

OD 交通を考慮した循環バス路線網評価システム*

柳沢吉保** 高山純一*** 小松良幸****

Evaluation System of Circular Route Bus Transportation Network in consideration of the Distribution Trip Demand

YANAGISAWA Yoshiyasu, TAKAYAMA Jun-ichi and KOMATSU Yoshiyuki

In this paper, analytic models are developed for optimizing circular route bus services with elasticity in their demand characteristics. The demand function include the wait time (running interval time), service time, travel time, access time and fare. The optimization objective is maximum social welfare. The social welfare consists of the consumer surplus and the total profit. The application of this model is confirmed by using the actual road network in Nagano city. The model is used to perform simulation experiments, and to analyze the characteristics of the optimal running service and transportation network.

キーワード：循環バス，バス停間 OD 交通，消費者余剰，運行利益，社会的便益最大化

1. はじめに

多くの都市でモビリティ向上を目指し、循環バスの導入が試みられている。長野市中心市街地においては、中心市街地活性化の観点からトランジットモールが計画されていて、それにともない循環バスルートが再検討されている。ただし従来は、バス需要調査による定性的^{1)~7)}な分析と経験からルートが決定されており、ルート設定の妥当性の根拠を定量的に検討し、中心市街地の活性化に有効な運行計画となっているかを検討できる路線設定評価システムを構築する必要がある。

循環バスに関する従来の研究^{2),8)}ではサービスレベルによる循環バス需要の検討が行われ、需要増加のための運行条件の設定など有効な知見が得られてきた。しかし、中心市街地の活性化の観点からは、他の手段からの乗り換え需要の増加だけでなく、循環バス導入によるモビリティの向上から、市街地内でのトリップ数、とくに市街地内の施設への来訪数の増加が関係してくる。ただし、既往研究でも、バス路線網の再編に関するモデル分析を行った研究はあるが、需要も考慮に入れた路線網の設定評価については十分に考慮されてこなかった。

循環バスの導入による社会的便益評価に関する

* 第28回土木計画学研究発表会にて発表。

** 長野工業高等専門学校環境都市工学科 助教授

*** 金沢大学大学院自然科学研究科 教授

**** 金沢大学工学部 学生

原稿受付 2004年5月20日

既存の理論的アプローチでは、循環バスサービスレベルによる需要変動を表現できるモデルが提案されている²⁾。そこでは、需要関数に基づいた利用者便益、総収入、運行コストによって構成された社会的便益によって、最適な運行サービスと循環バス利用の利便性が評価された。ただし、モデル操作性の観点から、循環バスの運行サービスレベルによってはバスを利用する循環バス潜在需要は固定値として与え、また循環バス利用需要は同一路線上で一様に生じるなどの仮定が便宜的に与えられていた。しかし、同一路線上でも、乗車拠点の規模および乗り換え易さなどの魅力度の大きな拠点や、集客力や規模などが大きい訪問先との間(以下、バス停間ODと呼ぶ)と、魅力度や集客力の小さいOD間では、OD需要が大きく異なる。また、魅力度の大きな乗車拠点、あるいは集客力の大きい施設を考慮して路線を設定するかどうかで、より多くの新規トリップが生じる可能性もあり、潜在需要も大きく異なると考えられる。そこで潜在需要は、乗車拠点の規模や目的地の集客力を含めた土地利用と、ルート設定による目的地への到達のしやすさが考慮できる目的地来訪行動モデルとして定式化する。

需要関数モデルの基本的構造は、社会的便益評価を行う際の操作性を考慮し、潜在需要と循環バス利用率の積で表すことにする。さらに本調査で得られた運行サービスの改善による新規目的地の生起を用いたモデルパラメータを用いることで、新規来訪先への循環バス利用も考慮したバス利用率のモデル化

も行う。ここでは市街地内施設への来訪数を増加させるためのルートの設定法を、施設の集客力とそこまでの到達のしやすさの観点から定量的に検討するためのシステムの提案を行う。

2. 循環バス路線網と運行サービス改善に関する選好意識分析

2-1 選好意識調査の概要と調査票の配布・回収結果

本選好意識調査では、路線網の設定と運行サービスの改善に対する循環バス利用意向および新規来訪地について調査した。循環バス路線は現行ルート、現行の逆ルート、市街地を細かく循環するルート、東口改善ルートを設定し、運行サービスの改善案は料金、運行間隔、始発時間、終発時間の項目についてそれぞれいくつか設定した中から好ましいと思われる路線と運行サービスを選択してもらった。

アンケート調査は平成15年1月26日・29日の2日間行った。配布場所は、長野駅周辺・権堂・中央通り・善光寺付近に800枚配布した。アンケートは配布後、郵送してもらう方法をとった。その結果、回収数180枚、回収率は22.5%であった。

アンケートの配布・回収結果を表1に示す。

表1 アンケートの配布状況

配布日時	配布場所	配布枚数	回収結果	回収率
1/26,1/29	市街地	800	180	22.50%

2-2 循環バスルートと運行サービスの選好意識分析

a) 循環バスルートの選好意識結果

ルート選好性に関する調査結果を図1に示す。

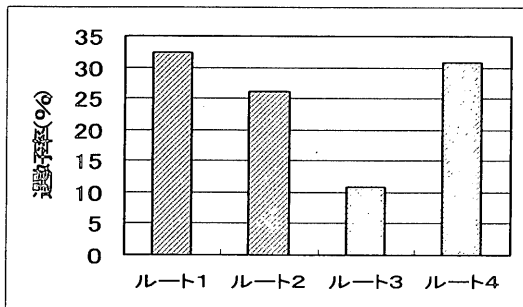


図1 運行ルートの選好性

図1において、ルート1が現行ルートの逆ルート、ルート2が現行ルート、ルート3が市街地内を連続して細かく循環するルート、ルート4が東口までの拡大ルートである。本調査より、ルート1に対する要望が全体の32%以上を占めていることがわかる。これは、通勤・通学先となるような県庁・合庁・信州大学などへのアクセスが容易な逆ルートの設定に対する要望が高いと考えられる。また、ルート4に対する要望も全体の30%以上を占めていることがわかる。長野市街地南側へのアクセスが容易であるこ

とや、駅東口に手段の乗り換え地点としての魅力があり、駅東口周辺から中心市街地へ来訪できるようなルートが要望されていると考えられる。ルート2の要望も全体の25%以上と多いことがわかる。これは、運行条件の改善要望が満たされれば、他の交通手段から循環バスへの転換が行なわれる可能性が高い。ルート3に対する要望は全体の約10%とほかのルートと比較すると多くはない。このルートは現行ルートに昭和通りを含んだルートであるが、このルートの要望が少ないということは、昭和通りには目的とする施設が少なく、さらに、市街地内を細かく循環することによって移動距離が長くなるために目的地への平均所要時間が長くなるためであると考えられる。

b) 運行サービスの改善

始発時間に関する調査結果を図2に示す。

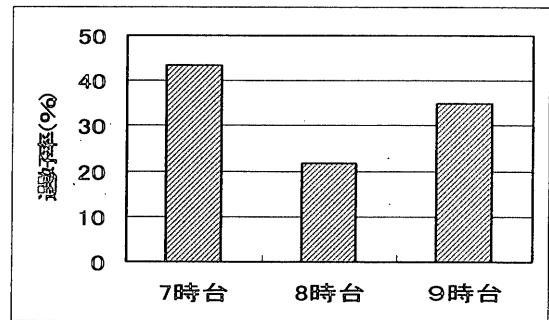


図2 始発時間の選好性(現行 9時30分)

本結果により、始発時刻については、7時台までの繰下げの要望が全体の40%以上を占めており最も多いことがわかる。このことより、循環バスを通勤時の交通手段として利用する要望が多いと考えられる。8時台までの繰下げの要望は全体の約20%と少ない。これは、通勤として利用するには遅く、買い物等の私事目的の利用には時間が早すぎるためであると考えられる。現行の9時台の要望に対しては約35%と多い事がわかる。買い物や通院等の私事目的のため、ほぼ現行どおりの始発時刻でも良いと考えられる。

終発時間に関する調査結果を図3に示す。

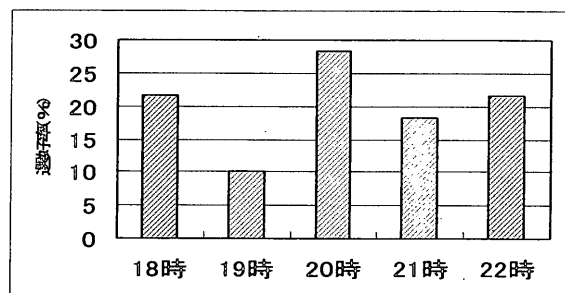


図3 終発時刻の選好性(現行 18時30分)

終発時間については、現行の18時台の要望が全体

の20%以上を占めており、要望が多いことがわかる。これは買い物や通院等の私事目的での来街者は商店や病院等がこの時間帯で閉店および終了となり、帰宅に利用するためであると考えられる。20時台の要望が全体の25%以上を占めており、最も要望が多いことがわかる。これは、残業後に帰宅する場合の利用手段と考えられる。また、21時台・22時台の要望も多い。これについては、勤務終了後食事などを済ませてから、帰宅する場合の利用手段と考えられる。始発時間の繰り下げと終発時間の延長の結果から運行時間の延長は新規需要の増加につながると考えられる。

運行間隔に関する調査結果を図4に示す。

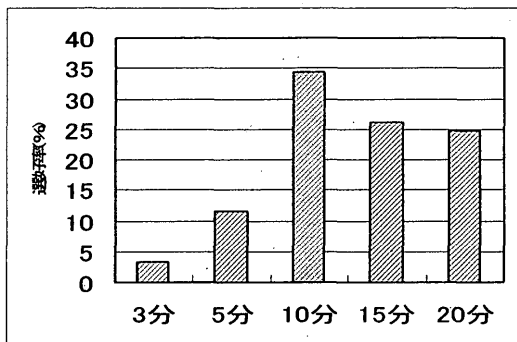


図4 運行間隔の選好性 (現行 20分)

運行間隔については、10分と15分の要望があわせて60%以上を占める結果となった。循環バスの運行間隔が短いと、循環バス利用者の待ち時間の短縮につながる。すなわち、待ち時間損失の減少につながり、循環バス利用の利便性が高くなる。

運行間隔に関する調査結果を図5に示す。

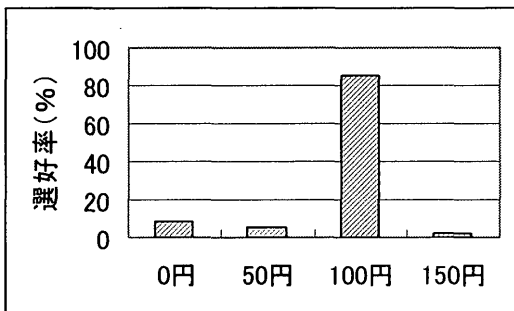


図5 運賃の選好性 (現行 100円)

循環バスの運賃に関する調査結果は、現行の100円を要望する割合が全体の85%を占めており、おおむね満足していると考えられる。よって、運賃を値下げしても循環バス利用者の大幅な増加は望めないと考えられる。

3. 路線網の設定によるバス OD 需要を考慮した循環バス需要関数のモデル化

3-1 循環バス路線網のモデルネットワーク

路線の設定はバス需要に大きな影響を与えるが、路線の設定と需要の変動を関連付けるためには、バス停間 OD 需要を検討する必要がある。ここでは、路線網構成要因を説明変数としたバス停間 OD 需要に基づいた循環バス需要関数のモデル化を行う。

以上を考慮したモデル化を行うためのモデルネットワークを図6に示す。

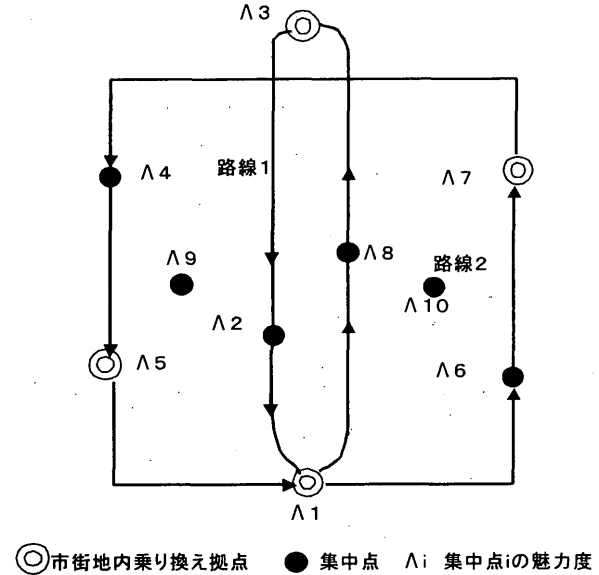


図6 モデルネットワーク例

図6に示す目的地は、対象とする市街地内に存在し、来街者が訪問する可能性のある場所を示している。また、駅や駐車場など、周辺地域来街手段から市街地内移動手段の乗り換え場所および市街地内で行われる複数のトリップの乗り換え場所を循環バス乗車拠点とする。目的地や拠点など来街者が来訪する敷地あるいは施設を含む地区固有の魅力度の大きさを Λ とおく。バス路線は、図に示すような大きさの魅力度 Λ を持ったゾーン内に存在する停留所*i*を通過するように設定する。この図の路線網例は、中心市街地外周部にある環状線を運行するルートと、中心市街地の中央にある拠点間を往復するルートから構成されている。中心市街地の中央通りを利用する乗客数と外周部を利用する乗客数が大きく異なる場合を想定し、ルートごとに来訪需要を考慮した設定となっている。

3-2 循環バス潜在需要

循環バス OD 需要を考えるにあたり、循環バスによる市街地内目的地来訪行動に基づく路線設定では、①駅や駐車場など循環バス乗り換え拠点として魅力がある。②循環バス沿い線路上に集客力のある施設あるいは地区を多く含んでいる。③乗り換え拠点の位置が来訪施設(目的地)へ到達しやすい。④移動にあたり乗り換え抵抗が少ない。⑤周回距離は短くし、

循環バスによるトリップの平均所要時間を短くすることを考慮する。

以上を考慮し循環バスルート r を利用して循環バス乗車拠点 i から目的地 j を訪問する来街者の OD 間潜在需要は、循環バス乗車拠点の魅力度 G_i 、目的地の魅力度 A_j 、目的地までの徒歩と循環バスの所要時間差 $\Delta T_{ij,r}$ 、ルート r の総魅力度 C_r 、ルート r の循環バス運行距離 L_r で表す。市街地のような限られた空間では移動距離が短いと徒歩でトリップが行われる。市街地内の移動では循環バスと徒歩との所要時間差が大きいほど循環バスの利便性が高いと考えられ、このことから、本研究では目的地への到達しやすさとして $\Delta T_{ij,r}$ を用いている。このほか、循環バスルート上に、魅力ある集客施設が多く含まれていたり、目的地までの平均所要時間が短くなるように巡回距離が短い方が、循環バスによる市街地内移動が誘発されると考えられる。以上より、ルート r での OD ij 間潜在需要は式(1)で表す。

$$Z_{ij,r} = \kappa G_i^\alpha A_j^\beta \Delta T_{ij,r}^\gamma C_r^\eta L_r^{-\zeta} \quad (1)$$

ここで、目的地までの徒歩と循環バスの所要時間差 $\Delta T_{ij,r}$ は、拠点から目的地までの循環バスルート長 $l_{ij,r}$ 、徒歩による目的地までの距離 $l_{ij,a}$ 、徒歩速度 v_a 、循環バス速度 v_b で表される。

$$\Delta T_{ij,r} = l_{ij,a}/v_a - l_{ij,r}/v_b \quad (2)$$

式(1)より循環バスルート r の潜在需要 X_r は、式(3)となる。

$$X_r = \sum_i \sum_j Z_{ij,r} \quad (3)$$

3-3 循環バス需要関数

潜在需要のうち運行サービスレベルによって実際に循環バスを利用する循環バス需要が決まる。すなわち、循環バスの運行間隔、始発時刻、終発時刻、運賃といった運行サービスが利用者の要望に適すると循環バスを利用すると考えられる。ここでは、循環バスのアクセス・イグレス時間 q_a 、運行間隔 h 、始発延長時間 T_s 、終発延長時間 T_e 、運賃 f による利用者の循環バス利用率を式(4)のように割引率として表現する²⁾。

$$P_r = k - e_a q_a - e_w h - e_s T_s - e_e T_e - e_c f \quad (4)$$

ここで、 e_a 、 e_w 、 e_s 、 e_e 、 e_c はサービスパラメータ、 k は定数項である。

ルート r の循環バス需要 χ_r は、ルート r の循環バス利用潜在需要 X_r に式(4)で得られる循環バス利

用率 p_r を乗ずることで得られる。したがって循環バス総需要は式(5)のように表される。したがって循環バスの総需要は、

$$\begin{aligned} \chi &= \sum_r X_r P_r \\ &= \sum_r X_r (k - e_a q_a - e_w h - e_s T_s - e_e T_e - e_c f) \quad (5) \end{aligned}$$

4. 需要関数のモデルパラメータの推定

4-1 潜在需要モデルパラメータの推定

循環バス利用による目的地来訪行動を表す循環バス OD 需要は、モデルは式(1)で与えている。モデルパラメータの α 、 β 、 γ 、 η 、 ζ は、それぞれ乗車拠点 i の魅力度 G_i 、目的地 j の集客力 A_j 、徒歩とバスの OD ij 間所要時間差、ルート r 上の総魅力度 C_r および、路線距離 L_r のデータを用いて推計される。データは下の方法で収集した。

①循環バス乗車拠点の魅力度：循環バス乗車拠点 i の魅力度が高いほどその拠点でのバス乗車数が多いと考えられる。そこで、「ぐるりん号利用者アンケート²⁾」を用いて循環バスの各停留所での乗車客数を用いることにした。

②目的地の魅力度：目的地 j の集客力が大きいほどその地点でのバス降車数が多いと考えられる。そこで、①と同様に「ぐるりん号利用者アンケート」を用いて循環バスの各停留所での降車客数を用いることにした。

③OD ij 間の循環バスと徒歩の所要時間差：循環バスの速度 v_b は循環バスの平成 12 年度実績を用いた。ルート r の循環バスの各停留所間 ij の距離 $l_{ij,r}$ は、長野市市街地地図を用いた。また、徒歩についても同様にバス停間距離 $l_{ij,a}$ を求めた。以上の距離データを用いて、循環バスと徒歩との所要時間差を式(2)を用いて求めた。

④ルート r の総魅力度：ルート r の総魅力度は、②の考え方を用い、ルート沿線に含まれる目的地 j の循環バス降車数の総和を用いる。計算式は式(6)である

$$C_r = \sum_{j \in r} A_j \quad (6)$$

⑤ルート r の循環バス運行距離：循環バス運行距離 L_r は、長野市市街地地図により、循環バスの各停留所間距離を調べ、その総運行距離とした。

また、目的変数である循環バス OD 潜在需要 $Z_{ij,r}$ は、H14 年および H15 年に行った循環バスの路線網と運行条件の選好意識調査に基づいて算出した。

この調査では、設定したルート改善案に対して、

どの拠点から乗車しどの目的地へ訪問するのかを、新規訪問先も含めて聞いている。これを設定ルートとバス停間ODごとに集計したデータに基づき算出した。

以上のデータを用いてパラメータ推計を行う。式(1)は非線形なので、両辺 log をとることによって以下の線形式に直し、重回帰分析によってパラメータを推計する。

$$\log Z_{ij,r} = \log \kappa + \alpha \log G_i + \beta \log A_j + \gamma \log \Delta T_{ij,r} + \eta \log C_r - \zeta \log L_r \quad (7)$$

重回帰分析の結果は表 2 に示す。

表 2 潜在需要関数のパラメータ

	α	β	γ
係数	0.568945	0.247424	0.559879
t 値	5.471599	1.829042	3.188765
	η	ζ	
係数	0.629362	2.12672	
t 値	2.870063	3.44072	
重相関係数	0.739767		

定数項は 1.0。

表 2 から、重相関係数は 0.740 であった。各変数にかかる係数の符号は妥当であることがわかる。 α 、 γ の係数および t 値が比較的大きいことから、循環バスルート上にある市街地内移動に有利で来街拠点としても魅力の大きい循環バス乗車拠点と、徒歩に対して循環バス利用の方がいかに時間損失が少なく目的地へ到着しやすいルート設定かに利用者が敏感に反応していることがわかる。また、 ζ の値から循環バスの運行距離が短く、目的地への平均到達時間が短いことが、循環バスの利用しやすさに反映されていることがわかる。循環バスルートに、多くの集客施設を含むとき循環バス利用の増加につながることも分かる。

4-2 循環バス利用率のパラメータ推計

循環バス利用率のモデルの作成にあたり平成 14 年度に行った循環バス利用による市街地内訪問先 SP 調査と、長野都市圏 PT 調査による交通実態データを用いて、式(5)で示した循環バス需要関数を構成する潜在需要 X_r に基づくバス利用率と、運賃、始発繰り下げ時間、終発延長時間、運行間隔などの運行条件にかかるパラメータを求める。

循環バス利用者は運行条件の改善によって既存の目的地への手段を循環バスに乗り換える場合と移動がしやすくなったことによりさらに新規目的地へトリップする場合が考えられる。

ただし、上記 2 つのケースでは運行条件に対する

要望が異なったり、サービスレベルに対する利用率も異なると考えられる。そこで、バス利用率モデルを作成する際、他手段からの乗り換え需要と、新規目的地へのバス需要は分けて扱うことにする。以上より循環バス需要関数は式(4)のように潜在需要に既存目的地への循環バス利用率 P と新規目的地への循環バス利用率 ΔP を乗じることで得られる。

$$x_r = X_r (P + \Delta P) \quad (8)$$

新規目的地への来訪選好性においても、運行サービスとして運行間隔 h 、始発繰り下げ時間 T_s 、終発延長時間 T_e 、運賃 f を用いている。そこで、新規目的地への循環バス利用率は、式(9)で表す。

$$\Delta P_r = \Delta k - \Delta e_a q_a - \Delta e_w h - \Delta e_s T_s - \Delta e_e T_e - \Delta e_c f \quad (9)$$

上式に重回帰分析を適用し、パラメータ Δk 、 Δe_w 、 Δe_s 、 Δe_e 、 Δe_c を求める。運行サービスに対する選好意識データは 2 節で述べた結果を用いる。得られたパラメータを表 3 に示す。

表 3 新規目的地循環バス利用率パラメータ (ΔP)

	Δk	Δe_w	Δe_s
係数	0.005294	0.02575	-0.00108
t 値	5.992801	4.728462	-3.40993
	Δe_e	Δe_c	
係数	-0.00072	0.283841	
t 値	-3.70583	5.012032	
重相関係数	0.721719943		

表 3 から、重相関係数は 0.721 であった。各変数にかかる係数の符号は妥当であることがわかる。これより、運行間隔の設定が新規目的地への循環バス利用率に大きな影響を及ぼしていることが分かる。また、時間帯の延長では、始発・終発時刻ともに時間延長するほど循環バス需要の増分に大きな影響を及ぼす結果となるが、とくに通勤時間帯までの始発の繰り下げの影響が大きいことがわかる。運賃のパラメータは小さく運賃を下げてても需要はあまり変化しないことを意味する。100 円運行の定着により、100 円に対する不満が小さいことが考えられる。循環バス需要関数は式(5.4)に示したが、既存目的地と新規目的地への循環バス利用率はいずれも同じ運行サービスを説明変数として用いるため、

$$\begin{aligned} P + \Delta P &= (k + \Delta k) - (e_a + \Delta e_a) q_a - (e_w + \Delta e_w) h \\ &\quad - (e_s + \Delta e_s) T_s - (e_e + \Delta e_e) T_e - (e_c + \Delta e_c) f \\ &= k - e_a q_a - e_w h - e_s T_s - e_e T_e - e_c f \quad (10) \end{aligned}$$

と表すことができる。

既存目的地への循環バス利用率のモデルパラメータは表 4 に示すとおりである²⁾。

表4 循環バスへの乗り換え利用率(p)

	k	e_w	e_s
係数	0.130778	0.20602	-0.018009
t値	2.79825	1.42261	-1.827646
	e_s	e_c	
係数	-0.012984	4.69567	
t値	-2.305983	1.94548	
重相関係数	0.564075		

以上、既存目的地と新規目的地への循環バス利用を考慮した利用率式を式(11)に示す。

$$P=0.13607-0.23177e_w+0.01909T_s+0.0137T_e-4.979511f \quad (11)$$

5. 循環バス路線網と運行サービスレベルの社会的便益評価

5-1 社会的便益評価

循環バスシステム導入の評価を社会的便益により行う。社会的便益は利用者便益、総収入、運行コストで構成される。利用者便益には、消費者余剰の考え方を導入する。本研究では、【中心市街地の活性化のための新規来訪地への来訪先への来訪需要の増加も考えた市街地内のモビリティ向上プロジェクトとして循環バスを導入するものとし、モビリティ向上プロジェクトがない場合は、循環バス利用者はゼロとして利用者便益を表す。】

社会的便益Yは循環バス運行管理者側の利益Pと利用者便益Gの和として式(12)のように表わされる。

$$Y=G+P \\ =\sum X_r(k-e_wq_a-e_w h-e_s T_s-e_e T_e-e_c f)^2/2e_c \\ +f\sum X_r(k-e_wq_a-e_w h-e_s T_s-e_e T_e-e_c f) \\ +\sum c_T\{(T_s+T_L+T_e)\}/2e_c \quad (12)$$

5-2 現行の循環バス路線での社会的便益評価

目的地来訪行動モデルによる潜在需要と既存目的地および新規目的地への循環バストリップを考慮したバス利用率からなる循環バス需要関数を用いて社会的便益評価を行う。ここでは、現行路線における現行の運行サービスと最適運行サービスにおける社会的便益を比較する。運行サービスとしては、循環バス需要への影響が大きい運行間隔を用いる。

現行の運行間隔における総潜在需要を算定し、社会的便益、利用者便益、運行管理コスト、循環バス運行利益を各々求めた結果を表5に示す。最適運行間隔の近似解を求めて総潜在需要を算定し、それより、社会的便益、利用者便益、運行管理コスト、循環バス運行利益を各々求めた結果を表6に示す。

表5 現行の運行間隔での社会的便益

現行運行間隔	20.0	総需要量	782
利用者便益	3.744	運行管理コスト	7.371
		総収入	7.820
		運行利益	0.449
		社会的便益	4.193

上段の間隔は分、需要量は人、下段の単位：万円/日

表6 最適運行間隔での社会的便益

最適運行間隔	14.7	総需要量	952
利用者便益	5.543	運行管理コスト	10.061
		総収入	9.520
		運行利益	-0.541
		社会的便益	5.003

上段の間隔は分、需要量は人、下段の単位：万円/日

以上の結果より、社会的便益を最大にする最適運行間隔は、現行の20分よりも約5分短い14.7分となった。運行間隔短縮は、利用者の待ち時間損失の減少につながる。そのため現行と比較し、総需要が約120増加した。循環バス需要の増加により利用者便益は約1.5万円増加した。一方、社会的便益は約0.5万円増加にとどまっている。これは、運行間隔が短くなったことで、バスの投入台数が増加したためであり、この結果運行コストが増加し、運行管理者側の利益が減少したためである。

6. 社会的便益最大化のための最適な路線網と運行サービスレベルのシミュレーション分析

6-1 路線のケース設定

本シミュレーションでは次のような運行ルートを設定した。ルート1は現行の運行ルートの逆ルート、ルート2は現行の運行ルート、ルート3は昭和通りも通過する運行ルート、ルート4は東口まで拡大した運行ルート、ルート5は中央通りのみを運行するルート、ルート6は市街地の外周を回る運行ルートである。ここで、ルート1~ルート4は5節で示した以下の図のような運行ルートであり、また、新たにルート5およびルート6の運行ルートは図7から12のように設定した。ルート4(東口拡大ルート)およびルート6(環状線ルート)は中心市街地環状線のみ運行ルートであり、中央通りを運行しない。中央通り派需要が多いと考え、新たにルート5を設定して、長野駅と中央通りの主要な集客施設を結ぶような路線網にした。

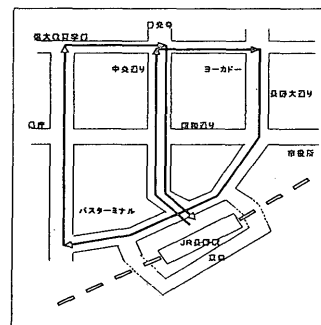


図7 逆回りルート

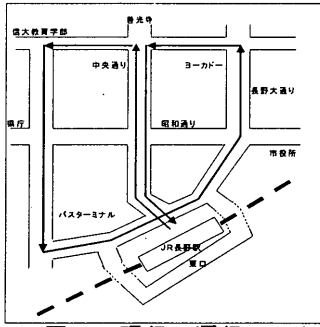


図 8 現行の運行ルート

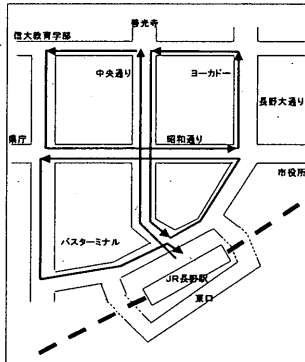


図 9 連続細循環ルート

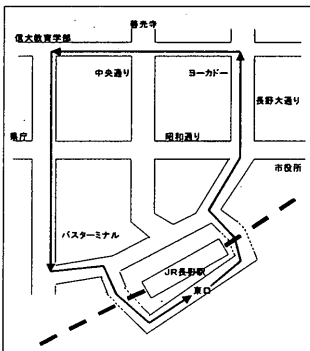


図 10 東口拡大ルート

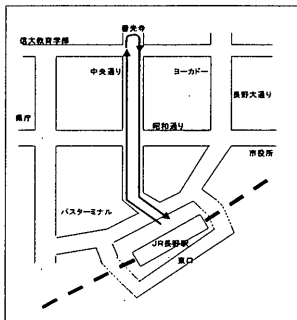


図 11 中央通りルート

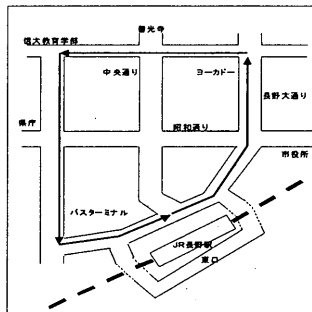


図 12 環状線ルート

6-2 各路線網の最適運行サービスと

社会的便益との関係

ここでも、循環バス利用に大きな影響のある運行間隔に着目する。社会的便益を最大にする最適運行間隔を求める。まず、前章で得られた潜在需要および循環バス需要関数に関するパラメータを用いて前項で設定した各ルートごとに最適運行間隔と社会的便益を求める。結果を以下の表 7 から 12 に示す。

表 7 ルート 1 における最適運行間隔と社会的便益

最適運行間隔		15.3	総需要量	865
利用者便益	運行管理コスト	総収入	運行利益	社会的便益
4.933	9.641	8.650	-0.991	3.942

上段の間隔は分、需要量は人、下段の単位：万円/日

表 8 ルート 2 における最適運行間隔と社会的便益

最適運行間隔		14.7	総需要量	952
利用者便益	運行管理コスト	総収入	運行利益	社会的便益
5.543	10.061	9.520	-0.541	5.003

上段の間隔は分、需要量は人、下段の単位：万円/日

表 9 ルート 3 における最適運行間隔と社会的便益

最適運行間隔		19.9	総需要量	572
利用者便益	運行管理コスト	総収入	運行利益	社会的便益
2.748	9.010	5.720	-3.290	-0.542

上段の間隔は分、需要量は人、下段の単位：万円/日

表 10 ルート 4 における最適運行間隔と社会的便益

最適運行間隔		16.7	総需要量	462
利用者便益	運行管理コスト	総収入	運行利益	社会的便益
2.508	5.746	4.620	-1.126	1.382

上段の間隔は分、需要量は人、下段の単位：万円/日

表 11 ルート 5 における最適運行間隔と社会的便益

最適運行間隔		11.2	総需要量	787
利用者便益	運行管理コスト	総収入	運行利益	社会的便益
5.115	6.026	7.870	1.844	6.959

上段の間隔は分、需要量は人、下段の単位：万円/日

表 12 ルート 6 における最適運行間隔と社会的便益

最適運行間隔		12.2	総需要量	839
利用者便益	運行管理コスト	総収入	運行利益	社会的便益
5.295	7.108	8.390	1.282	6.576

上段の間隔は分、需要量は人、下段の単位：万円/日

本結果から、現行ルートであるルート 2 は循環バス総需要が全ルートの中で最も多く、利用者便益が最大となっていることがわかる。ルート 1 については、長野駅から県庁および信大周辺までの接続は良いが、例えば、県庁から権堂までの接続が極端に悪いためにトータルの需要が少なくなるためである。ルート 3 については、ルート 2 に対して循環バス運行距離が長いことから、目的地までの平均所要時間が長くなってしまふことと、同じバス投入台数では運行間隔が長くなってしまふためである。ルート 4、5、6 については、乗車拠点および集客施設の総数が

ルート2よりも少ないために循環バス需要が少なくなる。ルート4からルート6については、最適運行間隔がルート1,2,3と比較して短い、運行管理コストは小さな値になっている。これはルート4,5,6は運行間隔が短くても、運行距離も短いために、バスの運行台数を増加させることなく1時間あたりの運行回数を増加させることができるためである。とくに比較的需要の大きいルート5と6は、社会的便益が現行ルートよりも大きいことが分かる。運行利益を見るとルート1からルート4は最適運行間隔時では赤字となっていることが分かる。運行間隔を短くしたことで、利用者にとって利便性は向上し、バス需要が増加するが、運行台数も増やさなければならぬため、運行管理コストが増加してしまったためである。

7. 結論

本研究では、循環バス運行に関する分析方法とその実証的分析を行った。長野市中心市街地循環バスで、運行ルートの観点より循環バス利用による市街地内のトリップ数を増加させるためにルートの条件を考慮した循環バス潜在需要のモデル化を行い、乗車拠点の魅力度や循環バス運行ルートの総距離などを決定するアプローチを示した。また、運行条件を考慮した循環バス需要のモデル化を行い、運行間隔や始発繰り下げ時間などを決定するアプローチを示した。さらに、循環バスルート選択および運行サービスの改善による循環バス需要の増加を考慮し、運行管理者側の利益と利用者側の利益より構成される社会的便益最大化の観点から、運行間隔等のサービス変数を決定するアプローチを示した。得られた知見を以下に示す。

(1) 乗車拠点の魅力度と所要時間差に関する係数および t 値が比較的大きくなった。このことから来街拠点として規模あるいは乗り換えやすさ、移動拠点としての魅力も大きい循環バス乗車拠点をルートに含めることと、徒歩と比較して時間損失の点では有利で、目的地へ到着しやすい路線網の設定が重要である。

(2) 循環バス運行距離に関する係数が大きくなった。この値から循環バスの運行距離が短く、目的地への平均到達時間が短くなると循環バスの利用者増加につながる事がわかる。

(3) 運行間隔に関する係数が大きく最適運行サービスであることが分かった。乗車待ち時間損失を重視していることが分かった。

(4) 始発時刻の繰下げも有効であることがわかった。

通勤に利用したいと考えている来街者が多い事がわかる。

(5) 運賃に関する係数は小さくなった。これは、100円運行の定着により、100円に対する不満が小さいことが考えられる。したがって、運賃を下げてでも需要はあまり変化しないことを意味する。

(6) 利用者便益に有効なルートはルート2であった。これは、乗車拠点と循環バス沿線上の集客施設数が多く、それによって、循環バス需要者が他ルートより多いためであることが分かる。

(7) 運行利益を考慮した場合はルート5・ルート6のようなルート設定が有効である。これは、運行距離が短いために運行台数を増加させずに運行回数を増やすことが可能なためである。

(8) 社会的便益最大化を目的とした場合は、ルート4とルート5、ルート5とルート6の組み合わせを行なった路線設定が有効である。これは、各ルートの運行回数も多く、さらに路線での循環バス需要が多くなるためである。

(9) 循環バス運行距離が長いと循環バスの社会的便益は小さくなった。これは、循環バス運行距離が長くなっているためにバスの運行回数を増加できなく、運行間隔の増加等につながるためである。

参考文献

- 1) 柳澤吉保、高山純一、平本光鋭、小林謙之：中心市街地活性化のための路線網を考慮した循環バス最適運行計画、第28回土木計画学研究講演集、2003年11月
- 2) 柳澤吉保、高山純一：運行サービスレベルによる需要変動を考慮した中心市街地循環バスの社会的便益評価、第37回日本都市計画学会学術研究論文集、pp.205-210, 2002. 11
- 3) 長野市都市政策課：「ぐるりん号」利用者アンケート結果
- 4) 高山純一、中野泰啓、柳澤吉保、加藤隆章：長野市中心市街地の利用手段の実態と運行改善による循環バスの利用可能性、第21回交通工学研究発表会論文報告集、pp. 61-64, 2001. 10
- 5) 磯部友彦：コミュニティバス事業に対する利用者評価—日進市の公共施設巡回バスを事例に—、第35回日本都市計画学会学術研究論文集、pp. 523-528, 2000. 11
- 6) 岸邦宏、高野伸栄、佐藤馨一：地方都市における循環バスの利用特性と運賃評価に関する研究、第35回日本都市計画学会学術研究論文集、pp. 529-534, 2000. 11
- 7) 日野啓雄、東野隆朗ほか：小型巡回バス導入実験による社会的効果と課題に関する研究、第20回交通工学研究発表会論文報告集、pp. 125-128, 2000. 10
- 8) 柳澤吉保、高山純一：運行管理コストと利用者コストのトレードオフを考慮した循環バスシステムの最適化、第36回日本都市計画学会学術研究論文集、pp. 595-600, 2001. 11