費用便益分析を用いた病院の適正配置評価手法に関する研究

A STUDY ON A METHOD FOR EVALUATING ALLOCATION OF HOSPITALS USING COST-BENEFIT ANALYSIS

今泉 恭一*, 浅見 泰司**
Kyoichi IMAIZUMI and Yasushi ASAMI

A method for evaluating allocation of hospitals in a region is developed using cost-benefit analysis. This method can be applied to the problem of integrating hospitals for reorganization of regional medical systems. Based on a questionnaire survey, the hospital choice behavior of patients is analyzed with the logit models, in which the distance and travel cost from a residential place to a hospital, the number of beds, and the waiting time are explanatory variables for each type of sickness and injury. The utility of hospital for the patients is converted into monetary term. Relative advantage of alternative sites for allocation of hospitals can be assessed through this result and one such case is exemplified.

Keywords : Hospital, Allocation Evaluation, Facility Choice Behavior, Logit Model
Cost-Benefit Analysis

病院施設, 配置評価, 施設選択行動, ロジットモデル, 費用便益分析

1. はじめに

(1) 背景・目的

急速な高齢化社会の進行や医療の高度化等により, 国民医療費は年々増大を続ける一方で, 経済成長との不均衡は拡大している。厚生白書で述べられているように「21世紀の少子高齢化社会においても, 総ての国民が安心して良質な医療サービスを受けることができ, しかも効率的である医療・保険制度への転換」が緊急の課題となっている。特に医療提供体制について見ると「医療機関の機能分担と連携を進める」という方針のもと, 公的医療機関^{※1)}等の病院の統廃合が具体的に動き始めている。一方, 病院は, 阪神・淡路大震災の時にも指摘されたように, 大規模災害が発生した場合に機能すべき地域の重要な拠点施設^{※2)}である。従って地域における医療体制の再編成を検討する際には, 平常時の住民に対する利便性の維持・向上や社会的な医療資源の効率的活用に加えて, 災害時の医療提供能力も考慮される必要がある。特に公的医療機関は, 社会資本の一環であり, 種々の社会的な便益と費用を考慮して, 統廃合に伴う投資の有効性を評価しなくてはならないだろう。病院の統廃合に伴う便益・費用を総合的に捉え, 地域における施設配置計画を評価するためには, 対象項目の異なる評価単位を統一的に扱う必要がある。

そこで本報では, 研究の第一段階として平常時のみを対象に, 公

共経済学より発展した費用便益分析^{※3)}の考え方を適用して, 病院の施設配置計画を貨幣タームで評価するための方法論を提案する。病院については, 公表データ上の制約等が配置評価に対する費用便益分析適用の障壁となっているが, ここでは公表データを最大限活用する形で, 医療関係者を交えた独自の調査も実施し, 更にモデル上の工夫を施して本手法の適用性を検討する。本手法を用いれば, 例えば, 統廃合後の移転候補地が複数箇所あった場合, 地域にとってどの候補地を選定したらよいのかといった問題に対し, 関係者が合意形成を図りながら意思決定を行っていくことが容易になると考えられる。本報で展開する基本的な手順は, 以下の2段階である。

①独自調査を基に, 貨幣タームでの便益計測を可能とする傷病者の施設選択モデルを作成する。

②上記モデル及び公表データ等を用いて, 病院施設の地域配置計画を費用便益評価するための方法を提示する。

なお本報では, 二次医療圏内^{※4)}における一般病院と診療所^{※5)}(双方を併せて以下, 医療施設)の外来及び入院医療を対象としており, 医療圏が広域に互る傷病(全県が一圏域である精神疾患等)は考慮していない。

(2) 既往の研究

上記①の施設選択行動の予測モデルについては, 一般的に, ハフ・

* 鹿島建設広報室 工修, M.C.P.

** 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 助教授・Ph. D.

Public Relations Office, Kajima Corporation, M. Eng., M. City Planning
Assoc. Prof., Dept. of Urban Engineering, Univ. of Tokyo, Ph. D.

モデル、エントロピー・モデル等の空間相互作用モデル^{3) 4)}が開発されている。これらのモデルは「利用者と施設間の距離」及び「施設の魅力度」の関数として、利用者による施設の選択確率が得られるもので、主としてOD表形式の集計データに対して用いられる。従来、医療施設に対しても、これらのモデルが適用される場面が多い。一方、近年、個人の選択行動を捉えモデルを精緻化する方向として、非集計行動モデルの施設選択への適用が試みられている。非集計行動モデルの一つであるロジットモデル^{5) 6)}の医療施設への適用についてはCohenら⁵⁾、佐藤ら⁶⁾、アシシアら⁷⁾などが研究成果を発表している。しかし各々の研究の目的上、ロジットモデルで推定した患者の効用に関し、貨幣価値換算を指向した検討はなされていない。

次に、前述②に関係する各種施設の配置評価法については、柏原による地域施設の配置手法を論じた研究⁴⁾をはじめ、過去に多くの成果がある。近年は「平均利用距離」といった単一の指標を用いた評価手法から、複数指標を対象に多目的最適化問題での合理的な解を求めようとする多目的計画法に研究の焦点が移ってきている。更に最近では、青木らによる遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) を用いた報告⁸⁾、山下らによる GA を用いた高齢者在宅福祉サービス供給に関する報告⁹⁾、横田による DEA (Data Envelopment Analysis) を用いた高齢者福祉施設に関する報告¹⁰⁾等が、新たな研究動向として挙げられる。特に医療施設の配置評価について見てみると、横田が上述の多目的計画法に関し、荷重和型、最小成分最適型、 ϵ -制約式型、階層分析法といった種々の方法論の適用を示している^{11) 12)}。しかしながら、昨今、プロジェクト評価の実務分野で利用が活発化してきている費用便益分析については、既公表のデータ上の制約もあって、医療施設の配置評価に対する研究事例はない。

2. 評価方法の概念

(1) 適用ケースの想定

病院の統廃合に当たっては、既存入院患者への医療上の配慮、資金調達の有利さ等の面から、新たな用地を取得して病院を移転するケースが多い。そこで今回の研究対象とする手法の適用範囲は、複数の移転候補地の中から社会的純便益 (総便益と総費用との差) が最も大きい敷地を選定するという場合を想定する。配置評価の条件を簡便化するために、全ての移転候補地には、道路等のインフラが既に整備されているものとする、施設移転に伴い社会全体で変化する主要な便益・費用の項目は表1のように考えられる。

まず事業者側について見ると、病院の統廃合は、事業の運営維持費 (管理コスト) の削減、利用者に対するより快適な診療空間の提供 (例、一病床当たりの床面積の拡大) 等を狙って行われるものである。ただし表1において、敷地の立地場所によって便益・費用の値が変動する項目は、来院患者数の影響を受ける「事業収入」、事業

費中の「用地取得費」及び運営・維持費中の「病院スタッフの移動コスト (交通費と移動時間)」が主なものであると言える。

次に利用者側を見ると、家族の面会等を考慮した上での「居住地・病院間の移動コスト」が、敷地の立地場所によって影響を受ける直接的な項目である。「病院での待ち時間」については、施設の運営方法に関わる部分の他に、利用者の施設選択行動の結果である来院患者数の影響がある。選択行動の一つの説明因子が移動距離^{6) 7) 11) 12)}であることを考えると、「待ち時間」は間接的に立地場所の影響を受ける項目であると言える。事業者及び利用者の双方について、上記以外の項目は、病院の運営体制や建築内容自体に関わるものであり、本質的に立地場所による影響を受けるものではない。

従って基本的に、複数の候補地より最適な移転場所を選定しようとする今回のケースでは、利用者側の「移動コスト」及び「待ち時間」について、消費者余剰を含めた効用水準の増加もしくは減少分を地域の総和として貨幣価値換算し、更に事業者側の便益・費用である「事業収入」「用地取得費」及び「病院スタッフの移動コスト」を考慮して、プロジェクトの評価をすればよいこととなる。その結果、各移転候補地間の社会的純便益の大小関係を比較することで、候補地選定に対する優先順位を提示することが可能となる。

(2) 病院選択行動のモデル化

地域内の病院配置が変わることによって、各病院の医療需要に変化が生じる。移転候補地間で費用便益の比較を行うためには、より正確に地域における利用者の病院選択行動を推定する必要がある、本研究では、個人の選択行動を記述することができる非集計行動モデルを採用することとした。

一般に、施設の配置状況によって、施設選択率が変化する場合には、その効用はランダム効用理論¹³⁾を用いて計測することができる。ランダム効用理論では、個人 n は施設 i を式(1)が成立する時に選択すると考える。

$$V_i(a_i, b_{ni}, c_n) + \epsilon_{ni} \geq V_j(a_j, b_{nj}, c_n) + \epsilon_{nj} \quad \forall j \neq i \quad (1)$$

ここで、 V は効用の確定項、 a は施設の質 (魅力度)、 b は施設を訪れるために要する費用、 c は個人の属性、 ϵ はランダムな誤差項である。誤差項の分布がガンベル分布であるとする、個人が M 個の代替的な目的地から目的地 i を選択する確率 $P(i)$ は式(2)のよう表すことができる。

$$P(i) = \exp(V_i) / \sum_{j=1}^M \exp(V_j) \quad (2)$$

式(2)は多項ロジットモデル (Multinomial Logit: 以下、MNLモデル)¹⁴⁾と呼ばれている。MNLモデルにおいて施設選択に関する利用者の効用の確定項は、上記説明変数 a 、 b 、 c の線形和として定義される。ここで外来診療の対象となる傷病では、利用者が「医療施設に行かず自宅で療養する」というケースが考えられる。この場合は、MNLモデルにおいて「施設には行かない」という選択肢を施設選択肢群に含めて、並列的に分析する方法を採用した。

(3) 利用者便益の計測方法

病院選択モデルを用いた利用者便益の推計に関しては、消費者余剰の概念を用いて最大効用の期待値により求める方法を採用した。MNLモデルによる需要関数から得られる最大効用の期待値について、 E_0 は現状、 E_1 は病院の移転後を示すものとする。 C_0 、 C_1 を各々の選択肢集合、 V_j^0 、 V_j^1 を各々の効用の確定項とすると、 E_0 及び E_1 は式(3)及び式(4)で与えられる。¹⁴⁾

表1 施設移転に伴って変化する主な便益・費用項目

主 体	便益項目	費用項目
事業者	・ 現有敷地の売却収入 ・ 事業収入	・ 事業費 (用地取得費、建設費等) ・ 運営維持費 (人件費、光熱費等)
利用者	・ 傷病からの回復 ・ 院内環境の快適性向上	・ 病院への移動コスト ・ 医療費 (自己負担金、健康保険) ・ 診療時間及び待ち時間

$$E_0 = \ln \sum_{j \in C_0} \exp(V_j^0) \quad (3)$$

$$E_1 = \ln \sum_{j \in C_1} \exp(V_j^1) \quad (4)$$

次に等価的偏差 (Equivalent Variation) を考え、これを各選択肢に共通な支払意思額 ΔC によって定義すれば、住宅立地に対する森杉ら¹⁵⁾ 及び鉄道ネットワークに対する屋井ら¹⁶⁾ の方法を本問題に適用して ΔC は式 (5) の様に示すことができる。ここで β は病院選択モデル中の費用パラメータである (論理的に $\beta < 0$)。

$$\Delta C = (E_1 - E_0) / (-\beta) \quad (5)$$

従って地域全体における便益 (NB: Net Benefit) の推計は、式 (5) で得られた ΔC に傷病者数 N を乗じて算出することができる。

$$NB = N \Delta C \quad (6)$$

3. 病院選択モデルの構築

(1) 傷病のグループ化

選択行動モデルを構築するために、本研究では次項で述べるアンケート調査を実施することとした。まず患者の受療行為を少数のサブモデルで表現する目的で、対象とする傷病をグループ化した。グループ化する際の仮定として「患者が感じる傷病の重さと治療費の大小には相関があり、治療費の確率的な発生パターンが似ていれば、医療施設の選択行動も類似する」と考えた。傷病の分類は、一般的にデータの入手が可能であること、及び他の統計データと整合性があることを考慮して傷病大分類^{註7)}を用いた。治療費の発生パターンは文献 [17] の「一日当たりの診療行為点数」^{註8)}を基に頻度分布を作成して分析を行うこととした。図1に、当該頻度分布とその際用いた診療点数の区分を、外来医療を例として示す。

本報では「一日当たりの診療行為点数」の頻度分布形状の類似性により傷病をグループ化する際、階層的クラスター分析¹⁹⁾を用いた。クラスター分析は、類似性の高いもの同士をグルーピングする手法であり、①類似度に対する指標、及び②グルーピングするための方法の2点で分類される。ここでは傷病大分類に基づく傷病 (以下、傷病区分) 間の分布形状の類似度に関する指標、すなわち分類項目間の距離としてカイ自乗値^{註9)}を用い、またグルーピング方法については最長距離法^{註10)}を適用した。診療点数の相対的な高低により、外来・入院医療別に傷病区分についてグルーピングした結果^{註11)}を、デンドログラムとして図2の (a) (b) に示す。ここで両図の横軸は、傷病区分同士の結合距離をその最高距離で除した値の100倍をスケールとしている。外

来診療については「一日当たりの診療行為点数」に加えて、傷病が急性か慢性かにより施設選択行動が異なるものと考え、図2 (a) において、慢性疾患の割合が高い「内分泌等」を、グループを分けて独立したサブモデルとして取り扱うこととした。

(2) アンケート調査の概要

モデル構築に適合するデータについては、一般的に個人の行動を取り扱ったものがないため、仮想的な質問を設定したアンケート調査を独自に実施した。アンケートは、東京及びその隣接地域に居住する、著者の所属機関等の勤務者、学生、及びその家族を対象にし

て約400枚を配布した。実施内容は、以下の通りである。

- ①図2でグルーピングした傷病区分のサブモデル (以下、タイプ1～5) 毎に、診療点数階級別の頻度分布における代表値として各中央値を求めた。
- ②医療関係者と話し合い、タイプ1～5の各々に対して、上記①で求めた診療点数の中央値に概ね近い、一般的に認識できる傷病例を表2のように具体的に設定した。
- ③上記②で設定した各傷病に対し「その病気になった場合にどのような行動をとるか」という仮想的な質問^{註12)}を回答者に提示した。前提として居住地で傷病にかかったと想定し回答して欲しい旨を記した。
- ④質問は、1) 年齢、2) 住所、3) 家族の面会も考慮し^{註13)} どの医療施設に行くか、4) 何故その施設を選択したか、5) 交通手段は何を使用するか、6) 施設での待ち時間はどの程度を考えているか等である。

回答内容の欠落や施設選択理由が「以前住んでいた場所からの利用の継続」等の場合を回収データから除外した結果、有効回答数は、255～308件 (傷病タイプによって異なる) となった。タイプ1を例に二次医療圏ごとに見た回答者数の分布を図3に示す。

図1 診療行為点数の頻度分布 (消化器疾患・外来医療の例)

図2 傷病区分のデンドログラム^{註7)}

表2 傷病の設定

医療種別	診療点数の高い傷病群			診療点数の低い傷病群		
	タイプ	点数/日	傷病例	タイプ	点数/日	傷病例
外来医療	2	1000	急性胃腸炎	1	500	高熱を伴う感冒
	3		糖尿病			
入院医療	5	3000	急性肝炎	4	2000	軽微な手術を伴う骨折

(3) ロジットモデルによる分析

医療施設に関する過去の文献^{5) 6) 7)}を参考にして、モデルにおける選択肢の魅力度の変数としては一般病床数を、また費用の増大に伴う抵抗として、居住地から病院までの往復移動距離及び往復交通費、病院における待ち時間（外来診療のみ）を選定した。また利用者の属性としては年齢区分を取り上げることとした。ここで待ち時間については「アンケート回答の期待待ち時間は世評等を通じて合理的に判断されており実待ち時間を反映している」という仮定を置いた。往復交通費は、式（5）で示した便益計測の際に必要な費用パラメータ β に対応する説明変数として採用¹⁴⁾したものである。表3にモデルにおける説明変数をまとめる。ただし同表より、タイプ3では「非選択の効用」を、タイプ4及び5では「非選択の効用」「20床未満の診療所」及び「待ち時間」を除いた変数の線形和としてモデル検討を行った。式（2）に示す施設を選択肢集合Mについては、以下の通り設定した。

①タイプ1及び2（急性の外来医療）については、回答者の属する市区町村に立地する全ての一般病院²⁰⁾に、同じ市区町村内に居住する回答者が一人でも選択した医療施設を付加した。

②タイプ3～5（慢性の外来医療及び入院医療）では、回答者の属する二次医療圏内の全ての一般病院に、同じ二次医療圏内に居住する回答者が一人でも選択した医療施設を付加した。

回答者一人当たりで見た代替的な選択施設数|M|の平均値と標準偏差は各々、上記①の場合は16.9と10.1、上記②の場合は76.2と22.3である。試行的に行ったパラメータ推定において、年齢区分に

関しては、タイプ1～5の全ケースで統計的有意性が示されなかったため、これらの変数をモデルから除外した²⁰⁾。最終的に得られた結果を表4にまとめる。本結果について以下のことが指摘できる。

- ①タイプ1～5に対する効用の推定式はカイ自乗検定の結果²¹⁾、1%水準で全て統計的に有意となった。
- ②パラメータの符号に着目すると、タイプ1～5の全てにおいて費用増大に伴う抵抗である移動距離、交通費、待ち時間は全て負の係数となっており、論理的な説明力を有している。
- ③全タイプの中では、タイプ1が最も移動距離、及び交通費の増大に対する抵抗値が大きく、近くで交通費用のかからない施設を選択しようとする傾向が表れている。
- ④病床規模についてパラメータの数値を見ると、タイプ1では小規模な医療施設を選択する傾向にあるが、他の4タイプではより規模の大きな施設を選ぼうとしていることが読みとれる。
- ⑤全ての推定式について尤度比 ρ^2 は0.2以上であり、データに対して十分高い適合度を持つものと判断できる¹⁴⁾。
- ⑥式（2）を用いて、推定した確率値の最大となる医療施設（非選択を含む）が選択結果であるとみなし、実際の回答と比較した。その結果、全てのタイプで40%以上の的中率を示しており、概ね良好な推定モデルであると言える。

4. 費用便益分析の観点からの配置計画評価

(1) 便益計測の全体フロー

公表データに加え、前章で提示した内容の関連データが得られているものとして、病院の配置計画を費用便益分析の観点から評価するための流れを図4に示し、便益計測の各手順を以下に述べる（丸数字は図4の項目を示す）。ただしここでは、施設移転に伴って変化する事業者側の便益・費用額は別途与えられるものとして、利用者側の便益・費用のみを計測の対象とした。なお便益計測の具体例については、次節のシミュレーションを通じて提示する。

a. 最大効用期待値の算出（図4の[A]）

前章で分析した施設選択モデルを用い、病院の移転前（現状）と移転後（計画）の各々について、傷病タイプ毎に各個人における最大効用の期待値を求める。

第一に、モデルに対する基本データとして、各選択可能施設の病床データ（②）と待ち時間データ（③）、及び施設並びに居住者の住所データ（①）を準備する。施設に関する病床データと住所データは文献[20]、待ち時間データは独自のアンケート調査等から獲得する。居住者の住所については、国勢統計区（町丁目レベル；以下、地区）等に細分化し、各地区の重心に当該地区の全夜間人口が集中する、すなわち同一地区に属する全居住者は、地区の重心に居住するものと仮定する。その上で、各居住地とそれぞれの選択可能施設との往復道路距離（④）を算出する。居住地から選択可能施設へ移動するための交通手段（⑤）は、上記同様、独自のアンケート調査等を行い、地域における移動交通手段の選択ルールや手段分担率を設定した上で、各居住地・施設間の平均往復交通費（⑥）を算出する。

次に各傷病タイプに対して、上記で準備・算出した②

図3 二次医療圏毎の回答者数の分布（タイプ1の例）

表3 説明変数の設定

カテゴリー	説明変数	内 容
病床規模 ^{註15)}	BD_20	20床未満（ダミー変数）
	BD_200	20～200床未満（ダミー変数）
	BD_500	200～500床未満（ダミー変数）
移動距離 ^{註16)}	DIS	居住地から病院までの往復道路距離（m）
交通費 ^{註17)}	COST	居住地から病院までの往復交通費（円）
待ち時間 ^{註18)}	WAIT	病院での期待待ち時間（分）
年 齢 ^{註19)}	AGE_25	25歳未満（ダミー変数）
	AGE_55	25～55歳未満（ダミー変数）
非選択の効用	NO_GO	施設に行かない場合「1」（ダミー変数）

表4 パラメータの推定結果

説明変数	各説明変数のパラメータ				
	タイプ1 N=308	タイプ2 N=295	タイプ3 N=257	タイプ4 N=255	タイプ5 N=255
定数	-1.686* (0.682)	0.299 (0.307)	0.217 (0.243)	0.415* (0.179)	0.0732 (0.180)
BD_20	0.893 (0.618)	-1.746* (0.242)	-3.243* (0.241)	—	—
BD_200	0.448 (0.640)	-1.329* (0.257)	-1.438* (0.206)	-1.780* (0.199)	-1.429* (0.196)
BD_500	0.428 (0.679)	-0.563* (0.251)	-0.669* (0.187)	-0.771* (0.169)	-0.508* (0.171)
DIS	-0.000405* (0.000069)	-0.000306* (0.000024)	-0.000150* (0.000015)	-0.000170* (0.000014)	-0.000170* (0.000015)
COST	-0.00223* (0.000733)	-0.000322* (0.000078)	-0.00163* (0.000259)	-0.000143* (0.000046)	-0.000071* (0.000022)
WAIT	-0.00486 (0.00570)	-0.00228 (0.00274)	-0.00254 (0.00239)	—	—
NO_GO	1.830* (0.272)	0.182 (0.219)	—	—	—
ρ^2	0.543	0.255	0.265	0.280	0.259
的中率%	60.7	40.3	47.9	49.8	47.8
カイ自乗	1315.1	587.81	523.57	366.43	320.61
自由度	7	7	6	4	4

註) 上段Nはデータ数。*は1%水準で有意; 括弧内は標準誤差。

③④⑥のデータを施設選択モデル(⑦)に入力し、地区毎に傷病者一人当たりの施設別効用値(⑧)を計算する。更に当該効用値に対して式(3)及び(4)を適用し、地区毎の一人当たりの最大効用の期待値(⑨)を求める。

b. 年間延べ傷病者数の算定(図4の[B])

第一に、タイプ毎の地区別・1日当たりの傷病者数(⑬)を算出する。タイプ3～5については、傷病者は必ず医療施設を訪れるものとしているので、傷病者数は受療者数に等しいと考えられる。この場合、1日当たりの受療者数は、各地区の夜間人口(⑪)に対し、文献[21]の受療率(人口10万対・1日当たり、入院外来別、傷病分類別:⑫)を乗じて算出する。一方、タイプ1及び2については「医療施設へ行かず自宅療養する」という傷病者がいるものと仮定しており、以下の方法を用いて、タイプ毎の地区別・1日当たりの傷

病者数を算定する必要がある。

1) 現状について、施設選択モデルからの効用値に対し式(2)を適用して、地区別に「施設に行く」確率(⑩)を求める。

2) 各地区の夜間人口に受療率²¹⁾を掛け合わせ、更に上記1)において算出した確率値で除すことにより「施設に行かない」患者を含めた地区別の全傷病者数を推定する。

次に、年間当たりの延べ訪問回数(⑭)を算出する。タイプ1～3(外来医療)では医療施設の平均開業日数(年間295日)を延べ訪問回数として用いる。またタイプ4及び5(入院医療)では365日を平均在院日数(タイプ4は27日、タイプ5は19日)²¹⁾で除した値、すなわち一床当たりの年間延べ患者数をもって延べ訪問回数と考える。最後に、1日当たりの傷病者数と年間延べ訪問回数を地区別・タイプ別に掛け合わせ、年間延べ傷病者数(⑮)を算出する。

c. 純便益額の算出(図4の[C])

利用者の純便益は、式(5)に基づいて算出することができる。まず、病院移転後と移転前

の各々について、上記a, bで求めた一人当たりの最大効用の期待値と年間延べ傷病者数をタイプ別・地区別に掛け合わせ、地域における年間の効用値を算出する。次に、タイプ別・地区別に、消費者余剰の増加分、すなわち移転後と移転前の効用値の差を求め、当該効用値の差を同一タイプに対する施設選択モデルの交通費用パラメータによって除すことで、年間純便益額(⑯)として貨幣価値に換算する。

(2) シミュレーションの概要

事例として、施設選択モデル作成の際にアンケート調査を実施した南多摩二次医療圏を取り上げ、前節で示した基本的な手順²²⁾に則ってシミュレーションを行った。シミュレーションの条件を表5に、病院の配置状況を図5に示す。なお医療費は、移転の前後で変わらないものと想定した。当該二次医療圏は夜間人口約120万人を有し、10万人当たりの病床数(991床)及び1病院当たりの平均病床数(198床)²⁰⁾は、全国的に見て概ね平均的な地域である。現状の病院配置状況を見ると、病院の数は全体的に地域中央部に集まっているが、200床以上の病院(23箇所)は地域に比較的分散して立地している。シミュレーションでは、仮定のC病

図4 費用便益分析を適用した配置評価の流れ

院（250床）とD病院（280床）を設定し（合計63病院）、その2病院が統合してAもしくはBの候補地に移転する計画（以下、A案、B案）を評価するものとした。また統合後の新病院における病床数は、C病院とD病院の病床数を併せた530床とした。なお便宜的に、本二次医療圏外からの利用者はないと仮定した。

表5 シミュレーションの条件

項 目	想定内容
総夜間人口	1,219,024人
総病床数	12,078床（991床／10万人）
病院数	61病院（平均病床数：198床）
統合対象病院	C病院（250床）及びD病院（280床）
移転後の病床規模	A案、B案ともに530床

註）総病床数、病院数はC、D病院を除く。

図5 シミュレーションにおける病院配置

(3) シミュレーション結果

表6はA案、B案のそれぞれに関し、年間の純便益額を示したものである。地域全体での純便益額は、A案が2157万円、B案が5476万円となった。これは200床以上の病院が相対的に少ない地域南東部に移転するB案の方が、大病院も含めて周辺に病院数が多いA案よりも、地域に対してより大きな便益を与えるためと考えられる。更に表6をタイプ毎に見ると、全タイプでB案の方がA案よりも高い便益額を示していることがわかる。またA案、B案ともに、タイプ1が唯一、負の便益額となっている。これは、施設選択モデルがタイプ1について、より小規模な病床数の施設を支持する傾向を持っており、統合による病院の大規模・集約化の一つの影響であると考えられる。更に地区毎に、現状に対する純便益額の増減率を示したものが図6の(a)(b)である。地域的な特徴を把握しやすくするため、増減率の表示区分は「-25%以下」「-25%超・25%以下」「25%超」の3段階とした。図6より以下の点が指摘できる。

- ①A案、B案共に、移転先とその周辺地区は純便益が正となる。
- ②A案、B案共に、病院の統合で新病院の病床規模が大きくなるため、移転後の影響範囲は相対的に広い地域に及んでいる。
- ③病院が少ないD地点の周辺エリアは、移転に伴い、負の便益となる地区が広い範囲に及んでいる。逆に、C地点の周辺エリアは病院が多いため、移転による影響はそれ程大きくない。ここでは利用者側の便益・費用のみを対象としてシミュレーション

ンを行い、前述のようにB案の方がA案よりも大きな純便益を発生させることがわかった。更に、移転に伴って発生する事業者側の費用便益項目、すなわち地域全体としての総事業収入の増減や用地取得費、病院スタッフの交通コストを加味することで、A案とB案のどちらに移転するのが地域にとって有効な施策であるかを最終的に評価することができる。

5. まとめと今後の課題

本報告では、医療施設の選択行動モデルに対して費用パラメータを含めたロジットモデルを適用し、種々の公表データを活用しながら、病院の配置計画を費用便益的に評価する手法を提案した。更に事例分析を通じて、手法の具体的な適用方法を提示した。今後は、今回得られた知見を発展させ、以下の事項を行うことが課題である。

- ①傷病者の年齢^{註20)}や家族の面会^{註13)}等の条件を一層考慮した詳細な追加調査とそれに基づくモデル精度の向上
- ②災害時の病院拠点機能を費用便益的に評価する手法の開発

表6 傷病別の純便益額（単位：千円）

	タイプ1	タイプ2	タイプ3	タイプ4	タイプ5	合 計
A 案	-17,035	15,144	6,799	4,512	12,149	21,569
B 案	-12,230	21,223	9,850	8,515	27,402	54,760

(a) A案（純便益額：2157万円）

(b) B案（純便益額：5476万円）

図6 地区毎の居住者便益の増減状況

謝辞

本研究を実施するにあたり、便益計測については東北大学・森杉壽芳教授に、統計解析については文部省統計数理研究所・馬場康維教授よりご助言を頂きました。アンケートの質問項目に関しては、鹿島建設健康管理センター・山本佳男所長、樋口義弘事務次長よりご協力を頂戴しました。また医療施策の動向等に関しては、鹿島建設医療福祉チーム・木島曉部長、安藤繁次長、成田裕介氏より多くの情報を提供して頂きました。GIS上の作業では三井造船システム技研・亀田貴雄氏から、コンピュータ上の処理過程では鹿島建設情報システム部・大西克保氏、技術研究所・中島賢市氏からアドバイスを頂戴しました。また匿名の査読者からも有益なコメントを頂きました。ここに記して深甚なる謝意を表します。

補註

- 註1) 医療法31条に定める病院で、開設者が、①都道府県、②市町村、③その他厚生大臣が指定するものを指す。
- 註2) 例えば厚生省では「原則として二次医療圏毎に1ヶ所の地震災害医療センターを整備する」等を具体的な政策¹⁾として打ち出している。
- 註3) 費用便益分析²⁾は、全対象項目を貨幣価値に換算して、統一的な尺度で計画を評価する手法である。
- 註4) 厚生省指針では、二次医療圏とは「一般医療で、主として病院への入院医療を提供する体制の確保を図る区域」とされている。我国では、既に都道府県の責任において地域を細分化し、独自に設定が行われている。
- 註5) 医療法では、病院は「患者20人以上の収容施設を有するもの」とされ、療養所やセンターと呼ばれるものも、病床数が20床以上あれば病院の範疇に含められる。一方、20床未満は診療所の範疇となる。
- 註6) ロジットモデルの特徴としては、以下の点があげられる。
- ①同じ傷病でも同じ病院に行くとは限らず、確率事象として患者の選択行動を捉えることができる。
 - ②ミクロ経済学の効用最大化理論から導出されており、採用された変数と効用値の関係が分析しやすい。
 - ③離散量（選択／非選択）を被説明変数とする離散選択モデルの中でパラメータの推定が最も容易である。
- 註7) 平成7年より我国でも、世界保健機構の第10回修正「国際疾病・傷害および死因統計分類(ICD)」に基づく傷病大分類が採用されている。本分類項目のうち今回は、まず「精神及び行動の傷害」を除外した。更に、文献[21]において受療率が低く、且つ文献[17]で一日当たりの診療行為点数の著しく低い項目を分析の対象外とした。また図2では、「神経系の疾患」「眼及び付属器の疾患」及び「耳及び乳様突起の疾患」を「神経・感覚器」という名称にまとめて表示した。
- 註8) 傷病分類毎の総診療点数を診療報酬明細書(レセプト)に記載されている入院あるいは通院日数で除した値。
- 註9) 文献[18]の補注1において、二つの分布を識別する際の不確実性を表すという点で、類似度の指標であるKullbackの情報量とカイ自乗値は漸近的に検定量として同等であり、カイ自乗値を情報量と代替させても同様の結果が得られるであろうことが述べられている。
- 註10) 最長距離法は他の方法と比較して、グループの空間的な広がりの大きさが極端に相違することがないように分類されるという特徴がある。¹⁹⁾
- 註11) どの段階で合併をやめれば適正かという問題が発生するが、今回はより数値的な処理でグループ数を決定することとし、グループ間距離の変化が急激な段階を、グループ数を決めるための判断基準と考えた。
- 註12) アンケートでは、回答者が傷病の重さを適切に認識できるように、下記の通り、傷病名に症状及び治療内容の目安を併記して質問を行った。

- ・タイプ1:38度を超える発熱を伴う風邪をひいたが歩くことはできる。1～2回の通院で治りそう。(高熱を伴う感冒)
- ・タイプ2:食あたりで腹痛がひどく下痢が続く。脱水症状のため点滴の可能性もある。(急性胃腸炎)
- ・タイプ3:検診で糖尿病が見つかった。放置すれば手足のしびれや失明に繋がる。月1回は定期的に通院しなければならない。(糖尿病)
- ・タイプ4:全身がだるく39度の熱がある。ウイルス性の急性肝炎で1ヶ月程度の入院が必要だ。(急性肝炎)
- ・タイプ5:階段から落ちて足首を複雑骨折した。簡単な手術の後、数週間の入院が必要だ。(軽微な手術を伴う骨折)

註13) 本条件の提示により、モデルには暗黙的に家族の面会者の効用が含まれるものと考えた。ただし回答者の意識程度によっては、効用値が過小評価される可能性がある。この部分の精緻化は今後の課題であると考ええる。

註14) 居住地・医療施設間の交通費は、便益計測の際に必要な費用パ

傷病タイプ	相関値
タイプ1	0.61
タイプ2	0.42
タイプ3	0.47
タイプ4	0.36
タイプ5	0.34

ラメータの説明変数であるが、移動距離と同義的であり、モデル作成時の多重共線性のチェックを行った。交通費と移動距離に関する相関係数は左表の通りであり、相関関係が特に強いとは言えないことを確認した。

註15) 病床規模は、モデル推定において試行を繰り返した結果、表中の区分値を用いて、診療所、小・中・大規模病院に分けることとした。

註16) 三井造船システム技研より提供されているMapInfo道路地図データ(1998年版)に対し、米国MapInfo社のMapInfo 4.1、ACT社の距離計算パッケージを用いて、GISによる道路距離計測を行った。

註17) 回答者毎の施設選択肢に対する交通費は以下の方法により設定した。

- ①アンケート結果を基に、傷病タイプ別の交通機関分担率(%)をまとめると下表の通りである。ここで表中の徒歩系とは徒歩・自転車、公共交通系とは鉄道・バス、車系とは自家用車(オートバイを含む)・タクシーを指すものとする。

タイプ	徒歩系	公共交通系	車系
1	53.1%	44.0%	2.9%
2	35.4	12.2	52.4
3	29.6	65.0	5.4
4	19.3	7.8	72.9
5	17.8	8.1	74.1

- ②回答者が選択した施設については、回答で得られた交通手段を用いることとし、それ以外の選択可能施設については、上記の表及び回答結果の分析から、以下のルールを仮定して交通手段を設定した。

[タイプ1及び3]

- ・居住地から医療施設までが1km以内の場合は徒歩系、1km超の場合は公共交通系とする。

[タイプ2、4及び5]

- ・居住地から医療施設までが500m以内の場合は徒歩系とする。500m超の場合、全タイプのうち何れかで、「自家用車を利用」と回答している場合は自家用車、それ以外の場合はタクシーとする。

- ③交通費について、徒歩系は零、公共交通系は鉄道・バスの組み合わせを考慮した最小交通費とした。自家用車は、ガソリン代を100円/ℓとし、8km/ℓの割合で走行可能として算定した。タクシーについて

は、最初の2 kmまでが660円、それを超えると250 m毎に80円を加算するという料金体系を適用した。

④上記②で設定した交通手段に対し、上記③の算定方法を適用して交通費を算出する。

註18) 複数回答のある施設はそれらの平均値を算出し、回答のない施設に対しては、アンケート回答を基に、表3に示した病床規模クラス毎の平均値を求めて、待ち時間を算定した。

註19) 年齢は、文献[21]における傷病の受療率、及びアンケート回答者数の年齢分布の両面から判断して区分した。

註20) 既往の研究^{6) 7)}では、子供と高齢者の施設選択行動が成人とは異なることが報告されている。本分析で年齢に関する項目が有意とならなかった理由は、以下の2点が考えられる。

①家族全員に対して回答を求めているものの、世帯主を中心としたアンケートの発送であったため、子供や高齢者からの回答が少なかった。(特に15歳未満は4件、65歳以上は14件の有効回答。)

②上記①で回答のあった子供及び高齢者について、所属する世帯の全員が同一施設を選択する傾向が顕著に現れている。これは世帯を代表する1名がまとめて回答したためと推察される。

上記既往研究では、特に高齢者は距離の影響を受けやすいことが示されており、今回のモデルを用いた便益計測の場合、地域全体としての数値に偏りが生じる可能性がある。本研究では、回答者への負担を考慮して追加アンケートの実施を見送ったが、更に年齢条件を考慮したモデルの精緻化は今後の課題である。

註21) 全ての回帰係数が零であるモデルの下での尤度 L_0 と、当てはめたモデルの L_1 とを直接比較して、下式によりカイ自乗統計量を計算した。

$$\chi^2 = -2 [\log(L_0) - \log(L_1)]$$

註22) 本シミュレーションでは、特に以下の仮定を設定した。

①モデルに対する医療施設の選択肢集合について、タイプ1及び2は回答者の属する市区町村に立地する全一般病院を、タイプ3～5は回答者の属する二次医療圏内の全一般病院を基本とした。更にタイプ1～3では、3章のアンケート結果を参考にして、各地区の重心から800, 1200, 1500mの各距離に選択対象となる20床未満の診療所が存在するものと仮定し、その3診療所を上記該当タイプの選択肢集合に加えた。

②各居住地から選択可能施設までの往復交通費は、註17)のルールを用

タイプ	自家用車	タクシー
2	71.8%	28.2%
4	64.4	35.6
5	68.3	31.7

いて算定した。ただし、タイプ2, 4, 5に対する自家用車とタクシーの手段選択には、アンケート結果に基づく下表の分担率を用い、OD間

における各々の交通費に重み付けをして平均往復交通費を算出した。

③医療施設の待ち時間は、施設選択行動の結果である来院患者数の集中度合いによって影響を受けるため、待ち時間の増減を加味して来院患者数の均衡状態を求めるという分析も行った。その結果、効用値に対する待ち時間増減の影響は、極めて小さいことが確認できた。従って、ここでは「来院患者数の増減に係らず待ち時間は一定である」として註18)の方法を採った。

参考文献

1) 阪神・淡路大震災を契機とした災害医療体制のあり方に関する研究会：平成7年度厚生科学研究費補助金健康政策調査研究事業「研究報告書」、厚生省、pp.38-39、1996年4月

2) 森杉壽芳：社会資本整備の便益評価、勁草書房、1997年

3) 谷村秀彦、梶秀樹、池田三郎、腰塚武志：都市計画数理、朝倉出版、1986年

4) 柏原士郎：地域施設計画論、鹿島出版会、1991年

5) Morris Cohen, Hau Lee: Hospital attractiveness as a determinant of regional hospital market shares, Proc. 10th Int. Conf., Operational Research, pp.1032-1046, 1984

6) 佐藤平、長沢悟、谷村秀彦、廣川協一：患者の病院選択行動に関するロジット分析、日本大学工学部紀要、第32巻、pp.85-102、1991年3月

7) モンデュー・アシシア、谷村秀彦、歳森敦：人口の高齢化を考慮した一般病床数再配分方法の提案、日本建築学会計画系論文集、第485号、pp.157-162、1996年7月

8) 青木義次、村岡直人：遺伝的アルゴリズムを用いた地域施設配置手法、日本建築学会計画系論文集、第484号、pp.129-135、1996年6月

9) 山下剛、友清貴和：遺伝的アルゴリズムを用いた高齢者在宅福祉サービス供給の最適化手法試案、日本建築学会計画系論文集、第509号、pp.105-112、1998年7月

10) 横田隆司：高齢者福祉施設の適正配置計画へのDEAモデルの適用性の検討、日本建築学会計画系論文集、第523号、pp.189-194、1999年9月

11) 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ついて(1)、日本建築学会計画系論文集、第411号、pp.25-34、1990年5月

12) 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(2)、日本建築学会計画系論文集、第417号、pp.43-50、1990年11月

13) Maddala, G.S.: Limited dependent and qualitative variables in econometrics, Cambridge University Press, 1983

14) 土木学会土木計画学研究委員会：非集計行動モデルの理論と実際、(社)土木学会、1995年

15) 森杉壽芳、由利昌平：ランダム効用理論に基づく住環境便益の定義とその測定方法について、土木学会土木計画学研究・講演集、10号、pp.267-273、1987年

16) 屋井鉄雄、岩倉成志、伊藤誠：鉄道ネットワークの需要と余剰の推計法について、土木学会土木計画学研究・論文集、11号、pp.81-88、1993年12月

17) 厚生省大臣官房統計情報部編：平成9年・社会医療診療行為別調査報告(上巻-全国・診療行為大分類)、(財)厚生統計協会、1999年6月

18) 谷村秀彦、廣川協一、歳森敦：情報量クラスター分析による医療圏域の階層構造の把握、日本建築学会計画系論文集、第370号、pp.13-20、1986年12月

19) 松本直司：類型化する<クラスター分析>、建築・都市計画分野のための調査・分析方法、井上書院、pp.152-157、1987年4月

20) 厚生省健康政策研究会編：病院要覧、医学書院、1997年

21) 厚生省大臣官房統計情報部編：平成8年・患者調査(中巻-都道府県編)、(財)厚生統計協会、1999年1月

(1999年11月10日原稿受理、2000年4月3日採用決定)