

# 代謝的換算距離及び時空間制約を考慮した傾斜地の 長時間通院地域における高齢者の通院に関する研究

## A study on outpatient visits for the elderly in inconvenient areas on slopes considering metabolic distance and spatiotemporal constraints

17D3103005F 北村 昂人 (交通まちづくり研究室)  
kouto kitamura / mobility planning Lab.

**Key Words :** Elderly traffic , Space-time constrains , Metabolic conversion distance , Traffic blank area

### 1. はじめに

国土交通省によると、高齢者の免許保有率は年々増加傾向にある。また、交通事故による死亡事故件数について、死亡事故件数全体は減少しているが高齢者が関わる死亡事故件数は他の2倍となっている。高齢者が免許を返納しない理由として多く挙げられるのは、「自家用車は日常生活を送るうえで欠かせない」という意見である。つまり、高齢者の生活を交通面から支えていくためには、公共交通をより充実させ、自家用車に依存しなくても不自由なく日常生活を送れるような整備を進めていかなくてはならない。

高齢者の外出行動を考える際には、高齢者の身体的制約、時空間における制約、地形特性を考慮する必要がある。既存研究において、身体的制約については、秋山<sup>1)</sup>は高齢化が進むにつれて、ハンディキャップ、主に上下運動、階段の昇り降りによる疲労が顕著になることを明らかにしている。高齢者の身体的制約を考慮した時空間的制約として、大森ら<sup>2)</sup>は、実際の道路ネットワーク、及びアンケートによって得られた生活パターンを用いて一定の時空間制約内で行動が実行可能かについて研究している。地形特性については佐藤ら<sup>3)</sup>が、エネルギー代謝率を利用して傾斜地における歩行による疲労度について生じる歩行距離について代謝的換算距離という概念を用いて表現している。しかし、身体的制約、地形特性及び時空間制約を考慮した高齢者の交通に関する研究はあまり見当たらない。

以上より、本研究では高齢者の移動目的で重要な位置にある通院について着目し、身体的制約、地形特性及び時空間制約を考慮したうえで通院が実行可能かという指標によりアクセシビリティを考察することを目的とする。本研究では、高低差の激しい横浜市に着目し、市内の中でも高齢化が進んでいる横浜市旭区をケーススタディとする。

### 2. 分析対象都市の概要

平成29年～令和2年の国勢調査<sup>4)</sup>により、横浜市旭区の時系列変化を示す(表1)。令和2年現在、横浜市旭区の総人口は24,686人、65歳以上人口は71,955人、65歳以上人口比率は、29.1%である。高齢者数は、横浜市内

全18区の中で最多であり、老年人口比率は、2番目に高い数値であることから旭区は横浜市内の中でも高齢化が進行している地区であることがわかる。

表1 横浜市旭区高齢者人口の時系列変化

	H29	H30	R1	R2
65歳以上(人)	69,793	70,734	71,441	71,955
老年人口比率(%)	28.0	28.6	28.8	29.1

### 3. 分析手法について

本研究において、アクセシビリティを計算するために活動機会、交通供給、交通需要、地形特性の4つの要素から表2に示したデータをそれぞれ用いる。そして、そのデータから活動機会の所要時間、時空間プリズム制約内での活動実行可能性を算出する(表2)。

表2 分析における利用・算出データ

利用データ	交通需要	2次メッシュ高齢者(65歳以上)人口
	交通供給	道路ネットワーク(DRM) バス運行路線
	活動機会	営業時間帯 施設立地
	地形特性	標高データ
算出データ		代謝的換算距離を考慮した活動機会への所要時間 時空間プリズム制約内での活動実行可能性

#### (1) 所要時間の計算

2次メッシュ(500m×500mのメッシュ)内の人口は各メッシュ中心に存在すると仮定し、各メッシュ中心から道路およびバス路線・鉄道を利用した移動を扱う。道路ネットワークはデジタル道路地図(DRM)を、バス路線はH28年の国土数値情報に掲載されているバスルートを、鉄道は、Google Mapsに表示されている鉄道路線、駅データをそれぞれ用いてデータベースを作成した。

バスによる移動は、各メッシュ中心からバス停まで徒歩でアクセスし、バス停でバスを持ちそこから目的地の最寄バス停までバスに乗り、最寄バス停から目的地まで徒歩でアクセスすることとした。場合によっては、異なるバスに乗り換えるものとする。鉄道による移動は、各メッシュから駅までアクセスし、駅で電車を待ち、そこから電車に乗り、目的地の最寄り駅で下車したのちその駅から目的地の最寄バス停までバ

スに乗車し、さらにその最寄バス停から徒歩でアクセスすることとした。また、公共交通を利用せずに目的地まで最短時間でアクセスできる場合は徒歩でアクセスすることとした。公共交通の乗車時間、待ち時間はGoogle Mapsをもとに算出した。歩行速度は既存研究およびGoogle Mapsの歩行速度をもとに前期高齢者(65歳以上75歳未満)は、3.53km/hとし、後期高齢者(75歳以上)は、3.14km/hとした。また、徒歩での移動を考える際、同じ時間を歩いたとしても平坦な道路と坂道では疲労の感じ方は異なると考えられる。また、同様に非高齢者、前期高齢者、後期高齢者でも疲労の感じ方は異なると考えられる。そこで、本研究では年齢および坂道による疲労度を考慮するために徒歩でアクセスする際は代謝的換算距離を用いることとした。式は小野ら<sup>9</sup>が適用した式を用いることとした。Kを歩行移動距離、勾配 $\theta$ の坂道を歩行するときのエネルギー代謝率の値を $\gamma(\theta)$ 、年齢層 $\alpha$ の歩行速度を $v(\alpha)$ とすると、代謝的換算距離Lは式(1)で表現することができる。

$$L = K \times \frac{\gamma(\theta)}{\gamma(0)} \times \frac{v(\alpha)}{v(0)} \quad (1)$$

歩行基準速度 $v(0)$ はGoogle mapsの歩行速度をもとに5km/h、 $\gamma(\theta)$ は式(2)のように設定した。 $\theta$ は坂道の勾配であり、上りがプラスとなっている。

$$\begin{aligned} \gamma(\theta) &= 1.2 + 3.113e^{0.4614\theta} \quad (\theta \geq 11(\%)) \\ \gamma(\theta) &= 1.2 + 3.113e^{-0.4614\theta} \quad (\theta \leq -11(\%)) \end{aligned} \quad (2)$$

この代謝的換算距離およびGoogle Mapsを用いて所要時間の算出に必要なメッシュ中心からバス停または駅までの徒歩によるアクセス時間、公共交通の乗車時間、目的地の最寄バス停から目的地までの徒歩によるアクセス時間の3つのデータベースを作成した。バス停または駅までの徒歩によるアクセス時間は、まず旭区の全125メッシュにおいてQGISを用いてメッシュ中心からバス停または駅までの最短経路をそれぞれ抽出した。そして、最短経路上に存在する等高線の交点となる点を整理し、メッシュ中心からバス停または駅にアクセスするまでの高低差を算出した。交点間の距離については直線距離で表現している。最短経路上の交点間の距離及び高低差を用いて最短経路上におけるそれぞれの角度を算出し、代謝的換算距離の計算を行った。そして、算出した代謝的換算距離をもとに前期高齢者、後期高齢者におけるメッシュ中心からバス停または駅までの所要時間のデータベースを作成した。目的地の最寄バス停から目的地までの徒歩によるアクセス時間についても同様の作業を行った。公共交通の乗車時間は、Google Mapsを用いて乗車時間を整理した。公共交通

に乗車するタイミングを平日の午前8時に設定しそれぞれのメッシュから目的地までの乗車時間を算出した。

## (2) 時空間プリズム制約内での活動実行可能性

本研究では、時間帯の変化によって外出実行可能性にタイムウィンドウを午前8時~午前11時、午前9時~正午の2パターンに分けて設定することとした。この時空間プリズム制約内で、外出行動を行うことができれば、その日の他の生活活動に支障をきたさないと考えられる。しかし、外出行動が時空間プリズム制約内で実行できない場合は、その外出行動を行うことで、一日の他のスケジュールがずれたり、ある活動時間が減少するなど一日の生活スケジュールに支障をきたすと考えられる。

## 4. ケーススタディ

本研究では、高齢者の外出行動でも必需的な外出である通院について着目し、内科、外科、産婦人科、眼科、耳鼻咽喉科の5科を含む総合病院への通院活動を外出活動の対象とする。通院する総合病院は、各メッシュから最も所要時間が短い総合病院へ通院することとした。そのため、メッシュによって旭区外の総合病院へ通院することも考えられるため、旭区外の総合病院も考慮したが、すべてのメッシュにおいて区内の病院が最寄病院という結果になった。横浜市旭区における対象とする6つの総合病院の立地、道路およびバス路線を図1に示す。

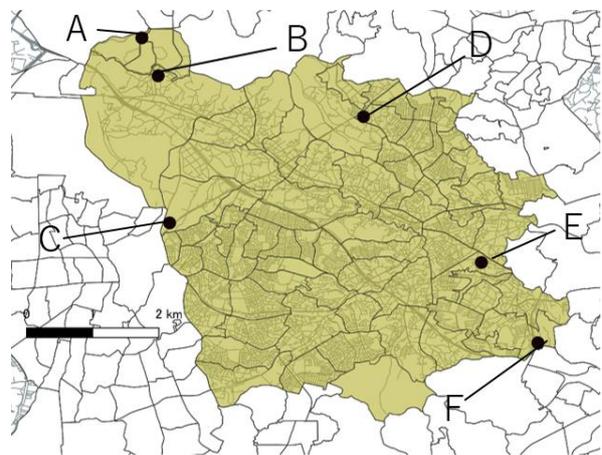


図1 6つの総合病院、道路ネットワーク及びバス路線

### (1) 所要時間

3章の設定をもとに、各メッシュから総合病院への通院時間を計算した。表3は、6つの総合病院の平均所要時間

表3 6つの病院へ的高齢者属性ごとの平均所要時間

平均所要時間	総合病院A	総合病院B	総合病院C	総合病院D	総合病院E	総合病院F
代謝的換算距離なし(前期)	27分	32分	47分	37分	46分	57分
代謝的換算距離なし(後期)	29分	34分	49分	40分	49分	61分
代謝的換算距離を考慮(前期)	33分	41分	55分	48分	58分	69分
代謝的換算距離を考慮(後期)	41分	48分	64分	56分	64分	79分

間を計算した結果である。

各総合病院とも代謝的換算距離を考慮した場合は、代謝的換算距離を考慮しない場合と比べ平均所要時間が増加し、前期高齢者よりも後期高齢者のほうが所要時間が増加するという結果になった。代謝的換算距離を用いて坂道及び年齢による疲労度を考慮したことによって平均所要時間の変化を表現することができた。

(2) 時空間プリズム制約内での活動実行可能性

3章の設定をもとに時空間プリズム制約内で総合病院への実行可能性についての分析を行った。総合病院に滞在する時間は、1時間30分と2時間の2パターンに分け、滞在時間の変化によって時空間プリズム制約内での活動実行可能性がどのように変化するかを考慮した。表4には6つの総合病院における平日の午前中の受付時間を示す。

表4 各総合病院の平日の午前中の受付時間

病院名	総合病院A	総合病院B	総合病院C	総合病院D	総合病院E	総合病院F
受付時間(平日)	9:00~12:00	9:00~11:30	8:30~11:00	8:15~11:00	8:00~12:00	9:00~12:00

表5は、代謝的換算距離を考慮していない前期高齢者の場合、代謝的換算距離を考慮していない後期高齢者の場合、代謝的換算距離を考慮した前期高齢者の場合、代謝的換算距離を考慮した後期高齢者の場合の4パターンにおける総合病院の滞在時間別の通院実行可能性を示している。

表5 代謝的換算距離の有無及び高齢者属性別の通院実行可能性

	代謝的換算距離なし(前期高齢者)	代謝的換算距離なし(後期高齢者)	代謝的換算距離(前期高齢者)	代謝的換算距離(後期高齢者)
滞在時間2時間	81%	74%	74%	65%
滞在時間1時間半	100%	100%	100%	100%

代謝的換算距離を考慮した場合また、後期高齢者の場合のほうが通院実行可能性は低い結果となった。病院の滞在時間別にみると、滞在時間2時間の場合は、代謝的換算距離の有無及び高齢者の属性によって異なるが通院の実行が困難なメッシュが存在するのに対して滞在時間1時間30分の場合は、代謝的換算距離の有無及び高齢者の属性に関係なくすべてのメッシュで通院活動が可能となる結果が出た。

また、タイムウィンドウを午前8時~午前11時、午前9時~正午0時の2パターンに分けて設定して時空間プリズム制約内での活動実行可能性について分析を行ったが、この2つのパターンでの分析では双方ともに同じ結果が得られた。つまり、横浜市旭区は時間帯によって交通機関の利用しやすさにその色がなく、外出する時間帯がある外出の実行可能性に影響を与えることがないといえる。

5. 考察

4章における(1)の結果から後期高齢者は前期高齢者と比べて身体的制約が大きくなり徒歩による身体的負担も増加することから通院活動に要する時間が大きくなることが分かった。また(2)の結果から、横浜市旭区では、通院する時間帯が通院実行可能性に影響を与えることがなく、病院の滞在時間及び通院に要する移動時間が通院の実行可能性の可否に大きく関係していることが分かった。そこで本章では、病院の滞在時間が2時間の場合でもすべてのメッシュにおいて後期高齢者が通院活動が可能となるようにするために交通供給サイドから考えられる解決策について考察をしていく。

図2, 3は、後期高齢者に関して代謝的換算距離の有無別に総合病院の滞在時間が2時間の場合における各メッシュから最短時間で通院することのできる総合病院を色分けで表したものである。また、図3には病院に2時間滞在するパターンにおいて時空間プリズム制約内で通院

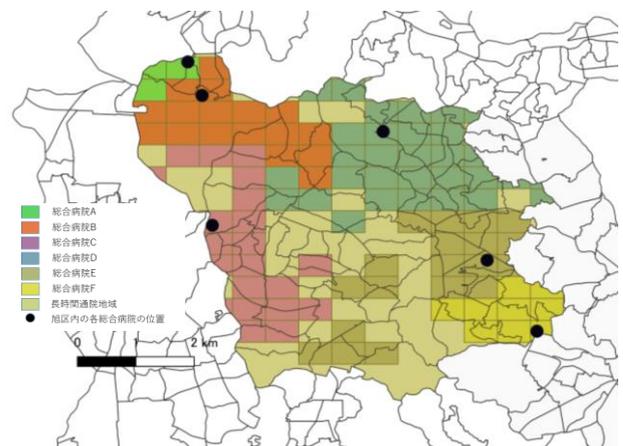


図2 代謝的換算距離を考慮していない場合の後期高齢者の各メッシュからの通院実行可能性

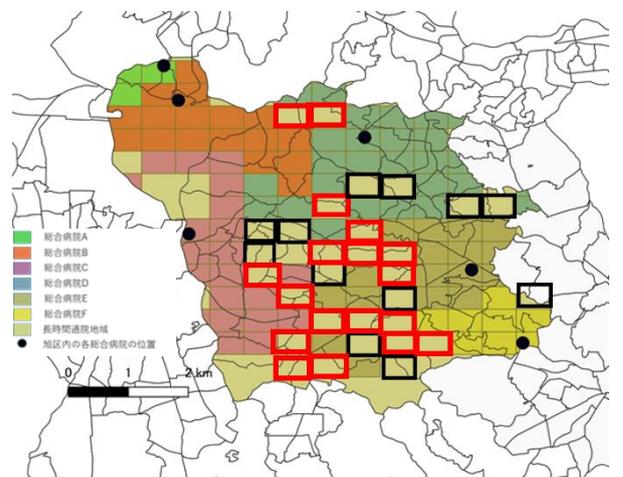


図3 代謝的換算距離を考慮した場合の後期高齢者の各メッシュからの通院実行可能性及び長時間通院地域の要因別の分類

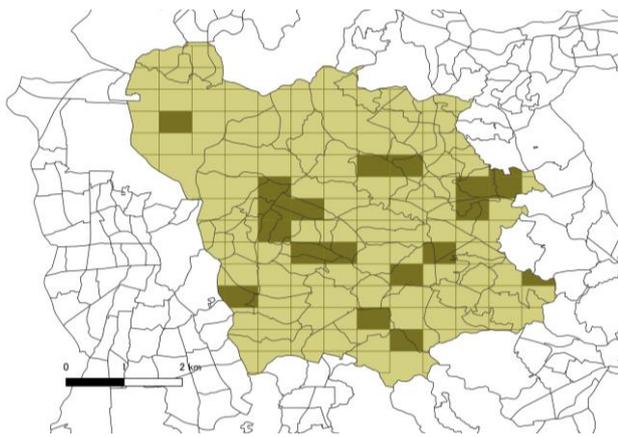


図4 傾斜度が10.8%を超える急斜面が存在するメッシュ

が不可能となった地域を長時間通院地域と定義し、その要因を分類したのも示してある。赤枠で囲まれているメッシュはメッシュ内に総合病院の最寄りバス停を経由するバスが運行されていないメッシュ、黒枠で囲まれているメッシュは、図4で示している傾斜度が10.8%を超える急斜面が存在するメッシュを表している。

黒枠で囲まれているメッシュは、傾斜度が10.8%を超える急斜面が存在するという点を考慮すると、長時間通院地域となる要因としてメッシュ中心からバス停または駅までの徒歩移動時に坂道の急こう配が大きく影響していることが考えられる。こうしたメッシュは急斜面によって歩行が困難であるため、既存のバス停の間隔を短くしたり、バス停を新しく設けるなどして急斜面地における歩行移動を補助するような交通施策を施す必要がある。

赤枠で囲まれているメッシュは、急斜面地とは異なり、坂道の急こう配が原因で歩行が困難となっている可能性は低いと考えられる。これらの地域はメッシュ内にバス停や駅が設置されていないケースが多く、交通機関を利用するために徒歩での移動時間の増加が通院の実行可能性に大きく関係していることが考えられる。こうした長時間通院地域は、長距離の歩行が必要とならないようにバス路線の拡大をするなどして公共交通の利便性を高めていく必要があると考えることができる。

## 6. まとめ

本研究では、高齢者の移動目的で重要な位置にある通院について着目し、身体的制約、地形特性及び時空間制約を考慮したうえで通院が実行可能かという指標によりアクセシビリティを考察することを目的とし活動機会、交通供給、交通需要、地形特性の4つの要素から通院に要する所要時間、時空間プリズム制約内での活動実行可能性を算出し、高齢者のアクセシビリティ

を考察した。今回の結果をまとめると以下のようになる。

- ・代謝的換算距離という概念を用いることによって坂道による移動時間の変化を表現することができた。

- ・横浜市旭区では、通院する時間帯が通院実行可能性に影響を与えることがなく、病院の滞在時間及び通院に要する移動時間が通院の実行可能性の可否に大きく関係していることが分かった。

- ・黒枠で囲まれているメッシュにおいて、代謝的換算距離の有無で通院実行可能性が変化するメッシュは傾斜度が10.8%を超える急斜面が存在するケースが多いため、徒歩移動時に坂道の急こう配が大きく影響していると考えられる。こうした長時間通院地域は既存のバス停の間隔を短くしたり、バス停を新しく設けるなどして急斜面地における歩行移動を補助するような交通施策を施す必要がある。

- ・赤枠で囲まれているメッシュにおいて、代謝的換算距離の有無で通院の実行可能性が変化しないメッシュは、坂道の急こう配が原因で歩行が困難となっている可能性は低いと考えられる。こうした長時間通院地域は、長距離の歩行が必要とならないようにバス路線の拡大をするなどして公共交通の利便性を高めていく必要がある

本研究では、総合病院の滞在時間及び利用時間帯、利用する総合病院の設定を仮定して研究を進めた。今回はアンケート調査を実施できなかったが本来は研究対象地域にアンケート調査を実施し、総合病院以外の施設を考慮するなどより具体的に分析を進める必要がある。また、今回は通院活動のみ考慮したが実際には、通院の前後にはほかの活動を行うことも考えられる。そのため、複数の活動機会を考慮したアクセシビリティ指標の構築も今後の課題であると言える。さらに、送迎の可能性、自動車の運転の可能性、性別を考慮した分析も今後の課題とする

## 参考文献

- 1) 秋山哲男(1987):「高齢者のハンディキャップと外出特性に関する研究」総合都市研究,第32号 pp.145-157,
- 2) 大森 宣暁・室 町 泰徳・原田 昇・太田 勝敏(1998):「生活パターンを考慮した高齢者のアクセシビリティに関する研究～秋田市をケーススタディとして～」土木計画学研究・論文集, No.15,pp.671-678
- 3) 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距離の検討—地形条件と高齢化を勘案した地域施設配置モデルその1—」日本建築学会計画系論文集, 第610号, pp.133-139
- 4) 総務庁統計局: 国勢調査報告(平成29年,平成30年,令和元年,令和2年)
- 5) 小野 裕資・喜多 秀行・岸野 啓一(2012):「公共交通利用における身体的機能を考慮したアクセシビリティ指標の構築」土木計画学研究・論文集, 第29巻, pp.983-990