

# 中心性指標を用いた 生活サービスの利便性評価に関する研究

辻中 昇<sup>1</sup>・谷本 圭志<sup>2</sup>・長曾我部 まどか<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 非会員 株式会社地域科学研究所（〒870-0037 大分市東春日町1-1）

<sup>2</sup> 正会員 鳥取大学教授 工学部社会システム土木系学科（〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101）  
E-mail: tanimoto@tottori-u.ac.jp

<sup>3</sup> 正会員 鳥取大学助教 工学部社会システム土木系学科（〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101）  
E-mail: mchoso@tottori-u.ac.jp

コンパクトシティや小さな拠点など、生活サービスの供給施設の再配置が多くの地域で検討されている。その際、複数のサービスをついでに訪問しやすくする立地計画を目指す場合が多い一方で、その観点に立った利便性の評価手法が確立されていないという技術的な課題がある。そこで本研究では、社会ネットワーク分析における中心性の指標に基づいて、ついでによるサービスへのアクセスの可能性を考慮した評価指標を開発するとともに、複数の自治体の比較分析や、ある地域における再配置のシミュレーションを通じて、指標の有効性を明らかにする。

**Key Words :** *life support service, accessibility, centrality, social network analysis*

## 1. はじめに

近年、わが国では人口減少や少子高齢化の進行により、商店や郵便局などの生活サービスの利用者、ならびにそれらの運営を担う労働者が減少しており、生活サービスの撤退が進んでいる。これに伴い、住民がサービスを享受するためには、遠方までの移動を余儀なくされる地域も生じている。さらに、この不便が人口の流出を引き起こし、地域そのものの存在が脅かされるという悪循環に陥ることが懸念されている。この悪循環を緩和するためには、生活サービスを供給する施設を地域の人口分布に適するよう再配置し、生活サービスへのアクセスのしやすさを確保することが一つの重要な政策となる。

上記の観点に立った再配置の具体的な例として、小さな拠点がある。これは、複数の集落が散在する地域において、生活サービスを供給する施設について、それぞれの間を徒歩で移動できる範囲に集めた拠点を形成し、さらに周辺の各集落と拠点との間をコミュニティバスなどの交通手段により結ぶという構想である。これによると、一旦拠点到達すれば、複数の生活サービスへのアクセスは容易に行えるという利点がある。しかし、住民の居住地は遠方に散在していることも多くあることから、拠点到達すれば便利であっても、拠点までの到達が困難

であれば総合的には不便である。

そこで、個々の住民の立場に立ち、自宅から出発していくつかの生活サービスにアクセスし、その後に自宅にもどるという一連の行動を対象として、その行動のしやすさをもってサービスのアクセス性を評価することが重要な視点になる。すなわち、この視点に基づいた評価手法があれば有用である。しかし、これまでの研究では、単一の生活サービスへのアクセスに着目する研究は豊富にあるものの、複数のサービスを利用する場面に着目した研究はほとんどない。このため、小さな拠点のように、ある生活サービスのついでに他のサービスにアクセスしやすくすることの意義を評価することができない。

よって本研究では、一度の外出で複数の生活サービスにアクセスする場面に着目し、ある主目的のサービスにアクセスするついでにその他のサービスへ立ち寄り帰宅するまでの生活行動のしやすさを評価する指標を、社会ネットワーク分析における中心性の概念を応用して開発する。また、指標を構築した上で、実際の地域を対象にその指標を適用させ、その有効性を確認する。さらに、この指標を用いてある自治体を対象にサービスの再配置が検討できることを実証する。具体的には、遺伝的アルゴリズムを用いて指標を最適化することによって、再配置の導出を試みる。

## 2. 本研究の基本的な考え方

### (1) 既往の研究

サービスや施設へのアクセス利便性を測定する研究は、アクセシビリティ指標の開発として従来から多くの研究がなされている。その蓄積は Handy and Niemeir<sup>1)</sup>, Kwan<sup>2)</sup>, Geurs and van Wee<sup>3)</sup> など、様々なレビュー論文に整理されている。

生活サービスにアクセスする場面を想定したアクセス利便性の研究として、加知ら<sup>4)</sup>は、公共交通と自動車を用いた都市内移動を対象として、各地区から都市におけるサービスを提供する施設（以下では、「サービス供給施設」と略す）への近接性を評価する指標群を提案している。田中<sup>5)</sup>は、個人属性別の生活利便性の差異や地域におけるサービス供給施設の空間配置的な利便性の格差を明らかにすることを目的とした指標を検討している。また、片岡<sup>6)</sup>は、サービスの種別により異なるアクセス利便性の空間分布を明らかにすることを目的に、距離のべき乗を用いたアクセス利便性を評価する指標のパラメータを推定する手法を開発している。しかし、これらのいずれの研究においても、単一のサービスへのアクセスのみを考慮したものである。

一方、鈴木ら<sup>7)</sup>は立地適正化計画における基礎情報を提供することを目的に、複数の施設への総合的なアクセス利便性の評価を行っているが、この研究においても一度の外出で複数のサービスにアクセスする状況は扱っていない。また、谷本ら<sup>8)</sup>は、協力ゲームのシャープレイ値の概念に基づき、複数のサービスにアクセスする場を対象に利便性を評価する手法を提案している。しかし、サービスの数が多いほど、サービスを巡回する順序の組み合わせの数が膨大になるという計算面での難点を抱えている。

これに対して伏見ら<sup>9)</sup>は、社会ネットワーク分析における中心性概念をベースとして、観光地においてスポットへのついて訪問のしやすさを評価する指標を開発している。この指標を計算するに際しては、観光地を巡回する順序の組み合わせという問題を回避している。しかし、生活サービスを利用する場合、観光スポットとは違い、一つのサービスに対して同じ機能をもった施設が複数存在することから、観光スポットをサービス供給施設に読み替えて生活サービスへのアクセス性を評価することはできない。

ただし、この点を克服することができれば、伏見らの研究アプローチによって生活サービスを評価することが可能になる。そこで本研究では、伏見らのアプローチをベースとして、居住地からサービス供給施設へのアクセスに関する評価指標を開発する。

### (2) 社会ネットワーク分析の概要

社会ネットワーク分析<sup>10)</sup>とは、個人や企業などの関係をグラフ論的に検討する手法である。具体的には、個人や企業はノード、それら同士の関係を表す線をリンクで表すとともに、それらの接続の関係をネットワークで表すことで、関係の全体像を定量的に把握する分析手法である。

社会ネットワーク分析においてはいくつかの論点があり、その一つとしてどのノードがネットワークの中心に位置するのかわかいかにして定量化するかという問題がある。ここでは、中心性指標と呼ばれるいくつかの指標が提案されている。

伏見らは、これらの指標に含まれる媒介中心性、近接中心性に着目し、関係の有無だけに注目しているこれらの指標について、ノード間の実距離を関係の程度として反映させた指標として回遊中心性と利便中心性を開発している。以下では、それらの概要について説明する。

### (3) 回遊中心性

回遊中心性は、媒介中心性を拡張した指標である。媒介中心性は、そのノードを通る経路が多いほど中心性が高いことを表す指標であり、任意のノードペア間の最短経路のうち、媒介している経路の割合を算出する。ノード  $s, t$  間の最短経路数を  $\sigma_{s,t}$ 、ノード  $v$  を通るノード  $s, t$  間の最短経路数を  $\sigma_{s,t}(v)$  と置くと、ノード  $v$  の媒介中心性  $BWC(v)$  は以下のように定義される。ただし、ノードの集合を  $V$  で表す。

$$BWC(v) = \frac{\sum_{s \in V \setminus \{v\}} \sum_{t \in V \setminus \{s,v\}} \frac{\sigma_{s,t}(v)}{\sigma_{s,t}}}{(|V| - 1)(|V| - 2)} \quad (1)$$

この指標に距離の概念を取り込み、ある観光スポットから他の観光スポットへ行く経路において、途中で新たな第三のスポットへ立ち寄ることが容易である度合いを表したものが回遊中心性である。

観光スポットの集合を  $S$ 、スポット  $s, t$  間の距離を  $d(s, t)$  で表す。また、スポット  $s$  からスポット  $t$  へ行く途中に、スポット  $v$  に立ち寄った際の距離を以下のように定義する。

$$D(s, t; v) = d(s, v) + d(v, t) \quad (2)$$

すると、任意のスポット  $v$  の回遊中心性は以下のように表される。

$$mBWC(v) = \frac{\sum_{s \in S \setminus \{v\}} \sum_{t \in S \setminus \{v, s\}} \frac{d(s, t)}{D(s, t; v)}}{(|S| - 1)(|S| - 2)} \quad (3)$$

上式は、スポット $s$ からスポット $t$ に向かう際、直接に向かう場合に比べて $v$ に立ち寄った場合の距離が短いほど、つまり、スポット $v$ に立ち寄りやすいほど式(3)は大きな値をとることを意味している。このように、回遊中心性は、スポットの立ち寄りやすさを表している。

#### (4) 利便中心性

利便中心性は、近接中心性を拡張した指標である。近接中心性は、他のノードへの経路数が少ないほど中心性が高いことを表す指標であり、ノード $v, u$ 間の最短経路数を $g(v, u)$ とすると、ノード $v$ の近接中心性 $CLC(v)$ は以下のように定義される。

$$CLC(v) = \frac{|V| - 1}{\sum_{u \in V \setminus \{v\}} g(v, u)} \quad (4)$$

この指標に距離の概念を取り込み、ある観光スポットについて他のスポットから辿り着くのが容易である度合いを表したものが利便中心性である。任意の観光スポット $v$ の利便中心性は以下のように表される。

$$mCLC(v) = \frac{|S| - 1}{\sum_{s \in S \setminus \{v\}} d(v, u)} \quad (5)$$

本研究では、式(3), (5)をベースとして、居住地からサービス供給施設へのアクセス利便性を評価する指標を開発する。

#### (5) 指標の開発に際する前提

指標の開発に際して、実際の地域における住民の生活行動を反映させるために定めた仮定を説明する。以下では、任意の生活サービス（以下では、「サービス」と略す）を $n$ 、サービス供給施設の集合を $A_n$ と表記する。

第1に、立ち寄るサービスは高々2つであるとする。すなわち、居住地から出発した後、ある主目的のサービス（以下、「主目的サービス」と呼ぶ）を供給する施設に行き用を済ませてから帰宅するが、この途中に一つの副目的のサービス（同様に、「副目的サービス」と呼ぶ）に立ち寄ることがあるとの行動を想定する。高々2つとする理由の1つとしては、訪れるサービスが3つ以上であると、訪問の順序が大きな数となり、計算が困難になる一方、そのような行動をとることは稀と考えられるため

である。

第2に、同一のサービスであれば、それを供給するどのサービス供給施設からも享受できる恩恵は同じとする。このことより、個人が複数のサービスに立ち寄る行動をとる場合、自宅を出発してから帰宅するまでの距離が最小となる施設を選ぶことになる。したがって、個人が複数のサービスに立ち寄る行動をとる場合、個人は必ずしも最寄りの主目的サービスを利用するわけではない。

### 3. サービスの利便性の評価手法

以下では、回遊中心性と利便中心性をベースにしつつ、「サービス回遊中心性」と「サービス利便中心性」という新たな指標を構築する。

#### (1) サービス回遊中心性

任意の居住地を $s$ と置き、居住地 $s$ とサービス施設 $n$ の距離を $d(s, n)$ で表す。すると、居住地 $s$ からサービス $n$ にアクセスする際の最短往復距離は、以下のように表される。

$$D(s; A_n) = 2 \min_{t \in A_n} d(s, t) \quad (6)$$

次に、居住地 $s$ から主目的サービス $n$ に行く際に副目的サービス $k$ に立ち寄る場合、居住地 $s$ から出発してから帰宅するまでの最小移動距離は以下のように表される。

$$D(s, A_n; A_k) = \min_{\substack{v \in A_k \\ t \in A_n}} \{d(s, v) + d(v, t) + d(t, s)\} \quad (7)$$

式(6), (7)を用いて、居住地 $s$ に関するサービス $k$ の回遊中心性を、以下のように定式化する。

$$EC(s; A_k) = \sum_{n \neq k} \frac{w(A_n | A_k)}{1 + D(s, A_n; A_k) - D(s; A_n)} \quad (8)$$

分母に1が加算されているのは、距離 $D(s, A_n; A_k) - D(s; A_n)$ が0の値となった場合に、指標が発散するのを防ぐためである。また、 $w(A_n | A_k)$ は、副目的サービスが $k$ であるときに主目的サービスが $n$ である可能性がどれだけ高いかを表す重みであり、以下の条件を満たす。

$$\sum_{n \neq k} w(A_n | A_k) = 1 \quad (9)$$

## (2) サービス利便中心性

居住地 $s$ に関して、あるサービス $k$ への訪問のしやすさを以下のように定式化する。

$$CC(s; A_k) = \frac{1}{1 + \min_{v \in A_k} d(s, v)} \quad (10)$$

分母に1が加算されているのは、サービス回遊中心性と同様の理由による。

## (3) サービス複合中心性

サービス回遊中心性が複数のサービスへの立ち寄りを想定しているのに対して、サービス利便中心性は単一のサービスへの立ち寄りのみを想定している。一方で、実際の日常的な行動においては、単一のサービスに立ち寄る場合もあれば、複数の場合もある。したがって、これらを組み合わせた指標を構築するのが有効である。

そこで、以下に示す複合的な指標が考えられる。

$$OC(s; A_k) = w_{ek} EC(s; A_k) + w_{ck} CC(s; A_k) \quad (11)$$

ここで、 $w_{ek}$ ,  $w_{ck}$ はそれぞれの指標に関する重みであり、以下の条件を満たす。

$$w_{ek} + w_{ck} = 1 \quad (12)$$

重みについて( $w_{ek}, w_{ck}$ )=(1, 0)の場合、サービス複合中心性はサービス回遊中心性を、( $w_{ek}, w_{ck}$ )=(0, 1)の場合はサービス利便中心性を表すことから、サービス複合中心性は二つの指標の一般化となっている。

## (4) 地域全体の評価

居住地に関する指標を地域単位に集約することで、地域全体の利便性を評価することもできる。地域における居住地の集合を $S$ 、居住地 $s$ の人口を $z_s$ とすると、地域全体におけるサービス $k$ のサービス複合中心性は以下のように表される。

$$OC(S; A_k) = \frac{\sum_{s \in S} OC(s; A_k) z_s}{\sum_{s \in S} z_s} \quad (13)$$

## 4. 地域間の比較分析

### (1) 対象地域

以下では、過疎地域に指定されている鳥取県内の自治体である岩美町、江府町、三朝町、若桜町、智頭町、日

南町、日野町を対象とし、それぞれの自治体の利便性を比較することで、指標の有効性を実証的に確認する。対象とするサービスを、スーパー、銀行、雑貨、病院、郵便局の5つとする。ここでの雑貨とは、ドラッグストアとホームセンターの総称である。居住地に関しては、平成27年度国勢調査における1kmメッシュ別人口データに着目し、そこでのメッシュのうち人口が1人以上のメッシュを個々の居住地とする。

居住地やサービス供給施設間の距離は、GISを用いて居住地や施設間の最短経路を測定して与える。居住地の基準点は、1kmメッシュの中心点とする。サービス供給施設は、スーパーと雑貨については日本スーパー名鑑2017に記載のある商店、銀行に関してはグーグルマップに記載のある店舗を対象とする。病院と郵便局はそれぞれ、国土数値情報<sup>11)</sup>にある医療機関データのうち、内科または外科が含まれた医療施設と、郵便局データを用いた。各自治体におけるサービス供給施設と居住地の位置を図-1～図-7に記す。

また、サービス回遊中心性における重みは、以下の2通りに設定した。

$$w(A_n | A_k) = \frac{P_n}{\sum_{m \in H/\{k\}} P_m} \quad (14)$$

$$w(A_n | A_k) = \frac{1}{|H| - 1} \quad (15)$$

ここで、 $H$ は対象とするサービスの集合であり、先述のように、以下ではスーパー、銀行、雑貨、病院、郵便局の5つである。 $P_n$ は一日にサービス $n$ を利用する確率を表し、本研究では平成28年社会生活基本調査<sup>12)</sup>における一日の行動者率を用いる。行動者率が高いサービスは、利用の頻度が高いことを意味することから、式(14)は、実際にそのサービスを利用する可能性に基づいた重みであるのに対して、式(15)は、利用の頻度を考慮しない、均等での重みを表している。このため、前者は住民の実際の行動に即したサービス回遊中心性、後者は施設の空間配置に着目したサービス回遊中心性を評価することができる。

式(12)で表される重みも行動者率を用いて、次式のように与える。

$$w_{ek} = \frac{w_E}{w_E + w_C} \quad (16)$$

$$w_{ck} = \frac{w_C}{w_E + w_C} \quad (17)$$

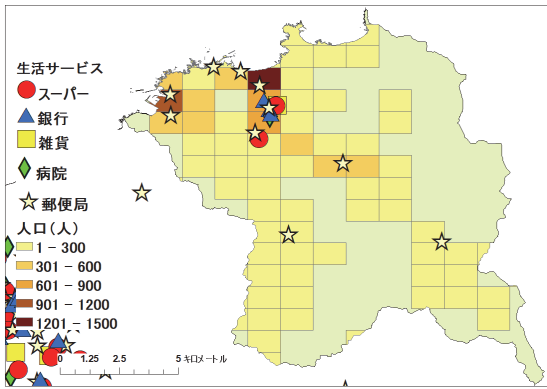


図-1 サービス供給施設と居住地の位置 (岩美町)

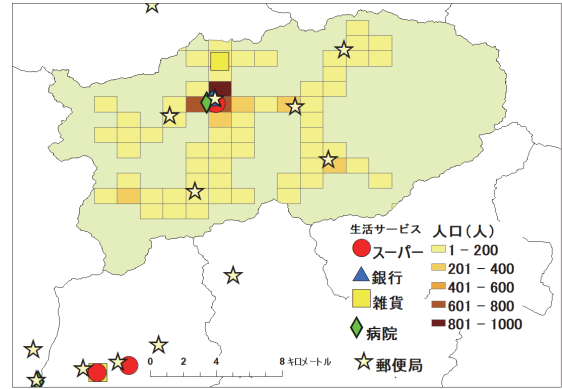


図-5 サービス供給施設と居住地の位置 (智頭町)

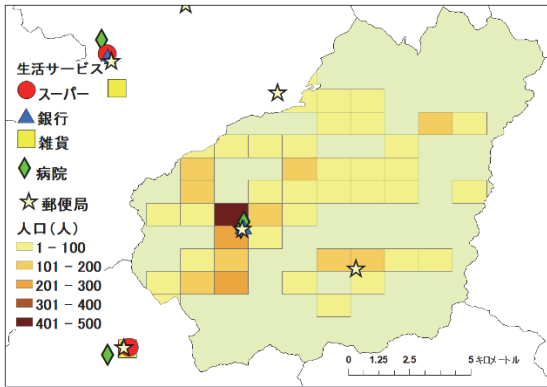


図-2 サービス供給施設と居住地の位置 (江府町)

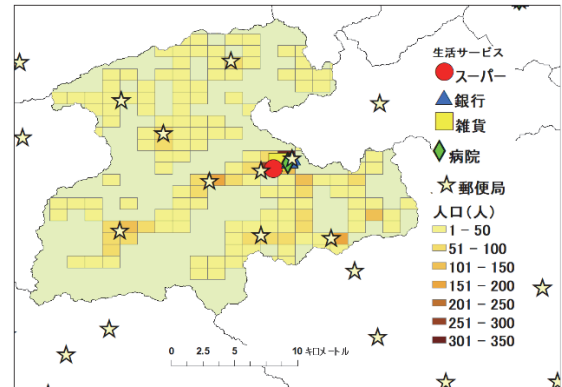


図-6 サービス供給施設と居住地の位置 (日南町)

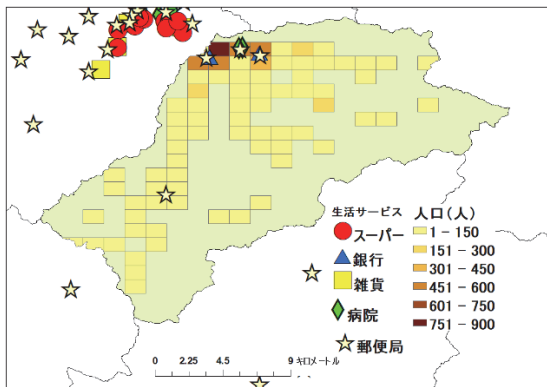


図-3 サービス供給施設と居住地の位置 (三朝町)

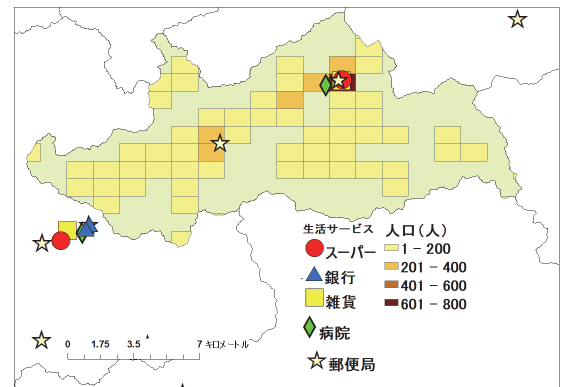


図-7 サービス供給施設と居住地の位置 (日野町)

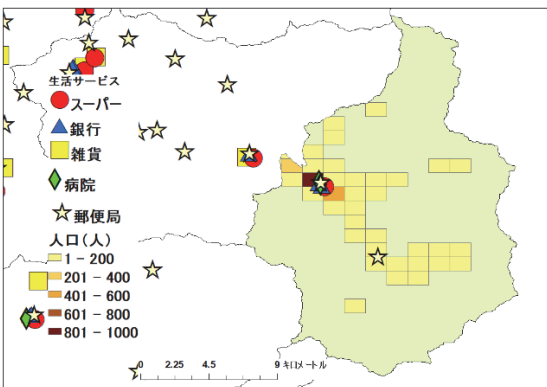


図-4 サービス供給施設と居住地の位置 (若桜町)

ここで、 $w_E, w_C$ はそれぞれ、着目するサービスについて訪問する場合の確率と、同サービスにのみアクセスする確率である。着目するサービスが $k$ である場合、これらは次式で表される。

$$w_E = P_k \left[ \sum_{n \neq k} P_n \prod_{k' \neq n, k} (1 - P_{k'}) \right] \quad (18)$$

$$w_C = P_k \prod_{n \neq k} (1 - P_n) \quad (19)$$

表-1 サービス回遊中心性における重み (式(14))

		主目的サービス( $A_n$ )				
		スーパ	銀行	雑貨	病院	郵便局
副目的サービス( $A_k$ )	スーパー		0.07	0.75	0.11	0.07
	銀行	0.45		0.45	0.07	0.04
	雑貨	0.75	0.07		0.11	0.07
	病院	0.46	0.04	0.46		0.04
	郵便局	0.45	0.04	0.45	0.07	

表-2 サービス複合中心性の重み

サービス	$w_{ik}$ : 式(16)	$w_{ik}$ : 式(17)
スーパー	0.36	0.64
銀行	0.50	0.50
雑貨	0.36	0.64
病院	0.50	0.50
郵便局	0.50	0.50

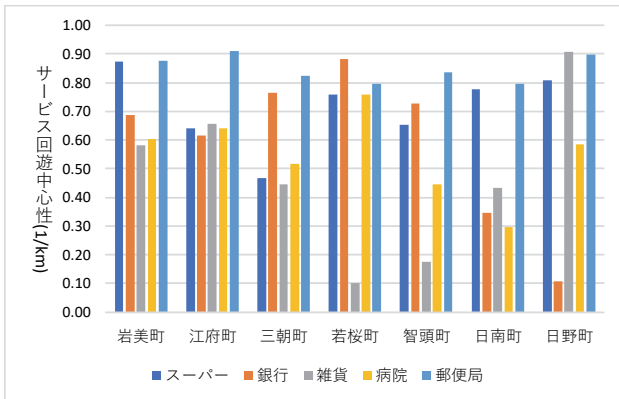


図-8 サービス回遊中心性 (重み: 行動者率)

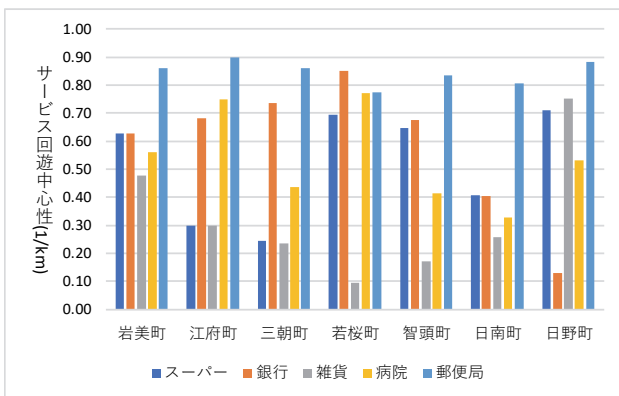


図-9 サービス回遊中心性 (重み: 均等)

スーパー, 銀行, 雑貨, 病院, 郵便局のそれぞれの週全体の行動者率は, 0.316, 0.028, 0.316, 0.048, 0.028であるため, これらを用いて式(14)を求めた結果を表-1に示す. また, 同様に式(16), (17)を求めた結果を表-2に表す.

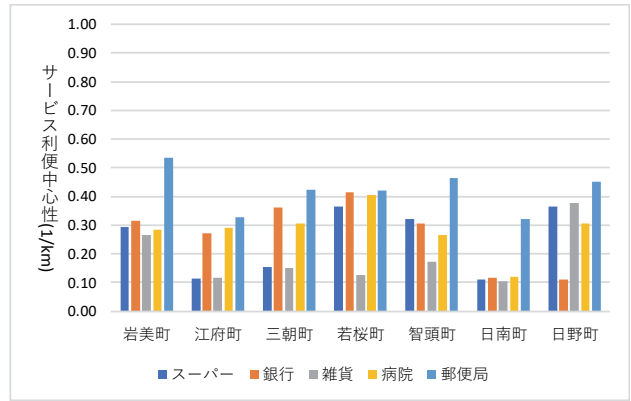


図-10 サービス利便中心性

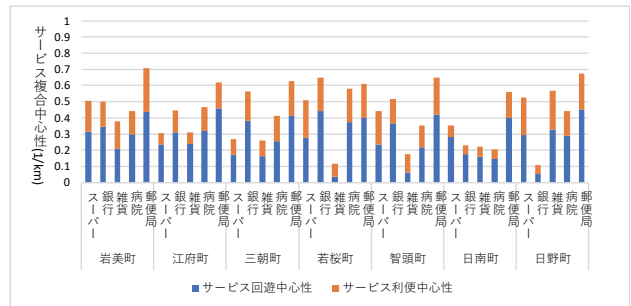


図-11 サービス複合中心性 (重み: 行動者率)

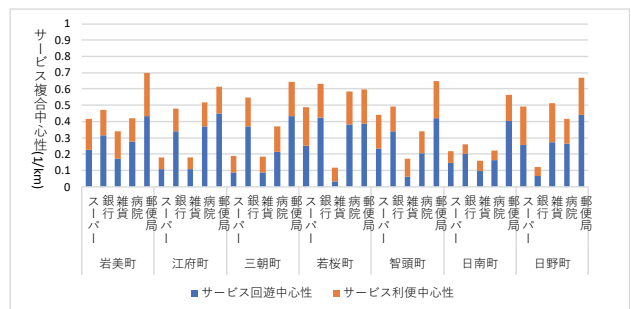


図-12 サービス複合中心性 (重み: 均等)

## (2) 地域間の比較

各自治体におけるサービス回遊中心性, サービス利便中心性及びサービス複合中心性を算出した. なお, サービス回遊中心性には2通りの重みが設定されているため, それぞれの場合を計算した. まず, 式(14)の重みを用いた結果を図-8, 式(15)の重みを用いた結果を図-9に示す. どちらの重みのもとでも, 若桜町と日野町を除いたすべての自治体で, 郵便局のサービス回遊中心性が最も大きな値となった. これは, 郵便局は分散して立地していることに伴い, どの居住地からもついで訪問しやすいという直感に合った結果である.

次に, サービス利便中心性の計算結果を図-10に示す. サービス回遊中心性と, サービス利便中心性を比較すると, 若桜町と智頭町の雑貨, 日野町の銀行を除いて, 前者のほうが大きい値をとっている. これは, 各居住地から任意のサービスへアクセスしにくい, 一度外出する

と他のサービスへの訪問が容易であるということの意味する。このことは、図-1～図-7から分かるように、今回の対象となった自治体では人口が多いエリアまたはその近辺にサービス供給施設が集積している場合が多いという点が反映されたためと考えられる。しかし、若桜町、智頭町の雑貨と日野町の銀行に関しては、それぞれ他のサービス供給施設から居住地とは遠い位置に独立して立地しており、どのサービスからもついでに立ち寄り難い状況にある。このことも、指標に反映されている。

さらに、重みに行動者率を適用した場合と均等にした場合のサービス複合中心性を、サービス回遊中心性とサービス利便中心性の内訳とともにそれぞれ図-11、図-12に示す。三朝町のスーパーと雑貨、そして若桜町と智頭町の雑貨を除いて、サービス回遊中心性がサービス利便中心性を上回っていることが分かる。このことから、サービス供給施設へのアクセスの容易さを検討する際、ついで訪問を考慮することの重要性が示されている。

以下では、対象地域間での比較から自治体の特徴を考察する。日南町では、銀行を除いたすべてのサービスにおいて、他の自治体と比べてサービス利便中心性が最も小さい。これは、図-6から分かるように、日南町は対象地域の中で最も面積が大きいいため、必然的にサービス供給施設が集積している場所までのアクセスが不便となっていることに起因する。しかし、スーパーのサービス回遊中心性に関しては、江府町、三朝町より、いずれの重みを適用させても大きい値となっている。これは、江府町と三朝町のスーパーは町外にのみ存在し、他のサービス供給施設と離れた場所に立地しているためである。したがって、日南町は江府町、三朝町と比べ、スーパーが他のサービス供給施設に近接して立地しているといえる。

サービス複合中心性について、対象地域の中で最も高い中心性は岩美町の郵便局であり、最も低い中心性は日野町の銀行である。岩美町は対象地域の中で町内の郵便局の数が最も多い自治体であり、どの居住地からもついで訪問及び単一のアクセスが容易であることが反映されている。それに対して日野町では銀行が町外にあり、それに加えてその他のサービス供給施設が人口分布の高いエリアに集積している。したがって、日野町は銀行について訪問及び単一のアクセスが不便であるということが結果として反映されたと考えられる。

江府町内にはスーパーと雑貨が存在しないが、行動者率による重みを考慮したスーパーと雑貨のサービス回遊中心性が、重みを均等にしたそれに比べて大きく改善され、町内に存在する銀行・病院より中心性が高くなっている。これは、表-1に示したように、一度の外出でスーパーと雑貨の2カ所に立ち寄る頻度が最も多く、また、それらが互いに近接して立地していることから、ついでに立ち寄るのが互いに容易であるためである。したがっ

て、江府町において住民の実際の行動を考慮した上でこれらの施設へのついで訪問を検討する場合、必ずしも不便ではないという結果となった。

## 5. サービス供給施設の再配置

### (1) 遺伝的アルゴリズムの適用

以下では、サービス供給施設を再配置の場面を想定し、ここで構築した指標を活用して再配置の検討が可能であることを示すことで、指標の有効性を確認する。具体的には、智頭町を対象とし、2025年と2050年の二時点におけるスーパーの最適な立地場所を求める。なお、スーパーを対象とした理由であるが、今後の技術の進展に伴い、無人の小型スーパーが普及する可能性が高いと考えられ、従来と比べて人件費や土地の制約を受けずに柔軟な立地ができるようになると考えられるためである。

最適な立地場所を求める手法としては、遺伝的アルゴリズム<sup>13,14)</sup>を適用する。このアルゴリズムは、生物が自然に適用するプロセスをアルゴリズムに見立てた最適化手法の一つであり、組み合わせ最適化問題などをはじめとした解の探求に用いられる。一般的には、遺伝子の集合体である染色体が初期にいくつかあり、それぞれの染色体に対してどの程度生存に適しているのかを表す評価値が計算される。基本的には、最も評価値が高い染色体ほど次世代に生き残る確率が高く、世代ごとの生存を解して生き残った染色体を最適な染色体として求めるといったプロセスで計算するのが基本的な考え方である。スーパーの立地場所を求めることは、スーパーを立地する／しないという選択肢を立地可能なすべての候補地に関して求めることであり、これは立地可能な場所の候補地が遺伝子、どこに立地する／しないは遺伝子の値(1, 0)、染色体は地域全体としてどこに立地するのかを表すベクトル情報というように応用が可能である。また、評価値としては本研究で構築した、重みを行動者率から与えた場合のサービス複合中心性を用いる。

遺伝的アルゴリズムの計算のフローは通常の場合と同様、「初期集団の生成」「評価」「選択」「交叉」「突然変異」のステップによる。各ステップにおいて様々な手法が存在するが、詳細は文献<sup>14)</sup>に譲り、以下では本研究で採択した方法を簡潔にまとめる。

- ・初期集団の生成：スーパーの候補地は、国土数値情報の平成26年度土地利用1kmメッシュデータより、町内の建物用地に該当するメッシュとした。その結果、遺伝子が47個となった。そして、47個の遺伝子をもつ染色体を1000発生させる。
- ・評価：それぞれの染色体が表す立地の場合における評価値(行動者率に基づくサービス複合中心性)を算出

する。

- 選択：1000の染色体について、2ずつペアを作り、そのうち評価値が大きい方を選択する「トーナメント方式」による。また、ペアのうち、選択されなかった染色体を選択された染色体に置き換える。すると、同一の遺伝子をもった染色体が2ずつ存在する状態となる。これ以降の「交叉」「突然変異」については、それぞれ重複する染色体のうち1個体を対象に行うものとする。
- 交叉：「一点交叉法」を用いる。
- 突然変異：「スクランブル」を行う。

以上がそれぞれのステップの具体的な内容である。突然変異まで行い、新しく生成された染色体に対して再び評価し、最大値の更新がなくなるまでこれらの手順を繰り返す。

## (2) 再配置の結果

二時点における最適化に際し、スーパーの店数を1~5店としたときのそれぞれの立地場所を算出した。具体的なスーパーの位置を図-13、図-14に表す。スーパーを1店増加させて計算を行うたびに、増加前に算出されたスーパーの立地場所に加えて新たな立地場所が選択されるという結果になった。よって、図ではスーパーの店数を1~5店とした際に選定される新たな立地を1店目~5店目として表している。また、これらの図の比較から、スーパーを3店にしたときの立地場所が異なるが、5店の立地場所は等しいことが明らかになった。

次に、スーパーを1~5店に設定した場合のサービス複合中心性の値を図-15、図-16に示す。いずれの店数に設定した場合でも2050年の中心性が大きいことが分かる。これは、図-15の1, 2, 4店目の記号が表示されているメッシュの総人口比が、2025年と比較して0.34から0.43に増加しているためであり、それら以外のメッシュ、すなわち、比較的アクセスが不便な場所における人口の減少率が大きいことに起因すると考えられる。

また、これら図からスーパーの店数に応じて中心性が大きくなっていることが読み取れるが、中でも値の増分が最も大きいのは、どちらの年においてもスーパーが1店から2店とした場合である。すなわち、再配置による利便性向上の効果が最も大きく表れているのがこの場合である。なお、いずれの時点においても2店としたときのスーパーの立地場所は同じであり、そのうち南方のエリアには現存するスーパーが立地している。このため、2店のスーパーを立地することになれば、ついでを含む住民の行動に即したアクセス性の観点からは、現存のスーパーから約1km北方の位置での立地が有効と提案することができる。

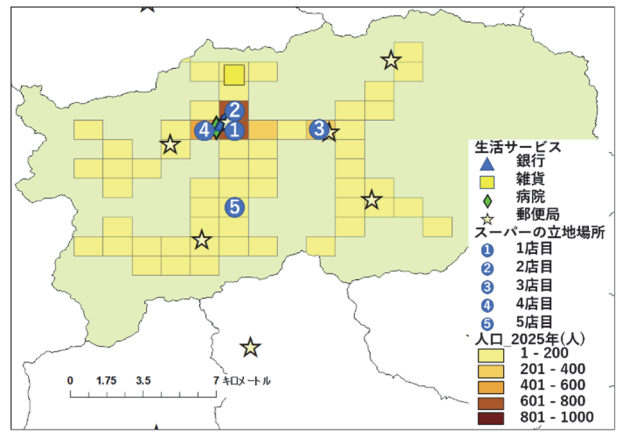


図-13 スーパーの最適な立地場所 (智頭町, 2025年)

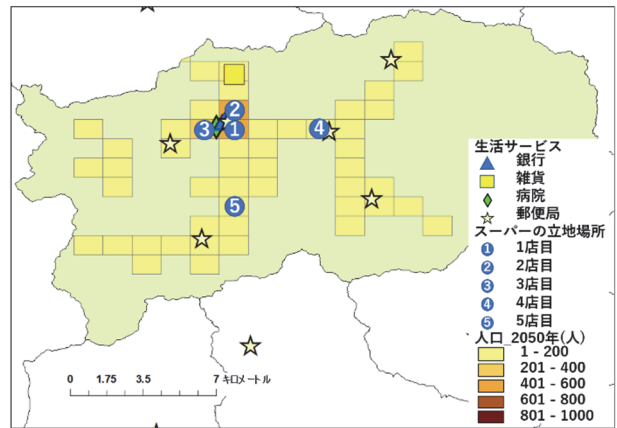


図-14 スーパーの最適な立地場所 (智頭町, 2050年)

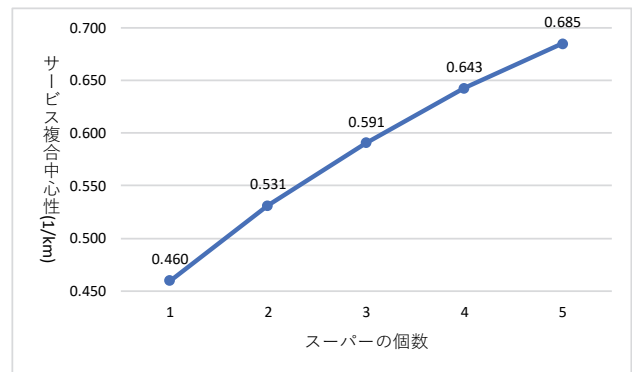


図-15 スーパーの店数とサービス複合中心性 (2025年)

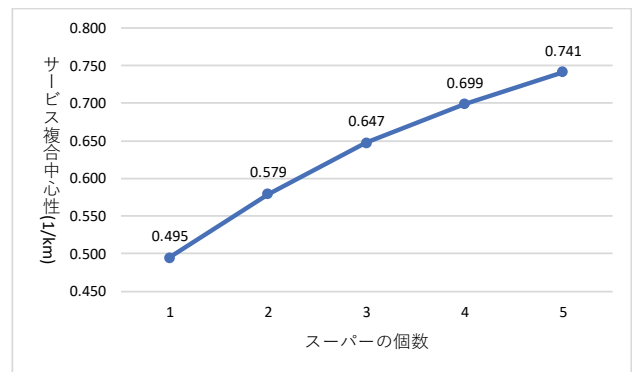


図-16 スーパーの店数とサービス複合中心性 (2050年)



## 6. おわりに

本研究では、一度の外出で複数のサービスにアクセスする場面に着目し、ある主目的のサービスから副目的のサービスへついでに立ち寄り帰宅するまでの生活行動のしやすさを評価する指標を、社会ネットワーク分析を応用していくつか提案した。また、それらを実際の自治体に適用させて地域間の利便性を比較することで、その有効性を確認した。さらに、1つの自治体を対象に、遺伝的アルゴリズムを用いてそれら指標を最適化させ、本研究で提案した指標が再配置の検討に応用可能であることを示した。

ここでは規範的なアプローチにより利便性を測定するが、利便性は利用者の行動や、サービスの事業性ならびに持続可能性にも影響を及ぼすはずである。今後は、この指標を用いてこれらの関係性を分析し、その有効性と妥当性の双方を検証したい。

謝辞：本研究はJSPS科研費 JP17H03325の助成を受けた。付して謝辞と致します。

### 参考文献

- 1) Handy, S. L. and Niemeier, D. A.: Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives, *Environment and Planning A*, Vol. 29, pp. 1175-1194, 1997.
- 2) Kwan, M.-P.: Space-time and integral measures of individual accessibility: a comparative analysis using a point-based framework, *Geographical Analysis*, Vol. 30, No. 3, pp. 191-216, 1998.
- 3) Geurs, K. T. and van Wee, B.: Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions, *Journal of Transport Geography*, Vol. 12, pp. 127-140, 2004.
- 4) 加知範康, 岑貴志, 加藤博和, 大島茂, 林良嗣: ポ

- テンシ型アクセシビリティに基づく交通利便性評価指標群とその地方都市への適用, 土木計画学研究・論文集, No. 23, pp. 675-686, 2006.
- 5) 田中耕市: 個人属性別にみたアクセシビリティに基づく生活利便性評価—福島県いわき市を事例として, 地理学評論, Vol. 74, No. 5, pp. 264-286, 2001.
  - 6) 片岡裕介: 柔軟な距離減衰関数を用いた都市施設のアクセシビリティ分析, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 83, No. 743, pp. 73-82, 2018.
  - 7) 鈴木宏幸, 鈴木温: 立地誘導政策評価のための生活必需品に関するアクセシビリティ評価—愛知県瀬戸市を対象として, 都市計画論文集, Vol. 51, No. 3, pp. 709-714, 2016.
  - 8) 谷本圭志, 岩田千加良: ついでのしやすさに着目した生活サービスへのアクセス利便性の評価, 土木学会論文集D3 (土木計画学), Vol. 74, No. 5, (土木計画学研究・論文集35巻), pp. I\_453-I\_462, 2018.
  - 9) 伏見卓恭, 斎藤和巳, 武藤伸明, 池田哲夫, 風間一洋: 実距離を考慮した中心性指標の提案と重要観光スポット抽出への応用, 人工知能学会論文誌, Vol. 30, No. 6, pp. 703-712, 2015.
  - 10) M. E. J. Newman: *Networks: An Introduction*, Oxford Univ Press, pp. 181-193, 2010.
  - 11) 国土交通省国土政策局国土情報課: 国土数値情報 <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
  - 12) 総務省統計局: 平成28年社会生活基本調査 <https://www.stat.go.jp/data/shakai/2016/index.html>
  - 13) John H. Holland(嘉数侑昇他共訳): 遺伝的アルゴリズムの理論—自然・人工システムにおける適応—, 森北出版, 1999.
  - 14) 棟朝雅晴: 遺伝的アルゴリズム—その理論と先端的手法—, 森北出版, 2015.

(2020.3.8 受付)

## ACCESSIBILITY MEASURE FOR LIFE SERVICES USING CENTRALITY IN SOCIAL NETWORK ANALYSIS

Sho TSUJINAKA, Keishi TANIMOTO and Madoka CHOSOKABE

The relocation of the facilities which provide the services for daily life has been discussed in many regions. By the relocation, it is expected that consecutive trips to several services at one opportunity of going out can be made easily. However, there is no measure to evaluate the opportunity. In this study, we develop the measure for the accessibility by consecutive trips to the service using the concept of centrality which has been proposed in social network analysis. Then we conduct the case study to show how this measure explain the difference of the accessibility between municipalities. In addition, we demonstrate to plan the relocation in a case study area using the measure.