

GTFSを活用したコミュニティバスの利便性 評価の一手法に関する研究

伊藤 聖樹¹・小林 佑也²・松本 幸正³

¹学生会員 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科

E-mail: 170448009@ccmailg.meijo-u.ac.jp

²学生会員 名城大学大学院理工学研究科社会基盤デザイン工学専攻

E-mail: 193433003@ccalumni.meijo-u.ac.jp

³正会員 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科(〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501)

E-mail: matumoto@meijo-u.ac.jp

コミュニティバスに対する運営の効率化が求められており、鉄道駅や公共施設等、人々が集積する場所を起終点として路線網が形成される中、重複路線を解消し、バス相互の乗継利便性を確保できるような交通結節点の設定が求められる。そこで、本研究ではGTFSを用いることによって、乗り継ぎを含めたバス路線の利便性に関する評価を行うことを目的とし、愛知県日進市で運行されている「くるりんばす」を対象に分析した。

その結果として、最小所要時間だけでなく、日中総所要時間やジニ係数の値が利便性を評価する指標として使える可能性があることが明らかになった。これらの評価結果から、利便性を向上させるためには、目的地までの所要時間はもとより、運行経路、特に乗り継ぎ利便性の確保が重要であることが明らかになった。

Key Words : Community bus, OD, GTFS, Gini coefficient, Route evaluation

1. はじめに

超高齢社会やモータリゼーションの進展による公共交通の衰退を背景として、多くの自治体でコミュニティバス等の導入が進んでいる。しかし、コミュニティバスの維持・管理を行う上で、運行の効率化も求められている。多くのバス路線では、鉄道駅や公共施設等、人々が集積する場所を起終点として路線網が形成されている。そのような路線網において運行の効率化を進めるためには、重複路線を解消し、バス相互の乗継利便性を確保できるような交通結節点の設定が求められる。

バスのネットワーク網を形成するにあたって、利用者が多様な目的地に移動できるように出発点と到着点の接続性を考慮する必要がある。しかし、すべての需要を満たすようなバス路線を設定することは非現実的である。そのために、乗継を行うことが、バスで到達できる範囲を広げるための重要な要素となる。

乗継に関する先行研究として、Ceder¹⁾は、バスの利用者は乗継時間の安定さを重要視していることを明らかにしている。McCord M. M.²⁾は、バス利用者には不安感を与えるものは乗継のための長い時間であることを明ら

かにしている。Guo³⁾は、乗継は利用者にとって不便かつ改善すべきものであり、これらをうまく克服することによってネットワーク全体の利益につながることを明らかにしている。

乗り継ぎを含めたバス路線の評価に関する研究事例も蓄積が進む。Fransen⁴⁾は、社会人口統計とGTFS (General Transit Feed Specification) から算出されたアクセシビリティを比較し、公共交通機関サービスの改善を提案している。Farber⁵⁾は、GTFSを使用してスーパーマーケットへのアクセシビリティを計算し、都市の平均所得の分布と比較している。GTFSとOpenStreetMapのデータを組み合わせて地域間のアクセシビリティを計算し、GISで表現した研究もある^{6) 7)}。

それらの研究の多くでは、経路探索にGTFSが活用されている。日本でもGTFSを利用したバス情報のオープン化が進んでいる⁸⁾。さらにGTFSを活用して様々なアプリケーションソフトを用いることで、バスの時刻表や経路の探索が容易になる。これにより、路線図や時刻表だけではわかりにくい、複数の路線を跨ぐ最短・最安・最少の乗継経路を簡単に見つけることができるようになる。

そこで本研究では、愛知県日進市で運行されているコ

コミュニティバス「くるりんばす」を対象に、乗継を含めたバス利用の利便性を評価可能な方法を検討するとともに、その評価結果と実際の利用を比較して、評価手法の妥当性を検証する。

2. 研究対象と調査概要

(1) 日進市の概要

日進市は、愛知県のおぼ中央に位置する大都市近郊の都市である。近隣の名古屋市や豊田市のベッドタウンとして人口は増加しており、令和3年2月現在の人口は92,468人（前年比で921人増）である。現在でも複数の鉄道駅付近において土地区画整理事業が進んでおり、人口は今後しばらくは増加すると思われる。

(2) 「くるりんばす」の概要と選定理由

「くるりんばす」の令和3年度2月現在の路線数は7路線（赤池線・米野木線・三本木線・梅森線・五色園線・岩崎線・循環線）であり、運行日は年末年始を除く毎日、便数は平日が11便、休日が8便であり、循環線のみが21便である。運賃は均一制で、平成29年4月1日に路線やダイヤが大きく見直されるとともに、運賃は1乗車100円から200円に値上げされた。

本研究の対象バス停は、日進市のコミュニティバス「くるりんばす」の全7路線と、2017年3月までくるりんばす中央線として運行され、現在は名鉄バスに移管された名鉄バス日進中央線1路線の全バス停とした。

これら路線の選定理由として、日進市はオープンデー

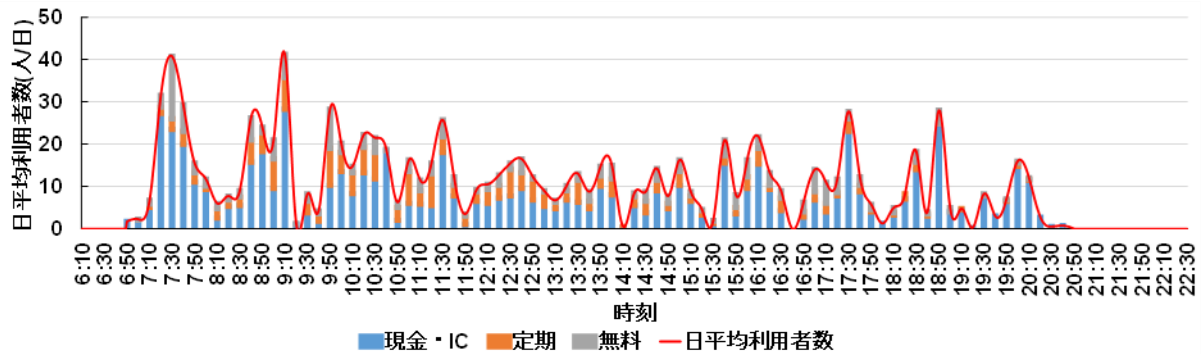


図-1 路線再編前における支払別の日平均利用者数の時間変動

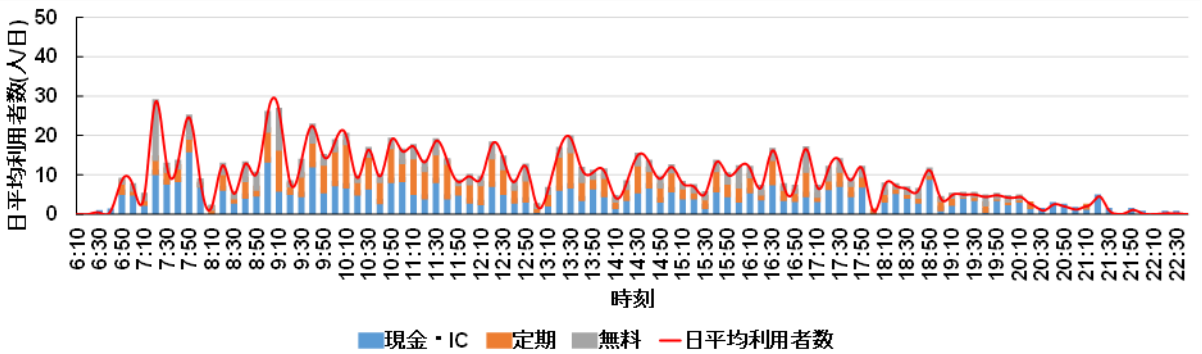


図-2 路線再編後における支払別の日平均利用者数の時間変動

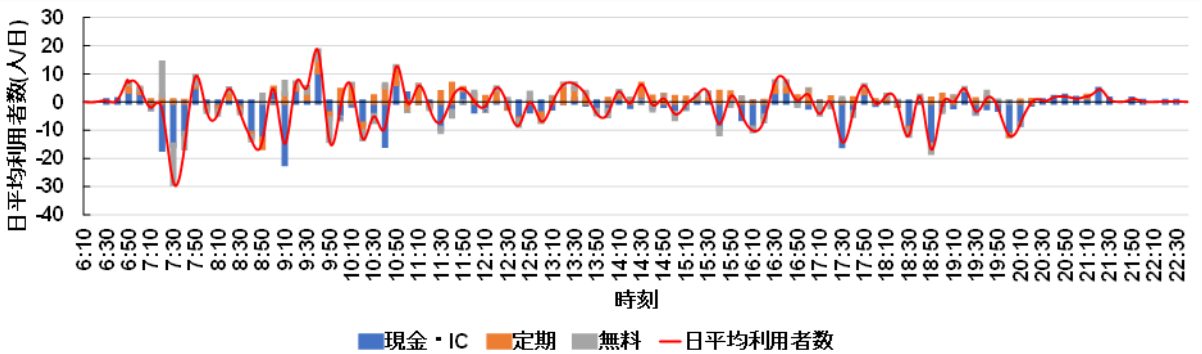


図-3 路線再編前後における差分(再編後－再編前)

タとしてGTFS-JPデータ(日本の事情に合わせた公共交通機関の時刻表と地理的情報に関するオープンフォーマット)を公開しており、バスに関するデータを様々なソフトウェアで利用できるためと、特定日の利用者一人一人の乗継を含めたバス停間利用実態データが入手できるためである。

3. 路線再編前後における利用状況の変化

本研究では、平成27年度から4年間、毎年3日間ずつのOD調査から得られたデータを、時間帯別かつ運賃支払い方法別(以下、支払別)に集計した。平日と休日では運行本数や運行時間帯が異なるため、平日のみのデータを用いる。また、年度によって調査を実施した平日の日数が異なるため、平日の日平均利用者数で示している。

図-1、図-2は、支払別の日平均利用者数の時間変動を再編前と再編後で示し、図-3は再編後から再編前の値を引いた差分の図を表している。10分間隔での支払別利用者数をスプライン補完し、赤の曲線で示している。

これらの図から、再編によって利用が大きく増減していることがわかる。日平均利用者数で約10人減少したことがわかったが、朝のピーク時間帯ではピークが下がり、全体でも減少であることがわかる。7時30分前後には、市外への通勤、通学利用が多くみられ、この時間帯での利用減が大きく、9時30分前後は市内での移動が多くみられ、ここでの微増があったことがわかる。日中の時間帯では大きな変化は見られない。夜の時間帯では、運行時間が延長した影響もあり、路線再編前は利用が集中していた時間帯が見られたが、路線再編後は各時間帯5人前後と分散していることがわかる。また、ダイヤの繰り下げによる利用増はわずかに留まっていることもわかる。

なお、路線再編前後ともに、時間帯によって利用者が大幅に少ない時間が見られるが、これはバスの運行が行われていない時間帯である。

4. 路線再編前後のバス利便性の評価

(1) バス停間最短時間による評価

ここでは、一例として、全コースが通る市役所バス停から各バス停へ最短で行ける所要時間を探索し、その結果を図-4、図-5で表現する。薄い黄色の部分では最小所要時間が小さく、濃い青色の部分では最小所要時間が大きくなっていることを表している。

この図から、単純に市役所からの距離で色が塗り分けられている訳では無いことがわかる。これは、路線の設定や乗り継ぎ路線の有無の影響を受けているためである。路線再編前から最小所要時間が短縮したバス停は、市の

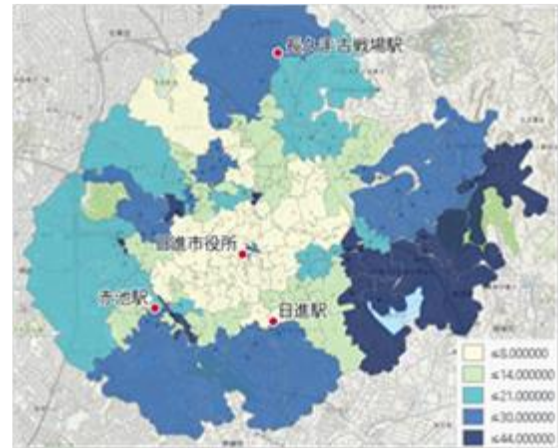


図-4 路線再編前における市役所からの最小所要時間

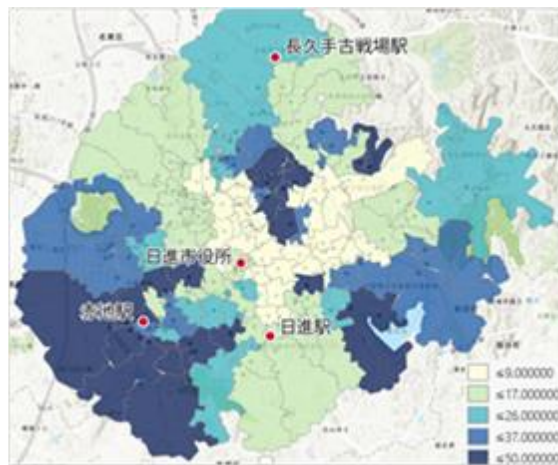


図-5 路線再編後における市役所からの最小所要時間

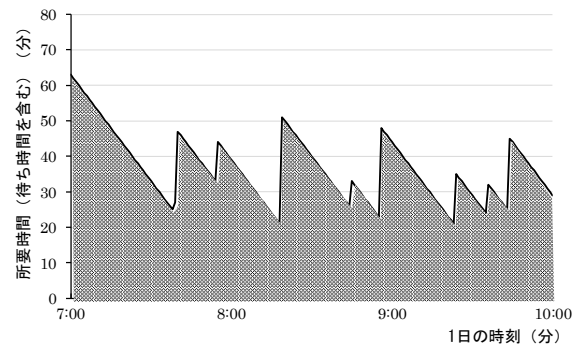


図-6 日中総所要時間算出の模式図

東部や北部で見られる。この要因としては、路線変更によって直線化されたこと、三本木線の一部のバス停において、片方向のみの運行から双方向へ運行形態が変更になったからである。一方で、路線再編前から最小所要時間が増加したバス停は、市の中心部や、南西地区で見られる。これらの要因としては、市役所からの経路が以前よりも大回りして運行されるようになったこと、双方向から片方向への運行形態の変更によるものであると考えられる。路線再編に関係なく、市役所に近い地区では最小所要時間が小さくなり、市役所から遠ざかるにつれて

最小所要時間が大きくなっていることもわかる。

(2) 日中総所要時間による評価

ここでは、一例として、市役所から各バス停への日中総所要時間(7時~19時)の値を用いて評価する。この時間は、移動に要する所要時間の総計のことである。図-6は、横軸に時刻を、縦軸に発時刻基準で最小探索所要時間をプロットし、それらの点を直線で結んだもので、網掛けの面積を朝7時から夜19時まで計算したものが日中総所要時間になる。その結果を図-7、図-8に示す。黄色が日中総所要時間が小さく、赤い部分が大きくなっている。

これらの図から、路線設定に応じて色が塗り分けられていることがわかる。路線再編前から日中総所要時間が短縮したバス停は、日進駅周辺や赤池駅で見られる。一方で、市の南西部や北部では日中総所要時間が増加している。この要因としては、循環線が新設されたことによって利便性が向上し、日進駅周辺の利便性が向上したためである。一方で、路線再編によって路線数が減少し、運行本数が減少した地区では、日中総所要時間が増加し、利便性が悪くなっていると考えられる。

路線再編に関係なく、市役所に近い地区では日中総所要時間が小さくなり、市役所から遠ざかるにつれて日中総所要時間が大きくなっている。前節の最小所要時間と比べて、日中総所要時間の方が路線再編の影響を大きく受ける指標であることもわかる。

(3) ジニ係数による評価

ここでは、出発時間を基準として、各バス停から全バス停までの最小所要時間を並べてジニ係数の算出を行った。その結果を図-9、図-10で示している。ここでは、ジニ係数が小さいということは、ほぼ路線距離に比例した所要時間で市内に満遍なくアクセスできる状態であると考え、すなわち、特に利便性が高いサービスが提供されているわけではないと考える。逆に、ジニ係数が大きいということは、路線距離とは異なる所要時間でアクセスできる状態が含まれる状態であると考え、すなわち、乗り継ぎを含めた所要時間の短い経路が存在すると考え、こちらの方が利便性が高いと判断する。

これらの図から、市役所付近では路線再編にかかわらず、すべての路線が市役所を通ることから利便性が高いことがわかる。一方で、路線再編前は市の東部、南西部が低く、路線再編後は中央線や五色園線周辺で高く、市の西部、東部地区では低くなっていることがわかる。

これらのことから、中央線や五色園線のように路線が双方向であり、また、運行本数が多くなるにつれて利便性が向上していることがわかる。一方で、多くの路線のように片方向のみの運行や、利用できる本数が少なかったりすると利便性が低下していることがわかる。

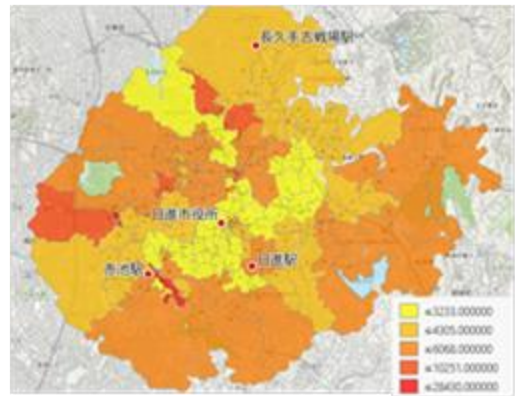


図-7 路線再編前における市役所からの日中総所要時間

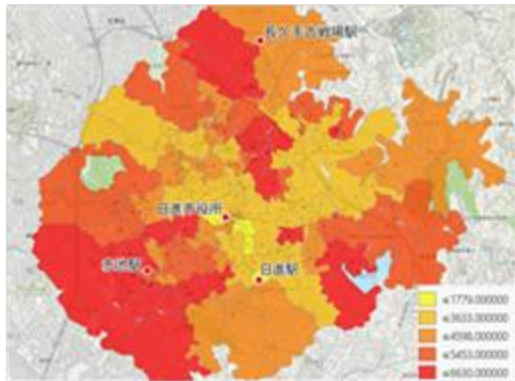


図-8 路線再編後における市役所からの日中総所要時間

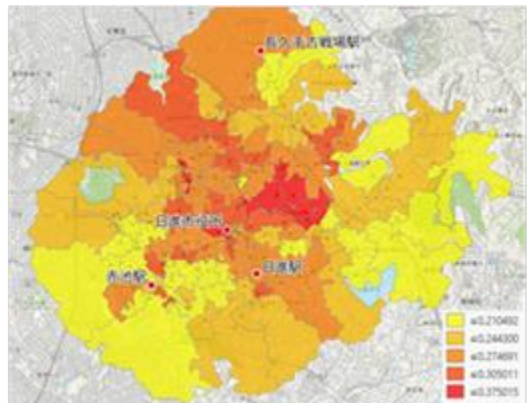


図-9 路線再編前における出発時間基準のジニ係数

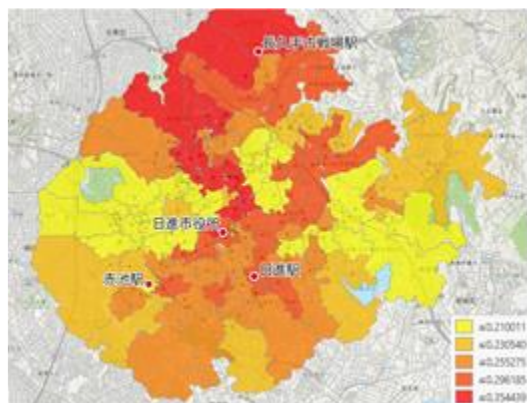


図-10 路線再編後における出発時間基準のジニ係数

(4) 各評価指標とバス停間OD数との比較

これまでに示した指標と、市役所からのバス停間OD利用者数の関係性について考察を行う。市役所からのバス停間OD利用者数を図-11、図-12に示している。

これらの図から、市役所を中心に放射線状にODが分布している様子が見て取れる。赤池駅や日進駅、長久手古戦場駅といった駅との結びつきが強い。路線再編前は、特に、赤池駅に向かう利用者が多く見られたが、市の北部への移動はそれほど見られない。一方で、路線再編後は、日進駅に向かう利用者が多くみられるが、市の東部への利用が減少していることがわかる。

路線再編によって利用者数が増加したODの特徴としては、日中総所要時間が小さいところ、または路線再編前より日中総所要時間が小さくなったバス停が多かった。また、これらのバス停ではジニ係数の値が大きくなっており、利便性が高くなったバス停であると考えられる。一方で、路線再編によって利用者数が減少したODの特徴としては、最小所要時間や日中総所要時間が増加したバス停に多く見られた。また、ジニ係数の値が小さくなっているため、利便性が悪くなったバス停でもある。

定性的な評価ではあるが、GTFSを活用した乗り継ぎを含めた路線評価の各指標は、バス停間ODの利用状況の評価に利用できる可能性があることが示唆されたと考えられる。

5. おわりに

本研究では、GTFSを活用して、乗継を含めたバス路線網の利便性の評価を行った。路線再編が行われた日進市のくるりんばすを対象に評価した結果、路線再編による利便性の変化を評価できることがわかった。

利用実態からは、朝や夜の時間帯での利用者数の減少が見られた。一方で、昼間の時間帯では大きな変化は見られなかった。このことから、駅や大学等の各施設への到着希望時間に合った便の減少が影響していると考えられる。

乗継を含めたバス停間ODの評価結果からは、最小所要時間だけでなく、日中総所要時間やジニ係数の値がバス路線の利便性を評価する指標として使える可能性があることが明らかになった。これらの評価結果から、利便性を向上させるためには、目的地までの所要時間はもとより、運行経路、特に乗り継ぎ利便性の確保が重要であり、これらの改善によって、利用者数の増加につながると考えられる。

今後は、他のバス停間でも分析を行い、利便性の評価をより詳細に明らかにしていく必要がある。



図-11 路線再編前の市役所発ODの日平均利用者数



図-12 路線再編後の市役所発ODの日平均利用者数

参考文献

- 1) Ceder, A., Chowdhury, S., Taghipouran, N., & Olsen, J. : Modelling public-transport users' behaviour at connection point, *Transport Policy*, 27, pp.112-122, 2013
- 2) McCord, M. M., Wirtz, J., Mishalani, R. G., Passenger waiting time perceptions at busstops, *Journal of Public Transportation* 9 (2), pp.89-106, 2006
- 3) Guo, Z., & Wilson, N. : Assessing the cost of transfer inconvenience in public transport systems: A case study of the London Underground, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(2), pp.91-104, 2011
- 4) Franssen, K., Neutens, T., Farber, S., Maeyer, D. P., Deruyter, G., Witlox, F. : Identifying public transport gaps using time-dependent accessibility levels, *Journal of Transport Geography*, 48, 176-187, 2015
- 5) Farber, S., Grandez, M. : Transit accessibility, land development and socioeconomic priority: A typology of planned station catchment areas in the Greater Toronto and Hamilton Area, *Journal of Transport and Land Use*, 10(1), 33-56, 2017
- 6) Stepniak, M., Goliszek, S. : Spatio-Temporal Variation of Accessibility by Public Transport - The Equity

- Perspective, The rise of big spatial data, 241-261, 2016
- 7) Farber, S., Fu, L. : Dynamic public transit accessibility using travel time cubes: Comparing the effects of infrastructure (dis)investments over time, Computers Environment and Urban Systems, 62, 30-40, 2017.
- 8) 嶋田: GTFS・「標準的なバス情報フォーマット」オ

ープンデータ一覧, 2021.3.1 閲覧

<https://tshimada291.sakura.ne.jp/transport/gtfs-list.html>

(2021.3.7 受付)

Influence of Convenience Evaluation Method of Bus Using GTFS

Seiki ITO, Yuya KOBAYASHI, Yukimasa MATSUMOTO