

バッテリー交換型 EV による非常時電力供給に向けた一検討

畑本真優[†] 重安哲也[‡]

県立広島大学 地域創生学部

1 はじめに

近年、温室効果ガスの削減に向けて、EV (Electric Vehicle) が注目されている [1]. しかし、現在普及するプラグイン充電型 EV は、長い充電時間、短い航続距離という課題がある [2]. これに対し、バッテリー交換型 EV は、充電拘束時間削減により、実稼働時間の増加や長距離移動の実現が期待できる. 一方、同 EV のサービス普及には、EV 台数に応じた数の予備バッテリーを交換ステーションに設置しなければならず、初期コストが問題となる [3]. これに対し、予備バッテリーの他の用途への利活用で、コスト面の負担を軽減できれば、同サービスの普及促進の一助になる.

本稿では、交換ステーション中の予備バッテリーを自然災害等の電力途絶時の非常用電源に利用することを提案する. 具体的には、交換ステーションの位置の偏りによる予備バッテリーの平均充電量の差を軽減し、ステーション間で充電量を平準化するために、予備バッテリーの充電量が高い交換ステーションから低いステーションへバッテリーを運搬する手法を提案し、シミュレーションによりその有効性を評価する.

2 評価基盤の構築

想定する評価モデルを図 1 に示す. 同図に示すように、1 辺 5km の 4 車線の道路をメッシュ状に連結した道路網に、目的地候補 (POI) を 6 箇所、バッテリー交換ステーション (BSS) を 2 箇所を設置し、BSS にはそれぞれ予備バッテリーを 50 個設置する. また、Ev は 50 台とする.

Ev はランダムに選択した POI に最短経路で移動する. POI 到達後、Ev は再度ランダムに別の POI を選択し、同様に移動を繰り返す. 走行時に Ev のバッテリー残量が閾値を下回った場合、Ev は BSS へ最短経路で移動する. BSS 到着後、Ev は BSS 中の充電量が最大の予備バッテリーと交換する. BSS でのバッテリー交換終了後、Ev は POI への移動を再開する.

図 1 から分かるとおり、評価モデルでは、POI は偏らせて配置し、Ev の走行エリアも偏るようにした. このように構築した状況下での各 BSS の予備バッテリーの平均充電量の推移、シミュレーション期間中の同充電量

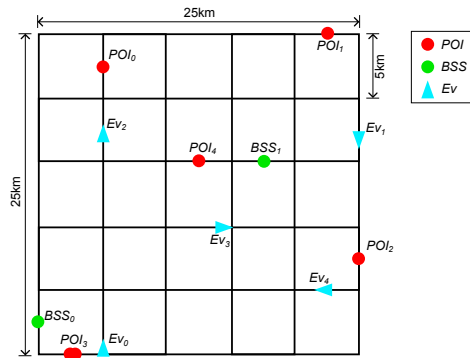


図 1: 評価モデル

の平均とバッテリー交換回数を図 2、表 1 にそれぞれ示す. 同図から、各 BSS の平均充電量に差があることが確認できるとともに、同表から、バッテリーレベルが $BSS_0 > BSS_1$ であり、両者の差が 0.1 程度あることがそれぞれ確認できる. また、バッテリー交換回数が $BSS_0 < BSS_1$ であることから、BSS 周辺の POI 数に比例して利用回数が多い BSS は平均充電量が低くなるといえる.

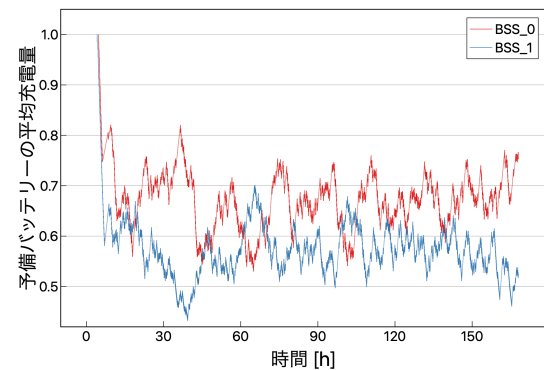


図 2: 平均充電量の推移

表 1: 予備バッテリーの平均充電量の期間平均とバッテリー交換回数

項目	BSS ₀	BSS ₁
バッテリーレベル	0.6817	0.5849
バッテリー交換回数 (回)	707	953

3 バッテリー充電量の平準化

評価モデルでのエリア分けを表 2 に示す. なお、エリアは 1 つの BSS と複数の POI から構成される.

バッテリー運搬イメージを図 3 に示す. 評価モデルにおいて、次の目的地が別のエリアの POI である場合、Ev は各 BSS の予備バッテリーの平均充電量が判断基準を満たすかをチェックする. 基準は、1) 現エリアの BSS の予備バッテリーの平均充電量が OverTh 以上、か

A study on emergency electrical power supply on battery swapping EV service

[†] Mayu Hatamoto, Prefectural University of Hiroshima, Faculty of Regional Development

[‡] Tetsuya Shigeyasu, Prefectural University of Hiroshima, Faculty of Regional Development

表 2: 各 BSS に属する POI

BSS 名	エリア内 POI 名
BSS ₀	POI ₀ , POI ₁ , POI ₂ , POI ₄
BSS ₁	POI ₃ , POI ₅

つ、2) 目的地エリアの同平均充電量が UnderTh 以下とする。条件を満たす場合、Ev はまず現エリアの BSS で、最も充電量の高い予備バッテリーに交換する。その後、目的地の BSS で、同 BSS 中の閾値以上の予備バッテリーのうち最も充電量の低いものと、運搬してきた自身のバッテリーを交換する。

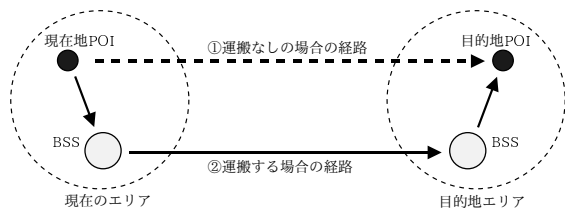


図 3: バッテリー運搬イメージ

上記の設定の下、各 BSS の予備バッテリーの平均充電量の推移、期間平均を算出した結果を図 4、表 3 にそれぞれ示す。なお、運搬を行わない場合のバッテリーレベルに基づき OverTh=0.68 と UnderTh=0.58 の 2 つの固定値を設定した。

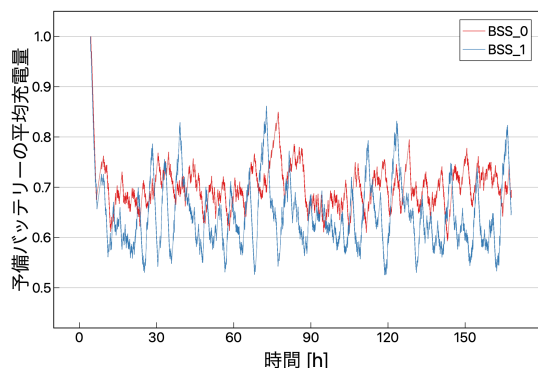


図 4: 平均充電量の推移 (運搬 1)

表 3: 予備バッテリーの平均充電量の期間平均 (運搬 1)

項目	BSS ₀	BSS ₁
バッテリーレベル	0.7085	0.6535

これらの結果から表 1、図 2 に示す運搬なしの結果と比較すると、運搬により BSS 間の差が縮小したことが確認できる。

次に、固定値ではなく、変動する値を用いてバッテリー運搬を判断した結果を述べる。値は移動平均を用いて算出した。ここでは、移動平均を求めた現エリアの BSS の平均充電量よりも、目的地エリアのそれが小さければ、バッテリーを運搬させた。各 BSS の平均充電量の推移、期間平均を算出した結果とバッテリー交換回数

を図 5、表 4 にそれぞれ示す。表 1、図 2 に示す運搬なしの結果と比較すると、BSS 間の差が縮小したことが確認できる。一方で、バッテリー交換回数が増加していることから、バッテリー交換に伴うユーザーの負担が増加するといえる。

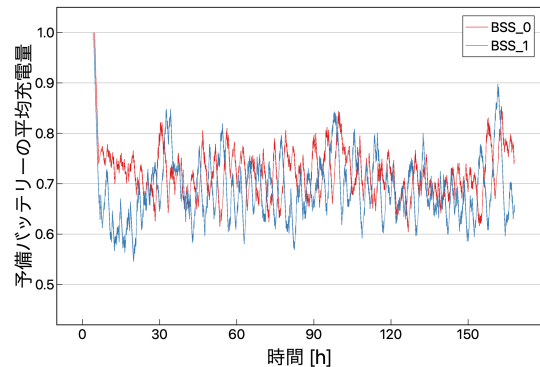


図 5: 平均充電量の推移 (運搬 2)

表 4: 予備バッテリーの平均充電量の期間平均とバッテリー交換回数 (運搬 2)

項目	BSS ₀	BSS ₁
バッテリーレベル	0.7285	0.6853
バッテリー交換回数 (回)	1086	1509

4 まとめ

本稿では、バッテリー交換型 EV サービスの予備バッテリーの平均充電量を運搬により平準化する手法を提案した。

今後は、昼夜間や平日休日間の交通量の変化に対応した判断基準の検討や、交換回数を減らしつつ平準化を実現する方法を検討する。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP21K11851 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 朝日新聞社メディアビジネス局 広告特集：脱炭素社会のカギをにぎる EV 日本の現状とこれから、朝日新聞デジタル (オンライン), 入手先 <<https://www.asahi.com/ads/nissan.ev/>> (参照 2024-01-06) .
- [2] 山本晋也:【オーナーの声】電気自動車のデメリット、リアルな実情は?, EV DAYS (オンライン), 入手先 <<https://evdays.tepco.co.jp/entry/2023/06/26/000046/>> (参照 2024-01-06) .
- [3] Casey Crownhart: How 5-minute battery swaps could get more EVs on the road, MIT Technology Review (オンライン), 入手先 <<https://www.technologyreview.com/2023/05/17/1073265/how-5-minute-battery-swaps-could-get-more-evs-on-the-road/>> (参照 2024-01-06) .