

時間帯による聴衆数の変化に着目した街頭演説巡回計画に関する研究

平井 泰裕 (沼田 一道 教授, 松浦 隆文 助教)

1. はじめに

選挙は間接民主主義体制の国家, 自治体, 組織における基本的かつ重要な政治行為である. 然るべき主張を代表する立候補者は, 有権者に対してその主張を訴え, 代議員として選ばれるよう選挙活動を行う. 本研究では, 地方自治体 (浦安市) の市議員選挙に注目する[1]. 比較的選挙区の狭い市議員選挙において, 有権者を前に直接主張を訴える街頭演説は有効な選挙活動である. 街頭演説では, 多数の有権者に聴いてもらうことが重要であるが, 街頭演説を行える期間, 時間には制限があるので, 多くの人出が期待できる場所を選んで能率よく巡回し演説を行う必要がある. しかし, 平均的に人の多い演説候補地点においても, 時間帯によって人数は変化している. よって, 制限時間内に候補地点の聴衆数が変化することを考慮して時間帯ごとに適した候補地点を選び, 少しでも多くの有権者に聴いてもらえるような巡回計画を立てる必要がある.

本研究では, 時間帯によって変化する聴衆数を考慮し, 制限時間内に多くの有権者に接することのできる街頭演説巡回計画問題を提起する. この計画を数理計画化問題として定式化し, 近似解を求めるための発見的解法を提案する.

2. 取り扱う問題

浦安市全体をマス目状に分割し, 各マスの中心点を演説できる候補地点とする (図 1). また, 選挙活動の拠点となる事務所を対応するマス目の中心点に固定する. 1日を朝, 昼, 夜の3つの時間帯に分け, 事務所から出発し, 各時間帯の制限時間を超えないように候補地点で演説を行い, 事務所へ戻る. 各候補地点で演説を行えるのは朝, 昼, 夜を通して最大1回とし, 立候補者は候補地点で演説を行うことによりマス目の有権者数に比例した聴衆数を獲得できるものとする. 獲得できる聴衆数の和が最大となるように朝, 昼, 夜の1日の巡回計画を立てることが, 本問題の目的である.

3. 定式化

演説候補地点集合 $V = \{1, 2, \dots, 61\}$, 選挙活動の拠点となる事務所を 0 , 事務所を含む候補地点 i, j 間の移動時間を d_{ij} とする (図 1). また, 時間帯の集合を $T = \{1 = \text{朝}, 2 = \text{昼}, 3 = \text{夜}\}$ とする. 街頭演説を行う時間帯により各候補地点での期待聴衆数は異なり, 候補地点 i での時間帯 t における期待聴衆数を $p_i^{(t)} (t = 1, 2, 3)$ とする. 各時間帯において, 立候補者は事務所から演説候補地に向けて出発し, 訪れた候補地点で A 時間演説を行い, 制限時間 $L^{(t)} (t = 1, 2, 3)$ 以内に事務所に戻る. 定式化に用いる変数について説明する. 時間帯 t に候補地点 i から j に直接移動する (1)か, 否(0)かを 0-1 決定変数 $x_{ij}^{(t)}$ で表す. 時間帯 t に候補地点 i で演説を行う (1)か, 否(0)かを同じく 0-1 決定変数 $y_i^{(t)}$ で表す.

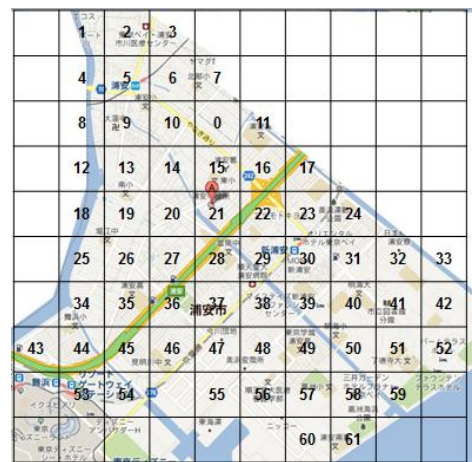


図 1: 浦安市のマス目分割

決定変数 $f_{ij}^{(t)}$ は時間帯 t に候補地点 i から j に移動するときのフロー量であり，部分巡回路を除去するために用いる．以上の記号を用いると本問題は次のように定式化できる．

$$\max \sum_{t=1}^3 \sum_{i=1}^{61} p_i^{(t)} y_i^{(t)} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{t=1}^3 y_i^{(t)} \leq 1 \quad (i = 1, \dots, 61) \quad (2)$$

$$\sum_{i=0}^{61} \sum_{j=0}^{61} d_{ij} x_{ij}^{(t)} + A \sum_{i=0}^{61} y_i^{(t)} \leq L^{(t)} \quad (t = 1, 2, 3) \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{61} x_{0j}^{(t)} = 1 \quad (t = 1, 2, 3) \quad (4)$$

$$\sum_{h=1}^{61} x_{h0}^{(t)} = 1 \quad (t = 1, 2, 3) \quad (5)$$

$$\sum_{j=0}^{61} x_{ij}^{(t)} = y_i^{(t)} \quad (i = 1, \dots, 61, t = 1, 2, 3) \quad (6)$$

$$\sum_{h=0}^{61} x_{hi}^{(t)} = y_i^{(t)} \quad (i = 1, \dots, 61, t = 1, 2, 3) \quad (7)$$

$$f_{ij}^{(t)} \leq n x_{ij}^{(t)} \quad (i, j = 0, \dots, 61, t = 1, 2, 3) \quad (8)$$

$$\sum_{j=0}^{61} f_{ij}^{(t)} - \sum_{h=0}^{61} f_{hi}^{(t)} = y_i^{(t)} \quad (i = 0, \dots, 61, t = 1, 2, 3) \quad (9)$$

$$f_{ij}^{(t)} \leq \sum_{k=0}^{61} y_k^{(t)} \quad (i, j = 0, \dots, 61, t = 1, 2, 3) \quad (10)$$

$$f_{ij}^{(t)} \geq 0 \quad (i, j = 0, \dots, 61, t = 1, 2, 3) \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^{61} f_{i0}^{(t)} = \sum_{k=0}^{61} y_k^{(t)} - 1 \quad (t = 1, 2, 3) \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^{61} f_{0j}^{(t)} = 0 \quad (t = 1, 2, 3) \quad (13)$$

(1)式は候補地点で演説することにより獲得できる期待聴衆数の合計を最大化する目的関数である．(2)式は，各候補地点では各期間を通して最大一回演説ができることを示す．(3)式は各時間における演説時間と移動時間の総和が制限時間 $L^{(t)}$ 以内であることを示す．(4)式と(5)式は全ての時間帯において，事務所から1つの候補地点に向けて出発し，1つの候補地点から事務所に戻ることを示す．(6)式は各時間帯で，候補地点 i で演説を行うならば候補地点 i から j に直接移動することを示し，(7)式は各時間帯で，候補地点 i で演説を行うならば候補地点 h から i に直接移動することを示す．(8)式～(13)式は部分巡回路を除去するための制約式である．

4. 提案解法

本研究で取り扱う問題は，候補地点の数が多く時間帯毎の候補地点の組合せを求め，その巡回経路を決定する必要がある，厳密な最適解を求めるのは困難である．そこで，初期解を構築的に求め，それを局所探索法[2]により改善する発見的解法を提案する．

4.1. 初期巡回路の作成

以下に示す構築法を用いて初期巡回路を作成する．

step 1: 候補地点に左上隅から順番に番号付けし，各時間帯の訪問順列 $\sigma^{(t)}$ を生成する．訪問順列は事務所から出発し，期待聴衆数が多い未訪問の候補地点を順次訪問し，制限時間 $L^{(t)}$ 内に事務所に戻るような順列である．

step 2: 各時間帯の訪問順列 $\sigma^{(t)}$ の比較を行う．演説候補地点が重複していた場合，期待聴衆

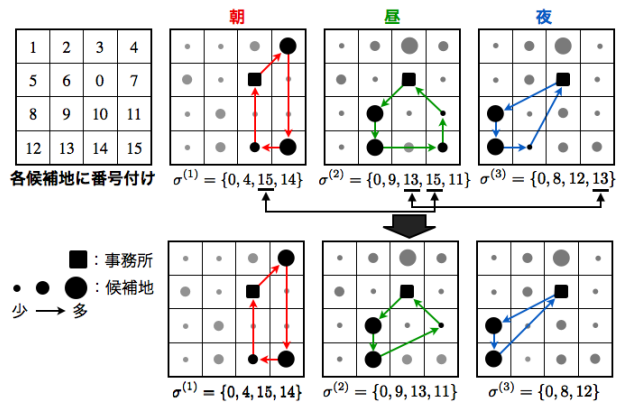


図 2: 初期巡回路の構築

数を比較し、期待聴衆数が多い時間帯で演説を行い、少ない時間帯からはその候補地点を削除する。

step 3 : 重複して演説を行う候補地点がなくなるまで、step 2 を繰り返す。

4.2. 局所探索法

期待聴衆数を増加させるために①演説を行っていない候補地点を巡回路に追加する手法、②演説することが決まっている候補地点を各時間帯で交換する手法、③演説することが決まっている候補地点の演説時間帯を変更することで聴衆数を改善する手法を提案する。

① 候補地点の追加操作

演説を行っていない候補地点 l を、時間帯 t の訪問順列 $\sigma^{(t)}$ の i 番目と $i+1$ 番目に挿入し、挿入後の巡回時間、期待聴衆数の増加量を求める。全ての未演説候補地点について挿入後の巡回時間、期待聴衆数の増加量を調べ、巡回時間 $L^{(t)}$ を満たし、最も期待聴衆数が増加する未訪問候補地点 l を、訪問順列 $\sigma^{(t)}$ の i 番目と $i+1$ 番目の間に挿入する。

② 演説場所の交換操作

時間帯 t' の訪問順列 $\sigma^{(t')}$ の中から候補地点 l' を選択、時間帯 t'' の訪問順列 $\sigma^{(t'')}$ の中から候補地点 l'' を選択する。 l' と l'' を交換した場合の巡回時間をそれぞれ求める。巡回時間を満たし、最も期待聴衆数が増加する候補地点 l' と l'' を交換する。

③ 演説時間の変更操作

時間帯 t の訪問順列 $\sigma^{(t)}$ の中から演説時間帯を変更すると期待聴衆数が増える候補地点 l を選択する。期待聴衆数が増加する時間帯 t' の訪問順列 $\sigma^{(t')}$ の i 番目と $i+1$ 番目の間に l を挿入し、巡回時間を求める。全ての組合せについて巡回時間、期待聴衆数の増加量を調べ、巡回時間を満たし、最も期待聴衆数が増加する候補地点 l を、訪問順列 $\sigma^{(t')}$ の i 番目と $i+1$ 番目の間に挿入する。

多くの候補地点で演説を行うためには、巡回時間を改善する必要がある。そこで、巡回路の改善には 2-opt 法を用いる。2-opt 法は巡回路中の 2 本の枝を取り除き、新たに 2 本の枝を追加することで巡回路長を改善する方法である。2-opt 法は、①候補地点の追加、②演説場所の交換操作、③演説時間の変更操作を行うたびに実行し、聴衆数の改善操作は解の改善が行われる限り①→②→③の順番で繰り返し実行する。

5. 数値実験

浦安市市議会議員選挙の選挙区を用いて数値実験を行った。巡回時間の制限は朝が 8:00~12:00 の 240 分、昼が 13:00~16:30 の 210 分、夜が 17:00~20:00 の 180 分とする。選挙区を縦 400m 横 400m メッシュ状に分割し、平成 20 年度に行った浦安市内主要交差点等交通量調査[3]の結果をもとに期待聴衆数を決定した。また、特殊な候補地点として 5, 30, 54 は駅を表し、駅の出向記録を元に期待聴衆数を決定した。演説時間は 5 分とし、移動時間 d_{ij} は、候補地点 i, j 間の直線距離を徒歩での移動速度時速 3km で割ったものとする。提案解法は、Borland 社の Delphi6[4]で実装した。

提案解法で求めた各時間帯の巡回路を図 3 に示す。駅に対応した候補地点 (5, 30, 54) は、期待聴衆数が大きいため事務所から遠い位置にあるにもかかわらず、いずれかの時間帯で必ず演説を行っている。しかし、期待聴衆数が小さく事務所から遠い候補地点では演説を行わない結果となった。可能な限り期待聴衆数が大きくなるような巡回路ではあるが、訪れない候補地点が存在していることから、一部の地域では立候補者が有権者に主張ができなくなってしまったと考えられる。

各手法を適応した際の期待聴衆数の変化を比較すると、改善操作を実行すると期待聴衆数が増加して

いることが分かる（図3）。また、提案法で求めた巡回路の巡回時間は朝：238分，昼：206分，夜：179分であり，制限時間を余すことなく使用した巡回路が得られた。このことより今回提案した解法は，提案した問題に対して有効であると考えられる。

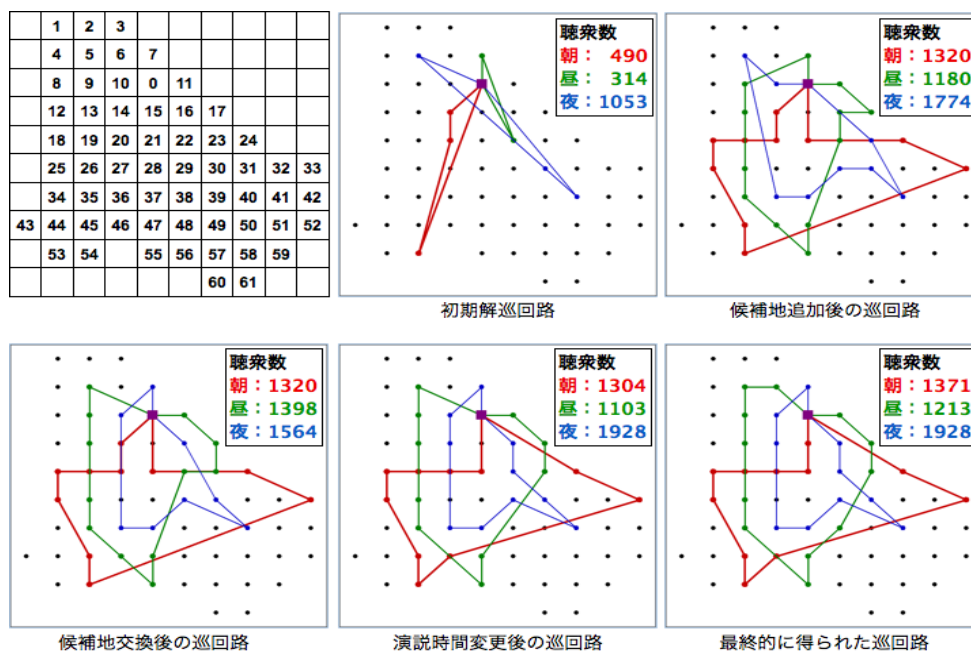


図3：提案解法で求めた街頭演説巡回路の結果

6.まとめと今後の課題

本研究では，聴衆数が時間帯で変化するというに着目した街頭演説巡回計画で獲得できる聴衆数の最大化を目的とする問題を提起し，聴衆を増加させるために局所探索法を提案した。数値実験の結果，各局所探索法を用いることで聴衆数を増加させることができ，多くの期待聴衆数を獲得できる巡回路を構築することができた。しかし，今回提案した解法では，局所的最適解に陥ってしまうため，更に良い解を求めるような解法を構築する必要がある。

本研究で提起した問題は1日の巡回計画を求める問題であったため，全ての候補地点で演説を行う巡回路を構築できなかった。実際には選挙活動は一定期間で行われるので，その期間内の全ての候補地点で演説を行う計画を立てる必要がある。また，演説候補地点で1日に1度しか演説を行えず，演説時間も全ての候補地点で同じ時間であったため，現実的な状況に近づけるために問題設定を見直し，期待聴衆数が大きければ再訪問できるようにすること，聴衆数が多い候補地点では演説時間が長くなるようにすることなどが必要であるが，これらは今後の課題である。

参考文献

- [1] 浦安市公式サイト，市政情報・選挙，<http://www.city.urayasu.chiba.jp/menu1388.html> (2011.12.20).
- [2] 柳浦睦憲・茨木俊秀 (2001)，組合せ最適化 -メタ戦略を中心として-，朝倉書店，237pp.
- [3] 浦安市公式サイト，市政情報・情報公開・浦安市内主要交差点等交通量調査，<http://www.city.urayasu.chiba.jp/item1139.html> (2012.12.30).
- [4] 山崎秀記 (1999)，Delphiによるプログラミング入門，培風館，226pp.