



我が国の電気自動車の 保有と利用

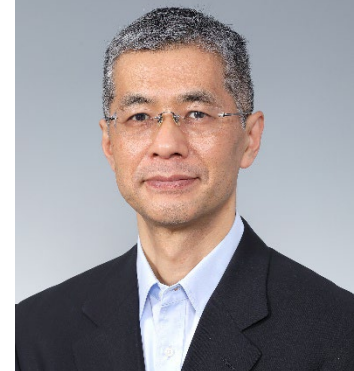
2024年8月28日 令和六年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会

名古屋大学
山本俊行

@岐阜大学



自己紹介



- 1992/03 京都大学工学部**交通土木工学科**卒業
- 1994/03 同 大学院工学研究科**応用システム科学**専攻
修士課程修了
- 1995/03 同 博士後期課程中退
- 1995/04-2001/09 京都大学工学部助手
- 2000/07 博士(工学)取得
 - (2000/09-10 フランス国立**交通安全**研究所客員研究員)
 - (2000/11-2001/08 アメリカワシントン大学客員研究員)
- 2001/10 名古屋大学大学院工学研究科助教授
- 2010/07 名古屋大学エコトピア科学研究所教授
(2015/10 改組により**未来材料・システム**研究所に
名称変更)



EV充電行動に関する実態調査 とモデル分析例

2021年9月7日 令和三年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会



名古屋大学
山本俊行

(コロナ禍のためオンライン開催)

報告内容

- 前回の振り返り

EV充電行動実態調査例

	JARI		Smart Melit	
Vehicle type	BEV		PHEV	
Year	2011.2-2013.1		2011.10-2012.10	
Sample size	499		16	
Area	Nation wide		Toyota, Aichi	
Data item	Clock time, GPS, vehicle state (driving, normal charging or fast charging), odometer, air-conditioner/heater on/off, battery state of charge (SOC), household/company car		Date, departure and arrival times, travel distances, start and end times for each recharging period, and vehicle locations (home/outside)	
Disadvantage	No driver characteristics		Small sample size	

JARIデータ

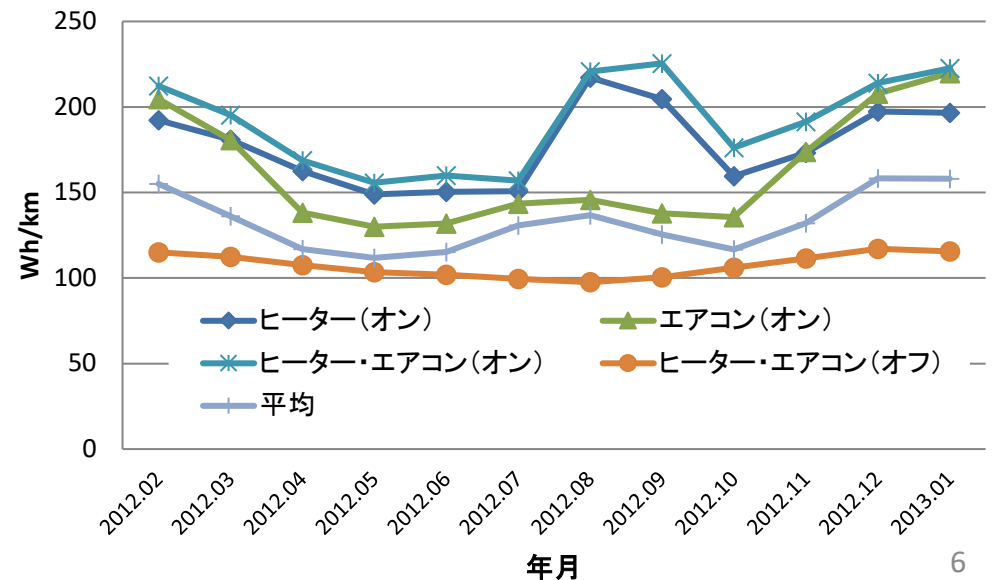


ヒーター・エアコン利用の電費効率への影響

ヒーター・エアコン利用有無別平均電費

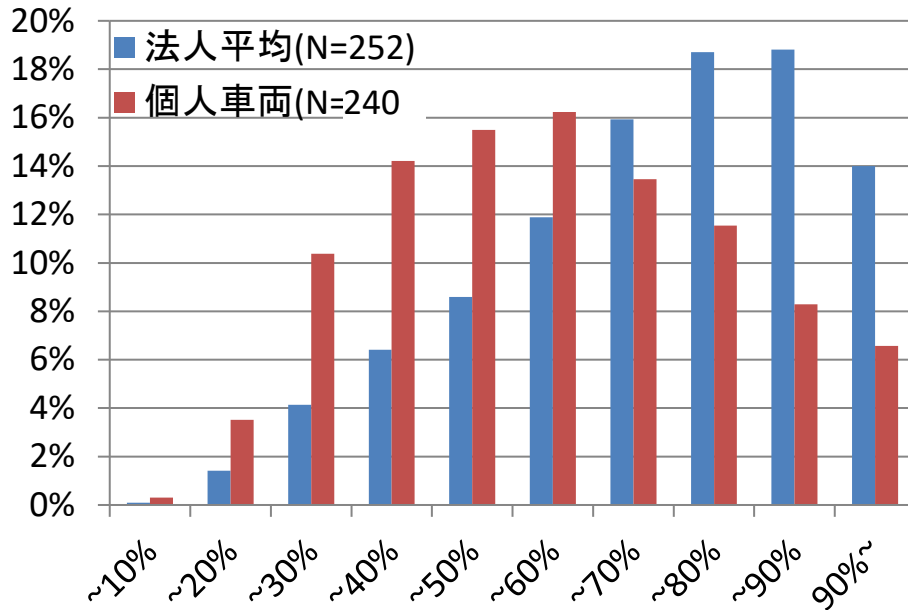
平均	133Wh/km
ヒーター(オン)	186Wh/km
エアコン(オン)	148Wh/km
ヒーター・エアコン(オン)	201Wh/km
ヒーター・エアコン(オフ)	109Wh/km

ヒーター・エアコン利用有無別月別平均電費

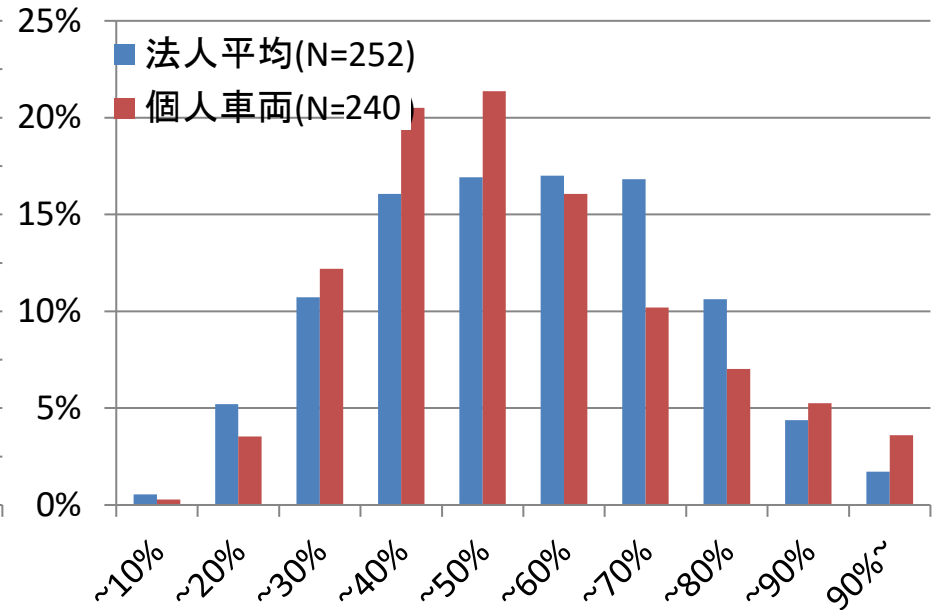


充電タイミングの分析

普通充電開始時SOC分布



急速充電開始時SOC分布



↓

離散選択モデル

$$P_n(i) = \int \frac{\exp(\beta X_{in})}{\sum_{j=1}^J \exp(\beta X_{jn})} f(\beta) d\beta$$

Mixed logit model

↓

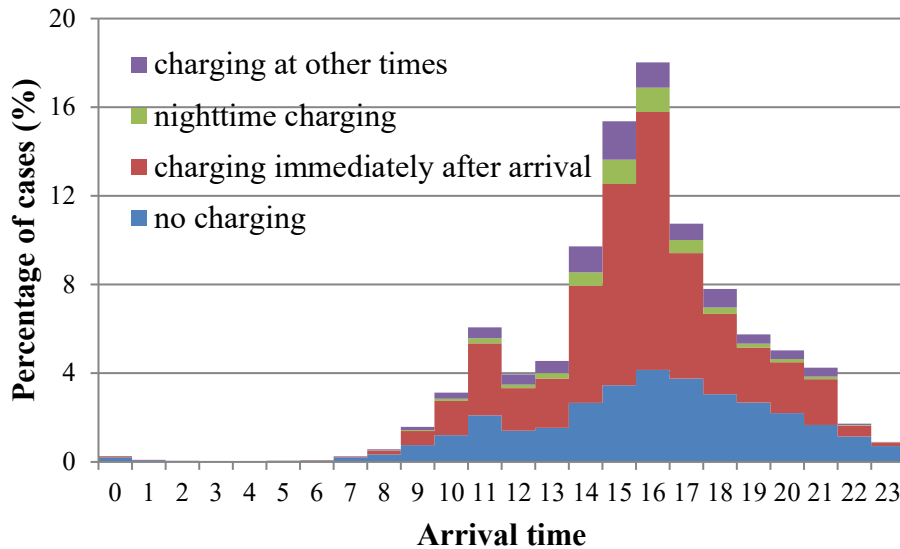
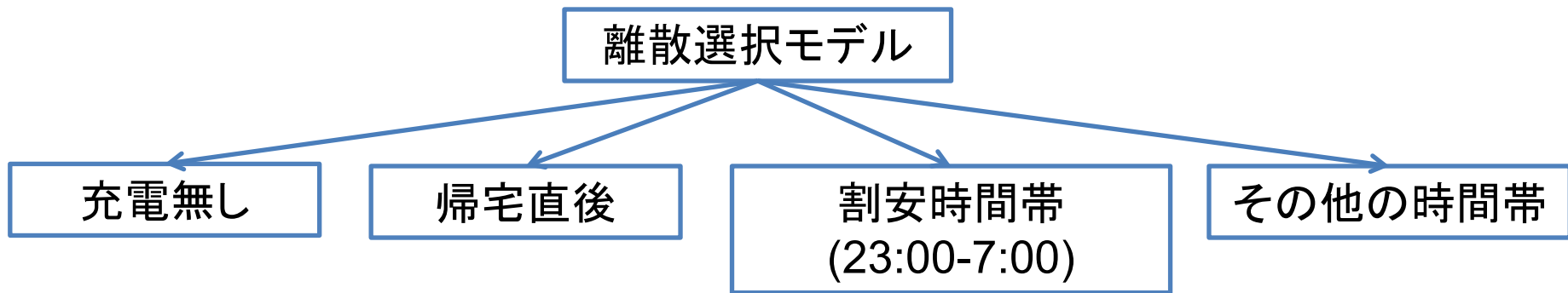
確率フロンティアモデル

$$y_{it} = \alpha_i + \beta' x_{it} + v_{it} + u_{it}$$

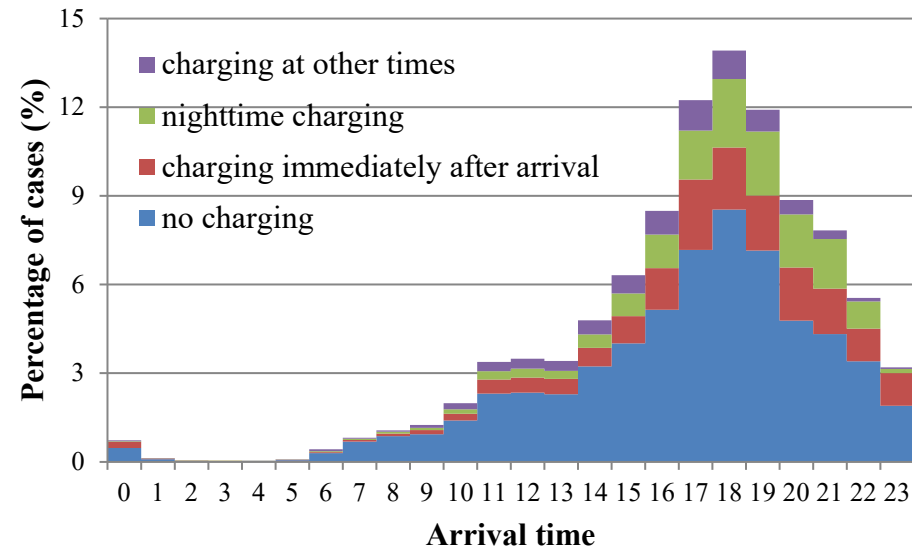
$$v_{it} \sim N[0, \sigma_v^2]$$

$$u_{it} = |U_{it}|, U_{it} \sim N[0, \sigma_u^2]$$

普通充電タイミングモデル



Commercial vehicles



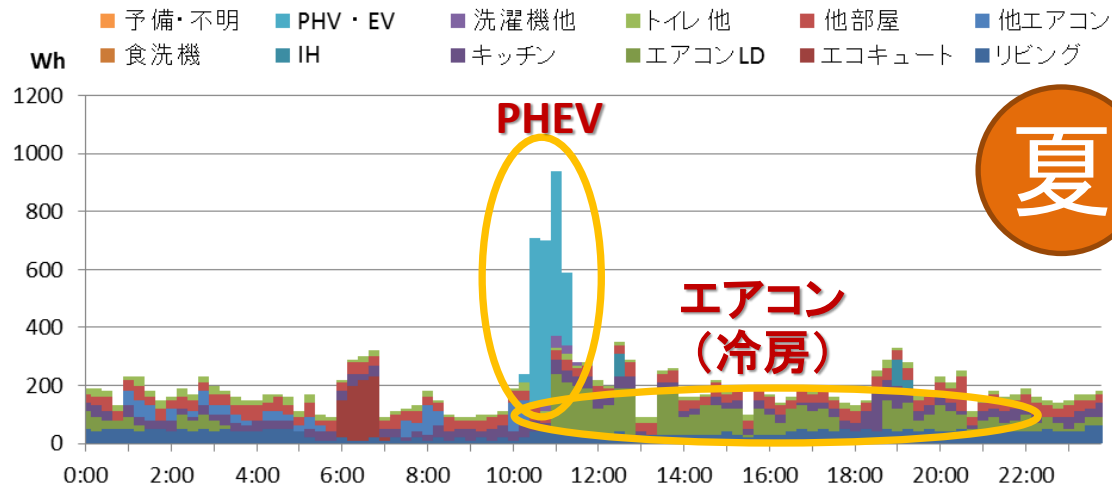
Private vehicles

Smart Melit (Smart Mobility & Energy Life in Toyota City) project

- Toyota, Aichi
- 67 new houses, some with plug-in hybrid Prius
- HEMS (Home Energy Management System)
- DRP (demand response point) system



電力消費量の時刻推移

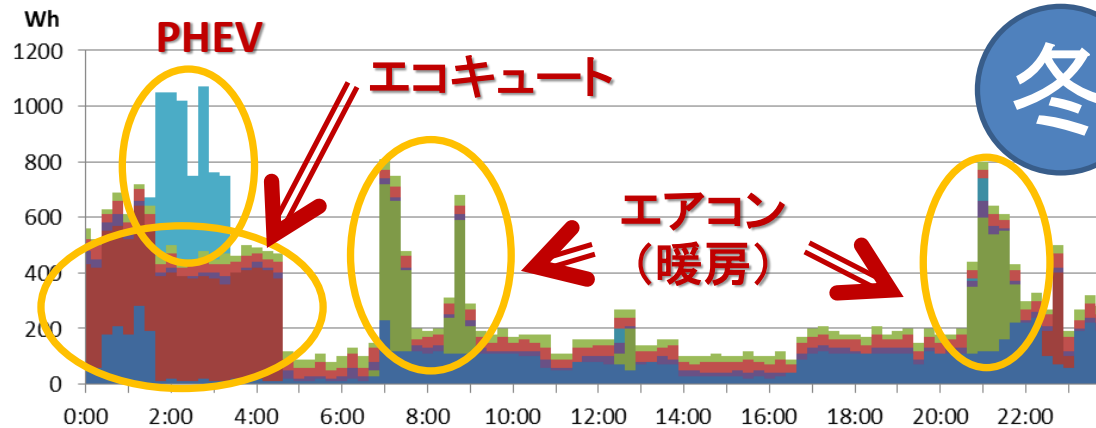


○共通

・PHV・EVの単位時間当たり消費量が大きい。

○夏季

・エアコンの昼前～夕方のエアコンの消費量が大きい



○冬季

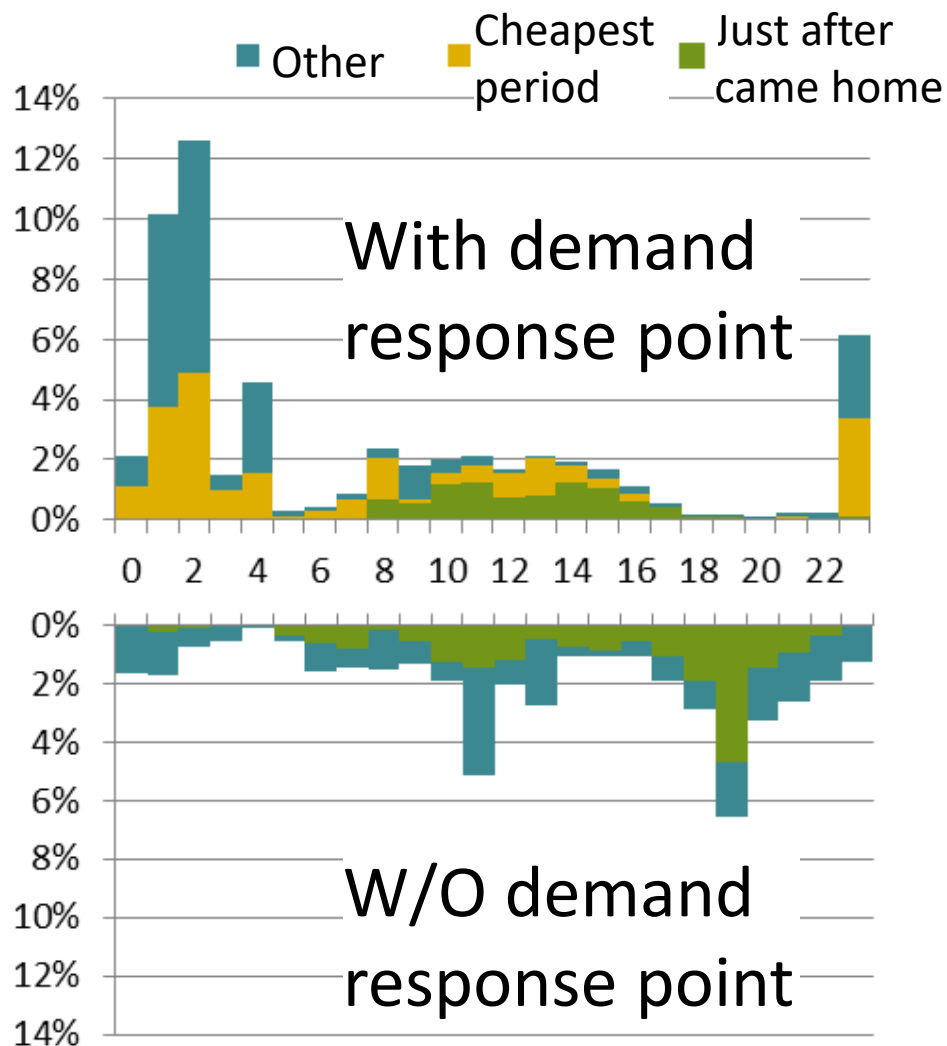
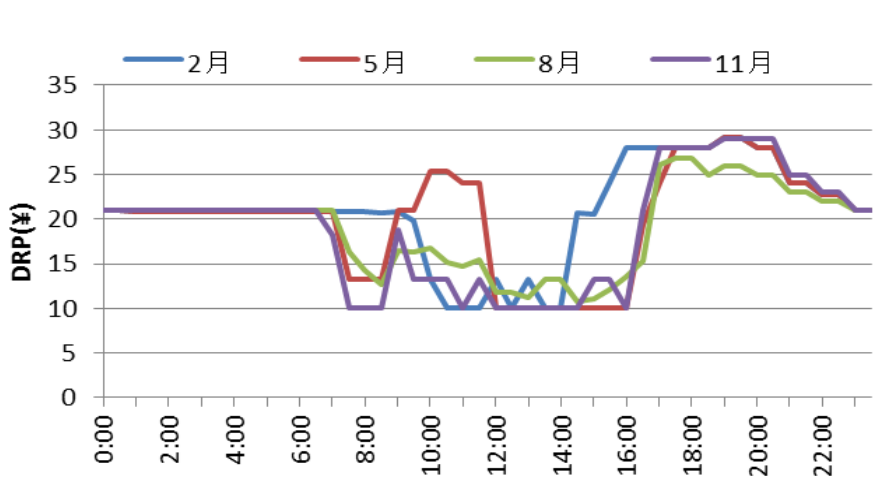
・エコキュートは総量・単位時間当たり消費量共に大きい

・エアコンの単位時間当たり消費量が大きい

DRPによる充電タイミングの変化

DRPの設定

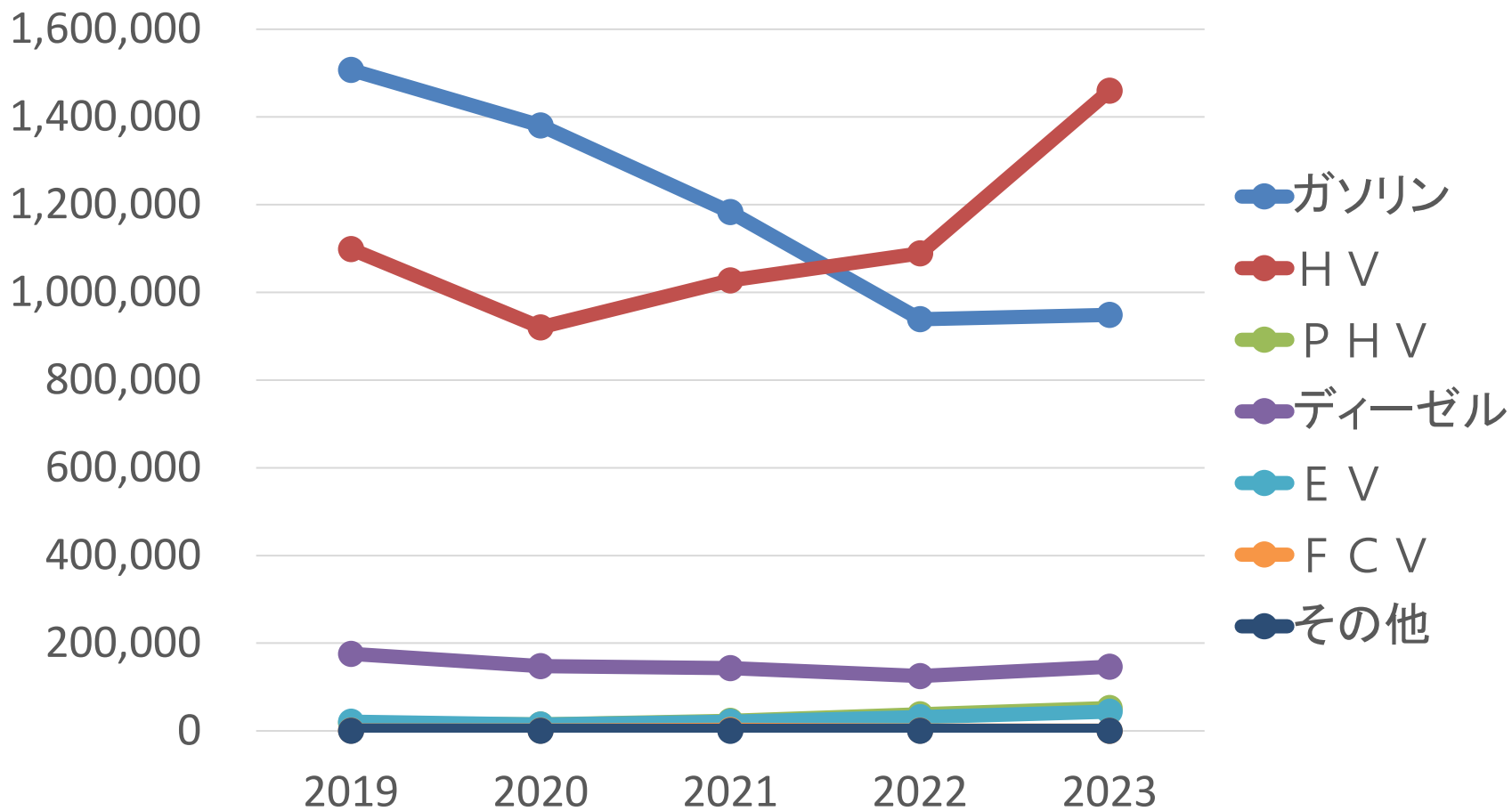
(太陽光発電のため)昼間に安く, (在宅活動が活発な)夕方に高い



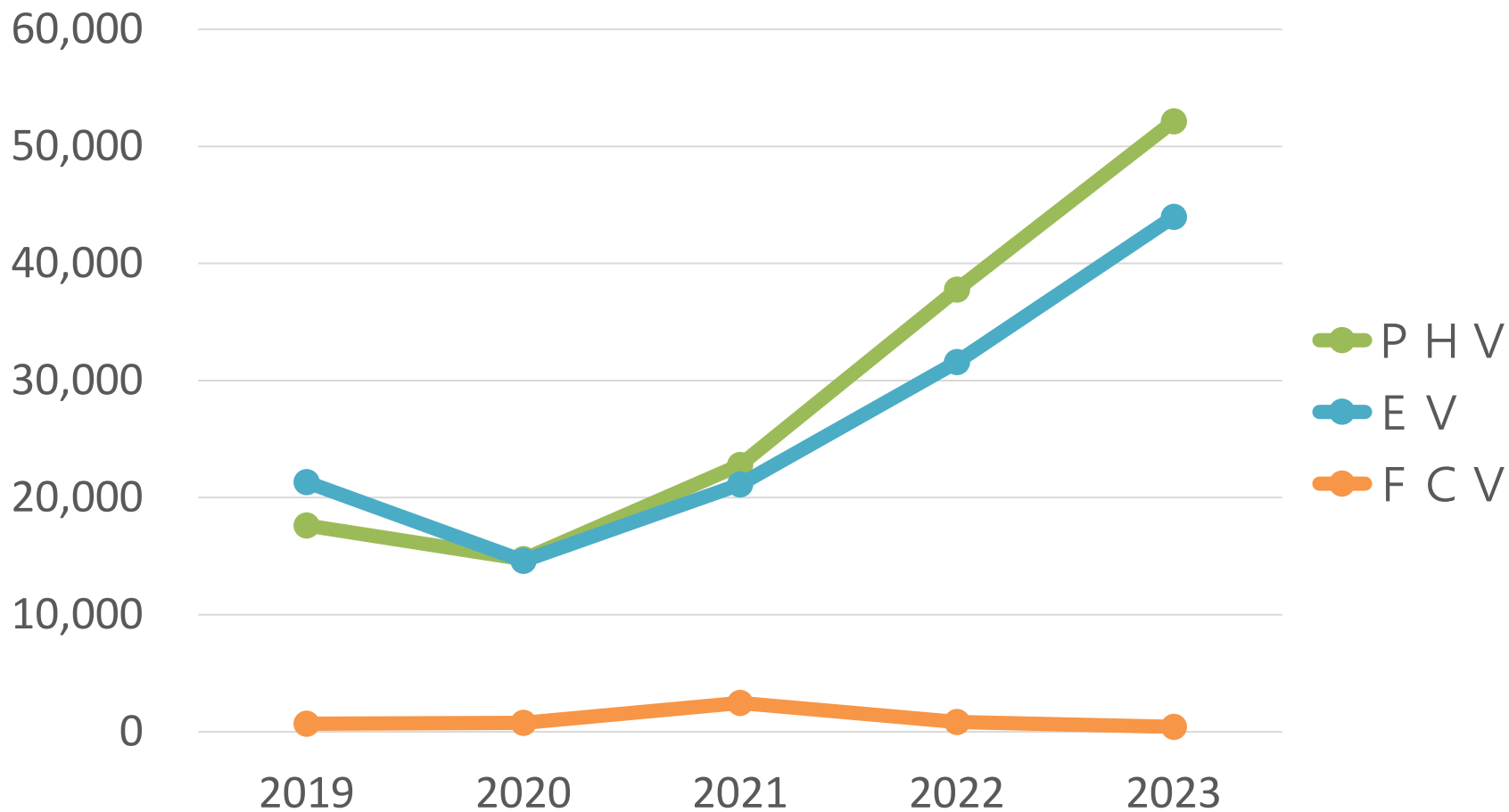
報告内容

- 前回の振り返り
- EV保有・利用の現在の状況

燃料別登録台数統計

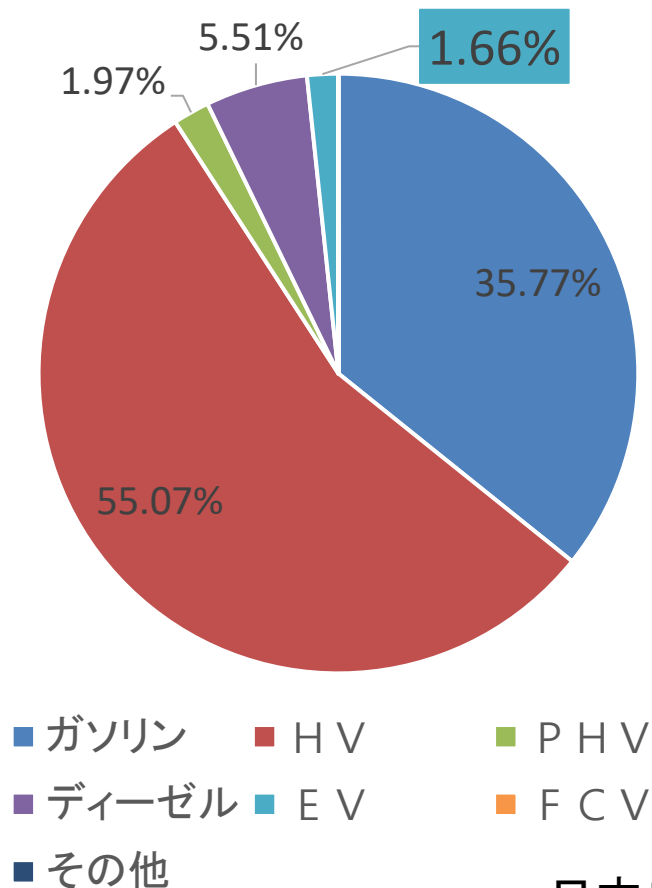


燃料別登録台数統計

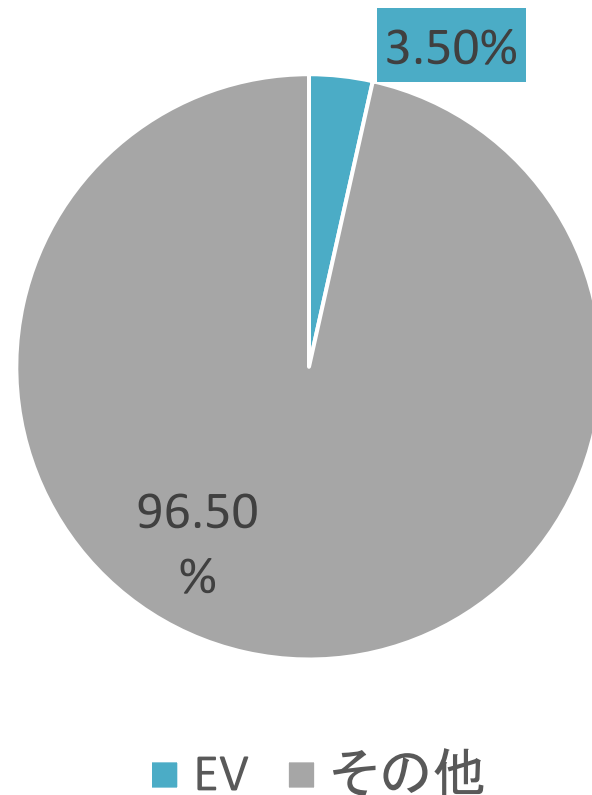


2023年EV普及率

- 登録車2,651,397台

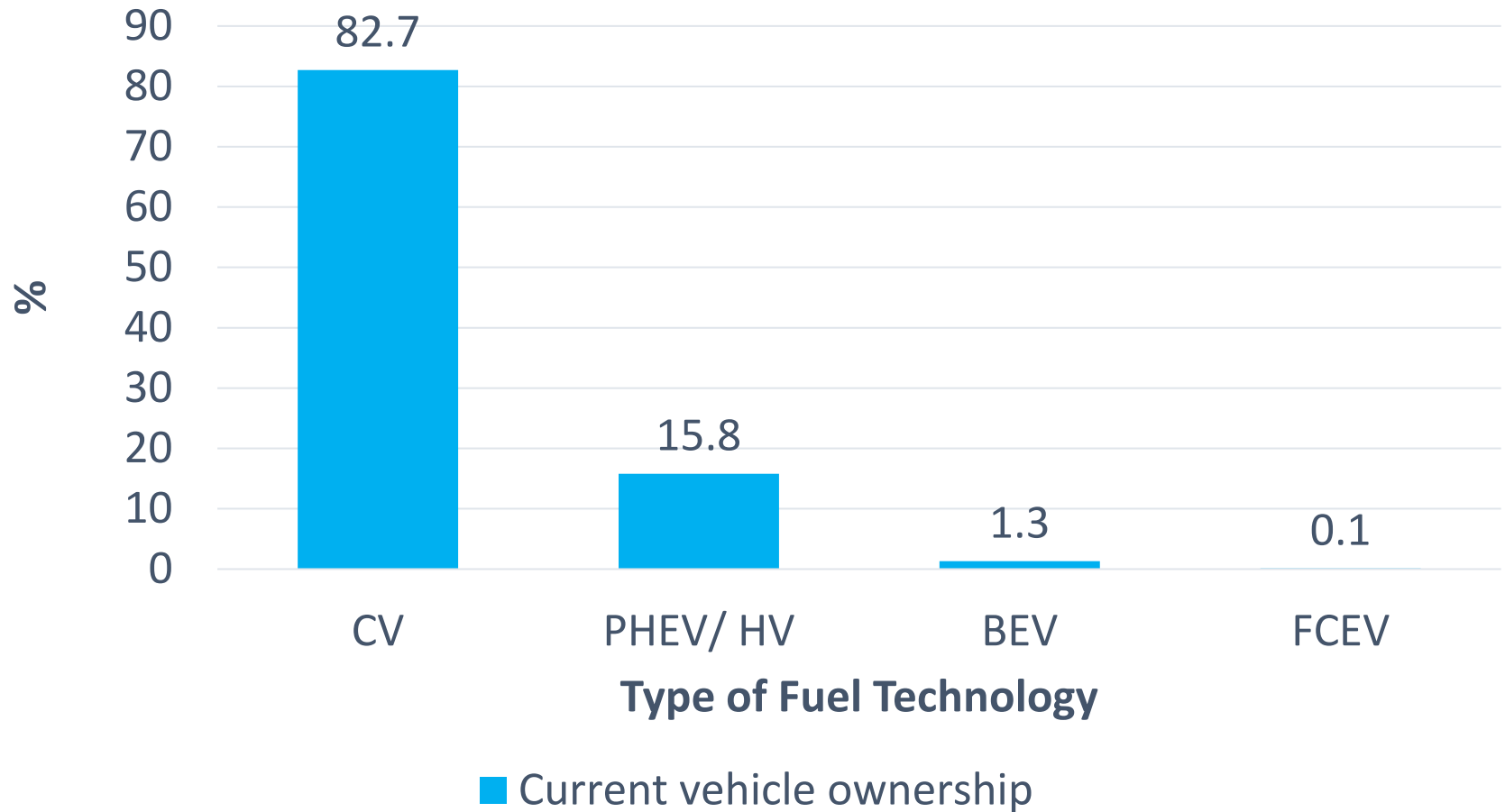


- 軽四輪乗用車
1,341,330台

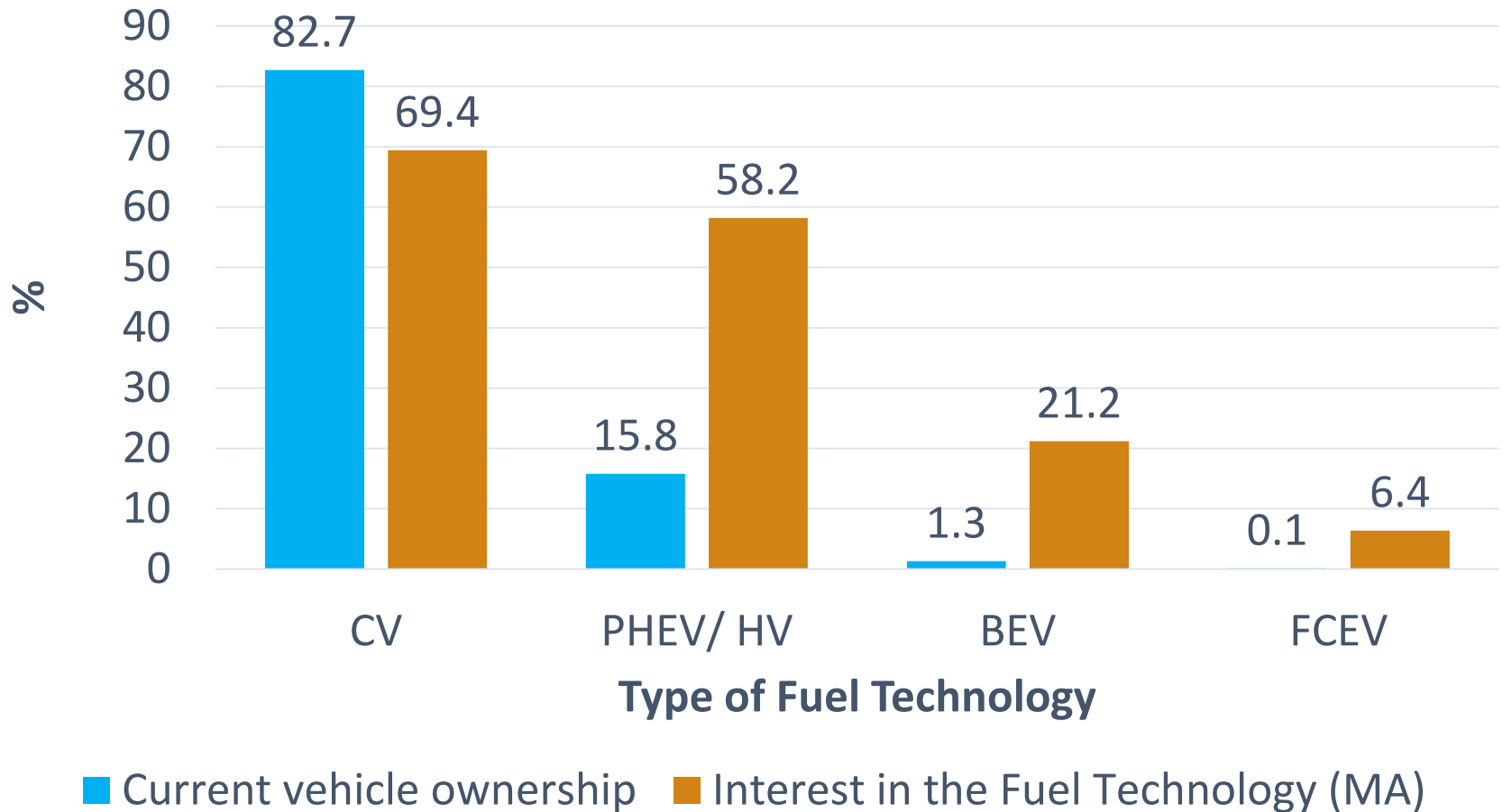


保有車種と次回購入検討車種

(2018年愛知県n=500)



保有車種と次回購入検討車種 (2018年愛知県n=500)



2021年EV保有者調査

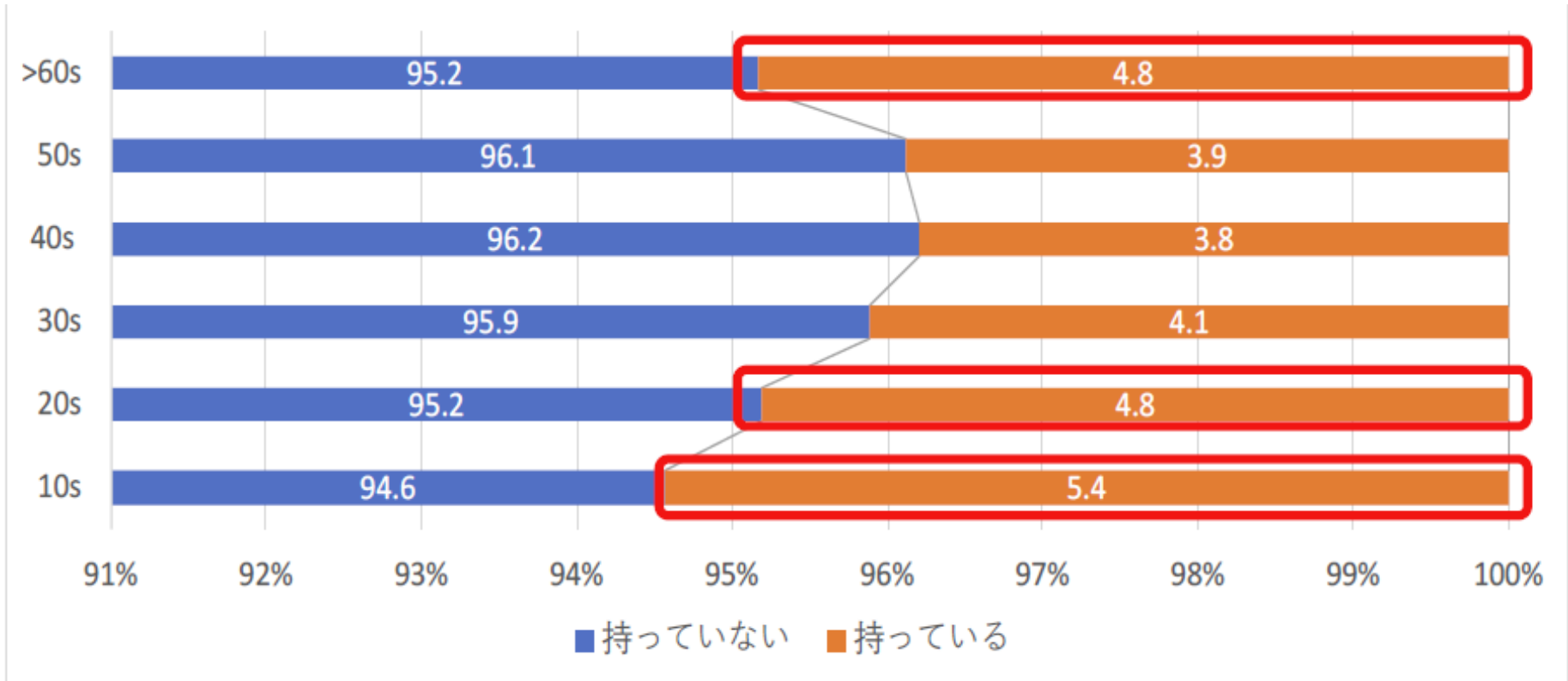
- スクリーニング調査：100,000人
- 本調査：Webアンケート調査，車両実態調査

	Webアンケート調査	車両実態調査
スクリーニング	100,000人に実施	
調査対象	東海，北陸，関東地方居住者 EV保有者に限定	リーフ(型番：ZAA-ZE1)保有者に限定 利用頻度週1以上
調査方法	Web	OBD (On Board Diagnostics)
調査時期	2021年11月18日～	2021年12月4日～2022年1月17日
調査人数	513人 関東193人，北陸67人，東海253人	31人 関東12人，北陸1人，東海18人

スクリーニング調査に基づくEV保有者とその他車両保有者の比較

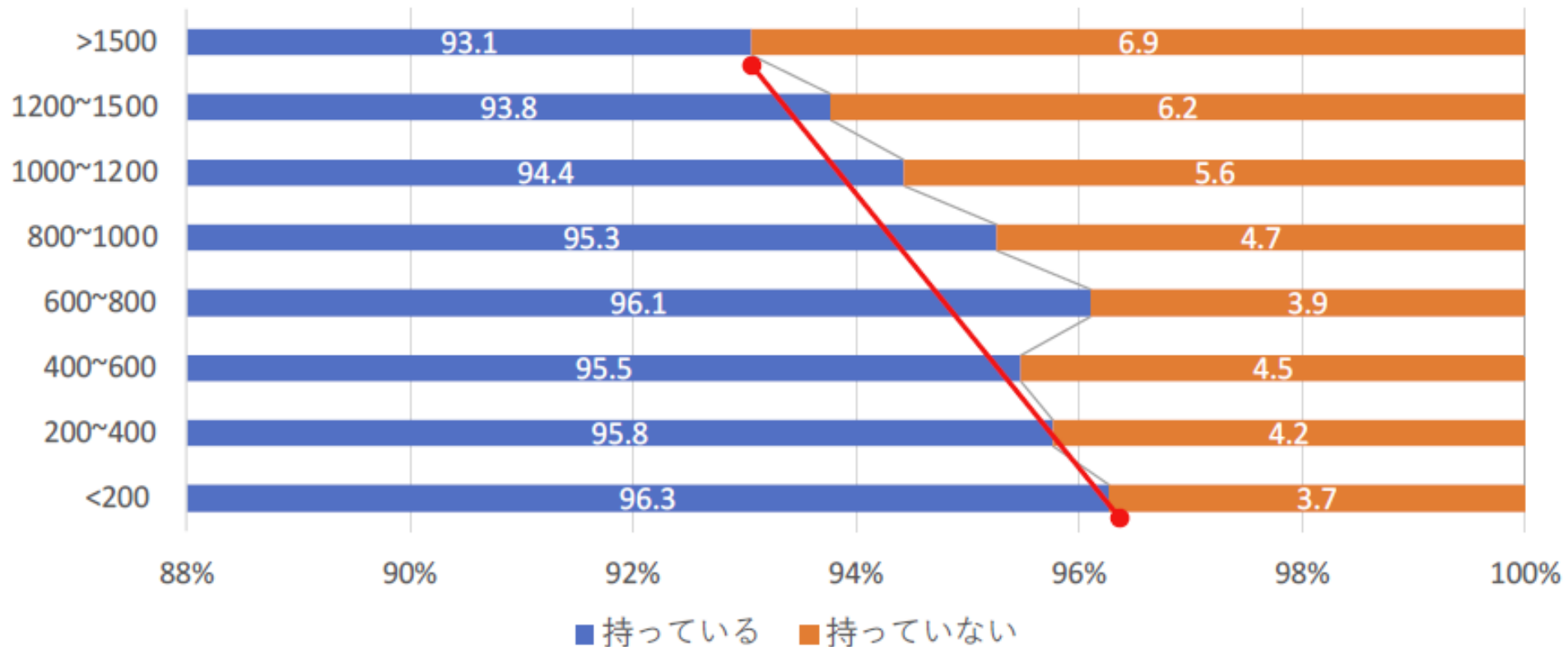
説明変数	有意状況	
	スクリーニング調査 (EV)	Khan (HFCV)
性別	有意ではない	**
年齢	**	** t値:-11.89
結婚状況	**	-
子供の有無	**	-
同居人数	-	* t値:2.12
教育水準	-	**
世帯年収	**	** t値:-3.67
政府の補助を知っているか	-	**
AFV経験	-	**
保有台数	**	** t値:2.95
水素が燃料についての知識	-	**
購入値段	-	**
年間走行距離	**	-
HFCVの走行距離の知識	-	**
いい走行距離のため、購入した	-	*
ガススタンドについての知識	-	**

年齢



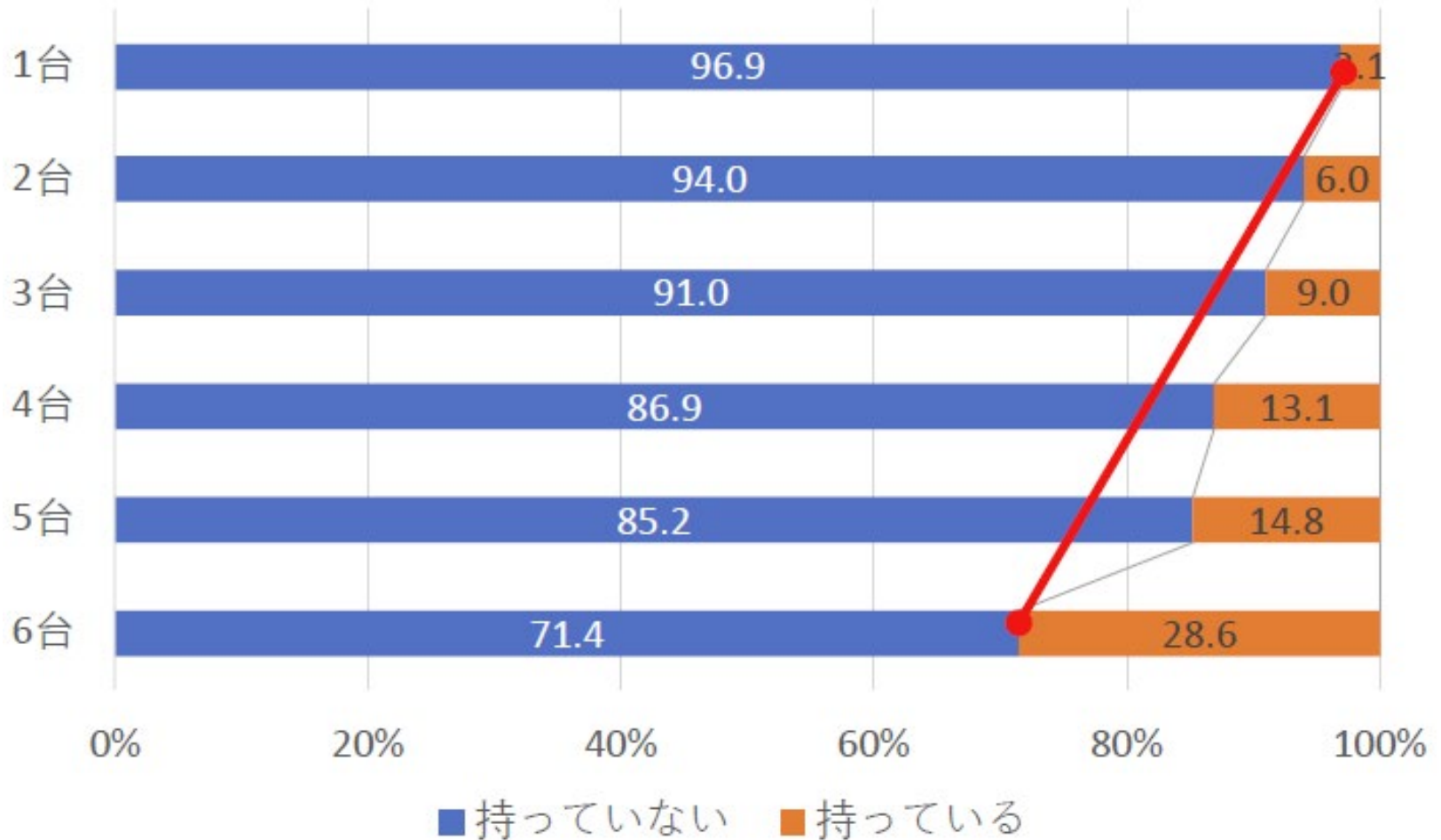
- 若年層と高齢層の保有率が高い
– 新技術への親和性と経済的余裕

世帯年収



- 年収が高いほど保有率が高い

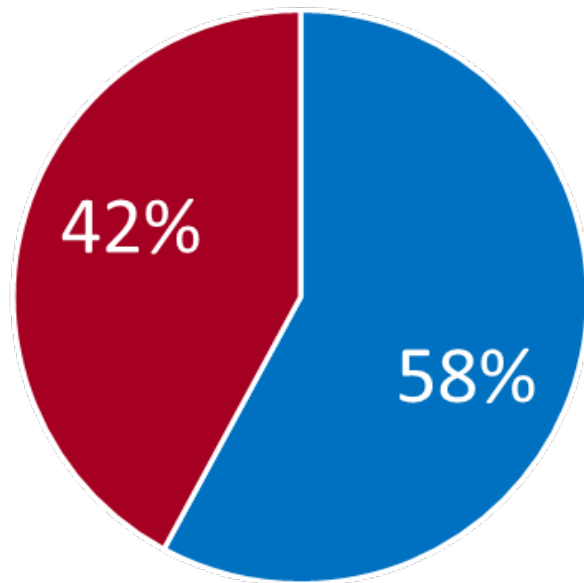
自動車保有台数



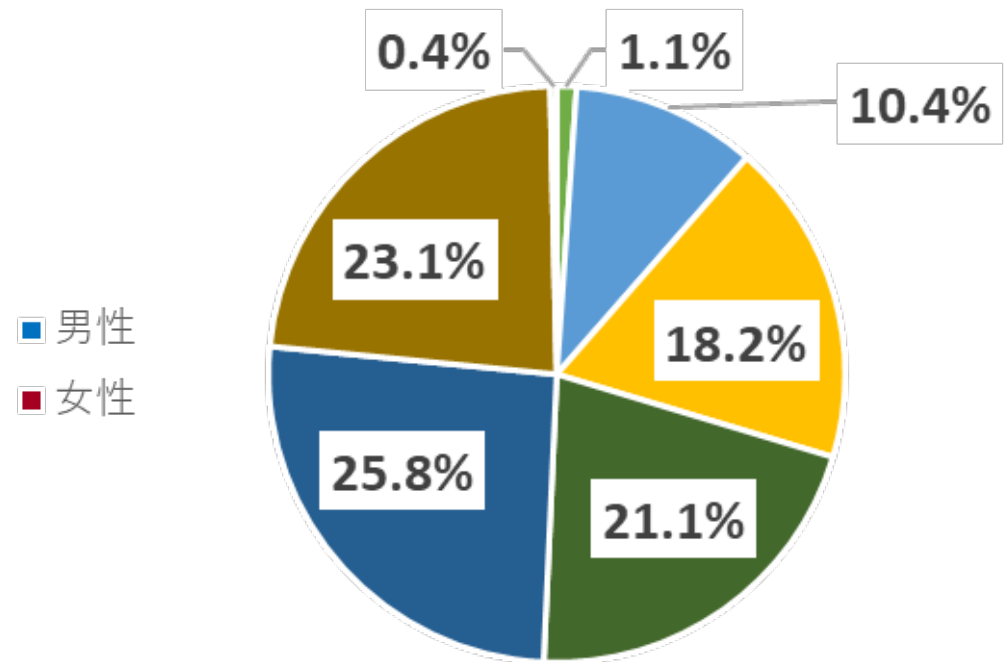
- 保有台数が多いほど保有率が高い
- 使い分けの可能性

本調査の被験者：EV保有者

- 性別

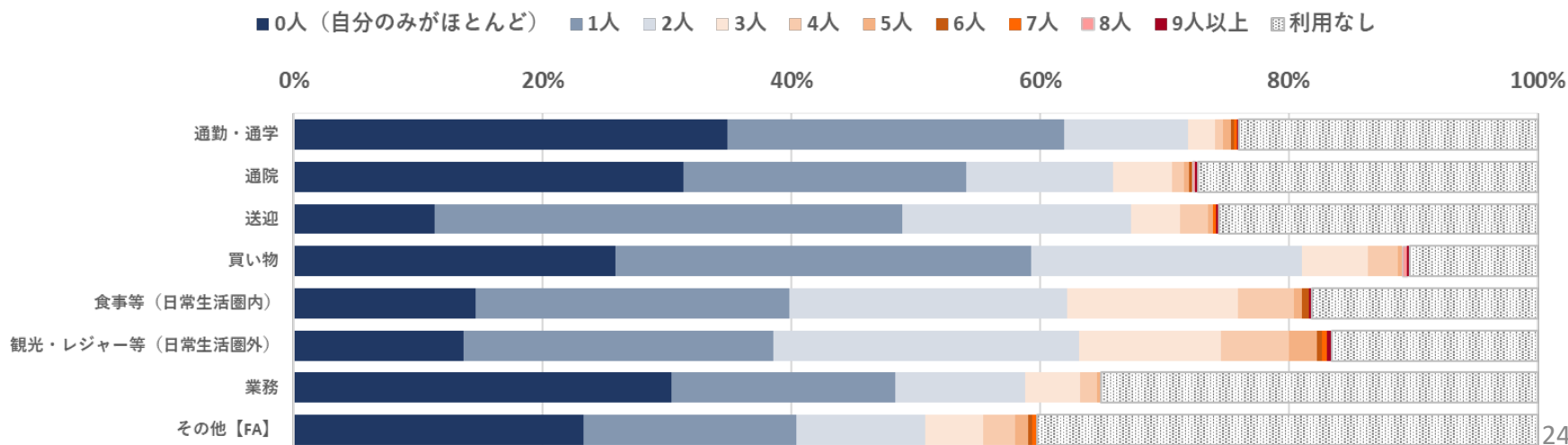
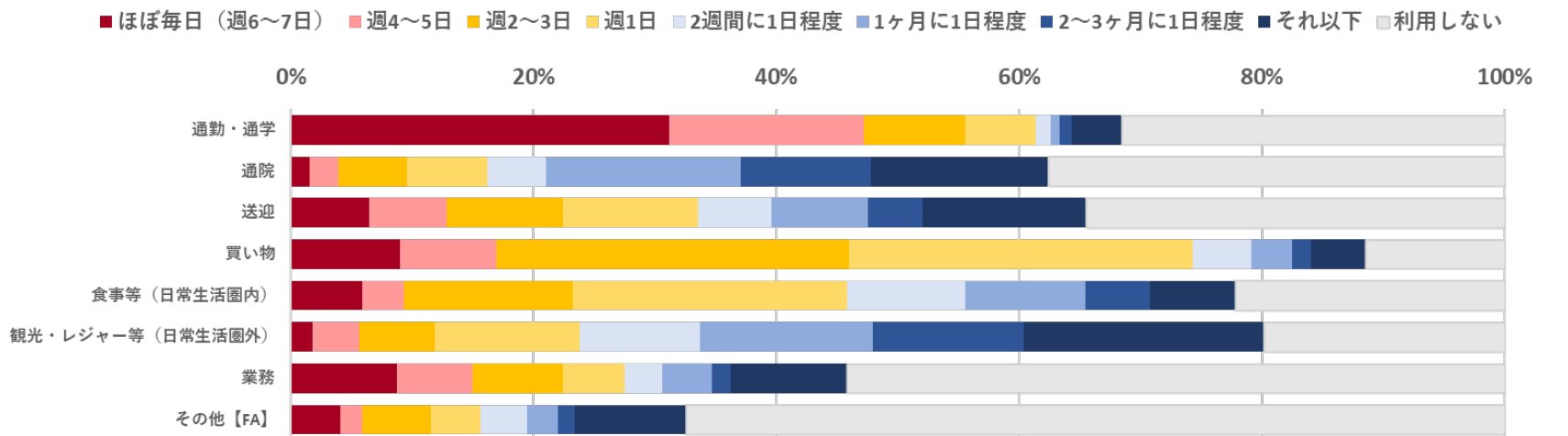


- 年齢

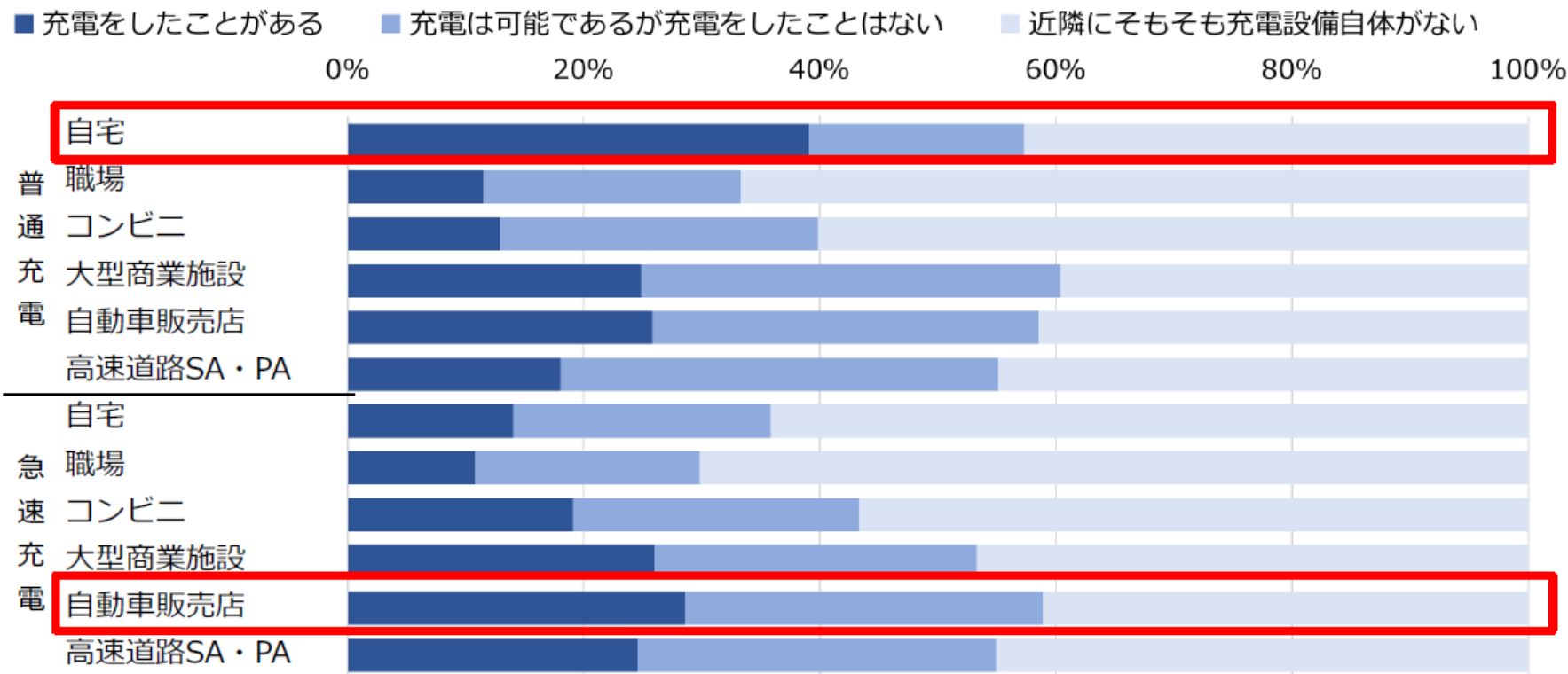


■ 10 ■ 20 ■ 30 ■ 40 ■ 50 ■ 60 ■ 70

利用目的別頻度と同乗人数

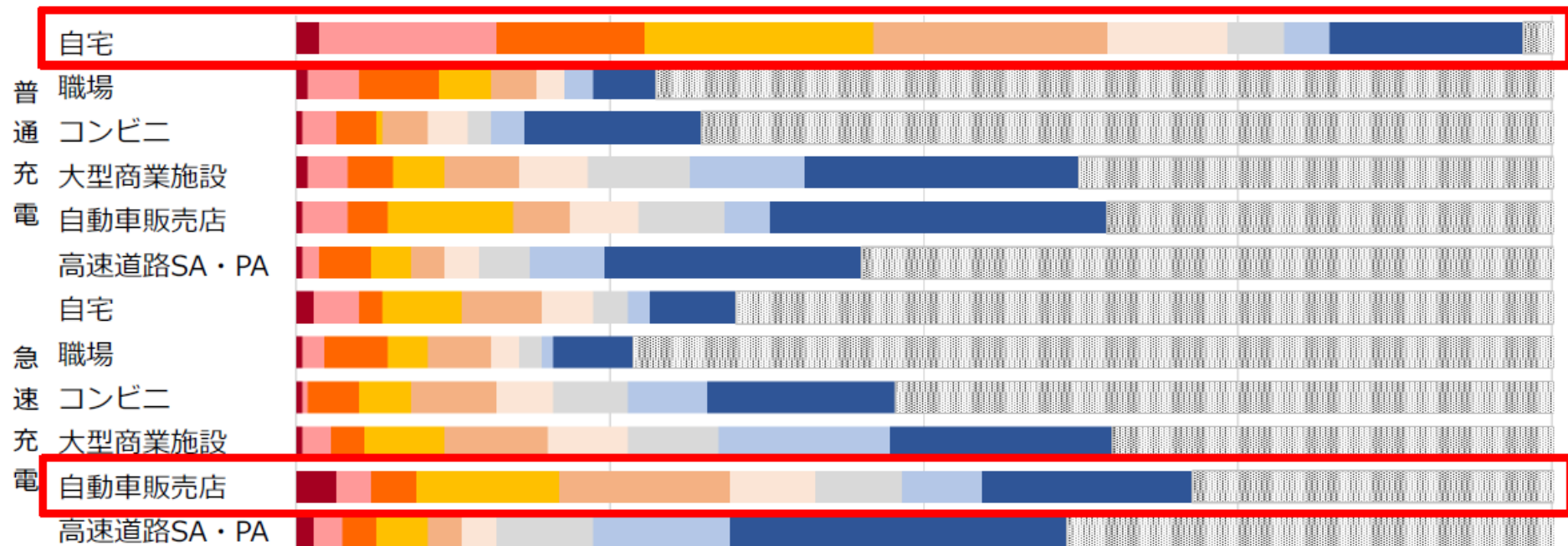
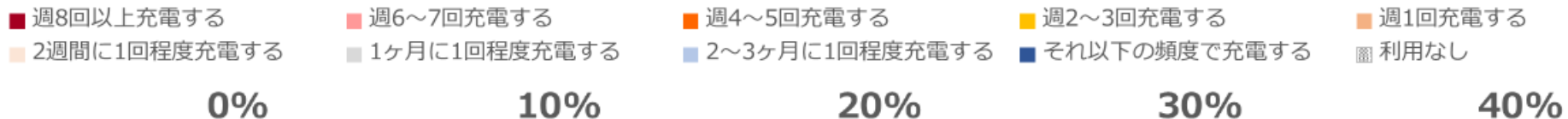


充電施設別利用経験



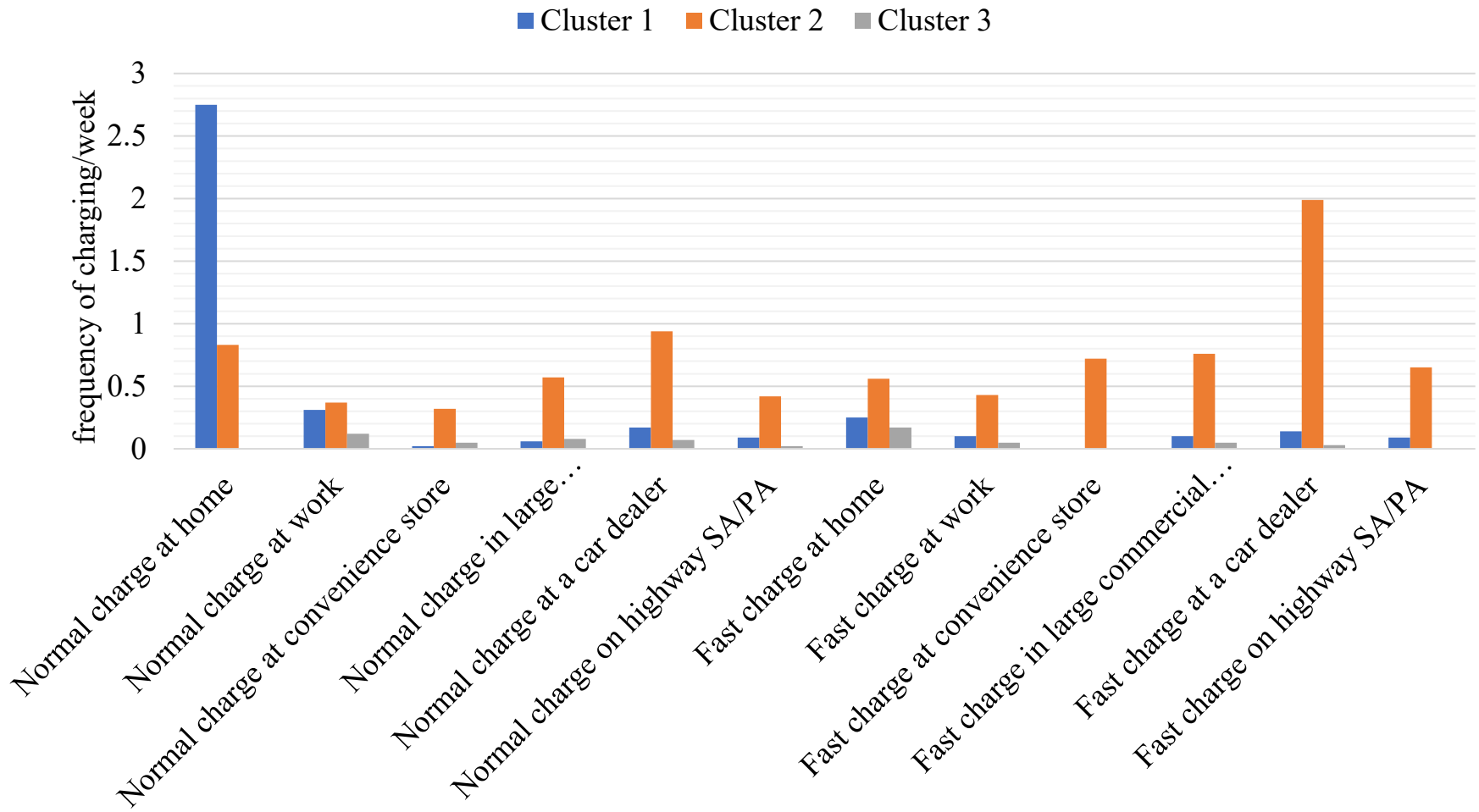
- 充電したことがある、が最も多いのは自宅の普通充電
- 次点で自動車販売店の急速充電

充電施設別利用頻度



- 自宅の普通充電が最も頻度が高い
- 次点で自動車販売店の急速充電

充電頻度による利用者分類結果



充電頻度の多項ロジットモデル(一部)

		MNL Model 1	MNL Model 2
		Normal charging at home	Fast charging at car dealers
Variables	Alternatives	Coef.	Coef.
Foreign cars	High frequency	1.51***	2.61***
	Middle frequency	1.74***	2.45***
Nissan cars	High frequency	-	-0.90**
	Middle frequency	-0.41.	-
6-7 days frequency usage	High frequency	-	1.93***
	Middle frequency	-	0.81**
4-5 days frequency usage	High frequency	0.75***	0.88*
	Middle frequency	-0.60**	0.83**

Effect of EV models:

- At both locations, individuals with **foreign cars** are more likely to charge their vehicles frequently at both locations.



Charging frequencies depends on the type of vehicle and battery mechanism, in line with study by Smart (2012).

Weekly usage of EVs is associated with **frequent charging events** at car dealers, probably due to easy access and charging facilities.



EV has
90% market share
in Norway



(European Alternative Fuels
Observatory)



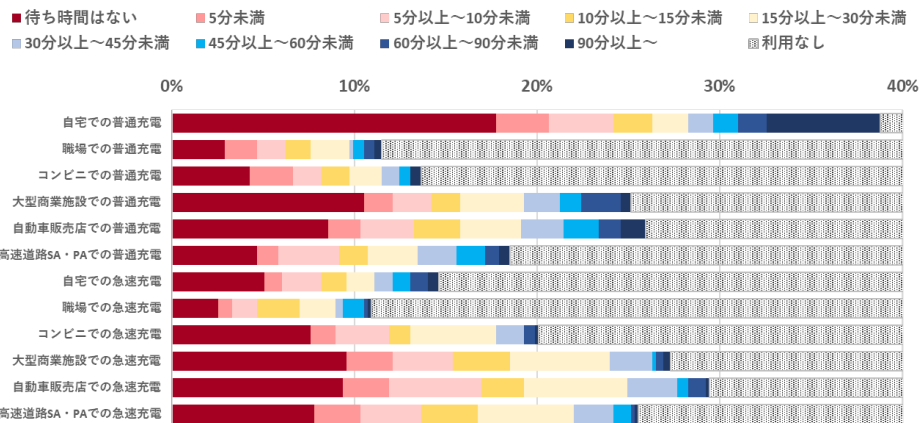
ノルウェイでの充電待ち行列

【EV先進国の衝撃の実態、暴露します】EV先進国のノルウェー市場の充電待ちが大変なこと...

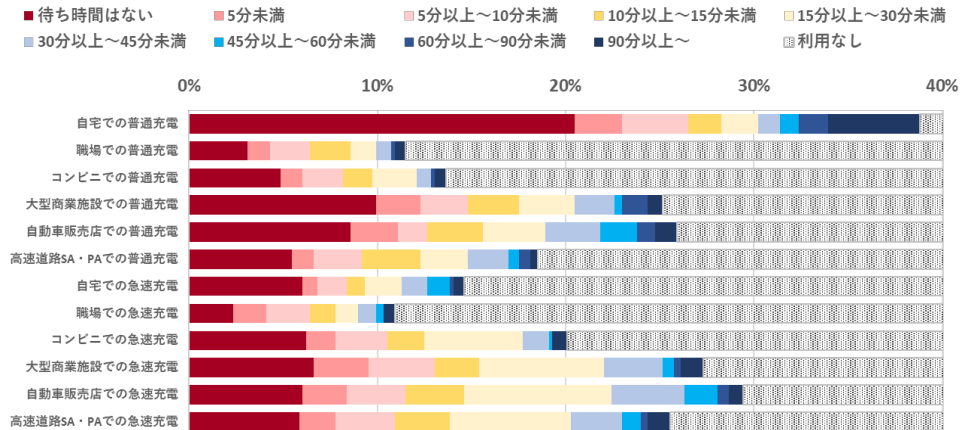


充電施設別待ち時間

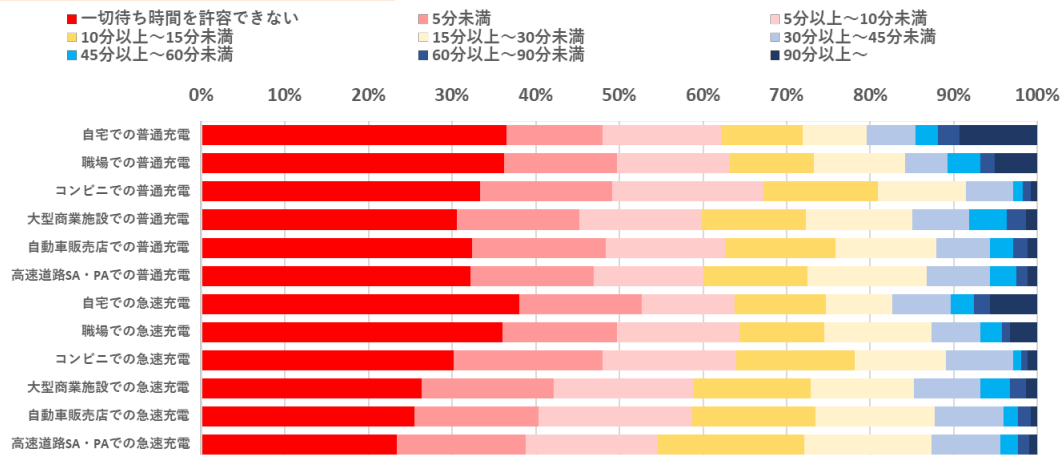
平均待ち時間



最大待ち時間



許容待ち時間



許容待ち時間の一般化オーダードロジットモデル

Log-likelihood		-5019.7	
AIC		10159.30	
No. of observations		4380	
Variable	Alternative: Short allowable waiting time	Alternative: Medium allowable waiting time	Alternative: Long allowable waiting time
	Coefficient	Coefficient	Coefficient

Intercept	-0.89***	-1.79***	-2.62***
Male	-	-	0.48*
Youth	2.48***	1.92***	1.80***
Young	0.70***	0.50***	-
Senior	0.22*	0.22*	-

Lower-middle-income household	0.49***	0.23.	-0.44*
Middle-income household	0.35**	0.33**	-0.66**
Upper-middle income household	-	0.29.	-1.03**
High-income household	0.64**	0.85***	-

Effects of socioeconomic characteristics:

- **Male EV drivers** are willing to accept longer allowable waiting times.
- **Age** significantly effect the allowable waiting time preferences.

Youth and young people are more willing to accept waiting times instead of opting for no waiting time.

- **Household income categories** have negative **significance** for longer allowable waiting time and open to accept short and medium allowable waiting times (Zhuge et al., 2019).

許容待ち時間の一般化オーダードロジットモデル

Variable	Alternative: Short allowable waiting time	Alternative: Medium allowable waiting time	Alternative: Long allowable waiting time
	Coefficient	Coefficient	Coefficient
Full-time workers	0.42***	0.41**	1.15***
Part-time workers	0.34**	-	-
Two vehicles owned	-0.29***	-	-
Vehicle frequency usage (6-7 days a week)	-0.47***	-0.87***	-0.46.
Vehicle frequency usage (4-5 days a week)	-0.24.	-0.23.	-

Effect of employment variable

- **Full-time workers** demonstrating higher likelihood for all allowable waiting time preferences.



Full-time workers are likely to commute regularly (Charilaos et al., 2017).

Negative statistical significance indicates the relationship between vehicle usage frequency and allowable waiting time preferences.

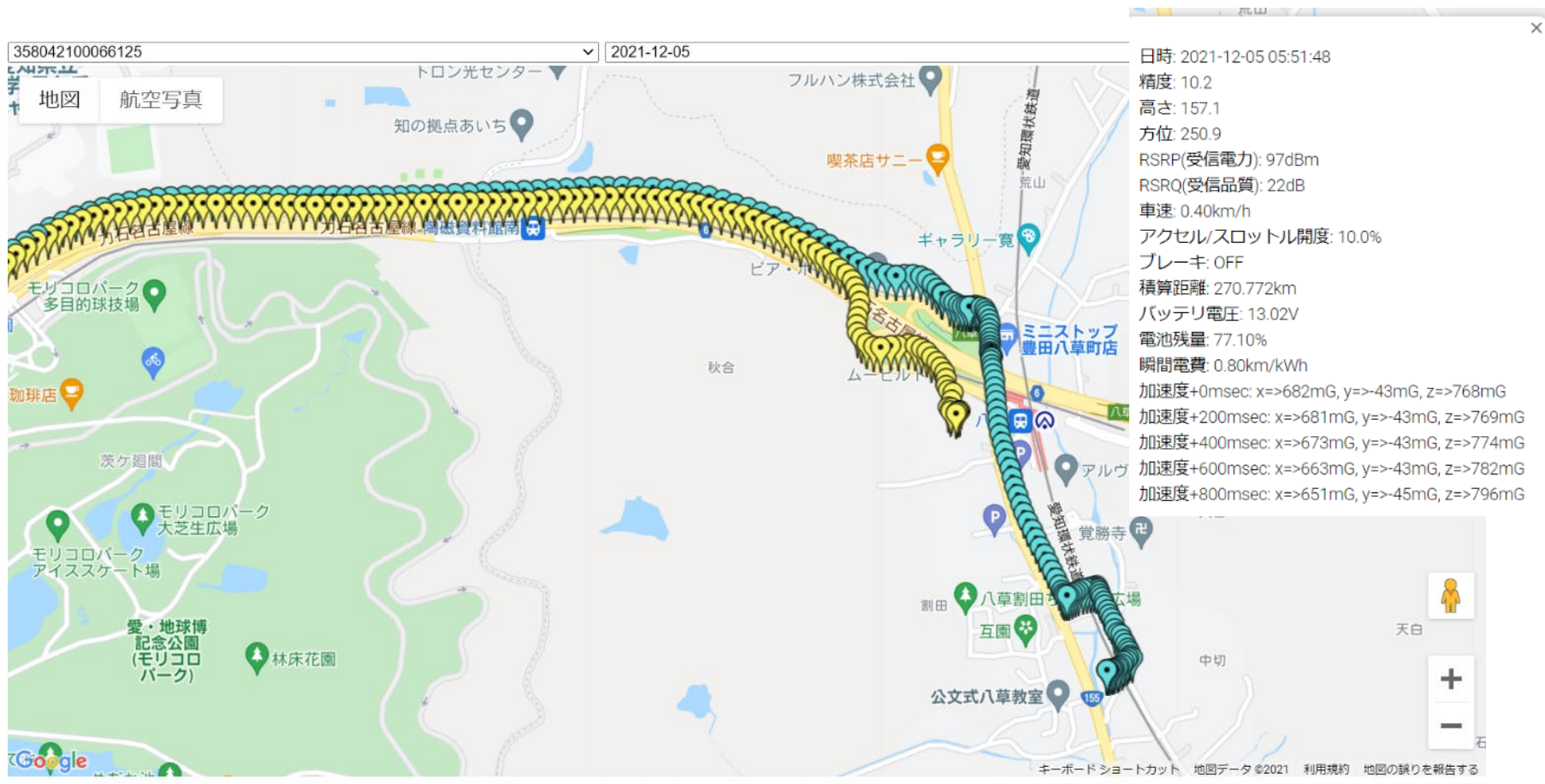
許容待ち時間の一般化オーダードロジットモデル

Variable	Alternative: Short allowable waiting time	Alternative: Medium allowable waiting time	Alternative: Long allowable waiting time
	Coefficient	Coefficient	Coefficient
Fast Charging	0.27***	0.24**	-
Charge at workplace	-	-	-0.46*
Charge at convenience store	0.58***	0.33*	-1.67***
Charge at commercial facility	0.64***	0.79***	-0.86***
Charge at car dealers	0.71***	0.67***	-0.94***
Charge at highway	0.68***	0.84***	-1.17***

Effects of fast charging:
Fast charging is significantly **positive** for all allowable waiting time preferences—indicating **higher tendency** to wait for fast charging.

Effects of charging location:
Charging locations exhibit **positive significant** coefficients for short and medium **allowable waiting times**. This is consistent with past findings by Nakano et al., (2011).

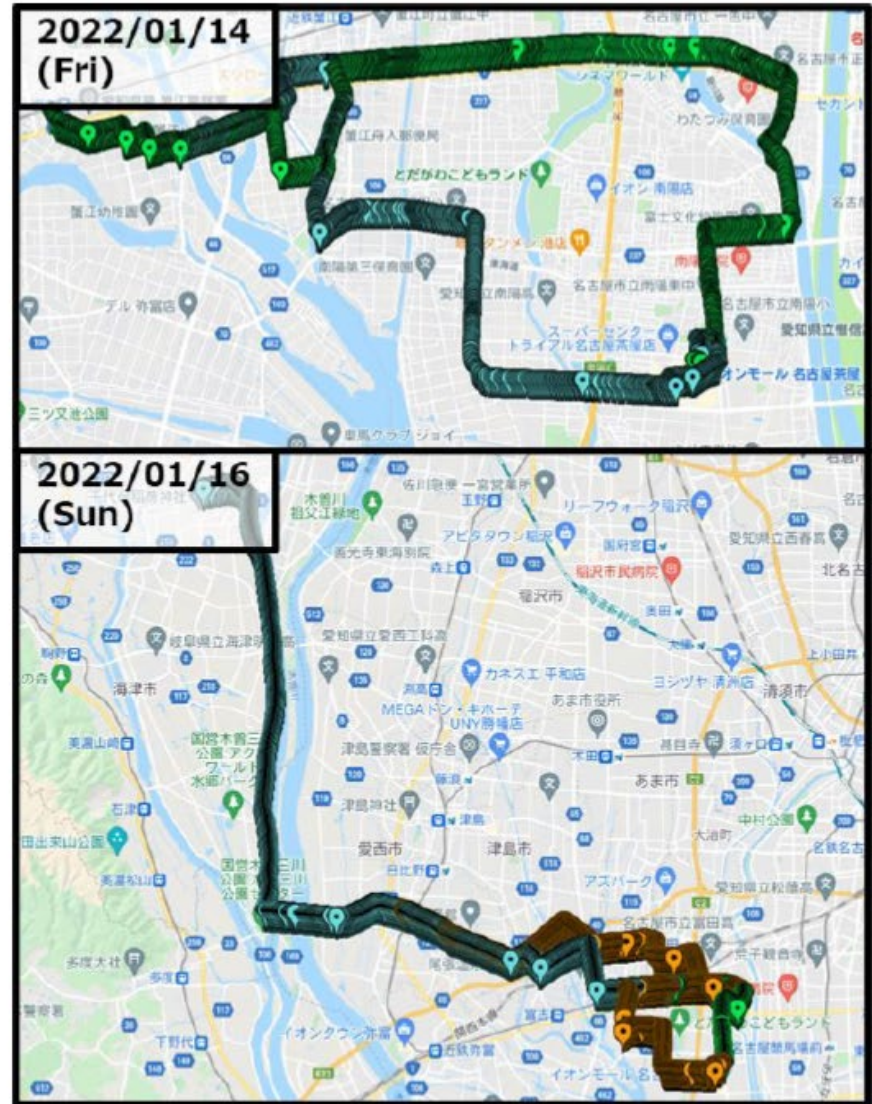
車両実態調査



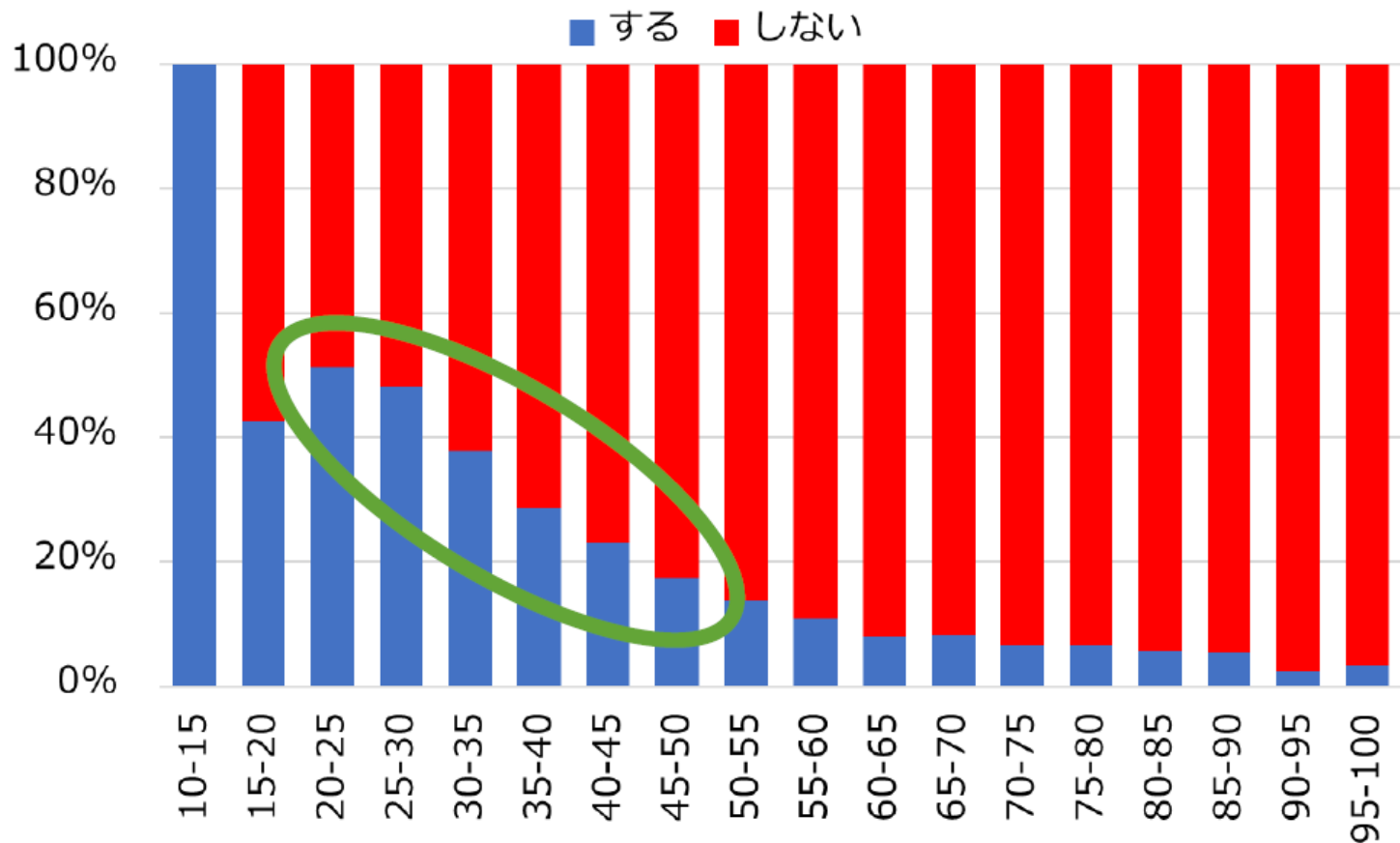
データ例

日常的行動

非日常的行動(?)



走行終了時のSOC別充電確率

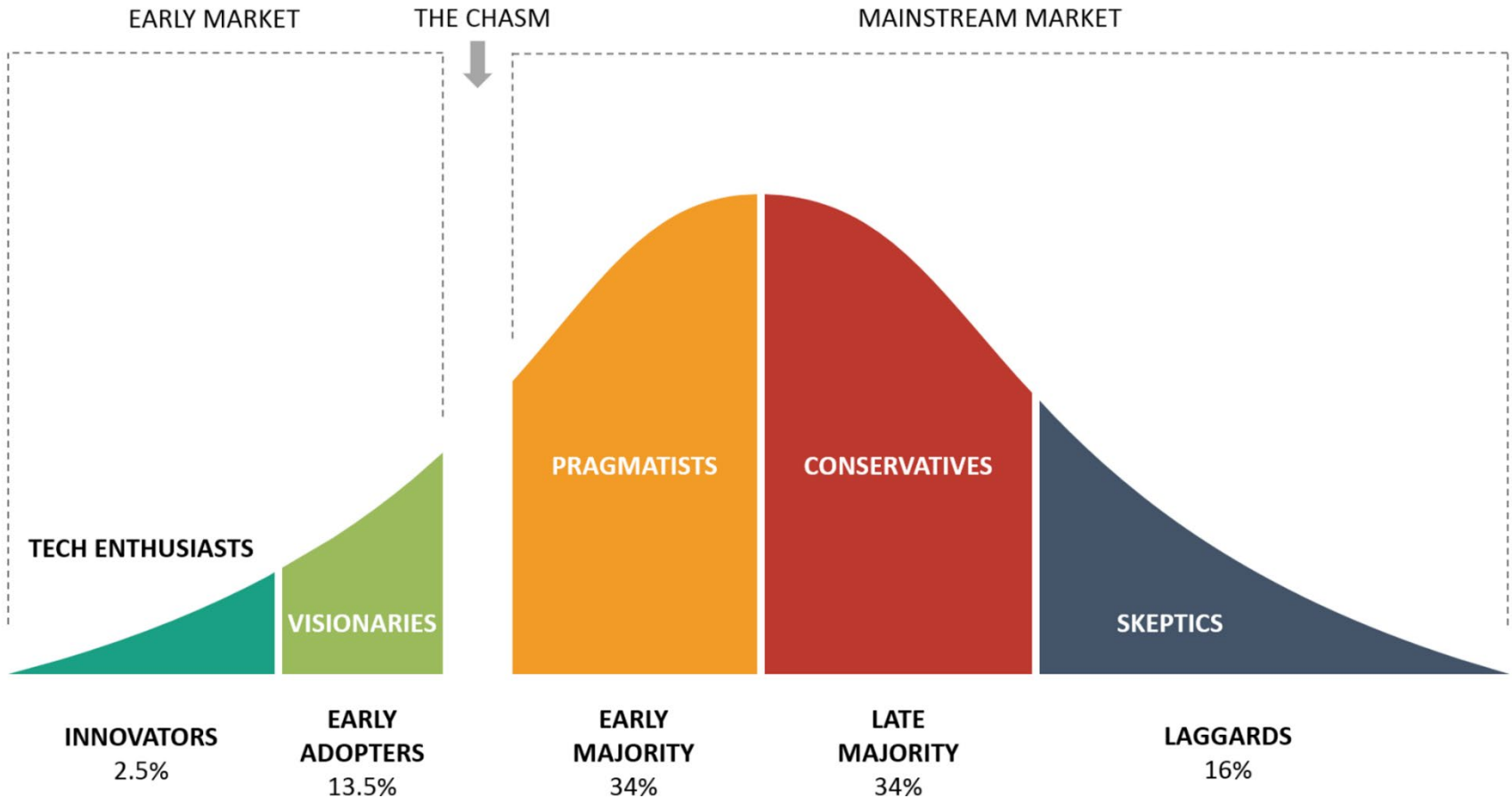


SoCが20～50あたりで大きく充電確率が変動している

報告内容

- 前回の振り返り
- EV保有・利用の現在の状況
- EV保有・利用の今後

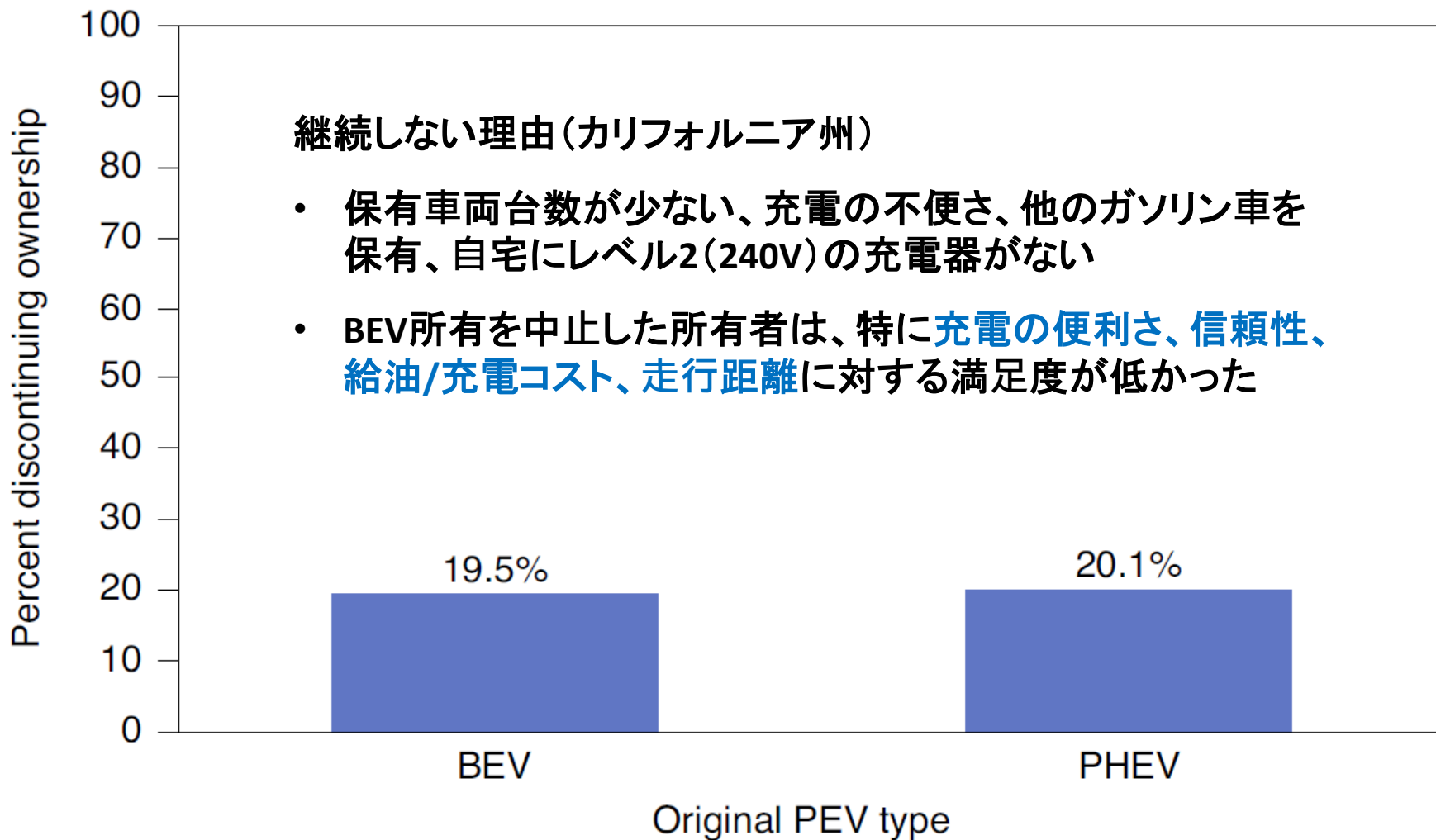
イノベーションの普及における市場の大きな溝 (chasm)



(Source: Freytag, 2023)

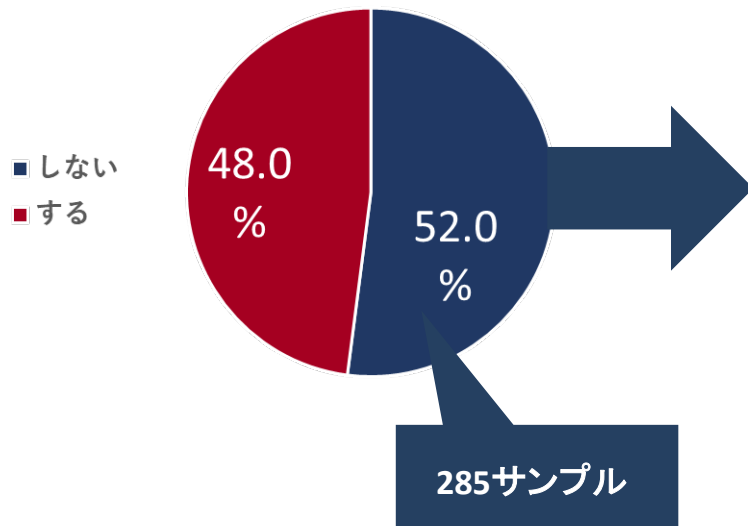
Hardman and Tal (2021)

a

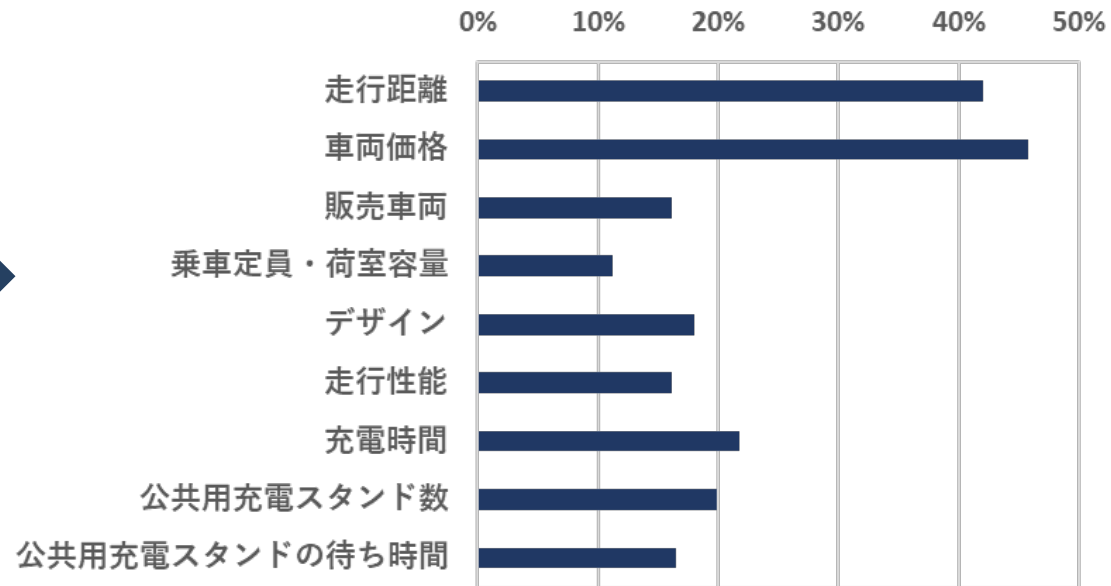


我々の調査被験者の継続保有意向

【引き続きEVを選択するかどうか】

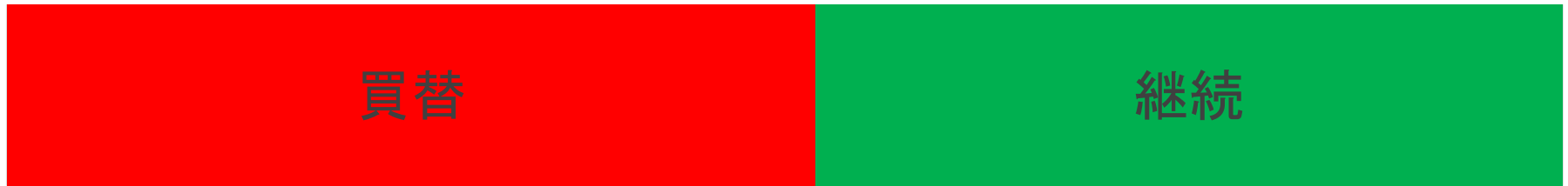


【引き続きEVを選択しない理由(複数可)】

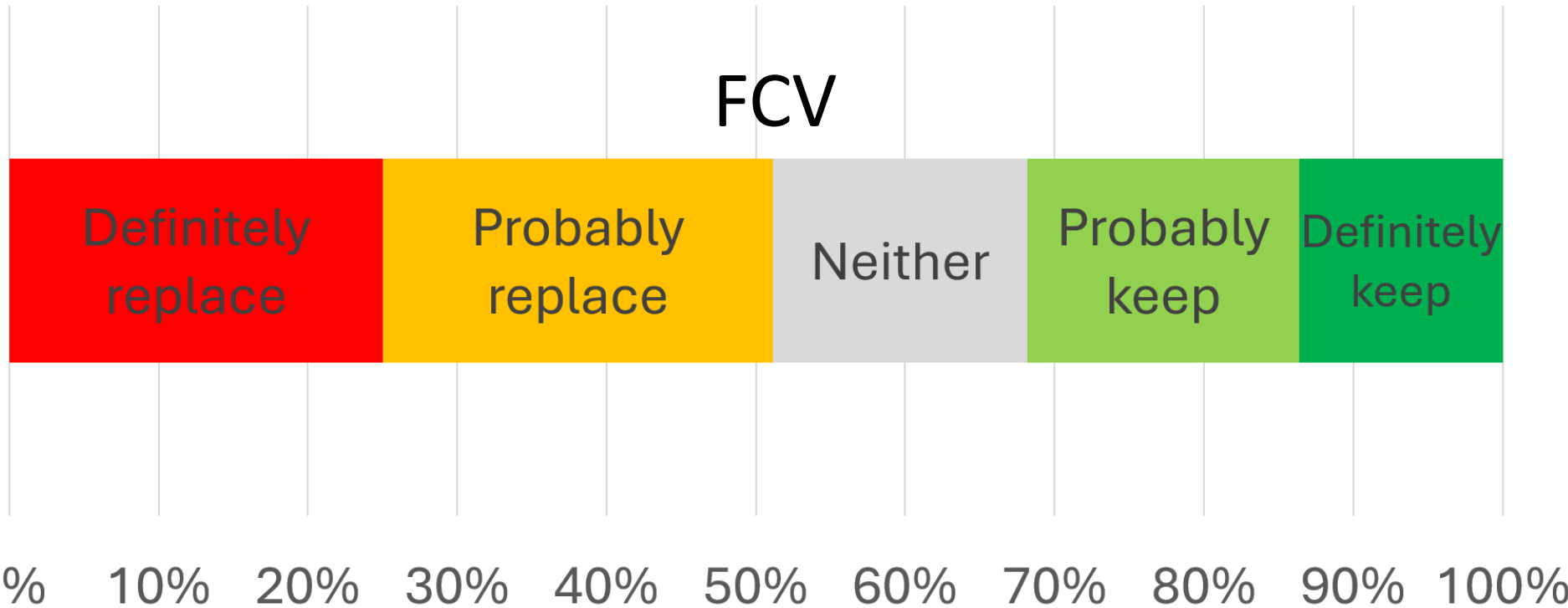


FCV保有者との比較

EV



FCV

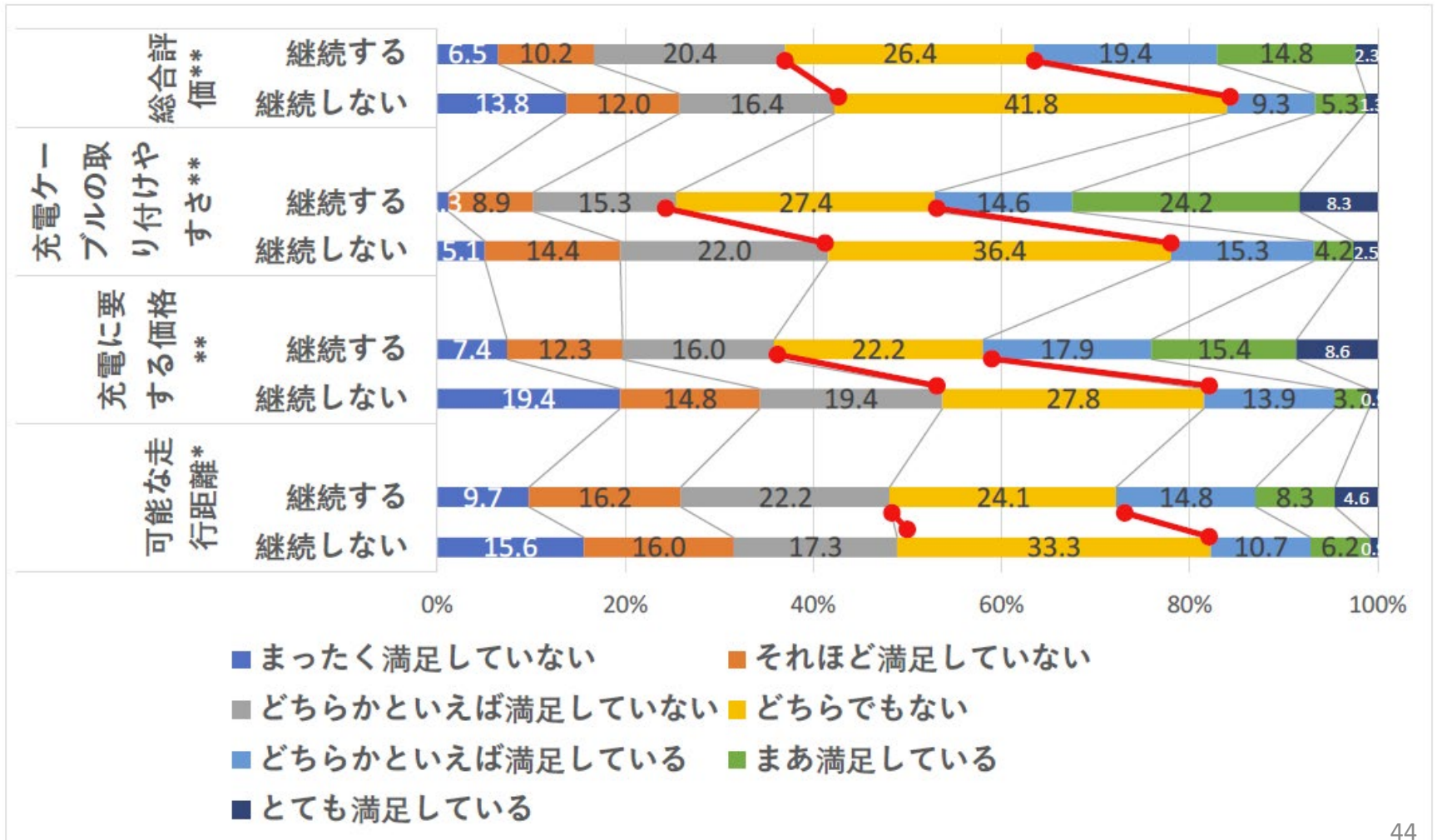


EV保有継続意向の要因

	継続		
	本研究	HFCV (Khan)	EV (Hardman)
性別	有意ではない	有意ではない	**
年齢	有意ではない	有意ではない	**
年収	有意ではない	-	**
所有台数	-	有意ではない	**
家の種類	-	-	**
同居人数	-	有意ではない	**
車両価格・維持費	*	有意ではない	有意ではない
環境性能・静音性	**	有意ではない	有意ではない
航続可能な走行距離	*	有意ではない	*
充電に要する価格/燃費	**	有意ではない	*
電池残量の表示精度	**	-	-

	継続		
	本研究	HFCV (Khan)	EV (Hardman)
自宅での充電ケーブルの取り付けやすさ	**	-	-
自宅でのタイマー充電のしやすさ	+	-	-
自宅での充電便利さ	-	-	**
充電の便利さ	-	-	**
その他の場所の充電時間	+	有意ではない	-
充電/水素スタンド数	有意ではない	*	-
将来性	-	**	-
信頼性	-	-	**
総合評価/車両性能	**	+	-
車両定員・荷物容量	**	-	-
タンクの安全/安全性	-	*	*
優遇措置	-	+	-
水素が燃料	-	*	-

EV保有継続意向の要因



継続意向の2項ロジットモデル

変数	係数	p値	限界効果	オッズ比
環境性能・静音性	0.3785	0.002	0.0699	1.4601
自宅での充電ケーブルの取り付けやすさ	0.4217	0.003	0.0779	1.5245
50代以上ダミー	0.8331	0.015	0.1539	2.3005
年間走行距離10000Km以上ダミー	-0.8198	0.067	-0.1514	0.4405

継続意向の2項ロジットモデル

変数	係数	p値	限界効果	オッズ比
環境性能・静音性	0.3785	0.002		1.4601
自宅での充電ケーブルの取り付けやすさ	0.4217	0.003		1.5245
50歳以上ダミー	0.8331	0.015		2.3005
年間走行距離10000Km以上ダミー	-0.8198	0.067		0.4405

環境性能・充電のしやすさに満足するほど、継続する人も多い

走行距離が長くなると、継続する人も少ない

報告内容

- 前回の振り返り
- EV保有・利用の現在の状況
- EV保有・利用の今後
- ゲームチェンジャー？

充電10分で400km走行可能



CATLは2023年8月16日、10分間の充電で400キロメートルの走行が可能な新型車載電池を2024年1～3月期に発売すると発表(日本経済新聞2023/08/17)

航続距離1,000km



(<https://www.sankei.com/article/20231025-EQDUQS5ARFPNNAQ6W2YFZWK3MQ/>)

航続距離**2,100km**超



熱効率46.06%、燃費2.9L/100km、航続距離
2,100km超 (https://byd.co.jp/e-life/news/2024_0604_1.html)



2024年8月1日：韓国仁川市にあるマンションの地下駐車場に止まっていたEVから火災発生(聯合ニュース)
→ 自動車メーカーによるEVのバッテリー情報の公開義務化

まとめ

- 現在のEV保有者は若者・高齢者・高収入世帯・自動車複数台保有世帯
- 自宅充電の他，自動車販売店での充電も多い
- 許容充電待ち時間は短い，将来的に改善可能？
- バッテリーの安全管理は重要
 - 車両と切り離してリース，サブスクリプション，バッテリースワップ方式の可能性は？
 - 劣化による車両価値の低下を分離可能