

ポテンシャル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^{*1}

Accessibility Evaluation Indicator System based on Potential - type Accessibility Index ^{*1}

By Noriyasu KACHI ^{*2}・Takashi MINE^{*3}・Hirokazu KATO^{*4}・Shigeru OSHIMA^{*5}・Yoshitsugu HAYASHI^{*6}

加知範康^{*2}・峯貴志^{*3}・加藤博和^{*4}・大島茂^{*5}・林良嗣^{*6}

1. はじめに

日本の都市では、高度経済成長期以降モータリゼーションとスプロールの相乗作用が急速に進んでいる。自治体もこれを抑制しようとせず、むしろスプロールした地区にインフラを供給し続け、また自らが公共施設を郊外部に展開し、結果的にこの相乗作用を促進してきた。その結果、現在では大半の都市において自動車依存が顕著である一方、公共交通網が貧弱になっている。特に地方中小都市では、大都市に比べて自動車依存が著しい。また、中心市街地空洞化も深刻である。

しかしながら、今後の人口減少・経済成熟社会において、このような自動車依存都市が高い魅力を保ち続けられる保証はない。道路渋滞の深刻化、中心市街地空洞化による地域魅力の低下や環境問題に対する意識の高まりに加えて、超高齢社会への突入に伴って移動制約者が急増すると予想されることから、その社会参加 (Social Inclusion) のための方策も求められ、自動車への過度の依存から公共交通活性化への転換が模索される必要がある。

公共交通利用促進策を交通システムや施設立地の見直しといった様々なアプローチによって進めていくためには、自動車と公共交通による移動の利便性や、施策実施に伴うその変化の空間的分布を定量的に把握する必要がある。そのためには、公共交通及び自動車による都市内の様々な施設への行きやすさを定量的に表す指標、すなわちアクセシビリティ指標^{1), 2)}の導入が考えられる。

そこで本研究では、公共交通と自動車を用いた都市内移動を対象として、各地区から都市全体の主要施設への近接性を評価するポテンシャル指標の考え方をベースに、GIS (Geographical Information System) を利用して定量的に評価するアクセシビリティ指標群を提案することを目的とする。さらに、この指標群を地方都市に適用し、公共交通と自動車が提供するアクセシビリティの比

表-1 アクセシビリティ (AC) 指標の種類³⁾

分類	概要
インフラに基づくAC	交通システムの輸送力などの機能を表現。例えば、道路網の所要時間、渋滞、運行速度である。必要なデータは入手しやすく、研究者や施策立案者が解釈しやすい。しかし、土地利用、時間的制約、個人属性を考慮できない短所を持つ。
活動に基づくAC	
(1) 距離指標	活動に基づく指標の中では最も単純な指標。特定の2点間がどれだけ結びついているかを表す。2点間の移動時間・距離がよく用いられる。
(2) 等高線指標	予め与えられた移動時間・距離・費用で到達することが可能な機会の数で表される。ここでは、機会とは、レジャー・余暇活動も含めた経済活動を行う機会であり、例えば、仕事場、教育・文化施設、健康・医療施設、買物・サービス施設の数である。
(3) ポテンシャル指標	地区の全地区の機会への近接性を、地区の機会の大きさと地区からその地区までの移動時間・距離・費用 (交通抵抗) を用いて表す。等高線指標の欠点を克服し、土地利用と交通の両要素の複合的効果を評価できる。しかし、交通抵抗で機会を重み付けしているため、解釈や伝達が難しい。
(4) 時空間指標	個人の空間的・時間的制約の融合という観点から近接性を表す指標。時間と空間の2軸で交通行動を表現する時空間プリズムを用いて評価する。これは、交通システムや土地利用、更に個人の空間的・時間的制約を考慮した指標であり、理論性は非常に高い。しかし、個人の詳細な交通行動データが必要であり、操作性は低い。
効用に基づくAC	交通選択の集合を用いて近接性を解釈する指標。ランダム効用理論に基づく指標とエントロピーモデルに基づく指標の2種類がある。この指標は、交通システムと土地利用の両方を考慮しており、個人による近接性の評価を捉えている。また、交通システムや土地利用への投資が個人に与える便益を評価するために有用な基礎となる。

較や、各種施策の効果把握を行う。

2. 既存のアクセシビリティ指標の整理と本研究で用いる指標の位置付け

(1) 既存のアクセシビリティ指標の整理

アクセシビリティ (AC) 指標は、既にさまざまな定義が行われている。オランダ国立公衆衛生・環境研究所 RIVM(2001)³⁾によるAC指標の分類を表-1に示す。

日本の地域交通計画においては、都心部や駅・公共

^{*1} キーワーズ: 総合交通計画, 公共交通計画, 都市計画, GIS

^{*2} 学生会員, 修(環境), 名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻 (〒464-8603 名古屋千種区不老町, TEL052-789-2773, FAX052-789-3837)

^{*3} 学生会員, 学(工), 名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻

^{*4} 正会員, 博(工), 名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻

^{*5} 非会員, 修(環境), 三井不動産ビルマネジメント株式会社

^{*6} フェロー, 工博, 名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻

施設等への所要時間で交通利便性を表現したり、駅（バス停）勢圏を描いて公共交通空白地区を抽出する方法がとられることが一般的である。これは表-1のインフラに基づくAC指標に当たる。しかし、これらは非常に簡易なACの表現方法であり、活動・効用に基づくACがより本質的な指標である。

また、少子・高齢化に着目し、アクセシビリティ指標を用いて交通利便性を評価した研究として、商業・医療施設に対するアクセシビリティと人口分布の関係を実証的に分析したもの⁴⁾や生活活動パターンを考慮したアクセシビリティに関する研究⁹⁾などがあるが、高齢者を対象に分析を行ったものであり、少子・高齢化の影響を組み込み交通利便性の変化の動的に扱ったものではない。

近年の研究では、表-1の中でも、個人の空間的・時間的制約を考慮し、論理性が高い、時空間アクセシビリティ指標を用いた分析が多く行われてきている⁵⁾⁶⁾。しかしながら、時空間アクセシビリティを計算するためにはアクティビティダイアリー調査を行う必要があり、多くの時間と費用を要することから、実務への適用は限定的とならざるを得ない。

イギリスでは、ロンドン以外の地域の全地方自治体は、地方交通計画（Local Transport Plan : LTP）を策定しなければならないことになっている。地方自治体から提出された地方交通計画は、政府によりその内容が評価され、次年度以降の補助金の配分に利用される。そのために各自治体は、政府が規定するNational and Local Performance Indicatorsに対応する指標によってLTPの評価作業を行っている。その1つとして位置付けられているACの評価に用いられている指標群の例を、本研究で後に扱う評価項目（対象施設）と対応させて整理したものを表-2に示す。この指標は、表-1に示す指標分類では等高線指標にあたり、先述した日本の評価指標よりは包括的にACを表すものであるが、移動目的地である各施設の魅力度や各交通ネットワークの移動しやすさ（交通抵抗の大小）を考慮できるものにはなっていない。

そこで本研究では、多数の施設配置および各施設の魅力度と交通ネットワークに関するデータから簡便に交通利便性を計算することができ、地方都市で適用が可能な指標として、表-1のうちのポテンシャル指標の考え方に基づく定式化を行う。

(2) アクセシビリティ指標の定式化

本研究ではACを「各地区から主要施設への近接性を評価する指標」とし、式(1)~(5)で定義する。

$$AC_{ikm} = \varepsilon_{im} \sum_j \left\{ \sum_l AT_{jkl} \exp(-\alpha_{km} c_{ijm}) \right\} \quad (1)$$

表-2 イギリスのLTPにおける
アクセシビリティ評価指標の例

本研究での分類	評価指標の例
就業 利便性	1) 主な就業地まで 20 分以内の失業手当を必要としている 16~64 歳人口比率
	2) 主な就業地まで 40 分以内の失業手当を必要としている 16~64 歳人口比率
	3) 中等学校通学時間20分以内の10~15歳人口比率
教育 文化 利便性	4) 中等学校通学時間20分以内+自動車非保有世帯の10~15歳人口比率
	5) 中等学校通学時間40分以内の10~15歳人口比率
	6) 中等学校通学時間40分以内+自動車非保有世帯の10~15歳人口比率
	7) 教育機関まで30分以内の16~19歳の人口比率
健康 医療 利便性	8) 教育機関まで60分以内の16~19歳の人口比率
	9) 病院まで 15 分以内の世帯比率
	10) 病院まで 15 分以内の自動車非保有世帯比率
	11) 病院まで 30 分以内の世帯比率
	12) 病院まで 30 分以内の自動車非保有世帯比率

(注) Lancashire county council HP を参考に作成

(<http://www.lancashire.gov.uk/environment/tp/provtp/index.html>)

$$AC_{im} = \sum_k (\beta_k AC_{ikm}) \quad (2)$$

i : 評価対象地区, j : 近隣地区, k : 評価項目, m : 交通機関, l : 対象施設, ε_{im} : 交通機関別補正係数（特定の交通機関を利用できない人を考慮するための係数）, AT : 魅力度, J : 地区数, c_{ij} : 地区 i から地区 j へ移動する際の交通抵抗（一般化費用）, α_k, β_k : パラメータ, L : 評価項目数, K : 評価項目 k の対象施設の種類の

一般化費用 c_{ij} は、式(3)に示す要素から構成され、それぞれの説明変数は（3）で述べる施策の操作変数に対応する。

$$c_{ij} = \sum_{l \in (i, j, j)} \left\{ V \left(\frac{d_l}{v_l} + t_l \right) + c_l \right\} \quad (3)$$

V : 時間価値, d_l : l での移動距離, v_l : l での移動速度, t_l : l での待ち時間, c_l : l での所要費用, $l: l=i$ のときアクセス, $l=ij$ のとき地区間, $l=j$ のときイグレスを表す添字

ここで定式化しているポテンシャル型AC指標は、時空間アクセシビリティ指標のように個人の詳細な生活スタイルに基づいた交通利便性を表しうるものではないが、4章（2）で説明するように、アンケート調査に基づき計算された評価項目 k 間の重み β_k を用いることで、移動目的として何が重視されているかを指標に組み込むこ

とが可能である。また、対象施設の魅力度 AT とその施設までの交通抵抗 c を考慮することで活動目的と移動のしやすさを同時に反映するものになっており、所要時間や駅勢圏人口カバー率といった指標と比較して、簡便性を保ちつつも交通施策効果の指標としてより有用なものとなっている。式(1)は重力モデル²⁾の形であり、距離による減速を指数関数で表している。また式(2)は、式(1)で評価項目 k 毎に算出される AC_k のパラメータ β_k による重み付け総和を総合的な AC 値とすることを表している。

AC としては、式(1)、(2)のように主要施設の魅力度をそのまま単位として用いるもの(絶対 AC)のほか、式(4)、(5)のように都市の全魅力度で各地区の魅力度を基準化した AC (AC^s)を定義することができる。

$$AC_{ikm}^s = \varepsilon_{im} \sum_j \left\{ \sum_l \frac{AT_{jkl}}{\sum_j AT_{jkl}} \exp(-\alpha_{km} c_{ijm}) \right\} \quad (4)$$

$$AC_{im}^s = \sum_k (\beta_k AC_{ikm}^s) \quad (5)$$

絶対 AC は、都市内の対象全施設の魅力度の合計値が変化する新規の施設整備や施設の統合などの施策分析、および AC の経年変化の分析に使用できるという長所があるが、全体の施設量が異なる都市間比較において、都市内の AC の空間分布の違いを直接比較できない。一方、基準化 AC は0から1までの値をとる。 AC が1の時は交通抵抗による施設魅力度の低下が全く無いこと、つまり対象地域内の全施設が当該地区にあることを意味し、 AC が0の時は交通抵抗による施設魅力度の低下が無限大であること、つまりその地区からアクセスできる施設が対象地域に全くないことを意味する。これにより、数値の解釈は容易となるものの、都市の全魅力度の合計値が一定の場合での比較にしか用いることができず、新規の施設整備や施設の統合などの施策分析における比較には適用できない。

本研究におけるケーススタディでは、対象地域内の施設数合計が不変である場合を考えていることから、基準化 AC を使用する。以下では、簡単のために基準化を示す添字 s を省略する。

AC の評価項目と対象施設、そして施設の魅力度指標として考えられる項目を表-3に示す。本研究では、この中からデータの入手可能性と地方都市への適用を念頭に、太字で示す対象施設と魅力度指標を選択して利用している。

さらに、対象地域全体の平均的な AC として AAC (Average Accessibility) と WAC (Weighted Average

表-3 AC の評価項目と対象施設・魅力度指標の例
(太字は本研究で採用したもの)

評価要素 k	対象施設 l	魅力度指標 AT_{kl}
就業利便性	企業	従業員数[人], 企業の種類[種類], 資本金[円], 生産額[円]
	高校・大学	定員[人], 教室数[室], 延べ床面積[m ²], 職員数[人]
教育・文化利便性	図書館	蔵書数[冊], 延べ床面積[m ²]
	研究施設	延べ床面積[m ²], 特許数[点], 研究員数[人]
	美術館・博物館	延べ床面積[m ²], 備え付け品数[点], 職員数[人]
	劇場	収容人数[人], 延べ床面積[m ²]
健康・医療利便性	病院	病床数[床], 診療科目数[科目], 延べ床面積[m ²], 職員数[人]
	医院・診療所	診療科目数[科目], 延べ床面積[m ²], 職員数[人]
	保育所	定員[人], 教室数[室], 延べ床面積[m ²], 職員数[人]
	社会福祉施設	収容人数[人], 延べ床面積[m ²], 職員数[人]
買物・サービス利便性	大規模小売店舗	延べ床面積[m ²], 店員数[人], 店舗の種類[種類]
	商業施設	延べ床面積[m ²], 店員数[人], 店舗の種類[種類]
	公的施設	サービスの種類[種類], 延べ床面積[m ²], 職員数[人]

Accessibility) をそれぞれ式(6)、(7)で定義する。

$$AAC = \sum_i AC_i / N \quad (6)$$

$$WAC = \sum_i AC_i P_i / \sum_i P_i \quad (7)$$

N : 人口を有する地区数, P_i : 地区 i の人口

AAC は単純な各地区平均であり、利便性の帰着先として地区を考えているため、対象地域全体に同一の利便性を確保するための施策効果を知りたい場合に有効であるが、利便性を享受する各地区の住民人口の多少を考えないため、 AAC 向上策は人口あたりで考えた場合非効率になる可能性がある。

一方、 WAC は各地区の AC を地区人口で重み付け平均した値であり、利便性の帰着先として住民を考えているため、効率的に対象地域全体の利便性を確保するための施策効果を知りたい場合には有効であるが、人口が少ない地区が軽視される傾向がある。

住民間の公平性を評価する指標としては、住民単位で算出されるジニ係数を用いる。この指標は0から1の値をとり、値が小さいほど公平性が高いことを示す。住民単位は地区単位よりもエンドポイント側の評価であるが、一方で WAC と同様に人口の少ない地区が軽視される傾向がある。

これらの4つの指標の特徴を表-4に示す。それぞれ

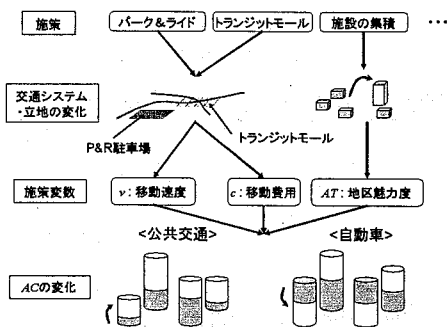


図-1 AC指標による施策評価の流れ

の指標は補充関係になっており、様々な観点から評価することが可能となる。

(3) 評価可能な施策

表-5に、本研究で提案するAC指標を用いて分析可能な施策と説明変数の関係を、図-1にAC指標による施策評価の流れを示す。

3. GISを用いたアクセシビリティの計算方法

1)地区魅力度の計算、2)地区間交通抵抗の計算、3)パラメータの推定、を行い、その結果を利用してACの計算・表示を汎用GISソフトウェア(ArcGIS ArcView)を用いて行う。以下の節で1)と2)の、4章で3)の方法を詳しく示す。

(1) 地区魅力度 (AT_{jk})

地区魅力度の計算手順は以下の通りである。

- ① 対象施設のポイントデータを作成し、属性に魅力度指標 (AT_{jkl}) を入力する。
- ② 対象都市を地区割した図形データを作成する。
- ③ これらの2つのデータを重ね合わせて地区毎に対象施設の魅力度指標 (AT_{jkl}) を集計し、さらに式(2)を用いて地区魅力度 (AT_{jk}) を算出する。

(2) 地区間交通抵抗 (c_{ijm})

地区間交通抵抗を、地区中心間を移動する際の一般化費用で表す。交通機関として1)公共交通と2)乗用車の2種類を考慮する。表-6に、交通抵抗と経路選択を特定化するための基本的な考え方を示す。

交通抵抗の計算は、汎用GISソフトウェア (SIS Map Modeller) をVisual Basic.NETでカスタマイズして行う。

4. ケーススタディ

(1) 対象都市の概要と使用データ一覧

本研究における評価対象都市は、長野県飯田市

表-4 交通利便性評価のための指標群

指標	評価の単位	特徴
絶対AC (式(1))	地区 (メッシュ)	各交通機関が提供する移動利便性の空間的分布
基準化AC (式(3))	地区 (メッシュ)	各交通機関が提供する移動利便性の空間的分布
AAC (式(6))	地域全体	各メッシュのACの単純平均 (地区間平均)
WAC (式(7))	地域全体	各メッシュの人口で重み付けしたACの平均(住民平均)
ジニ係数	地域全体	各メッシュの人口で重み付けした公平性(住民間公平性)

表-5 施策とAC説明変数との関係

施策の分類	施策	AC指標における変数
交通施策	本数の増加	平均運行間隔 t_{ij}
	路線の変更・新規整備	
	公共交通運行システムの改善	
	速度向上	
	駅の新設	
	DRT導入 ^{a)}	平均運行間隔、駅間所要時間、運賃 t_{ij}, v_{ij}, c_{ij}
	企業バス等の活用 ^{b)}	
	自動車学校バスへの同乗 ^{b)}	
	企業の通勤用バスの活用 ^{b)}	
	パーク＆ライド	アクセス速度、駐車料金 v_i, c_i
アクセス・イグレス移動の改善	サイクル＆ライド	
	サイクリストレーン	アクセス・イグレス速度(追加料金) v_i, c_i, v_{ij}, c_{ij}
	コミュニティサイクル	アクセス・イグレス速度利用料金 v_i, c_i, v_{ij}, c_{ij}
	ロードプライシング ^{a)}	ゾーン進入料金 c_{ij}, c_j
自動車利用の直接的抑制	パーク＆プライシング ^{b)}	駐車料金 c_j
	トランジットモール・プリングパークキング ^{a)}	駐車料金 c_j
	カーシェアリング	駐車料金(アクセス側) c_i
	カープーリング(相乗り)	駐車料金(アクセス側)、移動費用、駐車料金(イグレス側) c_i, c_{ij}, c_j
立地施策	TOD	
	都市施設の集中	施設魅力度 AT
	居住地の集中	地区人口 N_j, P_j

a)は新規路線を想定

b) 対象地域の設定がAC算出の際の地区割りに対して十分大きい必要がある

表-6 交通抵抗・移動経路特定化の考え方

共通	1)一般化費用が最小となる経路を選択することを原則
	2)公共交通・自動車移動の場合と地区中心間を徒歩で直線移動する場合を比較し、一般化費用が小さい方の経路を採用(地区が近く、徒歩の方が速い場合を想定)
	3)徒歩の移動速度は4km/hと仮定
公共交通	4)駅・バス停間の所要時間は時刻表より算出
	5)駅・バス停間の運賃は距離に対して線形と仮定し、料金表を用いて路線ごとに推計
	6)待ち時間・乗換時間として、利用路線の平均運行間隔の半分の移動時間を加算
	7)地区中心と交通網の間は徒歩で直線移動と仮定
自動車	8)乗用車の移動速度は非幹線:19.9km/h、幹線:31.4km/h(注)
	9)地区中心と交通網の間は直線の路地があると仮定

(注)幹線道路:一般都道府県道以上のレベルの道路

非幹線道路:その他の道路

都市内移動を対象とするため高速道路は除外する

(2005年10月の2村編入前の区域、人口10.7万人、面積325km²)である。地区割りは2分の1地域メッシュ(約500m×500m)とする。対象都市の施設配置と交通ネットワークを図-2に、計算に用いたデータ一覧を表-7に示す。

主要施設はJR飯田駅に近い中心部とその近郊に集まっているが、近年は近郊部への拡散が進んでいる。施設の種類を見ると、企業と学校の立地は拡散傾向が大きく、病院と大規模小売店舗は比較的小さい。

公共交通は、鉄道が1路線、バスが14路線あるが、日中運行間隔が1.5時間以下のものは鉄道1路線とバス2路線に限られる。他の路線は運行間隔が非常に大きく、サービス水準が低い。一方、幹線道路網は居住地に均等に広がっている。

(2) パラメータの推定

式(1)～式(4)のACの特定化に必要となる、パラメータ α_{km} 、 β_k 、 ε_m を推定する。

α_{km} ：式(8)に示す重力モデルを用いてOD交通量を表現し、パーソントリップ調査から得られたOD表を用いて推定した距離減衰パラメータを α_{km} として利用する。

$$T_{ijkm} = \delta G_{ikm}^{\varepsilon} A_{jkm}^{\eta} \exp(-\alpha_{km} c_{ijkm}) \quad (8)$$

T_{ijkm} ：地区*i*～*j*間の分布交通量、 G_{ikm} ：地区*i*の発生交通量、 A_{jkm} ：地区*j*の集中交通量、 c_{ijkm} ：地区*i*～*j*間の交通抵抗(一般化費用)、 δ 、 ζ 、 η 、 α_{km} ：パラメータ。

パラメータ推定には対象都市で2004年に実施した街路交通調査によるパーソントリップデータ(サンプリング率3.348%)を用いている。なお、本来、 α_{km} は評価項目*k*によって異なるが、各評価項目におけるODデータを得ることができないため、評価項目にかかわらず同じ値をとると仮定する。また、交通機関*m*についても、同調査の結果、分担率が自家用車82.8%に対し公共交通は2.3%に過ぎず、公共交通のサンプル数が非常に少ないため、本研究では自家用車と公共交通のデータをまとめて推定し適用する。なお、交通抵抗算出のために必要な地区中心として、人口重心を用いる。

β_k ：著者らが実施した、飯田市職員・職員家族を対象とする「生活環境質に対する意識調査」アンケートの結果を元に、コンジョイント分析を用いて推定した、各項目*k*に対する重みパラメータ β_k を用いる。

ε_{im} ：このパラメータは、特定の交通機関を利用できない

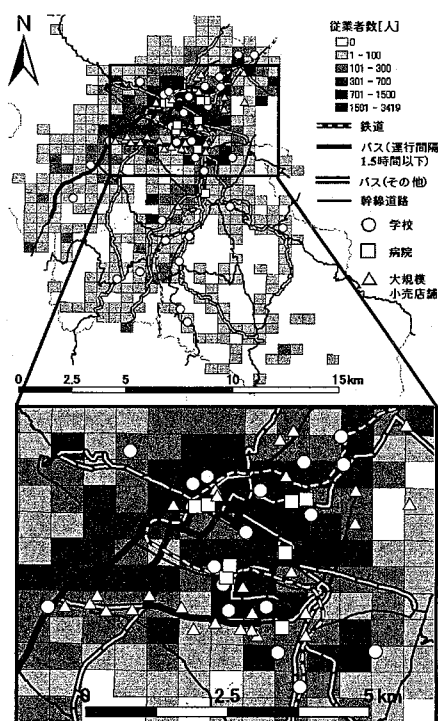


図-2 飯田市における交通網・施設配置と従業員数の分布

表-7 計算に用いたデータ一覧

項目	使用データ	出典	データ 出版年度
就業利便性 魅力度	従業員数	事業所・企業統計調査	2001年
教育・文化利便性 魅力度	小・中・高等学校 定員数	地域メッシュ統計 市勢の概要	2003年
健康・医療利便性 魅力度	病床数	医学書院 病院要覧	2001～ 2002年
貨物・サービス利便 性	大規模小売店舗 延床面積	東洋経済 全国大型小売店舗総覧 三井造船システム技研	2000年
道路網		株式会社 道路地図	2001年
道路の旅行速度		国土交通省 道路交通センサス	1998年
バス路線網		Mapion HP	2004年
バス時刻表		信南交通株式会社 信南交通バス・飯田市民	2004年
バス運賃表		信南交通株式会社 運賃表	2003年
鉄道路線網		国土地理院 数値地図25000	2003年
鉄道時刻表		JR東海 HP	2004年
鉄道運賃表		JR東海 HP	2004年
距離減衰パラメータ α_{km}	自家用車+公共交通OD	飯田市街路交通調査	2004年
利用可能人口比率 ε_{car}	自家用車世帯保有率、 自由に利用できる 自家用保有の有無	飯田市街路交通調査	2004年

い人を考慮するための係数であり、各交通機関の利用可能人口比率で表す。交通機関*m*として公共交通(鉄道+バス)と自家用車を考える。公共交通(*PT*)は誰でも利用できると考え、 $\varepsilon_{PT}=1.00$ とする。また、自家用車(*Car*)は、自由に使える自家用車を保有しているか

どうかと、自由に使える自家用車を保有していない場合にその人がどの程度自家用車を利用できるかを考慮できるように、式(9)のように定式化する。

$$\varepsilon_{iCar} = RP_{iCar}^U + \frac{RNT_{iCar}^R}{RNT_{iCar}^U} RP_{iCar}^R \quad (9)$$

RP_{iCar}^U : 地区*i*の自家用車を自由に使える人口比率,
 RP_{iCar}^R : 地区*i*の自家用車を自由に使えない人口比率,
 RNT_{iCar}^U : 地区*i*の自家用車を自由に使える人の自家用車トリップ分担率の割合, RNT_{iCar}^R : 地区*i*の自家用車を自由に使えない人の自家用車トリップ分担率の割合.

この式は、自家用車を自由に使える人は $\varepsilon_{iCar} = 1.00$, 使えない人は $\varepsilon_{iCar} = RNT_{iCar}^R / RNT_{iCar}^U = 0.234$ ⁸⁾であると仮定していることを意味する。

本稿ではデータ制約から、地区*i*によってパラメータが変化しないと仮定する。

各パラメータの推定結果を表-8にまとめる。 α_k , β_k については重回帰分析(最小二乗法)やコンジョイント分析(最尤法)によって推定した結果であり、いずれも統計的に有意となっている。また、 ε_{Car} は街路交通調査(2004)による自家用車保有に関する設問とパーソントリップデータを用いて計算している。

β_k の推定値⁷⁾の大きさは、就業<健康・医療<教育・文化<買物・サービスの順である。上位2つはほぼ同じ値となっている。就業は他の評価項目に比べて小さく、重要と感じていないことが分かる。

(3) 現状・施策分析とそのための指標群

本研究では、現状および施策実施によるACの空間分布を道路、鉄道路線、バス路線ネットワークと重ね合わせることで分析する。更に、分析対象地域を中心部、近郊部、郊外部の3つの地域に分割し、交通利便性がどのように分布しているかをAAC, WAC, ジニ係数を用いて分析する。分析を行う施策の概要を表-9に示す。

(4) AC空間分布

現状と施策実施によるACの空間分布の変化を図-3に示す。

a) 現状のAC空間分布

公共交通と自家用車のACをそれぞれ図-3(a)と(b)に示す。いずれも、中心部が大きく、郊外に行くに従って小さくなる傾向があるが、その減衰の傾向に違いがある。

公共交通については、郊外部では待ち時間や運行頻

表-8 パラメータの推定結果

パラメータ	評価項目 <i>k</i>	推定値
α [1/円]	(共通)	2.9×10^{-4}
β_k [無次元]	就業利便性	7.79
	教育・文化利便性	16.01
	健康・医療利便性	12.22
	買物・サービス利便性	16.13
パラメータ	交通機関 <i>m</i>	推定値
ε_m [無次元]	公共交通	1.00
	自家用車	7.97×10^{-1}

表-9 分析施策の概要

概要	対象	操作方法
施策1 市民バス循環線(市営)導入効果の測定	現在運行されている市民バス路線循環線(1999年4月運行開始(日中1時間間隔))	対象路線の削除
交通施策 施策2 主要路線の増便	JR飯田線	対象路線の運行本数を1時間に1本から2本に変更
施策3 飯田駅前の歩行者専用地区化、その周囲へのフリッジパークの設置	飯田駅前の1地区	対象地区内の道路を削除し、自動車の対象地区への交通抵抗に駐車料金(300円/回)を加算
土地利用施策 施策4 都市コンパクト化	撤退地区: 都市南東部 郊外の施設・居住が低 密な地区(現人口5,773人、79地区) 集結地区: 都市南東部 近郊部(現人口3,448人、10地区) 図4(d)を参照	撤退地区の人口と施設魅力度を0にし、それらの合計値を再集結地区に均等配分し加算

度といった指標で表されるサービス水準が高い路線の沿線が大きくなっている。それ以外では、中心部から同心円状に分布し、路線沿線が大きくなる傾向にはない。

一方、自家用車については中心部からどの方向にもほぼ均等に値が減衰している。また、公共交通と比べて郊外での値の減衰が小さい。これは、「どこへでも行ける」という自家用車の特性を表している。

2つの交通手段のAC比を図-3(c)に示す。ACは大半の地区で自家用車より公共交通の方が小さく、その差は郊外へ行くほど大きくなる。しかし、ほぼ全域でAC比は0.5以上を保っていることがわかる。また、図-3(c)に示す主要路線(JR飯田線、飯田～阿智系統バス路線、市民バス循環線)沿線では自家用車より公共交通の方が大きい。郊外部においても、運行間隔30分の飯田～阿智系統では路線沿線で、運行間隔1時間のJR飯田線では駅周辺で自家用車より値が大きくなり、自家用車以上の利便性が確保できていることがわかる。

図-3(d)は、人口分布を棒の高さで、AC比分布を色で示したものである。両者の空間分布はおおむね一致している。しかし、南部近郊の鉄道沿線をはじめとした一

部地区では、人口とAC比の間にミスマッチが生じており、このミスマッチを解消することにより全体として公共交通の利便性を向上させていくことが可能である。

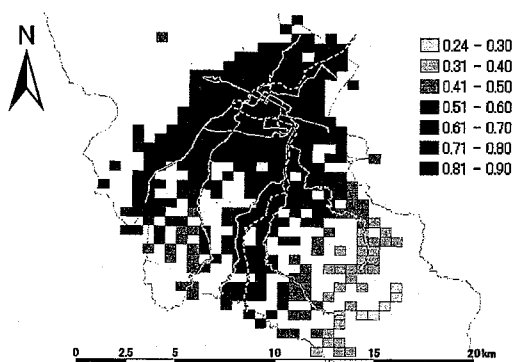
b) 施策実施によるAC空間分布の変化

施策 1 (市民バス循環線の導入) : 図-4(a)より、主要路線沿線で公共交通のAC増加量が大きくなった。また、増加量は主要路線沿線郊外でも大きい。郊外化により鉄道駅等からの移動距離が長くなっていった主要施設の足を確保する路線のため、居住地から最寄り駅までのアクセス移動の改善より、目的地側のイグレス移動の改善効果が大きいと考えられる。

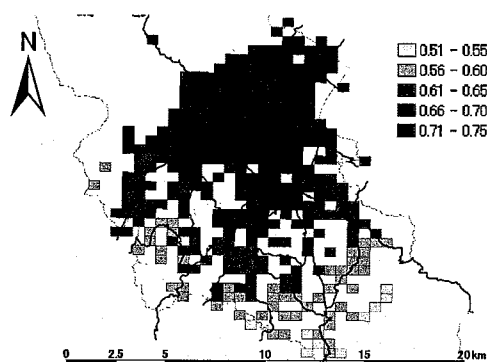
施策 2 (JR 飯田線の増便) : 図-4(b)より、増便したJR 飯田線沿線で公共交通のACが増加している。特に、郊外部沿線においてAC増加が顕著であるが、これは郊外住民の移動に対する鉄道の寄与度が大きいことに起因すると考えられる。

施策 3 (歩行者専用地区指定とフリンジパーキング設置) : 図-4(c)より、施策を実施した地区周辺で自動車のACが大きく減少している。歩行者専用地区指定により道路ネットワークが切断された影響が、近い地区ほど大きく現れているためである。このことは、ACの距離減衰項が距離に対して逓減することからも確認できる。

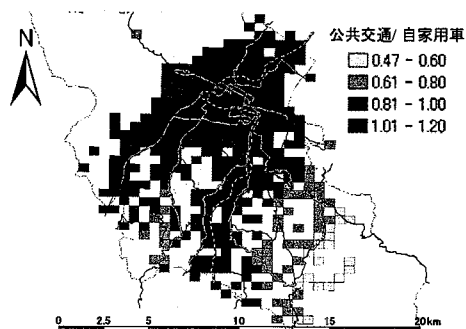
施策 4 (都市コンパクト化による施設と人口移動) : 公共交通利便性が低く人口が少ない郊外部から住宅・施設を撤退させ、公共交通利便性が比較的高く幹線道路が交差する地区に隣接するものの人口集中があまり進んでいない地区に集結させることで、全体の公共交通利便性を向上させる施策である。この実施のための人口や施設の移動を短期間に強制的に行うのは困難であり、各住宅や施設が耐用年数に達した時点で、順次行われることが想定される。集結地区のACが大きく増加し、撤退地区のACが大きく減少した理由は、施設を集結地区に立地させたことと、撤退地区に比べて集結地区において道路ネットワークが密であるため施設魅力度の距離減衰が小さいことである。また、市南部は撤退地区の方が集結地区よりも近いにもかかわらず、施設撤退によるAC減少の影響が小さかったり、ACが増加したりする地区がある。この理由として、サービス水準の高い交通機関によって集結地区へのアクセス性が維持されていることが考えられる。これらのことから、施設立地を誘導する場合には、既存の交通ネットワークの状態を見た上で、よりアクセス性の高い場所を選択することの重要性が再確認できる。



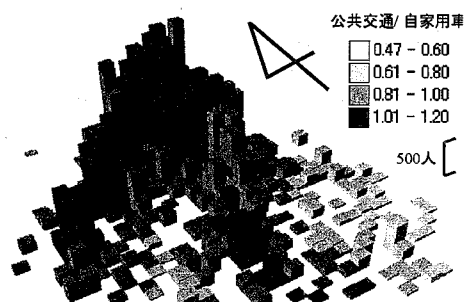
(a) 公共交通AC



(b) 自家用車AC

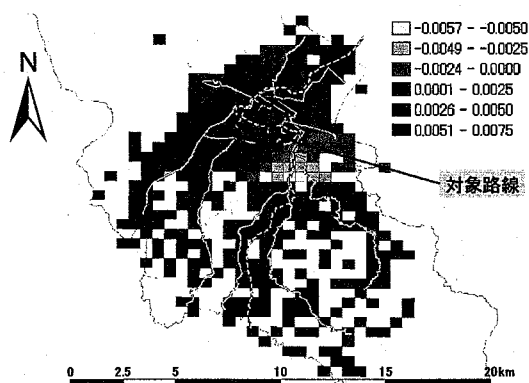


(c) AC比 (公共交通/自家用車)

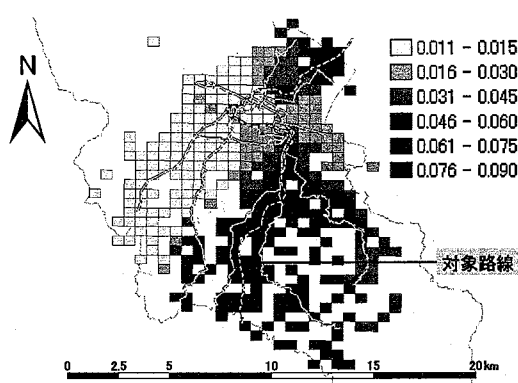


(d) 現状のAC比 (公共交通/自家用車) と人口

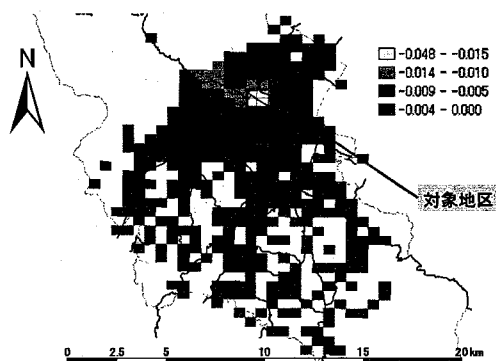
図-3 現状 (2005年) のAC空間分布



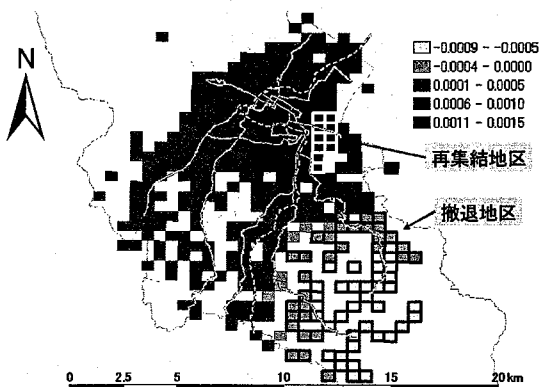
(a) 施策1 (市民バス循環線の導入) による
公共交通AC変化量



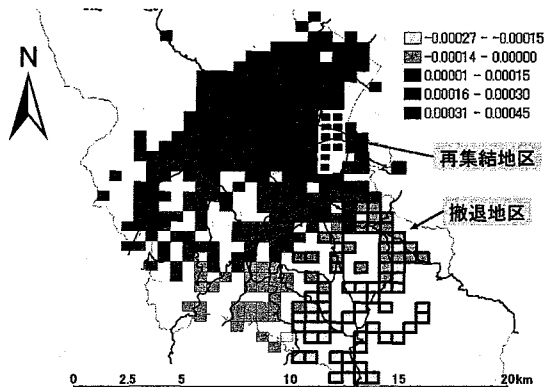
(b) 施策2 (JR 飯田線の増便) による
公共交通AC 変化量



(c) 施策3 (歩行者専用地区指定とフリンジパーキング設置) による自家用車AC 変化量



(d-1) 施策4 (都市コンパクト化による
施設と人口移動) 公共交通AC変化量



(d-2) 施策4 (都市コンパクト化による
施設と人口移動) 自家用車AC変化量

図-4 施策実施によるAC空間分布の変化

(5) AAC, WAC, ジニ係数

現状と施策実施後のAAC, WAC, ジニ係数を中心に、部・近郊部・郊外部に分けて算出し、各地域への影響を検討する。地域区分を図-5に示す。ここでは、人が住んでいる地区（平成12年国勢調査地域メッシュ統計で人口が存在するメッシュ）のみを評価対象としている。

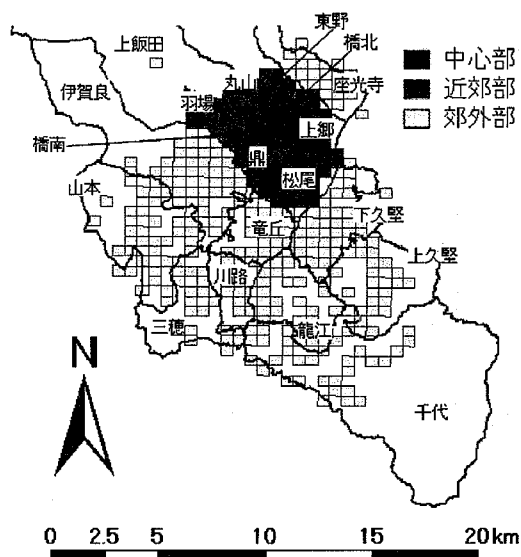


図-5 中心・近郊・郊外部の位置
(□は人口が存在するメッシュ)

算出結果をレーダーチャートに示したのが図-6である。いずれも0から1の値をとる指標であるが、見やすくするためにスケールの幅をAACとWACは0.4から0.8、ジニ係数は0から0.12としている。

a) 現状のAAC, WAC, ジニ係数

AACとWACの大きさは、公共交通、自家用車ともに全評価項目について中心部>近郊区>郊外部の順になった。特に公共交通は、郊外部が中心部、近郊区に比べて極端に小さくなった。

各評価項目について見ると、自家用車では大きな差が見られないが、公共交通では健康・医療が特に大きいことが分かる。これはバス路線が主要な病院の配置を考慮して整備されていることと、中心部にあるJR飯田駅から主要な病院である飯田市立病院まではバス運賃が上がらないように設定されていることによると考えられる。

AACとWACを比較すると、中心部ではほとんど変化が見られないが、近郊部と郊外部ではAACよりWACの方が大きな値となっている。特に、郊外部の公共交通にこの傾向が顕著に現れている。これは近郊部と郊外部では利便性の低い地区と高い地区の差が大きく、さらに、

利便性が低い地区より高い地区に住んでいる人口の割合が大きいことを意味している。このことから、単純な各地区利便性の平均値 (AAC) だけでなく、その利便性を享受する人口の分布を考慮した利便性 (WAC) 評価が重要であると考えられる。公共交通について言えば、 AAC と WAC はそれぞれ例えば時間当たり運行本数、駅勢圏人口をより詳細にみたものといえる。

ジニ係数をみると、他に比べて郊外部における公共交通の不公平性が大きくなっている。これは先に述べた郊外部のWACがAACに比べて大きくなっていることと同じ理由による。つまり、中心部、近郊部に比べて利便性の格差が大きく、しかも利便性が高い地区に住んでいる人の割合が大きいためであると考えられる。

b) 施策実施後のAAC, WAC, ジニ係数

施策 1 (市民バス循環線の導入) : AC 空間分布同様に、施策実施による変化は、 AAC , WAC , ジニ係数ともに見られない。

施策 2 (JR 飯田線の増便) : 公共交通の全評価項目について、 AAC と WAC の大きさは、中心部>近郊部>郊外部の順となり、現状から変化はみられない。しかし、変化量を見ると中心部<近郊部<郊外部の順になっており、現状において公共交通の利便性が低い地区ほど利便性が向上している。

AACとWACの現状からの変化量を見ると、中心部では買物・サービス利便性が、近郊部では就業利便性が、郊外部では健康・医療利便性が最も向上している。

ジニ係数の現状からの変化を見ると、特に就業利便性と買物・サービス利便性で公平性が増加している。また、郊外ほどより公平性が増していることがわかる。

施策3（歩行者専用地区指定とフリンジパーキング設置）：自家用車について、AACとWACについては、中心部、近郊部、郊外部ともに低下していることから、この施策は公共交通利用促進の点から有効な施策といえる。

ジニ係数をみると、全ての評価項目、地域区分で不公平性が増加している。つまり、この施策は公平性の観点からするとよい施策とは言いがたい。

施策 4 (都市コンパクト化による施設と人口移動) : 公共交通・自家用車ともに全評価項目について AAC と WAC の大きさは、中心部>近郊部>郊外部の順となり、現状から変化はみられない。しかし、郊外部における公共交通の利便性が改善されたことによって、施策 2 と同様に郊外部と中心部、近郊部の間の格差が減少している。ジニ係数をみると、特に郊外部において、公共交通、自家用車ともに不公平性は改善されている。

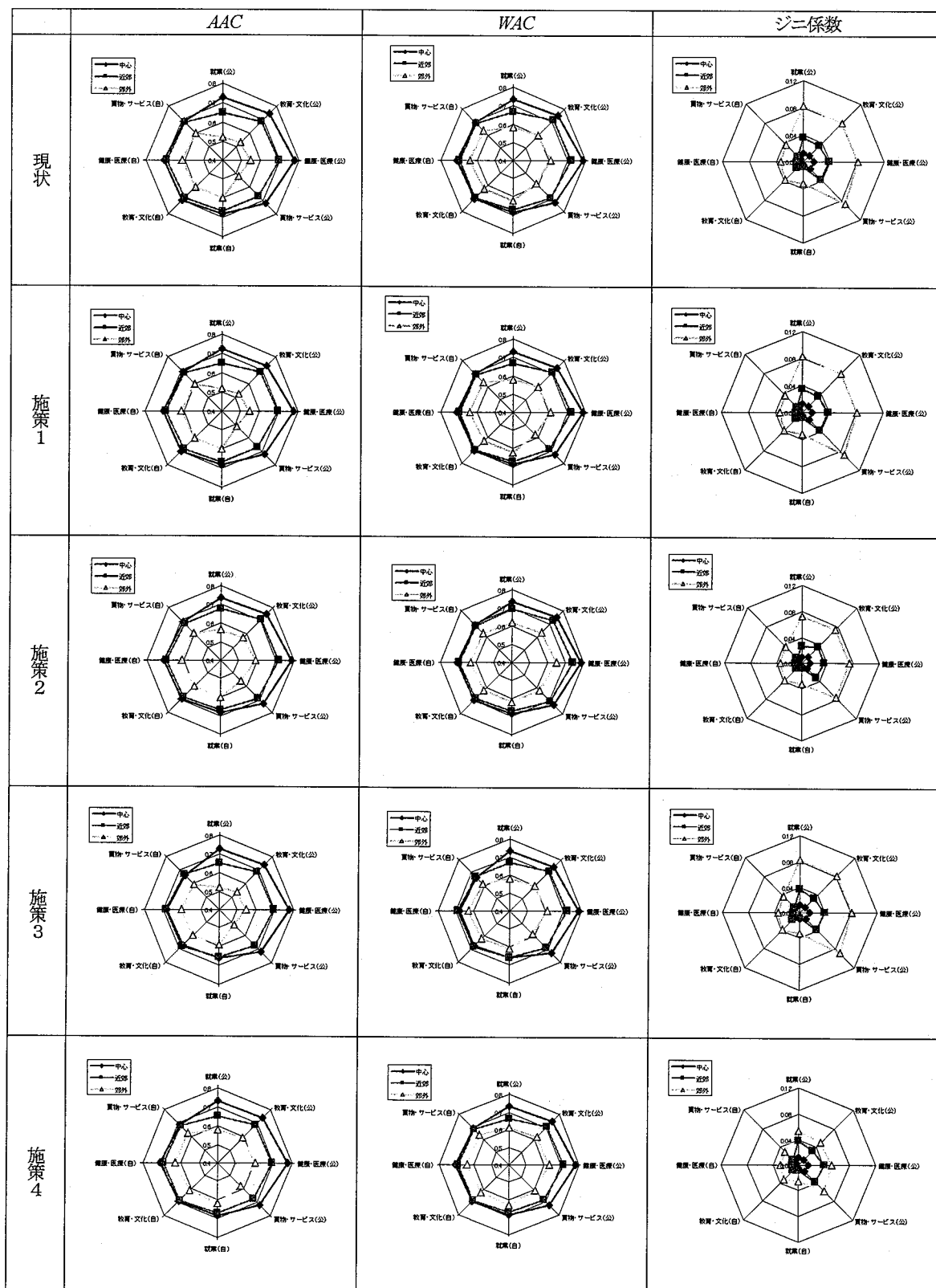


図-6 現状と施策実施後のAAC, WAC, ジニ係数

5. おわりに

本研究では、地方都市における交通利便性評価や交通・立地施策分析に適用可能な、主要施設の配置を考慮したアクセシビリティ（AC）指標を提案するとともに、AC空間分布、AAC、WAC、ジニ係数という各指標群を用いた公共交通、自動車の交通利便性評価の枠組みを示した。さらに、この指標を長野県飯田市に適用しケーススタディを行った。その結果得られた知見を以下に示す。

- 1) 指標群を用いて、現状の交通利便性や施策実施による交通利便性の変化を多面的に把握できることを確認した。特に、利便性向上施策が地区間公平性の観点から必ずしもよい施策になると限らないことが明らかとなり、これらの指標を組み合わせた評価が必要である。
- 2) 公共交通のAC空間分布について、サービス水準が高い路線沿線は大きい値となっており、自家用車を超える値となっている地区もあることから、人口の多い地区への集中的な公共交通利便性向上策が都市全域でのACの向上にとって有効であると考えられる。
- 3) 施策1（市民バス循環線の導入）は、現実には利便性を向上させていることは明らかであるが、ほとんど効果を生じなかった。これは本研究ではバスの待ち時間を運行間隔の半分、徒歩の交通抵抗は機会費用のみに設定しているため、市民バスの待ち時間より徒歩の交通抵抗が小さくなり、計算上移動手段として徒歩の選択が多くなっていることが挙げられる。このような特徴はコミュニティバスの路線に一般的に現れると考えられることから、本手法の適用を行うためには、待ち時間と徒歩の交通抵抗の扱いについて再検討が必要である。
- 4) 施策2（JR飯田線の増便）は、公共交通の利便性の低い郊外部の利便性、公平性を向上させる一方、中心部の利便性、公平性の向上は小さかった。
- 5) 施策3（歩行者専用地区指定とフリンジパーキング設置）は、全ての評価項目について、都市全域の自家用車の利便性を減少させ、不公平性を増加させた。
- 6) 施策4（都市コンパクト化による施設と人口移動）は交通利便性を向上させることが可能であるが、地区間の不公平性を増加させた。

本研究で残された主な課題として以下のことが挙げられる。

- 1) 本研究では施策評価として利便性に着目し、4つの指標群により評価した。今後は、交通利便性だけでなく経済性や環境負荷への影響といった事項を考慮した評価を行っていく必要がある。

- 2) 本研究では、少子高齢化社会の進展を加味した分析を究極の目的としている。本稿では、年齢によって異なると考えられる対象施設間の魅力度の違いについて考慮していない。既報⁷⁾では、そのためのデータについても入手を行っていることから、それを用いた分析を今後実施する予定である。
- 3) アクセシビリティ指標に含まれる公共交通のパラメータ値を有意に推定することが不可能であった。今後は、サンプル数の確保等によって推定することが必要である。
- 4) 自家用車の利用可能人口比率を利用目的に関わらず同じとして計算しているが、通勤、買物といった使用目的別に利用可能人口比率を推定していく必要がある。同様に、交通抵抗についても目的別の推定が望ましい。

謝辞

本研究は、平成16～18年度科学研究費補助金・基盤研究（A）「人口減少・少子高齢化時代における地方都市の双対型都市戦略に関する研究～郊外からの計画的撤退と中心市街地の再構築～」を受けて実施している。また、研究を進めるにあたり、飯田市役所とその職員の方々にデータ提供及びアンケート調査に対して多大な協力を頂いた。ここに記し、感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 石上肇、藤井聡、北村隆一：個人の交通行動を考慮したアクセシビリティ指標に基づいた都市モデルの構築、土木学会第50回年次学術講演会，pp.490-491，1995
- 2) 宮城俊彦、鈴木崇児：交通ネットワークにおけるアクセシビリティの定義、土木計画学研究・講演集，No.18(1)，pp.373-376，1995
- 3) RIVM(Rijksinstituut Voor Volksgezondheid En Milieu)：Accessibility measures: review and application，RIVM report 408505006，2001
- 4) 増山篤：商業・医療施設へのアクセシビリティと高齢者の居住パターンとの関係―千葉県浦安市を対象とした実証分析―，都市計画報告集，No.4，2005
- 5) 大森宣暁、室町泰徳、原田昇、太田勝敏：生活活動パターンを考慮した高齢者のアクセシビリティに関する研究～秋田市をケーススタディとして～，土木計画学研究・論文集，No.15，pp.671-678，1998
- 6) 西井和夫、佐々木邦明、西野至，今尾友絵：都市圏休日生活行動における活動時間配分特性分析，土木計画学研究・論文集，Vol.19，No.3，pp.561-568，2002
- 7) 加知範康、大島茂、加藤博和、林良嗣：余命換算型の生活環境質指標を用いた居住地評価モデルの構築，土木計画学研究・講演集CD-ROM，Vol.32，2005
- 8) 飯田市建設部管理計画課：飯田市街路交通調査，2004

ポテンシャル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^{*1}

加知範康^{*2}・岑貴志^{*3}・加藤博和^{*4}・大島茂^{*5}・林良嗣^{*6}

本研究では、地方都市での簡便な交通利便性評価に適用可能な、主要施設の配置を考慮したアクセシビリティ（AC）指標に基づき、AC空間分布、AAC、WAC、ジニ係数という4つの指標群を用いた公共交通、自動車の交通利便性評価の枠組みを示した。長野県飯田市を対象としたケーススタディを行った結果、提案した4つの指標群を用いることで現状の交通利便性や施策実施による交通利便性の変化を多面的に把握できることを確認した。特に、利便性向上施策が公平性の観点から必ずしもよい施策になると限らないことが明らかとなり、これらの指標を組み合わせた評価が必要であること示された。

Accessibility Evaluation Indicator System based on Potential - type Accessibility Index^{*1}

By Noriyasu KACHI^{*2}・Takashi MINE^{*3}・Hirokazu KATO^{*4}・Shigeru OSHIMA^{*5}・Yoshitsugu HAYASHI^{*6}

On the question of understanding the convenience of access to major intra-urban facilities, this paper suggests a framework for evaluating the passenger car and the public transport accessibility separately, based on four different indicators: "Spatial Distribution of Accessibility", "Average Accessibility", "Weighted Average Accessibility", and "Gini Coefficient for Accessibility". The framework is applied and each of the indicators is calculated for the study area, Iida city (Nagano Prefecture). The results demonstrate that the four-indicator framework is a useful tool for evaluating accessibility change by public transport improvements, and a "compact city policy".