

渋谷駅利用時間選択モデルを使用した 鉄道のオフピーク利用促進方策の効果分析

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF MEASURES TO PROMOTE
OFF-PEAK USE OF RAILWAYS BASED ON TIME-OF-USE CHOICE MODELS

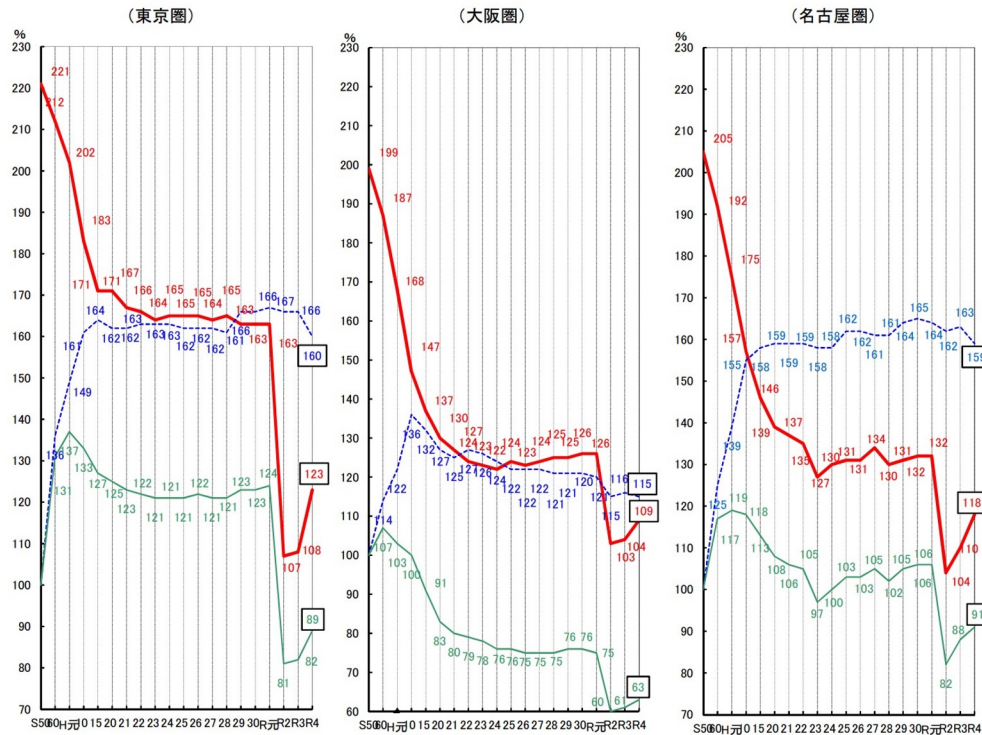
広島大学
稲田隼輝 梶山大輔
鶴園真大
藤原啓示



鉄道における混雑の現状

CONGESTION ON THE RAILROADS

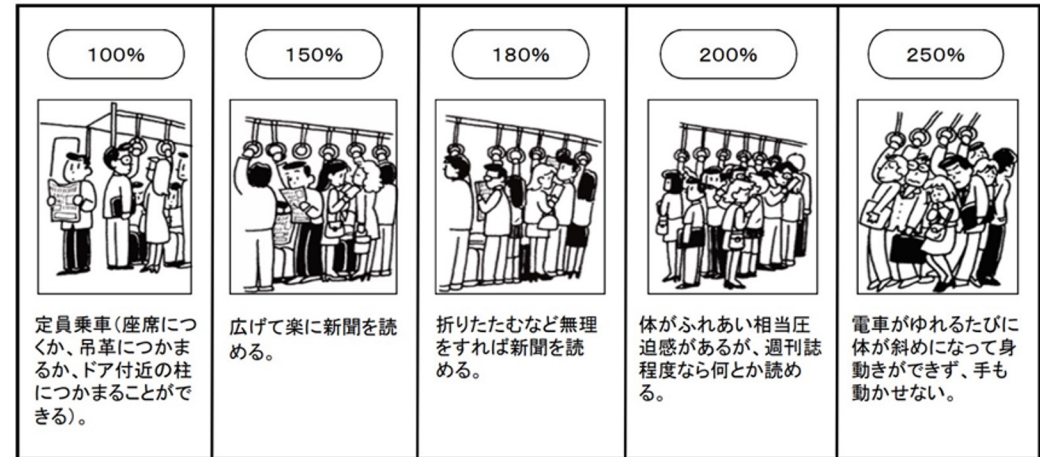
三大都市圏における主要区間の平均混雑率・輸送力・輸送人員の推移



混雑率 (%)
 輸送力 (指数: 昭和50年度=100)
 輸送人員 (指数: 昭和50年度=100)

東京圏 31 区間
 大阪圏 20 区間
 名古屋圏 8 区間

混雑率の目安



コロナ後、一旦混雑度は低下したが、行動制限解除により再び上昇傾向。

Congestion levels, which had settled down due to the coronavirus, are on the rise again.

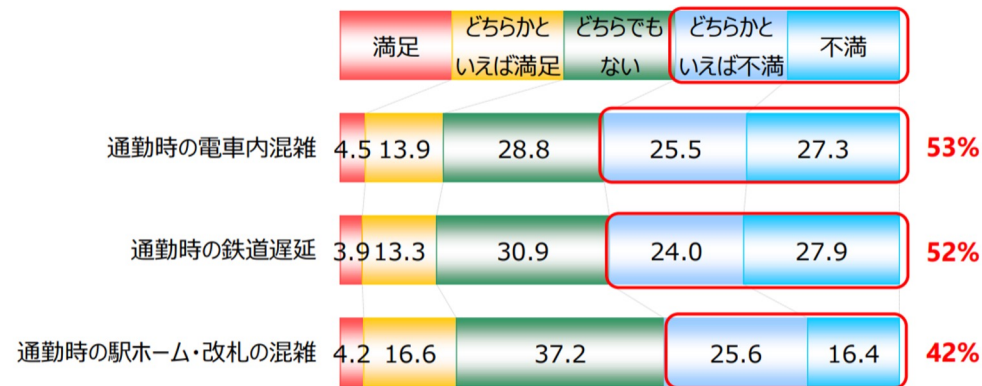


鉄道混雑がもたらす負の影響

DISADVANTAGES OF CONGESTION ON RAILWAYS

通勤時の鉄道の混雑遅延への不満

Frustration with train delays due to rail congestion on the commute to work.



○**鉄道通勤者の約半数**の人が鉄道の混雑や遅延に**不満**

混雑による遅延は多くの主要路線で発生
- 利用者は不満

Delays due to congestion frustrate many users.

混雑に対する感度が上昇（コロナ禍後）

Users' sensitivity to congestion increased

公共交通機関に対する抵抗感

□自家用車利用の増加やそれに伴う問題が発生

Resistance to public transportation leads to increased use of private cars and associated problems



仮説と今回の研究の目的

HYPOTHESIS AND OBJECTIVE

仮説： 適切なインセンティブを付与することで利用者の行動変容を
促せると
混雑を分散させることが可能

Hypothesis : Appropriate incentives can encourage users to change
their behavior and disperse congestion



目的： 今回は2021年に行われた過去の事例を分析し、政策の効果を把握し
たい

Objective : Analyze past cases conducted in 2021
to determine the effectiveness of the policy



本研究の基本的な方針 BASIC POLICY OF THIS RESEARCH

- Data

trip_shibuya2021

1. Basic analysis
2. Model estimation
3. 政策評価 : Policy

本研究の基本的な方針 BASIC POLICY OF THIS RESEARCH

- ① trip_shibuya2021のデータを目的が「通勤、通学」手段が「鉄道」のデータのみを集計
① We arrange The data in trip_shibuya2021 only for data where the objective is "commuting to work or school" and the mode is "by train",
- ② trip_shibuya2021のデータの緯度経度情報とQGISを利用して駅を特定
② identify the station using the latitude and longitude information and QGIS of the data in trip_shibuya2021,
- ③ 駅をJRの駅と私鉄の駅に分類し、JRの駅のみデータを集計し、路線と利用時間を特定
③ classify stations into JR stations and private railway stations, tabulate data only for JR stations, and identify routes and usage times and
- ④ 2021年に実際に行われたオフピーク時の利用促進方策（オフピークポイント）の効果を特定した情報を基に分析し、評価する。
④ analyze and evaluate the effect of measures actually implemented in 2021 to promote use during off-peak hours (off-peak points) based on the information identified.

オフピークポイント(2021)とは WHAT IS OFF-PEAK POINT(2021)?

事前登録を行いオフピーク時に電車を利用するとポイントが還元される仕組み

A system in which points are given back to passengers who pre-register and use the train during off-peak times.

オフピーク：ピーク時間の前後一時間 Off-peak times: a hour after and before peak-times

ピーク前の時間帯 before peak : 15pt*/回

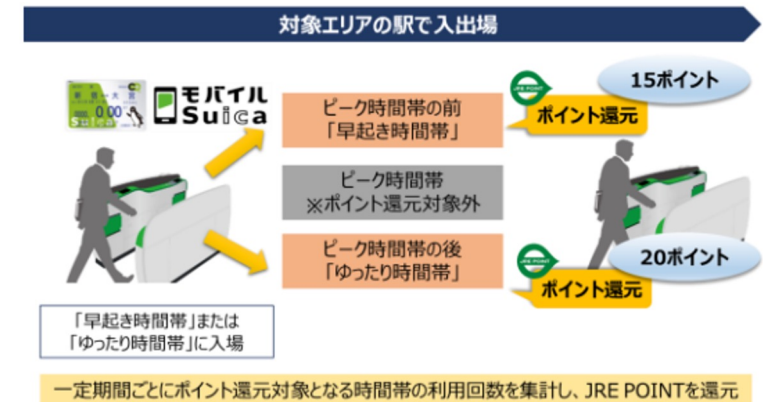
例) 渋谷駅 e.g., Shibuya St. 6:20~7:20

ピーク後の時間帯 after peak : 20pt*/回

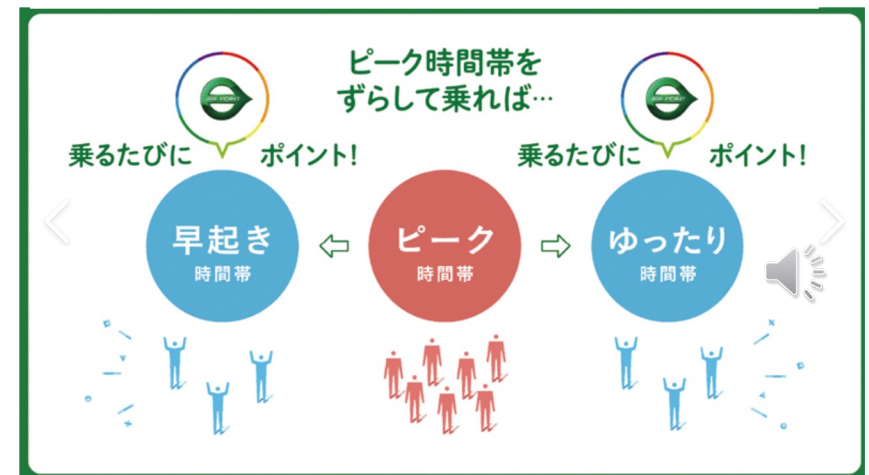
例) 渋谷駅 e.g., Shibuya St. 8:50~9:50

* 1pt= 1円 yen

JRのみの利用者にポイント付与 Only JR user can get points



※JRE POINTへのSuicaの登録とエントリーが必要です。
(ポイント還元条件の詳細は別紙2をご確認ください。)

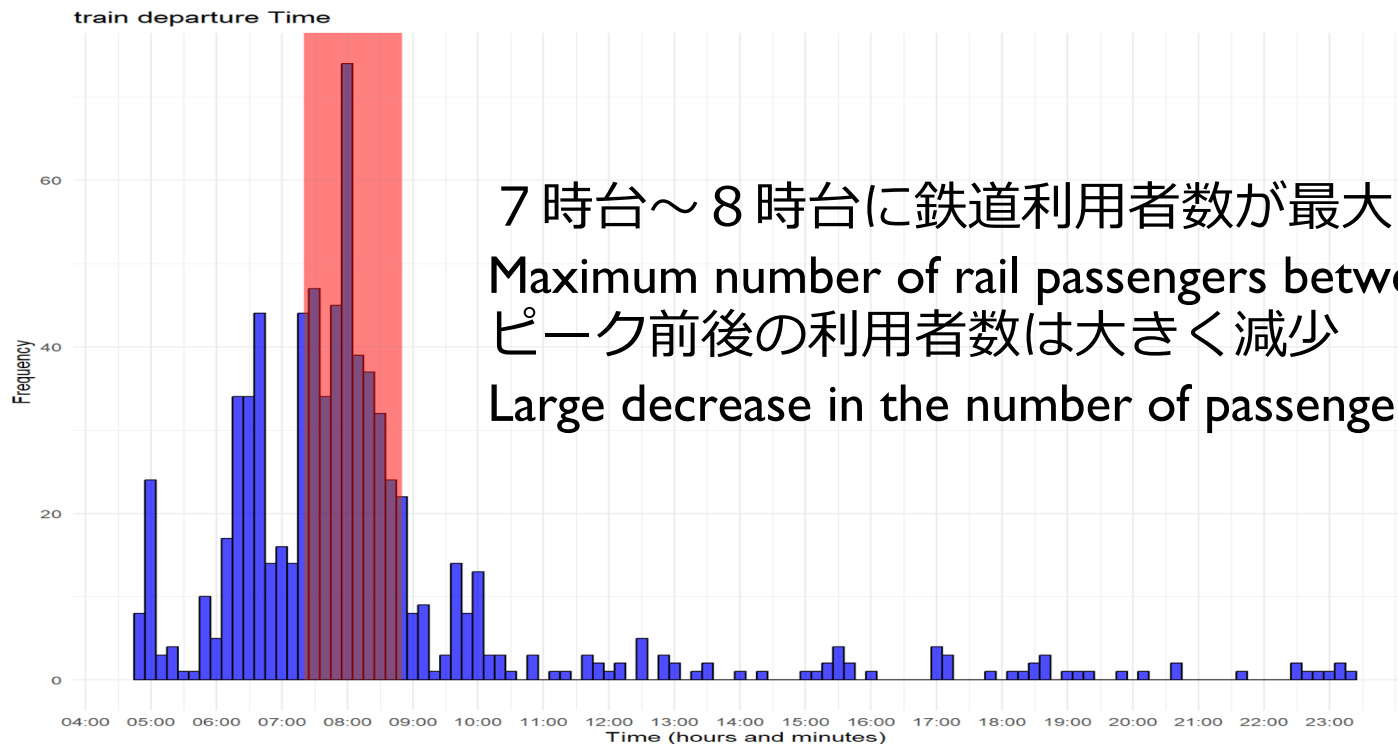


通勤通学目的で鉄道利用者の人の集計

AGGREGATION OF PEOPLE WHO USE THE TRAIN FOR COMMUTING

trip_shibuya2021のデータにおける通勤通学目的で鉄道利用者の人の出発時間の分布

Distribution of departure times of people who use trains for commuting in the data of trip_shibuya2021



7時台～8時台に鉄道利用者数が最大になる

Maximum number of rail passengers between 7:00 and 8:00 a.m.

ピーク前後の利用者数は大きく減少

Large decrease in the number of passengers before and after the peak



データ処理（O座標, D座標→最寄り駅）

トリップ内のO, Dのそれぞれの座標をQGISに入力し, 分布範囲を特定

→ 関東圏の範囲内であることが判明

関東圏の駅の位置情報を入力し, トリップごとのO座標, D座標と距離の近い10駅との距離を算出
アクセス距離と最も近い距離の値をもつ駅を最寄り駅として設定する。

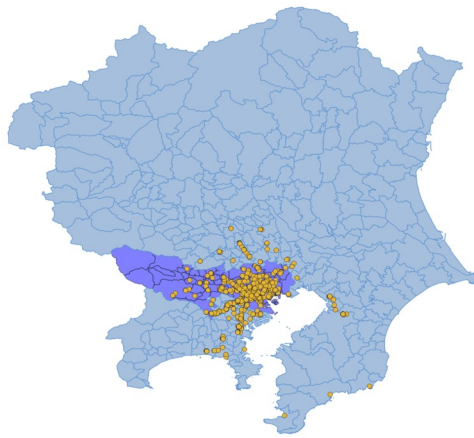


図1. O座標の分布

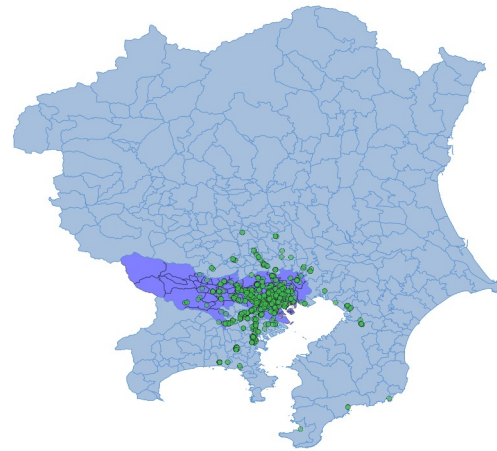


図2. D座標の分布



○座標, D座標→最寄り駅

COORDINATES OF O AND D → INDIVIDUAL CLOSEST STATION

トリップ内のO, Dのそれぞれの座標をQGISに入力し, 分布範囲を特定

we input the coordinates of O and D into QGIS and identify the distribution range

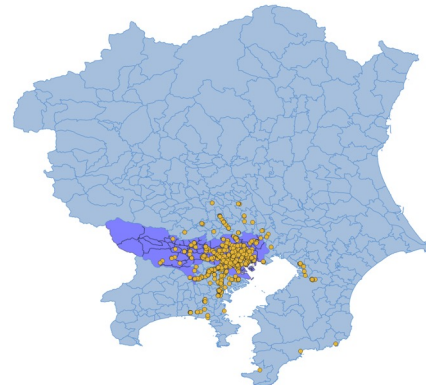
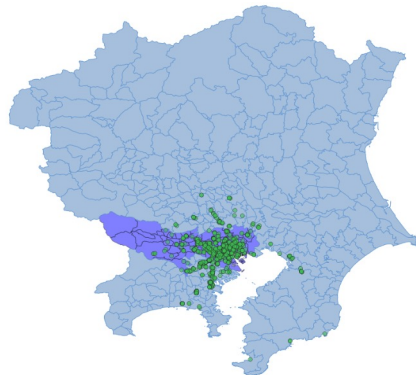
→ 関東圏の範囲内であることが判明 It was found to be thin the Kanto area.

関東圏の駅の位置情報を入力し, トリップごとのO座標, D座標と距離の近い10駅との距離を算出

Input the location information of the stations in the Kanto area, and calculate the distance between the O and D coordinates of each trip and 10 stations that are close to each other.

アクセス距離と最も近い距離の値をもつ駅を最寄り駅として設定

we define the station with the closest distance to the access distance as the closest station.



座標分布 distribution

左 : O座標

右 : D座標



データ処理（駅-駅→路線判別）

特定した駅名から私鉄の駅とJRの駅に分類

黄色→私鉄

緑色→私鉄とJRの両方の駅が存在

青色→JRの駅



ODがJRのみのデータが完成

全ての場合の利用路線を特定することはできなかった

| あさみ野 | お花茶屋 | お台場海浜公園 | たまプラーザ | ちはら台 | 15 |
|----------|------|---------|--------|------|----|
| テレコムセンター | ふじみ野 | 19 | みどり台 | 8 | 18 |
| 1 | 14 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 11 | 11 | 4 | 14 | 14 |
| 1 | 2 | 1 | 3 | 6 | 6 |
| 2 | 1 | 1 | 3 | 19 | 19 |
| 1 | 9 | 14 | 5 | 1 | 1 |
| 1 | 22 | 5 | 10 | 4 | 4 |
| 2 | 2 | 16 | 2 | 1 | 1 |
| 1 | 5 | 24 | 2 | 2 | 2 |
| 1 | 2 | 67 | 1 | 17 | 17 |
| 5 | 1 | 9 | 4 | 2 | 2 |
| 1 | 3 | 5 | 10 | 18 | 18 |
| 4 | 7 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| 1 | 1 | 2 | 8 | 9 | 9 |
| 2 | 1 | 2 | 24 | 1 | 1 |
| 1 | 8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 5 | 1 | 15 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 1 | 12 | 1 | 1 |
| 17 | 5 | 2 | 7 | 2 | 2 |
| 3 | 1 | 1 | 7 | 9 | 9 |
| 2 | 2 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| 1 | 2 | 4 | 1 | 18 | 18 |
| 7 | 3 | 3 | 13 | 13 | 13 |
| 5 | 1 | 1 | 3 | 7 | 7 |
| 2 | 1 | 1 | 2 | 16 | 16 |
| 5 | 1 | 2 | 1 | 8 | 8 |
| 1 | 12 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| あさみ野 | お花茶屋 | お台場海浜公園 | たまプラーザ | ちはら台 | 15 |
|----------|------|---------|--------|------|----|
| テレコムセンター | ふじみ野 | 19 | みどり台 | 8 | 18 |
| 1 | 14 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 11 | 11 | 4 | 14 | 14 |
| 1 | 2 | 1 | 3 | 6 | 6 |
| 2 | 1 | 1 | 3 | 19 | 19 |
| 1 | 9 | 14 | 5 | 1 | 1 |
| 1 | 22 | 5 | 10 | 4 | 4 |
| 2 | 2 | 16 | 2 | 1 | 1 |
| 1 | 5 | 24 | 2 | 2 | 2 |
| 1 | 2 | 67 | 1 | 17 | 17 |
| 5 | 1 | 9 | 4 | 2 | 2 |
| 1 | 3 | 5 | 10 | 18 | 18 |
| 4 | 7 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| 1 | 1 | 2 | 8 | 9 | 9 |
| 2 | 1 | 2 | 24 | 1 | 1 |
| 1 | 8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 5 | 1 | 15 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 1 | 12 | 1 | 1 |
| 17 | 5 | 2 | 7 | 2 | 2 |
| 3 | 1 | 1 | 7 | 9 | 9 |
| 2 | 2 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| 1 | 2 | 4 | 1 | 18 | 18 |
| 7 | 3 | 3 | 13 | 13 | 13 |
| 5 | 1 | 1 | 3 | 7 | 7 |
| 2 | 1 | 1 | 2 | 16 | 16 |
| 5 | 1 | 2 | 1 | 8 | 8 |
| 1 | 12 | 1 | 1 | 1 | 1 |



駅-駅→路線判別

ROUTE DISCRIMINATION FROM STATION TO STATION

特定した駅名から私鉄の駅とJRの駅に分類

Whether the all station has a jr line or not.

黄色→私鉄 only private railway

緑色→私鉄とJRの両方の駅が存在 both

青色→JRの駅 only JR rail way



ODがJRのみのデータが完成

We got the data the OD are both JR St,

全ての場合の利用路線を特定することはできなかった

but couldn't identify all people's transfer information at station.

| あさみ野 | お花茶屋 | お台場海浜公園 | たまプラーザ | ちはら台 | 15 |
|----------|------|---------|--------|------|----|
| テレコムセンター | ふじみ野 | みどり台 | 芦花公園 | 一橋学園 | 15 |
| 1 | 14 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 11 | 11 | 4 | 14 | 14 |
| 1 | 2 | 1 | 3 | 6 | 6 |
| 1 | 2 | 1 | 3 | 19 | 19 |
| 1 | 9 | 14 | 5 | 1 | 1 |
| 1 | 22 | 5 | 10 | 4 | 4 |
| 2 | 2 | 16 | 2 | 1 | 1 |
| 1 | 5 | 24 | 2 | 2 | 2 |
| 1 | 2 | 67 | 1 | 17 | 17 |
| 5 | 9 | 9 | 4 | 2 | 2 |
| 1 | 3 | 5 | 10 | 18 | 18 |
| 4 | 7 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| 1 | 2 | 2 | 8 | 9 | 9 |
| 2 | 1 | 2 | 24 | 1 | 1 |
| 1 | 8 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 1 | 15 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 1 | 12 | 1 | 1 |
| 17 | 5 | 2 | 7 | 2 | 2 |
| 3 | 1 | 1 | 7 | 9 | 9 |
| 2 | 2 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| 1 | 2 | 4 | 18 | 1 | 1 |
| 7 | 3 | 3 | 13 | 13 | 13 |
| 5 | 1 | 1 | 3 | 7 | 7 |
| 2 | 1 | 1 | 2 | 16 | 16 |
| 5 | 1 | 2 | 1 | 8 | 8 |
| 1 | 12 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| あさみ野 | お花茶屋 | お台場海浜公園 | たまプラーザ | ちはら台 | 15 |
|----------|------|---------|--------|------|----|
| テレコムセンター | ふじみ野 | みどり台 | 芦花公園 | 一橋学園 | 15 |
| 1 | 14 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 11 | 11 | 4 | 14 | 14 |
| 1 | 2 | 1 | 3 | 6 | 6 |
| 1 | 2 | 1 | 3 | 19 | 19 |
| 1 | 9 | 14 | 5 | 1 | 1 |
| 1 | 22 | 5 | 10 | 4 | 4 |
| 2 | 2 | 16 | 2 | 1 | 1 |
| 1 | 5 | 24 | 2 | 2 | 2 |
| 1 | 2 | 67 | 1 | 17 | 17 |
| 5 | 9 | 9 | 4 | 2 | 2 |
| 1 | 3 | 5 | 10 | 18 | 18 |
| 4 | 7 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| 1 | 2 | 2 | 8 | 9 | 9 |
| 2 | 1 | 2 | 24 | 1 | 1 |
| 1 | 8 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 1 | 15 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 1 | 12 | 1 | 1 |
| 17 | 5 | 2 | 7 | 2 | 2 |
| 3 | 1 | 1 | 7 | 9 | 9 |
| 2 | 2 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| 1 | 2 | 4 | 18 | 1 | 1 |
| 7 | 3 | 3 | 13 | 13 | 13 |
| 5 | 1 | 1 | 3 | 7 | 7 |
| 2 | 1 | 1 | 2 | 16 | 16 |
| 5 | 1 | 2 | 1 | 8 | 8 |
| 1 | 12 | 1 | 1 | 1 | 1 |

時間価値推定 TIME VALUE ESTIMATES

❓ モデル式 model

$$U_{mode} = V_{mode} + \varepsilon_{mode} = \beta_1 \times Time_{mode} + \beta_2 \times Fare_{mode} + \varepsilon_{mode}$$

$$V_{train} = \beta_1 \times Time_{train} + \beta_2 \times Fare_{train}$$

$$V_{bus} = \beta_1 \times Time_{bus} + \beta_2 \times Fare_{bus}$$

$$V_{car} = \beta_1 \times Time_{car}$$

$$V_{bicycle} = \beta_1 \times Time_{bicycle}$$

$$V_{walk} = \beta_1 \times Time_{walk}$$



モデル推定 ESTIMATION

- モデル式 **model**

ピーク前

$$\beta_1 \times (Faretrain_{time} - 15) + Differencetime_{time} \times 0.3 \times Differencedummy_{time} + \beta_2 \times Youngdummy_{time} + \beta_3 \times Congestiomdummy_{time} + ASC$$

ピーク時

$$\beta_1 \times (Faretrain_{time}) + Differencetime_{time} \times 0.3 \times Differencedummy_{time} + \beta_2 \times Youngdummy_{time} + \beta_3 \times Congestiomdummy_{time} + ASC$$

ピーク後： $\beta_1 \times ((Faretrain_{time} - 20) + Differencetime_{time} \times 0.3 \times Differencedummy_{time}) + \beta_2 \times Youngdummy_{time} + \beta_3 \times Congestiomdummy_{time} + ASC$



モデル推定結果

| | パラメータ | t値 |
|--------------|--------|--------|
| 所要時間(時間) | -4.698 | -3.123 |
| 料金(円) | -0.002 | -2.705 |
| 定数項(train) | 3.395 | 7.632 |
| 定数項(bus) | -1.672 | -1.95 |
| 定数項(car) | -1.812 | -9.764 |
| 定数項(bicycle) | -1.661 | -9.523 |
| サンプル数 | 1058 | |
| 初期尤度 | -73.61 | |
| 最終尤度 | -374.7 | |
| 尤度比 | 0.645 | |
| 修正済み尤度 | 0.639 | |

結果からわかること

- ・ 時間価値
 $(-0.002356 / -0.469779) * 60$
= 0.301 (円/分)



モデル推定結果 ESTIMATION RESULTS

□ モデル式

ピーク前

$$\beta_1 \times (\text{Faretrain}_{time} - 15) + \text{Differencetime}_{time} \times 6.6 \times \text{Differencedummy}_{time} + \beta_2 \times \text{Youngdummy}_{time} + \beta_3 \times \text{Congestiomdummy}_{time} + \text{ASC}$$

ピーク時

$$\beta_1 \times (\text{Faretrain}_{time}) + \text{Differencetime}_{time} \times 6.6 \times \text{Differencedummy}_{time} + \beta_2 \times \text{Youngdummy}_{time} + \beta_3 \times \text{Congestiomdummy}_{time} + \text{ASC}$$

ピーク後

$$\beta_1 \times (\text{Faretrain}_{time} - 20) + \text{Differencetime}_{time} \times 6.6 \times \text{Differencedummy}_{time} + \beta_2 \times \text{Youngdummy}_{time} + \beta_3 \times \text{Congestiomdummy}_{time} + \text{ASC}$$

モデル推定結果 ESTIMATION RESULTS

| | パラメータ | t値 |
|----------------|--------|-------|
| 費用(円) | 0.052 | NAN |
| youngダミー | -0.592 | NAN |
| congestiponダミー | 0.129 | NAN |
| 定数項(ピーク前) | 0.697 | 1.872 |
| 定数項(ピーク) | 0.095 | 0.261 |
| サンプル数 | 76 | |
| 初期尤度 | -73.61 | |
| 最終尤度 | -- | |
| 尤度比 | 0.083 | |
| 修正済み尤度 | 0.015 | |



推定結果からの考察と今後行いたいこと

考察

時間価値が0.3(円/分)であることからこの政策で行われている付与ポイント数では行動変容は促しにくい
目的、手段を細かく限定したためサンプル数が十分な数無い→ t 値が良くない

今後行いたい事

多くの人がピーク時の前後に出勤するよう行動変容を促せる付与ポイント数はいくらかを求める
2023年現在行われているオフピーク定期券も踏まえてより良い政策の提案



推定結果からの考察と今後行いたいこと

DISCUSSION AND FUTURE TASKS

・ 考察 Discussion

データ集計よりJRのみのトリップ数が全トリップ数の1/10であることから、そもそもこの政策の対象者が少ない
JR-only user's trips are 1/10th of all trips, so the number of people covered by this policy is too small.

時間価値が0.301(円/時間) であることからこの政策で行われている付与ポイント数では行動変容は促しにくい
Since the time value is 0.301 (yen/hour)The number of points in this policy is unlikely to promote behavioral change.

目的、手段を細かく限定したためサンプル数が十分な数無い→ t 値が良くない
The number of samples is not large enough,so the detailed limitation of objectives and modes → t-value is not good.

・ 今後の課題 Futue Tasks

多くの人がピーク時の前後に出勤するよう行動変容を促せる付与ポイント数はいくらかを求める
Seeking how many points can be granted to encourage behavior change so that many people come to work before or after peak hours.

2023年現在行われているオフピーク定期券も踏まえてより良い政策の提案
Proposing a better policy based on the off-peak commuter pass that is currently in place for 2023.



参考文献

都市鉄道の混雑遅延対策に関する研究

https://www.jttri.or.jp/members2/kenkyuh/44_tanabe.pdf

三大都市圏の平均混雑率が増加

～都市鉄道の混雑率調査結果を公表(令和4年度実績)～

https://www.mlit.go.jp/report/press/tetsudo04_hh_000112.html

