

公的医療施設の立地-配分分析：
新潟県上越医療圏を事例として

平成 27 年 1 月

日本大学大学院理工学研究科博士後期課程
地理学専攻

相羽 良寿

論文要旨

今日の医療問題は、構造・制度・改革において、それらが複雑にからみあった複合的な問題である。公的医療施設は、救急医療・周産期医療・がん診療拠点病院等の機能を持ち、地域の基幹病院としての役割を担う重要な施設であり、地域医療の安定的な医療サービスの供給に欠かせない存在であることから、本研究では公的医療施設を取り上げる。本研究の目的は、公的医療施設の施設数や施設規模、立地点の側面から、空間的効率性や平等性を分析する立地-配分モデルが、現在の医療が抱える諸問題を解決するための有効な手段のひとつであることを示すことである。また、医療行政に対する医療施設の移転・統合・新設等の立案計画の際の空間決定支援としての有効なツールであることも合わせて示す。以下、本論文を構成する6つの章の内容を示す。

第1章は、研究方法と研究対象地域を中心に説明している。本研究においては、空間的側面からの効率性（資源の集中と分散、規模）や平等性（施設利用者の移動距離）を考慮した分析を行う分析手法として、GIS（地理情報システム）上で立地-配分モデルを利用する。立地-配分モデルは、①施設数、②解空間、③目的関数の3つの側面からさまざまな形式で組み立てられてきた。施設数とは、本研究では公的医療施設数である。解空間には、連続空間と離散空間があり、前者は施設が連続した平面上に立地する空間であり、後者は施設が離散的な地点に立地する空間である。目的関数は、代表的な関数として p -メディアン問題、 p -センター問題、集合被覆問題、最大被覆問題がある。また、これらから派生した関数も多く存在する。本論文においては、 p -メディアン問題と最大被覆問題を取り上げて分析する。これらの問題を解く方法として2種類の解法がある。一つは計画法であり、もう一つは発見的解法である。計画法では厳密な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。この解法は、本研究のように問題が大規模な実証分析においても、最適解を導出する可能性が高い

ことが先行研究で実証されている。医療施設の立地-配分を分析するにあたり、新潟県の西部に位置する上越二次医療圏(以下、上越医療圏とする)を研究地域として選定した。上越医療圏は、上越市のほかに妙高市と糸魚川市を含み、人口は約29.5万人であり、町丁目・字数は1,161に及ぶ。

第2章は、新潟県の医療圏の設定と現状、新潟県内の公的医療施設とその現状、上越医療圏の公的医療施設について説明している。新潟県全域は、現在7つの二次医療圏で構成されており、下越医療圏、新潟医療圏、県央医療圏、中越医療圏、魚沼医療圏、上越医療圏、佐渡医療圏となっている。この医療圏のうち、入院受療率が一番高いのは佐渡医療圏で、以下魚沼医療圏、下越医療圏の順である。外来受療率をみると、一番高いのは佐渡医療圏で、魚沼医療圏、上越医療圏の順になっている。また、各医療圏の病院の入院患者(精神・感染症・結核病床入院患者を除く)・外来患者の住所地と受療地(医療圏)の関係を分析した結果、新潟医療圏と上越医療圏は入院・外来患者ともに自足率が高く、他の医療圏の施設を利用する率が低いことがわかった。このことから、上越医療圏は入院・外来患者ともに住民利用率が高く、他の医療圏から流入が少ないことが示された。新潟県内の病院は、131施設のうち111施設(構成割合:84.7%)が一般病床を持ち、52施設(同:39.7%)が国・公的医療機関の施設であった。また、76施設(同:58.0%)が200病床未満の中小病院であることがわかった。病院の全病床数29,288病床のうち約半数近くの13,707病床を公的医療機関が占めていた。民間施設数と比べると、公的医療施設数は少ないにも関わらず、病床数では半数近くを占めていることから、民間施設に比べて1施設あたりの規模(病床数)は大きい。研究対象地域である上越医療圏内には、2014年現在で9つの公的医療施設が存在しており、本研究では、一般病床(急性期病床)を主とする医療施設を対象とするため、精神病床等に特化した医療施設を除外した8つの公的な一般病院を分析対象とした。その内訳は、県立病院が3施設、市立病院が1施設、独立行政法人が1施設、厚生連が3施設となっている。各医療施設の機能区分は、表にまとめて説明している。

第3章では、まず立地-配分モデルの検証として、p-メディアン問題の目的関数に人口を加重した場合と加重しない場合では、どのような違いが生じるのか、簡単な事例をもとに説明した。その結果、立地-配分モデルで人口の加重がない目的関数の場合は、距離の均一化を求めるタイプであることがわかった。また、人口

の加重がある目的関数の場合は、人口が集中している地区に施設を配分する効率性重視のモデルであることも示された。それを受けて、上越医療圏の公的医療施設を人口で加重した p-メディアン問題としてとらえ実証的に分析した。ESRI ジャパン(株)の ArcGIS 上で、まず上越医療圏を構成する 1,161 の町丁目・字に対し、それらの中心点を生成した。そして、町丁目・字の中心点から既存の 8 公的医療施設への道路距離を、Network Analyst を用いて測定した。さらに、配分モデルを適用して、既存の 8 公的医療施設の医療圏を設定するとともに、立地-配分モデルを用いて 8 施設に対する最適解を求めた。その結果、西部の糸魚川市と上越市の東部で公的医療施設へのアクセスが悪いことが示された。また、上越医療圏全体での現施設配置は、施設までの移動距離の側面で、ある程度合理的に立地している地区と合理的に立地していない地区とがみられることが明らかになった。県立中央病院は、内陸部の高田地区の関川沿いに県立看護大学を併設して立地している上越医療圏の基幹病院であるが、地理的条件と人口分布を考慮すると、人口が多く基幹道路の結節点である直江津地区に立地することが合理的であることが判明した。また、上越医療圏全体での移動距離を最小化する上で、浦川原地区は潜在的に重要な地点であることもわかった。

第 4 章では、少ない施設数で、より多くの住民をカバーするような公的医療施設の最適立地を分析することを試みた。立地-配分モデルの目的関数に最大被覆モデルを採用して、上越医療圏の実証分析を行った。最大被覆モデルを上越医療圏に応用するにあたり、既存の 8 公的医療施設に対し、施設から道路距離 10 km を被覆距離として設定して、その被覆範囲の人口を分析した。具体的には、ArcGIS 上で、配分モデルを適用して、道路距離で 10 km の被覆範囲内の町丁目・字中心点を配分し、既存施設に対する 10 km 圏を設定した。現状分析と最大被覆モデルの最適解との比較の結果、同一施設数でも人口被覆率が 10.7% 改善されることから、最大被覆モデルが有効な手段であることが示された。

第 5 章では、過大な立地費の抑制という現在の課題に取り組むため、費用関数を組み込んだ公的医療施設の立地-配分分析を行った。費用関数は、病院の立地費を構成する用地取得費、建物建設費、医療機器整備費とし、病床数 8 階層と各費用の関係を分析したところ、用地取得費で病床数の増加にともない単位規模あたりの用地取得費が低減することが明らかとなった。これらの費用関数を組み込ん

で公的医療施設の立地-配分分析を行った結果、立地費が増加すると施設への移動距離は短縮するというトレードオフの関係が現れた。過大な立地費を抑制するため、立地費の抑制数値目標として、現在の費用水準の5%を削減するという制約条件のもとで、平均移動距離を最小化する立地-配分モデル(p-メディアン問題)を実行した。その結果、上越市中心部の高田と直江津、さらに妙高市にそれぞれ立地している2施設を1施設に統廃合すれば、現在より3施設少ない5施設で、移動距離が約150mだけ長くなるが、費用削減目標を達成する最適立地パターンが存在することが明らかになった。また、この統廃合により病床数200床未満の中小病院がなくなり、病床数500床規模の病院2施設と病床数300床規模の病院3施設の計5施設となり、施設の大規模化が起きたことが示された。このような観点から、医療計画等の立案があった場合、地理的側面より医療行政に対する空間決定支援のひとつとして応用できる可能性を示した。

第6章は、本研究で明らかになったことを結論としてまとめた。GISを利用した立地-配分モデルは、医療施設へのアクセスを考慮した医療施設計画の策定において有効であることが示された。また、立地-配分モデルに、立地費の費用制約式を導入することにより、医療施設へのアクセスと予算を考慮した医療施設計画の策定が可能になった。このことから、公的医療施設の施設数や施設規模、立地点を空間的効率性や平等性の観点から分析する立地-配分モデルは、現在の医療が抱える諸問題を解決するための有効な手段のひとつであると同時に、医療行政に対する医療施設の移転・統合・新設等の立案計画が上がった際の空間決定支援としての有効なツールであることが結論付けられた。

目 次

第 1 章	本研究の目的と方法.....	1-10
第 1 節	日本の医療問題と医療改革.....	1-4
第 2 節	研究目的.....	4-5
第 3 節	研究方法.....	5-9
第 4 節	研究対象地域.....	9-10
第 2 章	新潟県上越医療圏と公的医療施設.....	11-36
第 1 節	医療圏について.....	11
第 2 節	新潟県内の二次医療圏とその現状.....	11-26
第 3 節	新潟県内の公的医療施設とその現状.....	26-30
第 4 節	上越医療圏の公的医療施設.....	31-36
第 3 章	立地-配分モデルによる公的医療施設の最適立地.....	37-55
第 1 節	目的.....	37
第 2 節	分析方法.....	37-38
第 3 節	立地-配分モデルの検証.....	38-44
第 4 節	公的医療施設の配分分析.....	44-46
第 5 節	立地-配分モデルによる上越医療圏の公的医療施設の 最適立地.....	46-54
第 6 節	まとめ.....	54-55
第 4 章	最大被覆モデルによる公的医療施設の最適立地.....	56-64
第 1 節	目的.....	56
第 2 節	分析方法.....	56
第 3 節	最大被覆モデルの上越医療圏への応用.....	56-63
第 1 項	既存の公的医療施設の被覆人口.....	56-60
第 2 項	被覆人口の側面からの最適化.....	61-63
第 4 節	まとめ.....	63-64
第 5 章	費用関数を組み込んだ立地-配分分析.....	65-81
第 1 節	目的.....	65-66
第 2 節	分析手法.....	66-67
第 3 節	費用関数の特定化とその検証.....	67-71
第 1 項	医療施設の立地に関わる費用について.....	67-68
第 2 項	医療施設の用地取得費と建物建設費に関わる費用 関数の推定.....	69-71

第4節 費用関数を組み込んだ配分分析による既存施設の立地費の推定.....	71-74
第5節 費用関数を組み込んだ立地-配分分析.....	74-79
第1項 立地費と平均移動距離の関係.....	74-76
第2項 立地費削減と医療施設の最適立地.....	76-79
第6節 まとめ.....	79-81
第6章 結論.....	82-84
参考文献.....	85-87
謝辞.....	88

目 次

図 1	地域医療連携のイメージ.....	3
図 2-1	連続空間の事例.....	6
図 2-1	離散空間の事例.....	6
図 3	上越医療圏内の人口分布と主要道路.....	10
図 4	新潟県の二次医療圏.....	12
図 5	医療圏別の病院に対する人口 10 万人あたりの入院受療率.....	15
図 6	医療圏別の病院に対する人口 10 万人あたりの外来受療率.....	15
図 7	医療圏別人口 10 万人あたりの医師数.....	21
図 8	診療科別人口 10 万人あたりの医師数.....	21
図 9	医療機関を選ぶ基準.....	24
図 10	地域医療の充実度合い.....	25
図 11	地域医療に特に充実してほしいもの.....	26
図 12	公的医療施設の立地(上越医療圏).....	31
図 13	医療サービス満足度に関する住民アンケート調査結果.....	34
図 14	医療サービス不満足度に関する住民アンケート調査結果.....	34
図 15	5 つの立地点とその間の距離.....	39
図 16-1	人口加重なしの立地-配分モデルによる 3 施設の最適立地.....	41
図 16-2	人口加重ありの立地-配分モデルによる 3 施設の最適立地.....	41
図 17-1	人口加重なしの立地-配分モデルによる 5 施設の最適立地.....	42
図 17-2	人口加重ありの立地-配分モデルによる 5 施設の最適立地.....	42
図 18-1	人口加重なしの立地-配分モデルによる 8 施設の最適立地.....	43
図 18-2	人口加重ありの立地-配分モデルによる 8 施設の最適立地.....	43
図 19	配分モデルを適用した既存 8 公的医療施設に対する医療圏の設定.....	46
図 20	立地-配分モデルによる施設数 6 の最適立地.....	48
図 21	立地-配分モデルによる施設数 7 の最適立地.....	49
図 22	立地-配分モデルによる施設数 8 の最適立地.....	50
図 23	立地-配分モデルによる施設数 9 の最適立地.....	51
図 24	立地-配分モデルによる施設数 10 の最適立地.....	53

図 25	施設数の増加にともなう公的医療施設への平均移動距離の短縮.....	54
図 26	既存 8 施設から道路距離 10 km 圏にある町丁目・字.....	57
図 27	道路距離 10 km を被覆距離とした既存 8 施設に対する医療圏.....	58
図 28a	糸魚川総合病院の距離別人口.....	59
図 28b	けいなん総合病院の距離別人口.....	59
図 28c	県立妙高病院の距離別人口.....	60
図 28d	上越地域医療センター病院の距離別人口.....	60
図 28e	上越総合病院の距離別人口.....	60
図 28f	新潟労災病院の距離別人口.....	60
図 28g	県立中央病院の距離別人口.....	60
図 28h	県立柿崎病院の距離別人口.....	60
図 29	最大被覆モデルによる最大被覆人口をもつ施設立地：施設数 8 の場合.....	61
図 30	最大被覆モデルによる最大被覆人口をもつ施設立地：施設数 4 の場合.....	62
図 31	病院の病床数と敷地面積の関数.....	70
図 32	病院の病床数と建物床面積の関数.....	70
図 33	上越医療圏における立地費と平均移動距離との関係.....	76
図 34	費用関数を組み込んだ立地—配分モデルによる施設数 5 の最適立地....	78
図 35	新潟県における病床数と診療科数との関係.....	79

表 目 次

表 1 二次医療圏を構成する市町村(新潟県)	13
表 2 医療圏別の病院に対する人口 10 万人あたりの入院受療率・外来受療率..	14
表 3 人口 10 万人あたりの病院利用者のうち入院を目的とした利用者の割合..	14
表 4 1 日の入院患者の数*(二次医療圏別病院入院患者の流れ)	16
表 5 自足率(二次医療圏別病院入院患者の流れ)	17
表 6 住民利用率(二次医療圏別病院入院患者の流れ)	17
表 7 1 日の外来患者の数*(二次医療圏別病院外来患者の流れ)	19
表 8 自足率(二次医療圏別病院外来患者の流れ)	19
表 9 住民利用率(二次医療圏別病院外来患者の流れ)	20
表 10 二次医療圏における療養病床及び一般病床の基準病床数と既存病床数..	22
表 11 種類別にみた医療施設数.....	28
表 12 開設者別(大分類)にみた病院数.....	28
表 13 病床規模別にみた病院数.....	29
表 14 医療施設の種類別にみた病床数.....	30
表 15 開設者別(大分類)にみた病院の病床数.....	30
表 16 公的医療施設の一覧表(上越医療圏)	32
表 17 福祉・医療施設やサービスに関するアンケート結果.....	35
表 18 救急、休日、夜間の医療体制に関するアンケート結果	36
表 19 距離行列.....	39
表 20 人口加重距離行列.....	40
表 21 立地-配分モデルの目的関数に人口を加重した場合と加重しない 場合における平均移動距離.....	44
表 22 既存 8 公的医療施設の立地を所与として、最近隣施設選択行動を 仮定した配分分析による医療圏人口と平均移動距離.....	46
表 23 施設数 6 の最適立地に対する最近隣施設選択行動を仮定した場合の 医療圏人口と平均移動距離.....	48
表 24 施設数 7 の最適立地に対する最近隣施設選択行動を仮定した場合の 医療圏人口と平均移動距離.....	49

表 25	施設数 8 の最適立地に対する最近隣施設選択行動を仮定した場合の 医療圏人口と平均移動距離.....	50
表 26	施設数 9 の最適立地に対する最近隣施設選択行動を仮定した場合の 医療圏人口と平均移動距離.....	52
表 27	施設数 10 の最適立地に対する最近隣施設選択行動を仮定した場合の 医療圏人口と平均移動距離.....	53
表 28	既存の公的医療施設の 10km 圏被覆人口と平均移動距離.....	59
表 29	施設数の増加にともなう上越医療圏全体の平均移動距離と被覆人口 の変化.....	62
表 30	既存施設の病床数から推定した各施設の立地費.....	72
表 31	上越医療圏の公的医療施設に対する病床数, 診療科数, 配分分析結果....	72
表 32	配分分析による既存施設の医療圏人口から推定された病床数と立地費..	73
表 33	p-メディアン問題の最適解の平均移動距離と立地費.....	75
表 34	施設数 5 の最適立地に対する 平均移動距離, 医療圏人口, 病床数, 立地費の推定.....	78

式 目 次

式(1.1)	p -メディアン問題.....	7
式(1.2)	p -メディアン問題の制約式 1.....	7
式(1.3)	p -メディアン問題の制約式 2.....	7
式(1.4)	p -メディアン問題の制約式 3.....	7
式(1.5)	p -メディアン問題の制約式 4.....	7
式(2.1)	最大被覆問題.....	8
式(2.2)	最大被覆問題の制約式 1.....	8
式(2.3)	最大被覆問題の制約式 2.....	8
式(2.4)	最大被覆問題の制約式 3.....	8
式(2.5)	最大被覆問題の制約式 4.....	8
式(2.6)	最大被覆問題の制約式 5.....	8
式(3)	自足率算出式.....	16
式(4)	住民利用率算出式.....	16
式(5)	一般病床の基準病床算出式.....	22
式(6)	療養病床の基準病床算出式.....	22
式(7)	p -メディアン問題(人口加重をしない場合の式).....	38
式(8)	費用の制約式.....	66
式(9.1)	医療施設の立地に関わる費用制約式.....	68
式(9.2)	病床数の算出式.....	68
式(9.3)	用地取得費の算出式.....	68
式(9.4)	建物建設費の算出式.....	68
式(9.5)	医療機器整備費の算出式.....	68
式(10)	敷地面積の関数.....	69
式(11)	建物床面積の関数.....	71

第1章 本研究の目的と方法

第1節 日本の医療問題と医療改革

本研究を始めるにあたり、まず日本の医療問題を考察する。医療問題の構造としては、医療に対する患者、健常者、医師・医療機関の3者それぞれの異なる立場がある。これらを分析し、その上で3者の利害がどのように調整され、医療サービスの内容と医療費が決まっているかを理解することが、医療改革の課題を整理するための第一歩である(池上, 2012)。医療問題は様々な問題があり全てを取り上げることは不可能なので、本研究と関わりがあると考える事柄について取り上げることにする。

医師の地域偏在は重要な問題であり、解決しなければならぬ課題の一つであると言える。医師のキャリアパスにおいて重要な要素は、臨床経験と高度な技術の習得にあると言える。康永(2010c)によると、医師が都市部に集中する最大の理由は、都市部の病院にこそ技術取得のチャンスが多いことに他ならないと指摘している。地方では、中小病院が主体であり、症例数も少なく高度な技術と知識を兼ね備えた指導医が不足しているため、若い医師が地方の中小病院を赴任先として選択肢に入れないことが大きな原因と考えられる。この医師の地域偏在の緩和策として、各都道府県における地方大学医学部、または私立大学医学部の地域枠による入学制度がある。条件としては、医師免許取得後の当該地域における赴任と規定年数期間の赴任による医師の定着であるが、結果はまだ定かではない。

看護師不足の問題は、医師の偏在問題の陰にかくれてあまり問題視されていなかった。厚生労働省平成24年度衛生行政報告例によると、平成2年度の看護師数は約40万人で平成24年度には約100万人と22年間で約2.5倍の数になっている。それにも関わらず、看護師の不足が問題となっている原因は、池上(2012)によると、病院に入院している患者の症状が平均的に重くなったため、1患者あたりに要する手間が大幅に増えたことだと指摘している。これは、国による医療の効率化を図るための政策によるもので、病院の病床区分が慢性期病床から急性期病床へと変化したことで、より重症患者の割合が増えたことである。また、入院期間を短縮して病床利用率を上げることで、医業収益を上げることによる経営安定化にも寄与するものと期待されている。なお、患者の平均在院日数は1999年には33

日間だったが、2007年には19日間に短縮した(池上, 2012)。

看護師不足にさらに拍車をかけたのが、2006年の診療報酬の改定と言われている。従来の最高基準10対1病床(入院患者10人に対して看護師1人以上配置)から7対1病床(入院患者7人に対して看護師1人以上配置)に新しい基準が設けられたことである。これにより、病院は7対1病床の基準を満たすことにより、診療報酬で高い点数を稼げることになり、医業収益の向上が期待できることになった。このため、医療施設間での看護師の争奪戦が起こったことで、看護師不足に拍車がかかったと言える。このような看護師不足の課題解決として、各施設で結婚・出産等で離職していた看護師の再雇用、それにとりまなうフレキシブルな勤務体制等で対応している。

医療制度では、日本の医療費は先進諸国の中で低い水準である。医療機関への診療報酬の支払いは出来高払いが中心であり、かつ高額医療機器を自由に購入できるという医療費を高くする要因を多く抱えているにも関わらず、医療費は低く抑えられている。なお、CTスキャン、MRIの医療機器の人口100万人あたりの保有割合は、世界一である。また、患者はかかりつけ医からの紹介状がなくても医療費のかかる大学病院などの大規模病院を直接受診でき、諸外国のような何ヶ月も待たなければならないことは少ない。診療報酬の支払い制度には、出来高払いの他に、包括払いがある。DPC(Diagnosis Procedure Combination: 包括支払い制度)と呼ばれ、入院1日あたりの定額支払い制度である。同制度を導入するには、一定の要件を満たす必要がある。DPCを選ぶ病院は急速に増えつつあり、2010年度には急性期病院の病床の過半数がDPCによって支払いを受けている(池上, 2012)。

日本の医療費は先進諸国に比べて低い水準であると言われるが、それでも厚生労働省保険局調査課「平成24年度医療費の動向」によると、平成24年度の医療費は年間約38兆円の規模で、日本の医療は成り立っている。年齢別で見ると、70歳以上の医療費が約17兆円と医療費全体の約45%に達している。また、診療種類別の概算医療費では、特に内科の医療費に占める割合が約29兆円で、全医療費の約75%である。高額医療である入院を伴う医療費は約16兆円となっており、全医療費に占める割合が約40%となっている。

医療改革には数多くの課題があり、全てを取り上げることは不可能である。よって、本研究と関係があると思われる改革について取り上げることにする。それ

は、地域連携計画制度である。この制度は、地域の医療機関(中核病院, 専門病院, 診療所, 介護施設, リハビリテーション)が連携し、地域全体で患者中心の医療を実現することと同時に、それまで競合関係にあった各医療機関が機能を分担し、共存関係を築くことが目的である。これは、一般的には地域医療連携と言う。一つの病院が初期治療から回復期医療まで行うよりも、各病院が得意とする専門分野を活かして、病院相互が連携しながら治療を行う地域完結型医療の方が、効率的で質の高い医療を提供することができる(水田, 2012)。病院の勤務医は入院患者への診療や外来患者への診療, 夜間救急にも従事しなければならない状況にある。現状の多くの病院では、手術患者, 再入院患者, 終末期患者などが混在していて、一つの病院があらゆる病状の患者を抱えていることもあり、勤務医への負担は増大している。しかし、地域医療連携がそのような状況を緩和し、勤務医の負担軽減につながるのではないかと期待されている。また、政府の方針で療養型病床の削減が進むことも考えられる。そうすると、病院ではなく在宅で看病ができるような医療とケアの方針が必要となることが予想される。このことから、今後開業医の役割が重要になってくると考えられる。図1が地域医療連携のイメージ図である。

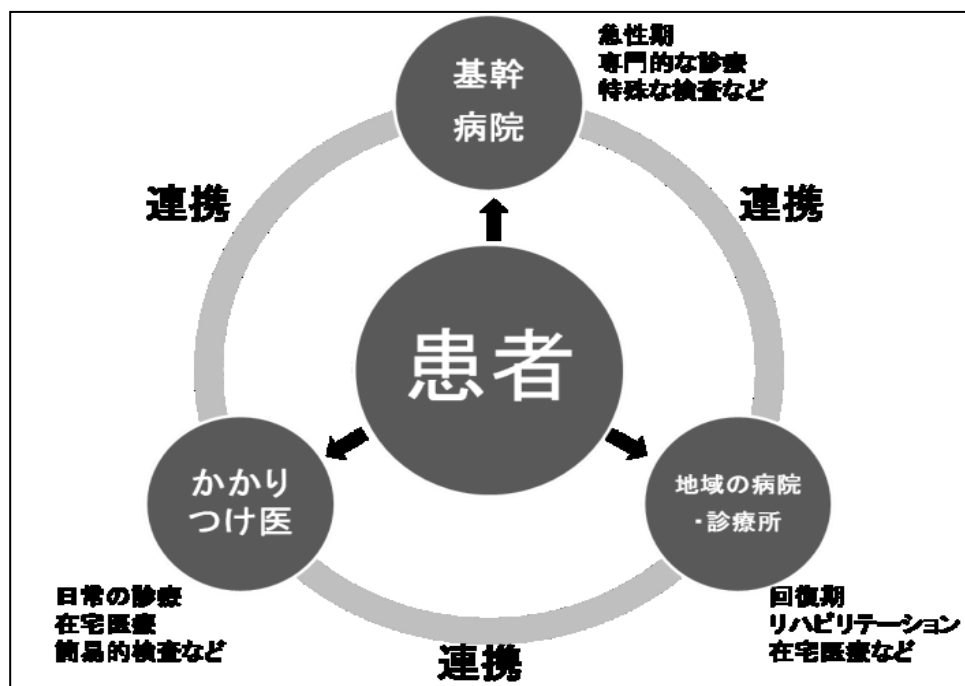


図1 地域医療連携のイメージ 資料:水田(2012)を参考に作成した

このような医療制度や医療改革には、医療サービスの向上の他に、医療費の高騰を低く抑える効果も併せ持っている。DPCによる過剰医療の抑制効果、地域連携計画制度による医療資源の効率化や過剰投資の抑制などである。しかし、康永(2010b)によると、著名な医療経済学者であるハーバード大学の Joseph. P. Newhouse 教授は 1940～1990 年における米国の総医療費の上昇に影響を与えた 5 つの要因の寄与率を調べた。5 つの要因とは①人口高齢化、②医療保健の普及、③所得の増加、④医師誘発需要、⑤医療サービスの生産性の低さである。この 5 つの要因をまとめても、米国の医療費上昇の 25～50%しか説明できず、残りの 50～75%は定量化が困難な要因が寄与しているという結果が得られた。Newhouse は定量化が困難な要因の大部分が医療技術の進歩と推論した。さらに、ロンチェスター大学の Yoo Byung Kwang 氏は Newhouse の研究結果を補足し、この 5 つの要因の個々の寄与率を算出した。これによると、①人口高齢化は 4%、②医療保健の普及は 17%、③所得の増加 7%、④医師誘発需要はほぼ 0%、⑤他産業との生産性上昇率の格差は 12%、その他要因が 60%であったと指摘している。この 5 要因の④を抑制する効果が DPC 等で、⑤に対するのが地域連携計画制度等である。これら 2 つの要因を合わせた医療費の上昇の寄与率は合計で 12%である。このことから、医療制度や医療改革等だけで医療費を抑制するには限界があると考えられる。

こうした状況下において、医療資源の集中と分散や医療費高騰の抑制問題は、今後の医療において、安定的かつ継続的に医療サービスを提供する上で重要な課題となっている。

第 2 節 研究目的

今日の医療問題は、構造・制度・改革において、それらが複雑にからみあった複合的な問題であることが明らかになった。本研究では、公的医療施設を取り上げる。公的医療施設を取り上げる理由は、公的医療施設が救急医療・周産期医療・がん診療拠点病院などの機能を持ち、地域の基幹病院としての役割を担う重要な施設であり、地域医療の安定的な医療サービスの供給に欠かせない存在であるからである。よって、本研究の目的は、公的医療施設の施設数や施設規模、立地点を地理的効率性や平等性から追求する立地-配分モデルを利用して分析すること

によって、これら諸問題を解決するための有効な手段のひとつであることを示すことである。また、医療行政に対する医療施設の移転・統合・新設等の立案計画が上がった際の意味決定支援としての有効なツールであることも合わせて示す。

第3節 研究方法

本研究においては、地理的側面から効率性（資源の集中と分散，規模）や平等性（施設利用者の移動距離）を考慮した分析を行う。その際の分析手法として、GIS（地理情報システム）上で立地-配分モデルを利用することにより、医療サービスを平等かつ効率的に分配する方法を追求する。

GISは、過去15年間を通じ、世界保健機関（WHO）、アメリカ合衆国疾病予防管理センター（CDC）など世界を主導する多くの保健医療機関において、世界の各種保健医療問題に取り組むため利用されてきた（Davenhall and Kinabrew, 2012）。保健医療に関わる決定要素には、人間生物、ライフスタイル、環境、医療組織の4つがあり（LaLonde, 1974）、GISはそれら4つの決定要素を分析している。各決定要素に対するGISの典型的な応用例としては、人間生物では遺伝的変異の地図化や疾病の空間分析が、ライフスタイルでは行動的危険因子の地図化が、環境では感染症介在生物の監視と制御があげられる（中谷ほか, 2004）。

本研究は、保健医療ニーズの評価、保健医療サービスへのアクセス分析、受診動向、医療資源配分などが考察される4番目の決定要素である医療組織に関わる（谷村, 2004, 2009）。特に、医療資源配分では、人的医療資源や医薬品の配分計画、病床管理、医療施設配置の評価などが検討される。医療施設配置の評価は、ボロノイ分割（Zwarsztein et al, 1991）、移動時間による供給圏域の設定（Lang, 2000）、立地-配分モデル（中谷, 2004）などを用いて、GIS上で医療施設の立地の合理性を分析する。

本研究で用いる立地-配分モデルは、①施設数、②解空間、③目的関数の3つの側面からさまざまな形式で組み立てられてきた（Ghosh and Rushton, 1987；石崎, 2003；高阪, 2014）。ここで、3つの側面について説明する。①施設数とは、本研究では公的医療施設数である。②解空間とは、連続空間と離散空間があり、前者は連続した平面上に施設が立地する空間であり、後者は施設が離散的な地点に立地する空間である（それぞれ図2-1と図2-2を参照）。③目的関数は、代表的な関

数として p -メディアン問題, p -センター問題, 集合被覆問題, 最大被覆問題などある。また, これらから派生した関数も多く存在する。本論文においては, p -メディアン問題と最大被覆問題を取り上げて分析する。

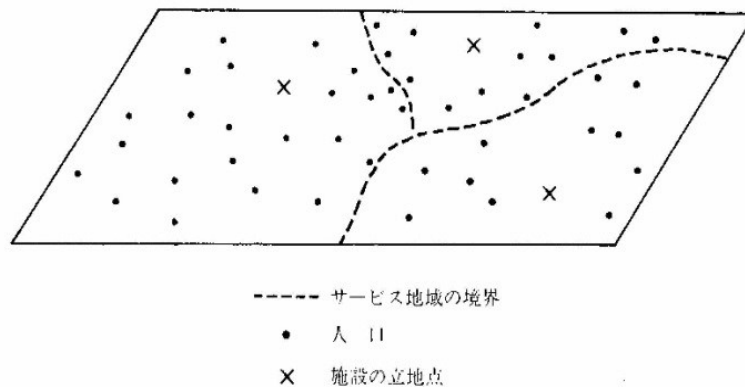


図 2-1 連続空間の事例 出典 高阪(2014)

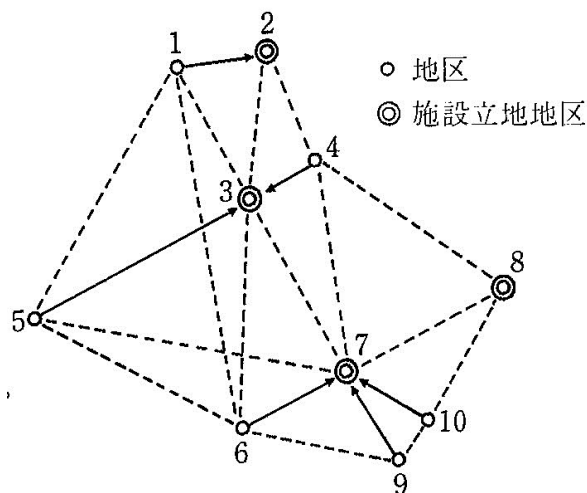


図 2-2 離散空間の事例 出典 高阪(2014)

これらの問題を解く上で重要な要素として, 解法がある。このような問題は, 一般に組み合わせ最適化問題と呼ばれ, 最短路問題(カーナビゲーションのルート検索), ネットワーク設計問題(ライフライン, 交通・通信網など), 配送問題(宅急便, 店舗・工場への配送など), 施設配置問題(工場, 店舗, 公共施設など)がある。本研究は 4 番目の施設配置問題に該当する。この問題を解く方法として 2 種

類の解法がある。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, pp. 118-119)。計画法では厳密な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)。この解法は、本研究のような実証分析において問題が大規模になっても、最適解を導出する可能性が高いことが先行研究で実証されている。

このような立地-配分モデルは、学校(Tewari and Jena, 1987)や緑地(Yeh and Man, 1996)、医療(Rushton, 1987)や福祉(Coombes and Raybould, 2004)、緊急対応(Daskin, 1987)などの公共サービスとともに、民間の宅配サービス(高阪, 2014, pp. 119-126)にも応用されてきた。

次に、本研究で取り上げる目的関数の説明をする。施設の利用者側から見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ような、距離の面での効率化である。これは p -メディアン問題と呼ばれ、基本的な立地-配分モデルとして、以下のように定義される¹⁾(ReVelle and Swain, 1970)。

$$\text{Minimize } Z = \sum_i \sum_j p_i d_{ij} X_{ij} \quad (1.1)$$

制約条件

$$\sum_j X_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1.2)$$

$$X_{jj} \geq X_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad i \neq j \quad (1.3)$$

$$\sum_i X_{ii} = a \quad (1.4)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1.5)$$

ただし、

p_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 の住民が立地点 j の施設を利用するように配分され

たとき 1, そうでないとき 0 をとる配分変数

式(1.1)は目的関数であり, 配分変数 X_{ij} によって割り当てられた施設立地点への居住人口の移動距離の総和を最小化する。式(1.2)は, 居住地点が必ずいずれか一つの施設立地点に割り当てられることを示す。式(1.3)は, 施設立地点以外の施設立地候補地点に割り当てが生じないように保証をする。式(1.4)は, 施設数が a であることを定めている。

このモデルには, さまざまな前提条件が付与されている。需要(人口)側としては, ①有限数の固定された需要(居住)地点を仮定している。②需要地点は1つの施設へ配分される。③需要地点は最も近い施設へ配分される(最近隣施設選択行動)。④需要はすべての施設に対し完全に非弾力的である。供給(施設)の側に関しては, ①施設は同時に立地する。②施設は1つの需要地点を分割してサービスするように立地することはない(Wagner and Falkson, 1975)。

最大被覆モデルは, 需要点集合と各集合の値が与えられたときに, 決められた施設数で被覆する需要点または値を最大化するモデルである。小売店, 商業施設などの施設配置問題に応用されており, 以下のように定義される (Church and ReVelle, 1974)。

$$\text{Maximize } Z = \sum_i p_i V_i \quad (2.1)$$

制約条件

$$\sum_j a_{ij} Y_j - V_i \geq 0 \quad (2.2)$$

$$\sum_j Y_j = b \quad (2.3)$$

$$V_i \in (0,1) \quad (2.4)$$

$$Y_j \in (0,1) \quad (2.5)$$

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & d_{ij} \leq R \\ 0, & d_{ij} > R \end{cases} \quad (2.6)$$

ただし,

V_i : 居住地区 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」

a_{ij} : 施設立地点 j が居住地区 i を一定の被覆距離 R 内に被覆する(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」

Y_j : 施設立地点 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」

R : 被覆距離

式(2.1)は目的関数であり、 V_i に居住人口を乗じた総和を最大化する。式(2.2)は、居住地区 i を被覆距離 R 内で被覆する施設が少なくとも一つ以上あることを示している。式(2.3)は、研究対象地域全体の施設数 b を所与として定めている。式(2.4)は、居住地区が被覆された場合に 1, 被覆されない場合は 0 の値をとる被覆変数である。式(2.5)は立地候補地に施設が立地した場合は 1, 立地しない場合は 0 の値をとる立地変数である。式(2.6)は施設立地点 j が居住地区 i を一定の被覆距離 R 内に被覆するとき 1, そうでないとき 0 をとる被覆変数である。

第4節 研究対象地域

医療施設の立地-配分を分析するにあたり、新潟県の西部に位置する上越二次医療圏(以下、上越医療圏とする)を研究地域として選定した。上越医療圏は、図3に示すように、上越市のほかに妙高市と糸魚川市を含み、人口は約29.5万人であり、町丁目・字数は1,161に及ぶ。また、主要道路として、国道8号が圏域を横断しているほか、北陸自動車道や上信越自動車道により富山県、長野県と結ばれている(図3を参照)。また、上越市の一部の地域を除いた全市が特別豪雪地帯²⁾に指定されていて、山間地の積雪は200cmを超える。さらに、妙高市の一部の地域と糸魚川市・上越市が過疎地域³⁾に指定されている。

上越医療圏を取り上げた理由は、北が海岸線で、西は富山県、南は長野県、東は中越医療圏の中心である長岡市というように県市界をなす山地で囲まれた、閉鎖性のある地域であり、医療施設利用者の他県や他医療圏への流出が少ないことがあげられる。また、平野部の人口密集地区と山間部などの人口過疎地区が混在する地域であり(図3を参照)、医療圏内で享受すべき公的医療サービスの受診機会に、地域間格差が生じている可能性があることである。それら諸条件を考慮して、現公的医療施設と立地-配分モデルによる医療施設の適性配置や施設規模等を

比較して、地理的観点からの問題提起が可能ではないかと考えたのである。

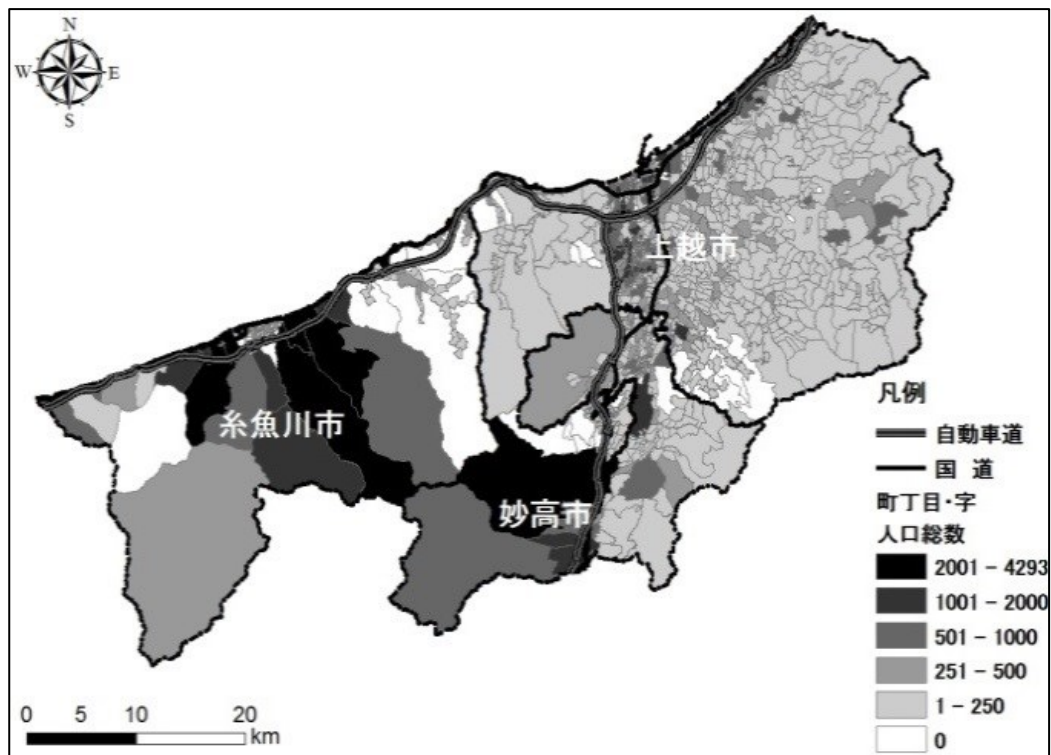


図3 上越医療圏内の人口分布と主要道路

注

- 1) p-メディアン問題では、人口、距離、施設数は、外生変数として所与であり小文字で表記される。配分変数は、モデルから決められる内生変数であり大文字で表記される。
- 2) 新潟県各保健福祉圏域の概況等(資料編1)による。
- 3) 新潟県各保健福祉圏域の概況等(資料編1)による。

第2章 新潟県上越医療圏と公的医療施設

第1節 医療圏について

本節では、第5次新潟県地域保健医療計画の内容に基づき、医療圏について簡単に説明する。医療圏は、都道府県における医療サービスを提供する体制の確保に関する地域保健医療計画により設定される。新潟県においては、2014年現在、第5次新潟県地域保健医療計画により、二次医療圏が設定されている。医療圏には、一般に、一次医療圏、二次医療圏、三次医療圏と3つの水準が設定されている。この内、二次医療圏と三次医療圏は、医療法によって取り決められている。新潟県では、一次医療圏は、地域密着型の医療サービスが提供される区域であり、主に市町村を一つの単位とされている。医療法第30条の4第2項第10号の規定に基づき、二次医療圏は、比較的専門性の高い保健医療活動が完結できる区域であり、住民の受療行動、保健医療資源の状況、地理的条件、人口、交通事情、県の他の地域機関の管轄区域等に基づき設定した区域を単位として設定されている。これを簡単に言い換えれば、複数の市町村を一つの単位とした医療圏ということである。医療法第30条の4第2項第11号の規定に基づき、三次医療圏は、高度で特殊な技術・設備を必要とする医療サービスが提供される区域であり、全県域を単位として設定されている。

第2節 新潟県内の二次医療圏とその現状

本節では、新潟県の二次医療圏の構成を示した後、医療圏別の現状を、「第5次新潟県地域保健医療計画」と「平成21年度新潟県保健医療需要調査報告書」をもとに説明する。この資料は、新潟県保健福祉部が「第5次新潟県地域保健医療計画」の策定にあたり必要な基礎資料を得る目的で、県内の病院および一般診療所を利用した患者について、受療状況等を把握するために調査した資料である。また、医療施設に関する資料として、「平成24年度医療施設調査・病院報告書」を利用した。この資料は、医療施設の分布および整備の実態を明らかにする目的のほか、施設の診療機能を把握し、医療行政の基礎資料を得る目的で調査された資料である。なお、医療圏別の現状を説明するにあたり、本研究と関連がある内容を取り上げて説明する。

現在、新潟県全域は7つの二次医療圏で構成されている。図4は7つの二次医療圏を示しており、下越医療圏、新潟医療圏、県央医療圏、中越医療圏、魚沼医療圏、上越医療圏、佐渡医療圏である。また、それぞれの二次医療圏を構成する市町村を表1に示す。

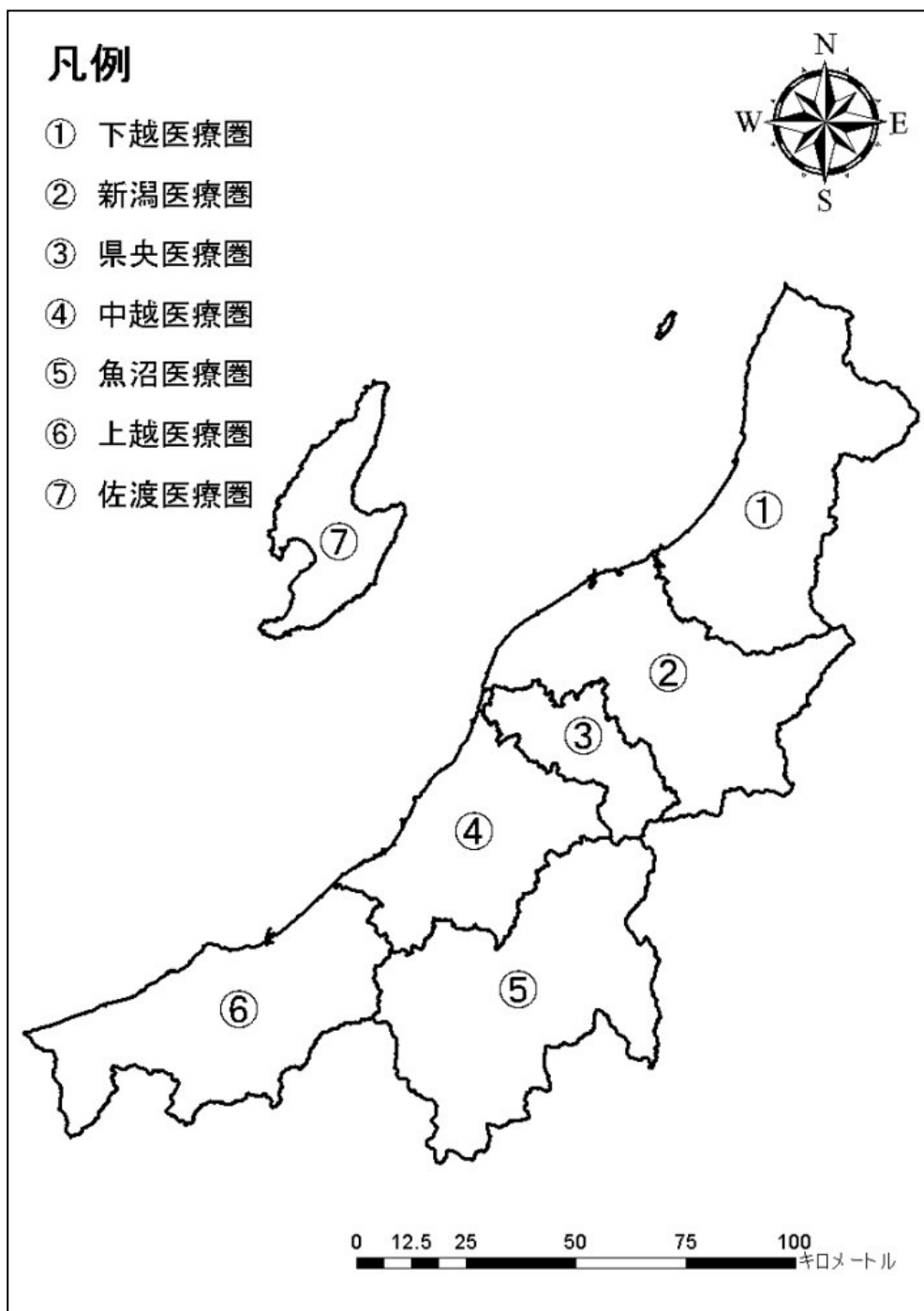


図4 新潟県の二次医療圏

表 1 二次医療圏を構成する市町村(新潟県)

二次医療圏	保健所名	構成市町村名	構成市町村数	無医師地区及びそれに準じる地区数
下越	村上 新発田	村上市, 関川村, 粟島浦村 新発田市, 胎内市, 聖籠町	6	6
新潟	新発田 新津 新潟市	阿賀野市 阿賀町, 五泉市 新潟市	4	13
県央	三条	三条市, 加茂市, 燕市, 弥彦 村, 田上町	5	なし
中越	長岡 柏崎	長岡市, 小千谷市, 見附市, 出雲崎町 柏崎市, 刈羽村	6	なし
魚沼	魚沼 南魚沼 十日町	魚沼市 南魚沼市, 湯沢町 十日町市, 津南町	5	10
上越	上越 糸魚川	上越市, 妙高市 糸魚川市	3	9
佐渡	佐渡	佐渡市	1	9

表 2 は, 7つの医療圏に立地する病院に対し人口 10 万人あたりの入院受療率・外来受療率であり, それらを入院・外来別にグラフにしたのが図 5, 図 6 である。この資料により, 人口 10 万人あたりの病院を利用する入院患者数・外来患者数の各医療圏での需要量を確認することが可能である。これによると, 入院受療率が一番高いのは佐渡医療圏(受療率: 1,309 人)で, 魚沼医療圏(同: 1,156 人), 下越医療圏(同: 1,145 人)の順である。外来受療率をみると, 一番高いのは佐渡医療圏(受療率: 2,378 人)で, 魚沼医療圏(同: 1,818 人), 上越医療圏(同: 1,507 人)の順になっている。佐渡医療圏が他医療圏を比べ異常に高い数値を示している。

以上の結果をまとめると, 佐渡医療圏, 魚沼医療圏ともに入院受療率・外来受療率で高い数値であった。特に佐渡医療圏での外来受療率は他医療圏と比べ異常に高い数値を示していた。これは, プライマリケアの受け皿が病院になっていると推測される。佐渡医療圏は本研究では対象外なので, データ等を分析して実地調査を行わないとわからないが, もしかすると開業医が需要量に対して, 少ない可能性があると考えられる。本研究対象医療圏の上越医療圏は入院受療率 962 人と全医療圏で一番低い値であることがわかった。外来受療率は 1,507 人と全医療

圏で3番目に高い数値を示していた。表3は各医療圏別の人口10万人あたりの病院利用者のうち入院で利用する割合を表している。上越医療圏は、病院を入院で利用する割合が39%であった。このことから、上越医療圏では、病院の受診は主に外来であることがわかった。

表2 医療圏別の病院に対する人口10万人あたりの
入院受療率・外来受療率

二次医療圏	総数			入院受療率			外来受療率		
	平均	男	女	平均	男	女	平均	男	女
下越	2,422	2,287	2,545	1,145	1,114	1,172	1,275	1,172	1,370
新潟	2,224	2,204	2,240	968	946	987	1,249	1,248	1,247
県央	2,257	2,170	2,337	1,013	952	1,070	1,240	1,214	1,264
中越	2,385	2,283	2,481	1,037	949	1,120	1,343	1,328	1,356
魚沼	2,987	2,786	3,177	1,156	1,093	1,214	1,818	1,677	1,950
上越	2,474	2,405	2,539	962	957	967	1,507	1,441	1,568
佐渡	3,711	3,482	3,919	1,309	1,312	1,306	2,378	2,150	2,586
県計	2,415	2,335	2,488	1,027	988	1,063	1,381	1,339	1,419

出典 平成21年度新潟県保健医療需要調査報告書

表3 人口10万人あたりの病院利用者のうち入院を目的とした利用者の割合

二次医療圏	入院・外来利用者数	入院の利用者数	入院利用割合
下越	2,420	1,145	47
新潟	2,217	968	44
県央	2,253	1,013	45
中越	2,380	1,156	44
魚沼	2,974	962	39
上越	2,469	1,309	39
佐渡	3,687	1,312	36
県計	2,408(人)	1,027(人)	43(%)

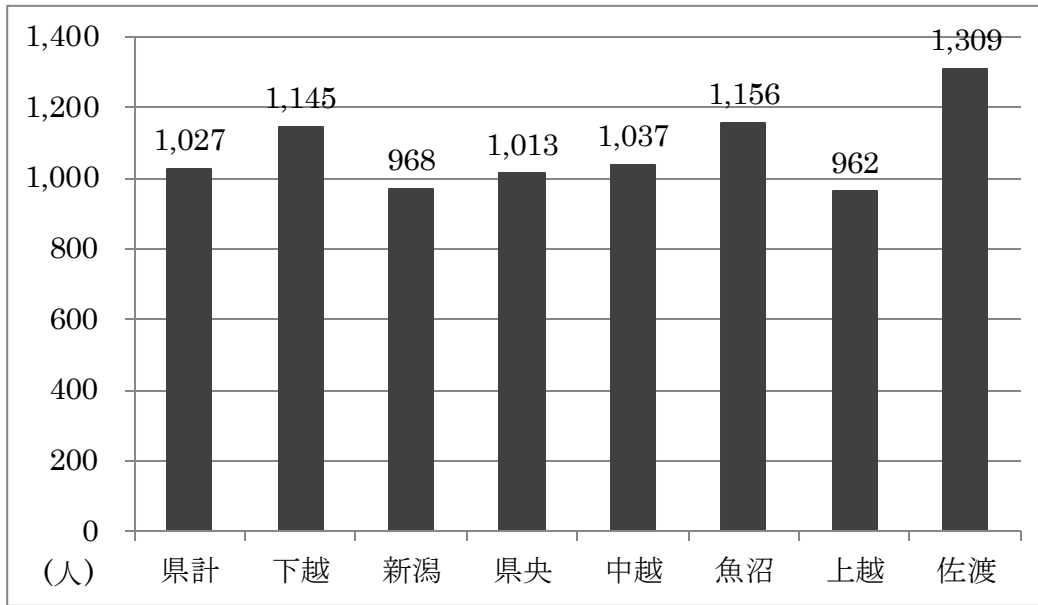


図5 医療圏別の病院に対する人口10万人あたりの入院受療率

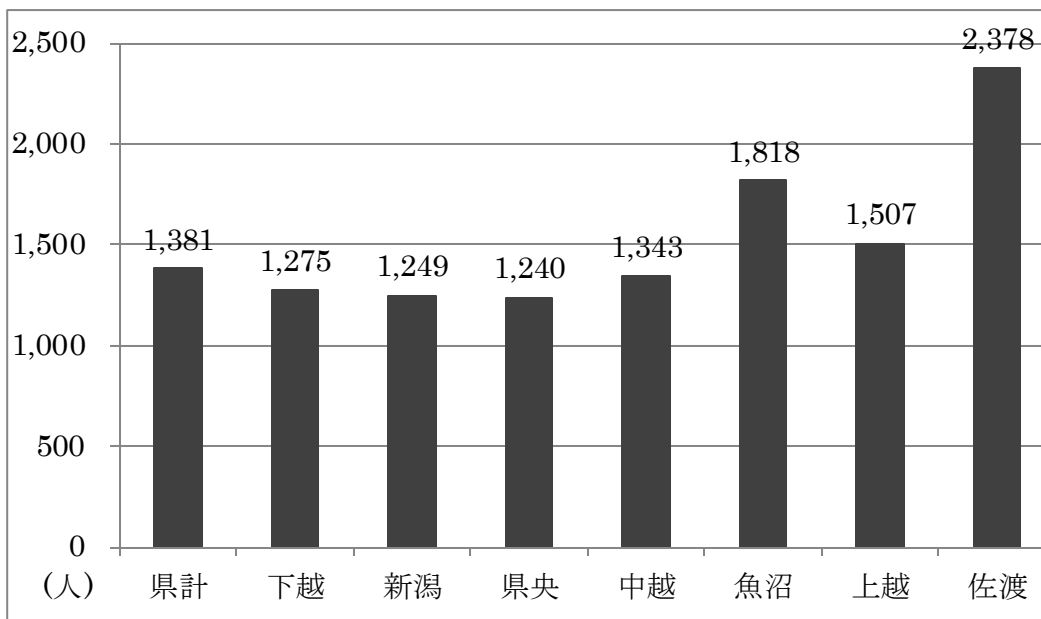


図6 医療圏別の病院に対する人口10万人あたりの外来受療率

次に、各医療圏の病院の入院患者(精神・感染症・結核病床入院患者を除く)と外来患者の住所地と受療地(医療圏)の関係を示す。式(3)と式(4)と式の説明の記述は「平成21年度新潟県保健医療需要調査報告書」から抜粋した。

$$\text{自足率} = \frac{\text{ある二次医療圏に住所を有する患者のうち、同じ二次医療圏内の医療施設で受療した患者数}}{\text{ある二次医療圏に住所を有する患者数}} \times 100 \quad (3)$$

「自足率が高い」とは、ある医療圏の住民が、その医療圏にある医療施設を利用する割合が高く、他の医療圏の医療施設を利用する割合が低いことを意味する。

$$\text{住民利用率} = \frac{\text{ある二次医療圏内に所在の施設で受療した患者のうち、同じ二次医療圏内に住所を有する患者数}}{\text{ある二次医療圏に所在の施設で受療した患者数}} \times 100 \quad (4)$$

「住民利用率が高い」とは、ある医療圏の医療施設を、その医療圏に居住する住民の利用する割合が高く、その医療圏外の住民が利用する割合が低いことを意味する。

表 4 1日の入院患者の数*(二次医療圏別病院入院患者の流れ)

患者住所	病院所在地							計数
	下越	新潟	県央	中越	魚沼	上越	佐渡	
下越	1,502	285	-	11	3	-	-	1,801
新潟	162	6,390	121	41	6	2	1	6,723
県央	7	366	1,316	138	7	1	-	1,835
中越	6	113	121	2,714	173	10	-	3,137
魚沼	-	48	6	299	1,536	9	-	1,898
上越	-	57	1	57	10	1,999	-	2,124
佐渡	7	92	1	5	-	1	526	632
県内不明	-	-	-	-	-	-	-	-
県外	57	106	4	51	33	16	3	270
不明	2	47	2	4	-	1	-	56
計数	1,743	7,504	1,572	3,320	1,768	2,039	530	18,476

出典 平成 21 年度新潟県保健医療需要調査報告書

*平成 21 年 10 月 20 日から平成 21 年 10 月 22 日までの期間のうち、医療施設ごとに定める 1 日のデータ

表 5 自足率(二次医療圏別病院入院患者の流れ)

患者住所	病院所在地							計数
	下越	新潟	県央	中越	魚沼	上越	佐渡	
下越	83.4	15.8	-	0.6	0.2	-	-	100.0
新潟	2.4	95.0	1.8	0.6	0.1	0.0	0.0	100.0
県央	0.4	19.9	71.7	7.5	0.4	0.1	-	100.0
中越	0.2	3.6	3.9	86.5	5.5	0.3	-	100.0
魚沼	-	2.5	0.3	15.8	80.9	0.5	-	100.0
上越	-	2.7	0.0	2.7	0.5	94.1	-	100.0
佐渡	1.1	14.6	0.2	0.8	-	0.2	83.2	100.0
県内不明	-	-	-	-	-	-	-	-
県外	21.1	39.3	1.5	18.9	12.2	5.9	1.1	100.0
不明	3.6	83.9	3.6	7.1	-	1.8	-	100.0
計数	9.4	40.6	8.5	18.0	9.6	11.0	2.9	100.0

出典 平成 21 年度新潟県保健医療需要調査報告書

表 6 住民利用率(二次医療圏別病院入院患者の流れ)

患者住所	病院所在地							計数
	下越	新潟	県央	中越	魚沼	上越	佐渡	
下越	86.2	3.8	-	0.3	0.2	-	-	9.7
新潟	9.3	85.2	7.7	1.2	0.3	0.1	0.2	36.4
県央	0.4	4.9	83.7	4.2	0.4	0.0	-	9.9
中越	0.3	1.5	7.7	81.7	9.8	0.5	-	17.0
魚沼	-	0.6	0.4	9.0	86.9	0.4	-	10.3
上越	-	0.8	0.1	1.7	0.6	98.0	-	11.5
佐渡	0.4	1.2	0.1	0.2	-	0.0	99.2	3.4
県内不明	-	-	-	-	-	-	-	-
県外	3.3	1.4	0.3	1.5	1.9	0.8	0.6	1.5
不明	0.1	0.6	0.1	0.1	-	0.0	-	0.3
計数	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

出典 平成 21 年度新潟県保健医療需要調査報告書

表 4 は、行に患者住所を示し、列に病院の所在地(医療圏)を示している。二次医療圏別の入院患者数は、表中の太枠で示されている。

表 5 は、医療圏別の入院患者の自足率(表中の太枠)を示している。入院患者の自足率の高い医療圏は、新潟医療圏(自足率:95.0%)で、次に上越医療圏(同:94.1%)であり、逆に低い医療圏は県央医療圏(同:71.7%)であることがわかった。このように、新潟医療圏と上越医療圏の医療施設は、他医療圏への患者の流出が少ないことから、その医療圏に居住している住民の入院をともなう疾病に関して十分に対応出来ていると考えられる。言い換えれば、医療施設の設備と医療従事者の対応能力が充実していると言えるであろう。逆に、県央医療圏では医療施設が高度な医療に対応できていない可能性がある。

表 6 は、医療圏別の入院患者の住民利用率(表中の太枠)を示している。入院患者の住民利用率が高い医療圏は、佐渡医療圏(住民利用率:99.2%)で、次に上越医療圏(同:98.0%)となっている。このことから、この2医療圏は他医療圏からの流入率が低いことがわかった。佐渡は周りを海に囲まれた島なので閉鎖的な医療圏と言える。よって、他医療圏からの流入はよほどの事が無い限り稀である。上越医療圏の場合は、地理的要因が大きいのではないかと考えられる。上越医療圏は、第1章第4節で示したように県市界をなす山地や海岸線で囲まれている地域である。この結果は、閉鎖性のある医療圏であることを裏付ける証拠の一つになるのではないかとと言える。

表 7 は、行に患者住所を示し、列に病院の所在地(医療圏)を示している。二次医療圏別の外来患者数は、表中の太枠で示されている。

表 8 は、医療圏別の外来患者の自足率(表中の太枠)を示している。外来患者の自足率の高い医療圏は、上越医療圏(自足率:98.2%)で、次に新潟医療圏(同:96.4%)であり、逆に低い医療圏は県央医療圏(同:76.6%)であることがわかる。上越医療圏と新潟医療圏では、外来患者の他医療圏への流出が少なく、県央医療圏では流出が多いという結果になっている。

表 9 は、医療圏別の外来患者の住民利用率(表中の太枠)を示している。外来患者の住民利用率が高い医療圏は、佐渡医療圏(住民利用率:99.6%)で、次に上越医療圏(同:98.7%)となっている。これは、他医療圏からの外来患者の流入が少ないことを示している。

表 7 1日の外来患者の数*(二次医療圏別病院外来患者の流れ)

患者住所	病院所在地							計数
	下越	新潟	県央	中越	魚沼	上越	佐渡	
下越	2,461	356	2	2	-	4	-	2,825
新潟	148	11,101	220	41	7	-	4	11,521
県央	3	445	2,242	233	3	-	-	2,926
中越	3	153	73	5,385	123	5	-	5,742
魚沼	3	44	1	492	3,456	9	-	4,005
上越	-	41	1	33	4	4,240	-	4,319
佐渡	1	77	-	-	-	-	1,428	1,506
県内不明	-	-	-	-	-	-	-	-
県外	54	76	6	25	51	36	2	250
不明	4	50	1	7	5	3	-	70
計数	2,677	12,343	2,546	6,218	3,649	4,297	1,434	33,164

出典 平成 21 年度新潟県保健医療需要調査報告書

*平成 21 年 10 月 20 日から平成 21 年 10 月 22 日までの期間のうち、医療施設ごとに定める 1 日のデータである。

表 8 自足率(二次医療圏別病院外来患者の流れ)

患者住所	病院所在地							計数
	下越	新潟	県央	中越	魚沼	上越	佐渡	
下越	87.1	12.6	0.1	0.1	-	0.1	-	100.0
新潟	1.3	96.4	1.9	0.4	0.1	-	0.0	100.0
県央	0.1	15.2	76.6	8.0	0.1	-	-	100.0
中越	0.1	2.7	1.3	93.8	2.1	0.1	-	100.0
魚沼	0.1	1.1	0.0	12.3	86.3	0.2	-	100.0
上越	-	0.9	0.0	0.8	0.1	98.2	-	100.0
佐渡	0.1	5.1	-	-	-	-	94.8	100.0
県内不明	-	-	-	-	-	-	-	-
県外	21.6	30.4	2.4	10.0	20.4	14.4	0.8	100.0
不明	5.7	71.4	1.4	10.0	7.1	4.3	-	100.0
計数	8.1	37.2	7.7	18.7	11.0	13.0	4.3	100.0

出典 平成 21 年度新潟県保健医療需要調査報告書

表 9 住民利用率(二次医療圏別病院外来患者の流れ)

患者住所	病院所在地							計数
	下越	新潟	県央	中越	魚沼	上越	佐渡	
下越	91.9	2.9	0.1	0.0	-	0.1	-	8.5
新潟	5.5	89.9	8.6	0.7	0.2	-	0.3	34.7
県央	0.1	3.6	88.1	3.7	0.1	-	-	8.8
中越	0.1	1.2	2.9	86.6	3.4	0.1	-	17.3
魚沼	0.1	0.4	0.0	7.9	94.7	0.2	-	12.1
上越	-	0.3	0.0	0.5	0.1	98.7	-	13.0
佐渡	0.0	0.6	-	-	-	-	99.6	4.5
県内不明	-	-	-	-	-	-	-	-
県外	2.0	0.6	0.2	0.4	1.4	0.8	0.1	0.8
不明	0.1	0.4	-	0.1	0.1	0.1	-	0.2
計数	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

出典 平成 21 年度新潟県保健医療需要調査報告書

まとめると、新潟医療圏と上越医療圏は入院・外来患者ともに自足率が高く、他の医療圏の施設を利用する率が低いことから、医療施設の設備や医療従事者の対応能力が高いなどの理由で、他の医療圏を利用しなくても十分な治療が行われている可能性が高いと考えられる。また、佐渡医療圏と上越医療圏は入院・外来患者ともに住民利用率が高く、他の医療圏から流入が少ないことから、地理的要因による閉鎖性が、他の医療圏からの患者の流入の阻害になっている要因の一つになっているであろう。

次に各医療圏における医療体制(医師の数)についての現状を示す。第 5 次新潟県地域保健医療計画によると、新潟県の平成 22 年末現在における人口 10 万人当たり医師数は 191.2 人で、全国平均(230.4 人)と比較し約 39 人少ない全国第 42 位となっており、全国との格差は広がる傾向にあるなど、医師の絶対数の不足は深刻であると指摘されている。図 7 は、医療圏別人口 10 万人あたりの医師数を表し、図 8 は、診療科別人口 10 万人あたりの医師数を表している。人口 10 万人あたりの医師数の全国平均が 230.4 人であり、この数値を満たしているのは新潟医療圏だけある。他の医療圏は全国平均を大幅に下回っていることが見て取れる。魚沼医療圏は全国平均の約半分の医師数の 122.1 人でしかない。本研究対象の上

越医療圏は 155.7 人であり、7 医療圏では中間値ではあるが全国平均に比べると大差は歴然である。このように見ると、明らかに医師の地域的な偏在が顕著に現れている。新潟市などの都市部に著しく医師が集中して、魚沼などの地方には著しい医師不足が起こっている。診療科別人口 10 万人あたりの医師数では、全ての診療科で全国平均を下回っているのが現状であり問題は深刻である。特に、産婦人科の医師不足は顕著で問題はさらに深刻であると言える。

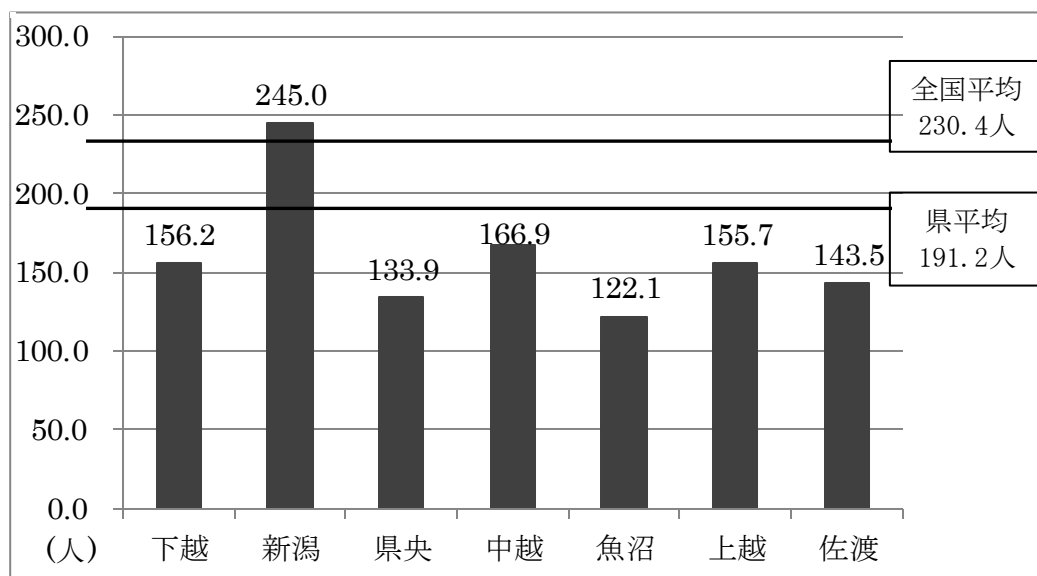


図 7 医療圏別人口 10 万人あたりの医師数

出典 第 5 次新潟県地域保健医療計画

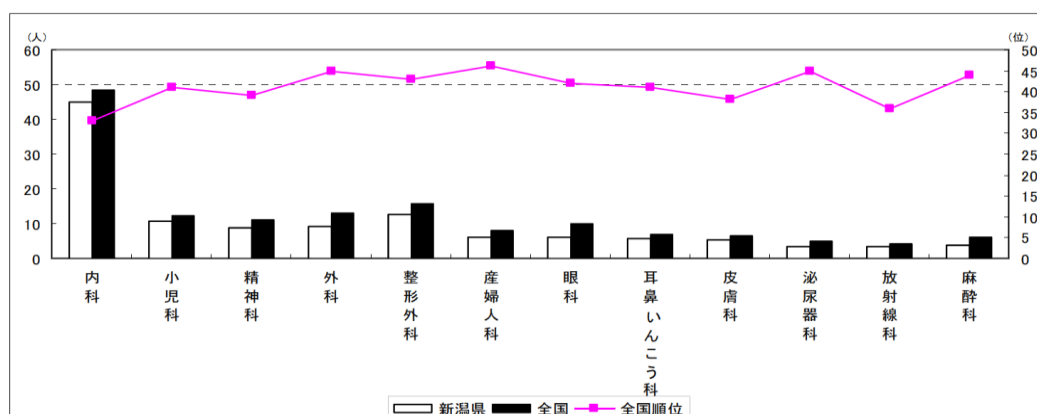


図 8 診療科別人口 10 万人あたりの医師数

出典 第 5 次新潟県地域保健医療計画

次に、基準病床制度について説明する。厚生労働省資料によると、病院・診療所の病床数については、各都道府県が地域で必要とされる「基準病床数」を全国統一の算定式により算定し、「既存病床数」が「基準病床数」を超える地域(病床過剰地域)では、病院の開設・増床を許可しないと説明している。表 10 は、新潟県内の全医療圏の基準病床数と既存病床数を示している。

表 10 二次医療圏における療養病床及び一般病床の基準病床数と既存病床数

二次医療圏	基準病床数	既存病床数
下越	2,216	1,910
新潟	7,029	9,314
県央	2,134	2,056
中越	4,685	4,254
魚沼	1,960	1,591
上越	2,344	2,234
佐渡	683	580
合計	21,051	21,939

出典 第 5 次新潟県地域保健医療計画

基準病床数の算定方法

本研究では、一般病床を主としている施設を研究対象にしているため、一般病床と療養病床(精神病床、感染症病床、結核病床は除く)の算定方法(厚生労働省の基準病床制度関係資料：社会保障審議会医療部会)を下記に示す。

$$\begin{aligned} \text{一般病床の基準病床} &= \left((\text{性別} \cdot \text{年齢階級別人口}) \times (\text{性別} \cdot \text{年齢階級別退院率}) \right. \\ &\quad \times (\text{平均在院日数} \times 0.9) + (\text{流入入院患者}) - (\text{流出入院患者}) \left. \right) \\ &\quad \div \text{病床利用率} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{療養病床の基準病床} &= \left((\text{性別} \cdot \text{年齢階級別人口}) \right. \\ &\quad \times (\text{性別} \cdot \text{年齢階級別入院} \cdot \text{入所需要率}) \\ &\quad - (\text{介護施設(介護療養型医療施設除く)で対応可能な数}) \\ &\quad \left. + (\text{流入入院患者}) - (\text{流出入院患者}) \right) \div \text{病床利用率} \end{aligned} \quad (6)$$

ただし、都道府県は、県外への流出患者数が県内への流入患者数を上回る場合、「(流出患者数－流入患者数)×1/3」を限度として基準病床数を加算することができる。さらに、都道府県は、急激な人口の増加が見込まれること、特定の疾患に罹患する者が異常に多くなること等の事情があるときは、厚生労働大臣と協議の上その同意を得た病床数を基準病床数に加算できる(厚生労働省の基準病床制度関係資料：社会保障審議会医療部会)。

新潟県の医療圏で病床過剰地域になっている医療圏は新潟医療圏だけで、既存病床数が9,314床で、基準病床数7,029床を2,000床以上も上回っている状態であることから、この医療圏での病院の開設・増床は許可されないと考えられる。なお、既存病床数の算定方法は、

1. 病院の一般病床及び療養病床
2. 有床診療所の一般病床(平成19年1月1日以後に使用許可を受けたものに限る)及び療養病床

の合計である(厚生労働省の基準病床制度関係資料：社会保障審議会医療部会)。

次に、保健医療に関する県民意識について、「第5次新潟県地域保健医療計画」の資料をもとに説明する。図9は、医療機関を選ぶ基準を示している。選択基準の1位と2位が、「病状や治療方法をよく説明してくれる」、「医療技術が優れている」となっており、医師の能力に基準を置いていることがわかる。3位以下は、「自宅や職場から近い・交通の便がよい」、「どんな病気でもみてる」、「夜間や休日でもみてる」などで、病院の立地や機能に関することに基準を置いている。

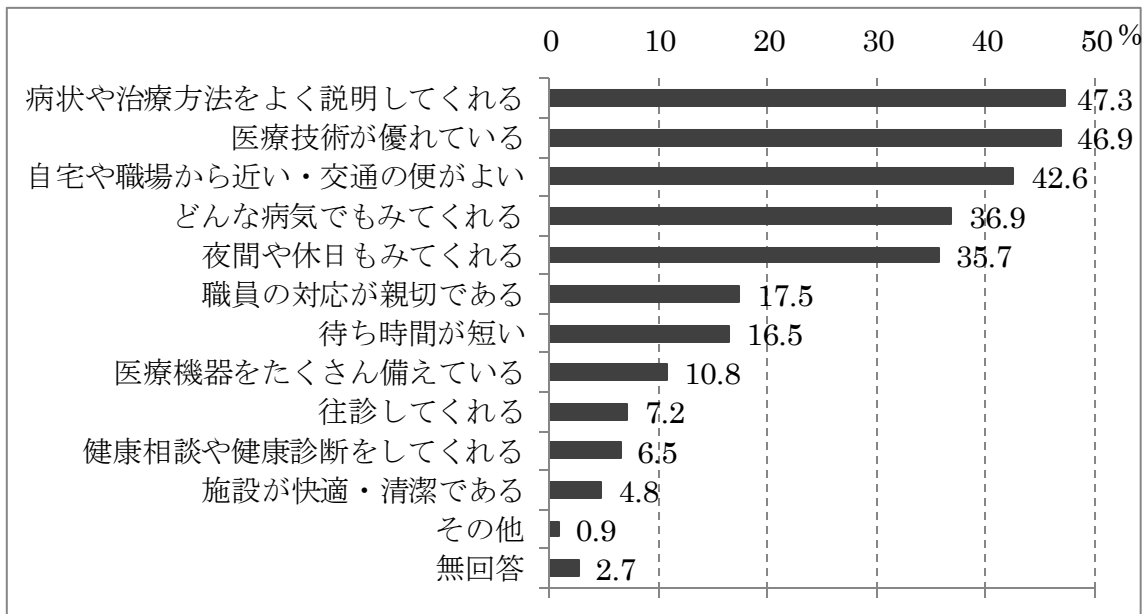


図 9 医療機関を選ぶ基準

出典 第 5 次新潟県地域保健医療計画

図 10 は、医療圏別の地域医療の充実度合いを表している。全体では、「充実している」、「どちらかと言えば充実している」を合わせて「充実している」と感じている人が 57.9%で、実に半数以上が感じている状況である。医療圏別にみると、中越医療圏(充実度：75.1%)，新潟医療圏(同：70.4%)の順で充実度合いが高くなっている。逆に一番低い医療圏は、佐渡医療圏(同：38.1%)で、次に魚沼医療圏(同：45.9%)の順である。本研究対象医療圏の上越医療圏では、「充実している」と回答した人が 59.2%であり、約 6 割の人が充実していると感じていることがわかった。

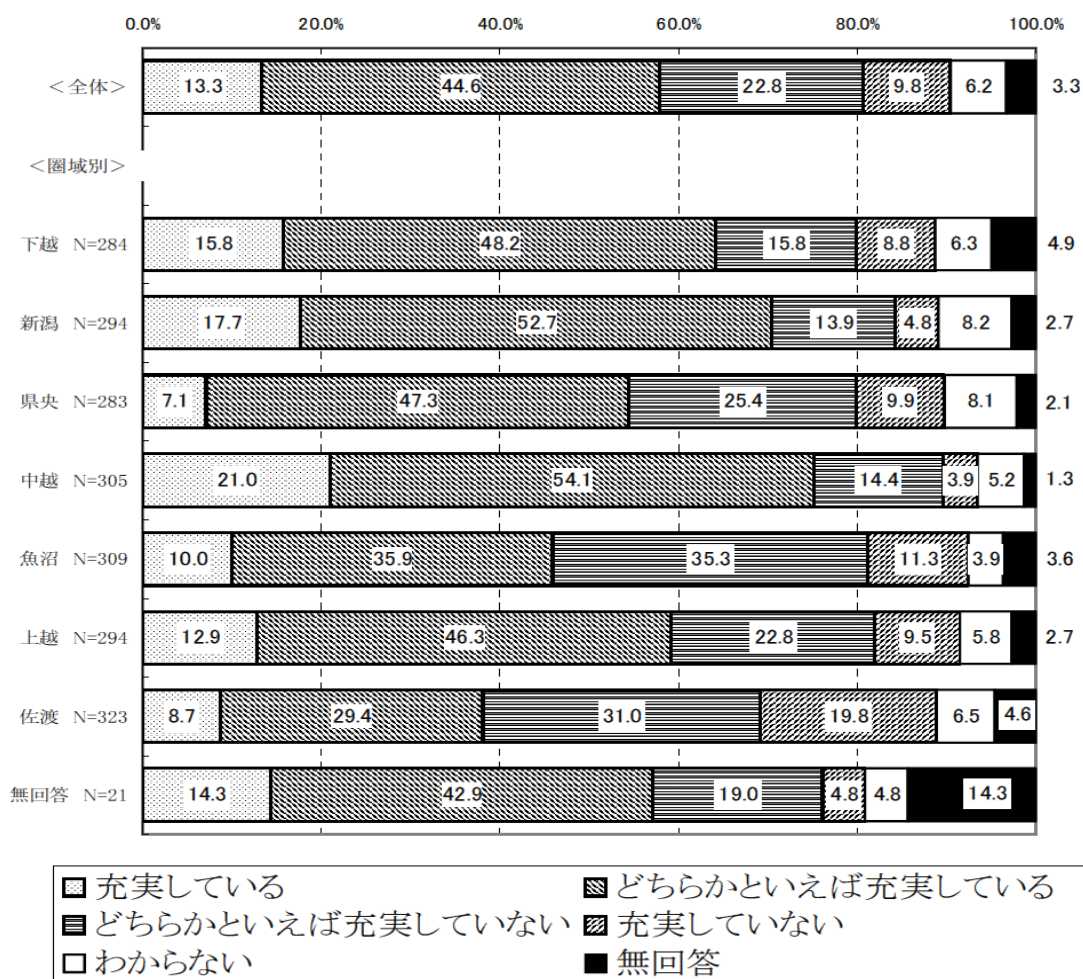


図 10 地域医療の充実度合い

出典 第5次新潟県地域保健医療計画

図 11 は、地域医療に特に充実してほしい内容を示している。これによると、「高度専門医療の充実」が 46.0%と割合が高く、次に「救急医療の充実」が 43.8%となっている。これに、「診療科目の増加などの医療機関の充実」などを合わせると、このような要望を満たすためには、莫大な設備投資と不採算事業による収益の悪化を覚悟しなければならない。このことから、民間医療施設での対応は難しいと言わざるを得ない。そうすると、このような事業を行う施設として、公的医療施設の役割が、今後重要になってくると考えられる。

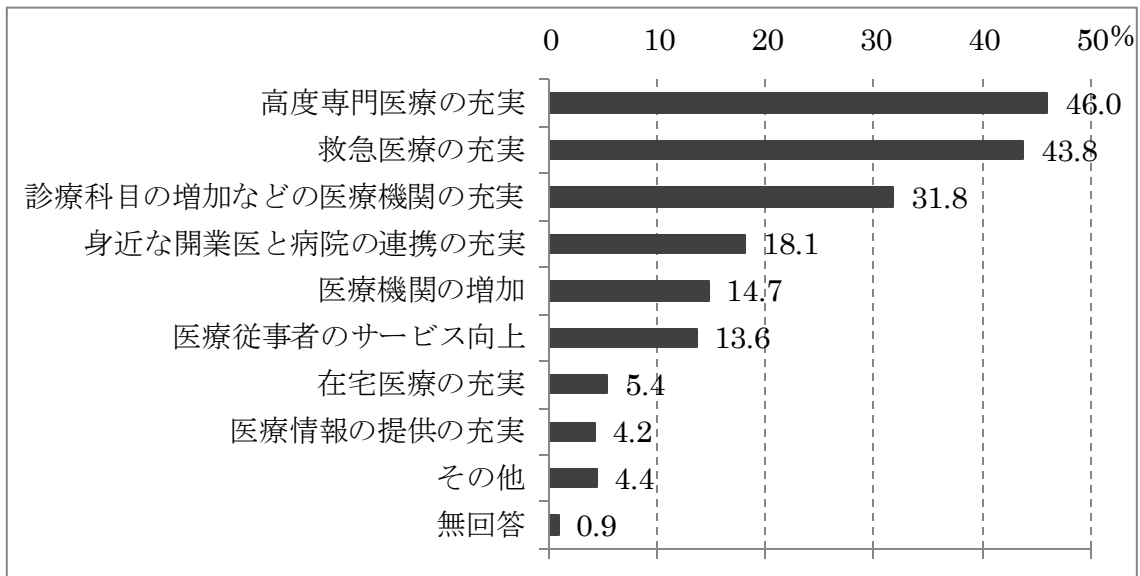


図 11 地域医療に特に充実してほしいもの
出典 第 5 次新潟県地域保健医療計画

第 3 節 新潟県内の公的医療施設とその現状

本節では、新潟県内の公的医療施設について、「第 5 次新潟県地域保健医療計画」と「平成 24 年度医療施設調査・病院報告書」の資料をもとに説明する。

最初に、研究対象の一般病床を主とした公的医療施設の一般病院の定義を確認する。病院とは、医療法第 1 条の 5 より、医師又は歯科医師が、公衆又は特定多数人のため医業又は歯科医業を行う場所にあつて、二十人以上の患者を入院させるための施設を有するものと法律で定められている。一般病院とは、精神科病院（精神病床のみを有する病院）と結核療養所（結核病床のみを有する病床病院）以外の病院である。公的医療施設とは、開設者の分類で都道府県、市町村、地方独立行政法人、日赤、済生会、北海道社会事業協会、厚生連、国民健康保険団体連合会などで定義されている。本研究においては、開設者が国に分類される施設も公的医療機関とみなして研究対象としている。一般病床とは、精神病床、感染病床、結核病床、療養病床以外の病床をいう。

公的医療施設の現状は、「総務省公立病院改革ガイドライン（平成 19 年 12 月 24 日付総務省自治財政局長通知）」によると、公立病院は、地域における基幹的な公的医療機関として、地域医療の確保のための重要な役割を果たしているが、近年、多くの公立病院において損益収支をはじめとする経営状況が悪化するとともに、

医師不足に伴い診療体制の縮小を余儀なくされるなど、その経営環境や医療体制の維持が極めて厳しい状況になっていると指摘されている。新潟県内の公的医療施設も例外ではなく、総費用が総収益を上回っている施設が多数見受けられ、黒字を出している施設はそれ程多くはない。これは、公的医療施設は不採算性の高い医療サービスを提供しなければならない役割があるからで、特に周産期医療や救急医療、民間では限界のある高度・先進医療のような設備投資・人的投資が高い事業を行わなければならいためである。そのため、公的医療施設は国から補助金を得てサービスを提供している。このような状況から、公立病院が今後において地域医療の安定的かつ継続的なサービスの供給を行うためには、政府や各都道府県の政策ばかりではなく、各施設において抜本的な改革の立案と実行が必要であると言える。

新潟県内の公的医療施設について説明する。表 11 は、種類別の医療施設数を示している。平成 24 年度現在の新潟県内の病院数は 131 施設で、一般病院が 111 施設(構成割合：84.7%)、精神病床に特化した施設が 20 施設(同：15.3%)となっている。表 12 は、開設者別(大分類)の病院数を示していて、131 施設のうち 6 施設(構成割合：4.6%)が国の施設、46 施設(同：35.1%)が公的医療機関となっている。国と公的医療機関を合わせると 52 施設(同：39.7%)となり、全病院数 131 施設に占める割合は約 40%となっていて、約 60%が医療法人などの民間病院となっていることが明らかになった。表 13 は、病床規模別の病院数を示している。平成 24 年度現在で、131 施設のうち 27 施設(構成割合：20.6%)が 100 床未満の施設であることが見て取れる。また、病床数 200 床未満を中小病院¹⁾と定義した場合の施設数は 76 施設(同：58.0%)となり、全施設の約 60%を中小病院が占める結果になった。

表 11 種類別にみた医療施設数

	施設数			構成割合 (%)	
	平成 24 年	平成 23 年	増加率 (%)	平成 24 年	平成 23 年
総数	2,988	2,987	0.0	100.0	100.0
病院	131	130	0.8	4.4	4.4
精神科病院	20	20	-	(15.3)	(15.4)
一般病院 (再掲)	111	110	0.9	(84.7)	(84.6)
療養病床を有する 病院	54	54	-	(41.2)	(41.5)
一般診療所	1,672	1,675	-0.2	56.0	56.1
有床	78	82	-4.9	(4.7)	(4.9)
無床 (再掲)	1,594	1,593	0.1	(95.3)	(95.1)
療養病床を有する 一般診療所	6	7	-14.3	(0.4)	(0.4)
歯科診療所	1,185	1,182	0.3	39.7	39.6
有床	-	-	-	(-)	(-)
無床	1,185	1,182	0.3	(100.0)	(100.0)

出典 平成 24 年度医療施設・病院報告書

表 12 開設者別(大分類)にみた病院数

	施設数			構成割合 (%)	
	平成 24 年	平成 23 年	増加率 (%)	平成 24 年	平成 23 年
総数	131	130	0.8	100.0	100.0
国	6	6	-	4.6	4.6
公的医療機関	46	46	-	35.1	35.4
社会保険関係団体	-	-	-	-	-
医療法人	67	67	-	51.1	51.5
個人	-	-	-	0.0	0.0
その他	12	11	9.1	9.2	8.5

出典 平成 24 年度医療施設・病院報告書

表 13 病床規模別にみた病院数

	施 設 数			構 成 割 合	
	平成 24 年	平成 23 年	増加率 (%)	平成 24 年	平成 23 年
総 数	131	130	0.8	100.0	100.0
20 ～ 99 床	27	26	3.8	20.6	20.0
20 ～ 29 床	-	-	-	-	-
30 ～ 39 床	2	2	-	1.5	1.5
40 ～ 49 床	2	2	-	1.5	1.5
50 ～ 99 床	23	22	4.5	17.6	16.9
100 床以上	104	104	-	79.4	80.0
100 ～ 149 床	16	16	-	12.2	12.3
150 ～ 199 床	33	33	-	25.2	25.4
200 ～ 299 床	23	23	-	17.6	17.7
300 ～ 399 床	13	12	8.3	9.9	9.2
400 ～ 499 床	13	14	-7.1	9.9	10.8
500 ～ 699 床	4	4	-	3.1	3.1
700 ～ 899 床	2	2	-	1.5	1.5
900 床以上	-	-	-	-	-

出典 平成 24 年度医療施設・病院報告書

表 14 は、平成 24 年現在の医療施設の種類別にみた病床数を示している。全病床数 30,189 床のうち病院が占める病床数は、29,288 病床(構成割合：97.0%)となっている。このうち、一般病床が 17,304 病床(同：59.1%)で一番構成割合が高く、次に精神病床の 6,773 病床(同：23.1%)、療養病床の 5,075 病床(同：17.3%)となっている。表 15 は、開設者別(大分類)の病院の病床数を示している。29,288 病床のうち、国の施設の病床数は 2,665 病床(構成割合：9.1%)で、公的医療機関の病床数は 11,042 病床(同：37.7%)であり、国と公的医療機関を合わせた病床数は 13,707 病床(同：46.8%)となり、全病床数の約半数近くを公的医療施設が占めていることが明らかになった。

まとめると、新潟県内の病院 131 施設うち 111 施設(構成割合：84.7%)が一般病床であり、52 施設(同：39.7%)が国・公的医療機関の施設であった。また、76 施設(同：58.0%)が 200 病床未満の中小病院であることがわかった。病院の全病床数 29,288 病床のうち約半数近くの 13,707 病床を公的医療施設が占めていた。民間医療施設数と比べると、公的医療施設数は少ないにも関わらず、病床数では約半数

近くを占めていることから、民間に比べて1施設あたりの規模(病床数)が大きいと言える。

表 14 医療施設の種類別にみた病床数

	病 床 数			構成割合 (%)	
	平成 24 年	平成 23 年	増加率 (%)	平成 24 年	平成 23 年
総数	30,189	30,277	-0.3	100.0	100.0
病院	29,288	29,329	-0.1	97.0	96.9
精神病床	6,773	6,843	-1.0	(23.1)	(23.3)
感染症病床	36	36	-	(0.1)	(0.1)
結核病床	100	100	-	(0.3)	(0.3)
療養病床	5,075	5,011	1.3	(17.3)	(17.1)
一般病床	17,304	17,339	-0.2	(59.1)	(59.1)
一般診療所 (再掲)	901	948	-5	3.0	3.1
療養病床	54	70	-22.9	0.2	0.2
歯科診療所	-	-	-	-	-
1病院当たりの 平均病床数	223.6	225.6	-0.9		
有床一般診療所 1施設当たりの 平均病床数	11.6	11.6	-		

出典 平成 24 年度医療施設・病院報告書

表 15 開設者別(大分類)にみた病院の病床数

	病 床 数			構成割合 (%)	
	平成 24 年	平成 23 年	増加率 (%)	平成 24 年	平成 23 年
総 数	29,288	29,329	-0.1	100.0	100.0
国	2,665	2,665	-	9.1	9.1
公的医療機関	11,042	11,104	-0.6	37.7	37.9
社会保険関係団体	-	-	-	-	-
医療法人	13,648	13,677	-0.2	46.6	46.6
個人	-	-	-	-	-
その他	1,933	1,883	2.7	6.6	6.4

出典 平成 24 年度医療施設・病院報告書

第4節 上越医療圏の公的医療施設

本節では、上越医療圏内の公的医療施設について説明する。研究対象地域である上越医療圏内には、2014年現在で9つの公的医療施設が存在している。本研究においては、一般病床(急性期病床)を主とする医療施設を対象とするため、精神病床等に特化した医療施設を除外した結果、図12に示すように、8つの公的な一般病院の施設を分析対象とした。

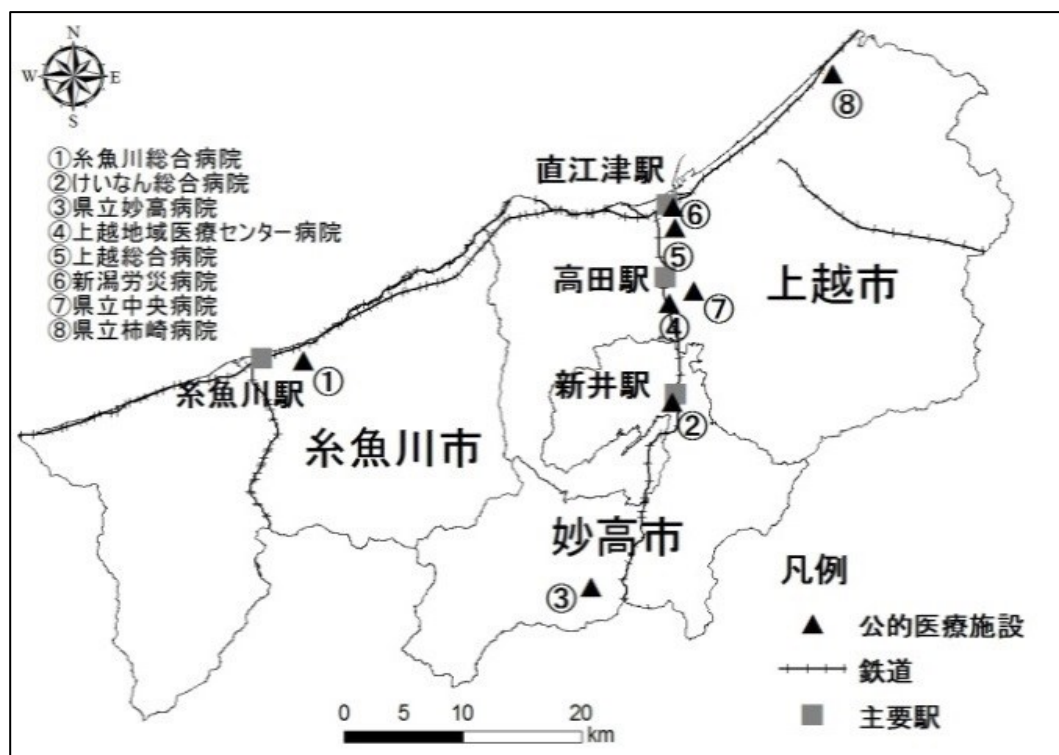


図12 公的医療施設の立地(上越医療圏)

開設者別では、県立病院が3施設、市立病院が1施設、独立行政法人が1施設、厚生連が3施設となっている。表16では、施設が立地している町丁目・字は、一意的な番号を表すIDで示されている。これら8公的医療施設は、上越市に5施設、妙高市に2施設、糸魚川市に1施設が立地している。上越市では、その中心部である高田と直江津にそれぞれ2施設が立地している(図12を参照)。上越医療圏での基幹病院は、534床を有する県立中央病院である。また、主要な機能別区分で見ると、救命救急センターの機能を備えている施設は県立中央病院である。がん診療連携拠点病院と地域医療支援病院の機能を両方を備えている施設は、県立中央

病院と新潟労災病院である。地域周産期医療の機能を備えている施設は、県立中央病院である。その他の機能としては、へき地医療拠点病院の機能を備えている施設として糸魚川総合病院、災害拠点病院の機能を備えている施設として県立中央病院と糸魚川総合病院となっている。

表 16 公的医療施設の一覧表(上越医療圏)

ID	公的医療施設名	病床数*	標榜 診療科数	機能別区分
4	糸魚川総合病院	269	15	救急告示病院 へき地医療拠点病院 災害拠点病院
130	けいなん総合病院	170	10	救急告示病院
256	県立妙高病院	60	8	救急告示病院
301	上越地域医療 センター病院	197	5	救急告示病院
367	上越総合病院	318	21	救急告示病院
503	新潟労災病院	360	17	救急告示病院 地域医療支援病院 がん診療連携拠点病院
620	県立中央病院	534	28	救命救急センター 救急告示病院 地域医療支援病院 地域周産期医療 がん診療連携拠点病院 災害拠点病院
757	県立柿崎病院	55	7	救急告示病院

*資料：関東信越厚生局新潟事務所所管法人

次に、上越医療圏における保健医療に関する市民意識を把握するため、国土交通省ならびに上越市が実施したアンケート調査をもとに考察する。アンケート資料として、調査委託が国土交通省で、上越市企画・地域振興部の協力のもと、みずほ情報総研株式会社が平成 20 年度に実施した「地域における生活機能に関する住民アンケート調査」と上越市総合政策部企画課が平成 22 年度に実施した「市民の声アンケート報告書」を利用した。

図 13 は、医療サービスの満足度に関するアンケート調査結果である。これによると、上越市全体では、「満足」、「やや満足」を合わせた「満足」と感じている人

が 41.6%いた。前節の図 10 によれば、上越医療圏の地域医療に対し充実していると感じている人は約 6 割であったので、サービス満足度は約 4 割と低い結果になっている。

地区別でみると、安塚地区が「満足」と感じている人が 56.1%と 3 地区の中で最も高くなっている。この 3 地区は上越市の中でも公的医療施設(病院)へのアクセスが悪い地区であり、特に悪いのが安塚である。それにも関わらず、なぜ満足度が高い値を示したのか興味深い結果と言える。その答えの一つとして、病院ではないが、診療所と医療法人の施設の役割が大きいのではないかと考える。この地区には、安塚診療所と徳州会グループのゆきだるまクリニックが立地しており、安塚診療所は内科・外科・小児科の 3 診療科で、ゆきだるまクリニックは内科・小児科・整形外科と人間ドック、デイサービスや在宅医療も手掛けている。施設数は 2 施設と少ないが、個々の施設が機能を分担することにより、各施設が持つ特性を活かした結果、子供から大人そして、老人介護まで一通り網羅する診療科や医療サービスを提供することが可能となったと考えられる。このことが、住民の満足度を上げている一つの要因になっている。これは、規模は小さいがある意味で、地域完結型医療の一つの良い事例かもしれない。

図 14 は、医療サービスの不満足度に関するアンケート調査結果である。これによると安塚地区、浦川原地区で「総合病院が近くにない」で、それぞれ約 70%の人が不満を感じていることがわかる。総合病院ということで、入院で利用するのか外来で利用するのかで別れるが、表 3 より病院の利用者の約 6 割が外来で利用しているという結果から通院で利用するにあたり不便であると感じている可能性がある。実際、この地区から最寄りの公的医療施設(病院)までの移動時間は、移動手段を自動車として、安塚で約 30 分前後、浦川原で約 20 分前後である。場合によっては、それ以上かかる場合もあり、この距離(時間)を通院で往復するのは厳しいと言える。また、総合病院の主な機能として救急・休日・夜間医療サービスの提供があるが、これらの医療サービスを受けることは身体に及ぼす影響が大きい病気やケガであることから、一刻も早く診療を受けたいという心理的作用が働き施設までの距離に不安を感じることで、不満が生じる一つの要因になっているかもしれない。

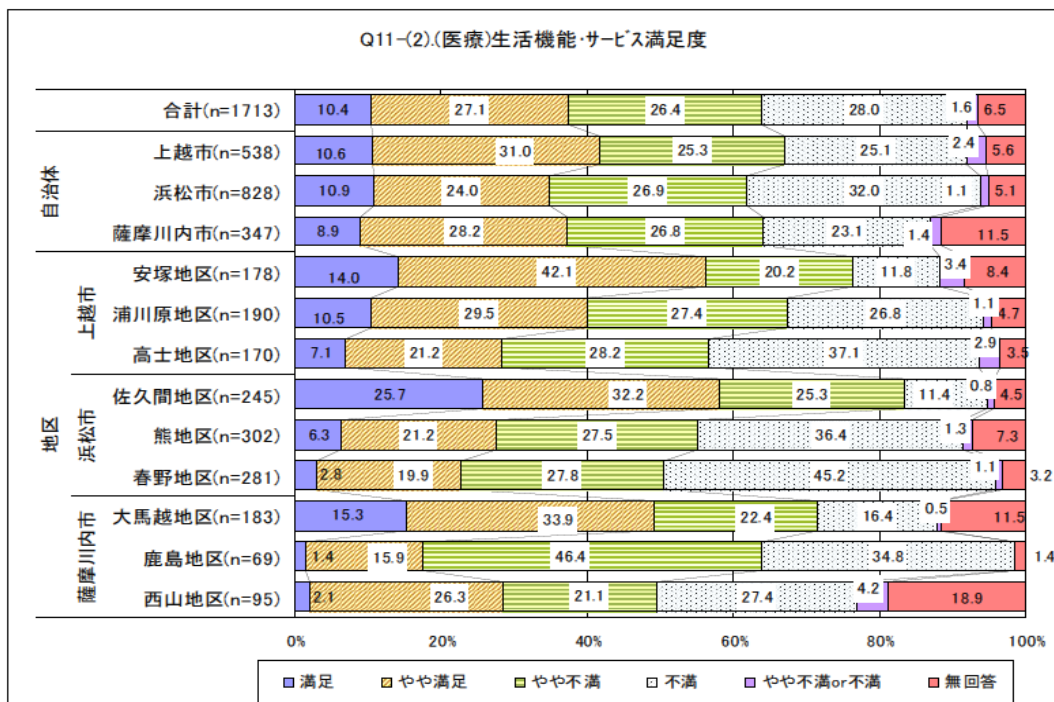


図 13 医療サービス満足度に関する住民アンケート調査結果

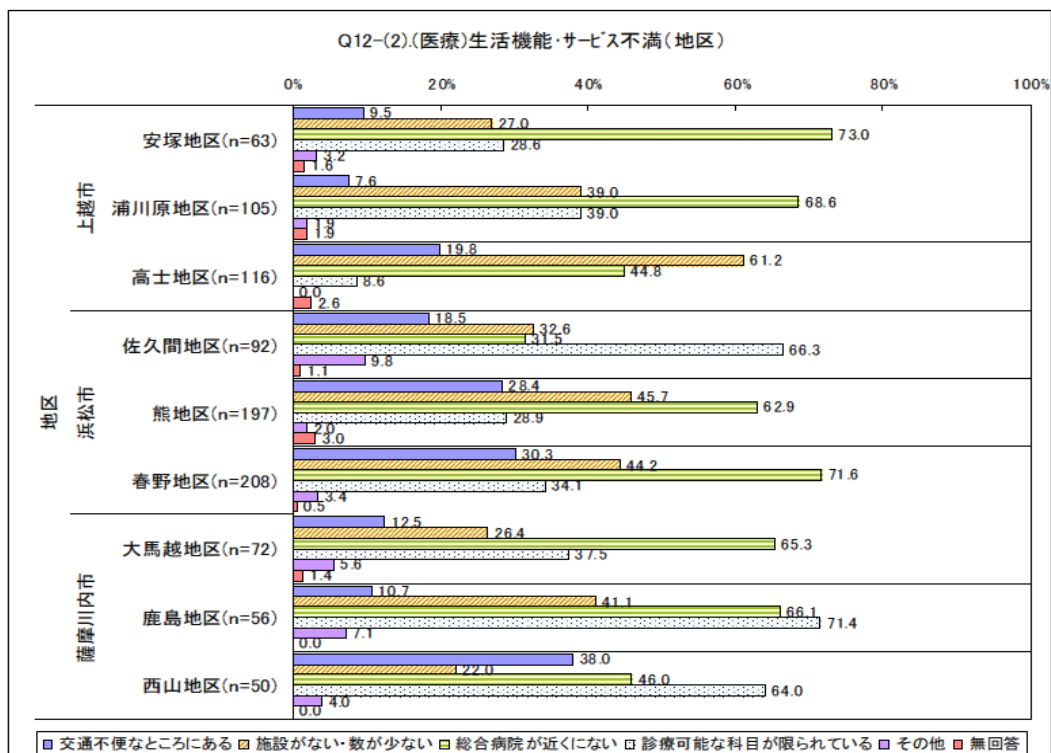


図 14 医療サービス不満足度に関する住民アンケート調査結果

表 17 福祉・医療施設やサービスに関するアンケート結果

選択項目	全体	男性	女性	20代	30代	40代	50代	60代	70代	80代以上
そう感じる	13.4%	14.2	12.5	7.4	10.4	8.2	9.4	16.0	17.9	25.1
ある程度感じる	47.8	48.9	47.4	41.8	41.8	47.9	50.0	50.7	48.5	48.5
あまり感じない	31.2	31.3	32.5	45.8	40.1	37.8	36.0	26.7	15.8	14.2
全く感じない	4.5	3.7	5.1	5.3	6.0	5.2	4.0	4.0	3.5	3.3
無記入	3.1	1.9	2.4	0.0	1.7	0.9	0.6	2.5	4.4	8.8

出典 市民の声アンケート報告書

表 17 は、福祉・医療施設やサービスについての充実度を示している。これによると、「そう感じる」、「ある程度感じる」を合わせた「施設やサービスが整っている」と感じている人が全体で 61.2%いることがわかる。図 13 の平成 20 年度調査では、医療サービスについての満足度は約 4 割であったことから、約 20%近い向上を示している。この 2 年間に医療に関して、医療施設の機能やサービスの満足度が 20%以上も向上するような大きな改革や施設増設等の変化は起こり難い。したがって、この 20%近い向上の主な要因は、福祉関連の施設の利用者の影響が大きいと言える。それは、60 代以上から徐々に充実度が高まっていることから読み取れる。

表 18 は、救急、休日、夜間の医療体制の充実度を示している。これによると、全体では、「満足」、「やや満足」を合わせた「満足」と感じている人が 31.8%である。年代別でみると、20 代で 15.9%と一番低く、続いて 30 代、40 代、50 代で 25%前後であり、60 代以上では約 40%で他の年代より高い満足度であった。今後の重要度では、全体では、「重要」、「ある程度重要」を合わせた「重要」と感じている人が 83.9%で高い値を示した。年齢別でみると、30 代で約 90%の人が重要であると認識していることがわかる。しかし、80 代以上では約 70%と高い値ではあるが、他の世代に比べて一番低い値を示した。

以上をまとめると、上越市での医療サービスの満足度は 40%であったが、福祉関連も含めると満足は約 60%に向上していることがわかった。このことから、福祉関連の施設やサービスがある程度充実していると見て取れる。特に、利用者である 60 代以上の年代で高い満足度を示していることが読み取れる。

上越市の公的医療施設(病院)へのアクセスが悪い 3 地区の中で、特に悪い安塚地区において医療サービスの満足度が 56.1%と高い数値を示したのは、診療所と医

療法人の機能分担により医療サービスの提供が高い満足度を得たと考えられた。

救急・休日・夜間の医療体制の充実では、満足と答えた人が全体の 31.8%と低い値を示した。特に 20 代で低い値を示し、逆に 80 代で高い値を示していることがわかった。また、今後の重要度では全体の約 80%の人が重要であることを認識している。特に、子育て世代の 30 代では 90%の人が重要であると感じていることから、乳幼児の急病への対応が必要であるとの認識から、このような結果になったのではないかと考えられる。

表 18 救急，休日，夜間の医療体制に関するアンケート結果

選択項目		全体	男性	女性	20代	30代	40代	50代	60代	70代	80代以上
現在の満足度	満足している	4.7%	4.8	4.3	1.1	4.3	4.3	2.9	6.0	6.0	6.7
	やや満足している	27.1	27.4	26.6	14.8	20.4	21.0	25.6	33.5	32.7	32.6
	どちらとも言えない	38.4	40.2	37.8	43.9	36.5	44.5	43.5	38.2	34.3	27.2
	やや不満である	18.0	17.3	19.3	24.3	22.1	22.3	20.0	14.7	13.7	15.1
	不満である	7.6	7.1	8.0	15.9	16.1	7.0	6.5	4.2	5.6	3.8
	無記入	4.2	3.1	3.9	0.0	0.7	0.9	1.5	3.5	7.7	14.6
今後の重要度	重要である	51.1	49.2	53.2	52.9	58.5	49.4	49.2	50.9	53.4	45.2
	ある程度重要である	32.8	34.1	33.0	34.4	31.4	37.2	37.9	33.6	26.9	26.8
	どちらとも言えない	8.1	9.3	7.0	11.6	7.7	9.5	9.8	7.5	5.1	8.4
	あまり重要ではない	0.5	0.5	0.6	0.5	0.3	1.5	0.0	0.2	1.2	0.0
	重要ではない	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.8
	無記入	7.3	6.7	6.1	0.5	2.0	2.4	3.1	7.8	13.0	18.8

出典 市民の声アンケート報告書

注

1) 診療報酬上の区分より，病床数 200 床未満の病院を中小病院と定義した。

第3章 立地-配分モデルによる公的医療施設の最適立地

第1節 目的

現在の医療は、年間約 38 兆円と膨大な医療費によって支えられている。この医療費も年々増加傾向にあり、医療改革の医療費抑制策による対応が求められている。また、2060年までに75歳以上の人口が約2,300万人に達することに加えて、総人口の減少が予想されることから、保険料・税の引き上げによる患者負担が増大すると考えられる。以上のことから、患者・病院の両者の医療を取り巻く環境は、ますます厳しくなっていくと予想される。今後、安定的かつ継続的に医療サービスを提供するためには、医療改革、医療制度の見直しを行うとともに、一病院の経営最適化だけではなく、地域全体の医療体制を最適化するような政策も合わせて考える必要がある。医療経済学では、「人々の健康に寄与する保健医療サービスという価値財を、人々に公平かつ効率的に配分するための方法を探求する」としている。また、医療経済学の分析対象は、医療のコストだけではない。むしろ、医療の質の分析が主体である。医療のかかりやすさが分析対象になり、患者の疾病や重症度などの疫学的情報から医療サービスの需要を分析する。そして、需要に見合う資源(医師、医療施設、薬品、医療機器など)の適正な供給量を分析する。また、投入した医療サービス量に対してどれだけの結果が得られたかを、患者の健康状態の向上などを指標として分析する。医療経済学によって得られた知見は、適正な医療政策に反映されるべきである(康永, 2010a)。また、今日の医療問題では、構造、制度、改革、介護において、医療費の抑制問題に帰着するが、医療経済学は「医療費抑制」という目的を達成するための手段ではないとしている。そこで、本研究においては、空間的側面から効率性(資源の集中と分散)や平等性(施設利用者の移動距離)を考慮した分析を行うことにする。その際の分析手法として、本節では、GIS上で立地-配分モデルを導入することにより、医療経済学における医療サービスの平等かつ効率的に分配する方法を追求することを目的とする。

第2節 分析方法

分析手法は、まずESRIジャパン(株)のArcGIS上で、上越医療圏を構成する1,161

の町丁目・字に対し、それらの中心点を生成する。そして、町丁目・字の各中心点から各施設への最短経路による道路距離を、ArcGISのNetwork Analystを用いて測定する。さらに、中心点から施設への総移動距離は、道路距離に町丁目・字の人口を乗じて、人口加重総移動距離を算出した。最適化の計算方法は、離散空間内で頂点代替法により行う（相羽，2012；高阪，2014）。この最適化法は、人口加重総移動距離の最小化により施設が近くにあるという近接性を満たす効率的な立地点を求めることを可能とする。

第3節 立地-配分モデルの検証

ここでは、p-メディアン問題の目的関数に人口加重した場合と加重しない場合では、どのような違いが生じるのか、簡単な事例をもとに説明する。そのあとに、研究対象医療圏の上越医療圏で実証分析をおこない、p-メディアン問題の特徴について確認する。

石崎(2003)によると、p-メディアン問題では、需要(人口)の分布によって最適施設の立地点が変わる可能性がある。例えば、人口が集中する中心地区とまばらに分布する周辺地区によって構成される地域の場合、p-メディアン問題では目的関数の改善に貢献する人口集中地区への施設立地が優先される。人口集中地区へ施設が集積すると、周辺地区の住民は施設まで遠くなり不利益を被る。ともすれば、こうした近接性の地域格差をもたらすp-メディアン問題は、効率性重視のモデルとして位置づけられると指摘している。

それでは、石崎(2003)が指摘しているように本当に効率性重視のモデルであるのか検証してみよう。その前に、第1章第3節で示した立地-配分モデルの式(1.1)において、人口の変数 p_i を外した式を下記のような式(7)とする。これにより、式(7)は人口の多少に影響されない目的関数となる。

$$\text{Minimize } Z = \sum_i \sum_j d_{ij} X_{ij} \quad (7)$$

最初に式(7)を使い最適立地を求める。簡単な事例として、5つの立地候補点に1施設を立地させる場合の最適立地を求める事例で検証する。図15は5つの立地候補地を示す。表19は図15より、需要地(居住地)から立地候補地までの距離を

距離行列にしたものである。初期値としてA地点を最初の候補地として与えると、目的関数Zの値は6となる。この値が最小となるように候補地を代替して目的関数Zの改善を試みる。立地候補地をBに代替すると目的関数Zは6で改善なし、次にC、Dと代替するが目的関数Zは6のままである。しかし、Eに代替したとき目的関数Zの値は4となり、全ての候補地で最低値を示したので、Eが最適立地となる。

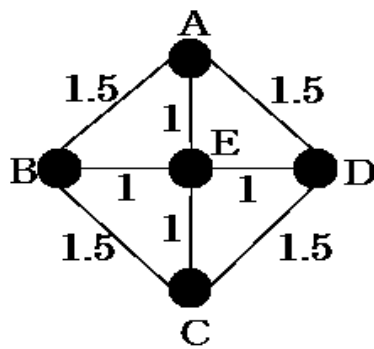


図 15 5つの立地点とその間の距離

表 19 距離行列
立地候補地

	A	B	C	D	E
A	0	1.5	2	1.5	1
B	1.5	0	1.5	2	1
C	2	1.5	0	1.5	1
D	1.5	2	1.5	0	1
E	1	1	1	1	0
Z	6	6	6	6	4

次に、目的関数に人口が加重した式(1.1)を使い、距離は先ほどの式(7)の場合と同じであるが、各需要地(居住地)の人口が条件として追加された(表20を参照)。これにより、表20は、距離に人口が乗じられた人口加重行列となる。それでは、この条件で、式(1.1)を使い最適立地を求める。先ほどと同様、初期値としてA地点を最初の候補地として与えると目的関数Zの値は60となる。この値が最小となるように候補地を代替して目的関数Zの改善を試みる。立地候補地をBに代替すると目的関数Zは195で改善なし、次にC、D、Eと代替するが目的関数Zは240、195、130で改善しない。よって、最初の初期値Aが全ての候補地で最低値を示したので、Aが最適立地となる。

まとめると、人口の加重がない式(7)は、距離の均一化をもとめるタイプと言える。人口加重がある式(1.1)は、石崎(2003)が指摘しているように、人口が集中している地区に施設配分される効率性重視のモデルと言える。

表 20 人口加重距離行列

立地候補地

	A	B	C	D	E	人口
A	0	150	200	150	100	100
B	15	0	15	20	10	10
C	20	15	0	15	10	10
D	15	20	15	0	10	10
E	10	10	10	10	0	10
Z	60	195	240	195	130	

需要地

次に、立地-配分モデルの目的関数として式(1.1)と式(7)を利用し、上越医療圏において実証分析を行う。実証分析においては、施設立地数を3, 5, 8として、それぞれの施設数に対して、5回ずつ実行して最適解を求める。複数の解を得た場合は、総移動距離の平均で一番低い値を示した解を最適解とする。

図16-1は、目的関数に式(7)を利用した場合の立地数3の最適立地である。立地点は糸魚川駅周辺、新井駅周辺、上越市の中心より少しだけ北よりに立地している。図16-2は、目的関数に式(1.1)を利用した場合の立地数3の最適立地である。立地点は糸魚川駅周辺、高田駅周辺、直江津駅周辺と人口が集中している地域に立地している。上越医療圏において、人口が集中している地区は、高い順に、高田駅、直江津駅、糸魚川駅、新井駅の各駅周辺である。特に集中しているのは、高田駅と直江津駅の周辺である。

図17-1は、目的関数に式(7)を利用した場合の立地数5の最適立地である。立地点は糸魚川駅周辺、新井駅周辺、高田駅と直江津駅の間地点、上越市の中心より少しだけ北よりと南よりに立地している。図17-2は、目的関数に式(1.1)を利用した場合の立地数5の最適立地である。立地点は糸魚川駅周辺、高田駅周辺、直江津駅周辺、新井駅周辺、直江津と柿崎の間地点に立地している。

図18-1は、目的関数に式(7)を利用した場合の立地数8の最適立地である。図18-2は、目的関数に式(1.1)を利用した場合の立地数8の最適立地である。

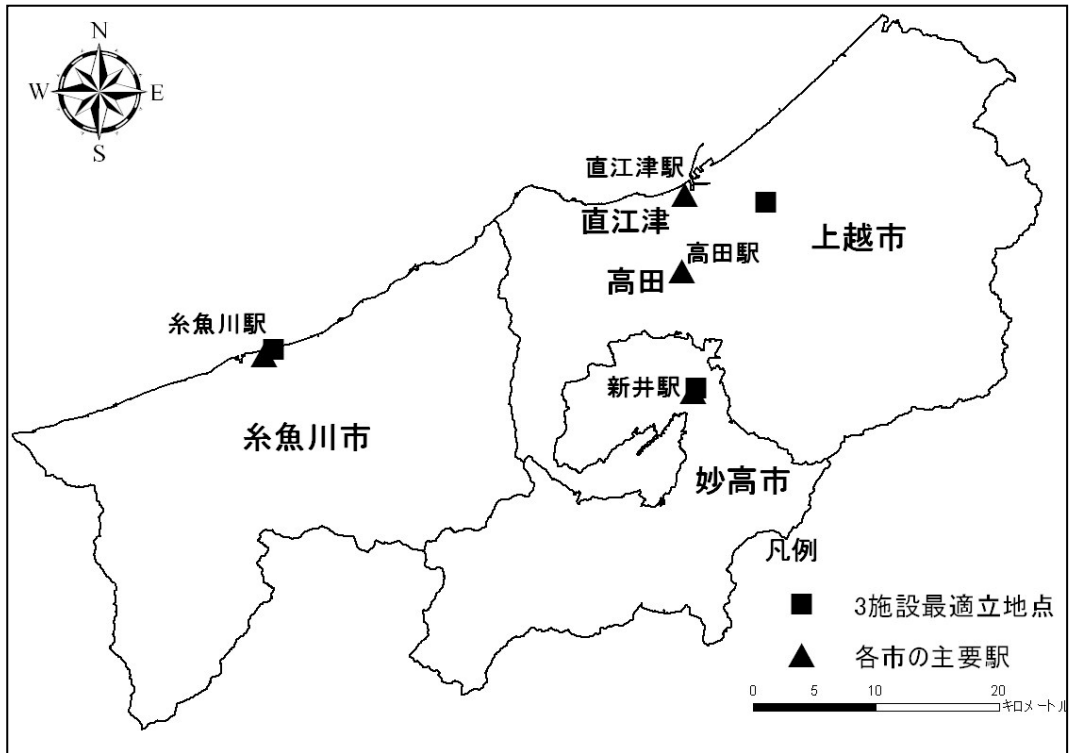


図 16-1 人口加重なしの立地-配分モデルによる 3 施設の最適立地

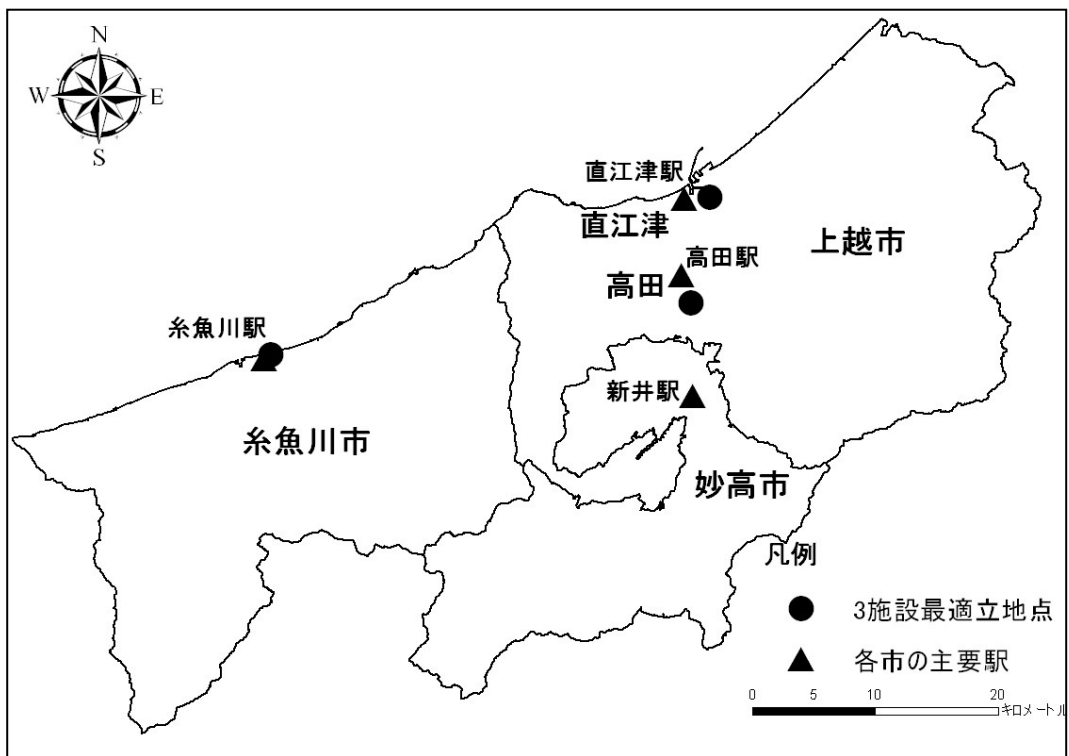


図 16-2 人口加重ありの立地-配分モデルによる 3 施設の最適立地

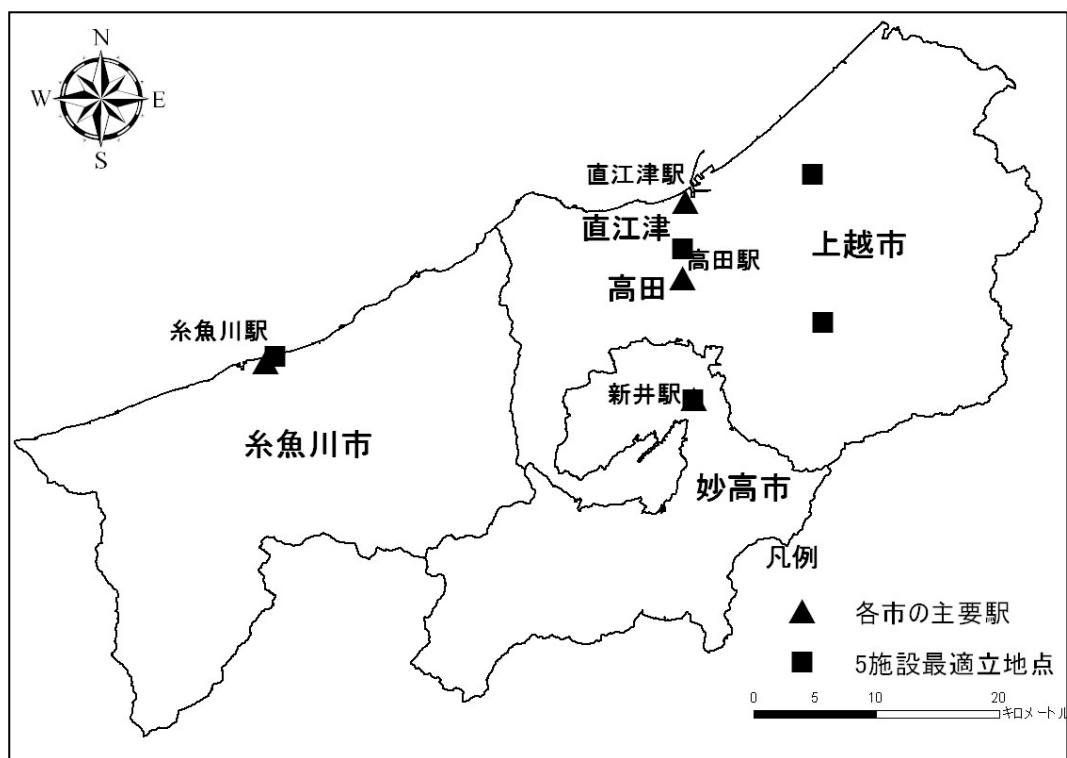


図 17-1 人口加重なしの立地-配分モデルによる 5 施設の最適立地

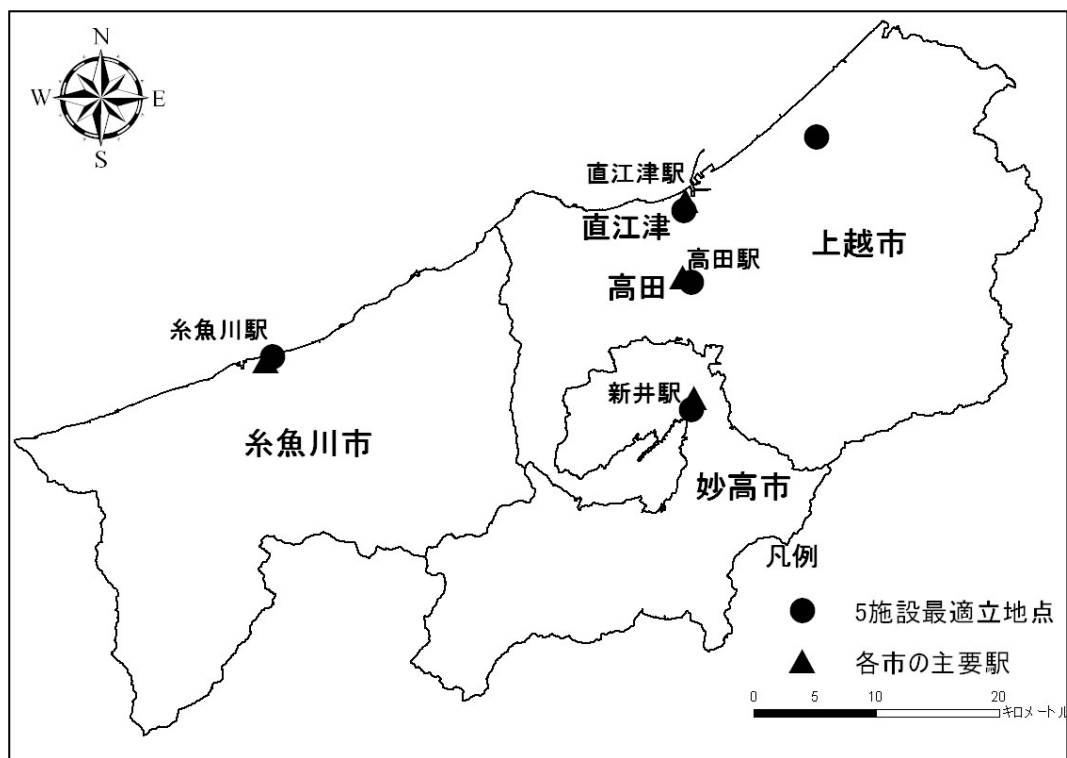


図 17-2 人口加重ありの立地-配分モデルによる 5 施設の最適立地

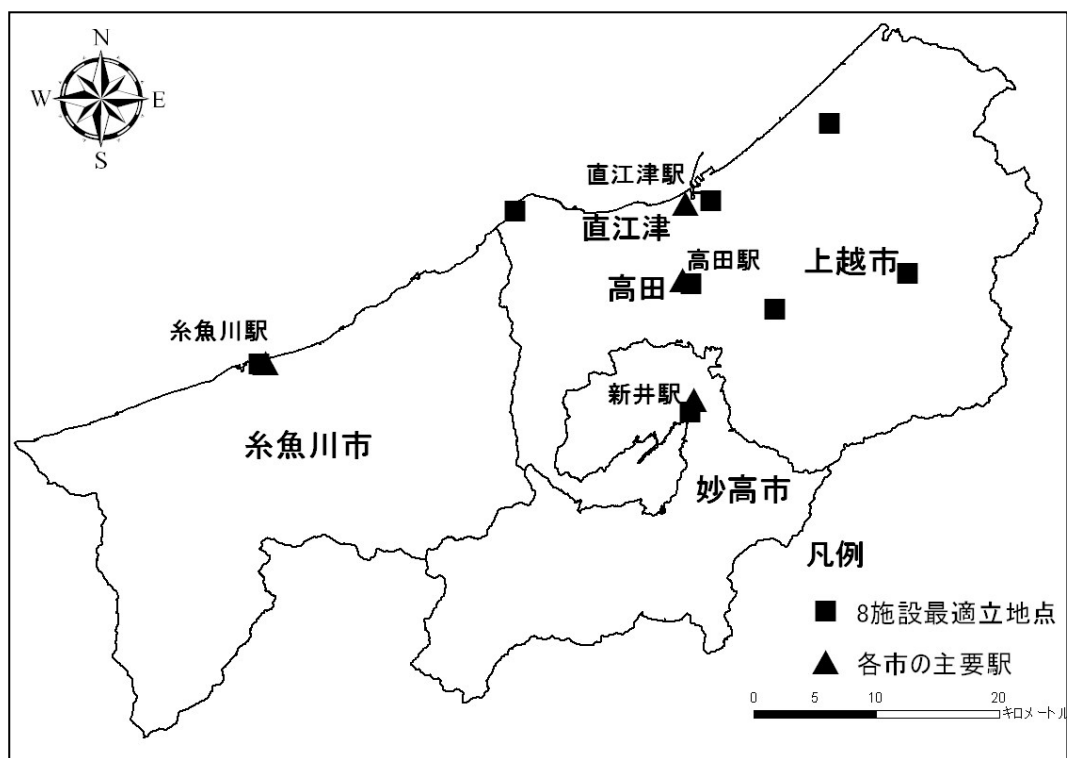


図 18-1 人口加重なしの立地-配分モデルによる 8 施設の最適立地

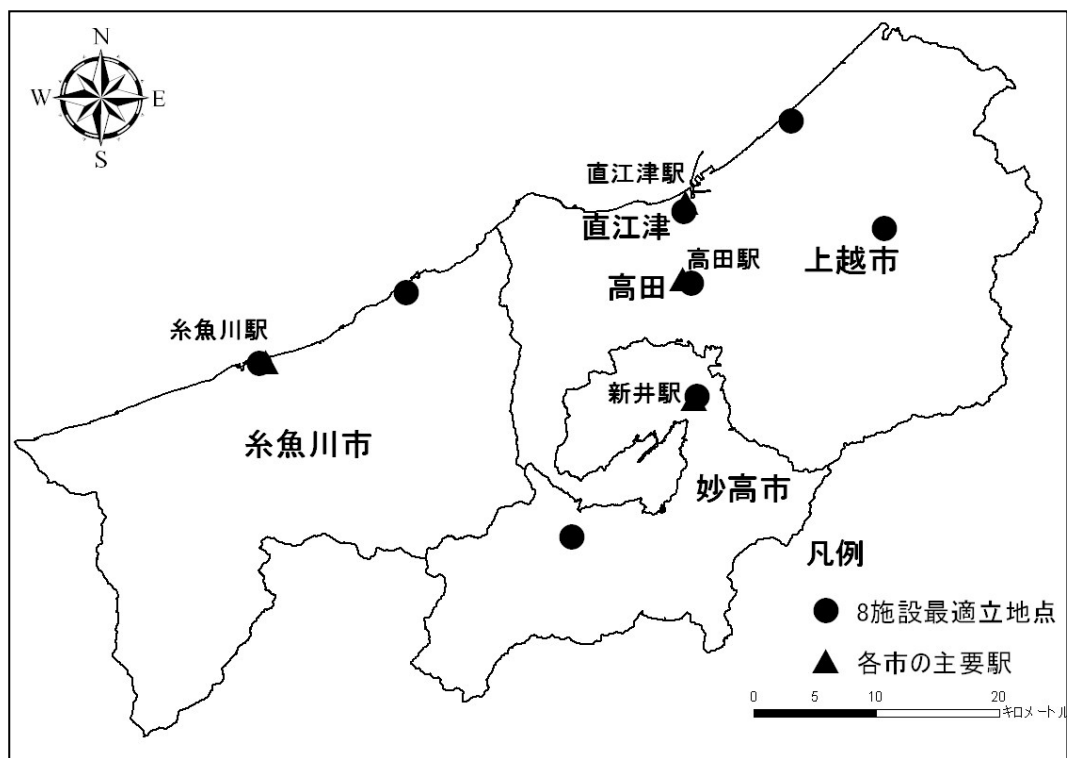


図 18-2 人口加重ありの立地-配分モデルによる 8 施設の最適立地

以上の分析結果から、式(7)の人口で加重しない目的関数の場合、上越医療圏における実証分析では、需要地から施設立地点までの距離に基づき、均一的に施設が立地することが認められる。一方、式(1.1)の人口で加重する目的関数の場合は、明らかに人口が集中している地区が優先されるように施設が立地することが認められた。特に施設数3から施設数5に増設した場合の結果にそれが現れていた。

表21は、立地-配分モデルの目的関数に式(1.1)と式(7)を利用して、施設数3から10まで分析した結果の平均移動距離を表している。表21より、人口加重なしの場合に比べて人口加重ありの場合の方が、全ての施設数で小さい値を示していることがわかる。このことから、式(1.1)は移動距離においても効率的な施設配置を可能としている。

まとめると、式(1.1)は、全体での平均移動距離が小さくなるように施設を立地させるために、人口の集中する地区に優先的に立地させるモデルであることが実証分析で明らかになった。式(7)は、需要地から施設までの距離を均一化するような立地を目指すモデルであることが実証分析から明らかになった。

表 21 立地-配分モデルの目的関数に人口を加重した場合と加重しない場合における平均移動距離

施設数	平均移動距離 (m)	
	人口加重なし	人口加重あり
3	8,797	7,858
4	6,550	6,457
5	6,132	5,699
6	5,727	5,221
7	5,136	4,756
8	4,719	4,341
9	4,363	4,085
10	4,223	3,838

第4節 公的医療施設の配分分析

立地-配分モデルを研究地域に適用にするにあたり、まず、既存の8公的医療施設に対し、配分モデルを適用して、2014年現在での医療施設の医療圏を設定し、アクセスの程度を分析する。配分モデルを適用するにあたり、最近隣施設選択行

動を仮定して、道路距離で最も近い施設へ各町丁目・字の中心点を配分し、既存の 8 施設に対する最寄医療圏(以下、医療圏)を設定する。

図 19 は、既存 8 公的医療施設に対し、配分モデルを適用し、1,161 の町丁目・字を道路距離で最も近い公的医療施設に配分し、医療圏を設定した結果を示している。表 22 は、図 19 で設定された各施設の医療圏をまとめたものである。まず上越医療圏全体の住民一人あたり平均移動距離（以下、平均移動距離とする）を見ると、約 5,500m である。各 8 施設に対する医療圏の平均移動距離では、最短が上越地域医療センター病院の約 2,500m、最長が県立柿崎病院の 8,700m、次いで糸魚川総合病院の約 8,100m となり、居住地域により大きな差が生じていることが見て取れる。特に、西部の糸魚川市と上越市の東部で公的医療施設へのアクセスが悪いことが明らかになった。

医療圏の人口は、最大で新潟労災病院の約 55,000 人、次いで糸魚川総合病院の約 49,500 人であり、最小は県立妙高病院の約 9,000 人である。このように、既存施設間で医療圏に大きな差が生じていることがわかる。また、現在の保有病床数と医療圏人口の関係を見ると（表 22 を参照）、最小の医療圏を示す県立妙高病院では病床数も 60 床と少ないが、最多の病床数 534 を持つ県立中央病院の医療圏人口は、約 38,500 人と平均より少し多い程度であり、需要と供給のバランスが保持されていないことも判明した。

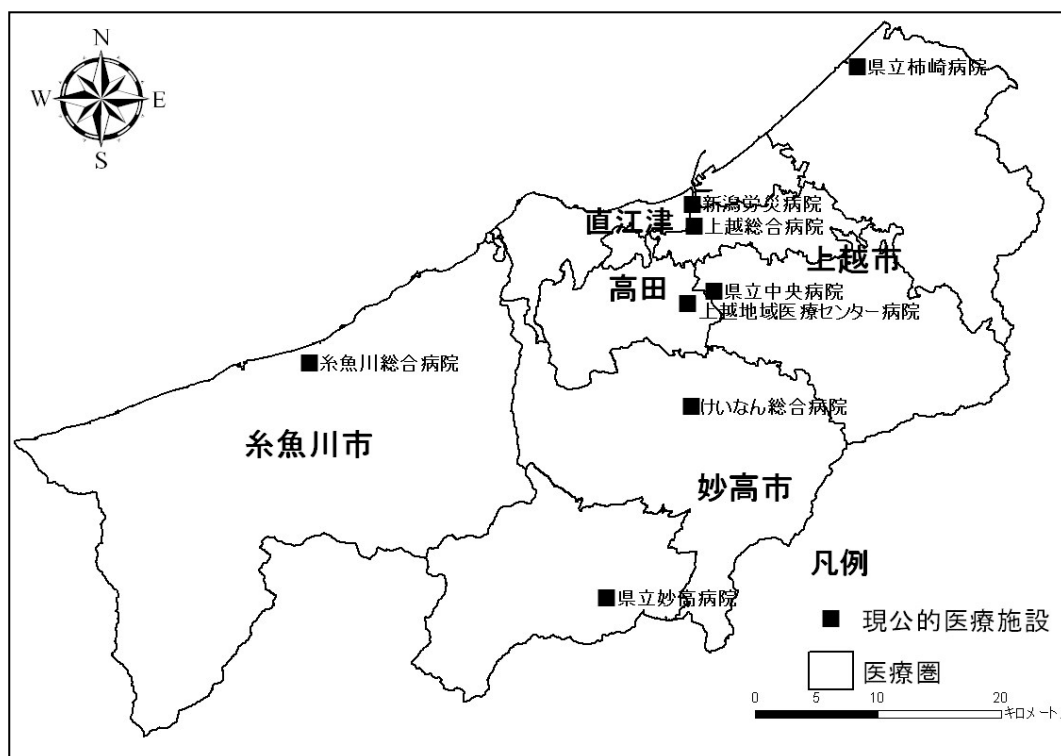


図 19 配分モデルを適用した既存 8 公的医療施設に対する医療圏の設定

表 22 既存 8 公的医療施設の立地を所与として、最近隣施設選択行動を仮定した配分分析による医療圏人口と平均移動距離

ID	公的医療施設名	病床数	平均移動距 (m)	人口数
4	糸魚川総合病院	269	8,112	49,570
130	けいなん総合病院	170	4,534	38,115
256	県立妙高病院	60	5,512	9,161
301	上越地域医療センター病院	197	2,469	43,314
367	上越総合病院	318	4,625	30,049
503	新潟労災病院	360	4,623	54,827
620	県立中央病院	534	6,096	38,555
757	県立柿崎病院	55	8,700	32,166
地域全体		1,963	5,544	295,757

第 5 節 立地-配分モデルによる上越医療圏の公的医療施設の最適立地

立地-配分モデルにより上越医療圏における公的医療施設の最適立地を分析する。これにより、医療施設の開設、統廃合などが起きた場合、施設利用者の移動距離への影響や、施設の立地場所による施設利用者数への影響を分析することが

可能になる。

以下では、施設数を 6～10 へと順次増加させて、立地-配分モデルを実行し、施設立地点の最適化を試みる。最初に、表 23～表 27 の見方について説明する。表の 2 列目の総移動距離とは、ある施設に配分された町丁目・字の中心から最寄り施設への道路距離に、その町丁目・字の人口を乗じて合計した人口加重距離である。3 列目の配分地区平均移動距離とは、総移動距離をある施設に配分された町丁目・字の数で除算した値で、1 地区あたりの平均移動距離である。4 列目の一人あたりの平均移動距離とは、総移動距離をある施設に配分された総人口で除算した値である。

図 20 と表 23 は、施設数 6 の最適立地とその配分状況を示している。施設の最適立地地点（図 20 の●印）は、ID17 の糸魚川、ID 131 の妙高、ID 298 の高田、ID 506 の直江津、ID 816 の柿崎と、人口が密集している主要な地域になっている。しかし、現立地とはかけ離れた場所である、地点 ID 666（浦川原地区）にも施設が立地した。これは、居住人口が多い地域に施設がないと移動距離が延びてしまうためここに立地したと考えられる。言い換えれば、この立地点は、上越医療圏全体のバランスを考えるうえで、重要な場所と言える。配分状況より、上越医療圏全体で最寄り施設までの一人あたりの平均移動距離は約 5,200m であった。現状と比較すると、施設数が 6 にもかかわらず、一人あたりの平均移動距離は、既存 8 施設に対する約 5,500m から約 5,200m に約 300m も短縮した。

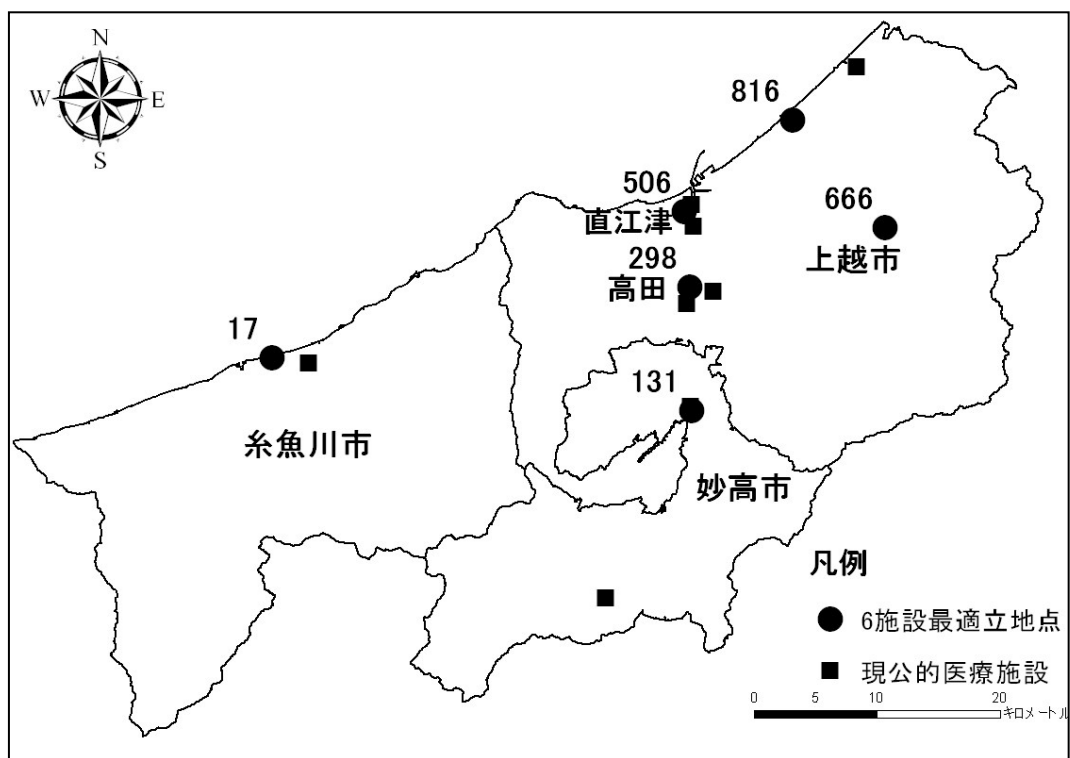


図 20 立地-配分モデルによる施設数 6 の最適立地

表 23 施設数 6 の最適立地に対する最近隣施設選択行動を仮定した場合の
医療圏人口と平均移動距離

立地地点 ID	総移動距離 (千 km)	一地区あたり 平均移動距離(km)	一人あたり 平均移動距(m)	医療圏 人口
17	352	3,117	7,124	49,438
131	305	1,292	7,094	49,351
298	253	1,000	3,277	77,194
506	277	1,541	3,996	69,416
666	147	819	8,281	17,704
816	165	1,000	5,051	32,654
地域全体	1,544	—	5,221	49,293

図 21 と表 24 は、施設数 7 の最適立地（図 21 の●印）とその配分状況を示している。施設数 6 に比した相違点は、糸魚川市において 1 施設から 2 施設（立地点 ID41 と ID63）に増加したことである。増えた 1 施設の立地点は、ID 63 の糸魚川市の能生地区になっている。これは、糸魚川市と上越市間の距離が長いことが要因と考えられる。この間の距離を補間するかたちで施設が立地したことにより、

上越医療圏全体で平均移動距離が 5,221m から 4,756m に約 500m も短縮した。

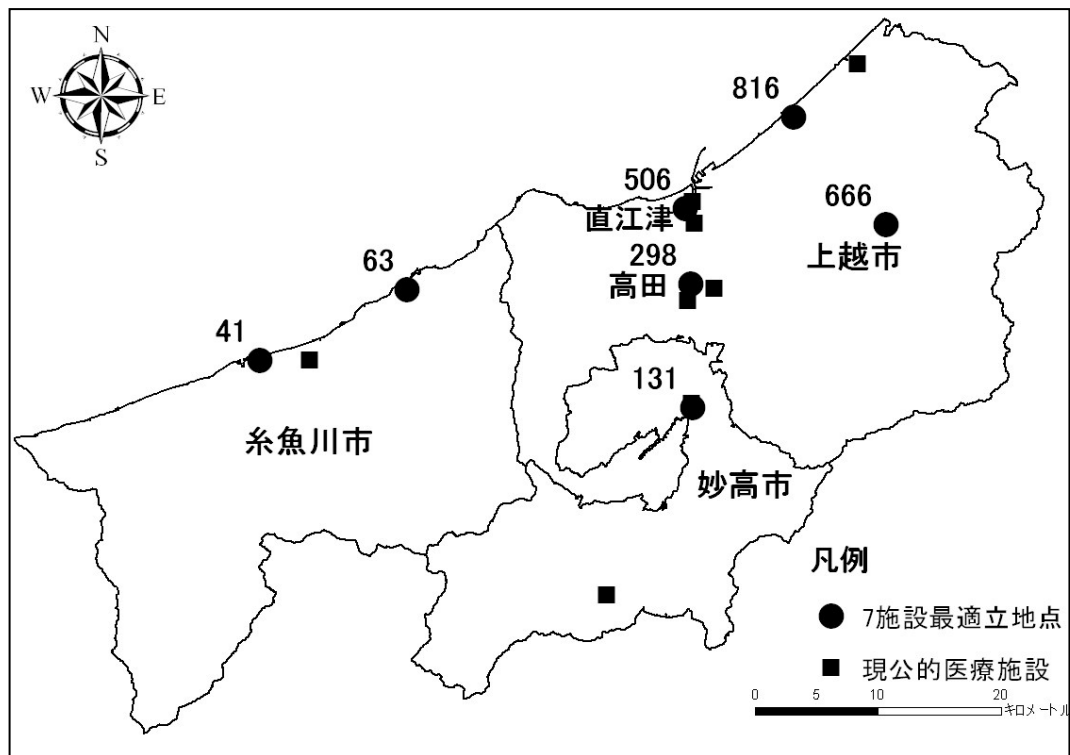


図 21 立地-配分モデルによる施設数 7 の最適立地

表 24 施設数 7 の最適立地に対する最近隣施設選択行動を仮定した場合の医療圏人口と平均移動距離

立地地点 ID	総移動距離 (千 km)	一地区あたり 平均移動距離(km)	一人あたり 平均移動距(m)	医療圏 人口
41	188	2,615	4,872	38,642
63	95	1,299	6,610	14,344
131	350	1,292	7,094	49,351
298	253	1,000	3,277	77,194
506	209	1,412	3,172	65,868
666	147	819	8,281	17,704
816	165	1,000	5,051	32,654
地域全体	1,407	—	4,756	42,251

図 22 と表 25 は、施設数 8 の最適立地（図 22 の●印）とその配分状況を示している。施設数 7 に比した相違点は、妙高市において 1 施設から 2 施設（立地点 ID143 と ID263）に増加したことである。これにより、上越医療圏全体での平均移動距離

は、4,756mから4,341mに約400mも短縮された。

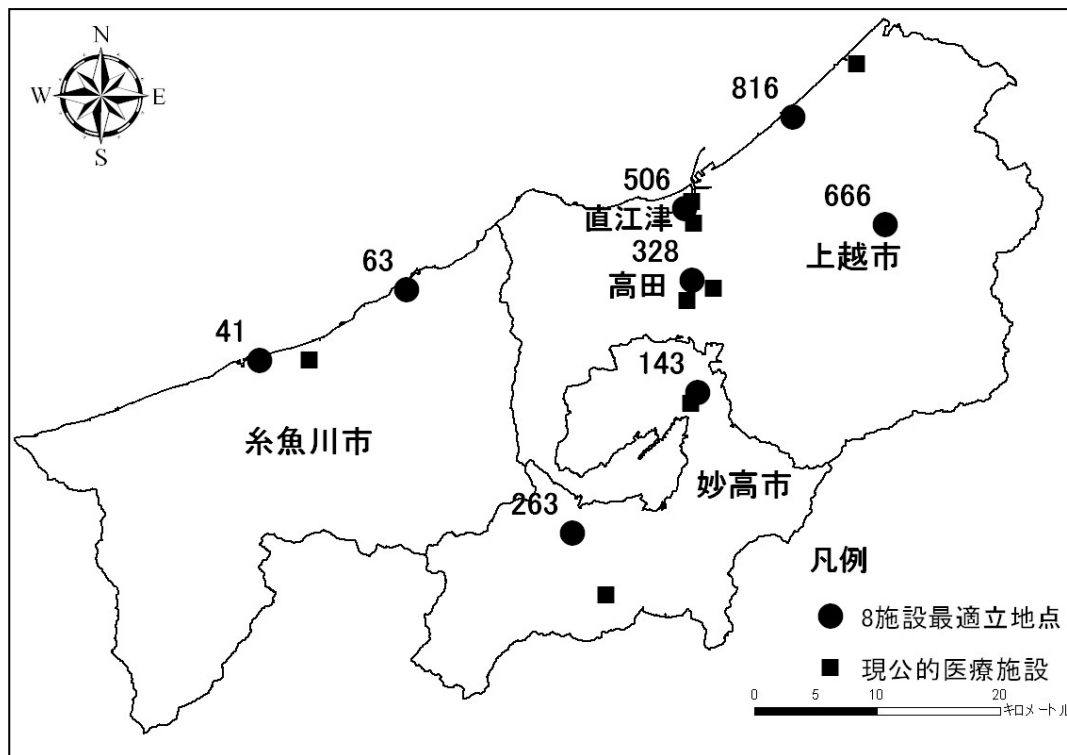


図 22 立地-配分モデルによる施設数 8 の最適立地

表 25 施設数 8 の最適立地に対する最近隣施設選択行動を仮定した場合の医療圏人口と平均移動距離

立地地点 ID	総移動距離 (千 km)	一地区あたり 平均移動距離(km)	一人あたり 平均移動距(m)	医療圏 人口
41	188	2,615	4,872	38,642
63	95	1,299	6,610	14,344
143	140	652	3,858	36,193
263	106	1,415	6,826	15,545
328	243	1,003	3,189	76,127
506	205	1,432	3,154	64,936
666	143	806	8,234	17,316
816	165	1,000	5,051	32,654
地域全体	1,284	—	4,341	36,970

図 23 と表 26 は、施設数 9 の最適立地（図 23 の●印）とその配分状況を示している。施設数 8 と比較すると、直江津地区に 1 施設が立地したことが見て取れる。

その影響で、南に位置する ID328 の施設と東側の ID 816 の施設は、施設数 9 では ID298 と ID764 へと若干ではあるが南側や北東側へ移動している。直江津地区に施設が増えた要因は、表 25 において、高田地区で ID328 の施設と、直江津地区の ID506 の施設の医療圏人口と一地区あたり平均移動距離から読み取れる。ID328 の施設の医療圏人口は約 76,000 人で、一地区あたり平均移動距離が約 1000km, ID506 の施設の医療圏人口は約 65,000 人で、一地区あたり平均移動距離が約 1400km になっており、医療圏人口の少ない ID506 の施設が一地域あたり平均移動距離において約 400km も長いことが見られる。これは、ID328 の周辺では人口が密集していることを表し、ID506 では人口が分散していること意味している。したがって、直江津地区に施設を増やすことが、上越医療圏全体の平均移動距離を短縮するうえで効果があると分析されたのである。ただし、平均移動距離は、約 4,350m から約 4,100m と約 250m の短縮に留まった。これは、施設数 8 で上越医療圏全体をすでにカバーしており、これ以上施設を増やし、直江津地区を 2 施設にしたところで、施設までの移動距離にはあまり影響がないからと推測できる。

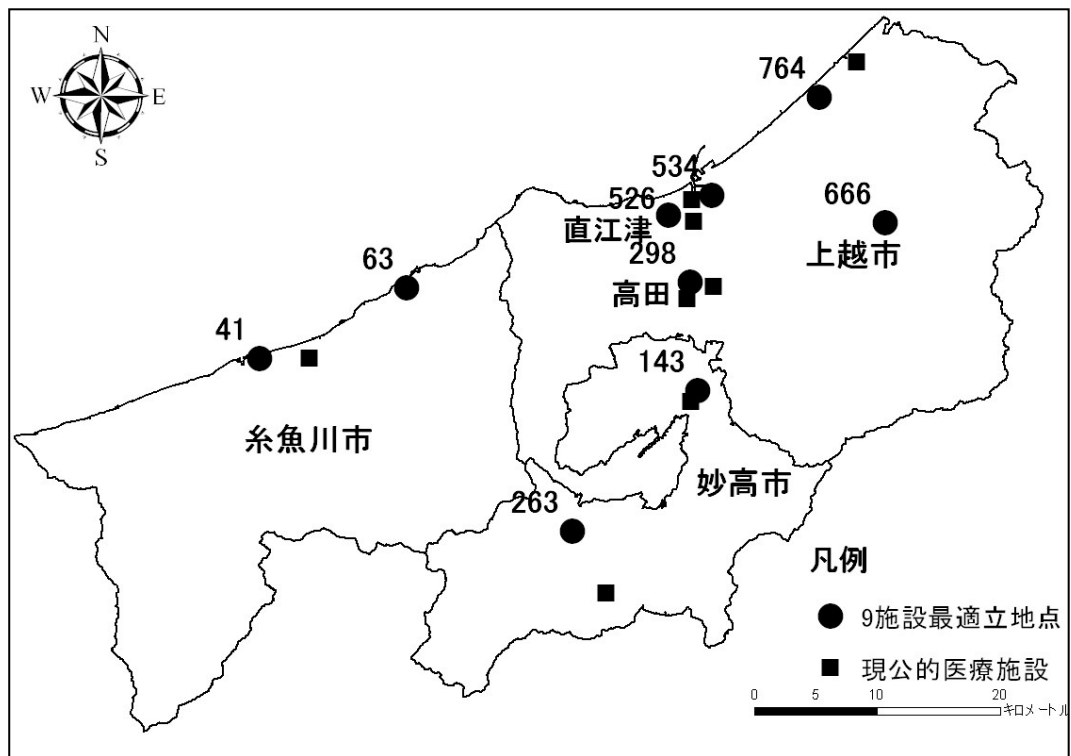


図 23 立地-配分モデルによる施設数 9 の最適立地

表 26 施設数 9 の最適立地に対する最近隣施設選択行動を仮定した場合の
医療圏人口と平均移動距離

立地地点 ID	総移動距離 (千 km)	一地区あたり 平均移動距離(km)	一人あたり 平均移動距(m)	医療圏 人口
41	188	2,615	4,872	38,642
63	95	1,317	6,609	14,344
143	137	651	3,818	35,786
263	106	1,415	6,826	15,545
298	221	981	3,009	73,347
526	80	1,057	2,270	35,394
534	119	948	3,033	39,380
666	139	824	8,200	16,973
764	123	903	4,662	26,346
地域全体	1,208	—	4,085	32,862

図 24 と表 27 は、施設数 10 の最適立地（図 24 の●印）とその配分状況を示している。高田地区の東側の ID 1088 に新たに 1 施設が加わった。これは、ID298 の施設の医療圏人口が大きいため、その分散を目的としたものと考えられる。これにより、医療圏人口が約 73,000 人から約 9,000 人減少して、約 64,000 人になった。また、上越医療圏の平均移動距離は、約 4,100m から約 3,850m へと約 250 m 短縮された。

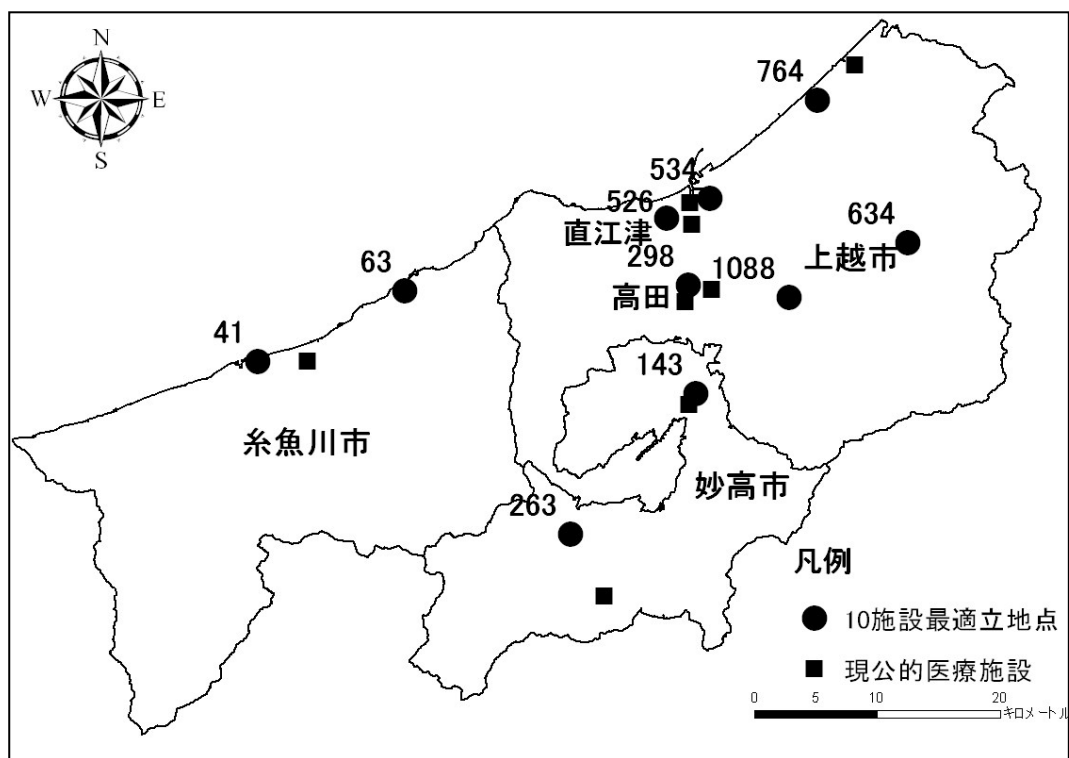


図 24 立地-配分モデルによる施設数 10 の最適立地

表 27 施設数 10 の最適立地に対する最近隣施設選択行動を仮定した場合の

医療圏人口と平均移動距離

立地地点 ID	総移動距離 (千 km)	一地区あたり 平均移動距離(km)	一人あたり 平均移動距(m)	医療圏 人口
41	188	2,615	4,872	38,642
63	95	1,317	6,609	14,344
143	120	615	3,529	33,996
263	106	1,415	6,826	15,545
298	147	929	2,276	64,526
526	80	1,057	2,270	35,394
534	116	987	2,978	38,782
634	74	693	6,921	10,707
764	130	915	4,797	27,082
1088	79	539	4,732	16,739
地域全体	1,135	—	3,838	29,576

図 25 は、施設数の増加にともなう公的医療施設への平均移動距離の短縮を示しており、施設数が 6~8 までは 1 施設増加するにつれて、約 450m 前後の減少を確認することができる。施設数が 8~10 では 1 施設増加するにつれて、約 250m 程度

の減少幅に留まっていることがわかる。

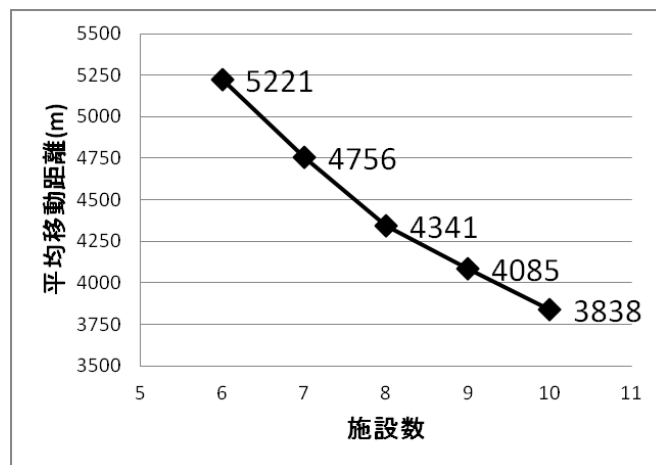


図 25 施設数の増加にともなう公的医療施設への平均移動距離の短縮

この分析結果は、上越市に対しアクセス向上のために東部の内陸部に、医療圏人口 17,000 人の施設が立地する必要があることを示している。また、既存 2 施設が立地する直江津地区と高田地区、さらに東部沿岸部を比べるならば、人口分布や道路網、周辺施設の立地などから総合的に判断すると、さらに 1 施設を増設する場合は、直江津地区に立地させることを提示している。現在は、高田地区の県立中央病院が上越医療圏での基幹病院であるが、分析結果は、その種の施設は、直江津地区の方がより合理的立地点であることを示唆している。

第 6 節 まとめ

新潟県上越医療圏の公的医療施設の立地-配分分析を行った結果、上越医療圏全体での現施設配置は、施設までの移動距離の側面で、ある程度合理的に立地している地区と合理的に立地していない地区とが見られることが明らかになった。

まず、現在では県立中央病院は、上越医療圏の基幹病院であり、内陸部の高田地区の関川沿いに、県立看護大学を併設して立地している。しかし、図 22 と図 23 より、施設数 8 から施設数 9 に増設されたとのきに、直江津地区に新たに 1 施設が立地したことからも明らかなように、地理的条件と人口分布を考慮すると、人口が多く基幹道路の結節点である直江津地区に立地することが合理的であることが判明した。

施設の移転，新設，統廃合等に関しては，上越医療圏全体が最適になるように医療行政の政策を中長期的な視点から考える必要がある。なぜならば，分析結果からもわかるように，施設の増減によって周辺の施設におよぼす影響は少なくなく，さらにその影響が他の施設にも連鎖的に影響を及ぼす可能性があるからである。

施設の移転として，県立柿崎病院を例にあげると，分析結果から，この施設は最適な立地とは言い難い。この施設は昭和 50 年に全面改築工事を行ってから約 40 年が経過している。1981(昭和 56)年の建築基準法改正で新耐震基準が定められたが，この施設は昭和 55 以前に施工された建物なので耐震基準を満たしていない。仮に，この施設が耐震性の問題等により全面改装に迫られて，移転を余儀なくされた場合の移転先としては，図 22 と図 23 の分析結果から ID816 または ID764 が最適立地であると言える。

施設の新設としては，分析結果から，図 22 と図 23 の ID63 と ID666 の 2 か所の候補地が存在する。ID63 の地区は，山沿いに人口が分布した海岸線沿いにあり，平野はごく僅かである。津波や土砂崩れ等の自然災害を考慮して，施設の用地を確保し，建物を高層化するならば，地形的な側面を考慮した施設の立地は適当と言える。ID666 の浦川原地区は，分析の結果から，上越医療圏全体での移動距離を最小化する上で，重要な地区であると言える。また，地域住民のアンケート調査（平成 22 年度上越市市民の声アンケート報告書）により，総合病院の設置の要望が高い。施設の新設ということが医療行政の計画にあがった場合は，この地区に施設を配置することによって，浦川原地区ならびに安塚地区，牧地区，大島地区において，地域住民の医療サービスの満足度の向上や，上越医療圏全体のバランスならびパフォーマンスを向上させることが可能ではないかと推測する。

施設の統廃合に関しては，施設数を 7 にした場合，特に移動距離の側面で平均距離が 400m ほど長くなるという分析結果から，行わない方がよいと言える。

今後の課題としては，本章では，需要側として人口数のみを考察したが，高齢者の割合が高まり，医療サービスの需要も高まることから，年齢層も考慮した医療サービスの需要分析が必要となるであろう。これは，診療科目を考慮した需要推定へとつながり，病院規模や診療科目ごとに供給パターンを考察することになるであろう。

第4章 最大被覆モデルによる公的医療施設の最適立地

第1節 目的

本章では、医療行政の限られた予算の中で、少ない施設数で、より多くの住民を被覆(カバー)するような公的医療施設の最適立地を分析することを試みる。そこで、立地-配分モデルの目的関数に最大被覆モデルを採用して、上越医療圏の実証分析を行う。現状分析と最大被覆モデルの最適解による分析結果を比較して、現状の問題点を提起して、今日の施設立地の課題を解決するための一つ方法として、最大被覆モデルが有効な手段であることを示す。

第2節 分析方法

供給者側から見た立地-配分モデルには、集合-被覆モデルと最大被覆モデルが知られている。集合被覆モデルは、需要点集合と各集合の費用が与えられたときに、全ての需要点を被覆するような需要点集合の組み合わせの中で、選択した集合の費用の総和が最小なものを求めるモデルであり、乗務員スケジューリング問題、配送計画問題、施設立地問題などに応用されている。また、最大被覆モデルは、需要点集合と各集合の値が与えられたときに、決められた施設数で被覆する需要点または値を最大化するモデルであり、小売店、商業施設などの施設立地問題に応用されている。

最大被覆モデルは、第1章で示した式(2.1)の目的関数 Z を最大化するように施設を立地させ、居住地点を被覆する立地-配分モデルである。これは、例えば、少ない施設で最大限の人口を被覆するように立地させるときに利用される。本節では、供給者側からみた最大被覆モデルを上越医療圏に応用する。

第3節 最大被覆モデルの上越医療圏への応用

第1項 既存の公的医療施設の被覆人口

最大被覆モデルを上越医療圏に応用するにあたり、既存の8公的医療施設に対し、施設から道路距離10kmを被覆距離として設定して¹⁾、その被覆範囲の人口を分析した。具体的には、配分モデルを応用して、道路距離で10kmの被覆範囲内の町丁目・字中心点を既存施設に配分し、10km圏を設定した。図26は、既存8施設

から道路距離 10 km 圏を示している。

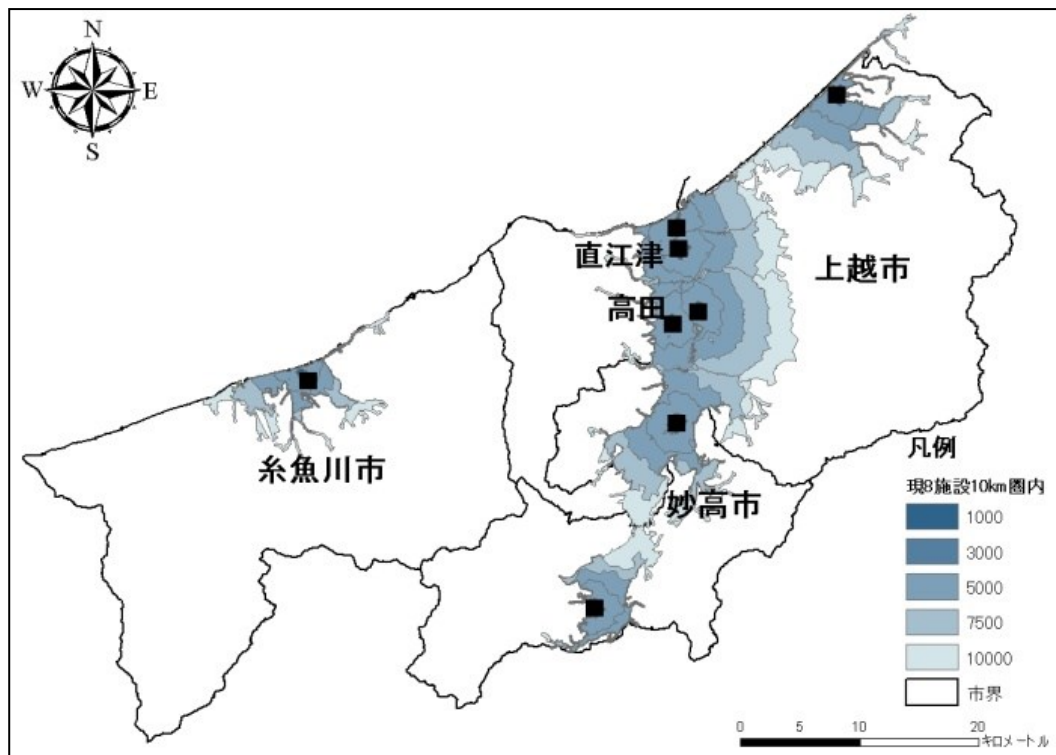


図 26 既存 8 施設から道路距離 10 km 圏にある町丁目・字

施設の立地点により、被覆範囲がオーバーラップする可能性があるため、その場合は、最寄りの施設に被覆範囲を配分して、オーバーラップをしないように設定した。図 27 は、このようにして設定された既存 8 施設に対する道路距離 10 km を被覆距離とした各医療施設の医療圏を表している。表 28 の右から 2 列目の欄では、各公的医療施設の 10 km 圏被覆人口を示している。被覆人口の最大は新潟労災病院の約 50,000 人、次いで上越地域医療センター病院の約 43,000 人であり、最小は、県立妙高病院の約 8,000 人である。このように、被覆人口は施設により大きな差が生じていることがわかる。また、上越医療圏全体でみると 10 km 圏被覆人口は、約 253,000 人となり、人口被覆率は約 86.0%であった。

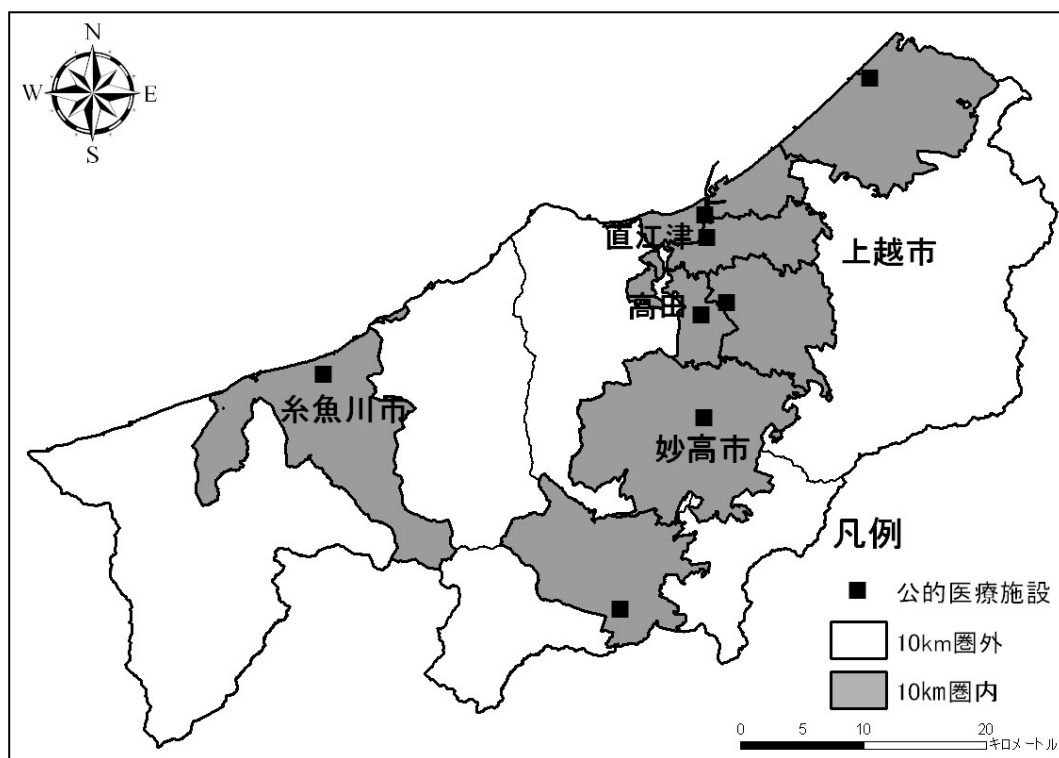


図 27 道路距離 10 km を被覆距離とした既存 8 施設に対する医療圏

表 28 の右端の欄では、医療施設への平均移動距離を示している。この移動距離は、町丁目・字中心点から各医療施設への道路距離に、その町丁目・字の人口を乗じて合計することで、人口加重総移動距離を求めるとともに、各医療施設の 10 km 圏被覆人口で割ることで算出した。各医療施設の医療圏の平均移動距離は、最短が上越地域医療センター病院の約 2,300m、最長が県立柿崎病院の約 5,300m、次いで糸魚川総合病院の約 5,000m となり、同じ被覆距離 10 km で設定しているが、各医療施設を比較すると最大で約 3,000m の差が生じている。特に、高田を中心とした人口が密集している地域が公的医療施設へのアクセスが良く、逆に、西部の糸魚川市と上越市の東部で公的医療施設へのアクセスが悪いことが明らかになる。また、表 28 において、上越医療圏全体の住民一人あたり平均移動距離を見ると、約 3,800m であることがわかる。

図 28a～図 28h は、表 28 の各施設の被覆距離 10 km 内の距離別累積被覆人口を示している。横軸に距離 (m) をとり、縦軸に人口 (人) をとる。これによると、県立柿崎病院と糸魚川総合病院の距離別被覆人口は、他の施設と異なり 6,000m 以遠の距離で被覆人口が特に多くなっていることが見て取れる。また、人口が密集してい

高田と直江津に立地している新潟労災病院，上越総合病院，上越地域医療センター病院，県立中央病院の距離別被覆人口を見ると，5,000m 圏内に人口が集中していることが見て取れる。特に，上越地域医療センター病院では，10km 内の被覆人口のほとんどが5,000m 圏内におさまっている。これは，施設が近接して立地していることが一つの要因と考えられる。

表 28 既存の公的医療施設の 10km 圏被覆人口と平均移動距離

ID	公的医療施設名	病床数	10 km圏被覆人口 (人)	一人あたり平均移動 距離 (m)
4	糸魚川総合病院	269	34,824	4,995
130	けいなん総合病院	170	35,506	3,864
256	県立妙高病院	60	7,981	4,165
301	上越地域医療センター病院	197	42,965	2,346
367	上越総合病院	318	26,950	3,758
503	新潟労災病院	360	49,556	3,339
620	県立中央病院	534	31,954	3,770
757	県立柿崎病院	55	23,846	5,266
合計/平均		1,963	253,582	3,778

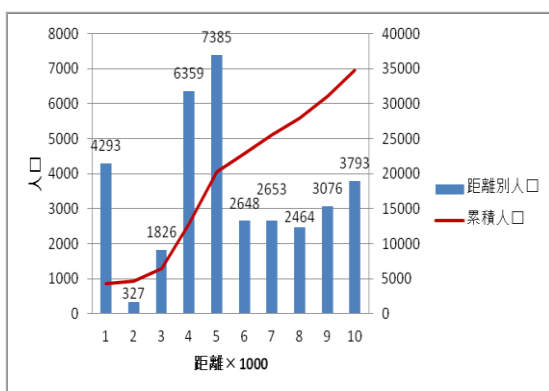


図 28a 糸魚川総合病院の距離別人口

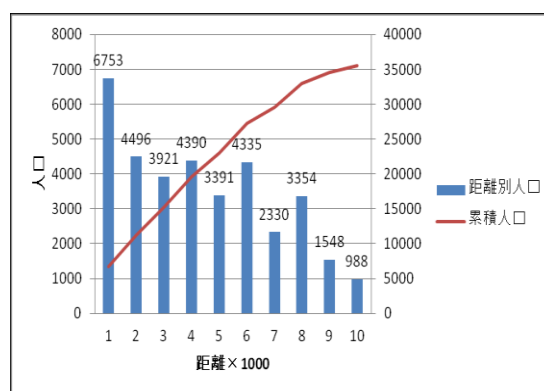


図 28b けいなん総合病院の距離別人口

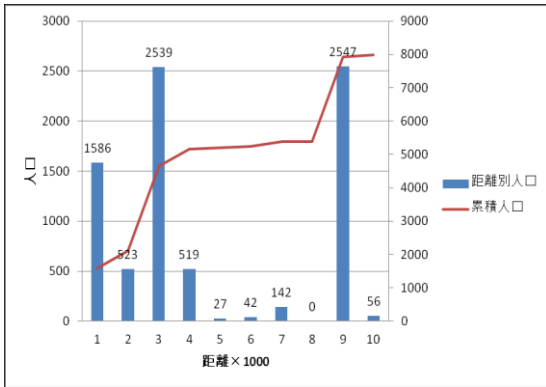


図 28c 県立妙高病院の距離別人口

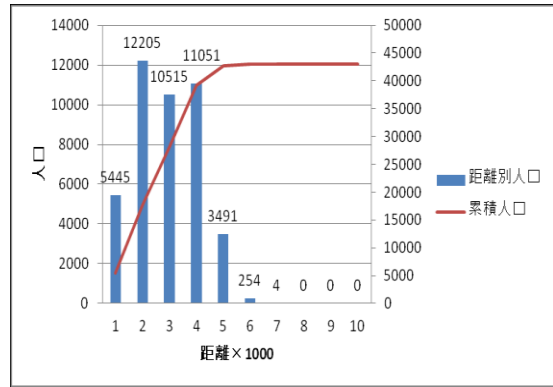


図 28d 上越地域医療センター病院の距離別人口

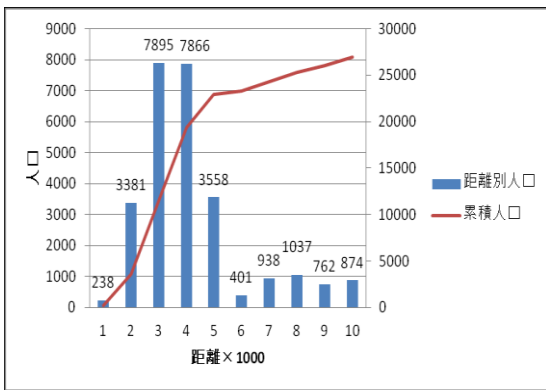


図 28e 上越総合病院の距離別人口

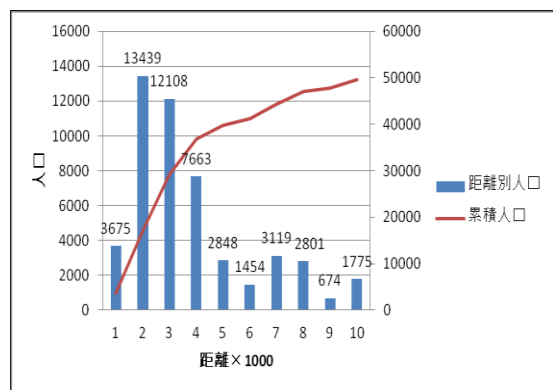


図 28f 新潟労災病院の距離別人口

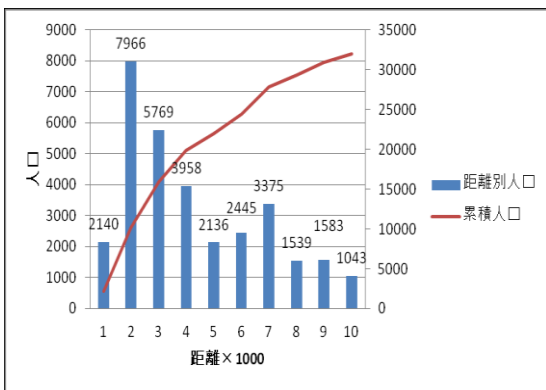


図 28g 県立中央病院の距離別人口

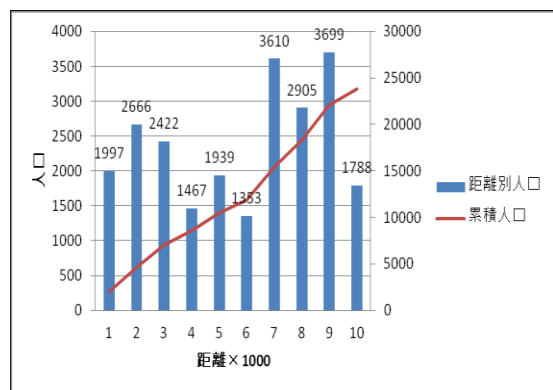


図 28h 県立柿崎病院の距離別人口

第2項 被覆人口の側面からの最適化

最大被覆モデルを上越医療圏へ応用することによって、人口の被覆率と施設数がどの程度改善されるかを考察する。以下では、上越医療圏において、施設数を現状と同数の8施設に固定し、最大被覆モデルを実行し、被覆人口の側面から最適化を試みる。また、最大被覆モデルを実行し、現状の被覆率を満たす最少施設数を割り出す。

図29は、施設数を現状と同数の8施設として、最大被覆する施設の最適立地とその被覆範囲を表している。施設の立地点は、糸魚川に2施設、上越市に4施設、妙高市に1施設、妙高市と上越市の境界に1施設である。また、表29において、施設数の増加にともなう平均移動距離と被覆人口の変化を見ると、太字で示すように、8施設で約285,000人を被覆し、人口被覆率は96.7%となった。このことから、最大被覆モデルを応用することによって、現在と同じ施設数で、人口被覆率は86.0%から10.7%も改善されたのである。

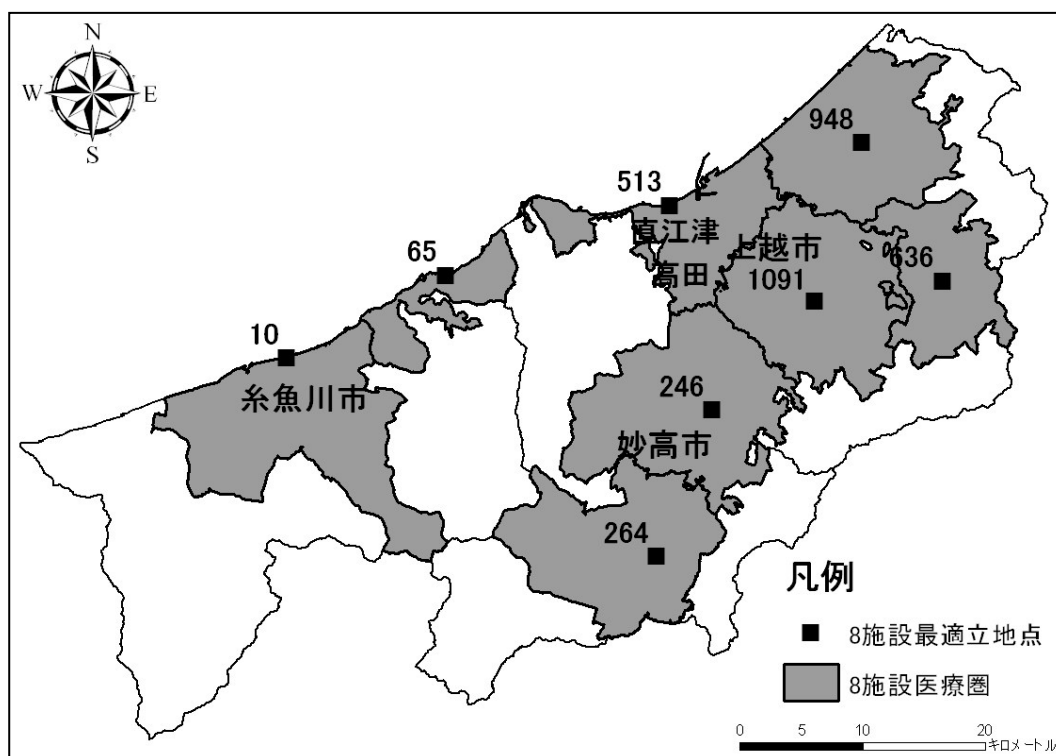


図29 最大被覆モデルによる最大被覆人口をもつ施設立地：施設数8の場合

表 29 施設数の増加にともなう上越医療圏全体の平均移動距離と被覆人口の変化

施設数	平均移動距離 (m)	被覆人口 (人)	人口被覆率 (%)	被覆人口増加数 (人)
3	5,559	231,828	78.6	
4	6,243	255,842	86.7	24,014
5	6,215	266,084	90.2	10,242
6	6,062	274,159	92.9	8,075
7	6,024	280,844	95.2	6,685
8	5,470	285,138	96.7	4,294
9	5,578	287,504	97.5	2,366
10	5,370	288,949	97.9	1,445
11	4,867	290,006	98.3	1,057
12	5,127	290,932	98.6	926
13	4,597	291,588	98.8	656

次に、最大被覆モデルを応用して、現状の被覆率を満たす最少施設数を分析する。現状の被覆率は 86.0%であったことから、この被覆率を満たす最少施設数は表 29 の太字のように人口被覆率 86.7%の施設数 4 である。図 30 は、施設数 4 の最適立地とその被覆範囲を表している。

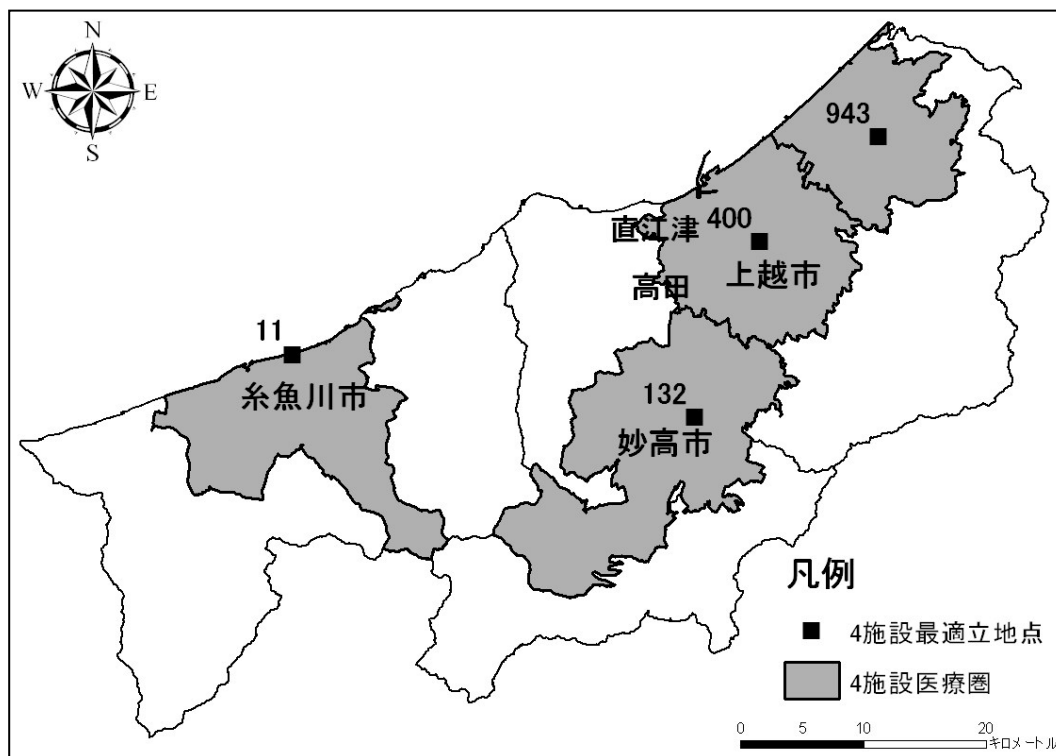


図 30 最大被覆モデルによる最大被覆人口をもつ施設立地：施設数 4 の場合

最大被覆モデルを応用することにより、施設数が 4 にも関わらず現状の被覆率 86.0%以上を満たしているのである。病院規模や移動距離などを考慮していないが、施設数 4 で上越医療圏の人口を現状レベルで被覆することが明らかになった。

第 4 節 まとめ

本章では、医療費の抑制問題を地理的に解決する有効な手段のひとつとして、上越医療圏の研究対象地域に最大被覆モデルを応用した。まず配分モデルを応用して、現状の 8 公的医療施設に対し被覆距離 10 km の被覆人口を算出したところ、約 253,000 人となった。これは、上越医療圏人口の約 86.0% の被覆率にあたる。

次に、上越医療圏の公的医療施設数と同じ 8 施設に対し、被覆距離 10 km で最大被覆モデルを応用した結果、上越医療圏の被覆人口は約 285,000 人となり、人口被覆率は約 96.7% となった。このことから、最大被覆モデルの応用は、人口被覆率を 10.7% も改善させることにつながるということが明らかになった。この改善要因は、現状の立地では高田と直江津に 2 施設ずつが隣接して立地していることにより、被覆範囲でオーバーラップが起きており、被覆という観点から非効率的な立地をしていることによるためである。

また、現状の被覆率における最少施設数を分析した結果、現状の被覆率 86.0% を満たす最少施設数は、施設数 4 であることが明らかになった。妙高市に立地している 2 施設を 1 施設に統廃合し、さらに高田と直江津の 4 施設を 1 施設に統廃合すれば、現在の施設数の半分の 4 施設で現状の被覆率を満たすことが可能な最適立地が存在した。

本章から、最大被覆モデルのような立地-配分モデルの応用は、今日の医療問題を解決するために有効な手段のひとつである可能性が示された。しかし、移動距離を考慮しただけの分析では十分ではない。そのため次章では、施設利用者の移動距離の長短のほかに、施設規模の大小による立地費用の増減を考慮するモデルを検討する。

注

1) 魚沼市基幹病院の整備に関する市民懇談会の調査と国土交通省国土計画局平成21年度の中国地方整備局・島根県中山間地域センターの調査を参考にして、移動手段を自家用車として、平均時速40km～60kmで10分から15分程度で移動できる距離を算出して、10kmを設定した。道路距離の測定は、国土地理院の基盤地図情報のHP(<http://.gsi.go.jp/kiban/index.html>)にある25000数値地図の道路データを使用した。

第5章 費用関数を組み込んだ立地-配分分析

第1節 目的

本章の目的は、過大な立地費の抑制という現在の課題に取り組むため、立地-配分モデルに費用関数を組み込むことによって、公的医療施設の最適立地を分析することである。最適立地により、施設数・施設規模の最適化も同時に分析することが可能になり、医療資源の集中と分散、最適化による間接的な医療費の削減の効果が期待できる。このような観点から、医療計画の立案があがった場合、地理的側面より医療行政に対する空間決定支援の一つのとして応用出来ることを示す。

井出(2010a)によると、一床あたりの有形固定資産のうち、建物は2/3を占める。このことから、とりわけ建物に関する投資が経営に与えるインパクトは大きいことを指摘している。また、総務省公立病院改革ガイドラインでは、公立病院の果たす役割の明確化の中で、公立病院をはじめとする公的医療機関の果たすべき役割は、端的に言えば、地域において提供されることが必要な医療のうち、採算性等の面から民間医療機関による提供が困難な医療を提供することにある。公立病院に期待される主な機能を具体的に例示すれば、①山間へき地・離島など民間医療機関の立地が困難な過疎地等における一般医療の提供、②救急・小児・周産期・災害・精神などの不採算・特殊部門に関わる医療の提供、③県立がんセンター、県立循環器病センター等地域の民間医療機関では限界のある高度・先進医療の提供、④研修の実施等を含む広域的な医師派遣の拠点としての機能などが挙げられる。公立病院は、公立病院改革を通じ、自らが果たすべき役割を見直し、改めて明確化すると同時に、これを踏まえ、一般会計等との間での経費の負担区分について明確な基準を設定し、健全経営と医療の質の確保に取り組む必要がある。

このような観点からすれば、特に民間医療機関が多く存在する都市部における公立病院については、果たすべき役割に照らして現実に果たしている機能を厳しく精査した上で、必要性が乏しくなっているものについては廃止・統合を検討していくべきである。また、同一地域に複数の公立病院や国立病院、公的病院、社会保険病院等が並存し、役割が競合している場合においても、その役割を改めて見直し、医療資源の効率的な配置に向けて設置主体間で十分協議が行われることが望ましいと指摘している。以上のことから、立地-配分モデルに費用関数を組み

込むことにより、公的医療施設の最適立地と同時に施設数・施設規模の最適化を分析することは、これらの課題を解決するための有効な手段の一つになると考える。

第2節 分析手法

本章では、立地-配分モデルにおいて用いられている施設の費用関数はすべての潜在的立地点に対し均一であるという仮定をくずすことから始める。施設ごとに不均一な費用関数の考察は、施設数といった単純な制約から、予算制約の導入に結び付き、施設数を内生変数として扱うことにつながる。供給側に費用の制約式を追加して、公的施設の立地 - 配分問題を分析した研究としては、第1章第3節で示した p-メディアン問題の施設数の制約条件式(1.4)の代わりに、次のような費用の制約式を導入した研究がある(Rojeski and ReVelle, 1970)。

$$\sum_j f_j X_{jj} + \sum_j b_j \sum_i p_i X_{ij} \leq c_{max} \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

ただし、

c_{max} : 費用の上限

f_j : 施設 j を開設するときの固定費

b_j : 施設 j の変動費の拡張係数

式(8)の左辺第1項では、施設数に固定費を乗じることで、総固定費を計算している。第2項は、施設に配分する人口に応じて生産要素の投入費用を算出した総変動費を求めている。固定費と変動費はいずれも、全立地点で均一ではなく立地点に依存していると仮定している。式(8)は、それらの総費用が、公的医療施設に充てられる資源(費用)の上限を超えないという制約条件を示している。この費用制約式を導入することによって、p-メディアン問題で外生変数として扱われていた施設数は、内生変数としてモデル内で決められる。しかし、実際の資料を用いて、Rojeski and ReVelle(1970)のように立地費を固定費と変動費に分割することはむずかしく、課題が残されている。そこで本研究では、新しい視点として、実際の病院建設事業費を参考にし、立地費を用地取得費、建物建設費、医療機器整

備費に分割し、全国の病院に関する資料からそれらの費用関数を推定した。立地-配分モデルにこの費用関数を組み込むことによって、公共団体の限られた予算の中で、住民サービスの向上を目指すような公的医療施設の最適立地を分析することを試みる。

第3節 費用関数の特定化とその検証

第1項 医療施設の立地に関わる費用について

古典的なウェーバーの工業立地論は、単一施設の立地問題として一般化される(高阪, 1984, 65-70)。立地-配分問題は、その延長線上にあり、多施設立地問題として提示されてきた(Ghosh and Rushton, 1987, 2-3)。このことから、立地-配分問題の目的関数は、式(1.1)では総移動距離であるが、ウェーバーの工業立地論と同様に、輸送費の最小化問題の中に位置づけられる。したがって、医療施設の立地に関わる費用として第1にあげられるのは、輸送費である。この費用は、施設に対するものではなく、施設の利用者に対し発生する費用である。

立地論で施設に対し発生する費用は、立地にともなう費用(立地費)として論じられてきた。立地-配分問題でも同様に、例えば、Rojeski and ReVelle(1970)は、施設の建設や開設に必要な立地費を取り上げている。立地-配分問題で輸送費と立地費の2つの費用の取り扱いは、研究によって異なる。Rojeski and ReVelle(1970)では、上記の式(8)で示すように、輸送費は目的関数であり、立地費は制約条件として組み込まれている。それに対し、費用を考慮した施設立地問題(fixed charge facility location model)では、輸送費に立地費を加えた費用を目的関数とし、その最小化を図っている(Nozick, 2001)。

一般に、立地-配分問題では、輸送費と立地費の二つの費用のうち、立地する施設数が増えると立地費は増加するが、輸送費は減少する。このことから、本章では、立地費の費用制約の中で、輸送費(移動距離)を最小化する次のような最適化モデルを提示する。

$$\text{Minimize } Z = \sum_i \sum_j p_i d_{ij} X_{ij}$$

制約条件式

式(1.2), 式(1.3), 式(1.5)

$$\sum_j C_j = \sum_j (L_j + B_j + F_j) \leq c_{max} \quad (9.1)$$

ただし,

$$n_j = s \sum_i p_i X_{ij} \quad (9.2)$$

$$L_j = f_1(n_j) \times r_k \quad j \in k, k = 1, 2, \dots, q \quad (9.3)$$

$$B_j = f_2(n_j) \times h \quad (9.4)$$

$$F_j = n_j \times e \quad (9.5)$$

目的関数は、第1章の式(1.1)で表される p -メディアン問題であり、地域全体の総移動距離(人口加重距離)を最小化する立地-配分(X_{ij})を得る。式(9.1)は、総立地費が公的施設に充てられる費用の上限 c_{max} を超えないという費用制約式である。立地費は、奈良県生駒市の病院建設事業費モデル等を参考にして、施設 j の立地費 C_j が、用地取得費 L_j 、建物建設費 B_j 、医療機器整備費 F_j の合計で求められることを示している(相羽, 2015)。立地費のこのような分割は、Rojeski and ReVelle(1970)のように固定費と変動費の項目から捉えるよりも現実的であり、次節で示すように公的資料にも対応している。式(9.2)は、 p -メディアン問題で解いた立地-配分(X_{ij})から施設 j に配分される医療圏人口を計算し、人口あたりの病床数 s を乗じることで、施設 j の病床数 n_j が求められることを示している。この病床数は、立地費を構成する上記の三つの費用関数の変数になり、各医療施設の立地費が計算される。式(9.3)では、用地面積の関数 f_1 に、施設 j の用地が立地タイプ k に属した場合の実勢地価 r_k を乗じることで、立地点に依存した用地取得費を算出している。式(9.4)と式(9.5)は、それぞれ建物建設費と医療機器整備費の算出式であり、建物床面積の関数 f_2 、あるいは病床数に、それぞれに関わる定数 h や e を乗じている。なお、式(9.1)~式(9.5)において、外生変数は人口 p のほか、費用の上限 c_{max} 、人口あたりの病床数 s 、実勢地価 r 、建物建設費と医療機器整備費に関わる定数 h と e であり、小文字で示している。

第2項 医療施設の用地取得費と建物建設費に関わる費用関数の推定

医療施設の用地取得費と建物建設費に関わる費用関数 f_1 と f_2 を推定するにあたり、全国公私病院連盟の資料の中で、平成20年度から平成24年度における一般病院の病床数別100床あたりの敷地面積と建物総延床面積のデータをそれぞれ使用した。

図31は、平成20年～24年の調査資料をもとに、横軸に病院規模を表すため8階層(20-99床, 100-199床, 200-299床, 300-399床, 400-499床, 500-599床, 600-699床, 700床以上)の病院の病床数を、縦軸に各階層の敷地面積(病床数別100床あたりの敷地面積(平成20年度～平成24年度の平均)×規模階層数)をとり、8階層の病院の敷地面積をプロットした。この散布図に、線形、指数、対数、累乗、多項式の回帰モデルを当てはめた。これらのモデルの中で、データの適合度としては決定係数を調べ、モデル間の適合度としては有限修正AICを計算した結果、次の2次式が適合した。

$$f_1(n) = -0.0839n^2 + 120.46n + 6094.5 \quad (10)$$

ただし、 f_1 は敷地面積の関数を表し、式(9.3)の右辺第1項に相当する。 n は病床数を示す。決定係数 R^2 は0.988であり、有限修正AICは154.7と回帰モデルの中で最低であった。2次関数は、図31に示すように、一種の逓減関数となることから、施設の敷地面積は、施設規模の拡大にともない直線的に増加するのではなく、増加が頭打ちになることが明らかとなった。

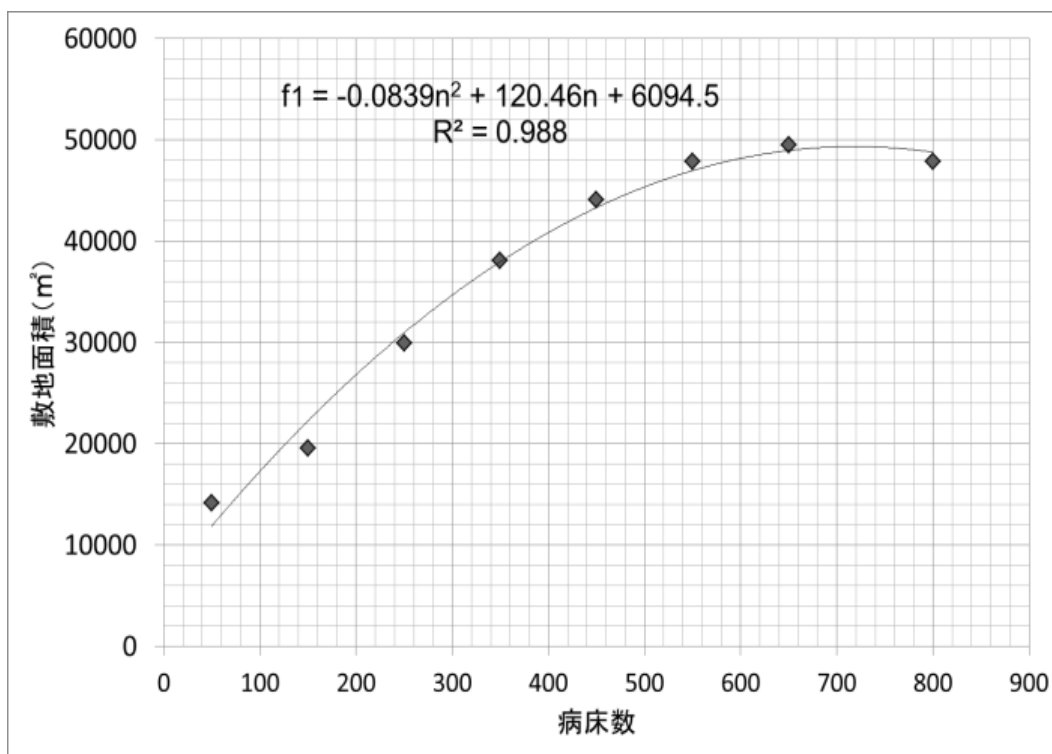


図 31 病院の病床数と敷地面積の関数
資料：平成 24 年病院運営実態分析調査

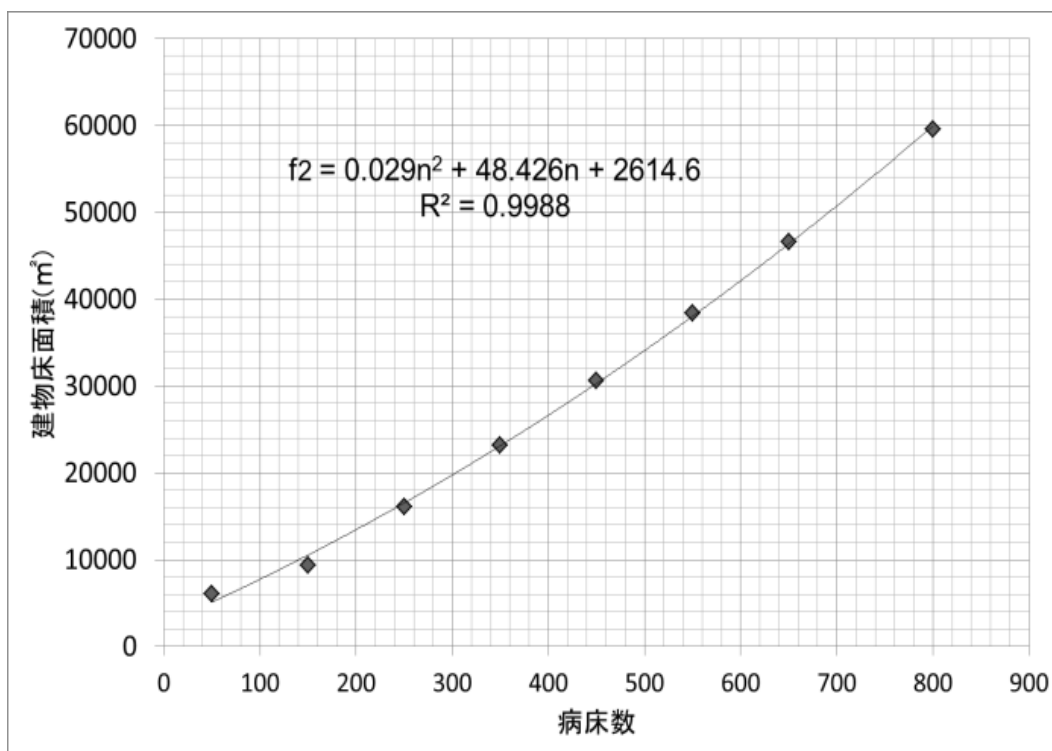


図 32 病院の病床数と建物床面積の関数
資料：平成 24 年病院運営実態分析調査

次に、建物建設費を算出するため、図 32 では、病床数 8 階層の病床数を横軸に、各階層の建物床面積(病床数別 100 床あたりの建物総延床面積×規模階層数)を縦軸にとり、8 階層の病院の建物床面積をプロットした。その結果、次の 2 次式が適合した。

$$f_2(n) = 0.029n^2 + 48.426n + 2614.6 \quad (11)$$

この式は、前掲の式(9.4)の建物床面積の関数に相当し、病院の規模が拡大するにつれて、病院の建物床面積は直線より多少高い率で増大することを表している。

以下の第 4 節と第 5 節では、敷地面積の関数と建物床面積の関数を用いて、立地に関わる費用関数を組み込んで、具体的な医療圏において医療施設の立地-配分を分析する。

第 4 節 費用関数を組み込んだ配分分析による既存施設の立地費の推定

費用関数を組み込んだ立地-配分モデルを上越医療圏に応用するにあたり、まず、前節で推定された医療施設の費用関数に基づき、既存施設の病床数から立地費を推定してみよう。費用の推定に際しては、費用関数に関わる各種定数を定める必要がある。まず、用地取得費は、前掲の式(9.3)に示すように、式(10)から求められた敷地面積に実勢地価を乗じることで推定される。一般に、敷地はそれが位置する地理的環境に従って、立地タイプに分けられる。例えば Jones and Mock(1984)は、敷地を都心部、市街地、郊外、都市外縁部、大都市圏外の 5 つの立地タイプに分けている。高阪(2014)は、敷地を都心部、市街地、郊外、都市外縁部に分けている。本研究では、都心部(主要駅(図 12 を参照)から 500m 圏)、市街地(同 3km 圏)、周辺部(それ以外、ただし市街化調整地区を除く)と 3 タイプに分け、それぞれの立地タイプに対する平方メートルあたりの敷地の平均地価を求めた。研究地域の地価は、国土数値情報ダウンロードサーHP(<http://nlftp.milt.go.jp/ksj/>)から地価公示と都道府県地価調査を取得した。都心部、市街地、周辺部の 3 つの立地タイプに対する平方メートルあたりの敷地の平均地価は、それぞれ 60,025 円、37,522 円、17,738 円であった。さらに、上越医療圏における 3 タイプの敷地の実勢地価を算出すると、 $r_1=84,000$ 円、 $r_2=52,500$ 円、 $r_3=24,800$ 円となった¹⁾。表 30

の用地取得費は、既存8施設に対して実際の病床数(表31を参照)に基づき式(10)から敷地面積を求め、さらに立地タイプに応じた実勢地価を乗じて算出した。

表30 既存施設の病床数から推定した各施設の立地費

公的医療施設名	立地タイプ	用地取得費	建物建設費	医療機器整備費	立地費A
糸魚川総合病院	市街地	1,702	6,120	2,421	10,244
けいなん総合病院	市街地	1,268	4,031	1,530	6,829
県立妙高病院	郊外	323	1,940	540	2,803
上越地域医療センター病院	市街地	1,395	4,582	1,773	7,749
上越総合病院	都心部	3,017	7,227	2,862	13,106
新潟労災病院	都心部	3,241	8,213	3,240	14,694
県立中央病院	市街地	2,441	12,677	4,806	19,924
県立柿崎病院	郊外	309	1,851	495	2,655
全体		13,696	46,641	17,667	78,004

注)費用の単位：百万円

表31 上越医療圏の公的医療施設に対する病床数、診療科数、配分分析結果

ID	公的医療施設名	病床数*	診療科数	平均移動距離(m)	医療圏人口
4	糸魚川総合病院	269	18	8,112	49,570
130	けいなん総合病院	170	10	4,534	38,115
256	県立妙高病院	60	8	5,512	9,161
301	上越地域医療センター病院	197	6	2,469	43,314
367	上越総合病院	318	22	4,625	30,049
503	新潟労災病院	360	18	4,623	54,827
620	県立中央病院	534	21	6,096	38,555
757	県立柿崎病院	55	7	8,700	32,166
	全体	1,963	-	5,544	295,757

*資料：関東信越厚生局新潟事務所所管法人(医科)

表30の建物建設費は、具体的には式(11)から得られる病院の建物床面積に、平方メートルあたりの建設費($h = 345,000$ 円/ m^2)²⁾を乗じることで算出された。同様に、医療機器整備費は、式(9.5)で示されるように、病床数に e (=1床あたりの医療機器整備費9,000,000円)を乗じることで算出された³⁾。

上越医療圏の公的医療施設全体の立地費の推定額は 780 億円で、内訳は建物建設費が最も多く 466 億円、次いで医療機器整備費 176 億円、用地取得費 137 億円の順となった。立地費が最低の施設は県立柿崎病院で 26.5 億円であり。逆に最高の施設は県立中央病院で 199 億円となった。

次に、既存の 8 公的医療施設に対し、第 2 章で行ったのと同様に配分モデルを適用して、2014 年現在での医療施設の医療圏を設定し、医療圏の人口規模を算出した。そして、配分モデルから推定された医療圏人口から病床数を推定した。前掲の表 31 によると、上越医療圏内の公的医療施設の病床数は 1,963 病床なので、上越医療圏の人口 29.5 万人で除して、医療圏人口 1 万人あたりの病床数 ($s = 67$ 床/10,000 人) を算出した。各医療施設の推定病床数は、前掲の式(9.2)に基づき、配分分析で得られた各施設の医療圏人口に、この医療圏人口 1 万人あたりの病床数を乗じることで計算できる。

表 32 において、このようにして推定された病床数を、実際の病床数と比較すると、研究地域全体の病床数はどちらも約 1,900 床である。最小の医療圏を示す県立妙高病院では、いずれの病床数も 60 床と少ないが、最多の病床数 534 を持つ県立中央病院では、258 床と平均より少し大きい規模になっている。

表 32 配分分析による既存施設の医療圏人口から推定された病床数と立地費

公的医療施設名	実際の 病床数	推定 病床数	推定 立地費 B	A/B×100
糸魚川総合病院	269	332	12,474	82
けいなん総合病院	170	255	9,754	70
県立妙高病院	60	61	2,833	99
上越地域医療センター病院	197	290	10,982	71
上越総合病院	318	201	8,734	150
新潟労災病院	360	367	14,960	98
県立中央病院	534	258	9,859	202
県立柿崎病院	55	216	7,620	35
全体	1,963	1,980	77,216	101

注)費用の単位：百万円

表 32 では、この推定病床数を用いて、費用関数に基づき算出した各施設の推定立地費も示されている。全体の推定立地費は 772 億円であり、既存施設の病床数

に基づく立地費(表 31)と 8 億円の差であった。施設別に見ると、推定立地費の最小は県立妙高病院で、最高は新潟労災病院になっている。実際の病床数に基づく立地費(表 30 の A)と推定病床数に基づく立地費(表 32 の B)を比較するため、表 32 の右端の欄に示すように $A/B \times 100$ を計算すると、最高は 202 の県立中央病院、最低は 35 の県立柿崎病院となった。配分モデルでは、施設の周辺に多くの人口が居住している場合医療圏人口が多くなり、人口が少ないと医療圏人口も少なくなる。県立中央病院は現有の病床数に比べ医療圏人口からの推定病床数が少ないため、県立柿崎病院は逆に現有の病床数に比べ医療圏人口からの推定病床数が多いため、このような相違が現れたものと考えられる。以上の 2 施設を除けば、70~150 の範囲に収まっていることがわかる。

第 5 節 費用関数を組み込んだ立地-配分分析

第 1 項 立地費と平均移動距離の関係

立地-配分モデルに費用関数を組み込むことによって、需要と供給の 2 つの側面を考慮して、上越医療圏における公的医療施設の最適立地を分析する。以下では、施設数を、3~13 へと順次増加させて、費用関数を組み込んだ立地-配分モデル(p-メディアン問題)を実行し、費用制約のもとで平均移動距離を最小化する施設立地点を探る。最適化の計算方法は、離散空間内で頂点代替法により行う (Rushton and Kohler, 1973; 石崎, 2003; 相羽, 2012; 高阪, 2014)。この最適化法は、研究地域全体を医療圏でカバーし、人口加重距離の最小化を満たす最適な医療施設立地点を求めることができる。頂点代替法による解法は、初期値の取り方により複数の解を得る可能性があるため、複数の解を得た場合は、上越医療圏全体における平均移動距離が最小の解を最適解とする。なお、初期値の取り方はランダム関数により決定し、それぞれの施設数に対して、10 回試行して最適解を決定する。

最適解の解法手順は、既存施設の医療圏人口、平均移動距離、病床数、立地費を算出した上で、以下のようなになる。

ステップ 0)	初期施設数(3)と最多施設数(13)を設定する。初期施設数で p-メディアン問題を解き、立地点、医療圏人口、平均移動距離、病床数、立地費を算出し、最適解とする。
ステップ 1)	最多施設数を超えたら終了。そうでなければ、施設数を1つ増やす。
ステップ 2)	p-メディアン問題を解き、立地点、医療圏人口、平均移動距離、病床数、立地費を算出する。
ステップ 3)	費用制約条件を満たし、かつ、平均移動距離がより小さいならば、このときの施設数と算出された立地点、医療圏人口、平均移動距離、病床数、立地費をあらためて最適解とする。
ステップ 4)	ステップ 1)に戻る。

表 33 は、施設数を 3～13 施設へと順次増やした場合における、研究地域全体の平均移動距離と用地取得費、建物建設費、医療機器整備費、立地費をまとめたものである。平均移動距離は、施設数の増加にともない約 7.9km から 3.4km へと短縮している。立地費は、全体的傾向として増加している。立地費に占める各種費用の割合は、建物建設費が最も高く約 63%、次いで医療機器整備費が約 23%、用地取得費が約 14%の順になっている。用地取得費は、施設数の増加にともない約 71 億円から 122 億円へと増加しているのに対し、建物建設費と医療機器整備費はあまり変動が見られない。

表 33 p-メディアン問題の最適解の平均移動距離と立地費

施設数	平均移動距離	用地取得費	建物建設費	医療機器整備費	立地費
3	7,858	70.7	478.9	171.1	720.7
4	6,457	88.1	455.4	170	713.6
5	5,699	95.1	459.5	178.4	733
6	5,221	97.6	461.8	178.4	737.8
7	4,756	98.6	465.3	178.4	742.2
8	4,341	108.8	468.8	178.3	755.9
9	4,085	117.5	467.9	178.4	763.8
10	3,838	118.8	471.2	178.3	768.3
11	3,662	120.1	477.8	178.4	776.3
12	3,505	121.6	486.2	178.5	786.3
13	3,355	122.8	494.3	178.4	795.5

注) 距離の単位：m，費用の単位：億円

図 33 は、横軸に上越医療圏全体の立地費を、縦軸に上越医療圏全体の平均移動

距離をとり、3～13 施設に対する立地費と平均移動距離をプロットしている。上越医療圏全体の立地費と平均移動距離との間には、施設数が増えるにつれて、平均移動距離は短縮するが立地費が増加するというトレードオフの関係が見られることが読み取れる⁴⁾。

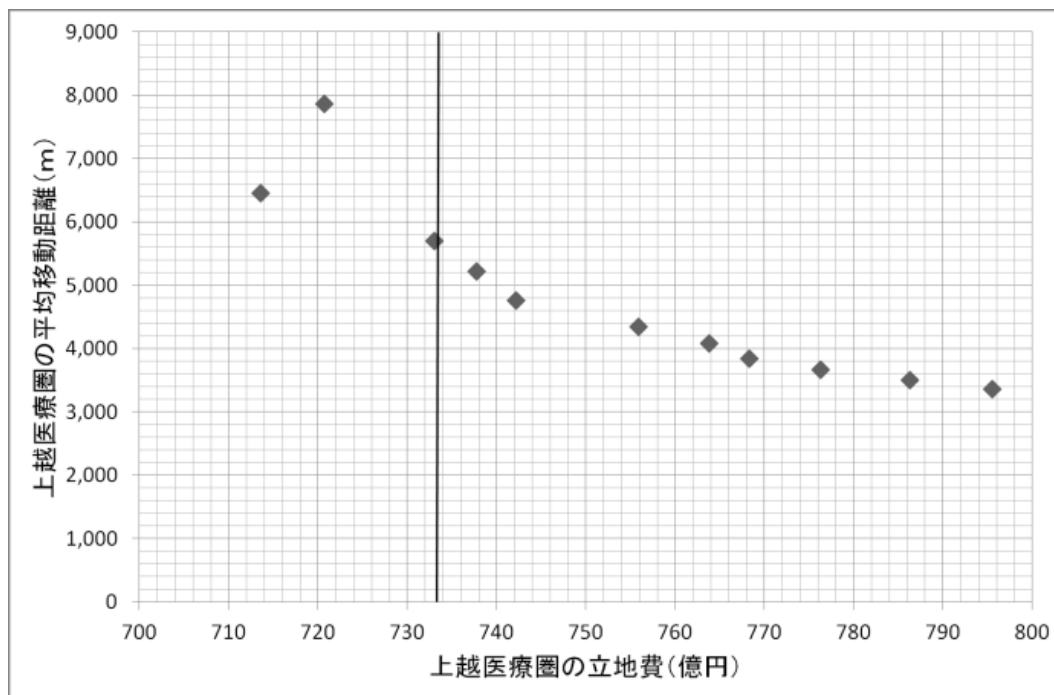


図 33 上越医療圏における立地費と平均移動距離との関係

第 2 項 立地費削減と医療施設の最適立地

公的医療施設の問題点の一つに、高い費用をかけた病院建設がある。医療行為の収入見込みを超えた過大な病院建設を行うことにより、建物や医療機器の企業債の元利償還と減価償却が病院経営を圧迫するのである(伊関, 2008)。そこで、過大な立地費を抑制するため、立地費の削減数値目標として、いま仮に 5%の削減を設定したとしよう。このとき c_{max} は立地費の 95%相当と定めることになる。前節において、上越医療圏に存在する 8 公的医療施設に対し立地費を推定した結果、約 772.2 億円であることが明らかとなった(表 32 を参照)。すると、公的医療施設に充てられる立地費の上限は、 $c_{max} = 733.6$ 億円となる。図 33 では、その費用の上限を、縦線で示した。その費用内に収まる立地数は、表 33 と図 33 から 5 施設であることがわかる。

図 34 と表 34 は、施設数 5 に対する最適立地と医療圏を示している。施設の最適立地点は、ID17 の糸魚川、ID 131 の妙高、ID 328 の高田、ID 506 の直江津、ID 834 の柿崎と、人口が密集している主要地域になっている。現 8 施設の立地点(図 12 を参照)に比べ大きな相違点は、上越市中心部の高田と直江津、および妙高市にそれぞれ立地している 2 施設が 1 施設に減少したことである。これは、人口密集地域での施設統合を示している。

立地費に関しては、500 床規模相当の施設が ID 328 の高田と ID 506 の直江津の人口密集地に立地したことにより、施設数は 5 と少ないが、施設の大規模化で延床面積が増大したために建物建設費が高くなった。しかし、施設数が 3 施設減少したため立地費は 733.0 億円と削減費用内に収まっている。この値は、現状の施設立地に対し推定した立地費 772.2 億円に比べ 39.2 億円(5.1%)減である。このように立地費を 5%削減する医療施設の立地が得られることが明らかになった。

図 34 で示された施設数 5 の最適立地に対する上越医療圏全体の平均移動距離は、5,699m である(表 34 を参照)。既存 8 公的医療施設に対する平均移動距離は 5,544m であったので(表 31 を参照)、約 150m 程度長くなっている。このように、施設数が 3 施設減っても、公的医療施設へのアクセスは大きな低下につながっていないのである。

このような医療施設の最適立地は、どのような医療サービスを提供するのであろうか。最後に、医療施設の診療科数に注目し、新潟県内の公的医療施設の病床数と診療科目数との関係を分析した。横軸に病院規模を表す 8 階層の病院の病床数を、縦軸に各階層の診療科目数をとり、8 階層の病院の診療科目数をプロットした(図 35 を参照)。その結果、適合度の良い回帰式が推定された⁵⁾。表 34 の各施設の診療科数は、この回帰式から求められたものである。ID 328 の高田に立地する施設は 21 の診療科を持ち、上越医療圏の現在の中核的病院と同水準の医療サービスを提供する。同様に、ID 506 の直江津の施設も 19 の診療科を持ち中心的存在である。

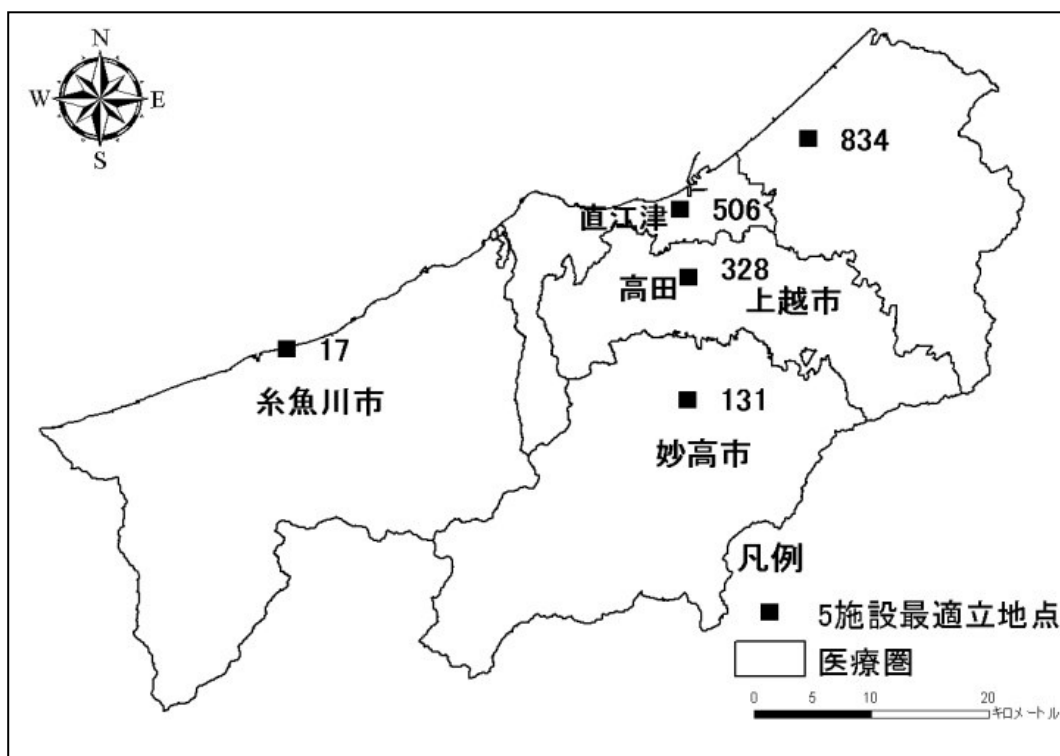


図 34 費用関数を組み込んだ立地-配分モデルによる施設数 5 の最適立地

表 34 施設数 5 の最適立地に対する

平均移動距離，医療圏人口，病床数，立地費の推定

立地点 ID	平均移動距離	医療圏人口	病床数	用地取得費	建物建設費	立地費	診療科数
17	7,124	49,438	331	19.3	75.3	124.4	14
131	7,102	49,658	333	19.4	75.7	125.1	15
328	3,859	81,729	548	24.6	130.6	204.6	21
506	4,061	70,269	471	23.2	109.9	175.5	19
834	8,506	44,663	299	8.6	67.9	103.4	14
全体	5,699	59,151	1,982	95.1	459.5	733.0	-

注) 距離の単位：m，費用の単位：億円

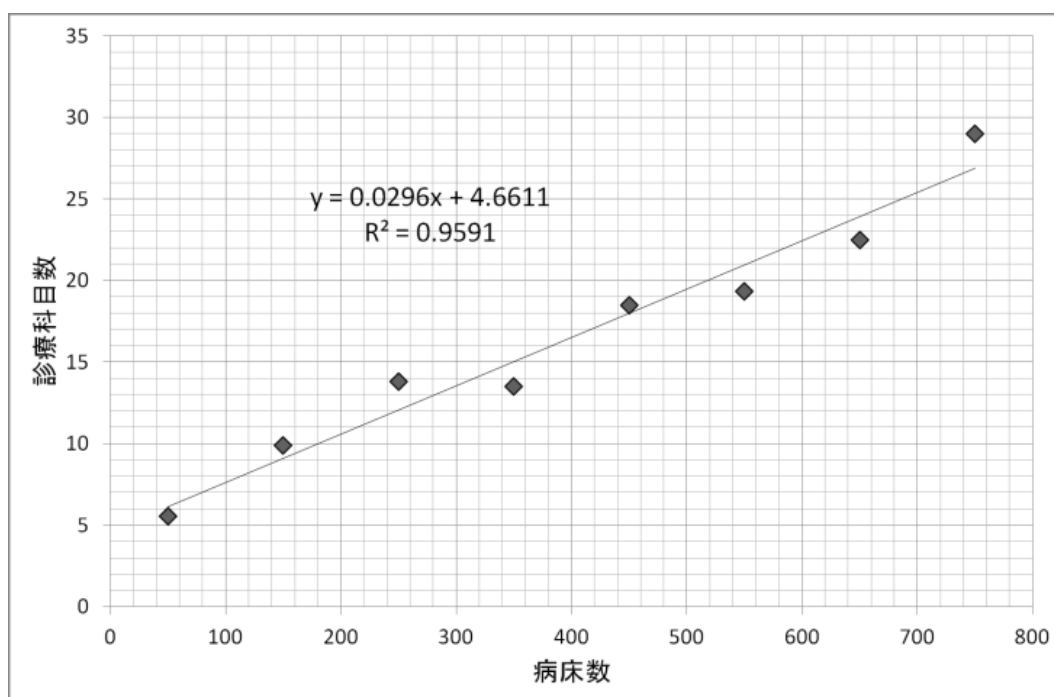


図 35 新潟県における病床数と診療科数との関係
資料：関東信越厚生局新潟事務所所管法人(医科)

第 6 節 まとめ

新潟県上越医療圏を事例として、費用関数を組み込んだ公的医療施設の立地-配分分析を行った。費用関数は、病院の立地費を構成する用地取得費、建物建設費、医療機器整備費とし、病床数 8 階層と各費用の関係を分析したところ、用地取得費で病床数の増加にともない単位規模あたりの用地取得費が低減することが明らかとなった。これらの費用関数を組み込んで公的医療施設の立地-配分分析を行った結果、立地費が増加すると施設への平均移動距離は短縮するというトレードオフの関係が現れた。

過大な立地費を抑制するため、立地費の削減数値目標として、現在の費用水準の 5% を削減するという制約条件のもとで、平均移動距離を最小化する立地-配分モデル (p-メディアン問題) を実行した。その結果、上越市中心部の高田と直江津、さらに妙高市にそれぞれ立地している 2 施設を 1 施設に統廃合すれば、現在より 3 施設少ない 5 施設で、移動距離が約 150m だけ長くなるが、費用削減目標を達成する最適立地パターンが存在することが明らかになった。また、この統廃合により病床数 200 床未満の中小病院⁶⁾がなくなり、病床数 500 床規模の病院 2 施設と病

床数 300 床規模の病院 3 施設の計 5 施設となり、施設の大規模化が起きた。

本章では、需要を人口数のみから考察した。今後の課題としては、高齢者の割合が上昇し、医療サービスの需要も高まることから、年齢階層を考慮した医療サービスの需要を推定することが必要となる。これは、診療科ごとに需要を推定し、診療科を考慮した医療施設の立地-配分分析につながる。

最後に、現在の医療は、医療連携計画制度により、自己完結型医療から地域完結型医療へと変わりつつある。これは、各医療施設が機能を分担し、各施設が持つ特性を活かして、効率的で質の良い医療を提供することを目的とする。井出(2010b)によると、大病院は今後、専門外来と急性期医療に特化していくことが必要である。それが地域における医療資源配分と効率化につながり、ひいては各医療機関の経営安定化にも資することを指摘している。以上から、このような制度等も念頭において分析を行う必要がある。

注

- 1) 実勢地価は、地価公示の 120%~160%であることから、その平均の 140%を乗じることで、実勢地価に直した。
- 2) 平方メートルあたりの建設費は、総務省の公立病院調査と伊関(2008)などを参考に決定した。
- 3) 1 床あたりの医療機器整備費は、「静岡県浜松市の新病院整備費」の医療機器整備費と、直近 3 年以内の建設中または建設予定の新設病院 10 施設の建設計画または基本構想とから、1 床あたりの医療機器整備費の平均値として算出した。
- 4) なお、施設数 3 の場合は、施設数 4 に比べ立地費が高くなっており、このトレードオフ関係は見られない。この理由は、施設数 3 では 800 床規模の施設が 2 施設立地するが、施設数 4 では 800 床規模の 1 施設が 400 床規模の 2 施設に分割されたことによる。図 32 に示すように、病院の病床数が多くなるほど建物床面積は直線より多少高い率で増加することから、施設数 3 の場合では建物建設費が高くなり、用地取得費の低下分より上回ったものと考えられる。
- 5) 回帰式は $y = 0.0296x + 4.6611$ であり、決定係数は $R^2 = 0.9591$ であった。なお、回帰式の推定にあたっては、病床数が 700 床以上の病院は新潟県には 1 病院

しか存在しないので，全国から 700 床台の公的医療施設を選び，それらの診療科数のデータを利用した。

6) 診療報酬上の区分により，病床数 200 床未満の病院を中小病院と定義した。

第6章 結論

本論文では、上越医療圏における公的医療施設に対して、立地-配分モデルを応用して実証分析を行った。立地-配分モデルの目的関数としては、p-メディアン問題、最大被覆問題、費用関数を導入したモデルを利用した。

第3章では、立地-配分モデルの検証を行った。その結果、p-メディアン問題が移動距離において効率的な施設配置を可能にし、人口が集中する地区に優先的に施設を配置するモデルであることが実証分析で明らかになった。さらに、上越医療圏における立地-配分分析において、西部の糸魚川市と上越市の東部で公的医療施設へのアクセスが悪いことが明らかになった。また、現在の施設数と同数の8施設で立地-配分モデルを実行した結果、既存施設における一人あたりの平均移動距離が現状では5,544mであるのに対して、約1,200mも短い4,341mに改善されることが判明した。施設数を6から10へ順次増加させて、立地-配分モデルを実行し、施設立地点の最適化を試みた結果、浦川原地区が上越医療圏の全体のバランスを考える上で、潜在的な重要地点であることも明らかになった。

第4章では、被覆距離を10kmとして、最大被覆モデルを上越医療圏に適用して実証分析を行った。配分モデルを利用して、現状の8公的医療施設に対し被覆距離10kmの被覆人口を算出したところ、約253,000人であった。これは、現状の8公的医療施設では、上越医療圏全体の人口の約86.0%を被覆していることになる。それに対し、上越医療圏の公的医療施設数と同じ8施設数の最適立地では、上越医療圏の被覆人口は約285,000人となり、人口被覆率は約96.7%となった。このことから、最大被覆モデルを応用した実証分析では、人口被覆率を10.7%も改善させることが明らかになった。また、この結果は、現在の公的医療施設立地点の高田と直江津に2施設ずつ隣接して立地していることが、被覆範囲でオーバーラップを起こしており、被覆という観点からは非効率な施設立地であることを示した。さらに施設数を3から13へ順次増加させて、最大被覆モデルを実行し、現状の被覆率86.0%から最少施設数を割り出した結果、現在の8施設数の半分の4施設で現状の被覆率の86.0%以上を満たすことが可能な最適立地が存在することも明らかになった。

第5章では、立地-配分モデルに費用関数を組み込むことによって、需要と供給

の 2 つの側面を考慮した上越医療圏における公的医療施設の最適立地の実証分析を行った。最初に、費用関数の特定化において、立地費が、用地取得費・建物建設費・医療機器整備費の 3 つの費用で構成されることを示した。次に、施設数を、3～13 へと順次増加させて、費用関数を組み込んだ立地-配分モデル(p-メディアン問題)を実行し、費用制約のもとで平均移動距離を最小化する施設立地点を求めた。その結果、上越医療圏全体の立地費と平均移動距離との間には、施設数が増えるにつれて、平均移動距離は短縮するが立地費が増加するという、トレードオフの関係が見られることが明らかになった。なお立地費に占める各種費用の割合は、建物建設費が最も高く約 63%、次いで医療機器整備費が約 23%、用地取得費が約 14%の順となることが示された。

過大な立地費を抑制するため、立地費の削減数値目標として、上越医療圏に存在する 8 公的医療施設に対し推定した立地費の 5%を削減目標に設定した。分析の結果、立地費の上限 733.6 億円内に収まる立地数は、5 施設であることが明らかになった。これにより、上越市中心部の高田と直江津、および妙高市にそれぞれ立地している 2 施設が 1 施設に減少した。これは、人口密集地域での施設統合を示す結果になった。

施設数は 5 と少ないが、施設の大規模化で延床面積が増大したために建物建設費が高くなった。しかし、施設数が 3 施設減少したため立地費は 733.0 億円と削減費用の上限内に収まった。このことから、立地費を 5%削減する医療施設の最適立地が得られることが明らかになった。また、施設数 5 の最適立地に対する上越医療圏全体の平均移動距離は 5,699m であり、既存 8 公的医療施設に対する平均移動距離が 5,544m であったので、約 150m 程度しか長くなっていないので、施設数が 3 施設減っても、公的医療施設へのアクセスは大きな低下につながっていないことが示された。

以上から、GIS を利用した立地-配分モデルは、医療施設へのアクセスを考慮した医療施設計画の策定において有効であることが明らかになった。また、立地-配分モデルに、立地費の費用制約式を導入することにより、医療施設へのアクセスと予算を考慮した医療施設計画の策定が可能になった。このことから、立地-配分モデルは、公的医療施設の施設数や施設規模、立地点を空間的効率性や平等性の観点から分析できるので、現在の医療が抱える諸問題を解決するための有効な手

段のひとつであると同時に、医療行政に対する医療施設の移転・統合・新設等の立案計画が上がった際の空間的決定支援としての有効なツールであることが結論付けられた。

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.
- 相羽良寿(2015):費用関数を組み込んだ公的医療施設の立地—配分分析—新潟県上越医療圏を事例として. GIS—理論と応用(原著論文として採用).
- 池上直己(2012):『医療問題』, 日本経済新聞.
- 石崎研二(2003):立地・配分モデル.『地理空間分析』(杉浦芳夫編), 朝倉書店, 61-83.
- 伊関友伸(2008):自治体病院の経営のあり方についていくつかの論点補足.
(http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/hospital/pdf/081001_1_sil.pdf)
- 井出博生(2010a):病院経営の基本戦略.『医療経営学』(今村知明・康永秀生・井出博生著), 医学書院, 58-69.
- 井出博生(2010b):マーケティング.『医療経営学』(今村知明・康永秀生・井出博生著), 医学書院, 125-137.
- 高阪宏行(1984):『地域経済分析』, 高文堂出版社.
- 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.
- 高阪宏行(2014):『ジオビジネス:GISによる小売店の立地評価と集客予測』, 古今書院.
- 谷村 晋(2004):保健医療計画とGIS.『保健医療のためのGIS』(中谷友樹・谷村 晋・二瓶直子・堀越洋一編著), 古今書院, 166-185.
- 谷村 晋(2009):医療・保健・健康とGIS.『生活・文化のためのGIS』(村山祐司・柴崎亮介編), 朝倉書店, 117-136.
- 中谷友樹(2004):保健医療施設の立地評価と立地配分モデル.『保健医療のためのGIS』(中谷友樹・谷村 晋・二瓶直子・堀越洋一編著), 古今書院, 186-189.
- 中谷友樹・谷村 晋・二瓶直子・堀越洋一編著(2004):『保健医療のためのGIS』, 古今書院.
- 新潟県庁(2014):『第5次新潟県地域保健医療計画』, 保健福祉課企画統計係.
- 水田吉彦(2012):『最新医療制度の基本と仕組みがよ〜くわかる本』, 秀和システム.
- 康永秀生(2010a):医療経営に役立つ医療経済学のエッセンス.『医療経営学』(今村知明・康永秀生・井出博生著), 医学書院, 2-14.

- 康永秀生(2010b):わが国の医療システム. 『医療経営学』(今村知明・康永秀生・井出博生著), 医学書院, 15-28.
- 康永秀生(2010c):医師不足と医師のキャリアパス. 『医療経営学』(今村知明・康永秀生・井出博生著), 医学書院, 200-221.
- Church R.L. and ReVelle C.S. (1974) The maximal covering location problem. *Papers of the Regional Science Association*, 32, 101-18.
- Coombes, M. and Raybould, S. (2004) Planning a network of sites for delivery of a new public service in England and Wales. In Stillwell J. and Clarke, G. eds. *Applied GIS and Spatial Analysis*. Chichester: Wiley, 315-333.
- Daskin, M.S. (1987) Location, dispatching, and routing models for emergency services with stochastic travel times. In Ghosh A. and Rushton, G. eds. *Spatial Analysis and Location-Allocation Models*. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 224-265.
- Davenhall, W.F. and Kinabrew, C. (2012) GIS in Health and Human Services. In Kresse, W. and Danko, D.M. eds. *Handbook of Geographic Information*. Dordrecht: Springer, 911-937.
- Ghosh, A. and Rushton, G. eds. (1987) *Spatial Analysis and Location-Allocation Models*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Jones, K.G. and Mock, D.R. (1984) Evaluating retail trading performances. In Store Location and Store Assessment Research, eds. Davies, R.L. and Rogers, D.S. Chichester: Wiley, 333-360.
- LaLonde, M. (1974) *A New Perspective on the Health of Canadians: A Working Document*. Government of Canada, Ottawa.
- Lang, L. (2000) *GIS for Health Organizations*. Redlands: ESRI Press.
- 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.
- Nozick, L. K. (2001) The fixed charge facility location problem with coverage restrictions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation*

- Review*, 37(4), 281-296.
- ReVelle, C.S. and Swain, R.W. (1970) Central facilities location. *Geographical Analysis*, 2, 30-42.
- Rojeski, P. and ReVelle, C. (1970) Central facilities location under an investment constraint. *Geographical Analysis*, 2, 343-360.
- Rushton, G. (1987) Selecting the objective function in location-allocation analyses. In Ghosh, A. and Rushton, G. eds. *Spatial Analysis and Location-Allocation Models*. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 345-364.
- Rushton, G. and Kohler, J.A. (1973) ALLOC — Heuristic solution to multi-facility location problems on a graph. In *Computer Programs for Location-Allocation Problems*, eds. Rushton, G. Goodchild M.F. and Ostresh, L.M. Jr. *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.
- Tewari, V.K. and Jena, S. (1987) High school location decision making in rural India and location-allocation models. In Ghosh, A. and Rushton, G. eds. *Spatial Analysis and Location-Allocation Models*. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 137-162.
- Wagner, J.L. and Falkson, L.M. (1975) The optimal nodal location of public facilities with price-sensitive demand. *Geographical Analysis*, 7, 69-83.
- Yeh, A. G. O. and Man, H. C. (1996) An integrated GIS and location-allocation approach to public facilities planning — an example of open space planning. *Computers, Environment and Urban Systems*, 20, 339-350.
- Zwarenstein, M., Krige, D. and Wolff, B. (1991) The use of a geographic information system for hospital catchment area research in Natal/KwaZulu. *South African Medical Journal*, 80(10), 497-500.

謝辞

本研究を遂行し学位論文をまとめるにあたり、終始親切かつ丁寧にご指導を賜りました、指導教授である高阪宏行教授に心より感謝申し上げます。修士課程まで畑違いの応用数学の分野であったにも関わらず、高阪研究室に快く迎え入れて下さいました。時に応じて、厳しくご指導いただいたこと、また先生の研究手法や研究哲学を通して、私自身の至らなさを痛感することができたことは今後の研究活動の糧になるものであります。研究全般において多大なご支援と多岐にわたるご指導を賜りました、関根智子教授に心より感謝申し上げます。本論文を作成するにあたり、副査として数々の有益かつ貴重なご助言を賜りました、佐野充教授に心より感謝申し上げます。合同ゼミを通してご指導を賜りました、日本大学文理学部地理学教室の先生方に心より感謝申し上げます。研究活動において、多岐にわたり大変お世話になりました、日本大学文理学部地理学科事務方のスタッフの皆様と地理学専攻の大学院生の皆様に心より感謝申し上げます。

博士後期課程への進学および本研究を遂行するにあたり、多大なご支援を賜りました、株式会社あいば測量設計コンサルタント代表取締役 相羽良雄氏に心より感謝申し上げます。

最後に、これまで私をあたたく応援してくれた両親と義理の両親、私の研究を陰から支え続けてくれた妻の七菜、娘の虹花、星花に心より感謝いたします。