

デマンドタクシーの利用実績を用いた相乗り導入によるシステム改善の提案

荒川 祐太¹・高田 和幸²

¹ 学生非会員 東京電機大学大学院 理工学研究科 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)
E-mail: 21rmg01@ms.dendai.ac.jp

³ 正会員 東京電機大学 理工学部 建築・都市環境学系 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)
E-mail: takada@g.dendai.ac.jp

近年、我が国では、高齢化の進展に伴い公共交通空白地域における移動手段確保が大きな課題となっている。そのような課題解決に向け、デマンド交通は路線バスやコミュニティバスよりも利用者のニーズに対応したサービスを提供でき、今後ますます重要となると考えられる。埼玉県東松山市では、公共交通空白地域における移動手段確保を目的として、2015年12月にデマンドタクシーを導入した。事業開始から約6年が経過し、需要が定着する一方、料金体系等の見直し等も適宜実施され今日にいたっている。

そこで本研究では、東松山市デマンドタクシーの利用実績データに基づき、需要とサービス供給の観点から実際の利用状況を参考にして、相乗り導入可能性の検討を行う。

Key Words : *shared-taxi, rideshare, GPS data,*

1. はじめに

近年、我が国では、高齢化に人口減少に伴い在来バスの利用者減少、バス事業者の経営難、バス路線の減少などの影響が出ている。それに伴い、公共交通空白地域における高齢者等の交通弱者は公共交通による移動手段の確保が十分に供給できておらず、問題となっている。

そうした中、デマンド交通は既存の交通手段の確保よりも利用者のニーズに対応したサービスを提供でき、利便性も高いことから、公共交通空白地域における交通手段の確保として今後ますます重要となると考えられる。

埼玉県東松山市においても、こうした公共交通の空白地域にいる交通弱者に対して移動手段確保や免許返納を目的に、2015年12月より、デマンドタクシーを導入した。¹導入時では市内にタクシー会社が複数存在することや予約システム導入への初期費用を抑えることを考慮され、簡便的である既存のタクシーを活用した相乗りを行わない形態として運営を始めた。このような東松山市の簡便的なデマンドタクシー導入事例は導入コストが安く済むことや利用者にとってのシステム理解が容易であることから参考としている自治体(小川町²・富士見市³)などもある。東松山デマンドタクシーは事業開始から約6年の経過で、市民の方々へ定着している一方で自治体の事業費は高額となりつつある。一方、日本では認め

られていなかったタクシーの相乗り化の導入されている事例も確認できる。例として山村地域である富山県朝日町では2021年10月1日から相乗りを前提とした新しい公共交通「ノッカルあさひまち」⁴の運行を開始した。今後、このような見知らぬ客同士の相乗りに対する抵抗は徐々に減少していくことが考えられる。

そこで本研究では、東松山市デマンドタクシー(以下、HDT)の利用実績データに基づき、需要とサービス供給の観点から実際の利用状況を参考にして、一観点としての相乗り導入可能性の検討を行う。

2. 既往研究の整理

デマンドタクシーの効率的な運用システムの改善は他方の面から研究がされている。

磯部ら⁵は、愛知県小牧市における乗合タクシーについて調査した結果、帰宅手段としての役割のみならず、費用負担の軽減、時間制約の解消、さらに飲酒運転抑制などの防犯性の向上など、生活改善にも大きな役割を果たしていることを示した。森山ら⁶は、ジャンボタクシーを利用したドア・トゥ・ドアサービスのDRT(需要応答型交通システム)を導入した中山間地域の自治体を対象にその効果を分析した。利用者からの評価は、DRT導入による運行サービスの向上に満足しており、地域の生活

環境が大きく改善されることを示した。金森ら⁷⁾は、山陰地方の寄港するクルーズ訪問客の観光行動の実態の把握とFIT対策として寄港都市内の自由は移動環境の構築を目的とした社会実験を行った。訪問外国人からの評価は魅力的なオプションであり、地元経済にとっても有益である可能性が示された。佐野ら⁸⁾は、長岡市内のタクシー事業者が記録しているGPSデータを用いて、必要車両数と最適な巡回ルートを挿入法を用いて運行効率化の可能性の検討をした。吉田ら⁹⁾はイベント参加などの目的地が同じ乗客のタクシー相乗り問題に着目した。乗客の移動距離が最小となるヒューリスティックアルゴリズムを提案し、相乗り方法や支払い料金が妥当であることを示した。南ら¹⁰⁾は新潟県三条市を以て挿入がされている乗り合いタクシー「ひめさゆり」を対象として、相乗り行為に対する意識的調査をアンケートにより実施した。分析の結果から知らない人同士での相乗りには抵抗がある利用者は少ないが、異性との相乗りや予約時間のずれが生じることへの抵抗があることを示した。

以上、既往研究を整理すると、様々な地域で住民のニーズや地域の特性に合った運営がされている。その理由として、人口、交通手段の需要の多さ、高齢化率などの地域で異なる要因があるためであると考えられる。また、運営方法が異なるため、システムの改善方法にもアプローチの方法が異なることが言える。また、東松山市のデマンドタクシーのような相乗りしない簡便的に運営をはじめ、実際に記録されている利用実績データをもとに相乗りの可能性を検証した事例は見当たらない。

そこで本研究では、相乗りの可能性について検証を行う。検証方法には東松山市のデマンドタクシー利用実績データから乗降位置と降車時の関係をGISを用いる。

3. 東松山デマンドタクシーの概要

(1) サービスの概要

本節では、対象となるHDTのサービス概要について説明する。表-1にこのサービスの概要を示す。運行主体は市内タクシー会社3社により運営がされている。車両タイプにはセダン型車両を62台、ワゴン型車両を4台が用意されている。利用者の対象には東松山市民に住民登録されている方が利用できる。ただし、登録者が一人乗車している場合でも、未登録の方や市街の方も同時に利用することができる。運賃は表に示すように、送迎回送料金の合計額に応じて段階的に決定される。運行形態は月曜日から土曜日の週5日であり、一日の運行時間は午前8時30分から午後5時の8時間30分で運行されている。運行区域は、市内全域にある駅や病院、金融機関などの約500か所の乗降ポイントが定められている。利用のパターンは自宅から乗降ポイント、乗降ポイントから自宅前、乗降ポイントから乗降ポイントの3種類から選ぶことで利用

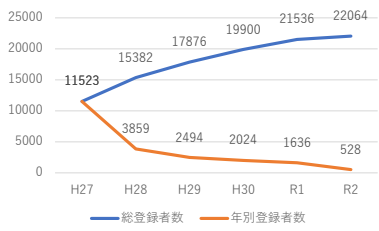
できる。この際、途中下車や寄り道はできない、ほぼドア・ツー・ドアに近い運行形態である。本サービスは3社のタクシー会社により運営されている。実際のサービス利用の流れは、まず初めに、デマンドタクシー利用登録を申請する必要がある。次に、登録が完了でき次第、タクシー会社へ乗降ポイントを連絡する。最後に指定された位置にタクシーが到着次第、利用ができる。

表-1 サービスの概要

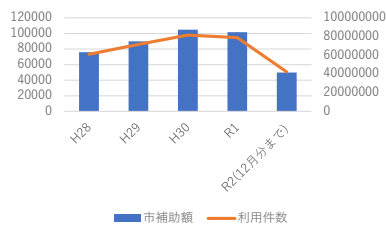
項目	概要
運行主体	市内タクシー事業者3社 (イグチ交通、観光タクシー、東松山交通)
車両タイプ 0 内は 台数	セダン型車両 (62) ワゴン型車両 (4)
対象利用者	東松山市民(住民登録されている方) ※中学生以下については保護者の同伴が必要 ※登録者が一人いれば、未登録の方、市街の方も同乗可能
運賃	利用料金は以下のように送迎回送料金の合計額に応じて段階的に決定される。 1000 円未満：500 円 1000 円以上 2000 円未満：800 円 2000 円以上 3000 円未満：1000 円 3000 円以上：1500 円
運行日	月曜日から土曜日/8:30~17:00 (日曜日・休休日・年末年始を除く)
運行区域	駅や病院、金融機関などの約500か所の乗降ポイント(一部、市街の乗降ポイントあり) (注意)ご利用は、 1. 自宅前から乗降ポイント 2. 乗降ポイントから自宅前 3. 乗降ポイントから乗降ポイント、 の3種類になります。途中下車や寄り道はできません
予約までの流れ	1. 利用者登録の申請 2. タクシー会社へ乗降ポイントを電話にて連絡(予約は利用日の3日前から可能) 3. タクシーが到着次第、乗車する

(2) 利用状況

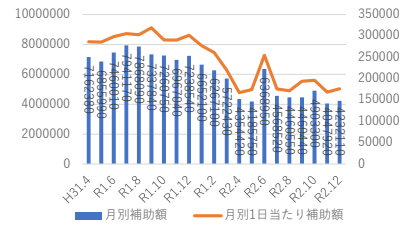
本節では東松山市地域公共交通会議資料¹⁰⁾を基にHDTの現在までの利用状況について説明する。まず図-1(a)に総登録者数及び年度別登録者数の推移を示す。登録者数は増え続けている。しかし増加率は鈍化傾向である。図-1(b)では市補助額及び利用件数の推移を示している。市補助額及び利用件数は平成30年度まで増加傾向である一方、令和元年度は前年度より減少した。令和2年度では新型コロナウイルスや料金改定の影響で減少している。図-1(c)では市補助額の推移を示す。新型コロナウイルス感染症の影響を受け、令和2年2~5月では減少傾向がみられる。令和2年7月にはデマンドタクシー料金改定を実施がされ、前月の6月と比較すると減少している。それ以降、400万円を推移している。図-1(d)では利用件数の推移を示す。件数においても、新型コロナウイルス感染症の影響を受け、令和2年4~5月は減少している。令和2年7月の料金改



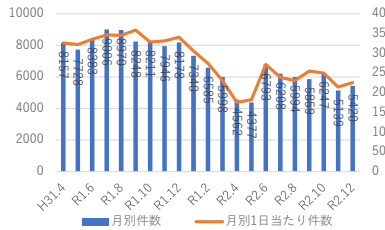
(a) 総登録者数及び年度別登録者数



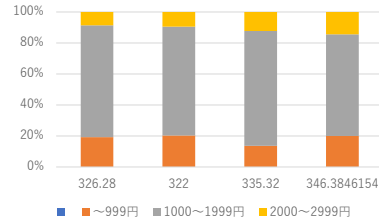
(b) 市補助額及び利用件数の推移



(c) 市補助額の推移 (月別)



(d) 利用件数の推移 (月別)



(e) メーター料金別利用割合の推移 (平成30年度以降)

図-1 利用状況

定以降は、5,000~6,000件前半を推移している。図-1(e)ではメーター料金別利用割合の推移を示す。利用割合を比較すると、平成30年から令和2年までは大きな変動は見られない。令和2年2月にタクシー運賃等が改定。~999円の割合が減少し、2,000~2,999円及び3,000~円の割合が増加した。令和2年7月にデマンド料金が改定。1,000~1,999円の割合が減少し、ほかの割合が増加した。

占めている。図-2(c)に同乗者数の集計結果を示す。相乗りを行わない形態であるため、ほとんどの利用は1人での利用がされている。最後に、図-2(d)に利用料金の集計結果を示す。1,000~1,499円の利用数が最も多いが、それに続いて1,500~1,999円でもほとんど同じ利用数である。

(3) HDT利用実績データの概要

HDTの相乗り可能性の検証を行うためには過去に記録されている利用実績を使用する必要となる。本節では、東松山市から提供いただいたデマンドタクシー利用実績の概要について示す。表-2に本研究で使用するHDT利用実績の概要を示す。詳細の説明については、サービス概要での説明と重複するため、ここでは省略する。東松山市デマンドタクシーは2015年12月より、デマンドタクシーを導入している。本研究では2020年12月1日~2020年12月30日の期間を対象とした。期間内での稼働日数は24日である。期間内の利用数は5420件となり、一日当たりの利用数は約226件となった。また、降車日時相乗り可能性の検証としてHDTの利用実績データから降車日時と乗降ポイントの位置を用いて検証する。降車日時は、1分単位で記録されている。

表-2 利用実績の概要

項目	記録例	概要
事業者名	イグチ交通	—
利用者登録ナンバー	3658	利用者の登録情報には性別、住所、生年月日が含まれる。
降車日時	12月1日 10時25分	1分単位で記録
乗降ポイント	東松山駅 東口 自宅	—
乗車人数	1	—
迎車加算の有無	有	タクシーが迎えに来た際にかかる料金の有無。一律で400円となる。
割引種類		障害者、免許返納者は利用料金から1割引きされる。
メーター料金(A)	1,400	—
収入(B)	800	—
市補助額(A)-(B)	600	市補助額はメーター料金と収入の差額で決定される。

4. 利用実績の基礎集計の結果

図-2に利用実績による基礎集計結果を示す。まず、図-2(a)に乗降位置を施設ごとの集計結果を示す。半数以上の利用者は自宅で利用をしている。また、医療施設、商業施設、駅・バス停を目的とした利用が集中している。次に、図-2(b)に時間帯ごとの集計結果を示す。お昼前である10~11時で一番多く利用されており、全体の3割ほどを

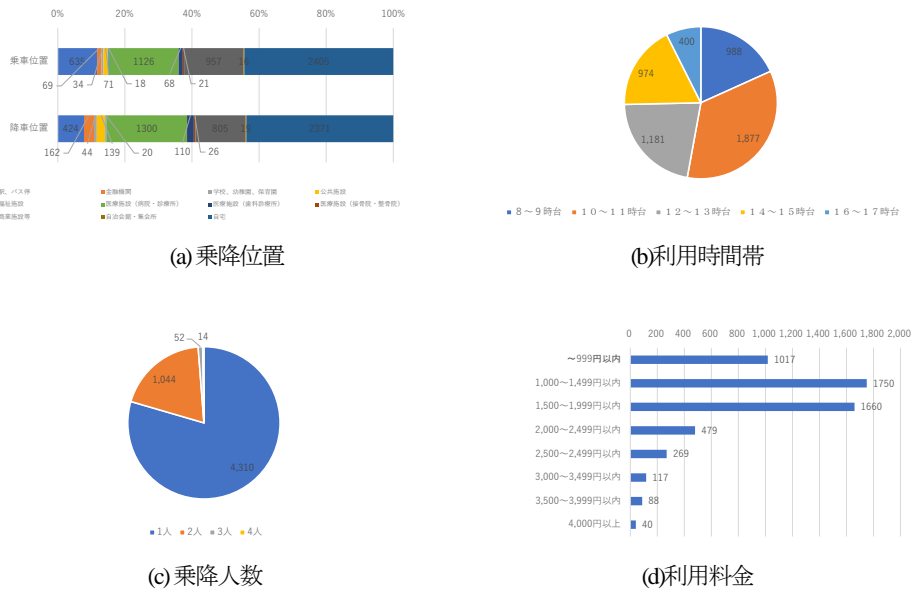


図-2 利用実績による基礎集計結果 (N=5420)

5. 相乗り可能性の検証方法

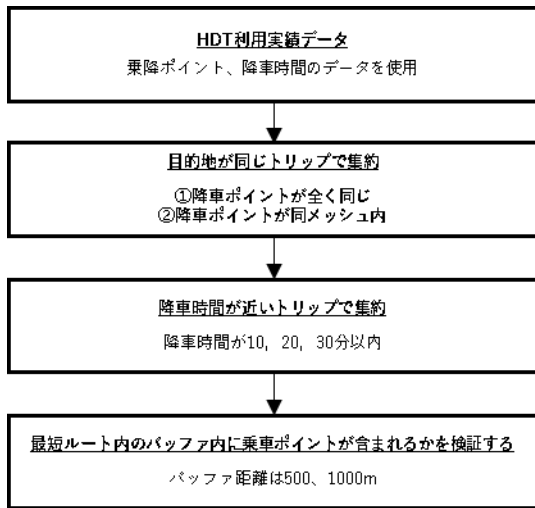


図-3 相乗り成立作成のフロー図

本章では、相乗り可能性の検証方法について説明する。図-3に相乗り可能性の検証方法フローを示す。本研究では相乗り可能性の検証に利用実績の乗降ポイントと降車時間を用いる。まず、降車位置に着目し、トリップの集約を行う。本研究では二つの方法でトリップの集約を行った。一つ目は目的地が同じである場合を集約する方法である。目的地が同じであれば、相乗りした際に、同時に目的地で降車できることが考えられる。二つ目はある程度、降車位置が近いトリップも集約する方法である。ある程度近い降車ポイントであれば、相乗りした際でも、降車時間に少しの遅れで済むことが考えられる。具体的には、250 (m) メッシュを使用することで降車位置が同メッシュ内にある場合は相乗りできると考慮し、集約

する。イメージとして、図-4に示す図の青枠内にある茶色の点の5つの降車ポイントは、降車位置が近いとして、トリップの集約を行う。

次に降車時間に着目し、トリップの集約を行う。時間には10, 20, 30分として、トリップの集約を行う。また、集約する際には、目的地に早く着く分には良いことを考慮して、対象の利用データから、10, 20, 30分前に到着しているトリップを対象として集約を行った。図に降車時間が近いトリップでの集約イメージを示す。Aさんのトリップに着目した場合、降車時間が10分前に含まれるBさん、20分ではB,Dさん、30分ではB,C,Dさんが集約される。

最後に最短ルートのバッファにより相乗り可能な件数を検証する。バッファは最短経路沿いに500,1000(m)の2通りを作成する。作成されたバッファ内に乗車ポイントが含まれている場合は相乗りの可能性があったとして相乗り成立する。この際、バッファ内に複数の乗車ポイントが含まれた場合は複数の相乗りの可能性があったとして、それぞれ集計を行う。相乗り成立されたトリップはこの後の相乗り可能性の検証には用いない。

相乗り成立の例として図に示す。例えば、Aさんの最短経路から500,1000(m)のバッファが作成される。このバッファ内に乗車ポイントが含まれているB,Cさんは相乗りの可能性があるとしてそれぞれ相乗り成立とする。この際、バッファ内に乗車ポイントが含まれていないDさんは相乗りの可能性がないとして相乗り不成立となる。

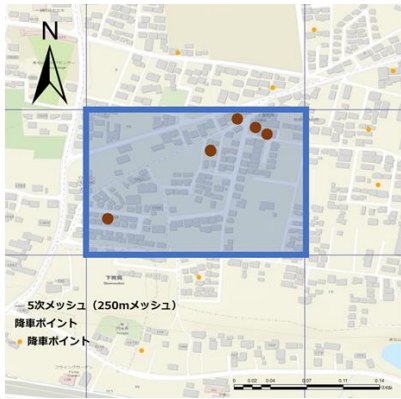


図-4 250(m)メッシュによるトリップの集約のイメージ

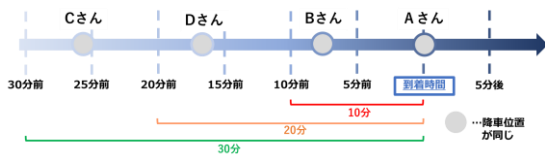


図-5 降車時間が近いトリップでの集約

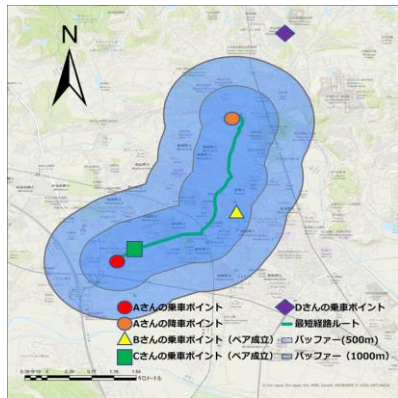


図-6 最短ルートによるペア成立イメージ

6. 相乗り可能性の検証結果及び考察

相乗りの可能性の集計結果を表に示す。相乗り成立件数はバッファの距離や時間を長くするほど、多くなるようになった。また、メッシュにより目的地を集約することでも、大幅に相乗り件数が増えることが明らかになった。

次に相乗り成立件数が一番多いメッシュあり、バッファの距離が1000(m)、時間を30(分)での条件に着目する。図-7に日ごとの相乗り成立件数と相乗り成立した場合に削減できる市補助額を示している。相乗り成立確率は日ごとの利用数と同様にばらつきがあり、安定して相乗りを成立ができていないことがわかる。相乗り成立確率は平均として14.6 (%)であり、それによる市補助額の削減できる金額は合計で588,620 (円)であった。この金額は対象とした月の補助金額である4,232,110 (円)のおよそ7 (%)にあたる。全体からの比較では少額であるが、相乗りの条件やほかの月を対象とするなど検討すれば、相乗りすることでより、市補助額を削減できる可能性が

考えられる。

なお、本研究ではHDT利用実績データは2020年12月1日～2020年12月30日の1か月間を対象としたが、過去、約6年間を対象とした検証結果の公表は発表時に行うこととする。

表-3 相乗り成立件数

メッシュの有無		なし		あり	
バッファ距離 (m)		500	1000	500	1000
時間 (分)	10	62	152	101	442
	20	126	238	168	641
	30	179	364	241	814

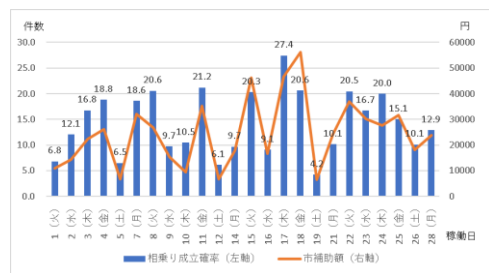


図-7 相乗り成立確率及び削減可能な市補助額の日集計

7. まとめ

本研究では、相乗りを行わない運行形態であるHDTを対象として、実際に記録がされているHDT利用実績データを基に相乗り導入可能性について検証を行った。まず初めに、HDT利用実績データの基礎集計を行い、降車位置や利用時間はある程度、集中されていることが明らかになった。また、ほとんどの利用は一人での利用がされていることが明らかになった。次に降車位置や降車時間からトリップの集約を行った。集約されたトリップを基に最短経路沿いにバッファを設け、乗車ポイントとの関係を見ることで、相乗り可能性の検証を行った。結論として、少数ではあるが相乗り成立の可能性があり、補助額の削減を実現できる可能性があることが明らかになった。

今後の展望について述べる。本研究では相乗り導入可能性の検証に、実際の道路の形状・混雑状況、タクシー会社の利用混雑状況や料金などには着目していない。このような様々な要因を考慮した時空間的なバッファの細かな調整を行う。また、相乗りが実際に導入された場合、利用者の意識的な許容範囲との因果関係を見出した検証に取り組む。

参考文献

- 1) 東松山市デマンドタクシー, 東松山市ホームページ, <http://www.city.higashimatsuyama.lg.jp/kurashi/sumai/traffic/1445425714626.html> (アクセス日 2022.03.06)
- 2) 小川町デマンドタクシー, 小川町ホームページ, <https://www.town.ogawa.saitama.jp/0000002485.html> (アクセス日 2022.03.06)
- 3) 富士見市デマンドタクシー, 富士見市ホームページ, https://www.city.fujimi.saitama.jp/kurashi_tetsuzuki/05duro/kotsu/demand.html (アクセス日 2022.03.06)
- 4) ノッカルあさひまち, 朝日町ホームページ, <https://www.town.asahi.toyama.jp/gyosei/gaiyo/kotsu/1594702432592.html> (アクセス日 2022.03.06)
- 5) 磯部 友彦 “地域交通の新しい挑戦—愛知県小牧市台地区乗合タクシー・ミゴンを事例に—”, 土木計画学研究・論文集, Vol.23, No.4, pp. 1029 - 1039, 2006.
- 6) 森山 昌幸, 宮地 岳志, 藤原 章正 “中山間地域における DRT 導入効果の分析”, 土木計画学研究・講演集, Vol.31, 2005.
- 7) 金森 亮, 松館 渉, 和田 真, “クルーズ訪問者を対象としたタクシー相乗りサービス社会実験” 第 32 回人工知能学会, 2018
- 8) 佐野 可寸志, 王 凱, 鳩山 紀一郎, 高橋 貴生 “”, 交通工学論文集, 第 6 巻, 第 2 号, pp.A280-A285, 2020.2
- 9) 吉田 岳人 矢野 正基, 堀川 健一郎, 佐藤 啓太, 南翔太, 繁野 麻衣子 “共通の目的地を持つ顧客によるタクシー相乗りのためのモデル作成と評価” 情報処理学会研究報告会, Vol.2018-MPS-117 No.3
- 10) 南亮 太郎, 佐野 可寸志, 西内 裕晶 “三条市乗り合いタクシーの相乗り意識に着目した利用者実態” 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.72, N0.5(土木計画学研究・論文集第 33 巻), I_743-I_750, 2016.
- 11) 東松山市: 「第 20 回 東松山市地域公共交通会議資料」, 2022 年.

(? 受付)

HIGASHIMATSUYAMA CITY PROPOSAL FOR SYSTEM IMPROVEMENT BY INTRODUCING CARPOOLING USING THE USAGE RECORD OF DEMAND TAXI

Yuta ARAKAWA, Kazuyuki TAKADA

In recent years, in Japan, securing transportation in areas with blank public transportation has become a major issue with the aging of the population. To solve such problems, demand-responsive transportation has become more user-needed than route buses and community buses. It is possible to provide corresponding services, and it is considered to be more important in the future. In Higashimatsuyama City, Saitama Prefecture, a demand taxi was introduced in December 2015 for the purpose of securing transportation in areas with no public transportation. Approximately 6 from the start of the business As the years have passed and the demand has taken root, the fee structure has been revised and the like has been properly declared and continues to this day.

Therefore, in this study, we will examine the possibility of introducing carpooling based on the usage record data of Higashimatsuyama City demand taxi, referring to the actual usage situation from the viewpoint of demand and service supply.