

# 群集歩行シミュレーションモデルを用いた エスカレータとホームの混雑に関する研究

---

早稲田大学大学院 創造理工学研究科 経営システム工学専攻 蓮池研究室 2年

5221C022

櫻井 陸

# アウトライン

---

1. 研究背景
2. 研究目的・概要
3. 先行研究
4. 実験手法
5. 検証実験
6. まとめ・今後の課題

# 研究背景

- 鉄道駅の混雑…都市生活における大きな問題の一つ
  - ✓ 駅ホームやコンコースの滞留から安全面に問題が生じることも
  - ✓ 昇降設備の通過の際に時間がかかる[1]（ボトルネックになることが多い）
    - 階段・エスカレータ・エレベータ・スロープなど
- エスカレータの利用方法
  - ✓ 首都圏では『片側空け』が定着
    - 左側に直立して停止、右側を急いで歩行する人が利用
    - 関西圏（主に大阪～姫路近辺）では左右逆が主流[2]

# 研究背景

## ●エスカレータ歩行を抑える運動も

### ◆『歩かずに立ち止まろう』キャンペーン<sup>[3]</sup>

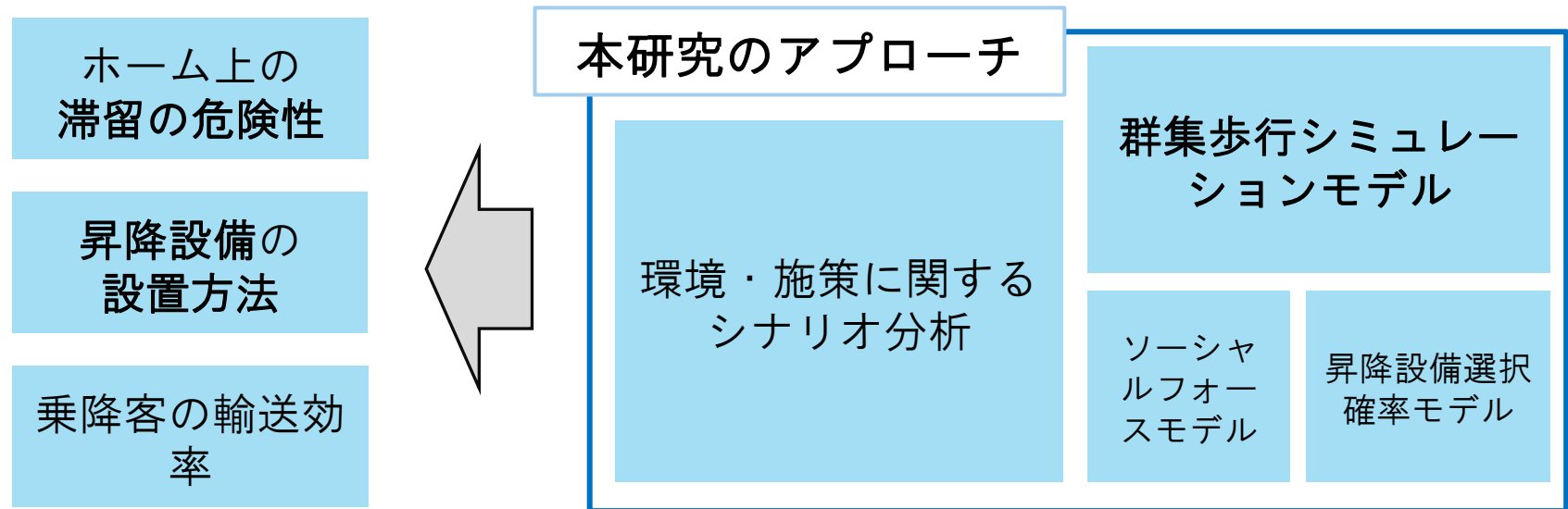
- ✓2010年より毎年約1か月実施
- ✓全国の鉄道事業者56社局・4団体、商業・空港施設、自治体  
が参加
- ✓エスカレータの安全利用（2列停止）の呼びかけ
- ✓ポスター掲出、ディスプレイ広告の掲載

### ◆エスカレータの利用に関する条例<sup>[4]</sup>

- ✓2021年10月より埼玉県で施行
- 「エスカレーター利用者は立ち止った状態でエスカレーターを利用しなければならない。」

# 研究概要

## ●諸問題と施策に対するアプローチ



- ✓様々な状況を想定し、**駅構内を安全に保つ施策**を考える必要がある
- ✓施策の効果を検証し、より良い方式を考えることは有用である

# 研究目的・研究概要

## ◆研究目的

- ✓ エスカレータの乗車方法による輸送効率の違いを分析すること
- ✓ エスカレータと階段の最適な設置方法を提案する

## ◆研究概要

- ✓ 群集歩行シミュレーションモデルを用いてシミュレーションを構築
- ✓ 駅構内における人流を再現
- ✓ 歩行者の量を変化させ、それぞれの最適な条件について調査する
- ✓ 乗降客の輸送効率・滞留の起き具合を評価基準とする

# 先行研究

## ●阿久澤, 田口

「駅構内における 群集歩行シミュレーションモデルの研究」(2005)[5]

- ✓ 階段またはエスカレータの選択をロジットモデルを用いて表現
- ✓ エスカレータ上の歩行行動は考慮せず
- ✓ 実在する鉄道駅のホーム及び改札階にて、これらのモデルを適用
- 既存研究との比較からモデルの有用性を示す

## ●大竹, 岸本

「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」(2017)[1]

- ✓ 実測値に基づく研究
- ✓ 首都圏に実在する8駅でデータを実測し、分析
- ✓ 現状の流動と、エスカレータ内で歩行が行われなかった場合を比較
- 駅や利用状況により、どちらが輸送効率が高くなるかわかる
- 現状の歩行割合が高いとき、輸送効率が高くなる

# モデル概要

## ●解析領域

- ✓ 東武東上線 朝霞台駅のホーム階（1・2番線）と改札階[6]
- 条例の適用範囲の埼玉県内で、階段・エスカレーターがありエレベーターが無い駅を選定
- ✓ 現地調査にて施設等の配置を計測しモデル化
- ✓ 駅周辺に住宅地が広がる[7]
- ✓ 1・2番線では電車が同時に到着する場合がある



駅での現地調査の様子

- ✓ S-Quattro Simulation System (Ver6.2) を使用



# 基本設定

## ●エージェントの設定

- ✓ 最適速度：0.6m/s
- ✓ 最高速度：1.5m/s
- ✓ 視野半径：5m

➤ 群集行動を扱う研究[8][9]を参考に設定

## ●階段の設定

- ✓ 容量：16人（2列分）
- ✓ 傾斜：30度
- ✓ 輸送時間：12秒
- ✓ 速度：0.5m/s

## ●エスカレータ歩行列の設定

- ✓ 容量：10人
- ✓ 輸送時間：6秒
- ✓ 速度：1.0m/s

## ●エスカレータ停止列の設定

- ✓ 容量：10人
- ✓ 輸送時間：12秒
- ✓ 速度：0.5m/s

➤ 駅ホームでのエスカレータを扱う研究[10]  
を参考に設定

# マルチエージェントシミュレーション

## ● ソーシャルフォースモデル

◆ 群集行動を表現する力学ベースモデルの一つ

- ✓ 各歩行者は質量 $m_j$ を持つ質点として平面上で目的地を持つ
- ✓ 歩行者を平面内で移動する粒子とみなし、他の歩行者や障害物からの外力を考慮し、進行方向及び速度を決定する

◆ 質量 $m_j$ の歩行者 $j$ がしたがう運動方程式

$$m_j \frac{d\vec{v}_j}{dt} = m_j \frac{v_j^0 \vec{e}_j(t) - \vec{v}_j(t)}{\tau_j} + \sum_{k(\neq j)} \vec{f}_{jk} + \sum_W \vec{f}_{jW}$$

$\vec{e}_j$  : 目的地に向かうベクトル

$\tau_j$  : 目的地への推進力

$\vec{v}_j(t)$  : 現在の速度

$v_j^0$  : 歩行者最適な速度

$\vec{f}_{jk}$  : 歩行者 $k$ から歩行者 $j$ に与える外力

$\vec{f}_{jW}$  : 障害物 $W$ から歩行者 $j$ に与える外力

# 昇降設備選択確率モデル

## ◆昇降設備選択確率モデル

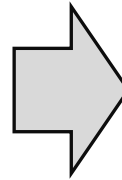
➤ 階段・エスカレータ（停止）・エスカレータ（歩行）を選択するモデル

移動距離

昇降時間

待ち時間

肉体的負荷



- 階段
- エスカレータ（停止）
- エスカレータ（歩行）

●時刻 $t$ において歩行者が昇降設備 $i$ を選択したときの効用

$$U_i(t) = V_i(t) \quad i \in \{E, S\}$$

効用 $U_i(t)$ に含まれる確率的揺らぎは微小な値として考える

$$V_i(t) = \theta_1 X_{i1}(t) + \theta_2 X_{i2}(t) + \theta_3 X_{i3}(t) + \theta_4 X_{i4}(t)$$

パラメータ $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ によりそれぞれの影響を調整

# 昇降設備選択確率モデル

## 移動時間

昇降設備までの移動時間  $X_{i1}(t)$

$$X_{i1}(t) = \frac{d(G_0, M_i)}{1.33 - 0.341K_0(t)}$$

$d(G_0, M_i)$ : 乗降客の位置と昇降設備 $i$ の入口 $M_i$ の距離

$K_0(t)$ : 時刻 $t$ における昇降設備前の密度

(昇降設備の周囲半径3mの範囲内)

➤ 混雑時に昇降設備まで移動しにくいことを示す

## 昇降時間

昇降設備の昇降時間  $X_{i2}(t)$

$$X_{i2}(t) = \begin{cases} \frac{1.3 + 2h + 1.65}{V_E} & (\text{エスカレータ停止}) \\ \frac{1.3 + 2h + 1.65}{V_E + 0.5} & (\text{エスカレータ歩行}) \\ \frac{h}{V_S - 0.075K_S(t)} & (\text{階段}) \end{cases}$$

$h$ : 昇降設備の高さ[m]=3.0m

$V_E$ : エスカレータの水平移動速度[m/s]

$V_S$ : 階段の昇降時垂直移動速度[m/s]

$K_S(t)$ : 階段内の密度[人/m<sup>2</sup>]

➤ 階段のみ混雑時に昇降時間が長くなることを示す

# 昇降設備選択確率モデル

## 待ち時間

昇降設備までの待ち時間  $X_{i3}(t)$

$$X_{i3}(t) = \begin{cases} \frac{0.8N_E(t)/L_E}{V_E} & (\text{エスカレータ停止}) \\ \frac{0.8N_E(t)/L_E}{V_E + 0.5} & (\text{エスカレータ歩行}) \\ \frac{0.68N_S(t)/L_S}{V_S - 0.075K_S(t)} & (\text{階段}) \end{cases}$$

$N_E(t)$ : 時刻  $t$  におけるエスカレータ選択者数

$N_S(t)$ : 時刻  $t$  における階段選択者数

$L_E$ : エスカレータの列数 = 1

$L_S$ : 階段の列数 = 2

➤ 階段のみ混雑時に待ち時間が長くなることを示す

## 肉体的負荷

肉体的負荷  $X_{i4}(t)$

$$X_{i4}(t) = \begin{cases} 0 & (\text{エスカレータ停止}) \\ h/2 & (\text{エスカレータ歩行}) \\ h & (\text{階段}) \end{cases}$$

$h$ : 昇降設備の高さ

➤ 高さにより負荷が異なることを示す

# 昇降設備選択確率モデル

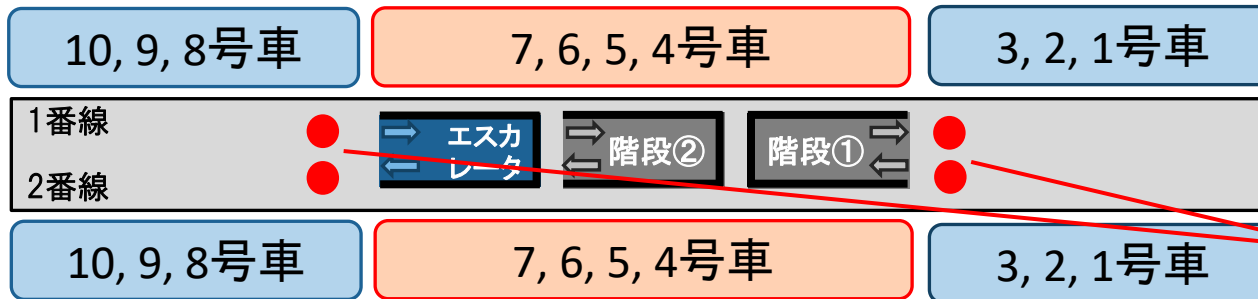
## ◆ 歩行者が昇降設備 $i$ を選択する確率

- $p_{ES}(t) = \frac{\exp(V_{ES}(t))}{\exp(V_{ES}(t)) + \exp(V_{EW}(t)) + \exp(V_S(t))}$  (エスカレータ停止)
- $p_{EW}(t) = \frac{\exp(V_{EW}(t))}{\exp(V_{ES}(t)) + \exp(V_{EW}(t)) + \exp(V_S(t))}$  (エスカレータ歩行)
- $p_S(t) = 1 - p_{ES}(t) - p_{EW}(t)$  (階段)

## ◆ 昇降設備選択確率モデルの適用方法

1～3・8～10号車 : 降車の後、中継地点へ到達してから

4～7号車 : 降車直後にて



中継地点

# 状況シナリオ

## ●降車客のシナリオ

✓結果の比較のしやすさを考慮しシナリオを設定する

- 1・2番線に同時に電車が到着
- 乗車客は考慮しない
- 降車客は寄り道せず，昇降設備→改札の順に移動する

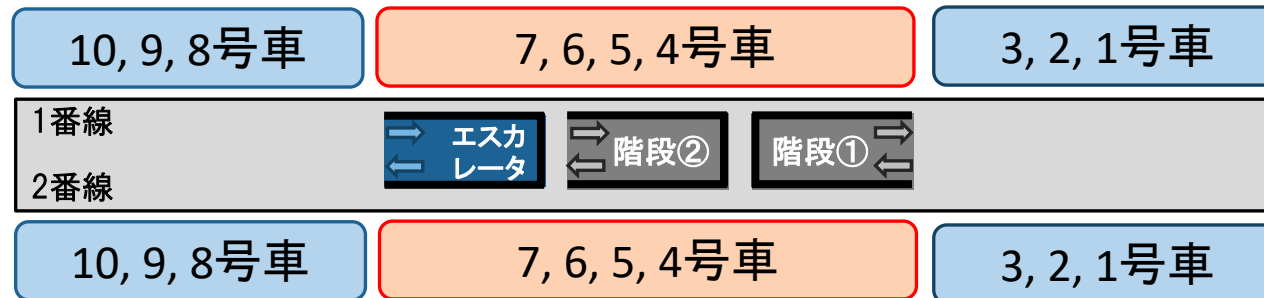
|     | 状態    | 各号車の降車客 | 降車客合計 |
|-----|-------|---------|-------|
| 状況① | 通常状態  | 5人      | 100人  |
| 状況② | 混雑状態  | 10人     | 200人  |
| 状況③ | 超混雑状態 | 20人     | 400人  |

# 状況シナリオ

## ●降車客のシナリオ

✓ 駅を日常利用する降車客を想定

- 昇降設備の位置を把握した降車客を考慮したシナリオ
- 昇降設備の付近の降車客の人数を多くすることで再現



| 状態         | 1～3, 8～10号車 | 4～7号車 | 降車客合計 |
|------------|-------------|-------|-------|
| 状況④ 日常利用状態 | 10人         | 20人   | 280人  |



# シミュレーションの実行

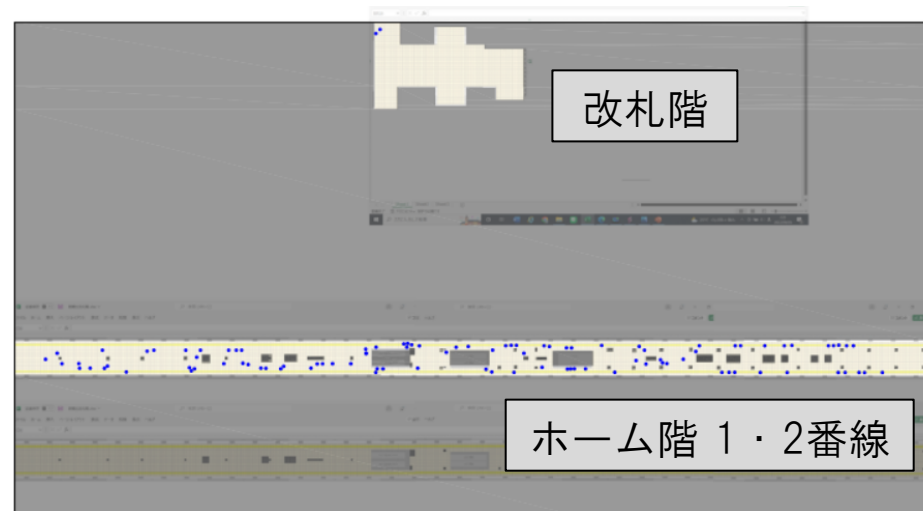
## ● シミュレーション手順

1. 各車両における降車人数を指定し、歩行者を発生させる
2. 各歩行者は昇降設備選択確率モデルに従い、昇降設備を選択しホーム階を移動
3. 昇降設備を設定した時間で改札階に移動し、改札に向かう

## ● シミュレーション時間

➤ 5000秒

✓ 歩行者が発生する時刻  $t = 0$  とする



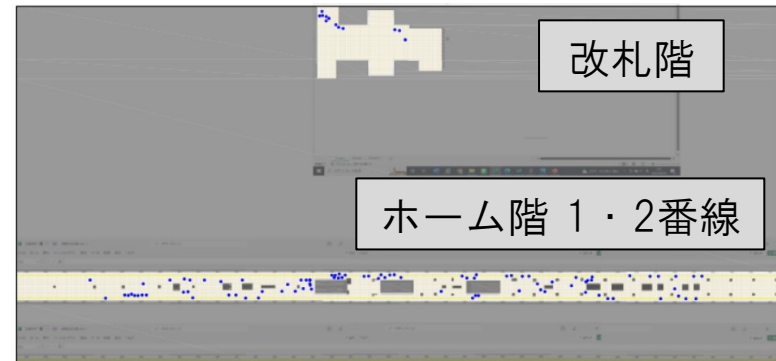
シミュレーション画面

# シミュレーションの様子

## ●シミュレーション画面（状況①・条件A）



▲シミュレーション画面( $t = 5$ )



▲シミュレーション画面( $t = 33$ )



▲シミュレーション画面( $t = 111$ )



▲シミュレーション画面( $t = 402$ )

# 実験①

## ●エスカレータ歩行禁止の効果検証

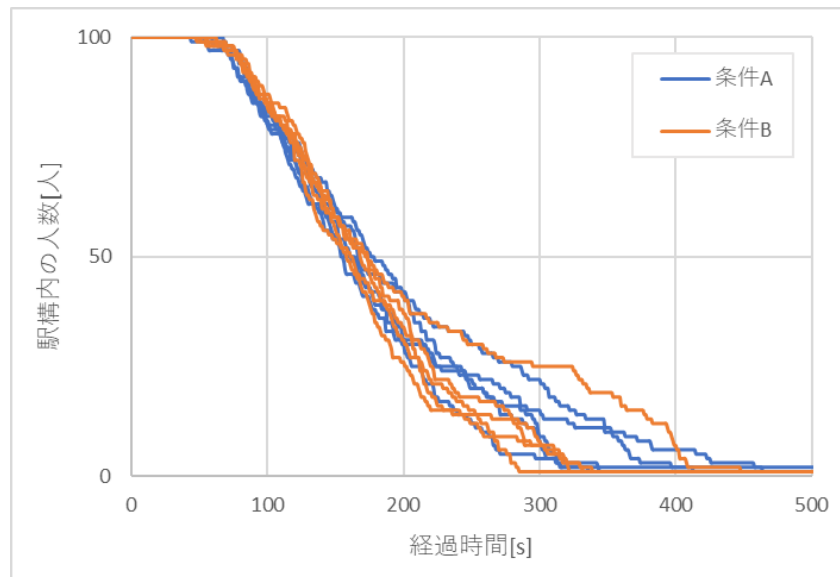
- ✓ エスカレータ歩行有/無の2つの条件を検証
- ✓ ロジットモデルのため試行毎に異なる結果が出るため、各5回実験を行う

| 実験条件 |           |
|------|-----------|
| 条件A  | エスカレータ歩行有 |
| 条件B  | エスカレータ歩行無 |

- ◆ 条件Bの場合の昇降設備選択確率モデルの設定
  - ✓ 階段・エスカレータ右・エスカレータ左のいずれかを選択する
  - エスカレータ右・左ともに停止時の設定を適用する

# 実験① - 結果(通常状態)

- ◆状況①：降車客100人（各号車5人）
- ◆駅構内の人数：改札を通過していない降車客の総人数
  - 時間経過とともに降車客総人数（100人）から減少する
  - 0に近づくのが速ければ、**輸送効率が高い**ことを示す

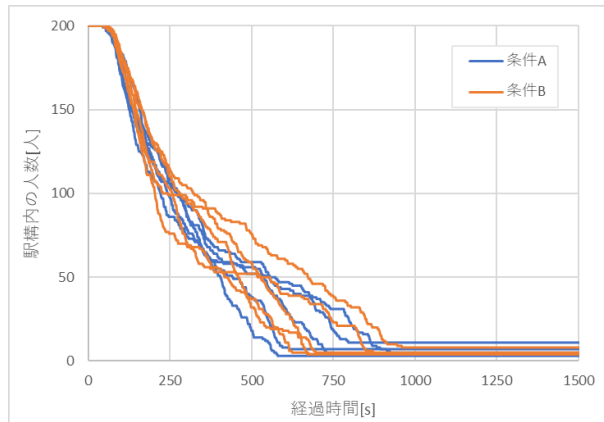


駅構内の人数の推移(通常状態)

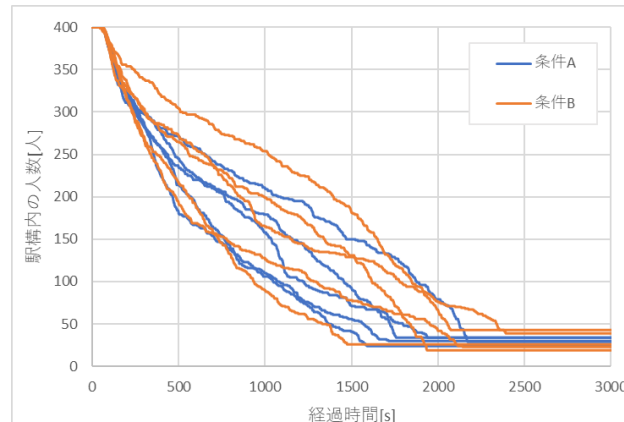
- ✓ AとBが同じ程度の範囲でばらついている
- ✓ エスカレータの歩行有/無では**同程度の輸送効率**

# 実験① - 結果

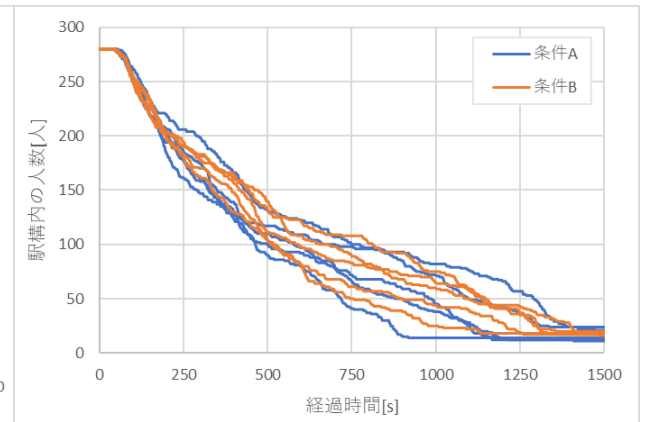
- ◆状況②：降車客200人（各号車10人）
- ◆状況③：降車客400人（各号車20人）
- ◆状況④：降車客280人(1～3, 8～10号車：10人, 4～7号車：20人)



駅構内の人数の推移(混雑状態)



駅構内の人数の推移(超混雑状態)



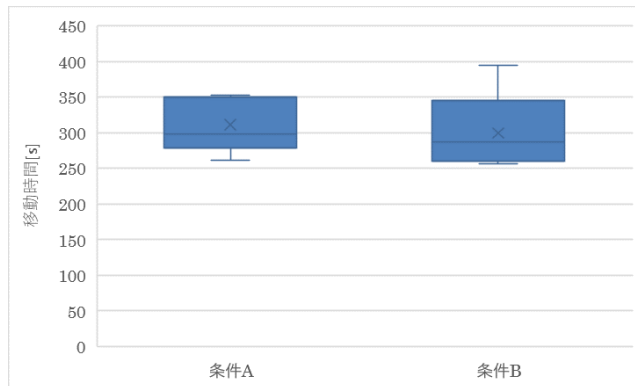
駅構内の人数の推移(日常利用状態)

✓通常状態と同様に、条件Aと条件Bがばらついており、同程度のように見える

# 実験① - 結果・考察

## ◆実験①

- ✓降車客合計のうち90%が改札を通過するまでの時間について、ばらつきを比較



移動時間のばらつき(通常状態)

- ✓条件Aと条件Bの平均値に差が生じるか、仮説検定により検討する

- 想定したの4つの状況全てにおいて、エスカレータの歩行有/無により、全体の輸送効率に影響を与えるとは言えない

## ◆エスカレータ上での安全性と輸送効率の二つの観点で利用方法を考えると…

- ✓歩行を禁止した場合でも安全性と輸送効率の両立が可能
- ✓歩行を禁止して2列停止する利用方法が好ましい

# 実験②

## ●昇降設備位置変更の効果検証

仮説：エスカレータ利用希望者を考慮し、中心に設置すべきではないか

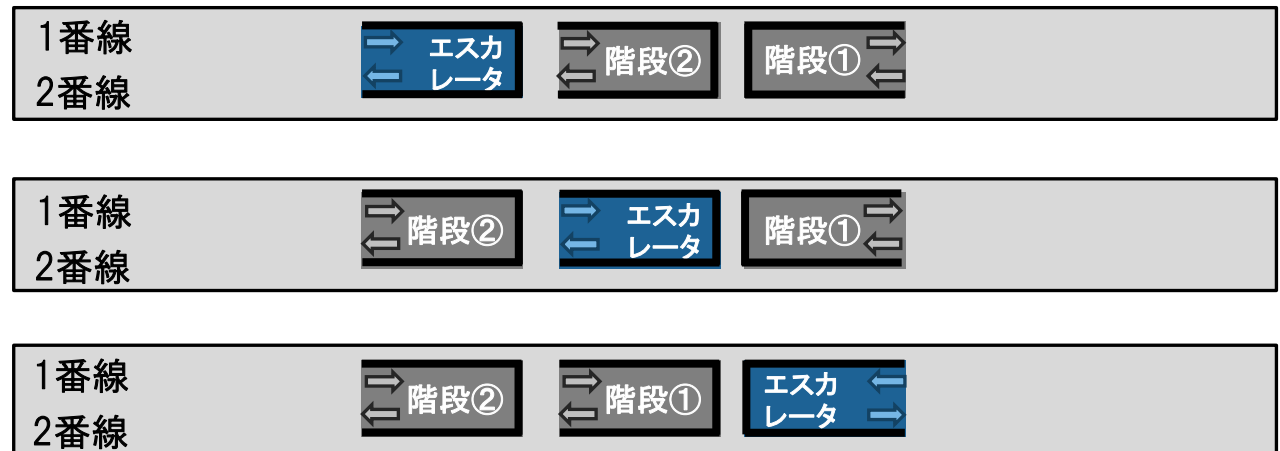
- ✓現状の昇降設備の設置箇所はそのまま
- ✓エスカレータ・階段のそれぞれの設置数は変更せず
- ✓柱・ベンチ・自動販売機等の位置もそのまま

## ◆現状の昇降設備の設置方法



### ■位置変更案①

### ■位置変更案②



## 実験②

### ●昇降設備位置変更の効果検証

- ✓実験①の歩行有/無の条件を加えた6つの条件を検証
- ✓試行毎に異なる結果が出るため、各5回実験を行い平均値を評価する

| 実験条件 |                    |
|------|--------------------|
| 条件A  | エスカレータ歩行有          |
| 条件B  | エスカレータ歩行無          |
| 条件C  | 位置変更案① + エスカレータ歩行有 |
| 条件D  | 位置変更案① + エスカレータ歩行無 |
| 条件E  | 位置変更案② + エスカレータ歩行有 |
| 条件F  | 位置変更案② + エスカレータ歩行無 |

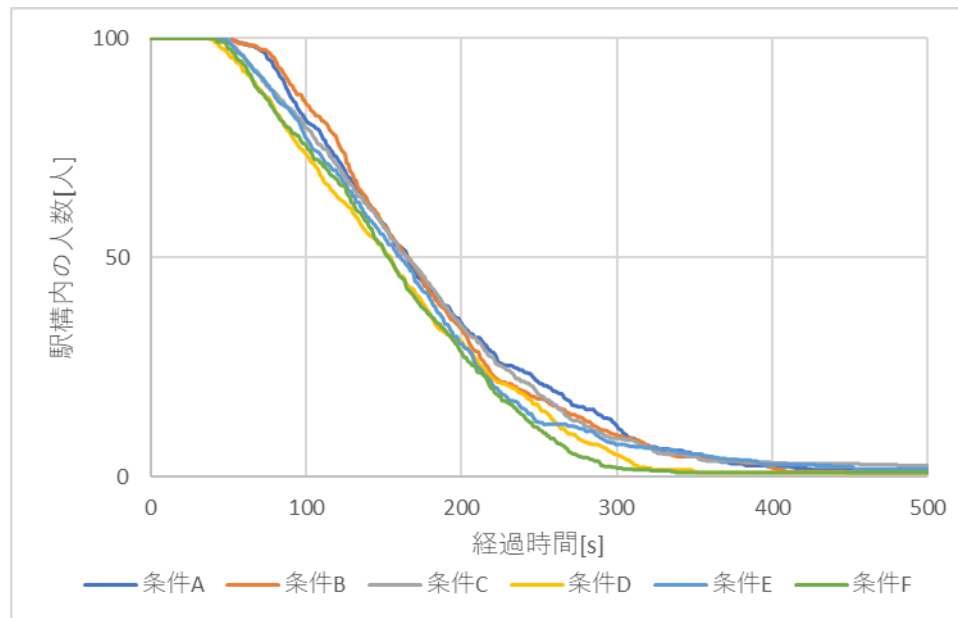


|        | 歩行有 | 歩行無 |
|--------|-----|-----|
| 現状     | A   | B   |
| 位置変更案① | C   | E   |
| 位置変更案② | D   | F   |



## 実験② - 結果(通常状態)

### ◆状況①：降車客100人（各号車5人）

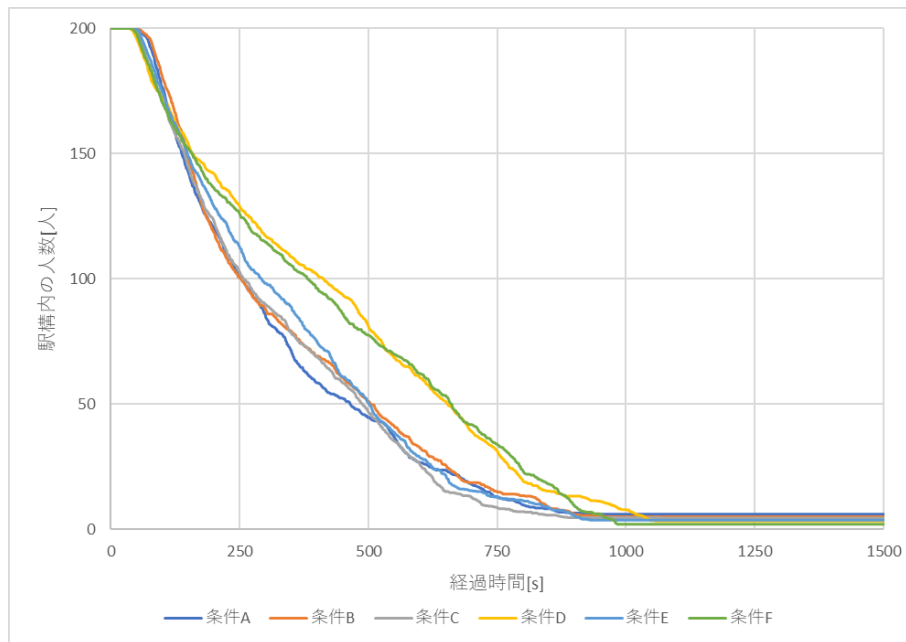


駅構内的人数の推移(通常状態)

- ✓ DとFは他の条件4つより輸送効率が高い
- 位置変更案②の輸送効率が高い
- ✓ A-B、C-E、D-F（同じ設置方法）で比較すると…
- それぞれ差は小さく歩行禁止が輸送効率に与える影響は小さい

## 実験② - 結果(混雑状態)

◆状況②：降車客200人（各号車10人）

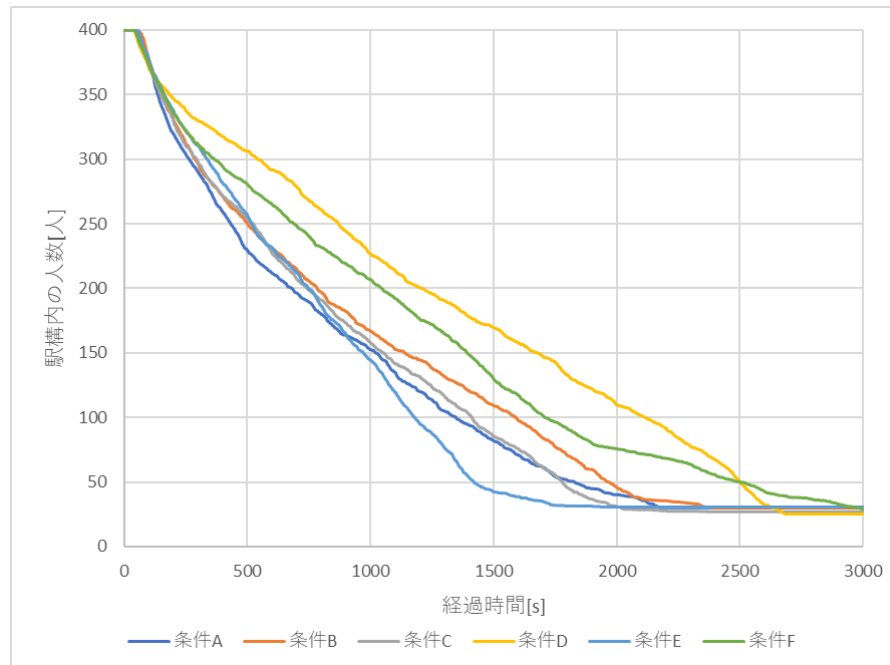


駅構内の人数の推移(混雑状態)

- ✓ D・Fの場合の輸送効率が低い
  - 位置変更案②のとき輸送効率が低い
  - 状況①と逆の結果
- ✓ A・B・C・Eの場合の輸送効率が高い
  - 現状・位置変更案①の場合に輸送効率が高くなる

## 実験② - 結果(超混雑状態)

### ◆状況③：降車客400人（各号車20人）



駅構内の人数の推移(超混雑状態)

✓駅構内の人数が40人までの経過時間で比較すると…

E→C→A→B→D→Fとなる

➤昇降設備の設置方法が輸送効率に与える影響が大きい

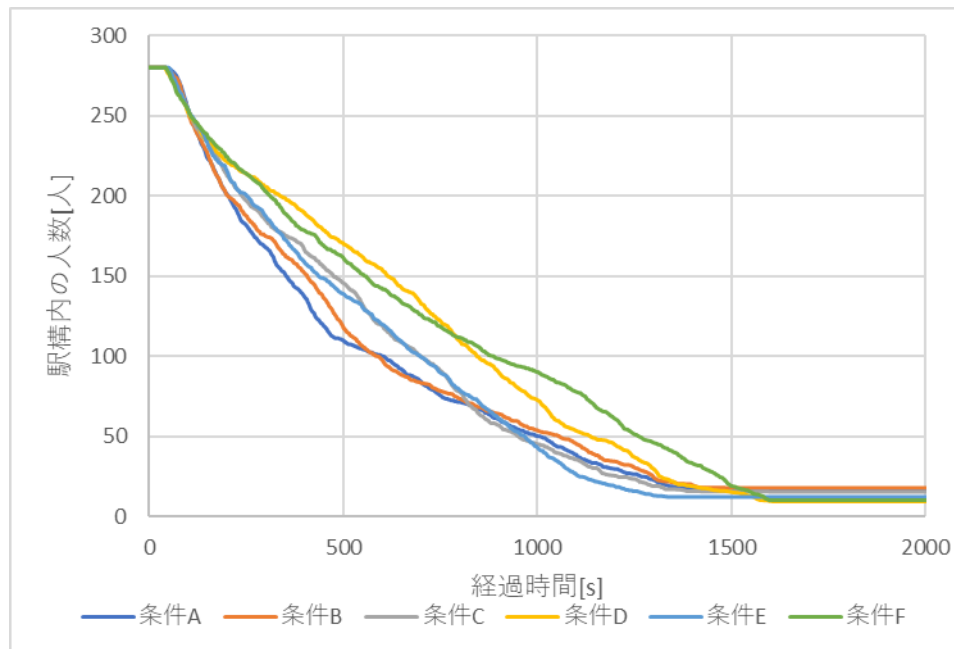
➤位置変更案①→現状→位置変更案②

の順に輸送効率が高い

✓特にE（位置変更案①・歩行無）のとき最も輸送効率が高い

## 実験② - 結果(日常利用状態)

◆状況④：降車客280人(1～3, 8～10号車：10人, 4～7号車：20人)



駅構内の人数の推移(日常利用状態)

✓混雑状態・超混雑状態と同様に

D・F（位置変更案②）

のとき輸送効率が低い

✓超混雑状態と同様に

E（位置変更案①・歩行無）

のとき最も輸送効率が高い

## 実験②－結果・考察

### ◆実験②

◆エスカレータ上での安全性と輸送効率の二つの観点で利用方法を考えると…

✓本研究にて想定した駅：近隣に住宅地の広がり朝夕のラッシュが見込まれる駅

➤エスカレータ上での歩行禁止により安全性が高い，通常状態を除く3つの状況で最も輸送効率が高い条件E（位置変更案①・歩行無）が望ましい

◆位置変更案①について

✓通常状態，混雑状態：C（歩行有）とE（歩行無）の輸送効率の差は小さい

✓超混雑状態：大きくEの方が輸送効率が高い

➤時間ごとの利用状況により乗車方法の変更が有効か

➤混雑する時間帯のみ2列でエスカレータ停止乗車を行えば、輸送効率を最大化できる

➤停止乗車の呼びかけに人員が必要であることを考慮すると，最小限の人数で実施できる

# まとめ・今後の課題

## ◆まとめ

- ✓ ソーシャルフォースモデルと定義した昇降設備選択確率モデルによりエスカレータ歩行を含む群集行動をモデル化を行った
- ✓ 実在する駅をモデルとして群集行動の検討を行った
- ✓ 通常状態・混雑状態・超混雑状態・日常利用状態について、エスカレータの乗車方法及び昇降設備の設置方法についての6つの施策の有効性について比較し有効な施策を示した

## ◆今後の課題・追加研究に向けて

- ✓ 詳細に設定したシミュレーション、状況シナリオを増やす
  - 乗車客を含める
- ✓ 実験の試行回数を増やす
  - 各試行での差が大きいため
- ✓ 新たな設計パラメータの設定
  - 新たな出口の設置, 自由な配置での昇降設備の新設

# 参考文献

1. 大竹哲士, 岸本達也, “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”, 都市計画論文集, 52(3). pp. 263-269, 2017.
2. エスカレーター、関西なぜ「右立ち」(謎解きクルーズ). 日本経済新聞, 2014, [https://www.nikkei.com/article/DGXLASIH02H08\\_T01C14A2AA1P00/](https://www.nikkei.com/article/DGXLASIH02H08_T01C14A2AA1P00/), 最終アクセス日2022.11.22
3. エスカレーター「歩かず立ち止まろう」キャンペーンの実施について. 東京メトロ, <https://www.tokyometro.jp/news/2022/213146.html>, 最終アクセス日2022.11.22
4. 埼玉県エスカレーターの安全な利用の促進に関する条例. 埼玉県, <https://www.pref.saitama.lg.jp/a0310/escalator.html>, 最終アクセス日2022/9/30
5. 阿久澤あずみ, 田口東, “駅構内における 群集歩行シミュレーションモデルの研究”, 日本オペレーションズリサーチ秋季研究発表会, pp192-193, 2005.
6. 朝霞台駅の構内図, らくらくおでかけネット, [https://www.ecomo-rakuraku.jp/ja/station\\_map/朝霞台/](https://www.ecomo-rakuraku.jp/ja/station_map/朝霞台/), 最終アクセス日2022/10/3
7. 朝霞台駅周辺の住みやすさ！治安や家賃相場・口コミなど大公開【一人暮らし】, Rooch, <https://ieagent.jp/blog/eria/asakadaihitorigurashi-42530>, 最終アクセス日2023.1.18
8. 田島絵里佳, 大島寛生, “Social Force Modelを用いたコンビニエンスストアの混雑シミュレーション”, 東京理科大学理工学部経営工学科卒業論文集, 2017.
9. 富樫明日香, “マルチエージェントシミュレーションを用いた観光地の混雑情報提供に関する効果分析”, 早稲田大学大学院創造理工学研究科修士論文集, 2021.
10. 内橋夏実, “駅ホームでのエスカレーター利用客のシミュレーション”, 情報処理学会研究報告, Vol.2020-IS-154 No.9, 2020

# 付録 - 実験①

## ●昇降設備の選択人数

### ▼昇降設備の選択人数(通常状態)

|    | エスカレータ左 | エスカレータ右 | 階段① | 階段② | 未選択 |
|----|---------|---------|-----|-----|-----|
| A① | 31      | 41      | 14  | 13  | 1   |
| A② | 47      | 35      | 11  | 6   | 1   |
| A③ | 42      | 32      | 12  | 13  | 1   |
| A④ | 37      | 41      | 6   | 15  | 1   |
| A⑤ | 34      | 38      | 12  | 15  | 1   |
| B① | 35      | 39      | 11  | 14  | 1   |
| B② | 38      | 42      | 8   | 11  | 1   |
| B③ | 40      | 43      | 9   | 7   | 1   |
| B④ | 41      | 39      | 8   | 11  | 1   |
| B⑤ | 37      | 36      | 10  | 16  | 1   |

### ▼昇降設備の選択人数(混雑状態)

|    | エスカレータ左 | エスカレータ右 | 階段① | 階段② | 未選択 |
|----|---------|---------|-----|-----|-----|
| A① | 70      | 75      | 20  | 24  | 11  |
| A② | 76      | 61      | 30  | 26  | 7   |
| A③ | 72      | 77      | 21  | 29  | 1   |
| A④ | 71      | 89      | 19  | 17  | 4   |
| A⑤ | 74      | 74      | 26  | 21  | 5   |
| B① | 72      | 79      | 21  | 24  | 4   |
| B② | 70      | 74      | 21  | 31  | 4   |
| B③ | 76      | 79      | 19  | 22  | 4   |
| B④ | 74      | 78      | 22  | 22  | 4   |
| B⑤ | 73      | 88      | 15  | 16  | 8   |



# 付録 - 実験①

## ●昇降設備の選択人数

### ▼昇降設備の選択人数(超混雑状態)

|    | エスカレータ左 | エスカレータ右 | 階段① | 階段② | 未選択 |
|----|---------|---------|-----|-----|-----|
| A① | 150     | 137     | 46  | 39  | 28  |
| A② | 143     | 159     | 31  | 43  | 24  |
| A③ | 127     | 155     | 43  | 42  | 33  |
| A④ | 126     | 143     | 58  | 43  | 30  |
| A⑤ | 120     | 164     | 46  | 40  | 30  |
| B① | 136     | 142     | 42  | 43  | 37  |
| B② | 148     | 131     | 54  | 41  | 26  |
| B③ | 129     | 157     | 46  | 45  | 23  |
| B④ | 151     | 134     | 35  | 43  | 37  |
| B⑤ | 148     | 137     | 49  | 47  | 19  |

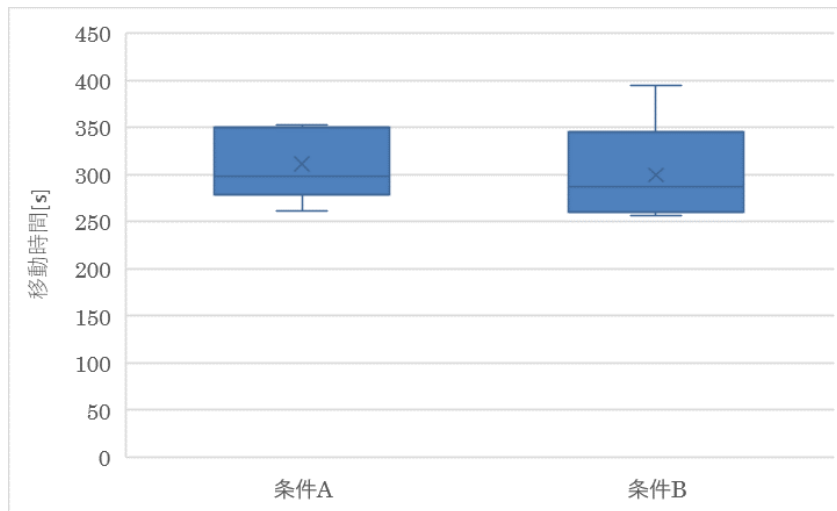
### ▼昇降設備の選択人数(日常利用状態)

|    | エスカレータ左 | エスカレータ右 | 階段① | 階段② | 未選択 |
|----|---------|---------|-----|-----|-----|
| A① | 90      | 102     | 27  | 41  | 20  |
| A② | 102     | 100     | 39  | 28  | 11  |
| A③ | 104     | 97      | 32  | 33  | 14  |
| A④ | 116     | 102     | 27  | 23  | 12  |
| A⑤ | 100     | 103     | 24  | 31  | 22  |
| B① | 95      | 108     | 30  | 30  | 17  |
| B② | 96      | 94      | 42  | 32  | 16  |
| B③ | 114     | 87      | 38  | 23  | 18  |
| B④ | 97      | 103     | 28  | 35  | 17  |
| B⑤ | 97      | 96      | 38  | 29  | 20  |

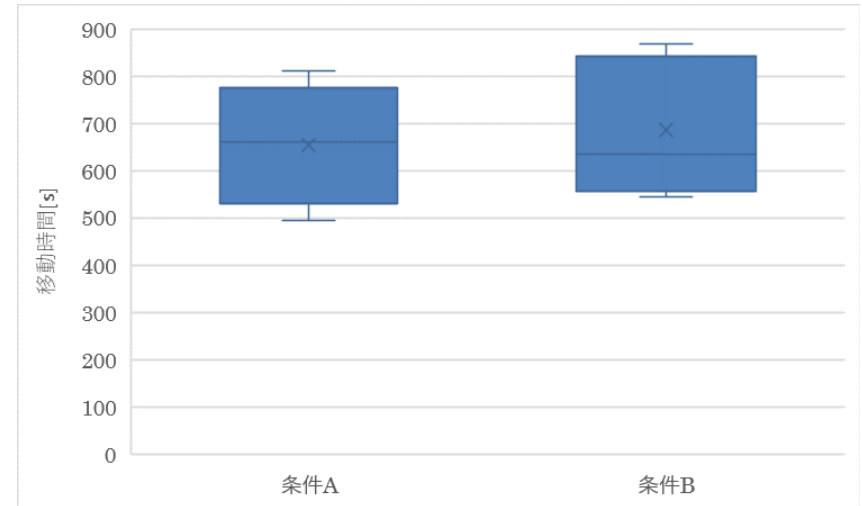
# 付録 - 実験①

## ●移動時間のばらつき

◆降車客の総和のうち、90%が通過するまでの時間を移動時間として、各試行のばらつきを分析した。



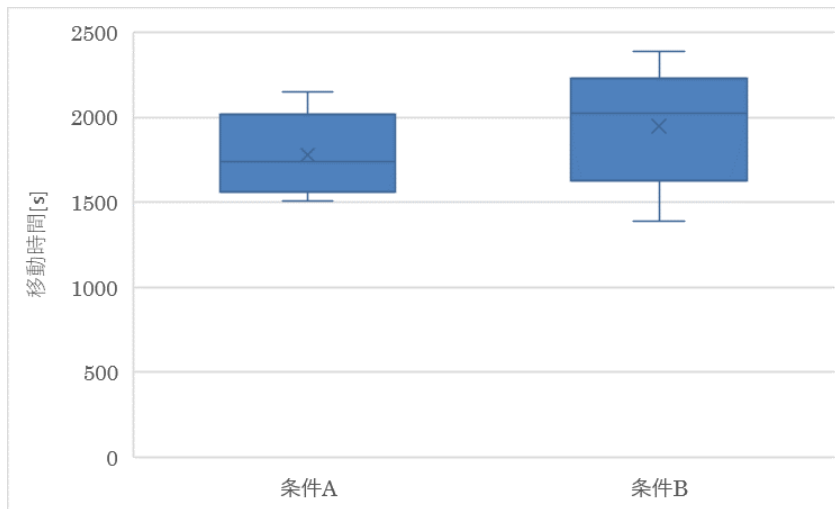
▲移動時間のばらつき(通常状態)



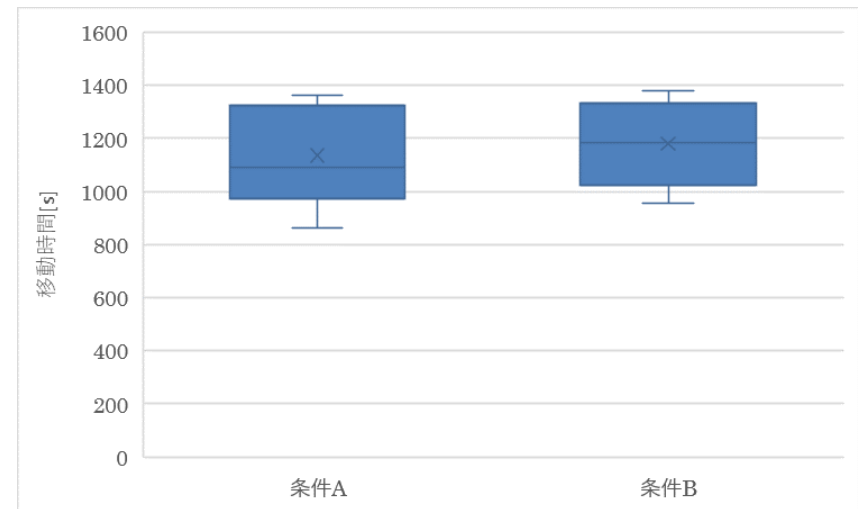
▲移動時間のばらつき(混雑状態)

# 付録 - 実験①

## ●移動時間のばらつき



▲移動時間のばらつき(超混雑状態)



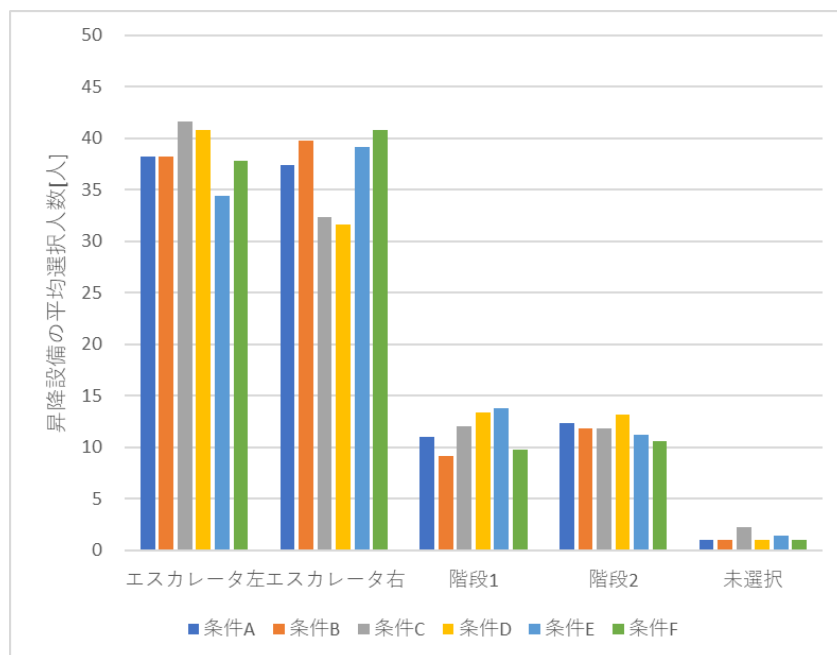
▲移動時間のばらつき(日常利用状態)

◆仮説検定により条件Aと条件Bの移動時間の平均値に差が生じるか検討を行う

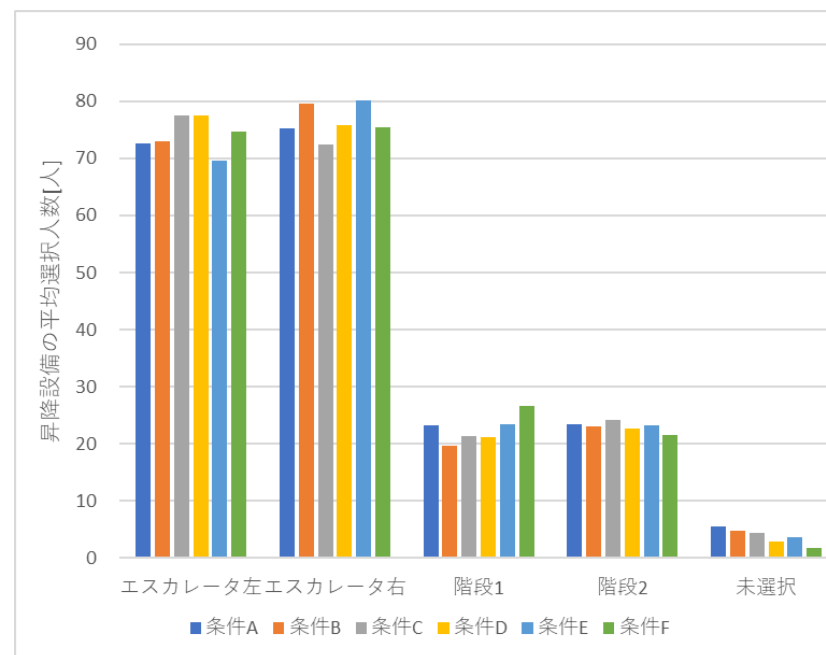
➤いずれの状況でも、条件Aと条件Bでは有意な差は認められず、エスカレータ上での歩行の有無は全体の輸送効率に大きな変化を生じるとは言えない。

# 付録 - 実験②

## ●昇降設備の平均選択人数



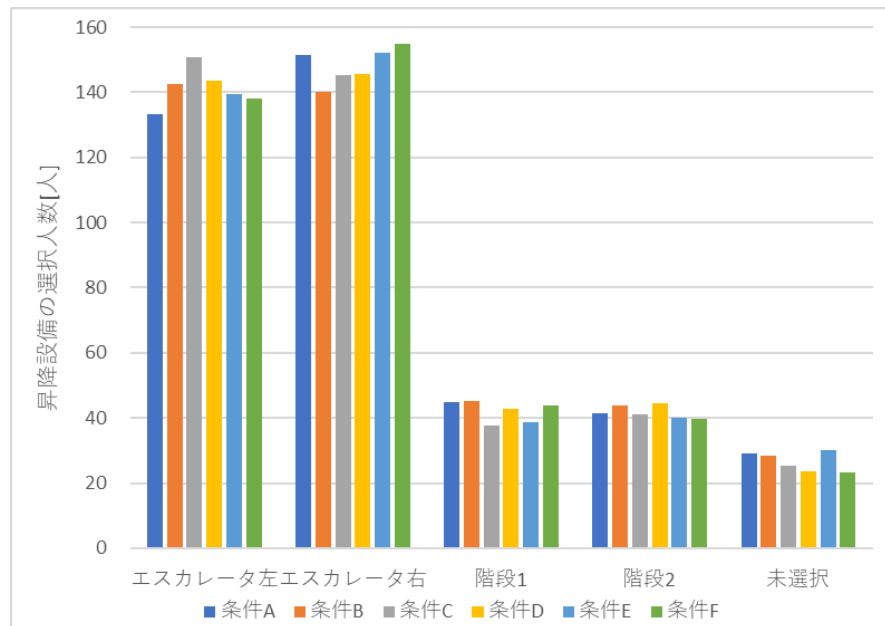
▲昇降設備の選択人数(通常状態)



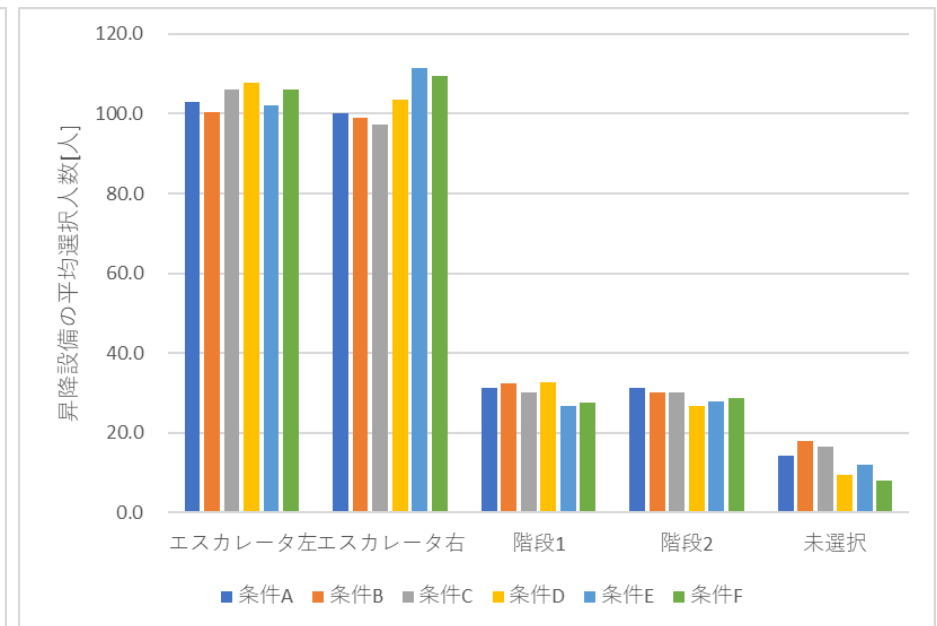
▲昇降設備の選択人数(混雑状態)

# 付録 - 実験②

## ●昇降設備の平均選択人数



▲昇降設備の選択人数(超混雑状態)



▲昇降設備の選択人数(日常利用状態)

# 付録 - 実験②

## ●昇降設備の選択人数

|    | エスカレータ左 | エスカレータ右 | 階段① | 階段② | 未選択 |
|----|---------|---------|-----|-----|-----|
| C① | 39      | 37      | 12  | 9   | 3   |
| C② | 47      | 28      | 10  | 14  | 1   |
| C③ | 40      | 34      | 9   | 12  | 5   |
| C④ | 41      | 31      | 15  | 12  | 1   |
| C⑤ | 41      | 32      | 14  | 12  | 1   |
| D① | 30      | 33      | 19  | 17  | 1   |
| D② | 40      | 30      | 12  | 17  | 1   |
| D③ | 48      | 30      | 11  | 10  | 1   |
| D④ | 39      | 33      | 16  | 11  | 1   |
| D⑤ | 47      | 32      | 9   | 11  | 1   |
| E① | 30      | 37      | 18  | 14  | 1   |
| E② | 34      | 44      | 14  | 7   | 1   |
| E③ | 37      | 41      | 14  | 5   | 3   |
| E④ | 37      | 40      | 11  | 11  | 1   |
| E⑤ | 34      | 34      | 12  | 19  | 1   |
| F① | 38      | 42      | 10  | 9   | 1   |
| F② | 39      | 43      | 10  | 7   | 1   |
| F③ | 34      | 44      | 10  | 11  | 1   |
| F④ | 36      | 39      | 9   | 15  | 1   |
| F⑤ | 42      | 36      | 10  | 11  | 1   |

▲昇降設備の選択人数(通常状態)

|    | エスカレータ左 | エスカレータ右 | 階段① | 階段② | 未選択 |
|----|---------|---------|-----|-----|-----|
| c① | 75      | 72      | 23  | 28  | 2   |
| c② | 77      | 74      | 19  | 22  | 8   |
| c③ | 77      | 72      | 16  | 28  | 7   |
| c④ | 77      | 74      | 26  | 20  | 3   |
| c⑤ | 82      | 70      | 23  | 23  | 2   |
| D① | 87      | 74      | 19  | 18  | 2   |
| D② | 76      | 76      | 20  | 27  | 1   |
| D③ | 76      | 71      | 21  | 29  | 3   |
| D④ | 76      | 78      | 24  | 18  | 4   |
| D⑤ | 73      | 80      | 22  | 21  | 4   |
| E① | 80      | 79      | 21  | 17  | 3   |
| E② | 58      | 85      | 26  | 25  | 6   |
| E③ | 74      | 75      | 24  | 24  | 3   |
| E④ | 66      | 83      | 23  | 25  | 3   |
| E⑤ | 70      | 79      | 23  | 25  | 3   |
| F① | 73      | 61      | 39  | 25  | 2   |
| F② | 74      | 74      | 30  | 18  | 4   |
| F③ | 73      | 80      | 18  | 28  | 1   |
| F④ | 80      | 86      | 19  | 14  | 1   |
| F⑤ | 73      | 76      | 27  | 23  | 1   |

▲昇降設備の選択人数(混雑状態)

# 付録 - 実験②

## ●昇降設備の選択人数

|    | エスカレータ左 | エスカレータ右 | 階段① | 階段② | 未選択 |
|----|---------|---------|-----|-----|-----|
| c① | 140     | 152     | 39  | 45  | 24  |
| c② | 152     | 142     | 35  | 44  | 27  |
| c③ | 143     | 157     | 36  | 48  | 16  |
| c④ | 158     | 142     | 46  | 31  | 23  |
| c⑤ | 160     | 133     | 33  | 38  | 36  |
| d① | 147     | 151     | 44  | 44  | 14  |
| d② | 142     | 148     | 39  | 50  | 21  |
| d③ | 124     | 147     | 47  | 48  | 34  |
| d④ | 147     | 155     | 43  | 34  | 21  |
| d⑤ | 158     | 127     | 41  | 46  | 28  |
| e① | 133     | 146     | 35  | 47  | 39  |
| e② | 130     | 166     | 43  | 34  | 27  |
| e③ | 153     | 149     | 42  | 35  | 21  |
| e④ | 142     | 149     | 38  | 41  | 30  |
| e⑤ | 139     | 150     | 35  | 43  | 33  |
| f① | 135     | 143     | 55  | 43  | 24  |
| f② | 139     | 163     | 41  | 42  | 15  |
| f③ | 138     | 164     | 38  | 30  | 30  |
| f④ | 143     | 155     | 46  | 40  | 16  |
| f⑤ | 135     | 150     | 40  | 44  | 31  |

▲昇降設備の選択人数(超混雑状態)

|    | エスカレータ左 | エスカレータ右 | 階段① | 階段② | 未選択 |
|----|---------|---------|-----|-----|-----|
| c① | 102     | 100     | 29  | 35  | 14  |
| c② | 106     | 102     | 32  | 25  | 15  |
| c③ | 112     | 94      | 25  | 32  | 17  |
| c④ | 114     | 94      | 26  | 30  | 16  |
| c⑤ | 113     | 105     | 25  | 24  | 13  |
| d① | 108     | 98      | 41  | 27  | 6   |
| d② | 106     | 101     | 32  | 35  | 6   |
| d③ | 104     | 107     | 35  | 23  | 11  |
| d④ | 108     | 107     | 30  | 24  | 11  |
| d⑤ | 98      | 103     | 28  | 39  | 12  |
| e① | 111     | 107     | 20  | 26  | 16  |
| e② | 91      | 136     | 29  | 16  | 8   |
| e③ | 108     | 100     | 27  | 32  | 13  |
| e④ | 102     | 111     | 30  | 26  | 11  |
| e⑤ | 96      | 108     | 32  | 34  | 10  |
| f① | 112     | 106     | 26  | 31  | 5   |
| f② | 105     | 113     | 18  | 33  | 11  |
| f③ | 104     | 127     | 25  | 19  | 5   |
| f④ | 113     | 94      | 37  | 27  | 9   |
| f⑤ | 107     | 91      | 24  | 39  | 19  |

▲昇降設備の選択人数(日常利用状態)