

鉄道路線における車椅子利用者の移動効率の評価と改善に関する研究

日大生産工（院） ○長田 岳大
日大生産工 岩田 伸一郎

1. はじめに

1.1. 研究の背景と目的

車椅子利用者といった移動困難者はエレベーターを基軸とした移動に制限されており、ホーム内での移動は危険が伴うため、駅内移動環境の更なる更新が求められる。駅ホームエレベーターの配置を評価した既往研究として、新井ら¹⁾の研究が挙げられる。乗車駅と降車駅のエレベーターに最寄りの車両扉間の移動時間と旅客移動量を考慮した駅間相性という独自の指標からホーム上のエレベーターの配置を評価している。駅間相性評価からは、車椅子利用者が長時間の駅間移動を余儀なくされている区間把握をすることができ、今後の改善検討を行う際の指針となることを目的として研究がされている。そのような中、ホーム上の移動を短縮するためには、駅単一ではなく降車駅との関係性なども考えながらエレベータを増設していく必要性があり、実際の駅ホーム内でエレベーターを増設する際には、既存の階段やエスカレーターなどの設備を避け、周辺の通路も確保しながら、設置する必要がある。そのため、増設可能位置は限られており、

限られた増設可能位置の中で最適な増設位置を選定する必要がある。本稿では、駅のエレベーター増設可能位置と各増設数の中で、全体での移動効率がどれだけ向上したのか評価を行い、最適な増設位置を選定することを目的としている。

2. 研究方法

2.1 データの収集

本研究では、JR 山手線を対象として最適な増設位置を特定する。そのため、JR 山手線の既存エレベーター位置と増設可能位置の情報を収集するため、JR 山手線の駅構内図情報²⁾と山手線ホームと車両の段差・隙間についての資料³⁾に加えて、2024 年 6 月 26 日～7 月1日にかけて行った現地調査をもとに、既存のエレベーター位置とエレベーター増設可能位置の情報を集めた。エレベータ表 1 の山手線エレベータ位置モデルを作成した。表 1 は山手線の内回り・外回りそれぞれの既存エレベータ位置及びエレベータ増設可能位置がどの車両に近接しているのかまとめた表である。増設可能位置は既存の階段やエスカレーターなどの設備を避け、エレベータを増設した場合周辺の通路を 150cm

表 1 山手線エレベーター位置モデル

		内回り																						外回り																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
01	東京												Y					E							E																							
02	神田			E																	E			E																								
03	秋葉原																																															
04	御徒町							E						E																																		
05	上野											Y					E																															
06	鶯谷				E																																											
07	日暮里																E																															
08	西日暮里								E																																							
09	田端																																															
10	駒込					E																																										
11	巣鴨																																															
12	大塚																																															
13	池袋												Y				E																															
14	目白	E					Y																																									
15	高田馬場																																															
16	新大久保																																															
17	新宿																																															
18	代々木																																															
19	原宿																																															
20	渋谷																																															
21	恵比寿																																															
22	目黒																																															
23	五反田																																															
24	大崎																																															
25	品川																																															
26	高輪GW																																															
27	田町																																															

A Study on the Evaluation and Improvement of Mobility Efficiency for Wheelchair Users on Railway Lines.

Takahiro OSADA and Shinichiro IWATA

確保しながらエレベータ扉前のスペースとして180cm×180cm確保できる位置である。また、11両編成の山手線の各車両を前半と後半に2分割し、1～22までの区画番号を振っている。駅と区画が対応する位置に既存エレベータをE, エレベータ増設可能場所をYとして表現している。

2.2. プログラムの実行とデータの入力

エレベーター最適増設位置を選定するため、Visual Studio Code^{注1)}のPython^{注2)}環境で開発を行った。プログラムのフローを図3に示す。まず、エレベーター既存設置位置・増設可能位置を特定するため、表1の山手線エレベーター位置モデルを読み込む。また、山手線の内回りを入力するため、駅同士のルートを入回り・外回りで比較し、最短ルートを選ぶのに表2の駅間距離データを用いた。表1、表2のデータはともにExcelファイルでPythonに入力し、pandasライブラリを使用することでデータの読み込み・処理を行う。

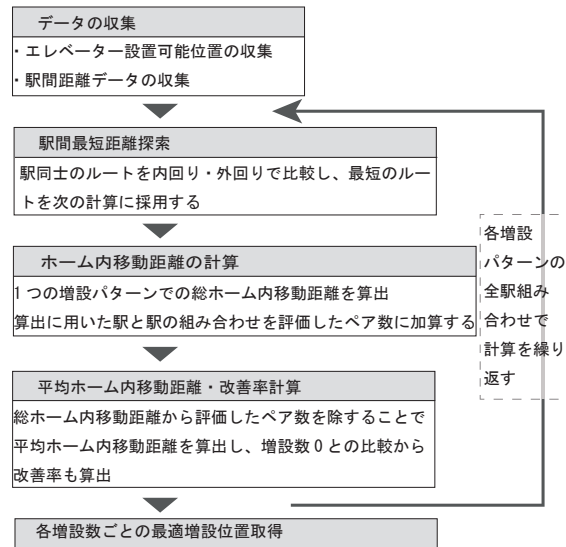


図1 プログラムのフロー図

2.3. 駅間最短経路の探索

山手線は環状線のため、ある駅から別の駅に移動する際に内回り・外回りで移動経路が存在する。ある駅から別の駅まで内回り・外回りの経路で比較し、最短の経路を選択する。各駅間の移動距離は距離データシート表2から取得し、内回り・外回りの両方で計算する。本研究では、アルゴリズムの挙動を確認するため、距離データは全ての駅間を一律に5と設定し

表2 駅間距離データ

駅1	駅2	距離
01東京	02神田	5
02神田	03秋葉原	5
03秋葉原	04御徒町	5
04御徒町	05上野	5
05上野	06鶯谷	5
06鶯谷	07日暮里	5
07日暮里	08西日暮里	5
08西日暮里	09田端	5
09田端	10駒込	5
10駒込	11巣鴨	5
11巣鴨	12大塚	5
12大塚	13池袋	5
13池袋	14目白	5
14目白	15高田馬場	5
15高田馬場	16新大久保	5
16新大久保	17新宿	5
17新宿	18代々木	5
18代々木	19原宿	5
19原宿	20渋谷	5
20渋谷	21恵比寿	5
21恵比寿	22目黒	5
22目黒	23五反田	5
23五反田	24大崎	5
24大崎	25品川	5
25品川	26高輪GW	5
26高輪GW	27田町	5
27田町	28浜松町	5
28浜松町	29新橋	5
29新橋	30有楽町	5
30有楽町	01東京	5

て評価を行った。読み込んだデータを基に、各駅間の移動経路をグラフ構造として表現する。ここでは、networkx^{注3)}ライブラリを用いて、駅をノード、駅間の移動距離をエッジとして定義する。図2にグラフ構造のモデルを示す。このグラフ構造により、内回り・外回りのそれぞれの駅間移動経路が表現する。内回り・外回りのノードとエッジはそれぞれ別に設定している。

内回りは駅番号が増えていく方向（例：01 東京

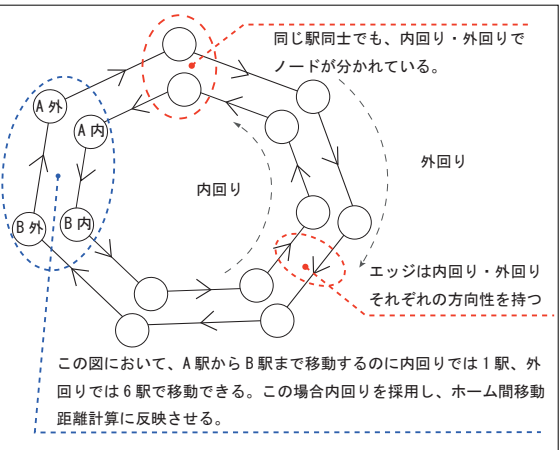


図2 グラフ構造のモデル図

→ 02 神田→…→ 30 有楽町→ 1 東京)に進んでいき、30 番目の駅の次は 1 番目に戻る。

外回り：駅番号が減っていく方向（例：30 有楽町→ 29 新橋→…→ 1 東京→ 30 有楽町）に進んでいき 1 番目の次は 30 番目に戻る。

全駅間で内回り・外回りの比較を行い、最短ルートをホーム内移動距離計算において採用する。

2.4 ホーム内移動距離の計算

増設可能位置が 19 箇所あり、増設数 0～6 台までの場合において、増設パターンはそれぞれ、増設数 0 台：1 通り 増設数 1 台：19 通り 増設数 2 台：171 通り 増設数 3 台：969 通り 増設数 4 台：3876 通り 増設数 5 台：11628 通り 増設数 6 台：27232 通り存在する。これら、全ての増設パターンにおいて、ホーム内移動距離の算出を行う。ホーム内移動距離算出のフローを図 3 に示す。出発駅の各エレベーターを出発地点とし、到着駅のエレベーターとの間で最小の移動距離となる組み合わせを選択する。移動距離は、出発エレベーターと到着エレベーターの区画番号の差から算出し、その距離を総ホーム内移動距離に加算する。出発地点から、異なる駅間でのみ計算し、ある駅から駅までの内回り外回り最短ルートを加味し、すべての駅間に対して計算し、各増設パターンの総ホーム内移動距離を算出する。また、計算に使用した駅ペアの数を評価ペア数として記録する。

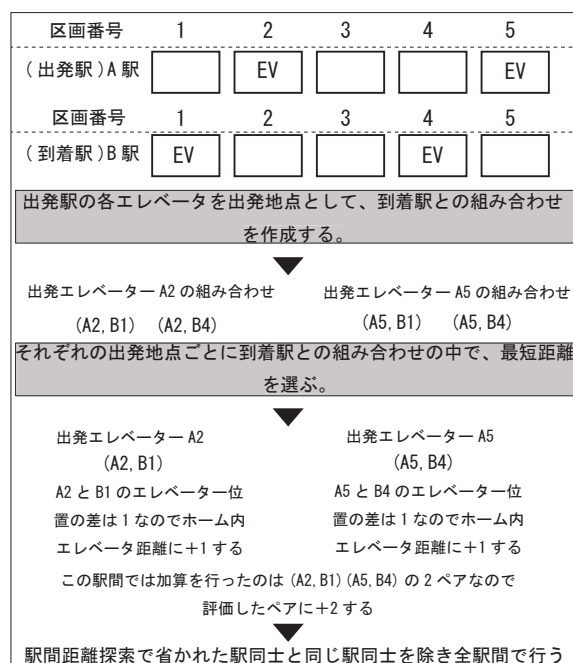


図 3 ホーム内移動距離算出のフロー図

2.5. 最適設置場所の導出

総ホーム内移動距離は増設パターンによって評価したペア数が異なるため、この数値のみで、各設置パターンごとの全体での移動距離の比較はできない。平均ホーム内移動距離を導くことで、移動効率の比較を他組み合わせとも可能にした。平均ホーム内移動距離を総ホーム内移動距離から評価したペア数を除した値とする。(式 1) また、また、増設前の移動距離と増設後の移動距離を比較してどれだけホーム内移動距離が改善されたのかの指標として、改善率も求めた。改善率を増設 0 の平均ホーム内移動距離から各増設パターンでの平均ホーム内移動距離を引いた値から増設 0 の平均ホーム内移動距離を除した値に 100 をかけた値とする。(式 2) 以上の値から、各増設数ごとに全結果と比較し、最適設置位置を導く。

$$\text{平均ホーム内移動 (区画)} = \frac{\text{ホーム内移動距離 (区画)}}{\text{評価したペア数}} \quad \dots (式 1)$$

$$\text{改善率} = \frac{\text{増設 0 の平均ホーム内移動距離 (区画)} - \text{対象増設パターンでの平均ホーム内移動距離 (区画)}}{\text{増設 0 の平均ホーム内移動距離 (区画)}} \times 100 \quad \dots (式 2)$$

3. 結果と考察

今回の実験では、増設可能位置が 19 箇所ある中で、最大増設数 6 台までのエレベーター増設を対象に実験を行った。表 3 に示すのは、各増設数ごとの最適な増設位置の結果である。増設位置は駅名_回り方_区画番号で表す。増設数は増えるにしたがい、平均ホーム内移動距離は減少傾向が見られ、その結果に伴い、改善率は増加している。増設数が 6 台までの範囲内においては、最適な位置に増設を行うことで、山手線全体の移動効率が向上していることがわかる。表 4 は増設数が 1 台の時の全組み合わせの結果の表である。増設数が 1 台の時の改善率の高さが上から 8 番目までの駅が表 3 の増設数が 2～6 台の最適設置駅に選ばれている。しかし、27 田町_外回り_16, 27 田町_内回り_18 は増設数が 1 台の時の改善率が、それぞれ上から 4 番目と 8 番目にもかかわらず、増設数 2～8 台の最適増設場所から選ばれていないので、増設数が 1 台の時に改善率が高かった駅から順に選ばれているわけではないことが明らかとなった。このことから、エレベーターの増設に伴い、全体のエレベーター位置に基づく需要箇所が変化していることが示唆される。具体的には、増

設台数が1のときに改善率が最も高いとされた増設位置が、そのまま順に増設することで高い改善効果が得られる訳でなく、各増設台数における全体の組み合わせの中で最適な位置を選定することで、エレベータ増設による移動効率の改善効果が得られると考えられる。また、増設数1の結果から、13 池袋_外回り_16 といった全体の改善率が悪化した設置位置が見受けられた。今後、このように一箇所の増設で必ずしも良い結果を得られない場合の把握ができることもわかった。

表3 増設数別の最適増設位置とその結果

増設数 (台)	最適増設位置	総ホーム内 移動距離 (区画)	評価した ペア数	平均ホーム内 移動距離 (区画)	改善率(%)
0		900	216	4.2	0.0
1	25品川_外回り_14	885	221	4.0	3.9
2	29新橋_内回り_17, 25品川_外回り_14	876	226	3.9	7.0
3	29新橋_内回り_17, 05上野_外回り_9, 25品川_外回り_14	869	231	3.8	9.7
4	29新橋_内回り_17, 05上野_外回り_9, 25品川_外回り_14, 29新橋_外回り_14	872	238	3.7	12.1
5	29新橋_内回り_17, 05上野_外回り_9, 17新宿_外回り_16, 25品川_外回り_14, 29新橋_外回り_14	883	247	3.6	14.2
6	05上野_内回り_12, 29新橋_内回り_17, 05上野_外回り_9, 17新宿_外回り_16, 25品川_外回り_14, 29新橋_外回り_14	890	254	3.5	15.9

表4 増設数1の時の全結果

増設数 (台)	増設位置	総ホーム内 移動距離 (区画)	評価した ペア数	平均ホーム内 移動距離 (区画)	改善率(%)
1	25品川_外回り_14	885	221	4.0	3.9
1	29新橋_内回り_17	891	221	4.0	3.2
1	05上野_外回り_9	893	221	4.0	3.0
1	27田町_外回り_16	894	221	4.0	2.9
1	17新宿_外回り_16	911	225	4.0	2.8
1	27田町_内回り_18	898	221	4.1	2.5
1	29新橋_外回り_14	902	221	4.1	2.0
1	05上野_内回り_12	903	221	4.1	1.9
1	19原宿_外回り_22	907	221	4.1	1.5
1	17新宿_内回り_19	924	225	4.1	1.4
1	25品川_内回り_16	909	221	4.1	1.3
1	01東京_外回り_11	927	225	4.1	1.1
1	30有楽町_外回り_12	914	221	4.1	0.7
1	13池袋_内回り_13	920	221	4.2	0.1
1	01東京_内回り_13	941	225	4.2	-0.4
1	19原宿_外回り_6	925	221	4.2	-0.5
1	14目白_内回り_5	933	221	4.2	-1.3
1	14目白_外回り_5	933	221	4.2	-1.3
1	13池袋_外回り_16	937	221	4.2	-1.8

5. まとめ

本研究では、山手線におけるエレベータの最適な増設位置を見つけるための研究を行い、今回は増設可能位置が19台ある中で、最大6台の増設を対象に最適な増設位置を算出する計算を実施した。増設位置を効率よく配置することにより、車椅子利用者や移動困難者が駅構内で移動する際の負担を軽減することを目指しており。結果として、6台までの増設において一定の改善率を確認できたが、今後は、最大増設数である19台までの増設パターンを検討し、改善率の変動や最適な増設位置の変化を詳細に分析していく予定である。特に、今回は既存エレベータと増設エレベータの位置関係を重視し、純粋に最短の移動距離に基づいて増設可能場所を特定した。しかし、今後の研究では、エレベータ設置にかかるコストや各駅の乗降者数などといったデータも加味することで、コスト効率と利便性の両方を最適化することを目指している。

さらに、山手線内だけではなく、他の鉄道路線との接続や乗り換えを考慮したしよと考えている。複数の路線を対象とした最適なエレベータ設置計画を検討することにより、より広範な範囲で移動効率の改善していこうと考えている。

注釈

注1) 1991年にGuido van Rossumによって開発された高水準のプログラミング言語であり、科学技術計算、データ分析、機械学習、Web開発などの分野で幅広く利用されており、豊富なライブラリとパッケージを活用することで、複雑なタスクを効率的に実行できる。

注2) pandasは、Pythonでデータ操作や解析を行うための高性能なライブラリです。特に、構造化データ(表形式データ)の扱いに優れており、データフレームと呼ばれる二次元のデータ構造を使用して、データの操作、などを容易に行うことができる。CSVやExcelなどのファイル形式の読み書きにも対応しており、データ処理において広く利用されている。

注3) NetworkXは、Pythonでネットワーク(グラフ)構造を扱うためのライブラリです。ノード(頂点)とエッジ(辺)から構成されるグラフデータを作成、操作、可視化する機能を提供し、ソーシャルネットワーク分析、交通ネットワーク解析、分子構造解析など、さまざまな応用分野に使用されています。NetworkXは、多くのグラフアルゴリズム(最短経路探索、連結成分の検出、中心性の計算など)を含み、グラフ理論に基づくデータ分析を効率的に行うための強力なツール

参考文献

- 1) 新井裕子 劉俐伶 日下部貴彦 丹羽由佳里 本間健太郎: 客移動量に基づく駅ホームエレベーター配置の駅間相性評価第44回情報システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp575-578, 2021年, 京都
- 2) JR東日本駅構内図・バリアフリー情報 <https://www.jreast.co.jp/estation/stations/866.html> (閲覧日: 2024. 6. 25)
- 3) 山手線ホームと車両の段差・隙間の状況及び対策実施箇所について https://www.jreast.co.jp/equipment/equipment_1/wheelchair/pdf/yamanote.pdf (閲覧日: 2024. 6. 25)