

二次保健医療圏における公的医療施設の立地-配分分析

－新潟県上越医療圏の事例－

相羽良寿

Location-Allocation Analysis of Public Medical Facilities in Secondary Health Care Area : Case of Joetsu Medical District in Niigata Prefecture

Yoshihisa AIBA

Abstract:

This paper studies a medical district composing of three cities such as Joetsu, Myoko, and Itoigawa. This district has total population of about 300,000 people, 1161 Cyome-aza, and nine public medical facilities. The purpose of this study is to analyze the location of nine public medical facilities and allocation of Cyome-aza to the facilities using location-allocation models. In addition, we analyze the impact of consolidation of one of three medical facilities of Japan Agricultural Co-operatives.

Keywords: 2次医療圏 (secondary health care area), 公的医療施設 (public medical facilities), 立地-配分モデル (location-allocation model)

1. はじめに

立地-配分モデルは、①施設数、②解空間、③目的関数の三つの側面からさまざまな形式で組み立てられてきた (石崎, 2003)。施設の利用者側からみて最も一般的な最適化の目的関数は、施設ができるだけ近くにあるという距離の面での効率化を図る立地パターンをとることである。いま、研究地域内のすべての人口が施設を利用すると考え、そのときに発生する総移動距離 Z を求めると、次式で算出される (ReVelle and Swain, 1970)。

$$Z = \sum_j \sum_i w_i d_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

w_i = 居住地点 i の人口

d_{ij} = 居住地点 i から施設立地点 j への距離

X_{ij} = 居住地点 i の住民が施設立地点 j の施設を利用するよう配分されたとき 1, そうでないとき 0 をとる 0-1 の配分変数

式 (1) で示された目的関数 Z を最小化するように施設を立地させ、居住地点を配分する立地-配分モデルは、 p -メディアン問題と呼ばれ、今日では、最も基本的な立地-配分モデルとして知られている。

また、式 (2) で示される目的関数 Z を最大化するように施設を立地させ、居住地点をカバー (被覆) する立地-配分モデルは、最大カバー問題と呼ばれ、少ない施設で最大限の人口をカバーするように立地させるときに利用される。

$$\text{Maximize } Z = \sum_i w_i Z_i \quad (2)$$

制約条件

$$\sum_j a_{ij} Y_j - Z_i \geq 0 \quad (3)$$

$$\sum_i Y_i = p \quad (4)$$

$$Z_i \in (0, 1) \quad (5)$$

ただし、

Y_j = 地点 j に施設が立地するとき 1，そうでないとき 0 をとる 0-1 の「立地変数」

a_{ij} = 地点 j が居住地点 i を一定の被覆半径 R 内に収める（カバーする）とき 1，そうでないとき 0 をとる 0-1 の「被覆変数」

Z_i = 居住地点 i が被覆されたとき 1，そうでないとき 0 をとる 0-1 の「被覆変数」

立地－配分モデルにおいて最適立地を求めるためには、2種類の解法が存在する。一つは計画法であり、もう一つは発見的解法である（高阪，1994，118-119）。計画法では最適解が得られるが、計算量が膨大となり、大きな問題では実行不可能となる。それに対し、発見的解法は、大きな問題を比較的速く解くことが可能で、さまざまな目的関数に利用でき、最適解だけでなく、2番目、3番目の最適解も見出すことができる。連続空間と離散空間の双方に対し研究されてきた発見的解法の中で、本研究では、離散空間に対する多くの事例で広く利用されている頂点代替法を用いる（Teitz and Bart, 1968 ; Rushton and Kohler, 1973 ; Mirchandani and Reilly 1987）。

2. 研究目的、分析手法、研究対象地域

研究対象地域である上越医療圏には、表 1 に示すように、公的医療施設が 9 施設立地している。本研究の目的は、立地－配分モデルを応用して、研究対象地域における 9 つの公的医療施設の立地－配分を、需要側（患者側）視点において施設利用者の移動距離と需要人口を考慮して分析することである。

表 1 公的医療施設の一覧表

ID	公的医療施設名	病床数
4	糸魚川総合病院	269
130	けいなん総合病院	170
256	県立妙高病院	60
301	上越地域医療センター病院	199
367	上越総合病院	308
503	新潟労災病院	360
620	県立中央病院	534
757	県立柿崎病院	55
825	さいがた病院	410

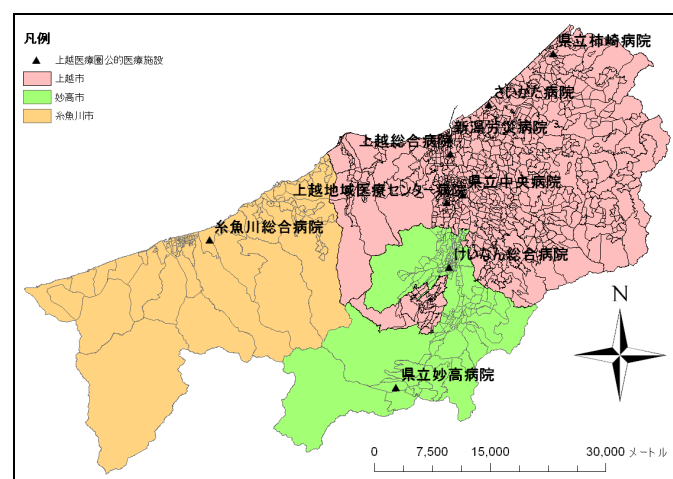


図 1 2次医療圏と公的医療施設の立地

図 1 は、2次医療圏を構成している 3 市と 9 つの公的医療施設の立地を示している。GIS 上で、上越医療圏を構成する 1,161 の町丁目・字の中心点を生成するとともに、各公的医療施設への道路距離を測定した。分析手法としては、1,161 町丁目・字の中心点から成る離散空間内で頂点代替法を利用して、総移動距離を最小化する目的関数とカバー人口を最大化する目的関数の最適化を試みる。さらに、仮に JA 系 3 医療施設の統廃合などが起きた場合の施設利用者などの影響についても分析する（相羽，2012）。

3. 既存 9 施設に対する配分モデルの適用

図2は、既存の9公的医療施設の立地を所与として、各町丁目・字から公的医療施設への移動距離の上限を10kmとする制約条件の下で、式(1)のP-メディアン問題を解いた結果（配分モデル10km圏）を表している。各町丁目・字から最寄りの公的医療施設への平均移動距離を計算すると、地域全体での平均移動距離は4,395mとなるのに対し、新潟労災病院の配分地域では最短の2,550m、さいがた病院では最長の4,974mとなる。また医療圏全体のカバー人口は252,033人で、実に医療圏全体の約85%をカバーしている。

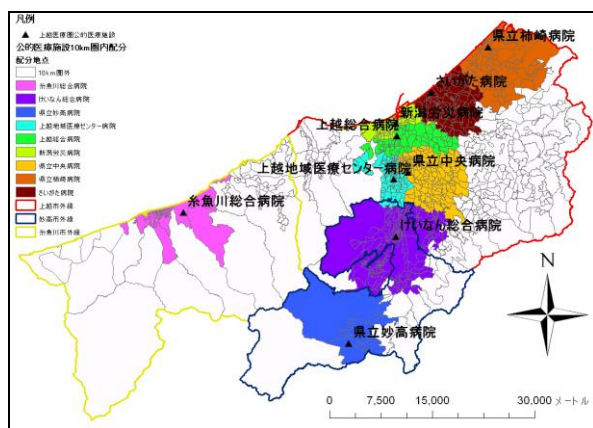


図2 配分モデル10km圏

4. 立地—配分モデルの適用例

公的医療施設9施設のうち、上越総合病院、けいなん総合病院、糸魚川総合病院は、JA系の医療施設である。仮にこの3施設で統廃合などの計画が策定されたとして、施設利用者などの影響について考える。3施設のうち1施設を削減した場合の空間的効率性の変化を、立地—配分モデルを利用して検討することを試みる。

図3は、既存9施設のうちJA系施設を除く6施設（赤丸）を固定して、残り3施設のうち1施設を閉鎖した場合の2施設（緑丸）の最適立地を表している。その際、目的関数をP-メディアン、制約条件を移動距離10km圏内と設定した分析結果である。医療圏全体のカバー率は78%となり、平均移動距離は約4,900mとなった（表2参照）。

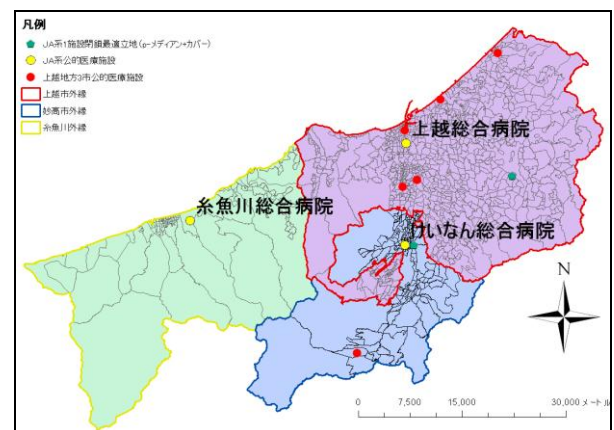


図3 JA系1施設閉鎖した場合の10km圏P-メディアンによる最適立地

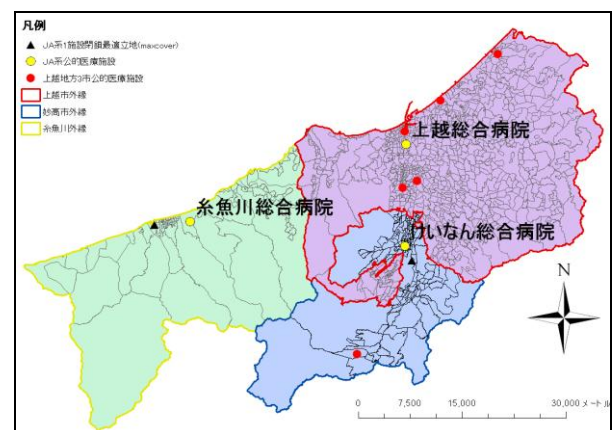


図4 JA系1施設閉鎖した場合の10km圏最大カバー問題による最適立地

表2 図3の人口配分と圏外人口数

配分地点	配分地域平均距離	対象総人数			圏外地域平均距離	圏外病院別人数	
県立妙高病院	4494	7981			12032	1414	
最適立地1	5496	36190			12479	2018	
上越地域 医療センター病院	3007	45416			15116	509	
新潟労災病院	3114	60375			34340	54335	
県立中央病院	4981	33085			10150	255	
県立柿崎病院	4850	15422			12636	824	
さいがた病院	5135	23482			10730	205	
最適立地2	7113	9302			13348	4944	
地域全体	全体平均距離	一施設平均人数	圏内総人口		圏外全体平均距離	圏外一施設平均 人数	圏外総人数
	4870	28907	231253		25427	8063	64504
			78%				22%

図4は、図3と同様に目的関数を最大カバー問題、制約条件を移動距離10km圏内と設定した分

析結果である。医療圏全体のカバー率は約 86%で、平均移動距離は約 4,500m となった（表 3 参照）。

表 3 図 4 の人口配分と圏外人口数

配分地点	配分地域平均距離	対象総人数			圏外地域平均距離	圏外病院別人数	
最適立地1	2946	31380			20029	17272	
県立妙高病院	4494	7981			13924	868	
最適立地2	5387	34344			12740	1768	
上越地域 医療センター病院	3308	46589			15116	509	
新潟労災病院	3114	60375			18920	5683	
県立中央病院	5203	34783			15936	5629	
県立埴崎病院	4850	15422			14872	1194	
さいがた病院	5135	23482			19242	8478	
地域全体	全体平均距離	一施設平均人数	圏内総人口		圏外全体平均距離	圏外一施設平均人数	圏外総人数
	4497	31795	254356		17411	5175	41401
			86%				14%

以上の結果より、目的関数を最大カバーに設定した場合が、平均移動距離及び人口カバー率において最良であることが明らかになった。したがって、図 4 の結果を採用した場合、けいなん総合病院と糸魚川総合病院の立地が施設利用者の観点から重要施設と考えられ、上越総合病院は閉鎖されても施設利用者にとって影響は少ないということになった。しかし、今回の結果はあくまでも移動距離や人口数など需要側（患者側）視点からのものであり、この結果がすべて正しいとは言えない。

5. おわりに

今後の課題として、大きく 2 つあげる。第 1 に、さいがた病院は精神病疾患に特化した病院であるので、今後分析を進めるうえで対象施設から外すことも含めて議論する必要がある。第 2 に、今回は、施設利用者移動距離、人口等の需要側（患者側）視点で分析を行ったが、供給側（病院側）視点の分析も合わせて行う必要がある。具体的には、外来患者数（紹介、新規）、入院患者数（外来から入院、紹介）、疾病罹患率、診療科目、医療従事者数、病床数、現行の医療制度などである。これらをもとに需要-供給モデルを構築して分析

を行う事が重要であると考える。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、終始適切な助言と丁寧な指導を賜りました指導教授である高阪宏行教授に感謝の意を表します。また、数々の鋭く的確なご指摘を頂きました関根智子教授に深く感謝致します。

参考文献

- 相羽良寿(2012)：新潟県上越市における公的医療機関の立地－配分分析．地理情報システム学会第 21 回研究発表大会，E-6-3.
- 石崎研二(2003)：立地・配分モデル．杉浦芳夫編「地理空間分析」，朝倉書店，61-83.
- 高阪宏行(1994)：「行政とビジネスのための地理情報システム」，古今書院.
- Mirchandani, P.B. and Reilly, J.M. (1987)：Spatial distribution design for fire fighting units. In Ghosh, A. and Rushton, G. (eds) (1987)：*Spatial Analysis and Location-Allocation Models*. New York, Van Nostrand Reinhold Company, 186-223.
- ReVelle, C.S. and Swain, R.W. (1970)：Central facilities location. *Geographical Analysis*, **2**, 30-42.
- Rushton, G. and Kohler, J.A., 1973. ALLOC－Heuristic solution to multi-facility location problems on a graph. In Rushton, G., Goodchild, M.F. and Ostresh, L.M. Jr., eds. *Computer Programs for Location-Allocation Problems*. Monograph Number **6**, Department of Geography, The University of Iowa, Iowa City, Iowa, 163-187.
- Teitz, M. B. and Bart, P., 1968. Heuristic methods for estimating the generalized vertex median of a weighted graph. *Operations Research*, **16**, 955-961.