2023 年度

卒業論文

施設統廃合の最適配置計画

～町田市の小学校の場合～

指導教員

五島洋行　教授

法政大学　理工学部　経営システム工学科

経営数理工学研究室

20X4141　山崎裕翔

学科名	経営システム工	学籍番号	20X4141
申請者氏名		山崎裕翔	
指導教員名		五島洋行	

論文要旨

論文題目	施設統廃合の最適配置計画 〜町田市の小学校の場合〜

都市計画の施設配置の策定を行う際，多くの施設配置モデルが活用されてきた．しかし実際の都市計画は，財政的な制限や資源を有効活用するために既存施設を有効活用しながら，施設の新設や統廃合などを行うことで，社会情勢やニーズの変化に対応しているケースが一般的である．実際に全国的に少子化が進んでおり，都内の一部自治体は学校の統廃合を含めた検討に着手し始めている．一例として、東京都町田市は少子化や校舎の老朽化を考慮して，2040年までに市内の公立小学校を42校から26校にする計画が挙げられる．

そこで本研究ではその1例を最大被覆問題として扱い，最適施設配置を求める．また基本的モデルに新設が可能な場合や施設容量を考慮に加え実験を行い，提案したモデルが類似した施設配置問題にも応用できることを目的とする．

基本的モデルと新設が可能の場合のモデルでの実験では，多くの人口をカバーできる最適配置を求めることができた．しかし施設容量を考慮に加えたモデルを提案したが，人口カバー率や施設容量の使用率の観点から改善の余地があると考えられる．

目次

第1章　序論

1.1. 研究背景と目的

都市計画の施設配置の策定を行う際，多くの施設配置モデルが活用されてきた．施設配置問題は，施設の利用者と施設候補地点の集合が与えられたとき，施設数及びそれに応じた最適な施設配置を求める問題である．基本的な施設配置問題は，利用者と施設の限界距離を考慮したものがある．本論文で主に扱う最大被覆問題はその一つで，決められたカバー範囲内で最大の需要カバーを求める問題である．しかし，実際の都市計画は，財政的な制限や資源を有効活用するために既存施設を有効活用しながら，施設の新設や統廃合などを行うことで，社会情勢やニーズの変化に対応しているケースが一般的である．特に現在は人口減少や少子高齢化，市民のニーズの多様化などにより利用状況に変化が生じるなど，公共施設等を取り巻く環境は厳しいものとなっている．実際に全国的に少子化が進んでおり，東京都の公立小学校の児童数は，今後 5 年で 8%，10 年間では 18%の減少が予想されている．そこで都内の一部自治体は学校の統廃合を含めた検討に着手し始めている．一例として、東京都町田市は少子化や校舎の老朽化を考慮して，2040 年までに市内の公立小学校を 42 校から 26 校にする計画[1]が挙げられる．

そこで先行研究として挙げられるものとしては，廃止施設数と新設施設数を考慮し，既存施設を活用した施設再配置モデル[2]がある．このモデルは施設数の増設・廃止の両方に対応することができる．またこのモデルは施設の統廃合を行う際に応用することができるが，これに加え施設の容量や老朽化などを考慮しなければいけない要素は多く存在する．1 例に挙げた学校の場合，キャパオーバーは大きな問題であり，学校教育に期待されている健全な学級運営を行うためには，大規模化を防ぎ，教員と生徒数のバランスを保つことが必要である．また，キャパオーバーは学校だけの問題ではなく，コロナ渦に入った初期のころは新型コロナウイルスの感染防止対策との兼ね合いで，避難所で定員オーバーが相次いだ．しかし新型コロナウイルスの影響がない状況でも，避難所の受け入れ人数は限られており，在宅避難を余儀なくされることも少ない．避難所の増設が問題解決の一つではあるが，財産的な制約や候補地の制約などが存在するため少しでも効率の良い施設配置が求められる．

これらの点を踏まえ 1 例として挙げた、町田市の小学校統廃合の計画を最大被覆問題として扱うことで，学校の最適配置を求めること、また基本的モデルに廃止施設数と新設施設数を考慮した施設再配置モデルにさらに容量も考慮したモデルの提案をし，類似した他の状況にも応用できるようにすることを目的とする．

1.2. 本論文の構成

本論文は全 6 章で構成されている．

第 2 章では，関連知識について述べる．

第 3 章では，使用データ，及び前提条件データについて述べる．

第 4 章では，基本的な最大被覆問題として定式化し，実験を行う．

第 5 章では，新設を考慮したうえで定式化し，実験を行う．
第 6 章では，施設容量を考慮したうえで定式化し，実験を行う．
第 7 章では，本論文の結論を述べる．

第2章　関連知識

本章では，本研究で主に扱う最大被覆問題とそれに関連する知識，また本研究で使用するソフトウェア QGIS についても説明する．

2.1. 組合せ最適化問題

組合せ最適化問題とは，ある制約条件のもとで，最適解が順序や割当のように組合せ的な構造を持つ最適化問題である．一般には，問題の規模，変数や制約条件の数が大きくなるにつれ，実用可能な計算時間で求解することが困難になる．今回扱う問題では，困難にならない程度の問題の規模であるため，厳密解を求めるためにソルバーを用いる手法で実験を行うが，問題によっては計算時間短縮のため近似解を求めること場合も少なくない．

組み合わせ最適化問題の代表的な問題としては，巡回セールスマン問題やナップサック問題，整数計画問題などが挙げられる．

2.2. 整数計画問題

整数計画問題とは，ある与えられた制約条件のもとで，目的関数の値を最大，もしくは最小化する解を整数に限定した最適化問題である．また，解を 0 または 1 のみに限定したものを 0－1 整数計画問題といい，今回扱う施設配置問題もその一つである．

2.3. 割当問題

割当問題とは，2 つの集合 A，B が与えられたとき，集合 A の要素を集合 B の要素のどれに割り当てるかを決定する問題であり，0－1 整数計画問題の 1 つである．また，割り当て問題はマス目を埋める問題に置き換えることができ，以下の表 1 のように表すことができる．それぞれマスに 0－1 変数xを設定することでどの施設をどの候補地に設置するかを判断できる．また，解答例を表 2 として示す．表 2 から施設 1 は候補地 C に，施設 2 は候補地 D に，施設 3 は候補地 A に，施設 4 は候補地 B に設置することがわかる．マスの埋め方のルールを制約条件として与えることで，さまざまな問題に対応できる定式化を行うことができる．また割当問題の応用例としては，人員配置問題，シフトスケジューリング問題，配車計画問題，訪問スケジューリング問題といった問題が挙げられ，本研究で扱う施設配置問題もその応用例の 1 つである．

表 1．割当問題の例.

施設＼候補地	A	B	C	D
1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}
2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}
3	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}
4	x_{41}	x_{42}	x_{43}	x_{44}

表 2．割当問題の解答例.

施設＼候補地	A	B	C	D
1	0	0	1	0
2	0	0	0	1
3	1	0	0	0
4	0	1	0	0

2.4. 施設配置問題

私たちの身近には様々な施設が存在しており，コンビニエンスストアや飲食店，また学校や病院のような公共施設がある．こうした施設の場所は配置場所によって利用者に与える影響は大きく変化する．

施設配置問題とは，施設の配置可能地点，需要をもつ顧客の集合が与えられて，ある基準を満たす施設の配置場所を決定する問題の総称である．

また，代表的な問題として，集合被覆問題，最大被覆問題，メディアン問題，センター問題などが挙げられる．これらを基本的なモデルとし，様々なモデルが開発され，都市計画の際に用いることができるモデルもある．

2.5. 単純施設配置問題

単純施設配置問題とは，容量制約のない施設配置問題のことであり，容量なし施設配置問題とも呼ばれる．顧客と施設の間に需要が移動するときにかかるコスト，施設を配置するときにかかるコストが与えられたとき．すべての需要を満足するという条件下で，総コストを最小化するような施設の配置，また顧客と施設の間の輸送量を決定する問題.

2.6. 集合被覆問題

集合被覆問題（Set Covering Problem：SCP）とは，集合Uとその部分集合の族S_iが及び各部分集合に対応するコストc_iが与えられているとき，全てのUの要素をカバーするよう最小コストの部分集合の組み合わせを求める組み合わせ最適化問題である．

応用例としては，スケジューリング問題や施設配置問題などが挙げられ，NP 困難であることが知られている．そのため，集合に制約を加えた問題や近似アルゴリズムの研究が盛ん

におこなわれている．

2.7. 最大被覆問題

最大被覆問題（Maximal Covering Location Problem：MCLP）とは，施設数があらかじめ決まっているとき，需要のカバー率を最大化させるような施設配置問題である．施設数を変化させることによって，需要のカバー率がどのように変化するかを求めることができる．費用の関係上，需要の全被覆が難しい場合，カバーできていない需要にも一定のサービスを行いたい場合に応用でき，例としては宅配サービスの店舗配置が挙げられる．

2.8. GIS・QGIS

GIS とは，地理情報システム（Geographic Information System：GIS）の略であり，地理空間データを管理，収集，分析，可視化するための技術である．地理空間データとは，空間上の特定の地点，区域の位置情報とそれに関連した様々な事象の情報のことで，地形図や地名情報，台帳情報などの情報がある．GIS は，さまざまな場面で使われており，都市計画,環境管理，災害対策などさまざまな分野で活用される．

また本研究で使用するソフトウェア QGIS は GIS ソフトウェアの一つで，地理データの表示，編集，分析などの機能が提供されている．

第3章　使用データと前提条件

本研究では，対象地域を東京都町田市に設定し，各町丁の境界データ，人口データを使用する．

3.1. 町田市の各町丁の境界データ

地理形状データ共有サイトの Geoshape リポジトリの国勢調査町丁・字等別境界データセットにある町田市の各町丁の境界データ[3]を用いる．実際に QGIS に境界データを取り込んだものを図 1 として示す．また，以後の図では見易さを重視するため，町田市のみを切りとったものを載せる．

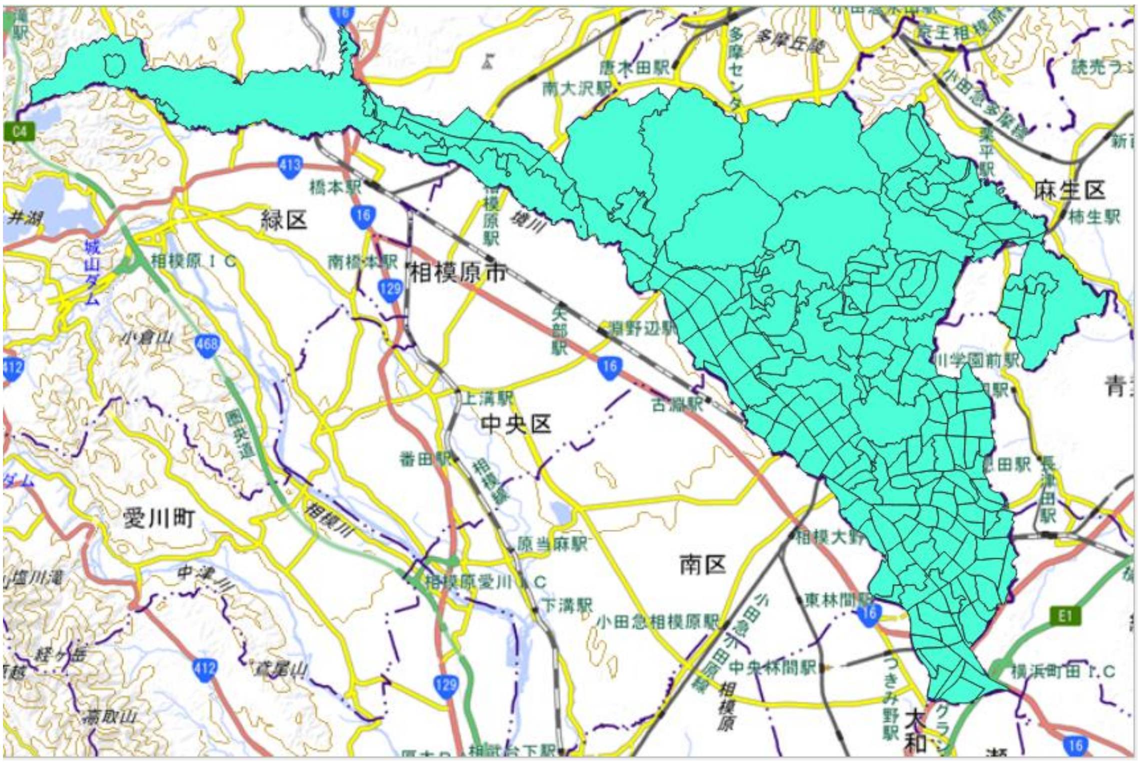

図 1．町田市の境界データ．

3.2. 需要点・供給点

施設配置問題では，実際にサービスを受ける人を需要点，サービスを提供する施設，今回の場合では現存する小学校を供給点とし，事前に設定する必要がある．需要点は各町丁の重心にプロットし，供給点は町田市ホームページの小学校の緯度・経度情報を基に QGIS に取り込みプロットする[1]．

実際にプロットした需要点を図 2 に，供給点を図 3 として示す．供給点のプロット作業時に問題として図 4 のような状況が挙げられる．相模町という町が 4 つに分割しており，

そのすべてに需要点がプロットされてしまっている．この状況は相模町以外の町丁でも見受けられる．この対策として，領域が狭いところの需要点は削除する．またこの作業を行ったにもかかわらず，需要点が複数残ってしまっている場合は，残った需要点で需要量を等分することにする．以上の作業を行った後の需要点を図 5 として示す．また文部科学省は，小学生の適正な通学距離はおおむね 4km 以内と定めているが，東京，大阪，神奈川の平均通学距離は 1km 以内である[4]. 以上のことを踏まえ今回の供給点のカバー範囲は 1km とし，実験を行う．需要点と供給点の数はそれぞれ，需要点 188 個，供給点 42 個である．

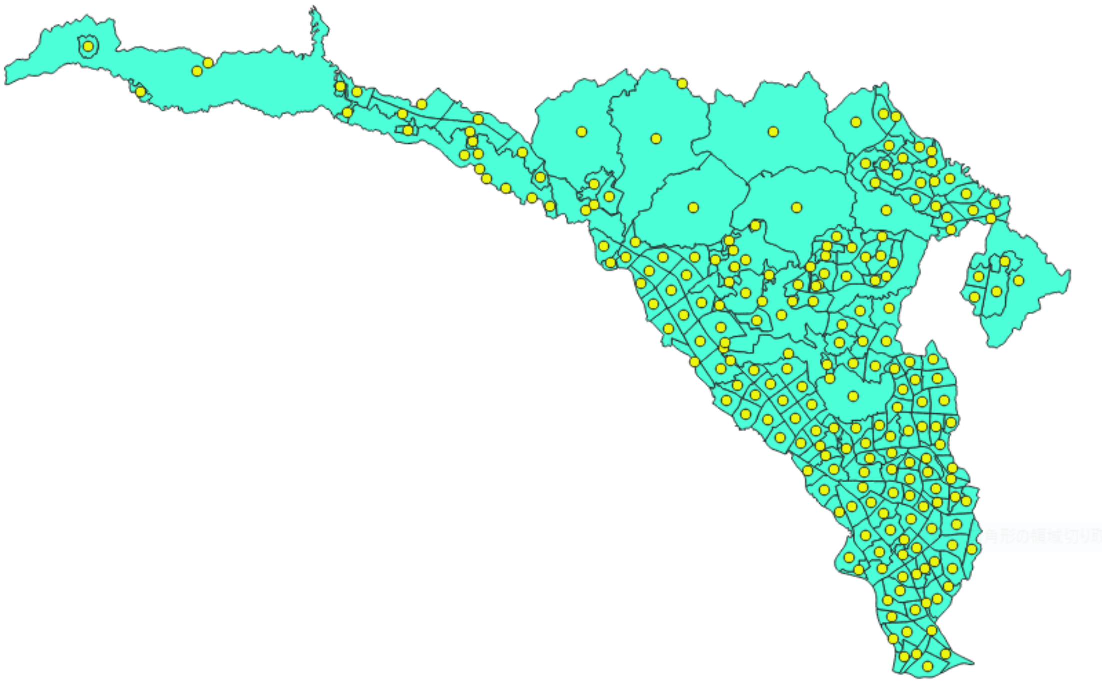

図 2. 需要点.

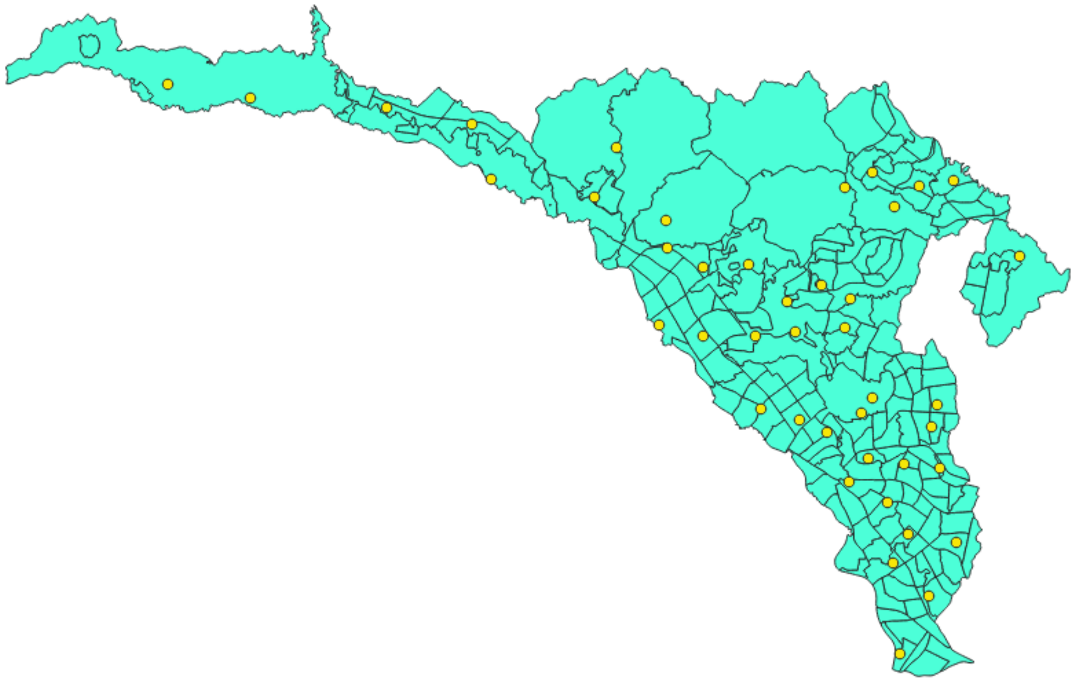

図 3. 供給点.

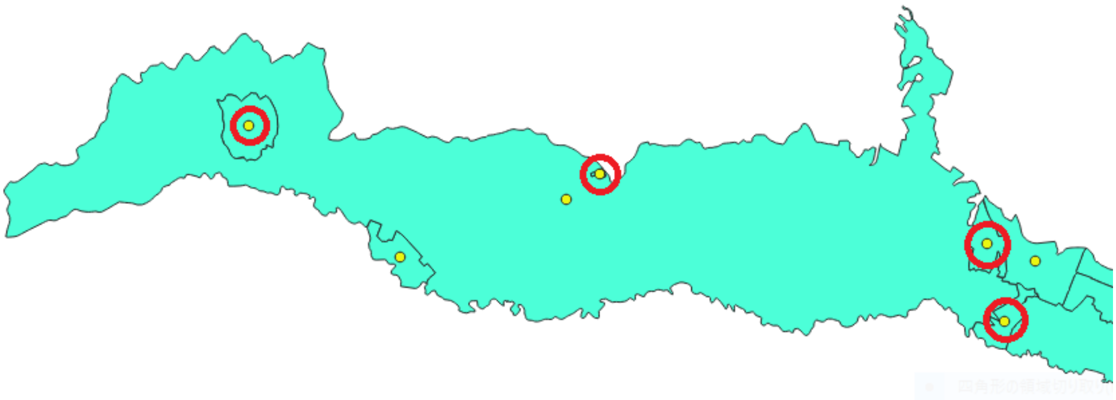

図 4. 相模町の需要点.

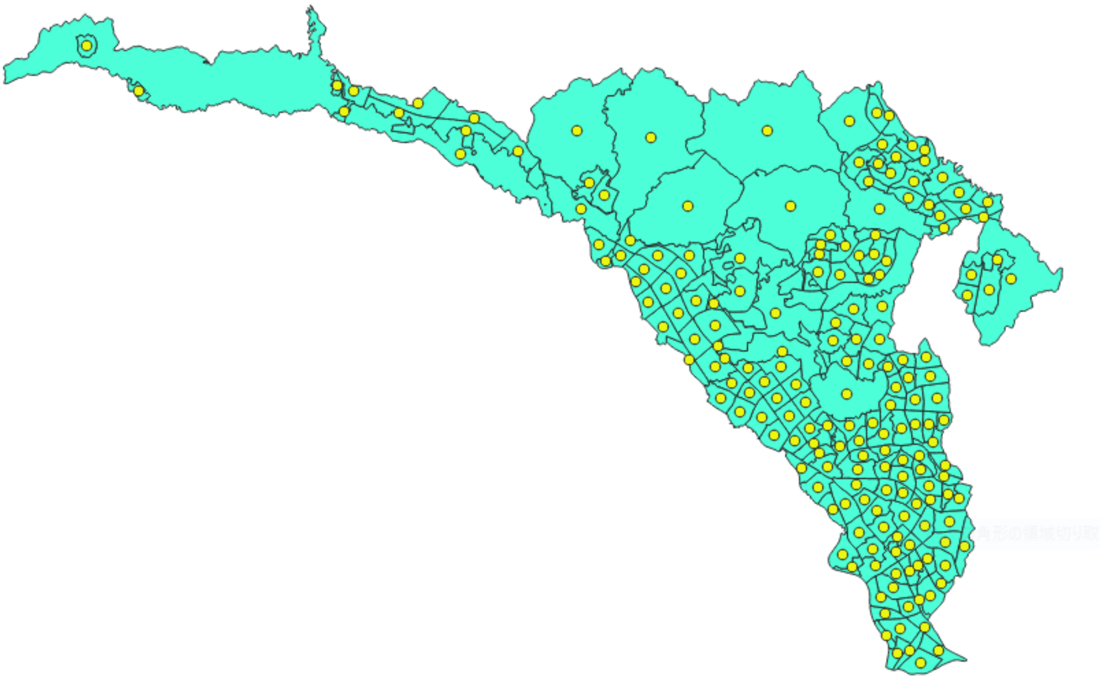

図 5. 作業後の需要点.

3.3. 人口データ

各需要点に各町丁の 0～14 歳までの人口を需要量として重みづけする．人口データは，町田市ホームページ記載の住民基本台帳に基づく町丁別男女別年齢人口表（2023 年 7 月 1 日現在）[1]から取得する．また，前述したように需要点が複数存在する町丁は，人口を等分して各需要点の需要量として重みづけする．

3.4. 実験環境

本研究での計算実験の環境は表 3 に示す.

表 3. 実験環境.

CPU	Intel® Core™ i3-8145U 2.10GHz 2.30GHz
OS	Microsoft Windows 10 Education
Memory	8.00GB
Solver	Python Pulp version2.6.0

第4章　基本モデル

本章では，第 3 章で述べたデータと前提条件を基に，基本的な最大被覆問題として定式化を行い，数値計算を行う．ここでの基本モデルとは，新設や施設容量を考慮した制約条件は加えずに，現存する小学校 42 校から計画目標である 26 校を選択するものとする．また今回の実験のすべてのモデルにおいて供給点のカバー範囲 1km とする．また，26 校の前後の 25 校，27 校の場合についても求め，計画目標の 26 校との比較も行う．

次章以降は，本章の基本モデルをもとに，目的関数と制約条件に変更を加え，数値実験を行っていく．

4.1. 定数・変数の定義

定数の定義は以下のとおりである．

i：需要点のインデックス

I：需要点の集合

I_j：jにカバーされている需要点の集合

j：供給点のインデックス

J：供給点の集合

J_i：iに供給可能な供給点の集合

a_i：需要点iにおける需要量

p：施設の設置数

s：供給点のカバー半径（メートル）

また，設定した定数の値は以下のとおりである．

$p = 26$

$s = 1000$

変数の定義は以下のとおりである．

$$x_j = \begin{cases} 1\text{：供給点}j\text{に施設を設置する} \\ 0\text{：供給点}j\text{に施設を設置しない} \end{cases}$$

$$y_i = \begin{cases} 1\text{：需要点}i\text{はどこかしらの供給点にカバーされている} \\ 0\text{：需要点}i\text{はどこの供給点にもカバーされていない} \end{cases}$$

4.2. 定式化

Maximize

$$\sum_{i\in I} a_i y_i \tag{1}$$

subject to

$$\sum_{j\in J_i} x_j \geq y_i\,, \quad \forall i \in I \tag{2}$$

$$\sum_{j\in J} x_j = p \tag{3}$$

$$x_j, y_i \in \{0,1\} \tag{4}$$

(1)カバーされている需要量の最大化
(2)需要iの周辺に施設が設置されている
(3)設置する施設数はp個
(4)決定変数の 0-1 制約

また今回の実験ではカバーされている需要量を総需要量で割ったものを人口カバー率t%とし，以下のように定義する．

$$t = \frac{\sum_{i\in I} a_i y_i}{\sum_{i\in I} a_i} \times 100$$

4.3. 実験結果

実験結果を QGIS にプロットしたものを図 6 として示す． また$p = 42$のとき，つまり現在の配置と$p = 25,26,27$で求めた最適配置の 2 つの場合のカバー率を表 4 として示す．計画目標の 26 校の最適配置の場合と現状を比較したとき，カバー率が大きく下がることはないことがわかる．また，計画目標数前後の施設数でも大きくカバー率が変わることがないこともわかる．教員不足が懸念されていることもあり，26 校ではなく 25 校でもカバー率がそこまで変わらないという結果から 26 校よりも少ない校数に計画目標を変えることも可能であうと考えられる．

本章で行った実験では，既存の施設のみを使用した場合の結果であるため，仮に新設が可能の場合どのように結果が変わるのかがわからない．また，廃校する学校に通っている生徒は残る学校に割り振られなければならない．そこで問題となってくるのが，学校の容量が挙げられる．次章以降は，新設が可能の場合と施設容量を考慮に加え，実験を進めていく．

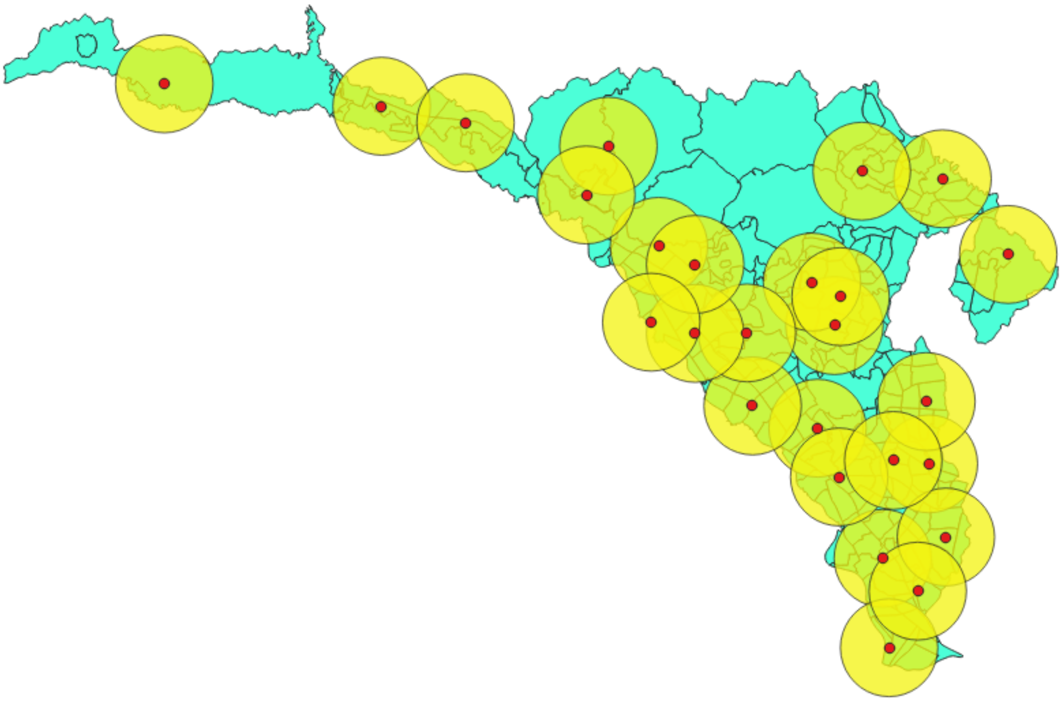

図 6. 基本モデルの最適解.

表 4. 基本モデルのカバー人口と人口カバー率.

	p=42	p=27	p=26	p=25
カバー人口(人)	44813.5	44467.5	44283.5	44002.5
人口カバー率(%)	91.7	91.0	90.6	90.0

第5章　新設が可能の場合を考慮したモデル

　前章で述べたように本章では新設が可能の場合を考慮したモデルを用いた数値実験を行う．先行研究として，廃止施設数と新設施設数を考慮した既存施設を活用した施設再配置モデル[2]がある．そのモデルを用いて数値実験を行う． 今回は仮に新設数が 3 の場合を考える．

5.1. 定数・変数の定義

　定数の定義は以下のとおりである．

i：需要点のインデックス

I：需要点の集合

I_j：jにカバーされている需要点の集合

j：供給点のインデックス

J：供給点の集合

J_i：iに供給可能な供給点の集合

a_i：需要点iにおける需要量

p：既存施設数

q：新設施設数

r：廃止施設数

s：供給点のカバー半径（メートル）

また，設定した定数の値は以下のとおりである．

$p = 42$

$q = 3$

$r = 19$

$s = 1000$

変数の定義は以下のとおりである．

$$x_j = \begin{cases} 1\text{：供給点}j\text{に施設を設置する} \\ 0\text{：供給点}j\text{に施設を設置しない} \end{cases}$$

$$y_i = \begin{cases} 1\text{：需要点}i\text{はどこかしらの供給点にカバーされている} \\ 0\text{：需要点}i\text{はどこの供給点にもカバーされていない} \end{cases}$$

$$z_j = \begin{cases} 1：供給点\ j\ において施設の有無に変更がある \\ 0：供給点\ j\ において施設の有無に変更がない \end{cases}$$

5.2. 定式化

Maximize

$$\sum_{i \in I} a_i y_i \tag{1}$$

subject to

$$\sum_{j \in J_i} x_j \geq y_i\,, \quad \forall i \in I \tag{2}$$

$$\sum_{j \in J} x_j = p - r + q \tag{5}$$

$$\sum_{j \in J} z_j = r + q \tag{6}$$

$$-z_j \leq x_j - x_j^* \leq z_j, \quad \forall j \in J \tag{7}$$

$$x_j, y_i, z_j \in \{0,1\} \tag{8}$$

(1)カバーされている需要量の最大化

(2)需要iの周辺に施設が設置されている

(5)既存施設の廃止を行い，新設した場合の施設の設置数

(6)新設，廃止を行った際の施設の有無の変更数

(7)施設の有無の変更があるかを判別する

(8)決定変数の 0-1 制約

5.3. 供給点について

本章のモデルでは，新設を考慮しているため新設候補地点が必要となる．新設候補地点は，1km おきに規則的にプロットする．新設候補地点の総数は 150 個となり，既存の小学校と合わせて 192 個の供給点をプロットしたものを図 7 として示す．

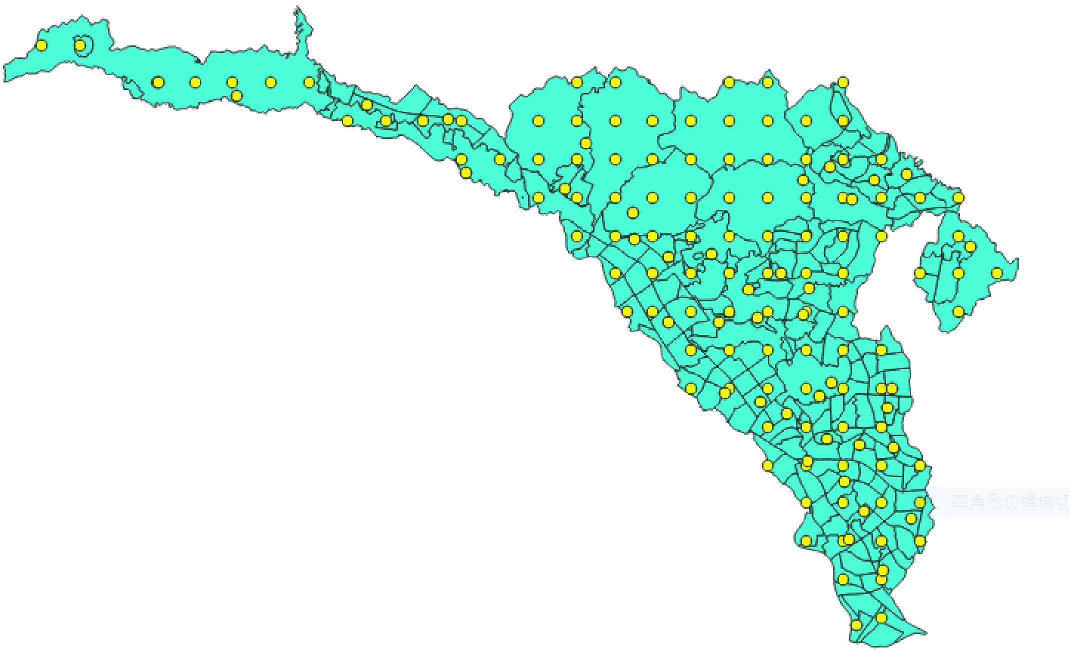

図 7．既存の小学校と新設候補地点を合わせた供給点.

5.4. 実験結果

新設数が 3 の場合の実験結果を QGIS にプロットしたものを図 8 として示す．また現状の配置と新設数qが 0～5 それぞれの場合の最適配置のカバー人口とカバー率をまとめたものを表 5 として示す．最終的な校数が 26 校になったとしても，1 校でも新設することによって現状よりもカバー率が高くなることがわかる．新設には予算の面も考慮しなければいけないが，新設校数の選択を行う際は表 3 で示した結果が参考できると考えられる．

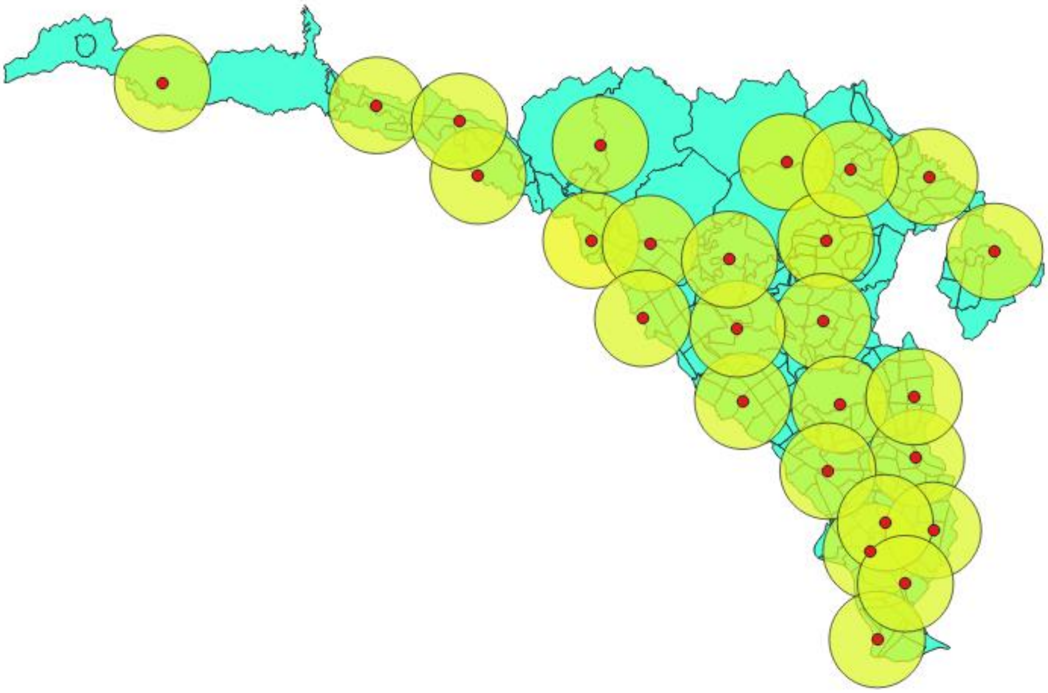

図 8. 新設数 3 の場合の最適解.

表 5. 新設数が 0〜5 のカバー人口と人口カバー率.

	現状	q=0	q=1	q=2	q=3	q=4	q=5
カバー人口(人)	44813.5	44283.5	45960.5	46679.5	47019.5	47329.5	47638.5
人口カバー率(%)	91.7	90.6	94.0	95.5	96.2	96.8	97.4

第6章　施設容量を考慮したモデル

本章では, 第 4 章の基本モデルに施設容量を考慮した制約条件を加えたモデルを提案し, 数値実験を行う.

6.1. 事前準備

図 9. 複数の供給点からカバーされている重要点.

図 9 のように，ある需要点が複数の供給点からカバーされてしまう可能性がある．その場合，1 つの需要点が複数の施設の容量を圧迫してしまうという問題点がある．そこでカバーされる可能性のある施設数に応じて需要点の需要量の値を更新するようにする．複数の施設からカバーされる可能性のある需要点がある場合，その需要量をカバーする可能性のある全施設数で割ったものを新しい需要量をb_iとする．式は以下のようになる．

$$b_i = \begin{cases} \dfrac{a_i}{|J_i|} & if\ |J_i| \geq 2 \\ a_i & otherwise \end{cases}$$

また, 東京都の公立小学校の平均生徒数は 465.9 人である. 今回の人口データは 0～14 歳のものをあつかっているため 2.5 倍して施設容量する. 実際は，それぞれの施設容量は異なるが，今回は全ての施設容量を 470 人×2.5=1175 人と設定する.

新たにに設定した需要量b_iと施設容量cに合わせて目的関数，制約条件に改良を加える.

6.2. 定数・変数の定義

定数の定義は以下のとおりである.

i：需要点のインデックス

I：需要点の集合

I_j：jにカバーされている需要点の集合

j：供給点のインデックス

J：供給点の集合

J_i：iに供給可能な供給点の集合

b_i：需要点iにおける新しい需要量

c：施設容量

p：施設の設置数

s：供給点のカバー半径（メートル）

また，設定した定数の値は以下のとおりである.

$p = 26$

$c = 1175$

$s = 1000$

変数の定義は以下のとおりである.

$$x_j = \begin{cases} 1\text{：供給点}j\text{に施設を設置する} \\ 0\text{：供給点}j\text{に施設を設置しない} \end{cases}$$

y_i：需要iをカバーしている施設数，0 の場合はどの供給点からもカバーされていない.

6.3. 定式化

Maximize

$$\sum_{i \in I} b_i y_i \tag{1}$$

subject to

$$\sum_{j \in J_i} x_j = y_i\,, \quad \forall i \in I \tag{2}$$

$$\sum_{j \in J} x_j = p\,, \tag{3}$$

$$x_j \sum_{i \in I_j} b_i \leq c, \quad \forall j \in J \tag{4}$$

$$x_j \in \{0,1\}, \tag{5}$$

$$y_i \in \mathbb{Z} \tag{6}$$

(1)カバーされている需要量の最大化
(2)需要iの周辺の設置されている施設数
(3)設置する施設数はp個
(4)それぞれの施設の容量制約
(5)決定変数の 0-1 制約
(6)変数の整数制約

6.4. 実験結果

施設容量を考慮したモデルでの実験結果をプロットしたものを図 10 として示す．また提案したモデルでの最適値と現状の配置と基本的モデルでの最適値と人口カバー率をまとめたものを表 6 に示す．表 6 から基本的モデルと容量を考慮したモデルでの結果を比較した際，人口カバー率が半分程度の下がってしまっている．しかしながら，施設容量が 1175 人で，施設数 26 の場合は，カバー可能な最大人数は 30550 人である．基本的モデルと比較するよりも，施設容量の埋まり具合のほうが重要だと考えられる．$p = 25{,}26{,}27$それぞれの場合のカバー可能な最大人数と施設容量の埋まり具合を表 7 として示す．計画目標である 26 校の場合，容量の埋まり具合は 72.7%となっている．まだ，27%程カバーできる余地があり，良い結果とは言い難い．また施設数を増やすと，容量の埋まり具合が下がり，減らすと上がっていることもわかる．提案したモデルでは施設容量を無限大に設定しても基本的モデルと同じ結果は得られない．この問題は需要量を新たに設定したことが原因であると考えられる．よって提案したモデルは有用とは言えず，モデルの改良または，手法を変える必要がある．

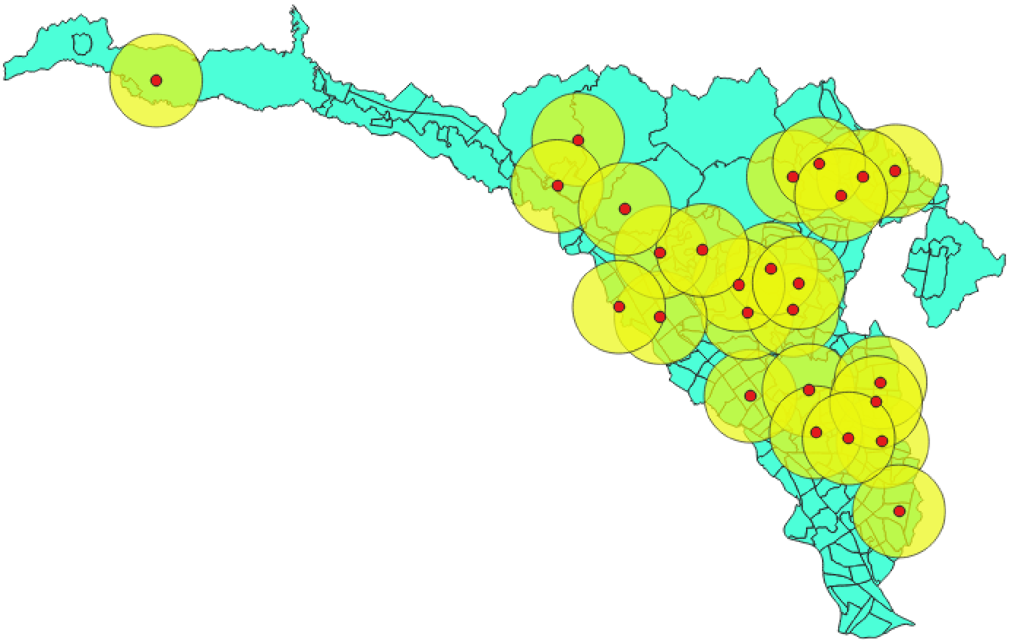

図 10. 施設容量を考慮したモデルの最適解.

表 6. それぞれの場合のカバー人口と人口カバー率.

	p=42（現在）	基本モデル	容量を考慮したモデル
カバー人口(人)	44813.5	44283.5	22214.45
人口カバー率(%)	91.7	90.6	45.4

表 7. p=25,26,27 のカバー可能な最大人数と施設容量の埋まり具合.

	p=25	p=26	p=27
カバー人口(人)	21839.7	22214.45	22214.45
人口カバー率(%)	44.7	45.4	45.4
カバー可能な最大人数(人)	29375	30550	31725
容量の埋まり具合(%)	74.3	72.7	70.0

第7章　結果・考察

本章では，本研究のまとめ及び実験結果から得られた今後の課題について述べる．

7.1. まとめ

本研究では，町田市の小学校統廃合の計画を一例に，基本的な最大被覆問題のモデルに，施設統廃合における新設が可能な場合や容量制約といった要素を付け加え検討を試みた．

基本モデルでの実験結果としては，現在の 42 校から 26 校に減らしたとしても人口カバー率は 1 %程度しか下がらない最適配置を求めることができた．また，26 校の前後の数である，25 校，27 校の場合と比較した際も大きくカバー率が変わることはないため，老朽化や教員不足といった問題に対処するために計画目標を変えることの問題はあまりないことがわかる．

また，新設が可能の場合のモデルでの実験結果からは，1 校新設し，計画目標の 26 校にした場合，人口カバー率が 94%と現在の 42 校の場合に比べ 2 %程度高くなる最適配置を求めることができた．新設が 1 校の場合だけなく，1〜5 校の場合の人口カバー率を求めたことにより，どのようにカバー率が変わるのかがわかり，新設を検討する際に発生する財政的な問題と照らし合わせることで検討の際に有用な結果が得られた．

施設容量を考慮した際のモデルでの実験結果からは，基本モデルと比較した際，人口カバー率が半分程度の下がってしまった．計画目標である 26 校の場合のカバー可能な最大人数は 30550 人であり，実際にカバーされている人数は 22214.45 人であり，容量の埋まり具合は 72.7%となっている．まだ，27%程カバーできる余地があり，良い結果が得られたとは言い難い．また施設数を増やすと，容量の埋まり具合が下がり，減らすと上がっていることもわかった．提案したモデルでは施設容量を無限大に設定しても基本モデルと同じ結果は得られないこともわかった．以上より提案したモデルでは不十分で，モデルの改良また手法の変更が必要だとわかった．

7.2. 今後の課題

基本モデルと新設が可能の場合は良い結果が得られたが，容量を考慮した場合は，改善の余地があると考えられる．特に問題になっているのが需要量の設定である．今回の手法では，定式化の前に需要量を新しく設定した．定式化の前ではなく，制約条件に組み込んだモデル作成ができれば，需要量を更新するといった作業も減り，より良い結果が得られると考えられる．また施設容量だけを考慮に加えたモデルだけでなく，新設が可能の場合と複合して考えることでさらに良い結果が得られると考える．

参 考 文 献

[1] 町田市 HP，https://www.city.machida.tokyo.jp/，（参照 2023 年 12 月 10 日）.

[2] 鈴木勉，既存施設を活用した都市施設の再配置モデル，都市計画論文集，Vol.46, No.3, pp.421–426, 2011.

[3] Geoshape リポジトリ，https://geoshape.ex.nii.ac.jp/，（参照 7 月 23 日）.

[4] 近藤洋子，高田谷久美子，日暮眞，国立保健医療科学院，通学時間・手段が子どもの健康に及ぼす影響について，https://www.niph.go.jp/wadai/mhlw/1992/h040206.pdf，（参照 2023 年 12 月 10 日）.