

タブーサーチを用いた小選挙区区割画定問題の解法

1 はじめに

1994年、選挙制の法改正により衆議院では小選挙区比例代表並立制が採用されたが、小選挙区制での国民一人あたりの持つ一票の格差、式(1)は依然2倍を越えており、違憲とされている。

$$\text{一票の格差} = \frac{\text{人口最大選挙区の人口}}{\text{人口最小選挙区の人口}} \quad (1)$$

格差の要因は、議席数の配分と区割画定の二段階で発生する。前者の知見は数多いが、区割画定については十分な研究が進められてるとはいえない。そこで、本論文ではタブーサーチを用いた小選挙区区割画定問題の解法を提案する。

2 小選挙区区割画定問題

小選挙区区割画定問題とは、都道府県を議席数分の選挙区に分割する組合せ最適化問題である。

都道府県毎の区割は以下の方針で行われる。

1. 全国で一票の格差は2倍未満
2. 市区郡は分割しない
3. 選挙区内で飛び地を作らない
4. 地域のつながりを考慮する

方針2で基本的に市区郡は分割しないが、人口多数市区郡や、少数選挙区では分割を許可する例外もある。

岡山県を例に挙げると、市区郡を頂点、隣接関係を辺とした図1のようなグラフを、配分された議席数5の連結部分グラフに分割し、かつ各選挙区の一票の格差を最小化する問題と捉えられる。

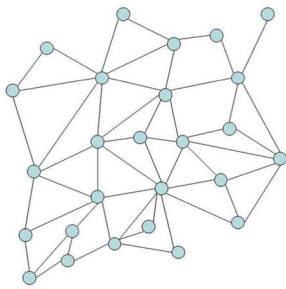


図1: 岡山県の隣接グラフ化例

以上を元に、次のような定式化を行う。

入力 市区郡集合 $V = \{v_1, \dots, v_n\}$, 市区郡の隣接関係 $E = \{\{v_i, v_j\} \mid \text{市区郡 } v_i \text{ と } v_j \text{ は隣接}\}$, 各市区郡の人口 $P_i (i = 1, \dots, n)$, 選挙区数 $l (< n)$

出力 一票の格差が最小の区割

制約1 選挙区は連結な市区郡で構成する

制約2 すべての市区郡は唯一つの選挙区に属す

制約3 選挙区数は l

3 提案手法

3.1 タブーサーチ

TSとは、組合せ最適化問題を解くための、汎用的な繰り返し発見的手法である[1]。TSは局所的探索手法の一種であるが、従来のものと異なる点は、たとえ局所解に捕まっても探索を打ち切らず、他の近傍解を探索し続けることである。このとき、ループを避けるために最近操作した情報をタブーリストに書き込む。以下のように構成される。

STEP1 初期解 S を生成する。タブーリスト T を初期化する。

STEP2 近傍 $N(S) \setminus (\{S\} \cup T)$ の中で最良解 S^* を見つけ、 $S = S^*$ とする。

STEP3 終了条件がみたされれば暫定解を出力して探索を終了する。そうでなければ、タブーリスト T を更新した後STEP2に戻る。

タブーリストに記憶されている探索はタブーとするのが通常であるが、解を採択してもループが起こらない、解を採択することに十分意味がある、と判断される場合は、その解への遷移を許可する願望水準というものがある。

3.2 近傍解の定義

区割画定問題における近傍解を例で示すと、次の図2のような場合である。頂点が市区郡、辺が隣接関係であり、点線で選挙区を表し、各市区郡頂点に番号を便宜上割り振ってある。左図の状態を現在の解として、中央の図は市区郡3が上の選挙区に、右図は市区郡2が左下の選挙区に移動する場合の近傍解を示している。

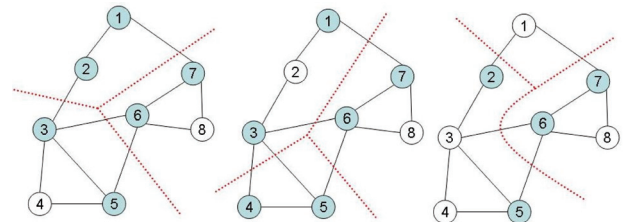


図2: 現在の解(左)とその近傍解例(中央, 右)

このように近傍解の候補となりうるものは、選挙区の境界付近にあり、自分の所属する選挙区の市区郡以外への辺が存在するような頂点の移動である。図ではこの移動する可能性のある市区郡に色を付けている。ただし、選挙区に存在する市区

郡要素が一つの場合は除く。また、図2の最右状態を見ると市区郡番号3が近傍解として扱われないことに注意する。これは、飛び地の禁止の制約により発生する。このような市区郡は選挙区内グラフでの切断点であり、切断点となる市区郡の場合はその先の市区郡を含め、最小値 or 最大値を更新した市区郡として扱う事で解消している。

3.3 長期メモリの実装

到達していない解へと優先的に探索を進め、解の多様化を計る長期メモリというものがある。頻度による長期メモリは適切な回に格差評価関数 $\epsilon(S^*)$ に式(2)を用いて実装する。

$$\epsilon(S^*) = \begin{cases} Cost(S^*) & (Cost(S^*) \leq Cost(S)) \\ Cost(S^*) + \alpha * Freq & (Cost(S^*) > Cost(S)) \end{cases} \quad (2)$$

区割画定問題に適用させる際には、頻度メモリを適用する回数を市区郡数 n とし、遷移頻度 $Freq$, $\alpha = \frac{(l * \sum P_i)}{n^2} (i = 1, \dots, n)$ とした。

3.4 アルゴリズム

以上のタブーサーチを用いた小選挙区区割画定問題の解法アルゴリズムをまとめると次のようになる。

- (1) 初期解として選挙区割 S を構成させる。
- (2) タブーリスト T , 候補リスト K , カウンタ k を初期化する。願望水準 $A = \epsilon(S)$. タブーリストのサイズは $l+1$ とする。
- (3) if $(k+1)\%n = 0$ then 式(2)を適用。
- (4) 近傍 $N(S)$ を求め、 K を更新する。
- (5) K の上位より一つ選択し S^* とする, if $\{S^*\} \cap T = \phi$ then $S = S^*$ goto (7).
- (6) if $\epsilon(S^*) \geq A$ then S^* を候補リストより外す goto (5), else $S = S^*$.
- (7) if $\epsilon(S^*) < A$ then $A = \epsilon(S^*)$.
- (8) $k = k + 1, T$ を更新し, if $k < \text{反復回数}$ then goto (3).
- (9) 最小区割 $\epsilon(S_{min}) = A$ を出力。

候補リスト K とは近傍解のうち、高評価値のものを集めたりリストである。

4 検証実験

3にて提案した手法を用いて、全都道府県に対して検証実験を行った。入力及び比較データとして、平成17年9月の衆議院議員総選挙のデータを参考にした。

全国での区割結果を表記すると膨大になるので、図3にグラフ化したものを示す。縦軸が都道府県内での一票の格差を表し、横軸は北海道を1として各都道府県に数字を割り振って示している。図3を見ると、ほぼ全ての都道府県で格差が改善され、良好な結果を得られている。また、論文では重み付きポロノイ手法[2]とのハイブリッド手法を用いて、更なる格差の縮小を達成している。いくつかの都道府県では格差が改悪しているように見えるが、これらは全て区割分割の方針違反を

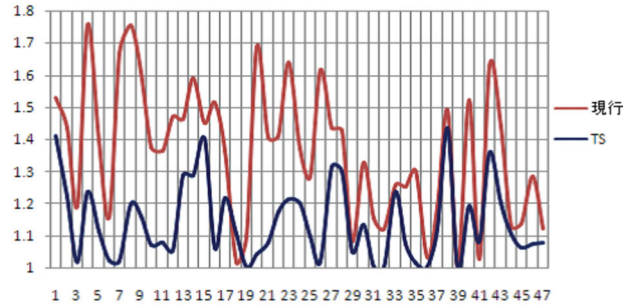


図3: 現行区割と提案手法 TS の比較



図4: 岐阜県の区割結果

表1: 一票の格差

区割方法	人口最大区	人口最小区	一票の格差
現行区割	550,074	269,933	2.037
提案手法	523,356	271,314	1.929

行っており、方針に従った検証結果との違いが出ている為である。

全国での一票の格差は表1より、1.929倍であることがわかる。これは2方針(1)の2倍未満を満たし、先の結果も踏まえ、現行の区割法に問題があることが指摘できる。

また、一例として岐阜県での検証結果区割を図4に示す。

5 結び

小選挙区区割画定問題について、全国をタブーサーチを用いた提案手法にて検証を行い、現行の区割に改善の余地があることを示すことができた。

参考文献

- [1] F.Glover and M.Laguna, Tabu Search, Kluwer Academic Publishers, (1997)
- [2] 岩崎雄介, 金川明弘, 高橋浩光, 小野勉: 重み付きポロノイ領域を用いた小選挙区区割画定問題の一解法, 第8回 IEEE 広島支部学生シンポジウム (8th HISS) 論文集, (2006)305-308
- [3] 岩崎雄介, 金川明弘, 山内仁, 小野勉: タブーサーチを用いた小選挙区区割画定問題の一解法, 平成19年度電気・情報関連学会中国支部第58回連合大会論文集, (2007)19-5