

# テーマパークにおけるごみ箱のフロー捕捉型配置問題

2020SS002 浅見竜聖

指導教員：三浦英俊

## 1 はじめに

観光庁の訪日外国人旅行者の受入環境整備に関するアンケート [1] において、「外国人旅行者が、訪日旅行中に困ったこと」として、第 1 位 (23.4%) に「ごみ箱の少なさ」があげられる。この問題は、ごみ箱の数を増やせば解決できるものではありません。ごみ箱の数を増やすほど、ごみの処理費用やごみを回収する人の数が増え、人件費が高くなる。このような理由で、ごみ箱の適切な配置を考えることは問題解決に必要である。ごみがたくさん出る観光地の 1 つにテーマパークがある。

本研究では、ハウステンボスの来訪者の行動から、より多くの人を利用できるごみ箱の配置問題を考える。

## 2 フロー捕捉型配置問題

Hodgson のフロー補足型配置問題 [2] はネットワーク上の移動者の流れを需要量と捉え、より多くの人を利用できる施設を配置するものである。フロー捕捉型配置問題とは、各フローは通過する経路や流動量を与え、移動経路上に施設が配置されたフローの合計量を最大化することである。

## 3 ごみ箱のフロー捕捉型配置問題

ごみ箱のフロー捕捉型配置問題を定式化するにあたり、記号を以下のように定義する。

$A$ : 施設の集合

$K$ : ごみ箱の配置候補の集合

$m$ : ごみ箱の配置数

$f_{ij}$ : 施設  $i \in A$  から  $j \in A$  へのフロー量 (移動者数)

$\alpha_{ijk}$ : 頂点  $k \in K$  が施設  $i \in A$  から  $j \in A$  へのフロー上に含まれる場合に 1 をとり、含まれない場合に 0 をとるパラメータさらに、以下 0-1 変数を導入する。

$$x_k = \begin{cases} 1 & \text{頂点 } k \text{ に施設を配置する} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{施設 } i \in A \text{ から } j \in A \text{ へのフローが捕捉される} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

ごみ箱のフロー捕捉型配置問題の定式化すると以下のようになる。

$$\max. \quad \sum_{i \in A} \sum_{j \in A} f_{ij} y_{ij} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{k \in K} x_k = m \quad (2)$$

$$y_{ij} \leq \sum_{k \in K} \alpha_{ijk} x_k \quad (i \in A, j \in A) \quad (3)$$

$$x_k \in \{0, 1\} \quad (k \in K) \quad (4)$$

$$y_{ij} \in \{0, 1\} \quad (i \in A, j \in A) \quad (5)$$

目的関数 (1) は、捕捉できるフロー量 (移動人数) の総和を表しており、これを最大化することが目標である。式 (2) は、ごみ箱の配置数が  $m$  個であることを表す。式 (3) は、施設  $i$  から  $j$  へのフローを捕捉するには施設  $i$  から  $j$  への経路上に少なくとも一つのごみ箱が設置している必要があることを表す。式 (4) と式 (5) は、 $x_k$  と  $y_{ij}$  の 0-1 制約を表している。

## 4 ごみが出る施設を考慮したごみ箱のフロー捕捉型問題

ごみが出る施設を考慮したごみ箱のフロー捕捉型配置問題を定式化するにあたり、記号を以下のように定義する。

$P$ : ごみがでる地点の集合

$m$ : ごみ箱の配置数

$e_{pj}$ : 施設  $p \in P$  から  $j \in A$  へのフロー量 (移動者数)

$h_p$ : 地点  $p \in P$  のごみでる施設の数

さらに、以下 0-1 変数を導入する。

$$z_{pj} = \begin{cases} 1 & \text{施設 } p \in P \text{ から } j \in A \text{ へのフローが捕捉される} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

ごみが出る施設を考慮したごみ箱のフロー捕捉型問題の定式化すると以下のようになる。

$$\max. \quad \sum_{i \in A} \sum_{j \in A} f_{ij} y_{ij} + \sum_{p \in P} \sum_{j \in A} e_{pj} z_{pj} h_p \quad (6)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{k \in K} x_k = m \quad (7)$$

$$y_{ij} \leq \sum_{k \in K} \alpha_{ijk} x_k \quad (i \in A, j \in A) \quad (8)$$

$$x_k \in \{0, 1\} \quad (k \in K) \quad (9)$$

$$y_{ij} \in \{0, 1\} \quad (i \in A, j \in A) \quad (10)$$

$$z_{pj} \in \{0, 1\} \quad (p \in P, j \in A) \quad (11)$$

目的関数 (6) は、ハウステンボス内でごみを始めから持っている人とごみが出る施設を通った人が捕捉できるフロー量の総和を表しており、これを最大化することが目標である。ただし、ごみが出る施設の数に比例して、フロー量も比例する。式 (7) と (8) は式 (3) と (4) は同様である。式 (9) と式 (10) と式 (11) は、 $x_k$  と  $y_{ij}$  と  $z_{pj}$  の 0-1 制約を表している。

## 5 ハウステンボスにある 15 施設のネットワークの作成

本研究では、長崎県佐世保市にあるハウステンボスに着目する。ハウステンボスにある 15 施設の遊間相関のデータ [3] を使用する。本研究では、データ [3] に含まれる 15 施設を頂点とし、その頂点から移動可能である頂点を結ぶことで、ネットワーク図を作成する。このようにして、作成したネットワーク図は図 1 である。

図 2 は図 1 のネットワーク図のリンク間にごみが出る地点の 13 個のノードを表したものである。また、それぞれの地点のごみが出る施設の数を表したものが表 1 になる。



図 1 ハウステンボスにある 15 施設のネットワーク図

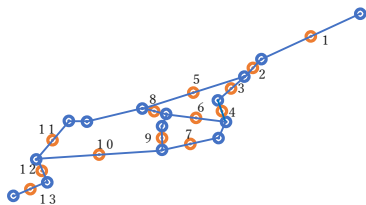


図 2 15 施設のリンク間の中点にごみが出る地点を表したネットワーク図

表 1 ごみがでる施設

ごみが出る地点	1	2	3	4	5	6	7
ごみがでる施設の数	3	1	2	2	5	1	4
ごみが出る地点	8	9	10	11	12	13	
ごみがでる施設の数	4	1	1	3	4	1	

## 6 定常分布の推定

ハウステンボスにある 15 施設の回遊相関を、マルコフ連鎖の推移確率行列  $P$  であると考え、定常分布を求める。

## 7 リンクをながれるフロー量の推定

施設から施設へ、最短距離で移動することを仮定する。リンク間の距離からダイクストラ法を用いて直線距離を特

定する。次に、得られた施設間の距離から施設  $i$  から施設  $j$  のフロー量の特定する。

## 8 ハウステンボスにおけるごみ箱配置

ごみ箱のフロー捕捉型配置問題は、8 個施設に配置することによって、全ての人がごみ箱を利用することができ、配置する施設は、施設 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 14 である。

ごみが出る施設を考慮したごみ箱の最適化問題を行った場合、図 3 の 13 施設に配置すると全ての人が利用でき、施設 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 とごみが出る地点 7, 9, 10, 11, 12, 13 になる。

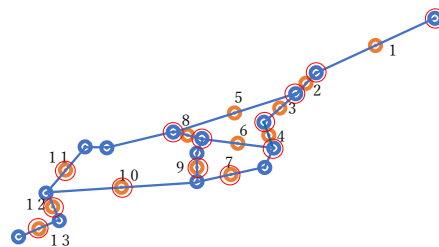


図 3 ごみが出る施設を考慮したごみ箱の設置場所を表したネットワーク図

## 9 おわりに

ごみ箱のフロー捕捉型配置問題とごみが出る施設を考慮したフロー捕捉型配置問題を比較すると、どちらも全体に散らばって配置になり、同じようなごみ箱の配置になった。本研究は、公園の開発において、ごみ箱の適切な配置する際の予測をすることができる。今後、移動距離が長ければながいほどポイ捨てをする人が増えるため、ごみをもって移動できる距離の条件をつけたい。

## 参考文献

- [1] 国土交通省: 訪日外国人旅行者の受入環境整備に関するアンケート, 2022. 3. 19, <https://www.mlit.go.jp/kankocho/content/001333861.pdf>, 2024 年 1 月閲覧
- [2] M. Hodgson. A flow-capturing location-allocation model. *Geographical Analysis*, Vol. 22, pp. 270-279, 1990.
- [3] unerry: 年間約 250 万人「ハウステンボス」来場者をデータ分析来場計測で広告配信から来場までの「時差」を可視化, 2022. 12. 01, <https://www.unerry.co.jp/case/huistenbosch/>, 2022 年 9 月閲覧.