

地形・運行頻度に着目したバス停の到達圏に関する研究

A Study on Bus Stop Reachable Areas Focusing on Topography and Service Frequency

22D3101013B 太田 光哉（交通計画研究室）
Koya OTA / Mobility Planning Lab.

Key Words : public transportation, availability, metabolic conversion distances, bus service

1. はじめに

高齢者におけるモビリティ施策の1つに、国は令和5年度に高齢者免許返納促進事業として、高齢免許返納者に対する公共交通機関の割引利用の実証実験を行うなど高齢者の免許返納を促す動きが見られる。しかし高齢者は免許の有無で外出率に大きな差があり、自家用車から公共交通への転換は容易でないとみられる。

一方、公共交通サービス提供の観点から見ると、各自治体の交通計画では公共交通の到達圏は直線距離での算出が大半である。またバス停について、周辺の地形、道路ネットワークのアクセス環境や運行頻度、中心地までのアクセス時間などの各バス停留所の特性を十分に考慮していないのが現状である。

2. 研究の位置付け

(1) 既存研究の整理

バスを利用の選択に影響を及ぼす要因として運行本数や運賃、時間帯、運行ルート、定時定路線や区域運行、バス停までの距離など様々である。バス利用に影響を与える要因を検討した研究¹⁾では路線数や運行本数を重視する傾向であり、高齢者はバス停へのアクセスも重視していることが示されている。また、高齢者の歩行能力の低下と歩行者の地形的負荷を考慮してバス停へのアクセス評価をした研究²⁾ではバス停周辺の地域環境と利用者の身体特性を考慮し、直線距離による公共交通不便地域の算出は不便地域を過小評価している事が示されている。さらに、自治体において世田谷区³⁾では勾配や便数の考慮をして公共交通不便地域の算出をしているが直線距離を使用している。

しかしながら、運行本数や路線数のバス停属性と地形、道路網のバス停周辺環境特性を考慮した到達圏の算出は十分にされていない。

(2) 本研究の目的

以上の問題意識のもと、バス停周辺の地域環境と利用者の身体特性に加え、バス停属性のひとつである運行頻度に着目して高齢者の外出が抑制されている地域を算出することを目的とする。そしてその地域の特性を明らかにすると共に今後の交通施策の方向性を示す。

なお本研究における高齢者は65歳以上の事を指す。

3. バス停の到達圏

(1) 対象地域

本研究では地形や乱開発により道路線形が悪く単純な直線距離では適切な算出が困難であると考えられる横浜市旭区を対象地域とする。

旭区は起伏の激しい丘陵地であり、1950年頃から宅地化が進行しており高齢化した郊外住宅地が存在している地域である。鉄道は旭区南部を相鉄本線と相鉄いずみ野線が通っている。また本研究の対象であるバス停のバス路線は鶴ヶ峰駅や二俣川駅を始め相模鉄道の駅や旭区の北側に位置する緑区を通るJR横浜線の駅に主に結節する路線網で旭区の広域にわたっている。

(2) 代謝的換算距離

地形による負荷と歩行能力を考慮した歩行距離の研究⁴⁾で提案された代謝的換算距離は坂道歩行時の代謝エネルギーを指標とする勾配による負荷と基本歩行速度(4.00km/h)に対する年齢における歩行速度の比の逆数を歩行能力負荷として距離を算定するものである。代謝的換算距離 L' は式(1)で表される。

$$L' = L \cdot \frac{r(\theta)}{r(0)} \cdot \frac{v_3}{v_j} \quad (1)$$

$r(\theta)$: 勾配 θ の坂道歩行時の代謝エネルギー(kcal)

v_j : 年齢階層 j の歩行速度(km/h)

坂道歩行時の代謝的エネルギー $r(\theta)$ はエネルギー代謝率(RMR:Relative Metabolic Rate)の近似式より式(2)で表される。

$$r(\theta) = (3.113e^{4.614\theta} + 1.2) \times BMR \times W \times T \quad (2)$$

BMR : 基礎代謝率(kcal/kg/日), W : 体重(kg), T : 時間(日)

なお本研究において使用する歩行速度は年齢階級3(15歳から49歳)の4.00 km/hと年齢階級6(65歳から74歳)の2.82(km/h)を使用する。高齢者の歩行速度を年齢階級6(65歳から74歳)で1つにまとめているため75歳以上の後期高齢者の到達圏への過大評価に留意しなければならない。

(3) 本研究のバス停の到達圏の算出

バス停圏の距離は立地適正化計画の手引き⁵⁾の誘致距離300mを使用し、本研究で算出する到達圏は表-1の直線距離、道路距離、代謝的換算距離、運行頻度別代謝的換算距離、旭区のバス停圏、地形考慮距離の6つである。これらの到達圏はQGISを使用し算出した。

使用するデータは表-2である。標高メッシュデータは道路GISデータに勾配データをもたせるために使用する。道路データのライン端に標高データを付与し、勾配を算出する。またバス停データからは運行頻度が得られないため各事業者のホームページの運行経路、ダイヤからGTFS形式のバスデータを作成する。道路距離と代謝的換算距離における到達圏を算出する際にバス停のポイントデータが道路のラインデータ上に存在する必要がある。そのため各算出方法においてバス停のポイントデータを同様のものにするため直線距離の到達圏算出においても最近接点に移動させた位置をバス停の位置データとして使用する。

(4) 人口カバー率の算出

人口カバー率の算出では令和2年簡易100mメッシュ人口データの65歳以上の人口を使用する。メッシュ内の人口は均一に分布していると仮定し、到達圏面積とメッシュ面積の比から到達圏の人口カバー率を算出する。

表-1 バス停圏

直線距離到達圏	バス停から水平距離300m到達圏域
道路距離到達圏	バス停から道路データのリンクにおける300m到達圏域
代謝的換算距離到達圏	バス停から道路データのリンクの65歳-74歳の歩行能力の代謝的換算距離における300m到達圏域
運行頻度を考慮した代謝的換算距離到達圏	バス停を繋ぐエッジ上の運行本数*が3本/h以上、2本/h以上、1本/h以上の各運行頻度別でバス停を区別した代謝的換算距離における到達圏域
現行のバス停到達圏 ⁹	バス停から水平距離200m到達圏域
地形考慮到達圏	バス停留所から道路データのリンクの15歳-49歳の基本歩行速度と同様の歩行能力の代謝的換算距離における到達圏域

*2025年11月25日時点の平日9:00-17:00の運行ダイヤ
**立地立地適正化計画の手引きより基幹的公共交通軸はピーク時に3本/h以上に相当するものである。そのため高齢者が外出の抑制をされない運行本数を3本/h以上とする。以降運行本数が減ることにより抑制されるため1本/hおきに運行本数を区別

表-2 使用データ

区域データ	都市計画決定情報データ (令和4年度国土数値情報)
道路データ	道路GISデータ 5m標高メッシュデータ (国土地理院基盤地図情報数値標高モデル)
バスデータ	バス停留所データ (令和4年度国土数値情報) 各事業者のHP掲載の運行経路、ダイヤ 四季めぐり号(GTFS-JP)**
人口データ	令和2年簡易100mメッシュ人口データ***

*横浜市営バス、東急バス、相鉄バス、神奈川中央交通
**旭中央地区「四季めぐり号」、横浜市、<https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukunkankyo/kotsu/chuikikokyo/huyasu/tonikumitiku/asa-hichuo/asa-hi-bus.html>、(最終閲覧2025年11月18日)
***西沢 明:地域分析に有用なデータの提供、<https://gtfs-gis.jp/teikyo/>、(最終閲覧2025年12月4日)

4. 分析結果

(1) 各距離指標による到達圏の比較

旭区におけるバス停圏を図示したものが図-1である。
旭区32.7km²の面積カバー率をまとめたものが表-3である。行政で主に使用される直線距離による算出では68.4%であるが道路距離では47.0%で7割ほどの地域までカバー率は低下し、代謝的換算距離では21.2%で直線距離の3割ほどの地域しかカバーしていない結果であった。各距離指標による到達圏の違いから道路線形や歩行能力により到達圏に大きな影響を及ぼすことが示された。
旭区における市街化区域20.6km²の面積カバー率をまとめたものが表-4である。直線距離は78.3%であり、道路距離は60.2%となり、代謝的換算距離は29.3%となった。道路距離は直線距離の7割5分、代謝的換算距離は直線距離の4割弱であり区全域で考えるとときよりも直線距離域内のカバー率は大きくなった。

次に旭区全域の65歳以上の人口カバー率をまとめたものが表-5である。直線距離による算出が74.9%、道路距離が56.8%となり、代謝的換算距離が26.5%であった。

旭区の市街化区域の65歳以上人口カバー率をまとめたものが表-6である。直線距離による算出が78.9%、道路

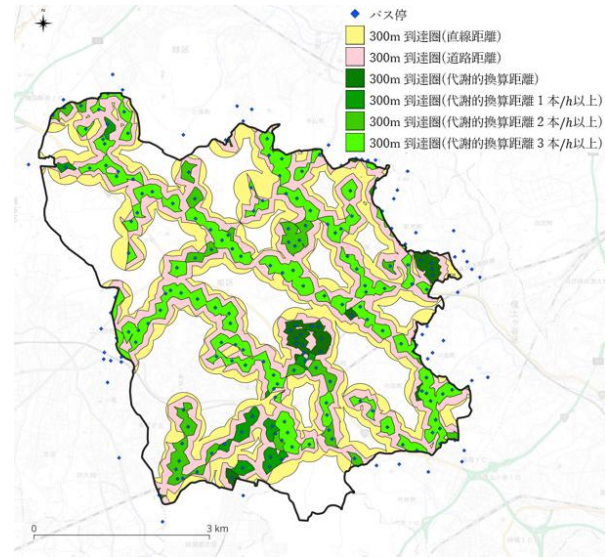


図-1 バス停 300m 圏域

表-3 バス停 300m 圏域の面積

	面積(km ²)	カバー率(%)
旭区全域	32.7	100.0
直線距離	22.4	68.4
道路距離	15.4	47.0
代謝的換算距離	6.9	21.2

表-4 市街化区域のバス停 300m 圏域の面積

	面積(km ²)	カバー率(%)
旭区全域	20.6	100.0
直線距離	16.1	78.3
道路距離	12.4	60.2
代謝的換算距離	6.0	29.3

距離が61.8%となり、代謝的換算距離が29.4%となった。

人口カバー率と面積カバー率の差をまとめたものが表-7である。市街化区域においては1%ほどの差であり同水準であるが全域で捉えると面積カバー率は人口カバー率より5-10%ほどの差がある。市街化区域のみで算出する際には面積カバー率による算出だけで簡易的にすることも可能である。また旭区全域と市街化区域のみでは面積カバー率で10%ほどの差があり人口カバー率で5%ほどの差が見られる。これは市街化区域内において極端に人口密度が異なる地域が存在しないためである。市街化調整区域では公園や動物園、ゴルフ場といった道路が存在せず人口分布のない広域施設を含むためである。全域で算出したカバー率は過小評価になる。また市街化調整区域の人口は少なく影響が小さく市街化調整区域を含める意味合いが少ない。よって以降は旭区全域ではなく旭区の市街化区域の到達圏域のみを扱う。

各到達圏域の人口密度をまとめたものが表-8である。最も人口密度が一番高い地域が代謝的換算距離圏域外かつ道路距離圏域内であり3,289人/km²であった。勾配による影響や高齢になり歩行能力が落ちることによりバス停圏外になる地域に高齢者が高密度で住んでいる。バス通りでは商業施設も存在するため人口密度が少し小さくなり、バス停から少し離れた地域が高密度地域になっていると考えられる。そのような地域は起伏が激しい旭区であるため到達圏域外になったといえる。

(2) 運行頻度別到達圏の比較

市街化区域における代謝的換算距離圏域は面積、人口共に3割に満たないほどであるが、さらに運行頻度別で面積、人口をまとめたものが表-9、表-10である。外出が抑制されないとした運行頻度3本/h以上は代謝的換算

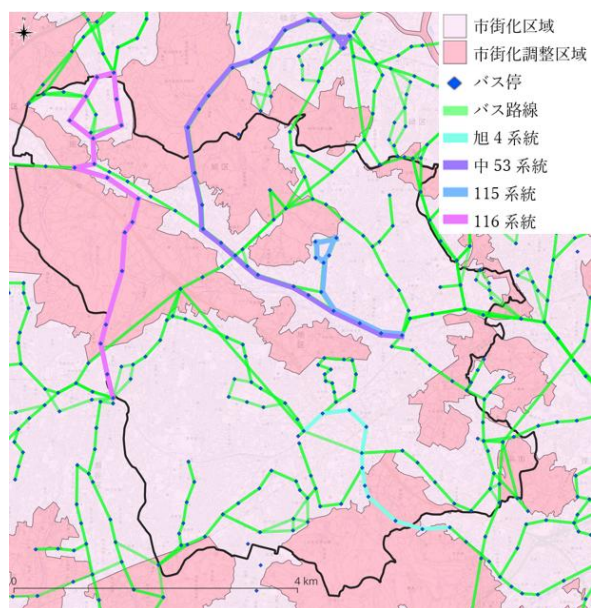


図-2 旭区バス路線

距離圏域の7割弱であり、市街化区域の2割に満たない地域しかバスの利用に十分な環境であるといえない。

運行頻度別の到達圏で人口密度をまとめたものが表-11である。運行頻度が高いほど人口密度は高い。しかし3本/h以上の中には4本/h以上の地域もあることを踏まえると3本/h以上と2本/h以上3本/h未満の差は微小である。図-2より2本/h以上3本/h未満のバス路線には115系統の短距離かつ袋小路状であることや旭4系統、中53系統は市街化調整区域にも路線が通っており実質上短距離路線になっており、地形的制約が見られる。その一方で116系統は市街化調整区域を通るが本数が3本/h以上である。

表-5 バス停 300m 圏域の高齢者人口

	人口(人)	カバー率(%)
旭区全域	75,747	100.0
直線距離	56,771	74.9
道路距離	43,006	56.8
代謝的換算距離	20,081	26.5

表-6 市街化区域のバス停 300m 圏域の高齢者人口

	人口(人)	カバー率(%)
旭区全域	64,678	100.0
直線距離	51,060	78.9
道路距離	39,963	61.8
代謝的換算距離	18,986	29.4

表-7 人口カバー率と面積カバー率の差(%)

	全域	市街化区域
直線距離	6.5	0.7
道路距離	9.8	1.6
代謝的換算距離	5.4	0.1

表-8 バス停 300m 圏域の高齢者人口密度(人/km²)

	圏域内	圏域外
旭区全域	3,137	-
直線距離	3,165	3,038
道路距離	3,218	2,986
代謝的換算距離	3,143	3,289

表-9 運行頻度別代謝的換算距離到達圏域の面積

	面積(km ²)	カバー率(%)
条件無し	6.0	-
1本/h以上	5.5	91.5
2本/h以上	5.0	83.2
3本/h以上	4.0	66.9

表-10 運行頻度別代謝的換算距離到達圏域の高齢者人口

	人口(人)	カバー率(%)
条件無し	18,986	-
1本/h以上	17,587	92.6
2本/h以上	16,069	84.6
3本/h以上	12,950	68.2

この路線は主な移動が若葉台と三ツ境駅間であり、市街化調整区域の走行時にも利用する路線である。またこれらの2本/h以上3本/h未満のバス路線は朝のラッシュ時には3本/h以上となっている。

(3) 現行の交通計画の到達圏との比較

道路距離、地形考慮とさらに歩行能力考慮の3つの到達圏と、現行の到達圏域とされている直線距離による200m^⑥によるカバー域の違いをみる。

道路距離到達圏を比較したものが表-12である。直線距離圏内の地域で道路距離圏内とされる地域は93.8%であり、道路距離圏外であった地域は6.2%であった。その一方で道路距離圏内にもかかわらず現行では圏外になる地域が13.3%存在する。これらの地域はバス停から直線的に道路網が敷かれている地域である。

地形考慮到達圏を比較したものが表-13である。直線距離圏内の地域で地形考慮圏内とされる地域は82.5%であり、地形考慮圏外であった地域は17.5%であった。その一方で地形考慮圏内にもかかわらず現行では圏外になる地域が4.2%存在する。地形の影響を含めた際には過大評価の地域が2割近くになり、過小評価の地域の4倍になっている。道路線形の良い地域はわずかであり、道路形状が直線的であると考えられた地域でも鉛直方向の起伏により多くが現行で圏内に収まる結果になった。

代謝的換算距離到達圏を比較したものが表-14である。直線距離圏内の地域で代謝的換算距離圏内とされる地域は52.1%となり、旭区の人口の3割を占める高齢者の到達圏は現行の到達圏半分であった。現行の到達圏は高齢者の考慮が十分にされていないこととなる。

5. まとめ

本研究では行政の算出する到達圏と現実の到達圏の違いから問題視されていないが高齢者のバス利用が抑制されている地域の算出をおこなった。

現行の到達圏は道路距離による算出に近いものであり、基本歩行能力であったとしても過大に評価されている可能性がある。高齢者の到達圏は歩行能力の低下から過大に評価している可能性が極めて高い。水平方向と鉛直方向の道路線形を評価することが必要である。地形の影響をメッシュごとの勾配で鉛直方向の影響を考慮は可能であるが水平方向の線形を評価していない。水平方向の道路の線形に関してはメッシュ内の道路密度からでは線形は判断ができず、格子状によるものか蛇行状であるのか。各メッシュにおける道路線形を判断することが今後の課題である。

運行本数に着目すると運行本数が2本/h以上3本/h未満とされていた地域も通学通勤の朝の時間には3本/h以上であり、各時間帯利用者の年齢層によってバス停圏域は大きく異なる。歩行能力による違い、道路線形により抑制されている地域を算出することにより交通空白

表-11 運行頻度別代謝的換算距離到達圏域の高齢者人口密度(人/km²)

	圏域内	圏域外
条件無し	3,143	-
1本/h以上	3,181	2,729
2本/h以上	3,195	3,040
3本/h以上	3,203	3,165

表-12 現行の到達圏と道路距離圏のカバー域の差

		道路距離(km ²)	
		含む	含まない
現行(km ²)	含む	10.9 (93.8%)	0.7 (6.2%)
	含まない	1.5 (13.3%)	-

表-13 現行の到達圏と地形考慮圏のカバー域の差

		地形考慮距離(km ²)	
		含む	含まない
現行(km ²)	含む	9.6 (82.5%)	2.0 (17.5%)
	含まない	0.5 (4.2%)	-

表-14 現行の到達圏と代謝的換算距離圏のカバー域の差

		代謝的換算距離(km ²)	
		含む	含まない
現行(km ²)	含む	6.0 (52.1%)	5.6 (47.9%)
	含まない	0.0 (0.0%)	-

地域へのモビリティ確保に適切な方策を考えることができ、地域交通の維持、向上に資する。

また本研究ではバス停までのアクセスとバス停の運行本数に着目したものである。そのため主要バス停までの所要時間などバス停属性の要素の考慮が不十分であることは今後の課題である。

参考文献

- 1) 岡本 直之、徳谷 祐輝 (2021) バス利用に影響を与える要因の検討-利用者意識調査とマクロ分析に基づいて- 交通学研究 第 64 巻 pp123-130
- 2) 森 直之、高見 淳史、パラディ ジアンカルロス (2024) 地形を考慮したバス停へのアクセス評価に関する研究-横浜市金沢区を対象にして-。土木学会論文集 Vol. 80 No.2 22-00336.
- 3) 世田谷区、公共交通不便地域の考え方について、https://www.city.setagaya.lg.jp/documents/11307/t6_1_05_2_.pdf, (最終閲覧 2026 年 1 月 27 日)
- 4) 佐藤 栄治、吉川 徹、山田 あすか (2006) 地形による負荷と年齢による身体能力の変化を勘案した歩行換算距離の検討-地形条件と高齢化を勘案した地域施設設置モデル その 1-。日本建築学会計画系論文集 第 610 号 pp133-139
- 5) 国土交通省:立地適正化計画の手引き[資料編], https://www.mlit.go.jp/en/toshi/city_plan/content/001745585.pdf, (最終閲覧 2026 年 1 月 6 日)
- 6) 横浜市都市計画マスタープラン旭区プラン(平成 30 年 11 月改訂), 横浜市, https://www.city.yokohama.lg.jp/asahi/kurashi/machizukuri_kankyo/machizukuri/masterplan/toshi-master.files/ikkatsu.pdf, (最終閲覧 2026 年 1 月 6 日)