

市区郡分割を考慮した選挙区画定問題の最適化モデル

堀田 敬介

A mathematical model with adjusting the population of the divided city for the redistricting problem

Keisuke Hotta

Abstract

Let me consider the political redistricting problem for the single seat constituency system in the House of Representatives. In Japan, city is the smallest unit as one component of the electoral district. So basically it is prohibited to split the city for redistricting. However, in order to reduce the vote-value disparity it is approved as a special case. In fact, over 20 cities were divided for redrawing the electoral districts. Nemoto and Hotta[3, 4] treated this exception rule by proposing the pre-allocation method, which apportions the average population via a single seat of the prefecture as one district. In this research, I propose the mathematical model with adjusting the population of the divided city, and compare with the pre-allocation method.

1 はじめに

現在、衆議院議員は、定数 480 人のうち 300 人を小選挙区制の選挙で選出している。この選挙を実施するために必要な小選挙区の区割画定は、衆議院議員選挙区画定審議会により、まず 47 都道府県へ議員定数 300 人を定数配分し、次に都道府県毎に選挙区を決定している。国勢調査に併せて 10 年に一度選挙区の見直しが行われるが、この時期になるとメディア等により、その時点の選挙区割と各選挙区人口にもとづいて計算された「一票の重みの格差」が 2 倍を超えている状況が放置されている点を問題視される。格差が大きくなる要因を調べるために、客観性をもった指標として最適区割を導出し限界格差を知るべきである旨の提言がなされ [1]、著者らの過去の研究により実際にその導出が可能となり [3, 4]、その結果、格差に関する様々な分析をすることが出来た [5, 6, 7, 8]。

小選挙区の区割を行うにあたっては、衆議院議員選挙区画定審議会が区割作成方針 (cf.[2]) を提示しており、その作成方針の骨子は、

- (1) 一票の重みの格差は 2 倍未満が基本、

- (2) 市区郡は原則分割しない，
 (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，

となっている．一票の格差是正を至上命題としている日本の場合，(2)～(4)を制約として(1)を格差最小の目的関数とした最適化問題と捉えるのが自然である．これが，衆議院小選挙区制における区割画定問題である．この問題の厳密解を求めて最適区割を導出することが，一票の格差の限界を知るために必要な手順となる．こうして導出した日本全国の300小選挙区のうち，人口が最大となる選挙区の人口と最小となる選挙区の人口の比を一票の限界格差とよぶ．

実際，この問題を集合分割型，及びグラフ分割型にモデル化し，厳密解導出のために幾つかの工夫を施すことで各都道府県の最適区割を導出し，限界格差を求めている[3, 4]．例えば，集合分割型は以下のように定式化される．

$$\begin{aligned} \min. \quad & u/l \\ \text{s.t.} \quad & l \leq \alpha(1 - x_j) + q_j x_j \quad (j \in B) \quad (1.1) \end{aligned}$$

$$q_j x_j \leq u \quad (j \in B) \quad (1.2)$$

$$\sum_{j \in B} b_{ij} x_j = 1 \quad (i \in N) \quad (1.3)$$

$$\sum_{j \in B} x_j = m \quad (1.4)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad (j \in B)$$

$$u, l \geq 0.$$

ここで， N :市区郡集合， m :選挙区数， B :選挙区集合とその表現行列 $[b_{ij}]$ ， q_j :各選挙区人口をそれぞれ意味し， α :十分大きな数である．また， u, l は(結果的に)最大人口選挙区の人口と最小人口選挙区の人口を示すことになる実数値変数， x_j は選挙区候補 j を区割として用いるかどうかをあらわす $\{0, 1\}$ -変数である．

さて，区割作成の方針(2)に関しては次のような例外規定が存在するため，それを考慮する必要がある．

(2a) 過大人口市区²がある場合，

(2b) 過小人口選挙区³の設置を避ける場合

は市区郡を分割することが許される．区割画定問題を扱う場合は，例外規定であるこの市区郡分割をどのように扱うかという問題が常についてまわる．

根本・堀田による最適区割を導出した研究においては，過大となる市区や選挙区から，当該都道府県の平均人口に相当する地域を取り出して一選挙区とし，残りの人口と隣接グラフ，および1つ少ない選挙区数の問題を用いて改めて最適化するという方法をとった[3, 4] (以後，この方法を一選挙区事前割当法とよぶ)．この手法の利点は，人口・選挙区数が小さくなることにより計算がより容易になるという点と，適用の簡便さがあげられる．しかしながら，「当該都道府

²国または都道府県の1選挙区あたり平均人口の4/3倍を超える人口を持つ市区

³国または都道府県の1選挙区あたり平均人口の2/3倍未満の人口を持つ選挙区

⁴2005年度国勢調査速報値人口と平成の大合併が一段落した段階(2006年3月)の市区郡隣接グラフ

県の平均人口で一選挙区をつくる」というルールを採用した上での最適区割を求めているという点に注意が必要である。つまり、平均人口を持つ一つの選挙区を求解前に作ってしまうため、選挙区の人口として平均を割り当てない場合に、最適解が大幅に変わり、より小さい格差を持つ区割が存在するという可能性を否定できない。

そこで、本研究ではその点を考慮して、事前に一選挙区を作ることなしに最適区割を導出する方法を提案し、2005年度人口と2006年度の行政界を用いて最適区割を導出し、一選挙区事前割当法との格差の違いが許容できないほど大きくなってしまいかどうかを比較し、従来法の妥当性を検証する。

2 市区郡分割を考慮した最適化モデル

2005年度の国勢調査速報値人口と2006年度の隣接グラフ⁴を用いて全国のお最適区割を導出すると、24の市区郡を分割することになる[8]。具体的には、市区郡分割例外規定(2a)に該当する過大人口市区が14(表2.1)、例外規定(2b)によるものが5市郡となる(表2.2)。

表2.1の項目名のうち、議席数は、2005年度人口にもとづいて「1+最大剰余法」を用いて配分した議席数を意味し選挙区数に等しい。上限、下限値はそれぞれ $\lfloor \text{都府県人口} / \text{議席数} * 4/3 \rfloor$ 、 $\lfloor \text{都府県人口} / \text{議席数} * 2/3 \rfloor$ である。

表 2.1: 過大人口のために分割対象となる市区とその人口

都府県	都府県人口	議席数	上限	平均	下限	過大人口市区	市区人口
千葉	6,056,159	13	621,144	465,859	310,573	船橋市	569,829
東京	12,570,904	26	644,661	483,496	322,331	大田区	665,370
						世田谷区	841,399
						練馬区	692,225
						足立区	624,548
						江戸川区	653,882
神奈川	8,790,900	18	651,177	488,383	325,589	相模原市 1	628,638
新潟	2,431,396	6	540,310	405,233	270,156	新潟市	813,780
静岡	3,792,457	9	561,845	421,384	280,923	浜松市	804,067
大阪	8,817,010	18	653,111	489,834	326,556	堺市	831,111
岡山	1,957,056	5	521,881	391,411	260,941	岡山市	674,605
愛媛	1,467,824	4	489,274	366,956	244,638	松山市	514,944
熊本	1,842,140	5	491,237	368,428	245,619	熊本市	669,541
鹿児島	1,753,144	4	584,381	438,286	292,191	鹿児島市 1	598,339
全国	127,756,815	300	567,808	425,856	283,905		

表 2.2: 過小人口選挙区の設置を避けるための分割対象市郡とその人口

府県	府県人口	議席数	上限	平均	下限	対象市郡	市郡人口
福井	821,589	3	365,150	273,863	182,576	福井市	269,147
大阪	8,817,010	18	653,111	489,834	326,556	岸和田市	200,984
高知	796,211	3	353,871	265,404	176,936	高知市	333,407
						吾川郡	49,916
沖縄	1,360,830	4	453,610	340,208	226,805	那覇市	312,308

分割対象となる過大人口市区の基準である上限値は、「当該都道府県の平均人口の $4/3$ 倍」と「全国の平均人口の $4/3$ 倍」の小さい方の値であることに注意されたい。例えば、船橋市（569,829人）は千葉県の上限值（621,144人）を超えていないが、全国の上限值（567,808人）を超えているために分割対象となる（表 2.1）。東京都足立区（624,548人）も同様である。

過小人口選挙区の設置を避けるための市郡分割においては、対象となる市郡は股裂きの状態、即ち、分割したそれぞれの部分が別の市郡と選挙区を構成せざるを得ないことに注意されたい。実際、高知市以外の4つの対象市郡ではそのように分割されて選挙区を構成している [8]。

残りの5市は $2/3$ 倍から $4/3$ 倍の範囲内では当該都道府県内で実行可能な区割が存在しないために必要とされる分割である（表 2.3）。問題の性質から、人口の上下限制約を設けなければ実行可能性は自明なので、実質、方針 (2b) に該当する分割であると考えても良い。必要に応じて

(2c) 過大人口選挙区の設置を避ける場合

には分割を許すという規定を加えて、例外規定 (2c) に該当する分割であるとすることも考えられる。

表 2.3: 当該都道府県に実行可能区割が存在しないために分割が必要な市とその人口

都道府県	人口	議席数	上限	平均	下限	対象市	市人口
千葉	6,056,159	13	621,144	465,859	310,573	市川市	466,408
						柏市	381,016
富山	1,111,602	3	494,045	370,534	247,023	富山市	421,156
香川	1,012,261	3	449,893	337,420	224,947	高松市	417,986
佐賀	866,402	3	385,067	288,801	192,534	佐賀市	206,973

一選挙区事前割当法では、対象となる過大人口市区から当該都道府県の平均人口分を取り出し一選挙区として構成し、残りの人口をその市区の人口として最適化したのであるが、本研究では、事前に人口を割り振って選挙区を作ることをせず、次のように問題を数理モデル化する

ことで最適解を導出する。

隣接グラフを $G = (V, E)$ とする。ここで、 V は市区郡集合を表し、 E は隣接している市区郡間の枝集合である。分割対象となる過大都市区を $k(k \in V)$ としその人口を p_k とする。隣接グラフ G に新しいノードとしてダミー市区 dum_k を加え、過大都市区 k との間にのみ枝 e_k を張る (図 2.1)。拡大隣接グラフは $\tilde{G} = (V \cup \{dum_k\}, E \cup \{e_k\})$ となる。分割対象市区間の人口調整をす

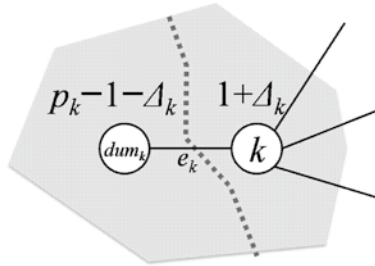


図 2.1: 過大都市区 k の分割と人口調整

るための非負実数変数 $\Delta_k (\in [0, p_k - 1])$ を導入し、ダミー市区 dum_k の人口を $p_k - 1 - \Delta_k$ 、もとの市区 k の人口を $1 + \Delta_k$ に変更する。2つの和はもとの人口 p_k に一致すること、及び、仮に $\Delta_k = 0$ という解が得られても、 k の人口1人が保証され、分割が確実に実行されることに注意されたい。このとき、最終的に得られる区割では、ダミー市区 dum_k が人口 $p_k - 1 - \Delta_k$ を持つ一つの選挙区を構成することになる。

次に、過大都市区 k を含む選挙区集合を B^+ 、含まない選挙区集合を B^- とする。ただし、 dum_k を含む選挙区は除いておく⁵。また、それぞれの集合に対応する表現行列を $[b_{ij}^+], [b_{ij}^-]$ 、人口を q_j^+, q_j^- とし、その選挙区を区割として採用するか否かを決定する $\{0, 1\}$ -変数を x_j^+, x_j^- とする。

以上の準備のもとで、分割対象市区郡の人口調整を加味する集合分割型モデルを以下のように再定式化する。

⁵ダミー市区 dum_k の人口が上限 ($\lfloor \text{県平均} \times 4/3 \rfloor$) より大きい場合は dum_k を含む選挙区は dum_k 単独構成の選挙区のみとなるが、ダミー市区 dum_k の人口が上限未満の場合は、ノード k といくつかのノードで選挙区を構成する候補になりうるので、それを集合 B^+, B^- のいずれにも含まないように排除しておくということ

$$\begin{aligned}
 \min. \quad & u/l \\
 \text{s.t.} \quad & l \leq p_k - 1 - \Delta_k \leq u \quad (2.0) \\
 & l \leq \alpha(1 - x_j^+) + q_j^+ x_j^+ + \Delta_k \quad (j \in B^+) \quad (2.1a) \\
 & \quad \quad \quad q_j^+ x_j^+ + \Delta_k \leq u \quad (j \in B^+) \quad (2.2a) \\
 & l \leq \alpha(1 - x_j^-) + q_j^- x_j^- \quad (j \in B^-) \quad (2.1b) \\
 & \quad \quad \quad q_j^- x_j^- \leq u \quad (j \in B^-) \quad (2.2b) \\
 & \sum_{j \in B^+} b_{ij}^+ x_j^+ + \sum_{j \in B^-} b_{ij}^- x_j^- = 1 \quad (i \in N) \quad (2.3) \\
 & \sum_{j \in B^+} x_j^+ = 1, \quad \sum_{j \in B^-} x_j^- = m - 2 \quad (2.4) \\
 & x_j^+ \in \{0, 1\} \quad (j \in B^+), x_j^- \in \{0, 1\} \quad (j \in B^-) \\
 & u, l, \Delta_k \geq 0.
 \end{aligned}$$

制約 (2.0) は、ダミー市区のみで一選挙区を構成するよう、人口を Δ_k で上下限内に調整するもの。(2.1a),(2.1b) はもともとなる集合分割型の制約 (1.1) に対応しており、同様に (2.2a),(2.2b) は (1.2) に対応する不等式制約である。それぞれ、選挙区集合 B^+, B^- に基づいた人口上下限を表現している。制約 (2.3) は制約 (1.3) に対応し、任意の市区郡 i は一つの選挙区にのみ含まれることを要請するもの。制約 (2.4) は制約 (1.4) に対応し、分割された過大都市区 k を含む選挙区を一つ、含まない選挙区を $m - 2$ 個選ぶことを要求するものである。(2.0)~(2.2) で m 個の選挙区の人口上下限を規定し、(2.3),(2.4) で分割を構成する。

この $\{0, 1\}$ -整数計画問題を解いて厳密解を求めることで、分割した市区の人口配分を考慮した最適区割を求めることが出来る。なお、このモデルは対象市区が当該都道府県内に 1 つだけ存在する場合の定式化であるが、2 つ以上ある場合にも、煩雑ではあるが制約を同様に増やすことで解くことが出来る⁶。ただし、例えば過大人口市区が k, l の 2 市区で、それぞれ k_1, k_2, l_1, l_2 に分割され、 k_1, l_1 で各々一選挙区を構成することを想定する場合、残りの k_2 と l_2 が一つの選挙区に含まれることを許容するかどうかで、制約不等式の定式化に違いが出ることに注意されたい。また、分割すべき地域が複数市区郡で構成されている選挙区を含む都道府県の問題を解く場合、当該選挙区を一つの市とみなしてこのモデルを適用することにより同様の定式化を用いることが可能である。

さて、この手法を用いる際に注意すべき点の一つがある。一選挙区事前割当法で集合分割型のモデルを解く場合には、考慮すべき選挙区を列挙してからソルバーを利用して整数計画問題を解いている [3, 4]。そのため、全ての選挙区を列挙してしまうとその数は膨大となり、現実的には解くことが出来ない。従って、区割を構成する実行可能解を壊さないように列挙する選挙区集合を制限することでその数を減らす工夫をしている。そこで用いた工夫は、第 1 妥当選挙区

⁶2005 年人口と 2006 年隣接グラフを用い、1+最大剰余法で議員定数配分した場合、分割対象市区郡を複数持つ都道府県は、東京都 (5 区)、千葉県 (3 市)、大阪府 (2 市)、高知県 (1 市 1 郡) の 3 府県 (表 2.1~2.3 参照)。

集合, 第2 妥当選挙区集合を定義し, それらを順次求め, 第2 妥当選挙区を列挙すべき選挙区として解を求めるというものである.

第1 妥当選挙区集合とは, 人口の上下限値に収まる人口を持つ選挙区の集合であり, 第2 妥当選挙区集合とは, その選挙区を使うことによって当該都道府県の隣接グラフが幾つかの連結成分に分割される場合, 各連結成分の人口が上下限値に収まっているかどうかを判定し, 収まっているもののみを有効な選挙区として要素にした集合である.

定義 人口上下限値 \bar{u}, \bar{l} に対し,

(1) 選挙区 j (人口 p_j) が第1 妥当選挙区

$$\longleftrightarrow \bar{l} \leq p_j \leq \bar{u}.$$

(2) 選挙区 j (人口 p_j) が第2 妥当選挙区

$$\longleftrightarrow \forall j', \exists i \in \{1, \dots, m-1\}, \bar{l} \leq \frac{p_{j'}}{i} \leq \bar{u}.$$

ここで, j' は j を除くことで誘導される隣接グラフ G の連結成分

本研究のモデルに於いては, その定式化の仕方から, 考慮すべき選挙区集合が一選挙区事前割当法よりも増えるため, 第1・第2 妥当選挙区集合の要素数もそれに伴って増加することが予想される. その結果, 考慮すべき選挙区集合の要素数が, 求解に支障が生じる程大きくなる恐れがある. 本研究のモデルに於いて考慮すべき第2 妥当選挙区集合の要素数がどの程度増えるかを示したのが次表 2.4 である. 各都府県の上段が一選挙区事前割当法における各集合の要素数, 下段が本研究のモデルに対する各集合の要素数を示す.

なお, 一選挙区事前割当法では, 事前に作成した平均人口をもつ一選挙区を求解時のモデルから除いているため, 計算の際に用いる議席数は表 2.4 の数値より事前割り当てした選挙区数分小さいことに注意されたい. また, 本研究の方法では, 選挙区列挙の際にダミー市区 dum_k を除いて k の人口を便宜上 1 として計算しているため, 全集合の要素数が増大している. 同じ問題で比較した場合, 上記の点から, 一選挙区事前割当法が本研究の方法よりも求解がより容易になる.

この表より, 第2 妥当選挙区集合の要素数が 3 倍程度増えている都道府県もあるが, 岡山県を除き十分求解できる範囲である⁷.

また, 第2 妥当選挙区集合というアイデアが, 区割画定問題に対して非常に有効であることが改めて確認された.

⁷岡山県は, (現在得られている区割や計算途上に得られる暫定解などの) 実行可能解を一つ利用することで, 最適性を壊さないように上下限値の範囲を狭めるなどの工夫により, 必要な列挙数を抑えて求解可能である.

表 2.4: 第 2 妥当選挙区集合の要素数の比較

府県	府県人口	市区郡数	議席数	全集合 ($2^{\text{市区郡数}} - 1$)	第 1 妥当	第 2 妥当
神奈川	8,790,900	51	18	2,251,799,813,685,250	2,651	1,021
				4,503,599,627,370,490	4,946	1,580
新潟	2,431,396	31	6	2,147,483,647	37,228	4,759
				4,294,967,295	230,515	18,136
静岡	3,792,457	38	9	274,877,906,943	4,082	1,445
				549,755,813,887	13,110	1,925
大阪	8,817,010	63	18	9,223,372,036,854,780,000	11,186	9,499
				18,446,744,073,709,600,000	27,336	21,052
岡山	1,957,056	27	5	134,217,727	474,702	15,293
				268,435,455	3,560,000	62,801
愛媛	1,467,824	18	4	262,143	3,024	86
				524,287	5,209	117
熊本	1,842,140	27	5	134,217,727	12,820	701
				268,435,455	146,756	2,246
鹿児島	1,753,144	34	4	17,179,869,183	4,262,860	165
				34,359,738,367	51,320,176	174
富山	1,111,602	12	3	4,095	355	22
				8,191	539	22
香川	1,012,261	15	3	32,767	150	25
				32,767	3,447	50

3 計算結果と比較

対象となる都道府県のうち、過大都市区が 1 つ、即ち 1 議席のみを事前割当する 10 府県について、前節のモデルを適用して結果を得た。計算にはソルバーとして CPLEX 11.1 を利用し、CPU:Pentium4(2.8GHz)、Memory 1GB の PC を用いた。表 3.1 に、一選挙区事前割当法で得られる最適解と本研究で得られた最適解の比較を示す。表中の「最大」「最小」はそれぞれ最適区割における人口最大の選挙区の人口と人口最小の選挙区の人口をあらわし、「格差」はその比を示す。また、各都道府県の上段が一選挙区事前割当法による最適解、下段が本研究で求めた最適解である。府県毎の選挙区詳細の比較は表 3.2~3.11 に示す。

表 3.1 から、神奈川県、新潟県、大阪府の 3 府県では、最大人口と最小人口に変化はなく、結果として同じ格差が得られた。ただし、神奈川県と大阪府は上下限に相当する選挙区がたまたま同じであったと言うだけで、人口がその範囲内に含まれる選挙区の構成は変わっている（表 3.2, 3.5）。また、それ以外においては、最大人口と最小人口のいずれかに若干変動が見られるのみで、格差の差は最大でも 0.02 程度である。従って、一選挙区事前割当法によって限定されている最適解は、本来の最適解とそれほど違いはなく、一票の重みの格差を大幅にゆがめるようなことはしていないと見て取れる。実際、一選挙区事前割当法の一票の重みの格差は 2.153 倍（最大人口選挙区：神奈川県（566,460）、最小人口選挙区：高知県（263,089））であり、本研究で得られる一票の重みの格差も同様である。

表 3.1: 一選挙区事前割当法と本研究との最適解の比較

府県	最適解 [事前割当法]			最適解 [本研究]		
	最大	最小	格差	最大	最小	格差
神奈川	566,460	446,893	1.268	566,460	446,893	1.268
新潟	418,011	392,662	1.065	418,011	392,662	1.065
静岡	443,679	401,285	1.106	438,110	401,285	1.092
大阪	582,723	446,643	1.305	582,723	446,643	1.305
岡山	469,372	362,158	1.296	469,372	366,960	1.279
愛媛	374,777	360,741	1.039	374,777	363,796	1.030
熊本	389,720	318,446	1.224	382,013	318,446	1.200
鹿児島	449,692	430,720	1.044	443,989	430,720	1.031
富山	376,827	364,241	1.035	376,827	367,387	1.026
香川	338,602	336,239	1.007	338,011	336,239	1.005

都道府県毎に選挙区を詳細に見てみると（表 3.2～3.11），それぞれの最適解に於いて選挙区の構成は全く変わらず，分割対象となった過大都市の分割間の人口調整のみで済んだのは，新潟県（6），富山県（3），香川県（3），鹿児島県（4）の4県である（表 3.3, 3.10, 3.11, 3.9）．ここで，括弧内の数字は議席数（選挙区数）をあらわす．各表の左側が一選挙区事前割当法による最適選挙区割，右側が本研究により求められた最適選挙区割である．本研究の結果欄では，市区構成と人口が変わらない選挙区は省略してある．各県で，分割対象となる新潟市，富山市，高松市，鹿児島市1それぞれにおける分割間の人口調整のみが異なることがわかる．

また，選挙区の構成も変化した都道府県は神奈川県（14），静岡県（9），大阪府（18），岡山県（5），愛媛県（4），熊本県（5）の6府県である．神奈川県は18選挙区のうち9選挙区に（表 3.2），大阪府は18選挙区のうち6選挙区に（表 3.5）それぞれ過大人口市区の人口調整とそれに伴う選挙区構成の変更があった．静岡県は浜松市の分割間人口調整の他に，2つの選挙区で市区郡構成の変更が見られた（表 3.4）．同様に，岡山県は岡山市の分割間人口調整の他に，2つの選挙区で市区郡の入れ替えが起こっており（表 3.6），愛媛県は松山市の分割間人口調整の他に，2つの選挙区で市区郡構成が変化した（表 3.7）．熊本県は熊本市の分割間人口調整の他に，2つの選挙区で市区郡の交換があった（表 3.8）．

4 まとめ

本研究では，市区郡分割を必要とする都道府県に対し，ダミー市区 dum_k を用いて拡大隣接グラフ \tilde{G} を構成し，人口調整変数 Δ_k により分割市区郡の人口調整を加味したモデルを提案，ソルバーを利用して最適区割を導出した．また，平均人口を一選挙区として事前に割り当てて解く一選挙区事前割当法と比較した結果，一選挙区事前割当法が一票の格差を極端にゆがめてい

ることではないということを確認することができた。

厳密に最適解を求めるためには、本研究の方法を用いる方がよい。しかしながら、計算の間や求解の複雑さがやや増大するため、現在の日本の行政界・人口で考える限り、都道府県内格差に大きな影響を与えない一選挙区事前割当法を用いる方が、計算コストやルールのわかりやすさ、簡便さという点で利用しやすいと言える。

本研究における定式化では、分割対象となる市区郡が複数存在する場合に、制約が組合せ的に増えるため、求解に困難さを伴わないように、より簡便な定式化を模索する必要がある。

また、第2妥当選挙区集合の要素数が増加するため、それを克服するアイデアとして第3妥当選挙区集合を定義して構成を試みた。ここで、第3妥当選挙区集合とは、その選挙区を使うことで、当該都道府県の構成選挙区数と区割候補の選挙区数がきちんと一致するかどうかを判定し、一致する選挙区のみを要素とする集合として定義した。しかしながら、試算では第2妥当選挙区集合からの劇的な要素数の減少は見られないため、本研究においては取り扱わなかった。

それよりも、上下限人口制約を狭めることで、第2妥当判定の条件を厳しくし、第2妥当選挙区集合の要素数を減らすことの方が効果があると思われる⁸。

⁸初期設定では、区割作成方針に則り、上下限人口制約を当該都道府県の平均人口の4/3倍と2/3倍にしている。従って、第2妥当選挙区の定義(2)より、上下限值 \bar{u}, \bar{l} がこの値の時は、 $i = 1$ で下限制約のみ調べれば十分であることに注意。 \bar{u}, \bar{l} の範囲を狭めれば、上下限制約共に効いてくるので、第2妥当選挙区集合の要素数が加速度的に減少することが期待できる

参考文献

- [1] 坂口利裕, 和田淳一郎: 選挙区割りの最適化について, 三田学会雑誌, 93-1 (2000) 109-137.
- [2] 田中宗孝: 政治改革6年の道程, ぎょうせい (1997).
- [3] 根本俊男, 堀田敬介: 区割画定問題のモデル化と最適区割の導出, オペレーションズ・リサーチ, 48-3 (2003) 50-56.
- [4] 根本俊男, 堀田敬介: 選挙区最適区割問題のモデリングと厳密解導出, 第15回 RAMP シンポジウム論文集 (2003) 104-117.
- [5] 根本俊男, 堀田敬介: 衆議院小選挙区制における一票の重みの格差の限界とその考察, 選挙研究, 20 (2005) 136-147.
- [6] 根本俊男, 堀田敬介: 公平な小選挙区制のための数理モデル, システム/制御/情報, 49-3 (2005) 2-7.
- [7] 根本俊男, 堀田敬介: 一票の重みの格差から見た小選挙区数, 選挙研究, 21 (2006) 169-181.
- [8] 根本俊男, 堀田敬介: 県境緩和による一票の重みの格差への影響について, 日本選挙学会報告論文 (2009).
- [9] 根本俊男, 堀田敬介: 平成大合併を経た衆議院小選挙区制区割環境の変化と一票の重みの格差, TORSJ 掲載予定.
- [10] 堀田敬介: 選挙区画定問題の最適化モデルに対する市区郡分割の方策と考察, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2009 年度秋季研究発表会 アブストラクト集 (2009) 24-25.

表 3.2: 一選挙区事前割当法と本研究の最適解の比較：神奈川県（18 選挙区）

最適解		事前割当法	最適解								本研究
選挙区		18	3	5	8	9	14	15	16	17	18
1	468,227										
鶴見区	264,450										
川崎区	203,777										
2	446,893										
神奈川県	221,832										
西区	84,960										
中区	140,101										
3	458,414		483,404								
南区	196,787			196,787							
戸塚区	261,627		261,627								
4	453,887										
保土ヶ谷区	204,179										
旭区	249,708										
5	509,091										
磯子区	163,511			163,511							
港南区	221,777		221,777								
栄区	123,803			123,803							
6	471,321										
金沢区	210,642										
鎌倉市	171,122										
逗子市	58,025										
三浦郡	31,532										
7	481,469										
港北区	311,654										
緑区	169,815										
8	476,793				500,945						
瀬谷区	127,393				127,393						
大和市	221,218				221,218						
座間市	128,182					128,182					
9	548,331					446,893					
泉区	152,334				152,334						
藤沢市	395,997									395,997	
10	474,560										
青葉区	295,544										
都筑区	179,016										
11	556,772										
幸区	144,513										
中原区	210,493										
高津区	201,766										
12	566,460										
多摩区	205,407										
宮前区	207,927										
麻生区	153,126										
13	476,031										
横須賀市	426,162										
三浦市	49,869										
14	487,447										
平塚市	259,017										
茅ヶ崎市	228,430										
15	496,858										
小田原市	198,722										
相模原市 2	39,045										
南足柄市	44,130										
中郡	62,861						62,861				
足柄上郡	67,870										
足柄下郡	50,345										
津久井郡 1	23,060					23,060					
津久井郡 2	10,825										
16	454,687	488,383									
相模原市 1	140,255	488,383				124,482					
秦野市	168,317										
伊勢原市	100,573										
愛甲郡	45,542										
17	475,276										
厚木市	222,349										
海老名市	123,708					123,708			222,349		
綾瀬市	81,758									477,755	
高座郡	47,461										81,758

表 3.3: 一選挙区事前割当法と本研究の最適解の比較：新潟県（6 選挙区）

選挙区	最適解 [事前割当法]						最適解 [本研究]	
	1	2	3	4	5	6	1	6
	417,092	418,011	403,192	395,206	392,662	405,233	404,314	418,011
新潟市	408,547					405,233	395,769	418,011
長岡市		283,234						
三条市			104,748					
柏崎市				94,644				
新発田市					104,633			
小千谷市			39,959					
加茂市					31,481			
十日町市		62,055						
見附市			42,668					
村上市					30,685			
燕市			83,269					
糸魚川市				49,844				
五泉市					56,965			
上越市				208,083				
佐渡市		67,384						
阿賀野市					47,043			
魚沼市			43,554					
南魚沼市			63,329					
妙高市				37,829				
胎内市					32,813			
北蒲原郡					13,497			
西蒲原郡	8,545						8,545	
南蒲原郡					13,363			
東蒲原郡					14,704			
三島郡		5,338						
北魚沼郡			5,233					
南魚沼郡			8,713					
中魚沼郡			11,719					
刈羽郡				4,806				
岩船郡 1					28,260			
岩船郡 2					19,218			

表 3.4: 一選挙区事前割当法と本研究の最適解の比較：静岡県（9 選挙区）

選挙区	最適解 [事前割当法]									最適解 [本研究]				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	4	5	6	9	
選挙区	404,720	438,110	428,707	443,679	417,722	429,821	401,285	407,029	421,384	426,953	436,763	410,780	438,110	
葵区	262,769													
駿河区		208,043												
清水区 1		230,067												
清水区 2			12,837											
浜松市				382,683					421,384	365,957			438,110	
沼津市					208,001	41,202					208,001			
熱海市						112,251					41,202	112,251		
三島市														
富士宮市			121,780			72,435					72,435			
伊東市							96,071							
島田市								170,913						
富士市			236,493											
磐田市														
焼津市						120,111								
掛川市								117,856						
藤枝市	129,256													
御殿場市					85,976							85,976		
袋井市								82,983						
下田市						26,557					26,557			
裾野市												53,061		
湖西市				44,058						44,058				
伊豆市						36,624					36,624			
御前崎市														
菊川市							47,524							
伊豆の国市						50,005						50,005		
牧之原市							50,643							
賀茂郡						51,944					51,944			
田方郡						38,803						38,803		
駿東郡 1					70,684							70,684		
駿東郡 2		21,478												
富士郡		9,695												
庵原郡		26,424												
志太郡 1	12,695													
志太郡 2							22,997							
榛原郡 1							28,648							
榛原郡 2							15,018							
周智郡							20,273							
引佐郡				16,938						16,938				

表 3.5: 一選挙区事前割当法と本研究の最適解の比較：大阪府（18 選挙区）

最適解 [事前割当法]		最適解 [本研究]					
選挙区	18	1	2	3	4	9	18
1	478,801	464,228					
都島区	99,839	99,839					
東成区	79,485					79,485	
生野区	138,550					138,550	
城東区	160,927	160,927					
2	450,426		477,105				
福島区	60,929		60,929				
西区	72,576	72,576			54,148		
浪速区	54,148						
西淀川区	95,621		95,621				
北区	100,392		100,392				
中央区	66,760	66,760					
3	483,546			453,203			
此花区	63,803		63,803				
港区	83,156		83,156				
大正区	73,204		73,204				
西成区	132,762			132,762			
住之江区	130,621				130,621		
4	465,416				446,643		
大土寺区	64,126	64,126					
阿倍野区	107,295				107,295		
住吉区	158,998				158,998		
東住吉区	134,997					134,997	
5	532,210						
東淀川区	178,357						
吹田市	353,853						
6	460,677						
旭区	95,115						
鶴見区	107,410						
大東市	126,478						
門真市	131,674						
7	555,848						
淀川区	169,215						
豊中市	386,633						
8	473,964						
平野区	200,490						
八尾市	273,474						
9	468,545	489,834				480,300	515,089
堺市	341,277	489,834					
松原市	127,268				316,022	127,268	515,089
10	582,723						
岸和田市	200,984						
貝塚市	90,312						
泉佐野市	98,876						
泉南市	64,686						
阪南市	57,617						
泉南郡 1	44,505						
泉南郡 2	7,239						
泉南郡 3	18,504						
11	533,569						
池田市	101,643						
茨木市	267,976						
箕面市	127,132						
豊能郡	36,818						
12	451,466						
泉大津市	77,674						
河内長野市	117,243						
和泉市	177,837						
高石市	61,126						
泉北郡	17,586						
13	465,854						
高槻市	351,803						
摂津市	84,997						
三島郡	29,054						
14	446,643						
守口市	147,479						
寝屋川市	241,825						
四條畷市	57,339						
15	481,647						
枚方市	404,004						
交野市	77,643						
16	482,097						
富田林市	123,800						
柏原市	77,065						
羽曳野市	118,686						
藤井寺市	65,774						
大阪狭山市	58,207						
南河内郡	38,565						
17	513,744						
東大阪市	513,744						

表 3.6: 一選挙区事前割当法と本研究の最適解の比較：岡山県（5 選挙区）

選挙区	最適解 [事前割当法]					最適解 [本研究]				
	1	2	3	4	5	1	3	4	5	
	368,644	469,372	362,158	365,471	391,411	371,921	367,190	366,960	381,613	
岡山市	283,194				391,411	292,992			381,613	
倉敷市		469,372								
津山市				110,565				110,565		
玉野市	67,009					67,009				
笠岡市			57,266				57,266			
井原市				45,107			45,107			
総社市			66,589				66,589			
高梁市				38,796			38,796			
新見市				36,062				36,062		
備前市			40,221					40,221		
瀬戸内市			39,079					39,079		
赤磐市			43,917				43,917			
真庭市				51,788				51,788		
美作市				32,475				32,475		
浅口市			37,337				37,337			
御津郡	6,521						6,521			
赤磐郡			14,900				14,900			
和气郡				16,180			16,180			
都窪郡	11,920					11,920				
浅口郡			10,822				10,822			
小田郡			15,715				15,715			
真庭郡				1,020				1,020		
苫田郡				14,059				14,059		
勝田郡				17,735				17,735		
英田郡				1,684				1,684		
久米郡			22,272					22,272		
加賀郡			14,040				14,040			

表 3.7: 一選挙区事前割当法と本研究の最適解の比較：愛媛県（4 選挙区）

選挙区	最適解 [事前割当法]				最適解 [本研究]		
	1	2	3	4	1	2	4
	365,350	360,741	374,777	366,956	363,796	365,454	363,797
松山市	147,988			366,956	151,147		363,797
今治市	173,985				173,985		
宇和島市			89,445				
八幡浜市			41,265				
新居浜市		123,952				123,952	
西条市		113,369				113,369	
大洲市			50,785				
伊予市			39,494				
四国中央市		92,854				92,854	
西予市			44,949				
東温市	35,279					35,279	
越智郡	8,098				8,098		
上浮穴郡		10,946			10,946		
伊予郡			52,989				
喜多郡		19,620			19,620		
西宇和郡			12,095				
北宇和郡			17,122				
南宇和郡			26,633				

表 3.8: 一選挙区事前割当法と本研究の最適解の比較：熊本県（5 選挙区）

選挙区	最適解 [事前割当法]					最適解 [本研究]		
	1	2	3	4	5	3	4	5
	318,446	382,013	389,720	383,533	368,428	379,832	379,836	382,013
熊本市				301,113	368,428		287,528	382,013
八代市	136,885							
人吉市	37,579							
荒尾市			55,968			55,968		
水俣市	29,119							
玉名市			71,853			71,853		
山鹿市			57,727			57,727		
菊池市			51,864			51,864		
宇土市		38,022						
上天草市		32,504						
宇城市		63,091						
阿蘇市			29,639			29,639		
合志市				51,647		51,647		
天草市		96,477						
下益城郡 1		27,543						
下益城郡 2	12,254							
玉名郡 1			5,626			5,626		
玉名郡 2			40,484			40,484		
鹿本郡				30,773			30,773	
菊池郡			61,535				61,535	
阿蘇郡 1			15,024			15,024		
阿蘇郡 2		25,688						
上益城郡		89,761						
八代郡	13,233							
葦北郡	26,266							
球磨郡	63,110							
天草郡		8,927						

表 3.9: 一選挙区事前割当法と本研究の最適解の比較：鹿児島県（4 選挙区）

選挙区	最適解 [事前割当法]				最適解 [本研究]	
	1	2	3	4	1	4
	449,692	434,446	430,720	438,286	443,989	443,989
鹿児島市 1	160,053			438,286	154,350	443,989
鹿児島市 2		6,048				
鹿屋市		106,220				
枕崎市	25,150				25,150	
阿久根市			25,074			
出水市			57,908			
大口市			22,118			
指宿市	46,820				46,820	
西之表市	18,198				18,198	
垂水市		18,926				
薩摩川内市 1			96,164			
薩摩川内市 2			6,206			
日置市			52,414			
曾於市		42,287				
いちき串木野市			32,990			
霧島市		127,289				
南さつま市			41,676			
志布志市		34,777				
奄美市 1	42,808				42,808	
奄美市 2	6,784				6,784	
鹿児島郡 1	462				462	
鹿児島郡 2	673				673	
揖宿郡	14,126				14,126	
川辺郡	28,066				28,066	
薩摩郡		25,690				
出水郡			11,959			
伊佐郡			9,380			
姶良郡 1			74,831			
姶良郡 2		12,565				
曾於郡		15,303				
肝属郡		45,341				
熊毛郡	29,705				29,705	
大島郡 1	62,265				62,265	
大島郡 2	14,582				14,582	

表 3.10: 一選挙区事前割当法と本研究の最適解の比較：富山県（3 選挙区）

選挙区	最適解 [事前割当法]			最適解 [本研究]	
	1	2	3	1	3
	364,241	376,827	370,534	367,387	367,388
富山市	50,622		370,534	53,768	367,388
高岡市		181,231			
魚津市	46,330			46,330	
氷見市		54,493			
滑川市	34,007			34,007	
黒部市	42,695			42,695	
砺波市		49,429			
小矢部市		33,537			
南砺市		58,137			
射水市	94,160			94,160	
中新川郡	53,721			53,721	
下新川郡	42,706			42,706	

表 3.11: 一選挙区事前割当法と本研究の最適解の比較：香川県（3 選挙区）

選挙区	最適解 [事前割当法]			最適解 [本研究]	
	1	2	3	1	3
	338,602	336,239	337,420	338,011	338,011
高松市	80,566		337,420	79,975	338,011
丸亀市		110,080			
坂出市	57,268			57,268	
善通寺市		35,495			
観音寺市		65,217			
さぬき市	55,753			55,753	
東かがわ市	35,929			35,929	
三豊市		71,178			
小豆郡	33,666			33,666	
木田郡	28,794			28,794	
香川郡	3,537			3,537	
綾歌郡 1	25,629			25,629	
綾歌郡 2	17,460			17,460	
仲多度郡 1		30,656			
仲多度郡 2		23,613			