

2024年9月13日
September 13, 2024

シェアサイクル普及 のための利用料金の分析

Analysis and suggestion for the spread of share cycle

早稲田Cチーム, Waseda Team C

豊岡空明 Toyooka Soraaki、國重啓 Kunishige Kei
小林慎太郎 Kobayashi Shintaro、相楽純人 Sagara Junto、
松村大希 Matsumura Taiki、山之内健幸 Yamanouchi Takeyuki

1. 背景 Background

◆ シェアサイクルの普及 Widespread use of shared bicycles

- 近年普及が進むシェアサイクルの選択確率に影響を与える要素に興味を持った
Interested in factors influencing the choice of shared bicycles, which have become increasingly popular in recent years.

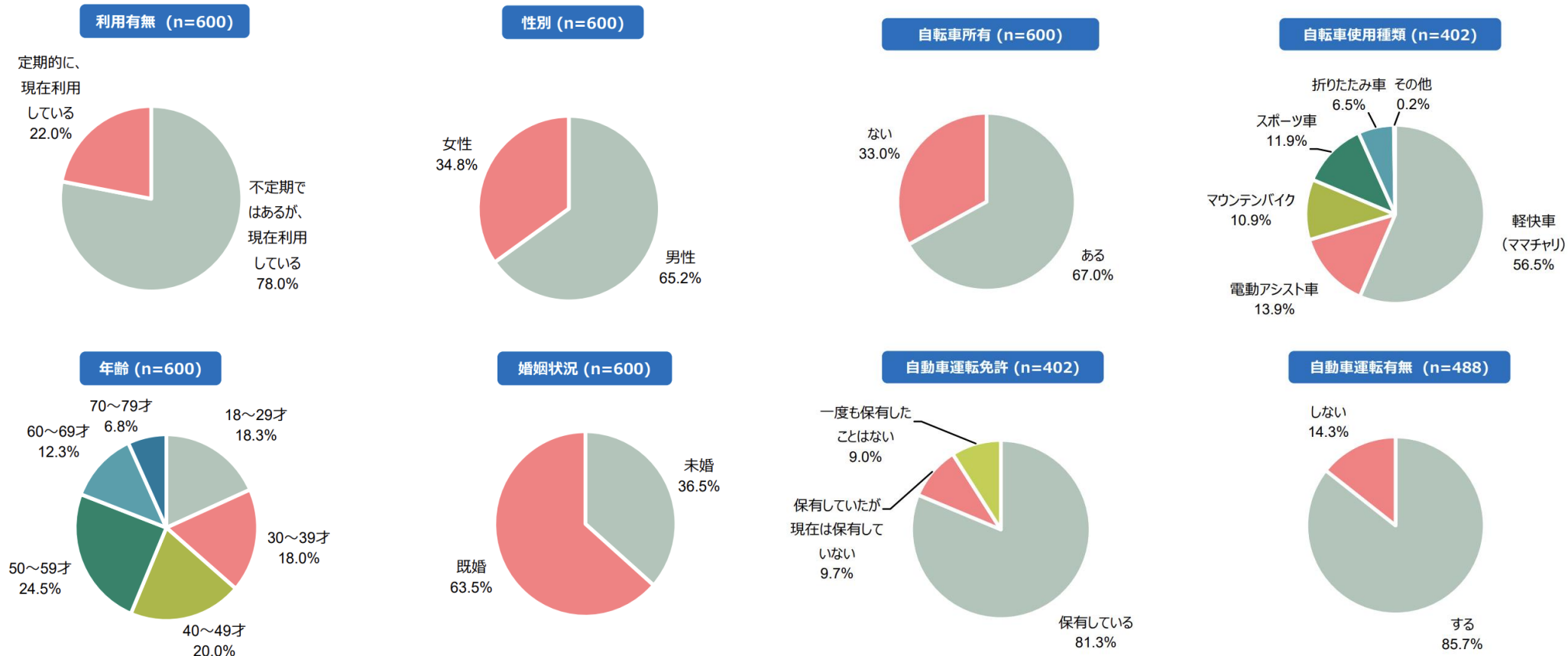


Figure) 2020年度 シェアサイクル利用実態調査報告書 (概要版)
FY2020 Shared Cycle Usage Survey Report (Summary Version)

1. 背景 Background

◆ シェアサイクル利用者の意識 Perceptions of Share Cycle Users

- 2021年豊洲PPデータにて、シェアサイクル利用者全体の約80%が利用時間30分以内であり、約50%が利用時間15分以内である
According to the 2021 Toyosu PP data, about 80% of all users of shared bicycles use them for 30 minutes or less, and about 50% use them for 15 minutes or less.
- 2020年度統計結果より、利用者は利用料金を意識していることがわかった（意識上位3項目）
Statistical results for FY2020 show that users are aware of usage fees (top 3 awareness items)

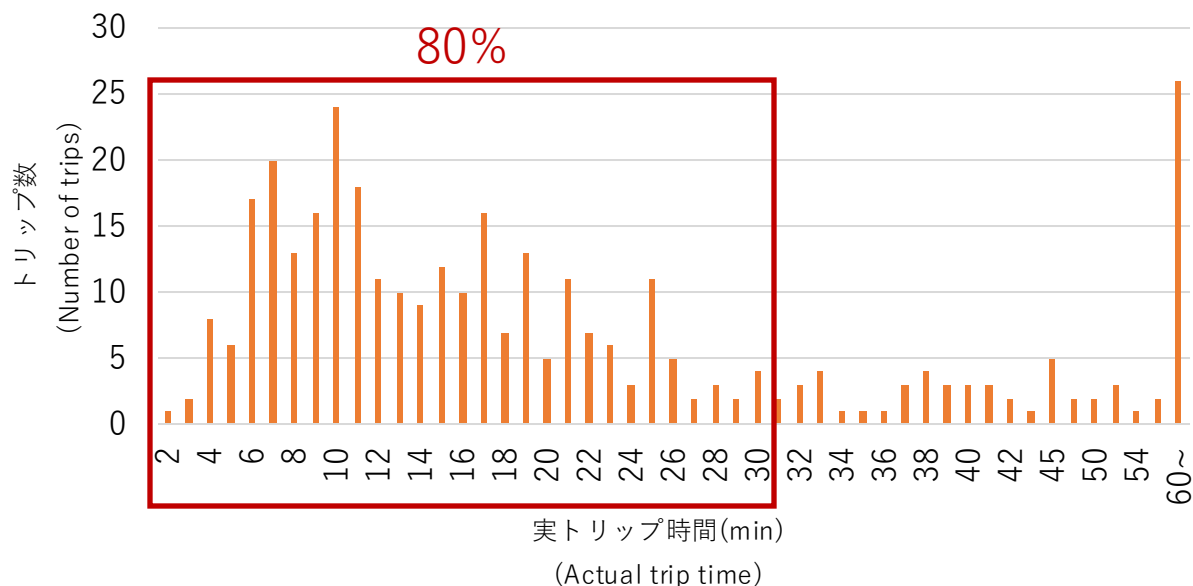


Figure) 2021年豊洲PPデータのシェアサイクルトリップのトリップ時間分布
Trip time distribution of share cycle trips for 2021 Toyosu PP data

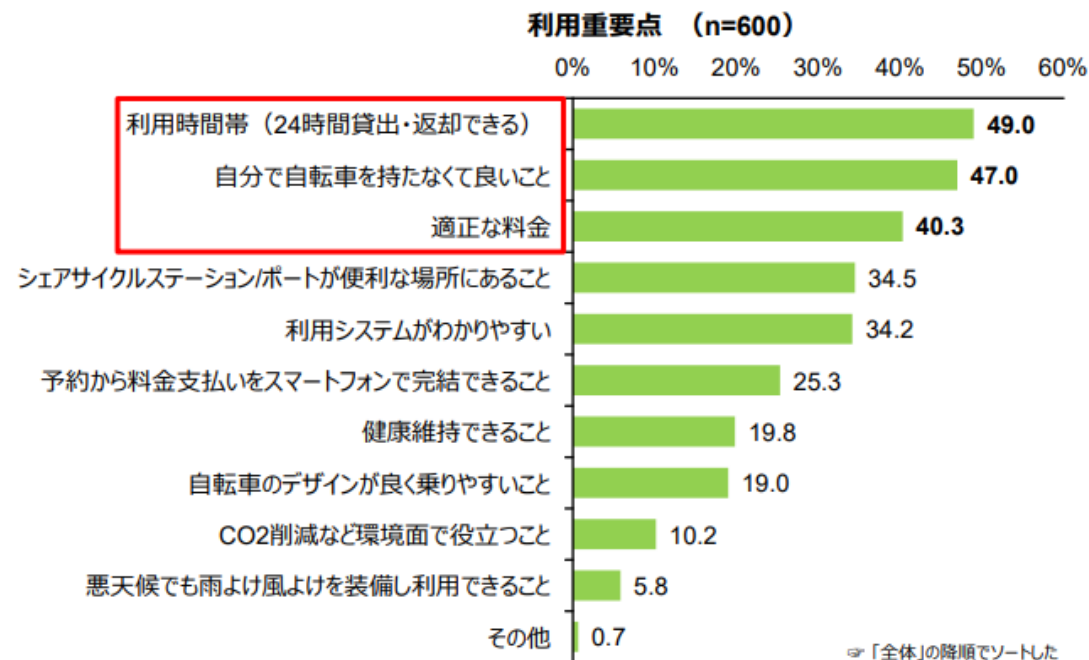


Figure) 2020年度 シェアサイクル利用実態調査報告書 (概要版)
FY2020 Shared Cycle Usage Survey Report (Summary Version)

2. 目的 Goal

◆ 目標 Goal

- シェアサイクル利用に伴う環境が変化した場合の移動手段選択の変化を明らかにする
We identify changes in the choice of means of transportation when the environment associated with shared cycle use changes.

- シェアサイクルの運賃による影響
Impact of shared cycle fares



Figure) HELLO CYCLINGの成長推移
HELLO CYCLING Growth Trends

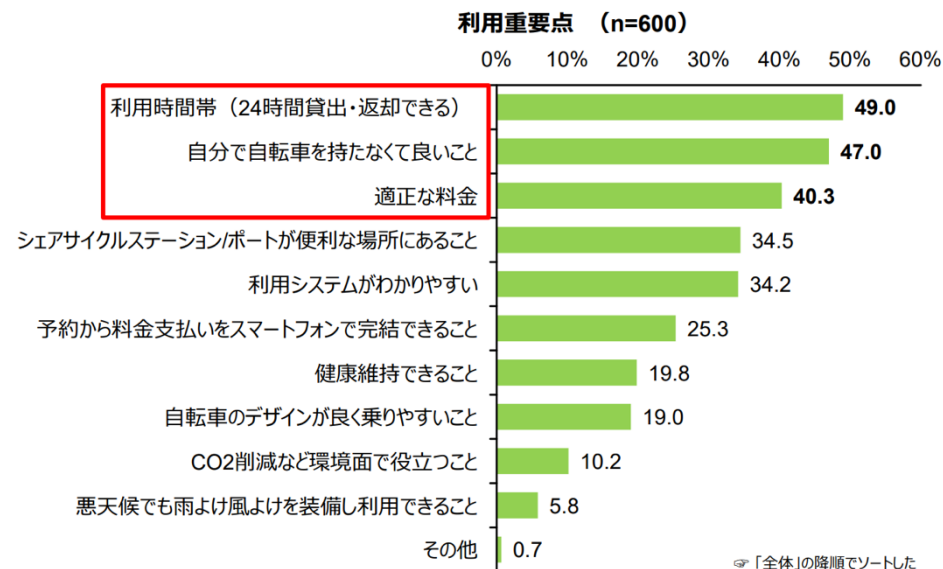


Figure) シェアサイクル利用時に意識する点
Points to be aware of when using shared bicycles

3.1 分析の流れ Analysis Flow

データクリーニング / 基礎集計
Data cleaning/Basic tabulation



モデル推定 (多項ロジットモデル)
model estimation(multinomial logit model)



施策シミュレーション (シェアサイクル利用料金)
Measure Simulation(Share Cycle Fees)

3.2 データクリーニング Data cleaning

データクリーニング / 基礎集計
Data cleaning/Basic tabulation

- 使用データ(data) : "toyosu 2021 PP data"
- 対象地域 : 江東区及び中央区
Target area : Koto ward and Chuo ward

対象エリアと出発地点
(江東区・中央区内々トリップ)
Sample1 : Target area and departure point

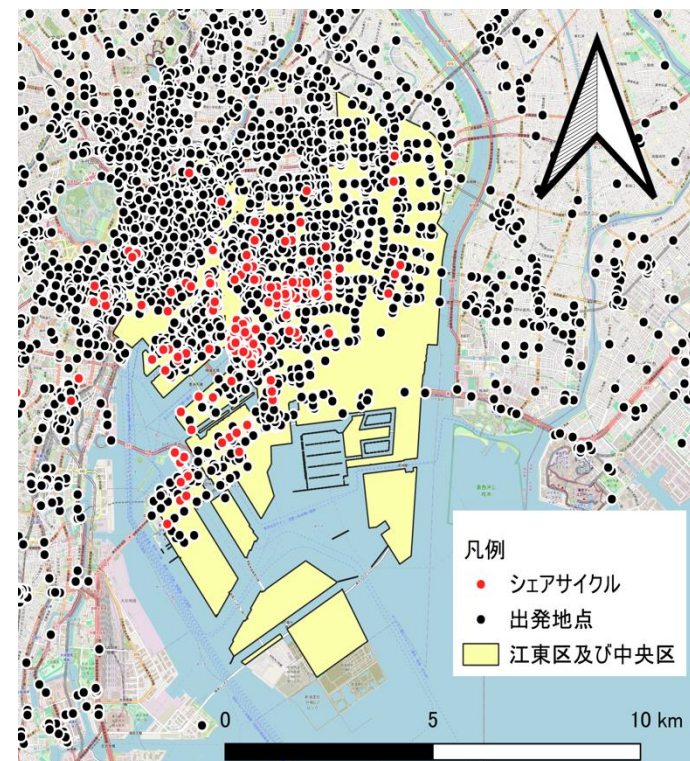


Figure) Target Location and Trip OD

3.2 データクリーニング Data cleaning

データクリーニング / 基礎集計
Data cleaning/Basic tabulation

- 二段階抽出

Two-stage sampling

QGISを利用した抽出
Sampling in QGIS

- ・シェアサイクルの区境相互乗入制限
 - ・与データのレンタサイクルODが中央区・江東区に偏在
- 相互乗り入れ可能な範囲の内、利用が集中している中央区・江東区の内々トリップを対象に抽出

Considering

- ・ Limitation of cross over border of wards.
 - ・ Concentration of cycle station in Chuo-ward and Koto-ward.
- Analyse only Chuo-ward and Koto-ward.

抽出1：対象エリアと出発地点
(江東区・中央区内々トリップ)

Sample1 : Target area and departure point

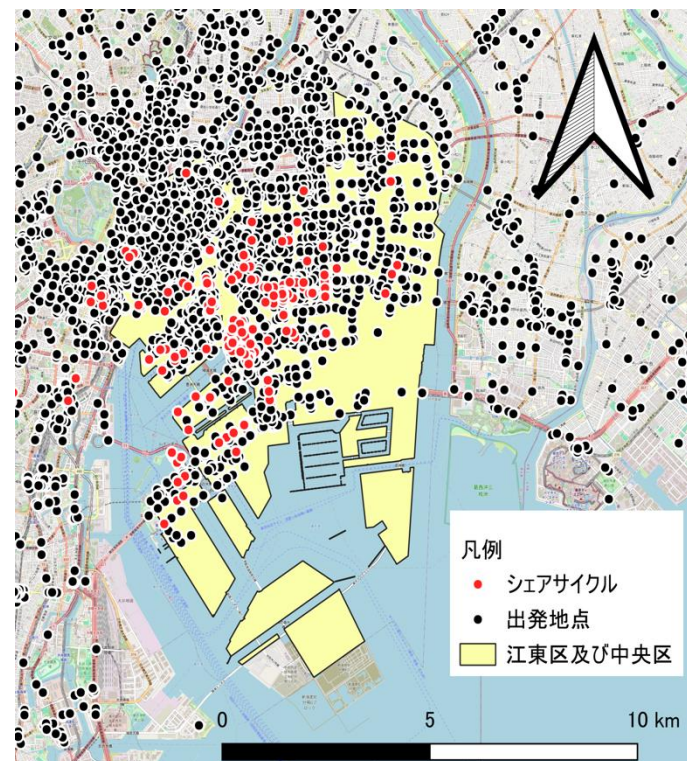


Figure) Target Location and Trip OD

3.2 データクリーニング Data cleaning

データクリーニング / 基礎集計
Data cleaning/Basic tabulation

- 二段階抽出

Two-stage sampling

1. "車・電車・徒歩・バス・自転車"の代替手段生成可のものを抽出
2. 個人属性による抽出（性別データが空白のものを削除）
3. "代替手段生成可否_シェアサイクリング"を作成
 1. Sample those which can be alternate other way of trips, car, train, walk, bus, and cycle.
 2. Sample personal data(Delete data contain null at item of sex)
 3. Create possibility of alternating way of trips.

抽出2：代替可否
(全移動手段に代替可能を抽出)

Sample2 : Possibility of alternating way of trips

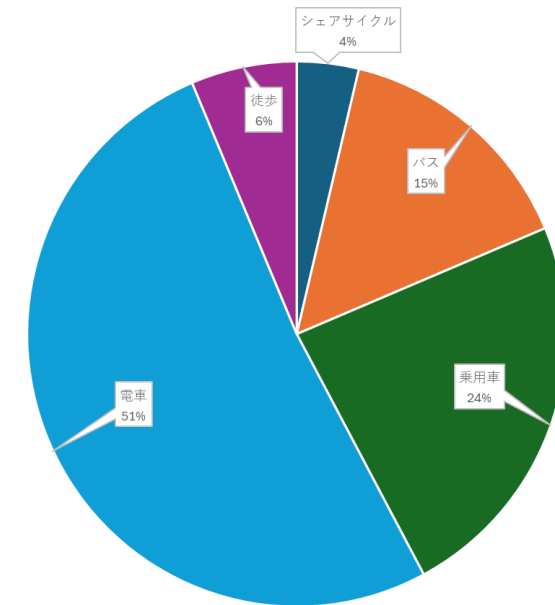


Figure) Percentage of Trips by Mode of Transportation

3.2 データクリーニング Data cleaning

データクリーニング / 基礎集計
Data cleaning/Basic tabulation

- data : toyoosu 2021 PP data
- 交通手段(Means of transportation)毎のトリップ数割合
 - 鉄道(train) : 360trip
 - バス(bus) : 140trip
 - 自動車(car) : 150trip
 - 自転車(bicycle) : 159trip
 - 徒歩(walk) : 56trip
 - シェアサイクル(sharecycle) : 38trip

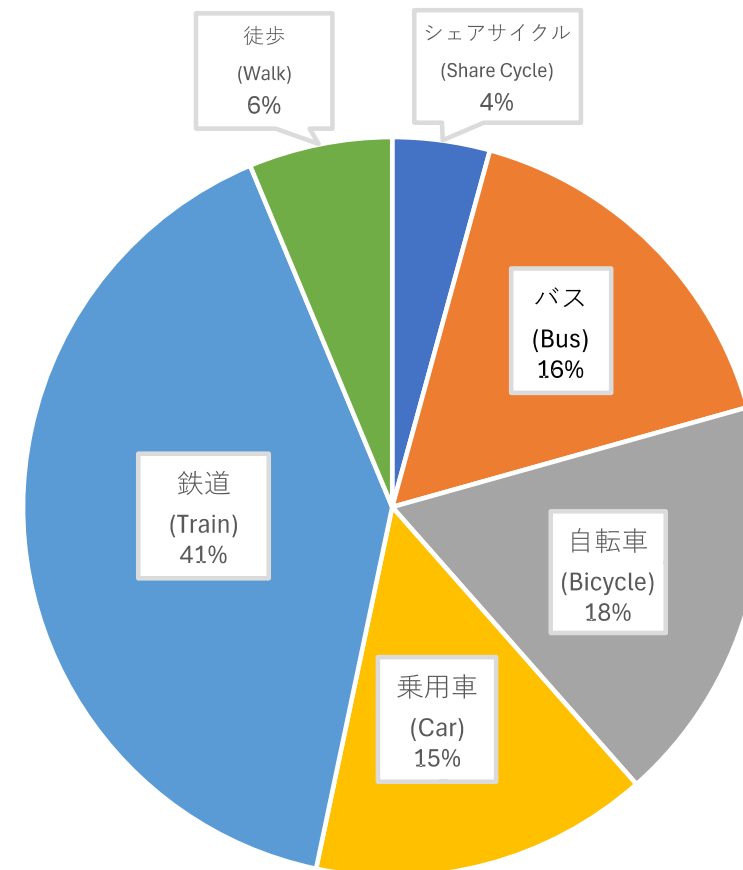
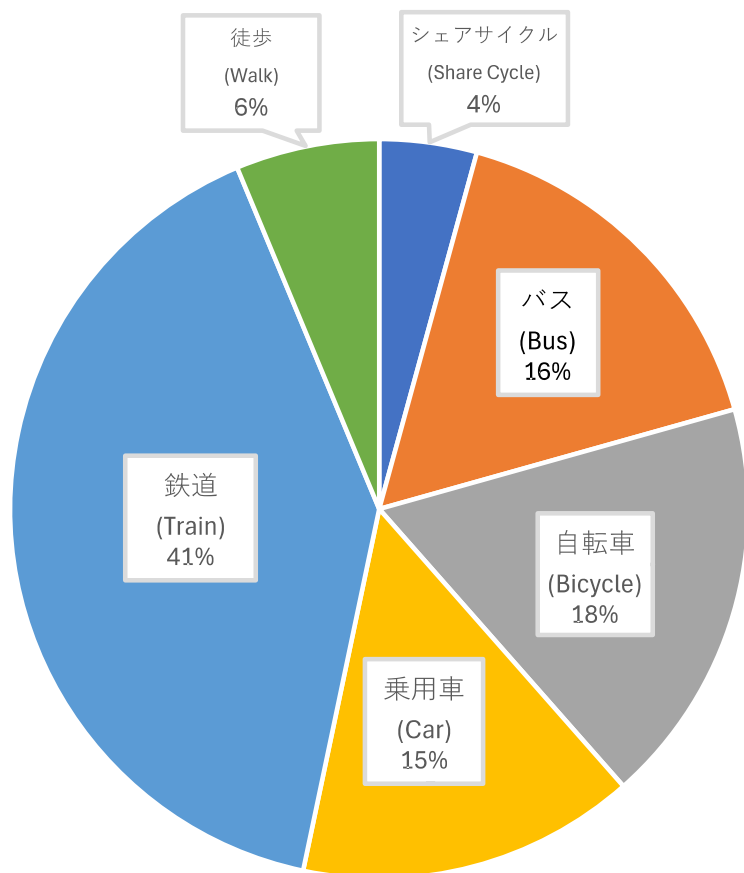


Figure2) Percentage of Trips by Mode of Transportation

3.3 基礎分析 Basic analysis

◆データ Data

➤ 2021年豊洲PPデータ(2021年7月, 8月, 11月)
Toyosu PP data for 2021 (July, August, November 2021)



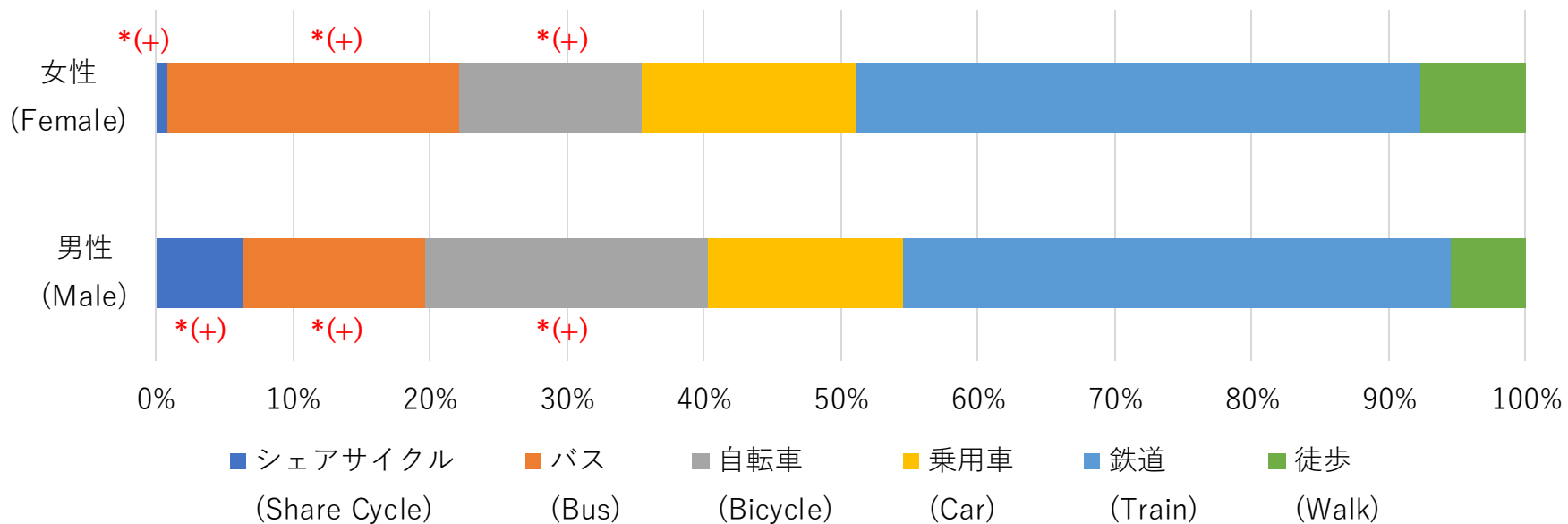
- 自家用車に比べ、鉄道利用やバス利用といった、公共交通機関を利用したトリップが多い。
- More trips were made by public transportation, such as rail and bus, than by private car.
- 東京の移動スタイルが如実に現れた結果となった一方で、シェアサイクルは4%と利用率は少ない。
- While the results clearly show Tokyo's style of transportation, the use rate of shared bicycles is low at 4%.

3.3 基礎分析 Basic analysis

◆データ Data

* (+) * (-) : 5%有意(p<0.05) 5% significant

性別-交通手段 クロス集計・残差分析
Gender-Transportation Crosstabulations and Residuals Analysis

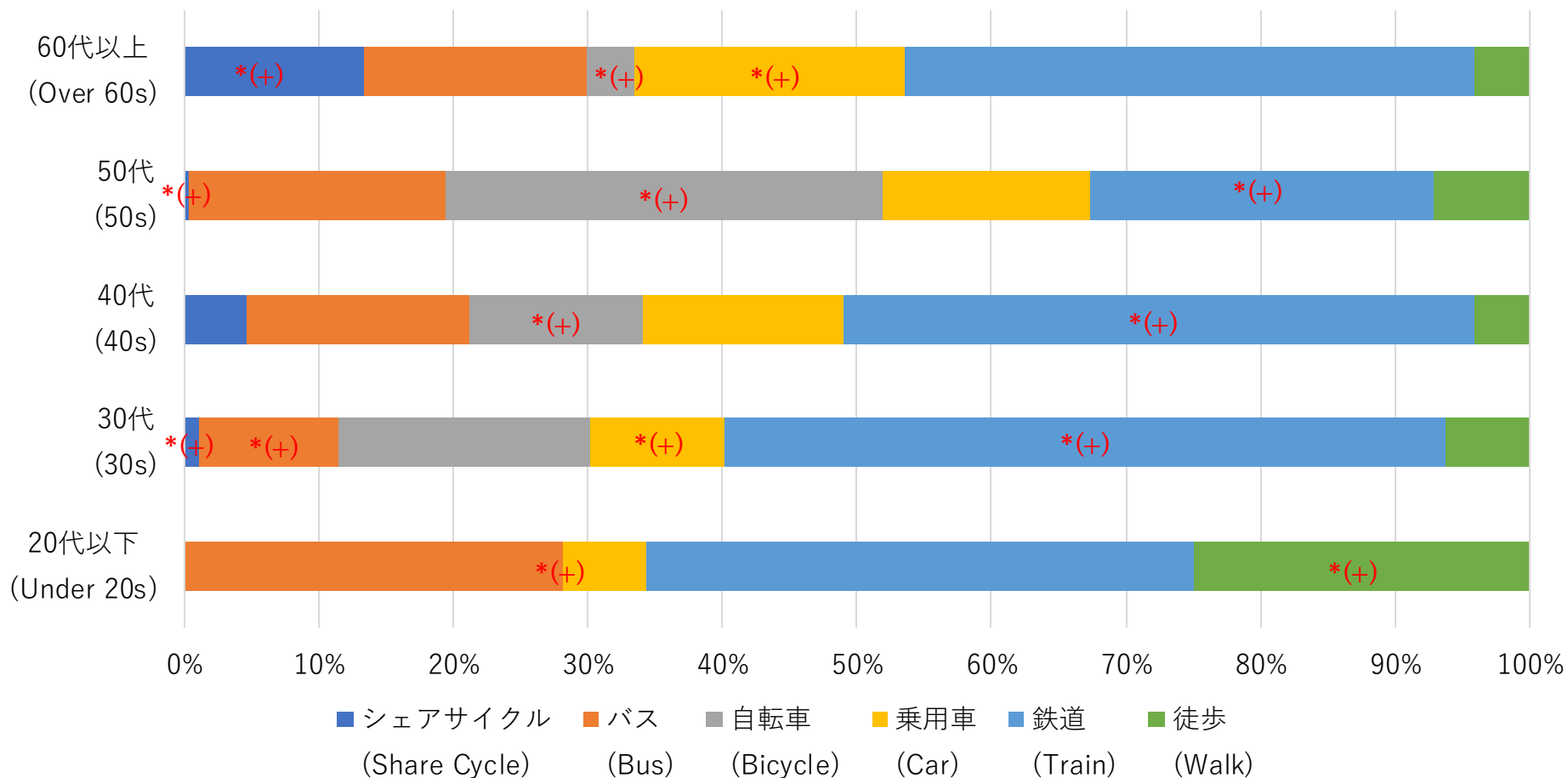


3.3 基礎分析 Basic analysis

◆データ Data

* (+) * (-) : 5%有意(p<0.05) 5% significant

年齢-交通手段 クロス集計・残差分析
Age-Transportation Crosstabulations and Residuals Analysis

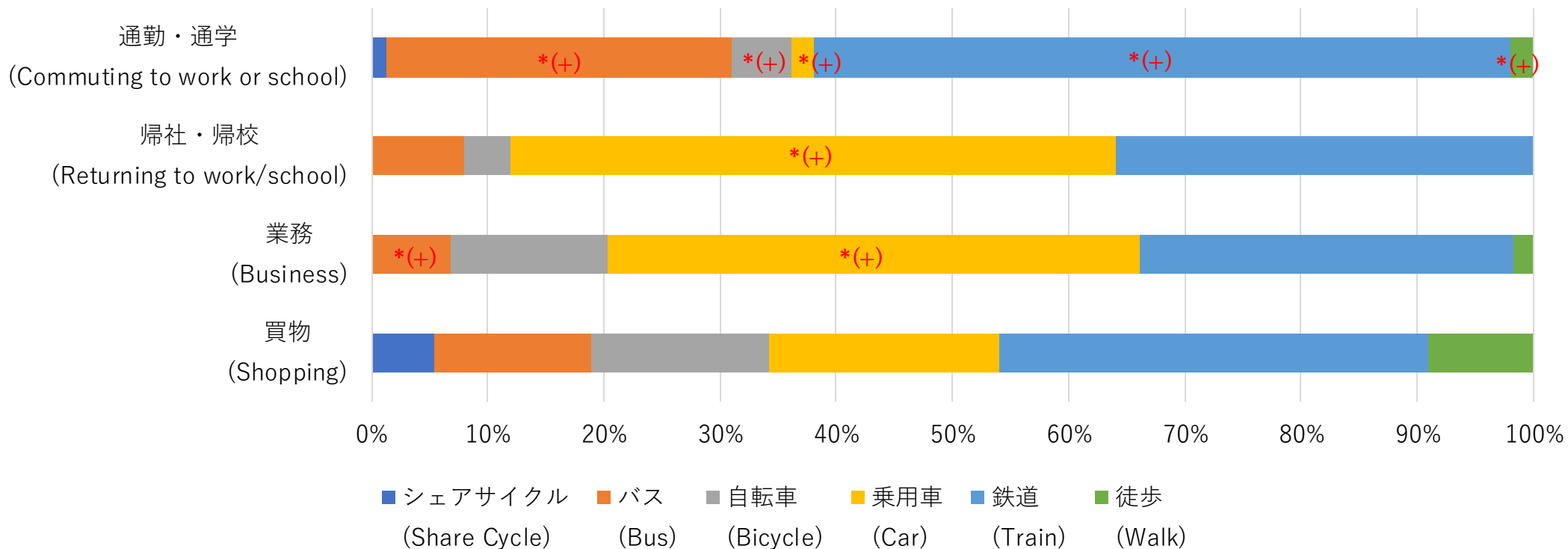


3.3 基礎分析 Basic analysis

◆データ Data

* (+) * (-) : 5%有意(p<0.05) 5% significant

トリップ目的-交通手段 クロス集計・残差分析
Trip Purpose-Transportation Crosstabulations and Residuals Analysis

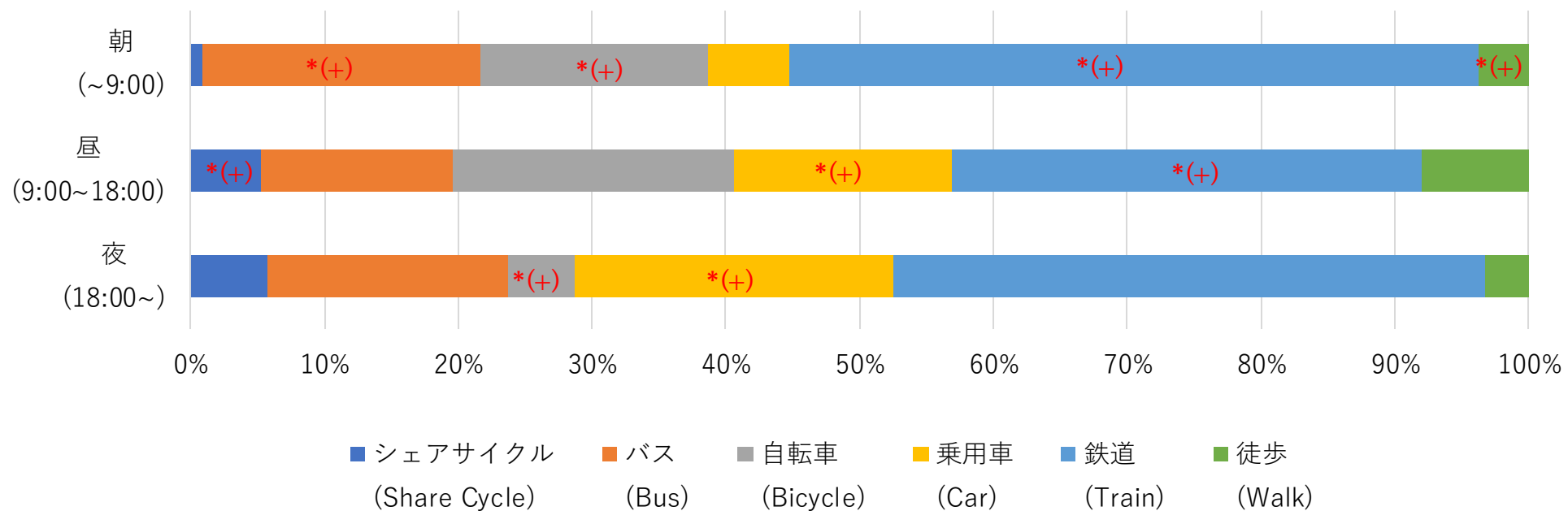


3.3 基礎分析 Basic analysis

◆データ Data

* (+) * (-) : 5%有意(p<0.05) 5% significant

トリップ出発時間帯-交通手段 クロス集計・残差分析
Trip Departure Time-Transportation Crosstabulations and Residuals Analysis



4. モデル推定 Model estimation

多項ロジットモデル multinomial logit model

◆ 効用関数 Utility function

$$\begin{aligned}
 U_{train} &= \beta_{time} \cdot x_{time} + \beta_{cost} \cdot x_{cost} + \beta_{egress} \cdot x_{egress} \\
 U_{bus} &= \beta'_{cost} \cdot x'_{cost} + \beta_{access} \cdot x_{access} + \beta'_{egress} \cdot x'_{egress} \\
 U_{car} &= \beta_{work} \cdot x_{work} + \beta''_{time} \cdot x''_{time} \\
 U_{walk} &= \beta_{age} \cdot x_{age} + \beta'''_{time} \cdot x'''_{time} \\
 U_{share} &= \beta''''_{gender} \cdot x''''_{gender} + \beta''''_{time} \cdot x''''_{time} + \beta''''_{cost} \cdot x''''_{cost} + \beta_{Ocov} \cdot x_{Ocov} + \beta_{Dcov} \cdot x_{Dcov} \\
 U_{bicycle} &= \beta''''_{gender} \cdot x''''_{gender} + \beta''''_{time} \cdot x''''_{time} + \epsilon
 \end{aligned}$$

個人属性変数 サービスレベル変数 メッシュ属性変数 定数項
Personal Attribute Variables Service Level Variables Mesh attribute variable Constant

説明変数 Explanatory variable

x_{time}	: 所要時間 Traveling time	x_{Ocov}	: Oゾーンメッシュカバー率 O-zone mesh coverage
x_{cost}	: 費用	x_{Dcov}	: Dゾーンメッシュカバー率 D-zone mesh coverage
$x_{access/egress}$: アクセス/イグレス距離 Access/Egress distance	β_*	: 鉄道
x_{work}	: 業務ダミー Work dummy (業務: 1)	β'_*	: バス
x_{age}	: 年齢ダミー Age dummy (20歳以下: 1)	β''_*	: 自動車
x_{gender}	: 性別ダミー Gender dummy (男性: 1)	β'''_*	: 徒歩
		β''''_*	: 自転車
		β''''_*	: シェアサイクル
		x_*	: 鉄道
		x'_*	: バス
		x''_*	: 自動車
		x'''_*	: 徒歩
		x''''_*	: 自転車
		x''''_*	: シェアサイクル

4. モデル推定

多項ロジットモデル multinomial logit model

• カバー率による推計

Assumption by cover rates

• カバー率の算出(calculation of cover rates)

① 対象2区の500mメッシュのシェアサイクルステーションから200m圏内の重複面積を算出

(Sample 500m mesh data overlaid by 200m buffer of cycle stations.)

② 各メッシュの人口がメッシュ内で均一と仮定し、重複面積分の人口を算出

(Divide overlaid mesh area by overall mesh area to calculate the cover rates.)

③ ②で算出したカバー人口と江東区・中央区の人口で比をとり、カバー率とした

(Former value is the cover rates!)

◆ モデルの方針 Model Policy

多項ロジットモデル(交通手段選択モデル)

$$\begin{array}{l} U_{train} = \dots + d_1(\text{所要時間}) + f_1(\text{料金}) + c_1(\text{鉄道カバー面積比率}) + \dots \\ U_{bus} = \dots + d_1(\text{所要時間}) + f_1(\text{料金}) + c_1(\text{バスカバー面積比率}) + \dots \\ U_{car} = \dots + d_1(\text{所要時間}) + \dots + \dots \\ U_{share} = \dots + d_1(\text{所要時間}) + f_1(\text{料金}) + c_1(\text{シェアサイクルカバー面積比率}) \\ U_{walk} = \dots + d_1(\text{所要時間}) + \dots \end{array}$$

個人属性変数

サービスレベル変数

メッシュ属性変数

施策分析に向けて

- ステーション数の増減による影響
- シェアサイクルの運賃による影響 (165yen/30min)

4. モデル推定

多項ロジットモデル multinomial logit model

- 料金体系による推計

Assumption by fee

- 現況では165円/30分の料金体系 (fee; 165yen/30min)
- 利用時間が30分および15分に満たない利用者数を算出 (calculate the number of users who wouldn't use more than 15min and 30min)

◆ モデルの方針 Model Policy

多項ロジットモデル(交通手段選択モデル)

$$\begin{aligned} U_{train} &= \dots + d_1(\text{所要時間}) + f_1(\text{料金}) + c_1(\text{鉄道カバー面積比率}) + \dots \\ U_{bus} &= \dots + d_1(\text{所要時間}) + f_1(\text{料金}) + c_1(\text{バスカバー面積比率}) + \dots \\ U_{car} &= \dots + d_1(\text{所要時間}) + \dots + \dots \\ U_{share} &= \dots + d_1(\text{所要時間}) + f_1(\text{料金}) + c_1(\text{シェアサイクルカバー面積比率}) + \dots \\ U_{walk} &= \dots + d_1(\text{所要時間}) + \dots + \dots \end{aligned}$$

個人属性変数

サービスレベル変数

メッシュ属性変数

施策分析に向けて

- ステーション数の増減による影響
- シェアサイクルの運賃による影響 (165yen/30min)

4. モデル推定

◆結果

説明変数 explanatory variable	パラメータ parameters	t値 t-value
定数項(自動車)	Constant Term (Car)	-3.89 -9.02
定数項(徒歩)	Constant term (Walk)	-1.47 -2.57
所要時間(鉄道)	Time Required (Train)	-2.01 -10.39
所要時間(自動車)	Time required (Car)	-1.75 -4.95
所要時間(徒歩)	Time required (walk)	-1.2 -8.19
所要時間(シェアサイクル)	Time required (Share cycle)	-5.82 -9.64
所要時間(自転車)	Travel time (Bicycle)	-3.44 -16.13
コスト(鉄道)	Cost (Train)	-0.36 -3.07
コスト(バス)	Cost(Bus)	-1.82 -11.41
コスト(シェアサイクル)	Cost(Share Cycle)	2.77 3.88
性別ダミー(シェアサイクル)	Gender dummy (share cycle)	0.95 2.17
性別ダミー(自転車)	Gender dummy (bicycle)	0.45 2.38
アクセス距離	Access distance	-0.19 -6.79
イグレス距離(鉄道)	Egress distance (Train)	-0.02 -1.09
イグレス距離(バス)	Egress distance (bus)	-0.14 -5.92
Oゾーンメッシュカバー率	O-zone mesh coverage	1.27 -1.69
Dゾーンメッシュカバー率	D-zone mesh coverage	-2.72 -3.89
業務ダミー	Business Dummy	1.46 4.76
年齢ダミー	Age Dummy	1.34 3.00

5. 政策評価 Policy evaluation

◆ 現状 Status quo

- シェアサイクル利用者は料金を重要視
Fees are important to users of shared bicycles
- 現在の料金体制は165円/30分
Current fee structure is 165 yen/30 min.
 - シェアサイクルトリップの80%が30分以内
80% of share cycle trips are within 30 minutes

◆ 解決策 Solution

料金設定の見直し

Review of fee structure

① 単価は変えずに時間間隔を変更

Change time interval without changing unit price

② 単価を変える

Change the unit price

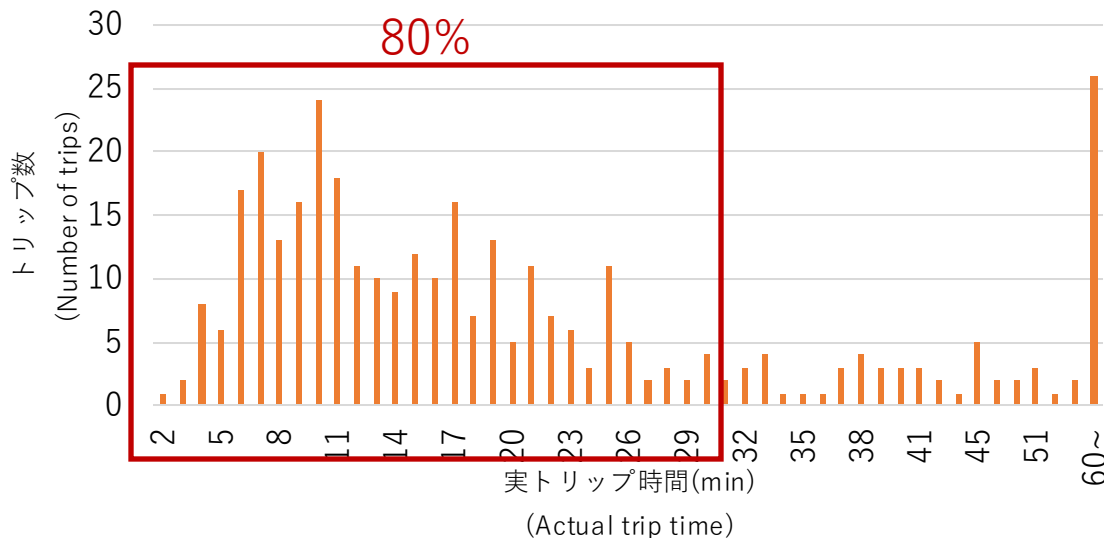


Figure) 2021年豊洲PPデータのシェアサイクルトリップのトリップ時間分布
Trip time distribution of share cycle trips for 2021 Toyosu PP data

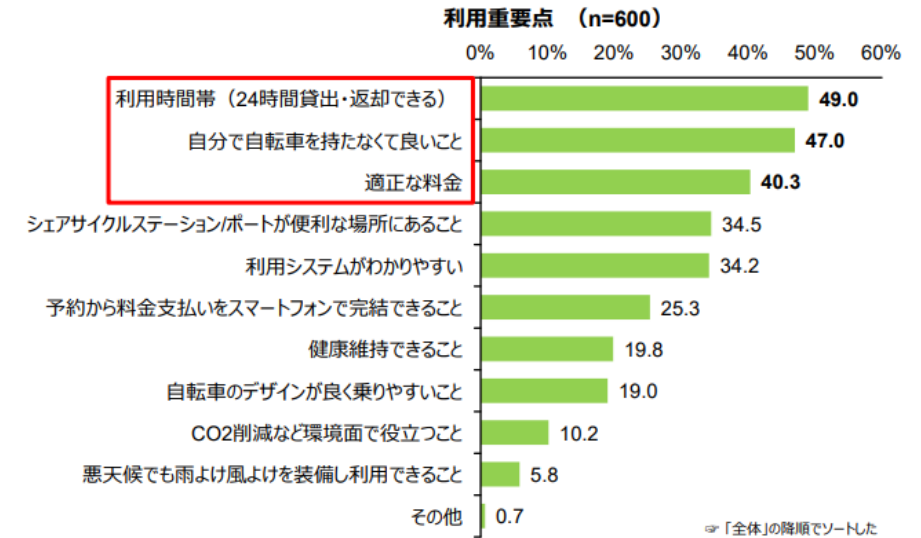


Figure) 2020年度 シェアサイクル利用実態調査報告書 (概要版)
FY2020 Shared Cycle Usage Survey Report (Summary Version)

5. 政策評価 Policy evaluation

◆ 仮定① Hypothesis

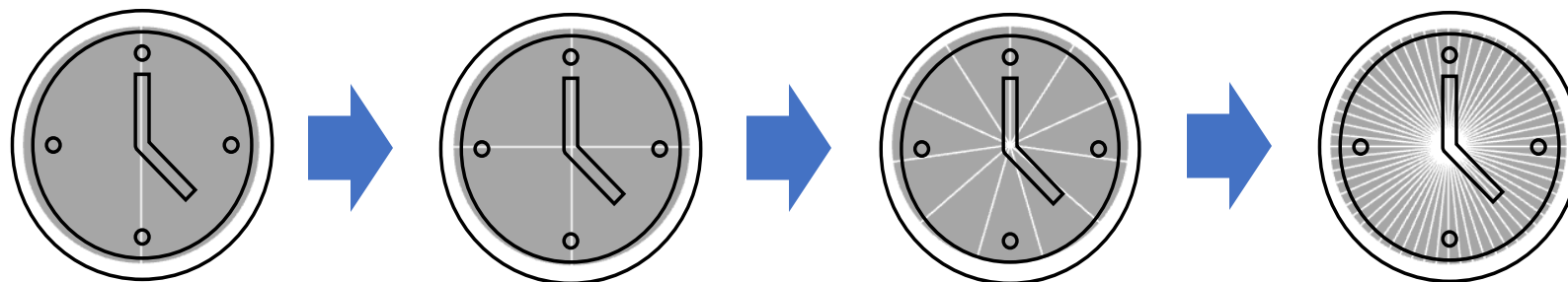
「料金設定を変更することでシェアサイクル利用者の増加が見込まれる」
Expect that the change in pricing will increase the number of users of shared bicycles.

3パターンのシミュレーション

3 pattern simulation

現況：30分毎 → ①15分毎 ②5分毎 ③1分毎

Current status: Every 30 minutes → ① every 15 minutes ② every 5 minutes ③ every 1 minute



5. 政策評価 Policy evaluation

◆政策分析 Policy analysis

- 料金体系を変更してシミュレーション
Simulation with fee structure changes

- 従来設定：165yen/30min
- シミュレーション①：82.5yen/15min
- シミュレーション②：27.5yen/5min
- シミュレーション③：5.5yen/1min

◆従来設定：
165yen/30min

30分毎に165円上昇

0～29分59秒まで同額

利用時間

30min 15min 5min 1min



◆パターン①：
82.5yen/15min

15分毎に82.5円上昇

0～14分59秒まで同額

利用時間

30min 15min 5min 1min



◆パターン②：
27.5yen/5min

5分毎に27.5円上昇

0～4分59秒まで同額

利用時間

30min 15min 5min 1min



◆パターン③：
5.5yen/1min

1分毎に5.5円上昇
0～59秒まで同額

利用時間

30min 15min 5min 1min



5. 政策評価 Policy evaluation

◆結果 Result

Table)料金体系を変更した場合の各移動手段の選択確率
Probability of choosing each mode of transportation if the fee structure is changed

	165yen/30min	82.5yen/15min	27.5yen/5min	5.5yen/1min
シェアサイクル (Share Cycle)	4.79	2.13	0.95	0.67
バス (Bus)	16.57	16.80	17.01	17.05
自転車 (Bicycle)	17.92	18.97	19.29	19.39
乗用車 (Car)	13.09	13.27	13.41	13.44
鉄道 (Train)	41.19	42.10	42.50	42.59
徒歩 (Walk)	6.44	6.73	6.84	6.87



短時間利用に有利
Advantage for short distance

料金体系が短時間利用に有利になる程
シェアサイクルの選択確率が**減少**する

The more advantageous for short distance,
probability of select share cycle decrease more.

5. 政策評価 Policy evaluation

◆結果 Result

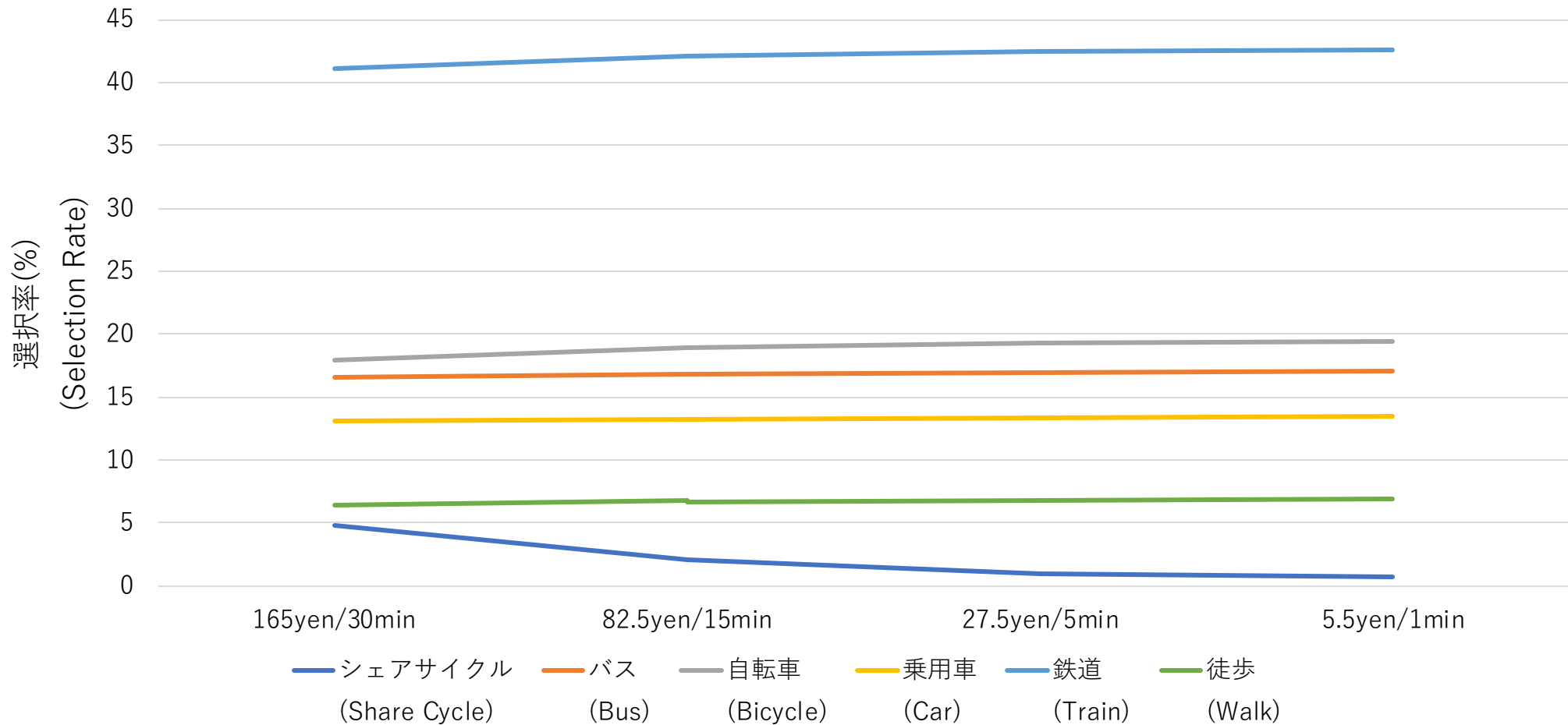


Figure)料金体系を変更した場合の各移動手段の選択確率
Probability of choosing each mode of transportation if the fee structure is changed

5. 政策評価 Policy evaluation

◆仮定② 料金の増減によってシェアサイクル利用が促進

仮説：「利用料金が減少すればシェアサイクル利用者の増加が見込まれる」
Hypothesis: “Decrease in usage fees would increase the number of users of shared bicycles.”

5. 政策評価 Policy evaluation

◆結果 Result

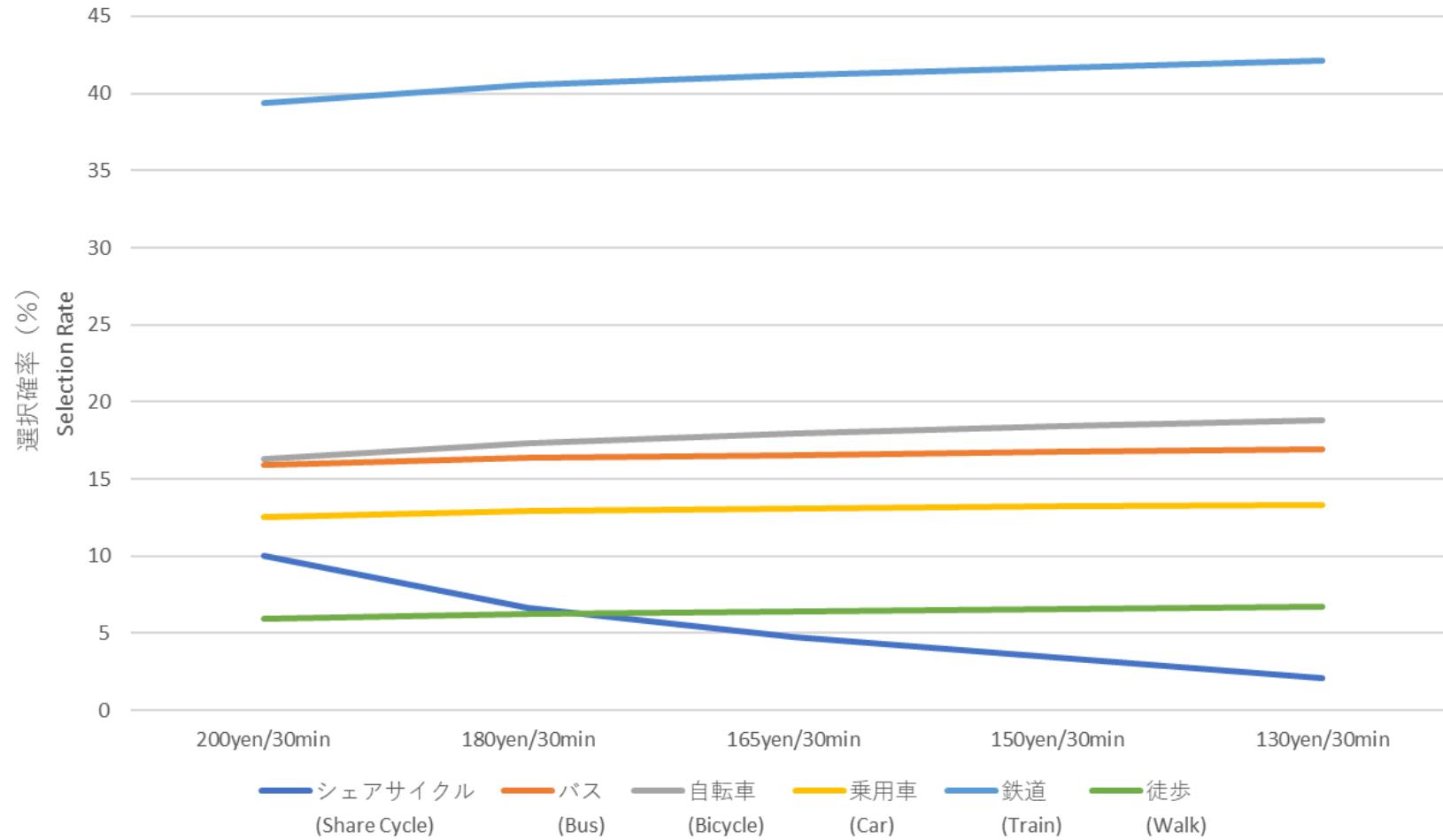


Figure)料金体系は変更せず値段のみ変更した場合の各移動手段の選択確率
Probability of choosing each mode of transportation if the price is changed with the fee structure unchanged

5. 政策評価 Policy evaluation

◆仮定② 料金の増減によってシェアサイクル利用が促進

仮説：「利用料金が減少すればシェアサイクル利用者の増加が見込まれる」
Hypothesis: “Decrease in usage fees would increase the number of users of shared bicycles.”



結果：「料金設定が増加するほど**シェアサイクル利用者が増加する**」
Result: “Changing pricing decreases the number of users of shared bicycles:”

今後の展望

①モデル推定 Model assumption

- Rを実行(conduct R)
 - 現在実行しているものの、エラーが発生(occured error)

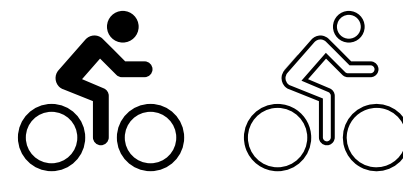
```
> tval<-b/sqrt(-diag(solve(hhh)))  
solve.default(hhh) でエラー:  
Lapack routine dgesv: システムは正確に特異です: U[3,3] = 0
```

- エラー内容(error message)
 - ヘッセ行列が0になっている(

```
35 LL=0  
36  
37  
38 ##utility calculation 効用の計算:説明変数にしたい列を入れる  
39 ##distance 距離 ##individual attributes個人属性 ##駐車 ##ASC定数項  
40 train<- t1*Data[,30] + c1*Data[,24]  
41 bus <- t2*Data[,43] + c2*Data[,37] + g1*(Data[,58]==1)  
42 car <- t3*Data[,20]  
43 walk <- t4*Data[,33]  
44 share <- t5*Data[,53] + c3*Data[,47] + g2*(Data[,58]==1)  
45 bike <- t6*Data[,56] + g3*(Data[,58]==1)  
46  
47 ##Choice probability 選択確率の計算  
48 PPtrain <- exp(train)/(exp(train)+exp(bus)+exp(car)+exp(walk)+exp(share)+exp(bike))  
49 PPbus <- exp(bus) /((exp(train)+exp(bus)+exp(car)+exp(walk)+exp(share)+exp(bike))  
50 PPtrain <- exp(car) /((exp(train)+exp(bus)+exp(car)+exp(walk)+exp(share)+exp(bike))  
51 PPwalk <- exp(walk) /((exp(train)+exp(bus)+exp(car)+exp(walk)+exp(share)+exp(bike))  
52 PPshare <- exp(share) /((exp(train)+exp(bus)+exp(car)+exp(walk)+exp(share)+exp(bike))  
53 PPbike <- exp(bike) /((exp(train)+exp(bus)+exp(car)+exp(walk)+exp(share)+exp(bike))  
54  
55 Pptrain <- (PPtrain!=0)*PPtrain+(PPtrain==0)  
56 Pbus <- (PPbus !=0)*PPbus +(PPbus ==0)  
57 Pcar <- (PPcar !=0)*PPcar +(PPcar ==0)  
58 Pwalk <- (PPwalk !=0)*PPwalk +(PPwalk ==0)  
59 Pshare <- (PPshare!=0)*PPshare+(PPshare==0)  
60 Pbike <- (PPbike !=0)*PPbike +(PPbike ==0)  
61  
62 ##actual Choice 選択結果 (データの9列目が選択した施設が入っていて、この下の処理で1-0変数にする)  
63 ctrain<- Data[,8]==100  
64 cbus <- Data[,8]==201  
65 ccar <- Data[,8]==300  
66 cwalk <- Data[,8]==500  
67 cshare<- Data[,8]==401  
68 cbike <- Data[,8]==400  
69  
70 ##log likelihood 対数尤度の計算 (1-0変数と選択確率の掛け算なので、選択した施設のみの選択確率の対数)  
71 LL<-colSums(ctrain*log(Pptrain) + Cbus*log(Pbus) + Ccar*log(Pcar) + Cwalk*log(Pwalk) + Cshare*log(Pshare) + Cbike*log(Pbike))  
72  
73 }  
74  
75 ## maximizing log likelihood 対数尤度関数frの最大化  
76 res<-optim(b0,fr, method = "BFGS", hessian = TRUE, control=list(fnscale=-1))  
77  
78 ## estimated parameter  
79  
67:25 fr(x) :  
+ PPtrain <- (PPtrain!=0)*PPtrain+(PPtrain==0)  
+ Pbus <- (PPbus !=0)*PPbus +(PPbus ==0)  
+ Pcar <- (PPcar !=0)*PPcar +(PPcar ==0)  
+ Pwalk <- (PPwalk !=0)*PPwalk +(PPwalk ==0)  
+ Pshare <- (PPshare!=0)*PPshare+(PPshare==0)  
+ Pbike <- (PPbike !=0)*PPbike +(PPbike ==0)  
+  
+ ##actual Choice 選択結果 (データの9列目が選択した施設が入っていて、この下の処理で1-0変数にする)  
+ ctrain<- Data[,8]==100  
+ cbus <- Data[,8]==201  
+ ccar <- Data[,8]==300  
+ cwalk <- Data[,8]==500  
+ cshare<- Data[,8]==401  
+ cbike <- Data[,8]==400  
+  
+ ##log likelihood 対数尤度の計算 (1-0変数と選択確率の掛け算なので、選択した施設のみの選択確率の対数)  
+ LL<-colSums(ctrain*log(Pptrain) + Cbus*log(Pbus) + Ccar*log(Pcar) + Cwalk*log(Pwalk) + Cshare*log(Pshare) + Cbike*log(Pbike))  
+  
+ }  
+  
+ ## maximizing log likelihood 対数尤度関数frの最大化  
+ res<-optim(b0,fr, method = "BFGS", hessian = TRUE, control=list(fnscale=-1))  
+  
+ ## estimated parameter  
+ b<-res$par  
+  
+ ## t value t値の計算 (これが1.9以上あるのが望ましい)  
+ tval<-b/sqrt(-diag(solve(hhh)))  
+ solve.default(hhh) でエラー:  
+ Lapack routine dgesv: システムは正確に特異です: U[3,3] = 0  
+ |
```

②施策シミュレーション

- 2つの条件を検討
 - ①シェアサイクルステーション数の増減
 - ステーション数を増やしてもシェアサイクル利用が増えるとは限らない？



- ②シェアサイクル料金体系の増減
 - 現在は30分単位(165yen/30min)で利用可能
 - それが15分ごと、5分ごとに利用可能になったらどうなるか？
 - 30分以内の利用が全体の約80%、15分以内が全体の50%に当たる。

