

大都市における路線バスの機能分化の実態分析と役割分類の定義

Actual analysis of separated functions and

a definition to classify the role for route bus in Metropolis

杉尾恵太* 磯部友彦** 竹内伝史*** 神谷孝弘****

By Keita SUGIO * Tomohiko ISOBE **

Denshi TAKEUCHI *** Takahiro KAMIYA ****

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

近年の規制緩和の風潮を受け、運輸省は平成13年度を目標に乗合バス事業の需給調整規制の緩和・撤廃を計画している。これによって事業者間の自由競争を促進し、沿線住民からの需要に対応した高サービス・低料金のバスシステムに転換することが期待されている。しかし、参入、撤退の自由化は、事業経営の形態を従来の内部補助を前提とした事業全体の経営から、路線単独あるいは限られた事業単位での独立採算による経営へと転換させると言われている。この状態にあっては、路線の役割をより詳細に把握し、それに見合った柔軟なサービス供給をしなければならない。そのためには路線の役割を明確に分類し、それに必要な機能を充実させることが必要である。そこで本研究は路線網全体の中で各々の路線が持つ機能をサービス水準や経過地の特徴などの路線の持つ特性値から分類する、実用的な手法の開発を目的とする。

(2) 路線分類の方向性と分類手法

ここで、路線の持つ役割について検討をしておく。

都市の公共交通網の計画に際しては一般的に、路線の役割を基幹とフィーダーに分けて構築する、重層化路線網構成が取り入れられている。研究対象である

名古屋市について示せば図1のように、全市的な路線網の幹となる「基幹」と、それにアクセスするための地域路線網としての「フィーダー」、公共施設巡回等の特殊な需

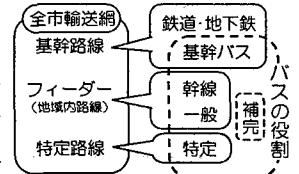


図1 名古屋市の重層化路線網構想

要に対する「特定」が対応する。また、地域内を巡るフィーダーについても、地域路線網の主軸となる「幹線」、それ以外の需要に対する「一般」に役割を区分できる。バス交通は公共路線網として上記のような様々な役割を含んでおり、各々の役割に応じた機能の充実が望まれる。しかし既存の路線を概観すれば、上記の役割区分では担いきれない需要を補完するという名目で設置された路線（「補完」）も存在すると想定される。このような路線は役割が明確でなく、機能充実の方向性を見出すことが難しい。これらの路線を抽出し、上述の役割区分を再整理することが必要であろう。

研究の方法については、対象を平成6年度の名古屋

表1 路線特性指標一覧

サービス特性	①運行回数 ②表定速度 ③バスレーン(BL)区間数 ④バスレーン(BL)階級 ⑤始発時間 ⑥終発時間
路線形態特性	⑦系統長 ⑧接続駅数 ⑨都心直結性 ⑩昼夜間人口差 ⑪競合率
運行実態特性	⑫午前ピーク率 ⑬片荷輸送率 ⑭運行効率
路線勢力圏特性(沿線需要を示す指標)	⑮居住人口 ⑯業務人口 ⑰郊外人口 ⑱生徒数 ⑲病床数 ⑳ターミナルポテンシャル(ターミナルP)

【指標詳細】 ①運行回数:路線の1日の運行回数 ②表定速度:走行キロ/走行時間 ③BL区間数:バスレーンの設置されているバス停間の数 ④BL階級:バスレーンの違いをクラス分けしたもの(0:無し 1:7~9時優先 2:7~9時専用 3:7~9,17~19時専用) ⑤始発時間:路線の始発時刻を表す ⑥終発時刻:路線の終発時刻を表す ⑦系統長:走行キロ/運行回数 ⑧接続駅数:路線が接続している駅の数 ⑨都心直結性:都心(名古屋・栄)が起終点の路線かどうかを示すダミー変数(0:都心以外 1:都心直結) ⑩昼夜間人口差:経由するバス停の昼夜間人口比率のレンジ ⑪競合性:バス路線間の競合を示すもの ⑫午前ピーク率:7~11時の間で最も乗客が集中している時間帯の構成比 ⑬片荷輸送率:7~11時における(往復どちらか大きい方の乗客数)/(全乗客数) ⑭運行効率:乗車人員/運行回数 ⑮居住人口:1km当たりの勢力圏内(半径500m円形)居住人口 ⑯業務人口:1km当たりの勢力圏内第3次産業従業者数 ⑰郊外人口:1km当たりの勢力圏内名古屋市内外居住人口 ⑱生徒数:1km当たりの勢力圏内に含まれる学校の生徒数 ⑲病床数:1km当たりの勢力圏内に含まれる病院のベッド数 ⑳ターミナルポテンシャル:鉄道からの乗り換え人数

Key Word 公共交通計画 バス政策

* 学生員 修士(工学) 中部大学大学院工学研究科博士課程
(〒487-8501 春日井市松本町1200
Tel 0568-51-1111 Fax 0568-52-0134)

** 正員 工学博士 中部大学工学部助教授
(〒487-8501 春日井市松本町1200
Tel 0568-51-1111 Fax 0568-52-0134)

*** 正員 工学博士 岐阜大学地域科学部教授
(〒501-1112 岐阜市柳戸1-1
Tel 058-293-3095 Fax 058-293-3095)

**** 正員 修士(工学) 中部地方建設局 長島ダム工事事務所
(〒428-0411 榑原郡本川根町千頭950-2
Tel 0547-59-3215 Fax 0547-59-3925)

市営バス(117路線)として、表1に示した特性指標を路線毎に収集し、主成分分析を用いて統計的に路線機能の分類を行う(以下、この分類を主成分分類と呼称)。

次に、主成分分類を、より実用的な分類方法により再現するため、主成分分析から得られた知見をもとに、路線分類に強い影響を持つ指標を抽出し、分類を定義する変数(以下、定義変数)として設定する。そして、それぞれの定義変数に対して区分点を定め、それに従って路線を分類する(以下、実用的分類と呼称)。

2. 主成分分析による路線機能の分類

(1) 路線特性指標のまとめ上げ

主成分分析によって得られた、主成分の寄与率等と、各主成分に強い影響を及ぼす指標(負荷量が絶対値で0.5以上)の上位5傑を表2に示す。

表2 寄与率および主成分負荷量上位5傑

	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
固有値	4.45	3.24	2.34	1.83
寄与率	22.27	16.22	11.70	9.17
累積寄与率	22.27	38.49	50.19	59.36
負荷量上位5傑	1 運行回数	表定速度	系統長	生徒数
	2 ターミナルP	終発時刻	都心直結性	—
	3 居住人口	始発時刻	昼夜間人口差	—
	4 業務人口	BL区間数	接続駅数	—
	5 終発時刻	業務人口	BL区間数	—

※負荷量0.5以上を表示しているため、第4主成分は1位のみ表記
※網掛けは主成分との関係が負の指標を示す

ここで第4主成分の寄与率は10%を下回り、累積寄与率は第3主成分までで半分の変動を表している。そこで分類に用いる成分は第3主成分までとした。

第1主成分「幹線性」

居住人口、業務人口、ターミナルPが正に影響を与えていることから、沿線の潜在需要の多さを示すものと考えられる。特に居住、業務人口が共に影響を持つことは、この成分が居住地と業務地を繋ぐ路線かどうか示すものともいえ、需要が常時発生する可能性を示唆するものである。また、運行回数、終発時刻等のサービス水準も正に影響している。よってこの成分は、需要の発生しやすい地域を高サービス水準で結ぶ要素すなわち、路線網の幹となる素質を示すものと言える。

第2主成分「悪走行環境性」

バスレーン区間数、表定速度が負の影響を与えている。よって、この成分は走行環境の悪さを示すものと言える。また業務人口が正の影響を与えていることも、業務人口の多い都心域ほど走行環境は良くないこと

を勘案すれば、上術の解釈を裏付けるものである。

第3主成分「都心直行性」

系統長が長く、都心に直結する路線ほどこの成分は高くなる。長い路線は外周部の鉄道結節点に結ばれるのではなく都心に直行するものに多いことを示しているのであろう。また、昼夜間人口差は郊外と都心を結ぶ路線ほど高いことも考慮して、都心直行性と名付ける。

(2) 主成分分類結果

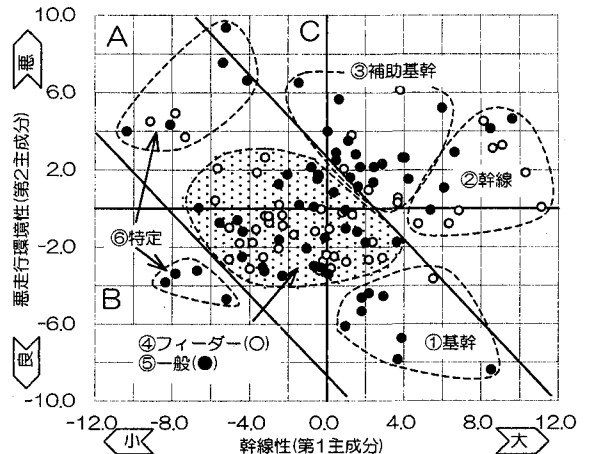
得られた3つの主成分について、横軸、縦軸、奥行きをそれぞれ第1、2、3主成分を対応させ、散布図を描くと図2のようになる。ここで、幹線性と悪走行環境性は無関係ではない。なぜなら、幹線の役割を持つ路線の走行環境は、他の路線に比べて重点的に整備されていると考えられるためである。そこで、路線分類に際しては、この関係を考慮して、まず3つの区域に分けた。それぞれの区域の関係は次のように示される。

A. 平行線内区域: 路線に対する幹線的な需要に見合った走行環境となっている区域。特に、幹線性が高く走行環境が良い路線(図中では基幹が対応)は、走行環境が意図的に改善されているものと思われる。

B. 平行線左下区域: 幹線的需要は低いにも関わらず、良走行環境となっている区域。

C. 平行線右上区域: 幹線的な需要はかなり高いが、それに見合う走行環境が整備されていない区域。走行環境改善の必要性がある路線群と言える。

それぞれの区域毎に路線分布を検討し、路線群を概ね6つに区分した。ここで、図中網掛け部の路線群は、



※都心直結性(第3主成分)については-0.4を境界値として、都心直結性の強いものを黒丸(●)、弱いものを白丸(○)と表記

図2 主成分分析による路線分類

幹線性、走行環境ともに特徴のない一般的な路線と考えられる。しかし、この路線群には、都心直行性の高低両路線が混在していることを考慮し、この路線群を2つに区分した。各類型の名称および特色を検討するため、類型毎に各種路線特性の平均値を算出した(表3)。これらの指標は一元配置分散分析の結果、いずれも有意水準1%で有意な差を得ている。

1(1)での役割区分を考慮しながら、図2および表3を用いて、各類型の名称および特色を検討した。その結果を以下に示す(括弧内は路線数)。

表3 類型毎(主成分分類)の路線特性の平均値

	主成分分類					
	①基幹	②幹線	③補助	④フィーダー	⑤一般	⑥特定
運行回数	Δ 270	227	114	112	101	Δ 29
系統長	Δ 9.35	▼ 6.35	7.73	7.85	Δ 9.71	8.93
表定速度	Δ 14.07	▼ 11.48	▼ 11.51	Δ 13.12	Δ 13.15	12.96
運行効率	Δ 53.72	38.76	28.49	25.72	34.56	▼ 18.43
居住人口	Δ 6324	Δ 7757	5783	5118	4431	▼ 3501
昼夜格差	543	Δ 1496	Δ 1591	▼ 160	922	540
営業係数	▼ 101	112	197	195	184	Δ 323
乗車人員	Δ 14483	8676	3390	3230	3811	▼ 572

※Δ印は他類型よりも平均値が高いもの、▼印は低いものを示す

- ①基幹(9)：幹線性が強く、走行環境も整備されており、都心直行性が高いことから、全市的路線網の基幹となりうる路線群である。また、営業係数や乗車人員から運行実績を概観すれば他路線と比べて良好な路線である。
- ②幹線(13)：幹線性は強いが、走行環境が悪い路線群。他路線群に比べて系統長、表定速度は小さく、居住人口、昼夜間格差が大きいため、地域内の交通拠点と住宅地とを幹線的に繋ぐ路線群と考えられる。
- ③補助基幹(22)：②の幹線が低運行回数、低効率となった路線群。②に比べて系統長が長く、ほとんどの路線が都心に直行している。このことから、地域の幹線としてよりも、地域と都心を結ぶ基幹を補助する機能が残ってしまった路線群と考えられる。
- ④フィーダー(33)：一般的路線であるが、都心直行性が小さく、昼夜間格差が極小さいことから、郊外部の居住地を經由し、基幹路線(地下鉄等含む)に接続する、フィーダー的役割を担う路線群とした。

⑤一般(28)：幹線性、走行環境も平均的であり、路線特性も目立った要素のない一般的な路線群である。都心直行型の路線であることから、③の補助基

幹と同質の特性を持っている路線群とも考えられる。

⑥特定(12)：サービス水準が低く、乗客も少ない路線である。営業係数もかなり高く、他路線群に比べてかなり経営の厳しい状態といえる。しかし、經由地域の特殊な需要に対応するための路線(公共施設へのモビリティ確保等)という可能性が考えられる。

3.実用的な路線機能分類方法の検討

(1)実用的分類の必要性

以上で主成分分析により、路線を6つの型に区分した。これは、1(1)に述べた本研究の路線の役割区分に概ね即している。しかし、主成分分析は確かに路線の特徴に基づいた厳密な分類を可能とするが、その一方で分類定義が明確ではなく、新規の路線がどの類型に属するかなどの判断が難しく、実用的な分類定義とは言い難い。そこで、定義に用いる変数を、主成分分析に用いた特性値から選定し、実的な分類法法を考えることにする。

(2)定義変数の設定

主成分分類を特性指標により再現するため、主成分分析からの知見をもとに、その定義変数とそれを分ける区分点の抽出を行う。ここで定義変数となりうる情報としては「各主成分の主要な構成要素」、「路線網の形態的な特性」等が挙げられる。そこで表1の路線特性指標の中から、これらを表すものとして表4最左列の指標を抽出した。この指標について、表3の分散分析の結果と、指標の論理的な意味合いを勘案して、路線分類を定義した。その結果を表4に示す。

この表にしたがって路線の分類を行ったところ、基幹(10)、幹線(12)、フィーダー(23)、狭域補充(12)、広域

表4 路線分類のための定義変数の設定結果

定義変数	基幹		幹線	フィーダー			狭域補充	広域補充	特定	
	1	2	1	1	2	3	1		1	2
BL区間数	10≤	0<								
居住人口		6000≤	6000≤	5000≤		5000≤			4500≤	6000≥
競合率		30≥	30≥	50≥		50≥			55≤	100=
都心直結性				0	0	0				
昼夜間人口差				1000>	1000>	1000>	1000>			
系統長				8≥						
接続駅数					1		2≥			
郊外人口					1000≤					
起終点						両端駅				
郊外鉄道競合			なし							

※空欄は該当無し。但しフィーダー定義1.3については、居住人口が競合率のどちらか一方でよい。

※広域域補充はどの分類定義にも該当しないもの

補完(36)、特定(24)の6類型に分類できる。

この実用的分類の結果が、主成分分類をどの程度再現できているかを検証するため、表5を作成した。表中の網掛け部は両分類間の各類型において、ほぼ同様の役割を持つと考えられる組み合わせである。ここで、実用的分類における狭域補完は主成分分類におけるフィーダーの一部、広域補完は補助基幹および一般(これらの持つ役割が類似していることは先に述べた通り)と最も一致しているため、これらに対応させた。

表5 主成分分類－実用的分類の対応表

		主成分分類						合計
		基幹	幹線	フィーダー	補助	一般	特定	
実用的分類	基幹	9	1	0	0	0	0	10
	幹線	0	7	1	3	1	0	12
	フィーダー	0	1	17	3	2	0	23
	狭域補完	0	0	7	0	5	0	12
	広域補完	0	4	2	14	15	1	36
	特定	0	0	6	2	5	11	24
合計		9	13	33	22	28	12	117

これから、両分類間における各類型の的中率を算出すれば、それぞれ、基幹;100%(9/9)、幹線;54%(7/13)、フィーダー;73%(24/33)、補助基幹;64%(14/22)、一般;54%(15/28)、特定;92%(11/12)となっている。全体で見れば、73%以上の的中率を持っており、路線の定義変数設定し分類することで、主成分分類を概ね表現することができる。しかし、幹線、補助基幹、一般については、その的中率が50~60%程度であり、両分類が必ずしも一致していないことが分かる。

(3) 利用実態から見た各類型の特徴

ここでは、実用的分類により得られた路線類型毎の、機能と実際の利用状況との関係を検討するため、その

表6 類型毎(実用的分類)の利用者実態の平均値

	実用的分類					
	基幹	幹線	フィーダー	狭域補完	広域補完	特定
(A) 回数券率	0.283	0.292	0.26	0.267	△ 0.316	0.29
(B) 1日乗車券	0.038	0.03	0.036	0.032	▼ 0.024	0.036
(C) 定期券率	△ 0.336	0.308	0.305	▼ 0.23	▼ 0.217	▼ 0.224
(D) 敬老バス率	▼ 0.183	▼ 0.205	0.237	△ 0.303	0.259	0.258
(E) 通学率	△ 0.157	△ 0.144	△ 0.133	▼ 0.092	▼ 0.08	0.101
(F) 前地下鉄率	△ 0.358	0.282	△ 0.394	0.287	▼ 0.196	△ 0.338
(G) 前その他率	0.122	△ 0.18	▼ 0.068	▼ 0.055	0.106	▼ 0.053
(H) 前二輪率	0.024	▼ 0.017	0.028	0.027	0.028	△ 0.034
(I) 前徒歩率	0.324	△ 0.423	0.321	△ 0.449	△ 0.498	0.34
(J) ピーク時刻	7.2	△ 8.25	7.26	7.25	△ 8.14	△ 8.04
(K) ピーク率	0.146	0.153	0.157	0.142	0.148	△ 0.188
(L) 区間集中度	1.071	△ 1.222	0.964	1.086	0.83	▼ 0.725

※△印は他類型よりも平均値が高いもの、▼印は低いものを示す

※網掛け部は有意水準1%で有意がある指標

【指標詳細】(A)~(D) 券種別構成比:一日の全利用者における各券種の利用構成比

(E) 通学率:全利用者数における通学目的利用構成比 (F)~(I) 事前交通手段別構成比:全利用者におけるバスを利用する直前の交通手段別構成比 (J) ピーク時刻:午前中ピークの時刻 (K) ピーク率:表1中②午前ピーク率参照

類型ごとに利用者実態を示す指標の平均値を算出した(表6)。この表から、基幹とフィーダーは、地下鉄からの乗継ぎが多く、通学に使われており、利用実態としてフィーダー的要素が強いことが分かる。また、役割の区分が曖昧となっていた狭域、広域補完路線については、前者は敬老バス率が高いことから「高齢者のモビリティ確保するため」、後者は回数券率が高く通学率が低いことから「日常的ではないが散発的に発生する需要を補うため」と言った役割が考えられる。また、幹線については、徒歩からの乗継ぎが多く、出発地からの一つ目の交通手段としての役割を持つことが分かる。

全体を概観すれば、各路線類型は利用実態の観点からもそれぞれの役割を持っていることが分かり、実用的分類の概ねの正しさを肯定するものと言える。

5. まとめ

本研究では、路線の機能分化を簡便に行う実用的な方法として、種々の路線に対して定義変数と区分点を規定し、路線を分類する手法を検討した。その結果、実用的分類により、研究当初に想定した5つの役割区分(基幹、幹線、一般、補完、特定)に合致する6類型(基幹、幹線、フィーダー、狭域補完、広域補完、特定)に分類が可能であることを示した。また、これらの類型の持つ役割を利用実態からも検討し、サービス水準等の路線特性からでは判断ができなかった地域補完路線の具体的な役割を、大まかではあるが見出したことも本研究による成果と言える。

しかし、実用的分類による主成分分類の再現度については、全体の的中率が7割程度で、特に役割が曖昧な補完路線に対しては5割程度しか得られていない。考えてみれば実用的分類の方が、バス路線の役割分担について、より理念的な分類を定義していると言える。したがって、幹線、補助基幹、一般的的中率が低い路線群について言えば、これらが実用的分類のそれぞれの路線群に、より適合できるように各路線の特性を改変していくことが、バス路線再編の目標とならなくてはならないのかも知れない。

【参考文献】 1) 神谷・竹内・磯部「バス路線の特性基準値による路線分類と営業係数改善方策の検討」土木計画学研究・講演集No19,1996.11 2) 竹内・磯部・神谷「都市における公共交通機関・バス交通の計画課題2.バス事業経営改善-名古屋市のケース」土木計画学研究・講演集No18スペシャルセッション,1995.12 3) 加藤・竹内「都市交通論」鹿島出版会,1988.11 4) 名古屋市交通局「交通事業の現状と課題」1996.6