



CASE時代の 自動車交通システム

名古屋大学
山本俊行

CASE

- **C**onconnected: コネクティッド
- **A**utonomous: 自動運転
- **S**hared & services: カーシェアとサービス
- **E**lectric: 電気自動車

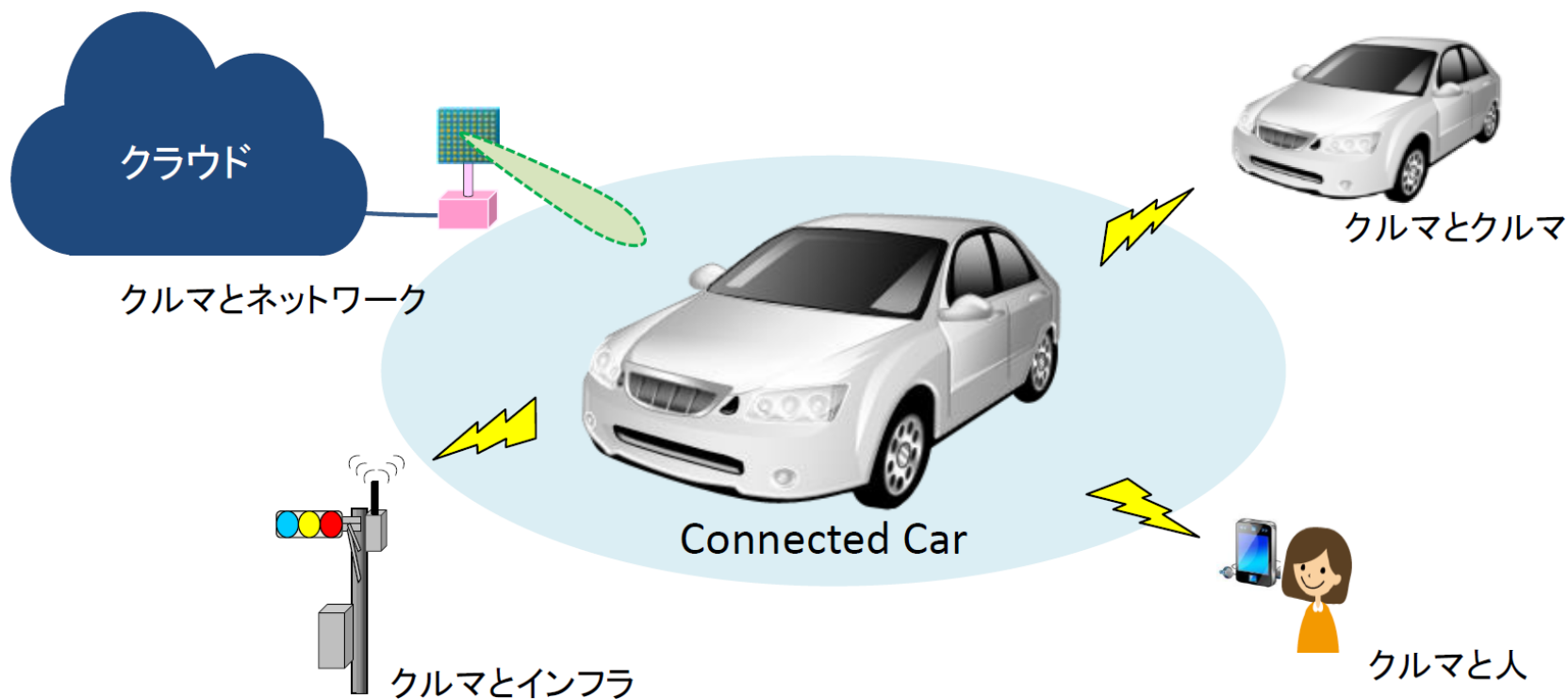
“Connected, Autonomous, Shared, Electric: Each of these has the power to turn our entire industry upside down. But the true revolution is in combining them in a comprehensive, seamless package.” by Dr. Dieter Zetsche (Chairman of the Board of Management of Daimler AG)

コネクティッド

Connected Carは双方向で色々な人やモノにつながるクルマ

- ・クルマとクルマ(V2V)
- ・クルマとインフラ(V2I)
- ・クルマと人(V2P)
- ・クルマとネットワーク(V2N)

ヒト・モノ・データを有機的に結合することで
みんなが協調して動く新しいクルマ社会を実現

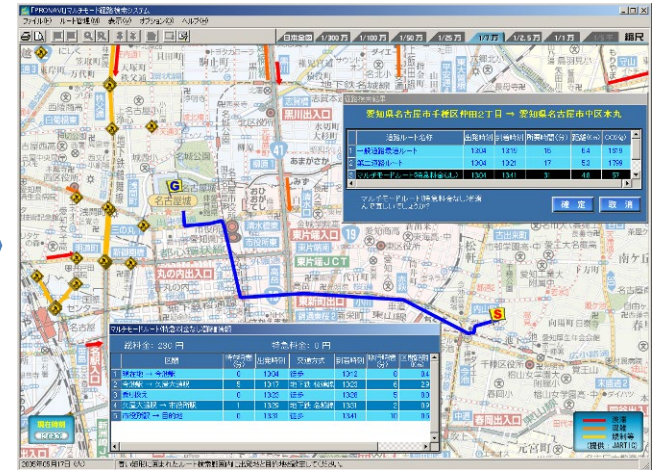


P-DRGS (Probe-based dynamic route guidance system) プロジェクト



プローブ情報収集

交通状況推定



交通情報提供

プローブカー

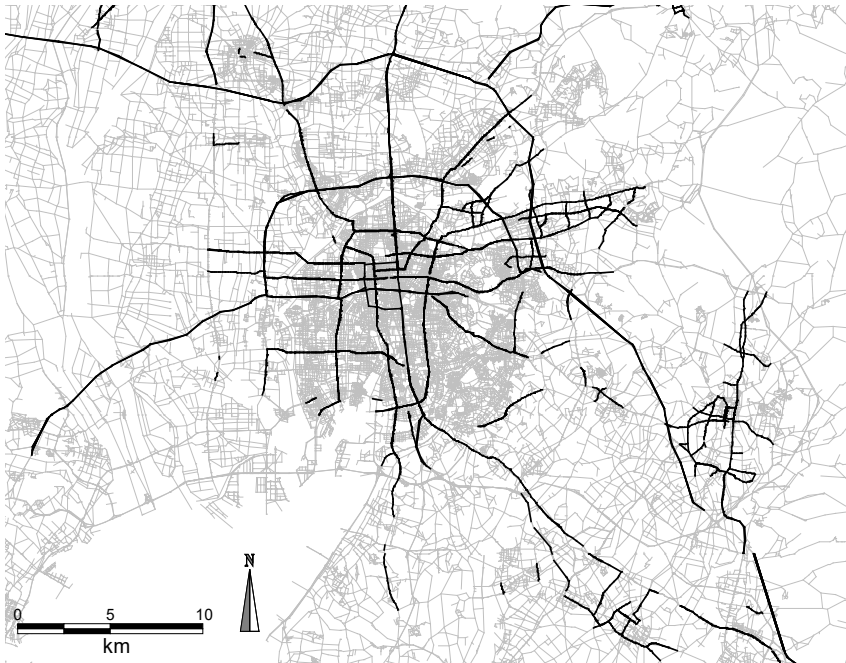
- GPS による位置情報
- 時々刻々の速度

情報提供

- 運転者への個別情報の提供
- リアルタイムの交通マネジメント

より広い範囲での交通情報収集

路側感知器による
情報(VICS リンク)



プローブ情報リンク



インフラに頼らない情報収集
途上国におけるリープフロッグ(例: 携帯電話)

“PROROUTE”

Mozilla Firefox

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 履歴(S) ブックマーク(B) ツール(I) ヘルプ(H)

http://www.p-drugs.jp/app/

最新ニュース

Google 検索

p DRGS

1/2千 1/4千 1/1万 1/2万5千 1/5万 1/20万

プロブカー速度情報 ☒ 降雨・降雪情報 ☐

住所から移動 登録地点から移動

岐阜県
愛知県
三重県

出発地 目的地

出発時刻の設定
現在時刻 時刻指定

2008 年 2 月 2 日
0 時 2 分 10 秒

検索 クリア

経路情報 検索結果 0件 詳細表示
公共交通機関 検索結果 0件 詳細表示

リアルタイム交通状況を活用した経路推奨

http://www.p-drgs.jp/p-drgs/Pdrgs.html - Microsoft Internet Explorer

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) お気に入り(A) ツール(T) ヘルプ(H)

戻る 進む 印刷 検索 新規タブ 拡張機能

アドレス(AD) http://www.p-drgs.jp/p-drgs/Pdrgs.html

リンク Tomo's Best Site 英辞郎 ぐーぐる SO-NET WebMail NAVITIME Excite エキサイト BIGLOBE Boys, be ambitious! エコナビMM

pDRGS 1/2千 1/4千 1/1万 1/2万5千 1/5万 1/20万

プローブカー速度情報 ☐
障害・降雪情報 ☐

住所から移動(ダミー)

都道府県
愛知県
岐阜県
市区町村
大字
番

地図上で右クリックすると、座標が取得できます

出発地 136.0071722046410 35.1677777777778
目的地 136.9046894506865 35.1607777777778

現在時刻で検索 指定時刻で検索

2006 年 12 月 4 日
8 時 0 分 0 秒

検索 クリア

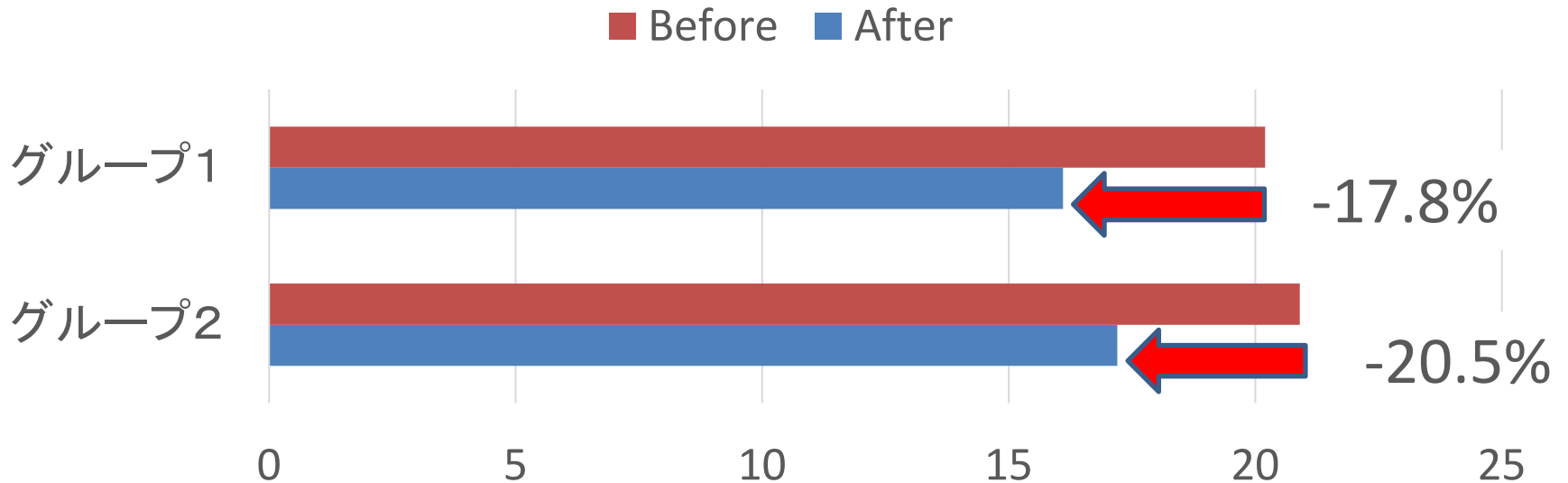
経路情報 検索結果 2件 詳細表示
公共交通機関 検索結果 1件 詳細表示

Map showing a route from START (near JR Nagoya Station) to GOAL (near Nagoya City Hall). The route is highlighted in red. Landmarks include Nagoya Station, Nagoya City Hall, and various commercial buildings.

ページが表示されました インターネット

PROROUTEを用いた 経路情報提供の効果

CO2 emissions (kg-CO2/person)



経路変更率

	変更率
PROROUTE 利用者	47.4%
それ以外	26.2%

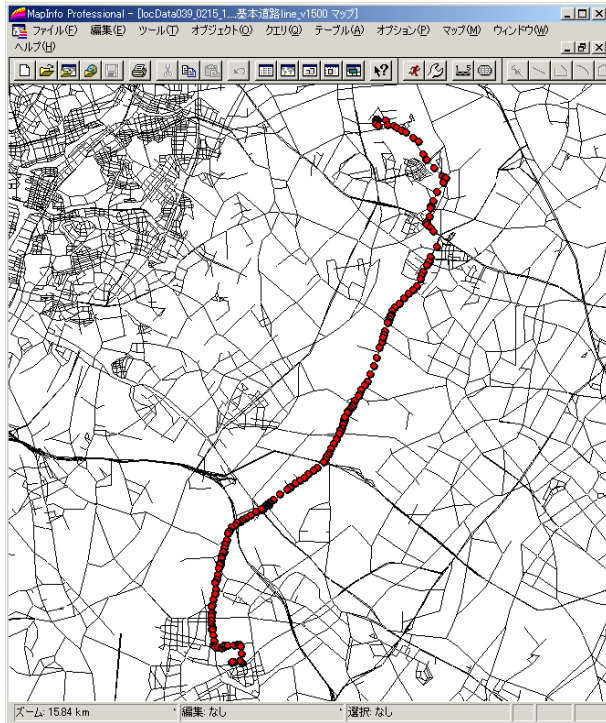
情報提供効果

PROROUTEを用いた経路情報提供の効果

User	Before	After	CO ₂ reduction (kg-CO ₂)
A	24.5 %	21.6 %	1.08
B	39.2 %	66.8 %	3.53
C	21.7 %	27.7 %	2.87
D	5.8 %	4.4 %	-5.9
E	80.2 %	98.3 %	11.3
F	0.0 %	54.8 %	4.37
G	3.8 %	3.8 %	4.14
Total	30.4 %	41.9 %	21.36

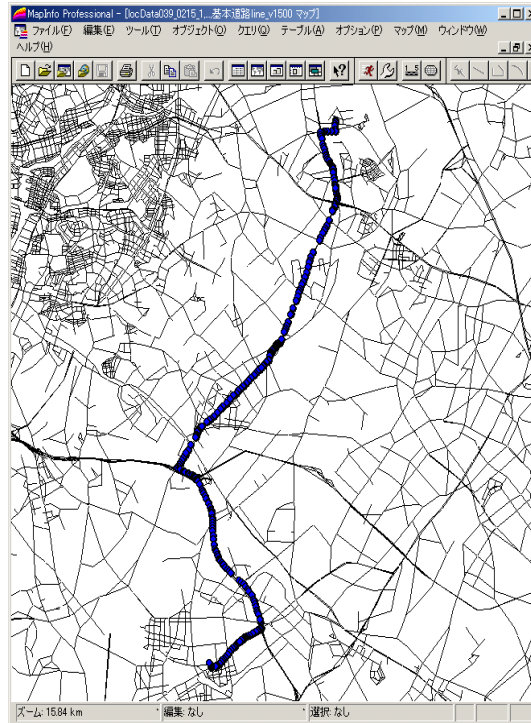
利用者 F の経路選択結果

事前



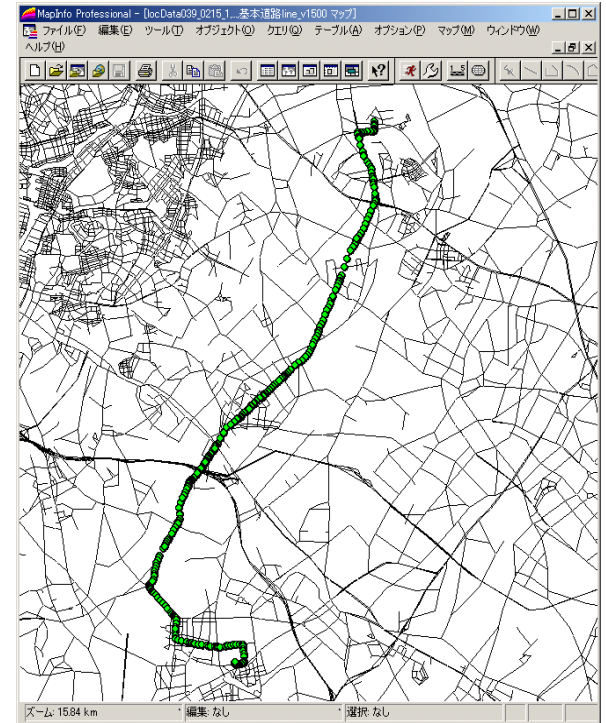
所要時間58分
一致率:0%

PROROUTE情報



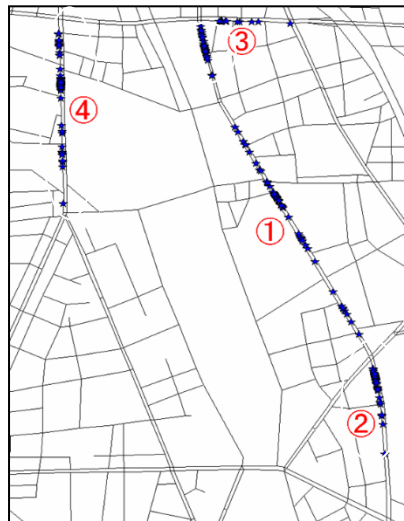
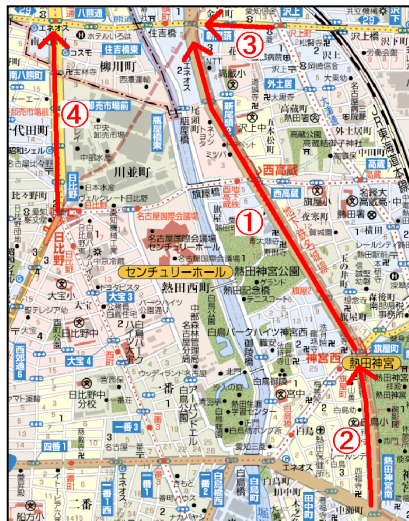
所要時間36分

事後

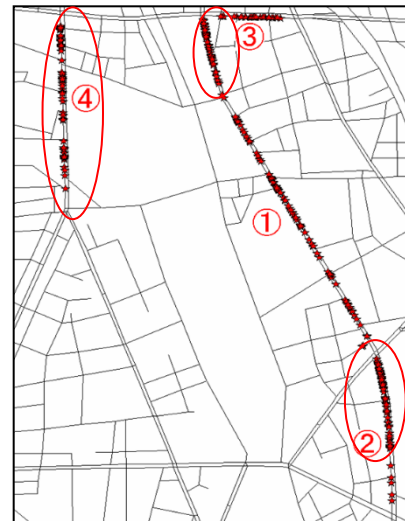


所要時間42分
一致率:54.8%

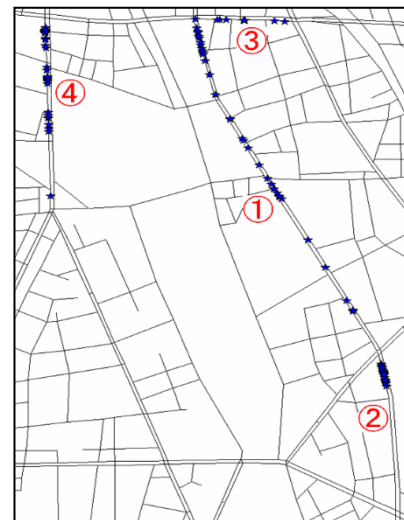
工事前と工事中の急ブレーキ発生位置の比較



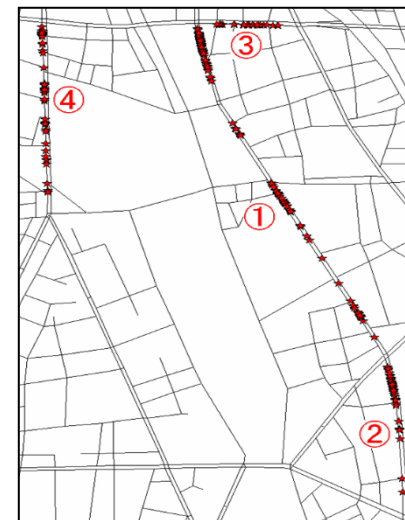
工事前(昼)



工事中(昼)



工事前(夜)



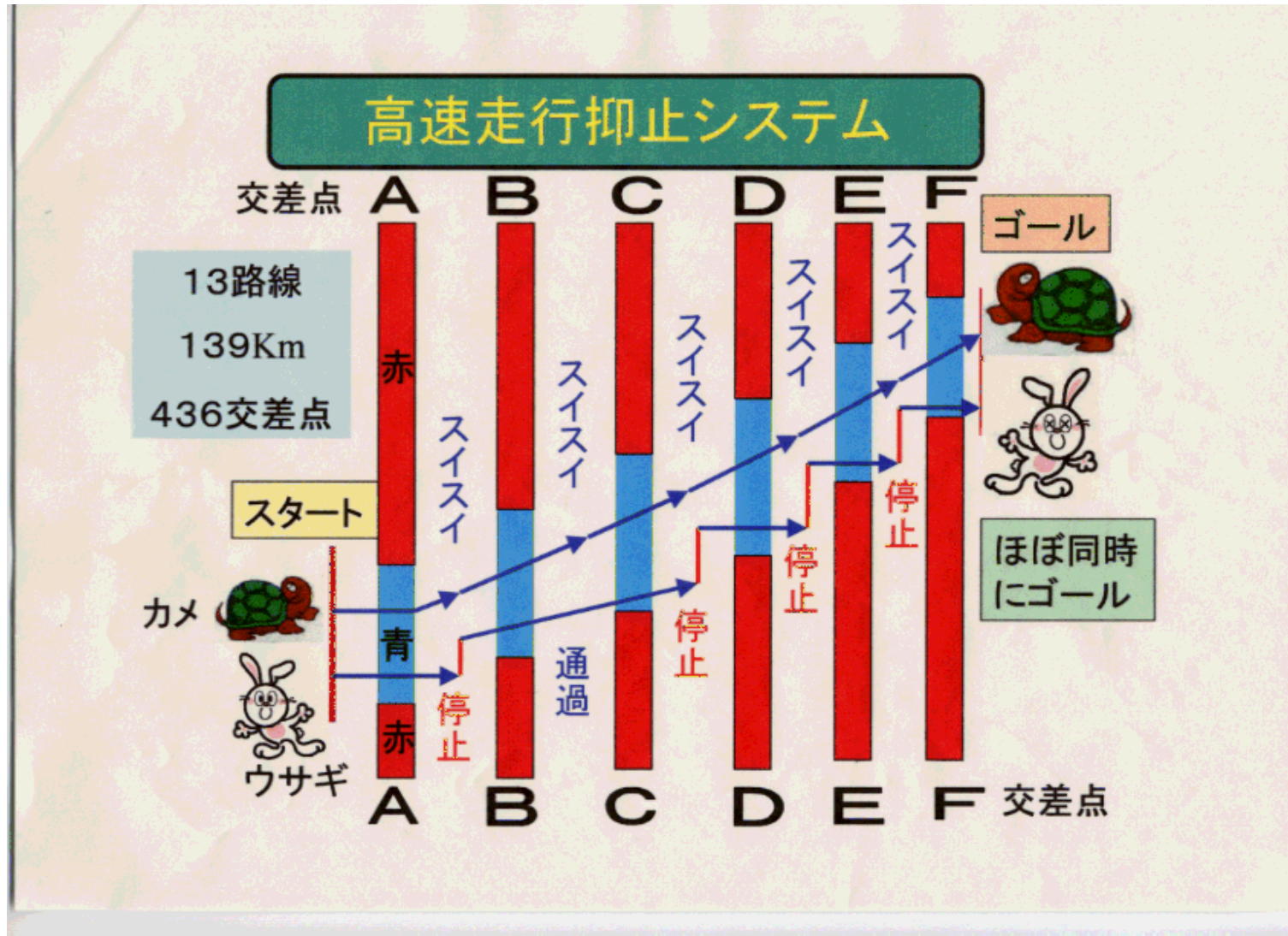
工事中(夜)

- ・ 工事区間に流入する上流側、工事区間の流出部、工事前と比較してより多くの急ブレーキが集中して発生し、工事前後の変化が激しい

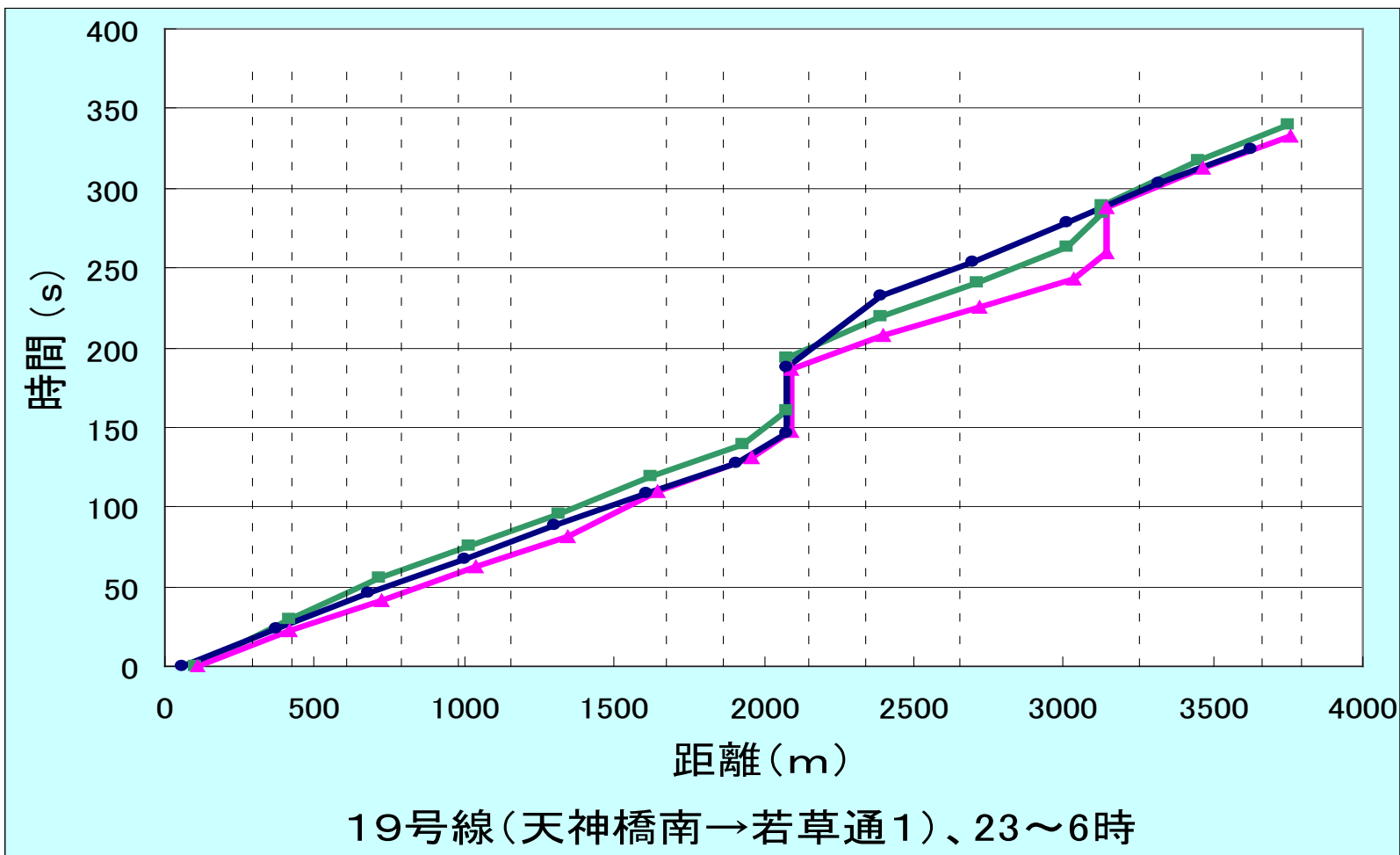
- ・ 平行区間でも、急ブレーキの分布は、工事前より分散しているが、他の区間と比べ、影響はそれほど大きくない

- ・ 夜間における急ブレーキ分布を昼間と比較すると、工事の影響はそれほど大きくない

高速走行抑止システム

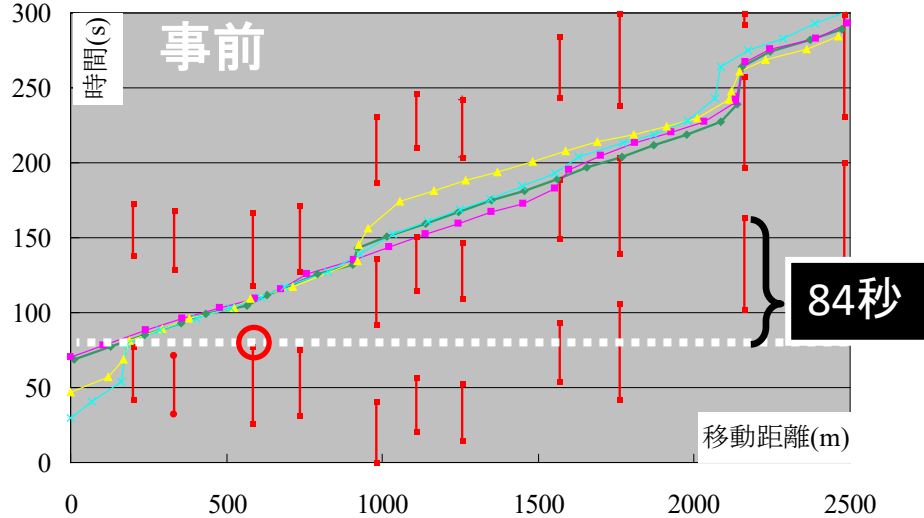


プローブカーによる走行挙動観測



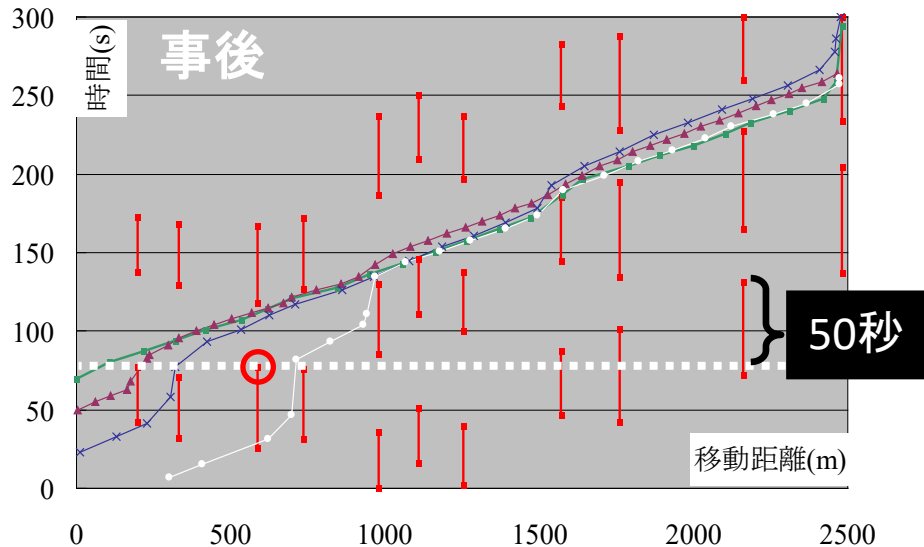
信号の位置

導入前後の比較



約2200m地点の交差点でも停止

(絶対オフセットは84秒)



約2500m地点の停止一回のみ

(絶対オフセットは50秒)

スムーズな走行が可能

電気自動車

EVs (Electric vehicles)

BEVs
(Battery Electric Vehicles)

PHEVs
(Plug-in Hybrid Electric Vehicles)

HEVs
(Hybrid Electric Vehicles)

FCEVs
(Fuel-Cell Electric Vehicles)

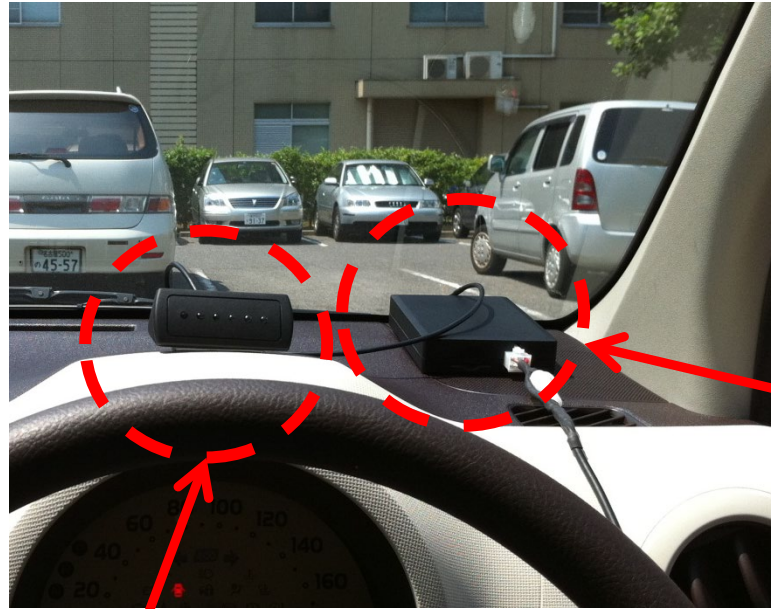
充電仕様

Charging Level	Type*	Power supply	Charging time (24kWh battery)	Typical use	Standard
Level 1	Normal	120V AC	16 hours	Home	SAE J1772
Level 2	Normal	240V AC	8 hours	Home or public places	SAE J1772
Level 3	Fast	480V DC	30 minutes	Public places	CHAdeMO/CCS/ Tesla

*Normal charging aka slow charging
Fast charging aka quick or rapid charging

GPSによる自動車利用状況調査

OBDII アダプタ



LED 表示



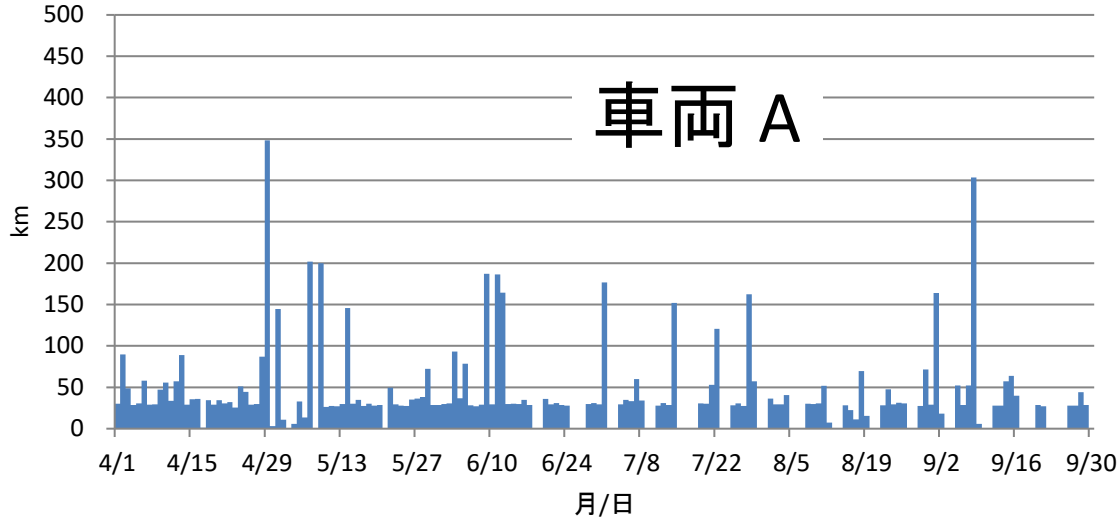
SDカードに
データ保存



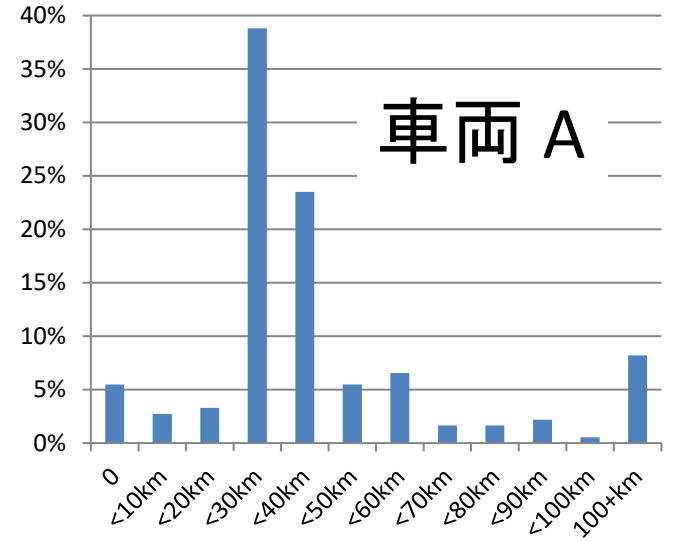
CAN: Control area network
OBD: On-board diagnostics

観測された利用パターン例

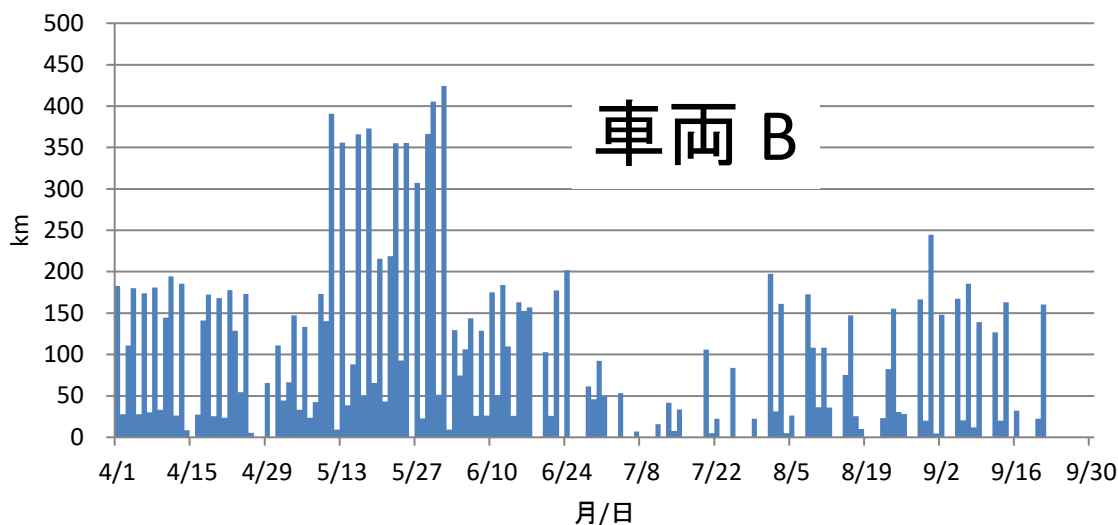
日走行距離



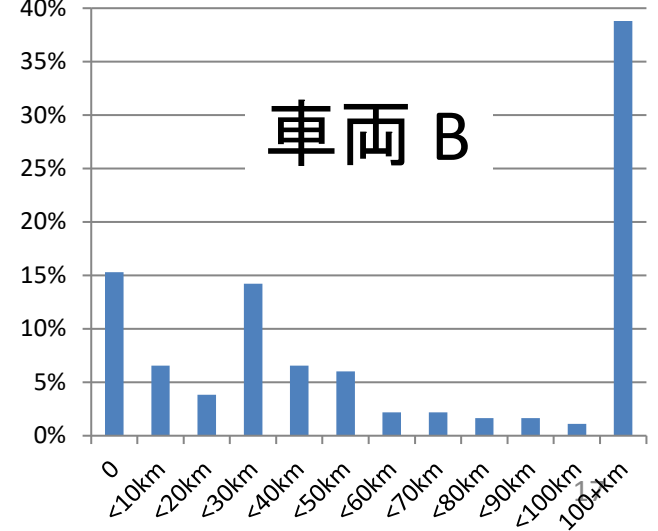
走行距離分布



日走行距離



走行距離分布



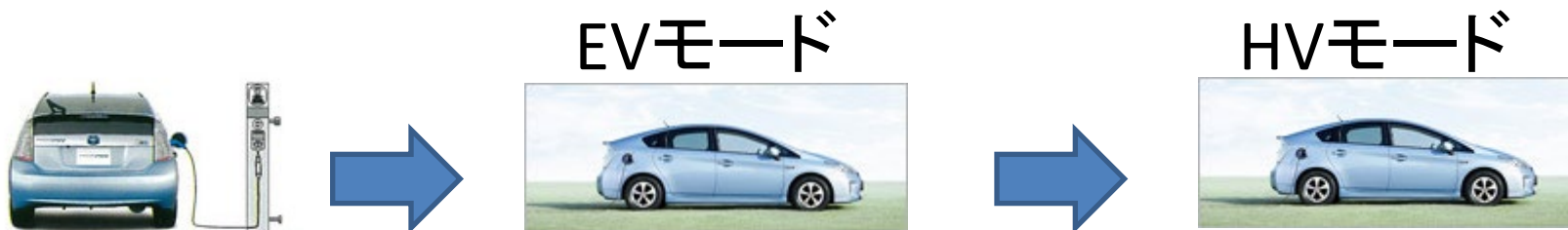
プラグインハイブリッド車の走行モード

走行距離が短い場合



充電した電気で走行

走行距離が長い場合



充電した電気で走行

ガソリンで走行

最適なバッテリー容量は？

小さいと

- EV走行距離が短い
- 軽くて燃費は良い

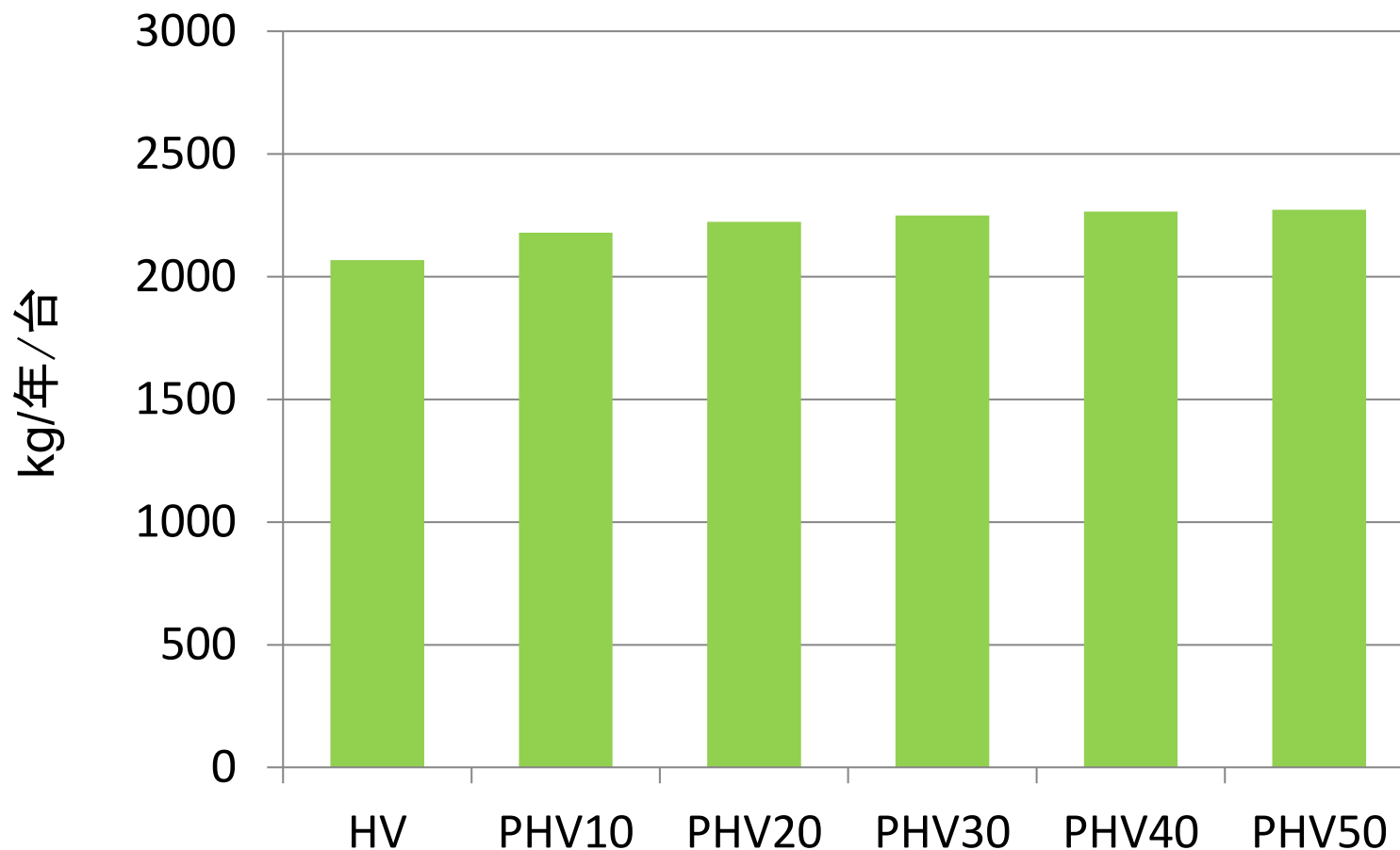


大きいと

- EV走行距離が長い
- 重くて燃費は悪い

設定値	PHV10	PHV20	PHV30	PHV40	PHV50
EV 走行距離 (km)	10	20	30	40	50
バッテリー容量(kWh)	1.60	3.28	5.07	6.98	9.06
EV 燃費 (km/kWh)	9.02	8.85	8.67	8.48	8.27
HV 燃費 (km/L)	31.94	31.74	31.52	31.29	31.04

二酸化炭素削減量推計値



10年保有時の経済性

プリウスとプリウスPHVの差額

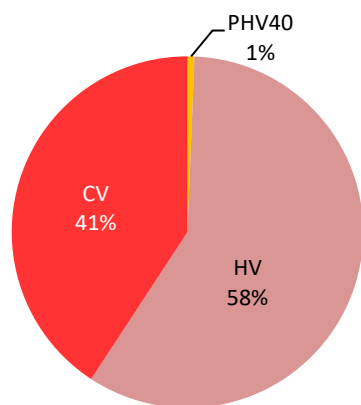
プリウス(sグレード)	232万円
プリウスPHV	320万円

差額＝320万円 - 232万円

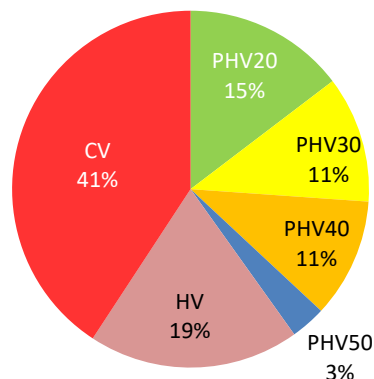
-45万円（次世代自動車普及補助金）

=43万円

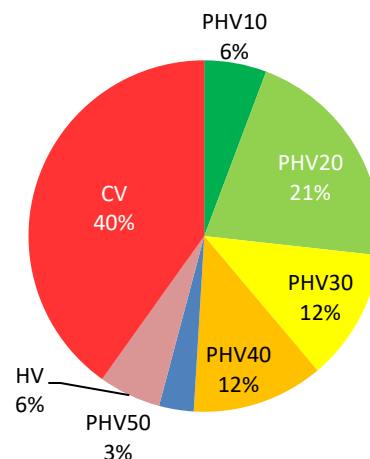
補助金追加無



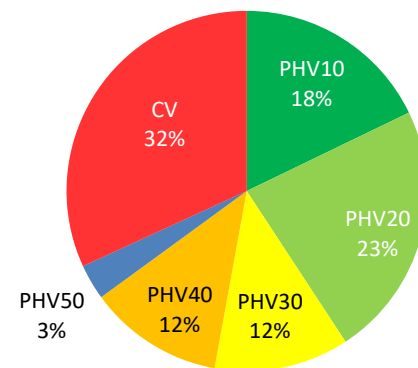
補助金+20万円



補助金+25万円



補助金+30万円



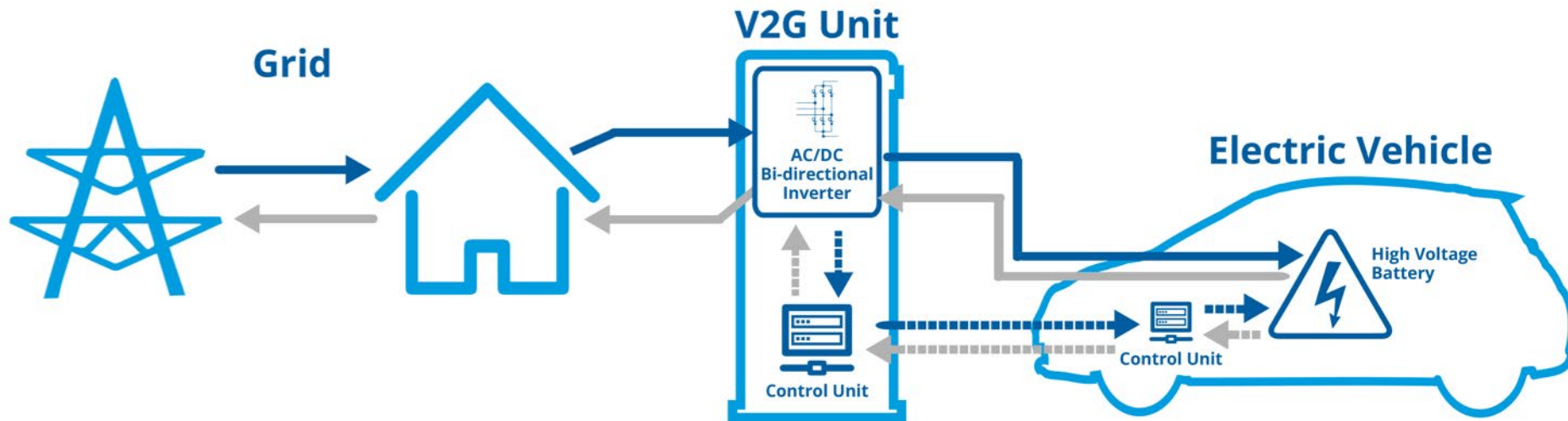
※バッテリー価格は1kWhあたり3万円と仮定（LG化学）

※CVはHVよりも30万円価格を下げ，燃費を15km/Lとしている。

（参考・2011年式カローラフィールダー，排気量1.8L，202.5万円）

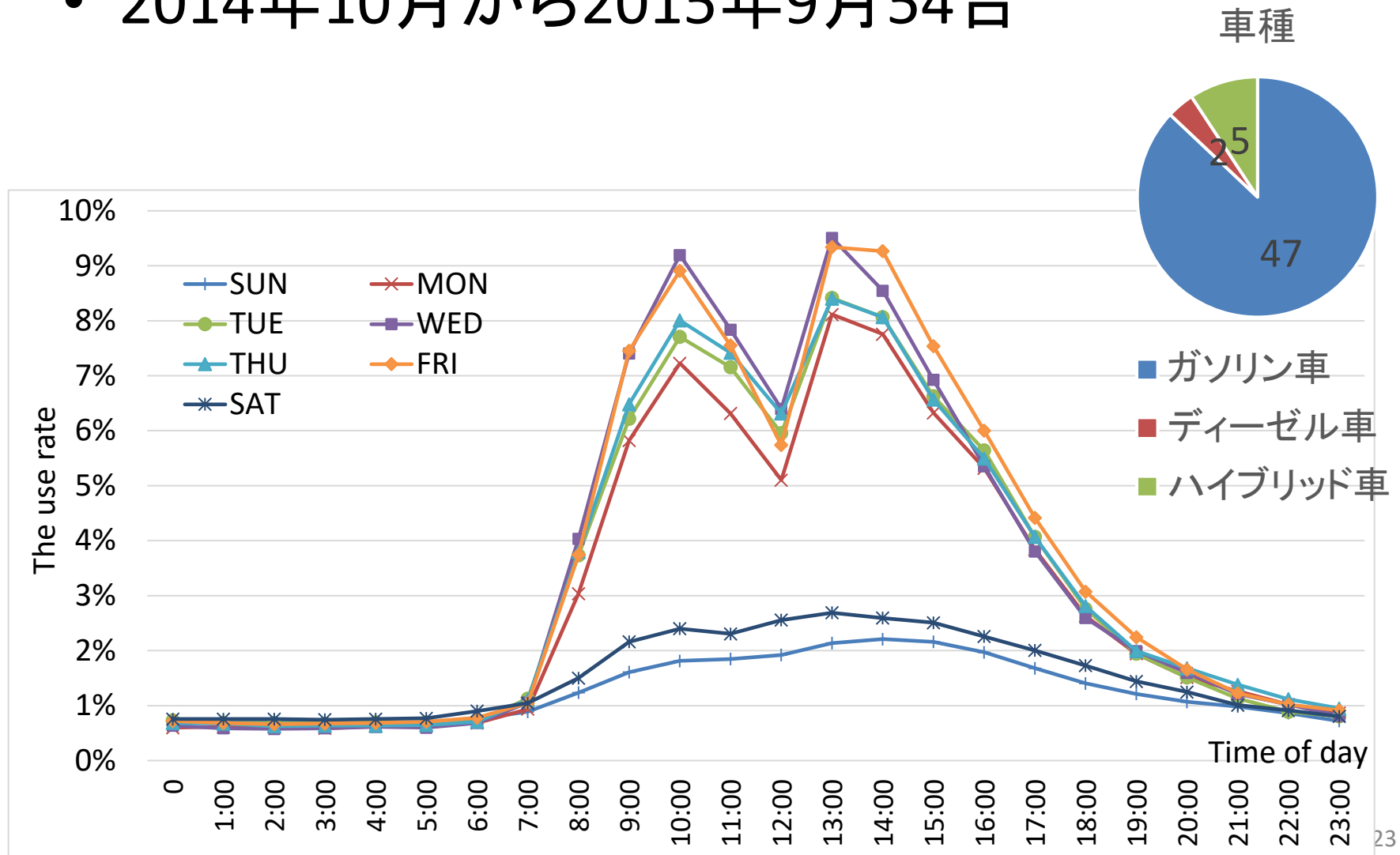
Vehicle to grid (V2G)

- 電気自動車の充電電池は車両から電気を供給することも可能
- 電力需要の平滑化に寄与する可能性

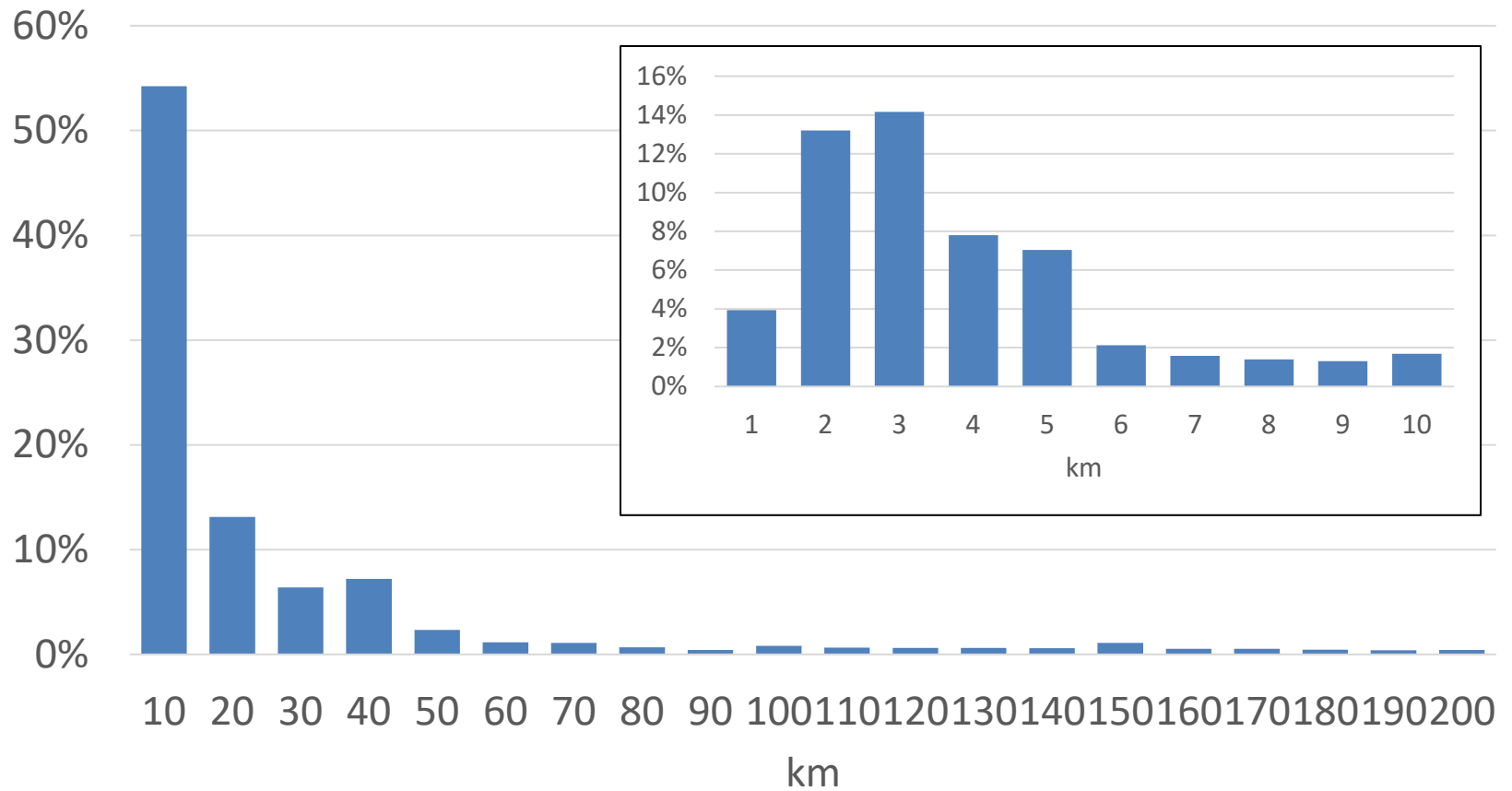


名古屋大学公用車の調査

- 2014年10月から2015年9月54台



走行距離分布



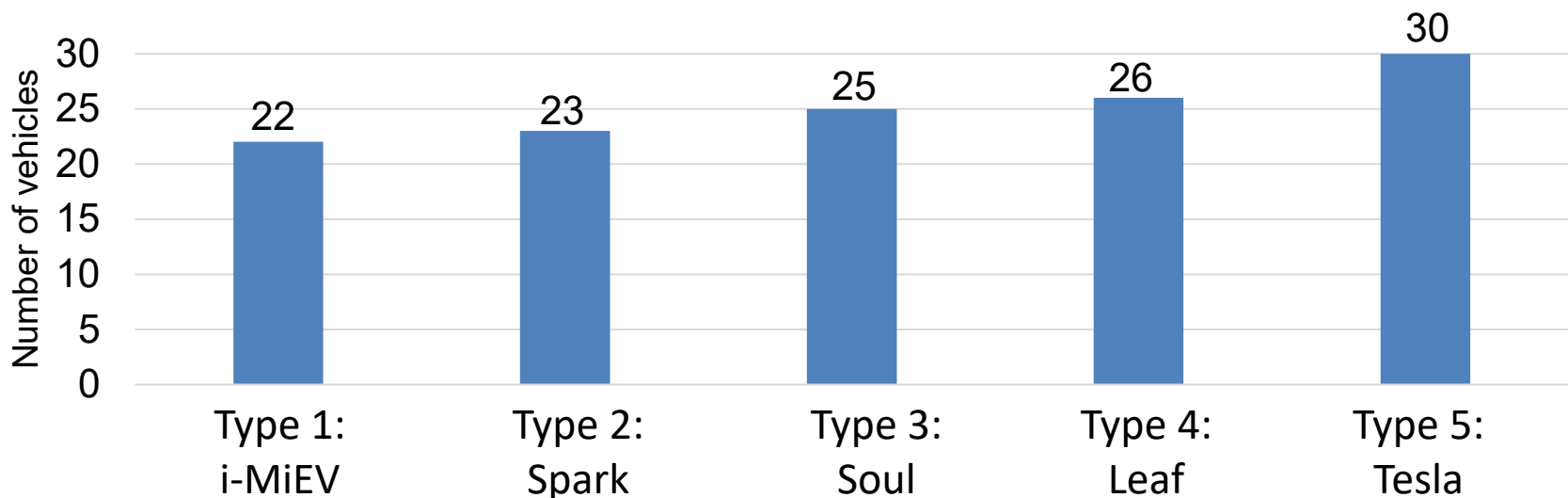
EVへの転換可能性

5 EV タイプ

- Type 1: Mitsubishi i-MiEV (**100km, 16kWh**)
- Type 2: Chevrolet Spark EV (**130km, 21kWh**)
- Type 3: Kia Soul EV (**150km, 27kWh**)
- Type 4: Nissan Leaf (**170km, 30kWh**)
- Type 5: Tesla Model 3 (**320km, 60kWh**)

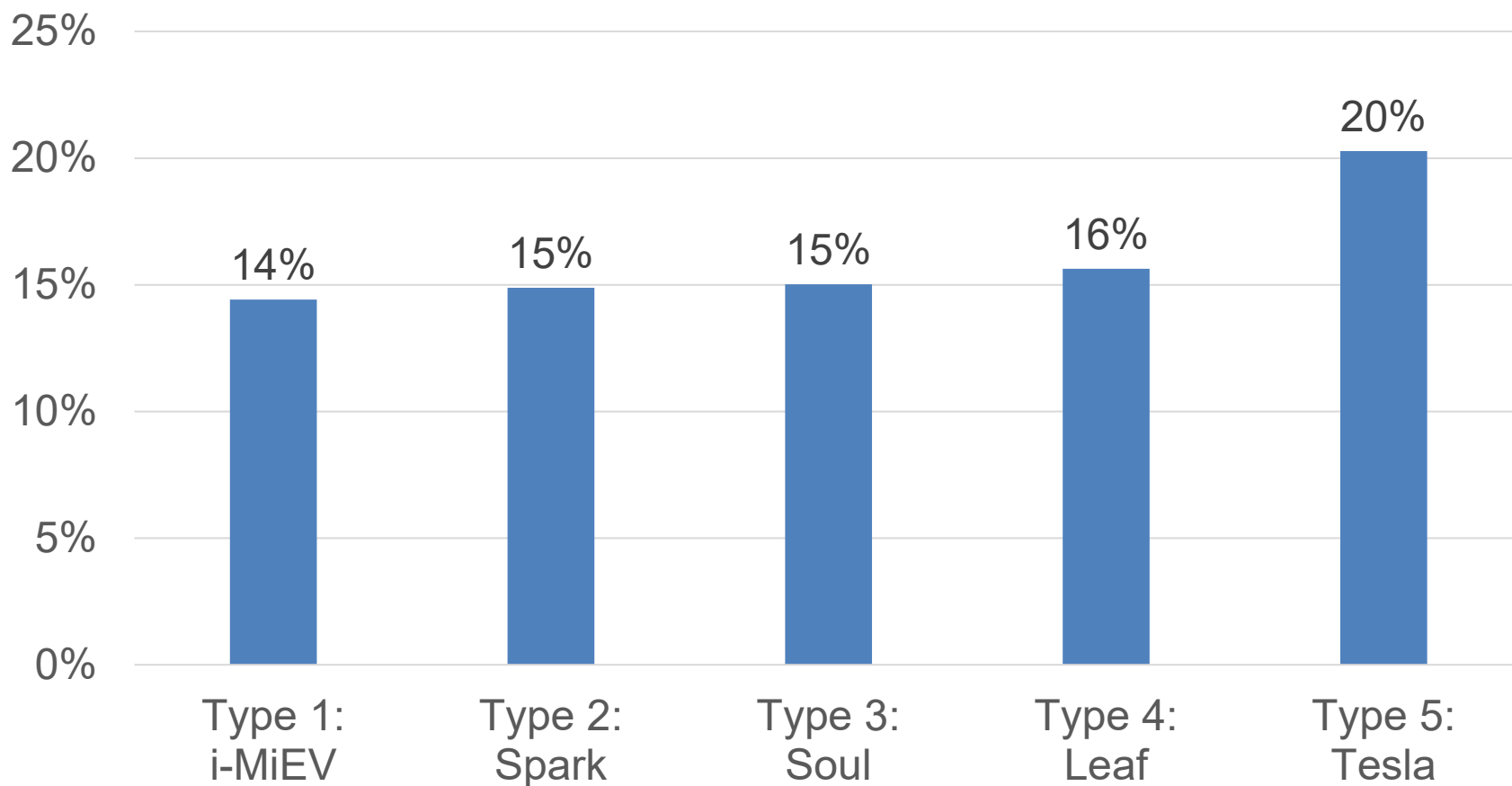


利用総数の95%のトリップの走行距離を満たす場合に転換可能と仮定



二酸化炭素排出削減量

Reduction of CO2 emission



V2Gの可能性



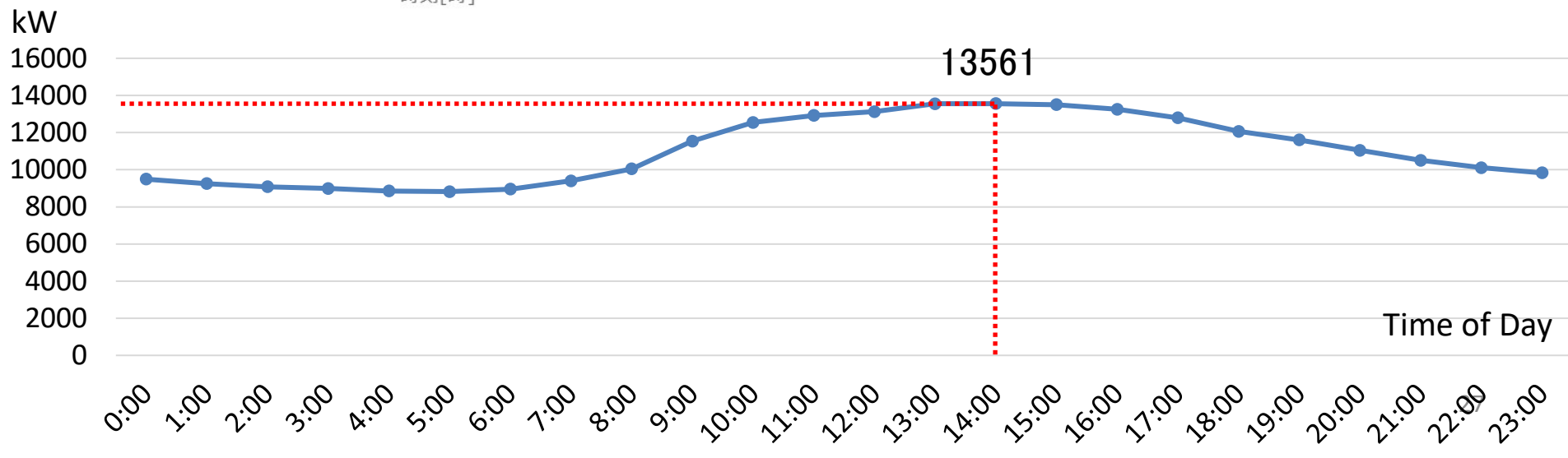
東山地区（30分毎）

お知らせ

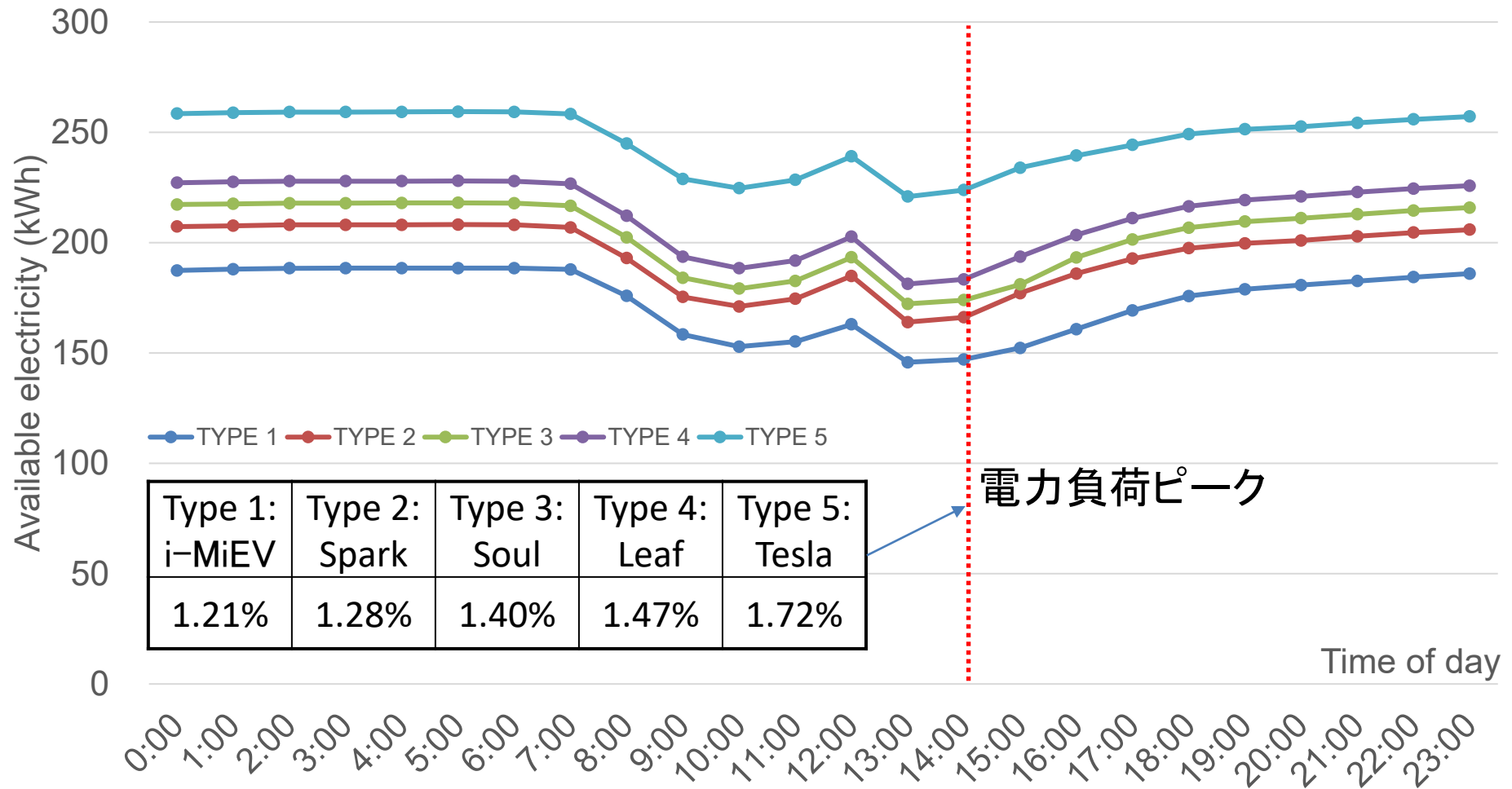
[名古屋大学省エネ・節電実行計画](#)



- 大学は電力会社と最大使用電力によって契約している



V2Gへの利用可能電力



自動運転



レベル0: 運転者が全ての操作を行う

レベル1: 加速・操舵・制動のいずれかをシステムが行う

レベル2: 加速・操舵・制動のうち複数の操作をシステムが行う

レベル3: 加速・操舵・制動を全てシステムが行い、非常時に運転者が対応する

レベル4: 完全自動運転(限定された地域・条件)

レベル5: 完全自動運転(全ての地域・条件)

自動運転車両と一般車両の 混合交通：シミュレーション分析

対象道路：高速道路単路部

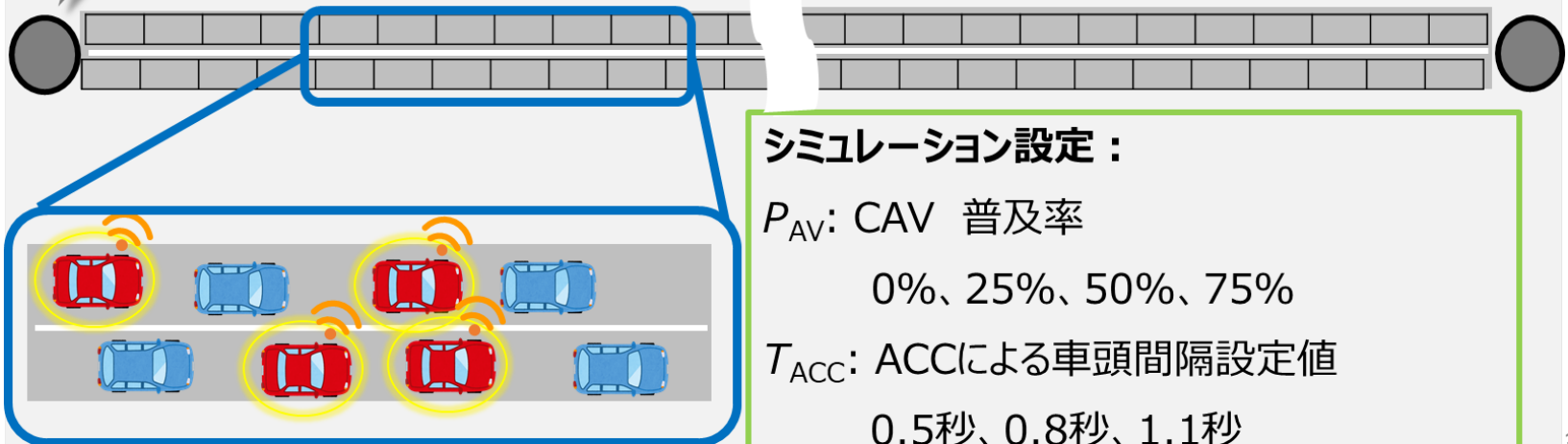
車両：CAV  一般車  が混在

● セントロイド
(起終点)

リンク長10km
片側2車線

セル長0.5m
 $v_{\max}=97.2\text{km/h}$

ランダムに車両を発生



シミュレーション設定：

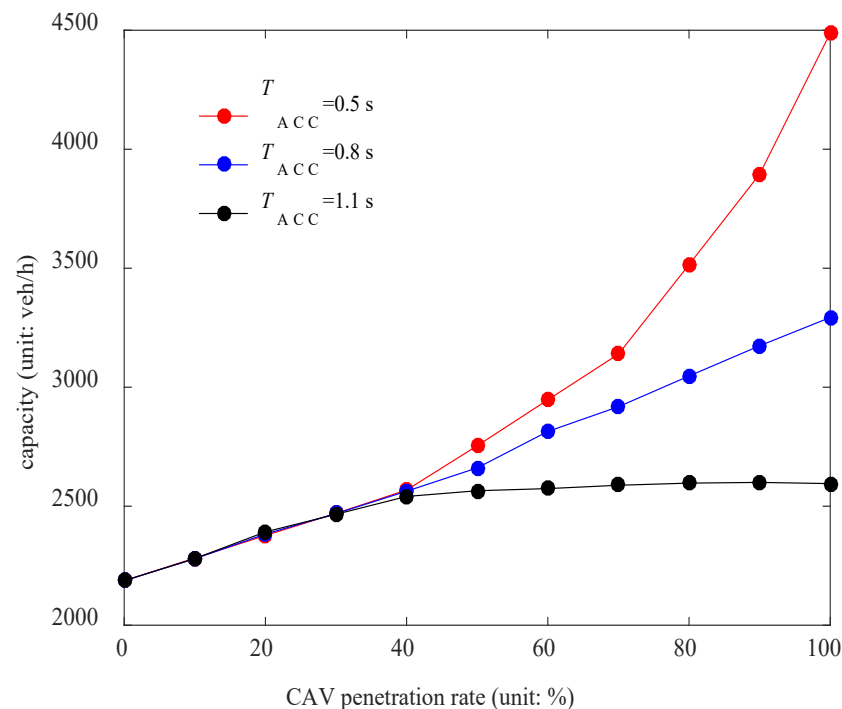
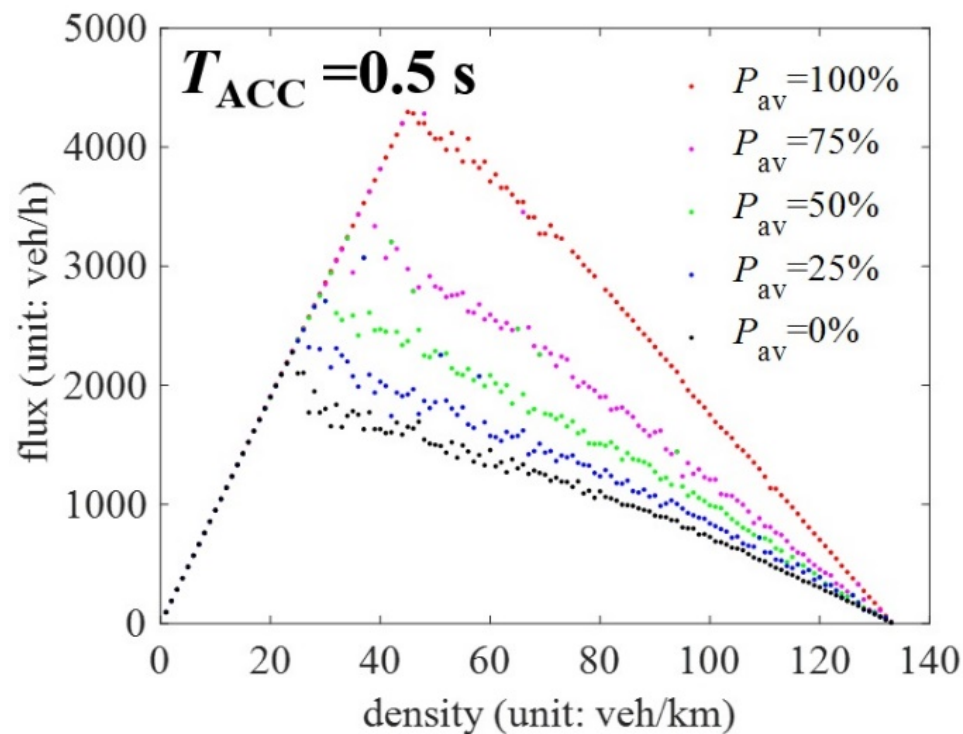
P_{AV} : CAV 普及率

0%、25%、50%、75%

T_{ACC} : ACCによる車頭間隔設定値

0.5秒、0.8秒、1.1秒

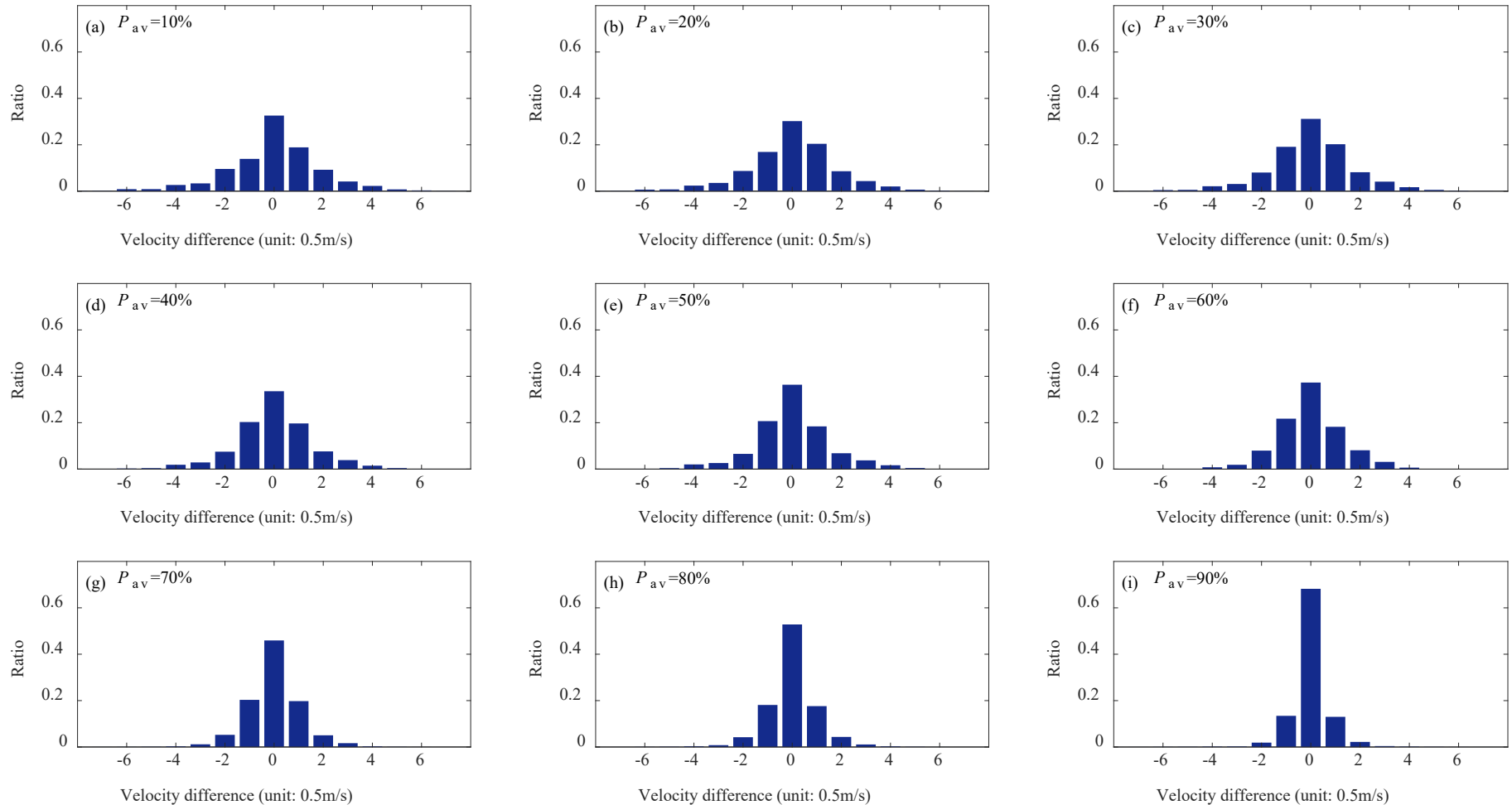
交通容量



- 自動運転車の普及により交通容量は増加
- ACCの設定によって交通容量増加率は低減

速度分布

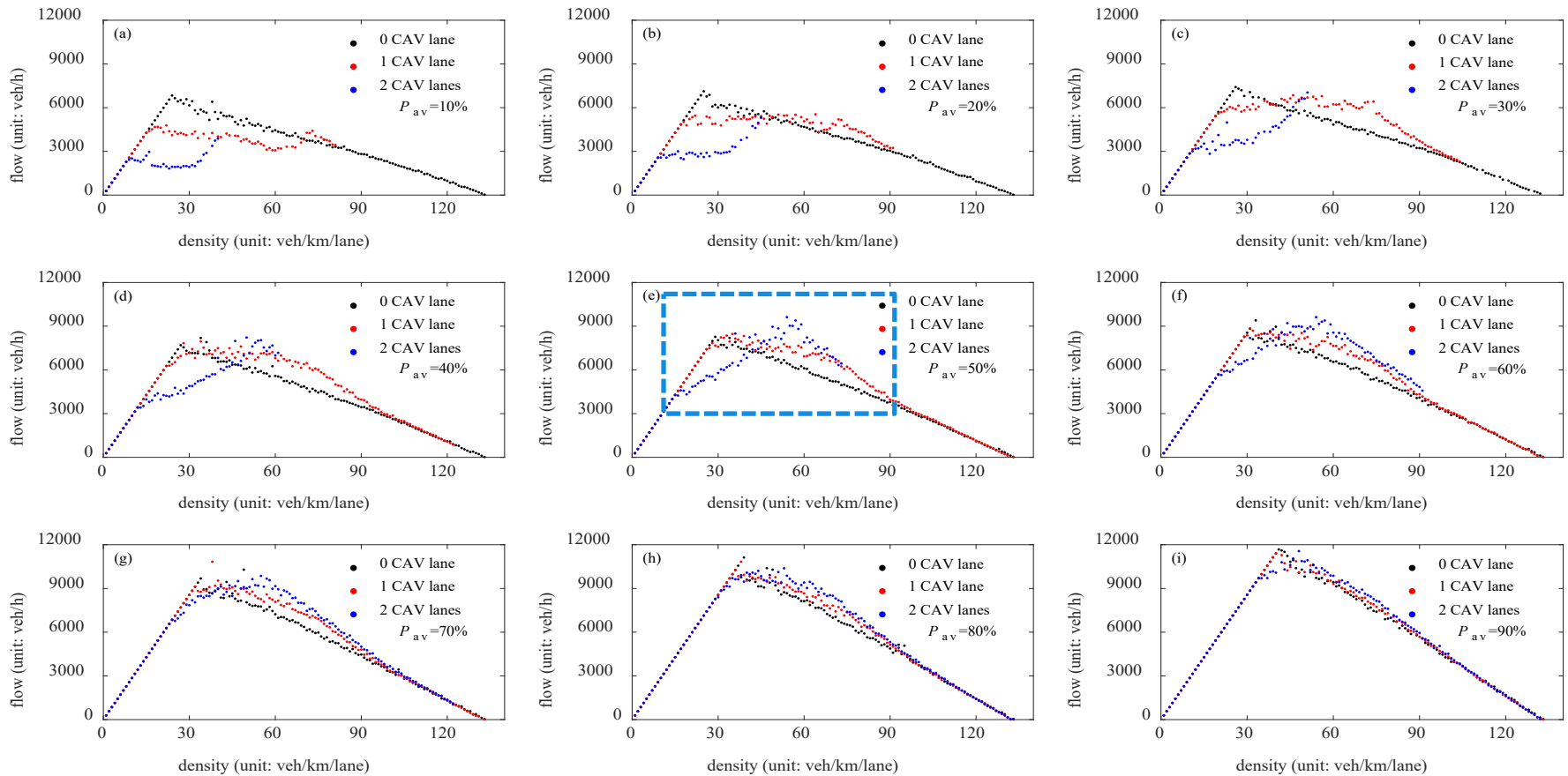
$T_{\text{ACC}} = 0.5 \text{ s}$



- 自動運転車の普及により速度分布は減少

専用車線の導入効果

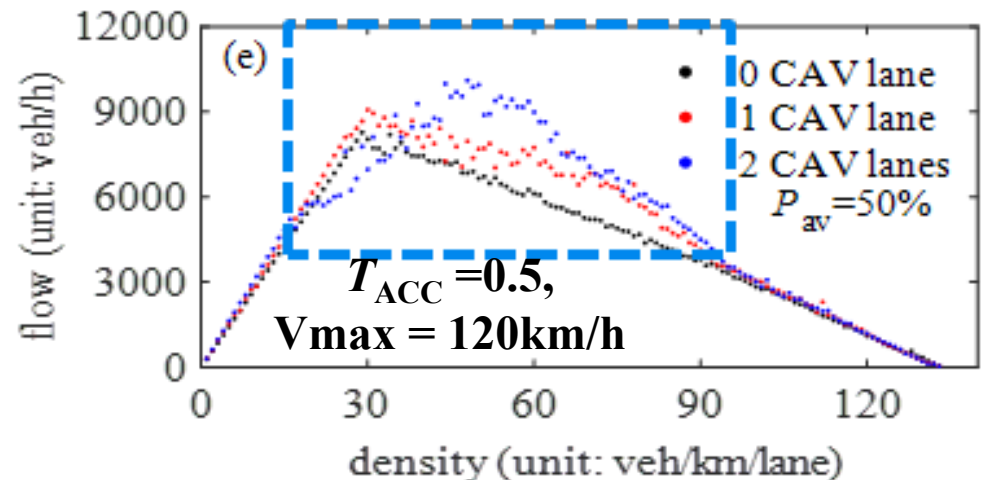
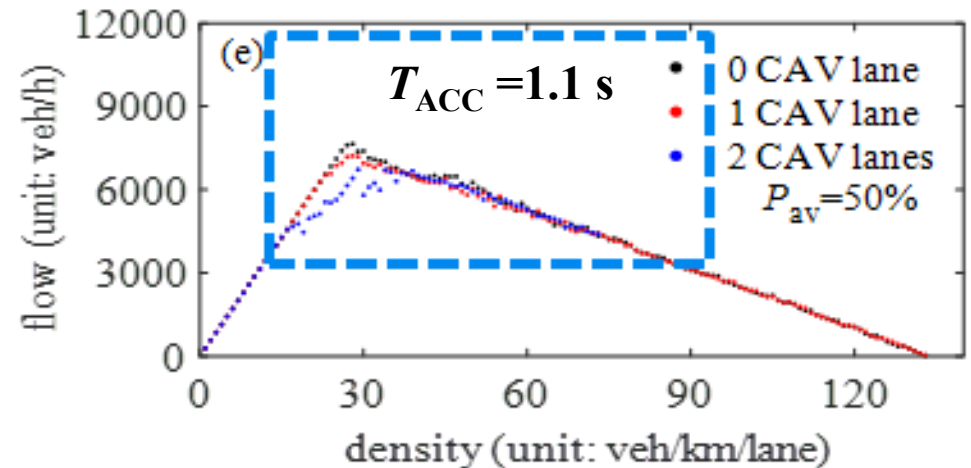
$$T_{\text{ACC}} = 0.5 \text{ s}$$



- 専用車線の効果は一定の普及率の時のみ

専用車線の導入効果(その2)

- ACCの設定によって専用車線の効果減少
- 専用車線の最高速度の規制を緩和すると容量増加



カーシェアリング

- 自動車を複数の会員で共同利用する
会員制のシステム
- ICカード等による無人受渡により、短時間利用が可能（レンタカーとの差異化）
- 利用量に応じた費用負担により、理性的な自動車利用、交通手段選択を促進（自家用車との相違）

シェアリング・エコノミー

- 個人が保有する遊休資産の貸出し仲介サービス
- ICTを活用した情報交換による信頼関係の担保と貸し借りのマッチング, 精算

例: Airbnb(ホテル), Uber, Lyft(タクシー), akipa(駐車場)

経済的要因と
情報リテラシー

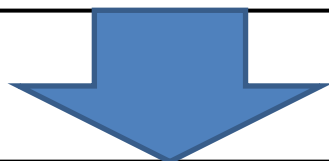


今後の急速な
拡大可能性

カーシェアリングの効果

利用者の行動変化

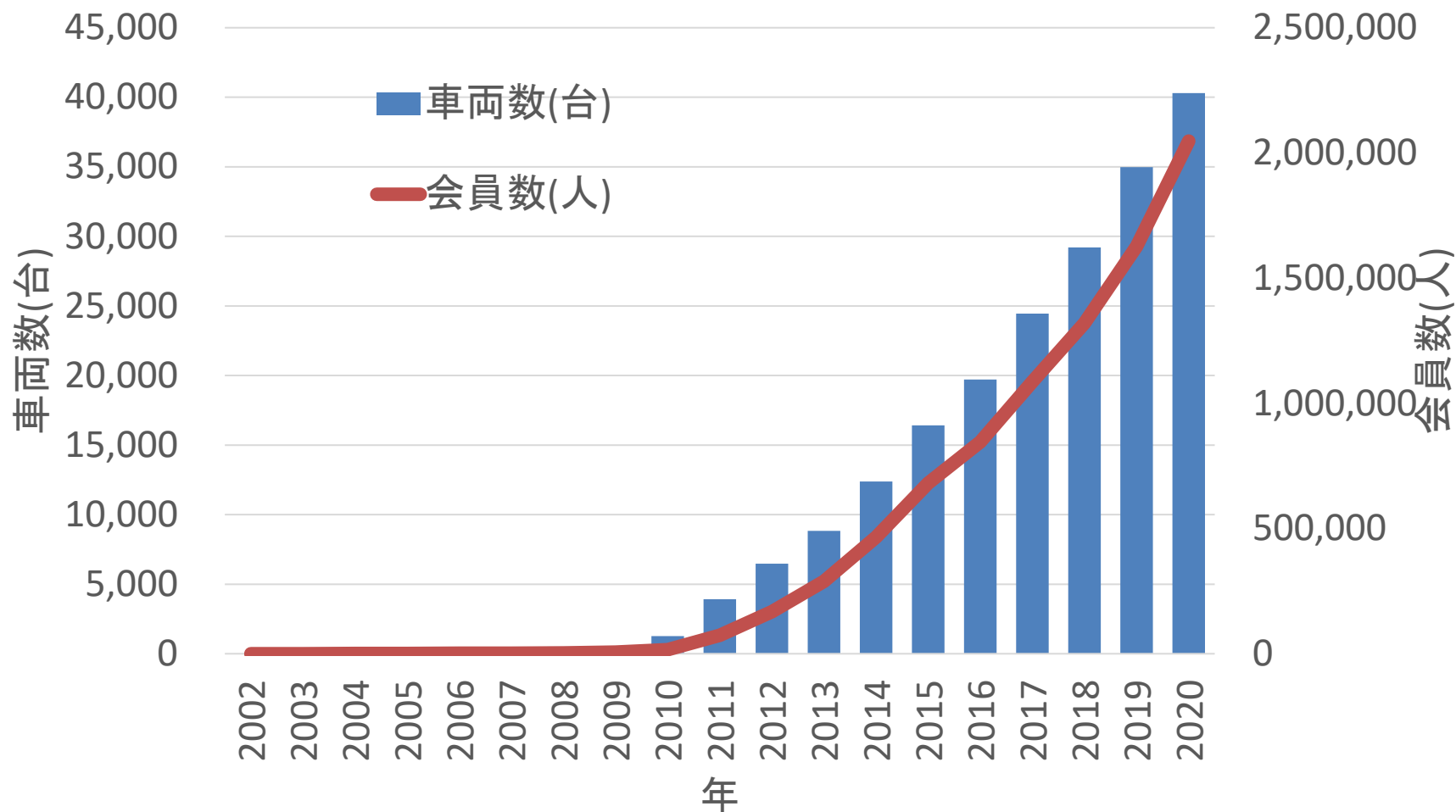
- 自動車保有台数の減少
- 自動車利用頻度・距離の減少
- 利用車種の変更



環境負荷削減効果

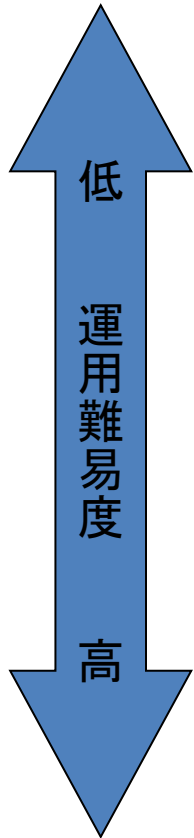
- 車両数の減少*
- 渋滞緩和, 駐車場削減
- 排出原単位の減少

日本のカーシェアリングの規模の推移



出典：交通エコロジー・モビリティ財団

カーシェアリングの分類



- シングルデポ
 - 車両は借り出した駐車場に返却（ラウンドトリップ）
- マルチデポ
 - 借り出した以外の駐車場にも返却可能（片道利用，ワンウェイ）
 - より柔軟・効率的な利用が可能

カーシェアリングの効果分析

- 対象：りんくるカーシェアリング



りんくるは、こんなクルマです。

- － 愛知県名古屋市都心部
- － 2004年10月事業開始
- － 7駐車場12台(当時)
- － 軽自動車(MRワゴン)
- － ICカード無人受渡
- － ラウンドトリップのみ
- － 調査実施：2005年

SUZUKI・MRワゴン (カーシェアリング専用車)

エアバックは運転席・助手席に標準装備。
コンパクトなのに、室内は広々、
ベンチシートタイプ。
小回りのきく、乗りやすいクルマです。
低排出ガス&燃費基準+5%達成車で、
環境に優しいクルマを選びました。



キーはグローブボックスに



通信モニター

軽衝撃吸収ボディ
ブレーキアシスト
チャイルドシート固定機構
など安心装備。



シートアレンジができるので
大きな買い物時にも大丈夫。

カードリーダー
会員カードをかざし、個人認証と
ドアのロック・アンロックを行います。



チャイルドシートもご用意。(※)
お子さま連れでも安心して
ご利用いただけます。
(※ステーションにより異なります)



自動車保有台数の変化

平均保有台数

	会員	非会員	差
1年前	0.6	1.0	0.5**
現在	0.3	1.1	0.8**
変化	-0.3**	+0.0	

- 非会員の保有台数は名古屋市平均(1.1台)と一致
- 入会する人は元々保有台数が少ない

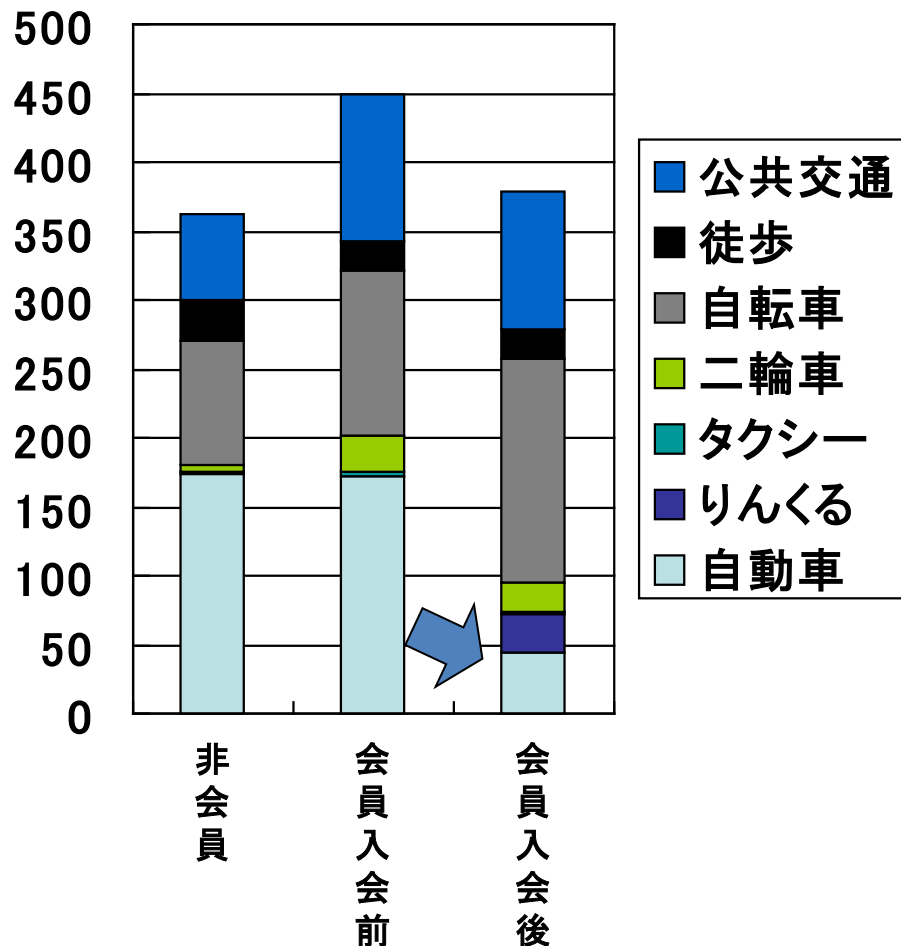
1年間の更新行動

	会員	非会員
1台増車	0	6
変化なし	19	170
1台減車	8	5
計	27	181

- 入会によって保有台数は減少する
- 入会して変化のない会員のうち7世帯は購入を見送っている

交通行動の変化

平均トリップ頻度(回/人/年)



- 会員は非会員より総トリップ頻度が多い
- 入会前の自動車利用頻度は非会員と同程度
- 入会によって、自動車利用頻度が減少し、自転車利用頻度が増加

欧州での新たなモデル

- ・フランス・パリ市:**autolib'**
- ・オランダ・アムステルダム市:**ca2go**

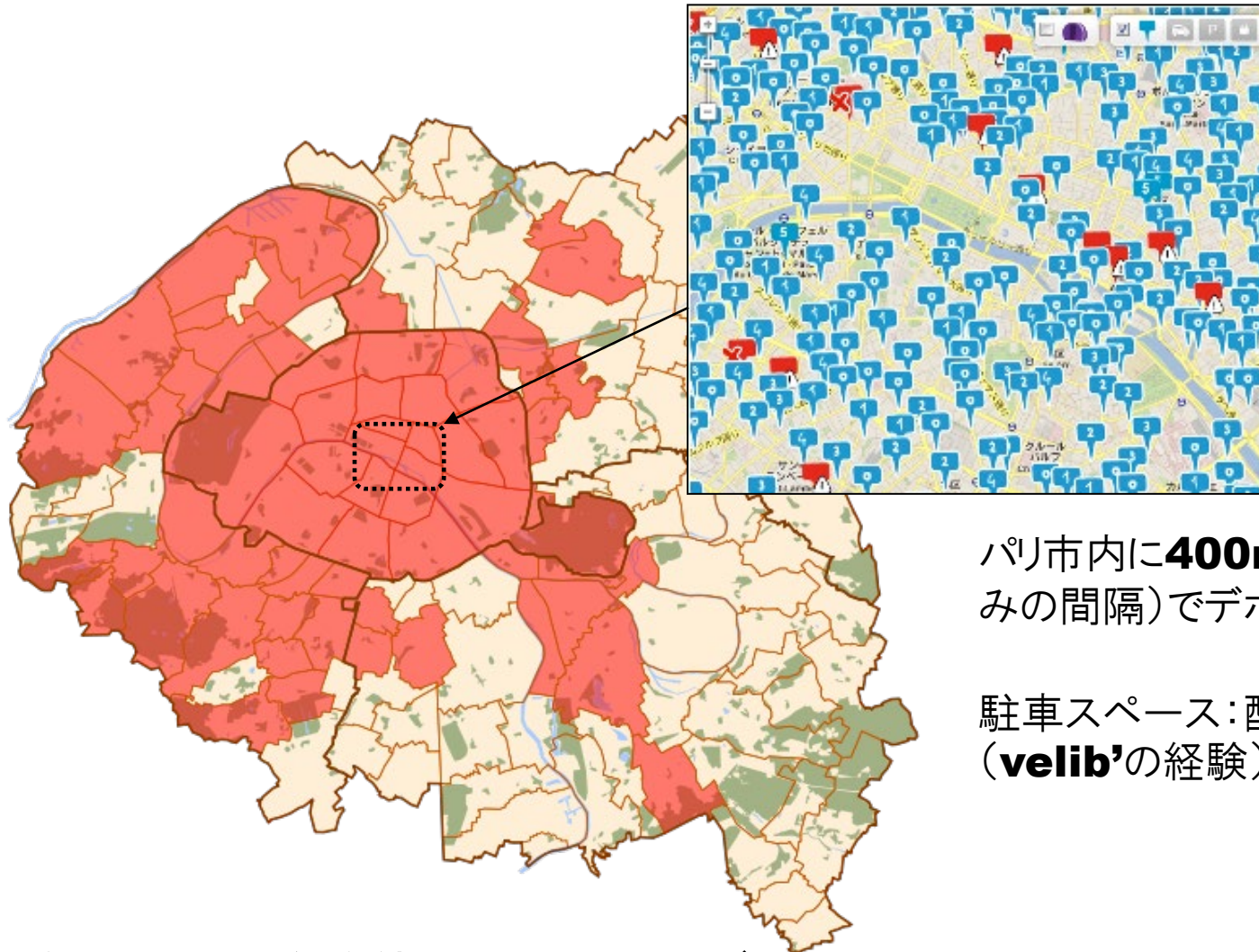
■システムの特徴

- ①電気自動車の活用(カーシェアとの高い親和性)
- ②「道路空間」を活用した「片道利用型」
- ③**ICT**を有効活用したサービス
- ④官民連携のパートナーシップ

autolib'とデポ・kiosk



autolib'のサービスエリア



パリ市内に**400m**ピッチ(地下鉄なみの間隔)でデポを設置

駐車スペース: 配置台数 = 2:1
(**velib'**の経験)

パリ市と周辺自治体のautolib'サービスエリア

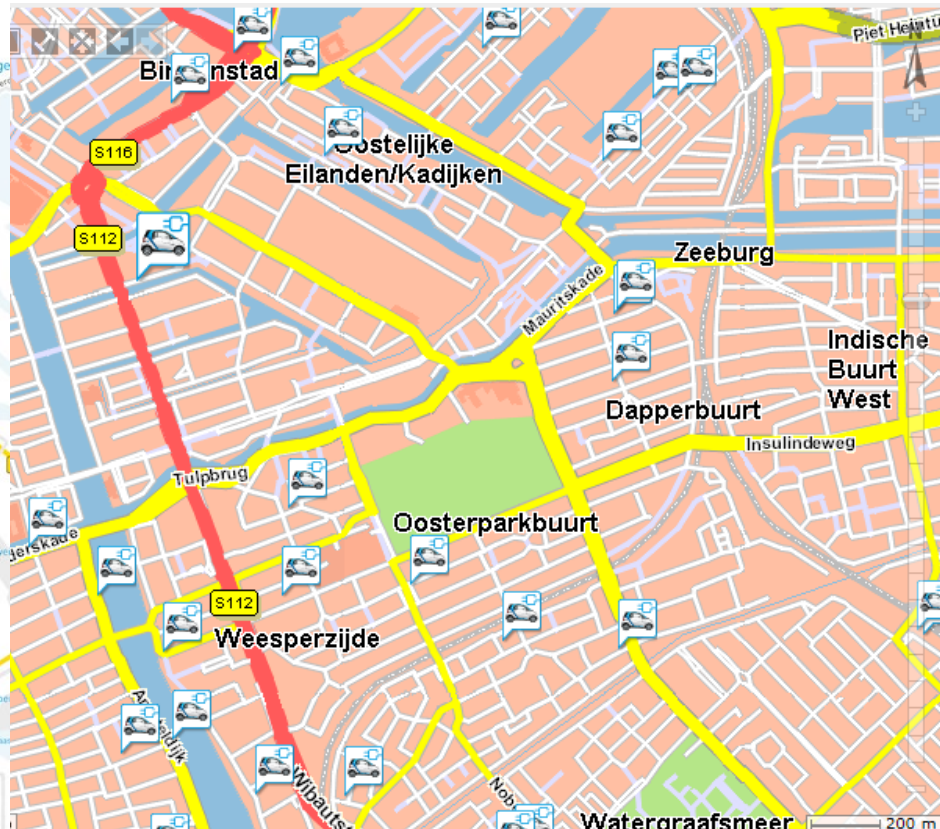
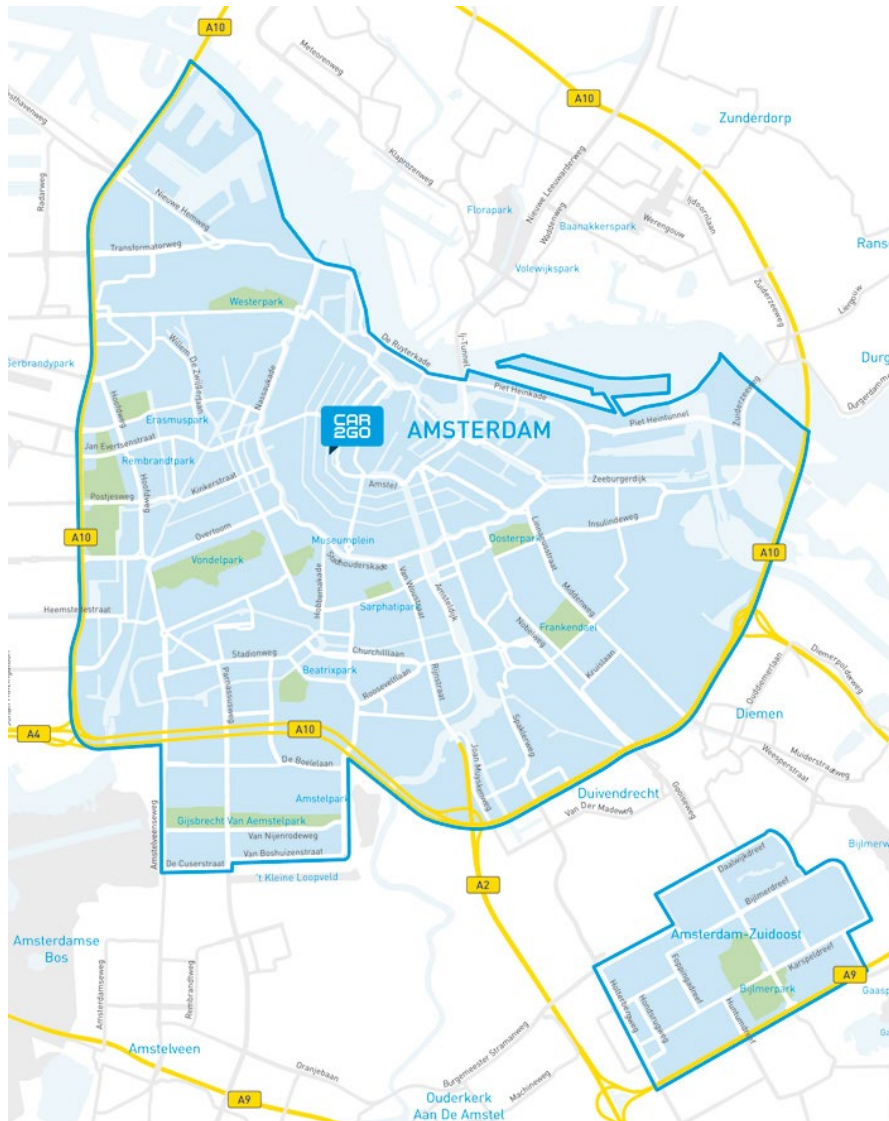
car2go



car2goのサービスエリア

・フリーフローティング
(マルチデポの発展形)

車の所在位置は、リアルタイムで
www/iPhone・apps等で確認可能

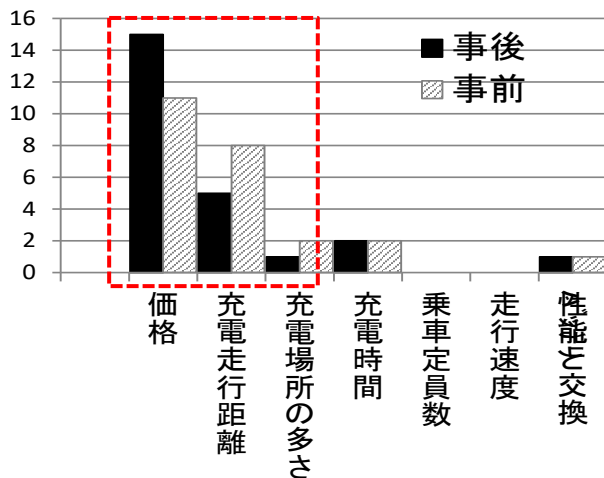
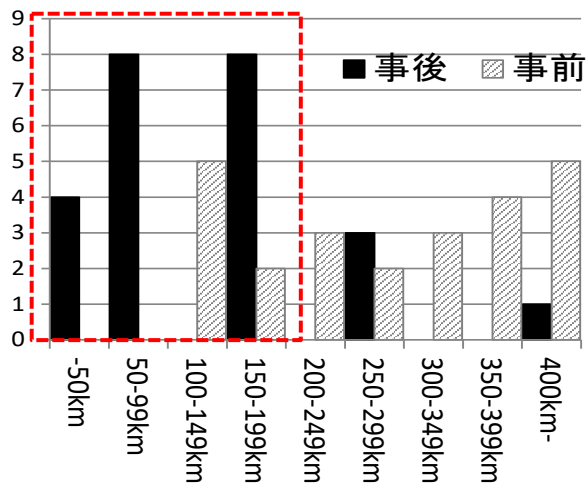


autolib'利用による意識変化

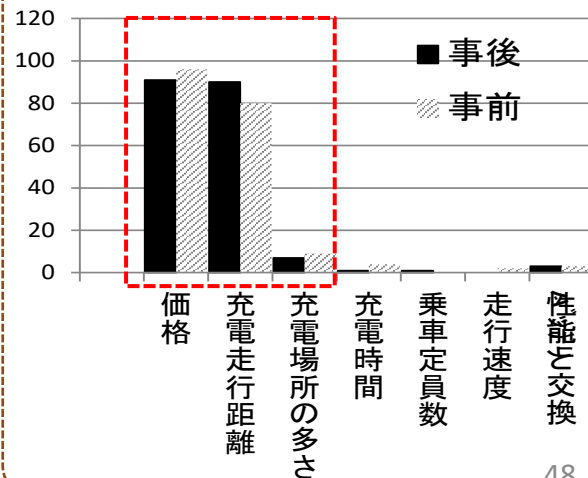
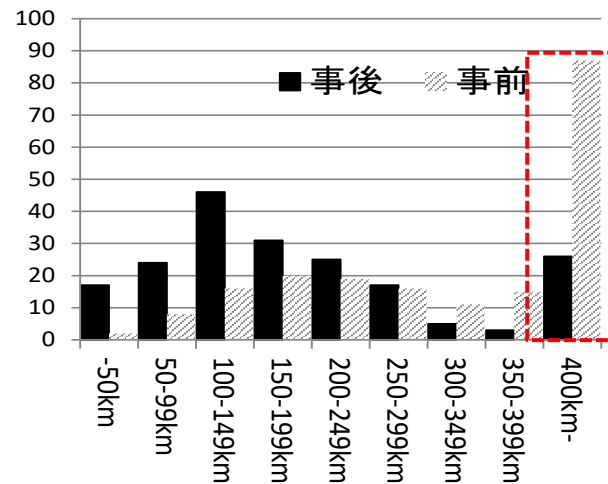
EVに求める航続距離
が短くなる
概ね20-30kmがパ
リ市の実態

EV普及要件の認識も
変化
航続距離や充電場所
の重要度が低下

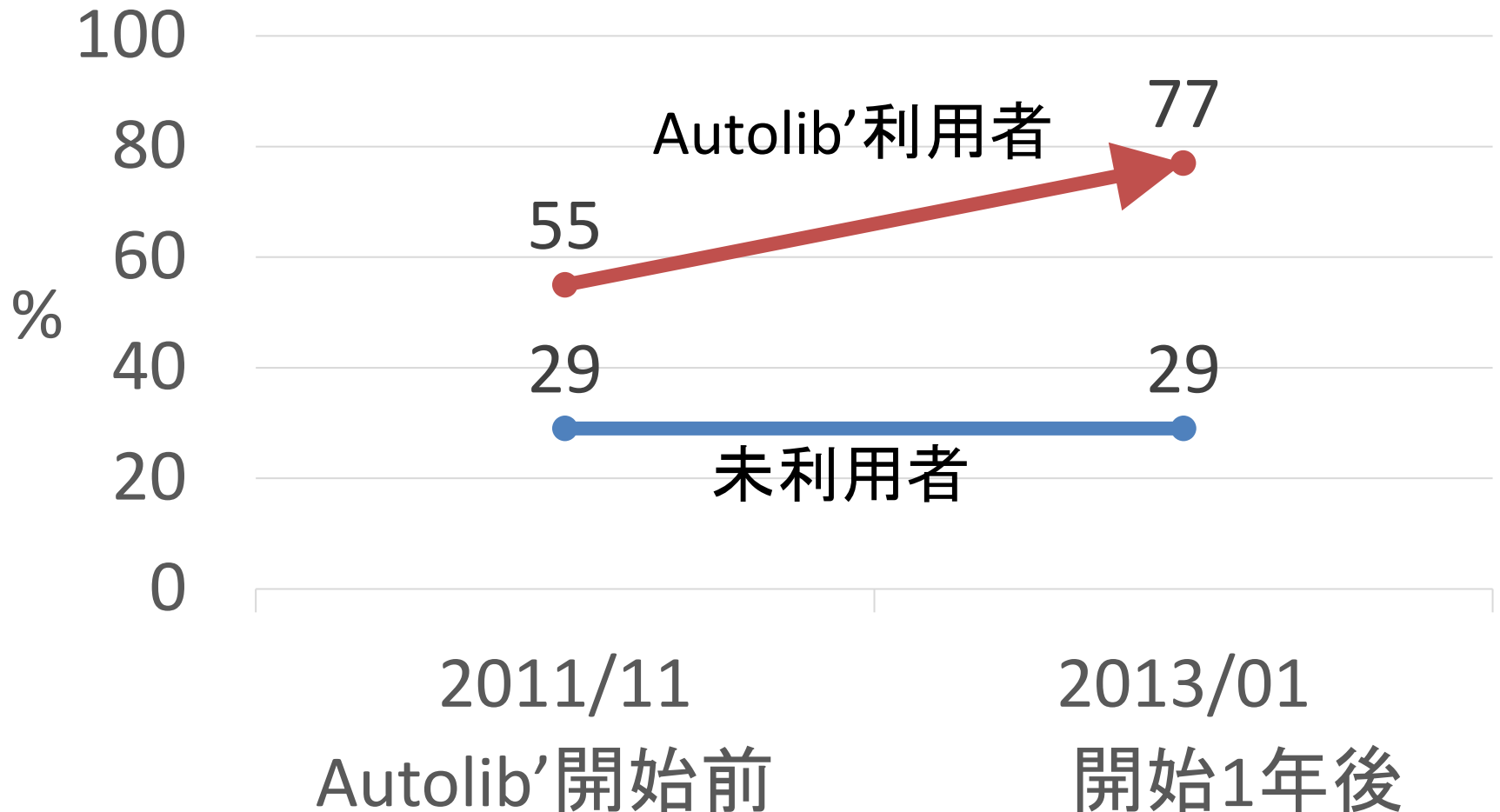
autolib'利用経験者



未利用者



電気自動車購入意向の変化



我が国での事例

チャイモビ

- 2013年～2015年9月
- 横浜市沿岸部
- 超小型電気自動車70台
- 58ステーション
- 片道利用可
- 駐車スペース110台分
- 充電設備は1か所のみ
 - 充電インフラ費用の削減
 - 車庫法への対応



採算性よりも、
超小型電動自動車の普及
将来のエントリーカー？

車庫法

自動車の保有者は、道路上の場所以外の場所において、当該自動車の保管場所（自動車の使用の本拠の位置との間の距離その他の事項について政令で定める要件を備えるものに限る。第十一条第一項を除き、以下同じ。）を確保しなければならない。

- － 道路上の場所以外：路上駐車を含むフリーフローティングは不可
- － 自動車の使用の本拠の位置との間の距離：2km以下

電動アシスト付き自転車の共同利用



- 名古屋大学キャンパス
- 2012年～2017年
- 電動アシスト付
自転車約30台



電動アシスト付き自転車デポ



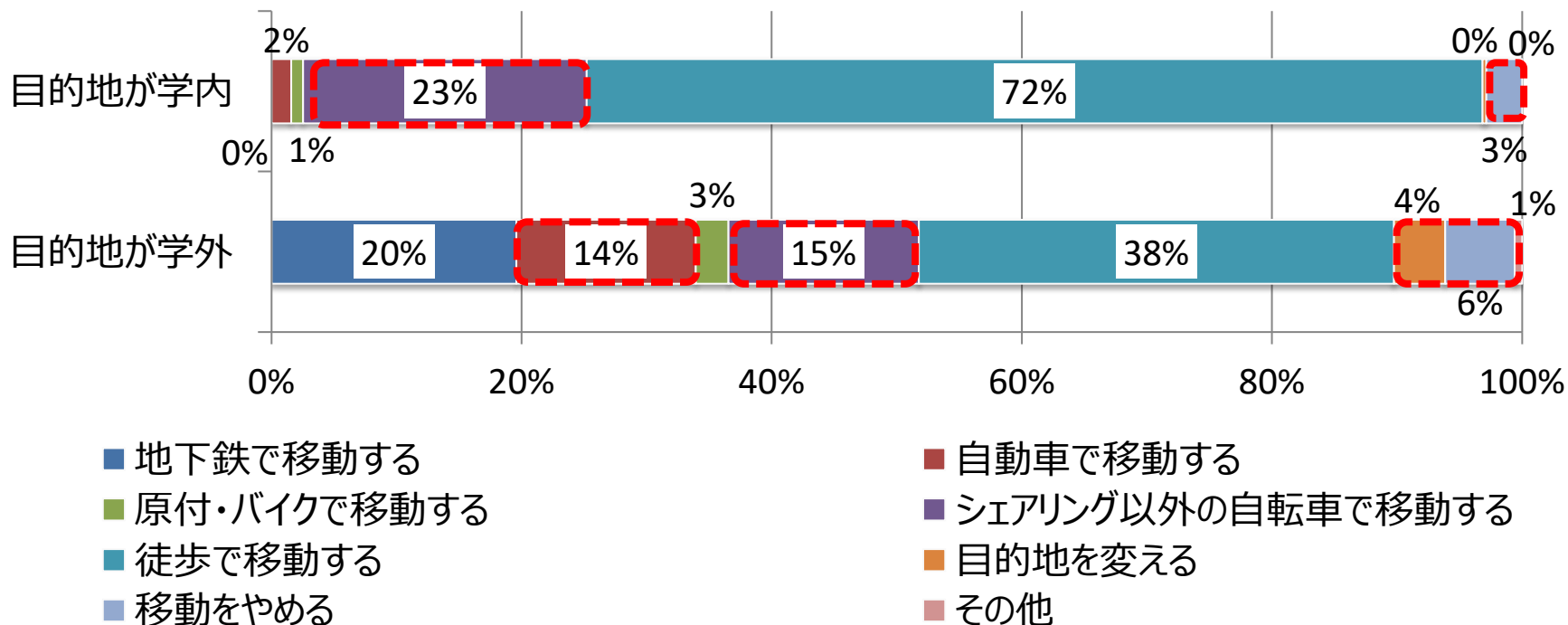
- 屋根で太陽光発電し，バッテリー充電に活用⁵³

電動アシスト付き自転車の配置



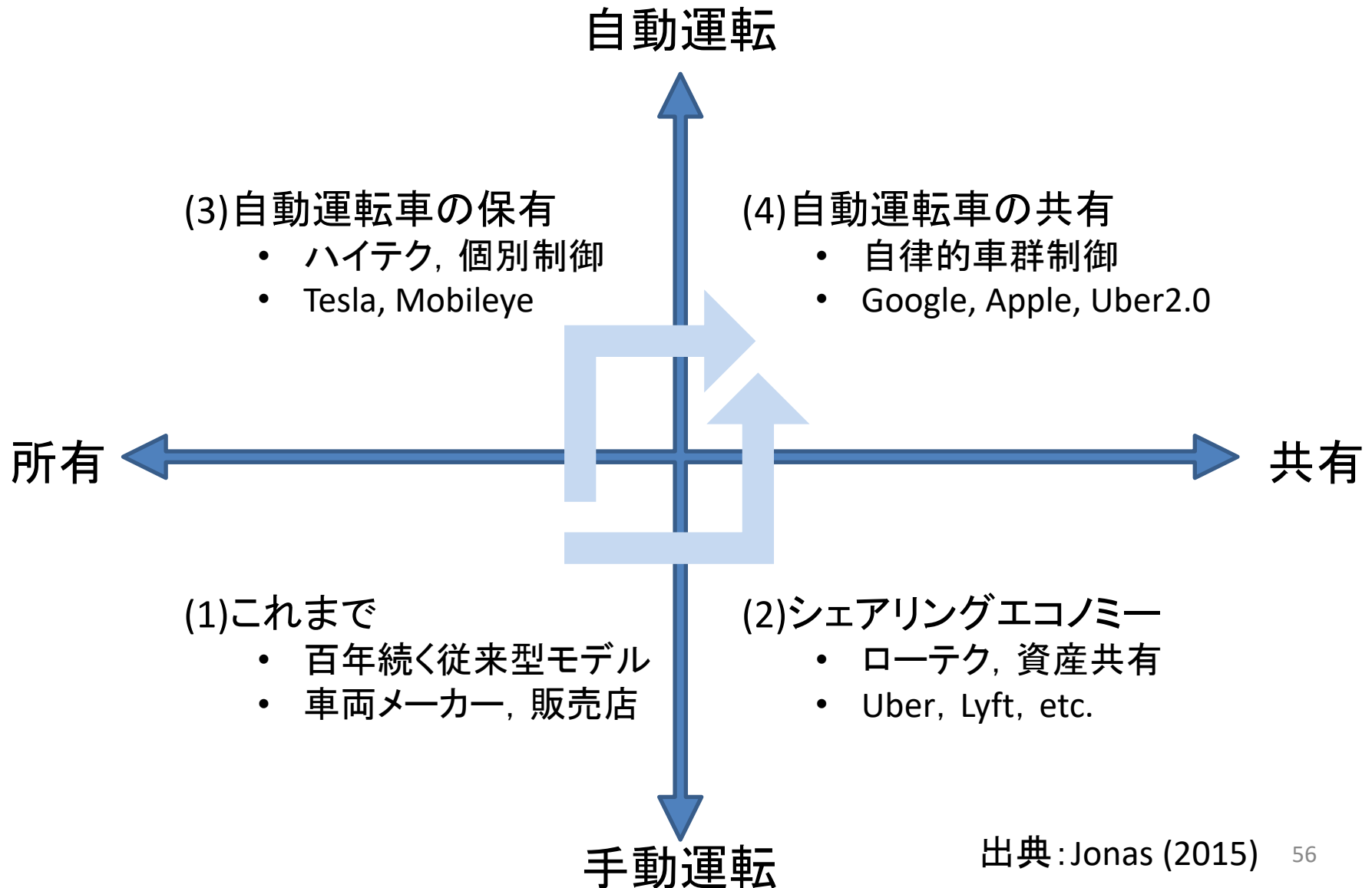
電動アシスト付き自転車の利用状況

シェアリングがなかった場合の代替移動手段



- 自転車からシェアリングへの転換がみられる
- 学外が目的地の場合は自動車からの転換がみられる
- シェアリング導入による誘発交通が存在する

自動運転技術とシェアカー

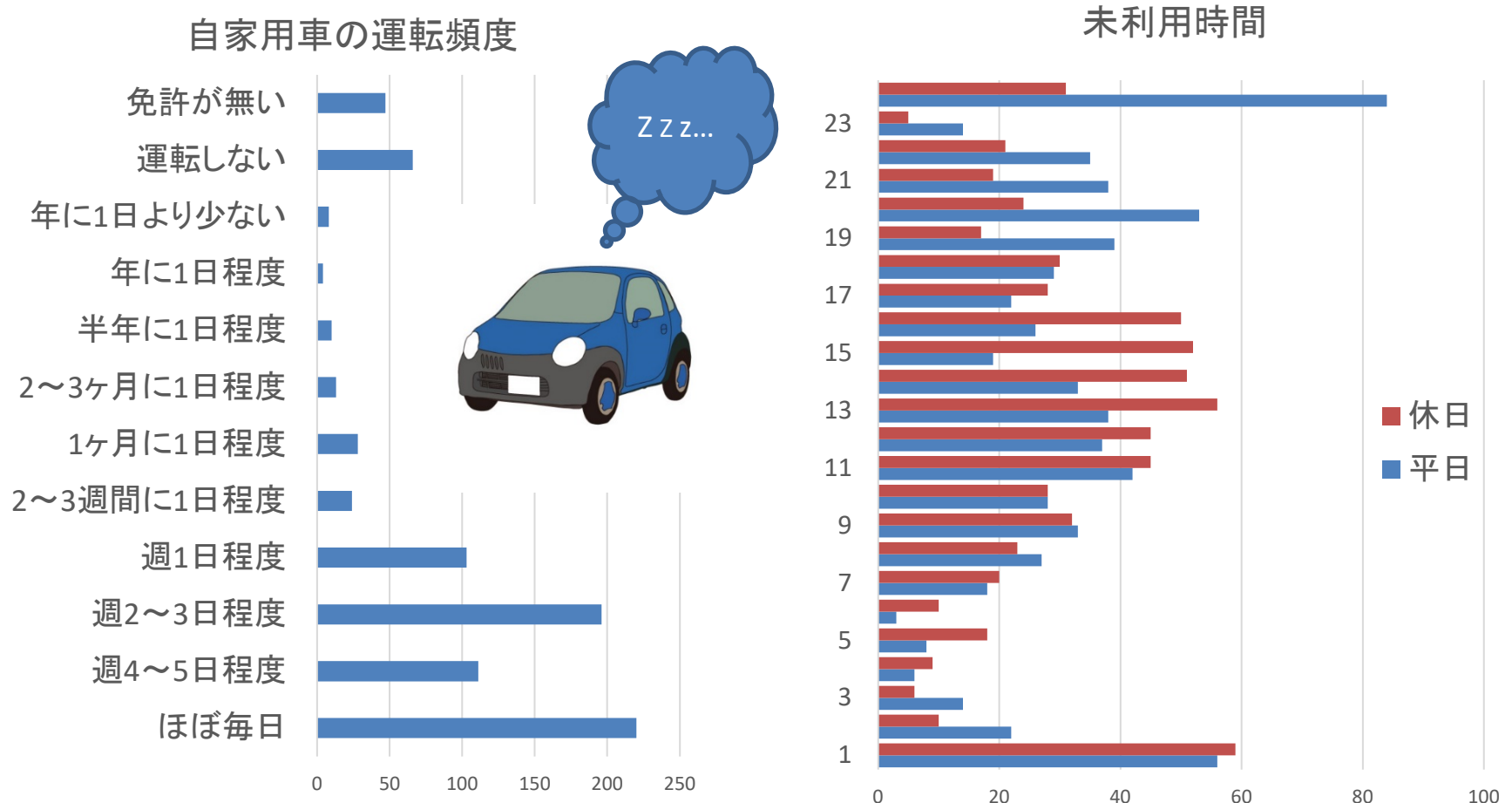


自動運転車シェアリングに関する 意識調査

- 調査方法：インターネット調査
- 実施期間：2015年9月25日～30日
- 対象地域：名古屋市名東区，天白区，緑区，
守山区（住宅地域）
- サンプル数：1036

質問項目	内容
個人属性	性別，年齢，職業(12区分)
自家用車の利用状況	運転頻度，未利用時間，主たる移動距離
自動運転車シェアリングについて	興味・関心度(5区分)，理由(自由記述)，将来(15年後と仮定)の自動車利用形態，貸し出しによる収入

現状の自家用車利用頻度



- 平日の平均未利用時間14.2時間(休日12.7時間)
- 平日一日中利用しない世帯は10%(休日3.7%)

自動運転時代の自家用車保有と カーシェア

現在

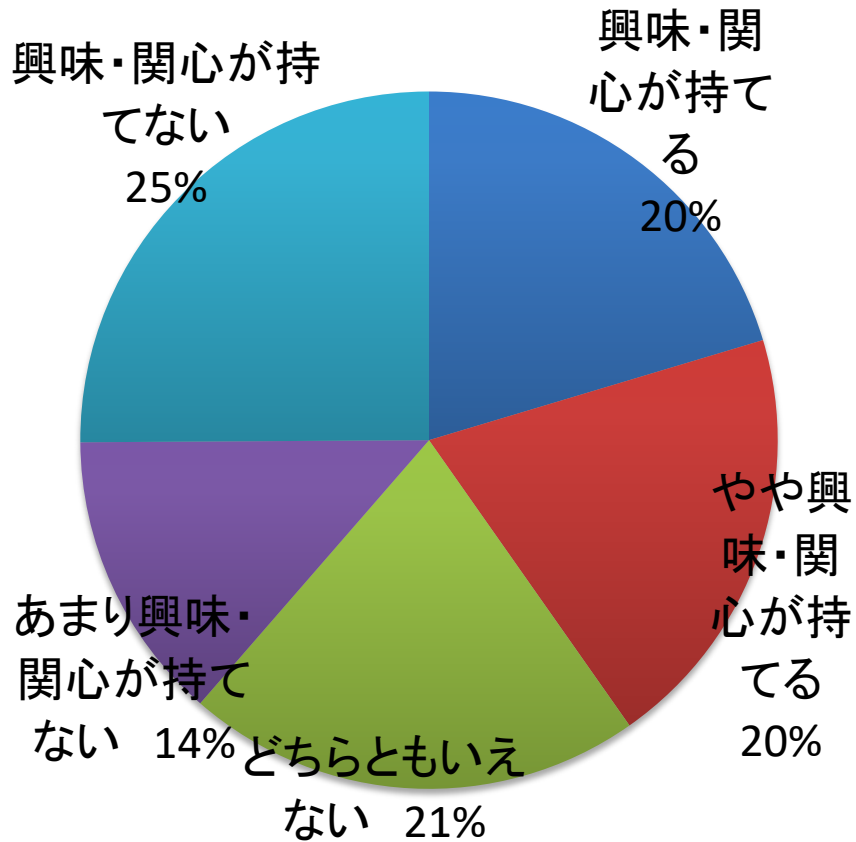
ウーバー：
自家用車を
用いた
一般ドライバー



ありえる将来

自家用
自動運転車
共同利用：
自家用車の
非利用時
貸し出し

自動運転車やシェアカーに対する 興味 (N=1036)



◆興味を持つ理由

1. 便利
2. 安全
3. 経済的

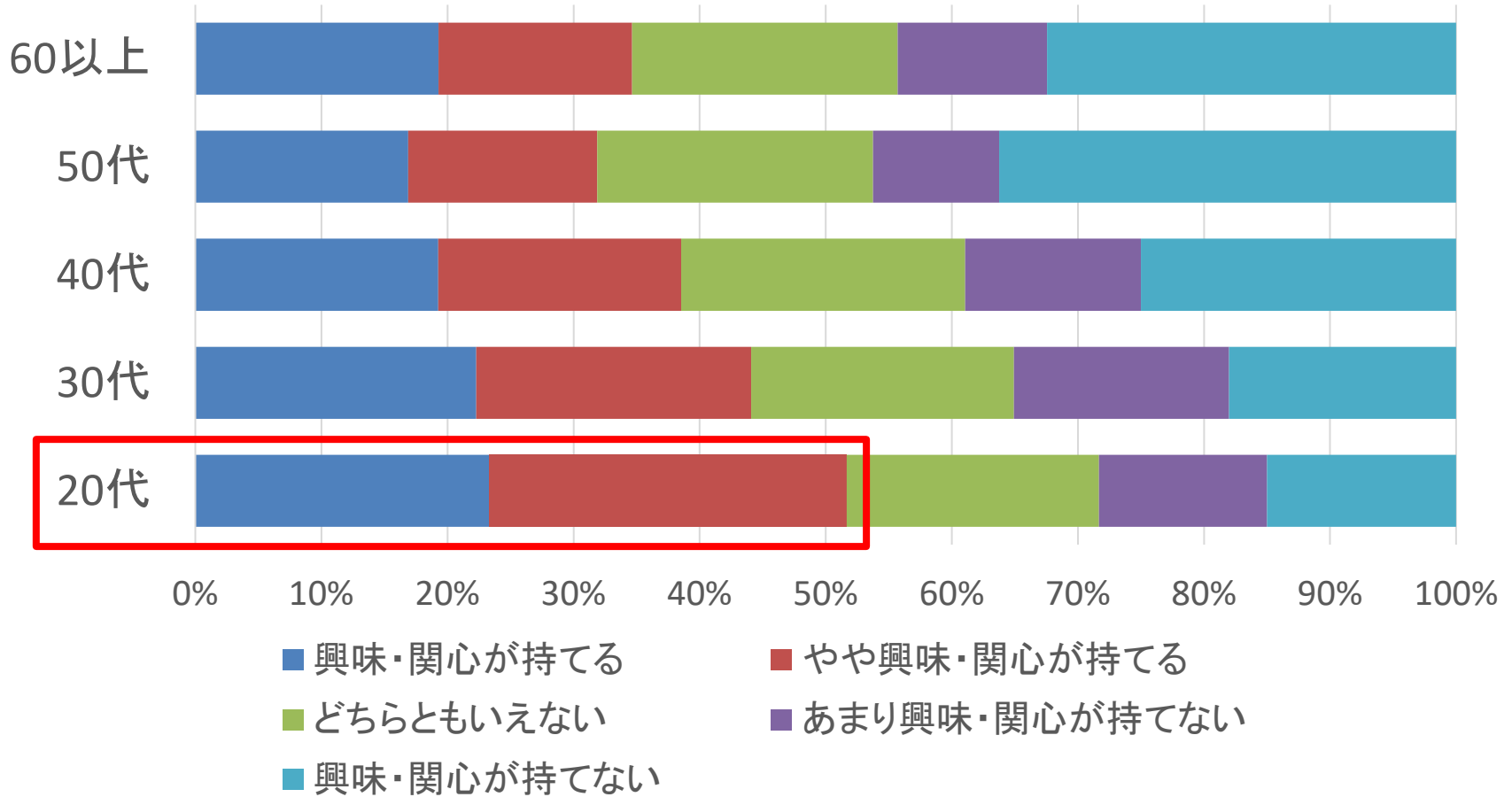
◆どちらとも言えない理由

1. 想像できない、理解不能
2. 現実味が無い
3. 車をシェアしたくない

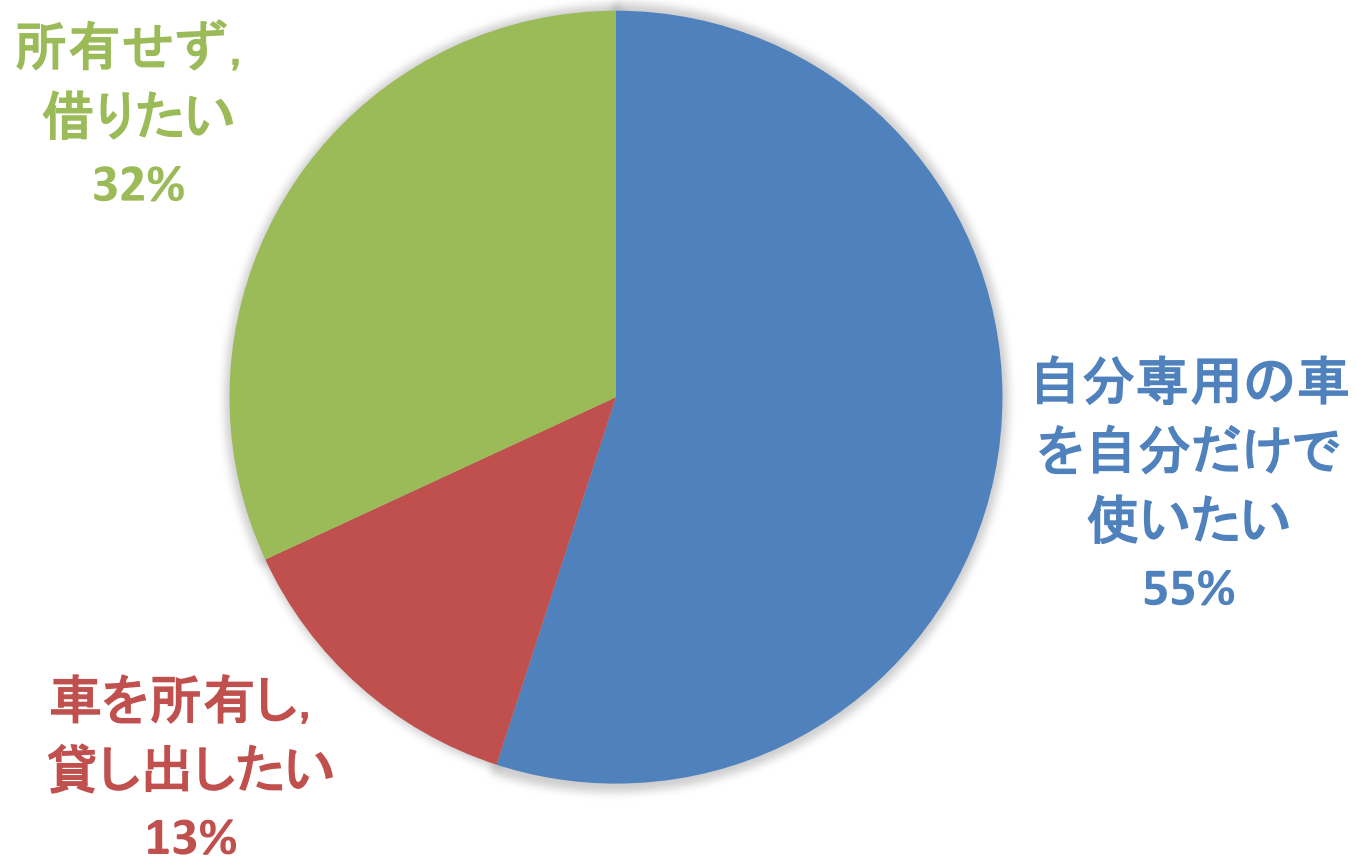
◆興味を持たない理由

1. 貸し出したくない
2. 現実味が無い
3. 安全性、相手とのトラブルの不安

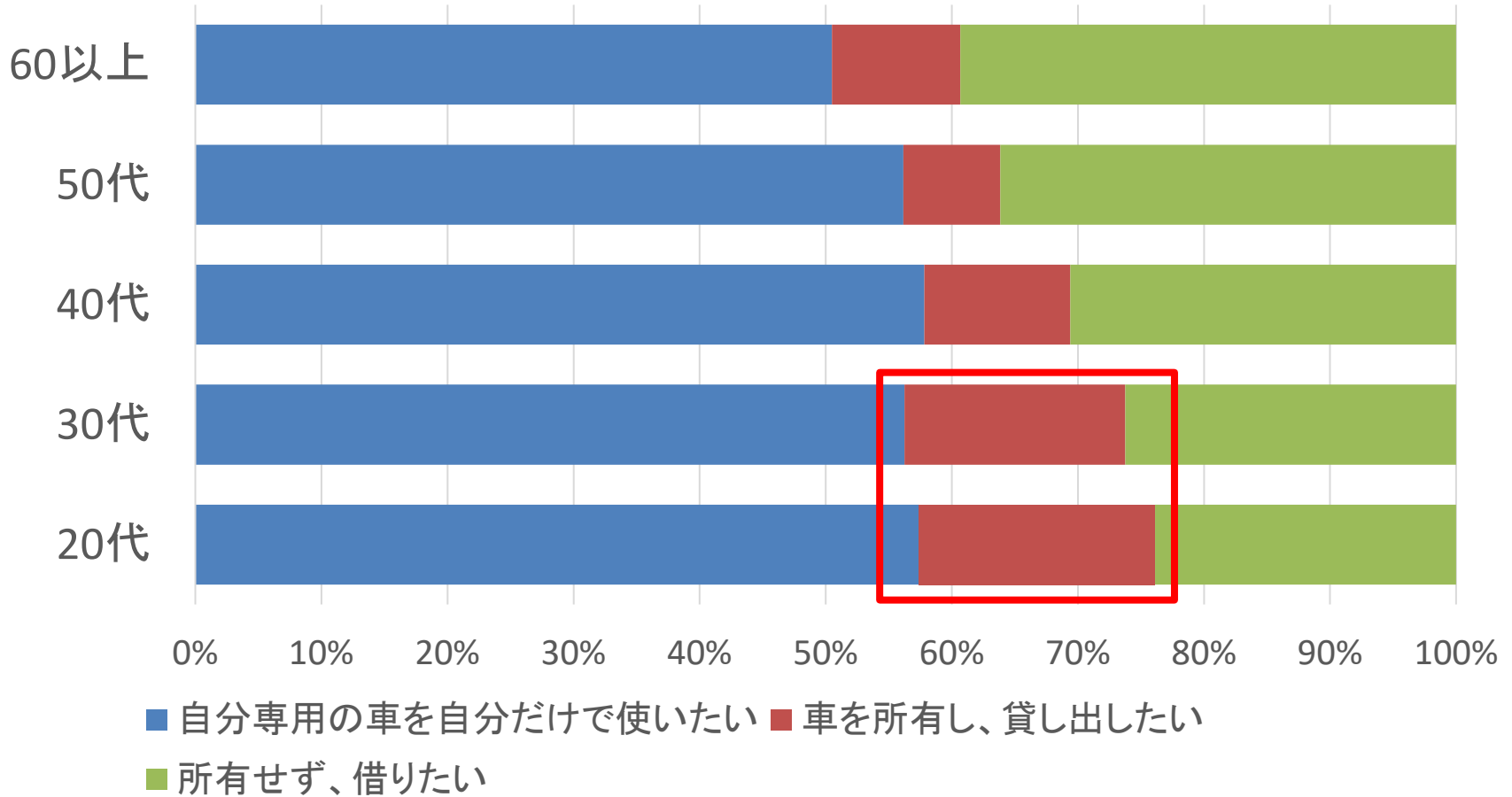
自動運転車やシェアカーに対する 興味（年代別）



自動運転車シェアリングが普及した場合 の自動車利用方法(N = 803)

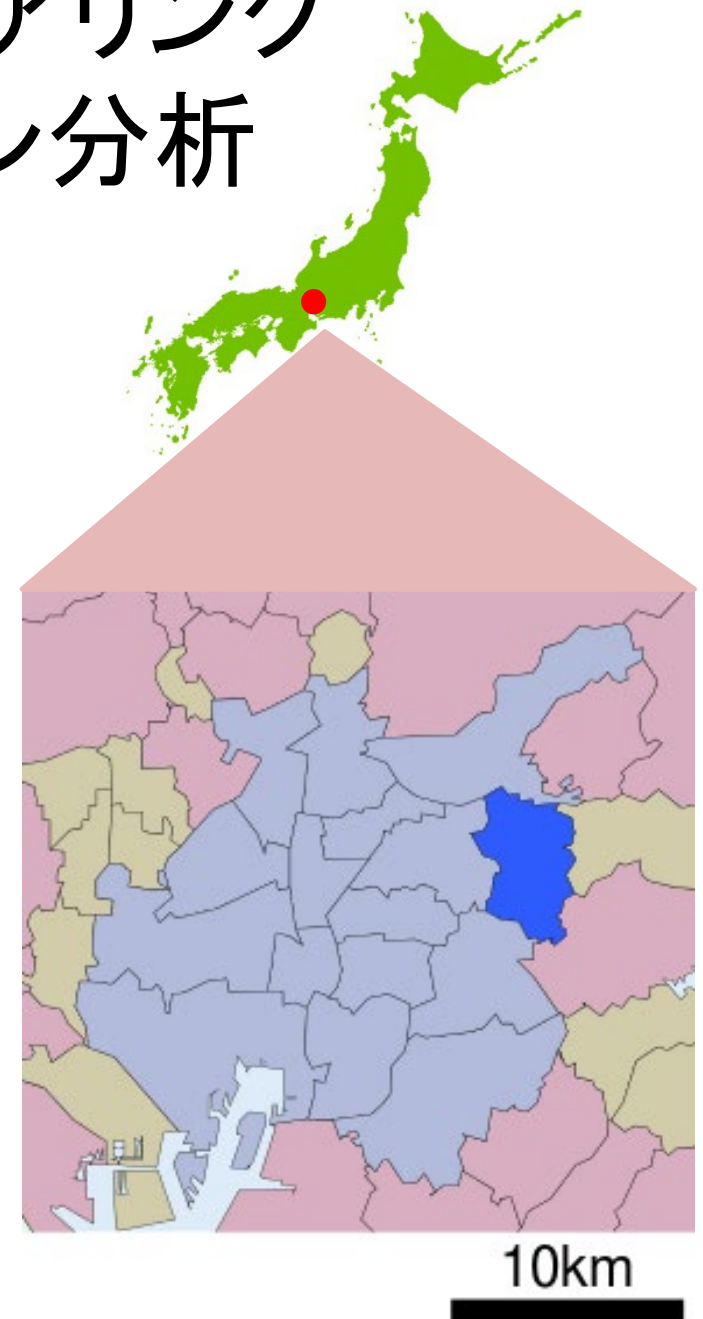


自動運転車シェアリングが普及した場合の自動車利用方法(年代別)



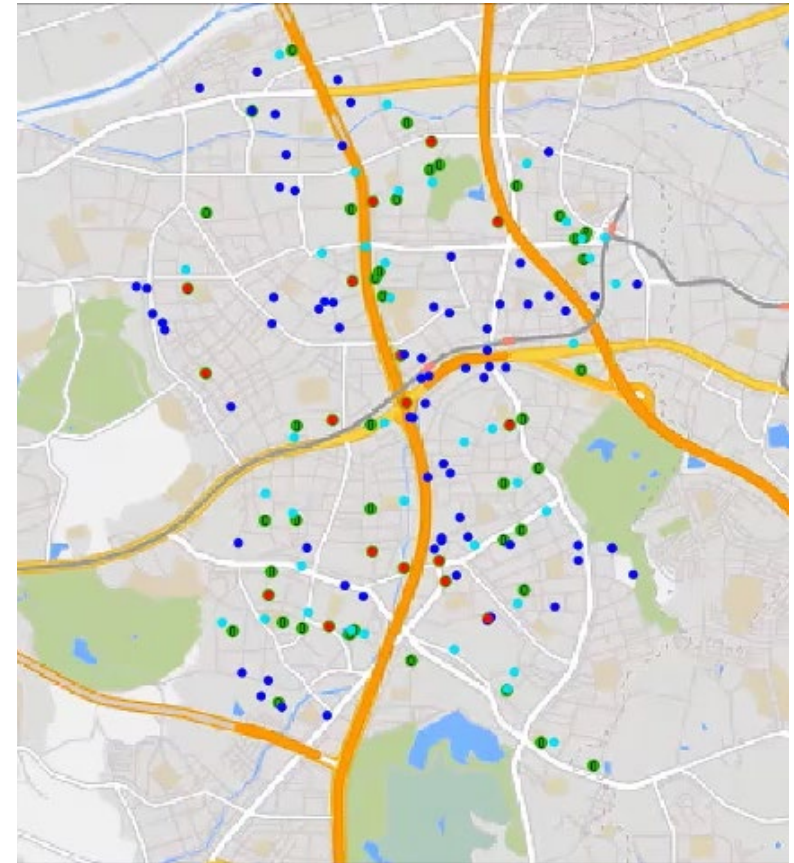
自動運転車シェアリング シミュレーション分析

- 対象地域：名古屋市名東区
- 面積：19.45km²
- 人口：16万5千人
- 特徴
 - － 住宅地域
 - － 地下鉄で都心にアクセス



交通ネットワークでの シミュレーション

- 設定サービス水準
 - 55 円/km
 - 待ち時間1分/5分
- 需要設定
 - 自動車を所有し共有しない層は共有車の利用もしない/する
- 走行速度:
 - 18.9 km/h (ピーク時)
 - 24 km/h (オフピーク時)

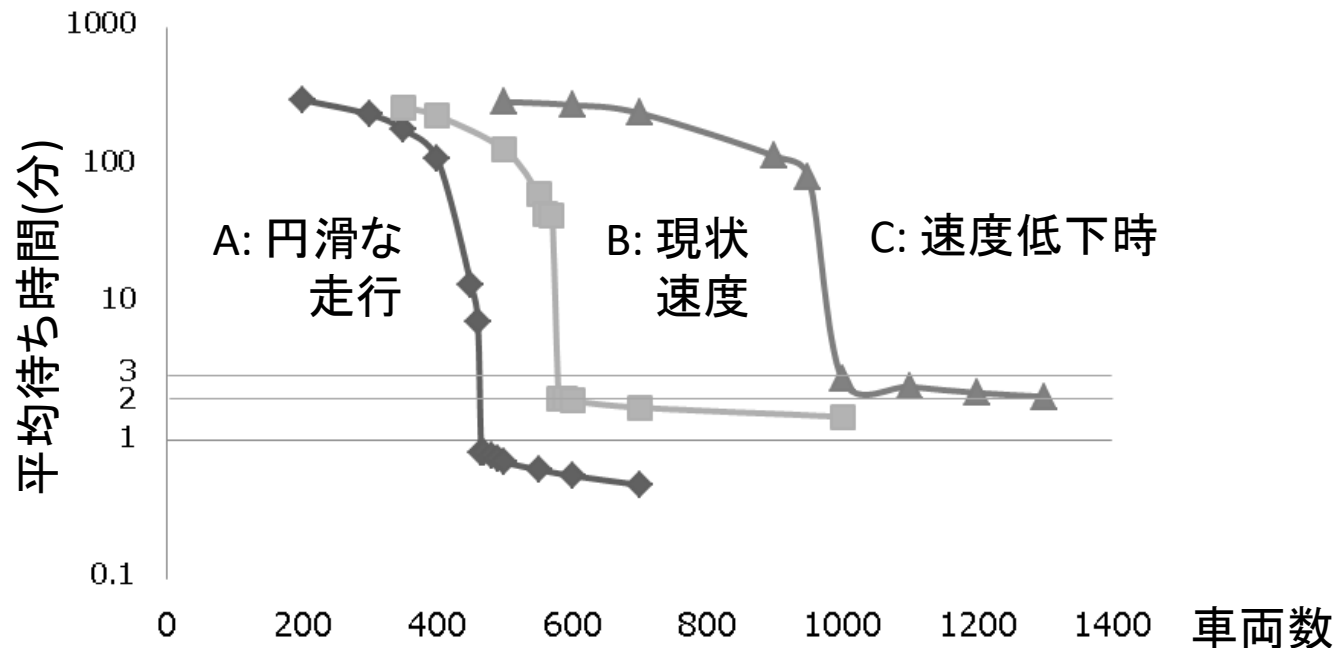


● 空車
● 実走

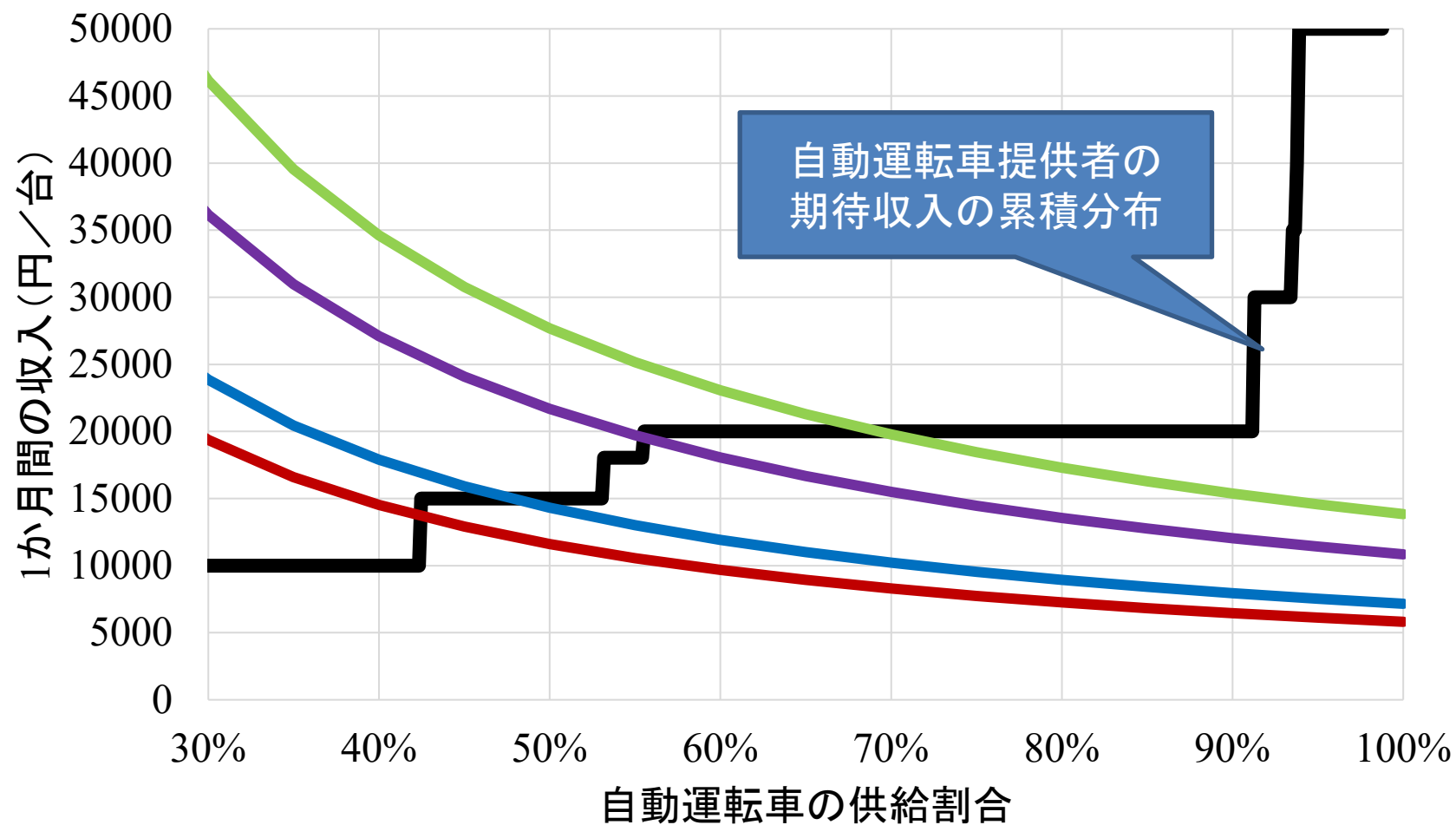
● 迎車
● 待っている乗客

必要台数の算出

	A: 自動運転による円滑な走行	B: 名古屋市 市内現状 速度	C: 需要増 による速度 低下
ピーク (7-9, 17-19)	30 km/h	18.9 km/h	9.5 km/h
その他	30 km/h	24.0 km/h	12.0 km/h



自動運転車の需要と供給



- 待ち時間1分で利用者少なめ
- 待ち時間5分で利用者少なめ
- 待ち時間1分で利用者が多め
- 待ち時間5分で利用者が多め

おわりに

- CASEは自動車の大衆化が始まった20世紀初頭から100年ぶりの変革
- 環境負荷や交通事故等の自動車の負の側面を大きく削減
- 他の交通機関との連携が容易になり利便性向上
- 電力システム等の社会システムとの統合も