

Behavior Modeling Summer School 2023

# 自動運転バス導入の効果計測

Measuring the Effectiveness of Introducing Automated Buses

山梨大学 計画系研究室

University of Yamanashi

B4 : 池田 油川

M1 : 大西 徐 田村

## ■ バス交通の現状 Current Status of Bus Transportation

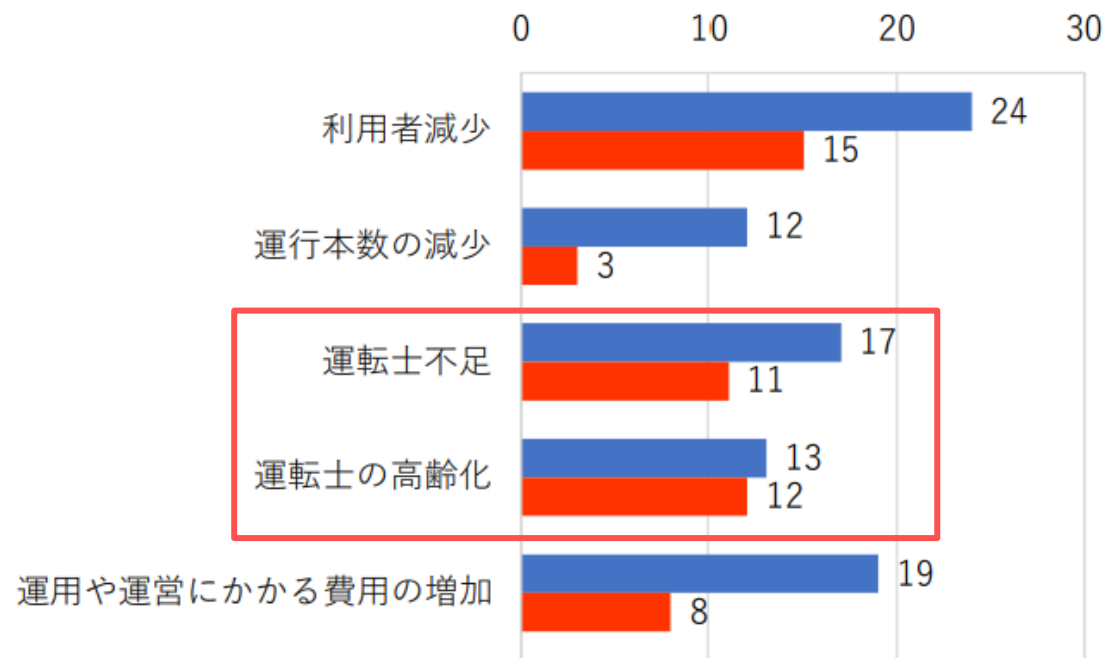
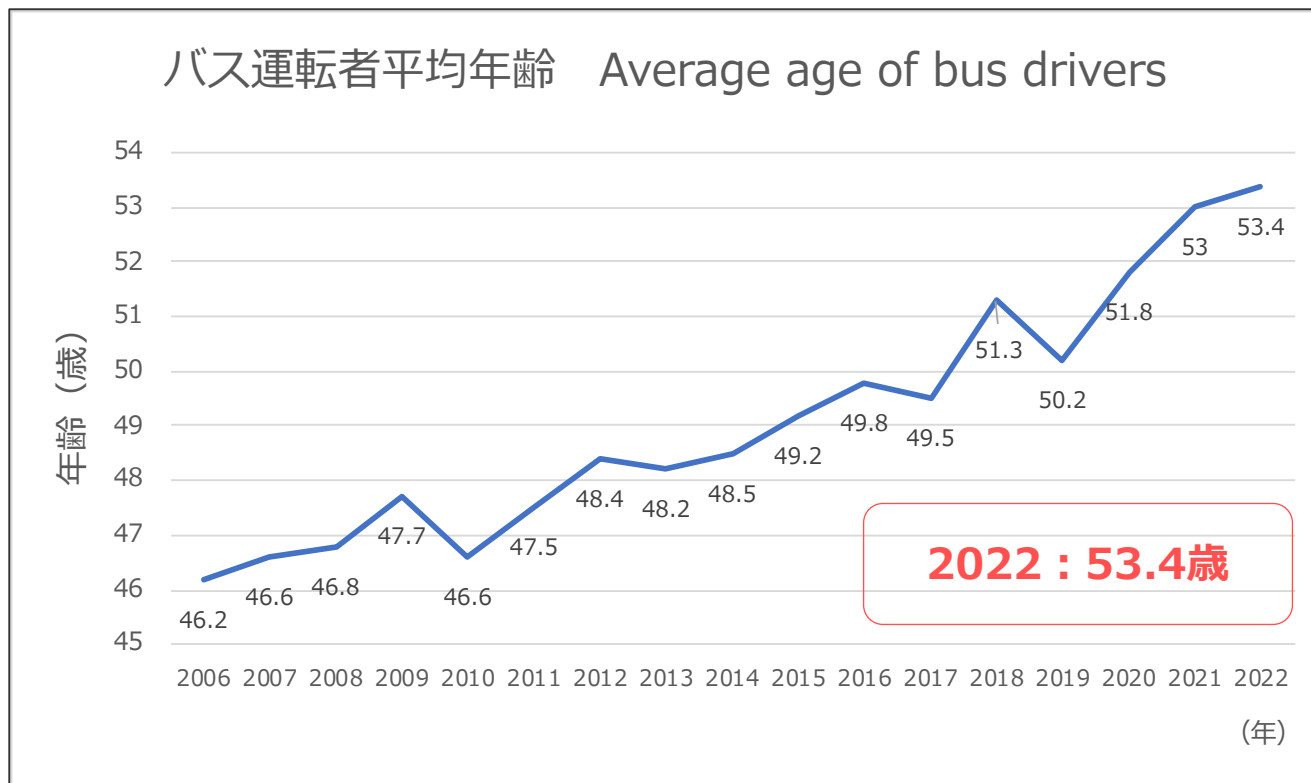


図 バス交通における課題  
Issues in Bus Transportation



**バス交通では、人手不足と高齢化が問題であるため、将来のバス交通維持が困難になることが想定される**

In bus transportation, the problem of understaffing and an aging population will make it difficult to maintain bus transportation in the future.

## 問題提起

バス運転手不足・高齢化

自動運転バスの導入メリットは現状課題解決だけだろうか

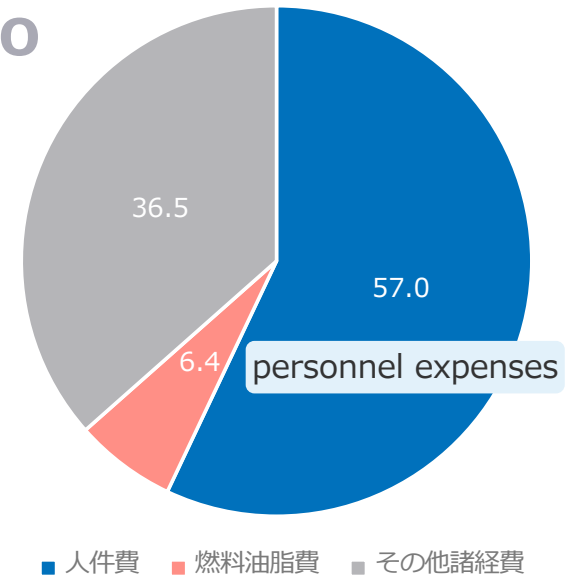


## 東京都に自動運転バスを導入するメリット（予想）

### Advantages of introducing automated buses to Tokyo

- 人件費削減による運賃低下⇒**交通量増加**  
Increased traffic due to lower fares
- 都内で大規模に実現することにより**導入ハードルが低下**  
Large-scale realization in Tokyo lowers the hurdle for introduction
- 地方に比べ、人口が多いため、より大きな**波及効果**を生み出せる  
Larger population than in rural areas, creating a greater ripple effect

バス走行原価割合



### 目的：東京都のバスが自動運転化（レベル4）した際の効果を計測する

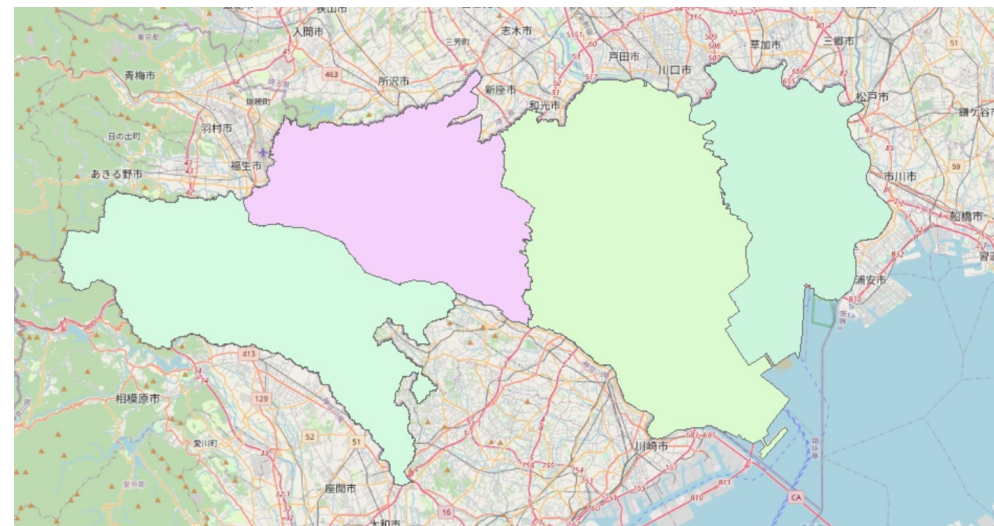
Objective : Measuring the effects of automated buses in Tokyo.

#### ■ 分析の流れ Analysis Flow



**CESモデル**を用いて自動運転バスによる**便益**を計測  
Measuring **the benefits** of self-driving buses using **the CES model**

- **使用データ usage data**  
2021渋谷PP、2021豊洲PP
- **対象地域 Target Area**  
東京都4ゾーン（23区東部・西部、多摩北部・南部） Tokyo 4 Zone
- **対象交通手段 Means of transportation**  
バス・鉄道・自動車・タクシー  
Bus, train, car, taxi



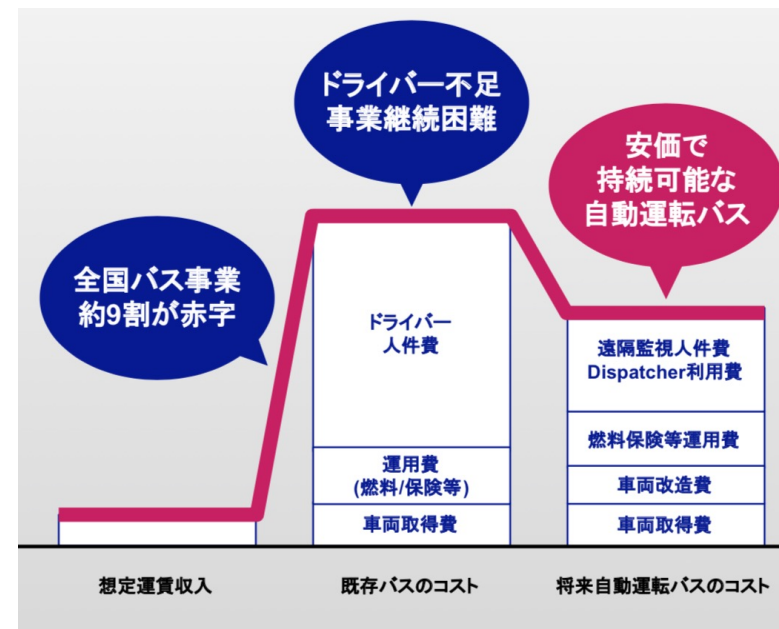
対象地域：東京都4ゾーン

**自動運転バス原価予想（境町）** Automated bus cost forecast  
既存のバスに比べ約20%減少（レベル4 想定）  
Approximately 20% less than existing buses

## 自動運転バス(レベル4)の運賃 Fares for automated buses

現行料金から20%減少した場合を考える

Consider a decrease of approximately 20% from current rates

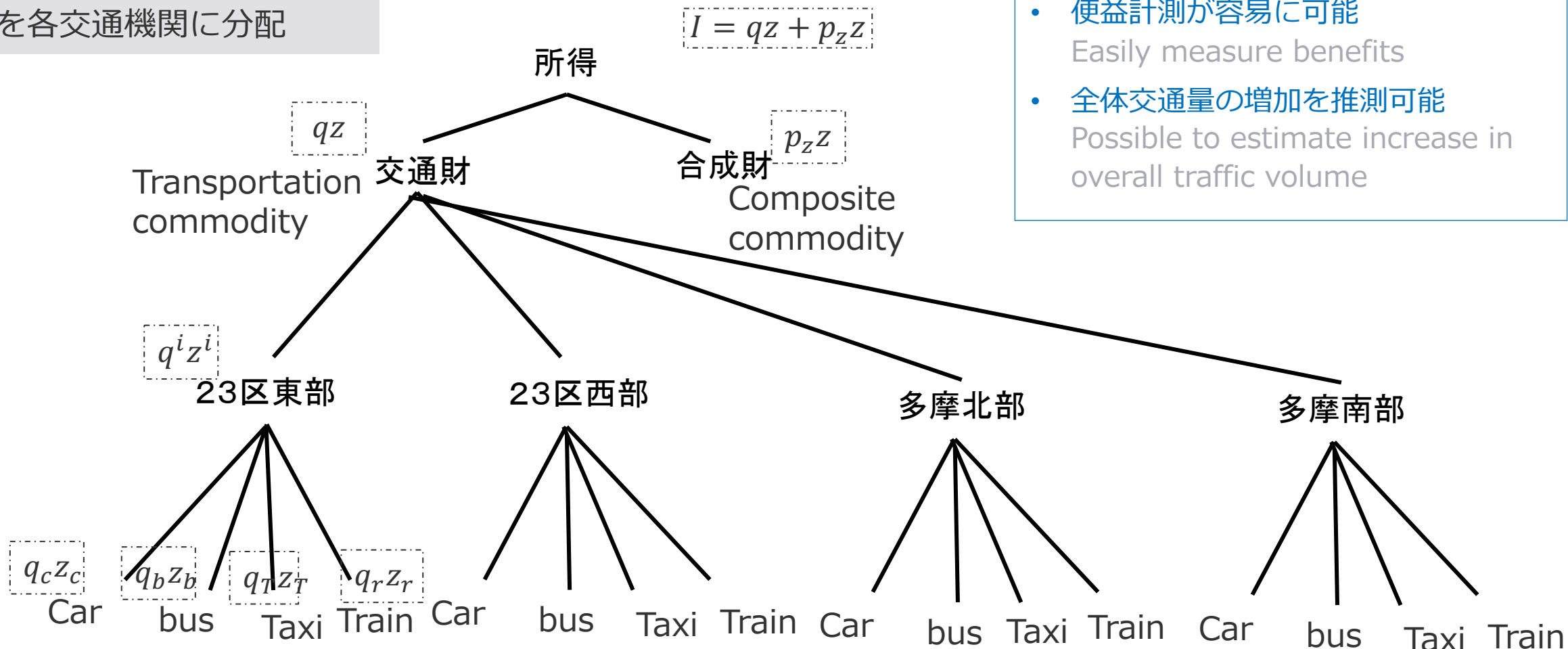


「代替弾力性が一定」の経済モデル

総所得のうち、交通にかかる費用を各交通機関に分配

**CESモデルのメリット**  
**Advantages of the CES Model**

- 便益計測が容易に可能  
Easily measure benefits
- 全体交通量の増加を推測可能  
Possible to estimate increase in overall traffic volume



家計の消費行動は**支出最小化問題**により定式化される

$x$ : トリップ数    The number of Trip  
 $p$ :  $x$ の財価格    Goods price of  $x$   
 $\alpha, \beta, \gamma, \sigma$ : パラメータ    Parameter

- N財のCES関数

$$p_T x_T = \min_{x_n} \sum p_n x_n$$

$$\text{s.t. } x_T = \gamma \left[ \sum \alpha_n \left\{ \beta_n x_n \right\}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}$$

- 需要関数

$$x_n = \frac{1}{\gamma (\beta_n)^{1-\sigma}} \left( \frac{\alpha_n}{p_n} \right)^{\sigma} \Psi^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} \cdot x_T$$

ただし、 $\Psi = \sum (\alpha_n)^{\sigma} \left( \frac{p_n}{\beta_n} \right)^{1-\sigma}$

- 価格

$$p_n = \frac{1}{\gamma} \Psi^{\frac{1}{1-\sigma}}$$

分配パラメータ

$$\beta_n = \frac{\frac{1}{x_n}}{\sum_m \frac{1}{x_m}}$$

$$\alpha_n = \frac{\theta_n^{\frac{1}{\sigma}} \left( \frac{p_n}{\beta_n} \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{\sum_m \theta_m^{\frac{1}{\sigma}} \left( \frac{p_m}{\beta_m} \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}$$

効率パラメータ

$$\gamma = \frac{1}{p} \Psi_{1-\sigma}$$

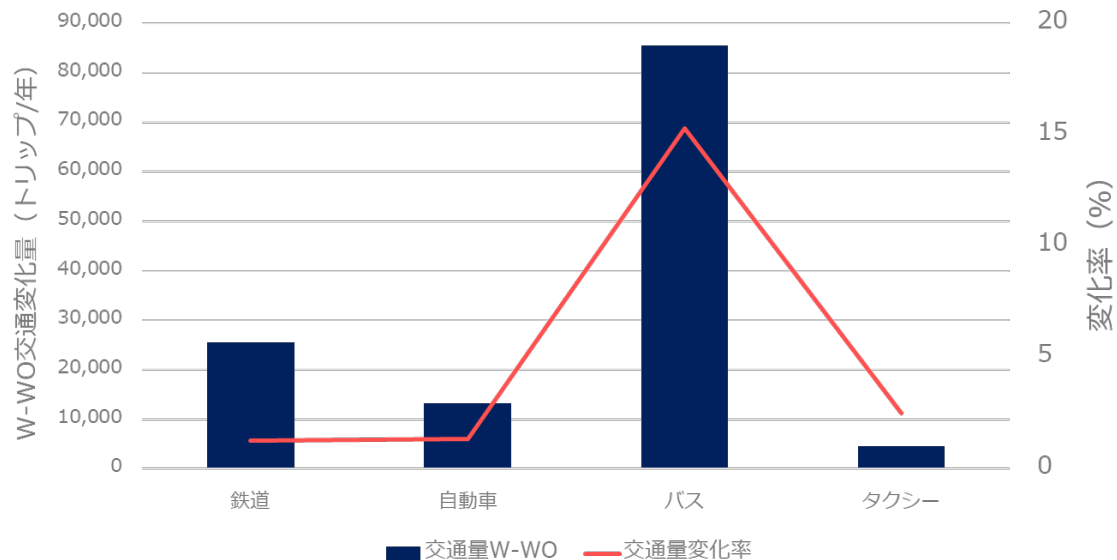
多摩南部発交通機関選択パラメータ  
Parameter

到着地	多摩南部	多摩北部	23区西部	23区東部
$\sigma$	0.5	0.5	0.5	0.5
$\beta_1$	0.00000	0.33333	0.00000	0.00000
$\beta_2$	0.00000	0.33333	0.50000	0.50000
$\beta_3$	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
$\beta_4$	1.00000	0.33333	0.50000	0.50000
$\alpha_1$	0.45070	0.00000	0.20000	0.25000
$\alpha_2$	0.05634	0.00000	0.00000	0.00000
$\alpha_3$	0.49296	1.00000	0.80000	0.75000
$\alpha_4$	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
$\gamma$	71000022.997	9000010.000	10000010.250	16000009.333

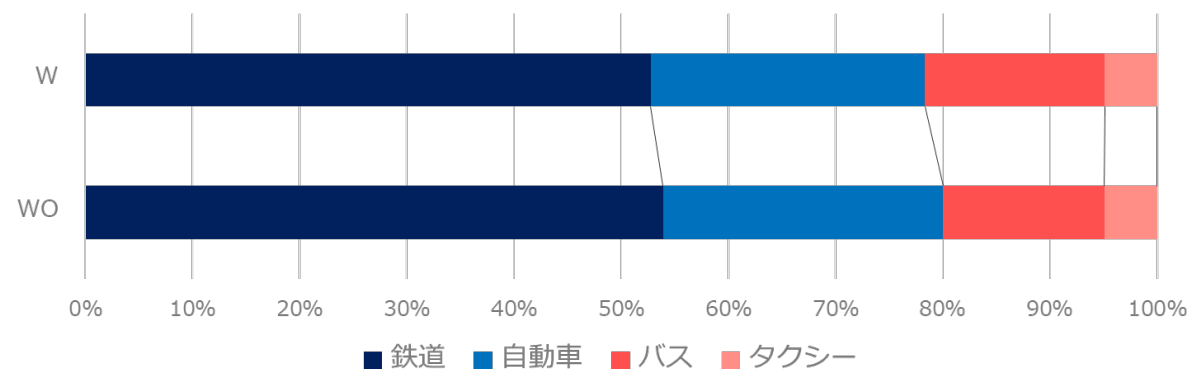


## 交通機関別交通変化量及び変化率

Traffic change by mode of transportation and rate of change



## 交通機関分担率 Transportation share

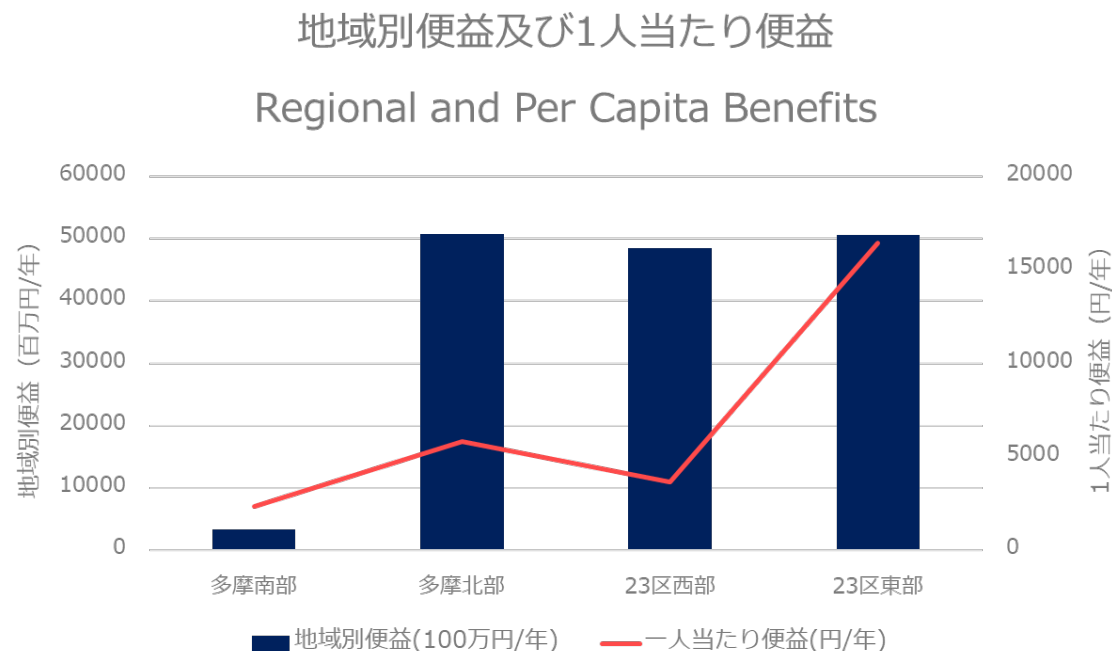


## 交通機関別交通変化量及び変化率

- 全ての交通機関で交通量が増加  
Increased traffic in all modes of transportation.  
→実質所得の増加が要因 Real income growth is a factor.
- バスの交通量はWOに比べ、15.3%増加  
Bus traffic increased by 15.3% compared to WO.

## 交通機関分担率

- 鉄道, 自動車, タクシーの分担率が減少  
Decrease in the share of trains, cars, and taxis.
- バスの分担率はWOに比べ、11.4%増加  
Bus sharing increased 11.4%.



$$\text{便益} : EV = \frac{p_v^{WO}}{p_v^W} I^W - I^{WO}$$

便益は実質的な所得の差

$$* \text{物価上昇率} = \frac{p_v^W}{p_v^{WO}}$$

### 地域別便益及び1人当たり便益

- 多摩南部での便益が小さい  
Small benefits in southern Tama  
→人口が少ないことが原因  
Due to small population
- 総便益は1533億円/年となった⇒1人あたり年間約6000円の利益  
Total benefit was 153.3 billion yen/year.

EV: 便益  
I : 所得 (支出水準)  
p : 係数

### 課題点 Problem

- 運賃低下以外の導入メリットを考慮できていない（例：便数増加、24時間運行）  
Failure to consider benefits other than lower fares  
(e.g., increased number of flights, 24-hour operation)
- 自動運転バス導入による渋滞リスク等を考慮できていない  
Failure to take into account the risk of traffic congestion due to the introduction of automated buses