

# 走行中給電による省エネ，省資源社会への貢献\*

Realizing an energy and resource saving society by Dynamic Wireless Power Transfer for EVs

加藤 直也 Naoya KATO  
 光田 徹治 Tetsuji MITSUDA  
 紺野 由希 Yuki KONNO  
 石原 光浩 Mitsuhiro ISHIHARA  
 永松 敏樹 Toshiki NAGAMATSU  
 大島 圭市 Keiichi OSHIMA

In order to achieve carbon neutrality, it is important to reduce the carbon generated during the production and the disposal of electric vehicles. The authors examined by simulations the specifications of Dynamic Wireless Power Transfer system while vehicle running, which has the potential to significantly reduce the on-board battery capacity, and estimated the effects of energy and resource saving.

**Keywords :**  
 Electric vehicle, Dynamic Wireless Power Transfer, Trip simulations, Electric efficiency estimation

## 1. まえがき

カーボンニュートラルを目指す時、CO<sub>2</sub> 排出量を地球が光合成で吸収できる量以下に低減する必要があります、その低減代は、諸説あるが、およそ 60% である (Fig. 1).

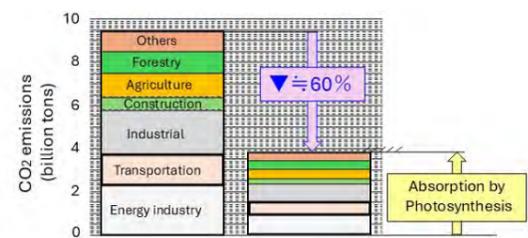


Fig. 1 Motivation

VOLVO 社の試算<sup>(1)</sup>によれば、Battery Electric Vehicle (以下 BEV) の CO<sub>2</sub> 排出量 (電池製造と Use-

phase での発電による排出) が、内燃機関車 (ICEV) のそれを下回るためには、10 万 km 前後の走行を要する。

一方、カーボンニュートラルを目指すための CO<sub>2</sub> 排出量は、はるかに少なく、Fig. 2 の青線レベルとなる。

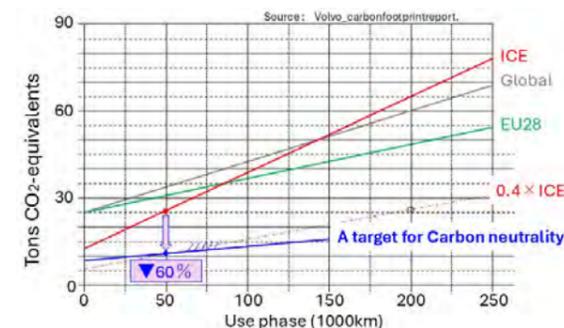


Fig. 2 A target for carbon neutrality

電池は、液体燃料に比べてエネルギー密度が小さく、航続距離を稼ぐために、大きく重くなっている。エネルギー系の搭載重量に対する航続距離を、HEV・PHEV と比較すると、BEV は重くて航続距離が短い (Fig. 3).

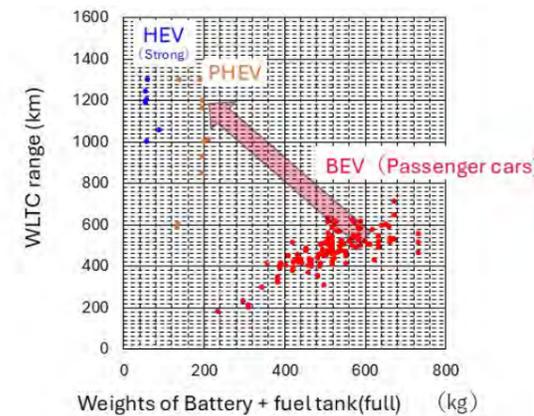
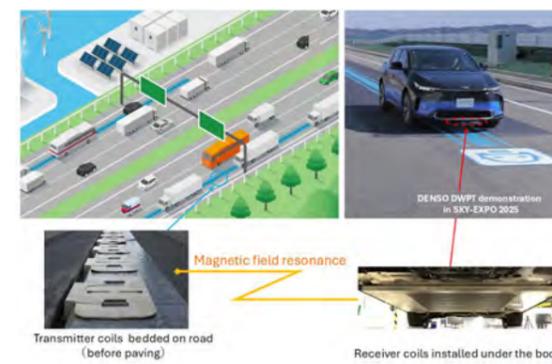


Fig. 3 Subjects of BEV

しかし、カーボンニュートラルの観点、省資源・省エネの観点、更には移動体のあるべき姿という観点から、電池容量 (車体重量) を低減すべきである。そこで、著者らが電池容量低減の主たる手段と位置付けるのが、Table 1 に示す走行中給電 (Dynamic Wireless Power Transfer : DWPT) である<sup>(2)</sup>。

Table 1 DWPT

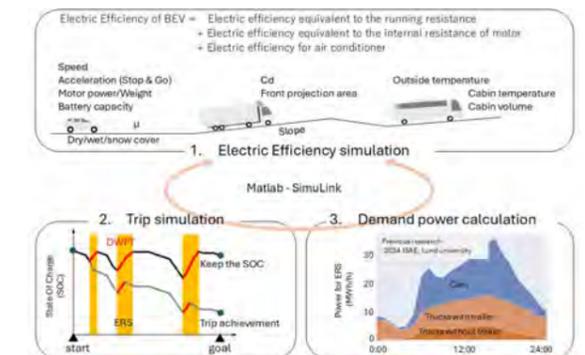


本稿では、時々長距離移動する乗用車から、日々長距離輸送を行う大型トラックまでを BEV 化し、長距離移動の主な航路である高速道路で DWPT を行うことを想定する。

そして、速度変化、登坂降坂、気温変化など条件が変化する公道走行時の電費予測を行い、DWPT 使用の頻度によって、航続距離がどれくらい違うか、実際に走行していて航続距離が不足するとわかった場合ど

うすればよいかの Trip シミュレーションを試み、さらに DWPT にはどれくらい電力が必要かを計算することを目的とした (Table 2).

Table 2 Research scheme



## 2. 電費シミュレーション

### 2.1 シミュレーションに必要なデータの取得

BEV の電費・航続距離は、走行条件や気象条件によって変動が大きい<sup>(3)</sup>。そこで、電費シミュレーション用のデータは、公道走行で取得した。夏、秋、冬の早朝から夕方にかけて、高速道路、山岳道路、市街地を走行した。5 車種での延べ走行距離は 8,500km であった (Table 3).

Table 3 Electric efficiency evaluation tests

	2023-Summer	2023-Autumn	2023-Winter	2024-Summer
Route	Shin-Tomei, Ise-wangan, Shin-matsushiro, Maishin	Ise-wangan, Nagoya-Asoku	Ise-wangan, Shin-matsushiro, Maishin, Hananin	Shin-Tomei, Tomei, Shuto-Asoku, Kan-etsu
Mountain	Mt.Fuji, Mt.Ibusaki		Mt.Rokko	Mt.Akagi
City	Nagoya, Toyota	Nagoya	Kobe, Osaka	Tokyo, Takasaki
Other		Stop & Go, Low speed roads @ DENSO test course		
Vehicle	A, B, C	A	A, D	A, D, E
Drive pattern	Basically Platooning			

Fig. 4 に、登坂・降坂走行、Fig. 5 に、高速走行と市街地走行を行ったときのデータを紹介します。標高差 900m、平均斜度 5.6% の上りでは消費電力が大きく、下りではエネルギー回生が消費を上回り蓄電していた。登坂時が降坂時よりもエアコン電費電力が大きいのは、登坂時の方が最高気温が高かったためと考えている。高速走行時の電力消費に対して、市街地では速度低下

\* (公社) 自動車技術会の了解を得て、「2025 年春季大会学術講演会講演予稿集」文献番号 No. 20255334 より一部加筆して転載

して電力消費が小さくなったが、一方で渋滞時の Stop & Go 時に瞬時電力が大きかった。

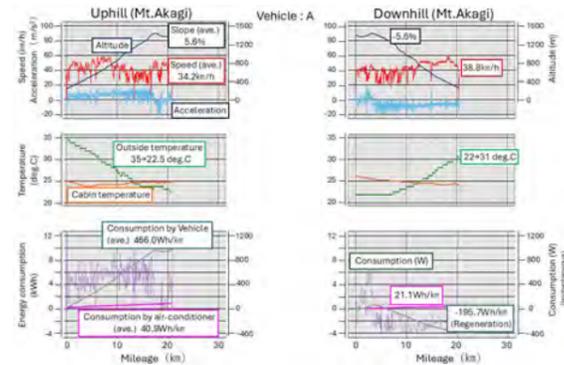


Fig. 4 Data from Mt.Akagi uphill and downhill routes

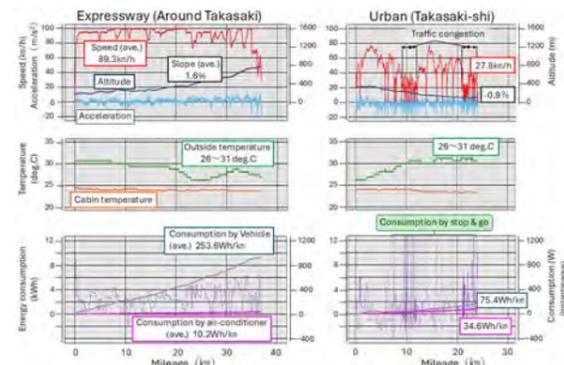


Fig. 5 Data from expressway and urban routes

## 2.2 電費シミュレーション

BEVの走行距離あたり消費電力は、走行抵抗に相当する電力、モーター内部抵抗に相当する電力、エアコンに必要な電力の時間積分値を走行距離で除した値の和である。

走行抵抗は、空力抵抗、ころがり抵抗、勾配抵抗、加速抵抗の和である。モーター内部抵抗は Stop&Go 時の起動抵抗を想定した。そして、抵抗を電力に換算する式を実験値から導出した (Table 4)。

Table 4 Formula of electric efficiency

$$\text{Electric efficiency} = \text{①} + \text{②} + \text{③} \quad (\text{Wh/km})$$

① Electric efficiency equivalent to the running resistance

$$= \frac{A}{PWR} \times \text{Running resistance} + B$$

Power Weight Ratio	
Air resistance : Fa	-1/2 * rho * Cd * A * [average speed]
+ Rolling resistance : Fr	- f * m * g
+ Gradient resistance : Fg	- m * g * [average slope]
+ Acceleration resistance : Fac = m * a	[average acceleration]

② Electric efficiency equivalent to the internal resistance of motor

$$= C \times \text{Weight} \times [\text{average speed}]^D$$

③ Electric efficiency for air conditioner

$$= E(\Delta t) / [\text{average speed}]$$

(A ~ E : Set values from test data)

この電費シミュレーション値と実測値の差から、シミュレーション精度は、±25%と判断した (Fig. 6)。

Table 4 の予測式において、勾配抵抗をゼロと仮定し速度特性として、走行距離あたり電力消費をグラフ化すると、Fig. 7左のように、時速50km/h前後で最少となり、低速側はエアコン電力と Stop & Go の増加により、高速側は空気抵抗の増加により、電力消費が大きくなる。さらに Fig. 7右側のように、斜度が大きくなると電力消費が大きくなる。

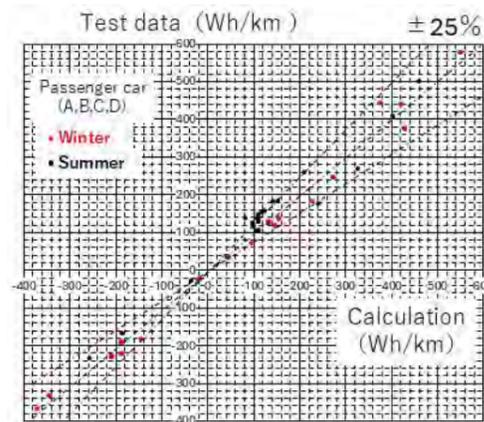


Fig. 6 Accuracy of electric efficiency

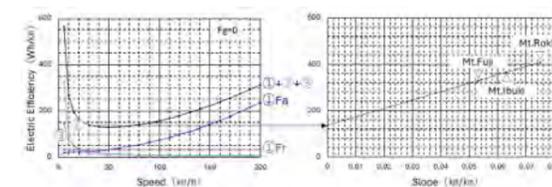


Fig. 7 Electric efficiency characteristics

## 2.3 公道テストと電費シミュレーションの考察

Fig. 8 に考察を3例示す。

左のグラフでは、3車を比較した。車重が大きいCは、低速側の電力消費が大きい一方で、Cd値が小さいため、高速側の消費量増加が緩やかになった。Cd値が大きくパワーウェイトレシオが小さいAは、高速側の電力消費の増加が著しかった。

中央のグラフは、外気温毎にエアコン電力をプロットしている。右側ほど外気温が高く冷房になる。雨天時 (青いプロット) と雨天以外 (赤いプロット) を比較すると、除湿によるエアコン負荷の差が見られた。一方、暖房側は温度差拡大時の負荷増加が著しい。

右のグラフでは、シミュレーションにより示唆され

る速度域ごとの BEV の性能改善の方向性を示す。図中に、低速側で「止まらない交通流制御の効果予測」、高速側で「Cd 値改善の効果予測」を示した。

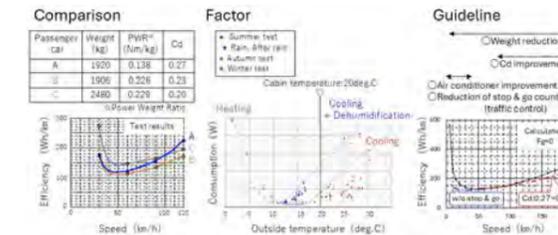


Fig. 8 Studies from electric efficiency evaluation

## 2.4 大型トラック・バスへの適用

大型トラック・バスでの公道テストは困難な為、Table 4 の式に、公開されている大型 BEV の諸元値を代入したときの計算値と、公開されているカタログ電費値を比較した。Fig. 9 のように良い相関を示したため、本シミュレーションは、大型車にも転用可能と判断した。

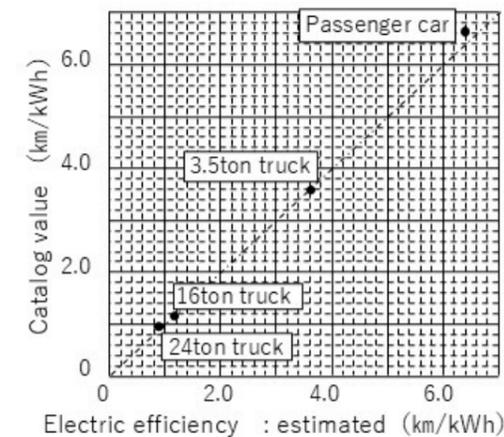


Fig. 9 Accuracy of truck simulation

車重が大きく、タイヤ数が多い大型車は、ころがり抵抗分の電力消費が大きくなった。また、乗用車よりも Cd 値が大きい為、高速側の電力消費の増加が顕著になった。バスは、キャビン容積と電池が大きい為、温調電力が大きくなった (Fig. 10)。

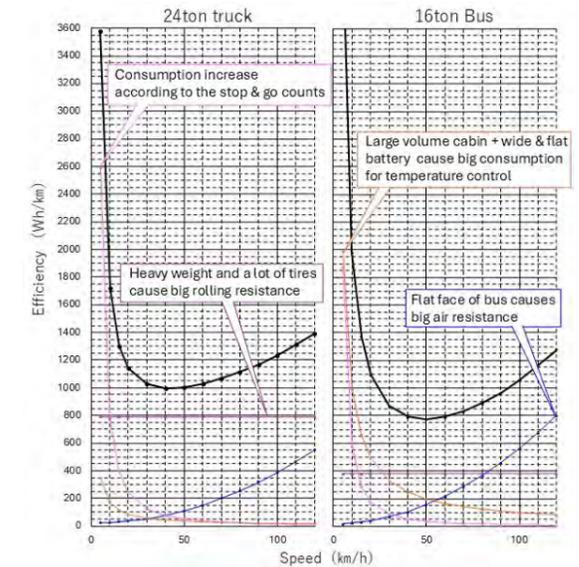


Fig. 10 Truck simulation truck and bus

## 3. Trip シミュレーション

### 3.1 前提条件

大型トラックにおける、搭載電池による走行距離、DWPT の追加で延伸できる走行距離、DWPT による延伸距離を超える走行距離への、対処の考え方を予め設定する。

国交省データとして、製造業生産物の出発地・目的地ごとの輸送量が公開されている。卸売生産物の輸送量も示されていたが、傾向は似ており数量は製造業生産物の方が多かった為、製造業生産物を Table 5 の左側に示す。東京 (③)、名古屋 (⑤)、大阪 (⑥) など大都市が存在する同域内の短距離移動量が多い。

一方、北海道 (①) →九州 (⑨)、四国 (⑧) →東北 (②) といった長距離移動量は少ない。

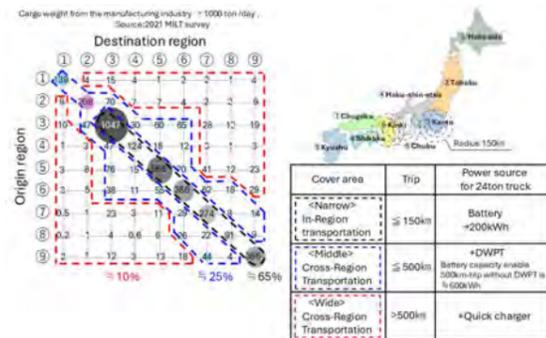
よって本検討では、Table 5 右下に示すような、移動距離と充電方法の設定を行った。

- ・大都市を到着・出発点とする同域移動を 150km 以下として、これを搭載電池で走行する。
- ・移動量の 90% をカバーする移動距離を 500km 以下として、搭載電池と DWPT で走行する。
- ・移動量の 10% を占める 500km 超の長距離は、急速充電の追加で対応する。

Fig. 9 より、対象とする 24 トン大型トラックの電費を 0.9km/kWh とすると、150km 走行に必要な電池

容量は167kWhとなるが、本シミュレーションでは200kWhと設定した (Table 5)。

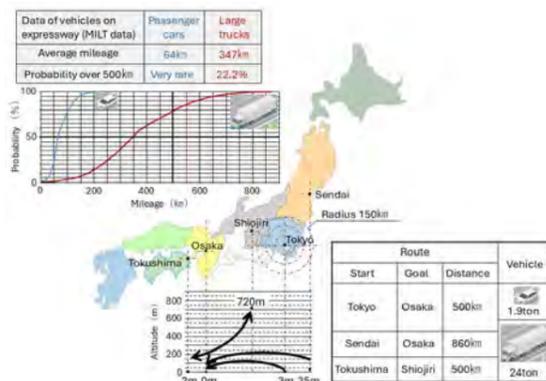
Table 5 Battery capacity from logistics OD data



### 3.2 Trip シミュレーション

本シミュレーションでは、フル充電から走行開始し、DWPTを行って500km走行後の残存 SoC (State of Charge) が規定値になるように、路側コイル (ERS) と車側コイル (DWPT) を設計する。本報におけるシミュレーションルートを、Table 6 に示す。

Table 6 Simulation routes



#### 3.2.1 大型トラックによる東京→大阪の 500km Trip

以下の送受信能力を想定して、道路側送信コイルの配置と車両側受信コイルの受信能力を設計した。

送信側電力：70kW

受信側能力：70kW (受信効率≧85%) のコイルを3個搭載

搭載電池容量：200kWh

電費と消費電力：IC, JCT, SA の区間ごとに計算

送信側コイルの敷設率：80km/h で走行し、500km 走行後の残存 SoC が 20% になるように設定。

シミュレーション結果を、Fig. 11 に示す。80km/h

走行時、DWPT なしでは航続距離が 180km 弱に対して、DWPT ありでは 500km 走行を達成し、残存 SoC は想定通り 20% (電池残量 40kWh) となっている。70km/h 走行時は残存 SoC が増加し、残存航続距離が、35km から 95km に増加すると予測された。

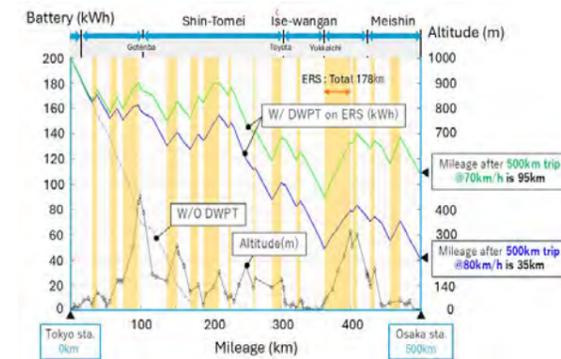


Fig. 11 500km trip simulation for large truck

#### 3.2.2 乗用車による東京→大阪の 500km Trip

送信コイル：3.2.1. (大型トラック用) で敷設された送信コイルを活用する。

受信側能力：30kW (受信効率≧85%) を1個搭載  
搭載電池容量：20kWh

電費と消費電力：IC, JCT, SA の区間ごとに計算  
シミュレーション結果を、Fig. 12 に示す。

80km/h で走行時、DWPT なしでの航続距離は 125km 程度である。DWPT を全ての送信コイル上で行うと、残存 SoC 38.4% で 500km Trip を達成する。100km/h で走行時は、2回 SA での急速充電が必要となる。急速充電量は、それぞれ 8~10kWh であり、所要時間は 10 分程度と予測した。よって、2回の途中の急速充電があっても、所要時間を 80km/h 走行時に比べて 45 分短縮できる予測となった。

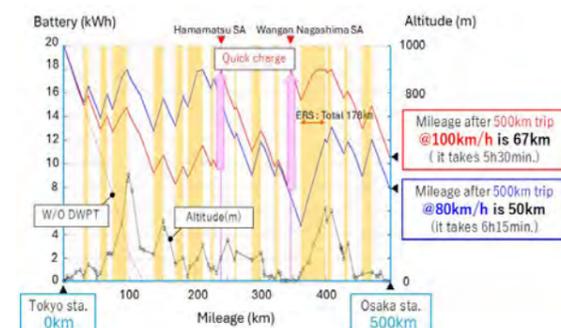


Fig. 12 500km trip simulation for passenger car

#### 3.2.3 大型トラックによる 860km Trip

500km Trip を達成できる 3.2.1. で設定した条件を踏襲し、500km を超えてからは、適宜急速充電を行って、860km Trip を達成するシミュレーションを行った。

80km/h で走行時は、3回の急速充電で 860km の Trip を達成する。一方、70km/h に減速すれば、途中の急速充電を必要とせず、Trip を達成する。急速充電を含めた所要時間は、80km/h で走行時の方が 15 分短い予測となった (Fig. 13)。

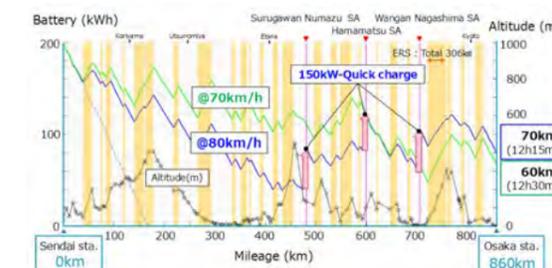


Fig. 13 860km trip simulation for large truck

#### 3.2.4 大型トラックによる 500km の登坂・降坂 Trip

斜度に応じて ERS 配分を行った結果、行きの敷設率が高くなったが、行き帰りの平均敷設率は、3.2.1. と同じだった。そして、急激な登坂部では、80km/h から 70km/h に減速すると仮定しシミュレーションした結果、全線 80km/h 走行時は、到着時の残存 SoC が約 20% だったのに対して、残存走行距離が、行き帰りともに延伸する予測が得られた (Fig. 14)。

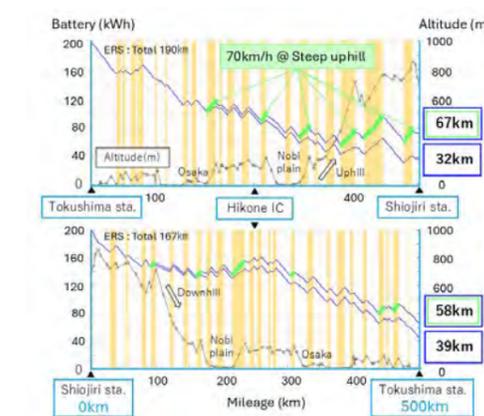


Fig. 14 Uphill and downhill trip simulation

### 3.3 Trip シミュレーションの制約条件

Trip シミュレーションの制約条件を記しておく。シミュレーションは、随時計算される電費の影響を受ける。

本稿の電費計算式では、エアコンの負荷は、日本の平均的な気温に対しての設定であること、ドライバーは弊社の専属ドライバーであり加減速は滑らかであったことが、電費計算に反映されている。計算式では、外気温とキャビン温度の差は、電費反映可能になっているが、走行加速度は個人差が大きい為、定式化できていない。また、搭載電池容量や ERS 敷設率は、シミュレーションの重要な要因であるが、これには達成したい Trip 距離が重要因子になる。そして、達成したい Trip 距離は、日本をベースに 500km と設定したが、1 運航あたりの走行距離は、世界各地で差がある。

## 4. まとめ

このシミュレーションは、走行条件を与えれば必要な ERS, DWPT の設計値が導出できる。また、ユーザーから途中電欠の懸念を無くした上で、ユーザーの状況 (所要時間、急速充電の受容性、到着時に希望残存距離など) に応じて、充電場所 (DWPT, 急速充電) や速度の選択肢を提示できる。DWPT および電費予測、Trip シミュレーションの社会的貢献を Table 7 にまとめる。

- ・第1の貢献は、搭載電池の容量低減である。本稿では、DWPT なしで想定される電池容量を 1/3 にする検討を行った。カーボンニュートラルを狙うときの最重要課題とした電池製造と廃却時の CO<sub>2</sub> 排出量を低減できる。また DWPT は、BEV の 2 大ストレスと言われる航続距離と充電待ちの懸念を低減する。

- ・第2の貢献は、搭載する電池容量における無駄の排除である。市街地を走行する乗用車は、1回の走行距離は概ね 100km 以内であり、日常使用では、それだけ走行するための電池を搭載すればよい。長距離トラックの電池は、高速道路を降りてから集荷場まで、および、都市近郊から都市中心の卸売市場まで走行できる容量があれば、役割を果たせる。

- ・第3の貢献は、軽量化である。車両に追加搭載され

る受信コイルなど加えても軽量化は可能で、この軽量化は資源保全につながる。また車両運動性能（特に旋回性）の向上が期待できる。

・第4の貢献は、軽量化がもたらす省電力である。東京～大阪間の物流大動脈である伊勢湾岸自動車道名古屋南JCTでは東京、大阪方面に向かうトラックがそれぞれ毎時1,000～2,000台走行しており、3.5W/kgは、大きな省エネ効果が期待できる。

第5の貢献は、電池劣化の抑制である。高速道路を走行する車両の90%近くの走行距離は500km未満である。これらの車両の電池SOCが、0%や100%近くにないように、適切にDWPTを使用することで、電池劣化の抑制が期待できる。

本稿における、ERSの製造と敷設に関わるコストとCO<sub>2</sub>排出量、車両に追加される受信コイル周りの部品製造に関わる追加コストとCO<sub>2</sub>排出量は、先例を参考に精査中である<sup>(4)(5)(6)(7)(8)</sup>。コスト負担を低減するためには、台数が多く、インフラコストの回収や製造時の量産効果が期待できる都市部とその周辺から普及が図られるべきと考える（Table 7）。

Table 7 Contributions by DWPT and Trip simulation

DWPT Target 500km trip	Reduction of battery capacity (kWh)	Mileage by battery (km)	Reduction of vehicle weight <sup>①</sup> (kg)	Reduction of electric power
Passenger car	70 → 20	130	-150	
3ton truck	200 → 60	150	-650	② 3.5W/kg
16ton truck	370 → 120	180	-1100	
24ton truck	600 → 200	190	-1900	

① Battery weight + DWPT weight  
② 3.5W/kg

Significant reduction in CO<sub>2</sub> emissions during battery manufacturing and disposal.  
Release drivers from waiting time while charging.

Social impact  
→ Trip with safe mind  
→ Creating an energy-saving city with fewer accidents  
More battery options

Meet a lot of demands

Resource saving  
Environmental improvement in producing countries  
Improve vehicle performance

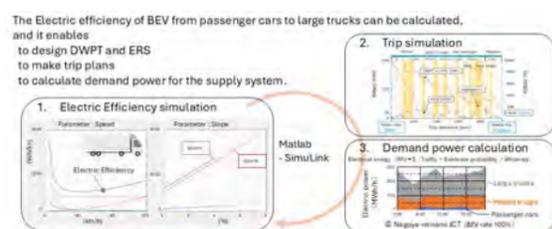
Energy saving

③ Nagoya mitsumi JCT

## 5. むすび

BEVの電費シミュレーション、DWPTを用いる時のTripシミュレーション、ERS需要電力計算を可能にした。需要電力計算は、本稿では解説しなかったが可能になっており、これらをSimuLinkで連動計算できる環境を構築済である（Table 8）。

Table 8 Summary



本シミュレーションは、弊社の海外拠点に共有され、地域に応じたERS、DWPTの設計、Tripシミュレーションと需要電力の計算に活用されている。

今後は、実証実験を行ってシミュレーションを検証し、より正しい技術開発を進めるとともに、多岐にわたるステークホルダーの賛同を得て、本システムの普及を目指す。

### 参考文献

- Carbon footprint report Volvo C40 Recharge
- Dynamic Wireless Power Transfer System: <https://www.denso.com/global/en/events/its-world-congress/2025/assets/pdf/03-07.pdf>
- Norwegian Automobile Association: <https://www.naf.no/elbil/elprix>
- Mats Alakula ほか：Supplying power to Swedens 1<sup>st</sup> public electric road system. 自動車技術会 2023 年春季大会, 文献番号 20235180
- 本間 裕大ほか：走行中ワイヤレス給電の最適配置を前提としたEVの必要バッテリー容量, 自動車技術会 2024 年春季大会, 文献番号 20245184
- スウェーデン運輸局, Planeringsunderlag elväg.
- 清水 修ほか：磁界結合を利用した非接触式走行中給電によるGHG排出量削減効果, 会誌自動車技術会, 文献番号 20224521
- 居村 岳広ほか：経済成り立ちからみた高速道路におけるワイヤレス給電システムの検討, 自動車技術会 2022 年春季大会, 文献番号 20225094
- 佐々木 正和ほか：大型トラックのxEV化の可能性検討（第3報）, 自動車技術会論文集 53（4）, 777-783, 2022.
- 勝谷 仁ほか：150kW 走行中ワイヤレス給電を実現するインバータ制御, 自動車技術会 2024 年春季大会, 文献番号 20245185
- 島村 和樹ほか：450kW 走行中充電インフラの高速道路への適用方法の研究（第2報）, 自動車技術会 2023 年春季大会, 文献番号 20235182

## 著者



加藤 直也

かとう なおや

研究開発部  
電気自動車のエネルギーマネジメント技術開発に従事



光田 徹治

みつだ てつじ

研究開発部  
モビリティ社会のエネルギーマネジメントシステム開発に従事



紺野 由希

こんの ゆき

先端技能開発部  
シミュレーションモデル構築に従事



石原 光浩

いしはら みつひろ

先端技能開発部  
電気自動車の評価・解析に従事



永松 敏樹

ながまつ としき

先端技能開発部  
電気自動車の評価・解析に従事



大島 圭市

おおしま けいいち

先端技能開発部  
電気自動車の評価・解析に従事