

--

全 体 研 究 計 画 書

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」

平成 27 年 3 月 9 日

研究代表者

氏 名

中島 孝

## ＜全体研究計画書について＞

1. 全体研究計画書は、全研究期間（5年以内）の研究構想を中心に、基本計画、研究内容、研究体制、予算計画等を記載いただきます。
2. 全体研究計画書は、研究実施に当たっての基本となり、課題評価（中間・事後）の基礎資料の一つとなります。
3. 全体研究計画書は、研究総括の確認・承認後、確定となります。全体研究計画書は採択年度にのみ作成するものであり、原則として確定後の改訂は行いません。ただし、研究予算は毎年度見直しを行いますので、全体研究計画書に記載した研究費総額は、変更となる可能性があります。
4. 全体研究計画書の作成・承認スケジュール

時期の目安	事 項	
1 2月下旬 ～1月下旬	全体研究計画書の作成	(研究代表者)
	全体研究計画書の確認および承認 (研究総括確認後、計画書の修正の必要がある場合は、承認時期が遅れることがあります。)	(研究総括)
2月中旬	研究総括の承認後、確定の旨、研究代表者へ連絡	(JST事務局)
4月1日	研究開始	(研究代表者)

研究計画書の作成にあたっては、別途資料の記載要領をご参照ください。

# 1 基本構想

※研究の目標・ねらい、背景、将来展望等について、1～3ページ程度となるよう記入してください。

※選考過程での研究総括等からの指摘事項や助言を、考慮・反映して作成ください。

## (1) 研究の目標・ねらい

※研究目標（研究期間終了時に達成しようとする、研究成果の目標）

※研究のねらい（科学技術イノベーション創出の観点から、上記研究成果によって直接的に得られる科学技術上のインパクト）を、具体的に記載してください。

### <本チームの概要>

本研究チームは、分散協調型エネルギーマネジメントシステム（以下、EMS）における重要な研究分野である地球科学と需要科学を基軸とし、さらに EMS 全体で必要となる各種データを配信するためのデータ・プラットフォームを有する最強チームである（図1参照）。研究の推進にあたっては、研究代表者の中島孝の下に地球科学サブグループ（SG）、需要科学サブグループ、データ・プラットフォームサブグループを設置し、それぞれサブグループリーダーを配置する（図2参照）。

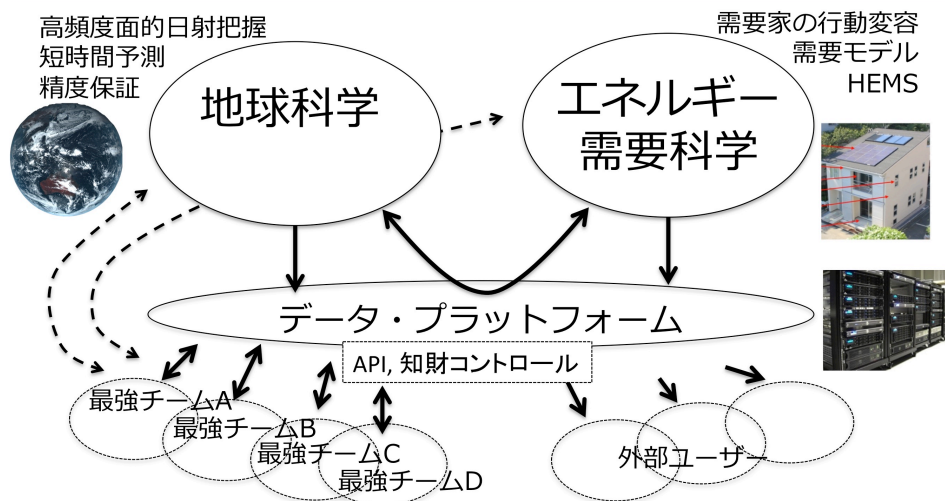


図1 中島最強チームの概念図

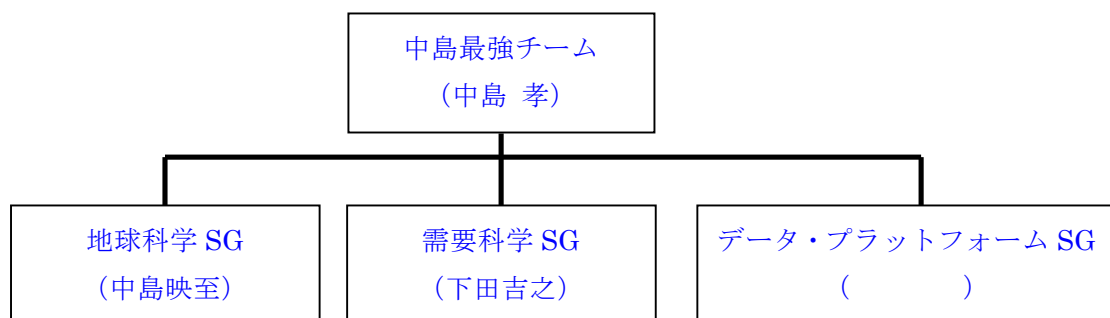


図2 サブグループ構造

## ＜研究目標とねらい＞

本チームでは、エネルギーに関する地球情報やエネルギー需要の状態や変動を、それぞれ理論で説明できる科学要素として捉え、これらの学理基盤の確立を通じて EMS に貢献することを目標とする。EMS 研究における重要な地球情報のひとつである日射量は、雲、大気中微粒子、水蒸気など、これまで気象学が主体的に取り扱ってきた諸量を考慮し、経験則をできる限り排した第 1 原理に立脚した理論で説明することを基本とする。本手法を採用することにより、例えば日射を直達と散乱の各成分に分けながら、かつ波長毎に計算できるため、地上到達日射量等の実況値や予測値を、必要な形で高精度に取り出すことが可能になる。エネルギー需要に関しては、需要の実態データをテストフィールドから収集、あるいは収集されたデータを整理すると共に、人間行動や需要をモデル化し、地球科学データとエネルギー需要の関係を陽に取り扱うことで、需要を科学的に取り扱う手法を開発する。このような手法を採用することにより、従来は過去に得られた需要データによって経験的に想定していた需要変動を理論で説明することが可能となり、ひいては需要予測への道を切り拓くことができる。地球科学と需要科学それぞれで体系化した理論が構築できれば、さらに両者を統一する理論の創出が可能となる。このような異分野にまたがる入口と出口を分析する試みは従来ではあまり行われなかったものであり、EMS 研究分野へのインパクトは大きい。本チームで開発する手法は、経験則では対応が難しい多地域展開や多様な将来シナリオに基づいた仮想モデル実験を可能にすることも特長である。

## ＜本チームの課題＞

本研究チームでは、EMS における重要項目である日射等の地球科学データと需要に関する研究をチーム全体で推進することで、以下の問いに対する解を得る。

- (1) 現況、短時間予測、将来の地球科学データの推定精度はどの程度か
- (2) 地球科学データによって需要は如何に影響を受けるのか。また EMS にどのような効果をもたらすのか

以上の問いに答えるためには、EMS での活用を前提とする地球科学データおよび需要の現況把握と予測方法の確立が重要となる。そのための学理基盤の構築と強化が本チームの役割と考える。

## (2) 研究の背景

※本研究構想の重要性・必要性が明らかとなるよう、科学技術上の要請、社会的要請や経済、産業の要請および、当該分野や関連分野の動向等を適宜含めて記載してください。

日射、地上温度、風などの地球科学量は、エネルギー需要の状況把握や再生可能エネルギーの供給力の推定に強く関連する量であり、これから我々が迎える多様なエネルギーの協調活用の時代において不可欠となる基本情報である。地球科学量は地球の自転や気象状態に依って様々な時間スケールで大きく変動するため、効率的活用のためには、地球上どこでも、将来を含めたどの時点でも情報提供可能な、第 1 原理から積み上げたシステムが有効である。地球科学をエネルギーの研究に役立てるという視点はかつてから存在した。例えば 1970 年代に発生した石油危機は再生可能エネルギーの活用に関する研究を活発化させ、太陽光や太陽熱を利用した各種システムが活発に提案されると同時に各地で日射量や風場の観測が行われるようになったが、当時の地球環境場のモデル化は発展途上にあり、

また地球観測衛星が登場して間もないこともあって、エネルギー分野と地球科学分野の融合には至らなかった。しかし、近年状況は急速に変化した。衛星観測網の発達と計算機技術の発達に支えられて、気象と気候に関するモデルが長足の進歩を遂げている。そのため、地球物理量の予測に必要な気象場の正確な計算、大気汚染対策のために開発された大気化学計算、地球温暖化予測で培った気候の将来予測計算などが、再生可能エネルギーと既存エネルギーの協調的活用のために、効果的に活用できる時代に至った。

エネルギー需要科学も近年の発展が目覚ましい。これからの時代は、再生可能エネルギーを含む様々なエネルギー源や貯蔵機能が需要サイドに混在していくことが想定され、建物等の需要端での分散協調型 EMS 導入の必要性が高まる世の中となることは明らかである。そのような場面においては、エネルギー需要の中身やその発生メカニズムを明らかにすることが重要な研究テーマとなる。従来、EMS 研究におけるエネルギー需要はブラックボックス化され、計測された需要データがそのままシステムの入力として扱われることが多かった。例えばエネルギー需要の把握や予測は過去の需要データを参考にして得られ、地域、季節、曜日、時刻をパラメータとして経験的に推定されてきた。このような研究が主流であった背景には、エネルギー需要を生み出す主体である住宅、建物、エネルギーを使用する機材の数が膨大であり、さらに需要は人間行動のような複雑なメカニズムを有していることから、その取り扱いが難しかったことがある。しかし、現在は近年の情報技術の進展などにより、需要を構成する機器稼働や人間行動等の複雑な事象を詳細にモニタリングすることが可能となり、エネルギー需要をより深く掘り下げて分析することが可能となりつつある。

以上に述べたように本研究チームは地球科学と需要科学それぞれの長年の研究による発展があった結果、融合の時期が来た。本研究課題は時期を得た取り組みであると言える。

### (3) 研究の将来展望

※「(1) 研究の目標・ねらい」の達成を端緒として、将来実現することが期待される、科学技術イノベーション創出、新産業創出・社会貢献、知的財産の取得・活用、等を、想定し得る範囲で記載してください。

本チームでは、エネルギーに関する地球情報やエネルギー需要の状態や変動を、それぞれ理論で説明できる科学要素として捉え、これらの学理基盤の確立を通じて EMS に貢献することを目標とする。本研究提案で想定する主要アウトプットは、以下の3つである。

- (1) 将来予測を含めた地球上のあらゆる地域と時刻に適用できる、「再生可能エネルギーの状態把握、推定、予測」に関わる理論と基盤技術を開発する。具体的には、静止気象衛星を利用した日射量の準リアルタイム解析推定システム、モデルを利用した地球物理量の算定システム、そして検証システムである。これらのシステムと EMS 技術の融合により、分散協調型のエネルギー管理についての学理的な基盤が強化され、例えばプラグマティックな場面におけるシステムの設計や開発方針が現在よりも格段に明確になることが期待できる。なお、得られた研究成果は、従来からの研究課題である気候変動研究および気候適応分野へフィードバックできるばかりか、将来の地球の気候を考慮した、より長期のエネルギー需給の議論につなげることができるなど、気候変動問題とエネルギー問題の融合という新しい学術分野を作り出す波及効果をもたらすことが期待出来る。

- (2) EMS への応用を念頭に、各エネルギー消費機器の稼働が明確に表現され、かつ、各種シナリオに基づいて操作することが可能なエネルギー需要データの生成技術、すなわちエネルギー需要モデルの開発を行う。また、物理的特性や消費者の受容性を考慮した可制御性の解明や、需要を生じる人間行動のモデル化を行う。まずは可制御負荷の大きさや性質を明らかにし、さらに様々な外的影響因子が存在する状況下に情報や誘導ドライバが加味されたときの需要の変容、例えば設備投資、電力使用、電力契約等をモデル化する。このような研究に基づきエネルギー需要構造を明らかにし、分散協調 EMS への入力とする。エネルギー需要モデルの精度を向上させるため、各種実態データを幅広く収拾し、様々なレベルでの精度検証を充実させる。得られた成果から、EMS の中に需要予測モデルを取り込んだ制御技術に発展する可能性が期待できる。
- (3) 以上のアウトプットを得るためには、地球科学データ、需要データを効率的に共有し活用することが重要である。すなわち各種データを保存し、必要に応じて取り出すことができるデータ・プラットフォームにも留意しなければならない。本研究課題では GeoSimWORLD と称するデータベースを構築する。

## 2 研究の内容

※「1 基本構想 (1)研究の目標・ねらい」を達成するための研究のアプローチ、具体的手法、進め方などを、主要な研究項目毎に、記入してください。(1～3 ページ程度で記述)

※研究のマイルストーン (研究開発途上での節目となる到達点・達成事項)、その達成度の判断基準と達成目標時期を含めて記載してください。

※研究開始 3 年後までの達成目標を明確に示してください (中間評価等での評価における判断材料の一つとなります)。

※選考過程での研究総括、アドバイザーからの指摘事項や助言を、考慮・反映して作成ください。

本 EMS 領域の特徴は異分野科学の融合展開である。本チームは、第 1 研究期間の 2.5 年間でシステム、制御、通信、エネルギー、社会科学、地球科学など多くの異分野間の相互理解を深める場とし、成果を上げてきた。平成 27 年度から始まる第 2 研究期間の 5 年間では、分散協調型 EMS 領域全体のポートフォリオのなかでの本チームの役割を意識し、地球科学と需要科学を得意とする研究チームの特長を十分に活かしつつ、他分野とも協調を図りながら研究を実施する。具体的な研究項目と実施方法を次に箇条書きで示す。

- 1, シナリオデータの作成 (JAXA-東大)
  - ・ 将来気候予測シミュレーションデータによる将来気候の適用も視野に入れながら、エネルギー供給と需要に関わる制御、予測等の理論と技術の評価するための基礎データを、状況シナリオに基づいて整備する。

- 2, 衛星データ解析システム（東海大、JAXA-東大、千葉大）
  - ・ 気象衛星等を利用した日射量準リアルタイム解析推定システムを高度化させる。具体的には、新型ひまわり 8 号に対応させ、地表面日射量を世界規模で算定する
  - ・ 衛星データの利便性を向上させ、さらに開発システムの現業展開のための検討を実施する
- 3, モデルによる地球物理量算定システム（JAXA-東大）
  - ・ 大循環モデル MIROC、非静力大気モデル NICAM を本課題に適用する
  - ・ 現時点での全球、あるいは 21 世紀中の任意の時点、任意の場所における、日射量、風ベクトル、地表面温度を算定するシステムを開発する
- 4, 品質保証とデータ異常検出（千葉大）
  - ・ 地上観測システム SKYNET や気象官署データ等を利用して、衛星観測やモデル計算で得られた各種地球物理量の精度検証を行う
  - ・ 想定外の衛星日射データの異常を検出するシステムを構築する
- 5, 気象データの変動解析（東海大）
  - ・ 日射量等の変化の特徴を定量化する指標についての研究を実施する
- 6, エネルギー需要モデルの開発（阪大）
  - ・ 時系列のエネルギー需要および分散協調型 EMS により調整可能な可制御負荷の大きさ・応答速度を分オーダーで予測するエネルギー需要モデルを開発する。また、モデルを向上させるための精度検証を実施する
- 7, 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）
  - ・ 分散 EMS 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。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
- 8, 需要家行動モデルの開発（東工大）
  - ・ 分散協調型 EMS 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を構築する
- 9, 需要家情報の整理（阪大、東大生研、東工大）
  - ・ これまでに得られた、あるいはこれから取得する需要家データを整理する。
- 10, データ・プラットフォーム（東海大、JAXA-東大、千葉大、東大生研ほか全グループ）
  - ・ 本研究領域におけるデータ提供、データ共有等の方針立案に協力するとともに、それらの方針に沿いながら本チームが算出・取得したデータを共有化するためのデータの標準化を行う。ま

た、そのデータを利活用するためのデータ・プラットフォームを開発する

11, 異分野との交流（全グループ）

- ・ 計測制御、電力、地球科学など異分野間の相互理解を深めるという基本方針に沿い、本研究チームの特長を活かしつつ、本 EMS 領域内他チームとも協調を図りながら研究を実施する。

12, 研究取りまとめ（全グループ）

- ・ チーム内外における情報交換を適宜行いながら、各研究者が連携しながら研究を進めるための研究マネジメントを実施する。また、各年度末および最終年度の研究取りまとめ等を実施する。



### 3 研究実施計画

#### (1) 研究実施期間

平成 27 年 4 月 1 日から平成 32 年 3 月 31 日まで ( 5 年間)

※研究終了時期は、研究実施の最終年の年度末とすることができます。

#### (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年間の場合)。

※研究項目が複数ある場合は、できるだけ項目別のスケジュールや分担者が分かるように記載。

研究項目	H27年度 (12ヶ月)	H28年度	H29年度	H30年度	H31年度 (12ヶ月)
<b>地球科学データ</b>					
1, シナリオデータの作成 (JAXA-東大)	←→				
2, 衛星データ解析システム (東海大、JAXA-東大、千葉大)	←→				→
3, モデルによる地球物理量算定システム (JAXA-東大)	←→				→
4, 品質保証とデータ異常検出 (千葉大)	←→				→
5, 気象データの変動解析 (東海大)	←→				→
<b>エネルギー需要</b>					
6, エネルギー需要モデルの開発 (阪大)	←→				→
7, 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)	←→				→
8, 需要家行動モデルの開発 (東工大)	←→				→
9, 需要家情報の整理 (阪大・東大生研・東工大)	←→				→
<b>データ・プラットフォーム</b>					
10, データ・プラットフォームの開発 (東海大、JAXA-東大、千葉大、東大生研ほか全グループ)	←→				→
<b>その他</b>					
11, 異分野との交流 (全グループ)	←→				→
12, 研究とりまとめ (全グループ)		↔	↔	↔	↔

## 4 研究実施体制（研究チームの構成）

### （１） 研究分担体制表（研究契約単位で記入ください）

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
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・センター長・教授	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	東京工業大学大学院イノベーションマネジメント研究科・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

- 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、正式名称を正確にお書きください。
- 3) 「研究題目」とは、研究契約単位に設定される研究名称で、そのまま委託研究契約書に記載されます。なお、原則として研究題目名は研究実施期間中変更しません。
- 4) 複数のグループで同一の「研究題目」名を使用することは避けて下さい。

### （２） 研究機関別 研究概要

（共通の研究概要となる場合はグループ名を連名とし頂いても結構です。 例：科学 G+振興 G）  
 （上記の場合、研究題目は複数記載して下さい。また、研究契約書の「研究の目的および内容」の項目が同一となります。）

#### 東海大グループ

研究題目：

衛星日射量推定手法の改善と気象変動量解析エラー！参照元が見つかりません。

※「(1) 研究分担体制表」の「研究題目」と同一のものとしてください。

※研究題目とは、研究契約単位に設定される研究名称で、そのまま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（箇条書きで複数記載するなどは避けてください）。なお、原

則として研究題目名は研究実施期間中変更しません。  
※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)」 「- (半角のハイフン)」 「~ (半角のチルダ)」

## 研究実施項目・概要：

※ 各グループが実施する研究項目と研究概要を記載してください。また、各グループがチーム内で果たす役割・必要性等も記載してください。

東海大グループは、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再生可能エネルギーに関連する研究事項、なかでも衛星日射推定システムの高度化、特に雲の取り扱いに関する理論の改良、衛星データの利便性向上、さらに日射等気象要素の変動分析を実施する。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・プラットフォームの設計に関する研究を実施する。具体的な研究項目は以下のとおりである。

### (1) 雲解析アルゴリズムの高度化

地表到達日射量を正確に推定する場合に重要となる雲に関するアルゴリズムの高度化を実施する。特に重要な高度化の内容は、日射に対する雲の不均質性の影響評価である。雲の不均質性を考慮することにより、衛星日射推定値の誤差を減少させる可能性がある。このような研究を行うため、ひまわり衛星等の衛星データを使用する。また、各種の地球モデルにおける雲物理過程の改善に必要な雲観測を、衛星および地上測器を用いて行う。

### (2) 衛星データの利便性向上

衛星データの利便性の向上と開発システムの現業展開のための研究を実施する。東海大学宇宙情報センター（熊本）では、気象衛星ひまわり、水循環変動観測衛星しずく（GCOM-W1）、米国の Terra, Aqua, NOAA, NPP の各衛星の受信を実施しており、2017 年打ち上げ予定の GCOM-C 衛星の受信・処理も計画している。これらの衛星データは、広域・実測データとして、(1)で実施する雲の研究に不可欠なものであるだけでなく、他のグループ等各種ユーザからのニーズも高い。本研究課題では衛星データの処理・出力手法、ユーザインターフェース等の検討・試作を行い、衛星データの利便性の向上を図る。

### (3) 地球科学情報の変化の特徴解析

地上に到達する日射量は雲の存在や現地時刻の変化により時々刻々と変化する。その変化の特徴の定量化、およびその活用に関する研究を実施する。従来の気象学で使われている指標に加え、これまで使われてこなかった指標も含めた、日射量等の地球科学データの変動を表現でき、エネルギーマネジメントに有用な指標を作成する。これらの気象変動指標と需要予測データと併用することにより、効果的なエネルギーマネジメントシステムの構築が可能になると期待される。

### (4) データ・プラットフォームの検討

衛星日射量やモデルによる日射予測量などのデータは、CREST/EMS 領域内のみならず外部で利用される可能性がある。そこでこれらのデータを共有活用するデータ・プラットフォームの設計に関する研究を実施する。この研究では、需要科学等で扱う個人情報も考慮し、データの共有レベルを何段階か設定できるデータ構造や利便性の良い WebAPI の利用等が検討事項である。可能なものから実サービスとして公開し、利用することでシステムへの要求を出しあい、プラットフォー

ムの機能を充実させる。

また、データ・プラットフォームで扱う各種データの有用性をさらに向上させるために新しい数理モデル・数的手法の構築または改良等による数理的アプローチの適用が可能であるか検討を行う。

## JAXA—東大グループ

### 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

### 研究実施項目・概要：

JAXA-東大グループは分散協調型 EMS (以下 EMS) における再生可能エネルギーの積極導入に不可欠である観測に基づく現況把握技術とモデルによる短時間予測技術の開発に立脚し、日射量を中心とした地球科学データ算定アルゴリズムの開発整備を主に担当する。昨年度までの本 CREST 第 1 期研究期間において、衛星観測データに基づく日射量の推定アルゴリズムの高度化と地球物理量算定モデルによる衛星雲データ同化に基づく新しい日射量予測手法の開発を行った。第 2 期ではこれらの成果を基盤として、アルゴリズムのさらなる高度化と長期のデータセット作成、及び EMS の適用性評価を目的としたシナリオデータの作成等を行う。

- (1) 第 3 世代静止衛星ひまわり 8 号および 9 号による観測データから日射量を算定するシステムを開発する。

地上に到達する日射量の最大不確定要素は雲である。またエアロゾルは太陽放射を散乱吸収する効果をもつため日射量を減衰する効果を持つ。さらに水蒸気に代表されるガスも日射量を吸収する効果を持っている。従って高精度な日射量の推定のためには、これら大気物理量を精度よく得る必要がある。これまでの研究では静止気象衛星「ひまわり」から雲情報を抽出することで日射量を推定していたが、地球観測衛星と比較してセンサのチャンネル数が極端に少なく情報は断片的であり、観測の時間分解能も十分とは言えなかった。またエアロゾルの高精度推定はこれらの情報不足から極めて困難なものであった。2014 年 10 月 7 日に打ち上げられた第 3 世代の静止衛星ひまわり 8 号は 16 のセンサーチャンネルを持ち、観測の時間分解能は 10 分間隔を基本として日本領域はラピッドスキャン（高速観測）により最大 2.5 分毎のデータを取得することができる。これにより、観測データに関わるこれまでの問題を解決する可能性を持っている。従って本研究では、ひまわり 8 号および 2016 年に打ち上げが予定されているひまわり 9 号観測データを用いて雲やエアロゾル、水蒸気等の大気物理量を推定し地上に到達する日射量を算定するアルゴリズムを開発する。また、EMS に資する情報として速報発信を行うため高速放射量推定アルゴリズム (EXAM SYSTEM) を改良、最大活用し 10 分毎の基本観測と 2.5 分の高速観測に対応する日射量準リアルタイム解析システムを構築する。

- (2) 地球科学モデルによる大気場及び衛星雲データ同化に基づく日射量短時間予測手法を高度化する。

気温や湿度に代表される基本的な気象パラメータと並び、特に日射量の高精度な予測は EMS において重要な課題となっている。しかしながら、日射量の最大不確定要素である雲の発生と発達、

そしてその光学特性については、まさに日進月歩の研究が行われている発展の段階である。現在において高精度な日射量の予測を目的と限定した場合、物理モデルにおける雲モデルが如何なる大気条件においても雲の時空間的特性を最適に再現できているとは言いきれない。従って本研究では高精度な日射量の短時間予測技術開発のため、衛星観測データの解析によって得られた観測に基づく雲場と気象庁客観解析データ(GPV)による大気場を地球科学モデルに同化する技術を開発することで日射量の新しい短時間予測スキームを構築する。ここでは雲やエアロゾルの数濃度と粒径を物理的に表現することが可能である領域非静力学大気モデル(Diamond-NICAM)を適用する。これまでの研究から、雲場の同化においてはナッジングに対する感度の違いにより全ての条件において画一的なナッジングを適用することでは良好な結果が得られないことが分かっている。そこで雲場に最適なナッジングの手法について検討を行うことで日射量短時間予測の新しい技術開発を行う。

(3) 将来気候を視野に入れたシナリオデータの作成を行う。

EMSの有効性を評価するためには様々な気象・気候条件における適用性を評価することが一つの課題となる。気温、湿度、そして日射量などの基礎的な気象パラメータは太陽光発電及び太陽熱利用等の再生可能エネルギーによる供給エネルギー量を知るための情報であると共に、人間活動における電力、熱などのエネルギー需要を知るための情報でもある。特に平年値を基準としたときの酷暑や厳冬などの極端な気象条件においては、需要と供給の双方がどのような振る舞いを示すのかが重要であり、そのためには、それらを制御するための理論と実装のスタビリティを評価する基準となるシナリオデータが必要となる。本研究では大気海洋陸面結合大循環モデル MIROC に代表される WCRP/CMIP (結合モデル比較プロジェクト) の将来気候予測シミュレーションデータによる将来気候の適用も視野に入れながら、エネルギー供給と需要に関わる制御、予測等の理論・技術の評価するための基礎データを状況シナリオに基づいて整備し、他チームと共有することで EMS 研究全体への貢献を目的とする。

## 千葉大グループ

### 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

### 研究実施項目・概要：

新しい気象衛星の打ち上げにより、従来に比べて時間的に連続、かつ、空間的に高密度な衛星日射量データが取得されはじめたが、そのデータ質(系統誤差、偶然誤差等)の検証は全くなされていないといえる状況である。本研究では、その初期および定常的なデータ質検証に加え、想定外の異常検出も可能とする衛星データ質評価のための地上システムを構築する。地上システムの構築は国際展開等も視野に入れ実施する。上記の衛星データ質評価は、データ利用者が科学的に裏付けられたデータを定常的に安心して利用することにつながるため、社会実装された形で持続的なEMSシステム的一端を担うと期待される。これまでの研究から、大気中の雲やエアロゾル等の時空間的に不均一な変動が衛星データ質に及ぼす影響が極めて重要であることが浮き彫りとなった。このことを踏まえ、雲やエアロゾル等による大気科学現象が衛星データ質に与える想

定内誤差を定量化するとともに、それにより可能となる高度な想定外データ異常検出結果の速報システムを確立させる。また、地球科学に関する地上観測データのデータベースを構築する。本研究は、誤差の定量化・要因解明による衛星データやモデルデータの高精度化を通じて、本CREST/EMSプロジェクトに貢献する。

(1) EMSのための地上システム・データベースの最適化

本課題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、選定する。それを基に、地上観測装置群の再配置等を行う。試験観測を経て、定常観測に移行するとともに、ネットワークを利用したオンラインデータ処理・提供システムを整備する。本チームが構築するデータベース GeoSimWORLD の構成要素として、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)をアーカイブするとともに、データを迅速に公開する。これらにより持続的なEMSのために最適化された地上システム・データベースを構築する。

(2) 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

2014年10月に打ち上げられた「ひまわり8号」等の観測に基づく日射量データを評価するために、地上システムから得られるグラウンドトゥルスデータとの詳細な比較を実施する。日射量の比較解析に加え、雲やエアロゾル等に関するデータも同時に解析する。それら各干渉要素による誤差を定量化するとともに、誤差要因を明確にする。同様に、過去の地上観測データを利用し、モデルデータも評価する。さらには、これらの評価結果を糸口として衛星やモデルデータの高精度化に資する知見も得る。

(3) 高度な異常検出システムの構築

初期および定常的な衛星データ質検証結果をもとに、通常の雲やエアロゾルの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を導出する。複数の地上観測サイトを組み合わせ合わせた異常検知を行うことで、局所的な大気科学現象(離散雲等)で想定される影響を切り分け、衛星データそのものの劣化等の異常検出が可能なシステムとして高度化させる。他チーム/グループが必要とする即時性を考慮し、EMSの一端を担う高精度な異常検出結果の速報システムを構築させる。

## 阪大グループ

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

研究実施項目・概要：

住宅・業務施設群を対象とするエネルギー管理では、管理対象である住宅・業務施設のみならず、エネルギーシステム全体の経済性、環境性等の最大化を目的としたエネルギー需給関連機器の運用最適化が構想されている。電力需給の調整に利用可能な負荷(可制御負荷と呼ぶ)は、ヒートポンプ給湯機、洗濯機などの稼働時間を変更できる機器・設備、エアコン、冷蔵庫、照明な

ど提供するサービス量の調整によって電力負荷を変更できる機器・設備、蓄電池、電気自動車のような蓄電設備によるものがある。エネルギー管理システムはエネルギーキャリアの価格、電力系統の状態（電圧や周波数）のほか、システムが対象とする住宅・業務施設群のエネルギー需要、上記の可制御負荷の大きさを与条件として動作する。従来、エネルギー管理システムの分析・設計を行う場合、エネルギー需要と可制御負荷について特定の条件下で計測されたデータを使用することが多いが、この方法では分散協調型エネルギー管理システムの分析・設計において、検討対象地域の特性を考慮できない、将来の時間断面やデータが利用可能ではない対象に対して分析を実施することができない、サービスの質と管理効果のトレードオフの関係を考慮した検討ができないなどの課題があった。

このような背景から、本研究は分散協調型エネルギー管理システムがサービスを提供する住宅・業務施設群・街区・都市を対象として、時系列のエネルギー需要および分散協調型エネルギー管理システムにより調整可能な可制御負荷の大きさ・応答速度を分オーダーで予測するエネルギー需要モデルを開発し、これらの課題の解決に貢献するものである。本モデルでは、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要因に分類し、各要因の世帯間のばらつき、時系列の変化・影響を可能な限り模擬し、人の行動に伴って稼働する個々の機器・設備のエネルギー消費の積み上げとして計算対象全体のエネルギー需要を定量化する。このような構造により、人間行動、各制御機器・設備の稼働状況、外界条件の影響を考慮した上で、いつ、どの機器がどれだけのエネルギーを消費しているかを定量化することができるだけでなく、可制御負荷の大きさ・応答速度、エネルギー管理の実施に伴うエネルギー効率の変化、サービスの質の変化などを予測することが可能となる。

また、このようなモデルを開発するにあたり、チーム内の他グループとの連携により、エネルギー消費実測結果等をベースにモデルの精度向上を図るとともに、実測データとモデルの両面から、上記①～⑥の因子を決定する要因を含めて、エネルギー需要の形成メカニズム、操作に対する応答のメカニズムについて、より体系的なアプローチの確立をめざし、工学、経済学、社会科学、行動科学など既存の学術分野を統合化して、エネルギー需要を中心とする新たな学術体系の確立を目指す。

さらに、開発したモデルを用いて、コミュニティ、都市、都市圏などの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、公開する。

## 東大生研グループ

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

研究実施項目・概要：

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。

#### (1) 需要データの精査、共有方法の検討

本グループが現在保有する約 700 件の HEMS あるいは住宅における計測データをベースに、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する。これらの情報を他の研究チームと共有することで、秘匿情報を公開することなく、各データソースの一般性・特異性を論じることができ、エネルギーマネジメント分析の対象としての妥当性や有用性を検討することができるものと考えられる。さらに、住宅エンドユーザーモデル（下田研）の精度向上へ実データの分析を生かすことが可能となる。分析の内容としては下記が考えられる。

- ・ 季節別の代表的な消費パターン、平均波形に対する個別世帯の分散、平均波形に対する複数世帯の分散、対象世帯数と需要のならし効果の相関
- ・ 機器別データ消費パターンの比較
- ・ 世帯・住宅属性（建て方、面積、世帯人数、保有機器等）とエネルギー消費量の相関分析、影響の大きい因子の抽出
- ・ 季節別時間別変動特性

#### (2) 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。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、などの点をフィールド調査などで補足することによって、より実際に近い形での利用可能 DR ポテンシャルを推計することを試みる。エネルギーマネジメントの目的別に、全体システムとの連携において必要とされる分析対象エネルギーデータの仕様（建物大、エリア大、系統大）について議論し、整理する。

#### (3) HEMS モデルの実運用展開

給湯器メーカー、住宅メーカーの協力を得て、すでに構築した HEMS モデルを実際のサイトで運用できるよう、実データに適用し、最適化や予測のロジックの簡素化を行い、効果の検証を行う。

## 東工大グループ

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

研究実施項目・概要：

分散協調型エネルギー管理システムは、提供される技術および制度を、需要家が理解し、受け



入れ、有効活用しなければ、真の社会的・経済的な価値を発揮できないと考えられる。そのためには、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を構築する必要がある。

ここで需要家行動とは、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。

具体的には、以下が研究項目となる。

(1) 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かを、一般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。ここにおいて誘導ドライバとしては、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）、経済的・社会的インセンティブ（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）、情報や社会とのインタラクション（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。

(2) 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。

(3) 実験協力地域との協業の確立

新たに実証プロジェクトを始めるのではなく既存および計画中的の実証地域との協業を検討する。

## 5 その他

※研究を進める上での特記事項や要望などがあれば記入してください。

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
- (上記以外にも遵守すべき法令・ガイドライン等がありますのでご注意ください。)