

地方選挙区における街頭演説日程巡回計画の研究

～巡回型マルチナップサック問題の提案～

栗原 高明 (沼田 一道 准教授, 田中 健一 助教)

1. はじめに

1.1. 本研究の研究背景

国や地域の意思は、国民・住民が選挙で代議員を選び、選ばれた代議員が当該議会において議論を行って決定する。従って、代議員を選ぶ選挙（立候補と投票）は国、地方の将来を左右する極めて重要な行事である。選挙の際、有権者は立候補者の政見、公約、人となりを出るだけ正確に知り、立候補者は自己の主張、公約、魅力を効果的に伝える必要がある。この種の情報の伝達手段には、政見放送、選挙公報、ポスターなど様々あるが、生身の立候補者が生身の有権者に直接訴える街頭演説は、それらの核となる重要な活動である。より多くの得票を目指して自己をアピールしたい立候補者は、出来るだけ多くの人が集まる場所で、出来るだけ多くの回数、街頭・立会いを演説したいと考える。しかし、街頭演説が許される日数、一日あたりの活動時間は限られているので、選挙区内のすべての地点で演説を行うことはできない。また、街頭演説の候補地点には期待できる聴衆の数で差があり、候補者が演説場所間を移動する時間も考慮しなくてはならない。ここにおいて、立候補者は、期待聴衆数の合計が出来るだけ大きくなるように、各日の演説場所と、それらを回る順番を決定する必要に迫られる。

1.2. 本研究の目的

本研究では、この問題を数理計画化問題として定式化し、その準最適解を求めるための方法を提案する。また、多数の演説候補点を有し取捨選択の判断が困難とされる東京都知事選挙における街頭演説にこれを適用し、提起した問題、提案する解法の有効性を検証する。

2. 問題

選挙区には、多数の演説候補点と立候補者の選挙事務所がある。ここで、街頭演説活動の拠点となる事務所は、一箇所に固定されているものとする。立候補者は、選挙期間の毎日、選挙カーに乗って選挙事務所を出発し、演説候補点のいくつかで、演説を行い、選挙事務所に戻ってくる。演説時間と移動時間の合計は、一日の制限時間を越えてはならない。選挙演説候補点には期待聴衆数（以下、魅力値と呼ぶ）が対応付けられており、そこで演説を行うことにより、立候補者はその演説地点の魅力値を獲得するものとする。ただし、立候補者が各候補点で行う演説の回数は一回以下であるとする。立候補者は獲得できる魅力値の合計が最大となるように、日数と時間の制限の下で演説地点を選び日数分の巡回路を決定する。これが本研究で扱う問題である。この問題を TMKP (Traveling Multi Knapsack Problem) と呼ぶ。

3. 定式化

選挙期間の各日の集合を $r = \{1, \dots, m\}$ 、街頭演説候補点の集合を $N = \{0, 1, \dots, n, n+1\}$ とし、各候補点に固有の魅力値 P を与える。ただし、 $1, \dots, n$ は候補点を表し、 0 と $n+1$ は選挙事務所を表す。また、候補点 i と候補点 j との移動時間を d_{ij} とする。ただし、移動時間は候補点 ij 間の移動距離に比例するものとする。候補点 i で演説する演説時間を S_i とする。決定変数は選挙カーが第 r 日に候補点 i を訪れる(1)か、否(0)か、を表す $0-1$ 変数 y_{ir} と立候補者が第 r 日に候補点 i の次に候補点 j を訪れる(1)か、否(0)か、を表す $0-1$ 変数 x_{ijr} である。以上の記号を用いると問題 TMKP は次のように定式化できる。

$$\begin{aligned}
 & \max \quad \sum_{r=1}^m \sum_{i=1}^n p_i y_{ir} \quad (1) \\
 \text{Sub.to.} \quad & \sum_{j=0}^{n+1} x_{j,r} = \sum_{j=0}^{n+1} x_{j,r} = y_{ir} \quad (i=1,2,\dots,n \quad r=1,2,\dots,m) \quad (2) \\
 & \sum_{j=1}^n x_{0,j,r} = \sum_{i=1}^n x_{i(n+1),r} = 1 \quad (r=1,2,\dots,m) \quad (3) \\
 & \sum_{i=0}^{n+1} \sum_{j=0}^{n+1} d_{ij} x_{ij,r} + \sum_{r=1}^m s_i y_{ir} \leq T \quad (r=1,2,\dots,m) \quad (4) \\
 & \sum_{r=1}^m y_{ir} \leq 1 \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (5) \\
 & \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij,r} \leq |S|-1 \quad \forall S \subseteq \{1,\dots,n\} \quad (r=1,2,\dots,m) \quad (6) \\
 & x_{ij,r} \in (0,1) \quad (i,j=0,1,\dots,n+1 \quad i \neq j \quad r=1,2,\dots,m) \quad (7) \\
 & y_{ir} \in (0,1) \quad (i=1,\dots,n \quad r=1,2,\dots,m) \quad (8)
 \end{aligned}$$

目的関数は(1)は立候補者が訪れる候補地点の魅力値の合計であり、(2)～(7)の制約のもとでこれを最大化する。制約条件(4)は立候補者の活動時間（移動時間 d_{ij} と演説時間 s_i の和）が一日の制限時間 T 以下になることを示す。制約条件(5)は各候補点を訪れる回数が一回以下になることを示す。制約条件(6)は選挙カーの部分巡回路を禁止することを示す[1][2]。

4. 解法

4.1. 本研究の解法の概要

TMKPは n が80程度の場合、厳密な最適解を求めるのは困難である。そこで、発見的解法により準最適解を求める。本解法では、まず候補点の順列 σ に目的関数値 $F(\sigma)$ を対応させる。 $F(\sigma)$ は $\sigma_1 \dots \sigma_n$ に並んだ候補点を巡回する時間が T 以下となるような範囲で初日から第 m 日まで m グループ分選択したものであり、選択することが出来た候補点の魅力値の合計(目的関数値)を $F(\sigma)$ とする(図1参照)。

次に、良い目的関数値を与える順列を順列全体の集合 S_n の中で局所探索し、局所最適順列の与える目的関数値を準最適値とする。近傍探索としては、順列の2要素を交換する交換近傍を用いる(図2,3参照)[2]。

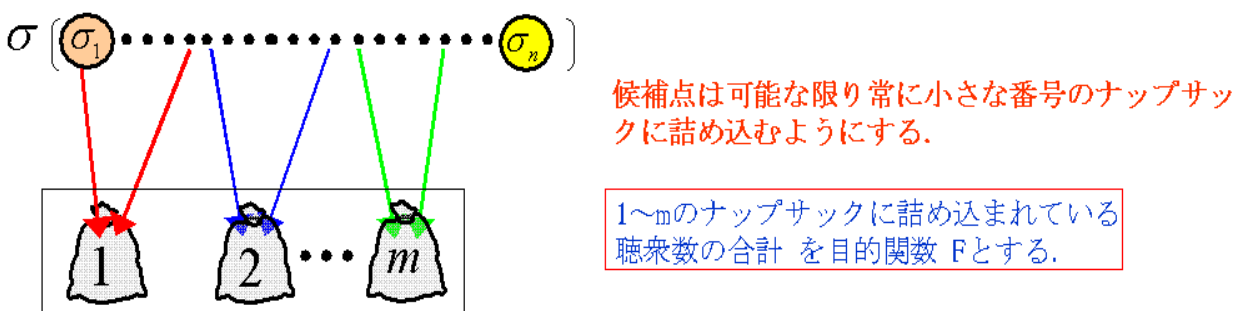


図1：各ナップサックへの詰め込み図

4.2. 本研究の解法の手順

Step1 各候補点に番号付けしその候補点番号をランダムに並べた初期順列 σ を与える。

Step2 $F^* = F(\sigma)$

Step3 $N_{swap}(\sigma)$ に属する全要素 τ について、 $F(\tau)$ が最大となるものを τ^* とする。

もし、 $F(\tau^*) > F^*$ ならば $\sigma = \tau^*$ としてStep2へ

さもなければStep4へ。

Step4 F^* を準最適解として出力、終了。

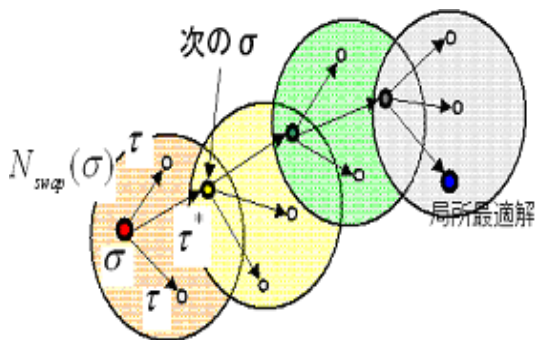


図2：交換近傍探索のイメージ図

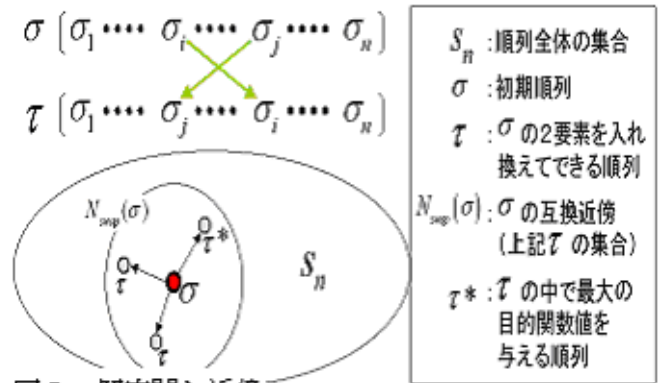


図3：解空間と近傍

5. 数値実験

5.1. 実験概要

東京都を選挙区とした東京都知事選挙をモデルとして実験を行う。演説候補地点はJR、私鉄各線の84駅とする。プログラムはBorland社のDelphi6で実装した。

5.2. 状況設定

- 魅力値 P_i として各演説候補地点に各候補点の平均乗客数/日を0.01倍した数値を設定する[3]。
- 各演説候補地点に固有の演説時間 S を設定する。乗客数(降順)1~24位は30分, 25~56位は24分, 57~84位は18分間演説するものとする。
- 候補点間の移動時間は各候補点間を選挙カーが平均30km/hで移動するものとして計算する。
- 選挙活動期間を3~6日間, 1日の制限時間を6~9時間(360分~540分)の範囲で変化させて解く。

5.3. 結果.考察

表1, 表2, 図4は選挙期間を4日間とし, 1日の制限時間を7時間(420分)として実験を行った結果である。

表1：駅(候補点)の訪問順序(日程別)

一日目	神田	八丁堀	大崎	大井町	大森	蒲田	代々木	新宿	池袋	北千住	
二日目	水道橋	飯田橋	高田馬場	表参道	三軒茶屋	五反田	恵比寿	四谷	東京	日本橋	秋葉原
三日目	大手町	虎ノ門	渋谷	下北沢	中目黒	目黒	品川	浜松町	錦糸町	上野	御茶ノ水
四日目	中野	吉祥寺	代々木上原	青山一丁目	六本木	田町	新橋	銀座	有楽町	三越前	

表2：数値実験結果(日程別)

日程	魅力値の合計	総走行時間(分)	総演説時間(分)	演説回数
一日目	2200	160	258	10
二日目	1753	105	312	11
三日目	2039	110	306	11
四日目	1510	121	288	10

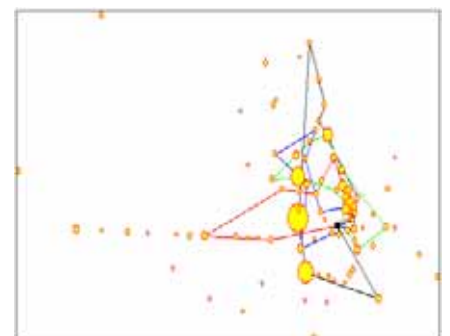


図4：巡回経路図(日程別)

表2より, 4日間で訪れた駅の数42駅であり, 全体の50%の駅を訪れている。また, 4日間で得られた魅力値の合計(7502)は総魅力値(10176)に対して73.7%に達した。つまり, 駅の50%を訪れることで総魅力値の約74%を獲得できており, 上記の結果から, 立候補者は効率的に駅を巡回していることが確かめら

れた。図4より、第1日、第4日目はそれぞれ南北、東西にある駅を細長く巡回し、第2日、第3日目は中央部の駅を巡回していることが分かる。これは立候補者がより多くの有権者のもとを訪れるためには、訪れる地域を各日において異なる地域に設定するのが良いことを示している。このことは、選挙期間の日数、1日の制限時間を変更しても同様の特徴がみられた。また、東京選挙区では山手線の駅を軸として郊外と山手線内の駅を巡回することによってより大きい魅力値の合計を獲得できることが数値実験により確かめられた。しかし、実際に出馬した候補者の遊説日程と数値実験の結果を比較したところ、両社はかなり異なっていることが分かった。これは各候補者が出身地域など、それぞれの事情に合わせて重点的に巡回している地域が異なることが挙げられる[4]。しかし、この状況は各候補者の実情に合わせて各候補点の魅力値や演説時間の設定を変更することで現実近づけることができると考えられる。図5-1、5-2は選挙期間の日数、1日の制限時間の変化によって魅力値の合計と訪問された駅がどのように推移するかをプロットしたものである。

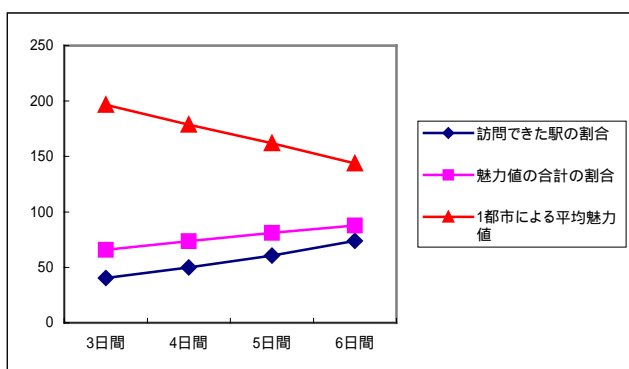


図 5-1：制限時間 420 分における数値実験結果

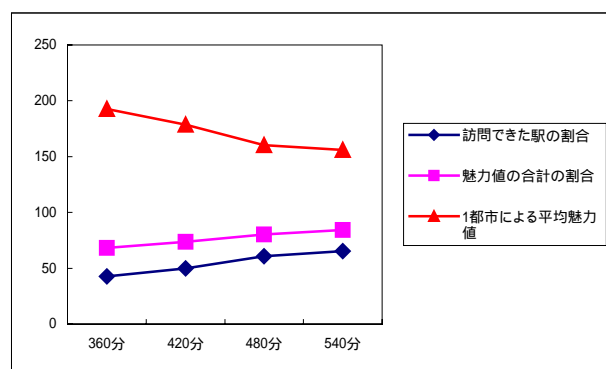


図 5-2：選挙期間 4 日における数値実験結果

図 5-1、5-2 の結果より、選挙期間の日数、制限時間が多くなるにつれて総魅力値に対する魅力値の合計の割合、訪問された候補点の割合が共に単調増加し、訪れることができた 1 候補点による平均魅力値は単調減少していることが確かめられた。これらの結果より解法は正しく動作していることが確認できる。

また、提案解法は短時間で準最適解を得ることが確認できた。

6. まとめと今後の課題

本研究では TMKP を数理計画問題として定式化し、その準最適解を求めるための方法を提案した。東京都知事選挙における街頭演説にこれを適用し、提起した問題、提案した解法の有効性を検証した。その結果、立候補者が獲得できる魅力値の合計が出来るだけ大きくなるように、各日の演説点と、それらを回る順番を決定することが出来た。今後の課題としては現実に即して各候補点を繰り返し訪れることを許すこと、候補点の移動経路を実際の要する道路網で考えることによって、より現実に近いモデルを考えることなどが挙げられる。また、解法の制度、求解時間を改善することも今後の課題である。

7. 参考文献

- [1] 小山修一： ”トラックの総走行距離を最小にする配送経路問題の解法の提案”，東京理科大学工学部第一部経営工学科卒業論文，2002
- [2] 柳浦睦憲，茨木俊秀： 「組合せ最適化 -メタ戦略を中心として-」，朝倉書店，2001
- [3] 相良利満： 攻略！不動産投資，<http://www.e-fudousan.biz/200/203/>，最終閲覧日(2008/01/09)
- [4] SNAP： 選挙四方山話，<http://www.snap-tck.com/index.html/>，最終閲覧日(2008/1/09)

