

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 27 日現在

機関番号：50104

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05967

研究課題名(和文)キャンパスデマンド予測技術の開発

研究課題名(英文)Development of the electric power campus demand forecasting method

研究代表者

井口 傑 (IGUCHI, Masaru)

旭川工業高等専門学校・電気情報工学科・教授

研究者番号：70353224

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：実際のキャンパスデマンドとして函館高専および旭川高専に電力計ロガーを設置し、教育・研究施設および学生寮を含む特徴的なキャンパスデマンドを測定した。次に、得られたデータからキャンパスデマンド予測手法の開発を行い、学校特有の時間帯と、授業形態に着目した新たな予測モデルを構築し、予測精度を改善することができた。

電力貯蔵装置を用いたピークカット運用計画決定手法の開発を進めた。インセンティブ制度を想定した電力貯蔵装置運用計画決定手法の開発を進めた結果、インセンティブ制度を適用する時間帯及びその単価により、電力供給者及び需要家に対する影響について評価することができた。

研究成果の概要(英文)：We measured electric power campus demand continuously for campus in National Institute of Technology, Asahikawa and Hakodate College. We developed campus demand forecast technique using monitored campus demand. This technique can improve forecast precision by using a new forecast model that adopts a concept of the class schedule of campus and special class. We developed decision method to provide a power storage system capable of surely performing the peak-cut operation with incentive system. The incentive system can evaluate influence for an electric utility and user using incentive price and time zones.

研究分野：電力系統工学

キーワード：キャンパスデマンド 電力需要予測 電力貯蔵装置 運用計画

1. 研究開始当初の背景

近年、地球環境や省資源等の観点から、世界中で太陽光発電を筆頭とする再生可能エネルギー発電の大量導入の動きが活発になっており、小学校から大学までの学校キャンパスに多くの太陽光発電が設置されることも予想される。一方、太陽光発電のような出力を制御できない再生可能エネルギー電源が電力系統に不規則に大量連系された場合、電力系統における予備力確保の問題や、配電系統における電力品質の低下が懸念され、安定した電力を供給するために大きな障壁が発生してしまう可能性もある。

上記の問題の解決の一つとして、スマートグリッドなどと呼ばれる新しいタイプの電力システムが提案されている。これらは、あらかじめ電力系統の末端にエネルギー源が存在することを前提として電力系統を構築するものであり、情報通信機能をフル活用して、電力系統(特に電力供給系統)を「スマート」に運用しようとするものである。太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーによる発電は出力が不安定であり、スマートグリッドに大量連系するためには、変動する出力を高精度に予測する技術を開発し、蓄電池などの電力貯蔵装置を高度に運用することが必要不可欠である。

さらに、電力貯蔵装置は、再生可能エネルギー発電のきわめて短時間な力変動を吸収するだけでなく、一日単位の負荷の平準化や、変換器の無効電力制御による電圧制御も可能であり、新しいタイプの電力グリッドにおいて、非常に重要な役割を果たすことが期待される。

2. 研究の目的

本研究の目的は、(1) 学校キャンパスを対象として時間割、学校行事等の社会的なイベントにはない、学校特有のキャンパスデマンドを詳細に測定し、測定された実データを用いてキャンパスデマンド予測手法を開発すること、(2) 太陽光発電システム+電力貯蔵装置を活用したキャンパスデマンドに対応したピークカット運用計画決定法を開発することである。

3. 研究の方法

これまで先行研究においては、キャンパスのデマンド(30分値)の実測値を基にして代表値を設定し、電力貯蔵装置の最適運用に関する検討を行ってきた。しかし、一部のデマンドから学校全体のデマンドを模擬しているため、実際のキャンパスデマンドを表していない。従って、より正確なキャンパスデマンドを予測するため、デマンドの不確実性を含めた学校キャンパスデマンドの実データを継続的に測定する。ここで、一般に言われる気象条件や季節条件のみならず、学校で実施される教育研究活動(各種の実習活動、放課後のクラブ活動、学校行事等)にキャンパ

スデマンドは大きく依存される特徴を抽出することが予想できる。

本研究はキャンパスデマンドの予測技術を開発し、予測キャンパスデマンドに基づく、電力貯蔵装置を組み合わせたスマートキャンパスシステム運用計画決定手法を開発することである。

(1) キャンパスデマンド予測手法

キャンパスデマンド予測手法として、数量化I類(重回帰分析)を利用する。キャンパスデマンドは、一分平均値の需要電力として、記録されるが、説明変数は、量的データである時間のみならば、曜日、使用教室の有無などの質的データが含まれるためである。また、予測範囲として、一般的な30分平均値と学校の活動状況を示す授業時間に分けて、有効性を検証する。

(2) 電力貯蔵装置最適化運用計画決定手法

本研究は、先の技術によってキャンパスデマンドが予測された場合を前提に、高専等の教育施設が太陽光発電システムや電力貯蔵装置を積極的に導入する状況を想定し、電気事業者と需要家(教育施設)の間に、ピークカット運用による基本料金削減、ならびに負荷平準化に対するインセンティブの獲得を目的として電力貯蔵装置最適化運用計画決定手法を開発した。

最適化計画問題の目的関数として、需要家の利益を最大化し、決定変数を電力貯蔵装置の充放電量と時間とする。制約条件として、電力貯蔵のkW容量制約、kWh容量制約とする。また、離散的最適問題と定式化されるため、最適手法として、タブー探索を用いている。

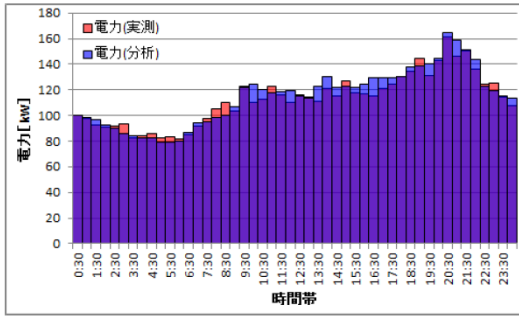
4. 研究成果

研究目的(1)について、函館高専および旭川高専に電力計ロガーを設置し、教育・研究施設および学生寮を含む特徴的なキャンパスデマンドの測定を継続した。さらに、キャンパスデマンドの実データに基づいた予測手法の開発を進めている。従来のモデルでは一般的な30分間のデマンドを予測していたが、精度が大きく向上しないため、学校特有の時間帯に注目し、授業等時間と休み時間に分け、授業形態(教室、特別教室、実習工場)に着目し、新たな予測モデルを構築し、予測精度を改善することができた。

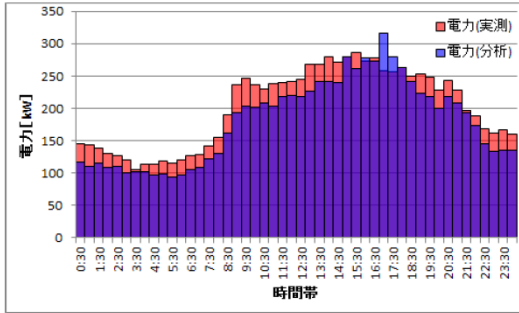
図1に、質的説明変数として曜日を考慮した場合、予測が良好なケースと不良なケースを示す。同図の縦軸は電力[kW]、横軸は時間帯を表している。同じモデルでも適用する日時が異なると予測結果が異なる。

図2は、量的説明変数に気温、質的説明変数に特別教室の利用数を追加した場合、図1(b)と同日の予測結果である。適切な説明変数の選択によって、予測精度が向上していることがわかる。

研究目的(2)について、予測キャンパスデマンドに基づいた電力貯蔵装置を用いるピークカット運用計画決定手法の一つとし



(a) H26.4.27 (手法 I)



(b) H26.7.16 (手法 I)

図 1 質的説明変数に曜日を考慮した場合

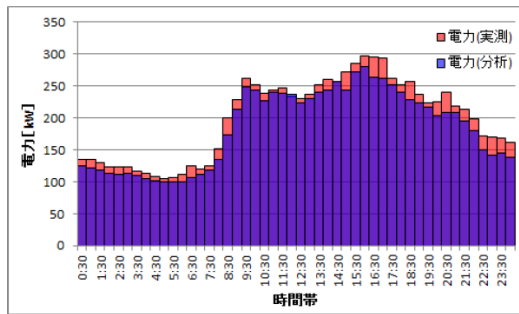
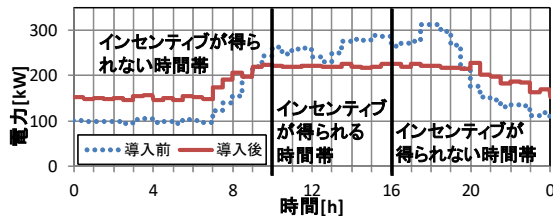


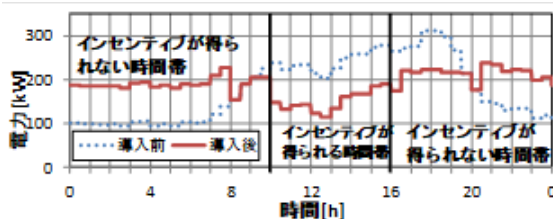
図 2 説明変数を追加した場合

て、インセンティブ制度を想定した電力貯蔵装置運用計画決定手法の開発を進めた。

単価が 21 円の場合の 1 日の運用例と 22 円の場合の 1 日の運用例をそれぞれ図 3 に示す。電力貯蔵装置導入後の結果を比較すると、報奨金単価が大きい方が、報奨金が得られる時



(a) インセンティブ単価 21 [円/kWh]



(b) インセンティブ単価 22 [円/kWh]

図 3 運計画の一例

間帯に電力需要を下げるように電力貯蔵装置が放電していることが分かる。一方で、22 [円/kWh] 以降は、電力貯蔵装置の放電量が kW 制約に抵触するためにインセンティブが得られる時間帯でも電力貯蔵装置の充放電パターンは変化しないことが分かった。

結果、インセンティブ制度を適用する時間帯及びその単価により、電力供給者及び需要家に対する影響について評価することができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 8 件)

- ① 井口傑, 三島裕樹, キャンパスデマンドの予測手法の開発, 平成 27 年電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 2015 年 11 月 07 日~2015 年 11 月 08 日, 北見工業大学 (北海道北見市)
- ② 三島裕樹, 井口傑, 簡易スマートグリッド実験装置におけるキャンパス電力デマンドの収集と解析, 平成 27 年電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 2015 年 11 月 07 日~2015 年 11 月 08 日, 北見工業大学 (北海道北見市)
- ③ 井口傑, 三島裕樹, PV システムの蓄電池供給可能電力に関する考察, 平成 27 年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会合同研究発表会, 2015 年 11 月 26 日~2015 年 11 月 27 日, ニューウエルシティ宮崎 (宮崎県宮崎市)
- ④ 三島裕樹, 井口傑, 太陽光発電システムのセル故障が出力に与える影響 — 小規模パネルによる実験的検討 —, 平成 27 年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会合同研究発表会, 2015 年 11 月 26 日~2015 年 11 月 27 日, ニューウエルシティ宮崎 (宮崎県宮崎市)
- ⑤ 伊藤忠輝, 井口傑, 三島裕樹, 電力貯蔵装置を用いたキャンパスデマンドピークカット運用計画決定に関する検討, 第 21 回高専シンポジウム in 香川, 2016 年 01 月 23 日, 丸亀市民会館 (香川県丸亀市)
- ⑥ 伊藤忠輝, 井口傑, 三島裕樹, 下町健太郎, PV 導入量が電力貯蔵装置の最適運用に与える影響の評価, 電気学会電力・エネルギー部門大会 (第 27 回), 2016 年 09 月 07 日~2016 年 09 月 09 日, 九州工業大学戸畑キャンパス (福岡県北九州市)
- ⑦ 宮坂日和, 井口傑, 三島裕樹, 数量化 I 類を用いたキャンパスデマンドの予測

手法の検討，平成 28 年電気・情報関係学会北海道支部連合大会，2016 年 11 月 05 日，北海学園大学山鼻キャンパス（北海道札幌市）

- ⑧ 伊藤忠輝，下町健太郎，三島裕樹，井口傑，電力貯蔵装置を持つ需要家向けのインセンティブ制度設計に関する研究，平成 29 年電気・情報関係学会北海道支部連合大会，2017 年 10 月 28 日～2017 年 10 月 29 日，公立ほこだて未来大学（北海道函館市）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井口 傑（IGUCHI, Masaru）

旭川工業高等専門学校・電気情報工学科・教授

研究者番号：70353224

(2) 研究分担者

三島裕樹（MISHIMA, Yuji）

函館工業高等専門学校・生産システム工学科・教授

研究者番号：50312773