

--

第 5 年 次 研 究 計 画 書

2 0 1 9 年 度

研究領域「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」

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」

研究代表者

氏 名

中島 孝

## ＜年次研究計画書について＞

1. 年次研究計画書（様式 A～D）は、初年度・最終年度を含め、年度毎に作成します。
2. 2 年度目からは、過年度の研究進捗状況、研究成果等を反映して、当該年度に実施する研究計画に関して、研究実施内容、研究体制、予算実施計画等を記載します。
3. 年次研究計画書は、研究総括の確認および承認後、確定となります。
4. 確定後の研究計画書に記載された研究予算等は、当該年度の委託研究契約書に直接反映しますので、所属機関名や研究費配分など、誤りのないようご注意ください。
5. 研究計画書は、各研究機関と JST が契約する委託研究の具体的な内容を定めるものです。そのため、研究費は本計画書に沿って適切に執行してください（JST は研究費の支出状況の確認に際して、本研究計画書を参照します）。  
なお、研究機関は、「研究機関における公的研究費の管理・監査のガイドライン（実施基準）（平成 19 年 2 月 15 日施行/平成 26 年 2 月 18 日改正文部科学大臣決定。その後の改正を含む。）」に基づき、研究機関の責任において公的研究費の管理・監査の体制を整備した上で、委託研究費の適正な執行に努める必要があります。
6. 委託研究費の執行にあたっては、JST と委託研究契約を締結する各研究機関の経理・契約等の関係部門に当該研究計画書の内容を事前にお知らせください。具体的には、研究代表者は（必要に応じて主たる共同研究者を通じ）、年次計画書様式 B-2、B-4、C を、各研究機関の事務担当者に送付ください。  
（なお、チーム内であっても他機関の情報が含まれるため、当該機関に関する情報のみに限定するなど情報の取扱いにご留意ください。）
7. 研究計画の変更・年次研究計画書の改訂について  
**研究総括の承認を得ることにより、年度途中における研究計画の変更が可能です。**
  - 1) 研究計画に変更が生じ、年次研究計画書の記載事項（研究参加者等）に修正が生じる場合は、JST 担当者へ連絡してください。
  - 2) 研究計画内容の大幅な変更については、JST 担当者を通じて研究総括の確認・承認が必要となります。  
※「研究計画内容の大幅な変更」に該当する例
    - ・ 主たる共同研究者の変更、グループの追加や削減
    - ・ 研究費の追加配賦
    - ・ 研究の方向性に大幅な変更の必要が生じた場合
    - ・ 高額な機器の購入計画の変更 など
8. 海外研究機関が共同研究先グループとして参加する（海外の研究機関に所属する研究者が主たる共同研究者として参加する）場合には、研究総括の承認に加え、当該機関と JST との間で、一定の条件を満たす契約を締結できることが必要です。JST 指定の契約書様式や経費執行ガイドラインについては、事前に JST 担当者にご確認ください。

## 改訂履歴

No.	改訂年月日（※）	対象項目	改訂内容	備考（本文の修正の有無など）
1	2019年1月23日		研究計画書の作成	
2	2019年10月21日	様式A、様式B（NICTグループ）	増額申請が認められたため修正	
3	20XX年〇月〇日 （研究総括確認）	（例）様式C、様式D（〇〇グループ）	（例）研究担当者の所属変更に伴い修正	
4				
5				
6				
7				
8				
9				

※「改訂年月日」欄： 研究総括の確認を得た場合はその旨記載

本研究計画については、遵守すべき法令・ガイドライン等を理解の上策定したことを確認します。また計画の実施にあたっては、法令・ガイドライン等を遵守して実施することを確認します。

（遵守すべき法令・ガイドライン等の一例）

- ・「研究活動における不正行為への対応等に関するガイドライン」（平成26年8月26日文科科学大臣決定。その後の改正を含む）
- ・「研究機関における公的研究費の管理・監査のガイドライン（実施基準）平成19年2月15日施行/平成26年2月18日改正文部科学大臣決定。その後の改正を含む。」
- ・ライフサイエンスに関する研究については、生命倫理および安全の確保に関し、各府省が定める法令・省令・倫理指針等
- ・安全保障貿易管理（海外への技術漏洩への対処）について、最先端研究の成果等が大量破壊兵器の開発者やテロリスト集団など、軍事転用等の懸念活動を行うおそれのある者に渡らないよう、外国為替及び外国貿易法（外為法）をはじめ、各府省が定める法令・省令・通達等
- ・海外における実地の研究活動（生物資源の持ち出しも含む）や海外研究機関との共同研究を行う際には、関連する国の法律等

# I 研究内容

## (1) 当該年度における研究の進め方

※全体研究計画書を踏まえ、前年度の進捗状況を説明しつつ当該年度はどのようなところにポイントを置いて研究を進めるかを記入してください。(研究の具体的な進め方が分かるよう1～2ページ程度で記述。)

※研究のマイルストーン(概ね本年度中に達成しようとする、研究開発の節目となる到達点・達成事項)とその達成度の判断基準を含めて記載してください。

H27年度は、各グループともそれぞれ予定していた研究を遂行した。H28年度は、本研究の実施で必要となる機器備品等の基盤整備の追加とともに、各研究グループにおける地球科学分野および需要科学分野の研究を継続した。H29年度は、当最強チームを有機的に動かすために組織したサブグループ(図1)内外および他チームとの連携を一層深め、特に全体研究計画の目標達成を念頭におき研究を推進した。その結果、当初の見込み通りの研究進捗が得られた。H30年度は残り2年となった研究期間を鑑み、最終ゴールを見据えた研究を実施した。最終年度はこれまで実施中の研究の完遂を目指すとともに、研究成果の整理と取りまとめを実施する予定である。

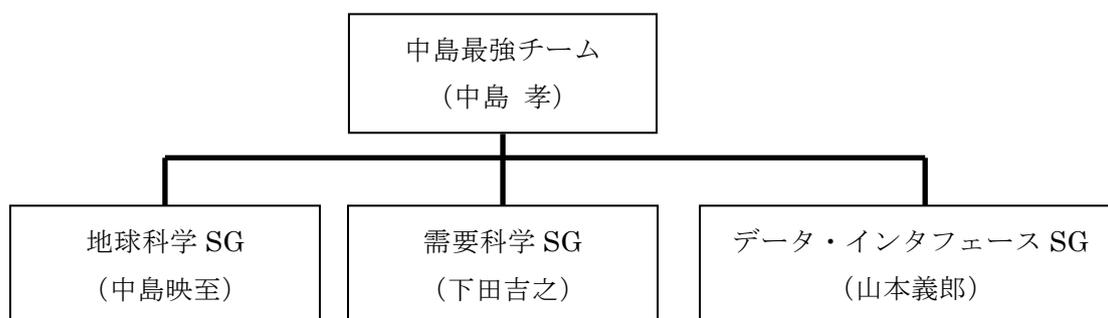


図1 サブグループ構造(リーダー名)

サブグループの活動としては、まず地球科学 SG の H30 年度活動では H29 年度に大きく進展した日射量推定及び予測の更なる高度化に取り組むとともに、精度を担保するための検証と異常検出システムの高精度化と改良を進めた。新しい衛星のデータ受信と雲観測等への適用にも取り組んだ。日射変動解析は制御への応用についての研究を進展させた。第三代衛星に基づく日射量算定については、H30 年度にアルゴリズム改良に伴う解析システムの高精度化が完了したため、最終年度はシステムによる準リアルタイムデータの生成とともに、過去データの再解析作業を継続する。地球物理量算定モデルについては、これまでに確立したアルゴリズムを適用して日射量予測計算のための初期データを構築するとともに、雲場の特徴や予測誤差を調査し最終的な予測システムを確立する。これら日射量解析値の信頼性を担保するための地上観測は H29 年度に最適化された定常観測に移行し、翌年データを公開した。最終年度はデータベースを確立させるとともに、ひまわり 8 号に基づく日射量とこの地上観測データとの精緻な比較による誤差評価・誤差要因解明を継続し、衛星やモデルデータの高精度化に資する知見をまとめる。同時に、これまでに高

精度化し開発した異常検出システムを社会実装への道筋を見据えた形で確立させる。日射推定の高精度化の前提となる雲解析アルゴリズムについては、新しい氷雲用ルックアップテーブルのシステム適用試験を継続するとともに、日射推定への影響を明らかにする。なお、水雲用ルックアップテーブルについては特に問題がないため現行のまま日射量推定を発展させる。日射量変動解析については、住宅屋根に設置された PV へ入射する斜面日射量を推定するツールの開発が進んだため、今後は即時的かつ空間的な地球科学情報の変化の特徴解析と EMS の融合研究を進め、EMS 分野への具体的な応用を行う。

需要科学 SG は、EMS で利用可能なシステムを目指して、エネルギー需要科学の体系化を一層進めると共に、需要モデルの推計精度の向上、DR モデルの適用、対馬サイトの環境整備と行動変容解析（再生可能エネルギーの発電量の提示による行動変容等）および需要家行動モデルの開発、他チームへのデータ提供、およびフィードバックを受けたモデルの改良に取り組んできた。住宅エネルギー需要モデルは、H30 年度までに得られた体系化されたエネルギー需要科学の成果を踏まえ、最終年度は高い時間・空間解像度で全国対象のエネルギー需要推計を行う。また各種将来条件から 2030 年、2050 年の推計をする。業務施設についても、住宅と同様に高精度なモデルを開発する。気象の影響については、既往研究にはない生活行動の季節依存性をモデルに反映させる方法を確立したので、得られた知見の汎用性について確認していく。需要データ共有化としては、これまで収集してきた広属性の HEMS データ等を活用し、分散 EMS の評価に有用な家庭の時間帯別データの生成ツールを作成する。デマンドレスポンスポテンシャル抽出については、実証実験フィールドにおける電化や DR プログラムに対する消費者受容性を総括する。HEMS モデル開発に EV、HP、蓄電池を含め、各 DR リソースの導入効果について比較を行う。また全国大モデルに関しては調整力も含めた経済性評価を行う。誘導ドライバによる需要家の電力消費・契約・設備投資の行動変容については、最終年度は H30 年度に実施した調査結果の分析・発表、対馬実証地での各種情報提示システム化と実験、電力比較情報による意識と環境配慮行動の変容分析を行う。また、対馬実証地にてスマートメーターを用いた機器分離技術の精度検証を行う。これらの得られた知見の需要家行動モデルへの反映を検討する。

さらに、データ・インタフェース SG による他チームとの連携や太陽放射コンソーシアムによるデータ配信を通じて社会実装を加速させる。H30 年度は地球科学 SG データの可視化拡張と需要科学 SG データの可視化試行をそれぞれ行い、さらに両者を融合して需要バランスを定性的及び定量的に比較するためのプラットフォーム構築を進めた。並行して、他チームや外部機関（NPO を含む）との連携を実現するための EMS プラットフォームの検討を開始した。

サブグループ間では、地球科学データがエネルギー需要科学に与える影響に注目した研究を進めるとともに、チームが所有する長期・短期データの利用促進をはかった。そのために、H29 年度にデータ・インタフェース SG がデータ可視化の研究を加速し、利便性を高めたデータ・インタフェースの研究を一層推進した。最終年度は予測値およびシナリオ

データを、利用者のニーズに適合した形でデータ提供を行うとともに、EMSにおける意思決定ツールとして利用されるよう GIS 可視化を実現する。ソーラーカーレースのチーム支援にもこれらの技術を活用する。またシナリオデータとともに 2030 年の需要データの可視化を実現するためのシミュレーション計算を支援する。また、各種気象データなどこれまでに実装した可視化ツールを Google Maps からオープンソース環境に移行するための調査を行う。行政境界の全国対応により試行した需要データの可視化を続行する。

グループ間の情報交換ならびに協働を推進させるため、email 等での密な情報共有を行うとともに、チーム会合、サブグループ会合を開催する。

国際交流に関しては、国際強化支援により訪問・招聘した CURENT 研究者との共同研究の続行、米国航空宇宙局 (NASA) への当チーム日射推定システム移植のフォローを行うとともに、関連学会 (地球科学: AGU 等、需要科学: ECEEE 等、データ・インタフェース: IFCS 等) に参加して研究の国際化を推進する。

EMS 他チームとの連携に関しては、地球科学では内田チーム・井村チーム・林チーム等へのデータ提供、需要科学は林チーム・鈴木チームへのエネルギー需要推計値の提供および両チームとの共同モデル開発を続行するとともに、データ・インタフェースは 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プラットフォームの設計と試験的実装を進める。

最終年度の基盤設備としては、AMATERASS データセットの説明および CREST/EMS における成果の発信をするために、Web サーバーを導入する。

各研究グループにおける研究項目は次の通りであり、これまでの進捗および具体的な最終年度実施内容は改めて 2 章に記述する。

#### <東海大グループ>

- ・ 雲解析アルゴリズムの高度化
- ・ 衛星データの利便性向上
- ・ 地球科学情報の変化の特徴解析
- ・ データ・インタフェースの構築
- ・ 数理モデルの検討
- ・ 地球科学情報の可用性向上とそれに伴う社会経済的な恩恵に関する国際交流

#### <JAXA-東大グループ>

- ・ 基盤整備
- ・ 第三代ひまわり衛星データに基づく日射量算定システムの開発
- ・ 地球物理量算定モデルによる雲場同化手法の開発
- ・ 地球物理量データによるシナリオデータの作成

#### <千葉大グループ>

- ・ EMS のための地上システム・データベースの最適化

- ・ 衛星およびモデルの日射データの誤差評価・誤差要因解明・高精度化
- ・ 高度な異常検出システムの構築

<阪大グループ>

- ・ エネルギー需要の形成構造に関する調査
- ・ 住宅エネルギー需要のモデル開発
- ・ 業務施設エネルギー需要のモデル開発
- ・ 気象科学とエネルギー需要科学の関係性に関する初期的検討
- ・ 他の CREST チームへのエネルギー需要推計結果の提供

<東大生研グループ>

- ・ 需要データの精査、共有方法の検討
- ・ HEMS によるデマンドレスポンス (DR) ポテンシャルの抽出
- ・ HEMS モデルの実運用展開

<東工大グループ>

- ・ 需要家行動モデルの調査・研究・開発
- ・ 需要家情報の内容・粒度・構造に関する調査・研究・開発
- ・ エネルギー需要科学への貢献
- ・ 実験協力地域等の連携

<NICT グループ>

- ・ 日射量など気象情報データ（供給データ）のスケラブル可視化
- ・ 市区町村別エネルギー需要データのスケラブル可視化
- ・ 需要データと供給データのバランスに関するスケラブル可視化
- ・ 他チームと連携するための EMS プラットフォーム検討

## (2) 研究の主なスケジュール

※下記の例を参考に研究の主なスケジュールを記入（以下の例は研究期間が5.5年間の場合）。

※前年度研究開始時の計画から変更のあった項目のスケジュールについては、赤色で記入してください（前年度の当初計画は消さないでください）。

※研究項目別のスケジュールや分担者が分かるように記入してください。

※過年度分については実際の進捗状況を、当該年度以降は予定を記入してください。

※本スケジュールを総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）の要請に基づき、CSTIに提供する可能性があります。提供に支障がある項目には、【提供不可】と明示してください。

研究項目		2015	2016	2017	2018	2019	年度
		(12ヶ月)					(ヶ月)
<b>1. 地球科学データ</b>							
・衛星データ解析システム (東海大、JAXA-東大、千葉大)	当初	■	■	■	■	■	
	変更後						
・モデルによる地球物理量算定 システム (JAXA-東大)	当初	■	■	■	■	■	
	変更後						
・品質保証とデータ異常検出 (千葉大)	当初	■	■	■	■	■	
	変更後						
・気象データの変動解析 (東海大)	当初	■	■	■	■	■	
	変更後						
・シナリオデータの作成 (JAXA-東大)	当初	■	■	■	■	■	
	変更後						
<b>2. エネルギー需要</b>							
・エネルギー需要モデルの開発 (阪大)	当初	■	■	■	■	■	
	変更後						
・需要データプラットフォーム 構築に向けた分析 (東大生研)	当初	■	■	■	■	■	
	変更後						
・需要家行動モデルの開発 (東工大)	当初	■	■	■	■	■	
	変更後						
・需要家情報の整理 (阪大・東大生研・東工大)	当初	■	■	■	■	■	
	変更後						
<b>3. データ・インタフェース</b>							
・データ・インタフェースの開発 (東海大、NICT、JAXA-東大、千葉大、 阪大ほか全グループ)	当初	■	■	■	■	■	
	変更後						
・気象・需要データ可視化 (NICT)	当初				■	■	
	変更後						
<b>4. その他</b>							
・異分野との交流 (全グループ)	当初	■	■	■	■	■	
	変更後						
・研究とりまとめ (全グループ)	当初		■	■	■	■	
	変更後		■	■	■	■	

## II 研究の実施体制

### 1 研究分担体制表（研究契約単位で記入してください）

グループ名	研究代表者または主たる共同研究者氏名 <sup>1)</sup>	所属機関・部署・役職名 <sup>2)</sup>	研究題目 <sup>3)</sup>
東海大グループ	中島 孝	東海大学情報技術センター・教授	衛星日射量推定手法の改善と気象変動量解析。データ・インタフェース開発
JAXA-東大グループ	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 (*役職名変更)	衛星観測に基づく日射量推定システムの高度化と地球科学モデルによる雲場同化手法の開発およびシナリオデータの構築
千葉大グループ	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	EMSのための日射データ誤差評価地上システムの構築
阪大グループ	下田吉之	大阪大学大学院工学研究科・教授	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
東大生研グループ	岩船由美子	東京大学生産技術研究所・特任教授	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
東工大グループ	日高一義	東京工業大学環境・社会理工学院・教授	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
NICTグループ	村田健史	国立研究開発法人情報通信研究機構・オープンイノベーション推進本部ソーシャルイノベーションユニット総合テストベッド研究開発推進センター・研究統括	気象・需要データ可視化とEMSプラットフォーム構築

※ 前年度計画からの変更点には\*印を付記して明確化してください。

- ※ 1) 研究代表者または主たる共同研究者の氏名は、研究契約書では「研究担当者」として記載されます。
- 2) 所属機関・部署・役職名は委託研究契約書に記載しますので、正式名称を正確に記載してください。  
(略称での記載はしないこと)。所属機関内で複数の所属・役職がある場合は、委託研究契約を締結する所属部署・役職について、予め研究機関の事務担当者と調整してください。
- 3) 「研究題目」名は、「全体研究計画書」と同じものとし、そのまま委託研究契約書に記載されます。  
海外研究機関については、和文と英文を併記してください。なお、原則として研究題目名は研究期間中変更しません。

## 2 研究機関別 研究概要

(「1 研究分担体制表」に従い、研究グループ毎に各研究機関の役割(担当する研究の概要)、その必要性を記入してください)

### 東海大グループ

#### (1) 研究題目:

※「全体研究計画書」記載の研究題目と同じものとし、原則として研究期間中は変更しません。

※上記「1 研究分担体制表」記載の研究題目と同じものとしてください。海外研究機関については、和文と英文を併記してください。

※研究題目は、各研究機関で実施される研究のタイトルとして、研究契約書に記載されますので、その点を考慮した名称としてください。(簡条書きで複数記載するなどは避けてください。)

※原則として全角文字で記載ください。特に、次の半角記号を使用しないようにお願いします。

・(半角の中間点)「-」(半角のハイフン)「~」(半角のチルダ)「“(半角の二重引用符(始))”」「”(半角の二重引用符(終))」、記号(≈≦@b©登録商標™商標®▶▷)等は使用不可

衛星日射量推定手法の改善と気象変動量解析。データ・インタフェース開発。

#### (2) 研究の目的および内容

※当該研究機関で実施する本年度の研究の目的および内容を200字程度で簡潔にまとめてください。海外研究機関については、和文と英文を併記してください。

※本項は研究契約書に記載されますので、項目名の簡条書きなどではなく、他の記載を参照しなくても本記載のみで研究の概要が分かるように配慮してください。

※原則として全角文字で記載ください。特に、次の半角記号を使用しないようにお願いします。

・(半角の中間点)「-」(半角のハイフン)「~」(半角のチルダ)「“(半角の二重引用符(始))”」「”(半角の二重引用符(終))」、記号(≈≦@b©登録商標™商標®▶▷)等は使用不可

本研究チームの全体統括を実施すると共に、EMS 研究領域において不可欠な研究項目である雲解析アルゴリズムの高度化、衛星データの利便性向上、地球科学情報の変化の特徴解析を継続して実施する。加えて、地球科学やエネルギー需要科学などから算出された各種データの共有を促進し、アクセス性を高めるためのデータ・インタフェースの構築に関する研究を進める。

#### (3) 本年度の研究実施項目・概要

※必要ならば全研究期間を通じた研究内容との関連に触れつつ、本年度の研究内容を記載してください。

##### (a) 雲解析アルゴリズムの高度化

日本の静止気象衛星は2015年7月に「ひまわり8号」に無事移行され、現在も観測が継続している。本研究課題における主力アウトプットのひとつである衛星日射の処理で用いられる雲特性解析アルゴリズムは、衛星搭載センサー毎に最適化されたデータベース(ルックアップテーブル)を必要とする。H27年度の研究で気象衛星の切り替えに伴うルックアップテーブルの作成を行った。H28年度はルックアップテーブルの健全性の確認とデータ解析結果の確認を実施した。H29年度は、氷雲解析の改善のために、新しいルックアップテーブルの試作を実施した。そのとき、ひまわり衛星のみならず、極軌道衛星GCOM-C、EarthCAREにも対応させた。H30年度は、これらの新しいルックアップテーブルを実際にシステムに適用するための試験を行った。しかし、いくつかの試験結果に結果が想定と異なる事例が見られた。最終年度は適用試験を継続して実施するとともに、

日射推定への影響を明らかにする予定である。

#### (b) 衛星データの利便性向上

H28年度は、H27年度の成果を踏まえ、東海大学宇宙情報センター（熊本）でひまわり8号を含む複数の衛星データの重ね合わせ・特定領域切り出し手法の高度化に着手した。また、数値気象データ等との統合データセットの検討を行い、必要に応じて統合データセットの試作・ユーザーインターフェースの検討を行った。ただ、宇宙情報センターがH28年4月の熊本地震で被災し、MODISデータ等の受信ができなくなった。このため、H29年度は、H28年度末に湘南校舎に完成した新しい衛星受信システムで受信したMODISやVIIRSとひまわり8号データの統合利用の検討を進め、衛星データ利用の利便性の向上を図った。H30年度は、H29年11月に打ち上げられた米国の地球観測衛星NOAA-20号のデータ受信・処理を実現し、特に日射量に影響をあたえる雲分布に注目して、そのデータ利用を図った。ここまでの4年間で東海大学グループによる基礎研究のための衛星データ利便性は十分に向上した。利便性を高めた衛星データは最終年度も引き続き研究に利活用していく。

#### (c) 地球科学情報の変化の特徴解析

これまで得られた日射量の変動に関する知見をもとに、日射変動に関する気象学的な解析を進め、EMS研究領域に関係する気象現象の基礎的な理解を深める。H29年度は日射量のRamp変動に関する基礎研究を開始するとともに、データ変動の特徴量を検出するアルゴリズムのオンライン化をおこなうことで即時性を有した解析を行うことを可能とした。また、気象学分野での研究活動で得られた成果のEMS研究への応用を具体化させるために、EMS研究領域の内の他分野の研究者との情報共有をおこない、気象データを通じてEMS領域に提供できる新たな情報について検討を行った。これらの研究活動を通じて、気象学とEMS研究との関係を深化、発展させることを図った。H30年度は、オンライン化された特徴量検出アルゴリズムをもとに、ひまわり8号から提供される気象データから即時性を有したデータ変動の特徴量情報を空間的に把握するとともに、これらの解析をすすめていった。さらにEMS研究者にとって実用に際した形となるように衛星日射量データから、住宅屋根に設置されたPVへ入射する斜面日射量を推定するツールの開発をすすめ、住宅屋根のPV日射量についての議論が可能となる環境構築を並行して行った。最終年度は、即時的かつ空間的な地球科学情報の変化の特徴解析とEMSの融合研究を進め、EMS分野への具体的な応用をおこなう予定である。

#### (d) データ・インタフェースの構築

衛星日射量やモデルによる日射予測量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も図る。H28年度は10分間隔および30分間隔の日射量等のデータを取得するデータ・インタフェースのプロトタイプを作成し、チーム内で紹介し、インタフェースの改善を行った。H29年度は準リアルタイムデータについてAzureクラウドでシステムを構築し、他チームからの利便性に対応する開発をおこなった。更に、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。H30年度は、より大量のデータ提供にも対応する改善を行い、需要グループや他チームでの本格的な利用に向けた改善を行うとともに、GIS可視化に需要科学情報の可視化を追加し、需要の見える化について可能なものから実現した。最終年度は、データの提供として予測値およびシナリオデータも含め、利用者のニーズにより適合した形で提供し、多くのチームでの活用を促す。また、GIS可視化についても、予測値の可視化およびシナリオデータの可視化について実現し、EMSにおける意思決定

のツールとして利用されるよう配慮し、実現する。

需要科学で必要となるデータの種類・形式については、H28 年度に共有できるデータについて調査し、重要度の高いと判断したものについて H29 年度にクラウドで共有できるシステムを検討するとともに、需要科学のシミュレーションをクラウドにおいて実現できるかについても併せて検討した。H30 年度は、需要科学シミュレーションをクラウド上で実現できるよう、需要科学や他チームで参照しやすいデータの提供方法について、各グループとの協議を行った。最終年度は、2030 年の需要データの可視化を実現するためのシミュレーション計算を支援し、2030 年の気象に関するシナリオデータとともに需要データの可視化を可能とする。

H29 年度の豪州ソーラーカーレースに参戦する東海大学チームを支援するために、従来の準リアルタイム日射量等のデータ提供に加え、6 時間後までの予測のデータ提供を行った。H30 年度は、H31 年度のレース支援に向けて、データ提供方法の改善をレースチームと検討し、次年度に向けた準備を行った。最終年度は、前回のレースで連携不足から十分活用できなかった予測データについて、予行練習を早期に取組み、レースに活用できるデータ可視化を実現し、チームを支援する。

#### (e) 数理モデルの検討

EMS における各種データや数理モデルの有用性の向上を目的として、地球科学と需要科学に関して数理モデル・数理工学的手法の適用可能性の検討を行う。H28 年度は、連携の可能性を探るため、チーム全体会合の場で適用の可能性のある非線形数理工学的手法の情報共有を実施した。H29 年度は、電力需要予測に関して情報交換を行い、予測手法の検討を行った。H30 年度も、引き続き相互の情報共有を進め、適用可能性の検討を行った。最終年度は、地球科学と需要科学において、CREST「コンピューティング基盤」領域の計算技術が貢献可能な役割について検討する。

#### (f) 地球科学情報の可用性向上とそれに伴う社会経済的な恩恵に関する国際交流

本チームの最新の研究成果を報告すると共に、アジア・オセアニア及び欧米各国の気象衛星運用機関、国家気象水文機関及び研究開発機関との情報交換を目的とした国際交流を行うために、「アジア・オセアニア気象衛星利用者会議」の第7回（H28, 韓国）、第8回（H29, ロシア）、第9回（H30, インドネシア）にそれぞれ出席した。関心を示した参加国担当者らとの交流により、アジア・オセアニアの国々が抱えるニーズや課題は本研究課題のテーマと共通することが改めて確認され、一定の成果が得られたと考えられる。最終年度は、先方からのアプローチがあれば対応していく。

### JAXA-東大グループ

#### (1) 研究題目：

衛星観測に基づく日射量推定システムの高度化と地球科学モデルによる雲場同化手法の開発およびシナリオデータの構築

#### (2) 研究の目的および内容

第三代静止衛星ひまわり観測データから日射量を推定するアルゴリズムを開発し、解析結果を速報する準リアルタイム解析システムの構築を行う。また、衛星観測データと地球科学モデルの融合的解析による新しい日射量短時間予測スキーム構築のための検討を行う。さらに、分散協調型 EMS に関する制御理論等の有効性を評価するための気象場基礎データを状況シナリオに基づいて整備するための検討をする。以上に関する研究遂行のため、必要となる開発用計算機とアーカイバ

の基盤整備も合わせて実行する。

### (3) 本年度の研究実施項目・概要

#### (a) 基盤整備

期間全体では (i) 日射量推定アルゴリズム開発用計算機 (ii) 衛星観測及び地球物理量算定モデルによる解析結果を含む地球科学データアーカイバを整備する予定である。H27 年度は日射量推定アルゴリズム開発用計算機を中心に整備を行い、地球科学データアーカイバの初期検討として 100TB のアーカイバを導入した。H28 年度は地球科学データアーカイバの整備として 120TB のアーカイバを追加した。また、衛星観測及び地球物理量算定モデルによる解析結果から状況シナリオデータセットの作成とアーカイブを行う計算機を整備した。H29 年度は地球科学データアーカイバの整備としてさらに 160TB のアーカイバを追加した。これにより当初予定していた 300TB 超のアーカイバの整備を完了した。また衛星解析の高精度化に伴う進展が認められたため、解析アルゴリズム開発用の計算機を整備した。H30 年度は新しいアルゴリズムの有用性が認められたため新アルゴリズム開発用の計算機を追加した。最終年度は、期間中に得られたデータと成果物を、他研究グループと外部ユーザーに配布し、得られた研究成果の波及効果を得るためのデータアーカイブ基盤整備を行う。

#### (b) 第三世代ひまわり観測データに基づく日射量算定システムの開発

期間全体では (i) 第三世代ひまわり観測データに基づく日射量推定アルゴリズムの開発と速報システムの構築 (ii) 雲とエアロゾル等大気要素の推定アルゴリズム適用高度化を実施する予定である。H27 年度は第三世代ひまわり観測データに基づく日射量推定アルゴリズムの開発と速報システムの基礎部分を構築し、雲とエアロゾル、水蒸気の適用高度化について検討を開始した。H28 年度は新しいエアロゾル算定アルゴリズムの適用を中心に実施し、雲場解析の応用として衛星観測に基づく短時間予測の適用実験を行った。H29 年度はエアロゾル速報システムの試験運用開始、及び水蒸気量の推定を行うとともに、高精度な日射量解析のための新しいアルゴリズムについて開発を開始した。H30 年度はこれらのアルゴリズムを組み込んだ総合的な解析システムを稼働させ日射量プロダクトのアップデートを行った。これによりデータ・インタフェース SG による他チームとの連携や太陽放射コンソーシアムによるデータ配信を通じて様々な応用を見据えた社会実装を加速させた。最終年度は、システムを運用して準リアルタイムデータの生成に努めるとともに、アルゴリズムの改良に伴う再解析作業を行う。

#### (c) 地球物理量算定モデルによる新しい雲場同化手法の開発

期間全体では (i) 日射量短時間予測技術構築のための新しい雲場同化手法の検討 (ii) 多様な大気場への適用性実験と検証 (iii) シナリオデータに基づく短時間予測実験を行う予定である。H27 年度は本 CREST 第一期において検討された新しい雲場同化手法を用いて問題点の抽出を中心とし、多様な大気場への適用手法の検討を開始した。H28 年度は四季による雲場の傾向変化に対する適用性の検討を中心に実施した。また、衛星側の短時間予測の結果を用いて雲場同化を行うための初期検討を開始する。H29 年度はこれまでに開発したシステムの性能テストを行い、衛星解析値と

比べたモデル予測値の誤差を雲場の傾向で分類して定量的に評価した。H30年度は、気象場に関するアンサンブル実験結果を利用した日射量のアンサンブル同化手法を開発した。それによりモデルに使用される気象場に関する誤差評価と同化のさらなる改善を図った。最終年度は、これまでに確立したアルゴリズムを複数年のデータに適用して、日射量の予測計算のための初期データ構築と予測計算を実施する。さらに、雲場と気象場の特徴やリードタイムに対する予測誤差の依存性を調査して、最終的な予測システムを確立する。

#### (d) 地球物理量データによるシナリオデータの作成

期間全体では (i) EMS の有効性評価に資するシナリオ構築のための予備的検討 (ii) 状況シナリオ設定 (iii) 地球科学データに基づくシナリオデータの構築を行う予定である。H27年度はシナリオ構築のための予備的検討として、他分野/他チームとの意見交換に基づき、有効なパラメータや時間解像度等の選定に関する予備的検討を行った。H28年度は具体的に猛暑/真冬日の状況シナリオ設定を行い衛星解析/地上観測/気候モデルの将来予測結果等を活用してシナリオデータの試作を実施した。H29年度は猛暑/真冬日などに分類されないものの特徴的な気象イベントに対応するシナリオの作成について検討を行った結果、エネルギー需要科学 SG 岩船由美子特任教授より春季のデータが重要であることが強く要望されていたことから猛暑/真冬日を含むシナリオを12ヶ月に延長し特徴的なイベントを含みつつ四季変化を持つデータセットとした。H30年度はデータ・インタフェース SG による他チーム等へのシナリオデータ展開に対するフィードバックを待ちデータの追加等を行った。本研究項目はH30年度で終了したが、最終年度は得られた結果の他グループへの提供と使い方に関するコンサルタントを行う。

## 千葉大グループ

### (1) 研究題目：

EMSのための日射データ誤差評価地上システムの構築

### (2) 研究の目的および内容

持続的なEMSのための地上システム・データベースを国際展開等も視野に入れ構築するために、最適な重点地上検証観測サイトでの観測を行いつつ、日射量等のオンラインデータ処理・提供システムを整備するとともに、地球科学に関する高確度な地上観測データのアーカイブ化・公開を実施する。また、衛星およびモデルの日射データの誤差評価・高精度化等を通じて、本CREST/EMSプロジェクトに貢献する。これを基に、社会実装への道筋を見据えた形で、通常の雲やエアロゾルによる大気科学現象の影響からは想定されない想定外の異常を検出する高度な異常検出システムを構築する。

### (3) 本年度の研究実施項目・概要

#### (a) EMSのための地上システム・データベースの最適化

全研究期間において、持続的なEMSのための地上システム・データベースを国際展開等も視野に入れ構築するために、最適な重点地上検証観測サイトの選定・再配置、試験・定常観測を行う。

日射量等のオンラインデータ処理・提供システムを整備するとともに、地球科学に関する高確度な地上観測データ（日射量、気温等）のアーカイブ化・公開を実施する。H27年度は、本研究に最適な重点地上検証観測サイトを、国内は本CREST/EMSプロジェクトの他チーム/グループとの連携、特に地球科学とエネルギー需要科学の関連研究を強化する観点において、国際的には効果的な国際展開も考慮し、選定した。それを基に、地上観測装置群の再配置等を行った。H28年度は、これら地上システムの最適化を継続するとともに、試験連続観測を行った。また、オンラインデータ処理・提供システムを構築した。H29年度は、定常観測へ移行するとともに、地上観測の過去データのアーカイブ化を進めた。H30年度は、地上定常観測を継続するとともに、JAXA-東大グループやデータ・インタフェースSGと連携しながら、地上観測の過去データのアーカイブ方法を改善し、データを公開した。最終年度は、引き続きJAXA-東大グループやデータ・インタフェースSGと連携しながら、地上定常観測、地上観測データのアーカイブ化・公開を継続して、それら地上システム・データベースを確立させる。

#### (b) 衛星およびモデルの日射データの誤差評価・誤差要因説明・高精度化

全研究期間において、衛星観測やモデル計算に基づく日射量データを地上観測データと比較し、雲やエアロゾル等による誤差の定量化等を行う。この評価結果を糸口に衛星やモデルデータの高精度化に資する知見も得る。H27年度は、2014年10月に打ち上げられた「ひまわり8号」の観測に基づく日射量データを評価するために、地上システムのグラウンドトゥールズデータとの比較に着手した。その継続として、H28年度は、「ひまわり8号」と地上システムによる通年データを活用した比較解析等に基づいた「ひまわり8号」データの誤差評価を実施した。H29年度は、ひまわり8号の複数年比較解析を実施し、それに基づき、想定内誤差の高精度な評価を実施した。H30年度は、JAXA-東大グループと連携し、社会実装を見据えた形で、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。最終年度は、引き続きJAXA-東大グループと連携して社会実装を見据えた形で、ひまわり8号等の高精度な誤差評価・誤差要因説明を継続し、衛星やモデルデータの高精度化に資する知見をまとめる。

#### (c) 高度な異常検出システムの構築

全研究期間において、衛星データ質検証結果をもとに、通常の雲やエアロゾルによる大気科学現象の影響からは想定されない想定外の異常を検出する基準の導出、複数の地上観測サイトを組み合わせた高度な異常検出システムの構築を社会実装への道筋を見据えた形で実施する。H27年度は、衛星観測データと地上観測データの比較結果をもとに、想定外の異常を検出する予備的な基準を導出した。H28年度は通年データを活用した比較解析等により異常検出基準を高精度化した。H29年度は、異常検出基準の高精度化を継続するとともに、異常検出システムの開発に着手した。H30年度は、地球科学SG/需要科学SG/データ・インタフェースSGから構成されるユニークな研究体制を活用して、異常検出基準の高精度化をさらに進めつつ、異常検出システムを改良した。最終年度は、これまでの成果を基に、社会実装への道筋を見据えた形で高度な異常検出システムを確立させる。

## 阪大グループ

### (1) 研究題目：

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

### (2) 研究の目的および内容

本研究では住宅・業務施設群を対象として電力ロードカーブを中心とするエネルギー需要、とりわけ分散協調型エネルギー管理システムにおいて調整が可能な可制御負荷の大きさ・応答速度を分オーダーで推計するエネルギー需要モデルを開発する。モデル開発のため、エネルギー需要が決定される構造に関する調査、住宅および業務施設のエネルギー需要モデルの開発、気象科学とエネルギー需要科学の関係性に関する検討を行う。

### (3) 本年度の研究実施項目・概要

#### (a) エネルギー需要が決定される構造に関する調査

住宅・業務施設のエネルギー需要は個々の機器・設備によるエネルギー消費の合計値である。個々の機器・設備のエネルギー消費は「稼動時」と「非稼動時」の消費に分類することができ、稼動の有無は住宅居住者、業務施設利用者の生活や活動に伴う機器や設備の操作によって決まる。また、非稼動時のエネルギー消費は主に機器・設備の仕様によって決まり、稼動時のエネルギー消費は機器・設備の仕様のほか、機器・設備の環境条件、機器・設備が製造するサービス量などによって決定される。このような特性から、エネルギー需要の決定要因を①住宅居住者および建物利用者の生活行為・活動、②生活行為・活動に伴う機器・設備の操作、③機器・設備の仕様、④機器・設備の所有・設置状況、⑤住宅・建築仕様、⑥気象条件等外界条件の6要因に分類することができる。本研究では、このようなエネルギー需要が決定される構造そのものを理解し、数値情報と数学モデルによって記述することを目指す。また、これらの直接エネルギー需要を決定している要因のみならず、①～⑤の要因間の相関を含めてその構造を理解する。これを実現するため、チーム内の他グループとも連携をとりながら、工学、経済学、社会科学、行動科学など既存の学術分野に蓄積された知見の調査を実施する。H27年度はその基礎的な枠組みについて整理をおこなったので、H28年度は文献のレビューなどにより更に検討を深め、シンポジウム「エネルギー需要を科学する」を東京大学で開催した。H29年度は他グループとの連携によりエネルギー需要科学の体系化を提案し、総説論文を発表すると共に、エネルギー需要推計モデルの開発を行い、特に、居住地域、世帯・個人属性と①～⑤の要因の関係性を考慮したモデルを構築した。H30年度は国内外の識者からの意見を受ける機会を設け、エネルギー需要科学の体系化を一層進めると共に、開発モデルを他のグループとの連携によりEMS領域への貢献に応用する検討を行った。最終年度は引き続き国内外の識者からのレビューを受けるとともに、得られた成果をとりまとめる。

#### (b) 住宅エネルギー需要のモデル開発

本研究では地域性や世帯間のばらつきをモデル上で再現するため、①～⑥のエネルギー需要決定要因に関するデータベースの開発を行い、実社会における①～⑥のばらつきをモデル上で再現する。ここでは決定要因間の関係性についても分析を行う。次に、エネルギー需要の計算モデルを開発する。モデルではまず、上記のデータベースに基づいて計算で対象とする地域に立地する住宅、居住

する世帯の仕様を決定する。次に、居住者をエージェントとして計算対象期間における生活行動及び行動に伴う機器・設備の操作を確率的に生成する。ここでは居住者の集合として家族を表現し、照明、空調、給湯設備などにおける居住者間の共有利用を再現した上で、機器・設備の操作・仕様、住宅仕様・気象条件に基づいて用途別エネルギー需要を算出する。照明や空調については住宅室内光・熱環境シミュレーションを行い、給湯エネルギー需要については給水温度の変化や給湯設備効率の外気温特性を考慮するなど、エネルギー需要構造を詳細に再現する。以上により①～⑥で与えられる世帯間の差異を反映して、個々の住宅のエネルギー需要の確率的な時系列挙動が推計される。なお、他の CREST チームが開発するエネルギー管理システムと接続可能なものとするため、時間解像度を 5 分とする。

H27 年度は生活行為生成モデルの基本形の開発を完了した。H28 年度は生活行為生成における居住地域、世帯構成による時間の使い方の違いの考慮、世帯間の差異の違いの考慮、H27 年度のモデルで考慮できていなかった二次活動（一つ目の行為と同時に進行する行為）の考慮を実施した。また、行為に伴って操作される機器の決定モデルを高度化した。本モデルのエネルギー需要シミュレーションの精度の確認には、スマートメーター計測データ（近畿地方の約 1200 軒分の時刻別平均）を用いる。H27 年度では中間期および夏期の電力ロードカーブを高い精度で再現することに成功した。H28 年度では、新たに入手した冬期の計測データを用いて、主に暖房による電力需要に関して精度検証を行った。H29 年度においても引き続きモデルの高度化を行うとともに、国勢調査の小地域（町丁目単位）でのエネルギー需要推計が可能となるようにシステム開発を行った。H30 年度は EMS 領域への応用を検討し、他のチームに対してデータを提供するとともに、フィードバックを受けてモデルの改良を行った。特に、小地域単位での世帯生成に基づいて①～⑥のエネルギー需要決定要因を決定する方法を確立した。

また、本モデルはこれまで大阪府または近畿地方を対象としていたが、H27 年度には対象を日本の全国各地に拡張するため、③～⑥に関してデータベースの構築を行った。H28 年度では、総合エネルギー統計（エネルギーバランス表）等を用いて全国推計の精度検証を行った。また、中長期的な視点で合理的な EMS の計画について議論するため、③～⑤の要因に関して長期エネルギー需給見通し（経済産業省）での想定を用いて、2030 年における電力需要予測を行った。H29 年度では、③および④の要因に関して機器ストックの更新を考慮して経年変化を予測するためのサブモデルを開発した。また、寒冷地でよく使用される電気蓄熱暖房器、近年普及が進んでいる温水床暖房をモデル化した。H30 年度では、全国の世帯を対象としたアンケート調査に基づき、世帯間のばらつきを考慮しながら給湯器、暖房機器、エアコン、主要な家電機器に関する③および④の要因を決定するモデルを開発した。これらの成果をエネルギー需要モデルに取り込み、2030 年度の CO<sub>2</sub> 排出量および電力需要予測を行った。

本モデルでは、これまで⑥気象条件に関して、各都道府県についてそれぞれ 1 地点の気象データ（5 分毎）を使用していた。エネルギー需要予測に必要な気象データの空間解像度に関する検討のため、H28 年度では、1 つの都道府県内の 4 地点の気象データを用いて、空間解像度に関するエネルギー需要の感度解析を行った。H29 年度では、気温、湿度、日射量がエネルギー需要に与える影響について感度解析した。H30 年度では気象データの時間解像度に関するエネルギー需要の感度解析を行うとともに、地球科学 SG により提供された市区町村単位の気象条件に基づいてエネル

ギー需要推計を行った。

最終年度はこれまでの成果を統合化し、全国を対象として高い時間・空間解像度でエネルギー需要推計を行う。ここでは現在の時間断面のほか、2030年、2050年を想定したエネルギー需要推計を行う。ここでは技術普及や世帯の変化に加えて、地球科学 SG によって推計された将来の気象条件を用いた推計を行う。

#### (c) 業務施設エネルギー需要のモデル開発

業務施設についても住宅と同様にエネルギー需要の決定要因を挙げ、ストックにおけるその分布を調査する。エネルギー需要決定要因は建築仕様、建築設備仕様、建物・フロアの使われ方を対象とし、ストック全体をカバーするようにデータベースを開発する。ここでは規模・用途によって設備仕様が異なるなど、データベース間の関係性を考慮したものとする。

次に、業務建築におけるエネルギー需要のモデル化の方法を検討する。モデル化においては、エネルギー需要の計算は建物を単位として行うことを計画している。エネルギー需要の計算はアメリカ合衆国 DOE で開発された EnergyPlus を使用する。H27 年度は近畿地方の事務所ビルを対象とするモデルを開発した。また、近畿圏のパーソントリップ調査の結果を分析し、業務施設利用者の時刻的な変化についてデータベースを作成した。H28 年度は事務所以外のモデルの確立、業務施設利用者に関するデータベースを反映したモデルの開発、近畿以外の地域へのモデルの拡張を実施した。加えて、対象地域に応じて建物のエネルギー需要決定要因を決定するサンプリング方法を確立した。H29 年度は、利用可能な実態データに基づいて建物単位での需要推計結果の精度検証を行うとともに、エネルギー需要推計に用いるデータベースを拡張し、ストックの再現性を向上させた。H30 年度は日本全国の業務施設のエネルギー需要を推計するとともに、可制御負荷を推計した。最終年度はエネルギー需要推計精度の向上、計算対象とする建物用途や使用用途の拡張、2030 年から 2050 年を想定した将来のエネルギー需要推計を行う。加えて、住宅エネルギー需要と同様に、街区スケールで地域の業務施設集積状況を反映してエネルギー需要を推計する機能を開発する。

#### (d) 気象科学とエネルギー需要科学の関係性に関する初期的検討

エネルギー需要が決定される過程における気象条件の影響を分析する。これには物理的に計算可能な建物への熱負荷をはじめ、気温の上昇に伴う外出の減少などの行動の変容を含むこととする。H27 年度は集合住宅の分電盤で計測された電力消費量から、部屋の在室、住宅での在宅状況を把握する方法を開発し、在室・在宅状況と外気温の関係を分析した。H28 年度はこの分析を発展させ、在室・在宅状況、エネルギー需要、外気温の関係を定量的に評価した。H29 年度は日射量や湿度を考慮し、その影響を明らかにした。H30 年度は、これまでに既往研究で考慮されてこなかった生活行動の季節依存性を検討するとともに、外気温影響、季節依存性をエネルギー需要モデルに反映させる方法を確立した。最終年度は得られた知見の汎用性について確認し、成果を取りまとめる。

#### (e) 他の CREST チームへのエネルギー需要推計結果の提供

開発したエネルギー需要モデルを用いて、コミュニティ、都市、都市圏などの様々な空間スケールでエネルギー需要および可制御負荷を推計し、推計結果を CREST 全体の共通資源として提供する。

具体的には、配電システムスケールでエネルギー需要を推計して林チームに提供したほか、鈴木チームに対しては、コミュニティや都市を単位としたエネルギー需要推計結果を提供してきた。

H27年度には林チームのモデルに本グループのデータが入力可能であることを確認した。H28年度は、林チームにおいて、地図情報に基づいて地域に接続される配電システムの仕様を想定する手法を確立した。これにより、具体的な地域条件を想定した配電シミュレーションが可能となった。H29年度は地図情報に付与されている建築の情報に基づいて具体的な住宅や業務施設を想定し、エネルギー需要や可制御需要を考慮した配電網シミュレーションができるようにした。H30年度は配電網シミュレーションのケーススタディを積み重ね、EMSの導入効果に関する定量的評価を行った。最終年度は特に将来の時間断面を想定したエネルギー需要推計結果を用いて、EMSの導入効果の評価を行う。

鈴木チームでは共同で電気自動車の充放電予測モデルを開発している。そこで、大阪大学ではパーソントリップ調査を用いて住宅居住者の属性と移動の関係を表す統計モデルを開発し、名古屋大学はこの結果に基づいて電気自動車の充放電を決定する走行モデルを開発する。大阪大学の家庭部門のエネルギー需要モデルでも住宅居住者の属性を考慮しており、両者を統合することが可能となる。最終的には住宅と電気自動車を人の行動で連成したエネルギー需要モデルの確立を目指す。H29年度までにモデル開発手法を確立し、H30年度はモデルを開発するとともに、鈴木チームのEMSモデルを用いたシミュレーションの試行を行った。最終年度は林チームにおける配電網シミュレーションとの統合化を行い、電気自動車を用いたEMSの導入効果を検討できるようにする。

## 東大生研グループ

### (1) 研究題目：

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

### (2) 研究の目的および内容

再生可能エネルギーシステムが大量に導入された社会において、大きな役割を果たすのが分散エネルギーマネジメントシステムであり、その核となるものは制御対象である「需要」である。本グループでは需要、特に家庭用需要に着目し、分散エネルギーマネジメントシステムの評価に有用な需要データの収集および精査を行い、その物理的特性や消費者の受容性を考慮した可制御性の検討を行う。阪大グループの需要モデル構築の検証に貢献し、他の研究チームとのデータ共有の可能性について検討する。さらにすでに構築したHEMSモデルの実際のサイトへの適用を試み、ロジックの簡素化、実運用への道筋を明らかにする。

### (3) 本年度の研究実施項目・概要

#### (a) 需要データの精査、共有方法の検討

本グループは、現在約1300件のHEMSあるいは住宅における計測データを保有しているが、通信不具合や、世帯都合によるデータ欠損、協力辞退など有効サンプルの脱落が少なからず存在する。またデータ精査を進める過程で、不足する情報や、サンプル数が不十分な属性なども明らかになってきている。H28年度は、エネルギーマネジメント分析の対象として信頼性および頑強性の高

い HEMS データの補強を行い、協力世帯の秘匿情報を公開することなく、他の研究チームと共有できるような基盤を構築した。H29 年度は HEMS データの補強を行うとともに、統計的分析に不十分であった属性サンプルの確保に努め、集合住宅（約 400 世帯）や高齢世帯（約 100 世帯）の HEMS データを新規に収集することができた。H30 年度は、新規に収集できたサンプルを追加して、H29 年度までに実施してきた世帯属性およびエネルギーデータの分析を行い、需要構造を分析し、需要の特徴を切り出すことのできる指標を定義した。最終年度は、収集した HEMS データや、統計データを活用し、EMS 評価のために使用できる家庭の時間別データを生成するツールを作成する。

#### (b) HEMS によるデマンドレスポンス (DR) ポテンシャルの抽出

需要の精査により、要求される利用可能時間、応答速度などに対応する、HEMS による DR ポテンシャルを推計することが可能となる。また、DR ポテンシャルの利用制約の一つとして、それを受け入れる消費者の行動がある。消費者がどのように行動するかによって、利用可能 DR ポテンシャルも異なってくる。よって消費者が実際にどの程度制御を受容するか、どの程度行動を変容するか、そのためのコミュニケーションには、どのような方法があるかなどの点を捕捉することが重要である。H28 年度は、DR ポテンシャルの抽出を目的とし、今までに確保している約 1300 の HEMS 設置世帯の需要を精査することによって、家庭用電力消費量を単純な消費の多寡ではなく、世帯属性や住宅環境に起因する固定的な要因と、消費者の行動によって規定される可変的な要因とに分解することを試みた。そして可変的な部分を大きくしている原因や、DR 資源としての利用可能性などの検討を行った。

また、今までは DR 実証実験を行うフィールドがなく、DR ポテンシャルにおける消費者行動の影響は、質問紙調査などによる仮想的な実験からの推計に留まっていた。そこで H30 年度までに DR 実証実験のためのフィールド確保を目的として、再生可能エネルギー普及拡大のために実証試験を繰り返している沖縄県宮古島市を対象として選び、全島民 25,000 世帯に対して事前調査を実施して対象世帯確保に努めてきた。しかしながら、宮古島では給湯需要が少ないことと、水の硬度が高いこと、塩害が大きいこと、台風による停電が多いことなどから、電化やエコキュートに対する受容性が低いことが明らかとなり、協力世帯確保に困難を極めた。宮古島市において個人での電化やエコキュート設置に対するハードルがあまりに高いことが明らかとなったために、募集方法を変更することとし、このフィールドのエリアアグリゲーション事業者の協力を得て、温水供給サービス提供世帯 (PV とエコキュートを無料で設置) 198 世帯を確保した。この 198 世帯には、既に PV とエコキュートを設置しており、H31 年 2 月から実際に温水供給サービスが実施される。この 198 世帯は、市営住宅 (集合住宅) 居住者であり、続けて戸建住宅への募集を 1000 世帯目標として継続している。

最終年度は、これらの温水供給サービスへの参加者や参加しなかった世帯への DR の説明や説得や理解のためのコミュニケーション方法の検討、および DR プログラムに参加する際の阻害要因や促進要因を明らかにし、電化や DR プログラムに対する消費者受容性の総括を行う。

#### (c) HEMS モデルの実運用展開

H P 給湯機のデマンドレスポンス運用に関する研究を行う。H28 年度は、給湯機メーカーの協力

を得て、実運用データ HP 給湯機の DR モデルを構築し、需要の多様性を考慮し、九州電力管内のデマンドレスポンスによる系統貢献効果について分析を行った。その結果 PV が大量に導入された系統においては、昼間の卸価格が低下し、これに連動したダイナミックプライスが家庭に適用されると、HP 給湯機の昼間運転が発生し、PV の過剰な発電分を相殺する大きな需要創生ポテンシャルが生じる結果が得られた。単純にダイナミックプライスに基づいてすべての世帯の HP 給湯機が運用されると、別のピークを生じさせる可能性もあるため、H29 年度は、PV の FIT 買取が終了し始める 2019 年問題に対応するため、PV 自家消費ニーズに対して HP 給湯機の最適運用がどの程度こたえられるかを実際の PV・HP 給湯機保有世帯の HEMS データを用いて検証した。H30 年度は、電気自動車も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の定量的な評価を行った。さらに、ヒートポンプ給湯機の昼運用の効果を実証試験により検証し、実運用のための課題抽出を行った。最終年度は、EV、HP、蓄電池を含めた、家庭における EMS モデルを構築し、各 DR リソースの導入効果について比較を行う。また、全国大モデルに関しては、調整力も含めた経済性評価を行う。

## 東工大グループ

### (1) 研究題目：

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) 研究の目的および内容

分散協調型エネルギー管理システムにおいて、需要家をシステムの重要な能動資源ととらえ、需要家行動がシステムに及ぼす影響を解明し、需要家行動のモデルに関する基本設計のための重要な要素を抽出する事を目的とする。一般需要家を対象に、電力消費行動、契約行動、設備投資行動など総合的な需要家行動が誘導ドライバによりどのように変化するのか研究する。ここにおいて誘導ドライバとしては、外的影響要因、需要家属性、経済合理性、社会合理性、経済的・社会的インセンティブ、情報や社会とのインタラクションなどを考慮する。

### (3) 本年度の研究実施項目・概要

需要家行動とは、Demand Response(DR) や HEMS に影響を与える時間軸的に短期の電力使用行動のみならず、契約行動（供給元の選択等）および設備投資行動など時間軸的に長期の行動も含まれる。先行研究により、DR による電力使用行動の誘導は使用時間（Time of Use）のシフトに影響に影響を与えるものの、電力消費の総計に対する影響は少ない事、また、エネルギー消費の効率化（Energy Efficiency）にとっては根本的な生活様式の変化とマクロなレベルでの消費者行動の影響が大きいと報告されている事を踏まえ、本研究では需要家の総合的な行動を研究対象とする。以下、研究項目ごとに説明を行う。

#### (a) 需要家行動モデルの調査・研究・開発

需要家の電力消費行動、契約行動、設備投資行動が誘導ドライバによりどのように変化するのかを、需要家を対象にして研究する。まず、既存研究の調査により誘導ドライバを整理する。次に、

誘導ドライバが各行動に対してどのように働くのかを分析する。さらに、3種類の行動間の関係を分析する。誘導ドライバは、外的影響要因（気象情報、経済・社会情報、等）、需要家属性、経済合理性（価格、等）、社会合理性（供給者との関係、社会的意義、等）、インセンティブの種類と提供方法（個人インセンティブ、グループ/コミュニティ・インセンティブ、等）、インタラクションの設計（情報・コミュニティとの相互作用の利用、等）などを考慮する。

H28年度においては、海外の既存研究について、需要家の電力使用に関する行動変容要素・行動変容のための介入・介入による効果を調査した。H29年度においては、引き続き需要家の電力使用に関する行動変容要素・行動変容のための介入・介入による効果を調査し、需要家学 SG に提供するとともに、契約行動との関係性に関する既存研究調査を進めた。H30年度は、環境配慮行動として、再生可能エネルギーの発電と需要の同期に着目した実験準備を進めた。電力比較情報が、意識と行動に与える影響をまとめた。再生可能エネルギーに関わる知識が環境配慮行動に与える影響を調べるために、知識コンテンツの作成を行った。また、再生可能エネルギーの発電量提示による行動変容を考慮した需要家行動モデルを検討した。契約行動については、アンケート等を実施し、契約の違いによる電力使用行動の違いを明らかにした。最終年度は、H30年度のアンケート内容における電力使用と契約行動、設備投資行動の関係を分析し、発表を行い、論文にまとめる予定である。また、H30年度に開発した知識コンテンツと再生可能エネルギー発電量の情報提示による対馬実証地へのシステム化を完了し、実験を進める。環境配慮行動として、再生可能エネルギーの発電と需要の同期の意識と行動がどのように変容するか分析する。得られた知見は、需要科学 SG への共有を行うとともに、モデルへの反映可能性を検討する。

#### (b) 需要家情報の内容・粒度・構造に関する調査・研究・開発

需要家行動モデルに基づく分散協調型エネルギーマネジメントシステムを社会実装する場合に不可欠となる、需要家情報の内容・粒度・構造に関しても調査・研究・開発を検討する。H28年度には、経済的手法であるダイナミックプライシングの経時変化を分析した。分析の結果、ダイナミックプライシングの開始時には価格による需要の変化、つまり価格弾力性が見られた。しかし、2年目以降では、ダイナミックプライシングには反応しているが、価格弾力性が崩れ、価格による需要の変化が見られなくなった。アンケート調査の結果、生活習慣に組み込まれた様子が見られた。これらの分析結果を口頭発表した。H29年度においては、スマートメーターを用いて機器分離技術に関する情報収集を行った。スマートメーターを利用し、どのような機器をどのくらい使っているのかを計測できるように対馬の実証地でシステム化を進めた。H30年度は、システム化を完了し、機器分離技術の精度検証が行える環境整備を行った。最終年度は、機器分離技術の精度検証を進める。精度検証は対馬の実証地を用い、機器分離結果と実際の行動結果との照合を行う。得られた機器分離情報の需要家行動モデルへの応用を検討する。実用化に向けた技術的な課題を明らかにする。

#### (c) エネルギー需要科学への貢献

エネルギー需要科学 SG で検討が進められているエネルギー需要科学への貢献として、H30年度は、電力使用の影響要因、介入手法、介入効果に関するレビュー論文をまとめた。また、電気学会の全国大会シンポジウム（本部企画）において「サービス科学から見たエネルギー需要科学」の発表を

行う。最終年度は、需要科学 SG のミーティングへの参加と H30 年度にまとめたレビュー論文を投稿する。H30 年度のアンケート内容における電力使用と契約行動、設備投資行動の関係を分析し、発表と論文にまとめた内容を元に、エネルギー需要科学で必要な情報提供を行うことで、SG の成果のまとめに協力する。

(d) 実験協力地域等の連携

実験協力地域と連携を強化し、EMS と連携した次世代の社会サービスイノベーションの可能性を検討する。

以上の全体計画を踏まえ、H30 年度までの実績および最終年度の計画は次の通りである。

	H30年度までの実績	最終年度の計画
(a) 需要家行動モデルに関する基本設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>対馬市における100世帯の実証実験のシステム等の構築</li> <li>地球科学データを用いた再生可能エネルギーの発電量予測表示とシステム化の検討</li> <li>電力使用行動と契約行動の関係性に関する研究設計</li> <li>電力使用行動と行動変容に関わるレビュー論文の作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>再生可能エネルギーに関する知識および発電量の提示による行動変容を考慮した実験と行動モデルの開発</li> <li>契約行動と使用行動の関係に関する研究</li> </ul>
(b) 需要家情報の内容・粒度・構造に関する調査・研究・開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>需要家の電力使用に関する行動変容要素・行動変容のための介入・介入による効果を調査</li> <li>経済的手法における経時変化に関する研究、口頭発表</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器分離技術のシステム化と技術検証と需要家モデルへの利用の検討</li> </ul>
(c) エネルギー需要科学への貢献	<ul style="list-style-type: none"> <li>電力使用行動と行動変容に関わるレビュー論文の作成</li> <li>電気学会の全国大会シンポジウム（本部企画）において「サービス科学から見たエネルギー需要科学」の発表</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電力使用と契約行動、設備投資行動の関係を分析した内容を発表</li> <li>上記3行動を抽象化した需要家モデルの検討</li> </ul>
(d) 実験協力地域の連携	<ul style="list-style-type: none"> <li>対馬市における50世帯の実証実験のシステム等の構築にあわせた島の課題の情報収集（対馬市役所）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実験協力地域と連携を強化し、EMSと連携することによる社会課題解決の検討。</li> <li>九州電力とのコラボレーションを進め、住民への教育や望ましい電力使用カーブの検討。</li> </ul>

(その他) 日本 および海外にお ける需要家情報 の内容・粒度・ 構造の調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 関連学会 (BECC JAPAN, 電気学会) 出席・発表による情報収集</li> <li>・ Dr. Alan Meier (Lawrence Berkeley National Laboratory) との研究連携</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 関連学会 (BECC JAPAN, BECC, ECEEE) 出席・発表による情報収集</li> <li>・ Dr. Alan Meier (Lawrence Berkeley National Laboratory) との研究連携</li> </ul>
--	---	--

## NICT グループ

### (1) 研究題目：

気象・需要データ可視化と EMS プラットフォーム構築

### (2) 研究の目的および内容

本研究チームの地球科学やエネルギー需要科学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開発を促進する。プロジェクトチーム間でのアクセス性を高め、さらにはシステムの社会実装につながるためのプラットフォームを設計・開発する。

### (3) 本年度の研究実施項目・概要

#### (a) 気象データ (日射量推定値) 可視化

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 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。最終年度はこれまでに実装したツールを Google Maps から Leaflet のオープンソース環境に移行する作業を進めるとともに、スマホアプリについても作成する。また、可搬型太陽光発電パネルを導入して衛星日射量の検証を行う。

#### (b) 需要データ可視化 (行政境界の全国対応)

H30 年度は、GIS 可視化に需要科学情報の可視化を追加し、需要の見える化について試行した。最終年度は、エネルギー需要データを市町村別に可視化するためにスケラブル可視化を行う。さらに需要データと供給データのバランスの直接比較ができるシステムを構築する。行政境界データは ESRI 社の ArcGIS など有料のソフトウェア上での活用事例があるが、CREST プロジェクトでエリアデータの可視化に共用利用できるように全国のデータを作成する必要がある。また、需要科学からのシミュレーションデータをデータベースに登録し、関心のある地域のデータ参照が可能とすることについても、早期に実装することで、利用に対するアナウンスが可能となる。

#### (c) EMS プラットフォーム設計

上記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プラットフォームの設計と試験的実装を行う。さらに、これらのデータを電力会社や一般市民を含めた幅広い利用が可能なデータ提供インタフェースを検討する。最終年度は、プラットフォームを実装し、中島最強チームのこれまでのデータに加えて林最強チームによる電力需要基礎データ (配電網モデルデータを含む) の可視化対応を行う。