

中島 孝

東海大学情報技術センター／情報理工学部
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. 研究成果の概要

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。H30 年度も、これまで通りに地球科学サブグループ (SG)、エネルギー需要科学サブグループ (SG)、データ・インタフェースサブグループ (SG) それぞれにおける研究活動を推進させるとともに、サブグループ同士の有機的な交流を図ることでチームとしての成果の最大化を図った。H30 年度における当チームの顕著な成果としては、(1)基礎研究の発展に寄与するもの、として地球科学SGが実施した国際地上リモートセンシング観測ネットワーク (SKYNET) を活用した研究がある。SKYNET を活用して、ひまわり 8 号衛星の全天日射量データを系統的に評価することができた。(2)社会経済に波及するもの、としては、データ・インタフェースSGが実施した、GIS ツールの開発がある。本プロジェクトで独自作成された日射量計算の画像生成スキームを開発し、Web ベースの GIS ツール上で準リアルタイムに可視化することに成功した。このツールは電力マネジメントはもちろんのこと、気象や防災、福祉や教育などでの利活用が可能である。

それ以外にも H30 年度は多くの研究成果を得ることができた。以下に地球科学SG、エネルギー需要科学SG、データ・インタフェースSG毎に概要を記す。

まず地球科学SGであるが、(1)衛星データ解析システムの開発においては、ひまわり 8 号大気移動ベクトル解析に基づく短時間予測手法の改良を行った。大気移動ベクトル解析に基づく短時間予測技術はベクトル解析の精度が重要な要素となるが、多くの場合実際の大気とMSM/GPVなど参照するモデル大気場は必ずしも一致することはないため、観測に整合する流れ場を仮定することが重要である。本研究では、直近 10 分のクラスタ分類から速度の速い高高度と速度の低い低高度の雲を分類した。これにより予測時の雲の速度差による不整合を解消する可能性があることが

分かった。(2)地球科学とエネルギー需要科学の融合分野にも進捗があった。本研究では AMATERASS データセットの高時空間分解能の特性を活かし、巨視的にも微視的にも整合な太陽光発電出力の供給量と電力需要の情報を得ることを目的としている。AMATERASS データセット(日射量データ)を入力値として当チーム阪大グループが開発した電力需要推定手法によって日本全国を網羅的に解析した。(3)日射量を大きく変動させる要素として大気中の水蒸気がある。H29 年度までの研究において、ひまわり 8 号が有する 4 つの赤外波長を用いて可降水量を推定するアルゴリズムを開発した。H30 年度は従来の 4 チャンネルのほかオゾンや炭酸ガスを主としたチャンネルを用いて、GPS による観測された可降水量を真としつつ、各チャンネルの輝度温度差の2乗と地表の比湿を2乗の項まで考慮して重回帰式を構築した。(4)衛星データ解析のための基礎研究も進捗した。なかでもひまわり衛星雲特性解析は日射量推定の前提となる解析であり、重要である。H30 年度は氷雲の解析手法についての検討を実施した。結果、氷雲の雲粒半径を推定するひまわり 8 号の波長として、 $1.6\mu\text{m}$ あるいは $2.2\mu\text{m}$ は適切であるが、 $3.7\mu\text{m}$ は感度不足のため利活用は適当でないことが明らかになった。(5)モデルによる地球物理量算定システムの開発においては、非静力雲解像数値モデル NICAM を使用し、雲水データの同化手法の検証のための理想化実験と衛星データから推定した雲水データを同化した現実実験を行い、地表面日射量の再現性とその予報の可能性についての検証を行なった。以前の実験とは異なり、理想化実験から雲水データ同化の手法自体の詳細な(利点や傾向などの)検証が可能であり、また長期(1年分の)実験を行う事で季節間の傾向をより正確に解析することが可能になった。(6)日射量等の品質保証の研究においては、ひまわり8号等のデータの誤差評価のさらなる精緻化を図った。特に太陽周辺に存在した雲が直達光を反射して周辺の放射量が増大する現象(Radiation Enhancement)についての追跡調査を行った。現状のひまわり8号の全天日射量推定には三次元の雲分布とそれに伴う三次元の放射伝達が考慮されていない。さらなる全天日射量データの高精度化を達成するためには、そのような三次元効果を考慮することが不可欠であることが分かった。(7)気象データの変動解析においては、「日射変動を対象とした時空間的な非同期性の定量化」及び「屋根形状の統計データを反映した PV 日射量解析ツールの開発の検討」を行った。

次にエネルギー需要科学SGであるが、まずは(1)居住者行動モデルの開発が行われた。H30 年度は、H29 年度までに開発された行為生成過程をもとに、日本全国の小地域を単位として、各地域に居住する世帯群へ開発モデルを適用した。東京都の全小地域に開発モデルを適用し、ロジスティック回帰モデルで生活行為生成パラメータを推計し、地域の世帯の集積状況が生活行為生成パラメータに及ぼす影響を評価した。(2)家庭用エネルギー最終需要モデルの開発においては、2030 年および 2050 年における我が国の国家家庭部門エネルギー需要予測に関する研究を行った。H29 年度まででおこなってきた我が国家家庭部門の長期エネルギー需給見通しに基づく 2030 年のエネルギー需要について、同見通しに記載されている対策の効果を含めて、本プロジェクトで開発してきた家庭用エネルギー最終需要モデルによって検証をおこなった。(3)業務用エネルギー最終需要モデルの開発においては、日本に立地する事務所、宿泊、医療、商業、文教、飲食施設ストックを対象としてエネルギー需要を推計するモデルを開発した。(4)需要データプラットフォーム構築に向けた分析においては、需要データの成果、共有方法の検討として基礎的なモデル構築を行った。また、(5)HEMS によるデマンドレスポンス(DR)ポテンシャルの抽出の研究にお

いては、宮古島をフィールドとして実施する DR 実証実験に向けて、参加世帯における DR ポテンシャルの抽出や、参加者への DR の説明、説得、理解のためのコミュニケーション方法の検討、および DR プログラムの消費者受容性などの検討を目的とした調査を行った。(6)HEMS モデルの実運用展開においては、ヒートポンプ(HP)給湯機及び電気自動車(EV)を含めたアグリゲーションモデルを構築し、全国大の系統需給シミュレーションモデルに実装し、デマンドレスポンス(DR)の定量的な評価を行った。次に、(7)需要家行動モデルの開発においては、H29 年度までに対馬市フィールドにおいて実験参加世帯を募り、相応の世帯数を確保、スマートメータ設置工事を完了させた。H30 年度は、再生可能エネルギーの知識実験のための画面設計を行い、システム追加開発を行った。また、R 元年度に行う予定の画面設計に関する事前協議を行った。(8)電力契約行動・設備投資行動および電力使用行動との関係性に関する研究では、各電力会社の顧客へのアンケート調査を行い、電力契約変更における行動理由・要因を分析するとともに、電力契約変更行動、電力消費行動及び設備投資行動の関係において共通する要因を分析した。(9)「エネルギー需要科学」分野の確立に向けた研究では、H28 年度にエネルギー消費行動や環境配慮行動を促す介入の方法論の体系的整理を行い、H29 年度には、効果的な介入計画を立てるためには、環境配慮行動を決定する影響要因、環境配慮行動に影響を与える介入手法、介入による効果検証の3つの関連性を明らかにすることが必要であると考え、過去の研究のレビューを行った。H30 年度には、エネルギーシステムにおける能動的なアクターとしての需要家の役割を体系化するための科学として、需要科学の再定義を行い、需要科学サブグループにて ACEEE、電気学会、behavior, energy & climate change (BECC)で発表を行った。

最後にデータ・インタフェースSGの成果の概要を記す。データ・インタフェースの目的は、本チームの日射量準リアルタイム解析システムが算出する各種日射量など(AMATERASS データセット)のデータおよび他の気象データなどを、チーム内研究者を含む EMS に関わる利用者の要望に応じて、データ提供を行うシステムを構築することである。H30 年度は、衛星日射量やモデルによる日射予測値などのデータについてデータの利活用を進めることを目的に、データの提供方法の改善に取り組み、需要科学での利用の促進を図った。(1) データ・インタフェースの環境構築と機能追加においては、データインタフェースサービスと AMATERASS Web との連携をスムーズにするとともに、よりシームレスにデータの受け渡しが可能な JSON 形式でのデータ提供を可能とした。さらに、大量のデータ提供を可能とするオンプレミスサーバと、短期間のみだが一般公開を予定するクラウドサーバの2つの環境でデータ提供環境を整えた。また、提供可能なデータの種類を追加した。データ・インタフェースSGでは(2)気象・需要データの可視化にも着手している。H29 年度は日射量推定値の現在・過去データの GIS 可視化システムの開発を行い、EMS のためのデータ提供の可能性を広げた。予測値の利用希望が多いため、H30 年度は太陽光発電量の 6 時間後までの予測値を可視化するための設計を行った。さらに H29 年度の GIS 可視化としては未実装である湿度、風向、太陽光発電量などについても可視化した。可視化においては、日射量などの気象情報データおよび需要データ(行動モデルデータ、電力消費モデルデータ)のスケラブル可視化を実装した。(3)衛星データの収集・処理においては、千葉大学環境リモートセンシングセンターにおいて、世界の静止気象衛星データの収集、処理、公開を継続して実施している。世界の主要な静止気象衛星データの収集と処理は完了し、ひまわり 8 号データの科学利用のためのアーカイブ、

および NASA Ames 研究センターとの共同研究による GOES-R シリーズのデータ収集に繋がっている。AMATERASS データ(日射量プロダクト)のアーカイブとデータ提供も順調である。これまでに、6,100 万ファイル以上のデータダウンロードの実績がある。(4)大画面可視化についての取り組みも行った。ビックデータを確認するには大画面での定常表示の活用が好都合であるが、大画面設備を独自に開発することは現実的ではない。タイルドディスプレイ(TDW)はその名の通り複数のモニタをタイル状に並べ、一つの大きな画面として映し出す装置を指す。36 面 TDW は元々約 10 年前に NICT サイエンスクラウドチームにて構築されたものだが、共同研究の一環として H29 年度末に千葉大 CERE S に移設した。理化学研究所と九州大学が開発している TDW をソフトウェア的に実現するシステムである ChOWDER (Collaborative workspace driver)を用いて 36 面 TDW を実現した。(5)EMS プラットフォームの構築にも着手した。EMS プラットフォームは、本研究チームの地球科学 SG やエネルギー需要科学 SG などから算出された各種データをスケラブルでシームレスに共有するための可視化技術である。具体的には、中島最強チームの日射量データ及び需要データを含む EMS の関連データを時空間において連動して可視化し、さらに EMS プロジェクトチーム間でデータ分析・解析を実現するための協調分散型プラットフォームの設計と試験的実装を行う。H30 年度は基本設計と試作を行った(図参照)。

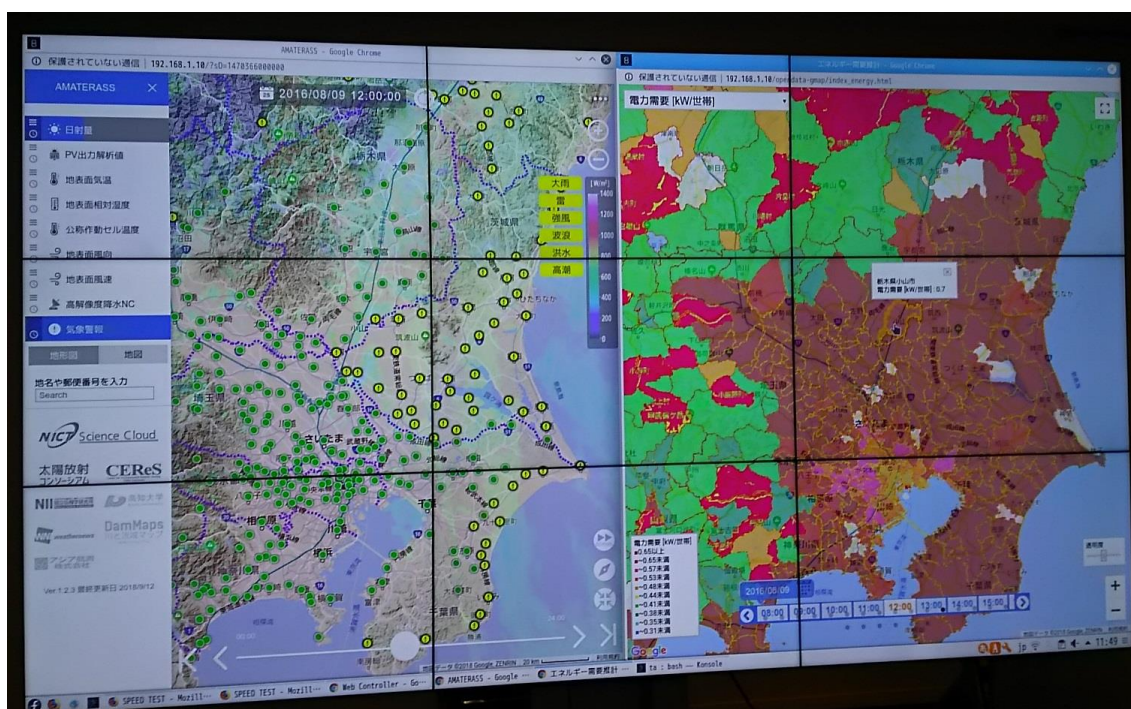


図 時空間統合可視化機能によるデモンストレーション事例

【代表的な原著論文】

1. Damiani, A., H. Irie, T. Horio, T. Takamura, P. Khatri, H. Takenaka, T. Nagao, T. Y. Nakajima, R. R. Cordero, "Evaluation of Himawari-8 surface downwelling solar radiation by SKYNET observations", Atmospheric Measurement Techniques, 11, 2501-2521, Apr 2018

2. Goto, D., M. Kikuchi, K. Suzuki, M. Hayasaki, M. Yoshida, T. Nagao, M. Choi, J. Kim, N. Sugimoto, A. Shimizu, E. Oikawa, and T. Nakajima, "Aerosol model evaluation using a geostationary satellites over East Asia in May 2016", Atmos. Res., 217, 93-113, Mar 2019
3. Yamaguchi, Y., S. Yilmaz, N. Prakash, S.K. Firth and Y. Shimoda, "A cross analysis of existing methods for modelling household appliance use", Journal of Building Performance Simulation, 12(2), pp.160-179, Jul 2018

§ 2. 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
 - ・データ・インタフェースの開発

(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地球観測研究センター 参与・教授)
- 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

(7)NICTグループ

① 主たる共同研究者:村田 健史 (情報通信研究機構オープンイノベーション推進本部 研究統括)

② 研究項目

・気象・需要データ可視化とEMSプラットフォーム構築