

エスカレータ歩行は 本当に非効率的なのか

荒木・岸田・竹内・辰巳

発表の流れ

1 研究の概要

2 調査

3 分析

4 付録

1 研究の概要

1.1 ESC片側空けとは、なんぞ？

ESCの片側空け

- ・・・ESCの片側を空けることで、急いでいる人に反対側を譲る文化
⇒オーダーメイドな使い方を可能にしている
- ・片側空け文化自体はロンドンの地下鉄発祥（諸説）
- ・日本国内では、阪急梅田駅での阪急電鉄の呼びかけによる



1.2 ESC片側空けの地域的差異

ESCの左右どちらを空けるかには地域によって異なる

大阪→ 左側を歩行

東京→ 右側を歩行

京都→ 前の人に倣う傾向

本発表は大阪式(左列歩行)を採用する

1.3 研究の動機

「みんなで手すりにつかまろう」キャンペーン

・・・鉄道51社局・その他団体が参加

JR東日本が行った両側立ちの呼びかけ

・・・2018/12/17～2019/2/1実施

⇒この2つの例をとってみてもわかるように、ESC歩行に対する世間の目は厳しい

しかし、私たちは自由にエスカレーターを利用したい！

1.4 なぜ片側空けはダメなのか

よく言われる理由は2つ

①そもそもESC歩行は危ない

'12～'14の2年間で乗り方不良による災害は、全体の6割近くを占めている

②輸送効率の低下

片側を無駄に空けることで、もう一方が渋滞する

1.5 わたしたちの研究のゴール(?)

片側空け反対派の主張

- ①ESC歩行は危険
- ②輸送効率の低下を招く

この2つの論拠が本当に妥当なものなのか検討

そして、指摘が的外れなものならば後ろ指を指される謂れはない！

1.6 安全性の問題

エスカレーターに係る事故防止対策検討委員会

平成16年8月30日から12月31日までに東京消防庁管轄区域内で、エスカレーターに関連して発生した313人分の事故について調査を実施

1.7 調査内容

事故後の調査から

けがの原因

生理的状況

受傷部位

エスカレーターでの行動類型 etc..

を調査

1.8 けがの原因

| | | | | | |
|---------------|-----|-------|--------------|----|------|
| 前の人が倒れた | 17 | 5.4% | 足を捻った | 1 | 0.3% |
| 前の人が落ちてきた | 9 | 2.9% | 足がつまづいた | 19 | 6.1% |
| 物が落ちてきた | 8 | 2.6% | 衣類・ものがひっかかった | 4 | 1.3% |
| 足が滑った | 17 | 5.4% | 衣類・ものがはさまれた | 2 | 0.6% |
| 手が滑った | 3 | 1.0% | 足がついて行かなかった | 18 | 5.8% |
| 人にぶつかった | 1 | 0.3% | スピードが速かった | 2 | 0.6% |
| 人がぶつかった | 8 | 2.6% | スピードが遅かった | 0 | 0.0% |
| よろけた・バランスを崩した | 200 | 63.9% | その他 | 4 | 1.3% |

1.9 ESC利用方法別事故原因

| | |
|-----------|--------------|
| 立っていた | 49.5% |
| 乗降時 | 34.8% |
| 走行・歩行していた | 12.1% |
| その他 | 3.5% |

歩行、走行によって怪我をした38人のうち、

{ 酩酊が18人(47.4%)
意識消失が2人
既往症が1人いる

⇒生理的状況の該当がなくただ歩行が怪我の原因である人は17人である
また歩行によって他人との接触事故が起こったのが6人である

つまり歩行が原因による怪我は313人中23人だといえる

1.10 安全性についての考察

エスカレーターを歩行してもそれほど事故につながるとは言えない

なお、

つまりいて軽傷を負うなどの測定に入らないような怪我もあることには
注意が必要

1.11 今後の展望

ESC歩行の安全性の問題についてはクリアした

以降は「②輸送効率の低下」にフォーカスしていく

1.12 参考文献の紹介

大竹・岸本, 2017年,

公益社団法人日本都市計画学会 都市計画論文集 vol.52 No.3

- ・駅での降車行動における昇降設備の旅客流動を調査し、左右選択がどのような要因に左右されているか分析している
- ・また、歩行が行われなかった場合の旅客流動を算出し、現状と比較してどのように変化するか考察している

1.13 大竹・岸本(2017)

特に参考にした部分は、歩行割合は何に影響を受けているか

従属変数: 歩行割合

説明変数: 総通過人数 N_{all} , レベル差 H ,

4つのダミー変数 D_{ST}, D_C, D_F, D_{TR}

として、ロジスティック回帰分析を行い、各変数が歩行割合にどのような影響を与えているのか調査している

1.14 結果

- ・ESCの総通過人数が多いほど、歩行割合は上昇する
- ・レベル差が大きいほど、歩行割合は減少する
- ・「高速・旅行客が多い・階段併設」エスカレータでは歩行割合が減少する傾向

概ね直観通り

操作変数選びに活用

2 調査

2.1 輸送効率とはなにか？

ひとくちに輸送効率といっても様々

以下では2つの観点から考える

①流量

1分間に何人の旅客がESCから降りてくるか

②捌け時間

最初の旅客がESCの乗り口に到達してから、最後の旅客がESCの降り口に到達するまでの時間 \div 降車客のホーム滞留時間

2.2 調査対象としたESC

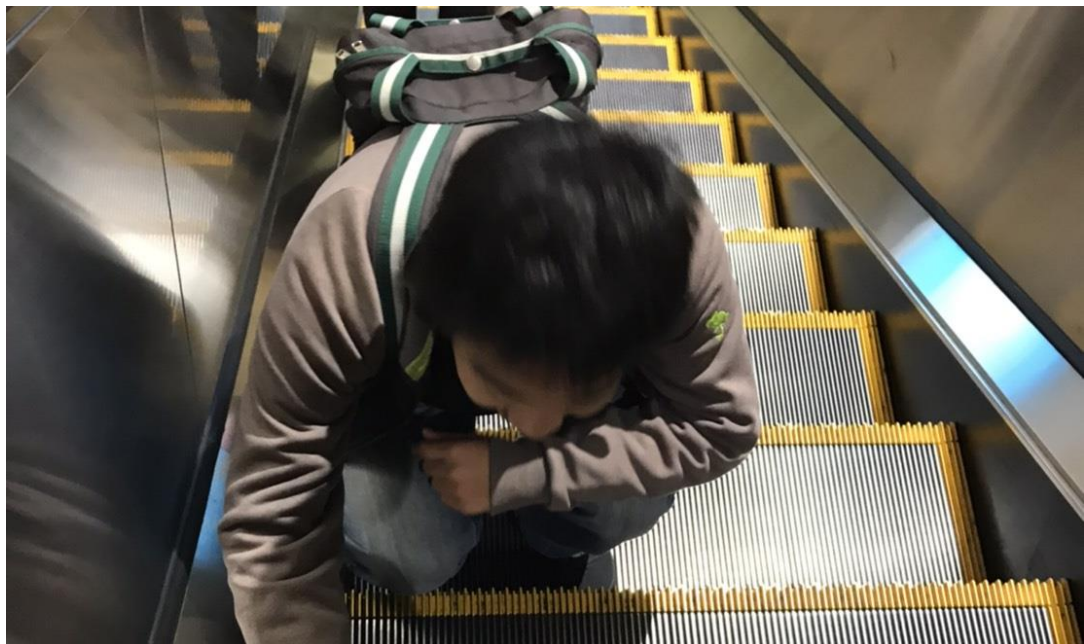
調査対象とするエスカレータは降車客用上リエスカレータ
(その中でも改札口がホームより上にあるもの)

選んだポイント

- ①一般に下りより上りの方が渋滞しやすく、混雑が観察し易い
- ②定期的に列車がやって来るので、定期的に混雑が観察できる

2.3 調査駅と調査日時

| | 調査日 | 時刻 | データ数 |
|-----------|-------------|-----------|------|
| 京阪祇園四条駅 | 2019年11月15日 | 8:00～9:00 | 16 |
| 烏丸線烏丸御池駅 | 2019年11月18日 | 8:00～9:00 | 15 |
| JR東西線京橋駅 | 2019年11月19日 | 7:30～8:30 | 16 |
| 同上 | 2019年12月10日 | 7:45～8:45 | 16 |
| JR天王寺駅18番 | 2019年11月20日 | 8:00～9:00 | 11 |
| 烏丸線四条駅 | 2019年12月5日 | 8:15～9:00 | 10 |



調査の様子

2.4 流量の比較

・歩行者流量 q_w , 非歩行者流量 q_s とする
流量は $density \times velocity$ で求められる

ここで、

k_i : $density$ (平均乗り込み率) ※何段に1人乗っているか、の逆数

(下付き文字 W は歩行者, S は非歩行者を表す)

v_i : $velocity$ (下付き文字 E は ESC , W は歩行者を表す)

2.5 流量の比較

前スライドより、
非歩行者流量は

$$q_s = k_s v_E$$

歩行者流量における*velocity*はESCと歩行速度を合計したもので、

$$q_w = k_w (v_E + v_w)$$

と表せる

2.6 流量の比較

| | k_S | k_W | v_E | v_W |
|------|-------------|-------------|-------|-------------|
| 祇園四条 | 0.553749984 | 0.333333333 | 69 | 75.41666667 |
| 烏丸御池 | 0.581928102 | 0.264021164 | 69 | 90 |
| 四条 | 0.59127625 | 0.333333333 | 73 | 95.29302315 |
| 京橋 | 0.482769382 | 0.333333333 | 60 | 120 |
| 天王寺 | 0.429802618 | 0.333333333 | 72 | 109.6898427 |

2.7 流量の比較

| | q_s | q_w |
|------|-------------|-------------|
| 祇園四条 | 38.2087489 | 48.13888889 |
| 烏丸御池 | 40.15303904 | 41.97936508 |
| 四条 | 43.16316625 | 56.09767438 |
| 京橋 | 28.96616292 | 60 |
| 天王寺 | 30.9457885 | 60.5632809 |

3 分析

3.1 想定するESC上の流動モデル

前節の実地調査を踏まえて、いくつかの仮定を設定した

仮定1: 旅客はESC上で左右の移動を行わない

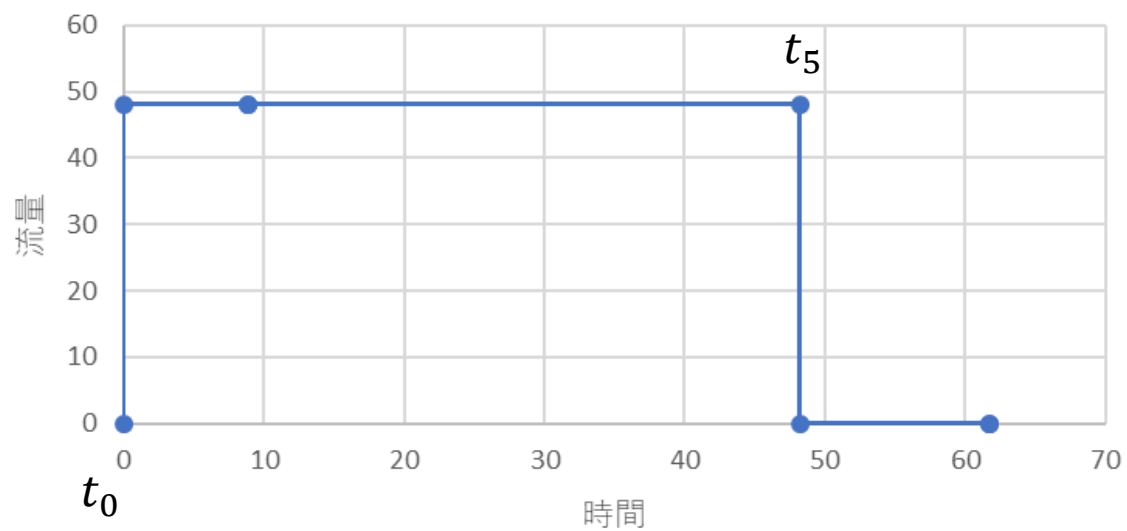
仮定2: 旅客が通過している間、人流の特性は変化しない

仮定3: 左列の方が右列より、流量は大きい

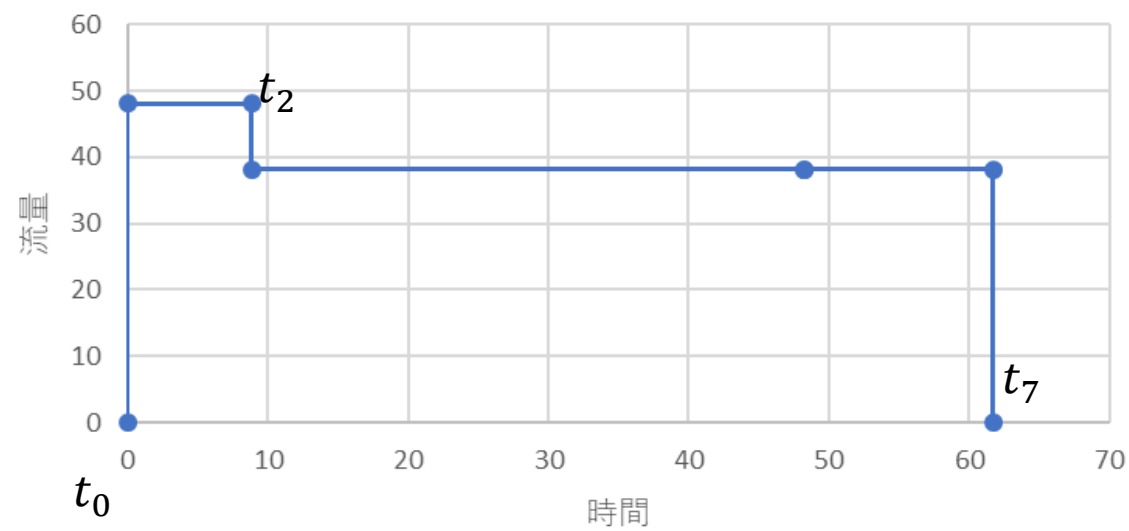
仮定4: 基本は左列歩行/右列停止であるが、行列形成当初は2列歩行になり、歩行者レーンから旅客がはけた後は右列の1列のみが使用される

3.2 流量変化のイメージ

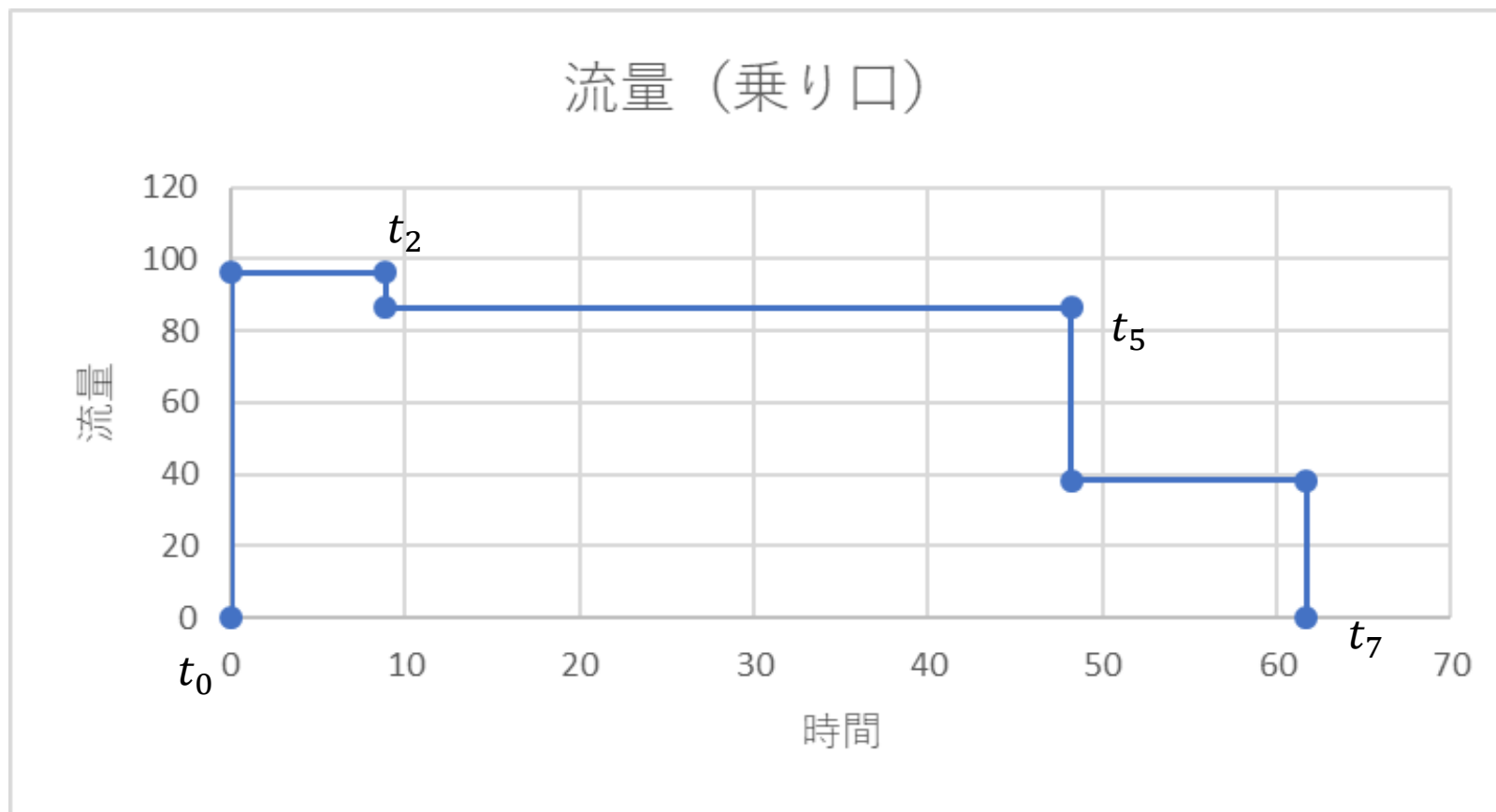
流量（左列乗り口）



流量（右列乗り口）



3.3 右列、左列を合成する



3.4 前スライドの変数

t_0 : 最初の降車客がESCの乗り口に到達する時点

t_2 : 右列の最初の非歩行者がESCの乗り口に到達する時点

t_5 : 左列の最後の歩行者がESCの乗り口に到達する時点

t_7 : 右列の最後の非歩行者がESCの乗り口に到達する時点

t_8 : 右列の最後の非歩行者がESCの降り口に到達する時点

3.5 仮説及び方法

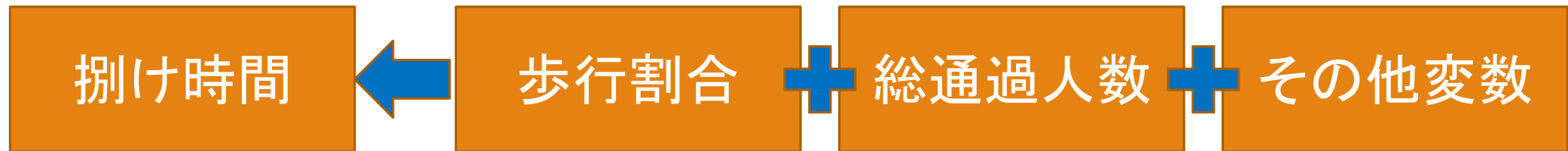
・仮説

片側空け反対派は口を揃えて、片側空け文化は輸送効率の低下を招くと主張するが、本当は歩行割合が高ければ高いほど輸送効率は高くなるのではないか？

・方法

捌け時間 t_g を歩行割合 P_W (歩行者/総通過人数)で回帰分析を行う

3.6 回帰のイメージ



しかし、説明変数歩行割合は内生変数

→単純な最小二乗法では正しい結果を得ることができない

→操作変数を用いた二段階最小二乗法を用いる

3.7 適切な操作変数の条件

条件① ESCの歩行割合 P_w と相関している

条件② 捌け時間 t_8 の誤差項 ε_1 と相関がない
⇒ 捌け時間 t_8 の影響を受けていない

今回操作変数に選んだのは、

乗り換えダミー D_{ct} (乗り換えで急いでいれば、歩く人多いはず)

2つの条件について、それぞれ検討していく

3.8 操作変数についての検討

D_{ct} の考察

①Pwとの相関係数は0.539

- ・ある程度の相関

②t8との相関係数は0.132

- ・相関関係はないと言ってもいいのではないか
- ・ D_{ct} は駅そのものに由来するダミーであり、人の行動のみに影響する

3.9 D_{ct} とは

D_{ct} : 乗り換えダミー

→1で乗り換え利用されていることを表し、
0で乗り換え利用されていないことを表す

今回の調査では、JR京橋駅、JR天王寺駅で1、それ以外で0をとる

※地下鉄四条駅は、該当の調査日時において遅延が発生しており、既に潜在的乗り換え客はいなくなったとみなす

3.10 回帰モデル

ここでは、以下のような単純な線形回帰を行う

$$t_8 = \beta_0 + \beta_1 P_w + \beta_2 N_{all} + \beta_3 Steps + \beta_4 q_s + \varepsilon_1$$

$$P_w = \gamma_0 + \gamma_1 D_{ct} + \gamma_2 N_{all} + \gamma_3 Steps + \gamma_4 q_s + \varepsilon_2$$

N_{all} : ESCの総通過人数

$Steps$: ESCの段数

q_s : 非歩行者流量

3.10 回帰結果

| | 回帰係数 | 標準誤差 | t値 |
|-----------|---------|--------|--------|
| P_w | -175.82 | 50.167 | -3.505 |
| N_{all} | 0.542 | 0.056 | 9.730 |
| $Steps$ | 1.756 | 0.511 | 3.431 |
| q_s | -4.124 | 1.183 | -3.487 |

3.11 考察

- 歩行割合 P_w が高くなるほど、捌け時間 t_8 は短くなる
- 総通過人数 N_{all} が多くなるほど、捌け時間は長くなる
- ESCの段数 $Steps$ が大きくなるほど、捌け時間は長くなる
- 非歩行者流量 q_s が大きくなるほど、捌け時間は短くなる

P_w が大きくなるメリット (左右の合計流量が大きくなる)

>

P_w が大きくなるデメリット (タイムラグ ($t_7 - t_5$) が発生)

3.12 続・考察

- ・総通過人数 N_{all} が多いと、捌け時間が長くなるのは自明
- ・ESCの段数 $Steps$ が大きくなれば、ひと一人がESCを昇りきるのに要する時間が延びるはずなので、直観に合う
- ・非歩行者流量 q_s が大きければ、その分右列が速くはけるはずなので、これも直観に合う

3.13 結論

片側空け反対派の主張

- ①安全性の問題⇒クリア(?)
- ②輸送効率の低下

流量の観点からも、捌け時間の観点からも片側空けは悪くない

※いつでもどこでもESC歩行を勧めるものではありません

4 付録

4.1 歩行割合0%との比較

- 今回の研究で収集した84セットのデータをもとに、歩行者人数の左右比を算出すると、約10%だということがわかった
- 3.1の仮定を前提とすると、
歩行割合0%の捌け時間は左右変わらず、 $\frac{N_{all}}{2} / \text{流量}$
片側空け文化の捌け時間は右列が長く、
(右列歩行者+非歩行者) / 流量 となる

4.2 歩行割合0%との比較

▪ ここで、 $N_{all} = 100$ (人)とする

▪ 歩行割合0%の捌け時間は

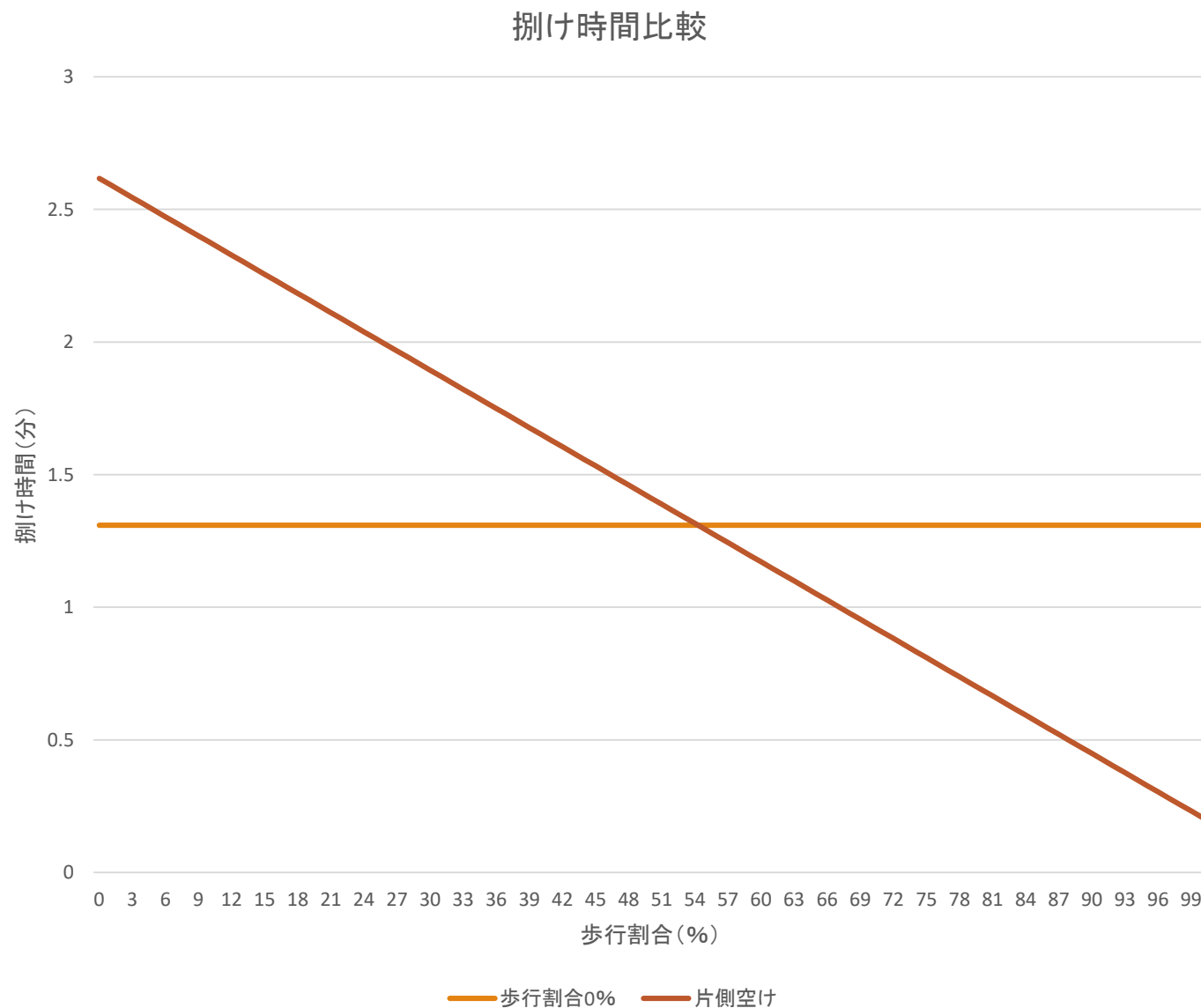
$$N/2 q_s + Steps/v_E$$

▪ 片側空け文化の捌け時間は

$$P_W N/10/q_w + (1 - P_W)N/q_s + Steps/v_E$$

4.3 歩行割合0% との比較

※祇園四条駅の数値で計算



4.4 歩行割合0%との比較

- 前頁のグラフを見てわかる通り、歩行割合55%程度で片側空けが歩行割合0%の捌け時間を下回る
- これは歩行者人数の左右比が10%の場合の試算であり、この左右比が高くなると、捌け時間の長短が反転する割合は高くなる

参考文献

参考文献

- [1]一般社団法人日本エレベーター協会(2015), Elevator Journal No.7 2015 10
- [2]大竹・岸本(2017), 鉄道駅におけるエスカレータ上の歩行行動に関する研究,
公益社団法人日本都市計画学会 都市計画論文集 vol.52 No.3
- [3]東京消防庁指導広報部生活安全課(2005), (エスカレーターに係る事故防止対策
検討委員会報告書)エスカレーターに係る事故防止対策について
- [4]斗鬼(2015), エスカレータ片側空けという異文化と日本人のアイデンティティ,
江戸川大学紀要