

Bicycle Stationsの最適配置に関する研究

佐賀大学理工学部 学生員 井手 義勝
佐賀大学理工学部 正会員 清田 勝
佐賀大学理工学部 正会員 田上 博

1. はじめに

モータリゼーションの急激な進展による交通事故、渋滞、温暖化ガスなどを抑制するために自動車交通量の削減は緊急に解決すべき最重要課題である。自動車を減らし、安全で快適な都市環境を再生するには、ロードプライシング等の課金制度や自動車を使いにくくする交通規制等の施策を講じるとともに、環境にやさしい交通手段である自転車や公共交通機関（バスや鉄道等）の利用の促進を図る必要がある。そのためには、これらの交通手段をお互いに補完しあえるパートナーと認識し、総合的な整備を進めることが必要である。

本研究は、Bicycle stationsを適切に配置することによって、自転車と公共交通機関のbike-ride-bikeを促進する方法について検討する。

2. Bicycle stationsの利用方法と限界距離について

現存の公共交通機関によってカバーされている地域は、徒歩圏域内と一部の駅やバス停等の自転車利用圏域内に限定される。しかし、オランダやデンマークでは、自転車以最寄りの駅やバス停留所まで行き公共交通機関に乗り換えて目的地の近くのBicycle stationまで移動し、Bicycle stationで保管してもらっている自転車を使って、あるいは自転車をレンタルして目的地まで行くという利用形態（bike-ride-bike）が、盛んに取り入れられている。自転車の移動距離に関しては、自転車道路の整備が進んでいることもあり、自宅からBicycle stationまで3.7km、Bicycle stationから目的地まで2.9kmの移動が限界だと言われている¹⁾。

自転車道路等の整備が進んでいない日本の都市においては、自転車利用者が無理なく利用できる距離（限界距離）はもう少し短いと考えられる。そこで、はじめに佐賀駅駐輪場の定期利用者のデータに基づいて、限界距離を算定することにする。

図-1は、対象者の自宅から駐輪場および目的地から駐輪場までの直線距離を示したものである駐輪場の利用状況からみて、自転車利用の限界距離は、直線距離で2.0km程度と推定できる。

3. Bicycle stationsの最適配置モデル

対象地域を地区（メッシュ）に分割し、そのメッシュの中心（セントロイド）で地区の交通需要を代表させる。セントロイドが自転車利用の限界距離内にあるとき、その地区の交通需要はBicycle stationによってカバーされていると見なすことにする。設置される

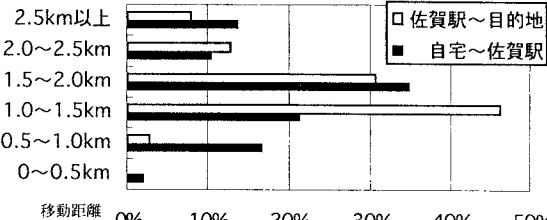


図-1 駐輪場利用者の分布

Bicycle stationの数が予め決まっている場合に、これらの施設でカバーされる交通需要のトータルを最大にする問題（最大カバーリング問題）を整数計画問題として定式化し、その解法について検討する。分子限定法を用いることで最適解を求めることが可能であるが、モデルの規模が大きくなると計算時間や容量の面で問題が出てくると予想される。そこで、本研究では、対象地域が広い場合にも対応できるように、ラグランジュの緩和法を用いた近似解法について検討する。

(1)目的関数

Bicycle stationsによってカバーされる交通需要のトータルを最大にすることが目的であるので、目的関数は次式のように定式化できる。

Maximize $\sum h_i z_i$ (1)

(2)制約条件

式 (1)の目的関数を最大にする際、以下の制約条件が考えられる。

$z_i \leq \sum a_{ij} x_j$ (2)

$\sum x_j \leq p$ (3)

$x_j = 0, 1 \quad \forall_j$ (4)

$z_i = 0, 1 \quad \forall_i$ (5)

ここに、

h_i : セントロイド i の交通需要

$z_i = \begin{cases} 1: \text{セントロイド } i \text{ が少なくとも一つの} \\ \text{Bicycle Station でカバーされるとき} \\ 0: \text{otherwise} \end{cases}$

$a_{ij} = \begin{cases} 1: \text{セントロイド } i \text{ が候補地 } j \text{ にカバーされるとき} \\ 0: \text{otherwise} \end{cases}$

$x_j = \begin{cases} 1: \text{候補地 } j \text{ に Bicycle Station が配置されるとき} \\ 0: \text{otherwise} \end{cases}$

p : 対象地域に配置される Bicycle Station の数

(3)ラグランジュの緩和法²⁾

式(2)で表される制約条件式を目的関数に導入すると、上記の最適化問題は以下のように表される。

$$\begin{aligned} \min_{\lambda} \max_{x,z} \sum h_i z_i + \sum \lambda_i (\sum a_{ij} x_j - z_i) \quad (6) \\ \sum x_j \leq p \\ x_j = 0,1 \quad \forall j \\ z_i = 0,1 \quad \forall i \\ \lambda_i \geq 0 \end{aligned} \quad (7)$$

ここに、

λ_i : ラグランジュ乗数

4. モデルネットワークへの適用

本手法の有用性を検証するために、図-2に示すモデルネットワーク（公共交通網）に本手法を適用することにする。①～②5 は、セントロイドを、②6～⑥2 は、Bicycle stationsの候補地を示す。

本計算例では、限界距離を1.5kmと仮定し、配置するBicycle stationの数pを1から4まで変化させて計算を行った。その結果を、表-1と図-2 (p=2) , 図-3 (p=3) に示す。p=2の場合のBicycle stationの配置場所は、45 と 53 の2ヶ所である。Bicycle station53 は、7個のセントロイド11, 12, 16, 17, 18, 21, 22 を、Bicycle station 45 は、8個のセントロイド 4, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 19をカバーし、対象地域内の総交通需要 1080 の72%をカバーしていることがわかる。また、各メッシュの交通需要を1と仮定した場合のカバー率は60%で、

表-1 計算結果

項目		限界距離 1500m			
Bicycle Stationの数 P (個)		1	2	3	4
Bicycle Stationの配置場所		45	53 45	53 39 50	28 53 57 34
カバーされるメッシュ数		8	15	20	23
目的関数		560	780	890	920
重複数		0	0	2	1
カバー率 (%)	交通需要	52	72	82	85
	面積	32	60	80	92
計算回数		3	41	65	44
下限値		460	710	850	940
上限値		460	710	850	940
DEFFER		0.00	0.00	0.00	0.00

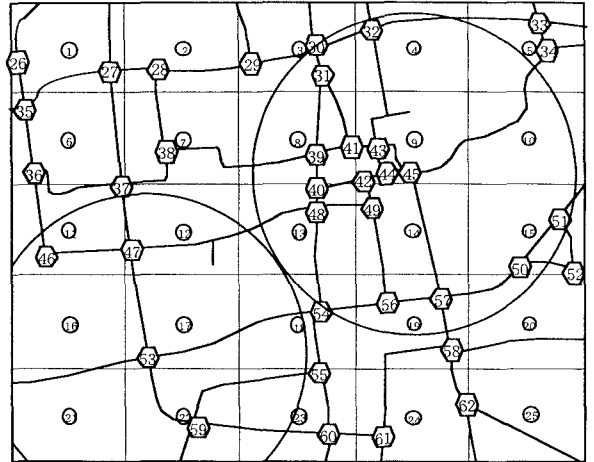


図-2 p=2 の場合

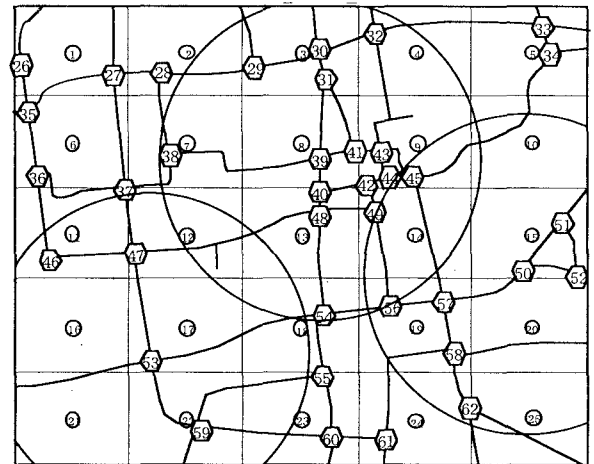


図-3 p=3 の場合

60%の地区（面積）がカバーされたことになる。p=3の場合のBicycle stationの配置場所は、39, 50, 53 で、交通需要の 82%がカバーされることになる。それ以上施設の数を増やしてもあまり大きな増加はみられない。

5. あとがき

今回はBicycle stationsの最適配置の問題を最大カバーリング問題として定式化しているが、経路選択行動を内生化した移動コスト最小化問題として定式化することも可能であると考えられる。

参考文献

- 1) Hugh McClintock, The Bicycle and City Traffic, Belhaven Press, 1992
- 2) Mark S. Daskin, Network and Discrete Location, JONE WILEY & SONS, INC., 1995