

地方都市におけるバス路線網再編支援 に関する研究 -市民アンケート調査及び ワークショップを通じた検討-

可児 星悟¹・高山 純一²・藤生 慎³・西野 辰哉⁴・平子 紘平⁵

¹ 学生会員 金沢大学大学院 自然科学研究科環境デザイン学専攻 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail:kaniseigosse@stu.kanazawa-u.ac.jp

² フェロー 金沢大学教授 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail:takayama@se.kanazawa-u.co.jp

³ 正会員 金沢大学助教 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail:fujii@se.kanazawa-u.co.jp

⁴ 正会員 金沢大学准教授 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail:tan378@se.kanazawa-u.ac.jp

⁵ 非会員 金沢大学特任助教 先端科学・イノベーション推進機構 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail:hirako@staff.kanazawa-u.co.jp

主に地方都市において、高齢化や人口減少が問題となる中で、自動車交通への依存、中心市街地の空洞化、公共交通の衰退といった悪影響が循環的に起きている。この悪循環から脱却するためには持続可能な形で、高齢者をはじめとした市民がサービスを楽しむことができる交通網の形成が必要である。¹⁾

本研究では、石川県小松市を対象として、民間路線バス及びコミュニティバスの効率化、さらには公共交通網形成計画の支援となる計画手法の提案を目的とし、小松市の主な公共交通機関である路線バスの乗降調査データと、市民アンケート調査及びワークショップを通じた市民の利用意向の調査の2方面から現状分析・課題抽出を行った。また、生存分析を用いて、地域別のバスの需要と供給の関係から、各地域における免許返納意思にかかわる要因と運転限界を明らかにした。

Key Words: *Public transportation, bus, Questionnaire survey, Workshop, Return of the driver's license*

1. はじめに

地方都市において、少子高齢化、人口減少、市街地の低密拡散化が問題となっている。これにより自動車交通への依存、中心市街地の空洞化、公共交通の衰退といった悪影響が循環的に起きている。²⁾この悪循環から脱却するために持続可能な形で、高齢者をはじめとした市民がサービスを楽しむことができる公共交通網の形成が必要である。

本研究では、人口が約 10 万人の石川県小松市を対象として、民間路線バス及びコミュニティバスの効率化、さらには公共交通網形成計画の支援となる計画手法の提案を目的とし、小松市の主な公共交通機関である路線バスの乗降調査データと、市民アンケート調査及びワーク

ショップを通じた市民の利用意向の調査の2方面から現状分析・課題抽出を行った。また、自分で運転することが困難となる高齢者の将来的な運転する意思に影響する要因を、生存分析を用いて明らかにした。さらに、地域別のバスの需要と供給の関係から、各地域における運転限界を明らかにした。

2. 小松市の公共交通の現状

(1) 小松市の公共交通体系

小松市の公共交通体系は、鉄道は3駅(小松駅・粟津駅・明峰駅)、路線バスは17路線、2事業者、タクシーが9事業者となっている。

(2) 路線バスの利用者数の推移と主な取り組み

平成 21 から平成 28 年までの路線バスの利用者数の推移を図-1 に示す。利用者数は増加傾向にある。主な取り組みとしては平成 21 年に、65 歳以上高齢者、障がい者および高校生を対象としたフリー乗車券として「らく賃パスポート」を導入した。このパスポート提示で市内区間の対象路線が乗り放題となり、対象路線は 17 路線中 15 路線となっている。⁴⁾

「らく賃パスポート」の購入者の内訳は、平成 28 年時点で高齢者が 652 人、障がい者が 94 人、高校生が 350 人であり、市外高校生を除いて小松市民の利用者は計 1096 人である。平成 22 年には市内循環線の再編、平成 25 年には電気の力で走る環境にやさしい EV バスを導入した。平成 26 年には木場潟回遊線の再編を行った。⁵⁾

(3) 路線維持にかかる財政負担

平成 21 から平成 28 年までの路線バスの維持にかかる市の財政負担の推移を図-2 に示す。利用者は増加傾向にあるが、市の財政負担も年々増加している。主な要因としてはバス車両の更新やコミュニティバスの拡大による経費増額と、らく賃パスポートの利用拡大による運賃補填の増大が挙げられる。⁶⁾

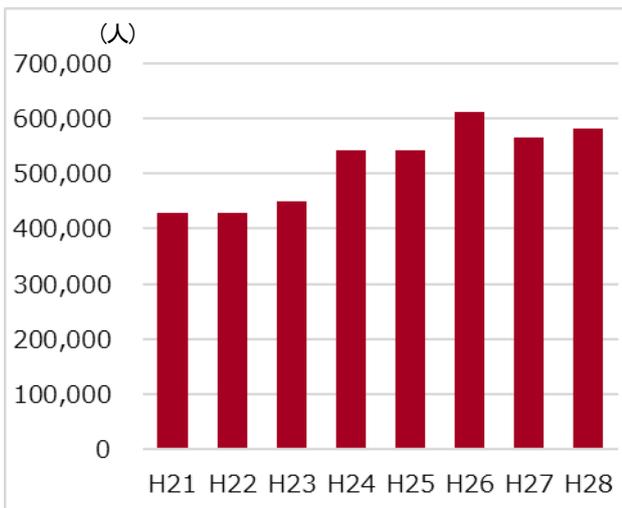


図-1 路線バス利用者数推移

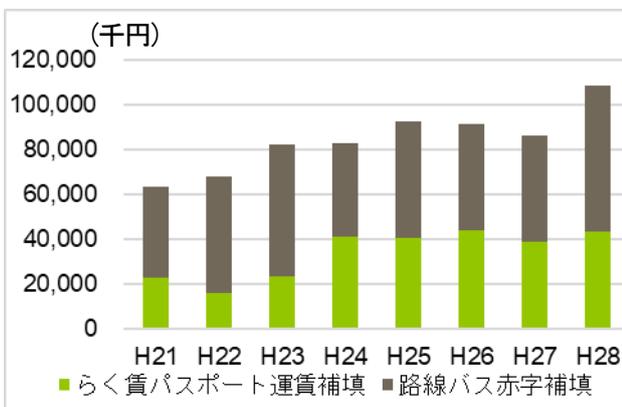


図-2 路線バス維持にかかる財政負担

(4) 路線別利用状況

平成 28 年度における路線別の収支率と 1 回当たりの利用人数を図-3 に示す。収支率が 50 % を超える路線は 17 路線中 7 路線である。また、1 回当たりの利用者数が 5 人以下の路線もあり、そのような路線ではジャンボタクシーといった車両の小型化も考えられる。

3. 公共交通に関するアンケート調査

(1) アンケート概要

小松市民を対象に、日常的な交通行動公共交通の利用状況や改善ニーズなどを把握することを目的にアンケート調査を実施した。アンケート調査票は一般無作為抽出により、一般市民(20歳~79歳)に対して配布数 2500 のうち回収数は 958、回収率は 38 % である。また、その他に高齢者総合相談センターへの個別配布で回収数が 565、市内高校への個別配布で回収数が 479 である。よってサンプル数は一般市民は 1523、高校生が 479 で、総サンプル数が 2002 サンプルである。

(2) 基礎集計

a) 年齢構成及び性別

年齢構成及び性別の集計結果を図-4 に示す。高齢者総合相談センターへの個別配布もあり、60 代以上のサンプルが多い。また、女性サンプルが多い結果となった。

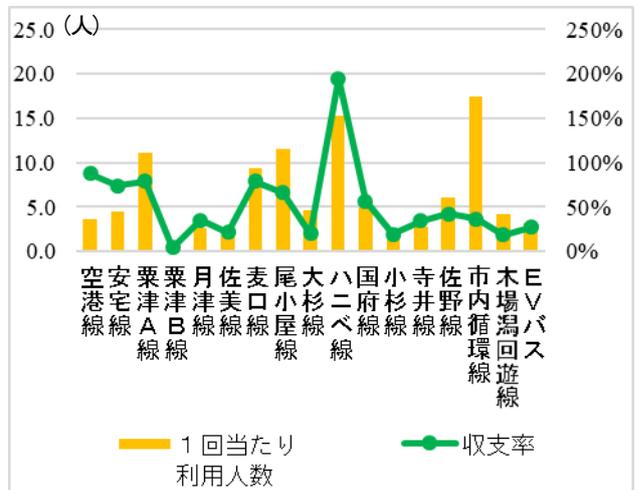


図-3 路線別の収支率・1回当たりの利用人数

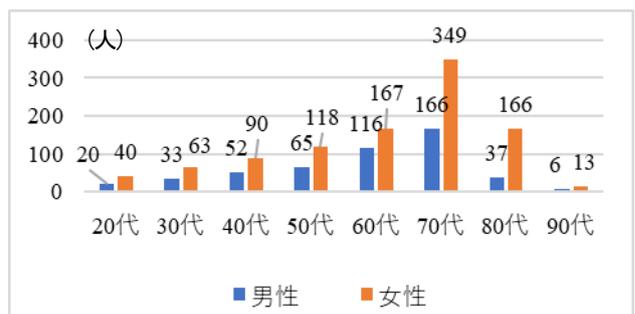


図-4 年齢構成及び性別

a) バスを利用する主な目的

過去 1 か月以内にバスを利用した人を対象に、バスを利用した目的を尋ねた。その集計結果を図-5 に示す。通院と買い物等の回答数が多く、その次に多い趣味・余暇と比較して倍以上の票数がある。これは 60 歳以上のサンプル数が多いことに起因していると考えられる。

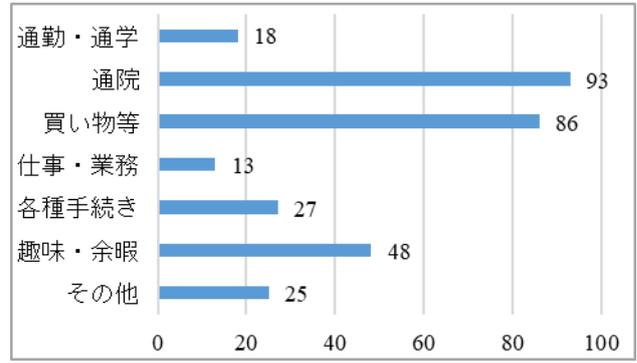


図-5 バスを利用する目的

b) バスを利用する主な理由

バスを利用した人を対象に、移動手段としてバスを利用した理由を尋ねた。その集計結果を図-6 に示す。図-6 の通り、「バスしか移動手段がない」、「バス停が近い」、「目的地まで運行していること」の 3 項目の票数が多く、移動手段としてバスを選択する上で重要な項目であることが考えられる。

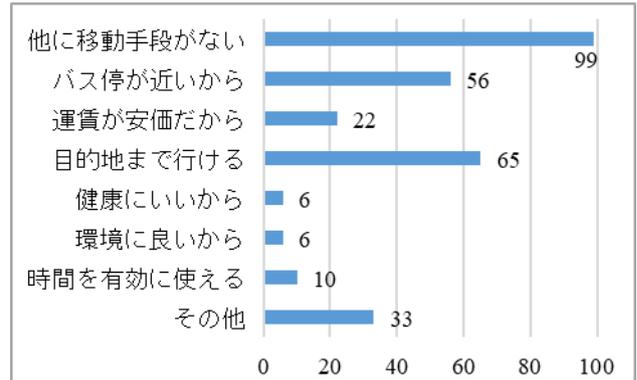


図-6 バスを利用する理由

c) バスを利用しない主な理由

ここでは、過去 1 か月にバスを利用していない人を対象に、その理由を尋ねた。その結果を図-7 に示す。図-7 より、まずバスを利用しないサンプルの方がかなり多いことが分かる。バスを利用する理由で重要な項目だと考えられたバス停までの距離、目的地まで運行しているかどうかに関係する項目も回答数が多い。中でも「他の移動手段の方が便利」の回答が圧倒的に多く、次いで多い「その他」にも「自分の車があるため利用することがない」といった回答が多くみられ、特にバスより便利であると考えられる移動手段(自動車)があるかどうかでバスの利用は大きく左右される可能性がある。

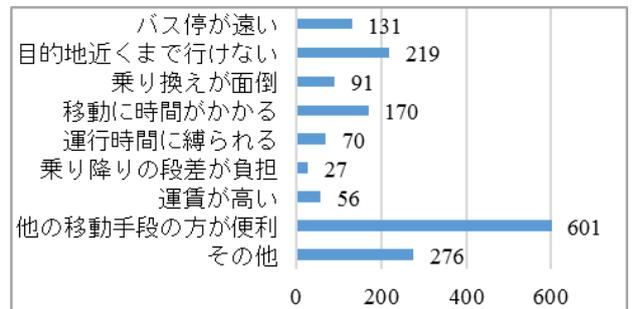


図-7 バスを利用しない理由

(3) 年齢別公共交通充実度評価

公共交通が充実していると感じているか、という設問に対する 5 段階評価を年齢とクロス集計した。その結果を図-8 に示す。図-8 より、充実していると感じるか、に対し 80 代以上の高齢者が「あまりあてはまらない」「最もあてはまらない」と感じる割合が最も高く、約 22%であった。このことから、車を運転することが困難になると考えられる高齢者及び免許返納者が、公共交通が充実していないと評価していると考えられる。

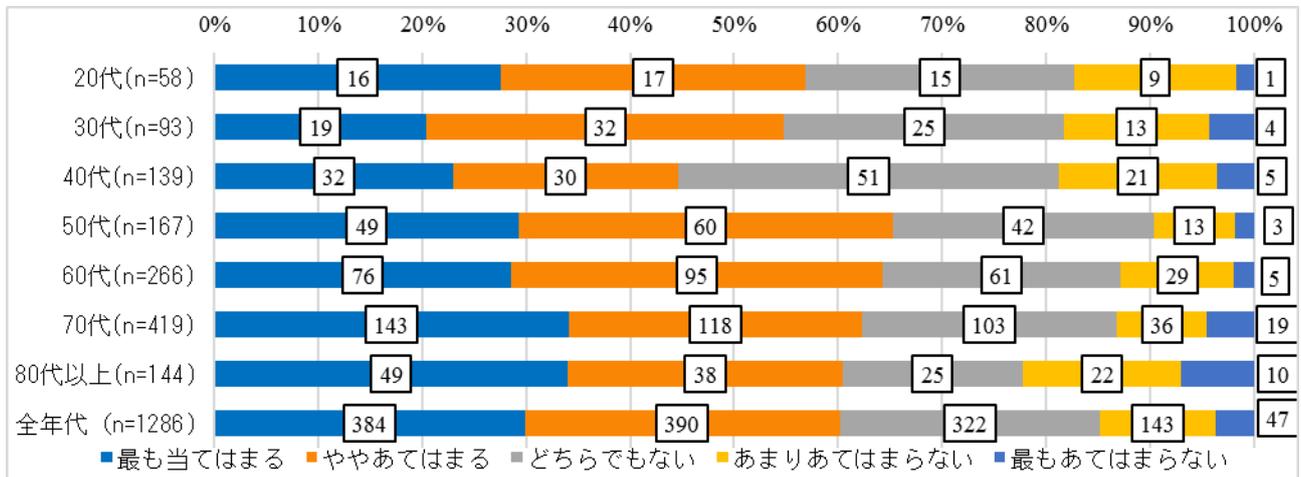


図-8 年齢別公共交通充実度評価

4. 公共交通に関する市民向けワークショップ

地域公共交通の見直しの際に重要となる「住民の声」を聞くため、平成 29 年 12 月 1 日、小松市役所で市民向けワークショップを行った。概要としては、まず小松市の公共交通の現状について発表し、グループワークで利用者側 2 グループと事業者側 1 グループがそれぞれ感じるニーズや課題、小松市の今後の路線バスのあり方について意見を出し合った。(図-9)

利用者側から挙げられた課題の中には、「自宅近くにバス停がない」などのバス停に関する課題、「目的地まで運行していない・乗り換えが必要」、「本数が少なく不便」などの路線や便数に関する課題が目立った。また、「自動車があるため路線バスは必要ない」という意見がある一方で、「身体的に運転できなくなった時や、免許返納後の移動が不安」といった内容の不安の声も挙げられた。(図-10)

また、事業者は乗客に対する不満や人手不足を課題としていることが分かった。

今後の路線バスのあり方については、「詳細な現況把握を行った上での路線や便数の調整」、「不便地域に乗り合いタクシーの導入」、「病院などの主要施設へ運行」、「スーパーマーケットと提携するなど新しいサービスの導入」など様々な意見が挙げられた。



図-9 ワークショップの様子

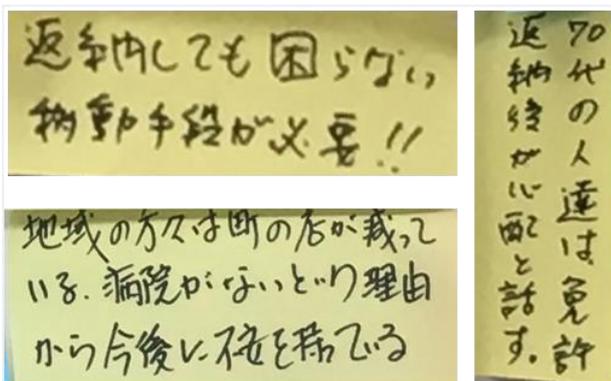


図-10 将来の移動に不安を感じる意見

5. 高齢者の免許返納意思に関する分析

(1) 分析概要

本研究におけるアンケート調査で、路線バスの利用には主に自動車をはじめとしたバスより便利だと考えられている移動手段の有無が大きく影響していることを確認した。また、公共交通に関する市民向けワークショップにおいて、小松市では自動車交通に依存しているながら、運転できなくなった時や免許返納後の移動手段を不安に感じている意見が挙げられたことから、特に高齢者の免許返納意思に影響している要因を明らかにするとともに、将来的に高齢者の移動手段になると考えられる路線バスの需要可能性や、利用促進及び高齢者の安定した移動手段として機能させるために必要な点を明らかにすること事を目的として生存時間分析を行った。なお、生存時間分析とは、イベントが起きるまでの時間とイベントとの間の関係に焦点を当てる分析方法であり、モデル推定には COX 比例ハザードモデル式(1a)を用いる。

$$h(t|x) = h_0(t) \exp(\beta x) = h_0(t) \exp\left(\sum_{i=1}^m \beta_i x_i\right) \quad (1a)$$

h : ハザード(死亡率) , t : 年齢 , x : 共変量 , β : 係数

本研究では、アンケート調査において、65 歳以上を対象に、今後免許返納しようと考えている年齢を問う設問を設け、その時点で免許返納する年齢と、それに影響する要因を分析した。また、サンプル数は 245 である。

(1) パラメータ推定

免許返納意思に影響を与えると考えた項目は「性別」、「自動車を用いての買い物及び通院の頻度(回/日)」、「買い物・お出かけの便利度」、「通院の便利度」、「住んでいる地域に対する評価(商業サービスが充実しているか)、(医療環境・福祉施設が充実しているか)、(公共交通機関が充実しているか)」の 7 変数である。

モデル式には、この中から「性別」、「自動車を用いての買い物及び通院の頻度」、「医療環境・福祉施設が充実しているか」の 3 つが共変量として推定され、それぞれのパラメータ推定結果を表-1 に示す。この結果から、性別は女性、買い物・通院の頻度が低く、医療環境・福祉施設が充実度の評価が高い程早く免許返納する傾向があることが分かる。

表-1 パラメータ推定結果

共変量	性別 男=1, 女=0	買い物・通院 の頻度	医療環境・福祉施設 の充実度
係数	-0.2487	-0.1639	0.0727

(2) 感度分析

推定された 3 つの共変量のうち、現実のまちづくり
に反映させることができる可能性がある「医療環境・
福祉施設の充実度」を変化させることに伴い、免許返
納意思がどう変化するか、感度分析を行う。本研究で
は最低評価の 1 点、最高評価の 5 点、及び得られたサ
ンプル数である 245 サンプルの平均点の 2.51 点の 3 つ
を比較した。その生存率曲線を図-11 に示す。

図-11 より、医療環境・福祉施設の充実度の評価が小
松市の平均点 2.51 から最高点の 5 まで上がると最大約
6.7%免許保持率が下がり、逆に最低点の 1 点まで下が
ると最大約 10.7%免許保持率が上がる。また、免許保
持率 40%のラインで見ると、平均点 2.51 点と最高点 5
点では免許返納する年齢に 5 歳の差があることが分か
る。このことから医療環境・福祉施設の充実度の評価
が上がるにつれて免許返納するのが早くなることが
分かる。

6. 地域別免許返納意思に関する生存時間分析

本章では、前章で推定されたモデルを用いて、小松
市全体で得られたサンプルをいくつかの地域でサンプ
リングし、それぞれのサンプルにおける免許返納意思
に関しての生存時間分析を行った。

(1) サンプリング

サンプリングの手法としては、小松市路線バスの乗
降調査データを用いた。具体的には、小学校区レベ
ルの地域でそれぞれの小学校区を走る路線バスの 1 日
当たりの運行本数(全路線の運行本数の和)をその小学
校区の路線バスの供給 S とし、同じくその小学校区が有
しているバス停留所の 1 日当たりの平均利用者数の合

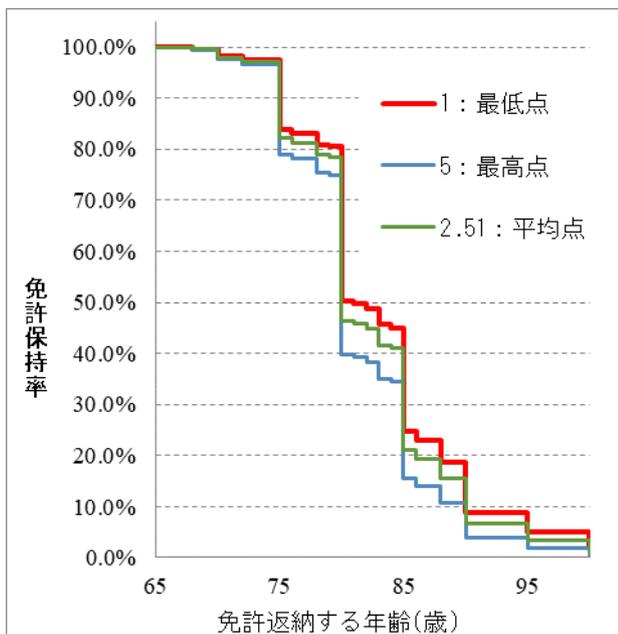


図-11 生存率曲線 -感度分析-

計を需要 D として集計した。次に横軸を供給 S、縦軸
を需要 D として散布図を作成し各小学校区をプロット
した。(図-12)ここで、芦城小学校区、東稜小学校区、
安宅小学校区の 3 区については需要・供給ともに高く、
外れ値検定(両側検定)により外れ値であるであると検定
されたこと、また、本研究は公共交通の不便地域の課
題抽出や公共交通の効率化を図る意味合いが強いこと
から、公共交通が充実していると考えられる以上の 3
区は本分析対象から除いた、それ以外の 22 小学校区
の計 215 サンプルを対象とする。

続いて、供給 S の平均値 31.77(本/日)の直線と需要 D
の平均値 37.23(人/日)の直線で 4 領域に区切り、それ
ぞれの領域①(供給：少、需要：少)、領域②(供給：多、
需要：少)、領域③(供給：少、需要：多)、領域④(供
給：多、需要：多)について、領域①を非充実地域、領
域②を非効率地域、領域③を効率地域、領域④を充実
地域と名付けた。(図-12)しかし、②非効率地域には
どの小学校区もプロットされなかったため、①、③、
④の 3 つに分割し分析を行う。また、各地域と医療施
設の位置関係を図-13 に示す。

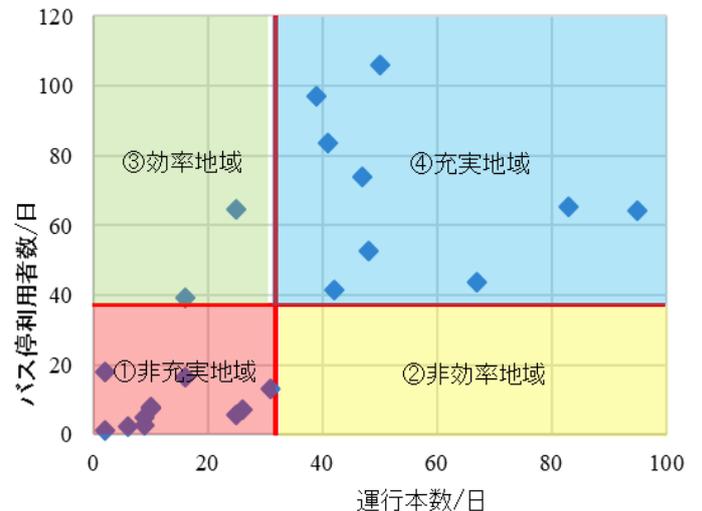


図-12 サンプリング及びサンプルの名称

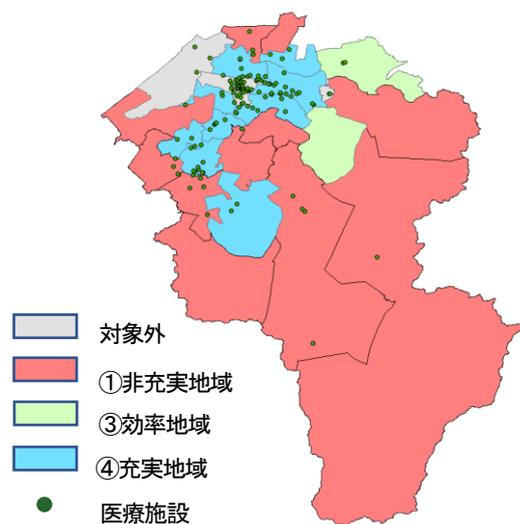


図-13 各地域と医療施設の位置関係

図-13 において、灰色で示した地域は JR 小松駅や小松空港といった交通の拠点があるため充実しているといえる。青色で示した地域は医療施設を含めた小松市の主要施設を多く有している。赤色で示した地域は主に山間部である。

(2) 分析結果

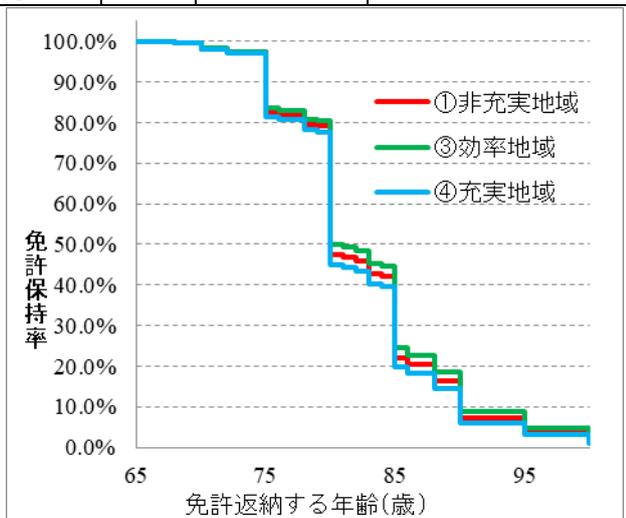
3 地域それぞれの生存率曲線を作成するにあたり、前章で推定されたモデルの 3 つの共変量を、各地域の平均値で固定することで 3 地域の差を明らかにする。各地域の共変量の平均値を表-2 に示す。

推定されたモデルとこれらのパラメータを用いて作成した生存率曲線を図-14 に示す。

図-14 より、③効率地域、①非充実地域、④充実地域の順で今後の免許返納が遅いことが分かる。また、どの地域においても 75 歳、80 歳、85 歳を境目に免許保持率が大幅に下がっており、特に 80 歳では約 30%ものサンプルが免許返納するという結果であった。免許保持率が 80%となる年齢、つまり 20%が免許返納する年齢は、③効率地域は 80 歳であるのに対し、①非充実地域、④充実地域は 78 歳であり、2 歳早く返納するといえる。しかし、免許保持率が 50%、つまり 50%が免許返納する年齢は、3 地域すべて同じで 80 歳である。免許保持率が 20%となる年齢、つまり 80%が免許を返納する年齢は、①非充実地域、③効率地域は 88 歳だが④充実地域は 85 歳であり、公共交通が充実地域している地域は 3 歳早く免許返納する傾向がある。

表-2 各地域のパラメータ

共変量	性別	買い物・通院の頻度	医療環境・福祉施設の充実度
①	0.4853	0.4413	1.8971
③	0.6667	0.4887	1.7500
④	0.4831	0.4723	3.0254



7. 本研究のまとめ

図-14 各地域の生存率曲線

本研究は、高齢化や路線バスの財政負担の増加とい

った問題を抱える石川県小松市を対象に、バスの利用に影響する要因をアンケート調査から明らかにし、さらに公共交通に関する市民ワークショップを行い、アンケートだけでは把握できない課題やニーズを生々の住民の声を聞くことで調査した。そして、利用実態である乗降調査データとニーズや利用意向であるアンケート調査及びワークショップの 2 方面から現況把握と課題抽出を行った。また、アンケート調査及びワークショップから、主に高齢者が運転できなくなった時や免許を返納した後の移動手段の確保が重要であることを確認し、免許返納の意思に影響する要因を生存時間分析を用いて明らかにした。さらに、その要因の一つである医療環境・福祉施設の充実度に関して感度分析を行った。次に、利用実態である乗降調査データを用いて小松市を 3 つの地域に分類し、各地域について生存時間分析を行うことで、免許返納率及び返納する年齢に差があることを確認した。

さらに、医療環境・福祉施設の評価が最大まで上昇すれば、各地域とも 3 年から 4 年早く運転免許の返納が早まり公共交通の重要性が高まり利用促進できる可能性がある。医療環境・福祉施設の充実度を上げるためには、評価が低い地域に対して医療施設や福祉施設への交通の便を向上させるような路線、時刻表、便数の調整が有効であると考えられる。

7. 本研究の課題

本研究における今後の課題として、以下の 3 つが挙げられる。

1 つ目は、小松市の路線バス乗降調査データを用いた詳細な課題抽出が今後必要であるが、既存のデータのみでは乗客の個人属性を把握することができないため、アンケート調査結果とうまく紐づけすることができない。バス路線網再編支援のためには、高齢者や学生など、よりの絞った現況調査の必要があるため、バス利用者に焦点を当て、よりバスの利用について詳細な項目を設けたアンケート調査の必要性があると考えられる。

2 つ目に本研究の 5 章以降で行った生存時間分析において、免許返納しようとする年齢をそのまま時間 t としてモデルを推定した結果、75 歳や 80 歳といった区切りのいい数値に回答が集まる傾向があったため、生存率曲線にもその傾向が表れていた。したがって、現在の年齢との差を時間 t とすることで、何歳で免許返納するかではなく、何年後に免許返納するかという視点で新たにモデルを推定する。それにより免許返納する意思に影響するまた違う要因が挙げられる可能性がある。

3 つ目に、本研究の 6 章で行ったサンプリングに関して、地域をさらに細分化、路線バスの需要と供給を時間帯および曜日別に集計、各地域の面積を考慮するな

ど。さらなる検討が必要であると考える。

謝辞：本研究は、金沢大学・小松市の共同研究の一部として行われたものであり、ここに記して感謝したい。

参考文献

- 1) 国土交通省「コンパクトシティの形成に関連する支援施策集」
http://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/toshi_city_plan_tk_000022.html
- 2) 東京大学工学部都市工学科，堀智尋「地方都市における高齢者の外出実態と支援方策に関する研究－福井県鯖江市を例として－」www.ut.tutokyo.ac.jp/hp/thesis/2004/12hori.pdf
- 3) 社団法人中部経済連合「人口減少時代に適応した新しい地域社会づくり－地域目標増と社会経済制度に関する三つの提言」，
www.chukeiren.or.jp/policy_proposal/pdf/jinokugensyou201010.pdf
- 4) 小松市「小松市地域公共交通総合連携計画(平成 22 年)」
<http://www.city.komatsu.lg.jp/secure/5389/03plangaiyou.pdf>
- 5) 小松市 HP「公共交通の活性化に関すること，らく賃パースポート」
<http://www.city.komatsu.lg.jp/10443.htm>
- 6) 小松市「平成 28 年度補助金交付申請書資料」
- 7) 可児星悟，高山純一，藤生慎，西野辰哉，平子紘平「地域公共交通網形成の計画策定支援に関する研究」土木学会中部支部研究発表会，2018-03-02 開催

(2018. ? 受付)

STUDY ON THE BUS ROUTE NETWORK RESTRUCTURING SUPPORT
IN PROVINCIAL CITIES
: CITIZEN QUESTIONNAIRE SURVEY AND
STUDY THROUGH WORKSHOP

Seigo KANI, Junichi TAKAYAMA, Makoto FUIU, Tatsuya NISHINO and Kohei HIRAKO