

デジタル時代の医療施設配置モデル —民意と費用対効果との齟齬に着目して—

05001314 筑波大学 *高瀬 陸 TAKASE Riku
01111251 立正大学 小林 隆史 KOBAYASHI Takafumi
01009480 筑波大学 大澤 義明 OHSAWA Yoshiaki

1. はじめに

5Gなどの最新技術によるデジタル化の進歩で、住民は自宅から医療サービスを受用できるようになり、病院間の連携はよりスムーズになる。COVID-19の流行でデジタル化は加速している。デジタル化を踏まえた施設配置の理論は存在するが[1]、空間を考慮したうえで、民意と費用対効果の両面[2][3][4]から病院の配置を分析したものは見当たらない。病院再編に必要な合意形成を見据えたデジタル時代の病院配置を考察する。

2. 理論モデル

2.1 線分立地モデル

住民は長さ l の線分都市 $[0, l]$ 上で連続的に一様分布し、また、住民の移動コストは病院までの距離に比例すると仮定する。ここで、線分都市上の2病院の再編を想定し、図1左のように、(1)2病院を維持し分業体制とする**分散配置**と、(2)機能を既存の1病院に集約する**集約配置**、(3)既存の2病院を廃止し都市の中心に新設する**中心配置**を比較する。分散配置の2病院の位置はそれぞれ $x, l-x$ ($0 \leq x \leq l/2$)とし、集約配置では x 、中心配置では $l/2$ を病院の位置とする。

図1右のように、各地点における住民一人当たりの費用関数を固定費と移動費との和で定義する。 F_1, F_2, F_3 をそれぞれの配置での住民一人当たり固定費用、 c を単位距離当たりの移動費用とする。これらの仮定に基づき住民の個別合理性での**コンドルセ投票**と、全体合理性での**一人当たりの費用最小化**で評価する。

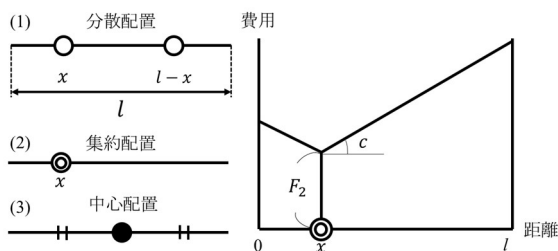


図1 再編候補の3配置と集約配置の費用関数

2.2 デジタル化の定義

医療のデジタル化を図2のように移動費に影響する2種類のパラメータに分けてモデルに組み込む。

一つ目は**自宅病院間デジタル化** α ($0 \leq \alpha \leq 1$)である。デジタル在宅診療などで通院回数が減少する様子を表す。

二つ目は**病院間デジタル化** β ($0 \leq \beta \leq 1$)である。遠隔手術や電子カルテによる病院間の連携で、都市内に異なる機能を持つ病院が分散していても、最寄り病院で医療サービスを受けられる程度を表す。このとき、都市内の2病院はそれぞれ異なる機能を持ち住民は全ての機能を利用すると想定すると、 β は最寄りの病院へ通院する頻度を読み替えられる。病院間のデジタル化が進めば、 β が大きくなり遠くの病院へ行く頻度が減る。例えば $\beta = 3/4$ の場合は4回に3回は最寄り病院に行けばよく、4回に1回は遠い病院に行く必要があることを表す。なお β は分散配置の場合でのみ移動費用を変化させる。

これらのデジタル化による費用関数の変化を図3で表す。 α の増加で費用関数はフラットに、 β の増加で費用関数はシャープになる。

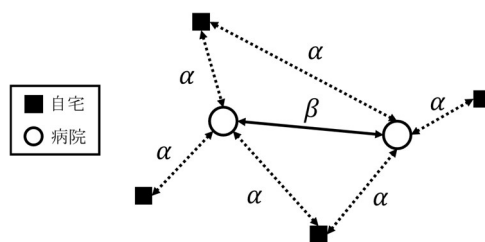


図2 デジタル化のパラメータのイメージ

デジタル化	低	中	高
α			
β			

図3 デジタル化による費用関数の変化

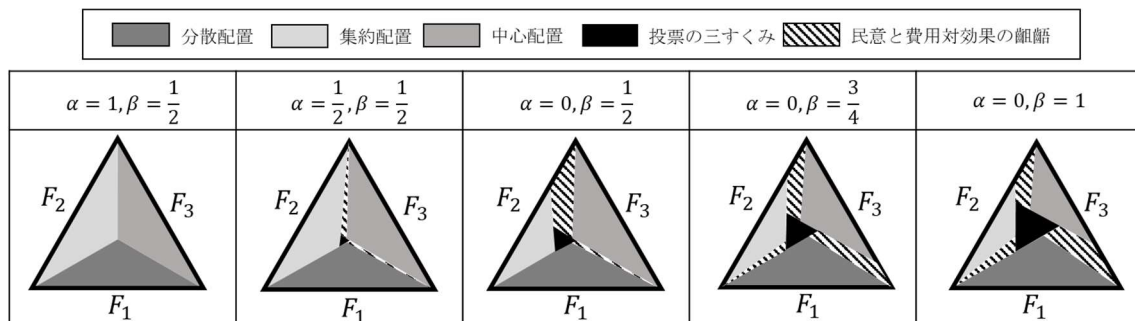


図4 Simplexによる領域分割

2.3 民意と費用対効果の齟齬

民意を反映した評価としてコンドルセ投票を考える。このとき住民は投票者でもあり、利用者でもある。住民はそれぞれの配置を一对比較し必ず固定費と移動費の合計が低いほうの病院に投票する。 v_1, v_2, v_3 をそれぞれ、分散配置、集約配置、中心配置の得票数とする。住民一人当たりの費用が等しくなる点を境に得票数を求めることができるため、それぞれのペアで投票に勝利する条件は次の通り；

$$v_2 > v_1 \Leftrightarrow F_2 < F_1,$$

$$v_3 > v_1$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} F_3 < F_1 + \frac{1-\alpha}{2}c(l-2x)(1-2\beta) & (0 \leq x \leq \frac{l}{4}) \\ F_3 < F_1 + \frac{1-\alpha}{2}c\{(l-2x)-\beta l\} & (\frac{l}{4} \leq x \leq \frac{l}{2}) \end{cases}$$

$$v_3 > v_2 \Leftrightarrow F_3 < F_2 + \frac{1-\alpha}{2}c(l-2x).$$

費用対効果を反映した評価として、住民一人当たりの費用の大小関係を考える。 $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ をそれぞれ、分散配置、集約配置、中心配置における住民一人当たりの費用とする。総住民数を l とすれば、住民の総費用は $l\varphi_1, l\varphi_2, l\varphi_3$

となり図1右のように費用関数で囲まれる面積で求めることができる。したがって、それぞれのペアで住民一人当たりの費用が小さくなる条件は次の通り；

$$\varphi_2 < \varphi_1 \Leftrightarrow F_2 < F_1 + \frac{1-\alpha}{2l}c(l^2 - 4x^2)(\frac{1}{2} - \beta),$$

$$\varphi_3 < \varphi_1 \Leftrightarrow F_3 < F_1 + \frac{1-\alpha}{2l}c(l-2x)\{l - (l+2x)\beta\},$$

$$\varphi_3 < \varphi_2 \Leftrightarrow F_3 < F_2 + \frac{1-\alpha}{2l}c \frac{(2x-l)^2}{2}.$$

結果を可視化するため、これらの式でSimplexを作成する。正三角形の垂線の和が一定で、三角形の高さに等しいことを利用し、 F_1, F_2, F_3 の比でどの候補が民意と費用対効果による評価で選ばれるかを示す。

図4にデジタル化による領域分割の変化を示した。

この図から次の三点が読み取れる。第一に、 $\alpha \neq 1$ のとき、すなわち自宅から全ての医療サービスが受けられるようにならない限り、民意と費用対効果には齟齬が存在する。第二に、 $\alpha \neq 1$ のとき、コンドルセ勝者のいない投票の三すくみの状況が存在する。第三に、自宅病院間デジタル化 α は齟齬や三すくみの状況を縮小させ、病院間デジタル化 β は齟齬や三すくみの状況を拡大させる。

民意と費用対効果の齟齬や、投票の三すくみの状況は、民意を反映させることが病院再編に必要な合意形成を阻むことを示唆している。自宅病院間デジタル化に比べ整備しやすい病院間のデジタル化は、これらの齟齬や三すくみの状況を拡大させることから、デジタル時代の合意形成が困難になるといえる。

謝辞: 茨城県医療政策課と筑波大学病院にヒアリングの協力を得ました。記してお礼申し上げます。

本研究はトヨタ自動車と筑波大学社会工学域との共同研究「モビリティイノベーションの社会応用と未来市社会工学研究フェーズ III」の一環で研究した。

参考文献

- [1] Ota, M., & Fujita, M. (1993) : Communication technologies and spatial organization of multi-unit firms in metropolitan areas. *Regional Science and Urban Economics*, 23(6), 695-729.
- [2] Hansen, P. & Thisse, J. F. (1981) : Outcomes of voting and planning: Condorcet, Weber and Rawls locations. *Journal of Public Economics*, 16(1), pp.1-15.
- [3] Alesina, A., & Spolaore, E. (1997) : On the number and size of nations. *The Quarterly Journal of Economics*, 112(4), pp.1027-1056.
- [4] 高森賢司, 小林隆史, 大澤義明(2013) : 庁舎建設候補地の比較分析, 都市計画論文集, 48(3), pp.915-920.