

健康福祉都市における街路計画と移動制約者に着目した交通調査手法*

Streets Network Planning for the Health Welfare City and Methods of Travel Survey for People with Mobility Impairment *

大村朋之**・羽藤英二***

By Tomoyuki OHMURA**・Eiji HATO***

1. はじめに

日本は先進国の中で突出した高齢化率であり、世界の中で最も早く高齢化を迎える。日本の高齢化対策には医療・福祉分野を中心として取り組みがなされているが、都市計画・交通計画の分野は健常者中心であり欧米諸国と比較して出遅れている。

高齢者や身体障害者といった移動制約者は、外出時に周辺環境から制約を受けやすい。体力維持のために外出しようにも制約のために断念し、身体機能の低下を招くという悪循環が生じている。また高齢化に伴い、疾病構造も急性疾患から治すことの難しい障害など慢性疾患へと変化していると指摘され、高齢者の引きこもりがより深刻になると、中野¹⁾は指摘している。

賑わいのあるまちづくり、歩けるまちづくりなどを標榜とした都市計画・まちづくりが行われることがしばしばあるが、今後増加する移動制約者がまちなかに染み出すように表れることを誘発できなければ、賑わいや歩行者のためのまちづくりは達成できないはずである。

バリアフリー関連の法も整備され、バリアフリー・ユニバーサルデザインという言葉も一般的になったが、段差をなくす、幹線道路沿いの歩道を整備するなどハード面での対策が多い。本来は移動制約者自身が身体を動かしたくなるよう誘発し、健康維持に寄与する空間特性・システムの特長やそのような環境作りが望まれる。厚生労働省の試算²⁾でも「一步あるけば医療費0.0014円削減」とまで言われ始めている。ただその対策を考える上で参考になりえる、移動制約者がどのような生活行動を送っているのかを定量的に分析・評価した研究は少ない。

高齢者や障害者の屋外利用空間については、野尻ら³⁾による横断歩道などのスポットに着目した研究や、三宮ら⁴⁾による利用施設といった始点と終点に着目した研究、松野⁵⁾の公共施設の立地・需要傾向と施設配置の研究

*キーワード：高齢化，移動制約者，街路計画

**学生非会員、東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻

(東京都文京区本郷7丁目3番地1号、TEL:03-5841-1672、

E-mail: ohmura@bin.t.u-tokyo.ac.jp)

***正員、工博、東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻

(E-mail: hato@bin.t.u-tokyo.ac.jp)

といった物理的バリアに関する研究が多い。心理的バリア把握の研究も、目黒ら⁶⁾が障害者に歩道整備に関するアンケートを実施したり、高見ら⁷⁾が個人属性や地形要因を考慮した日常的活動機会のアクセシビリティに関する研究をしているがまだ数は少ない。また経路選択の研究も街路のサービスレベルを取り込んだものは数が少ない。

そこで本研究では、高齢者や障害者の生活行動実態把握調査の試案と実践を行い、街路歩行空間の使われ方の実態把握や街路空間の再検討、移動制約者の生活行動についての理解を目標とする。

2. 調査手法と参考調査

本調査は、初台リハビリテーション病院と渋谷区初台地区に住む高齢障害者を対象とし、2009年12月から2010年1月に実施した。リハビリテーション病院で患者の身体機能回復に携わる理学療法士へのヒアリング調査、高齢障害者1名へのヒアリング調査と追跡調査、プローブパーソン調査、高齢障害者自宅付近の街路ネットワーク調査を実施した。各調査の目的は表1にまとめた。

(1) 調査対象者と調査対象地域

モニターは幼少期から初台在住の70代男性である。60代で心筋梗塞と脳梗塞を発症し、現在は右足に軽度の障害が残り月一回リハビリ通院しているが自宅で生活している。脳梗塞発症者の中では回復度はかなり高く、散歩を兼ねた買い物のための外出やスポーツセンターでの水中運動を行うなど活動的である。

本調査では対象をモニターの徒歩圏（自宅周辺）における行動分析とするため、モニターの1ヶ月間の行動圏

表1 調査と調査目的

| 調査名 | 目的 |
|---------------------|--|
| 理学療法士ヒアリング調査 | 移動制約者の都市空間上での問題把握 回復期リハビリの実態把握 (院外リハビリコース調査) |
| 移動制約者(高齢障害者)ヒアリング調査 | 移動制約者の都市空間上での問題把握 維持期リハビリの実態把握 |
| エスノグラフィ調査・追跡調査 | 個人の活動データと心理データを取得 |
| プローブパーソン調査 | 個人の活動データを詳細に取得 |
| 街路ネットワーク調査 | プローブ調査と空間データの関連把握 |

域を分析して、対象地区を渋谷区初台にあるモニターの自宅を中心に東西約2km, 南北約3kmのエリアに絞った。初台地区は、山手通りや甲州街道といった大きな道路を有し、現在山手通りは大規模な工事を行っている。新宿に近いが地域内の多くは住宅街であり、現地調査では住宅街の中に多くの坂道が確認された。

(2) プローブパーソン調査とウェアラブルセンサ

GPS搭載の携帯電話などIT機器を用いて、どこにいたかなどの移動状況を記録するプローブパーソン調査では、高齢者・障害者の屋外移動分析のためにBCALsによるデータと手書きの行動日誌を用いた。BCALsとは“Behavioral Context Addressable Loggers in the Shell”の略称であり、位置情報や加速度情報などを取得するプローブパーソン専用端末（ウェアラブルセンサ）である。本調査では、BCALsシリーズのBCALs-online（図1）を用い、移動制約者1名の位置情報（数秒ごとの緯度、経度）・加速度情報（数秒ごとの3軸の平均・最小・最大加速度）・気圧情報（数秒ごとの気圧と気圧微分値）を自動測定・自動送信し、サーバに蓄積する。

この機器を用いることで、紙の調査票に記憶を頼りに移動行動を記入するパーソントリップ調査よりもより正確な情報が取得でき、またモニターの負担を軽減することが可能となる。また通常のプローブパーソン調査では位置情報のみの取得であったが、BCALsの加速度センサーを用いれば交通手段などの行動文脈推定も可能⁸⁾⁹⁾であることも特徴となる。また本調査ではモニターが高齢者であったので、(i) BCALsを加速度連動モード

(一定以下の加速度状態が一定期間継続すると計測を停止し、一定以上の加速度を検出すると、計測を開始する)に設定し、電源操作も不要にし充電操作のみにしたこと、(ii) 通常のプローブパーソン調査で移動の詳細（出発・到着時刻、移動目的の登録など）を把握するのにWebダイアリーを用いるが、紙ベースの行動日誌の記入とモニター自身へ質問する処置を行った。以上の手順で、BCALsのバッテリー切れによるデータ欠損等を補い、約一ヶ月間（32日分）の行動記録を作成した。

(3) ウェアラブルセンサの歩数精度検証

BCALsの歩数検証を行った。2010年4月14日～15日に一定時間の歩数を市販の歩数計とBCALs測定値で比較した。被験者は健康な大学院生男女2名ずつ計4名で、場所は東京近郊で行った。測定誤差除去のため、(BCALsでの歩数) / (万歩計での歩数) の値の上位・下位10%は省いた。結果は図2であり、BCALsの歩数精度は概ね良好と考えられる。



- BCALs-online 特徴**

 - ・ GPSセンサー, 3軸加速度センサー, 気圧センサー, 通信モジュール内蔵
 - ・ 小型軽量で堅牢
 - ・ 充電のみの簡単操作
 - ・ ポケットに携帯するだけ簡単計測

図1 BCALs-online の概観と特徴

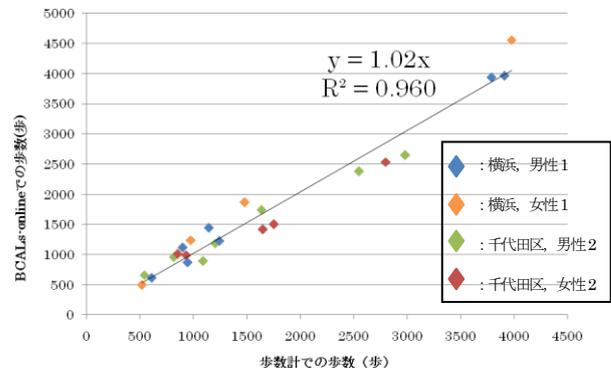


図2 BCALs-onlineと歩数計での歩数比較

3. 基礎分析

(1) 一日歩数

モニターは外出時に携帯電話の歩数計機能を使用しているため、その歩数とBCALsの歩数計測で全章の精度検証と同様の分析を行うと、 $y=1.089x$, $R^2=0.913$ の結果が得られ精度検証よりも若干悪いが、良好な結果といえるので以降の分析に用いる。

一日の主活動目的と活動エリアと一日歩数の関係性（注、水中運動中の歩数は含まず）をみる（表2）。主活動目的は{水中運動・買い物（徒歩圏内）・買い物（徒歩圏外）・会合}の4分類、活動エリアは{スポーツセンター・初台駅周辺・遠距離エリア（自宅から直線距離で500m以上）・スポーツセンターと遠距離エリア・徒歩圏外}の5分類である。

エリア別の平均外出歩数は、少ない順に“スポーツセンターや初台駅周辺のみ”の近距離 < “（スポーツセンターと）遠距離エリア” < “徒歩圏外”となっている。500m以下とそれ以上のエリア訪問回数が同じくらいなので「近場のみで買い物も済ませられるが普通の生活全般でリハビリを兼ねる意味で遠くまで歩いて行くモチベ

表2 主活動目的と活動エリア別の平均歩数（歩、()内の数字は日数）

| エリア | 目的 | 水中運動 | 買い物 | 買い物 (徒歩圏外) | 会合 | 総計 |
|----------|----|---------|----------|---------------|---------|----------|
| スポーツセンター | | 3855(5) | 0 | 0 | 0 | 3855(5) |
| 初台駅周辺 | | 0 | 4134(4) | 0 | 0 | 4908(4) |
| 遠距離エリア | | 0 | 6702(7) | 0 | 7707(2) | 6790(9) |
| スポーツ・遠距離 | | 6100(2) | 0 | 0 | 0 | 6100(2) |
| 徒歩圏外 | | 0 | 0 | 9841(5) | 7145(1) | 9391(6) |
| 総計 | | 4496(7) | 5768(11) | 9841(5) | 7520(3) | 6411(26) |

表3 移動歩数(歩)と活動歩数(歩)とその比率

| | スポーツセンター | 遠距離エリア | 徒歩圏外 |
|------------------------------------|---------------|---------------|--------------|
| 移動歩数平均(歩) | 3333 | 5607 | 4974 |
| 活動歩数平均(歩) (活動歩数) /(移動歩数)の平均値 | 1137 0.302 | 1328 0.242 | 3261 0.77 |

※移動歩数：純粋な施設間移動、活動歩数：施設内での移動

「移動歩数」と「活動歩数」とその平均比率を求めると表3のようになった。ここでも遠距離エリア訪問はリハビリの意味が読み取れる。徒歩圏外では、交通の便が良い所に行くことも多いので移動歩数は遠距離エリアよりも少ないが、買い物時に歩きまわる活動歩数が多かったことも観察された。

また、プローブ調査のデータが外出時間をカバーできている16日分では「移動歩数」(施設間移動での歩数)と「活動歩数」(施設内での移動、買い物など)とその平均比率を求めると表3のようになった。ここでも遠距離エリア訪問はリハビリの意味が読み取れる。徒歩圏外では、交通の便が良い所に行くことも多いので移動歩数は遠距離エリアよりも少ないが、買い物時に歩きまわる活動歩数が多かったことも観察された。

(2) 街路別利用回数

図3はモニターの移動軌跡データをマップマッチングして街路ごとの利用回数を表したものである。山手通り・甲州街道(図中ピンク破線)のような幹線道路は、あまり利用されていない。山手通りが工事中で足場が悪いことと、歩道橋を利用するのが難しい高齢者や障害者にとって横断ルートは横断歩道だけに限られてしまう。横断歩道も広幅員道路であれば1回の青現示では渡り切れないケースもヒアリング調査や既往研究³⁾であげられている。対照的に、車のあまり通らない路地のような道を好んで歩いている様子もある。従前の街路整備においては「大きな道路中心の整備、路地は拡幅する」が主流であったが、高齢者や障害者が増加する将来に向けて

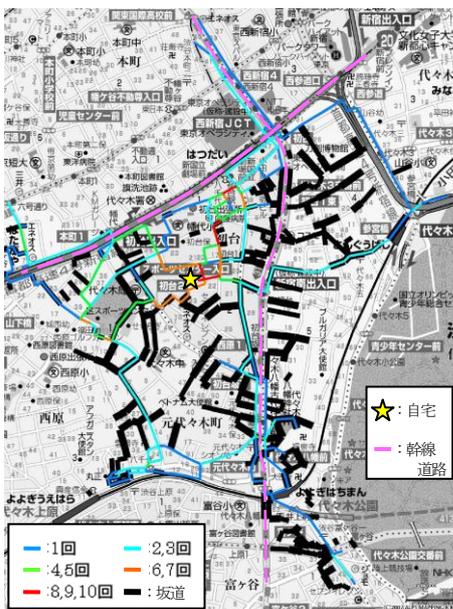


図3 街路別利用回数と坂道(±6%:黒太線, ±3~5%:黒細線)の分布

の街路計画では今までより小さなスケールでの移動を考え、地区内整備の強弱の再検討が必要と考えられる。

街路の勾配を{-6%, -5~-3%, -2~2%, 3~5%, 6%~}の5段階に分け、急な坂道(±6%, 黒太線)と緩やかな坂道(±3~5%, 黒細線)をモニターの街路利用図に重ねると、遠方との行き来では必ずしも直線的な経路を通るわけではなく多少距離が延びても坂道避ける傾向がみられた。

(3) 勾配別街路利用と歩行速度

勾配別街路利用距離を利用回数で正規化した値はどの勾配ランク間でほぼ同じであるが、利用距離には大きな開きがある。ヒアリング調査でモニターは「歩きやすさの順は、平地・緩やかな下り>緩やかな上り・急な下り>急な上り」と答え、理学療法士も「どちらかと言えば下りは楽な人が多い。しかし急傾斜になると慎重になる」と指摘している。歩行時に勾配別の選択傾向と通過速度を表したのが表4および図4(勾配がほぼ平地の2~2%は省略)と図5である。利用経路を勾配という尺度でみると、抵抗感が異なることがわかる。「速く歩いたり、より多く歩いていけば、歩きやすい」ことを了解とすれば、ヒアリング結果と一致する。また行きは下り坂だから歩いて行って、上りになる帰りはバスを利用する移動も観測できたので、街路整備計画と同様に公共交通の面でも今までより小さなスケールのスモールモビリティを検討していく必要があると考えられる。

マップマッチング後に各利用街路の通過速度も求められていて、低速歩行の経路の共通点について考察する。商店街をお店に軽く寄りながら歩いている(図6)、施設入口で待っているまたはGPSデータ取得やマップマッチングの誤差(図7)、信号待ちしている(図8)など多かったが、坂道歩行(図9)でも歩行速度が低下し立ち止って一休みしたりしていることが考えられる。

表4 地区内経路の利用傾向

| 勾配 | 利用距離(m) | 速度(m/s) | 利用回数(回) | 地区内街路数 | 距離/回数 |
|--------|---------|---------|---------|--------|-------|
| ~6% | 1,546 | 0.55 | 31 | 102 | 49.9 |
| -5~-3% | 2,262 | 0.67 | 39 | 160 | 58.0 |
| -2~2% | 20,042 | 0.68 | 359 | 876 | 55.8 |
| 3~5% | 1,720 | 0.62 | 33 | 160 | 52.1 |
| 6%~ | 810 | 0.49 | 14 | 102 | 57.8 |

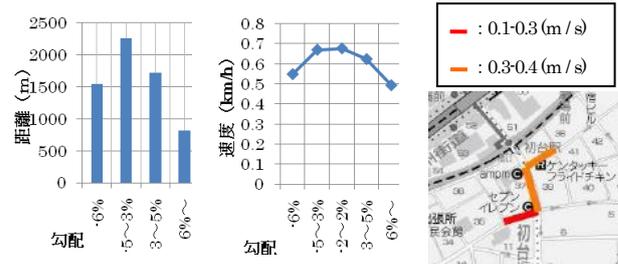


図4 勾配別距離

図5 勾配別平均速度

図6 初台商店街付近



図7 施設入口付近

図8 交差点付近

図9 坂道

(4) 外出時の施設利用

前節において1トリップ内で速度変化が起きていると指摘された。出発時と到着時における速度の変化率を今回の調査で求めると、平均で速度は1000m歩くと0.0372 (m/s)減少する結果だが、変化の割合は平均速度の5%程度であるので明らかな減速とは言い難い。理由の一つには、疲れる前に休憩をとることが多かったことではないかと考える。対象地域は利便性が高く、喫茶店なども多方面に存在する。旧玉川上水緑道もあり屋外の環境もよい印象であったが、公園などの屋外施設は寒さや暑さの問題もあり、外出先は屋内施設の方が適している。また、定年を迎えることで仕事や学校などの義務的な外出きっかけが少なくなる。しかし、今回の調査では障害をきっかけとした新しい形のコミュニティとして公共のスポーツセンターで障害者のための水中運動サークルの存在を確認できた。またモニターは水中運動以外でも、遠くの場合への休憩場所としてスポーツセンターを利用している。新しいコミュニティを育む場としてだけでなく、休憩場所として多義的な機能を備えた公共施設を整備することで移動制約者の活動範囲を拡大できる可能性がある。

5. 街路のサービスレベルを考慮した経路選択にむけて

前節での分析などより、移動制約者の経路選択に影響をもたらす要因について整理し、今後の課題として経路選択モデルを用いて統計的に信頼できるデータ作成を目指す。

(1) 交通量

自動車や自転車になるべく通らない安全な道を選ぶと考えられる。交通量自体の計測は難しいので、道路幅員や車線数(路地・一方通行・両側車線・複数車線など)を代理指標として考えられる。

(2) 勾配

各勾配ランクに対するモニターの抵抗値は異なったものである。長年住んでいるということもあり、ある決まった経路が存在していることもあるので、ヒアリング調査の内容(他の経路を選択肢しない理由)を考慮しながら、代替経路の列挙が必要になると考えられる。

(3) 選択肢集合

前項の要素が今回の調査で浮かび上がってきた移動制約者の経路選択モデルにおける特徴的な変数となる可能性は大きい。選択肢集合生成方法は、同一ODで複数歩行経路が確認された場合は、実歩行経路を選択肢集合とし、複数歩行経路が確認されなかった場合には何らかの方法で代替経路を選び出す必要がある。

6. おわりに

本調査では、歩行環境と歩行特性の関連把握のためにミクロなレベルでの調査を行った。歩行者一人一人の具体的な歩行行動を把握したデータから得られる知見も存在するので細かなレベルでのデータの蓄積も必要と考えられる。

謝辞

調査を行うにあたり、渋谷区初台在住のモニター、初台リハビリテーション病院の医師・理学療法士、トランスフィールド株式会社各位に協力を頂いた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 中野一司：在宅医療とかかりつけ医，治療，Vol.90，No.5，pp.1826-1830，2008。
- 2) 朝日新聞 2010年01月23日夕刊掲載
- 3) 野尻晋一，土井篤，野崎雄二，池田耕治，山永裕明，中西亮二：片麻痺患者の横断歩道における歩行スピード，理学療法学，Vol.17，No. 5，pp.459-462，1990。
- 4) 三宮基裕，片岡正喜：高齢者の街歩きの実態からみた福祉のまちづくりの整備課題，九州保健福祉大学研究紀要9，pp.1-8，2008。
- 5) 松野永：中心市街地の高齢者福祉拠点化のための病院立地に関する研究：まちづくり3法改正を契機とした地方中心都市の取り組みを中心に(施設計画と施設の利活用，都市計画)，日本建築学会大会学術講演梗概集，F-1都市計画，建築経済・住宅問題，pp.101-102，2008。
- 6) 目黒力，田村洋一，身体障害者の交通行動とその阻害因子に関する基礎的研究，理学療法学 Vol. 27，p.268，2000。
- 7) 高見淳史，木澤友輔，大口敬：個人属性・地域要因を反映した徒歩・自転車による日常的活動機会へのアクセシビリティに関する研究—多摩ニュータウンを事例として—，都市計画学会都市計画論文集，No.42-3，Oct.2007。
- 8) 中村友宣，小川剛史，清川清，竹村治雄：連続的なウェアラブル学習システムのための利用者コンテキスト認識機構の実装と評価，電子情報通信学会技術研究報告，MVE2006-66，2006。
- 9) Hato, E. : Development of behavioral context addressable loggers in the shell for travel-activity analysis, Transportation Research C, Vol.18(1),pp.55-67, 2010。