

中山間地域における公共交通サービスの計画手法に関する研究

D1355008

森 山 昌 幸

広島大学大学院国際協力研究科博士論文

2004年3月

広島大学大学院国際協力研究科

論文名： 中山間地域における公共交通サービスの計画手法に関する研究  
学位の名称： 博士（工学）  
学生番号： D1355008  
氏名： 森山昌幸

2004年 1月 26日  
審査委員会  
委員長・教授/助教授

杉恵 頼 寧



印

藤原 章 正



印

肥後 靖



印

張 峻 屹



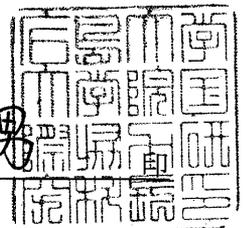
奥村 誠



2004年 3 月 3 日

研究科長

齊藤 公 男



# 学位論文の要旨

論文題目：中山間地域における公共交通サービスの計画手法に関する研究

広島大学大学院国際協力研究科

開発科学専攻

学生番号 D1355008

氏名 森山昌幸

本研究では、中山間地域において高齢者等が自由に買物や通院といった生活活動を営むための生活交通として重要な役割を負っている路線バスを中心とした公共交通を対象として、その計画手法を構築することを目的とする。具体的には、投入する交通サービス水準によって発生する需要予測モデルを構築して採算性の評価手法を提案するとともに、生活全般の向上といった採算性以外の評価手法を提案する。特に、中山間地域の公共交通利用者は、自動車の利用が困難な高齢者や児童・生徒が対象となり、高齢者の交通行動を十分に反映した予測モデルを構築する。予測モデルでは、従来の一般的な都市交通計画で適用されている4段階推定法ではなく、より高齢者の交通行動や各種交通サービス要因に対する反応感度を予測に反映可能な非集計分析を適用する。また、提案した需要予測モデルを適用した採算性分析やその他の評価手法による公共交通計画が、より容易に効率的に行えるようにGISデータベースを活用した計画支援システムの構築を行う。さらに、今後の中山間地域における高齢者等の広域移動ニーズに対応した公共交通の利便性向上に向けた具体的な政策を提案する。

本論文は8章から構成されている。

第1章では、はじめに中山間地域という地域区分にふれた上で研究の背景について記述し、既存の中山間地域における公共交通の取り組みや研究の状況を整理し本研究の目的及び位置付けを明らかにした。

第2章では既往研究から得られた高齢者の交通行動の特徴を整理した上で、中山間地域で実施したアンケート調査結果に基づいて、高齢者等の公共交通利用における特徴である交通需要潜在化の構造を明らかにした。さらに、サービス要因間の不完全代替性を考慮した需要予測モデルの推定結果から、中山間地域の公共交通サービスに対する高齢者の選好においては、提供する交通サービス要因間に不完全代替性が存在し、現在低い水準のサービス要因を向上させることが効用をより増加させることを明らかにした。

第3章では、高齢者の交通行動における意思決定方法が連結型であることを仮定し、非補償型モデルを適用する必要性を示した。次に、高齢者対応型公共交通利用頻度予測モデ

ルの概要を示し、非補償型ルールを導入可能な効用関数を導入した。さらに、利用頻度予測モデルに適用する離散連続関係を概説した上で、消費者行動理論に基づく離散連続モデルを導出した。離散連続モデルの推定は、従来から一般的に適用されている選択制修正法による離散選択モデルと連続関数の段階推定を適用して、モデルのパラメータを求めた。

第4章では、具体的な中山間地域における公共交通計画の評価指標を提案した。はじめに、前章で得られた利用頻度予測モデルを適用し、運行計画代替案毎の需要予測結果と運行経費から採算性による評価方法を示した。次に、採算性以外の評価指標として、集落における生活のしやすさを表現する指標であるQOL (Quality of Life) 指標、公共交通サービスの利用しやすさを表現する指標であるCS (Customer Satisfaction) 指標、対象地域における集落間の平等性を表現するEQ (Equality) 指標を提案し、個々の具体的な導出方法を示した。採算性を含めた4つの評価指標の意味と計画への適用の考え方を整理した上で、中山間地域を対象とした実証分析によって、提案した指標の活用方法を示した。

第5章では、今後さらなる高齢化によって交通だけで生活の維持が対応できない集落を対象として、総合的な買物や通院といった生活支援施策と公共交通サービス改善の関係性を明らかにして指標の一つとして加えた。

第6章では、第3章で構築した需要予測モデルと中山間地域を対象としたGIS集落データベースを統合するとともに、GIS上で計画代替案の運行ルートとサービス水準入力による運行経費算出機能を組み込んで、容易に計画代替案の採算性を評価できるシステムを構築した。さらに、第4章で提案した採算性以外の評価指標の導出モデルを組み込んで、GISを活用した公共交通計画支援ツールを開発した。このシステムを中山間地域の公共交通計画に適用した実証分析を行った結果、効率的、効果的な計画立案に対するシステムの有効性を示すことができた。さらに、システムを適用した人口集積に対する固定ルート型路線バスとドア・トゥ・ドア型でフレックスルートのDRT (Demand Responsive Transit : 需要応答型公共交通) の運行の効率性の分析より、地域の特性に合わせた運行形態の必要性を明らかにした。

第7章では、中山間地域の高齢者等の広域移動ニーズに対応した公共交通の利便性を高めるとともに、その魅力向上によって需要を増加させる施策の分析を行った。まず、近年のIT技術の進捗によって導入が増加しているドア・トゥ・ドア型DRTが導入された地域における調査結果から、その運行評価を分析するとともに、DRTの特徴である需要によって所要時間や待ち時間の変動に対する反応感度を分析した。この結果から、DRTの利便性を高めるための具体的な方策を提案した。さらに、DRTの時間変動に関連する待ち時間に着目して、拠点施設への広域運行のサービス内容の向上施策と交通結節点整備に必要な施設や設備の分析を行い、個々のサービスに対して利便性を向上させる施策を提案した。

最後に第8章で、本研究で得られた研究成果を総括し、本研究成果の適用範囲を明らかにするとともに、今後の研究課題を整理した。

# **Study on Public Transportation Planning Method in Depopulated Rural Areas**

*by Masayuki MORIYAMA*

## **Abstract**

In order to maintain an independent life for the elderly in depopulated rural areas, it is necessary to provide accessible public transportation. This paper aims to develop a new public transportation planning method in the areas. Concretely speaking, this paper proposes not only an evaluation method of profitability calculated by a travel demand forecasting model but also an evaluation method of the non-monetary indices such as an improvement of levels of daily living services. Most users of public transportation in the depopulated rural areas are the elderly that can not drive a car by themselves. Therefore, travel behavior of the elderly is reflected in the forecasting model. To reflect individual travel behavior and their responses to the levels of public transportation services, a disaggregate analysis approach is applied instead of the traditional 4 steps procedure. In order to easily and efficiently make a public transportation planning based on the proposed evaluation methods, a decision support system of public transportation planning based on a community-wide GIS database is developed. Furthermore, measures of improving public transportation for regional mobility of the elderly are proposed.

This paper consists of eight chapters as follows:

In chapter 1, the research background and purposes are described. The existing public transportation systems and studies in depopulated rural areas are also reviewed.

In chapter 2, a model of latent travel demand, model characterizing travel behavior of the elderly, is established based on questionnaire survey data collected in depopulated rural areas. Moreover, it is shown that the attributes of public transportation services are imperfectly substitutive, and the elderly in the regions tend to choose the public transportation systems by attaching importance to the attributes with lower levels of services.

In chapter 3, a travel frequency model is developed to predict travel demand per month for public transportation. The travel frequency is estimated by using a discrete-continuous model, which consists of a non-compensatory utility function to represent conjunctive choice strategies (i.e. the chosen alternative must satisfy the

required level for each attribute). Furthermore, the discrete-continuous model is estimated based on selectivity correction approach.

In chapter 4, evaluation indices for public transportation services in depopulated rural areas are proposed. A profitability index is calculated by using travel demand predicted by the demand forecasting model and the operation cost for the transit alternatives. Non-monetary indices include a quality of life (QOL) index, a customer satisfaction (CS) index and an equality (EQ) index. QOL and CS indices are calculated using an ordered probit model. The EQ index is measured using the functions embedded in GIS that allow for searching, integrating and adopting multiple sources of data.

In chapter 5, a relationship between measures for supporting daily living activity (i.e. shopping, hospital) and improvement of public transportation service is examined in the communities that cannot maintain the daily life due to the further aging process.

In chapter 6, a decision support system of public transportation planning is developed, in order to support the local government to easily make a public transportation planning. The proposed system is composed of a travel demand forecasting system that evaluates the profitability of transportation planning alternatives, and an evaluation system for the non-monetary indices (QOL, CS and EQ indices). Empirical analysis results show that the proposed system is useful to evaluate the effects of improving levels of public transportation services and can consequently contribute to the efficient public transportation planning. Moreover, it is confirmed that DRT (demand responsive transit) is more efficient in the areas with low population density.

In chapter 7, measures of improving public transportation for regional mobility of the elderly are proposed. First, the DRT is evaluated, and a sensitivity analysis is conducted regarding the waiting time and the travel time of the DRT. Second, the improvement of the regional bus service is analyzed by adopting the variation of waiting time and travel time as explanatory variables. Finally, the required equipments and services are investigated in order to improve the convenience and the amenity at a bus terminal.

Chapter 8 summarizes the thesis and discusses the further research issues.

# 目 次

<b>第1章 序 論</b> .....	1
1.1 研究の背景 .....	1
1.2 研究の目的 .....	2
1.3 既存の取り組みと本研究の位置付け .....	3
1.3.1 中山間地域の公共交通政策 .....	3
1.3.2 既往の研究 .....	6
1.3.3 本研究の位置付け .....	10
1.4 本論文の構成 .....	11
<b>第2章 高齢者に対する交通計画の特徴と課題</b> .....	17
2.1 中山間地域の高齢者に対する公共交通計画の特徴 .....	17
2.1.1 高齢者の交通行動に関する既往の研究 .....	17
2.1.2 実証調査による高齢者の交通行動分析 .....	18
2.2 公共交通利用のサービス水準限界値 .....	24
2.2.1 サービス水準の限界値の集計分析 .....	24
2.2.2 サービス水準の限界値の要因分析 .....	26
2.3 サービス要因間の不完全代替性 .....	30
2.3.1 サービス要因間の不完全代替性の仮定 .....	30
2.3.2 一般化平均概念 .....	31
2.3.3 交通需要潜在化とサービス要因間の不完全代替性の関係 .....	33
2.4 まとめ .....	38
<b>第3章 高齢者対応型公共交通利用頻度予測モデル</b> .....	40
3.1 予測モデルの概要 .....	40
3.1.1 需要予測モデルの概要 .....	40
3.1.2 高齢者対応型公共交通の需要予測に関する既往研究 .....	41
3.1.3 高齢者の交通行動における意思決定方法 .....	43
3.2 高齢者対応型公共交通利用頻度予測モデル .....	43
3.2.1 モデル構築の基本的な考え方 .....	43
3.2.2 非補償型効用関数 .....	44
3.3 離散連続モデルの推定 .....	46
3.3.1 交通計画における離散連続モデル .....	46

3.3.2 トビットモデルを適用した離散連続選択	47
3.3.3 離散連続モデルの導出と推定	51
3.4 まとめ	56
<b>第4章 中山間地域における公共交通計画の評価指標</b>	<b>60</b>
4.1 中山間地域の公共交通サービス評価の考え方	60
4.2 採算性による評価	62
4.2.1 採算性評価の考え方	62
4.2.2 運行経費の算出方法	63
4.3 採算性以外の評価指標	65
4.3.1 採算性以外の評価指標の概要	65
4.3.2 集落の生活しやすさ：QOL 指標	65
4.3.3 公共交通の利用しやすさ：CS 指標	70
4.3.4 集落間の平等性：EQ 指標	72
4.4 各指標の特徴と適用	73
4.5 公共交通サービス評価のケーススタディ	76
4.5 まとめ	78
<b>第5章 総合的な生活支援施策に対する公共交通計画</b>	<b>80</b>
5.1 高齢化がより進行した集落における生活と政策課題	80
5.1.1 過疎集落に対する総合的施策の必要性	80
5.1.2 高齢者の活動や施設サービスに関する既往研究	80
5.2 超高齢化が進む集落における交通環境と QOL の関係	81
5.2.1 超高齢化が進む集落の生活実態	81
5.3 移動のしやすさと生活のしやすさの要因分析	85
5.4 交通サービス改善と施設整備の代替関係	88
5.4.1 コンジョイント調査の概要	88
5.4.2 ランクロジットモデルとデータのセグメント	89
5.4.3 両地区のサービスの重要度の比較	92
5.5 まとめ	92
<b>第6章 GIS を活用した公共交通計画支援システムの開発</b>	<b>95</b>
6.1 交通計画における GIS の適用	95
6.2 GIS 集落データベースの概要	96
6.3 公共交通計画支援システムの概要	97

6.3.1 システムの基本と対象	97
6.3.2 システムの構成	97
6.3.3 システムの特徴	99
6.4 支援システムを適用した実証分析	100
6.4.1 中山間地域自治体を対象としたケーススタディ	100
6.4.2 人口集積と運行形態の関係	107
6.5 まとめ	109
<b>第7章 中山間地域における広域移動の利便性向上施策</b>	<b>113</b>
7.1 中山間地域における広域移動の利便性向上を考慮した公共交通計画	113
7.2 域内交通における DRT 導入の有効性と課題の分析	114
7.2.1 ドア・トゥ・ドア型 DRT の運行評価	114
7.2.2 QOL 指標に及ぼす DRT 運行の影響	116
7.2.3 DRT の時間変動に対する反応感度	119
7.3 拠点施設への広域運行路線	124
7.3.1 広域移動ニーズと運行サービス利用の意向調査	124
7.3.2 広域運行路線の利用意向に及ぼすサービス要因の分析	126
7.4 交通結節点整備手法の分析	127
7.4.1 交通結節点整備の必要性と取り組み	127
7.4.2 中山間地域の交通結節点に必要な施設や設備の分析	128
7.5 まとめ	131
<b>第8章 結 論</b>	<b>135</b>
8.1 研究成果のまとめ	135
8.2 本研究の適用範囲と今後の課題	138
<b>謝 辞</b>	<b>140</b>
<b>付 録</b>	<b>141</b>

## 図一覽

図 1.1	掛合町 DRT の運行システム概要 .....	5
図 1.2	わが国の高齢者・障害者交通の需要予測研究の系譜 .....	8
図 1.3	交通施設の満足度と需要パターン・交通計画上の視点 .....	9
図 1.4	本論文の構成 .....	13
図 2.1	交通困難の有無別交通活性－加齢曲線 .....	17
図 2.2	調査対象地域における集落分布 .....	19
図 2.3	アンケート調査被験者の個人属性 .....	20
図 2.4	外出に利用する交通手段 .....	21
図 2.5	公共交通による 1 ヶ月の目的別外出回数 .....	21
図 2.6	現在の公共交通の利用状況 .....	22
図 2.7	今後の公共交通機関のサービス向上に対する利用意向 .....	22
図 2.8	現在の利用者層の個人属性 .....	23
図 2.9	現在の利用者層の利用交通手段 .....	23
図 2.10	需要の潜在化層の個人属性 .....	24
図 2.11	需要の潜在化層の利用交通手段 .....	24
図 2.12	公共交通利用のサービス水準限界値 .....	25
図 2.13	パラメータ $\alpha$ の値による代替性の変化 .....	32
図 2.14	町民バス運行前後でのバスの LOS の変化 .....	33
図 2.15	料金と距離に関する要因の不完全代替性 .....	37
図 3.1	木次町民バス利用者における新規利用者と継続利用者 .....	40
図 3.2	継続バス利用者の新規バス導入前後の利用頻度の差 .....	41
図 3.3	本研究で提案する需要予測モデルの概要 .....	41
図 3.4	公共交通の現在利用状況と今後の利用意向 .....	44
図 3.5	本研究における需要予測モデルの位置付け .....	44
図 3.6	上限下限閾値による限界効用の変化 .....	46
図 3.7	センサー（検閲）されたデータの例 .....	48
図 3.8	本研究における適用例（バス停までの距離） .....	50
図 3.9	自己選択による偏り（選択性バイアス） .....	53
図 4.1	人口集積別の交通需要と公共交通サービス水準の関係 .....	61
図 4.2	人口集積別の採算性と公共交通サービス水準の関係 .....	61
図 4.3	交通需要と公共交通サービスの輸送能力 .....	63
図 4.4	採算性算出のフロー .....	64

図 4.5	QOL と各種要因の因果構造関係	67
図 4.6	バス停までの距離 1km 以上の集落分布	73
図 4.7	採算性と採算性以外の評価指標の関係図	75
図 4.8	吉田村のバス路線と集落の現況	76
図 5.1	回答者の個人属性	83
図 5.2	回答者の主な利用交通手段	83
図 5.3	活動目的別外出先の構成割合	84
図 5.4	活動及び総合的な生活のしやすさの満足度	85
図 5.5	移動しやすさ及び各種活動のしやすさと QOL の間の因果構造モデル	87
図 5.6	対象地区の現況	88
図 5.7	セグメントとランクロジットの最終尤度	89
図 6.1	島根県東部におけるバス路線、集落、通院先、買物先 GIS マップ	96
図 6.2	システムの構成	98
図 6.3	三刀屋町のバス路線と集落分布	100
図 6.4	現況路線のバス停までの距離に対する EQ 指標	101
図 6.5	改良したバス路線の計画案	102
図 6.6	DRT の運行計画区域設定案	102
図 6.7	現況路線サービスの需要予測と運行経費算出結果の出力例	103
図 6.8	採算性以外の分析対象集落	105
図 6.9	木次町民バスを対象とした運行形態の効率性分析のケース	107
図 7.1	中山間地域における広域移動の模式図	113
図 7.2	3 自治体の CS 調査結果	116
図 7.3	QOL と DRT 運行の因果構造	116
図 7.4	路線バスの要因設定のイメージ	121
図 7.5	DRT の要因設定のイメージ	122
図 7.6	広域運行路線の要因設定のイメージ	125
図 7.7	交通結節点に必要な施設・設備	129
図 7.8	現在の公共交通利用の有無別の交通結節点に必要な施設・設備	129
図 7.9	結節点に必要な施設に関する因果構造モデルのパス図	131
写真 1.1	木次町民バスにおける需要に応じた車両サイズによる運行	3
写真 7.1	掛合町 DRT の予約センターと運行車両 (9 人乗りジャンボタクシー)	115
写真 7.2	掛合町における交通結節点整備の事例	128

## 表一覽

表 1.1	農林統計に用いる農業地域類型の基準指標	1
表 2.1	アンケート調査結果の概要	19
表 2.2	アンケート調査の設問項目	20
表 2.3	数量化理論第Ⅱ類による限界距離に関する要因分析	27
表 2.4	数量化理論第Ⅱ類による限界料金に関する要因分析	28
表 2.5	数量化理論第Ⅱ類による限界運行間隔に関する要因分析	29
表 2.6	木次町民バス需要予測モデルパラメータ推定結果	35
表 2.7	掛合町 DRT 需要予測モデルパラメータ推定結果	36
表 3.1	トビットモデルの推定結果	50
表 3.2	離散連続モデルの推定結果	55
表 3.3	予測結果と実績値の比較	56
表 4.1	路線バスの運行経費算出の内訳	64
表 4.2	DRT の運行経費算出の内訳	64
表 4.3	QOL 指標算出モデルの推定結果	69
表 4.4	CS 指標算出モデルの推定結果	71
表 4.5	4つの評価指標の特徴	74
表 4.6	吉田村における3集落の比較	77
表 5.1	調査の内容	82
表 5.2	調査結果概要	82
表 5.3	共分散構造モデルで用いる変数の定義	86
表 5.4	プロファイルの各要因サービスレベルの設定値	89
表 5.5	セグメントの妥当性の検証	90
表 5.6	ランクロジットモデル推定結果	91
表 5.7	両地区のバス料金に対する各変数の相対的重要度	92
表 6.1	本システムの特徴	99
表 6.2	採算性のシミュレーション結果	104
表 6.3	採算性以外の評価指標のシミュレーション結果	106
表 6.4	木次町民バスにおける路線バスと DRT の採算性シミュレーション結果	108
表 7.1	3自治体の公共交通の LOS	115
表 7.2	各潜在変数内の観測変数	117
表 7.3	「だんだんタクシー依存層」に影響を及ぼす要因	117
表 7.4	潜在変数間の直接効果	118

表 7.5	潜在変数間の総合効果	118
表 7.6	調査の内容	120
表 7.7	調査結果概要	120
表 7.8	各要因のサービスレベルの設定値（路線バス）	121
表 7.9	各要因のサービスレベルの設定値（DRT）	121
表 7.10	公共交通利用意向モデルの推定結果	123
表 7.11	各要因のサービスレベルの設定値	125
表 7.12	広域運行路線利用意向モデルの推定結果	126

# 第1章 序 論

## 1.1 研究の背景

近年、農林水産業のみならず社会資本整備や医療福祉といった数多くの政策分野の対象として「中山間地域」という地域区分が適用されている。この中山間地域に関する統一された明確な定義はなされていないが、一般的には農林統計区分の「中間農業地域」と「山間農業地域」を合わせた地域、あるいは地域振興5法（または8法）<sup>\*1</sup>の指定地域のいずれかに該当する地域とされていることが多い。これは1988年度農業白書において「平野の周辺部から山間地に至るまとまった平坦な耕地が少ない地域」として取り上げられて以降、各種の社会生活における条件が不利な地域を総称する用語として普及したものである。このような中山間地域は、国土の約7割を占めるとともに、わが国人口の約13.7%（平成12年国勢調査）が居住している。

わが国においては急速に高齢化が進行しており、2015年には国民の4人に1人が高齢者となる本格的な高齢社会が到来すると予測されているが、中山間地域では既にこのような状況を迎えているのが現状である。さらに、高度成長期以降からの若年層の流出による過疎化、少子化が進行しているとともに、地形的条件からの低密度な分散型の居住形態に伴う各種サービス投入の不効率性といった問題も同時に抱えている。

中山間地域における生活を支える基盤となる交通手段は、自家用車に大きく依存しているのが現状であり、ほとんどの世帯で複数台の自家用車を保有するなど、通勤のみならず日常の買物等の生活活動に対する移動手段としても自家用車が不可欠な状況である。しかしながら、自動車の利用が困難な高齢者や児童・生徒等は、唯一の公共交通機関である路線バスを利用するか、家族等の送迎によって移動手段を確保せざるを得ない状況にある。

表 1.1 農林統計に用いる農業地域類型の基準指標

都市的地域	人口密度が 500 人/km <sup>2</sup> 以上、DID 面積が可住地の 5%以上を占める等都市的な集積が進んでいる市町村
平地農業地域	耕地率が 20%以上、林野率が 50%未満又は 50%以上であるが平坦な耕地が中心の市町村
中間農業地域	平地農業地域と山間農業地域との中間的な地域であり、林野率は主に 50%～80%で、耕地は傾斜地が多い市町村
山間農業地域	林野率が 80%以上、耕地率が 10%未満の市町村

\*1 特定農山村法、山村振興法、過疎地域自立促進特別措置法、離島振興法、半島振興法、沖縄振興特別措置法、奄美群島振興開発特別措置法、小笠原諸島振興開発特別措置法

このように、中山間地域における路線バスは、高齢者等が自由に買物や通院といった生活活動を営むための生活交通として重要な役割を負っている。

中山間地域における路線バスは、これまで 30 年に渡って利用者が減少し続けている。この要因としては、都市部と異なり人口集積が少なく、地形的な条件から運行のサービス水準を低く設定せざるを得ないバス交通から自家用車への転換が大きく進んだことが挙げられる。需要減少に伴ってバス事業者の経営は悪化し、経営改善のためにサービスレベルを低下させることによってコスト低減を図ることが、さらなる需要減少を引き起こすという悪循環に陥ってきた。中山間地域の自治体は路線維持のための補助制度に頼るとともに、路線バス以外のスクールバスやへき地患者輸送車等の補助政策を利用して、非効率な形態ではあるが、かろうじて生活交通の確保に努めてきた。このような中、平成 14 年に道路運送法が改正され、路線バス事業の参入撤退規制が緩和された。今後は、赤字不採算路線が大部分を占める中山間地域のバス路線からの民営バス事業者の撤退は不可避なものであり、自治体や住民が関与する公共交通の運行の増加が予想される。

さらに、平成 17 年に向けた市町村合併の動きが進捗する中、住民の広域移動ニーズの増加や各自自治体が個別に運行してきた公共交通の統合や再編など、中山間地域における公共交通計画の重要性が増加している。

このような状況の中、中山間地域の公共交通計画においては、廃止代替路線をそのまま継続させるといった発想ではなく、住民のニーズや生活全般の利便性を考慮するとともに、厳しい財政状況の中で投入する予算を決定するための採算性を検討して、より効果的、効率的なサービスを提供する必要がある。

## 1.2 研究の目的

上述のような背景の中で、本研究では中山間地域における路線バスを中心とした公共交通の計画手法を構築することを目的とする。具体的には、投入する交通サービス水準によって発生する需要予測モデルを構築して採算性の評価手法を提案するとともに、生活全般の向上といった採算性以外の評価手法を提案する。特に、中山間地域の公共交通利用者は、自動車の利用が困難な高齢者や児童・生徒が対象となり、高齢者の交通行動を十分に反映した予測モデルを構築する。予測モデルでは、従来の一般的な都市交通計画で適用されている 4 段階推定法ではなく、より高齢者の交通行動や各種交通サービス要因に対する反応感度を予測に反映可能な非集計分析を適用する。また、提案した需要予測モデルを適用した採算性分析やその他の評価手法による公共交通計画が、より容易に効率的に行えるように GIS データベースを活用した計画支援システムの構築を行う。さらに、今後の中山間地域の公共交通の需要増加や利便性向上に向けた具体的な政策を提案することも目的とする。

## 1.3 既存の取り組みと本研究の位置付け

### 1.3.1 中山間地域の公共交通政策

#### (1) 路線バスによる運行サービスの工夫

前述のように、中山間地域における路線バス運行は極めて厳しい状況にあるものの、民営事業者撤退後の自治体が深く関与する公共交通の運行では、住民の利便性を高めるとともに、経費削減のための工夫を行っている事例が数多く見受けられる。

中山間地域の路線バスサービスは、補助金体系の変更や規制緩和を受けた民営事業者の撤退後の廃止代替路線の運行に当たって、多くの地域でサービスの向上を図った運行を行っている。本研究の対象として後述する島根県の木次町民バスでは、廃止代替運行に当たって第3セクターによる80条運行を行っており、料金200円均一で中心部に向かう路線がきめ細やかに設定されるとともに、路線毎の需要に応じたバス車両のサイズを変更するなど、サービス向上と運行効率改善の工夫を行っている（写真1.1）。このような廃止代替路線運行に伴うサービス向上の工夫は全国各地で行われており、奈良交通によって工夫された、需要の少ない路線での小型車両導入の動きも広がっている。

また、これまでスクールバス、福祉移送、生活交通確保の運行が別々に行われてきた地域では、これら機能を統合した効率的な路線バス運行に切り替える動きが数多くなっている。このような機能統合では、必要となる機能の利便性を低下させない運行計画を立案することが不可欠となるが、地域全体の移動システムの効率性は向上することとなる。

青森県鱒ヶ沢町における取り組みが非常に有名であるが、地域の移動手段を住民自らが確保する動きが増加している。鱒ヶ沢のように運行経費の住民負担を伴わない場合であっても、地域の公共交通計画に住民が参画する事例は増加しており、地域のニーズや実情に合わせた運行計画の立案に寄与するだけでなく、運行後のバス路線の需要も増加している。

その他、中心部と周辺部を結ぶ基幹路線バスと、郊外の乗り継ぎバスターミナルで基幹路線と接続して周辺地域をきめ細かく巡回する支線バスを組み合わせたゾーンバスの事例や、後に詳述する需要に応じての運行や、ルートを変更するデマンドバスなど、数多くの運行の工夫をみることができる。



写真 1.1 木次町民バスにおける需要に応じた車両サイズによる運行

## (2) 過疎化が進行する地域での公共交通

中山間地域における非常に過疎化が進行する集落等では、人口が少なく路線バスで輸送するほどの需要がない場合が多い。このような地域では、10人乗り以下の車両による乗合タクシーが運行されている事例が多い。乗合タクシーでは路線バスのようにダイヤを持つものと予約によって運行されるものなど、そのサービス内容は多様である。しかしながら、このサービスは必要最低限の生活交通を確保するという目的が多いため、ほとんどの事例で運行のサービス水準は非常に低く設定されている。

近年では、タクシー事業者への委託による運行ではなく、住民やボランティアによるサービスも増加している。岡山県備中町では、町所有の軽ワゴンを利用して、住民による有償運行サービスを道路運送法 80 条（自家用自動車の有償運送の許可）で行っており、利用者は会員制（入会金 1 千円）、料金 500 円/30 分で通院を目的とする移送を担っている。また、構造改革特別区を活用した NPO によるボランティア輸送の有償運行が熊本県菊地町をはじめとして増加している。

海外では、英国、オーストリア、スイスなどの山間過疎地域では、郵便の集配とバスによる輸送の機能を統合したポストバスが運行されており、地域の交通手段として重要な役割を果たしている。わが国においても、郵便遞送車の遞送便間を活用したポストバス導入の可能性が島根県横田町で検討されている。

このように、非常に過疎化が進行した地域では、運送事業者ではなく NPO や住民といったボランティアによる有償輸送が生活交通確保施策の解決策の一つとして取り上げられている。

## (3) 需要応答型公共交通

近年の IT 技術の急速な進展に伴って、Demand Responsive Transit (以下 DRT) と呼ばれる需要応答型の公共交通サービスが導入されている。DRT は予約に応じて運行を行うものであり、その運行形態は①固定路線を有しその区間は定期ダイヤで運行し、設定された迂回路について需要がある場合のみ運行するタイプ、②起終点と中間に停車する MP（ミーティングポイント：バス停）が決まっており、その間の MP には需要がある場合のみ立ち寄るタイプ、③起終点のみ決まっており、中間の MP は需要がある場合に立ち寄るタイプ、④起終点と中間の MP が決まっており、その間はドアトゥドアで運行するタイプ、⑤起終点のみ決まっており、中間は全てドアトゥドアで運行するタイプ、⑥需要に応じてフレックスにドアトゥドアで運行するタイプといったように多様である。

わが国では、東急コーチが①のタイプの運行を初めとして、東急トランセ等も同様な運行を行ってきた。近年では、中村まちバスが③のタイプの運行を、同様に帯広市のフレックスバスでも③のタイプの運行を、福島県小高町ではジャンボタクシーを利用した⑤のタイプの運行を行うなど、その適用事例は増加している。

欧州における DRT をみると、バスとタクシーの中間の障害者や高齢者に対するアクセシブルな交通機関として、数多くの適用事例が見られる。有名なロンドンの Dial-a-ride やスウェーデンのフレックスルートに加えて、近年では EU の SANPO プロジェクトや SANPLUS プロジェクトによって、EU 各国の都市部や地方部で新しい DRT の運行が行われている。また、そのサービス内容も自動化されたコールバックシステムなど、IT 技術の向上に伴って進化している。

このような DRT サービスは需要密度が低い地域に対して、効率的な運行を可能とするもので、近年導入事例が非常に増加している。本研究では、調査対象地域内の島根県掛合町で導入されている上述の福島県小高町と同タイプの DRT を取り上げて、需要予測や評価分析の対象としている。掛合町の DRT サービスはだんだんタクシーと呼ばれ、図 1.1 に示すようにルートを固定しないドア・トゥ・ドア送迎型の 9 人乗りジャンボタクシーを利用した運行を行っている。その運行システムは、事前登録をした上で利用便の 30 分前までに予約を行うとともに、乗降場所（自宅からの場合は降車場所のみ）を告げることで、需要に応じたフレックスルートのドア・トゥ・ドア運行が行われる。料金は 300 円均一であり、運行ダイヤは始発 8:30 終発 17:00 で 1 日 5.5 往復の運行がなされている。

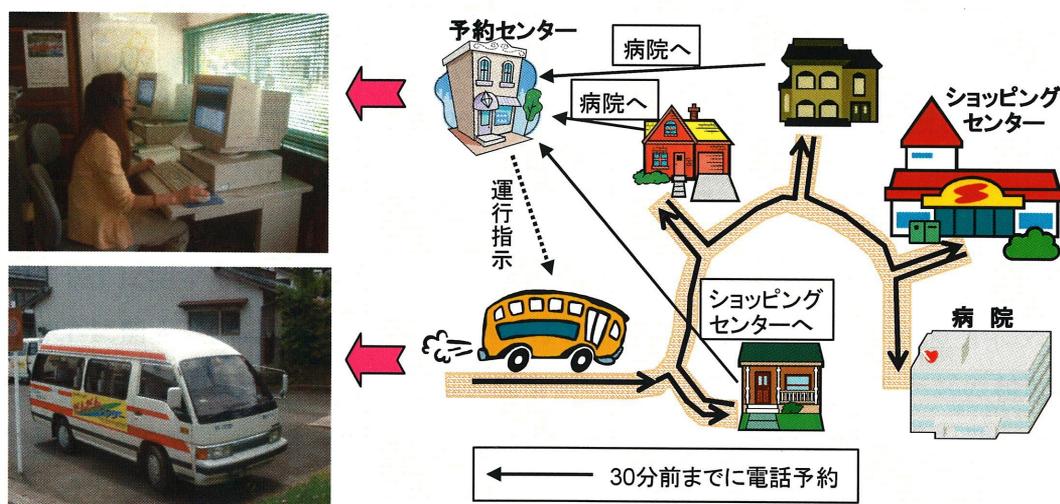


図 1.1 掛合町 DRT の運行システム概要

以上示したように、中山間地域における公共交通運行の厳しさに対して、技術革新や機能統合によって、住民の利便性を高めながら効率性を追求する多くの運行形態の導入が増加している。しかしながら、多くの自治体では、類似地域での先進事例をそのまま導入することが多く、都市近郊のコミュニティバスの導入において、武蔵野市のムーバスのサービスをそのまま導入した多くの事例が失敗したのと同様な結果となる可能性がある。つまり、公共交通計画を実施する際には、地域の特性や真に必要とするサービス内容やその水準を十分に把握することが必要となる。

## 1.3.2 既往の研究

### (1) 路線バスの計画に関する既往研究

路線バスの計画に関する研究は、TDM 施策における公共交通の位置付けの高まり、全国各地でのコミュニティバス導入の増加、平成 14 年のバスの規制緩和等の背景から、近年その数は非常に多くなっている。規制緩和による需給調整規制の廃止に伴う地域の公共交通計画を基本的な部分から検討する研究として、竹内（1999, 2002）は、地域の移動手段を確保するために地方自治体が行うべき施策体系と制度のあるべき姿を議論している。また、喜多（2002）は、地方部のバス交通に関する研究課題として、サービスを利用するコミュニティが必要とするサービスを自らが選択しうる状況の実現を目指すという観点から、コミュニティ、バス事業者、自治体毎の研究課題を整理している。さらに、喜多（2003）は近年数多く検討されているバス交通に関する諸研究で取り上げている諸問題について、それら要素間が密接に関連していることを示した上で、活動水準-一般化費用対応曲線を構築するとともに、これによって個別に分析されている各種研究を活用して、地域が必要なバスサービスの分析に適用している。

また、路線バスの研究では、各地で取り組まれている新しいサービスの評価を行った研究が非常に多くみることができる。特に、近年数多く導入されているコミュニティバスの評価は非常に数多くなされている（例えば、川上他 2000, 高山他 2000 等）。その他、ゾーンバスシステムの評価（元田他 2002）や住民参画によるバス運行計画に関する研究（加藤他 2003, 磯部 2003, 中川他 2003）など、数多くの研究がなされている。

### (2) DRT に関する既往研究

DRT に関する研究は、その運行事例がほとんどなかったことから 2000 年に入って増加してきた。秋山ら（2002, 2003）は先進事例の評価として、中村まちバスの利用特性を分析するとともに、サービスの質の評価を行っている。若菜ら（2003）は、帯広市のフレックスバスの社会実験結果から各種サービス内容を詳細に評価して、DRT 運行計画策定方法の課題を整理している。このように、既存研究では新しい DRT サービスの評価に関して取り扱った事例が多い。これに対して中村ら（2000, 2002）は、DRT の特徴である待ち時間を説明変数に取り入れた需要予測モデルの提案、利用者予約に応じた配車により変動する路線やダイヤ設定を考慮し、運転者の勤務形態や導入車両台数の検討の必要性から、従来のバスサービスと異なる導入・運行コストのモデル化といった、具体的な DRT の計画手法の研究を行っている。

欧州における DRT の研究事例では、EU の SAMPLUS プロジェクトや SANPO プロジェクトによって数多くの DRT が導入されていることから、近年数多くなっている。現時点では、わが国同様に導入事例やサービス評価に関する研究がほとんどを占めているものの

(Naniopoulos, 2001; Brown *et al*, 2001; Westerlunf, 2000; Mageean *et al*, 2003), 人口集積の低い地方部における DRT に対して, その有効活用策や多目的利用に関する研究等もなされており (Schaefer 2003), その研究内容は拡大の傾向にある。

### (3) 高齢者の交通行動に関する既往研究

本研究では, 非集計分析に基づく需要予測モデルを構築して採算性の評価手法と生活全般の向上といった採算性以外の評価手法を提案することを目的としている。中山間地域における公共交通の利用者は, 自動車を利用できない高齢者と児童・生徒が大部分を占めている。そのため, 各種評価手法に対するモデル構築に当たっては, 高齢者の交通行動を十分に取り入れることが不可欠である。ここでは, 高齢者の交通行動に関する既往の研究に焦点を当て, 具体的な高齢者交通の特徴や残された研究課題を考察する。

高齢者の交通行動に関しては, 一般的に「移動制約者」, 「交通困難者」といった観点から障害者の交通行動と同時に検討される事例が多い。高齢者・障害者交通の研究の推移をみると, 1980年代に入り高齢者の交通実態に関する研究が数多く発表された。1980年代後半からは, 交通環境に関する意識分析が盛んになり, 次いで高齢者の交通困難に関する研究が報告されるようになった。1990年代からは, 高齢者のモビリティ確保に関する研究が報告され, 交通困難や利用可能な私的交通手段がないために潜在化している交通需要といった概念が定着した (清水 1995)。三星, 新田 (1995) は交通困難者の概念を明らかにするとともに, 高齢者・障害者交通を対象とした論理的な需要予測の必要性を示した。需要予測の必要性が低く認識されていた原因として, 高齢者・障害者対策が利用者の数の問題ではなく権利論の範疇で論じられてきたこと, 障害者の数そのものが少ないため需要予測の必要性が少ないと思われてきたこと, 対策の規模が小さかったことなどが挙げられる。

しかしながら, 本格的な高齢社会を迎え, 高齢者福祉施策のニーズの高揚や新しい交通システムづくりの必要性が唱えられる中, その社会的妥当性や料金問題, 費用負担問題などの課題解決のために需要予測や市場推計は避けられない現状にある。

図 1.2 は高齢者・障害者交通需要を対象としたわが国の主要な研究の系譜である。1990年代半ばからこのような研究が数多くなされているが, 需要予測のモデル化に関しては非常に少ない状況にあった。1990年代後半からは, 非集計分析による需要予測のモデル化が多くなり, 2000年代では新たな理論に基づく潜在需要の予測手法等も提案されている (田邊他 2003, 藤井 2002)。

高齢者・障害者交通における需要予測の困難さは, 高齢者・障害者交通が一般的な通勤・通学のような交通と異なり, 「時間価値」の概念が明確ではなく, 制約条件も多岐にわたることである。このことから, 現実の市場において, 各種活動に派生して顕在化した交通需要が卓越するわけではなく, 身体的な制約条件や低水準の交通サービス水準に抑制されて潜

在化した交通需要の潜在を無視できないものとなる.

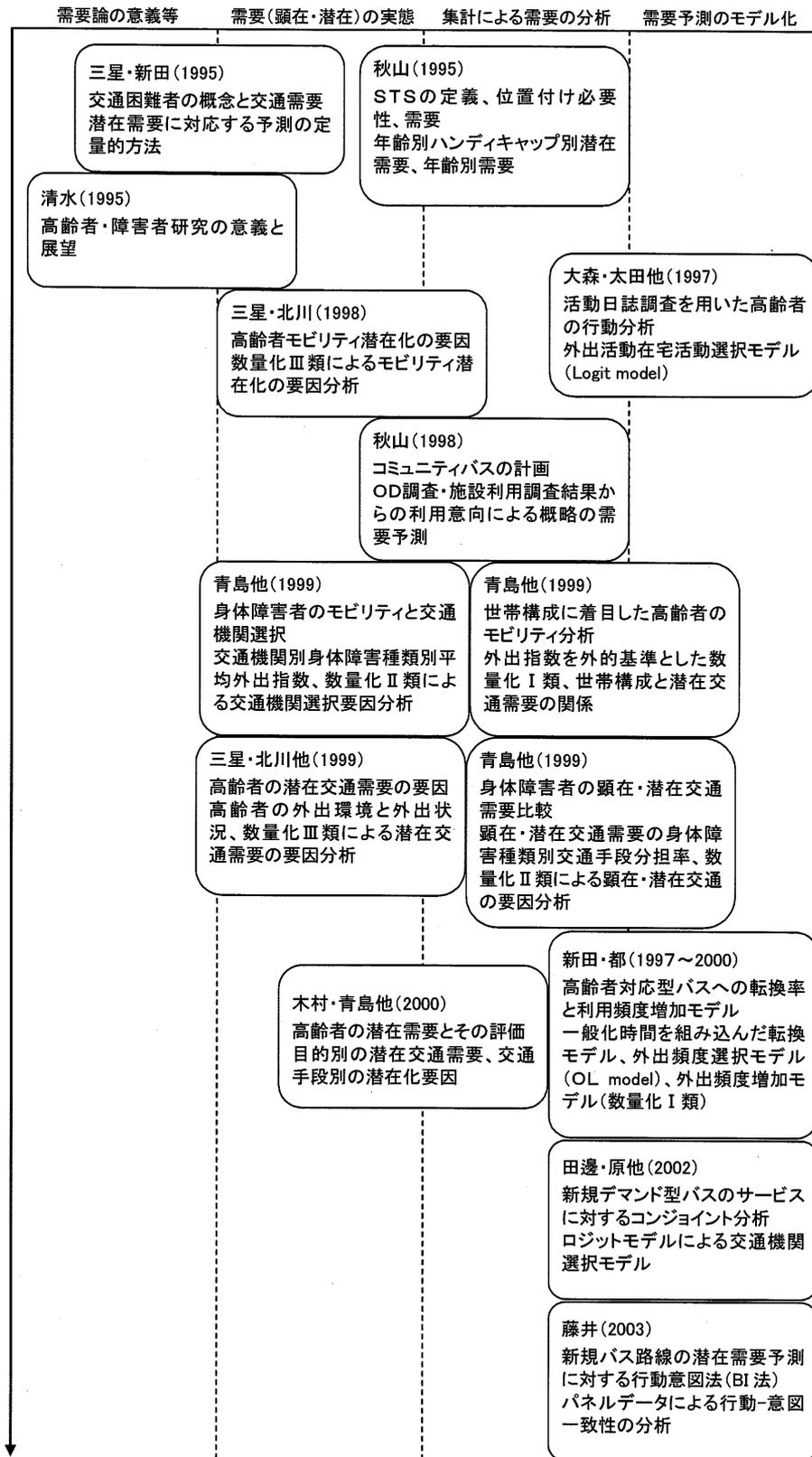


図 1.2 わが国の高齢者・障害者交通の需要予測研究の系譜

以上のような特徴を有する高齢者・障害者交通の需要予測では、彼ら特有の社会経済属性、すなわち移動の制約となる身体的困難を表す変量を取り入れた非集計交通行動モデルが有効であると考えられる。さらに、STSやDRTのような新しいタイプの交通サービスに対する需要予測や効果測定においては、仮想的な状況下での選好を調査できるSP(Stated Preference)調査や施策追跡型のパネル調査が有効となろう。例えばSPアプローチでは、高齢者対応型のコミュニティバスや過疎地域のバスのサービス水準の改善に伴う高齢者・障害者の外出意向の変化の分析が可能となる。

#### (4) 中山間地域の交通計画に関する既往研究

前述のように中山間地域の定義付けが曖昧であることから、この地域区分を適用した既往の研究事例は数少ない状況である。渡辺ら(2000, 2001)は中山間地域における地域や交通の特性に配慮し、都市部とは異なる交通計画手法構築に向けた計画立案・評価手法において考慮すべき事項を整理している。この研究では、中山間地域交通計画における重要点として「集落」と「世帯」に着目すべきとしている。その理由として、前者に対しては、中山間地域における居住形態が離散的であり、集落毎に交通条件や交通ニーズが異なること、後者に対しては、世帯類型の変化が集落の盛衰の根元要素であるとともに、世帯の類型によりモビリティ要素が異なる場合があり、ライフステージとの組み合わせにより交通ニーズの分析が可能となることを挙げている。さらに、交通サービス水準が極めて低い集落における交通需要の潜在化に着目しており、交通抵抗の程度(時間、料金、運行頻度等)と潜在需要の関係に関して図1.3のように整理している。

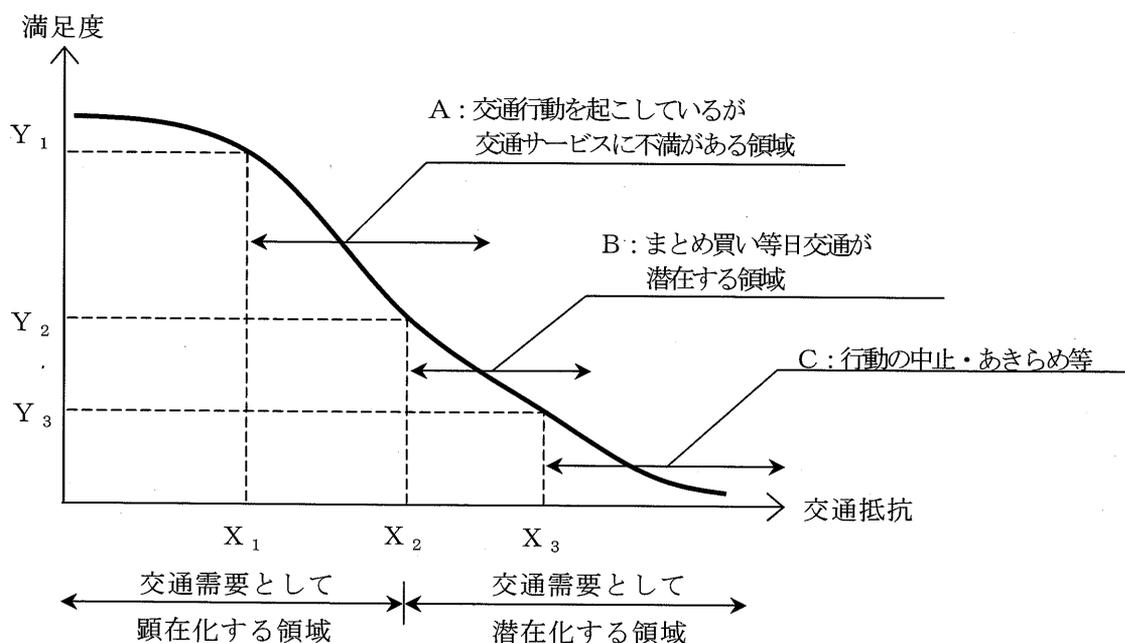


図 1.3 交通施設の満足度と需要パターン・交通計画上の視点 (渡辺他 2001)

地域区分を山村地域や過疎地域と設定した研究では、岡田ら（1997）は過疎地域の活性化に関して、その分析アプローチの特徴を整理した上でコミュニティ計画学という研究分野の必要性を提起するとともに、具体的な研究課題の整理を行っている。また、過疎地域のバス交通に関して、小林ら（1999）は過疎地域における公共交通手段の維持方策として企業補助、及び利用者補助に着目して、総消費者余剰最大化、総期待効用最大化に基づいた補助金システム的设计モデルを提案し、バスサービスの社会的維持可能性を検討するための方法論を提案している。

### 1.3.3 本研究の位置づけ

本研究では、利用者が自動車利用の困難な高齢者や児童・生徒等に限定された中山間地域の公共交通計画を対象としている。特に投入する交通サービス水準に応じた必要コストと発生する交通需要からの料金収入による採算性を検討するために、非集計需要予測モデルを構築する。図 1.1 で見られるように、高齢者交通を対象とした非集計分析に基づく需要予測モデルに関する研究は非常に少ない状況である。このような需要予測モデルに関しては、新田ら（1997, 2000）が高齢者を対象としたコミュニティバスの需要予測に対して、利用頻度選択モデルと利用頻度増加モデルから構成される需要予測モデルシステムを構築した。しかしながら、当該モデルシステムは高齢者の交通行動を論理的に記述したのではない。

本研究では新田らの研究と同様に非集計分析に基づく高齢者等を対象とした公共交通の需要予測モデルを構築する。これは中山間地域の公共交通の利用頻度を予測するもので、バスを利用するかどうかといった離散選択（離散選択モデル）と、利用するなら一定期間内（本研究では1ヶ月）に何回利用するかといった連続選択（連続需要関数）を同時に表現する離散連続モデルを適用する。また、高齢者等の交通需要の潜在化や交通選択行動メカニズムを反映するために、非補償型効用関数を適用する。さらに、計画代替案では従来の固定ルート・固定ダイヤでの乗合路線バスだけでなく、近年導入事例が増加しているDRTのような多様な形態の運行サービスを検討する必要がある。そのため、DRTサービスの需要予測への対応も可能なモデルを構築する。

また、本研究では需要予測に基づく採算性の評価以外の評価指標の構築も行う。具体的には、交通環境の向上による居住集落の生活のしやすさ向上（QOL指標：Quality of Life）、交通システムの利用しやすさ（CS指標：Customer Satisfaction）、集落間の平等性（EQ指標：Equality）からの評価を行う。ここで、QOLとCS指標に対しては高齢者の評価構造をオーダードプロビットモデルを適用して表現するとともに、GISの空間検索機能を活用してEQ指標を求めている。これら採算性とそれ以外の評価指標の算出モデルを適用して、中山間

地域の GIS 集落データベースを活用した公共交通計画支援システムを開発する。さらに、今後の中山間地域公共交通に対する DRT の計画手法や需要増加施策に関しても非集計行動モデルを適用して分析を行う。

以上のように、本研究は中山間地域の公共交通計画に対して、主たる利用者である高齢者の交通行動を記述する非集計行動モデルを適用するとともに、計画の対象となる空間スケールの最小単位を渡辺ら（2001）が示したように集落を適用し、集落情報や公共交通サービスを含む GIS データベースを活用した計画支援システムの開発を行うことに特徴がある。

#### 1.4 本論文の構成

本論文は図 1.4 に示すように 8 章で構成される。

第 1 章の序論に続いて、第 2 章では高齢者の交通行動の特徴を整理した上で、中山間地域で実施したアンケート調査結果に基づいて交通需要潜在化の構造を明らかにする。さらに、サービス要因間の不完全代替性を考慮した需要予測モデルの推定結果から、中山間地域の公共交通サービスに対する高齢者の選好においては、提供する交通サービス要因間に不完全代替性が存在することを明らかにする。

第 3 章では、高齢者の交通行動における意思決定方法が連結型に近いものであると仮定し、非補償型モデルを適用する必要性を示す。次に、高齢者対応型公共交通利用頻度予測モデルの概要を示し、非補償型ルールを導入可能な効用関数を導入する。さらに、利用頻度予測モデルに適用する離散連続を概説した上で、消費者行動理論に基づく離散連続モデルを導出する。モデルのパラメータ推定では、数多く適用されている選択性修正法による離散モデルと連続モデルの段階推定を適用する。

第 4 章では、具体的な中山間地域における公共交通計画の評価指標を示す。はじめに、前章で得られた利用頻度予測モデルを適用し、運行計画代替案毎の需要予測結果と運行経費から採算性による評価方法を示す。次に、採算性以外の評価指標として、QOL 指標、CS 指標、EQ 指標を提案し、個々の具体的な導出方法を示す。中山間地域を対象とした実証分析によって、提案した指標の活用方法を示す。

第 5 章では、今後さらなる高齢化により交通だけでは、生活の維持が対応できない集落を対象として、総合的な生活支援施策と交通サービス改善の関係を明らかにして指標の一つとして加える。

第 6 章では、第 3 章で構築した需要予測モデルと GIS 集落データベースを統合して、容易に計画代替案の採算性を評価できるシステムを構築する。さらに、第 4 章で提案した採算性以外の評価指標の導出モデルを組み込んで、GIS を活用した公共交通計画支援ツール

を開発する。このシステムを中山間地域の公共交通計画に適用した実証分析を行い、効率的、効果的な計画立案に対するシステムの有効性を示す。

第7章では、中山間地域の高齢者等の広域移動ニーズに対応した公共交通の利便性を高めるとともに、その魅力向上によって需要を増加させる施策の分析を行う。まず、近年のIT技術の進捗によって導入が増加しているドア・トゥ・ドア型DRTが導入された地域における調査結果から、その運行評価を分析するとともに、DRTの特徴である需要によって所要時間や待ち時間の変動に対する反応感度を分析する。これらの結果からDRTの利便性を高める方策を提案する。さらに、DRTの時間変動にも関連する待ち時間に着目して、拠点施設への広域運行と交通結節点整備といった施策を対象にして分析を行う。

最後に第8章で、本研究で得られた研究成果を総括し、今後の研究課題を整理する。

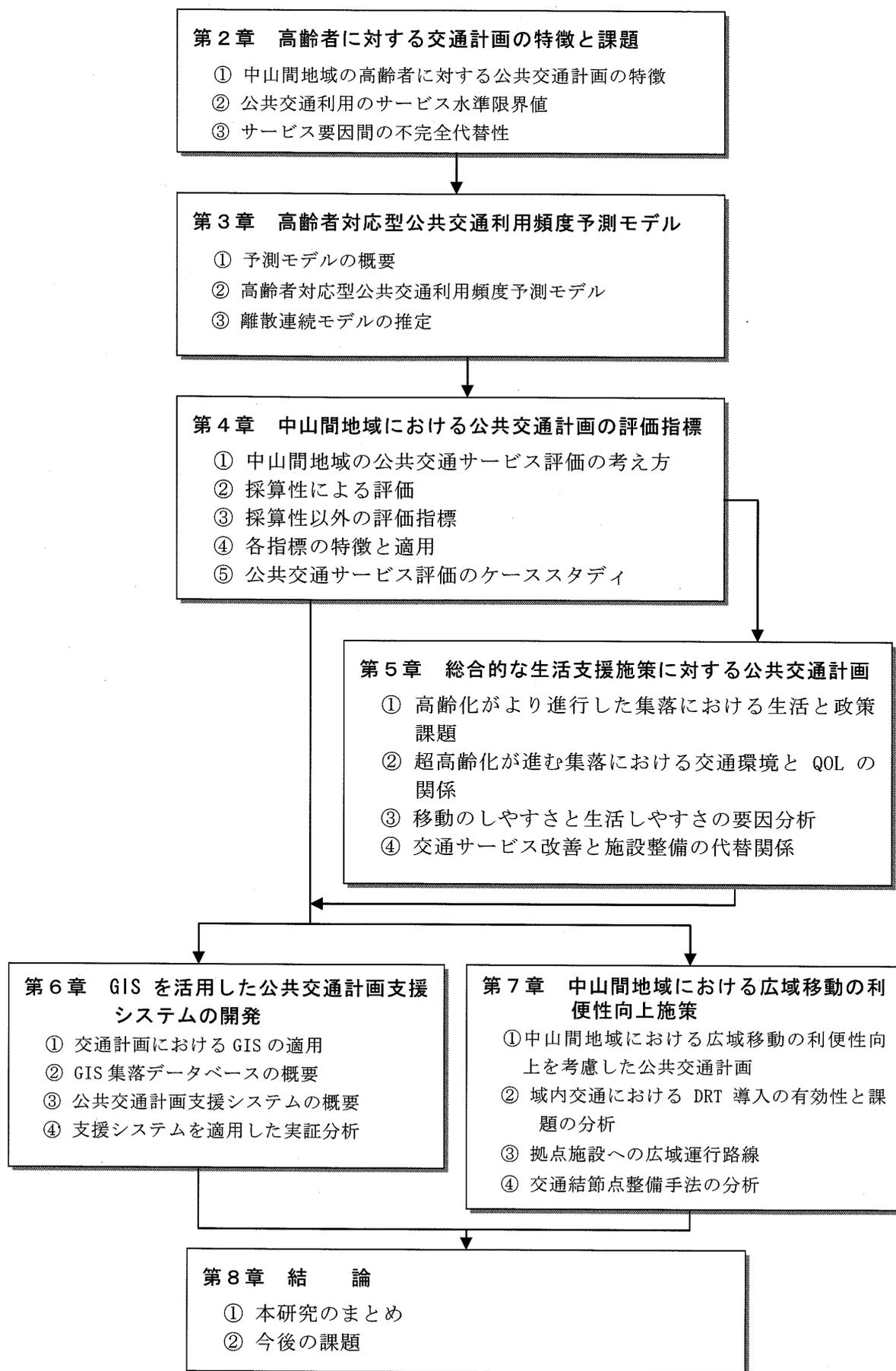


図 1.4 本論文の構成

## 第1章 関連参考文献

- 青島縮次郎他：地方都市圏における身体障害者の高齢者のモビリティと交通機関選択との関連分析，土木計画学研究・講演集，No.22(1)，pp.551-554，1999.
- 青島縮次郎他：身体障害者の顕在・潜在交通需要比較とそれを踏まえた交通弱者対応型バスの評価について，土木計画学研究・論文集，No.16，pp.903-910，1999.
- 青島縮次郎他：地方都市圏における世帯構成に着目した高齢者のモビリティ分析，土木計画学研究・講演集，No.23(2)，pp.891-894，2000.
- 秋山哲男：高齢者・障害者のスペシャルトランスポートサービス，土木学会論文集，No.518／IV-28，pp.55-67，1995.
- 秋山哲男他：三鷹市におけるコミュニティバスの導入について，土木計画学研究・論文集，No.21(2)，pp.823-827，1998.
- 秋山哲男，中村文彦：バスはよみがえる，日本評論社，2000.
- 磯部友彦：住民主導で開業した路線バスの意義－愛知県・桃花台バスの事例－，第27回土木計画学研究・講演集，CD-ROM，2003.
- 大森宣暁，太田勝敏，原田昇，室町泰徳：活動日誌調査による高齢者の日常生活活動と外出行動の分析，土木学会第52回年次学術講演会，pp.62-63，1997.
- 岡並木，山本雄二郎，福留久大：新・ふるさとバス白書，技法堂出版，1998.
- 岡田憲夫，杉万俊夫：過疎地域の活性化に関する研究パースペクティブとその分析アプローチ－コミュニティ計画学へむけて，土木学会論文集，No.562／IV-35，pp.15-25，1997.
- 加藤博和，高須賀大索：規制緩和後の自律的な地域公共交通形成のためのボトムアップ型運営方式に関する研究，第27回土木計画学研究・講演集，CD-ROM，2003.
- 川上洋司，李偉国，佐野正：福井市コミュニティバス試行事業の経緯と評価，第35回日本都市計画学会学術研究論文集，pp.175-180，2000.
- 喜多秀行，谷本圭志：バスサービスの提供における諸問題の構造，第27回土木計画学研究・講演集，CD-ROM，2003.
- 喜多秀行：地方部のバス交通に関する研究課題，第25回土木計画学研究・講演集，CD-ROM，2002.
- 木村一裕，清水浩志郎他：高齢者の潜在交通需要とその評価，土木計画学研究・講演集，No.23(2)，pp.899-902，2000.
- 木村一裕，藤原章正他：高齢者・障害者の交通需要のとらえ方と交通システム構築，第25回土木計画学研究・講演集，CD-ROM，2002.
- 木賀万里絵，大蔵泉，中村文彦：Demand-Responsive Transit の需要予測に関する基礎的研究，土木学会第55回年次学術講演会，CD-ROM，2000.

- 金載昊, 秋山哲男: フレックス型の中村まちバスの利用特性とサービスの質に関する基礎的研究, 第 26 回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2002.
- 小林潔司, 福山敬, 秀島栄三, 藤井信行: 過疎地域におけるバスサービスの最適維持方策に関する研究, 土木学会論文集, No.611/IV-42, pp.45-56, 1999.
- 島根県地域政策課 HP: <http://www2.pref.shimane.jp/teiju/mrteigi/index.html>
- 清水浩志郎: 高齢者・障害者交通研究の意義と今後の展望, 土木学会論文集, No.518/IV-28, pp.17-29, 1995.
- 鈴木文彦: 路線バスの現在・未来 PART2, グランプリ出版, 2001.
- 竹内伝史: 需給調整規制の廃止に伴う地方自治体の新たな任務としての公共輸送政策, 土木計画学研究・講演集, No.22(1), pp.443-446, 1999.
- 竹内伝史: 路線バスの規制緩和と自治体の責務—改正道路運送法を受けて, 再論—, 第 25 回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2002.
- 竹内龍介, 大蔵泉, 中村文彦: DRT システムコストモデルに関する研究, 第 26 回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2002.
- 田邊慎太郎, 原文宏, 徳織智美, 伊藤信之, 若菜千穂: 新たなバスサービス導入に向けた交通機関選択調査に関する研究, 第 26 回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2002.
- 中国地方中山間地域振興協議会: 「中山間地域における新たな交通」シンポジウム報告資料集, 2003.
- 都君燮: 高齢者の交通負担感を反映したコミュニティバスの需要予測に関する基礎的研究, 大阪大学博士学位論文, 1999.
- 中川大, 能村聡: 規制緩和下における市民組織によるバス支援プロジェクトの可能性と課題: 第 27 回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2003.
- 中島正人, 安江雪菜, 高山純一: 金沢市におけるコミュニティバス導入効果—金沢ふらっとバスを事例として—, 第 35 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.181-186, 2000.
- 新田保次, 都君燮: 交通負担感を考慮した高齢者対応型バスへの交通手段転換モデルについて, 土木学会第 52 回年次学術講演会, pp.74-75, 1997.
- 新田保次, 都君燮: 交通手段転換モデルによる高齢者対応型バスの需要予測, 土木学会第 53 回年次学術講演会, pp.728-729, 1998.
- 新田保次, 都君燮: 利用頻度を考慮した高齢者対応型コミュニティバスの需要予測に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.16, pp.793-800, 1999.
- 新田保次, 都君燮: 高齢者に配慮したコミュニティバスの利用頻度予測モデルについて, 土木学会論文集, No.646/IV-17, pp.37-45, 2000.
- 藤井聡: BI 法に基づくバス利用の行動—意図の—一致性分析, 第 27 回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2003.
- 藤井直人, 秋山哲男, 沢田大輔, 高橋万由美: 高齢者・障害者の移動と交通へのフィンラ

- ンド・スウェーデンでの対応, 第 27 回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2003.
- 三星昭宏, 新田保次: 交通困難者の概念と交通需要について, 土木学会論文集, No.518/ IV-18, pp.31-42, 1995.
- 三星昭宏, 北川博巳他: 高齢者の潜在需要とその評価潜在交通に影響を及ぼす要因の研究, 土木学会第 54 回年次学術講演会, pp.298-299, 1999.
- 三星昭宏, 北川博巳他: 高齢者モビリティ潜在化の属性要因と交通需要増加に関する考察, 土木計画学研究・論文集 No.15, pp.747-754, 1998.
- 元田良孝, 中野幸之助, 鳥居善朗: 盛岡市ゾーンバスシステムに関する調査, 第 25 回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2002.
- 若菜千穂, 原文宏, 千葉博正, 中岡良司: フレックスバスの運行計画策定に関する研究, 第 28 回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2003.
- 渡辺義男, 山根公八: 中山間地域における交通計画手法に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, No.23(1), pp.507-510, 2000.
- 渡辺義男, 山本洋一, 山根公八: 中山間地域における交通計画手法に関する考察(2), 第 24 回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2001.
- Ambrosino, G. Boero, M. Eloranta, P. Engels, D. Finn, B. and Sassoli, P. : Flexible mobility solutions in Europe through cooperation between operators, IT suppliers and authorities, Proceeding of 7th World Congress on ITS CD-ROM, 2000.
- Brown I. et al : User's responses to the implementation of an innovative accessible bus service in remote rural areas, Proceeding of 9th International Conference on Mobility and Transport for Elderly and Disabled People, TRANSED, CD-ROM, 2001.
- Mageean, J. Nelson, D. J. and Wright, S. : Demand responsive transport: Responding to the urban bus challenge, European Transport Conference, CD-ROM, 2003.
- Naniopoulos, A. : Accessible and usable for all transport telematic systems. The telscan systems approach and main results. , Proceeding of 9th International Conference on Mobility and Transport for Elderly and Disabled People, TRANSED, CD-ROM, 2001.
- Schaefer, C. : Multibus – A new and innovative approach for bus systems in rural areas, European Transport Conference, CD-ROM, 2003.
- Westerlunf Y. et al : Transport telematics for elderly users: Successful use of automated booking and call-back for demand responsive transport services in Gothenburg, Proceeding of 7th World Congress on ITS CD-ROM, 2000.

## 第2章 高齢者に対する交通計画の特徴と課題

### 2.1 中山間地域の高齢者に対する交通計画の特徴

自動車を利用できない高齢者が主たる利用者となる中山間地域の公共交通計画を行うためには、加齢に伴う身体的能力の減少によって移動に制約が生じる高齢者の交通行動を把握する必要がある。特に、交通を抑制する身体的な条件や利用可能な交通手段がないといった要因から潜在化している交通需要のメカニズムを明らかにする必要がある。本節では、既往の研究で明らかにされている高齢者の交通行動を整理するとともに、島根県の中山間地域を対象に実施したアンケート調査結果から具体的な交通行動の特徴を分析する。分析に当たっては、特に高齢者の潜在需要に着目する。

#### 2.1.1 高齢者の交通行動に関する既往の研究

三星ら（1995）は、個人の交通行動を活性化する要因を、交通の需要を促す生活等の要因と、交通を抑制する身体的な条件、及び外的な条件としての交通サービス条件に区分している。さらに、これら要因間の関係を、加齢に伴って一般に、生活上の交通を促進する要因は低下し、交通を抑制する身体要因が増加し、相乗効果で交通活性は低下していくものと示している。交通活性は交通需要と読み替えることも可能である。また、三星らの研究では、交通困難の程度と交通活性の関係を図 2.1 のように整理している。ここで、曲線 A が交通困難者、曲線 B が非困難者の活性力を表し、この A～B 間が交通困難による潜在需要であり、曲線 A の上にある人を交通条件の改善により曲線 B に近づけることが狭義の

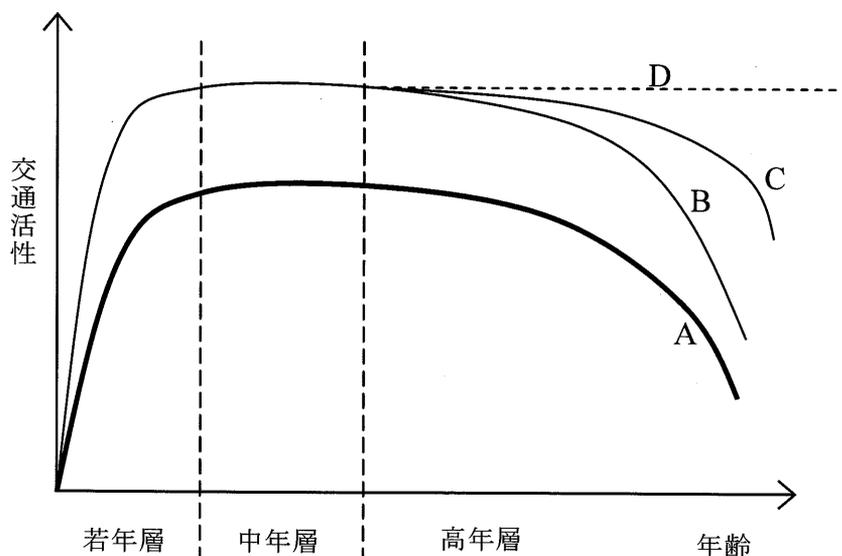


図 2.1 交通困難の有無別交通活性—加齢曲線（三星他 1995）

高齢者・障害者交通対策であり、STS やノンステップバスなどの特別な交通付加サービスが対応する。B～C 間は一般的な加齢による軽度の身体機能の低下により潜在化した交通需要であり、曲線 B を曲線 C に近づける対策としては、バス停の距離を近くに設置する等の一般的な公共交通のサービス改善が相当する。本研究では、この後者の対策と前者の一部を含む交通サービスを含むものであり、より具体的な個別サービス要因の水準と潜在需要の関係を扱う。

高齢者の交通行動をより詳細に取り扱った研究としては、木村ら（1998）は高齢者の交通確保の課題に対して、交通サイドからの対策だけでなく、都市施設の密度や配置が高齢者のアクティビティに及ぼす影響を 3 都市圏の PT データから分析を行っている。また大森ら（1998）は、高齢者の通院活動に対して時空間プリズム制約下での外出活動実行可能性の指標を抽出して、病院移転におけるアクセシビリティを分析することによって、交通供給サイドと活動機会サイドの施策の評価を行っている。このように、今後の高齢社会における交通システム整備を検討する研究として、各種調査を有効に活用するとともに、高齢者の各種活動のしやすさを交通サービスの提供だけでなく活動施設の整備や配置という観点からの研究など、近年その研究の内容は拡大している。本研究でもこれら研究と同様に、高齢者の活動のしやすさに対して交通サービスと施設整備の観点から分析を行っていくものである。

## 2.1.2 実証調査による高齢者の交通行動分析

### (1) 実証調査の概要

本研究では、島根県の中山間地域を対象に各種アンケート調査を実施した。調査対象地域である島根県大原郡・飯石郡は、平地部が少なく特に南部は中国山地に至る広範な山間部である。当該地域では、古代よりたたら製鉄の歴史を有しており、図 2.2 に示すように山間部にも数多くの集落が分布しており、急峻な山地の各谷筋に分布するなど、公共交通の運行においては非効率な状況となっている。また、対象地域の高齢化の状況をみると、地域全体の高齢化率が 29.5%であり、本格的な高齢社会を迎えている状況である。

本研究では、対象地域での 4 つのアンケート調査を実施しており、調査の概要と調査内容を表 2.1, 2.2 に示す。調査方法は全て対象地域内の集落をランダムに近くなるようにピックアップし、当該集落内の全世帯を対象にして自治会を通じて配布回収を行うものとした。ただし、合併協議会調査は、自治会を通じて配布、郵送回収方式とした。全ての調査の配布方法を自治会による配布方式としたことで高い回収率を得ることが出来た。特に自治会による回収方式では、8 割近い回収率を得ることが可能となり、集落の自治会活動が活発な中山間地域において、非常に有効な調査手法であることが確認できた。

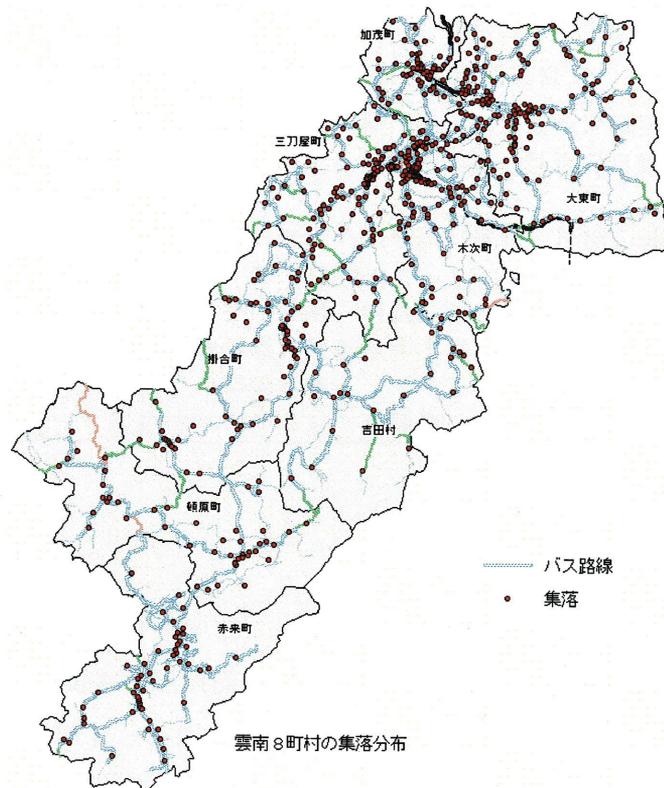


図 2.2 調査対象地域における集落分布

また、これら回収率の高さは、調査方法によることからだけでなく、これら地域の住民にとって公共交通機関の運行は重要な課題であり、非常に関心が高いためであると考えられる。

表 2.1 アンケート調査結果の概要

調査の種類	町民バス調査	だんだんタクシー調査	雲南 6 町村合併協議会調査	頓原・赤来バス調査
対象自治体	木次町	掛合町	大東町、加茂町、木次町、三刀屋町、吉田村、掛合町	頓原町、赤来町
調査主体	広島大学	広島大学	6 町村合併協議会	国土交通省
調査の時期	H13 年 9 月～10 月	H14 年 7 月	H14 年 11 月～12 月	H15 年 1 月～2 月
配布方法	自治会を通じて配布	自治会を通じて配布	自治会を通じて配布	自治会を通じて配布
回収方法	自治会で回収	自治会で回収	郵送回収	自治会で回収
配布数	476	641	2,925	1,096
回収数	460	496	1,576	861
回収率	96.6%	77.4%	53.9%	78.6%

表 2.2 アンケート調査の設問項目

個人属性	住所（集落名）／年齢（歳代）／性別／職業／免許証／自動車保有（自由に使える自動車等）／世帯の自動車保有／普段の移動交通手段
交通行動	事前事後の目的別外出頻度（買物、医療、通勤、通学、公共施設、娯楽、知人訪問）
バス利用のサービス評価	バス停までの距離、料金、運行間隔の限界値
集落の生活のしやすさ	居住する集落の生活しやすさ
移動の意向	広域での移動意向
現行サービス評価	現在のバスサービスの評価

(2) 交通行動特性の分析

アンケート集計結果から、対象地域における交通行動の特性を分析する。個人属性をみると、世帯構成員のうち公共交通機関を利用しやすい個人1名が回答しているため、ほとんどの被験者が40歳代以上となり、60代以上が7割を占めた。性別では、女性の比率がやや男性を上回る結果となった。職業では、高齢者の割合が高いため無職層の割合が高くなっている。同様に、高齢者層の割合の高さから、被験者の免許証保有率は5割強と低い結果となった。また、ほとんどの免許証保有者は、自動車またはバイクを保有していることが確認できた。さらに、世帯内に送迎が可能な自家用車の保有では、16.7%の被験者は世帯内での送迎手段を有しておらず、公共交通機関が重要な交通手段となっていることが

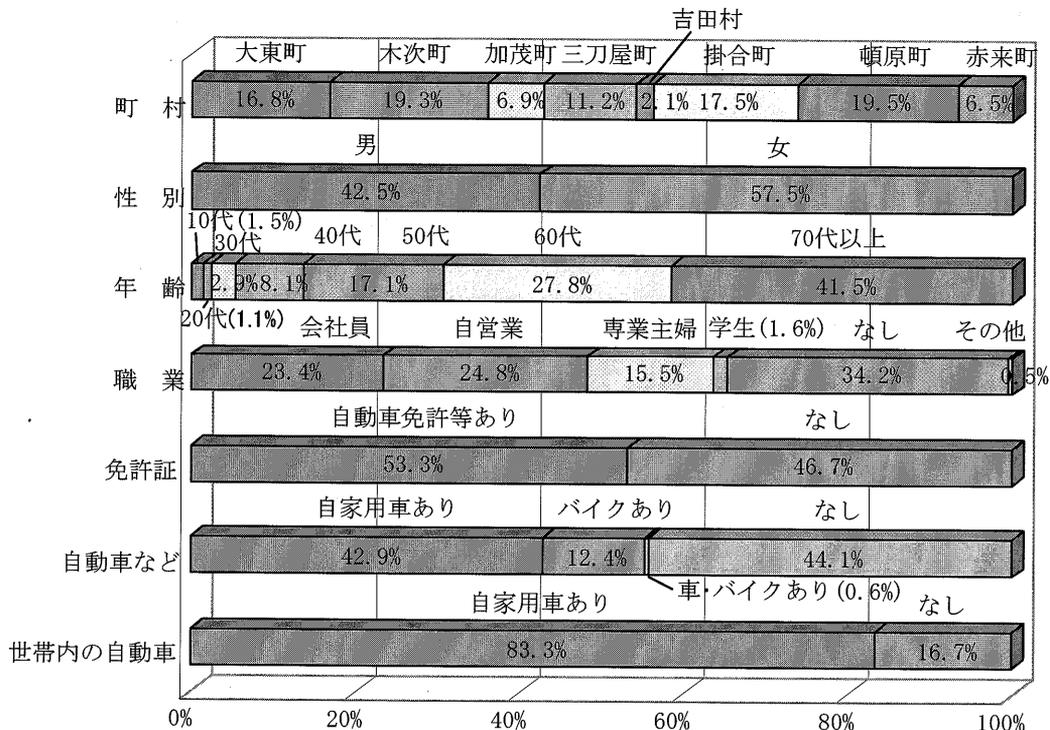


図 2.3 アンケート調査被験者の個人属性

確認できる。

外出に利用する交通手段を見ると、バスやタクシーといった公共交通機関が3分の1を占める結果となった。また、自動車での送迎も24%と多くなっており、高齢者の約半数は自由に移動が出来ず公共交通機関や他者の交通に依存する必要があることが確認できる。図2.5は、バスなどの公共交通を利用した1ヶ月の目的別外出回数を示したものであり、バス等での外出はほとんどが週に1回以下が多いことがわかる。また、目的別外出回数では通院が最も多く、次いで買物目的が多くなっており、高齢者の生活に密着した活動目的での利用が多いことがわかる。

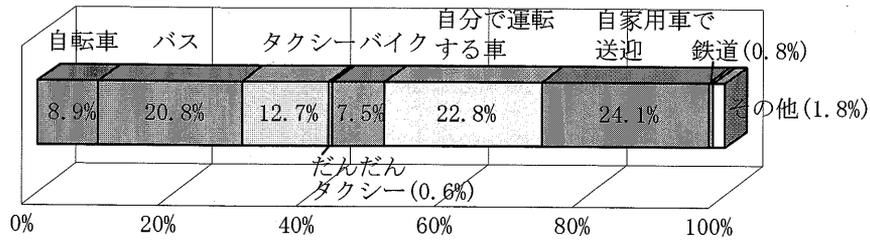


図 2.4 外出に利用する交通手段

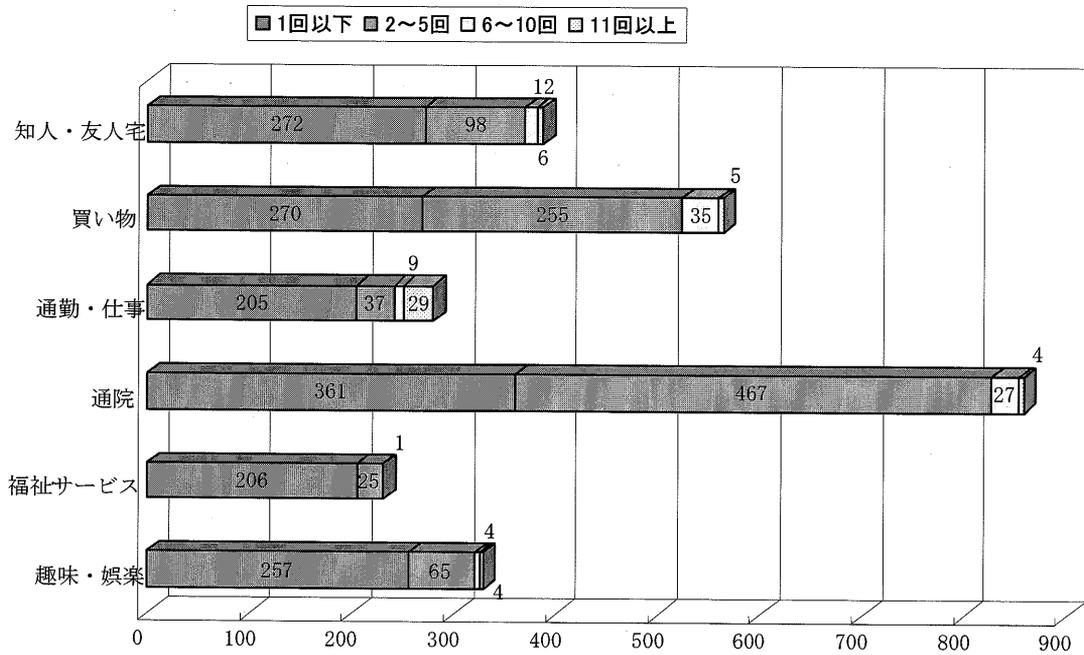


図 2.5 公共交通による1ヶ月の目的別外出回数

### (3) 公共交通利用者特性と需要の潜在化

アンケート調査では現在の公共交通の利用と将来サービスが改善された場合の利用意向を質問している。現在の利用状況を見ると回答者の約 28%が利用しており、残り約 72%のうち約 65%が今後のサービス向上によって利用意向を表明している。これは現在のサービス水準の低さに対して需要が潜在化している層であるといえる。また、現在と将来ともに利用またはその意向が無い回答者は公共交通非利用の Captive 層であり、予測モデル構築時において考慮する必要がある。以下、この結果に基づき、1)現在の利用者層、2) 需要の潜在化層の特徴を分析する。

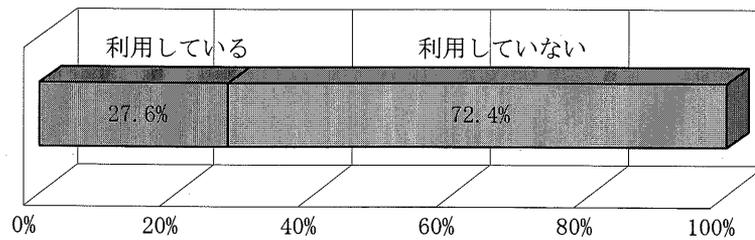


図 2-6 現在の公共交通の利用状況

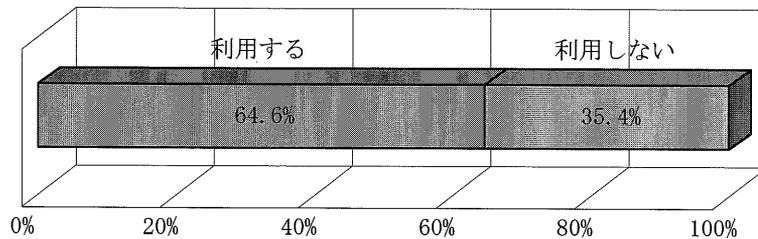


図 2.7 今後の公共交通機関のサービス向上に対する利用意向

## 1) 現在の利用者層

現在の利用者の属性をみると、72%が女性であり、年齢は50代以上が95%を占めている。さらに、74%が免許証非保有者である。このことから、バスやだんだんタクシーといった公共交通機関の現在の利用者は、免許証を持たない高齢の女性が多いことがわかる。

また、現在の利用者の利用している交通手段をみると、バスやタクシーなどの公共交通機関の利用が6割を超えている。このことから、現在の利用者は自動車が利用できないため、公共交通機関が非常に重要な移動手段になっていると考えられる。

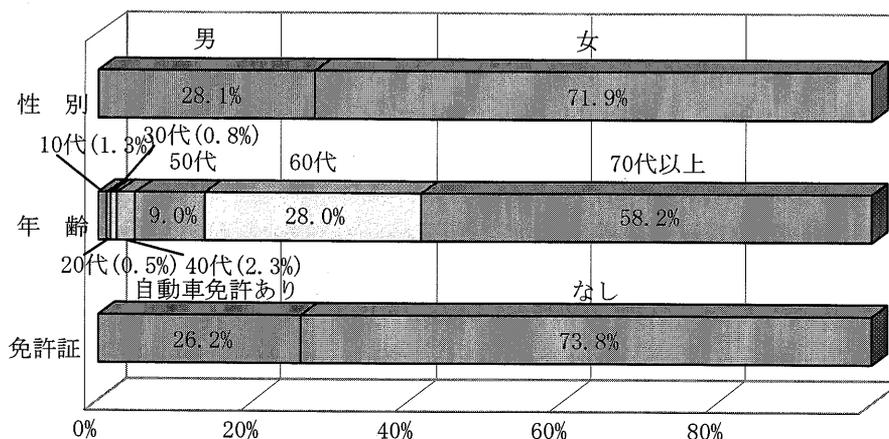


図 2.8 現在の利用者層の個人属性

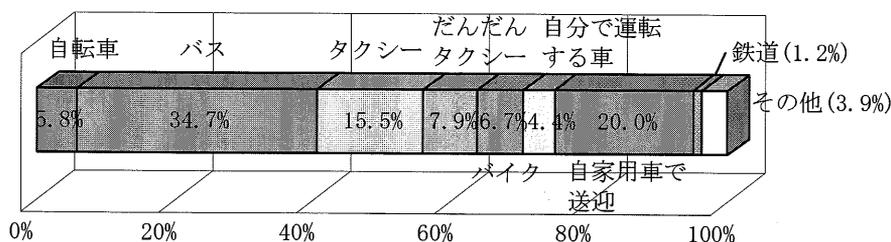


図 2.9 現在の利用者層の利用交通手段

## 2) 需要の潜在化層

需要の潜在化層の個人属性をみると、性別ではやや女性の割合が多く、年齢では50代以上が9割を占めている。また、免許証は43.5%が保有していない。さらに、需要の潜在化層の利用交通手段では、自分で運転する自動車が28.8%を占めているものの、自家用車送迎が33.6%と多くなっている。このことから、現在公共交通機関のサービス水準の低さから需要が顕在化していない層は、現在自分で自動車が利用できるか、自家用車で送迎が可能な層であり、今後の加齢による自動車運転の困難さや送迎自動車の減少によって需要の顕在化が期待できるといえる。

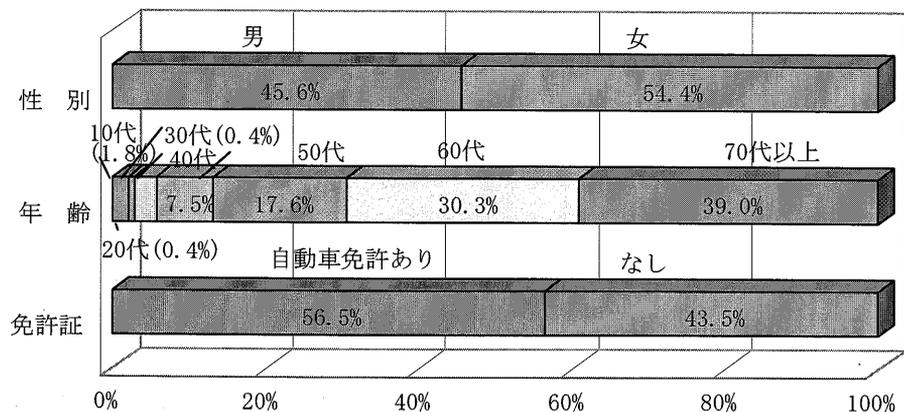


図 2.10 需要の潜在化層の個人属性

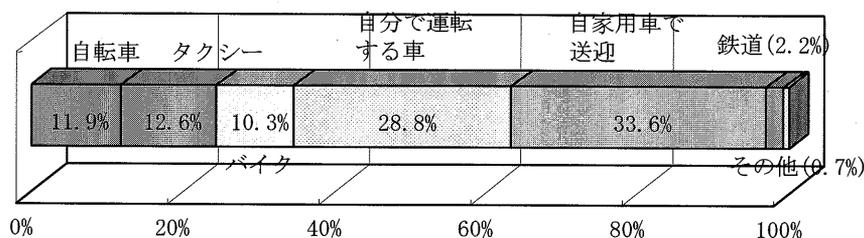


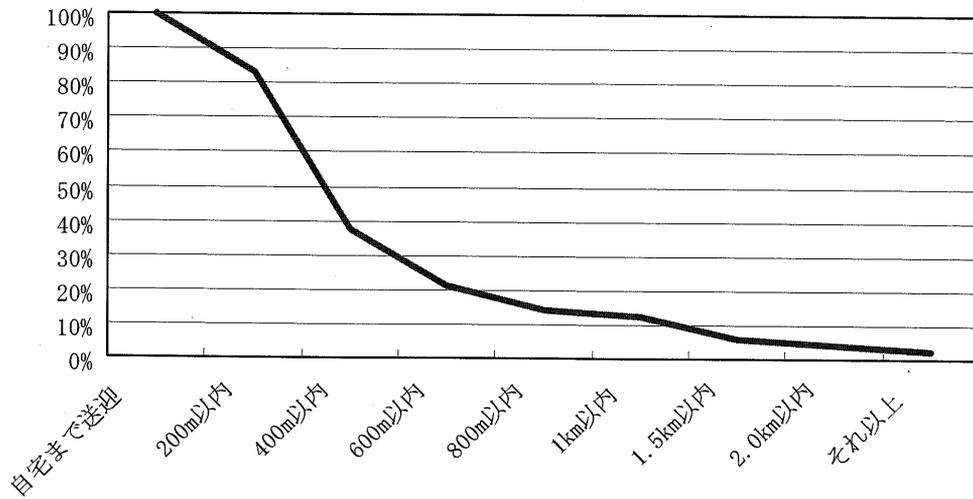
図 2.11 需要の潜在化層の利用交通手段

## 2.2 公共交通利用のサービス水準限界値

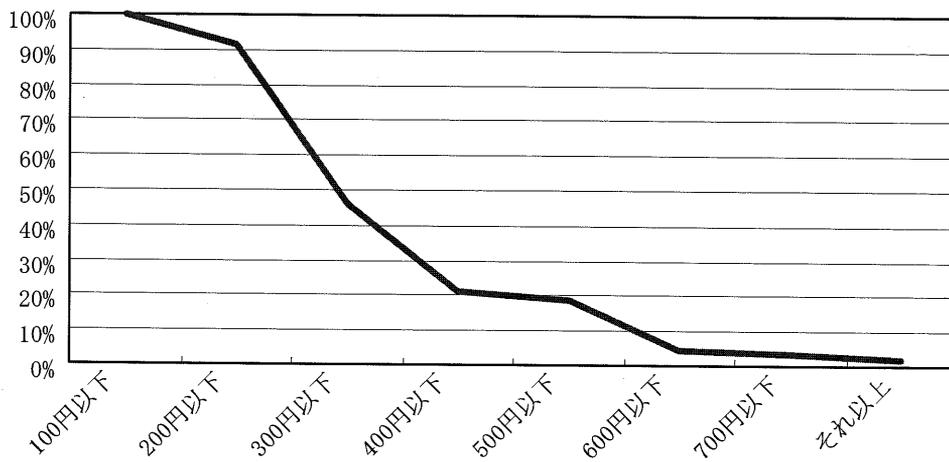
### 2.2.1 サービス水準限界値の集計分析

高齢者の交通行動では、身体機能の低下や低水準の公共交通サービスによって、需要の潜在化が起こる。また、中山間地域における公共交通機関は、その運行効率の悪さから多くの場合低いサービス水準での運行を余儀なくされているのが現状である。このようなサービス水準と公共交通の利用との関係を明らかにするために、「バス停までの距離」「料金」「運行間隔」について、公共交通機関利用のサービス水準限界値をアンケート調査で設問し、その分析を行った。

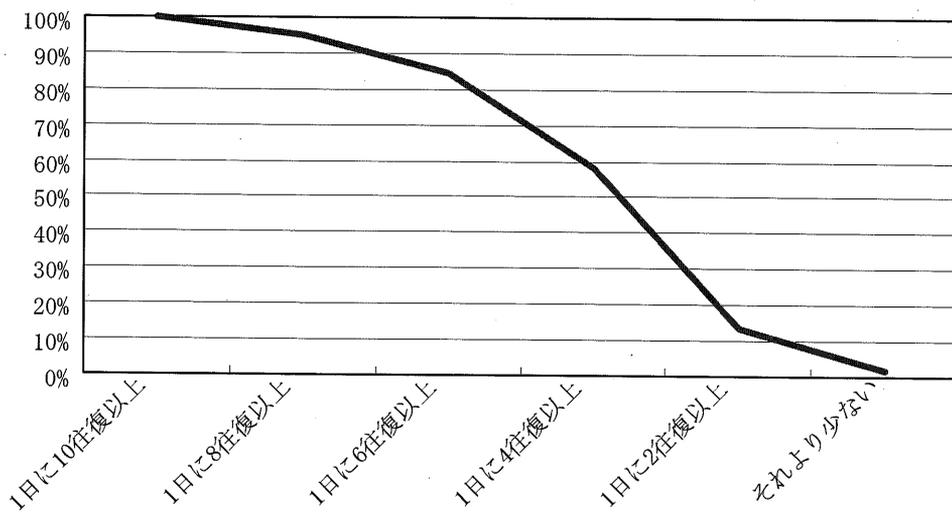
バス停までの距離では、200mを超えると急激に利用意向が減少し、400mで約 65%、600mで約 80%の被験者が利用をやめると回答している。都市部コミュニティバスでは、高齢者の歩行能力等からバス停間隔を 200mに設置する事例が多く、このことによって需要増に大きな効果をもたらしている事例も存在する。このことから、中山間地域であってもバス停までの距離を概ね 200m以内にすることによって、バスの魅力が向上して利用増に寄与するものと思われる。また、従来からの路線バスのバス停間隔は 400m程度であること



(1) バス停までの距離の利用限界水準



(2) バス料金の利用限界水準



(3) バス運行本数の利用限界水準

図 2.12 公共交通利用のサービス水準限界値

が多く、中山間地域であっても 400m程度がほとんどの被験者が限界と感じる距離であると考えられる。

バス料金では、現在ほとんどの町村の生活バスの均一料金の標準である 200 円を超えるると急激に減少している。対象地域内で運行されている DRT の均一料金 300 円を超える 400 円では、約 80%の被験者が利用しないと回答している。料金は安いほど魅力が高くなるが、その限界値は現在提供しているサービス水準に依存しており、利用者は現在よりも低い水準（高い料金）への変化を望んでいないと考えられる。

バス運行本数では、他の要因のように急激な利用意向の減少は見られず、運行本数が少なくなるにしたがって利用意向が徐々に減少している。1日4往復まで減少しても半数以上の被験者が利用意向を示しており、普段の交通サービス水準が低い地域では、運行本数が多ければ交通機関としての魅力は高いものの、通院等の活動ができる水準であれば利用することが確認できる。

## 2.2.2 サービス水準限界値の要因分析

本節では、公共交通利用の意向を有する高齢者等が知覚しているバス停までの距離、バス料金、運行本数の限界値の決定要因を明らかにするため、数量化理論第Ⅱ類により要因分析を行う。外的基準はバス停までの限界距離、限界料金、限界運行本数であり、影響要因は、集落の居住位置、性別、年代、免許証の保有、現在のサービス水準、現在の公共交通の利用の有無とする。以下に分析結果（表 2.3～2.5）を示し考察を行う。

限界距離（表 2.3）をみると、現在のバス停までの距離が最も影響していることが確認できる。これは、現在の距離が近い人は現在よりも遠い距離になることを望んでおらず、逆に現在遠い距離に居住する人は、その限界距離も遠くなる傾向があることを意味している。ただし、現在の距離が一般的なバス停勢圏外となる 800mよりも遠い人は、限界距離が近い結果を示している。つまり、現在のバス停が遠いことによってバス利用が困難な層は、自宅付近までの運行サービスを提供しないと利用しないものと考えられる。年代別の影響をみると、各年代でバラツキがあり明確な傾向を示していないが、全体的には年代が高くなるほど限界距離が近くなり、加齢による身体能力の減少によって限界距離が短くなると考えられる。また、免許証の有無では免許証保有者が、現在の公共交通利用の有無では非利用者の限界距離が短くなっており、現在公共交通を利用せざるを得ない層の限界距離がより遠いことを示している。

限界料金（表 2.4）に関しては、限界距離と同様に現在のバス料金が及ぼす影響が最も高くなっている。これは現在の料金が高い人はより高い料金を支払うことをやむを得ないものと受け止めているとともに、現在の料金が安い人は、現在よりも料金が高くなることに抵抗を示すことが確認できる。居住集落の中心部からの距離が近い人は、遠い人よりも

表 2.3 数量化理論第Ⅱ類による限界距離に関する要因分析

アイテム	カテゴリー	サンプル	スコア	スコアグラフ	偏相関係数
				遠い ←   → 近い	
居住集落の 中心部 からの距離	～2km	501	-0.034		0.036
	2～4km	213	-0.151		
	4～6km	233	-0.029		
	6km～	582	0.096		
性 別	男	569	-0.045		0.013
	女	960	0.027		
年 齢	20 歳代以下	48	-0.352		0.066
	30 歳代	31	0.257		
	40 歳代	84	-0.226		
	50 歳代	211	0.126		
	60 歳代	459	-0.168		
	70 歳代以上	696	0.113		
免許証	あり	670	0.034		0.011
	なし	859	-0.027		
現在のバス停 までの距離	～200m	750	0.791		0.380
	201～400m	250	-0.801		
	401～800m	219	-1.905		
	801m～	310	0.080		
現在の公共 交通利用	あり	612	-0.225		0.075
	なし	917	0.150		
外的基準 限界のバス停 までの距離	～200m	943	0.254		
	201～400m	259	-0.371		
	401～800m	145	-0.975		
	801m～	182	-0.010		
相関比	0.153		サンプル	1,529	

表 2.4 数量化理論第Ⅱ類による限界料金に関する要因分析

アイテム	カテゴリー	サンプル	スコア	安い	スコアグラフ	高い	偏相関係数
居住集落の 中心部 からの距離	～2km	246	0.340				0.072
	2～4km	224	-0.205				
	4～6km	228	-0.199				
	6km～	590	0.013				
性別	男	482	0.018				0.004
	女	806	-0.011				
年齢	20歳代以下	35	0.489				0.046
	30歳代	26	-0.262				
	40歳代	69	0.088				
	50歳代	183	0.096				
	60歳代	368	-0.126				
	70歳代以上	607	0.021				
免許証	あり	576	0.138				0.039
	なし	712	-0.112				
現在のバス 料金	～200円	1020	-0.496				0.352
	201～300円	239	2.064				
	301円～	29	0.426				
現在の公共 交通利用	あり	561	-0.051				0.016
	なし	727	0.039				
外的基準 限界のバス 料金	～200円	715	-0.314				
	201～300円	326	0.486				
	301～400円	28	0.154				
	401円～	219	0.283				
相関比	0.129		サンプル			1,288	

表 2.5 数量化理論第Ⅱ類による限界運行間隔に関する要因分析

アイテム	カテゴリー	サンプル	スコア	スコアグラフ	偏相関係数
				少ない ← 多い →	
居住集落の 中心部 からの距離	～2km	501	0.572		0.092
	2～4km	213	0.262		
	4～6km	233	-0.144		
	6km～	582	-0.283		
性 別	男	569	0.278		0.051
	女	960	-0.610		
年 齢	20 歳代以下	48	0.438		0.077
	30 歳代	31	0.623		
	40 歳代	84	0.250		
	50 歳代	211	0.606		
	60 歳代	459	-0.135		
	70 歳代以上	696	-0.176		
免許証	あり	670	0.089		0.018
	なし	859	-0.069		
現在のバス 運行本数	～3 便/日	750	-1.711		0.049
	4～5 便/日	250	0.098		
	6 便/日～	310	0.747		
現在の公共 交通利用	あり	612	0.227		0.016
	なし	917	-0.165		
外的基準 限界のバス 運行本数	～3 便/日	943	-0.537		
	4～5 便/日	259	-0.105		
	6 便/日～	182	0.269		
相 関 比	0.072		サンプル	1,353	

高い限界料金を示した。これは中心部までの移動距離が短いために、バス料金はもともと高く設定されていないため、限界料金を高く表明しているとともに、自転車等の利用が可能であり公共交通を常時使う必要がないことに起因しているものと思われる。また、年代では概ね若年層ほど高い限界料金を示し、公共交通に依存する必要がある高齢者層の限界料金が安くなっていることが確認できる。

限界運行本数（表 2.5）に関しては、他のサービスと同様に現在の運行本数が最も大きな影響を及ぼす要因となっている。これは現在の運行本数が多い集落に居住する人は、現在の水準よりも低くならないことを望むとともに、現在の運行本数が少ない層はより少ない本数でも受け入れることを示している。また、居住集落の中心部までの距離が近い人ほど、より多い運行本数を望む結果となり、中心部周辺では高い頻度での運行本数を望む人が多いことを示している。また、性別では女性が、免許証の有無では非保持者が、年代では高齢層が、現在の公共交通利用では非利用者が、より少ない運行本数でも利用することを表明しており、公共交通を利用せざるを得ない層ほど、少ない運行本数でも利用することが確認できる。

以上のように、公共交通サービスの限界水準は、現在のサービス水準に大きく依存しており、公共交通計画におけるサービス水準の設定に当たっては、現在の水準よりも低くすることは避ける必要がある。また、公共交通サービスの利用が必須な層は、より低い水準でも受け入れる傾向があり、サービス内容以上に公共交通が運行されること自体が重要であることが確認できる。

## 2.3 サービス要因間の不完全代替性

### 2.3.1 サービス要因間の不完全代替性の仮定

前節で示したように、高齢者等の交通行動は交通抵抗の大きさによって需要が潜在化し、その交通抵抗を構成する各要因（バス停までの距離、料金、運行間隔）には、個人の交通需要発生を断念させる限界値が存在する。また、一般的に中山間地域の公共交通サービスは、その運行の不効率さと採算性の低さから各要因のサービス水準を低く設定せざるを得ない場合が多く、その値が限界値周辺であることが少なくない。

次に、各要因間の代替関係について考察する。交通抵抗の各要因のサービス水準が低い中山間地域において、加齢による運動能力の衰え等の交通抵抗に対して受け入れ可能な限界水準が高くない高齢者を対象とする交通計画では、料金がいくら安くてもバス停までの距離が限界となる距離よりも遠ければバスを利用できないといった状況が発生する。このような交通行動を取り扱う際、従来の需要予測で適用している線形式の効用関数では要因

間に完全代替性を持つため、ある一つの要因の水準が非常に低くてもそれを別の要因水準で補うことが可能となる。この場合、バス停の距離が遠くても料金を安く設定し、運行間隔を短くすることによって、バスの需要は顕在化するという誤った解を導出することとなる。そこで本研究では、中山間地域の公共交通の需要の発生メカニズムに対して、各サービス要因間に不完全代替性が存在すると仮定して、この関係を考慮できる効用関数を適用したバスを利用する、しないを選択する2項ロジットモデルによる分析から検証を行う。

### 2.3.2 一般化平均概念

本研究では、前節で示した不完全代替性を考慮し得る効用関数として一般化平均概念を適用する。森地他（1994,1997）、杉恵他（1999）は、効用関数に一般化平均概念を用いることによって、評価属性間の不完全代替性を考慮し得るモデルを構築している。

一般に、複数の数値を1つの数値に集約する演算は集約演算と呼ばれ、以下のような関数として表すことができる。

$$h: [x_1, x_2, \dots, x_n] \rightarrow \bar{x} \quad (2.1)$$

これらの集約演算のうち、 $\min(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq h(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq \max(x_1, x_2, \dots, x_n)$ の条件を満たすものが一般に平均演算と呼ばれるもので、代表的なものとしては相加平均、幾何平均などがある。

これら各種の平均演算はそれぞれに固有の値を持つものであるが、これらをパラメータによって総合的に表現するものとして提案されているのが、以下のような定義式で表される一般化平均概念である。

$$\bar{X} = \left\{ \frac{x_1^\alpha + x_2^\alpha + \dots + x_n^\alpha}{n} \right\}^{\frac{1}{\alpha}} \quad (2.2)$$

ここで、 $\alpha$  ( $\alpha \neq 0$ ) はさまざまな平均演算を区分するパラメータであり、上式はパラメータ $\alpha$ の値を変化させることにより以下のようなさまざまな平均演算を表現することができる。

(例) ①  $\alpha \rightarrow +1$  のとき、相加平均

$$\bar{x}_{+1} = \left\{ \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \right\} \quad (2.3)$$

②  $\alpha \rightarrow +\infty$  のとき, 最大値

$$\bar{x}_\infty = \max(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2.4)$$

また, 各々の変数の重要度に変化を持たせたい場合には, 以下のように重み係数  $w_i$  を導入して,

$$\bar{X} = \left\{ w_1 x_{i1}^\alpha + w_2 x_{i2}^\alpha \cdots + w_n x_{in}^\alpha \right\}^{1/\alpha} \quad (2.5)$$

ただし,

$$\sum_{k=1}^n w_k = 1$$

で定義される加重一般化平均式を用いて, 各変数の重要度の差異を表現することができる.

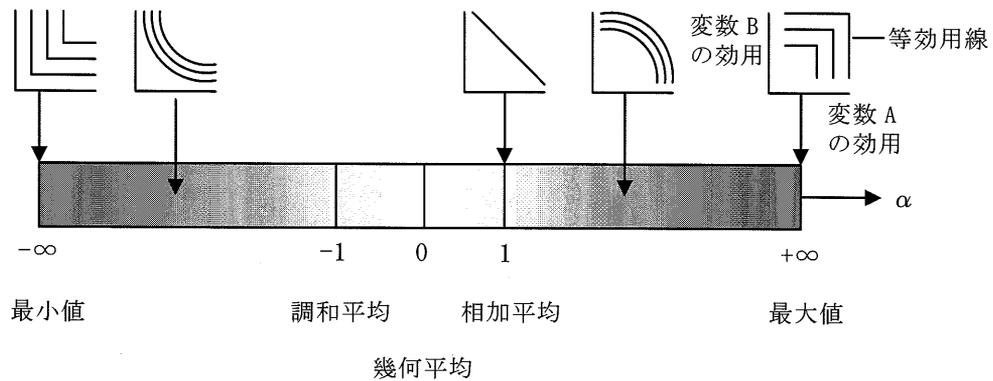


図 2.13 パラメータ  $\alpha$  の値による代替性の変化

ここで, パラメータ  $\alpha$  は, 上述のような平均演算を表現するとともに, 各々の説明変数間の代替性を表現するものである. 図 3.13 は, 説明変数が 2 つの場合におけるパラメータ  $\alpha$  の変化に伴う等効用線の変化を模式的に表現したものである. これを見ると, パラメータ  $\alpha$  の値による説明変数間の代替性の変化は以下のように表されることが分かる.

- ①  $\alpha \rightarrow -\infty$  のとき, 代替性なし  
(2 変数のうち最小値によって効用が決定)
- ②  $-\infty < \alpha < +1$  のとき, 不完全代替性  
(説明変数の値が小さい属性を比較的重視)
- ③  $\alpha \rightarrow +1$  のとき, 完全代替性  
(線形効用関数に同じ)

- ④  $+1 < \alpha < +\infty$  のとき，不完全代替性  
(説明変数の値が大きい属性を比較的重視)
- ⑤  $\alpha \rightarrow +\infty$  のとき，代替性なし  
(2変数のうち最大値によって効用が決定)

すなわち， $\alpha$ の値が1に近いほど各変数間の代替性が大きいこと，逆に1から離れるほど各変数間の代替性が小さいことが分かる．このことは説明変数が3つ以上の場合にも拡張でき，2変数の場合と同様に $\alpha$ の値によって各説明変数間の代替性の程度を表現することができる．

本研究では，上述の加重一般化平均式を用いて，バス及びDRTの選択確率の効用における各LOS間の不完全代替性を表現し，需要予測モデルを構築する．

### 2.3.3 交通需要潜在化とサービス要因間の不完全代替性の関係

#### (1) 推定に用いるデータと前提条件

本節では，一般化平均式を効用関数に持つ2項ロジットモデルを適用して公共交通の需要予測モデルを構築する．推定に用いるデータは，表2.1に示したアンケート調査のうち木次町民バス調査と掛合町だんだんタクシー調査を適用した．

木次町民バスは，調査実施の1年前に民営事業者の廃止代替として運行されている80条路線であり，図2.14に示すようにバスのLOSは著しく向上している．調査では，町民バス運行前後のバス利用に関するRPデータを入手している．

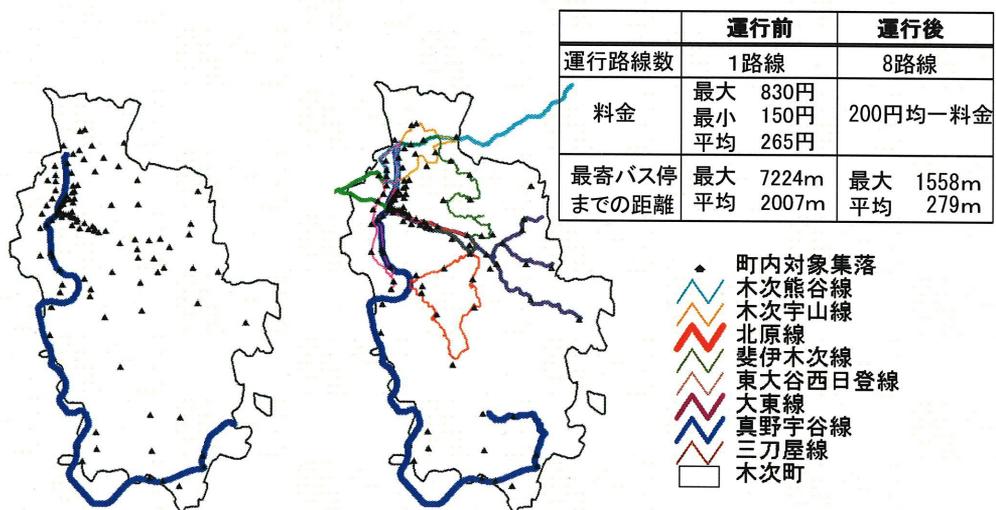


図 2.14 町民バス運行前後でのバスのLOSの変化

また、掛合町では 2002 年 3 月より「だんだんタクシー」と名付けられたドア・トゥ・ドアの送迎を基本とした DRT が運行されている。本研究のアンケート調査は、運行開始から約半年後に実施したものであり、調査内容は概ね木次町民バスと同じである。

モデル構築の際の前提となる条件を以下に示す。

- ① JR 木次駅及び掛合町役場を中心とする半径 1 k m 圏内を町の中心部と定義する。両町共に、この圏内には診療所やスーパーマーケットが立地しており、日々の生活の拠点となっていると考えられるためである。
- ② バス利用者は①で設定した各町の中心部を目的地とする。
- ③ アンケート調査を実施した集落を対象に需要予測モデルを定式化する。ただし、町中心部の集落の住民に対しては、バスを利用しない固定層であると考えられるため予測の対象外としている。
- ④ アンケート調査で、現在バスを利用している、または利用する意思があると回答した人を対象にモデルを構築する。つまり、対象集落における固定層を除く、高齢者を中心とした住民をモデルの対象とする。

## (2) 需要予測モデルの定式化

需要予測モデルの目的関数はバスの選択確率であり、以下に示す 2 項ロジットモデルを適用する。

$$P = 1/[1 + \exp(-V_1)] \quad (2.6)$$

ここで、効用関数  $V_1$  は式 (4.6) である。ただし、掛合町 DRT モデルではドア・トゥ・ドアサービスであるため、バス停までの距離の説明変数は適用しない。

$$V_1 = \kappa(W_{dist} * X_{dist}^\alpha + W_{cost} * X_{cost}^\alpha + W_{freq} * X_{freq}^\alpha)^{1/\alpha} + \sum P_i * Y_i$$

ただし、 $W_{dist} + W_{cost} + W_{freq} = 1$  (2.7)

ここに

$\alpha$  : 一般化平均パラメータ

$\kappa$  : サービス水準と個人属性の重みパラメータ

$W_{dist}, W_{cost}, W_{freq}$  : サービス水準 (バス停距離, バス料金, 運行間隔) のパラメータ

$X_{dist}, X_{cost}, X_{freq}$  : サービス水準 (LOS) の限界 LOS / 実際 LOS

$P_i$  : 個人属性パラメータ

$Y_i$  : 個人属性説明変数

以上で定式化される効用関数を用いて、最尤推定法によりパラメータの推定を行う。

### (3) 需要予測モデルの推定と評価構造の把握

木次町民バス，掛合町だんだんタクシーの両データを適用した需要予測モデルの推定結果を表 2.6，2.7 に示す。両ケース共に比較のため一般的な線形効用関数を適用したモデルの推定も行っている。

表 2.6 木次町民バス需要予測モデルパラメータ推定結果

説明変数		線形効用関数モデル	一般化平均モデル
	$\alpha$		-4.742 # (-3.851) **
	$\kappa$		1.591 (6.947) **
LOS	限界料金/料金	0.071 (0.497)	-0.201 (1.254)
	限界距離/距離	0.057 (2.187) *	0.789 (5.251) **
	限界運行間隔/運行間隔	-0.621 (-4.091) **	0.009 (0.408)
個人属性	性別ダミー(0:男性)	0.571 (2.091) *	0.755 (2.759) *
	年齢	0.0019 (0.229)	0.002 (0.247)
	免許の有無ダミー(0:なし)	-0.368 (-1.409)	-0.329 (-1.261)
	自家送迎車の有無(0:なし)	-0.509 (-1.989)	-0.287 (-1.126)
	居住位置	0.257 (5.527) **	0.21 (4.988) **
	定数項	-0.311 (-0.404)	-1.983 (-2.494) *
	初期尤度	-2264.08	-1412.52
最終尤度	-283.01	-230.24	
自由度調整済み尤度比		0.125	0.163
サンプル数		476	476

# : 1 からの検定 (-4.948) ( ) 内は t 値 \*\* 1%有意 \* 5%有意

表 2.7 掛合町 DRT 需要予測モデルパラメータ推定結果

説明変数	線形効用関数モデル	一般化平均モデル
$\alpha$		-25.084 $\alpha=1$ からの検定 (-2.466) * (-2.565)
$\kappa$		3.275 (3.918) **
LOS 限界料金/料金	1.323 (2.153) *	0.005 (0.361)
限界運行間隔/運行間隔	0.067 (0.248)	0.995 (74.215) **
個人属性 性別ダミー(0:男性)	0.979 (1.579)	1.371 (2.357) *
年齢	0.092 (3.295) **	0.110 (3.833) **
免許の有無ダミー(0:なし)	0.603 (0.861)	0.991 (1.493)
自家送迎車の有無(0:なし)	-1.382 (-2.449) *	-1.585 (-2.861) **
居住位置	-0.094 (-1.130)	-0.130 (-1.569)
定数項	-8.810 (-3.538) **	-12.358 (-4.397) **
自由度調整済み尤度比	0.379	0.336
初期尤度	-101.20	-85.843 ( $\alpha=1$ )
最終尤度	-59.832	-53.456
的中率	80.8%	85.6%
サンプル数	146	146

( ) 内は t 値 \*\* 1%有意 \* 5%有意

自由度調整済み尤度比をみると、両ケース共に一般化平均モデルの方が大きい結果となり、線形効用関数モデルに比べて一般化平均概念を適用したモデルの説明力が高いことが確認できる。このことから、高齢者等の公共交通利用に関して、LOS 間の不完全代替性を考慮する妥当性が確認できる。

次に、推定されたパラメータ値の評価を行う。サービス水準間に完全代替性が成立するとき、一般化平均パラメータ  $\alpha$  は 1 をとる。推定の結果、 $\alpha$  の値は木次町民バスモデルで -4.742、掛合町 DRT モデルで -25.084 と推定された。また、1 からの t 検定の結果、両モデルともに有意となっており、 $\alpha = 1$  という仮説は棄却された。よって中山間地域における

公共交通のサービス水準間において完全代替性は成立せず、不完全代替性が成り立つことが分かった。また、その値は1よりも小さく推定されており、各LOS間に代替性は成立せず、サービス水準の低い属性を比較的重視するとわかる。このLOSの不完全代替性について、バス停までの距離と料金の2属性を取り上げて説明を行う。図2.15は、2.3.2節で述べた一般化平均パラメータ $\alpha$ が $-\infty < \alpha < +1$ の場合の等効用線である。直線 $y$ は、線形効用関数（完全代替性）を示している。現在A(5, 2)の点であり、距離に関する水準（限界距離/実際の距離）が2上昇し、B(5, 4)になる場合と、料金に関する水準（限界料金/料金）が2だけ上昇し、C(7, 2)になる場合を考える。線形効用関数を用いた通常的需求予測の場合では、BとCの効用は等しくなる。しかし、一般化平均概念を用いた場合では効用に大きな差が表れ、低い距離に関する水準を上げるほうの効用が高くなる。つまり、低い属性水準を向上させる方が、より高い属性水準を向上させるより効用が高くなるのである。

パラメータ $\kappa$ は、個人属性を表す線形効用部分と、一般化平均概念を用いたサービス水準の効用部分との整合性を保つために導入したパラメータである。推定結果より、両モデル共に $\kappa$ の値は正で1よりも大きいため、個人属性部分よりも一般化平均概念を用いたサービス水準の効用の方が、重みが大きいことを示している。

以上のように、中山間地域の公共交通サービスに関する高齢者等の交通行動は、バス停までの距離や料金といった要因間に不完全代替性を有し、現在の水準が低い要因（例えばバス停までの距離）の水準を向上させることでより効用の増分を大きくすることが可能となる。これは換言すると、他の全ての要因が非常に高い水準であっても、1つの要因のサービス水準が低いと公共交通サービスの効用は極端に低くなることを示している。つまり、1つの要因のサービス水準が利用可能な限界水準の近くであると、その公共交通サービスの魅力は減少し、高齢者等の交通需要が潜在化することが確認できる。

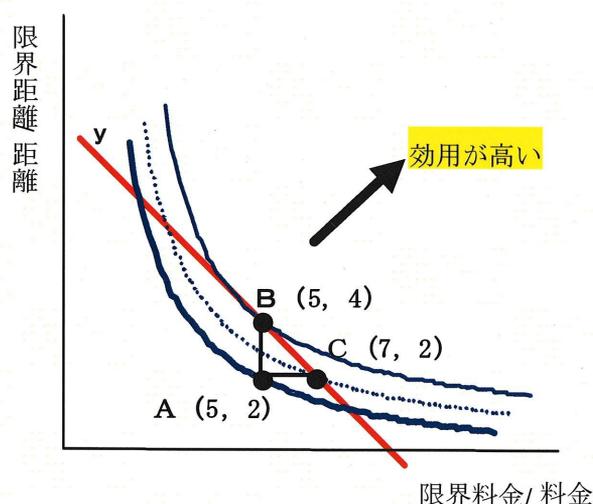


図 2.15 料金と距離に関する要因の不完全代替性

## 2.4 まとめ

本章では、高齢者の交通計画の特徴として公共交通のサービス水準が低下することによる交通抵抗の増加が、交通需要を潜在化させるといった現象に着目して分析を行った。

島根県大原郡・飯石郡を対象に行ったアンケート調査の集計分析結果からは、現在公共交通を利用していない層の約65%が、今後利用する意向を持つ交通潜在化層であることが確認できた。また、これら潜在化層は、現在自分で自動車が利用できるか、自家用車による送迎が可能な層であり、公共交通サービスの水準を向上させることによって、需要の顕在化が期待できるとともに、加齢による自動車運転の困難さや送迎自動車の現象によって公共交通への転換が予想される。

公共交通利用に関する各要因のサービス水準限界値を調査することによって、中山間地域の高齢者等が有する限界水準を把握するとともに、これらサービス水準と利用意向が線形関係にないことが確認できた。さらに、限界水準は現在のサービス水準に大きく依存することが確認できた。

また、各サービス要因間に不完全代替関係があるという仮定の基に、このような関係を表現できる一般化平均概念を適用した効用関数を持つ2項ロジットモデルを定式化した。中山間地域における路線バスとDRTを運行している地域でのデータを適用した推定結果から、中山間地域の公共交通サービスに関する高齢者等の交通行動は、サービス要因間に不完全代替性を有し、現在の水準が低い要因の水準を向上させることでより効用の増分を大きくすることが可能となることがわかった。このことから、他の全ての要因のサービス水準が高くても、1つの要因のサービス水準が利用可能な限界水準の近くであると、その公共交通サービスの魅力は減少し、高齢者等の交通需要が潜在化することが確認できた。

## 第2章 関連参考文献

- 大森宣暁, 室町泰徳, 原田昇, 太田勝敏: 生活活動パターンを考慮した高齢者のアクセシビリティに関する研究, 土木計画学研究・論文集, No15, pp.671-678, 1998
- 木村一裕, 清水浩志郎, 伊藤誉志広, 加藤裕康: 高齢者のアクティビティに影響を与える要因について, 土木計画学研究・講演集, No21(1), pp.543-546, 1998.
- 杉恵頼寧, 藤原章正, 森山昌幸, 奥村誠, 張峻屹: 道路整備が観光周遊行動に及ぼす影響の分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.16, pp.699-705, 1999.
- 杉恵頼寧他: 中山間地域の高齢者に対する交通サービスのあり方に関する研究, 日本交通政策研究会シリーズ A-336, 2003.
- 三星昭宏, 新田保次: 交通困難者の概念と交通需要について, 土木学会論文集, No.518/ IV-18, pp.31-42, 1995.
- 三星昭宏, 北川博巳他: 高齢者の潜在需要とその評価潜在交通に影響を及ぼす要因の研究, 土木学会第54回年次学術講演会, pp.298-299, 1999.
- 森地茂, 目黒浩一郎, 小川圭一: 一般化平均概念を用いた交通情報提供の影響分析手法に関する研究, 土木学会論文集, No.555/ IV-28, pp.15-26, 1997.
- 森山昌幸, 藤原章正, 杉恵頼寧, 小霜陽子: 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, 第22回交通工学研究発表会論文報告集, pp.261-264, 2002.
- Moriyama, M. Fujiwara, A. and Sugie, Y. : Development of GIS-aid planning system for bus services indepopulated areas, Proceedings of ICIT, Beijing, pp.380-389, 2002.

## 第3章 高齢者対応型公共交通利用頻度予測モデル

### 3.1 予測モデルの概要

#### 3.1.1 需要予測モデルの概要

わが国の従来の都市部における交通計画では、平均的な市民を対象に需要予測を行った上で、採算性や費用便益分析を実施し、計画や設計がなされてきた。これに対して、通常の通勤等の移動を自動車に依存する中山間地域における公共交通サービスでは、高齢者の通院や買物といった低頻度の需要を対象としており、論理的な需要予測に基づく計画はほとんどなされていなかったのが現状である。しかしながら、前述のように高齢者福祉施策の高揚や高齢化の進展に伴い、その社会的妥当性や料金設定問題、費用負担問題などの課題解決のためにも需要予測の実施は不可避なものとなっている。

高齢者対応型公共交通サービスの需要予測では、一般的な通勤・通学のような交通と異なり、前章で分析を行ったように、身体的な制約条件や低水準の交通サービス条件に抑制されて交通需要が潜在化することを考慮する必要がある。さらに、計画代替案では従来の固定ルート・固定ダイヤでの乗合路線バスだけでなく、多様な形態の運行サービスを検討する必要がある。近年では、IT技術の向上に伴って Demand Responsive Transit (DRT) と呼ばれる電話等による予約に応じて柔軟なルートを運行する交通システムや需要に適した車両サイズによる運行など、数多くの運行形態の工夫がなされている。

このような背景の中で、本章では中山間地域における高齢者対応型公共交通サービスの需要予測モデルを提案する。図 3.1 は前述の木次町民バス導入後における利用者の継続利用者と新規利用者の割合であり、図 3.2 は導入前後における継続利用者の1ヶ月バスによる外出頻度の差を現したものである。この二つの図から明らかなように、バスのサービス水準向上に伴って、これまでバスを利用しなかった潜在需要者層の需要が顕在化するだけでなく、従来からのバス利用者の外出頻度が増加することが確認できる。従来の交通計画で適用されてきた非集計モデルでは、前章で示したような対象とする交通機関を利用する

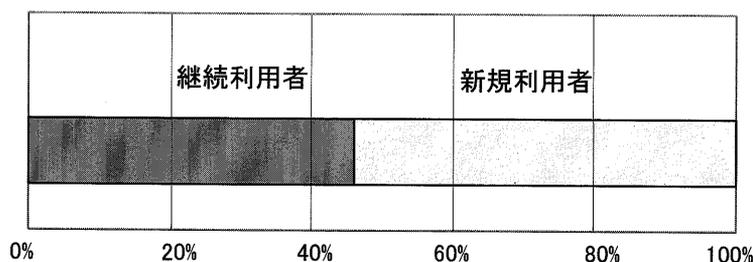


図 3.1 木次町民バス利用者における新規利用者と継続利用者

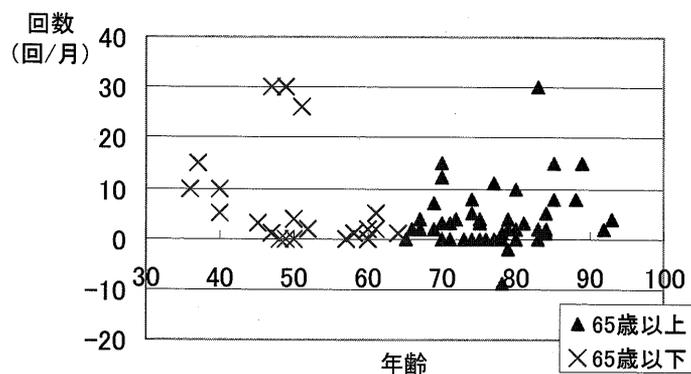


図 3.2 継続バス利用者の新規バス導入前後の利用頻度の差

かしないか、あるいは複数交通機関のうちどの交通機関を利用するかといった離散選択モデルがほとんどであった。しかしながら、サービス改善に伴って誘発される図 3.2 のような利用頻度の増加は、離散選択モデルでは捉えることができない。そこで、このような交通需要を正確に捉えるとともに、予測結果から採算性の検討を行うために、需要予測は利用頻度を対象とする。具体的には、離散連続モデルに基づき、バスを利用するかどうかといった離散選択（離散選択モデル）と、利用するなら一定期間内（本研究では1ヶ月）に何回利用するかといった連続選択（連続需要関数）を同時に表現する。また、高齢者等の交通需要の潜在化や交通選択行動メカニズムを反映するために、非補償型効用関数を適用する。また、DRT サービスの需要予測への対応も可能なモデルを構築する（図 3.3）。

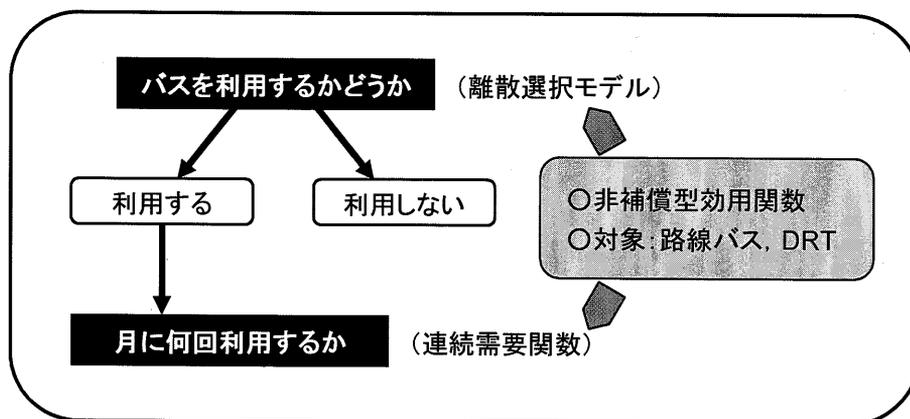


図 3.3 本研究で提案する需要予測モデルの概要

### 3.1.2 高齢者の対応型公共交通の需要予測に関する既往研究

高齢者対応型公共交通サービスの需要予測に関する研究は、他の交通需要予測と比べて研究成果が非常に少ない。しかしながら、近年、高齢者や障害者のモビリティ確保の重要

性が高まっていることから、関連研究の数は増加してきている。

青島ら（1999, 2000）は数量化Ⅱ類モデルを適用して、身体障害者を対象にした交通機関選択における要因について分析した。また、高齢者を対象にして、外出指数を外的基準とした数量化Ⅰ類モデルを用いて、世帯構成と潜在化した交通需要との関係を検証した。その結果、高齢者等の交通行動における需要の潜在化に関する傾向は明らかになったものの、需要を量として捉えることができていない。これに対して、Benjamin ら（1998）は、新規に導入される DRT の需要予測を目的とした交通機関選択モデルを構築するために、attitudes（態度）、constraints（制約）、preference（嗜好）といった3つの潜在変数を取り入れた RP/SP 融合モデルを適用した。

森山ら（2002）は、中山間地域のバス交通を対象として、2項ロジットモデルに基づき、バスを利用するか否かの離散選択モデルを構築した。そして、効用関数として交通サービス要因間の不完全代替性を表現するために一般化平均を適用した。パラメータ推定の結果から、中山間地域の高齢者対応型バスの利用に当たっては、交通サービス要因間には不完全代替関係にあり、比較的現在のサービス水準が低い要因を重視して選択がなされることを明らかにした。

Benjamin らと森山らの研究で採用した離散選択モデルは、交通サービス水準の向上に伴う利用者の増分を捉えることは出来るが、利用者の利用頻度の増分を捉えることが出来ない。このような問題認識から、新田ら（2000）は、オーダードロジットモデルによる利用頻度選択モデルと数量化Ⅰ類による利用頻度増加モデルから構成される需要予測モデルシステムを構築した。しかしながら、利用頻度増加モデルは高齢者対応型コミュニティバスが導入された場合の増加意向の意識データを用いたものであり、交通サービス水準と利用行動の関係を理論的に記述したものではない。

Ben-Akiva ら（1996）は、DRT を対象に、交通サービス水準に対する意思決定者の評価値をオーダードプロビットモデルで分析した上で、同モデルからのパラメータをそのままポアソン回帰モデルに適用し、1週間の DRT 利用回数を予測した。特筆すべき点として、当該モデルでは、RP データと仮想的な DRT サービスに対する SP データを用いて、RP/SP 融合ポアソン回帰モデルの構築が挙げられる。

本研究では、後段の新田らや Ben-Akiva らの研究と同様に利用頻度予測モデルを構築する。ここで、モデルには離散連続モデルを採用し、そして、全て RP データを用いる。後述のとおり、RP データは DRT や町民バスなどの工夫したバスサービスの利用実態を反映している。

### 3.1.2 高齢者の交通行動における意思決定方法

前章で考察したように、高齢者の公共交通行動の特徴として、低レベルのサービス水準という交通抵抗に起因する需要の潜在化が挙げられる。特に、中山間地域における公共交通の運行は非効率という理由からサービス水準が低くなることが多いのであるが、サービス水準を極端に下げることにより需要が潜在化してしまうと考えられる。また、サービス要因間の不完全代替性を表現するために一般化平均概念を効用関数に適用した離散選択モデルの推定結果から、公共交通の各サービス要因間には不完全代替関係にあり、現在のサービス水準が低い要因を向上させればバス利用意向の増加に大きく寄与することが明らかにした。

これは換言すると、高齢者は、全ての LOS がある程度の水準に達しないとそのサービスを利用しないという連結型の意思決定方略を取っている可能性がある。つまり、高齢者を対象とした需要予測では、いくらバス料金が安くてもバス停までの距離が遠ければバスは利用しないといった関係を考慮する必要がある。そのため、すべての要因間のトレードオフを考慮した通常の補償ルールに基づくモデルではなく、非補償型の意思決定方略に基づいた予測モデルを適用する必要がある。

## 3.2 高齢者対応型公共交通利用頻度予測モデル

### 3.2.1 モデル構築の基本的な考え方

高齢者対応型公共交通サービスでは、①利用可能な交通機関のサービス水準によっては需要が潜在化すること、②交通機関の選択は効用最大化ではなく周辺の交通環境（自動車利用の可否、世帯内送迎の可否等）で決定されることが多いという特徴を有している。そこで、本研究では、交通機関選択は考慮せずに、バスや DRT といった単一の公共交通サービスのみに着目して、公共交通による外出頻度を予測するモデルを構築する。

図 3.4 はアンケート調査結果から得られた現在の公共交通サービスの利用と今後 LOS が向上した場合の利用意向を示している。このように、中山間地域のような公共交通のサービス水準が低い地域では、いくら公共交通のサービス水準が向上しても利用しない人が多く存在している（ここでは 35.4%）。そのため、モデル構築に際して、公共交通の LOS に関わらず利用しない固定層を事前に選別した上で、利用頻度モデルを推計するものとする。つまり、当該モデルは図 3.5 に示すように、現在の需要が顕在化している層と需要が潜在化している層だけを対象として、選択状況を記述するものである。このことによって、シンプルなモデル構造により交通行動の表現が可能となる。

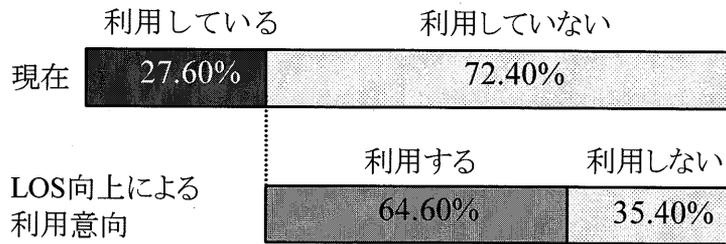


図 3.4 公共交通の現在利用状況と今後の利用意向

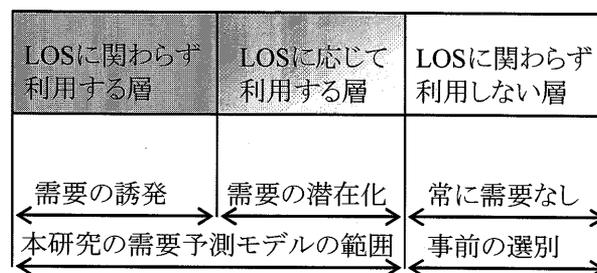


図 3.5 本研究における需要予測モデルの位置付け

### 3.2.2 非補償型効用関数

前章で考察したように、高齢者の公共交通行動の特徴として、低レベルのサービス水準という交通抵抗に起因する需要の潜在化が挙げられる。特に、中山間地域における公共交通の運行は非効率という理由からサービス水準が低くなることが多いのであるが、サービス水準を極端に下げることにより需要が潜在化してしまうと考えられる。また、サービス要因間の不完全代替性を表現するために一般化平均概念を効用関数に適用した離散選択モデルの推定結果から、公共交通の各サービス要因間には不完全代替関係にあり、現在のサービス水準が低い要因を向上させることがバス利用意向の増加に大きく寄与することを明らかにした。

これは換言すると、高齢者は、全てのLOSがある程度水準に達しないとそのサービスを利用しないという意思決定方法を取っている可能性がある。つまり、高齢者を対象とした需要予測では、いくらバス料金が安くてもバス停までの距離が遠ければバスは利用しないといった関係を考慮する必要がある。そのため、すべての要因間のトレードオフを考慮した通常の補償ルールに基づくモデルではなく、非補償型の意思決定方法に基づいた予測モデルを適用する必要がある。

非補償型モデルに関する既存研究をみると、Grether ら (1984) による連結型や分離型の意思決定モデルや、Tversky (1972) の提案した EBA モデルが挙げられる。より詳細なモデル構築を行った研究では、福田ら (2002) は交通手段選択行動における選択肢の選別過程において、非補償型の意志決定プロセスのモデル化を①連結型、②分離型について以下のように行っている。

① 連結型モデル

「代替案を規定する各属性の値に関して最低でもこれだけの属性値を持たなければならないという基準が決まっており、全ての属性に関して基準が満たされた場合に限り、その代替案が選別される意思決定方法」

$$Pr(\delta_{in} = 1) = \prod_k \frac{1}{1 + \exp[\omega_{ik}(\bar{Z}_{ik} - Z_{ink})]} \quad (3.1)$$

② 分離型モデル

「代替案を選別するために用いられる各属性値のうち、いずれか一つでもその基準値を満たすものがあればその代替案が選別される意思決定方法」

$$Pr(\delta_{in} = 1) = 1 - \prod_k \frac{1}{1 + \exp[\omega_{ik}(Z_{ink} - \bar{Z}_{ik})]} \quad (3.2)$$

ここで、 $\delta_{in}$ ：選別判定指標 (1 又は 0)、 $Z_{ink}$ ：代替案  $i$  における  $k$  番目の選別要因に対して意志決定者  $n$  が有している評価値、 $\bar{Z}_{ik}$ ：代替案  $i$  における  $k$  番目の選別要因の最低許容水準、 $\omega_{ik}$ ：代替案  $i$  における  $k$  番目の選別要因のパラメータ値としている。

前述のように、中山間地域の高齢者対応型公共交通の利用では、例えばバス停までの距離が非常に自宅より離れている場合、他の全てのサービス要因のサービス水準が非常に高くても利用することは困難である。これは連結型の意志決定方略に近いものであると考えられる。

このような選択に対応可能な福田モデルでは、非補償型ルールに基づいて選択肢の選別が可能であるが、当該交通機関の利用の有無を表現するためには、選別から選択といった 2 段階のモデル構造とする必要がある。この構造では、類似の説明変数が両モデルに必要となるために、選別モデルでは構造方程式モデルによって同定される潜在変数を選別要因変数として適用するなどの必要があり、モデル推定のプロセスが複雑となる。

Swait (2001) は効用最大化の枠組みの中で非補償型ルールを適用できるモデルを提案している。図 3.6 に示すように、選択肢  $i$  の効用の変化が線形であると仮定して、各要因に対して限界効用が変化する上限、下限の閾値が存在すると仮定すると選択肢  $i$  の要因  $k$  に対する限界効用は式(3.3)で表すことができる。

$$\frac{\partial U_i}{\partial Z_{ik}} = \delta_i \begin{cases} \beta_k - w_k & \text{if } Z_{ik} < \theta_{ik}^L \\ \beta_k & \text{if } \theta_{ik}^L \leq Z_{ik} \leq \theta_{ik}^U \\ \beta_k + v_k & \text{if } \theta_{ik}^U < Z_{ik} \end{cases} \quad (3.3)$$

ここで、 $Z_{ik}$  : 選択肢  $i$  の要因  $k$  の特性値

$\beta_k$  : 要因  $k$  のパラメータ値

$\theta_{ik}^U$ ,  $\theta_{ik}^L$  : 限界効用が変化する上限, 下限の閾値

$v_k$ ,  $w_k$  : 上限下限閾値を超えた範囲での差分パラメータである。

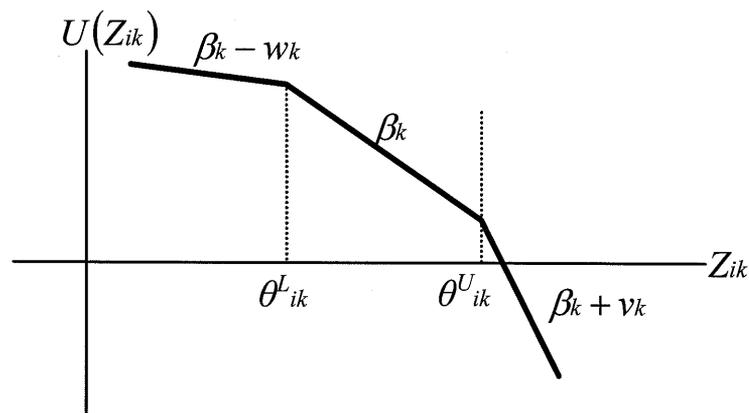


図 3.6 上限下限閾値による限界効用の変化

本モデルでは、全てのサービス要因の水準が上限閾値  $\theta_{ik}^U$  と下限閾値  $\theta_{ik}^L$  の間であれば、一般的な補償型の線形効用関数となるが、サービス水準が閾値外の値を持つ場合には、効用の増分が変化するため、非補償型の構造となる。ここで、全ての要因について  $v_k$  が  $-\infty$  に近づけば、閾値を  $\theta_{ik}^U$  とする連結型モデルとなり、 $w_k$  が  $-\infty$  に近づけば、閾値  $\theta_{ik}^L$  をとする分離型モデルとなる。

本研究では、この非補償型効用関数を適用してモデルを構築する。

### 3.3 離散連続モデルの推定

#### 3.3.1 交通計画における離散連続モデル

離散的選択と連続的選択が部分的に共通な要因によって関連づけられている離散連続選択状況を分析する手法として、離散連続モデルがある。代表的なモデルとして、Heckman

(1978, 1979) により開発されたものが挙げられる。その他にも、消費者行動理論におけるロワの恒等式 (Roy's identity) や生産者理論におけるホテルリングのレンマ (Hotelling's Lemma) に基づいて、離散的選択と連続的選択を関連づけた研究が数多くなされている。

交通分野における離散連続モデルの適用をみると、溝上ら (1997) は物流を対象に、地域間の輸送手段選択とロットサイズの同時予測に適用した。輸送手段選択では、船舶とトラックの2手段を想定した。

森川ら (1999) は旅行タイプ選択とタイプ毎の1年間の観光日数を離散連続モデルで表現した。ここで離散選択と連続選択に共通の説明変数として、旅行タイプ別価格を所得で基準化したものを用いた。

室町ら (1997) は世帯の買物目的地選択と買物頻度のモデル化に対して、上述の離散連続モデルではなく、トビットモデルを適用して離散連続選択を表現した。

### 3.3.2 トビットモデルを適用した離散連続選択

#### (1) トビットモデルの導出

ここでは、まず前述の室町らが適用した検閲された回帰モデルと呼ばれるトビットモデルを検討する。トビットモデルは、Tobin (1958) により開発されたモデルであり、耐久消費財への支出と家計の分析を行っている。その後、計量経済学の分野で幅広く適用され、様々な適用事例が存在するとともに、多くの推定方法が提案されている。Amemiya (1985) は、これらトビットモデルの適用事例を尤度関数の形式より5つのタイプに分類を行っており、本研究では Amemiya のタイプ1を適用する。また、Maddala (1988, 1996) はトビットモデルの適用の限界を示しており、トビットモデルは潜在的な変数が原理的には負の値をとることができ、観測されたゼロの値がセンサーや観測不能のために生じる場合にだけこのモデルが適用できるとしている。

意志決定者が希望する1ヶ月のバスによる外出回数を従属変数とし  $y_i^*$  と書く、またバスのサービス水準を説明変数とし  $x_i$  とする。ここで、1ヶ月の平均的なバスによる外出回数を考えるため、外出回数の最小値は1回となり、3ヶ月に1回の利用等の場合  $y_i^*$  は0となる (図 3.7)。このことによって、センサーによるゼロを観測することが可能となるため、上述の Maddala の適用限界に当てはまらない事象として取り扱うことができる。実際のバスによる外出回数を  $y_i$  とすると、以下の式がなりたつ。

$$y_i^* = x_i' \beta + \varepsilon_i \quad (3.4)$$

$$y_i = y_i^*, \text{ if } y_i^* > 1.0 \quad (3.5)$$

$$y_i = 0, \text{ if } y_i^* \leq 1.0 \quad (3.6)$$

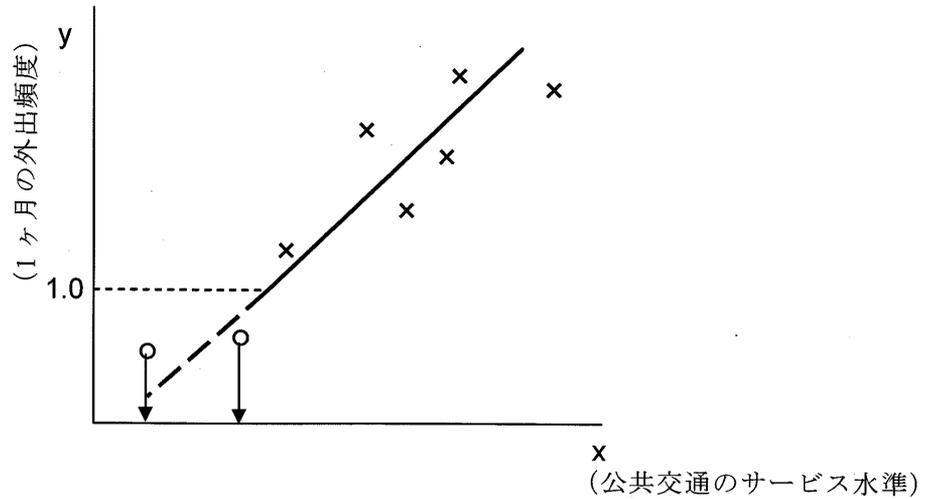


図 3.7 センサー（検閲）されたデータの例

式(3.4), (3.5)において  $y_i^* - 1$  および  $y_i - 1$  をそれぞれ  $y_i^*$ ,  $y_i$  と書くと, 以下の式が得られる.

$$y_i^* = \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta} + \eta_i, \quad i=1, 2, \dots, N \quad (3.7)$$

$$y_i = \begin{cases} y_i^* & \text{if } y_i^* > 0 \\ 0 & \text{if } y_i^* \leq 0 \end{cases} \quad (3.8)$$

このモデルは検閲された回帰モデルと呼ばれ, 二つの選択枝を持つ離散選択モデルと, 切断された回帰モデルを合成したものである. ここで,  $\eta_i$  の分布関数を  $F(\bullet)$  とすると, 式(3.8)は以下のように書き換えられる.

$$Prob(y_i = 0) = F(-(\mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta})) \quad (3.9)$$

また,  $y_i^* > 0$  のときの  $y_i$  の密度関数は以下となる.

$$(1 - F(-\mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}))^{-1} f(y_i - \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}) \quad (3.10)$$

ここに,  $f(\bullet)$  は誤差項  $\eta_i$  の密度関数である.

誤差項  $\eta_i$  を平均 0, 分散  $\sigma^2$  の正規分布と仮定すると,  $y_i = 0$  つまり 1ヶ月の外出回数が観測されないとき,  $y_i^* \leq 0$  または  $\mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta} + \eta_i \leq 0$  となる. ゼロを観測する確率は, 最終的に  $\Phi(-(\mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta})/\sigma)$  と表現できる. ここで,  $\Phi(\bullet)$  は標準正規分布の累積分布関数である.

以上よりトビットモデルの対数尤度関数は、以下のように表すことができる。

$$\ln L = \sum_{i \in (y_i=0)} \ln \Phi(-\mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta} / \sigma) + \sum_{i \in (y_i=y_i^*)} \{ \ln \phi[(y_i - \mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta}) / \sigma] - \ln \sigma \} \quad (3.11)$$

ここで、 $\phi(\bullet)$ は標準正規分布の密度関数である。

## (2) トビットモデルの推定結果

本モデルに適用するデータは、木次町民バス調査において入手した新規バス導入前後のRPデータ600サンプルである。トビットモデルの効用関数には、前節で示した非補償型効用関数を適用している。ここで、比較のために一般的な線形効用関数によるトビットモデルの推定も合わせて行っている。両モデルは最尤推定法を用いてパラメータ推定を行った。

モデルの推定結果を表3.1に示す。非補償型モデルの閾値は、heuristicな方法で決定した。つまり各サービス要因の閾値を仮定したデータセットを行い、各データセットを適用した推定結果から最も尤度の高いモデルを最終的に選択した。結果的に上限側の差分パラメータは全て有意とならなかったとともに、その適合度も低いものとなった。そのため、最終モデルでは、下限値側のパラメータの差分のみを考慮している。最終モデルの各サービス要因の閾値の値は、それぞれ「バス停までの距離」800m、「料金」500円、「運行間隔」4時間となった。

非補償型モデルの尤度比は0.217と線形効用関数モデルと比べて高くなり、非補償型効用関数を適用することによる推定精度の向上が得られた。各パラメータ値をみると、全ての説明変数について、両モデルともにその変数の符号が論理的に妥当なものとなった。また、ほとんどのパラメータが有意となった。非補償型モデルのバス停距離パラメータをみると、閾値よりも距離が大きくなると差分パラメータが負でありその値も大きいことから、閾値外であれば大きく効用が減少することが確認できる(図3.8)。

同様に料金でも、閾値外の差分パラメータは負であり、閾値内であれば大きく効用が減少することが確認できる。運行間隔では、閾値外の差分パラメータは正であり、パラメータの合計値は0に近くなる。これは運行間隔が閾値を超えた場合には、バスの魅力が極端に下がり、それ以上運行間隔が大きくなっても効用が減少しないほどの水準に下がっていることを示している。

表 3.1 トビットモデルの推定結果

説明変数	線形効用関数		非補償型効用関数	
送迎自動車	-2.408	(5.60) **	-0.467	(3.59) **
年齢	0.026	(2.66) **	0.015	(3.75) **
免許証	-3.374	(7.45) **	-0.964	(7.09) **
居住地までの距離	0.613	(4.43) **	0.207	(7.09) **
バス停距離	-1.519	(7.63) **	-0.461	(2.06) *
バス停距離(lower)差分			-0.408	(5.53) **
料金 100 円	-0.198	(1.40)	-0.089	(1.11)
料金(lower)差分 100 円			-0.028	(0.23)
運行間隔	-0.081	(0.73)	-0.427	(3.51) **
運行間隔(lower)差分			0.421	(3.30) **
$\sigma$	3.489	(19.83) **	1.002	(19.40) **
初期尤度( $\sigma$ )	-913.84		-616.93	
最終尤度	-776.68		-474.25	
自由度調整済み尤度比	0.139		0.217	
サンプル数	600		600	

\*\* 1%有意 \* 5%有意 ( )内は t 値

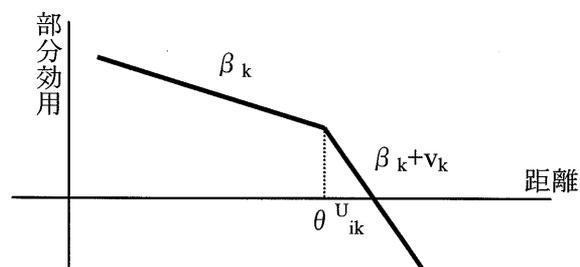


図 3.8 本研究における適用例 (バス停までの距離)

このように、中山間地域の公共交通の利用頻度予測に適用したトビットモデルは、高齢者等の交通行動を的確に表現できることが確認できる。さらに、非補償型効用関数を適用したモデルでは、閾値の両側で LOS の変化に対する感度が大きく異なっており、全ての範囲を平均する通常の線形効用関数では捉えられない需要を考慮することが出来ることが確認できる。

本節で適用したトビットモデルは、後述する消費者行動理論から導出する離散連続モデ

ルと比較して、パラメータ推定が容易であるという利点を有しており、中山間地域の公共交通の需要予測に適用することの有効性は高いものである。しかしながら、Maddala の指摘したトビットモデルの適用の限界に対して、厳密にはこれを満たしていない。そのため、次節では本研究で仮定する高齢者等の離散連続選択からなる交通行動を正確に記述する離散連続モデルの適用を試みる。

### 3.3.3 離散連続モデルの導出と推定

#### (1) 離散連続モデルの導出

本研究では、意思決定者が以下のような2つの関連する選択に直面している状況を仮定して、公共交通利用頻度予測モデルを構築する。

- ① 高齢者対応型公共交通サービスを利用するか否かといった離散的な選択
- ② 利用するならば、一定期間内に何回利用するかといった連続的な選択

離散選択と連続選択の同時決定について、古典的な消費者行動理論では、ロワの恒等式を適用して間接効用関数から連続選択の需要関数が導出できる。

間接効用関数  $U_i$  は、予算制約条件のもとで、財を消費する直接効用を最大化する財の量が決定された後、所与の価格と所得のもとで消費者が得られる効用のことである。ロワの恒等式は、「財の需要は間接効用関数の財の価格に関する偏微分と間接効用関数の予算に関する偏微分の比の負値に等しい」ことを示したものであり、式(3.12)のように表される(佐野 1990)。

$$x_i = -\frac{\partial U_i / \partial p_i}{\partial U_i / \partial y} \quad (3.12)$$

次に、交通機関の選択と利用頻度を対象に、条件付き（つまり、選択されることを前提とした）間接効用関数を設定する。一般的な消費者行動理論では、財の選択に関しては価格や予算に依存するものと仮定されている。本研究では、過疎地域における公共交通機関の利用においては、コストよりも時間的な制約が大きいことを考えて、予算は可処分時間に、価格は運行間隔に置き換えて定式化を行う。対象とする交通機関を利用するという条件付き間接効用関数を式(3.13)のように定義する。

$$U_i = (\alpha_i + \beta_i p_i + \theta y + \psi w_i + \eta) \cdot e^{-\theta p_i} + e_i \quad (3.13)$$

ここで、 $p_i$  は公共交通サービスの運行間隔で、選ばれる選択肢に依存する。 $y$  は可処分

時間,  $w_i = w(z_i, s)$  は, 選択肢  $i$  と意思決定者の観測された特性のベクトル値関数,  $\eta$  は意思決定者の観測されない特性を表すもの,  $e_i$  は観測されない特性の関数,  $\alpha_i, \beta_i, \theta$  はスカラーパラメータ,  $\psi$  はパラメータのベクトルである.

ロワの恒等式より,  $x_i$  の条件付き需要関数は以下のようなになる.

$$x_i = \left( \alpha_i - \frac{\beta_i}{\theta} \right) + \beta_i p_i + \theta y + \psi w_i + \eta \quad (3.14)$$

そして, 選択肢  $i$  を選ぶ確率は, 以下のように表される.

$$\begin{aligned} P_i &= \text{Prob}(U_i > U_j, j \in J, j \neq i) \\ &= \text{Prob}(V_i + e_i > V_j + e_j, j \in J, j \neq i) \\ &= \text{Prob}(e_j - e_i < V_i - V_j, j \in J, j \neq i) \end{aligned} \quad (3.15)$$

ここで効用関数の確定項は以下のように書ける.

$$V_i = (\alpha_i + \beta_i p_i + \theta y + \psi w_i + \eta) \cdot \exp(-\theta p_i) \quad (3.16)$$

ここで  $e_i$  の分布に正規分布を仮定することによって, 公共交通を利用する離散選択確率は式(3.17)に示す 2 項プロビットモデルで表現することができる.

$$P_i = \Phi(V_i) = \Phi((\alpha_i + \beta_i p_i + \theta y + \psi w_i + \eta) \cdot \exp(-\theta p_i)) \quad (3.17)$$

また, 利用頻度の需要関数は, 式(3.14)である.

## (2) 離散連続モデルの推定

離散連続モデルの推定には, 完全情報最尤推定法と選択性修正法が用いられる. 前者については計算手順が困難であり, 実際に適用された事例はほとんどない. 一方, 後者の選択性修正法では, まず最尤推定法により離散選択モデルの効用関数を推定し, 次に離散選択確率で定義された選択性修正項を需要関数に導入し, 最小二乗法により必要なパラメータを推定するという段階的推定法を採用している. この方法では, 本来離散選択モデルと連続量の需要関数とで同じ値になる共通のパラメータが, 段階推定のため異なる推定値となってしまう. 溝上ら (1997) は, このパラメータを一致させるために, 段階推定法を繰り返して実施する方法を提案した.

本研究では, 共通パラメータの一致性は保証されないものの, 推定が容易である一般的

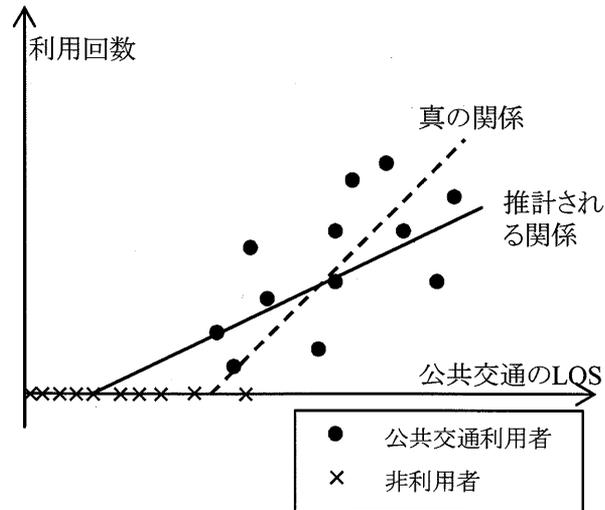


図 3.9 自己選択による偏り（選択性バイアス）

な選択性修正法を適用して推定を行う。選択性修正法とは、一般的に離散連続モデルで考慮される選択性バイアスを考慮するものである。選択性バイアスは、図 3.9 に示すような関係で説明できる。つまり、全ての行動者から得られる推定値は、公共交通の利用者に基づく真の値と異なった傾きを持つこととなる。これは、自分自身が推計に含まれるように選択していた部分標本に基づいて行われているからである。

選択性バイアスの修正は、式(3.14)の需要関数に以下のように選択性修正項  $C_i$  を導入することで行うことができる。

$$x_i = \left( \alpha - \frac{\beta_i}{\theta} \right) + \beta_i p_i + \theta y + \psi w_i + \tau_i C_i + \eta \quad (3.18)$$

ここで

$$\tau_i = -\frac{\sqrt{6\sigma^2}}{\pi} \rho_i, \quad C_i = \left[ \frac{P_j \ln P_j}{1 - P_j} + \ln P_i \right] \quad (3.19)$$

そして、 $\rho_i$  は  $\eta$  と  $\varepsilon$  の相関である。

推定は実際の利用回数と  $x_i$  の推定値の残差を被説明変数とし、選択性修正項と定数項を説明変数とする回帰式を最小二乗法によって行う。

この推定法の具体的な手順は、まず式(3.16)において  $\eta = 0$  として、最尤推定法によって公共交通利用の 2 項プロビットモデルのパラメータ  $\alpha_i$ 、 $\beta_i$ 、 $\theta$ 、 $\psi$  を推定した後、これらの値を用いて式(3.17)より選択確率を計算し、選択性修正項  $C_i$  を求める。次に、利用頻度の需要関数式(3.14)に選択性修正項を導入し、最小二乗法を適用して  $\alpha_i$ 、 $\beta_i$ 、 $\theta$ 、 $\psi$  と  $\tau_i$  を改めて推定するものである。

### (3) 離散連続モデルの推定結果

前述のように離散連続モデルを離散選択モデルの2項プロビットモデルと需要関数の重回帰分析の段階推定に対して、最尤推定法及び最小二乗法によりモデルの推定を行う。利用するデータは2章の表2.1に示した4種類のアンケート調査によるデータを適用する。データ作成に当たっては、現在の公共交通利用者と今後の利用意向を有するサンプルのみを抽出した。

ここで連続的選択である需要関数の被説明変数は、1ヶ月の公共交通による外出回数としている。また、公共交通のLOSの説明変数は、「運行間隔」と「バス停までの距離」及び「バス料金」とする。上限閾値による差分パラメータ導出のための閾値は、外生的に与えて繰り返し計算を行った上で最も適合度が高くなる値を採用する。DRTサービスの評価を行う説明変数は、予約対象地域内で運行しているサービスが1種類しかないため、DRTダミーで表現する。個人の社会経済属性における可処分時間については、職業別に設定を行った。比較のために非補償型効用関数を適用したモデルの推定結果とともに、一般的な補償型効用関数を適用したモデルの推定結果も示す。

表3.2に離散連続モデルの推定結果を示す。公共交通のサービス水準の要因における非補償型モデルの限界効用の変化点を示す閾値は、データの数値を変えた計算トライアルの結果求められる。結果として、バス停までの距離だけがこの変化点の閾値を有し、その値は600mとなった。これは調査対象地域の公共交通がほとんど中山間地域の料金としては高い水準である200円または300円運行されていることが原因である。離散選択を表す2項プロビットモデルの適合度をみると、両モデルとも0.2に近づき良好な適合度が得られた。また、両モデルの比較では、非補償型モデルの自由度調整済み尤度比が0.197に対して、補償型モデルで0.194と提案した非補償型モデルの適合度が若干高い結果となった。的中率では、非補償型71.3%、補償型70.5%と両モデルともに50%を超えるとともに、非補償型モデルの精度が若干高い結果となった。各パラメータでは、非補償型モデルのパラメータはバスの運行間隔のみ有意とならなかった。これは元々運行本数が少ない中山間地域ではバスが運行されるかどうかの問題であり、バスダイヤに合わせた生活を営むために、極端なサービス向上がなされていない現在の状況では、運行間隔はバス利用にあまり影響しないことを示している。また、非補償型モデルのパラメータの符号は全て論理的に妥当なものとなった。バス停までの距離をみると、600m未満では-7.481に対して、600m以上では $-7.481+4.030=-3.451$ となり、閾値600mよりも近くにバス停を設置することによって急激に効用が増加することが確認できる。これに対して、補償型モデルでは、全ての範囲で-3.422であり、近い距離における効用が過小評価されることが考えられる。

連続需要関数では、重相関係数でみると両モデルともに適合度は低いものの、非補償型モデルの重相関係数0.408に対して、補償型モデル0.406と若干非補償型モデルの適合度が高い結果となった。この重相関係数が低い原因は、本モデルが高齢者の公共交通による

表 3.2 離散連続モデルの推定結果

説明変数	非補償型モデル		補償型モデル	
	2項プロビット	連続需要関数	2項プロビット	連続需要関数
世帯自動車 保有ダミー	-4.980 ** (-7.41)	-1.096 ** (-7.63)	-4.010 ** (-7.77)	-1.129 ** (-7.91)
年 齢	0.098 ** (4.37)	0.019 ** (3.31)	0.084 ** (4.24)	0.020 ** (3.55)
免許証 保有ダミー	-2.929 ** (-4.09)	-0.956 ** (-6.65)	-2.242 ** (-4.14)	-0.981 ** (-6.86)
女性ダミー	2.804 ** (4.23)	0.369 ** (2.69)	2.119 ** (4.09)	0.395 ** (2.90)
可処分時間	0.828 ** (32.40)	0.036 (1.69)	0.746 ** (28.28)	0.046 * (2.14)
中心部から居住 集落の距離	0.416 ** (7.48)	0.088 ** (6.89)	0.343 ** (8.28)	0.092 ** (7.24)
デマンドダミー	-8.699 ** (-12.42)	-1.511 ** (-8.05)	-6.341 ** (-11.62)	-1.476 ** (-7.85)
バス停までの距 離	-7.481 ** (-6.68)	-1.107 ** (-6.31)	-3.422 ** (-14.68)	-0.797 ** (-7.53)
バス停距離の差 分 閾値 (600m)	4.030 ** (2.98)	0.545 * (2.22)		
バス料金 (単位 100 円)	-0.752 ** (-4.02)	-0.179 ** (-3.41)	-0.671 ** (-4.15)	-0.197 ** (-3.87)
バスの運行間隔	-0.152 (-0.37)	-0.012 (-0.25)	0.039 (0.12)	-0.016 (-0.33)
定数項	-7.459 ** (-4.61)	1.143 * (2.33)	-8.089 ** (-4.19)	0.791 (1.63)
選択性修正項		-0.164 ** (-2.66)		-0.230 ** (-3.78)
初期尤度	-1314.20		-1314.20	
最終尤度	-1049.47		-1052.46	
尤度比	0.197		0.194	
的中率	71.3%		70.5%	
重相関係数	0.408		0.406	
F 値	34		37	
サンプル数	1896		1896	

( ) 内は t 値 \*\* 1%有意 \* 5%有意

外出行動を交通サービス水準と一般的な個人属性で説明しているが、実際の高齢者の行動では病院への通院の必要性といった通常の統計データ等では把握できない要因が大きく関わっていることが考えられる。このような詳細な交通行動を把握するためには、アクティビティダイアリーのような調査が必要となるが、公共交通計画を容易に行うための基礎資料として実施することは困難である。また、適合度をF値でみると非補償型と補償型で34と37を示し、それぞれ有意水準5%のF分布の値(2.45E-66, 2.08E-66)よりも大きくなるため、本モデルが説明力を有していることが確認できる。各パラメータでは、離散選択モデルと同様に全ての説明変数の符号が論理的に妥当な結果となった。また、非補償型モデルのバス停距離の閾値前後のパラメータの関係についても離散選択モデルと同様の傾向を示した。

表 3.3 に、使用データによる総外出回数の実績値と両モデルを適用した予測値を示す。両モデルともに実績値を再現していることが確認できる。

以上の予測モデルの適合度と実績値との比較結果から、中山間地域における高齢者対応型公共交通の利用頻度予測モデルに対する離散連続モデルの妥当性が明らかになるとともに、非補償型効用関数を適用することによって高齢者等の交通行動をより正確に記述できることが明らかになった。以下、次章以降における需要予測では本モデルを適用する。

表 3.3 予測結果と実績値の比較

種 類	実績値	非補償型	補償型
総外出回数	2,643	2,643	2,643

### 3.4 まとめ

本章では、高齢者の交通行動が交通 LOS の改善によって誘発されることに着目して、公共交通利用頻度予測モデルの構築を行った。モデルでは、前章で明らかになった利用の限界値と要因間の不完全代替性の関係から、高齢者の交通行動における意思決定ルールが連結型であると仮定して、この関係を効用最大化の枠組みの中で表現することのできる非補償型効用関数を適用した。

利用頻度予測モデルに対して、①高齢者対応型公共交通サービスを利用するか否かといった離散的な選択、②利用するならば、一定期間内に何回利用するかといった連続的な選択を表現する離散連続モデルの適用を試みた。まず、モデル構造がシンプルで推定が容易なトビットモデルを適用し、本研究で仮定した選択状況への適用可能性を確認するとともに、非補償型効用関数を導入することの有効性を確認した。

トビットモデルは推定が容易であるという利点を有するものの、Maddala によってその適用限界が指摘されていることから、消費者行動理論に基づく離散連続モデルを適用した。さらに、離散連続モデルの推定に当たっては、一般的に適用されている選択性修正法に基づく段階推定を行った。

最終的に、本章における成果は以下のようにまとめることができる。

- 1) 離散連続モデルを適用することによって、高齢者等の交通行動を論理的に記述できる高齢者対応型公共交通サービスの利用頻度予測モデルを構築することができた。
- 2) 高齢者は公共交通機関の利用に際して、許容できるサービス水準には閾値が存在することが明らかになった。このような閾値を考慮して、その前後で反応の重みが変わる非補償型効用関数を適用することにより、高齢者の交通行動メカニズムを適切に記述することができた。

### 第3章 関連参考文献

- 青島縮次郎他：身体障害者の顕在・潜在交通需要比較とそれを踏まえた交通弱者対応型バスの評価について，土木計画学研究・論文集，No.16，pp.903-910，1999.
- 青島縮次郎他：地方都市圏における世帯構成に着目した高齢者のモビリティ分析，土木計画学研究・講演集，No.23(2)，pp.891-894，2000.
- 佐野伸也：質的選択分析－理論と応用，三菱経済研究所，1990.
- 新田保次，都君燮：高齢者に配慮したコミュニティバスの利用頻度予測モデルについて，土木学会論文集，No.646/IV-17，pp.37-45，2000.
- 福田大輔，森地茂：選択肢の選別過程に関する実証比較分析：交通手段選択行動を対象として，土木計画学研究・論文集，Vol.19，pp.375-381，2002.
- 溝上章志，柿本竜治，竹林秀基：地域間物流の輸送手段／ロットサイズ同時予測への離散－連続選択モデルの適用可能性，土木計画学研究・論文集，Vol.14，pp.535-542，1997.
- 森川高行，佐々木邦明，山本尚史：離散連続モデルによる年間観光日数・旅行形態の分析と観光行動の地域差に関する研究，土木学会論文集，No.618/IV-43，pp.61-70，1999.
- 森山昌幸，藤原章正，杉恵頼寧，小霜陽子：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，第22回交通工学研究発表会論文報告集，pp.261-264，2002.
- Benjamin, J., Kurauchi, S., Morikawa, T., Polydoropoulou, A., Sasaki, K. and Ben-Akiva, M.: Forecasting paratranjit ridership using discrete choice models with explicit consideration of availability, Transportation Research Record, No.1618, CD-ROM, 1998.
- Ben-Akiva, M., Benjamin, J., Lauprete, G. J. and Polydoropoulou, A.: Impact of advanced public transportation systems on travel by dial-a-ride, Transportation Research Record, No.1557, CD-ROM, 1996.
- Grether, D. and Wilde, L.: An analysis of conjunctive choice: Theory and experiments, Journal of Consumer Research, Vol. 10, pp.373-385, 1984.
- Heckman, J.: Dummy endogenous variables in a simultaneously equation system, Econometrica, Vol.46, pp.931-960, 1978.
- Heckman, J.: Sample selection bias as a specification error, Econometrica, Vol.47, pp.153-162, 1979.
- Maddala, G. S. : 計量経済分析の方法，シーエーピー出版，1996.
- Moriyama, M., Fujiwara, A., Sugie, Y. and Zhang, J.: Development of a travel frequency forecasting system for bus service in depopulated areas, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.5, pp.1576-1590, 2003.
- Swait, J.: A non-compensatory choice model incorporating attribute cutoffs, Transportation

Research Part B, Vol.35, pp.903-928, 2001.

Tobin, J.: Estimation of relationships for limited dependent variables, *Econometrica*, Vol.26, pp.24-36, 1958.

Tversky, A.: Elimination by aspect: A theory of choice, *Psychological Review*, Vol.79, pp.281-299, 1972.

## 第4章 中山間地域における公共交通計画の評価指標

### 4.1 中山間地域の公共交通サービス評価の考え方

都市部の交通計画では、従来よりパーソントリップ調査等の交通データを基に、発生集中、分布、分担、配分からなる4段階推定法が適用されている。これは推定したOD交通量を基にして、公共交通サービスの新設や改良によって当該交通サービスへの利用者（需要）を推計するものである。この各公共交通サービス代替案の需要予測結果を利用して計算される料金収入に対して、施設建設費や車両導入費の償還、維持管理費、運営費といった諸費用を算出して費用便益分析や財務分析が実施される。

これに対して中山間地域の公共交通では、人口集積が低密度であるとともに、山間の谷筋に沿って集落が分布するなどの地形的条件から、公共交通のサービス水準は非常に低い状況にある。このことによって、通勤や業務で公共交通の利用は困難であり、自動車交通利用者から公共交通への転換は期待できない。つまり、中山間地域の生活交通を確保するために公共交通サービスでは赤字運行が必須となる場合が多く、採算性の分析は投入する予算（赤字補填額）を決定するための指標となる。ただし、各自治体においては財政難のおり、より効果的、効率的な生活交通の確保施策を実施することが課題であり、DRTの導入や需要に応じた車両サイズといった様々な代替案に対して採算性を検討する必要がある。また、人口集積が低密度となる場合、採算性のみに着目すると住民が享受できる公共交通サービス水準が非常に低くなるケースも生じる可能性があるため、採算性の検討に合わせてそれ以外の「集落における生活のしやすさ」、「公共交通の利用のしやすさ」「集落や地域間の平等性」といった評価指標を適用する必要がある。

図4.1は需要と交通LOSの関係①都市部、②人口集積のある中山間地域、③非常に低密度な中山間地域別に示したものである。ここで、需要の大きさは対象とする地域区分の人口集積に依存している。①都市部では交通LOSが高いと大きな交通需要があるが、A点よりも交通LOSが下がると需要は急激に減少する。これは、他の交通機関への転換が大きくなるためである。B点より右側では非常に交通LOSが低いため、公共交通による移動が必要不可欠な利用者だけの需要であり、交通LOSの低下に伴う需要低下は鈍くなる。②人口集積のある中山間地域では、グラフの形状は都市部と同様になるが、全体に需要は下側、交通LOSは右側にシフトすることとなる。C点から右側は交通LOSの低下によって需要が潜在化する部分であり、D点よりも交通LOSが低下すると、都市部と同様に公共交通による移動が必要不可欠な利用者だけの需要しか発生しないこととなる。③非常に低密度な中山間地域では、現在の自動車利用者からの転換は考えられず、全体の人口が少ないために、グラフ全体の高さが交通LOSの大きさに対する差が現れてこないこととなる。E

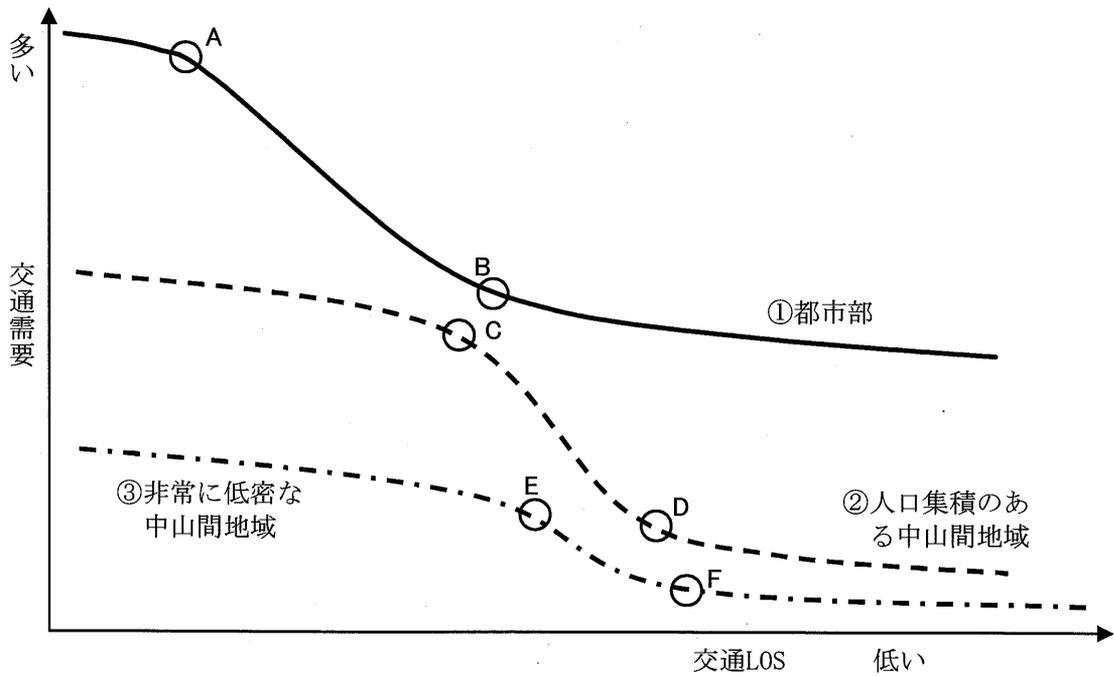


図 4.1 人口集積別の交通需要と公共交通サービス水準の関係

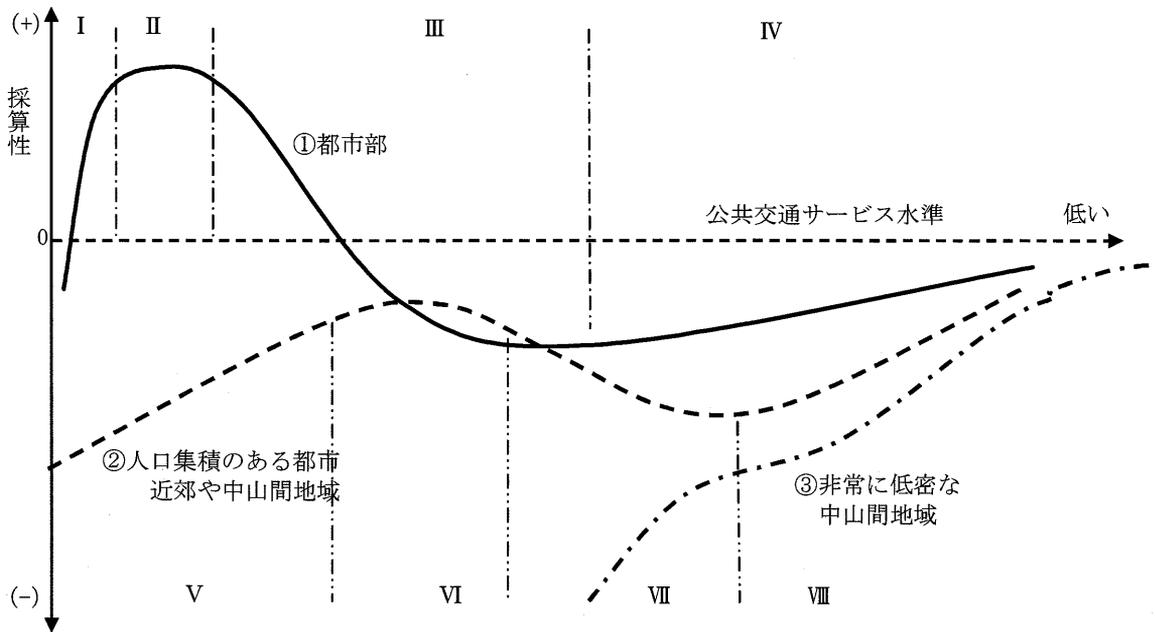


図 4.2 人口集積別の採算性と公共交通サービス水準の関係

点、F 点の持つ意味は、人口集積のある中山間地域と同様である。

図 4.1 に対して、交通需要に料金収入を乗じたものから各交通 LOS を提供するために必要な運行経費差し引くことによって図 4.2 が得られる。この図は採算性と交通 LOS の関係を地域区分別に示したものである。①都市部と②人口集積のある中山間地域では、曲線の形状に対して I から IX までそれぞれ分割を行っている。都市部における I の区間では、公共交通を利用する交通需要に対して交通サービスの水準が高すぎるため、需要は多いもの

の採算性は低くなる。Ⅱの区間は高い交通 LOS で需要は多く、それに見合った運行を行っているために採算性は高くなる。Ⅲの区間では、交通 LOS の低下に伴って交通需要が減少するために、採算性が低くなる区間である。ただし、交通 LOS の低下に伴って運行経費が減少するために、徐々に曲線の傾きは緩やかになる。Ⅳの区間に入ると、需要は変わらずに運行経費が減少するために、採算性は再度上向きになる。しかしながら、このようなサービス水準では、当該公共交通が必要不可欠な利用者にしか利用されないこととなる。多くの地方都市部において、経費削減のためにサービス水準を低下させたバス路線は、この領域にあるといえる。人口集積のある中山間地域におけるⅤの区間では、交通需要に対して供給する交通 LOS が高く採算性が低くなる区間である。Ⅶの区間では交通 LOS の低下に伴う潜在需要が多くなり採算性が低下する領域であり、Ⅷの区間では、最小限の需要に対して、交通 LOS の低下に伴う運行経費の減少によって採算性が向上する領域である。このように都市部と人口集積のある中山間地域では、曲線はほぼ同じ形状を示し、それぞれ区間Ⅱ、Ⅵとなる交通サービスを提供することが望ましい。また、非常に低密度な中山間地域では、交通需要そのものが小さいために、交通 LOS を高くするほど採算性は悪化し、運行を行わないことが最も採算性が高くなる。多くの中山間地域の集落はこの②と③の曲線の間であり、人口集積が高ければ②の曲線の区間Ⅳとなる交通 LOS による運行を行い、人口集積が少なくなるにつれてその他の指標を同時に考慮する必要がある。

以上のように、中山間地域における公共交通サービスの運行水準と一般的に適用される採算性は、計画対象地域の人口集積の程度や地形条件等による公共交通運行の効率性に大きく依存することとなる。そのため、諸条件の異なる他地域の成功したサービスをそのまま導入しても成功するとは限らず、各地域の条件に対して詳細な検討を行う必要がある。また、交通 LOS を低くするほど赤字額が減少する低密度な地域、あるいは交通 LOS の違いによって採算性の違いがほとんどない地域などでは、目標とする対象地域の生活利便性の水準と投入可能な予算を考慮した上で、採算性以外の評価指標を含めた総合的な評価が必要となる。

## 4.2 採算性による評価

### 4.2.1 採算性評価の考え方

採算性の分析は、前章で導出したような計画する交通サービス代替案に対して予測される交通需要を基にして、計画代替案にかかる運行経費と料金収入（需要×料金）から算出するものである。採算性分析に当たっては、料金収入をできるだけ正確に見積もるために適切な需要予測を実施することが第一義的に重要であり、次いで運行経費の算出が必要と

なる。また、従来は固定ルートの路線バスだけであったのに対して、近年では DRT や STS といった数多くの運行形態が計画の代替案として適用可能となっている。採算性の検討に当たっては、需要予測と運行経費算出の精緻化に加えて、適切な計画代替案の抽出が重要な要因となる。

図 4.3 は交通需要に対して、輸送能力からみた対応する公共交通サービス代替案を示したものである。人口集積が高く需要が多い場合には、固定ルートを有する通常の路線バスタイプが効率的になる。これは一般に 1 台の車両で数多くの乗客を輸送する方が効率的になるからである。ただし、需要の減少に従い車両のサイズを小さくするなど、運行経費をできるだけ抑える工夫が必要となる。さらに需要が減少するに従って、固定ルートではなく需要に応じてルートを変更したり、需要があるときだけ運行を行うなどの需要応答型のサービスを採用することによって運行経費の削減が図れるとともに、同じ経費で提供する交通 LOS を向上させることができる。また、極端に需要の少ない地域では、より福祉サービスの要素を持つ交通サービスとなり STS や乗合タクシーといったサービスが効率的になる。

このように採算性の検討は、数多くの代替案に対して適切な需要予測と運行経費から実施すべきである。検討の結果、どの程度の交通サービスを提供するのか（どの程度予算を投入するのか）は、運行主体となる自治体等の総合的な政策の中で判断する必要がある。

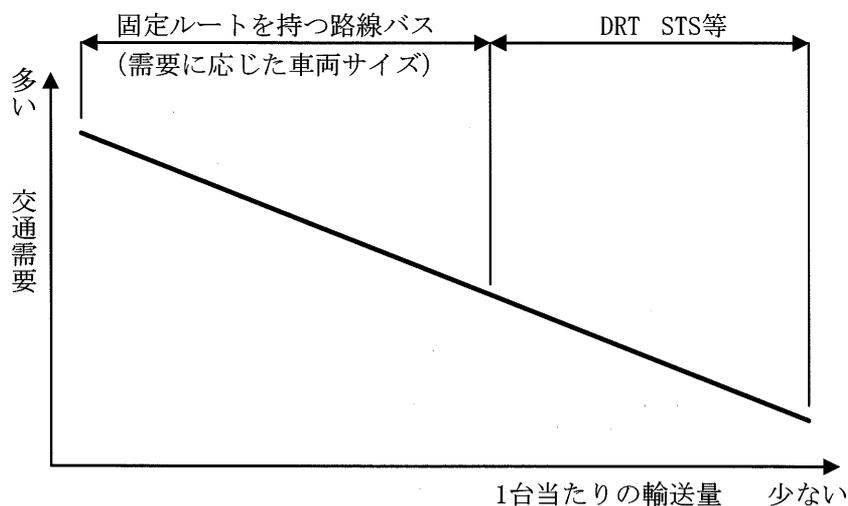


図 4.3 交通需要と公共交通サービスの輸送能力

#### 4.2.2 運行経費の算出方法

本節では計画する公共交通サービスの代替案に対して、運行経費の算出方法を示す。本研究では、初期投資を除いたランニングコストのみを考慮するものとし、「人件費」「燃料費等」「維持修繕費」「諸経費」から算出を行う。対象とする地域の実態から、各経費を構

表 4.1 路線バスの運行経費算出の内訳

項目	費目	内容	決定要因
運行業務費	人件費	運転手の人件費	車両台数
	燃料費等	燃料・オイル代, タイヤ代	車両台数, 運行距離, 車両タイプ
	車両維持修繕費	車検, 法定点検, 修理費	車両台数, 車両タイプ
運行管理費	諸経費		諸経费率

表 4.2 DRT の運行経費算出の内訳

項目	費目	内容	決定要因
運行業務費	人件費	運転手の人件費	車両台数
	燃料費等	燃料・オイル代, タイヤ代	車両台数, 運行エリア, 車両タイプ
	車両維持修繕費	車検, 法定点検, 修理費	車両台数
	配車システム	システム保守料	定額
運行管理費	オペレーション	人件費, 通信費, 敷地代	定額

成する単価を設定することによって、「バスの車両サイズ」「実働台数」「運転手の実働人数」「運行距離」を決定すれば運行経費が算出できる。本研究では、路線バス及びDRTに対して、下表に示す経費を積み上げることによって運行経費の算出を行う。各費目の単価は、対象地域における既存の事業者の実績値を参考にして採用している。

以上の算出基準に基づいて、以下のフローに従って採算性の分析を行う。

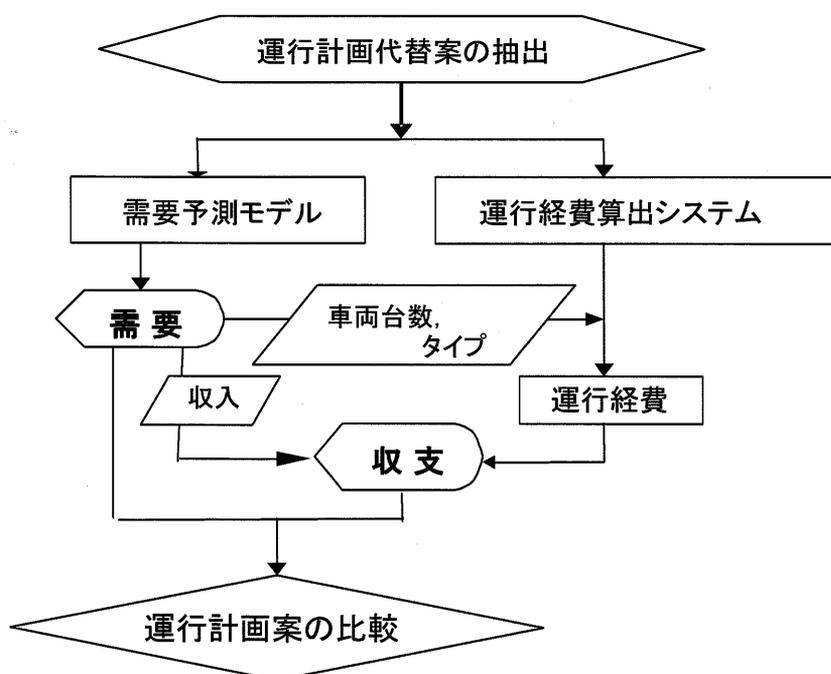


図 4.4 採算性算出のフロー

## 4.3 採算性以外の評価指標

### 4.3.1 採算性以外の評価指標の概要

過疎地域の公共交通の運行計画では、採算性の面から考えると、提供するサービス水準において顕在化する交通需要を把握して、運行経費と料金収入の差分、つまり補助金投入額を考慮して検討する必要がある。しかしながら、前述のように赤字運行が必須となる過疎地域の公共交通では、このような採算性の検討を行う一方で、それ以外の評価指標を適用してサービス水準を検討することが必要となる。

このような採算性以外の公共交通サービスの評価に関する研究をみると、喜多ら（2001）は過疎地域におけるバスサービスの利便性に対して、住民の活動ニーズをアクティビティダイアリーによって調査するとともに、代替となるバスダイヤの選好順位の選択に対してランクロジットモデルを適用してその評価を行っている。また、採算性以外の評価では、利用者を対象としたアンケート調査結果に基づいて運行サービス水準に対する満足度の評価が数多くなされている。秋山ら（2000）は各地域で運行されているコミュニティバスを対象として、元田ら（2002）は盛岡市におけるゾーンバスを対象として、廣島ら（2002）は地方都市における公共交通網を対象として、運行サービス水準に対する総合満足度を分析している。本研究でも、これら研究と同様にアンケート調査結果を用いた満足度を活用した指標を構築する。

本研究では、公共交通計画における採算性以外の評価指標として、交通環境の向上による居住集落の生活のしやすさ向上（QOL 指標：Quality of Life）、交通システムの利用しやすさ（CS 指標：Customer Satisfaction）、集落間の平等性（EQ 指標：Equality）からの評価を行う。また、評価に当たっては、従来の固定ルートバスだけでなく、DRT のような新しく導入されている交通システムについても考慮するものとする。

### 4.3.2 集落の生活しやすさ：QOL 指標

#### (1) QOL 指標の概要

バスなどの公共交通機関のサービス水準を向上させることによって、各種活動が行いやすくなり生活の利便性を総合的に向上させることが可能となる。また、過疎化が非常に進行する地域では、交通環境を極端に向上させることよりも、施設整備や新たな医療や買物サービスを地域に提供することがより効率的になることも考えられる。このように過疎地域や高齢者を対象とした施策では、各集落における生活のしやすさの満足度を向上させることが重要となる。本研究では、集落の生活環境に対する総合的な満足度を集落の QOL

(Quality of Life : 生活の質) 指標と定義付ける。

QOL をどのように考えるのかは、研究者の持つ問題意識のあり方や分析のフレームワークによって様々な状況である。各省庁の白書や報告書において一般化した用語ではあるものの、社会資本整備・医学・社会心理学・老年学など各々の分野で固有の定義のもとに使われてきた。特に高齢者施策に対しては、近年 QOL 向上のために ADL (activities of daily living) 評価を取り入れる試みも多くなされている。交通計画の分野では、高齢化が進行するイギリス北東部の Sunderland における DRT (Dial- a- Ride) 開設に伴う事前事後のアンケート調査から、そのインパクトを QOL の変化によって評価している。ここで QOL を構成する要素として、自立、社会との関わり、生活の満足度、経済、社会活動への参画を抽出してその効果を計測している (Ling and Mannion, 1995)。杉山 (2003) は、社会資本整備の評価指標として QOL 指標の定量化を行っており、アンケート結果を基に個人のインディケータに関する QOL の充足度関数と各要素の価値 (重み) から QOL を定式化し、都市間鉄道事業の評価に適用している。

このように QOL による評価は、心理学、社会学等各分野で適用されているが、特に医療の分野においては、この QOL を用いた指標を医療の目標設定や終末期医療における治癒的医療と緩和医療の関係等様々な議論がなされている (森他, 1992; 清水, 1996)。金子ら (1986) は、QOL の一般理論において、QOL の評価を生活者の意識面中心に考えるか、置かれている環境状態について考えるかという 2 つの傾向があることを分析している。前者では、生活者が生きた結果満足ないし充実しているかどうかに着目しているのに対して、後者では、環境が生活者にどれだけの快適さ等を提供しているかに着目している。

以上のように多様な考え方が混在する QOL について、本研究では QOL 指標が交通サービスで代替可能な各種生活環境の満足度で構成され、加えて免許保有や個人の移動環境が、各種生活環境に影響を及ぼすものと仮定する。これら仮定から QOL は下式のように記述できる。

$$QOL = F(L1, L2, \dots, L7) \quad (4.1)$$

ここに、

- L1 : 移動のしやすさの満足度
- L2 : 診療の受けやすさの満足度
- L3 : 福祉サービスの受けやすさの満足度
- L4 : 買物のしやすさの満足度
- L5 : 知人友人との交流のしやすさの満足度
- L6 : 文化・スポーツのしやすさの満足度
- L7 : 個人の移動可能性

本研究では、この QOL 指標を公共交通サービスの評価指標の一つとして適用する。

## (2) QOL 指標に影響を与える要因分析

ここでは、前述の QOL 指標に影響を与える要因を共分散構造分析を適用して、詳細な分析を行う。共分散構造モデルは、式(4.1)の構造方程式と式(4.2)の測定方程式から構成されている。構造方程式は観測されていない潜在変数間の因果関係を表現した式で、測定方程式は潜在変数から観測変数への影響を現す式である。

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (4.2)$$

$$x = \Lambda\xi + \varepsilon \quad (4.3)$$

ここに  $\eta$  : 内生潜在変数,  $\xi$  : 外生潜在変数,  $x$  : 観測変数,  $\zeta, \varepsilon$  : 誤差変数

$B, \Gamma, \Lambda$  : 未知パラメータマトリクス

共分散構造モデルは、パッケージソフト Amos4.0 を適用して推計を行った。QOL 指標に関するパス図の推定結果を図 4.5 に示す。ここで、四角内の変数は観測変数を表し、上述の潜在変数は考慮していない。

各パスのパラメータ値を見ると、「移動のしやすさ」に影響を及ぼすものでは、「中心部からの距離」が最も大きく符号も負となっており、中心部から遠い集落ほど移動がしにくくなっていることが確認できる。次いで「バス停距離」「バス本数」「バス料金」のパラメータ値が大きくなり、公共交通のサービス水準が居住する集落の移動のしやすさに大きく影響を及ぼすことがわかる。

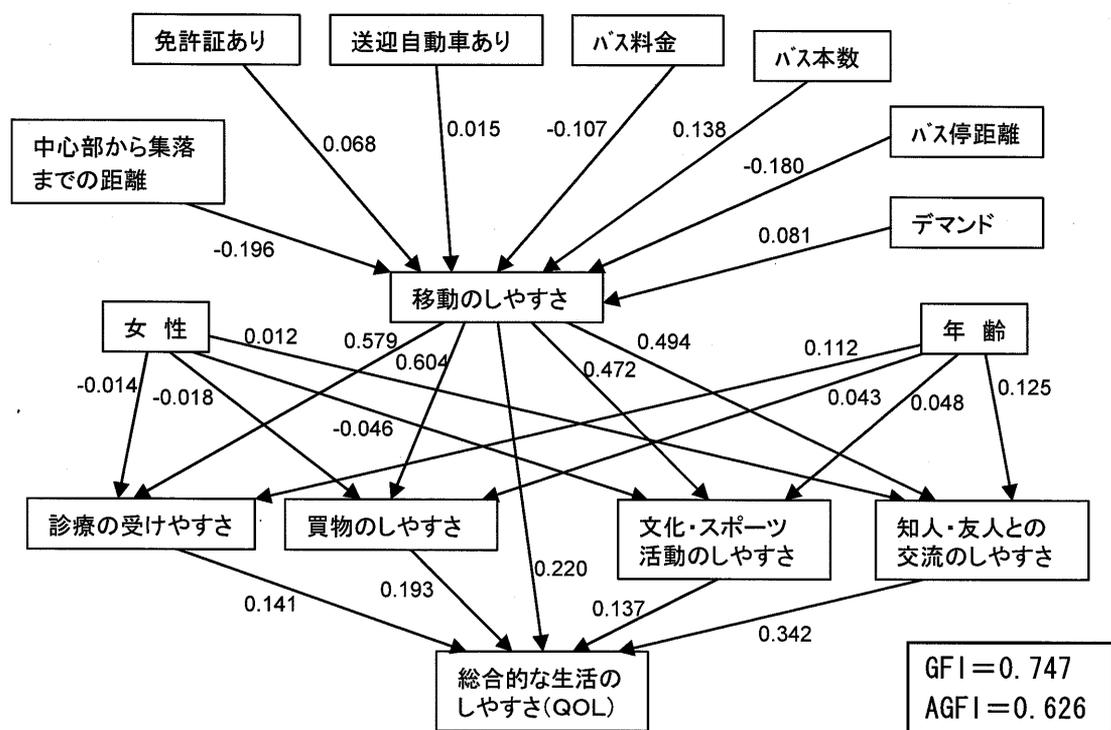


図 4.5 QOL と各種要因の因果構造関係

「移動のしやすさ」から各種活動のしやすさへのパスは、全て符号は正でその値も非常に大きくなっている。このことから、各種活動のしやすさに対して「移動のしやすさ」が及ぼす影響は非常に大きいことが確認できる。また、「総合的な生活のしやすさ (QOL)」へのパスでは全ての符号は正であり、「知人友人との交流しやすさ」の値が最も大きく、次いで「移動のしやすさ」が大きくなっている。QOLの向上では、通常的生活活動の利便性向上も重要であるが、知人・友人等の交流といった生活の余裕や潤いに関連することが重要であることがわかる。さらに、全ての活動に「移動のしやすさ」が大きく影響することから、中山間地域における高齢者等の活動を支援する交通確保の重要性が確認できる。

### (3) QOL 指標の定量化

共分散構造分析の結果より、QOL 指標に対して公共交通のサービス水準が大きく影響することが確認された。ここでは、交通サービス水準の変化による QOL 指標の向上を定量化する。ただし、QOL の定量化に際しては、交通のサービス水準のみを考慮してモデルを構築するものとする。これは、中山間地域の集落における生活のしやすさに対する公共交通サービスの影響に着目しているからであり、診療所の新設や注文販売の宅配サービス等の総合的な生活のしやすさを向上させる施策を同時に実施する場合には、総合的な評価が可能なモデルの適用が必要となる。

具体的な定量化を行うために、段階評価のような序数の選択確率を表現するオーダードプロビットモデルを適用して分析を行う。オーダードプロビットモデルは誤差分布に正規分布を仮定したものであり、「代替案の効用差が大であるほど、効用が大であるほうの代替案を選択しやすい」というランダム効用理論に沿った分析手法である。基本式を以下に示す。

QOL の評価が低い場合、高い場合の効用関数を、それぞれ確定項とランダム項を用いて、次のように表現する。

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \quad (4.4)$$

$$U_e = V_e + \varepsilon_e \quad (4.5)$$

これらの差をとると効用差（満足度が高い効用－低い効用）は次のように表される。

$$U_i - U_e = V_i - V_e + \varepsilon_i - \varepsilon_e \quad (4.6)$$

回答カテゴリーが  $k$  である場合の確率  $P(k)$  は、 $\theta$  を閾値とすると、

$$\begin{aligned}
P(k) &= P(\theta_{k-1} \leq U_i - U_e \leq \theta_k) \\
&= P(\theta_{k-1} \leq V_i - V_e + \varepsilon_i - \varepsilon_e \leq \theta_k) \\
&= P(\theta_{k-1} - V_i + V_e \leq \varepsilon_i - \varepsilon_e \leq \theta_k - V_i + V_e) \\
&= \int_{\theta_{k-1} - V_i + V_e}^{\theta_k - V_i + V_e} f(\varepsilon) d\varepsilon
\end{aligned} \tag{4.7}$$

と表される。ただし、 $\varepsilon = \varepsilon_i - \varepsilon_e$ であり、 $f(\varepsilon)$ は $\varepsilon$ の確率密度関数である。

$f(\varepsilon)$ の確率分布に正規分布を仮定するとオーダープロビットモデルが導出される。尤度関数は $\Phi$ を標準正規分布の累積密度関数とすると、以下のように表される。

$$P(k) = \Phi(\theta_k - V_i + V_e) - \Phi(\theta_{k-1} - V_i + V_e) \tag{4.8}$$

本モデルでは、目的変数をQOL指標（総合的な生活のしやすさの満足度）の5段階評

表 4.3 QOL 指標算出モデルの推定結果

説明変数	パラメータ値
送迎自動車ありダミー	0.115 ( 1.40)
年 齢	0.006 ( 3.30)**
免許証	0.008 ( 0.13)
女 性	-0.044 ( -0.73)
中心部までの距離	-0.042 ( -7.08)**
デマンドダミー	0.010 ( 0.10)
バス停距離	-0.180 ( -4.14)**
料金 (100 円単位)	-0.076 ( -1.06)
運行本数	0.045 ( 4.34)**
定数項	1.197 ( 5.04)**
閾値パラメータ $\theta 1$	0.874 (20.61)**
閾値パラメータ $\theta 2$	0.936 (27.33)**
閾値パラメータ $\theta 3$	1.053 (23.35)**
初期尤度	-3853.28
最終尤度	-2314.88
自由度調整済尤度比	0.396
サンプル数	1,616

\*\* 1%有意 \* 5%有意 ( )内は t 値

価値として、説明変数は個人属性と公共交通のサービス水準としている。使用するデータは前述の表 2.1 に示す 4 種類のアンケート調査結果を適用した。オーダープロビットモデルの推定結果を表 4.3 に示す。

尤度比は 0.396 とモデルの適合度は高い結果となった。パラメータの符号は、正であれば当該説明変数が増加すれば、QOL 指標が向上することを示している。交通 LOS に関するパラメータの符号は、全て論理的に妥当なものとなった。個人属性では、年齢のみが有意となり、その符号は正となった。つまり高齢者ほど居住している集落における生活のしやすさに満足していることが確認出来る。交通 LOS では、バス停距離と運行本数が有意となりその値も大きくなった。このことから、バス停までの距離や運行本数といった運行サービスの向上によって QOL 指標は向上することが確認できる。

本研究では、推定したモデルによる満足度の確率の期待値によって QOL 指標を算出する。

#### 4.3.3 公共交通の利用しやすさ：CS 指標

##### (1) CS 指標の概要

近年、様々な社会資本や公共サービスを利用者の顧客満足度 (CS : Customer Satisfaction) で評価することが一般化している。公共交通に関する CS 評価では、前述の秋山ら (2002)、元田ら (2002)、廣島ら (2003) のように利用者に対するアンケート調査結果を適用して、運行サービス水準を集計分析、数量化Ⅱ類、共分散構造分析等で詳細にその要因を分析する事例が多い。岩倉ら (2002) は都市鉄道に対する CS 調査に対して、サンプリングと集計方法、方面別の包括的な分析の必要性、利用者が知覚したサービス水準適用の必要性、サービス間のトレードオフを考慮した分析結果の評価の必要性といった課題を抽出している。

本研究では、前述の集落の生活のしやすさに加え、提供する公共交通サービスそのものを評価する指標として、この CS 指標を適用する。具体的には、総合的な公共交通サービスの満足度が、料金やバス停までの距離などの各サービス要因に規定されるものとしている。

##### (2) CS 指標の定量化

提供する交通サービスそのものの評価指標として、CS 指標の分析を行う。QOL 指標と同様に、交通サービス水準の変化による CS 指標の向上を定量化するために、オーダープロビットモデルを適用する。その推定結果を表 4.4 に示す。

推定結果をみると、個人属性は年齢のみを説明変数としており、そのパラメータは

表 4.4 CS 指標算出モデルの推定結果

説明変数	パラメータ値
総合病院直行路線ありダミー	0.011 ( 0.13)
始発時刻 8 時以前ダミー	0.183 ( 1.77)
終発時刻 17 時以降ダミー	-0.027 (-0.03)
年 齢	0.009 ( 4.56)**
中心部までの距離	0.017 ( 2.66)**
デマンドダミー	0.484 ( 3.54)**
バス停距離	-0.174 (-3.79)**
料金 (100 円単位)	-0.195 (-2.88)**
運行本数	0.003 ( 0.30)
定数項	1.146 ( 4.65)**
閾値パラメータ 01	0.670 (14.35)**
閾値パラメータ 02	1.473 (31.97)**
閾値パラメータ 03	0.717 (16.93)**
初期尤度	-3183.80
最終尤度	-1739.81
自由度調整済み尤度比	0.449
サンプル数	1,338

\*\* 1%有意 \* 5%有意 ( )内は t 値

有意となり符号は正となった。つまり高齢者ほど運行している公共交通のサービスに満足していることが確認出来る。交通 LOS では、運行本数以外の項目が有意となり、その値も大きくなった。このことから、バス停までの距離が遠ければ CS 指標は減少し、料金が安くなれば CS 指標は向上することが確認できる。また、デマンド型の場合では、ドア・トゥ・ドアに近いサービスであるため、非常に CS 指標の向上に寄与していることが確認出来る。

本研究では、QOL 指標と同様にモデルによる満足度の確率の期待値によって CS 指標を算出する。

#### 4.3.4 集落間の平等性：EQ 指標

##### (1) EQ 指標の概要

従来の民間事業者が運行するバスサービスでは、運行効率が重要視され、主たる幹線道路を主体に運行経路が設定されていた。これに対して、自治体が関与する公共交通サービスでは、きめ細やかなルート設定がなされていることが多くなっている。このような状況の中、当該住民の居住地がどこであっても等質な外出機会を担保する視点が重要となっている。さらに、各地で市町村合併が進む中、市街地周辺集落と山間部集落の各種サービスの平等性や最低限のサービス水準の議論は不可避なものとなっている。

本研究では、公共交通システムの評価指標として計画対象地域の集落間における平等性を EQ (Equality) 指標と定義して、具体的な評価方法の提案を行う。

##### (2) EQ 指標の定量化

現在の市町村合併の動きの中で、市街地周辺集落と山間部集落の各種サービスの平等性や最低限のサービス水準の検討が公共交通サービスにおいても重要となっている。つまり、対象地域全体で設定した最低限のサービス水準に対して、全ての集落でこれを満たすようなサービスが享受できる状況を創出することが平等性の確保として必要であり、そのカバー率を EQ 指標と定義付ける。本研究では、このような地域内の EQ 指標を検討するために GIS を活用して、各種公共交通サービス水準とそれに伴う生活利便性の格差を分析する。このような指標では、交通サービス水準そのものだけでなく、医療機関や買物先への移動の利便性（料金、移動時間）や地域固有の条件設定を行うことが可能となる。

ここでは、EQ 指標分析の事例として、バス停までの距離が 1km を超える集落を抽出している。ここでは対象地域全体で、現在 94.9%である EQ 指標を計画後には 100%にすることが課題となる。

EQ 指標では、集落毎の年齢別人口等のデータベースを活用すれば、このような条件設定に該当する高齢者人口の比率といったより詳細な分析も可能となる。また平等性を図る要因として、通院にかかる移動費用や所要時間、広域移動の可否等、様々な移動機会平等を図る指標が考えられる。

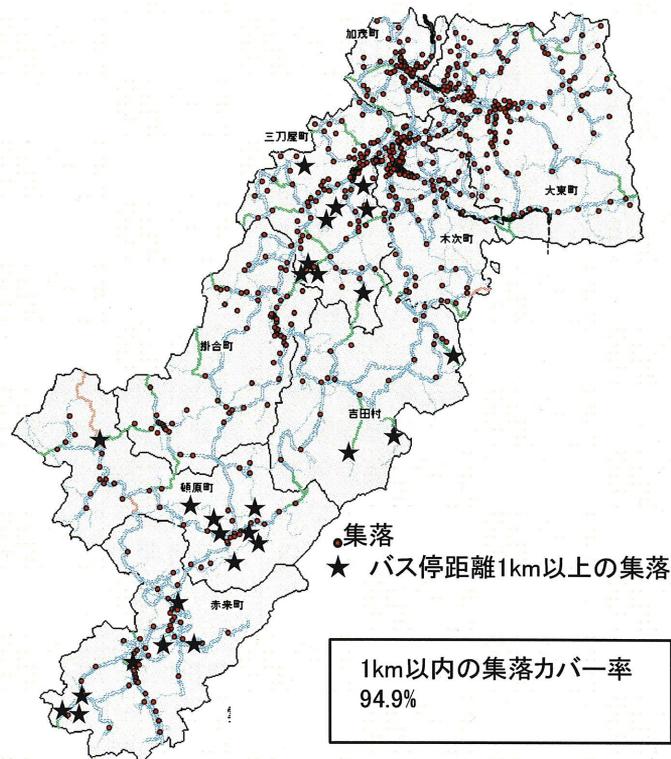


図 4.6 バス停までの距離 1km 以上の集落分布（島根県大原郡，飯石郡）

#### 4.4 各指標の特徴と適用

前述の採算性及び採算性以外の 3 つの指標の特徴は表 4.5 にまとめる通りである。これらの指標は必ずしも独立ではなく、時には相乗効果をもつ場合があったり、時には相反する場合もある。実際の公共交通計画に当たって、どの指標を重視し優先すべきかは対象地域の置かれた環境によって異なる。したがって、その判断は政策決定者の裁量によることになり、各指標は判断のための客観的資料として位置づけられる。

さらに、採算性と採算性意外の評価指標の関係を考察する。図 4.7 はこれら関係を示したものである。縦軸に提供する公共交通のサービス水準を取る、これは導入する公共交通の総運行距離と考えることもできる。また、底面の 3 軸を採算性以外の評価指標とする。三角柱の体積が当該サービスに対する運行経費であり、三角柱の頂点は上方に増加すると（交通サービス水準を向上させると）採算性以外の評価指標が増加するため、底面積が増加するが、体積が増加するため運行経費が増加する。収支が均衡する採算ラインは底面に平行な水平面（面 A）で示され、人口集積が多い地区であればより上方に位置することとなり、料金収入以外の補助金等の投入によって下方に移動する。

従来は、採算性つまり縦軸のサービス水準に対する体積の比だけが非常に重視されて公共交通の運行がなされてきた。しかしながら、今後の中山間地域の公共交通計画に際して

表 4.5 4つの評価指標の特徴

指標の種類	評価の対象	指標の質	評価の範囲
採算性 (PR 指標)	供給側(あるいは運営者)の投入可能な予算に応じた適正な公共交通サービス水準を評価する。	供給する交通サービス水準に対する需要量と運行経費からの客観的な指標である。	供給する公共交通サービス全体、及び個別路線の評価を行う。
暮らしやすさ (QOL 指標)	需要側(あるいは利用者)の集落の住環境に着目して、公共交通サービスの改善によって住民の暮らしやすさの水準を向上の程度を評価する。	利用者の暮らしやすさに対する満足度の5段階評価値といった主観的な指標であるが、集落の平均的な評価値として客観的な指標に近づけている。	個人単位に算出される評価値を、集落に居住する平均的な個人属性で地区単位の指標としている。これによって、集落を経由する個別路線の評価を行う。
顧客満足度 (CS 指標)	需要側(あるいは利用者)の公共交通サービスに対する満足度を評価する。	QOLと同様に、利用者の公共交通サービスに対する満足度の5段階評価値といった主観的な指標であるが、集落の平均的な評価値として客観的な指標に近づけている。	QOLと同様に、個人単位に算出される評価値を、集落に居住する平均的な個人属性で地区単位の指標としている。これによって、集落を経由する個別路線の評価を行う。
平等性 (EQ 指標)	需要側(あるいは利用者)の居住する集落間のサービスの違いを評価するものであり、対象地域全域での最低水準のサービス享受の可否や市町村合併等での地域間格差の是正を図る。	様々な公共交通サービスの要因(例えばバス停距離)といった客観的な指標を適用する。	供給する公共交通サービス全体、及び個別路線の評価を行う。

は、住民が享受できる生活水準を考慮して、その運行水準を決定することが必要である。つまり公共交通計画者である自治体が住民に保障する生活の水準を決定して、必要となる底面の面積を確保する運行計画を行うことが重要となる。このような考え方をを行うと、採算ライン上側の体積である投入費用は公共交通サービスを補助するものという位置づけではなく、住民の生活水準をある一定水準以上に維持するために必要な行政経費であると考えられることができる。

また、同じ採算性による運行であっても底面の三角形の形状を正三角形に近づけるのか、平等性に特化した形状とするのかといった個々の詳細計画の決定も行う必要があり、自治体の行政サービスのあり方に対する考えに依存するものである。

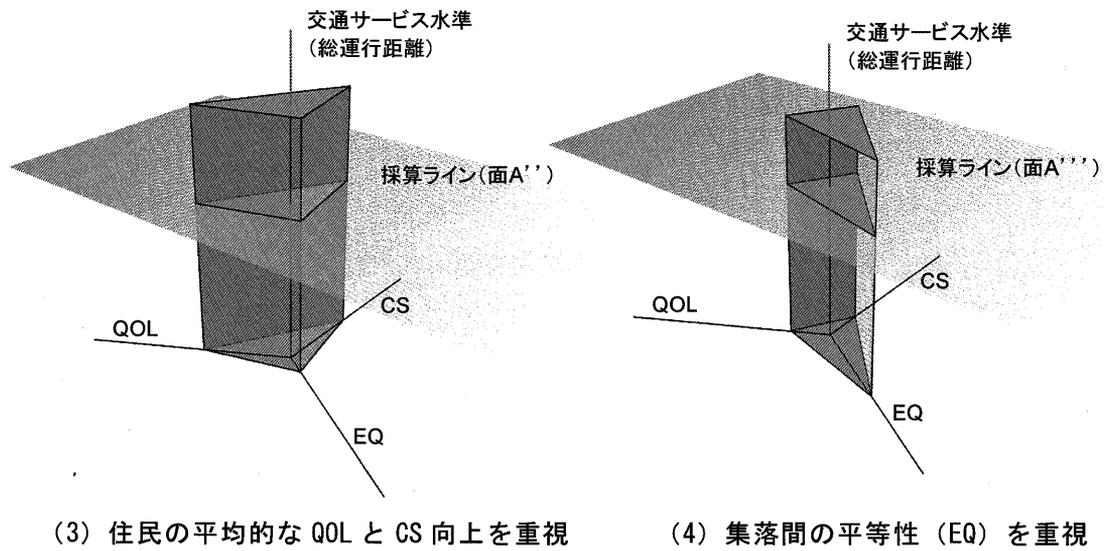
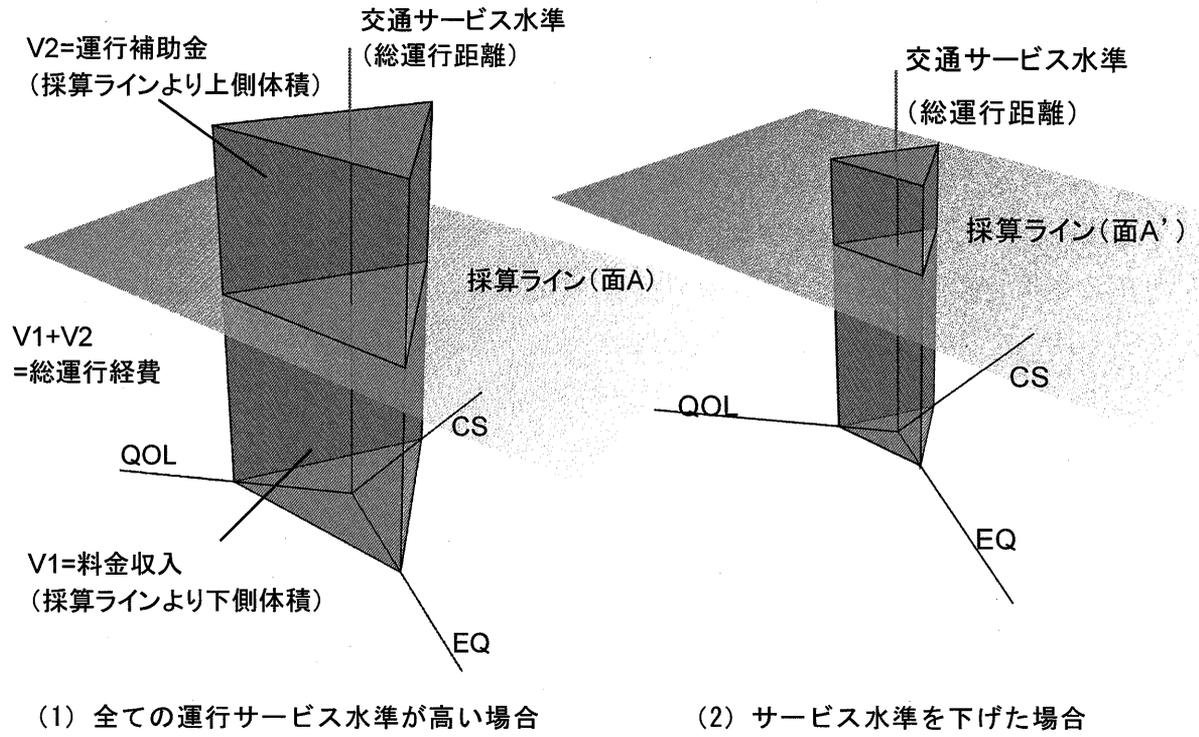


図 4.7 採算性と採算性以外の評価指標の関係図

## 4.5 公共交通サービス評価のケーススタディ

### (1) 対象地域の概要

ケーススタディの対象地域は、山間部であるため公共交通の運行効率が低く、過疎化・高齢化の進行が顕著な島根県吉田村に着目する。吉田村は島根県の中山間地域に位置し、人口 2,434 人で高齢化率 33.4%と過疎化高齢化の進行が顕著である。当該町では隣接の 6 町村による市町村合併の動きが進捗中であり、これに伴って公共交通の再編が計画されている。町内では自治体が関与する 80 条バスが 3 路線運行されているが、山間部の地形条件から、その運行効率は低く運行のサービス水準も低くなっている。

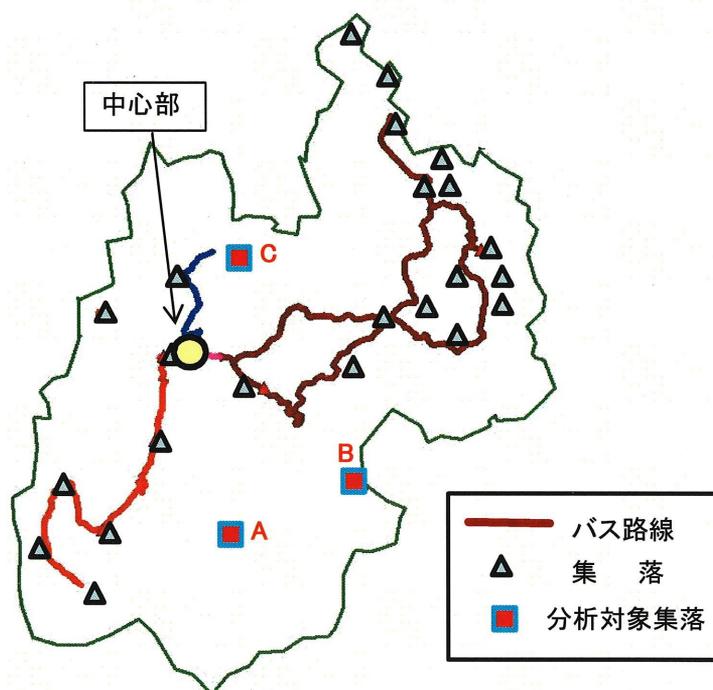


図 4.8 吉田村のバス路線と集落の現況

### (2) 各指標の適用結果

対象地域内から 3 つの集落を抽出して、現行の交通サービスに対する各評価指標を算出するとともに、現行の路線バスを DRT に変更した場合の評価指標を算出する。これは、町村合併の進捗によって隣接する島根県掛合町の DRT 予約システムを活用することが可能であり、運行範囲の拡大は各種経費削減のメリットが両自治体にあると考えられるためである。

比較結果を表 4.6 に示す。ここで QOL 及び CS 指標の値は、オーダードプロビットモデルによる期待値算出結果を 10 段階評価値に換算したものである。

表 4.6 吉田村における 3 集落の比較

集落	集落 A	集落 B	集落 C	
既存路線バス	運行便数	3 便/日	3 便/日	3 便/日
	料 金	200 円		
	バス停距離	2.72km	1.97km	0.67km
	QOL 指標	3.99	4.30	5.15
	CS 指標	4.28	4.59	4.99
	EQ 指標	88.8% (バス停距離 1km 以内のカバー率)		
D R T	運行便数	5.5 往復	5.5 往復	5.5 往復
	料 金	300 円	300 円	300 円
	バス停距離	0.01km に設定		
	QOL 指標	5.27	5.24	5.50
	CS 指標	6.03	6.04	5.94
	EQ 指標	100% (バス停距離 1km 以内のカバー率)		

### (3) 指標を適用した評価の考察

既存路線バスサービスから DRT 導入による効果を提案した評価指標から考察する。主なサービスの違いは、運行便数の増加しバス停までの距離が 0 になる反面、料金が上昇することである。QOL 指標では、DRT 運行によって 5 を下回っていた集落 1, 2 の期待値が中間値以上に向上する結果となった。また、CS 指標では DRT 導入によって集落 2, 3 で 6 を超える結果となり非常に満足度が向上することが確認できる。ただし、集落 1 では 5 未満であり、病院へのアクセス性向上といった他の施策の導入も検討する必要がある。このように QOL 指標と CS 指標の結果の評価に当たっては、i)満足度の期待値が 5 (中間値) 以上となる、ii)目標とする集落と同程度の水準になる等、対象地域で独自の基準を設定する必要がある。バス停までの距離 1km 以下という基準における EQ 指標では、DRT 導入に伴って 100%の達成度が確保されることとなる。このように過疎地域における公共交通の計画では、交通サービス水準が及ぼす各種影響を十分把握して検討することが不可欠である。

## 4.5 まとめ

本章では、中山間地域の公共交通計画の検討に当たって、採算性とそれ以外に重要となる評価指標として「QOL 指標」、「CS 指標」、「EQ 指標」を提案した。

採算性の評価では、需要予測結果から算出可能な料金収入に対して、対比する必要がある具体的な運行経費算出方法を示した上で、多様な運行計画代替案を抽出する必要性を示した。

QOL 指標は、交通サービス水準の向上によって中山間地域の集落における生活のしやすさの向上を図るものであり、総合的な集落の生活のしやすさの 5 段階評価値と定義付けた。ここでは、アンケート調査結果を基に共分散構造分析を適用して高齢者等の生活に及ぼす移動手段の確保の重要性を確認した上で、定量化の手法としてオーダードプロビットモデルを提案した。

CS 指標は、交通サービスそのものの満足度の 5 段階評価値であり、QOL 指標と同様にオーダードプロビットモデルを適用して定量化を行うものである。

EQ 指標は対象地域内における集落間の等質な移動機会を担保する視点に基づいており、様々な要因から平等性を図るものである。定量化に当たっては、設定した平等性の評価要因の目標水準に対するカバー率と定義した。また、各評価要因の水準は、GIS の機能を活用して容易に計測できるものとした。

提案した評価指標を適用したケーススタディの結果から、これら指標を適用した公共交通計画によって、より効率的で効果的であるとともに、地域の住民の利便性を高めることが可能になることが確認できた。

#### 第4章 関連参考文献

- 金子勇, 松本洸: クオリティ・オブ・ライフ—現代社会を知る, 福村出版, 1986
- 喜多秀行, 谷本圭志, 有田和人: 過疎地域におけるバスサービスの利便性調査手法と評価手法の提案, 第24回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2001.
- 桜井博隆, 廣島康裕: 地方都市における公共交通網評価システムに関する研究, 第28回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2003.
- 清水哲郎: 医療における QOL 概念の再検討—基礎理論と緩和医療への適用, 東北大学倫理学研究会「モラリア」3号, pp.21-39, 1996
- 杉山郁夫: クオリティ・オブ・ライフの分析に基づく社会資本整備評価に関する研究, 名古屋大学博士論文, 2003.
- 樋口民夫, 秋山哲男: コミュニティバス計画のサービス水準の評価に関する研究, 第35回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.517-522, 2000.
- 元田良孝, 田中綾: 高齢者のゾーンバスシステムの評価に関する研究, 第25回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2002.
- 森二三男, 北守昭: 高齢者の QOL に関する研究—メンタル・ヘルス・ケアを中心に—, 高齢者問題研究, 北海道高齢者問題研究協会, No.8, pp.11-18, 1992.
- 森山昌幸, 藤原章正, 杉恵頼寧: 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, pp.475-480, 2003.
- 森山昌幸, 藤原章正, 杉恵頼寧: 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, 2002.
- David J. Ling, Russell Mannion: Improving older people's mobility and quality of life: An assessment of the economic and social benefits of Dial-a-Ride, Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Conference on Mobility and Transport for Elderly and Disabled People, Berkshire, United Kingdom, pp.331-339, 1995.

## 第5章 総合的な生活支援施策に対する公共交通計画

### 5.1 高齢化がより進行した集落における生活と政策課題

#### 5.1.1 過疎集落に対する総合的施策の必要性

前章では、中山間地域における公共交通計画の評価指標として採算性以外の「QOL 指標」「CS 指標」「EQ 指標」を提案した。これら指標と採算性を総合的に検討することによって、自治体が目指した地域住民の生活水準を確保できる公共交通の効率的な計画が実現できる。ただし、これら指標は公共交通の運行によって生活が維持できる程度の人口集積や高齢化率を持つ集落を対象としている。

一方で、より過疎化が進行する地方部の集落では、非常に急速な少子高齢化が進行しており、公共交通機関の衰退のみならず、医療、消費等生活関連サービスが希薄なことから、さらなる地域コミュニティの弱体化を招いており、地域の存続さえ危ぶまれている集落も存在している。このような集落に対して、各自治体は厳しい財政状況の中で高いサービス水準での公共交通サービスの提供は困難であることが予想され、シビルミニマム的な観点からのモビリティの確保のための施策が中心となる。このような過疎集落において、今後の高齢者の生活を効率的、効果的に支えていくためには、交通、医療、福祉に限らず生活全般にわたる視点から総合的な施策を推進する必要がある。

本章では、過疎地域の集落における前述の QOL 指標に着目して、交通環境が各種活動のしやすさに及ぼす影響を分析する。また、高齢者の生活を支えていくために、交通だけでなく各種活動全般にわたる視点から総合的な QOL を向上させる要因を明らかにする。さらに、交通の LOS と各種活動を支援する施策の代替関係に関して詳細な分析を行って、過疎集落に望ましい総合的な施策のあり方を検討する。

#### 5.1.2 高齢者の活動や施設サービスに関する既往研究

前述のような背景の中、高齢者の生活活動に着目した交通行動に関する研究や交通サービスだけでなく福祉サービスや各種施設整備計画に関する研究が数多くなされてきている。高齢者に対する施設サービスに関する研究としては、福祉施設整備に関する研究が増加しつつある。近藤ら（2001）は、高齢者介護サービスの地域的な需給アンバランスに着目して、移動時間に待ち時間を加えた総所要時間最小化から適切な施設配置法を提案している。春名ら（2000）は、広域連携型高齢者福祉サービスに関して、地域に配置された拠

点施設に必要な機能の規模等をモデル分析を通して検討を行っている。これら施設サイドからの分析からは、在宅介護サービスや施設サービスにおける移動の最適化が考慮されることとなる。高齢者の生活や活動を支援するためには、このような施設配置の最適化に加えて、施設の立地や移動利便性の向上が及ぼす影響を明らかにすることも重要となる。

本章では後段の諸研究と同様に交通サービスと施設サービスの評価に着目するものであるが、特に超高齢化が進む過疎集落に対する施策評価に対する分析を行うものである。

## 5.2 超高齢化が進む集落における交通環境と QOL の関係

### 5.2.1 超高齢化が進む集落の生活実態

#### (1) 実証分析対象地域における調査概要

本研究では、今後の超高齢社会における過疎地域の集落を考察するために、島根県大社町鶴鷺地区を対象にして調査を行った。当該地区は鷺浦集落と鶴峠地区によって構成され、人口 361 人（鷺浦 250 人，鶴峠 111 人），高齢化率 56.8%（鷺浦 52.9%，鶴峠 65.4%）と人口減少と高齢化が著しく集落崩壊の危機を迎えている状況にある。当該地区は半島部に位置しており、道路状況は劣悪であるとともに、路線バスは 1 日 4 往復，町中心部までの運賃 500 円以上と交通の LOS は低いものとなっている。両集落間の距離は約 2km であるが、道路が未整備であるため、バスの運行は不可能な状況にある。医療に関しては、地区内に週 2 回の診療を行う診療所があるものの、緊急時には町中心部の医院や隣接する出雲市の総合病院での受診が必要となる。また、商業施設は鷺浦地区にのみ個人商店が存している状況である。

当該地区を対象にした実証分析では、全ての世代の行動や施策への意向を把握するために、両集落に居住する中学生以下を除く全居住者を対象にしたアンケート調査を実施した。調査内容と結果の概要を表 5.1，5.2 に示す。調査票の回収状況を見ると、非常に高い回収率を得ることができた。この結果は、地区懇談会で事前に連絡するとともに、町内会単位での配布・回収方式を採用したこと、さらに住民が生活改善（集落の維持）に対して問題意識を有していることが大きな要因であると考えられる。また、追加調査として各世帯を訪問してインタビューによるコンジョイント調査を実施した。

表 5.1 調査の内容

個人属性	年齢，性別，職業，免許証 等
近隣に住む血縁者	有無，訪問頻度
診療所	利用，必要性 等
普段の外出	目的別，頻度
路線バス	利用頻度，必要性
各種サービス	地区内において，改善や整備すべき施設やサービス
生活の満足度	活動別，総合的
コンジョイント調査	交通サービスと施設整備（追加調査）

表 5.2 調査結果概要

調査対象	鵜鷺地区に住む中学生以下を除く回答可能な全住民
調査日時	H12年10月5～24日
調査方法	町内会役員を通じて配布，記入後町内会で回収
配布数	349
回収数	288（回収率 82.5%）
	119（コンジョイント）

## (2) 調査対象地域における生活実態

アンケート集計結果から，対象地域における生活の実態を分析する。回答者の個人属性をみると，年齢では60歳以上が7割を占めており，当該地区の高齢化率の高さが確認できる。家族構成では，ひとり暮らしが2割弱となっており，夫婦のみは約4割である。つまり，約6割の世帯が高齢者の独居あるいは夫婦世帯であり，今後の生活活動を補助する層が世帯内に保有していない状況である。免許証では，4割強が自動車またはバイク等の免許証を保有しているだけであり，残りの6割の地区外への移動は自動車への同乗かバスに依存する必要がある。また，世帯内での自動車保有では，6割弱が自動車を保有しているが残りの4割は世帯内での同乗による移動も不可能である。このことから，高齢化が非常に進行した地域では，移動における公共交通サービスの役割が非常に大きいことが確認できる。

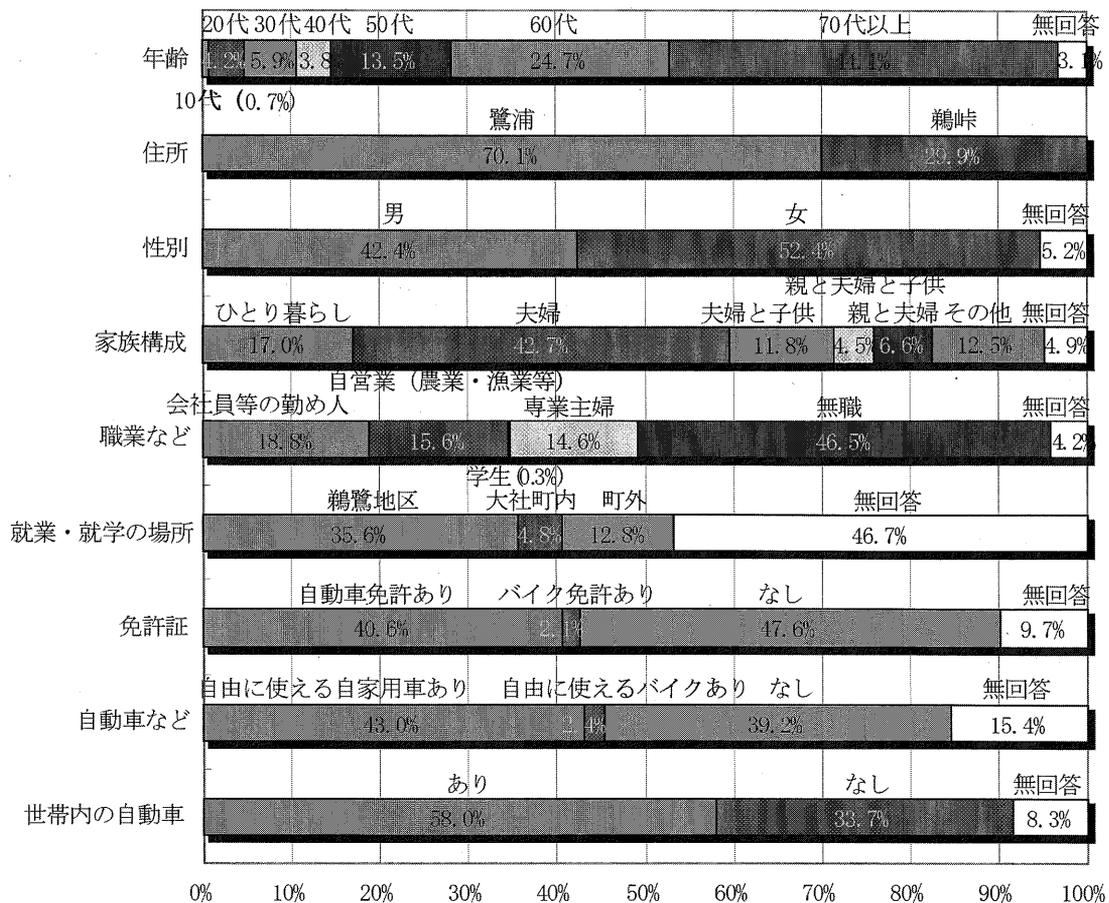


図 5.1 回答者の個人属性

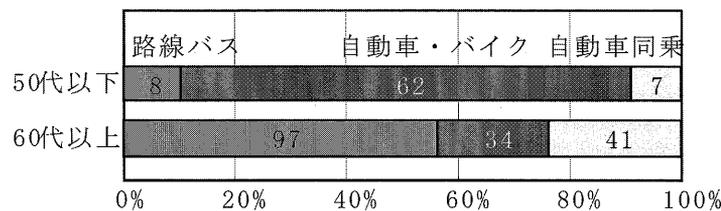


図 5.2 回答者の主な利用交通手段

次に、本対象地域における主な利用交通機関を図 5.2 に示す。50 代以下では 80%以上が自分で運転する自動車・バイクを利用しているのに対して、60 代以上では半数以上が路線バスを利用するとともに、約 25%が自動車同乗によって移動手段を確保しており、高齢者ほど自由な移動に制約があることが確認できる。

上述のような年代による移動条件の基で、図 5.3 に年代別の活動目的別の外出先の構成割合を示す。医療機関での受診先を見ると、50 代以下では約 8 割が地区外病院を利用するのにに対して、60 代以上では約半数が地区内診療所の利用を行っていることがわかる。同様に、日用品の買物先では、50 代以下がほとんど地区外で買物を行うのに対して、60 代以上

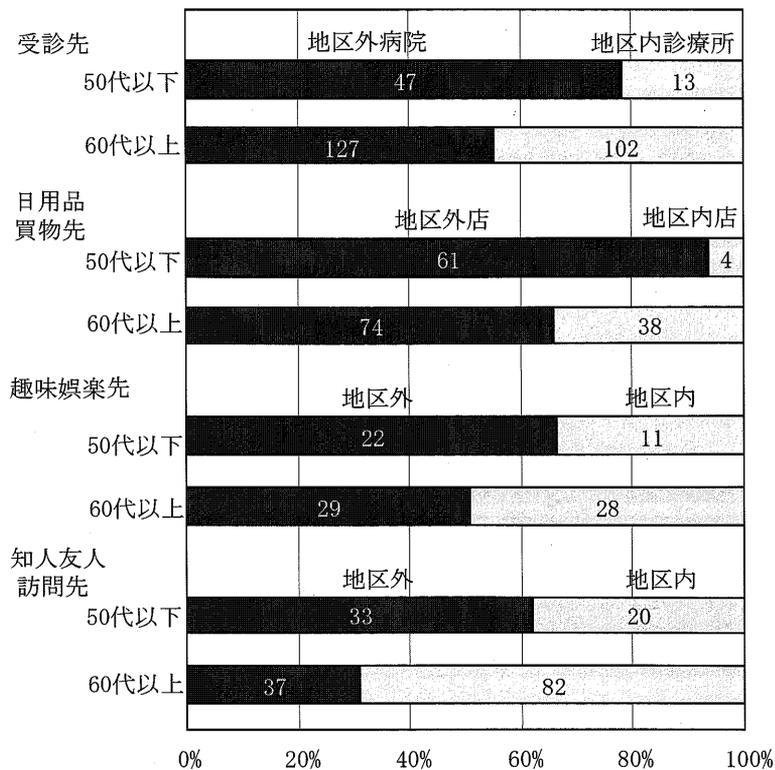


図 5.3 活動目的別外出先の構成割合

では3割強が地区内で買物を行っている。趣味・娯楽は全年代において行動そのものが少なくなっているとともに、50代以下では3割強が地域内であるのに対して、60代以上では約半数が地区内での行動となっている。知人・友人への訪問先を見ると、50代以下では約4割が地区内であるのに対して、60代以上では約7割が地区内となっている。このように移動に制約を持つ高齢者は、全ての活動において地区内での外出行動が多くなっており、移動制約によって行動範囲が狭くなると同時にサービス水準が低い各種活動を選択しなければならない状況となっていると考えられる。

### (3) 活動別生活のしやすさの満足度

上述のように移動制約のある高齢者では、各種活動範囲が狭く、サービス水準の高い活動を享受する機会が少なくなっている。ここでは前述の QOL に着目して、交通条件の改善といった方策だけではなく、生活全般に渡る総合的な対策を検討するために、「各活動のしやすさの満足度」と「総合的な生活のしやすさの満足度」を分析する(図 5.4)。

「移動のしやすさ」では、全年代でほぼ半数が不満足となっている。これは公共交通機関利用者のみならず、道路状況の悪さから自動車利用者の満足度も低いことを示している。

「診療の受けやすさ」では、50代以下より若干60代以上の満足度が高く、利用度の高い地区内の診療所の評価が反映されていると考えられる。「福祉サービス」は50代以下の利用はほとんどないため、約7割が「どちらでもない」と回答している。「買物のしやすさ」

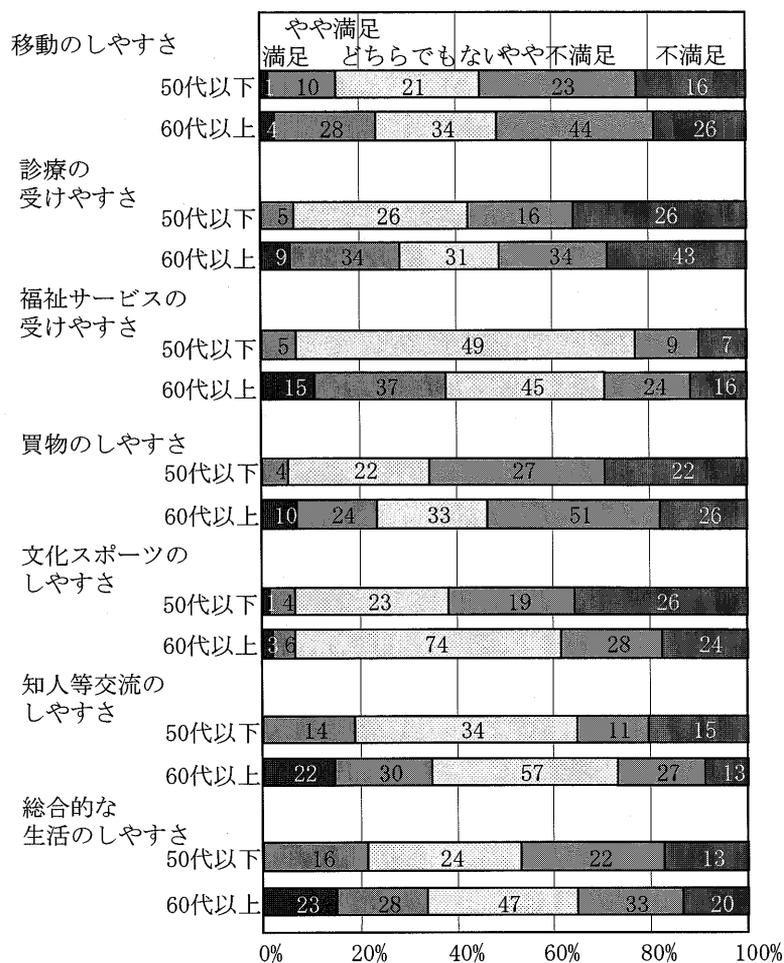


図 5.4 活動別及び総合的な生活のしやすさの満足度

「文化・スポーツのしやすさ」、「知人等交流のしやすさ」では、全て 60 代以上の方が高い満足度を示しており、同様に「総合的な生活のしやすさ」についても 60 代以上の満足度が高い結果となった。高齢者は移動制約の多さから活動範囲が狭く、享受できる各種サービスの水準も低いものの、生活を営んでいく上で必要以上のサービスを求めておらず現状に満足している傾向が大きいものと考えられる。

### 5.3 移動のしやすさと生活しやすさの要因分析

移動制約を持つ高齢者の生活のしやすさを向上させる要因を明らかにするために、総合的な生活のしやすさの代理指標として前述の「QOL 指標」を用いて、「移動のしやすさ」と「各種活動のしやすさ」との間の因果構造について共分散構造モデルにより分析する。モデル構築にあたっては、「個人の移動可能性」は「移動のしやすさ」を含む全ての活動のしやすさに影響を与え、と「QOL 指標」は「移動のしやすさ」と各種活動のしやすさ

によって規定されるものと仮定している。また、生活のしやすさに影響を及ぼす活動の指標として、「医療健康福祉の受けやすさ」、「買物のしやすさ」、「交流のしやすさ」を採用している。

各観測変数と潜在変数は表 5.3 に示す定義のとおりであり、因果構造を表す全体モデルのパスを図 5.5 に示す。モデルの推計は Amos4.0 を用いて行った。各パスのパラメータは、符号が正であれば両変数間には正の因果関係があることを示している。また t 値が 1.96 以上であれば当該パスは本モデル内で有意であることを示している。

潜在変数「個人の移動可能性」の観測変数を見ると、「年齢」のみが負であり、「免許証保有」や「世帯内自動車」が正であることから、個人の活動ポテンシャルの大きさを示している。

各潜在変数間のパスでは、「個人の移動可能性」から「移動のしやすさ指標」へのパスは正であり、活動ポテンシャルが高いほど移動のしやすさは高くなることがわかる。

「移動のしやすさの指標」から「交流のしやすさ」、「買物のしやすさ」へのパスは正であり有意となっている。このことから、移動のしやすさが生活の質や買物のしやすさを向上させていることがわかる。「個人の移動可能性」から「医療健康福祉の受けやすさ指標」のパスは負であり有意となっている。これは活動的な人や若年齢層にとっては、一般的に医療・福祉サービスは必要としていない人が多いこと、慢性疾患を持つ高齢者が身近な医療サービスを必要とするのに対して、若年層では緊急時の医療サービスがより重要であるためであると考えられる。

表 5.3 共分散構造モデルで用いる変数の定義

潜在変数	観測変数	数 値
個人の移動可能性	性別	1. 男 0. 女
	年齢	1. 10代 2. 20代
		3. 30代 . . . . .
		6. 60代 7. 70代
		住所
	免許証保有	1. あり 0. なし
	世帯内自動車	1. あり 0. なし
「移動のしやすさ」 「医療健康福祉の受けやすさ」	「病院受診, 日用品買物, 知人訪問, 娯楽, 総外出」回数	1ヶ月の外出回数
「買物のしやすさ」 「QOL 向上」 「総合的な生活のしやすさ」	「移動, 診療, 福祉サービス, 買物, 知人・友人との交流, 文化・スポーツ, 総合的な生活」のしやすさ	1. 満足 2. やや満足 3. どちらでもない 4. やや不満足 5. 不満足

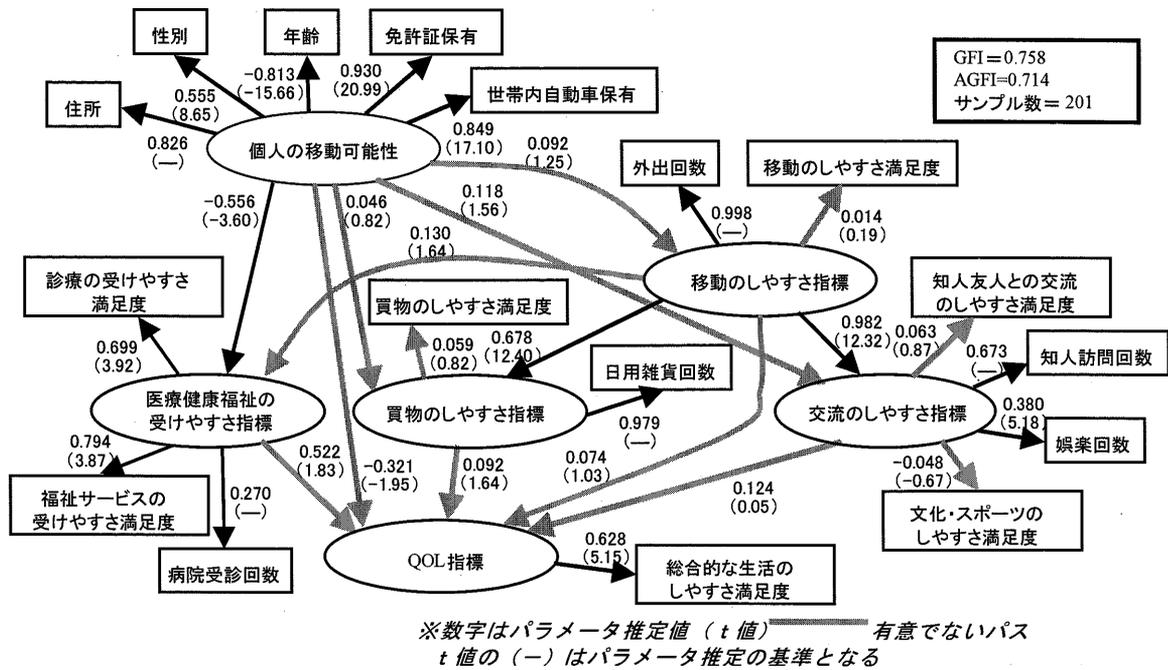


図 5.5 移動しやすさ及び各種活動のしやすさと QOL の間の因果構造モデル

「QOL 指標」へのパスは全て有意にならなかった。これは対象地区に居住する高齢者の総合的な生活のしやすさの満足度に対する意識が、本研究で仮定しているような各種生活環境から合理的に構成されるものではなく、より高い水準を知らないことに起因する現在の水準での満足やあきらめ感から形成されていることが考えられる。これに関しては、今後住民参加による地域づくりや学習を通じた意識の変化によって、生活利便性に対してより正確で的確な評価がなされるものと思われる。

また、各活動のしやすさ指標からのパスは全て正であり、各種活動がしやすくなることによって生活のしやすさは向上することが確認できる。また、各潜在変数の中でも「医療健康福祉の受けやすさ指標」からのパスのパラメータ値が最も大きく、超高齢化の中にある過疎集落において総合的な生活の質を向上させるためには、医療・福祉サービスの充実が最も重要であることが確認できた。

## 5.4 交通サービス改善と施設整備との代替関係

### 5.4.1 コンジョイント調査の概要

ここでは、前章で分析を行った QOL を向上させる各種施策に対して、限られた財政条件の中で効率的に総合的な施策を実施していくために、交通サービスと買物や医療といった生活施設の整備施策との代替関係を分析する。分析には、マーケティングリサーチの分野で発展し、近年土木計画の分野での適用事例が多くなっているコンジョイント分析を適用する。コンジョイント分析は、サービスや商品が持つ属性間の代替関係の分析に効果的な手法であり、属性とその水準の組み合わせで記述されたプロフィールに対する個人の選好を順位づけデータによって分析するものである（藤原他 1988）。

調査対象地区は図 5.6 に示すように 2 つの集落から構成されており、集落間の道路が未整備であるためバスの通行は不可能であり、2 系統のバスが各々運行している状況である。当該調査実施時には、両集落間の道路整備が進捗中であり、整備完了後はバス路線は 1 系統になる予定であった。また、診療所は鷺浦地区にのみ存しており、鵜峠地区からの診療所訪問にはタクシーを利用している。同様に商店についても鷺浦地区にのみ存している状況である。

このような現状を背景にして、新しいバスのサービスを検討するとともに、様々な生活支援のための施策を検討するためにコンジョイント調査を実施した。具体的には、バスの料金や運行本数といった交通のサービス水準、診療所の設置場所、電話等で注文可能な買物宅配サービスの有無といった 4 つの要因に関して、表 5.4 に示すプロフィールを適用した。

本研究では、実験計画法の直交配置表によって 27 個のプロフィールを作成して、1 被験者に対して 9 個のプロフィールの順位づけデータを収集した。

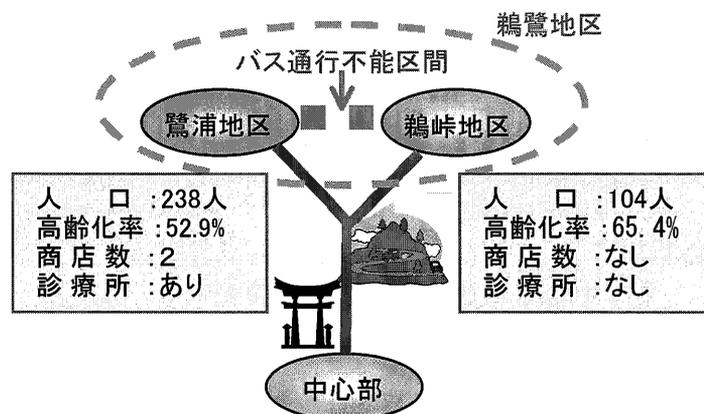


図 5.6 対象地区の現況

表 5.4 プロファイルの各要因サービスレベルの設定値

要因	水準 1	水準 2	水準 3
バスの料金	200 円	300 円	500 円
バスの運行本数	1 日 10 便	1 日 6 便	1 日 4 便
買物宅配サービス	あり	なし	—
診療所の立地場所	両地区に設置	鷺浦地区に設置	両地区とも設置しない

#### 5.4.2 ランクロジットモデルとデータのセグメント

コンジョイント調査で得られた順位づけデータに対して、下式に示すランクロジットモデルを適用して分析を行った。

$$P(1,2,\dots,n) = \prod_{h=1}^{n-1} \frac{\exp(V_h)}{\sum_{j=h}^n \exp(V_j)} \quad (5.3)$$

ここに、 $P(1,2,\dots,n)$ ：選択肢 1 が第 1 位に、選択肢 2 が第 2 位にというように選好順位がつけられる確率

$V_j$ ：選択肢  $j$  の効用関数の確定項

式(5.3)は、順位づけの確率を選択肢  $n$  個の中から 1 番目を選ばれる確率、1 番目の選択肢を除いた残りの中から 2 番目の選択肢が選ばれる確率、といった各順位での確率の積として表現したものである。

マーケティングリサーチの分野では、このランクロジットモデルを適用して個人のパラメータを推定し、クラスター分析等によってセグメントを行って、商品の属性に関する感

鵜鷺地区全体 (119サンプル) 最終尤度 $L(\beta) = -1415.63$			
鷺浦地区 (76) $L(\beta) = -930.29$		鵜峠地区 (43) $L(\beta) = -452.31$	
高齢者 (49) $L(\beta) = -592.67$	非高齢者 (27) $L(\beta) = -312.38$	高齢者 (38) $L(\beta) = -396.75$	非高齢者 (5) $L(\beta) = -54.21$
免許証 あり (12) なし (37) $L(\beta) = -588.92$		免許証 あり (9) なし (29) $L(\beta) = -394.50$	

図 5.7 セグメントとランクロジットの最終尤度

度を詳細に分析している（片平 1989）。本研究では、個人間による意識や選好の違いよりも年齢や居住地といった社会経済属性による違いが顕著であると考えられることから、予めデータをセグメントした上でセグメント毎に共通のパラメータ推定を行った。具体的には、図 5.7 に示すように地区、年齢、免許証の有無によってデータを 6 つのグループにセグメントして、それぞれのグループについてランクロジットモデルの推定を行う。

$\beta^g$  をセグメント  $g$  のパラメータベクトルとすると、次式によってパラメータベクトルのセグメント間の違いについて検定できる。

$$\chi^2 = -2 \left[ L(\hat{\beta}) - \sum_{g=1}^G Lg(\hat{\beta}^g) \right] \quad (5.4)$$

ここに、 $L(\hat{\beta})$  は、セグメントを行わないプールデータを用いたモデルの最終尤度であり、 $L(\hat{\beta}^g)$  はセグメント  $g$  のデータを用いたモデルの最終尤度である。式 (5.4) が、自由度  $K$ （パラメータ数）のカイ 2 乗分布に従うため、カイ 2 乗検定により、パラメータベクトルの差の検定が可能となる（Ben-Akiva 1985）。

セグメントの妥当性の検証結果を表 5.5 に示す。結果として地区によるセグメントと鷺浦地区における年齢（高齢者、非高齢者）によるセグメントの間に有意な差があることが明らかになった。これは両地区における各種施設のサービス水準が大きく異なること、鷺浦地区では鶴峠地区に比べて高齢化率が低いことに起因していると考えられる。

表 5.5 セグメントの妥当性の検証

セグメント	最終尤度の差式(5)	自由度	$\chi^2$ (5%)	判定
地区	66.06	5	11.07	○
鷺浦-年齢	25.24	5	11.07	○
鶴峠-年齢	1.40	5	11.07	×
免許（鷺浦高齢者）	3.75	5	11.07	×
免許（鶴峠高齢者）	2.25	5	11.07	×

有意となった上記セグメントデータを用いて、ランクロジットモデルの推定を行った。推定結果を表 5.6 に示す。

尤度比を見ると、鶴峠地区に比べて鷺浦地区では非常に低い結果となった。鶴峠地区の場合、診療所や商店等が現在なく、生活を営んでいくための各種サービス水準が低いために、各施策の重要性が非常に高いのに対して、鷺浦地区では現状のサービス水準が高いため施策に対する重要性が低くなっていると考えられる。

表 5.6 ランクロジットモデル推定結果

セグメント 説明変数	鷺浦地区		鵜峠地区			
	非高齢者	高齢者	非高齢者	高齢者		
バス料金 (100 円)	-0.279 (4.39)	**	-0.123 (2.82)	**	-0.438 (8.01)	**
運行本数	-0.021 (0.66)		0.023 (1.05)		0.120 (4.84)	**
買物宅配 ダミー	-0.073 (0.45)		0.083 (0.71)		0.318 (2.39)	*
診療所 1 箇所	0.702 (3.39)	**	1.174 (7.50)	**	1.558 (8.15)	**
診療所両地区	0.977 (4.64)	**	0.492 (3.17)	**	2.064 (10.05)	**
初期尤度	-959.56				-550.48	
最終尤度	-950.05				-452.31	
尤度比	0.057				0.178	
サンプル数	76				43	

( )内は t 値 \*\*1%有意, \*5%有意

パラメータ値を見ると、3つのグループともバス料金、診療所ダミーが有意となっている。バス料金のパラメータの絶対値は鵜峠地区で大きくなっており、生活施設の整備水準が低い当該地区においては、町中心部に安く移動できることが非常に重要であることがわかる。診療所両地区ダミーにおいても鵜峠地区の値が最も大きくなった。このことから高齢化が進む当該地区において、集落内に診療所の設置を要望する意向が高いことがわかる。バスの運行本数では、鵜峠地区のみが有意となった。これはバス料金と同様に、他の施策のサービス水準が低い当該地区におけるバス交通の重要性を示しているといえる。

### 5.4.3 両地区のサービスの重要度の比較

両地区における各種サービスに関する感度について詳細な比較を行うために、全てのパラメータについて下式に示すようにバス料金（ $X_{fare}$ ）に対する各サービス変数（ $X_m$ ）の相対的重要度（ $R_m$ ）を算出する。

$$R_m = \frac{\frac{\partial P}{\partial X_m}}{\frac{\partial P}{\partial X_{fare}}} = \frac{\hat{\beta}_m}{\hat{\beta}_{fare}} \quad (5.5)$$

$\hat{\beta}_m$ 、 $\hat{\beta}_{fare}$ は表 5.6 のパラメータで、鷺浦地区は高齢者の値を用いる。表 5.7 によると、バスの運行本数、買物宅配ダミー、診療所両地区ダミーに関しては、両地区ともにほとんど同じ重要度を示した。これに対して、診療所立地の鷺浦地区 1 箇所ダミーに関しては、鷺浦地区で相対的重要度が非常に大きくなった。鷺浦地区には現在診療所が存在しており、既存施設が無くなる事に対して抵抗感が非常に大きいことが原因であると考えられる。このことから、過疎集落における各種施策では、既存施策を有効に活用した施策を推進することが重要であることが確認できる。

表 5.7 両地区のバス料金に対する各変数の相対的重要度

説明変数	鷺浦地区	鵜峠地区	単位
バス料金	1.00	1.00	
運行本数	19	27	円/本
新規買い物サービス	67	73	円/あり
診療所 1 箇所	954	356	円/あり
診療所両地区	400	471	円/あり

## 5.5 まとめ

本章では、今後の超高齢化が進行する過疎地域の集落における各種施策を分析するために、高齢化率 56.8%の集落で全住民を対象としたアンケート調査を実施した。調査結果から、移動に制約を持つ高齢者は行動範囲が狭くサービス水準が低い各種活動を選択せざるを得ないこと、必要以上のサービスを求めておらず現状に満足している傾向が大きいことが明らかになった。また、過疎地域の高齢者に対する交通サービスや各種生活サービスに

対する評価の指標として総合的な生活のしやすさを表現する QOL 指標を適用し、共分散構造分析によるこれら施策間の因果関係を分析した。その結果、移動のしやすさが向上することによって、各種活動のしやすさが向上することがわかった。また、過疎集落の高齢者の QOL 向上のためには、医療福祉サービスの充実が重要であることがわかった。

さらに、限られた財政条件の中で総合的な施策を展開していくために交通サービス改善と各種活動施設整備の代替関係をコンジョイント分析を適用して分析を行った。分析結果からは、各種活動施設の整備水準が低い当地区からは、町中心部へ安く移動できることが重要であるとともに、地区内への医療施設の立地が重要であることがわかった。

以上のことから、過疎化や高齢化が急速に進行している中山間地域の集落において高齢者等の生活を確保するバス等公共交通機関の計画に当たっては、採算性等の交通サービスからだけでなく、本研究で定義したような医療、福祉、買物といった総合的な生活支援施策から QOL の向上といった指標を適用して評価を行う必要があることが確認できた。

## 第5章 関連参考文献

- 大谷博，高橋啓一，近藤光男，広瀬義伸：地方中核都市における高齢者介護サービス施設の配置計画に関する研究，土木計画学研究・論文集，No18(1)，pp.163-169，2001.
- 片平秀貴：マーケティング・サイエンス，東京大学出版会，1989.
- 春名攻，山田英明，鈴木健久：広域行政の下での高齢者福祉サービスシステム整備計画問題に関する研究，土木計画学研究・講演集，No23(1)，pp.159-162，2000.
- 藤原章正，杉恵頼寧，平野毅志：順位づけした意識データの適用性に関する研究，土木計画学研究・講演集 No11，pp.699-706，1988.
- 森山昌幸，藤原章正，杉恵頼寧：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，pp.475-480，2003.
- 森山昌幸，藤原章正，杉恵頼寧：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.725-732，2002.
- 湯沢昭，須田熙：コンジョイント分析におけるプロフィールの設定方法とその課題，土木学会論文集 No.518/IV-28，pp.121-134，1995.
- Ben-Akiva M and Lerman S : Discrete Choice Analysis, The MIT Press, 1985.

## 第6章 GISを活用した公共交通計画支援システムの開発

### 6.1 交通計画におけるGISの適用

地理情報システム（Geographic Information System: GIS）とは、地理・空間等における数値、文字、画像等の地図情報と他の都市計画や道路、通信データ等を統合利用し、高度な分析かつ迅速な判断を可能とするだけでなく、自由で容易なデータの検索、融合、利用を可能とするものである。GISは1970年代から発展した技術であり、社会の情報化の進展、コンピュータの高性能化、基盤的数値地図の整備推進等によって、近年急速に普及している。さらに、各種データベース、GPS（Global Positioning System）、リモートセンシング、ナビゲーションシステム、シミュレーションモデルといった周辺技術の発展によって、その利用可能性は非常に幅広いものとなっている（JACIC HP）。また、近年ではWeb-GISを活用して専門家による情報発信だけでなく、住民参加型のシステムによる地域マネジメントの実現も増加してきている（藤山，2003）。

交通分野に対するGISの適用は、一般的な空間情報である座標と高さに加えて時間軸を導入した四次元GISとしての活用が効果的であり、運行管理、路線選定に関する計画支援、交通需要予測の実務支援等に大きく寄与するものである。

運行管理に関しては、GISの時空間検索機能が有効であり、運行管理の策定や変更が容易に行うことができる（Faghri, 2000）。

路線選定に関しては、詳細な土地利用と人口分布等の統計情報データベースとGISの空間検索機能や最短経路探索機能を統合して、利用者の分布や特性を考慮した効率的な路線選定の支援が可能となる（Ramirez, 1996）。

交通需要予測のうち自動車交通に関しては、GISと交通需要予測ソフトとの統合利用によって、データの編集や配分結果の表示が容易に提示できる。また、最短経路検索機能等のネットワーク解析機能を活用することによって、新しい交通需要予測が可能となる（杉恵，2003；原田，1999；Thill，2000）。

また、公共交通サービスの需要予測に関しては、駅やバス停を中心とした空間検索機能、あるいは非集計行動モデルとの統合によって、容易に計画代替案に対する需要予測が可能となり、上述の路線選定と組み合わせて活用することも容易である。このような公共交通サービスの需要予測や運行計画に対してGISを適用した研究は、近年数多く行われている。

都市部の鉄道計画支援システムとして開発されたGRAPEは、GISの機能を活用して路線選定、需要予測、財務分析、費用便益分析を容易に行うものである（内山他，2001；高久，2000；瓜生他，2003）。

杉尾ら（2001）は、GISと電子地図、人口等の諸データ統合し、バス路線および路線網

の評価指標を算出することで公共輸送網計画を支援するシステムの構築を検討している。

本研究においても、GISの空間検索機能やネットワーク解析機能を用いてデータを作成するとともに、需要予測モデルと運行経費算出システムおよび採算性以外の評価指標モデルとGISを適用する。これら一連のフローを簡便な操作で行えるGISを活用した公共交通計画支援システムを開発する。

## 6.2 GIS集落データベースの概要

本研究で適用するGISデータベースは、島根県中山間地域研究センターが整備しているデータである（島根県中山間地域センター2000，藤山2002）。データベースは、図6.1に示すように「公共交通データ」「集落特性データ」「拠点施設データ」に分けられ、その概要は以下のとおりである。

- ① 公共交通データ：路線名，ルート，ダイヤ，運行形態，バス停 等
- ② 集落特性データ：年齢階層別人口，高齢化率，利用バス停と集落中心からの距離，

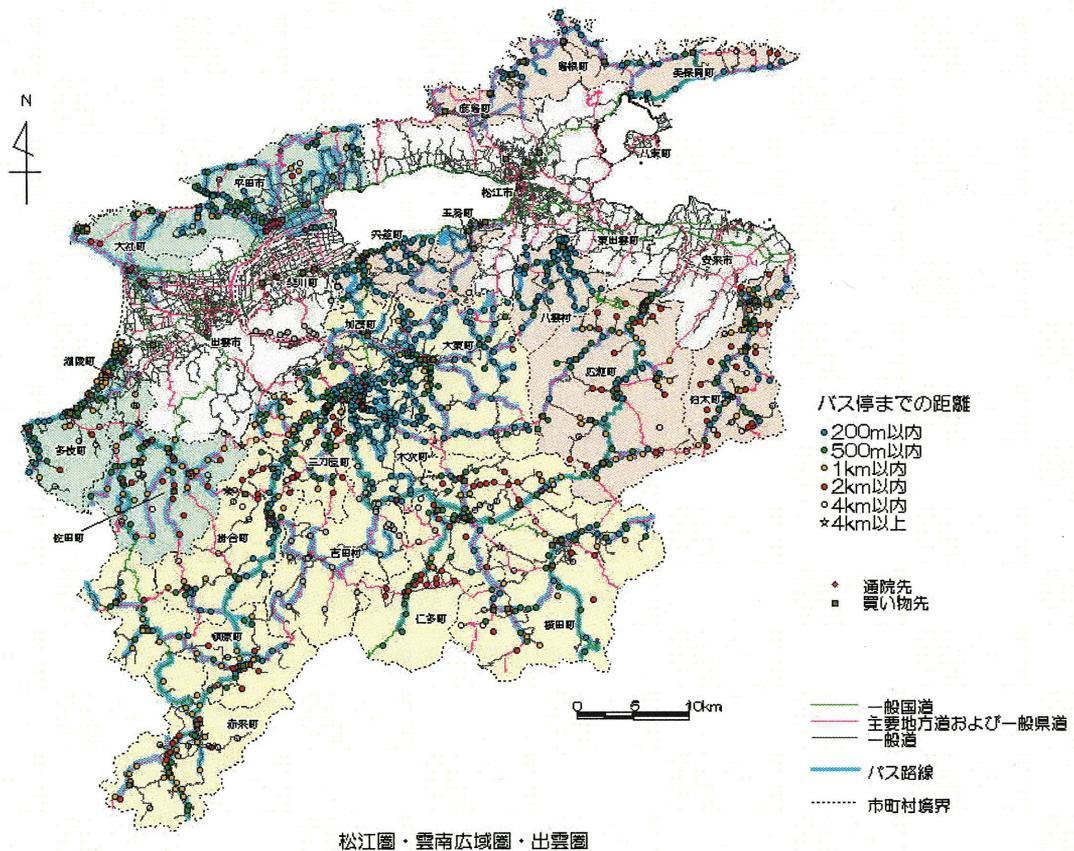


図 6.1 島根県東部におけるバス路線，集落，通院先，買い物先 GIS マップ

路線便数，買物・通院先と所要時間・運賃 等

- ③ 拠点施設データ：拠点的な買物施設及び病院のサービスデータ（営業日・時間，利用バス停と距離 等）

本システムの特徴として，需要予測や各種評価を行う基礎単位に集落を用いていることが挙げられる．集落データは，人口の重心位置を GIS 上で表示して，上記の各種情報を持たせている．従来の都市部を対象とした GIS を活用したシミュレーションツールでは，人口メッシュデータ等を用いて駅やバス停を中心とした面的な情報検索を行っているものが多い．これに対して，本システムでは集落を点データとして扱っており，各種計算を容易に行うことが出来る．特に山間部では，各集落は谷筋の可住地に点在しており，面的な情報を必要としない場合が多い．さらに，このような地域では，交通政策のみならず教育や福祉政策についても集落単位で実施されることが多く，他の用途でもシステムを有効活用できるとともに，自治体の計画者にとって政策の評価がより理解しやすいという利点を有している．

### 6.3 公共交通計画支援システムの概要

#### 6.3.1 システムの基本と対象

本システムは，近年の厳しい財政状況の中，効率的，効果的に住民の移動手段を提供するために，GIS を活用して計画代替案の検討や評価を第 4 章で提案した「採算性（Profitability：PR 指標）」と「採算性以外の評価指標」から算出するものとする．採算性以外の評価では，公共交通サービスによる「暮らしやすさ（QOL 指標）」，「顧客満足度（CS 指標）」，「集落間の平等性（EQ 指標）」から評価を行う．

また，中山間地域の生活交通を支える近年の公共交通サービスは，固定ルートの乗合路線だけでなく多様な形態によるサービス提供がなされている．例えば，DRTと呼ばれる電話等による予約（需要）に応じて柔軟なルートを実行する交通システムの運行や需要に適した車両サイズによる運行，生活交通の機能を兼ねたスクールバスの柔軟な運行などである．

本システムでは，固定ルートの一般的な路線バスだけでなく，上述のような様々な運行形態の評価も合わせて行うものである．

### 6.3.2 システムの構成

システムは「基礎データ作成」、「評価モデル構築」と「代替案評価」の3つのステップからなる(図6.2)。第一の基礎データ作成ステップでは、対象地域の人口、道路インフラ、施設立地、公共交通データ等のデータベースをGIS上に集約し、さらにアンケート等により必要事項を追加して計画支援に必要な基礎データを取得する。作成した基礎データは、ここで示すような交通計画だけでなく、地域の教育や福祉政策等を検討する際にも有効に活用することが可能である。

続く第二のステップでは、対象地域に適した政策変数組および効用関数形を選択し、モデルの推定を行なう。特性が類似しており参考になる地域が他に存在する場合、あるいはデータベースの構築が困難な場合には、類似地域で構築したモデルを引用することも考えられる。この第2ステップでは、各種分析手法を取り扱えるコンサルタントの技術者や大学研究者などが携わる部分であり、一般の利用者はブラックボックスとして使用することになる。

最後の第三ステップでは、多様な運行形態のバス代替案を想定し、構築した需要予測モデルに各代替案のサービス水準等をGIS上で入力し、シミュレーションにより1ヶ月当たりの利用者数(料金収入)と当該運行サービスに掛かる運行経費を計算する。この結果から採算性(PR指標)の計算を行う。次に、各集落におけるQOL指標、CS指標、EQ指標

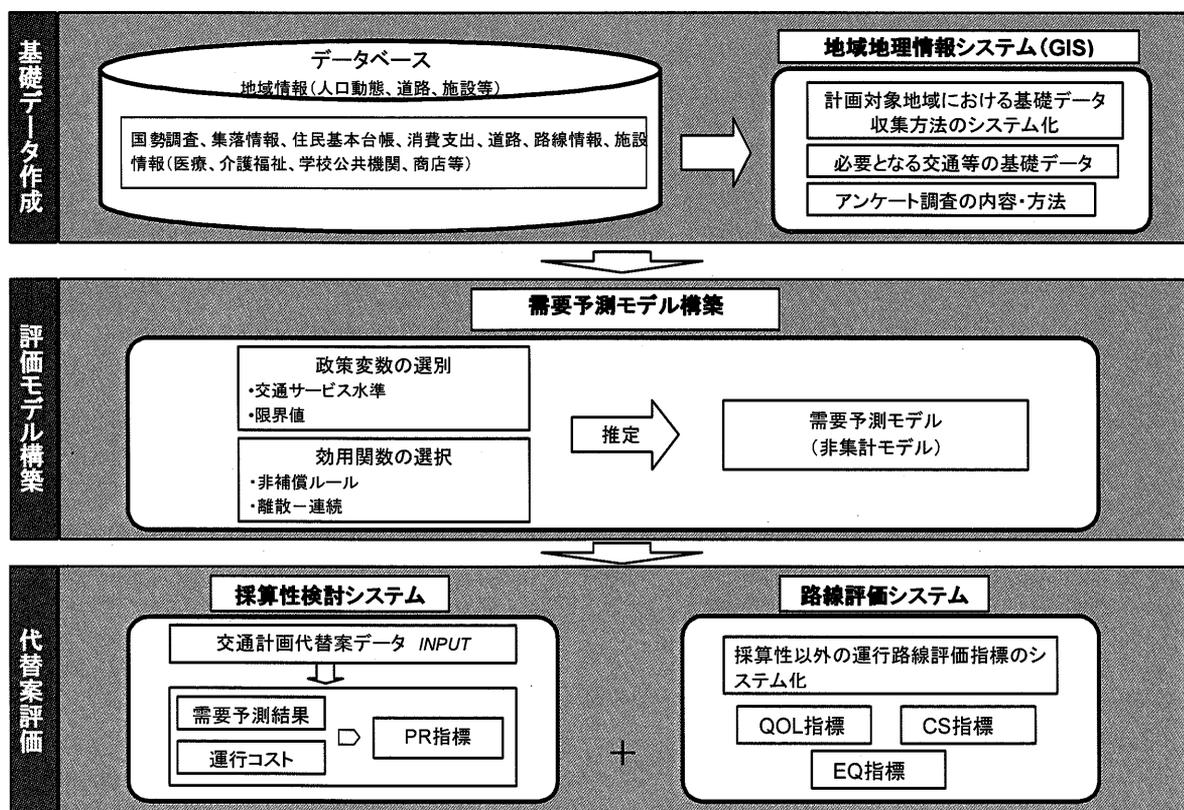


図 6.2 システムの構成

の値を計算し GIS 上に表示する。システムの利用者は評価結果に基づいて客観的な意思決定を行なうことになる。

### 6.3.3 システムの特徴

本システムの特徴を整理すると表 6.1 のとおりである。比較のため、GIS を活用して都市部の鉄道計画支援を効果的・効率的に行い、実績のある同様の計画システム“GRAPE”（内山他，2000；瓜生他，2003；高久，2000）と比較すると、本システムは、

- ① 移動を自動車に依存している地域の高齢者等の生活交通確保を対象としている点、

表 6.1 本システムの特徴

	本システム	GRAPE
計画の対象	過疎地域の生活交通確保・コミュニティバスなど主に高齢者対応型交通計画	鉄道計画
システムの概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>交通 LOS によっては需要が発生しない交通量を1ヶ月の利用者数として算出</li> <li>利用者数は計画する交通機関のみに着目し、他の交通機関は考慮しない</li> <li>4段階推定法で考えると、一つの交通機関に着目した場合の交通発生</li> <li>GIS 上で簡便に運行経費を算出して採算性を検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>OD 間の鉄道利用者人数の推計</li> <li>利用駅別人数と利用端末交通別人数を算出</li> <li>鉄道駅アクセスのためのバス路線評価</li> <li>4段階推定法における交通機関選択と経路選択</li> <li>費用便益サブシステムによる財務分析</li> </ul>
評価項目	「量」と「質」からの評価 PR 指標, QOL 指標, CS 指標, EQ 指標	需要量や経費といった「量」による評価
モデルの構造	対象とする交通機関を利用するかしないかの選択—利用する回数の需要関数からなる離散連続モデル	代表交通手段選択—鉄道駅選択—端末交通手段選択からなる Nested Logit モデル
政策変数	着目する公共交通機関の LOS（料金、バス停までの距離、運行間隔等）	鉄道の LOS, 競合する道路の所要時間、鉄道駅への各アクセス交通（バス、自動車等）の LOS, 駅の LOS（駐輪場整備等）
モデル適用の条件	アンケート調査結果のみで分析を行う。生活圏の域内での移動が対象で、広域移動には未対応	PT 調査等によって OD 交通量が所与であることが前提となる。
対象とする交通計画	簡便なシステムであり、大規模な調査データも必要ないために、地域の生活交通確保のためのバス交通など小規模な短期の交通計画実施時に適用できる。	4段階推定法の一部を計算するシステムであるため、OD データが所与である等の制約があり、比較的大規模な長期における交通計画実施時での適用に限られる。
GIS の適用	非集計モデルの集計に活用。メッシュデータまたは町丁目データの利用も計画。	非集計モデルの集計に活用。100mメッシュデータを利用
システム適用可能な対象地	通勤等で利用されている交通手段を高齢者等が通院や買物に利用出来ない地域。 (過疎地域, 中山間地域等)	都市部など PT 調査等が実施済みで、OD 交通量が所与の地域。 (都市部)

② 4段階推定法では算出できない交通量を推定対象とする交通機関を固定した交通発生量を算出している点,

③ 需要量や採算性だけでなく生活の質などの評価指標を採用している点  
などが特徴として上げられる。

本システムは通勤を除く高齢者等の生活交通を対象として、地域の自治体職員やコンサルタントの技術者が簡便に評価を行って実施する比較的小規模な短期の計画に適したシステムと言える。

## 6.4 支援システムを適用した実証分析

### 6.4.1 中山間地域自治体を対象としたケーススタディ

本節では、支援システムを活用して、現在 80 条の路線バスを運行している島根県三刀屋町を対象にして、4 つの評価指標を適用した公共交通計画のケーススタディを実施する。対象自治体は前述の木次町に隣接しており、人口 8,561 人 (H12) 面積 82.68km<sup>2</sup> の過疎化が進展する自治体である。当該自治体では、民間バス事業者の撤退後にスクールバスを有

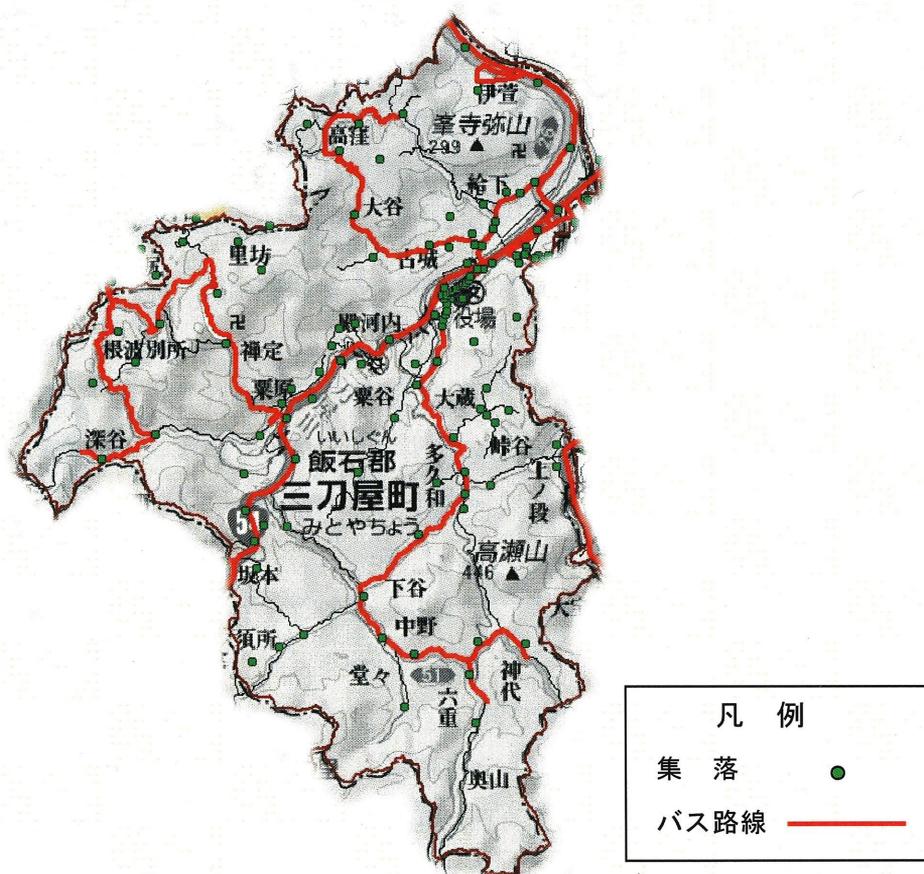


図 6.3 三刀屋町のバス路線と集落分布

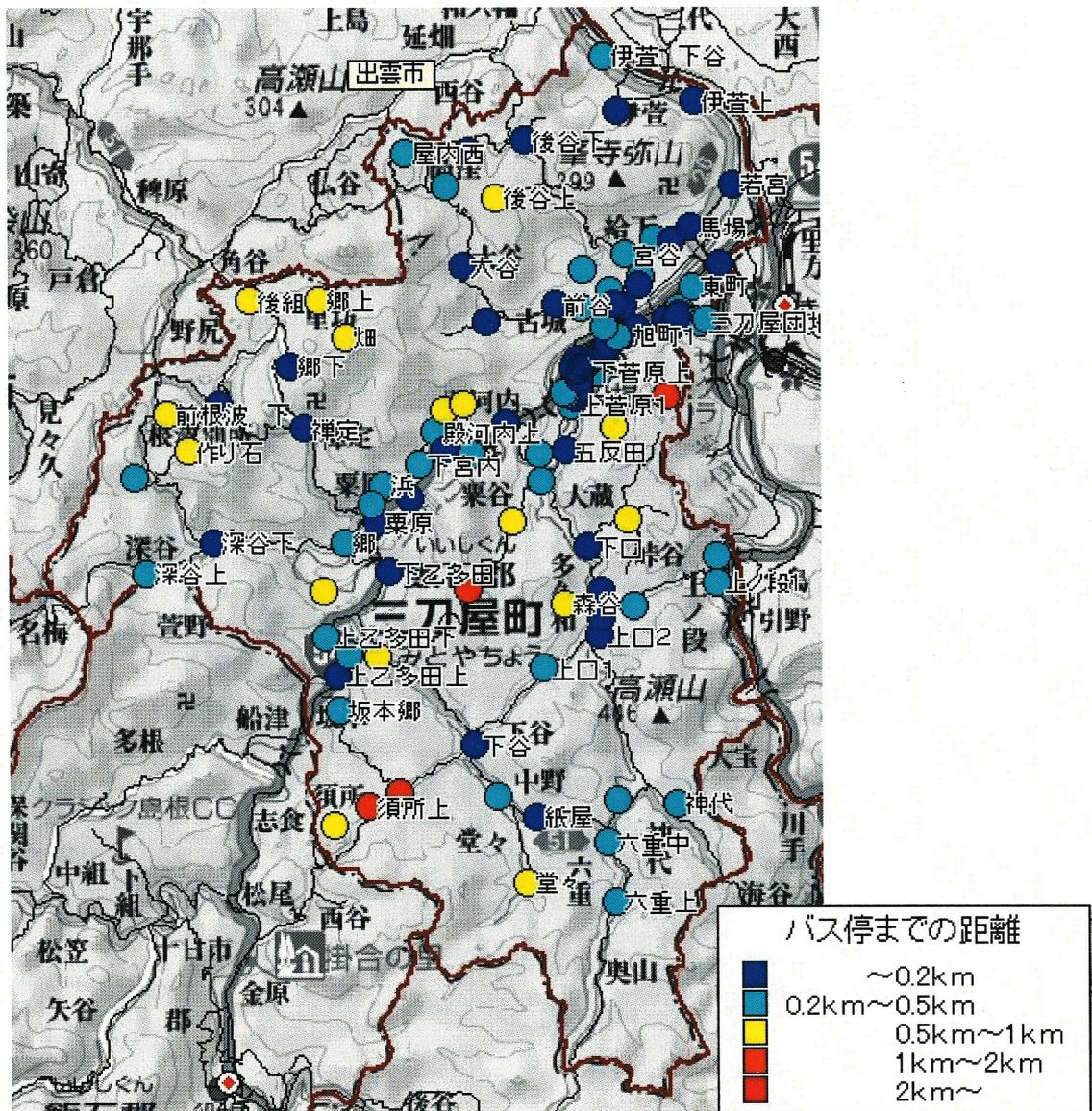


図 6.4 現況路線のバス停までの距離に対する EQ 指標

効活用して、図 6.3 に示すように町全域をカバーするような 3 系統の路線バスが運行されている。しかしながら、道路や集落分布の状況から、バスルートから離れている集落が多く、運行サービスも 2 路線が 1 日 4 往復、1 路線が一日 5 往復とその水準は高いものではない。

現況のバス停までの距離の平等性をみると、仮に集落中心から 1km 以内を計画の基準にすると、2 集落が基準をオーバーしていることが図 6.4 から確認できる。

このような公共交通運行の状況に対して、ここでは①現況バス路線で他のサービス変更、②バス路線の改良を伴うサービス変更、③DRT 運行によるサービス改善の 3 種類のシナリオを設定して詳細な分析を行う。②バス路線の改良では、バス運行が可能な道路が存在する集落に対して、支線を設定して迂回ルートを追加する案を検討する(図 6.5)。また、DRT では、対象地区を 2 分割した運行区域を設定した運行計画代替案を検討する(図 6.6)。

以上のような計画代替案に対して，採算性分析と採算性以外の分析を適用して総合的な評価を行うものとする．当該システムを適用した分析結果は，交通計画の専門家でない自治体職員等が直感的にサービスに対する効果を把握できるように，GIS 上で視覚的に表現することが可能となる．現況の分析結果の事例を図 6.7 に示す．



図 6.5 改良したバス路線の計画案

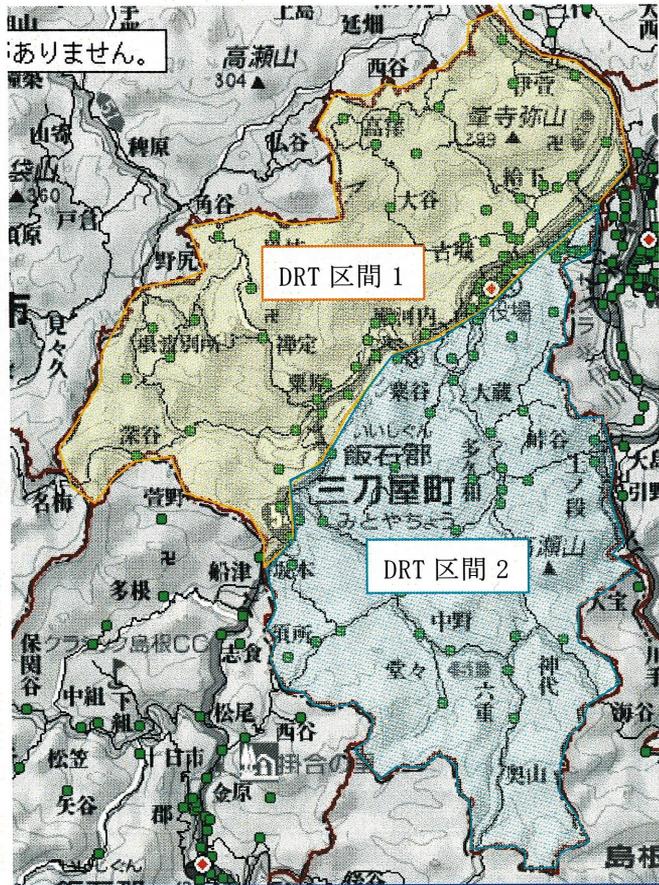
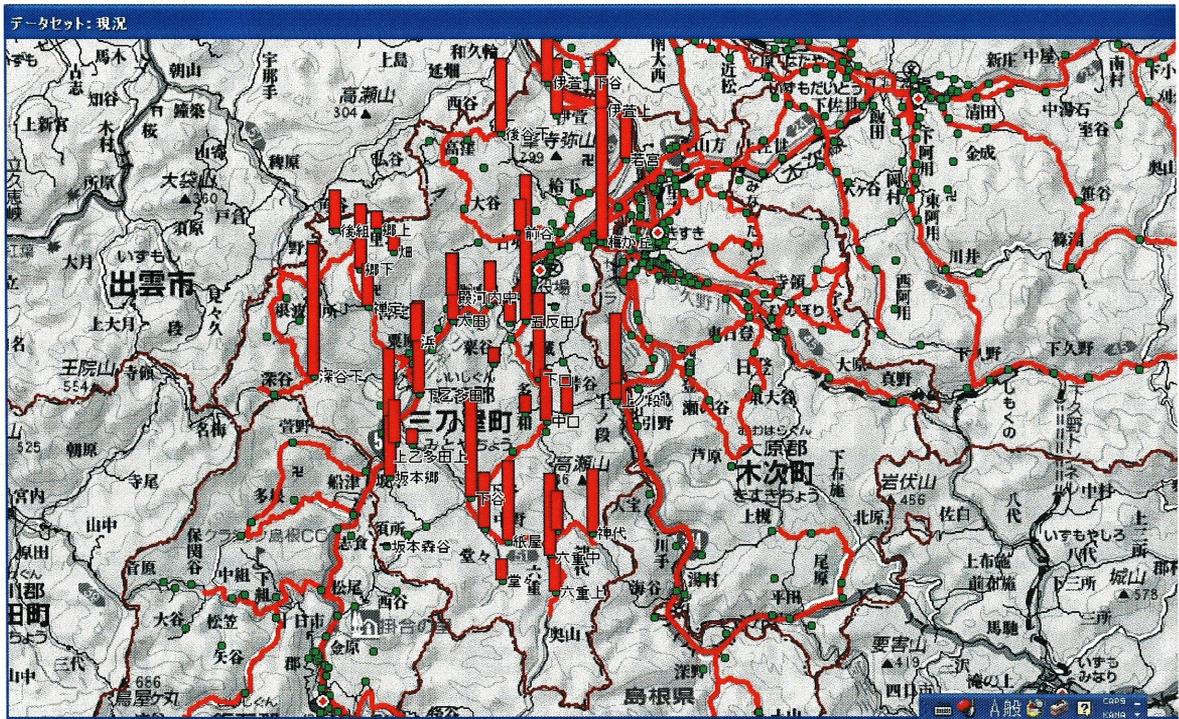


図 6.6 DRT の運行計画区域設定案



(1) 集落毎の計画代替案に対する交通需要の地図上の表示

集落名	外出回数40代	外出回数50代	外出回数60代	外出回数70代	外出回数合計	料金収入40代	料金収入50代	料金収入60代	料金収入70代	料金収入合計
<input type="checkbox"/> 芦谷	0.0	0.1	3.6	2.7	6.4	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> 杉戸	0.5	1.6	4.1	17.5	23.8	315	0	0	0	315

(2) 集落毎の計画代替案に対する交通需要の詳細

項目	集計
<input type="checkbox"/> 利用回数学生<回/月>	0
<input type="checkbox"/> 利用回数一般<回/月>	3,365
<input type="checkbox"/> 利用回数合計<回/月>	3,365
<input type="checkbox"/> 料金収入学生<円/月>	0
<input type="checkbox"/> 料金収入一般<円/月>	673,000
<input type="checkbox"/> 料金収入合計<円/月>	673,000

(3) 計画代替案に対する交通需要と料金収入の集計

図 6.7 現況路線サービスの需要予測と運行経費算出結果の出力例

採算性のシミュレーション結果を表 6.2 に示す。ここで、最上段が現況サービスを示している。現況路線のサービス変化の影響をみると、現況で 200 円の料金を 100 円にすることによって需要は現在の約 1.5 倍見込まれる結果となった。しかしながら、料金低下による料金収入の減少によって収支は現況よりも劣る結果となり、中山間地域のように人口集積が低く、料金低下に見合った需要増がない地域においては、ワンコインバスは低すぎる設定であるといえる。また、運行本数を現況の 4~5 便から 6 便に増加した場合には、需要増加への感度が低く、収入増よりも運行経費が増大することによって収支が低くなる結果となった。中山間地域における公共交通サービスは、一般的に 1 日 3 往復から 6 往復といった低い水準で運行されており、便数が多ければ利用者の各種生活活動の利便性向上につながるものの、直接的な需要増加は見込めないことが確認できる。

路線の一部を改良して現在バス停が遠い集落まで延長した計画案では、バス停距離が近くなることから需要が大きく増加して収支も向上する結果となった。このことから、中山

表 6.2 採算性のシミュレーション結果

ルート	料金	運行本数	需要予測結果	料金収入	運行経費	収 支	現況との差
現況路線	200	4 or 5	1071	214200	1261965	-1047765	0
	100	4 or 5	1617	161650	1261965	-1100315	-52550
	300	4 or 5	920	276000	1311183	-1035183	12582
	200	6	1194	238760	1409619	-1170859	-123094
	100	6	1716	171620	1409619	-1237999	-190234
	300	6	782	234510	1409619	-1175109	-127344
路線改良	200	4 or 5	1806	361120	1288972	-927852	119913
	100	4 or 5	2017	201690	1288972	-1087282	-39517
	300	4 or 5	925	277470	1347192	-1069722	-21957
	200	6	1936	387260	1463633	-1076373	-28608
	100	6	2150	214960	1463633	-1248673	-200908
	300	6	960	288000	1463633	-1175633	-127868
DRT	100	5.5	1294	129372	945500	-816128	231637
	200	5.5	825	165000	945500	-780500	267265
	300	5.5	475	142380	945500	-803120	244645
	400	5.5	172	68832	945500	-876668	171097

間地域の公共交通計画では、可能な限り分散する集落を通過する路線計画が有効であることが確認できる。結果的には、固定ルート型の路線バスでは路線改良を行い料金や運行便数を現況水準とした案が最も収支が高く、採算性に優れる結果となった。

DRT では、需要予測結果が非常に低い結果となった。これは需要予測モデル構築で適用した掛合町における DRT 利用実績が低いことに起因している。つまり、現在運行している DRT サービスに対する住民の評価は高いものの、予約の煩わしさへの抵抗やジャンボタクシーサイズであることのプライバシー確保の困難さ等から、実際の利用者数は少なくなっているものと考えられる。ただし、DRT では運行経費が非常に安く抑えられるため、収支が向上するとともに、現在バス路線が離れている集落においてもドアツードアのサービスが提供されることとなる。

次に、採算性以外の分析を実施する。分析対象は、図 6.8 に示すような現在のバス路線から離れている 5 集落に着目する。5 集落のシミュレーション結果を表 6.3 に示す。ここで、QOL 指標と CS 指標は、4 章で示したオーダードプロビットモデルによる期待値算出結果を 10 段階評価値に換算したものである。現況では、分析対象とする全ての集落で QOL, CS とともに中間値 5 を下回る結果となった。これに対して、集落の近くまでバス路線を延長する改良案では、集落 C, D, E で中間値 5 を上回ることができた。ただし、集落 A と B

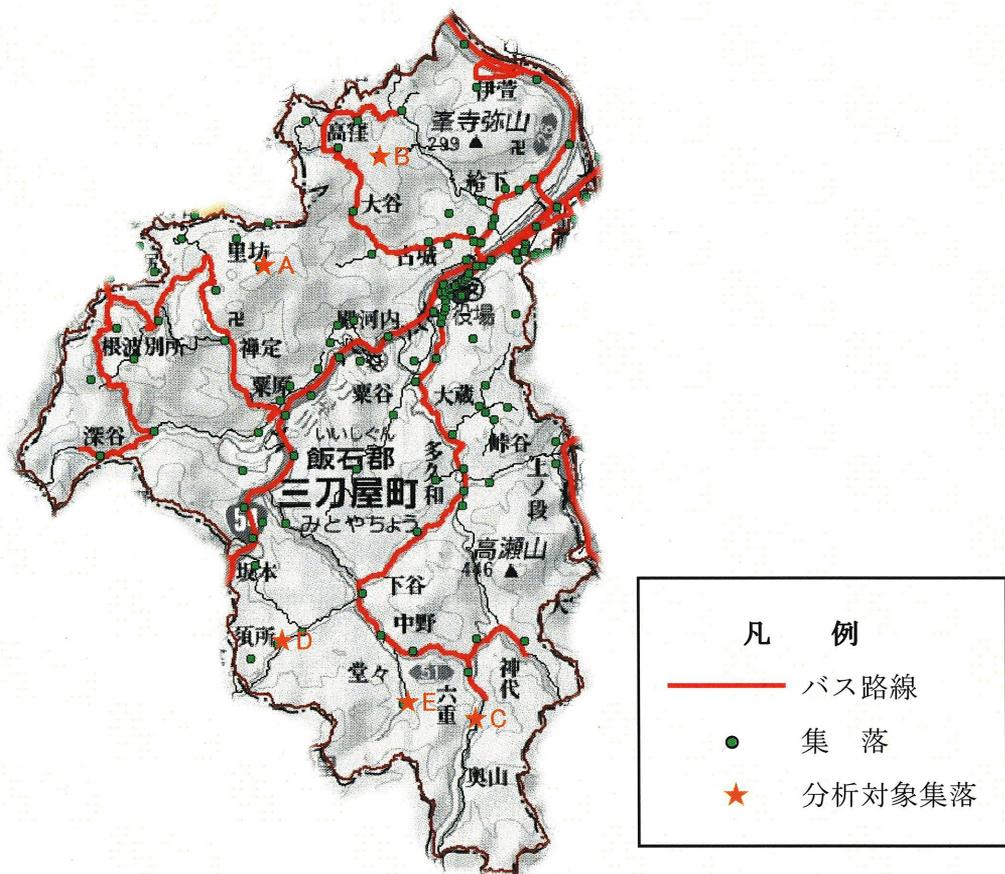


図 6.8 採算性以外の分析対象集落

表 6.3 採算性以外の評価指標のシミュレーション結果

ルート	集落名	畑	後谷下	六重上	坂本森谷	堂々
現況路線	運行本数	4	5	4	4	4
	バス停距離	0.87	0.67	0.42	0.97	0.90
	QOL	4.85	5.24	4.80	4.87	4.67
	CS	4.48	4.81	4.75	4.47	4.54
	EQ	77.2% (バス停 500m以内の集落割合)				
路線改良	運行本数	4	5	4	4	4
	バス停距離	0.87	0.03	0.08	0.35	0.08
	QOL	4.96	5.96	5.44	5.52	5.52
	CS	4.49	5.21	6.24	6.06	6.20
	EQ	90.6% (バス停 500m以内の集落割合)				
DRT	運行本数	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
	バス停距離	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	QOL	5.60	5.61	5.34	5.55	5.43
	CS	6.01	6.01	6.11	6.03	6.08
	EQ	100.0% (バス停 500m以内の集落割合)				

では道路幅員が狭小であるためバス路線の延長が困難なため運行本数のみの増便であり、QOL、CS は中間値 5 を下回る結果となった。DRT の計画案では、全ての集落でドアツードアのサービスが提供できるために、QOL、CS 指標ともに中間値 5 を超える高い評価結果を得ることが可能となる。また、バス停までの距離 500m 以下という基準に対する EQ 指標も 100% の達成度が確保されることとなる。

以上の結果から、収支に基づく採算性からみると、路線バスでは現在バス停が遠い集落まで支線を延長した路線改良案（料金 200 円、運行本数 4～5 便）が、また DRT では料金 200 円によるサービス提供が効率的であることが確認できる。また、採算性以外の評価指標では、路線改良を行ってバス停までの距離を近づけることによって、QOL 及び CS 指標は 5 以上となり生活のしやすさや交通の利便性は向上することになる。しかしながら、バスが運行できない路線上の集落では、バス停距離が減少しないため利便性の向上が図れない結果となった。このような地域では、ジャンボタクシーサイズで狭隘道路の運行も可能な DRT を運行することによって、QOL と CS が 5 以上に向上できることとなる。ただし、現行路線バスはスクールバスに一般客を混乗するサービスであり、DRT 計画を実施しても

朝夕のスクールバス運行は必要となるため、現実的に最適となる計画代替案は路線改良によって一部集落の近くまで路線を延長して、料金と運行本数を現況のままとする計画が推奨される。

以上のように、当該システムを適用して採算性と採算性以外の指標から、対象地域に適した公共交通計画が容易に実施できることが確認できる。

#### 6.4.2 人口集積と運行形態の関係

本節では、路線バスがほぼ全町内を隈無く運行している木次町民バスに対して、DRT サービスを導入した場合の採算性の違いについて分析を行う。具体的には、現在の運行路線を地域別に各種サービス水準を持つDRTに変更したとき需要予測を行い、その採算性の違いを詳細に分析する。この結果から人口集積と固定ルート型路線バスとDRTの適用範囲について考察を行う。

分析に当たっては、以下の3ケースに対する路線バスとDRTの採算性を比較することによって、人口集積に応じた運行形態の効率性を検討する(図6.9)。

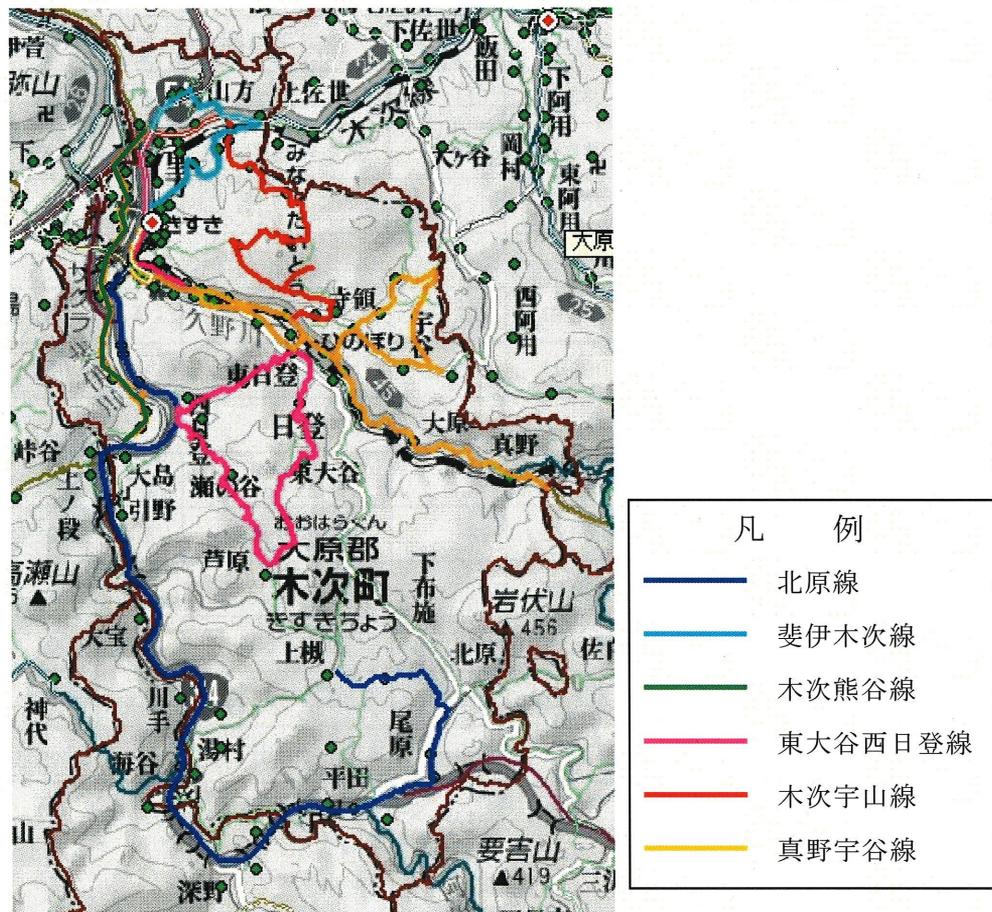


図 6.9 木次町民バスを対象とした運行形態の効率性分析のケース

表 6.4 木次町民バスにおける路線バスと DRT の採算性シミュレーション結果

運行形態	料金	運行本数	路線名	需要予測結果	料金収入	運行経費	収支	現況との差	
ケース 1									
路線バス	200	6	北原線	3,290	658,000	724,775	-66,775	0	
DRT	300	5.5	北原線	1,252	375,480	1,523,300	-1,247,820	-1,181,045	
	200	5.5	北原線	2,169	433,720	2,583,300	-2,149,580	-2,082,805	
ケース 2									
路線バス	200	4	斐伊木次線	201	40,158	403,607	-363,449		
	200	4	木次熊谷線	149	29,880	418,092	-388,212		
	200	4	東大谷西日登線	307	61,300	418,011	-356,711		
	計							-1,108,372	0
DRT	300	5.5	斐伊木次線	59	17,774				
	300	5.5	木次熊谷線	61	18,446				
	300	5.5	東大谷西日登線	90	26,880				
	計					63,101	503,300	-440,199	668,173
	200	5.5	斐伊木次線	113	22,669				
	200	5.5	木次熊谷線	113	22,680				
	200	5.5	東大谷西日登線	187	37,380				
	計					82,729	503,300	-420,571	687,801
ケース 3									
路線バス	200	4	木次宇山線	203	40,600	400,970	-360,370		
	200	4	真野宇谷線	257	51,300	415,417	-364,117		
	計							-724,487	0
DRT	300	5.5	木次宇山線	85	25,410				
	300	5.5	真野宇谷線	89	26,653				
	計					52,063	503,300	-451,237	273,250
	200	5.5	木次宇山線	148	29,540				
	200	5.5	真野宇谷線	178	35,538				
	計					65,078	503,300	-438,222	286,265

- ① 人口集積が多い幹線道路沿いを通過する北原線の運行区間
- ② 人口集積が少ない周辺部のうち町南西部を分担する斐伊木次線，木次熊谷線，東大谷西日登線の運行区間
- ③ 人口集積が少ない周辺部のうち町北東部を分担する木次宇山線，真野宇谷線の運行区間

採算性のシミュレーション結果を表 6.4 に示す。ここで，各運行区間の運行日数は，現況サービスと合わせて北原線 30 日/月，その他路線 20 日/月で検討を行う。また，DRT の運行経費は掛合町の実績値を使用し，現在の掛合町の利用実績から需要 500 人に対して，1 台の運行を行うものとした。

人口集積が多い北原線では，需要が多いため DRT サービスではこれを捌くために 3~4 台の運行が必要となり，路線バスよりも採算性が非常に低くなる結果となった。人口集積が少ない地域を対象とした他のケースでは，それぞれ 3 路線と 2 路線のバス運行を 1 台の DRT で対応が可能となることから，DRT の採算性が高くなる結果となった。また，DRT の料金の影響をみると，300 円と 200 円の場合の収支に大きな差が現れなかった。これは 300 円では料金の値上げに伴う需要減少が発生し，一人当たりの料金収入が増加しても収支は向上しないととも，200 円では需要増加によって一人当たりの料金収入が減少しても収支が増加するからである。このようなケースでは，現況の料金（200 円）よりも値上げをしない，より多くの交通行動が誘発できることによって地域の活性化に寄与するといった理由から 200 円の料金案が望ましいものとなる。

以上のように，固定ルートの路線バスと DRT サービスの適用に当たっては，その採算性のための条件が対象地域の人口集積や目的地となる各種生活活動拠点の分布等に依存しているため，個々の地域の実情にあった運行形態を採択しなければ採算性が低くなることを確認できる。

## 6.5 まとめ

本章では，3 章と 4 章で提案した需要予測モデルと採算性以外の評価指標と GIS データベースを組み合わせた地域の公共交通計画を支援する GIS によるシミュレーションシステムを開発した。当該システムを適用して，中山間地域における公共交通計画での適用事例を示すととも，人口集積と固定ルート型の路線バスとジャンボタクシーを利用したドアツードア型 DRT のような運行形態と採算性の関係を分析した。

中山間地域の公共交通計画に適用する GIS データベースでは集落単位の点情報を適用しており，需要予測等の各種計算が容易になるととも，福祉・教育政策といった他用途でも適用可能となる。そのため，今後の中山間地域政策に当たっては，このような GIS デー

データベースを構築して有効活用することが効果的であることが確認できた。

中山間地域自治体の公共交通計画に対する実証分析からは、採算性と採算性以外の評価指標を適用した計画代替案に対する評価が簡便に実施することが可能であり、提案したシステムを適用することによって地域の実情に即した公共交通計画が効果的、効率的に行えることが確認できた。

近年、都市部のみならず中山間地域でも導入が増加している DRT サービスについて、人口集積による採算性の影響を分析した。分析結果からは、人口集積が多く需要が多く見込まれる地区では、小型車両によるドアツードアサービスでは固定ルート型の大型車両を適用した路線バスに比べて採算性が劣ることが確認できた。このように、過疎化が進む中山間地域において需要に応じて運行が可能な DRT は、効率的であり利用者の利便性も高くなるものの、対象地区の特性によっては非効率となることがある。つまり、中山間地域の公共交通計画では、他地域での高い評価や成功事例を模倣して、そのままのサービス形態を導入するのではなく、対象地域固有の条件下で最適な運行形態を検討する必要がある。

## 第6章 関連参考文献

- 内山久雄, 日比野直彦: アクセス交通を考慮した首都圏鉄道計画への GIS の適用, 運輸政策研究, Vol.2, No.4, pp.12-20, 2000.
- 瓜生良知, 佐藤政季, 伊藤真: GIS を活用した交通計画支援システム (GRAPE) の開発, 土木学会誌, Vol.88, No.3, pp.45-47, 2003.
- 島根県中山間地域研究センター: 中山間地域充実・生活交通メニューブック, 2001.
- 杉尾恵太他: きめ細やかな公共輸送網計画のための支援システムに関する基礎的研究, 土木学会第 56 回年次学術講演会, pp.72-73, 2001.
- 杉恵頼寧: 中山間地域の高齢者に対する交通サービスのあり方に関する研究, 日本交通政策研究会, A-336, 2003.
- 高久寿夫: GIS による鉄道計画支援システムの開発, 土木学会誌, Vol.85, pp.26-27, 2000.
- 原田昇: 交通 GIS の整備状況と今後の展開, 交通工学, vol.34, 増刊号, pp.13-17, 1999.
- 藤山浩: Web-GIS による住民参加型の地域マネジメントの可能性, 地理科学, 第 58 巻, 第 3 号, pp.46-55, 2003.
- 藤山浩: GIS による中山間地域のバスサービス水準の診断, 第 54 回土木学会中国支部研究発表会概要集, p.723, 2002.
- 藤山浩: GIS を活用した地域計画支援のための総合データベースの構造と実現可能性, 日本計画行政学会大会第 26 回全国大会研究報告要旨集, pp.209-211, 2003.
- 森山昌幸, 藤原章正, 杉恵頼寧, 小霜陽子: GIS 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, 第 22 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.261-264, 2002.
- 森山昌幸, 藤原章正, 杉恵頼寧: GIS を活用した中山間地域の公共交通計画支援ツールの開発, 土木計画学研究・講演集, Vol.27, CD-ROM, 2002.
- Faghri A. and Dorsey H. C. : The use of GIS and relational database management systems to improve the scheduling operations of paratranrit, Transportation Planning and Technol., Vol. 24, pp. 65-86, 2000.
- GIS ひろば: [http://www.gis.jacic.or.jp/gis/jacic\\_gis\\_hiroba.html](http://www.gis.jacic.or.jp/gis/jacic_gis_hiroba.html) (参照日 2003 年 11 月)
- Moriyama, M. Fujiwara, A. and Sugie, Y. : Development of GIS-aid planning system for bus services in depopulated areas, Proceedings of ICIT, Beijing, pp.380-389, 2002.
- Ramirez A. I. and Seneviratne P. N. : Transit route design applications using geographic information systems, Transportation Research Record 1557, CD-ROM, 1996.
- Thill J. : Geographic information systems for transportation in perspective, Transportation Research Part C, pp.3-12, 2000.

## 第7章 中山間地域における広域移動の利便性向上施策

### 7.1 中山間地域における広域移動の利便性向上を考慮した公共交通計画

前章までの計画手法は、中山間地域の高齢者等の生活を維持するための移動手段の確保を主眼においている。つまり、計画する公共交通サービスの役割は、高齢者等が居住する自治体中心部に存する1次医療の個人医院や診療所およびスーパー等への移動を確保することであり、域内で完結する路線がこれに該当する。これに対して、今後さらに高齢者や学生等の生活の利便性を向上させるためには、広域生活圏の2次医療を受け持つ総合病院や高等学校への移動手段のサービス向上が不可欠となる。このような住民の広域移動のニーズに答えることは、現在全国各地で進捗している市町村合併の流れの中で重要な交通計画の視点ともなっている。このような広域移動の利便性を向上させるためには、域内の公共交通のサービス改善と幹線道路を運行する広域の公共交通のサービス改善を行うとともに、これら域内と広域路線を効果的、効率的に組み合わせることが必要であり、加えて両路線の結節点の利便性向上を図ることも重要となる（図7.1）。

また、情報技術の進展や規制緩和による新しい施策の導入可能性の広がりを背景として、住民の公共交通利用の利便性や生活全般の環境改善に向けて一歩進んだ取り組みを推進することが必要となる。近年、中山間地域においても新しい利便性向上施策が、数多く見受

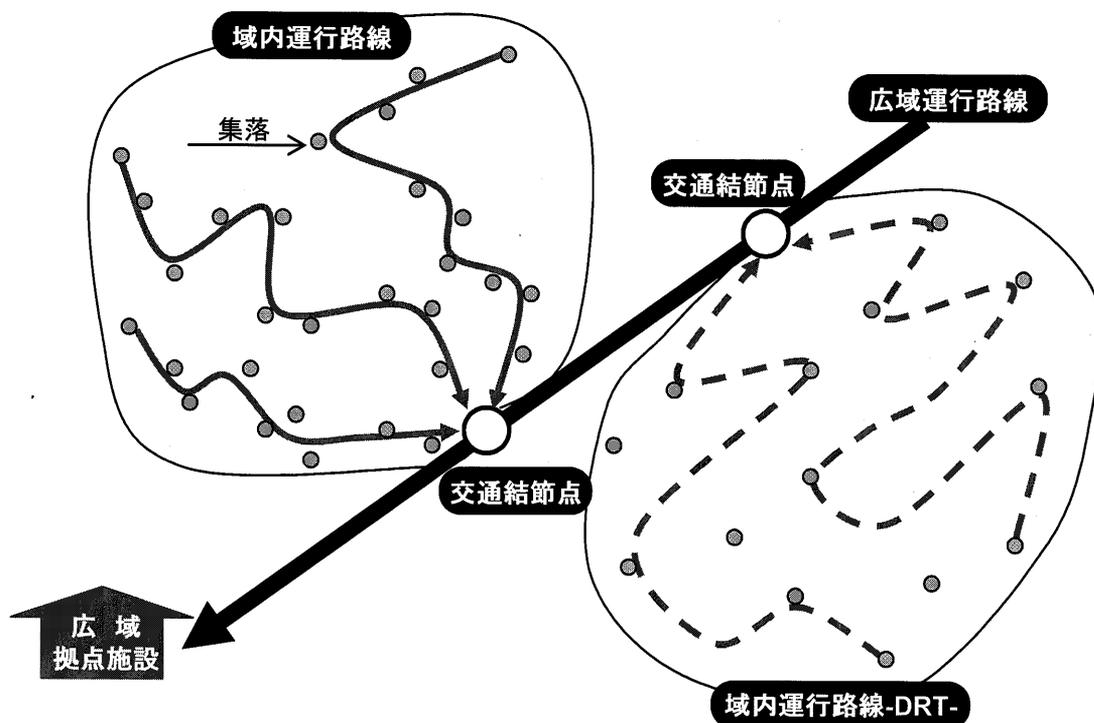


図 7.1 中山間地域における広域移動の模式図

けられるようになった。例えば、需要に応じて公共交通の運行を決定する DRT の普及拡大、バスによる宅配貨物の輸送、自転車の持ち込み可能としたバス、過疎地域での STS の運行、交通結節点の利便性・快適性向上、過疎地域におけるバスロケーションシステムの高度化といった様々な取り組みが全国各地で実施されている（秋山他，2000；中見，2003；中国総合通信局，2003）。これに加えて、岸ら（2003）は高齢者等の生活交通を確保するために、住民個人が所有する自家用車を用いた相乗りシステム（サポート交通システム）を提案し、意識調査を通じて導入可能性の分析を行っている。さらに、海外においても地方の小規模の町における DRT による商品の輸送サービスなど、人口集積の少ない地域における DRT の有効活用と多目的利用の動きが多くなっている（Schaefer, 2003）。

中山間地域における公共交通の利便性向上に対する既往の研究では、既存路線や新規導入路線のサービスに対する利用者の評価を分析した事例が多い（山崎他，2002）。また、青島ら（2002）は、バス非利用者と利用者のバスサービスに対する利便性等の比較を行っている。より具体的なサービスに踏み込んだ研究としては、喜多ら（2001，2003）は過疎地域のバスサービスの利便性に対する住民のニーズを把握して、住民が望むバスダイヤの決定方法を提案している。

本章では、中山間地域の高齢者等の広域移動ニーズに対して、その利便性をより向上させるために、生活交通確保の観点からの域内運行のさらなる利便性や効率性向上施策を検討した上で、今後必要となる広域運行路線と域内路線の組み合わせについて分析を行う。具体的には、近年導入事例が増加している DRT の評価とそのサービス向上施策を分析するとともに、広域移動を可能とする路線開設の効果と域内移動と広域移動の交通結節点に必要なサービスに関して詳細な分析を行う。

## 7.2 域内交通における DRT 導入の有効性と課題の分析

### 7.2.1 ドア・トゥ・ドア型 DRT の運行評価

生活交通確保を主眼においた域内公共交通サービスの計画に当たっては、前章までに行った採算性とそれ以外の評価指標を活用して実施することが可能である。本節では、このような基本的な運行サービスの中で、分散型の低密度居住が進む中山間地域において効率的である DRT に着目して、その有効性と具体的サービス内容のあり方を分析する。

#### (1) DRT サービスの顧客満足度

ここでは、島根県掛合町で導入されているドア・トゥ・ドア型 DRT を取り上げて、その運行サービスに対する住民の評価を分析し、今後のサービス改善の可能性を検討する。

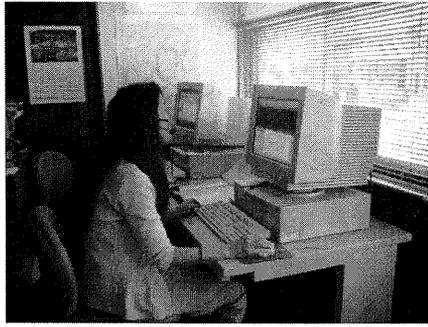


写真 7.1 掛合町 DRT の予約センターと運行車両（9 人乗りジャンボタクシー）

島根県掛合町は山間部に位置し、高齢化率 33.3%と非常に高齢化が進んだ地域である。第 1 章で示したように、当該町ではルートを固定しないドア・トゥ・ドア送迎型の 9 人乗りジャンボタクシーを利用した DRT（だんだんタクシー）が運行されている。その運行システムは、事前登録をした上で利用便の 30 分前までに予約を行うとともに、乗降場所（自宅からの場合は降車場所のみ）を告げるにより、需要に応じたフレックスルートのドア・トゥ・ドア運行が行われる。料金は 300 円均一であり、運行ダイヤは始発 8:30 終発 17:00 で 1 日 5.5 往復の運行がなされている（写真 7.1）。

人口集積の少ない地域における DRT と固定ルート型路線バスの住民の評価を比較するために、表 2.1 に示した 4 種類のアンケート調査における公共交通サービスに対する CS 調査の結果を図 7.2 に示す。ここでは掛合町に加えて、非常に高いサービス水準で固定ルートの路線バスが運行されている木次町民バスと、路線バスの運行サービス水準が低い自治体の CS 調査結果も合わせて示す。ここで、数値は CS 調査の 5 段階評価の町全体の平均値を 10 段階に換算したものである。

総合的なサービス内容を見ると、DRT を運行している掛合町が最も高く、その他の項目も高い評価となった。特に、料金が 300 円と割高にもかかわらず CS は高い結果となり、ドア・トゥ・ドアのサービスに対する満足度が非常に高いことが確認できる。このことから、運行効率が悪く、路線バスタイプでは低水準のサービスしか供給されない中山間地域において、DRT システムの導入は住民の CS を大きく向上させることがわかる。

表 7.1 3 自治体の公共交通の LOS

自治体名	掛合町	木次町	バス LOS の低い自治体
料金	300 円	200 円	200 円
運行本数	5.5 往復	3~6 往復	3 往復
運行形態	ドア・トゥ・ドア DRT	路線バス	路線バス

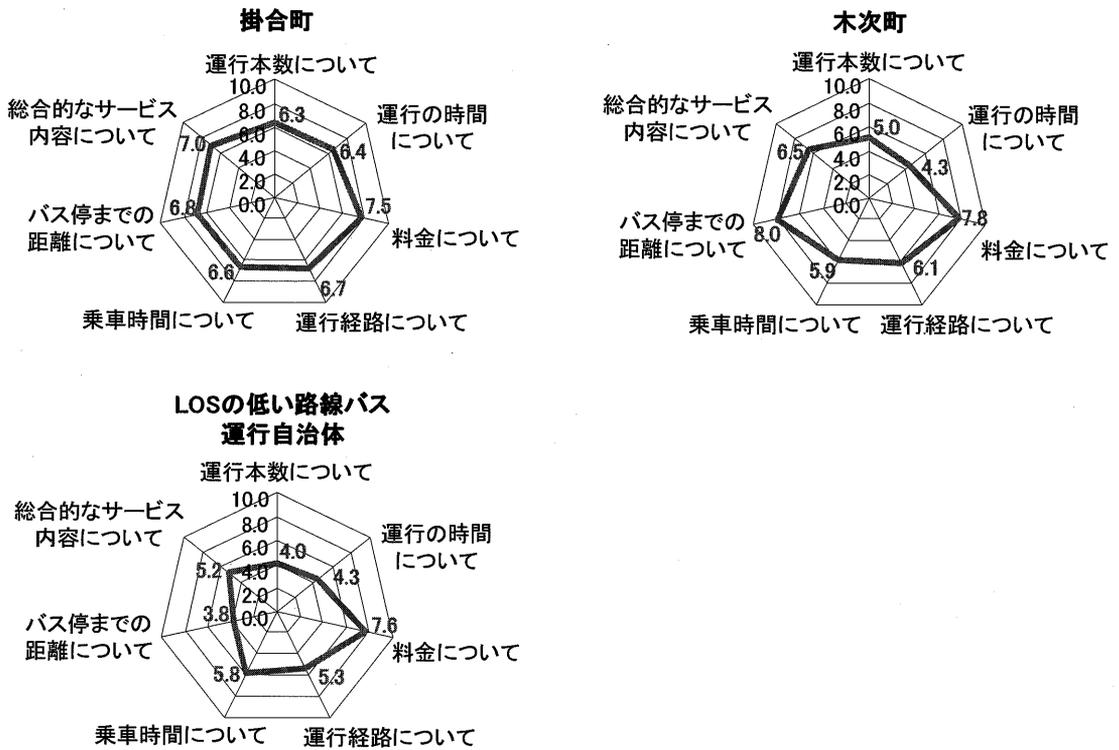


図 7.2 3 自治体の CS 調査結果

### 7.2.2 QOL 指標に及ぼす DRT 運行の影響

DRT の運行がどのように QOL 指標の向上に寄与できるのか、表 2.1 に示すだんだんタクシー調査より得られただんだんタクシーのサービス、及び生活についての満足度のデータから共分散構造分析を用いて検証する。だんだんタクシーと QOL 指標との因果構造について図 7.3 のように仮定した。図中の楕円は仮定した潜在変数を、長方形は観測変数を示

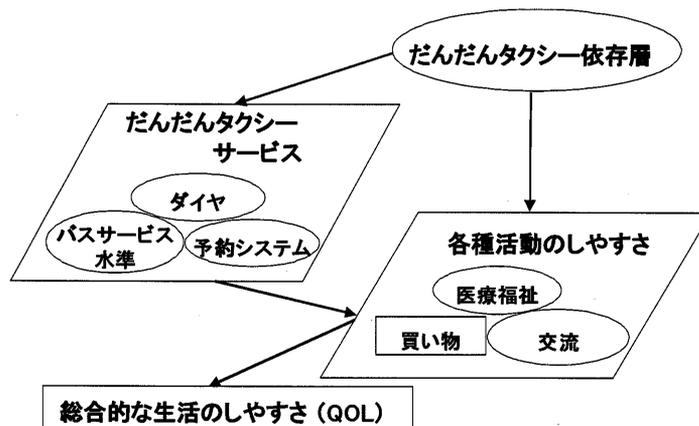


図 7.3 QOL と DRT 運行の因果構造



表 7.4 潜在変数間の直接効果

潜在変数	潜在変数	直接効果	
だんだんタクシー依存層	→ 各種活動しやすさ		
	医療福祉	-6.517	
	買物	-8.541	
だんだんタクシー依存層	→ だんだんタクシーサービス		
	ダイヤ	0.978	
	バスサービス水準	0.996	
だんだんタクシーサービス	→ 各種活動しやすさ		
	ダイヤ	医療福祉	0.505
	ダイヤ	買物	1.474
	ダイヤ	交流	0.821
	バスサービス水準	医療福祉	6.567
	バスサービス水準	買物	7.486
	バスサービス水準	交流	6.322
	予約システム	医療福祉	0.292
	予約システム	買物	0.169
	予約システム	交流	0.274
	GFI 0.756	AGFI 0.661	サンプル数 138

表 7.5 潜在変数間の総合効果

潜在変数	潜在変数	総合効果	
依存層	→ 各種活動しやすさ		
	医療福祉	0.744	
	買物	0.488	
依存層	→ 総合的な生活	0.625	
	ダイヤ	→ 総合的な生活	0.655
	バスサービス水準	→ 総合的な生活	6.008
予約システム	→ 総合的な生活	0.242	
医療福祉	→ 総合的な生活	0.568	
買物	→ 総合的な生活	0.144	
交流	→ 総合的な生活	0.190	

る。

表 7.4 より、「依存層」における各種活動のしやすさへの直接効果は負であり、高齢の女性で免許証を保有していないような層であるほど、生活を営む上での各種活動が行いにくい状況であることが確認出来る。一方、「依存層」が及ぼす「だんだんタクシーサービス」の満足度、「だんだんタクシーサービス」が及ぼす「各種活動のしやすさ」への直接効果は正である。このことから、移動を公共交通に依存する層は、「だんだんタクシーサービス」に満足しており、サービスの満足度が高いほど、活動のしやすさも向上することが確認できる。

表 7.5 は各潜在変数間における総合効果を示したものであり、例えば「依存層」が「各種活動しやすさ」に及ぼす効果は、「依存層」→「活動しやすさ」の効果と「依存層」→「だんだんタクシーサービス」→「活動しやすさ」の効果を足し合わせ総合的に評価したものとなる。「依存層」が及ぼす「各種活動のしやすさ」への総合効果は、いずれも正と推定された。このことから、「だんだんタクシー依存層」は、直接的には「各種活動のしやすさ」の満足度は低いものの、だんだんタクシーのサービスが提供されることによって活動しやすさが向上し、その満足度が向上することがわかる。

さらに、QOL 指標である「総合的な生活のしやすさ」に及ぼす総合効果では、「バスサービス水準」の効果が最も大きな結果となった。つまり、料金や運行本数といった基本的な公共交通サービスの水準が最も総合的な生活のしやすさに影響を及ぼすことが確認できる。

以上より、中山間地域の過疎集落において、DRT のサービス水準の向上は、交通弱者である高齢者等の QOL を向上させる効果が非常に高いことが確認できる。

### 7.2.3 DRT の時間変動に対する反応感度

#### (1) 時間変動に対する反応感度の調査

固定ルートの路線バスと異なり、ドア・トゥ・ドア型の固定されないルートを運行する DRT では、利用者の自宅での待ち時間や目的地までの所要時間が需要に大きく依存する。つまり、同じ便を利用して外出する利用者が多いと、車両は多くの通過点を通る必要があり所要時間が増加する。DRT が路線バスタイプに劣るサービスは、予約の必要性和所要時間や待ち時間の変動であると考えられる。ここでは、DRT が運行している掛合町と隣接する吉田村の住民を対象にした調査結果を適用して、時間変動の大きさと利用意向の関係を分析する。

調査は両自治体内に居住する世帯をランダムに訪問し、調査員が直接聞き取るインタビュー調査で実施した。調査内容と調査結果の概要を表 7.6 と 7.7 に示す。

表 7.6 調査の内容

個人属性	住所（集落名）／年齢（歳代）／性別／職業／免許証／自動車保有（自由に使える自動車等）／世帯の自動車保有／普段の移動交通手段
交通手段	現在の公共交通の利用有無、今後の利用意向
交通行動	事前事後の公共交通機関を利用した外出頻度
交通結節点に必要なサービス	重要性が高いサービス3つを選択
広域交通利用の SP 実験	LOS 変化時の利用意向
デマンド型サービスに関する コンジョイント調査	所要時間の変動と他の要因とのトレードオフ

表 7.7 調査結果概要

調査対象	島根県掛合町・吉田村の住民
調査日時	H15年9月10, 11日
調査方法	ランダムに世帯を訪問してインタビュー調査
回収数	108

次に、公共交通サービスの待ち時間や所要時間が利用意向に及ぼす影響を分析するために行ったコンジョイント分析について詳述する。コンジョイント分析は、サービスや商品が持つ属性間の代替関係の分析に効果的な手法であり、属性とその水準の組み合わせで記述されたプロファイルに対する個人の選好を分析するものである（藤原他 1988, 湯沢 1995）。

本調査におけるコンジョイント調査では、域内移動を担う交通手段の各種サービス要因とデマンド型交通機関の有する所要時間の変動に着目して分析を行う。公共交通機関のサービスレベルの決定には、現在の運行サービスを参考にして決定した。本調査におけるコンジョイント調査の要因サービスレベルは、通常路線バスと DRT に対して表 7.8, 7.9 のように設定する。本調査では、各被験者に対して路線バスと DRT に関する 9 種類のプロファイルを提示して、利用する、しないの意向を調査した。

表 7.8 各要因のサービスレベルの設定値（路線バス）

要因名	設定水準 1	設定水準 2	設定水準 3
バス停到着遅れ時間の	0分	5分	10分
所要時間の幅	0分	5分	10分
バス停距離	自宅前	200m	500m
バス料金	100円	200円	300円
バスの便数	1日 6便	1日 3便	—

表 7.9 各要因のサービスレベルの設定値（DRT）

要因名	設定水準 1	設定水準 2	設定水準 3
バス停到着遅れ時間の	0分	10分	20分
所要時間の幅	0分	15分	30分
バス料金	100円	200円	300円
バスの便数	1日 6便	1日 3便	—

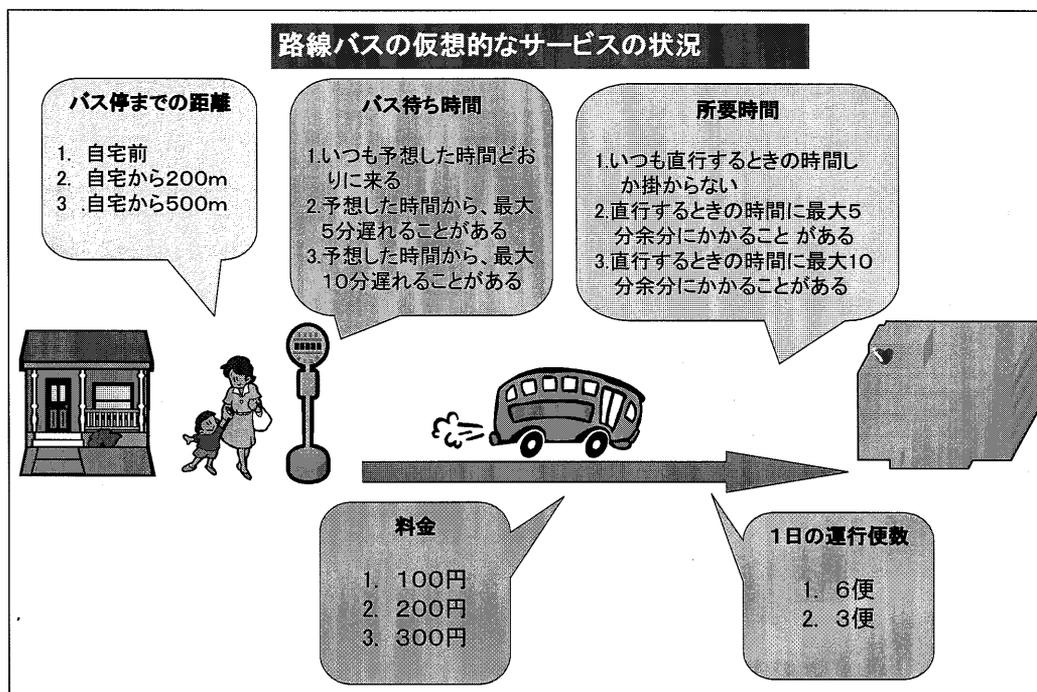


図 7.4 路線バスの要因設定のイメージ

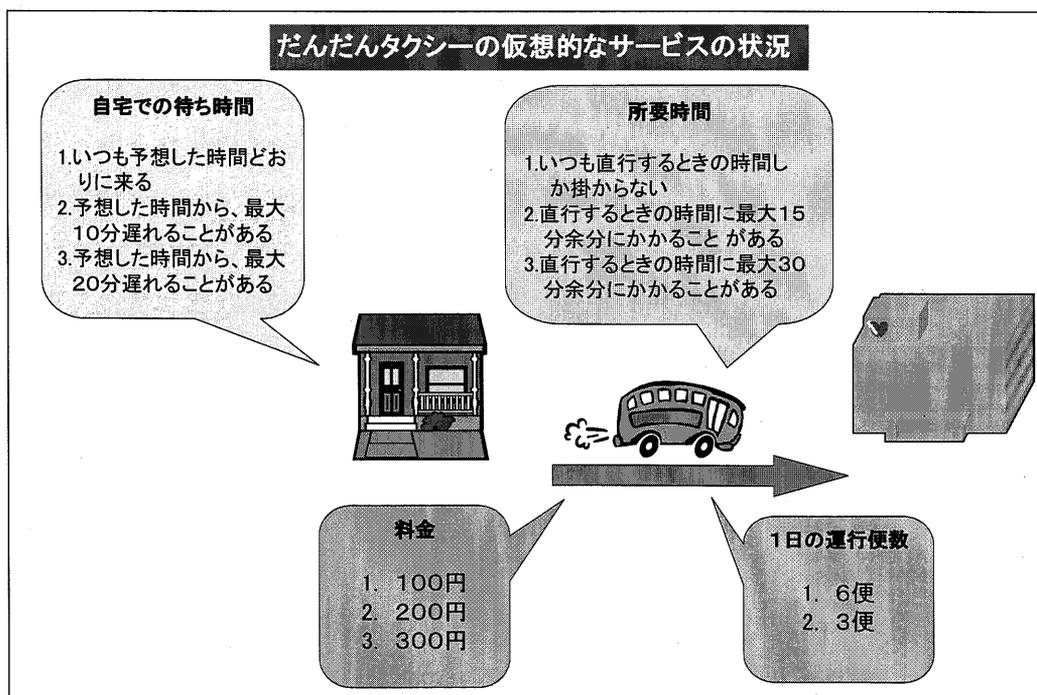


図 7.5 DRT の要因設定のイメージ

## (2) 利用意向に及ぼす時間変動の影響

上述のコンジョイント調査結果を利用して、2 項ロジットモデルを適用した公共交通利用意向モデルによって分析を行う。ここで、効用関数は一般的な線形効用関数とし、パラメータ推定は最尤推定法を適用した。分析に用いるデータは DRT と路線バスをプールして同時に推定を行った。また、現在 DRT を利用している層と利用していない層による意向の違いを分析するために、データをセグメントしたパラメータ推定も合わせて行った。推定結果を表 7.10 に示す。

全データを適用したモデルの自由度調整済み尤度比をみると、0.336 とモデルの適合度は非常に高い結果となった。パラメータの符号では、免許証、バス停待ち時間以外の説明変数が論理的に妥当な符号を示した。全てのモデルでバス停距離のパラメータ値が非常に大きくなり有意となった。中山間地域の高齢者対応型の公共交通では、徒歩距離を少なくして自宅近くで乗車できるサービスの提供が利用者の増加に有効であり、ドアトゥドアサービスの DRT は非常に効果的であることが確認できる。また、第 3 章の RP データによる需要予測モデルでは負の値であった免許証のパラメータが、SP データによる本モデルでは正の値をとり、その値も大きくなった。このことから、現在の自動車利用者は、公共交通サービスの水準が向上すれば、将来的に利用意向を持っていることが確認できる。バス停待ち時間は、有意とならずその値も論理的に妥当なものとなっていない。これは中山間地域では一般的に渋滞が少ないためバスの遅れがあまり無く、10 分程度の遅れは許容範囲であることがその要因である。自宅待ち時間と所要時間の変動は、負のパラメータ値をとり、

有意でその値も大きくなった。このことから、待ち時間や所要時間の変動が大きいことは利用者の効用を減少させることが明らかになり、DRTの運行計画に当たっては自宅待ち時間を減少させるための予約状況から計算した到着予想時刻のコールバックシステムや所要時間の変動を小さくするために、DRT運行区域を狭くするなどの工夫が必要といえる。現在のDRT利用者と非利用者のモデルの推定結果をみると、交通サービスに関する説明変数のパラメータの符号は同じ結果となった。自宅待ち時間の変動では、利用者、非利用者ともに負の値であるが、非利用者の値が大きくなった。これは現在DRTを利用していない層にとって、自宅での待ち時間が変動すると活動の予定を入れにくいことがその要因であると考えられる。これに対して、利用者では自宅待ち時間の変動は少ない方がよいものの、DRTの運行によって移動が可能となるメリットの方が大きいものと思われる。また、所要時間の変動では、両モデルともにパラメータは負値をとり現在の利用者の値が大きくなった。このことから、現在の利用者は自宅での待ち時間の変動は、所要時間の変動に比べて許容することができるが、目的地までの到着時刻の遅れに対しては許容できないことを示している。

表 7.10 公共交通利用意向モデルの推定結果

説明変数	全データ	現在のDRT利用者	DRT非利用者
女性	0.716 (2.42)*	1.208 (1.94)	0.657 (1.79)
年齢	0.045 (6.73)**	0.040 (3.26)**	0.060 (5.78)**
免許証	1.002 (3.53)**	0.914 (1.37)	1.248 (3.67)**
送迎車あり	-0.366 (-1.14)	0.160 (0.40)	-1.990 (-2.61)*
デマンドダミー	0.654 (1.51)	0.344 (0.45)	0.947 (1.72)
自宅待ち時間の変動	-0.068 (-3.69)**	-0.056 (-1.87)	-0.079 (-3.27)**
バス停待ち時間の変動	0.009 (0.04)	-0.023 (-0.38)	0.036 (0.81)
所要時間の変動	-0.068 (-5.66)**	-0.086 (-4.14)**	-0.060 (-3.88)**
料金(100円単位)	-0.252 (-1.97)*	-0.210 (-0.99)	-0.221 (-1.34)
運行間隔	-0.257 (-2.45)*	-0.239 (-1.33)	-0.231 (-1.70)
バス停距離(km)	-7.200 (-9.35)**	-9.008 (-6.32)**	-6.396 (-6.65)**
初期尤度	-459.557	-180.218	-279.338
最終尤度	-300.479	-109.013	-183.535
自由度調整済尤度比	0.336	0.371	0.326
的中率	0.704	0.700	0.707
サンプル数	663	260	403

\*\* 1%有意 \* 5%有意 ( )内は t 値

また、これらパラメータ値を用いて、各モデルに対する自宅待ち時間の変動と所要時間の変動の時間価値を算出したものが表 7.11 である。

以上の結果に対して、現在の利用者の効用を増加させることは需要の誘発のための施策であり、現在の非利用者の効用を増加させることは潜在需要の顕在化のための施策であると仮定すると、以下のようにまとめることができる。

現在の利用者に対して DRT の魅力を高め需要の誘発を図るためには、所要時間の変動が少なくなるような運行区域の設定が重要であり、潜在需要層の需要の顕在化を図るためには、待ち時間の変動を少なくするようなコールバックシステムの導入が効果的である。

### 7.3 拠点施設への広域運行路線

#### 7.3.1 広域移動ニーズと運行サービス利用の意向調査

現在、急速に進捗している市町村合併の流れの中で、地域の公共交通サービスは従来の生活交通確保といった目的のみならず、生活圏の拡大に伴う広域移動ニーズへの対応が必要となる。例えば、圏域の核となる総合病院や大型ショッピングセンター等への移動手段の確保を考えたとき、合併前に広域交通手段が確保されていない自治体に居住する住民は、自治体内で等質に移動の手段を保有していなかったことになる。しかしながら、合併後における各集落の平等性を考えたとき、これら交通手段を持たない自治体の集落は他の自治体集落と等質な移動機会を与えられていないことになる。つまり、合併後の交通行政施策において平等性を検討するときには、このような地域に対して広域運行路線の検討を行うことが必要となる。これは換言すると、中山間地域に居住する高齢者等にとって公共交通サービスの水準が格段に向上することとなり、合併のメリットの一つとして取り上げることが可能となる。

中山間地域における公共交通サービスは、これまで述べたように低い LOS での運行が余儀なくされる場合が多い。このことは、1 次医療に対する移動や日常の買物を行うといった生活交通確保のための公共交通サービスと広域運行サービスの乗り継ぎのサービスに大きく影響を与えることとなる。つまり、少ない運行本数で提供される域内路線と広域路線の乗り継ぎを全ての結節点においてスムーズに行うことは困難であり、結節点における待ち時間が非常に長くならざるを得ない箇所が生じることとなる。さらに、前節で取り上げた DRT は、需要に応じて運行の所要時間が変動するため、乗り継ぎのダイヤ設定を行う際に、最も長い所要時間を仮定する必要がある。この場合、需要が少なく早く結節点に到着すれば、その待ち時間は非常に長くなる。

表 7.11 各要因のサービスレベルの設定値

要因名	設定水準 1	設定水準 2	設定水準 3
乗り換え	あり	なし	—
待ち時間	10分	30分	60分
バス料金	400円	600円	800円
バスの便数	1日 6便	1日 3便	—
バス停	快適	屋外	—

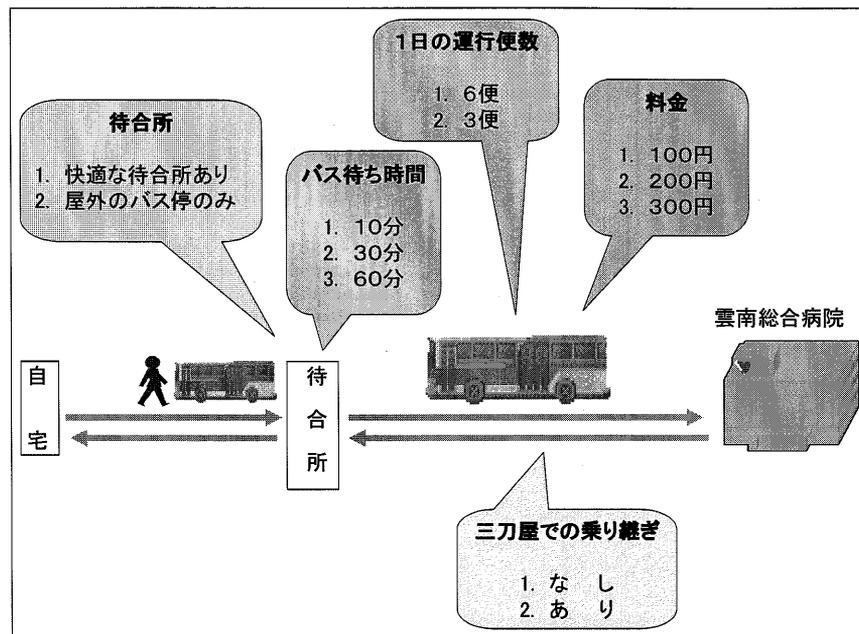


図 7.6 広域運行路線の要因設定のイメージ

このような背景の下で、本研究は表 7.7 に示す掛合町吉田町調査を通じて、広域運行路線バスの利用意向に関する選好意識データ (Stated Preference data, 以下 SP データ) を確保した。SP データは仮想的に設定された状況下のもとで意思決定者が表明した選好のデータであり、調査段階で回答者に提示する交通サービス水準を計画者側が自由に設定できるため存在しない交通システムや交通施策の評価に適している。(杉恵, 藤原, 1993)

本調査における SP 実験で取り扱う交通サービス要因とその水準は、表 7.11 に示すとおりであり、結果的に 335 サンプルの SP データが得られた。

### 7.3.2 広域運行路線の利用意向に及ぼすサービス要因の分析

インタビュー調査で得られた SP データを利用して、前節と同様に 2 項ロジットモデルを適用した広域運行バス利用意向モデルによって詳細な分析を行う。ここで、効用関数は一般的な線形効用関数とし、パラメータ推定は最尤推定法を適用した。モデルの推定結果を表 7.12 に示す。

自由度調整済み尤度比をみると、0.160 とモデルの適合度は低い結果となった。LOS に関するパラメータの符号は、運行間隔以外は論理的に妥当な値となった。バス待ち時間をみると、その符号は負であり有意となっている。このことから、域内交通と広域運行路線バスの待ち時間が長いと利用意向は減少することがわかる。そのため、両運行路線のダイヤ設定を可能な限りリンクさせて計画する必要がある。また、快適なバス待合所ありダミーのパラメータの符号は正であり有意となった。このことから、域内交通と広域交通の結節点を快適な空間として整備することによって、広域運行路線バスの利用意向を向上させることが確認できる。そのため、中山間地域における広域運行路線の計画に当たっては、

表 7.12 広域運行路線利用意向モデルの推定結果

説明変数	パラメータ値
掛合町ダミー	-1.492 ( -4.75)**
女性	-0.361 ( -0.82)
年齢	-0.031 ( -1.96)*
免許証	0.335 ( 0.86)
現在の利用ダミー	0.340 ( 1.23)
待ち時間	-0.034 ( -5.35)**
乗継ありダミー	-0.909 ( -3.03)**
料金 (100 円単位)	-0.223 ( -2.76)**
運行間隔	-0.035 ( -0.25)
快適な待合所あり	0.622 ( 2.40)*
定数項	5.752 ( 3.67)**
初期尤度	-232.204
最終尤度	-189.248
自由度調整済尤度比	0.160
的中率	0.513
サンプル数	335

\*\* 1%有意 \* 5%有意 ( )内は t 値

上述の域内路線とのダイヤを連動させて計画するとともに、これら両路線の結節点を快適な空間として整備することが必要となる。

## 7.4 交通結節点整備手法の分析

### 7.4.1 交通結節点整備の必要性と取り組み

前節までの分析結果から、運行本数が少ないといった交通LOSが低い中山間地域の公共交通サービスでは、交通結節点での待ち時間が非常に長くなる。特に需要に応じて所要時間が変動するDRTと広域運行路線の接続では、待ち時間を長くするダイヤ設定が不可避となる。これに対して、前節の分析結果からは、広域運行路線の利用意向に快適待合所があることが、大きな影響力を持つことが明らかになった。このように、今後の中山間地域の公共交通結節点では、バス待ち時間を快適に過ごせる空間にするとともに、待ち時間を利用して買物や処方箋の薬を受け取るといった生活の利便性を向上させる施設整備が必要である。さらに、今後の中山間地域における生活や交通の利便性をより向上させるような、付加機能を持たせることも重要である。

このようなバス交通を対象とした交通結節点整備に関する研究は、現在のところ非常に限定されたものしかなされていない。交通バリアフリー法の施行に伴う高齢者・障害者の交通問題の解決に向けて、バス停のバリアフリーに着目した研究が数多くなされている。

(三星他, 1996 ; 川上他, 1997, 2003) 青山ら (2002) はバス交通に限定しない都市公共交通ターミナルにおける乗換抵抗の要因を分析した上で、その施策の便益計測を行っている。また、中村ら (2003) は鉄道駅において、乗り継ぎの利便性向上のための駅の構造とバス案内情報の提供を分析している。その他にバスベイの形状に関して、バス運転手側からの分析 (中村他, 2003) や歩道の通行性に着目した分析 (房川他, 2003) が実施されている。このように、交通結節点に関しては、バリアフリー、情報提供、自動車や歩行者の通行に関する研究は見受けられるが、高齢者等の休憩や他のアクティビティに着目した研究事例はほとんどなされていない。

また、具体的な取り組みとしては、国土交通省ではこのようなバスの結節点に対して「バスの駅整備事業」を創設して、バス交通ネットワーク形成の推進や郊外部での拠点形成等に向けて整備事業の推進を行っている。中山間地域の公共交通でも住民の利便性を向上させるために、様々な取り組みが行われている。島根県掛合町では、幹線国道沿いのショッピングセンター内の喫茶店跡を活用して、バス待合所として利用している。ショッピングセンター内には処方箋薬局やキャッシュコーナーのような生活の利便性を高める施設があると同時に、喫茶店跡であることから椅子とテーブル、昼の休憩場所といった待ち時間の



写真 7.2 掛合町における交通結節点整備の事例

快適性を向上させる施設がある。

本研究では、このような中山間地域における交通結節点整備に対して、高齢者の待ち時間の快適性の向上や他のアクティビティの提供といった観点から、利便性や快適性向上のために必要な施設や設備を詳細に分析する。

#### 7.4.2 中山間地域の交通結節点に必要な施設や設備の分析

##### (1) 集計分析による必要な施設や設備の把握

表 7.7 で示したインタビュー調査では、交通結節点に必要な施設や設備について質問を行っている。ここでは、当該調査の集計結果から詳細な分析を行う（図 7.7）。

単純集計結果を「待合所環境向上」「生活利便性向上施設」「先進的な付加設備」に区分する。公共交通の利用に直接的に影響を及ぼす待合所環境向上が最も多く、全体の約 63% を占めた。これは中山間地域の公共交通サービスが低頻度であるため、待ち時間が長いことに起因している。具体的には、特に冷暖房設備や畳の休憩場所が多くなり、高齢者等が

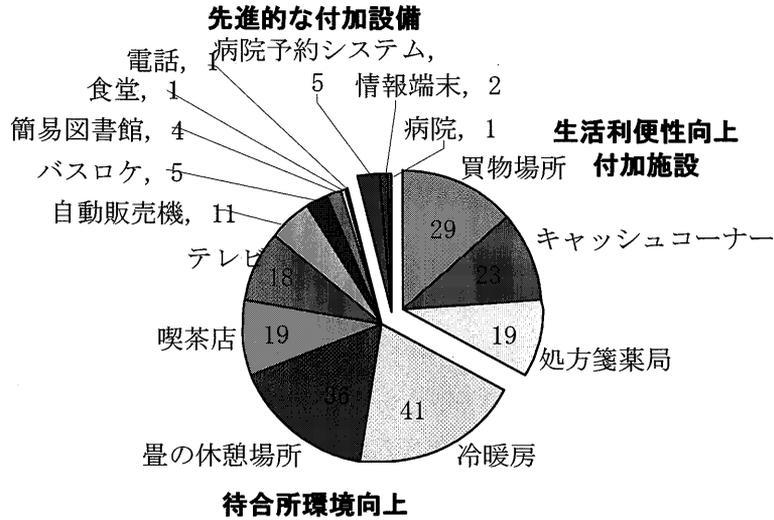


図 7.7 交通結節点に必要な施設・設備

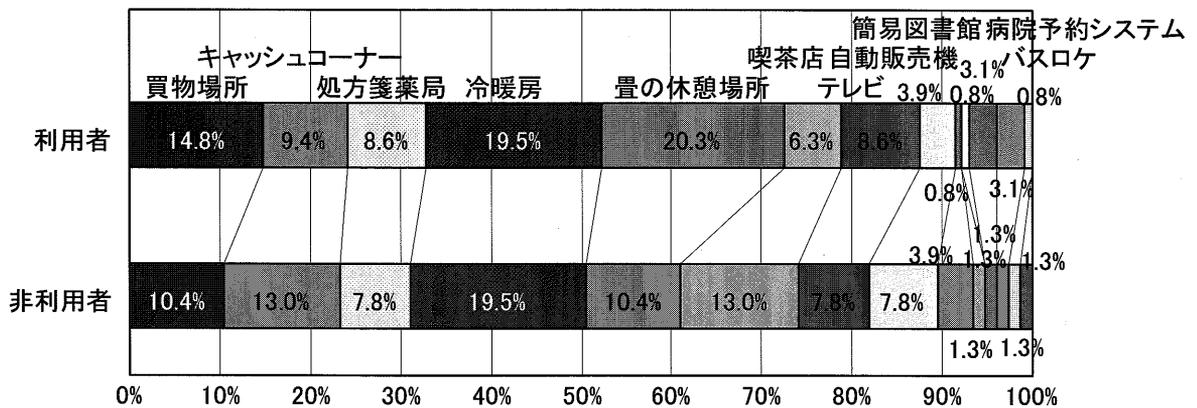


図 7.8 現在の公共交通利用の有無別の交通結節点に必要な施設・設備

体に負担をかけずに快適に過ごせる空間を待合所に求めていることが確認できる。これに次いで約 33%が公共交通利用とは直接的に関係のない生活利便性向上のための付加施設を必要とする結果となった。これは通院等の外出のついでに買物等を行いたいという要望であり、交通結節点で買物ができるメリットは、重い荷物を持たずに購入品を持ち帰ることが可能となることである。また、各種サービス施設が少ない中山間地域では、キャッシュコーナーのような施設も多くないため、交通結節点に設置することによる利便性向上の効果は大きいものと予想される。

これに対して、より先進的な病院予約システムや情報端末等の必要性は非常に低いものとなった。これは、先進的な設備の導入による効果が高齢者等に理解できていないことと、それ以前に基本的な快適性・利便性向上施策への要望が高いためであると考えられる。

図 7.8 は、現在の公共交通利用の有無に対するクロス集計結果である。全体の傾向は変

わらないものの、利用者の買物場所と昼の休憩場所が非利用者に比べて大きな結果となった。これは現在の利用者が免許証を有していない女性が多いため、外出の際に買い物を同時に済ませることが非常に生活の利便性を高めることが可能になるとともに、自動車を利用できない層は加齢による身体能力の衰えから、休憩場所の環境が非常に重要であることがその要因であると考えられる。

以上のことから、中山間地域の交通結節点では、高齢者等が快適に過ごせる空間を提供することが非常に重要であり、その機能は身体能力が減少している高齢者等のニーズにあったものとする必要がある。これらのことは、一般のバス停においても当てはまるものであり、バス停に屋根やベンチを設置することの効果は、利用者の快適性向上に果たす役割は非常に大きいと言える。また、広域運行路線との結節点では、単にバスの待合所としての機能だけではなく、地域の生活の拠点となりうる各種施設があることによって、大きく高齢者等の生活利便性が向上することとなる。これは換言すると、このようなショッピングセンター、金融機関、医療機関、薬局等の既存あるいは新規施設を交通結節点として活用することが有効であるといえる。より先進的な設備の必要性については、要望がほとんどない結果となった。しかしながら、今後の高齢者の行動をより便利なものとするためには、先進的なサービスは不可欠であり、可能な箇所については導入を行うべきであろう。

## (2) 結節点の利便性快適性向上施策の要因分析

結節点における利便性・快適性向上のために必要な施策に対する選好の要因を分析するために、5.3節で行った共分散構造分析を適用して詳細な分析を行う。分析はパッケージソフト Amos4.0 を適用してパラメータ推定を行った。ここでは、利便性・快適性向上施策の種類を上述のように「生活利便性向上付加施設」、「待合所環境向上設備」、「先進的な付加設備」に分割して、それぞれの施策を構成する個別の施設等（買物施設、冷暖房設備等）を選択したか否かをダミー変数で表現したものを目的変数としている。本モデルのパス図を図 7.9 に示す。ここで、四角内の変数は観測変数を表し、楕円内の変数は潜在変数を表している。

各パスのパラメータ値では、潜在変数「活動能力の衰え」の観測変数をみると、「女性」「年齢」ともに正であり、女性で高齢になるほど活動能力が衰えることを表している。潜在変数「移動環境」では、「免許証」「世帯自動車」が正で「現在の公共交通利用」が負であることから、自動車を利用できない層は移動環境が低いことが確認できる。これら「活動能力の衰え」から「移動環境」へのパスは負であり、活動能力が衰えることによって移動の環境が低下することを示している。

次に、潜在変数「活動能力の衰え」と「移動環境」から「生活利便性向上付加施設」、「待合所環境向上設備」、「先進的な付加設備」へのパスについて考察する。「活動能力の衰え」から「生活利便性向上付加施設」のパスは、正でその値も大きなものとなった。つまり女

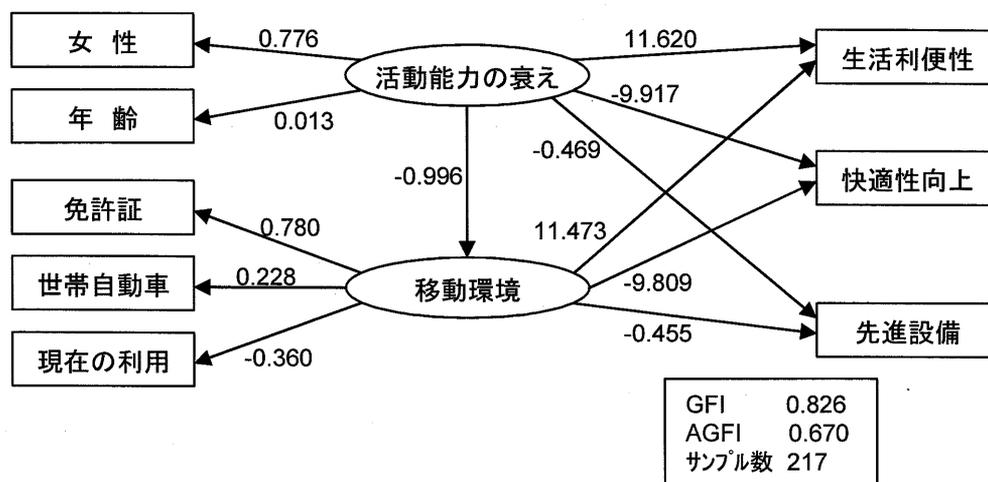


図 7.9 結節点に必要な施設に関する共分散構造分析のパス図

性で年齢が高くなるほど通院などでの外出時に買物等が同時にできるサービスを望んでいることが確認できる。逆に「待合所環境向上設備」へのパスは負でその値は大きくなり、男性で年齢が低くなるほど生活のためのアクティビティを行う必要が少なく、待合所そのものの快適性の向上が重要視されるものと考えられる。「移動環境」から「生活利便性向上付加施設」「待合所環境向上設備」へのパスも同様な傾向を示した。自動車を利用できる高い移動環境を有する層は、公共交通を利用しない場合でも買物場所やキャッシュコーナーといった設備を地域内に有することによって利便性が向上するため、これら施策への選好の度合いが高いものと思われる。また、高い移動環境を有する層は、現在公共交通の利用頻度が少ないために待合所の快適性向上に対して、低い選好しか持たないことを示している。これは逆に言うと、自動車が利用できない公共交通依存層にとっては、結節点の快適性向上は非常に重要であることが確認できる。

以上の分析結果から、集計分析では「生活利便性向上付加施設」の選好は、「待合所環境向上設備」よりも低い割合であったものの、女性や高齢者にとっては買物場所等の生活の利便性を向上させる施設の設置が非常に重要であることが確認できる。さらに、公共交通利用が不可欠な自動車を利用できない層にとって、結節点におけるバス待ち時間の快適性を向上させる設備が非常に重要であることが確認できる。

## 6.5 まとめ

本章では、中山間地域の広域移動ニーズに対応した公共交通サービスに対して、利用する高齢者等の利便性や快適性を向上させるとともに、利用者の増加につながる付加的な各種サービスについて検討を行った。

域内運行のサービス向上に有効な DRT の分析からは、需要応答型のサービスは供給側からみたサービスの効率化につながるだけでなく、利用者の顧客満足度を向上させる効果があるとともに、地域の住民の生活の質改善に大きく寄与することが確認できた。今後は、このようなサービスを地域の実情に合わせたサービス内容で導入を増やすことが必要であると言える。また、DRT の特徴である待ち時間や所要時間の変動に関する反応感度の分析からは、大きすぎる変動に対しては利用意向が減少する傾向があることが確認できた。これに対しては、自宅での待ち時間を有効に活用するための到着時刻コールバックシステムや極端に所要時間が増加しない運行区域の設定等の施策が有効となる。

広域運行路線の LOS と利用意向の関係からは、一般的な料金等のサービス要因に加えて、乗り継ぎ、待ち時間、快適に過ごせる待合所の有無といった要因が大きく影響を及ぼすことが確認できた。このことから、広域運行路線の計画に当たっては、なるべく拠点施設までの乗り継ぎを設けないこと、できるだけ域内交通と広域交通のダイヤをリンクした計画とすること、快適な交通結節点を整備することが必要である。

また、広域運行路線と域内運行路線の交通結節点に対しては、待合所そのものの快適性向上が不可欠であり、生活の利便性を向上させる各種施設を設置することも必要である。特に生活利便性向上施策では、高齢者等の生活を向上させる施設を交通結節点と一体化することによって、地域の生活全般の利便性向上に寄与するものとなる。

## 第7章関連参考文献

- 秋山哲男, 中村文彦: バスはよみがえる, 日本評論社, 2000.
- 大沢由紀, 三星昭宏, 児玉健: 高齢者, 障害者等に配慮したバス停整備に関する考察, 土木計画学研究・講演集 No19 (1), pp.247-250, 1996.
- 過疎地域等バスロケーションシステムに関する調査研究会: 過疎地域等バスロケーションシステムに関する調査研究報告書, 総務省中国総合通信局, 2003
- 金井昌信, 青島縮次郎, 杉木直: バス非利用者のバス路線に対する認知度を考慮した今後のバス利用意向とバス路線存続意向との関連分析, 第26回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2002.
- 川上光彦, 山口孝史: バス停におけるバリアフリーのための文字情報の視認性に関する実験的研究, 第28回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2003.
- 岸邦宏, 金家めぐみ, 日野智, 佐藤馨一: 地方都市におけるサポートシステムの導入に関する研究, 第28回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2003.
- 喜多秀行, 谷本圭志, 有田和人: 過疎地域におけるバスサービスの利便性調査手法と評価手法の提案, 第24回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2001.
- 喜多秀行, 谷本圭志: 過疎地域におけるバスサービス調達支援ツールの開発, 第27回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2003.
- 小林史彦, 川上光彦, 沈振江: モデルバス停におけるバリアフリーの実態と課題に関する調査研究—金沢市における事例研究—, 第28回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2003.
- 佐藤寛之, 青山吉隆, 中川大, 松中亮治, 白柳博章: 都市公共交通ターミナルにおける乗換抵抗の要因分析と低減施策による便益計測に関する研究, 土木計画学研究・論文集 No19, No.4, pp.803-812, 2002.
- 杉恵頼寧, 藤原章正: 選考意識調査の設計の手引き, 交通工学, Vol.28, No.1, pp.63-71, 1993.
- 鈴木早紀子, 大蔵泉, 中村文彦, 矢部努: 新形状のバスベイの設計と評価に関する研究, 第28回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2003.
- 中見利男: 構造改革特区を事業チャンスに生かす方法, 中経出版, 2003
- 房川秀人, 山田豊, 横山哲: バス乗降の容易さと歩道通行性を確保した改良型バスベイの提案, 第24回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2001.
- 藤原章正, 杉恵頼寧, 平野毅志: 順位づけした意識データの適用性に関する研究, 土木計画学研究・講演集 No11, pp.699-706, 1988.
- 三浦剛, 大蔵泉, 中村文彦, 矢部努: 駅の構造に着目した鉄道駅におけるバス情報提供に関する研究, 第28回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2003.

村田康裕，川上光彦，馬場先恵子，中野雅樹，馬場啓輔：バス停のバリアフリー環境向上に関する調査研究－金沢市における事例調査－，土木計画学研究・講演集 No20 (2)，pp.791-794，1997.

山崎基浩，伊豆原浩二，秀島栄三，山本浩司：地方都市における交通施策の評価とその成功要因に関する考察～三好町「さんさんバス」を例として～，第26回土木計画学研究・講演集，CD-ROM，2002.

湯沢昭，須田熙：コンジョイント分析におけるプロファイルの設定方法とその課題，土木学会論文集 No.518/IV-28，pp.121-134，1995.

Schaefer, C. : Multibus – A new and innovative approach for bus systems in rural areas, European Transport Conference, CD-ROM, 2003.

## 第8章 結 論

### 8.1 研究成果のまとめ

本格的な高齢社会を迎える中、従来は社会的なマイノリティとして取り扱われてきた高齢者等の交通確保の問題が急激に着目されるようになってきた。これら移動制約者といった範疇で取り扱われてきたこれら諸問題は、平成12年に施行された交通バリアフリー法によって、都市部を中心として大きく解決に向けて動き出している。特に交通バリアフリー法の整備重点地区では、鉄道駅等の交通結節点や拠点施設までの経路のバリアフリー化が図られるとともに、ノンステップバス車両の導入など急速に交通環境が改善されつつある。

一方で、過疎化が進行する中山間地域では、人口集積が少ない上に山がちな地形条件から路線バスをはじめとする公共交通サービスの運行サービス水準が低く設定されていることが多い。このことは路線バスの需要減少の要因となり、運行事業者が経営改善のためにサービスレベル低下によってコスト削減を図ることが、さらなる需要減少を引き起こすといった悪循環に陥ってきた。このような中、平成14年に施行された道路運送法の改正によるバスの規制緩和によって、路線バス事業の参入撤退規制が廃止され、赤字不採算路線が多い中山間地域からの民営バス事業者の撤退が不可避なものとなった。移動を公共交通に依存する中山間地域の高齢者等の生活交通を確保するためには、自治体や住民が関与する公共交通の運行が不可欠であり、近年その数は非常に多くなっている。また、平成17年に向けて各地で市町村合併の動きが進捗しており、合併後の広域移動ニーズへの対応や合併自治体間の公共交通サービス提供の平等性への対応など、地域の公共交通計画は非常に重要な位置づけになっている。さらに、近年の情報技術の進展によって、様々な新しい施策が容易に取り入れることが可能となっている。

このような状況は、中山間地域の自治体にとって高齢者等の生活を確保するために、大きな負荷になる一方で、従来の民営事業者が行ってきた需要減少に対してサービス低下によるコスト削減といったマイナス思考の対応から、地域の生活全般から考えて地域や住民自らが移動手段を構築していくプラス思考への転換の大きな機会である。

しかしながら、このような地域の公共計画を担う自治体職員の多くは、交通計画の専門家でない場合が多く、計画立案を代行する地域のコンサルタントの全てが公共交通計画に精通しているわけではない。そのため、このような専門知識を持たない交通計画担当者や計画者が、容易に計画立案を行うことができる計画のシステムや計画支援ツールの開発が不可欠な状況にある。

本論文では、以上のような問題意識に立ち、通勤ではなく高齢者等が生活を営んでいくためのアクティビティに利用する中山間地域の公共交通サービスの計画手法を構築した。

具体的には、採算性を評価するための需要予測モデルを構築するとともに、採算性以外の評価指標を提案した。次に、これらの評価指標算出のアルゴリズムを容易に操作が可能とするために、GIS データベースを活用した計画支援システムを構築した。また、今後高齢化がより進行し、交通だけではなく生活全般の支援を行う必要が生じる集落に対する交通計画手法を探るために、総合的な生活支援施策と交通サービス改善の関係を明らかにして指標の一つとして加えた。さらに、生活交通確保の目的だけでなく、今後の中山間地域の高齢者等の広域移動ニーズに対する利便性向上や需要増大のために必要な施策の分析も合わせて行った。このような計画支援システムや分析結果を適用することによって、中山間地域の公共交通計画立案がより効果的、効率的に実施されるものと確信する。

以下、本研究で得られた具体的な知見を示す。

まず、中山間地域の公共交通サービスの主たる利用者である高齢者の交通行動に着目して、交通サービス水準の低下による交通需要潜在化に関して分析を行った。中山間地域におけるアンケート調査の集計分析結果からは、現在公共交通サービスを利用していない層の半数以上が、運行サービス向上によっては利用意向を持つ交通潜在化層であることが確認できた。これら潜在化層は、現在は自分の運転や送迎によって自家用車による移動が可能な層が多く、公共交通サービス水準の向上によって需要の顕在化が期待できるとともに、今後の加齢に伴う自動車運転の困難さによって公共交通への転換が予想されることが確認できた。また、中山間地域の公共交通利用に対しては、料金やバス停距離等の要因のサービス水準に利用を行わなくなる限界水準があり、そのためにサービス水準と公共交通利用意向が線形関係にないことが確認できた。具体的には、中山間地域の公共交通サービスに関する高齢者等の交通行動は、サービス要因間に不完全代替性を有しており、他の全ての要因のサービス水準が高くても、一つの要因のサービス水準が限界水準の近くであると、その公共交通サービスの魅力は減少し、交通需要が潜在化することが確認できた。

次に、公共交通計画代替案の採算性分析の基礎となる需要予測モデルの構築を行った。モデルでは上述の要因間の不完全代替性の存在から、高齢者の交通行動の意志決定ルールが非補償型であると仮定して、この関係を効用最大化の枠組みの中で表現可能な非補償型効用関数を適用した。需要予測モデルは利用頻度を目的変量とし、高齢者対応型公共交通サービスを利用するか否かといった離散的な選択、利用するならば、一定期間内に何回利用するかといった連続的な選択を表現する離散連続モデルを適用した。この離散連続モデルを適用することによって、高齢者等の交通行動を論理的に記述できる高齢者対応型公共交通サービスの利用頻度予測モデルを構築することができた。また、モデルの推定結果からは、高齢者は公共交通機関の利用に際して、許容できるサービス水準には閾値が存在することが明らかになった。このような閾値を考慮して、その前後で反応の重みが変わる非補償型効用関数を適用することにより、高齢者の交通行動メカニズムを適切に記述することが確認できた。

需要予測モデルを活用した採算性分析手法を構築する一方で、中山間地域の公共交通計画の検討に対して、採算性とそれ以外に重要となる評価指標として「QOL 指標」、「CS 指標」、「EQ 指標」を提案した。これら評価指標を適用したケーススタディの結果から、これら指標を適用した公共交通計画によって、より効率的で効果的であるとともに、地域の住民の利便性を高めることが可能になることが確認できた。

また、今後の超高齢化が進行する過疎地域の集落における各種施策を分析するために、高齢化率 56.8%の集落で全住民を対象としたアンケート調査を実施した。調査結果を適用して共分散構造分析とコンジョイント分析を実施した。結果として、過疎集落の高齢者の QOL 向上のためには、医療福祉サービスの充実が重要であることがわかった。また、コンジョイント分析結果からは、各種活動施設の整備水準が低い当地区からは、町中心部へ安く移動できることが重要であるとともに、地区内への医療施設の立地が重要であることがわかった。これらを総括することによって、過疎化や高齢化が急速に進行している中山間地域の集落において高齢者等の生活を確保するバス等公共交通機関の計画に当たっては、採算性等の交通サービスからだけでなく、本研究で定義したような医療、福祉、買物といった総合的な生活支援施策から QOL の向上といった指標を適用して評価を行う必要があることが確認できた。

さらに、需要予測モデルと採算性以外の評価指標と GIS データベースを組み合わせた地域の公共交通計画を支援する GIS によるシミュレーションシステムを開発した。当該システムを適用して、中山間地域における公共交通計画での適用事例を示すとともに、人口集積と固定ルート型の路線バスとジャンボタクシーを利用したドアツードア型 DRT のような運行形態と採算性の関係を分析した。分析結果からは、人口集積が多く需要が多く見込まれる地区では、小型車両によるドアツードアサービスでは固定ルート型の大型車両を適用した路線バスに比べて採算性が劣ることが確認できた。このように、過疎化が進む中山間地域において需要に応じて運行が可能な DRT は、効率的であり利用者の利便性も高くなるものの、対象地区の特性によっては非効率となることがある。つまり、中山間地域の公共交通計画では、他地域での高い評価や成功事例を模倣して、そのままのサービス形態を導入するのではなく、対象地域固有の条件下で最適な運行形態を検討する必要がある。

最後に、中山間地域の広域移動ニーズに対応した公共交通サービスに対して、利用する高齢者等の利便性や快適性を向上させるとともに、利用者の増加につながる付加的な各種サービスについて検討を行った。域内運行のサービス向上に有効な DRT の分析からは、DRT の特徴である待ち時間や所要時間の変動に対して、大きすぎる変動に対しては利用意向が減少する傾向があることが確認できた。これに対しては、自宅での待ち時間を有効に活用するための到着時刻コールバックシステムや極端に所要時間が増加しない運行区域の設定等の施策が有効となる。広域運行路線の LOS と利用意向の関係からは、広域運行路線の計画に当たっては、なるべく拠点施設までの乗り継ぎを設けないこと、できるだけ域内

交通と広域交通のダイヤをリンクした計画とすること、快適な交通結節点を整備することが必要であると確認できた。交通結節点の分析からは、待合所そのものの快適性向上が不可欠であり、生活の利便性を向上させる各種施設を設置することも必要であることが確認できた。特に生活利便性向上施策では、高齢者等の生活を向上させる施設を交通結節点と一体化することによって、地域の生活全般の利便性向上に寄与することが確認できた。

## 8.2 本研究の適用範囲と今後の課題

本研究は中山間地域を対象にした各種アンケート調査等に基づいて、各種分析やシステムを構築している。これらシステム構築に当たっては、専門家以外の交通計画担当者が用意に操作が可能となり、わかりやすい評価のアウトプットを提供するために、できるだけ複雑な構造を持たない分析ツールを適用している。そのため、中山間地域の公共交通計画の諸課題全てに対応できるものではない。具体的には、3章から5章の分析結果を活用した6章での計画支援システムにおける採算性検討において、その対象は概ね自治体の中心部への移動といった生活交通確保の交通サービスとしている。このことから、当該システムでは、乗り換えを必要とするような広域移動のための公共交通サービスの評価を行うことは不可能である。また、構築した需要予測モデルにおいて考慮したDRTは、調査対象地域で運行されているジャンボタクシーを利用したドア・トゥ・ドア型のダミー変数のみであり、他のサービス内容を伴うDRTへの適用に当たっては、説明変数の考え方等を工夫する必要がある。さらに、本研究全般に渡って、公共交通の1日の運行便数は考慮しているが、個々の運行ダイヤの設定等には触れておらず、ピーク率によって対応しているだけである。そのため、具体的なダイヤ設計を行う計画には適用することはできない。これらに加えて、開発した公共交通計画支援システムは、地域に最適な交通システムを自動的に立案するものではなく、各地域の現状で適用可能な複数の計画代替案を容易に出力するものである。そのため、計画の良否はシステムを活用する計画者が立案する計画代替案の内容に依存するとともに、地域にとって最適な評価基準は各自治体が決定するものである。

このような適用範囲の限界や支援システムの構造等の限界に対して、以下のような研究課題が残されている。

- 1) 概ね一次生活圏内での移動手段確保を前提とした需要予測モデルに加えて、地域の拠点施設への広域移動を対象とした採算性算出を前提とした需要予測モデルを構築する必要がある。このような一次生活圏内の域内運行路線を対象にした分析ツールと広域運行路線を対象にした分析ツールを結合することによって、より幅の広い計画に対応可能とすることができる。これら現存しない広域移動の需要予測モデル構築に当たっ

ては、SP データを有効活用して、RP データとの融合モデルとして構築することも有効であると考えられる。

- 2) 今後、さらなる情報技術の進展によって、様々な形態の進化した DRT サービスの評価を行うために、DRT の時間変動や予約等の煩わしさ等を反映させることのできる需要予測モデルの構築が必要となる。このためには、コールバックシステムといった新しく付加される各種サービスの影響を詳細に調査することが不可欠であり、これから導入される DRT サービスを対象にした調査を継続することが必要となる。また、導入の際には、各種付加サービスの内容を変えた実験運行を行うことも有効であろう。
- 3) 本研究で構築した地域の公共交通支援システムは、時間の概念が考慮されていない。GIS を活用することによって、新規公共交通の計画立案だけでなく運行開始後の維持管理等にも有効活用が可能となる。そのため、システム全体に時間軸の概念を入れて、ダイヤ変更や乗継計画等が容易に行えるシステムへの拡張が必要である。また、このような計画結果としての運行情報を計画者だけでなく住民に対する情報提供システムとの連動も視野に入れる必要がある。
- 4) 最終的な公共交通計画の良否は計画支援システムを活用する自治体職員等の代替案抽出能力に依存するために、これら計画者の能力向上が不可欠である。このためには、公共交通計画のためのマニュアルや各種教育等を合わせて実施していくことが、より良い中山間地域の高齢者の生活環境を向上させることとなる。システムの普及に合わせて、このような活動を行っていくことが不可欠である。

未筆ながら、本論文が効率的で効果的な中山間地域の公共交通計画の実施や中山間地域の生活環境向上に資することができれば、この上ない喜びである。

## 謝 辞

本研究の遂行に当たっては、多くの方々のご指導とご協力を賜りました。ここに記して感謝の意を表します。

広島大学大学院工学研究科杉恵頼寧教授には、社会人として在籍した修士課程から今日に至るまで一貫してご指導、ご鞭撻を賜ったことに深甚なる感謝の意を表します。

広島大学大学院国際協力研究科藤原章正教授には、本研究の考案から調査、分析、論文作成まで終始ご指導賜りました。心から感謝の意を表します。

広島大学大学院国際協力研究科張峻屹助教授には、モデル構築から推計手法に関するご助言を頂くとともに、研究に関する長時間の議論にお付き合い頂きました。広島大学大学院工学研究科奥村誠助教授、同大学大学院国際協力研究科岡村敏之助手、同大学大学院工学研究科塚井誠人助手には、研究遂行のご助言と建設的なご意見を頂きました。厚くお礼を申し上げます。

また、島根県中山間地域研究センター藤山浩主任研究員をはじめとする地域研究課の方々、国土交通省中国運輸局交通環境部城福健陽部長、坂田俊平情報調査官、島根県大社町役場広域振興課石田武課長補佐、島根県雲南6町村合併協議会事務局後山洋右班長をはじめとする交通プロジェクトチームの方々など、多くの方々からデータ収集や分析に当たってご協力を頂きました。これらの方々にも心から感謝の意を表します。

さらに、本研究を進める上で広島大学大学院国際協力研究科交通工学研究室、同大学大学院工学研究科土木計画学研究室の諸兄に大変お世話になりました。特に、高槻市役所小霜陽子氏、福岡県土木部石下みつ子氏には、調査、分析に際して多くの協力を得ました。深く感謝致します。

最後に、心の安らぎを絶えず与えてくれた妻和子と二人の娘可南子と日向子に心より感謝して、本研究を締めくくります。

2004年2月 森山昌幸

## 付 録

1. 中山間地域の交通実態アンケート調査票（頓原・赤来町）
2. 超高齢化集落の交通実態と生活に関するアンケート調査票
3. 超高齢化集落の交通実態と生活に関するコンジョイント調査票
4. 中山間地域の広域移動に関するアンケート調査票





問10 問7で「バス」に○をした方、問9で「利用する」と答えた方にお聞きします。下の表にあるA、B、Cについて、それぞれ当てはまるものに○をつけてください。

A バス停までの距離についてお聞きします。最大どのくらいの距離までならばバスを利用しても良いですか。	B 料金についてお聞きします。最高どのくらいの料金までならばバスを利用しても良いですか。	C 運行本数についてお聞きします。最低どのくらいの間隔で運行すればバスを利用しても良いですか。
1. 自宅まで送迎 2. 200m以内 3. 400m以内 4. 600m以内 5. 800m以内 6. 1km以内 7. 1.5km以内 8. 2.0km以内 9. その他( )	1. 100円以下 2. 200円以下 3. 300円以下 4. 400円以下 5. 500円以下 6. 600円以下 7. 700円以下 8. その他( )	1. 1日に10往復以上 2. 1日に8往復以上 3. 1日に6往復以上 4. 1日に4往復以上 5. 1日に2往復以上 6. その他( )

問11 現在お住まいの集落での生活について、あなたのお考えに最もあてはまるもの一つに○印をつけてください。①～⑧すべてにお答えください。

	満足	やや満足	どちらでもない	やや不満足	不満足
① お住まいの集落からの移動のしやすさについて	1	2	3	4	5
② 医療機関での診療の受けやすさについて	1	2	3	4	5
③ 福祉サービスの受けやすさについて	1	2	3	4	5
④ 役場など公共サービスの受けやすさについて	1	2	3	4	5
⑤ 買物のしやすさについて	1	2	3	4	5
⑥ 文化・スポーツ等の活動のしやすさについて	1	2	3	4	5
⑦ 知人・友人との交流のしやすさについて	1	2	3	4	5
⑧ 総合的な生活のしやすさについて	1	2	3	4	5

問12 現在、あなたがよく利用している買物先はどこですか。あてはまるものすべてに○をつけてください。

1. ショッピングセンターエルシー	2. 組合マーケット赤名	3. さんのおストアーあかぎ
4. 組合マーケット来島	5. 組合マーケット谷	6. ショッピングセンターコア
7. 三次市のショッピングセンター	8. 三刀屋町のショッピングセンター	
9. 木次町のショッピングセンター	10. 松江市のショッピングセンター	
11. 出雲市のショッピングセンター	12. その他(名称 _____、住所 _____)	

問13 買物目的で、新しくご自宅からバスを運行して欲しい場所がありますか。バス路線を増やして欲しい買物先一つに○をつけてください。

1. ショッピングセンターエルシー	2. 組合マーケット赤名	3. さんのおストアあかぎ
4. 組合マーケット来島	5. 組合マーケット谷	6. ショッピングセンターコア
7. 三次市のショッピングセンター	8. 三刀屋町のショッピングセンター	
9. 木次町のショッピングセンター	10. 松江市のショッピングセンター	
11. 出雲市のショッピングセンター	12. その他(名称 _____、住所 _____)	

問14 現在、あなたが通院やリハビリなどで利用している主な医療機関はどこですか。あてはまるものすべてに○をつけてください。

1. 雲南総合病院	2. 平成記念病院	3. 掛合診療所	4. 頓原病院
5. 赤来町診療所	6. 三次市内の病院	7. 松江市内の病院	
8. 出雲市内の病院	9. その他(名称: _____、住所: _____)		

問15 通院やリハビリなどの目的で、新しくご自宅からバスを運行して欲しい場所がありますか。バス路線を増やして欲しい医療機関一つに○をつけてください。

1. 雲南総合病院	2. 平成記念病院	3. 掛合診療所	4. 頓原病院
5. 赤来町診療所	6. 三次市内の病院	7. 松江市内の病院	
8. 出雲市内の病院	9. その他(名称: _____、住所: _____)		

問16 現在運行している「バス」の運行について、あなたのお考えに最もあてはまるもの一つに○印をつけてください。①～⑫すべてにお答えください。

	満 足	やや 満足	どちら でもない	やや 不満足	不 満足
① 運行本数について	1	2	3	4	5
② 運行の時間帯について	1	2	3	4	5
③ 料金について	1	2	3	4	5
④ 運行経路または行き先について	1	2	3	4	5
⑤ 目的地までの乗車時間について	1	2	3	4	5
⑥ 始発便の時間について	1	2	3	4	5
⑦ 最終便の時間について	1	2	3	4	5
⑧ 自宅からバス停までの距離について	1	2	3	4	5
⑩ 高速バスなど広域バスとの乗り継ぎについて	1	2	3	4	5
⑪ 車椅子や電動三輪車での利用について	1	2	3	4	5
⑫ 総合的な「バスのサービス内容」について	1	2	3	4	5

ご協力ありがとうございました

## 鵜鷺地区の生活に関するアンケート調査

### ご記入上の注意事項

- ・お答えはすべて太線の枠内のみ記入してください。
- ・回答方法は「番号、項目に○印をつけるもの」、「具体的に記入するもの」があります。

問1 あなた自身のことについて、下表の全ての項目に対して、あてはまるものに○印をつけてください。

年 齢	1. 10歳代	2. 20歳代	3. 30歳代	4. 40歳代	5. 50歳代
	6. 60歳代	7. 70歳代以上	※ 10月1日現在の満年齢でお答えください。		
住 所	1. 鷺浦		2. 鵜峠		
性 別	1. 男		2. 女		
家 族 構 成	1. ひとり暮らし	2. 夫婦	3. 夫婦と子供	4. 親と夫婦	
	5. 親と夫婦と子供		6. その他( )		
職 業 等	1. 会社員等の勤め人		2. 自営業(農業・漁業等)	3. 学生	
	4. 専業主婦		5. 無職		
就業・就学の場所	1. 鵜鷺地区	2. 大社町内	3. 町外( _____ 市・町)		
免 許 証	1. 自動車免許あり		2. バイク免許あり	3. なし	
自 動 車 等	1. 自由に使える自家用車あり		2. 自由に使えるバイクあり	3. なし	
世帯内の自動車	1. あり		2. なし		

問2 (1) あなたや家族が急病など、いざというときに訪問してくれる人、または訪問してくれるようお願いしているひとがいますか。

1. 地区内にいる    2. 大社町内にいる    3. 町外にいる ( \_\_\_\_\_ 市・町)    4. いない

(2) そのような人(血縁者など)はどれくらい訪問してくれますか。

1. 毎日のように訪問(電話なども含む)してくれる
2. 週に1~2回訪問(電話なども含む)してくれる
3. 月に1~2回訪問(電話なども含む)してくれる
4. 年に数回しか会うことがない

問3 現在診療所は町と鷺浦・鵜峠両地区の運営負担金で開院しています。開院は毎週木曜日と土曜日の2回が診療日、月曜日を投薬日とし、診療時間を午前9時から11時30分としています。この診療所や医療のことについてお答えください。

(1) 診療所の利用はどれくらいですか。

1. 利用する (利用回数: 月に \_\_\_\_\_ 回または年に \_\_\_\_\_ 回)
2. あまり利用しない
3. まったく利用しない

(2) 診療所を利用する方のみにお尋ねします。主にどういった利用方法ですか。あてはまるもの全てに○をしてください。

1. 主に診察
2. 主に投薬
3. 病気や悩みの相談
4. 話相手
5. 自宅に薬を持ってきてもらう
6. その他( \_\_\_\_\_ )

(3) 現在の診療所の利用しやすさについてお尋ねします。

1. 利用しやすい
2. 利用しにくい
3. どちらともいえない

(4) 利用しやすいと答えた方にお尋ねします。利用しやすい理由をお書きください。

--

(5) 利用しにくいと答えた方にお尋ねします。どういうところが利用しにくいですか。

1. 診療回数が少ない(開院日が毎日ではない)	2. 診療時間が短い	
3. 夜間の診療がない	4. 地元の医師でない	5. 診療所が遠い
6. その他( )		

(6) 診療所の運営負担金についてお尋ねします。

1. 負担金をなくして欲しい
2. できるだけ負担金を少なくして欲しい
3. 今のままで良い
4. 利便性が向上するなら負担金が少し高くなっても良い

(7) 診療所の必要性についてお尋ねします。

1. 診療所はなくてはならない (その理由 _____)
2. 診療所をなくすなら他の医療・福祉対策を進めてほしい (具体的な代替案 _____)
3. 診療所はなくても良い (その理由 _____)
4. その他( )

(8) 往診についてお尋ねします。現在、開業医などの往診が必要なとき、来てもらえる先生がいますか。

1. いる	2. いない	3. わからない	4. その他( )
-------	--------	----------	-----------

(9) いざというとき(緊急時)の救急医療はどう対応されますか。あてはまるもの全てに○をしてください。

1. 救急車をお願いする	2. 自家用車で対応する	
3. 親族等の車等で対応する	4. わからない	5. その他( )

問4 (1) 普段の外出についてお答えください。(この1年で一番多かった月のことについてお答えください。)

鷺浦診療所以外で利用する主な病医院	1. 町内の開業医 2. 町外の開業医 3. 総合病院(中央病院・医大など)
その病院での受診回数	1ヶ月に _____ 回
生鮮食品を購入する主な買物店	1. 鷺鷺地区 2. 大社町内 3. 町外( _____ 市・町)
上記買物店の利用回数	1ヶ月に _____ 回
日用雑貨を購入する主な買物店	1. 鷺鷺地区 2. 大社町内 3. 町外( _____ 市・町)
上記買物店の利用回数	1ヶ月に _____ 回
娯楽や趣味を行う主な場所	1. 鷺鷺地区 2. 大社町内 3. 町外( _____ 市・町)
上記場所への訪問回数	1ヶ月に _____ 回
交流のある主な知人・友人の住所	1. 鷺鷺地区 2. 大社町内 3. 町外( _____ 市・町)
上記場所への訪問回数	1ヶ月に _____ 回

(2) 普段の地区外への外出で利用する主な交通手段1つに○印をつけてください。

1. 路線バス	2. タクシー	3. バイク	4. 自分で運転する車
5. 自家用車で送迎	6. その他( )		

問5 路線バスについてお答えください。

(1) 1ヶ月の利用回数はどれくらいですか。片道を1回としてお答えください。

回
---

(2) 鶉鷺線、猪目線ともに近年利用者が激減し、その運営には多額の費用を要す状況になっています。町としては、生活の足として、また帰省者や観光客といった外部との交流の足としての役割をになう公共交通機関を何とか確保していく考えですが、これは皆さんの利用への協力が前提となります。今後のバス運営について、あなたのお考えに近いものに○印をつけてください。

1. バス利用の促進のために地区をあげて協力していきたい
2. バスは存続して欲しいが、何の協力や負担もしたくない
3. バスは利用しないので存続していく必要はない

(3) バス路線を残す場合、あなたにとって必要な便はどの時間帯ですか？

必要な時間帯すべてに○印をつけてください。

【鶉鷺発】

1. 6時～7時	2. 7時～8時	3. 8時～9時	4. 9時～10時
5. 10時～11時	6. 11時～12時	7. 12時～13時	8. 13時～14時
9. 14時～15時	10. 15時～16時	11. 16時～17時	12. 17時～18時
13. 18時～19時	14. 19時～20時	15. 20時～21時	

【大社発】

1. 6時～7時	2. 7時～8時	3. 8時～9時	4. 9時～10時
5. 10時～11時	6. 11時～12時	7. 12時～13時	8. 13時～14時
9. 14時～15時	10. 15時～16時	11. 16時～17時	12. 17時～18時
13. 18時～19時	14. 19時～20時	15. 20時～21時	

問6 鶉鷺地区で生活していく上で現在困っており、改善や整備すべき施設やサービスについて、下表の中から5つを選んで○印をつけてください。

1. 役所の出張窓口	2. 生鮮食品の買物	3. 日用品の買物	4. 衣料品の買物
5. 子供の遊び場所	6. バス路線	7. 趣味・文化教室	8. スポーツ施設
9. 娯楽施設	10. 医療施設	11. 生活・介護相談	12. 理容・美容サービス
13. 入浴サービス	14. 訪問介護(ホームヘルパー)	15. 通所介護(デイサービス)	
16. 健康相談・訪問指導	17. 訪問・通所リハビリ	18. 保育所	
19. 幼稚園	20. 小学校	21. 公民館	22. 携帯電話などの通信
23. その他( ) ( ) ( ) ( ) ( )			

問7 鶺鴒小学校は現在2人の児童だけが通学しており、当面児童数の大きな増加は見込めない状況となっています。このような中、鶺鴒小学校は小規模校の長所も短所も併せ持っている状況です。今後の鶺鴒小学校について、あなたの考えをお書きください。

問8 現在の鶺鴒地区での生活について、あなたのお考えに最もあてはまるもの一つに○印をつけてください。①～⑧すべてにお答えください。

	満 足	やや 満足	どちら でもない	やや 不満足	不 満足
① 鶺鴒地区からの移動のしやすさについて	1	2	3	4	5
② 医療機関での診療の受けやすさについて	1	2	3	4	5
③ 福祉サービスの受けやすさについて	1	2	3	4	5
④ 役場など公共サービスの受けやすさについて	1	2	3	4	5
⑤ 買物のしやすさについて	1	2	3	4	5
⑥ 文化・スポーツ等の活動のしやすさについて	1	2	3	4	5
⑦ 知人・友人との交流のしやすさについて	1	2	3	4	5
⑧ 総合的な生活のしやすさについて	1	2	3	4	5

問9 公民館・診療所などの施設や各種健康・福祉サービスについて、あなたのお考えに近いものに○印をつけてください。

公 民 館	1. 現在のままで不便を感じていない 2. 両地区の移動手段確保や出張サービスをすれば、1箇所 でよい 3. 両地区に必要である
診 療 所	1. 現在のままで不便を感じていない 2. 両地区の移動手段を確保すれば、1箇所 でよい 3. 両地区に必要である
健康・福祉サービス (各種検診、健康相談、ミニデイなど)	1. 現在のままで不便を感じていない(両地区に必要) 2. 両地区の移動手段を確保すれば、1箇所 でよい



## 鵜鷺地区の生活に関するアンケート調査

問 1 あなた自身のことについておたずねします。

住 所	1. 鷺浦	2. 鵜峠	(自治会名 _____ 区)
性 別	1. 男		2. 女
年 齢	10代	20代	30代 40代 50代 60代 70代以上
主な仕事	1. 会社員等の勤め人 4. 専業主婦	2. 自営業（農業・商工業等） 5. 無職	3. 学生
通勤・通学先	※ 勤め人及び学生の方のみお答えください。 所在地: 1. 鵜鷺地区内      2. 大社町内      3. 町外 ( _____ 市・町)		
免許証	1. 自動車免許あり	2. 自動二輪・原付免許のみあり	3. なし
自動車など	1. 自由に使える自家用車あり	2. 自由に使えるバイクあり	3. なし
世帯内の車	1. 世帯内に送迎のできる自家用車あり		2. なし

問 2 普段の地区外への外出で利用する主な交通手段1つに○印をつけてください。

1. 路線バス	2. タクシー	3. バイク	4. 自分で運転する車
5. 自家用車で送迎	6. その他( _____ )		

問 3 あなたがお住まいの集落における、自動車を利用できない高齢者の方などの生活(買物や通院)の移動について、あなたのお考えに最も近いもの1つに○をつけてください。

1. 移動は不便なので、生活に支障をきたしている
2. 移動は不便であるが、生活に大きな支障はない、
3. 移動は不便ではなく、普通に生活ができる

問 4 現在、鷺浦と鵜峠に対して別々に運行している路線バスが、平成 14 年度からは一つの路線として両地区と出雲大社方面を連絡します。また鵜鷺地区では、今後診療所やいろいろな活動を行うことができる集会所のような施設をどうするかを考えていく必要があります。今、お配りした9枚のカードに、診療所をどこに作るか(鵜峠・鷺浦両地区に設置、鷺浦地区にだけ設置、両地区ともに作らない)と新しい買物サービスの有無(自宅でカタログなどを見て、電話で日用品や食品の買物がその日のうちにできる)及びバスの料金と1日の運行本数についての仮の状況が書いてあります。この内容をよく見て、下の作業を行ってください。

- ① まず、お配りした9枚のカードに書いてある内容をみて、受け入れてもよいグループと受け入れられないグループの二つに分けてください。
- ② 次に、そのグループの中で、あなたが好ましいと思う順番にカードを並べてください。受け入れられるグループ、受け入れられないグループ両方について行ってください。

調査票種類	A	B	C				
1. 受け入れてもよい	→	→	→	→	→	→	→
2. 受け入れられない	→	→	→	→	→	→	→

アンケートは以上です。ご協力ありがとうございました。

広島大学交通工学研究室

カード2

A

診療所：両地区に設置

自宅で購入：できない

バスの料金：距離に関係なく  
300円

バスの便数：1日 4便

カード8

A

診療所：両地区とも設置しない

自宅で購入：できない

バスの料金：距離に関係なく  
500円

バスの便数：1日 4便

## 公共交通のサービスに関するアンケート調査

### 調査のお願い

現在、広島大学交通工学研究室及では、高齢者などの日常的な移動を確保して、地域における生活を支える交通手段となるだんだんタクシーや路線バスのサービスに関する調査を実施しています。この調査は、地域の公共交通をより良い内容とするための基礎資料とすることを目的としています。

この調査票に記入された内容は、統計データとしてのみ使用されるもので、この目的以外に使用されることはありません。

ご多忙中のところ誠に恐れ入りますが、本調査の趣旨をご理解いただきまして、御協力くださいますようお願い申し上げます。

調査主体　：広島大学交通工学研究室

問1 あなた自身のことについておたずねします。

住　　所	_____ 町・村 自治会名 _____
性　　別	1. 男 <span style="margin-left: 150px;">2. 女</span>
年　　齢	満 _____ 歳 (平成15年8月1日での満年齢)
職　　業	1. 会社員等の勤め人    2. 自営業(農業・商業等)    3. 専業主婦 4. 学生                    5. 無職                    6. その他(                    )
免　許　証	1. 自動車免許あり    2. 自動二輪・原付あり    3. なし
個人の自動車など	1. あなたが自由に使える自家用車あり    2. あなたが自由に使えるバイクあり 3. なし
世帯内の自動車	1. 世帯内に送迎ができる自家用車あり    2. なし

問2 あなたが外出のときに使う交通機関はなんですか、あてはまるものすべてに○をつけてください。また、一番利用するものに◎をつけてください。

- |  |
|--|
| 1. 自転車    2. バス    3. タクシー    4. だんだんタクシー    5. バイク<br>6. 自分で運転する車    7. 自家用車で送迎    8. その他(                    ) |
|--|

問3 問2でバスやだんだんタクシーを利用すると答えた方のみがお答えください。「だんだんタクシー」や「バス」を利用した外出について、1ヶ月の回数を往復を1回としてお答えください。

バスやだんだんタクシーであなたが1ヶ月に外出する平均回数(往復を1回)	1ヶ月に約 _____ 回
-------------------------------------	---------------

問4 自宅から最寄のバス停までの距離や時間はどれくらいですか。(だんだんタクシーをご利用の方は、0 m とお書きください。)

約 \_\_\_\_\_ m 又は 徒歩で \_\_\_\_\_ 分

問5 現在あなたは「バス」や「だんだんタクシー」を利用していますか。

1. 利用している 2. . 利用していない

問6 問5で「利用していない」と答えた方にお聞きます。今後バスやだんだんタクシーの運行サービスが良くなれば、利用すると思いませんか。

1. 利用する 2.. 利用しない

以下の間は、問5で「利用している」と答えた方、問6で「利用する」と答えた方にお聞きます。

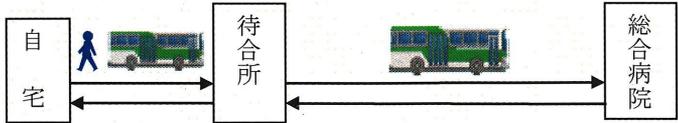
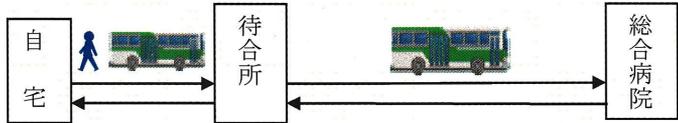
問7 現在掛合町のショッピングセンターコアには、別紙の写真のような快適にバスを待つための待合所ができています。このような待合所をより便利で快適な場所とするために、あなたが必要だと思う設備やサービスについて、以下の表から3つを選んで○をつけてください。

- |                           |                  |                      |
|---------------------------|------------------|----------------------|
| 1. インターネットや各種情報が検索できる情報端末 | 2. キャッシュコーナー     |                      |
| 3. 処方箋薬局                  | 4. 買物場所          |                      |
| 5. 自動販売機                  | 6. 病院の予約システム     |                      |
| 7. テレビ                    | 8. 病院の予約システム     |                      |
| 9. 喫茶店                    | 10. バスチケットなどの販売所 | 11. バスの到着時刻情報 (バスロケ) |
| 12. たたみの休憩場所              | 13. ゲームなど遊戯施設    | 14. 簡易な図書館           |
| 15. その他 ( _____ )         |                  |                      |

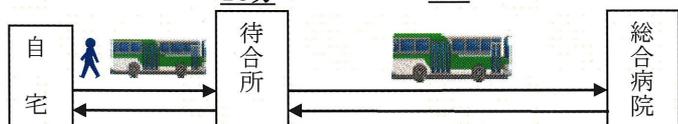
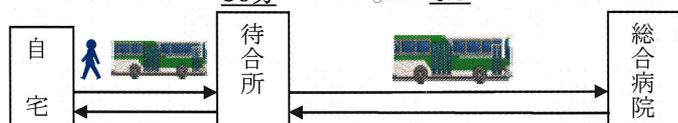
問 8 吉田村・掛合町から大東町の雲南総合病院を結ぶ路線バスが、仮に以下のように運行された場合、あなたはこの路線バスを使って外出しますか。また、利用するとしたら1ヶ月に何回くらい利用しますか。さらに、広域路線のバス停まで、域内のだんだんタクシーや村営バスを利用しますか。

※ ケース1からケース4までのそれぞれについてお答えください。各ケースでは下線の部分に違いがあります。ケース1と2では、問7に示したような快適な待合所があるものとし、ケース3と4では屋外のバス停しかないものとします。

**快適なバス待合所がある場合**

<p>ケース1</p>	<p>運行本数 <u>1日6往復</u></p> <p>料金(片道) <u>400円</u></p> <p>待ち時間 <u>30分</u></p> <p>三刀屋での乗継 <u>なし</u></p> 	<p>このような広域路線バスを利用して 1. 外出する (1ヶ月 <u>    </u>回) 2. 外出しない</p>	<p>広域路線バスまで、域内公共交通を 1. 利用する 2. 利用しない</p>
<p>ケース2</p>	<p>運行本数 <u>1日6往復</u></p> <p>料金(片道) <u>600円</u></p> <p>待ち時間 <u>10分</u></p> <p>三刀屋での乗継 <u>なし</u></p> 	<p>このような広域路線バスを利用して 1. 外出する (1ヶ月 <u>    </u>回) 2. 外出しない</p>	<p>広域路線バスまで、域内公共交通を 1. 利用する 2. 利用しない</p>

**屋外のバス停のみの場合**

<p>ケース3</p>	<p>運行本数 <u>1日6往復</u></p> <p>料金(片道) <u>800円</u></p> <p>待ち時間 <u>10分</u></p> <p>三刀屋での乗継 <u>なし</u></p> 	<p>このような広域路線バスを利用して 1. 外出する (1ヶ月 <u>    </u>回) 2. 外出しない</p>	<p>広域路線バスまで、域内公共交通を 1. 利用する 2. 利用しない</p>
<p>ケース4</p>	<p>運行本数 <u>1日6往復</u></p> <p>料金(片道) <u>800円</u></p> <p>待ち時間 <u>30分</u></p> <p>三刀屋での乗継 <u>なし</u></p> 	<p>このような広域路線バスを利用して 1. 外出する (1ヶ月 <u>    </u>回) 2. 外出しない</p>	<p>広域路線バスまで、域内公共交通を 1. 利用する 2. 利用しない</p>

問9 現在、掛合町では30分前までに電話で予約をすると自宅まで迎えに来て、目的地まで移動できるだんだんタクシーのサービスが運行しています。このようなサービスでは、バス停まで歩く必要がない反面、予約の状況によっては、目的地までの所要時間が短かったり長かったりすることがあり、自宅での待ち時間が予想していた時間よりも遅れることもあります。また、通常の路線バスでは、所要時間は乗客の数に関わらず大きく変わりませんが、路線によってはバス停までの距離が遠くなる場合があります。

今、お配りした9枚のカードには、「通常の路線バス」と「だんだんタクシー」に関して、余分にかかる所要時間、到着時刻の遅れ、バス停までの距離、料金、1日の運行便数についての仮の状況が書いてあります。この内容をよく見て、下の作業を行ってください。

- ① まず、お配りした9枚のカードに書いてある内容を見て、利用してもよいグループと利用したくないグループの二つに分けてください。

調査票種類	A	B	C	D	E	F
1. 利用してもよい						
2. 利用したくない						

ご協力ありがとうございました

カード4 (だんだんタクシー) A

自宅待ち時間： 予想した時間から、最大  
20分遅れることがある

所要時間： いつも直行するときの時間し  
か掛からない

バスの料金： 距離に関係なく 200円

バスの便数： 1日 6便

カード6 (路線バス) C

バス待ち時間： 予想した時間から、最大  
5分遅れることがある

所要時間： 直行するときの時間に最大  
5分余分にかかることがある

バス停までの距離： 自宅の前

バスの料金： 距離に関係なく 200円

バスの便数： 1日 6便