

# GTFS データを活用した裾野市内の 地域公共交通サービスのアクセシビリティ分析

若尾 真里<sup>1</sup>・日高 健<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 非会員 豊田中央研究所 社会システム研究領域 (〒480-1192 愛知県長久手市横道 41-1)  
E-mail: m-wakao@mosk.tytlabs.co.jp

<sup>2</sup> 正会員 豊田中央研究所 社会システム研究領域 (〒480-1192 愛知県長久手市横道 41-1)  
E-mail: hidaka@mosk.tytlabs.co.jp

近年、高齢者の運転免許返納に対する意識が高まりつつある中で、地方部における代替移動手段の確保が大きな課題となっている。しかし、コミュニティバスなどの地域公共交通サービスは利用者の減少により、多くの自治体で路線改編もしくは廃止せざるを得ない状況となっている。静岡県裾野市においても 2022 年 3 月にこれまでのコミュニティバスの運行が廃止され、新たな路線での運行が開始された。このようなサービスの変化が利用者側に与える影響を理解することは、持続的な交通サービスの実現に向けて重要である。本稿では、バスの標準的な情報フォーマットである GTFS データを用いて等時間地図を作成し、到達圏範囲の高齢者人口カバー率を算出することで、裾野市内を運行するバスの路線改編前後のアクセシビリティの可視化および定量化を行った。

**Key Words:** local public transportation, accessibility, convenience of transportation, GIS, GTFS

## 1. はじめに

近年、高齢者の運転免許返納に対する意識が高まりつつある中で、地方部における代替移動手段の確保が大きな課題となっている。しかし、新型コロナウイルスによる外出の減少に伴う利用者減少の影響を受け、コミュニティバスなどの地域公共交通サービスは多くの自治体で路線改編もしくは廃止せざるを得ない状況となっている。

静岡県裾野市もこうしたコロナ禍における利用者減少の影響を受け、2022 年 3 月をもってコミュニティバス「すその一」の運行を終了し<sup>1)</sup>、国が新設した補助制度「地域旅客運送サービス継続事業」を県内で初めて活用することで公共交通網の維持に努め、廃止となる路線に代わる新たな路線として富士急シティバスによる「裾野市内循環線」の運行を開始した<sup>2)</sup>。「裾野市内循環線」は、1 日 3 便の運行となり、これまでの「すその一」(5~7 便)に比べて便数は半減、また曜日によって運行ルートが変わる地域もあり、サービスレベルとしては低下するものの市内全域をカバーする貴重な交通サービスとなっている。

このような供給側のサービスレベルの変化は、需要に

影響を与える可能性があり、これを理解することは、持続的な交通サービスの実現に向けて重要である。さらに、「すその一」は、運行終了前の 2019 年 4 月にも大きな路線改編を行っており、循環型の運行ルートから往復型の運行ルートへ変更をしている。つまり、裾野市はここ 3 年という短い期間の中で 2 度も大きく路線改編が行われた場所であり、ここでのアクセシビリティの分析は、公共交通計画における供給のサービスレベルと需要の関係を理解する上で貴重なデータとなり得る。

アクセシビリティ指標の開発は 1970 年代からと古く、多くの指標が既に提案されている (例えば、Kwan, 1998<sup>3)</sup>; Geurs and van Wee, 2004<sup>4)</sup>)。谷本ら<sup>5)</sup>によればアクセシビリティ指標は主に、a) 交通基盤に基づく指標、b) 累積機会に基づく指標、c) 効用に基づく指標、d) 時空間プリズムに基づく指標の 4 つに分類できる。この中でも時空間プリズムに基づく指標は Hägerstrand<sup>6)</sup>により確立された時間地理学の考えの下で発展した指標である。より具体的な例として、時空間プリズムの平面への投影面積 (Potential Path Area; PPA) がアクセシビリティ指標として用いられる<sup>7)</sup>。時空間プリズムに基づく指標は、多くのデータを必要とする点がこれまで課題と

されてきた<sup>9)</sup>が、近年GTFS (General Transit Feed Specification)の普及によりその課題が解決されつつある。GTFS を活用したアクセシビリティ分析は Farbar et al. (2014)<sup>8)</sup>を契機に様々な研究への活用が始まった。Farbar et al. (2014)では、各センサスブロックから最寄りのスーパーマーケットまでの時間帯別の所要時間を計算し、アクセスの平均レベルの人種などによる格差を調べている。また、国内でも 2017 年に GTFS を基本とした「標準的なバス情報フォーマット」が定められた<sup>9)</sup>ことで、研究への活用も徐々に進み始めている(例えば、柴田ら, 2020<sup>10)</sup>; 笠原ら, 2022<sup>11)</sup>)。柴田ら(2020)は GTFS を用いた PPA の変化を用いて仙台市の地下鉄の開業による変化を明らかにした。本研究では、裾野市におけるコミュニティバス路線の改編が住民へ与える影響について、特に高齢者へ与える影響に着目した分析を行う。Farbar et al. (2014)では 1 日の中で特定時間以内にスーパーマーケットにアクセスできる時間の割合を用いて比較分析を行っているが、本稿では高齢者の人口カバー率に着目することで、市の代表的な商業施設へのアクセスレベルについて特定の基準を満たす高齢者がどの程度いるのか定量化し、改編前後での比較を試みる。

## 2. 対象とする公共交通

対象とする公共交通は、裾野市が運行するコミュニティバス「すその一」(2022 年 3 月まで運行)、富士急シティバスが運行する「路線バス」、富士急シティバスが運行する「裾野市内循環バス」(2022 年 4 月より運行)の 3 路線とする。本稿で分析対象とした期間の路線の改編状況について表-1 にまとめた。分析の際は、「すその一」の改編と新路線への路線改編によるアクセシビリティの変化を明らかにするために、表-2 の 3 ケースについて等時間地図を作成し、アクセシビリティを可視化する。人口カバー率の算出による路線改編前後のアクセシビリティの変化の定量化においては、直近の路線改編であるケース 2 とケース 3 を比較し、新路線への改編がア

クセシビリティに与える影響について明らかにする。また、新路線である「裾野市内循環バス」は曜日別で青葉台・千福が丘ルート(図-1 の緑ルート+青ルート)と青葉台・岩波ルート(図-1 の緑ルート+ピンクルート)を運行しており、そのどちらのルートについても可視化を行う。青葉台・千福が丘ルートは、両ルート共通の青葉台ルートを運行した後に、千福が丘ルートを運行するルートである。また、青葉台・岩波ルートは青葉台ルートを運行した後に、岩波ルートを運行するルートである。したがって、青葉台ルートは毎日運行され、千福が丘ルートと岩波ルートが曜日別の運行となる。なお、改編後の「すその一」と「路線バス」を乗り継いだ場合(ケース 2)の分析では、2019 年度と 2021 年度「すその一」の時刻表に大きな変更が無かったため、2019 年度の「すその一」と 2021 年度の「路線バス」の GTFS データを使用して分析を行った。

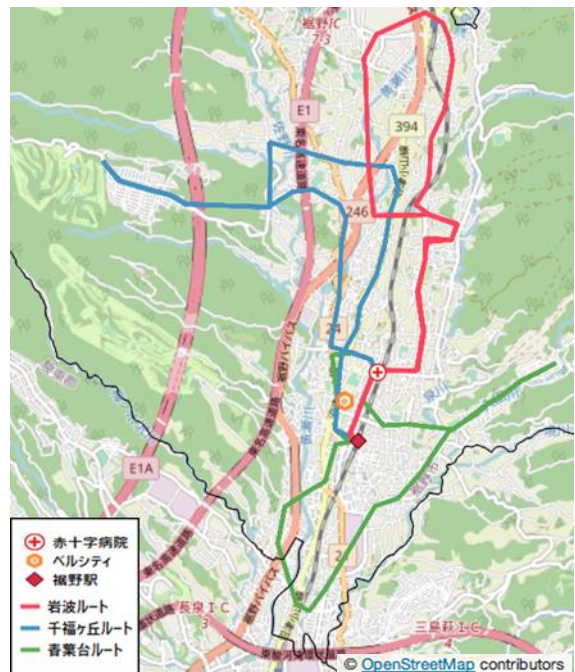


図-1 新路線「裾野市内循環バス」の運行ルート

表-1 裾野市内を運行するバス路線の改編状況

期間	運行路線
～2019 年 3 月	改編前の「すその一(循環型)」+ 路線バス
2019 年 4 月～2022 年 3 月	改編後の「すその一(往復型)」+ 路線バス
2022 年 4 月～	「裾野市内循環バス(循環型)」+ 路線バス

表-2 アクセシビリティ分析の場合分け

	運行路線	対象年
ケース 1	「すその一」のみの改編前後を比較した場合	2018 年, 2019 年
ケース 2	改編後の「すその一」と路線バスを乗り継いだ場合	2021 年
ケース 3	新路線の「裾野市内循環バス」と路線バスを乗り継いだ場合	2022 年

### 3. 分析方法

本章では、GTFSデータを用いた等時間地図の作成方法、および作成した等時間地図を用いた人口カバー率の算出方法について説明する。

#### (1) 等時間地図の作成方法

等時間地図とは、ある地点を出発地・目的地とした場合の移動時間を地図上に可視化したものである。これにより、ある地点を基準とした到達圏範囲や移動時間などを可視化し、地図と照らし合わせながら移動のしやすさを評価することができる。

等時間地図は、GTFSデータを用いてオープンソースの経路探索エンジン「Open Trip Planner」<sup>12)</sup>において分析を行い、出力されたデータをオープンソースのGISソフトウェアである「QGIS」<sup>13)</sup>で可視化することで作成した。対象地点は、「裾野市地域公共交通網形成計画」<sup>14)</sup>より買い物と通院の目的地として最も利用者数が多かった「ベルシティ裾野店」(以下、ベルシティ)と「裾野赤十字病院」(以下、赤十字病院)とし、出発・到着それぞれを等時間地図を用いて可視化した。それぞれの地点による出発・到着の時間は表-3 のように設定し、移動手段は徒歩および公共交通、最大到達時間は90分、徒歩移動の最大距離は500mとした。これは、分析対象とする「ベルシティ」が「すそのー」運行時の最寄りのバス停より400m程度離れており、このバス停を使い「ベルシティ」に行く人を想定したためである。

#### (2) 人口カバー率の算出方法

次に、作成した等時間地図の結果を用いた30分到達圏の高齢人口カバー率の算出方法について説明する。

対象とする年齢は裾野市が発行する高齢者バス・タクシー利用助成券の申請対象である70歳以上とし<sup>15)</sup>、買い物施設の「ベルシティ」への30分到達圏内の人口カバー率を10時～18時の間で1時間ごとに算出を行う。そのため、今回は「ベルシティ」を目的地とした場合の等時間地図を用いる。

人口カバー率は式(1)のように定義する。本分析は70歳以上を対象としているので、式(1)の人口を70歳以上

に限定して算出している。30分到達圏(図-2の橙色部分)の人口は、QGISの差分機能を使い対象エリア内で30分到達圏に含まれていない範囲を抽出し、その範囲に重なる500mメッシュ(図-2の青枠)人口<sup>16)</sup>から30分到達圏に含まれていない人口を求め、この人口を対象エリアの全人口から差し引くことで求める。対象とするエリアは、裾野市全域に加えて市内の各自治会区であり、自治会区別の特徴についても明らかにする。

$$\text{人口カバー率} = \frac{\text{30分到達圏に含まれている対象エリアの人口}}{\text{対象エリアの全人口}} \dots (1)$$

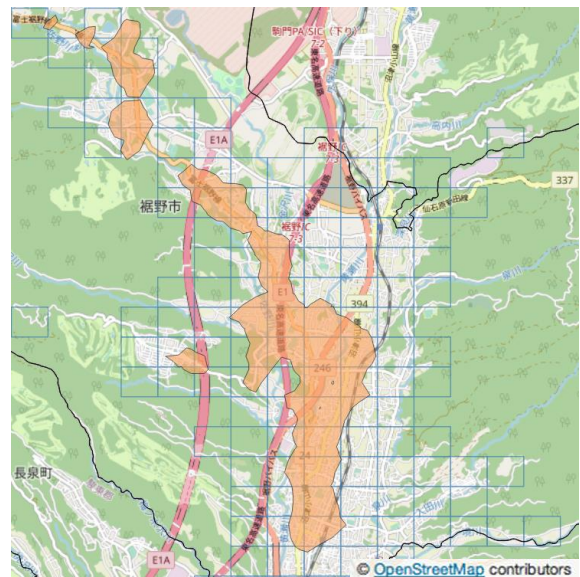


図-2 ベルシティへの30分到達圏(午後2時に到着する場合)

表-3 対象施設と出発・到着時間

目的	場所			時間						
		出発	到着	11時	13時	15時	16時	17時	19時	21時
買い物	ベルシティ裾野店	出発		11時	13時	15時	16時	17時	19時	21時
		到着		10時	12時	14時	15時	16時	17時	18時
通院	裾野赤十字病院	出発		10時	11時	12時	13時	14時	16時	18時
		到着		8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時

## 4. 分析結果

本章では、路線改編前後のそれぞれのアクセシビリティ分析の結果を比較し、路線改編によるアクセシビリティの変化について説明する。

### (1) 等時間地図

ベルシティに平日の午前 12 時に到着する場合の改編前後の「すそのーる」(ケース 1)、改編後の「すそのーる」+ 路線バス(ケース 2)、新路線「裾野市内循環バス」+ 路線バス(ケース 3)の等時間地図をそれぞれ図-3、図-4、図-5 に示す。

図-3(i), (ii)より、「すそのーる」の改編によって茶畑・麦塚地区(図-3(ii)参照)の辺りに交通空白地域ができてしまったことが分かる。改編後の「すそのーる」と

路線バスを乗り継ぐ場合では、「すそのーる」運行時ではバスが運行されていなかった千福が丘区(図-4参照)や裾野市外まで到達圏範囲が広がったことが図-4より分かる。さらに、図-5より新路線「裾野市内循環バス」と路線バスを乗り継いだ場合では、同時間の新路線への改編前の等時間地図と比較すると裾野市内の到達圏範囲が狭くなったことが分かる。

この様に等時間地図によりアクセシビリティを可視化することで、路線改編の影響によって到達圏範囲がどのように変化したのか地図と照らし合わせながら分析することができる。しかし、等時間地図では路線改編によるアクセシビリティの変化を定量的に評価することは難しい。そこで、次節では作成した等時間地図を用いて人口カバー率を算出することで、路線改編前後のアクセシビリティの変化の定量的な評価を試みる。

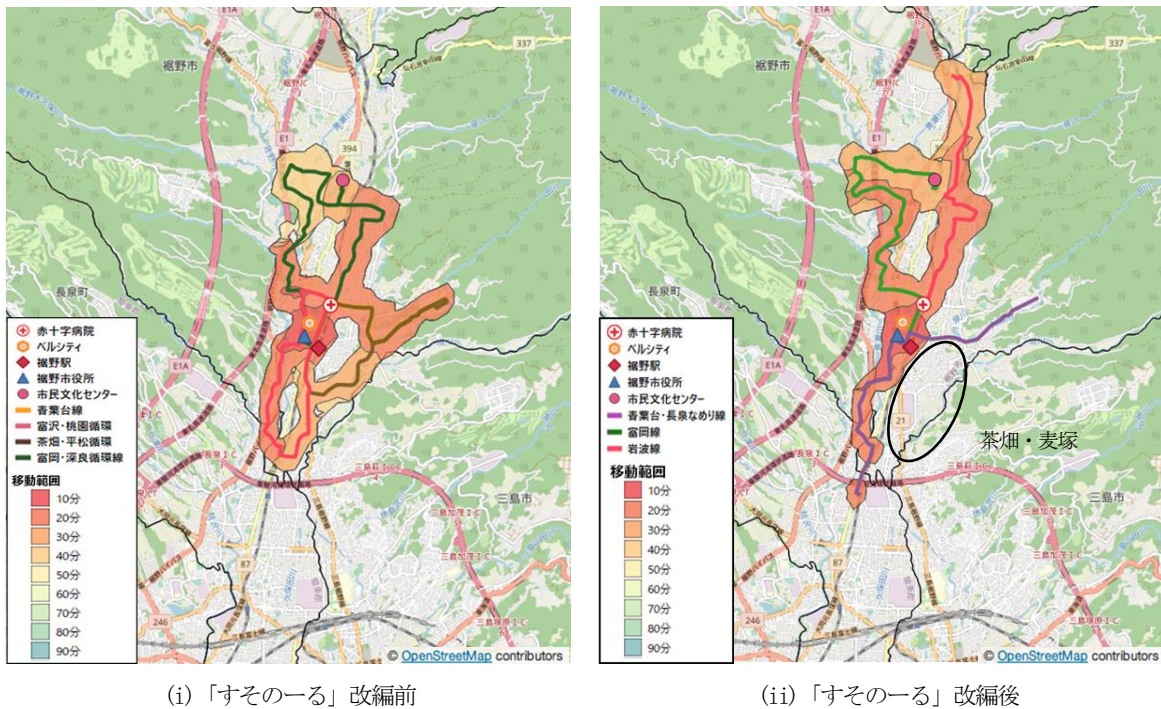


図-3 ベルシティに午前 12 時に到着する場合の等時間地図 (ケース 1: 改編前後の「すそのーる」)

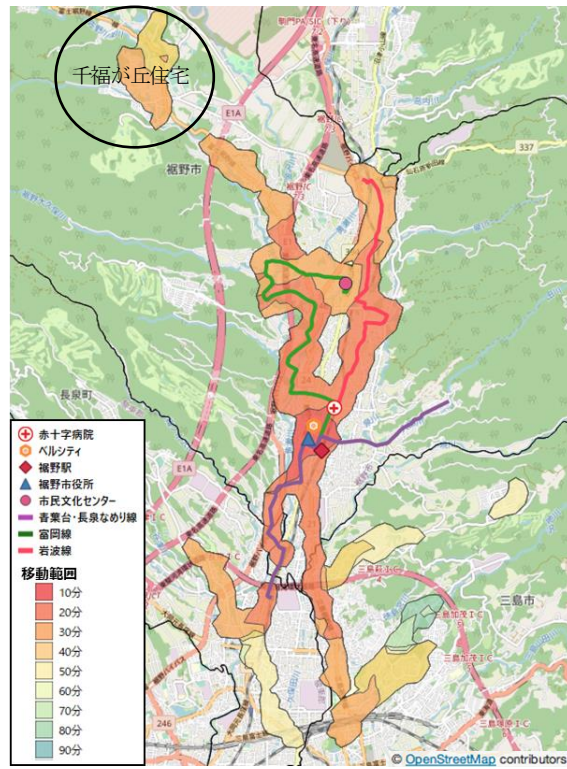
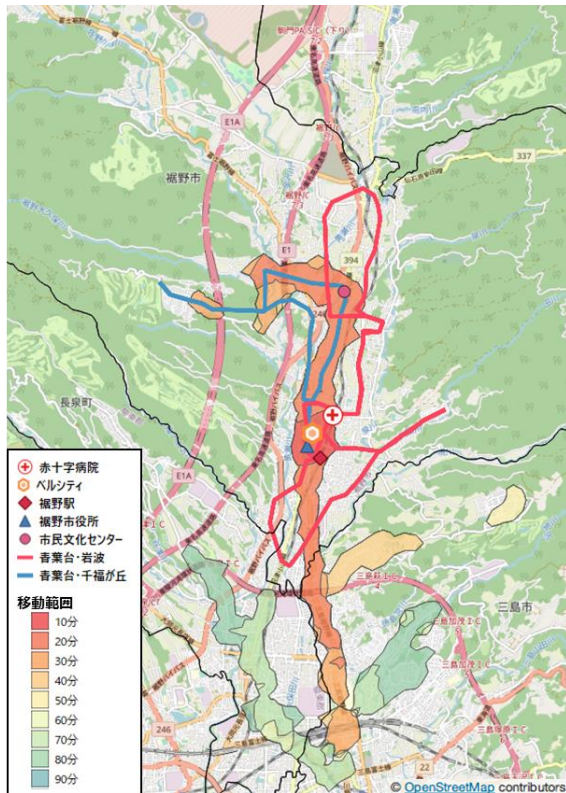
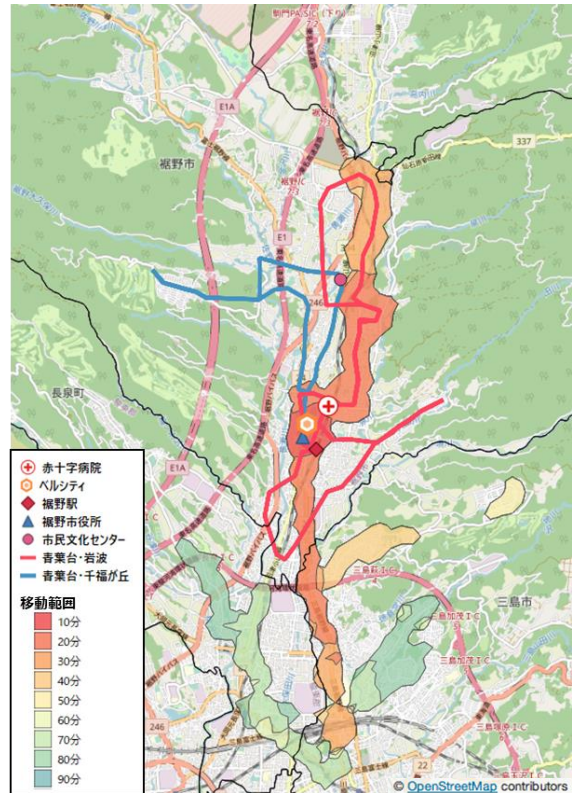


図-4 バルシティに午前 12 時に到着する場合の等時間地図 (ケース 2: 「すそのーる」改編後 + 路線バス)



(i) 青葉台・千福が丘ルート



(ii) 青葉台・岩波ルート

図-5 バルシティに午前 12 時に到着する場合の等時間地 (ケース 3: 「裾野市内循環バス」+ 路線バス)

(2) 人口カバー率の算出

等時間地図より算出した改編後の「すそのー」+路線バス(ケース2)と新路線「裾野市内循環バス」+路線バス(ケース3)を使った場合の人口カバー率の結果を比較し、新路線への路線改編によるアクセシビリティの変化について説明する。ケース3の「裾野市内循環バス」は曜日別で青葉台・千福が丘ルートと青葉台・岩波ルートの2ルートが曜日別で運行しているため、ルート別の結果を算出している。

a) 裾野市全域の改編前後の人口カバー率

裾野市を対象とした人口カバー率を図-6に示す。グラフ上には、新路線への路線改編による変化を明らかにするため、路線改編前後(ケース2とケース3)の結果を併せて示す。

図-6より、どちらのルートにおいても全ての時間においてケース2よりケース3の人口カバー率が低くなっていることが分かる。これは、路線改編における減便や運行ルートの循環型への変更によるものが要因であると考えられる。また、ケース3の「裾野市内循環バス」は1日3便運行しているため、その時間に合わせて人口カバー率に高い山が見られ、時間によるアクセシビリティの差が大きいことが分かる。

人口カバー率としてアクセシビリティを評価することで、路線改編によりどの程度アクセシビリティが変化したのかという定量的な評価が可能になる。さらに、等時間地図を用いてアクセシビリティを評価する場合には、対象の時間ごとにそれぞれ可視化する必要があり俯瞰的に評価するのが難しかったが、時間帯別の人口カバー率を用いることで、全ての時間帯の路線改編によるアクセシビリティの変化をひと目で判断することができ、1日を通してのアクセシビリティの評価がしやすくなる。

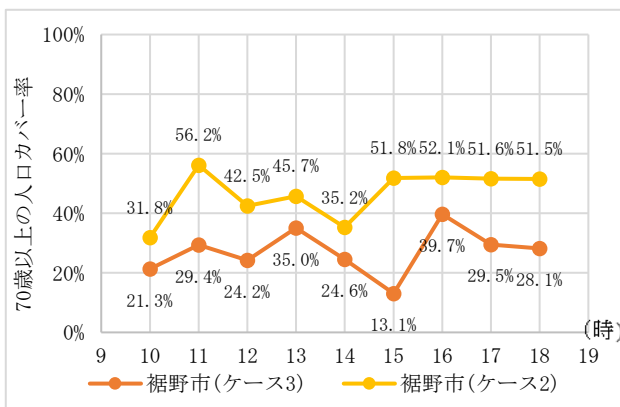
b) 各自治会区別の改編前後の人口カバー率

本項では、裾野市内の自治会区別の人口カバー率の結果について説明する。今回は、図-7に示す南堀区、御宿坂上区の2つの自治会区を対象として人口カバー率の算出を行った。図-8、図-9に南堀区と御宿坂上区のそれぞれの人口カバー率を示す。グラフ上には新路線への路線改編前後(ケース2とケース3)の自治会区の結果と併せてケース3の場合の裾野市全域の結果を載せる。

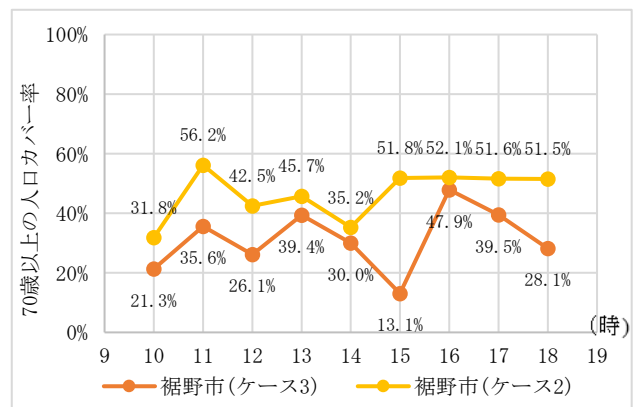
南堀区は、ケース3の場合だと「裾野市内循環バス」の青葉台・岩波ルートのみ運行している地域である。そのため図-8(i)の青葉台・千福が丘ルート運行時では人口カバー率は全ての時間で0%となる。図-8(ii)の青葉台・岩波ルート運行時では、時間によって差はあるが改編前後のケース2とケース3ではどちらも同程度の人口カバー率となる。

御宿坂上区は裾野市内の自治会区の中でもバス停に恵まれている自治会区であり、「裾野市内循環バス」の青葉台・千福が丘ルートと路線バスが運行している。そのため、図-9(i)のケース3は「裾野市内循環バス」+路線バスの結果、図-9(ii)のケース3は路線バスのみの結果となる。図-9(i)より、「裾野市内循環バス」と路線バスを乗り継ぐことで15時を除くほとんどの時間帯で人口カバー率が80%~100%になる。一方、図-9(ii)より路線バスのみの運行時においても、人口カバー率が高い時間帯だと80%近くになっており、路線バスのみの運行でも高い人口カバー率となる区である。

この様に、同じ市内でも自治会区ごとによってアクセシビリティに大きく差があることが分かる。自治会区別のアクセシビリティを可視化することで、自治会区ごとの特徴を明確にすることができる。



(i) 青葉台・千福が丘ルート運行日

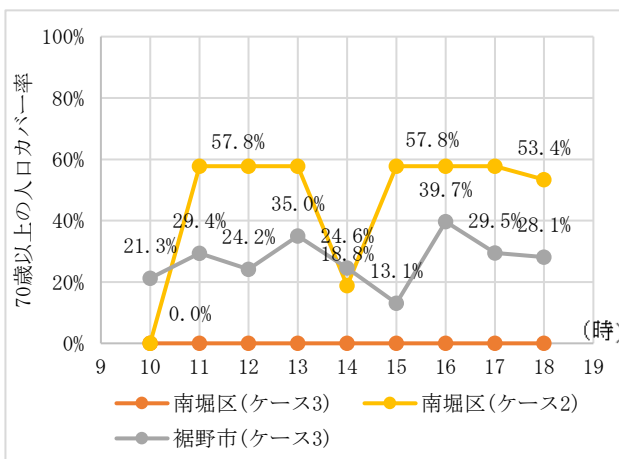


(ii) 青葉台・岩波ルート運行日

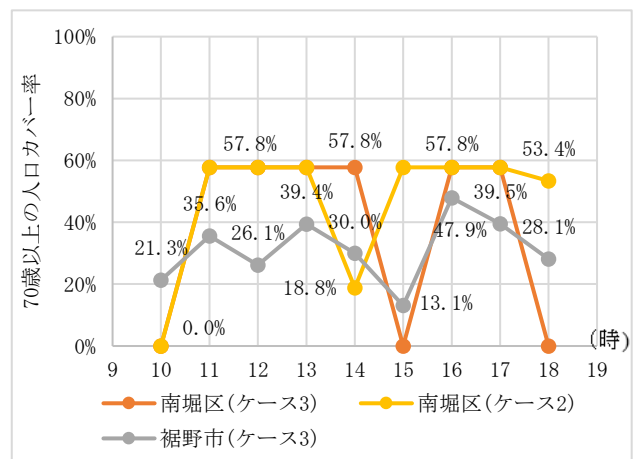
図-6 高齢人口カバー率(裾野市)



図-7 対象とする自治会区

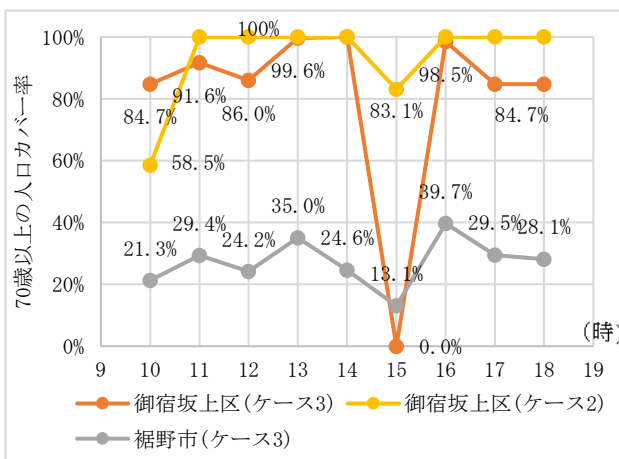


(i) 青葉台・千福が丘ルート運行日

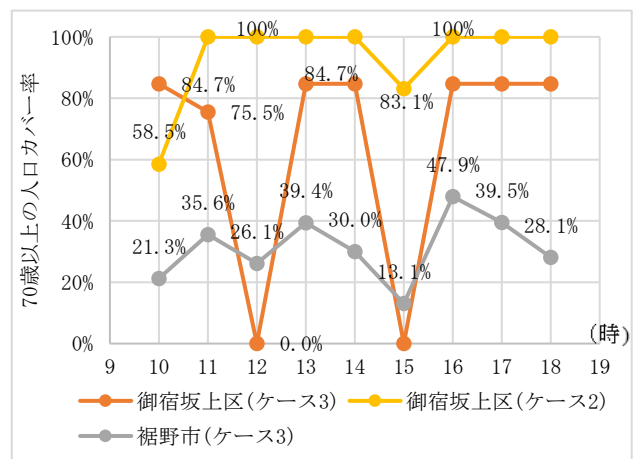


(ii) 青葉台・岩波ルート運行日

図-8 高齢人口カバー率(南堀区)



(i) 青葉台・千福が丘ルート運行日



(ii) 青葉台・岩波ルート運行日

図-9 高齢人口カバー率(御宿坂上区)

## 5. まとめ

本稿では、GTFS データより作成した等時間地図を用いて、30 分到達圏の 70 歳以上の高齢者の人口カバー率を算出することで、実際に裾野市を運行するバスのアクセシビリティの評価を行った。これにより、それぞれの路線におけるアクセシビリティや路線改編によるアクセシビリティの変化を定量的に明らかにすることができた。人口カバー率を用いてアクセシビリティの結果を定量的に表すことで、自治体やバス事業者が路線計画を検討する際に、より活用しやすい指標になるのではないかと考える。さらに、自治会区別にアクセシビリティを評価することで、市内の中の交通の便が良い地域や便が悪い地域が明確に分かり、公共交通の課題の発見・解決に役立つと考えられる。

本稿では対象とする施設を裾野市内において 1 つしか考慮していないが、現実的には住んでいる場所によって複数の施設が目的地として考えられる。そこで、今後は居住地域別の目的地を考慮したアクセシビリティ分析も行っていく。また、様々な分析条件の設定や市内の全自治会区での人口カバー率の算出を想定し、分析を自動化するシステムの構築についても試みる。

**謝辞：**本研究の遂行にあたり、裾野市役所の皆様には多大なご助言、ご協力頂きました。また、富士急シティバス（株）には本研究に用いた GTFS データを提供頂きました。ご協力頂いた皆様に深謝致します。

### 参考文献

- 1) 裾野市：すその一の運行状況 (引用日：2022 年 9 月 30 日), <https://www.city.susono.shizuoka.jp/soshiki/3/1/6/1/15146.html>.
- 2) 裾野市：裾野市内循環線の運行開始 (引用日：2022 年 9 月 30 日), <https://www.city.susono.shizuoka.jp/soshiki/3/1/6/1/16766.html>.
- 3) Kwan, M.-P: Space-Time and Integral Measures of Individual Accessibility: A Comparative

- Analysis Using Point-based Framework, Geographical Analysis, Vol.30, No. 3, pp.191-216, 1998.
- 4) Geurs, K. T. and van Wee, B.: Accessibility Evaluation of Land-use and Transport Strategies: Review and Research Directions, Journal of Transport Geography, Vol.12, pp.127-140, 2004.
- 5) 谷本圭志, 牧 修平, 喜多秀行: 地方部における公共交通計画のためのアクセシビリティ指標の開発, 土木学会論文集 D, Vol. 65, No. 4, pp. 544-553, 2009
- 6) Hägerstrand, T.: What about People in Regional Science?, Papers of the Regional Science Association, Vol.24, pp.7-21, 1970.
- 7) Lenntorp, B.: Paths in Time-Space Environments: A Time Geographic Study of Movement Possibilities of Individuals, Studies in Geography Vol.4, Sweden: CWK Gleerup, 1976.
- 8) Farber, S., Morang, M. Z. and Widener, M. J.: Temporal variability in transit-based accessibility to supermarkets. Applied Geography 53:149-159, 2014.
- 9) 国土交通省：経路検索の充実とバスロケデータの利活用～標準的なバス情報フォーマットの拡充～ (引用日：2022 年 9 月 30 日), [https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei\\_transport\\_tk\\_000067.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei_transport_tk_000067.html).
- 10) 柴田 嶺, 吉川 湧太, 今川 諒, 磯田 弦, 関根 良平, 中谷 友樹: GTFS を用いた仙台市地下鉄東西線開業前後の時空間アクセシビリティ変化に関する研究, 日本地理学会発表要旨集, 97 号, pp. 258, 2020
- 11) 笠原 有貴, 中谷 友樹, 磯田 弦: GTFS データを用いた公共バスの遅延時間に関する時空間パターンの分析-仙台市営バスを事例に-, 季刊地理学, Vol. 73, pp. 264-273, 2022
- 12) OpenTripPlanner, (引用日：2022 年 9 月 30 日), <https://www.opentripplanner.org/>.
- 13) QGIS, (引用日：2022 年 9 月 30 日), <https://qgis.org/ja/site/about/index.html>.
- 14) 裾野市：裾野市地域公共交通網形成計画 (引用日：2022 年 9 月 30 日), <http://www.city.susono.shizuoka.jp/material/files/group/11/moukeikaku.pdf>.
- 15) 裾野市：高齢者バス・タクシー利用助成事業 (引用日：2022 年 9 月 30 日), <http://www.city.susono.shizuoka.jp/soshiki/3/1/5/1599.html>.
- 16) 国土交通省：国土数値情報 500m メッシュ別将来推計人口 (H30 国政局推計), (引用日：2022 年 9 月 30 日), <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-mesh500h30.html>

(2022. 9. 30 受付)

## ACCESSIBILITY ANALYSIS OF LOCAL PUBLIC TRANSPORTATION SERVICES USING GTFS DATA IN SUSONO CITY

Mari WAKAO, Ken HIDAKA