

非常時電力供給を目的とした EV の予備バッテリー運搬時のユーザ負荷軽減に関する一検討 A study on reducing user overhead for carrying spare EV battery destined for emergency electrical power supply

畑本 真優[†] 重安 哲也[†]
Mayu Hatamoto[†] Tetsuya Shigeyasu[†]

1 はじめに

近年、地球温暖化対策として EV (Electric Vehicle), 特に、走行中に二酸化炭素を一切排出しない BEV (Battery EV) への期待が高まっている。現在の BEV の主流はプラグイン充電型 EV であるが、充電時間の長さや航続距離の短さが課題である [1]。これに代わるものとして注目を集めているのが、バッテリー交換型 EV である。バッテリー交換型 EV は、バッテリー交換が数分程度 [2] で完了するため、ユーザの負担も小さい。現在は、中国やアメリカの企業 [3, 4] を中心とした各国でバッテリー交換型 EV の導入や実証実験が進められている [5]。

さて、我々はこれまで、バッテリー交換型 EV の予備バッテリーを災害時等の非常用電源として利用することを目的に BSS (Battery Swapping Station) 間で蓄電量を平準化するため、交換型 EV を用いたバッテリー運搬による電力輸送について検討した [6]。その結果、バッテリー運搬による平準化効果を確認できたが、運搬に伴って増加する EV ユーザの負担が課題であった。

本稿では、運搬時のバッテリー交換回数を削減するため、BSS でのバッテリー積み換え実施基準を適切に設定することによる負担軽減を検討する。具体的には、運搬開始時ならびに完了後の不要な交換回数の削減を実現する手法について提案する。シミュレーション評価により、運搬による電力平準化効果を大きく損なうことなく EV ユーザの負担を軽減できることを明らかにする。

2 バッテリー運搬による平準化効果

EV のバッテリー運搬のイメージを図 1 に示す。EV は、異なるエリアへの移動時に移動先エリアの BSS の電力が不足していれば、移動元となる現在のエリアから電力をバッテリーによって輸送することで電力平準化を図る。具体的には、EV は次の目的地へ向かう前に、現在のエリアの BSS に立ち寄り蓄電量の高い予備バッテリーに積み換える。その後、目的地エリアの BSS で、閾値以上であり、かつ、最も蓄電量が少ないバッテリーと、運んできたバッテリーを交換する。運搬は、異なるエリアへの移動の際、BSS の移動平均によって算出する SOC (State of Charge) の値を比較することで実施を決定する。

評価モデルを図 2 に示す。同図に示すように、交差点間が 5km の 25km × 25km の道路網上に目的地候補 POI

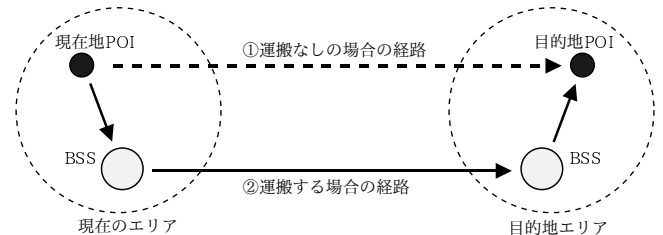


図 1: バッテリー運搬イメージ

(Point of Interest) を 6 箇所、BSS を 2 箇所を設置する。Ev 台数は 50 台とする。Ev は、自身の保有する予備バッテリーの SOC が 0.3 を下回ると、BSS に移動しバッテリーを交換する。以降の評価では、10 回のシミュレーション結果の平均を用いた。

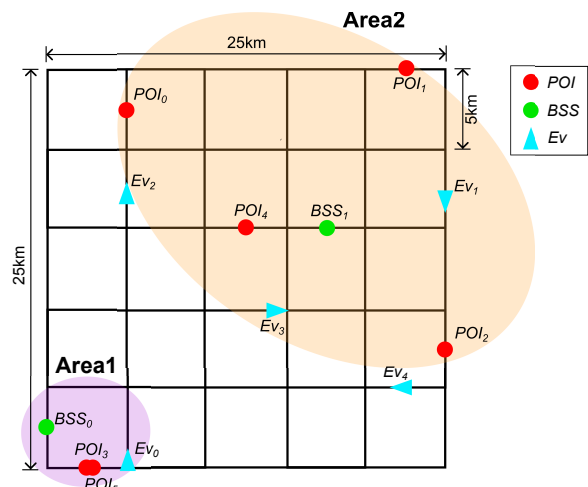


図 2: 評価モデル

運搬の有無による BSS の SOC の推移を図 3 に、BSS 間の平均 SOC の差とバッテリー交換回数を表 1 にそれぞれ示す。同図から運搬によって BSS 間の SOC の差が縮小することが確認できる。一方で、同表からは運搬によって交換回数が大幅に増加することが確認できる。この理由は、EV の SOC を考慮せず移動元/先の 2 つの BSS の SOC の差のみを判断基準に運搬行動をおこなったために、必要以上に多くの交換が発生したと考えられる。

3 ユーザ負担を軽減するバッテリー運搬

先行研究の結果をふまえ、バッテリー運搬における交換回数の削減について検討する。

[†] 県立広島大学大学院 総合学術研究科
Graduate School of Comprehensive Scientific Research, Prefectural University of Hiroshima

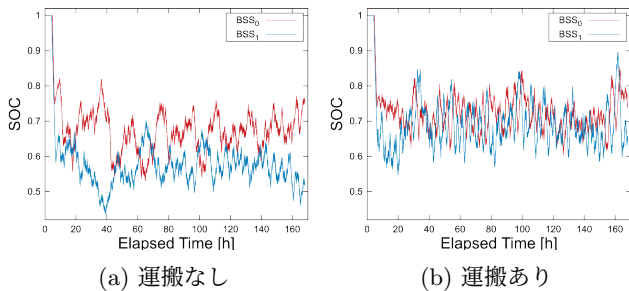


図 3: BSS の SOC の推移

表 1: BSS 間の平均 SOC の差とバッテリー交換回数

(a) 運搬なし		(b) 運搬あり	
項目	値	項目	値
平均 SOC の差	0.104	平均 SOC の差	0.030
総交換回数 (回)	1682.1	総交換回数 (回)	2576.5

3.1 バッテリー積み込み作業の削減 (RBC: Reduced Battery Carry)

先行研究では、EV が異なるエリアへ移動する際、移動元と移動先の BSS 間の SOC に差があれば運搬を実施させた。しかし、EV が十分な電力量を保有する場合でも、必ず移動元エリアの BSS に立ち寄るため、その際の電力ロスや移動距離の増加が発生し、ユーザ負担が増加する。

そこで、EV に装着されたバッテリーの充電残量が移動元エリアの BSS の SOC 以上であれば、その BSS へは立ち寄らず、直接目的地エリアの BSS に移動させる。この方法を RBC とよぶ。RBC を適用した場合の BSS 間の平均 SOC の差とバッテリー交換回数を評価した結果を表 2 に示す。同表より、表 1(b) に示す結果と比べ、交換回数が減少することが確認できる。

表 2: RBC 適用時の BSS 間の平均 SOC の差とバッテリー交換回数

項目	値
平均 SOC の差	0.032
総交換回数 (回)	2465.7

3.2 運搬終了後の再交換の抑制 (SBP: Suitable Battery Pickup)

先行研究では、運搬終了時に EV が受け取るバッテリーは、交換閾値 0.3 以上で最も充電量が低いものとしていた。しかし、運搬終了時に EV が受け取るバッテリーの充電量が少なければ、交換後の走行可能距離が短くなるため、短時間で再びバッテリー交換のために BSS に戻ることになる。このとき、直前に運搬によって輸送した電力を自らの走行のために再度回収することになり、運搬の効果が相殺される。

そこで、運搬後に代わりに受け取るバッテリーの SOC の基準値について、その後の走行継続に影響を与えない値へ変更した。今回は、モデルの特性上、交換するバッ

テリーの SOC は 0.5 以上で最も低いものとした。この方法を SBP とよぶ。SBP 適用時の BSS 間の平均 SOC の差とバッテリー交換回数の結果を表 3 に示す。同表より、表 1(b) に示す結果と比べ、交換回数の減少が確認できる。

表 3: SBP 適用時の BSS 間の平均 SOC の差とバッテリー交換回数

項目	値
平均 SOC の差	0.022
総交換回数 (回)	2478

3.3 RBC と SBP の併用効果

RBC と SBP を併用した場合の結果を表 4 に示す。同表より、表 2、3 に示す両手法をそれぞれ独立に適用した場合に比べ、併用による交換回数の減少効果が確認できる。また、表 1 に示す当初の運搬による増加分と比較すると、交換回数を約 3 割削減できたことが分かる。したがって、両手法の併用で EV のさらなる負担をより軽減できる。

表 4: RBC と SBP 適用時の BSS 間の平均 SOC の差とバッテリー交換回数

項目	値
平均 SOC の差	0.025
総交換回数 (回)	2294.8

4 まとめ

本稿では、 unnecessary バッテリー交換を削減するため、バッテリー運搬時のバッテリー積み込み基準について検討した。具体的には EV の SOC をふまえた運搬開始時の交換と、運搬終了後の再交換の抑制する手法をそれぞれ提案した。その結果、運搬による蓄電準化効果を損なうことなく、交換回数を削減できることを明らかにした。

今後は、バッテリー運搬の一般化モデルにおける適用可能性について検討する予定である。

謝辞

本研究の一部は、中国電力技術研究財団の試験研究助成 (A) の助成を受けたものです。

参考文献

- 上田知幸, 柴田直樹, 川井明, 伊藤実: EVTour: 電気自動車の乗換スケジューリング法の提案と性能評価, 情報処理学会論文誌, Vol.58, No.2, pp.308-319 (2017).
- 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).
- Ample, <https://ample.com>.
- NIO, <https://www.nio.com>.
- ENEOS ホールディングス: EV 向けバッテリー全自動交換ステーションの実証実験開始について (オンライン), 入手先 <https://www.hd.eneos.co.jp/newsrelease/20240328_01.01.2003128.pdf> (参照 2024-06-01).
- 畑本真優, 重安哲也: バッテリー交換型 EV サービスにおける予備バッテリーの残量準化による非常時電力供給, 研究報告マルチメディア通信と分散処理 (DPS), Vol.2023-DPS-197, No.18, pp.1-5 (2023).