

東日本大震災被災地におけるデマンド交通導入に関する基礎的研究-陸前高田市における事例-

吉野 大介¹・山根 啓典²・三谷 卓摩³・稲田 利徳⁴・羽藤 英二⁵

¹正会員 復建調査設計株式会社 地域経済戦略チーム (〒101-0032 東京都千代田区岩本町三丁目8-15)
E-mail:d-yoshino@fukken.co.jp

²正会員 復建調査設計株式会社 総合計画部 (〒101-0032 東京都千代田区岩本町三丁目8-15)
E-mail:h-yamane@fukken.co.jp

³正会員 復建調査設計株式会社 総合計画部 (〒101-0032 東京都千代田区岩本町三丁目8-15)
E-mail:mitani@fukken.co.jp

⁴非会員 陸前高田市企画部企画政策課 (〒029-2292 岩手県陸前高田市字鳴石42-5)
※名古屋市派遣職員 名古屋市総務局付け (〒460-8508 名古屋市中区三の丸三丁目1-1)
E-mail:t.inada.16@city.nagoya.lg.jp

⁵正会員 東京大学大学院教授 工学系研究科社会基盤学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷七丁目3-1)
E-mail:hato@bin.t.u-tokyo.ac.jp

東日本大震災により壊滅的な被害を受けた地区の1つである岩手県陸前高田市では、幹線道路から離れた地区に建設された仮設住宅や今後進められる住宅高台移転など、東日本大震災後の生活環境に合わせた地域の交通体系の構築を目指して、平成25年2月1日よりデマンド交通実証実験が実施されている。

本研究では、上記実証実験に係る一連の計画策定過程を整理し、実験内で取得した各種データの分析結果について考察したものであり、今後自然災害からの復興を支援する公共交通体系のあり方を検討する上での基礎情報として活用することを想定している。

Key Words : *DRT (Demand Responsive Transport), disaster area, utilization characteristic*

1. はじめに

(1) デマンド交通実証実験の概要

東日本大震災により引き起こされた大津波によって、岩手県陸前高田市中心部は市庁舎を含め壊滅し、甚大な被害を受けた。同市では、震災前は温暖で景観が良い沿岸地域に多くの都市機能が集中していたが、現在、市役所仮庁舎や病院、生活利便施設等はいずれも市内高田町、竹駒町、米崎町などの海岸から離れた津波浸水区域外に立地している。また、家を失った方が居住されている応急仮設住宅も同様に高台に集中しており、応急仮設住宅へのアクセス道路は勾配が急であったり、段差や未舗装区間があったりするなど、足腰の弱い高齢者にとっては不便な状況にある¹⁾²⁾。

また、陸前高田市内にあるJR大船渡線の5駅（陸前矢作駅、竹駒駅、陸前高田駅、脇ノ沢駅、小友駅）のうち陸前矢作駅を除く4駅は駅舎が流出し、線路も大きな被

害を受けたことから、復興段階初期の市内の公共交通は、路線バス及び乗合タクシーのみが担当している状態であった。しかし、これらの公共交通のLOSは市民の移動ニーズに対して十分に応えられている状態とは言えず、高齢者や学生など、車を利用できない交通弱者にとって交通環境は震災前と比較して悪化している状況にあり、日常生活で多くの不便を強いられていた²⁾。

現時点で不便を強いられている方々に対して早急に移動手段を確保することが必要であることは自明であるが、今後の復興を支援するための地域公共交通デザインという視点で見ると、単に移動手段を確保するだけでなく、今後、陸前高田市震災復興計画³⁾に基づき市内各所で予定されている土地区画整理事業や防災集団移転促進事業による、新たなまちの形成に合わせた、将来にわたり持続可能な地域公共交通体系を確立する必要がある。その点、従来からある定時定路線型の交通では今後のまちの変遷にフレキシブルに対応することは難しく、ダイヤ・

路線を柔軟に変動させることができるオンデマンド型の交通体系が必要とされる状況にあった。

本研究で取り上げる「陸前高田市デマンド交通実証実験事業（以下実証実験と呼ぶ）」はこのような同市の社会的ニーズに対応する1つのアプローチとして、陸前高田市の復興交付金事業の一環で平成24年度に実施されたものである（なお、平成25年度も実証実験は継続中である）。

本論文は、実証実験において取得した利用実態データ及び実験期間中に実施したアンケート調査結果を取りまとめ、デマンド交通の利用実態について整理し、陸前高田市及び同市と同様の境遇にある東日本大震災被災地の今後の公共交通体系が担うべき役割について考察したものである。

(2) 既往研究と本研究の位置づけ

デマンド交通に関するこれまでの研究は、大きく3つに分類され、1つは国内外のデマンド交通の運行状況を比較分析し、LOSと利用者の関係等を明らかにするものであり、例えば竹内ら（2005）⁴⁾の研究例が挙げられる。2つ目は効率的なデマンド交通運営のためのシステム開発に関する研究であり、磯崎ら（2004）⁵⁾や大和ら（2008）⁶⁾をはじめ多くの既往研究の蓄積がある。3つ目はデマンド交通が運行されている地域にクローズアップし、アンケート調査結果や行動履歴調査結果等をもとにその地域の利用実態を明らかにし、導入効果の分析や利用促進策を検討している研究である。本研究は3つ目の研究に類型化される研究であり、これまでに非常に多くの研究の蓄積がある分野である（例えば、森山ら（2005）⁷⁾、橋本ら（2012）⁸⁾等）。ただし、被災地へのデマンド交通の導入自体、全国的に事例が少なく、かつ、デマンド交通の導入による影響を検証した事例はこれまでに存在していないことから、今後の災害復興を支援する公共交通体系のあり方を検討する上での基礎情報として本研究は有用であり、社会的意義が大きいものと考えられる。

2. 実証実験の概要と実施経過

(1) 実証実験計画の策定

実証実験計画の策定にあたり、制度面・運用面・資金面等にわたり様々な制約条件が存在していたことから、まずはこれらの条件を整理し、計画を具体化した。なお、諸元の細かい設定にあたっては、「デマンド交通導入ハンドブック（国土交通省総合政策局交通計画課、H21.7）」⁹⁾を参考にした。

a) 実験対象地域の設定

実証実験のモデル地域については、筆者らが平成24年

9月に東京大学と共同で実施した「陸前高田市の交通行動に関するアンケート調査（実施主体：東京大学大学院都市生活学研究室、調査委託：復建調査設計（株））」による移動実態調査や、市内の公共交通ネットワーク整備状況を鑑み、「①現在、既存公共交通の利用が特に不便な地区」かつ「②デマンド交通利用の需要がある程度見込まれる地区」を優先的に選定した結果、市内気仙町及び小友町・広田町を対象とした（図-1参照）。

【設定条件】

- 公共交通の利便性が相対的に低い気仙町及び小友町・広田町をモデル地域とする



図-1 実証実験モデル地域と停留所設置位置

b) 運行委託事業者の選定

デマンド交通の運行にあたっては、地元の地理に精通している事業者が担当することが望ましいことから、タクシー事業者への運行委託を行う既存事例が多い¹⁰⁾。陸前高田市内では震災前から3社のタクシー事業者が営業を行っていたことから、運行日・区域を分担することにより、3社共同での運行を行うことにした。

ただし、複数事業者で運行することにより、地区や便によってサービス内容や情報にばらつきが発生し、トラブル等が発生することを防止するため、運行期間中は月に2回のペースで陸前高田市職員、タクシー事業者（社長及びドライバー）を含めた合同会議を行い、情報共有を行うことにした。

【設定条件】

- タクシー事業者3社での共同運行を行う
- 実証実験期間中は定期合同会議を実施する

c) タクシー事業者の持続可能性を踏まえたサービス内容の設定

地元タクシー事業者は、いずれも被災により資産・人的資源の面で余裕がある状態とは言い難い状況にあった。また、上述の通り3社は通常のタクシー事業に加え乗合タクシー事業も担当しており、これらに加えてデマンド交通事業を新規に実施するスタミナが十分にあるとは言いがたく、タクシー事業者の運営負担をできるだけ抑える必要があった。そのため、以下に示すような運行形態により、実証実験の初期条件を設定した。

【設定条件】

- 車両台数が少ない休日の運行は行わない
- 乗合タクシー運行時間帯にはデマンド交通を運行しない（特定被災地域公共交通調査事業との重複回避の意味も含めて）
- 当日予約は受け付けない
- 自宅送迎を行うが、自宅以外の乗降場所は指定停留所に制限する（ドアツードアとしない ※設置箇所は前頁図-1参照）
- タクシー事業者スタッフ以外が予約受付業務に対応する（オペレータを新規雇用する）

d) 限られた予算内での予約・配車システムの構築

本実証実験は、予算的な制限により、ITシステムを導入した高価な予約・配車システムを導入することは困難であった。ただし、陸前高田市は人口が少なく高齢化が進んでいる地域であるため、デマンド交通の利用者がある程度限定され、ニーズも概ね決まってくることが想定されたことから、岩手県雫石町¹¹⁾や広島県安芸太田町¹²⁾、岡山県高梁市¹³⁾等で実施されているIT非活用の簡易システムの構築によるアナログ方式を採用することで、初期投資を抑えた。

【設定条件】

- 予約システム・配車システムはアナログ型とする

e) 他交通機関との機能競合の回避

陸前高田市では、特定被災地域公共交通調査事業（国土交通省）により既存路線バスの運行維持及び乗合タクシーの運行（いずれも21条許可）を行っていることから、21条許可で実施するデマンド交通の運行計画の策定にあたっては、これらの既存事業との棲み分けを明確化し、機能の競合を防ぐ必要があった。具体的には、気仙町、小友町、広田町で運行されている乗合タクシー事業の運行区間と運行時間帯の競合を防ぐ必要があった。

まず、運行区間については、デマンド交通の運行が自宅～指定停留所に限定されていれば乗合タクシーと競合

しないが、停留所間の利用を許容してしまうと競合区間が生じることから、デマンド交通の停留所間での利用は許可しないこととした。また、運行時間帯については、同一方面に向かう乗合タクシーの運行時間帯（始発バス停の出発時間～終着バス停の到着時間）にはデマンド交通を運行しないよう、ダイヤを設定した。また、上記調査事業とは別に、タクシー会社としては本業のタクシー事業とできるだけ競合を回避したい意向があったことから、タクシー利用が多い時間帯（事業者へのヒアリングにより午前9時以前及び午後17時以降で設定）についてはデマンド交通の運行を行わないこととした。

【設定条件】

- 特定被災地域公共交通調査事業の補助対象路線と重複する区間・時間帯は運行しない
- タクシー需要の多い時間帯は運行しない
- 停留所間での利用は許可しない

f) 住民の経済的負担を考慮した運賃設定

被災地以外でのデマンド交通の導入の際にも運賃の設定は重要なパラメータ設定となるが、被災地では運賃に対する反応が非常にセンシティブであることが想定された。特に応急仮設住宅の住民は津波被害により財産を全て流出してしまった方々も多く、移動に対する経済的な負担を極力緩和させる必要があった。

そこで、料金設定にあたっては、先述の「陸前高田市の交通行動に関するアンケート調査」を参考に、デマンド交通が導入された場合の運賃の支払い意思額の平均値をもとに1乗車300円を初期設定として与えることとした。

【設定条件】

- 低価格運賃の設定

(2) 実証実験の概要

以上の制約条件をもとに、実証実験の内容を確定した。次頁表-1に概要を示す。

(3) 実施経過

a) 利用登録者の推移

デマンド交通の利用にあたっては、運行実態の把握を容易にし、かつ予約管理業務の円滑化を図るため、事前に利用登録申請を行うこととした（登録は無料）。利用登録者数を次頁図-2に示す。

登録者数は実証実験開始日の平成25年2月1日にかけて大きく増加し、その後は微増、横ばい状態にある。平成25年3月末時点での登録者数は451名であり、対象地域の居住人口（7,604名）に対する登録者の割合は5.9%であった。地域別に見ると、登録者数は小友町・広田町（343

名)の方が気仙町(108名)と比較して多いものの、各地区の居住人口に対する利用登録者の割合は、気仙町5.3%、小友町・広田町6.2%で大差ない。

表-1 実証実験概要

運行形態	・予約型乗合タクシー(21条許可) ・自宅と指定された停留所間で乗降とし、停留所間利用は認めない
開始日	・平成25年2月1日
運行日	・平日のみ(土日祝は運休)
便数	・1日6便(3往復)
利用対象	・陸前高田市気仙町及び小友町・広田町に居住する住民 ・事前に利用者登録が必要
料金設定	・大人(中学生以上)300円 ・小学生・介護人150円 ・未就学児・身障者無料
予約受付	・Excelによる簡易予約システム構築 ・新規雇用オペレータ1名で管理 ・1週間前～前日までの予約
運行主体	・地元タクシー事業者3社共同(運行日及び区域を分担)

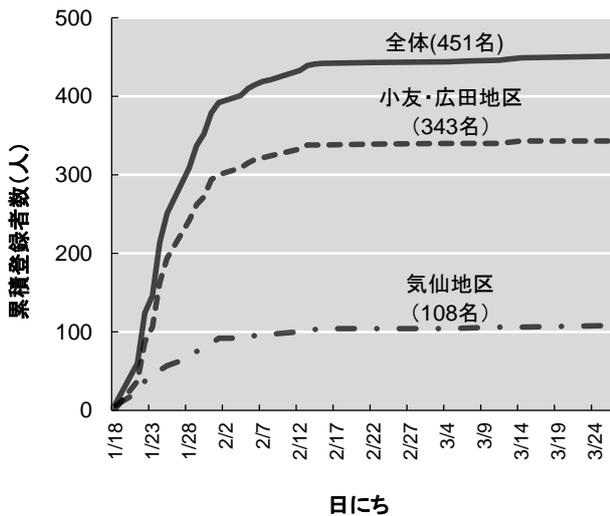


図-2 登録者数の推移 (※平成25年3月26日までの集計)

b) 利用者数

実験期間中のデマンド交通利用者は延べ224名であった。地域別利用者数については、人口規模の大きい小友町・広田町の方が多く、同地区では継続的に複数人での乗合運行が成立している状況にある。ただし、実証実験期間である2月～3月については、陸前高田市特産のワカメの収穫シーズンであり、震災以前から外出頻度が少ない時期であることから、4月以降に利用者数が増加する可能性がある。

表-2 デマンド交通利用者数

	気仙	小友広田	合計
延べ利用者数	34名	190名	224名
日平均利用者数	0.9名	4.9名	5.7名
日最大利用者数	4名	12名	16名

3. 調査の概要と調査項目

実証実験の結果の評価及び今後の展開に向けてのフィードバックのために各種データを取得した。

(1) 利用登録者データの取得

利用登録手続きの際には、登録者より以下の情報を取得した。

表-3 利用登録者データ

・氏名(世帯主及び利用者)
・住所
・屋号
・電話番号(自宅及び携帯電話)
・性別
・生年月日
・送迎希望場所
・運転手への要望

(2) 予約データの取得

利用者の予約データについては、Excelにより以下の情報を管理した。

表-4 予約データ

・登録番号および利用者名
・予約日時
・利用日時
・乗降場所
・キャンセル実績

(3) アンケート調査

実証実験が果たした役割や、デマンド交通導入による住民にとってのニーズ充足状況等を把握するために、利用登録者全員を対象にアンケート調査を行った。表-5に調査の概要を示す。

表-5 アンケート調査概要

対象者	・デマンド交通利用登録者全員 ※平成25年3月15日時点の会員229世帯449名に配布
配布・回収方法	・郵送配布・郵送回収 ※同一世帯の登録者はまとめて配布・回収
実施期間	・平成25年3月18日～29日
回収状況	・180名から回収(回収率40%) ※うち利用者40名、非利用者140名

アンケート調査項目は次頁表-6の通りである個人属性・利用実績については利用登録者データ及び予約データより把握できるため、本調査ではこれらのデータからは把握できないデマンド交通利用に対する意識や交通手段転換の状況、改善要望等に絞って調査した。

表-6 アンケート調査項目

個人属性	<ul style="list-style-type: none"> ・世帯構成員数 ・免許の有無 ・車両保有台数（自身の専用車の有無） ・送迎の状況
利用実態	<ul style="list-style-type: none"> ・デマンド交通を利用した理由 ・デマンド交通導入前に利用していた交通手段 ・デマンド交通を利用して訪問した施設と訪問頻度の変化 ・デマンド交通を利用した同調行動の有無 ・利用して感じたメリット
サービスの障壁	<ul style="list-style-type: none"> ・デマンド交通を利用していない理由 ・今後の利用意向
改善要望	<ul style="list-style-type: none"> ・改善が必要な点 <ul style="list-style-type: none"> ・停留所設置要望 ・BRTとの連携利用意向 ・運行時間帯 ・希望料金 ・許容できる遅れ時間 ・その他自由意見

4. 利用者の特性

(1) 回答者の属性

回答者の属性は次頁図-3に示すとおりである。

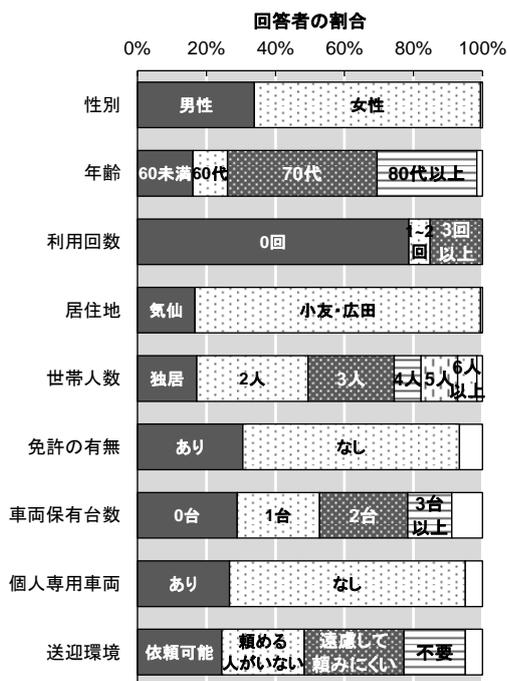


図-3 回答者の属性

女性、70代以上の高齢者、免許保有なし、個人専用車両なし、といったいわゆる交通弱者が多いことが伺える。また、陸前高田市で主要な交通機関の1つである家族や知人による送迎については、「誰かに頼むことができる」または「自身が運転できるため送迎は不要」が約半数、残りの半数は「周りに依頼できる人がいない」または「依頼できる状況にあるが遠慮してしまい頼めない」といった理由で送迎による移動が困難な状況にある。

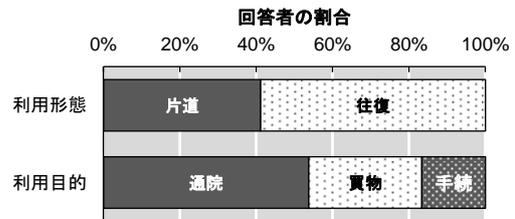


図-4 利用形態

※利用形態については利用者全員、目的については回答者のみ集計

(2) 利用者の動向

a) 利用のきっかけ

利用者に対してデマンド交通を利用したきっかけについて尋ねたところ、「自宅まで送迎してもらえる（30名）」点と「タクシーより安い（31名）」点を挙げた人が多く、タクシーに近い利便性がありつつも1乗車300円という低運賃設定にメリットを感じた利用者が多いことが分かる。また、既存の乗合タクシーは市内中心部まで直接アクセスできる便が無かったことから、乗換負担がない点（21名）についても評価する声が寄せられた。

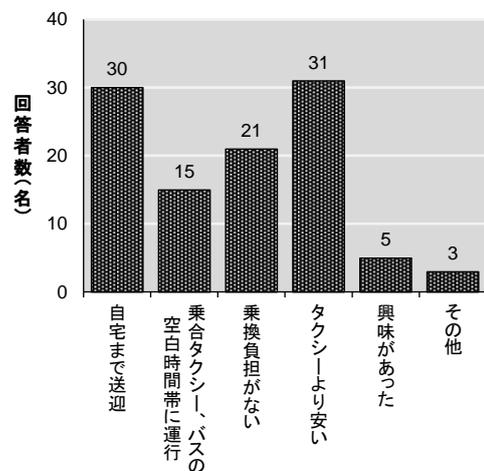


図-5 デマンド交通を利用した理由（利用者に質問）

b) 代替交通手段

同じくデマンド交通利用者に対してデマンド交通導入以前に利用していた交通手段を尋ねたところ、タクシー及び公共交通機関（路線バス・乗合タクシー）が同数（20名）で最も多い結果となり、次いで送迎による移動が11名と続いた。デマンド交通はこれらの交通機関と代替関係にあることが伺える。

また、これまで移動手段が無く移動をがまんしていたがデマンド交通の導入により移動できるようになった人が14名であり、新たなトリップの誘発効果が確認された。

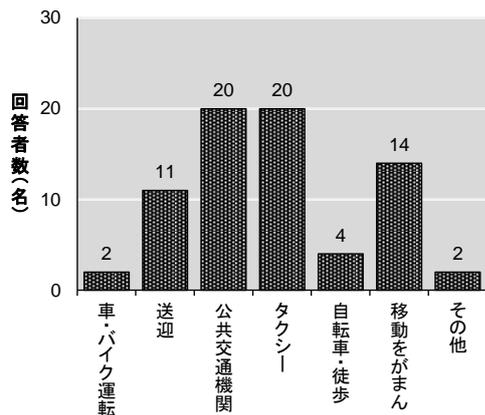


図-6 デマンド交通導入前に利用していた交通手段
(利用者に質問)

c) 訪問頻度の変化

訪問頻度については、デマンド交通の導入以前と比較して同頻度という回答が全体の約半数を占めているが、デマンド交通の導入により訪問頻度が増えたまたは新たに訪問するようになったという回答もそれぞれ確認されている。新規訪問施設の例としては、市役所、規模の大きいスーパーマーケット、銀行などが挙げられ、訪問頻度が増えた施設については、病院・歯科医院、規模の大きいスーパーマーケット等が挙げられる。

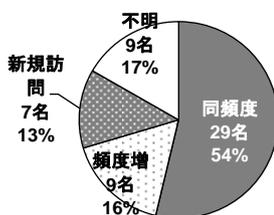


図-7 施設訪問頻度の変化 (利用者に質問)

d) その他利用者が感じているメリット

その他、利用者からは、「デマンド交通の車内で久しぶりに知人と会って話が花が咲いた」、「今まで家族に送迎を頼むのは気兼ねしてしまい行動自体を我慢してい

たが自力で外出できるようになり嬉しい」、「友達や家族と誘い合って外出でき、外出が楽しくなった」などのポジティブな意見が数多く寄せられており、実験期間中に利用者からのクレームは特になかった。

(3) 非利用者の動向

デマンド交通非利用者に対して、利用していない理由を尋ねたところ、他に交通手段があると回答した人が最も多かった。これらの回答者は現況で交通手段が確保できていると考えられるため、移動面での大きな制約はないものと想定される。

一方、時間帯や予約、停留所等のデマンド交通のLOSに起因してデマンド交通の利用を行っていない人については、今後サービス内容の見直しを行うことでデマンド交通利用に転換する可能性がある。

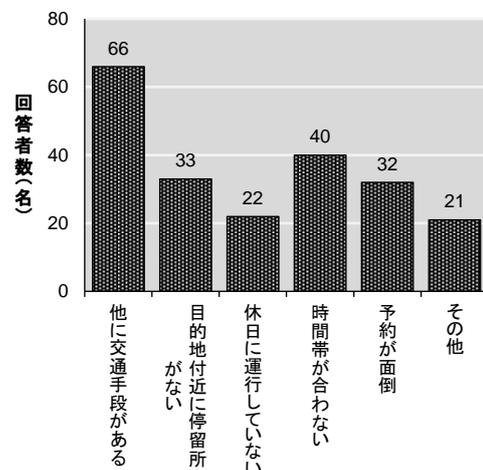


図-8 デマンド交通を利用しない理由 (非利用者に質問)

5. 需要予測モデルの構築

(1) 需要予測モデルの概要

デマンド交通の利用を形成する要因を明らかにし、今後のサービス内容の改善や地域展開の際に有用な需要予測モデルを提案する。先に図-7で示した訪問頻度の変化に関するアンケート集計結果から明らかのように、デマンド交通の導入に伴って、今まで外出を我慢していた潜在需要者の需要が顕在化するだけでなく、外出頻度が増加することが確認できる。よって、サービス改善に伴って誘発される利用頻度の増加をとらえることがデマンド交通の需要予測においては重要な観点であると言える。つまり、デマンド交通を利用するかどうかといった離散選択と、利用する場合何回利用するかといった連続選択を同時に表現する必要がある。

なお、森山 (2004)¹⁴⁾が指摘するように、高齢者対応型の公共交通サービスは利用可能な交通機関のサービス水準によっては需要が潜在化し、交通機関の選択は効用

最大化ではなく周辺の交通環境（例えば自動車利用の可否、世帯内送迎の可否等）で決定されることが多いという特徴を有している。実際に、陸前高田市においても、「自動車が使えないから／家族に送迎を頼めないから（頼みにくいから）移動自体を我慢する」といった需要の潜在化は発生している。よって、本研究でも上記森山の研究における設定条件と同様の行動理論を仮定し、交通機関選択は考慮せずにデマンド交通単一のサービスのみに着目してデマンド交通利用頻度を予測するモデルを構築する。なお、モデル構築に使用するデータは、前述のアンケート調査結果をベースとし、利用実態や個人属性に関するデータは適宜利用登録者データ及び予約データ等で補完した。

離散連続選択を表現するモデルは先行研究内で数多く検討されているが、本研究では試行的にTobitモデル¹⁵⁾による推定を行う。Tobitモデルは一般の回帰モデルと異なり、分析対象とする目的変数がある条件を満足した場合にのみ観測することができるモデルである。Tobitモデルのうち、最も基本的なモデルは従属変数 y_i^* が負の値を取ることのできない途中打ち切り回帰モデル（censored regression model）であり、本研究では、意思決定者が希望する利用回数（ここでは実験期間である平成25年2月1日～3月29日の2か月間あたりの利用回数とする）を従属変数 y_i^* とすることから、この途中打ち切り回帰モデルを適用する。また、表-7に示すデマンド交通利用に影響を及ぼす個人属性、競合交通手段、デマンド交通LOSに関する各項目を説明変数 x_i とし、実際のデマンド交通の利用回数を y_i とすると以下の式が成り立つ。

$$\begin{aligned} y_i^* &= \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta} + \varepsilon_i \\ y_i &= y_i^*, \text{ if } y_i^* > 0 \\ y_i &= 0, \text{ if } y_i^* \leq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

なお、誤差項 ε_i を平均0、分散 σ^2 の正規分布と仮定すると、Tobitモデルの対数尤度関数は以下の式で表すことができる。

$$\ln L = \sum_{i \in (y_i=0)} \ln \Phi(-x_i' \boldsymbol{\beta} / \sigma) + \sum_{i \in (y_i=y_i^*)} \{ \ln \phi[(y_i - x_i' \boldsymbol{\beta}) / \sigma] - \ln \sigma \} \quad (2)$$

ここで、 $\Phi(\bullet)$ と $\phi(\bullet)$ は、それぞれ標準正規分布の累積分布関数及び密度関数である。

(2) 推定結果

構築モデルの推定結果を表-7に示す。なお、アンケートを回収した180サンプルのうち1名分についてはデータ

の欠損が著しいため分析対象から除外し、179サンプルでパラメータ推定を行った。各パラメータ値については、概ね変数の符号が論理的に妥当だと判断できる。有意性は一部変数が若干低いものの、現在のデータ利用可能性を考慮し、概ねの傾向を掴む上では問題無いものと判断した。

推定結果より、まず、個人属性に関しては高齢者、女性、世帯保有自動車なしといった要因がデマンド交通利用の効用が高まる要因として把握できる。これは、自家用車が自由に利用できない交通弱者がデマンド交通を利用する一般的なイメージと相違ない。

また、仮設住宅ダミー（仮設住宅：1、自宅：0）のパラメータ推定値が負の値を取っていることから、自宅居住者の方が利用しやすい傾向にあることが伺える。実際に、表-8に示す通り自宅居住者の方が応急仮設居住者と比較してデマンド交通のアクティブユーザが多い結果となっている。この要因として考えられるのは、応急仮設住宅における公共交通利用の相対的な利便性の高さである。現在運行されている路線バス・乗合タクシー停留所は多くの応急仮設住宅の近傍に設置されており、自宅居住者よりも停留所へのアクセス性は比較的高い。加えて、地元大型スーパーが運営する無料の「お買い物バス」は市内全ての仮設住宅を巡回しており、買い物だけでなく通院等での利用も容認しているため、高齢者を中心に、住民から非常に好評である。このように自宅居住者と比較して応急仮設住宅居住者は既存交通手段による移動利便性が若干高い。一方、自宅居住者から見ると、今まで訪問していた病院や生活利便施設が高台に移転したため、震災前と比較してアクセス性が著しく低下している世帯も多く、デマンド交通利用以前はこれらの交通需要が潜在化していた可能性がある。このように、既存公共交通機関がどちらかと言うと応急仮設住宅の移動支援を意識して整備されてきたのに対し、デマンド交通は両者をフラットにカバーできる交通手段として有用である可能性がある。

競合交通手段については、送迎環境がない（若しくは頼みにくい）状況がデマンド交通利用に大きく影響していることから、送迎交通がデマンド交通と競合している可能性がある。よって、世帯内送迎が困難な高齢者の独居世帯等への積極的な利用促進アプローチが今後重要になると思われる。宇内バス停ダミーについては送迎環境ダミーと比較して有意水準が低いものの、路線バス・乗合タクシー停留所へのアクセスが困難な住民に対してもデマンド交通利用の打診が効果的である傾向が確認された。

デマンド交通LOSに関する変数については、現時点では現行サービスのどの項目について不満を感じているかという不満ダミーデータしか存在せず、かつ、各パラメ

ータとも有意な結果が得られていないため、当モデルのみから今後詳細な需要予測を行うことは困難であるが、本モデルの結果からは、停留所に対して不満がある人はデマンド交通の利用が抑制される結果となった。

上述の通り、現時点で収集しているデータセットが限られているため、需要予測のための十分なサンプル・説明変数が得られているとは言い難く、モデルの決定係数は若干低い。今後継続的にデータを取得しモデルの精緻化に努める必要がある。

表-7 Tobitモデル推定結果

説明変数	推定値	t値
定数項	-4.496	-1.465
個人属性に関する項目		
年齢	5.299 *	2.249
女性ダミー (女性:1,男性:0)	2.856	1.628
世帯車両保有ダミー (あり:1,なし:0)	-2.618 +	-1.765
仮設住宅ダミー (仮設:1,自宅:0)	-3.571 +	-1.665
競合交通手段に関する項目		
字内バス停ダミー※1 (あり:1,なし:0)	-2.266	-1.462
送迎環境ダミー※2 (あり:1,なし:0)	-9.095 **	-3.993
デマンド交通LOS改善要望に関する項目		
停留所不満ダミー (あり:1,なし:0)	-1.649	-0.966
ダイヤ不満ダミー (あり:1,なし:0)	-0.475	-0.295
運賃不満ダミー (あり:1,なし:0)	3.823	1.050
logp	1.864 **	14.411
サンプル数	179	
L(C)	-197.567	
L(β)	-169.593	
McFaddenの決定係数	0.142	
自由度調整済み決定係数	0.096	

** : 1%有意, * : 5%有意, + : 10%有意

※1 : ここでは、居住地区の字内に路線バスまたは乗合タクシーの停留所がある場合あり、そうでない場合はなしとすることでバス停へのアクセス性をダミー変数により表現した。

※2 : 可能 : 送迎を頼める状況にある、不可能 : 送迎を頼める人が近くに居ないまたは近くに居るが遠慮して頼みづらい、不要 : 自分で運転ができるため送迎を必要としない

表-8 自宅一仮設住宅居住者のデマンド交通利用状況

	非利用	利用	合計
仮設住宅居住者	37名(90%)	4名(10%)	41名
自宅居住者	102名(74%)	36名(26%)	138名
合計	139名(78%)	40名(22%)	179名

※モデル構築に利用したアンケート回答者 179名分のみ集計

6. 運行に係る課題と今後に向けた展望

デマンド交通実証実験開始から2か月経過し、運営・運行において徐々に課題やそれに対して検討すべき解決

策が具体化してきた。以下に主な事項を紹介する。

(1) サービス内容について

a) 通院利用を想定したサービス設計

利用者・非利用者ともに、デマンド交通を通院時に利用したいというニーズはアンケート・ヒアリング等で確認する限り多い。よって、病院の診療時間と合わせたダイヤ設定や、公共交通利用者の優先診療などの病院とのタイアップなど、通院利用を想定したサービスデザインの検討が今後重要なテーマとなる。

b) 市内公共交通の総合的な見直し

現在、陸前高田市内にはデマンド交通の他にJR大船渡線の仮復旧としてのBRT (Bus Rapid Transit)、路線バス、乗合タクシー、お買い物バス、NPOが運営する無料の通院送迎サービスなど、様々な公共交通機関が混在しており、デマンド交通のサービスデザインを変更する際には他の公共交通機関との調整が必要となる。関係機関と調整し、無駄の少ない効率的な市内公共交通体系の構築が必要となる。

(2) 運営体制について

a) タクシー事業への支障が少ない管理方法の検討

現在の利用状況の下ではタクシー事業への支障は大きくないが、今後サービス内容を改善していくうえで事業者の負担は大きくなる。また、デマンド交通の利便性を高めることにより、タクシー利用者がデマンド交通に大きく転換することも想定される。鈴木(2013)¹⁰が指摘するように、サービスレベル・作業負荷・タクシー事業への影響がトレードオフになることから、各項目のバランスが今後重要になる。

b) ターゲットを明確化した広報のありかた検討

デマンド交通のサービス内容を周知・広報するにあたり、本実験では事前の利用説明会や実験途中の意見交換会の実施、広報チラシの配布等を行ってきた。しかし、デマンド交通のメインユーザである高齢者には利用実態が十分に伝わっていない事例や、間違った情報が口コミにより伝わる事例があるなど、広報のあり方については課題が残っている。今後は高齢者をターゲットとし、高齢者に伝わりやすい情報提供方法を模索する必要がある。

7. 本研究から得られた知見と今後の展開

本研究では、被災地におけるデマンド交通の実験計画の策定経緯を整理するとともに、デマンド交通の利用実態及び利用者アンケート調査をもとにデマンド交通の利用に影響する要因の分析及び需要予測モデルの構築を行った。以下に本研究で得られた知見と今後の展開案を示す。

(1) 実験計画の策定について

実験計画の策定にあたっては、被災地ならではのコントロール項目も含めた様々な制約条件のもとで当初の実験計画を策定した。特に、他事業（乗合タクシー）との競合回避及び複数事業者による共同運営という点は工夫が必要な点であったと言えよう。

(2) 利用実態について

各種データの集計分析及びTobitモデルによる需要予測の結果、デマンド交通が交通弱者を支援する移動手段として機能していることが確認された。特に送迎環境が無い状況はデマンド交通の利用に大きく寄与することが確認された。被災により親族や友人を失い送迎環境が失われた住民は少なくない。また、送迎を依頼できる状況にあっても、高齢者の多くは送迎をお願いすることに対する心理的抵抗が大きく、移動が潜在化する事例も多くある。よって、できれば自力で移動したいという交通弱者のニーズに応える上でデマンド交通は有用であると言えよう。このような状況は、被災地以外の離島・中山間地域等でも同様であると想定されるが、震災前との交通環境のギャップが大きい被災地域において、より顕著に表れている可能性が高い。

また、Tobitモデルにより、移動手段が比較的確保されている応急仮設住宅居住者に対して相対的に制約が大きい自宅居住者の方がデマンド交通の利用が活発であることから、移動に関する公平性確保の面でも一定の効果が見込まれる可能性がある。他の被災地域においても、居住形態における交通環境の格差が生じている可能性はあるため、地域公共交通計画の策定の際には配慮が必要であろう。

なお、デマンド交通のLOSの改善にあたっては停留所の不足及び点に対する不満の解消が利用増に対して比較的效果的であることが知見として得られた。

ただし、データの利用可能性の制限により、利用できる変数が限られているため、モデル構造については今後精査が必要である。また、本研究では交通機関選択は考慮せずにデマンド交通単一のサービスのみに着目して需要予測モデルを構築したが、分析結果より他の交通機関（タクシー、乗合タクシー、お買い物バス等）との交通機関選択が発生している可能性が伺えることから、今後これらの機関選択の意思決定構造を分析することでデマンド交通利用者の特性を明確化し、ターゲットを明確化したサービスデザインを検討する必要がある。

(3) 運営上の課題について

実証実験が開始して2ヶ月が経過し、サービス内容や運営体制に関する課題が徐々に顕在化している。ユーザーの特性とニーズを踏まえ、ターゲットを明確化したサー

ビスデザインを今後検討する必要があると同時に、事業者の持続可能性も十分に踏まえ、息の長い安定した地域公共交通経営を行う必要がある。特に、今後は、居住地・施設の立地の変更や交通網の変化といったインフラ面の変化や災害公営住宅への移転、住民の雇用環境の改善に伴う所得水準などの住民の生活環境の変化等に応じてサービス内容を検討する必要がある。

今後も、被災地における先行的なオンデマンドモビリティ導入というフィールドを活かし、継続的にデータ収集・分析を行うことで他の被災地区や将来懸念される災害に備えた地域公共交通計画の検討に有益な情報を提供できるよう、継続して研究を進めたい。

謝辞：本研究を進めるにあたり、資料収集や各種調査にご協力いただいた陸前高田市企画政策課及びデマンド交通の運行業者である地元タクシー事業者3社に心から感謝の意を表する次第です。

参考文献

- 1) 元田良孝, 宇佐美誠史：津波被災地の公共交通復旧プロセス—陸前高田市の事例—, 土木計画学研究・講演集, Vol.44, CD-ROM, 2011.
- 2) 宇佐美誠史, 元田良孝：陸前高田市の応急仮設住宅に住む人々の生活活動と交通, 土木計画学研究・講演集, Vol.46, CD-ROM, 2012.
- 3) 陸前高田市：陸前高田市震災復興計画, 2011.
- 4) 竹内龍介, 中村文彦：運行形態別 DRT システムの導入効果の評価について, 土木計画学研究・講演集, Vol.31, CD-ROM, 2005.
- 5) 磯崎晶光, 吉村充功, 奥村誠：都市近郊デマンドバス運用に関する理論的考察, 土木計画学研究・論文集, Vol.21, No.4, pp.847-852, 2004.
- 6) 大和裕幸, 坪内孝太, 稗方和夫：オンデマンドバスのためのリアルタイムスケジューリングアルゴリズムとシミュレーションによるその評価, 運輸政策研究, Vol.10, No.4, pp.2-10, 2008.
- 7) 森山昌幸, 藤原章正, 張峻屹, 杉恵頼寧：中山間地域における高齢者対応型公共交通サービスの需要予測モデルの提案, 土木学会論文集, Vol.786, pp.39-51, 2005.
- 8) 橋本成仁, 北野悠介：DRT の導入前後の居住者の公共交通利用変化に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.46, CD-ROM, 2012.
- 9) 国土交通省総合政策局交通計画課：デマンド交通導入ハンドブック, 2009.
- 10) 鈴木文彦：デマンド交通とタクシー活用—その計画策定と運行と評価, 地域科学研究会, 2013.
- 11) 元田良孝, 若林武文, 山口善英：雪石町フレキシブルバスの運行について, 土木計画学研究・講演集, Vol.29, CD-ROM, 2004.
- 12) 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, CD-ROM, 2005.
- 13) 西大介, 宮田勝士, 森山昌幸, 神田義則, 古川のり子, 橋本成仁：中山間地域に求められる DRT サービス

- スについて，土木計画学研究・講演集，Vol.45，CD-ROM，2012.
- 14) 森山昌幸：中山間地域における公共交通サービスの計画手法に関する研究，広島大学大学院国際協力研究科博士論文，2004.
- 15) Tobin, J.: Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables, *Econometrica*, Vol.26, pp.24-36, 1958.
- (?????.?.? 受付)

A FUNDAMENTAL STUDY ON THE INTRODUCTION OF DEMAND RESPONSIVE TRANSITS IN AREAS AFFECTED BY THE GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE –CASE STUDY IN RIKUZENTAKATA CITY-

Daisuke YOSHINO, Hironori YAMANE, Takuma MITANI, Toshinori INADA
and Eiji HATO

Rikuzentakata city (Iwate prefecture) experienced the devastation caused by tsunami disaster in the Great East Japan Earthquake. The city has started demonstration test of a DRT (Demand Responsive Transport) to construct the regional transport system which be flexible with changes of living environment (i.e. changes of residence from temporary house to disaster restoration house).

This report introduces the planning process of DRT, and briefly look at results of analysis based on data which obtained by this demonstration test. This report will be useful basic information for discuss about public transportation system which implements reconstruction assistance for areas affected by natural disaster.