

端末バス交通システムの 計画案作成手法に関する研究

A Method of Planning the Bus System around a Suburban Railway Station

美濃出 宏 人 *

by Hiroto Minode

中 村 雄 一 **

by Yuichi Nakamura

中 川 義 英 ***

by Yoshihide Nakagawa

We fix our eyes upon the bus system around a railway station near a large city. At first, we propose a method for planning of the bus system, which apply the demand of a region is effective to userside and management side. Secondly we apply the method to an object region and plan the bus system of the object region. Lastly by comparing the planning bus system with the present one, we indicate that the method for planning bus system is effective and practical.

1. はじめに

大都市圏郊外部の鉄道駅周辺では、朝夕のラッシュ時に、大量で局地的な端末交通が発生している。しかし、駅周辺の交通システム整備が不十分なために、駅周辺では、自動車・二輪車による交通混雑、駐車場・駐輪場の不足等、様々な問題が発生している。また、郊外部の公共交通の未整備が自家用車通勤者を増加させ、都心部の路面

交通混雑を引き起こす結果にもなっている。

このような理由から、大都市圏郊外部の鉄道駅周辺における、公共交通システムの整備が強く要請されている。

以上のような背景に基づき、本研究では、大都市圏郊外部の端末バス交通に着目し、端末バス交通システムとして、系統数・路線網と運行頻度を採り上げ、これらを、需要との適合性を考慮して、システムチックに計画を作成するための手法（計画案作成手法）を提示することを目的とする。

現在、端末バス交通システムの決定に当たっては、経営者側の経験と勘によって決定されている部分が大きく、交通需要から理論的、体系的に導くという方法は、採られていない。そこで、本研究では、ラッシュ時の通勤通学者による端末交通需要に適合し、利用者側及び経営側に有効な端末バス交通システムを、論理的、体系的に計画する手法を提示することを目標とする。

キーワード：近接性 サービス人口

* 学生会員 早稲田大学大学院
理工学研究科

** 学生会員 早稲田大学大学院
理工学研究科

*** 正会員 工博 早稲田大学理工学
部助教授

(160 都・新宿区大久保3-4-1)

2. 圏域設定及び基礎指標の設定

(1) 対象圏域の設定 <図-1>

- ・大都市圏の郊外部で、朝のラッシュ時に限る。
- ・鉄道駅から空間距離1.0 km以内では、バスによる距離帯別端末手段分担率が、10%前後にすぎないので、駅から空間距離1.0 km以遠を対象圏域とする。
- ・鉄道駅から空間距離500m以内を、各駅固有の独立した圏域とみなし、バス路線がその中に入れば、駅に直接アクセスするものとする。
- ・バス停までの徒歩限界距離は、空間距離で500mとする。

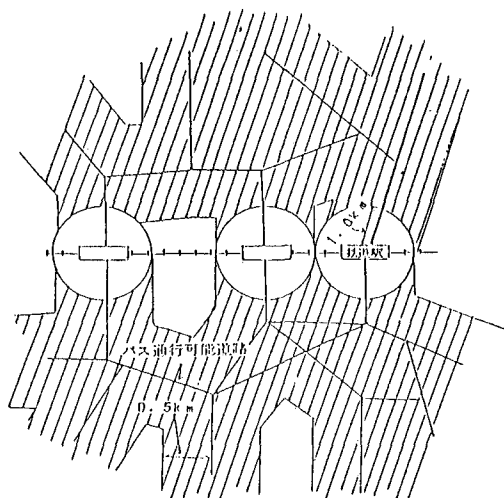


図-1 対象圏域の設定

(2) 基本単位の設定

- ・対象圏域を250mメッシュのゾーンとして分割し、駅とゾーンを一对のペアと考える。
- ・対象圏域内の、幅員6m以上の補助幹線道路をバス通行可能道路として抽出し、この道路では、バス路線を設けられるものとする。

(3) 基本尺度の設定

利用者側及び、経営者側にとって、有効な端末バス交通システムを構成する際の、重要なサービス尺度としては、色々考えられる。本研究では、基本尺度として、利用者側では、近接性を、経営側では、利用者人口をとりあげる。

まず、近接性を表わす尺度として、Normal Travel Timeを、<図-2>に示した、 l_1 、 l_2 、 L_1 、 L_2 を用い、以下のように設定する。

$$NT1 = l_1 / u + L_1 / v \quad (1)$$

$$NT2 = l_2 / u + L_2 / v \quad (2)$$

$$NT3 = NT2 + T \quad (3)$$

l_1 : ゾーン*i*から最も近いバス通行可能道路上P点までの直線距離

L_1 : P点から駅までのバス通行可能道路上の経路距離

l_2 : ゾーン*i*から最も近いバス路線上Q点までの直線距離

L_2 : Q点から駅までのバス路線上の経路距離

u : 徒歩速度 (80m/分)

v : バスの理想的走行速度 (500m/分)

T : 待ち時間

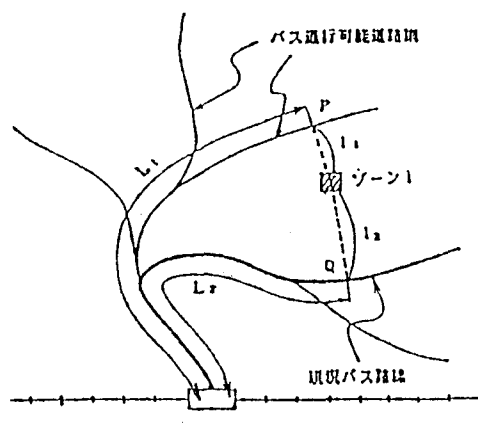


図-2 $NT1$ 、 $NT2$ の算定図

また、利用者数を表わす尺度として、サービス圏内人口を用いる。この値はバス路線から直線距離で 500m 以内のゾーンの人口の集計値である。＜図-3＞

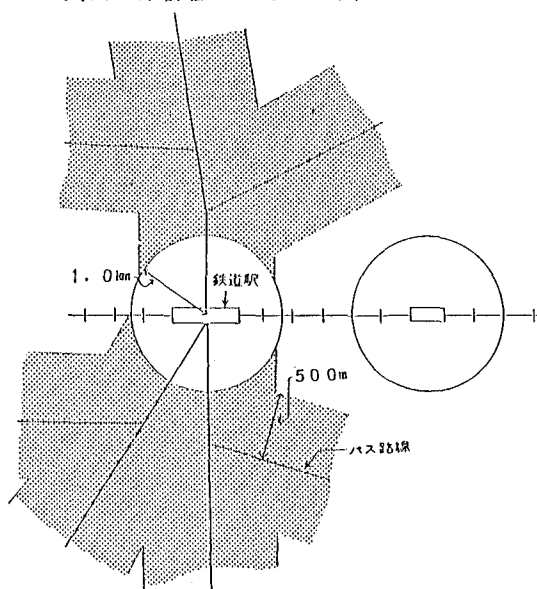


図-3 サービス圏域

(4) 需要強度の算定

需要に適合した端末バス交通システムを構成するためには、各ゾーンの各駅への端末バス交通の需要強度を知る必要がある。

そこで、ゾーン i の駅 j への需要強度 D_{ij} は、(4) 式により求める。

$$D_{ij} = P_i \times \alpha_i \times \beta_i \times q_{ij} \quad \text{--- (4)}$$

D_{ij} : 需要強度
 P_i : ゾーン内居住人口
 α_i : 通勤通学者率
 β_i : 端末バス利用率
 q_{ij} : 利用駅選択比率

ここで、利用駅選択比率 q_{ij} は、様々な要因が関連しあって決定されるものであるが、本研究では、駅への近接性によ

って決定されると仮定し、(5) 式より求める。

$$q_{ij} = \frac{1/NT_{ij}^2}{\sum_{j=1}^m 1/NT_{ij}^2} \quad \text{--- (5)}$$

3. 計画案作成手法とその適用

(1) 端末バス交通の駅勢圏

対象圏内のすべてのゾーンから、すべての駅に対してバス路線を考えると、非常に複雑であり、現実的でなくなるので、(5) 式の利用駅選択比率を用いて、場を限定し、各駅の駅勢圏を設定する。

ここでは、便宜上、 $q_{ij} = 0.15$ で切り、 $q_{ij} > 0.15$ のゾーン i を駅 j の駅勢圏として駅勢圏図を作成する。

＜図-4＞は、適当な競合区間もあり、ここでは、これらの駅勢圏図が、各駅の潜在的な端末バスの駅勢圏を表わしているものと仮定する。

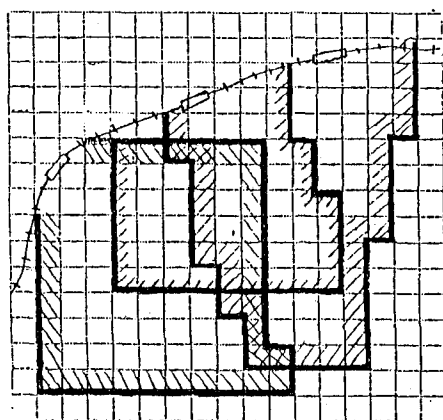
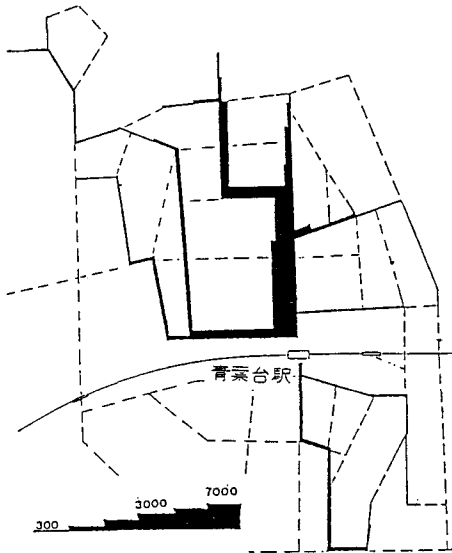


図-4 駅勢圏の概念図

（２）端末バス交通の需要配分

端末バス交通需要に適合し、更に近接性の良い端末バス交通システムを構成するために、各駅勢圏内で、各ゾーンの需要を現況バス通行可能道路上（幅員6m以上の補助幹線道路）に最短経路で引き、需要配分図を作成する。需要配分図により、各駅勢圏内の需要の流れを知ることができる。

これを、青葉台駅の駅勢圏に適用した需要配分図を＜図－５＞に示す。



図－５ 青葉台駅の需要配分図

（３）バス系統・路線網の計画案作成手法

ラッシュ時間帯において、需要の時間分布は一樣になっていると仮定して、（２）で作成した需要配分図から、端末バス交通システムのバス系統・路線網を決定する手法を示す。（＜図－６＞参照）

１） バス系統、路線網の選出方法

バス路線のネットワークを考える場合、都心部の面的輸送のためには、密な格子

状のネットワークを構成すべきであるが、郊外部などの交通需要の比較的少ない地域では、鉄道駅を中心に放射状で、さらに交通需要に適合したネットワークを構成すべきである。

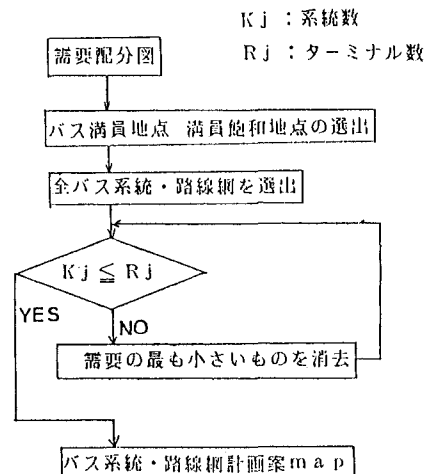
利用者側にも経営側にも有効な端末バス系統、路線網を決定する場合には需要が大きいほど直線的に、需要が小さいときは迂回しても需要を集めるべきと考えられる。

そこで、バスが満員である場合には、最短経路でアクセスさせる一方、満員でない場合には、迂回してでも需要を集め、満員になった地点からは最短経路をアクセスさせればよいという立場に立ち、検討をおこなう。

そこで、需要の大きさを基に、バスが満員になる地点を決定し、その地点から駅への最短経路をバス路線とする。

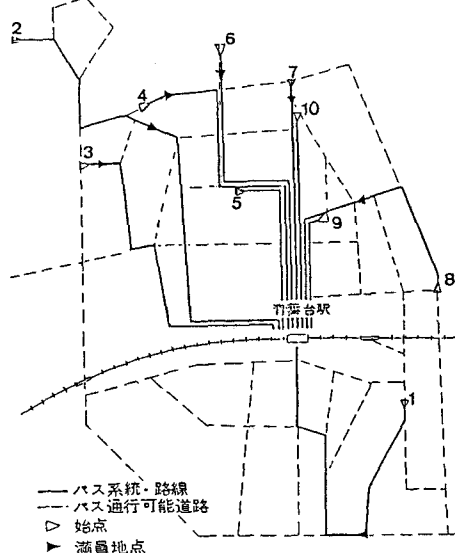
また、満員地点と駅間に更に満員地点が得られる場合は、満員になった地点で更に最短経路上に新しいバス路線を引くこととする。

このようにして、駅勢圏内の全系統・路線網を選出する。

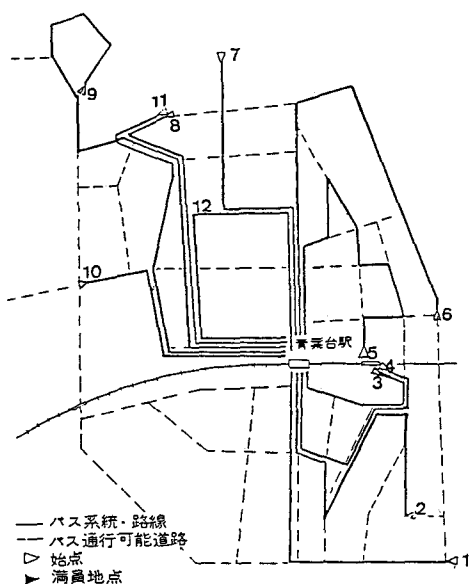


図－６ バス系統・路線網の計画案作成フロー

これを、青葉台駅に適用してみると、
青葉台駅の駅勢圏内の計画バス系統・路線網は、＜図－7＞のように選出できる。
また、現況のバス系統・路線網を＜図－8＞に示す。



図－7 青葉台駅の計画バス系統・路線網



図－8 青葉台駅の現況バス系統・路線網

2) バス系統・路線網の決定方法

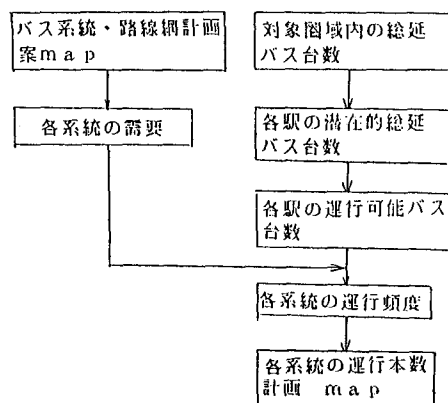
系統・路線網の決定方法として、基本的には、系統数が多いほど、サービス圏内人口が増え、バス停までの徒歩時間も短くなるとして、系統数をできるだけ多くとる。

その上で、系統数の制約条件としてバスターミナル施設を考慮する。従って、1)の選出数がターミナル数より多い場合には、需要の少ないものから消去し、各駅勢圏内のバス系統、路線網を決定する。

適用した青葉台駅の場合、ターミナル数と系統数が等しく、ターミナル数による制約を受けず、＜図－7＞を青葉台の計画バス系統・路線網と決定する。

(4) 運行頻度の計画案作成手法

ラッシュ時間帯において、需要が時間に一様に移動すると仮定し、(3)で決定したバス系統、路線網上に運行本数を決定する手法を示す。(＜図－9＞参照)



図－9 各系統の運行本数作成フロー

1) 運行頻度の決定方法

運行頻度の制約条件として、ラッシュ時のある時点で運行させることができる対象圏域内の総延バス台数を考える。

そこで、対象圏域内の総延バス台数を各駅勢圏内人口に応じて、各駅に比例配分し、これを、各駅の潜在的な総延バス台数として算出する。

これを、ラッシュ時1時間内でのバス1台の運行頻度で割ったものを、その駅のある時点で運行させることのできるバス台数とする。

この一時点における運行可能バス台数を、各系統・路線の需要の大きさに応じて比例配分することとし、各系統路線上に同時運行できるバス台数を決定する。

2) 運行本数の決定方法

各系統路線上に同時運行できるバス台数に、1時間のバス1台の運行頻度をかけると、1時間の運行本数が決定される。

以上の方法を青葉台駅に適用してみると、青葉台駅の駅勢圏内のバス運行頻度、運行本数は、＜表－1＞のようになる。

4. 計画案の評価とその結果

(1) 評価の指標

1) 利用者側と経営者側の評価指標

＜表－2＞に示すような指標を考え、それぞれのサイドで、端末バス交通システムを評価する。

2) 両サイドからの総合評価指標

近接性は、利用者側からみれば、利便性であり、経営者側からみれば、サービス水準ということになる。

サービス人口については、経営者側は収益源であるが、利用者側はサービスを受ける必要のある人々の集積であると考えられる。

つまり、これらは、二面性をもっているということができる。

表－1 青葉台駅の各系統の運行本数

系統番号	路線の計画運行頻度	計画運行本数	現況運行本数
1	1.71	3	6
2	2.44	5	1
3	1.46	3	2
4	2.44	5	2
5	2.44	5	6
6	2.44	5	2
7	2.44	5	10
8	2.44	5	9
9	2.44	5	12
10	1.71	3	1
11	—	—	1
12	—	—	6
1時間のバス1台の運行頻度		2.0	2.0
1時間の総延べ台数		44	58
総経路長		29.3 km	44.8 km
総運行距離		212 km	242 km

表－2 評価指標と評価対象システム

	評価尺度	評価指標	評価対象システム
利用者側	近接性	NT3—NT1	システム全体の近接性評価
経営者側	サービス人口	サービス圏内人口 駅勢圏内人口	系統路線の人口 把握度
		サービス圏内人口 総系統長	系統路線の 経済性評価
	運行距離	サービス圏内人口 総運行距離	システム全体の 経済性評価
両サイド	サービス人口	サービス圏内人口	システム全体の 総合評価
	近接性	総所要時間	

そこで、サービス人口／近接性 という尺度を考え、これをもとに＜表－2＞のような指標を考え、端末バス交通システムを評価することとする。

(2) 評価結果

現況のバスシステムと計画案の評価結果を＜表－3＞に示す。

1) 利用者側からみた評価結果

<表-3>からは、利用者の総迂回量を表わす $NT3 - NT1$ は、計画案の方が少なく、さらに、青葉台駅勢圏内人口1人当たりの迂回量も少なくなっており、計画案の提供する近接性の程度の方が良いことがわかる。

2) 経営側から見た評価結果

バス系統・路線網の駅勢圏内人口の網羅度を表わす サービス圏内人口/駅勢圏内人口 は、約4%小さくなったが、計画バス系統1km当たりの経済性を表わす サービス圏内人口/総系統長 は、かなり良くなり、さらに端末バス交通システム全体の経済性も良くなっている。

3) 両サイドからみた評価結果

両サイドからみた端末バス交通システム全体の総合評価値もまた、計画案の方が良くなっている。これは、計画案の方が、利用者側には、一人当たりの近接性が良く、経営者側には、単位サービス水準に対するサービス人口が多いことを示している。

6. おわりに

(1) まとめ

バス路線や運行本数の決定は、これまで計画者の経験と勘によって行なわれてきた。

本研究では、それらを論理的かつシステムティックに計画する手法を提示した。

本研究により、次のことが分かった。

- ・駅勢圏図に分けることにより、場を明確に限定し、需要に応じたバスシステムを作成することができた。
- ・需要配分図により需要の大きさ、方向を知ることができ、利用者側に立ったバス系統・路線網の決定に役立った。
- ・バス系統・路線網計画案作成手法により、各系統、路線の始点、経路を利用者側にも経営側にも有効に計画することができた。

表-3 評価指標による評価結果

	評価尺度	評価指標	現況	計画案
利用者側	近接性	$NT3 - NT1$	2658 (人)	2107 (人)
経営者側	サービス人口	サービス圏内人口/駅勢圏内人口	94.8 (%)	90.9 (%)
		サービス圏内人口/総系統長	338.2 (人/km)	495.5 (人/km)
	運行距離	サービス圏内人口/総運行距離	62.53 (人/km)	68.48 (人/km)
両サイド	サービス人口/近接性	サービス圏内人口/総所要時間	3.43 (人/h)	4.30 (人/h)

- ・運行本数の計画案作成手法により、各駅の潜在的に必要なバス延台数を考えた上で効率的に配分することができた。

これらの手法が、郊外部のラッシュ時の通勤通学者の需要に適合し、利用者側・経営者側に有効な端末バス交通システムを計画する際に有用であることがわかった。

(2) 今後の課題

- ・各駅勢圏の計画案を、対象圏域に戻し、地域全体の端末バス交通システムについて、どのように調整するのかを考慮していかなければならない。
- ・ラッシュ時の、一時間当たりの人口の移動が、一様であると仮定したが、実際には時間的な分布があるので、この点を、考慮する必要がある。
- ・今回は、通勤通学交通に限定したが、実際の計画に当たっては、昼間の買い物交通、夜間の帰宅交通などについても、同様に作成される必要があると思われる。

末稿ながら、本論文をまとめるにあたり、多大な協力をして戴いた、黒沢馨氏と、寺田雄一郎氏に、感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 大塚、川上：鉄道駅へのアクセス手段別交通量推計のための基礎的研究
(1980年 第15回日本都市計画学会学術研究発表会)
- 2) 大塚、川上、中村、美濃出：端末バス交通システムの計画手法に関する研究(1985年 第7回土木計画学会講演集)