

## 都市バスの機能に応じた路線運行計画の検討

中部大学大学院 学生員 ○神谷孝弘

中部大学工学部 正会員 竹内伝史

中部大学工学部 正会員 磯部友彦

### 1. はじめに

近年、大規模な都市バス事業は、都市構造の変化や交通需要の多様化等に伴い、バス路線自体多様な機能を持ってきた。にもかかわらず、その運営は全路線について画一的な方針で行われているのが現状である。そこで本研究では、この様に多様な機能を持ったバス路線の明確な機能分化を行い、個々の機能の役割分担をはっきりさせ、各機能に応じた路線運営方針を確立する。そして、今後の公共交通体系をも加味した路線運行計画の検討を行うことを目的としている。

### 2. バス路線の機能分化

#### (1) バス路線機能分化のあり方

バス路線の機能ごとの分化は、都市内での総合交通体系、運営制度、現行路線の性格等を考慮して、次の4区分にすることが適当であると考えた。

①幹線路線：交通需要が非常に大きく、提供サービスも非常に高く、地下鉄(鉄道)と共に基幹路線網を構成する路線

②フィーダー路線：交通需要が大きく、提供サービスも高く、系統長は短く郊外で地下鉄(鉄道)駅へ接続する鉄道との連携路線

③補完路線：地下鉄(鉄道)や上記2路線の空白地帯を埋める路線

④特定路線：公共施設等への市民の足を確保するためのシビルミニマムの性格の路線

以上の4区分のような性格に応じて、路線計画を立てていくことが望ましい。

#### (2) 主成分分析から得られる代表的特性値

路線特性を用いた主成分分析の結果については既に報告したところ<sup>1)</sup>であるが、その結果からは3つの主成分が得られている。各主成分については次の様な性格を表していることが判っている。第1主成分は運行回数、居住人口等の潜在需要が正で高い値を示し、幹線性(路線の格)を表すものと解釈する。第2主成分は表定速度、バス専用区間が負で高い値を示し、走行

環境の良し悪しを表すものと解釈する。第3主成分は系統長、都心直結性、昼夜間人口差が正で高い値を示し、都心への乗り入れを表すものと解釈する。以上の様なものが代表的特性値として上げられる。そして、主成分分析で得た各主成分スコアで分布図を作成し、分布のかたまりをまとめグルーピングした結果、基幹(9路線)、幹線(13路線)、補助幹線(22路線)、フィーダー(33路線)、補完(28路線)、特定(12路線)のグループに分けられた。これは、(1)で考えた4区分にほぼ沿った形でグルーピングされている。

#### (3) 代表的特性値による路線分類定義

主成分分析の結果を基に、代表的特性値で機能分類を表1の様に定義したところ、基幹(10路線)、幹線(12路線)、フィーダー(23路線)、地域補完(12路線)、広域補完(36路線)、特定(24路線)の6つに分類された。この分類も(1)の4区分にほぼ沿った形で分類され、個々の対応は基幹・幹線が①、フィーダーが②、地域補完・広域補完が③、特定が④に対応している。

表1 各類型に該当する分類定義

| 定義         | 基幹    |       | 幹線    |       | フィーダー |       |       | 地域補完/広域補完 |   | 特定    |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|---|-------|-------|
|            | 1     | 2     | 1     | 2     | 1     | 2     | 3     | 1         | 2 | 1     | 2     |
| 定義変数       | 10≤   | 0<    |       |       |       |       |       |           |   |       |       |
| 専用区間(区間)   | 8000≤ | 8000≤ | 5000≤ |       |       |       | 5000≤ |           |   | 4500≤ | 8000≤ |
| 居住人口(人/km) |       | 30≥   | 30≥   | 50≥   |       |       | 50≥   |           |   | 55≤   | 100=  |
| 適合率(%)     |       |       |       | 0     | 0     | 0     | 0     |           |   |       |       |
| 都心直結性      |       |       |       | 1000> | 1000> | 1000> | 1000> |           |   |       |       |
| 昼夜間人口差     |       |       |       | 8≥    |       |       |       |           |   |       |       |
| 系統長(km)    |       |       |       |       | 1     |       |       | 2≥        |   |       |       |
| 接続駅数       |       |       |       |       |       |       |       |           |   |       |       |
| 郊外人口(人/km) |       |       |       |       | 1000≤ |       |       |           |   |       |       |
| 起終点        |       |       |       |       |       |       | 両端駅   |           |   |       |       |
| 郊外鉄道適合     |       |       | なし    |       |       |       |       |           |   |       |       |

※空欄：該当無し、但しフィーダー定義1、3については居住人口か適合率のどちらかを満たす  
※広域補完はどの分類定義にも該当しないもの

主成分でのグルーピングとの一致率を見ると、73%と高い。そして、分類に従い一元配置分散分析で特性変数の有意差の検定を行った結果、乗車人員、運行回数、系統長、表定速度等で十分有意な差が見られた。平均値から見られる各分類の特徴は以下の通りである。

- ・基幹：潜在需要・乗客非常に多く、提供サービス高い路線
- ・幹線：乗客多く、提供サービス高く、表定速度低い路線
- ・フィーダー：郊外で運行、系統長短く、経営効率良好な路線
- ・地域補完：フィーダー同様の性格だが、系統長が長い路線
- ・広域補完：都心乗り入れ、経営効率の悪い路線

・特定:潜在需要・乗客少なく、運行・経

### 営効率悪い路線

各グループの営業係数から営業成績を見ると、基幹、幹線、フィーターは比較的成绩良好であるのに対し、地域・広域補完は成績は悪く、特定に至っては非常に成績が悪い。

### 3. 各分類ごとの利用者特性

#### (1) 一元配置分散分析

2. の路線分類に従って一元配置分散分析によって、各利用者特性<sup>3)</sup>(現金率、回数券率、1日乗車券率、定期券率、敬老バス率、乗車前地下鉄・市バス利用率、降車後地下鉄・市バス利用率、ピーク時刻、ピーク率、区間集中度)についてグループ間の有意差の検定を行った。表2に十分有意な差(有意水準5%以内)が見られる特性値を示す。

表2 有意水準5%以内で有意となった特性値

|      | 回数券率 | 1日乗車券率 | 定期券率 | 敬老バス率 | 乗車前地下鉄利用率 | ピーク率 |
|------|------|--------|------|-------|-----------|------|
| F値   | 4.15 | 4.53   | 4.92 | 3.17  | 3.98      | 4.02 |
| 検定結果 | 1%有意 | 1%有意   | 1%有意 | 5%有意  | 1%有意      | 1%有意 |

※前地下鉄利用率:乗車前地下鉄利用率

#### (2) 各類型ごとの統計量

各類型ごとの利用者特性を把握するため、平均値と分散を見た。表3に特徴の見られた特性値のみ示す。

表3 各類型ごとに特徴のある平均値

|       | 現金率   | 回数券率   | 1日乗車券率 | 定期券率  | 敬老バス率  | 乗車前地下鉄利用率 | ピーク率  | 区間集中度 |
|-------|-------|--------|--------|-------|--------|-----------|-------|-------|
| 基幹    | 0.160 | 0.0283 | 0.036  | 0.183 | 0.0358 | 7.200     | 1.071 |       |
| 路線    | 0.033 | 0.028  | 0.041  | 0.024 | 0.165  | 0.422     | 0.406 |       |
| 幹線    | 0.166 | 0.0292 | 0.0308 | 0.205 | 0.282  | 0.250     | 1.222 |       |
| 路線    | 0.029 | 0.044  | 0.100  | 0.062 | 0.185  | 3.108     | 0.612 |       |
| フィーター | 0.163 | 0.260  | 0.0305 | 0.237 | 0.0394 | 7.260     | 0.964 |       |
| 路線    | 0.068 | 0.051  | 0.121  | 0.089 | 0.208  | 0.541     | 0.637 |       |
| 地域補完  | 0.168 | 0.267  | 0.230  | 0.303 | 0.287  | 7.250     | 1.086 |       |
| 路線    | 0.023 | 0.048  | 0.074  | 0.072 | 0.211  | 0.452     | 0.670 |       |
| 広域補完  | 0.183 | 0.316  | 0.217  | 0.259 | 0.196  | 0.140     | 0.830 |       |
| 路線    | 0.029 | 0.051  | 0.094  | 0.082 | 0.113  | 2.717     | 0.444 |       |
| 特定    | 0.191 | 0.290  | 0.224  | 0.258 | 0.0338 | 0.040     | 0.725 |       |
| 路線    | 0.056 | 0.058  | 0.105  | 0.095 | 0.227  | 2.293     | 0.429 |       |

※表3裏面掲げ部分は一元配置分散分析で有意なもの 各欄上段:平均値、下段:分散  
欄内の○印は平均値の高い路線を表す

表から読みとれる各類型の特徴としては、

- ・基幹:日常的利用者が非常に多く、地下鉄への乗り継ぎ率が高い路線
- ・幹線:日常的利用者が多く、ピーク時刻が遅い路線
- ・フィーター:日常的利用者が多く、地下鉄乗り継ぎ率が非常に高い路線
- ・地域補完:65歳以上の利用割合が非常に高い路線
- ・広域補完:日常的利用者が少なく、ピーク時刻が遅い路線
- ・特定:日常的利用者が少なく、乗り継ぎ率も高い路線

### 4. 各分類ごとの営業係数説明モデル

各分類ごとに営業係数説明モデルを重回帰分析(総当たり法)で作成した。類型別のモデルを表4に示す。

表4 各類型ごとの営業係数説明モデル

| グループ    | 基幹<br>10路線    | 幹線<br>12路線    | フィーター<br>23路線 | 地域補完<br>12路線  | 広域補完<br>36路線  | 特定<br>24路線    | 全路線<br>117路線  |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 乗車人員    | 0.77(-11.3%)  | —             | —             | —             | —             | —             | —             |
| 系統長     | 1.82(23.6%)   | 1.15(18.6%)   | 0.44(5.21%)   | 0.37(8.70%)   | 0.43(11.2%)   | 0.21(4.66%)   | 0.33(15.33%)  |
| 表定速度    | -0.68(-9.46%) | -0.56(-6.88%) | —             | -0.14(-2.84%) | —             | -0.22(-4.11%) | -0.17(-7.11%) |
| 走行キロ    | -0.44(-6.43%) | —             | —             | —             | -0.22(-5.92%) | —             | -0.08(-3.64%) |
| 乗務時分    | -0.67(-11.6%) | —             | —             | -0.10(-2.50%) | —             | -0.11(-2.40%) | -0.12(-5.38%) |
| 回送キロ    | 0.28(5.51%)   | 0.26(6.04%)   | 0.26(3.04%)   | 0.10(3.32%)   | —             | 0.30(6.33%)   | 0.15(7.45%)   |
| 運行効率    | -1.72(-23.7%) | -0.41(-8.11%) | —             | -0.42(-6.76%) | —             | —             | —             |
| 運行回数/千人 | —             | —             | 0.72(8.84%)   | 0.54(7.16%)   | 3.02(32.9%)   | 0.75(18.6%)   | 0.90(44.72%)  |
| ピーク率    | —             | 0.31(3.61%)   | —             | 0.20(5.32%)   | —             | —             | —             |
| 営業時刻    | —             | 0.20(3.08%)   | —             | —             | —             | —             | —             |
| 決定係数    | 0.998         | 0.995         | 0.876         | 0.956         | 0.972         | 0.976         | 0.962         |
| (自由度調整) | (0.993)       | (0.990)       | (0.857)       | (0.952)       | (0.968)       | (0.970)       | (0.958)       |

枠内:標準化回帰係数(1値\*1%有意\*5%有意)

網掛け箇所はモデル内で影響力の強い変数を表す。自由度調整済み決定係数を見ると、フィーター、地域補完で、全路線のそれより低くなっているが、得られた各グループのモデル式を用いた営業係数の推計値と実績値との相関( $r=0.986$ )と全路線でのその相関( $r=0.981$ )を比較すると分類した方が高く、全体では推計精度は上がったといえる。各モデル内の影響要因を見ると運行回数に関する変数がどのモデルにも高い影響力で組み込まれている。しかし、これを操作することはバス事業を縮小・廃止の方向へ持っていくという恐れがあり、これまでのバス事業問題を単になぞるだけになってしまふ。そこで、運行回数関連以外の変数での改善をモデルから探った。基幹は系統長短縮、乗車人員増、表定速度向上、幹線は系統長短縮、表定速度向上、フィーターは系統長短縮、回送キロ削減、地域補完・広域補完は系統長短縮、特定は回送キロ削減、系統長短縮が個々に挙げられる。以上の様な各類型ごとの要因を用いて、営業係数改善の検討を行うことができる。

### 5. 機能に応じた路線運行計画の検討

路線の特性を表す代表的特性値によって、バス路線の機能分化を明確にすることができた。そして、各機能ごとの利用者特性が大まかに把握できた。今後の運行計画の際、今回得られた利用者特性や営業係数改善要因等をも含めて検討していく必要があるだろう。今後、今回の結果を踏まえて路線運行計画のケーススタディを行っていきたい。最後に本研究を行うにあたりデータ等を提供していただいた名古屋市交通局といろいろとお世話になった株)日本能率協会総合研究所の飯塚氏に感謝の意を表す。

#### 【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19(2)P521~524, 1996, 11
- 2) 名古屋市交通問題調査会「ケイ・グループ」交通問題調査会資料1994~
- 3) 名古屋市交通局「市バス乗客交通量調査」B2, 4, 6