

選挙カーの最適巡回経路

2013SE054 井上沙季

指導教員：佐々木美裕

1 はじめに

選挙を行う際、候補者は自身の名前や政策を有権者に認知させる必要がある。そのための手段の1つが選挙カーを用いて行う連呼行為である。選挙カーを用いて連呼行為を行うことの出来る時間帯は公職選挙法 [1] によって定められている。そのため限られた時間内により多くの人に声を届けるためには選挙カーをどの経路を用いて巡回するかが重要となる。選挙において最も重要なことはより多くの有権者に声を届けることである。

本研究では、なるべく多くの有権者に声を届けることを目的とする。有権者に声を届けるためには様々な地域を訪問し、連呼行為を行う必要がある。多くの有権者に声を届け、最も多く成果を得るためにはどのような経路で巡回すると最適となるかを考える。

2 選挙カーについて

選挙カーとは選挙運動のために使用される自動車のことである。選挙カーを用いて連呼行為を行う際、選挙カーの巡回経路が候補者の勤に頼ったものであることが問題となっている。選挙期間中に経路を考えることは、選挙に集中したい候補者にとっては負担が大きい。また、選挙カーには、候補者が同乗していない場合もあるため、候補者がいない状況下でも円滑な巡回が行える状態であることが望ましい。

3 モデルの説明

本研究では、選挙カーの最適巡回経路を求める問題をネットワーク上の問題として考える。ノードは地域の代表点とし、その地域の人口をノードの重みとする。枝は地域間を結ぶ道路と考える。出発点と巡回時間を所与とし、声なるべく多くの人へ届くようなネットワーク上の経路を求める。

問題の簡略化のため、選挙カーは1台のみとし、連呼行為は選挙カーがノード上にいる時のみ行うものとする。連呼行為による声の届く範囲は限定的であり、連呼行為を行う場所からの距離が短いほど影響が大きいと考えられる。そこで、連呼行為が各ノードに与える影響の大きさを、選挙カーからの距離によって3段階に分け、「効果」として定義する。例えば、図1においてノード5で連呼行為を行う場合、ノード5への効果が最も大きく、続いてノード2,4,6,8への効果が中程度、ノード1,3,7,9への効果は最も小さいと考える。距離が一定以上離れたノードにおける効果はないものとする。

選挙カーは巡回するため、1つのノードに複数回にわたって効果をもたらすことがある。そのようなノードにお

ける効果は、その総和で評価する。巡回経路が決まると、各ノードへの効果の総和が求められる。その最小値を最大化することによって、なるべく多くの人に均等に効果をもたらす巡回経路を求める。

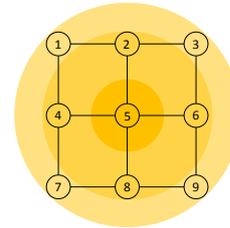


図1 連呼行為が各ノードにもたらす効果

4 定式化

本問題を解くにあたり、以下の記号を定義する。

L : 巡回時間

N : ノードの集合

G : 効果の総和の最小値

n : 巡回するノードの数 (重複するノードを含む)

$T = \{1, \dots, n\}$

$\bar{T} = \{1, \dots, n-1\}$

$a_{ij} = \begin{cases} 1: & \text{ノード } i \in N \text{ とノード } j \in N \text{ が} \\ & \text{隣接している} \\ 0: & \text{上記以外} \end{cases}$

g_{ij} : ノード $i \in N$ を訪問した時のノード $j \in N$ の効果

s_{ij} : ノード $i \in N$ からノード $j \in N$ への移動にかかる時間

w_i : ノード $i \in N$ の人口 (重み)

$x_{i,t} = \begin{cases} 1: & t \text{ 番目にノード } i \in N \text{ を訪問する} \\ 0: & \text{上記以外} \end{cases}$

$y_{ijt} = \begin{cases} 1: & t \text{ 番目にノード } i \in N \text{ からノード } j \in N \text{ へ} \\ & \text{移動している} \\ 0: & \text{上記以外} \end{cases}$

これらを用いて定式化を行うと以下の通りになる。

$$\text{Max. } G + \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{t \in \bar{T}} y_{ijt} \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \sum_{i \in N} \sum_{t \in T} w_j g_{ij} y_{ijt} \geq G \quad (j \in N) \quad (2)$$

$$x_{i,t} + x_{j,t+1} \leq a_{ij} + 1 \quad (i \in N, j \in N, t \in \bar{T}) \quad (3)$$

$$\sum_{i \in N} x_{i,t} \leq 1 \quad (t \in T) \quad (4)$$

$$x_{i,t} + x_{i,t+1} \leq 1 \quad (i \in N, t \in \bar{T}) \quad (5)$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{t \in T} s_{ij} y_{ijt} \leq L \quad (6)$$

$$y_{ijt} \leq \frac{1}{2}(x_{i,t} + x_{j,t+1}) \quad (i \in N, j \in N, t \in \bar{T}) \quad (7)$$

$$x_{1,1} = 1 \quad (8)$$

$$\sum_{i \in N} x_{i,t} - \sum_{i \in N} x_{i,t+1} \geq 0 \quad (t \in \bar{T}) \quad (9)$$

$$x_{i,t} \in \{0,1\} \quad (i \in N, t \in T) \quad (10)$$

$$y_{ijt} \in \{0,1\} \quad (i \in N, j \in N, t \in T) \quad (11)$$

目的 (1) は効果の総和の最小値の最大化と y の総和を表している. y の総和は移動回数と等しくなり, 移動回数を最大まで行うことを表している. y の総和を目的関数に挿入することによって多くのノードを行き来することになり, 式 (7) において右辺が 1 になるときに左辺が 1 となる. 式 (2) は G が効果の最小値であることを表す. 式 (3) はノード i とノード j が隣接するときのみ, ノード i からノード j へ移動可能であることを意味する. 式 (4) は同時に複数のノードを訪問することができないことを示す. 式 (5) は選挙カーの位置は t 番目と $t+1$ 番目で必ず異なることを表す. すなわち, 選挙カーはある場所に留まることなく常に移動し続けることを意味する. 式 (6) は選挙カーの移動時間が L 時間以下であることを示す. 式 (7) は, $x_{i,t} = 1$ かつ $x_{j,t+1} = 1$ のときに限り, (1) より $y_{ijt} = 1$ となり, t 番目にノード i からノード j へと移動することを示す. 式 (8) は $t = 1$ のときにノード 1 を出発することを表す. 式 (9) は, t 番目にいずれかのノードを訪問する場合に限って $t+1$ 番目にもノードを訪問可能であることを示す. 式 (10), 式 (11) は x, y の 0-1 制約である.

5 計算実験

最適化ソフトウェア Gurobi を用いて計算実験を行った. $n = 40$ のときの結果を図 2~図 4 に示す.

計算実験のため, ノード数 25(5×5) の格子状のデータを作成した. 枝上の移動時間はすべて等しく 10 と設定した. ノードの重みデータは, ① 中心に最も重みが大きく, 中心から離れるほど重みが小さくなるデータ, ② ノードを 5 つのグループに分け, 一部のノードの重みを大きくしたデータ, ③ 名古屋市千種区の人口分布を想定して重みを考えたデータ, の 3 通り作成した. データ③ では地下鉄沿線に該当する部分の重みを大きく設定し, 学校の集中区の重みを小さく設定した.

ノードをグループ化し, 重みの大きさを青色の濃淡によって表し, 濃い方が重みが大きいことを意味する. また, ノードの色の濃淡は効果の総和の大小を表しており, 濃い方が効果の総和が大きいことを意味する.

計算実験を行うと重みの小さいノードを中心的に巡回す

る結果となった. そのため, 学校の集中区のように声を届ける人数が少ないという理由のみで重みを小さくするとその地域ばかりを巡回する結果となった. 重みの大きなノードをあまり巡回しない結果となったが, 実際の選挙では人の集まる場所は積極的に巡回する. これは, 視覚効果なども考慮しているためであると考えられる. 改善点として視覚効果を取り入れるために訪問ノードに与える効果を大きくする, 重みを人口として解釈し, 病院の所在などは条件として加えることなどが挙げられる.

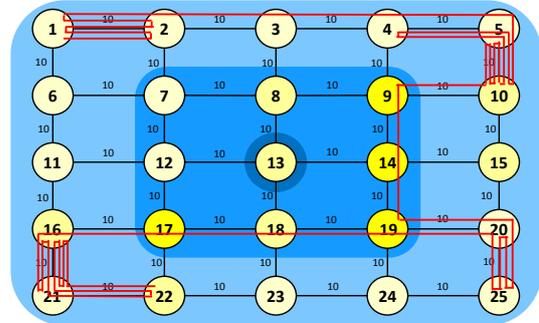


図 2 データ①($n = 40$)

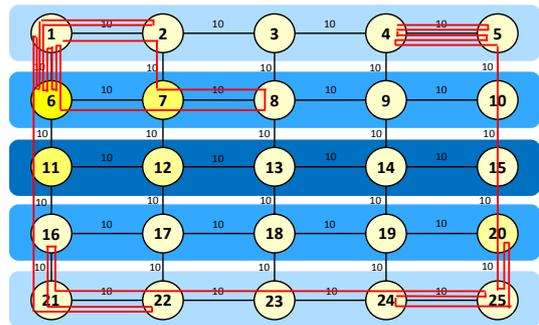


図 3 データ②($n = 40$)

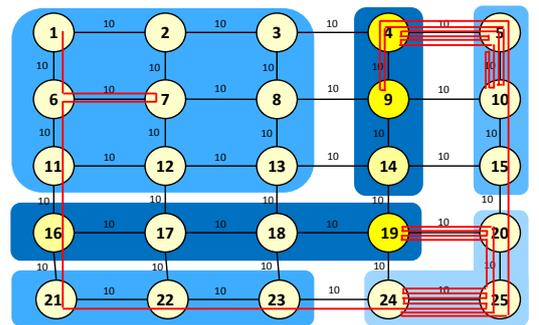


図 4 データ③($n = 40$)

参考文献

- [1] 総務省行政管理局:『公職選挙法』<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S25/S25HO100.html>