

Assessing the Impact of Disadvantages for People with Different Social Attributes in Road Pricing

Case Study in Toyosu

ロードプライシングによる 異なる社会属性を持つ人々の不利益の評価 : 豊洲地域でのケーススタディ

東京大学 次世代インフラシステム研究室(福田研)
UTokyo LIIS

上町・目賀・渡邊・金岡・田中・松永
Uemachi, Mega, Watanabe, Kanaoka, Tanaka, Matsunaga

Premise: What is Road Pricing

■ Purpose of Road Pricing

- ① Reduce Congestion (混雑緩和)
- ② Eco-friendly (環境負担軽減)
- ③ Secure funds (資金調達)

for Public transport
Road maintenance
Parking space, Park&Ride



(fig1) ERP(Electronic Road Pricing)

Source:Ministry of Transport of Singapore

(fig2) Signs for charging areas in London

Source:Phys.org

■ Practice/Plans in Japan

日本でも試験的に導入された/導入が検討されている

高速道路の料金変動制「ロードプライシング」本格導入へ...混雑時間帯を値上げ、深夜は半額も

2024/08/29 00:12

この記事をスクラップする

国土交通省「ロードプライシング」の導入をめぐり、2024年度から全国に拡大する計画について

日中の首都高は千円上乗せ、夜間は半額に...渋滞緩和のため「ロードプライシング」開始

組織委 東京都 千葉県 2021/07/19 14:05

東京五輪の開幕まであと4日となった19日、首都高速道路では、日中の渋滞を緩和するために通行料を時間帯で変動させる「ロードプライシング」が始まった。首都圏の主要駅などでは、テロ対策のため危険物探知犬などによる警備強化もスタート。開幕に向けての準備が着々と進められている。



ロードプライシングは、渋滞を減らすことで選手らを乗せた車両のスムーズな移動を実現するのが目的。対象は首都高の都内区間で、8月9日までの日中（午前6時～午後10時）、軽自動車、二輪車、普通車の料金に一律1000円を上乗せする。夜間（午前0～4時）は、全車両（現金払い除く）が半額になる。

<https://www.yomiuri.co.jp/economy/20240828-OYT1T50218/>

<https://www.yomiuri.co.jp/olympic/2020/20210719-OYT1T50100/>

Premise: Problems of Road Pricing

■ Social Problems of Road Pricing

- ① Burden for drivers (利用者の不利益)
- ② Regressive and Unfairness (逆進性・公平性)

➔ **Who would be disadvantaged if road pricing is introduced in Japan?**

日本でロードプライシングを導入すると誰が不利益を被るのか？

Verifying the disadvantages groups by focusing on the changes in expected utility before and after road pricing in Toyosu.

ロードプライシング適用前後の期待効用の変化(便益とする)に注目し、施策によって不利益を被る層について、豊洲を対象に検証を行う

Overview of our estimation

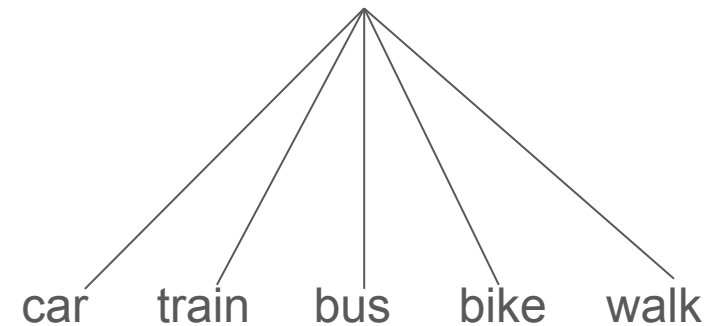
■ Method

- Target Area: Toyosu (江東区豊洲1~6丁目)



Two spots are designated as major traffic congestion points.
二箇所が主要渋滞箇所に指定されている

- Types of RP: Area-based pricing
 - Vehicles pay when drive in a certain area
エリア内を走る車両に対して課金
- Data used: Toyosu PP data from 2019 to 2021
- Model: Transportation mode choice by MNL



MNL

■ Estimation method (推定方法)

$$V_{car} = \beta_t t_{car}$$

$$V_{train} = ASC_{train} + \beta_t t_{train} + \sum_S (\beta_{cost_S} C_{train_S})$$

$$V_{bus} = ASC_{bus} + \beta_t t_{bus} + \sum_S (\beta_{cost_S} C_{bus_S})$$

$$V_{bike} = ASC_{bike} + \beta_t t_{bike}$$

$$V_{walk} = ASC_{walk} + \beta_t t_{walk}$$

□ Categorize people with different social attributes into different segments and set different cost parameters

異なる社会属性の人々を異なるセグメントに分類し、異なるコストのパラメータを設定する

S = segmentation

$$C_{train_S} = \begin{cases} C_{train} & \text{if the individual belongs to } S \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

バスについても同様
As of bus, the same setting

■ Simulation method (シミュレーション方法)

$$\begin{aligned}V_{car} &= \beta_t t_{car} + \sum_S (\beta_{cost_S} C_{car_S}) \\V_{train} &= ASC_{train} + \beta_t t_{train} + \sum_S (\beta_{cost_S} C_{train_S}) \\V_{bus} &= ASC_{bus} + \beta_t t_{bus} + \sum_S (\beta_{cost_S} C_{bus_S}) \\V_{bike} &= ASC_{bike} + \beta_t t_{bike} \\V_{walk} &= ASC_{walk} + \beta_t t_{walk}\end{aligned}$$

- Calculate the change in benefits to people in each segment when road pricing is done
ロードプライシングを行った際の各セグメントに属する人々の便益の変化を計算する

$$\begin{aligned}\text{便益(Benefit)} &= E(\text{Max}U_w - \text{Max}U_0) \\&= \ln\left(\sum_{j \in J_n} e^{V_{jw}}\right) - \ln\left(\sum_{j \in J_n} e^{V_{j0}}\right)\end{aligned}$$

Estimation Result ①

■ 5 segments by income

$$\begin{aligned}
 V_{car} &= \beta_t t_{car} \\
 V_{train} &= ASC_{train} + \beta_t t_{train} + \sum_S (\beta_{cost_S} C_{train_S}) \\
 V_{bus} &= ASC_{bus} + \beta_t t_{bus} + \sum_S (\beta_{cost_S} C_{bus_S}) \\
 V_{bike} &= ASC_{bike} + \beta_t t_{bike} \\
 V_{walk} &= ASC_{walk} + \beta_t t_{walk}
 \end{aligned}$$

■ segments

Segment	1	2	3	4	5
Household Income (JPY)	0~1.99 million	2~5.99 million	6~9.99 million	10~14.99 million	15~ million

Independent Variable	Estimated Parameter
ASC (bike)	1.22**
ASC (bus)	2.56**
ASC (train)	3.88**
ASC (walk)	2.73**
b_cost_1 [yen]	-0.0002
b_cost_2 [yen]	-0.0054**
b_cost_3 [yen]	-0.0013**
b_cost_4 [yen]	-0.0027**
b_cost_5 [yen]	-0.0011**
b_time[hour]	-5.96**

** p<0.05
* p<0.1

時間価値

Value of Time (JPY/minute) 396 18 72 37 93

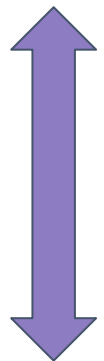
Simulation Result ①

■ Scenario① With 300 JPY pricing

■ Benefit (便益)

$$= \ln\left(\sum_{j \in J_n} e^{V_{jw}}\right) - \ln\left(\sum_{j \in J_n} e^{V_{j0}}\right)$$

low-income



segment1: 0.00314311

segment2: 0.14137954

segment3: 0.02450834

segment4: 0.04004813

segment5: 0.01811841

high-income

Segment	1	2	3	4	5
Household Income (JPY)	0~1.99 million	2~5.99 million	6~9.99 million	10~14.99 million	15~ million

■ Discussion (考察)

It shows that segment 1 (income:0~1.99 million) is not likely to be affected by pricing, which is not statistically significant.

Among the utility of those segments that was statistically significant (2~5), that of those with relatively low income reduced significantly. This might be because of their VOT is low.

セグメント1は影響を受けづらい(統計的に有意でない)

セグメント2-5においては、比較的 low 収入であるセグメント2が課金によって効用が著しく減少した。

← 時間価値が低いため

Estimation Result ②

■ 10 segments by income and gender

$$\begin{aligned}
 V_{car} &= \beta_t t_{car} \\
 V_{train} &= ASC_{train} + \beta_t t_{train} + \sum_S (\beta_{cost_S} C_{train_S}) \\
 V_{bus} &= ASC_{bus} + \beta_t t_{bus} + \sum_S (\beta_{cost_S} C_{bus_S}) \\
 V_{bike} &= ASC_{bike} + \beta_t t_{bike} \\
 V_{walk} &= ASC_{walk} + \beta_t t_{walk}
 \end{aligned}$$

Independent Variable	Estimated Parameter
ASC (bike)	1.23**
ASC (bus)	2.34**
ASC (train)	3.70**
ASC (walk)	2.75**
b_cost_1_male [yen]	-0.0496
b_cost_1_female [yen]	0.00368
b_cost_2_male [yen]	0.00531**
b_cost_2_female [yen]	-0.00611**
b_cost_3_male [yen]	-0.00236**
b_cost_3_female [yen]	-0.000922**
b_cost_4_male [yen]	-0.000810*
b_cost_4_female [yen]	-0.00387**
b_cost_5_male [yen]	0.000207
b_cost_5_female [yen]	0.000721
b_time[hour]	-6.07**

** p<0.05

* p<0.1

Simulation Result ②

■ Scenario② With 300 JPY pricing and 10 segments

■ Benefit (便益)

low-income ← high-income

Segment	1_male	2_male	3_male	4_male	5_male
Household Income ×Male	0~1.99 million ×Male	2~5.99 million ×Male	6~9.99 million ×Male	10~14.99 million ×Male	15~ million ×Male
Benefit	0.16	0.23	0.01	0.06	-0.01
Segment	1_female	2_female	3_female	4_female	5_female
Household Income ×Female	0~1.99 million ×Female	2~5.99 million ×Female	6~9.99 million ×Female	10~14.99 million ×Female	15~ million ×Female
Benefit	-0.14	0.05	0.02	-0.01	0.02

■ Discussion (考察)

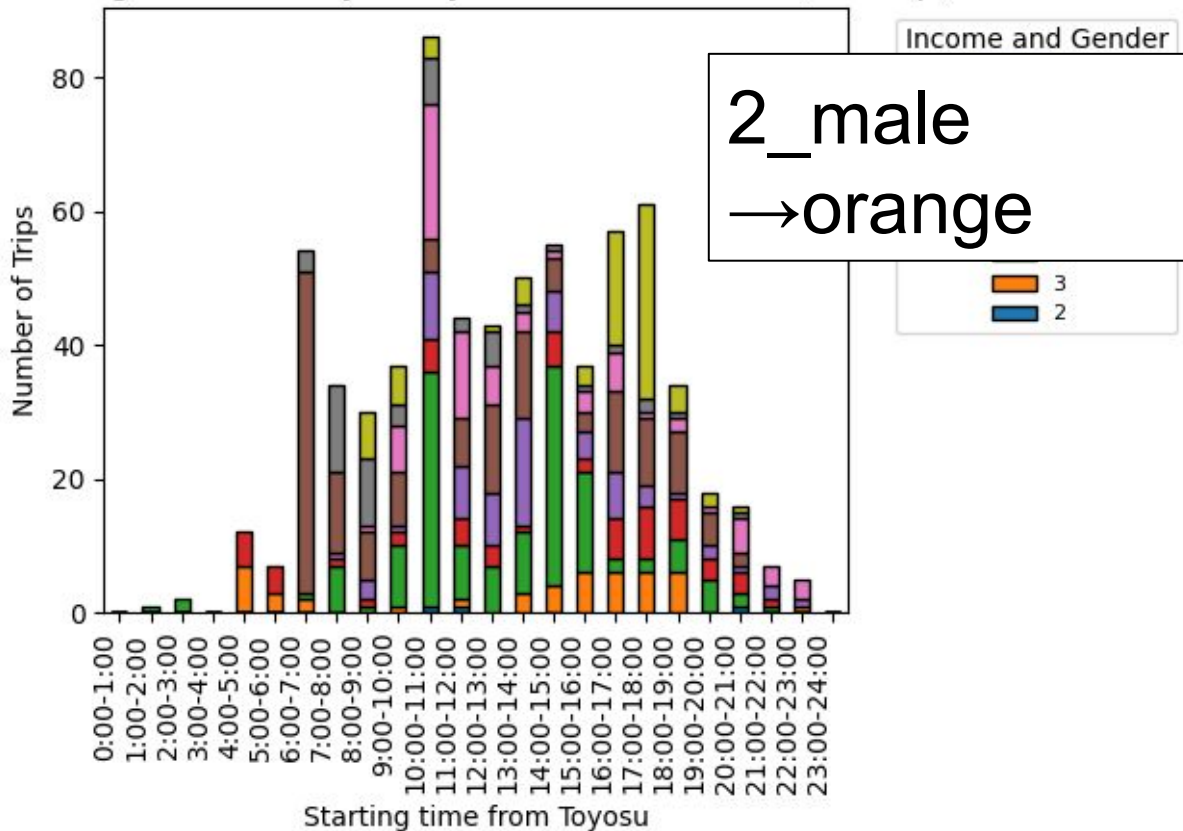
In Scenario 2 shows that utility of segment 2_male reduced after pricing. which corresponds with scenario 1, in which the utility 2~5.99 million JPY of household income (segment 2) decreased after pricing. (statistically significant)

シナリオ①で課金によって効用が特に減少していた、世帯収入が200~600万円の層(セグメント2)を細分化すると、男性が女性に比べて大きく効用が減少することが明らかになった。

Basic Aggregation

Basic aggregation focusing on Segment 3

Starting time from Toyosu by Income and Gender (Car Trip)



Implication from basic aggregation

As a solution to reduce the decline in utility of segment 2_male, we suggest reducing the price in dynamic RP during late night hours.

This is supported with data unique to segment 3, which shows the existence of trips from Toyosu during late night hours (4-6am)

課金によって特に効用が下がった収入2の男性(セグメント2_male)の効用減少を緩和するような施策を考える。

セグメント2_maleに特徴的なデータとして、深夜帯(4:00-6:00)での豊洲発のトリップが存在することがわかった。

セグメント2_maleの効用減少緩和を図ることができる自然な施策として、深夜帯価金額の減額を考える。

Simulation scenario③

■ scenario① With 300 JPY pricing except for midnight(from 0 A.M. to 6 A.M.)

We assume that charging by time zone could reduced the utility decline for segment 2-male.

We set up a scenario in which the user is not charged for the hours between 0:00a.m and 6:00 a.m. and compared the change in utility with a scenario in which the user is charged for all hours.

時間帯別課金という、比較的实现しやすい施策により、収入2(中間層)の男性の効用低下を軽減できないかという問いを立て、0時から6時に対しては課金しないというシナリオを設定し、全時間に対し課金するシナリオに対する効用変化と比較した。

$$\begin{aligned}
 V_{car} &= \beta_t t_{car} + \sum_S (\beta_{cost_S} C_{car} \delta_{morning}) & \begin{cases} 1 & 0A.M - 6A.M \\ 0 & otherwise \end{cases} \\
 V_{train} &= ASC_{train} + \beta_t t_{train} + \sum_S (\beta_{cost_S} C_{train_S}) \\
 V_{bus} &= ASC_{bus} + \beta_t t_{bus} + \sum_S (\beta_{cost_S} C_{bus_S}) \\
 V_{bike} &= ASC_{bike} + \beta_t t_{bike} & C_{train_S} = \begin{cases} C_{train} & \text{if the individual belongs to S} \\ 0 & otherwise \end{cases} \\
 V_{walk} &= ASC_{walk} + \beta_t t_{walk} & \delta_{morning} =
 \end{aligned}$$

Simulation Result③

■ Change in utility (効用の変化)

課金前

収入	性別	性別(gender)
1	1	1: male
2	2	2: female
1	1	1: male
2	2	2: female
3	1	1: male
2	2	2: female
4	1	1: male
2	2	2: female
5	1	1: male
2	2	2: female

深夜を除いた課金シナリオ

収入	性別
1	1
2	2
2	1
2	2
3	1
2	2
4	1
2	2
5	1
2	2

全時間に課金シナリオ(300円)

収入	性別
1	1
2	2
2	1
2	2
3	1
2	2
4	1
2	2
5	1
2	2

■ Discussion(考察)

In Segment 2-male group, where there was a significant decrease in utility for measures related to all hours, the results indicate that the decrease in utility is reduced.

The result suggests that the natural measure setting of reducing the amount charged at midnight may contribute to reducing the inequality of disadvantage in society as a whole.

全時間に関する施策で効用の低下が著しかったSegment2, 男性のグループにおいて、効用の低下が軽減されていることが示された。

→深夜に課金額を減じるという自然な施策設定が、この事例では社会全体の不利益の不平等の緩和に寄与する可能性を示唆している

Results and Discussion

- ❑ 課金額によって、世帯収入が200~600万円の男性が、他の属性の人々に比べて効用を減じる可能性が示唆された。

It was suggested that, depending on the amount charged, men with household incomes of 2~6 million JPY may experience a reduction in utility compared to those with other attributes.

- ❑ また、深夜帯に課金を行わないことによって効用の減少の不平等を緩和できる可能性が示された。

The results also indicated the possibility of mitigating the inequality in the decrease in utility by not charging during the late-night hours.

- ❑ 小サンプルであった収入0~200万円の層に関して適切なシミュレーションを行うことによって、低所得層全体の効用に対する課金の影響を評価することが可能になると考えられる。そのためには、より多くのデータや、セグメント間でのデータ数に偏りのないデータがあると良いと考える。

It would be possible to evaluate the impact of charging on the utility of the entire low-income group by conducting appropriate simulations for the 0-2 million yen income group, for which little data is available. For this purpose, it would be good to have more data and data without bias in the number of data across segments.