



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Energy Management for Demand Response in a Commercial Building with Chiller System and Energy Storage System [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	孫, 準浩
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第12486号
Issue Date	2016-12-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/64463
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Joonho_Son_review.pdf, 審査の要旨



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 孫 準浩

審査担当者 主 査 教 授 北 裕幸
副 査 教 授 五十嵐 一
副 査 教 授 小笠原 悟司
副 査 准教授 原 亮一

学位論文題名

Energy Management for Demand Response in a Commercial Building with Chiller System and Energy Storage System

(冷却システムとエネルギー貯蔵システムを持つ商業用ビルにおけるデマンドレスポンスのためのエネルギーマネジメント)

デマンドレスポンス (DR) は, 卸電力市場価格の高騰時または系統信頼性の低下時において, 電気料金価格の設定またはインセンティブの支払に応じて, 需要家側が電力の使用を抑制するよう電力消費パターンを変化させる機能であり, 電源投資余力の少ない米国の電力会社を中心として実用化されてきている. わが国でも, 東日本大震災に伴う深刻な電力供給不足に伴い, DR への期待が近年特に高まってきている. DR は大きく, 時間帯別料金等の電気料金ベースのものと需給調整契約等のインセンティブベースのものに分けられる. このうち, 後者の DR は, 系統運用者と需要家があらかじめ契約を締結し, 電力需給が逼迫した際に, 負荷抑制・遮断を系統運用者側から需要家に要請又は実施するものであり, すでに韓国の電力取引所においてもこの枠組みに基づく DR が実施されている. 本論文は, 韓国電力取引所 (KPX) で実施されている DR の枠組みを想定し, DR に参加する需要家 (商業用ビル事業者) の立場から種々の検討を行ったものであり, 新しい研究分野にチャレンジしたものと評価できる.

一般に, 商業用ビル事業者は, 室内の温度を適正範囲に保つための空調システム (チラーシステム) を保有しており, その制御によって系統から購入する電力, すなわち負荷需要を調整することができる. 具体的には, DR を行う前にチラーシステムを運用して室内温度を下げておき (プレクーリングと呼ぶ), DR の時間中はチラーシステムの運転を停止・低減することで DR を行うことができる. また, 最近では電力コスト削減や停電時のバックアップ等の目的のため, 蓄電池などの電力貯蔵装置 (ESS) を備える需要家も増えてきているが, DR 時間中に ESS からの電力を放電すれば, 系統側から見た負荷需要が低下するため, ESS を用いて DR を行うことも可能となる. 本論文では以上の点を考慮し, 「DR のためにチラーシステムと ESS の両方を協調して活用することで, 需要家のリスクを低減しメリットを最大限に得ることが可能になるのではないか」との着想に基づき研究を行っている. DR のための資源としてチラーシステムだけではなく ESS をも用いるという先行研究は見当たらず, 本研究の独創的な点となっている.

需要家が DR に参加する際には, 削減する需要電力の値 (kW) と, 削減を開始する時間 (継続時間は 2 時間に固定) に関する情報があらかじめ必要となるが, これらの情報は, DR が要請される 1 時間前に KPX から与えられる. このため, DR の要請が来ってから (行き当たりばったりの) チラーシ

システムの制御を行うと、室内温度が適正範囲を逸脱するなどの悪影響を生じ、場合によっては DR を実施できずに大きなペナルティを KPX に支払う事態にもなりかねない。このため、いつどのような DR 要請があっても適切に対応できるように事前に準備しておくことが必要であり、本論文では DR の要請パターンを、確率情報を付加したいくつかのシナリオとして与え、各シナリオに対して DR を適切に実施できるようチラーシステムと ESS の最適運用を前日に計画することを考えている。このとき、チラーシステムの制御と室内温度との関係は、外気温に大きく依存することから、最適運用の決定には気温情報も必要であり、本論文では翌日の外気温を、同様にいくつかのシナリオとして考慮している。シミュレーション結果から、様々なシナリオに対応できるようにするためには ESS をチラーシステムと協調的に用いることが有効であることが明らかとなった。

ところで、需要家が KPX との間で DR に関する年間契約を結ぶ際には、DR キャパシティの値を取り決めることが必要となる。DR キャパシティは、KPX から要請される負荷削減量の最大値 (kW 値) であり、DR キャパシティを超えて実際に負荷削減を要請されることはないが、DR キャパシティの範囲内の要請に対しては、需要家は確実に負荷削減しなければならないという意味を持っている。需要家は実際に DR に応じたことに対する対価としての報酬に加え、DR キャパシティについても DR のための待機相当分として、報酬を KPX から受け取ることができる。DR キャパシティが大きいと報酬は大きくなるが、DR の要請に応えられないリスクも大きくなる。一方、DR キャパシティが小さいとリスクは小さいが得られる報酬も少なくなる。以上の点を考慮し本論文では、DR キャパシティを決定する問題を最適化問題として定式化し、リスクと報酬の間で適正な DR キャパシティを決定する手法を提案している。このとき、年間に起こり得る多くの外気温シナリオを考慮することが必要となり、計算時間の削減のため、k-means 法を適用し、いくつか外気温シナリオで代表される手法を適用している。シミュレーションの結果、チラーシステムのみで DR に参加するより、ESS を協調して用いた方が、需要家のメリットが大きくなることが明らかとなった。

これを要するに、著者は、デマンドレスポンスに参加する需要家が、DR のための負荷資源を最適に運用するための手法ならびに年間の最適な DR キャパシティを決定するための手法を開発すると共に、従来のチラーシステムに加えて、電力貯蔵装置を DR 資源として協調的に用いることの有効性を明らかにしたものであり、電力系統工学、電気エネルギー工学の発展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あるものと認める。