



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Mobility as a Serviceとマイクログリッドの運用計画の統合に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	李, 一達
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第16519号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95208
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yida_Li_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 李一達

学 位 論 文 題 名

Mobility as a Service とマイクログリッドの運用計画の統合に関する研究
(Research on the Integration of Operational Planning for Mobility as a Service and Micro Grids)

エネルギー効率の改善やレジリエンスの確保を目的とした地産地消型のエネルギーシステムとして、再生可能エネルギーを主体とするマイクログリッド (MG) への期待が高まっている。しかし、MG は比較的狭い地域に限定されるため、再生可能エネルギーの発電出力と電力需要のバランスを取ることが難しい。このミスマッチを解消するためには、蓄電池を活用したエネルギー貯蔵や、上位システムとの電力融通などの対策が必要だが、これらは多くの場合、経済的負担を伴う。また、異なる地点に設置された複数の MG を連携させて需給バランスを取る試みもあるが、自己託送による送配電線の利用が必要であり、経済的・技術的な課題も存在する。こうした背景から、MG の事業性を確立するために、エネルギーの貯蔵や融通を可能とする新たな対策が求められている。

排気ガスの削減や交通渋滞の緩和を目指した MaaS(Mobility as a Service) が実用化段階に移行しつつある。MaaS は、カーシェアやライドシェア、バスなどの公共交通機関を IT でシームレスに結びつけ、ガソリン車主体から電気自動車 (EV) によるシェアモビリティ主体の交通形態へのパラダイムシフトをもたらす可能性が高い。

そこで、人・物の輸送という MaaS の本来の目的に相乗りする形で、電力システムの制約に縛られないエネルギーの融通や貯蔵を実現できる可能性に着目し、MaaS の配車計画と MG 間のエネルギー融通を含めたエネルギーマネジメントシステムを協調的に計画・運用する「EV and Energy Management System(E²MS)」を提案する。MaaS の移動需要を満たしつつ、MG 間のエネルギーの融通や貯蔵に MaaS を活用し得ることを数値試算をもとに評価する。

第 2 章では、カーシェア型 MaaS と MG の融合について議論する。現行のカーシェアリングは、貸出・返却が同一ステーションのラウンド型が主流だが、車両の偏在問題への対策としてリバランス手法が多く提案されている。さらに自動運転技術の進展により、乗り捨て型のワンウェイ型カーシェアが普及していくと考えられる。本研究では、ラウンド型、ワンウェイ型、自動運転ワンウェイ型の全てに適用可能な E²MS を提案し、カーシェア型 MaaS と MG の融合による経済効果を評価する。数値試算を通じて EV のシェアリングサービス形態ならびに自動運転の可否より EV の有用性は大きく変わるが、カーシェアリング利用者にとって有用なサービスであるほど、またそれを支える自動運転技術が利用可能になることで、エネルギー利用の観点からもメリットが増すことが示された。

第 3 章では、バッテリースワップ (BS) と MG の融合について議論する。MaaS 社会では EV 群の充電管理が必要となり、バッテリー内蔵型 EV の代わりに着脱式バッテリーパック (BP) を自動交換する BS 技術の導入が期待されている。本研究では、MG のエネルギーマネジメントシステムに BS 対応のカーシェア運用を統合した計画手法を提案し、MG の移動型蓄電池として BS を活用する経済効果とシステムへの貢献効果を評価する。数値試算を通じて、BS がカーシェアに導入され、MG の蓄電設備としてバッテリー内蔵型 EV よりも連続的に活用できるようになることで、バッテリー内蔵型 EV と

同等の経済効果を発揮しつつ、MG と上位系統の連系線容量の削減や電力変動の抑制といった上位系統への系統貢献に関する可能性が示された。

第 4 章では、カーシェアと融合した MG の実規模計画手法を提案する。大規模な配車計画は NP 困難であり、特に E^2MS では配車計画と MG 群へのエネルギー供給計画の組み合わせが複雑な問題となる。本研究では、EV の充放電と配車計画を、MG の運用コストを最小化するように反復的に調整する計算手法を提案する。提案手法は小規模モデルにおいて混合整数線形計画法 (MILP) ソルバーよりも短時間で最適解を導出することが可能であり、さらに MILP ソルバーでは対応が困難な実規模レベルの運用計画も実現できることが数値試算を通じて示された。

第 5 章では、ライドシェア型 MaaS と MG の融合について議論する。複数の乗客が同乗するライドシェアは急成長しており、本研究ではライドシェアを対象とした E^2MS を提案する。数値試算を通じて、MaaS で運用されているライドシェアの EV を MG のエネルギー貯蔵や融通に寄与するエネルギー設備として活用し得ることを示した。また、MaaS の運用を緩和することは、EV の走行消費を削減すると同時に、移動型蓄電池としてのエネルギー供給量を増加させることから、効率的なエネルギー利用につながることを示した。

本論文を通して、電力部門と交通部門における次世代システム・技術を融合し、MaaS でシェアリングされている EV を移動型蓄電池としても活用することで、MG や MaaS の経済性を向上させ、両部門の共通目標である脱炭素化に貢献する可能性が示唆された。