
東京大学大学院新領域創成科学研究科
人間環境学専攻

修士論文

地域特性を考慮した
オンデマンドバスの運行実績の評価

2012 年 1 月 26 日提出

指導教員 大和 裕幸 教授 印

学生証番号 47-106717

柳澤 龍

目次

第1章 序論.....	1
1.1 公共交通が抱える課題.....	2
1.1.1 財政縮小に伴う地域公共交通の見直し	2
1.1.2 高齢化社会に求められる福祉交通	3
1.2 東京大学オンデマンドバスシステム.....	5
1.2.1 オンデマンドバス	5
1.2.2 東京大学オンデマンドバスシステム	6
1.2.3 日本各地への展開.....	7
1.3 オンデマンドバス導入計画方法について.....	9
1.3.1 導入計画作成手順.....	9
1.3.2 運行計画の立案.....	9
1.3.3 オンデマンドバスシミュレータについて	11
1.3.4 オンデマンドバス導入のための実証実験における課題	12
1.4 研究目的.....	13
1.5 論文の構成.....	14
第2章 既存研究.....	15
2.1 公共交通評価の調査方法について.....	16
2.1.1 アンケートによる調査.....	16
2.1.2 移動ログによる調査.....	16
2.2 実証実験の評価項目について.....	17
2.2.1 コミュニティバスの評価方法.....	17
2.2.2 オンデマンドバス導入計画の評価・検討フロー	18
2.3 本研究の位置づけ.....	20
第3章 運行実績の評価手法の提案.....	21
3.1 提案手法の位置づけ.....	22
3.1.1 運行計画の見直しプロセス.....	22
3.1.2 運行実績の評価・検討事項について	23
3.2 データ分析指標.....	24

3.2.1 東大オンデマンドバスのデータベースについて	24
3.2.2 分析指標概要.....	25
3.3 運行データによる評価プロセスの提案.....	36
3.3.1 採算性.....	37
3.3.2 普及率.....	37
3.3.3 運行形態.....	37
第4章 東大オンデマンドバス運行地域の分析.....	39
4.1 茨城県阿見町.....	42
4.1.1 運行地域と運行方法について	42
4.1.2 オンデマンドバス運行実績	44
4.1.3 運行実績の評価.....	54
4.1.4 改善策の提案.....	56
4.2 茨城県かすみがうら市.....	57
4.2.1 運行地域と運行方法について	57
4.2.2 オンデマンドバス運行実績	59
4.2.3 運行実績の評価.....	68
4.2.4 改善策の提案.....	71
4.3 千葉県佐倉市.....	75
4.3.1 運行地域と運行方法について	75
4.3.2 オンデマンドバス運行実績	77
4.3.3 運行実績の評価.....	86
4.3.4 改善策の提案.....	87
4.4 千葉県山武市.....	91
4.4.1 運行地域と運行方法について	91
4.4.2 オンデマンドバス運行実績	93
4.4.3 運行実績の評価.....	103
4.4.4 改善策の提案.....	104
4.5 埼玉県北本市.....	107
4.5.1 運行地域と運行方法について	107
4.5.2 オンデマンドバス運行実績	109
4.5.3 運行実績の評価.....	120
4.5.4 改善策の提案.....	121
4.6 埼玉県鳩山町.....	122
4.6.1 運行地域と運行方法について	122

4.6.2 オンデマンドバス運行実績	124
4.6.3 運行実績の評価	134
4.6.4 改善策の提案	135
4.7 山梨県北杜市	136
4.7.1 運行地域と運行方法について	136
4.7.2 オンデマンドバス運行実績	137
4.7.3 運行実績の評価	148
4.7.4 改善策の提案	150
4.8 三重県玉城町	153
4.8.1 運行地域と運行方法について	153
4.8.2 オンデマンドバス運行実績	154
4.8.3 運行実績の評価	165
4.8.4 改善策の提案	167
第5章 オンデマンドバスパラメータの調整	171
5.1 運行における課題	172
5.1.1 運行効率の分析	172
5.1.2 予約の受付手順について	173
5.2 運行効率の改善手法の提案	174
5.2.1 対象とする課題	174
5.2.2 手法	175
5.3 理論実験	177
5.3.1 結果	177
5.3.2 まとめ	180
5.4 ケーススタディ	181
5.4.1 対象地域	181
5.4.2 評価関数とパラメータの調整	181
第6章 考察	186
6.1 運行実績の評価と地域特性の分析	187
6.1.1 運行効率と1台の車両あたりの運行面積の関係	190
6.1.2 運行効率と運行エリア面積の関係	190
6.1.3 運行効率と1時間あたりの利用者数と運行効率の関係	191
6.1.4 まとめ	192
6.2 基準収支率達成のために必要な利用者数の分析	193

6.3 既存手法との提案手法の比較.....	194
6.3.1 時系列の利用動向の把握.....	194
6.3.2 潜在需要の把握.....	194
第7章 結論.....	195
7.1 総括.....	196
7.2 結論.....	196
7.3 今後の課題.....	196
謝辞.....	198
参考文献.....	201
Appendix	204
A.1 オンデマンドバス バス停カテゴリー一覧.....	204
A.2 オンデマンドバス経路生成アルゴリズム	205

図目次

図 1-1	輸送機関別輸送人員の推移 ^[1]	2
図 1-2	公共交通の負のスパイラル ^[3]	3
図 1-3	年齢 3 区分別人口割合の推移 ^[7]	3
図 1-4	路線バスとオンデマンドバス	5
図 1-5	東京大学が開発したオンデマンド交通システムの概要 ^[13]	6
図 1-6	東京大学オンデマンドバス実証実験実績	7
図 1-7	オンデマンドバス導入手順（参照）	9
図 1-8	シミュレータ評価実験の概要 ^[14]	11
図 2-1	デマンド交通検討項目のフロー ^[10]	18
図 2-2	オンデマンドバスシステムの分類	19
図 3-1	運行計画の見直しプロセス	22
図 3-2	運行計画見直し調査項目	23
図 3-3	オンデマンドバスシステムのデータベース構造	24
図 3-4	バス停情報テーブル	25
図 3-5	予約情報テーブル	25
図 3-6	利用者情報テーブル	25
図 3-7	月別利用者延べ人数	26
図 3-8	年齢別登録者数	26
図 3-9	年齢別利用者数	27
図 3-10	実利用者数推移	27
図 3-11	月別実利用者数推移	28
図 3-12	車両あたりの時間別利用者数	28
図 3-13	車両あたりの時間別トリップ数	29
図 3-14	希望予約時刻と成立時刻との差の分布	29
図 3-15	利用目的の分布	30
図 3-16	運行効率の計算方法	30
図 3-17	運行効率の値の分布	31
図 3-18	個人の月間利用回数の推移の分類	32
図 3-19	利用回数が最も多い 20 カ所のバス停表示	33
図 3-20	バス停カテゴリーとアイコン	34
図 3-21	利用頻度別バス停表示例	34
図 3-22	運行実績評価プロセス	36

図 4-1	阿見町年齢分布.....	44
図 4-2	月間延べ利用者数（阿見町）	45
図 4-3	時間帯別利用者数（阿見町）	45
図 4-4	移動時間分布（阿見町）	46
図 4-5	移動距離分布（阿見町）	47
図 4-6	移動目的の割合（阿見町）	47
図 4-7	実利用者数推移（阿見町）	49
図 4-8	月別利用者数推移（阿見町）	50
図 4-9	希望予約時刻と成立予約時刻との差（阿見町）	51
図 4-10	運行効率の評価（阿見町）	52
図 4-11	時間あたりの利用者数推移（阿見町）	53
図 4-12	時間あたりのトリップ数の推移（阿見町）	54
図 4-13	かすみがうら市利用登録者年齢分布.....	59
図 4-14	年齢別利用者数（かすみがうら市）	59
図 4-15	月間延べ利用者数（かすみがうら市）	60
図 4-16	時間帯別利用者数（かすみがうら市）	60
図 4-17	移動時間分布（かすみがうら市）	61
図 4-18	移動距離分布（かすみがうら市）	62
図 4-19	移動目的分布（かすみがうら市）	62
図 4-20	実利用者数の推移（かすみがうら市）	64
図 4-21	月別利用者数推移（かすみがうら市）	64
図 4-22	希望時刻と予約成立時刻との差（かすみがうら市）	65
図 4-23	運行効率評価（かすみがうら市）	66
図 4-24	時間あたりの利用者数推移（かすみがうら市）	67
図 4-25	時間あたりのトリップ数推移（かすみがうら市）	68
図 4-26	かすみがうら市利用バス停プロット.....	71
図 4-27	霞ヶ浦地区バス停プロット.....	72
図 4-28	月別個人利用頻度（かすみがうら市）	73
図 4-29	移動目的調査（かすみがうら市）	73
図 4-30	佐倉市利用登録者年齢分布.....	77
図 4-31	年齢別利用者数（佐倉市）	77
図 4-32	月間延べ利用者数（佐倉市）	78
図 4-33	時間帯別利用者数（佐倉市）	79
図 4-34	移動時間分布（佐倉市）	79
図 4-35	移動距離分布（佐倉市）	80
図 4-36	移動目的分布（佐倉市）	80

図 4-37	実利用者数推移（佐倉市）	82
図 4-38	月別実利用者数推移（佐倉市）	83
図 4-39	希望予約時刻と成立予約時刻との差（佐倉市）	83
図 4-40	運行効率の評価（佐倉市）	84
図 4-41	時間あたりの利用者数推移（佐倉市）	85
図 4-42	時間あたりのトリップ数推移（佐倉市）	86
図 4-43	佐倉市頻度別バス停プロット	88
図 4-44	月別個人利用頻度（佐倉市）	89
図 4-45	移動目的調査（佐倉市）	89
図 4-46	山武市利用登録者年齢分布	93
図 4-47	年齢別利用者数（山武市）	94
図 4-48	月間延べ利用者数推移（山武市）	94
図 4-49	時間帯別利用者数（山武市）	95
図 4-50	移動時間分布（山武市）	96
図 4-51	移動距離分布（山武市）	96
図 4-52	移動目的分布（山武市）	97
図 4-53	実利用者数推移（山武市）	99
図 4-54	月別実利用者数推移（山武市）	100
図 4-55	希望予約時刻と成立予約時刻との差（山武市）	101
図 4-56	運行効率の評価（山武市）	101
図 4-57	時間あたりの利用者数推移（山武市）	102
図 4-58	時間あたりのトリップ数推移（山武市）	103
図 4-59	山武市高頻度利用バス停のプロット	105
図 4-60	自宅バス停と利用のないバス停のプロット（山武市）	106
図 4-61	利用登録者年齢分布（北本市）	109
図 4-62	年齢別利用者数（北本市）	110
図 4-63	月間延べ利用者数（北本市）	110
図 4-64	時間帯別利用者数（北本市）	111
図 4-65	移動時間分布（北本市）	112
図 4-66	移動距離分布（北本市）	112
図 4-67	移動目的の分布（北本市）	113
図 4-68	実利用者数推移（北本市）	115
図 4-69	月別利用者数推移（北本市）	116
図 4-70	希望予約時刻と成立予約時刻との差（北本市）	117
図 4-71	運行効率の評価（北本市）	118
図 4-72	時間あたりの利用者数推移（北本市）	119

図 4-73	時間あたりのトリップ数の推移（北本市）	120
図 4-74	鳩山町利用登録者年齢分布	124
図 4-75	鳩山町年齢別延べ利用者数分布	125
図 4-76	月間延べ利用者数（鳩山町）	125
図 4-77	時間帯別利用者数（鳩山町）	126
図 4-78	移動時間分布（鳩山町）	127
図 4-79	移動距離分布（鳩山町）	127
図 4-80	利用目的の分布（鳩山町）	128
図 4-81	実利用者数推移（鳩山町）	130
図 4-82	月別実利用者数推移（鳩山町）	131
図 4-83	希望時刻と予約時刻との差（鳩山町）	132
図 4-84	運行効率の評価（鳩山町）	132
図 4-85	時間あたりの利用者数推移（鳩山町）	133
図 4-86	時間あたりのトリップ数推移（鳩山町）	134
図 4-87	北杜市利用登録者年齢分布	138
図 4-88	延べ利用者数年齢分布（北杜市）	138
図 4-89	月間延べ利用者数（北杜市）	139
図 4-90	時間帯別利用者数（北杜市）	140
図 4-91	移動時間分布（北杜市）	140
図 4-92	移動距離分布（北杜市）	141
図 4-93	移動目的の分布（北杜市）	142
図 4-94	実利用者数推移（北杜市）	144
図 4-95	月別利用者数推移（北杜市）	145
図 4-96	希望予約時刻と成立予約時刻との差の絶対値（北杜市）	146
図 4-97	運行効率の評価（北杜市）	146
図 4-98	時間あたりの利用者数推移（北杜市）	147
図 4-99	時間あたりのトリップ数推移（北杜市）	148
図 4-100	北杜市利用頻度別バス停表示	151
図 4-101	GIS を用いた利用頻度別バス停表示（北杜市）	152
図 4-102	利用登録者年齢分布（玉城町）	155
図 4-103	年齢別利用分布（玉城町）	155
図 4-104	月間延べ利用者数（玉城町）	156
図 4-105	時間帯別利用者数（玉城町）	157
図 4-106	移動時間分布（玉城町）	157
図 4-107	移動距離分布（玉城町）	158
図 4-108	移動目的の分布（玉城町）	159

図 4-109	実利用者数推移（玉城町）	161
図 4-110	月別利用者数推移（玉城町）	162
図 4-111	希望予約時刻と成立予約時刻との差（玉城町）	162
図 4-112	運行効率の評価（玉城町）	163
図 4-113	時間あたりの利用者数推移（玉城町）	164
図 4-114	時間あたりのトリップ数（玉城町）	165
図 4-115	利用頻度別バス停地図（玉城町）	168
図 4-116	人口メッシュと利用頻度別バス停（玉城町）	169
図 5-1	予約受付画面	173
図 5-2	地域ごとのニーズの違い	174
図 5-3	経路生成アルゴリズム	175
図 5-4	ゆとり時間の消費	176
図 5-5	評価指標とパラメータの関係	177
図 5-6	予約データ	177
図 5-7	出力結果	177
図 5-8	α と運行効率、希望時刻と予約成立時刻の差の平均の関係	178
図 5-9	β と希望時刻と予約成立時刻との差の平均と予約成立率の関係	179
図 5-10	γ と予約成立率と運行効率の関係	179
図 5-11	北杜市運行地域	181
図 5-12	α と運行効率の関係	182
図 5-13	γ と運行効率の関係	183
図 5-14	α 、 γ と運行効率の関係	184
図 5-15	α 、 γ と移動時間の関係	185
図 6-1	運行効率と車両あたりの運行面積の関係	190
図 6-2	運行効率と運行エリア面積の関係	191
図 6-3	運行効率と1台1時間あたりの利用者数の関係	192

表目次

表 3-1	オンデマンドバスのバランスシート.....	35
表 4-1	運行形態概要（阿見町）	42
表 4-2	阿見町オンデマンドバス収支表.....	48
表 4-3	1日の利用者数分析（阿見町）	53
表 4-4	1日のトリップ数の分析（阿見町）	54
表 4-5	車両充足度表（阿見町）	55
表 4-6	運行実績の評価のまとめ（阿見町）	56
表 4-7	運行形態概要（かすみがうら市）	57
表 4-8	かすみがうら市オンデマンドバス収支表	63
表 4-9	1日の利用者数分析（かすみがうら市）	67
表 4-10	1日のトリップ数分析（かすみがうら市）	68
表 4-11	車両充足度表（かすみがうら市）	69
表 4-12	運行実績の評価まとめ（かすみがうら市）	70
表 4-13	運行形態概要（佐倉市）	75
表 4-14	佐倉市オンデマンドバス収支計算.....	81
表 4-15	1日の利用者数分析（佐倉市）	85
表 4-16	1日のトリップ数の分析（佐倉市）	86
表 4-17	車両充足度の評価（佐倉市）	87
表 4-18	運行実績の評価（佐倉市）	87
表 4-19	運行形態概要（山武市）	91
表 4-20	山武市オンデマンドバス収支計算.....	98
表 4-21	1日の利用者数分析（山武市）	102
表 4-22	1日のトリップ数分析（山武市）	103
表 4-23	車両充足度表（山武市）	104
表 4-24	運行実績の評価（山武市）	104
表 4-25	運行形態概要（北本市）	107
表 4-26	北本市オンデマンドバス収支計算.....	114
表 4-27	時間帯ごとの利用者数分析（北本市）	119
表 4-28	1日のトリップ数の分析（北本市）	120
表 4-29	充足度の評価（北本市）	121
表 4-30	運行実績の評価結果（北本市）	121
表 4-31	運行形態概要（鳩山町）	122
表 4-32	鳩山町オンデマンドバス収支計算.....	129

表 4-33	1日の利用者数分析（鳩山町）	133
表 4-34	1日のトリップ数の推移.....	134
表 4-35	車両充足度表（鳩山町）	135
表 4-36	運行実績の評価（鳩山町）	135
表 4-37	運行形態概要（北杜市）	136
表 4-38	北杜市オンデマンドバス収支計算.....	143
表 4-39	1日の利用者数分析（北杜市）	147
表 4-40	1日のトリップ数分析（北杜市）	148
表 4-41	車両充足度（北杜市）	149
表 4-42	運行実績評価表（北杜市）	149
表 4-43	運行形態概要（玉城町）	153
表 4-44	玉城町オンデマンドバス収支表.....	160
表 4-45	1日の利用者数分析（玉城町）	164
表 4-46	1日のトリップ数分析（玉城町）	165
表 4-47	車両充足度表（玉城町）	167
表 4-48	運行実績の評価（玉城町）	167
表 5-1	運行実績の自治体比較表.....	172
表 6-1	運行実績と地域特性の関係①.....	188
表 6-2	運行実績と地域特性の関係②.....	189
表 6-3	収支率と必要乗車人数の関係.....	193
表 6-4	時間帯別利用者数（1台あたり）	194

第1章 序論

目次

1.1 公共交通が抱える課題.....	2
1.1.1 財政縮小に伴う地域公共交通の見直し	2
1.1.2 高齢化社会に求められる福祉交通	3
1.2 東京大学オンデマンドバスシステム.....	5
1.2.1 オンデマンドバス	5
1.2.2 東京大学オンデマンドバスシステム	6
1.2.3 日本各地への展開	7
1.3 オンデマンドバス導入計画方法について.....	9
1.3.1 導入計画作成手順.....	9
1.3.2 運行計画の立案.....	9
1.3.3 オンデマンドバスシミュレータについて	11
1.3.4 オンデマンドバス導入のための実証実験における課題	12
1.4 研究目的.....	13
1.5 論文の構成.....	14

1.1 公共交通が抱える課題

1.1.1 財政縮小に伴う地域公共交通の見直し

地域公共交通は自治体の財政縮小により、見直しが進んでいる。路線バスの年間利用者は全国において減少する傾向にある。図 1-1 に年間の路線バス利用者の推移を示す。平成 18 年に比べて利用者は半分になったことがわかる。

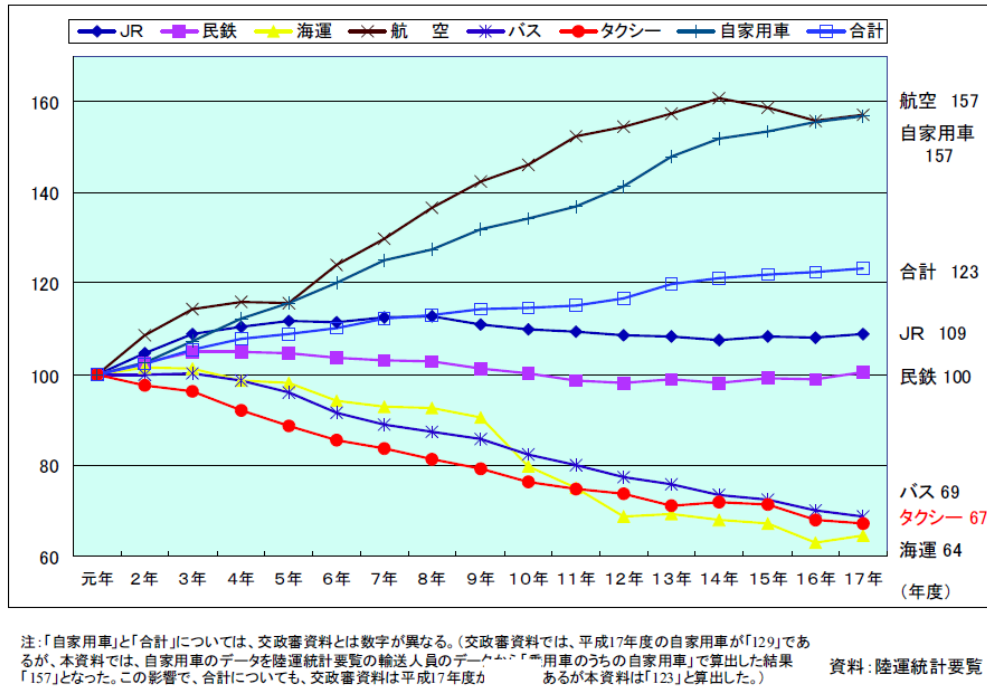


図 1-1 輸送機関別輸送人員の推移^[1]

1 日の利用者が数人に満たない路線バスなどは、“空気を運ぶバス”^[2]などと揶揄さる。利用者の減少によりバスの運行事業者の収益性が悪化し、サービスレベルを低下せざるを得ず、公共交通の負の循環（図 1-2）^[3]が回り始めている。

マイカーが普及していない時代には、路線バスは市民の足として活用された。しかしながら、現代では世帯に 3 台以上の自動車を保有する世帯があるように、マイカーは一般的なものになり、公共交通の需要は減少する一方である。

平成 17 年の規制緩和により、バス事業者は赤字路線の運行を自由に停止可能になった。

^[4]平成 17 年からの 5 年間で約 4 万 4 千 km の路線バスが廃止され、それ以降も毎年約 1 万 km の路線が廃止されつつある。



交通工学ハンドブック2005 土木学会誌

図 1-2 公共交通の負のスパイラル^[3]

1.1.2 高齢化社会に求められる福祉交通

高齢化社会において高齢者の移動手段の確保が問題になっている。^[5]買い物に不自由を感じる「買い物難民」が600万人を超えられている。^[6]交通の不便さにより、通院や仲間との交流が制約されている。足腰の弱い高齢者でも経済活動、社会活動に参加できるようにするため、福祉交通の需要は高まっている。マイカーの普及による公共交通への需要が減少する一方で、高齢者の移動手段の需要は高まっている。今後の高齢者の人口に対する割合を把握するために、年齢3区分別人口割合の推移^[7]を図1-3に示す。

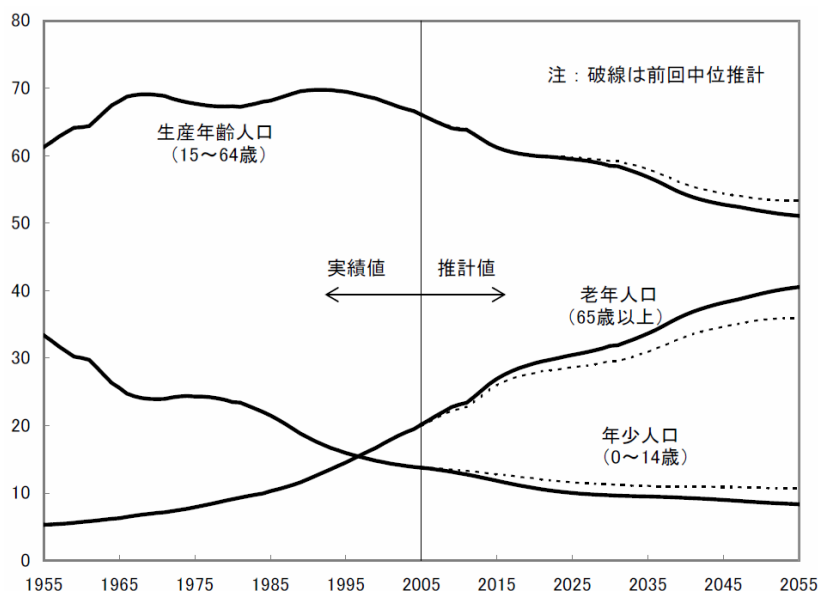


図 1-3 年齢3区分別人口割合の推移^[7]

図から、65歳以上の人口は2010年に総人口の23%を超え2030年には32%に迫る見込み

である。75 歳以上の人口は、2010 年の総人口の 11%から 2030 年には総人口の 20%に増加するものと推定されている。すなわち、今後の超高齢化社会において、福祉交通がますます求められていくことがわかる。

1.2 東京大学オンデマンドバスシステム

自治体の財政縮小により、公共交通に割り当てられる予算も減少している。その一方で、高齢者の社会活動への移動手段の確保のために、福祉交通の充実を自治体は求められている。そのため、より少ない予算で充実した福祉交通や公共交通を提供するためにオンデマンドバスの利用が拡大している。本節では、オンデマンドバスと東大が開発したオンデマンドバスシステムについて説明する。

1.2.1 オンデマンドバス

オンデマンドバスシステムとは利用者の呼び出しに応じて、バスが利用者の場所へ行き、乗降させる乗り合いバス運行システムである。^[8]路線バスは一定の決められた停留所、決められたスケジュールで乗客を乗降させるが、オンデマンドバスには決められた停留所やスケジュールが存在しない。^{[9][10]}路線バスとオンデマンドバスを比較した図を図 1-4 に示す。

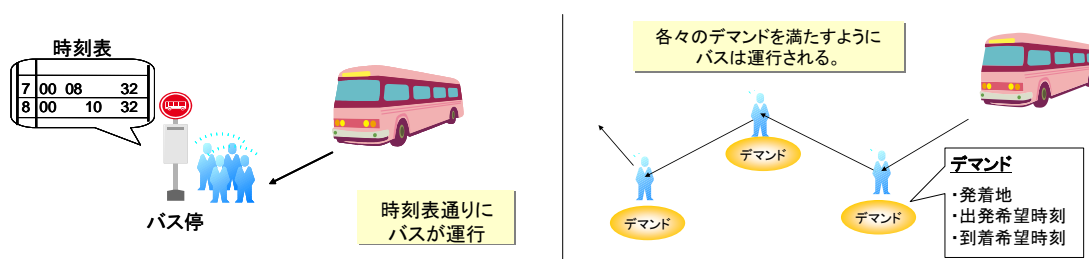


図 1-4 路線バスとオンデマンドバス

オンデマンドバスは、出発地まで迎えに来てくれる利便性や、利用者がいない時には運行せず、多数いる時には乗り合うという合理性から次の2点が期待されている。

① 都市のモビリティ向上

高齢者や身体障害者などの身体機能低下者、さらには土地勘がない人や、初めてその都市を訪れた人に対する「移動のための足」となることで都市のモビリティの向上が期待されている。特に、自宅までバスが迎えに来てくれるサービスとして運行する。乗客はバス停まで歩く必要がなくなる。したがって、タクシーのように利用することが可能である。

② 運行経費の削減

通常の固定路線バスは利用客の有無に関わらず運行されるが、オンデマンドバスは利用者がいない場合には運行されず、無駄なコストを削減することが可能である。また、オンデマンドバスの場合、乗客の予約情報の数から乗車人数を把握可能なため、乗車予定人数に合わせて、小型のバンや乗用車、大型バスなど車両のサイズを変えることができる。小型車両に変更することで、車両の維持費を7割削減可能である。また、乗客が少なくとも大型バスを運行している路線バスに比べ、総運行距離の短縮により運行費を

大幅に削減させることが可能である。^[11]

以上のような利点が存在する一方で、オンデマンドバスの運営は困難を伴う部分も存在する。1つ目に、オペレータの作業量の多さがある。オペレータの作業として、利用者からの予約の受付、運行計画の作成、運転手への運行指示があり、多くの作業を効率よく行うためのノウハウが必要となる。2つ目に、運行計画作成の困難性がある。オンデマンドバスの運行計画を作成するには、地域の土地勘が必要である。具体的には、ある2地点間の移動距離や、地図には掲載されていないが地域住民にだけ理解されている場所などである。利用者の場所と、現在の車両の位置から、もっとも効率的に運行できる車両を配置することが求められる。また、需要が増加し対応する車両数を追加すると、運行計画の場合の数は指数関数的に増加するためオペレータには高度な経路作成能力も求められる。ある運行事業者では、タクシー車両6台で70人の利用に対応する運行計画を手で土地勘のあるドライバーが作成した際に、作業に5時間を有していた。

以上より、オペレータの作業負担を軽減することが課題であると言える。

1.2.2 東京大学オンデマンドバスシステム

東京大学では、大和ら^[12]がオンデマンドバスの運行を一貫してコンピュータにより対応するシステムを開発した。東京大学が開発したオンデマンドバス交通システムの概要図^[13]を図1-5に示す。

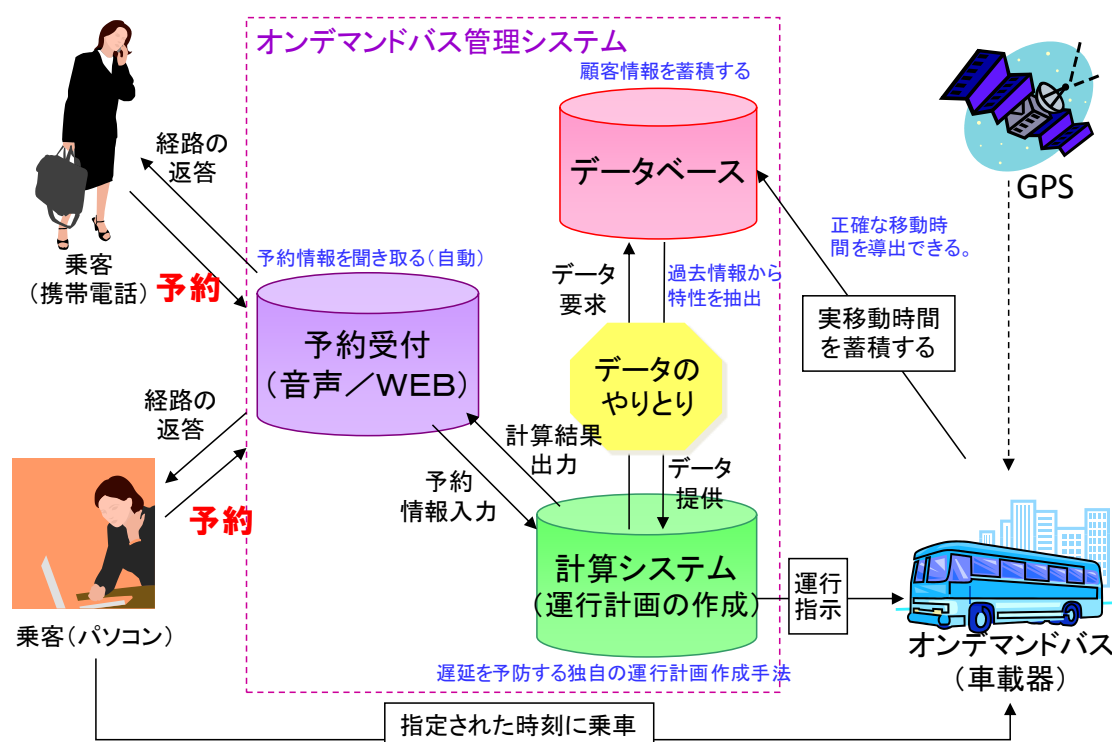


図 1-5 東京大学が開発したオンデマンド交通システムの概要^[13]

システムの利用方法を説明する。まず図の左の乗客が電話またはパソコンで予約を行う。

受け付けた予約情報は、計算システムに入力され、運行経路を探索する。その際、利用者の情報や過去の利用ログ、バス停の情報などをデータベースから取得する。探索結果を利用者に返答し、いくつかある提案の中から選択させる。予約を確定すると、車載器を通してオンデマンドバスの運転手に運行指示を出す。車載器にはGPSが搭載されており、運行した軌跡を利用してカーナビが予測する時間と実際に運行にかかった時間を比較し、2地点間の移動時間の精度の改善を行なっている。

このシステムでは、オペレータの作業は電話予約を受け付け、乗客の代わりにシステムに予約情報を入力するだけである。今までのオンデマンドバスのように、運行地域の土地勘や高度な運行計画生成は必要としない。コンピュータが道路情報の取得も運行計画の作成も、1秒以内に行うからである。実際に、柏市で行ったオンデマンドバス運行実験において、オペレータを横浜市在住で柏市の土地勘がない人が行い、問題なく受け付けることができた。^[14]

本システムを導入することで、オペレータの作業である予約の受付、運行計画の生成、車両の運転手への運行指示を一括してシステムで運用することが可能となる。

1.2.3 日本各地への展開

本システムによりオペレータの作業を軽減し、オンデマンドバスの導入障壁を下げることができた。自治体の財政縮小による公共交通の効率化と、高齢化に伴う福祉交通の拡充の必要性から、オンデマンドバスの導入検討を多くの自治体が始めている。本システムは2008年よりウェブで告知を開始し、平成21年11月までに約35自治体で実証実験を行ってきた。

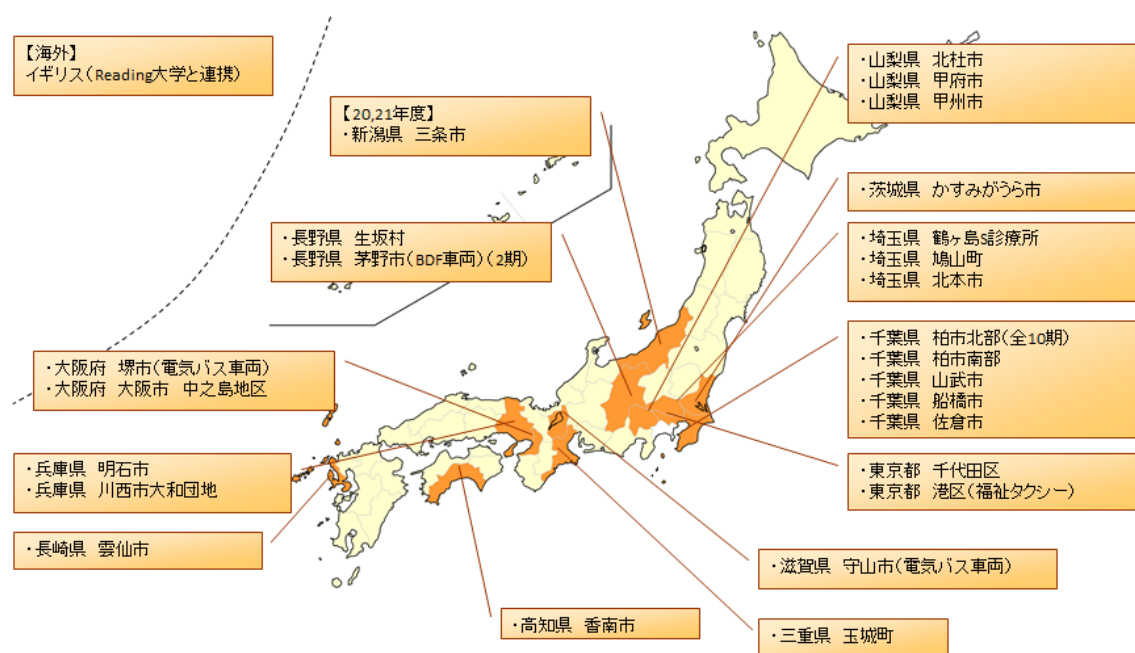


図 1-6 東京大学オンデマンドバス実証実験実績

本システムは過疎地域の自治体から人口密集地区の都市部でも導入されており、幅広い利用がなされている。緻密な導入計画の検討により、利用対象、利用目的、運行地区などを適切に設定することで、利用者にとって質の高いサービスが提供でき、自治体にとって費用対効果の高いオンデマンドバスの運行が可能になる。導入するにあたり、地域のタクシー事業者や路線バス事業者など、競合となる交通サービスとの調整を図る必要がある。^[16]

1.3 オンデマンドバス導入計画方法について

オンデマンドバスの導入において、導入計画の検討が重要である。地域市民の生活を把握し、生活行動に沿った導入計画を立てない限り、市民は利用しない。また、利用対象と運行目的を明確にしないと、運行実績を評価できないため運行計画が改善できない。オンデマンドバスの導入計画作成の手順について、既存の方法を以下にまとめる。

1.3.1 導入計画作成手順

坪内の論文^[15]によると、オンデマンドバス導入手順は、①運行計画フェーズ、②実証実験フェーズ、③実用化フェーズの3つに分けられる。導入手順を示した図を図 1-7 に示す。

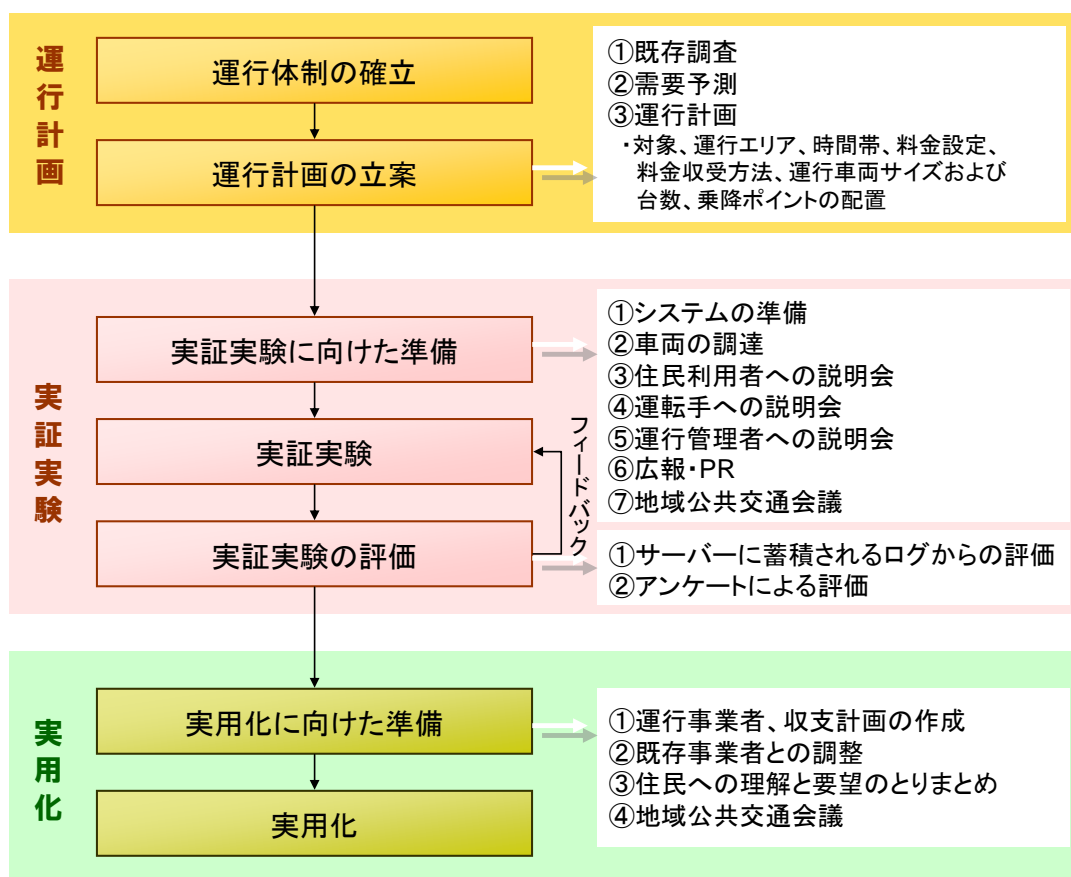


図 1-7 オンデマンドバス導入手順（参照）

1.3.2 運行計画の立案

運行計画の立案にいて詳細を示す。運行計画フェーズでは、①運行体制の確立、②運行計画の立案からなる。まず、運行体制の確立について示す。

①運行体制の確立とは、オンデマンドバスの導入を行う主体の人員と、運行に必要な資金の確保からなる。オンデマンドバスを有料で運行する場合には、法定協議会である地域公共交通会議を開催する必要がある。この会議は、運行管理を行う自治体、地域の公共交

通事業者、運輸局、市民代表を含めた関係者の合意を形成するためにある。複数の関係者の調整が運行体制の確立では必要である。

次に、②運行計画の立案では、現状の交通状況を調査から需要予測を行い、その結果から最適なオンデマンドバスの導入台数、車両のサイズをシミュレーションにより求める。特に、運行計画において、7つの項目を明らかにする必要がある。

① 対象者

オンデマンドバスの利用対象者である。福祉輸送を目的に高齢者を対象とする場合、や通勤・通学を対象者にする場合などがある。対象者を明確にすることで、サービスの基準や評価方法の設定が容易になる。

② 運行エリア

対象の移動範囲に応じて、オンデマンドバスの運行エリアを決定する。運行エリア内であれば、バス停は自由に設定可能である。運行エリアが拡大すると運行効率が悪くなるため、運行エリアの設定は慎重に行う必要がある。

③ 運行時間帯

対象の目的に応じて運行時間を設定する。8時間以上運行する場合、必ず休憩時間を設定する必要がある。^[17]

④ 料金設定

実証実験では運賃を決める必要がある。実証実験の目的に応じて、有料または無料にするのかを判断する。「実用化に向けたバスの周知、乗車体験」や「実利用による利便性の評価」が目的であれば、有料で行う必要はない。一方、持続可能な運営体制を整えるには、利用者からの負担が必要である。料金を設定した上で、利用ニーズの調査を行う必要がある。

⑤ 料金収受方法

運賃の支払方法である。路線バスの年間パスのように、年間利用パスを発行する場合や、車内で現金で支払う場合がある。運営主体によっては、ICカードのPasmo、Suicaで支払う場合も考えられる。

⑥ 運行車両サイズおよび台数

運行エリアと地区内で市民がオンデマンドバスを利用する需要量の見積もりがたった場合は、1.3.3で述べる坪内らが開発したシミュレータを用いてシミュレーションを行い、適切な運行車両サイズや台数を求める。^[12]

⑦ 乗降ポイントの配置

運行エリア内にバス停を設置する。バス停はシステム上で管理するもので、実際に看板などを設置することを想定していない。先行研究により、バス停の数と運行効率は無関係だということがわかっている。よって、自由に乗降ポイントを設置できる。

このオンデマンドバス導入計画立案プロセスは公共交通計画を立案するときの策定プロセスに沿っていると言える。^[18]

1.3.3 オンデマンドバスシミュレータについて

坪内ら^[14]は、運行計画策定の段階で、地域の需要予測やサービス供給目標に応じて必要なオンデマンドバスの車両サイズや運行する車両台数を求めるためにシミュレータの開発を行った。

シミュレーションは図 1-8 に示す手順で行う。運行を検討している自治体と協同してデータの入力を行っていく。

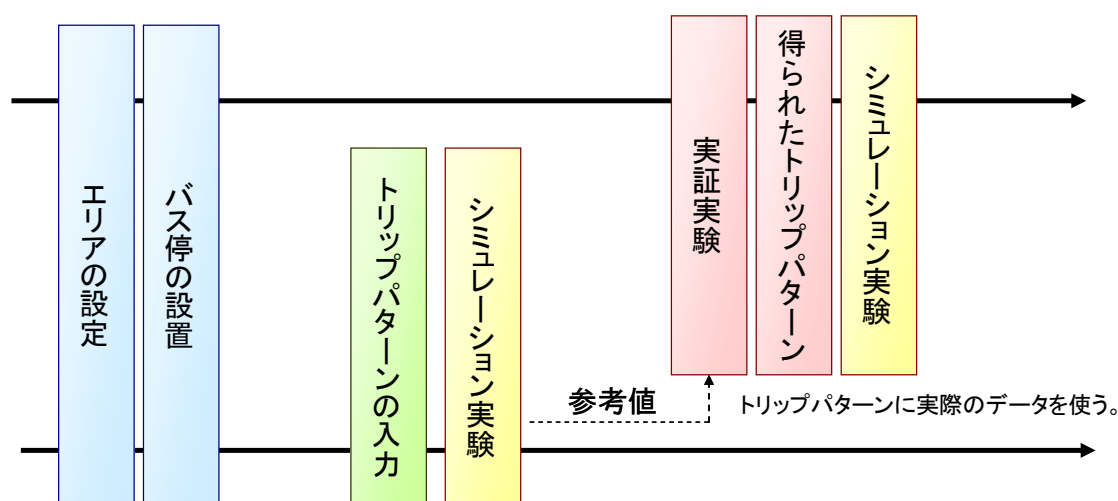


図 1-8 シミュレータ評価実験の概要^[14]

実証実験の開始前に、エリアの設定とバス停の設定を行う。利用対象とサービス供給目標に応じて、バス停の数、エリアの範囲を制限して行う。自治体が利用対象の移動目的、移動パターンを把握できている場合、運行エリアの設定もバス停設置も容易である。しかしながら、自治体が利用対象者の移動パターンを把握できていない場合、既存の公共交通の利用履歴や都市計画図の住居の分布から運行エリアとバス停を設置する必要がある。公共交通の利用履歴として、路線バスの便別利用者数や、タクシー事業者の日報などが挙げられる。特に、人の移動が発生する場所に漏れがないことが重要である。

トリップパターンの入力では、「時間帯ごとの需要量」「時間帯ごとのバス停間の移動の割合」を設定する。「時間帯ごとの需要量」の設定では、運行時間を 1 時間ごとに区切り、その時間帯にオンデマンドバスの利用人数を見積もる。例えば、利用対象として買い物にオンデマンドバスを利用することを想定したなら、買い物が頻繁に行われる 10 時の利用を他の時間帯よりも多く設定する。「時間帯ごとのバス停間の移動の割合」の設定では、各バス停間においてある時間帯における全体の移動の中での需要量の割合を設定する。移動は OD（出発地と目的地）形式で登録される。例えば、通学利用を考慮する場合、住宅から学校への移動を、下校の時間には学校から住宅への移動を入力する必要がある。

パーソントリップ調査^[19]の結果や利用者の調査を行なっている自治体では、そのデータを元にトリップパターンの入力を行う。小さな自治体でパーソントリップ調査を行なって

いない場合、また利用対象の調査を行えていない場合においては、既存公共交通の利用履歴や、人口分布と年齢分布を参考に四段推定法^[20]を利用してトリップパターンを推定する。

シミュレーション実験から得られる結果は、需要量に応じて必要な車両台数、車両サイズである。入力したトリップパターンの需要量を倍増させた場合のシミュレーションも同時に行い、需要量ごとにオンデマンドバスへの予約が成立する割合である予約成立率、運賃収入を 100 円ごとに設定した場合の損益分布や、赤字を出さないために利用者に運賃を負担した場合の金額などもあわせて算出する。結果を参考値として、運行計画を作成し実証実験を行う。

1.3.4 オンデマンドバス導入のための実証実験における課題

オンデマンドバスの実証実験では、以下に示す 2 つの項目を検討するために実験を行う。

- オンデマンドバスが利用者のニーズを満たす交通手段であること
- 地域に適したオンデマンドバスの運行方法であること

実証実験を通して利用者の移動を分析し、2 つの項目に沿って評価を行い、必要があれば改善を行う。

実証実験において、利用実績の評価は非常に重要である。オンデマンドバスが運行する目的を満たしているかを検証し、ニーズに適したサービスであるかを評価しなければならない。もしニーズを満たしていないなら、問題点を解決する方法を検討し、実験へフィードバックする必要がある。運行方法の評価する際、オンデマンドバスの利用ログは有効である。実証実験を通して得られた利用者のニーズが現れているため、利用ログから運行方法の問題点を見つけ出すことができる。運行する地域の人口分布や高齢化率、地形などの地域特性は、オンデマンドバスにより満たすことができるサービスレベルに影響を及ぼす。地域特性を考慮したオンデマンドバスの評価が必要である。

評価によって、明らかになった課題を解決するために運行方法の改善案が必要である。課題の原因を特定し、効果的な改善策を取るとともに、オンデマンドバスが提供できるサービスの適性を把握することが求められる。

1.4 研究目的

オンデマンドバスを導入する過程において、運行実績の評価・分析を通して運行計画の評価・見直しを行う。運行実績の評価はアンケートが中心で、オンデマンドバスの特徴である利用ログを活用した評価が行われていない。本研究では、オンデマンドバスの本格導入にむけて、実証実験で蓄積された利用ログを用いた、地域特性を踏まえた運行実績の評価方法を作成し、オンデマンドバスの運行計画の見直しに有用な知見を得ることを目的とする。

さらに、ケーススタディとして 8 自治体进行评估し、結果をもとに運行計画の改善策を提案する。運行効率の改善手法を提案すると共に、シミュレーションより有効性を検証する。

1.5 論文の構成

- 第1章では、本研究の背景、目的、論文の構成について説明する。
- 第2章では、既存研究のまとめと本研究の位置づけについて説明する。
- 第3章では東大オンデマンドバスを運行している7つの自治体の運用方法、運用実績を評価する。複数の自治体の運行を比較検討することで、運行方法における知見を整理する。
- 第4章では、第3章において明らかになった運用方法の課題に対して、改善方法を提案し、シミュレーションにより検証する。
- 第5章では、シミュレーションを行った結果を考察し、オンデマンドバス導入方法、運行地区の設定方法についての提案を行う。
- 第6章では、本研究の結論と今後の課題を述べる。

第2章 既存研究

目次

2.1 公共交通評価の調査方法について	16
2.1.1 アンケートによる調査	16
2.1.2 移動ログによる調査	16
2.2 実証実験の評価項目について	17
2.2.1 コミュニティバスの評価方法	17
2.2.2 オンデマンドバス導入計画の評価・検討フロー	18
2.3 本研究の位置づけ	20

本章では、オンデマンドバス実証実験における評価についての既存研究について述べる。はじめに公共交通の代表的な調査方法としてアンケートと利用ログを用いた方法について述べる。次に、公共交通導入における評価項目を、コミュニティバスを事例にまとめる。最後に、本研究の新規性を述べる。

2.1 公共交通評価の調査方法について

公共交通を評価する際、情報収集のための調査方法として、アンケートによる調査と利用ログによる調査がある。アンケートとは、質問項目についての回答を対象者から得る社会調査の手法の一つである。移動ログとは、対象が移動した位置や目的などの履歴、情報を蓄積したものをさす。それぞれの活用方法と課題を整理する。

2.1.1 アンケートによる調査

公共交通の調査方法としてアンケート調査^[21]が一般的である。

交通需要調査の中でアンケートによって行われているものとして、国勢調査、総合都市交通体系調査（都市圏パーソントリップ調査）、全国都市交通特性調査（全国都市パーソントリップ調査）などが存在する。^[22]アンケート調査は、資料を郵便で送付する各戸配布、各戸に訪問調査する家庭訪問調査、などが存在する。

公共交通の導入におけるサービスの評価方法としては車内アンケートが一般的である。LRT やコミュニティバスを導入した際、車内に調査員を派遣し、利用者に直接インタビューを行う場合もある。

公共交通の潜在需要の喚起を目的に行われるモビリティ・マネジメント施策^[23]において、行動プラン法^[25]やトラベル・フィードバック・プログラム^[26]、ワンショットトラベル・フィードバック・プログラムはアンケート用紙を郵送して行なっている。

アンケート調査の課題として、実施に膨大な費用が掛かることが挙げられる。アンケート用紙の作成、印刷、送付を調査対象に配布するには、膨大な費用が掛かる。家庭訪問調査を行うパーソントリップ調査では、調査費用に数千万円から数億円掛かるといわれている。費用がかさむため、調査を継続して行うことが困難なため、時系列における分析が困難になる。

また、アンケートの回収率が低いことも課題である。郵送におけるアンケートでの回収率は約 15% と言われている。^[27]配布した量に対して回答が約 15% しか得られず、さらにアンケート実施者が求めるデータを選別すると、更に低い確率になる。^[24]

2.1.2 移動ログによる調査

ICT 技術の進化とともに、多くの交通手段が移動ログを蓄積している。スマートフォンには GPS が実装されており、時刻ごとに位置を測定・蓄積することで、一日の移動を明らかにすることが可能である。^[28]タクシーにおいては、カーナビゲーションにおける GPS 情報だけでなく、タコメーターによるタクシーの速度やエンジンの回転数を電子情報として記

録している。電車では、ICカードによる入出場記録を蓄積している。

電車の入出場記録を利用した研究では、新しい路線が開通した際に、人の移動に起きた変化を調査したものがある。また、マクロな視点から都市間での人の移動を可視化した研究が多々存在する。しかし、ミクロな視点から、利用ログを用いた個人の移動の変化を調査した研究は少ない。^{[29][30]}それは、現在ある利用ログが鉄道のようにマクロな移動の情報で、移動目的が明らかでないことがある。^[31]GPSを用いた個人の交通調査はあるが、オンデマンドバスの導入計画立案のために利用された事例はまだない。

2.2 実証実験の評価項目について

公共交通を導入する前段階として、自治体では実証実験を行うのが一般的である。オンデマンドバスとコミュニティバスは、実証実験を通して運行計画を策定していく。本節では中村^[33]のコミュニティバスにおける実証実験の評価手法と国土交通省が示したデマンド交通の検討フローについてまとめる。

2.2.1 コミュニティバスの評価方法

2.2.1.1 利用者の観点

コミュニティバスを利用者の観点から5つの指標で評価する。

1つ目に、経路の評価である。ODが発生する地点とバス停までの距離が遠い場合や、目的地まで到着する時間が経路の迂回により長くなりすぎるなどの課題を評価する。

2つ目に、運行頻度の評価である。運行頻度が少ないと、利用者の希望する時間帯にバスが運行しておらず、不便なものになっている。利用者の行動を把握し、運行頻度が利用者の行動に対してどの程度合っているのかを評価する。

3つ目に時刻表の評価である。時刻表も運行頻度と同じく利用者の行動に沿って設定されないと利用されない。また、時刻表がわかりにくく、使いにくくなっている場合もある。

4つ目に、車両の評価である。利用者の特性に応じて、一般の車両かノンステップ車両にすべきかを検討する。

5つ目に、運賃の評価である。自動車を持たない高齢者の交通手段であり、外出支援として補助は必要でありつつ、運行していない地域の市民にとって税の負担の不公平が生じる。コミュニティバスが税金の補助によって成り立っている場合、受益者負担の観点と福祉サービスの観点から利用者が負担すべき金額を検討する。

2.2.1.2 運営主体の観点

運営主体からコミュニティバスを2つ指標で評価する。1つ目に収支のバランスである。運用の評価において、支出に対してどれだけの収入を得られたかが重要である。

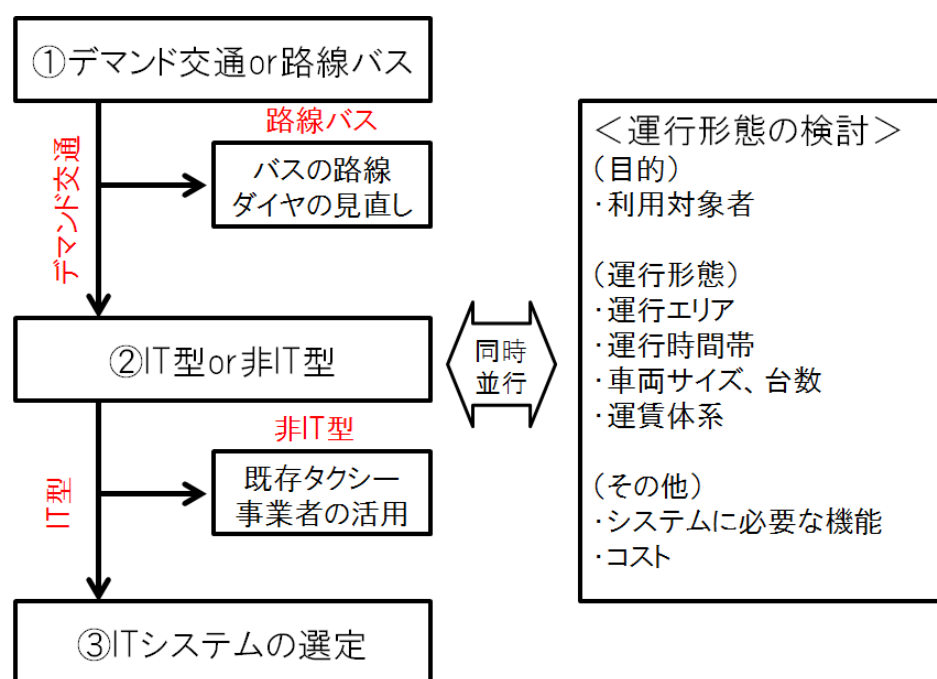
2つ目に、コミュニティバスを運行することが適切であるかを評価する。すなわち、既存の路線バスと近接し、利用者を奪っている場合や、利用者が少なくバスではなくデマンド交通が適している場合もある。

2.2.1.3 評価結果を基にした改善方法

評価した結果を基に改善方法の検討を行う。利用者が少ない場合、代替案として①車両サイズの変更、②デマンド交通の導入、③STサービスの導入がある。需要が見込まれず、補助の金額が利用者の1回の利用に対して大きくなりすぎるならば、中止を検討する。運行方法の改善案として、運賃の値下げ、運行頻度の増加、運行時間の再設定、運行ルートの見直しなどがある。改善を行う際、費用対効果に見合ったサービスになるよう、採算性に注意が必要である。

2.2.2 オンデマンドバス導入計画の評価・検討フロー

オンデマンドバスの実証運行を得られる実績の評価・検討項目を考えるにあたり、国土交通省がまとめたオンデマンド交通を自治体に導入する際に検討すべき項目のフロー^[10]を図2-1に示す。



①デマンド交通を導入すべきかまたは路線バスを導入すべきかの判断

導入を検討する際、はじめに自治体が抱える課題や市民のニーズに応じてデマンド交通または路線バスやコミュニティバスなどを含めたどの交通手段を導入するかを検討する。デマンド交通ではなく、路線バスを導入する場合にはバス路線の見直しやダイヤの見直しを行う。

②IT活用またはIT非活用かの判断

デマンド交通の導入を決定した際、次にITを活用したシステムを利用するのか、またはシステムを利用しないのかを検討する。多量の利用者を見込む場合や、市民のトリップデー

タを蓄積したい場合などは、IT システムを必要とする。少数の利用しか見込んでおらず、安く運行するには IT システムを利用せず、既存のタクシー事業者と協力してサービスを提供すべきである。

③IT システムの選定

IT システムの活用を決定した際、システムの選択をする必要がある。現在、日本で運営している IT を利用したオンデマンドバスシステムを図 2-2 に分類した。



図 2-2 オンデマンドバスシステムの分類

縦軸はシステムが運行経路を自動生成する機能の有無を示している。予約を受け付ける際に、効率的な運行の順番を提案するシステムが、経路自動生成システムである。経路を自動生成するシステムにより、オペレータが経路を考える必要がなくなるため、タクシー事業者がもつ土地勘や経路生成能力がない人でも運行管理が可能になる。

横軸では、到着時刻指定可能なシステムであるかどうかを示している。東大と AV プランニング^[34]のシステムでは、予約の際に到着時刻を確約可能である。東大と AV プランニング以外のオンデマンドバスでは目的地の到着時刻を指定できない。時間制約がないシステム^[35]では、便によって大まかな到着時刻は予想が着くが、乗り合わせ可能な利用者の人数によって時間に幅がある。

デマンド交通の運行において重視する項目によって導入するオンデマンドバスシステムを選択する。例えば、一度に多くの人を運ぶことを重視し、利用者にある程度の不便さを残すことに問題がなければ、図中の右下のシステムを選択する。

デマンド交通の運行形態は、IT システム活用の検討や、IT システムの選定の過程と同時並行で検討する。デマンド交通の運行目的を明確にし、利用対象者や使われ方を想定する。デマンド交通サービスの内容である運行エリア、運行時間帯、車両サイズ、台数、運賃を目的に応じて検討していく。また、自治体の財政は縮小傾向にあるため、IT システム運営に割ける予算に限りがあるため、デマンドバスシステム開発運営を含めた導入コストも IT システムの選定に関わる。

2.3 本研究の位置づけ

- ・オンデマンドバスの利用ログから導入計画の採算性における課題分析・改善案の提案を行う

- ・利用ログを地域特性と関連づけ、潜在的な利用者の発見と個人の移動目的の分析から利用者促進案を作成する

これらの点に新規性があるといえることができる。

第3章 運行実績の評価手法の提案

目次

3.1 提案手法の位置づけ	22
3.1.1 運行計画の見直しプロセス	22
3.1.2 運行実績の評価・検討事項について	23
3.2 データ分析指標	24
3.2.1 東大オンデマンドバスのデータベースについて	24
3.2.2 分析指標概要	25
3.3 運行データによる評価プロセスの提案	36
3.3.1 採算性	37
3.3.2 普及率	37
3.3.3 運行形態	37

3.1 提案手法の位置づけ

3.1.1 運行計画の見直しプロセス

本研究の対象とするオンデマンドバスの導入過程における運行計画見直しの位置づけについて詳細を示す。また、運行計画見直しにおける検討項目、目標設定についての概要を図 3-1 に示した。

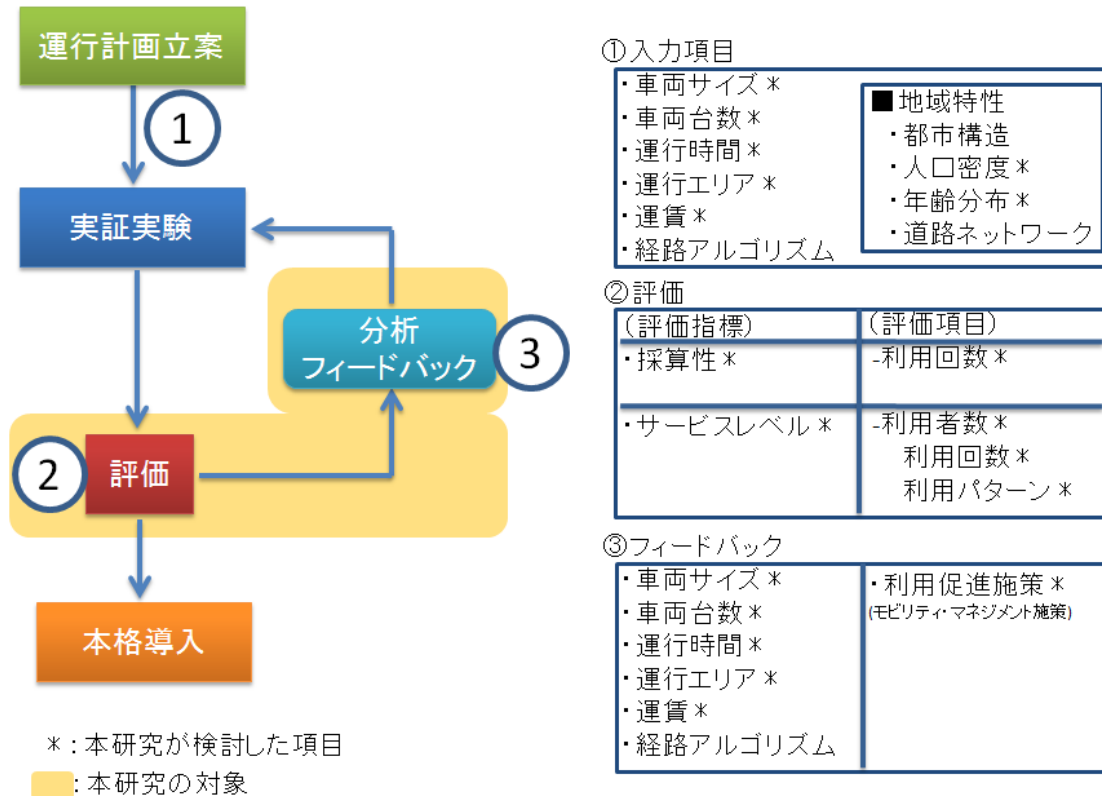


図 3-1 運行計画の見直しプロセス

運行計画の作成プロセスの流れを図 3-1 に沿って説明する。運行計画の立案を行った後、実証実験を行う。実証実験において、検討する項目を図の①内に示した。具体的には、“車両サイズ” “車両台数” “運行時間” “運行エリア” “運賃” “経路アルゴリズム” などが、検討すべき項目として挙げられる。実験の際に地域特性も考慮する必要があり、都市構造、人口密度、年齢分布、道路ネットワークなどがある。

実証実験の結果を採算性とサービスレベルの観点から評価する。評価項目に対しオンデマンドバスの運営主体は目標値を設けており、例えば岐阜市で採算性において基準収支率 25%を設定した事例がある。

評価の結果、目標値に達成できない場合、次の実証実験にむけてフィードバックを行う。フィードバックの検討内容として、①で示した運行形態の検討項目である車両サイズ、車両台数、運行エリア、運賃、経路アルゴリズムや、オンデマンドバスの普及を広げるため

の利用促進施策がある。

本研究では図中の黄色で囲まれた②評価と③分析・フィードバックを対象とする。また、取り扱った検討項目に対して米印を付けた。

3.1.2 運行実績の評価・検討事項について

デマンド交通の実証実験の運行実績の評価を行う際に検討すべき項目を、導入検討時における検討事項に沿って整理する。実証実験における運行計画の見直し、フィードバックを行う際に調査する3つの項目を図3-2に示す。

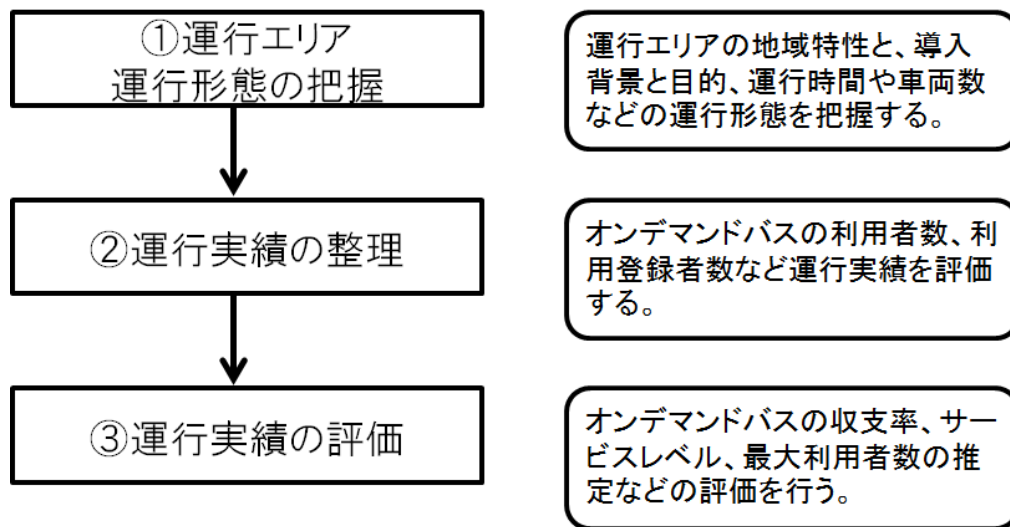


図 3-2 運行計画見直し調査項目

3.1.2.1 運行エリアと利用実績の把握

デマンド交通を導入した地域の道路網、市民の利用の主要目的地である商業施設、病院施設、買い物施設の位置、運行エリアの広さなどの空間的特徴を把握する。また、デマンド交通の利用者、月、時間帯ごとの利用者数など利用実績の概要を把握する。

3.1.2.2 運行実績の整理

実証実験の運行実績を、オンデマンドバス利用ログを用いて整理する。運行実績として把握する項目については、3.2.2 の分析指標において示す。利用ログが得られないデマンド交通については、対象としない。

3.1.2.3 運行実績の評価

“運行実績の整理”で得られたデータを用いて運行実績の評価を行う。評価項目については、3.3 の運行実績の評価プロセスで詳細を示す。

3.2 データ分析指標

オンデマンドバスの運行ログを分析して得られるデータ分析項目の概要と計算方法を示す。

3.2.1 東大オンデマンドバスのデータベースについて

東大オンデマンドバスでは、利用者情報や毎日の運行計画、車両情報などをデータベースに記録している。蓄積された運行ログを分析し、利用実績を求めている。

東大オンデマンドバスシステムが保持しているデータベースの詳細について図 3-3 に示す。

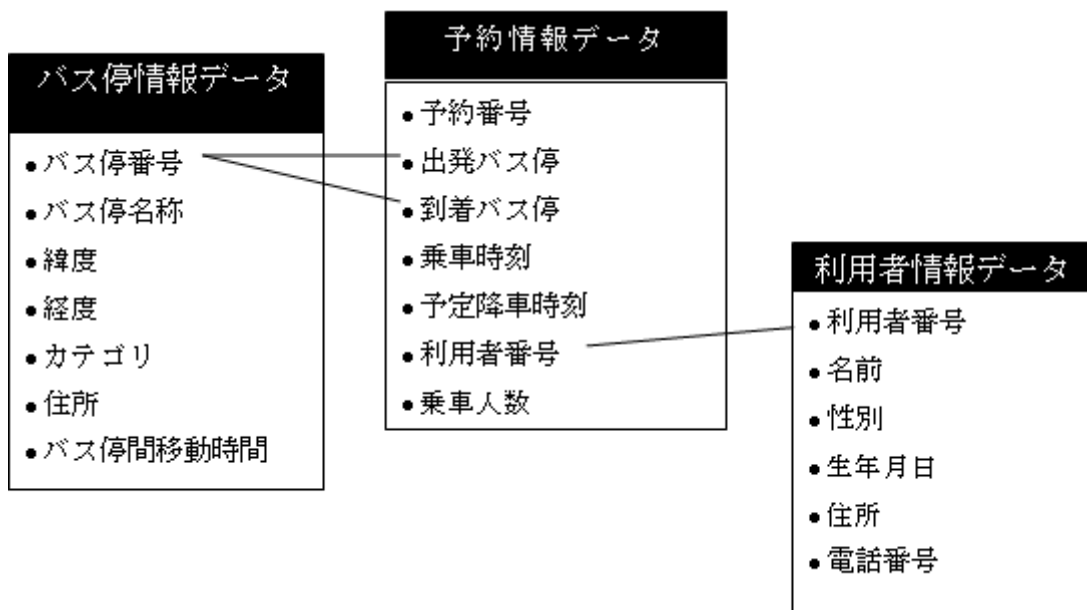


図 3-3 オンデマンドバスシステムのデータベース構造

図 3-3 に示しているとおり、データベースには運行に必要な情報が蓄積されており、予約情報を保存する予約情報データベースをはじめ、生年月日・性別、自動車の免許の保有などの利用者情報を保存する個人情報データベース、バス停の位置やバス停間の移動時間を保存するバス停情報データベースが存在している。東大オンデマンドバスを利用するには、個人情報を登録する必要があり、年齢や性別に応じた登録者数や利用率などを算出可能である。

図 3-4 はバス停情報テーブルを、図 3-5 は予約情報テーブルを、図 3-6 は利用者情報テーブルの実例を示している。

BusStop	Name	Longitude	Latitude	Category
100	原公民館	136.587278	34.477347	H04
101	原小集会所	136.587964	34.480038	H04
102	原 東外城田郵便局	136.582865	34.479069	N04
103	原 上出郵便ポスト	136.588047	34.472989	B05
104	アスピア玉城	136.587629	34.468562	K01
105	弘樹苑	136.590346	34.471414	E03
110	蚊野リサイクルステーション	136.600737	34.487205	H05
120	JA外城田支店	136.601893	34.484086	N03
121	中島医院	136.605369	34.484881	D02
122	ささき歯科クリニック	136.600482	34.483874	D09
123	梅がおか児童館	136.602333	34.483246	C07
130	野篠公民館	136.615366	34.485388	H04
140	松ヶ原 京セラ前	136.608384	34.484835	I02
141	松ヶ原 3・4組リサイクルステーション	136.60958	34.482852	H05

図 3-4 バス停情報テーブル

BookID	OnBus	OffBus	OnTime	OffTime	SecureID
878410504	101	102	2010/10/05 10:05:00	2010/10/05 10:15:00	1000449
191910511	201	870	2010/10/12 16:40:00	2010/10/12 16:50:00	1020495
915610511	870	201	2010/10/12 12:15:00	2010/10/12 12:25:00	1020495
328110511	201	870	2010/10/12 16:40:00	2010/10/12 16:50:00	1020495
786410511	141	470	2010/10/12 9:00:00	2010/10/12 9:10:00	1003160
741510511	201	680	2010/10/12 15:00:00	2010/10/12 15:10:00	1018010
198510512	807	375	2010/10/13 9:00:00	2010/10/13 9:24:00	1003113
153210512	870	201	2010/10/13 12:15:00	2010/10/13 12:38:00	1020495
121710512	375	807	2010/10/13 15:05:00	2010/10/13 15:29:00	1003113
543510512	201	870	2010/10/13 16:40:00	2010/10/13 17:03:00	1020495
620510512	807	375	2010/10/13 9:00:00	2010/10/13 9:24:00	1003113
705110512	375	807	2010/10/13 15:05:00	2010/10/13 15:29:00	1003113
818210512	690	201	2010/10/13 9:30:00	2010/10/13 9:46:00	1003383
924710512	807	375	2010/10/13 9:00:00	2010/10/13 9:24:00	1003113
535210512	330	201	2010/10/13 9:35:00	2010/10/13 9:49:00	1003506
608910512	201	650	2010/10/13 11:20:00	2010/10/13 11:40:00	1003360

図 3-5 予約情報テーブル

SecureID	Sex	Birthday
1001949	1	1978/04/07
1003041	2	1938/01/28
1003042	2	1934/04/16
1003043	2	1934/03/01
1003044	1	1930/10/06
1003045	2	1940/10/27
1003046	2	1935/03/15

図 3-6 利用者情報テーブル

3.2.2 分析指標概要

前項で示したデータベースに蓄積された運行ログを用いて、運行実績の評価を目的に様々な分析を行う。分析項目を以下に示す。

3.2.2.1 月別利用者延べ人数(A)

1ヶ月にオンデマンドバスに乗車した人数の総和が月別利用者延べ人数である。月毎の利用者数の推移から、オンデマンドの導入段階を把握可能である。例えば、利用が伸びてい

るなら拡大期、利用者数の増加が止まり一定の値に収束した時を安定期、利用者数が減少傾向を示したなら、減退期とする。図 3-7 に月別利用者延べ人数の例を示す。この例では、延べ月間利用者数が 6 月まで増加した後、増減を繰り返していることから安定期と言える。

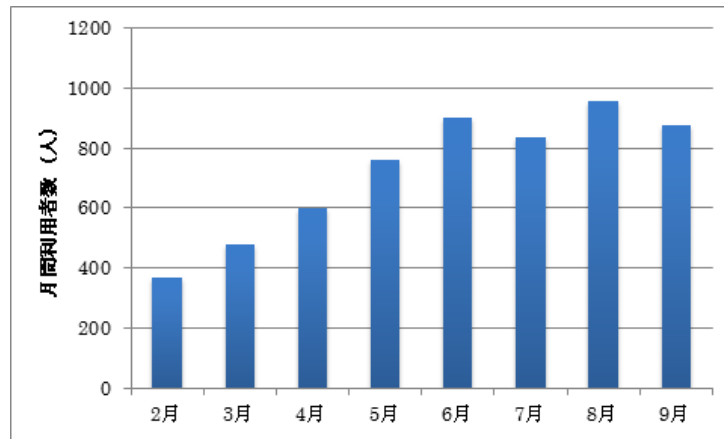


図 3-7 月別利用者延べ人数

3.2.2.2 年齢別登録者数(B)

階級を 5 年ごとにとった利用登録者の年齢分布を示したグラフが図 3-8 である。

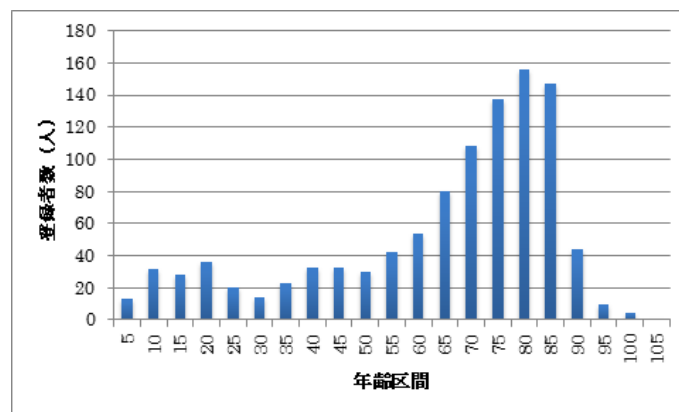


図 3-8 年齢別登録者数

3.2.2.3 年齢別利用者数(C)

指定した期間のオンデマンドバスの利用者の年齢分布を求める。年齢別利用者数の例を図 3-9 に示す。利用している人の年齢分布を求めることで、年齢別の普及率を把握可能である。

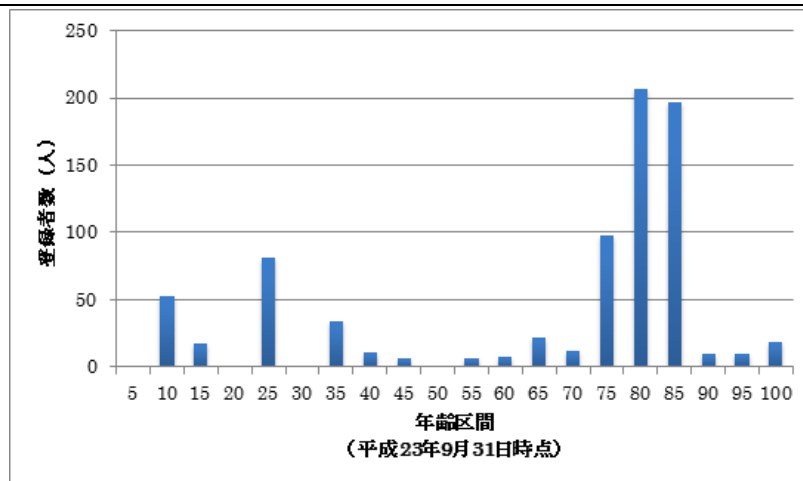


図 3-9 年齢別利用者数

3.2.2.4 実利用者数推移(D)

運行を開始してから一度でもオンデマンドバスを利用したことがある利用者数の推移が実利用者数推移である。本指標はオンデマンドバスの普及率を表す 1 つの指標である。図 3-10 では、前月と比較した実利用者の増加数を棒グラフで、それらを累積した数字を折れ線グラフで示している。

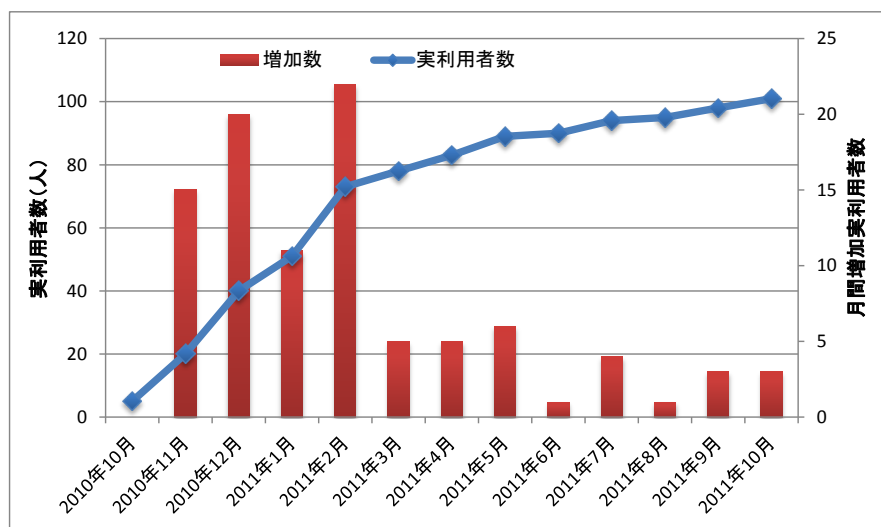


図 3-10 実利用者数推移

3.2.2.5 月別実利用者数推移(E)

各月の重複無しの利用者人数の推移が月別実利用者数推移である。図 3-11 では、前月に利用していた人数を継続利用者数、対象とする月から利用を始めた人数を新規利用者数として、前者を青色で後者を赤色で示している。継続利用者数の推移によって、利用定着度を把握可能である。

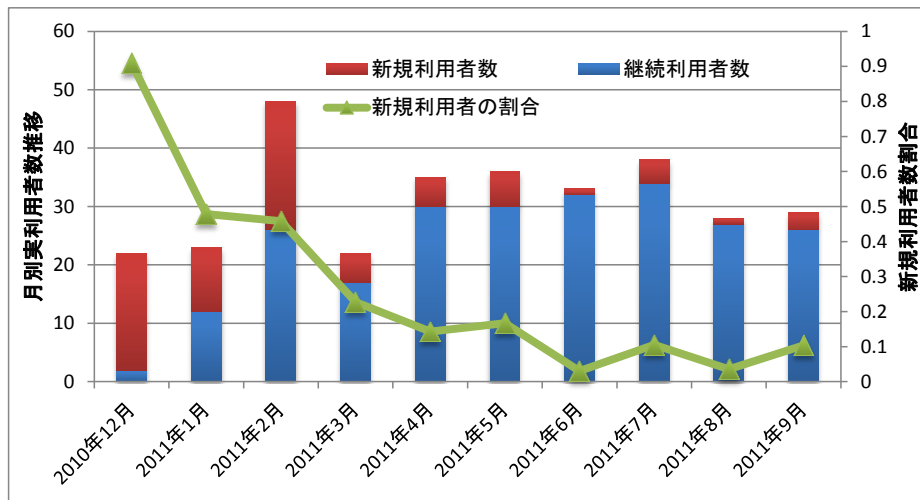


図 3-11 月別実利用者数推移

3.2.2.6 車両あたりの時間別利用者数(F)・トリップ数推移(G)

1 車両あたりの時間別利用者数、トリップ数の推移を示す。1 時間の内に乗車した利用者の総和を車両台数で割った値である。図 3-11 では緑線が時間あたりの最大利用者受け付け数の推移を、赤線が 1 日を通して最も多く利用者を受け付けた日の時間あたりの利用者の推移を、青線が運行期間を通しての平均値を示している。図 3-12 ではトリップ数も同様に計算を行なっている。

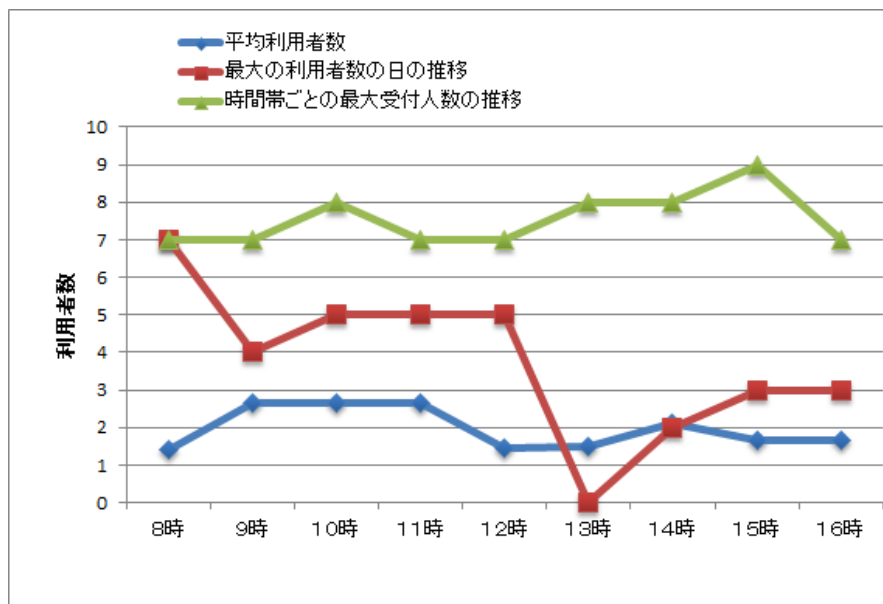


図 3-12 車両あたりの時間別利用者数

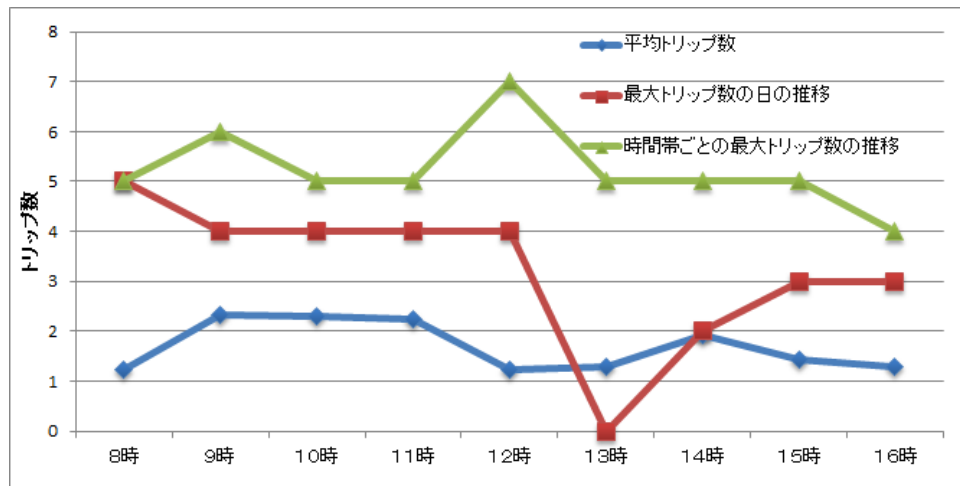


図 3-13 車両あたりの時間別トリップ数

3.2.2.7 希望予約時刻と成立時刻との差(H)

希望した予約時刻と成立した予約時刻の差の絶対値の分布を示す。希望時刻に近い予約が多い場合、乗合に影響を及ぼす可能性がある。希望予約時刻と成立時刻との差の分布の例を図 3-14 に示す。

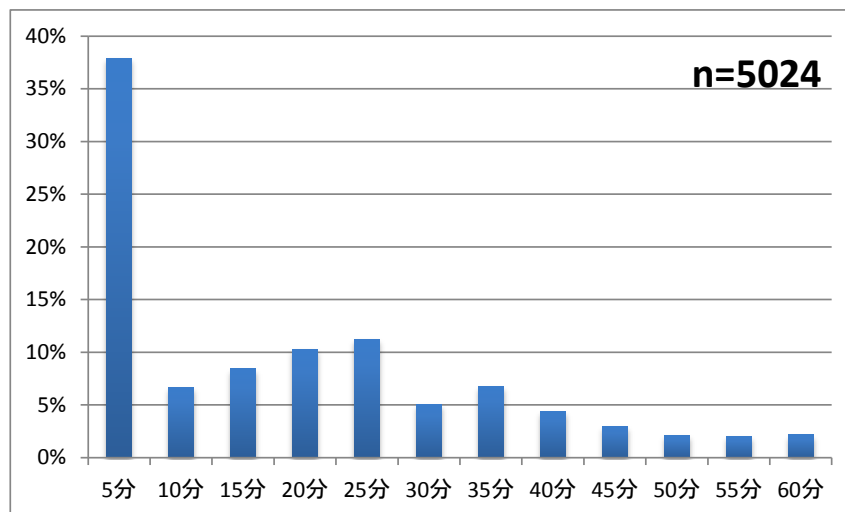


図 3-14 希望予約時刻と成立時刻との差の分布

3.2.2.8 利用目的分布(I)

東大オンデマンドバスのバス停には、カテゴリーが振り分けられている。目的地のカテゴリーの頻度分布が利用目的分布である、利用目的分布の例を図 3-15 に示す。

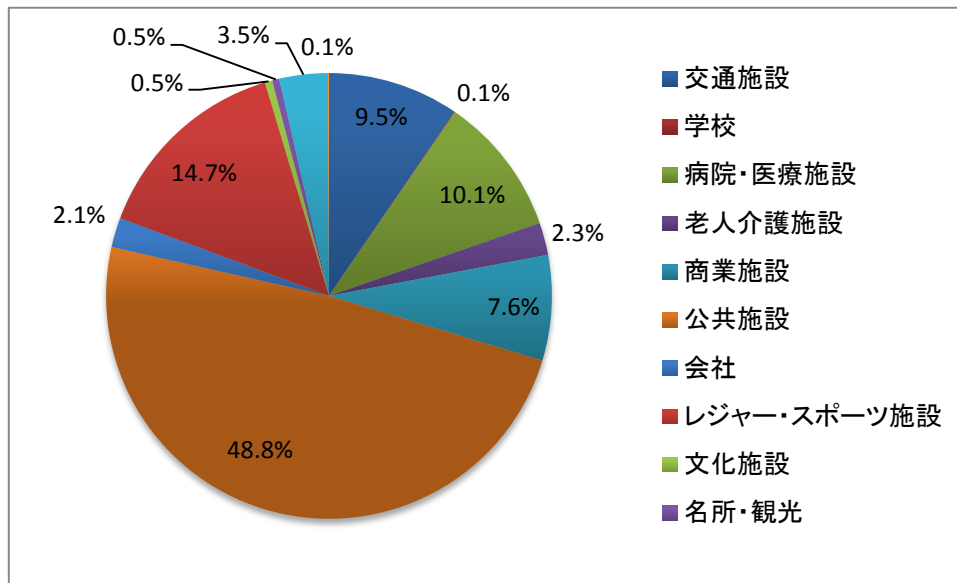


図 3-15 利用目的の分布

3.2.2.9 運行効率(J)

1 車両の 1 日の運行効率を定義する。オンデマンドバスが利用者を乗せて移動した距離を、各予約を直接目的地へ移動した場合の距離の総和で割った値である。すなわち、1 日の運行の中で乗合が生じない場合、運行効率の値は 1 になる。値が 1 よりも小さい時、乗合を生じさせたことで移動距離を短縮できたことになる。値が 1 よりも大きい時、個別に運行した場合よりも移動距離が延長したことを示す。計算方法の詳細を図 3-16 に、運行効率の分布の例を図 3-17 に示す。

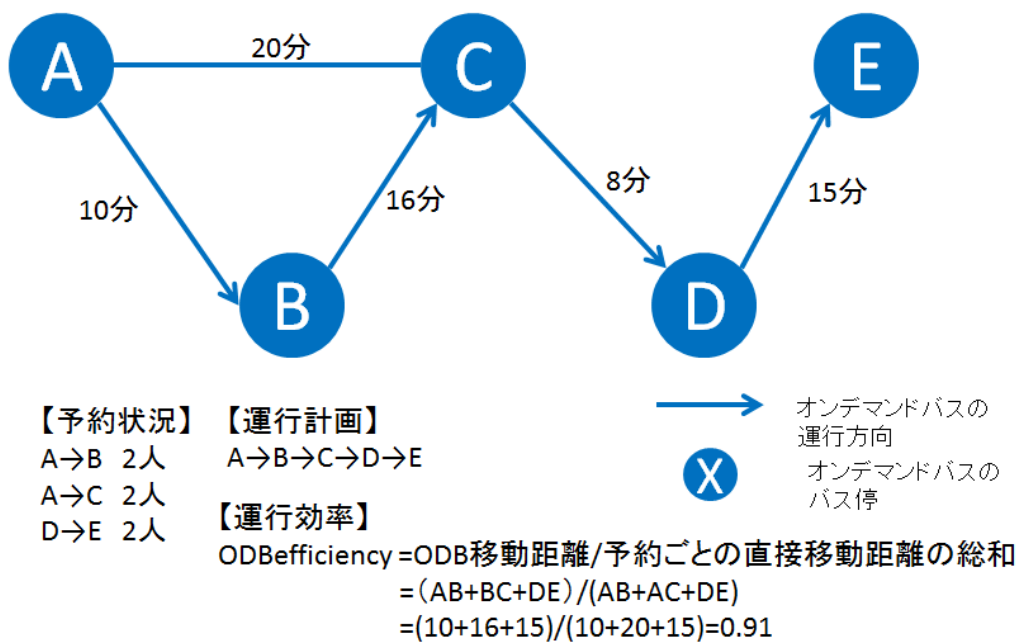


図 3-16 運行効率の計算方法

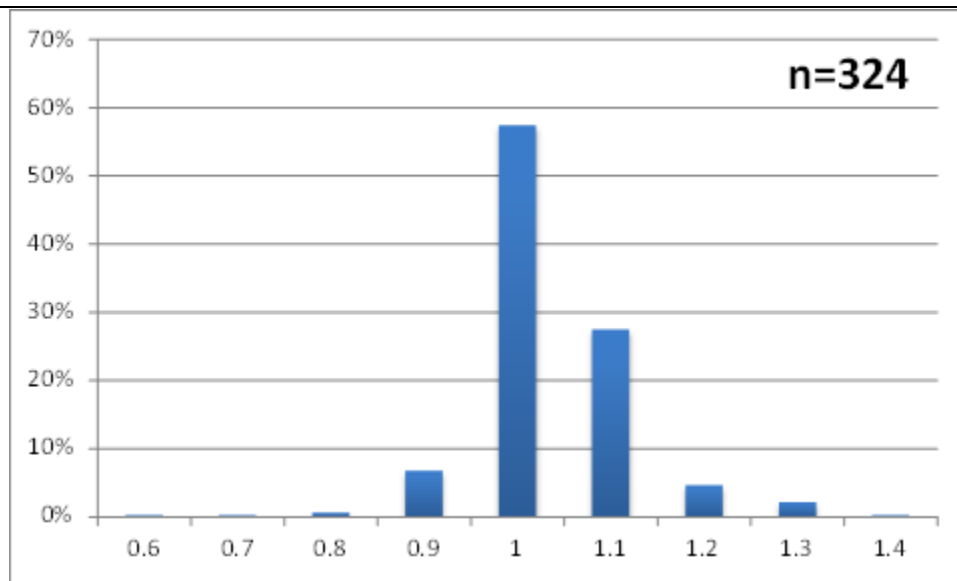


図 3-17 運行効率の値の分布

3.2.2.10 個人の月間利用回数の推移(K)

個人ごとの月間利用回数の推移を調べる。利用者の月ごとの利用回数の推移によって、利用者を以下の3つのタイプに分ける。

- 1：利用を開始した人で、利用回数の1日の平均値が1を超えている人
- 2：20回以上利用した人の内、利用を辞めてしまった人
- 3：毎月利用しているが、1日の利用平均が0.5に達しない人

図 3-18 に個人の月間利用回数の推移を分類した事例を示す。横軸に月、縦軸に利用回数を示している。折れ線は、各利用者を示している。個人の分類方法を以下に示す。

- ・青線：利用を開始し、1日の平均利用回数が1を超えている人
- ・赤線：20回以上利用したが、利用を止めた人
- ・黄線：毎月利用しているが、1日の平均利用回数が0.5に満たない人

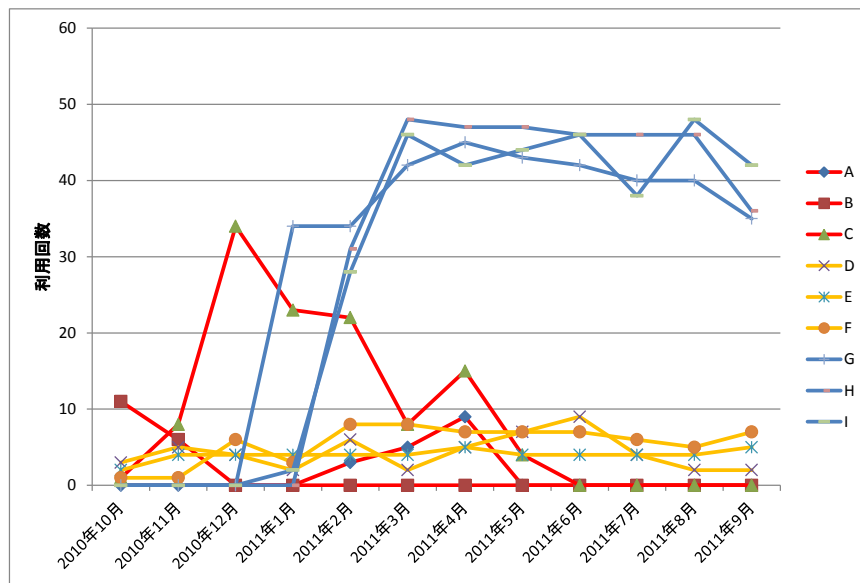


図 3-18 個人の月間利用回数の推移の分類

3.2.2.11 利用頻度別バス停表示(L)

各バス停が目的地として利用された頻度によって、色別・アイコン別にバス停を地図上に表示する。バス停を利用頻度により以下の4つに分類する。

- 1：一度も利用されていないバス停
- 2：全期間を通して10回以上利用されていないバス停
- 3：全期間を通して10回以上利用されているバス停
- 4：最も利用回数が多い20箇所のバス停

2011年6月1日から2011年9月30日までの運行において、利用が最も多かった20地点のバス停をアイコンで表示した例を図3-19に示す。



図 3-19 利用回数が最も多い 20 カ所のバス停表示

バス停にはカテゴリーが割り振られている。アイコンはバス停のカテゴリーに対応している。図 3-20 にバス停のカテゴリーとアイコンの関係を示す。

カテゴリー	アイコン	公共施設	
自宅		会社	
交通施設		宿泊施設	
学校		レジャー・スポーツ	
病院・医療施設		文化施設	
老人介護		名所・観光	
商業		金融機関	
飲食店		その他	

図 3-20 バス停カテゴリーとアイコン

次に、1度も利用されなかったバス停を赤丸で、1回以上10回以下利用されたバス停を黄色の丸で、10回以上利用されたバス停を緑丸で、利用頻度とは関係ないが青い丸は自宅バス停をプロットした例を図 3-21 に示す。

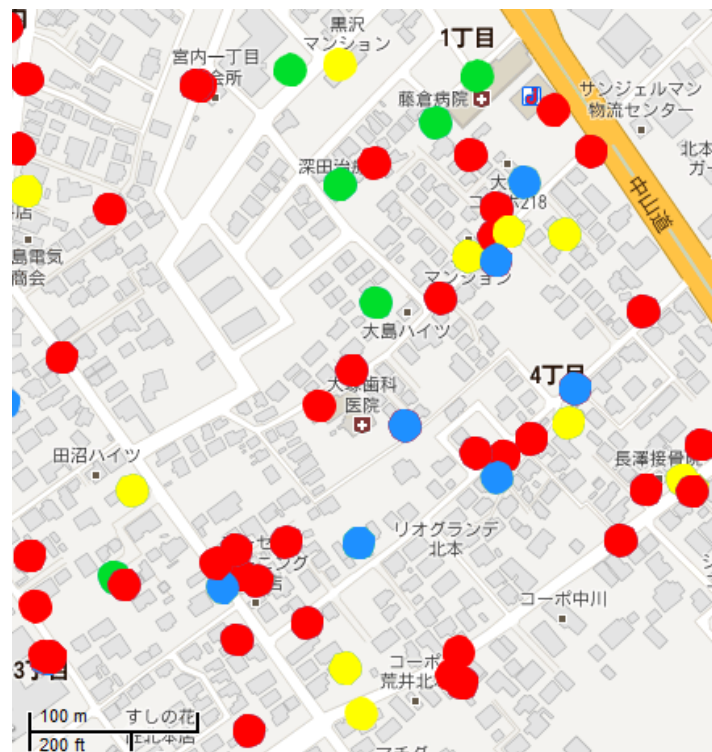


図 3-21 利用頻度別バス停表示例

3.2.2.12 収支率(M)

オンデマンドバス運営の持続可能性の指標として、収支率がある。オンデマンドバスの運営にかかる総費用を、運営によって得られる総収入で割った値である。オンデマンドバス運営に関わる支出と収入の項目を表 3-1 にまとめる。

表 3-1 オンデマンドバスのバランスシート

	項目	意味	阿見町
支出	システム費用(月)	東大オンデマンドバスを利用するための費用である。管理する車両台数によらず63000円である。	63000円
	運行時間	車両の1日の運行時間である。自治体によって運行時間は異なる。	9時間
	運行日数	月あたりの運行日数である。	20日
	車両数	運行している車両数である。自治体によって、1台から9台まで差がある。土日など利用者の少ない日は車両数を削減して運行している自治体もある。	2台
	車両総運行時間	1ヶ月でオンデマンドバスを運行した時間の総和である。運行時間、日数、車両数をかけ合わせた値である。	360時間
	車載器(台・月)	運行指示を行う車載器の月額使用料である。1台あたりの月額20000円となっている。	20000円
	車載器総費用	車載器に支払う費用の総額である。車載器と車両数をかけ合わせた値になっている。	40000円
	運行委託費(車両・時間)	オンデマンドバス1台を1時間運行するために支払う金額である。国土交通省が示した2100円を採用した。	2100円
	総運営委託費	運営委託費の総和である。車両総運行時間と運行委託費をかけ合わせた値である。	756000円
	合計	総運営委託費と車載器総費用を足した値である。総支出費用を示している。	796000円
収入	利用者数	1ヶ月にオンデマンドバスを利用した人の延べ人数である。	875人
	一律料金	対象とした自治体の運賃と利用者数を掛けた運賃収入の値。	350000円
	1kmあたり100円	1kmあたり100円に設定した場合の運賃総収入を示している。自治体が定める一律運賃体系と比較するために行った。	306000円
	収支率(一律)	運賃体系を一律にした場合の運賃収入を、総支出で割った値である。運営費用に対して、利用者が負担している割合を示している。	44%
	収支率(kmあたり)	運賃体系を1kmあたり100円に設定した場合の運賃収入を、総支出で割った値である。自治体が採用している一律の運賃体系と比較するために計算した。	38%

3.3 運行データによる評価プロセスの提案

実証実験において運行実績を評価し、運行計画へのフィードバックを行う必要がある。そこで、3.2 で示した分析指標を利用した運行実績の評価手法を作成した。評価プロセスを図 3-22 に示す。

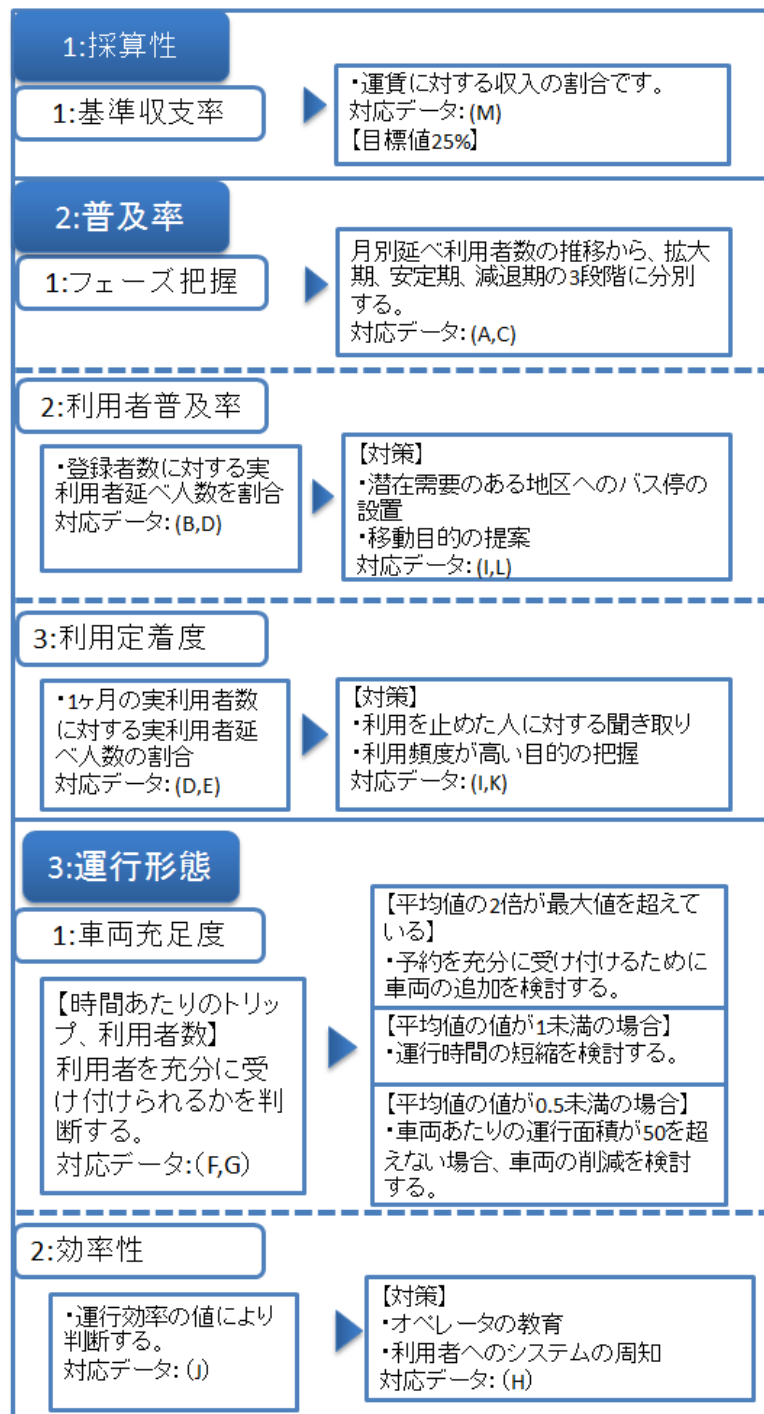


図 3-22 運行実績評価プロセス

評価プロセスは、“採算性 “の評価、“普及率 “の評価、“運行形態 “の評価からなる。それぞれについて詳細に説明する。

3.3.1 採算性

3.3.1.1 収支率 (M)

オンデマンドバス運営における持続可能性を判断するために、収支率を評価する。収支率は持続可能性の判断基準として、岐阜市が地域公共交通会議で示した基準収支率 25%を採用する。計算方法は前項の収支率 (M) に示した。

3.3.2 普及率

オンデマンドバスの普及率の評価を行う。普及率の把握は 3 段階からなる。それぞれについて説明する。

3.3.2.1 フェーズ把握

オンデマンドバスの導入段階を把握する指標である。月別延べ利用者数の推移から月間利用者延べ人数 (A) を見て判断する。利用者が増加しているなら拡大期、拡大期を過ぎ利用者数の推移が安定したなら安定期、利用者が減少しはじめたなら減退期とする。

3.3.2.2 利用者普及率

オンデマンドバスの地域における普及率を示す指標である。オンデマンドバスを使わない理由として、もっとも高い割合を占めるのが“予約の手間”である。既存の路線バスとは違い、オンデマンドバスは予約に応じて運行するため、予約が必要になる。慣れない予約を行うことに心理的障壁を多くの利用者が感じている。一方で、2,3 回利用するだけで、予約の手間を感じなくなるという意見もある。利用障壁のために、登録は済ませたが1回目の利用をしない利用者が多い。

利用者普及率では、利用登録をした人の内、一度でも利用した人の割合を示す。すなわち、オンデマンドバスの利用登録者に対する運行期間を通しての実利用者数 (D) の割合の値である。

3.3.2.3 利用者定着率

オンデマンドバスの利用が市民に定着した度合いを示す値である。利用者の中には、毎日利用する人、月に数回利用する人、または利用を始めた人、または利用を止めてしまった人など、様々な人々がいる。一度以上オンデマンドを利用した人の中で、定期的に利用している人の割合によって、市民のニーズに応えているかを判断する。

具体的には利用定着度は月別実利用者数 (E) を運行期間の実利用者人数 (D) で割った値である。

3.3.3 運行形態

オンデマンドバスの運行形態を採算性の面から見直すと共に、利用者に十分なサービスを提供できているかを把握する。

3.3.3.1 車両充足度

運行エリアにおいて、利用者に十分なサービスを提供できているのか、利用が見込める

時間帯に運行をしているのか、利用者が見込めないのに需要よりも多くの車両を供給していないかを判断する。

採算性を確保する上で、車両台数と運行時間は重要である。支出において、委託運営費は時給制で支払われている場合が多い。時給を 2000 円とすると、1 台の運行時間を 1 時間短縮するだけで、年間 300 日運行したとすると、約 60 万円の削減になる。また、1 日 8 時間運行の自治体において運行車両を 1 台削減すると、年間 300 日で 480 万円削減できる。よって、車両台数と運行時間の設定は採算性の改善のために重要である。

車両充足度を判別するために、1 車両の 1 時間あたり最大利用者人数（G）を利用する。

- ・需要充足度の判定

1 台 1 時間あたりの平均利用者数（G）が 1.0 を下回るなら、需要不足といえる。よって、運行時間の見直し、または車両削減による値の改善を検討すべきである。

- ・車両充足度の判定

需要に対応するための車両が充分確保できていることを、車両充足度により判定する。車両充足度の計算方法は、各時間帯の平均利用者数（G）を最大利用者数（G）で割った値である。時間帯ごとの需要の方向性を考慮した値である。コミュニティバスにおいて、平均需要の 3 倍の利用まで受け付けられるようにすることが望ましい^[33]と判断する。よって、値が 30%を超える場合は、車両の追加を検討すべきである。

3.3.3.2 効率性

オンデマンドバスの運行効率を評価する。オンデマンドバスは乗合を生じさせながら、複数の利用者を一度に運搬できる。タクシーでは、1 人の利用それぞれに対応するが、同じ方向性の利用であれば、一度に運送するほうが効率的である。効率性の値に運行効率（J）の値を利用し、評価する。この値は、一日の需要をタクシー、オンデマンドバスそれぞれで対応した場合の移動距離を比較した値である。運行効率の改善により CO₂ 削減、燃費削減につながる。

第4章 東大オンデマンドバス運行地域の分析目次

4.1 茨城県阿見町	42
4.1.1 運行地域と運行方法について	42
4.1.2 オンデマンドバス運行実績	44
4.1.3 運行実績の評価	54
4.1.4 改善策の提案	56
4.2 茨城県かすみがうら市	57
4.2.1 運行地域と運行方法について	57
4.2.2 オンデマンドバス運行実績	59
4.2.3 運行実績の評価	68
4.2.4 改善策の提案	71
4.3 千葉県佐倉市	75
4.3.1 運行地域と運行方法について	75
4.3.2 オンデマンドバス運行実績	77
4.3.3 運行実績の評価	86
4.3.4 改善策の提案	87
4.4 千葉県山武市	91
4.4.1 運行地域と運行方法について	91
4.4.2 オンデマンドバス運行実績	93
4.4.3 運行実績の評価	103
4.4.4 改善策の提案	104
4.5 埼玉県北本市	107
4.5.1 運行地域と運行方法について	107
4.5.2 オンデマンドバス運行実績	109
4.5.3 運行実績の評価	120
4.5.4 改善策の提案	121
4.6 埼玉県鳩山町	122
4.6.1 運行地域と運行方法について	122

4.6.2 オンデマンドバス運行実績	124
4.6.3 運行実績の評価	134
4.6.4 改善策の提案	135
4.7 山梨県北杜市	136
4.7.1 運行地域と運行方法について	136
4.7.2 オンデマンドバス運行実績	137
4.7.3 運行実績の評価	148
4.7.4 改善策の提案	150
4.8 三重県玉城町	153
4.8.1 運行地域と運行方法について	153
4.8.2 オンデマンドバス運行実績	154
4.8.3 運行実績の評価	165
4.8.4 改善策の提案	167

東大オンデマンドバスは2008年に運用を開始して以来、2011年12月までにのべ35自治体において実証実験を行った。運用開始からもシステムの開発を進め、実運用に耐える安定したサービスを共有できるようになった。本章では、最新のオンデマンドバスの実績を理解するべく、2010年4月から2011年12月までにオンデマンドバスの運行を実施した自治体で利用ログの提供に協力した自治体の運用方法、運用実績をまとめ、3章で提案した手法により、運行実績を評価し改善策を提案する。

4.1 茨城県阿見町

茨城県阿見町では東大オンデマンドバスシステムを利用して運行を行なっている。運行地域と運行方法、運行実績、運行の評価を示す。

4.1.1 運行地域と運行方法について

阿見町の運行形態を表 4-1 にまとめる。

表 4-1 運行形態概要（阿見町）

項目	内容
自治体基本データ	人口:47,959 人(2011 年 11 月 1 日)、面積:71.39km ² 、人口密度:672 人/km ²
運行目的	・地区内の短距離移動を支える交通手段の整備 ・各地区の居住者の中央地区への公共交通整備(交通不便地域の改善) 上記を達成することで、高齢者や運転免許証を持たない交通弱者の買い物支援、生涯学習など社会参加への支援を行う。
期間	平成 23 年 2 月 1 日～
運行時間帯	・月曜日～金曜日 ・8 時 00 分～17 時 00 分
運行車両	・ジャンボタクシー(9 人乗) ・2 車両
対象者	・町内住民
運行範囲	・以下の図の赤枠内。

第4章 東大オンデマンドバス運行地域の分析

	
運行方式	<ul style="list-style-type: none"> ・車両 2 台 ・目安時間として、1 時間ごとに 1 便を設定
予約方法	<ul style="list-style-type: none"> ・事前に利用登録が必要 ・オペレータによる電話受付のみ ・オペレータはシルバー人材センターが対応 ・平日の 8 時 30 分から 17 時 00 分まで受け付けている (利用の 2 日前から 30 分前まで)
料金	<ul style="list-style-type: none"> ・大人 400 円 ・小児 200 円 ・身体障害者・要介護者 200 円 ・幼児 (3 歳～7 歳) 200 円 ・幼児 (3 歳未満) 無料

利用登録者数	1140 人 (男性:378 人、女性 762 人)	実利用者数 (9 月 31 日まで)	368 人
バス停数	1425 箇所	実利用バス停数	461 箇所 (自宅が 291 箇所)
平均乗車時間	11.3 分	平均移動距離	3.00km

4.1.2 オンデマンドバス運行実績

分析に使用する指標を用いて、オンデマンドバスの運行実績を整理する。データ分析項目も合わせて示す。

- ・利用登録者の年齢分布（B）

オンデマンドバスを利用するには、利用登録する必要がある。図 4-1 に階級値を5年間隔で取った年齢別利用登録者のヒストグラムを示す。

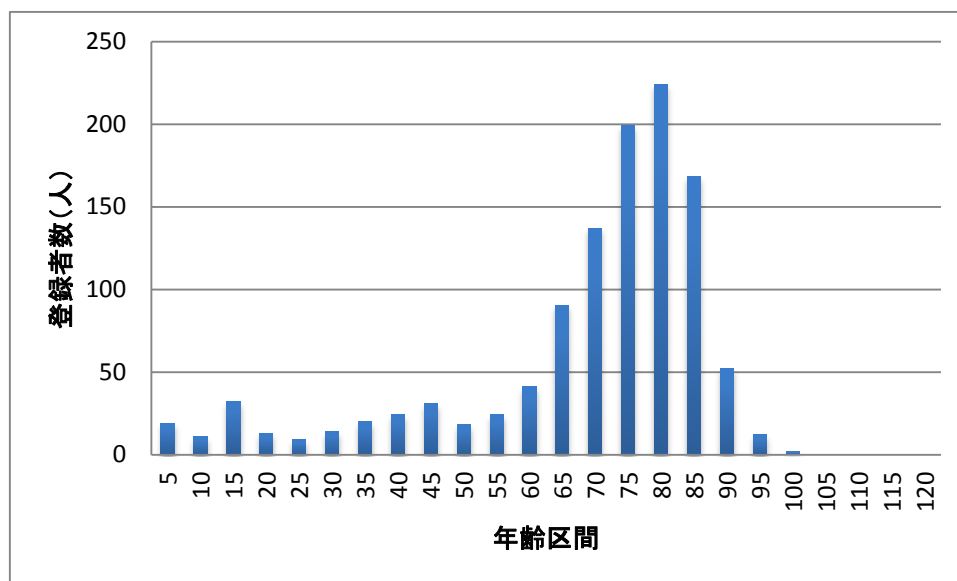


図 4-1 阿見町年齢分布

グラフから、76～80歳の利用登録者が最も多いことがわかる。60歳以下の階級値においては、どれも50人以下に収まっている。

・月間延べ利用者数推移（A）

月ごとの延べ利用者数の推移を図 4-2 に示す。

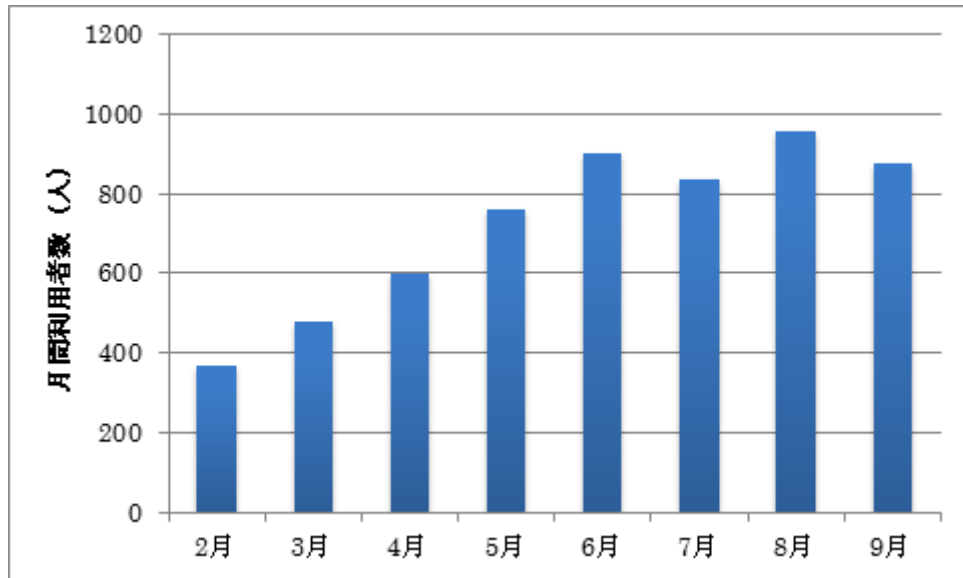


図 4-2 月間延べ利用者数（阿見町）

グラフから月ごとに利用者が6月まで増加していることがわかる。6月以降、利用者数は100人程度の増減を示している。

・時間帯別延べ利用者数

1時間ごとの利用者数の延べ人数を図 4-3 を示す。データは2011年6月1日から2011年9月30日までの利用回数を示している。

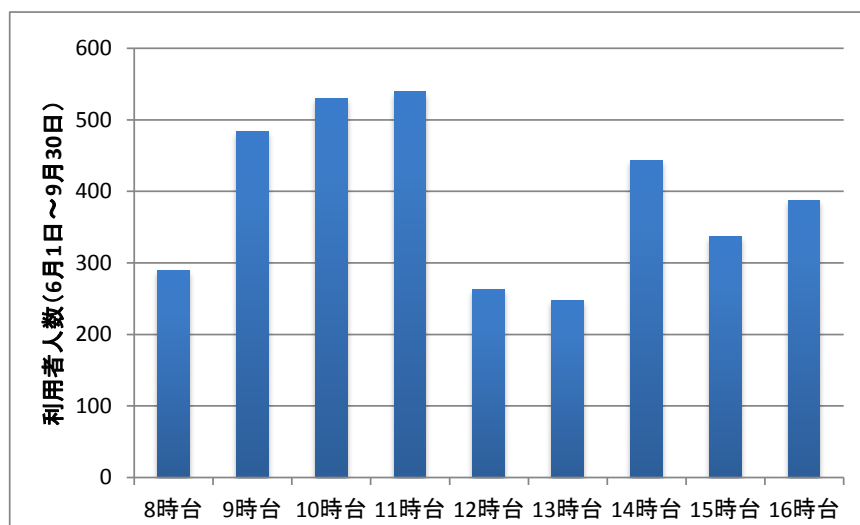


図 4-3 時間帯別利用者数（阿見町）

グラフから9時から11時までと14時の利用が400人を超えて多くなっている。8時、12時から13時は300人以下に収まっている。

・移動時間分布

それぞれの利用者が乗車していた時間の分布を図4-4を示す。横軸は移動時間を、縦軸に頻度を表している。データは2011年2月1日から9月30日までのものである。

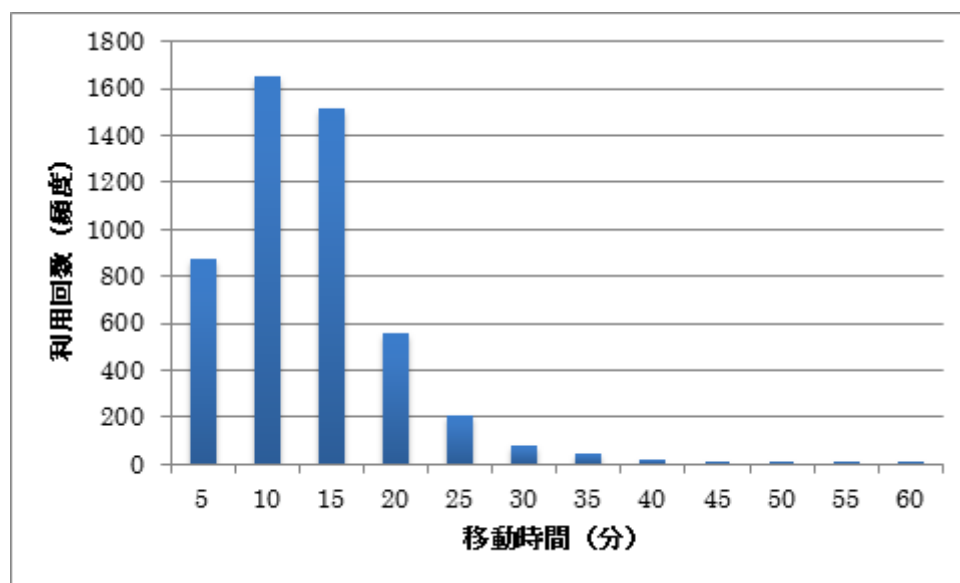


図 4-4 移動時間分布（阿見町）

グラフから、6分から15分までの利用が1400回を超えており、半分以上を占めている。30分から60分までの乗車も利用があったことがわかる。

・移動距離分布

それぞれの利用者の移動距離の分布を図 4-5 に示す。この移動距離は、利用者が予約した出発地と目的地の直線距離を用いて算出している。横軸に移動距離を、縦軸に頻度を示している。データは2011年2月1日から9月30日までのものである。

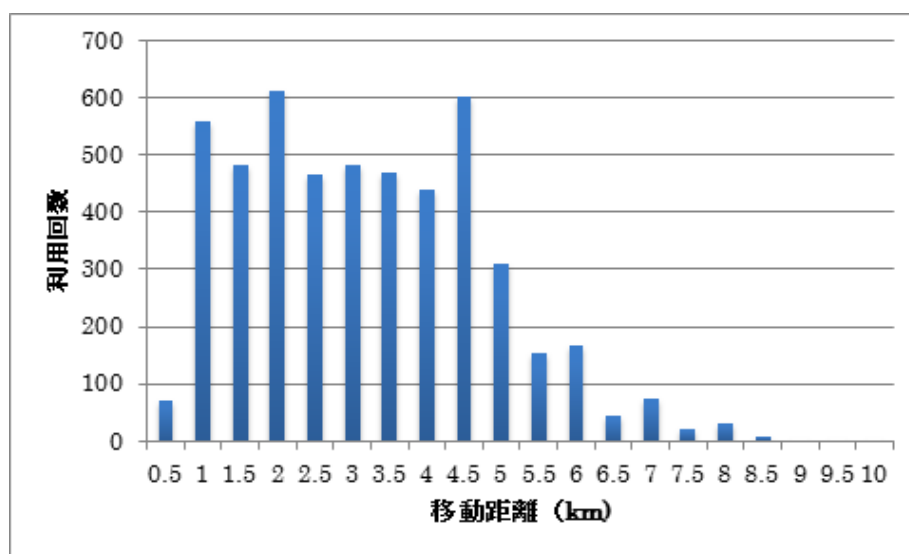


図 4-5 移動距離分布 (阿見町)

グラフから、移動の0.6kmから4.5kmまで移動が400回以上を超えていることがわかる。

・移動目的の分布 (I)

2011年2月1日から2011年9月30日までの利用で、移動の目的地のカテゴリ別の割合を図 4-6 に示す。

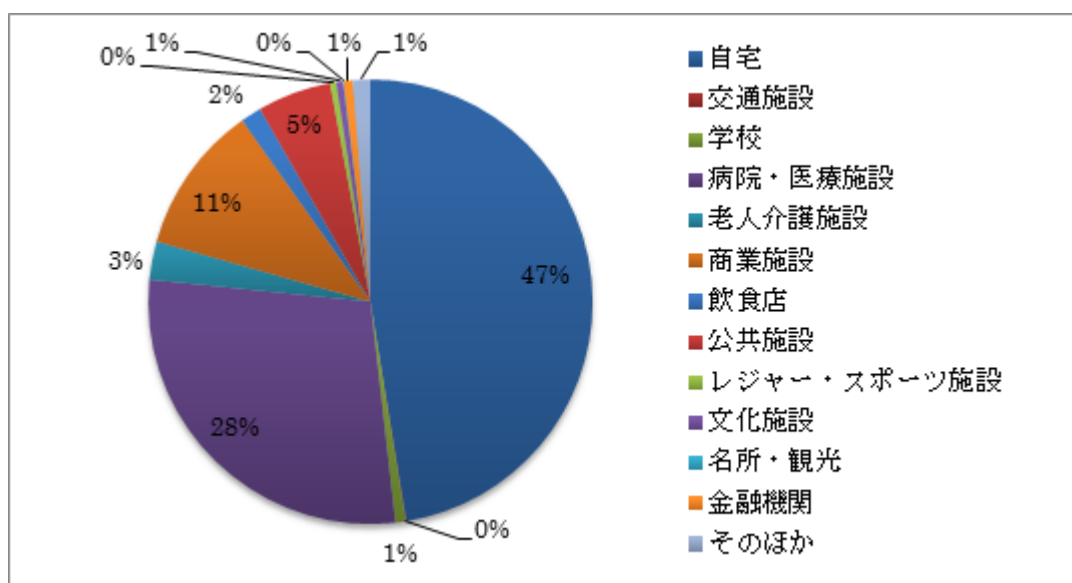


図 4-6 移動目的の割合 (阿見町)

第4章 東大オンデマンドバス運行地域の分析

図から、47%の利用が自宅からとなっていることが分かる。28%が病院へ、11%が商業施設となり、商業施設と病院への利用が多いことが主な移動目的であることがわかる。

・収支率（M）

オンデマンドバスの収支を評価する。2011年2月から2011年9月までの結果を表4-2に示す。

表 4-2 阿見町オンデマンドバス収支表

	阿見町	2011年2月	2011年3月	2011年4月	2011年5月	2011年6月	2011年7月	2011年8月	2011年9月
支出	システム費用(月)	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000
	運行時間(8時～17時)	9	9	9	9	9	9	9	9
	日数	19	20	20	19	22	20	23	20
	車両数	2	2	2	2	2	2	2	2
	車両総運行時間	342	360	360	342	396	360	414	360
	車載器(台・月)	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
	車載器総費用	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000
	運行委託費(車両・時間)	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
	総運営委託費	718200	756000	756000	718200	831600	756000	869400	756000
	小計	758200	796000	796000	758200	871600	796000	909400	796000
収入	利用者数	369	478	598	763	902	834	955	875
	一律400円	147600	191200	239200	305200	360800	333600	382000	350000
	1kmあたり100円	120800	163100	224200	268000	307900	275400	323400	306000
	収支率(一律)	19%	24%	30%	40%	41%	42%	42%	44%
	収支率(kmあたり)	16%	20%	28%	35%	35%	35%	36%	38%

結果から、運行日数が少なく利用者が多い2011年9月の収支率が44%となり、岐阜市が定めた基準収支率25%よりも高い値になっている。2011年5月以降はすべての月で収支率が40%を超えている。1kmあたり100円の運賃体系よりも一律400円での収入が多くなっている。平均移動距離が3.0kmと短いため、一律課金よりも収入が低くなったと考えられる。

・実利用者数推移（D）

新しい公共交通としてのオンデマンド交通の普及度合いを評価する。運行開始から、一度でもオンデマンドバスを利用したことがある利用者の数である実利用者数の推移を図4-7に示す。

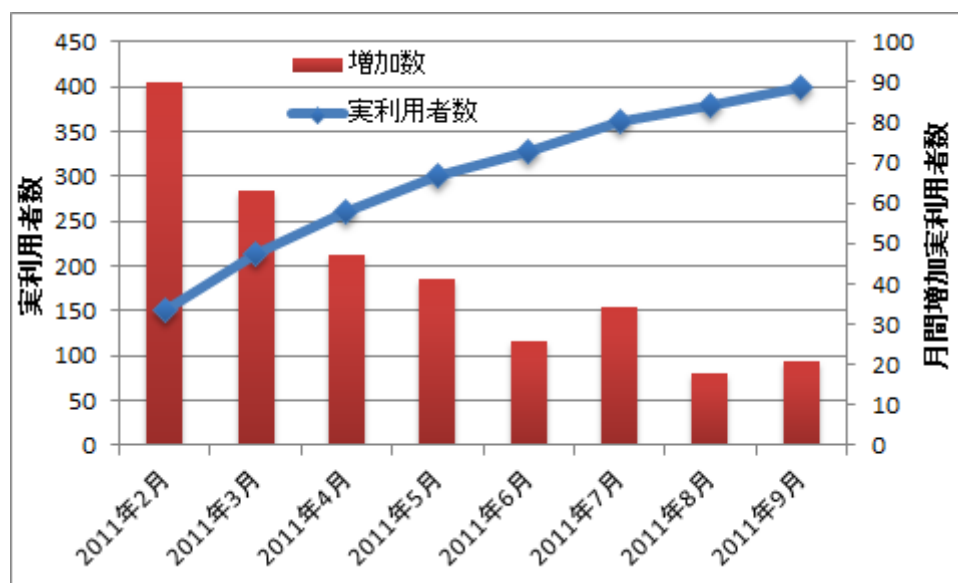


図 4-7 実利用者数推移（阿見町）

2011年2月運行開始時には150人の利用があった。新規利用者は大幅な減少を運行開始当初見せている。運行開始から半年で実利用者数は2倍になっている。

・月別実利用者数（E）

月別実利用者数を図 4-8 に示す。前月までにオンデマンドバスを利用したことがある人を継続利用者として、その月に始めて利用した人を新規利用者として表示した。2つの値の和が、1ヶ月の実利用者数である。

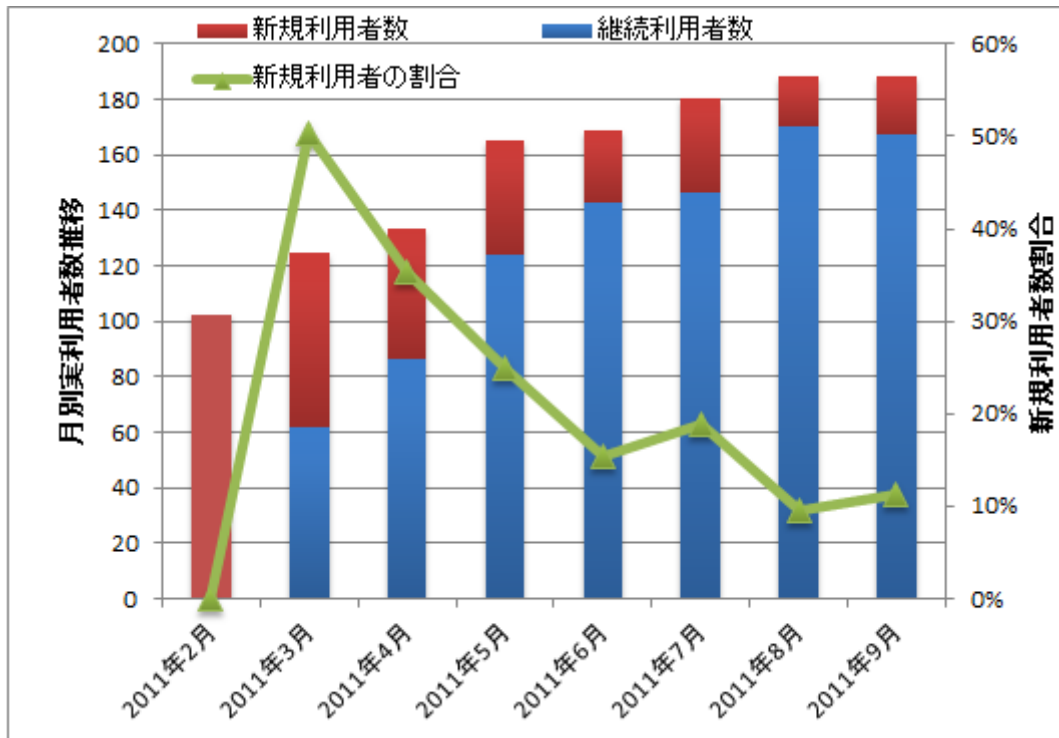


図 4-9 月別利用者数推移（阿見町）

2011年2月は全員が新規利用者である。グラフから毎月実利用者数は増加していることがわかる。よって導入してから期間が短いため、オンデマンドバスに対する認知がまだ広まる余地があると判断可能である。また2011年8月から9月にかけて実利用者数は3人減っている。9月でも新規利用者が21人いることから、9月に利用しなかった継続利用者が一定数いることがわかる。さらに、7月に新規利用者数が6月と比較して増加している。これは、7月7日に地域公共交通会議があり、その際アンケート調査を行なっていたため、何らかの影響があったと思われる。

・希望時刻と成立した予約時刻との差（H）

オンデマンドバスの予約を行う際、出発または到着の時刻を指定できる。指定した時刻と、成立した予約の時刻の差の分布を図 4-10 に示す。

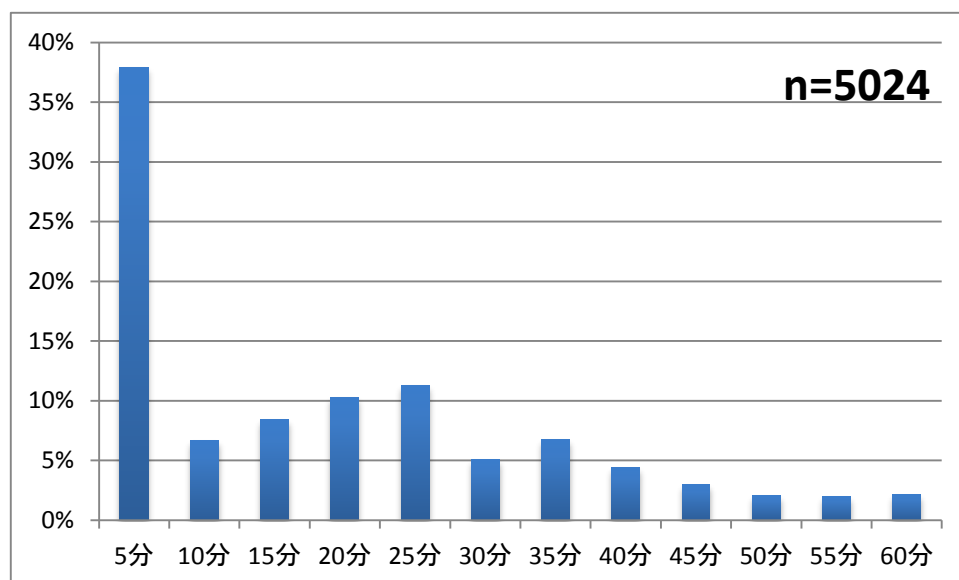


図 4-10 希望予約時刻と成立予約時刻との差（阿見町）

20 分以上の差があっても、利用する人の割合が多くなっている。平均は 15.4 分となっている。

・運行効率 (J)

車両ごとの1日の運行計画の運行効率の分布を図4-11に示す。

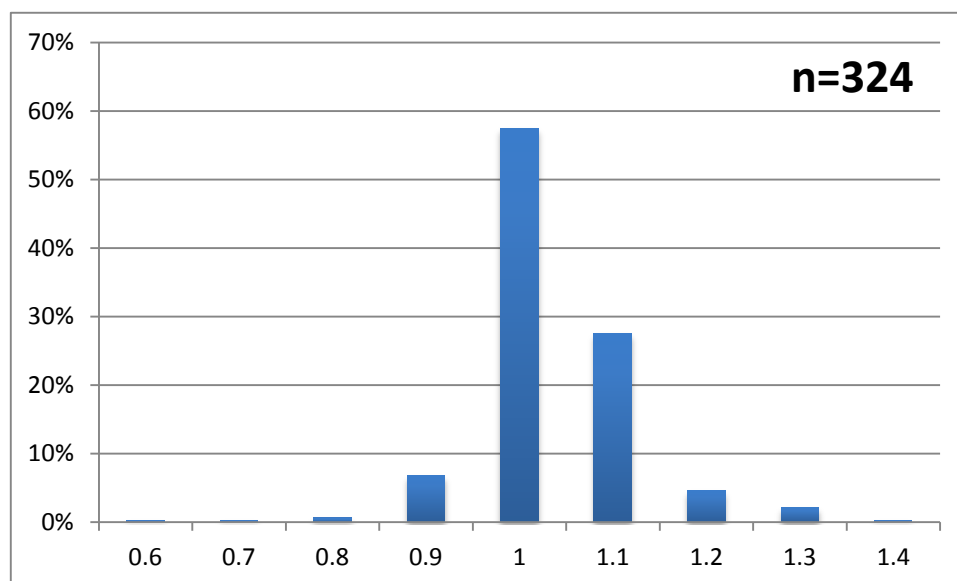


図 4-11 運行効率の評価 (阿見町)

乗合が1つも生じなかった場合、運行効率の値は1になる。0.91から1.1の運行効率が全体の85%を占める。0.9より値が低い運行効率は10%に満たない。1.1よりも値が高い運行効率が低い車両運行は7%を占める。

- ・車両あたりの時間別利用者数、トリップ数（F,G）

オンデマンドバスが1日に受け付けることができる利用者数、トリップ数の最大数を1時間単位で分析する。比較対象に、1日に受け付けた利用者数またはトリップ数が最大の車両の各時間の値と、各時間帯の平均値を用いる。図4-12に時間あたりの利用者数の推移を示す。緑線が時間帯ごとの最大受付人数を、赤線が1日の利用者が最大の日の利用者推移を、青線が時間帯ごとの平均利用者数を示している。

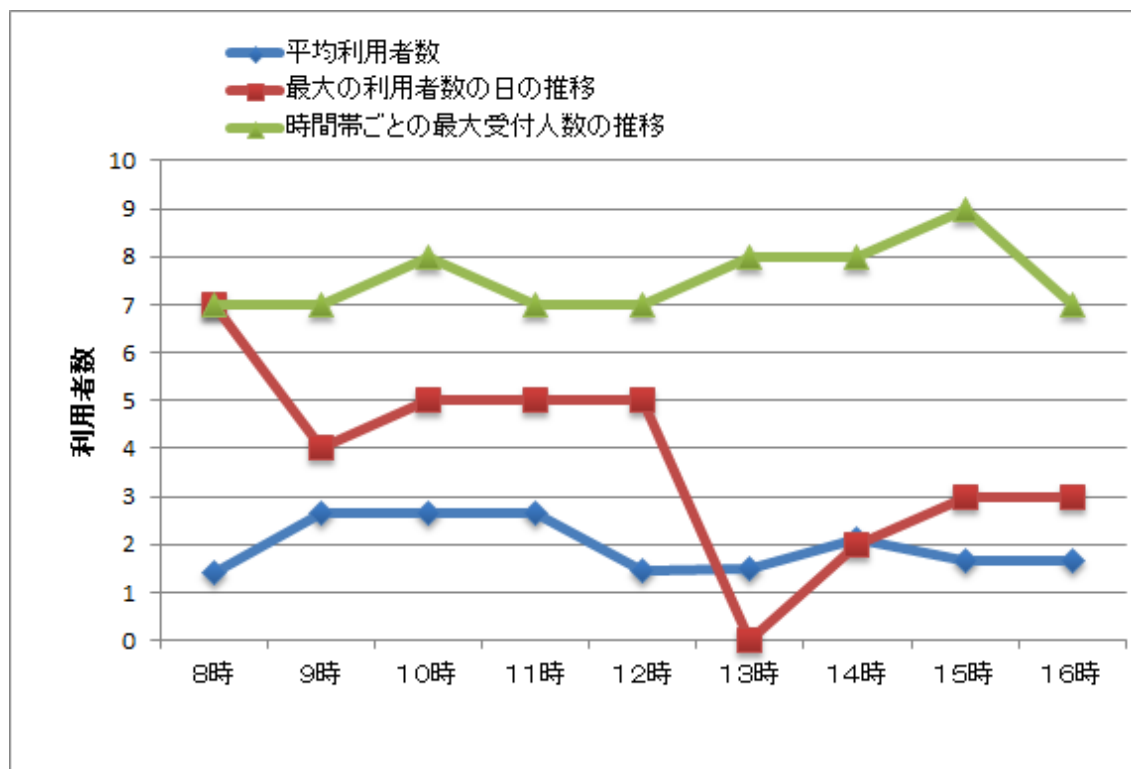


図 4-12 時間あたりの利用者数推移 (阿見町)

表 4-3 1日の利用者数分析 (阿見町)

平均利用者数	最大利用者数	時間帯ごとの最大利用者数の総和
17.7人	34人	68人

表4-3に1日の利用者数分析をまとめた。1時間あたりの利用で最大の利用者人数は、15時の9人であった。1時間あたりの利用者数の平均は約2.0人、1日の平均が17.7人となった。時間帯ごとの最大利用者数を総計すると68人となった。1日の最大利用者数の2倍の人数を受け付けられる可能性がある。

・車両あたりの時間別トリップ数 (G)

次に、時間帯ごとのトリップ数を図 4-13 に、表 4-4 に1日のトリップ数の分析を示した。

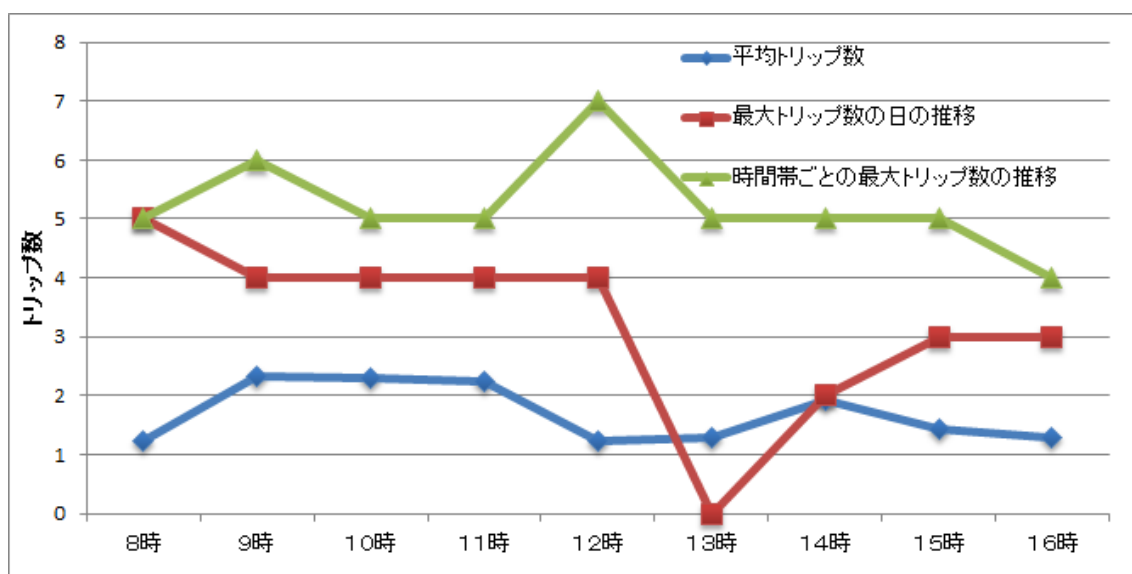


図 4-13 時間あたりのトリップ数の推移 (阿見町)

表 4-4 1日のトリップ数の分析 (阿見町)

平均トリップ数	最大トリップ数	時間帯ごとの最大トリップ数の総和
15.3	29	47

1時間あたりのトリップ数が最大になったのは、12時の7トリップである。1時間あたりのトリップ数の平均は1.7、1日の平均トリップ数は15.3となった。運行実績でもっとも多くトリップを受け付けたとき、29トリップが成立した。時間帯ごとの最大トリップ数の総和は47件となり、1日に受け付けられる可能性のある最大トリップ数を明らかにした。

4.1.3 運行実績の評価

3.3で構築した運行データによる評価プロセスに沿って、オンデマンドバス運行を評価する。

(1) 採算性

収支率 (M) は44%となった。他の自治体と比較して、適切な運行時間と多くの利用者が定着したことが要因なり高い値を示したと考えられる。

(2) 普及率

・フェーズ把握

阿見町での月別利用者 (A) はグラフから判断するに、利用者数が6月にピークを迎え、それ以降は毎月100人ほどの振れ幅に収まっている。よって、安定期と判断した。導入初期を超えて、認知が高まっているため、オンデマンドバスのサービス評価に適した時期で

ある。

- ・利用者普及率

延べ実利用者数（D）が400人、登録者数が1140人となっている。よって、利用者普及率の値は、35%となった。

- ・利用者定着率

延べ利用者数（D）が400人、2011年9月の実利用者数（E）が188人、よって利用者定着率の値は47%となった。阿見町でのオンデマンドバスの利用はニーズに沿った運行になっていることがわかる。

（3）運行形態について

- ・車両充足度

表4-5は、1台あたりの1時間あたりの利用者数（F）を示している。2011年9月の平均利用者数の値、運行期間を通しての最大利用者数、最大利用者数を平均値で割った充足度を示している。12時から13時において、平均値が2.0人を下回っている。運行車両を削減することで、対応できる可能性がある。また9時と11時において、充足度が40%を超えている。受け付けているよりも多くの潜在的利用者がいる可能性がある。車両を増便することで対応できる可能性がある。

表 4-5 車両充足度表（阿見町）

	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時
2011年9月 平均値(人)	2.0	3.0	3.2	3.4	1.6	1.3	3.0	2.1	2.3
最大利用者数(人)	7	7	8	7	7	8	8	9	7
充足度	28.9%	43.2%	39.7%	48.6%	22.9%	16.3%	37.5%	22.8%	32.9%

・運行効率（J）

運行効率の平均値は 0.99 となった。目標値の 0.70 に届いていない。効率の悪い運行になっている。

運行実績の分析結果のまとめを表 4-6 に示す。

表 4-6 運行実績の評価のまとめ（阿見町）

1:採算性	収支率	44%
2:普及率	フェーズ把握	安定期
	利用者普及率	35%
	利用者定着率	47%
3:運行形態	車両充足度	・12時～13時の利用者不足 ・9時～11時の車両不足
	効率性	0.99

4.1.4 改善策の提案

阿見町における改善策を提案する。阿見町において、採算性、利用者普及率、利用者定着率は他自治体と比較して高い値を示している。しかし、運行の効率性にのみ 0.99 と低い値になった。また、1 台 1 時間あたりの利用者数は平均で 2.3 人を超えていることから、運行効率を改善することは充分可能かと思われる。運行効率の値の改善策においては、運行経路生成アルゴリズムの中に評価関数を設定することにより行う。詳細は第 4 章において示す。

4.2 茨城県かすみがうら市

茨城県かすみがうら市におけるオンデマンドバスの運行について分析を行う。

4.2.1 運行地域と運行方法について

表 4-7 運行形態概要（かすみがうら市）

項目	内容
自治体基本データ	人口:43,263 人(2011 年 11 月 1 日)、面積:156.61km ² 、人口密度:276 人/km ²
運行目的	<p>平成 21 年に廃止されたバスの一般路線の暫定的な廃止代替交通機関として、平成 21 年 4 月より事前予約型の乗合タクシーとして運行を開始。その後、コミュニティバスを廃止して、デマンド型乗合タクシーの導入を開始している。市内の生活圏は 2 つに大きくわけられており、駅や路線バスのバス停を乗り継ぎ地点と設定し、運行を行っている。</p> <p>市民ニーズとして、市外への買い物、通院時の足の確保が重要な課題となっている。</p> <p>平日は買い物、通院とし、休日は観光者の利用を想定している。</p>
実証実験期間	平成 22 年 10 月 1 日～平成 25 年 3 月 31 日
運行時間帯	<p>・毎日運行(8 月 13～15 日、12 月 29 日～1 月 3 日は運休)</p> <p>・6 時 00 分～20 時 00 分</p>
運行車両	・ジャンボタクシー(9 人乗):3 台
対象者	予め登録を行った者とし、居住地を限定しない。
運行範囲	・下図の赤枠の範囲内で運行。

第4章 東大オンデマンドバス運行地域の分析

運行方式	<ul style="list-style-type: none"> ・車両 3 台 ・目安時間として、約 1 時間に一便を設定して運行している。 ・市内を千代田地区と霞ヶ浦地区の 2 つの地域に分けて運行
予約方法	<ul style="list-style-type: none"> ・事前に利用登録が必要 ・オペレータによる電話受付のみ (タクシー事業者 2 社が担当) ・予約受付時間は 8 時 30 分から 17 時 30 分まで受け付けている。 (利用 2 週間前から当日の利用 60 分前まで予約可能。) * 午前 6 時から 9 時までの予約は前日までとする。
料金	<p>【1 乗車】一般：400 円、障害者・介護者・高校生以下：300 円、小学生以下：200 円、3 歳未満：無料。</p> <p>【土浦駅シャトルバスからの乗り継ぎ】無料</p> <p>【市内観光シャトルバスからの乗り継ぎ】一般：200 円、障害者・介助者・高校生以下：100 円、小学生以下：無料</p>

利用登録者数	1045 人 (男性:398 人、女性 647 人)	実利用者数 (9 月 31 日まで)	117 人
バス停数	746 箇所(内、自宅 575 箇所)	実利用バス停数	127 箇所(自宅が 70 箇所)
平均乗車時間	12.3 分	平均移動距離	3.21km

4.2.2 オンデマンドバス運行実績

分析手法に使用する指標を用いてオンデマンドバスの運行実績を整理する。

・利用登録者の年齢分布（B）

図 4-14 に階級値を 5 年間隔で取った年齢別利用登録者のヒストグラムを示す。

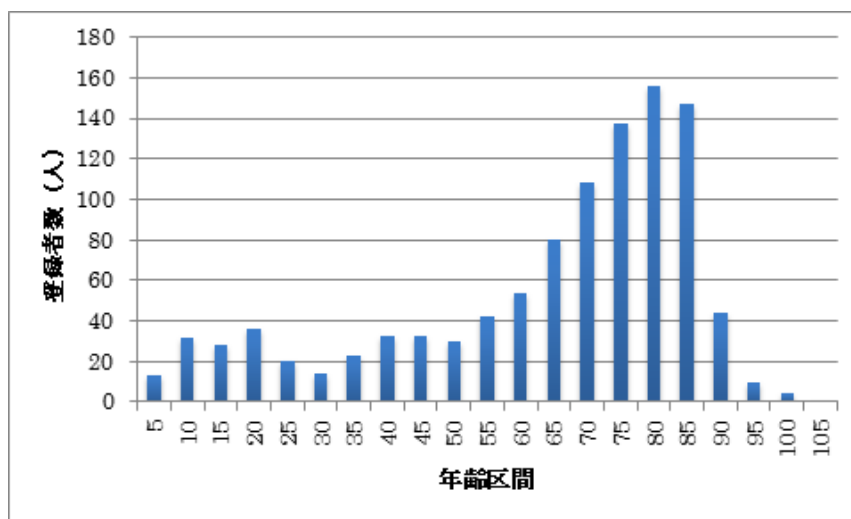


図 4-14 かすみがうら市利用登録者年齢分布

図から、55 歳から登録者数が伸び始めている。71 歳から 85 歳までの登録者が多くなり、85 歳を超えると利用者は減少する。オンデマンドバスの利用者の中心は 71 歳から 85 歳が中心になることがわかる。

・年齢別利用者数（C）

オンデマンドバスの利用者の年齢別利用者数を図 4-15 に示す。2011 年 6 月 1 日から 4 ヶ月に利用した人の延べ年齢別利用者数を示す。横軸に年齢区間を、縦軸に利用者人数を示す。

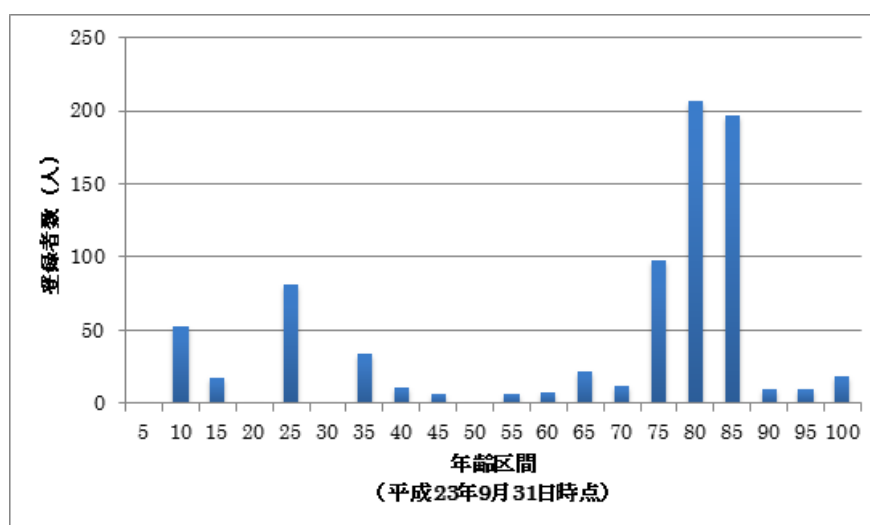


図 4-15 年齢別利用者数（かすみがうら市）

図から、登録者の年齢分布と同じように 71 歳から 85 歳までの利用が多くなっている。10 歳台と 25 歳台にも定期的な利用者がいることも読み取れる。

・月間延べ利用者数推移（A）

月ごとの延べ利用者数の推移を図 4-16 に示す。

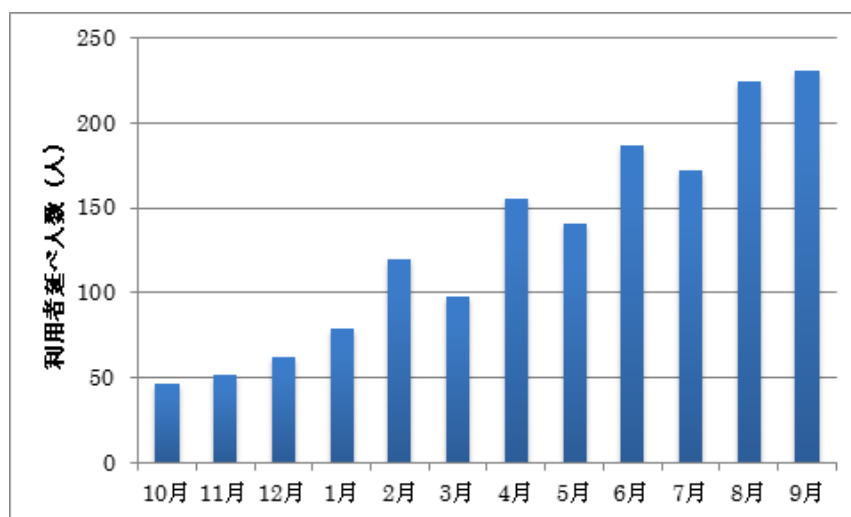


図 4-16 月間延べ利用者数（かすみがうら市）

図から、2010 年 10 月の運行開始から 2011 年 9 月まで段階的に利用者が増加している。運行開始時には、月間 50 人の利用に満たなかったが 1 年後の 9 月には約 4 倍を超えている。

・時間帯別延べ利用者数

1 時間ごとの利用者数の延べ人数を図 4-17 に示す。データは 2011 年 6 月 1 日から 4 ヶ月の利用回数を示している。

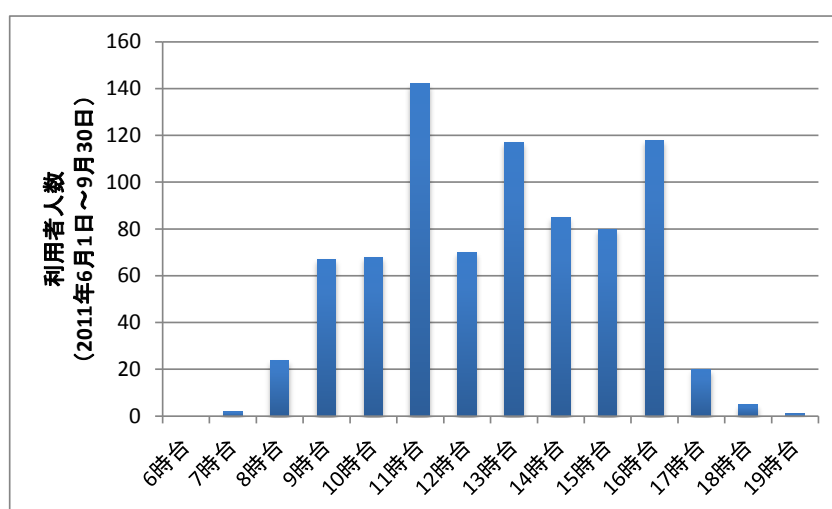


図 4-17 時間帯別利用者数（かすみがうら市）

図から、朝 6 時から 7 時と 17 時から 19 時までの利用が 20 回に満たないことがわかる。11 時、13 時、16 時の利用が伸びている。

・移動時間分布

それぞれの利用者が乗車していた時間の分布を図 4-18 に示す。横軸に移動時間を、縦軸に頻度をとる。データは 2011 年 6 月 1 日から 4 ヶ月のものである。

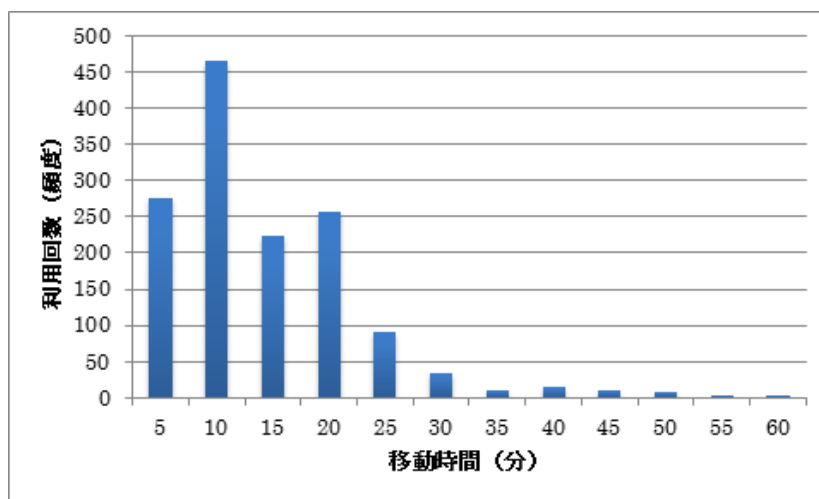


図 4-18 移動時間分布 (かすみがうら市)

図から、20 分以内の移動が多いことがわかる。特に 6 分から 10 分の移動は 450 回を超えて伸びている。35 分から 60 分までの移動も 10 回に満たない程度の利用があったことがわかる。

・移動距離分布

それぞれの利用者の移動距離の分布を図 4-19 に示す。この移動距離は、利用者が予約した出発地と目的地の直線距離を用いて算出している。横軸に移動距離を、縦軸に頻度を示している。データは2011年6月1日から4ヶ月を利用している。

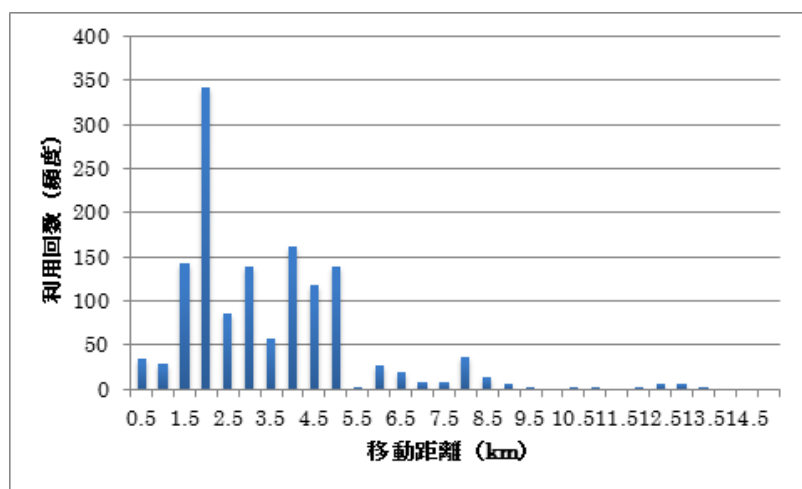


図 4-19 移動距離分布 (かすみがうら市)

・移動目的の分布 (I)

2010年10月から2011年9月30日までの利用で、移動の目的地のカテゴリー別の割合を図 4-20 に示す。

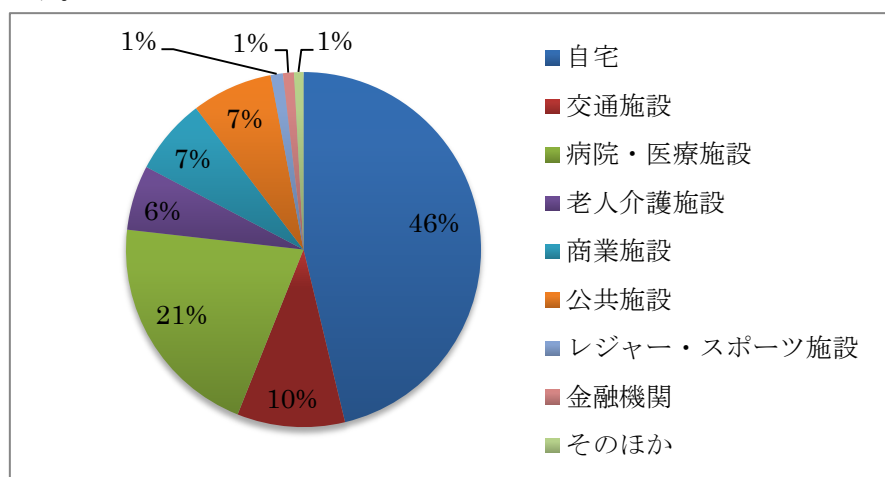


図 4-20 移動目的分布 (かすみがうら市)

図から 46%の利用が自宅へ向かう利用になっており、行き帰りの往復の予約が多いと考えられる。次に多い目的として、21%が病院・医療施設、10%が交通施設（駅）となっている。

・収支率（M）

オンデマンドバスの収支を評価する。結果を表 4-8 にまとめる。

表 4-8 かすみがうら市オンデマンドバス収支表

	かすみがうら市	2010年10月	2010年11月	2010年12月	2011年1月	2011年2月
支出	システム費用(月)	63000	63000	63000	63000	63000
	運行時間(6時～20時)	14	14	14	14	14
	日数	17	20	20	22	26
	車両数	3	3	3	3	3
	車両総運行時間	714	840	840	924	1092
	車載器(1台あたり)	20000	20000	20000	20000	20000
	車載器総費用	60000	60000	60000	60000	60000
	運行委託費(タクシー1台あたり)	2100	2100	2100	2100	2100
	総運営委託費	1499400	1764000	1764000	1940400	2293200
	小計	1559400	1824000	1824000	2000400	2353200
収入	利用者数	46	52	62	79	120
	一律400円	18400	20800	24800	31600	48000
	1kmあたり100円	22600	16700	26300	33500	42000
	収支率(一律)	1%	1%	1%	2%	2%
	収支率(kmあたり)	1%	1%	1%	2%	2%

2011年3月	2011年4月	2011年5月	2011年6月	2011年7月	2011年8月	2011年9月
63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000
14	14	14	14	14	14	14
27	27	27	28	26	28	27
3	3	3	3	3	3	3
1134	1134	1134	1176	1092	1176	1134
20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000
2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
2381400	2381400	2381400	2469600	2293200	2469600	2381400
2441400	2441400	2441400	2529600	2353200	2529600	2441400
98	155	141	187	172	225	231
39200	62000	56400	74800	68800	90000	92400
40100	56400	52500	64800	63400	62900	68600
2%	3%	2%	3%	3%	4%	4%
2%	2%	2%	3%	3%	2%	3%

かすみがうら市では運行時間が1日14時間と長いこと、利用者が少ないことから利用者負担率が2011年9月に4%に収まっている。トリップの平均移動距離は3.2kmとなっており、1km100円で課金するよりも一律400円で課金することで利用者負担率が2~3%改善している。利用者負担率を改善するには、運行時間の短縮と利用者数の増加が必要と考えられる。

・実利用者数推移 (D)

新しい公共交通としてのオンデマンドバスの普及度合いを評価する。運行開始から、一度でもオンデマンドバスを利用したことがある利用者の数である実利用者数の推移を図4-21に示す。

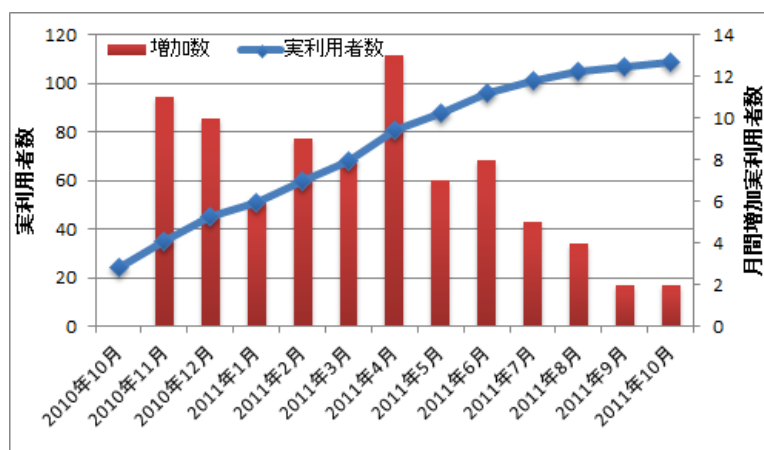


図 4-21 実利用者数の推移 (かすみがうら市)

2010年10月時点で24人の利用者は半年後の2011年4月には81人となり、3倍になっている。4月以降は、毎月の新規利用者が10名以下となり、9月、10月と2名の増加にとどまっていることがわかる。

・月別実利用者数推移 (E)

月別実利用者数を示す。前月までにオンデマンドバスを利用したことがある人を継続利用者として、その月に始めて利用した人を新規利用者として示した。2つの値の和が、1ヶ月の実利用者数である。結果を図4-22に示す。

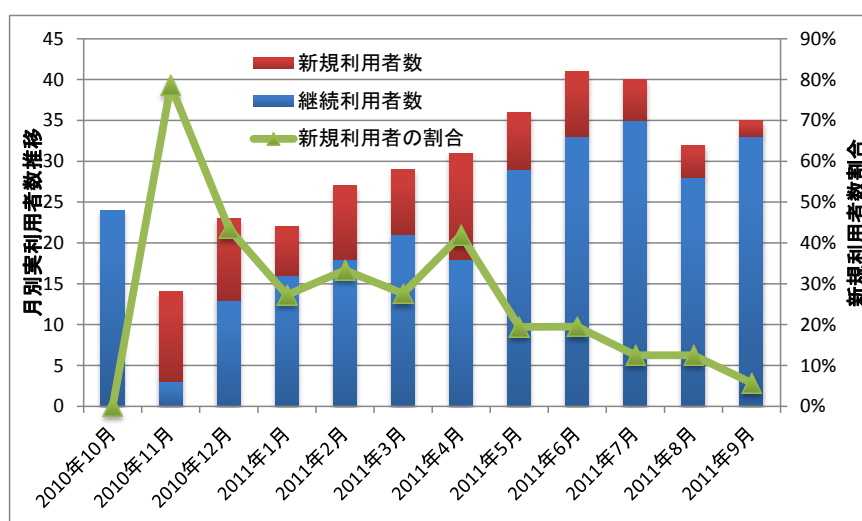


図 4-22 月別利用者数推移 (かすみがうら市)

2010年10月より以前のデータがないため、10月の利用者は全員が新規利用者である。実利用者数は6月まで微増を続ける。6,7月とピークを迎えて8,9月と実利用者が減少している。月毎の実利用者に対する新規利用者の割合は2011年4月に一度増加するが、その後は減少している。新規利用者数が増えておらず、利用者数が収束する傾向にある。また、継続利用者数は安定して25人を超える傾向がある。

・希望時刻と成立した予約時刻との差（H）

オンデマンドバスの予約を行う際、出発または到着の時刻を指定できる。指定した時刻と、成立した予約の時刻の差の分布を図4-23に示す。

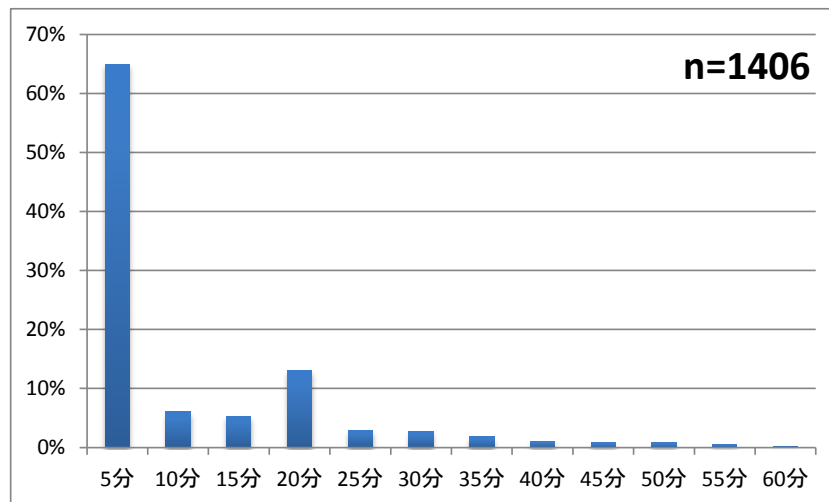


図 4-23 希望時刻と予約成立時刻との差（かすみがうら市）

図から65%の予約が希望した時刻から5分以内にとれていることから、希望時刻に沿った予約が成立していることがわかる。20分以上の差がある予約は約12%となっている。全体の平均値は6.7分となっている。

・運行効率 (J)

車両ごとの1日の運行計画の運行効率の分布を図4-24に示す。

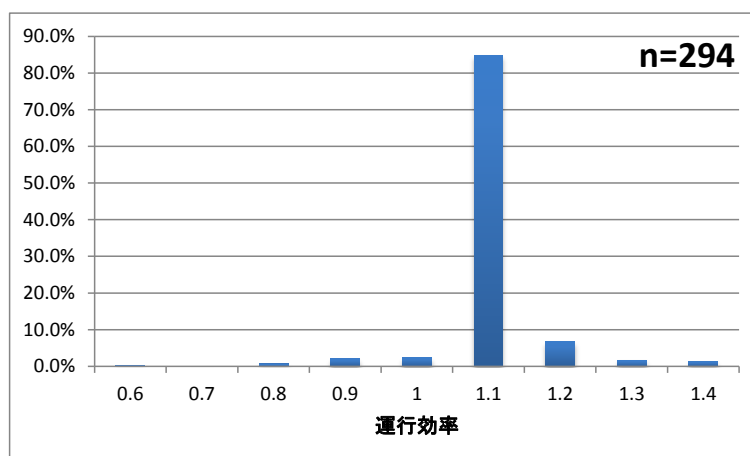


図 4-24 運行効率評価 (かすみがうら市)

0.91 から 1.1 まで運行効率の車両運行が全体の 92% を占める。0.9 以下の値をとる車両運行が約 5%、1.1 を超える運行効率が約 4% を占めている。全体平均は 0.98 となったことから、効率的な運行とは言えないことがわかる。

・車両あたりの時間別利用者数推移 (F)

オンデマンドバスが1日に受け付けることができる利用者数、トリップ数の最大数を1時間単位で分析する。比較対象に、1日に受け付けた利用者数またはトリップ数が最大の車両の各時間の値と、各時間帯の平均値を示す。図4-25に時間あたりの利用者数の推移を示す。表4-9に1日の利用者数の分布を示す。緑線が時間帯ごとの最大受付人数を、赤線が1日の利用者が最大の日の利用者推移を、青線が時間帯ごとの平均利用者数を示している。

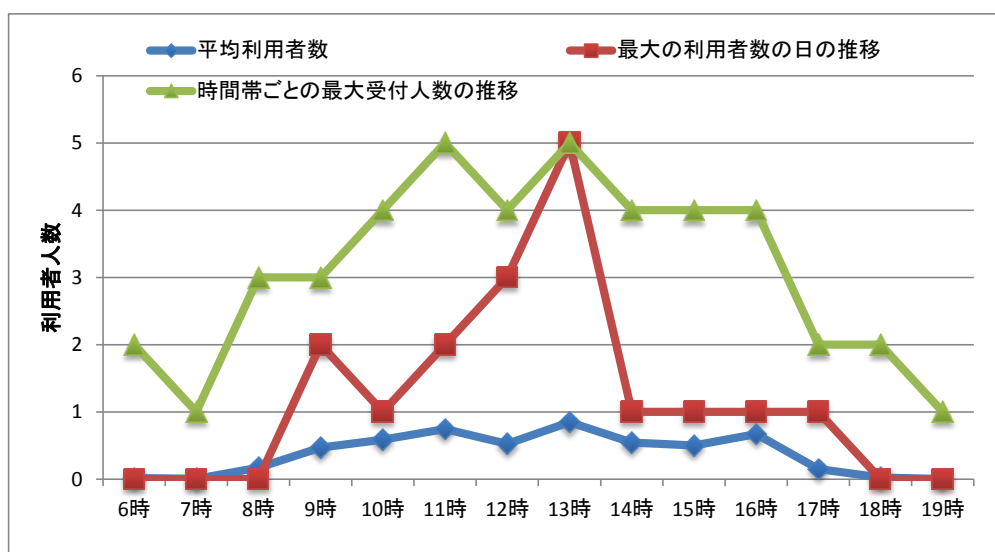


図 4-25 時間あたりの利用者数推移 (かすみがうら市)

表 4-10 1日の利用者数分析 (かすみがうら市)

平均利用者数	最大利用者数	時間帯ごとの最大利用者数の総和
5.3人	17人	44人

1時間の最大利用者数は、11、13時に5人となった。6時7時と17時から19時までは、最大利用者数が2人以下となっており、平均利用者数も時間ごとに0.1に達していない。時間帯ごとの平均利用者数も1人にどの時間も満たない。需要が見込めない6時から8時までと17時から19時までは運行しないのが妥当と考えられる。1日の平均利用者数は5.3人、最大利用者人数が17人となっているが、時間帯ごとの最大利用者数の総和では44人となり、既存の需要の約3倍の利用者数を受け付ける可能性があることがわかる。

・時間別トリップ数推移 (G)

時間帯ごとのトリップ数を分析する。前項で時間別の利用者数の推移を示したが、次に利用者数の推移を図 4-26 に示す。1 日のトリップ数を表 4-11 に示す。

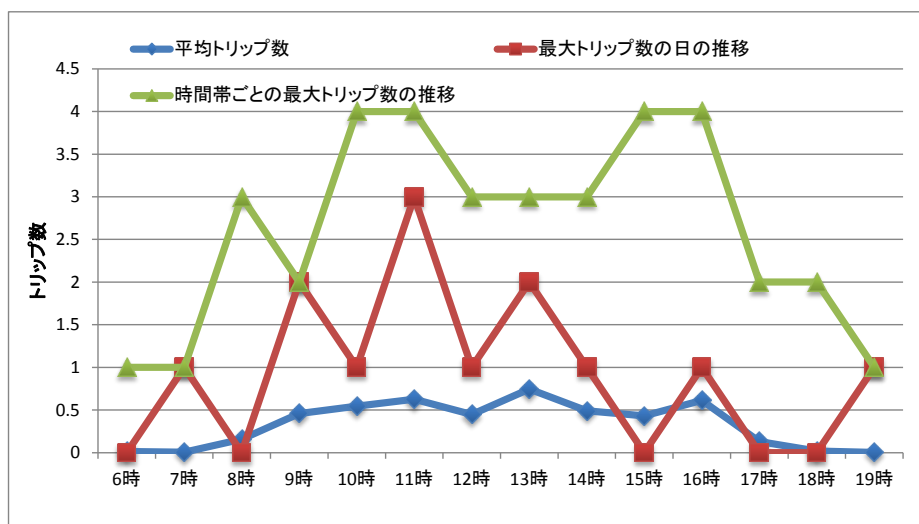


図 4-26 時間あたりのトリップ数推移 (かすみがうら市)

表 4-12 1 日のトリップ数分析 (かすみがうら市)

平均トリップ数	最大トリップ数	時間帯ごとの最大トリップ数の総和
4.7	13	37

利用者数の推移と同じような分布になっている。時間あたりの最大受付トリップ数は 10 時、11 時、15 時、16 時の 4 件。時間あたりのトリップ数の平均値からは、0.5 を超える時間は 9 時から 16 時までとなっており、それ以前と以後はほとんど 0 に近い値になっている。平均トリップ数は 4.7、最大トリップ数は 13、時間帯ごとの最大トリップ数は 37 となっており、現状の利用の 3 倍のトリップを受け付ける可能性があることがわかる。また、6 時から 8 時、17 時から 19 時は需要が少ないことがわかった。

4.2.3 運行実績の評価

3.3 にて構築した運行データによる評価プロセスに沿って、運行を評価する。

(1) 採算性

収支率 (M) は 4% となった。運行時間が他自治体と比較して長く 14 時間となっていること、車両 3 台に対して 1 日の利用者が約 15 人と少ないことが要因として挙げられる。

(2) 普及率

・フェーズ把握

かすみがうら市では 2010 年 10 月に運行を開始してから、2011 年 9 月で 1 年が経過した。月間延べ利用者数 (A) は増加する傾向が見られ、拡大期にある。オンデマンドバスの認知が自治体内でまだ低いと考えられる。

- ・利用者普及率

延べ実利用者数（D）が 109 人、登録者数が 1045 人となっており、利用者普及率の値は 10%となった。オンデマンドバスに対する市民の認知が広まっていないことがわかる。

- ・利用者定着率

延べ利用者数（D）が 109 人、2011 年 9 月の実利用者数（E）が 35 人、よって利用定着率の値は 32%となった。定着率は 30%を超えていることから、ある程度の市民の要望に沿った運行ができていることがわかる。

（3）運行形態について

- ・車両充足度

下表は、1 台の 1 時間あたりの対応利用者数（F）を示している。2011 年 9 月の平均利用者数の値、運行期間を通しての最大利用者数、平均値を最大利用者数で割った充足度を示している。9 月に 6、7 時台、19 時台の利用者がいなかったことから、平均値が 0 になっている。平均値が 1 を超える時間帯が 11 時、13 時、16 時のみとなっている。充足率が 40% を超える時間帯がないことから、車両は需要に充分対応できると考えられる。利用者平均値が 0.5 を下回る時間帯、すなわち 6 時から 8 時、17 時から 19 時は需要がほとんど見込まれない。よって、運行時間の短縮、または車両台数の削減を検討すべきと考える。

表 4-13 車両充足度表（かすみがうら市）

	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時
2011年9月 平均値(人)	0.00	0.00	0.15	0.56	0.70	1.70	0.15	1.41	0.93	0.93	1.52	0.41	0.11	0.00
最大利用者数(人)	2	1	3	3	4	5	4	5	4	4	4	2	2	1
充足度	0.0%	0.0%	4.9%	18.5%	17.6%	34.1%	3.7%	28.1%	23.1%	23.1%	38.0%	20.4%	5.6%	0.0%

・運行効率（J）

運行効率の平均値は 0.98 となった。目標値の 0.70 に 0.28 届いていない。運行効率が 0.98 にとどまった要因として、需要数が少ないために乗り合わせが生じにくかったことが考えられる。1 台の対応利用者数が 1 時間あたり最大 1.70 人となっていることから、乗合は生じにくい。

運行実績の評価項目すべての結果を表 4-14 に示す。

表 4-15 運行実績の評価まとめ（かすみがうら市）

1:採算性	収支率	4%
2:普及率	フェーズ把握	拡大期
	利用者普及率	10%
	利用者定着率	32%
3:運行形態	車両充足度	・車両台数の削減 ・運行時間の見直し(6～8 時、
	効率性	0.98

4.2.4 改善策の提案

かすみがうら市は、導入のフェーズは拡大期のため、オンデマンドバスの認知が拡大している。早急な対応が必要ではないが、改善策を提案する。

(1) バス停利用状況の把握

運行期間を通して利用頻度が高いバス停 20 箇所と 1 回以上 10 回以下の利用のバス停を地図上にプロットした結果を図 4-27 に示す。



図 4-27 かすみがうら市利用バス停プロット (L)

図から、霞ヶ浦地区では、利用バス停がほとんどないことがわかる。千代田地区では、“ちよだショッピングモール” “神立病院” “菊池整形外科クリニック” “神立駅”などが主要目的地となっている。霞ヶ浦地区内に”あじさい館”という公共施設があるが、多くの需要は見込めない。主要買い物施設や病院へのアクセスを霞ヶ浦地区の住民に告知する必要がある。

霞ヶ浦地区における利用バス停をプロットした地図を図 4-28 に示す。青円で自宅バス停を、一度も利用されていないバス停を赤円でしめした。青円の中に赤円がある場合、その自宅バス停が一度も使われていないことを示している。自宅バス停の多くが登録されてい

るが、一度も使われていない箇所が多い。利用されていないバス停が密集している地域を緑の円で囲った。

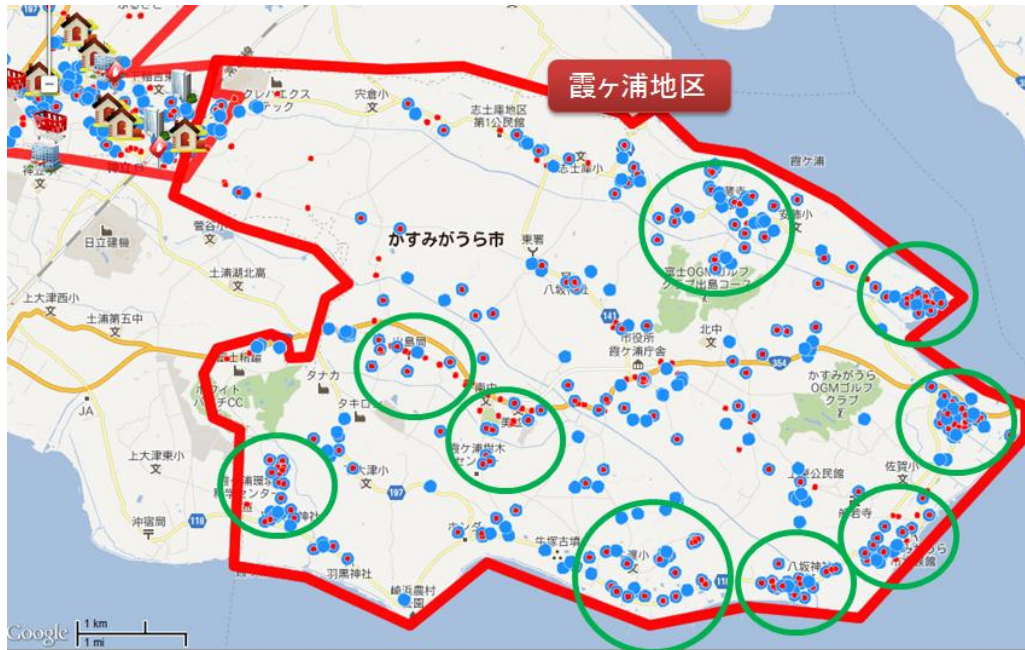


図 4-28 霞ヶ浦地区バス停プロット

緑で囲まれた地域に人々に、主要目的地への利用を提案することで、オンデマンドバスの利用を促すことが可能である。

(2) 利用目的の調査

オンデマンドバスを利用したことがない市民に、適切な目的地を提案するために、定期的に利用を行なっている人の移動目的 (I) を調査した。過去に 30 回以上利用した人で、“使いはじめてから利用が急激に伸びた人”と“月間利用回数は多くないが、定期的に利用している人”“一時期つかっていたが、利用をやめた人”を抽出して移動目的を調べた。図 4-29 に対象とした 6 人の月別個人利用頻度 (K) のグラフを示した。

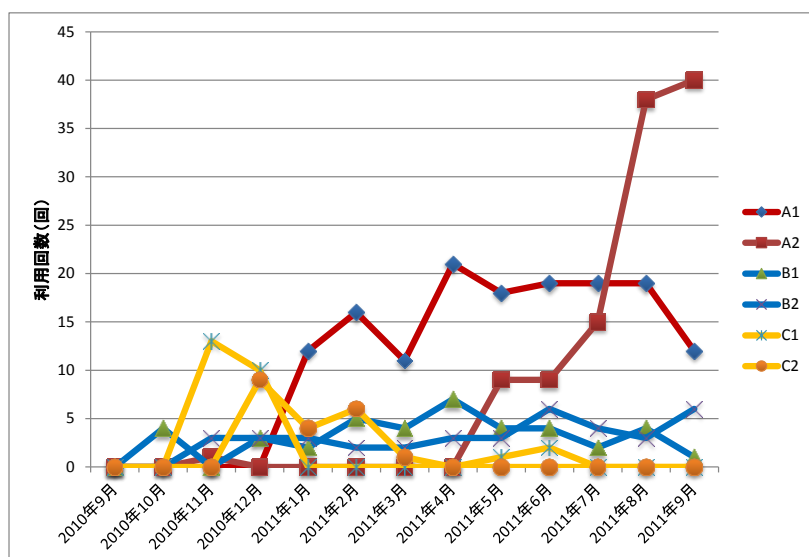


図 4-29 月別個人利用頻度 (かすみがうら市) (K)

それぞれの利用者の移動目的のカテゴリ別割合を図 4-30 に示す。

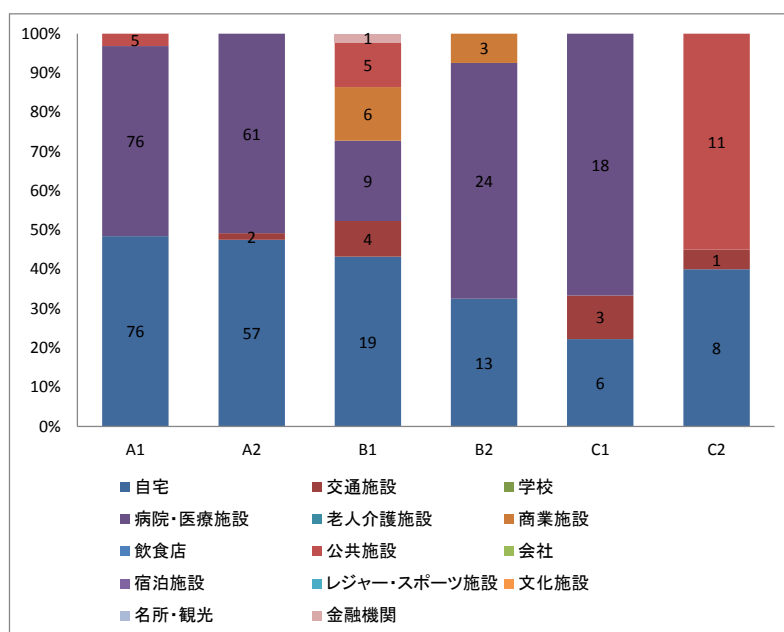


図 4-30 移動目的調査 (かすみがうら市) (I)

- ・利用を開始した人（赤色）

図の赤線の人、運行期間中に利用を開始し、頻度が特に多くなった人である。2名の移動目的は病院への往復の利用が9割以上を占めた。

- ・少ない利用回数だが定期的に利用している人（黄色）

2名の移動目的を調査した所、1人は通院の往復の利用が中心であった。もう一名は、様々な場所への移動のために利用していた。病院では“吉田茂耳鼻咽喉科”“神立病院”、買い物施設として“サンキ神立店”“千代田ショッピングモール”“まるも千代田店”、公共施設として“千代田庁舎”、銀行では“筑波銀行千代田店”を利用していた。

- ・利用をやめた人

一時期利用をしていたが、利用を止めた人の移動目的を調べた。1人は、病院へ往復の移動を行っていた。もう1人は公共施設への往復を利用していた。この2名が利用を止めた原因をアンケートやインタビューにより調査し、改善策をとる必要がある。

(3) まとめ

かすみがうら市におけるオンデマンドバスの改善策を調査した。バス停の利用頻度を調査し、霞ヶ浦地区において利用がほとんどないことがわかった。利用回数が30回を超える利用者と、利用頻度が伸びた人、少ない利用を定期的に続けている人、利用を止めた人の3つのタイプの人について2名ずつ移動目的を調査した。結果、定期的に利用できるバス停を把握した。また、運行形態において、車両台数の削減と運行時間の見直しを行う必要がある。

4.3 千葉県佐倉市

千葉県佐倉市は東大オンデマンドバスシステムを利用して運行を行なっている。運行エリア、運行方法、運行実績についてまとめる。

4.3.1 運行地域と運行方法について

表 4-16 運行形態概要（佐倉市）

項目	内容
自治体基本データ	人口:172,244 人(2011 年 11 月 1 日)、面積:103.59km ² 、人口密度:1660 人/km ²
運行目的	都市市街化調整地区に指定され、大規模開発ができない地域になっている。 住宅も開発できず、大規模商業施設も誘致することができない。 佐倉市の中でも高齢化が進む、3800 名程度の集落の市民の足の確保が問題になっている。 路線バスは赤字で撤退しており、コミュニティバスの運行が検討されたが、 地域が広すぎるため導入が困難であった。高齢者の足の確保を目的に、 オンデマンドバスを導入した。
実証実験期間	平成 22 年 11 月 25 日～平成 25 年 3 月 31 日
運行時間帯	・毎日運行(1 月 1 日を除く) ・8 時 00 分～18 時 00 分
運行車両	・ジャンボタクシー(9 人乗):1 台 ・タクシー(4 人乗り)2 台
対象者	・市内在住で、1 人で乗車可能な方。
運行範囲	・地図を参照

第4章 東大オンデマンドバス運行地域の分析

	
運行方式	<ul style="list-style-type: none"> ・車両 3 台 ・目安時間として、1 時間ごとに 1 便を設定
予約方法	<ul style="list-style-type: none"> ・事前に利用登録が必要 ・オペレータによる電話受付のみ ・予約受付時間は 8 時 30 分から 17 時 30 分まで受け付けている。 (利用 1 週間前から前日まで予約可能。平成 24 年 2 月 1 日から当日予約も受け付ける予定)
料金	<p>1 乗車 300 円</p> <ul style="list-style-type: none"> * 6 歳児未満の小児は無料、小学生は半額 * 障害者手帳所持者は半額

利用登録者数	451 人 (男性:198 人、女性 253 人)	実利用者数 (9 月 31 日まで)	90 人
バス停数	334 箇所	実利用バス停数	90 箇所(自宅が 57 箇所)
平均乗車時間	15.2 分	平均移動距離	2.90km

4.3.2 オンデマンドバス運行実績

分析手法に使用する指標を用いてオンデマンドバスの運行実績を整理する。

- ・利用登録者の年齢分布（B）

図 4-31 に階級値を5年間隔の年齢別利用登録者のヒストグラムを示す。

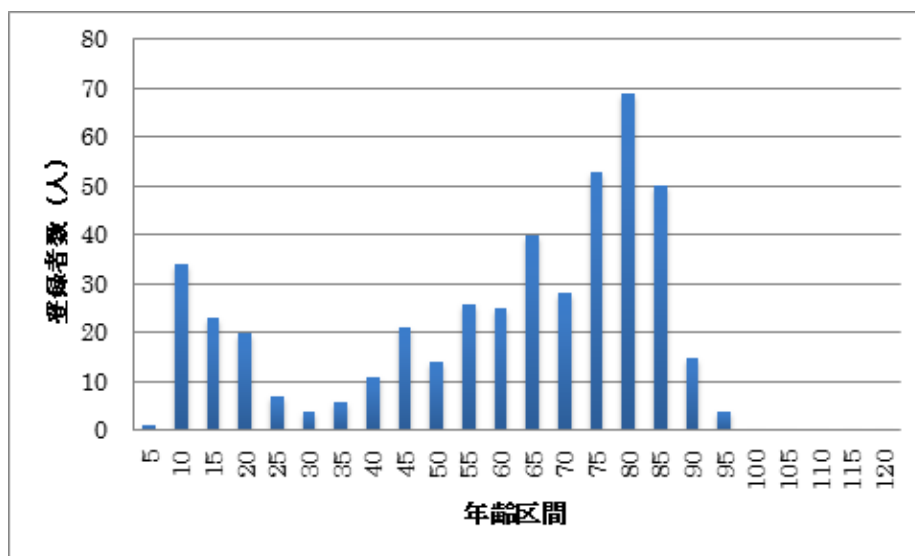


図 4-31 佐倉市利用登録者年齢分布

利用登録者の特徴として、30歳から80歳まで利用登録者が増加していることである。若い年代の利用登録者が多いことがわかる。

- ・年齢別利用者数（C）

2011年6月1日から4ヶ月間に利用した人の年齢別分布を図 4-32 に示す。横軸に年齢区間を、縦軸に利用延べ人数を示している。

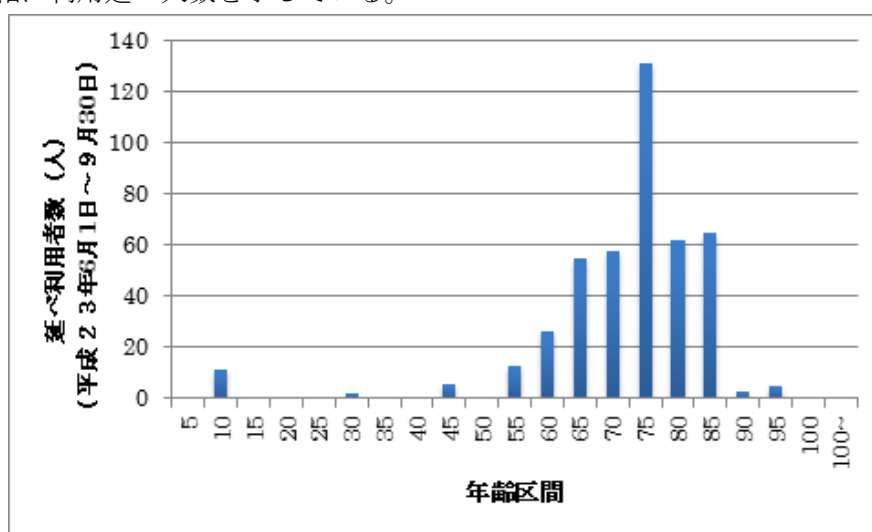


図 4-32 年齢別利用者数（佐倉市）

図から、利用登録者で見られた傾向と同じく、55歳台から75歳まで利用者が増加している。また、80歳台から85歳の利用者が75歳に比べて少ない。利用年代の中心が71歳から75歳であることがわかる。

・月間延べ利用者数推移（A）

月毎の延べ利用者数の推移を図4-33に示す。佐倉市が運行を開始した、2010年11月から2011年9月までのデータを示す。

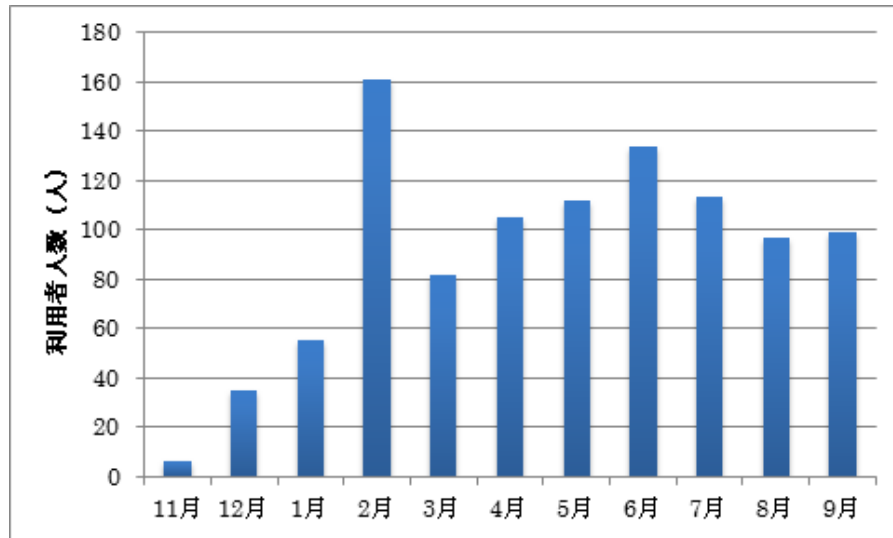


図 4-33 月間延べ利用者数（佐倉市）

図から無料乗車券を配布した2月に一度大きく利用者人数が増加していることがわかる。6月に利用者数のピークを迎え、8月まで利用が減少している。

・時間帯別延べ利用者数

1時間ごとの延べ利用者数を図 4-34 に示す。データは2011年6月1日から4ヶ月間までを利用している。

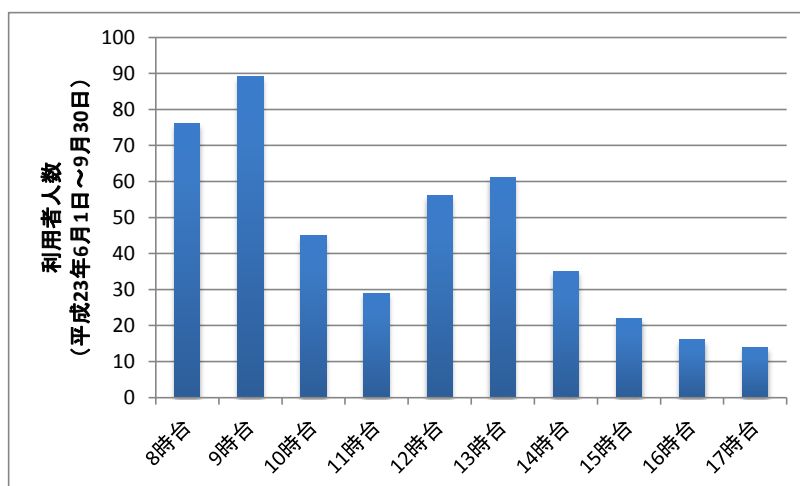


図 4-34 時間帯別利用者数 (佐倉市)

図から8～9時台の利用が多いことがわかる。12、13時に再度利用が増加して、17時まで連続して利用者が減少していることがわかる。

・移動時間分布

それぞれの利用者がオンデマンドバスに乗車していた時間の分布を図 4-35 に示す。横軸は移動時間を、縦軸に頻度を示す。データは2011年6月1日から4ヶ月間を利用している。

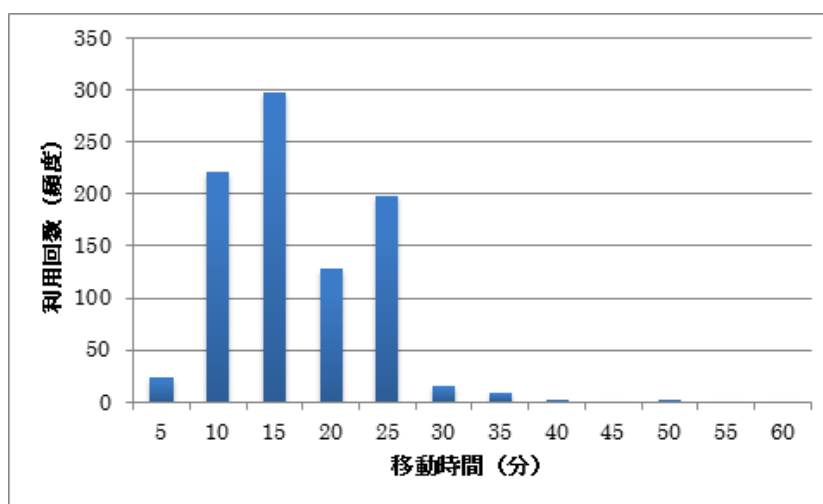


図 4-35 移動時間分布 (佐倉市)

移動時間の分布の特徴として、25分の移動が20分台の移動よりも多くなっていることである。30分から50分の移動も数回あったことが読み取れる。

・移動距離分布

それぞれの利用者の移動距離の分布を図 4-36 に示す。この移動距離は、利用者が予約した出発地と目的地の直線距離をとっている。横軸に移動距離を、縦軸に頻度を示している。データは運行を開始した 2010 年 11 月から 2011 年 9 月 30 日までのものである。

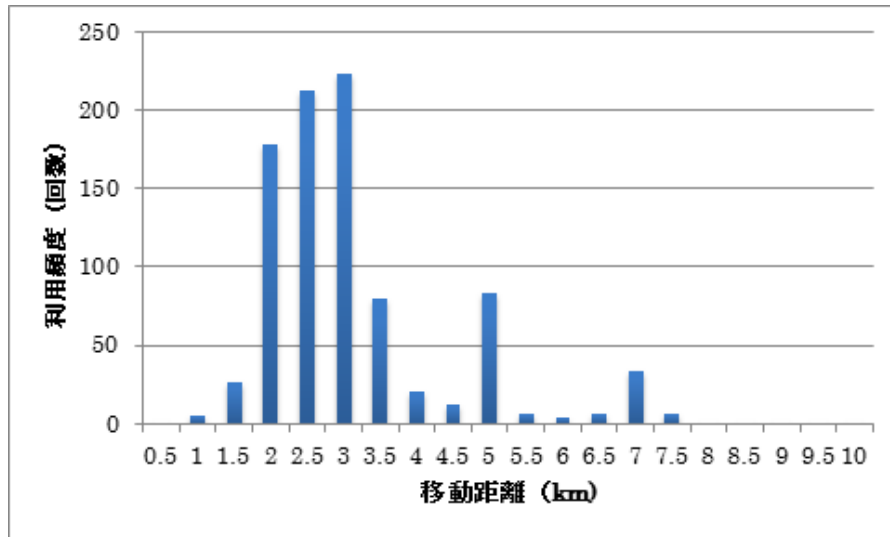


図 4-36 移動距離分布 (佐倉市)

図から、2km から 3km までの移動が多いことがわかる。4.5km まで頻度が減少した後、5km で大きく増加している。

・移動目的の分布 (I)

運行期間を通して、移動の目的地のカテゴリの割合を図 4-37 に示す。

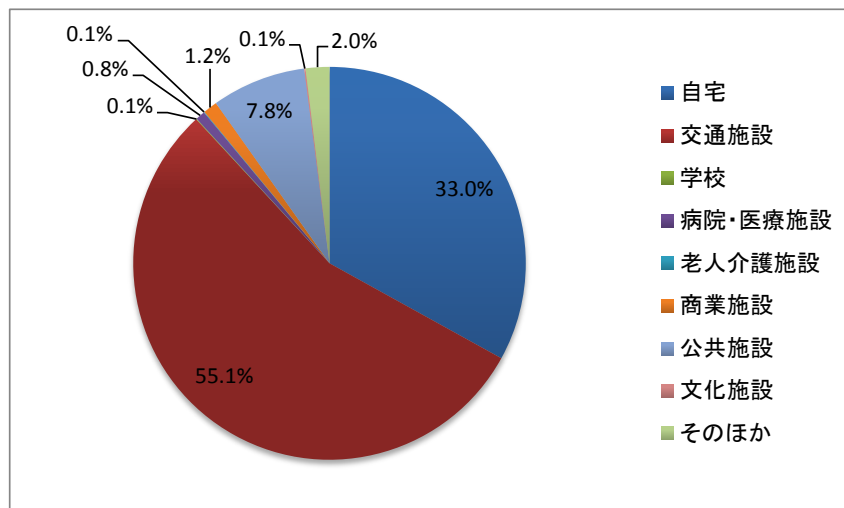


図 4-37 移動目的分布 (佐倉市)

図から 55.1%の利用が交通施設へ向かっていることがわかる。佐倉市では、南酒々井駅と

第4章 東大オンデマンドバス運行地域の分析

榎戸駅が、運行エリア外の目的地として設定されている。JR への乗り換えのために利用されている。自宅への移動が 33%を占め、帰りの移動手段としても利用されていることが読み取れる。

・収支率 (M)

オンデマンドバスの収支を評価する。収支計算の結果を表 4-17 エラー! 参照元が見つかりません。に示す。

表 4-17 佐倉市オンデマンドバス収支計算

	佐倉市	2010年12月	2011年1月	2011年2月	2011年3月
支出	システム費用(月)	63000	63000	63000	63000
	運行時間(8時～18時)	10	10	10	10
	日数	17	15	27	26
	車両数	3	3	3	3
	車両総運行時間	510	450	810	780
	車載器(1台あたり)	20000	20000	20000	20000
	車載器総費用	60000	60000	60000	60000
	運行委託費(タクシー1台あたり)	2100	2100	2100	2100
	総運営委託費	1071000	945000	1701000	1638000
	小計	1131000	1005000	1761000	1698000
収入	利用者数	35	55	161	82
	一律300円	10500	16500	48300	24600
	1kmあたり100円	8900	17400	39600	22700
	収支率(一律)	1%	2%	3%	1%
	収支率(kmあたり)	1%	2%	2%	1%

2011年4月	2011年5月	2011年6月	2011年7月	2011年8月	2011年9月
63000	63000	63000	63000	63000	63000
10	10	10	10	10	10
28	23	27	27	21	20
3	3	3	3	3	3
840	690	810	810	630	600
20000	20000	20000	20000	20000	20000
60000	60000	60000	60000	60000	60000
2100	2100	2100	2100	2100	2100
1764000	1449000	1701000	1701000	1323000	1260000
1824000	1509000	1761000	1761000	1383000	1320000
105	112	134	113	97	99
31500	33600	40200	33900	29100	29700
28000	26600	29200	28000	19900	20100
2%	2%	2%	2%	2%	2%
2%	2%	2%	2%	1%	2%

佐倉市では3台の車両が運行している。1日の平均利用者数が多い2011年6月でも約5人となっており、利用者負担率は1%から3%に収まっている。佐倉市のトリップの平均移動距離は2.9kmであるため、1km100円の運賃体系より一律300円にすることで、収支率が1%程度高い値をとることがわかる。収支率を改善するには、運賃収入の増加のために利用者を喚起することと、支出削減のために車両数を削減することが有効と考えられる。

・実利用者数推移 (D)

運行開始から、一度でもオンデマンドバスを利用したことがある利用者人数である実利用者数の推移を図 4-38 に示す。

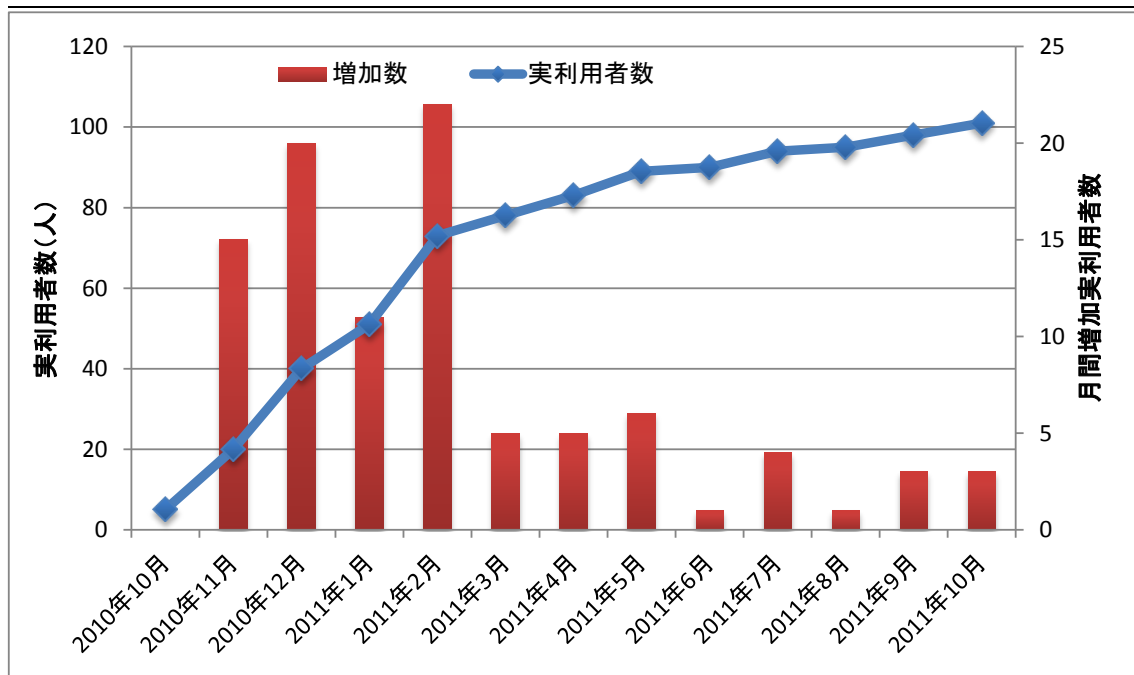


図 4-38 実利用者数推移 (佐倉市)

オンデマンドバスの運行を開始した2010年11月時点の実利用者数は20人である。2011年2月まで新規利用者が毎月10人以上増加している。3月以降、新規利用者数の増加は毎月約5人程度に収まっている。運行開始から半年後の2011年5月に実利用者数は88人となり、運行開始当初の約4倍となった。

・月間実利用者数 (D)

月別実利用者数の推移を図4-39に示す。前月までにオンデマンドバスを利用したことがある人を継続利用者として、その月に始めて利用した人を新規利用者として表示した。2つの値の和が、1ヶ月の実利用者数である。

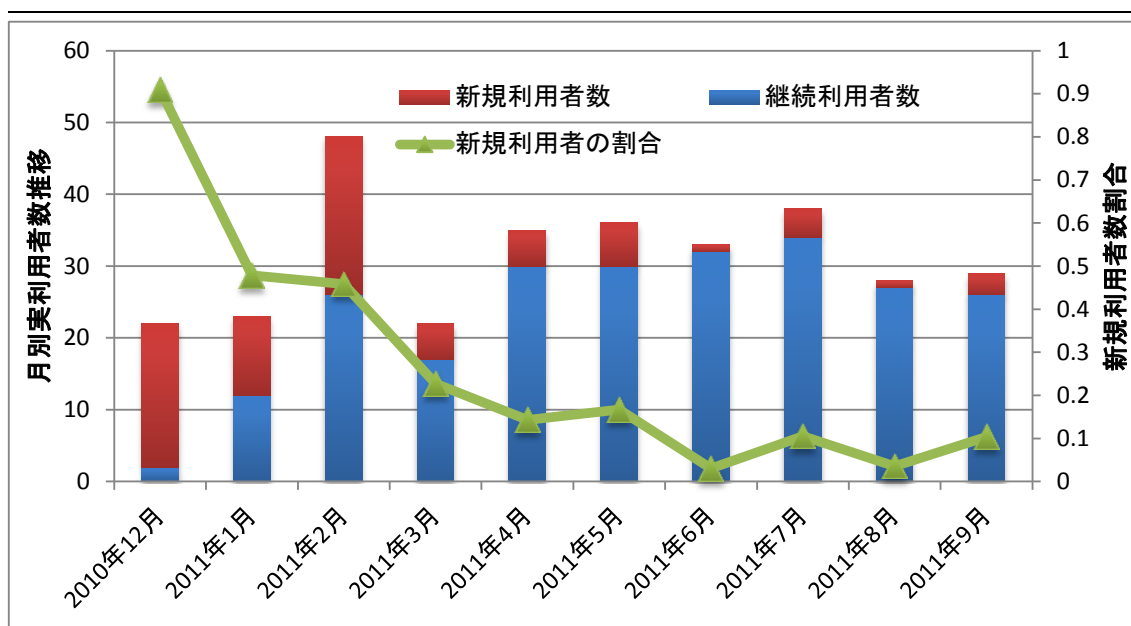


図 4-39 月別実利用者数推移（佐倉市）

2011 年 2 月に実利用者が 48 人（内、新規利用者が 22 人）と大きく伸びている。3 月に 22 人に落ち込むが、その後は安定して毎月約 30 人の実利用者がいる。2011 年 5 月以降、新規利用者の数が少なく、継続利用の割合が高いことがわかる。利用を伸ばすには、定期的な利用者の利便性を上げることが有効と考えられる。

・希望時刻と成立した予約時刻との差（H）

オンデマンドバスの予約を行う際、出発または到着の時刻を指定できる。指定した時刻と、成立した予約の時刻の差の分布を図 4-40 に示す。

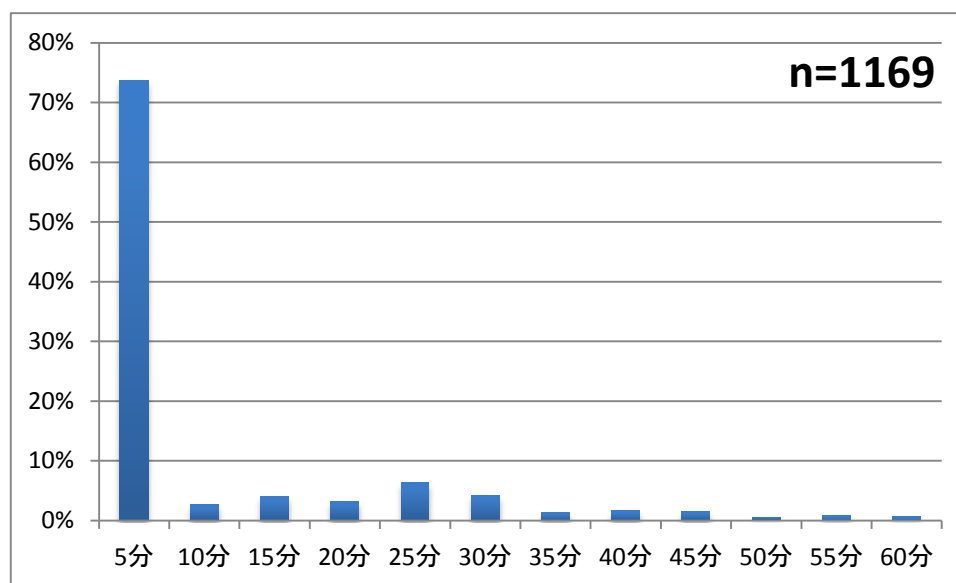


図 4-40 希望予約時刻と成立予約時刻との差（佐倉市）

図から 77%の予約が希望時刻の 10 分以内に成立していることがわかる。希望時刻と 20 分以上の差がある予約は、全体の 19%程度となっている。これらのことから、希望時刻を重視した運行になっていることが読み取れる。希望予約時刻と成立時刻との差の平均値は 6.3 分であった。

・運行効率 (J)

車両ごとの 1 日の運行計画の運行効率の分布を図 4-41 に示す。

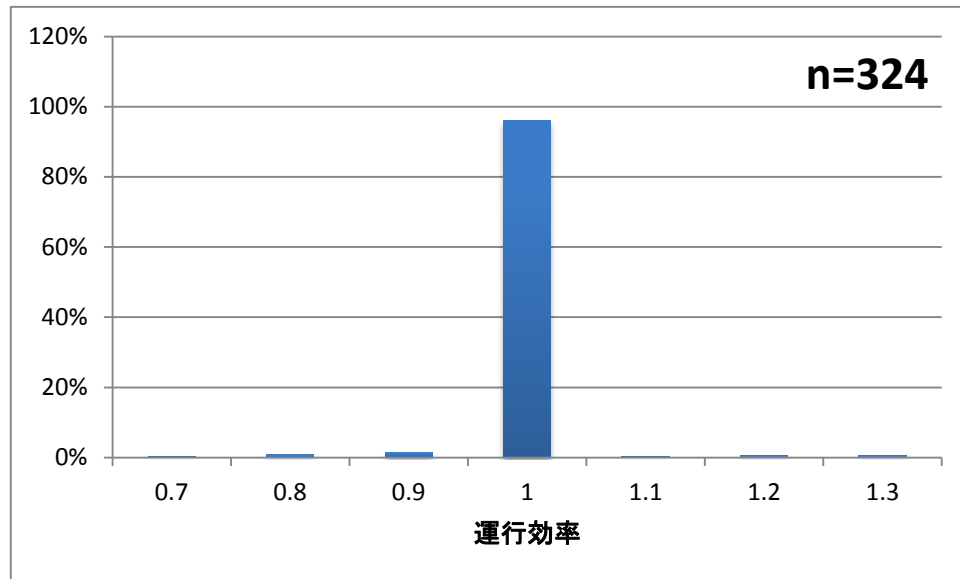


図 4-41 運行効率の評価 (佐倉市)

0.91 から 1.1 の運行効率の車両が全体の 98%を占める。運行効率の平均値は 0.99 となり、乗合が生じない場合の運行効率である 1 に近い値である。よって、運行効率が高いとは言えないことがわかる。

・車両あたりの時間別利用者数推移 (F)

オンデマンドバスが 1 日に受け付けることができる利用者数の最大数を 1 時間単位で分析する。比較対象に、1 日に受け付けた利用者数が最大の車両の各時間の値と、各時間帯の平均値を示す。図 4-42 に時間あたりの利用者数の推移を示す。緑線が時間帯ごとの最大受付人数を、赤線が 1 日の利用者が最大の日の利用者推移を、青線が時間帯ごとの平均利用者数を示している。また、1 日の利用者数の分析を表 4-18 に示した。

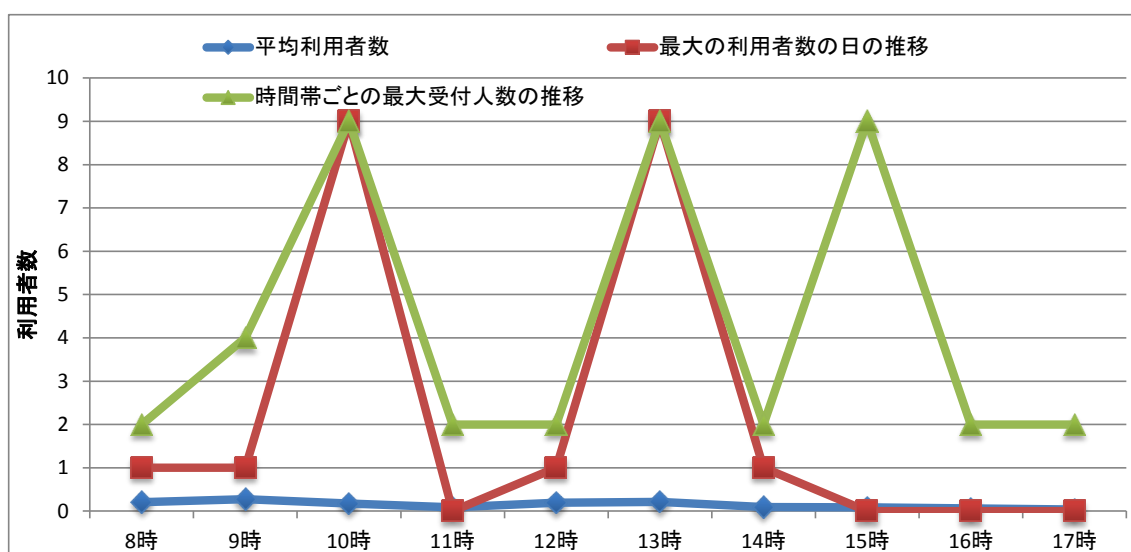


図 4-42 時間あたりの利用者数推移 (佐倉市)

表 4-18 1日の利用者数分析 (佐倉市)

平均利用者数	最大利用者数	時間帯ごとの最大利用者数の総和
1.4人	22人	43人

1時間の最大利用者数は10時、13時、15時の9人となった。他の時間帯は約2人から4人に収まっている。時間あたりの平均利用者人数は、どの値も0.3に達していない。11時と14時以降は0.1に達していない。平均利用者数は1.4人、1日の最大利用者数は22人、時間帯ごとの最大利用者数の総和は43人となり、現状の2倍の利用者を受け付けられる可能性があることを示した。

・車両あたりの時間別トリップ数推移 (G)

車両1台の時間帯ごとのトリップ数を図4-43に示す。1日のトリップ数の分析を表4-19に示した。

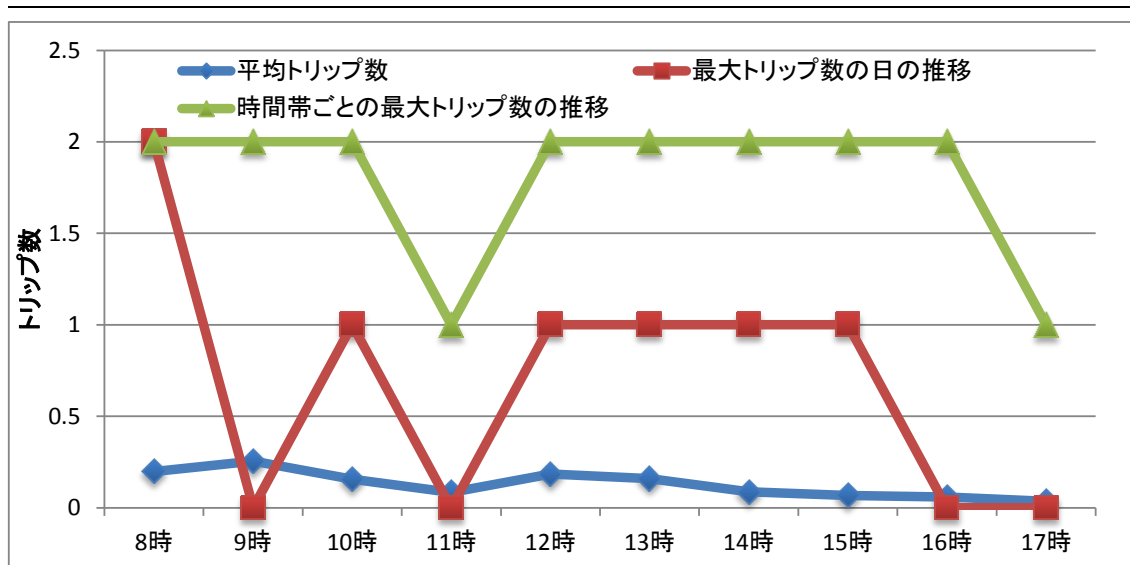


図 4-43 時間あたりのトリップ数推移（佐倉市）

表 4-19 1日のトリップ数の分析（佐倉市）

平均トリップ数	最大トリップ数	時間帯ごとの最大トリップ数の総和
1.3	18	37

図から、時間あたりの最大受付トリップ数は2であり、11時と17時のみ1となっている。時間あたりの平均トリップ数において、14時以降0.1に達していない。また、11時の利用も0に近く、需要が発生していない。運行時間の見直しを行い、16時以降の運行中止、また運行車両の削減を検討するべきと考える。1日のトリップ数の平均は1.3、最大トリップ数が18、時間帯ごとの最大トリップ数の総和は37となった。受け付けられるトリップ数は、過去最高の利用日の2倍のトリップを受け付ける可能性を示した。

4.3.3 運行実績の評価

3.3で構築した運行データによる評価プロセスに沿って、本運行を評価する。

(1) 採算性

収支率（M）は2%となった。低くなった要因として、1台あたりの1日の平均利用者数が1.7人にとどまったことがあげられる。

(2) 普及率

・フェーズ把握

佐倉市での月間延べ利用者数（A）の推移から、利用者は6月にピークを迎えて安定期にあると言える。利用者が固定しており、採算性に課題があることから、改善策を直ちにとる必要がある。

・利用者普及率

延べ実利用者数（D）が101人、利用登録者数が451人、よって利用普及率の値が22%と

なった。新規利用者の月毎の増加人数は5人以下になっており、登録者内での利用・認知を広める必要がある。

・利用者定着率

延べ利用者数(D)が101人、2011年9月の実利用者数(E)が29人、よって利用者定着率は29%となった。定着率の改善のために、市民のニーズの把握を再度調査し、運行形態の再検討が必要と考えられる。

(3) 運行形態について

・車両充足度

表4-20は、1車両1時間あたりの対応利用者数(F)を示している。2011年9月の平均利用者数の値、運行期間を通しての最大利用者数、最大利用者数を平均値で割った充足度を示している。平均値がどの時間帯も0.5を超えていないことがわかる。充足度においては8時の16.7%が最大となっており、運行車両台数は充分と考えられる。利用者の平均値が0.5に運行時間を通して達していないことから、車両台数の削減を検討すべきである。

表 4-21 車両充足度の評価（佐倉市）

	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時
2011年9月 平均値(人)	0.33	0.27	0.18	0.12	0.27	0.20	0.15	0.07	0.03	0.03
最大利用者数(人)	2	4	9	2	2	9	2	9	2	2
充足度	16.7%	6.7%	2.0%	5.8%	13.3%	2.2%	7.5%	0.7%	1.7%	1.7%

・運行効率(J)

運行効率の平均値は0.99となった。効率が上がらない要因として、車両あたり1時間の利用者数が最大0.33人となり、1に満たないことがあげられる。

佐倉市における運行実績の評価を表4-22にまとめる。

表 4-22 運行実績の評価（佐倉市）

1:採算性	収支率	2%
2:普及率	フェーズ把握	安定期
	利用者普及率	22%
	利用者定着率	29%
3:運行形態	車両充足度	・車両台数の削減
	効率性	0.99

4.3.4 改善策の提案

佐倉市においては、利用者普及率、利用者定着率共に他自治体と比較して低い値になっている。それぞれに対して分析を行うと共に、改善案を示す。

(1) 利用普及率の改善

自宅をバス停登録しているが、利用していない人が多い地域を特定する。図4-44に、青円で自宅バス停を、赤円で一度も利用されていないバス停を、黄色で1回以上10回以下の

バス停を、利用頻度が高いバス停 20 カ所にはアイコンと共にバス停を示した。

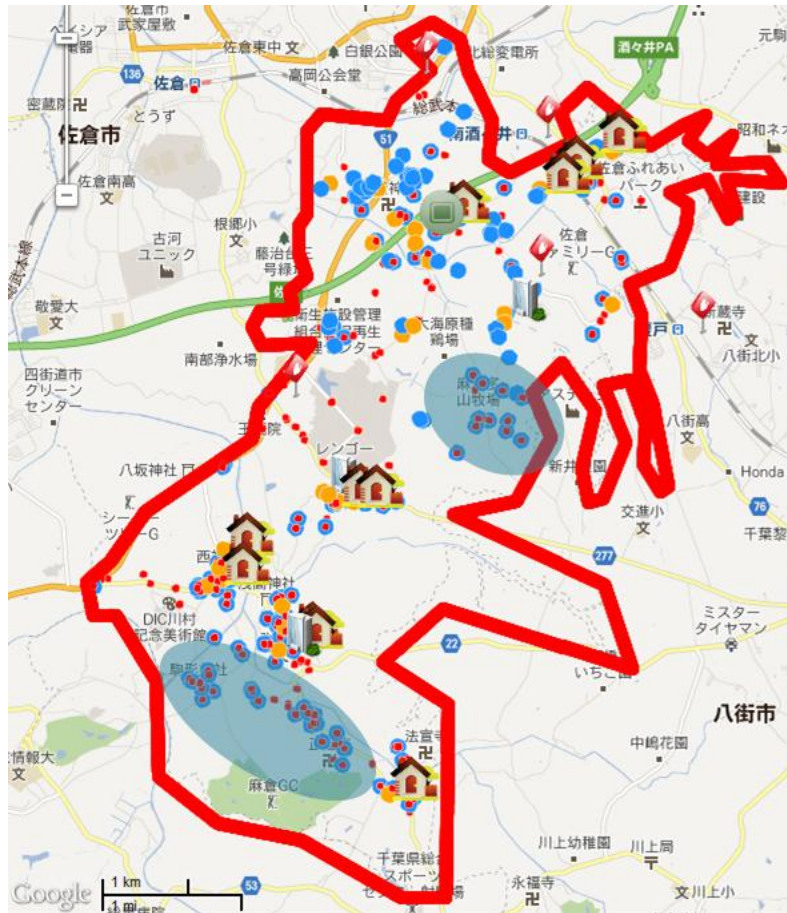


図 4-44 佐倉市頻度別バス停プロット (L)

淡青で大きく囲った地域は、近くに利用頻度の高いバス停がなく、自宅がバス停に登録されているが一度も利用していない箇所を囲っている。この2つの地域では、まだオンデマンドバスの利用を開始していない人が多いと考えられる。利用促進施策を行う際に、淡青で覆われた地域の利用者に対策を講じる必要がある。

(2) 利用定着率の改善

オンデマンドバスを利用したことがない市民に、適切な目的地を提案するために、定期的に利用を行なっている人の移動目的 (I) を調査する。過去に 30 回以上利用した人で、“使いはじめてから利用が伸びた人”と“月間利用回数は多くないが、定期的に利用している人”“一時期利用していたが、利用をやめた人”を抽出して移動目的を調べた。

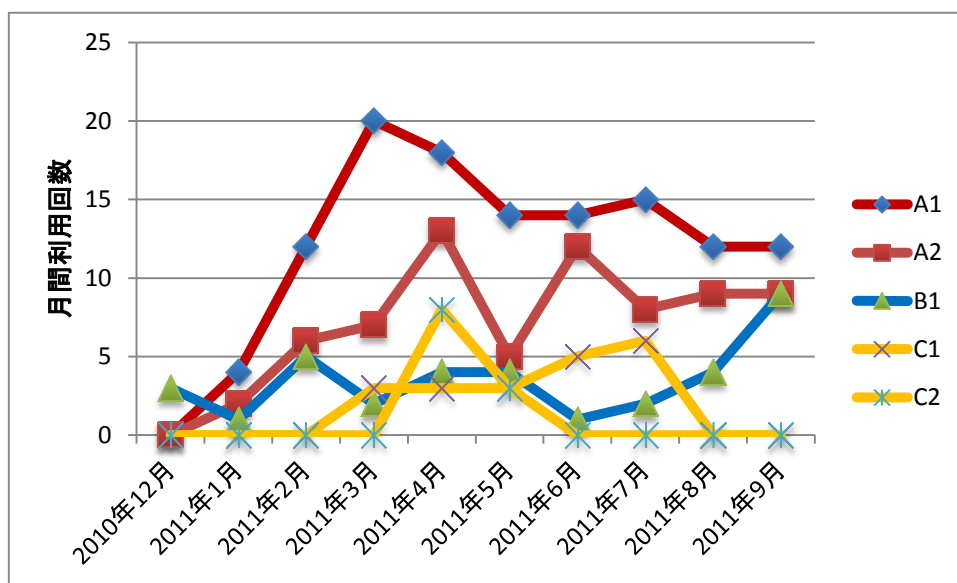


図 4-45 月別個人利用頻度 (佐倉市) (K)

図 4-46 に調査の対象とした 5 人の利用動向を示す。A1,A2 が、利用回数がもっとも多い 2 人、B1 が月間の利用回数が 10 回を超えないが、定期的に利用している人、C1,C2 が 20 回以上利用したが利用を止めた人を示している。

それぞれの人の移動目的の割合を、図 4-47 の棒グラフに示した。

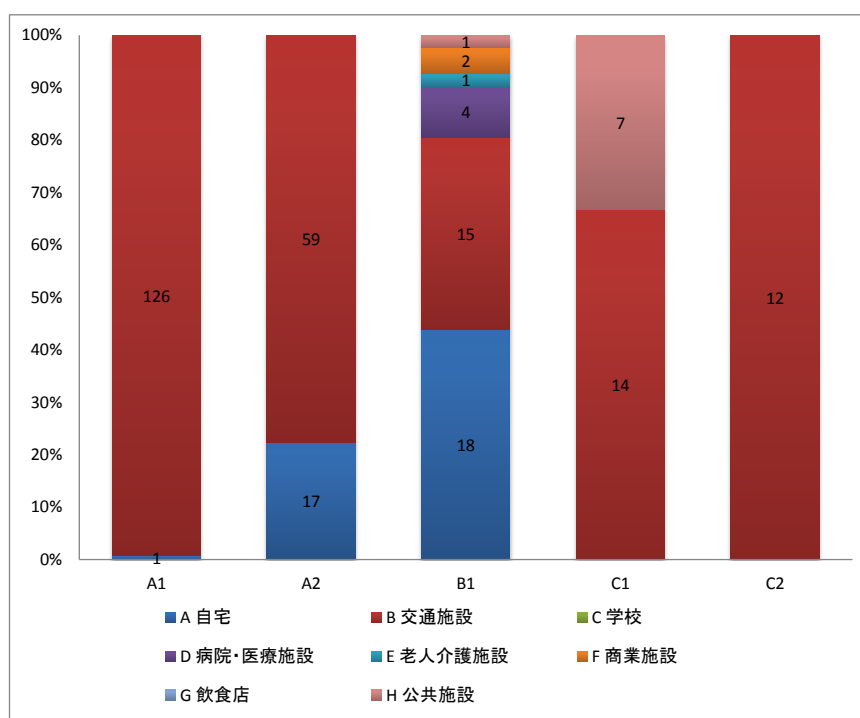


図 4-47 移動目的調査 (佐倉市) (I)

対象とした5人の移動目的の調査を行う。

- ・利用回数がもっとも多い利用者の分析

A1,A2の特徴は、目的地が固定されていることである。”白銀ニュータウン””殿台バス停””神門”が公共交通施設、残りは自宅への利用であった。

- ・月間の利用回数は少ないが定期的に利用している利用者の分析

B1の利用分析では、交通機関（白銀ニュータウン、殿台バス停、神門）と自宅への利用が7割以上を占めた。その他に、商業施設や病院・医療機関への利用があった。

- ・利用を止めた人の分析

C1,C2の利用者の移動目的を調査した。C1は交通機関（白金ニュータウン）と公共施設（弥富派出所）だけの利用であった。C2については、交通機関（白金ニュータウン）だけの利用であった。利用を止めた理由については、アンケートやインタビュー調査を行なう必要があると考えられる。

これらの分析から、オンデマンドバスに登録したが利用したことがない人に対して、移動目的を利用者に冊子にまとめて配布するモビリティ・マネジメント施策^[36]をとることができる。

(3) まとめ

佐倉市のオンデマンドバスの採算性の改善のために、利用促進策を提案した。具体的には、利用登録を行なっているが一度もオンデマンドバスを利用していない人が住む地域を特定し、施策の対象とする利用者を特定した。利用目的となる主要施設を明らかにし、促進施策の中に移動先として提案する。また、運行形態の改善策として、1車両の時間あたりの利用者数が1人を運行時間帯を超えていないことから、車両の削減を検討すべきである。

4.4 千葉県山武市

千葉県山武市では東大オンデマンドバスシステムを利用して9台の車両を運行している。運行地域、運行方法、運行実績の評価を行う。

4.4.1 運行地域と運行方法について

表 4-23 運行形態概要（山武市）

項目	内容
自治体基本データ	人口:55,340人(2011年11月1日)、面積:146.38km ² 、人口密度:378人/km ²
運行目的	平成22年3月に制定された地域公共交通総合連携計画に基づいて、「いつまでも誰もが便利に利用できる公共交通」を目標に、持続可能で、地域格差のない、市民のニーズに沿った交通を導入することを検討デマンドバスが面的サービスを提供できること、アンケートを通して時間と場所に自由度があるデマンドバスが求められた。
実証実験期間	平成22年10月1日～平成25年3月31日
運行時間帯	・毎日運行(12月29日～1月3日を除く) ・平日:8時00分～18時00分、土日祝日:9時00分～18時00分
運行車両	・タクシー(4人乗り)9台
対象者	・蓮沼、松尾、山武地域、成東地域の住人
運行範囲	・地図を参照。赤枠が運行エリアを示している。赤い円内の数字が各地域を運行している車両台数である。

第4章 東大オンデマンドバス運行地域の分析

	
運行方式	<ul style="list-style-type: none"> ・車両 9 台 ・地域を 3 つの区域に分けて、2 台、3 台、4 台でそれぞれ運行している。
予約方法	<ul style="list-style-type: none"> ・事前に利用登録が必要 ・オペレータによる電話受付のみ（市役所内にオペレータセンターを設置） ・予約受付時間は平日 8 時 00 分から 18 時 00 分、土日祝日 9 時 00 分～18 時 00 分まで受け付けている。 <p>（利用 1 週間前から利用の 1 時間前まで予約可能。）</p>
料金	<p>大人（中学生以上）300 円、小人（中学生未満）150 円、小学生未満無料</p> <p>* 障害者手帳、療育手帳、精神障害者保健福祉手帳の保持者は、大人 200 円、小人 100 円。</p>

利用登録者数	4093 人 (男性:1508 人、女性:2585 人)	実利用者数 (9 月 31 日まで)	1158 人
バス停数	3575 箇所	実利用バス停数	1149 箇所(自宅が 867 箇所)
平均乗車時間	14.7 分	平均移動距離	4.32km

4.4.2 オンデマンドバス運行実績

オンデマンドバスの運行実績をまとめる。データ分析項目も合わせて示す。

- ・利用登録者年齢分布 (B)

オンデマンドバスを利用するには、利用登録を行う必要がある。図 4-48 に階級値を5年間隔で取った年齢別利用登録者のヒストグラムを示す。

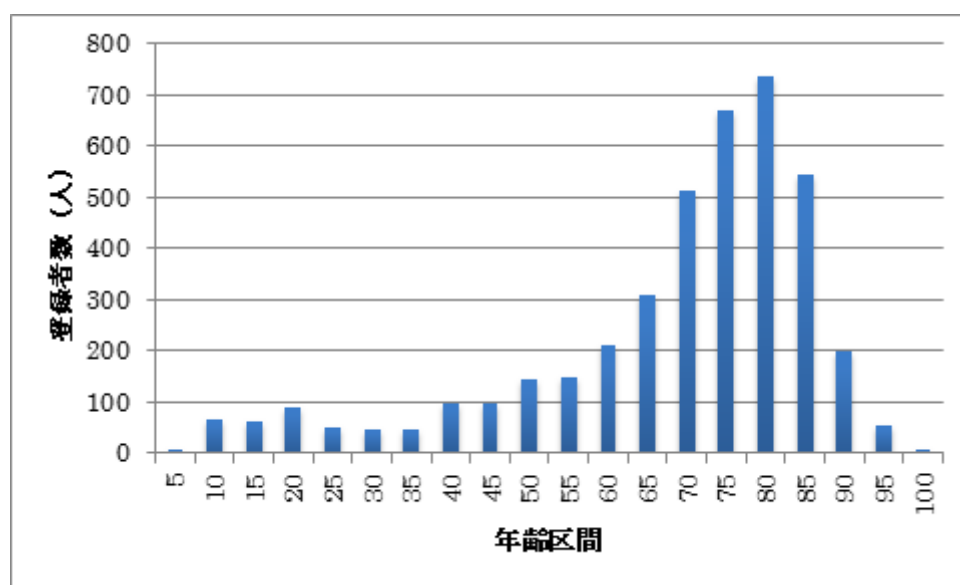


図 4-48 山武市利用登録者年齢分布

図から、70歳台から80歳台の利用登録がもっとも多いことがわかる。25歳から35歳台の登録者が少なくなっている。55歳台から利用登録者は伸び始めている。

- ・年齢別利用者数 (C)

2011年6月1日から4ヶ月間の延べ利用者の年齢分布を図 4-49 に示す。

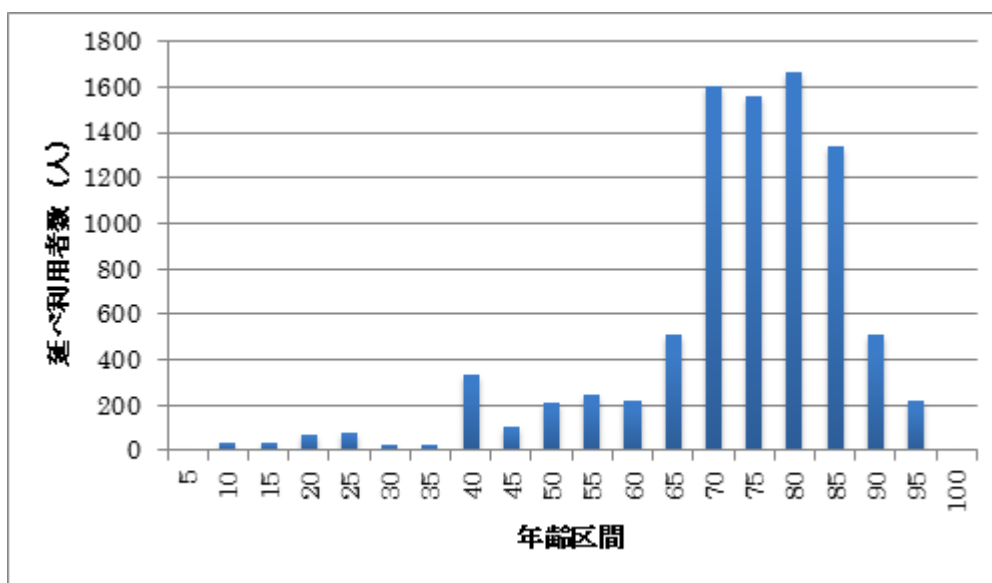


図 4-49 年齢別利用者数（山武市）

図から、70歳台から85歳台までの利用が最も多く、利用登録者の分布と同じ傾向がみられる。70歳台の利用者が登録者の割合に高くなっていることがわかる。

・月間延べ利用者数推移（A）

月毎のオンデマンドバスの延べ利用者数の推移を図 4-50 に示す。

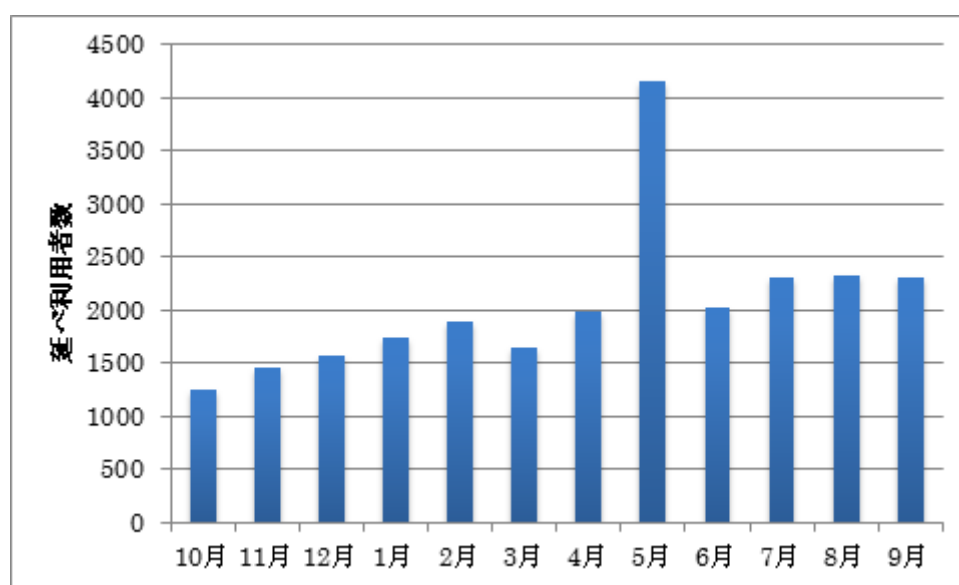


図 4-50 月間延べ利用者数推移（山武市）

山武市では 2010 年 10 月からオンデマンドバスの運行を開始した。運行開始当初から月に 1000 人を超える利用があった。無料利用券の配布によって 5 月に大きく利用者が伸び

ていることがわかった。7月以降に大きな利用者数の変化はみられない。

・時間帯別延べ利用者数

時間あたりの延べ利用者数を図 4-51 に示す。データは 2011 年 6 月 1 日から 4 ヶ月間を対象とした。

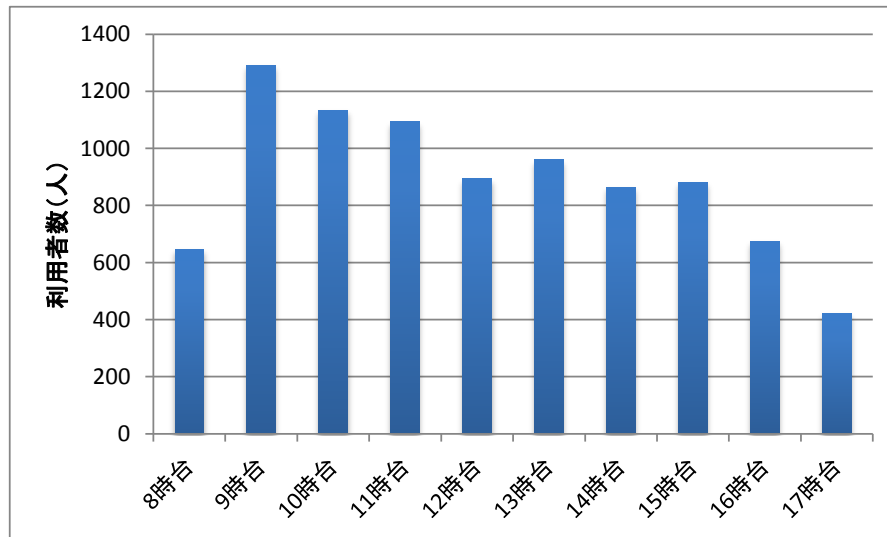


図 4-51 時間帯別利用者数 (山武市)

図から、9 時台の利用が最も多いことがわかる。13 時まで減少した後、15 時まで増減を繰り返す。17 時台の利用は約 400 人とどまっている。

・移動時間分布

それぞれの利用者がオンデマンドバスに乗車していた時間の分布を図 4-52 に示す。横軸に移動時間を、縦軸に延べ利用回数を示している。データは運行開始の 2010 年 10 月から 2011 年 9 月 30 日までを対象とした。

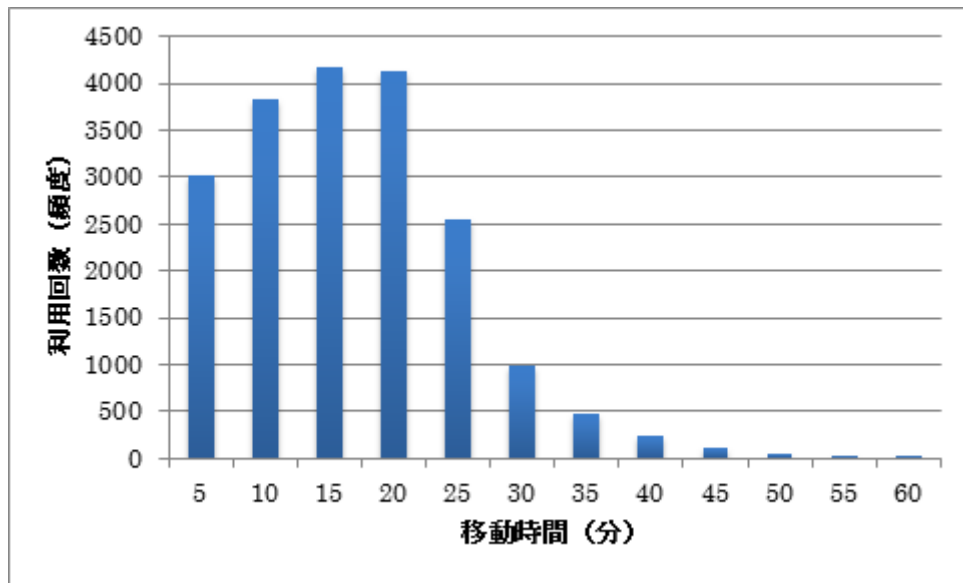


図 4-52 移動時間分布（山武市）

・移動距離分布

それぞれの利用者の移動距離の分布を図 4-53 に示す。移動距離は、利用者が予約した出発地と目的地の直線距離を算出している。横軸に移動距離を、縦軸に延べ利用回数を示した。データは運行を開始した 2010 年 10 月から 2011 年 9 月 30 日までを対象とした。

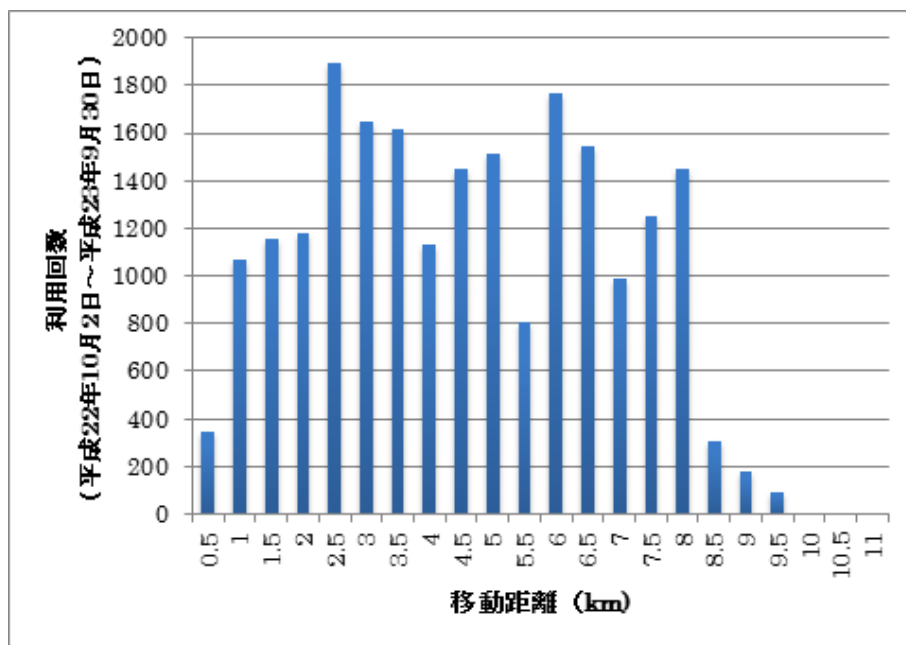


図 4-53 移動距離分布（山武市）

・移動目的分布 (I)

各利用者の移動の目的地のカテゴリーの分布を図 4-54 に示す。対象とした期間は、運行開始の 2010 年 10 月から 2011 年 9 月 30 日までである。

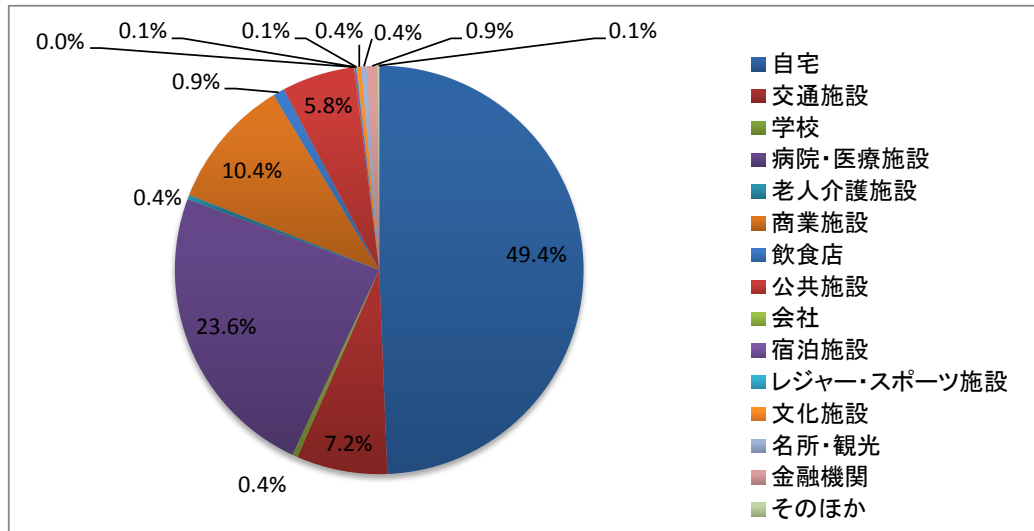


図 4-54 移動目的分布（山武市）

図から、49.4%が自宅への移動となっており、往復での利用が多いと考えられる。次に多い移動目的として、23.6%の病院・医療施設となっている。10.4%が商業施設、7.2%が交通施設となっている。

・収支率（M）

オンデマンドバスの収支を評価する。結果を表 4-24 に示す。

表 4-24 山武市オンデマンドバス収支計算

	山武市	2010年10月	2010年11月	2010年12月	2011年1月	2011年2月
支出	システム費用(月)	63000	63000	63000	63000	63000
	運行時間(8時～18時)	10	10	10	10	10
	日数	31	30	28	28	28
	車両数	9	9	9	9	9
	車両総運行時間	2790	2700	2520	2520	2520
	車載器(1台あたり)	20000	20000	20000	20000	20000
	車載器総費用	180000	180000	180000	180000	180000
	運行委託費(タクシー1台あたり)	2100	2100	2100	2100	2100
	総運営委託費	5859000	5670000	5292000	5292000	5292000
	小計	6039000	5850000	5472000	5472000	5472000
収入	利用者数	1254	1456	1579	1748	1883
	一律300円	376200	436800	473700	524400	564900
	1kmあたり100円	585300	676800	755700	864800	928700
	収支率(一律)	6%	7%	9%	10%	10%
	収支率(kmあたり)	10%	12%	14%	16%	17%

2011年3月	2011年4月	2011年5月	2011年6月	2011年7月	2011年8月	2011年9月
63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000
10	10	10	10	10	10	10
30	30	31	30	31	31	30
9	9	9	9	9	9	9
2700	2700	2790	2700	2790	2790	2700
20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
180000	180000	180000	180000	180000	180000	180000
2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
5670000	5670000	5859000	5670000	5859000	5859000	5670000
5850000	5850000	6039000	5850000	6039000	6039000	5850000
1649	1989	4160	2032	2297	2318	2309
494700	596700	1248000	609600	689100	695400	692700
782100	947400	2018600	988100	1085400	1042400	1068300
8%	10%	21%	10%	11%	12%	12%
13%	16%	33%	17%	18%	17%	18%

山武市は運行エリアが広く、9台の車両で対応している。利用者人数が最も多かった2011年5月において、1車両あたり1日約15人の利用となった。運賃体系は現在一律300円となっている。運行エリアが広く、トリップあたりの平均距離は4.3kmとなっており、1km100円の運賃体系にすることで、約6%収支率を改善できる。また、2011年6月以降の1台あたりの平均利用者数は夜約8.5人に収まっている。車両を削減して対応することで、収支率を改善できると考えられる。

・実利用者数推移 (D)

新しい公共交通であるオンデマンドバスの普及度合いを評価する。運行開始から、一度でもオンデマンドバスを利用したことがある利用者の人数である実利用者数の推移を図4-55に示す。

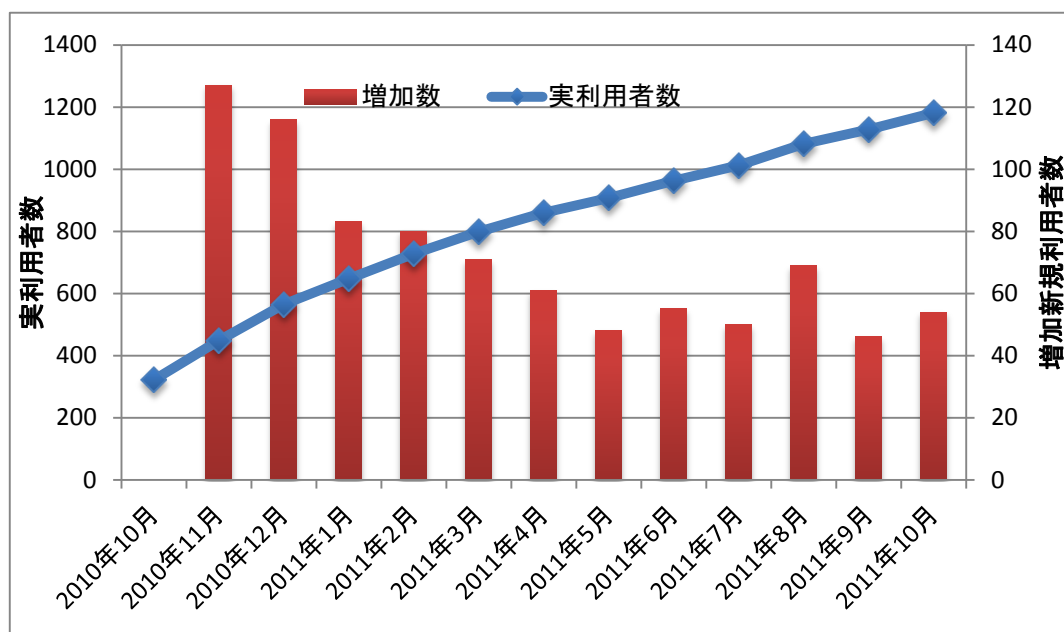


図 4-55 実利用者数推移（山武市）

2010年10月にオンデマンドバスの運行を開始している。運行開始時点で322人の実利用者があった。2011年5月まで、月毎の新規利用者数は減少している。その後、毎月50人ほどの実利用者が増加している。運行開始から半年後の2011年5月時点の実利用者数は908人となり、運行開始時点の約3倍まで増加した。

・月別実利用者数（E）

月別実利用者数の推移を図4-56に示す。前月までにオンデマンドバスを利用したことがある人を継続利用者、その月に始めて利用した人を新規利用者として示した。2つの値の和が、1ヶ月の実利用者数である。

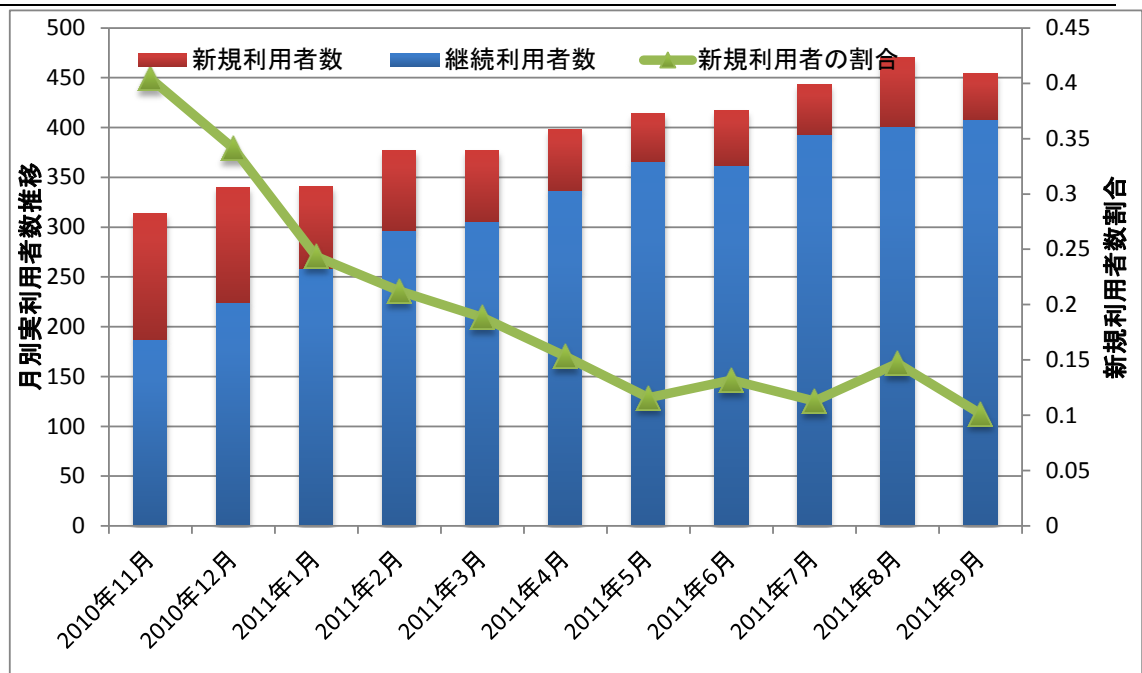


図 4-56 月別実利用者数推移（山武市）

2011 年 8 月をピークに、実利用者数は増加している。継続利用者数の人数が単調増加しており、1 度利用を始めると定期的に利用する傾向があると考えられる。新規利用者の割合は、月ごとの実利用者数の増加に伴い減少傾向にある。今後も継続利用者数が増加することが推測できる。

・希望時刻と成立した予約時刻との差（H）

オンデマンドバスの予約を行う際、出発または到着の時刻を指定できる。指定した時刻と、成立した予約の時刻の差の分布を図 4-57 に示す。

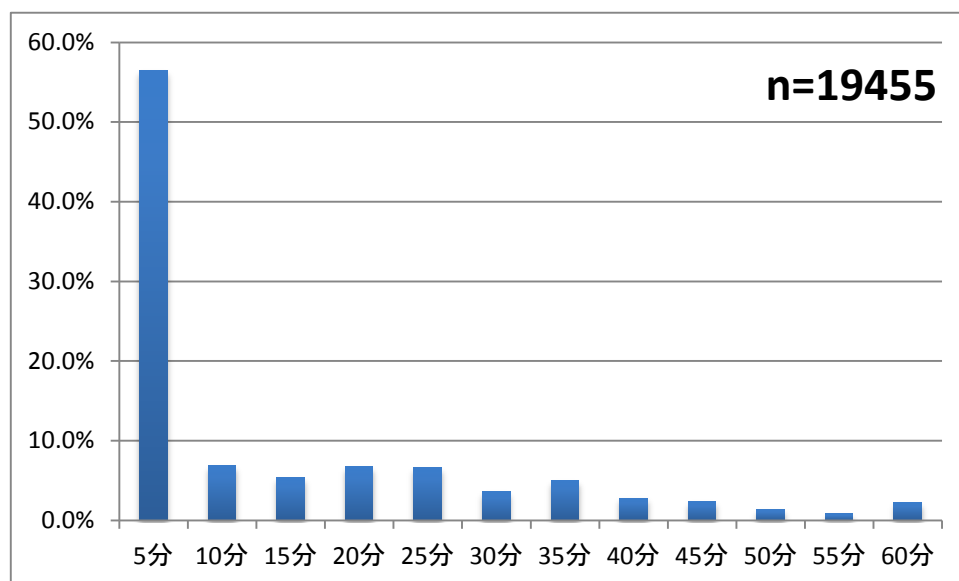


図 4-57 希望予約時刻と成立予約時刻との差（山武市）

図から、希望時刻から10分以内に成立した予約が63%を占めることがわかる。15分以上希望時刻と成立予約時刻に差がある予約が37%を占めており、時間制約を重視しない予約の割合が一定程度ある。希望時刻と成立時刻の差の平均値は10.9分となっている。

・運行効率 (J)

車両ごとの1日の運行計画の運行効率の分布を図4-58に示す。

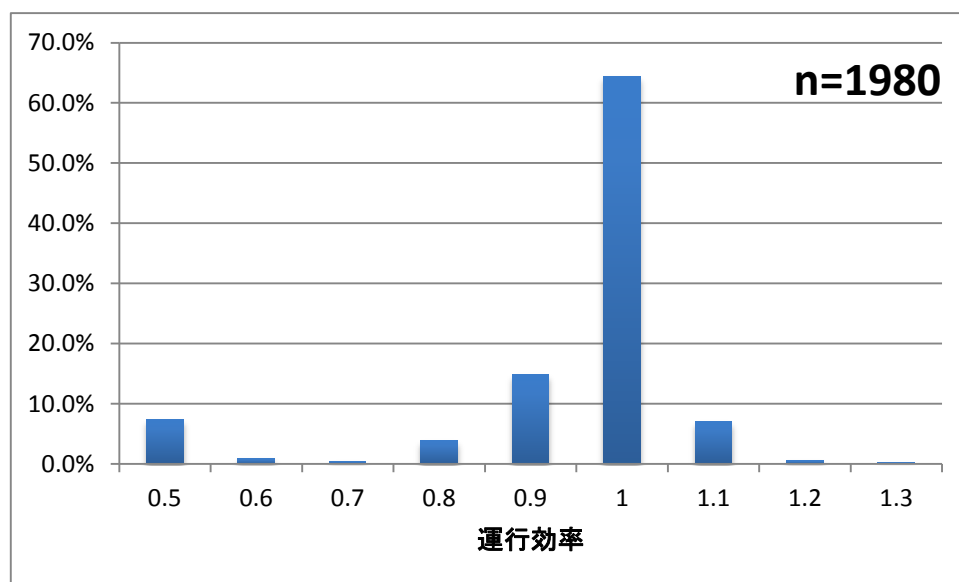


図 4-58 運行効率の評価（山武市）

オンデマンドバスが、乗合を生じさせることなく運行する場合、運行効率の値は1にな

る。運行効率の値が 0.91 から 1.1 に収まる車両が 71%を占める。28%の運行が 0.9 より値が低くなっており、同じ需要に対して乗合を生じて運行し移動距離を短縮できていることがわかる。運行効率の平均値は 0.86 となり、予約に個別に対応した場合の移動距離と比較して 14%短縮できていることがわかる。

・車両あたりの時間帯別利用者数推移 (F)

オンデマンドバスが 1 日に受け付けることができる利用者数、トリップ数の最大数を 1 時間単位で分析する。比較対象に、1 日に受け付けた利用者数またはトリップ数が最大の車両の各時間の値と、各時間帯の平均値を示す。図 4-59 に時間あたりの利用者数の推移を示す。緑線が時間帯ごとの最大受付人数を、赤線が 1 日の利用者が最大の日の利用者推移を、青線が時間帯ごとの平均利用者数を示している。表 4-25 に 1 日の利用者数の値を示した。

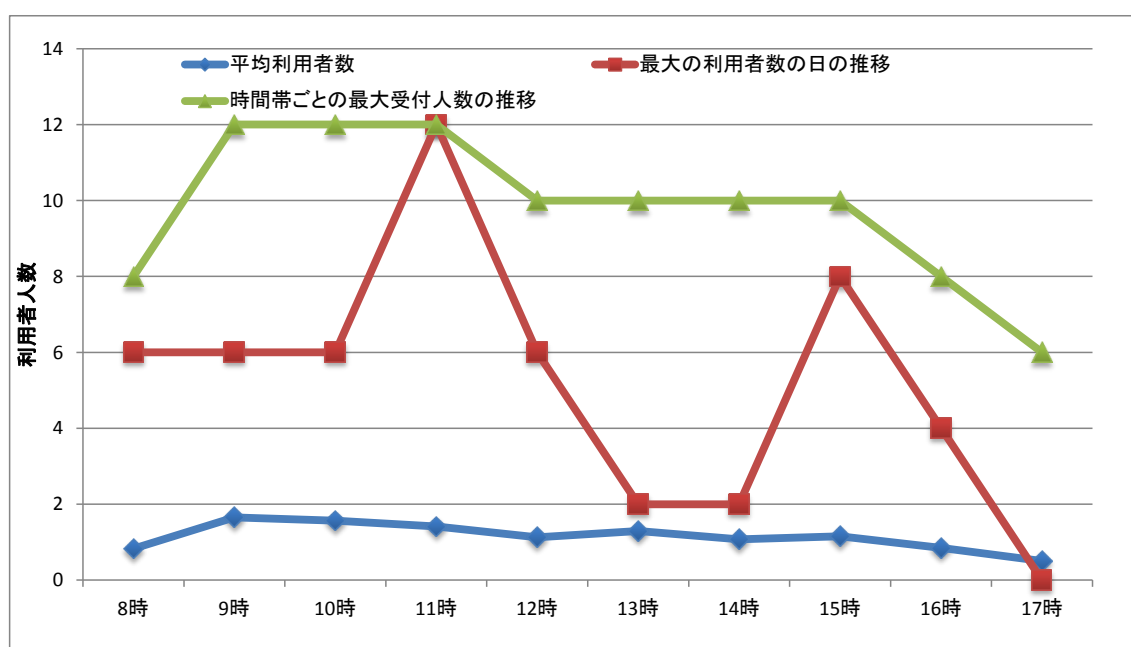


図 4-59 時間あたりの利用者数推移 (山武市)

表 4-25 1 日の利用者数分析 (山武市)

平均利用者数	最大利用者数	時間帯ごとの最大利用者数の総和
11.5人	52人	98人

図から時間あたりの最大利用者数は、9時から11時までの12人である。9時から12時までの午前中の最大利用者数が多く、利用が多いことがわかる。各車両の1時間あたりの平均利用者数が約2人となっている。1車両の平均利用者数は11.5人、1日の最大利用者数が52人、時間帯ごとの最大利用者数の総和が98人となり、現在の需要の約2倍の利用者数を受け付けられる可能性があることを示した。

・車両あたりの時間帯別トリップ数推移 (G)

トリップ数の推移を図 4-60 に、1 日のトリップ数を表 4-26 に示した。

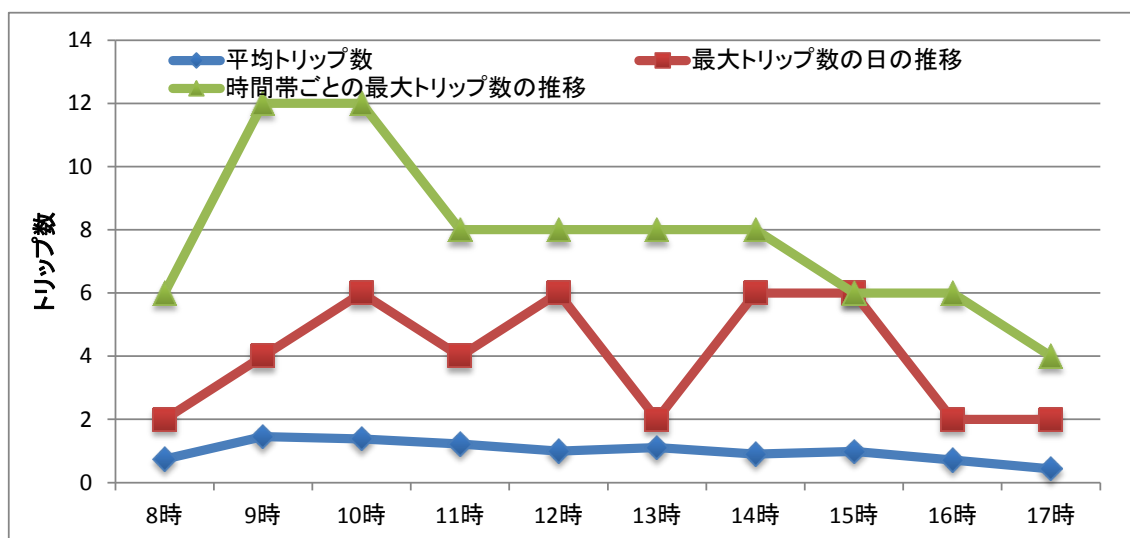


図 4-60 時間あたりのトリップ数推移（山武市）

表 4-26 1 日のトリップ数分析（山武市）

平均トリップ数	最大トリップ数	時間帯ごとの最大トリップ数の総和
9.9	40	78

図から 9 時から 10 時にかけて、1 時間あたり 12 トリップを受け付けたことがわかる。11 時以降のトリップ数は 4 から 8 トリップに収まっている。午前中の利用は多いが、午後の利用は 8 トリップ以下に収まっている。1 日の平均トリップ数は 9.9、最大トリップ数は 40、時間帯ごとの最大トリップ数の総和は 78 となっており、現在の約 2 倍のトリップ数を受け付けられる可能性があることがわかる。

4.4.3 運行実績の評価

3.3 で構築した運行データによる評価プロセスに沿って、本運行を評価する。

(1) 採算性

収支率 (M) は 12% となった。収支率が低くなった要因として、運行車両が 9 台と多く、運行時間も 1 日 10 時間となっていることが挙げられる。

(2) 普及率

・フェーズ把握

山武市での月間延べ利用者数 (A) はグラフから判断するに、6 月以降の利用者数に増減がないことから、安定期にあると言える。導入から 1 年が経ち、市民の中で認知されたと考える。採算性が目標値である 25% に達していないことから、運行形態見直しによる支出の削減と運賃収入の増収のための利用促進策が必要である。

・利用者普及率

延べ実利用者数（D）が 1182 人、登録者数が 4093 人、よって利用者普及率の値は 29% となった。

・利用者定着率

延べ利用者数（D）が 1182 人、2011 年 9 月の実利用者数（E）が 454 人、よって利用者定着率が 38% となった。

（3）運行形態について

・車両充足度

下表は、車両あたりの 1 時間の利用者数（K）を示している。2011 年 9 月の平均利用者数、運行期間を通しての最大利用者数、最大利用者数で平均利用者数を割った充足度を示している。平均値を見ると、17 時のみ 0.5 台になっており、需要が見込めない場合は運行時間帯の見直しが必要である。充足度は最大で 9 時の 15% であり、40% を超えることはないので、車両は需要に対して充分あると考えられる。

表 4-27 車両充足度表（山武市）

	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時
2011年9月 平均値(人)	0.98	1.83	1.58	1.50	1.34	1.46	1.33	1.26	0.91	0.56
最大利用者数(人)	8	12	12	12	10	10	10	10	8	6
充足度	12%	15%	13%	13%	13%	15%	13%	13%	11%	9%

・運行効率（J）

山武市の運行効率の平均値は 0.85 であった。時間帯の利用者数が増加することで、改善することが予想される。運行実績の評価を表 4-28 に示す。

表 4-29 運行実績の評価（山武市）

1:採算性	収支率	12%
2:普及率	フェーズ把握	安定期
	利用者普及率	29%
	利用者定着率	38%
3:運行形態	車両充足度	・17時の運行見直し ・車両台数削減の検
	効率性	0.85

4.4.4 改善策の提案

山武市のオンデマンドバス運行における改善案を示す。山武市において、普及率において数値上問題がない。よって、運行形態において提案を行う。

（1）運行時間帯の見直し

山武市には、採算性の課題がある。前項で示した通り、8 時と 17 時の平均利用者数が 1 台 1 時間あたり 1 人を切っているため、運行時間帯の検討の必要性を示した。

(2) 車両台数の検討

3つの地域の利用されていないバス停の調査で特徴が見られた。図4-61に、最も利用されているバス停20カ所をカテゴリ別のアイコンによって表示し、10回以上利用されたバス停を緑色の円で示した。

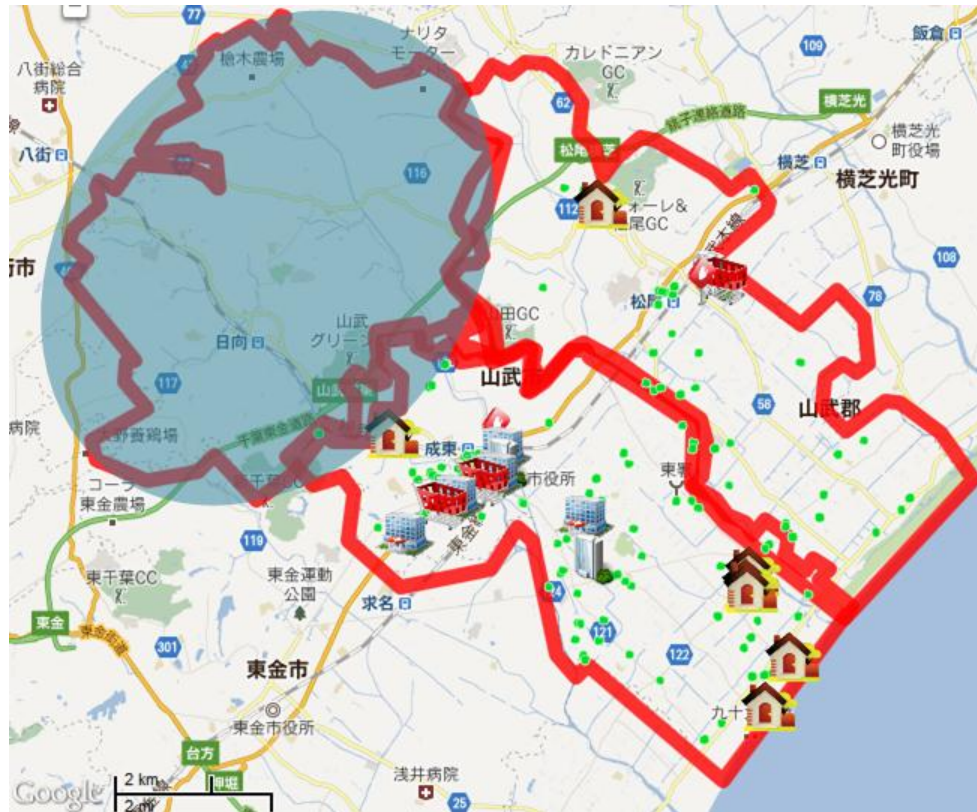


図 4-61 山武市高頻度利用バス停のプロット (L)

図において淡青で覆った地域に、利用頻度の高いバス停がないことがわかる。図の左上の赤枠で囲まれた地域において、利用が拡大していないことがわかる。

図4-62に、淡青で覆った地域に住む利用登録者の自宅バス停を青円で、一度も利用されていないバス停を赤円で示した。青丸の上に赤丸がある場合、一度も利用していない利用者ということを示す。

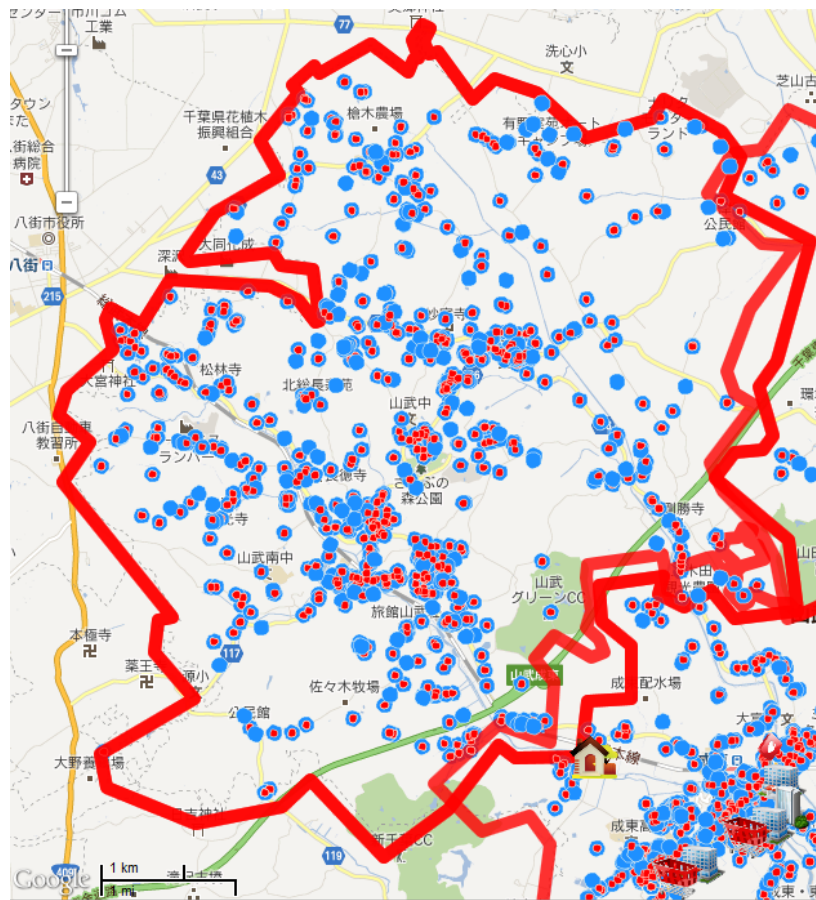


図 4-62 自宅バス停と利用のないバス停のプロット（山武市）（L）

図から、自宅登録されているバス停の半分以上が利用されていないことがわかる。この地域内には2台のデマンドバスが運行されている。地域内の市民にアンケート調査やインタビューを行い、利用しない原因を把握する必要がある。採算性の観点から、利用者促進を促し、平均乗車人数を増加させるか、需要が見込めないならば、車両を削減することを検討すべきである。

(3) まとめ

山武市におけるオンデマンドバスの採算性を改善するために、提案を行った。具体的には、利用者の少ない8時と17時の運行時間帯短縮の検討と、利用者が少ない地域における車両の削減または需要喚起を提案した。

4.5 埼玉県北本市

埼玉県北本市は東大オンデマンドバスを利用して運行を行なっている。運行形態、運行実績、運行実績の評価を行う。

4.5.1 運行地域と運行方法について

運行形態についての概要のまとめを表 4-30 に示す。

表 4-31 運行形態概要（北本市）

項目	内容
自治体基本データ	人口:68,653 人(2011 年 10 月 1 日)、面積:19.84km ² 、人口密度:3,460 人/km ²
運行目的	<p>北本市では高齢化が急速に進んでおり、コミュニティバスや路線バスの運行路線から外れた地域では、交通空白地域・不便地帯となっている。財政状況の悪化の中で多額の赤字を負担してバスを運行することができないため、オンデマンドバスの導入を開始した。</p> <p>バス導入の目的は「これからの高齢化社会に対応する市民福祉の観点から、外出のための移動手段の確保を自ら行うことが困難な人たちの移動手段を確保すること」である。(北本市地域公共交通総合連携計画から引用)</p>
実証実験期間	平成 22 年 4 月 1 日～平成 25 年 3 月 31 日
運行時間帯	<ul style="list-style-type: none"> ・毎日運行(年中無休) ・午前 8 時 30 分～午後 5 時 30 分
運行車両	<ul style="list-style-type: none"> ・ワゴン車(8 人乗り)2 台 ・普通車(4 人乗り)1 台
対象者	・北本市在住の人 北本市に通勤、通学している人
運行範囲	・地図を参照。赤枠内が運行エリアである。

第4章 東大オンデマンドバス運行地域の分析

	
運行方式	<ul style="list-style-type: none"> ・車両 3 台 ・月曜日～金曜日:ワゴン車 2 台、普通車 1 台 ・土曜日 ワゴン車 1 台、普通車 1 台 ・日曜、祝日 ワゴン車 1 台
予約方法	<ul style="list-style-type: none"> ・事前に利用登録が必要 ・オペレータによる電話受付のみ(委託先のタクシー事業者が担当) ・予約受付時間は平日 8 時 00 分から 18 時 00 分。 (利用 1 週間前から利用の 1 時間前まで予約可能。)
料金	<p>市内均一 300 円</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小人(中学生未満)150 円、小学生未満無料 ・障害者手帳、療育手帳、身体障害者手帳の保持者 150 円、介助者 1 人まで 150 円

利用登録者数	4685 人 (男性:1862 人、女性:2823 人)	実利用者数 (9 月 31 日まで)	1472 人
バス停数	2708 箇所	実利用バス停数	1044 箇所(自宅 781 が箇所)
平均乗車時間	12.38 分	平均移動距離	1.92km

4.5.2 オンデマンドバス運行実績

オンデマンドバスの運行実績をまとめる。データ分析項目も合わせて示す。

・利用登録者年齢分布（B）

利用登録者の年齢分布を図 4-63 に示す。階級値を 5 年間隔でとった。横軸に年齢を、縦軸に登録者数を示している。

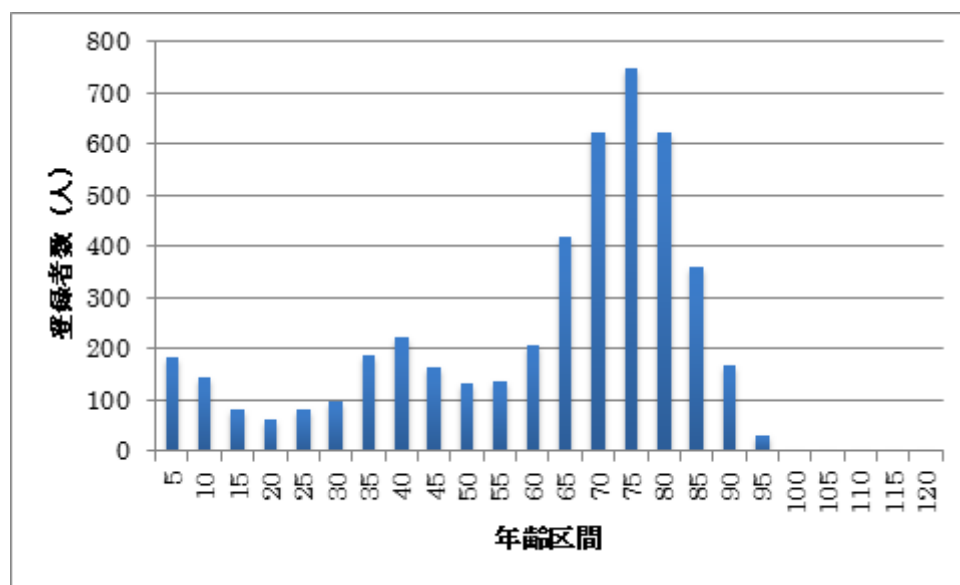


図 4-63 利用登録者年齢分布（北本市）

図から 65 歳からの 80 歳までの利用者が 400 人を超えて多くなっている。特に 70 歳から 80 歳までは 600 人を超えている。40 歳台の利用が前後の年代に比べて多くなっていることもわかる。

・年齢別利用者数（C）

2011 年 6 月 1 日から 4 ヶ月間の年齢別延べ利用者数を図 4-64 に示す。

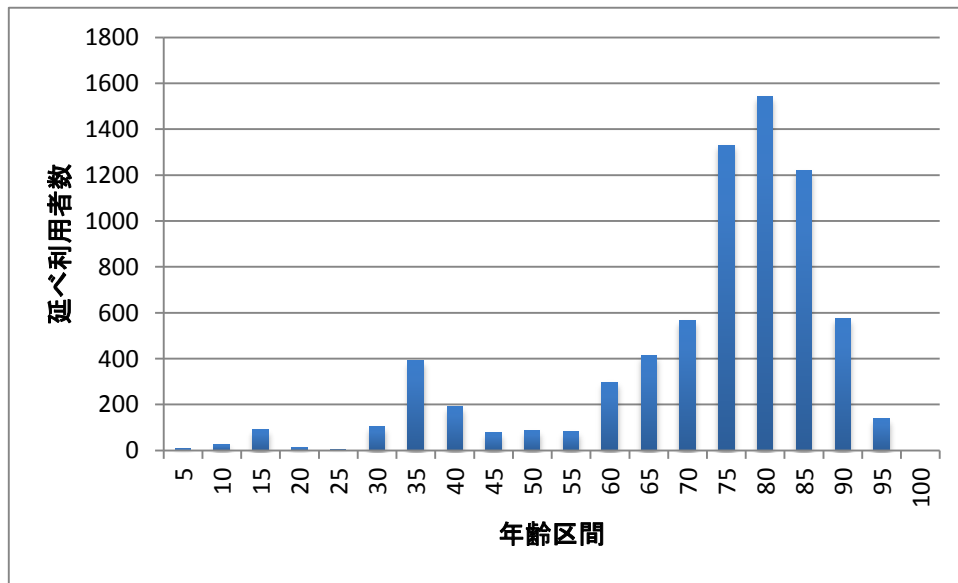


図 4-64 年齢別利用者数（北本市）

利用登録者の年齢分布と同じく、75 歳から 85 歳までの利用が多くなっている。また、35 歳台の利用が前後の年代と比較して多くなっている。

・月間延べ利用者数推移（A）

月毎の延べ利用者数の推移を図 4-65 を示す。

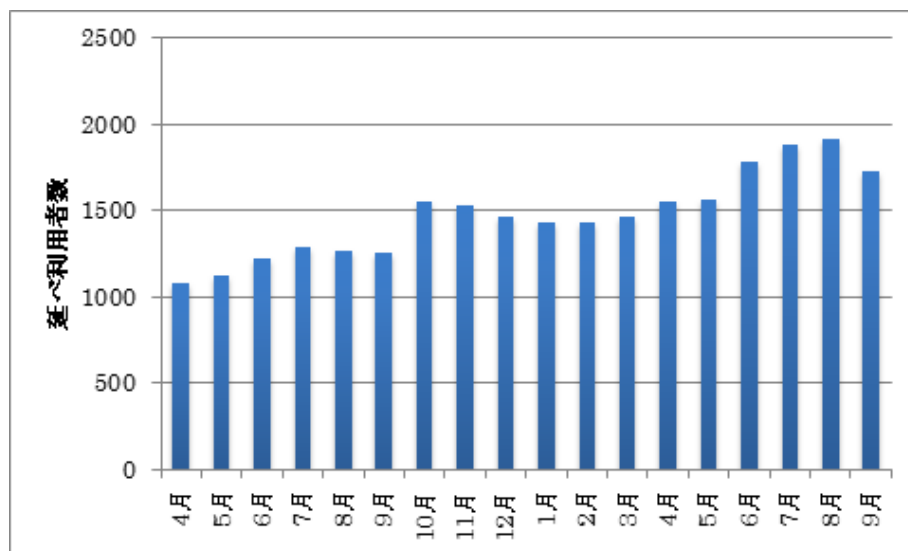


図 4-65 月間延べ利用者数（北本市）

図から利用者数は波のような形をとりつつ、増加傾向にある。2010 年 4 月の運行開始時から 1000 人を上回る利用があった。2011 年 8 月の段階で 1900 人を超える利用があった。2010 年 10 月に利用が大きく伸びていることも特徴となっている。

・時間帯別延べ利用者数

1時間ごとの利用者数の延べ人数を図4-66に示す。データは2011年6月1日から4ヶ月間を対象にしている。

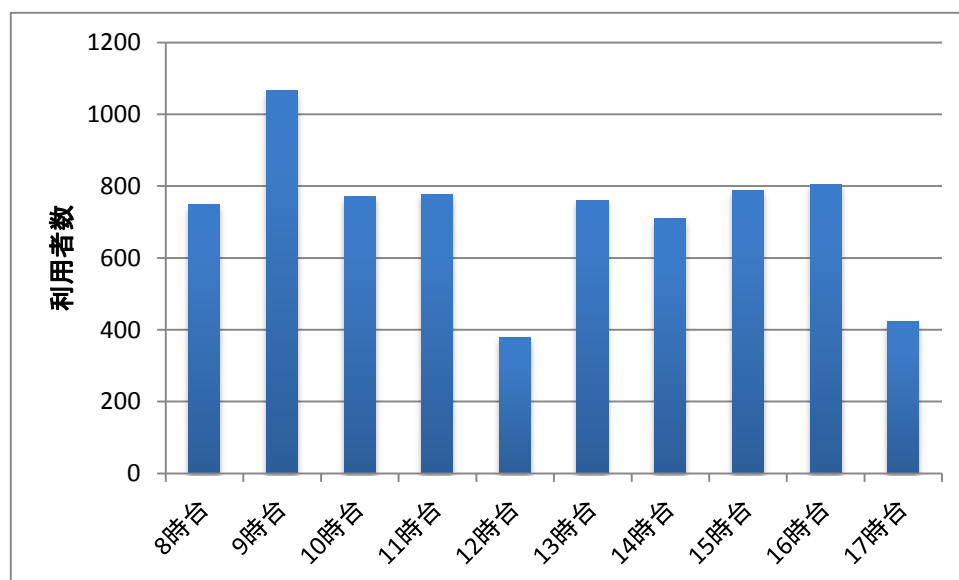


図 4-66 時間帯別利用者数（北本市）

図から9時台の利用が多くなっていることがわかる。12時と17時のみ約400人の利用にとどまっている。他の時間帯は約800人の利用となっている。

・移動時間分布

それぞれの利用者がオンデマンドバスに乗車していた時間を図4-67に示す。横軸に移動時間を、縦軸に頻度をとっている。データは運行開始の2010年4月から2011年9月までを対象にした。

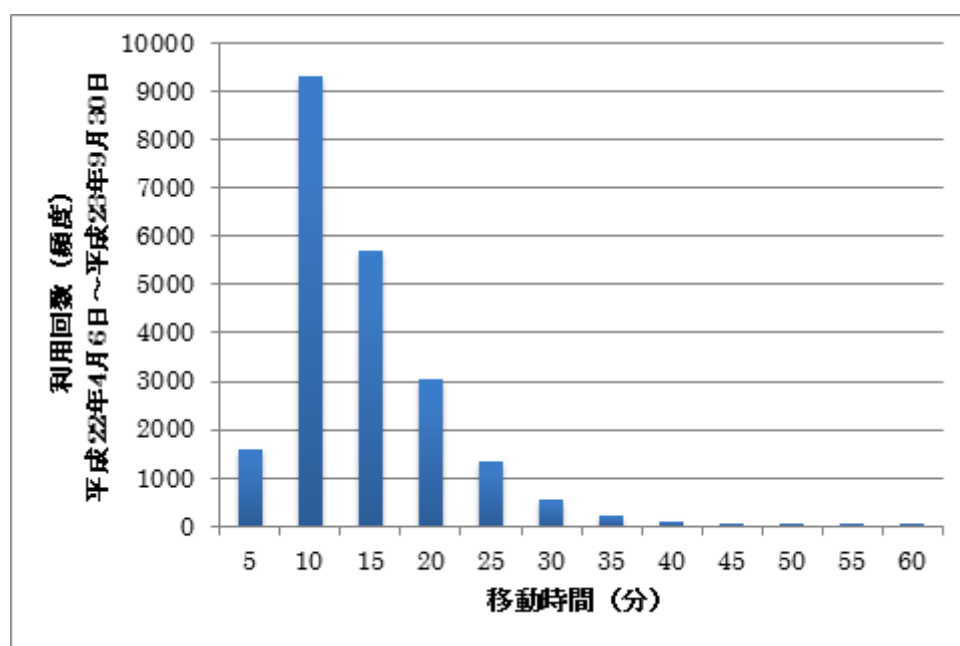


図 4-67 移動時間分布 (北本市)

図から、10 分台の利用が最も多いことがわかる。10 分台から 30 分台まで、利用回数が約半分ずつ減少している。

・移動距離分布

それぞれの利用者の移動距離の分布を図 4-68 に示す。この移動距離は、利用者が予約した出発地と目的地の直線距離をとっている。横軸に移動時間を、縦軸に頻度を示している。データは運行開始の 2010 年 4 月から 2011 年 9 月までを対象にした。

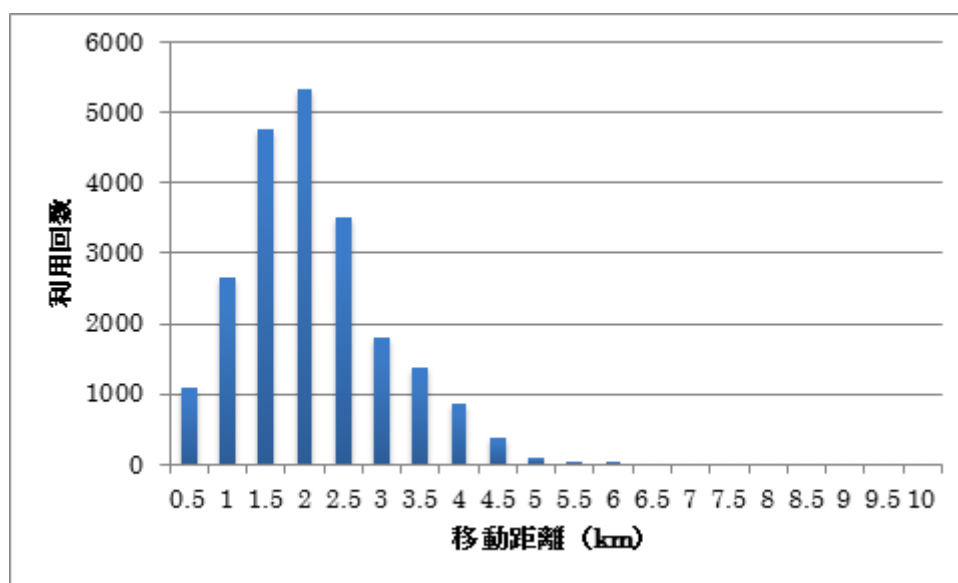


図 4-68 移動距離分布 (北本市)

図から、1.5km から 2.5km までの予約が 3000 回を超えて多くなっていることがわかる。2km から 6km の移動まで、利用頻度は段階的に減少している。

・移動目的分布 (I)

各予約の目的地のバス停に付随されているカテゴリーの分布を図 4-69 に示す。対象期間は運行開始の 2010 年 4 月から 2011 年 9 月とした。

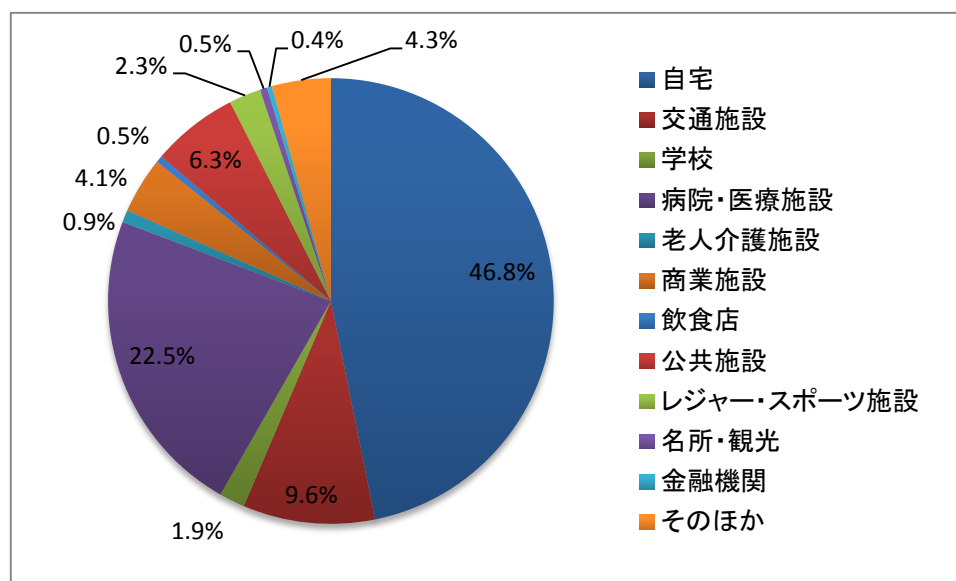


図 4-69 移動目的の分布（北本市）

図から、自宅への利用が 46.8% となり、帰宅手段として活用されていることがわかる。次利用が多いのが 22.5% の病院・医療施設である。次に、交通施設、公共施設と続いている。

・収支率 (M)

オンデマンドバスの収支を評価する。収支計算の結果を表 4-32 に示す。

第4章 東大オンデマンドバス運行地域の分析

表 4-33 北本市オンデマンドバス収支計算

	北本市	2010年5月	2010年6月	2010年7月	2010年8月	2010年9月	2010年10月	2010年11月
支出	システム費用(月)	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000
	運行時間(8時30分～17時30分)	9	9	9	9	9	9	9
	日数	30	31	30	31	31	30	31
	車両数	3	3	3	3	3	3	3
	車両総運行時間	810	837	810	837	837	810	837
	車載器(1台あたり)	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
	車載器総費用	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000
	運行委託費(タクシー1台あたり)	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
	総運営委託費	1701000	1757700	1701000	1757700	1757700	1701000	1757700
	小計	1761000	1817700	1761000	1817700	1817700	1761000	1817700
収入	利用者数	1158	1219	1216	1295	1269	1243	1592
	一律300円	347400	365700	364800	388500	380700	372900	477600
	1kmあたり100円	295700	308300	301400	322800	304200	291500	381000
	収支率(一律)	20%	20%	21%	21%	21%	21%	26%
	収支率(kmあたり)	17%	17%	17%	18%	17%	17%	21%

2010年12月	2011年1月	2011年2月	2011年3月	2011年4月	2011年5月	2011年6月	2011年7月	2011年8月	2011年9月
63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
31	31	28	31	30	31	30	31	31	30
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
837	837	756	837	810	837	810	837	837	810
20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000
2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
1757700	1757700	1587600	1757700	1701000	1757700	1701000	1757700	1757700	1701000
1817700	1817700	1647600	1817700	1761000	1817700	1761000	1817700	1817700	1761000
1464	1436	1433	1468	1548	1558	1787	1878	1911	1723
439200	430800	429900	440400	464400	467400	536100	563400	573300	516900
355900	345000	334700	339600	359900	374100	408500	421600	433600	383700
24%	24%	26%	24%	26%	26%	30%	31%	32%	29%
20%	19%	20%	19%	20%	21%	23%	23%	24%	22%

北本市での収支率が2011年8月に最大32%になっている。通年で収支率は20%を超えており、今後利用者の増加に伴い更に改善すると予測される。北本市のトリップの平均移動距離は1.9kmとなっている。移動距離が短いため、運賃体系を1km100円にするよりも、一律300円にすることで、収支率は約3%から7%改善することがわかった。

・実利用者数推移 (D)

運行開始から、一度でもオンデマンドバスを利用したことがある利用者の数である実利用者数の推移を図4-70に示す。

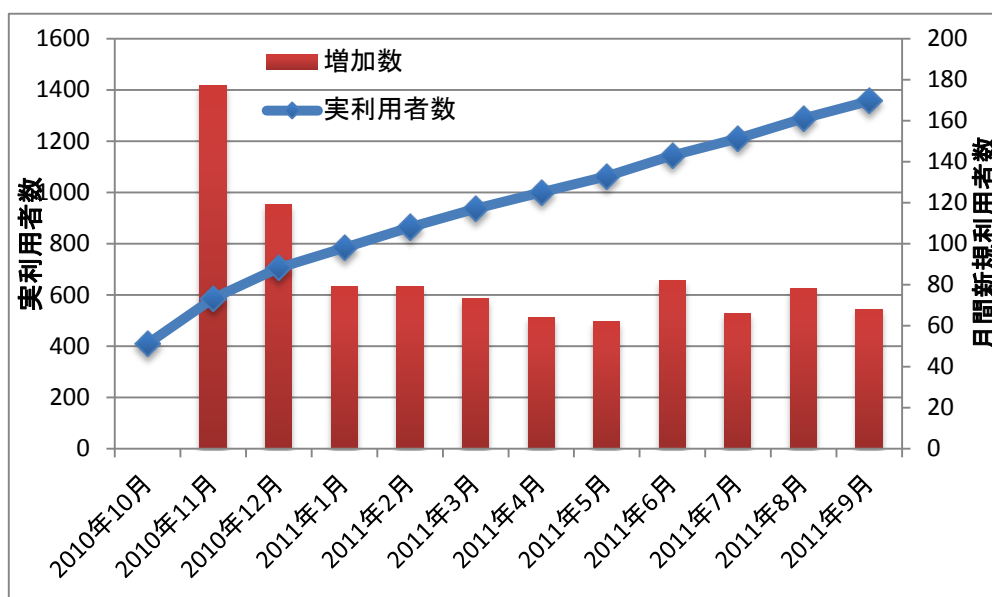


図 4-70 実利用者数推移（北本市）

北本市で2010年4月に運行を開始している。2010年10月時点の実利用者数は410人となり、その半年後の2011年5月には1063人となり、2倍以上の増加となった。2011年1月から9月まで、新規利用者が毎月60人以上増加している。今後も安定的に新規利用者が増加することが推測される。

・月別実利用者数（E）

月別実利用者数の推移を図4-71に示す。前月までにオンデマンドバスを利用したことがある人を継続利用者として、その月に始めて利用した人を新規利用者として表示した。2つの値の和が、1ヶ月の実利用者数である。

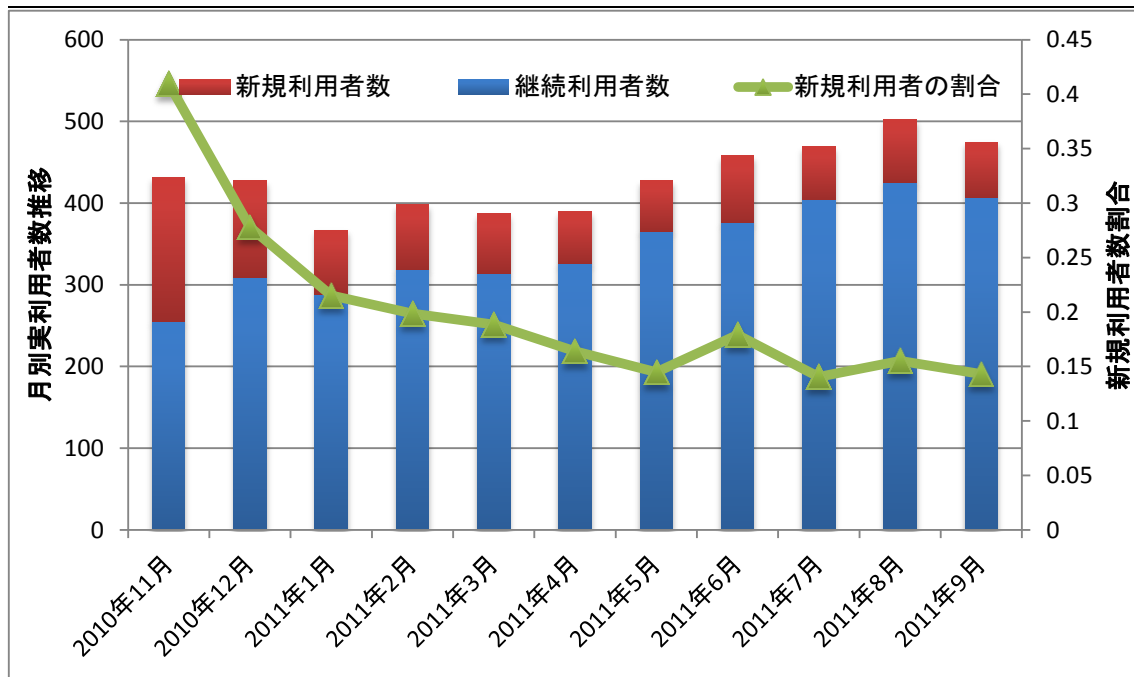


図 4-71 月別利用者数推移（北本市）

2010年4月に運行を開始してから、半年後の2010年11月からの実利用者のデータを示す。毎月約400人程度の利用者がいる。実利用者数に変動が見られないため、毎月の新規利用者数の割合は約15%程度に収束していくように予測される。継続利用者が安定して300人を超えており、定期的に利用されていると考えられる。

・希望時刻と成立した予約時刻との差（H）

オンデマンドバスの予約を行う際、出発または到着の時刻を指定できる。指定した時刻と、成立した予約の時刻の差の分布を示す。

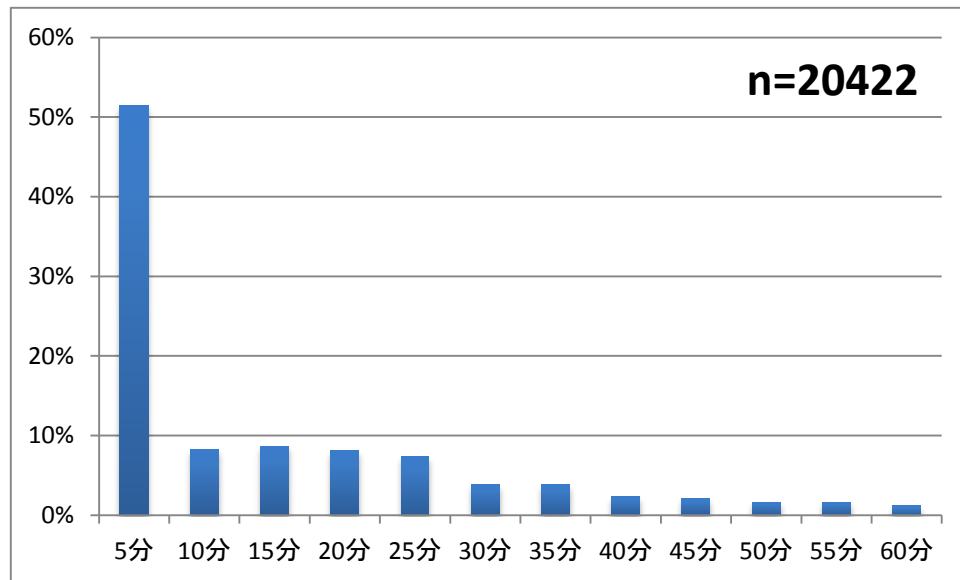


図 4-72 希望予約時刻と成立予約時刻との差（北本市）

図から希望時刻と成立予約時刻との差が 59% になっている。希望予約時刻と成立予約時刻との差が 15 分以上の予約は全体の 41% を占めている。25 分以上、希望予約時刻と成立予約時刻との差がある予約が 24% を占め、希望時刻を重視しない目的にも利用されていることがわかる。平均値は 11.4 分となった。

・運行効率の評価 (J)

車両ごとの1日の運行計画の運行効率の分布を図4-73に示す。

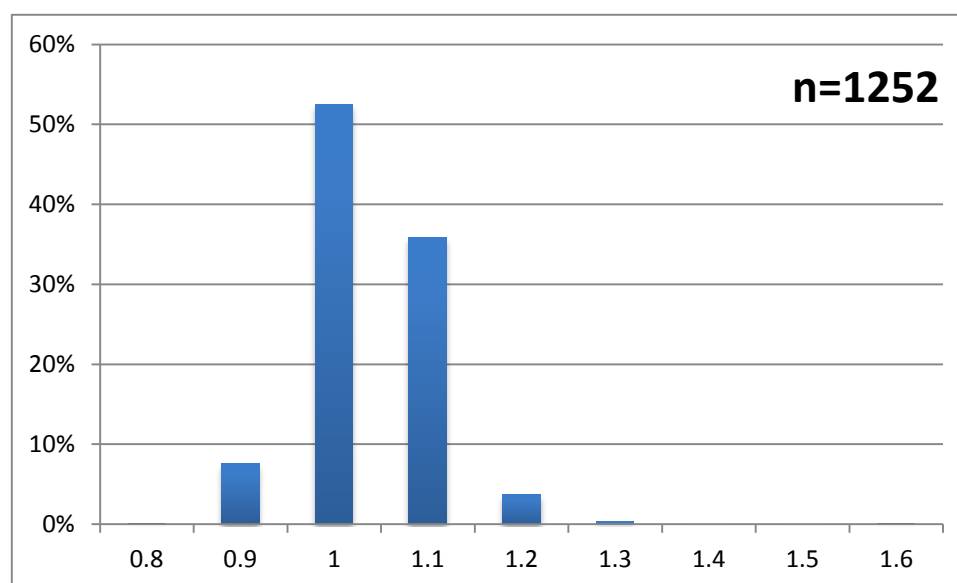


図 4-73 運行効率の評価 (北本市)

運行効率が0.91から1.1となる車両が全体の88%を占める。運行効率が0.9より低い車両が8%を、1.1を超える車両が4%をしめる。平均値が0.85となり、個々の予約に対応した場合の移動距離と比較してオンデマンドバスでは移動距離を15%短縮できていることがわかる。

・車両あたりの時間別利用者数推移 (F)

オンデマンドバスが1日に受け付けることができる利用者数、トリップ数の最大数を1時間単位で分析する。比較対象に、1日に受け付けた利用者数またはトリップ数が最大の車両の各時間の値と、各時間帯の平均値を示す。図4-74に時間あたりの利用者数の推移を示す。緑線が時間帯ごとの最大受付人数を、赤線が1日の利用者が最大の日の利用者推移を、青線が時間帯ごとの平均利用者数を示している。また、1日の利用者数の分析を表4-34に示した。

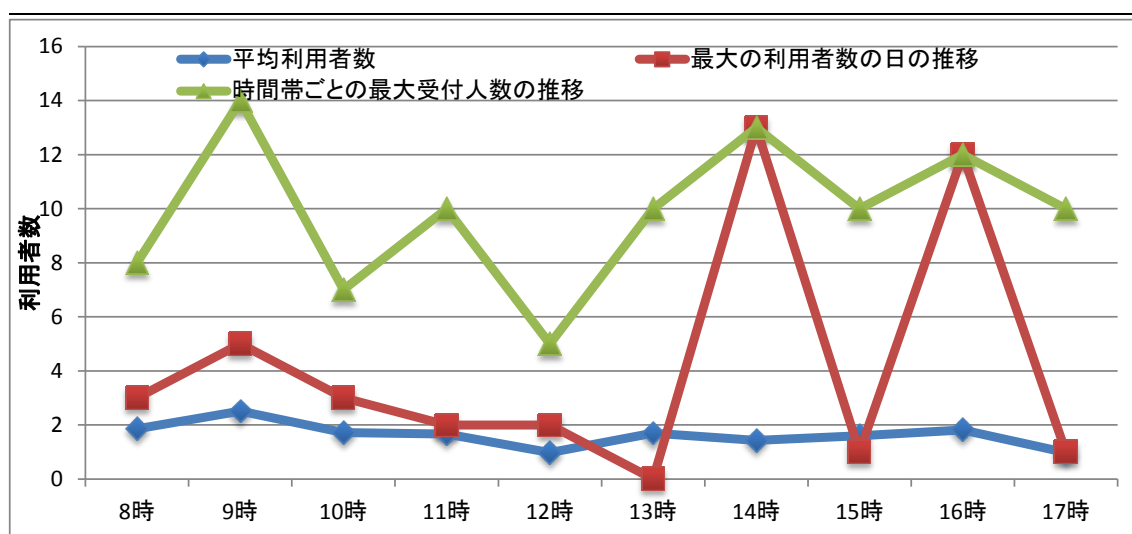


図 4-74 時間あたりの利用者数推移 (北本市)

表 4-34 時間帯ごとの利用者数分析 (北本市)

平均利用者数	最大利用者数	時間帯ごとの最大利用者数の総和
16.3人	42人	99人

1 時間の利用では、9 時が最も多く 14 人の利用となっている。利用者数の平均値は約 2 人を近い値を推移しており、12 時に最も低い値をとる。1 日の平均利用者数は 16.3 人、1 日に最も多く利用者を受け付けた日が 42 人、各時間帯の最大の利用者数の総和は 99 人から、過去の受け付けた利用の日の約 2 倍の利用者を受け付けられることがわかった。

・車両あたりの時間別トリップ数 (G)

車両あたりの時間別トリップ数の推移を図 4-75 に、1 日のトリップ数の分析結果を表 4-35 に示す。

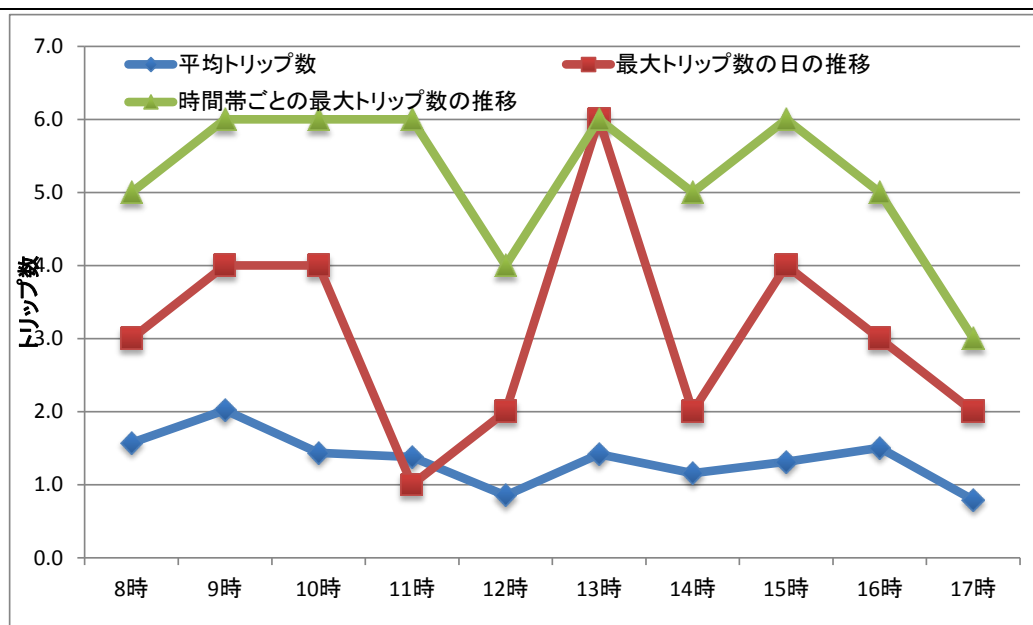


図 4-75 時間あたりのトリップ数の推移 (北本市)

表 4-35 1日のトリップ数の分析 (北本市)

平均トリップ数	最大トリップ数	時間帯ごとの最大トリップ数の総和
13.4	31	52

図から、時間あたりの最大トリップ数は6トリップであった。平均トリップ数は、9時に2トリップとなったが、他の時間帯は1と2の間におさまっている。12時のみ1を下回っている。1日の平均トリップ数は13.4、最大トリップ数は31、時間帯ごとの最大トリップ数の総和は52から、最大トリップ数の約2倍の予約を受け付けられる可能性があることを示した。

4.5.3 運行実績の評価

3.3にて構築した運行データによる評価プロセスに従って、オンデマンドバス運行を評価する。

(1) 採算性

収支率 (M) の値は2011年9月では29%となった。高い値を示した要因として、利用者人数の平均値が1日を通して約2人となっていることがあげられる。

(2) 普及率

・フェーズ把握

月間延べ利用者数 (A) の推移から、各月で変動はみられるものの、全体として増加傾向にある。よって、認知を広める段階である拡大期であると言える。

・利用者普及率

延べ利用者数 (D) が1375人、登録者数が4685人、よって利用者普及率は29%となった。

・利用定着率

延べ利用者数（D）が1375人、2011年9月の実利用者数（E）が475人、よって利用定着率は35%となった。利用者のニーズを満たした運行に近いと考えられる。

（3）運行形態

・車両充足度

表4-36に、車両1台の時間あたりの利用者数（F）を示している。2011年9月の平均利用者数の値、運行期間を通しての最大利用者数、平均利用者数を最大利用者数で割った充足度を示している。平均利用者数は運行時間帯を通して1人を超えている。12時と17時に利用が少なくなっていることがわかる。充足度は40%を下回っており、運行車両は充分予約に対応できると考えられる。

表 4-36 充足度の評価（北本市）

	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時
2011年9月 平均値(人)	1.8	2.9	1.8	2.1	1.0	1.9	2.0	2.1	2.5	1.2
最大利用者数(人)	8	14	7	10	5	10	13	10	12	10
充足度	22.6%	20.4%	25.6%	21.1%	19.8%	18.8%	15.3%	20.8%	20.6%	11.8%

・運行効率（J）

運行効率の平均値は0.99となった。運行効率の改善策を検討する必要がある。運行実績の評価を表4-37にまとめる。

表 4-37 運行実績の評価結果（北本市）

1:採算性	収支率	29%
2:普及率	フェーズ把握	安定期
	利用者普及率	29%
	利用者定着率	35%
3:運行形態	車両充足度	・12時、17時の利用
	効率性	0.85

4.5.4 改善策の提案

北本市における運行改善案を示す。北本市において、収支率、利用者普及率、利用者定着率においては他自治体と比較してよい値を示している。しかし、運行の効率性は0.85と改善の余地がある。1台1時間あたりの利用者数は平均で1.8人となっており、改善する可能性がある。運行効率の値の改善策においては、運行経路生成アルゴリズムの中に評価関数を設定することにより行う。詳細は第5章にて示す。

また、1時間1車両あたりの利用者数が12時と17時において1人と小さい値になっているため、利用者促進施策をとる必要がある。

4.6 埼玉県鳩山町

埼玉県鳩山町におけるオンデマンドバスの運行について分析を行う。

4.6.1 運行地域と運行方法について

鳩山町における運行形態概要を表 4-38 に示す。

表 4-38 運行形態概要（鳩山町）

項目	内容
自治体基本データ	人口:15,101 人(2011 年 10 月 1 日)面積:25.71km ² 、人口密度:587 人/km ²
運行目的	町内の人の公共交通は町内循環バスと町外の 2 駅(坂戸駅、高坂駅)を結ぶ路線があった。また埼玉医大病院へのバスも町民の足として利用されていた。町内循環バス(はとバス)の昼間の時間帯の利用者が少なく、効率性の改善が課題になっていた。また埼玉医大病院へのバスが廃止になり、代替交通手段が必要となった。町内に公共交通空白地域ができ、急激に高齢化が進んだため、市民の生活交通手段の確保を目的にデマンドバスを導入した。
実証実験期間	平成 21 年 7 月 1 日～平成 24 年 3 月 31 日
運行時間帯	・月曜日～金曜日(日曜、祝日運休) ・午前 8 時 00 分～午後 5 時 00 分
運行車両	・ワゴン車(8 人乗り)3 台
対象者	・鳩山町民
運行範囲	・町内便と町外の埼玉医大への便で構成されている。各赤枠の中で、便別に運行時間帯が決まっている。

第4章 東大オンデマンドバス運行地域の分析

	
運行方式	<ul style="list-style-type: none"> ・埼玉医大への利用の方向付けを行なっている。 ・行きと帰りで合わせて13便の運行がある。 ・町内便は自由に時間を指定できる。埼玉医大便は、行き7便、帰り6便の目安時間が設定されている。 ・平成21年7月からは埼玉医大との往復のみ(1日2往復) ・平成21年10月から町内フルデマンドで運行開始。
予約方法	<ul style="list-style-type: none"> ・事前に利用登録が必要 ・オペレータによる電話受付のみ(鳩山商工会内に設置) ・予約受付時間は平日9時00分から17時00分。 (利用2週間前から当日30分前まで予約可能。)
料金	町内エリア便 100円、埼玉医大便 500円 <ul style="list-style-type: none"> ・未就学児は無料

利用登録者数	2098人 (男性:872人、女性:1226人)	実利用者数 (10月31日まで)	785人
バス停数	3452箇所(自宅バス停3050カ所)	実利用バス停数	423箇所 (自宅バス停346箇所)
平均乗車時間	14.3分	平均移動距離	1.2km

4.6.2 オンデマンドバス運行実績

オンデマンドバスの運行実績をまとめる。データ分析項目も合わせて示す。

- ・利用登録者の年齢分布 (B)

オンデマンドバスを利用するには、利用登録する必要がある。図 4-76 に階級値を 5 年間隔で取った年齢別利用登録者のヒストグラムを示す。

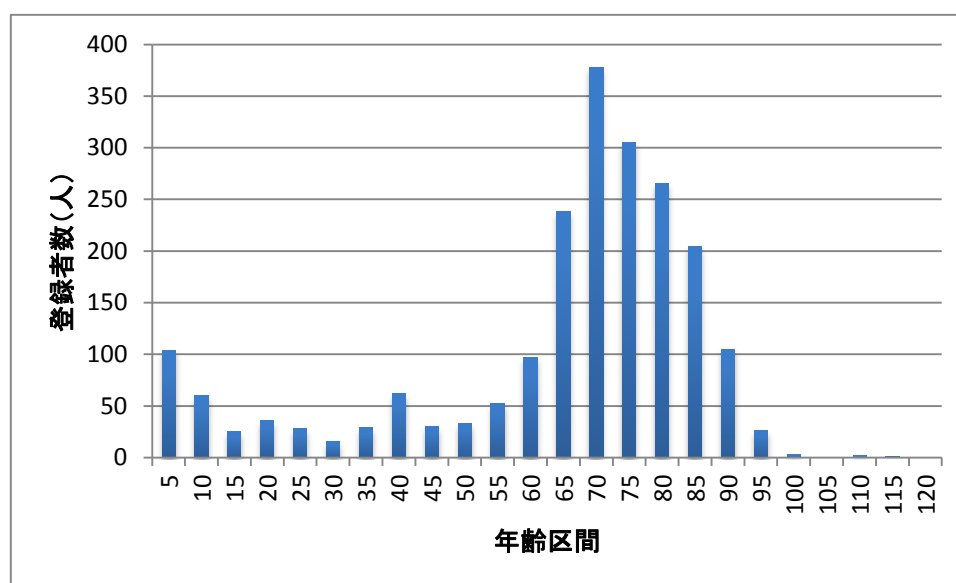


図 4-76 鳩山町利用登録者年齢分布

図から、65 歳から 85 歳までの利用登録者が 200 人を超えており、多いことがわかる。40 歳台の登録者が前後の年代と比較して多くなっている。

- ・年齢別利用者数 (C)

年齢別の延べ利用者数の分布を図 4-77 に示す。データは 2011 年 6 月 1 日から 4 ヶ月間を対象にしている。

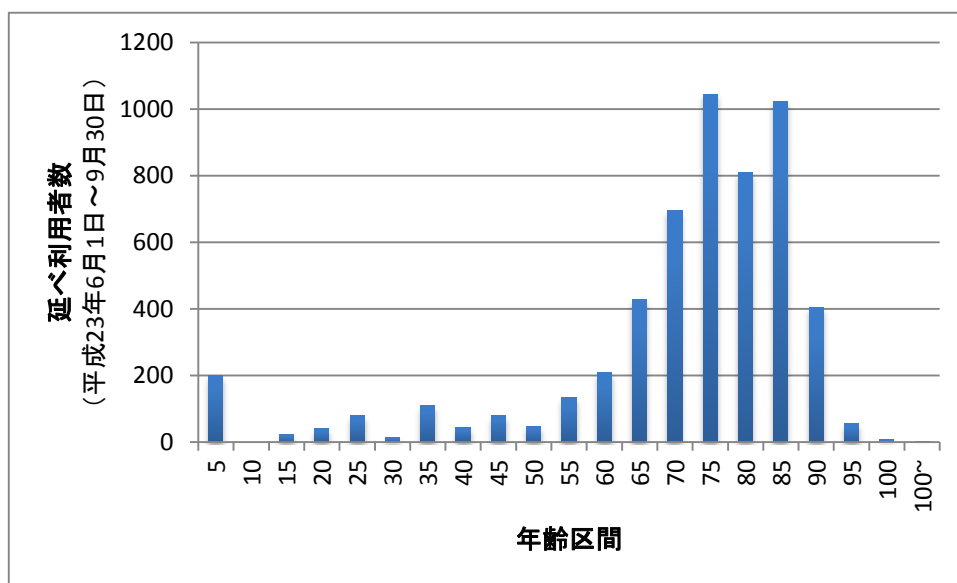


図 4-77 鳩山町年齢別延べ利用者数分布

図から、利用登録者の分布と同じく 65 歳から 85 歳までの利用が 400 を超えて多くなっている。特に 85 歳台の利用は登録者に対して利用回数が多く、利用が定着していると考えられる。

・月間延べ利用者数（A）

月ごとの延べ利用者数の推移を図 4-78 に示す。

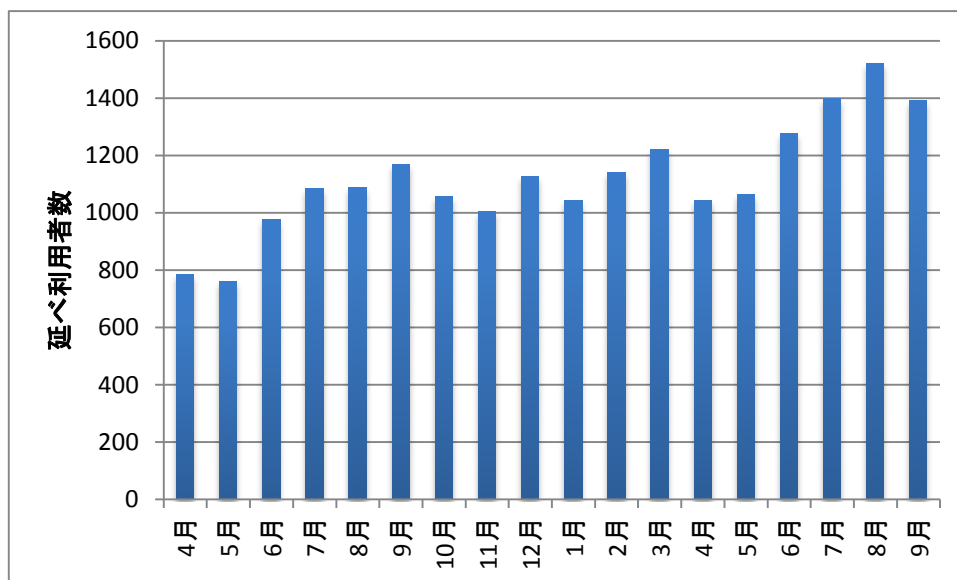


図 4-78 月間延べ利用者数（鳩山町）

図から、利用者数は全体として増加傾向にある。運行開始当初は 800 人の利用であった

が、2011年8月に1500人を超える利用を達成している。

・時間帯別延べ利用者数

1時間あたりの利用者数の延べ人数を図4-79は示す。データは2011年6月1日から4ヶ月間を対象にしている。

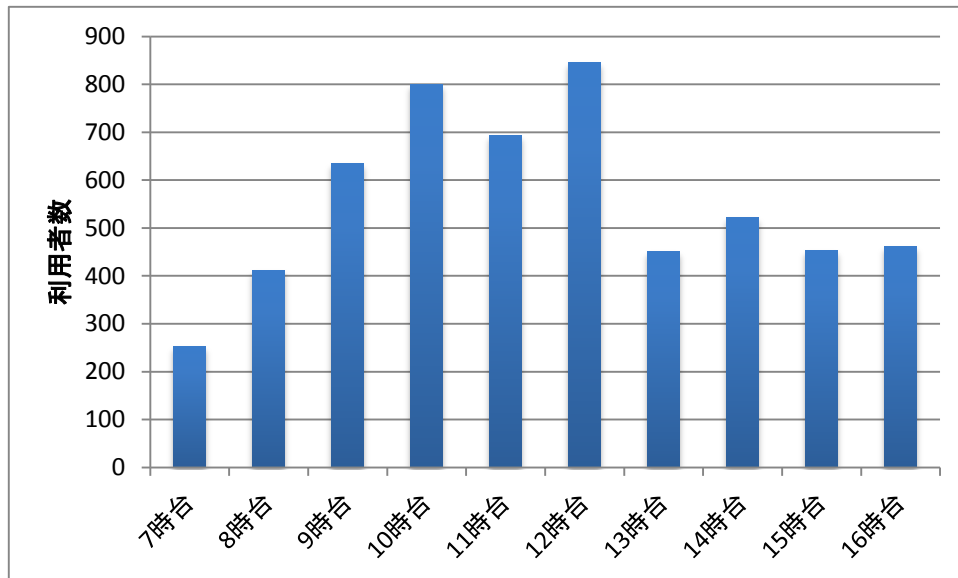


図 4-79 時間帯別利用者数（鳩山町）

図から、7時台から10時台まで段階的に利用者数が増加することがわかる。10時台と12時台の利用者がもっとも多く、800人を超えている。13時以降は400人を超えて安定している。

・移動時間分布

それぞれの利用者が乗車していた時間の分布を図4-80に示す。横軸に移動時間を、縦軸に利用回数を示す。データは運行開始の2010年4月から2011年9月までを対象としている。

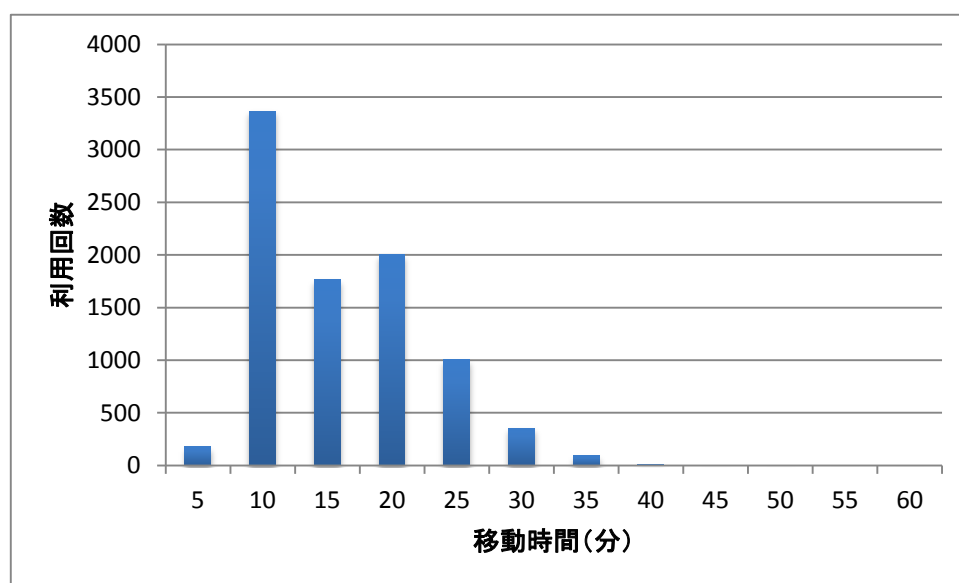


図 4-80 移動時間分布（鳩山町）

図から、10 分台の利用が最も多く、次に 20 分台が多くなっている。5 分以内と 35 分以上の乗車時間の予約はほとんどない。

・移動距離分布

それぞれの利用者の移動距離の分布を図 4-81 に示す。この移動距離は、利用者が予約した出発地と目的地の直線距離をとっている。横軸に移動距離を縦軸に利用回数をとる。

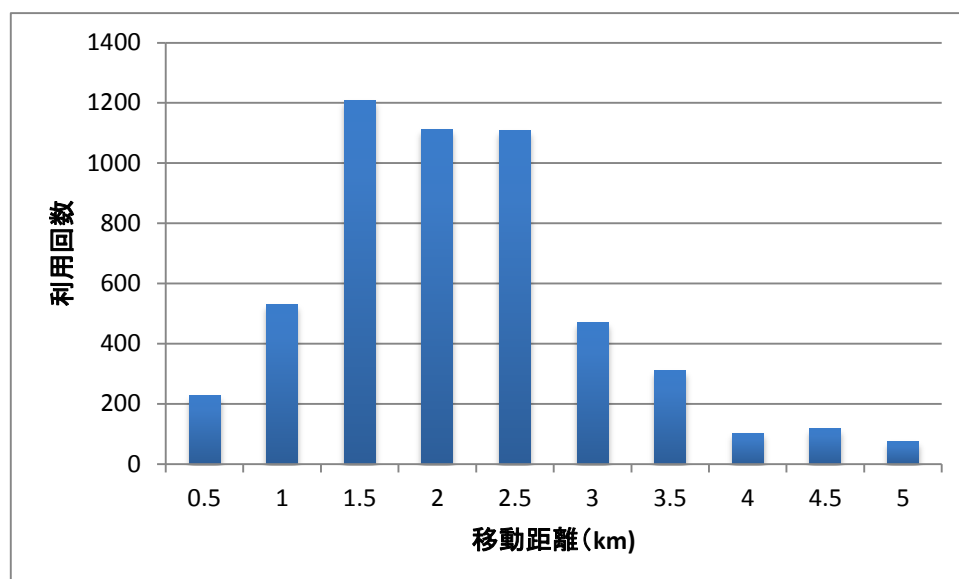


図 4-81 移動距離分布（鳩山町）

図から、1.5km から 2.5km までの利用が集中していることがわかる。4km から 5km まで

の利用が 100 回程度あることがわかる。

・移動目的の分布 (I)

バス停にはカテゴリが付帯されている。予約の目的地のカテゴリの分布を図 4-82 に示す。データは運行開始の 2010 年 4 月から 2011 年 9 月 30 日までを対象としている。

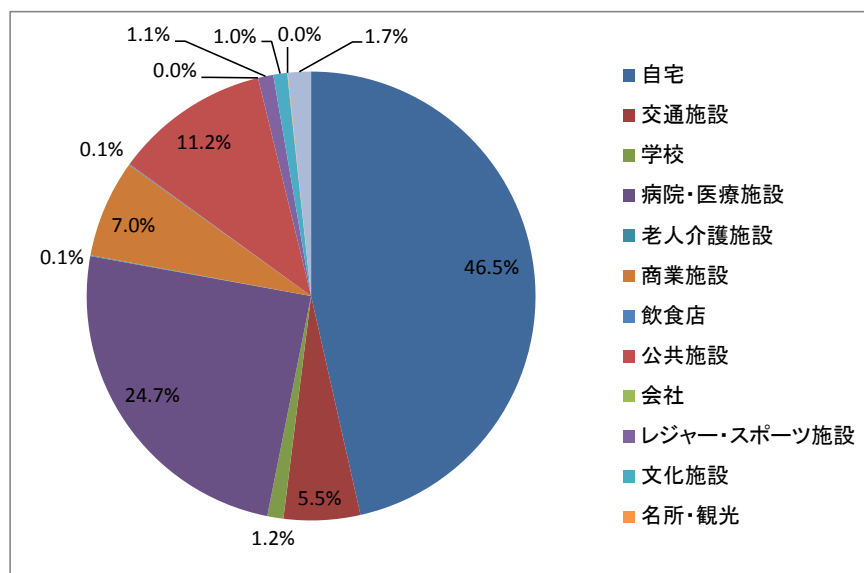


図 4-82 利用目的の分布 (鳩山町)

図から、46.5%が自宅への利用となっている。次に多いのが 24.7%の病院・医療施設、11.2%の公共施設となっている。

・収支率 (M)

オンデマンドバスの収支を評価する。支出はオンデマンドバスシステム運用費、車載器費用、運行委託費とした。システム運用費と車載器費は実際の値を取った。運行委託費とは、オンデマンドバスの運行を公共交通事業者に委託する際、1台1時間あたりの費用を示している。運営委託費は自治体によって異なるが、国土交通省が目安として出している 2100 円を設定した。収入は運賃であり、運賃体系によって決まる。阿見町の場合一律 400 円として計算した。ただし、障害者や小人も一律 300 円として課金した計算結果である。その他の運賃体系として 1km あたり 100 円を課金した場合の収入を比較対象として計算した。利用者負担率は運賃収入を支出総計で割った値である。収支計算の結果を表 4-39 に示す。

第4章 東大オンデマンドバス運行地域の分析

表 4-39 鳩山町オンデマンドバス収支計算

	鳩山町	2010年5月	2010年5月	2010年6月	2010年7月	2010年8月	2010年9月	2010年10月
支出	システム費用(月)	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000
	運行時間(8時～17時)	8	8	9	9	9	9	9
	日数	21	18	22	21	22	20	20
	車両数	3	3	3	3	3	3	3
	車両総運行時間	504	432	594	567	594	540	540
	車載器(1台あたり)	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
	車載器総費用	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000
	運行委託費(タクシー1台あたり)	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
	総運営委託費	1058400	907200	1247400	1190700	1247400	1134000	1134000
小計	1118400	967200	1307400	1250700	1307400	1194000	1194000	
収入	利用者数	786	761	975	1085	1087	1168	1058
	一律300円 (平均値:市内100円、埼玉医大 便500円)	235800	228300	292500	325500	326100	350400	317400
	1kmあたり100円	336700	318900	395600	421300	445100	457300	422800
	収支率(一律)	21%	24%	22%	26%	25%	29%	27%
	収支率(kmあたり)	30%	33%	30%	34%	34%	38%	35%

2010年11月	2010年12月	2011年1月	2011年2月	2011年3月	2011年4月	2011年5月	2011年6月	2011年7月	2011年8月	2011年9月
63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
20	19	19	19	22	20	19	22	20	23	20
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
540	513	513	513	594	540	513	594	540	621	540
20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000
2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
1134000	1077300	1077300	1077300	1247400	1134000	1077300	1247400	1134000	1304100	1134000
1194000	1137300	1137300	1137300	1307400	1194000	1137300	1307400	1194000	1364100	1194000
1006	1126	1044	1141	1220	1043	1063	1277	1398	1522	1392
301800	337800	313200	342300	366000	312900	318900	383100	419400	456600	417600
426000	473700	432100	472100	495900	408100	411300	471700	521800	569200	523700
25%	30%	28%	30%	28%	26%	28%	29%	35%	33%	35%
36%	42%	38%	42%	38%	34%	36%	36%	44%	42%	44%

鳩山町では3台の車両が運行されている。2011年7月と9月に利用者収支率が35%と高い値になった。トリップの平均移動距離は1.2kmである。運賃体系を一律300円と設定するよりも、1km100円にすることで、主要目的地である埼玉医大便までの距離が市内から約5kmあるため、運賃の改善に寄与したと考えられる。運賃体系を1km100円にすることで、7%から12%利用者負担率を改善できることがわかった。

・実利用者数推移 (D)

新しい公共交通の普及度合いを評価する。運行開始から、一度でもオンデマンドバスを利用したことがある利用者の数である実利用者数の推移を図4-83に示す。

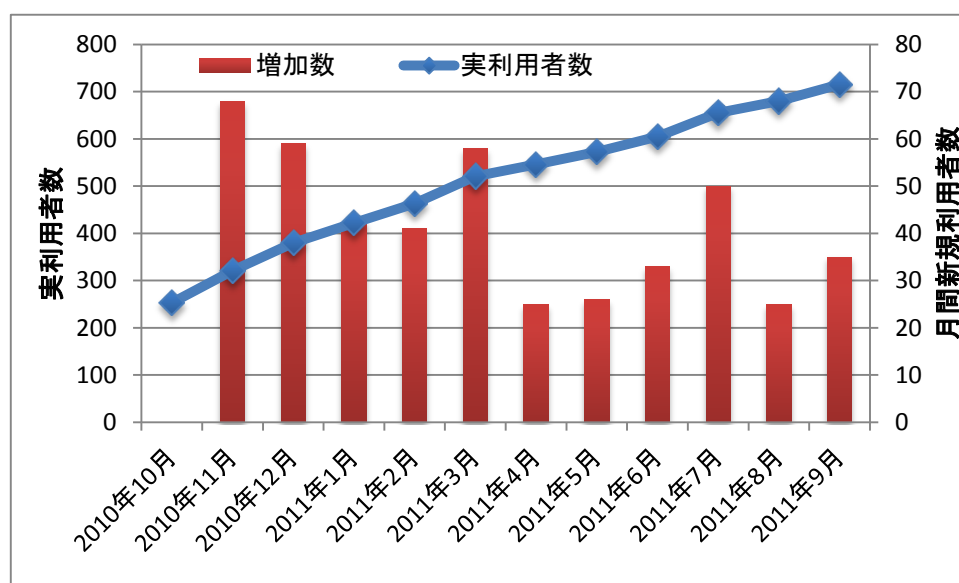


図 4-83 実利用者数推移（鳩山町）

鳩山町では2009年7月から運行を開始している。2010年10月における実利用者数は、253人、半年後の2011年5月の実利用者は572人となり、約2倍に増加した。月毎の新規利用者数は増減を繰り返しており、2011年3月と2011年7月に50人の新規利用者が増加している。

・月別実利用者数推移（E）

次に、月別実利用者数を示す。前月までにオンデマンドバスを利用したことがある人を継続利用者として、その月に始めて利用した人を新規利用者として表示した。2つの値の和が、1ヶ月の実利用者数である。結果を図4-84に示す。

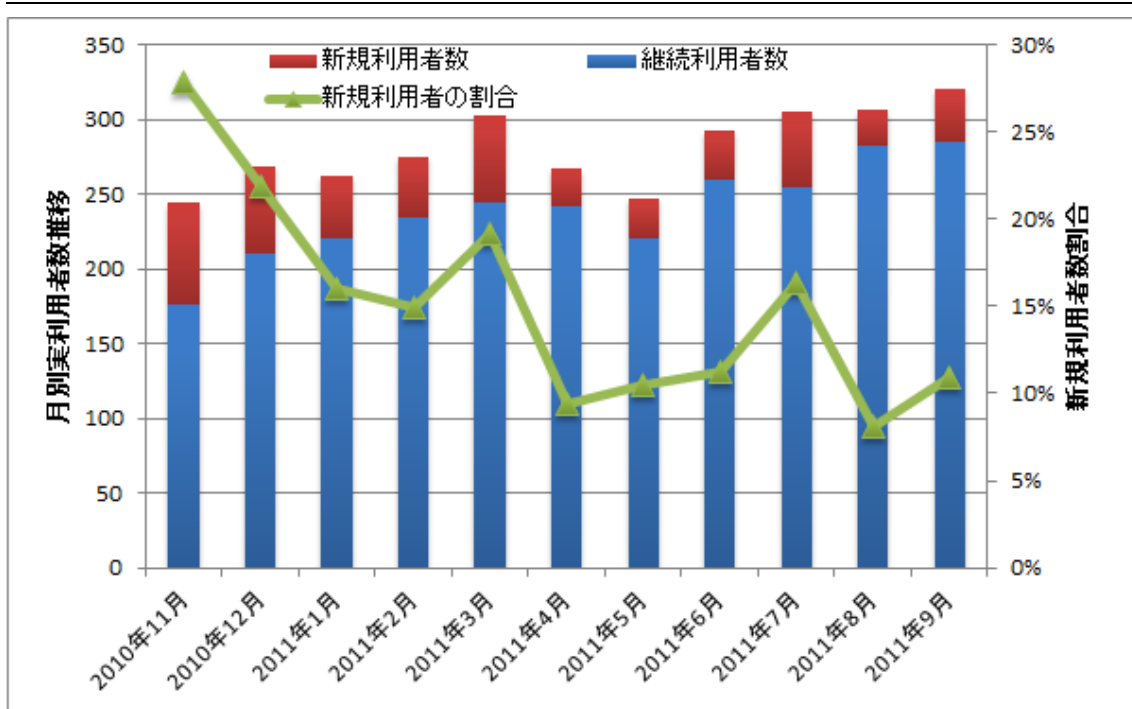


図 4-84 月別実利用者数推移（鳩山町）

月別の実利用者数は 250 人から 300 人の間を増減している。2011 年 3 月に一度ピークを迎え、2011 年 5 月まで減少している。6 月から 9 月まで再度増加している。新規実利用者数の割合は、減少する傾向にある。3 月と 7 月に新規利用者数の割合は増加しているが、その他の期間は約 10% 程度に収束すると思われる。継続利用者が 2010 年 11 月以降常に 200 人を超えていることから、地域に根付いていることがわかる。

・希望時刻と成立した予約時刻との差（H）

オンデマンドバスの予約を行う際、出発または到着の時刻を指定できる。指定した時刻と、成立した予約の時刻の差の分布を図 4-85 に示す。

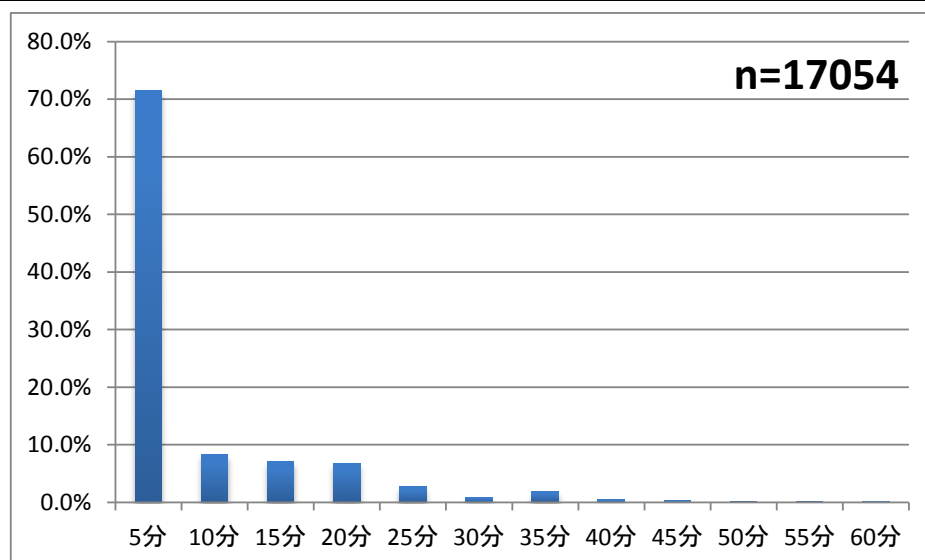


図 4-85 希望時刻と予約時刻との差 (鳩山町)

図から、希望予約時刻から 10 分以内に成立予約時刻が収まっている予約が、79%を占めている。希望予約時刻との差が 20 分を超える予約は全体の 7%である。希望時刻に沿った予約が多いことから、時刻を重視した運行になっていることがわかる。

・運行効率 (J)

車両ごとの 1 日の運行計画の運行効率の分布を図 4-86 に示す。

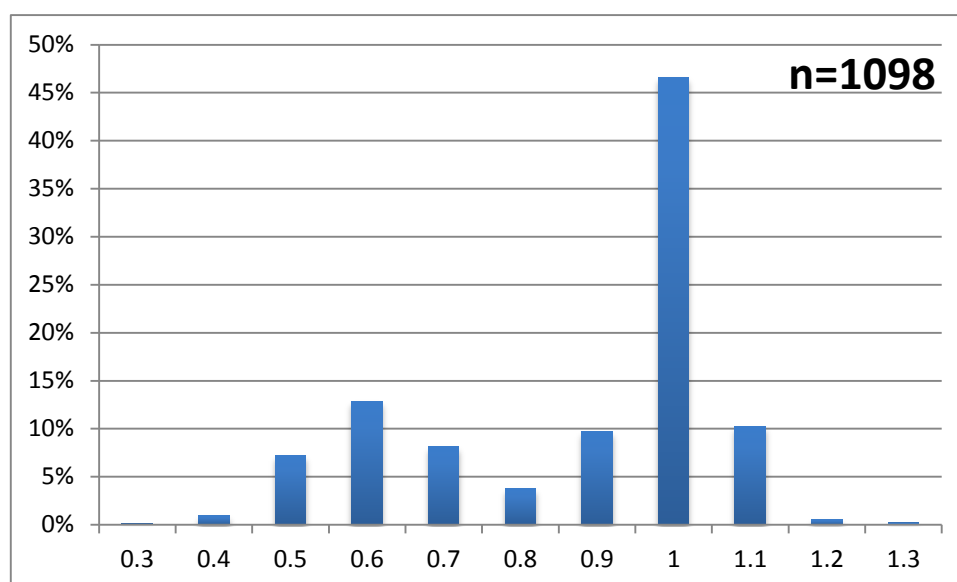


図 4-86 運行効率の評価 (鳩山町)

乗合を起こさずに運行した場合は、運行効率の値が 1 に近づく。運行効率の値が 0.91 から 1.1 までに全体の 55%が収まる。全体の平均値は 0.70 である。よって、オンデマンド

バスの運行により、予約を個別に対応した場合の移動距離よりも 30%短縮できていることがわかる。

・車両あたりの時間別利用者数推移 (F)

オンデマンドバスが 1 日に受け付けることができる利用者数、トリップ数の最大数を 1 時間単位で分析する。比較対象に、1 日に受け付けた利用者数またはトリップ数が最大の車両の各時間の値と、各時間帯の平均値を示す。図 4-87 に時間あたりの利用者数の推移を示す。緑線が時間帯ごとの最大受付人数を、赤線が 1 日の利用者が最大の日の利用者推移を、青線が時間帯ごとの平均利用者数を示している。

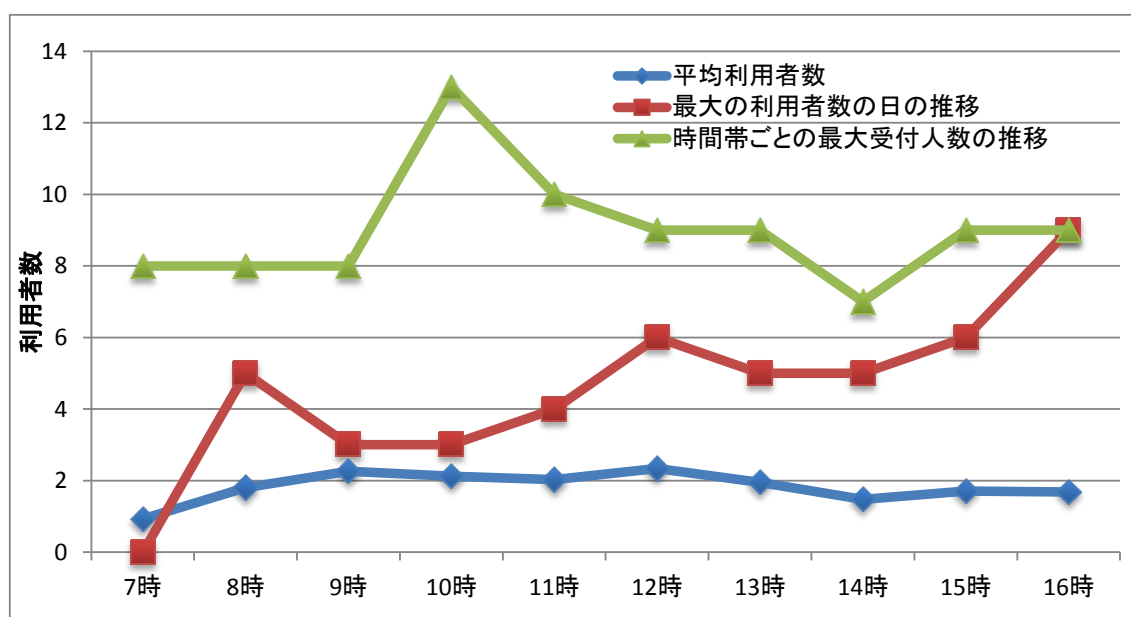


図 4-87 時間あたりの利用者数推移 (鳩山町)

表 4-40 1 日の利用者数分析 (鳩山町)

平均利用者数	最大利用者数	時間帯ごとの最大利用者数の総和
18.3人	46人	90人

1 時間の利用では、10 時台に最大 13 人の利用があった。時間帯ごとの平均値では、常に 1 人をこえており、特に 9 時から 13 時までは 2 人を超えている。表 4-40 から 1 日 1 台あたりの平均利用者数は、18.3 人、最大利用者人数が 46 人、時間帯ごとの最大利用者数の総和は 90 人となり、現在の最大の需要の約 2 倍の利用者に対応できる可能性を示した。

・車両あたりの時間別トリップ数推移 (G)

車両あたりの時間別トリップ数の推移を図 4-88 に示す。

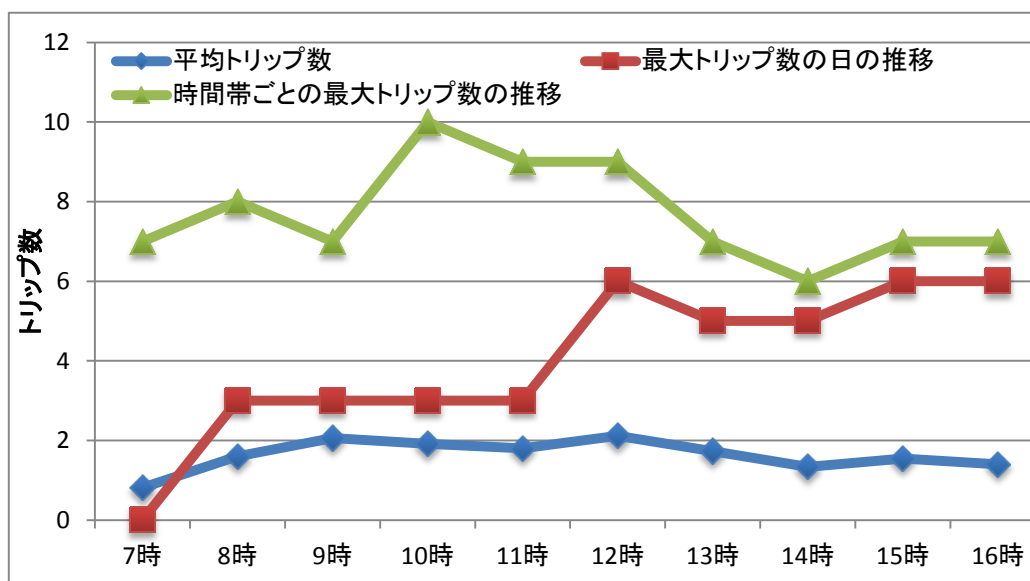


図 4-88 時間あたりのトリップ数推移 (鳩山町)

表 4-41 1日のトリップ数の推移

平均トリップ数	最大トリップ数	時間帯ごとの最大トリップ数の総和
16.3	40	77

図から1時間あたり最大トリップ数は10時の10トリップであることがわかる。9時以降の時間あたりの平均トリップ数は2トリップを超えて安定している。1日のトリップ数の分析を表4-41に示す。1日の平均トリップ数は16.3、最大トリップ数が40、時間帯ごとの最大トリップ数の総和が77となっている。現在の運行形態で、1日の最大トリップ数の約2倍のトリップを受け付け可能であることがわかる。

4.6.3 運行実績の評価

3.3で構築した運行データによる評価プロセスに沿って、本運行を評価する。

(1) 採算性

収支率 (M) は35%と非常によい値を示した。要因として、車両あたりの1日の利用者数が18.3人を超えていること、需要に適した運行時間の設定になっていることが挙げられる。

(2) 普及率

・フェーズ把握

鳩山町での月別利用者数 (A) はグラフから判断するに、全体として増加傾向にあることがわかる。よって、以前として拡大期にある。

・利用者普及率

延べ実利用者数 (D) が718人、利用登録者数が2098人、よって利用者普及率の値は34%となった。利用者の中でオンデマンドバスに対する認知が広がっていることがわかる。

・利用者定着率

延べ利用者人数（D）が718人、2011年9月の実利用者数（E）が320人、よって利用者定着率の値は45%となり、利用者のニーズに適した運行を行えていると判断できる。

（3）運行形態の評価

・車両充足度

表4-42は、1車両1時間あたりの利用者数（F）を示している。2011年9月の平均利用者数の値、運行期間を通しての時間帯ごとの最大利用者数、最大利用者数を平均値で割った充足度を示している。12時に充足度が40%に達していることから、利用が今後増加した際に増車を検討する必要がある。平均利用者数がすべての時間帯で1を超えていることから、運行時間の設定は適切と言える。

表 4-42 車両充足度表（鳩山町）

	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時
2011年9月 平均値(人)	1.0	1.5	2.3	3.4	2.6	3.6	2.2	2.5	2.2	2.0
最大利用者数(人)	8	8	8	13	10	9	9	7	9	9
充足度	12.7%	18.8%	29.2%	25.8%	26.3%	40.0%	23.9%	35.5%	23.9%	22.0%

・運行効率（J）

運行効率の平均値は0.70となり、目標値に一致している。埼玉医大病院を起点として方向性のある運行により、運行効率が高くなったと考えられる。

運行実績の評価を表にまとめる。

表 4-43 運行実績の評価（鳩山町）

1:採算性	収支率	35%
2:普及率	フェーズ把握	拡大期
	利用者普及率	34%
	利用者定着率	45%
3:運行形態	車両充足度	・需要が増加した 際、増車の検討が必
	効率性	0.7

4.6.4 改善策の提案

鳩山町において、収支率、利用者普及率、利用者定着率、効率性ともに他自治体と比較して、すべての点からよい値を示した。改善策として、車両充足度が12時と14時に35%を超えていることから、すべての需要に対応できなくなる可能性があることから車両台数の増加を検討する必要がある。また、7時の1時間1台あたりの利用者数は1人となっているため、運行時間帯の見直しが必要である。

4.7 山梨県北杜市

山梨県北杜市は東大オンデマンドバスシステムを利用して実証実験を行なっている。運行地域と運行方法、運行実績、運行評価を示す。

4.7.1 運行地域と運行方法について

表 4-44 運行形態概要（北杜市）

項目	内容
自治体基本データ	人口:46,809 人(2011 年 12 月 1 日)面積:602.89km ² 、人口密度:77.6 人/km ²
運行目的	北杜市は 8 町村が合併した市である。山梨県で最も大きな市で、東京 23 区に匹敵する大きさがある。8 町村に別れた路線が運行されており、地区間の接続が合併後の課題になっていた。町の一体性を生み出すために、各地域を結ぶ公共交通の構築を目的に路線バスが導入された。高齢化も平成 23 年度には 30%を超えており、高齢者の日常生活の足を確保する生活交通の充実も求められている。
実証実験期間	平成 21 年 10 月 1 日～平成 24 年 3 月 31 日
運行時間帯	・月曜日～土曜日(日曜、祝日運休) ・午前 8 時 45 分～午後 4 時 30 分
運行車両	・ワゴン車(8 人乗り)8 台
対象者	・北杜市在住の人
運行範囲	・地図を参照 (平成 21 年 10 月～平成 22 年 6 月) ・白州、武川地区と大泉地区の 2 地区、2 車両で実証運行を開始 (平成 22 年 7 月～平成 23 年 6 月) ・白州、武川地区で 2 台、八ヶ岳南麓地区で 4 台、増富、県道沿い地区で 1 台を導入して運行開始。 (平成 23 年 7 月～) ・新たに明野地区で 1 台の運行を開始(市内全域で運行開始)

第4章 東大オンデマンドバス運行地域の分析

	
運行方式	<ul style="list-style-type: none"> ・車両 8 台 ・月曜日～土曜日
予約方法	<ul style="list-style-type: none"> ・事前に利用登録が必要 ・オペレータによる電話受付のみ(委託先の観光事業者が担当) ・予約受付時間は平日 9 時 00 分から 16 時 00 分。 (利用 1 週間前から前日まで予約可能。)
料金	市内一律 300 円 <ul style="list-style-type: none"> ・小人(中学生未満)150 円、小学生未満無料 ・障害者手帳の保持者 150 円

利用登録者数	3758 人 (男性:1341 人、女性:2417 人)	実利用者数 (10 月 31 日まで)	897 人
バス停数	1139 箇所	実利用バス停数	590 箇所
平均乗車時間	16.5 分	平均移動距離	5.4km

4.7.2 オンデマンドバス運行実績

オンデマンドバスの運行実績をまとめる。データ分析項目も合わせ示す。

・利用登録者年齢分布 (B)

オンデマンドバスを利用するには、利用登録が必要である。図 4-89 に階級値を 5 年間隔でとった利用登録者の年齢別分布を示す。

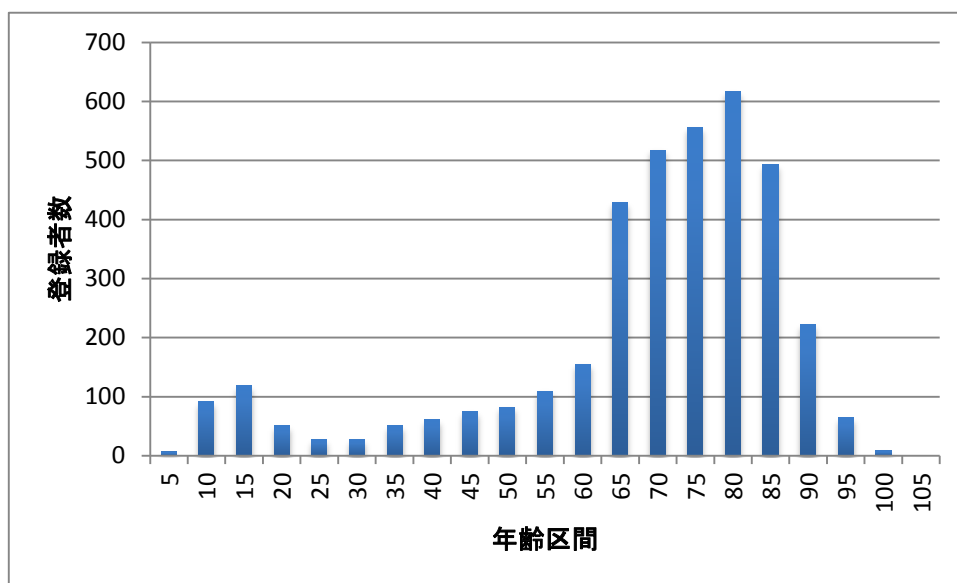


図 4-89 北杜市利用登録者年齢分布

図から、65 歳から 85 歳までの利用登録者が各階級で 400 人を超えている。20 歳台から 50 歳台はどの階級も 100 人に満たない。

・年齢別利用分布 (C)

延べ利用者数の年齢分布を示す。対象としてデータは 2011 年 6 月から 4 ヶ月間とした。

図 4-90 に結果を示す。

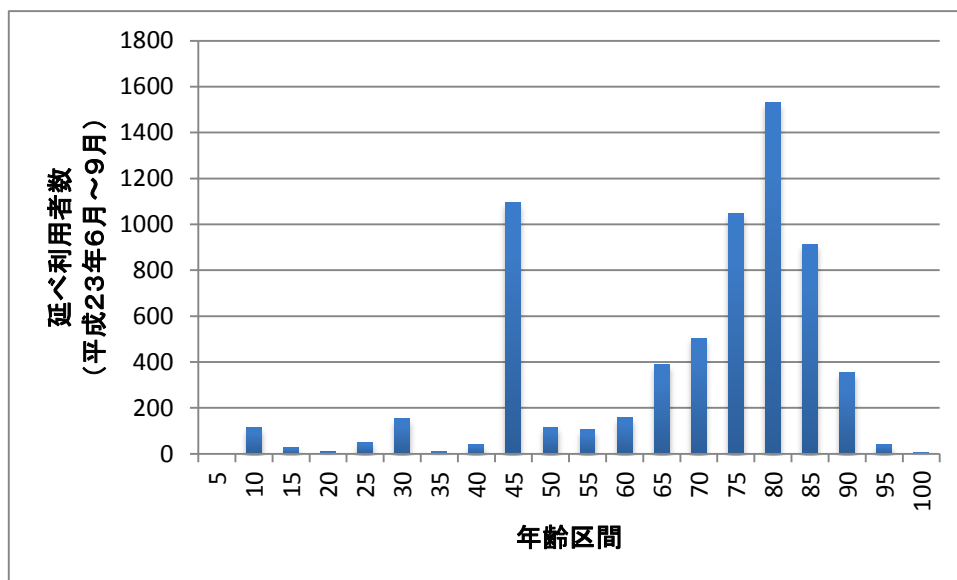


図 4-90 延べ利用者数年齢分布（北杜市）

図から、利用登録者も多い 75 歳から 85 歳の利用が多くなっている。65 から 70 歳台の登

録者は400を超えていたが、実際の利用に結びついていない。45歳の利用が多くなっているのは、小学校がスクールバスとして利用したためである。

・月間延べ利用者数（A）

月間の延べ利用者数の推移を図4-91に示す。

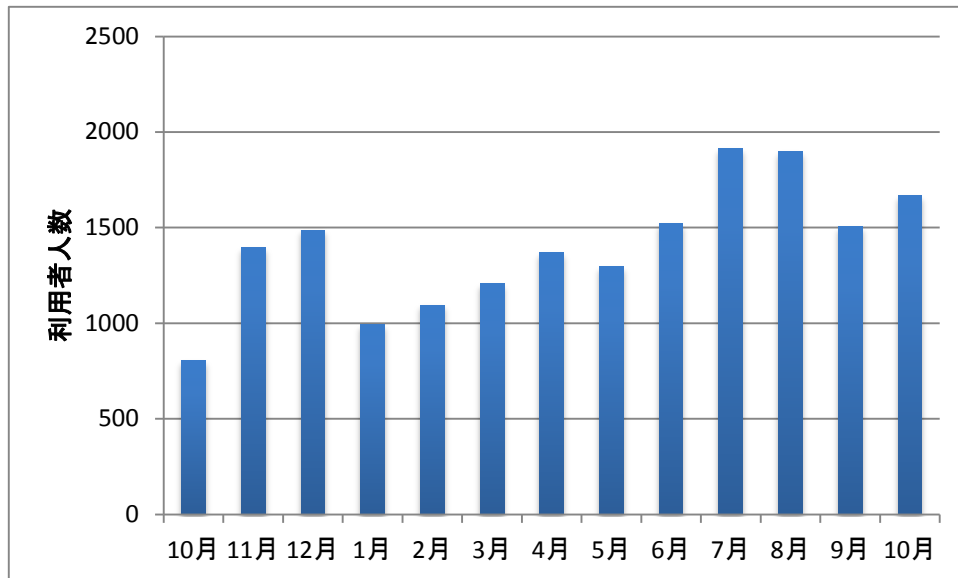


図 4-91 月間延べ利用者数（北杜市）

図から1、2月は利用者が減少していることがわかる。冬の時期は路面が凍結するため、運行できない日が多いため、利用者数が減少している。4月以降段々と利用が増加し、9月に減少している。

・時間帯別延べ利用者数

1時間ごとの利用者数の延べ人数を図4-92に示す。データは2011年6月1日から4ヶ月間を対象としている。

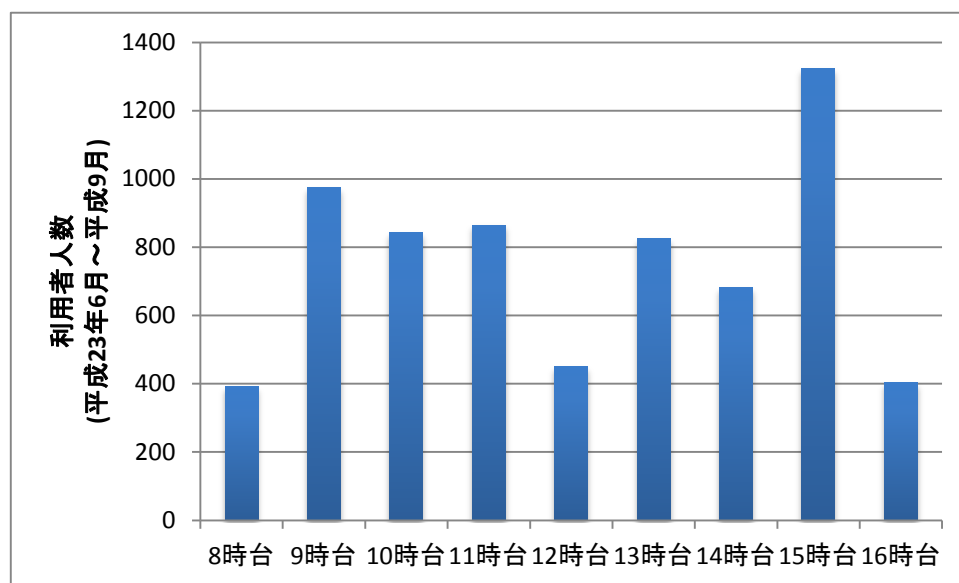


図 4-92 時間帯別利用者数（北杜市）

図において、15時の利用が多くなっている。これは、スクールバスとして、定期的に利用されたために、利用が増えていることがわかっている。9時から11時と13時の利用が利用の中心時間帯になっている。

・移動時間分布

それぞれの利用者が乗車していた時間の分布を図 4-93 に示す。横軸に移動時間を、縦軸に頻度としている。データは2010年10月から2011年9月30日までを対象とした。

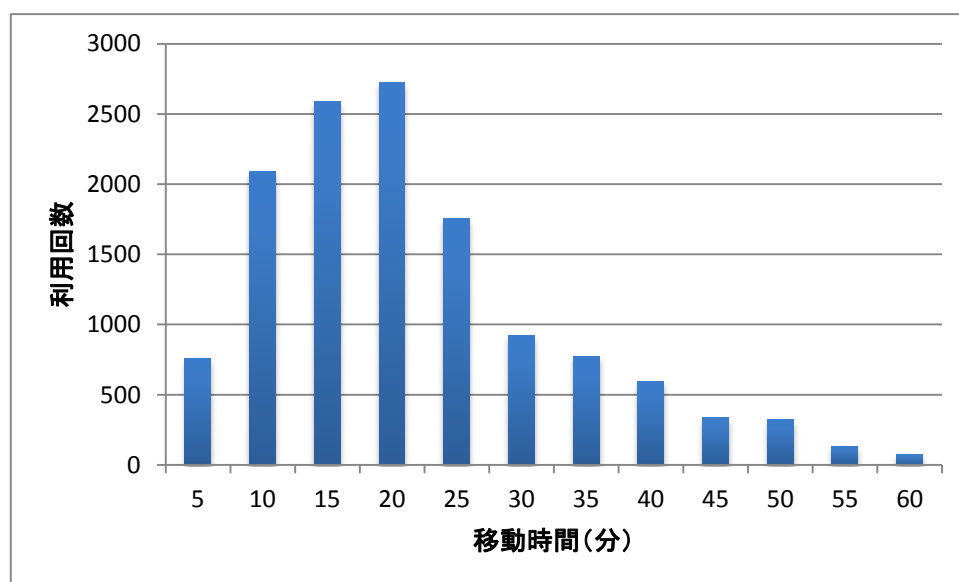


図 4-93 移動時間分布（北杜市）

図から、10分から25分までの移動が1500回を超えて多くなっている。25分より長い移動は階級が上がるごとに減少しているが、他自治体に比べて減少する割合が小さい。北杜市の運行範囲が広く、平均移動時間が16.5分となっていることに要因がある。

・移動距離分布

それぞれの利用者の移動距離の分布を図4-94に示す。この移動距離は、利用者が予約した出発地と目的地の直線距離をとっている。横軸に移動距離を、縦軸に頻度を示している。データは2010年10月から2011年9月30日までを対象とした。

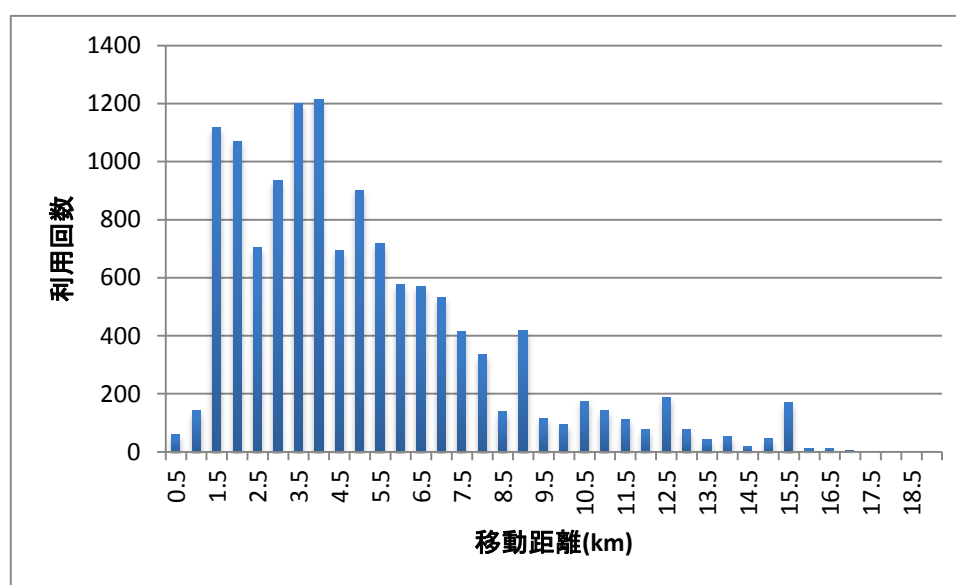


図 4-94 移動距離分布（北杜市）

図から、北杜市の移動距離の特徴として5.5kmを超える移動が多いことが言える。階級値が9.0kmの利用回数が400回を超えている。9.5kmから15.5kmまでも利用があったことがわかる。

・移動目的の分布（I）

バス停にはカテゴリ情報が付帯されている。移動の目的地のバス停のカテゴリを移動目的と仮定し、利用目的の分布を図4-95に示す。

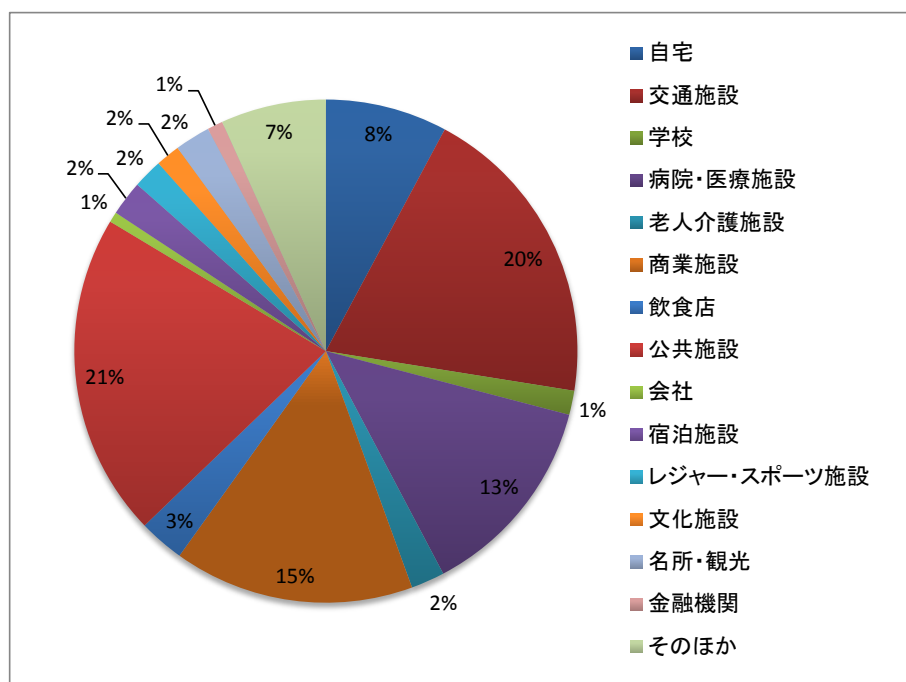


図 4-95 移動目的の分布（北杜市）

図から、21%が公共施設、20%が交通施設、15%が商業施設、13%が宿泊施設となっている。北杜市では大字ごとにバス停を市民が話あって決める施策をとったため、利用全員の自宅がバス停にはなっていない。よって、帰りに利用したとしても、自宅バス停にならないため、8%に自宅がとどまったことが上げられる。

・収支率（M）

オンデマンドバスの収支を評価・検討する。支出は運行委託費用、オンデマンドバスシステム利用費用、人件費を、収入は運賃をもとに計算を行った。月ごとに収支率を評価・検討した。収支率の目標としては、公共交通の収支率の目安として25%とした事例がある。収支計算の結果を表 4-45 に示す。

表 4-45 北杜市オンデマンドバス収支計算

	北杜市	2010年10月	2010年11月	2010年12月	2011年1月	2011年2月
支出	システム費用(月)	63000	63000	63000	63000	63000
	運行時間(1日あたり)	8	8	8	8	8
	日数	16	24	26	24	23
	車両数	7	7	7	7	7
	車両総運行時間	896	1344	1456	1344	1288
	車載器(1台あたり)	20000	20000	20000	20000	20000
	車載器総費用	140000	140000	140000	140000	140000
	運行委託費(タクシー1台あたり)	2100	2100	2100	2100	2100
	総運営委託費	1881600	2822400	3057600	2822400	2704800
小計	2021600	2962400	3197600	2962400	2844800	
収入	利用者数	803	1394	1486	993	1094
	一律300円	240900	418200	445800	297900	328200
	1kmあたり100円	421300	730400	774300	535500	584200
	収支率(一律)	12%	14%	14%	10%	12%
	収支率(kmあたり)	21%	25%	24%	18%	21%

2011年3月	2011年4月	2011年5月	2011年6月	2011年7月	2011年8月	2011年9月	2011年10月
63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000
8	8	8	8	8	8	8	8
26	25	23	26	25	27	24	25
7	7	7	7	8	8	8	8
1456	1400	1288	1456	1600	1728	1536	1600
20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
140000	140000	140000	140000	160000	160000	160000	160000
2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
3057600	2940000	2704800	3057600	3360000	3628800	3225600	3360000
3197600	3080000	2844800	3197600	3520000	3788800	3385600	3520000
1207	1369	1296	1520	1913	1898	1503	1665
362100	410700	388800	456000	573900	569400	450900	499500
674600	748800	693100	831900	961000	1003000	819000	888700
11%	13%	14%	14%	16%	15%	13%	14%
21%	24%	24%	26%	27%	26%	24%	25%

支出の項目において、オンデマンドバスの運行事業者への委託費は、国土交通省が算出している1台1時間あたりの経費2100円を採用した。収入において、北杜市のオンデマンドバスと同じく一律300円を設定した。ただし、福祉定期な小人も一律300円として計算した。運賃の設定方法として、1kmあたり100円の課金の場合も計算した。利用者負担率は運賃収入を支出総計で割った値である。

結果から利用者が多い2011年7月に利用者負担率が最大の16%になった。北杜市は運行地域が広い、移動距離が長くなる。よって、1km100円の運賃体系とすると約9%利用者負担率が改善することがわかる。現状の平均利用者負担率は13%となり、目標の25%には届いていない。

・実利用者数推移 (D)

新しい公共交通の普及度合いを評価する。オンデマンドバスの運行を開始してから、一度でも乗車したことがある利用者の数である実利用者数の推移を図4-96に示す。

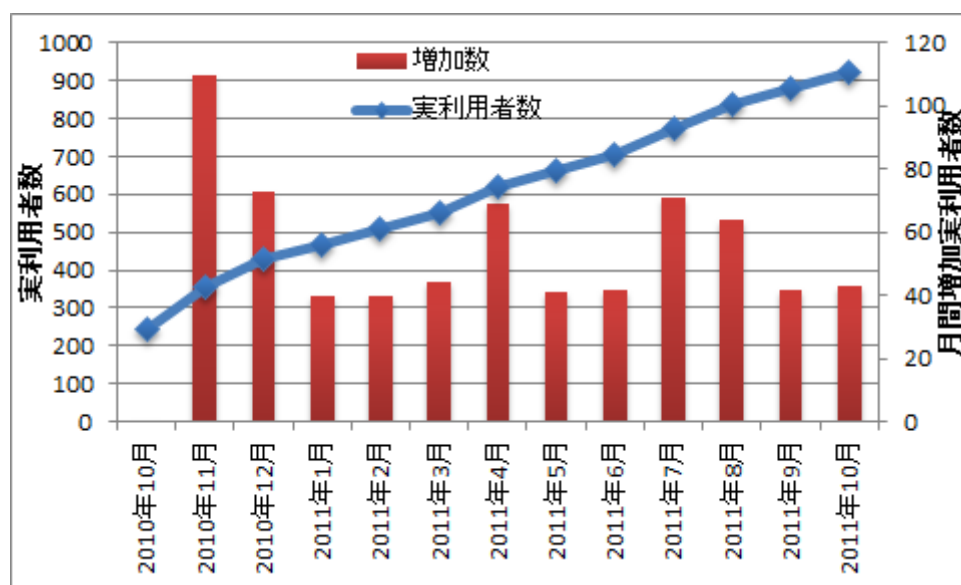


図 4-96 実利用者数推移（北杜市）

2010年11月では245人の利用者だったが、ほぼ一定の傾きで毎月増加傾向にある。毎月の増加人数の平均は56.6人となり、2010年10月から2010年11月には110人の増加があった。4月には広報にオンデマンドバスの紹介がなされたこと、7月に新たに明野地区で1車両追加されるに伴い、その次の月まで実利用者数が伸びたと考えられる。実利用者数が収束する傾向にはまだない。

・月別実利用者数（E）

次に、各月の実利用者数を示す。前月までにオンデマンドバスを利用したことがある人を継続利用者として、その月に始めて利用した人を新規利用者として表示した。2つの値の和が、月間の実利用者数である。結果を図 4-97 に示す。

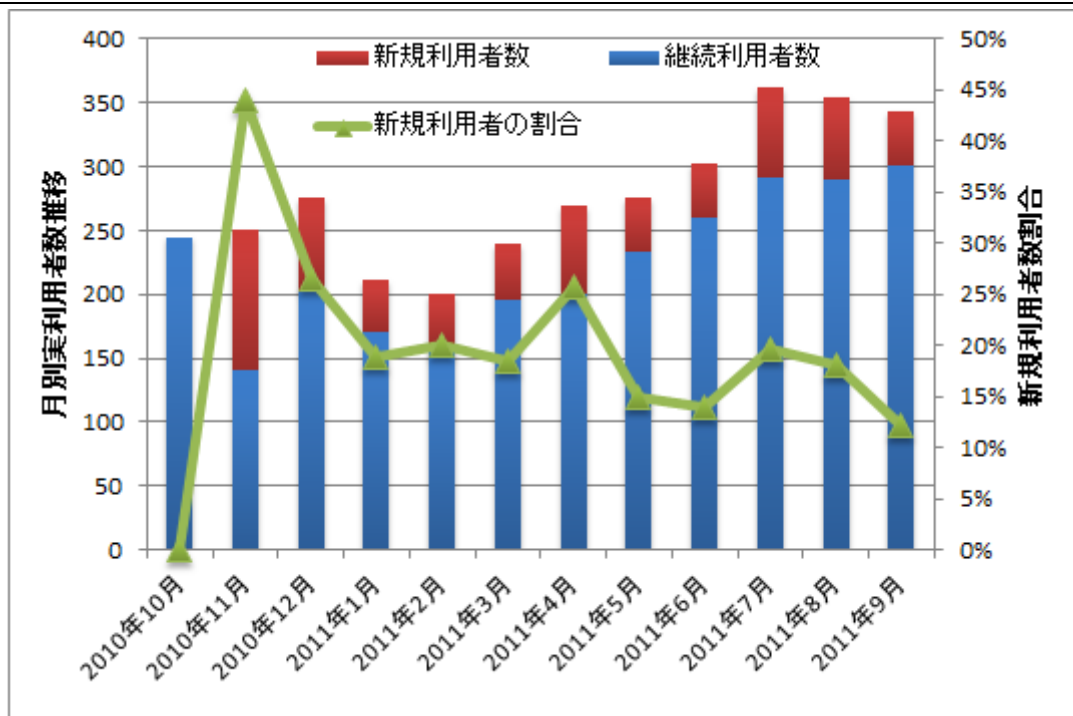


図 4-97 月別利用者数推移（北杜市）

2010年10月は、前月のデータがないため新規利用者の割合がわからない。よって、2010年10月の値だけ継続利用者数としている。グラフからは、2011年1月、2月の冬期の利用者が減少していることがわかる。寒いため外出する機会を極力抑えるため、利用者が減少している。しかし、2011年2月以降は段階的に実利用者数が増加傾向にある。2011年7月をピークに少しずつ減少している。新規利用者数の全体における割合は、平均21%となっている。

・希望時刻と成立した予約時刻との差（H）

オンデマンドバスの予約を行う際、出発または到着の時刻を指定できる。指定した時刻と、成立した予約の時刻の差の分布を図 4-98 に示す。

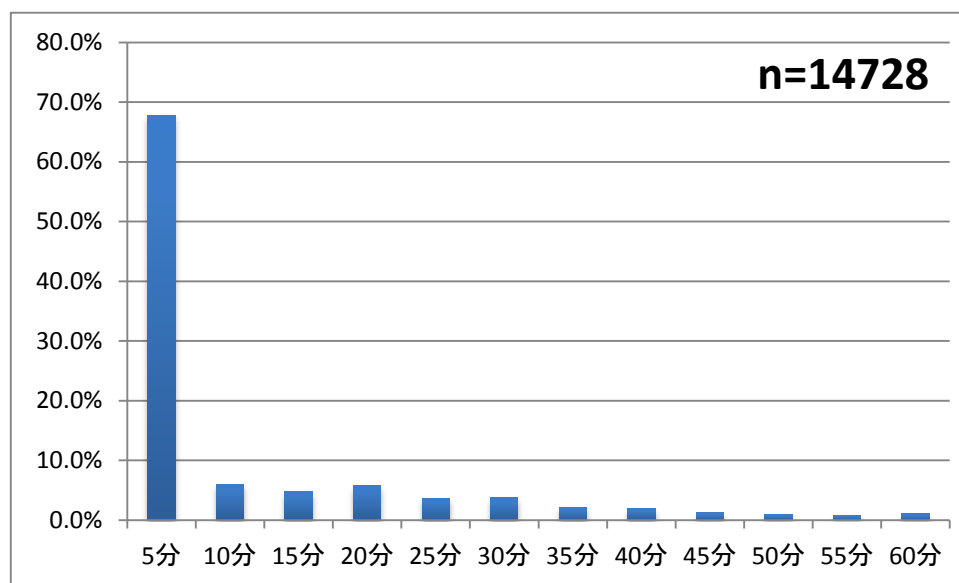


図 4-98 希望予約時刻と成立予約時刻との差の絶対値（北杜市）

図から、68%は希望予約時刻と成立予約時刻との差が5分以内に収まっている。20分以上の差がある予約は21%を示しており、希望時刻を重視しない利用者もいることがわかる。平均値は7.9分となっている。

・運行効率（J）

車両ごとの1日の運行計画の運行効率の分布を図4-99に示す。

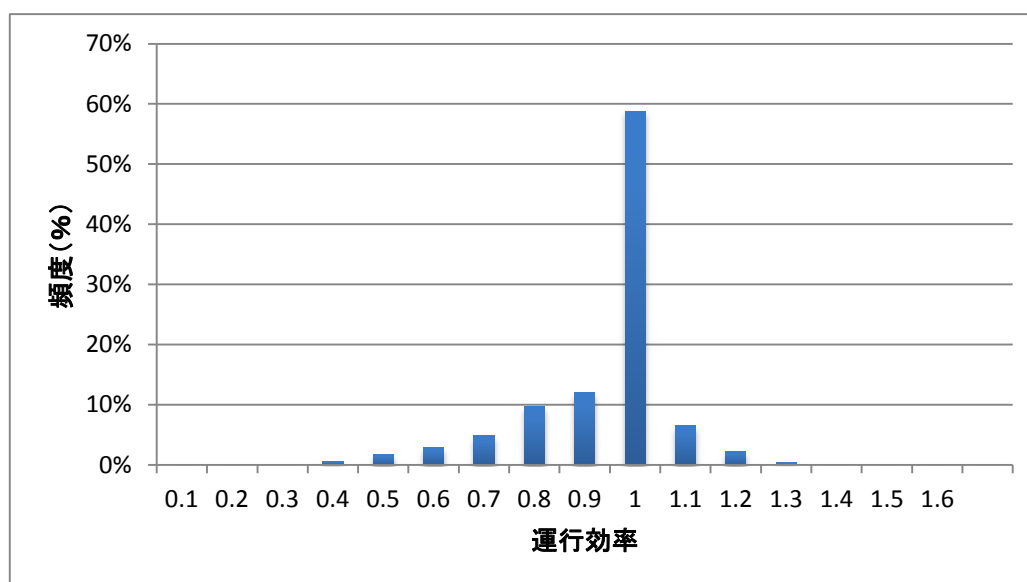


図 4-99 運行効率の評価（北杜市）

0.91 から 1.10 まで運行効率の車両が全体の 65%を占めている。値が 0.9 以下の運行効率の車両は全体の 33%を、1.1 以上の車両は 3%となった。運行効率の平均値は 0.99 となり、乗合が生じない場合の運行効率の値である 1 に近いことから、効率的な運行ではないことがわかる。

・車両あたりの時間別利用者数推移 (F)

オンデマンドバスが 1 日に受け付けることができる利用者数、トリップ数の最大数を 1 時間単位で分析する。比較対象に、1 日に受け付けた利用者数またはトリップ数が最大の車両の各時間の値と、各時間帯の平均値を示す。図 4-100 に時間あたりの利用者数の推移を示す。緑線が時間帯ごとの最大受付人数を、赤線が 1 日の利用者が最大の日の利用者推移を、青線が時間帯ごとの平均利用者数を示している。

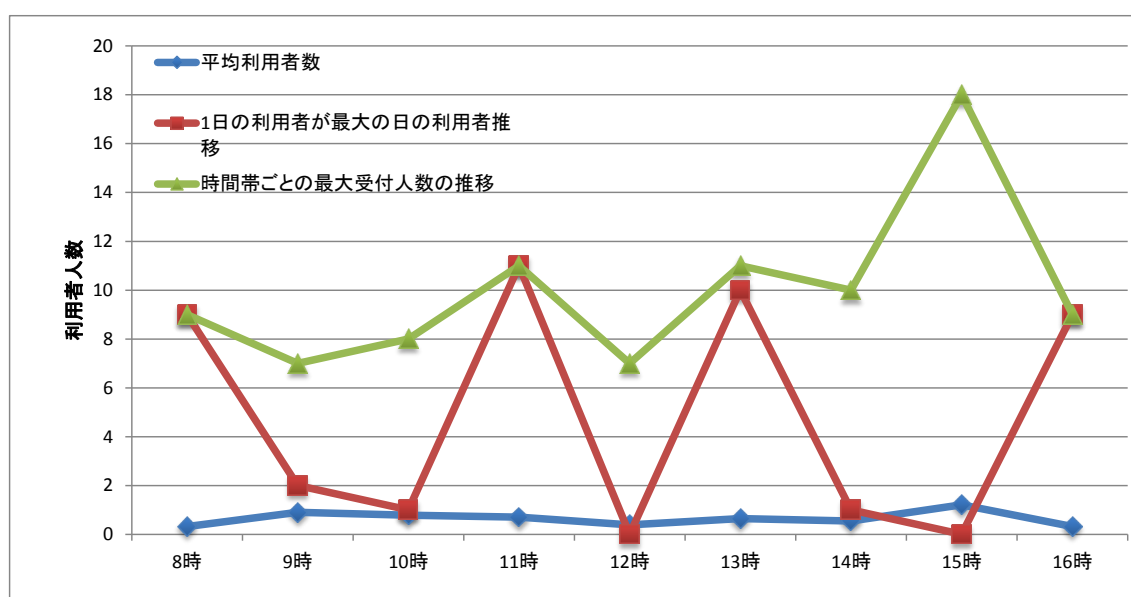


図 4-100 時間あたりの利用者数推移 (北杜市)

表 4-46 1 日の利用者数分析 (北杜市)

平均利用者数	1日の最大利用者数	時間帯ごとの最大利用者数の総和
8.5人	43人	90人

1 時間の利用では、15 時台に最大 18 人の利用があった。9 時台と 12 時台では 7 人の利用者となっている。1 日に受け付けた予約数を見ると、8 時台、11 時台、13 時台、16 時台の利用が多くなっている。時間帯ごとの平均利用者数の値は 9 時、10 時、15 時以外は 1 人を下回っている。1 日の利用者数分析の結果を表 4-46 に示す。平均利用者数は 8.5 人となっているが、最大で 90 人が利用することができる可能性があることがわかる。

・車両あたりの時間別トリップ数推移 (G)

車両あたりの時間別トリップ数の推移を図 4-101 に示す。

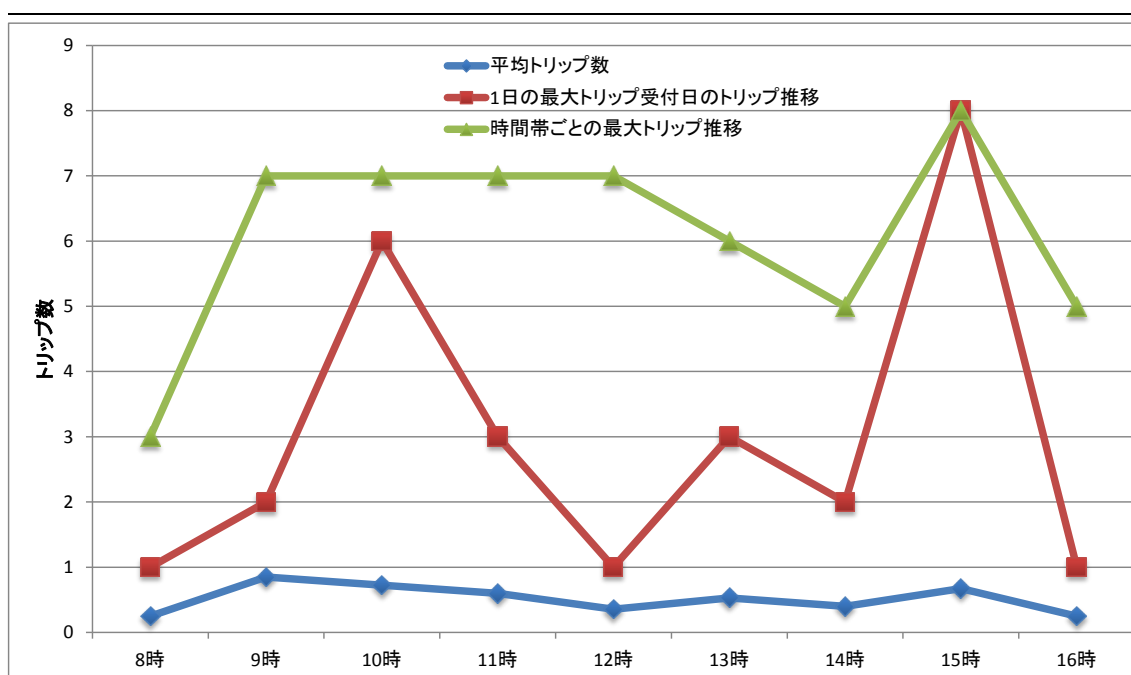


図 4-101 時間あたりのトリップ数推移 (北杜市)

表 4-47 1日のトリップ数分析 (北杜市)

平均トリップ数	1日の最大トリップ受付日のトリップ推移	時間帯ごとの最大トリップ推移
5.7 件	27 件	55 件

グラフから、1時間あたりに受け付けられるトリップ数は7～8件ということがわかる。1台で最大55件のトリップを受け付けられることから、予約を効率的に受け付ければ採算性は大きく改善できる。しかし、平均トリップ数がどの時間も1を下回っている。要因として、需要が少ないか需要を効率的に受け付けられないことが考えられる。1日のトリップ数分析結果を表4-47に示す。

4.7.3 運行実績の評価

3.3で構築した運行データによる評価プロセスに沿って、運行実績を評価する。

(1) 採算性

収支率(M)は14%となった。収支率が低くなった要因として、1日1台あたりの利用者が約8.5人と少ないこと、8時台と16時台の利用者の平均値が1人を下回っていることがあげられる。

(2) 普及率

- ・フェーズ把握

北杜市での月間延べ利用者数（A）は、グラフから判断するに、7、8月に安定期に入ったと考えられる。採算性を改善するために、定着率を上げることが必要となる。

・利用者普及率

延べ利用者数（D）が924人、登録者数が3785人、よって、利用者普及率は24%となり、市民へオンデマンドバスの認知は広がっていると言える。

・利用者定着率

延べ利用者数（D）が924人、2011年9月の実利用者数（E）が349人、よって利用者定着率は38%となり、運行形態は市民のニーズにある程度応えていることがわかる。

（3）運行形態

・車両充足度

は、1車両1時間あたりの利用者数（F）を示している。2011年9月の平均利用者数の値、運行期間を通しての最大利用者数、平均利用者数の値を最大利用者数で割った充足度を示している。平均利用者数の値が9時と15時以外、1人を下回っている。利用者を喚起し、1時間あたりの利用者を上げ、採算性を高める必要がある。9時台の16.1%が最大であり、車両は十分に需要に対応できると考えられる。

表 4-48 車両充足度（北杜市）

	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時
2011年9月 平均値(人)	0.40	1.13	0.97	0.99	0.56	0.85	0.90	1.76	0.27
最大利用者数(人)	9	7	8	11	7	11	10	18	9
充足度	4.5%	16.1%	12.2%	9.0%	8.0%	7.8%	9.0%	9.8%	3.0%

・運行効率（J）

運行効率の平均値は0.99となった。目標値の0.70に届いていない。運行効率の値が届かない要因として、1車両が1日に受け付ける利用者数が8.5人と少ないこと、また運行エリアが広く、1台の車両で対応できる予約に限りがあることなどがある。

運行実績の評価を表 4-49 にまとめる。

表 4-49 運行実績評価表（北杜市）

1:採算性	収支率	14%
2:普及率	フェーズ把握	安定期
	利用者普及率	24%
	利用者定着率	38%
3:運行形態	車両充足度	・需要が増加した 際、増車の検討が必 要
	効率性	0.99

4.7.4 改善策の提案

北杜市のオンデマンドバスの運行改善策を提案する。運行実績の評価から、採算性に課題がある。利用定着度は38%と高いが、利用普及率が24%に留まっている。車両充足度において、時間帯ごとの利用者が9時台以外において1人に達していない。採算性を改善するには、利用普及率を高めることが一番の課題となる。利用定着度は高い割合を示しているため、運行形態は市民のニーズに適していると考えられる。利用普及率の改善策を提案する。

(1) バス停頻度を用いた分析の困難性

オンデマンドバスの普及率を高めるために、潜在的な需要がある地域を特定する。北杜市のバス停の特殊性として、バス停を市民が協議して決めている点にある。個数に制限はないが、地区委員が周辺市民と協議した上でバス停を市役所に提出している。よって、すべての利用者が自宅をバス停に登録できていない。足の弱い人や事情があり自宅前にバス停をおく必要がある人だけが自宅をバス停に登録できる。他自治体においては、自宅をバス停に登録できる場合が多い。自宅バス停と一度も利用したことがないバス停の表示を同時に行うことで、利用したことがない人を特定することができた。しかし、北杜市では自宅をバス停として登録できないため、需要が発生していない地区を詳細に特定できない。

図4-102に頻度別にバス停(L)を表示した。最も利用頻度が高い20箇所のバス停のアイコンを利用して表示した。10回以上利用されたバス停は緑の丸で、1回以上10回以下のバス停は黄色の丸で、一度も利用されていないバス停は赤丸でしめす。

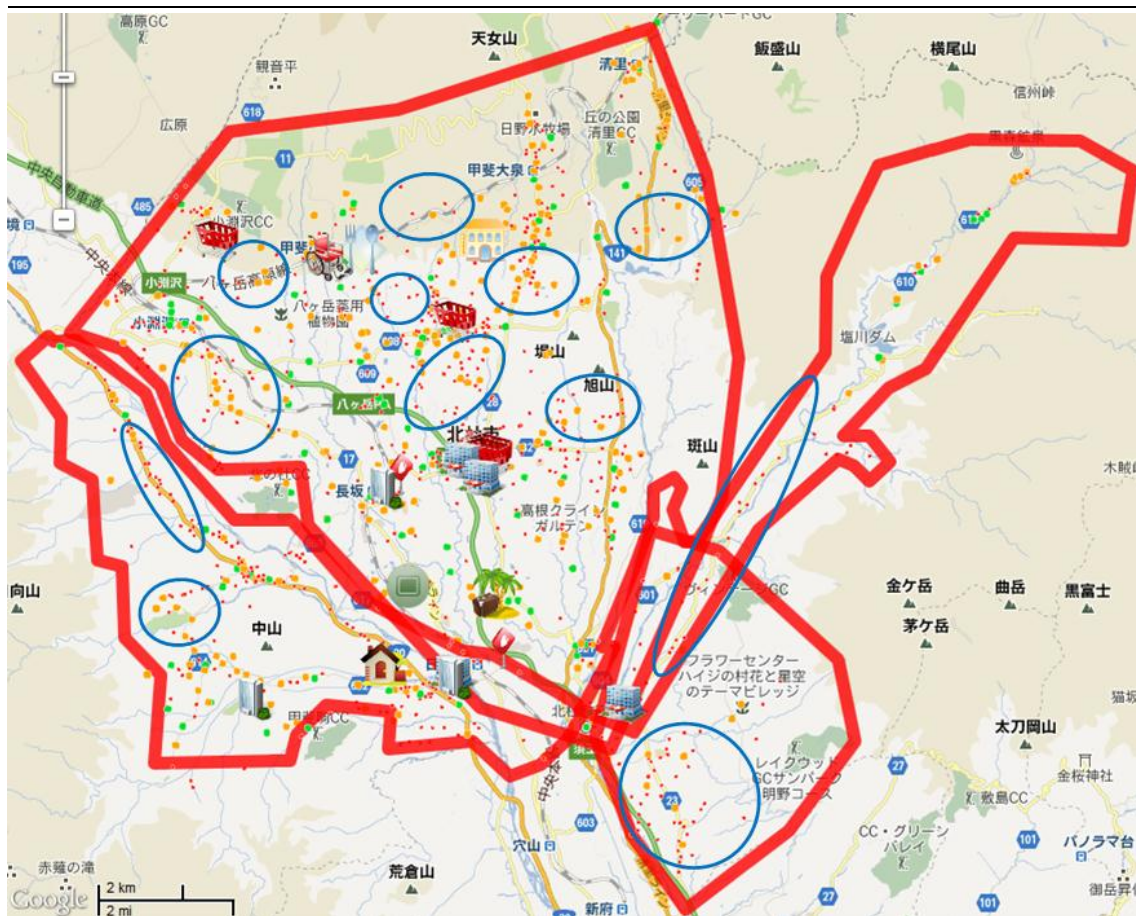


図 4-102 北杜市利用頻度別バス停表示 (L)

図の中に、10 回以上利用されたバス停が近くになく、多くのバス停が密集している地域を青色の枠で囲った。多くの地域があるが、どこに潜在的な需要があるのかを判別できない。そこで、GIS を利用した分析を行う。

(2) GIS を利用した分析

GIS に 500m メッシュの人口データと利用頻度別にバス停を同じように表示した図を図 4-103 に示す。メッシュの凡例は図内に示した。

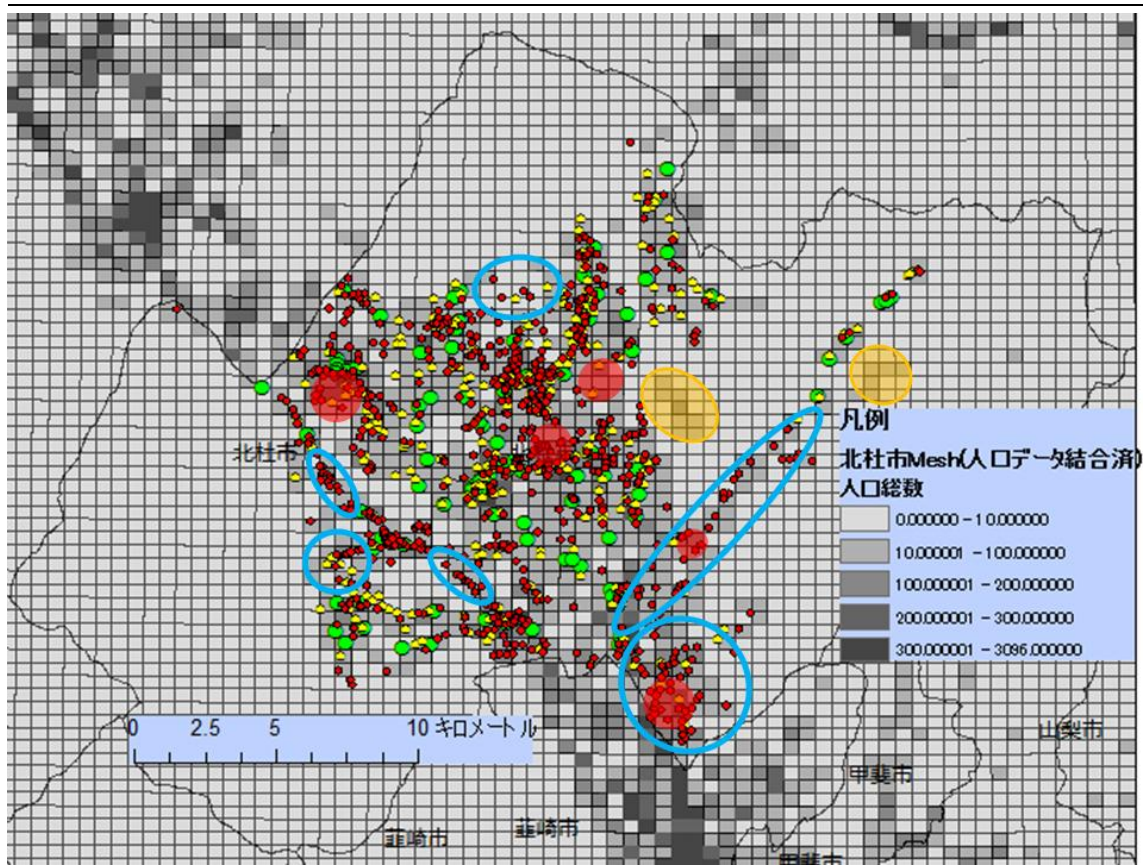


図 4-103 GIS を用いた利用頻度別バス停表示（北杜市）

青い楕円で囲った地区は、前図において人口を考慮せずに利用頻度が低いバス停を囲った地区の内、人口密度が 100 人に満たない地区を示している。すなわち、人口が少ないことから需要が見込みにくい地区である。需要が多い地区とは、人口密度が高いが利用されていない地区である。赤い円で覆った地区は、人口密度が 100 人を超える地区で利用回数が低いバス停が密集している地区である。これらの地区において集中的に促進施策をとることで、効果的な結果を得ることができる。黄色の楕円で囲まれた地区は、人口密度が 100 人を超えるがバス停がない地区を示している。すなわち、この地区にバス停を設置することで、新たな需要が生じる可能性がある。

(3) まとめ

オンデマンドバスの利用が広がっていない地区の特定を行った。人口密度が高く、利用頻度が低いバス停しかない地区を特定し、効果的な普及率改善施策を行うべき場所を把握した。また、潜在的需要がある人口密度が高いが、バス停が設置されていない地区を特定した。この地域にバス停を設置し、需要を喚起することで新たな利用者が見込めると考えられる。

4.8 三重県玉城町

三重県玉城町では東大オンデマンドバスシステムを利用して運行を行なっている。運行地域と運行方法、運行実績、運行実績の評価を行う。

4.8.1 運行地域と運行方法について

表 4-50 運行形態概要（玉城町）

項目	内容
自治体基本データ	人口:15,280人(2011年11月1日)面積:40.84km ² 、人口密度:373人/km ²
運行目的	玉城町では、平成8年に民間路線バスの大幅縮小があり、平成9年からは29人乗りのマイクロバス2台で福祉バスの運行を開始した。3ルートで1日19便を運行。年間利用者数約27000人、1便平均乗客数4.5人、予算は年間約1000万円を計上したが、利用者が伸びないこととサービスの改善が課題となった。予算をかけずにサービスの向上を図るために、オンデマンドバスの導入を行った。
実証実験期間	平成21年11月1日～平成24年3月31日(24年度より本格運行を予定)
運行時間帯	・毎日運行(年末年始のみ運休) ・午前9時～午後5時
運行車両	・ワゴン車(9人乗り)3台
対象者	・玉城町住民
運行範囲	・地図の赤枠内を運行。

第4章 東大オンデマンドバス運行地域の分析

	
運行方式	<ul style="list-style-type: none"> ・車両 3 台(9 人乗り) ・基本は 2 台で運行。利用者が多い時間帯のみ 1 台を追加運行する。
予約方法	<ul style="list-style-type: none"> ・事前に利用登録が必要 ・オペレータによる電話受付のみ(玉城町社会福祉協議会が受付) ・予約受付時間は平日 8 時 30 分から 17 時 00 分まで。 (利用 2 週間前から利用の 30 分前まで予約可能。) (土日・祝日はインターネット・携帯電話のみ予約受付)
料金	<ul style="list-style-type: none"> ・無料運行 <p>(平成 21 年 11 月～平成 22 年 3 月まで 65 歳以上を対象に実験。その後、年齢制限を撤廃して運行)</p>

利用登録者数	1030 人 (男性:304 人、女性:726 人)	実利用者数 (10 月 31 日まで)	484 人
バス停数	164 箇所	実利用バス停数	113 箇所
平均乗車時間	11.4 分	平均移動距離	2.7km

4.8.2 オンデマンドバス運行実績

オンデマンドバスの運行実績をまとめる。データ分析項目も合わせて示す。

・利用登録者の年齢分布 (B)

オンデマンドバスを利用するには、利用登録をする必要がある。図 4-104 に階級値を 5 年間隔で取った利用登録者年齢分布を示す。

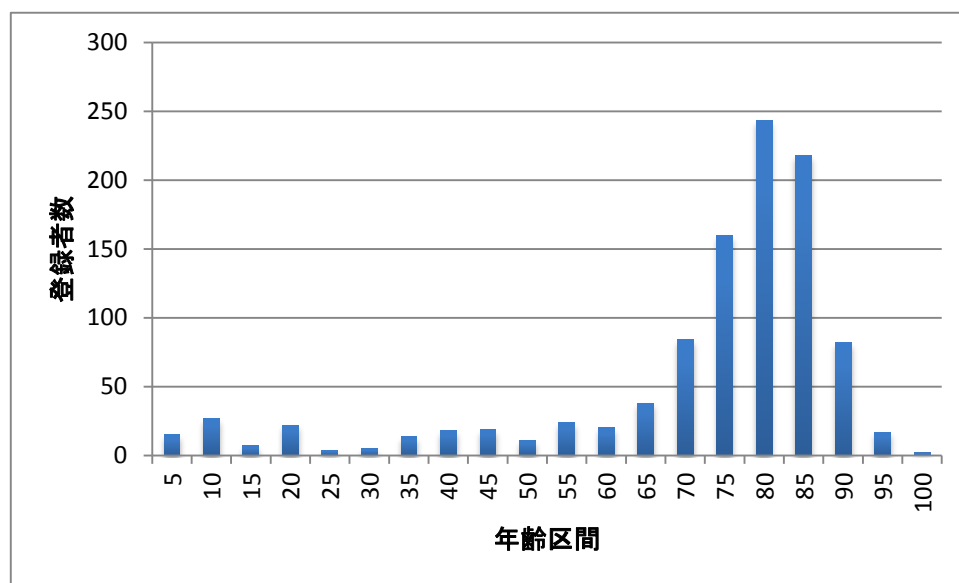


図 4-104 利用登録者年齢分布（玉城町）

図から 75 歳から 85 歳までの登録者が 150 人を超えて多くなっている。玉城町では福祉目的でオンデマンドバスが導入された背景があり、運行当初は 65 歳以上の市民しか受け付けなかった。年齢の制限をなくしたことで、若年層の登録者も現れた。

・年齢別利用分布（C）

利用者の年齢分布を図 4-105 に示す。2011 年 6 月 1 日から 4 ヶ月間のデータを対象に行った。

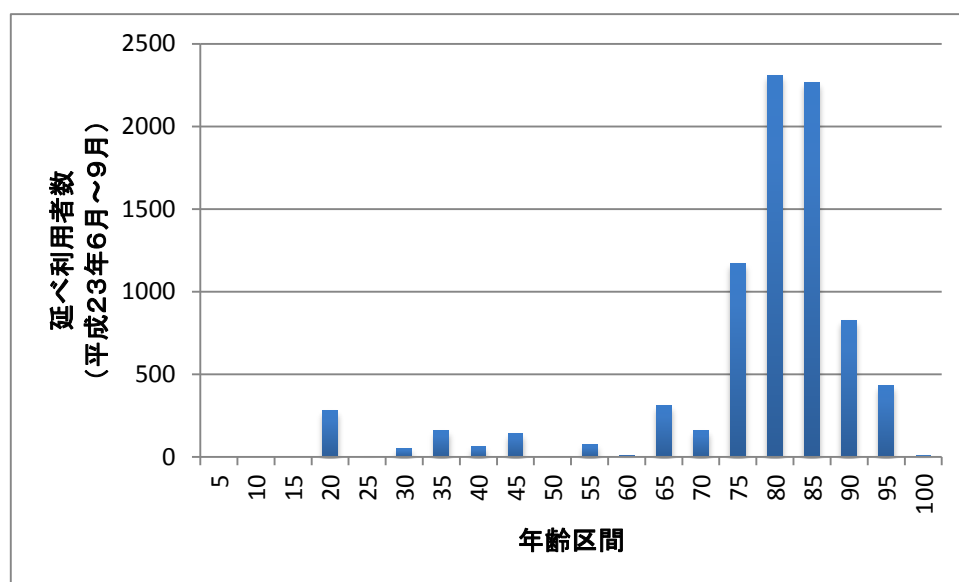


図 4-105 年齢別利用分布（玉城町）

グラフから、利用登録者数の分布と同じく 75 歳から 85 歳までの利用が多いことがわかる。90 歳、95 歳の利用も 400 人を超えている。

・月間延べ利用者数推移（A）

月ごとの延べ利用者数の推移を図 4-106 に示す。期間は運行を開始してから 1 年間が経過した 2010 年 11 月から 2011 年 9 月までである。

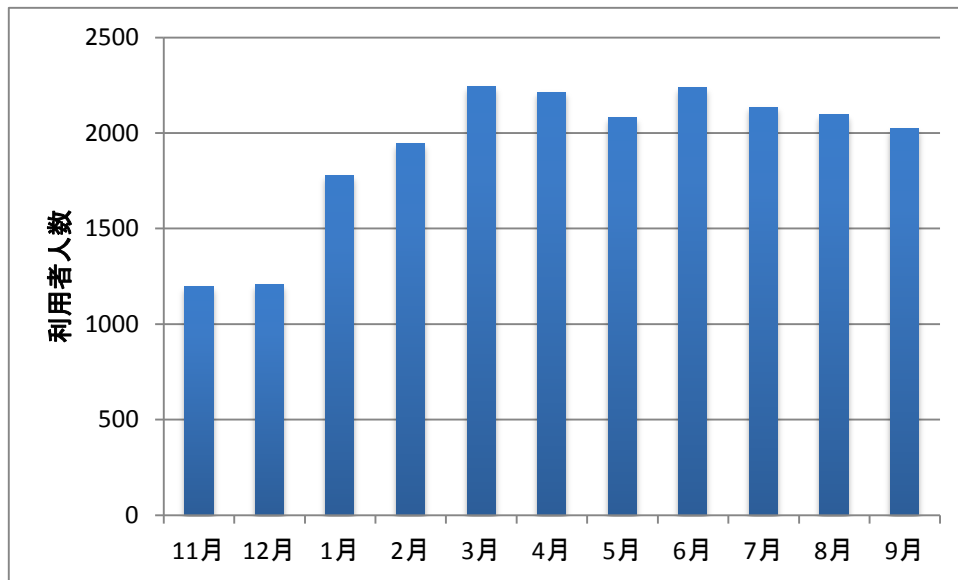


図 4-106 月間延べ利用者数（玉城町）

図から、2011 年 3 月にピークを迎えて利用が安定期に入ったと考えられる。2011 年 3 月以降は毎月 2000 人以上の利用がある。

・時間帯別利用者数

1 時間ごとの利用者数の延べ人数を図 4-107 に示す。データは 2011 年 6 月 1 日から 4 ヶ月間を対象とした。

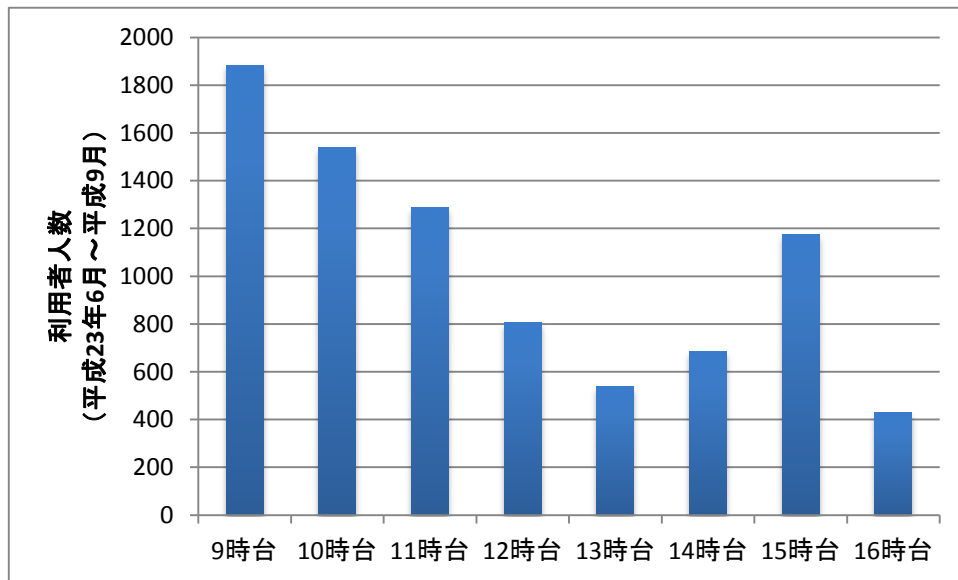


図 4-107 時間帯別利用者数（玉城町）

図から、9時の利用が最も多く13時まで段階的に減少している。15時台に自宅への帰宅のために15時台の利用が多くなっている。

・移動時間分布

それぞれの利用者が乗車していた時間の分布を図 4-108 に示す。横軸に移動時間を、縦軸に頻度を示している。データは2010年11月からの2011年9月までを対象とした。

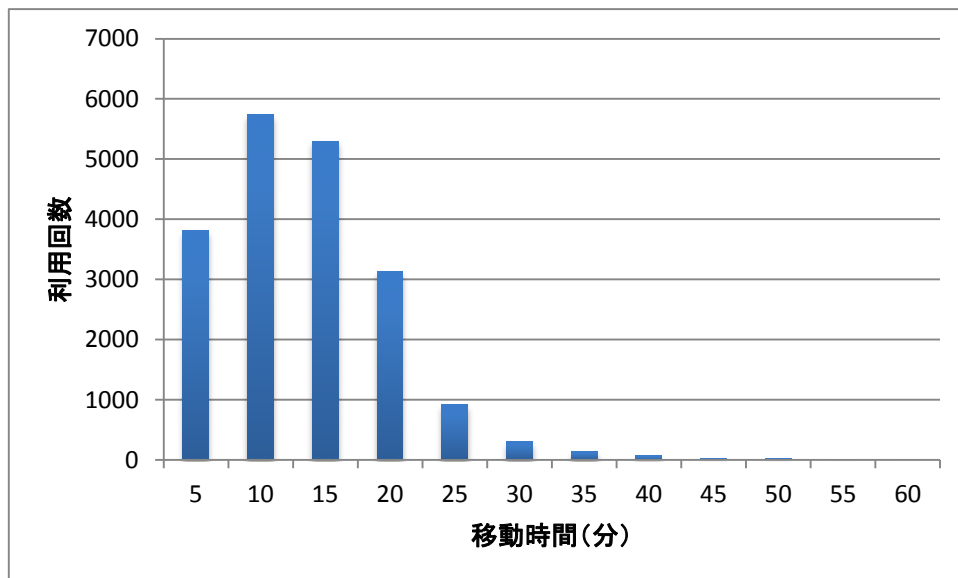


図 4-108 移動時間分布（玉城町）

図から、ほとんどの移動が20分以内に収まっていることがわかる。30分から60分まで

の移動もあるが、100回に満たない回数である。

- ・移動距離分布

それぞれの利用者の移動距離の分布を図 4-109 に示す。この移動距離は、利用者が予約した出発地と目的地の直線距離をとっている。横軸に移動距離を、縦軸に頻度を示している。データは2010年11月から2011年9月を対象に行った。

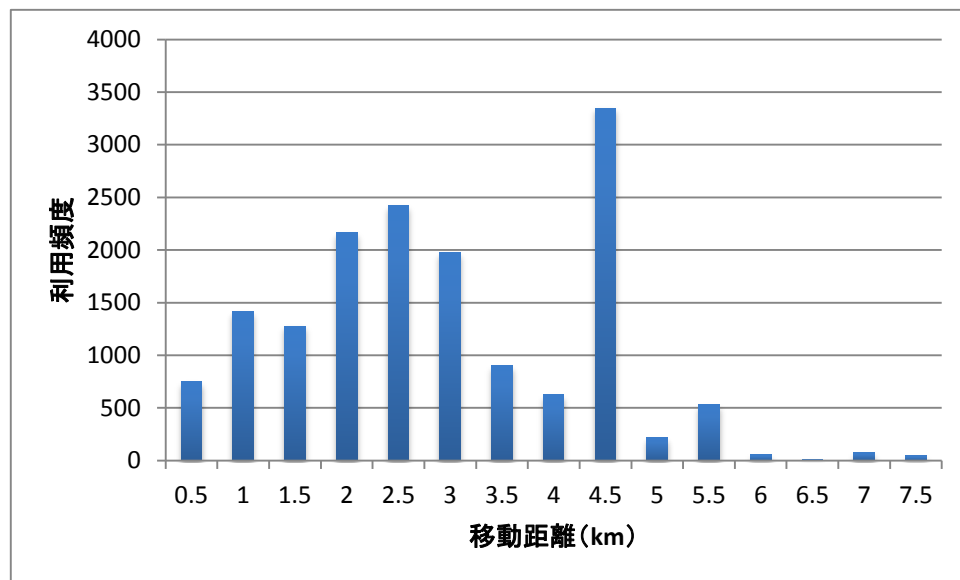


図 4-109 移動距離分布（玉城町）

図から、2.5km をピークに利用が増加し、その後 4km まで階級値ごとに減少している。4.5km での利用が伸びているのは、玉城町の高齢者が福祉会館で健康体操を終えた後、集団で公共施設のレストランに向かうためである。

- ・移動目的の分布（I）

バス停にはカテゴリ情報が付帯されている。移動の目的地のカテゴリの分布を図 4-110 に示す。対象としたデータの期間は、2010 年 10 月から 2011 年 9 月までである。

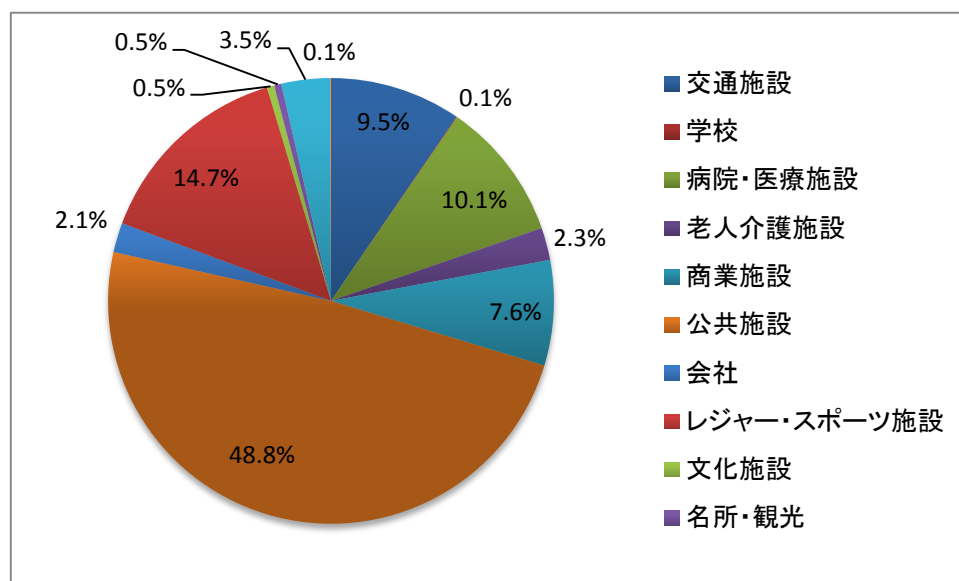


図 4-110 移動目的の分布（玉城町）

図から、48.8%の移動が公共施設となっている。高齢者が健康体操のために福社会館への利用を行うためである。14.7%がレジャー・スポーツ施設、10.1%が病院・医療施設となっている。

・収支率

オンデマンドバスの収支計算表を表 4-51 に示す。

表 4-51 玉城町オンデマンドバス収支表

	玉城町	2010年11月	2010年12月	2011年1月	2011年2月		
支出	システム費用(月)	63000	63000	63000	63000		
	運行時間(9時～17時)	8	8	8	8		
	日数	26	24	31	27		
	車両数	3	3	3	3		
	車両総運行時間	624	576	744	648		
	車載器(1台あたり)	20000	20000	20000	20000		
	車載器総費用	60000	60000	60000	60000		
	運行委託費(タクシー1台あたり)	2100	2100	2100	2100		
	総運営委託費	1310400	1209600	1562400	1360800		
	小計	1370400	1269600	1622400	1420800		
収入	利用者数	1216	1112	2021	2011		
	一律300円(現在、無料運行)	364800	333600	606300	603300		
	1kmあたり100円	347200	322100	655900	653800		
	収支率(一律)	27%	26%	37%	42%		
	収支率(kmあたり)	25%	25%	40%	46%		
	2011年3月	2011年4月	2011年5月	2011年6月	2011年7月	2011年8月	2011年9月
	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000
	8	8	8	8	8	8	8
	31	30	31	30	31	30	25
	3	3	3	3	3	3	3
	744	720	744	720	744	720	600
	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000
	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
	1562400	1512000	1562400	1512000	1562400	1512000	1260000
	1622400	1572000	1622400	1572000	1622400	1572000	1320000
	2162	2070	2205	2218	2169	1914	1908
	648600	621000	661500	665400	650700	574200	572400
	701200	686300	693700	703400	676500	612600	605500
	40%	40%	41%	42%	40%	37%	43%
	43%	44%	43%	45%	42%	39%	46%

玉城町は、福祉目的の運行のため無償運行を行なっている。よって、運賃を一律 300 円と仮定して計算を行った。利用者負担率は 2011 年 9 月にもっとも高く、43%となっている。9 時から 17 時の適切な運行時間帯と、3 台の車両数によって適切に運行されている結果と考えられる。平均トリップ距離は 2.7km と短い、1km100 円の運行によって利用者負担率を最大 3%改善できることがわかる。2010 年 11 月、12 月では運賃を一律 300 円に設定することで値が改善していることもわかった。

・実利用者数推移 (D)

新しい公共交通の普及度合いを評価する。運行開始から、一度でもオンデマンドバスを利用したことがある利用者の数である実利用者数の推移を図 4-111 に示す。

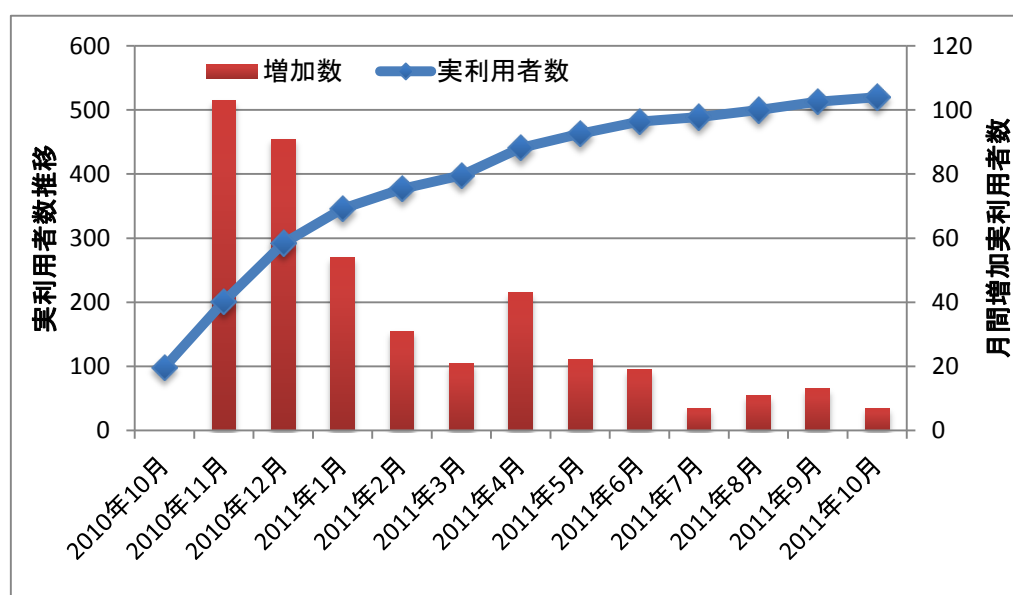


図 4-111 実利用者数推移（玉城町）

2009年11月にオンデマンドバスの運行を開始した。2010年10月時点での実利用者数は98人、6ヶ月後の463人となり約5倍に増加している。2010年11月、12月に103人、91人増加した。6月以降の新規利用者は20人以内に収まっており、利用者数は収束する傾向が見られる。

・月別実利用者数（E）

月別実利用者数の推移を図 4-112 に示す。前月までにオンデマンドバスを利用したことがある人を継続利用者として、その月に始めて利用した人を新規利用者として表示した。2つの値の和が、1ヶ月の実利用者数である。

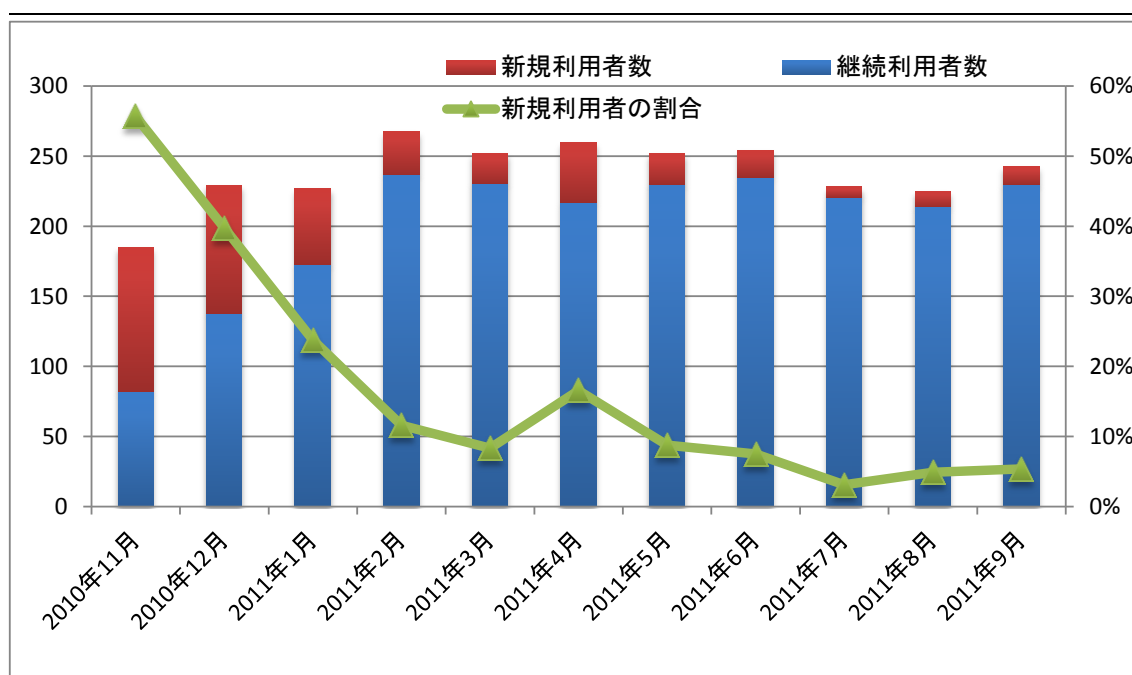


図 4-112 月別利用者数推移（玉城町）

月別実利用者数は2011年2月にピークを迎えている。3月以降は毎月約250人が利用しており、新規利用者は4月の年度始め以降10%以内に収まっている。継続利用者が2月以降200人を常に超えており、定期的に利用されていることがわかる。

・希望時刻と成立した予約時刻との差（H）

オンデマンドバスの予約を行う際、出発または到着の時刻を指定できる。指定した時刻と、成立した予約の時刻の差の分布を示す。

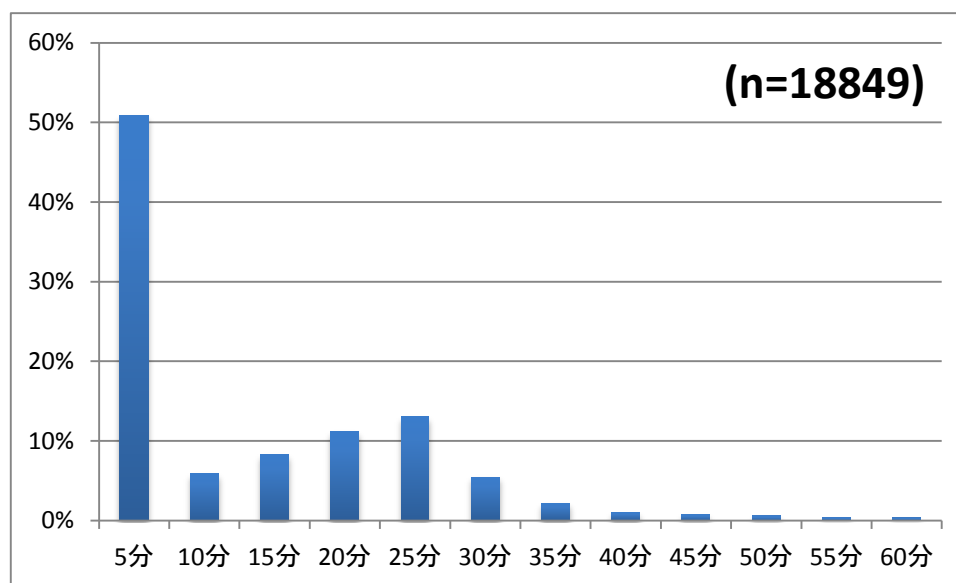


図 4-113 希望予約時刻と成立予約時刻との差（玉城町）

グラフから希望予約時刻と成立予約時刻との差が 5 分以内に収まる予約が全体の 51% を占める。10 分から 25 分までの希望時刻との差がある予約が、段階的に増加しているのが特徴的である。希望予約時刻と成立予約時刻との差の平均値は 10 分である。

・運行効率 (J)

車両ごとの 1 日の運行計画の運行効率の分布を図 4-114 に示す。

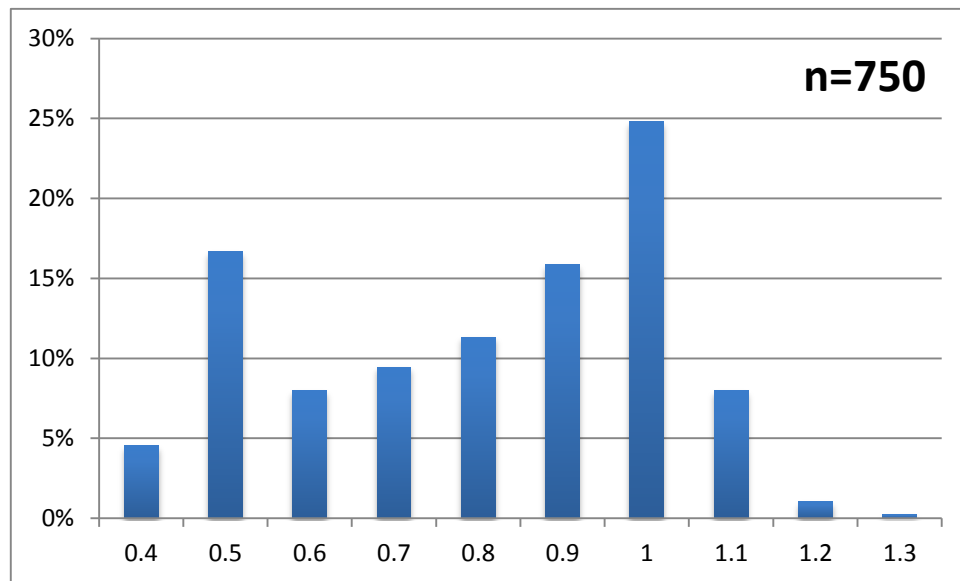


図 4-114 運行効率の評価 (玉城町)

オンデマンドバスが乗り合いを起こさずに 1 日運行した際、運行効率の値は 1 になる。0.91 から 1.1 の運行効率の車両が 33% を占める、運行効率の値が 1.1 を超える車両は全体の 2% に満たない。運行効率の平均値は 0.65 となり、オンデマンドバスで運行することで、予約に個別に対応した場合の移動距離を 35% 削減できることがわかる。

・車両あたりの時間別利用者数推移 (F)

オンデマンドバスが 1 日に受け付けることができる利用者数、トリップ数の最大数を 1 時間単位で分析する。比較対象に、1 日に受け付けた利用者数またはトリップ数が最大の車両の各時間の値と、各時間帯の平均値を示す。図 4-115 に時間あたりの利用者数の推移を示す。緑線が時間帯ごとの最大受付人数を、赤線が 1 日の利用者が最大の日の利用者推移を、青線が時間帯ごとの平均利用者数を示している。

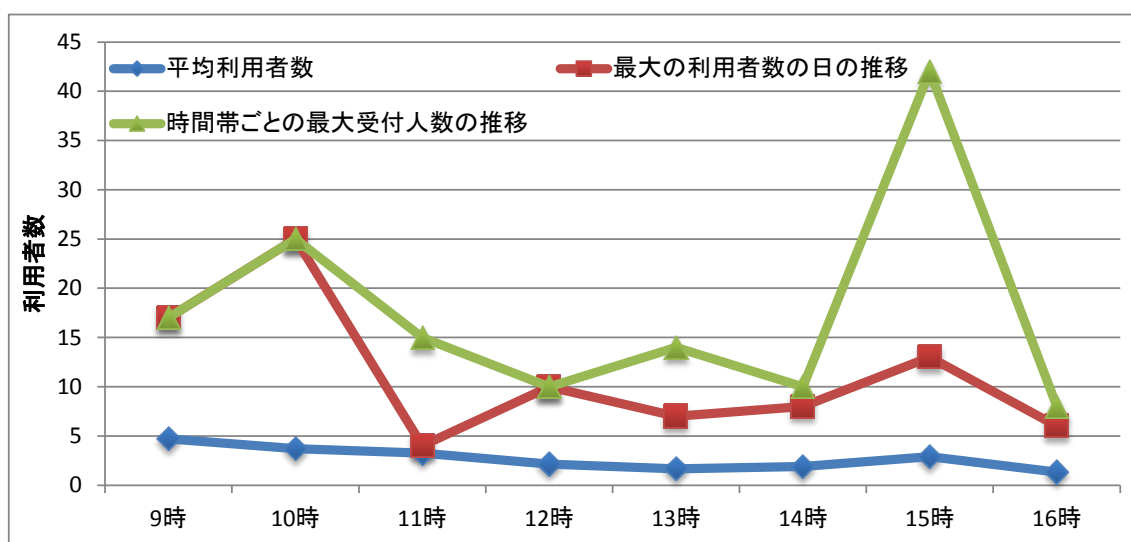


図 4-115 時間あたりの利用者数推移 (玉城町)

表 4-52 1日の利用者数分析 (玉城町)

平均利用者数	最大利用者数	時間帯ごとの最大利用者数の総和
21.6人	90人	141人

1時間あたりの最大利用者人数は15時の43人となっている。1台1時間あたりの利用者数は9時が最も多く4.7人である。9時以降の平均値は下がっていくが、常に1人を超えており、安定した需要がある。1日の利用者数分析の結果を表4-1に示す。平均利用者数は21.6人、最大利用者数が90人、時間帯ごとの最大利用者数の総和が141人となった。

・車両あたりの時間別トリップ数推移 (G)

車両あたりの時間別トリップ数の推移を図4-116に示す。

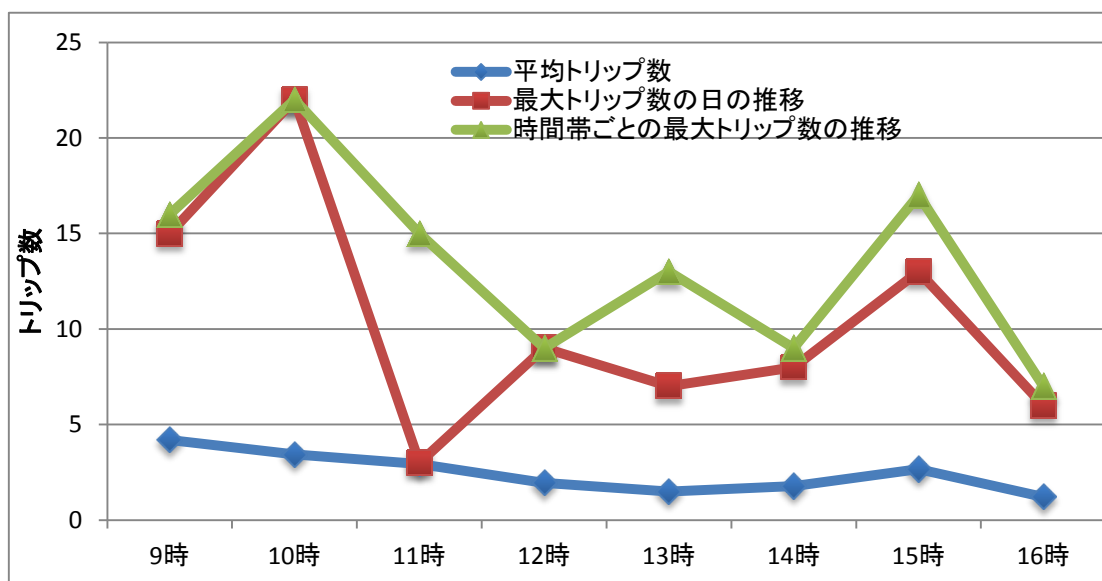


図 4-116 時間あたりのトリップ数 (玉城町)

表 4-53 1日のトリップ数分析 (玉城町)

平均トリップ数	最大トリップ数	時間帯ごとの最大トリップ数の総和
19.7	83	108

1時間あたりの最大トリップ数は10時の22トリップである。平均トリップ数の値は9時に最大の4.6をとり、13時に1.5にまで減少する。1日を通じて1トリップ以上あることから安定した需要が見込める。1日のトリップ数の分析結果を表4-53に示す。1日の平均トリップ数は19.7、1日の最大トリップ数は83、時間帯ごとの最大トリップ数の総和は108となり、現在の運行形態で1日の過去最大のトリップ数の約1.3倍の利用を受け付け可能であることがわかった。

4.8.3 運行実績の評価

3.3に示した運行データによる評価プロセスに沿って、本運行を評価する。

(1) 採算性

収支率(M)は43%と高い数字を示した。適切な運行時間帯と、1車両あたりの1日の利用者平均が21.6人と多いことが要因となっている。

(2) 普及率

・フェーズ把握

玉城町での月間延べ利用者数(A)の推移から、2011年6月をピークに安定期にはいったと言える。

・利用者普及率

延べ実利用者数(D)が520人、利用登録者数が1030人、よって利用者普及率は50%となり、市民の中でオンデマンドバスの普及が広がっていると言える。

- ・利用者定着率

延べ利用者数（D）が 520 人、2011 年 9 月の実利用者数（E）が 243 人、よって利用者定着率は 47% となり、利用者のニーズに沿った運行になっていることがわかる。

（3）運行形態について

- ・車両充足度

表 4-54 は、1 車両 1 時間あたりの利用者数（F）を示している。2011 年 9 月の平均利用者数の値、運行期間を通しての最大利用者数、平均利用者数の値を最大利用者数で割った充足度を示している。運行時間帯では利用者数が 1 人を常に超えている。また、充足度は 40% を超えることがなく安定している。適切な運行形態といえる。

表 4-54 車両充足度表（玉城町）

	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時
2011年9月 平均値(人)	5.4	4.4	3.7	2.2	1.8	2.0	3.1	1.3
最大利用者数(人)	21	25	15	12	14	10	42	8
充足度	25.7%	17.8%	24.5%	18.5%	12.8%	20.5%	7.4%	16.4%

・運行効率（J）

運行効率の平均値は 0.65 となり、目標値の 0.70 を上回る効率となった。

運行実績の評価を表にまとめる。

表 4-55 運行実績の評価（玉城町）

1:採算性	収支率	43%
2:普及率	フェーズ把握	安定期
	利用者普及率	50%
	利用者定着率	47%
3:運行形態	車両充足度	・問題なし
	効率性	0.65

4.8.4 改善策の提案

玉城町は東大オンデマンドバスシステムを利用している自治体の中で、もっとも成功している事例と言える。採算性、普及率、運行形態、どの評価においても最高に実績を示している。玉城町において、オンデマンドバスの運営を担当者から、「利用者が固定してきていることが課題」という問題意識があることがわかった。よって、現在利用登録をしていない市民のいる地域の特定を行う。

(1) バス停利用頻度（L）の分析

図 4-117 の地図上に利用頻度別にバス停をプロットした。利用回数が最も多い 20 カ所のバス停にはカテゴリー別のアイコンを、10 回以上利用されたバス停には緑色の丸を、1 回以上 10 回未満のバス停には黄色のバス停を、一度も利用されていないバス停には赤色の丸をプロットした。結果を図に示した。

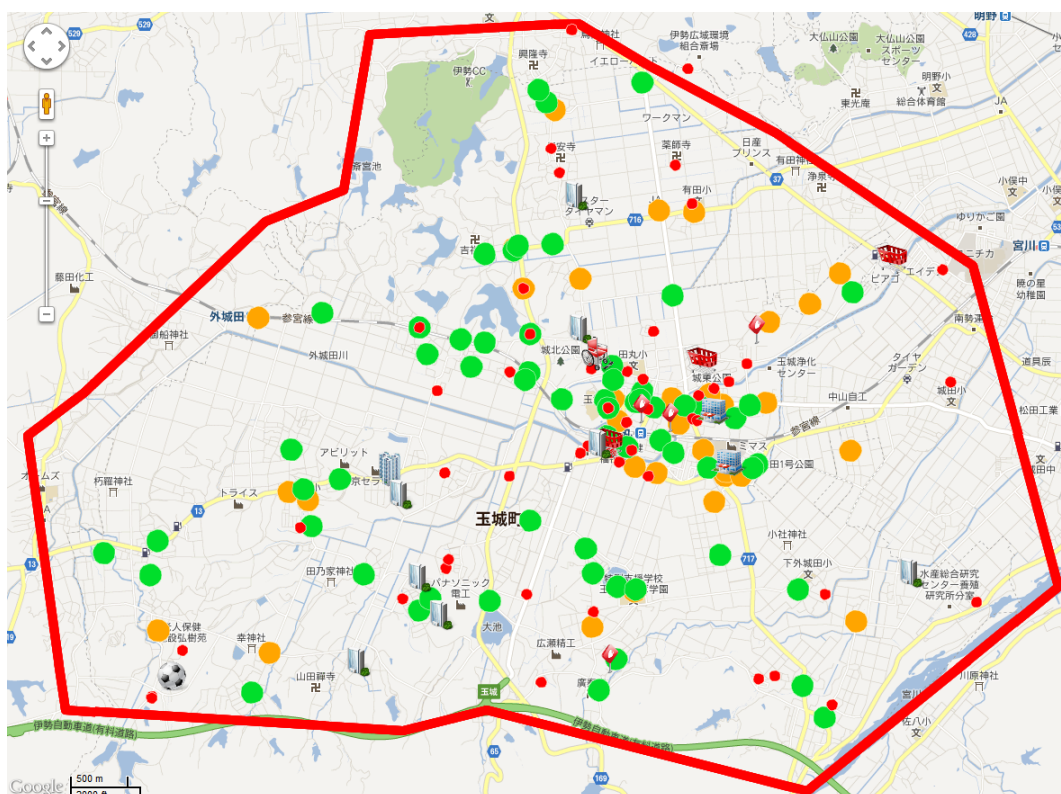


図 4-117 利用頻度別バス停地図（玉城町）

玉城町のバス停の特徴として、バス停を市民と協議して決めている点である。よって、個人の自宅がバス停にはなっておらず、地区ごとに市民が協議して決めたバス停が設置されている。よって、バス停数が少なく、利用回数の少ないバス停は他自治体に比べて少ない。潜在需要を発見するにあたり、自宅バス停が登録されていないため、利用していない利用者がある場所を特定できない。また、効果的に利用登録をしていない人を見つける方法がない。

(2) GIS を用いた分析

潜在需要を発見するために、GIS を用いた分析を行う。500m 人口メッシュにおいて、人口密度別に色分け、バス停は(1)と同じ方法でプロットした図を図 4-118 に示す。

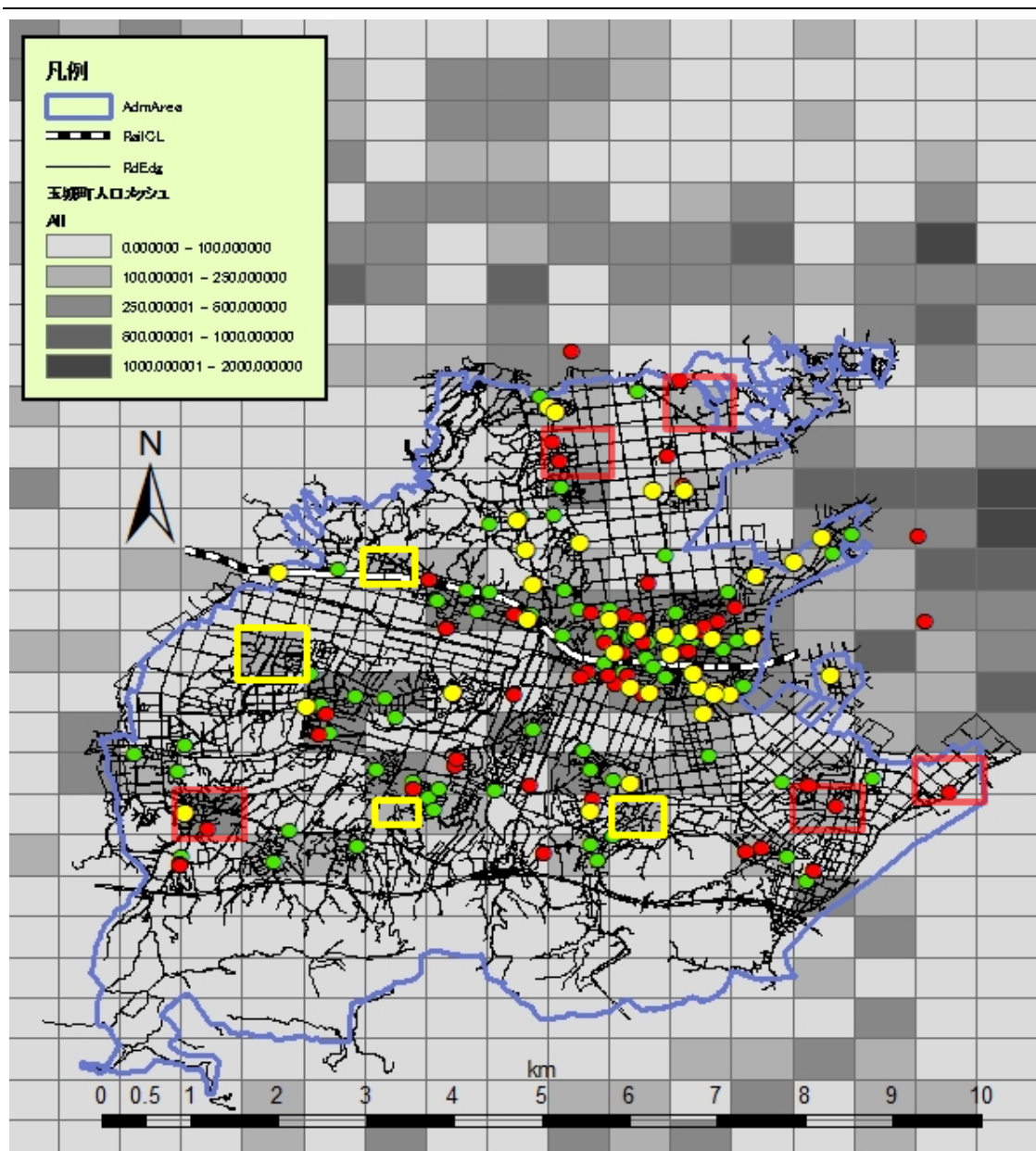


図 4-118 人口メッシュと利用頻度別バス停（玉城町）

図において、黄色の枠で囲った地域は、人口密度が高いにもかかわらず、バス停が設置されていない地区を示している。これらの地域にバス停を設置することで、その地域に住む住人にとって近くにバス停ができるため、新規利用が見込める。赤い枠で囲まれた地域は、人口密度が高いが、利用頻度の低いバス停しかない地域を示している。定着率を高める上で、赤い枠の地域住民に対して施策を施すことで効率的に成果をあげることが可能と考えられる。

(3) まとめ

GIS を用いて分析を行い、新規利用者の見込める地域の特定を行った。具体的には、GIS

の人口密度別メッシュに利用頻度別のバス停をプロットし、人口密度が高いにも関わらず、バス停がない地域を特定した。この地域にバス停を設置することで、新たな需要が見込める。また、バス停の設置方法の標準化方法として、人口密度別にバス停数を決める方法も今後検討する。

第5章 オンデマンドバスパラメータの調整

目次

5.1 運行における課題.....	172
5.1.1 運行効率の分析.....	172
5.1.2 予約の受付手順について.....	173
5.2 運行効率の改善手法の提案.....	174
5.2.1 対象とする課題.....	174
5.2.2 手法.....	175
5.3 理論実験.....	177
5.3.1 結果.....	177
5.3.2 まとめ.....	180
5.4 ケーススタディ.....	181
5.4.1 対象地域.....	181
5.4.2 評価関数とパラメータの調整.....	181

前章では 8 自治体においてオンデマンドバス運行の評価・分析を行った。本章では、前章で課題となった運行効率の改善を目的に、課題の分析、改善手法の提案、ケーススタディを行う。

5.1 運行における課題

前章では自治体の運行実績の分析において、運行形態の評価を行った。運行形態の評価指標の一つである運行効率は、オンデマンドの委託事業者にとって重要な値である。運行効率の値が改善すると、乗合を生じ移動距離を短縮できるので、燃費削減、CO₂排出量の削減につながる。運行効率を改善するにあたり、まず課題の分析を行う。

5.1.1 運行効率の分析

本研究が対象とする 8 自治体の運行効率と 1 台あたりの車両が対応する面積、平均移動距離、平均乗車時間のまとめを表 5-1 に示す。

表 5-1 運行実績の自治体比較表

	鳩山町	玉城町	阿見町	北本市	佐倉市	かすみがうら市	山武市	北杜市
運行効率	0.70	0.65	0.99	0.99	0.99	0.98	0.86	0.86
車両台数	3	3	2	3	3	1	6	8
運行エリア面積(km ²)	42.56	45.6	98	30.68	103	247.42	264.69	501.6
1台あたりの運行面積(km ²)	14.2	15.2	49.0	10.2	34.3	247.4	44.1	62.7
平均移動距離(km)	1.2	2.7	3	1.9	2.9	3.2	4.3	5.4
平均移動時間(分)	14.3	11.4	11.3	12.4	15.2	12.3	14.7	16.5

鳩山町と玉城町の運行効率の値が 0.7 を下回っており、効率よい運行を行なっていることがわかる。2つの地域の特徴として、1 台あたりの運行面積が 20km²を下回っている点である。運行エリアの大きさでは、北本市の 1.5 倍、阿見町の約半分をとなっている。1 台あたりの運行面積の値に近い北本市と鳩山町、玉城町を比較する。

平均移動時間を比較すると、鳩山町が 14.3 分と長く、次に北本市、玉城町の順になっている。移動距離では玉城町が 2.7km と長く、次に北本市、鳩山町の順である。運行効率の順序に明示的な関係はないと考えられる。

次に 3 つの自治体の地域特性を把握する。鳩山町では運行効率を高めるために、1 時間ごとの便を設定している。同じ方向の需要を集めるために、埼玉医大病院への便と、帰りの便を 1 時間ごとに提案している。運行便を設定することで、予約の方向により時間制約が生じる。利用者は自由な時間設定ができなくなる。一方で便に沿った予約だけを受け付けるため、効率的な運行が可能になる。北本市では、方向性は取り入れていないため、低い効率に収まったと考えられる。

玉城町においては、熟練した電話受付オペレータがいることが、高い運行効率を維持する要因となっている。運行を開始してから、同じオペレータが予約代行作業を行い続けている。北本市では、運行事業者が毎年変わっており、予約におけるノウハウが蓄積されていないと考えられる。オペレータの作業内容である予約の受付手順について、次節で分析する。

5.1.2 予約の受付手順について

東大オンデマンドバスは、運行計画を自動作成するシステムである。利用者は、システムに出発バス停番号、到着バス停番号、利用者人数、希望出発時刻または希望到着時刻を入力する。システムは、予約に対して受け付けられる予約候補を幾つか提示する。図 5-1 は柏市でのオンデマンドバス予約受付画面を示している。画面下部でバス停と時刻を指定している。画面上部に、予約候補が 2 つ表示されている。一番上には、希望時刻にもっとも近い時間の予約を、2 つ目に次に近い時間の予約を提示している。

図 5-1 予約受付画面

8つの自治体において、高齢者の利用が多いこともあり、予約入力を代行するオペレーターセンターを設定している。予約情報を直接システムに利用者が登録するのではなく、オペレーターが予約を電話で受け付け、システムに入力している。玉城町では、オペレーターが予約を受け付けた際、予約候補の中から効率的に乗合を生じさせやすいものを選択するノウハウを蓄積している。利用者と相談し、運行効率のよい予約提案を選択している。利用者は希望時刻よりも乗合を高め効率を良くすることに協力的である。よって、北本市とは違い効率的な運行が可能になっている。

今までのシステムでは、希望予約時刻にもっとも近い予約をオペレーターが選択してきた。しかし、希望時刻に沿って運行すると、運行効率が悪くなることが考えられる。提案する予約候補を“運行効率を重視する予約”、“多くの予約を受け付けるための予約”、“希望時

刻と重視した予約”など、重視する指標に沿って提案できれば、自治体ごとに運行を改善できると考えられる。

5.2 運行効率の改善手法の提案

前節において、運行効率の課題の分析を行った。運行効率の改善手法を提案する。はじめに、本手法により解決できる課題の範囲を説明し、手法、仮想都市における検証、考察を行う。

5.2.1 対象とする課題

東大のオンデマンドバスシステムは、30以上の自治体で実証実験を1つの経路計算アルゴリズムで対応してきた。1つのサーバーでシステムのサービスを一括管理してきた。

地域ごとに、運行に求めるニーズは異なる。ニーズの違いを図5-2に示す。例えば、都会での実験においては、車両台数を多くして利用者の希望時刻に近い運行が求められる。逆に需要が少ない中山間地区では、需要が少なく、需要発生地点が点在しているため、希望時刻を守ることよりも乗合を生じさせながら、少ない移動距離で多くの需要を満たすことが求められる。

都心部におけるデマンドバス



- ・運行地域
 - －都心部で、多くの利用が見込まれる
- ・市民からの要望
 - －希望の時刻に沿った運行

中山間地域におけるデマンドバス



- ・運行地域
 - －農村部で過疎地域のため、利用が少ない
- ・市民からの要望
 - －ほかの利用者と共に乗車したい

図 5-2 地域ごとのニーズの違い

地域ごとのニーズに適応した運行のために、各計算アルゴリズムにおける工夫が求められている。そこで、自治体の要望を3つの観点から整理する。1つ目に“予約時刻重視”である。利用者が希望した乗降時刻に最も近く運行すること重視する観点である。2つ目に、“運行効率重視”である。乗合を生じさせながら短い移動距離で多くの人の需要を満たし、燃料費の削減を重視する観点である。3つ目に“受付予約数重視”である。1日に受け付ける利用者数を多くし、運賃収入を重視する観点である。この3つのニーズに応える運行を行う仕組みを開発する。

5.2.2 手法

運営主体に適したシステムに調整するため、オンデマンドバスアルゴリズムの評価関数とパラメータの設計を行う。

現状の経路生成アルゴリズムを図 5-3 に、詳細については、坪内の論文を付録 A.2 に引用した。予約を受け付けてから、確定するまでの流れを示す。はじめに、予約の希望時刻を受け付ける。システムでは、出発時刻または到着時刻を選択できるが、図内では説明を容易にするため、到着時刻を指定した場合を示している。この事例では、9 時 00 分に希望到着時刻を設定したとすると、前後 20 分間の範囲を 1 分間隔で経路を探索する。設定した時刻にたいして、スケジューリングアルゴリズムにより、運行可能経路を探索する。その他の予約があり時間どおりに運行できない場合、予約を却下する。例では、9 時 00 分と 9 時 05 分が運行可能経路となり、候補に残った。システムでは、受付可能な予約候補を複数提案してきた。提案する順序は、希望時刻にもっとも近い予約から表示していた。よって、予約の候補の順番はこの事例において 9 時 00 分、9 時 05 分の順番であった。

本手法ではこの予約候補の順番を、自治体のニーズに沿った運行経路を作成するために、運行可能経路それぞれをニーズに沿って設計された評価関数により点数化し、提案順序を作成する。

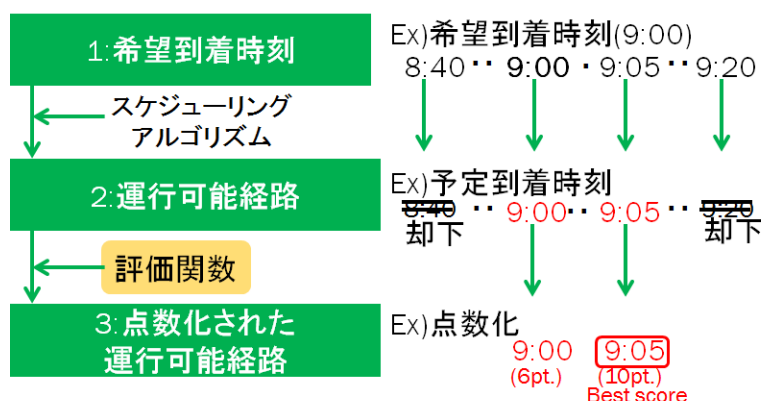


図 5-3 経路生成アルゴリズム

評価関数 P は以下の式から成り立つ。

$$P = \{\alpha * x + (1 - \alpha) * y\} + \{\beta * x + (1 - \beta) * z\} + \{\gamma * y + (1 - \gamma) * z\}$$

各値について詳細を示す。はじめに x は、予約時刻重視を示す値である。予約希望時刻と予約成立時刻との差を挿入した予約の 2 地点間の直接移動距離で割った値を 1 から引いた値である。 x の値の範囲は 0 から 1 を取る。値が 1 に近づくほど、希望時刻を守った運行になる。

$$x = 1 - \frac{|Gap\ of\ reserve\ and\ actual\ ride\ time|}{Direct\ ride\ time}$$

次に y は、運行効率を重視する指標である。予約を挿入した後の総移動時間から予約を挿入する前の総移動時間を引いた値を挿入した予約の2地点間の直接移動距離で割った値を1から引いた値である。値は0から1の値をとり、1に近づくほど運行効率を重視する経路になる。

$$y = 1 - \frac{\text{Run Time after reservation} - \text{Run Time before reservation}}{\text{Direct Ride Time}}$$

3つ目に、 z は受付予約数を重視する指標である。予約挿入後のゆとり時間の総和を運行経路全体のゆとり時間の総和で割った値である。値は0から1の値をとり、1に値が近いほど受付予約数を重視することになる。

$$z = \frac{\text{rest of slack time}}{\text{total amount of slack time}}$$

ゆとり時間の消費についての詳細を図5-4に示した。横軸は時間を示している。はじめに1つ目の予約①を受け付ける。次に予約②を受付けた際に、予約①の実際にバス停に到着する時刻が遅れることになる。その遅れた分はゆとり時間の範囲内で行われる。遅れた分がゆとり時間の消費量である。

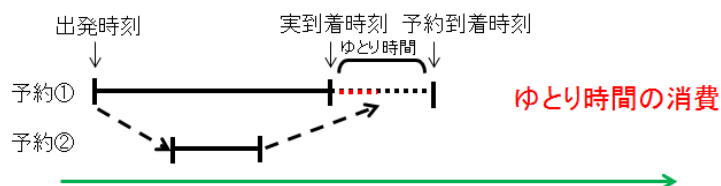


図 5-4 ゆとり時間の消費

評価関数 P では、3つの指標をパラメータ α 、 β 、 γ によって重み付けを行った値になっている。 P は0から3の値をとる。評価関数 P の値によって、予約候補の順序を決定する。図5-5に評価指標とパラメータの関係を示した

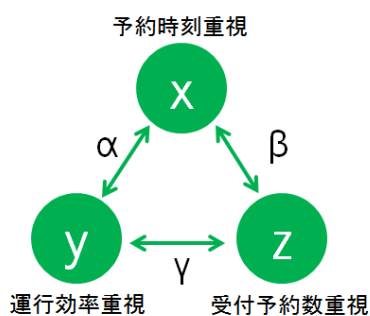


図 5-5 評価指標とパラメータの関係

5.3 理論実験

予約候補の選択を、評価関数によって決定した場合に、目的関数の設計に沿った運行計画になるかを検証する。

（実験条件）

実験では、仮想都市をシミュレータ上に構築して行った。1分間隔ごとにバス停を設置し、縦横20地点、合計400地点のバス停を持つ格子状の仮想都市で実験を行った。車両は9人乗り車両7台を利用した。100件の予約をランダムに作成し、需要パターンとした。予約情報には、乗降車バス停、利用者人数、希望時刻を持つ。予約の成立条件として、希望予約時刻の前後20分以内に予約が成立した時に、予約成立と定義した。ランダムに作成した予約のデータの例を図5-6に示す。

乗車バス停	降車バス停	利用者人数	希望時刻	α	β	γ
104	102	1	10:40	0.5	0.5	0.5

図 5-6 予約データ

需要パターンごとに、シミュレーションを行い、実験結果を得た。1つの需要パターンに対する出力結果を図5-7に示す。結果には、実験特異番号（CaseID）、予約成立率、総意移動時間、希望時間と予約成立時間の差の平均、オンデマンドバス効率をまとめた。オンデマンドバス効率とは、1人以上の乗客が乗っている場合の移動時間の総和を、予約ごとの移動時間に乗車人数を掛けた総和で割った値であり、運行効率を示す指標として利用している。

CaseID	予約成立率	ODB効率	総移動時間(分)	希望時刻と予約成立時刻の差の平均(分)
20110830	0.85	0.6	1223	7.2

図 5-7 出力結果

5.3.1 結果

各パラメータの値を変えながら、運行計画に与える影響を評価する。はじめにパラメー

タの α が運行計画に与える影響を検証する。図 5-8 は、横軸に α の値を0.2ずつ増加させており、左縦軸に希望時刻と予約成立時刻の差の平均を、右縦軸にオンデマンドバス効率を示している。 α の値が大きくなるほど、予約時刻を重視し、運行効率を重視しないような設計になっている。

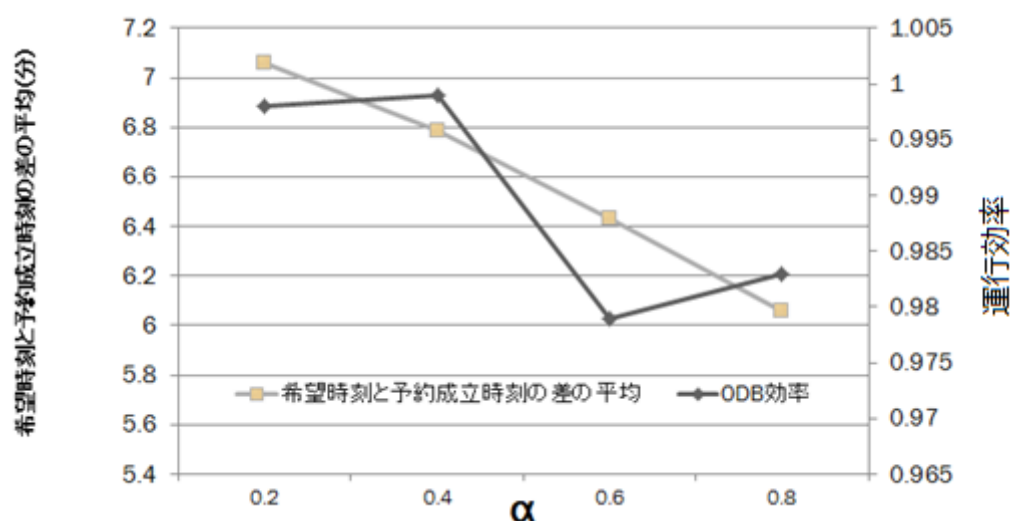
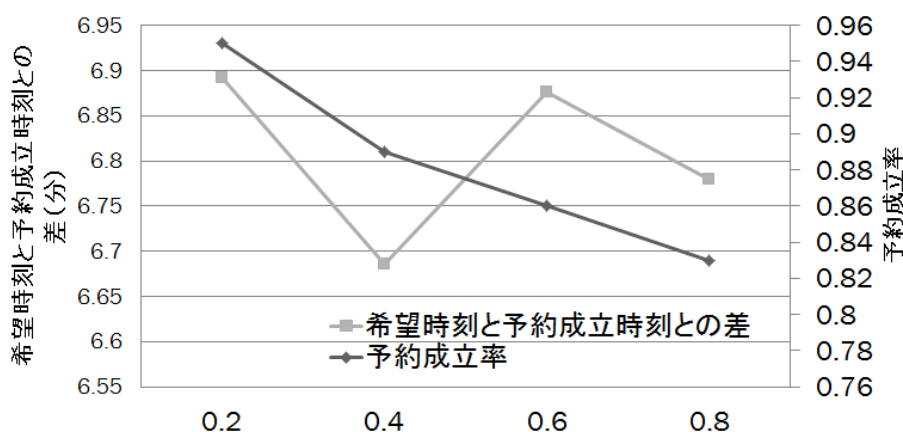


図 5-8 α と運行効率、希望時刻と予約成立時刻の差の平均の関係

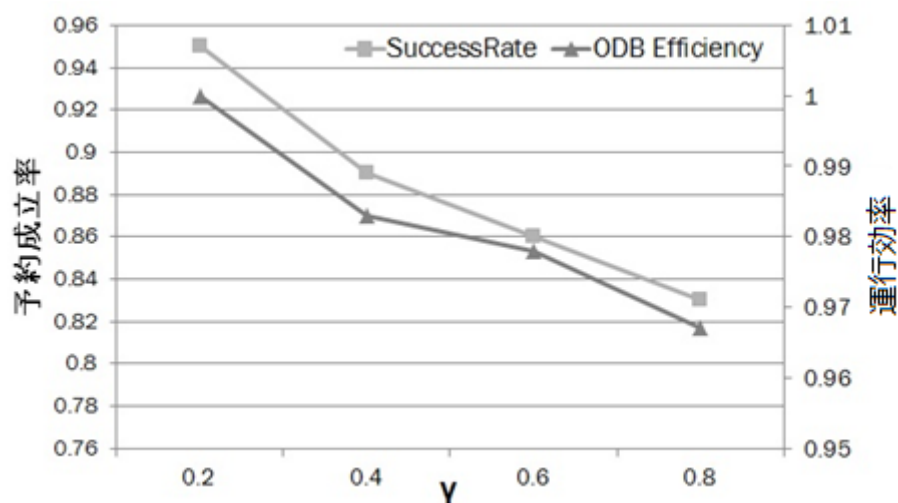
結果から、 α の値が増加すると、希望時刻との差の平均は減少し、運行効率が上昇することがわかる。 α の値が小さい時には運行効率を重視するように設計したが、値を大きくすることで改善されていることがわかった。

次に設計したパラメータ β の値が運行計画に与える影響を検証する。 β の値は、小さければ予約時刻を重視し、1に近づけば受付予約数を重視するように設計されている。図 5-9 に、 β を0.2ずつ増加させた結果を示す。左縦軸に希望時刻と予約時刻との差の平均を、右縦軸に、予約成立率を示した。

図 5-9 β と希望時刻と予約成立時刻との差の平均と予約成立率の関係

実験結果から、 β の値が増加すると、希望時刻との差が現状していることがわかる。また、 β の値が 0 に近づくと予約成立率が上昇していることがわかる。0.4 の時に大きく予約成立率が下がっているが、予約を受け付ける順序によっては予約成立率が下がるのが想定される。今後、モンテカルロ法により多数のシミュレーションを行った上で、値を評価する必要がある。

次にパラメータ γ が運行計画に与える影響を検証する。 γ の値は、0 に近づくと受付予約数を重視し、1 に近づくと運行効率を重視するように設計されている。 γ の値を 0.2 ずつ増加させ、予約成立率とオンデマンドバス効率の値の推移を検証する。左縦軸に予約成立率を、右縦軸にオンデマンドバス効率を示したのが図 5-10 である。

図 5-10 γ と予約成立率と運行効率の関係

実験結果から、 γ の値が 0 に近づくと予約成立率が上昇し、1 に近づくとオンデマンドバス効率が上昇していることが読みとれる。 γ は設計通りの影響を運行計画に及ぼすことが

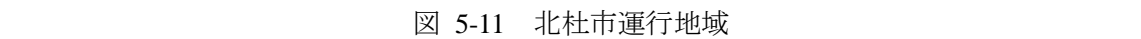
わかった。

5.3.2 まとめ

運営主体に適したシステムに調整するため、オンデマンドバスアルゴリズムの評価関数とパラメータの設計を行った。仮想都市における実験において、パラメータの値を変化させて運行計画に与える影響を評価した。結果、設計通りの影響をパラメータにより与えることが確認できた。

但由於缺乏經驗，在進行「三民主義」宣傳時，不免有「三民主義」與「三民主義」之別。

5.4.1 対象地域



北杜市の運行を改善することを目的に、パラメータの値を変えて運行計画に与える影響

(設定条件)

運行計画に与える影響を調査した。

(実験結果)

予約時刻重視の指標と運行効率重視の指標の重み係数の α の値を変化させた実験結果を示す。 β と γ の値は0.5に固定し、 α を0.05ずつ変化させた。運行効率を縦軸に、横軸に α の値をとった。結果を図5-12に示す。

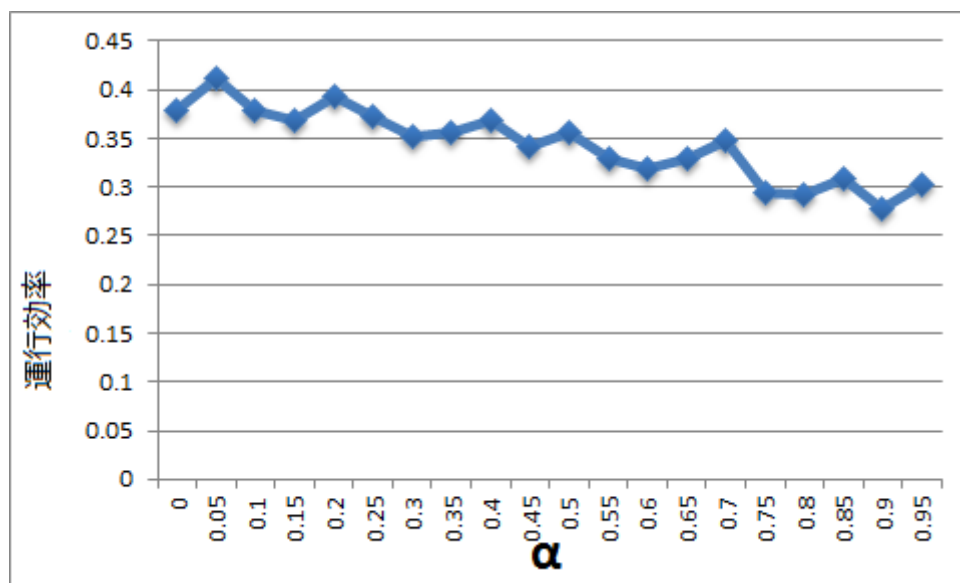


図 5-12 α と運行効率の関係

図5-12から、 α が増加すると運行効率の値が減少していくことがわかる。それぞれの試行において、131件の予約をすべて受け付けていた。よって、運行効率を改善することで、運行距離を削減でき、運行事業者の経費削減につながる。本ケーススタディでは α の値だけによって、運行効率は約5%改善できた。

次に運行効率重視の指標と受付予約数重視の指標の重み係数である γ の値を変化させた時の結果を示す。 γ の値が0に近ければ運行効率を重視し、1に近づければ受付予約数を重視する。 γ が運行計画に与える影響を把握するため、 α と β の値を0.5に固定して実験を行った。図5-13に結果を示す。

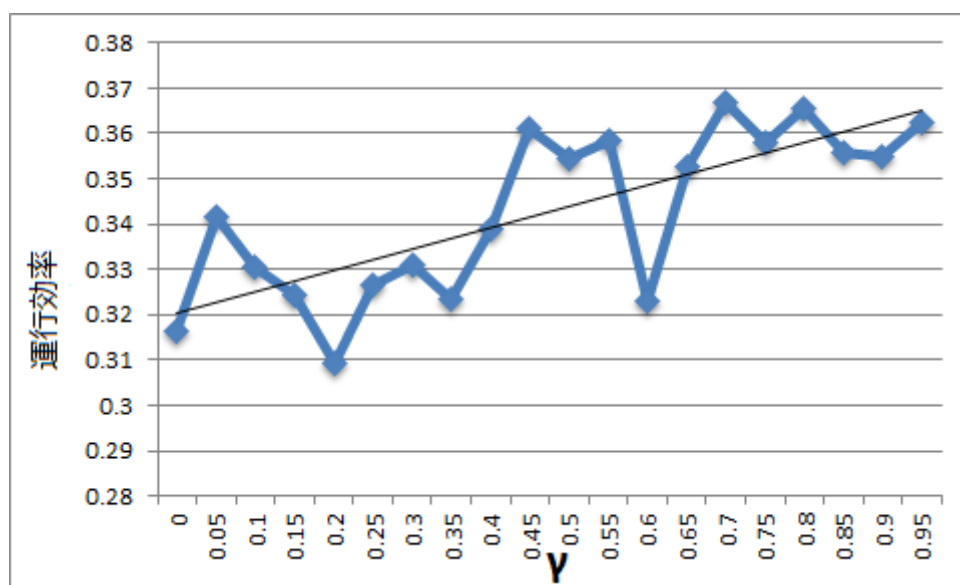
図 5-13 γ と運行効率の関係

図 5-13 では、横軸に γ の値を、縦軸に運行効率の値を示した。黒線で、線形近似曲線を示している。結果から、 γ の値が 0 に近いほど運行効率が良い傾向が読み取れる。運行効率にばらつきが見られるのは、運行を受け付ける順番が変わることで効率が良くなったことが考えられる。 γ の値による運行効率は約 5% 改善できることがわかる。 α と γ は同程度、運行計画に影響を及ぼすことがわかる。

α と γ の値を調整し、運行効率を更に改善する。運行効率の指標 y を、最も重視するには、 α を 1 に、 γ を 0 に近づけることになる。 β を 0.5 に固定し、 α を 0 から 1 へ、 γ を 1 から 0 へ 0.05 間隔で変化させた時の運行効率の推移を図 5-14 に示す。

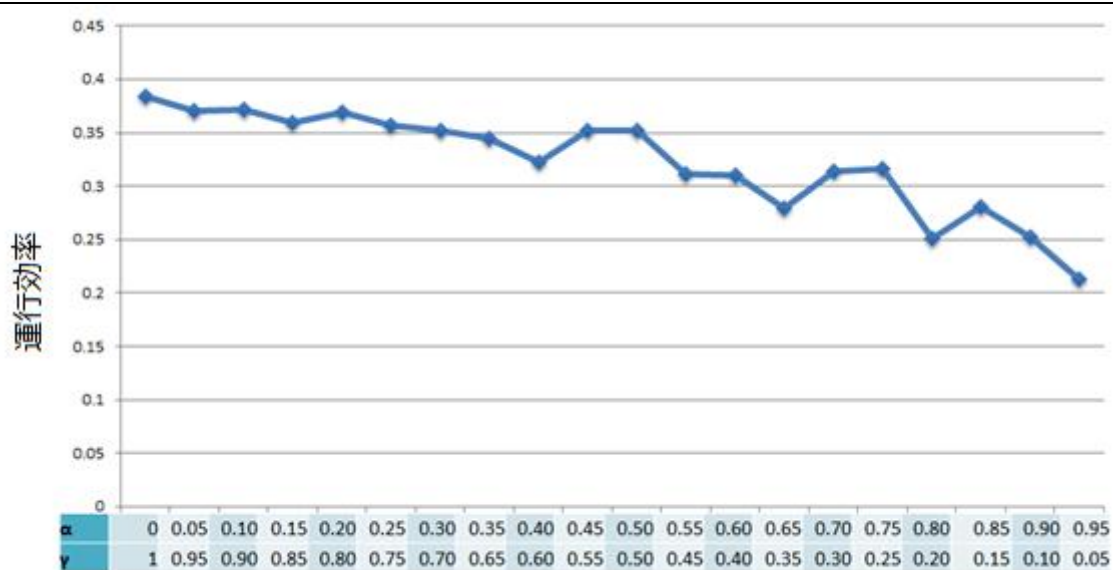
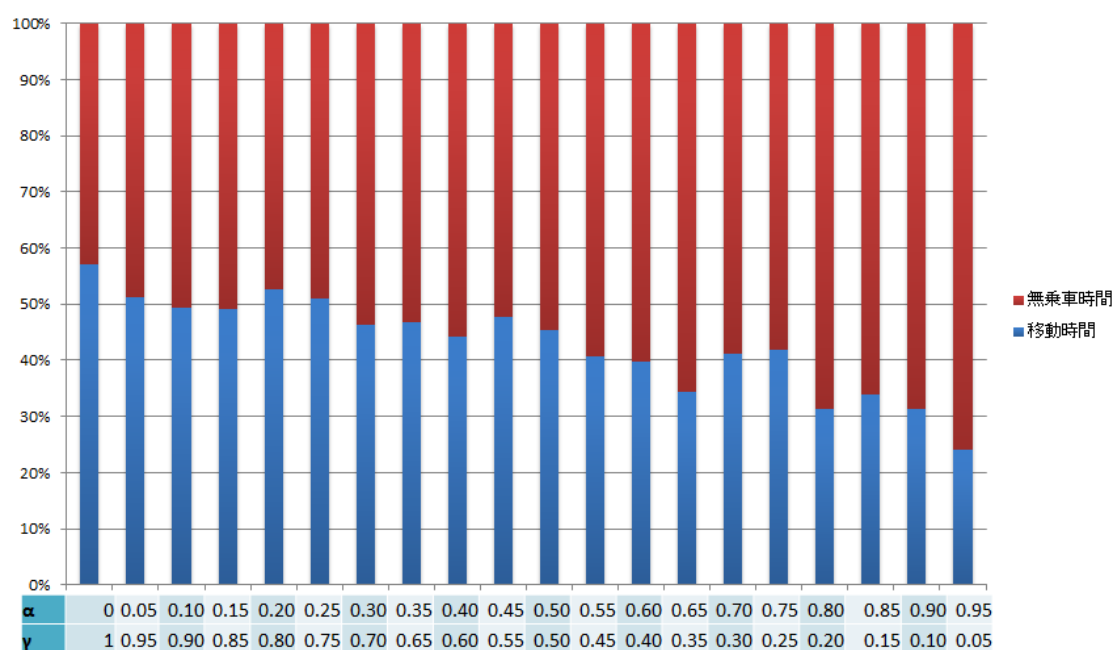
図 5-14 α 、 γ と運行効率の関係

図 5-14 から、運行効率をもっとも重視しないパラメータ設定、 $(\alpha, \gamma) = (0, 1)$ のにおいて、運行効率の値は 0.38、運行効率をもっとも重視したパラメータ設定 $(\alpha, \gamma) = (0.95, 0.05)$ において運行効率は 0.21 となり、約 0.17 改善することができた。

運行効率によって、オンデマンドバスが利用者を運行している時間と利用者がいない時間の割合を図 5-15 に示した。利用者が乗車していない時間を赤線で、利用者が乗車している時間を青線で示した。運行効率が改善するとともに、移動時間の割合が減少していることから、効率の良い運行を行うことで空き時間が増加するため、多くの予約を受け付けることが可能になるとともに、運行時間の短縮による燃費削減の効果も期待できる。


図 5-15 α 、 γ と移動時間の関係

5.4.2.1 まとめ

北杜市のオンデマンドバスを対象に、運行方法の改善案を検討した。運行エリアを分別して運行する場合、受け付け可能な乗客数は減少するが、利用者の希望時刻に沿ったサービスレベルの高い運行が可能になることがわかった。運行効率の改善を目的にパラメータを調整する実験において、運行効率が約 0.17 改善することができた。

第6章 考察

目次

6.1 運行実績の評価と地域特性の分析	187
6.1.1 運行効率と1台の車両あたりの運行面積の関係	190
6.1.2 運行効率と運行エリア面積の関係	190
6.1.3 運行効率と1時間あたりの利用者数と運行効率の関係	191
6.1.4 まとめ	192
6.2 基準収支率達成のために必要な利用者数の分析	193
6.3 既存手法との提案手法の比較	194
6.3.1 時系列の利用動向の把握	194
6.3.2 潜在需要の把握	194

6.1 運行実績の評価と地域特性の分析

8自治体で行われているオンデマンドバスの実証実験の評価結果と8自治体の地域の特徴から、オンデマンドバスの運行実績と運行地域の特徴の関係性を分析する。

まず、採算性、普及率、運行形態の指標からなる運行計画の評価結果と、運行エリアの面積、車両当たりの運行面積、人口密度、高齢化率からなる地域特性、そしてそれぞれの自治体にむけて提案した改善案と運行地域の地図をまとめて表 6-1、表 6-2 に示す。この表をもとに、運行実績と運行地域の特徴の関係性を調査する。

表 6-1 運行実績と地域特性の関係①



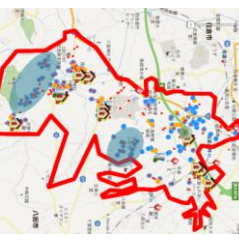
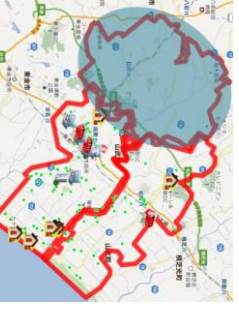
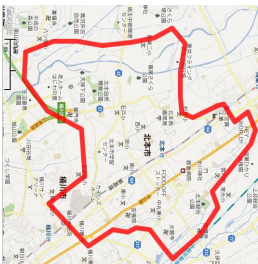
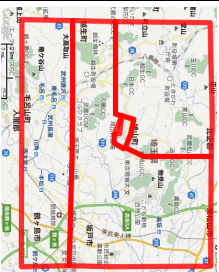
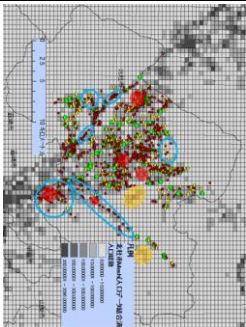
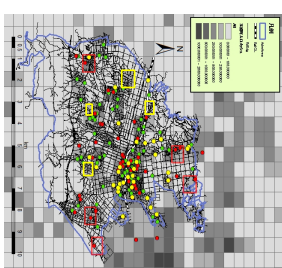
		阿見町	かすみぐら市	佐倉市	山武市
1.採算性	収支率	44	4	2	12
2.普及率	フェーズ把握	安定期	拡大期	安定期	安定期
	利用者普及率	35	10	22	29
	利用者定着率	47	32	29	38
3.運行形態	効率性	0.99	0.98	0.99	0.85
	時間あたりの利用者数(人)	2.4	0.6	0.2	1.3
地域特性	面積(km ²)	98	247.42	103	264.69
	車両あたりの面積(台/km ²)	49.0	82.5	34.3	44.1
	人口密度(人/km ²)	672	276	1660	378
	高齢化率(%)	21.5	21.2	22.3	25.0
	評価結果	<ul style="list-style-type: none"> 採算性、普及率は問題なし 運行効率性の低さが課題 	<ul style="list-style-type: none"> 採算性に課題あり 利用者普及率が低いことが課題 1時間あたりの利用者が少ない(0.6人) →利用者の少なさが運行効率性の低さに影響 	<ul style="list-style-type: none"> 採算性に課題あり 利用者普及率、利用者定着率ともに低い 時間あたりの利用者が少ない(0.2人) →利用者の少なさが運行効率性の低さに影響 	<ul style="list-style-type: none"> 採算性に課題あり 普及率に改善の余地あり 時間あたりの利用者が少ない(1.3人) →運行効率は高い値
	改善案	<ul style="list-style-type: none"> 運行効率性を高めるために、運行候補を重視するパラメータに設定 	<ul style="list-style-type: none"> 利用促進策 →登録未利用者が特に多い地区を特定し、 施策対象者を限定 →主要目的地の特定、提案 →運行形態の見直し →車両の削減 →運行時間の短縮(6～8時、18～19時) 	<ul style="list-style-type: none"> 利用促進策 →登録未利用者が特に多い地区を特定し、 施策対象者を限定 →主要目的地の特定、提案 →運行形態の見直し →車両の削減 →運行時間の短縮(16～17時) 	<ul style="list-style-type: none"> 利用促進策 →登録未利用者が多い地区を特定し、 施策対象者を限定 →運行形態の見直し →運行時間の短縮(8時、17時)
	運行地域				

表 6-2 運行実績と地域特性の関係②

		北本市		鳩山町		北杜市		玉城町	
1:採算性	収支率		29		35		14		43
2:普及率	フェーズ把握		安定期		拡大期		安定期		安定期
	利用者普及率		29		34		24		50
	利用者定着率		35		45		38		47
3:運行形態	効率性		0.85		0.7		0.99		0.65
	時間あたりの利用者数(人)		1.9		2.3		0.9		3.0
地域特性	面積(km ²)		30.68		42.56		501.6		45.6
	車面あたりの面積(台/km ²)		10.2		14.2		62.7		15.2
	人口密度(人/km ²)		3460		587		77.7		373
	高齢化率(%)		22.4		23.5		28.5		21.1
	評価結果		・採算性、普及率は良好 ・時間あたりの利用者数も充分 ・運行効率の低さが課題	・採算性、普及率、効率性ともに良好 ・車両充足度に課題 →利用者が増加した場合に、対応できない可能性がある	・採算性に課題あり ・利用者普及率が低い(24%) ・時間あたりの利用者が少ない →運行効率の悪化	・新規利用者の発見 →潜在需要があるバス停の特定 →GISから人口密度が高く、バス停がない地域の特定			
改善案		・運行効率を高めるために、運行候補を重視するパラメータに設定	・車両追加の検討 →車両充足度が30%を超える12時と14時に合わせて車両追加の必要性がある						
運行地域									

6.1.1 運行効率と1台の車両あたりの運行面積の関係

図 6-1 に運行効率と車両あたりの運行面積の関係をプロットした図を示す。横軸に運行効率の値を、縦軸に1台あたりの運行面積を示した。運行面積が 20km^2 を下回る自治体だけが、運行効率で 0.70 以下の高効率を達成できた。このことから、1台あたりの運行面積が小さければ、運行効率が上昇するとは限らない。

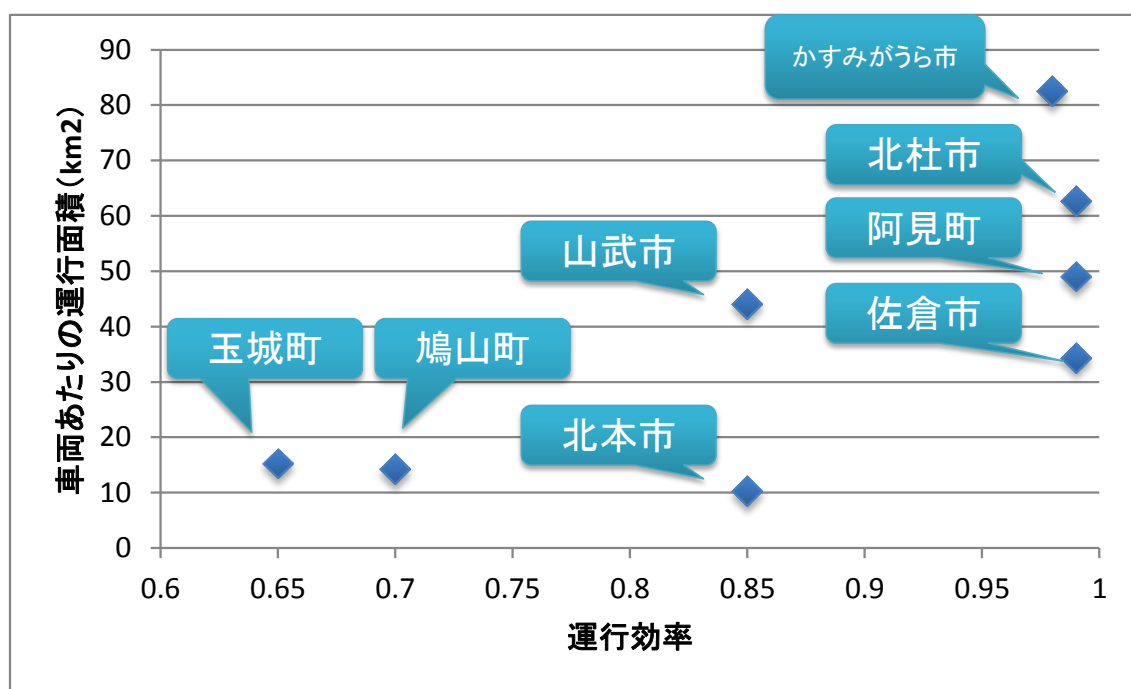


図 6-1 運行効率と車両あたりの運行面積の関係

6.1.2 運行効率と運行エリア面積の関係

運行効率と運行エリアの面積の関係を図 6-2 に示す。横軸は運行効率を、縦軸に運行エリア面積を示している。

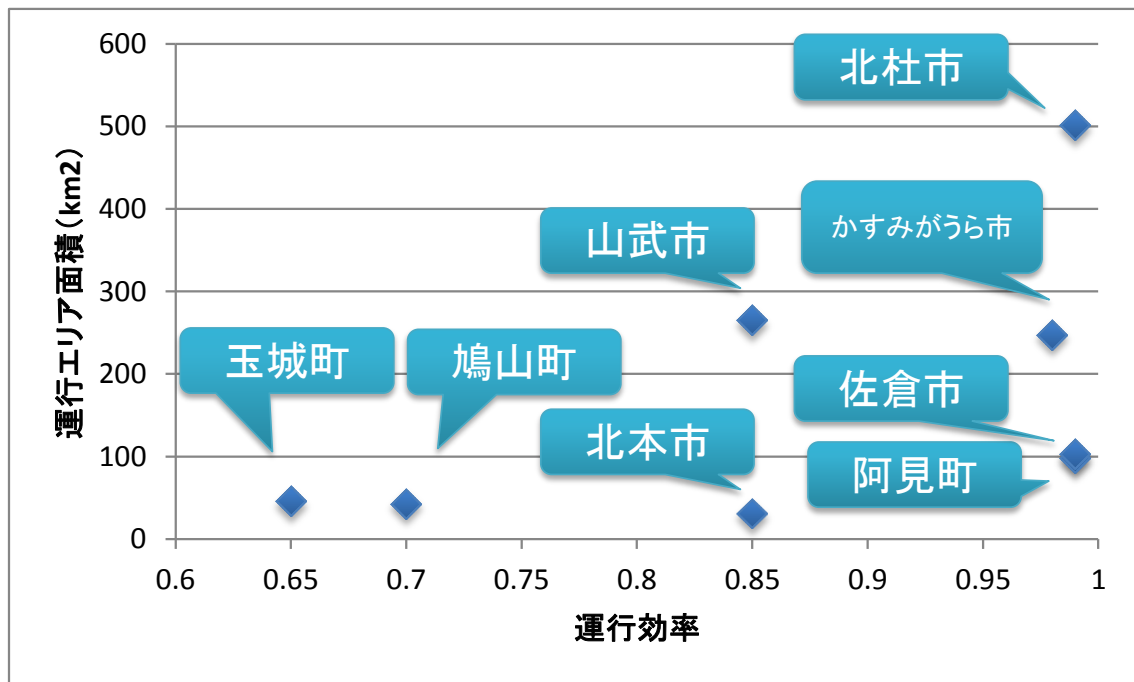


図 6-2 運行効率と運行エリア面積の関係

図 6-2 から運行面積が広い地域で 0.7 以下の高い運行効率を示した自治体は存在しないことがわかる。また、運行効率と 1 台あたりの運行面積が示した結果と似た結果を示している。すなわち、運行面積が 100km^2 を下回る自治体でしか、運行効率において 0.70 を上回る効率的な運行は行われていない。高い効率を達成するには、運行エリアは狭い方が有利であると考えられる。

6.1.3 運行効率と 1 時間あたりの利用者数と運行効率の関係

運行効率を上げるには、一定数の利用者数が必要であることを示す。運行効率と 1 台 1 時間あたりの利用者数の関係を図 6-3 に示した。

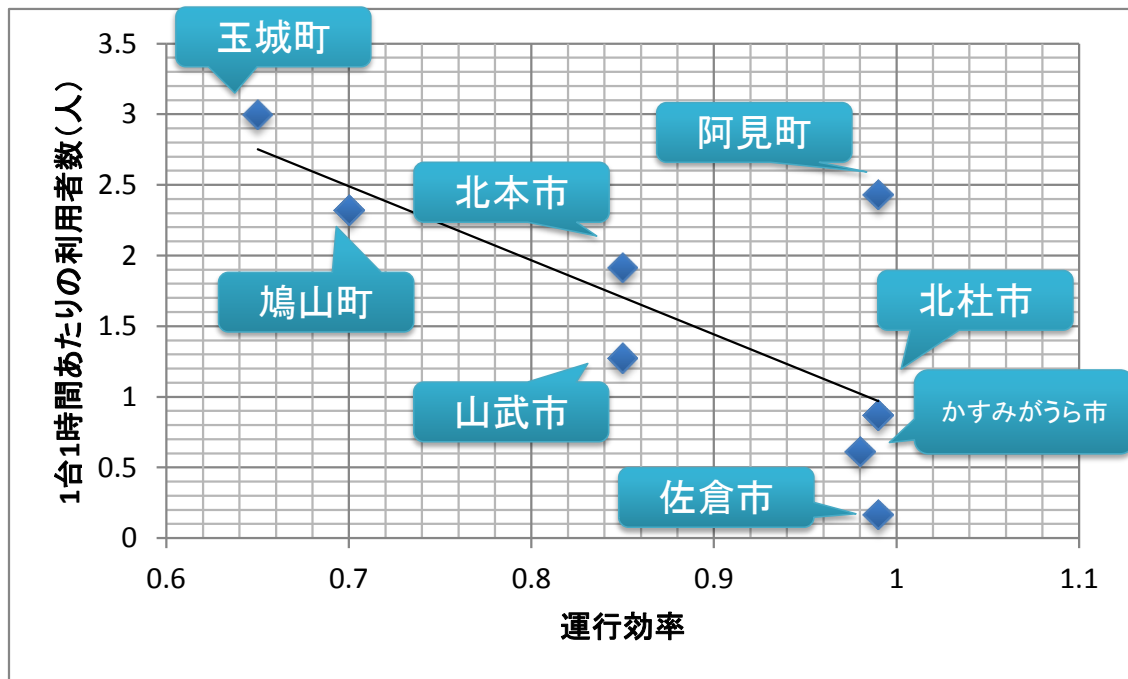


図 6-3 運行効率と1台1時間あたりの利用者数の関係

グラフから、0.70を上回る運行効率を達成している自治体は、時間あたりの利用者が2人以上いることがわかる。また、時間あたりの利用者数が1人を下回っている自治体は、運行効率が0.98を下回っている。このことから、1時間あたりに、ある程度の利用者がいないと、運行効率は高くないことがわかる。

6.1.4 まとめ

運行実績の評価と地域特性の分析から、以下のことが明らかになった。

- ・ 運行効率が 0.80 を超える自治体は運行エリアが 100km^2 以下、車両あたりの運行面積が 20km^2 以下である
- ・ 車両あたりの1時間の利用者数が1人を下回る時、運行効率は1に近くなる
- ・ 0.7を超える運行効率の自治体では、車両あたりの1時間の利用者数が2人を超えている

6.2 基準収支率達成のために必要な利用者数の分析

運行実績の評価において、採算性の評価を行った。公共交通において利用者からの運賃のみで収支を合わせることは困難である。地方都市や中山間地域の路線バスの大半は、7割補助で運行されている。収支率の改善を目的に、一定数以上の利用がない場合に運行をとりやめるトリガー方式などを導入して、市民に利用を求める自治体などもある。一方、オンデマンドバスの運行において、持続可能な運行にするためにはある一定以上の利用者数が必要である。赤字補填率を75%、すなわち収支率25%を達成する時、必要となる1時間1車両あたりの利用者人数を求める。

システム料金や車載器代金は、車両台数、月間の運行日数、運行時間に影響される。よって、本研究で取り扱った自治体の平均に近い車両台数、運行日数、運行時間を設定する。表6-3に設定と必要人数の結果をまとめる。

表 6-3 収支率と必要乗車人数の関係

	項目	
支出	運行時間(時間)	10
	運行日数(月)	25
	車両数	3
	システム費用(月)	63000
	車載器(1月1台あたり)	20000
	運行委託費(1台1時間あたり)	2100
	1台1時間当たりの費用	
	システム費用	84
	車載器	26.7
	運行委託費	2100
	小計(円)	2210.7
	利用者負担金額(25%設定)(円)	552.7
	必要人数(運賃一律300円設定)	1.8
	必要人数(利用者負担率100%)	7.4

車両台数3台、1日10時間運行、月間25日運行と仮定する。1台1時間あたり、システム費用は84円、車載器が26.7円、運行委託費が2100円、よって小計2210.7円となる。75%赤字補填とすると、利用者の負担金額は1時間あたり552.7円となる。運賃を300円とすると、1時間あたり1.8人となる。また、利用者負担率を100%とすると、時間あたり7.4人が必要となる。

自治体ごとに、2011年9月の時間あたり車両1台の利用者数をまとめた結果を表6-4に示す。

表 6-4 時間帯別利用者数（1 台あたり）

時間あたり利用者数	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	平均
阿見町			2.0	3.0	3.2	3.4	1.6	1.3	3.0	2.1	2.3				2.4
かすみがうら市	0.00	0.00	0.15	0.56	0.70	1.70	0.15	1.41	0.93	0.93	1.52	0.41	0.11	0.00	0.6
佐倉市			0.33	0.27	0.18	0.12	0.27	0.20	0.15	0.07	0.03	0.03			0.2
山武市			0.98	1.83	1.58	1.50	1.34	1.46	1.33	1.26	0.91	0.56			1.3
北本市			1.8	2.9	1.8	2.1	1.0	1.9	2.0	2.1	2.5	1.2			1.9
鳩山町		1.0	1.5	2.3	3.4	2.6	3.6	2.2	2.5	2.2	2.0				2.3
北杜市			0.40	1.13	0.97	0.99	0.56	0.85	0.90	1.76	0.27				0.9
玉城町				5.4	4.4	3.7	2.2	1.8	2.0	3.1	1.3				3.0

1 時間あたり 2 名以上の利用者がいた自治体は、阿見町、北本市、鳩山町、玉城町となっている。75%の赤字補填率を達成するには、かすみがうら市で約 3 倍、佐倉市で約 10 倍、山武市で約 1.5 倍、北杜市で約 2 倍の利用が必要となる。

分析から、公共交通としてオンデマンドバスを運行する際、75%の赤字補填率を目標に運行を行う場合、1 台 1 時間あたり約 2 人の利用者が必要であることがわかった。

6.3 既存手法との提案手法の比較

本研究で提案した運行実績の評価手法と既存手法の比較を行う。

6.3.1 時系列の利用動向の把握

市民のオンデマンドバスの利用動向を把握する際、既存のアンケート手法では、印刷、配布、集計までに時間がかかり、膨大な費用が掛かることから、定期的な観測が困難であった。また、利用動向に変化がある人から回答を得たい場合でも、対象者がわからないため、多くの無駄なアンケートを手当たり次第に配布せざるを得なかった。

利用ログを用いた本提案手法では、データがリアルタイムで得られるとともに、分析に費用がかからないため、時系列の人の行動の変化を把握できるようになった。これにより、オンデマンドバスの利用動向に変化がある人を特定でき、行動の変化の理由の把握が容易になった。

6.3.2 潜在需要の把握

既存の利用ログの分析方法では、時間帯ごとの利用者数の把握、バス停の利用頻度の把握、各トリップの地図上へのプロットが主に行われていた。

本研究では、バス停の位置情報と GIS のメッシュに人口密度を関連づけて分析したことで、人口密度が高いが需要が発生していない地域を特定できた。この地域の市民は潜在的な需要となると考えられる。また、人口密度が高いが近くにバス停がない地域を特定でき、バス停の設置による需要喚起の可能性を示した。

第7章 結論

目次

7.1 総括	196
7.2 結論	196
7.3 今後の課題	196

7.1 総括

本研究ではオンデマンドバスの実証実験における運行計画見直しのために、地域特性を考慮した運行実績の評価を行った。

具体的には、アンケートで行われてきた運行実績の評価を、オンデマンドバスの利用ログを用いて行った。利用ログを用いた分析は、日毎または時間帯ごとの利用者数、年齢別利用登録者数の把握のためだけに利用されていた。本研究では、オンデマンドバスのユニークユーザー、車両あたりの利用者数、利用目的、運行効率、利用者の乗車頻度、バス停の利用頻度、運行収支を利用ログから把握する方法を示した。これらの分析項目を“採算性”“普及率”“運行形態”の観点から整理し、運行実績の評価方法を作成した。“採算性”の評価では、システム利用費、運行委託費などの支出と利用による運賃収入から赤字補填率を求めた。“普及率”の評価では、利用者人数からオンデマンドバスの導入フェーズを把握し、利用登録者のなかにおけるオンデマンドバスの普及率と利用の定着率を求めた。“運行形態”の評価では、1台あたり1時間の利用者数を分析し、需要に対して車両が充分にあるかを求めた。また、乗り合わせによるオンデマンドバスの効率性を移動距離から分析した。

東大オンデマンドバスシステムを活用している8自治体の運行実績の評価を行い、運行計画における課題を分析し改善策を提案した。利用ログを地図情報やGISと連携し、各バス停の利用頻度を把握すると共に人口密度などの空間情報を考慮した結果、潜在的な需要を特定することができた。運行実績の評価を通して課題となった運行効率の改善手法を提案した。具体的には、運行経路生成アルゴリズムに評価関数を設定し、希望予約時刻に近い予約候補ではなく、運行効率が高くなる予約候補を優先する設計を行った。有効性を検証するために、シミュレーションを行い、ケーススタディとして山梨県北杜市で実験を行った。

7.2 結論

オンデマンドバスの利用ログを用いることで、既存のアンケート調査や利用ログの分析にはない詳細な運行実績の評価を可能にし、オンデマンドバスの導入における運行計画の改善に必要な知見を得るとともに地図情報やGISと連携した分析から、効果的な改善策を提案することが可能になった。

7.3 今後の課題

今後の課題について示す。

●改善案の有効性の検証

本研究で提案した改善案を自治体に提案し、可能であれば検証を行う。

●基準値の構築

運行実績の評価を多くの自治体において実施し、収支率、利用普及率、利用定着率、車

両充足度などの基準値を構築する。

謝辞

三年間本当に多くの方々からのご指導・ご支援を受け研究を進めていくことができました。ここに感謝の意を述べさせていただきます。

東京大学大学院新領域創成科学研究科人間環境学専攻 教授 大和裕幸先生には大学院生としての心構えから、研究の進め方など多くをご指導いただきました。何事にも本質に迫る鋭い思考を、輪講や講義を通して間近に体験し、研究者のあるべき姿、一般教養の重要性を学ばせて頂きました。ここに厚く御礼を申し上げます。

東京大学大学院新領域創成科学研究科人間環境学専攻 准教授 稗方和夫先生には、論文の添削、研究に行き詰まったときなどに的確なアドバイスをいただきました。研究以外にも情報通信の基本や社会人としての基本なども勉強させていただきました。ありがとうございました。

東京大学工学系研究科システム創成学専攻 白山晋先生、増田宏先生には大輪講で多くのアドバイスをいただき、研究に対して新しい視点を持つことができました。ありがとうございました。

東京大学大学院新領域創成科学研究科人間環境学専攻 特任研究員 坪内孝太氏には、オンデマンド交通研究チームの代表として、研究指針に関することを始め、発表の心構えなど非常に多くのことを根気強くご指導くださいました。圧倒的な仕事量を素早く、高い質を担保してこなす姿から多くのことを学びました。研究でも、自治体でのオンデマンドバス導入のプロジェクトでも、自由に好きなことをさせて頂きました。深く御礼申し上げます。

大和研究室秘書の山本和子様には、平成21年度の後半から、オンデマンド交通研究チームに携わっていただきました。日頃の研究に必要な事務手続きから、オンデマンド交通カンファレンスの準備・運営、北杜市への出張手続きでは大変多くのお力をお貸しくできました。深く感謝いたします。

技術専門員の榎本昌一様には、研究室内におけるネットワーク・サーバー関連の管理をしていただきました。外出する機会が多かった私にとって、どこにいても同じような環境で研究を進めることができました。ありがとうございました。

大和研究室秘書の水野淳子様、谷村育子様、上村美江子様には、数多くの煩雑な事務手続きを行っていただきました。また、いつも私たちが汚してしまう研究室内の環境も常に整えてくださり、気持ちよく研究室での生活を送ることができました。本当にいつもありがとうございました。

研究室の博士課程の金載烈様、満行泰河氏は、いつでも研究の相談に真摯にのって下さいました。この論文を書き上げられたのはお二人の力なしにはありえません。また、忙しい研究生活を楽しく乗り切れたのもお二人の人柄のお陰でした。ありがとうございました。

鹿渡俊介氏、長谷川嵩氏、杉浦孝光氏は同じ、オンデマンド交通研究チームのメンバーとして、オンデマンドバスを普及するために互いに助け合い、充実した時間を過ごすことができました。要領よく仕事を進める处世術に長けた後輩に会えたことで、今後の社会人生活に大きく役立つと思います。ありがとうございました。

笈田佳彰氏、于佰鑫氏は研究室の同期として、互いに支え・刺激し合いながら成長していくことができました。同じ悩みを共有できる同期がいることは、とても幸せなことだったと思います。ありがとうございました。

研究室の後輩の木村彰吾氏、曹樺楠氏、孫晶鈺氏、卒業されたミッシェル・トゥミルバ様、角田浩平様、飯坂裕司様、新木仁士様、寺西慶祐様、小泉剛氏には研究室の運営を支えて頂いただけでなく、輪講などでも研究に関しての議論をさせていただきました。皆様のおかげで、有意義な研究室生活を送ることができました。ありがとうございました。

本研究室にご在籍されていた、杉本千佳様、勝呂純一様、松倉洋史様には在籍中に普段の打ち合わせや輪講などで研究についてのご指導や、議論を深めさせていただく機会をいただきました。ありがとうございました。

順風路株式会社の吉富広三社長、神谷聖二様をはじめとする開発チームの皆様には、オンデマンド交通のシステム開発・運営だけでなく、研究に必要なデータも提供くださいました。皆様の仕事を間近で拝見することができ、大変勉強になりました。また、いつも無理難題をお願いしてばかりでしたが、真摯に対応をしてくださいました。心より感謝いたします。

山梨県北杜市役所企画部企画課 大芝正和様、中山晃彦様、堀田真様には北杜市でのオンデマンド交通運行の準備段階から中心になりプロジェクトを進めていただきました。プロジェクトは多くの困難がありましたが、皆様の人柄に何度も救われました。ありがとう

ございました。

イオタデザイン株式会社 下村淳一社長、飯島一裕様には北杜市での実験におけるチラシのデザインやバス停地図を作成して頂きました。厳しいスケジュールに対して、快く受けて頂きました。深く感謝いたします。

山梨大学大学院医学工学総合教育部人間システム工学専攻 准教授 佐々木邦明先生には、山梨県北杜市で 2011 年 2 月と 3 月に実施したモビリティ・マネジメント(MM)実験でご指導をいただきました。北杜市で行った MM 施策、多くの方に参加していただき、利用促進を図ることができました。また、同研究室の修士課程の神谷貴浩様には、様々な場面で実務的な支援をしてくださいました。ありがとうございました。

最後になりましたが、いつも私の応援者であり、私を支えている家族に感謝の意を述べさせていただきます。

参考文献

- [1]. 国土交通省(2005)陸運統計要覧
- [2]. 猪井 博登 (著), 竹内 龍介 (著), 秋山 哲男 (編), 吉田 樹 (編)(2009), 生活支援の地域公共交通, 学芸出版社, pp.10.
- [3]. 交通工学研究会(2005),交通工学ハンドブック,土木学会誌.
- [4]. 土居 靖範(2008), 生活交通再生—住みつつけるための“元気な足”を確保する,自治体研究社, pp. 18-27.
- [5]. 経済産業省(2010) 買い物弱者(買い物難民)応援マニュアル.
- [6]. 杉田 聡(2008), 買物難民—もうひとつの高齢者問題, 大月書店, pp.50~57
- [7]. 国立社会保障・人口問題研究所(2006) 日本の将来推計人口 (平成 18 年 12 月推計)
- [8]. 野田五十樹, 太田正幸, 篠田孝祐, 熊田陽一郎, 中島秀之(2003) デマンドバスはペイするか?, 電子情報通信学会技術研究報告. AI, 人工知能と知識処理, 102, pp. 31-36.
- [9]. K. Tsubouchi, H. Yamato, K. Hiekata(2010) Development and Evaluation of New Interface for Registration of New Bus Stops for the On-Demand Bus System, International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, pp. 188-200.
- [10].国土交通省総合政策局(2009) 地域公共交通に関する新技術・システムの導入促進に関する調査業務 報告書【第1編 デマンド交通】
- [11].柳澤龍, 中山晃彦, 坪内孝太, 大和裕幸(2010) 広域過疎地域におけるオンデマンド交通の効率性の評価, 第9回 ITS シンポジウム 2010.
- [12].大和裕幸, 坪内孝太, 稗方和夫(2008) オンデマンドバスのためのリアルタイムスケジューリングアルゴリズムとシミュレーションによるその評価, 運輸政策研究, 10, pp. 2-10.
- [13].坪内孝太, 大和裕幸, 稗方和夫(2008) オンデマンドバスシステムの実証実験による評価, 運輸政策研究, 10, pp. 11-20.
- [14].坪内孝太, 大和裕幸, 稗方和夫(2010) オンデマンドバスの導入設計シミュレータの開発と評価, 人工知能学会論文誌, Vo.25, No.3.
- [15].坪内孝太(2009)オンデマンドバスシステムの開発と地域への導入設計の研究, 東京大学大学院新領域創成科学研究科人間環境学専攻学位論文,pp.234-263.
- [16]. 中部地域公共交通研究会(2009)成功するコミュニティバス-みんなで創り、守り、育てる地域公共交通,pp102-104.
- [17].労働基準法,第4章 労働時間、休息、休日及び年次有給休暇,第34条(休憩)。
- [18].竹内 伝史, 磯部 友彦, 嶋田 喜昭, 三村 泰広, 川上 洋司(2011) 地域交通の計画: 政策と工学, 鹿島出版会,pp47.
- [19].柴谷大輔, 中野敦, 森田哲夫, 本田肇, 石田東生(2003) パーソントリップ調査改善のための実験的な交通実態調査, 第28回土木計画学研究発表会・講演集.

-
- [20].久保田 尚, 高橋 勝美, 大口 敬(2010)読んで学ぶ交通工学・交通計画,理工図書,pp83-148.
- [21].交通計画システム研究会(2006) 都市の交通計画―総合交通体系調査と交通需要の分析・予測, 共立出版, 東京.
- [22].柴谷大輔, 中野敦, 森田哲夫, 本田肇, 石田東生(2003) パーソントリップ調査改善のための実験的な交通実態調査, 第 28 回土木計画学研究発表会・講演集.
- [23].藤井聡(2006)モビリティ・マネジメント〜クルマと公共交通のかしこい使い方を考える交通政策〜, 運輸政策研究, 9 (2), pp. 71-74.
- [24].K. Axhausen(1998) Can we ever obtain the data we would like to have, Theoretical foundations of travel choice modeling, pp. 305-323.
- [25].藤井聡(2002)行動プラン法による行動変容,土木計画学研究・講演集 (CD-ROM),Vol26.
- [26].鈴木春菜,谷口綾子,藤井聡(2006)国内 TFP 事例の態度・行動変容効果についてのメタ分析,Vol4,No.4,pp.574-585.
- [27].萩原剛,太田裕之,藤井聡(2006)アンケート調査回収率に関する実験研究: MM 参加率の効果的向上方策についての基礎的検討,土木計画学研究・論文集,Vol23,No.1,pp.117-123.
- [28].山本泰裕,伊藤弘,小野良平,下村彰男(2006)GPS を用いた新宿御苑における利用者の行動パターンに関する研究,ランドスケープ研究,Vol.69,No.5,pp.601-604.
- [29].藤田朗,半明照三,山田雅夫,大内浩,三宅理一(2003)GPS 携帯電話を用いた回遊行動の調査分析 小田原市中心市街地を事例として,学術講演梗概集,pp.855-856.
- [30].野村幸子,岸本達也,伊藤一秀(2004)GPS を用いた鎌倉市における観光客の歩行行動調査とアクティビティの分析,地理情報システム学会講演論文集,Vol.13,pp.113-116.
- [31].中島良樹,北野誠一,日下部貴彦,井料隆雅,朝倉康夫(2009)鉄道系 IC カードデータによる鉄道施策の実証的評価 (乗客行動とサービス提供, SS6: 交通計画・政策・評価, 第 18 回交通・物流部門大会 (TRANSLOG2009)),鉄道技術連合シンポジウム (J-Rail) 講演論文集,No.16,pp.449-452.
- [32].Hiroaki Nishiuchi,Taro Aratani,Tomoyuki Todoroki(2011)An Analysis of Spatial OD Patterns of Bus Users using IC Card Data,ITS World Congress.
- [33].中村文彦(2006)コミュニティバスの導入ノウハウ,現代文化研究所,pp.156-157
- [34].デマンドバスの AV プランニング Available at: < <http://www.netlaputa.ne.jp/~avplan/> >. Accessed on: Jan. 24th 2012.
- [35].デマンド交通システム | NTT 東日本 Available at: <<http://www.ntt-east.co.jp/business/solution/transport/>>. Accessed on: Jan. 24th 2012.
- [36].藤井 聡(2004)モビリティ・マネジメント〜「豊かな社会」のための総合的な交通政策〜, 新都市, 16 (2), pp. 17 - 24.
- [37].藤井秀樹, 仲間豊, and 吉村忍, 知的マルチエージェント交通流シミュレータ MATES の開発: 第二報: 歩行者エージェントの実装と歩車相互作用の理論・実測値との比較.
-

シミュレーション, 2006. 25(4): p. 274-280.

Appendix

A.1 オンデマンドバス バス停カテゴリー一覧

大分類	小分類	大分類	小分類
A 自宅	A01 自宅	G 飲食店	G07 その他
B 交通施設	B01 駅	H 公共施設	H01 郵便局
	B02 バス停		H02 警察署
	B03 空港		H03 都道府県庁・役場
	B04 港		H04 公民館
	B05 その他		H05 その他
C 学校	C01 幼稚園・保育園	I 会社	I01 オフィスビル
	C02 小学校		I02 事業所
	C03 中学校		I03 工場
	C04 高等学校		I04 倉庫
	C05 大学		I05 その他
	C06 専門学校	J 宿泊施設	J01 ホテル
	C07 その他		J02 旅館
D 病院・医療施設	D01 総合病院（病床100床以上）		J03 民宿
	D02 病院（病床100床未満）		J04 その他
	D03 診療所	K レジャー・スポーツ施設	K01 温泉・銭湯
	D04 療養所		K02 公園
	D05 保健所		K03 運動施設
	D06 ホスピス		K04 プール
	D07 接骨院		K05 水族館
	D08 眼科		K06 海水浴場
	D09 歯科		K07 遊園地
	D10 動物病院		K08 競馬・競艇・競輪
	D11 その他		K09 パチンコ
			K10 その他
E 老人介護施設	E01 介護S（グループホーム）	L 文化施設	L01 美術館
	E02 介護サービス（施設）		L02 映画館
	E03 老人福祉施設・有料老人ホーム		L03 図書館
	E04 デイケアサービス		L04 劇場・ホール
	E05 その他		L05 その他
F 商業施設	F01 コンビニ	M 名所・観光	M01 観光名所
	F02 スーパー		M02 神社・寺院
	F03 大型商業施設		M03 その他
	F04 ホームセンター	N 金融機関	N01 銀行
	F05 その他		N02 信用金庫
G 飲食店	G01 和食		N03 農協
	G02 中華・洋食		N04 その他
	G03 喫茶店	Z その他	Z01 その他
	G04 居酒屋		
	G05 ファストフード		
	G06 ファミリーレストラン		

A.2 オンデマンドバス経路生成アルゴリズム

坪内らが開発したオンデマンドバスの経路生成アルゴリズムを引用する。^[15]

1. 運行スケジュール生成アルゴリズムに求められる機能

運行スケジュール生成アルゴリズムに求められる要件として以下の3点が挙げられる。

- リアルタイム性
- 乗客との間で成立した約束を守るスケジューリング
- 乗合い機能を損ねないこと

2. 問題の定式化

2.1 変数について

表1では、計算に用いる変数について説明する。

表1 使用する変数

変数	説明
N	全乗客数を示す。
n	対象としている乗客 n を示す。
DPT_n	乗客 n の希望乗車時刻 (the Desired pick-up time) を示す。
EPT_n	乗客 n が許容できる乗車時刻の最早時間 (the Earliest pick-up time) を示す。
LPT_n	乗客 n が許容できる乗車時刻の最遅時間 (the Latest pick-up time) を示す。
APT_n	乗客 n の実際の乗車時刻 (the Actual pick-up time) を示す。
DDT_n	乗客 n の希望降車時刻 (the Desired delivery time) を示す。
EDT_n	乗客 n が許容できる降車時刻の最早時間 (the Earliest delivery time) を示す。
LDT_n	乗客 n が許容できる降車時刻の最遅時間 (the Latest delivery time) を示す。
ADT_n	乗客 n の実際の降車時刻 (the Actual delivery time) を示す。
$+n, -n$	乗客 n の乗車(あるいは降車)のイベントを表す。
$TT(x, y, hour)$	$hour$ 時台の地点 x から地点 y までの移動時間 (Travel time) を示す。
$p(x)$	イベント x が生じる地点を示す。 例: $p(+n)$

Bus_n	乗客 n が降車するバスの番号を示す。
DRT_n	乗客 n が乗り合いなしで移動し、出発地から目的地まで直行したときの直行乗車時間 (the Direct ride time) を示す。
MRT_n	乗客 n が許容する最大の乗車許容時間 (the Maximun ride time) である。
ST_n	乗客 n が設定するゆとり時間 (Slack Time) を示す。
and	乗客 n が実際に乗車 (降車) した時刻と希望乗車 (降車) 時刻とのズレ (the Actual deviation) を示す。
IPT_n	乗客 n に約束した乗車時刻 (the Informed pick-up time) を示す。
IDT_n	乗客 n に約束した乗車時刻 (the Informed delivery time) を示す。
V	全車両数を示す。

2.2 解く問題について

オンデマンドバスの問題は N 人の乗客を V 台の車両に乗せることを考えるスケジューリングアルゴリズムである。

オンデマンドバスを利用する際に、乗客 n は乗車バス停 $p(+n)$ と降車バス停 $p(-n)$ を指定する必要がある。さらに、希望乗車時刻 DPT_n か希望降車時刻 DDT_n のどちらかを指定する。スケジューリングの結果、乗客 n に通知乗車時刻 IPT_n と通知降車時刻 IDT_n を伝える。

しかし、 IPT_n と IDT_n の時刻通りにバスが発着するとは限らない。実際には乗客 n は実際の乗車時刻 APT_n にバスに乗車し、実際の降車時刻 ADT_n にバスから降りる。ただし、 IPT_n と IDT_n および APT_n と ADT_n は以下の条件を満たしている。

$$EPT_n \leq APT_n (= IPT_n) \leq LPT_n \cdots (1)$$

$$EDT_n \leq ADT_n \leq IDT_n \leq LDT_n \cdots (2)$$

数式(1)は実際の乗車時刻 APT_n と通知した乗車時刻 IPT_n の関係を示している。 APT_n と IPT_n に差があってははいけず、 EPT_n と LPT_n の間に乗客は乗車する。

数式(2)は実際の降車時刻 ADT_n と通知した降車時刻 IDT_n の関係を示している。とともに EDT_n と LDT_n の間に乗客は降車しなければならず、通知した時刻 IDT_n よりも実際に到着する時刻 ADT_n が遅くならない。

2.3 初期のタイムウィンドウの設定方法

本提案手法の独自性として、既に予約が完了し発着時刻を通知した乗客とこれから予約を行い、計算の結果として発着時刻を通知する乗客ではタイムウィンドウが異なるという点が挙げられる。まず、乗客の予約情報に設定されたタイムウィンドウについて図 1 で説明する。

予約は乗車時刻で指定する方法と降車時刻で指定する方法がある。乗車時刻で指定した場合、まず DPT_n が決まり EPT_n が決まる。次いで、希望する発着バス停間の移動時間 DRT_n

から EDT_n が決まり、乗客が希望するゆとり時間 ST_n から LPT_n と LDT_n が決まる。

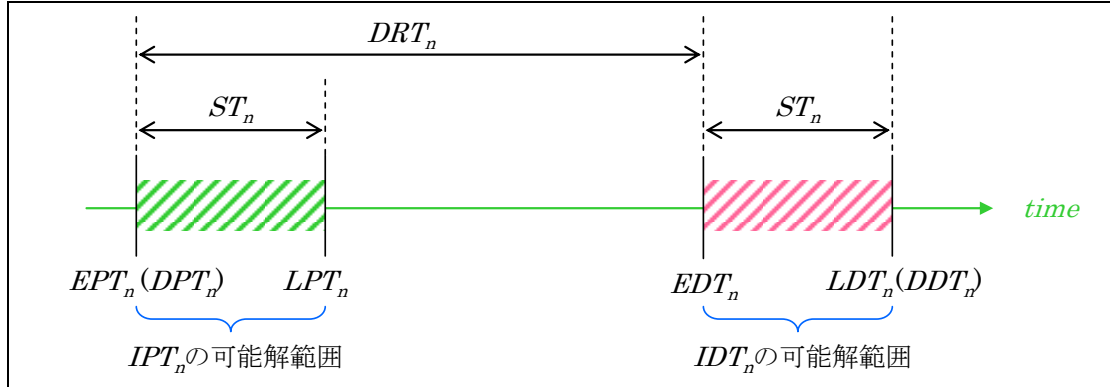


図1 初期のタイムウィンドウの設定について

これらの記述を式で表現すると次のようになる。

2.3.1 乗車時刻 DPT_n で指定する場合

$$EPT_n = DPT_n \cdots (3)$$

$$LPT_n = EPT_n + ST_n \cdots (4)$$

$$DRT_n = TT(p(+n), p(-n), \text{hour}(DPT_n)) \cdots (5)$$

$$EDT_n = EPT_n + DRT_n \cdots (6)$$

$$LDT_n = LPT_n + DRT_n \cdots (7)$$

2.3.2 降車時刻 DDT_n で指定する場合

$$LDT_n = DDT_n \cdots (8)$$

$$EDT_n = LDT_n - ST_n \cdots (9)$$

$$DRT_n = TT(p(+n), p(-n), \text{hour}(DDT_n)) \cdots (10)$$

$$EPT_n = EDT_n - DRT_n \cdots (11)$$

$$LPT_n = EPT_n + ST_n \cdots (12)$$

2.4 予約を完了した乗客の予約に対し設定されるタイムウィンドウ

次に、予約を完了し通知乗車時刻 IPT_n と通知降車時刻 IDT_n とを伝えた乗客の予約に対し設定されるタイムウィンドウを図2にて示す。

まず、乗客に一度 IPT_n を通知すると、バスは IPT_n に乗客 n を乗車させる必要がある。これより遅い時刻であればバスは乗客にバス停で待たせることになるからだ。そのため、 EPT_n と LPT_n および APT_n すべて IPT_n と同じになる。

一方、降車時刻については IDT_n を通知すると LDT_n の値が IDT_n となる。 ADT_n は今後の予約状況によって変わるが、 LDT_n と LDT_n との間に来ることになる。

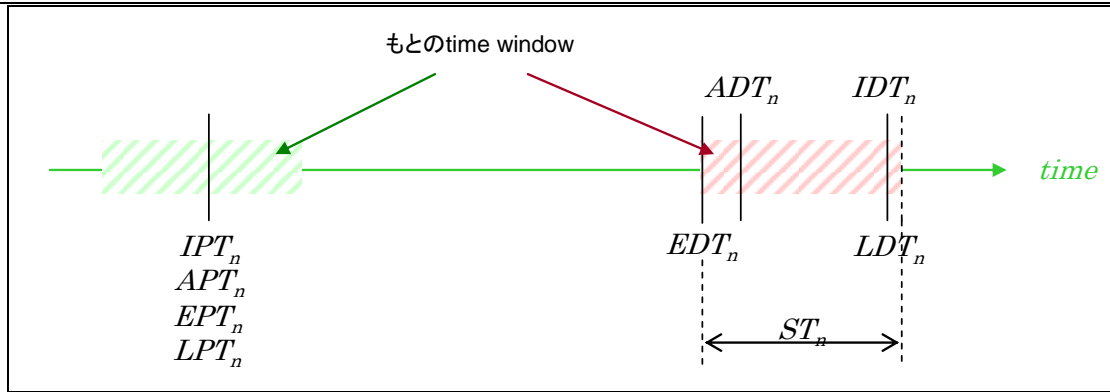


図2 予約を完了した乗客に設定されるタイムウィンドウ

これらの記述を式で表現すると次のようになる。

$$IPT_n = APT_n = EPT_n = LPT_n \cdots (13)$$

$$LDT_n = IDT_n \cdots (14)$$

$$EDT_n \leq ADT_n \leq LDT_n (= IDT_n) \cdots (15)$$

また、乗客 n がバスに乗車している時間は MRT_n を超えないことおよび出発バス停が到着バス停よりも後に来ないことから、以下の式が成り立つ。

$$0 \leq ADT_n - APT_n \leq MRT_n \cdots (16)$$

3. アルゴリズムのアウトライン

上記の問題をバス選択アルゴリズムと運行計画生成アルゴリズムという2段階で解決する。まず、バス選択アルゴリズムにより、新しく入った予約がどのバスに割り当てられると最も良い経路が見つかりやすいかを判断することができる。

次に、経路生成アルゴリズムを適用する。経路生成アルゴリズムでは、今後予約が入るであろう乗客予定者とうまく乗り合わせができ、かつ乗客が指定した時間的制約を破らないように経路を生成する。

アルゴリズムをこのように2段階に分けることで問題規模が変わっても計算時間が等比的に増えない実用性を重視した。Dial-a-ride の問題に見られる多くのアルゴリズムは、問題規模の拡大と共に計算時間が級数的に増大する。これでは、数台の小さい規模の問題を解くときには支障を来さないものの、問題規模が大きくなってしまった時に実用化に耐えうるものではなくなる。本問題の場合は特に、順番に入るデマンドが制約条件となり解の探索範囲は絞られる。しかしそれでも即座に解を求めるためには工夫が必要になる。本研究では、大規模の問題に対応できるアルゴリズムを開発した。具体的には図3のアルゴリズムとなる。

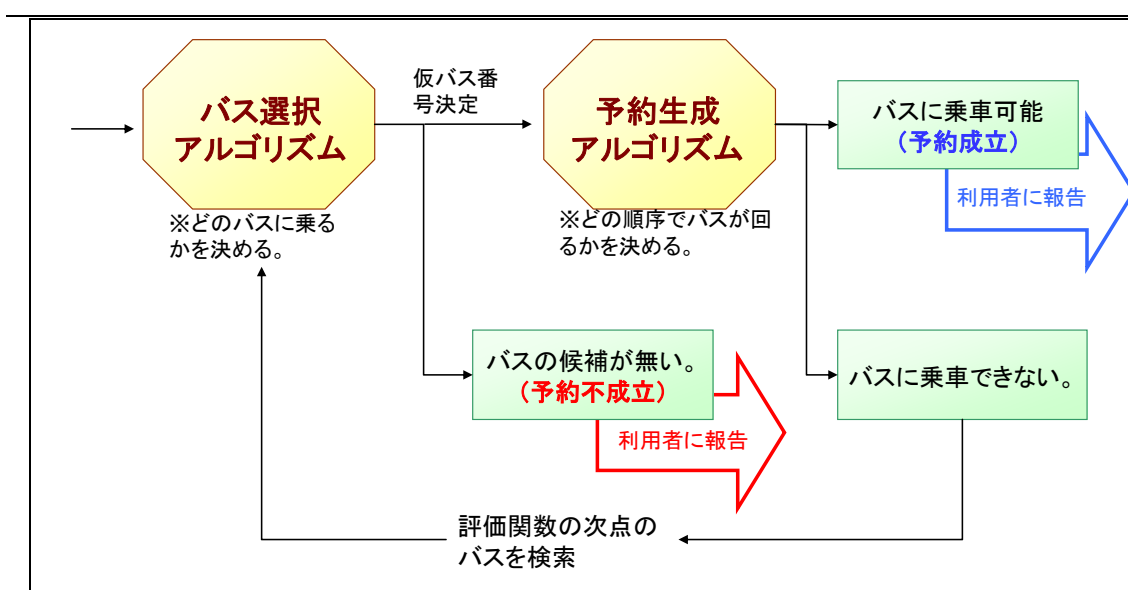


図3 アルゴリズムのアウトライン

ここでの工夫点は2点ある。まず1点目は、バス選択アルゴリズムにおいて、計算の負荷がかからない簡単な計算で準最適なバスを選択する。具体的にはオーダー $O(n)$ の計算量となるように工夫した。

2点目は、バスが選択された後に行う運行計画生成アルゴリズムでは、拡張性を重視したアルゴリズムを考案した。具体的には、経路への逐次挿入を改善したヒューリスティックな解法で、データベースと連動しており拡張性も高い。

以上、計算負荷のかかるヒューリスティックな解法には、バスの台数が増えても1回のみ行うという仕様にし、バスの台数が増えることによるインパクトは計算負荷の小さいバス選択アルゴリズムにのみ与えることで、問題規模の差異による計算時間増加という問題を解決した。

4. バス選択アルゴリズム

バス選択アルゴリズムでは、少ない計算時間でかつ大規模の問題を解決する目的で、単純にベクトルを比較する方法を採用する。具体的には、新しく入った予約情報のベクトルとその時間帯のバスの移動ベクトルを比較し、最適なバスを選択するという方法である。

新しく入った乗客 n の予約情報を示すベクトル \vec{A}_n を次のように表す。

$$\vec{A}_n = \overline{p(-n)} - \overline{p(+n)} \cdots (17)$$

ここで $\overline{p(x)}$ とは、基準点から地点 $p(x)$ までのベクトルを示す。

一方で、比較に用いる i 番目のバスのベクトル \vec{B}_i を次のように表す。

$$\vec{B}_i = \overrightarrow{p(s_i^*)} - \overrightarrow{p(t_i^*)} \cdot \cdot \cdot (18)$$

ここで、 s^* および t^* は、 i 番目のバスにおける s^* 番目および t^* 番目のイベントであることを示す。さらに、 s^* および t^* はそれぞれ予約情報の乗車時刻 LPT_n と下車時刻 LDT_n に最も近い時間を示す。 LPT_n の値は、この時点で定まっていないが、先述した式(4)の値を採用する。

$$LPT_n = EPT_n + ST_n \cdot \cdot \cdot (4) \quad *再掲$$

ここで、以下の $\cos \theta_i$ を各々の内積から求め、その結果 $\cos \theta_i$ の値が最も大きいバスにおいて次の運行計画生成アルゴリズムを導入する。

$$\cos \theta_i = \frac{\vec{A}_n \cdot \vec{B}_i}{|\vec{A}_n| |\vec{B}_i|} \cdot \cdot \cdot (19)$$

これにより、新しく入った予約のベクトルと最も角度が近いベクトルをもったバスを乗車候補として選択する。角度が近いことは、進行方向が類似していることを意味し、最も運行計画が生成されやすいバス停である可能性が高い。また、ここまでの計算量のオーダーは $O(n)$ であり、バスの台数が数百台レベルに増えた場合でも大して計算時間は変わらないことが確認できる。

5. まえならえ（挿入）アルゴリズム

まえならえアルゴリズムは決められたバスに予約を挿入できるかを試みるアルゴリズムである。このアルゴリズムはヒューリスティックなアルゴリズムで、はじめに解法の内容についてまとめ、次に数式を用いた説明を行う。

5.1 まえならえアルゴリズムの概念

まえならえアルゴリズムの概念を**エラー! 参照元が見つかりません。**に示す。たとえばあるバスに対して $n-1$ 人の予約が入っていた状態を考え、そこに新しく乗客 n の予約を挿入するケースについて考える。まえならえアルゴリズムではまず、 $n-1$ 人目までで作成されている現予約状況を確認する。乗客 1 から乗客 $n-1$ までの予約により既に構成されている経路があり、その経路には予約毎にタイムウィンドウが設定されている。

挿入という言葉からも分かるように、本問題は「いかに設定されたタイムウィンドウの制約を破らず新しい予約を挿入すれば良いか」を考えることである。たとえばの例のように $p(+n)$ や $p(-n)$ を挿入することでこれまでの乗客 1 から乗客 $n-1$ までの予約は多少前後に動く場合がある。

この様子がまるで「まえならえ」をする様子に似ているため、この挿入手法を「まえな

まえならえアルゴリズム」と呼称した。

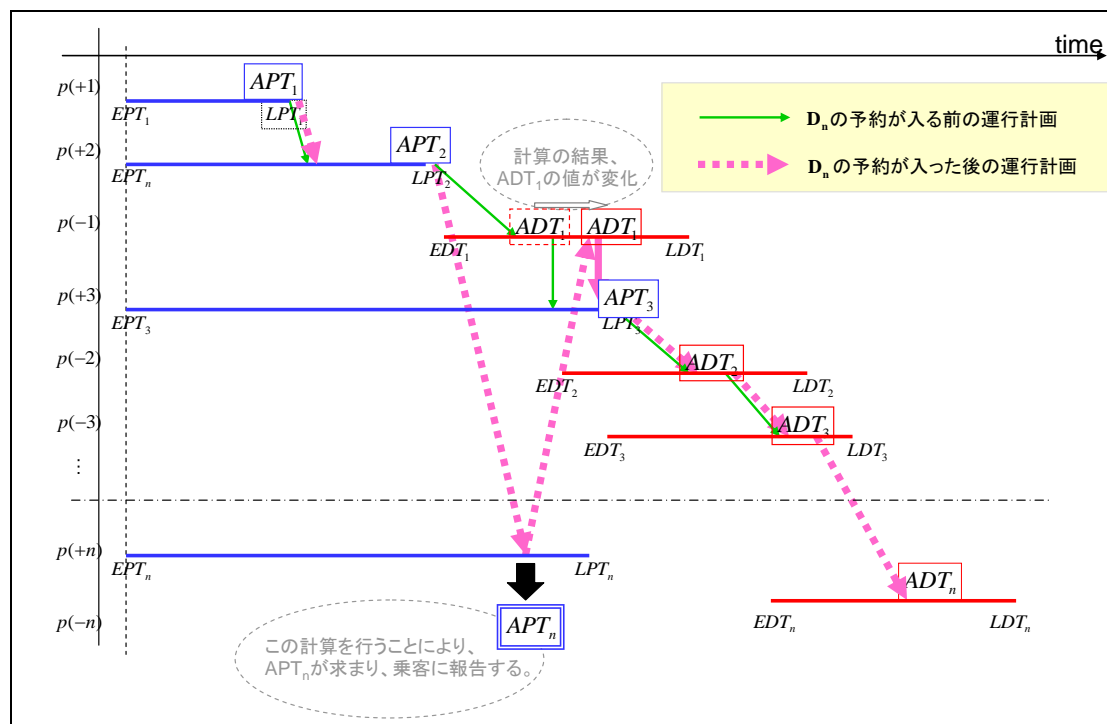


図4 まえならえ（挿入）アルゴリズムの概念

5.2 まえならえアルゴリズムの概念

まえならえアルゴリズムの導入にあたって次の3つの変数を導入する。

表2 まえならえアルゴリズムに用いる変数

変数	説明
$S(e)$	イベントのフィージブル関数。あるイベントの状態がフィージブルかを示す。フィージブル関数については詳細を後述する。
$TimeLimit$	検索を続ける時間を示す。検索時間が $TimeLimit$ を超えた場合、計算は終了になる。
$Repeat$	検索を繰り返す最大数を示す。検索回数が $Repeat$ を超えた場合、計算は終了になる。

5.3 まえならえアルゴリズムの解法

まえならえアルゴリズムの解法をフローチャートで示す（エラー！参照元が見つかりません。）。

バスには既に $n-1$ 人の予約が成立し、経路が生成されているとする。ここで n 番目の乗客が予約をし、乗客 n の予約を挿入することを試みる。初期状態として $n-1$ 人までで構成されている経路があり、 ± 1 から $\pm(n-1)$ までの各イベントにおいて前項で説明したタイムウィン

ドウが設定されている。まえならえアルゴリズムによって乗客 n の実乗車時刻（通知乗車時刻） $APT_n (IPT_n)$ と実降車時刻（通知降車時刻） $ADT_n (IDT_n)$ とを決定したい。

まえならえアルゴリズムは最初に APT_n を仮定し、挿入を試みる。挿入を試みたあと、フィージブル性をチェックし、可能であれば経路を決定とする。一方、フィージブル性がなければ調整を行い、フィージブルでないイベント e に対して別の APT_e を設定する。フィージブルでない場合には *TimeLimit* と *Repeat* によって決められる計算限界まで探索を繰り返し、それでもフィージブルな解が見つからない場合には不成立とする。

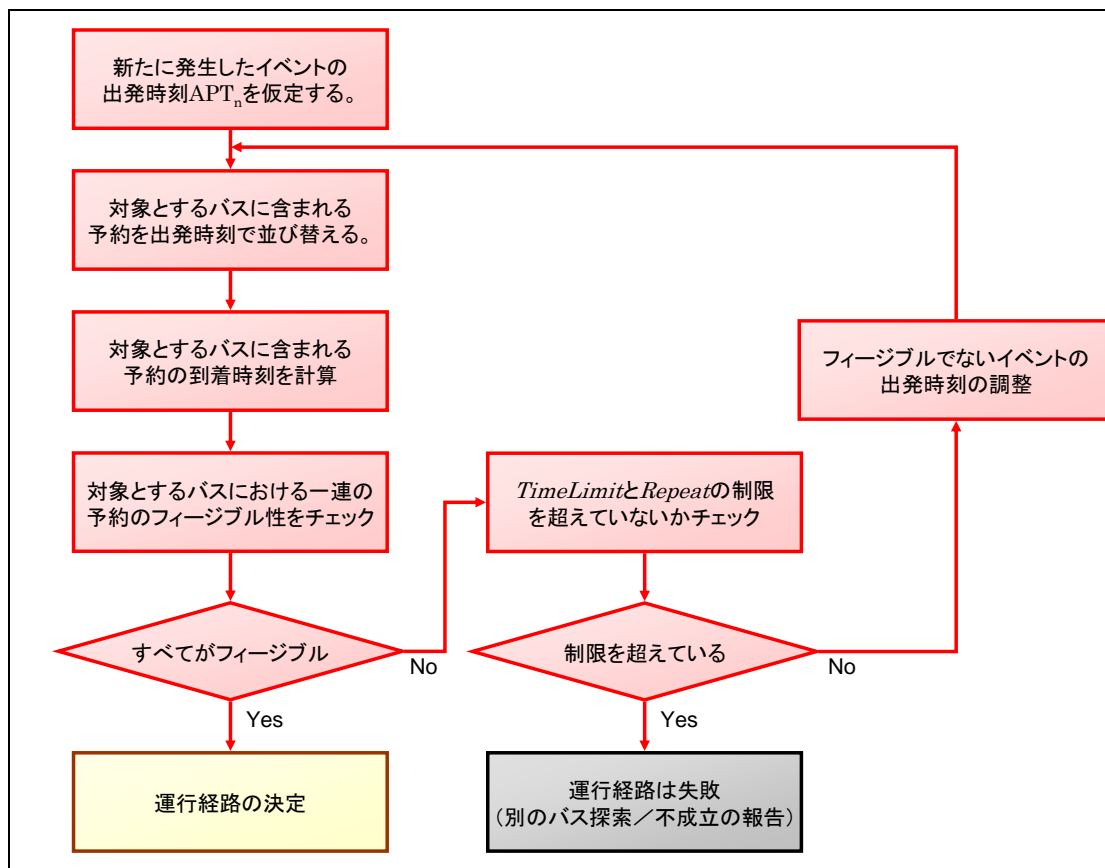


図5 まえならえアルゴリズム（フローチャート）

ここでアルゴリズムの核の部分であるフィージブル関数 $S(e)$ と $S(e)$ の値によって行われる調整について示す。

5.4 フィージブル関数 $S(e)$

フィージブル関数 $S(e)$ はイベントの関数がフィージブルかどうかを確認する関数で次の6種類の値を取り得る。 $S(e)$ の詳細はエラー! 参照元が見つかりません。の通りである。 $S(e)$ が負の値をとる場合は、 e がフィージブルでないことを意味する。フィージブルでないイベント e が見つかった場合、 $S(e)$ の値に応じて、調整を行う。

なお、場合によってはフィージブル関数が2つ以上のイベントに当てはまるケースがある。その場合は、 $S(e)$ の値が最大のものを優先的に $S(e)$ の値とする。

表3 フィージブル関数

S(e)	説明
0	イベント e において状態はフィージブルである。
-1	イベント e において状態はフィージブルでない。 $+e$ が $-e$ よりも後のイベントになっている。 ($APT_e > ADT_e$)
-2	イベント e において状態はフィージブルでない。実際の到着時刻 ADT_e が最遅到着時刻 LDT_e よりも遅い。 ($ADT_e > LDT_e$)
-3	イベント e において状態はフィージブルでない。実際の到着時刻 ADT_e が最早到着時刻 EDT_e よりも早い。 ($ADT_e < EDT_e$)
-4	イベント e において状態はフィージブルでない。実際の出発時刻 APT_e が最遅出発時刻 LPT_e よりも遅い。 ($APT_e > LPT_e$)
-5	イベント e において状態はフィージブルでない。実際の出発時刻 APT_e が最早出発時刻 EPT_e よりも早い。 ($APT_e < EPT_e$)

5.4.1 フィージブル関数 $S(e)$ が負の場合の調整

フィージブル関数が負の場合にはイベントの発生位置を調整する。調整の結果すべてのイベントがフィージブルとなればスケジューリングは終了する。また、検索限界の条件内に解が見つからない場合にも同様にスケジューリングは不成立ということで返す。フィージブル関数によって次のように操作を行う。

5.4.1.1 $S(e)=-1$ の時

到着バス停が出発バス停よりも先に来る場合には、 APT_e と ADT_e との順番を入れ替える必要がある。その際には ADT_e を固定し、 APT_e をつぎのように変更する。

$$APT_e^* = LPT_e \cdots (20)$$

5.4.1.2 $S(e)=-2$ の時

実際の到着時刻 ADT_e が最遅到着時刻 LDT_e よりも遅い場合、その一つ前のステップでバスが出発する時刻 ADT_{e-1} の値を調整する。一つ前のバス停が出発バス停であればそれよりも前に送ることはできない。

この場合、実際の到着時刻 ADT_e が最遅到着時刻 LDT_e と等しくなるように ADT_{e-1} を調整す

る。したがって、操作は次のようになる。

$$ADT_{e-1}^* = ADT_{e-1} - (ADT_e - LDT_e) \cdot \cdot \cdot (21)$$

5.4.1.3 $S(e)=-3$ の時

実際の到着時刻 ADT_e が最早到着時刻 EDT_e よりも早い場合、その一つ前のステップでバスがバス停を出発する時刻 APT_{e-1} もしくは ADT_{e-1} の値を調整する。

この場合、実際の到着時刻 ADT_e が最早到着時刻 EDT_e と等しくなるように APT_{e-1} もしくは ADT_{e-1} の値を書き換える。

$$ADT_{e-1}^* = ADT_{e-1} + (EDT_e - ADT_e) \cdot \cdot \cdot (22)$$

5.4.1.4 $S(e)=-4$ の時

実際の出発時刻 APT_e が最遅出発時刻 LPT_e よりも遅い場合、 APT_e が LPT_e と同じ時刻になるように調整する。

$$APT_e^* = LPT_e \cdot \cdot \cdot (23)$$

5.4.1.5 $S(e)=-5$ の時

実際の出発時刻 APT_e が最早出発時刻 EPT_e よりも早い場合、 APT_e が EPT_e と同じ時刻になるように調整する。

$$APT_e^* = EPT_e \cdot \cdot \cdot (24)$$

5.4.2 計算を終了する条件

スケジューリング計算が終了条件には 2 つのケースがある。すなわち、経路が生成されたか生成することができなかったという場合である。生成される場合は、すべてのイベントがフィジブルであることを示す。

$$\sum_e^N S(e) = 0 \cdots (25)$$

一方で不成立と返す場合は探索限界を超えていることを示す。探索限界は以下の 2 つの条件によって決定される。*CalculationTime* は計算にかけている時間を、*CalculationRepeat* はフィージブル関数による調整を行った回数を示す。

$$CalculationTime > TimeLimit \cdots (26)$$

$$CalculationRepeat > Repeat \cdots (27)$$