

バス停勢圏に基づく沿線人口分布の分析 -つくば市のコミュニティバスおよびデマンドタクシーを対象として-

Analysis of Population Distribution along Bus Routes Based on Stop Catchment Areas -A Case of Community Bus and Demand-Responsive Taxi Services in Tsukuba City-

21D3101010J 井上 一馬 (交通計画研究室)
Kazuma Inoue / Mobility Planning Lab.

Key Words : Tsukuba City, community bus, demand-responsive transport, GIS analysis, population coverage, service accessibility

1. はじめに

(1) 研究背景

近年、地方都市においては人口減少および高齢化の進行により、路線バスの利用者数は減少傾向にある。特に自家用車依存が進行した都市では、公共交通の利用基盤が弱体化し、減便や路線廃止が進むことでサービス水準がさらに低下するという悪循環が生じている。その結果、高齢者や運転免許を持たない住民にとって移動手段の確保が重要な課題となっている。

茨城県南部に位置するつくば市においても、市域の拡大とともに自動車依存型の都市構造が形成されてきた。こうした状況を背景に、市は地域公共交通の維持および交通空白地域の解消を目的として、コミュニティバス「つくバス」およびデマンド型交通「つくタク」を導入している。

つくバスは定時定路線型のコミュニティバスであり、市内各地区を結ぶシャトル路線として運行されている。一方、つくタクは予約制のデマンド型交通であり、地区単位で設定されたエリア内において柔軟な移動を可能とするサービスである。

しかし、これらの交通サービスは限られた財政の下で運営されており、路線や地区ごとの利用状況や効率性には差が見られる。これまで公共交通の評価は利用者数や収支率を中心に行われてきたが、それらの指標のみでは各路線がどの程度の人口を支えているのかという空間的特性を十分に把握することは困難である。

そのため、停留所を基準とした徒歩圏人口を定量的に把握し、人口分布との関係から公共交通サービスを評価する視点が重要であると考えられる。

(2) 既往研究の整理および研究目的

公共交通に関する既往研究では、コミュニティバスやデマンド型交通の導入効果について、利用実態調査やヒ

アリング調査を通じて、利用者属性、満足度、運行コスト、収支状況等の観点から評価した研究が多く蓄積されている。これらの研究は、サービス導入後の利用動向や財政的持続性を把握する上で重要な知見を提供している。

また、デマンド型交通の柔軟な経路設定や予約制による利便性向上に着目し、定時定路線型交通との比較を行っ

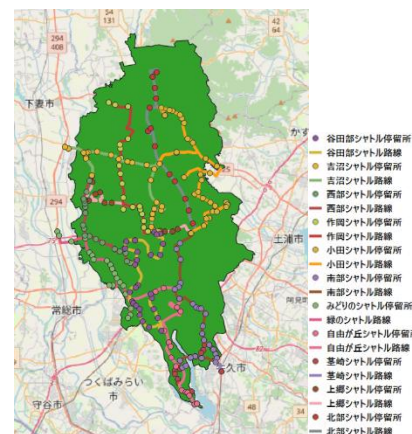


図-1 つくバス路線図

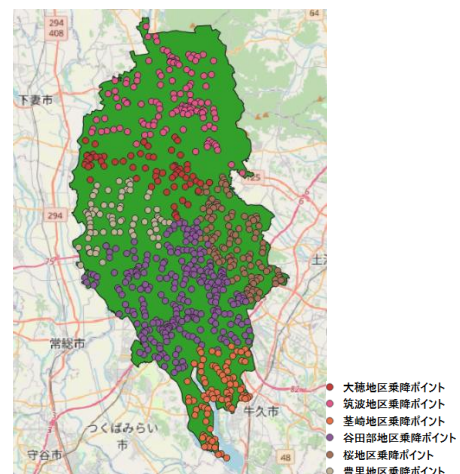


図-2 つくタク停留所

た研究も見られる。これらの研究では、利用者の移動時間の変化や利便性の評価、既存路線バスからの転換効果などが分析されており、交通形態ごとの特徴が整理されている。

一方で、これらの交通サービスが実際にどの程度の人口を空間的にカバーしているかについて、GISを用いて定量的に評価した研究は限定的である。特に、停留所を基点とした徒歩圏を設定し、人口メッシュデータとの重ね合わせにより人口カバー特性を算出した上で、路線別あるいは地区別に比較検討した事例は十分とは言えない。さらに、同一自治体内において、定時定路線型のコミュニティバスとデマンド型交通を対象とし、徒歩圏を考慮した人口カバー特性を比較した研究はほとんど見られない。そのため、両者の役割分担を空間的観点から整理した研究は未だ発展途上にあるといえる。

以上より、本研究は既往研究で十分に扱われてこなかった空間的視点から公共交通サービスを評価する試みとして位置付けられる。

本研究は、つくば市を対象に、コミュニティバス「つくバス」およびデマンド型交通「つくタク」のサービス提供状況を定量的に評価し、それぞれの人口カバー特性を明らかにすることを目的とする。

具体的には、停留所300m圏を徒歩圏として設定し、人口メッシュデータとの重ね合わせにより沿線人口および地区別カバー人口を算出する。さらに、それらの人口指標と利用者数および収支率との関係を整理することで、路線・地区ごとの特性を把握する。

特に、定時定路線型交通とデマンド型交通を同一都市内で比較することにより、両者がどのような人口分布のもとで機能しているのかを明らかにし、公共交通サービスの役割分担を空間的観点から整理する点に本研究の特徴がある。

2. 研究手法

本研究では、つくば市を対象に、コミュニティバス「つくバス」およびデマンド型交通「つくタク」のサービス提供状況をGISを用いて分析した。

バス停留所およびつくタクの乗降ポイントを基に徒歩圏を想定したサービスカバーエリアを設定し、人口メッシュデータとの空間的重ね合わせにより、路線別および区域別のカバー人口およびカバー率を算出した。

(1) サービスカバーエリアの設定

はじめに、つくバスについては停留所位置データおよび路線データを用い、各停留所を基点として半径300mのバ

ッファを作成した。300mは一般的に徒歩圏として用いられる距離であり、公共交通の到達性評価において広く採用されている基準である。

作成したバッファを路線単位で統合し、路線ごとのサービスカバーエリアを設定した。

一方、つくタクについては地区単位で運行区域が設定されていることから、各乗降ポイントを基点とした300mバッファを作成し、地区別のサービスカバーエリアを設定した。

本研究で用いたつくバスの路線図およびつくタクの乗降ポイントは図-1および図-2に示す。

(2) カバー人口およびカバー率の算出

次に、国勢調査に基づく300m人口メッシュデータを用い、各サービスカバーエリアとの空間的重ね合わせを行った。空間分析にはオープンソースGISソフトウェアであるQGISを用いた。座標系は日本測地系平面直角座標系を使用し、面積計算の精度を確保した。

まず、停留所ポイントデータから半径300mのバッファを作成した。次に、複数停留所のバッファが重複する場合にはdissolve処理を行い、路線単位のサービスカバーエリアを作成した。

その後、人口メッシュデータとの重ね合わせ(intersection処理)を実施し、各メッシュとサービスカバーエリアの重複ポリゴンを生成した。

人口按分計算はQGIS上のPythonコンソールを用いて実装した。各重複ポリゴンについて、元メッシュ面積、重複面積、面積比率を算出し、面積比率を人口に乘じることで按分人口を求めた。

路線沿線人口は以下の式により算出した。

$$P_{route} = \sum_i (P_i \times \frac{A_{inbuffer}}{A_i} \dots (1)$$

P_{route} : 路線沿線人口

P_i : 人口メッシュ*i*の人口

A_i : 人口メッシュ*i*の面積

$A_{inbuffer}$: 人口メッシュと路線バッファの重複面積

また、つくタクについては、地区人口に対するカバー人口の割合を算出し、以下の式により地区別カバー率を算出した。

$$\text{カバー率} = \frac{\text{カバー人口}}{\text{地区人口}} \dots (2)$$

(3) 分析の整理方法

算出した沿線人口および地区別カバー率を基に、路線別

および区域別に結果を整理し、定時定路線型交通とデマンド型交通の人口カバー特性を比較した。

さらに、つくバスについては沿線人口と利用者数との関係を整理し、4象限マトリクス分析を行うことで路線特性を視覚的に分類した。

3. 分析結果

(1) つくバスにおける沿線人口と利用者数の関係

まず、算出した路線別沿線人口と令和3年度の利用者数との関係を整理した。散布図を作成し、相関係数を算出した結果、全路線を対象とした場合の相関係数は -0.08 となり、両者の間に明確な相関関係は確認されなかった。これは、沿線人口の規模が必ずしも利用者数の多寡を直接的に規定していないことを示している。

一方で、北部シャトルおよびみどりのシャトルを外れ値として除外した場合、相関係数は 0.38 となり、一定の正の相関が確認された。この結果から、特定路線の影響を除けば、沿線人口が多い路線ほど利用者数も多い傾向があることが示唆される。

ただし、相関係数は中程度にとどまっており、利用者数

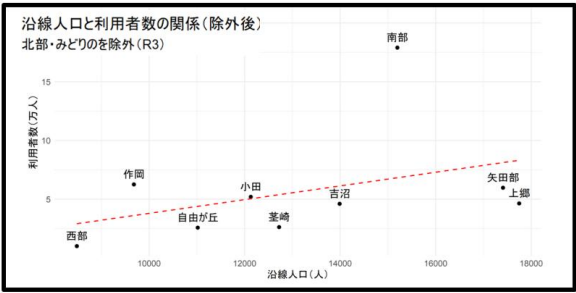


図-4 沿線人口と利用者数の関係(外れ値除外後)

は人口規模のみでは説明できないことが明らかとなった。

(2) 4象限マトリクス分析

次に、沿線人口を横軸、利用者数を縦軸とし、各平均値を基準として4象限マトリクス分析を行った。

その結果、路線は以下の4類型に分類された。

I 象限（高人口・高利用）

人口規模が大きく、利用者数も多い路線である。南部シャトルなどが該当し、人口集積地を通過し、かつ交通結節点へのアクセス性が高い路線であると考えられる。

II 象限（高人口・低利用）

沿線人口は多いものの、利用者数が相対的に少ない路線である。上郷シャトルなどが該当し、潜在的需要は存在するが、運行経路や利便性が需要に十分結びついていない可能性が示唆される。

III 象限（低人口・高利用）

沿線人口は少ないが、利用者数が多い路線である。北部シャトルなどが該当し、人口規模以外の要因、例えば通学需要や結節点接続性が利用を支えている可能性がある。

IV 象限（低人口・低利用）

沿線人口も利用者数も少ない路線であり、西部シャトルなどが該当する。当該路線では、利用促進策よりも路線

表-1 路線別沿線人口

路線	沿線人口(人)	R3利用者数(万人)
北部	7,365	25.7
自由が丘	11,020	2.57
上郷	17,747	4.63
荃崎	12,721	2.62
みどりの	8,022	0
南部	15,197	17.9
小田	12,129	5.19
作岡	9,681	6.25
西部	8,487	1
矢田部	17,408	5.97
吉沼	13,988	4.6

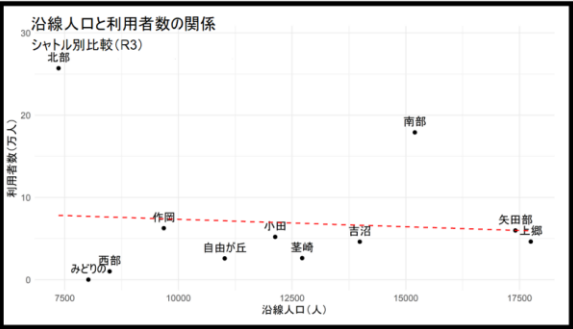


図-3 沿線人口と利用者数の関係

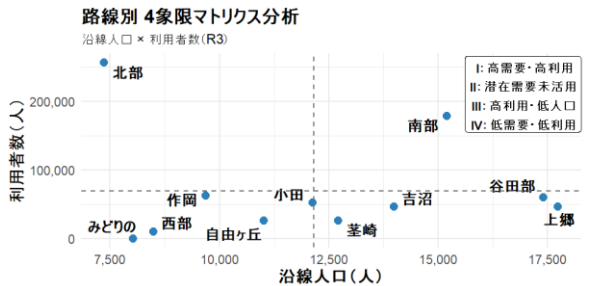


図-5 シャトル別4象限マトリクス分析

以上より、つくバスの路線特性は人口規模のみでは一様に評価できず、路線ごとに異なる特性を有していることが明らかとなった。

次に、つくタクについて地区別に停留所300m圏による人口カバー率を算出した。

その結果、筑波地区および谷田部地区では約90%と高いカバー率を示した。一方、桜地区および荃崎地区では70%台にとどまり、地区間で明確な差が確認された。

地区名	地区人口 (人)	カバー人口 (人)	カバー率
荻崎	33,714	24,156	72%
谷田部	125,172	112,540	90%
桜	84,786	63,636	75%
豊里	20,087	16,561	82%
大穂	21,189	19,117	90%
筑波	18,434	16,724	91%

市町村 (City/Town/Village)	カバー人口 (人) (Covered Population)	R6年間利用者数 (人) (R6 Annual Users)
荻崎 (Hosokawa)	~25,000	~7,000
大穂 (Oosode)	~35,000	~8,000
矢田部 (Yatabe)	~45,000	~9,000
桜 (Sakura)	~65,000	~10,000
豊里 (Toyosato)	~120,000	~18,000
筑波 (Tsukuba)	~260,000	~48,000

つくバス 平均利用者数と収支率の関係

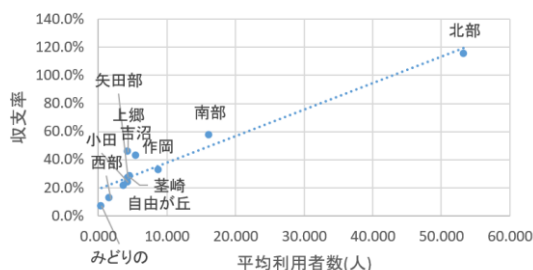


図-7 つくバスにおける平均利用者数と収支率の関係

以上の結果から、つくタクの到達性は地区ごとの都市構造に大きく依存していることが示された。

つくバスについて、沿線人口と収支率との関係を整理した結果、明確な相関関係は確認されなかった。すなわち、人口規模が大きい路線であっても、必ずしも収支率が高いとは限らないことが明らかとなった。

この結果は、沿線人口が潜在需要を示す指標であるのに対し、収支率は顕在化した利用需要の規模に左右される指標であることを示している。

次に、つくたくについては、地区別カバー人口と利用者数との関係を整理した。その結果、カバー人口が多い地区ほど利用者数も多い傾向が確認された。これは、デマンド型交通においてはサービス到達範囲の広さが直接的に利用実績に結びつきやすい構造を有していることを示唆している。

ただし、カバーエリアが拡大することにより予約不成立の割合が増加する可能性も考えられ、単純にカバー範囲を拡大すれば効率性が向上するとは限らない。

以上より、定時定路線型交通では利用実績が収支率を規定する主要因であり、デマンド型交通では到達性の確保が利用実績に影響を与えることが明らかとなった。

本研究では、つくば市を対象に、コミュニティバス「つくバス」およびデマンド型交通「つくタク」のサービス提供状況をGISを用いて分析し、停留所300m圏を基準とした沿線人口および地区別カバー率を算出した。さらに、それらの人口指標と利用者数および収支率との関係を整理することで、路線・地区ごとの特性を明らかにした。つくバスについては、沿線人口と利用者数との間に明確な比例関係は確認されなかったものの、一部路線の影響を除外すると一定の正の相関がみられた。しかしながら、人口規模のみでは利用実績を十分に説明できず、結節点接続性や通学需要、運行頻度といった複数の要因が利用に影響していることが示唆された。

また、利用者数と収支率との間には正の相関が確認され、収支構造は潜在需要を示す人口規模よりも、実際の利用実績に強く依存していることが明らかとなった。

一方、つくタクについては、地区別カバー率に明確な差が確認され、高カバー率地区では市街地が連続しているのに対し、低カバー率地区では居住地が分散している傾向がみられた。このことから、デマンド型交通の到達性も都市構造に依存していることが示された。

以上より、定時定路線型交通とデマンド型交通は異なる人口分布条件の下でそれぞれ機能しており、両者は代替関係ではなく補完関係にあることが明らかとなった。人口集積地では定時定路線型交通が効率的に機能し、人口分散地域ではデマンド型交通が到達性を補完する役割を担うと考えられる。

本研究は、利用者数や収支率といった従来指標に加え、停留所勢圏に基づく人口カバー特性を定量的に整理した点に意義がある。公共交通サービスの評価に空間的視点を導入することで、路線特性に応じたより精緻な評価の必要性を示した。

5. おわりに

本研究では、停留所300m圏を基準とした人口カバー特性を用いて、つくば市におけるコミュニティバス「つくバス」およびデマンド型交通「つくタク」の特性を定量的に整理した。しかしながら、本研究にはいくつかの課題が残されている。

第一に、人口指標の精緻化である。本研究では総人口を基にカバー人口を算出したが、実際の公共交通需要は高齢者人口割合や自動車免許保有状況などの属性によって大きく異なる可能性がある。今後は、年齢階層別人口や交通弱者に着目した分析を行うことで、より実態に即した評価が可能になると考えられる。

第二に、徒歩圏距離の設定に関する検討である。本研究では300mを徒歩圏として設定したが、年齢層や道路環境によって実際の移動可能距離は異なる。複数の距離設定による感度分析を行うことで、勢圏設定が結果に与える影響を明らかにする必要がある。

第三に、効率性指標との統合的評価である。本研究では人口カバー特性と利用実績および収支率との関係を整理したが、運行コストや1人当たり運行費用などを含めた総合的な指標による評価を行うことで、より実践的な政策検討へと発展させることが可能である。

さらに、デマンド型交通においては、カバー範囲の拡大が予約集中や運行効率の低下を招く可能性も考えられる。今後はシミュレーション等を用いて、効率性と公平性の両立に向けた最適なサービス水準を検討することが求められる。

以上の課題に取り組むことで、公共交通サービスの評価

枠組みはより高度化され、地域特性に応じた持続可能な交通施策の検討に資する知見が得られると考えられる。

参考文献

- 1) つくば市ホームページコミュニティバス「つくバス」利用案内(時刻表、路線図など)
<https://www.city.tsukuba.lg.jp/soshikikarasagasu/toshik-eikakubusogokotsuseisakuka/gyomuannai/2/1/1001471.html>
- 2) つくタク web|つくば市の乗り合いタクシー
<https://tsuku-taku.com/>
- 3) 竹内龍介, 吉田樹, 鶴指眞志 「コミュニティバスやデマンド交通の生産性指標の実態及び地方自治体での評価」, 土木楽学会論文集 2024 年 80 巻 20 号