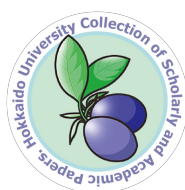




HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ミニ・サム型施設配置モデルを用いた救急医療機関の最適配置の分析：北海道の小児急病センターの配置を事例として
Author(s)	谷川，琢海；小笠原，克彦；大場，久照 他
Description	研究資料
Citation	病院管理, 43(3), 249-260
Issue Date	2006-07-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40096
Type	journal article
File Information	ogasawara_JJSHA43_249.pdf



ミニ・サム型施設配置モデルを用いた救急医療機関の最適配置の分析

——北海道の小児急病センターの配置を事例として——

谷川 琢海¹⁾ 小笠原 克彦²⁾ 大場 久照^{1,3)} 櫻井 恒太郎¹⁾

本研究では患者となる小児人口と移動距離を用いて小児急病センター（施設）の適切な数と配置を明らかにすることを目的としてオペレーションズ・リサーチの手法であるミニ・サム型施設配置モデルを適用して分析を行った。北海道を対象地域とし一次医療圏（212 市町村）を単位とした場合に患者の居住地から施設までの総移動距離が最小となるような施設の配置場所と各施設が受け持つ圏域を求めた。本研究では小児救急の視点から以下の 3 項目について分析を行った；① 現在の三次医療圏の中心となる市（6 カ所）に施設を配置した場合の妥当性，② 現在の二次医療圏の中心となる市町（21 カ所）に施設を配置した場合の妥当性，③ 施設の総数を変化させた場合の数と配置の関係。結果より現在の医療圏の設定に基づいた小児救急医療体制の構築は患者の移動負担の観点から妥当でないことが示唆された。この分析結果は今後の医療計画の見直しのための基礎資料として有用であると考えられる。

キーワード：小児救急医療，オペレーションズ・リサーチ，ミニ・サム型施設配置

I. はじめに

小児の救急医療体制が十分に整備されていないことが全国的に社会問題となっている¹⁾。これに対処するため、平成 11 年に策定された「重点的に推進すべき少子化対策の具体的な実施計画（新エンゼルプラン）」では、全国のすべての二次医療圏に対して小児の救急医療体制を整備することが示された²⁾。しかしながら、小児科領域では少子化や小児科医師の不足により、二次医療圏を単位とす

る救急医療体制の整備が困難であることが指摘されており、二次医療圏よりも広域を単位とした医療体制のセンター化を推進することが提言されている^{3,4)}。小児科医師をセンターに集約することにより、当直医師が常に待機することが可能となり、さらに勤務する医師の負担を軽減する救急医療体制の構築が期待できる。しかし、患者の視点に立つと、医療体制のセンター化により自宅からセンターとなる医療機関までの距離が、従来よりも長くなる可能性があり、患者の受診のための通院負担が増大する恐れがある。特に小児の場合は、成人と比較して容態の急な変化が起こりやすく、保護者が病状を完全に把握することも困難なため、迅速な診療を必要とする場合が多い。患者の通院における利便性を疾病予後を左右する重要な要素

¹⁾ 北海道大学大学院医学研究科社会医療管理学講座
医療情報学分野

²⁾ 北海道大学医学部保健学科医用理工学講座
医用情報科学分野

³⁾ 弘前大学医学部保健学科放射線技術科学専攻

と捉えて、地域全体の視点に立った最適な医療施設の配置を分析する必要がある。これまで、小児の救急医療体制の構築を目的として最適な施設の数と配置を検討した報告は少なく、医療サービスへのアクセスの公平性という観点から広域医療について議論するためにも、距離の視点を踏まえた客観的な評価が重要である。

本研究では、移動距離と小児人口から最適な施設の配置を求めるモデルとして、オペレーションズ・リサーチ (Operations Research: OR) の手法であるミニ・サム型施設配置モデルを適用して分析を行った。このモデルによれば、地域全体の移動距離の総和を最小化するような施設の場所と、各施設が受け持つ圏域を同時に求めることができるため、これまでに市民ホール、美術館、公民館のような施設の利用者が集まる公共施設の配置に応用されている⁵⁾。ミニ・サム型施設配置モデルを適用した事例には、カナダのエドモントン市を事例として託児所の配置を事例として出発地 (自宅) から到着地 (職場) までの移動中に立ち寄る施設の配置を分析した報告、ブラジルのリオデジャネイロ市の周産期の患者を対象とした医療施設の配置について分析を行った報告等がある^{6,7)}。

現在の小児救急医療体制は医療計画において、「小児救急を含む小児医療」と定義され、一般的な外来診療と救急医療は明確に区別されていない⁸⁾。また多くの小児患者は、救急外来を時間外診療として受診する場合が多く、初期救急を行う医療機関として救急外来を利用する場合の多いことが報告されている。多くの患者は最寄りの小児急病センターに自家用車を利用して移動することが予想されるため、公共施設の配置に多く用いられているミニ・サム型施設配置モデルが小児急病センターの施設の配置に適用可能であると想定した。

本研究では北海道を対象として、地域全体の視点から初期から二次救急までを担う小児急病センター (施設) の適切な数と配置を明らかにすることを目的に、ミニ・サム型施設配置モデルを適用して分析を行った。

II. 分析方法

A. ミニ・サム型施設配置モデル (メディアン問題)

ミニ・サム型施設配置モデルは地域全体の視点から、患者の通院における利便性を最適にするような施設の配置を検討する数理モデルである⁹⁾。本研究では施設の配置を市町村単位で分析するために、モデルのうち離散的に限られた地点にのみ施設の配置が可能と仮定したメディアン問題を適用した。住民のうち全ての小児が等しい確率で患者になることを想定し、患者はすべて最寄りの救急外来を受診すると仮定した。

まず、対象とする地域に対して配置する施設数を設定した。次に、メディアン問題を用いて解析を行い、患者の居住地から施設までの移動距離の総和が最小となる場所と、各施設が受け持つ圏域を一次医療圏である市町村単位で求めた。メディアン問題の目的関数を (1) に示す。ここで患者の居住地を出発地 i 、モデル上で仮定する施設の所在地を到着地 j とする。まず出発地 i から到着地 j までの道路距離 d_{ij} を計測した。次に得られた d_{ij} に出発地 i の小児人口 p_i を乗じた。さらに施設を置く数を 0-1 型整数変数 x_{ij} を用いて設定し、総移動距離 D の最小値を求めた。このときの施設の場所、および各施設が受け持つ圏域を最適な配置とした。計算はプログラム言語 PHP (Hypertext Preprocessor) を用いた自作プログラムで行った。

$$\text{Minimize } D = \sum_i \sum_j p_i d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

評価指標として以下の3項目を定義した；① 総移動距離を北海道全体の小児人口で割った平均移動距離、② 患者の居住地から施設までの移動距離が最大となる場合の移動距離 (最大移動距離)、③ 各施設が受け持つ圏域の小児人口。

B. 調査データ

北海道の全域 (面積 78,417 km², 可住地面積 21,899 km², 一次医療圏 212 圏域 (平成 12 年当時)、二次医療圏 21 圏域、三次医療圏 6 圏域) を対象地域とし、市町村データ及び人口データには

平成12年国勢調査を使用した⁹⁾。総人口は5,683,062人、このうち小児(15歳未満)人口は792,352人であった。各市町村間の小児人口は、最大2,036倍の差があった。

道路距離の計測は以下の2点を仮定した; ① 患者の居住地と施設の所在地は各々の市町村役場の所在地に一致する, ② 患者は居住地からモデル上で仮定した施設の所在地までを最短距離となる道路を利用して移動する。ただし同一市町村内の移動は、平成12年国勢調査時における各市町村の可住地面積を円と仮定した場合の半径とした。全ての市町村役場間の組み合わせについて、役場間を結ぶ道路距離を地図ソフト(ゼンリン電子地図帳[z:]Z6(ゼンリン社製))を用いて計測した。

C. 分析項目

最適となる施設の数と配置、各施設が受け持つ圏域について検討するため、以下の3種類の分析を行った。

1. 現在の三次医療圏の中心となる6市に施設を置いた場合の医療圏設定の妥当性

現在の三次医療圏が、小児の救急医療体制の整備を想定した枠組みとして妥当であるかを検討するために、施設を置く場所を北海道の三次医療圏の中心となる6市(札幌市、旭川市、函館市、北見市、帯広市、釧路市)に固定して分析を行った。患者の受療行動について以下の2種類の場合分けを仮定した; ① 患者は居住する三次医療圏の圏域内にある施設で受診する場合、② 患者は居住する三次医療圏の枠に関係無く、最寄りの施設で受診する場合。また両方の場合の各施設の受け持つ圏域について比較、検討を行った。

2. 現在の二次医療圏の中心となる21市町に施設を置いた場合の医療圏設定の妥当性

現在の二次医療圏の設定が、小児の救急医療体制の整備を想定した枠組みとして妥当であるかを検討するために、施設を置く場所を北海道の二次医療圏の中心となる21市町(札幌市、倶知安町、室蘭市、苫小牧市、浦河町、岩見沢市、滝川市、深川市、旭川市、名寄市、稚内市、留萌市、富良野市、函館市、江差町、八雲町、北見市、紋別市、帯広市、釧路市、根室市)に固定して分析を行った。

患者の受療行動について以下の2種類の場合分けを仮定した。① 患者は居住する二次医療圏の圏域内にある施設で受診する場合、② 患者は居住する二次医療圏の枠に関係無く、最寄りの施設で受診する場合。また両方の場合の各施設の受け持つ圏域について比較、検討を行った。

3. 施設の数を変化させた場合の数と配置の関係

施設を置く場所を固定せず、施設を置く数を北海道の三次医療圏数6から二次医療圏数21まで1ずつ順に増やし、それぞれの場合について分析を行った。施設を置く条件として、現在、小児科を標榜する病院の存在する市町村とした。病院の所在の調査には、「北海道内の病院一覧」(北海道)を使用した¹⁰⁾。小児科を標榜する病院は114市町村に存在していた。

III. 結 果

A. 現在の三次医療圏の中心となる6市に施設を置いた場合

結果を図1に示す。現在の医療圏を想定して施設を三次医療圏の中心となる6市に固定し、患者は居住する三次医療圏の圏域内にある施設で受診すると仮定した場合、平均移動距離は38.2 km、最大移動距離は314 km(利尻町→旭川市)であった。次に、前述の6市に施設を固定するが、患者は居住する三次医療圏の枠に関係無く、最寄りの施設で受診すると仮定した場合、平均移動距離は36.1 km、最大移動距離は314 km(利尻町→旭川市)と平均移動距離が短縮した。後者の場合の各施設が受け持つ圏域は現在の圏域と19市町村で異なり、特に道央三次医療圏(中心となる市; 札幌市)の中空知、北空知二次医療圏にある15市町村は札幌市よりも旭川市(道北三次医療圏)へ移動するほうが移動距離は短かった。同様に道央三次医療圏の日高二次医療圏にある2町(えりも町、日高町)と道北三次医療圏(中心となる市; 旭川市)の富良野二次医療圏にある2町村(南富良野町、占冠村)は帯広市(十勝三次医療圏の中心となる市)へ移動するほうが移動距離は短かった。道南、オホーツク、釧路・根室三次医療圏では不一

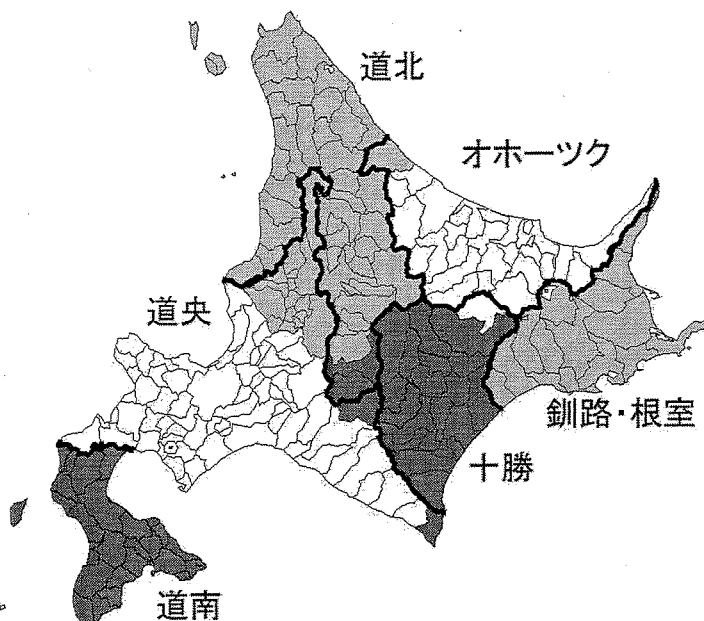


図1 三次医療圏の中心となる6市に施設を置いた場合の圏域
(塗りつぶしの色分けは研究結果、太線は現在の三次医療圏の設定をあらわす)

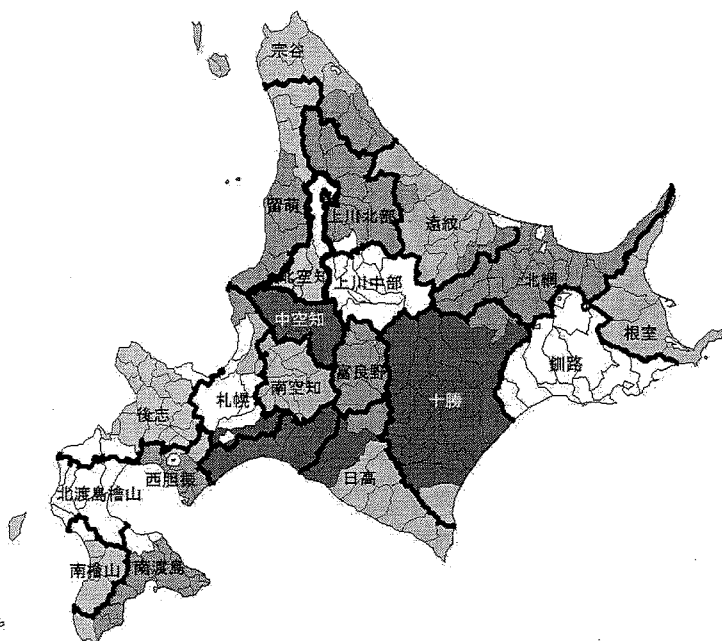


図2 二次医療圏の中心となる21市に施設を置いた場合の圏域
(塗りつぶしの色分けは研究結果、太線は現在の二次医療圏の設定をあらわす)

致は無かった。各施設が受け持つ小児人口は、患者が居住する三次医療圏の枠に関係無く最寄りの施設で受診すると仮定した場合、札幌市に置いた

施設が最大の445,335人、北見市に置いた施設が最小の48,602人であり、両施設間には現在とほぼ等しい約10倍の不均衡が生じた。

B. 現在の二次医療圏の中心となる 21 市町に施設を置いた場合

結果を図 2 に示す。現在の二次医療圏の中心と

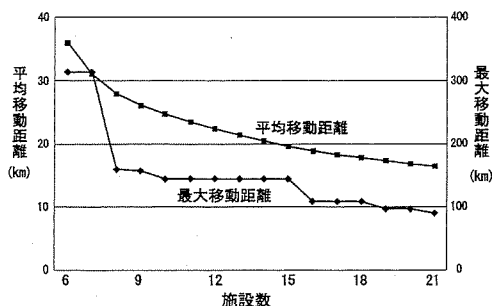


図 3 施設を置く場所を固定しない場合の施設数と移動距離

なる 21 市町に施設を置き、患者は居住する二次医療圏の圏域内にある施設で受診すると仮定した場合、平均移動距離は 19.0 km、最大移動距離は 137 km (羅臼町→根室市) であり、8 町 (日高町、天塩町、幌延町、中頓別町、枝幸町、歌登町、陸別町、羅臼町) で 100 km を超えた。次に、21 カ所の施設を置く場所は変化させず、患者が居住する二次医療圏の枠に関係無く最寄りの施設で受診すると仮定した場合、平均移動距離は 17.7 km に短縮した。最大移動距離は 137 km (羅臼町→根室市) と変わらなかったが、100 km を超える移動は羅臼町 (根室二次医療圏) のみに減った。各施設が受け持つ圏域は 30 市町村で現在と異なった。特に、南渡島、札幌、後志、留萌、宗谷、遠紋二次

表 1 施設の置く数を変化させた場合の数と配置の関係

施設数	移動距離 (km)		施設が受け持つ小児人口 (人)		センターが配置された場所											
	平均	最大	最大	最小												
6	36.0	314	445,335	48,602	函館	札幌	旭川	端野	帯広	釧路						
7	31.1	314	358,973	48,602	函館	札幌	苫小牧	旭川	端野	帯広	釧路					
8	28.0	160	358,973	13,732	函館	札幌	苫小牧	旭川	稚内	端野	帯広	釧路				
9	26.2	157	355,754	13,732	函館	札幌	室蘭	苫小牧	旭川	稚内	端野	帯広	釧路			
10	24.8	144	355,754	13,732	函館	札幌	室蘭	苫小牧	旭川	稚内	端野	帯広	釧路	別海		
11	23.5	144	349,723	13,732	函館 別海	札幌	滝川	室蘭	苫小牧	旭川	稚内	端野	帯広	釧路		
12	22.4	144	321,104	13,732	函館 釧路	札幌 別海	小樽	滝川	室蘭	苫小牧	旭川	稚内	端野	帯広		
13	21.4	144	321,104	9,586	函館 帯広	札幌 釧路	小樽 別海	滝川	室蘭	苫小牧	三石	旭川	稚内	端野		
14	20.5	144	257,181	9,586	函館 端野	札幌 帯広	小樽	南幌 別海	滝川	室蘭	苫小牧	三石	旭川	稚内		
15	19.6	144	257,181	9,586	函館 稚内	札幌 端野	小樽 帯広	南幌 釧路	滝川 別海	室蘭	苫小牧	三石	旭川	名寄		
16	18.9	109	257,181	9,586	函館 名寄	八雲 稚内	札幌 端野	小樽 帯広	南幌 釧路	滝川 別海	室蘭	苫小牧	三石	旭川		
17	18.3	109	257,181	9,586	函館 名寄	八雲 稚内	札幌 端野	小樽 紋別	南幌 帯広	滝川 釧路	室蘭 別海	苫小牧	三石	旭川		
18	17.8	109	256,890	9,586	函館 旭川	乙部 名寄	札幌 稚内	小樽 端野	倶知安 紋別	南幌 帯広	滝川 釧路	室蘭 別海	苫小牧	三石		
19	17.3	97	256,890	7,470	函館 旭川	乙部 名寄	札幌 留萌	小樽 稚内	倶知安 端野	南幌 帯広	滝川 帯広	室蘭 別海	苫小牧 別海	三石		
20	16.8	97	256,890	7,470	函館 旭川	乙部 名寄	札幌 留萌	小樽 稚内	倶知安 網走	南幌 端野	滝川 紋別	室蘭 帯広	苫小牧 釧路	三石 別海		
21	16.4	90	256,890	7,470	函館 旭川 別海	乙部 名寄	札幌 富良野	小樽 留萌	倶知安 稚内	南幌 網走	滝川 端野	室蘭 紋別	苫小牧 帯広	三石 釧路		

医療圏では、それぞれ3市町村以上で現在の二次医療圏の中心となる市町よりも近い場所に施設が存在することが明らかになった。各施設が受け持つ小児人口は、患者が居住する三次医療圏の枠に関係無く最寄りの施設で受診すると仮定した場合、最大は札幌市の施設の312,904人、最小は深川市の施設の5,003人となり、両施設間に約60倍の不均衡が生じた。

C. 施設を置く数を変化させた場合の数と配置の関係

施設を置く場所を固定せずに施設を置く数を6から21まで順に増加させた場合の平均移動距離と最大移動距離の変化を図3と表1に示す。施設数を増加させると平均移動距離は漸減し、施設数が6の時には36.0 km、以下、施設数を11, 16, 21としたときに、それぞれ23.5 km, 18.9 km, 16.5 kmとなった。一方、最大移動距離は施設数が6の時には314 km (利尻町→旭川市)であったが、施設数を8にすると約半分の160 km (島牧村→札幌市)に減り、さらに施設数が9, 10, 16, 19, 21では、それぞれ157 km (羅臼町→釧路市), 144 km (瀬棚町→函館市), 109 km (羽幌町→滝川市, 初

山別村→稚内市), 97 km (占冠村→南幌町), 90 km (枝幸町→名寄市)と段階的に減少した。各施設が受け持つ小児人口は、最大、最小ともに段階的に減少し、最小となる施設の小児人口を比較すると、施設数を6としたとき48,602人であったが、施設数を8としたとき13,732人、施設数を13としたとき1万人を下回り、9,586人であった(図4)。

配置の例として、施設を置く数を6から5ずつ増加させた場合に施設が置かれた市町村と各施設が受け持つ圏域を示す(図5~8)。まず施設を6カ所に置いた場合、施設の置かれた場所は札幌市, 旭

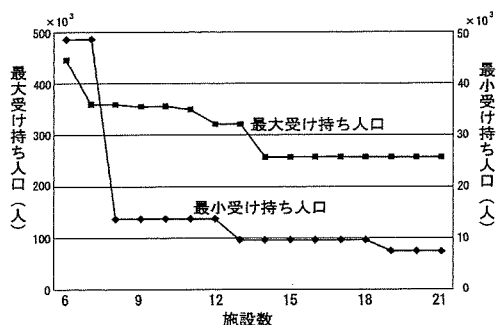


図4 各施設が受け持つ小児人口の最大と最小

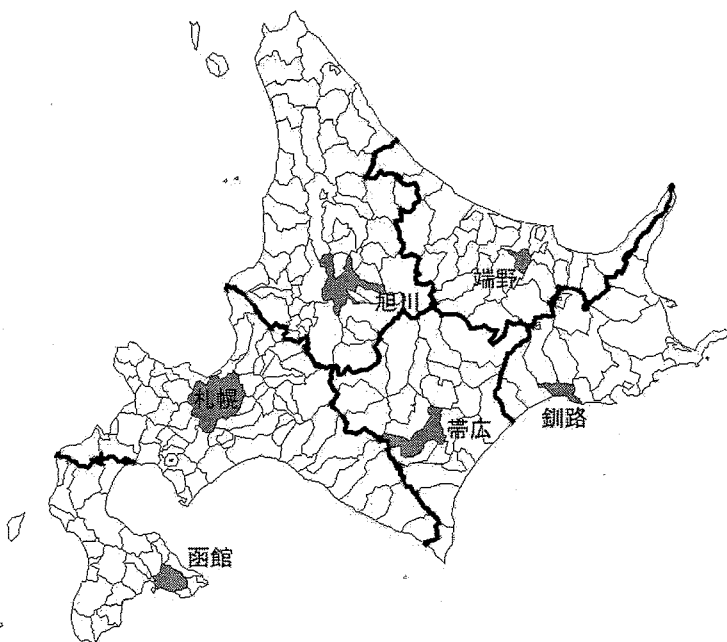


図5 施設を6カ所に置いた場合の施設の場所と各施設が受け持つ圏域

川市、函館市、端野町、帯広市、釧路市となった(図5)。これらは北見市に隣接する端野町を除いて三次医療圏の中心となる6市と一致した。各施設が受け持つ圏域は、患者は居住する三次医療圏

の枠に関係無く最寄りの施設で受診すると仮定した場合の結果と一致した。

施設を11カ所に置いた場合、6カ所に加えて滝川市、室蘭市、苫小牧市、稚内市、別海町に置か

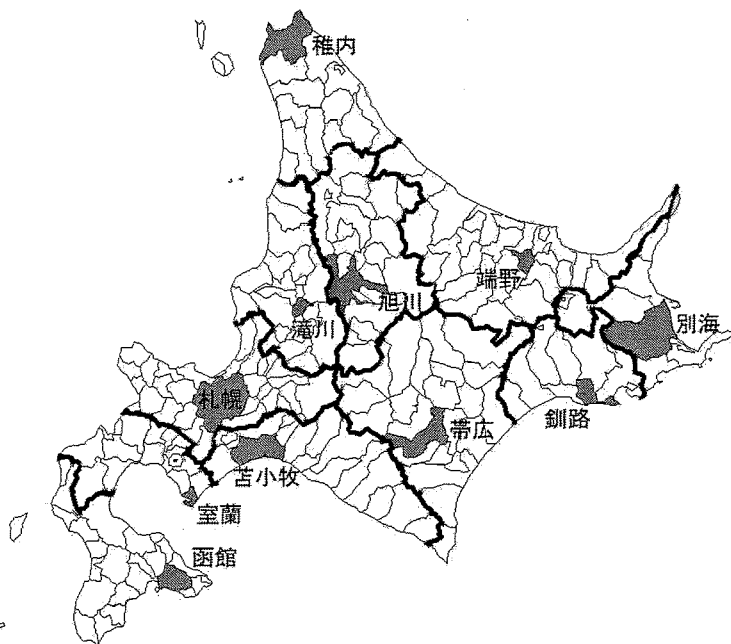


図6 施設を11カ所に置いた場合の施設の場所と各施設が受け持つ圏域

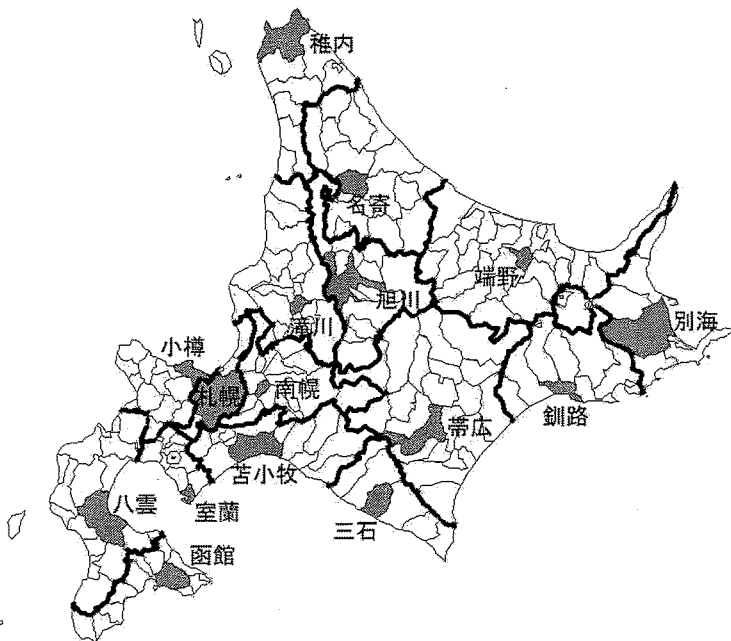


図7 施設を16カ所に置いた場合の施設の場所と各施設が受け持つ圏域

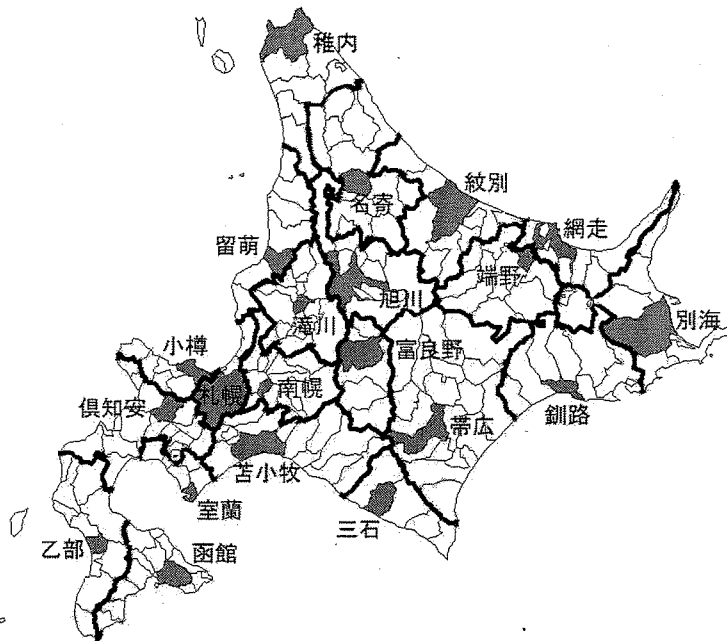


図8 施設を21カ所に置いた場合の施設の場所と各施設が受け持つ圏域

れた(図6)。平均移動距離は6カ所の場合の約2/3である23.5 kmであった。しかし、移動距離は瀬棚町、様似町など25町村で100 kmを超えており、最大移動距離は144 kmであった。更に、各施設が受け持つ小児人口は、札幌市で最大の349,723人、稚内市で最小の12,732人であり、約27倍の差があった。

施設を16カ所に置いた場合、更に八雲町、小樽市、南幌町、三石町、名寄市に置かれた(図7)。平均移動距離は18.9 kmであり、移動距離は道北の日本海側にある苫前町、羽幌町、初山別村で100 kmを超え、最大移動距離は144 kmであった。各施設が受け持つ小児人口は、札幌市で最大の257,181人、三石町で最小の9,586人であり、約27倍の差があった。

施設を21カ所に置いた場合、施設は16カ所の場合から八雲町が外れ、乙部町、倶知安町、留萌市、富良野市、網走市、紋別市が加わった(図8)。現在の二次医療圏に施設を配置した場合と比較すると、施設は現在の二次医療圏の中心となる7市町(江差町、八雲町、岩見沢市、深川市、浦河町、北見市、根室市)ではなく、その他の市町(乙部町、小樽市、南幌町、三石町、網走市、端野町、別

海町)に置かれた。平均移動距離は16.5 kmであり、最大移動距離は90 kmであった。各施設が受け持つ小児人口は、札幌市で最大の256,890人、三石町で最小の7,470人であり、約34倍の差があった。

IV. 考 察

A. ミニ・サム型施設配置モデルの利点

北海道のように広域に市町村が分散している地域では全ての地域住民に対して一定基準を満たした医療サービスを提供することは困難である。特に、小児科領域では少子化や小児医療の採算性が低いことなどの特殊な事情を抱えているため、小児科の医師が少ない地方では二次医療圏を単位として小児の救急医療体制を構築することが難しい状況にある¹⁾。小児科と同じく医師不足に悩む産婦人科では、北海道の空知地方を対象として、平成16年10月より医局から派遣する医師を一カ所の医療センターに集約した¹¹⁾。今後、このような事例は全国的に増えることが予想され、最適な施設の配置を求める分析が重要であると考えられる。

一方で施設の配置は、地理的環境や生活圏など

患者の受療行動に関わる様々な要因を総合的に考慮する必要があるため、単一のモデルにより全ての要因について最適となる施設配置モデルを構築することは難しい。そこで本研究では距離と小児人口に焦点を絞り、ミニ・サム型施設配置モデルを適用して、小児科という単一の診療科に焦点を絞った分析を行った。小児人口は全人口と相関関係にあるが、高齢化・過疎化が進む地方の市町村と、新興住宅地が存在する都市近郊の市町村では、全人口に対する小児人口の割合は異なることが予想される。小児科に特化したモデルを構築するため、15歳以下の小児人口のデータのみを利用して分析を行った。

また本研究では平均移動距離、最大移動距離、各施設が受け持つ小児人口を指標として分析を行った。医療分野において、患者が医療機関に到着するまでの所要時間は患者に対して時間的、金銭的負担ばかりでなく予後に影響を与える可能性がある。そのため配置する施設の数と配置を判断する際には、患者の所要時間を出来る限り短くすることを考慮する必要がある。本研究では道路距離によって近似的に所要時間が求められると想定し、距離の指標を用いて分析を行った。ミニ・サム型施設配置モデルは患者全体の平均移動距離を最小化する施設の配置を求めることができるため、地域全体の観点から最適な施設配置の判断を行うために有効なモデルであると考えられる。ただし救急医療の視点に立つと、医療の公平性を満足するためには施設から最も遠い患者の居住地までの距離を出来るだけ短くする必要がある。そのため医療施設の配置では平均移動距離と最大移動距離を併用して判断を行う必要があると考えられる。一方、経済性を考慮した場合、受け持つ小児人口が少ない施設では採算がとれなく、小児の救急医療体制を継続的に運用できない可能性がある。そのため各施設が受け持つ小児人口の指標を用いて配置の妥当性を評価することも今後、重要になると考えられる。

B. 小児の救急医療体制に対する現在の医療圏設定の妥当性

1. 現在の三次医療圏の中心となる6市に施設を置いた場合

現在の三次医療圏の中心となる6市に施設を固定し、患者は居住する三次医療圏の圏域内にある施設で受診すると仮定した場合と、三次医療圏の枠に関係無く最寄りの施設で受診すると仮定した場合を比較すると、各施設が受け持つ圏域は19市町村で異なった。三次医療圏の枠に関係なく移動することにより平均移動距離が2.1 km 短縮できるため、移動距離の視点から見ると現在の三次医療圏の圏域設定は最適ではないと考えられる。

次に、現在の三次医療圏の中心となる6市に施設を置いた場合と、施設を置く場所を固定せず施設を最適となる6カ所に配置した場合の結果を比較すると、施設が置かれた場所は端野町を除いて三次医療圏の中心となる市と一致した。端野町はオホーツク三次医療圏の中心となる北見市と隣接している。施設が北見市ではなく端野町に置かれた理由については以下のように考えられる。本研究ではモデルの仮定として同一市町村内の移動距離を市町村内の可住地面積を円と仮定した場合の半径とした。北見市では市町村内移動距離(8 km)よりも北見市役所から端野町役場までの距離(7 km)が短くなったため、最適な施設の場所が変わったものであり、実質的には北見市と考えてよく、計算上の仮定による誤差と言える。小児人口と道路距離を中心に考慮した場合、現在の三次医療圏の中心となる6市に施設を置いた場合と、施設を置く場所を固定せず最適となる6カ所に施設を配置した場合の結果はほぼ一致したため、現在の三次医療圏の中心となる市町村に施設を置くことは妥当な施設の配置であると考えられる。

一方で、各施設が受け持つ圏域は現在の三次医療圏とは19市町村で異なった。移動距離と人口の観点から見ると現在の医療圏の設定は最適とは言えず、三次医療圏を基準に小児の救急医療体制を整備する場合、各施設が受け持つ圏域について詳細に検討することが必要である。施設までの移動距離は、道央と道北三次医療圏を中心に49市町村で100 kmを超え、特に稚内市など6市町村(うち

3町は離島)で200 kmを超えた。6カ所のみに施設を配置して初期から二次救急を担う小児の救急医療体制を構築することは、地域住民の視点から見ると、一部の患者に対する負担が大きくなるため医療の公平性に欠けると考えられる。

また、各施設が受け持つ小児人口には最小と最大で約10倍の差があり、特に最大となる札幌の施設が受け持つ小児人口は約45万人であり、北海道の小児人口の約56%を占めた。小児人口が増加すると救急サービスの低下も懸念されるため、小児人口の規模に応じた施設の規模や施設の分割を考慮する必要があると考えられる。

2. 現在の二次医療圏の中心となる21市町に施設を置いた場合

現在の二次医療圏の中心となる21市町に施設を固定して、患者は居住する二次医療圏の圏域内にある施設で受診すると仮定した場合と、二次医療圏の枠に関係無く最寄りの施設で受診すると仮定した場合を比較すると、各施設が受け持つ圏域は30市町村で異なった。二次医療圏の枠に関係なく移動することにより平均移動距離が1.3 km短縮できるほか最大移動距離も8 km短縮できるため、移動距離の視点から見ると現在の二次医療圏の圏域設定は最適ではないと考えられる。

現在の二次医療圏の中心となる21市町に施設を置いた場合と、施設を置く場所を固定せず施設を最適となる21カ所に配置した場合の結果と比較すると、前述の端野町を除いて、二次医療圏の中心となる江差町、八雲町、岩見沢市、深川市、浦河町の5市町が、それぞれ乙部町、小樽市、南幌町、三石町、網走市に置き換わった。小児人口と移動距離を中心に考慮した場合、現在の二次医療圏の中心となる市町村に施設を置くことは必ずしも妥当な施設の配置ではないことが明らかになった。二次医療圏を基準に小児の救急医療体制を整備する場合、施設の配置について詳細に検討することが必要である。

一方で、施設を置く場所を固定せず施設を21カ所に配置した場合の移動距離が100 kmを超えた市町村は羅臼町のみであり、初期あるいは二次救急を行う施設を考慮すると概ね妥当な施設数であると示唆された。ただし、各施設が受け持つ小児

人口には最大で約60倍の差があったため、二次医療圏を基準に小児の救急医療体制を整備する場合、小児の救急医療体制の継続的な運用のためには医療経済学的観点からの分析が不可欠と考えられる。

C. 最適な施設の置く数と配置について

小児の救急医療体制を整備するために必要な施設数については、患者が自動車(時速50 km)で移動することを想定すると、10施設以上を最適となる場所に置いた場合に、患者は平均30分以内に施設に到着できる計算となった。しかし、最大移動距離に注目すると施設を10カ所に配置した場合、最大距離を移動する患者は約3時間を移動に費やすことになり、一部の患者に長時間の移動負担を強いることになる。本研究では平均移動距離を最小とするミニ・サム型施設配置モデルを適用して分析を行ったが、最大移動距離も無視できない重要な指標であると考えられる。小児救急に着目して施設に到着するまでに許容される時間を検討した報告はないが、施設数を15から16に増やすことにより最大移動時間が3時間から2時間に減少することから、最大移動距離の減少を考慮すると施設数は北海道の現状では16カ所以上とすることが望ましい。一方、各施設が受け持つ圏域の小児人口には圏域間に大きな差があり、施設を16カ所とした場合、最大と最小では約27倍の差があった。また施設を13カ所以上に置くと受け持つ小児人口が1万人を下回る圏域が生じた。受け持つ小児人口の少ない施設では採算性が低く医療体制を維持できない可能性がある。今後、採算性を含めた検討を行いたいと考えている。

今回の分析により、まず施設の多くは周辺の市町村と比較して小児人口の多い市町に置かれた。ミニ・サム型施設配置モデルは距離を人口によって重み付けしたモデルであるため、小児人口が集中する都市部の影響を受けていると考えられる。次に、施設数を増やしたとき、施設は札幌市に近接した小樽市、南幌町に置かれた。これは、モデルが小児人口の対象地域におけるバランスを考慮したためと示唆される。一方で、施設は周辺の市町と比較して小児人口が同等、または少ない別海

町、三石町、南幌町に置かれた。その理由としてこれらの町が小児人口の比較的多い複数の市町村に囲まれた町であることが考えられる。さらに、施設数を増やすと施設を置く場所が変化し、17カ所の場合は八雲町に施設が置かれたが、18カ所の場合は八雲町ではなく乙部町に施設を置いたほうが平均移動距離は短くなった。これは18カ所に施設を置いた場合、俱知安町に新しく施設が置かれたため周辺の小児人口のバランスが変化したことが考えられる。道南地方の施設の配置は、施設数を増やすと施設を置く場所と受け持つ圏域が異なるため、施設を置く場所の判断には特に十分な検討が必要である。

D. 本研究の限界と今後の課題

本研究の限界として、地図ソフトウェアを用いた道路距離の計測では二次元の地形データを用いているため三次元的な地形が反映されておらず、さらに北海道特有の問題として冬期間の道路事情が考慮されていない。また移動距離に対する妥当性は道路距離のみによって一意的に決定することはできず、道路の規格や状況などの様々な要素を総合的な指標に変換して検討することが必要である。一方、最適となる施設配置を求めるためのモデルには今回適用したミニ・サム型施設配置モデルのほか、施設から最も遠い地点の距離を最小化することに着目したミニ・マックス型施設配置モデルがある。小児の救急医療では、急性期の患者が多く受診することが考えられるため、両モデルを併用した施設配置の分析が重要である。さらに、小児の救急医療体制を継続的に運用可能なシステムにするためには採算性の評価が不可欠であると考えられる。今後は、地域の医療や経済、生活圏などの様々な観点から地域評価を行い、総合的な最適配置モデルの構築を目指したい。

V. 結 論

北海道を事例として小児急病センターの最適な数と配置について分析を行った結果、施設を置く

場所と各施設が受け持つ圏域は現在の二次医療圏の設定とは異なった。そのため、小児人口と移動距離を考慮した場合、現在の二次医療圏の中心となる都市に施設を置くことは、地域全体の視点から必ずしも最適な配置ではないことが明らかとなった。さらに、小児の救急医療体制の構築には小児に特化した圏域の設定が必要であることが示唆され、平均移動距離、最大移動距離、各施設の受け持つ小児人口が、施設を配置するための重要な指標になることが考えられた。本研究の分析から得られた結果は、小児の救急医療体制を整備するための基礎資料になるものと考えられる。

文 献

- 1) 厚生省, 救急医療体制基本問題検討会報告書, 1997
- 2) 厚生労働省, 新エンゼルプランについて, 1999
- 3) 田中哲郎, 市川光太郎, 山田至康, 他, 二次医療圏毎の小児救急医療体制の現状評価に関する総合的研究, 厚生労働科学研究(医療技術評価総合研究事業) 二次医療圏毎の小児救急医療体制の現状等の評価に関する研究, 平成13年度報告書, 6-20, 2002
- 4) 中澤 誠, 日本小児科学会小児救急プロジェクトチーム報告, 日本小児科学会雑誌, 107(5), 792-795, 2003
- 5) 大山達雄, 最適化モデル分析, 日科技連(東京), 101-141, 1993
- 6) M.J. Hodgson, The location of public facilities intermediate to the journey to work, European Journal of Operational Research, 6, 199-204, 1981
- 7) B. Boffey, D. Yates, R.D. Galvao, An Algorithm to locate Perinatal facilities in the municipality of Rio de Janeiro, Journal of the Operational Research Society, 54, 21-31, 2003
- 8) 内閣府, 平成16年版少子化社会白書, 2004
- 9) 統計局, 平成12年国勢調査, 2002
- 10) 北海道, 北海道内の病院一覧, 2003
- 11) 北海道医療新聞, 2004年10月1日付

(平成17.12.5受付, 平成18.3.9採用)

連絡先: 〒060-8638 札幌市北区北15条西7丁目
北海道大学大学院医学研究科社会医療管理学
講座医療情報学分野
谷川 琢海
E-mail: tanikawa@med.hokudai.ac.jp

ANALYSIS OF THE OPTIMUM ALLOCATION OF EMERGENCY CARE INSTITUTIONS BY USING A MODEL OF MINISUM FACILITY LOCATION

— Allocation of pediatric emergency centers in Hokkaido —

Takumi TANIKAWA¹⁾, Katsuhiko OGASAWARA²⁾, Hisateru OHBA^{1,3)} and Tsunetaro SAKURAI¹⁾

In this study, which was designed to elucidate the optimum number and allocation of pediatric emergency centers (facilities) by using the pediatric patient population and the transfer distance, a model of minisum facility location, a procedure in operations research, was analyzed. The allocation of the facilities, at which the total transfer distance from the patient's dwelling place to the facility would become minimum in the primary medical care range (212 municipalities) in Hokkaido, and the range (area) covered by each facility were determined. The following 3 items were analyzed from the viewpoint of pediatric emergency care in this study: (1) The validity of allocation of facilities in the cities (6 places) as the center of the current tertiary medical care facility range; (2) the validity of allocation of facilities in the cities and towns (21 places) as the center of the current secondary medical care range; and (3) relationship between the number of facilities and their allocation when the total number of facilities is variable. The results suggested that construction of a pediatric emergency care system based on establishment of the current medical care range is not valid from the viewpoint of the load of transfer of patients. The results of the analysis are considered to be useful as basic data for reconsideration of medical care plans in the future.

Key words: pediatric emergency care/operations research/minisum facility location

¹⁾ Department of Medical Informatics, Hokkaido University Graduate School of Medicine²⁾ Department of Health Sciences, Hokkaido University School of Medicine³⁾ Department of Health Sciences, Hirosaki University School of Medicine