

既存タクシー事業を活用した 生活交通確保策の検討 —尾鷲市におけるケーススタディー—

山本 敦仙¹・杉浦 晶子²・柳川 達郎³・加藤 博和⁴

¹学生会員 名古屋大学大学院環境学研究科 (〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町C1-2(651))
E-mail:ayama@urban.env.nagoya-u.ac.jp

²正会員 名古屋大学博士研究員 大学院環境学研究科

³学生会員 (元) 名古屋大学大学院環境学研究科

⁴正会員 名古屋大学准教授 大学院環境学研究科

本研究では、公共交通需要量が少なく、バス・タクシー事業の維持が困難な地方部において、既存の一般タクシーを活用した公共交通手段の導入可能性を検討する。地方小都市の中心部を対象として、既存のコミュニティバスを、タクシー車両を活用したDRT、もしくは専用の車両を導入したDRTに置き換えた場合の運行経費の変化を推計している。その結果、現在需要量のもとではタクシー車両を活用したDRTに置き換えた方が低費用であることが分かった。また、地形や高齢者人口分布状況を考慮すると、需要がある水準を越えることで、専用の車両を導入したDRTに置き換えた方が費用を抑えられることが分かった。

Key Words : *Public transport, Taxi traffic, Demand responsive transport, Rural area*

1. はじめに

タクシー事業は、民間企業の営利事業であるとともに、24時間 365 日、お金を払えばだれでも利用できる公共交通機関的な位置づけであることから、国による需給調整規制と認可運賃制度が長らく行われてきた。しかし、モータリゼーションの進展による必需性低下の一方で、サービス水準の向上が見られないことから、2002年改正道路運送法施行によりタクシー事業は規制の緩和がなされた。これにより、特に都市部を中心に新規業界参入が相次ぎ、タクシーの台数は増加した。しかし、利用者数は減少が続いたため、過剰供給により競争は激化し、業界は徐々に疲弊していった。このため、2009年にタクシー適正化活性化特別措置法が制定され、都市部での車両数や運賃の適正化が図られ、業界の再編が進んだ。その一方で、中山間過疎地域においては事業撤退によりタクシー空白地域が生まれるようになった。

タクシーのみならず、鉄道・バスなども含めて、地方部の大半において公共交通は衰退している。少子高齢化による人口減少、およびモータリゼーションの進展により、地域の足である公共交通の確保が課題となっている。地域公共交通に求められる役割は増加しつつあり、公共交通空白地域になることは、その地域に大きな負担をも

たらす可能性がある。

地域の足としての公共交通確保の取り組みにおいては、住民ニーズをうまく把握し、反映することが重要である。そのため、自治体による確保策の検討に当たって、新たに地域公共交通活性化再生法に基づく協議会のような、関係者が集まる会議を発足させるケースも一般的である。しかしながら、従来、自治体や地域が運行事業者任せきりだった場合や、事業者がニーズ把握をせず、惰性的に運行してきた場合などには、利用者の減少が食い止められないことがよく見られる。その対応策として、近年では定時定路線型の乗合バスでなく、オンデマンド型乗合交通 (Demand Responsive Transport : DRT) を導入する自治体が増加している。

自治体によるDRT導入においては、既存モード (鉄道、バス、タクシー、移送サービスなど) と競合しないようにするため、役割分担の明確化が意識されることが一般的である。特に、タクシーとは客層がかなり重複することから、タクシー事業を維持するために、導入されるオンデマンド型乗合交通にはタクシーと比べ不利となるような制約条件が加えられることが多い。その結果として、住民ニーズと整合しない中途半端な設定になることがある。逆にDRTを便利で安価に設定したことで、既存モードが駆逐されてしまうこともある。また、設定によって

は、経費が増大し自治体の財政を圧迫することで短命に終わり、持続的な交通網の整備が実現しない場合もある。以上の教訓を踏まえ、地域実態把握の結果を前提に、主要利用者層と利用目的を明確化し、利用者の立場に寄り添いつつ、事業者の持続性にも十分配慮した戦略的な地域公共交通網の形成が重要課題である。

本研究では、公共交通需要が少なく、バス・タクシー事業の維持が困難な地方部において、住民の移動実態に適し、既存の経営資源を有効活用できる公共交通手段として、タクシー事業を活用する可能性を検討することを目的とする。そのために、移動ニーズは少なくないながら、面積が狭く定時定路線型乗合交通では移動ニーズに十分対応できない一方で、タクシーでは運賃が高くなってしまいう地方小都市の中心部を対象として分析を行う。

2. 既往研究と本研究の位置付け

タクシー（個別輸送型 DRT の一種と位置付けられる）と乗合型 DRT はいずれも、ドア・トゥ・ドア対応型のモードであり、足腰の弱くなってきた高齢者を中心とした日常の生活交通手段としての活用が期待される公共交通機関である。タクシーと DRT それぞれについて個別の既往研究は多数存在するものの、両者の役割分担に関して詳しく検討された研究は数少ない。

タクシーの公共交通への活用施策に関する既往研究として、偉士大ら¹⁾は山間部等の過疎地域における高齢者の外出支援策としてのタクシー料金補助制度に着目し、導入地域事例の調査を行っている。同研究において、タクシー料金補助制度は、もともとは身体障害者へのタクシー補助制度から発展したもので、福祉施策の制度として認識されてきたが、高齢者の外出支援が公共交通施策に含まれるようになってきた近年では、自治体によっては公共交通施策の一形態として認識されるようになっていくと指摘している。また、タクシー補助制度を、対象となる利用者層によって分類し、導入経緯や助成制度に関する調査を行っている。地方自治研究機構²⁾は、高齢者の移動支援に関する自治体の取り組みをまとめており、タクシーの活用施策としては、地域で相乗り促進をさせる仕組みを作るグループタクシーの事例（山口県山口市）の紹介、利用者が初乗り運賃のみを負担する福祉タクシーの事例（長野県豊丘村）の紹介がなされている。加藤³⁾は、タクシーが公共交通として果たすべき役割を、道路運送法による区分である一般乗合旅客自動車運送事業・一般乗用旅客自動車運送事業のそれぞれによっていかに対応しうるかを整理しており、タクシーを活用した公共交通確保策の実例（長野県駒ヶ根市における、タクシー活用型のDRTと割引タクシー券の配布の併用事例）

を紹介している。

タクシー事業・車両を乗合型DRTへ活用することについての研究として、筒井⁴⁾は、タクシー事業の現状を概観したうえで、DRTとしてタクシー車両が活用される事例が増えてきたことを指摘している。DRTを導入する際には、一般タクシーの顧客を奪い、タクシー事業者の事業環境をさらに悪化させることがないように、自治体と交通事業者との間で地域公共交通に関する役割分担の合意形成がなされる必要性を指摘している。鈴木⁵⁾は、タクシーとDRTとの比較を議論しており、予約配車システムを導入したDRTの長所・短所を整理している。また、タクシーの活用策に関する議論を行っている。

DRTの特性や導入適性に関する既往研究として、元田ら⁶⁾は、DRTはどのような地域でも適用できるものではなく、需要規模によって適用可能性が変化することを指摘している。特に、需要が極端に少ない地域では一般タクシーやボランティアによる個別輸送の方が効率的であることを指摘している。また、複数自治体におけるDRT導入事例を比較検討した結果、高齢者人口と可住地面積との関係性が特に高いことを指摘している。早川⁷⁾は、新たな輸送サービスの導入において、オンデマンド型乗合タクシー・自家用有償運送の選択と、導入対象地域の人口に相関があることを指摘している。福本ら⁸⁾は、DRTの多様な運行方式を、乗降地点・経路・ダイヤの3つの観点の自由度から整理しており、需要密度と利便性や運行効率の観点からDRTの導入が有利となる条件を考察している。中部運輸局⁹⁾では、中部運輸局管内におけるDRTの導入事例について、人口分布や地形条件などの地域構造と、運行方式との関係に関して整理をしている。

以上の既往研究を踏まえると、自治体の生活交通確保策としてのタクシー活用は、1) 運賃補助、2) 相乗り支援、3) 乗合型 DRT へのタクシー車両活用、に分類することができる。

既往研究の結果から、1)は、財政制約から利用可能回数が低くならざるを得ないから、生活交通手段として活用することには限界があることが分かる。2)は、想定される需要量が非常に少なく、コミュニティバスや DRT を導入することが効率的でない事例において導入されている限定的な制度であることが分かる。3)は、専用車両と予約配車システムを導入した DRT と一般タクシー事業車両を活用した DRT では、費用構造が異なるため、区別して考えられるべきものであることが分かる。

既往研究では、タクシーを乗合型 DRT に活用していくための方策は論議されているが、実地域での導入効果を比較検討し、メリットを定量的に把握することを試みた研究は行われていない。このことを踏まえ、本研究では、既存のコミュニティバスを乗合型 DRT に置き換えるにあたり、タクシー事業車両をそのまま活用する場合

と、専用車両・予約配車システムを導入した DRT に置き換えた場合の変化を分析する。

3. ケーススタディ

(1) 対象地域の概要

対象地域として、尾鷲市中心部を取り上げる。尾鷲市は、人口が18,737人（2013年推計）で、1960年代と比較して4割以上減少し、近年は漸減状態である。2010年には過疎地域自立促進特別措置法の適用を受け過疎地域に指定されている。高齢化率は36.0%（2010年）と全国平均を大きく上回っている。市域の東側がリアス式海岸であり、山林と海岸に挟まれた狭いエリアに宅地が点在する。その中で最も大きいのが、市中心部の尾鷲地区である。市の人々の約8割が集中している。しかし面積は狭く、海岸から山林までの直線距離が長いところで1.5kmほどしかなく、傾斜が大きい場所も部分的にある。

市内の公共交通機関として、鉄道・バス・タクシーがある。鉄道はJR紀勢本線が運行しており市内に5駅存在するが、中心部の尾鷲駅以外は利用が非常に少なく、尾鷲駅の利用者数も年々減少している。定時定路線型バスは、広域幹線輸送を担う島勝線、尾鷲長島線と南紀特急バス（いずれも三重交通株式会社が運行）、市内輸送を担うふれあいバス（尾鷲地区、八鬼山線、ハラソ線）が運行されている。便数は1日5便程度である。タクシーは市内に2社が存在する。

ふれあいバスは、2005年に運行開始されたいわゆるコミュニティバスである。当時運行されていた三重交通路線バスの撤退を受け、導入が決定された。2005年に八鬼山線を試験運行し、2006年に八鬼山線、賀田線、松本線、尾鷲市内巡回線が本格運行開始した。その後、道路運送法および地域公共交通活性化再生法に基づく尾鷲市公共交通活性化協議会が2008年に設立され、2014年までに16回の協議会を重ね、住民のニーズをより反映した運行路線やダイヤに逐次改編されてきた。

(2) 住民の利用実態と今後の課題と問題点

2010年に尾鷲市が市内在住の15歳以上の住民を対象に

実施した、公共交通に関するアンケートの結果によると、外出する際の主な目的地は、人口の多い尾鷲地区が多く、尾鷲地区内からは83.6%、それ以外の地区でも50%以上となっている。それにもかかわらず、尾鷲地区のふれあいバス利用者数（人口比はもとより絶対数でも）は他路線と比べて少なくなっている。また、アンケートの自由回答結果によると、現状のふれあいバスの路線設定に関して、便数を増やしてほしい、バス停の数が少なく目的地近くにバス停がない等の要望がある。以上の状況を踏まえると、市街地の路線の見直しが特に急がれることが分かる。

(3) シナリオの設定

尾鷲市中心部では、前述のように、定時定路線型バスのみならずドア・トゥ・ドア対応型のモード導入も検討に値する。DRTは運行経路の自由度によって4種類の運行形態に分類される¹²⁾。需要が線状に広がっている地域では、運行経路自由度の低いDRTの導入に適し、需要が面的に広がっている地域では、運行経路自由度の高いDRTの導入に適している。そのため、尾鷲市中心部では、既存の定路線型モードと比べて、より自由度の高いモードの方が適していると考えられる。そのことを念頭に、表-1に本研究で設定したシナリオを示す。タクシー車両を活用したDRTに置き換えるシナリオ1では、車両は既存タクシー会社の5人乗りのセダン型車両の活用を想定している。専用車両を導入するDRTに置き換えるシナリオ2では、車両はDRTでよく使われている10人乗りのワゴン型車両を想定している。現在、ふれあいバスで10人乗りの専用車両が使われているため、この車両を流用することも考えられる。分析にあたっては、便ごとの発生需要は事前予約されているものとし、時間帯毎の予約すべてを取りまとめて配車を決定する。1日の運行本数は、参考にした富士宮市で運行されている宮バスの便数が4～6便であること、現在のふれあいバスの便数が9便であることから1日8便に設定した。本来は運賃、運行ダイヤ自由度、予約受付締め切り時間などの設定により発生需要量が変わり、得られる運行経費も変わるが、今回は影響を無視している。対象地区において公共交通需要が見

表-1 シナリオの設定

DRT導入シナリオ	1. タクシー車両を活用	2. 専用車両を導入	現状コミュニティバス
参考にした事例	静岡県富士宮市「宮タク」	三重県玉城町「元気バス」	
車両	5人乗りセダン型車両	10人乗りワゴン型車両	10人乗りワゴン型車両
運行本数	8便/日	8便/日	6～9便/日
1便あたり 最大利用可能人数	8人（＝5人乗り2台）	9人	9人
運賃	300円		200～300円
運行ダイヤ自由度	基本ダイヤ型		固定ダイヤ型
予約受付締め切り時間	乗車便始発時		

込まれるODのほとんどは各地区～市民病院・尾鷲駅近辺であることと、2010年のふれあいバスの利用意向調査で利用者の約43%が通院目的であることから、着地点を市民病院に設定している。

4. 分析モデルの構築

対象地域の発生需要量を推計し、最短経路探索により運行ルートを決め、算出された運行距離から運行経費を求める。運行経費の算出に当たっては、車両の違いによる運行経費の違いを考慮する。図-1にその概要を示し、以下にその詳細を説明する。

(1) 需要の発生

同じ運行形態分類のDRTが導入されている地域の利用実績を用いて回帰分析を行い、パラメータを推計する。得られたパラメータを被説明変数に乗じて発生需要量を算出する。次に、乱数を発生させ、時間帯別利用分布に従って、モンテカルロシミュレーションにより時間帯別発生需要を求め、その後、再び乱数を発生させ、メッシュ分布に従って、モンテカルロシミュレーションにより各メッシュ時間帯別発生需要を求め、

(2) 運行経路の決定

運行経路は、各需要発生ポイントを最短経路で経由し、起終点へ帰還するように、巡回セールスマン問題を用いて決定する。巡回セールスマン問題とは、ある地点から、設定されたすべての巡回地点を回り、元の地点に戻ってくる際の最短経路を、各巡回地点間のユークリッド距離からアルゴリズム問題を解いて求めるというものである。巡回地点に、各便において需要発生したメッシュと着地点を設定し、算出にはJiang¹⁰⁾を参考にしてMicrosoft Excelを利用した。今回は簡単のため、発地点と着地点を同じ地点とした。これにより巡回順は一筆書きのルートで求められるため、運行経路が決定する。

(3) 運行経費算出

各便の走行距離をもとに以下の手順で運行経費を算出する。自治体負担額は、運行経費から利用者負担額を差し引いて計算した。

タクシー車両を活用したDRTでは、実車キロを通常営業したものとしてタクシー運賃を計算し、運行経費としている。1日あたりの車両の運行回数と走行距離を使用して、次式(1)で1日あたりの運行経費を算出する。

$$C_1 = 650K + 80(L - 1.5K) / 0.247 \quad (1)$$

C_1 : タクシー車両を活用したDRTの運行経費 (円/日), L : 1

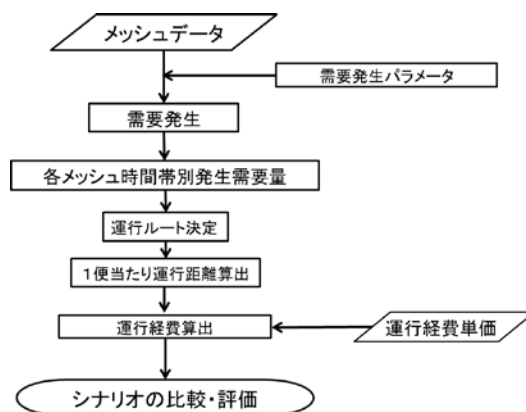


図-1 分析モデルのフレームワーク

日あたりの走行距離 (km/日), K : 1日あたりの車両運行回数 (回/日)

専用車両を導入するDRTの運行経費算出には、柳川¹¹⁾において行われた方法による。これによると、専用車両を導入するDRTの運行には、システムランニング費用が4,000 (円/日)、オペレータ人件費が7,200 (円/日・人) かかるとされている。また、自動車運送事業経営指標 (2013年) によると、ハイヤー・タクシーにおける走行キロ当たり原価は130.49 (円/km) とされている。本研究では、発生需要量を固定しており、需要量の増加を考慮に入れていないことからオペレータ数の変化は考慮に入れない。そのため、オペレータ人件費は1名分のみがかかると考える。システムランニング費用に関しては、走行キロにかかわらず定額がかかると考える。以上から、専用車両を導入するDRTでは、次式(2)で1日あたりの運行経費を算出する。

$$C_2 = 4000 + 7200 + 130.49L \quad (2)$$

C_2 : 専用車両を導入するDRTの運行経費 (円/日), L : 1日あたりの走行距離 (km/日)

5. 分析モデルの推計結果

(1) 運行経費推計結果

対象地域は、尾鷲市中心部 (尾鷲駅を中心に北・南・西へ2km, 東へ6kmの範囲) としている。推計には8分の1地域メッシュ (1辺約100m) を使用し、その単位でのデータを用いた。

表-2に発生需要量の推計結果を示す。パラメータの推定には、静岡県富士宮市で運行している「宮タク」の7エリアの利用者数 (平成23・24年度) を使用した。被説明変数としては、主な利用が想定される、運行エリアの65歳以上人口を用いた。

対象地域である尾鷲市と、パラメータ推定に用いた富

士宮市を比較すると、夫婦のみまたは一人暮らしの高齢者世帯数が総世帯数に占める割合は、尾鷲市が25.4%であるのに対し富士宮市は8.8%と約3倍の開きがある。2世代以上が同居する世帯では、高齢者を家族が送迎するケースもありうるが、夫婦のみまたは一人暮らしの高齢者世帯数が多い尾鷲市では、家族による送迎が富士宮市の場合ほど行われていないと考えられる。このため、DRT発生需要量は発生需要量推計結果よりもさらに多くなると予想される。

以上より、対象地域高齢者人口に、推計したパラメータおよび尾鷲／富士宮高齢者世帯数比率を乗じ、年間運行日数で除した値である20人／日（より正確には19.93人／日）を、対象地域の1日あたり発生需要量として用いる。

この需要量で利用トリップを発生させる。モンテカルロシミュレーションを500回（日）試行した。表-3に走行距離の算出結果を示す。1日あたりの総走行距離は18kmから64kmとなった。

(2) シナリオ間の運行経費比較

算出した走行距離をもとに、シナリオごとに運行経費を算定し比較を行った。図-2は、1日あたり走行距離に応じたシナリオ別の運行経費の推移である。今回、尾鷲市を対象地域として実施したシミュレーション結果では、発生しうる1日あたりの走行距離ではいかなる場合においてもシナリオ1（タクシー車両を活用するDRT）の方がシナリオ2（専用車両を導入するDRT）よりも低費用であることが分かった。

図-3は、運賃を300円に設定した場合の年間財政負担額（年間運賃収入－年間運行経費）である。いずれのシナリオでも、均一制運賃のため当然であるが、走行距離が長くなるほど財政負担額は大きくなる。走行距離が最も長い場合と、最も短い場合とを比べると、シナリオ1では年間77万円、シナリオ2では年間144万円の負担額の差が生じる。

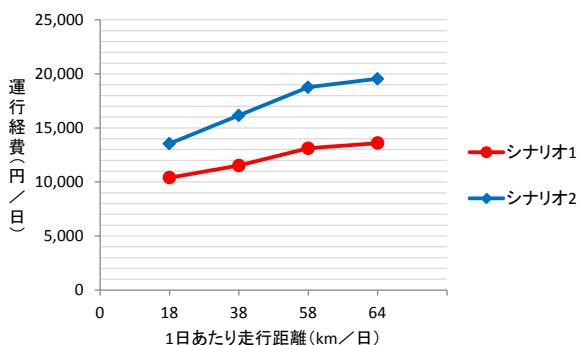


図-2 1日あたり走行距離と運行経費の関係 (1日あたり需要量が20人の場合)

表-2 1日あたりの発生需要量推計結果

パラメータ推定結果	0.328
対象地域高齢者人口 (人)	5020
尾鷲／富士宮高齢者世帯数比率	2.89
年間運行日数 (日)	240
発生需要量 (人/日)	19.93

表-3 1日あたりの走行距離算出結果

試行回数 (回)	500回	
走行距離 (km/日)	標本平均	39.30km/日
	最大	64km/日
	最小	18km/日

以上の結果から、1日あたり発生需要量20人ではシナリオ1を選択した方が低費用であることが分かった。

(3) 発生需要による違いの検討

続いて、シナリオ2が低費用となるのはどの程度需要が増加したときであるのかを見積もる。計算手順は次のとおりである。

シナリオ1では、1日あたりの最大走行距離（64km）をタクシー運行台数で除すことにより、タクシー1台あたりの最大巡回距離を計算し、走行距離が増えた場合に必要車両台数を求める。これよりシナリオ1の運行経費を求める。

シナリオ2では、運行経費の計算式が走行キロあたりで表現されているため、式(2)と同じ手法で運行経費を計算する。

図-4に需要が増加する場合の1日あたり走行距離と運行経費の関係を示す。走行距離が長くなるとシナリオ1では車両を追加しなければならず、その分だけコストの増加率が大きくなる。また、100kmの場合は1便あたりの平均車両運行台数は3台であるのに対し、200kmのときは6台、300kmの時は9台であり、需要が増えると必要車両数も増加する。実際には、DRTに使用可能なタクシー車両数には限りがあるため、需要が増えすぎると車両不足によってタクシー活用型DRTが運行できなくなる可能性がある。以上の結果から、尾鷲市の地形や人口分布では、1日あたり走行距離が150km程度に増加したときに初めてシナリオ2を導入する方が適切であると判断できるようになる。これは発生需要量に換算すると1日あたり約76人（ $= 150 \text{ km} / 39.30 \text{ km} \times 20 \text{ 人}$ ）の需要に相当する。

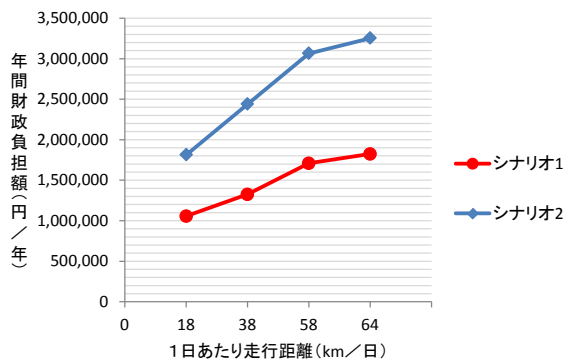


図-3 年間財政負担額（運賃300円の場合）

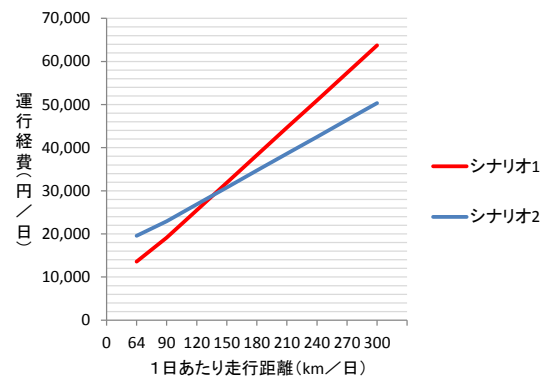


図-4 1日あたり走行距離と運行経費の関係（需要が増加する場合）

6. おわりに

本研究では、公共交通としてタクシー車両を活用することを想定し、尾鷲市中心部において既存のコミュニティバスを、タクシー車両・事業をそのまま活用したDRTに置き換えた場合と、専用車両・予約配車システムを導入したDRTに置き換えた場合の変化を分析した。ケーススタディによって得られた知見は以下の通りである。

- ・推計需要量のもとでは、コミュニティバスの年間財政負担額と比較すると、いずれのシナリオにおいても少なくなり、タクシー活用の方がより低費用である。
- ・尾鷲市の地形や高齢者人口分布状況においては、1日あたり走行距離が約150km（1日あたり約76人の利用）を超えると、タクシー活用よりも専用車両導入の方が、費用を抑えられる。

本研究では、運賃や、DRTの特徴である運行ダイヤ自由度、予約受付締め切り時間といった条件に応じた需要変化については全く考慮できていない。今後これらの影響を考慮した分析が必要と考えている。

謝辞：本研究の実施にあたって、尾鷲市役所の皆様にヒアリング等で大変お世話になりました。また本研究は、環境省環境研究総合推進費2-1404「地域インベントリ解析による環境成長拠点の計画と評価モデルの開発」において実施したものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 偉士大恵美・山中英生・真田純子：過疎地域におけるタクシー補助制度の実態とあり方，土木学会論文集 D3 Vol.69, No.5, pp.771-780, 2013.
- 2) 地方自治機構：高齢者の移動及び買い物等に対する自治体の支援に関する調査研究，2013.
- 3) 加藤博和：公共交通として位置付けられたタクシーが果たすべき社会的役割，土木計画学研究・講演集，CD-ROM, 2013.
- 4) 筒井康史：地域公共交通におけるタクシーの活用について，三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング シンクタンクレポートサーチ・ナウ
- 5) 鈴木文彦：デマンド交通とタクシー活用，地域科学研究会，2013.
- 6) 元田良孝・高嶋裕一・宇佐美誠史・金田一真矢：DRT（デマンドバス）に関する幾つかの考察，土木計画学研究・講演集，Vol.31, 2005.
- 7) 早川伸二：地方交通における非在来型輸送サービスの展開に関する調査研究，pp.1-184，日本交通政策研究会，A-382, 2005.
- 8) 福本雅之・吉田樹・加藤博和・秋山哲男：地域条件に応じた DRT システムの設定に関する基礎的検討，土木計画学研究・講演集，Vol.33, 2006.
- 9) 中部運輸局：続・デマンド型交通の手引き，2014.
- 10) Changbing Jiang：A Reliable Solver of Euclidean Traveling Salesman Problems with Microsoft Excel Add-in Tools for Small-size Systems, *JOURNAL OF SOFTWARE*, VOL. 5, NO. 7, 2010.
- 11) 柳川達郎：都市域内の公共交通不便地区解消に向けたオンデマンド型乗合交通導入可能性の検討，名古屋大学大学院環境学研究科平成 26 年度修士論文，2015.

(2015. 4. 24 受付)

A MEASURE TO ENSURE LOCAL PUBLIC TRANSPORT BY USING TAXI SYSTEM

Atsuhito YAMAMOTO, Akiko SUGIURA,
Tatsuro YANAGAWA and Hirokazu KATO