

# 鉄道会社の収入最大運賃の提案

## Proposed maximum revenue fares for railway companies

東北大学 Aチーム Tohoku University Team A

Joshua Teguh Santoso 益野 日乃美 吉澤 尚輝

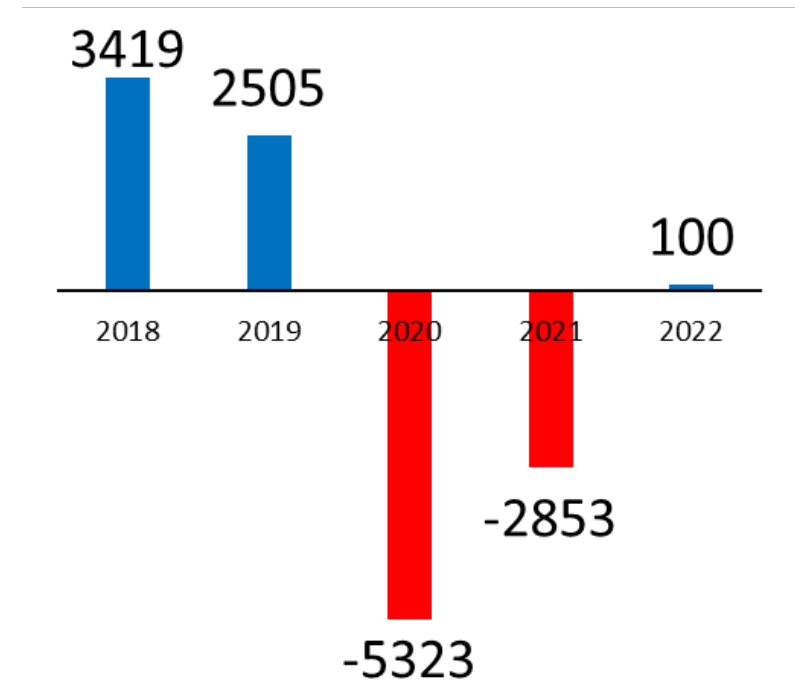
羽生 昇平 平尾 岳也



- ◆ コロナによって鉄道会社の収益は悪化している。  
COVID-19 has hurt railway company revenues.

- ◆ 社会インフラの衰退を防ぐため、  
鉄道会社の収益維持は必要ではないか。

We believe that maintaining the profitability of railway companies is necessary to prevent the decline of social infrastructure.



2018-2022年におけるJR東日本の営業利益（億円）  
Operating income of JR East companies in 2018-2022 (billion yen)



# 政策目標 Policy Goals

## 目標 Goal

鉄道会社の**運賃収入最大化**が実現できる**運賃**を求める。

We want to find **fares** that will **maximize fare revenues** for the railway company.

運賃は、次の観測可能な4指標によって決定する。

Fares shall be determined by the following four indicators observable by the railway companies.

利用距離 Distance to use	利用開始時間帯 Start of use time zone	利用目的 Purpose of use	前日のコロナ感染者数 Number of COVID-19 infections in the previous day
距離制切符 distance-based ticket	オフピーク時の利用促進 promote off-peak usage	通勤、通学、その他の3つ commuting, school, and others	感染者数による利用者数の変化 changes in the number of users due to the number of infections

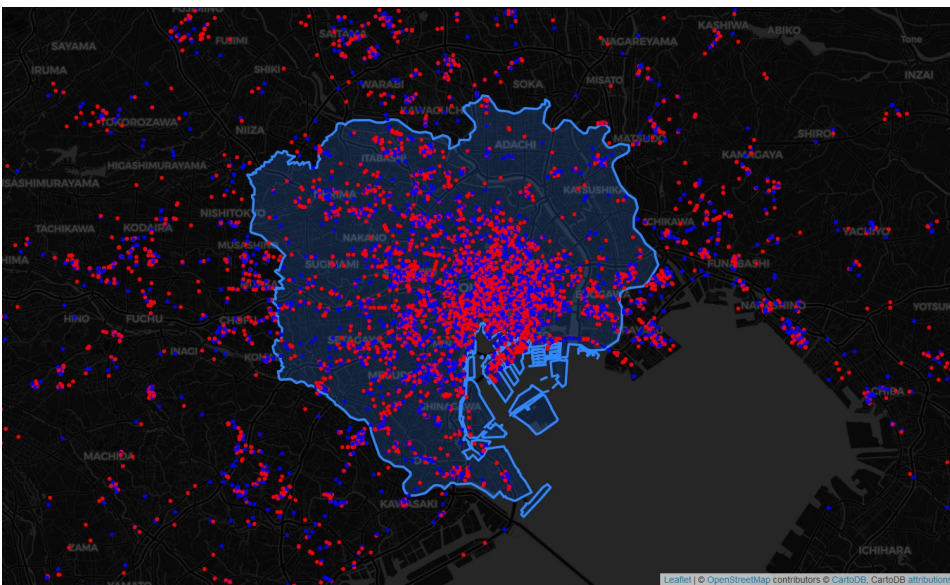
# データ Dataset

- ◆基礎集計では，PPデータの「豊洲」のうち，2019-2021の3年分のデータを使用した。

In the basic tabulation, we used three years of data from 2019-2021 among the PP data "Toyosu".

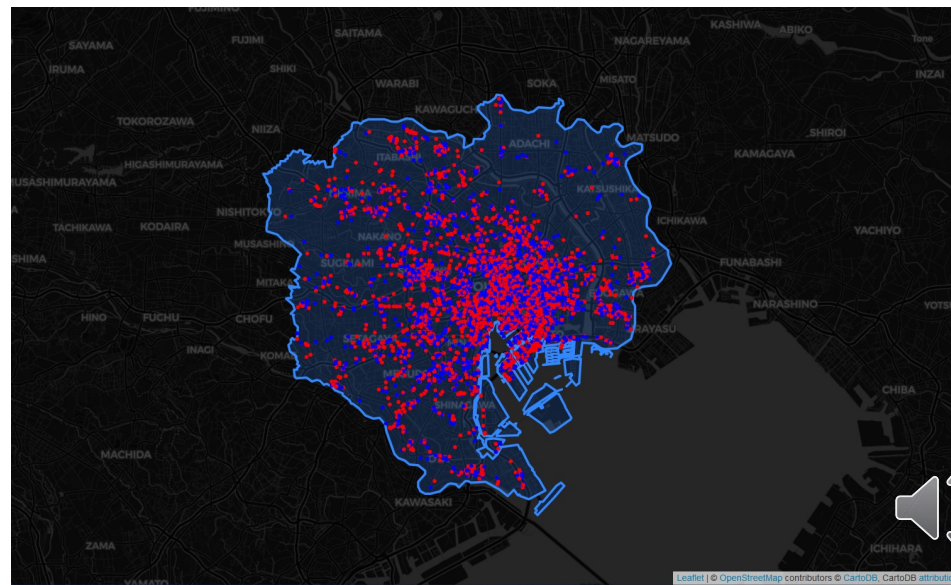
- ◆モデル推定では，出発地点が東京23区内のデータのみを用いた。

In the model estimation, we used only data with starting points in the 23 wards of Tokyo.



2022/9/25

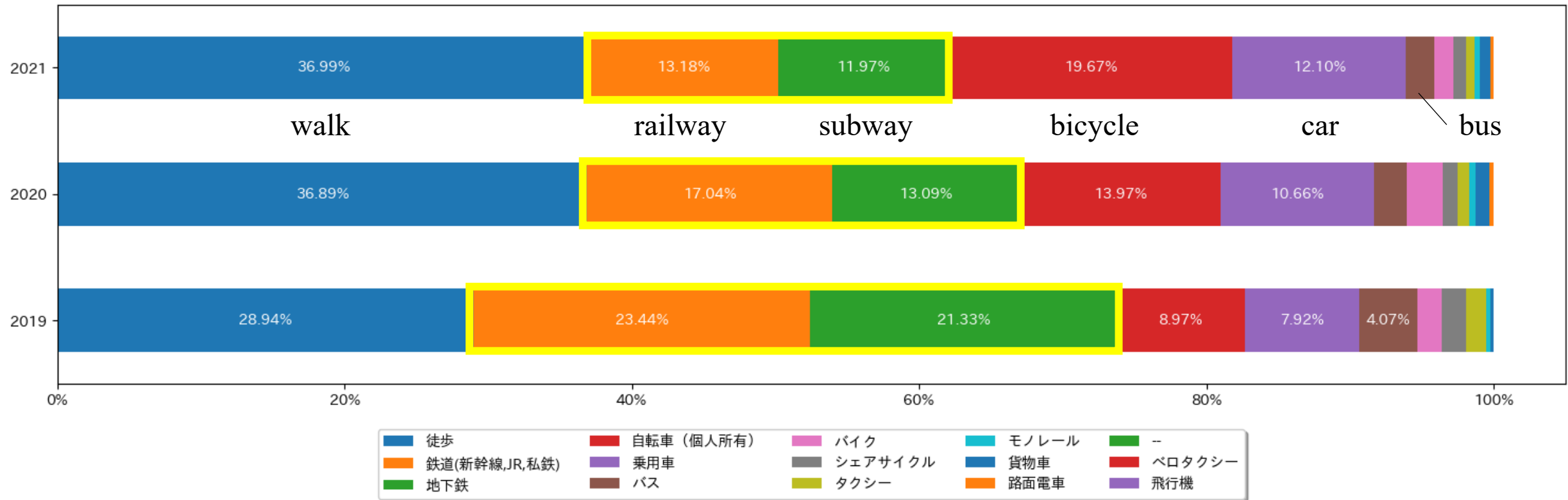
データ抽出前 before extract



データ抽出後 after extract

# 2019-2021のモードシェア Mode Share for 2019-2021

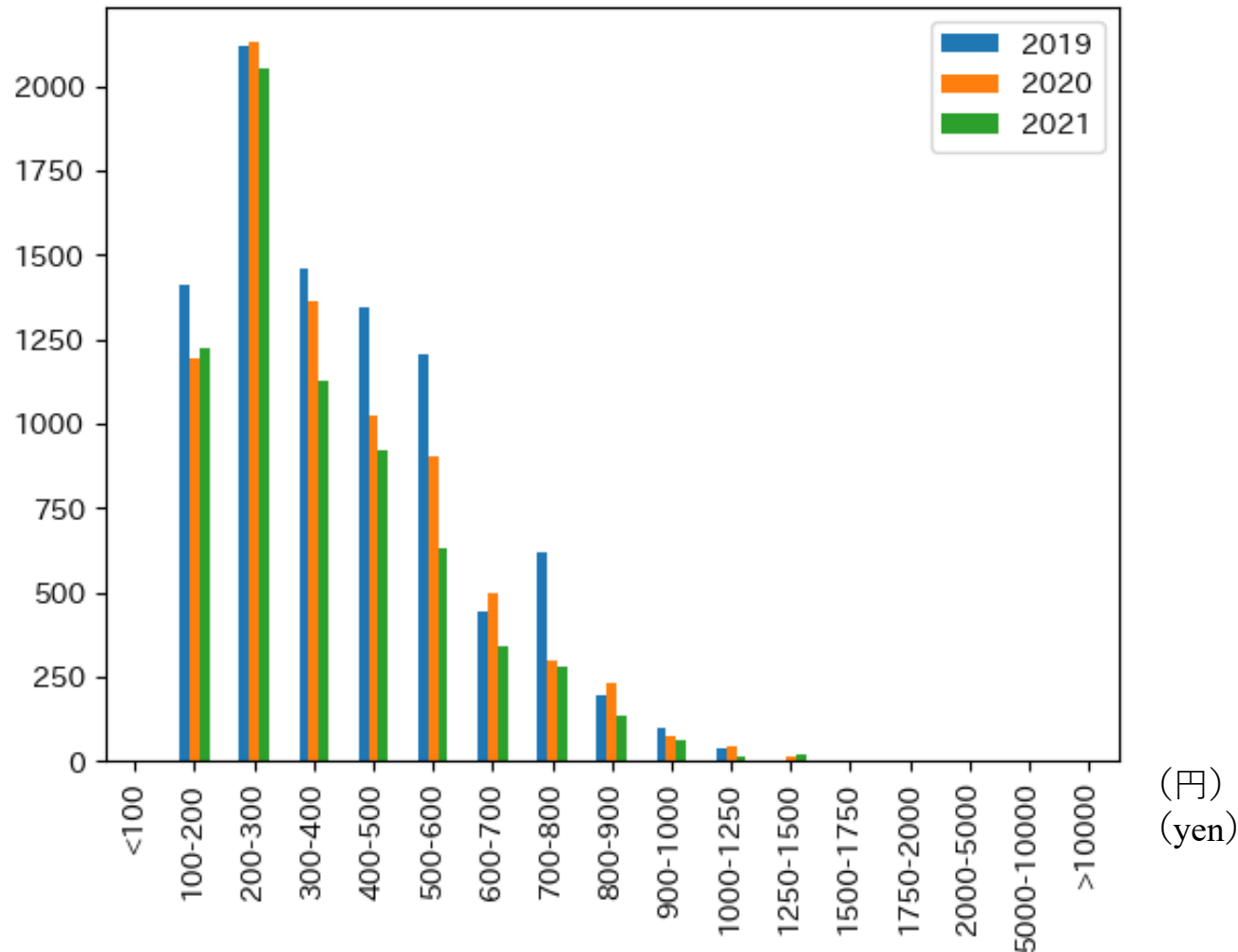
- ◆ 鉄道利用者は減少し、自転車や乗用車の利用が増加している。  
Rail ridership has declined, bicycle and car users have increased.



# 2019-2021の鉄道利用額毎の利用者数の比較

## Comparison of railway using expense for 2019-2021

(人)  
(headcount)



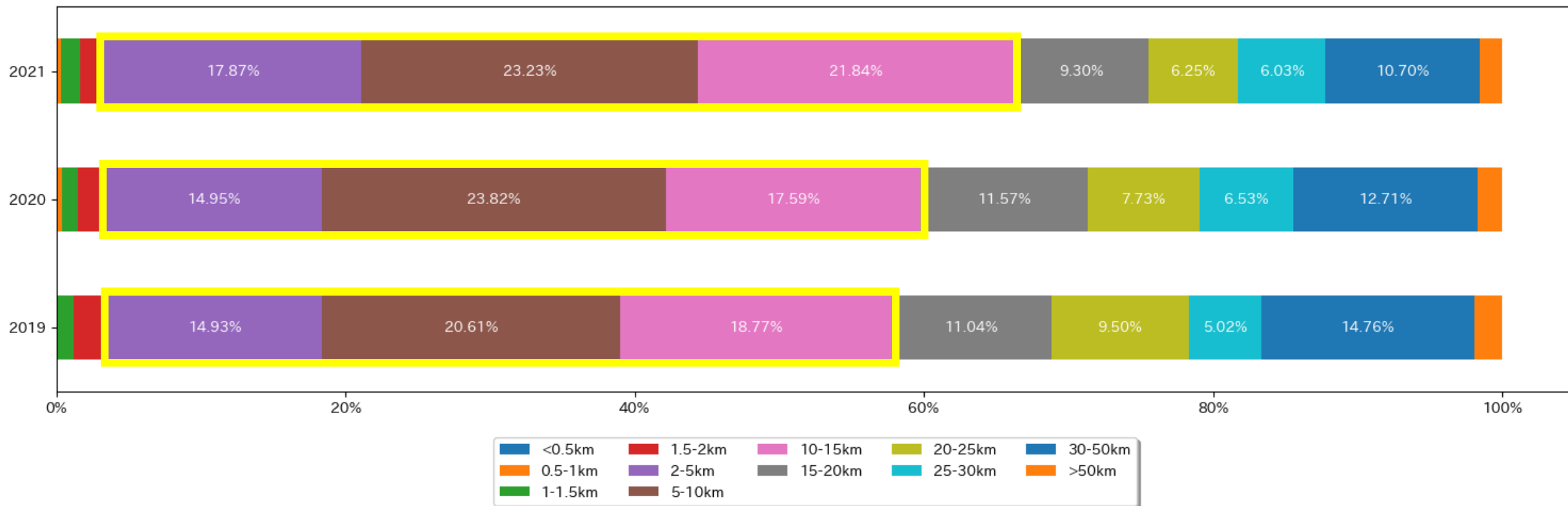
- ◆ 200-300円の利用者が最も多い。  
Users which use 200- 300 yen are the most.
- ◆ ほぼ全ての料金帯において利用者が減少している。  
Users have decreased in most price ranges.



# 2019-2021の鉄道利用者の移動距離

## Migration length of railway users for 2019-2021

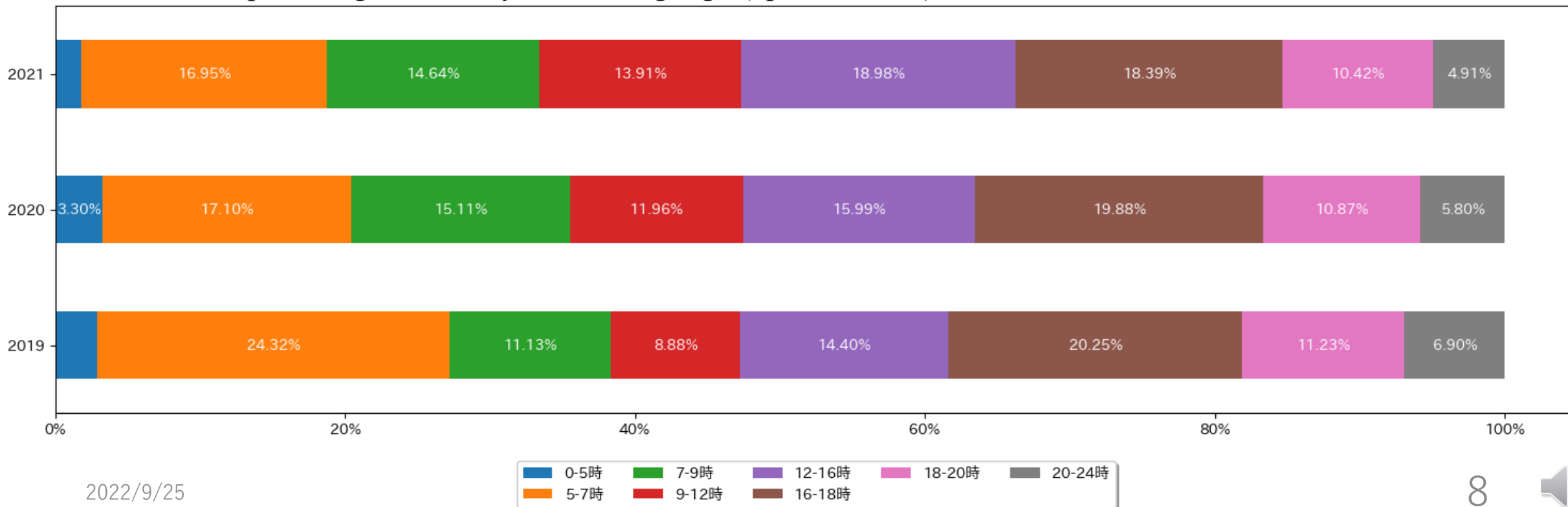
- ◆ 移動距離が 2-15 kmの割合は半数以上を占めている。  
More than half of the respondents traveled 2-15 km.



# 2019-2021の鉄道利用者の出発時間帯

## Departure time of railway users for 2019-2021

- ◆ 早朝（5-7時）に出発する人の割合が減少している。  
Decrease in percentage of railway users living early in the morning(5-7a.m.).
- ◆ 帰宅ラッシュ時間帯（16-18時）に出発する人の割合が減少している。  
Decrease in percentage of railway users living during rush hour to go home(4-6p.m.).
- ◆ 夜（20-24時）に出発する人の割合が減少している。  
Decrease in percentage of railway users living night(8p.m. -12a.m.).





# モデル構造 Models

$$\max_{\alpha, \beta, \chi, \delta} n(p(d, t, m, c), s, r) \times p(d, t, m, c)$$

◆  $p$ は「距離:  $d$ , 利用開始時間帯:  $t$ , 利用目的:  $m$ , 前日のコロナ感染者数:  $c$ 」の関数で表される運賃である。

$p$  is the fare expressed as a function of “distance:  $d$ , starting time of use:  $t$ , purpose of use:  $m$ , and number of COVID-19 infections in the previous day:  $c$ ”.

◆  $p(d, t, m, c) = \alpha \times d + \beta \times t + \chi \times m + \gamma \times c$



# モデル構造 Models

$$\max_{\alpha, \beta, \chi, \delta} \sum_i n_i(p(d, t, m, c), s, r) \times p_i(d, t, m, c)$$

◆  $n$ は「運賃:  $p$ , 利用者の性別:  $s$ , 所要時間:  $r$ , アクセス距離:  $a$ , イグレス距離:  $e$ 」の関数で表される利用者の選択確率である。

$n$  is the user choice probabilities expressed as a function of “fare:  $p$ , gender of user:  $s$ , travel time:  $r$ , access distance:  $a$ , egress distance:  $e$ ”.



# モデル構造 Models

- 利用者の選択確率は、鉄道、徒歩、自転車、乗用車、その他のMNLにより求める。

User choice probabilities are obtained by MNL, which consists of rail, walking, bicycle, car, and others.

- $V_{rail} = \epsilon_{price} \times x_{rail\ price} + \epsilon_{male} \times x_{rail\ male} + \epsilon_{requiredtime} \times x_{rail\ requiredtime} + \epsilon_{access} \times x_{rail\ access} + \epsilon_{egress} \times x_{rail\ egress} + ASC_{rail}$
- $V_{walk} = \epsilon_{male} \times x_{walk\ male} + \epsilon_{requiredtime} \times x_{walk\ requiredtime} + ASC_{walk}$
- $V_{bike} = \epsilon_{male} \times x_{bike\ male} + \frac{1}{3} \times \epsilon_{requiredtime} \times x_{walk\ requiredtime} + ASC_{bike}$
- $V_{car} = \epsilon_{male} \times x_{car\ male} + \epsilon_{requiredtime} \times x_{car\ requiredtime} + \epsilon_{distance} \times x_{car\ distance} + ASC_{car}$
- $V_{other} = ASC_{other}$



# パラメータ推定結果 Parameter estimated results

	パラメータ	Parameter	t値	t-value
定数項 (鉄道)	constant term (railway)	-0.00328		-0.11
定数項 (徒歩)	constant term (walk)	-1.78		-99.48
定数項 (自転車)	constant term (bike)	-2.62		-193.66
定数項 (乗用車)	constant term (car)	-4.57		-243.95
定数項 (その他)	constant term (others)	8.97		381.64
性別 male		-0.239		-6.23
所要時間 [時間]	required time [h]	-3.34		-30.18
料金 [円]	price [yen]	-0.00149		-11.11
アクセス距離 [km]	access distance [km]	-6.27		-31.28
イグレス距離 [km]	egress distance [km]	-6.06		-28.29
距離 [km]	distance [km]	0.0951		28.66



- ◆所要時間，アクセス距離，イグレス距離については，それぞれの値が小さいほど，効用が大きくなる結果となった。

The smaller the values for time required, access distance, and egress distance, respectively, the greater the utility.

- ◆鉄道料金が安くなると，わずかに効用が大きくなるといえる。

It can be said that lower rail fares increase utility only marginally.

- ◆乗用車の距離が長くなると，わずかに効用が大きくなる結果となった。

As the distance traveled by car increased, the utility increased slightly.

- 長距離ドライブを好む人もいるということを反映しているのかもしれない。

This may suggest that some people prefer to drive long distances.



# 考察 Consideration

- パラメータの感度があまりよくなかったことから、ほかの変数も考えてみる必要がある。

Other variables should be considered as the parameters were not very sensitive.

- 今回は時間の都合で最大化問題まで到達することができなかったため、これは次回以降の課題となる。

This time, due to time constraints, we were not able to reach the maximization problem, so this will be an issue for the next time.



# 付録 Appendix

# 政策目標と背景 Policy Goals and Background

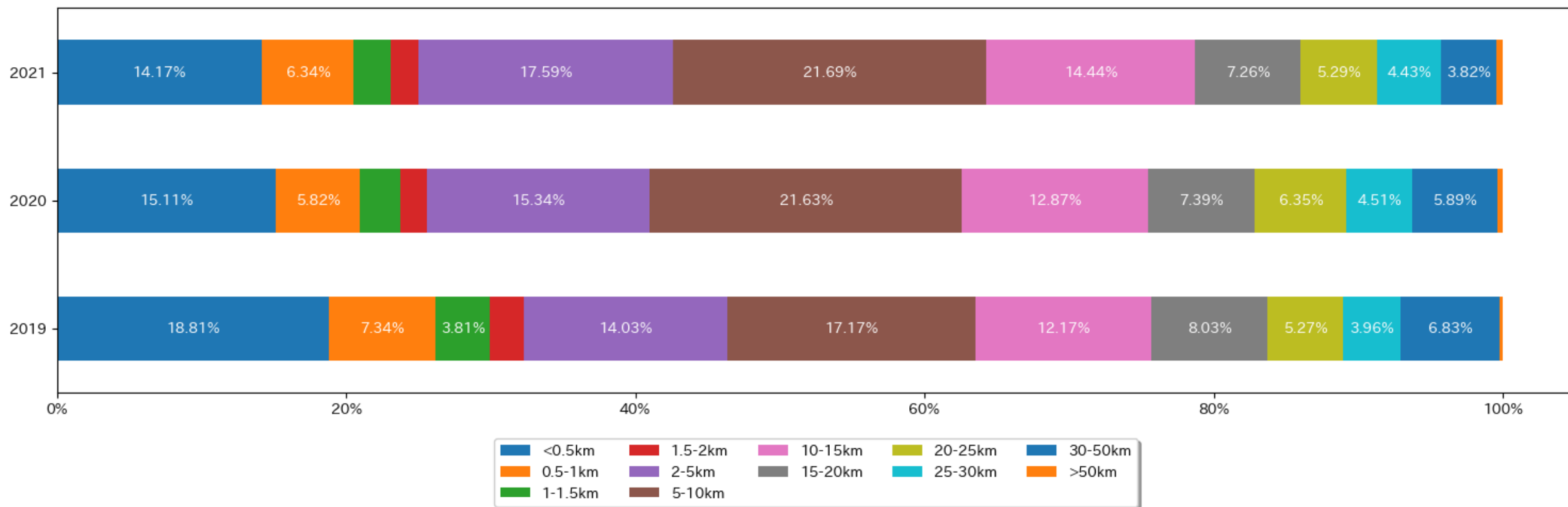
- コロナによって鉄道会社の収益は悪化している。  
COVID-19 has hurt railway company revenues.
  - 鉄道会社の収益悪化は、社会インフラの衰退を招くため好ましくない。  
Deterioration of railway company revenues is undesirable because it leads to the decline of the social infrastructure.
- 鉄道会社の**運賃収入最大化**が実現できる**運賃**を見つけない。  
We want to find **fares** that will **maximize fare revenues** for the railway company.
  - 運賃は鉄道会社が観測可能な以下の4つの指標によって決まるものとする。  
Fares shall be determined by the following four indicators observable by the railway companies.

利用距離 Distance to use	利用開始時間帯 Start of use time zone	利用目的 Purpose of use	前日のコロナ感染者数 Number of COVID-19 infections in the previous day
距離制切符 distance-based ticket	オフピーク時の利用促進 promote off-peak usage	通勤、通学、その他の3つ commuting, school, and others	感染者数による利用者数の変化 changes in the number of users due to the number of infections



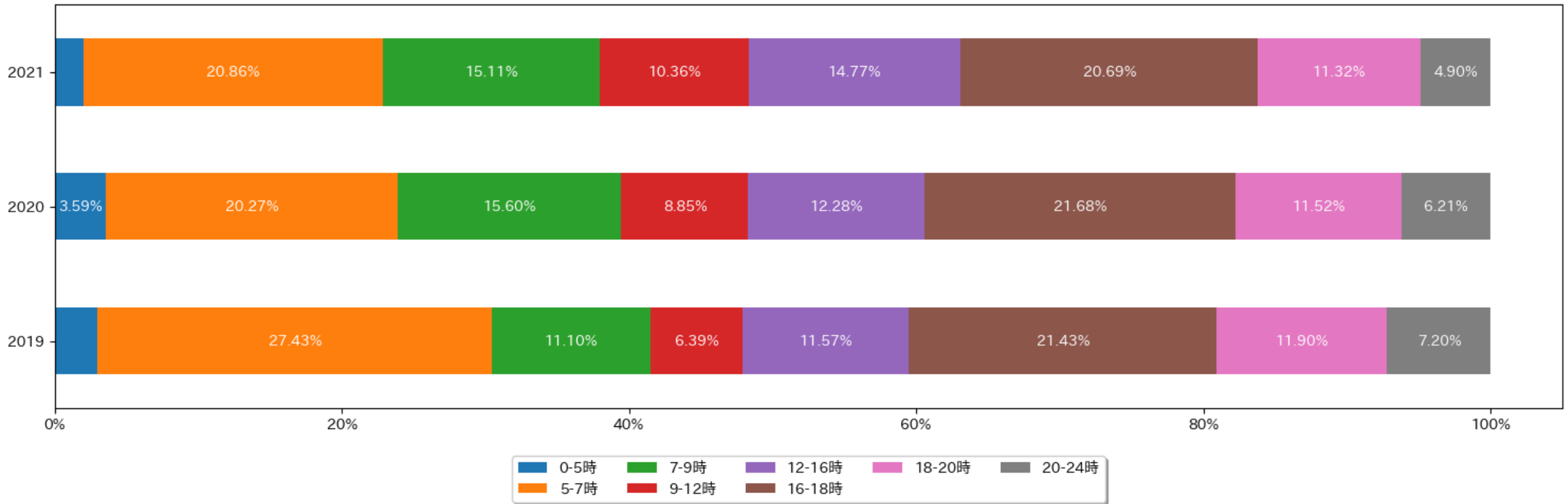
# 2019-2021の鉄道利用者のOD直線距離

- 短距離を移動する人の割合が減少
- 若干ではあるが2-15kmの移動をする人の割合が増加



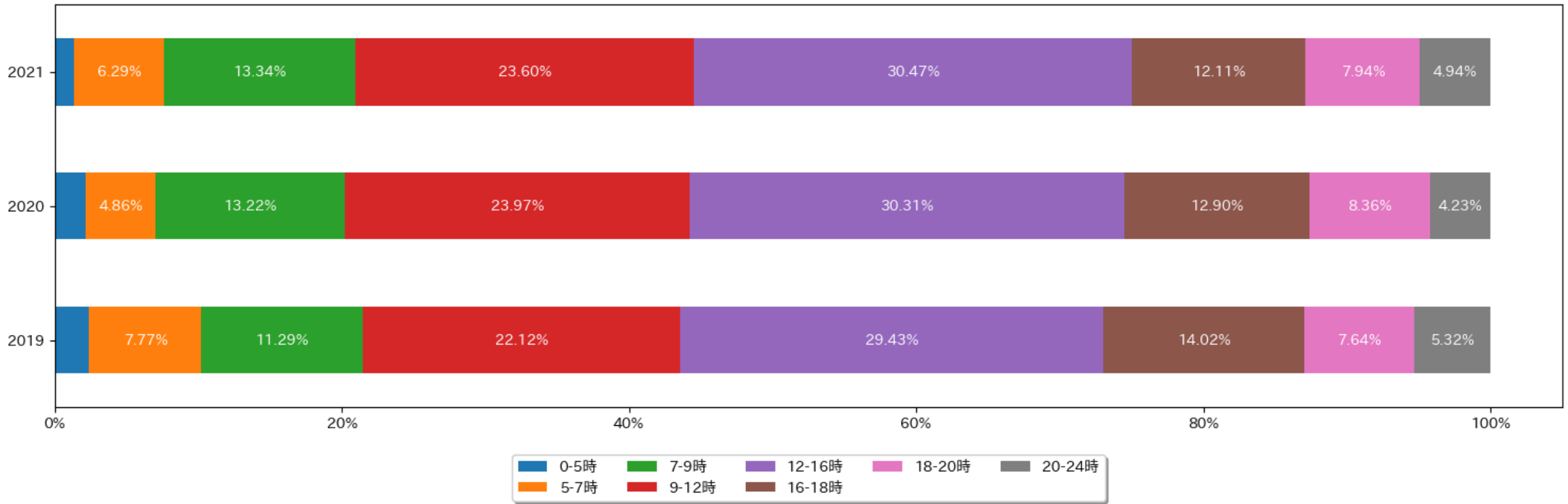
# 2019-2021の鉄道利用者の出発時間帯（平日）

- 5-7時から7-9時に利用時間帯がシフトしている
- 昼過ぎ以降の利用割合に大きな変化はない



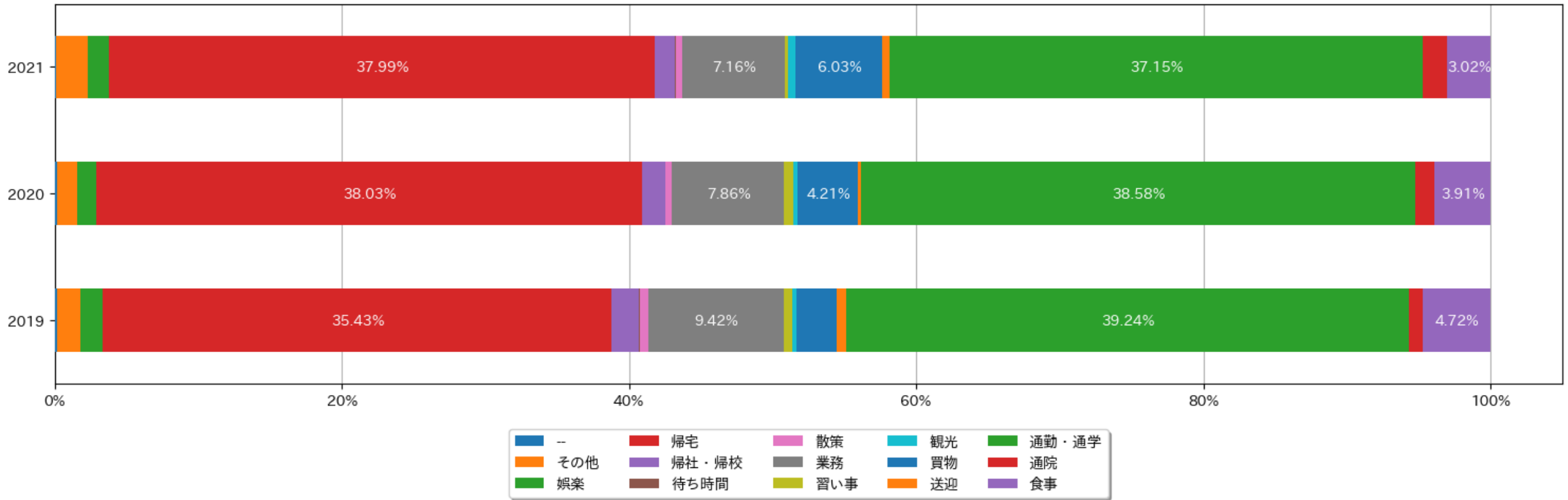
# 2019-2021の鉄道利用者の出発時間帯（休日）

- 5-7時と7-9時の時間帯に変動がみられる



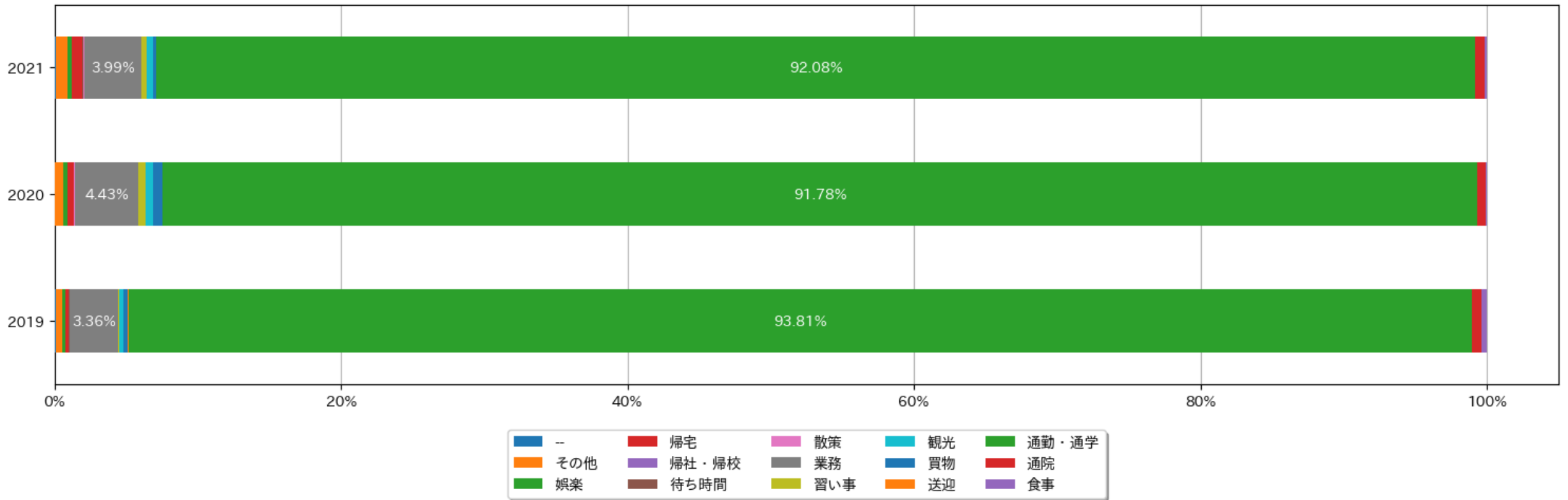
# 2019-2021の鉄道利用者の利用目的（平日）

- 通勤・通学の目的で利用する人がやや減少
- 食事及び業務の目的で利用する人が減少
- 買物の目的で利用する人が増加



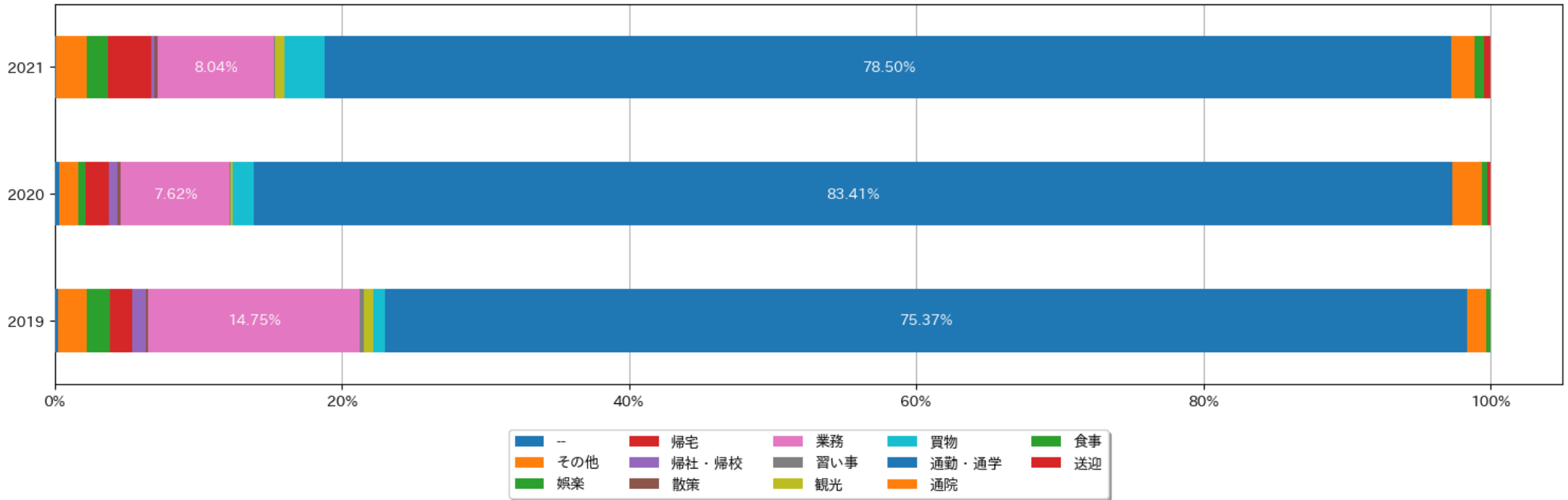
# 2019-2021の鉄道利用者の平日5-7時の利用目的

- 通勤・通学での利用が9割以上を占めている



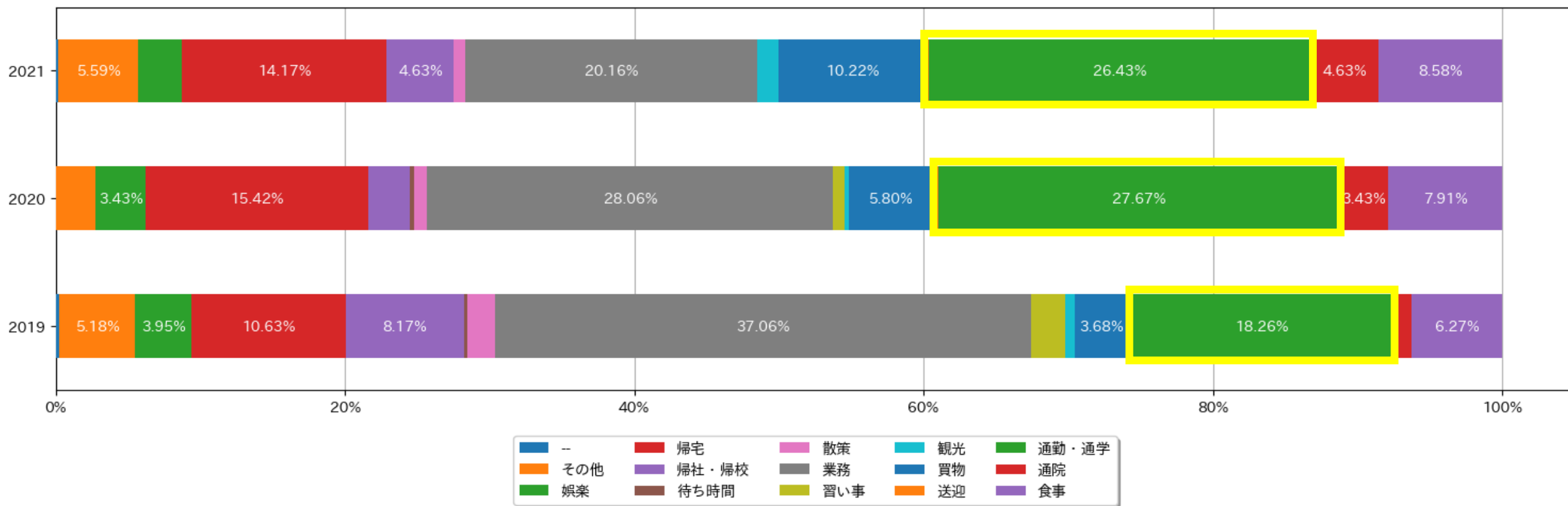
# 2019-2021の鉄道利用者の平日7-9時の利用目的

- 2020年に通勤・通学での利用割合が増加しているが、2021年はやや減少している
- 業務目的の利用は減少している



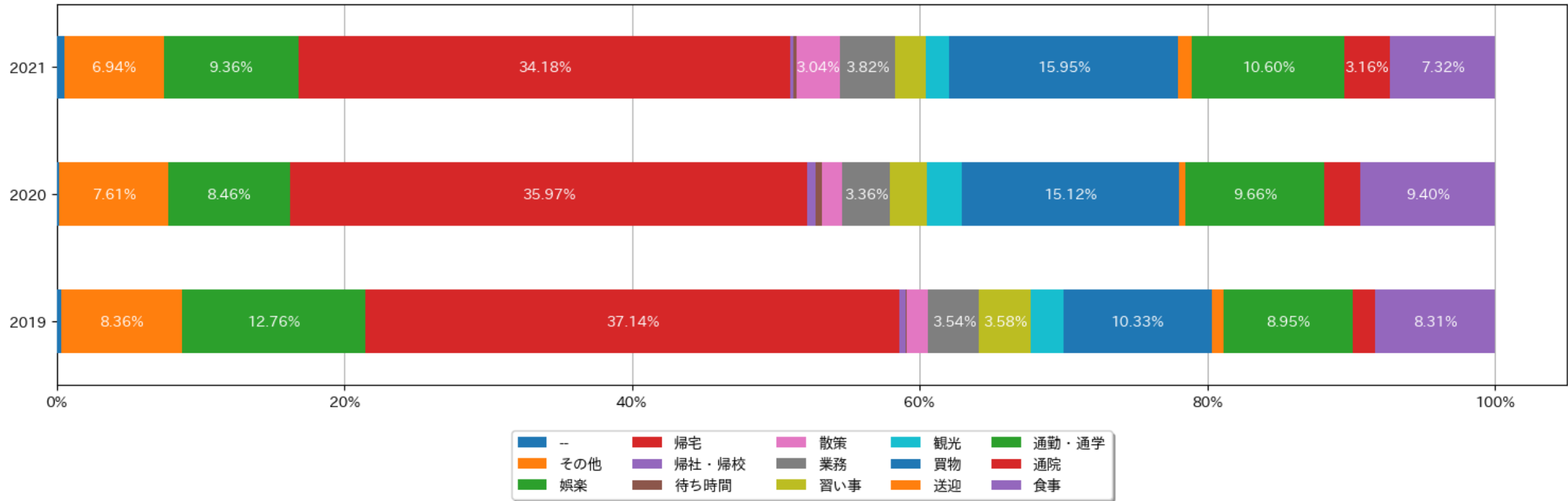
# 2019-2021の鉄道利用者の平日9-12時の利用目的

- 通勤・通学の目的の割合は2019年より、2020及び2021年が増加（フレックスタイムのおかげかな）
- 業務の目的の割合が減少（オンラインによりできるため、移動が不要になったと考えられる）



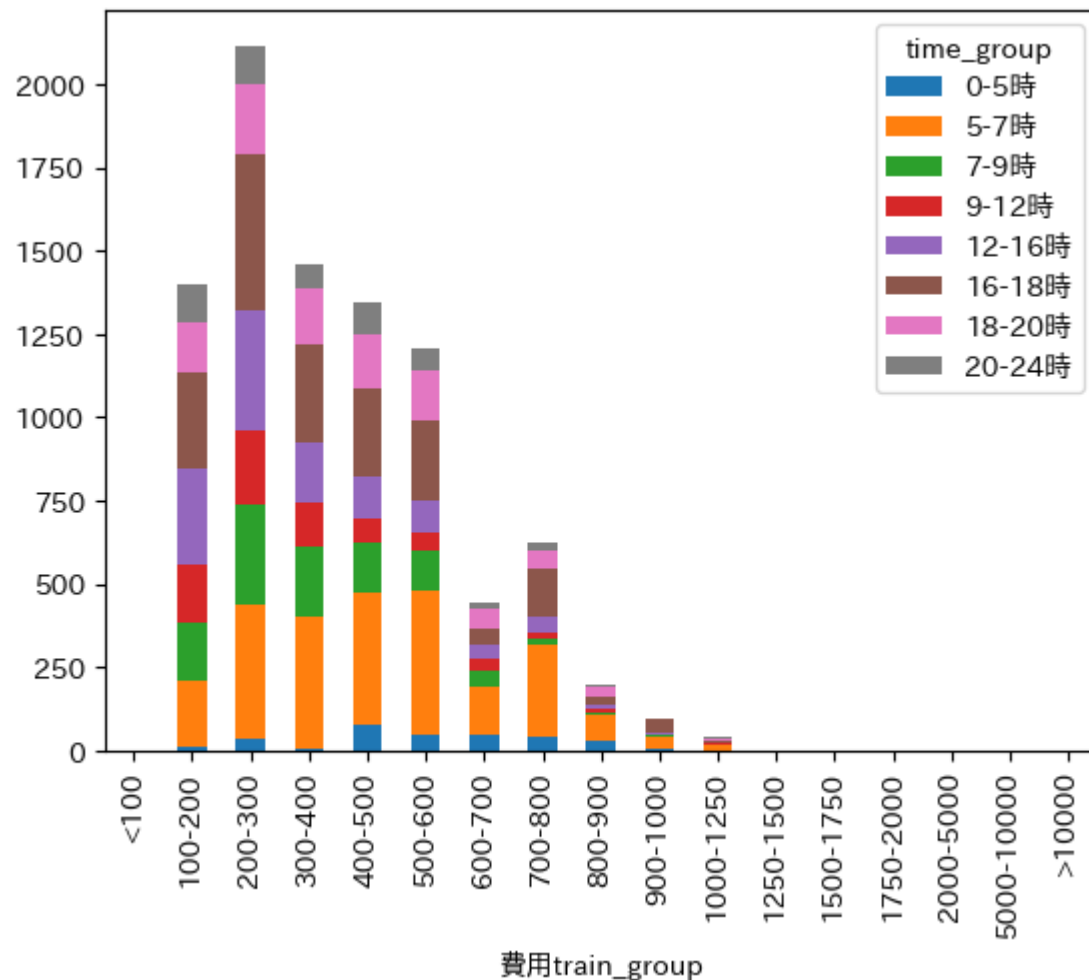
# 2019-2021の鉄道利用者の利用目的（休日）

- 帰宅での利用が減少している（外出が減ったことによるもの？）
- 娯楽での利用は減っている一方、買い物での利用が増加している



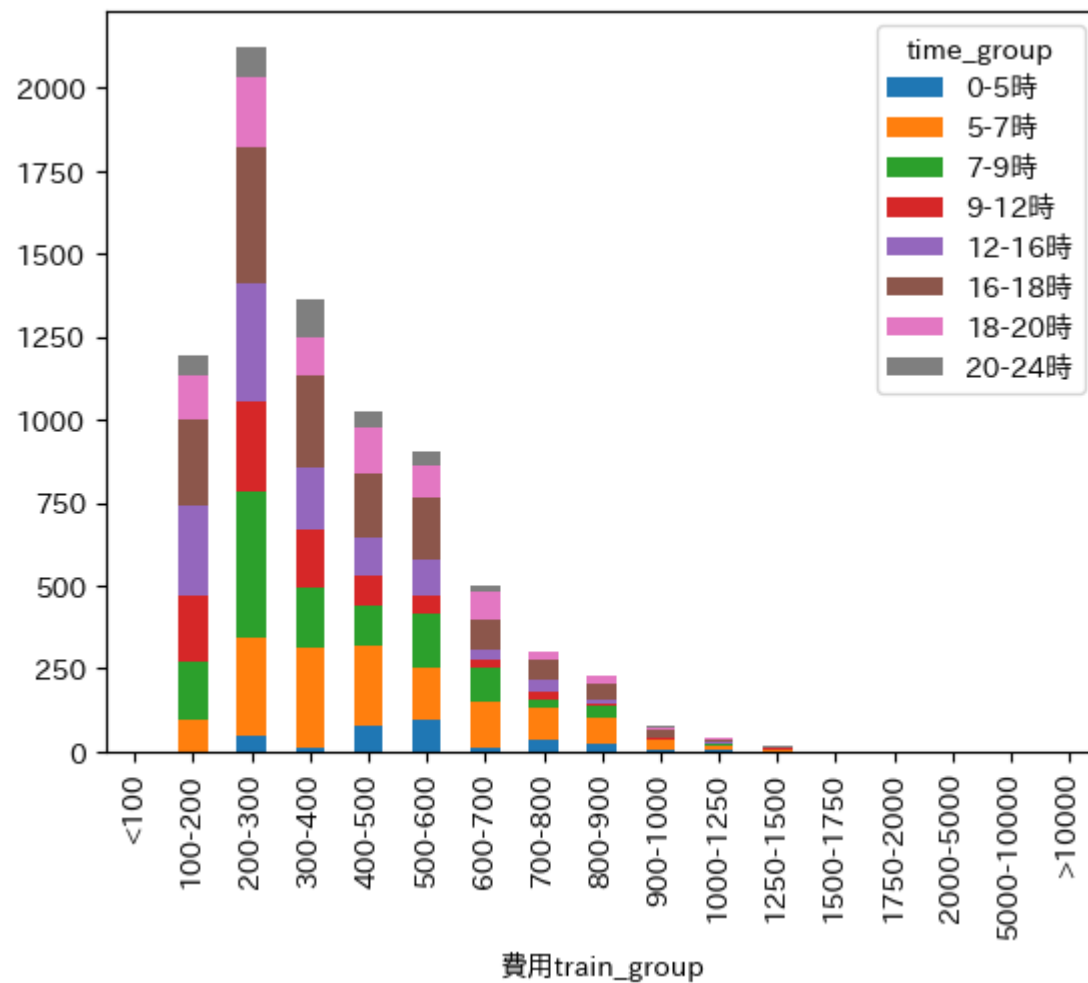


# 2019年の出発時間帯別鉄道利用額（縦軸：count）



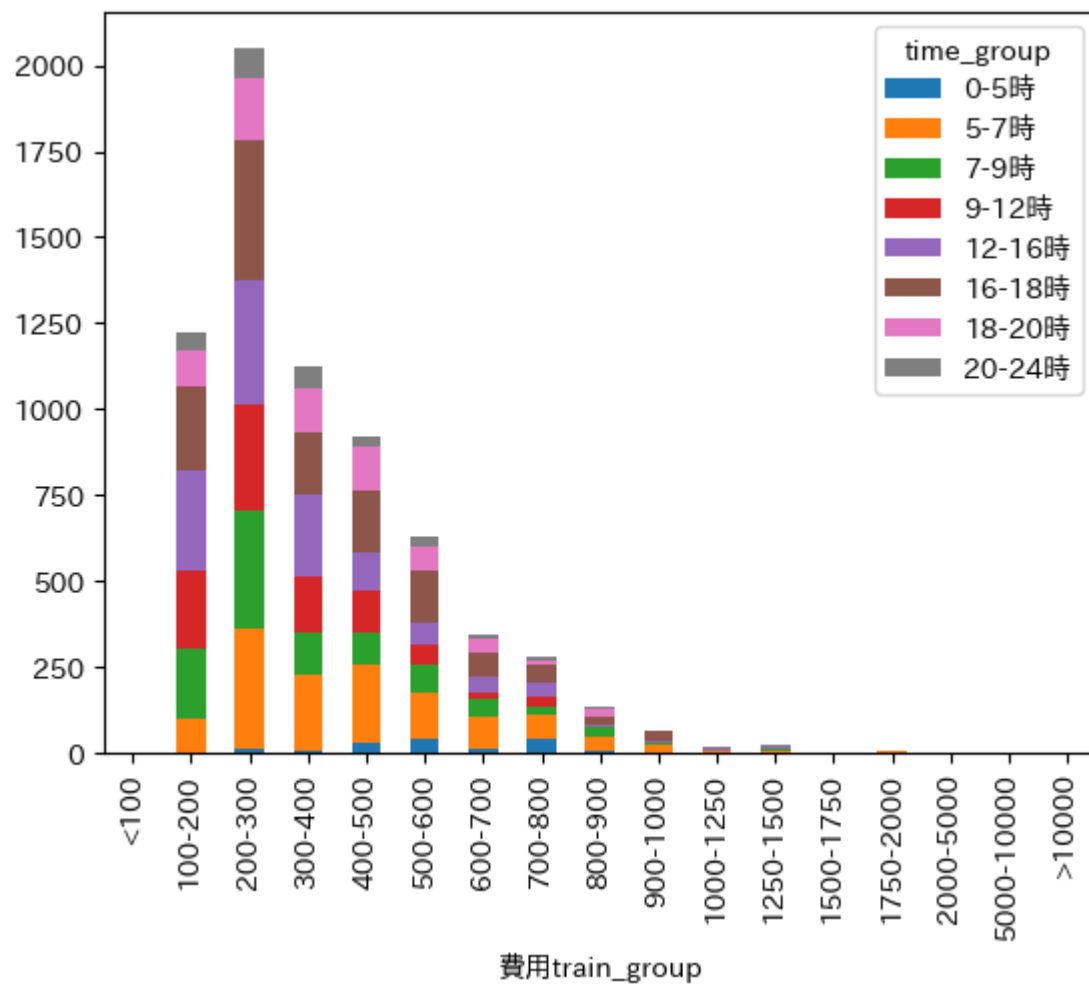
- 5-7時の利用者は200-800円のそれぞれの費用グループに一定数存在する
- 7-9時の利用者は200-300円の区間を利用している人が多い

# 2020年の出発時間帯別鉄道利用額（縦軸：count）



- 5-7時の300円以上の利用者が前年に比べて減少している
- 200-300円の5-7時の利用者が7-9時にシフトしているように見える

# 2021年の出発時間帯別鉄道利用額（縦軸：count）



# 2019-2021の鉄道利用者の出発時間帯

## Departure time of rail ridership for 2019-2021

① 早朝（5-7時）に出発する人の割合が減少している。

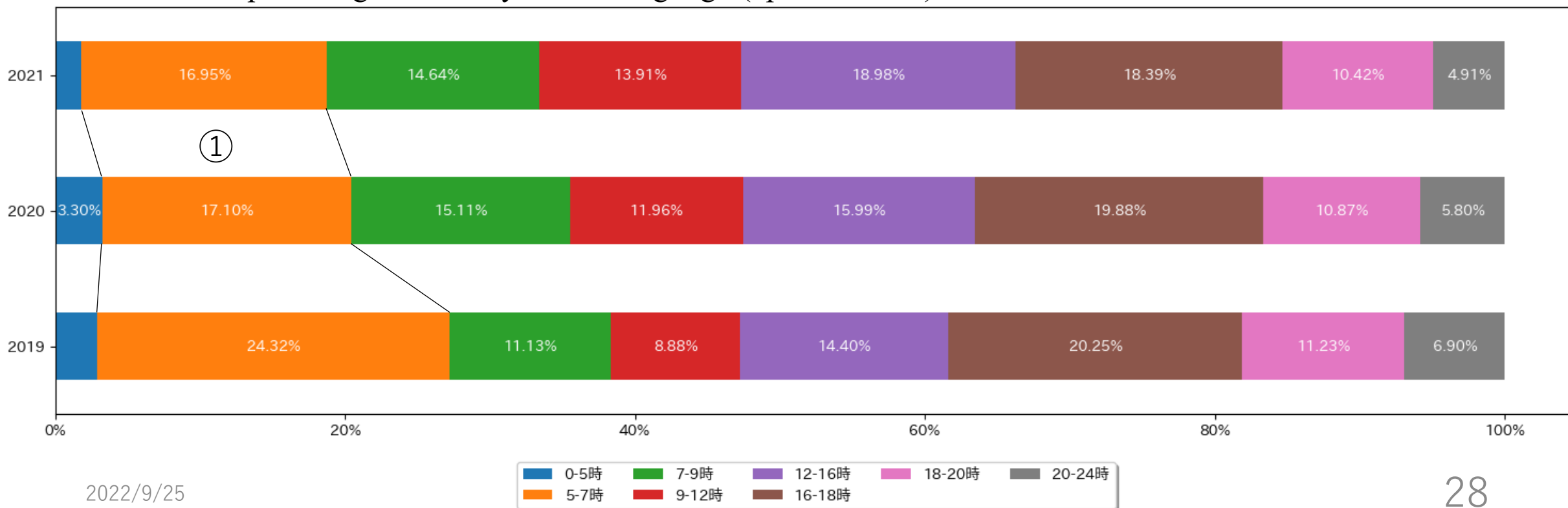
Decrease in percentage of railway users living early in the morning(5-7a.m.).

② 帰宅ラッシュ時間帯（16-18時）に出発する人の割合が減少している。

Decrease in percentage of railway users living during rush hour to go home(4-6p.m.).

③ 夜（20-24時）に出発する人の割合が減少している。

Decrease in percentage of railway users living night(8p.m. -12a.m.).

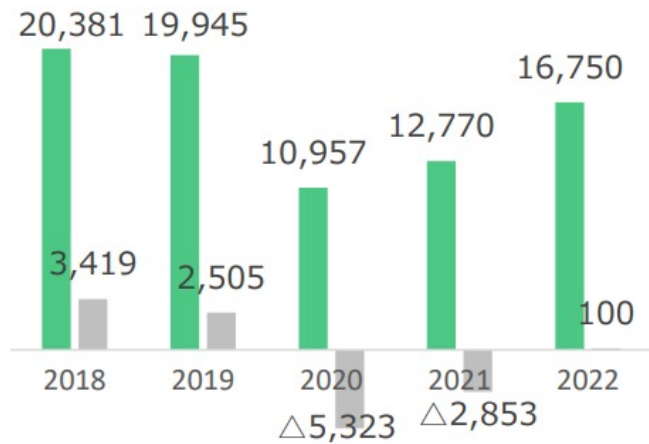


# 背景 Background

◆ コロナによって鉄道会社の収益は悪化している。

COVID-19 has hurt railway company revenues.

## 運輸事業



JR東日本（緑：営業収益，黒：営業利益）

◆ 社会インフラの衰退を防ぐため、鉄道会社の収益維持は必要ではないか。

We believe that maintaining the profitability of railway companies is necessary to prevent the decline of social infrastructure.

# 最大化問題の解釈

## Interpreting of the maximization problem

---