

医療圏の人口分布に基づく病院の適正配置に関する研究

山本隆太

1. はじめに

1-1. 背景と目的

少子高齢化が本格化する中で、人口減少社会を見据えた社会構造の再編が急務となっている。都市計画分野では2014年に立地適正化計画制度（以下、立適）が創設され、都市機能及び人口を集約したコンパクトな都市が期待されている。また医療分野では2014年に地域医療構想が創設された。これにより各医療圏単位での病床の機能分化及び病床数の最適化を図る事で、効率的かつ質の高い医療供給、特に急性期医療への人的資源の集中が期待されている。この一環として2019年には再編統合の再検証対象に424の公立・公的病院が公表されるなど集約の動きが本格化している。以上の背景から、今後病院は空間的な集約及び施設数の集約が進み、その偏在性が高まることが予想される。そのため限られた施設数でより効率的な医療供給が可能となる立地を検討する必要がある。

そこで本研究では立地適正化計画策定済みの医療圏を対象に、人口分布に着目した都市構造を把握及び施設集約を踏まえた病院の適正配置シミュレーションを行う事で、都市構造に応じた病院配置のあり方を論じる事を目的とする。ここで対象とする病院は時間距離が特に重要である救急病院とする。また立適における人口集約による影響についても考察を行う。

1-2. 研究の位置づけ

主な既往研究として病院立地の実態分析に関するものに国谷ら¹⁾、市川ら²⁾、洲永ら³⁾のものがある。前者二つは郊外化の実態と周辺影響に関するものであり、後者は病院側の立地ニーズと立地プロセスに関するものである。また施設配置の観点では、西尾ら⁴⁾が立地と人口分布の関係について、相羽⁵⁾が費用関数を組み込んだ適正配置に関してそれぞれ研究を行っている。しかし本研究で扱う都市構造に着目したものや、集約による影響に関する研究は見られない。

1-3. 研究の構成

2章においてまず対象医療圏の人口分布に着目し、その都市構造の把握・分類を行う。次いで3章では都市構造別に抽出した医療圏を対象に適正配置シミュ

レーションを行い、現状との比較及び特徴的な立地傾向を把握する。次いで4章では施設数が適正配置に与える影響を明らかにする。以上を踏まえて、立適における病院配置のあり方を論じる。

2. 医療圏の都市構造分類とその特徴

2-1. 分類対象及び使用データ

対象とする医療圏は、2020/2/14時点で立適を策定且つ公表している10県12医療圏である。また本研究における分析対象範囲は都市計画区域^{註1)}とした。これは立適の計画範囲が都市計画区域である事に加え、医療提供においても山間部等の過疎地にはへき地診療所やドクターヘリ等の対策が取られているためである。

これら対象医療圏の概要として構成市町村、都市計画区域面積、人口、人口密度、入院患者流出割合（H29患者調査）及びその類型^{註2)}を表1に示す。

各種データには、国土数値情報に公開されている都市地域データ及び500mメッシュ別将来推計人口における2015データを用いた。またメッシュ選択は、メッシュ重心点が当該区域に含まれるものを選択する事とした（以下でも同様の方法を用いる）。

2-2. 都市構造の把握手法

都市構造の把握にはTsai⁶⁾によって提案された手法を用いる。これは都市構造を特徴づける指標として①Size(人口)、②Density(人口密度)、③Degree of equal distribution(ジニ係数)、④Degree of clustering(Global Moran's I 統計量(モラン係数))の4つを提案しており、特に③④によって対象区域の都市構造がコンパクト又はスプロールかを把握することができる。この手法は国内では鈴木ら⁷⁾も用いており、本研究ではその解釈に倣い③ジニ係数を均等性指標、④モラン係数を集積性指標とした。

2-2-1. 均等性指標（ジニ係数）

均等性指標は均等度合いを示す指標として広く用いられるジニ係数を用い、式(1)で定義される。

$$G = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n |a_i - p_i| \quad (1)$$

式(1)において、 n は対象地域のメッシュ数を、 a_i はメッシュ i の面積比を、 p_i はメッシュ i の人口比を表

す。0 ≤ G ≤ 1の値をとり、0は完全均等を、1は完全不均等を意味する。

2-2-2. 集積性指標（モラン係数）

集積性指標は空間的自己相関の程度を表す代表的な指標であるモラン係数を用い、式(2)で定義される。

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (P_i - \bar{P})(P_j - \bar{P})}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2} \quad (2)$$

式(2)において、 w_{ij} はメッシュ*i*とメッシュ*j*の間の距離の逆数を、 P_i はメッシュ*i*の人口、 \bar{P} は対象地域のメッシュ平均人口を表す。-1 ≤ I ≤ 1の値をとり、-1は完全分散を、1は一極集中を意味する。

2-3. 分類及び特徴

対象医療圏のジニ係数・モラン係数の結果に、*k-means*法を用いる事で4つの都市構造「集積不均等型、集積均等型、分散均等型、分散不均等型」に分類した。その結果を図1に示す。

集積不均等型には6医療圏が分類された。これらは都心部と農村部及び山間部が混在した都市である。このうち宇都宮・奥越医療圏は平野内に市街地が形成された都市であり、市原・下関・宇摩・新居浜西条医療圏は臨海工業地帯や港湾都市であり沿岸部に市街地が形成された都市である。

集積均等型には前橋医療圏のみが分類された。これは前述の平野内に市街地が形成された都市と同様であるが、都市計画区域内に含まれる山間部が少なく、区域内全体の人口密度が高い点が前者との違いである。

分散均等型には3医療圏が分類された。このうち静岡・千葉医療圏は人口規模が大きく、区域内が一様に市街化しているため全体が高い人口密度を示し、また都心に加え副都心が形成された都市である。横手医療圏は大部分が農地であり、点在した集落によって構成されるため全体が低い人口密度を示し、また近年合併を行ったため複数の市街地を持つ都市である。

分散不均等型にはいわき・奥越医療圏が分類された。これらは区域内に丘陵地が点在するため、市街地が分断されて形成された都市である。

3. 適正配置シミュレーション

3-1. 対象医療圏及び病院

適正配置を検討する場合、利用者である患者と病院が区域内で完結している事が望ましい。そこで全12医療圏のうち医療圏内の完結度合いが高いとされる自己完結型の医療圏（入院患者流出率が20%未満）であり且つ都市構造の異なるいわき、静岡、新居浜西条医療圏を適正配置の検討対象とした^{注3}。

また対象病院はこれら医療圏における二次救急輪番

制病院を中心に、受け入れ件数が少ないものや受け入れ対象を限定している病院を除いた主要な救急搬送受け入れ先となっている病院を選定した。その結果いわき医療圏で6件、静岡医療圏で9件、新居浜西条医療圏で8件の病院を対象とした。

3-2. シミュレーション方法

本研究で対象とする救急医療は搬送時間(golden time)が重要であるため、最近隣施設を選択すると仮定する事ができる。また効率的な医療提供体制が求められている背景から、本研究における適正配置シミュレーションには最も一般的且つ効率的なモデルとされるp-median問題を適用した。これは各需要点から施設を配置した地点への移動距離の総和が最小となる点を選択するモデルである。

解析はErsi社のArcGIS Network Anarysisを用いて行った。各種データを以下に示す。ネットワークデータは数値地図(R2)を用いて独自に作成した。需要点は500mメッシュ将来人口推計における2035年データ(以下、趨勢分布)及び、独自に作成した人口集約モデル^{注4}(以下、集約分布)の2パターンとした。施設点は既存の病院立地(以下、既存立地)、病院の立地が可能な指定用途地域内での候補点(以下、用途立地)、都市機能誘導区域内での候補点^{注5}(以下、都誘立地)の3パターンとし、シミュレーションは計6パターンである。また施設点の候補点はより詳細な検討が可能となる、250mメッシュ重心点を用いて作成した。シミュレーション結果を図2~4及び表3に示す。

表1. 対象医療圏一覧

医療圏	構成市町村	面積 (Km ²)	人口 (人)	人口密度 (人/Km ²)	流入率 (%)	流出率 (%)	類型	
1	横手	横手市	319.75	89340	279	29.4	20.5	流出入型
2	いわき	いわき市	419.25	328676	784	8.8	7.1	自己完結型
3	宇都宮	宇都宮市	440.50	527370	1197	30.3	19.4	流入型
4	前橋	前橋市	222.00	314227	1415	42.7	26.0	流出入型
5	千葉	千葉市	300.25	1059930	3530	35.4	25.4	流出入型
6	市原	市原市	276.75	286933	1037	27.2	30.3	流出入型
7	奥越	大野市, 勝山市	122.50	52224	426	5.5	41.6	流出型
8	静岡	静岡市	284.00	689850	2429	16.1	8.5	自己完結型
9	甲賀	古賀市, 湖南市	360.00	139846	400	25.8	28.6	流出入型
10	下関	下関市	357.25	245679	688	5.1	7.6	自己完結型
11	宇摩	四国中央市	151.25	85633	566	9.6	29.1	流出型
12	新居浜西条	新居浜市, 西条市	307.75	226984	738	7.2	17.6	自己完結型

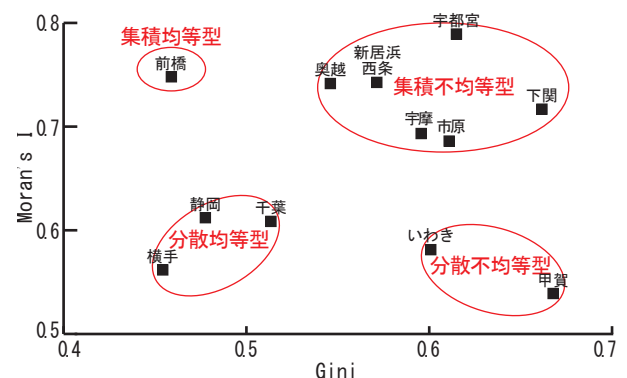


図1. ジニ・モラン係数及び分類

3-3. 適正配置結果及び現状との比較

3-3-1. いわき医療圏(分散不均等型)

既存配置では圏域中央部である平地区・内郷地区に3件の病院が集中する一方で、その他の4地区には病院が立地していないなど大きく偏っている。

趨勢分布における適正配置では用途立地・都誘立地ともに類似した配置及び結果を示し、各地区へ分散して立地した。これにより平均移動距離は両立地において既存立地に比べ1000m以上と大幅に低減された。また現状の施設数では泉地区に施設が立地していない。そのため用途立地では隣接する常磐地区の施設が南方へ移動し、施設不足を“補完する立地”となっている。

集約分布では立地場所に若干の違いは見られるが、大きな変化は見られない。また平均移動距離は都誘立地で約140m、用途立地で約130mと若干低減された。

3-3-2. 静岡医療圏(分散均等型)

既存配置では静岡駅周辺地区に3件の病院が集中しているが、その他の地区では病院は分散して立地しており大きな偏りは見られない。

趨勢分布における適正配置では、都誘立地と用途立地に違いが見られ、用途立地の方が全体へより“分散した立地”となった。これに伴う平均移動距離の差も大きく、用途立地では既存立地に比べ約800m低減されたのに比べ、都誘立地では約300mに留まった。

集約分布では立地場所に若干の違いは見られるが大きな変化は見られない。また平均移動距離は都誘立地・用途立地ともに約100mと若干低減された。

3-3-3. 新居浜西条医療圏(集積不均等型)

既存配置では新居浜地区に4件、西条地区に3件の病院が集中する一方で、圏域西部の病院は1件のみと医療資源が著しく乏しく、大きく偏りがある。

趨勢分布における適正配置では、新居浜駅地区を中心とした圏域東部では都誘立地に比べ用途立地の方が地区全体へより“分散した立地”となり、その他の場所では用途立地・都誘立地ともに各地区へと立地した。平均移動距離は用途立地では既存立地に比べ約750m低減されたのに比べ、都誘立地では約500mに留まった。

集約分布では圏域東部における分散傾向は弱まり全ての施設が居住誘導区域内へと移動した。その一方で低減された平均移動距離は都誘立地で約70m、用途立地で約40mとわずかであった。

表3 適正配置における平均移動距離(m) (1人あたり)

	2035趨勢分布			2035集約分布		
	既存立地	都誘立地	用途立地	既存立地	都誘立地	用途立地
いわき	4111	3036	2959	4011	2895	2831
静岡	2849	2533	2064	2764	2414	1982
新居浜西条	2602	2120	1863	2547	2051	1824

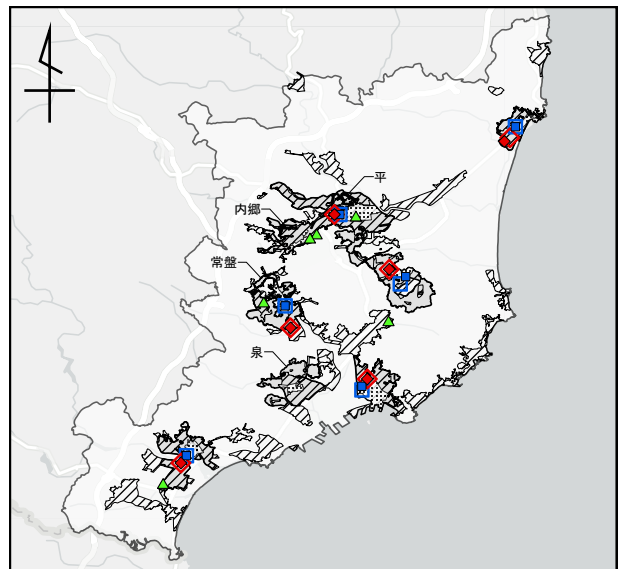


図2. いわき医療圏立地結果

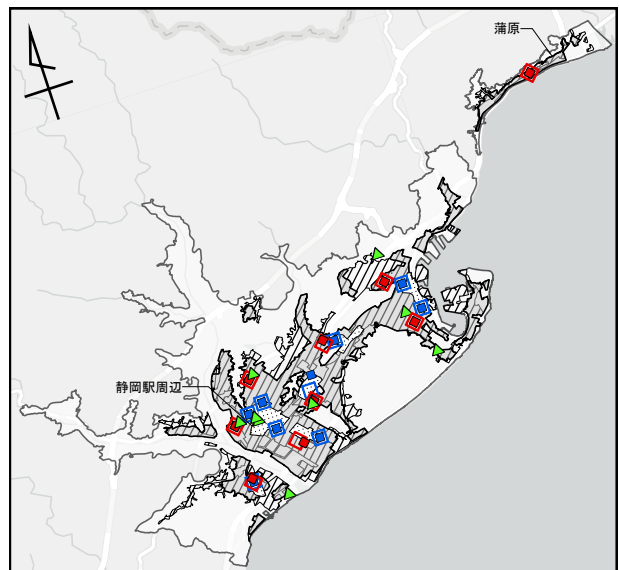


図3. 静岡医療圏立地結果

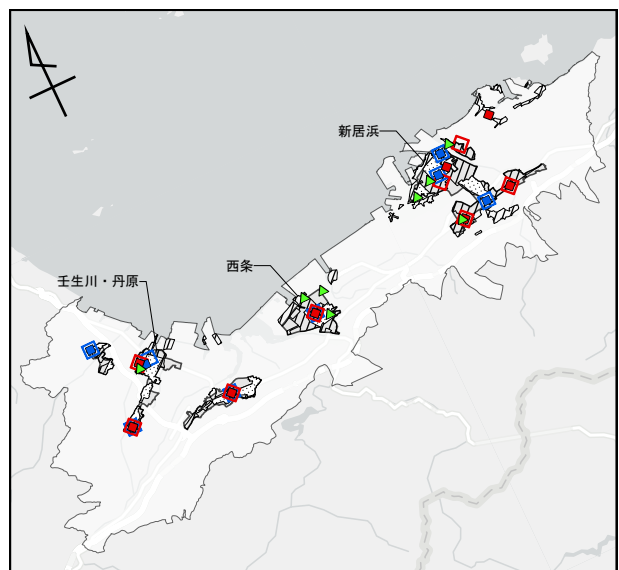
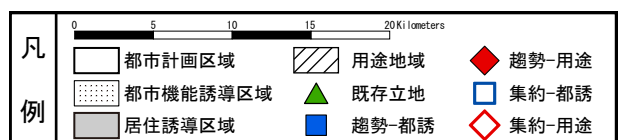


図4. 新居浜西条医療圏立地結果



4. 施設数による影響

本章では施設数集約の背景から、施設数を10件から1件まで減少させて再度シミュレーションを行った。

4-1. 都市構造別の傾向

都市構造ごとの傾向を把握するため、シミュレーションを行った合計4パターンの平均移動距離の平均値と施設数の関係を図5に示す。

すべての医療圏において施設数10~8件では緩やかな増加を、施設数3~1件では急激な増加を示した。また施設数4~7件では、いわき医療圏での平均値の差異が約1120mである一方で、静岡医療圏では約680m、新居浜西条医療圏では約520mと大きく異なる。このことから都市構造によって施設数が平均移動距離へ与える影響の度合いが異なる事が分かる。

4-2. 立地パターン別の傾向

表4にパターンごとの詳細な結果及び都誘立地と用途立地の平均移動距離の差（以下、距離差）を示す。

いわき医療圏では施設数が減少するにつれて、立地間の距離差が大きくなる点が見られた。これは用途立地において、複数地区の中間点などに立地する前述の“補完する立地”が取られた事で、移動距離が大幅に低減されたためである。

静岡医療圏では施設数が増加するにつれて、立地間の距離差も増加した。これは用途立地において、施設間が近接しない前述の“分散した立地”により移動距離が大幅に低減されたためである。また分散型ではあるものの、施設数が少ない場合における立地間の距離差はほとんど見られなかった。これは均等性が高い事によって、立地場所が移動距離へ与える影響の緩和につながったと推察される。

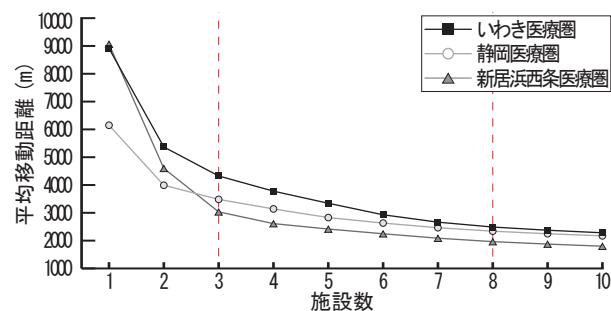


図5. 施設数と全4パターン平均値の関係

表4. 立地パターン別の詳細結果及び距離差

施設数	いわき医療圏						静岡医療圏						新居浜西条医療圏					
	2035趨勢人口			2035集約人口			2035趨勢人口			2035集約人口			2035趨勢人口			2035集約人口		
	都誘立地	用途立地	距離差	都誘立地	用途立地	距離差	都誘立地	用途立地	距離差	都誘立地	用途立地	距離差	都誘立地	用途立地	距離差	都誘立地	用途立地	距離差
10	2462	2241	221	2297	2127	169	2483	1961	522	2363	1881	483	1986	1671	315	1917	1626	291
9	2500	2395	105	2335	2266	69	2533	2064	468	2414	1982	433	2046	1762	284	1979	1715	264
8	2609	2528	81	2442	2379	62	2584	2188	396	2472	2118	354	2120	1863	257	2051	1824	227
7	2771	2714	56	2607	2562	45	2667	2353	314	2555	2282	273	2214	2019	196	2143	1976	166
6	3036	2959	76	2896	2831	65	2786	2556	229	2681	2507	174	2319	2235	84	2251	2182	69
5	3430	3353	77	3324	3269	54	2928	2830	98	2826	2734	92	2473	2382	90	2399	2414	-16
4	3868	3762	106	3766	3718	48	3233	3162	71	3112	3054	58	2672	2611	61	2606	2560	46
3	4464	4269	195	4372	4198	175	3553	3525	28	3436	3415	21	3061	3087	-27	2985	3008	-24
2	5459	5425	35	5308	5279	29	4072	4046	26	3941	3910	31	4674	4604	70	4615	4504	111
1	9161	8838	322	8971	8685	286	6200	6235	-36	6068	6094	-26	9161	9042	119	9077	8984	93

新居浜西条医療圏では静岡医療圏と同様に、施設数が増加するにつれて立地間の距離差も増加した。これは用途立地において、都心部である圏域東部で“分散した立地”が取られ移動距離が低減されたためである。

またすべての医療圏における集約分布でも、若干の違いはあるものの同様の傾向が見られた。

5. おわりに

本研究では人口分布に着目した都市構造の把握・分類及び適正配置シミュレーションの実施により、以下に述べる知見が得られた。

- ①既存の病院配置では医療資源が大きく偏った場合があり、適正配置によって平均移動距離が大幅に低減された。そのため病院の郊外化・集約だけでなく、医療圏を踏まえた広域的な視点での検討が必要である。
- ②いわき医療圏(分散不均等型)では施設数低減に伴う平均移動距離の増加が顕著である一方で、他二つの医療圏では平均移動距離の増加傾向は緩やかなものであった。そのため分散不均等型では施設数集約には十分な注意を払う必要がある。
- ③都市構造と施設数の組み合わせによっては、用途立地と都誘立地で平均移動距離が大幅に異なる事が示された。これらの場合には用途地域を含めたより自由度の高い立地の検討を行う事が望ましい。

以上に加え人口集約が平均移動距離の低減につながる事が示された一方で、趨勢分布と都誘立地の組み合わせが最長であった。この事を考慮すると都市機能と人口の両方を集約する事の重要性が改めて示された。

【補注】

- 注1) 都市計画区域内の離島は除く。
 - 注2) 患者流出率に対して、しきい値を20%として自己完結型、流出型、流入型、流出型4つに分類した。
 - 注3) 下関医療圏も条件を満たすが、クラスター平均値に近いいわき医療圏を選択する。
 - 注4) 各自治体の立適計画書を基に居住誘導区域データを作成し、2015年時点での居住誘導区域内の人口密度を維持する事として、区域外から人口を均等に集約・配分した。
 - 注5) 各自治体の立適計画書を基に都市機能誘導区域データを作成し、候補点を選択した。
- 【参考文献】
- 1) 国谷航介 他: 地方都市における医療施設移転の実態と中心市街地への影響評価に関する研究, 日本都市計画学会学術研究論文集, p. 331-336, 2001
 - 2) 市川美穂子 他: 地方都市における医療施設の新規立地による周辺影響と立地誘導の方向性, 日本都市計画学会都市計画論文集, 41巻3号 p. 803-808, 2006
 - 3) 洲永力 他: 200床以上の病院の移転における立地ニーズと敷地選定プロセスの実態と課題, 日本都市計画学会都市計画論文集, 51巻3号 p. 755-761, 2016
 - 4) 西尾英俊 他: 病院立地と人口分布の関係性に関する研究, 日本都市計画学会都市計画論文集, 41巻3号 p. 797-802, 2006
 - 5) 相羽良寿: 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, 23巻1号 p. 1-10, 2015
 - 6) Yu-Hsin Tsai: Quantifying Urban Form: Compactness versus 'Sprawl', Urban Studies, Vol. 42, No. 1, 141-161, 2005
 - 7) 鈴木 勉 他: 均等性と集積性の指標を用いた都市内人口分布の長期的変化の分析-ジニ係数とモラン係数による過去・現在・未来の都市空間構造-, 日本都市計画学会都市計画論文集, 54巻2号 p. 191-196, 2019