

「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」

H28 年度
実績報告書

平成 24 年度採択研究代表者

中島 孝

東海大学情報技術センター
教授

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

§ 1. 研究実施体制

(1) 東海大グループ

- ① 研究代表者: 中島 孝 (東海大学情報技術センター/情報理工学部、教授)
- ② 研究項目
 - ・衛星日射量推定手法の改善と気象変動量解析

(2) JAXA-東大グループ

- ① 主たる共同研究者: 中島 映至 (宇宙航空研究開発機構、EORC センター長)
- ② 研究項目
 - ・衛星観測に基づく日射量推定システムの高度化
 - ・地球科学モデルによる雲場同化手法の開発
 - ・シナリオデータの構築

(3) 千葉大グループ

- ① 主たる共同研究者: 入江 仁士 (千葉大学環境リモートセンシング研究センター、准教授)
- ② 研究項目
 - ・EMSのための日射データ誤差評価地上システムの構築

(4) 阪大グループ

- ① 主たる共同研究者: 下田 吉之 (大阪大学大学院工学研究科、教授)
- ② 研究項目

・分散協調型エネルギー管理システムのためのエネルギー需要モデルの開発

(5) 東大生研グループ

① 主たる共同研究者: 岩船 由美子 (東京大学生産技術研究所、特任教授)

② 研究項目

・需要データプラットフォームの構築とHEMS実装に向けた研究

(6) 東工大グループ

① 主たる共同研究者: 日高 一義 (東京工業大学環境・社会理工学院、教授)

② 研究項目

・分散協調エネルギーマネジメントシステムにおける需要家行動モデルの研究・開発

§ 2. 研究実施の概要

中島最強チームは、地球科学分野とエネルギー需要科学分野の融合チームである。地球科学は地球物理学をベースとする理学分野であり、一方のエネルギー需要科学は工学分野である。すなわち、中島チームは理学と工学の境界領域に軸を置く戦略的なチーム構成となっている。チーム運営においては、以下に示すような5つの課題を設定している。

- Q1. 地球科学データの推定精度はどの程度か
- Q2. エネルギー需要を規定する要因は何であるか
- Q3. EMS における需要家の調整能力にはどのようなものがあるか
- Q4. 地球科学データによってエネルギー需要は如何に影響を受けるか
- Q5. これらは EMS にどのような影響をもたらすのか

これらの課題の解決に資するために、H28 年度は、①地球物理量シナリオデータの作成、②衛星データ解析システムの維持管理と改善、③モデルによる物理量算定システムの開発、④地球科学データの品質保証と異常データ検出、⑤気象データの変動解析、⑥エネルギー需要モデルの開発、⑦需要データプラットフォーム構築に向けた分析、⑧需要家行動モデルの開発を実施した。さらに、地球科学データの効率的な発信と地球科学と需要科学を結びつける研究としての⑨データ・インタフェースの開発を実施した。また、⑩国際交流および異分野交流を図った。H28 年度に行ったこれらの研究活動のダイジェストを下記に記す。

まず、地球科学分野においては、衛星データ解析システム等の研究が大きく進捗した。シナリオデータの作成では、過去に実際にあった猛暑日、厳冬日、および将来のシナリオ(2031年、32年、33年)に基づいた日射量を含む気象情報のデータセットを作成した。衛星データ解析システムにおいては、これまで実施してきた雲特性の解析と並行して新たにエアロゾル特性の解析を開始した。また、衛星観測から得られた大気移動ベクトルの解析に基づく、地上到達日射量のアンサンブル短時間予測の研究を大きく進捗させた。雲解像モデルを用いた日射量予測の研究も進捗した。特に、気象場と衛星雲水量をモデルにナッジ(衛星観測値をモデルに馴染ませる)した場合の日射量の推定精度についての調査が進み、このようなナッジ手法が日射量の予測に有効であることが示された。本成果については現在論文執筆を進めている。その他にも、基礎的研究として、3次元構造をもつ雲場における地上到達日射量を精度良く計算するための放射伝達計算手法の開発を行った(Okata et al. 2017)。さらに、衛星データやモデルから算出された日射量の検証に関する研究も進捗した。SKYNET 地上観測サイトにおいて、機器整備および機器運用手法の最適化を行い、連続観測を継続的に実施する体制を整えた。検証活動の成果については、国内学会誌に「特集記事」として寄稿した原稿が受理されている。衛星観測雲特性量を用いた地上日射量の変動特徴の推定手法の研究においては、新しい地表面日射量変動の情報として、空間的な広がりを持った情報を提供するためのデータ解析手法を提案した。以上のような研究成果によって、地球科学データの推定精度の定量化が図られる。今後、これらの地球科学データはエネルギーマネジメントシステムにおける電力供給及び需要に対する入力値として役立てられることになる。

エネルギー需要科学分野においては、需要モデルの開発が進捗した。温暖化ガス排出削減や、電力ロードカーブ調整において重要な役割を示す家庭用コージェネレーションシステムについて、

世帯人員や住宅形式によって変化する熱・電力消費を評価できる家庭用最終需要モデルを活用して、ガスエンジン、2種類の燃料電池による省エネルギー効果、CO₂排出削減効果を比較。本研究の結果、世帯構成別の最適コスト・エネルギーシステム、地域の温室効果ガス排出削減効果や電力ロードカーブへの影響などの評価が可能になった(Shimoda et al. 2017)。また、家庭用エネルギー管理システム(HEMS)データを用いてエネルギー診断を自動的に行うシステムを開発し、効果を検証した(Iwafune et al, 2017)。多数のフィールド(1600世帯)でHEMSを用いた家庭用エネルギー診断の効果を検証した事例としては初となる成果であり、今後の家庭部門の省エネルギー促進に大きく貢献するものである。需要行動の研究では、北九州で行われた経済的手法を用いたデマンドレスポンス(DR)の分析を行い、DR継続実施時とDR終了後の需要家の電力消費行動と実際の生活行動の経時変化について検討を行った。これらの需要に関する研究により、エネルギー需要を規定する要因が徐々に明らかになるとともに、EMSにおける需要家の調整能力についての知見が蓄積されることとなった。

データ・インタフェースにおいては、当チームにおけるデータの共通利用を目指してクラウド環境の利用を検討し、気象データの提供システムをクラウド環境に移植した。更に、共有データとして提供するデータについての検討を行った。データユーザはWebブラウザを通して本クラウドシステムにアクセスし、データ取得希望期間および指定地点もしくは指定地域(市区町村)を入力することで、データ入手が可能になる。データ・インタフェースの進捗により、地球科学データの利活用が促進される見込みである。

地球科学分野の国際交流として、アジア・オセアニア気象衛星利用者会合に参加して、アジア諸国での「ひまわり8号」衛星の利用についての動向についての情報収集を実施した。さらに、中国科学院のリモートセンシング&デジタルアース研究所、および同大気物理研究所との研究協力を開始した。日射データ評価地上システム構築の一環として、アメリカNASA主導の観測ネットワーク、およびスイスWRC主導の観測ネットワークとの相互比較実験を実施している。エネルギー需要科学分野の国際交流では、London-Loughborough (LoLo), Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC) Centre 所属研究者との連携を実施した。

【H28年度の代表的な原著論文】

- Okata, M., et al. "A study of the earth radiation budget in 3-D broken cloudy atmospheres by using satellite data", *Journal of Geophysical Research*, vol. 122, Issue 1, pp.443-468 (Jan 2017)
- Shimoda, Y., et al. "Residential energy end-use model as evaluation tool for residential micro-generation", *Applied Thermal Engineering*, vol. 114, pp.1433-1442 (Mar 2017)
- Iwafune, Y., et al. "Energy-saving effect of automatic home energy report utilizing home energy management system data in Japan", *Energy*, vol. 125, pp.382-392 (Online Mar 2017)