

コミュニティバスの最適停留所配置

2020ss032 黒川莉菜

指導教員：鈴木敦夫

1 はじめに

現在、高齢化社会が急速に進むうえで高齢者の移動について関心が高まっている。内閣府が行った世論調査 [1] によると、居住地域の行政が今後力を入れてほしい施策について“コミュニティバスなどの移動手段の確保”が人口 20 万人未満・以上の地域ともに二番目に声が上がっている。このことから、コミュニティバスなどの地域公共交通の発達は今後ますます需要が高まることが予想される。しかし、現在コミュニティバスに関する研究は、サービス水準の変更に伴う利用状況の分析 [2] や、現行のコミュニティバスの利用評価における分析 [3] といった多くの世代の利用しやすさに焦点を置いた研究が多く、高齢者の利用可能者数増加を目的とした研究は盛んではない。コミュニティバスは運行する地域によっては、地域に住む高齢者の移動を支える重要な交通機関であることから、本研究ではコミュニティバスを利用可能な高齢者数を現状よりも増加することを目的とする。

本研究では、愛知県の尾張西部に位置する蟹江町が運営するコミュニティバスの「お散歩バス」を取り上げる。蟹江町は人口約 3 万 7 千人のうち高齢者が約 9 千人と、約 3 分の 1 が高齢者で構成されている町である。蟹江町内には JR 関西本線と近鉄名古屋線が通っているが、それぞれ停車駅は 1 駅と 2 駅であり、町内を移動するための公共交通機関はお散歩バスのみである。今後も高齢者の増加が予想される本地域の利便性の向上のためには、お散歩バスの充実が必須である。よって、その 1 つの方法として停留所の最適配置を検討する。

2 蟹江町のコミュニティバス

各停留所の緯度・経度と蟹江町の 65 歳以上の人口データと jSTAT MAP を使用する。jSTAT MAP とは政府統計ポータルサイトである e-Stat から利用できる地理情報システムのことである。これは、緯度経度による地点のプロットや政府統計データをもとに 250m, 500m メッシュにて様々な統計データを簡単に地図上に表示できるシステムである。

まず jSTAT MAP に収集したデータをもとに現行の停留所地点をプロットし、それらを中心とする円外の人口を求め、高齢者の停留所までの許容時間アンケート [4] より、多くの高齢者が 5 分以上 10 分未満が許容時間としている。高齢者の平均歩行速度を約 60m/分 [5] として距離換算すると約 300~600m である。道路距離は地図上距離よりも長くなるため、円の半径は 300m と 400m の二種で調査した。ただし、250m メッシュ内の人口密度を利用するため、居住地域の密集における誤差が生じることがある。

調査の結果、国勢調査 [6] の町内の 65 歳以上の総数より、

半径 400m 圏内での未カバー率は約 3.83% であることがわかった。300m 圏内の未カバー率は約 13.4% と 400m と比較して約 4 倍になった。これらを踏まえて、300m 圏内の未カバー率をより小さくしていくことを目標に新しい停留所の検討を行っていく。

3 ボロノイ図の作成

新しい停留所の位置の検討にボロノイ図を用いる。各停留所の緯度経度を母点の座標として読み込み、Python にて利用できる Voronoi モジュールを利用して作成する。実行した結果、ボロノイ点は 88 個できた。ただし、ボロノイ点は母点から最も遠い点であるので、実際の地形を考慮した配置ではない。よって町外や河川上の点、行き止まりなどのバスが停止できない点は削除し、その数 58 個となった。

4 コミュニティバスの走行時間の分析

お散歩バス走行時の加速度と信号や踏切などの各種停止時間を調査する。最小二乗法を用いて、実測値（時刻表上の時間）と理論値の誤差の最小化を行う。

定数の定義

K : バス停区間の集合 $k \in K, K\{1, \dots, 29\}$

I : バス停区間 $k \in K$ の進行回数集合

$i \in I, I\{1, \dots, t_k + j_k + p_k + 1\}$

t_k : バス停区間 $k \in K$ の右左折回数

j_k : バス停区間 $k \in K$ の信号機の数

p_k : バス停区間 $k \in K$ の踏切の数

d_{ki} : バス停区間 $k \in K$ の i 番目の進行距離

S_k : 時刻表上の移動時間

S'_k : 理論上の移動時間

変数の定義

α_1 : 上昇加速度

α_2 : 減少加速度

t : 右左折時の停止時間

j : 信号停止時間

p : 踏切停止時間

準備

最高速度は 30km/h と仮定し、速度単位を毎秒メートルに直した 25/3(m/s) と表す。よって、最高速度に到達するまでにかかる時間は $25/3\alpha_1$ 、停止するまでにかかる時間は $25/3\alpha_2$ と表すことができる。以上を踏まえると、

$$S'_k = \frac{25}{3\alpha_1} \times (t_k + j_k + p_k + 1) + \frac{25}{3\alpha_2} \times (t_k + j_k + p_k + 1) + \sum_{i \in I} \left(\frac{3}{25} d_{ki} - \frac{25}{6\alpha_1} - \frac{25}{6\alpha_2} \right) + t t_k + j j_k + p p_k$$

である。

定式化

$$\min. \sum_{k \in K} (S_k - S'_k)^2 \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad a_1 > 0 \quad (2)$$

$$a_2 < 0 \quad (3)$$

$$t, j, p \geq 0 \quad (4)$$

- (1) 実測値と理論値の誤差の二乗を最小化する。
- (2) 上昇加速度は正の値とする。
- (3) 減少加速度は負の値とする。
- (4) 右左折、信号機、踏切はそれぞれ 0 秒以上停止することとする。

ソルバーの結果

結果、 $\alpha_1 = 0.48, \alpha_2 = -0.31, t = 24.6, j = 27.8, p = 46.1$ となることがわかった。

5 新しい停留所の候補地

半径 300m カバー範囲の大きさによる抽出

抽出した 58 個のポロノイ点から、さらに地図上距離による実際のカバー面積を求める。ポロノイ点を中心とした半径が大きいほど、既存の停留所から離れた位置であり面積が拡大するため、緯度経度より半径の距離を求める。

経路時間による抽出

ポロノイ点に設置した際にかかる追加の時間を求める。時間を求めるにあたって、以下の 2 つのルールを設定した。

1. 既存の停留所から経路するルートを考える
2. 既存のルート上に位置する場合、経路時間は 0 秒とする

以上の 2 つのルールをもとに、4 節で求めた加速度と各停止時間を利用し、経路に掛かる追加時間を算出する。

6 候補地の抽出結果

5 節で求めた結果を利用して、最終的な候補地を検討する。まず各結果の上位 10 個 (重複可) ずつ、計 20 個選ぶ。さらに最大二箇所に設置可能とし、全ペア 171 個を含む計 190 個の候補地を考える。図 1 が実際の未カバー率と追加時間の関係をグラフに表したものだ。

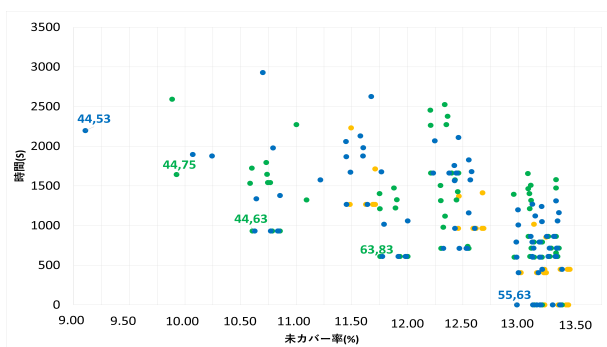


図 1 未カバー率と追加時間

図中の橙点はオレンジコースのみ時間が追加される点、緑点はグリーンコースのみ時間が追加される点、青点はどちらのコースにも時間が追加される点である。また、パレート最適である点は図中にラベルを付けてある。最も未カバー率が小さくなったのは、一番左の点である候補点 44 と 53 のペアであり、未カバー率は約 9.10% と現状と比較して約 4% 減少した。経路に当たってグリーンコースに約 15 分、オレンジコースに約 21 分と計約 36 分が追加される。巡回時間よりも利用可能者数の増加を考えるならばをこのペアを選ぶのが良い。一方で、追加時間に焦点を当てて考えると、一番右の候補点 55 と 63 ペアはどちらも既存ルート上に位置するため、追加時間 0 秒と最も短い。ただし、未カバー率は約 12.99% と約 0.5% のみ減少している。

他点も踏まえると、未カバー率が現状よりも減少し、かつ追加時間が約 15 分程度である候補点 44 と 63 のペア (左 3 つ目) が最もバランスのとれた候補点である。個々を見ると、最も未カバー率が小さい点でありながら追加時間が著しく長くない候補点 44 と、追加時間が 0 秒の点の中で最も未カバー率が小さい点である候補点 63 がそれぞれ効果の高い点である。

7 おわりに

本研究では、新しく停留所を設置することで増加が見込める高齢者人口と、バスの現行巡回時間への追加時間を調査し、それをもとに最適な候補地の抽出を行った。しかし、最終的な停留所の決定をするには、追加時間と未カバー率の具体的な許容また希望数値が必要である。今後は行政から得られた結果を示し、お散歩バスの改善を促したい。

参考文献

- [1] 地域社会の暮らしに関する世論調査 (内閣府):<https://survey.gov-online.go.jp/r02/r02-chiikishakai/2.html>, 最終閲覧日,2023 年 9 月 21 日
- [2] 伊藤真章, 松本幸正: サービス水準見直しによるコミュニティバス利用状況の変化分析-愛知県日進市をケーススタディとして-. 公共社団法人日本都市計画学会, 都市計画論文集,vol.49,No.3,2014 年 10 月
- [3] 磯部友彦: コミュニティバス事業に対する利用者評価-日進市の公共施設巡回バスを事例に-. 公共社団法人日本都市計画学会, 都市計画論文集,vol.35,p523-p528,2000 年 10 月
- [4] 公共交通に関する世論調査 (内閣府):<https://survey.gov-online.go.jp/h28/h28-kotsu/2-1.html>, 最終閲覧日 2023 年 9 月 21 日
- [5] 高齢者の生活・外出特性について (国土交通省,9 ページ):<https://www.mlit.go.jp/common/001176318.pdf>, 最終閲覧日 2023 年 12 月 19 日
- [6] 令和 2 年国勢調査結果 (総務省統計局):<https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2020/kekka.html>, 最終閲覧日 2023 年 9 月 21 日