



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	電力システムの安定化に貢献する需要家リソース群の運用 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	中村, 勇太
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第13530号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74327
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yuta_Nakamura_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（情報科学） 氏名 中村 勇太

学 位 論 文 題 名

電力系統の安定化に貢献する需要家リソース群の運用
(Operation of customer's resources contributing stability of power system)

低炭素化社会への関心の高まりから、近年風力発電や太陽光発電等の再生可能エネルギー電源の導入が進んでいる。しかしながらこれらの電源の発電電力は気象条件等によって変動するという性質から、電力系統へ大量導入された際に、電力系統内の電圧や電力需給バランスに悪影響を与え、系統運用者が適切に運用することが困難になる可能性がある。その従来の対策としては、電圧や電力需給を調整するための機器の設置が挙げられるが、その機器設置には多くのコストを必要とするという問題がある。この問題の解決策として、需要家が所有する可制御機器（リソース）を活用した電力系統の安定化させる手法について検討がなされているが、その多くがリソースを所有する需要家の振る舞いや経済性に配慮されていない。そのため本論文では、需要家の振る舞いや経済性に配慮した、電力系統の安定化に貢献する需要家リソースの運用手法を開発すると共に、そのリソースの活用能力評価を行うことを目的としている。

第2章では、需要家リソースとして電気自動車用急速充電器（以下、充電器）に着目し、電圧制御に貢献する充電器の運用手法を提案する。充電器は、需要家リソースの中でも比較的大容量機器であり、原理的には充電の有無に関わらず無効電力補償（発生・吸収）が可能であることから、電圧制御機器である静止型無効電力補償装置の代替となることが期待される。しかしながら、充電器は、通信機能を持たない、需要家の都合（充電）により補償可能な無効電力が制限される等、電圧制御機器にはない特有の性質を有するため、この性質を考慮した電圧制御手法が不可欠である。そこで本研究では、各充電器がそれぞれの連系点における電圧を測定できることを前提とし、「系統に接続されている全ての充電器が、同じ量だけ無効電力補償量を制御する」と仮定して、自律分散的に無効電力補償量を決定する手法を提案した。提案した手法は、充電器だけでなく、無効電力補償可能な他の需要家リソースにも適用可能である。また、充電器のような需要家リソースの無効電力補償による電圧制御能力は需要家の都合によって無効電力補償可能量が変化する、という不確実性を有することから、その電圧制御能力を推定する手法を開発した。その推定手法は、充電器の代わりに無効電力補償装置（SVC）を設置し、電圧制御パフォーマンスを比較することで等価的な SVC の容量を算出する手法である。実際に数値試算により算出した結果、充電器による電圧制御は全充電器容量の5割程度の容量を有する SVC と同等の制御効果がある、ということが明らかになった。

第3章では、需要家リソースとしてコージェネレーションシステム（CGS）に着目し、電力需給調整に貢献する CGS 群の運用手法を提案する。電力需給調整は、これまで行われてきた火力発電機等の出力調整能力（調整力）の代替として、需要家リソースの消費（あるいは発電）電力を調整することが検討されている。しかしながら、有効電力の調整がリソースを所有している需要家への経済性に与える影響は大きく、リソース活用に伴うコストの増分と対価（報奨金）を比較しながら経済的に運用するような手法が必要である。また、需要家のリソースは比較的小規模かつ多数存在しているという性質から、多数のリソース群を効果的かつ経済的に活用するためのアグリゲータの存在が不可

欠である。しかしながら、アグリゲータが各需要家の CGS の特性や電力・熱需要を把握した上で全ての CGS を直接的・統括的に運用することは、需要家のプライバシー保護や計算負荷の観点から現実的ではない。そこで本論文で提案する手法は、「アグリゲータが各需要家に優先順位を付け、その優先順位が上位の需要家に対して順に調達すべき必要調整力の残存分と報奨金単価を提示し、また各需要家はアグリゲータから提示された情報に基づいて CGS の運用を自ら決定する」ことで CGS 群から調整力を調達する手法である。提案手法により、CGS を所有する需要家はリソース活用（調整力提供）に伴うコストの増分と対価（報奨金）を比較しながら運用を行うことが可能となり、アグリゲータは必要調整力に対して調整力を効率的に調達することが確認できた。提案手法は、CGS だけでなく、ヒートポンプや電気自動車の充電等、有効電力を調整可能な需要家リソースにも適用可能である。また、実測データを用いた数値試算により、CGS 群から提供可能な調整力の評価を行った。

ところで、CGS のエネルギー効率改善効果や、調整力としての付加価値は、CGS の利用形態や容量と、エネルギー供給の対象である需要家の電力・熱需要のプロファイルに大きく依存する。そこで第 4 章では、CGS の調整力としての活用を念頭におき、CGS の容量や利用形態の違いが、需要家の経済性や利用可能な調整力の大きさに与える影響を、数値試算により明らかにした。本論文で取り扱う利用形態は、各住戸に対して 1 台の CGS を個別に設置・利用する構成（「個別 CGS」）と集合住宅全体に対して 1 台の共有の CGS を設置・利用する構成（「共用 CGS」）の 2 つである。2 つの利用形態において、1 つの集合一般住宅を想定し、CGS 容量を変化させて数値試算により構成間による違いを比較した。その結果、複数の住宅の需要を統括してエネルギー供給する共用 CGS の方が、需要の時間変動が相対的に小さいために、CGS 機器の運用制約に抵触しにくくなる。そのため、共用 CGS の方が、CGS 導入による経済的効果が大きく、また現実的に考え得る熱供給に伴う損失を含めても有利であることが明らかになった。