

## 人口を考慮したコミュニティバス最適経路の研究

01001600 成蹊大学 \*上田 徹 UEDA Tohru

岡本 和友 Okamoto Kazutomo

### 1. 本研究の目的

近年、多くの市においてコミュニティバスが運行され始めている。しかし、このバス経路が最適経路であるかは疑問である。本研究では、より多くの人が利用できる経路を最適なものと考え、探索、追及していく。

### 2. 考察地域、考察対象

考察地域を中央線以南、南武線以北の国立市内とし、その中で運行するコミュニティバス「くにっこ」を考察対象とする。また、平成12年の国立市町丁別昼間人口データを用い、経路の長さは電子地図帳ソフトで測定するものとする。

### 3. バス利用者数(=P)を求める手順

人口データよりバスが通行し得る道路に囲まれた領域に存在する人口を算出する。その領域の中では最も近い道路を利用するものとしその人口を求める。

また、道路への距離が増加するほどバス利用者数は減少すると考え、減少関数  $f(x)$  を用いる。

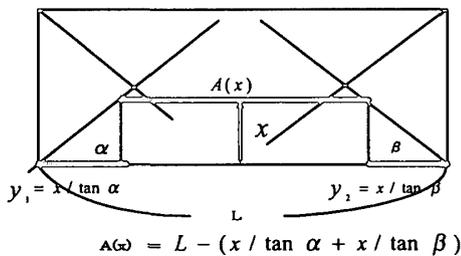


図1. 利用人口を求める略図

$$P = \frac{T}{S} \int_0^L f(x) A(x) dx$$

$$= \frac{T}{S} \int_0^L e^{-ax} (L - (x/\tan\alpha + x/\tan\beta)) dx$$

$$= \frac{T}{S} \left\{ -\frac{L}{a} (e^{-ak} - 1) - \frac{1}{a^2} \left( \frac{1}{\tan\alpha} + \frac{1}{\tan\beta} \right) (-ak e^{-ak} - e^{-ak} + 1) \right\}$$

$T$ : 領域内の人口,  $S$ : 領域面積,  $L$ : 道路の長さ  
ここでは、 $f(x) = e^{-ax}$  ( $a = 0.01$ ) を用いる。

### 4. 人口を加味した距離の定義

最適経路選定にあたり人口を考慮するため、次のように元々の距離  $L$  を人口  $P$  により修正した距離を用いる。

$$D_1 = L / P^n; \quad D_2 = L - k \cdot P$$

### 5. 最適経路を求める手順

現行のバス経路と同様に、出発地点を国立駅、到着地点を国立市役所とする条件は変えず、この間で節4の距離を用いてダイクストラ法により導かれた経路を最適経路とする。

表1. 現行経路と  $D_1$  による選定経路の距離と利用人口

| 国立駅→国立市役所 |         |          |
|-----------|---------|----------|
|           | 運行距離(m) | 利用人口数(人) |
| 現行経路      | 3,465   | 1,789    |
| n=0.25    | 2,096   | 2,458    |
| n=0.5     | 2,096   | 2,458    |
| n=0.75    | 2,541   | 3,095    |
| n=1       | 2,541   | 3,095    |
| n=1.5     | 2,633   | 2,998    |
| n=2       | 3,338   | 3,994    |
| n=2.5     | 3,587   | 4,197    |

$D_1$  では  $n=2.5$  程度で現行バス経路と同じ距離で利用人口が最大となる経路が求められる。その経路上においてのバス停の最適配置を考える必要がある。

## 6. LP 定式化

$c_{ij}$  : 道路( $i,j$ )の人口

$d_{ij}$  : 道路( $i,j$ )の距離

$x_{ij} = 1$  : 道路( $i,j$ )をバスが通るとき

0 : その他

$s$  : 出発ノード、 $t$  : 終着ノード

$u_i$  : ノード  $i$  用整数変数

### 【LP 定式化】

目的関数 (利用人口の最大化) :

$$\max \sum_{i,j} c_{ij} x_{ij}$$

制約 :

(1) ノード  $i$  に入出入りする道路の状態

$$\sum_j x_{ij} = \sum_k x_{ki} \quad (i=1,2,\dots,m \text{ かつ } i \neq s,t)$$

$$\sum_j x_{ij} \leq 1 \quad (i=1,2,\dots,m \text{ かつ } i \neq s,t)$$

$$\sum_k x_{ki} \leq 1 \quad (i=1,2,\dots,m \text{ かつ } i \neq s,t)$$

$$x_{ij} + x_{ji} \leq 1 \quad (i=1,\dots,m; j=1,\dots,m)$$

: 同じ道を往復しない

$$\sum_j x_{sj} = 1; \sum_k x_{kt} = 1 \quad (\text{始点、終点条件})$$

$$u_i - u_j + m \times x_{ij} \leq m - 1 \quad (\text{閉路排除制約}) \\ (i=1,2,\dots,m \text{ かつ } j=1,2,\dots,m)$$

(2) 既存の経路長  $C$  以下 :  $\sum_{i,j} d_{ij} x_{ij} \leq C = 3500$

## 7. 結果の比較

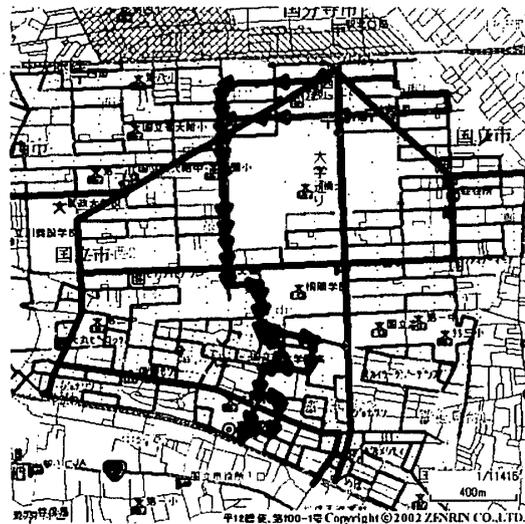
LP 自身が 0-1 整数計画問題のため自分でプログラムを作るとすると大変であり、報告者の場合

は市販ソフト Xpress-MP を用いた。

表 2 は表 1 と異なり、既存経路と民間バス経路を避けた場合の比較である。 $D_1$  と LP では目的関数 (人口) の値には相当の差が出ている。また、 $D_2$  と LP とはほとんど差がないが、表 1 の民間バス経路を考慮しない場合には LP の方が 1 割程度多い利用人口となった。しかし、市販ソフトを用いる必要がないということには大きな魅力があること、無条件で経路を選べることはあまりないであろうことから、 $D_2$  を用いる意義はあると考える。

表 2 ダイクストラ法と LP の比較

|           | $D_1$  | $D_2$  | LP     |
|-----------|--------|--------|--------|
| 距離        | 3036m  | 3415m  | 3496m  |
| 人口        | 3035 人 | 4017 人 | 4150 人 |
| 計算        | 容易     |        | 面倒     |
| 目的関数の意味づけ | 不明確    |        | 明確     |



黒中太線 : 既存と民間経路、黒太線 :  $D_1$ 、灰太線 : LP