

# 到達圏解析を用いたバス停勢圏の推定 ～高齢者の医療施設への移動に着目して～

可児 星悟<sup>1</sup>・高山 純一<sup>2</sup>・藤生 慎<sup>3</sup>・西野 辰哉<sup>4</sup>・平子 紘平<sup>5</sup>

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>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.ac.jp

<sup>3</sup>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:fujju@se.kanazawa-u.ac.jp

<sup>4</sup>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

<sup>5</sup>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.ac.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<sup>1)</sup>。そのためには交通空白地域の解消を求められることが多い。

本研究では石川県小松市を対象として、交通空白地域の解消のためバス停位置の最適化の観点から GIS を用いて到達圏解析を行い、高齢者が免許返納した後もバスを利用できる環境であるかどうかを把握した。また、医療施設へ乗り換えなしで行けるバス停に関して同様にバス停勢圏を推定し、不自由なく医療施設へアクセスできる環境にある人口を算出した。

**Key Words:** Public transportation, bus stop, medical facilities, aged person, reachability analysis

## 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<sup>2)</sup>。

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公共交通網の形成が必要である<sup>3)</sup>。

そのためには交通空白地域の解消が求められることが多い。交通空白地域は、バスが運行されていない地域、あるいはバス停を中心とした一定半径の円形内（バス停勢圏）から外れた地域として定義されることが一般的であるが、現実では道路上を通行して移動する。ゆえに単純な一定半径の円形では道路網が考慮されていないため、交通空白地域を表現する手法としては不十分である。そこで本研究では、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大きな目標とし、公共交通に関する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を行った。さらに、GIS を用いて現実の道路網を考慮したバス停勢圏を推定し、バスを利用することができる環境にある人口を推計する。また、主に高齢者が医療サービスを受けやすい環境を構築するための初期段階として、医療施設へ乗り換えなしで行けるバス停に関して同様にバス停勢圏を推定し、不自由なく医療施設へアクセスできる環境にある人口を推計した。

## 2. 既往研究と本研究の位置づけ

### (1) 既往研究の整理

公共交通の空白地域に関して到達圏解析を用いた研究

は多くなされており、中平・松尾(2017)<sup>9)</sup>は一般的に交通空白地域を把握する際に一定円形では実際の道路網を考慮できておらず、バス停勢圏を過大に評価しているとし、道路網や道路勾配を考慮した経路距離等の道路条件や、道路勾配による高齢者の歩行距離の短縮を考慮したバス停勢圏を推定した。

平井・南(2012)<sup>9)</sup>は岩手県盛岡市を対象に、自家用車や公共交通機関が利用できない交通弱者の買い物利便性の低下を問題とし、交通ではなくまちづくりの観点から、買い物弱者人口の推計を行い買い物弱者の問題が現状でどのような規模であるかを把握することを目的として、小売店舗からの到達圏を推定した。

中平(2018)<sup>9)</sup>は在宅医療を主体的に考えた「地域包括ケアシステム」に携わる者の移動手段を確保するため、住民意識アンケートを実施し現状の通院状況を把握するとともに、自動車での移動を想定した医療機関の立地に関する空間分析を行った。

また、高塚・大西・山口(2016)<sup>7)</sup>は北海道全域を対象に、医療サービスへのアクセスは自動車によって行われていることを前提として、病院によって網羅されている範囲と人口を推計した。これらは医療施設へのアクセスには自動車を想定しており、路線バスによるアクセスは考慮していない。

## (2) 本研究の位置づけ

これらを踏まえ、本研究では自家用車を利用できない免許返納後の高齢者が不自由なく医療施設へアクセスできる公共交通網の形成のため、対象地域の主な公共交通である路線バスの効率化を目的とし、医療施設とのアクセスを考慮したバス停位置に関する基礎的な空間分析を行う。

## 3. 対象地域の概要

### (1) 小松市の特徴及び公共交通の現状

小松市は石川県西南部に広がる加賀平野の中央に位置している。また、建設機械などの重工業が発達しており、北陸工業地域の一翼を担う工業都市である。さらに安宅の関や那谷寺、粟津温泉など自然や文化の面でも恵まれている。

また、小松市の公共交通体系は、鉄道は 3 駅(小松駅・栗津駅・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。

その中でも主な公共交通は路線バスである、平成 21 年から平成 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<sup>8)</sup>。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

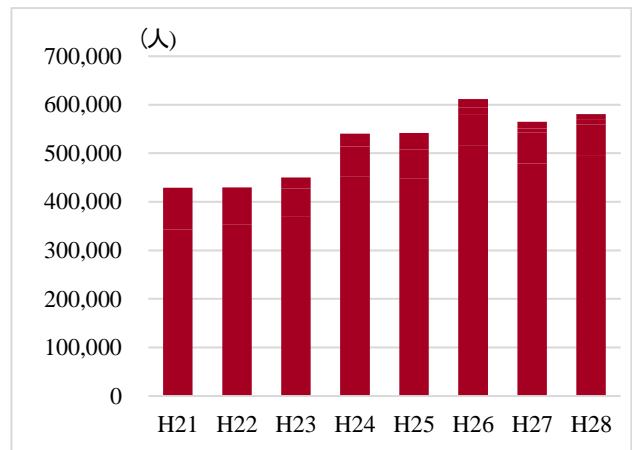


図-1 路線バス利用者数推移

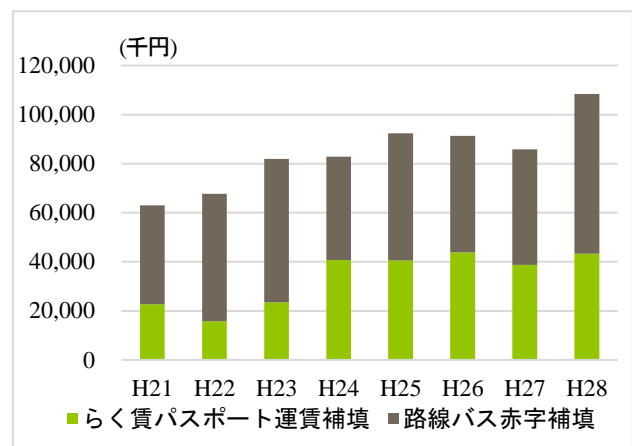


図-2 路線バス維持にかかる財政負担

び高校生を対象としたフリー乗車券として「らく賃バスポート」を導入した。このバ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<sup>9)</sup>。「らく賃バスポート」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<sup>10)</sup>。これらの取り組みもあり、利用者は増加傾向にあるが、図-2 に示すように路線バスの維持にかかる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、らく賃バ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<sup>11)</sup>。

### (2) 公共交通に関するアンケート調査

平成 29 年 8 月、小松市民を対象に、日常的な交通行動及び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 2,500 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 2,002 サンプルである。

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-3 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 2 倍以上の回答がある。これは高齢者総合相談センターへの個別配布により 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。

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-4 に示す。「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から」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。

(3) 公共交通に関する市民ワークショップ

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(図-5)。実際に挙げられた意見の中には、「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」行く際のアクセスに不満を持つ意見が多く挙げられた(図-6)。

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-7)。これらのことから、バス停が遠いと感じており、さらに医療施設まで運行していないため、高齢者は免許返納後の移動に不安を持っていることが分かる。したがって、免許返納後の高齢者が不自由なく医療施設へ行けるような路線バスが必要であるといえる。



図-5 ワークショップの様子

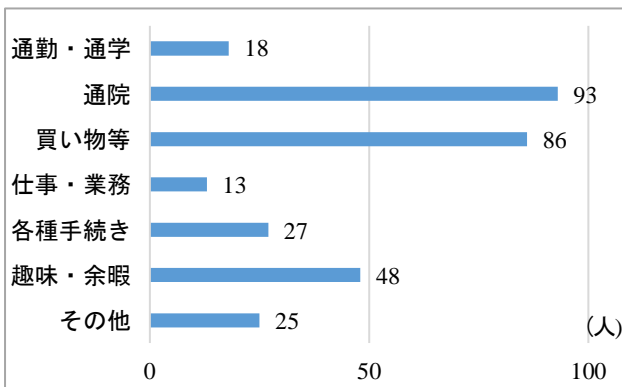


図-3 バスを利用する目的

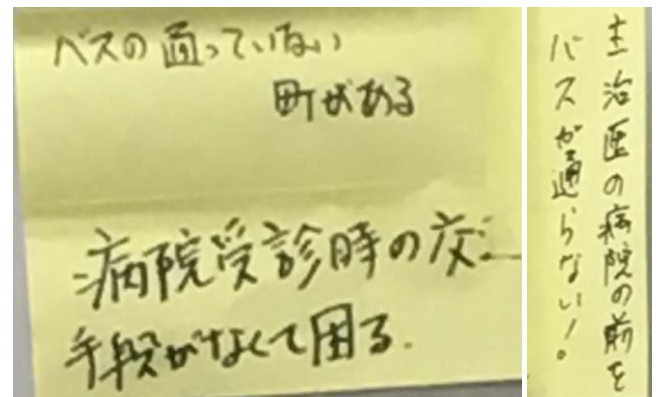


図-6 医療施設へのアクセスに関する意見

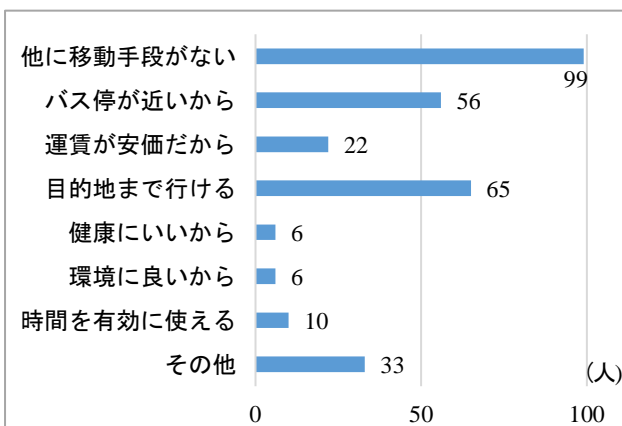


図-4 バスを利用する理由

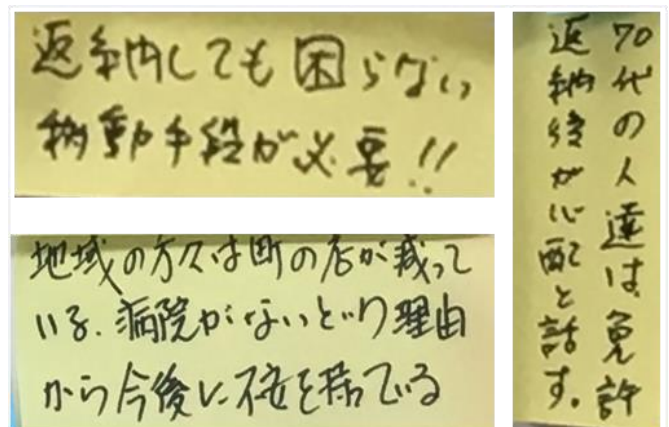


図-7 将来の移動に不安を感じている意見

#### 4. 高齢者のバス停に関する到達圏解析

##### (1) 解析の概要

アンケートやワークショップで明らかになったように、高齢者は免許返納後の移動を不安に感じている。ゆえに高齢者が不自由なく医療施設へ行けるような路線バスが求められている。そのためには少なくとも高齢者が徒歩で行ける距離に利用できるバス停があることが最低条件である。そこで本研究では esri ジャパン株式会社の ArcGIS の Network Analyst により到達圏解析を行い、バス停から徒歩で利用可能な最短経路を利用した場合の到達できる範囲としてバス停勢圏を推定することで、交通空白地域の見える化を図る。

また、バス停勢圏内に居住している人はバス停でカバーできているとみなし、カバーできている人口を、バス停まで行くことができ、バスを利用できる人口として算出する。さらに、小松市全人口に占める割合として人口カバー率を算出することで、小松市民のうちどれだけがバスを利用できる環境にあるのかを把握する。

##### (2) 解析の設定

年齢階層別にみた自宅から駅やバス停までの許容距離の調査<sup>12)</sup>より、50歳以上の半数以上が5分以下もしくは5分以上10分未満で行ける距離を許容距離としていること(図-8)と、高齢者の平均歩行速度は60m/minとされていることから、300m(=5min×60m/min)と600m(=10min×60m/min)の2パターンの経路距離内の範囲をバス停勢圏として推定した。

人口カバー率を推計する際は、平成27年度国勢調査より得られた250mメッシュの人口データを用いる。具体的には、解析によって推定されたバス停勢圏を表すポリゴンが、各メッシュをカバーしている面積率の分だけそのメッシュ内の人口をカバーしているものとみなして推計した。

##### (3) バス停勢圏の推定

小松市内の居住者がいるメッシュと、市内の全バス停(237か所)について経路距離を考慮し推定したバス停勢圏を図-9に示す。一部で交通空白地域がみられるが、バ

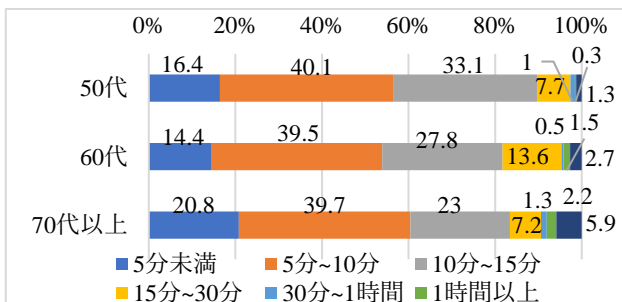


図-8 50歳以上の自宅から駅やバス停までの許容距離

ス停から600mの範囲であれば広範囲をカバーできており、バスを利用できる環境であることが分かる

また、小松市民108,410人に対し経路距離が300mのバス停勢圏の場合は52,207人、600mのバス停勢圏の場合は93,001人カバーできており人口カバー率はそれぞれ約48%、約86%であった。また、高齢者(65歳以上)、後期高齢者(75歳以上)、非高齢者(65歳未満)それぞれについて人口カバー率を推計したが、ほぼ同値であった。

#### 5. 医療施設への移動を想定した到達圏解析

##### (1) 解析の概要

前章では、市内の全てのバス停勢圏を推定し人口カバー率を推計した。しかし現実では、路線の繋がりによっては、すべてのバス停から主要な医療施設へ行けるとは限らない。支払う運賃、移動にかかる所要時間、乗り降りの手間等を考慮すると、高齢者が不自由なく医療施設へ行くためには、乗り換えなしで主要な医療施設へ行けるバス停が自宅付近に存在する必要がある。そこで本節では、主要な医療施設最寄りのバス停へ乗り換えなしで行くことのできる路線を有するバス停のみを解析の対象とし、それらのバス停勢圏の人口カバー率を推計した。

対象とする医療施設の選定基準として、高齢者の通院目的に多い内科、歯科、眼科、整形外科等の専門医院は小松市内には多く点在しており近所の専門医院で済ます

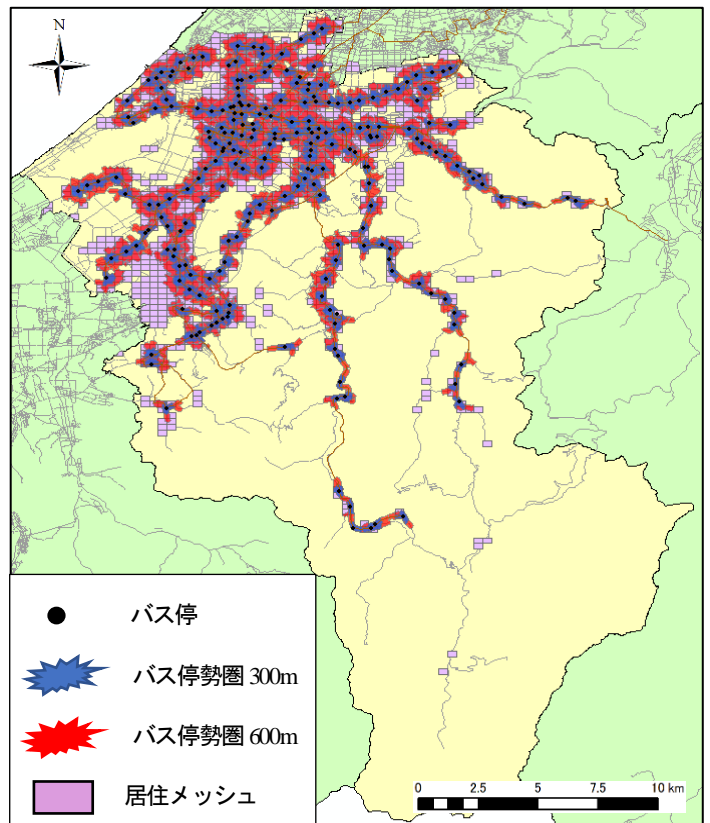


図-9 バス停勢圏(全バス停)

ことが多い。しかし、より高度な医療を受ける必要がある場合は専門医院ではなく規模の大きな総合病院で診察を受けることが多い。さらに、総合病院であれば複数の診療科があるため、受診する診療科に依存せず目的地を限定することができる。ゆえに小松市内の総合病院を対象とし、その中でも二次救急医療を担っており規模の大きい4施設を対象とした。これらは患者数も多く訪れる人数も多い医療施設である。したがって、本章ではこの4施設の最寄りのバス停へ乗り換えなしで行くことのできる路線を有するバス停のバス停勢圏を推定し、同様に人口カバー率を推計する。

(2) バス停勢圏の推定

小松市内の居住者がいるメッシュと、対象の4施設へ乗り換えなしで行くことができる路線を有するバス停(185か所)について推定したバス停勢圏を図-10に示す。

図-9の全バス停のバス停勢圏と比較すると、カバーできていない地域がより目立ち、医療施設へのアクセス面における交通空白地域が一部確認できる。

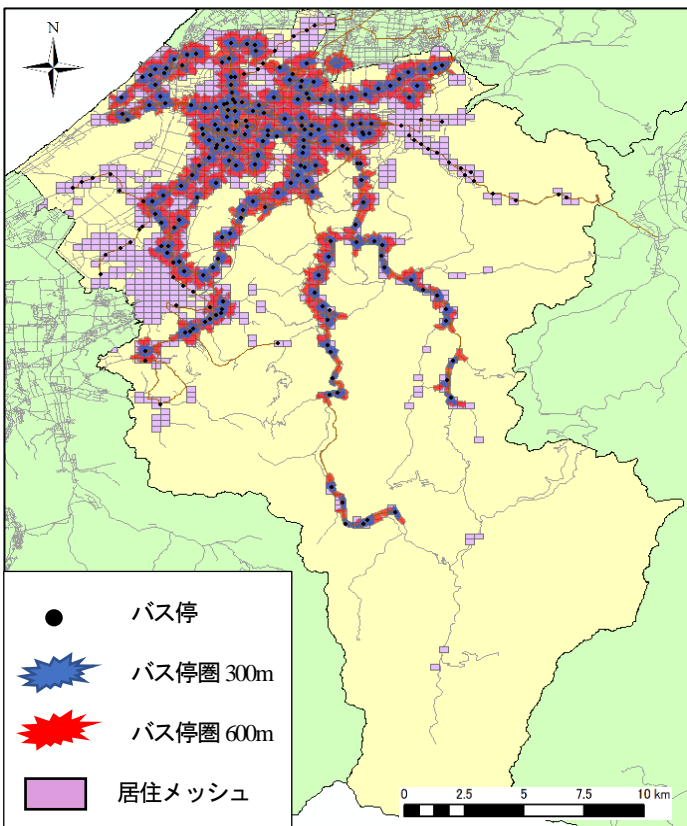


図-10 バス停勢圏(乗り換え不要)

表-2 人口カバー率の比較

	人口カバー率	
	300m	600m
全バス停	48%	86%
乗り換え不要	41%	74%

また、小松市民 108,410 人に対し経路距離が 300mバス停勢圏では 44,534 人、600mのバス停勢圏の場合は 80,416 人カバーできており、人口カバー率はそれぞれ 41%、74%であった。全てのバス停により推定されたバス停勢圏と、医療施設へ乗り換えなしで行くことができる路線を有するバス停により推定されたバス停勢圏の人口カバー率を比較すると、300mバス停勢圏では 7%(約 8,000 人)、600mバス停勢圏では 12%(約 12,000 人)減少している(表-2)。よって高齢者が不自由なく主要な医療施設へ行くことができるようにするために、バス停位置の観点では、高齢者が歩ける距離にバス停があることが重要である。ゆえに、より人口をカバーできるようなバス停位置の検討が必要である。さらに、歩いていける距離に利用できるバス停があるだけでなく、乗り換えなしで主要な医療施設へ行けるような路線の見直しが必要であるといえる。

6. 本研究のまとめ

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た。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。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医療施設への移動手段の確保が重要であることを確認した。さらに、高齢者が免許返納した後不自由なく医療施設へアクセスできる状況であるかどうかを、バス停位置の観点から把握するため、GISを用いて到達圏解析を行い、交通空白地域の存在を確認した。また人口カバー率を算出し、歩ける距離にバス停があり、利用できる環境にある人口を推計した。

最後に医療施設へ不自由なくアクセスできる、より現実的な人口を把握するため、主要な4つの医療施設へ乗り換えなしで行くことができる路線を有するバス停についてバス停勢圏を推定し、同様に人口カバー率を推計した。そして、全バス停の場合と比較した結果、カバー率は7%~12%程度減少し、300mバス停勢圏では小松市民の4割程度、600mバス停勢圏では7割程度が、バス停位置の観点では不自由なく医療施設へアクセスできる状況であるということ明らかにした。

より多くの市民が不自由なく医療施設へアクセスできるようにするためには、より多くの人口をカバーできるようなバス停位置の検討が必要である。さらに、歩いていける距離に利用できるバス停があるだけでなく、乗り換えなしで主要な医療施設へ行けるような路線の見直しが必要であるといえる。

## 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。

一つ目は、到達圏を推定する際、通常は通行不可能な川や池、工場といった領域を考慮しておらず、実際よりバス停勢圏を過大に評価しているといえる。ゆえに、通常人が通行不可能な領域にはバリアを設定し同様の解析を行うことで、より現実に近いバス停勢圏を推定できると考える。

二つ目は、本研究ではバス停位置に着目しており、医療施設へのアクセスを考慮する際、乗り換えの有無のみによってバス停勢圏の出発点となるバス停の選定を行った。しかし、実際にはバス停ごとに運行頻度が違う。ワークショップでは医療施設には乗り換えなしで行けるものの、通常、午前中に行われている外来診療の時間とダイヤが合わず不便だと感じる意見も挙げられた。よって、こちらも不自由なく医療施設へアクセスできるバス停勢圏としては過大に評価しているといえる。

三つ目は、本研究では現在のバス停でカバーで来ている範囲と人口を明らかにした。しかし、現実のバス停位置を検討する際は、より多くの人口をカバーするだけでなく、バスを利用したいのにも関わらずバス停がない、というような利用者の需要と対応させたバス停位置を検討する必要がある。その初期段階として、推定されたバス停勢圏および人口カバー率の地域差を明らかにし、アンケート調査結果を元にその地域のバス利用の現状や利用意向、免許返納意思との関係を明らかにする。それを踏まえたうえでバス停位置に関して感度分析を行うことで適正化を図れることができると考える。

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](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」東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻, 65.
- 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ー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](http://www.chukeiren.or.jp/policy_proposal/pdf/jinokugensyou201010.pdf)
- 4) 中平恭之, 松尾幸二郎「道路条件と身体能力を考慮したバス停勢圏の設定」地域学研究・47 卷(2017)2 号, p.207-224
- 5) 平井寛, 南正昭「盛岡市在住高齢者における買い物弱者人口の推計」土木計画学研究・講演集, 2012, 46.
- 6) 中平恭之「地域包括ケアシステムにおける移動手段の必要性」近畿大学工業高等専門学校研究紀要 11 (2018): 83-86.
- 7) 高塚伸太郎, 大西浩文, 山口徳蔵「GIS を活用した医療圏内外受診者の交通アクセス評価に関する研究」助成研究論文集, 2016, p.145-164.
- 8) 小松市「小松市の公共交通の現状について」小松市公共交通に関するワークショップ資料, 2017
- 9) 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>
- 10) 小松市 HP「公共交通の活性化に関すること, らく賃バスポート」  
<http://www.city.komatsu.lg.jp/10443.htm>
- 11) 小松市「平成 28 年度補助金交付申請書資料」
- 12) 内閣府「公共交通に関する世論調査」平成 28 年  
<https://survey.gov-online.go.jp/h28/h28-kotsu/gairyaku.pdf>
- 13) 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
- 14) 可児星悟, 高山純一, 藤生慎, 西野辰哉, 平子紘平「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-」第 57 回土木計画学研究発表会・春大会, 2018-06-09/10 開催

(2018. ? 受付)

## ESTIMATION OF BUS STOP TERRITORIES USING REACHABILITY ANALYSIS : FOCUSING ON THE MOVEMENT OF ELDERLY TO MEDICAL FACILITIES

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