

横浜市内の自動運転サービスの事業性検討

Business feasibility study of automated driving service
for Yokohama City

池貝未来 日高健 山田洋行 若尾真里

Mirai Ikegai, Ken Hidaka, Hiroyuki Yamada, Mari Wakao

Team : 豊田中央研究所

1. 背景・目的 Background & Purpose

▶ 背景：

- ▶ 持続可能なモビリティ社会の実現
Achievement of a sustainable mobility society
- ▶ 持続可能（環境性，事業性，利便性）を同時に満たす必要
Need to be sustainable (environmental, business, convenience) at the same time
- ▶ 共有自律型電気自動車（SAEV）は環境性，利便性を満たす有望なサービス
Shared Autonomous Electric Vehicles (SAEVs) are a promising service that satisfies environmental and convenience needs
- ▶ SAEVの導入は事業性を満たすことができるか？
Can the introduction of SAEVs meet business feasibility?

▶ 目的：

- ▶ 横浜市内を対象として，人の交通手段行動を考慮したうえでSAEVサービスの事業性を検討する
To study the feasibility of SAEV service in Yokohama city, taking into account people's transportation choice behavior

2.1 使用するPPデータ About the PP data used

- ▶ PPデータ：横浜PP(2009年10月,11月)

PP Data : Yokohama Oct. and Nov. 2009

- ▶ OD地点：横浜市内のOD

OD zone : in Yokohama

- ▶ 目的：買い物と食事

Purpose : Shopping & Meal

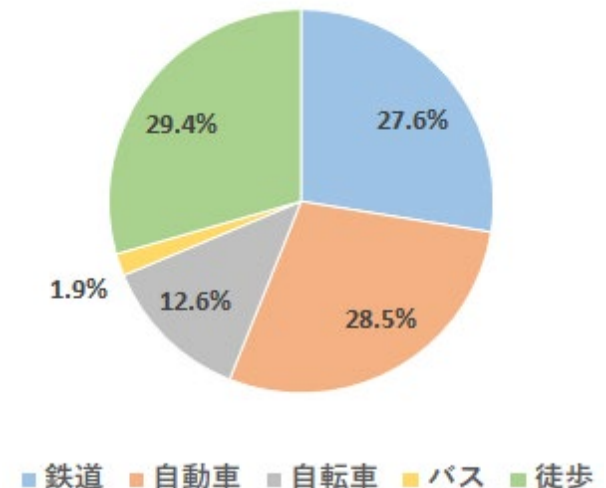
- ▶ 代表交通手段：鉄道、バス、自動車、自転車、徒歩

Main mode : Train, Bus, Car, Bicycle, Walk

- ▶ サンプル数：214

Number of the sample : 214

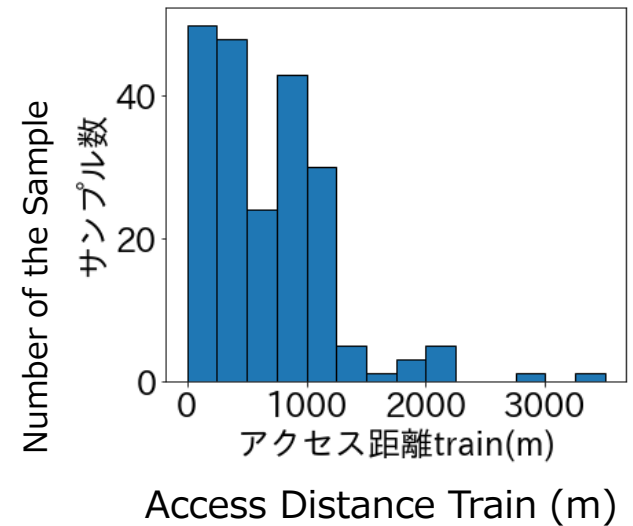
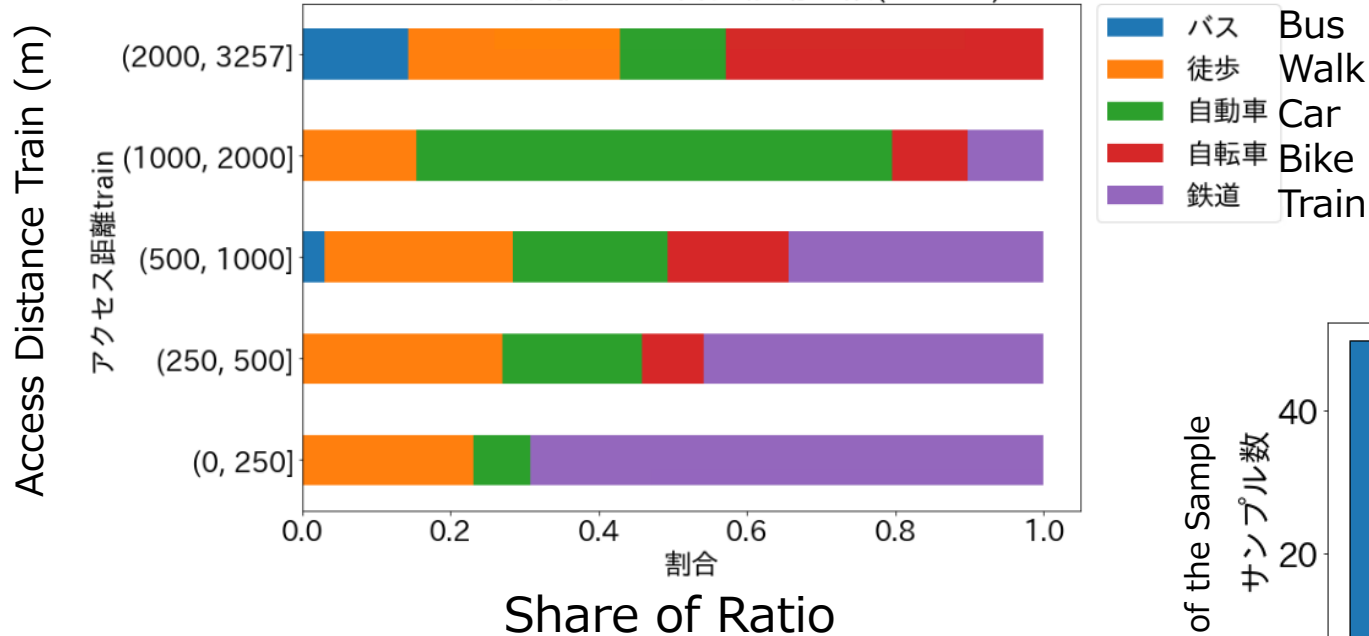
代表移動手段内訳
Main mode ratio



2.2 基礎分析 Basic Analysis

Access Distance Train × Main Mode

アクセス距離train×代表移動手段(n=211)



アクセス距離が長くなるほど鉄道の選択割合が減少した
The longer the access distance, the lower the railway selection ratio.

3.1 モデル推定 MNL model Estimation

▶ 効用関数 Utility function

$$U_{train} = V_1 + \varepsilon_1 = d_1(\text{time}) + f_1(\text{price}) + e_1(\text{distance}) + b_1 + \varepsilon_1$$

$$U_{bus} = V_2 + \varepsilon_2 = d_2(\text{time}) + f_2(\text{price}) + e_2(\text{distance}) + b_2 + \varepsilon_2$$

$$U_{car} = V_3 + \varepsilon_3 = d_3(\text{time}) + f_3(\text{price}) + \quad \quad \quad + b_3 + \varepsilon_3$$

$$U_{bicycle} = V_4 + \varepsilon_4 = d_4(\text{time}) \quad \quad \quad + b_4 + \varepsilon_4$$

$$U_{walk} = V_5 + \varepsilon_5 = d_5(\text{time})$$

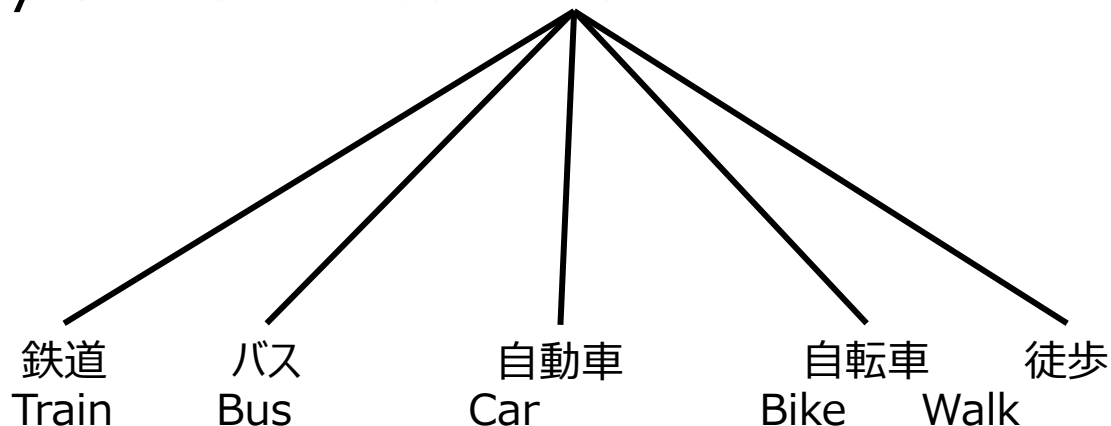
ガソリン代を考慮(Gasoline fee)
(距離car÷8000m/L×120円/L)

▶ 選択確率 Probability of main mode choice

$$P_n(i) = \frac{\delta_{ni} \exp(\mu V_{ni})}{\sum_{j=1}^5 \delta_{nj} \exp(\mu V_{nj})}$$

$$i \in j = \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

$\{\delta_j : \text{利用可能性} | 1, 0\}$



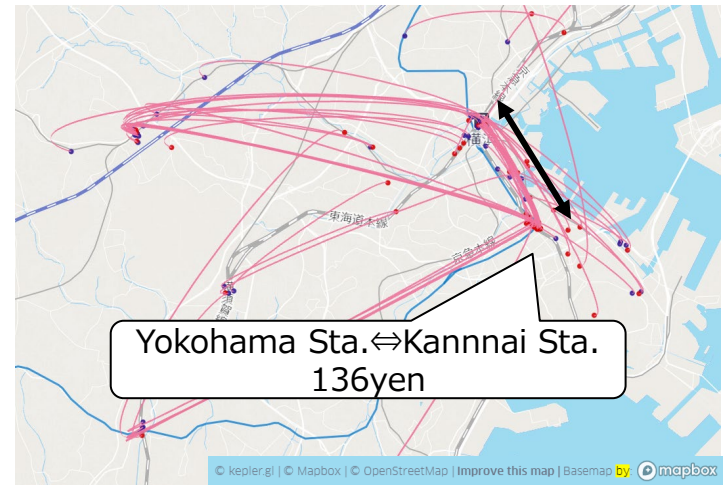
3.2 交通手段選択モデル

Estimation Results for Main mode

パラメータ推定結果 (Estimate)

	パラメータ	t値
定数項(train)	1.112	1.94
定数項bus)	-1.696	-2.46**
定数項(car)	-1.047	-4.03**
定数項(bike)	-1.698	-6.65**
time[min]	-0.059	-5.73**
price[100yen]	-0.293	-1.41
access distance[1000m]	-0.938	-1.75

*5%有意
**1%有意



鉄道利用者のODの様子 (買い物・食事)
State of OD of railway users (shopping, meal)

- ▶ 時間が短いほど効用が上がる The shorter the time, the higher the utility.
- ▶ 費用が安いほど効用が上がるが、有意ではない The utility increases as the cost is lower, but not significant.
 - ▶ バスは費用が定額
The cost of buses is fixed.
 - ▶ 自動車は短距離の移動のため、ガソリン代を気にしない人が多く利用
Many people do not care about the cost of gasoline because they travel short distances by car.
 - ▶ 電車は短距離の移動のため、初乗り運賃の費用を気にしない人が多く利用
Many people do not care about the cost of the first fare because use trains for short distances by train.
- ▶ アクセス距離が短いほど効用が上がる The shorter the access distance, the higher the utility.

4.1 事業性検討方法

Business Feasibility Study Methodology

▶ SAEVの収益モデル Revenue model of SAEVs

$$\pi(p) = q(p)\{p - c(q)\}$$

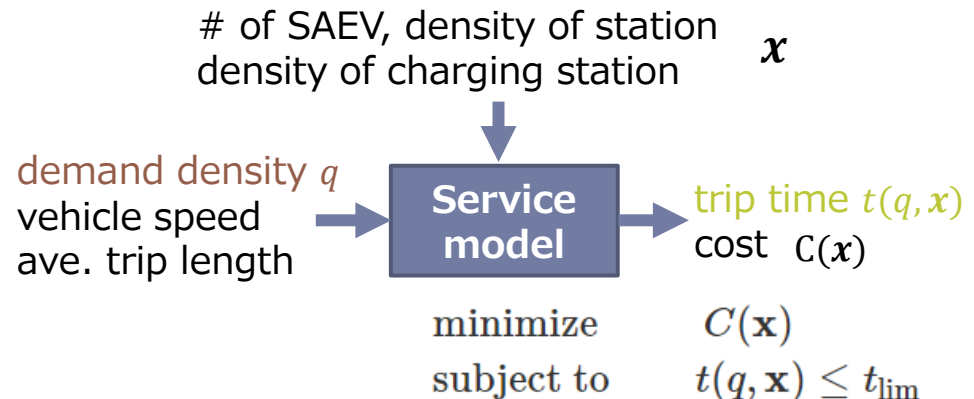
revenue demand price cost

需要関数 $q(p)$ はMNLモデルより導出
Demand function was derived by MNL

$$q(p) = q_0 \frac{\exp(-\beta p)}{A + \exp(-\beta p)}$$

q_0 : 需要密度 demand density
 A : 定数 constant

コスト関数 $c(q)$ の計算には、連続近似法ベースの簡易なサービスモデルを使用※
For calculating the cost function, we use a simple service model based on the continuous approximation method



※see Hidaka and Kataoka(2022)

4.1 事業性検討方法

Business Feasibility Study Methodology

需要関数 $q(p)$ の計算：

以下の条件を仮定（トリップ長3km想定）

The following condition was assumed

	ASC	Time [min]	Price [yen]	Access dist[km]
train	1.112	30	200	0.8
bus	-1.696	16	210	0.25
car	-1.047	8.45	45	0
bike	-1.698	15	0	0
walk	0	37.5	0	0
SAEV	-1.047	18.45	p	0

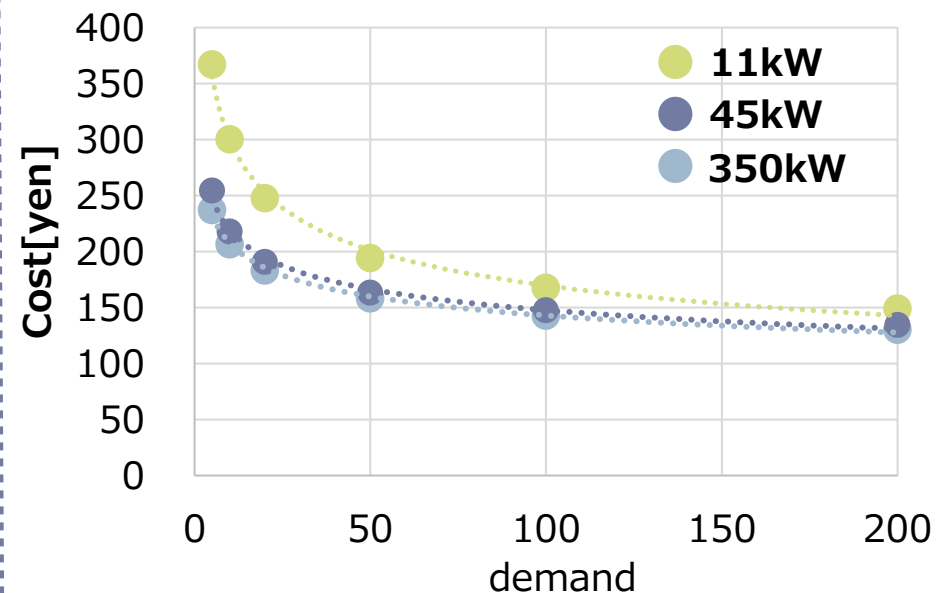
自動運転における時間価値は車内でのマルチタスキングにより低下が予想されている。加藤(2020)の日本における余暇目的のVOT低下率(-34%)を参考にVOT低下率0%, -34%, -50%の3水準を仮定。

The value of time in automated driving services is expected to decrease because of multitasking. We assumed three levels of VOT decline: 0%, -34%, and -50%.

コスト関数 $c(q)$ の計算：

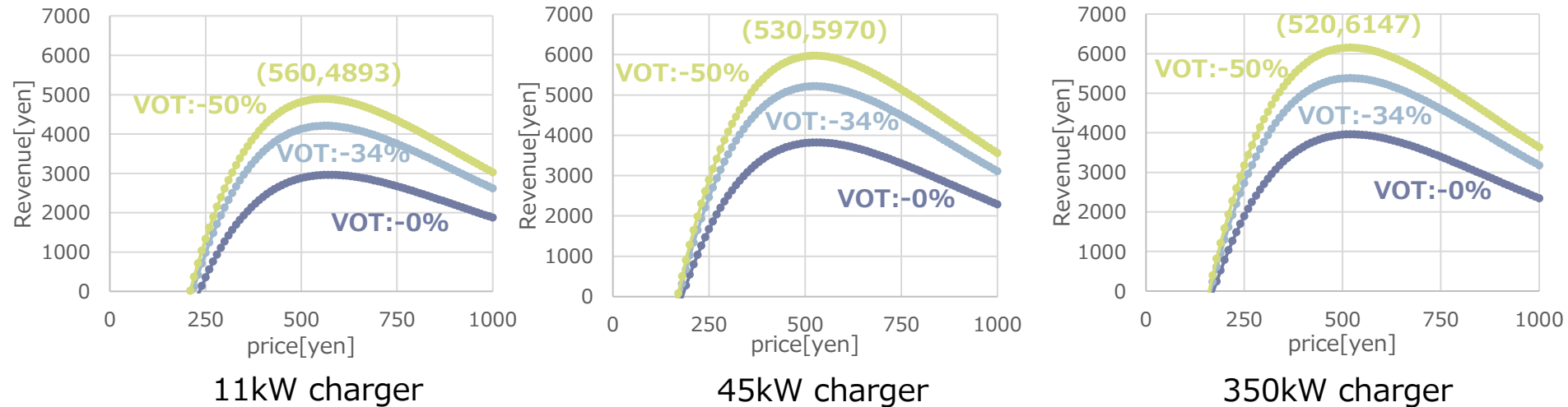
以下の条件を仮定

- 車両 model of car : Benz eVito tourer
- EV充電器 charger : 11kW/45kW/350kW
- 航続距離 range : 340km
- 遅れ許容時間 allowable late time : 10 min etc.



4.2 事業性検討結果 Results of business feasibility

最適価格 p^* と収益 π^* optimal price and the revenue

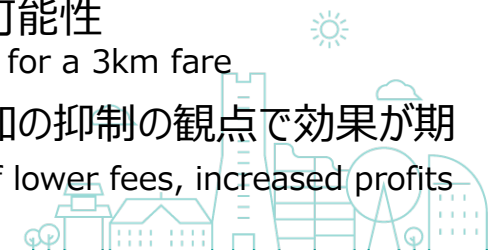


必要なSAEV台数, 充電器数 required number of SAEVs and chargers in VOT -34% scenario

1km ²	6.9 veh./km ² , 1.0 cgs./km ²	4.9 veh./km ² , 0.2 cgs./km ²	4.6 veh./km ² , 0.03 cgs./km ²
横浜市 全域	3016 veh., 423 cgs.	2130 veh., 96 cgs.	2003 veh., 12.6 cgs.

SAEVの導入は3km料金で現行タクシーの半額程度 (**520円**) に抑えられる可能性
Introduction of SAEVs could be reduced about half the price of current cabs (520 yen) for a 3km fare

超高速充電器(350kW)の導入は料金の低下, 事業者利益の増加, 渋滞増加の抑制の観点で効果が期待できる The introduction of ultra-fast chargers (350kW) can be effective in terms of lower fees, increased profits for operators, and reduced traffic congestion.



5. まとめ Summary

- ▶ 横浜市内を対象として、人の交通手段行動を考慮したうえでSAEVサービスの事業性を検討した
To study the feasibility of SAEV service in Yokohama city, taking into account people's transportation choice behavior
- ▶ 交通手段行動をMNLでモデル化した
Estimated by MNL model for main mode choice
 - ▶ 横浜市内、目的を買い物、食事に
In Yokohama, purpose of shopping and meal
- ▶ SAEVの事業性を検討した@今回のケース
Result of business feasibility
 - ▶ SAEVの導入は3km料金で現行のタクシーの半額程度（520円）に抑えられる可能性
Introduction of SAEVs could be reduced about half the price of current cabs (520 yen) for a 3km fare
 - ▶ 超高速充電器（350kW）の導入は料金の低下、事業者利益の増加、渋滞増加の抑制の観点で効果が期待できる
The introduction of ultra-fast chargers (350kW) can be effective in terms of lower fees, increased profits for operators, and reduced traffic congestion.

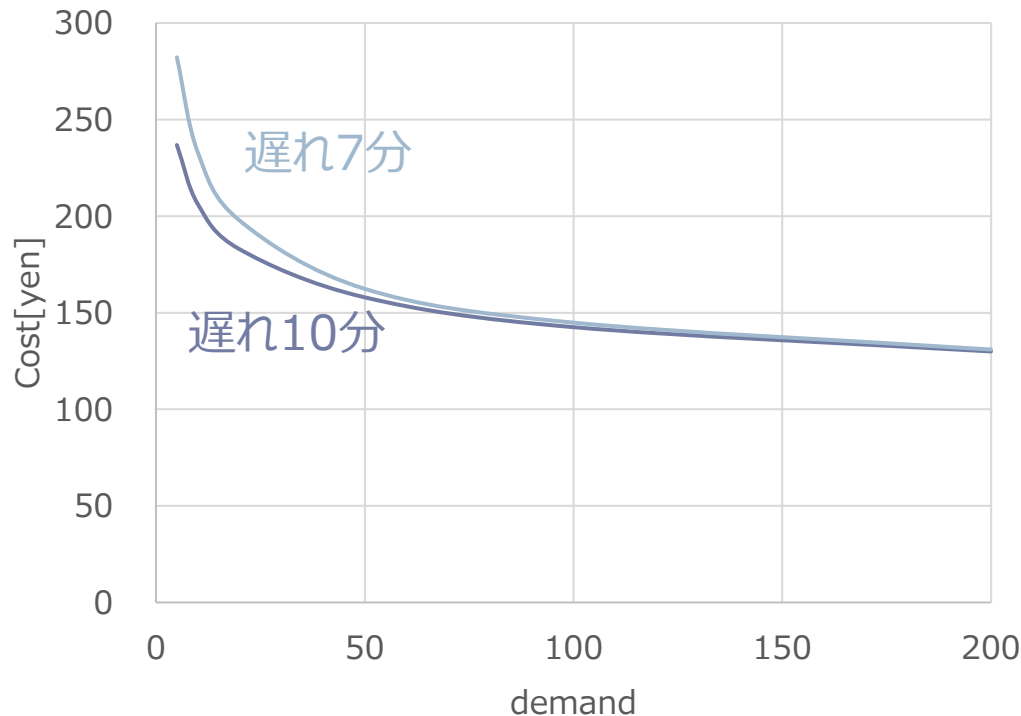
付録Appendix

参考文献) reference

- ▶ Hidaka, K., & Kataoka, R. Cost Analysis of Shared Autonomous Electric Vehicles with Charging Infrastructure. *Available at SSRN 4032621*.
- ▶ 加藤浩徳. (2020). 我が国における自動運転車利用時の時間価値に関する基礎研究. 自動車交通研究, 2020, 18-19.

4.2参考 事業性検討結果（遅れ時間10分⇒7分）

コスト関数 $c(q)$

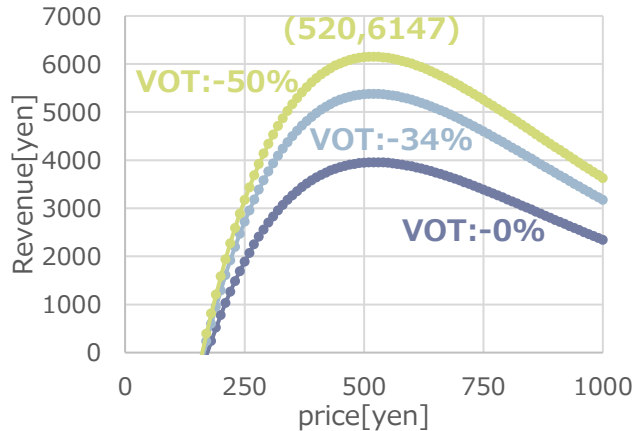


遅れ時間の改善はSAEV車両の追加で達成されるため、コストは増加。特に少ない需要のときにコスト差が顕著に表れる。The cost increases because the improvement in delay time is achieved by adding SAEV vehicles. The cost difference is especially noticeable at times of low demand.

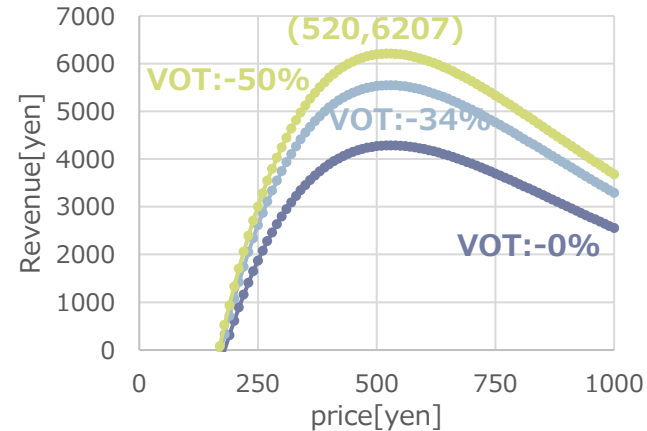


4.2参考 事業性検討結果（遅れ時間10分⇒7分）

最適価格 p^* と収益 π^* optimal price and the revenue



350kW charger（遅れ時間10分）



350kW charger（遅れ時間7分）

必要なSAEV台数, 充電器数 required number of SAEVs and chargers in VOT -34% scenario

1km ²	4.6 veh./km ² , 0.03 cgs./km ²	4.8 veh./km ² , 0.03 cgs./km ²
横浜市 全域	2003 veh., 12.6 cgs.	2092 veh., 13.0 cgs.

サービス改善（遅れ10⇒7分）により，利用者の満足度向上だけでなく事業者の利益も増加．横浜市全域では90台程度の追加導入で遅れ時間7分を達成できる可能性

The service improvement (from 10 to 7 minutes delay) not only improves user satisfaction but also increases the operator's revenue. The entire city of Yokohama could be able to achieve a 7-minute delay with the introduction of about 90 additional SAEVs.

