

# デマンド対応型交通の導入を目指した 地形の高低差を考慮した移動抵抗の算定

中村 瑞穂<sup>1</sup>・浅野 光行<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 早稲田大学大学院創造理工学研究科建設工学専攻（〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1）

E-mail:m.nakamura-lfc@akane.waseda.jp

<sup>2</sup>フェロー会員 工博 早稲田大学創造理工学部社会環境工学科教授（〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1）

E-mail:asanomi@waseda.jp

近年多摩ニュータウンの衰退が進み、その一因としてニュータウン特有の移動しづらさが挙げられる。坂や階段が多いことから高齢者にとっては移動しづらい街となっていることが考えられる。そこで本研究では、高低差を考慮した移動しやすさを居住地ごとに求め、地区ごとの移動しやすさの評価を行った。そして居住者の生活行動、デマンド対応型交通の利用意向と移動しやすさの関係を把握することで、今後の多摩ニュータウンにおける交通政策の評価を行う。

**Key Words :** *New Town, Accessibility, The Elderly, Demand Responsive Transport*

## 1. 背景・目的

昭和40年代以降、大都市に集中する人口の受皿として大都市圏で開発された大規模なニュータウンは大きな転換点を迎えている。多くのニュータウンでは、少子高齢化、建物の老朽化が進み、商店街のシャッター通り化など街の衰退が進行している。またニュータウンの特徴として、丘陵地を開拓したため、当時の地形を色濃く残した形状を有していることが挙げられる。坂道や階段は平坦な道とは平面的な移動距離が同じでも移動負荷が異なり、特に高齢者にとってはその影響が多きい。一方で多摩ニュータウンでは初期開発地区の団地の建替えが行われる等、ニュータウンの再生への取り組みが行われ始めている。

このような状況を踏まえ、今後のニュータウンにおいて利便性の高い都市環境を構築するためには、地形特性や居住者の年齢段階による身体能力の状態を考慮した地域施設の配置が重要であると言える。またニュータウンのような坂の多い地域での交通計画においては、オンデマンドバスや乗り合いタクシーといったデマンド対応型交通による交通支援策の実施が重要である。

そこで本研究では、多摩ニュータウンを対象とし、生活施設への高低差を考慮したアクセシビリティを居住建物ごとに把握する。そして居住者の生活行動、居住環境意識を把握し、高低差を考慮したアクセシビリティを用

い、デマンド対応型交通などの事業効果を評価する。そして多摩ニュータウンにおける利便性の高さ都市づくりに向けた交通政策、都市計画を考察することを目指す。

## 2. 研究の位置づけ

### (1) 既存研究

#### a)地形特性を考慮した移動抵抗に関する研究

佐藤ら<sup>1)</sup>は地形特性を考慮したアクセシビリティを代謝換算距離に置き換えることで算出し、駅など街の中心地からの徒歩圏を求めている。溝口ら<sup>2)</sup>は歩行者ネットワーク上の勾配や階段の抵抗感を数値化することで定量的把握を行っている。

また高見ら<sup>3)</sup>は、ある場所への行きやすさ意識に地形の起伏や個人属性が及ぼす影響を定量的に把握している。

#### b)高齢者の生活行動に関する研究

大森ら<sup>4)</sup>は秋田市を対象として病院へのアクセシビリティを高齢者人口分布および交通ネットワークデータを用い、所要時間、一般化乗車時間の指標により考察している。室永ら<sup>5)</sup>は熊本市を対象とし高齢者の外出を促進・阻害する環境条件をアンケート調査により明らかにしている。

## (2) 本研究の位置づけ

地形特性を考慮した移動抵抗に関する研究では、経路内の勾配を水平距離に換算することでアクセシビリティを算出しているものが多く、中心地からの徒歩圏を求めているものもある。しかし居住地ごとに目的地までの移動抵抗を算出することで建物ごとのアクセシビリティを評価する研究の蓄積は不十分であると考えられる。また高齢者の生活行動に関する研究では、アクセシビリティや外出要因を明らかにしているものの、移動抵抗と生活行動、デマンド対応型交通の需要との関係性に着目した研究は見受けられない。

よって、ニュータウン内において居住建物ごとのアクセシビリティを明らかにし、高齢者の生活行動とデマンド対応型交通の需要との関係性を明らかにすることで、今後のニュータウンの交通政策の評価を定量的に行うことに本研究の意義がある。

## (3) 本研究の概要

対象ニュータウンとして多摩ニュータウンを取り上げる。少子高齢化が急激に進んでいること、勾配差の大きい地形を有していること、団地の建替えが行われており新たな局面を迎えていることから選定した。また対象地区を初期開発地区である永山、諏訪地区とする。図-1に研究対象エリアを示す。



図-1 研究対象エリア (UR 都市機構 HP より引用・作成)

次に対象居住区から最寄バス停、近隣商店街移動抵抗を居住地ごと(団地一棟ごと)に算出する。その際佐藤ら<sup>1)2)</sup>の経路内の高低差を水平距離に変換した「代謝的換算距離」、所要時間、消費カロリーを用いる。

算出した居住地ごとの移動抵抗を適性徒歩圏などで評価することで、居住地ごとの生活施設への移動しやすさを把握する。

## 3. 現況把握

### (1) 交通手段・外出率・世帯構成 (出典：平成 20 年 PT 調査)<sup>7)</sup>

多摩市における設別トリップ数(図-2)をみると、医療・構成・福祉施設への移動手段は、自家用車の割合が

最も高く次いで鉄道、徒歩となっている。

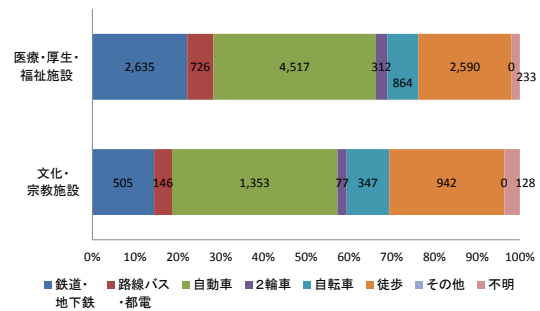


図-2 施設別トリップ数<sup>7)</sup>

### (2) 多摩市における高齢者の生活実態<sup>8)</sup>

多摩市が平成 23 年 1 月に 65 歳以上の市民を対象として、暮らし、介護についての調査を行った生活実態の概要は次の通りである。調査対象者の 70%以上が 2 階以上に居住しており、60%以上がエレベーターのない住まいに住んでいる(図-3、図-4)。また週に 1 回以上外出する人の割合は、買物目的で 80%以上、散歩をする人は 60%以上いる。この結果からも、活発に外出する高齢者が多くいることが分かる。(図-5) 外出する際の移動手段では徒歩が 75%以上と最も高く、次いで路線バス、電車が高い割合を占める(図-6)。

住まいの快適さ、近所の交通環境はともに約 20%が否定的な意見を持っている(図-7)。一方自家用車がないと外出が不便であるかという設問には約 80%の人が、どちらでもない、そう思わないと回答している。この理由として、徒歩圏内に目的地がある、バスなどの公共交通が充実していることなどが考えられる。

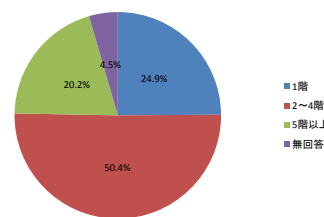


図-3 住まいの階数<sup>8)</sup>

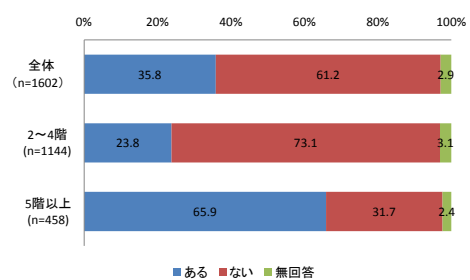


図-4 エレベーターの有無<sup>8)</sup>

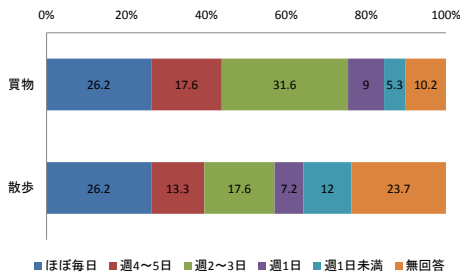


図-5 外出頻度<sup>8)</sup>

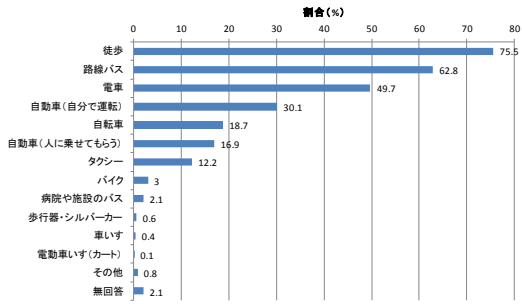


図-6 外出する際の移動手段<sup>8)</sup>

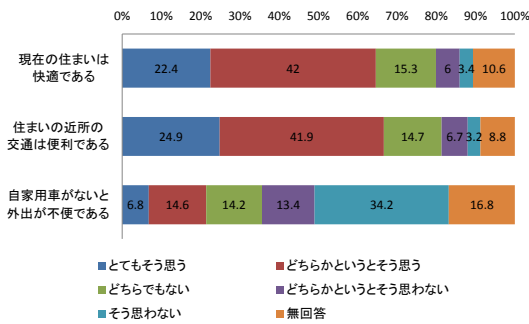


図-7 現在の住まいや近所の交通環境<sup>8)</sup>

#### 4. 高低差を考慮した移動抵抗の算出

##### (1) 算出方法

###### a) 代謝的換算距離<sup>1) 2)</sup>

算出方法は佐藤ら<sup>1) 2)</sup>の代謝的換算距離を用いる。代謝的換算距離とは、1m毎の等高線で区切られた経路の各部分に、坂道歩行時に消費する代謝エネルギーを指標とした傾斜の負荷と、基準歩行速度に対する年齢階層ごとの歩行速度の比の逆数を移動負荷として乗じた距離のことである。

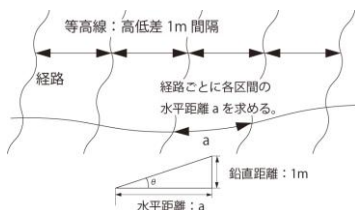


図-8 経路内の垂直距離 1m 区間の概念<sup>1) 2)</sup>

表-1 歩行速度の定義<sup>1) 2)</sup>

年齢階級	運動能力平均指数	歩行階級別指数	割合	歩行速度 (km/h)
5~9	51.63	51.63	54%	2.17
10~14	80.58	80.58	85%	3.39
15~19	95.53	94.96	100%	4.00
20~24	97.47	94.96	100%	4.00
25~29	96.96	94.96	100%	4.00
30~34	95.75	94.96	100%	4.00
35~39	95.02	94.96	100%	4.00
40~44	93.47	94.96	100%	4.00
45~49	90.5	94.96	100%	4.00
50~54	85.32	80.69	85%	3.40
55~59	80.46	80.69	85%	3.40
60~64	76.29	80.69	85%	3.40
65~69	69.58	66.98	81%	2.82
70~74	64.37	66.96	71%	2.82
75~	59.48	59.48	63%	2.51

1) 運動能力平均指数は、握力・上体起こし・長座体前屈それぞれのピークを100とした指数を年齢階級ごとに平均した  
 2) 運動能力平均指数90以上に対し平均値をとり基準とした  
 3) 歩行階級は前期高齢者と後期高齢者の他に指数の差が10以内のものをまとめ階級とした

表-2 代表的なエネルギー代謝率<sup>1) 2)</sup>

歩行速度 (m/min)	RMR値	坂道歩行 (80m/min)	RMR値
50	1.5	-9%	1.3
60	1.9	-5%	1.7
70	2.4	5%	3.8
80	3.2	10%	5.4
90	4.0	15%	7.2
100	5.0	20%	9.4
110	6.4	階段登り	10.0
120	8.5	階段下り	2.5

図-8 より求めた経路内の垂直距離 1m ごとに区切った各区間の水平距離を用い、

$$\tan \theta = \frac{\text{垂直距離 : } 1\text{m}}{\text{水平距離 : } a} \quad (1)$$

より、経路上の垂直高さ 1m ごとに区切られた区間ごとの坂道の角度  $\theta$  が求められる。この角度  $\theta$  (坂の勾配) を用いて、坂の勾配を  $x$ 、RMR の値を  $y$  とし表-2 の値を近似した式を以下に示す。

$$Y = 3.113e^{4.614x} \quad (2)$$

(2) 式より求めた RMR 値を用い、式(3)により消費カロリーを求める。

$$E = (RMR + 1.2) \times BMR \times W \times T \quad (3)$$

E : 代謝エネルギー, RMR : エネルギー代謝率  
 BMR : 基礎代謝率, W : 体重, T : 時間

歩行時の代謝エネルギー E による相対的な負荷は、(3) 式中の前半にある (エネルギー代謝率 (RMR) + 1.2) の値の比率により示すことができる。すなわち水平歩行と坂道・階段の代謝エネルギー比が歩行負荷を示すと考えている。

式後半にある基礎代謝率 (BMR) × W は基礎代謝量を表し、個々人の体系や筋肉量が関係する値であるため、この値を一定として扱うこととする。

エネルギー代謝率 (RMR) の値は、様々な動作時の消費エネルギーの基礎代謝に対する比率であり、実際には、詳細な移動形態や歩行速度、調査対象者個々人の体系、年齢、に大きく関わってくるものである。

**b)所要時間、消費カロリー**

バス停、近隣商店街及び老人福祉施設までの所要時間は、経路距離を表-1の年齢階層に応じた歩行速度で割ることで算出した。また消費カロリーは (3) 式から算出した。その際対象者を男性・65歳とし各種データの設定を行った。体重、年齢のデータは文部科学省「国民栄養調査」データの年齢ごとの平均体重・身長を用いた。

(3) 式中のBMRについては男性、65歳の一日の基礎代謝量を以下の (4) 式を用い、1分・1kgあたりのBMRを求めた。

$$BMR = 66 + (13.7 \times \text{体重}) + (5 \times \text{身長}) - (6.8 \times \text{年齢}) \quad (4)$$

表-3平均体重・身長・BMR値 (文部科学省, 国民栄養調査より作成)

年齢	25	35	45	55	65
体重 (kg)	65.58	68.93	69.21	67.01	62.95
身長 (cm)	172.2	171.73	171.03	168.73	164.46
BMR (cal)	1655.4	1631.0	1563.3	1453.7	1308.7
BMR (cal/1分)	1.150	1.133	1.086	1.010	0.909
BMR (cal/1分・1kg)	0.018	0.016	0.016	0.015	0.014

**(2) 対象地での算出**

初期開発地区である「諏訪」「永山」を対象に、各居住地から最寄「バス停」, 「諏訪老人福祉館・スーパー: 諏訪地区」および「近隣商店街: 永山地区」までの代謝的換算距離の算出を行った。また所要時間、消費カロリーについては、最寄「バス停」, 「諏訪老人福祉館」および「近隣商店街」の二カ所を目的地とした。団地内建物一棟を一つの居住地として考え、居住階等は考慮していない。対象地区を図-9に示す。また代謝的換算距離については年齢の影響を考慮せずに15~49歳を対象とし、所要時間、消費カロリーについては男性・65歳を対象として算出した。

また目的地までの路内の高低差の測定には経路作成サイト「ルートラボ」<sup>9)</sup>を使用し、最短経路を選択した。



図-9分析対象値地区



図-10 ルートラボの経路内標高データ<sup>9)</sup>

**(3) 算出結果の評価**

**a)代謝的換算距離の評価**

代謝的換算距離は、バス停まで抵抗なく歩ける距離として250m, 徒歩による行動圏として800mを評価基準とし、それぞれの目的地までの換算距離を評価した。評価基準を表-4に、バス停、近隣商店街までの評価結果を図-11, 図-12に示す。

バス停までの距離は、諏訪2丁目、永山3丁目の一部の居住地の値が高くなった。また図-12から中心商店街から遠くなるほど値が大きくなるのが分かる。特に、諏訪2丁目、諏訪4丁目の値が高いことが分かる。

表-4 評価基準と対象<sup>10)</sup>

評価対象目的地	評価基準	備考
バス停	250m以内	バス停まで抵抗なく歩ける距離(50%値)
近隣商店街	800m以内	徒歩による行動圏

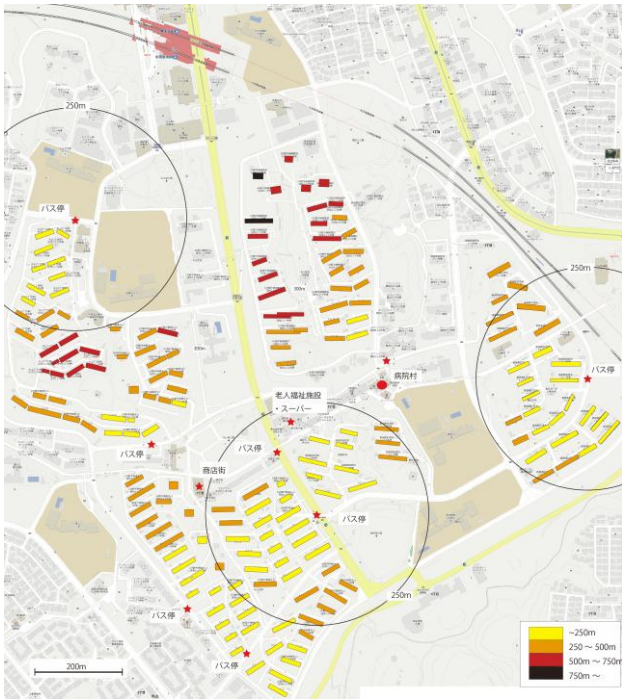


図-11代謝的換算距離 (バス停)

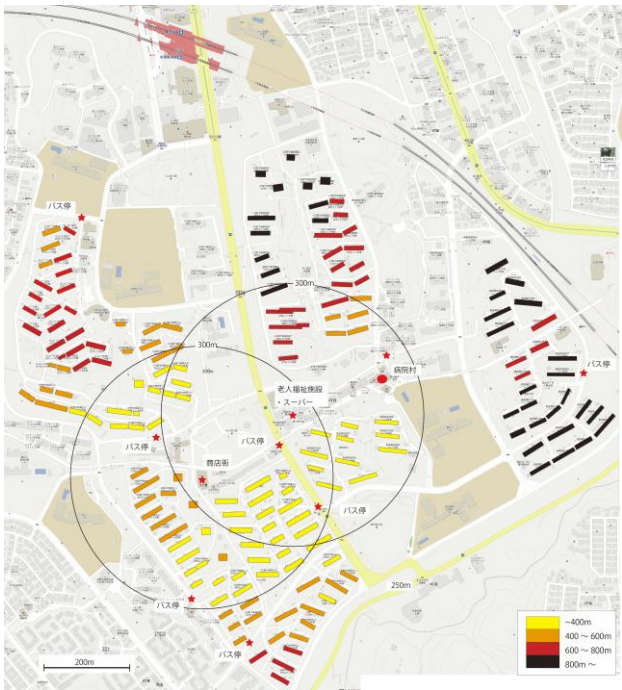


図-12代謝的換算距離 (近隣商店街)

が分かる。

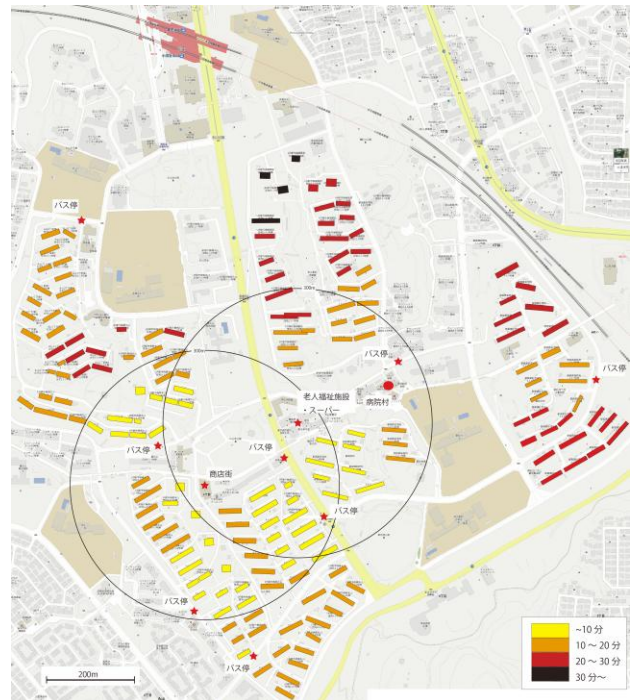


図-13所要時間

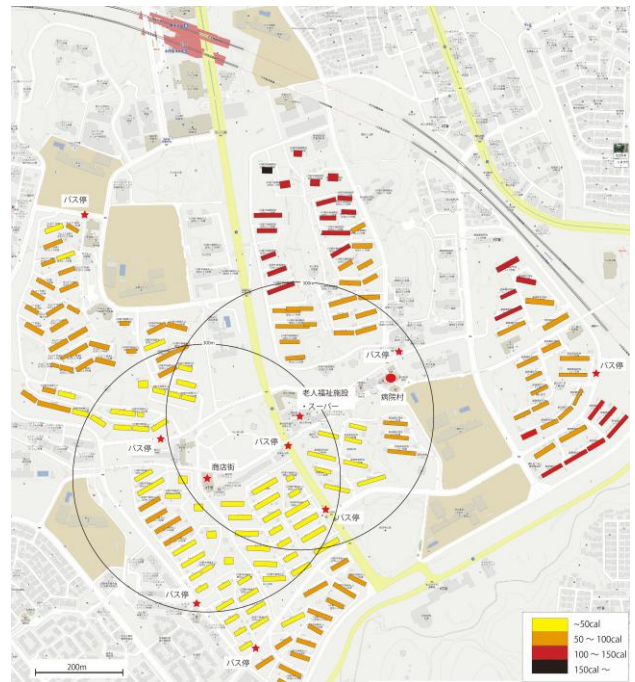


図-14消費カロリー

b)所要時間, 消費カロリーの評価

各居住地からバス停, 近隣商店街の二地点までの経路内所要時間の合計値を図-13に示す。合計値を10分, 20分, 30分ごとに分類した。

各居住地からバス停, 近隣商店街の二地点までの歩行での移動にかかる消費カロリーの合計値を図-14に示す。合計値を50cal, 100cal, 150calごとに分類した。この結果から諏訪2丁目, 諏訪4丁目は所要時間, 消費カロリー共に値が高く, 永山4丁目の値は全体的に小さいこと

5. 高齢者の生活行動に配慮した新型交通システムへの適用方法

前章までの現況把握を踏まえ, 新型交通の需要と居住者の生活行動を把握することを目的にアンケート調査を行う。アンケート調査概要を表-5に示す。特にデマンド対応型交通への利用意向, 設置に対する支払い意思額

を把握することで、デマンド対応型交通の導入に対する施策評価を行う。また前章で把握した移動抵抗、消費カロリーを用いることで、デマンド対応型交通の導入に対する施策評価を多角的に行うことを目指す。

表-5調査内容

調査項目	内容
属性	性別、年齢、職業、居住年数、居住階数 同居者、車保有の有無
生活行動	目的地(スーパー、病院、駅、 バス停、コミュニティセンター) ・移動頻度 ・移動手段 ・移動しやすさ(1~5段階評価)
居住環境に 対する意識	・団地建替え後の居住意思 ・団地建物にエレベーターを建設する場合の 支払い意思額
デマンド対応型 交通への利用意向	・利用意向 ・設置、利用に対する支払い意思額 ・利用による行動の変化

## 6. 得られた知見

デマンド対応型交通システムへの適応にあたっての基礎データとして、居住地ごとの生活施設への移動抵抗を明らかにすることができた。

代謝的換算距離、所要時間、消費カロリーの三つの評価項目において、諏訪2丁目、諏訪4丁目1番地、諏訪4丁目3番地、永山3丁目値が大きく、移動しづらい地区であることが分かった。特に諏訪2丁目は近隣商店街方面に対し下りの斜面上に位置することから、高低差の影響が大きく、値が大きくなった。

また永山4丁目は近隣商店街から近いこともあり、どの値も小さく、移動しやすい地区であることが分かった。

## 7. 今後の課題

生活施設への行やすさを把握することで、居住地ごとの詳細なアクセシビリティ評価を行うことが今後の課題である。またデマンド対応型交通の導入施策に対する評価方法として、利用意向、支払い意思額、アクセシビリティといった多角的な評価指標を提示することも今後の

課題である。

## 参考文献

- 1) 佐藤栄治, 吉川徹, 山田あすか: 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配置モデルその1—, 日本建築学会計画系論文集 (610), 133-139, 2006-12-30
- 2) 佐藤栄治, 吉川徹, 山田あすか: 歩行換算距離を用いた施設配置と住み替えによる地域生活継続可能性の検討—地形条件と高齢化を勘案した地域施設配置モデルその2—, 日本建築学会計画系論文集 73(625), 611-618, 2008-03-30
- 3) 溝口秀勝, 山川仁: 斜面住宅地における勾配を考慮した徒歩移動に関する研究, 日本都市計画学会学術研究論文集 36, 841-846, 2001-10-15
- 4) 高見敦史, 木澤友輔, 大口敬: 個人属性・地形要因を反映した徒歩・自転車による日常活動へのアクセシビリティに関する研究-多摩ニュータウン初期開発地区を例として-, 日本都市計画学会 都市計画論文集 42(3), 919-924, 2007-10-25
- 5) 大森宣暁, 室町泰徳, 原田昇, 太田勝敏: 生活行動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, 土木計画学研究論文集 No.15, 671-678, 1998
- 6) 室永芳久, 両角光男: 地区環境に応じた高齢者の外出行動の相違に関する事例研究—熊本市における外出活発地区・非活発地区の比較分析—, 日本建築学会計画系論文集 (566), 63-70, 2003-04-30
- 7) 平成20年パーソントリップ調査
- 8) 多摩市高齢者実態調査, 平成22年度版
- 9) ルートラボHP: <http://latlonglab.yahoo.co.jp/route/>
- 10) 海道清信: コンパクトシティ, 学芸出版社, 2006年

(2011.8.2受付)

# A STUDY OF THE ACCESSIBILITY CONSIDERING THE VERTICAL INTERVAL AND ASSESSMENT OF DEMAND RESPONSIBLE TRANSPORT -CASE STUDY AT TAMA NEWTOWN-

Mizuho NAKAMURA and Mitsuyuki ASANO

Newtown has been declined in a decade, and the one of the reason is the difficulty of the travel in the daily life. The geological formation of Newtown with the high vertical interval makes the travel difficult, particularly for the elderly. To assess the Newtown transportation policy, this study calculated and assessed the accessibility considering vertical interval by each district of residence.