地方部でのバス案内システム「chi-bus」の適用*

A proposition of bus location systems in rural areas*

岡村健志**・永原三博***・菊池豊****・熊谷靖彦*****・中川敏正******
By Kenji OKAMURA**・Mitsuhiro NAGAHARA***・Yutaka KIKUCHI****
Yasuhiko KUMAGAI*****・Toshimasa NAKAGAWA******

1．はじめに

（1）背景と目的

高知県などの地方部ではバス位置を携帯電話やインターネットで知ることのできるバスロケーションシステム（以下、バスロケ）を導入することは困難である。これは、バス事業が、都市部とは異なり事業規模が小さく十分な収益性が保てないに対して、近年のバスロケ運用にはランニングコストが必ず必要とされることにある[1)]。一般的に地方部のバス路線は、１時間に１本程度と運行頻度が低いことや、バス停留所（以下、バス停）にはベンチや屋根があることも少ないなど、都市部のそれらに対して十分な整備やサービスが提供されておらず、都市部と地方部とのモビリティ格差が顕在化している。

このような背景をふまえ、筆者らは、これまでchi-busと称す安価に運用可能なバスロケを提案し、その技術仕様の検討、高知都市圏での社会実験通じた技術的な可能性や利用者への影響を検証してきた。

本稿では、これまでの結果を踏まえ、地方部でのchi-busの実現を目的に、地方部で継続運用可能な技術仕様の改善を実施し、新たな地方部での社会実験を通じて、chi-busの効果を検証した。

（2）本研究の特徴

バスロケは昭和50年代より、これまで多くの都市の路線バス[2)]や高速バス[3)]、送迎バス[4)]などに導入されてきた。

清水ら[5)]の研究にあるように昭和50年代頃は電磁誘導方式で路側の検知器がバスの接近をとらえると中央処理装置に検知され、バス停などの表示器にバス接近を表示する仕組みで、電電公社回線や無線によりそれらの通信が行われていた。平成10年以降では、牧野ら[6)]の研究にあるように、携帯電話網やIT技術の進展により、バスにGPS車載器を搭載し、携帯電話網を通じて、バス位置を中央処理装置に送信、処理することで、携帯電話やパソコンなどにバスの運行情報を提供する仕組みが普及している。近年では携帯電話網以外にもDSRC技術を用いたシステムの展開もはじまっている。

本稿で提案するchi-busは、これまでの取り組みとは異なり、過疎などの進展する地方部での継続的な適用を前提としたシステム提案であり、路車間通信によるバス検知と中央処理装置を必要としない端末処理型のためにオペレーション費用を必要としないといった点で、これまでの取り組みとは異なった新たなアプローチである。

また、これまで、バスロケの効果については、中川[7)]や清水[5)]らの研究では、バス利用をあきらめる利用者の減少防止、バス待ちのイライラの軽減といった効果が、牧野[6)]らの研究では、バスの待ち時間減少といった効果が確認されている。しかしながら、地方部でのchi-busの効果を説明する上では、既存の効果指標での計測を行うだけでなく、地方部でのバス問題に対する効果の説明論理が必要となる。

そこで、本研究では、地域の問題構造とそれに対するバスロケ機能との関係づけの行程を加えることで、問題構造や効果の発現対象を論理的に明示化するとともに、バスロケの効果指標を選定したうえで、chi-busの効果を検証する。

2．chi-bus社会実験

（1）実験対象地

実験対象は、高知県東部の安芸－奈半利、室戸岬、甲浦を往復する（以下、安芸・甲浦路線）路線の田野役場通りバス停とバス停直近にある道の駅田野駅屋である。

安芸・甲浦路線は15台の車両により安芸営業所バス停

---

*キーワーズ：公共交通運用、交通弱者対策、ITS
**正員、工博、高知工科大学地域連携機構
（高知県香美市土佐山田町宮の口185、
TEL0887-57-2778、FAX0887-57-2778）
***正員、学士、高知工科大学地域連携機構
****非会員、工博、高知工科大学地域連携機構
*****正員、学博、高知工科大学地域連携機構
******非会員、工修、国土交通省四国地方整備局土佐国道事務所（高知市江陽町2-2、
TEL088-885-4825、FAX088-885-1494）

から甲浦岸壁まで国道55号を約85km（所要時間：約2時間25分）が運行しており、田野役場通りバス停は安芸営業所から16km程度（所要時間：約29分）走行した地点で、甲浦から68km程度（所要時間：約1時間53分）、室戸岬から30km程度（所要時間：約59分）にある。周辺には、ごめん・なはり線田野駅、田野病院、田野町役場、道の駅田野駅屋などの施設が立地しており、地域の住民や観光客が立ち寄りやすい環境にある。

図 1　実験対象地

（2）chi-busと社会実験の概要

chi-busは、筆者らがこれまで提案してきたように、これまでのバスロケとは異なり、地方部での運用実現を考慮し、携帯電話網のパケット通信費用などといった定常的な通信費用を必要としない機器構成である。具体的には、バスとバス停との路車間通信によってバスの通過を検出し、バス停でバス通過情報を提供することを基本機能としている。

本実験では、図2に示すように、バス停（田野役場通りバス停）での通過情報の提供に加え、バス停の上流側に設置した検出局でもバス停と同様なバスの通過検出を行うとともに、検出局とバス停との無線通信を行うことで、バス接近情報を提供した（図3）。さらに、バス停の周辺施設（道の駅田野駅屋）でバスの接近通過情報を提供した（図4）。

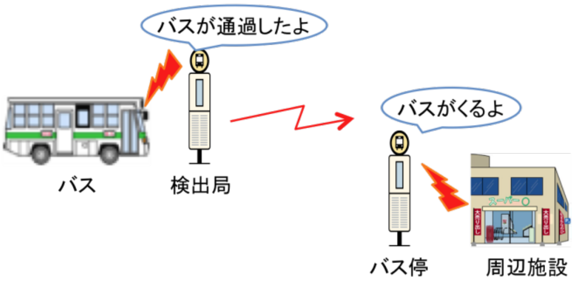

図 2　chi-bus の概要

これまで筆者らは、空港路線バスでの実証実験などを通じて、chi-busの技術的な実現可能性などについて検証を続けてきた[8]。本稿では、これまでの技術仕様を表1のように改善し、実運用可能な仕様とした。

まず、高齢者などへのサービスに着眼し、地域の高齢者らとの意見交換を通じて、表示画面を文字表示とした（図5）。次に、より確実なバス検出のために路車間通信において微弱無線を採用し、検出局とバス停との長距離通信のためにデジタル簡易無線を採用した。デジタル簡易無線は、論理的には10km近くの通信を可能とする。また、継続的な運用を実現するために、各機器の安定的な電力供給に必要なキャパシタを採用するとともに、バス乗務員などの操作を必要としないようプログラムの改善を施した。

表 1　過年度からの技術改善事項

改善項目	過年度	本稿
情報の表示方法	図表示による情報提供	テキスト表示による情報提供
バス接近の表示方法	バスの走行位置情報の提供	バスの到着予測時刻の提供
情報の表示方法	図表示による情報提供	テキスト表示による情報提供
バス通過検出技術	微弱無線	特定小電力
電源供給	鉛蓄電池	キャパシタ
検出局-バス停間通信	特定小電力	デジタル簡易無線
プログラム	—	バス ID を付与
	—	バス進行方向の自動付与

表 2　chi-bus の主な技術仕様

機能	実現の方法
バス停で通過情報の提供	バス・バス停間の無線通信により、バス停に設置したバス停表示器に情報提供。無線通信には特定小電力無線を採用。
バス停で接近情報の提供	上流側の検出局をバスが通過すると、無線通信により、バス停のバス停表示器に伝達し、バス到着予測時刻として表示、検出局とバス停間の無線通信には特定小電力無線を採用。
周辺施設でバス停の接近・通過情報の提供	バス停とバス停周辺施設に設置した無線装置が無線通信することで周辺施設内に設置した表示板に情報提供。無線通信には特定小電力を採用。
バス運行履歴の蓄積	バス停での通過情報をバス車載器で記録。車載器に記録されたデータを自動的に車両基地などに設置した記録装置に無線通信で蓄積。無線通信には特定小電力無線を採用。バス車載器にはバス ID を付与。

図 3　田野役場通りバス停に設置したバス停表示器

図 4　道の駅に設置した表示器

図 5　バス停表示器の表示画面

3．地域の現状

（1）事前調査の概要

あらかじめバス利用者、バス事業者、田野町などの関係者に対して、本地域におけるバス利用者が抱える問題意識やバス利用の実態についてヒアリング調査を実施し、本地域におけるバスサービスの問題構造や chi-bus の効果を検証する上で必要とする指標について検討した。バス利用実態の調査概要について表 3 に示す。

表 3　バス利用実態調査

調査日時	平成 22 年 1 月 13 日、1 月 17 日
調査場所	田野役場通りバス停
調査方法	① ヒアリング調査（31 名） ② 観察調査
調査内容	① 利用者属性、利用目的、不満や問題 ② 利用者数、利用時間帯　など

（2）事前調査結果

a）地域の利用実態と問題構造

本バス停は 9 割近くが近隣の市町村の学生や高齢者によって利用されており、その多くが週に数回以上利用するリピーターであった。また、学生は朝夕で通学に利用しており、高齢者は主に午前中の通院に利用している。

バス利用者や関係者が認識している問題は、地域に環境や属性の影響を受けて、さまざまな問題意識を抱えている。巻末にヒアリング調査の結果から、筆者らが作成した問題認識の認知マップを図 16 に示す。図は矢印の基点から終点に向かって、問題の原因と結果を示したものであり、詳細はそれを参照されたい。最終的には「帰宅できない」「予定通り動けなくなる」「イライラや不安などのストレス」「身体的な負担」といった問題を認識している。

b）利用者評価の効果指標

問題認識の認知マップから、問題の論理構造のみを抽出し、ツリー化するとともに chi-bus が提供する機能とのロジックモデルを構築し、chi-bus の効果の発現対象について図 6 のように検討した。

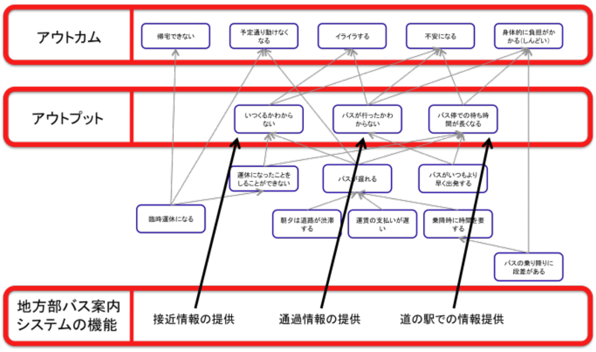

図 6　バス利用の問題と chi-bus の効果構造

chi-bus が提供する接近情報によってバスがいつ来るかわかるようになる、通過情報によってバスが行ったかどうかわかるようになる、道の駅での情報提供でバス停での待ち時間短縮につながるという結果を想定する。そこで、利用評価では chi-bus の効果について、それらを検証した。

4．chi-busの利用者評価

（1）調査概要

chi-busの効果や課題を把握するために、表4のようにバス利用者に対してアンケート調査、調査員による観測調査を行った。

表 4　chi-bus の利用者調査の概要

調査日時	平成 22 年 2 月 27 日から 3 月 12 日
調査場所	田野役場通りバス停
調査方法	① アンケート（直接配布郵送回収） ② 観察調査
調査内容	① chi-bus の認知、効果、必要性、要望 ② 利用者数、運行遅れ　など

（2）調査結果

a）乗降客数とバスの運行実態

実験期間中のバス停利用者について表5に示す。実験期間中は14日間で乗降あわせて約1000人が利用した。また、実験期間中のバスの運行遅れ時間について図 7、8 に示す。観測調査の結果、上りで平均4分16秒、上り

平均2分43秒とやや予定時刻より遅れて運行されている状況が確認された。また、下りでは約5%のバスが早発した。

表 5　実験期間中の利用者数

	乗車人数	降車人数	小計
上り	163人	263人	426人
下り	373人	163人	536人
小計	536人	426人	

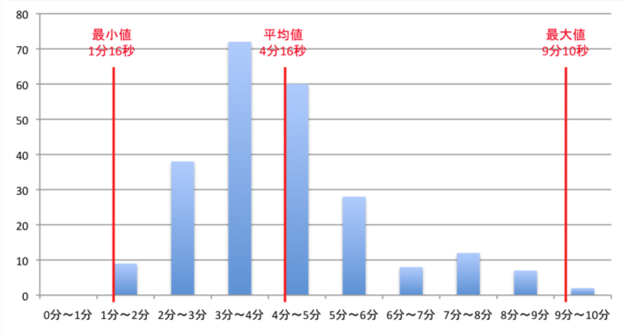

図 7　実験期間中のバスの運行遅れ状況（上り）

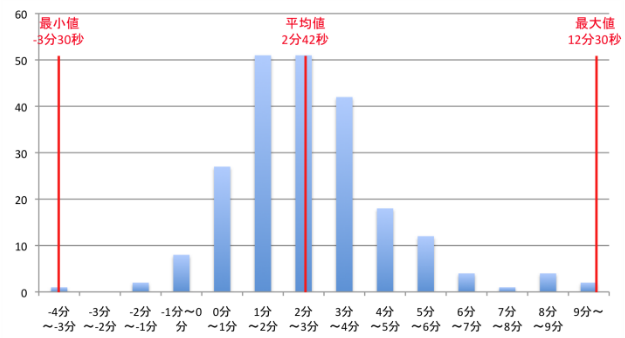

図 8　実験期間中のバスの運行遅れ状況（下り）

b) chi-busの認知

chi-busの認知について、図9に示す。アンケート調査の結果、バス停利用者の78.2%がバス停や道の駅に設置した表示器を認知していた。

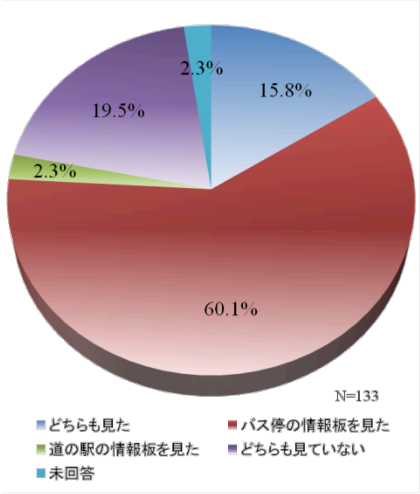

図 9　chi-bus の認知度

c) chi-busの効果と必要性

chi-bus の効果についてに示す。図 10 に示すように、chi-bus によって、バス停利用者の 83.7%がバスの接近がわかることで便利になった、55.8%がバスの通過がわかることで便利になったと回答し、特に接近情報がわかることが利用者に対して効果が高い結果となった。また、図 11 に示すように、道の駅に設置した表示器を利用したバス利用者の 75.0%は、今後も道の駅でバスを待つことができるようになったと回答した。chi-bus によって、バス利用者がバス停より快適な環境においてバスを待つことができるようになった。

次に、chi-bus の必要性について図 12 に示す。バス停利用者の約 78.9%が chi-bus を必要と感じていることが確認できた。

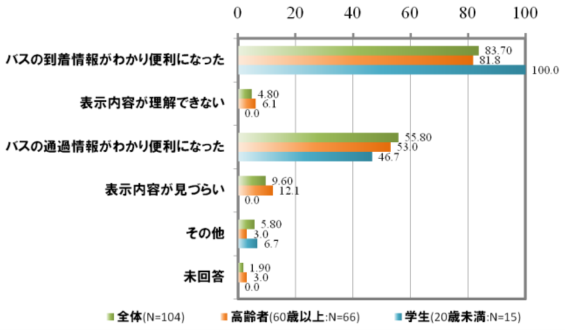

図 10　chi-bus の効果（到着・通過の理解）

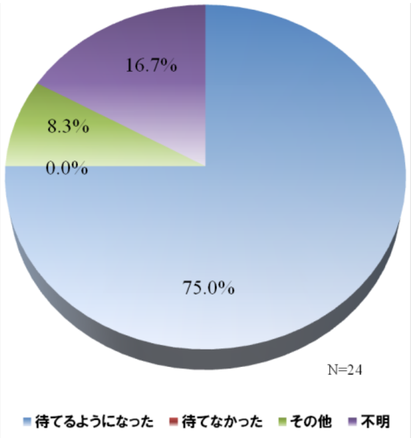

図 11　chi-bus の効果（バス待ち環境）

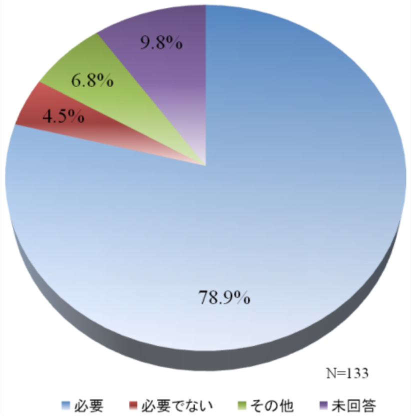

図 12　chi-bus の必要性

d）chi-bus改善への指摘

chi-busへのバス停利用者の要望についてに示す。

図13に示すとおり、バス運行情報を提供してほしい場所としては、実験で実施したようにバス停での情報提供が75.9%と最も高く、次いで、バス停周辺施設が45.9%、道の駅が29.3%となった。また、高齢者からの要望は少ないものの、学生の40.0%からは携帯電話への情報提供も望まれた。

次に、chi-busに追加してほしい情報や機能について図14に示す。乗りたい場所へバスがきてくれる機能（デマンド機能）が25.6%と最も高く、次いで、特になし、バスの走行位置となった。属性別にみると、学生からは、近くのバスを出発した情報、バスの走行位置などに対する要望が60%近くあり、高齢者からはデマンド機能に対する要望が最も高い結果となるなど、属性によって、chi-busに今後追加を希望する機能や情報が異なることが確認された。

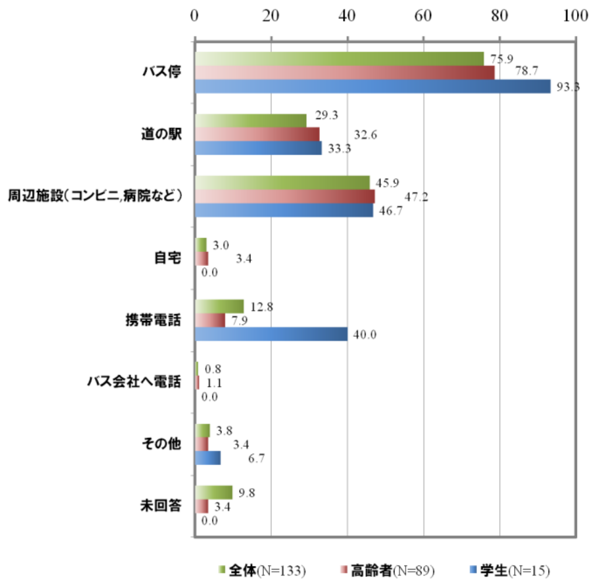

図 13　バス運行情報を取得したい場所・方法

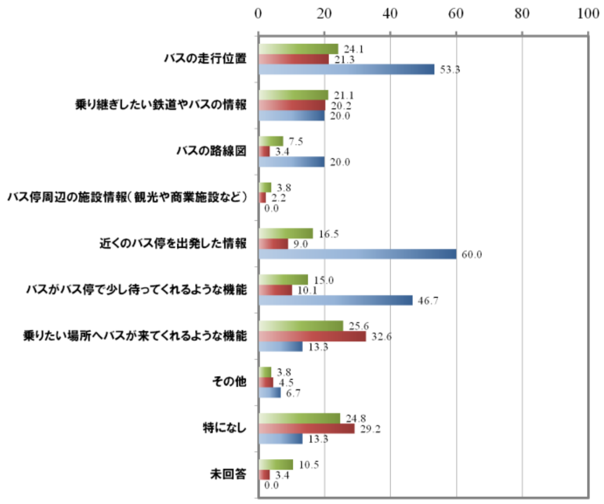

図 14　chi-bus に希望する追加機能

5．旅行時間調査への可能性検討

chi-bus のデータログ機能を利用して、区間旅行速度の算出を試みた。chi-bus では、バスに搭載した車載器に検出局やバス停を通過した際に、その通過時刻などを記録しているため、各地点の通過時刻の差分から区間の平均旅行速度を算出できる。本実験では、バスの出発地点（安芸）から実験対象となったバス停（田野）、田野と検出局（奈半利）の 2 区間を対象とした。図 15 に、時間帯ごとの各区間の上り、下り方向の旅行時間の算出結果について示す。安芸–田野間は上下ともに平均時速 30km から 40km、田野–奈半利間は平均時速 15km から 25km となるなど、旅行時間の推移を確認することができたものの、時間帯によっては、旅行時間を算出することができなかった。これは本路線の運行頻度が低いために、対象とする時間帯によって、走行するバスがないためである。このように、地方部のバス路線では、本路線のように運行頻度が低いことで、時間帯によっては旅行時間を算出することができない可能性がある。

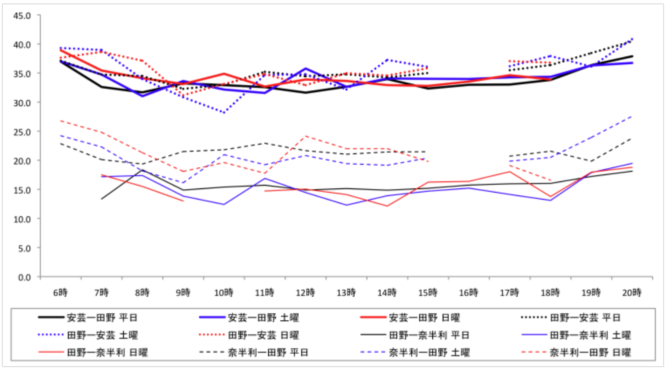

図 15　chi-bus から算出した区間の平均旅行速度

6．まとめ

本稿では、従来のバスロケとは異なり、地方部での運用負担の少ない地域バス情報システム“chi-bus”を提案した。また、実証実験を通じてバスロケや旅行時間調査機能についてその実現可能性を検証するとともに、利用者評価を行い、その効果について検証した。その結果、主に次の知見を得ることができた。

1） 通信費用を必要としない特定小電力無線やデジタル簡易無線で構成するシステムで、バスの接近通過情報を提供することは技術的に可能である。
2） バス利用者の多くは、chi-busによってバスの接近や通過を理解することを便利に感じているとともに、道の駅に設置した表示器をみた利用者は、バスの運行情報がバス停周辺の施設で提供されることで、それらの施設でバス待ちが可能と感じている。
3） 今後もバス利用者の大半にchi-busは必要とされて

おり、バス停や道の駅への接近通過情報の提供だけに留まらず、バス停周辺の施設への情報提供や、高齢者をターゲットとしたデマンド機能、学生などをターゲットとした携帯電話への情報提供やバス走行位置の提供などが望まれている。

4) chi-busのログ機能によって任意の区間の旅行速度調査は可能だが、バスの運行頻度が低い路線では毎時ごとの測定結果を示すことはできない。

このように、地方部での運用負担を抑えるように提案したchi-busは技術的に実現可能であったとともに、地方部のバス利用者に対しても効果的に作用することが確認できた。しかしながら、このような取り組みにも十分な初期費用は必要であり、事業主体や関係機関との役割分担など、その導入方法については今後も地域で検討する必要がある。

なお、本稿で紹介したchi-busは平成22年4月26日より、関係者の協力の下、田野町により実運用が開始されたことを付記する。

謝辞

本研究は四国地方整備局土佐国道事務所の委託業務の成果の一部である。本研究を行うにあたり、筑波大学石田東生教授、日本大学轟朝幸教授をはじめ多くの先生からは重要な指摘を頂いた。また田野町、高知東部交通株式会社、道の駅田野駅屋、株式会社四電技術コンサルタントには実験実施や調査への協力など、多大なご支援をいただいた。ここにあらためて感謝の意を表したい。

参考文献

1）奥谷正，都鳥健一：位置情報を用いた到着時間予測手法と交通状況解析に関する考察，交通工学研究発表会論文報告集，Vol.23，pp.137-140，2003.

2）鈴木学：岡山バスロケーションシステム，交通工学，Vol.36-5，pp.36-39，2001.

3）今村知人，鹿野島秀行，岸弘之，井上信昭：高速バスロケーションシステムを活用した乗り継ぎ社会実験の評価検証，交通工学研究発表会論文報告集，Vol.28，pp.137-140，2008.

4）淵一馬，池田勝洋，石田梢，菊池純男，駒谷昇一，北川博之，田中二郎：幼稚園向けバスロケーションシステムの開発，情報処理学会全国大会講演論文集，Vol.72-3，pp.3.251-3.252，2010.

5）清水浩志郎，本木正直，松本直也：秋田市におけるバスロケーションシステムの乗客に与えた影響について，日本都市計画学会学術研究論文集，No.17，pp.367-372，1982.

6）牧野浩志，小川文章，高木繁：インテリジェントバスロケーションシステムの開発-地方都市におけるバスの復権に向けて-，交通工学研究発表会論文報告集，Vol.20，pp.69-72，2000.

7）中川大，吉川耕司，加島大地，小出泰弘：バスロケーションシステムが利用者の行動に及ぼす効果の評価方法，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol.50，pp.230-231，1995.

8）岡村健志，永原三博，谷口綾子，岩佐隆，松本修一，熊谷 靖彦：地方型ハス案内システム「chi-bus」の提案と検証，第39回土木計画学研究・講演集，Vol39，2009.

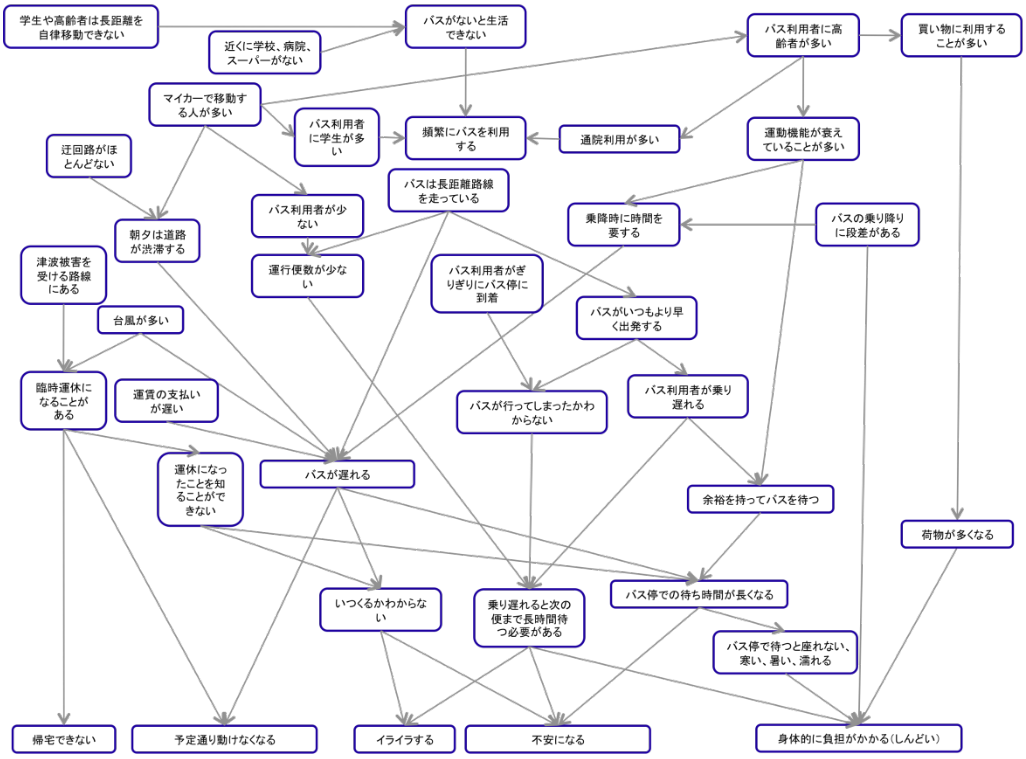

図 16　地域の認識するバスの問題構造