一般病院の適正配置計画への多目的計画法の
適用性について (その2)

—K市の一般病院を対象として—

A MULTIOBJECTIVE APPROACH TO LOCATION PLANNING
OF HOSPITALS (Part 2)

—A case study in K-city—

横田 隆 司*

Takashi YOKOTA

The location planning of hospitals in I-ward included in K-city has been made by the multiobjective decision methods with the five criteria. The medical care situation of I-ward was investigated, the hospital with 300 beds was located by the A-methods, which select optimal solutions from among all candidate locations, and the four real candidate sites were compared by the use of AHP, which calculates the synthesis score for each site by pairwise comparison.

From these results, the characters of three methods classified into A-method are showed respectively, and it is suggested that AHP tends to select the optimal solution, which is the best one in the most preferable criterion. In this study, the availability of the multiobjective approach to the location planning of community facilities is made clear.

Keywords : hospital, location, multi-criteria

1. 研究の目的

第一報^{①)}では、医療施設の配置計画における多目的計画法の適用性を明らかにすることを目的として、多目的配置計画システムの構築を行い、ケース・スタディとしてK市全域を対象とする300床程度の一般病院の適正配置について考察した。そして、多目的計画法のなかで手法A^{②)}の〈荷重和型〉手法のみに限定したものの、配置位置として望ましい位置を指摘するなど一般病院の配置計画への適用性を明らかにした。

本報は、前報の結果を踏まえて、対象をK市の一行政区であるI区に限定し、多目的計画法の各種の手法を用いた一般病院の適正配置計画を行い、地域施設の配置計画における多目的計画法の有効性を明らかにすることを目的とする。

2. 研究の対象と方法

研究の対象地区としては、K市の中でI区（前報の図—4参照）を選定した。これは、前報によればK市において病院設置が望ましいと考えられる地域は3地域^{③)}あり、その一つが北西部のI区であること、さらに現実

にもI区ではニュータウンの開発等により人口の移動・増加が著しく、医療施設の設置が要請されていることに対応したものである。

研究の流れは図—1に示すとおりであり、基本的には前報における研究方法に準じている。その内容は大きく次のような3項目からなる。

1) I区の医療実態調査：I区の地理的な分析と医療実態に関するデータの収集・分析を行う。

2) 手法Aによる適正配置計画：〈荷重和型〉、〈最小成分最適型〉^{③)}、〈 ϵ -制約式型〉の3手法を用いて、I区の全地区を候補対象とする一般病院の配置計画を行

図—1 研究のフロー

* 大阪大学 助手

Research Associate of Osaka University

図-2 I区の概要(1988年現在)

い、適正配置位置を検討するとともに得られた結果から各手法の特徴を考察する。

3) 手法Bによる適正配置計画: 手法Bは、少数の候補案のなかから複数の評価指標により最適案を求めようとするものであり、各種の手法が提案されている^{文2)}。本報ではそのなかからAHP法(Antalytic Hierarcky Process: 階層分析法)に限定し、少数の候補案からなる一般病院の配置計画を行い、AHP法の特徴を検討する。この手法は、多目的意志決定問題において比較的容易に各候補案の総合評価が可能であるなど有効性が認められている手法である^{文3), 文4)}。

3. I区の医療概要

I区はK市の北西部に位置しており、近年のニュータウン開発により鉄道網・道路網の整備が進んでいる地区である(図-2)。

3.1 医療施設の現状

I区における一般病床を持つ病院は11病院であり、その一般病床数の総和は1988年現在で1378床である。量的にはほかの区と変わらないが、次のような問題点が指摘できる。

- 1) 図-2をみると分かるように小規模の個人病院が多く^{注4)}、地域の中核となる総合病院が存在しない^{注5)}。
- 2) しかも病院の分布は市街地に近い南部ならびに市境界の北部に偏在しており、ニュータウンが開発中の中央部には病院が立地していない。
- 3) 各病院の入院患者の年齢分布を分析すると、60歳以上の患者が半数を超えており高齢化が顕著である^{注6)}。

3.2 入院患者の現状

年齢別にみた患者構成は、前報で報告したK市全域におけるものとは変らなかった。したがって、上述した病院における患者構成は地域特性を反映したものではないと思われる。

図-3には疾病別に見た入院患者の構成比率を示したが、〈循環系〉、〈新生物〉、〈消化系〉の割合が多く、

図-3 疾病別に見た発生入院患者の構成

図-4 発生入院患者の利用距離別にみた構成比率

表-1 I区の予測人口と予測入院患者数

年度	人口(人)	患者数(人)
1988*	134,967	797
1990	144,200	929
1995	184,700	1,109
2001	250,000	1,493

*1988年度は実際値

図-5 空間単位と予測人口

K市全域の結果と変らない。一方、図-4には発生入院患者の利用距離別に見た構成比率を示すが、I区においては病院が偏在しているために病院への利用距離が長くなる傾向があることから、近距離の入院患者の割合は少なくなっており、K市全域の結果とは大きく異なる。

また、K市全域における入院患者の病院利用に関しては〈ハフモデル〉がよく対応していることを前報において既に明らかにしているが、I区に限定した利用状況をみても、特に特徴的なものはみられなかった。

4. 配置計画の条件設定

設定した条件はほぼ前報で用いたものであるが、I区に限定した特別な条件について以下に述べる。

4.1 人口と入院患者数

表-1にI区の将来における予測人口と予測入院患者

図-6 パレート解と単一目的指標を用いた適正配置位置

表-2 単一目的指標を用いた適正配置における評価指標値

評価指標	平均利用 距離 (km)	最大利用 距離 (km)	5 km満足圏 人口率 (%)	1 km満足圏 人口率 (%)	患者数率
現 状 値	11.3	7.01	35.9	10.3	---
目 的 指 標					
平均利用距離	10.4	7.01	35.9	12.8	0.93
最大利用距離	10.8	4.39	37.3	10.7	0.59
5 km満足圏人口率	10.8	4.39	37.3	10.7	0.59
1 km満足圏人口率	10.4	7.01	35.9	13.5	0.97
患 者 数 率	10.7	7.01	35.9	10.3	1.19

数を示す。1988年現在、13万人程度の人口が2001年には25万人まで増加し、それに伴い入院患者数も増加することが予測されている。

4.2 空間単位と患者数の配分

K市全体では修正統計区を配置計画のための空間単位とするが、I区内においては町(字)の境界を参考にして修正統計区をさらに細分する。そして、現在の人口ならびに開発地の予定人口を参考にして、予測患者数を各空間単位に比例配分した(図-5)。ただし、ニュータウンの受療率は既成市街地の受療率よりも低いことが多いので^{注7)}、ニュータウンへの患者数の配分も受療率に応じて低減している。

4.3 配置計画の評価手法

配置計画としては、候補地を<I区全域>とするケースと<4箇所>に限定するケースを考える。<I区全域>は建設の可能性を考えない理想的な適正配置を、<4箇所>は実際に建設可能な4地区に限定した具体的な適正配置をそれぞれ検討しようとするものである。

評価指標としては、前報で採用した<平均利用距離>、<最大利用距離>、<5 km 満足圏人口率>、<1 km 満足圏人口率>、<患者数率>の5指標を用い、それらの総合評価手法としては、<I区全域>では手法Aを、<4箇所>では手法Bをそれぞれ採用する。

5. I区全域を候補対象とした適正配置計画

ここでは、手法Aを用いて<I区全域>を候補地とする一般病院の配置計画を考察する。

図-7 2指標を用いた手法Aの説明図

5.1 単一の目的指標による配置計画の検討

まず、5つの評価指標をそれぞれ単一の目的指標とした配置計画の結果を図-6、表-2に示す。図-6は各目的指標における上位案の配置位置を示したものであり、近隣からの患者数に大きな影響を受ける<平均利用距離>や<1 km 満足圏人口率>では患者数が多い中央部に、病院から遠方の入院患者がより影響する<最大利用距離>や<5 km 満足圏人口率>ではK市の周辺部であるI区の北西部に、<患者数率>では入院患者を区外からもより多く吸収可能な既成市街地に近い地区というように、それぞれ特徴のある位置が適正案として選定されている。また表-2より、目的指標とした指標値はそれぞれ最適であるものの、ほかの指標値は現状値と変わらないものがあるなど、必ずしも適正值ではないことが分かる。

5.2 2つの評価指標を用いた配置計画の検討

次に、手法Aの3手法の特性を検討するために、2つの目的指標を用いた適正配置問題を考察する。紙面の都合ですべてを示せないが、一例として各候補案における<5 km 満足圏人口率>と<患者数率>の関係をみたものが図-7である。多目的計画問題の最適解としては通常、パレート解^{注8)}が該当する。図-7におけるパレート解は点A～Eである。

各手法別にみると、

- 1) 荷重和型であれば最大化^{注9)}すべき総合評価値Zは、
$$\max Z = \max \sum_j (W_j f_j) \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 W_j : 指標j ($j=1, \dots, n$) のウエイト

f_j : 指標jの指標値

であることから、目的指標が2つの場合における等評価値曲線は直線となり、各指標のウエイトの組み合わせにより最適解が選択される。図-7(a)でいえば、直線αの傾きを持つウエイトの組み合わせであれば点Aに、一

方、直線 β の傾きを持つ組み合わせであれば点 B に該当する候補案をそれぞれ最適案として算出する。このように、荷重和型手法は式 (1) にみられるとおり線形の評価法であることから比較的容易に最適解を算出できる利点がある。

しかしこの特性のために、いかなるウエイトの組み合わせによっても最適案とはならないパレート解が存在する。図—7(a) でいうと C, D, E 点といったパレート解がそれである。

2) 最小成分最適型の場合の総合評価値 Z は、

$$\max Z = \max_i \min_j (W_i f_i, \dots, W_n f_n) \dots \dots \dots (2)$$

であり、各評価値にウエイトを掛けたものの最小値により最適案が選択される。図—7(b) でいえば、 $<5\text{ km}$ 満足圏人口率 $>$ と $<$ 患者数率 $>$ のウエイトが同一 ($W_1 = W_2 = 1.0$) であれば C 点が、 $<$ 患者数率 $>$ のウエイトを半減する ($W_2 = 0.5$) と B 点を選択される。

このように、ウエイトの組み合わせにより定まる直線上に頂点を持つ L 型の等評価値曲線をもとに最適案が求められることから、原点と候補案を通る直線に対応するウエイトの組み合わせは少なくとも当該候補案を最適案として選定できる組み合わせとなる。そのため、この手法は荷重和型手法と異なり、すべてのパレート解を最適案として算出可能である。

ただし、解空間上で各候補案が接近している場合にはウエイトの組み合わせが微妙になり最適案として見逃されることも考えられる。本報の I 区における配置計画のように候補案が少ないケースとはともかく、前報の K 市全域における配置計画のように膨大な候補案を対象としたケースでは、算出された最適案に近い候補案との比較検討も必要であると考えられる。

図—8 には、2 指標のウエイトの組み合わせと最適案となるパレート解の関係を示した。これをみると、荷重和型と最小成分最適型の 2 手法では、A 点と B 点の位置関係は同じであるものの、最小成分最適型では C, D, E 点に対応するウエイトの組み合わせがそれらの間に割込んでおり、ウエイトが等しい場合には C 点を選択される。

3) ε -制約式型では、

$$\begin{aligned} \max_i Z &= \max_i (f_p) \dots \dots \dots (3) \\ \text{sub. to } f_p &\leq \varepsilon_p \end{aligned}$$

ただし、 $f_p: f_p$ 以外の目的指標であることから、2 指標の場合には一方が f_p 、もう一方が f_p となり、図—7(c) のように各軸に平行な等評価値曲線をもとに最適案が求められる。つまり、 $<5\text{ km}$ 満足圏人口率 $>$ を目的関数として $<$ 患者数率 $>$ の制約値 $\varepsilon = \varepsilon_1$ とすると図中の点 D が、また制約値 $\varepsilon = \varepsilon_2$ とすると点 B が選択される。一方、 $<$ 患者数率 $>$ を目的関数として $<5\text{ km}$ 満足圏人口率 $>$ の制約値 $\varepsilon = \varepsilon_3$ とすると点 E

図—8 各パレート解を最適解として算出するウエイトの分布

図—9 荷重和型手法による適正配置位置

が、また制約値 $\varepsilon = \varepsilon_4$ とすると点 A が選択される。

このように目的指標と制約値の組み合わせにより、2) の最小成分最適型と同様、すべてのパレート解を最適案として算出可能であり、また解空間上において候補案が接近している場合には、制約値 ε の設定により最適案となるかどうか微妙になる。

なお、算出された結果をもとに各制約値を操作して新たな候補案を容易に算出できる点や、制約条件下ではあるものの目的指標 (f_p) における最適案を算出する点は利点であると考えられる。

5.3 I 区における一般病院の適正配置計画

ここでは、5つの評価指標すべてを用いた一般病院の適正配置計画を検討する。

1) $<$ 荷重和型 $>$ を用いた配置計画

荷重和型手法による配置計画の結果を図—9 に示す。目的指標のウエイトをすべて同一とした計画では中央部が最適位置となっているが、これは現在の病院配置が I 区の周辺部に偏在している現状と将来の中央部における人口増加が主たる原因であると考えられる。

そのほか適正案とされるものは、実質、単一の目的指標となっているウエイトの組み合わせのケースを含め 8 箇所程度であった。それらの位置をみると、中央部のニュータウン開発地区に加えて、市街地に近い南部地区や一般病院への利用距離が長い北西部というように、単一の目的指標による最適地に近い地区が選定されている

表—3 最小成分最適型における評価指標のウエイトの組合わせ

地区 番号	評 価 指 標*					地区 番号	評 価 指 標				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	14	0.82	0.4	0.25	0.2	0.18
2	0.3	1.0	1.0	0.0	0.09	15	0.7	0.4	0.25	0.2	0.2
3	0.5	1.0	1.0	0.1	0.15	16	1.0	0.0	0.0	2.0	1.0
4	0.5	0.5	1.0	0.1	0.095	17	0.7	0.37	0.25	0.2	0.2
5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.095	18	1.0	0.89	0.0	1.0	0.0
6	0.5	0.5	0.5	0.29	0.11	19	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0
7	0.5	0.4	0.5	0.2	0.11	20	0.8	0.0	0.0	0.3	0.4
8	0.5	0.4	0.4	0.3	0.11	21	1.0	0.0	0.0	0.5	0.5
9	0.7	0.4	1.0	0.4	0.2	22	0.8	0.0	0.0	0.5	0.6
10	0.7	0.4	0.8	0.3	0.2	23	1.0	0.0	0.0	0.5	1.0
11	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	24	1.0	0.0	0.0	0.4	1.0
12	1.0	0.4	0.5	0.4	0.2	25	0.68	0.0	0.0	0.25	1.0
13	0.7	0.4	0.4	0.3	0.2	26	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0

* 1 : 平均利用距離, 2 : 最大利用距離, 3 : 5 Km満足圏人口率,
4 : 1 Km満足圏人口率, 5 : 患者数率

ことが分かる。これは、各評価値すべてがまんべんなくよい候補案がないため、いくつかの指標値が比較的よいものを最適案として算出する傾向があるためと考えられる。

また荷重和型手法は、パレート解すべてを最適解として算出するわけではないことは5.2で既に述べたが、ここでもパレート解に該当する候補案は図—6に示したように26箇所あるのに対し、最適案として算出されていないものが多い。図—6と図—9を比較すると、そのような候補案は上述した8箇所の最適案の周辺にはば位置しており問題はないと考えられるが、候補番号で言うと1番や2番などの地区からなる区域はいずれも最適案として選定されていない。このようなケースでは、たとえ最適案として算出されなくても、それらの候補案の中からいずれかを比較案として検討対象にすべきであると思われる。

2) <最小成分最適型>を用いた配置計画

この手法は荷重和型と異なり、5.2で述べたように最適案としてすべてのパレート解を算出する。ここでも、すべての候補案を当該指標値に応じたウエイトの組み合わせにより算出できることを確認した(表—3)。

表—3に示したウエイトの組み合わせをみると、No.6の[0.5, 0.5, 0.5, 0.29, 0.11]とNo.7の[0.5, 0.4, 0.5, 0.2, 0.11]のように、地理的に近いもの同士はおおむねウエイト値もよく似ており、いずれが最適案となるかどうかは微妙であることが分かる。これは、地理的に近い候補案同士は解空間上における位置関係でも近いので、いずれが最適案として算出されるかどうかはウエイトの微妙な差が大きく影響するためであると考えられる。

なお、1)の荷重和型において最適案とされた8箇所におけるウエイトの組み合わせをみても、特に特徴はみられなかった。

3) < ϵ -制約式型>を用いた配置計画

この手法においても、パレート解すべてを最適案として算出する。その一例を表—4に示すが、いずれを目

表—4 ϵ -制約型における評価指標の ϵ 値の組合わせ

地区 番号	評 価 指 標*					地区 番号	評 価 指 標				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	---	0.5	0.0	0.395	0.7	14	0.65	0.0	---	0.0	-1.0
2	---	0.5	0.0	0.0	0.0	15	0.6	0.0	---	0.05	-0.8
3	---	0.68	0.0	0.0	-1.4	16	---	0.0	0.0	0.0	0.0
4	---	0.5	0.0	0.0	-1.5	17	0.6	0.1	---	0.1	-0.8
5	---	0.5	0.0	0.0	-1.4	18	0.0	---	0.0	0.24	-1.0
6	0.0	---	0.0	0.07	-1.2	19	---	0.0	0.0	0.5	0.5
7	0.0	---	0.0	0.0	-1.0	20	---	0.0	0.0	0.0	0.5
8	0.0	---	0.0	0.1	-1.0	21	0.6	0.0	0.0	---	0.45
9	0.58	---	0.5	0.0	-0.85	22	---	0.0	0.0	0.395	0.5
10	0.58	---	0.5	0.0	-0.83	23	0.6	0.0	0.0	---	0.65
11	0.0	---	0.0	0.2	-1.0	24	0.6	0.0	0.0	---	0.70
12	0.6	0.0	---	0.0	-1.0	25	0.6	0.0	0.0	---	0.80
13	0.59	0.0	---	0.0	-0.8	26	---	0.0	0.0	0.0	0.6

* 1 : 平均利用距離, 2 : 最大利用距離, 3 : 5 Km満足圏人口率,
4 : 1 Km満足圏人口率, 5 : 患者数率

** --- は目的関数とした指標を示す。

的関数とするかは多少の傾向がみられるとともに、微妙なウエイトの組み合わせを必要とする候補案があることが分かる。これも、2)の最小成分最適型と同様、解空間における候補案相互の位置関係が偏っているためであると考えられる。

またこの手法は、1)や2)のウエイトの組み合わせに代えて、制約値の集合を最適案選定のためのパラメータとして導入している。集合値自体は候補案の各評価値に依存しており、評価値を見ながら対話的に候補案を絞り込むような場合には有効であると考えられる半面、ウエイトの組み合わせのような一般性がないという点は弱点として指摘できよう。

6. 候補地を4箇所に限定した適正配置計画

ここでは、手法Bのなかで<AHP>手法を用いて<4箇所>に候補地を限定した一般病院の配置計画を考察する。

6.1 AHPの概要

AHPにおける数学的背景などの詳細は文献3)を参照されたいが、ここではその方法の概略を述べる。この手法では、問題を評価可能な部分問題に階層的に分解し、各階層ごとに一対比較を行い、最後にすべての評価を統合して各候補案の総合評価を行う。

評価手順は、次のような3段階からなる。

1) 問題を分析・階層化し、階層図を書く：

通常、①問題の主目標、②評価基準、③候補案、といった3つのレベルの階層を設定する。

2) 各階層で要素間の優先度を比較判断する：

第一段階として、レベル②における評価指標間の重要度の順位関係を一対比較により判別し、表—5に示す対応表に従い数値化する。なお、対応表の数値については文献4)などでは[1~9]の範囲を使用することを推奨しているが、本研究ではそれに加えて、[1~5]、[1~3]、[1~2]という範囲を設定し比較検討する。例えば、指

表—5 一対比較の意味と対応値
(対象Aと対象Bの比較)

意 味		対 応 値 の 範 囲			
		1~9	1~5	1~3	1~2
Aの方が重要な場合	AはBと同じくらい重要	1	1	1	1
	中 間	2	2	2	2
	AはBよりやや重要	3	3	3	3
	中 間	4	4	4	4
	AはBよりかなり重要	5	5	5	5
	中 間	6	6	6	6
	AはBより非常に重要	7	7	7	7
	中 間	8	8	8	8
	AはBより絶対的に重要	9	9	9	9
Bの方が重要な場合		上記の値の逆数			

標Aが指標Bよりも＜非常に重要＞と判断すると、対応値の範囲が[1~9]ならば＜7＞, [1~5]ならば＜4＞, [1~3]ならば＜3＞というように比較値を対応づける(表中の囲み参照)。

そして、これらの評価指標 i, j ($i, j=1, \dots, m$) 間の一対比較値 (S_{ij}) を要素とする一対比較行列 A

$$A = \begin{bmatrix} S_{11} & \dots & S_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ S_{m1} & \dots & S_{mm} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (4)$$

を考え、その行列の固有ベクトル $X = \{x | x = x_1, \dots, x_m\}^T$ を求める。

$$AX = \lambda X \dots\dots\dots (5)$$

ただし、 λ : 固有値

そして、その固有ベクトルの要素 (x_i) を各評価指標の重要度とする。

第二段階として、レベル③において、各候補案 P ($P=1, \dots, n$) に対する評価指標ごとの一対比較を行う。すなわち、候補案 p, q ($p, q=1, \dots, n$) の指標 i における一対比較値を T_{pq}^i とし、その値を一対比較行列 T^i

$$T^i = \begin{bmatrix} T_{11}^i & \dots & T_{1n}^i \\ \vdots & & \vdots \\ T_{n1}^i & \dots & T_{nn}^i \end{bmatrix} \dots\dots\dots (6)$$

とみて、その行列の固有ベクトル $W^i = \{w^i | w^i = w_1^i, \dots, w_n^i\}^T$ を求める。

$$T^i W^i = \lambda^i W^i \dots\dots\dots (7)$$

ただし、 λ^i : 固有値

そして、その固有ベクトルの要素を指標 i における候補 p の重要度 w_p^i とする。

このようにレベル③における一対比較は、レベル②の指標数 (m) だけ繰り返す必要があり、むやみに指標数を増やせないという制約がある^(注10)。

3) 各階層で重要度を合成する:

レベル②における各指標の重要度と、レベル③における各指標ごとの候補案の重要度から、最終的に各候補案 P の総合評価値 (U_p) を得る。すなわち、

$$U_p = \sum_i x_i w_p^i \dots\dots\dots (8)$$

そして、この総合評価値が最適な候補案を選定する。

図—10 AHP手法における対象候補位置

表—6 4箇所の候補地における評価指標値

候補番号	平均利用距離(km)	最大利用距離(km)	5Km満足圏人口率(%)	1Km満足圏人口率(%)	患者数率
現状	11.28	7.01	35.9	10.3	----
1	10.53(I)	7.01(III)	35.9(II)	12.3(I)	0.93(II)
2	10.66(II)	6.44(II)	35.9(II)	11.8(III)	0.83(III)
3	10.73(III)	7.01(III)	35.9(II)	12.1(II)	0.96(I)
4	10.74(IV)	5.51(I)	36.7(I)	10.5(IV)	0.74(IV)

* () 内の数字は順位を表す。

最終的な式(8)による決定方法は、手法Aの中の式(1)にみられる荷重和型を用いた総合評価手法であり、この点については目新しいところはない。しかし、重要度 (X, W^i) のモデル化ならびに算出手段に階層的な一対比較を用いているところに特色がある。

ただし、既に5において述べたが荷重和型には最適案に算出されないパレート解が存在するという特性がある。式(8)にみられる総合評価法も同じような特性を持っていると思われる。したがって、重要度の算定法と総合評価法は独立していることから、総合評価法としても考えられよう。

6.2 適正配置計画への適用

1) 候補地の選定と配置計画の階層化

ここでは、図—10に示す4箇所の候補地を具体的な候補対象とし、AHPによる配置計画を検討する。これらの候補地は、ニュータウンの開発地区など実際に建設可能な地区に限定したものである。

各候補地の評価指標値を算定した結果を表—6に示す。各指標値をみると、＜平均利用距離＞では中央部の＜1＞が低い、＜最大利用距離＞では＜2＞と＜4＞がよい、＜5km満足圏人口率＞では＜4＞のみ改善されている、＜1km満足圏人口率＞では＜1＞がよい、＜患者数率＞では＜3＞がよいというように、それぞれ特徴のある結果が得られており、各評価指標における候補案の順位もさまざまであることが分かる。

階層図は図—11のように、レベル①の＜目標＞として適正配置位置の選定、レベル②の＜評価指標＞として

5つの評価指標、レベル③の＜候補案＞として4箇所の候補地を設定する。

2) 一対比較:

レベル②として各評価指標間の重要度を一対比較により判断する。その一例を表一7に示した。これらを一対

図一11 適正配置計画における階層図

表一7 評価指標の一対比較

(対応値の範囲が [1~9] の場合)

A \ B	平均利用距離	最大利用距離	5 Km満足圏人口率	1 Km満足圏人口率	患者数率
平均利用距離	1	3	1/5	1/9	1/7
最大利用距離	1/3	1	1/3	1/7	1/9
5 Km満足圏人口率	5	3	1	1/3	1/5
1 Km満足圏人口率	9	7	3	1	1
患者数率	7	9	5	1	1

表一8 評価指標の重要度

一対比較の対応値の範囲	[1~9]	[1~5]	[1~3]	[1~2]
平均利用距離	0.055	0.083	0.115	0.143
最大利用距離	0.037	0.067	0.087	0.108
5 Km満足圏人口率	0.136	0.162	0.176	0.189
1 Km満足圏人口率	0.364	0.330	0.311	0.280
患者数率	0.408	0.358	0.311	0.280

表一9 評価指標別にみた候補地の一対比較

(対応値の範囲が [1~9] の場合)

[平均利用距離]					[1 Km満足圏人口率]				
A \ B	1	2	3	4	A \ B	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	1	2	1	3
2	1/2	1	2	2	2	1/2	1	1	2
3	1/3	1/2	1	1	3	1	1	1	2
4	1/3	1/2	1	1	4	1/3	1/2	1/2	1

[最大利用距離]					[患者数率]				
A \ B	1	2	3	4	A \ B	1	2	3	4
1	1	1/3	1	1/9	1	1	4	1/2	6
2	3	1	3	1/7	2	1/4	1	1/5	3
3	1	1/3	1	1/9	3	2	5	1	8
4	9	7	9	1	4	1/6	1/3	1/8	1

[5 Km満足圏人口率]				
A \ B	1	2	3	4
1	1	1	1	1/3
2	1	1	1	1/3
3	1	1	1	1/3
4	3	3	3	1

比較行列とみて重要度を求めたものが表一8であるが、表一7における＜1 km 満足圏人口率＞や＜患者数率＞を重要視した一対判断に沿うように、それらの評価指標の重要度も高く算定されている。また、重要度の範囲を狭くしても、対応値が [1~9] の範囲では＜患者数率＞が 0.408, ＜最大利用距離＞が 0.037 であるのに対し、[1~2] の範囲では＜患者数率＞が 0.208, ＜最大利用距離＞が 0.108 というように、各重要度の大小関係は変わらずに数値差のみ縮まっていることが分かる。

次に、レベル③として各評価指標ごとに候補案の一対比較を行った一例を表一9に示す。これらを一対比較行列とみて各評価指標値ごとの候補地の重要度を求めたものが表一10である。これをみると、おおむね表一9の一対比較に沿った重要度が算定されていることが分かる。ただし、＜平均利用距離＞においては、表一9でみると比較値が 1~3 に収まっており候補地間で比較差があまりないと思われるのに、表一10における重要度では、対応値が [1~2] においても 0.395 から 0.163 までかなりの差がみられる。

3) 総合評価:

2) の結果を用いて式 (8) により求めた各候補地の総合評価値とその順位を表一11に示した。各候補案の順位と表一6に示した各評価指標における順位を比較すると、＜患者数率＞や＜1 km 満足圏人口率＞のように重要度が高い評価指標 (表一8 参照) において上位を占めている候補＜1＞や＜3＞が、表一11に示した総合評価においても上位になる傾向を持つことが分かる。これは、2) でも言及したが、一対比較における評価の高いものと低いものと重要度の数値差がかなり大きいためであると考えられる。

表一11を詳しくみると、対応値の範囲を狭めるに従い総合値の範囲が＜0.345~0.168＞から＜0.284~0.219＞と差が縮まり、かつ最適案が＜3＞から＜1＞に変化している。これは、比較値の範囲を狭めると重要度の算定値が＜1＞と＜3＞においてあまり差がなくなり、重要度が高い＜患者数率＞における評価の大小のみ

表一11 候補地の総合評価

比較範囲	[1~9]	[1~5]	[1~3]	[1~2]
候補地 1	0.315 (Ⅱ)	0.305 (Ⅱ)	0.298 (Ⅰ)	0.284 (Ⅰ)
候補地 2	0.172 (Ⅲ)	0.187 (Ⅳ)	0.210 (Ⅳ)	0.229 (Ⅲ)
候補地 3	0.345 (Ⅰ)	0.306 (Ⅰ)	0.273 (Ⅱ)	0.267 (Ⅱ)
候補地 4	0.168 (Ⅳ)	0.202 (Ⅲ)	0.219 (Ⅲ)	0.219 (Ⅳ)

* () 内の数字は順位を表わす。

表一10 評価指標別にみた候補地の重要度

評価指標	平均利用距離	最大利用距離	5 Km満足圏人口率	1 Km満足圏人口率	患者数率
比較範囲	[1:9] [1:5] [1:3] [1:2]	[1:9] [1:5] [1:3] [1:2]	[1:9] [1:5] [1:3] [1:2]	[1:9] [1:5] [1:3] [1:2]	[1:9] [1:5] [1:3] [1:2]
候補地 1	0.455 0.395 0.395 0.395	0.063 0.106 0.136 0.163	0.167 0.200 0.200 0.200	0.366 0.340 0.340 0.340	0.323 0.315 0.293 0.276
候補地 2	0.263 0.278 0.278 0.278	0.155 0.189 0.232 0.278	0.167 0.200 0.200 0.200	0.233 0.239 0.239 0.239	0.109 0.137 0.185 0.195
候補地 3	0.141 0.163 0.163 0.163	0.063 0.106 0.136 0.163	0.167 0.200 0.200 0.200	0.278 0.281 0.281 0.281	0.517 0.469 0.416 0.391
候補地 4	0.141 0.163 0.163 0.163	0.719 0.599 0.495 0.395	0.500 0.400 0.400 0.400	0.124 0.140 0.140 0.140	0.050 0.079 0.107 0.138

ならず、重要度が低いほかの評価指標が総合値に影響したためであると考えられる。

以上みたように、AHP は一対比較を行う対象項目が少ない配置計画においては各比較項目間の一対比較のみで評価が可能である有効な手法と言えるが、荷重和型の特徴と考えられる傾向、すなわち重要視される評価指標において優れている候補案を最適案とする傾向が強いことが示唆された。

7. まとめ

本報では、地域施設の配置計画における各種の多目的計画法の適用性を検討することを目的とし、ケース・スタディとしてK市のI区における一般病院の適正配置計画に適用した結果を報告した。

本報で明らかになったことは以下のとおりである。

- 1) I区の医療実態をK市全体との比較により分析し、発生入院患者の地域的な特性は見られないものの、一般病院の現状にはいくつかの問題点があることを指摘した。
- 2) 手法Aの3手法を用いてI区全域を候補対象とする一般病院の配置計画の検討を行い、評価指標・手法によりさまざまな候補案が適正案として選択されることを明らかにするとともに、各手法の特性を示した。
- 3) 手法BのなかのAHPを用いて候補対象を具体的な4箇所限定した一般病院の配置計画を検討し、一対比較の対象項目が少ない配置計画においてAHPは有効な手法と言えるが、重要視される評価指標において優れている候補案を最適案とする傾向が強いことを示した。

以上、一般病院の適正配置計画の検討をとおして、地域施設の配置計画への多目的計画法におけるさまざまな手法の適用性を示すことができたと考えられる。ただし、これらの結果は一都市のケース・スタディであり、一般性のある結果であるかどうかは分からない。さらに適用例を増やし検討を行っていきたい。

なお、本報では前報と同様、すべての病院を一括して扱ったが、医療施設の配置計画においては施設の階層性や機能内容などを考慮すべきである点については今後の課題としたい。

謝 辞

貴重な資料の提供、有益なる助言などさまざまな御協力を頂いたK市衛生局の方々、ならびに終始ご指導を賜る大阪大学岡田光正教授、同柏原士郎助教授に感謝の意を捧げる次第であります。

注

- 1) 手法A：極めて多数の解集合から数学的に唯一解を算出しようとする手法。詳しくは前報を参照されたい。
- 2) <北西部>、<南西部>、<北東部>の3地域。詳細は前報の図-15を参照されたい。
- 3) 前報では“最大成分”としていたが、本報では目的関数は指標値の高い方を最適としているので“最小成分”となる。
- 4) 図-2によれば、規模としては中核病院に匹敵する200～300床の病床を持つ病院が存在するが、これらは結核療養やリハビリテーションのための特殊な病床を多く持つ病院であり、一般的な総合病院としての機能は果たしていない。
- 5) こうした医療施設の現状に対し、前報の注5)において示したように住民も総合病院の設置を望んでおり、これらのことからI区に総合病院の設置が検討されている。
- 6) 詳しくは、文献5)を参照されたい。また、K市全体の病院機能などについては文献7)などに報告しているので参照されたい。
- 7) 受療率：ニュータウン地区はほぼ半分となっている。
- 8) パレート解：ある1つの評価指標をよくしようとすれば、ほかの指標を劣化させるしかない状態（パレート最適性）にある候補解のこと。
- 9) 前報では“最小化”としていたが、注3)と同様、本報では目的関数は指標値の高い方を最適としているので、“最大化”と呼ぶ。
- 10) このため、文献6)のように一対比較の回数を少なくさせる方法論の研究もある。

参考文献

- 1) 横田隆司：一般病院の適正配置計画への多目的計画法の適用性に関する研究（その1）、日本建築学会計画系論文報告集、第411号、pp.25～34、1990年5月
- 2) S-K Lai, L.D. Hopkins: The meanings of trade-offs in multiattribute evaluation method: a comparison, Environment and Planning B, Vol.16, pp.155～170, 1989
- 3) T.L. Saaty: The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, 1980
- 4) 刀根 薫：ゲーム感覚意思決定法、日科技連、1986年
- 5) 横田隆司、岡田光正、柏原士郎、吉村英祐：K市における入院患者の利用動向について、日本建築学会近畿支部研究報告集、第29号・計画系、pp.325～328、1989年5月
- 6) G. Islei, A.G. Lockett: Judgemental modelling based on geometris lest square, European Journal of Operational Research, Vol.36, pp.27～35, 1988
- 7) 柏原士郎、岡田光正、吉村英祐、横田隆司、金 漢洙、中村三智之：病院の類型化と入院患者の将来予測、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.393～394、1988年10月

（1990年6月8日原稿受理、1990年9月11日採用決定）