

潜在需要に着目した地方都市バス交通に対する意識構造分析

藤野 大地¹・秋山 孝正²・井ノ口 弘昭³

¹学生会員 関西大学大学院 理工学研究科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)
E-mail:k850932@kansai-u.ac.jp

²正会員 関西大学教授 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)
E-mail:akiyama@kansai-u.ac.jp

³正会員 関西大学助教 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)
E-mail:hiroaki@inokuchi.jp

モータリゼーションの進展により、自動車中心社会における公共交通の利用促進は深刻な問題である。地方都市の公共交通政策として、コミュニティバスの運行が議論されている。ここでは、現実の地方都市におけるコミュニティバスの運用事例からコミュニティバスの経過と現状について整理する。また、決定木手法を用いて交通行動者の意識構造を分析し、コミュニティバスの運用方法について検討する。

Key Words : local city, decision tree, local bus system, mobility

1. はじめに

モータリゼーションが進展し、少子高齢化や過疎化の著しい地方都市では、運転免許を持たない人々、自動車を運転することが困難な高齢者、子供等の交通弱者は公共交通手段に頼らざるを得ない状況である。そして、地方都市での公共交通はコミュニティバスが主体的であり、それについて議論されている。

本研究では、コミュニティバスの一例として岐阜県本巣市を対象に検討する。自動車交通が支配的である地方都市では、市民の公共交通の利用意識は非常に小さく、市民の自動車に対する代替的交通機関としてコミュニティバスが位置づけられているとは考えにくい。また、日常的に自動車利用が中心の市民には、公共交通機関の必要性が希薄である。

本研究では、コミュニティバスの現状と経過について整理する。また、決定木手法の1つであるID3を用いて交通行動者の意識構造を分析し、コミュニティバスの運用方法について検討する。

2. コミュニティバス政策の変遷

ここでは、本巣市のコミュニティバスに関して経年的に整理する。

本巣市は岐阜県西濃に位置しており、平成16年2月に根尾村、本巣町、糸貫町、真正町の3町1村が合併して誕生した都市である。合併前の根尾村では、①「根尾自主運行バス」が昭和47年5月より運行されてきた。能郷線、松田線、奥谷線、松田・奥谷循環線の4路線が運行され、対距離運賃制(120~550円)である。道路運送法第80条許可(現行第79条)路線であった。本巣町では、平成13年1月より、②行政福祉バス「ササユリ」が、北部線、南部線の2路線で隔日運行されてきた。運賃は無料で、道路運送法の対象外の路線であった。さらに、市町村合併時の公共交通機関の充実を望む意見から、平成16年10月1日より、③「もとバス」の運行が開始された。平日・休日ともに東コース・西コースの2路線で運行された。運行本数は平日と休日で相違する。運賃は一乗車100円であり、道路運送法第21条(現行第4条)の許可路線であった。

平成20年に公共交通の利用状況と利用者意識を把握するために、市民アンケート調査が実施された¹⁾。この調査結果より市民の9割以上が非利用者、また利用者の利用頻度は「月に1~2日」の割合が多いことがわかった。すなわち、市民の公共交通の利用意識は非常に小さい。

また、バスの必要性に関する質問の回答:「必要である」「必要でない」がそれぞれ、おおよそ半数であった。これは自動車保有が89%程度であることから理解でき、少なくとも平成20年の時点では、市民の自動車に対する

代替的交通機関としてコミュニティバスが位置づけられているとは考えにくい。

つぎに、潜在的な公共交通必要性を検討する。市民アンケート調査の「バスがなくなると困ること」に対する「今、困ることがある」の回答者は少数であるが、「今は困らないが将来は困ると思う」の回答者は40%程度存在する。すなわち、将来の公共交通の必要性の認識は比較的多数であり、一定の期待度が観測できる。

さらに、長期的な公共交通機関の展開を考え、非利用者(2,286サンプル)に対して利用意向を質問している。すなわち、将来のバス交通に関して「バスが便利になれば利用するつもりがありますか？」の質問を設定した。市全体で36%の利用意向があり、非利用者の多数は市営バスの利便性に係わらず、利用意向がないことを示している。



図-1 コミュニティバスの路線図

本巣市は平成21年6月に市民アンケート調査結果を踏まえて、「ササユリ」「もとバス」の運行に関する実証実験を行った。実証実験では、市営バスに関する目標値の達成を目指している。すなわち目標値として、「各地域別の市営バス利用者数」と「利用者一人当たりの運行経費」を設定している。この目標達成を目指した実験内容は①ダイヤ改正、「もとバス」における②路線再編、③高齢者無料制度(70歳以上無料)の導入、④路線間の乗継無料制度の導入、⑤鉄道との乗継無料制度の導入、また「ササユリ」における⑥フリー乗降制の導入である。

また、平成19年度～平成21年度の実績値に基づいて平成22年6月に第二次実証実験が実施された。これは、「一人当たりの運行経費」が最も縮減される案を実証実験として実施した。まず「もとバス」の真正線を「ササユリ」の南部線に統合した。そして、「ササユリ」に併せて、「もとバス」を無料化、毎日運行から隔日運行への変更を実施した。更に、1日当たりの運行便数を縮減し、「ササユリ」においてはフリー乗降区間の拡大を実施した。この実証実験時の路線図を図-1に示す。

更に、平成23年4月に「根尾自主運行バス」の運行サービスが改正された。改正内容は①路線再編、②無料化、③日曜日・祝日の運行の削減、④ダイヤ改正、⑤季節限定ダイヤの導入である。

実証実験の経過を踏まえた、本巣市コミュニティバスの運行実績を図-2に示す。

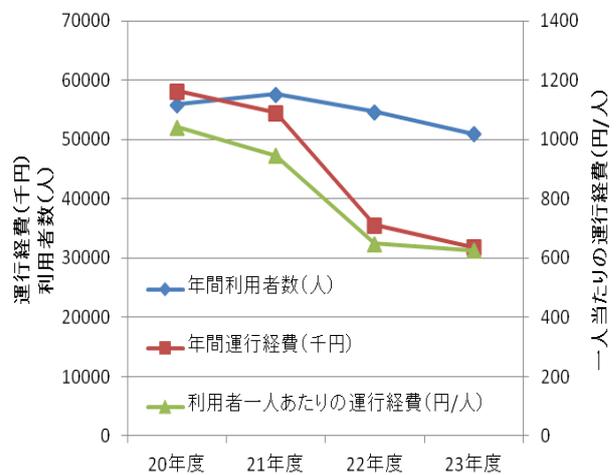


図-2 コミュニティバスの経年的運行実績

まず平成21年度では、「もとバス」の利用者が増加し、運行経費を縮減できたので「利用者一人当たりの運行経費」を縮減することができた。次に平成22年度では、大幅に「もとバス」の運行頻度を縮減しているにも関わらず、利用者数は運行頻度縮減に対して比例的に減少していない。すなわち、「利用者一人当たりの運行経費」を大幅に縮減できた。平成22, 23年に「もとバス」「ササユリ」利用者アンケート調査を実施し、利用者の利用頻度が増加していることがわかった。これらより、利用者の一部は利用形態を変更して弾力的にコミュニティバスを利用していると言える。

更に平成23年度では「根尾自主運行バス」の運行経費を縮減できたが、利用者数は減少した。しかし、「利用者一人当たりの運行経費」は縮減できた。

以上の経過より、持続可能な運行経費目標は達成された。しかし、運行サービスは運行頻度の縮減により低下し、利用者数が減少している。すなわち、モビリティ確

保の問題が生じている。また、非利用者（一般市民）の意向が反映された政策は実施されていない。

3. 交通行動者の意識構造分析

3.1 決定木手法の整理

ここでは「機械学習」の学習法のうち、帰納的学習を基本とする「決定木」手法を用いる。この方法は、大量データから知識の構造的規則性を学習する方法である。すなわち「決定木」は、問題解決のための分類や予測を行う際に広範囲に利用可能な手法である。決定木手法の利点は、知識理解の容易なルール群を自動生成する点にある。

決定木では、各要因によりグループを分割する。例えば、「性別」では男・女のグループができる。いま、いくつかのグループを考慮して、それぞれのグループ*i*に含まれる割合を確率*p_i*で表現する。そして、グループのばらつき度合いを表す情報量を*I*、グループ数を*n*とすると、集合*D*の情報量*I(D)*は以下の式で表される。

$$I(D) = - \sum_{i=1}^n p_i \log_n p_i \quad (1)$$

そして、情報量*I(D)*とその期待値の差より、確率変動の相互依存の尺度を表す獲得情報量が求められる。具体的な決定木アルゴリズムとしてID3とC4.5が著名である。ID3では、この獲得情報量の期待値が最大であるグループを決定木の節点として選択する。しかし、この方法は属性値の数が多い属性が選ばれる傾向にあるので、C4.5はデータ自体の分割の程度を表す分割情報量を計算し、獲得情報量と分割情報量との比が最大となる属性を選択する。また、現在はC4.5を改良したC5.0アルゴリズムがある。

今回は、決定木の形式で多様な意思決定パターンを表現し、最も基本的なモデルとしてID3を用いる。

いま、*l*個の属性*A₁*、*A₂*、…、*A_l*があり、それぞれ*A_i*=*{ a_{i1}, a_{i2}, …, a_{im} }*の属性値を持ち、分類クラスは*C*=*{ C₁, C₂, …, C_n }*とする。このような属性と分類クラスを持つ学習データ集合があるとき、ID3のアルゴリズムは次のようになる。

- 1) 全ての学習データに対応付けした節点を生成する。
- 2) 節点に対応付けられ学習データ集合*D*が全て同じ分類クラス*C_k*に属するならば、その節点を葉節点とし、分類クラス*C_k*をラベル付けする。
- 3) テスト属性*A_m*の各部分集合に対して、もとの節点と各部分集合の節点とを結ぶ枝に、対応する属性値*a_{mxy}*をラベル付けする。

- 4) 作成した全ての節点に対して、2) から実行する。

3.2 決定木モデルによる意識構造分析

ここでは、ID3を用いて交通行動者の意思決定モデルを作成する。意思決定モデルの概要を図-3に示す。

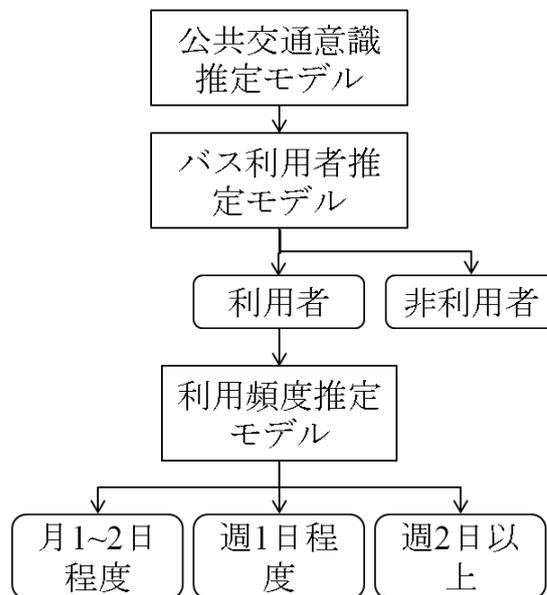


図-3 交通行動者の意思決定モデルの概要

このモデルは①公共交通意識推定モデル、②バス利用者推定モデル、③利用頻度推定モデルの3段階で構成される。まず、公共交通意識推定モデルは市民の将来における公共交通の利用意識を推定するモデルである。このモデルは、交通行動者を「利用意向：ある」「利用意向：ない」に判別する。また、バス利用者推定モデルはコミュニティバスの利用者を推定するモデルである。このモデルは、交通行動者を「利用者」「非利用者」に判別する。更に、利用頻度推定モデルはコミュニティバス利用者の1週間の利用頻度を推定するモデルである。このモデルは、バス利用者推定モデルにおける「利用者」を「月1~2日程度」「週1日程度」「週2日以上」に判別する。

4. 交通行動者の意思決定モデルの検証

4.1 公共交通意識推定モデル

公共交通意識推定モデルは、市民アンケート調査結果のうちの「非利用者」を対象としたアンケート調査項目「本菓市のバスが便利になれば利用するつもりがありますか？」に対する(1)ある、(2)ないの回答を目的変数とする。「利用者」は(1)を回答したとする。すな

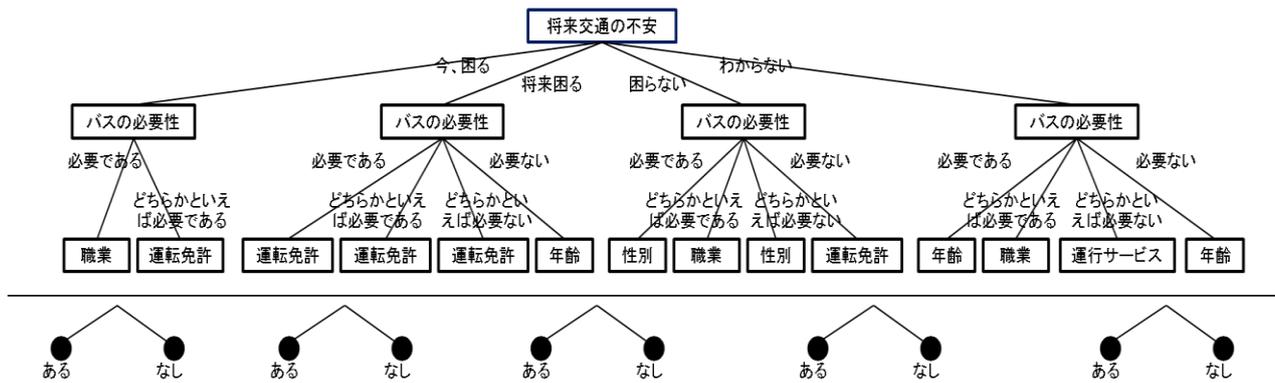


図-4 公共交通意識推定モデル

わち、市営バスの潜在的な利用意向に基づく、将来の利用可能性を推計するものである。このとき、説明変数として1) 地域、2) 性別、3) 年齢、4) 職業、5) 運転免許、6) バスの必要性、7) 将来交通の不安を用いる。

ここで、6) バスの必要性とは、「市民の移動手段として、バスは必要だと思いますか?」という質問に対して、(1) 必要である、(2) どちらかといえば必要である、(3) どちらかといえば必要でない、(4) 必要でないの回答に対応している。

また、7) 将来交通の不安とは、「バスがなくなると、あなたは困ることがありますか?」という質問に対して、(1) 今、困ることがある、(2) 今は困らないが将来は困ると思う、(3) 今も将来も困ることはない、(4) わからないの回答に対応している。

このモデルは図-4のような決定木の構造になり、最小で4階層、最大で7階層の意思決定構造である。的中率は0.80 (=1699/2114) であり、588種類のルールが抽出された。

そのうちの「利用意向：ある」の主要なルールは、①「将来性：今、困る、必要性：必要である、運転免許：持っている、職業：就業者(自営)」、②「将来性：将来、困る、必要性：どちらかといえば必要である、運転免許：持っている」である。多くの「利用意向：ある」は、「将来性：将来、困る」「必要性：必要である」運転免許「持っている」の属性である。

また、「利用意向：ない」の主要ルールは①「将来性：困らない、必要性：必要でない、運転免許：持っている」、②「将来性：将来、困る、必要性：どちらかといえば必要である、運転免許：持っている、年齢：50歳代、地域：その他、性別：男、職業：就業者(自営)」である。

4.2 バス利用者推定モデル

バス利用者推定モデルは「本巣市が運営するバスをど

れ利用していますか?」に対する(1) 週に4日以上、(2) 週に2~3日程度、(3) 週に1日程度、(4) 月に1~2日程度、(5) ほとんど利用しない、(6) これまで利用したことがないの回答を(1) 利用者、(2) 非利用者にかけて目的変数とする。

このとき、説明変数として1) 地域、2) 性別、3) 年齢、4) 職業、5) 運転免許、6) 利用意向、7) バスの必要性、8) 将来交通の不安を用いる。

このモデルは図-5のような決定木の構造になり、最小で3階層、最大で9階層の意思決定構造である。

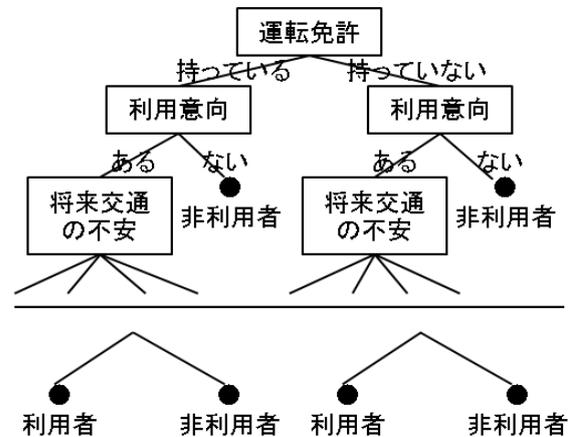


図-5 バス利用者推定モデルの概要

的中率は0.98 (=2266/2309) であり、189種類のルールが抽出された。

そのうちの「利用者」の主要なルールは、①「運転免許：持っていない、利用意向：ある、将来性：今、困る、必要性：必要である、職業：無職、年齢：70歳以上」、②「運転免許：持っていない、利用意向：ある、将来性：将来、困る、必要性：必要である、職業：無職」である。多くの「利用者」は「利用意向：ある」「将来性：今、または将来、困る」「必要性：必要である」の属性である。また、「利用者」は60歳以上の高齢

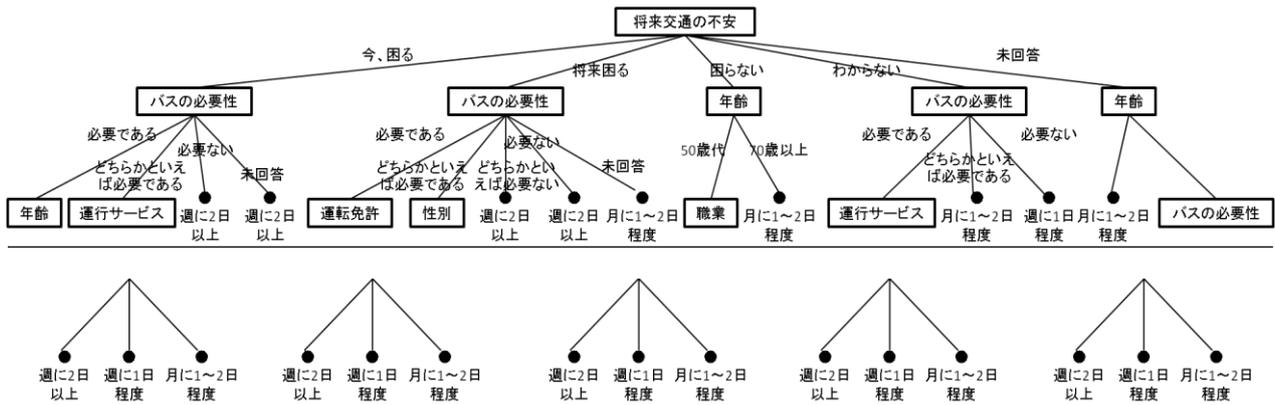


図-6 利用頻度推定モデル

者の割合が非常に大きい。

また「非利用者」は、①「利用意向：なし」、②「運転免許：持っている、利用意向：ある、将来性：将来、困る」、職業：就業者（自営）」である。①は「非利用者」の64%程度を占めた。

業主婦」である。

5. 交通行動者の意思決定モデルの適用

4. 3 公共交通意識推定モデル

利用頻度推定モデルは「本巣市が運営するバスをどれくらい利用していますか？」に対する回答を (1) 週に2日以上、(2) 週に1日程度、(3) 月に1~2日程度にわけて目的変数とする。

このとき、説明変数として 1) 地域、2) 性別、3) 年齢、4) 職業、5) 運転免許、6) バスの必要性、7) 将来交通の不安を用いる。

このモデルは図-6のような決定木の構造になり、最小で3階層、最大で8階層の意思決定構造である。的中率は0.75 (=169/224) であり、85種類のルールが抽出された。

そのうちの「週に2日以上」の主要なルールは、①「将来性：今、困る」、必要性：必要である、年齢：70歳以上、地域：根尾、運転免許：持っていない、職業：無職、性別：女」、②「将来性：今、困る」、必要性：必要である、年齢：70歳以上、地域：本巣、性別：女、職業：無職」である。

また、「週に1日程度」の主要なルールは、①「将来性：今、困る」、必要性：必要である、年齢：70歳以上、地域：その他、職業：無職、運転免許：持っていない、性別：男」、②「将来性：今、困る」、必要性：必要である、年齢：60歳代、地域：その他、運転免許：持っていない、職業：無職」である。

さらに、「月に1~2日程度」の主要なルールは、①「将来性：将来、困る」、必要性：必要である、年齢：70歳以上、地域：その他、職業：無職、運転免許：持っていない、性別：女」、②「将来性：将来、困る」、必要性：必要である、運転免許：持っていない、職業：専

5. 1 意思決定モデルの適用方法

非利用者に対する利用促進として、将来利用意向の増加を考える。すなわち、将来要因変化に基づく、非利用者の利用意向、利用形態を変化させる。具体的には、公共交通意識推定モデル、バス利用者推定モデルにおいて非利用者の「バスの必要性」「将来交通の不安」の要因を変化させる。すなわち、一定割合の非利用者の各要因、に対する回答に変化を与える。「バスの必要性」では②→①、③→②、④→③の変化を想定する。同様に「将来交通の不安」では、③④→②の変化を想定する。

5. 2 意思決定モデルの適用結果

これらの意識構造の変化割合に対応して、まず公共交通意識推定モデルにおける利用意向向上者（利用意向：「なし」→「ある」）数を推計した結果を図-7に示す。

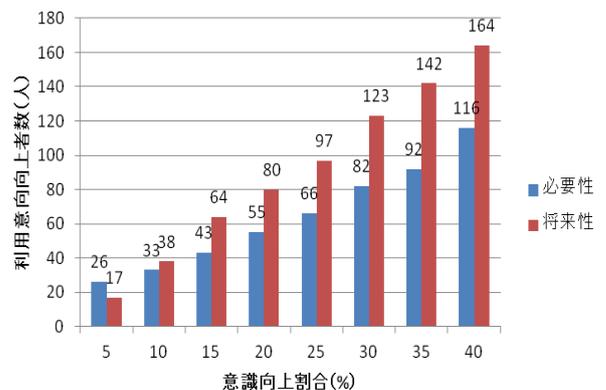


図-7 利用意向向上者数の推移

これより、「バスの必要性」「将来交通の不安」のいずれも潜在的な利用意向の増加を与える。

また、意識向上割合が40%での利用意向向上者の属性について検討する。「必要性」により増加した利用意向向上者は116人、「将来性」は164人である。地域では「もとバス」「ササユリ」が運行されている「本巢」、またコミュニティバスが運行されていない「その他」の割合が大きい。年齢では「60歳代」「70歳以上」の高齢者の割合が大きい。職業では「就業者（自営以外）」の割合が最も大きく、次いで「無職」「専業主婦」「就業者（自営）」である。運転免許は「持っている」の割合が大部分を占める。

次に、バス利用者推定モデルにおける利用形態向上者（「非利用者」→「利用者」）数を推計した結果を図-8に示す。

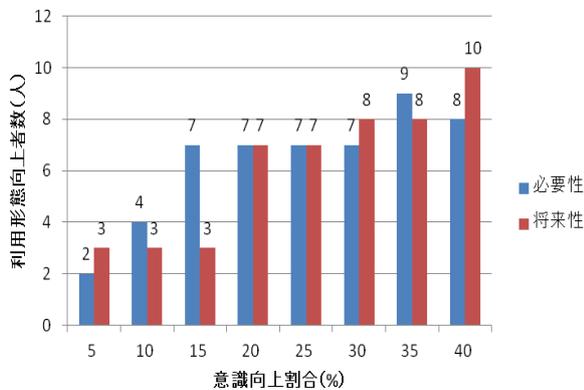


図-8 利用形態向上者数の推移

利用意向向上者数に比べると利用形態向上者数の増加はごく僅かである。

また、意識向上割合が40%での利用形態向上者の属性について検討する。「必要性」により増加した利用形態向上者は8人、「将来性」は10人である。地域では、利用意向向上者と同様に「本巢」「その他」の割合が大きい。年齢では高齢者の割合が大きい、利用意向向上者と比べ、「10歳代」の割合が非常に大きい。これは「10歳代」の利用意向向上が最も利用形態向上につながることを示している。更に職業を見ると、「中学生」の割合が大きい。これより、「10歳代」のうちでも「中学生」の利用意向向上が利用形態の向上につながりやすいと言える。運転免許では、「将来性」においては「持っていない」が大部分を占める。「必要性」においては僅かに「持っている」が「持っていない」を上回る。また、利用意向向上者では「持っている」が大部分を占めたが、全体では利用形態向上者では「持っていない」の方が割合が大きい。すなわち、「持っていない」の方が利用形態が向上しやすいと言える。

5.3 コミュニティバス利用促進政策の提案

ここでは、コミュニティバスの具体的な政策を提案する。推計結果より、中学生の意識向上が利用につながりやすいことがわかった。また、持続可能性の面からこれ以上の経費を掛けることはできない。

以上のことを踏まえて、具体的な政策として中学校でのワークショップの開催、モバイル情報サービスの提供を提案する。ワークショップの場でコミュニティバスの認識を深めること、またモバイル情報サービスを普及させ、市民の自立性を高めることを目指す。

6. おわりに

本研究では、具体的なコミュニティバスの運用事例から経過と現状を整理した。また、ID3を用いて交通行動者の意識構造を分析した。本研究の成果として、①便数の縮減などにより持続可能な経費目標を達成できた一方で、モビリティ確保の問題が生じた、②非利用者のバスの必要性、将来交通の不安などが潜在需要の変化を与える、③潜在的な利用者の利用促進として中学生を対象とした政策が有効であるなどが整理される。

今後は、決定木分析結果の詳細検討を行うとともに、具体的な政策を検討し直す必要がある。

謝辞:最後に本研究を進めるにあたり、資料収集に関して本巢市のご協力を頂いた。ここに記し、感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 本巢市：本巢市地域公共交通活性化協議会 市民アンケート調査結果，2008。
- 2) 馬野元秀：ID3，Vol.6，No3，pp502-504，日本ファジィ学会誌，1994。
- 3) 堀和憲，馬野元秀，佐藤浩，宇野裕之：ファジィ決定木生成法 ファジィ C4.5 とその改良，pp515-518，Fuzzy System Symposium，1999。
- 4) 秋山孝正，奥嶋政嗣，井ノ口弘昭：地方都市の持続可能な公共交通計画に関する実証的研究，Vol.2011，pp.223-232，交通学研究，2011。
- 5) 秋山孝正：地方都市コミュニティバスの料金政策に関する課題，Vol.41，No.144，土木計画学研究・港演習，CD-ROM，2010。
- 6) 本巢市：本巢市地域公共交通総合連携計画 平成 21年，平成 22年 2月（修正），2010。
- 7) 本巢市：<http://www.city.motosu.lg.jp/index.html>，2012。（2012.8.3 受付）