

地方都市における バス輸送活性化に関する調査研究

—宇都宮市でのケーススタディー—

古池弘隆*

中村文彦** 小川和彦***

本報告は、宇都宮市において、地方都市の公共輸送機関の根幹を成すバス輸送に関し、調査研究を行った概要である。既存のデータと独自に実施したアンケート調査を基に、現在のバス輸送とそれを取り巻く交通環境の分析を行い、地方都市におけるバス輸送活性化のための施策をまとめた。さらにその中の2つの施策については構想を具体化し、より詳しい検討、及び評価を行った。

Study on the Revitalization of Bus Transport in a Local City

Hiroataka KOIKE*

Fumihiko NAKAMURA** Kazuhiko OGAWA***

This paper reports a study of bus transport system done in Utsunomiya City, where bus plays an essential role in urban public transportation system. Based on the available bus operation data and results of a questionnaire survey conducted, existing bus transport system and its surrounding conditions are analyzed, and a spectrum of bus transport revitalization measures for local cities are developed. Among these measures, two specific proposals are examined in detail and their potential effects are evaluated.

1. はじめに

1-1 背景

近年の自動車の急速な普及とそれに伴う個別交通の増加は、都市内交通に多くの問題を引き起こしている。その主なものとして、都市内交通の混雑、駐車場の不足、交通事故の増加、公共輸送機関の衰退等が挙げられる。

宇都宮市のような地方都市においては、バス輸送が都市内公共輸送機関の根幹を成しているが、近年のモータリゼーションの進展に伴いバス輸送は衰退を続けている。

地方都市におけるバス輸送の衰退は、簡単に次のように分析することができる。個別交通の増加に伴い道路混雑が悪化し、それにより運行速度、定時性等のバスサービスレベルが低下する。サービスレベ

* 宇都宮大学工学部教授
Professor, Faculty of Engineering,
Utsunomiya University

** 東京大学工学部都市工学科助手
Research Associate, Dept. of Urban
Engineering, University of Tokyo

*** 宇都宮大学工学研究科
Faculty of Engineering,
Utsunomiya University
原稿受理 1992年6月4日

ルの低下はバス利用を消極的にさせる要因として作用し、利用者の減少を招き、バス事業者は運行本数の削減、運行路線の短縮・廃止等を行う。その結果、ますます自動車への依存度が高くなるという悪循環によるものである。

このような地方都市におけるバス輸送の衰退は、公共輸送機関として高齢者や身体障害者等の交通弱者に対して、その移動の手段を恒常的に提供するという基本的機能の維持すら危うくしている。

近年のこのようなバス輸送の衰退に対して、栃木県はいくつかの施策を行っている。例えば、毎月1日と15日を「バス鉄道利用デー」とし、利用デー専用の1,000円分のバス回数券は700円で購入できる。

また、「バス鉄道利用促進シンポジウム」の開催(平成2年)や、地元テレビで公共輸送機関の利用を呼びかけるスポットCMの放送等を行っている。

自動車(以下、断りのない限り自家用乗用車を指す)は確かに便利な交通機関である。しかし、近年のモータリゼーションの進展、それに伴う個別交通の増加による弊害を考えれば、自動車だけで都市の交通システムを完成することはできない。自動車と公共輸送、そして自転車と徒歩の適切なバランスのもとで都市の交通システムは完成される。

1-2 本稿の目的と構成

前節のような背景を踏まえて本稿においては、利用者サイドへのアンケート調査の結果を中心に、バ

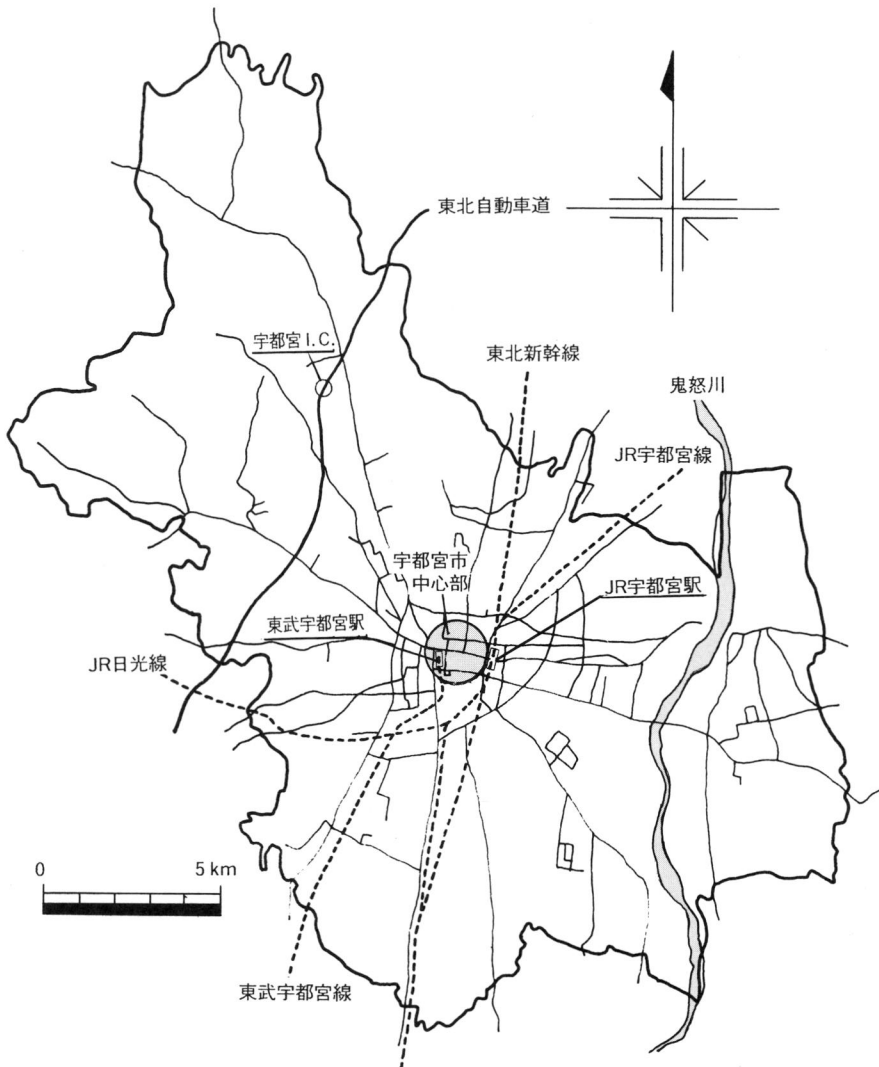


Fig. 1 宇都宮市の概略とバス路線網

ス輸送を活性化するための施策について検討し、評価を行うことを目的とする。

本稿の構成は、第一に、宇都宮市の概況を整理し、都市内交通問題との関わりを分析する。

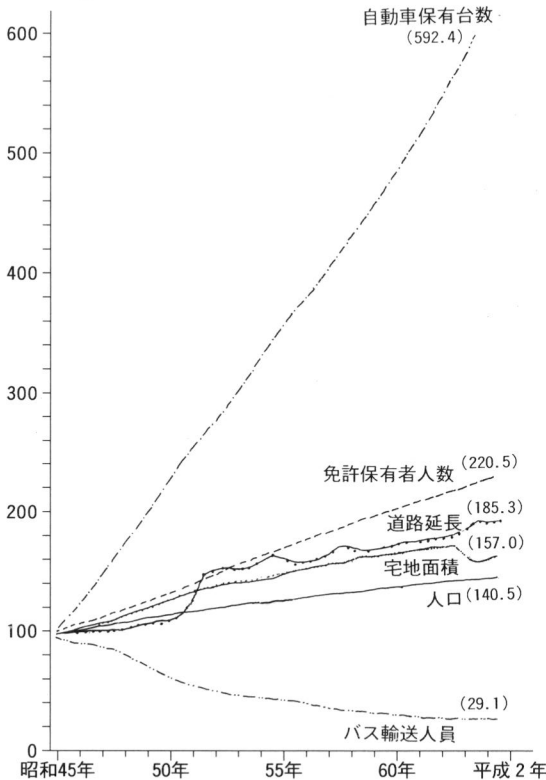
第二に、宇都宮市において独自に実施した2回のアンケート調査の結果を中心に、主に利用者サイドからみた現在のバスサービスの問題点を検証する。

第三に、前述の分析を基に、バス輸送活性化のための施策について、国内の既存事例を参考に立案する。さらに、その中の2つの施策については、利用意向調査やシミュレーション計算を中心に評価を試みる。

2. 宇都宮市の概況

宇都宮市の概略とバス路線網（平成3年現在）をFig. 1に示す¹⁾。路線網の特徴は、JR宇都宮駅を中心とする一極集中型（放射状型）の路線網となっていることである。

また、宇都宮市の概況を把握するために、6つの項目について、昭和45年から平成2年の20年間の推移をFig. 2に示す^{2,3)}。



注) ()内は昭和45年を100としたときの平成2年の指数。

Fig. 2 宇都宮市の概況

人口は、30.4万人から42.8万人となり、平均年増加率は1.74%（6千人余り）である。また、人口の増加に伴い宅地化が確実に進んでいることがわかる。

免許保有者人数（栃木県全体）は、48.0万人から105.8万人まで増加している。このうち宇都宮市の免許保有者人数は22.9万人で、これは宇都宮市の18才以上人口の71.0%にあたる。

自動車保有台数は、3.2万台から18.9万台となり、平均年増加率は9.38%（およそ8千台）で、急激に伸びている。またこれは、道路延長の伸びを大きく上回るものとなっている。例えば、自動車1台当りの道路延長で比べると、35.3m/台であったものが11.1m/台まで減少している。

バス輸送人員（栃木県全体）は、昭和44年度の1億4千万人をピークに減少を続け、平成2年度においては4千万人となっている。つまりピーク時の3割以下まで減少したことになり、これは全国の数字を上回る減少率となっている。

3. 利用者サイドからみたバスサービスの問題点

3-1 アンケート調査の概要

宇都宮市におけるバス利用実態とバスサービスに対する意識、及び一般的な交通実態を把握し、主に利用者サイドからみた現在のバスサービスの問題点を検証することを目的に、Table 1に示すような概要で独自に2回のアンケート調査を実施した。

2回のアンケートでは、主に以下に挙げるような項目について調査を行った。

- ①個人の属性（年齢、性別、職業）
- ②自動車の利用実態
- ③バスの利用実態
- ④移動の目的と利用する交通手段

Table 1 アンケート調査の概要

アンケート調査	アンケート調査(その1)	アンケート調査(その2)
実施日時	平成3年9月20日	平成3年11月5日 ～12月7日
調査対象	JR宇都宮駅利用者	鶴田地区 柳田街道沿線地区
調査方法	JR駅街頭配布 →郵送回収	訪問留置 →訪問回収
配布票数	2,000票	518票
有効票数 (有効率)	379票 (19.0%)	394票 (76.1%)

⑤バスサービスに対する意識

なお、昭和63年度全国都市パーソントリップ調査での、宇都宮市における全目的平均バス利用回数が1.20回/週であり⁴⁾、独自に実施した2回のアンケート調査では1.38回/週となっている。このことから、特に調査《その1》の回答者がバスに関心のある層に若干偏ってはいるものの、宇都宮市の実状を代表するに十分なサンプルであると考えられる。

3-2 アンケート結果を基にした問題点の検証

1) 全体からみた問題点の検証

自動車利用者・非利用者別のバス利用の割合をFig. 3に示す。予想された結果ではあるが、自動車利用者の方がバス利用の割合が低いことがわかる。特に30代、及び40代においては、自動車利用者のバス利用の割合が自動車非利用者のその半分以上となっており、その傾向が著しい。2章で述べた自動車保有台数の急激な増加という背景と共に、自動車への依存度が高くなりバス利用者が減少していることを示している。

また、以下に示すような満足度の指標を用いて、バスサービスに対する意識の調査を行った。

「+1.0: とても満足」「+0.5: やや満足」

「0: 普通」「-0.5: やや不満」

「-1.0: とても不満」

バスサービスに対するアンケート調査の結果を中心に、地方都市の路線バスにおける一般的な問題も考慮して、宇都宮市の路線バスが抱えるいくつかの主要な問題について検証する。以下、()内は宇都宮市において実施したアンケート調査での、満足度の結果を示す。

まず始めに、停留所施設の問題(-0.41)が挙げられる。この問題は、アンケート調査で最も不満度が高かった。具体的には、雨よけの屋根が付いている停留所はほとんど無く、雨や風が強い日にバスを待つことに快適な環境とは決して言えない。それを反映して、「停留所にベンチや屋根を設置して欲しい」というコメントが非常に多かった。さらに、バスの運行に関する情報の提供に関しても、時刻表のみで路線図等の情報さえ十分でない停留所も少なくない。

また、宇都宮市内を四者(平成3年現在)のバス事業者が営業運行をしているが、協力体制はほとんど確立されていない。その結果、重複区間ではそれぞれの事業者が個別に停留所を設置し、同じ場所であっても名称が統一されていないので停留所の名称が複雑で分かりにくく、利用者に不便を強いる結果

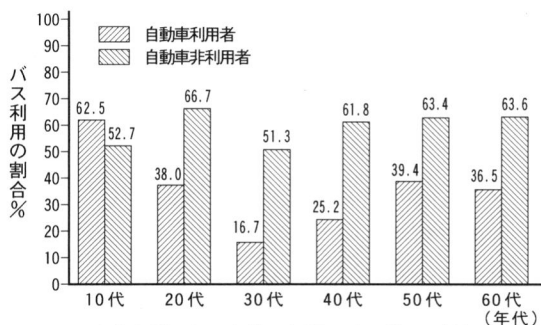


Fig. 3 自動車利用者・非利用者別のバス利用の割合

となっている。例えば、JR宇都宮駅前の大通りでは2つの「馬場町」と「二荒山前」の合計3つの停留所が並んで設置されており、約90m離れた所には「二荒前」と「馬場町」が並んで設置されている。

第二に、運賃に関する問題(-0.37)が指摘できる。この問題は、停留所施設に次いで不満度が高かった。アンケート調査のコメントを参考にすると、特に郊外と市中心部との往復運賃が高過ぎるという意見が多い。実際、T住宅団地とJR宇都宮駅の往復を例にとると、片道6.3kmの距離をバスで往復した場合、580円(平成4年現在)かかる。これは、例えば燃費8km/lの車を使って往復した場合、約190円のガソリン代がかかることと比べると、3倍以上となっている。

第三に、運行本数(運行間隔)の問題(-0.33)が挙げられる。宇都宮市のバス路線網の特徴により、JR駅と東武駅とを結ぶ市中心部の大通りにおいては多数の路線が重複している。大通りを通過するバスは1日に1,500台以上(片道)もあり、時にはだんご状態で続けて来るが、100以上の系統があるために自分の目的地を経由するバスがなかなか来ないことがある。例えば、宇都宮市の路線バスに関して最大のシェアを持つ事業者を例にとると、大通りを通過するバスは1,124台(片道平均)であるが、系統数が75あるため、例えば1日の運行時間帯を6時から22時とすると1時間当たり0.94本となる。また、「郡部においては、運行本数が1時間に1本にも満たない路線が少なくなく、利用したくても利用できない」というコメントも多かった。

第四に、定時性(-0.19)が挙げられる。これは、路上駐車や自動車交通(業務用車両等も含め)の集中による駅前大通りの日常的な混雑と共に、朝夕のラッシュアワー、及び日祝日、雨天の日の市内全般的な渋滞がひどく、バスの定時性を悪化させ、バスに対する信頼性を低下させている。アンケート



注) *印は宇都宮市において顕著なものを表す。

Table 2 地方都市交通が抱える問題とバス輸送活性化のための施策のまとめ

調査では、「通常20分程度で着くところが50分もかかることがある」「利用者が減っているのは、混雑のためいつ到着するのか分からないから」等のコメントがあった。

第五に、車両の低水準、及び老朽化という問題(-0.11)が挙げられる。アンケート調査では、「車内が排気ガス臭い」「汚い」「うるさい」「揺れる」等のコメントが多かった。宇都宮市内を運行する路線バスは、大都市のバス事業者から購入した中古車両が多い。そのため清潔感に欠けるという印象は否めなく、バスに対するイメージを悪化させている。また、冷房設備の設置状況については、先にも触れた事業者においても全車両の68%に止まり、この問題に対する不満のコメントも多かった。

最後に、路線網形態の問題(-0.05)が挙げられる。

すでに述べた通り、宇都宮市のバス路線網はJR駅を中心とする一極集中型である。そのため、駅前大通りにはいくつもの路線が重複し、大通りを運行するバスの台数が極端に多くなっている。その結果、バスによる渋滞が起り、バス自身が定時性を悪化させる原因の1つとなっている。また路線網が複雑となり、どれに乗れば自分の目的地に行けるのかが分かりにくい。アンケート調査では、「始点終点を分散させるべき」や「大通りのバスを分散させるべき」等の意見が多かった。

2) 利用目的別にみた問題点の検証

利用目的別にバスサービスの問題点を検証する。

アンケート調査の結果では、バス利用の目的別の割合は、「買い物・娯楽」が36.9%と最も高く、「通勤」が33.0%でそれに続いている。10代だけでみ

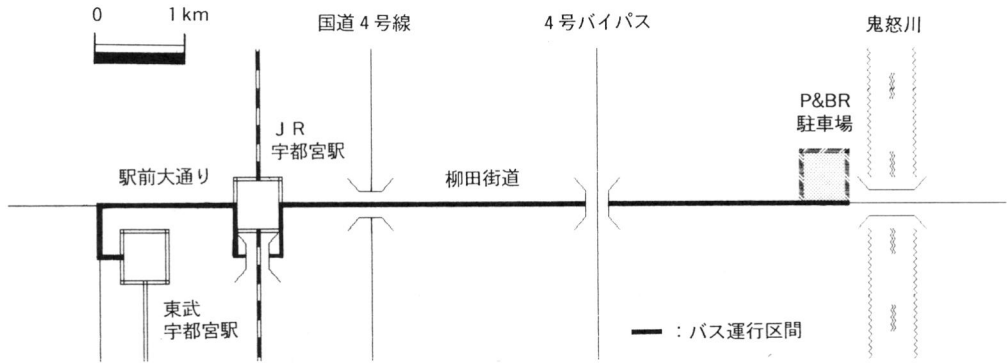


Fig. 4 P & B Rシステムの概略図

てみると、「通学」(70.0%)が最も高く、「買い物・娯楽」(20.0%)が次に高い。そこで、「通勤」「通学」「買い物・娯楽」の3つに注目して、バスサービスの問題点を検証する。以下、()内はアンケート調査での、満足度の結果を示す。

始めに、「運行本数(運行間隔)」についての不満度を見てみると、通学(-0.50)、通勤(-0.31)、買い物・娯楽(-0.20)の順に高い。この結果から、特に朝の通勤通学時間帯に高密度な運行が望まれており、娯楽等の比較的時間に余裕がある場合には高密度な運行に対する要望は低いことがわかる。また郊外においては、「1本乗り遅れると遅刻してしまう」「電車の時刻に丁度良いバスがなく、駅で時間を持って余す」等のコメントがあった。

「定時性」についても、通学(-0.29)、通勤(-0.28)、買い物・娯楽(-0.12)の順に高い。これも目的により時間的制約の強さに違いがあることを示している。また、「定時性の低下は自動車の増加による都市交通の混雑が原因であり、特に雨の日などは渋滞が一層ひどく、バスの運行時刻は当てにならない」というコメントがあった。

3-3 調査結果のまとめ

アンケート調査の結果について全般的に考察すると、一般的な問題としては、快適かつ利用者に親切的な施設・設備面の充実、そして便利かつ信頼できる運行面の確立が望まれている。

利用目的別に大まかな傾向を見てみると、「通学」「通勤」「買い物・娯楽」利用者の順に不満度が高い。これは目的による時間的制約の違いからくるものであり、バスに対する信頼性の欠如が大きな問題であることがわかる。

4. バス輸送活性化のための施策のまとめ

前章までの宇都宮市の背景、及びアンケート調査結果の分析を基に、地方都市が抱えるいくつかの典型的な交通問題を整理する。整理の方法は、Table 2の左欄のように分類し、問題点を列挙した。

次に、それらの問題を改善するため、またバス利用を促進させバス輸送を活性化するために考えられる施策を整理する。整理の方法は、Table 2の右欄のように分類し、問題点を列挙した。

ここで、「バス事業者単独」と「行政等の協力が必要」の区分に関しては、実施段階ではなく、その前の段階においてバス事業者が独自で発案・計画すべきか否かにより定義する。

列挙した施策の中で、以下の章で述べるような必要性と効果、そして実現可能性などの面から、『パーク&バスライド(以下、P&B R)システム』と『シャトルバスシステム』については、構想を具体的に検討することは意義があると考えられる。そこで、2つの施策の構想について、以下の2章で具体的に検討を行う。

5. 『パーク&バスライドシステム』

5-1 P & B Rシステムの必要性

このシステムの必要性の背景を整理すると、以下の3点が主な問題として取り上げられる。

第一に、郊外になるほど路線網密度が低くなり、バス停までのアクセス距離が長い。

第二に、市中心部まで自動車で行ったとしても、駐車場が混雑している、あるいは駐車料金が高い。

第三に、市中心部に自動車(業務用車両等も含め)交通が集中するため、日常的に交通渋滞が発生している。

5-2 宇都宮市における導入のケーススタディ

宇都宮市におけるP & B Rシステム導入のケース

スタディとして、Fig. 4 の様なモデルを想定した。
宇都宮市の東側郊外には駐車場を整備可能な土地（休耕田や遊休地等）が有り、またその地区とJR駅とを結ぶ片側2車線道路（柳田街道）も整備されている。さらに、現在行われている国道4号線との立体交差化の工事が完了すれば、全ての主要交差点において立体交差となり、定時性の確保もかなり期待できる。

5-3 P & B Rシステムに対する利用意向調査

1) アンケート調査の概要

3-1節で述べたアンケート調査《その2》において、P & B Rに対する利用意向調査を行った。

その方法は、前節で述べたようなモデルを仮定し（具体性を持たせるため駐車場の位置も特定した）、以下に挙げるような項目について調査を行った。

- ① P & B Rシステムの利用に対する意向
- ② 利用する場合のサービスの重要度及び希望水準
- ③ 利用しない理由

2) 調査結果の概要と考察

まず、P & B Rシステムの利用に対する意向を「利用する」「条件によっては利用する」「利用しない」「わからない」の四択一によって調査した。その結果、全体の傾向は、「利用する」という積極的な意見は20.9%であるが、「条件によっては利用する」という肯定的な意見も含めると75.5%にもなる。

この結果から、P & B Rシステムに対する関心の高さと利用に対する肯定的な意見が多いことがわかる。今回の調査では、改善策の選択肢がP & B Rシステムしかないという問題があるものの、システム導入による効果や利点等が住民に理解され、住民にとっても受け入れやすいシステムであるという結果と考えられる。

次に、以下に示すような重要度の指標を用いて、利用する場合のサービスの重要度と希望する水準について調査した。

- 「5:とても重要」「4:やや重要」
- 「3:どちらでもない」「2:余り重要でない」
- 「1:重要でない」

調査結果は、Table 3 に示す通りとなった。この結果から、このシステムを利用する場合のバスのサービスとしてはどれも重要であるが、それぞれに希望する水準は、実現可能な水準からかけ離れたものではないことがわかる。

5-4 P & B Rシステムの効果

P & B Rシステムを導入した場合の主な効果は、以下のように整理することができる。

第一に、バス停までのアクセスを自動車、あるいは自転車とすることで、バス停までの距離抵抗を克服できる（駅勢圏の拡大が期待できる）。

第二に、市中心部に於ける交通渋滞と駐車場の混雑からの回避が可能で、時間効率が高くなる。

第三に、市中心部への自動車交通量が抑制されれば、バスの運行速度、定時性が高まり、バスに対する信頼性が増す。

ここで、前節のアンケート調査の結果を基に、P & B Rシステム導入による、バス非利用者のバス利用への転換の可能性について、簡便な評価の方法を検討する。

方法は、利用意向調査で取り上げた5つのサービスについて、重要度と好感度の2つの要因による評価を行い、それらの総合評価によってバス利用への転換の可能性を導き出す。

$$\text{評価算定式 } E = \sum I_i (S_i \cdot X_i + C_i)$$

ここに、 I_i : サービスの重要度係数

S_i : サービスの好感度係数

C_i : 定数

X_i : 実際のサービスの代入値

この算定式の構築については、係数、及び定数を求める過程の概略のみを以下に述べ、評価算定式の

Table 3 P & B Rシステムのサービスに関する調査結果

サービス項目	重要度	サービス水準	割合 (%)
運行本数 (1時間当り)	4.66	4本以上 3本 2本 1本	41.0 43.8 13.3 1.0
バスの運賃 (片道 約8km)	4.56	200円以下 201~300円 301~400円 401円以上	45.7 39.0 11.4 2.9
駐車場料金 (1日当り)	4.41	100円以下 101~200円 201~300円 301~400円 401~500円 501円以上	27.6 30.5 13.3 6.7 14.3 3.8
バスの遅れの許容限度	4.50	5分以内 10分以内 15分以内 20分以内	61.9 29.5 5.7 0.0
宇都宮駅発のバスの最終時刻	4.22	23時頃 22時頃 21時頃 それ以前	42.9 34.3 9.5 9.5

詳細な妥当性等の検討に関してはここでは省略する。

評価算定式の重要度係数は、アンケート調査の結果得られた重要度を用い、好感度係数、及び定数は、サービス水準に対し希望する割合から決定する。

最後に、最も高い割合だったサービス水準を代入した時に、評価点の合計Eが10点になるように基準化し、多くの人が満足する評価点の目安が10点になるようにする。

以上のような過程の後、値を代入し整理すると、以下の式が得られる。

$$\begin{aligned}
 E = & +0.971 X_1 (\text{: 1時間当りのバス運行本数}) \\
 & -0.00661 X_2 (\text{: 片道のバス運賃}) \\
 & -0.00418 X_3 (\text{: 1日当りの駐車料金}) \\
 & -0.151 X_4 (\text{: 片道でのバスの遅れ}) \\
 & +0.551 X_5 (\text{: 駅発のバスの最終時刻}) \\
 & -3.59
 \end{aligned}$$

ただし X4は予想される値、または目標とする値。

X5は24時間制で代入。

評価算定式による、サービスレベルの組み合わせの合計評価の計算例をTable 4 に示す。

もちろん、合計評価の値が高いほど、バス非利用からP & B Rシステム利用への転換が期待される。

5-5 今後の検討課題

導入の検討を行う際にまず問題となるのは、費用の問題であるが、これに関連するものとして、運輸省がP & B Rシステムを全国に広げるため「バス活性化連絡会」を設置し、補助金など総合的な推進策を調整していく構想を決めている。

その他には、駐車場からJR駅までの定時性の確保が期待できても、市中心部での、特に大通りでのバス優先方策の充実という問題がある。その場合の優先方策としては、バス専用車線（基幹バスも含め）や優先信号等が考えられる。

6. シャトルバスシステム

6-1 シャトルバスシステムの必要性

すでに述べたように宇都宮市のバス路線網は、JR宇都

宮駅を中心とする一極集中型である。アンケート調査の結果などからこれに起因する問題を整理すると、以下の3点が主な問題といえる。

第一に、運行システムの大部分が商業活動の中心となっている駅前大通りを経由するために、一般交通の渋滞、そしてバス交通自身の渋滞を引き起こし、バスサービスレベルの低下を招いている。

第二に、駅前大通りを通過するバスは非常に多いが系統数も多いため、自分の目的地を経由するバスがなかなか来ないことがあり、結局バスサービスレベルの低下につながっている。

第三に、運行系統数が非常に多いため運行案内が複雑で、どれに乗れば目的地へ行けるのか、特に普段余りバスを利用しない人にとってはわかりにくい。

以上の3点から一極集中型の路線網が抱える問題、宇都宮市においては特に駅前大通りが抱える問題を指摘することができる。このような背景を考慮すると、大通りへのシャトルバスシステムの導入は意義のあるものである。

6-2 宇都宮市における導入のケーススタディ

宇都宮市におけるシャトルバスシステム導入のケーススタディとして、Fig. 5のようなモデルを想定した。6-1で述べたような問題を解消するため

Table 4 P & B Rシステムのサービスレベルの評価計算例

パターン	運行本数 (本/1時間)	運賃 (円・片道)	駐車料金 (円/1日)	バスの遅れ (分)	終発時刻 (時)	評価
a	6	150	100	1.0	24	13.90
b	3	150	150	2.5	23	10.00
c	2	250	200	5.0	22	7.23

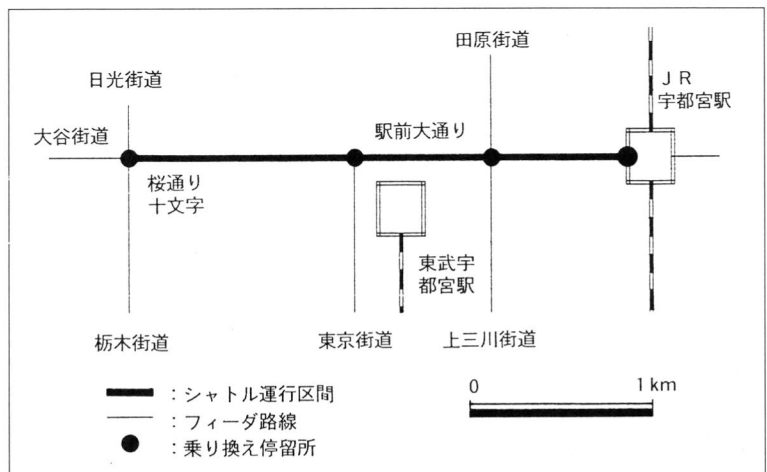


Fig. 5 シャトルバスシステムの概略図

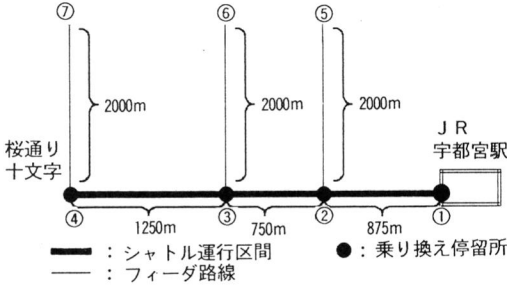


Fig. 6 シャトルバスシミュレーション例のモデル図

Table 5 シャトルバスシミュレーション例のOD表

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	計
①				50	100	100	50	300
②					50			50
③						50		50
④							50	50
⑤								
⑥								
⑦								
計				50	150	150	100	450

Table 6 シャトルバスシミュレーション例の条件

路線全体のバス台数	12 (台/時間)
バスの乗車人員	40 (人/台)
バスの運行速度	13(km/h)[3.6(m/s)]

に、路線の重複度の高いJR宇都宮駅から桜通り十文字までの区間をシャトル区間とし、そこから市内各地へ分岐するフィーダ区間を設ける。

6-3 シャトルバスシステムの効果

駅前大通りにシャトルバスシステムを導入した場合の主な効果は、以下のように整理することができる。

第一に、駅前大通りを運行するバスの台数を削減し、渋滞の緩和が期待できる。

第二に、特にフィーダにおいて運行回数の増加が可能で、待ち時間を減少させることができる。

第三に、駅前大通りをシャトル、大通りから市内各地へはフィーダとすることで、運行システムを単純化することができる。

第四に、路線の短縮による定時性の向上が期待できる。

Table 7 シャトルバスシミュレーション例の計算結果の比較

路線距離の重み	一極集中型		シャトルバスシステム	
	平均待ち時間(秒)	平均乗車率(%)	平均待ち時間(秒)	平均乗車率(%)
0.5	266.4	42.0	216.4	49.2
1.0	262.2	41.7	212.4	49.1
2.0	260.4	41.7	209.3	49.2
3.0	260.3	41.8	208.1	49.3

シャトルバスシステムについては、アンケート調査によるものではなく、第一、第二の効果について、シミュレーション計算を基にした実際的な効果の評価方法を紹介します。これは、導入の計画に際し必要な資料の1つとして、ここで示しておく。

シミュレーションシステムの構築については、ここでは概略のみを以下に述べ、このシステムを宇都宮市の駅前大通りに適用した簡単な例を示す。

始めに、現在の運行台数をシャトルとフィーダに配分するが、その際に、乗車率、及び路線距離と運行間隔のバランスを適切にすることを考え、路線需要と路線距離の2つの要因を考慮して配分する。ただし、どちらかを優先させたい場合も考えられ、乗車率の重みを1とした時の路線距離の重みで処理できるようにする。

以上の点を考慮すると、以下の配分率を求める式が導き出される。

$$\text{配分率 } D = \frac{p_i / P + I(l_i / L)}{1 + I}$$

ここに、P : 対象とする路線の需要の合計

p_i : 各路線ごとの需要

L : 対象とする路線の距離の合計

l_i : 各路線ごとの距離

I : 乗車率に対する路線距離の重み

次に、前述のようにして配分されたバス台数を用いて、区間ごとの運行間隔を決定する。今回の例では待機車両等は一切考えず、絶えず全てのバスが運行しているものとする。

$$\text{運行間隔 } T_i = \frac{2 l_i}{B_i V}$$

ここに、 B_i : 各路線ごとのバス台数

V : バスの運行速度

次に、利用者がランダムに発生すると仮定すると、シャトルの待ち時間、及びフィーダの(乗継ぎ)待

Table 8 シャトルバスシミュレーション例の計算結果 [一極集中型]

[一極集中型]	バス台数(台) = 12.0		バス乗車人員(人) = 40.0				
	運行速度(km/h) = 13.0						
区 間	①-④-⑦	①-③-⑥	①-②-⑤	④-⑦	③-⑥	②-⑤	路線全体合計
需 要(人)	100-100	100-150	100-150	(50)	(50)	(50)	400
区間距離(m)	4875	3625	2875	2000	2000	2000	11375
乗車率に対する路線距離の重み =	1.0						路線全体平均
バス配分率	0.339	0.347	0.314				
運行間隔(秒)	665.2	483.9	424.1	665.2	483.9	424.1	
待ち時間(秒)	332.6	241.9	212.0	332.6	241.9	212.0	262.2
乗 車 率(%)	46.2	42.0	36.8				41.7

Table 9 シャトルバスシミュレーション例の計算結果 [シャトル型]

[シャトル型]	バス台数(台) = 12.0		バス乗車人員(人) = 40.0			
	運行速度(km/h) = 13.0					
区 間	①-④		④-⑦	③-⑥	②-⑤	路線全体合計
需 要(人)	300		100	100	150	700
区間距離(m)	2875		2000	2000	2000	8875
乗車率に対する路線距離の重み =	1.0					路線全体平均
バス配分率	0.376		0.184	0.220	0.220	
運行間隔(秒)	353.8		502.9	421.2	421.1	
待ち時間(秒)	176.9		251.5	210.6	210.6	212.4
乗 車 率(%)	73.7		34.9	43.9	43.9	49.1

ち時間は、運行間隔の2分の1となる。

$$待ち時間 W_i = \frac{T_i}{2}$$

シミュレーション計算の簡単な例として、Fig. 6に示す宇都宮市のモデル路線、Table 5のOD表(1時間あたりを想定)、及びTable 6に示すような条件のもとで行った結果をTable 7に示す。

Table 8とTable 9を参考にしながら、一極集中型とシャトル型について詳しい比較を試みる。

平均待ち時間を計算すると、一極集中型は262秒、シャトル型は314秒(フィーダ乗継ぎ待ち時間も考慮)となる。しかし今回はシャトル-フィーダ間の連絡の調整を考えていないシミュレーション例であるので、運行時間の調節により待ち時間は同レベル、あるいはより高いレベルまで抑えることは可能である。さらに、フィーダ始点からの利用に対しては、一極集中型よりも高いサービスレベルの実現が可能であることがわかる。

また、待ち時間については同程度、あるいはより高いサービスレベルの実現が可能であるにも関わらず、大通りを運行するバスを一極集中型に比べ4割以下まで削減することができ(一極集中型の①-②区間の配分率の合計が1となるのに対し、シャトル型の配分率は0.376)、渋滞緩和に大きな効果が期

待できることが確かめられる。

一方で、全く同じ条件の下で一極集中型からシャトル型へ路線網形態を変えた場合に、シャトル区間での乗車率が高くなるのがわかる。今回の計算では、実際の乗車状況を勘案してバスの乗車人員を40人/台としたが、これは立って乗る人も含めた乗車人員であり座席数はおおよそ20と考えられるので、一極集中型に比べ立って乗る人が増えることになる。

6-4 今後の検討課題

シャトルバスシステムはシャトルとフィーダの乗継ぎを前提とするシステムである。そのため、直行性というサービスメリットが失われることに対する、利用者の抵抗の克服が重要な課題である。克服の主な方法としては、以下のようなものが挙げられる。

- ① (特にシャトル区間での) バス優先方策の拡充
- ② 乗継ぎ運賃制度の整備
- ③ 乗継ぎ停留所の整備

また、都心商業地、公共輸送の活性化や道路交通環境(主に歩行者、自転車に対して)の改善等の目的で、シャトルバスの導入と組み合わせた駅前大通りのトランジットモール化も検討課題として挙げられる。この2つのシステムは、良好なバス運行の確保と潤いのある街づくりの相乗効果として、上に挙げたようなものの他にも多くの効果が期待できる。

7. まとめ

本研究で行った分析、検証等の結果から、宇都宮市のような地方都市におけるバス輸送の衰退は、モータリゼーションの進展とバスサービスレベルの低水準の悪循環、言い換えれば相乗作用といえる。

今回の研究において、その悪循環を詳しく分析した結果は、以下のようにまとめることができる。

第一に、モータリゼーションの進展とは、自動車保有台数の急激な増加に伴う都市交通の混雑であり、これによりバスの運行速度、定時性が低下する。

第二に、バスサービスレベルの低水準とは、施設・設備面に関しては快適性と情報提供の水準の低さであり、運行面に関しては利便性と信頼性、そして低廉性の水準の低さである。そしてその結果、自動車への依存度がますます高くなる。

さらに今回の研究では、2つの施策に対する具体的な評価を含め、いくつかのバス輸送活性化のための施策を検討したが、その検討の結果は、以下のようによまとめることができる。

第一に、停留所施設や車両設備について、利用者に対し快適で便利なサービスの提供が重要である。

第二に、情報の提供等について、利用者によりわかりやすい、言い換えれば利用者により優しい方法を用いて、

実施することが重要である。

第三に、バス路線網や輸送システム等の改善により、都市内交通の混雑を解消することが重要である。

第四に、バス優先方策の拡充により、バスの信頼性を高めることが重要である。これには行政等の協力を必要とする。

本研究を進めるにあたり、関東自動車(株)の関係者の皆様、特に入江氏、布施氏に於きましては、貴重な資料、並びに御意見、御助言を頂き、ここに改めて深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 栃木県企画部『'91 とちぎのバス路線』栃木県、1991年
- 2) 宇都宮市企画部『宇都宮市統計書 昭和45年版～平成3年版』宇都宮市、1971～1992年
- 3) 栃木県警察本部交通部『交通白書 昭和45年版～平成2年版』栃木県警察本部、1971～1991年
- 4) 建設省都市局都市交通調査室『昭和63年度 全国都市パーソントリップ調査』建設省、1989年
- 5) (財)国際交通安全学会トランジットモール研究会編『トランジットモールの計画』技報堂出版、1988年