



Title	Estimation of Hosting Capacity of Photovoltaic Generations in Distribution Networks using Hybrid Particle Swarm and Gradient Descent Optimization [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Zulu, Esau
Citation	北海道大学. 博士(情報科学) 甲第15696号
Issue Date	2023-12-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/91225
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Esau_Zulu_review.pdf (審査の要旨)



[Instructions for use](#)

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 Esau Zulu

審査担当者 主査 准教授 原 亮一
副査 教授 北 裕幸
副査 教授 五十嵐 一

学位論文題名

Estimation of Hosting Capacity of Photovoltaic Generations in Distribution Networks using Hybrid Particle Swarm and Gradient Descent Optimization

(粒子群最適化と勾配降下法のハイブリッド最適化による配電システムにおける太陽光発電接続可能量の推定)

脱炭素化に向けた世界的な動きの一つとして、発電部門における再生可能エネルギーの利用拡大が進んでいる。特に太陽光発電 (PV) が加速的に導入されており、世界全体における単年 PV 導入量は 2020 年には 139.2GW であったのに対し、2021 年には 168.7GW にまで増加している。PV はその設置の容易性から、電力消費地点 (需要地点) の近傍、すなわち配電システムに接続されることが多い。ところで、配電システムはこれまで大量の PV の接続を考慮して設計されてきてはならず、配電システムに接続することができる PV の容量 (PVHC) には限界がある。配電システムを管理する事業者 (配電事業者) においては、PVHC を正確に見積もり、それ以上の PV が接続されることのないように制限したり、あるいは配電システムの設備増強を実施したりする必要がある。本論文では、PVHC をより高精度に見積もるための手法を開発すると共に、今後の蓄電池や電気自動車などの導入促進が PVHC に影響を与える要因を分析したものである。

PVHC 推定は、配電システム内の総 PV 導入量の最大化を目的関数とし、PV が配電システム内のどこに、どれだけの容量が接続されるかを決定変数とする最適化問題として定式化可能である。この最適化問題に対し、第 2 章では粒子群最適化 (PSO) に勾配降下法 (GD) の概念を取り入れた PSO-GD 法という新しいヒューリスティクス手法を提案している。第 3 章以降では、この PSO-GD を活用することで PVHC を推定している。

第 3 章では、複数の標準的な配電システムモデルに対して、確定論的 PVHC (PV 導入に対して最も厳しい状況を想定した PVHC 推定) を PSO-GD 法により推定すると共に、先行研究で開発された手法と求解能力を比較している。その結果、先行研究に対して 8.26%~13.60% 程度大きな PVHC を得ることができることを数値試算により例示している。また、PSO-GD 法は高い収束安定性を有していることも明らかにしている。

第 4 章では、PVHC を拡大するための方策として、PV の電圧無効電力特性 (VVC) の最適設計に着目している。VVC のパラメータ設計と PVHC 推定とを同一の最適化問題として定式化し、PSO-GD 法による求解を試みている。この VVC 設計と PVHC 推定の統一化により、モデルシステムにおいては PVHC を 5.7% 向上させられることを明らかにしている。

第 5 章では、PV 出力や配電システム内の需要の不確実性を考慮した、確率論的 PVHC 推定に対して PSO-GD 法の適用を試みている。確率論的 PVHC では、不確実要因をモンテカルロシミュレーション

ンの要領で乱数により模擬した上で、系統運用制約の充足性を確認する形で推定を試みている。PV出力の一部が需要により消費される効果により、悲観的な推定である確定論的 PVHC 推定に対して、確率論的 PVHC 推定では一定の容量増大効果が得られることを明らかにした (モデル系統においては 6.9% 程度の増加)。

第 6 章では、近年普及が進んでいる蓄電池や電気自動車 (EV) の導入が PVHC に与える影響を評価している。蓄電池や EV の所有者の視点からは PV の余剰電力を利用した充電が経済効率的であり、そのため、これらの設備の普及は大きく PVHC を増加させられる可能性があることを数値試算を通じて示唆している。

これを要するに、著者は、今後のさらなる導入拡大が期待される太陽光発電に対して、その接続先である配電系統がどの程度 PV の接続を受け入れられるのかを正確に見積もる手法を提案すると共に、接続可能量を拡大させるための要因を詳細に分析したものであり、電力システム工学の発展、ならびに低炭素社会の実現に寄与するところ大なるものがある。

よって、著者は、北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格があるものと認める。