つくバスの再編前後における需要の変化に関する分析

深井　翼[1]・岡本　直久[2]

[1]学生非会員　筑波大学大学院　システム情報工学研究群（〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1）
E-mail: s2320457@u.tsukuba.ac.jp (Corresponding Author)

[2]正会員　筑波大学教授　システム情報系（〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1）
E-mail: okamoto@sk.tsukuba.ac.jp

近年,コミュニティバスの導入が進んでいる.多くの自治体の公共交通に関する計画ではバスネットワークによる人口のカバー率を特に重視する傾向にあるが,利用者数が伸び悩み,財政負担が生じているケースが多くみられる.つくば市のコミュニティバス「つくバス」も同様にカバー率を重視していたが,2011 年に大規模再編を行い,重視する点を鉄道駅への直行速達性に変更した結果,利用者数が大幅に増加している.本研究では「つくバス」を対象とし,大規模再編前後における需給の変化と利用者数増加の要因について分析を行った.需給の変化の可視化により,特に増便を行った地域において需要が増加したことがわかった.また,5 つのゾーンに分けた分析では,2010 年から 2020 年にかけての人口増減に関わらず利用者数が増加した傾向にあることが明らかとなった.

Key Words: *community-bus, bus restructuring, service level, bus network*

1. 序論

(1) 背景

近年我が国では,自治体によって運行されるコミュニティバスの導入が進んでいる.[1]2020 年には全国の自治体の 80%近くにあたる 1367 の自治体がコミュニティバスを導入しており,その主な目的は民間バス事業者の供給が行き届かない公共交通空白地域の解消である.コミュニティバスのネットワークを計画する際に自治体が重視する点は様々だが,多くの自治体の公共交通に関する計画では「バスネットワークによる人口のカバー率」を特に重視する傾向にある.しかし,各路線の運行頻度や運賃等のサービス水準についてまで総合的に検討されたものは少なく,計画の際に重視する点について明確な根拠に基づいて議論されていないケースが多くみられる.従って,カバー率を特に重視する傾向にあるコミュニティバスに対して,そのあるべき姿について議論する必要があると考えられる.本研究では,大規模な路線網の再編により,「バスネットワークのカバー率」から「鉄道駅への直行速達性」へと重視する点を変化させたつくば市のコミュニティバス「つくバス」の事例を対象として,再編前後の需要の変化について分析を行う.

(2) 既往研究の整理と本研究の位置づけ

バスの再編を扱った既往研究としては以下のようなものがある.[2]柿本ら(2006) は,現状のバス路線における運行本数・最大輸送可能量(供給面)と乗降客数・混雑率等(需要面)を可視化することで,乗降者数の実態に即した合理的な再編の必要性を示している.[3]溝上ら(2010) は,路線ポテンシャルを用いた潜在需要予測と交通機関別分担モデルを用いた顕在化需要予測の結果を示すことで,計画段階のバス路線再編の有効性を検証している.このように,既存路線の最適化や再編後の需要予測をテーマとした研究は数多く存在するが,実際のバス路線の再編による需要の変化要因を分析した研究や,つくバスのように計画において重視する点を変更し,大規模な再編を行った事例について扱っているものは少ない.

また,バスのサービス水準と需要の関係について扱った研究としては以下のようなものがある.[4]岡本ら(2021) は,複数の選択肢のうち 2 項目ずつを一対比較形式で提示し,どちらをより好むかをアンケート調査によって集計・分析する一対比較法と,各自治体の人口一人当たりのバス年間輸送人員を被説明変数とし,各サービス水準や社会経済データを説明変数とした重回帰分析を行い,2 つの分析結果を照らし合わせることで,バス利用者数に

影響を与える要因を明らかにしている.[5]古川ら(2010)は,中山間地域におけるバス停勢力圏ごとの乗車人数を被説明変数とし,バス停ごとのサービス水準や人口等を説明変数とする重回帰分析を地域別,時間帯別に行うことで,居住地の特性や時間帯ごとの利用目的の違いを考慮した上で,バス利用に影響を与える要因について分析している.このように,一時点においてバスの利用要因について分析を行った研究は数多く存在するが,バスのサービス水準や住民の個人属性,世帯属性等の時系列的な変化から分析を行った研究は少ない.

そこで本研究では,つくバスの大規模再編の前後における需給の変化を統計的に捉え,バスのサービス水準の変化という施策による要因と,人口等の潜在需要の変化という外的な要因の両面から,利用者数増加の要因を明らかにする.

2. 「つくバス」について

(1) つくば市と「つくバス」の概要

本研究では,つくバスの運行地域である茨城県つくば市を対象とする.つくば市の公共交通機関は,東京方面へのアクセスが可能な鉄道であるつくばエクスプレス線,近隣都市間や市内地域間を結ぶ民間路線バス,つくば市が運行するコミュニティバス「つくバス」,及びオンデマンド乗合タクシー「つくタク」から構成される.

本研究の対象となる「つくバス」について紹介する.つくば市のコミュニティバス「つくバス」は 2006 年に全 15 系統で運行を開始し,2011 年に計画をほぼ白紙に戻すほどの大規模な再編を実施したことで全 6 系統での運行に変更された.その後もバス停やルートの追加等が行われ,2022 年現在では全 10 系統で運行されている.図-1 は 2011 年の大規模再編前後における路線網の変化を表している.2010 年時点では,各地域を循環する循環型の路線が 15 系統,始点と終点を往復するシャトル型の路線が 1 系統で運行されていたのに対し,2019 年時点では,シャトル型の路線 9 系統で運行され(左図に点線で示した学園南循環は 2011 年に民間路線バス会社に譲渡され,2019 年時点においても運行されている),公共交通空白地域においては 2011 年より運行が開始されたオンデマンド乗合タクシー「つくタク」が補完している.このことから,2011 年の大規模再編を機に運行形態が大きく変化したことがわかる.路線バスのバス停を含めたバス停 500m 圏のカバー率を比較すると,2010 年時点は面積カバー率 85.3%,人口カバー率 94.7%であったのに対し,2019 年時点は面積カバー率 69.6%,人口カバー率 80.1%であることから,カバー率が大幅に減少していることがわかる.これほどまでカバー率が減少しているにもかかわらず,つくバスの利用者数は 2011 年の再編を機に年々増加傾向にあることが図- 2 よりわかる.

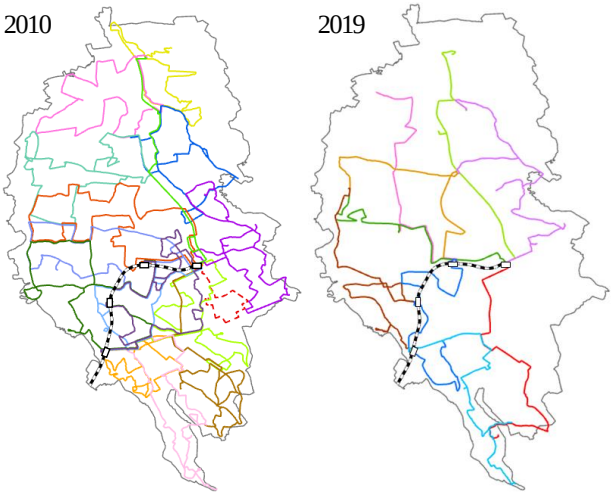


図-1 2011 年の再編前後におけるつくバスの路線網

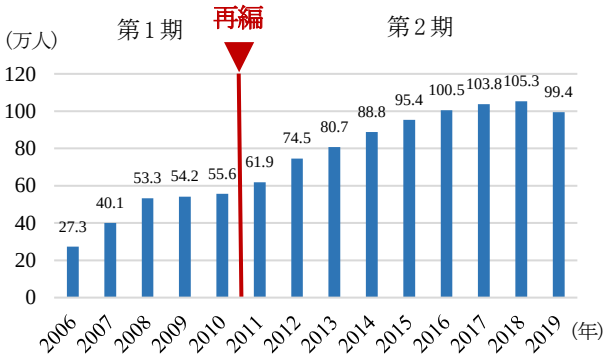


図-2 [6]つくバス年間利用者数の推移

(2) つくバス大規模再編の経緯

2011 年に行われた大規模再編の意図に関して,運行主体であるつくば市は次のように述べている.

[6]再編前の第 1 期(2006～2010 年)に関しては,「第 1 期は多くの地域をカバーできるよう,旧庁舎を中心とする地域循環型として運行された.この運行形態は,バス利用可能圏域が広く,市内の大部分をカバーできる一方,路線が長大で 1 運行当たりの所要時間が長くなり,定時性や便数の確保に苦慮し,結果的に鉄道乗継利便性も低いという短所もあり,利用者の大きな増加にはつながらなかった.」としている.つまり,再編前においては「バスネットワークによる人口のカバー率」を特に重視していたことがわかる.

一方,再編後の第 2 期(2011 年～)に関しては,「第 2 期は,第 1 期の運行形態を見直し,路線バスを補完するよう,また鉄道駅との直行速達性を重視して路線を再編した(循

環型からシャトル型へ変更).この運行形態は,第 1 期と比較すると,市内のカバー圏域は小さくなるものの,鉄道駅へのアクセス性は向上し,また全体の路線長も短くなることから,定時性が向上し,便数も増便した.」としている.つまり,再編後においては「鉄道駅との直行速達性」を特に重視しており,再編前後において重視する点が変化していることがわかる.

3. つくバス再編前後における需給の変化

(1) 分析に使用したデータ

表-1 に本研究での分析に使用したデータを示す.つくバス時刻表データは 2010 年,2019 年のそれぞれにおいて市民向けに発行されていたパンフレットから,バス停ごとの運行本数や運行時間帯,経由路線数を抽出したうえ,最寄り駅までの所要時間及び運賃を算出して作成したものである.つくバス利用者数データは,2010 年,2019 年に全数集計された年間の利用者数データである.なお,これは運転手がバス停ごとに乗降者数をカウントする方法で調査され,全便で行われたものである.

表-1 使用データ一覧

項目	提供元
つくバス時刻表データ (2010,2019)	つくば市
つくバス利用者数データ (2010,2019)	つくば市
[7]500m メッシュ人口データ (2010,2020)	総務省統計局

(2) 運行頻度と車両台数

図-3 に 2010 年,2019 年時点におけるつくバスの路線ごとの運行本数を示す.全体的に運行本数が増便しており,再編後においては全路線が 1 日 15 本以上で運行されている.これを運行間隔で表すと図-4 のようになる.再編前は 90 分以上に 1 便の路線がほとんどであったのに対し,再編後は全便において 60 分以内に 1 便,9 路線中 4 路線が 30 分以内に 1 便の間隔で運行している.

表-2 に路線ごとの路線長,1 便当たり所要時間,及び運行本数の平均値を示す.なお,1 便当たり所要時間とは,各路線の始点から終点までに要する時間を指す.表-2 より,再編によって路線長が大幅に削減され,それに伴い 1 便の運行に要する時間が短縮された傾向にあることがわかる.さらに,所要時間が短縮されたことで,全体的に運行本数を大幅に増便させることが可能となっている.

表-3 に 1 日あたりのバス車両使用台数を示す.バス台数の合計にはほとんど変化はないが,輸送可能容量の合計は大幅に増加している.これは,再編によって小型バスメインの運行から中型バスメインの運行にシフトしたためであり,輸送力の高い車両を用いて需要の大きい箇所を中心に運行するようになったことがうかがえる.

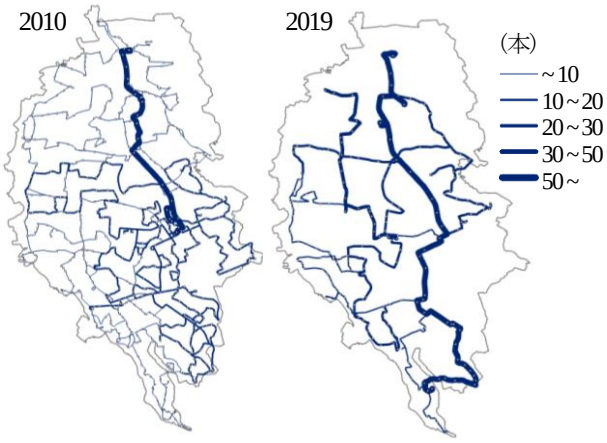


図-3 運行本数の変化

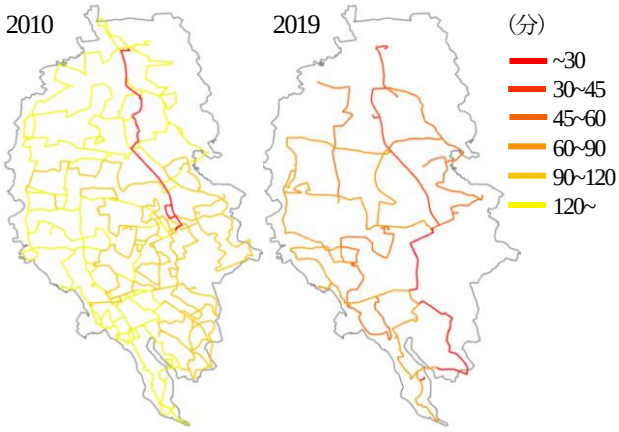


図-4 運行間隔の変化

表-2 路線長・1 便当たり所要時間・運行本数の平均値

項目	2010 年	2019 年
路線長 (km)	33.6	23.0
1 便当たり所要時間 (分)	96.0	65.6
運行本数 (本)	13.5	31.3

表-3 1 日当たりのバス車両使用台数の変化

項目	2010 年	2019 年
56 人定員中型バス(台)	3	17
32 人定員小型バス(台)	21	8
バス台数計(台)	24	25
輸送可能容量(人)	840	1208

(3) メッシュ単位でのサービス水準の比較

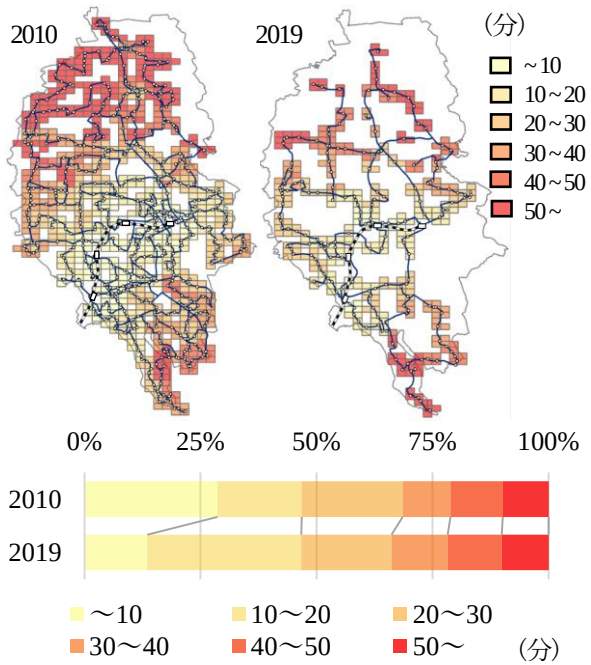
本節では,2011 年の大規模再編前後におけるサービス水準の変化を 500m メッシュ単位で比較する.なお,時刻表データを用いてバス停ごとのサービス水準(最寄り駅までの所要時間・最寄り駅までの運賃・運行時間帯・経由路線数)を割り当て,各メッシュの重心から 500m 圏内にあるバス停をアクセス可能なバス停とすることで,メッシュごとのサービス水準について可視化を行った.なお,図-5 下部のグラフは,つくバスにアクセス可能な全人口に占める割合を表したものである.

図 -5 (a)に最寄り駅までの所要時間の変化を示す.本研究では,つくバスを利用して最も早く到達することのできる鉄道駅を最寄り駅と定義し,各バス停から最寄り駅までの所要時間を算出した.先述の通り,2011 年の大規模再編は鉄道駅への直行速達性を重視して行われたものであるが,「速達性」の部分については,ここで示した限りではそこまで大きな改善がなかったといえる.

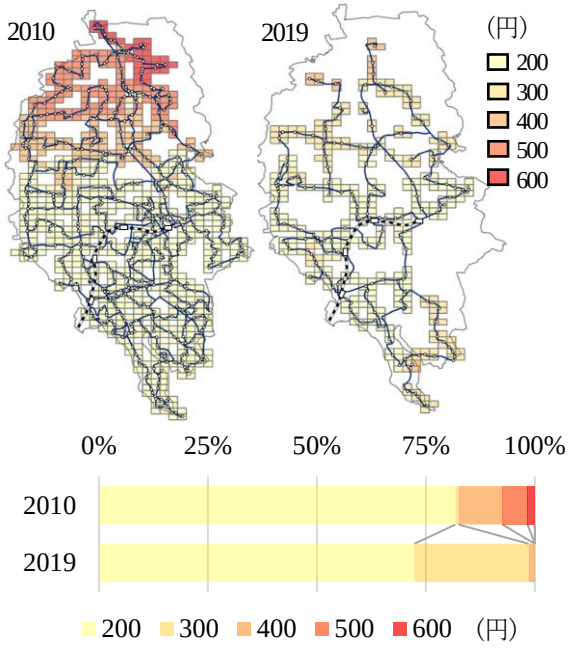
次に,つくバスの運賃体系について説明する.再編前は,基本的には一律 200 円に設定されていたが,再編後は全路線において距離に応じて運賃が決定される仕組みとなり,200 円～400 円に設定されている.図 -5 (b)に,各メッシュから最寄り駅までの運賃を示す.なお,最寄り駅までの運賃は,最寄り駅に最も早く到着するルートを選択すると仮定して算出した.図 -5 (b)より,市北部地域において運賃面での鉄道駅へのアクセスが改善されたことがわかる.これは,再編前における地域循環 1～4 コース(主に市北部を運行)が鉄道駅を経由しない路線であったことから,乗り換えが必要となっていたことによるものである.

再編前後における運行時間の変化を図 -5 (c)に示す.なお,運行時間とは,始発便から最終便までのつくバスが運行している時間を指す.図 -5 (c)より,全体的に運行時間が延長され,地域ごとのばらつきが小さくなったことがわかる.

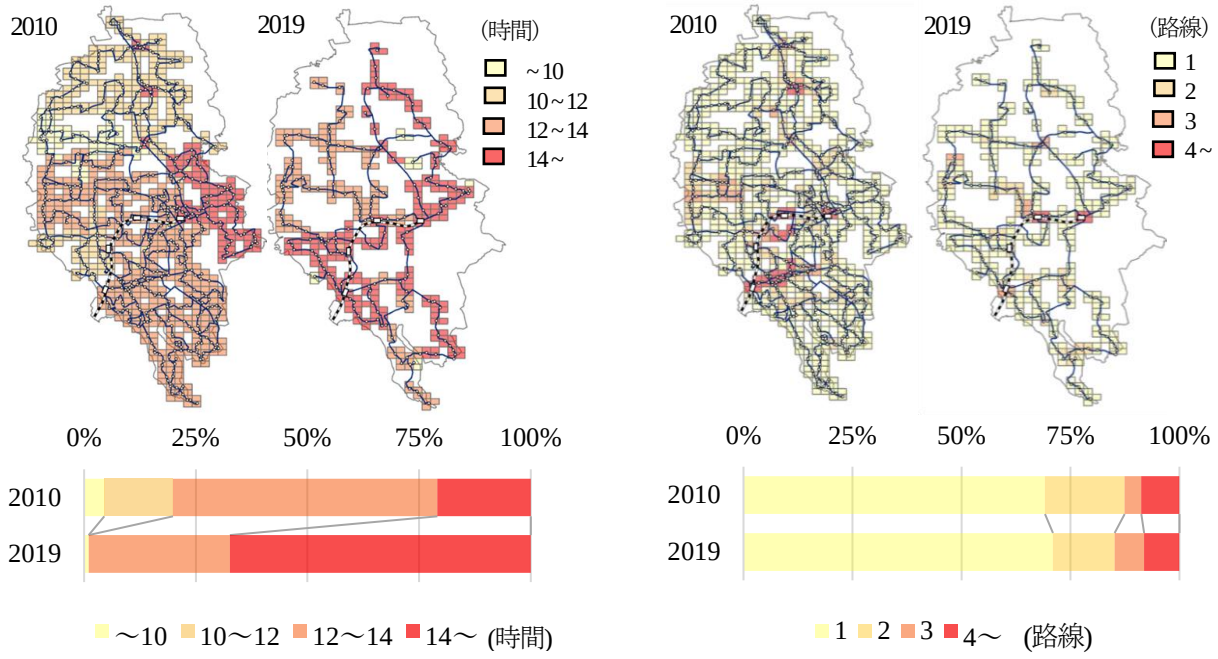
最後に,各メッシュからアクセス可能な路線数の変化を図 -5 (d)に示す.アクセス可能な路線数とは,メッシュの重心から 500m 圏内にあるバス停を経由する路線の数を指し,重複を考慮している.全体的に大きな差はないが,再編後は主に鉄道駅周辺に路線数が多いメッシュが分布しているのに対し,再編前は鉄道駅周辺以外においても路線数が多いメッシュがみられる.これは,再編前においては路線が重複する部分が多かったことによるものである.



(a)最寄り駅までの所要時間



(b)最寄り駅までの運賃



(c) 運行時間　　(d) アクセス可能な路線数

図-5　再編前後における各サービス水準の変化
(上図：メッシュ単位での比較・下図：つくバスにアクセス可能な人口に占める割合)

(4)　利用者数とサービス水準の関係

表-4 にバス停ごとの 1 日あたりの平均利用者数と各サービス水準の相関係数を示す.なお,再編後は最寄り駅までのアクセスに乗り換えが不要となったことから,「最寄り駅までの乗り換え回数」は 2010 年のみの項目となっている.また,最寄り駅までの所要時間と運賃が 0 となるバス停,つまり鉄道駅の最寄りのバス停 4 つは対象から除外している.表- 4 より,再編前,再編後ともに同様の傾向がみられ,利用者数と運行本数の間には強い正の相関,運行時間や路線数との間には弱い正の相関があることがわかる.一方で,利用者数と最寄り駅までアクセスするための時間的・金銭的なコストとの間にはほとんど相関がみられなかった.

(5)　利用者数と人口の関係

前節では,バスの利用者数を規定する要因としてサービス水準を挙げたが,バス停勢圏内の人口もその要因のうちの一つである.そこで本節では,利用者数とバス停勢圏内の「人口」,「通勤通学者数」,「高齢者数」,「単独世帯数」の関係を明らかにする.表-5 にその相関係数を示す.なお,バス停勢圏は 500m に設定し,重複する部分はボロノイ分割により領域を決定している.表-5 より,再編前はほとんど相関がみられなかったのに対し,再編後においては弱い正の相関がみられた.弱い正の相関がみられるようになったことついて,再編後は需要の多い箇所を中心として集中的に運行していることが要因として挙げられる.

表-4　1 日当たり平均利用者数と各サービス水準の相関係数

サービス水準	2010 年	2019 年
運行本数	.565	.554
最寄り駅までの所要時間	−.008	−.001
最寄り駅までの運賃	−.048	−.002
最寄り駅までの乗り換え回数	−.085	—
運行時間	.134	.228
路線数	.251	.352

表-5　1 日当たり平均利用者数と各バス停勢圏人口の相関係数

バス停勢圏人口	2010 年	2019 年
人口	.021	.187
通勤通学者数	.020	.190
高齢者数	−.005	.111
単独世帯数	.015	.205

4. つくバス利用者数増加要因の分析

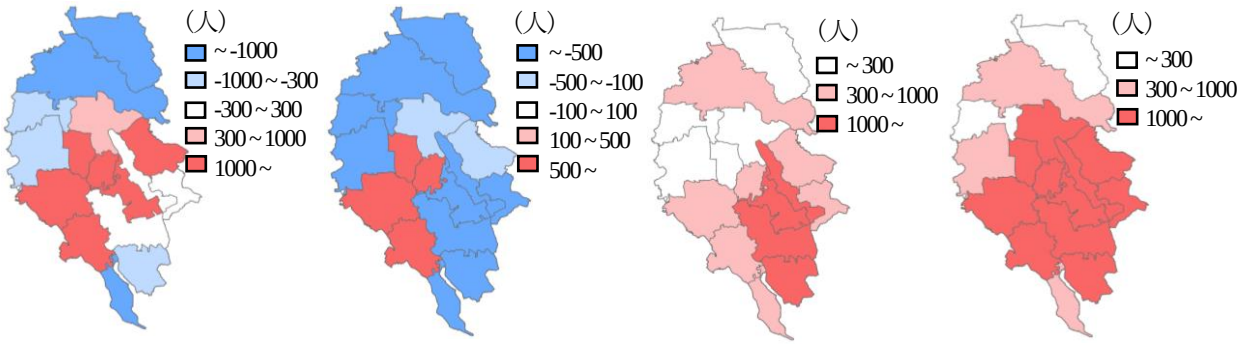
前章において,つくバスの各サービス水準と利用者数との関係を明らかにした.特に運行本数が多いバス停ほど利用者数が多い傾向にあることがわかり,再編による運行本数の増便が利用者数増加に大きな影響を与えた可能性が高いことがわかった.しかし,つくば市では 2010 年から 2020 年にかけての 10 年間で人口分布や都市構造の変化があり,そういった外的な要因によって利用者数が増加した可能性も考えられる.そこで本章では,再編後における利用者数増加の要因を,施策の影響による要因(サービス水準の変化)と外的な要因(人口の変化)の両面から明らかにする.

(1) 人口の増減によるゾーン区分

本章では,[8]東京都市圏 PT 調査の小ゾーン区分を用い,人口の増減によってゾーン区分を行う.なお,面積の小さい一部の小ゾーンは,分析の都合上一つのゾーンにまとめている.図-7 に各小ゾーンにおける 2010 年から 2020 年の属性別人口の増減を示す.人口,通勤通学者数はゾーンによって増減に差がある一方,高齢者数や単独世帯数は全ゾーンにおいて増加している.そこで本研究では,人口,及び通勤通学者数の増減によって図-8 のような 5 つのゾーンに分類を行った..図-8 で示したゾーンを図-9 のようにメッシュに変換し,各メッシュの重心から 500m 圏内に位置するバス停をそれぞれ抽出した.これをゾーンごとに集計し,各ゾーンからアクセス可能なバス停を抽出した.

(2) ゾーンごとの利用者数及びサービス水準の変化

本項では,どのゾーンにおいて利用者数やサービス水準に変化があったのかを明らかにするために,ゾーンごとにおいて,2010 年と 2019 年における利用者数やサービス水準の間で t 検定を行った.その結果を表-6 に示す.利用者数に関しては,①,②のような人口が増加したゾーンだけでなく,④,⑤のような人口が減少したゾーンにおいても,再編前後で有意な差がみられた.つまり,人口の増減に関わらず利用者数が増加した傾向にあることがわかる.「運行本数」に関しては,全てのゾーンにおいて再編前後で 1%の有意な差がみられ,「運行時間」に関しても 4 つのゾーンで有意な差がみられた.「最寄り駅までの所要時間」に関しては,④人口減少ゾーン北において有意な差がみられたが,これはゾーンの中でも鉄道駅からの距離が特に遠いバス停数が大きく減少したためであると考えられる.「最寄り駅までの運賃」に関しては,最寄り駅へのアクセスに乗り換えが不要となったバス停の多い,②人口増加・通勤通学者数減少ゾーンと④人口減少ゾーン北において差が有意となっている.また,全体的に路線の密度が減少したことから,4 つのゾーンにおいてバス停を経由する路線数がマイナスの値を示した.



(a) 人口　(b) 通勤通学者数　(c) 高齢者数　(d) 単独世帯数

図-7　2010 年から 2019 年にかけてのゾーンごとの人口増減

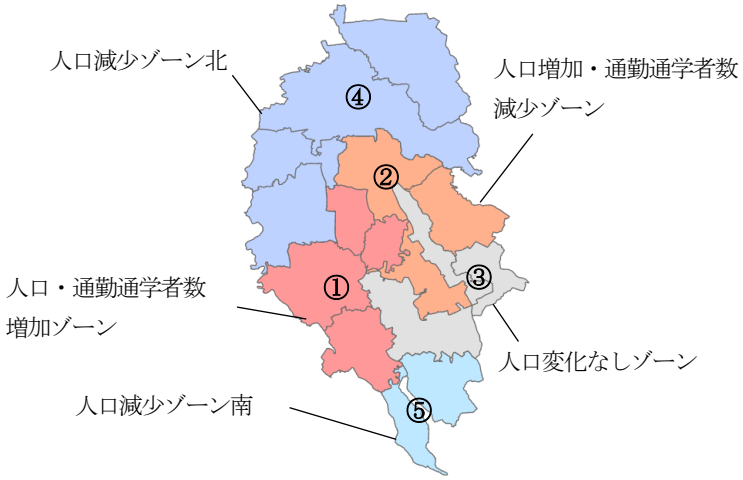


図-8　5つのゾーンによる分類

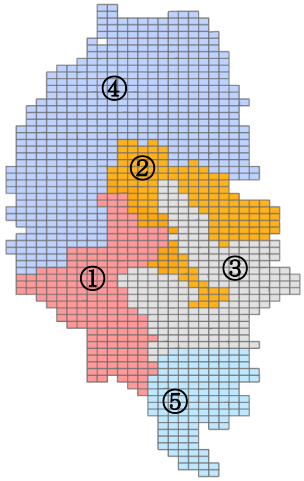


図-9　メッシュ単位への変換

表-6　ゾーン別 t 検定の結果

ゾーン名	利用者数	運行本数	運行時間	駅までの所要時間	駅までの運賃	路線数
①　人口・通勤通学者増加	3.44**	6.58**	5.22**	1.57	1.65	-2.96**
②　人口増加・通勤通学者減少	2.17*	6.94**	1.88	2.17*	-3.16**	-2.66**
③　人口変化なし	3.17**	8.08**	4.87**	1.38	1.54	-2.93**
④　人口減少(北)	2.37*	9.79**	13.62**	-5.45**	-11.24**	-2.97**
⑤　人口減少(南)	4.39**	7.76**	2.24*	3.02**	7.89**	0.75

**：1%有意,*：5%有意

5.　結論

本研究では,2011 年のつくバス大規模再編前後における,サービス水準や人口の変化を捉えることで,需要の変化についての分析を行った.その結果,以下 2 つの結論と知見が得られた.

・再編後における劇的な利用者数の増加には,運行本数の増便が大きな影響を与えた可能性が高い.
→この事例における運行本数の増便は,路線網を削減し,1便当たりの所要時間を削減することで実現したものである.よって,むやみにカバー範囲を確保するのではなく,十分なサービス水準を確保した上で路線網を構築する必要性があるといえる.

・人口の増減によらず全ゾーンにおいて利用者数が増加した.
→潜在需要が減少した地域であっても,サービス水準の向上によってより多くの需要を顕在化させることが可能であるといえる.

なお,本研究ではコミュニティバスのみに焦点を当てて分析を行ったことから,路線バスやオンデマンド乗合タクシーといった,つくば市内を運行する他の公共交通機関を含めた分析を行い,包括的に需要やサービス水準を捉えることが今後の課題である.

謝辞：つくバスに関するデータを提供していただいた,つくば市総合交通政策課のご担当者様に深く御礼申し上げます.

REFERENCES

1)　国土交通省：令和 3 年度 交通の動向, https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001485334.pdf [Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism：Traffic Trends in FY2021]
2)　柿本竜治・辻泰明：地方バス路線再編の検討と公的補助負担の公平性の検証, 都市計画論文集, 41 巻 3 号, pp. 67-72,　2006. [Kakimoto, R. and Tsuji, Y.：Reorganization of Local Bus Route and Faimess of Cost Sharing by Public Subsidy, *Journal of the City Planning Institute of Japan*, Vol.41, Issue3, pp. 67-72, 2006.]
3)　溝上章志・平野俊彦・竹隈史明・橋本淳也：階層化

手法による熊本都市圏バス路線網の再編, 土木計画学研究・論文集, 27 巻 5 号, pp. 1025-1033，2010. [Mizokami, S., Hirano, T., Takekuma, F. and Hashimoto, J.：An Application of a Hierarchical Bus Network Design Method to Kumamoto Urban Area, *Infrastructure planning review*, Vol.27, Issue5, pp. 1025-1033, 2010.]

4) 岡本直久・徳谷祐輝：バス利用に影響を与える要因の検討-利用者意識調査とマクロ分析に基づいて-, 交通学研究, 64 巻, pp. 123-130，2021. [Okamoto, N. and Tokuya, Y.；Examination of Factors Influencing Bus Use - Based on a User Attitude Survey and Macro Analysis-, *The Japanese journal of transportation economics*, Vol. 64, pp. 123-130, 2021.]
5) 古川のり子・橋本成仁・内田元喜・山口一義：中山間地域におけるバス停乗降者数に関する基礎的研究-ポイントレベルでの人口データに基づいて-, 土木計画学研究・論文集, 27 巻 4 号, pp. 709-715，2010. [Furukawa, N., Hashimoto, S., Uchida, M. and Yamaguchi, K.：A Fundamental Study on the Number of Bus Stop Users in Mountainous Areas, *Infrastructure planning review*, Vol.27, Issue4, pp. 706-715, 2010.]
6) つくば市：つくば市地域の公共交通ネットワークにおける交通結節点整備に関する調査, https://www.mlit.go.jp/common/001200612.pdf [Tsukuba City：Study on the Development of Transportation Nodes in the Public Transportation Network in the Tsukuba City area]
7) 総務省統計局：e-stat 政府統計の総合窓口 https://www.e-stat.go.jp/ [Statistic Breau, Ministry of Internal Affairs and Communications,：e-stat General Contact for Government Statistics]
8) 東京都市圏交通計画協議会：パーソントリップ調査 https://www.tokyo-pt.jp/person/01 [Tokyo Metropolitan Area Transportation Planning Council：Person-trip Survey]

Analysis of Changes in Demand Before and After the Restructuring of "Tsukubus"

Tsubasa FUKAI, Naohisa OKAMOTO

In Japan, introductions of community-buses has been promoted by municipalities. Many municipalities' public transportation plans tend to place particular emphasis on the coverage of the population by the bus network, but in many cases, the number of passengers has stagnated. Tsukuba City's community-bus "Tsukubus" had similarly emphasized coverage, but in 2011 it underwent a major restructuring, changing the emphasis to direct and quick access to the railway stations, which has resulted in a significant increase in the number of passengers. In this study, the authors aim to describe changes in demand before and after this restructuring in Tsukuba City, where TOD based urban development is promoted. The analysis showed that demand increased, in areas where the frequency of service especially increased, and the number of passengers tended to increase regardless of the increase or decrease in population between 2010 and 2020.