

JST 戦略的創造研究推進事業 国際強化支援策 共同研究実施報告書

平成 28 年 4 月 19 日

所属機関名 大阪大学大学院工学研究科
職 名 教授
申請者氏名 下田 吉之

JST 戦略的創造研究推進事業 国際強化支援策 (No.〇〇〇〇) の支援により実施した共同研究について下記の通り報告します。

1. 実施概要

JST との関係	事業種別	<input type="checkbox"/> さきがけ <input checked="" type="checkbox"/> CREST
	研究領域名	分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開 (藤田 CREST/EMS)
	研究課題名	分散協調型 EMS における地球科学情報の可用性向上とエネルギー需要モデルの開発
提案名	【和文】	ノルウェーデマンドレスポンスプロジェクトと需要サイエンスチームの共同研究に関する情報交換
	【英文】	Information exchange on demand response program in Norway and Japan
実施期間	2015 年 12 月～2016 年 3 月	
提案の目的 ^{※1}	下田 G が開発するエネルギー需要モデルにおいて Demand response を考慮する方法を検討することを目的とする。この中では特に受容性や応答性について考慮する方法を検討する。加えて、エネルギー需要モデルを海外の都市・地域に適用することを検討し、モデル仕様の変更の必要性を確認する。	
実施内容・成果の概要 ^{※1}	<ul style="list-style-type: none"> • 早稲田大学林チームが実施した「Workshop on distributed Energy Management System」に参加し、Curent の Tomsovic 教授、Tennessee 大学の Chien-fei Chen 教授と議論を行った。特に、Chien-fei Chen 教授はデマンドレスポンスにおける需要家の受容性についての研究を実施しており、特に、socio-psychological な要素を考慮することが重要であることを示唆いただいた。Chien-fei Chen 教授とは 3 月 31 日、4 月 1 日にも議論を行い、今後の研究連携を行うことを確認した。 • 東大生研グループとともに Aalto 大学、SINTEF Energy Research を訪問し、北欧における電力システムの状況と課題、デマンドレスポンスの必要性と先端の実証試験の成果について情報を獲た。 	

^{※1} 本企画の目的、実施内容・成果の概要は箇条書きで簡潔にまとめてください。

2. 実施報告

- ① 提案の実施内容とその成果を詳細に記載してください。
 ② 提案を実施して得られた成果がご自身の JST 研究課題へどのような効果をもたらしたのかを記述してください。

(1) 林チーム国際ワークショップ (12月12日)、IEA/EBC/Annex66 (3月31日-4月1日)

早稲田大学林チームが実施した「Workshop on distributed Energy Management System」に参加し、Curent の Tomsovic 教授、Tennessee 大学の Chien-fei Chen 教授と議論を行った。Chien-fei Chen 教授はデマンドレスポンス (以下 DR) における需要家の受容性についての研究を実施しており、ワークショップでは住宅を対象とする需要家の価格応答についての話題提供を行った。この中で、socio-psychological な要素によって需要家の価格に対する応答が異なることを明らかにした。阪大グループ (下田 G) では住宅を対象とするエネルギー需要を推計するモデルを開発しているが、モデルでは socio-psychological な要素については世帯構成、住宅仕様を考慮するのみであり、デマンドレスポンスをモデルで扱うことができるようにするためにはその他の socio-psychological な要素を反映する必要があることがわかった。

Chien-fei Chen 教授とは 3 月 31 日、4 月 1 日に行われた IEA/EBC/Annex66 の専門家会合においても議論を行い、今後は住宅のエネルギー需要モデルの開発をテーマとして研究連携を行うことを合意した。

IEA/EBC/ANNEX66 は建築物の利用者・居住者行動のモデル化をテーマとするものであり、会合の中で住宅の家電製品操作に関する知見をレビューした結果に基づいて作成した枠組みを報告した。この枠組みは下図に示すものである。この枠組みについて会合に参加した専門家の間で合意を取ることができた。加えて、モデルのレビューを実施すること、その評価を行うこと、モデルの応用において必要となるデータについてのレビューを行うことが重要であることを確認した。

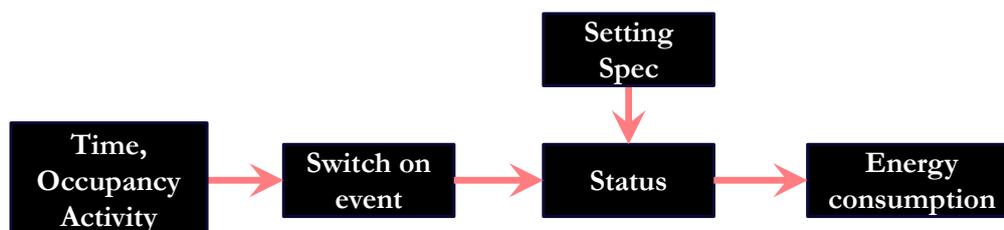


図1 住宅の家電製品エネルギー需要を推計するモデルの基本構造

(2) Aalto 大学の訪問 (3月29日)

東大生研グループ (岩船 G) とともにフィンランドの Aalto 大学を訪問し、北欧における電力システムの状況と課題、デマンドレスポンスの必要性と先端の実証試験の成果について情報を得た。Aalto 大学では、Dr. Kayo Genku、Behnam Zakeri、Valeriy Vyatkin 教授とそのスタッフ 4 名との会合を行った。得られた知見を以下に示す。

- (a) Nordic Power Market (以下 Noodpool とする) ではフィンランド、スウェーデン、ノルウェー、デンマーク、バルト 3 国、UK の 8 カ国が自由市場を形成しており、各国が国内の電力システムを運営するとともに、国の間に送電線を介した電力のやり取りが行われている。各国の発電源にはそれぞれが有する資源によって特徴がある。ノルウェーは水力資源が豊かであり、国のエネルギー消費の大部分が水力発電によってまかなわれている。一方、フィンランドはある程度の化石資源の発電源を有しており、特に、都市部における地域暖房における CHP (熱併給発電) の比率が高い。このような状況から、ノルウェーの発電限界費用は比較的安く、フィンランドはそれよりも高い。Noodpool は完全に自由化されており、限界費用によって発電電源が選択される。ただし、送電線には制約があるため、送電線容量いっぱいの電力のやり取りが行なわれていない場合は NPM 内の限界費用、そうでない場合は国内の限界費用で電力価格が決まることになる。従って、ノルウェーは送電線容量の増強により国際市場におけるプレゼンスを高めることができる。一方、フィンランドは国内の電力価格が安くなることになり、地域暖房の需要家が地域暖房の供給受け入れを停止し個別に電気暖房を使用する事例が増加し、現在のエネルギー市場が破壊される可能性がある。
- (b) 近年、蓄電池をはじめとする電力需給調整資源が注目されている。電力システムには図 2 に示すようにいくつかの市場があり (Day-ahead schedule, imbalance, regulating market, intra-day hourly market, frequency keeping, emergency reserves)、これらの市場すべてにおいて価値を見出すことが重要である。欧州の電力市場では 2020 年までに 10%以上の連携線容量を持つように決められている。

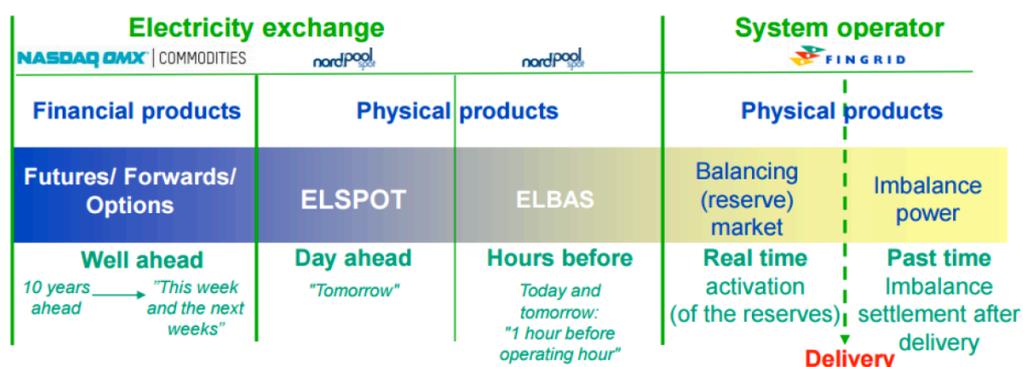


図 2 電力市場の構成 (Behnam Zakeri 氏資料より)

- (c) Valeriy Vyatkin 教授は電力市場における需要家を電力の使用、貯蔵、発電、放電を行うことができるエージェントとしてその挙動を模擬するマルチエージェントシミュレーションを実施している。これらの研究でエージェントの電力需要に関する特性はかなり簡略化されており、需要家の多様性を反映できていない可能性があることがわかった。CREST 需要チーム (中島 T 需要科学 SG) が開発しているモデルではこの点を改善できる可能性がある。

(3) SINTEF Energy の訪問 (3月30日)

東大生研グループ (岩船 G) とともにノルウェーの SINTEF Energy を訪問し、北欧における電力システムの状況と課題、デマンドレスポンスの必要性と先端の実証試験の成果について情報を獲た。SINTEF Energy は非営利の研究組織であり、議論を行った Boye Annfelt Hoverstad, Hanne Saela, Magnus Korpas はデマンドレスポンスに関する多くの経験を有する。得られた知見を以下に示す。

- (a) ノルウェーは豊かな水力資源を持つ。ヨーロッパにおける電力需給調整において重要な位置を占めており、将来的にも送電線の強化などによってその位置を強化する姿勢を持っている。例えば、現在ノルウェーとドイツの間に送電線を新設する計画があり、これによってノルウェーとドイツの需給ギャップを反映して両国の電力コストを下げられるとしている。
- (b) SINTEF Energy が幹事を務めた EcoGrid プロジェクトではデマンドレスポンスの実証を行っている。この実証では、リアルタイム料金での電力供給が行われ、5分タイムステップで需要家が調整力を提供することを想定している。プロジェクトには2千軒の需要家が参加し、リアルタイム料金を受け取り、応答する smart controllers、家電製品が配布され、価格に対する需要家の挙動が観測されている。この結果、リアルタイム料金での DR による調整資源の規模 (±100kW 程度) が定量化されている。

2000 Participating Customers in the Demonstration

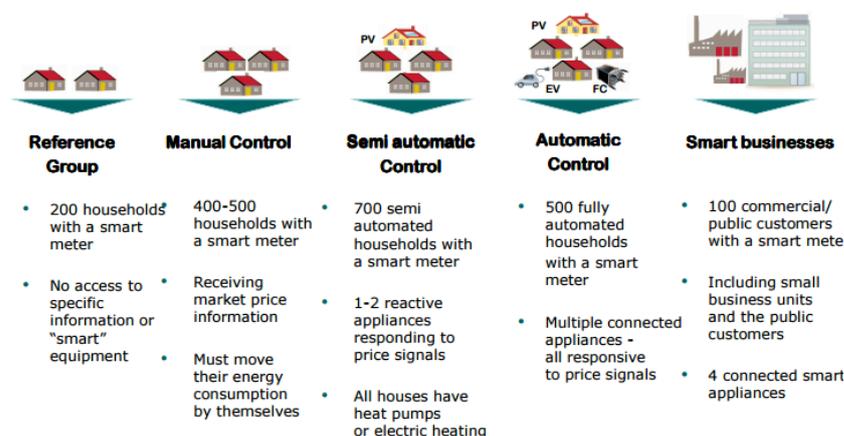


図3 EcoGridに参加している需要家の内訳 (出典: EcoGrid EU - Energinet.dk)

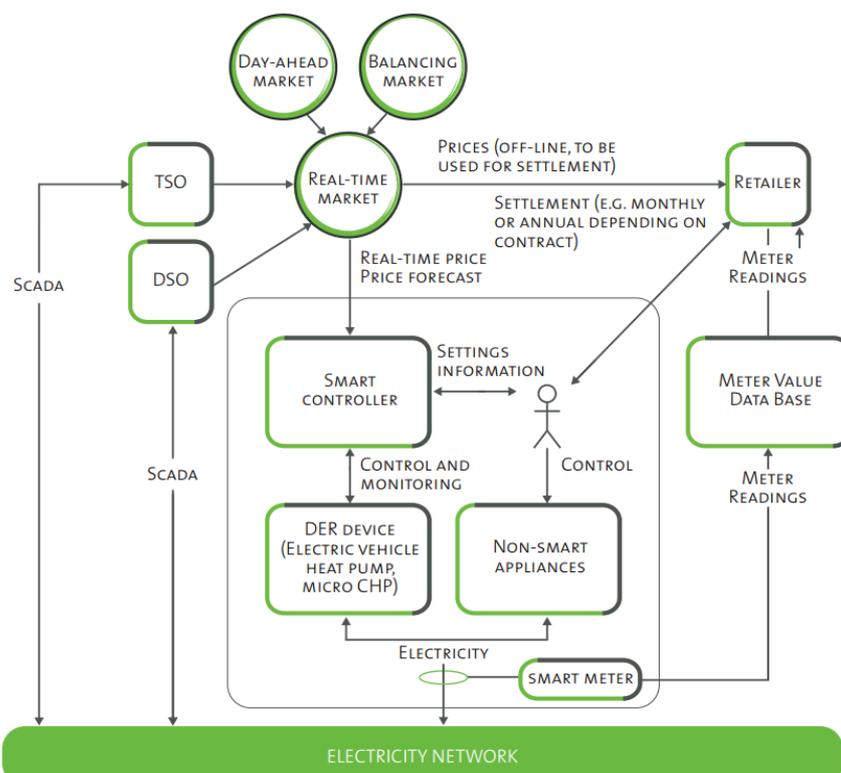


図 4 EcoGrid EU concept architecture (EcoGrid EU 報告書より, <http://www.eu-ecogrid.net/>)

- (c) ノルウェーでは熱供給部門、交通部門を含めて電化を進めている。電化は需要家における需要を増やすだけでなく、調整能力を増やすことになることから、需要家の調整能力を把握することは重要である。SINTEF では実証試験によって調整能力を明らかにすることを計画している。複数の事業の申請をしており、現在結果を待っている状況である。
- (d) ノルウェーでは朝方に電力需要のピークが発生する。これは、住宅では朝方にシャワーを浴び、シャワーのあとにサーモスタットが働いて電気温水器が稼動することで電力需要が増加すること、業務施設や産業部門では業務の開始にあわせて電力需要が増加することが同じ時間帯に起こるためである。SINTEF ではこのピーク時間帯に住宅の温水器をオフにする AutoDR を実施し、その効果を定量化している。この結果、DR に参加したすべての世帯で 300~600W/世帯の削減が得られることがわかった。ノルウェーの 50%の住宅需要家が参加した場合、その効果は 0.6GW~1.0GW 程度になることを試算している。ただし、リバウンド効果が存在することを確認しており、その要因分析が必要であると認識していることわかった。この部分について CREST 需要チーム（中島 T 需要科学 SG）が開発しているモデルが活用できる可能性があると協議した。

(4) JST, CREST 研究課題への効果

今回の支援事業によってエネルギー需要科学を確立するうえで考慮すべき要素、性質を整理することができた。これに基づいて今後実施予定である文献調査の計画を立案することができた。また、欧州におけるエネルギー需要、デマンドレスポンスの実態を知ることによって、これまで日本の文脈で開発してきたモデルを異なる文脈に適応する際に考慮すべき点を明らかにすることができた。

3. 感想及び JST への要望事項など

なし