

都市郊外地域における多様な交通モードのサービスレベル評価手法に関する研究

渕上 海斗¹・柳原 正実²・小根山 裕之³

¹非会員 東京都立大学大学院 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)
E-mail: fuchigami-kaito@ed.tmu.ac.jp

²正会員 東京都立大学大学院助教 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)
E-mail: yanagihara@tmu.ac.jp

³正会員 東京都立大学大学院教授 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)
E-mail: oneyama@tmu.ac.jp

近年、高齢化や生活スタイルの多様化が進行しているわが国では、シェアモビリティやデマンド交通などの比較的新しい交通モードが登場する中、自家用車を自由に使うことのできない、いわゆる交通弱者となる高齢者も増加している。特に都市近郊における丘陵地などでは、今後局所的な高齢化が急速に進み、現在の公共交通網ではモビリティを保証できないことが考えられる。このような背景の中で、多様な交通手段を同じ評価指標のもとに定量的、かつ簡便に評価するような枠組みはあまりなく、手法の構築が求められている。本研究では、自家用車を含めた多様な末端交通のサービスレベルを定量的指標で示す枠組みを構築し、ケーススタディとして東京近郊の自治体を対象とした指標の算出を行い、提案指標の適用性に関する検討を行った。道路ネットワークや標高などの地形条件やバス時刻表などの交通条件の下、年齢、出発地、目的トリップごとに交通モードの差異による現状のサービスレベル評価を行った結果、適切な交通施策立案の一助となりうることが示された。

Key Words : *Transportation Mode, Converted Distance, Service Level*

1. はじめに

近年、我が国においては高齢化の進展や人々の生活の多様化などに伴い、自家用車を自由に使うことのできない、いわゆる「交通弱者」となる高齢者が増加している。自家用車が無ければ生活のしにくい地域は比較的公共交通機関が成立している都市部においても特に郊外部に多く存在する。一方、近年では高齢者ドライバーによって起こされた事故も社会問題となっており、高齢者における運転免許返納を促す取り組みが全国で広がっている。このような地域において自家用車を使えなくなるということは、移動の足を奪われることと同義である。これらの場所、状態においては、移動の足として公共交通が整備されていることが生活をする上で必要不可欠となる。また、バス停へのアクセス時などの徒歩移動には勾配のある道を通ることも考えられる。特に都市近郊における丘陵地などでは、今後局所的な高齢化が進み、交通弱者が急激に増加することで、現在の公共交通網では十分なモビリティを保証できないことも考えられる。

また、従来型のバスでは入れないような隘路や勾配のある地域には公共交通が整備できない事例や、中山間地域や都市郊外部などの利用人口が限定されてしまうエリ

アでは、従来型の公共交通が利用者の減少や減収による減便などで、そもそも公共交通として維持することが難しい事例も多々存在している。さらに、人々の生活もここ数年で急激に多様化したことで、人々の外出行動の目的や手段も多様化している。これらの中で、定時定路線型タイプの従来型交通に代わり、オンデマンド型の新しいタイプの公共交通やシェアモビリティなどの新たな交通モードの普及が進んでいる。

以上のような背景の中、効率よく公共交通網を整備するには、その地域にあった需要や利用、特性を把握し、反映することが重要である。自治体等においては、地域公共交通施策の一環として交通不便地域を把握し、モビリティを確保するための施策検討を行うこととなる。この場合、駅やバス停からの距離等に基づき交通不便地域が設定されることが多いが、バス停までの勾配や、路線のサービスレベルなどの考慮がなされていない場合が多い。また、多様な交通手段を同じ評価指標のもとに定量的に評価するような簡便な枠組みはあまりないため、例えば交通不便地域の解消のために新たな交通モードを導入した際、どの程度サービスレベルが向上するのか適切に評価されない場合が多々あり、評価手法の構築が求め

られている。

そこで本研究では、自家用車を含めた多様な末端交通のサービスレベルを定量的な指標で評価・比較することで、地域における現在の公共交通サービスレベルを客観的・定量的に評価するための枠組みとなるモデルを構築することを目的とする。これにより、地方自治体などの交通政策立案者が、地域における公共交通不便地域の把握、対策の立案と評価を有効に実施できるようにするとともに、今後増加していく交通弱者などに対する公共交通機関の改善などに寄与することを狙いとしている。

2. 既往研究の整理と本研究の位置づけ

公共交通のアクセシビリティ評価に関して、これまでに様々な研究が盛んに行われている。まず、公共交通を評価する類の指標・方法をレビューしたGeurs, K. T. et al.¹⁾による研究がある。これによると、サービスレベル評価の考え方のタイプとして主に土地利用ベース、交通ベース、時間ベース、個人ベースの4つが挙げられており、交通計画への利用や土地計画利用など多くの目的に対して様々な方法が用いられ、評価要素的な相関や欠落があることに注意が必要であると述べている。本研究では公共交通のサービスレベルを多様性の観点で評価することから、主に時間ベースの考え方で進めていくこととなる。

時間ベースの考え方における既往研究としては、まず、大東ら²⁾が広島市佐伯区南部を対象に徒歩、移動時間、乗換、費用を一般化時間として一元的に算出し、ArcGISを用いて段階ごとにマッピングしている研究が挙げられる。Calvin P. Tribby, et al.³⁾はGISを用いてニューメキシコ州アルバカーキで高速バス路線を追加した際のアクセシビリティへの影響を相対的な時間指標を用いて詳細な範囲での評価を可能にしている。また、時空間ネットワークを構築し、最短経路問題として扱うダイクストラ法を用いた方法でも検討がなされており、赤星ら⁴⁾のように自家用車は道路ネットワークをベースに自動車の平均速度から算出、公共交通はバス停データと時刻表を用いた時空間ネットワークからその時間を指標とした評価をされている研究などが見受けられる。ほかにも、増山⁵⁾は地方公共交通のアクセシビリティ評価を行う上で、フリーのソフトウェア、サービス、データを用いた評価方法を提案している。こちらは評価項目を公共交通の移動時間という指標に定め、道路網とバス停データを整理し、時刻表データを使用して目的地における到着時刻を仮定し、そのアクセシビリティをヒートマップにて算出している。また、自家用車によるアクセシビリティも別途算出しているが、これは公共交通評価時の末端交通の計算におけるパラメータを変更して算出しているに留まる。主に時空間ネットワークを構築し、最短経路問題として扱うダ

イクストラ法を用いることが現時点では一般的であるといえる。

また、活動機会に影響を与えると考えられるバスダイヤ、バス停までの歩行疲労、活動を行う施設の営業時間帯などの要素を統合的に評価し、活動機会の大きさをアクセシビリティ指標として評価した喜多ら⁶⁾の研究や、高齢者の外出行動に関して、外出頻度という視点から、都市部と地方部の地区特性の差異を考慮し、外出頻度に影響する交通モードや日常生活行動(Activities of daily living: ADL)をアンケート調査から比較分析することで、地方部では影響の少なかった「公共交通」が都市部では影響していることを明らかにし、地区特性に応じた交通施策等を行う必要があることを提唱した、柳原ら⁷⁾の研究なども挙げられる。

次に、徒歩移動において勾配の有する道を通る際の歩行負荷に関しては猪井ら⁸⁾が佐藤ら⁹⁾と高橋¹⁰⁾、佐藤ら¹¹⁾の研究からエネルギー代謝率(RMR)を用いた近似式から勾配における徒歩の等価時間係数を算出し、コミュニティバスをケーススタディーにその有効性を示している。この既往研究を基に、佐藤ら¹²⁾が、地形条件と身体能力を勘案した歩行負荷の指標としての換算距離について、実際の都市空間での施設利用の実態調査に基づいて研究している。

以上のように既往研究は数々存在しており、公共交通のアクセシビリティ評価に関する研究においては時間や費用を一般化する手法や交通アクセスポイントまでの距離、各目的地までの所要時間を評価対象としているものなど、様々なものが挙げられる。既往研究においては、地域における多様な交通モードを対象とし、同じ評価指標のもとに定量的に評価するような枠組みはあまりない。このような枠組みのなかで評価するにあたって、目的トリップにおける希望到着時刻などの差異、勾配の考慮によるバス停アクセス時などの歩行疲労、さらには運行頻度から見た期待待ち時間ではなく公共交通のダイヤグラムを考慮した現実的な要素の考慮が重要である。以上のような要素を考慮した研究や方法論の提案は多々あるが、これらを考慮した上で、実務的な適用性を考慮しつつ同じ評価指標のもとに定量的に評価する枠組みを提案した研究はあまり見受けられない。

したがって本研究は、これまで多角的な視点から行われてきた手法を基に、容易に入手可能なデータを用いた分析を可能とすることで、多様な交通モードの定量的な比較を可能とし、現状や仮想の交通整備によるサービスレベルの明確化から交通整備における根拠や目安となる点などに寄与することができる。

3. サービスレベル評価の枠組み

3.1 本研究における対象地域の考え方

本研究で多様な交通モードのサービスレベルを考慮するにあたって、想定される条件を基に、その地域や考え方を規定する。

今回、サービスレベルの評価として対象とする地域は、都市圏郊外部の地域（自治体等）を対象地域として想定しており、このような地域では、地域の特性として以下の状況を仮定している。

- ・ 鉄道・バス等の公共交通も含む多様な交通モードが一定レベルで存在していること
- ・ 勾配等の地形的特性、道路幅員等の交通基盤特性、人口属性などの特性により、一部地域において交通不便な地域が形成しうること
- ・ 一定の人口が集積しており、多様な属性の利用者が多様な目的で活動を行うことが可能であること
- ・ 活動目的となる施設等も選択可能な程度に存在していること

以上4つの点から、ある特定の施設へのアクセシビリティを確保するのみならず、不特定多数の活動や目的地へのアクセシビリティを確保することが求められる。したがって、多様化する交通モード自体のサービスレベルを同列に評価し、比較する。なお、地方部などで見かける「生活行動の質を向上させるために、目的を満たすことのできる対象施設の配置計画と公共交通計画を共に立案する」といったモビリティと活動場所の組み合わせ最適は本研究では考慮しないこととする。

3.2 評価の前提条件

この評価の前提となる条件を述べる。本研究における評価は地域の交通施策立案者が使用することを想定しており、利用者目線でのサービスレベルを所要時間や費用等の定量的かつ客観的な指標を組み合わせた評価を行う。なお、サービスレベルを考慮する際に一般に想定される需要とサービスレベルの相互作用は考慮せず、交通モードの採算性や維持可能性等は評価対象としない。

さらに、現況の交通空白地域・交通不便地域（以下、交通不便地域とする）のようなバッファでの評価ではなく、メッシュ単位での評価を可能とし、容易に入手可能なデータに基づきGIS上の評価を可能とする。

評価指標の設定にあたっては、分析対象となる地域をメッシュに分割し、各メッシュを出発地（自宅）として、トリップ目的毎の目的地があるメッシュまでの片道の移動を1トリップとする指標を基本とする。また、トリップ目的ごとに目的地が複数設定される場合には、後述する目的地ごとの重みづけを行い合計することで、出発地ごとの指標を算出する。

また、分析にあたっては、対象とする利用者、トリッ

プ目的を設定する。本研究で実施したケーススタディにおいては、利用者として「非高齢者」と「高齢者」の2分類を設定した。また、トリップ目的としてはスーパーやショッピングセンターに向かう「買い物」、病院へむかう「通院」を設定した。この場合、地域内の施設すべてを目的地として設定して重みづけ合計を行う。また、目的を限定しない地域外への移動を念頭に置いて「駅」を目的地とするトリップも設定した。

本研究において分析対象とする交通モードは以下のとおりである。

- ・ 定時定路線型バス
- ・ デマンド交通
- ・ タクシー
- ・ 車（自家用車・カーシェア）
- ・ 自転車
- ・ 徒歩

なお、本研究では主に端末交通のサービスレベルを評価するため、鉄道は上記に含まれていない。鉄道駅が目的地として設定されることにより、間接的に考慮されることとなる。

また、デマンド交通に関しては、これまでの研究¹³⁾などでも言及されているように、以下に示すような多様な形態が存在する。本研究では①のタイプをケーススタディに用いる。

- ① 時刻非固定・経路非固定型
- ② 時刻固定・経路非固定型
- ③ 時刻固定・経路固定型

3.3 評価指標

本研究では、先に示した通り、各メッシュを出発地（自宅）、目的地があるメッシュまでの片道の移動を単位として指標を算出する。その際、以降に挙げる3つの指標を定義する。

(1) 総所要時間コスト

総所要時間コストとは、対象とする交通モードによるトリップの最短旅行時間を算出したものである。各利用者は徒歩移動を含む様々な交通モードを選択・利用し、各メッシュ中心となる出発地（自宅）から目的地へと向かう。このトリップに実際に掛かる総所要時間を「総所要時間」と定義し、これらに対して勾配による年齢別の歩行負荷や、目的地ごとに重みづけを行いコスト化したものが「総所要時間コスト」となる。多様な交通モードに対して行程を一般化するために考慮する要素は以下のとおりである。

- ・ 交通モードの予約の可否
- ・ 乗車地点までのアクセスの可否
- ・ 交通モードでの移動（乗り換え含む）
- ・ 目的地までのイグレスの可否

これらを定式化すると式(1)のようになる。なお、ここで、ポイントは交通モードの乗降地点を指す。

$$T_t = T_r + T_{w_a} + T_s + T_m + T_{w_e} \quad (1)$$

- T_t : 総所要時間コスト
- T_r : 予約時間 (予約をして家を出るまでの時間)
- T_{w_a} : アクセス時間 (ポイントまでの徒歩時間)
- T_s : 待ち時間 (ポイントで待つ時間)
- T_m : 移動時間 (モードを利用して移動する時間)
- T_{w_e} : イグレス時間 (目的地までの徒歩時間)

(2) 総費用コスト

総費用コストとは、対象とする交通モードによるトリップの最短旅行時間経路における費用を算出したものである。利用する交通モード毎に、その1トリップにおいてかかる費用は異なるため、その算出方法は交通モードごとに異なる。自家用車であれば燃料費、バスやタクシーであれば運賃をそれぞれ考慮したうえで、駐車場の料金を考慮するなどその1トリップにおいてかかる費用を計上する。

(3) 総合サービスレベルコスト

総合サービスレベルコストとは、対象とする交通モードによるトリップの最短旅行時間における総所要時間コストを貨幣換算し、総費用コストを足し合わせ算出したものである。貨幣換算においては、先行研究¹⁴⁾¹⁵⁾における等価時間係数を参考に本研究での係数を設定(表1)し、一般化時間としたうえで年齢ごとの時間価値(表2)で貨幣換算を行う。

3.4 評価指標算定にあたっての各要素の考え方

(1) 利用者属性ごとのパラメータ設定

利用者の属性として、以下の2つを定め、それぞれに歩行速度 W_s を定義する。

- ・ 非高齢者 (15~64歳, 歩行速度 W_{s1} 4.8km/h)
- ・ 高齢者 (65歳~, 歩行速度 W_{s2} 4.0km/h)

勾配を有する経路を徒歩移動する場合、その勾配の程度による歩行速度の増減はなく、常に一定とする。

表1 等価時間係数

自動車	徒歩	自転車	バス (着席)	タクシー
1.0	2.0	2.0	1.7	0.9

表2 時間価値 (円/分)

非高齢者	3.30
高齢者	3.93

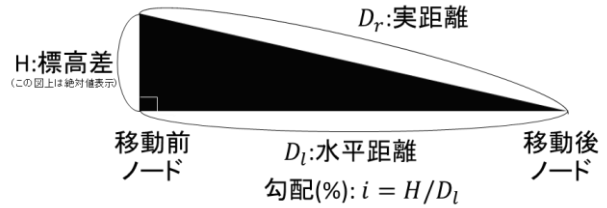


図1 勾配

(2) 勾配

道路ネットワークデータ、歩行者ネットワークデータ内の標高データを用いて移動前ノードから移動後ノードまでの勾配を図1のように計算する。

標高差 H は移動後ノードの標高から移動前のノードの標高差をとる。また、ノード間(リンク1つ分)における徒歩移動時間は $T_w = D_r/W_s$ となる。

また、勾配による歩行負荷を考慮するため、 T_w に、エネルギー代謝率(RMR)を考慮した変数係数 β_i を乗じる。 β_i は後述する b_i に値し、勾配における歩行負荷と同じ歩行負荷をすべて水平方向での歩行移動で感じた場合の距離を移動したときの時間を指す。

なお、移動前ノードと移動後ノードというのはそれぞれ出発地、目的地を表すものではなく、1つのリンクに対する出発ノードと到着ノードを指す。

(3) 歩行負荷

歩行負荷についてはエネルギー代謝率(RMR)という労働強度を示す指標を考慮することで考える。佐藤ら⁹⁾は人間工学基準数値数式便覧¹¹⁾に示された7種類の勾配(-9%, -5%, 0%, 5%, 10%, 15%, 20%)のRMRを用い式(6)に示した近似式を算出した。

$$r_i = 3.113e^{0.0461i} \quad (6)$$

r_i : 勾配 $i\%$ の勾配を分速80mで登った場合のRMR
また、高橋ら¹⁰⁾によると、高齢者において11%を越える下り坂は上り坂と同じ負荷であると指摘している。よって勾配 $i\%$ での歩行負荷が勾配 0% での歩行の何倍に当たるかを算出するため、平地(勾配 0%)での徒歩の等価時間係数を1.0とし、坂道における等価時間係数を定義して一般化時間(式で表すと $T_w \times \beta_i$ となる)を算出する。

以上得られたRMRの勾配 0% と $i\%$ の比率がそのまま勾配 0% と $i\%$ の等価時間係数の比率となると仮定し、等価時間係数を式(7)のように仮定する。

$$b_i = \frac{b_0 \times r_i}{r_0} \quad (7)$$

- b_i : 勾配 $i\%$ を分速80mで歩行時の等価時間係数
- b_0 : 勾配 0% を分速80mで歩行時の等価時間係数
- r_i : 勾配 $i\%$ を分速80mで歩行時のRMR
- r_0 : 勾配 0% を分速80mで歩行時のRMR

以上より、勾配 i と等価時間係数の関係を下記に示す。

$$\begin{aligned} i > -11: b_i &= e^{0.0461i} \\ i \leq -11: b_i &= e^{-0.0461i} \end{aligned}$$

ただし、高齢者においては、歩行速度 4.0km/h における勾配 i % 登坂時の RMR 近似式がないため、実距離を 1.2 倍 (4.8/4.0 倍) した値からこれまでの計算を繰り返すことで補完する。

以上を整理すると、後述されるアクセス時間は $T_{wa} = \beta_a \cdot W_s$ となり、イグレス時間は $T_{we} = \beta_e \cdot W_s$ となる。

(4) 所要時間

所要時間は基本的に前述したように、実際にかかる所要時間 (総所要時間) とは別に評価指標として総所要時間コストを算出する。

通常、トリップは出発地から出発し、目的地に到着するまでを 1 トリップとし、その移動時間や所要時間を評価指標としている。^{4b)}しかし、本研究では多様な交通モードを同列に比較するため、利用者が移動したいと思う時刻、つまりは交通モードを予約する時刻から目的地に到着する時刻までを 1 トリップとして扱う。

まずは総所要時間コストの計算の流れとその概略図を図 2 に記す。

$$\begin{aligned} T_{dat1}: T_{t1} &= (P_1 T_{t1}^{d1} + P_2 T_{t1}^{d2} + \dots + P_n T_{t1}^{dn}) / n \\ T_{dat2}: T_{t2} &= (P_1 T_{t2}^{d1} + P_2 T_{t2}^{d2} + \dots + P_n T_{t2}^{dn}) / n \end{aligned} \quad (8)$$

$$T_{datm}: T_{tm} = (P_1 T_{tm}^{d1} + P_2 T_{tm}^{d2} + \dots + P_n T_{tm}^{dn}) / n$$

T_{datm} : m 番目の出発時刻

T_{tm} : T_{datm} における総所要時間コスト

P_n : 目的地 d_n における重み付けパラメータ

T_{tm}^{dn} : T_{datm} における目的地 d_n に対する総所要時間コスト

$$T = \left(\sum_{i=1}^m T_{ti} \right) / m \quad (9)$$

T : 総所要時間コスト

分析においては、時間帯ごとに直通便や急行便の有無など、時刻表における頻度ベースの期待待ち時間だけでは考慮しきれない点を詳細に考慮するため、分析時間帯の中で任意の時刻毎に分析を行う。今回は 30 分刻みに分析対象時刻を設定する。分析ではこの分析対象時刻、つまり出発時刻 T_{dat} を任意に 1 つ定め、これに対する所要時間コスト T_t をそれぞれ求める。出発時刻は各目的トリップにおける分析時間帯の中で $T_{dat1}, T_{dat2} \dots$ と定める。目的地に関して重み付けをしたパラメータ P_n を定め、これと各目的地に対して算出した所要時間 T_t で乗じることで、交通モード毎に、ある 1 つの目的地に對

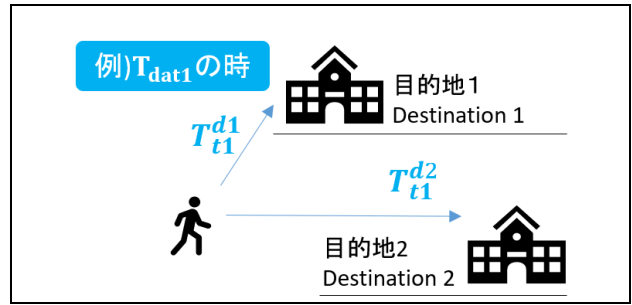


図 2 概略図

した任意の出発時刻における所要時間コストが算出される。これを分析時間帯において繰り返し行い、平均を取ることによって総所要時間コストを算出する。以上をまとめる式(8),(9)のようになる。

(5) 目的地の設定と統合

目的地の設定として、分析対象としている目的トリップとその目的地、到着時刻、分析対象年齢を表 3 に示す。日常生活行動における私事 (友人宅へ向かう、や公園・娯楽施設に向かう等) の様々な目的地を設定しそれに対するサービスレベルを算出することが可能であるが、今回は 3.2 節で示した 3 つを目的トリップとして評価対象とした。

次に目的地の統合として、1 つの目的トリップにおけるすべての目的地を考慮するため、式(10)に記すハフモデルを用いて目的地ごとに重み付けを行う。

$$P_i = \frac{\frac{S_i}{D_i^\lambda}}{\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{D_i^\lambda}} \quad (10)$$

P_i : 目的地 i の吸引率

(目的地における重み付けパラメータ)

S_i : 目的地 i の魅力度

D_i : 目的地 i までの実距離

λ : 距離抵抗係数 (= 1)

ハフモデルは、「近くて魅力度の高い店舗ほど顧客を吸引できる」という仮定の下、競合店やターゲット顧客や世帯が住んでいる地域の位置関係を加味し、店舗の需要予測を行う分析手法である。本研究における目的地までの魅力度は目的トリップ、すなわち目的地によって異なる。

まず、通勤通学等においては目的地が駅となることから、その駅の乗降客数を魅力度¹⁰⁾として扱う。通院については先行研究¹⁷⁾によると病院の病床数よりも病院・診療所密度を魅力度として重視しており、500m メッシュ

表 3 目的トリップ

目的トリップ	主な目的地	分析時間帯
通院	病院	10:00-14:00
買い物	スーパー、SC	9:00-15:00
地域外	駅	6:00-9:00

(=0.25 km²) の集積度を表している。よって本研究においても任意の病院に対してその病院のあるメッシュを中心として周囲 25 メッシュ (病院のあるメッシュを含む, 100m メッシュ×25=0.25 km²) の集積度を魅力度として考える。

5. 実都市への適用

本研究においては、3.1に記された4つの条件を踏まえた地域として東京都日野市を設定し、指標の算出を試みる。本研究において使用する主なデータとその出典は以下の通りである。なお、データの分析及び結果を表示するGISプラットフォームとしてはQGISを用いる。

- ・ H22(2010)年国勢調査100mメッシュデータ
- ・ 道路ネットワークデータ：DRM全道路ノードリンクデータ
- ・ 歩行者ネットワークデータ：(株)マップル
- ・ 駅・乗降客数データ：国土数値情報
- ・ 病院データ、商業施設データ：マップル10000
- ・ 時刻表データ：各運行会社HP (京王バス) から作成

特定の路線をもつ交通モードに関しては乗降ポイントをノードとしてそれらをつなぐリンクを路線とみなした時空間ネットワークの構築を行い、分析を行った。

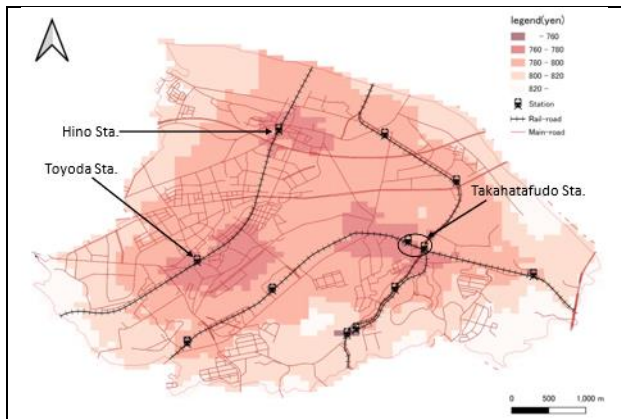


図3 自家用車利用

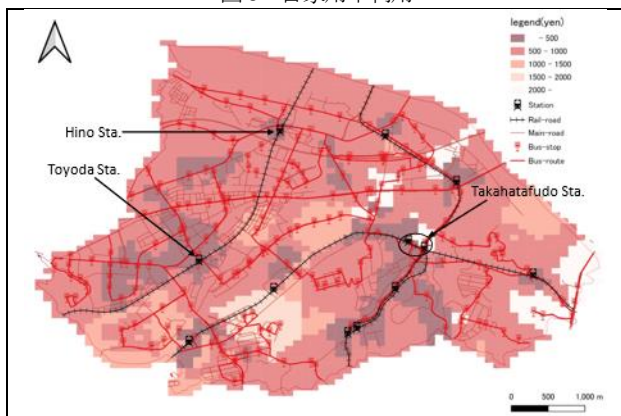


図4 定時定路線型バス利用

(1) 分析結果

本分析における結果の一例として、地域外への移動を想定し、高齢者が午前6時から9時までの間に駅に向かった際の総合サービスレベルコストの結果を図3,4に示す。図3においては自家用車を使用しており、図4は定時定路線型バスを使用している。

この結果から、目的地ごとの重みづけを行った結果と道路ネットワークや地形条件による差が結果に明示的に示されていることが窺える。また、自家用車利用の場合は重みづけパラメータが大きくなる豊田駅、日野駅、高幡不動駅周辺が最もコストが小さく、サービスレベルが高い地域となることが示され、実情にも即した結果が伺える。また、定時定路線型バスでは自家用車とは異なり、バス停に近いところほどコストが小さくなっているが、分析時間帯に運行本数が少ない地域や上記駅に直接向かいにくい地域などはコストが比較的大きく取られているため、異なる交通モードのサービスレベル差を捉えることが出来る結果となった。

次に、ケーススタディとして行った分析結果を図5、図6の2つに示す。

a) 各メッシュにおける最適な交通モードの算出

このケーススタディにおいては、総合サービスレベルコストを用いた分析と比較を行う。ここでは高齢者が駅に向かう際の各メッシュにおける最適な交通モードを算出する。自転車を含めた場合、ほぼ全域で自転車が最適

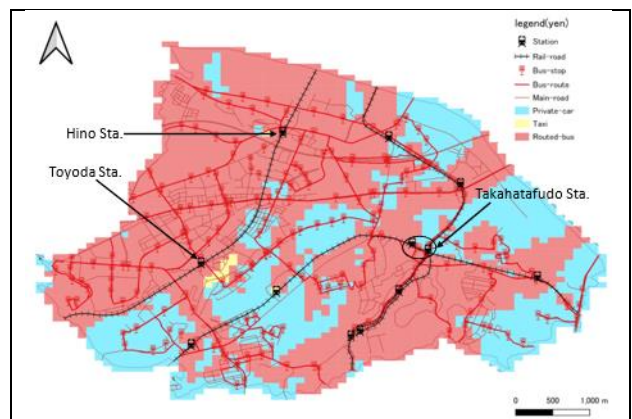


図5 最適な交通モード

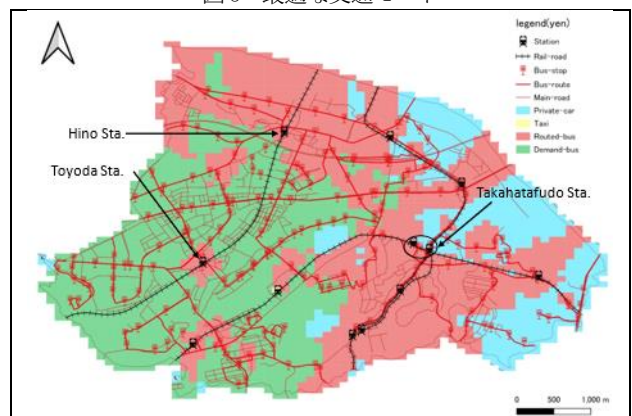


図6 最適な交通モード (デマンド交通導入後)

な交通モードになってしまうため、今回対象とした交通モードは自家用車、カーシェア、タクシー、定時定路線型バスの4つとした。この分析結果を図5に示す。

この結果から、バス路線が近くにある多くの地域では最適な交通モードとして定時定路線型バスが選ばれる結果となり、公共交通として定時定路線型バスが一定のサービスレベルが保たれていることが示された。また、その他の地域は自家用車が最適な交通モードとして示されており、こういった地域へ交通政策を思案していく必要があることも同時に示された。加えて、カーシェアやタクシーが結果として示されていないことから、これらの利用は適しているとは言い難い結果となった。また、は現在の交通網のまま地域の高齢化が進み、かつ交通弱者が増えていくような傾向にあると、交通モードとしての最適解である「自家用車」が使えず、十分に移動のサービスレベルが担保されない地点として明白となる。

また図5において、バス路線が整備されながらも最適な交通モードが自家用車となっている地点（市内南西部など）は定時定路線型バスがその分析における条件下では十分なサービスレベルを担保できていないということになる。こういったようにバス停が存在して一見交通不便地域に見えない地点もGISを用いてより詳細かつ視覚的にわかりやすく表すことができた。

b) デマンド交通を導入した場合のコスト変化

上記のケーススタディの結果から、交通弱者に対して十分なサービスレベルが担保できる交通モードを考える。ここでは、市内全域の既存バス停を乗降ポイントとして利用したタイプ①のデマンドバスの導入を検討し、分析を行った。この分析結果を図6に示す。

この結果から、デマンドバスを市内全域で導入した際、豊田駅周辺では最適な交通モードとして判断される結果となった。特に、ミニバスの平山循環線のみがカバーしている市内南西部では自家用車からデマンドバスへの転換が見られ、交通弱者となりやすい高齢者に対するアクセシビリティの確保がなされた。

したがって、現在のサービスレベル（図5）であれば先述の地区において自家用車の運転が出来なくなった際には少なからず交通のサービスレベルが低下し、移動が不便になるが、デマンドバスを導入すれば十分なサービスレベルを確保できるということが示され、こういった結果から、運転免許返納の推進などの施策にも反映することが考えられる。

しかし、この結果においてデマンドバスが有意となった地域は、あくまで他の交通モードと総合サービスレベルコストを比較した際にコスト最小と判断されたものに過ぎない。したがって、実際に既存交通とのコスト差が軽微な場合、新たにデマンドバスを整備する方がかえって整備側のコストが大きくなることが考えられるため、

実務で利用する際はその数値差などを鑑みる必要がある。

(2) 考察

指標全体としては、年齢、地形、道路ネットワーク、トリップ目的、ダイヤグラム全てを考慮したうえで、定量的かつ客観的な指標で100mメッシュという詳細な単位で分析をすることを可能にしてはいるが、あくまでメッシュの重心とそれに近い道路ネットワークのノードを紐づけしたり、目的地に近い道路ネットワークノードを代表値としたりと、まだまだ概算的な部分は残っているのが現状である。他にも、私的交通の中長期的な投資、分析でパラメータ値として任意に決めた値やカーシェアやデマンドバスにおける予約成立率など、考慮すべき項目はまだ存在していると考えている。特に本分析においては自転車に優れた値を示しているが、この中長期的な投資のみならず勾配における消費エネルギーや信号における影響など、実情との乖離を小さくするために考慮する項目を更に精査していくことで、より現実に即した結果になっていくと考える。

また、検討がなされるケーススタディにおいても、一部地域においてデマンドバスを導入した場合の改善効果など、市域全体にとらわれない検討も今後可能であり、進めていくべきだといえる。

6. 結論と今後の課題

(1) 結論

本研究では、自家用車を含めた多様な端末交通のサービスレベルを定量的な指標で示す枠組みを構築した。その上で東京都日野市における分析により、道路ネットワークや標高などの地形条件やバス時刻表などの交通条件の下、年齢、出発地、トリップ目的ごとに出発メッシュからトリップ目的施設への身体的負担・交通モードの特性を考慮した旅行時間/費用の重み付け平均コストを評価指標として評価、比較を行い、その有用性を示した。また、容易に入手可能なデータに基づきGIS上の評価が可能なモデルとしたため、データとプログラムさえあればどの地域でも適用が可能であるという点も本研究における有用性を示す結果である。

本研究においては多様な端末交通を同一の評価項目として捉えて分析することで、現在の地域内のサービスレベルをより明確に比較することが可能となった。また、利用者属性ごとの違いが表せることにより、前述した評価においての将来予測や運転免許返納後、すなわち自家用車が利用できなくなった際のサービスレベルの変化を評価することなども容易にできるようになったことから、交通弱者に対する適切な施策立案に資することが考えられる。

加えて、これまではある目的施設1つに対して評価を

行うものが主流であり、特定の交通問題を解決する1つの手段として有効であったが、本研究における指標では、域内の目的施設すべてを対象として重みづけを行った上で、トリップの目的毎の評価を可能とした。これによって交通施策を、よりマクロな視点から捉えることを容易にした上、実際に算出される結果はさらにミクロな視点から捉えることを可能としたことから、交通施策立案時の一助となりうることが示された。

(2) 今後の課題

今後の課題として、3節で既に述べた点を含め、本指標が実際の住民による日常生活における交通モードの利用の肌感覚にどの程度マッチしているか、或いは乖離しているかを調査したうえでさらなる指標の改善が必要となる。

加えて、今回想定したトリップがあくまで自宅から目的地への片道トリップに限られたものであったので、自宅に帰ってくるトリップも含めた往復トリップの評価をすることで、特にワンウェイ利用があまり主流でないカーシェアなどの交通モードの指標はより現実に即したものとなる。また、サービスレベルを考慮する際に一般に想定される需要とサービスレベルの相互作用や、交通モードの採算性や維持可能性等は評価対象としておらず、実務では問題となりやすい既存交通との共存といった分野に関しても本研究における枠組みで考慮しきれていない部分になるので、今後の検討が求められる。

参考文献

- 1) Karst T. Geurs, Bert van Wee : Accessibility evaluation of land-use and transport strategies:review and research directions –Journal of Transport Geography, 12, 127–140 (2004)
- 2) 大東延幸,三秋英二,折田康明 : 公共交通手段別のサービスレベルに関する研究, 広島工業大学紀要研究編, 第40巻, pp.75-80, 2006.
- 3) Calvin P. Tribby, Paul A. Zandbergen : High-resolution spatio-temporal modeling of public transit accessibility – Applied Geography, 34, 345-355 (2012)
- 4) 赤星健太郎, 高松瑞代, 田口東, 石井儀光, 小坂知義 : 低頻度な公共交通網を有する地域の移動利便性の評価手法に関する研究, 都市計画論文集, Vol.47 No.3, pp.847-852, 2012.
- 5) 増山篤 : フリーのソフトウェア, サービス, データを用いた地方における公共交通アクセシビリティ評価, 都市計画論文集, vol.53 No.1, pp. 97-107, 2018.
- 6) 喜多秀行, 辻皓平, 四辻裕文 : 公共交通に支えられた活動機会の計測法と整備水準評価への利用, 交通工学論文集, 第1巻第2号, pp. 116-122, 2015.
- 7) 柳原崇男, 嶋田真尚, 大藤武彦 : 高齢者の外出頻度と交通行動の地域間特性に関する一考察, 土木計画学研究・論文集, Vol.73, No.5, I_761-I_769, 2015.
- 8) 猪井博登, 中岡亮 : 坂道での身体的負担を考慮したコミュニティバスのアクセシビリティ改善効果に関する研究, 土木計画学研究講演集 No36 2007.
- 9) 佐藤栄治 : 居住者や利用者に着目したアクセシビリティに関する立体的都市空間の分析指標の開発と都市空間再構築手法の提案 首都大学東京博士論文 2006
- 10) 高橋徹 : 屋外における高齢者の歩行特性に関して 総合都市研究 No.39 pp.21-37 1990
- 11) 佐藤方彦ほか : 人間工学基準数値数式便覧 技報堂 1992
- 12) 佐藤栄治, 吉川徹, 山田あすか : 地形による負荷と年齢による身体能力の変化を勘案した歩行換算距離の検討—地形条件と高齢化を勘案した地域施設配置モデルその1—, 日本建築学会計画系論文集, No610, pp.133-pp.139, 2006
- 13) 林光伸, 湯沢昭 : デマンドバス導入のための需要予測と運行形態の評価に関する一考察, 都市計画論文集, vol.41 No.3, pp. 55-60, 2006.
- 14) 毛利正光, 新田保次 : 一般化時間組み込んだ交通手段選択モデルに関する基礎的研究, 土木学会論文報告集, vol.343, 63-72, 1984.
- 15) 新田保次, 三星昭宏, 森康男 : モビリティ確保の視点からみた高齢者対応型バス計画についての一考察, 土木学会論文集, No.518, IV-28, 43-54, 1995
- 16) 関健熙 : 首都圏の鉄道の利用実態からみた駅の魅力度に関する研究, 東京大学学位論文, 2016.
- 17) 竹牟禮駿, 小谷通泰, 寺山一輝 : 地方都市における買い物・通院目的地の分布実態の分析 —滋賀県東近江地域を対象として, 日本都市計画学会関西支部研究発表会講演概要集, 10巻, 2012.

(2022.3.6 受付)