

# 鉄道に着目した 交通手段判定モデル

A班 M1 野原  
B4 井村  
鶴田  
富士



得られたPP調査の結果（緯度・経度・時間）から、選択した交通手段を判定したい

▶ 判定できると、最低限の機能でスマートフォン調査ができる



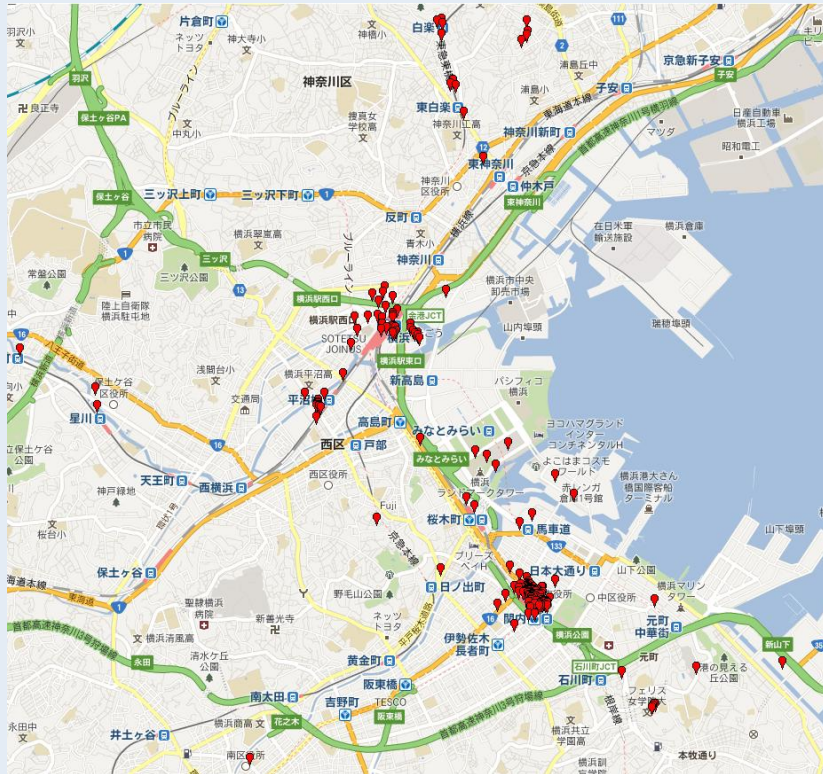
## 鉄道に着目

- 他の交通手段と比較して、移動経路が固定されている
- ある程度時間が正確（速度の変化が少ない）
- 駅⇔駅間で考えることが可能？

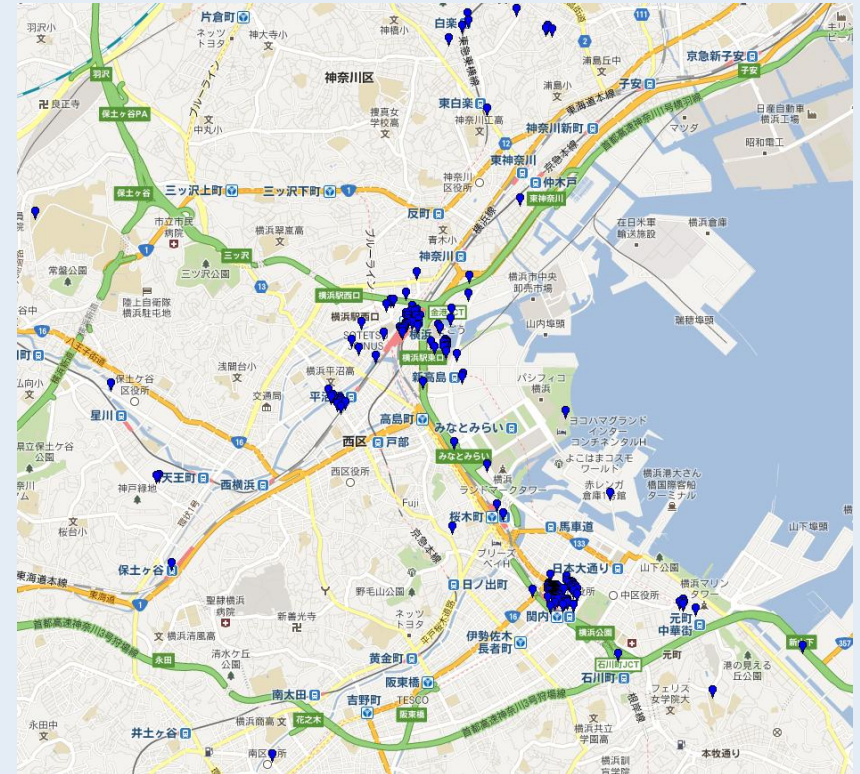
# 基礎分析



鉄道を用いたODの発着点をマップに表示すると、駅周辺に分布している  
発着点が駅周辺に集中するODは鉄道を利用したと推定できるのでは？



出発点



到着点



# 基礎分析



出発点



到着点

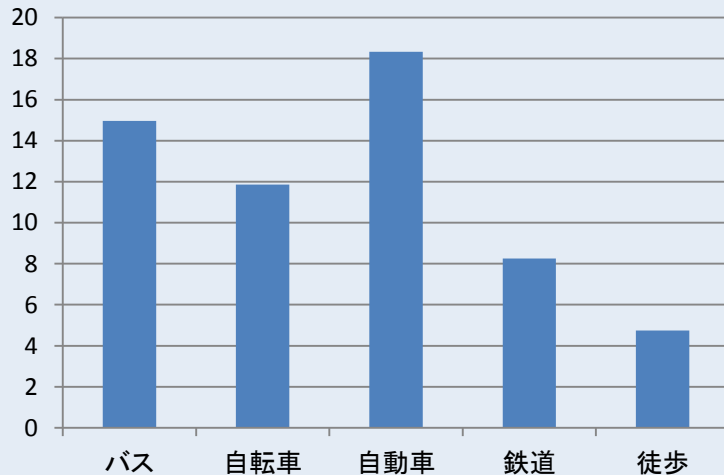
通過点



## ・モデル

### 線形判別分析モデルの応用を行う

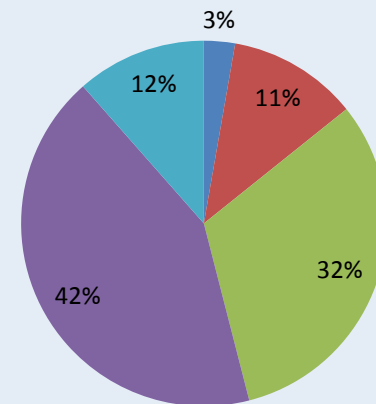
Ex)  $Sex = \alpha + \beta_1 (Height) + \beta_2 (Weight)$   
事前事象確率 (選択確率) 0.5



平均 / アクセス時間train

### 交通手段分担率

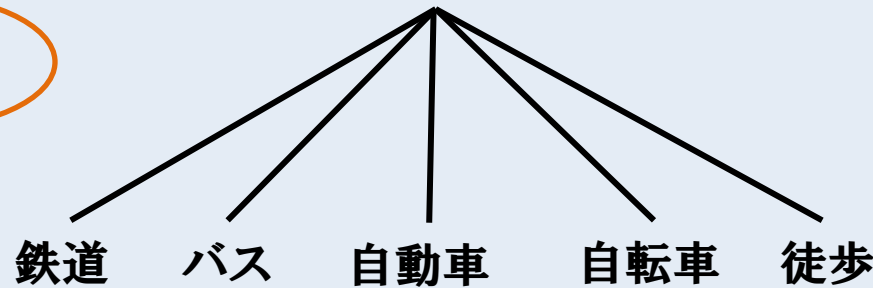
■ バス ■ 自転車 ■ 自動車 ■ 鉄道 ■ 徒歩



# 推定の流れ



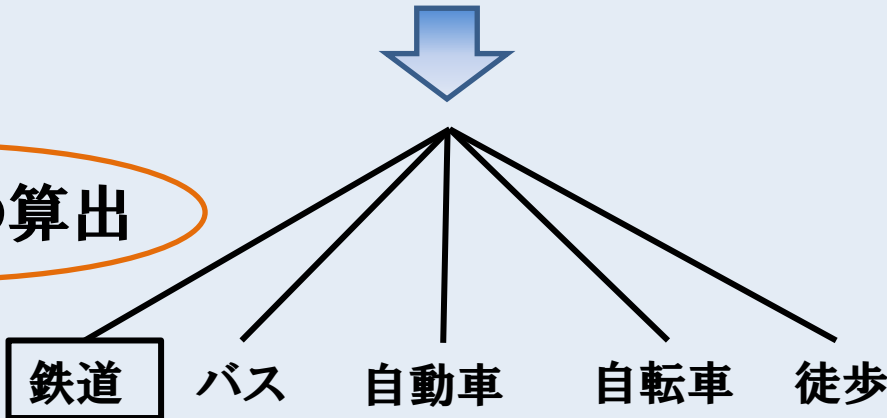
R推定



多項ロジットモデル

```
+ # 時間 # 料金 # 定数項
+ train <- Data$代替手段生成可否train*exp(d1*Data$総所要時間train/100 +f1*Data$費用train/100 + b1*matrix(1,nrow =hh,ncol=1))
+ bus <- Data$代替手段生成可否bus *exp(d1*Data$総所要時間bus/100 +f1*Data$費用bus/100)
+ car <- Data$代替手段生成可否car *exp(d1*Data$所要時間car/100)
+ bike <- Data$代替手段生成可否bike *exp(d1*Data$所要時間bike/100 + b2*matrix(1,nrow =hh,ncol=1))
+ walk <- Data$代替手段生成可否walk *exp(d1*Data$所要時間walk/100)
```

選択確率の算出



二項ロジットモデル

$$V_{\text{train}} = \beta_1 (\text{速度差}) + \beta_2 (\text{鉄道選択確率})$$

# 推定結果(多項ロジットモデル)



$$U_{train} = V_1 + \varepsilon_1 = d_1(\text{所要時間}) + f_1(\text{料金}) + b_1 + \varepsilon_1$$

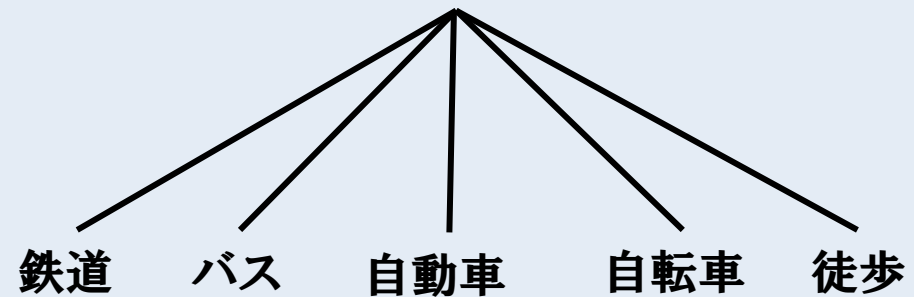
$$U_{bus} = V_2 + \varepsilon_2 = d_1(\text{所要時間}) + f_1(\text{料金}) + \varepsilon_2$$

$$U_{car} = V_3 + \varepsilon_3 = d_1(\text{所要時間}) + \varepsilon_3$$

$$U_{bicycle} = V_4 + \varepsilon_4 = d_1(\text{所要時間}) + b_2 + \varepsilon_4$$

$$U_{walk} = V_5 + \varepsilon_5 = d_1(\text{所要時間}) + \varepsilon_5$$

	パラメータ	t値
所要時間(100分)	-3.15	-8.35
料金(100円)	-0.04	-2.69
定数項(鉄道)	0.92	9.63
定数項(自転車)	-0.59	-3.67
サンプル数		399
初期尤度		-582.48
最終尤度		-380.95
決定係数		0.35
修正済み決定係数		0.34



# 選択確率の算出



## 鉄道選択確率：交通手段の中で、鉄道を選択する確率

```

+ # 時間 # 料金 # 定数項
+ train <- Data$代替手段生成可否train*exp(d1*Data$総所要時間train/100 + f1*Data$費用train/100 + b1*matrix(1,nrow =hh,ncol=1))
+ bus <- Data$代替手段生成可否bus *exp(d1*Data$総所要時間bus/100 + f1*Data$費用bus/100)
+ car <- Data$代替手段生成可否car *exp(d1*Data$所要時間car/100)
+ bike <- Data$代替手段生成可否bike *exp(d1*Data$所要時間bike/100 + b2*matrix(1,nrow =hh,ncol=1))
+ walk <- Data$代替手段生成可否walk *exp(d1*Data$所要時間walk/100)
    
```



-0.586 //		効用					選択確率					合計
代表交通手段	train	bus	car	bike	walk	train	bus	car	bike	walk		
3.174364												
自転車	0.252256	0	0.233501	0.018554	0.000201	0	0	0.925651569	0.073552514		0.000795917	1
鉄道	0.617116	0.365479	0	0.237954	0.013585	9.82E-05	0.592236781	0	0.38558973	0.022014285	0.000159204	1
鉄道	1.106388	0.680902	0	0.324982	0.089559	0.010945	0.61542785	0	0.293732123	0.080947104	0.009892923	1
鉄道	0.595689	0.411525	0	0.176995	0.007147	2.09E-05	0.690839428	0	0.297127383	0.011998149	3.50E-05	1
鉄道	0.135962	0.04907	0	0.086612	0.000281	7.11E-09	0.360908551	0	0.637025598	0.002065798	5.23E-08	1
鉄道	4.389759	1.620157	0.720853	0.854344	0.482655	0.711749	0.369076521	0.16421252	0.19462215	0.109950194	0.162138615	1
自動車	0.155377	0.064697	0	0.087986	0.002693	1.56E-06	0.416384837	0	0.566272216	0.017332881	1.01E-05	1
自転車	1.872188	0	0	0.760399	0.466225	0.645564	0	0	0.406154967	0.249026967	0.344818065	1
鉄道	0.419103	0.230327	0	0.17478	0.013888	0.000108	0.549571318	0	0.417034202	0.033137646	0.000256835	1
自動車	0.188871	0.085789	0	0.099481	0.003598	3.40E-06	0.454220135	0	0.526712151	0.019049691	1.80E-05	1
自動車	0.315366	0.095794	0	0.20652	0.012959	9.31E-05	0.303755662	0	0.654858054	0.041090984	0.000295299	1
自転車	1.801661	0	0	0.723043	0.458943	0.619675	0	0	0.401319919	0.254733512	0.343946569	1
鉄道	2.647031	1.181306	0	0.72077	0.369328	0.375627	0.446275814	0	0.272293636	0.139525516	0.141905034	1
自動車	1.73131	0.268717	0	0.623589	0.402097	0.436907	0.155209959	0	0.360183547	0.232250119	0.252356375	1
自動車	1.736274	0.412768	0	0.732206	0.325626	0.265674	0.237732201	0	0.421710964	0.187542919	0.153013916	1
鉄道	0.247107	0.105934	0	0.12558	0.015457	0.000135	0.4286987	0	0.508203578	0.062553003	0.000544718	1
鉄道	0.891791	0.501236	0	0.312933	0.070946	0.006677	0.562055588	0	0.350903532	0.079554076	0.007486803	1
鉄道	1.736144	0.74835	0.449517	0.442444	0.085967	0.009865	0.431041723	0.258916649	0.254843071	0.049516255	0.005682302	1
鉄道	1.237264	0.800469	0	0.381587	0.052111	0.003097	0.646967361	0	0.308411976	0.042117633	0.00250303	1
自動車	1.108942	0.231974	0	0.563824	0.22177	0.091374	0.209185041	0	0.508434355	0.199983584	0.08239702	1
自動車	0.144846	0.055448	0	0.086885	0.002513	1.32E-06	0.382802311	0	0.599839783	0.017348767	9.14E-06	1
自動車	0.057283	0.017263	0	0.039422	0.000598	4.70E-08	0.301366375	0	0.688194273	0.010438531	8.21E-07	1
鉄道	0.278102	0.040253	0	0.201383	0.03549	0.000975	0.144743028	0	0.724133858	0.127616324	0.00350679	1
自転車	2.618122	0.428214	0.56389	0.792167	0.398317	0.435534	0.163557774	0.215379541	0.302570713	0.152138449	0.166353523	1
自動車	2.612579	0.608585	0.434215	0.68969	0.405913	0.474177	0.232944064	0.166201719	0.263988053	0.155368669	0.181497495	1
徒歩	2.069808	0	0	0.787194	0.502819	0.779794	0	0	0.380322431	0.24293047	0.376747098	1
自動車	0.144145	0.054754	0	0.086885	0.002505	1.32E-06	0.37985213	0	0.60276031	0.017378435	9.13E-06	1



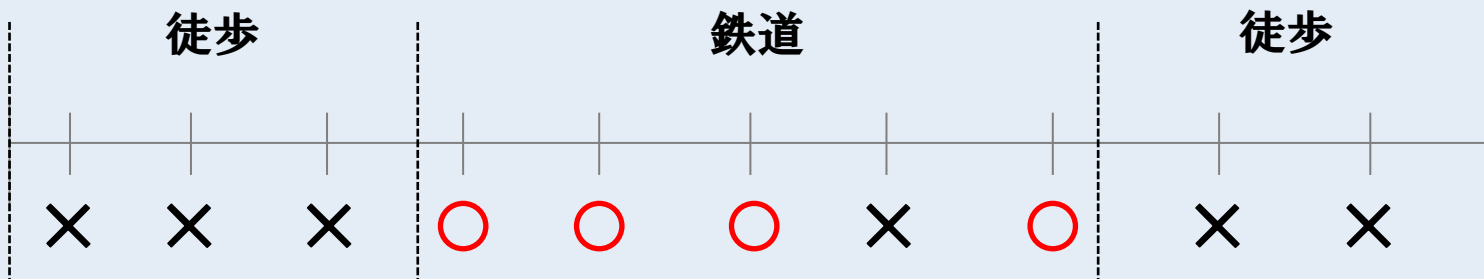
# 二項ロジットモデル



$$\text{判定率} = \alpha + \beta_1 (\text{速度差}) + \beta_2 (\text{鉄道選択確率})$$

$$\text{速度差} = \text{データの平均速度} - \text{鉄道の平均速度}$$

Ex) 1人の被験者1トリップ  
10点間の平均速度を算出



# 帰宅

## PP生データからの移動軌跡







ensyu.csv

シート内を検索

書式 セル

標準

悪い

挿入 削除

	M	N	O	速度	電車
76	1.408293468	0.02:00	16.89952156	11	
77	1.124294498	0.02:00	13.49153401	徒歩	
78	1.972565345	0.03:00	15.78052276	1.4	
79	0.127368399	0.02:00	1.528420789		
80	0.086101375	0.02:00	1.033216502		
81	1.561170927	0.03:00	12.48936742		
82	0.299746602	0.02:00	3.596959207		
83	0.90993245	0.02:00	10.91918942		
84	1.538925292	0.03:00	12.31140234		
85	1.312347444	0.02:00	15.74816928		
86	1.416111742	0.02:00	16.99334085		
87	3.023111543	0.05:00	14.51093542		
88	1.492375146	0.02:00	17.90850179		
89	1.165924146	0.02:00	13.99108978		
90	1.068572235	0.02:00	12.82286678		
91	0.894033996	0.04:00	5.364203973		
92	0.501512918	0.07:00	1.719472863		
93	1.50036186	0.03:00	12.00289488		
94	1.347101769	0.02:00	16.15522117		
95	0	0	0.01:00	0	
96	0	0	0.02:00	0	
97	0.097785763	0.03:00	0.782286102		
98	0.141665763	0.02:00	1.69989165		
99	0.149326174	0.02:00	1.791914079		

# (参照) GPSデータによる2地点間距離の算出方法

---

$$\text{方位角 } d = \sqrt{\{(\lambda_1 - \lambda_2) - (\cos \delta_0)\}^2 + (\delta_1 - \delta_2)^2}$$

$$\lambda = \text{経度} \quad \delta = \text{緯度} \quad \delta_0 = (\delta_1 + \delta_2) / 2$$

$$\text{距離 (km)} = d / 360 \times 2 \times \pi \times 6370$$

$$\text{地球の半径 (km)} = 6370$$



# 判定率モデルの推定



$$V_{\text{train}} = \beta_1 \mid \text{速度差} \mid + \beta_3(\text{鉄道選択確率})$$



鉄道の平均速度 – 10点間の速度

$$V_{\text{other}} = \beta_2 \mid \text{速度差} \mid$$



その他の平均速度 – 10点間の速度

# 判定率モデルの推定



$$V_{\text{train}} = \beta_1 \left| \text{速度差} \right| + \beta_3 (\text{鉄道選択確率})$$
$$V_{\text{other}} = \beta_2 \left| \text{速度差} \right|$$

無

有

	パラメータ	t値
速度差(鉄道)	-0.07	-2.01
速度差(その他)	-0.48	-3.16
サンプル数		110
初期尤度		-1625.34
最終尤度		-33.73
決定係数		0.98
修正済み決定係数		0.98

	パラメータ	t値
速度差(鉄道)	-0.10	-0.74
速度差(その他)	-0.46	-2.94
鉄道選択確率	0.34	0.33
サンプル数		110
初期尤度		-1621.58
最終尤度		-33.72
決定係数		0.98
修正済み決定係数		0.98

確率あり(データ大)			
>	##	初期尤度	
>	print(L0)		
[1]	-948.115		
>	##	最終尤度	
>	print(LL)		
[1]	-21.5486		
>	## $\rho^2$ 値		
>	print((L0-LL)/L0)		
[1]	0.977272		
>	##	修正済 $\rho^2$ 値	
>	print((L0-(LL-length(b)))/L0)		
[1]	0.974108		
>	##パラメータ推定値		
>	print(b)		
[1]	-0.13979	-0.44818	0.104023
>	##	t値	
>	print(tval)		
[1]	-0.30465	-2.54065	0.047398
>			

確率なし(データあり)			
>	##	初期尤度	
>	print(L0)		
[1]	-950.731		
>	##	最終尤度	
>	print(LL)		
[1]	-21.5306		
>	## $\rho^2$ 値		
>	print((L0-LL)/L0)		
[1]	0.977354		
>	##	修正済 $\rho^2$ 値	
>	print((L0-(LL-length(b)))/L0)		
[1]	0.97525		
>	##パラメータ推定値		
>	print(b)		
[1]	-0.11544	-0.44119	
>	##	t値	
>	print(tval)		
[1]	-2.69688	-2.62332	
>			

```

確率あり(データ追加2)
> ## 初期尤度
> print(L0)
[1] -1621.58
> ## 最終尤度
> print(LL)
[1] -33.7224
> ## $\rho^2$ 値
> print((L0-LL)/L0)
[1] 0.979204
> ## 修正済 $\rho^2$ 値
> print((L0-(LL-length(b)))/L0)
[1] 0.977354
> ##パラメータ推定値
> print(b)
[1] -0.09777 -0.45592 0.340554
> ## t値
> print(tval)
[1] -0.73537 -2.93538 0.326049
>
確率なし(データ追加2)
> ## 初期尤度
> print(L0)
[1] -1625.34
> ## 最終尤度
> print(LL)
[1] -33.7273

```

```

5
3 確率なし(データ追加2)
7 > ## 初期尤度
3 > print(L0)
3 [1] -1625.34
0 > ## 最終尤度
1 > print(LL)
2 [1] -33.7273
3 > ## $\rho^2$ 値
4 > print((L0-LL)/L0)
5 [1] 0.979249
6 > ## 修正済 $\rho^2$ 値
7 > print((L0-(LL-length(b)))/L0)
3 [1] 0.978019
3 > ##パラメータ推定値
0 > print(b)
1 [1] -0.06758 -0.47923
2 > ## t値
3 > print(tval)
4 [1] -2.00717 -3.16355
5 >

```

```

確率あり
> ## 初期尤度
> print(L0)
[1] -1293.37
> ## 最終尤度
> print(LL)
[1] -27.0823
> ## $\rho^2$ 値
> print((L0-LL)/L0)
[1] 0.979061
> ## 修正済 $\rho^2$ 値
> print((L0-(LL-length(b)))/L0)
[1] 0.976741
> ##パラメータ推定値
> print(b)
[1] -0.08489 -0.46229
> ## t値
> print(tval)
[1] -0.94907 -2.72322
>

```





スマートフォン等を利用したPP調査



今後のPP調査に伴う交通手段調査の簡易化



- 被験者の負担が軽減
- 莫大な調査費用を削減可能
- 調査結果の精度向上

# 検証結果

- ある人の移動履歴(経度・緯度・時間)から予測

鉄道を判別できたのは

**77%**



# 今後の課題

- 土地の情報と経路データとの比較  
-場所による判定率の変化
- 駅で停車した時に誤った判定結果が多い
- サンプルの人数を増やす