

高度医療機器の評価に関する研究（その1） 地域格差分析と最適配置モデル分析

1002750 政策研究大学院大学 大山達雄 OYAMA Tatsuo
 1302170 政策研究大学院大学 刀根 薫 TONE Kaoru
 1404420 東京大学 並木 誠 NAMIKI Makoto
 国立がんセンター 石川光一 ISHIKAWA Koiti
 医療経済研究機構 竹本智明 TAKEMOTO Tomoharu

1 研究の目的

先駆的高度医療機器としてのMRIが現在、各都道府県、二次保健医療圏、市町村、等の各種レベルにおいて配置されている状況に対して、どのように配置するのが最適かを分析するための数理モデルを構築し、各選択案の評価、検討を行う。

2 地域間格差分析

都道府県、二次保健医療圏、市町村等のさまざまなレベルにおいてMRI施設あるいは機器をどのように配置するのが“公平”か、あるいは“公正”かという問題を人口データに基づいて考慮する。すなわち現状のMRI関連の総施設数、総機器数、総技師数等が与えられたときに、これらを各レベルで人口に基づいて公平、あるいは公正に配分した場合にどうなるかを各種の公平さ、公正さの基準のもとで求めた上で、得られた最適配分数と現状の配分数との格差を求めることによって、施設あるいは機器の配置の最適性について分析、検討を加える。

一般に総議席数が与えられたとき、これらを各選挙区に“配分”するにはどうすればよいかという議席数配分問題については、伝統的な方法として最大剰余数法(LFM)と呼ばれる配分方法がある。本節ではLFMに基づいて施設を“配分”した場合の格差分析を試みる。MRI施設の47都道府県への公平かつ公正な配置配分に関しては、以下のような結果が得られる。

- 北海道は16施設の余剰でかなり良好である。東北地域は秋田を除いて全般に少し不足気味である。
- 関東では栃木、茨城がわずかに余裕があるが、首都圏1都3県は大きく不足している。

- 北陸3県、山陰、中国、九州地方では、兵庫、福岡、長崎で不足している以外は全般に余裕がある。中部3県、近畿圏はほぼ平均値に近い。
- 全体として、大都市圏を有する都道府県において不足気味であるのに対して、どちらかという人口の少ない地方においてMRI施設は余裕がある。

現在の埼玉県二次保健医療圏のMRI施設数とLFMによる配分解を比較分析すると、中央、西部第一でわずかにMRI施設数に余裕があり、東部でわずかに不足しているという以外はほぼ平均化していることがわかる。埼玉県二次保健医療圏の中では中央圏、西部第一圏が人口の大きな都市を有していることから、より多くのMRI施設を有している。埼玉県は首都圏東京都に隣接しているため、MRI施設利用者は東京にある施設をかなり利用しているということも十分に考えられる。

埼玉県二次保健医療圏としての中央地区内市町村への最適配置については、川口、大宮でわずかに不足し、伊奈町でわずかに余裕がある以外はほぼ平均化しているのが確認される。

3 最適配置モデル分析

いくつかの都市の集合と各都市の人口データ、都市間距離データ、等が与えられたときに、MRIの最適配置を決定する数理計画(MP)最適化モデルを示す。いま n 個の都市の集合を $N = \{1, 2, \dots, n\}$ と表すとき、以下のようなデータが与えられているとする。 P_i :都市 i の人口, $i \in N$; d_{ij} :都市 i と都市 j の間の距離(あるいは所要時間), $i, j \in N, d_{ii} = 0, i \in N$; M_i :都市 i の1施設当たり利用者数上限(施設容量)

$i \in N$; z_i^0 : 都市 i の既設施設数; $i \in N$; K : 総施設数 (あるいは施設数上限値).

混合型整数計画法を用いて、上記の最適配置問題を定式化する。

(1) 決定変数

z_i : 都市 i に配置されたMR I 施設数
 $z_i \geq 0$, 整数変数, $i \in N$

x_{ij} : 都市 i に配置されたMR I 施設を利用 j する都市 j の住民数 $x_{ij} \geq 0$, $i, j \in N$

(2) 制約条件

1. 需要条件

$$\sum_{i \in N} x_{ij} \geq P_j \quad j \in N$$

2. 施設容量条件

$$\sum_{j \in N} x_{ij} \leq M_i z_i \quad i \in N$$

3. 総施設数条件

$$\sum_{i \in N} z_i = K$$

4. 既設施設数条件

$$z_i \geq z_i^0 \quad i \in N$$

(2) 目的関数

$$w = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N, i \neq j} d_{ij} x_{ij} \rightarrow \text{Minimize}$$

埼玉県二次医療圏中央地区における現在の施設数、機器数はいずれも18である。 $M = 10, 11, 12, 15, \dots$, のようにパラメタを変更した場合のモデルの目的関数値に相当する住民の総移動距離の変化の状況としては、当然のことながら、施設容量が増えると全般的に目的関数値が減少する傾向が見られる。ここで施設容量が極端に大きくなると (無限大と表示)、現在の施設数18に対しては目的関数値 (住民の総移動距離) が 44.3×10^5 (km) となり、また

施設数が23になるとすべての中央地区市町村に施設が設置されることになるため、目的関数値は0となる。施設容量が極端に小さくなると ($M = 10, 11$ などが対応)、施設数がある程度以下になるとすべての住民にMR I 施設によるサービスを供給することが不可能となるため、実行可能解が存在しなくなる。 M の値が12以上の場合には、施設数が現状の18以上ですべての制約条件を満たす実行可能解が得られる。また M の値が20以上になると、施設容量の増加に対する住民の総移動距離の減少は少なくなる。すなわち M の値が20あたりまではかなり住民の総移動距離は小さくなる。したがって M の値に関しては、15あるいは20あたりが望ましいといえよう。

4 まとめ

本分析ではMR I 利用者については行政区に基づく住民移動の利便性を考慮したが、現実には交通利便性、住民購買行動に基づく移動等のパターンも考慮する必要がある。

本稿で取り上げた高度医療機器MR I の配置に関する地域不均一性分析と最適配置モデル分析はいずれもMR I 機器に限らずあらゆる施設、設備の配置に関する分析に用いられる手法である。医療分野における最適配置モデル分析の更なる応用が期待される。

本研究は平成9年度老人保険健康増進等事業による研究として (財) 医療経済研究機構において行われた。

参考文献

- [1] 大山達雄, 1993. 「最適化モデル分析」, 日科技連出版, 372p.
 - [2] 畑 正夫, 大山達雄, 1995. "高齢者施設の最適配置問題に対する階層構造型数理計画モデル", RAMP シンポジウム論文集, pp.91-106.
 - [3] Pollock, S.M., M.H. Rothkopf and A. Barnett, 1994. Operations Research and the Public Sector, in *Handbooks in Operations Research and Management Science*, North-Holland, Amsterdam, Netherland.
- (大山達雄監修翻訳, 1998. 「公共政策ORハンドブック」, 朝倉書店, 741p)