

# 小児科医院の最適配置 —名古屋市を例として—

2009SE253 島井史子 2009SE268 鈴木里歩

指導教員：佐々木美裕

## 1 はじめに

### 1.1 研究の背景

本研究では、名古屋市における小児科医院の配置問題について考える。名古屋市に限らず、日本国内で小児科の医師不足が問題となっている。

愛知県では平成 23 年 3 月に愛知県地域保健医療対策 [1] を公示し、小児医療対策の基本計画には、子どもが病気になっても安心して相談、医療が受けられるよう、かかりつけ医を持つことを推奨すると書かれている。一次医療病院で対応できる軽症の人が二次医療病院に来たり、時間外受診をする人が多く、二次・三次医療病院に負担がかかっていることが理由である。身近に安心して相談できるかかりつけ医がいれば、二次医療病院に来る軽症の人が減ると考えられる。

しかし、愛知県地域保健医療対策には小児救急医療対策については書かれているが、かかりつけ医については詳細が書かれていない。

以上のことより、名古屋市におけるかかりつけ医がいる小児科医院の配置を考えることを課題とした。

### 1.2 過去の研究

過去の小児科医院に関する研究では、参考文献 [2] の研究が挙げられる。これは夜間救急の小児医療施設配置の研究である。対象としている小児医療施設は軽症患者の診察を行う初期救急医療施設だけでなく、検査や入院を必要とする患者の診察を行う二次救急医療施設についても考慮している。一次救急医療施設と二次救急医療施設の距離の総和を最小とすることを、目的関数としている。

本研究では二次救急医療施設への搬送を考えないものとする。

## 2 小児科医院の現状

### 2.1 愛知県の現状

愛知県は 12 の二次医療圏に分かれている。主たる診療科を小児科とする医師数を 15 歳未満の人口千対比でみた県の平均は、0.70 人であるが、医療圏によりばらつきがあり、東三河北部医療圏で低くなっている。外来患者数については、厚生労働省の平成 20 年患者調査によると、15 歳未満の外来患者数は 49,700 人、全体の 11.9% となっている。外来患者数も小児科医師と同様に、かかりつけ医に診てもらっている患者数だけでなく、救急病院にかかった患者や総合病院にかかった患者も数に含まれている。

### 2.2 名古屋市の現状

名古屋市の 15 歳未満の人口千人あたりの小児科専門医師数は 1.00 人と高いが、これは通院時間や人口密度などの地域格差を考慮している数字ではない。小児科専門医師数は、救急病院や総合病院のかかりつけ医ではない小児科医師も含んでいる。

名古屋市 16 区で対象となる小児科医院は 59 件になる。小児科医院での診療の対象年齢を 0 歳児から 9 歳児までとする。

## 3 問題の説明

### 3.1 現状の問題点について

名古屋市にある現在の小児科医院の位置を図 1 に示す。赤丸は小児科医院の位置、グレーの丸は小児科を扱う病院の位置を示している。メッシュは人口 0 人以上 50 人未満、50 人以上 100 人未満、100 人以上 200 人未満、200 人以上 300 人未満、300 人以上で色分けしている。

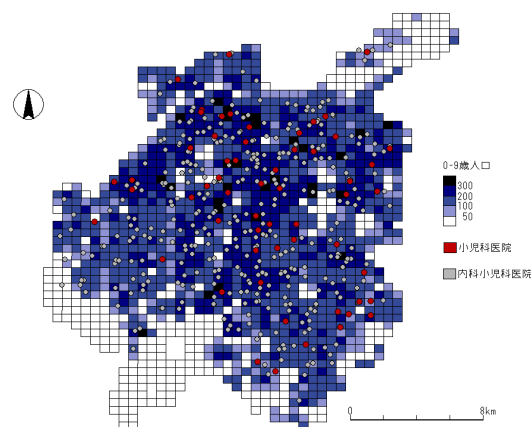


図 1 名古屋市の小児科医院の配置

名古屋市の小児科医院の配置に関して問題点を 2 つ指摘する。

1 つ目の問題点は、地域によって配置に偏りがある点である。名古屋市でみると、小児科医院が南西地域にほとんどなく、中央地域に小児科医院が集まっていることが分かる。これより、名古屋市には小児科医院が均等に配置されていないことが分かる。

2 つ目は、0-9 歳児の人口が考慮されていない点である。各区の人口と配置場所を比較して、人口が多い区ほど小児科医院が配置されているとはいえない。例えば、守山区の人口は 17,791 人 (平成 24 年 6 月 1 日時点) であり小児科医院が 4 つ配置されている。しかし、小児科医院が 5 つ配

置されている昭和区の0-9歳児の人口は守山区よりも少ない7,749人(平成24年6月1日時点)となっている。これでは小児科医院によって医師が担当しなければいけない患者数に差が生じ、診察の待ち時間や医師の負担に不平等が生じる結果となる。

### 3.2 モデルの説明

ミニサム型と最大被覆型のモデルを考える。

ミニサム型のモデルは、需要点から小児科医院の距離の総和を最小化することを目標とする。

1つ目の問題を解決するために、需要点から小児科医院までの距離制限を設ける。需要点から小児科医院までの最大距離はパラメータとしておく。新たに設置できる小児科医院の数をパラメータとしておく。

2つ目の問題を解決するために、人口の重みを考慮する。需要点から候補点に新たに設置された病院への移動距離に、需要点の人口を掛けて考える。

最大被覆型のモデルは、小児科医院がカバーする人数を最大化することを目標とする。

1つ目のモデルと同様に、需要点から小児科医院までの最大距離をパラメータとしておく。新たに設置できる小児科医院のパラメータを設ける。このモデルでは人口の重みについては考えない。

パラメータの値を変化させ計算し、計算結果を比べ最適な配置の指標を考える。結果から、各小児科医院へ割り当てられた需要点の0-9歳児の人数の合計を求める。これを各小児科医院が担当する患者数と考え、患者数を比較する。

## 4 定式化

### 4.1 ミニサム型モデル

問題を定式化するにあたり、以下の記号を定義する。

$J$ : 既存の小児科医院の添字集合

$K$ : 需要点の添字集合

$L$ : 候補点の添字集合

$d_{kj}$ : 需要点  $k \in K$  から小児科医院  $j \in J$  までの距離

$d_{kl}$ : 需要点  $k \in K$  から候補点  $l \in L$  までの距離

$p$ : 新たに配置する小児科医院の数

$a$ : 各需要点から各候補点までの最大距離

$w_k$ : 需要点  $k \in K$  の重み

変数は次のように定義する。

$$x_l = \begin{cases} 1: \text{候補点 } l \in L \text{ に新たな小児科医院を設置する} \\ 0: \text{候補点 } l \in L \text{ に新たな小児科医院を設置しない} \end{cases}$$

$$y_{kl} = \begin{cases} 1: \text{需要点 } k \in K \text{ を候補点 } l \in L \text{ に設置された小児科医院へ割り当てる} \\ 0: \text{需要点 } k \in K \text{ を候補点 } l \in L \text{ に設置された小児科医院へ割り当てない} \end{cases}$$

$$z_{kj} = \begin{cases} 1: \text{需要点 } k \in K \text{ を既存の小児科医院 } j \in J \text{ へ割り当てる} \\ 0: \text{需要点 } k \in K \text{ を既存の小児科医院 } j \in J \text{ へ割り当てない} \end{cases}$$

この問題は以下のように定式化できる。

Minimize

$$\sum_{k \in K} \left( \sum_{j \in J} d_{kj} z_{kj} + \sum_{l \in L} d_{kl} w_k y_{kl} \right) \quad (1)$$

制約条件

$$y_{kl} \leq x_l \quad (k \in K, l \in L) \quad (2)$$

$$\sum_{l \in L} y_{kl} + \sum_{j \in J} z_{kj} = 1 \quad (k \in K) \quad (3)$$

$$\sum_{l \in L} x_l \leq p \quad (4)$$

$$d_{kl} y_{kl} \leq a \quad (k \in K, l \in L) \quad (5)$$

$$d_{kj} z_{kj} \leq a \quad (k \in K, j \in J) \quad (6)$$

$$x_l \in \{0, 1\} \quad (l \in L) \quad (7)$$

$$y_{kl} \in \{0, 1\} \quad (k \in K, l \in L) \quad (8)$$

$$z_{kj} \in \{0, 1\} \quad (k \in K, j \in J) \quad (9)$$

式(1)は、需要点から既存の小児科医院への距離と需要点から候補点への重み付き距離の総和を最小化することを表す。式(2)は、新規の小児科医院を設置していない候補点には需要点を割り当てることはできないことを表す。式(3)は、需要点は新規の小児科医院か既存の小児科医院のいずれかに割り当てられることを表す。式(4)は、新規に設置する小児科医院の数は最大  $p$  個であることを表す。式(5)は、需要点から新規の小児科医院への距離は最大  $a$  km とすることを表す。式(6)は、需要点から既存の小児科医院への距離は最大  $a$  km とすることを表す。式(7)は、変数  $x_l$  がバイナリ変数であることを表す。式(8)は、変数  $y_{kl}$  がバイナリ変数であることを表す。式(9)は、変数  $z_{kj}$  がバイナリ変数であることを表す。

### 4.2 最大被覆型モデル

問題を定式化するにあたり、以下の記号を定義する。

$J$ : 既存の小児科医院の添字集合

$K$ : 需要点の添字集合

$L$ : 候補点の添字集合

$$a_{kj} = \begin{cases} 1: \text{需要点 } k \in K \text{ から小児科医院 } j \in J \text{ へ制限距離内で行ける} \\ 0: \text{需要点 } k \in K \text{ から小児科医院 } j \in J \text{ へ制限距離内で行けない} \end{cases}$$

$$a_{kl} = \begin{cases} 1: \text{需要点 } k \in K \text{ から候補点 } l \in L \text{ へ制限距離内で行ける} \\ 0: \text{需要点 } k \in K \text{ から候補点 } l \in L \text{ へ制限距離内で行けない} \end{cases}$$

$p$ : 新たに配置する小児科医院の数

$h_k$ : 需要点  $k \in K$  の人口

変数は次のように定義する.

$$x_l = \begin{cases} 1: \text{候補点 } l \in L \text{ に新たな小児科医院を設置する} \\ 0: \text{候補点 } l \in L \text{ に新たな小児科医院を設置しない} \end{cases}$$

$$z_k = \begin{cases} 1: \text{需要点 } k \in K \text{ がカバーされている} \\ 0: \text{需要点 } k \in K \text{ がカバーされていない} \end{cases}$$

この問題は以下のように定式化できる.

Maximize

$$\sum_{k \in K} h_k z_k \quad (10)$$

制約条件

$$z_k \leq \sum_{l \in L} a_{kl} x_l + \sum_{j \in J} a_{kj} \quad (k \in K) \quad (11)$$

$$\sum_{l \in L} x_l \leq p \quad (12)$$

$$x_l \in \{0, 1\} \quad (l \in L) \quad (13)$$

$$z_k \in \{0, 1\} \quad (k \in K) \quad (14)$$

式 (10) は, 小児科医院がカバーする人数を最大化することを表す. 式 (11) は, 需要点から制限距離内に小児科医院がなければ, 需要点をカバーすることができないことを表す. 式 (12) は, 新規に設置する小児科医院の数は最大  $p$  個であることを表す. 式 (13) は, 変数  $x_l$  がバイナリ変数であることを表す. 式 (14) は, 変数  $z_k$  がバイナリ変数であることを表す.

## 5 データ作成

### 5.1 地域メッシュについて

地域メッシュとは, 緯度経度に基づき地域を隙間なく網の目 (Mesh) の区画に分けたものである. ほぼ正方形の形状であるため, 位置の表示がしやすく距離に関する計算, 分析, 比較を簡単にすることが出来る.

### 5.2 需要点と候補点について

需要点は名古屋市の 2 分の 1 地域メッシュの中心点とする. 需要点の数は 1398 点である.

候補点は 2 つパターンを考える. 1 つめは, 名古屋市の 2 分の 1 地域メッシュの中心点を新規小児科医院の配置するための候補点と考える. 2 つめは, 名古屋市の既存の病院で小児科を扱う病院を候補点と考える. ただし, 総合病院と救急病院は除くこととする. 2 分の 1 地域メッシュを候補点とする場合は 1398 点, 小児科を扱う既存の病院を新規小児科医院の配置するための候補点とする場合は 365 点である.

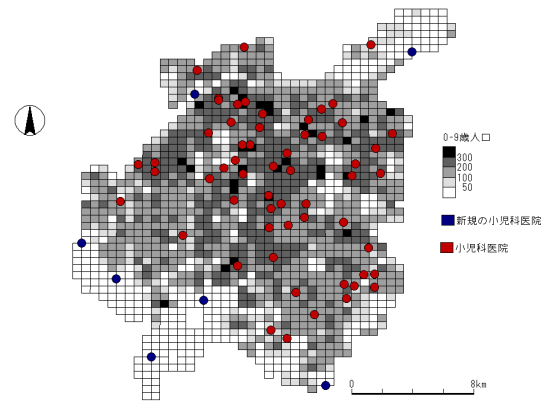


図 2 実行結果 (制限距離 3km, 設置数 7)

### 5.3 距離データについて

需要点から候補点間の距離データ, 需要点から既存の小児科医院間の距離データを作成する. 距離は直線距離とした. 手順を以下に示す.

1. 需要点と候補点のメッシュコードを緯度経度へ変換する.
2. 需要点・候補点・既存の小児科医院の緯度経度を直角平面座標へ変換する.
3. 距離を直線距離で計算する.

必要なデータを生成するプログラムを Microsoft Visual C++ 2010 Express(以下 VC2010) を用いて作成した.

### 5.4 需要点の人口データについて

需要点の 0-9 歳児の人口データは, 平成 22 年国勢調査に関する地域メッシュ統計 [3] と名古屋市が掲示している 22 年度の人口データ [4] を利用している. 名古屋市の 0-9 歳児の割合を平成 22 年国勢調査の人口にかけて出す. 名古屋市の 0-9 歳児の割合は 8.0637% である.

## 6 実行結果と考察

### 6.1 候補点を 2 分の 1 地域メッシュの中心点にした場合の実行結果

前節のモデルを IBM ILOG CPLEX Optimization Studio(以下 CPLEX) で解く.

ミニサム型モデルを解いた結果を示す.

制限距離 3km とした場合, 新たに設置する小児科医院の数の最小は 7 であった. この結果を図 2 に示す. 赤丸が既存の小児科医院, 青丸が新たに設置する小児科医院である. 制限距離 2km とした場合, 新たに設置する小児科医院の数の最小は 22 であった.

最大被覆型モデルを解いた結果を示す.

制限距離を 3km, 設置数 6 で名古屋市の 0-9 歳児の人数である 191,793 人をカバーすることができる. 設置数 6 の場合の結果を図 4 に示す. 制限距離を 2km, 設置数 20 で名古屋市の 0-9 歳児の人数である 191,793 人をカバーするこ

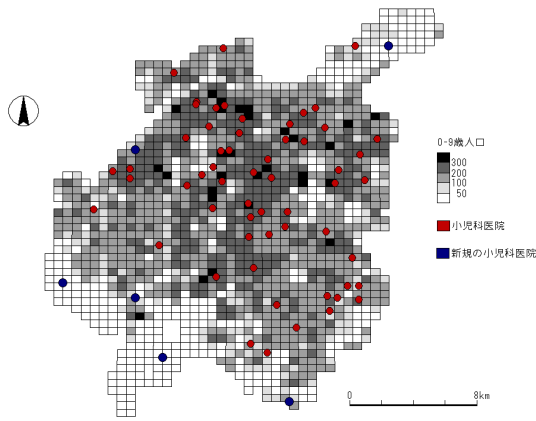


図3 名古屋市の小児科医院の配置 (制限距離 3km, 設置数 6)

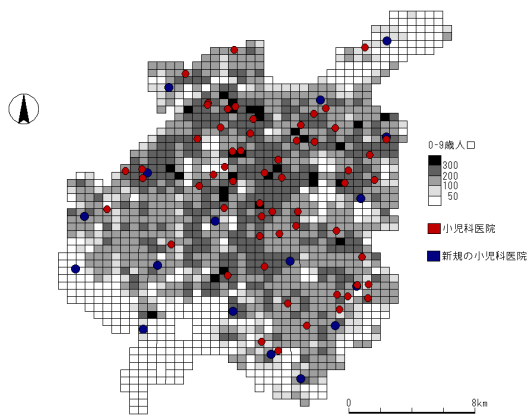


図4 名古屋市の小児科医院の配置 (制限距離 3km, 設置数 17)

とができる。

### 6.2 候補点を既存の小児科内科医院の座標点にした場合の実行結果

ミニサム型モデルを解いた結果を示す。制限距離を 6km 未満にすると、新たに設置する小児科医院の数を最大にしても実行不可能となる。制限距離を 6km 以上では最近の病院への距離に不平等が生じると考えたため、今回はミニサム型モデルの結果を考えないことにする。

最大被覆型モデルを解いた結果を示す。制限距離を 3km, 設置数 17 でカバーする人数が最大の 191,510 人となる。制限距離を 2km, 設置数 25 でカバーする人数が最大の 190,134 人となる。

### 6.3 結果の考察

実行結果の数値を表 1 にまとめた。現在の内科小児科医院, 小児科医院だけでは制限距離を 6km 未満にすると, 名古屋市の 0-9 歳児の人口をカバーできないことが分かった。

ミニサム型モデルと最大被覆型モデルの結果を比較した

表 1 実行結果のまとめ

	2分の1地域メッシュの中心点		既存の内科小児科医院の座標点		
	制限距離	設置数	潜在患者数	設置数	潜在患者数
ミニサム型	2km	22	191,793(人)	実行不可能	
	3km	7	191,793(人)	実行不可能	
	6km	1	191,793(人)	1	191,793(人)
最大被覆型	2km	20	191,793(人)	25	190,134(人)
	3km	6	191,793(人)	17	190,510(人)

場合, 最大被覆型モデルでは同じ制限距離でも設置する数が少ないことがわかる。各小児科医院が担当する人数を調べると, ミニサム型モデルでは新たに設置した小児科医院の担当人数が 0 人の箇所がある。これは需要点の人口が 0 人の地域メッシュを考慮しているか, いないかの違いであることが考えられる。実際に, 候補点を 2分の1地域メッシュの中心点, 制限距離を 3km とし解いた結果を比較する。図 2 では港区の端に小児科医院が設置されているが, この小児科医院を最近とする地域メッシュの人口は 0 人である。図 4 では, 港区の端に小児科医院は設置されていない。

候補点を 2分の1地域メッシュの中心点とした場合と既存の内科小児科医院の座標点とした場合を比較する。最大被覆型モデルにおいて制限距離 3km で比較すると, 設置数が約 3 倍違ってくる。

## 7 おわりに

今回はミニサム型モデルでは需要点の人口が 0 人の地域を考えているので, 人口 0 人の地域メッシュを候補点から除く必要がある。既存の内科小児科医院と既存の小児科医院を含め, 他にいくつの小児科医院が必要か, というのも考えるとより現実的な指標が出来あがると考えられる。

## 参考文献

- [1] 愛知県公式 web サイト愛知県地域保健医療計画, <http://www.pref.aichi.jp/0000039667.html>
- [2] 松本立子:移動距離に着目した夜間小児医療施設配置, 筑波大学社会工学類都市計画専攻卒業論文 (2005).
- [3] 法務省統計局地域メッシュ統計, <http://www.stat.go.jp/data/mesh/index.htm>
- [4] 名古屋市公式 web サイト国勢調査 (分野別統計調査結果), <http://www.city.nagoya.jp/shisei/category/67-5-3-6-0-0-0-0-0-0.html>