

# BC5 SAEV における交通運用と V2G のスケジュール最適化

Optimizing traffic operation and V2G Scheduling in SAEV

都市エネルギーシステム領域

08E20040 鈴江晃人 (Akito SUZUE)

**Abstract:** Integrating shared autonomous electric vehicles (SAEV) system with Vehicle-to-Grid (V2G) is anticipated to enhance supply-demand balancing and increase operational revenues, contributing to the realization of a carbon-neutral society. However, the complexity of revenue estimation and system operation will be challenges. In this study, through constructing a scheduling model for multi-objective optimization aimed at maximizing operational revenue and minimizing the number of vehicles, I analyzed trends in operational schedules and hourly recharge/discharge amount by clarifying the effects of differences in electricity prices, usage trip demands bias, and battery capacity through numerical experiments.

**Keywords:** electric vehicles, autonomous vehicles, vehicle-to-grid, optimization, scheduling

## 1. 背景と目的

日本では 2030 年までに 2013 年比で 46 %の温室効果ガスの排出削減を目指している。この達成のため「グリーン成長戦略」において 2050 年までに発電電力の 50~60 %を再エネで賄う方針を示しているが、再エネの供給は断続的であるため、電気自動車 (EV) の蓄電池を調整力として活用する Vehicle-to-Grid (V2G) 技術等が必要である。一方、運輸部門では、シェアリングエコノミーが拡大しており、その一つである共有型完全自律走行電気自動車 (SAEV) が、既に一部の地域で運用されている<sup>1)</sup>。SAEV と V2G の統合により、調整力と運用収益の向上が期待される反面、収益推計や運用の複雑化などが問題視される。そこで本研究では、SAEV の最小限の運用台数で収益を最大化する多目的最適化モデルであるスケジューリングモデルを構築し、種々の条件における収益と運用スケジュールについて分析する。

## 2. 構想する SAEV の移動・V2G サービスとスケジューリングモデル

本研究で構想する SAEV は移動サービスと V2G サービスから構成される。前者は、利用者が出発時刻と出発・目的地を指定すると、管理者がその移動需要を満たすように EV を貸出・返却する駐車場を指定するものであり、走行は全て自動である。また後者は、待機中の EV に管理者が充電または放電を指定し、指定通りに自動的に充放電するものである (図 1)。各利用において管理者が指定した情報を配車リストと呼ぶ。収益は充放電による電力売買から評価し、数値実験では利用情報を同一とするため移動サービスの収益は考慮しない。また全利用を既知とし EV の速度を一定とするため、配車リストが作成されると収益と運用台数が一意に定まる。

スケジューリングモデルは 2 つのサブモデルによって構成され、運用シミュレーションで配車リストの収益と運用台数を評価し、最適配車プログラムで遺伝的アルゴリズムを拡張した NSGA-II を用いて優れた配車リストを再生成する (図 2)。これを繰り返し、配車リストを最適化する。

## 3. 条件設定に関する数値実験

### 3. 1 実験環境



図 1 構想する移動サービスと V2G サービス

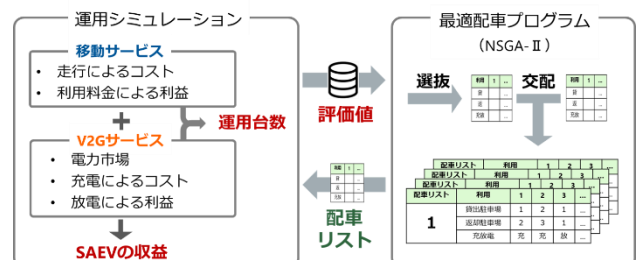


図 2 スケジューリングモデルの概要

実験エリアは 5 km 四方の二次元空間，駐車場は等間隔に 16 か所とした．運用期間は 12 時間とし，利用は等間隔に 200 回，その出発・到着地点は一様分布でランダムに発生させた．電力価格は市場価格により変動させた．充放電は利用間の待機時間のみ一定出力で行われ，運用期間終了後に初期電池残量になるまで充電し，SAEV の諸元は実験間で統一した．以上の実験環境のもと，①雨天時と晴天時の電力価格の差異，②利用頻度の偏りの有無，③電池容量の差異に関して対照実験した．

### 3. 2 実験結果

①，②，③における収益と運用台数の関係を図 3 に示す．いずれも運用台数が増加するほど増収するが，一定台数に到達すると増収しなかった．また，それぞれ等しい運用台数において，①では，雨天時の収益は晴天時より 2500-4500 円程度減収，②では，利用頻度の偏りがある場合は無い場合より 1000-2500 円程度減収，③では，電池容量が 10 kWh 減少するごとに概ね収益が 2000 円程度減収した．以上より，運用台数を初期費用とすると，条件によらず費用対効果が小さいことが明らかになった．

また運用スケジュールと時間別充放電量について各条件の 24, 34 台の運用結果で比較すると，全般的に電力価格が安い時間帯に充電し高い時間帯に放電する傾向となり，この時間帯に充放電量が急増することが分かった．この傾向の代表例として①の晴天時における 24 台で運用した結果を図 4, 5 に示す．

このことから，V2G 統合での運用は電力価格の推移に依存し，調整力の有効性という観点では電力価格により充放電量を制御可能であることが明らかになった．

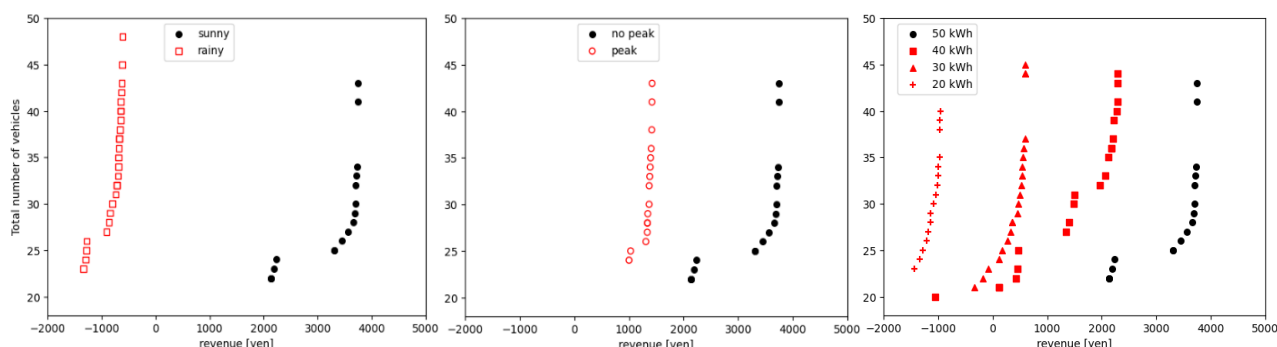


図 3 ①電力価格（左），②利用頻度の偏り（中），③電池容量（右）における収益と運用台数の関係

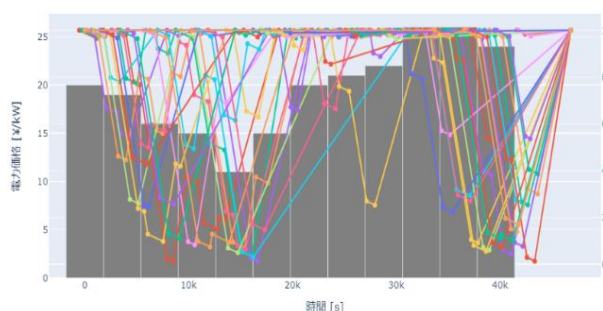


図 4 運用スケジュール

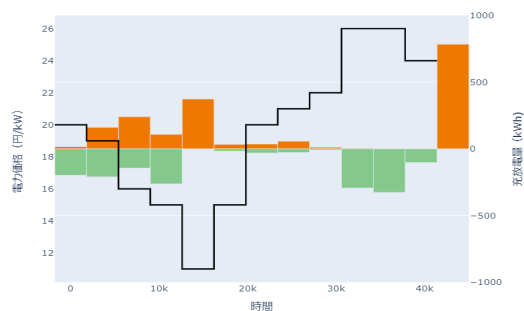


図 5 時間別充放電量

### 4. 結論

スケジューリングモデルを構築し，収益を推計し運用スケジュールを作成できた．数値実験では，条件設定による等しい運用台数における収益の増減を評価し，また運用スケジュールは条件設定によらず同様の傾向となることを明らかにした．これらの知見は SAEV 事業を展開する際の子算案や，エリアの選定などに活用でき，SAEV と V2G 拡大に貢献する．

### 参考文献

- 1) Iacobucci, R. et al. : An Integrated Optimization-Simulation Framework for Scalable Smart Charging and Relocation of Shared Autonomous Electric Vehicles, Energies, vol.14, issue 12, 3633, 2021.