満足度が高いことがわかった。このうち、利便性は年齢が高い人が低い人よりも高い評価をしているのに対して、利便性を除く5項目は、年齢が低い人が高い人よりも、満足度が高いことがわかった。

これに対して熊本では、快適性、定時性、情報、経済性、安全性、利便性の順に因果関係が強く、満足度が高いことがわかった。これら6項目は全て、年齢が高い人が低い人よりも満足度は高い。

そのうちそれぞれの地域では、共通して年齢に対して快適性が他の満足度よりも因果関係が強く、利便性は他の満足度に比べて因果関係が弱かったことが明らかになった。また、各満足度への因果関係の強さは、熊本より広島の満足度が高いことが明らかになった。

そしてt検定の結果、年齢から快適性、情報、経済性、安全性に対して1%有意、定時性、速達性、利便性に対して5%有意で、広島（後期）と熊本でこれらにパラメータ間で差があることがわかった。快適性に関しては、広島では年齢が低い人が高い人よりも満足度が高かった。熊本では、年齢が高い人のほうが満足度は高く、広島と差がみられた。さらに、情報、安全性、経済性に関しても同じ傾向が確認されたことから、これらは地域性による違いであると考えられる。利便性に関しては、他の満足度ほど年齢に左右されないことが明らかになった。つまり手軽で便利であるという評価は、年齢に左右されにくい一般性の高い評価と考えられる。

性別からのパスは、広島では利用特性、利便性、快適性へのパスが1%有意、経済性、情報、安全性、速達性へのパスが5%有意であった。熊本は、LRV快適性へのパスが1%有意であった。広島では、男性が女性よりも、路面電車で満足していることがわかった。

t検定の結果、利用特性、経済性、快適性、定時性、情報、安全性に対して1%有意、速達性に対して5%有意だった。共通する傾向として、女性が男性より利用回数が多いことがわかった。地域間の違いとして、広島では男性が女性よりも路面電車で満足しており、逆に熊本では女性が男性よりも満足している。そして経済性、快適性、定時性、情報、安全性の順にその差は大きいことが明らかになった。利便性は、有意差はみられなかったことから、性別は他の満足度に比べて因果関係が小さいと考えられる。

自家用車の有無からのパスは、広島ではLRV快適性へのパスが1%有意、快適性、経済性、利用特性、定時性へのパスが5%有意だった。熊本では、安全性へのパスが5%有意だった。

t検定の結果、LRV快適性に対して1%有意、利用特性、経済性、快適性に対して5%有意だった。

地域間の違いとして、利用特性では広島では自家用車を所有していない人は、所有している人よりも利用回数が増加する傾向があり、その差は熊本よりも大きいことが確認された。満足度では、広島では自家用車を所有している人は、所有していない人よりも LRV に対して満足し、運賃が安いと感じており、その差は熊本よりも大きいことが確認された。これは、路面電車の評価を決めるときに、サービスの評価の基準が自家用車の有無によって影響されていると考えられる。

地域間で共通していたものとして広島、熊本ともに自家用車を所有している人のほうが、路面電車が快適であると感じている。そして、その差は広島が高かった。

利用特性へのパスでは広島・熊本ともに共通カード、回数券からのパスが 5%有意であった。共通して、回数券を使用している人よりも、共通カードを使用している人のほうが利用頻度への度合いが高いことがわかった。またその度合いの強さは、広島よりも熊本のほうが強いことが確認された。

利用特性からのパスでは、広島では快適性、情報、安全性、定時性へのパスが 1%有意、経済性、速達性、LRV 快適性へのパスが 5%有意である。広島では利用回数が増加するにつれて、特に快適性、情報が他の満足度に比べて高かった。

t 検定の結果、安全性、情報、定時性、快適性、経済性の順に差があり、これらに対して 1%有意だった。速達性に対しては、5%有意だった。

地域間の違いとして、広島では利用回数が高い人のほうが、安全性、情報、定時性、快適性、経済性に満足しているという傾向に対して、熊本よりもその差が確認された。

地域間の共通する傾向として、利用回数が多い人のほうが、速達性に満足している。その満足度は、広島が熊本よりも高かった。これは、路面電車の利用頻度が増えることで、路面電車の速度に対しての違和感がなくなったと考えられる。

また各満足度の内パスでは、t 検定の結果 LRV 快適性と快適性、安全性に有意があることが確認された。

地域間の違いとして、LRV 快適性の内パスのうち、座席数に対して 1%有意だった。広島（後期）は熊本より座席数に対して不満が高かった。

また、路面電車は車内が静かで揺れが少なく、電停に段差があり歩きづらい、路面電車は事故が少なく安全な乗り物である、の評価に対していずれも広島が熊本よりも、より満足度が高かった。

総合評価へのパスは、広島では利便性、安全性、LRV 快適性へのパスが 1%有意、定時性へのパスが 5%有意であり、熊本では経済性、性別、定時性へのパスが 1%有意、利便性へのパスが 5%有意だった。共通して他の満足度に比べて利便性と総合評価の因果関係が強く、路面電車が手軽で便利な乗物であると評価している人は、総合評価が高い。これにより、利便性の重要性が明らかになった。また、定時性に関して、広島では総合評価に与える影響は他の満足度に比べるとそれほどでもなく、これは運行本数が充実していることで、それほど待たなくてもいいことが考えられる。熊本では、広島よりもその度合いは高いが広島同様にそれほど、重要視されていない。この理由としても、同じく運行本数が充実していることが考えられる。

t 検定の結果、安全性に対して 1%有意、性別、経済性に対して 5%有意だった。

地域間の共通する傾向として、男の人は女の人より総合評価が高いことが明らかになった。しかしその差は、熊本が広島より高かった。また、満足度では安全性、経済性の満足度が高いと総合評価が高く、その度合いは安全性では広島がより高く、経済性では熊本がより高かった。

また、広島・熊本ともに GFI, AGFI の値が高かったことから、説明力・安定性ともに高い結果であることで、分析の信頼性が証明された。

表 2.5.2 広島（後期）と熊本の路面電車の因果構造分析結果

		広島（後期）		熊本		t検定	
		パラメータ	t値	パラメータ	t値		
年齢→	快適性	-0.081	-2.45 *	0.019	3.79 **	3.00 **	③
	情報1	-0.069	-2.21 *	0.015	2.43 *	2.66 **	
	経済性1	-0.036	-1.95	0.013	2.50 *	2.62 **	
	安全性	-0.057	-2.15 *	0.012	2.08 *	2.59 **	
	定時性	-0.052	-1.92	0.017	3.34 **	2.51 *	
	速達性	-0.051	-2.39 *	0.000	0.07	2.40 *	
	利便性	0.013	4.21 **	0.005	2.08 *	2.22 *	
	LRV快適性	-0.026	-1.70	-0.004	-1.26	1.44	
性別→	利用特性	0.085	5.25 **	0.040	2.23 *	1.87	②
	利用特性	2.349	5.21 **	0.443	1.71	3.67 **	
	経済性1	-1.311	-2.56 *	0.274	1.69	2.95 **	③
	快適性	-2.476	-2.71 **	0.243	1.70	2.94 **	
	定時性	-1.867	-2.50 *	0.252	1.65	2.78 **	
	情報1	-2.149	-2.48 *	0.276	1.51	2.74 **	
	安全性	-1.734	-2.36 *	0.248	1.37	2.62 **	
	速達性	-1.307	-2.24 *	-0.137	-1.36	1.97 *	
利便性	0.216	2.92 **	0.067	1.17	1.58		
LRV快適性	-0.655	-1.56	-0.220	-2.21 *	1.01		
自家用車→	利用特性	-0.520	-2.10 *	0.068	0.78	2.25 *	②
	LRV快適性	0.406	2.69 **	-0.027	-0.63	2.75 **	
	経済性1	0.387	2.12 *	-0.036	-0.49	2.15 *	③
	快適性	0.713	2.20 *	0.055	0.84	1.99 *	
	定時性	0.525	1.98 *	0.005	0.07	1.89	
	情報1	0.510	1.65	-0.010	-0.12	1.63	
	速達性	0.357	1.76	0.059	1.30	1.43	
	安全性	0.372	1.43	0.177	2.12 *	0.71	
利便性	0.005	0.11	-0.021	-0.83	0.50		
共通カード→	利用特性	0.322	2.44 *	2.105	2.28 *	1.91	②
回数券→	利用特性	0.471	2.32 *	1.451	2.10 *	1.36	
現金→	利用特性	0.363	1.69	0.726	1.88	0.82	
利用特性→	安全性	0.852	2.78 **	-0.172	-1.64	3.16 **	⑤
	情報1	1.024	2.84 **	-0.078	-0.95	2.98 **	
	定時性	0.850	2.75 **	-0.057	-0.86	2.87 **	
	快適性	1.094	2.86 **	-0.008	-0.13	2.85 **	
	経済性1	0.541	2.57 *	-0.055	-0.78	2.69 **	
	速達性	0.622	2.52 *	0.076	1.36	2.16 *	
	LRV快適性	0.395	2.31 *	0.107	1.73	1.58	
LRV快適性→	座席数	-0.028	-0.38	0.546	2.91 **	2.85 **	
	座席	0.882	8.11 **	1.391	4.46 **	1.54	
	乗降	0.401	7.24 **	0.656	3.92 **	1.45	
	車内	0.906	8.16 **	1.257	4.44 **	1.15	
快適性→	快適性3	0.552	7.42 **	0.278	2.96 **	2.29 *	
	快適性4	0.608	7.53 **	0.357	3.71 **	2.00 *	
安全性→	安全性1	0.496	6.63 **	0.084	1.76	4.63 **	
総合←	性別	-0.030	-0.25	-0.397	-3.73 **	2.30 *	①
	自家用車	0.058	0.91	0.011	0.23	0.59	
	利用特性	0.000	-0.00	0.087	1.61	1.24	⑤
	安全性	0.297	3.98 **	0.019	0.53	3.34 **	
	経済性1	0.054	1.60	0.159	4.26 **	2.09 *	⑥
	快適性	-0.042	-0.75	0.077	1.36	1.48	
	情報1	-0.032	-0.99	0.019	0.57	1.09	
	定時性	0.061	2.01 *	0.106	2.69 **	0.91	
	LRV快適性	0.171	3.36 **	0.073	0.63	0.77	
	利便性	0.794	4.74 **	1.134	2.25 *	0.64	
速達性	0.132	1.38	0.186	1.88	0.39		
サンプル数		370		247			
GFI		0.8		0.75			
AGFI		0.76		0.71			

#### 2.5.4 異なる地域間における2時点間のLRV評価

広島（後期）と熊本の分析結果を表2.5.3に示す。

年齢からのパスは、揺れへのパスが1%有意、熊本では車内へのパスが1%有意だった。広島では年齢が高い人ほど、揺れは少ないと感じている。熊本では年齢が低い人ほど、車内が広いと感じている。またt検定の結果、有意なものはみられなかった。

性別からのパスは、t検定の結果、座席、揺れに対して1%有意だった。

地域間の違いとして、広島では女性が男性よりも座席、揺れに満足しているのに対して、逆に熊本では男性のほうが座席、揺れに満足していることが確認された。

自家用車からのパスは、t検定の結果、揺れに対して1%有意だった。

地域間の違いとして、広島では自家用車を所有している人が所有していない人よりも揺れに対して満足しており、熊本より差が大きいことが確認された。

無職からのパスでは、t検定の結果、座席に対して1%有意、座席数に対して5%有意だった。

地域間の違いとして、広島では専業主婦・高齢者の人たちが、就業者よりも座席の座りやすさに満足しており、熊本では逆に就業者の人のほうが、座席の座りやすさに満足しているが、座席数の少なさには不満を感じている。

通勤利用からのパスは、t検定の結果、イメージに対して1%有意、座席に対して5%有意だった。

地域間の違いとして、熊本では通勤利用していない人が通勤者よりも、イメージアップにつながると感じており、広島との差が確認された。

地域間で同じ傾向として、通勤利用していない人たちが、より座席の座りやすさに満足していた。その満足度は、広島が熊本よりも高かった。

表 2.5.3 広島（後期）と熊本の LRV の因果構造分析結果

		広島(後期)		熊本		t検定
		パラメータ	t値	パラメータ	t値	
年齢→	増便	0.002	1.39	-0.003	-1.42	1.77
	揺れ	0.01	2.06 *	-0.001	-0.17	1.72
	座席数	-0.002	-0.36	0.006	1.43	1.41
	車内	-0.007	-1.21	-0.013	-2.68 **	0.85
	イメージ	-0.001	-0.54	0.001	0.72	0.71
	乗降	0.004	1.53	0.006	1.76	0.47
	外出	-0.001	-0.63	0	0.01	0.35
	座席	-0.003	-0.49	-0.005	-0.93	0.28
性別→	座席	0.146	0.96	-0.6	-3.29 **	3.15 **
	揺れ	0.201	1.48	-0.323	-2.39 *	2.73 **
	座席数	-0.257	-2.14 *	-0.002	-0.01	1.35
	乗降	0.129	1.56	0.001	0.01	0.90
	車内	0.196	1.27	0.047	0.27	0.65
自家用車→	揺れ	0.243	2.52 *	-0.075	-1.18	2.75 **
	外出	0.044	1.36	0.018	0.74	0.64
	増便	-0.014	-0.38	0.005	0.18	0.41
無職→	座席	0.519	2.21 *	-0.541	-2.04 *	2.99 **
	座席数	-0.036	-0.19	0.589	2.78 **	2.22 *
	増便	0.167	2.13 *	-0.013	-0.15	1.50
	車内	-0.746	-3.12 **	-0.265	-1.07	1.40
	外出	0.002	0.03	0.119	1.54	1.12
	揺れ	-0.392	-1.85	-0.329	-1.67	0.22
	イメージ	0.155	2.18 *	0.151	1.91	0.04
	乗降	-0.096	-0.75	-0.089	-0.52	0.03
通勤利用→	イメージ	-0.09	-1.37	0.145	2.31 *	2.58 **
	座席	1.063	4.90 **	0.348	1.66	2.37 *
	座席数	0.104	0.60	0.492	2.94 **	1.61
	増便	-0.132	-1.82	-0.016	-0.22	1.14
	外出	-0.148	-2.28 *	-0.093	-1.51	0.62
利用頻度→	増便	-0.001	-0.25	0.004	1.13	1.00
	座席数	0.001	0.14	-0.008	-1.04	0.66
	外出	-0.009	-2.31 *	-0.006	-2.19 *	0.60
	イメージ	0.003	0.85	0.002	0.80	0.20
サンプル数		370		247		
GFI		0.71		0.71		
AGFI		0.47		0.47		

### 第3章 仮想評価法を用いた低床式路面電車の評価

#### 3.1 背景

我が国における公共交通機関の整備に対する助成制度は適用対象がかなり限定されており、公共交通機関の運行においては財源の補助を慎重に検討していく必要がある。そのためには、事業による便益をより正確に把握する必要がある。このような社会資本の整備における評価は、最近では、費用便益分析などを用いて行われることが多くなった。しかし、路面電車の低床化のような質的な改善事業の効果予測を路面電車の旅客数の増加といった需要予測によってのみ行くと、必ずしも効果があるという評価になることは少ない。実際には、これまで定量的に評価されてこなかった顧客満足度等の主観的な価値（図 3.1）は大きく改善されていると考えられる。これらを実証指標に含めることにより、異なった評価結果になることが十分予想される。

そこで、広島で導入された低床式車両を対象とし、仮想評価法（Contingent Valuation Method: CVM）を用いることにより、低床式路面電車の主観的価値を定量的に評価する。また同時に、CVMの問題点として挙げられる各種バイアスについて検討し、公共交通の評価に対するCVMの適用方法を提案する。

本稿ではまず、既往の研究のレビューを行った後、一般住民に対するアンケート調査を実施し、低床式車両の導入により顧客満足度が実際に向上することを確認する。そのうえで、アンケート調査に含めたCVMの調査結果より、路面電車低床化の主観的価値を定量化する。その際、支払形態別、サンプル属性（利用者、沿線住民）別にWTPの決定構造を分析することにより、調査段階で得られるバイアスについて検討する。また、価値推定に際しては、調査で得られた拒否回答の処理方法を検討し、最終的に主観的価値の値のとり得る区間を示す。

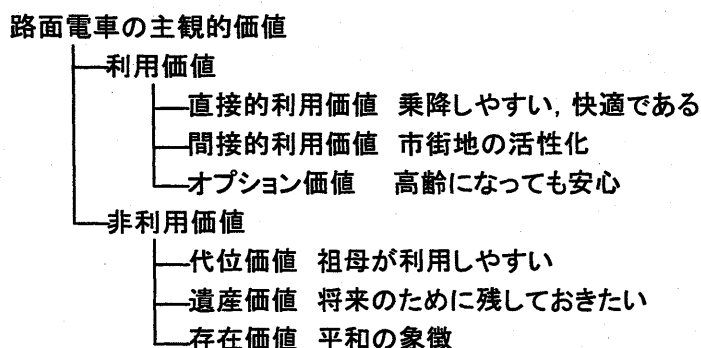


図 3.1 路面電車の価値



## 3.2 既往の研究のレビュー

### 1) 顧客満足度に関する研究

近年、高齢社会に対応するために、ノンステップバスやコミュニティバスの導入が進み、それらを対象とした研究が増加してきている。ノンステップバスに関して、新田らは特に高齢者と身障者を対象にアンケート調査を行い、利用状況、外出行動特性の変化、バスサービスの重要度等を分析しており、顧客満足度にも焦点を当てている<sup>2)</sup>。川上らは、金沢市におけるノンステップバスの導入による顧客満足度の変化に着目し、ノンステップバスの利点、問題点、効果を確認している<sup>3)</sup>。また、大井らは路線バス、植前らはノンステップバスと低公害バスについて、それぞれCVMを用いて評価している<sup>5)6)</sup>。

しかし、顧客満足度の変化を定量的に把握している研究事例は必ずしも多いとは言えない。また、直接的な利用価値以外の主観的価値に着目した研究は極めて少なく、特に路面電車については皆無である。今後、路面電車に関しても主観的価値の向上を金銭的に捉え、費用便益分析に取り入れる手法の考案が期待される。

### 2) CVMに関する研究

CVMは環境質の経済的評価手法の一つであり、環境質の変化に対する支払意思額(WTP)や受入補償額(WTA)を回答者に直接質問し価値を評価する手法である。この手法は、現実的な、あるいは実存する環境質のみならず、仮想的な環境質及び状態に関する便益評価が可能であり、適用範囲が広い。さらに、環境質の非利用価値を計測し得るという大きな長所を有している<sup>7)</sup>。しかし一方で、様々なバイアスが存在するという問題があり、その除去に関する議論が盛んに行われている。

調査論についての研究としてWhitehead et al.は無回答バイアスとサンプル選択バイアスの検定を行っており、電話調査と郵送調査を組み合わせることにより、バイアスを修正できることを示した<sup>7)</sup>。支払形態に関する研究として、岩瀬らは、基金方式と税金捻出方式という支払形態に関してWTPを比較し、大きく差が生じることを定量的に示すとともに、抵抗回答(Protest No, Protest 0)の処理方法による便益評価値への影響を定量的に示している<sup>8)</sup>。また、城田らは、調査票設計段階の操作により抵抗回答を削減する方法を提示している<sup>9)</sup>。

推定論の視点から抵抗回答を扱ったものとしては、Halstead et al.が挙げられる<sup>10)</sup>。抵抗回答の処理は極めて重要であり、3つの処理方法が存在するとしている。その第1は、抵抗回答をサンプルから除外し、無回答として処理する方法であり、評価対象財に対する抵抗回答者の関心が低いために、過大評価となる傾向がある。第2は、Protest 0をデータに含める方法であるが、評価対象財に価値を認めない抵抗回答者がほとんど存在しないために、過小評価となる傾向を有する。第3は、抵抗回答者のWTPを付値関数により推定する方法であるが、付値関数の統計的適合度が十分に高くなければ過大評価となる傾向がある。

評価論についての研究としては適用範囲の拡大に寄与している研究が多く見られ、近年、土木工学、交通工学の分野にも適用範囲は広がっている。古くは、住宅地における騒音被

害を金銭的に捉えたものがあり、公園や水質改善といったものを対象とした研究が見られる<sup>11)12)</sup>。前述した岩瀬らの研究では、幹線道路網整備のリダンダンシー機能の価値を評価している。しかしながら、欧米における CVM の適用範囲に比較して、我が国のそれは極めて限定的であり、研究の蓄積についても極めて少ないというのが現状である。

CVM 研究の中での本研究の位置づけは以下のように示される。

- ①評価論に関して、低床式路面電車という新たな分析対象を評価することにより、分析対象範囲の拡大に寄与する。
- ②推定論に関して、価値推定段階において、政策に反対という回答（拒否回答）の処理方法を考案することにより、バイアスの修正可能性を示す。
- ③調査論に関して、運賃方式と税金方式という支払形態によるバイアスを検証する。

### 3.3 広島市の低床式路面電車

広島電鉄では平成 11 年 6 月 9 日に第 1 編成、12 月 7・18・24 日に、それぞれ 1 編成ずつ低床式車両を導入した。

主要諸元を表 3.1 に示す。在来型車両では 30cm 以上あった電停（ホーム）との段差は、宮島線で 3cm、市内線でも 8cm とかなり低くなっている。ドア幅は広く、スロープ板の設置されている出入口も存在するため、高齢者、車椅子、ベビーカーでも容易に安全に乗り降りすることが可能である。車内には座席が 52 席あり、車椅子専用のスペースも設けられている。また、車内に電光掲示板が設置され電停情報等が提供されており、聴覚障害者にも配慮がなされている。導入効果としては、乗降性・速達性・快適性の向上等が見込まれている。

表 3.1 主要諸元

通称	グリーンムーバ
車種	5 車体 3 台車超低床車両
定員（内座席）	153 人（52 人）
床面高さ	330 mm
最高運転速度	60 km/h（設計 80 km/h）
使用区間	宮島線・市内線の直通運行

### 3.4 調査の概要

アンケート調査は低床式車両第一編成導入前（5・6 月）、導入後（10 月）の 2 回実施した。対象者は、交通行動や顧客満足度の変化が期待される利用者と沿線住民とした。利用者調査は主要電停において調査票を配布し、郵送回収とした。沿線住民調査は訪問留置、訪問回収の形式をとった。質問項目は個人・世帯特性、利用特性、路面電車の評価・イメージ、低床式車両の利用・評価、及び CVM に関する項目である。配布・回収結果を表 3.2 に示す。

CVM に関する項目については、「路面電車の低床化」を評価対象財とし、路面電車の主

観的価値のうち、車両の低床化による効果と考えられる直接的利用価値、オプション価値、代位価値の評価を目的に質問を設定した。路面電車の現状に関しては特に仮定せず、説明としては段差に対する批判があることのみで止めた。仮想的な状態としては、回答者が比較的イメージしやすく、現実的であるという理由から、数値は特に示さず「路面電車の半数を低床式車両による運行」とした。本研究では数種類のモデル化に十分なサンプル数を得るため、質問方式には自由回答方式を採用した。まず、低床式路面電車の導入策を説明し、拒否回答を識別するためにその施策に対して賛成かどうか（賛成・反対・わからない）を質問し、次に、「賛成」もしくは「わからない」と回答した人に対してWTPを質問した。

CVM調査において支払形態の設定は重要である。今回の調査においては、調査設計上の支払形態の選択によるWTPの相違がどの程度存在するかを把握するために、税金方式と運賃方式の2種類の支払形態を設定した。沿線住民に対しては全て税金方式、利用者に対しては両方の調査票を作成した。さらに、運賃方式の調査では、本人の利用のみを考慮したWTPも質問した。

表 3.2 アンケート調査の配布・回収結果

対象者	配布数	回収数	有効回答数	有効回答率(%)
利用者	3000	391	390	13.0
沿線住民	994	878	730	73.4

(単位：票，有効回答率＝有効回答数／配布数)

### 3.5 路面電車に対する一般住民の評価と支払意思額

アンケート調査において、在来型車両のサービスに関する24項目についての評価を回答者全員に、低床式車両に関しては5項目を乗車経験のある人のみに、それぞれ評価を5段階で質問した。それぞれの項目の評価を評点化し平均値をもとめた結果を図3.2に示す。在来型の路面電車の問題点としては、速達性、車両の揺れ、情報等、低床式車両により改善が期待できるものが多く、乗降性、揺れに関しては実際に改善されていることが分かった。しかし、低床式車両の座席に対する評価は低いことが判明した。

また、公共交通政策への公的資金の活用に対しては、賛成割合が8割程度と多いことが判明した。

次に、政策賛否及びWTPの集計結果を表3.3に示す。運賃で質問した場合の本人額と総額を比較すると、WTPには大きな差が見られないが、他人の利用を考慮することにより政策賛否の割合に変化があることがわかる。また、利用者に対して運賃方式を採用した場合より、税金方式を採用した場合に「反対」の割合が増加していることが見て取れる。さらに、税金方式を採用した利用者と沿線住民を比較すると、賛成割合、WTPともに利用者の方が高くなっている。

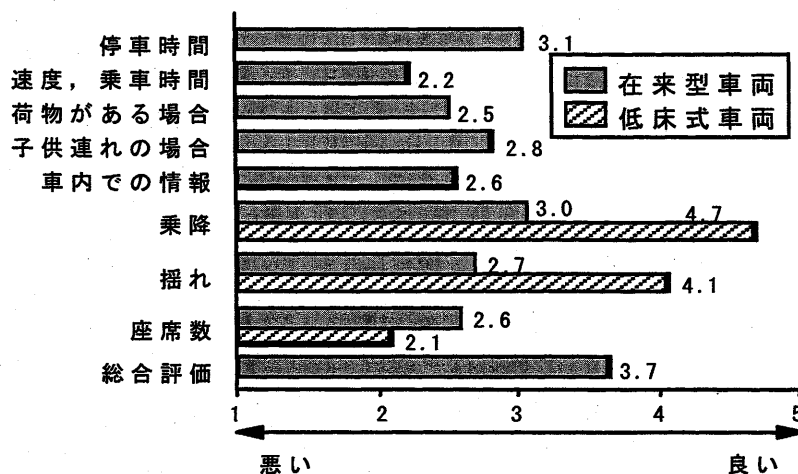


図 3.2 路面電車の評価

表 3.3 WTP 集計結果

		利用者		沿線住民	
		運賃		税金	税金
		本人	総額		
賛否者数 (人)	賛成	67	87	99	227
	わからない	33	27	43	168
	反対	49	33	91	299
有効回答数(票)		95	109	130	324
WTP 中央値		30	20	500	500
平均値	ネット	39.8	40.6	980	824
	グロス	26.8	31.6	579	428
WTP 単位		円/回	円/回	円/月	円/月

### 3.6 支払意思額決定モデル

WTP の決定要因を把握し、調査段階でのバイアスを検討するために、個人・世帯特性、利用特性を説明変数として WTP 決定モデルを推定した。

#### 1) モデルの定式化

##### ①政策賛否決定モデル

集計結果より、政策賛否は WTP と同様に、個人の抱く路面電車の価値を反映していることが示された。そのため、モデルの構築に当たっては、政策賛否を表すモデルと WTP を表すモデルが必要となる。そこで、政策賛否モデルには非集計ロジットモデルを採用し、「賛成」及び「わからない」と「反対」の二項選択モデルとした。

$$\text{Prob(Yes)} = 1 / (1 + e^{-\Delta V}) \quad (3.1)$$

$$\Delta V = \alpha + \beta x \quad (3.2)$$

x : 説明変数ベクトル

##### ②WTP モデル

アンケート調査で得られた結果に基づいて WTP を推計する手法はいくつか存在するが、

本研究では生存時間解析の加速モデルにより WTP モデルを推定した<sup>13)</sup>。生存時間解析は打ち切りを受けたデータ（センサリングデータ）を扱う場合に有効であり、WTP における生存関数そのものを目的変数として取り扱うことができるという特徴から、本研究に適用した。また、比例ハザードモデルでは共変量の影響が WTP によらず一定であるのに対して、加速モデルでは共変量の影響が変動することも本分析に適合している。

支払意思額  $t$  の確率分布は、生存関数  $S(t, \mathbf{x})$  として式(3.3)で表現される。

$$S(t, \mathbf{x}) = \text{Prob}(T > t | \mathbf{x}) = S_0 \{t \cdot \exp(-\beta \mathbf{x})\} \quad (3.3)$$

$T$  : 確率変数  $\mathbf{x}$  : 説明変数ベクトル ( $\square$  と共通)

$S_0$  : 基準生存関数

基準生存関数にはワイブル分布、対数ロジスティック分布等を想定することができる。尺度パラメータ、形状パラメータ、位置パラメータをそれぞれ  $\lambda$ ,  $\gamma$ ,  $\alpha$  とすると、生存関数は式(3.4)(3.5)で表現される。

<ワイブル分布>

$$S(t, \mathbf{x}) = \exp[-\lambda \{(t + \alpha) \cdot \exp(-\beta \mathbf{x})\}^\gamma] \quad (3.4)$$

<対数ロジスティック分布>

$$S(t, \mathbf{x}) = 1 / [1 + \lambda \{(t + \alpha) \cdot \exp(-\beta \mathbf{x})\}^\gamma] \quad (3.5)$$

本分析では、予備分析の結果最も適合度の高かったワイブル分布を適用した。

### ③ WTP 決定意識構造モデル

さらに、WTP を決定する際の意識構造を詳しく把握するために、共分散構造モデルを用いて因果構造分析を行った。基準となる因果構造を図 3.3 の様に設定し、論理的に矛盾のあるパスや説明力の弱いパスを除き、最適なパスを見つけた。ただし、4つのモデルでパス図は同一のものを用いた。政策に反対という回答は WTP 0 円としてサンプルに含めた。

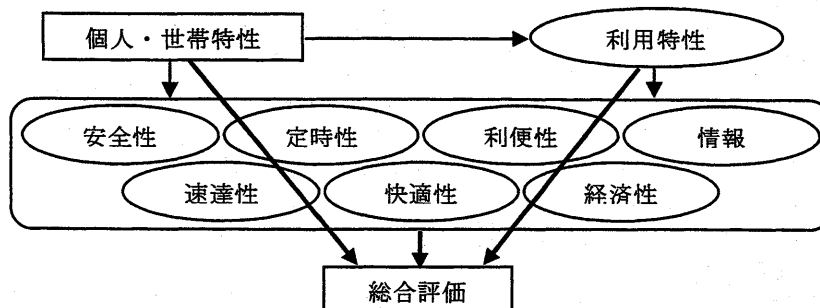


図 3.3 基本パス図

## 2) 推定結果

### ① 政策賛否モデルと WTP モデル

WTP 決定モデルの推定結果を表 3.4 (政策賛否モデル)、表 3.5 (WTP モデル) に示す。高齢者有無の影響は、政策賛否決定モデルでは様々であるが、WTP モデルでは他人の利用

を考慮した場合、家族に高齢者がいる人ほど、WTP を高く回答していることが確認できた。年収の影響は運賃方式を採用した政策賛否決定モデルで性の影響が大きい以外は、顕著な影響は見られない。また、運賃方式の場合、私的利用頻度の高い人ほど政策に賛成と回答する傾向があるが、WTP については低く回答する傾向がある。さらに、政策賛否決定モデルの適合度を見ると、税金方式を採用したモデルでは低くなっており、観測されていない何らかの心理的要因が影響していると考えられる。これらより、サンプルの抽出方法、支払形態の差異により、WTP の決定方法が異なっていることが明らかになった。

表 3.4 政策賛否決定モデルの推定結果

	運賃・本人	運賃・総額	税金	沿線住民
性別	0.312	0.515	-0.154	-0.635 *
年齢	0.014	-0.014	0.022	0.003
職業有無	-0.622	-0.312	0.080	0.395
乳幼児	0.003	-0.790	-0.534	-0.282
小学生	-0.916	-1.335	-0.589	0.095
高齢者	0.631	0.265	-0.400	0.226
自家用車	-0.222	-0.425	-0.225	0.125
距離帯1 <sup>注1)</sup>	-0.198	-0.313	-0.045	0.084
距離帯2 <sup>注2)</sup>	1.302	0.279	-0.517	0.588 *
年収	0.176	0.228 *	-0.074	0.018
通勤・通学	-0.246	-0.282	-0.278	0.073
利用頻度	0.066 *	0.067	0.016	0.030
定数項	-0.786	0.962	0.994	-0.314
サンプル数	112	110	172	493
初期尤度	-77.6	-76.2	-119	-342
最終尤度	-59.1	-48.7	-107	-328
尤度比	0.239	0.361	0.104	0.041
的中率	0.75	0.84	0.63	0.59

(\* : 5%有意)

注1) 最寄の電停までの距離 1km 未満 : 1, それ以外 :

注2) 最寄の電停までの距離 1~2km : 1, それ以外 : 0

表 3.5 WTP モデルの推定結果

	運賃・本人	運賃・総額	税金	沿線住民
性別	0.156	0.166	-0.067	-0.116
年齢	0.0003	0.001	-0.002	-0.011
職業有無	0.209	-0.107	0.423	0.402
乳幼児	-0.208	-0.387	-0.100	-0.286
小学生	0.386	0.466	-0.213	-0.098
高齢者	-0.008	0.195	0.237	0.204
自家用車	0.316 *	0.439 *	0.009	0.060
距離帯1	-0.289	0.044	-0.448	0.214
距離帯2	-0.126	-0.132	0.061	0.640 **
年収	-0.009	-0.005	0.049	-0.016
通勤・通学	-0.054	-0.078	-0.185	-0.398 *
利用頻度	-0.014	-0.009	0.014	0.003
定数項	1.496	1.375	4.813	4.359
尺度パラメータ	0.075	0.104	0.185	0.075
形状パラメータ	1.356 **	1.238 **	1.078 **	0.976 **
サンプル数	73	86	104	239
尤度比	0.667	0.637	0.975	0.865

(\* : 5%有意      \*\* : 1%有意)

## ②WTP 決定意識構造モデル

共分散構造モデルの推定結果のうち特に重要な WTP への直接効果を表 3.6 に示す。パラメータの値は標準化された値である。満足度のパラメータの符号は、正であれば良い部分をさらに伸ばして欲しいという要望を反映しており、負であれば単純に不満な部分を改善して欲しいという要望を反映している。

運賃・総額の速達性のパラメータの絶対値が本人額よりも大きくなっていることから、他人の乗降が楽になることにより本人の速達性が向上する価値は、総額には含まれているが、本人額には含まれていない可能性が示唆された。また、利用者に税金方式で質問したモデルでは満足度のパラメータに負の値を示すものが多く、利用者は利用頻度が高いため、運賃よりも税金により不満な部分の改善を希望する傾向があると考えられる。そのため、利用者の WTP を調査する際、税金方式を採用すると価値を過大に評価してしまう恐れがある。

表 3.6 WTP への直接効果

	運賃・本人	運賃・総額	税金	沿線住民
性別	0.037	-1.569	-0.513	-0.885
職業	1.838	-0.998	-0.760	0.710
高齢者	-3.783	-1.494	-1.815	0.106
年収	20.30 *	7.500	8.200	-3.200
利用特性	8.157	2.968	3.868	-0.418
安全性	-16.287	5.990	-12.93	0.694
速達性	-0.149	-6.269	-3.816	-3.494 *
定時性	-0.034	0.152	-0.451	0.373 *
快適性	0.428	0.738	-3.214	0.859 *
利便性	7.679	-4.727	18.55	2.124
経済性	0.426	0.432	-0.341	0.065
情報	0.092	-0.024	-1.913	0.324
サンプル数	93	93	150	374
GFI	0.656	0.655	0.735	0.760
AGFI	0.572	0.571	0.671	0.702

(\* : 5%有意)

## 3.7 路面電車低床化の価値

### 1) 拒否回答

本研究では、計画に反対という回答を拒否回答と定義する。拒否回答には計画に対して負の価値を認めたことに起因するものと、価値があると認めているにも関わらず、非経済的理由により生じるものとに分けられる。後者は一般的に抵抗回答 (Protest No) と呼ばれるもので、サンプルから除外する方法と付値関数により WTP を補完する方法がある。本研究では、低床式車両の価値を推定する際、拒否回答を2種類の方法で処理した。

- ①負の価値に起因するものであると捉え、0円でのレフトセンサリングデータとして扱う。
- ②抵抗回答として捉え、WTP データの欠損を EM アルゴリズムを用いて補完し、データに含める。

## 2) 推定方法

拒否回答を全て上記①の方法で処理し生存時間解析を行い、路面電車低床化の価値の下限値を推定した。生存時間解析では、センサリングデータが含まれる場合、イベントの起きた可能性のある区間を確率でもとめることにより対処する。レフトセンサリングの場合、イベントの起きた可能性のある区間は  $(a, t)$  であり、今回のデータでは位置パラメータ  $\alpha$  を用いて  $(-\alpha, 0)$  とする。その区間においてイベントが発生する確率は  $\text{Prob}(T \leq 0)$  となる。さらに、生存関数  $S(t)$  を用いて表すと式(3.6)のように表現できる。

$$\text{Prob}(T \leq t) = 1 - S(t + \alpha) = 1 - S(\alpha) \quad (3.6)$$

本分析では、予備分析の結果、基準生存関数に対数ロジスティック分布を適用することとした。

次に、拒否回答を全て②の方法で処理し、価値の上限値を推定した。EMアルゴリズムは無回答を含む観測データから最尤推定される母数を、完全データから最尤推定される母数と関連づける方法であり、概念的にも計算上でも極めて簡単である点が最大の利点である<sup>14)</sup>。本研究ではモデルのパラメータ推定を行うため、不完全データの欠損値を補完する必要がある。EMアルゴリズムによって求まるのは、修正されたデータの平均値、標準偏差、共分散、相関係数といった母数の不偏推定量である。求まった平均値と標準偏差を元に正規乱数を発生させ、欠損値を補完する。ただ、1度乱数を発生させただけでは信頼性が低いため、平均値と標準偏差を元に5通りの乱数を発生させ、5パターンの擬似完全データを作成した。そして、それぞれについて生存時間解析を行い、それらの結果の平均をとった値を本研究では用いている。基準生存関数にはワイブル分布を採用した。

## 3) 推定結果

入力データの WTP の分布 (カプラン・マイヤー推定量: KM推定量) と推定されたパラメータからプロットされる生存関数を並記した比較図を、沿線住民のモデルを例に挙げ図 3.4 に示す。下限値は0以上の範囲では KM 推定量に近づくことが望ましいが、視覚的に見て適合すべき真の価値が存在すると考えられる。

推定結果から得られる価値の値の平均値、中央値を表 3.8 に示す。運賃方式のものについては、サンプルの月当り平均利用頻度 (13.9 回/月・人) を乗じて求めた月換算額を括弧内に示した。下限値では拒否回答全てに負の価値を仮定したため、拒否回答の多かった沿線住民では利用者よりもかなり低い値が得られている。支払方式による価値の推定値の差はあまり生じていないと考えられる。上限値では、利用者について運賃方式と税金方式の月換算額を比較すると、中央値、平均値ともに税金方式の方がかなり高くなっている。本研究で行った調査では拒否回答を2種類に区別することが困難であるため、推定結果として区間を示すに留める。今後の調査においては、拒否回答の区別が可能なように設問を設定する必要があるであろう。そして、それぞれの手法で同時に処理することにより、真の価値により近い値をもとめることが可能である。



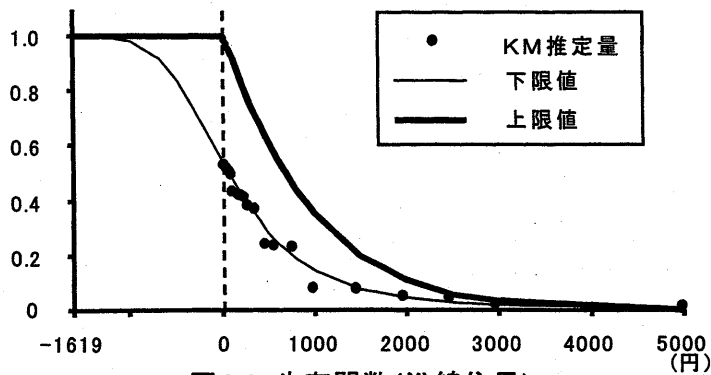


図 3.4 生存関数(沿線住民)

### 3.8 まとめ

本研究の成果は、第 1 に低床式車両による顧客満足度の向上を確認し、それを含めた路面電車低床化の主観的価値のとり得る区間を定量的に示したことである。得られた評価結果をどのように用いるかについては今後検討が必要であるが、助成制度についての議論の開始点を提供できたと考える。

第 2 の成果は、公共交通機関の整備に対する CVM の適用可能性を示すことができたことである。このような公共交通の整備を評価する際には、サンプルの抽出、支払形態の設定

表 3.7 路面電車低床化の価値

		運賃・本人	運賃・総額	税金	沿線住民
下限値	中央値	11.6 (161)	18.4 (255)	208	61
	平均値	16.9 (234)	25.0 (347)	423	241
上限値	中央値	35.1 (486)	33.1 (458)	807	672
	平均値	41.4 (547)	41.2 (571)	1065	905
単位		円/回 (円/月)	円/回 (円/月)	円/月	円/月

(括弧内：月換算額)

には特に注意が必要であることを示した。また、価値を推定する際の拒否回答の処理方法を新たに提案した。公共投資の便益評価への CVM の適用については、今後更なる研究の蓄積が必要である。

## 第4章 ファジィ理論に基づくCV調査分析法の提案

### 4.1 はじめに

公共事業の方向性が量的な整備から質的な整備へと変わりゆく成熟社会においては、街路整備事業においても「快適性」や「安心感」「景観」のような非市場財の価値を含めた便益評価を行う必要がある。非市場価値を計測する手法として、近年、CVM<sup>6)</sup> (Contingent Valuation Method) が注目されているが、従来のCVMはその評価値の信頼性を問われることが少なくない。一因として仮想的な状況下における人々の選好に含まれるあいまい性<sup>15)</sup>をモデル化しきれていないことがあげられる。

本研究では、CVMにおけるアンケート回答者の意識や支払意思額の判断等にかかわる「あいまい性」を考慮するため、ファジィ理論<sup>16)</sup>に基づく調査分析方法(ファジィCVM)を提案し、CVMの信頼性を向上させることを目的とする。

### 4.2 本研究の位置づけ

CVMの信頼性に関する議論は多様な視点から精力的になされておき、体系的なレビューを行った先行研究が数多く公表されてきた<sup>6)・17)</sup>。議論を支払意思額(WTP)の偏り程度(バイアス)の問題とばらつき程度の問題に大別すると、前者のバイアス修正の研究が特に盛んであり、例えば藤原等の抵抗回答バイアスの処理法<sup>18)</sup>、Kuriyama et alのRP/SPデータの統合モデル<sup>19)</sup>、松島等の2重計算バイアス処理法<sup>20)</sup>などの提案がなされている。一方、後者のばらつき程度の問題は本研究が対象とするCVのあいまい性と関連するものと考えられ、例えば川除等の信頼区間推定法<sup>21)</sup>の開発など先行研究がある。

Hohen and Randoll<sup>22)</sup>はCVのあいまい性の発生メカニズムに関して、回答者が評価値を回答する時間を制約され、かつ評価対象がなじみのない財の場合、変化後の財の数量を回答者が十分に認識しないとWTPにはあいまい性が発生すると指摘している。しかし、CVMにおける回答者が持つ意識やWTPに対するあいまい性を抑制する調査手法や、あいまい性を取り扱うことのできる分析法は未だ十分に確立されているとは言い難い。

そこで、本研究ではファジィ理論に基づいたCV調査法と分析法を提案し、回答者のあいまい性を考慮することを目的とする。更には、ダブルバウンド方式における提示金額への賛否は、提示金額と回答者の持つ事業へのイメージによって決定されるという視点から、回答者の評価構造を考慮したモデルの提案を行う。したがって、本研究はあいまい性を考慮することによりWTPのばらつき程度を抑える後者の研究に属するが、Mitchell and Carson<sup>23)</sup>が指摘するように評価されるアメニティの誤同定がバイアスにつながるとすれば、あいまい性を考慮することでバイアスの修正にもつながることが期待される。

### 4.3 ファジィCVMの提案

#### (1) 支払意思額に含まれるあいまい性の計測方法

本研究で取り扱う支払意思額に含まれるあいまい性を以下に示す。

- ①回答者が評価対象財の価値を明確に認識できないために生じるあいまい性,
- ②回答者が非市場財を貨幣価値に変換する際に生じるあいまい性,
- ③回答者が事業内容を十分に認識していないために発生するあいまい性,
- ④回答者が認識した価値を支払意思額として表明する際に発生するあいまい性.

なお、ここで言うあいまい性はその誘因を明確に区分できないため、財の価値の認知過程で発生するファジィ性とランダムノイズの双方を含むが、以下では前者に着目した調査分析法について議論する。

通常の CV 調査と同様に、ファジィ CVM においても支払意思額を聞きだすためにダブルバウンド方式を用いる。ただし、支払意思額に含まれるあいまい性を考慮するため、従来の方法では賛成・反対の 2 肢選択の質問方式であるのに対し、ファジィ CVM では間隔尺度による評点付け法を採用する (図 4.1)。賛成・反対の度合い (賛否度) を多段階 (例えば 5 段階) で調査することにより、回答者が確信の度合いを明確に表現できる。

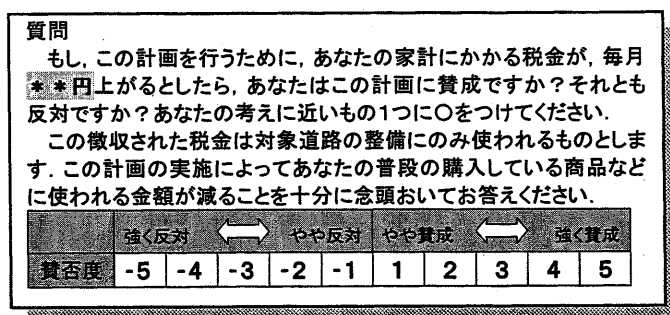


図 4.1 ファジィ CVM の質問方式

## (2) ファジィ CVM の分析方法

ファジィ CVM では、提示金額と将来イメージから賛否度を推論する。分析フローは図 4.2 に示すとおりである。

### (a) メンバーシップ関数の設定

評価対象の将来イメージは支払意思額を左右する重要な要因であり、回答者は将来イメージと提示金額の両方を吟味して賛否度を決定するものと考えられる。そこで、金額と将来イメージを説明変数とし、賛否度の推論を行う。ただし、「金額」「将来イメージ」「賛否度」には前述の 4 種類のあいまい性がそれぞれ別々の構成割合で含まれていることが考えられるので、3 指標ごとに異なったメンバーシップ関数を設定する。

このメンバーシップ関数は回答者が提示金額に対して賛否度を判断する際のあいまい性を関数として表現する役割を持っており、メンバーシップ関数の幅が広いほど回答はあいまいであることを意味する。ここでは筆者等の過去の経験と予備分析の結果に基づき、3 指標に対していずれも 5 評点のカテゴリー区分とし三角型メンバーシップ関数を設定する。

### (b) 賛否度の推論

まず推論ルールを決定する。評価構造の違いにより回答者を次の i) ii) に示す 3 つの同質グループに分類し、各グループに対応した推論ルールを以下のように定める。

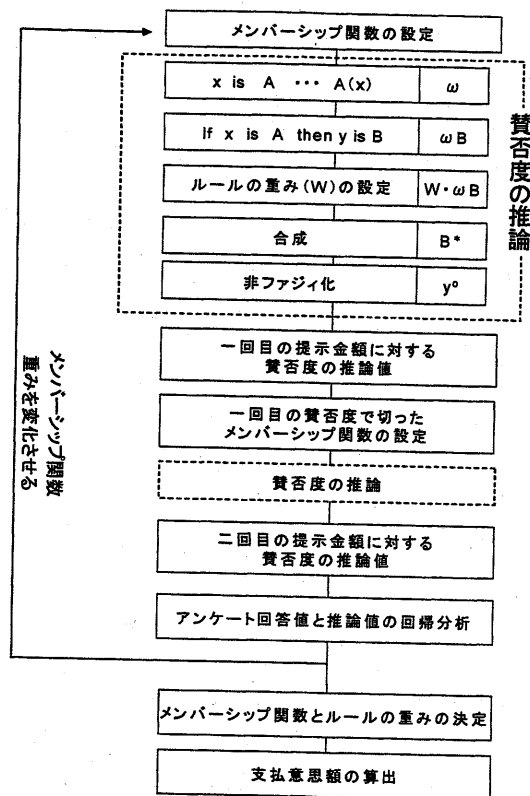


図 4.2 ファジィ CVM の分析フロー

また、それぞれの推定ルールには重みを持たせることで、各グループがどの要因を重視して賛否度を決定しているかを表現する。

i) グループ 1 およびグループ 2

グループ 1 は提示金額と将来イメージの両方を考慮して賛否度を決定する。グループ 2 は将来イメージを重視して賛否度を決定する。これらのグループは、推論ルールは同じだが、ルールの重み  $W$ ,  $W'$  が異なる。

提示金額と賛否度のルール		$W1, W2$	イメージと賛否度のルール		$W1, W2$
金額	賛否度		イメージ	賛否度	
IF とても安い THEN	強く賛成		IF とてもよい THEN	強く賛成	
安い	賛成		よい	賛成	
中ぐらい	どちらでもない		どちらでもない	どちらでもない	
高い	反対		悪い	反対	
とても高い	強く反対		とても悪い	強く反対	

ii) グループ 3

このグループはお金を払うことに反対するグループである。事業に対する将来イメージはよくても、事業のためにお金を支払うことに反対するグループで、提示金額や将来イメージには関係なく反対するものとする。

提示金額と賛否度のルール		$W3$	イメージと賛否度のルール		$W3$
金額	賛否度		イメージ	賛否度	
IF とても安い THEN	どちらでもない		IF とてもよい THEN	強く賛成	
安い	反対		よい	賛成	
中ぐらい	反対		どちらでもない	どちらでもない	
高い	反対		悪い	反対	
とても高い	強く反対		とても悪い	強く反対	

次に合成法則を決定する。

ファジィ述語による if-then ルールを  $A_1$ ="とても安い",  $A_2$ ="安い"... $A_9$ ="反対",  $A_{10}$

=“強く反対”などのファジィ集合によって、

$$\text{If } x \text{ is } A_i \text{ then } y \text{ is } B_i \quad (i=1, \dots, 10) \quad (4.1)$$

と表す。ここで、 $x$ : 提示金額またはイメージ、 $y$ : 賛否度、 $i$ : ルール とする。

入力を  $x^*$  としたときのルールの適合度を  $\omega^*$  を求める。“ $x \text{ is } A_i$ ”に対する入力“ $x \text{ is } x^*$ ”の適合度  $A(x^*)$  は、ファジィ集合  $A$  の  $x^*$  におけるメンバーシップ値として定義される。つまり、 $i$  番目のルールの適合度  $\omega_i$  は(4.2)式で表される。

$$\omega_i = A_i(x^*) \quad (4.2)$$

次に、 $i$  番目のルールによる推論結果を

$$y \text{ is } \omega_i B_i \quad (4.3)$$

とする。ただし、

$$\omega_i B_i = \omega_i \wedge B_i(y) \quad (4.4)$$

以上より、全体の推論結果  $B^*$  は、それらの和集合

$$B^* = \omega_1 B_1 \cup \omega_2 B_2 \cup \dots \cup \omega_{10} B_{10} \quad (4.5)$$

として表される。これはメンバーシップ関数で囲まれた面積と言い換えることができる。

最後に、ファジィ推論の結果を一意的数値  $y^*$  として表す (非ファジィ化) ために、ここではその値に  $B^*$  の重心 ((4.5)式) を用いる。

$$y^* = \frac{\sum_y B^*(y)}{\sum_y y} \quad (4.6)$$

(c) メンバーシップ関数の再設定

ダブルバウンド方式の質問では、1 回目の回答が「賛成」の場合更に高い金額を 2 回目に提示するため、1 回目の賛否度より 2 回目の賛否度が高くなることはない。逆に、1 回目に反対と回答した場合は、2 回目の「反対」の賛否度が 1 回目よりも高くなることはない。この特徴を生かし賛否度メンバーシップ関数の再設定を行う。つまり、1 回目の賛否度のところでメンバーシップ関数を切り、範囲を狭めて 2 回目の賛否度の推論を行う。(図 4.3)

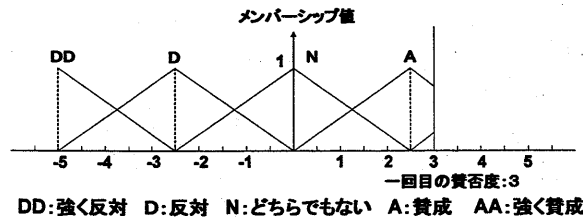


図 4.3 2 回目の推論で用いる賛否度メンバーシップ関数

(d) ルールの重みとメンバーシップ関数の決定

ルールの重みとメンバーシップ関数を変化させて、具体的には重み  $W$  の値を 0 から 0.1 刻みで増加させ、かつ 3 種類のメンバーシップ関数の三角形の幅を 0.1 刻みで増加させながら、以上のステップを繰り返す、賛否度の推論値とアンケート回答値との相関が最も高くなるときの値を採用する。

(e) 支払意思額の算出

対象母集団において街路整備事業の貨幣価値を算定するために、以上の各メンバーシッ

プ関数と重みから求まる回答者の平均賛否度が賛成から反対に移る金額を平均支払意思額として算出する。回答者個々の賛否度を一意的数値として再計算することにより、従来法で求めた結果と比較が可能となる。

#### 4.4 アンケート調査

##### (1) 評価対象

本研究で提案した方法論の有効性を検討するためにアンケート方式によるCVM調査を、島根県大原郡木次町の街路整備計画を対象として実施した。当該道路は、全長約600mの沿道に商店街が並ぶ住区内街路である。現在は、幅員が狭く十分な道路空間が確保されていない(図4.4)。本整備計画では、2車線ある街路を一方通行にして歩道を確保することで、道路利用者と沿道住民の双方にとっての快適性や安全性の向上と、まちなみの景観の向上を目的としている(図4.5)。



図 4.4 現在の状況

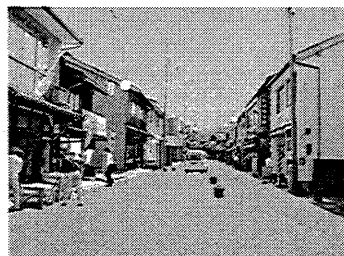


図 4.5 完成予想図

##### (2) 調査の概要

2002年10月27日から11月9日に、対象道路を歩いている通行人に声をかけ、路側ブース内でのアンケート調査を依頼した。したがって、被験者には木次町住民(以下、住民)と町外からの来訪者(以下、来訪者)の両方が含まれている。

既述の「回答者が事業内容を十分に認識していないために発生するあいまい性」を極力抑えるために、回答者に図4.5に示すようないくつかの完成予想図を見せ、パソコンによる疑似体験を行った後、アンケートにインタビュー形式で回答してもらう方法をとった。

事業への支払意思額は、住民には「1ヶ月あたりの税金上昇」、来訪者には「1回あたりの駐車料金の上昇」という形で質問した。支払意思額を聞き出す方法には、賛否度の概念を加えたダブルバウンド方式を用いた。さらに「街路が計画通りに整備されたとき、歩行者や自動車の快適性や安心感、まちなみの景観といった街路環境がどのように変化するか?」という将来イメージ(全9項目)や個人属性等を尋ねている。

#### 4.5 従来の方法による推定結果

##### (1) 従来法のCVMによる平均支払意思額の算出

まず従来法の方法として、ランダム効用モデルによる支払意思額の算出を行う。表4.1はランダム効用モデルによる推定結果を示したものである。賛否度が1~5すなわち賛成側なら1、賛否度が-1~-5すなわち反対側なら0の2値データに変換している。

説明変数のパラメータ推定値をみると、提示金額のt値が、住民・来訪者ともに有意でか

つ各モデルの変数の中で最も高い。推定値の符号が負であることから、提示金額が低いほど賛成するというを示している。

表 4.1 ランダム効用モデルによる推定結果

説明変数	木次町住民		町外	
	推定値	T値	推定値	T値
提示金額(百円)	-0.259 **	-5.818	-0.746 **	-4.987
収入(百万円)	-0.025	-0.325	0.246 *	1.927
性別ダミー(男=1)	0.629 +	1.677	0.831	1.454
年齢	-0.013	-1.020	0.013	0.559
職業ダミー(有職=1)	-0.724	-1.498	-2.772 **	-2.872
免許ダミー(有=1)	-1.079 *	-2.186	-0.449	-0.152
家族が徒歩で利用ダミー(有=1)	0.039	0.106	1.568	1.419
定数項	2.544 **	2.624	2.472	0.815
サンプル数	123		65	
尤度	0.180		0.227	
的中率	52.0		60.0	
支払意思額(円)	中央値	265	中央値	231
	平均値	138	平均値	134

\*\* : 1%有意 \* : 5%有意 + : 10%有意

## (2) 将来イメージを加えたモデル

アンケートでは、賛否度に加えて、完成後の将来イメージに関する質問項目(全9項目)を尋ねている。完成予想図や疑似体験を通して、被験者は完成後の道路環境をより鮮明にイメージしやすいようにしている。

その将来イメージに関する回答を因子分析による因子得点に変換した後、説明変数としてモデルへの導入を行った。将来イメージ項目を因子分析した結果、自動車に関する因子、歩行者に関する因子、沿道環境に関する因子の3つに分かれた。そこで、これら3因子を説明変数に加えて推定した結果を表4.2に示す。住民のモデルではイメージ変数を入れることでモデルの尤度は1.8倍以上高くなっており、提示金額に対する賛否を決定するのに、将来イメージが重要な説明変数になっていることがわかる。つまり住民については、将来イメージが賛成・反対に大きな影響力を及ぼし、特に沿道環境に関する要因を重視していることがわかる。

一方、来訪者では尤度は若干高くなっているものの大きな変化は見られない。また、将来イメージのt値も低いことから、来訪者はイメージではなく提示金額のみで賛成・反対を決定しているといえる。

表 4.2 ランダム効用モデルによる推定結果

説明変数	木次町住民		町外	
	推定値	T値	推定値	T値
提示金額(百円)	-0.340 **	-5.778	-0.780 **	-5.004
自動車に関する因子	0.569 +	1.676	-0.453	-0.993
歩行者に関する因子	0.384	0.796	0.257	0.656
沿道環境に関する因子	0.922 *	2.380	0.424	0.931
収入(百万円)	-0.022	-0.235	0.242 +	1.780
性別ダミー(男=1)	0.770	1.636	0.900	1.533
年齢	-0.009	-0.631	0.019	0.789
職業ダミー(有職=1)	-0.346	-0.619	-3.055 **	-3.187
免許ダミー(有=1)	-1.237 *	-2.139	-0.512	-0.197
家族が徒歩で利用ダミー(有=1)	0.596	1.321	1.994 +	1.715
定数項	1.893 +	1.721	2.614	0.951
サンプル数	123		65	
尤度	0.315		0.233	
的中率	62.6		61.5	
支払意思額(円)	中央値	355	中央値	243
	平均値	177	平均値	136

\*\* : 1%有意 \* : 5%有意 + : 10%有意

## 4.6 ファジィ CVM による推論結果

### (1) 住民の支払意思額

住民を対象として、推論結果と回答値との相関が最も高くなる時の推論ルールの重みを表 4.3 に、またメンバーシップ関数を図 4.6 にそれぞれ示す。ルールの重み ( $1 > \text{重み} > 0$ ) は各グループが相対的にどの項目を重視しているかを示している。表 4.3 より、約半数の回答者が沿道環境に関する要因を重視し支払意思額の判断を行っていることがわかる。また図 4.6 より、賛否度メンバーシップ関数の幅が、賛成側よりも反対側の方が広いことから、賛成より反対の方が回答の持つ影響力が大きいことがわかる。

表 4.3 推論ルールの重み (住民)

重み	グループ	1	2	3
金額の重み		0.30	0.04	0.50
自動車に関する要因の重み		0.30	0.30	0.05
歩行者に関する要因の重み		0.30	0.22	0.30
沿道環境に関する要因の重み		0.10	0.44	0.15
グループが全体に占める割合		22%	48%	30%

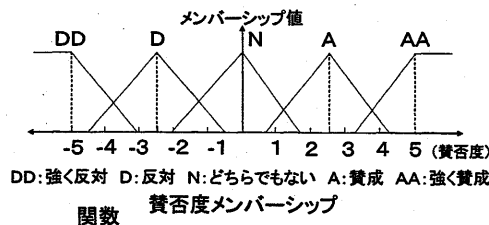
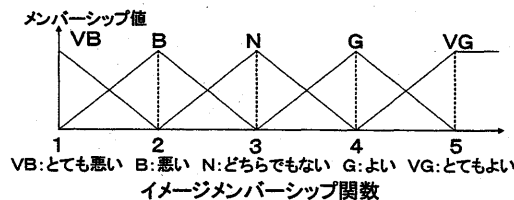
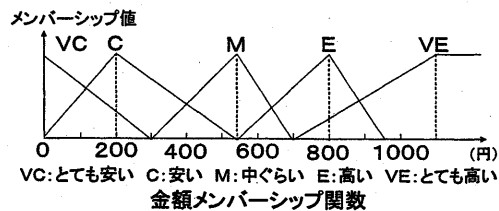


図 4.6 メンバーシップ関数の結果 (住民)

これらのルールの重みとメンバーシップ関数を用いて算出した住民の支払意思額と賛否度との関係を図 4.7 に示す。ランダム効用モデルの中央値と同様に、賛成から反対に移る金額を平均支払意思額とすれば、ファジィ CVM による平均支払意思額は 726 円となる。ここで、ファジィ CVM では、あいまいで幅を持った回答に対し信頼区間を設けることで、その区間における支払意思額を算出することが可能である。例として図 4.8 に、支払意思額の平均値の算出方法と、50%の可能性でこの範囲で回答すると考えられる範囲の賛否度の上位値と下位値の算出方法を示す。この方法により求めた上位値および下位値を図 4.7 に破線で示すと、支払意思額がいかにあいまい性を含んでいるかわかる。



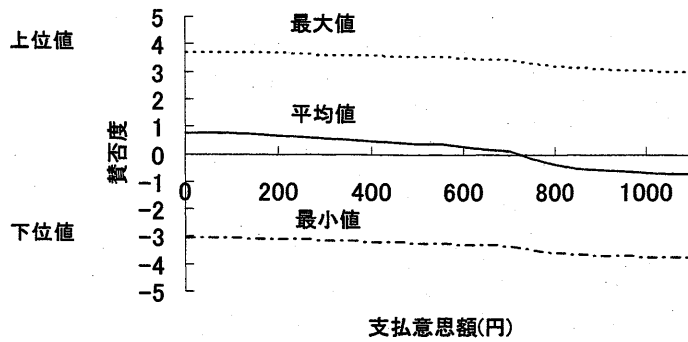


図 4.7 住民の支払意思額と賛否度の関係

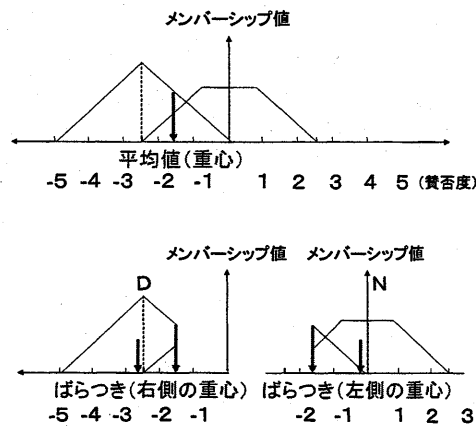


図 4.8 支払意思額の平均値，上位値，下位値の算出方法

(2) 来訪者の支払意思額

(1)と同様に，来訪者についての推論結果を示す。

推定ルールの重みの結果（表 4.4）から，ランダム効用モデルの推定結果と同様に，多くの回答者が金額を重視して提示金額に対する賛否度を決定していることがわかる。

図 4.9 で，賛否度メンバーシップ関数の幅が賛成側の方が広いことを考慮すると，回答者は利用回数が少ない道路に訪問したときだけ駐車料金として安い金額を支払うことに対して賛成しているといえる。しかし，料金には敏感で，良い道路であっても少しでも料金を高いと感じると支払いたくないと感じていることがわかる。

図 4.10 に，来訪者の支払意思額と賛否度との関係を図化したものを示す。(1)と同様に，上位値および下位値は，信頼区間を 50%としたときの結果である。

表 4.4 重みの結果（来訪者）

重み	グループ	1	2	3
金額の重み		0.94	0.50	0.97
自動車に関する要因の重み		0.02	0.05	0.01
歩行者に関する要因の重み		0.02	0.40	0.01
沿道環境に関する要因の重み		0.02	0.05	0.01
グループが全体に占める割合		34%	18%	48%

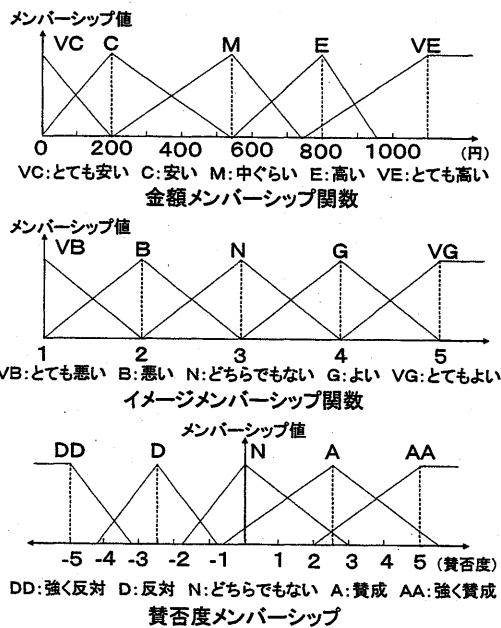


図 4.9 メンバーシップ関数の結果 (来訪者)

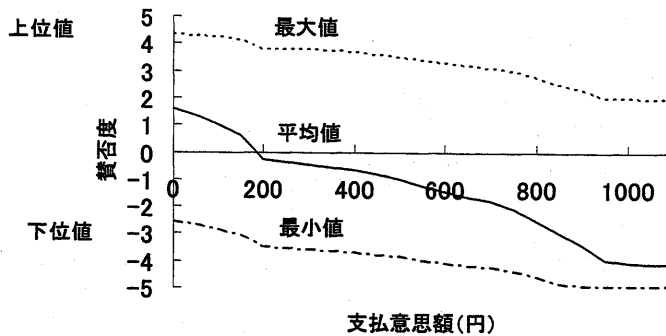


図 4.10 来訪者の支払意思額と賛否度の関係

#### 4.7 ファジィ CVM の有効性の検討

最適な推定ルール の 重み とメンバーシップ関数のもとで回答値と推論値の相関係数は、住民：0.83，来訪者：0.86であった。このことより、ファジィ CVM によって推論された賛否度とアンケート回答の賛否度の相関は高いといえる。

また、ファジィ CVM によって推論された賛否度が正なら賛成、負なら反対と変換し、従来の方法(ランダム効用モデル)による推定結果と回答値の再現性を比較した(表 4.5)。従来の方法では再現率は住民 71%，来訪者 78%であったのに対し、ファジィ CVM では住民 83%，来訪者 91%であり、再現率に関してファジィ CVM の方が有効性は高い。

以上のことから、本研究で提案したファジィ CVM は有効であると考えられる。

さらに、従来の方法とファジィ CVM による平均支払意思額の推計値を検討する(表 4.6)。この結果から、来訪者に関しては2つの方法とも平均支払意思額に大きな差はないが、住民の方を見ると、従来の方法では平均支払意思額がかなり過小評価となりうることを示唆している。

表 4.5 事業に対する賛否の再現率の比較

<住民>

従来の方法 (%)		推定結果		ファジィ CVM (%)		推定結果	
		賛成	反対			賛成	反対
回答	賛成	33	15	回答	賛成	47	1
	反対	14	38		反対	17	35
再現率=33+38=71%				再現率=47+35=82%			

<来訪者>

従来の方法 (%)		推定結果		ファジィ CVM (%)		推定結果	
		賛成	反対			賛成	反対
回答	賛成	23	11	回答	賛成	29	5
	反対	11	55		反対	4	62
再現率=23+55=78%				再現率=29+62=91%			

表 4.6 支払意思額の比較

	従来の CVM		ファジィ CVM
	平均値	中央値	
住民	177 円	355 円	726 円
来訪者	136 円	243 円	185 円

## 4.8 結論

本研究ではまず、従来の方法による支払意思額の算出を行い、モデルの精度より将来イメージが支払意思額を決定する際の重要な要因であることを示した。

次に、あいまい性を考慮するために、評点付け法による「賛否度」データを収集して、ファジィ理論を用いた分析方法を提案した。このファジィ CVM は、支払意思額を決定する際の回答者の思考過程や支払意思額を決定する際に重視する項目を表現することができ、加えて、回答に対して幅を持った評価を行うことができる。更には、ファジィ CVM は従来の方法（ランダム効用モデル）と比較しても有効であることを確認した。

本論文では、従来法との比較に主眼を置いたためファジィ推論結果を非ファジィ化した。が、本来ファジィ数で得られる推論結果をいかに公共財の評価に適用するかについては別途検討が必要である。ファジィ CVM の分析手続きの効率化、二肢選択を評点付け方式にすることによる信頼性と妥当性への影響の計測、及び更なる精度の向上のためのモデル改良とともに今後の検討課題である。

## 参考文献

- 1) 社団法人日本鉄道車両機械技術協会：中心市街地の再活性化に資する高性能超低床式車両を用いたライトレール・システムの導入促進に関する調査報告書，2000.3
- 2) 新田保次他：高齢者・身障者からみたノンステップバスの利用特性とその評価，第19回交通工学研究発表会論文報告集，pp.185-188，1999.
- 3) 川上光彦他：ノンステップバスの導入による利用意識の変化—金沢市における事例調査—，土木計画学研究・講演集，No.21(2)，pp.829-832，1998.
- 4) 大井孝通他：地方都市におけるCVMを用いた路線バスの評価に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.22(1)，pp.483-486，1999.
- 5) 植前和久他：ノンステップバスおよび低公害バスの評価に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.22(1)，pp.495-498，1999.
- 6) 栗山浩一：公共事業と環境の価値，築地書館，1997.
- 7) J.C.Whitehead et al.：Testing for non-response and sample selection bias in contingent valuation：Analysis of a combination phone/mail survey，Economics Letters 41，pp.215-221，1993.
- 8) 岩瀬広他：CVMによる幹線交通網整備がもたらすリダンダンシーの経済的評価，土木計画学研究・講演集，No.20(2)，pp.379-382，1997.
- 9) 城田亮介他：仮想評価法(CVM)におけるアンケート設計に関する研究～抵抗回答バイアスに着目して～，土木学会第54回年次学術講演会・講演概要集，pp.98-99，1999.
- 10) J.M.Halstead et al.：Protest Bidders in Contingent Valuation，Northeastern Journal of Agricultural and Resource Economics，Vol.21，No.2，pp.160-169，1992.
- 11) 森杉嘉芳他：住宅立地行動の予測と住環境の便益評価の統合手法の提案，土木計画学研究・論文集，No.1，pp.131-138，1998.
- 12) 平松登志樹他：河川環境改善効果の計測手法の比較，土木計画学研究・論文集，No.7，pp.107-114，1989.
- 13) 大橋靖雄他：生存時間解析，東京大学出版会，1995.
- 14) R.Little and D.Rubin：Statistical Analysis with Missing Data，John Wiley and Sons，1987.
- 15) DeShazo,J.：Designing Transactions without Framing Effects in Iterative Question Formats，Journal of Environmental Economics and Management，Vol.43，pp.360-385，2002.
- 16) Kaufmann,A. and Gupta,M.：Fuzzy Management Models in Engineering and Management Science，North Holland，Amsterdam，1988 [田中英夫監訳，松岡浩訳，ファジィ数学 モデル，オーム社，1992].
- 17) 栗山浩一：環境の価値と評価手法，北海道大学図書刊行会，1998.
- 18) 藤原章正，杉恵頼寧：仮想評価法を用いた低床式路面電車の評価，日本都市計画学会学術研究論文集，No.35，pp.577-582，2000.
- 19) Kuriyama,K., Takeuchi,K., Kishimoto, A. and Seo, K.：A Choice Experiment Model for the Perception of Environmental Risk: A Joint Estimation using Stated Preference and Probability Data，Environmental Economics Working Paper #0201，School of Political Science and Economics，

Waseda University, 2002.

- 20) 松島格也, 小林潔司, 肥田野秀晃, 土屋啓志: 利他的動機に基づく支払意思額のCVM調査方法, 土木計画学研究・論文集, Vol.19, No.1, pp.111-122, 2002.
- 21) 川除隆広, 多々野裕一, 岡田憲夫: 支払意思額の異質分散性を考慮したCVMによる推計便益の信頼区間推定法, 土木計画学研究・論文集, No.16, pp.319-326, 1999.
- 22) Hoehn,J. and Randall,A. : A Satisfactory Benefit Cost Indicator from Contingent Valuation, Journal of Environmental Economics and Management, Vol.14, pp.226-247, 1987.
- 23) Mitchell, R. and Carson R. : Using Surveys to Value Public Goods: the Contingent Valuation Method, Resource for the Future, 1989.