

生活圏と世代を意識した選挙区割り

05001512 筑波大学 *松原千波 MATSUBARA Chinami
02203940 筑波大学 鮎川矩義 SUKEGAWA Noriyoshi
01009480 筑波大学 大澤義明 OSAWA Yoshiaki

1. はじめに

2022 年 4 月 21 日に衆議院議員選挙区画定審議会で報告された「区割り基準」は、(1) 一票の格差が 2 倍未満、(2) 市区郡分割の原則禁止、(3) 飛び地の禁止、(4) 地勢・交通等自然的社会的条件の考慮である。勧告案はこれらの基準を満たすものの、一票の格差は依然として大きく、例外として市区群分割が数件認められ、実際の生活圏が反映されていないという課題が残っている。

本研究ではまず生活圏を意識した区割りを最適化モデルとして記述する。その後、世代別選挙区の方針を採用し、(市区群分割を用いずに) より柔軟な区割りを考慮するモデルへと改良する。最後に、茨城県を主な例として取り上げ、実データに基づく分析結果を報告する。

2. 提案モデル

区割りの最適化モデルは堀田 [1] をはじめ精力的に研究されている。従来研究では一票の格差の是正が主な目的関数であるが、ここでは「一票の格差が α 倍未満」のようにして制約条件として扱い、生活圏が区割りに反映されている度合いを定量化し、その最大化を目的関数とする。

2.1. 生活圏の反映

市区群を頂点に持つ無向グラフを考え、頂点集合を V とおく。市区群の組が生活圏を共有する度合いが定量化されているとし、対応する枝 $\{u, v\}$ の重み $w_{uv} \in \mathbb{R}$ に設定する。本研究ではモバイル空間統計データから推定される各市区群間の交流人口を各枝の重みとして採用する。

選挙区数を k とすると、区割りは、 V の k 個の部分集合への分割 $\Gamma = \{V_1, V_2, \dots, V_k\}$ に相当する。各部分集合がひとつの選挙区を表す。各市区群の人口を対応する頂点 u の重み $p_u \in \mathbb{R}$ に設定すれば、一票の格差が α 倍未満という基準は

$$\sum_{u \in V_i} p_u < \alpha \sum_{u \in V_j} p_u \quad (1 \leq i, j \leq k, i \neq j)$$



図 1: $\alpha=2.0$ の結果

表 1: 現選挙区と提案選挙区の比較

	現状	提案	
		$\alpha = 2.0$	$\alpha = 1.7$
総交流人口	211,387	222,556	214,597
一票の格差	1.77	1.89	1.66
最小交流人口	19	56	56

とかける。目的関数は各選挙区内での枝重み（生活圏を共有する度合い）の総和、すなわち、

$$\sum_{u,v \in V_1} w_{uv} + \sum_{u,v \in V_2} w_{uv} + \dots + \sum_{u,v \in V_k} w_{uv}$$

とし、この値を最大化する「max-sum 型」のモデルを提案する。各選挙区内での枝重みの最小値を最大化する「max-min 型」も代替案となる。

図 1 に茨城県に対して提案モデルによって選挙区割りを求めた結果を示している。この結果と現選挙区との比較を表 1 に示す。 $\alpha=2.0, \alpha=1.7$ 共に現行の選挙区よりも総交流人口が多い結果となった。特に、 $\alpha=1.7$ とした場合に、一票の格差を現行より小さくした上で、総交流人口、最小交流人口共に現行より良い値となることが示せた。

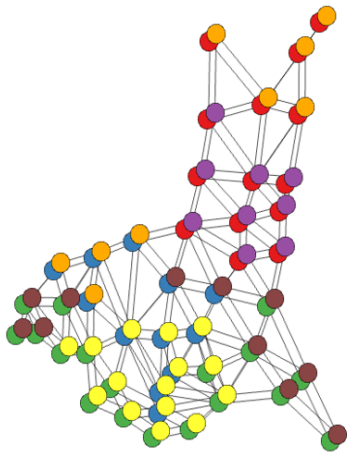


図 2: 世代別選挙区の反映

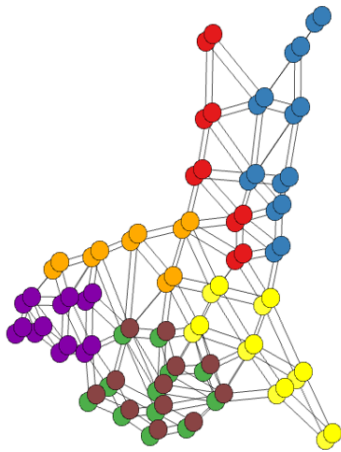


図 3: $\delta=10$, $\beta=1000$ とした場合

2.2. 世代別選挙区の反映

ここでは、簡単のため、若年層と老年層の2つの世代を考える。以降、「つくば市・若」や「取手市・老」のように、各市区群を若年層と老年層に分割する。これにより、グラフの頂点数は2倍となり、区割りがより「柔軟」になる。

頂点の重み p_u は世代別人口に置き換える。枝の重み w_{uv} も世代を意識して適切に決められるものとする。本研究では世代別の交流人口を各枝の重みとして採用する。したがって、同世代を結ぶ枝にのみ重みが付与され、たとえば、「つくば市・若—取手市・老」や「つくば市・若—つくば市・老」に対応する枝は重みを持たない。

また、このようにして得られるグラフに対する最適化の結果を図2及び表2に示す。総交流人口

表 2: 現選挙区と提案選挙区の比較

	現状	提案	
		$\alpha = 2.0$	$\alpha = 1.7$
総交流人口	211,387	323,095	319,013
一票の格差	1.77	1.89	1.51
最小交流人口	19	0	0

と一票の格差の観点で大幅な改善が見られるものの、多くの飛び地が現れ、また、若年層と老年層で全く異なった区割りとなっていることがわかる。そこで本研究では、 $w_{uv} < \delta$ の場合に同一選挙区としないパラメータ δ と同市内の世代間を結ぶ枝にパラメータ β を仮定する。 δ の制約により飛び地抑制を期待する。また、 β の値を調整することで世代間の結びつきと地域間の結びつきを同時に考慮することができる。 $\delta=10$, $\beta=1000$ とした場合を図3に示す。このとき、世代別となる選挙区と世代のつながりは維持される選挙区とに分かれる。さらに δ の制約により飛び地が抑制された結果となった。

3. おわりに

本研究では選挙区割りの最適化モデルを生活圏と世代を意識して改良する枠組みを提案した。詳細を述べていないが、最適化モデルは0-1整数線形計画問題として定式化でき、通常のノートパソコンで数時間で最適解が求まるものとなっている。定式化の技術についてはたとえば文献 [2] を参照されたい。今後の課題としては、提案モデルにおいて、少数の人流の増減で区割りが大きく変わらないとする解の安定性や世代間のつながりを示す妥当な数値の設定が必用である。

参考文献

- [1] 堀田敬介. (2012). 選挙区割の最適化と列挙索引化. オペレーションズ・リサーチ, 57(11), 623-628.
- [2] Recalde, D. et al. (2018). An exact approach for the balanced k-way partitioning problem with weight constraints and its application to sports team realignment. Journal of Combinatorial Optimization, 36(3), 916-936.