

## 区割画定問題に対する数理的アプローチ

文教大学 情報学部 根本 俊男<sup>†</sup>  
文教大学 情報学部 \*堀田 敬介<sup>†</sup>

### 1. はじめに

日本の衆議院議員選挙は1994年に法改正がなされ小選挙区比例代表並列制により実施されている。実施に必要な300小選挙区の「良い」区割を見つける問題を小選挙区区割問題とよぶことにする。この問題の「良い」区割の特徴は「選挙区の人口格差は2倍以内」と法律で定められている。つまり、大局的にこの問題は各選挙区の人口格差を2倍以内にする300地区への地域分割を見つける数理モデルで捉えられる。ただ実際には、区割は都道府県内でしか認められず、各都道府県の選挙区数は「議員定数300のうち47を各都道府県に1ずつ配分し、残りを人口に比例して配分する」という条件が付けられ、都道府県毎に区割を定めながら全体で「良い」区割を見つけなくてはならない。少なくとも、議員定数を各都道府県にどう配分するかの定数配分問題と、配分された議員定数を基に小選挙区をどう画定するかの区割画定問題の2つが互いに絡み合う問題として捉えなくてはならない。

前者に対しては、様々な数理的なアプローチからの研究がなされてきた。ただ、現行定数配分方法は、自由度の少ない形で既に定められており、この点だけのサポートは特に必要はないと思われる。一方、後者に関しては、原則方針が示されているのみで比較的法律上の制約が少なく自由度の高い作業となる。そのため、意思決定への数理的なサポートが重要と考えられる。しかし、実際はその材料の提供は少ないようだ。この理由のひとつとしては、その提供の困難さが関係していると予想される。区割画定問題は組合せ最適化問題に帰着が可能[2],[7]であるが、問題の大きさが市区郡数レベルであっても実用的な時間内での最適解導出は難しいと思われるからである。過去の結果でも、高々4選挙区の県での最適区割導出にとどまっている[4],[8]。しかし、それらは汎用的な手法の応用として取り組まれたもので、区割画定問題に特化したものではない。特化した取り組みとしては、アメリカでの6選挙区区割例がある[6]。ただ、日本の各都道府県の配分議席数は現行でも2から25と幅広く、全都道府県での最適区割が可能かは未だ知られていない。本研究では、手法の汎用性にはこだわらず、組合せ最適化分野の様々な手法や、都道府県が持つ特殊な問題の構造を積極的に利用し、最適区割導出に取り組みたい。

### 2. 区割画定問題

区割画定の作業は、衆議院議員選挙区画定審議会が法律で定められた「基準」と審議会が独自に定めた「区割案の作成方針」に則り行う。主な区割ルールは以下の通りである。

- (1) 選挙区間の人口格差は2倍以上にしない。
- (2) 選挙区内で飛び地を作らない。
- (3) 地域のつながりを考慮する。

都道府県をまたぐ選挙区は許されていないので、基準(1)は定数配分問題と密接に絡む。そこで、ここでは次の基準に読み替えて利用したい。

- (1') 都道府県内で、選挙区間の人口格差は最小。

### 3. モデル化とアプローチ

区割画定問題は主に集合分割問題とグラフ分割問題としてのモデル化が可能である。いずれにせよNP-困難のクラスに属す[4],[5]。そのため、近似解法や分枝限定法を基礎とした厳密解法が適用されてきた。近似解法では、ニューラルネットの手法を用いて東京都(58市区郡、25議席)の区割案導出の試み[3]や、グラフ分割問題の解法を神奈川県(49市区郡、17議席)に適用した例[7]などがあり、改善案を提示している。しかし、政治学の立場から[8]が指摘しているが、区割画定には恣意的な操作がないことが重要で、最適性の保証がない案は問題を残す。そこで、最適解導出が重要な課題となるが、あまり良い報告は見受けられない。高々4議席を持ついくつかの県の場合(青森県、秋田県等14県)に関しては、分枝限定法による最適区割[8]や、旧中選挙区制度下での千葉県(38市区郡、4選挙区)の最適区割[5]を導いた例がある。しかし、選挙区数が5つを超える場合、最適区割の導出例は無く、その導出の困難さも報告されている[4]。本研究では、都道府県毎の特徴を見てモデルを使い分け、アプローチを工夫し最適解の導出に取り組みたい。

#### 集合分割問題として捉えた場合

選挙区として設定可能な市区郡の集合(ピースとよぶ)をすべて列挙する。市区郡を重複無くすべて被覆する議席数分のピースの組合せの中で、利用ピース間の人口格差最小の組合せを見つける問題として区割画定問題を捉えると集合分割問題に帰着する[2]。このモデルの欠

点は、列挙するピース数が膨大になることが多く列挙が困難なことから、列挙できた場合でも、ピース数が多いと集合分割問題の解導出が困難な場合が多い点である。ただ、厳密性を失わずに利用ピースを吟味し制限することでピース数の減少や、さらに列生成法をベースとした陰列挙の工夫などが考えられる。

#### グラフ分割問題として捉えた場合

市区郡を点とし、市区郡間の隣接関係を枝としたグラフを考える。このグラフを議席数個の連結な部分グラフに分割した時、各部分グラフの点に対応する市区郡の人口の総和の格差を最小にする分割を求める問題として区割画定問題を捉えるとグラフ分割問題に帰着する。グラフ分割問題は、全域森問題からのアプローチ [4] や、分枝限定法などで厳密解導出 [8] が試みられてきたが、分割数が少し増えると実際の導出は困難である。ところで、連結な部分グラフの導出にはネットワークフロー型の定式化は有効ではないかと着目し、新たなアプローチも考えられる。このアプローチは、整数混合計画となり  $\{0, 1\}$ -変数の数も多いが、変数固定の前処理などの工夫により利用可能と思われる。

#### 4. 地域のつながりを考慮したモデル

上記のモデル化では基準 (3) を考慮していない。しかし、実際はこれが区割画定を難しくする壁になっていると見受けられる。もちろん、この数理的には扱いにくい曖昧な基準を除き、最適案を提示し、後は政治的なプロセスに任せるという利用方法は理にかなっているだろう。ただ、できる限り意思決定をサポートしたいという観点からこの基準 (3) にも踏み込むモデル化も試みてみたい。導入には、どのように数値化を行うかが重要な点になる。その点は行政体制の整備強化に関する研究会が行った統計的なアプローチによる提案 [1] がひとつの良い方向を与えてくれていると考えた。この提案では、人の移動データや行政の連携度合い、歴史的な経緯などの要素を基にクラスター分析を行い地域の結びつきを数値化している。この数値を利用したモデル構築も試みた。

#### 5. 計算機実験

2000 年国勢調査人口確定値に基づくと、現行小選挙区で最も 1 票の価値が低い選挙区は神奈川 7 区 (607,566 人) で、その逆が島根 3 区 (236,116 人) となる。その格差は、2.57 倍である。現状定員配分を仮定し、区割変更によりどの程度の改善が可能かを 1 つの例として示す。

神奈川県の最適な区割 (49 市区郡, 17 議席)

現行区割での最大人口区は神奈川 7 区 (607,556 人) で、

県内に限った場合の一票の格差は 1.63 倍である。本研究の実験では、集合被覆問題を基にしたアプローチにより最適解が導出できた。その結果、最大人口区は相模原市 (605,561 人) で全国で最も一票の価値が低い選挙区が入れ替わり、わずかだが全国ベースでの一票の価値を改善する。県内の一票の格差は、県内最小人口区の改善により 1.37 倍と大きく改善される。最適解の最大人口区が 1 市のみからなる選挙区であることから、これ以上の一票の格差の改善には相模原市の分割以外には可能性が無いこともわかる。

島根県の最適な区割 (20 市区郡, 3 議席)

島根県の 2 郡は地理的には分離している町村の集まりなので、ここでは「区割案の作成方針」に則り 25 市郡と捉え、選挙区に飛び地ができないように配慮した。集合被覆問題を基にしたアプローチでは最適解の導出は困難であったが、ネットワークフロー型の定式化を基にしたアプローチにより最適解を導出した。最適解での最小人口区は松江市などを含む 255,372 人を有する選挙区となる。県内の一票の格差は 1.01 倍となる。

#### 参考文献

- [1] 分権時代における自治体のあり方に関する研究会: 神奈川県における市町村のあり方について, 神奈川県オンライン資料室\*(2001).
- [2] 今野-鈴木: 整数計画法と組合せ最適化, 日科技連 (1982).
- [3] 斎藤-武藤: 小選挙区区割り問題, *Bit*, 28(1996)88-91.
- [4] 高橋: ミニマックス全域森問題に関する研究, 防衛大学修士論文 (1995).
- [5] 鳥井: グラフ上の頂点分割問題, 東京大学修士論文 (1995).
- [6] Mehrotra-Johnson-Nemhauser: An optimization based heuristic for political districting, *Management Science* 44(1998)1100-1114.
- [7] Yamada-Takahashi: *The mini-max spanning forest problem with an application to electoral districting*, NDA discussion paper CS-97-2-4(1997).
- [8] 坂口-和田: 選挙区割りの最適化について, 三田学会雑誌, 93(2000)109-137.

\* www.pref.kanagawa.jp/osirase/sityoson/kouiki/p6.htm  
† e-mail: {nemoto, khotta}@shonan.bunkyo.ac.jp