

移動制約者を考慮したオンデマンドバス停留所の最適配置

Optimal Placement of On-demand Bus Stops for Persons with Mobility Constraints

大島航星¹⁾, 長谷川浩志¹⁾
Kosei Oshima and Hiroshi Hasegawa

1) 芝浦工業大学 大学院理工学研究科 システム理工学専攻 (〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区深作307)

In rural areas, transportation is essential for daily life. However, the fixed-route bus system has become inefficient due to declining demand caused by depopulation in rural areas. Therefore, on-demand buses, which operate by aggregating the small-scale demand in rural areas, are getting attention. In this study, we create, compare, and evaluate several models of bus stop locations from the perspective of persons with mobility constraints who have difficulty getting to on-demand bus stops.

Key Words : on-demand bus, persons with mobility constraints, facility location problem

1. はじめに

地方では日常生活を送るうえで車やバスなどの交通手段が必須となっている。しかしながら、過疎化による需要減少により定時定路線型のバスは非効率的になってしまっている。こうした背景の中、地方の小規模需要を集約した形で運行するオンデマンドバスが注目されている。オンデマンドバスは運行方式の違いで図1のように分類できる^[1]。地域構造ごとに適した運行方式が存在しており、本研究の対象地である栃木県那須町では自由経路ミーティングポイント型のデマンド型交通が導入されている^[2]。

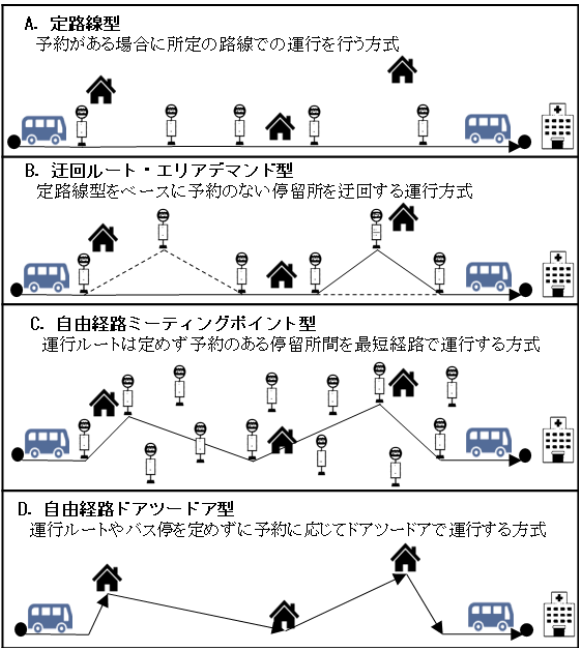


図-1. オンデマンドバスの運行方式による分類^[1]

平岡らは、利用者の住所から目的地までの方向ベクトルを用いたリアルタイムでの予約と公共交通機関への

シームレスな乗り継ぎを考慮した自由経路ドアツードア型のオンデマンドバスのルート最適化手法を提案した^[3]。本研究では、平岡らの自由経路ドアツードア型の研究で得られた知見をもとに那須町で運行されている自由経路ミーティングポイント型についての研究を行う。自由経路ミーティングポイント型は自由経路ドアツードア型と異なり、バス停までの移動が必須である。那須町のデマンド型乗合交通のバス停設置の目安は500mであるが、図2のように那須町のデマンド型乗合交通の登録者対象のアンケートによると登録者の22%は500mの移動が困難であると回答している。そこで、より多くの移動制約者がオンデマンドバスを利用できるような複数のバス停の配置モデルを作成し、それらの比較・評価を行う。

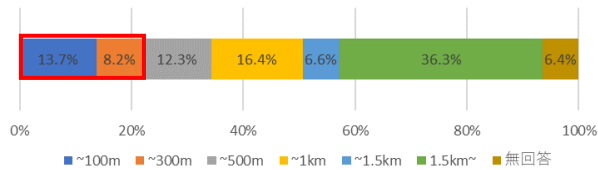


図-2. 那須町デマンド型乗合交通登録者の休まず歩ける距離^[4]

2. シミュレーション概要

本研究では国勢調査の最小単位である那須町の250mメッシュの人口分布を用いて3つのモデルを作成する。
(1) p-メディアンモデル
p-メディアンモデルとは、需要点から施設までの距離（移動距離）と需要量の積の総和が最小になるようにp個の施設を配置するモデル。以下の式(1)~(4)のように定式化される。

$$\min \sum_i (w_i \sum_j d_{ij} x_{ij})$$

(1)

$$\text{subject to } \sum_i x_{ij} = 1, \forall i \in N$$

(2)

$$x_{ij} \leq y_j, \forall i, \forall j \in N$$

(3)

$$\sum_j y_j = p$$

(4)

w_i : 需要点*i*における需要量 p : バス停の数
 d_{ij} : 需要点*i*からバス停*j*までの距離 N : バス停候補地の集合
 x_{ij} : 需要点*i*におけるバス停候補地*j*への割当てを表す二値変数
 y_j : バス停候補地*j*におけるバス停の有無を表す二値変数

(2) p -センターモデル

p -センターモデルとは、移動距離の最大値が最小になるように*p*個の施設を配置するモデル。式(2),(3),(4)に式(5),(6)を加え、以下のように定式化される。

$$\min Z$$

(5)

$$\text{subject to } \sum_j d_{ij} x_{ij} \leq Z$$

(6)

(2),(3),and(4)

Z : 最大移動距離

(3) 最大被覆モデル

最大被覆モデルとは、施設から距離*u*以内に可能な限り多くの需要が収まるように*p*個の施設を配置するモデル。式(2),(3),(4)に式(7)を加え、以下のように定式化される。

$$\min \sum_i \sum_j a_{ij} x_{ij}$$

(7)

$\text{subject to (2),(3),and(4)}$

a_{ij} : バス停*j*から距離*u*以内でカバーできる需要点*i*の需要量
($d_{ij} \leq u$ ならば*w_i*,さもなければ 0)

3. シミュレーション条件

今回のシミュレーションでは前述した3つのモデルと比較用としてバス停を均等に配置したモデルを作成する。条件は表1に示す。

表-1 シミュレーション条件

対象地	栃木県那須町高久乙地区
バス停候補	250mメッシュの各グリッド
バス停数	34
需要点	250mメッシュの各グリッド
需要量	250mメッシュの各グリッドの65歳以上の人口分布 ^[4]

4. シミュレーション結果

シミュレーションで作成した*p*-メディアンモデル, *p*-センターモデル,最大被覆モデルと比較として均等にバス停を配置したモデルを図 3 に示す.また、それらの比較を表2に示す。

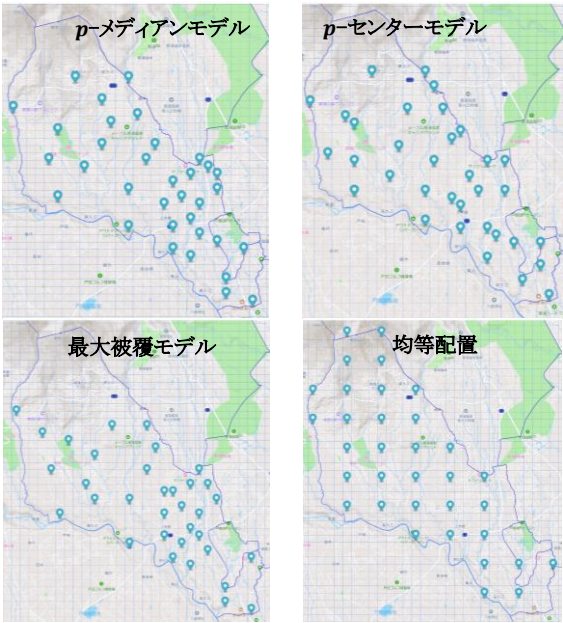


図-3. 作成したモデル

表 2. シミュレーション結果比較

	p メディアン	p センター	最大被覆	均等配置
バス停数[カ所]	34	34	34	34
総移動距離[m]	203289.4	295337.2	264475.7	527709.4
最大移動距離[m]	840.0	538.5	1605.3	957.7
300m以内のバス停の割合[%]	80.9	61.2	89.1	30.4

作成したモデルのうち、最大被覆モデルのカバー率が最大となり、バス停を均等に配置した場合と比べカバー率は2.9倍になった。しかし、*p*-メディアンモデルと比較してカバー率は1.1倍であるのに対し、総移動距離が1.3倍、最大移動距離が1.9倍になってしまっている。

5. おわりに

今回作成したモデルの中で最適なモデルは最もカバー率が高い最大被覆モデルであると考える。しかしながら最大被覆モデルは総移動距離や最大移動距離が大きくなってしまった。これは制約条件に距離の数値を含まないことが原因であると考えられる。そのため、制約条件に移動距離を含む*p*-メディアンモデルと最大被覆モデルのパレート解を用いることでより移動制約者に適したバス停配置モデルの作成ができるようになると思われる。

参考文献

[1] 国土交通省: デマンド型交通の手引き, 2013.
[2] 那須町: 令和3年度 那須町公共交通に関する現地調査結果,2020
[3] 平岡優希ら: MaaSを考慮したオンデマンドバスのルート最適化, 計算工学講演会論文集 Vol.26, 2021
[4] 那須町: 令和3年度 那須町公共交通に関するアンケート調査結果,2020
[5] 総務省統計局: 2020年度国勢調査結果, 2020