筑波研究学園都市を対象としたデマンドバスシステムのシミュレーションによる検討[†]

津 川 定 之*・重 田 清 子*

A Simulation Study of a Demand Bus System for Tsukuba Science City

Sadayuki TSUGAWA* and Kiyoko SHIGETA*

This paper describes a simulation study of a demand bus system for Tsukuba Science City. The demand bus system is especially for the transportation poor in the daytime, and is fully computerized. Input of demands by customers and information exchange between the control center and buses are performed at bus stops linked to the center through telephone lines. The residential districts and commercial districts are scattered in the system service area of 3 km×10 km. For the simulation many bus stops in these districts are represented by 11 points, and based on traffic studies number of demands is set to the range of 10/h to 1000/h, and number of buses 1 to 50. After giving the numbers of demands and buses the simulation proceeds by tracing generation of demands, allocation and dispatch of a bus to a new demand and, if any bus stops at a bus stop, passengers' getting on and/or off at each discretized time. Then, characteristics of the system under steady state are considered, and relations between system parameters (number of buses, number of demands per unit time) and system characteristics such as level-of-service, which is defined as a ratio of wait time plus ride time to direct ride time, customers' wait time at bus stops and maximum number of passengers in a bus are obtained. The heuristic algorithm is applied for allocation and dispatch of buses to demands, and a new type of the performance index for allocation and dispatch is proposed. The results show that the demand bus system is superior to the conventional bus

system in respect to both level-of-service and wait time, and that the demand bus system is effective in the present city.

Keyword: demand bus system, simulation, demand responsive transportation system, transportation system

1. ま え が き

デマンドバスシステムは、利用者の要求に従って固定されていないルートとスケジュールでバスを走行させる、タクシーと路線バスの中間的な性格をもつ、新交通システムの一つである^{1)~3)}。その特徴は、既存のハードウェア（車両など）を用いてソフトウェア、すなわちバス運行システムの改善によって利用者に対するサービスと輸送効率の向上を図る点にある。著者らは、交通実態調査⁴⁾と住民に対するアンケート調査⁵⁾に基づいて、筑波研究学園都市を対象としたデマンドバスシステムを提案した⁶⁾。この論文の目的は、提案したデマンドバスシステムの有用性をシミュレーションによって検討することにある。

デマンドバスシステムの運行方式のうち利用者の出発地（O）と目的地（D）の両方（OD）が多地点になる many-to-many 型⁷⁾では、利用者の要求に応じてその出発地から目的地まで、他の利用者との相互干渉をできるだけ少なくしたうえで、できるだけ高いサービスレベルで輸送できるように、バスのルートとスケジュールを調整する必要がある。すなわち、スケジュールの更新方法は、バス配車問題として、デマンドバスシステムでは最も重要な問題である。

デマンドバスシステムのシミュレーションとバス配車問題についてはすでに幾つかの研究がある。Wilson ら^{8), 9)}は、サービス対象地域内の任意の2点を利用者のOD（OD間の道のりはOD間の距離の1.2倍とする）としてシミュレーションを行い、地域の広さ、デマンドの密度などからデマンドバスシステムの有効性を

[†] 第20回計測自動制御学会学術講演会で発表（昭56・7）

* 機械技術研究所 茨城県新治郡桜村並木 1-2

* Mechanical Engineering Laboratory, Niihari-gun, Ibaraki

(Received October 15, 1981)

(Revised April 7, 1982)

論じている。バス配車アルゴリズムとして、発見的アルゴリズムを提案している。すなわち、新しい利用者の待ち時間、乗車時間、新しい利用者を乗降させるための迂回時間の 4 項の重みつき 2 乗和からなる配車評価関数を最小化するようにバスの割り当てとルート、スケジュールの更新を行っている。Breur ら¹⁰⁾は、2.5 km×2.5 km の市街を対象とし、道路網を格子状および実際の道路網としてシミュレーションを行っている。配車アルゴリズムと配車評価関数は、Wilson らのアルゴリズムを用いているが、乗車直前に再配車を行ってそのバスの適不適を決定している。そして、デマンド数とバス台数を固定し、利用者の乗車時間の項を省いた配車評価関数と利用者の待ち時間、迂回時間の関数を論じている。Kaneshige ら¹¹⁾は、1 km×1 km の地区の 6×6 の格子状道路網を対象としてシミュレーションを行い、バスの定員と規定時間内での目的地到着可否に基づいて配車を行っている。一方、利用者のデマンドがあらかじめわかっているときは、バス配車問題は traveling salesman 問題に帰着される。Psaraftis¹²⁾は、traveling salesman 問題にダイナミックプログラミングを適用し、利用者の OD を Wilson らと同じくサービス対象地域内の任意の 2 点としてデマンドをリアルタイムで処理するアルゴリズムを提案している。

しかしながら、従来の研究では、具体的な地域にデマンドバスシステムを導入したときの有用性の検討、ならびにデマンド数、バス台数とシステムの特性を示すパラメータ（サービスレベル、待ち時間など）の関係についてはほとんど考察がなされていない。さらに、上述した研究成果を著者らが提案したデマンドバスシステムのシミュレーションに適用することは妥当ではない。なぜならば、利用者のデマンド入力方法、バスへの配車結果の伝達方法などが上述したデマンドバスシステムのいずれとも異なり、かつサービス対象道路網が 3 km×10 km の広さを持ち、平均人口密度は低く、その中に人口の集中した狭い地域が点在する、という特殊な性格をもっているからである。

この論文では、提案したデマンドバスシステムのシミュレーションについて述べ、バス台数とデマンド数を変化させてシステムの特性を示すパラメータ値を算出し、利用者に対するサービスの面からシステムの有用性の検討を行う(注1)。

2. デマンドバスシステムの概要⁶⁾

(注1) システムの建設費、運転費などは考えないものとする。

Fig. 1 Configuration of the demand bus system

提案したデマンドバスシステムは、主として昼間時における交通弱者を対象としている。

2.1 システムの構成

デマンドバスシステムの構成を Fig. 1 に示す。このシステムでは、利用者からのデマンド入力、バスとセンタとの情報交換はすべて停留所において行われる。すなわち、各停留所には、通信機能と情報処理機能をもつ路上装置が設置され、路上装置には利用者がデマンドを入力するための目的地入力盤がある。利用者のデマンドは路上装置から電話回線を経てセンタのコンピュータへ送られる。コンピュータはデマンドの OD に対して、各バスのルート、スケジュールを考慮してバスの配車を行う。その結果は、適当な路上装置に電話回線を経て送られ、該当するバスが停留所を通過したり停留所に停車するときに微弱電波で路上装置から車載装置に送られる。この情報は、さらに運転席に表示され、運転手につぎに行くべき停留所を指示する。

2.2 サービス対象道路網の構成

システムがサービスの対象とする筑波研究学園都市中心部の道路網は、数本の幹線道路と、その中に点在する住宅地域、サービス施設地域などを幹線道路に接続するアプローチ道路で構成されている。デマンドバスシステムの停留所は、住宅地域、サービス施設地域内に境密に設置し、幹線道路沿いには設置しない。利用者のトリップは、すべてこれらの地域内および地域間で生じるからである。

3. シミュレーション

このシミュレーションは、デマンドバスシステムの特性を平均サービスレベルと平均待ち時間で表わしてシステムの有用性の検討を行う。すなわち、システムのよさを、できるだけ少数台のバスで、できるだけよい平均サービスレベルとできるだけ短い平均待ち時間を実現することにおいてシステムの特性を調べる。サ

ービスレベルは

$\frac{\text{待ち時間} + \text{バス乗車時間}}{\text{最短経路乗車時間}}$

で定義する。待ち時間はデマンド発生時刻からバス乗車時刻までの時間、バス乗車時間はバス乗車時刻（出発地出発時刻）からバス降車時刻（目的地到着時刻）までの時間、最短経路乗車時間はバスと同じ速度で出発地から目的地まで最短経路を移動したときの所要時間、である。

3.1 シミュレーションにおける仮定

システムを簡単化するためにつぎのような仮定を置く。

(1) 対象道路網と停留所の配置

サービス対象道路網を簡単化するために、本来ならば稠密に停留所を配置すべき住宅地域、サービス施設地域をすべて1点で代表させる。点で代表される各地域の広さに比べて各代表点間の距離が比較的大きいからである。11の代表点と道路網を Fig.2 に、そのリンクコストを Fig.3 に示す。シミュレーションではこ

Fig. 2 Road network for the simulation

れらの代表点を停留所として扱う。

(2) パーソントリップの OD 分布

利用者のトリップは、前述した 11 の代表点のうちの 2 点間で行れるものとする。OD ペアは、各点が代表する地域内の世帯数、サービス施設の性格などに基づいて、実地調査、推測した OD 分布に従って与える。サービス対象道路網内の世帯数は約 7000、人口は約 3 万人である。OD 分布を Table 1 に示す。トリップの性格を考えて、 i 地点から j 地点に行く割合と、 j 地点から i 地点に行く割合は同じである。システムの定常状態のシミュレーションを行うために、デマンドの発生時刻は一様分布に従うものとする。

(3) デマンド数の推定

デマンド数の推定は非常に困難であるが、ここではデマンド数は 10/h~1000/h の範囲にあるものとする。交通調査⁴⁾によれば、昼間における都市内の全トリップ数は約 16000 トリップ/日となっている。その内訳は乗用車によるもの 62.7%，自転車によるもの 33.4%，路線バスによるもの 3.9% である。

(4) 目的地の入力と情報処理

シミュレーションでは、各代表点を一つの停留所とみなしているために、利用者の OD は、デマンド発生時にシステムに知れるものとする。さらに、利用者の OD は途中で変更しないものとする。また、センタのコンピュータにおける情報処理に要する時間、電話回線による情報伝達に要する時間などはすべて無視する。

(5) バスの運行と走行速度

バスは、デマンドが発生したすべての利用者がバスを乗り換えることなく目的地に到着でき

Fig. 3 Link cost

Table 1 OD distribution of person trips

(unit: %)

D \ O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.0	5.92	5.52	0.68	0.29	0.08	0.07	0.73	0.52	2.33	0.78
2	5.92	0.0	8.77	0.71	0.14	1.06	0.51	1.51	1.13	0.06	3.30
3	5.52	8.77	0.0	1.64	0.47	0.40	0.24	1.61	0.99	3.47	1.82
4	0.68	0.71	1.64	0.0	0.06	0.16	0.08	0.14	0.09	0.27	0.34
5	0.29	0.14	0.47	0.06	0.0	0.05	0.03	0.08	0.06	0.04	0.17
6	0.08	1.06	0.40	0.16	0.05	0.0	0.03	0.07	0.02	0.21	0.04
7	0.07	0.51	0.24	0.08	0.03	0.03	0.0	0.04	0.02	0.10	0.04
8	0.73	1.51	1.61	0.14	0.08	0.07	0.04	0.0	0.19	0.60	0.36
9	0.52	1.13	0.99	0.09	0.06	0.02	0.02	0.19	0.0	0.45	0.19
10	2.33	0.06	3.47	0.27	0.04	0.21	0.10	0.60	0.45	0.0	1.32
11	0.78	3.30	1.82	0.34	0.17	0.04	0.04	0.36	0.19	1.32	0.0

るように運行し、その定員は与えない。バスの走行速度は、25 km/h で一定とする。また利用者が乗降に要する時間は無視する。その理由は、現在の筑波研究学園都市では、自動車は渋滞を生じることなく自由な速度で走行しており、路線バスも制限速度 (50 km/h、一部地域 40 km/h) で走行し、平均速度が 25 km/h と考えられるからである。したがって、利用者の OD に基づいてバスの配車が行われルートが決定されると、ルート上の各停留所を通る時刻 (スケジュール) も確定する。

以上のような仮定に基づいてシミュレーションを進めるときのきざみ時間は 30 秒とする。

3.2 シミュレーションの手順

デマンドバスシステムのシミュレーションの手順を以下に示す。システムの定常状態における特性を調べるために、システムの立ち上がり時から十分に時間が経過した時刻からの利用者について各種パラメータ値の収集を行う。

step 1: バス台数、単位時間当たりのデマンド数を設定し、利用者の OD、デマンド発生時刻を乱数を用いて与える。そして時刻とシステムを初期状態におく。

step 2: この時刻に発生したすべてのデマンドに対してバスを配車し、配車を行ったバスの未来のルート、スケジュールを決定する。

step 3: この時刻に停留所にバスがあれば、配車結果に基づいて、そのバスに乗るべき利用者に乗せ、そのバスの乗客のうちその停留所で降りるべき乗客を降ろす。

step 4: 注目している利用者の輸送がすべて終了したならば、step 6 へ行く。

step 5: 時刻を 1 きざみ時間だけ進め、各バスの位置 (つぎの停留所とそこに到着するのに要する時

間) を更新する。そして step 2 に戻る。

step 6: 注目している利用者についてサービスレベル、待ち時間などを算出し、シミュレーションを終了する。

バスのルートとスケジュールは、つぎのようにして決定する。システムの初期状態でまだデマンドに対して配車されていないときは、定められた停留所に駐車している。デマンドが発生して配車が行われると、バスの現位置とデマンドの OD 計 3 点を結ぶルートとスケジュールが決定される。配車中のバスに対してさらに

配車を行うときには、すでに決定しているルートとスケジュールに新たな OD の停留所を挿入し、ルートとスケジュールを調整する。利用者の輸送が終了し、かつ配車が行われていないバスは、最初の定められた停留所に最短経路で回送し、そこに駐車させる。回送中に配車が行われることもある。

3.3 バス配車アルゴリズム

今回のシミュレーションで用いたバス配車アルゴリズムは、リアルタイムでデマンドを処理し配車計画を作る必要があるために、Wilson らのアルゴリズム^{8),9)}に基づいている。すなわち、ある時刻に発生したすべてのデマンドに対して 1 個ずつ順番に配車評価関数をバスおよび新しい OD の挿入箇所について最小化し、各利用者に乗せるべきバスとそのルート、スケジュールを決定する。一つのデマンドの OD をすでに確定しているバスの未来のルートに挿入するとき、すでに確定しているルート上の停留所のうち、乗降を行う停留所だけを考え、これらの停留所と新しく挿入する停留所とは最短経路で接続する。

このアルゴリズムでは、同一時刻の個々のデマンドに対してある順序で配車を行っている。したがってこの順序を変えると配車結果が異なる可能性がある。

3.4 配車評価関数

配車評価関数は、配車結果に大きな影響を与えるために、システムの有用性の観点から非常に重要な意味をもつ。一般に、待ち客に対するサービスと乗客に対するサービスとは一致しないために、適当な調和をとる必要がある。ここでは、利用者の平均サービスレベルをよくし、かつ平均待ち時間を短くする配車評価関数としてつぎの形のものをを用いる¹³⁾。

$$F = (c_0 w + r) \cdot s^2 + c_1 \left(\sum_{i \in P_D} d_{0s_i}^2 + \sum_{i \in P_D} d_{Ds_i}^2 \right) + c_2 \left(\sum_{i \in Q_D} d_{0s_i}^2 + \sum_{i \in Q_D} d_{Ds_i}^2 \right) \quad (1)$$

ここで、

w, r : それぞれデマンドを発生した利用者の待ち時間と乗車時間、

d_o, d_D : それぞれ新たなデマンドのO、Dへバスを迂回させるために生じる遅れ、

P_o, P_D : それぞれ新たなデマンドのO、Dへバスを迂回させるときの乗客の集合、

Q_o, Q_D : それぞれ新たなデマンドのO、Dへバスを迂回させるとき、それ以遠の停留所でバスを待っている利用者の集合（この時刻に発生したデマンドのうち、すでに配車が行われた利用者は含むが、配車が行われていない利用者は含まない）、

s, s_i : それぞれデマンドを発生した利用者のサービスレベルと、乗客、待ち客の更新されたサービスレベル、

c_0, c_1, c_2 : 重み係数、

である。

この評価関数について、バス台数とデマンド数を固定し、重み係数を変化させて求めた平均サービスレベル、平均待ち時間などを Table 2 に示す。この表には、Wilson ら^{8),9)}、および Breur ら¹⁰⁾の配車評価関数による結果も示されている。Wilson ら、Breur らの評価関数をそれぞれ F_w, F_B とすると、

$$F_w = c_0 w^2 + c_1 r^2 + c_1 \left(\sum_{i \in P_o} d_o'^2 + \sum_{i \in P_D} d_D'^2 \right) + c_2 \left(\sum_{i \in Q_o} d_o'^2 + \sum_{i \in Q_D} d_D'^2 \right) \quad (2)$$

$$F_B = c_0 w^2 + c_2 \left(\sum_{i \in Q_o} d_o'^2 + \sum_{i \in Q_D} d_D'^2 \right) \quad (3)$$

と表わされる。ただし、 d_o', d_D' は、配車決定時から遅れ時間で表わした d_o, d_D である。Table 2 から F において待ち時間に関する項の重み係数を大きくすることによって平均待ち時間を小さくすることができるが、このことが必ずしも平均サービスレベルをよくすることにはならないことがわかる。すなわち、システムの特徴をよくするように最適な重み係数を選ぶ必要がある。また、Wilson ら、Breur らによる配車評価関数は、最適な重みを係数を用いても提案したデマンドバスシステムには不適当であることがわかる。

ここに示した評価関数 F がよい結果を与えるのは、 F が（迂回時間）³の形であるために、迂回時間に対して大きなペナルティが効くからであると思われる。事実、デマンド数 100/h、バス台数 8 台のとき、サービスレベルの標準偏差は、 $c_0=c_2=1, c_1=10$ とした F_w によると 1.094、 $c_0=c_2=5, c_1=1$ とした F によると 0.781 となる。すなわち、評価関数 F はサービスレベルの分布を平均値を中心としてなるべく小さくするように働いている。

4. シミュレーションの結果

システムの評価基準を、平均サービスレベルがよく、かつ平均待ち時間が短いことにおいて、バス台数と単位時間当たりのデマンド数を変化させ、シミュレーションを実施した。配車評価関数の重み係数は、

Table 2 Comparision of level-of-service and wait time by various performance indexes

	performance index	c_0	c_1	c_2	level-of-service			wait time		
					mean	max	rate of <2.5 (%)	mean (min.)	max (min.)	rate of <10min. (%)
demands 100/h 8 buses	F	1	1	1	1.98	5.0	76.7	5.12	39.0	85.1
		1	10	1	2.05	6.25	74.7	6.08	50.0	79.0
		2	1	2	1.94	5.63	80.1	4.47	27.5	90.4
		5	1	5	2.08	6.06	72.9	4.26	25.5	92.4
		10	1	10	2.11	6.78	73.4	3.83	24.0	93.9
demands 200/h 10 buses	F	1	1	1	1.93	4.8	80.0	5.08	26.5	85.5
		2	1	2	1.93	5.16	80.4	4.10	35.5	92.1
		5	1	5	1.94	6.60	80.9	3.68	28.5	93.2
		10	1	10	2.06	7.04	76.8	3.47	31.0	94.2
demands 100/h 8 buses	F_w	1	1	1	2.26	12.67	66.3	6.44	35.0	78.2
		2	1	2	2.29	8.40	67.4	5.83	35.5	82.6
		10	1	10	2.80	15.5	53.2	5.35	39.0	86.4
		5	1	5	2.47	13.2	60.3	5.17	31.5	87.2
		1	10	1	2.22	8.25	70.7	6.72	33.5	76.7
demands 50/h 6 buses	F_B	1	0	1	6.17	49.25	30.7	4.85	39.5	85.5
	F	5	1	5	2.08	5.73	73.5	4.59	30.5	90.4

Table 2 でよい結果を与えている。 $c_0=c_2=5$, $c_1=1$ とした。 Fig. 4~Fig. 9 にシミュレーション結果を示す(注1)。 Fig. 4 は平均サービスレベル, Fig. 5 は平均待ち時間, Fig. 6 はサービスレベルが 2.5 以内の利用者の割合, Fig. 7 は待ち時間が 10 分以内の利用者の割合, Fig. 8 はバス 1 台当たりの最大乗客数, Fig. 9 はバスの 1 台当たりの平均乗客数を示す。 Fig. 4~Fig. 7 には, 比較のために路線バスシステムの結果も示す。 路線バスシステムでは, 原理的にはデマンド数(利用者数)にシステムの特性はよらないが, ここではデマンド数を 1000/h とした。 路線バスシステムのルートの最適化手法は十分に確立していない¹⁴⁾のために, 試行錯誤でルートの最適化を図った。 そのルートを Table 3 に示す。 シミュレーションでは, 各ルートとその逆行ルートに適当にバス台数を割りふって最適化を図り, パラメータ値を算出した。

Fig. 4 と Fig. 5 から, 利用者の平均サービスレベルを 2 とするバス台数に対して, デマンドバスシステム

Fig. 4 Mean level-of-service

Fig. 5 Mean wait time

(注1) シミュレーションのうち, バス配車のための処理時間は, デマンド数 100/h, バス 8 台のとき, 1 デマンド当たり最大 47 ms, 最小 4 ms, 平均 18.7 ms であった。 プログラムは FORTRAN で記述し, 使用した計算機は FACOM M-200 である。

ムの利用者の平均待ち時間はいずれも 5 分以内となっていることがわかる。 使用するバス台数は, デマンド数が 10/h のとき 3 台, 1000/h のとき 13 台となる。 さらに, このとき Fig. 6 と Fig. 7 から, デマンドシステムの利用者の 70% 以上がサービスレベルが 2.5 以内であり, 約 90% が待ち時間が 10 分以内であることがわかる。 一方, 路線バスシステムでは, 利用者の平均サービスレベルを 2 とするためにはバスが 16 台

Fig. 6 Rate of passengers with level-of-service less than 2.5

Fig. 7 Rate of passengers with wait time less than 10 minutes

Fig. 8 Maximum number of passengers in a bus

Fig. 9 Mean number of passengers per 1 bus

Table 3 Bus stop points for the conventional bus system

route	bus stop points
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 9, 10, 1
2	1, 2, 3, 9, 10, 1
3	1, 2, 3, 9, 11, 9, 10, 1
4	1, 2, 3, 2, 1
5	2, 3, 4, 8, 9, 3, 2
6	2, 3, 9, 11, 9, 3, 2

必要であり、かつそのときの平均待ち時間は6.5分となる。また、約77%の利用者がサービスレベルが2.5分以内であるが、待ち時間が10分以内の利用者は約80%で、デマンドシステムより約10%低い。

単位時間当たりのデマンド数と平均サービスレベルが与えられると、Fig. 4, Fig. 8から必要なバス台数とその定員を決定することができる。たとえば、デマンド数が100/hで平均サービスレベルを2とするときには、必要なバス台数は8台で、その最大乗客数は12人であることがわかる。しかし、この値をバスの定員とすることは過剰設計となる可能性がある。

Fig. 9に示した平均乗客数から、単位時間当たりのデマンド数が少なく、かつバス台数が多い場合には、デマンドバスシステムのサービスは、本質的にはタクシーと同一となることがわかる。このことは、デマンドバスは、路線バスとタクシーの中間的性格をもつ、ということを具体的に示している。

デマンドバスの走行速度と平均サービスレベル、平均待ち時間の関係をTable 4に示す。配車評価関数は前述したシミュレーション時に使用したものをを用いているが、バスの走行速度を変化させた場合もこの評価関数がよい結果を生じる。速度が遅くなっても平均サービスレベルの変化は小さいが、平均待ち時間は急

Table 4 Change of level-of-service and wait time with respect to change of bus speed (number of demands 100/h, 8 buses)

speed (km/h)	level-of-service			wait time		
	mean	max	rate of <2.5 (%)	mean (min.)	max (min.)	rate of <10 min. (%)
25	2.08	6.06	72.9	4.26	25.5	92.4
20	2.12	5.34	72.0	5.57	38.0	81.4
15	2.22	6.56	69.3	7.73	46.0	70.8
10	2.31	6.90	64.7	12.24	121.0	54.7

激に大きくなっている。

以上の結果から、デマンドバスシステムは、筑波研究学園都市に適していると考えられる。すなわち、デマンド数が10/h～1000/hの範囲で平均サービスレベルを3以内に設定し、バス台数を同一としたとき、デマンドバスシステムは、利用者に対するサービス面、すなわち平均サービスレベルと平均待ち時間の両面で路線バスシステムよりもよい結果を与える。この背景には、筑波研究学園都市の人口が少なく、したがってデマンド数も必ずしも多くないことと、各自動車は渋滞を生じることなく自由な速度で走行できるという道路事情とがあると考えられる。

5. あとがき

著者らが提案した、筑波研究学園都市を対象としたデマンドバスシステム⁶⁾のシミュレーションを行い、デマンドバスシステムの有用性を示し、バス台数、単位時間当たりのデマンド数とシステムの特性を示すパラメータの関係を明らかにした。ここでは、ケーススタディとして筑波研究学園都市を対象としたデマンドバスシステムのシミュレーションを述べたが、このシミュレーションの方法は、必ずしも特殊なものではなく、むしろ一般的な方法である。

今回のシミュレーションでは、幾つかの仮定を設けた。今後は、これらの仮定をできるだけ少なくし、停留所の数、バスの速度、バスの定員、乗降に要する時間、パーソントリップ数の時間変化などを考慮にいれてより精度の高いシミュレーションを実施する予定である。また、シミュレーションでは無視したシステム建設費、運転費とサービス水準向上のトレードオフは残された大きな問題である。

最後にこの研究に対して多くの有益な助言と示唆をいただいた機械技術研究所交通システム課 高橋 昭課長と豊田工業大学 松本後哲教授に深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) D. Ross et al.: Summary Report-The Dial-A-Ride Transportation System, USL TR-70-10, MIT (1970)
- 2) G. Hupkes: BUXI Demand-Responsive Bus Operation in the Netherlands, Traffic Engineering & Control, **12**, 568/571 (1971)
- 3) M. W. K. A. Breur et al.: Rufbus, Retax and Bustax and Bustax. Traffic Engineering & Control, **19**, 287/291 (1978)
- 4) 大山, 他: 筑波研究学園都市の交通—交通実態調査(I)—, 機械技術研究所所報, **35**—3, 97/112 (1981)
- 5) 大山, 他: 筑波研究学園都市の交通—アンケート調査(I)—, 機械技術研究所所報, **35**—4, 218/235 (1981)
- 6) 津川, 他: 筑波研究学園都市を対象とした新しい公共交通機関について, 機械技術研究所所報, **35**—3, 113/132 (1981)
- 7) F. J. Mason et al.: Computer Models for Designing Dial-A-Ride System, SAE 720216 (1972)
- 8) N. H. M. Wilson et al.: Scheduling Algorithms for a Dial-A-Ride System, USL TR-70-13, MIT (1970)
- 9) N. H. M. Wilson et al.: Advanced Dial-A-Ride Algorithms Research Project Final Report, R 76-20, MIT (1976)
- 10) M. W. K. A. Breur et al.: The Bustaxi, a Study of Different Algorithms for Allotting Passengers to Vehicles, AFCET (ed.): Traffic Control and Transportation System, 109/119, North-Holland Publishing Co. (1974)
- 11) I. Kaneshige et al.: Demand Bus System for New Residential Area in Japan, SAE 720218 (1972)
- 12) N. H. Psaraftis: A Dynamic Programming Solution to the Single Vehicle Many-to-Many Immediate Request Dial-a-Ride Problem, Transportation Science, **14**-2, 130/154 (1980)
- 13) 津川, 他: 筑波研究学園都市を対象とした呼び出しバスシステムのシミュレーション(II)—バス配車評価関数の検討, 第24回自動制御連合講演会前刷 (1981)
- 14) 枝村, 他: 最適バス路線網構成システム, 土木学会論文報告集, 第300号, 95/107 (1980)