

**戦略的創造研究推進事業**  
**－ チーム型研究(CREST) －**

**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」**

**研究領域中間評価用資料**

**研究総括：藤田政之**

**2017年2月**



## 目次

1. 研究領域の概要 .....	1
(1)戦略目標 .....	1
(2)研究領域 .....	4
(3)研究総括 .....	5
(4)採択研究課題・研究費 .....	6
2. 研究総括のねらい.....	10
3. 研究課題の選考について.....	12
4. 領域アドバイザーについて.....	16
5. 研究領域の運営について.....	17
6. 研究の経過と所見.....	28
7. 総合所見 .....	31



## 1. 研究領域の概要

### (1) 戦略目標

#### ① 戦略目標名

「再生可能エネルギーをはじめとした多様なエネルギーの需給の最適化を可能とする、分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論、数理モデル及び基盤技術の創出」

#### ② 達成目標

本戦略目標で設定されている達成目標は以下の3点である。

- ・再生可能エネルギー需給の状態把握・推定・予測に関わる理論及び基盤技術の創出
- ・多様なエネルギーの需給制御による分散協調型エネルギー管理システム構築に関わる理論及び制御基盤技術の創出
- ・需要側と供給側のエネルギーネットワークの統合メカニズムと人間行動を考慮したエネルギー管理の最適化及びシステム全体の社会的合理性を追求する理論及び基盤技術の創出

#### ③ 将来実現しうる重要課題の達成ビジョン

太陽電池パネルや蓄電池など再生可能エネルギーをはじめとした多様なエネルギーの需給に関わる技術群を地域性や利用形態等に応じて組み合わせて動かし、その需給状況を双方向かつリアルタイムに把握・分析し、分散エネルギーシステムと既存の電力システムが需給予測や消費予測情報に基づいたエネルギーシステムの最適化を行って、優れた経済性や災害時安定性等を有するエネルギー需給システムの実現を目指した、分散協調型エネルギー管理システム構築に関する理論及び基盤技術の開発を目指すものである。

また、国や自治体が支援する都市エネルギーインフラのスマート化(知能化)・グリーン化関連の実証事業との連携にも留意しつつ、出口を意識した基礎研究を行うことによって、得られる研究開発成果を社会実装に向けた取り組みへと繋げていくことを目指す。これにより、分散協調型エネルギー管理システムの構築実現や、そのシステムの社会的普及が促進され、発電量が不安定な再生可能エネルギーの受容可能量を増大させ、災害にも頑強なエネルギーインフラの実現につなげることを目指す。さらには、第4期科学技術基本計画に掲げられているグリーンイノベーションの目標実現に向けた重要課題「安定的なエネルギー供給と低炭素化の実現」の達成に貢献する。また、本戦略目標下で構築された理論およびシミュレーション技術をエネルギー政策の立案にも展開することにより、より高度化したスマートコミュニティの実現に貢献することを目指す。

さらには、社会インフラパッケージとして海外事業展開を視野に入れ、新しい分散協調型エネルギー管理システムを構築する基盤技術の国際標準化につなげ、我が国の社会・技

術システムの構築力強化に貢献することを目指す。また、世界各国への技術移転による CO<sub>2</sub> 排出量削減の達成により地球温暖化対策にも貢献することを目指す。

#### ④具体的内容

今後、我が国が社会インフラとしてどのような新しいエネルギーシステムを構築していくべきかというエネルギー戦略の議論にあたっては、再生可能エネルギーを含む分散型エネルギーシステムと従来の電力系統システムとの調和をどう図るか、熱エネルギーなど多様なエネルギー源の最大限の活用、災害時も含めたエネルギーシステムの安定性、社会への導入コストなどに関して、科学的根拠に裏付けられた検討が必要である。この科学的検討には、これまで我が国でエネルギーシステム構築に主として携わってきた送配電工学分野、パワーエレクトロニクス分野や電力計測分野に加え、新しいエネルギー管理システム(EMS)を確立するために、システム科学をはじめとした様々な分野の研究者の参画が必要となる。

たとえば、多様で複雑なシステムを構築・運用するための制御技術、最適化技術、数値モデルやシミュレーション技術、取得データを高速に処理し分析するためのセンサネットワーク技術やデータマイニング技術、複雑なシステムの構造と機能を分析するネットワーク論や、自然エネルギーを予測するための地球環境計測・予測技術、人間行動を考慮したエネルギー消費予測などさまざまな研究分野の研究者を結集し、研究開発を推進することが必要である。

このような分野融合的な研究開発を通じて、再生可能エネルギーを含む多様なエネルギーを最大限活用するための分散協調型エネルギー管理システムの構築に資する、複雑分散系に対応した理論研究及び基盤技術開発を進める。

これにより、我が国のエネルギー政策への貢献だけでなく、情報通信分野と計測制御分野等の融合(実世界と情報社会の融合)による新しい学理や学問分野の創出が期待される。また、地域やその時の社会状況に応じてエネルギーシステムの要件も動的に変化していくため、様々な要求に応えられる普遍的・基盤的な理論・技術の構築を目指す。このためには、現状のエネルギーシステムを前提とした実データに基づくアプローチや、自動車、ロボット工学など他分野で実績のあるシステム制御理論・技術の展開、既存のエネルギーシステムにかかる制約等の前提をゼロベースに理想的なシステムを検討するアプローチなど、様々な切り口が考えられる。

また、以下に具体的なアプローチ例を挙げる。

- ・分散協調型エネルギー管理システムの安定化、最適化のための理論及び基盤技術に関する研究
- ・人間行動を考慮したエネルギー消費モデルの構築と、それに基づくエネルギー需給バランスの最適化メカニムの設計
- ・衛星データや地域気象観測、地理情報、過去の需給実績から学習して予測性能を向上

させる手法等により、精度の高い需要予測と再生可能エネルギー発電予測を可能にする研究

- ・ 計算機シミュレーションや模擬シミュレータの開発及びそれを用いた上記理論やシステム技術の統合分析・評価研究

#### ⑤政策上の位置付け

新成長戦略(平成 22 年 6 月 18 日閣議決定)における成長分野の一つであるグリーンイノベーションの実現に向け、第 4 期科学技術基本計画(平成 23 年 8 月 19 日閣議決定)では、「エネルギーを安定的に供給、確保していくため、革新的な再生可能エネルギーの開発と普及の拡大、分散エネルギーシステムの構築、強靱な社会インフラの整備等を速やかに進めなければならない」として、「基幹エネルギーと分散エネルギーの両供給システム及びエネルギー需要システムを総合的に最適制御するスマートグリッド等のエネルギーマネジメントに関する研究開発や自律分散エネルギーシステムの研究開発を促進し、これらの海外展開を図る」ことが目標として掲げられている。本戦略目標は、この目標達成に必要な基礎研究段階の課題解決を目指すものである。

また、本戦略目標では、制御、信号処理、モデリング、シミュレーション、ネットワーク、適応学習などシステム科学技術分野を含む基礎的な制御研究や衛星データを活用した気象予測に関する成果との連携による領域横断的な展開も想定している。これは、第 4 期科学技術基本計画における「先端計測及び解析技術等の発展につながるナノテクノロジーや光・量子科学技術、シミュレーションや e-サイエンス等の高度情報通信技術、数理科学、システム科学技術など、複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術や融合領域の科学技術に関する研究開発を推進する」ことに貢献する。

さらに、東日本大震災以降の状況変化により、再生可能エネルギーの本格的な系統導入は、より緊急の政策課題となっている。新成長戦略実現会議下のエネルギー・環境会議において、従来の集中型システムの改良だけでなく、分散型の新システムを目指す議論が始まり、その中間的な整理において、「分散型のエネルギーシステムの実現」が「基本理念 2：新たなエネルギーシステム実現に向けた三原則」の一つとして取り上げられるなど、必要性の高い課題として位置付けられている。

#### ⑥科学的裏付け

米国電気電子技術協会(IEEE)の論文誌“IEEE Transactions”に、2010 年より新たに“IEEE Transactions on Smart Grid”としてスマートグリッド研究分野が追加されたことに象徴されるように、この数年でスマートグリッドに関する学会発表数や論文数、特集号、学会での特別セッションなどが増加している。システム科学技術分野においてもトップクラスの研究者がこの分野に参入し、最先端の数学的・統計的モデル、アルゴリズムを利用して、分散型エネルギーシステムの安定性、最適性のための理論及び基盤技術開発に関する研究

が盛んとなっている。

動的かつ柔軟に電力価格を変更するリアルタイムプライシングについても、この問題は社会システムである需要側と技術システムである供給側との間の戦略的な相互関係として表現することができるため、制御工学、応用数学、経済学、電力工学の境界分野の課題として、様々な研究者によって研究が進められているが、その中でもゲーム理論、チーム理論に基づいたアプローチが特に盛んに議論され始めている。

日本はこれまでもパワーエレクトロニクス分野など個々の要素技術としては世界でも先導的な立場を担ってきた。今後は、スマートグリッド向け要素技術全体をシステムとしていかに構築していくかが問題となる。システム科学技術研究を豊かな要素技術の成果と結び付けて戦略的に振興することにより、世界をリードする研究体制と実施体制を我が国が築くことは不可能ではない。

米国ではエネルギー省が、気象・気候予測を行う商務省海洋大気庁と連携してスマートグリッドに取り組むとしている。多国籍企業においても、中東での発電に気象予測情報を活用することを考えており、我が国の気象・気候予測研究を実施する大学に対して技術提供を求めてきている。我が国の研究開発成果を我が国の利益として守りつつも国際展開する必要があり、研究開発の促進は重要であるといえる。

人類の共通課題である地球環境問題への貢献として、再生可能エネルギー大量導入に向けたエネルギーインフラ技術の早期確立と実用化、海外への技術提供も含めた水平展開は、世界における我が国の役割である。そのためには経済性、拡張性も視野にいたしたシステム構築の方法論の確立が急務である。

## (2) 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」  
(2012年度発足)

本研究領域では再生可能エネルギーをはじめとした多様なエネルギー源と様々な利用者をつなぐエネルギー管理システム(EMS)において、エネルギー需給を最適制御するための理論、数理モデル及び基盤技術の創出を目的とするものである。具体的には、エネルギーと情報を双方向かつリアルタイムで処理し、分散して存在する需要と供給間の状況把握や協調制御を可能とする理論及び基盤技術の研究を推進するものである。また、需要と供給それぞれの利己的意思決定をエネルギーシステム全体の社会的利益につなげるために、人間行動や社会的合理性を組み込んだ理論及び基盤技術の研究を推進するものである。さらには、再生可能エネルギーの需給を気象や地理的条件、過去の実績等を考慮して予測する理論及び基盤技術の研究を推進するものである。これらの研究を推進するにあたり、分散協調型エネルギー管理システムの構築という出口を見据え、システム、制御、情報、通信、

エネルギー、社会科学など様々な研究分野をつないだ連携や融合に取り組むことが求められる。

### (3) 研究総括

藤田 政之(東京工業大学工学院・教授)

## (4) 採択研究課題・研究費

(百万円)

採択年度	研究代表者	所属・役職*1	研究課題	研究費*2
2012 年度	石井 秀明	東京工業大学大学院総合理工学研究科・准教授	電力システムにおける系統・制御通信ネットワークに対する分散型侵入検知手法の構築	68
	井村 順一	東京工業大学大学院情報理工学研究科・教授	太陽光発電の予測不確実性を許容する超大規模電力最適配分制御	90
	岩船 由美子	東京大学生産技術研究所・准教授	消費者の受容性を考慮した住宅エネルギー管理システム	32
	上田 博	名古屋大学地球水循環研究センター・教授	洋上風力発電に必要な洋上風況把握と予測方法の開発	85
	内田 健康	早稲田大学理工学術院・教授	エネルギー需給ネットワークにおけるエージェントの戦略的行動を公共利益に統合する最適化メカニズム	121
	太田 快人	京都大学大学院情報学研究科・教授	事故時運転継続要件を満たしつつ分散協調された系統連系インバータと蓄電池を含む送配電系の構築	88
	大森 浩充	慶應義塾大学工学部システムデザイン工学科・教授	電力需要の約75%を自然エネルギーによって賄うことを可能とする分散ロバスト最適制御	71
	加藤 丈和	京都大学大学院情報学研究科・特定研究員	「エネルギーの情報化」に基づく地域ナノグリッドの構築および実証	116

	薄 良彦	京都大学大学院工学研究科・講師	マルチエネルギーシステムの動的解析技術	18
	鈴木 達也	名古屋大学大学院工学研究科・教授	車載蓄電池を活用したモデル予測型エネルギー管理システム的设计	62
	鈴木 秀幸	東京大学生産技術研究所・准教授	再生可能エネルギーの大量導入を考慮した電力システムの複雑ネットワーク動力学モデル構築とその最適化理論の創成	41
	中島 孝	東海大学情報技術センター・教授	再生可能エネルギーの調和的活用貢献する地球科学型支援システムの構築	120
	馬場 旬平	東京大学大学院新領域創成科学研究科・准教授	エネルギー貯蔵デバイスの新しい応用方法および負荷側機器の制御手法に必要な基礎的な理論・モデルの構築	26
	林 泰弘	早稲田大学理工学術院先進理工学部・教授	協調エネルギー管理システム実現手法の創出とその汎用的な実証および評価の基盤体系構築	241
	原 辰次	東京大学大学院情報理工学系研究科・教授	地域統合エネルギーシステム設計に向けたシステム制御理論の構築：グローバル制御の視点	70
	藤崎 泰正	大阪大学大学院情報科学研究科・教授	ネットワーク構造をもつ大規模システムのディペンドダブル制御	30
	東 俊一	京都大学大学院情報学研究科・准教授	リアルタイムプライシングの設計原理	37

2013 年度	依田 高典	京都大学大学院経済学研究科・教授	スマートグリッドの社会実装化を見据えたエネルギー消費のデマンド・レスポンスの行動経済学的研究	57
	大橋 弘	東京大学大学院経済学研究科・教授	太陽光発電の大量導入における電力需給システムに関する理論的・定量的な経済分析	37
	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シミュレーションモデルの開発	23
	杉原 英治	大阪大学大学院工学研究科・准教授	多数の経済主体が参加する公平かつ合理的な電力ネットワークインフラの最適運用手法	20
	造賀 芳文	広島大学大学院工学研究院・准教授	パワーデバイスレベルまで考慮した高精度なシミュレーション技術に関する基礎的理論および方法論の構築	40
	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	需要家の行動変容に影響を与える要因に関する基礎的研究	85
2015 年度 (再編)	井村 順一	東京工業大学大学院情報理工学研究科・教授	太陽光発電予測に基づく調和型電力系統制御のためのシステム理論構築	641
	内田 健康	早稲田大学理工学術院先進理工学部・教授	エネルギー需給システム構築のための経済モデルと物理モデルの融合に基づく設計理論及び実証・実装・提言	421

	鈴木 達也	名古屋大学大学院 工学研究科・教授	エネルギー消費行動の観測と分散蓄電池群の協調的利用に基づく車・家庭・地域調和型エネルギー管理システム	409
	中島 孝	東海大学情報技術センター／東海大学情報理工学部・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	425
	林 泰弘	早稲田大学理工学術院・教授／スマート社会技術融合研究機構・機構長／先進グリッド技術研究所・所長	汎用的な実証基盤体系を利用したシナリオ対応型分散協調EMS実現手法の創出	705
			<b>総研究費</b>	<b>4,179</b>

\*1 所属・役職：採択時、または再編時の所属、役職を記載。

\*2 研究費：2012年度採択は2.5年間、2013年度採択は1.5年間の実績。  
2015年度再編は2016年度上期までの実績額に2016年度下期以降の計画額を加算した金額。

## 2. 研究総括のねらい

### (1) 戦略目標達成のための枠組み(最強チーム再編)

戦略目標「再生可能エネルギーをはじめとした多様なエネルギーの需給の最適化を可能とする、分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論、数理モデル及び基盤技術の創出」を達成するためには、従来の一般的な CREST のスキームを改良する必要があった。その理由は、先端的な基礎研究を要素技術開発に留まること無く、1つのシステムとして統合化する段階(もしくは統合化の道筋がみえる段階)までを研究領域の目標とすることが求められたためである。その目標を達成するために、従来の CREST における研究チームより広範な分野におけるトップクラスの研究者を集めた「最強チーム」を構築する領域運営を実施する方針を定めた。しかしながら、システム、制御、情報、通信、エネルギー等の科学技術分野のみならず、社会科学分野など、様々な研究分野を横断した最強チームを公募の段階で編成することは非常に困難であると考え、これを解決する新しい手法として、要素技術を磨く小規模チームを公募し(スモールスタート)、一定期間後に複数チームを1つの「最強チーム」として統合・再編する方針を定めた。また、科学技術の更なる発展には、人文・社会科学との融合、つまり文理融合が重要になるため、トップクラスの研究者の文理融合の促進にも積極的に取り組んでいる。

### (2) 研究マネジメントの目標

本研究領域では、以下の点を重視し研究領域のマネジメントに取り組んでいる。

#### ① 社会が必要とする基礎研究の推進

- ・今後の社会状況に応じてエネルギー管理システムの要件が変化すると予想されるため、この要件に対応できる研究チームの再編を可能とする仕組みを構築する。
- ・国としてのエネルギーシステムのビジョンについて議論が進む中で、研究領域から、科学技術に裏付けられたエネルギー管理システムのあるべき姿を発信し研究を推進する。

#### ② 広範な分野における先端研究者の真の異分野融合の実現

- ・エネルギー管理システムを実現する研究開発の推進には、システム、制御、情報、通信、エネルギー、社会科学など様々な研究分野をつなぐ新たな手法を開発する。

#### ③ 要素技術のシステム化手法の開発

- ・我が国が弱いとされている要素技術のシステム統合化を、研究者の自由な発想を尊重しつつ、社会に受け入れられる技術として開発する。

### (3) 科学技術の進歩への貢献や科学技術イノベーション創出に向けて目指したこと

#### ① 異分野融合

- ・異分野融合を実現するためには、領域アドバイザーを多様な分野から選任すること

が必須であり、まずは研究総括と領域アドバイザー間で異分野の壁を打ち破る相互理解と連携体制を構築する。

- ・エネルギー管理システムにおける異分野融合を目指すには、エネルギー、情報通信、気象等の分野と全体の最適化を得意とするシステム科学分野の融合が効果的であると考え、その体制構築を推進する。更に、科学技術分野のみならず、経済学などをはじめとする社会科学分野との異分野融合が必要であるため、それぞれの分野でトップクラスの研究者が本研究領域に応募するよう誘導する。
- ・科学技術分野の研究者と社会科学系の研究者では研究の進め方や成果報告(論文投稿等)についての考え方や慣習が異なるため、一方の意見に偏るのではなく、互いの考えを尊重しながら文理融合を促進する。

## ②国際連携

- ・エネルギー管理システムにおいては、再生可能エネルギーの大量導入や電力自由化が先行している欧米に強みがある。海外の優れた研究者と連携することで、研究推進が大きく期待されるため、ファンディング機関による国際連携を積極的に仕掛け、有益な国際共同研究を積極的に誘導する。

## ③システム構築

- ・先端的な基礎研究を要素技術開発に留まること無く、1つのシステムとして統合化する段階(もしくは統合化の道筋がみえる段階)までを研究領域の目標と定めている。CREST のバーチャル・ネットワーク型研究所という枠組みにも合致するような、遠隔地からリモートで制御できるシステム(リモートラボラトリ)の構築を推進する。更に、国際共同研究に向けて有効なツールとなるように準備を進める。

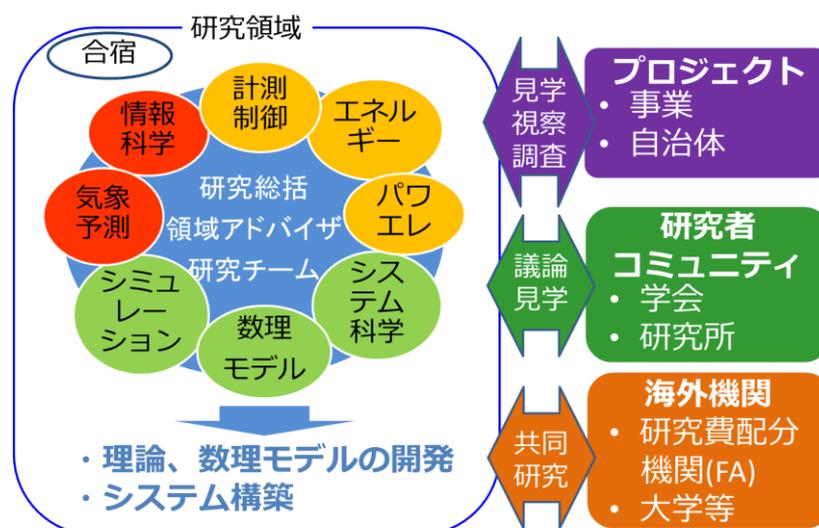


図1 研究領域運営の概要

### 3. 研究課題の選考について

#### (1) 研究課題の選考方針、及び選考結果

一般的なCRESTの研究領域では通常5.5年間の研究課題を3年度に渡って公募することで、戦略目標の達成に向けて研究体制を構築する(図2)。

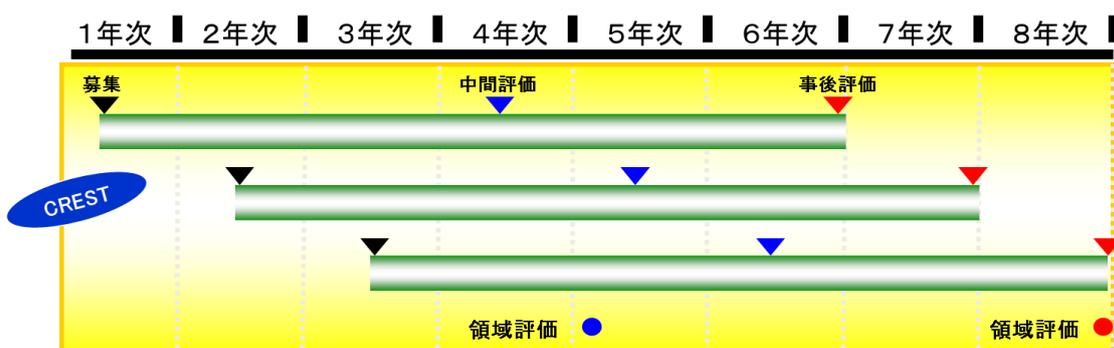


図2 一般的なCRESTの公募、評価、再編スケジュール

本研究領域では、先端的な基礎研究を推進するとともに、その成果を社会実装に向けてシステム統合するため、チーム再編方式をCRESTに初めて導入した。本研究領域の公募、評価、再編に関するスケジュールを図3に示す。初年度(2012年度)は2.5年間の研究課題、2年目は1.5年間の研究課題をそれぞれ公募し、3年目の公募は実施しないこととした。これにより、採択課題は2014年度に全て終了となり、再編された最強チームが新たに2015年度から始動することとした。このように研究期間を中断するのではなく、研究終了後にチーム再編をすることで、採択時の研究目標達成に向けて研究を推進できる環境を整えた。また、最強チームへの移行を既得権化せず、真に必要な研究チームのみが次のステージに進むことになるため、公募採択後も常に競争環境を維持することに寄与した。

また、募集要項に「優れた研究を行いつつ分野を越えた議論を徹底的に行える、研究者の頭脳が十分活かせる小規模チーム」、「若手の研究者の積極的な応募に強く期待」と明記し、更に2年目(2013年度)の募集要項には「最強チームへの再編を見越して、2012年度採択チームとどのような協働を想定しているのか提案書に記載して欲しい」などを明記した。併せて募集説明会の開催、本研究領域単独での学会周知(特に社会科学分野)などを行い、積極的な周知に努めた。



図3 本研究領域の公募、評価、再編スケジュール

選考にあたっては、最強チームへの再編を意識しつつ以下の方針を申し合わせた。その結果、2012年度に16チーム、2013年度に7チームの計23チームを公募にて採択した。研究チームの代表者を表1に示す。

【2012年度の選考方針】

- ・最強チームとして、目標達成を期待出来る体制を構築する。
- ・最強チームの方向性は、日々変化するエネルギー問題を考慮しつつ、その時点で最適なアプローチを検討することで模索していく。
- ・まずは基礎研究としての評価を行う。
- ・他分野の知識不足や誤認がある(実態と乖離している)ことはある程度想定内であり、今後修正できる余地があれば良い。
- ・研究提案の範囲は狭くとも、しっかりした要素研究であれば、最強チームへの再編に必要となる。

【2013年度の選考方針】

- ・2012年度の選考方針を踏襲する。
- ・研究提案書に、「2012年度採択チームとの協働」について記載を求めて、これを審議の参考にする。

表1 研究代表者および研究課題(採択時の役職)

2012年度採択(研究期間2.5年)		
1	石井 秀明(東京工業大学大学院 総合理工学研究科・准教授)	電力システムにおける系統・制御通信ネットワークに対する分散型侵入検知手法の構築
2	井村 順一(東京工業大学大学院 情報理工学研究科・教授)	太陽光発電の予測不確実性を許容する超大規模電力最適配分制御
3	岩船 由美子(東京大学生産技術 研究所・准教授)	消費者の受容性を考慮した住宅エネルギー管理システム
4	上田 博(名古屋大学地球水循環 研究センター・教授)	洋上風力発電に必要な洋上風況把握と予測方法の開発
5	内田 健康(早稲田大学理工学術 院・教授)	エネルギー需給ネットワークにおけるエージェントの戦略的行動を公共利益に統合する最適化メカニズム
6	太田 快人(京都大学大学院情報 学研究科・教授)	事故時運転継続要件を満たしつつ分散協調された系統連系インバータと蓄電池を含む送配電系の構築
7	大森 浩充(慶應義塾大学理工学 部・教授)	電力需要の約75%を自然エネルギーによって賄うことを可能とする分散ロバスト最適制御
8	加藤 丈和(京都大学大学院情報 学研究科・特定研究員)	「エネルギーの情報化」に基づく地域ナノグリッドの構築および実証
9	薄 良彦(京都大学大学院工学研 究科・講師)	マルチエネルギーシステムの動的解析技術
10	鈴木 達也(名古屋大学大学院工 学研究科・教授)	車載蓄電池を活用したモデル予測型エネルギー管理システム的设计
11	鈴木 秀幸(東京大学生産技術研 究所・准教授)	再生可能エネルギーの大量導入を考慮した電力システムの複雑ネットワーク動力学モデル構築とその最適化理論の創成
12	中島 孝(東海大学情報技術セン ター・教授)	再生可能エネルギーの調和的活用に貢献する地球科学型支援システムの構築
13	馬場 旬平(東京大学大学院新領 域創成科学研究科・准教授)	エネルギー貯蔵デバイスの新しい応用方法および負荷側機器の制御手法に必要な基礎的な理論・モデルの構築
14	林 泰弘(早稲田大学理工学術院 先進理工学部・教授 /先進グリ ッド技術研究所・所長)	協調エネルギー管理システム実現手法の創出とその汎用的な実証および評価の基盤体系構築

15	原 辰次(東京大学大学院情報理工学系研究科・教授)	地域統合エネルギーシステム設計に向けたシステム制御理論の構築： グローカル制御の視点
16	藤崎 泰正(大阪大学大学院情報科学研究科・教授)	ネットワーク構造をもつ大規模システムのデッドエンド制御
<b>2013年度採択(研究期間1.5年)</b>		
17	東 俊一(京都大学大学院情報学研究科・准教授)	リアルタイムプライシングの設計原理
18	依田 高典(京都大学大学院経済学研究科・教授)	スマートグリッドの社会実装化を見据えたエネルギー消費のデマンド・レスポンスの行動経済学的研究
19	大橋 弘(東京大学大学院経済学研究科・教授)	太陽光発電の大量導入における電力需給システムに関する理論的・定量的な経済分析
20	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シミュレーションモデルの開発
21	杉原 英治(大阪大学大学院工学研究科・准教授)	多数の経済主体が参加する公平かつ合理的な電力ネットワークインフラの最適運用手法
22	造賀 芳文(広島大学大学院工学研究院・准教授)	パワーデバイスレベルまで考慮した高精度なシミュレーション技術に関する基礎的理論および方法論の構築
23	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)	需要家の行動変容に影響を与える要因に関する基礎的研究

## (2) 研究課題、研究者の採択状況

選考方針に基づき、2012年度、2013年度に研究課題を募集した。2012年度の採択課題は、システム科学、電力システム、数理モデル、シミュレーション、気象、セキュリティ等を専門とする要素研究・理論研究に優れた16提案を採択した。2012年度採択チームと連携可能である7提案を採択した。

様々な分野からトップクラスの研究者の参画を得ることができ、戦略目標を達成するために必要な異分野融合、国際連携、システム構築を推進する研究課題を適切に採択できたと考える。

#### 4. 領域アドバイザーについて

領域アドバイザーの氏名、役職等を表2に記載する。

表2 領域アドバイザー

領域アドバイザー	所属	役職	任期
浅野 浩志	電力中央研究所	副研究参事	2012年10月～2020年3月
足立 修一	慶應義塾大学	教授	2012年10月～2020年3月
飯野 穰	株式会社東芝	主幹	2012年10月～2020年3月
岩野 和生	三菱商事 株式会社	顧問	2012年10月～2015年10月 (途中退任)
喜連川 優	国立情報学研究所 /東京大学	所長/教授	2012年10月～2013年9月 (途中退任)
合田 忠弘	同志社大学	客員教授	2012年10月～2020年3月
三平 満司	東京工業大学	教授	2012年10月～2020年3月
杉江 俊治	京都大学	教授	2012年10月～2020年3月
マルタ マルミローリ	三菱電機 株式会社	次長	2012年10月～2020年3月
山西 健司	東京大学	教授	2012年10月～2020年3月

エネルギー工学、制御工学、情報科学、エネルギー経済学などの専門家を領域アドバイザーとして委嘱した。領域アドバイザーは、アカデミアだけではなく企業でスマートコミュニティプロジェクトを推進した方や電力システムの開発を担当する方など、その立ち位置についても多様性を考慮した。研究総括と領域アドバイザーが課題選定および数年後の最強チーム再編に臨むことになるため、役割や労力が非常に大きくなることが考えられた。そのため、まずは研究総括と領域アドバイザーの相互理解・異分野融合に取り組んだ。

相互理解を進めるには、共感をすることが最も効果的であると考え、見学会を開催した。具体的には、2012年7月17日～18日の1泊2日で北九州のスマートコミュニティ実証事業および九州電力への見学会を企画し、本研究課題における課題や問題点を更に深めつつ交流する場を設定した。初日は北九州スマートコミュニティ創造事業の見学を行い、事業概要に続き地域節電所の運営について説明を受けた。その後、コミュニティ設置型蓄電池、ビルエネルギーマネジメントシステム(BEMS)の実証事業所をめぐり、運営担当者と意見交換を行った。2日目は九州電力の総合研究所を訪問し研究者との意見交換を実施した。この取組により、1泊2日の時間の共有で相互理解を深めることができた。

## 5. 研究領域の運営について

### (1) 研究総括の研究領域運営方針

地球温暖化を抑えるには、太陽光や風力などの再生可能エネルギーを最大限に活用する必要があり、そのためには、多様なエネルギー源と利用者を賢く結ぶ新たな仕組み「エネルギーマネジメントシステム(EMS)」が重要である。本研究領域では、エネルギーの需要と供給を効率よく制御する理論、及びそれに基づく数理モデルおよび基盤技術の創出や、さらに社会実装への道筋をつけることを目指している。エネルギーシステムなど、社会的問題を「しくみづくり」で解決するには、もはや限られた研究分野だけでカバーすることは難しく、エネルギーや制御、通信、情報といった工学系分野だけでなく、理学や社会科学に至るまで、数多くの分野の研究者が協力する必要がある。しかし、個々の研究者にそのような幅広いネットワークを期待するのは難しいため、真の異分野融合を実現することが必要である。真の異分野融合を目指すため、本研究領域では、要素技術を磨く小規模チームを公募し(スモールスタート)、一定期間後に複数チームを1つの「最強チーム」として統合・再編する方針とした。

また、電力自由化や再生可能エネルギーの大量導入等で先進的な欧米に学ぶべき部分があるとともに、次世代エネルギーマネジメントシステムの目指すべき方向性は日欧米で大きな隔たりはないと考え、研究推進にメリットのある国際連携を力強く進めた。具体的には、研究総括が主導し、アメリカ国立科学財団(NSF)、ドイツ研究振興協会(DFG)、ノルウェー研究会議(RCN)と連携し、ファンディング機関が主催する国際合同ワークショップをこれまでに3回開催し、研究者に国際共同研究を積極的に推進している。

更に、CRESTのバーチャル・ネットワーク型研究所研究所という枠組みにも合致するような、遠隔地からリモートで制御できるシステム(リモートラボラトリ)の構築を推進し、研究に活用する。これは国際共同研究に向けた連携にも有効なツールとなるように準備を進めている。

### (2) 研究領域のマネジメント

#### ① 異分野融合の促進

##### (i) 領域会議

研究領域内の交流促進や外部との連携を加速するため以下の工夫を行った。

- ・ 戦略的創造研究推進事業「さきがけ」の領域会議で一般的である合宿形式とし、密な時間を共有することによる相互理解を促した。
- ・ 領域会議全体を通して各チームのポスターを掲示し、休憩時間等を利用したディスカッションが自由にできる環境を提供した。
- ・ EMSに関連した外部講師を招聘し、現状や動向についての見識を深めた。

## (ii) 見学会

研究課題採択後の見学会は、これまでに国内外含11カ所を対象として実施した(表3)。企業の取組みや大規模実証事業の最前線を見学することにより研究総括、領域アドバイザー、研究者がEMSに関する知識や現状認識を深め、本研究領域の目指す方向性やビジョンを議論することに非常に効果的であった。

表3 見学会訪問先

時期	見学先	代表的な内容
2012年11月	三菱電機株式会社 会社尼崎地区	太陽光パネル、変電所、発電所、 模擬需要家設備
2012年12月	横浜市スマートグリッド実証事業	HEMS、BEMS
2013年5月	宗谷岬ウインドファーム	ウインドファーム、メガソーラ
2014年1月	NEDOマウイ島スマートグリッドプロジェクト(米国)	蓄電設備、風力発電所等
2014年5月	東京電力株式会社 本店	中央給電指令所、変電所
2014年9月	株式会社東芝 研究開発センター	BEMS、 スマートコミュニティ関連事業
2015年5月	オークリッジ国立研究所(米国)、 テネシー大学(米国)	HEMS、マイクログリッド NSF/ERC CURENTプログラム
2015年10月	清水建設株式会社 技術研究所	マイクログリッド
2016年4月	電力広域的運営推進機関	電力の広域的運営
2016年6月	IREN2 research project(ドイツ) (SIEMENSの実証地)	マイクログリッド

## (iii) 分野を横断した研究者コミュニティへの参画

CRESTに参画している研究者は所属している研究コミュニティで重要な役割を果たしていることが多い。一方で、研究内容に関連があっても、所属していない研究者コミュニティへの参画や関与はあまり活発ではないことが多い。研究者コミュニティの壁を越えて、必要な異分野連携をするために、研究総括が率先して他分野の研究コミュニティに参画し、また、研究者にも積極的に参画するように求めた。代表的な実施例を下記に記載する。

### ・第16回情報論的学習理論ワークショップでの講演(2013年11月)

機械学習に関する日本で最大級のワークショップがあり、機械学習の理論やアルゴリズムを深化させるための議論の場となっている。研究総括が「システム制御と機械学習、

そしてエネルギーマネジメントへ」と題して講演を行い、異分野融合の必要性やエネルギーマネジメントにおける機械学習の重要性を説明した。

- ・日本リモートセンシング学会誌 Vol. 34(2014) No. 1への寄稿(2014年8月)

リモートセンシングを専門とする研究者が中心となって参画している日本リモートセンシング学会の学会誌に研究総括が「社会課題の解決に向けて」と題して寄稿した。その中で、専門分野を超えた議論の重要性や研究者の力の結集が社会課題の解決に必要なことを述べた。

- ・環境経済・政策学会 2014 年大会での特別企画開催(2014年9月)

環境と経済・政策の関わりについて理論的・実証的な研究活動を目的とした学会であり、社会科学を専門とする研究者が主に参画している。研究代表者である内田教授の研究チームが年次大会で特別企画「エネルギー需給ネットワークにおけるエージェントの戦略的行動を公共利益に統合する最適化メカニズム」を開催した。制御工学や経済学を専門とする研究者が発表を行い、制御工学と経済の連携の重要性や研究内容を発表し、議論を深めた。

- ・電気学会B部門大会での座談会の開催(2014年9月)

「2020年に向けた多様性を考慮した次世代型EMSの研究・開発」と題して、研究総括から研究領域の概要や異分野融合の必要性を説明し、更に、経済学、気象学、制御工学等を専門とした研究者が研究成果を発表し、活発な議論を実施した。

- ・JST 研究開発戦略センター主催ワークショップにおける研究者の講演(2016年12月)

JST研究開発戦略センターにより、研究成果の実用化や複雑な社会的諸課題の解決に必要な自然科学と文理・社会科学の融合を推進するためのワークショップが開催された。実際の文理融合研究の進捗や経験を報告するため、内田チームの経済学を専門とする研究者が参加し発表を行った。本研究領域では、CRESTの全研究領域の中でも唯一、実際の研究で文理融合を推進しており、その経験や課題を発表した。

#### (iv) 共通プラットフォームの準備

研究領域内の共通基盤ツールを整備・共有することで、各チームが開発した技術をシステムチックに統合できる考え、電力分野や制御分野で広く使用されているMathworks社のMATLAB/Simulinkについて説明する場を企画した。領域会議で、MathWorks社の担当者を招き、MATLAB/Simulinkの機能や使用法を研究者に紹介して頂いた。更に、研究者の要望に応じて個別セミナーが無料で開催された。実際に電力や制御を専門とする研究者はMATLAB/Simulinkベースで研究を進めている例が多く、気象、経済、半導体を専門とする研

研究者が初めてMATLAB/Simulinkを導入し、データやモデルのやり取りを試行しながら、議論や共同研究を進めることができた。

## ②最強チーム再編

### (i) トップダウン型とボトムアップ型アプローチの融合

最強チームの再編においては、ボトムアップ型の「研究者の自主性」とトップダウン型の「研究総括・領域アドバイザーの助言・指導」という2つのアプローチをバランス良く融合させることを基本とした。つまり、研究者の提案を尊重することにより高いモチベーションを保ちつつ異分野融合を進め、一方で研究総括と領域アドバイザーから戦略目標の達成や実用化へ向けたビジョンを研究者に示すことで、次世代EMSという出口に向かって基礎研究者の力が最大限発揮できる研究開発体制を構築するためである。

#### 【ボトムアップ型アプローチ】

異分野融合には、相互の研究者が尊敬しながら理解を深めることが非常に重要である。しばしば、研究者の団結や尊敬が欠如することにより、異分野融合が上手く進まないことが言及されている。研究者が最強チームの再編および再編後の最強チームとしての研究を積極的に進めるには、研究者のモチベーションを高く保ち、互いの研究分野に理解を深め、かつ積極的に活動することが求められる。そのため、まず研究チーム再編に当たってはフイージビリティスタディ (FS (Feasibility Study)) という手法を導入し、研究者が自主的に異分野の研究者との連携可能性を探りつつFS研究グループを試行的に構築し、その中で徹底的に議論を行い、試行錯誤的により良いグループを構築していけるよう促した。FSの結果により、先端基礎研究をベースにした最強チームの姿が明らかになっていくものと考えた。

#### 【トップダウン型アプローチ】

一方で研究者の自主性だけに任せると、各FSのテーマが戦略目標から逸脱することや、安易な異分野融合を目指すことによる研究レベルの低下、研究内容の偏り、実社会の問題解決からの乖離といった事態に陥る可能性が考えられた。そのため、担当アドバイザー制という仕組みを作り、領域アドバイザーが各FSの主担当(1名)、副担当(2名)に就任した。担当アドバイザーはFSのグループ会議に参加し、FS進捗の把握や指導・助言を行い、その状況を総括・アドバイザー会議で報告・議論し、全体共有する方針とした。各FSのテーマ設定、異分野融合の進捗、研究体制、代表者のリーダーシップ等を十分に確認するために、非常に有効な制度となった。

### (ii) フイージビリティスタディ (FS)

図4、図5に最強チーム再編に向けた概要、日程を示し、最強チーム再編の具体的な仕組みであるFS第1フェーズ、FS第2フェーズ、FS第3フェーズの運営について説明する。なお、このFSと公募採択した研究課題は並行して取り組んだ。

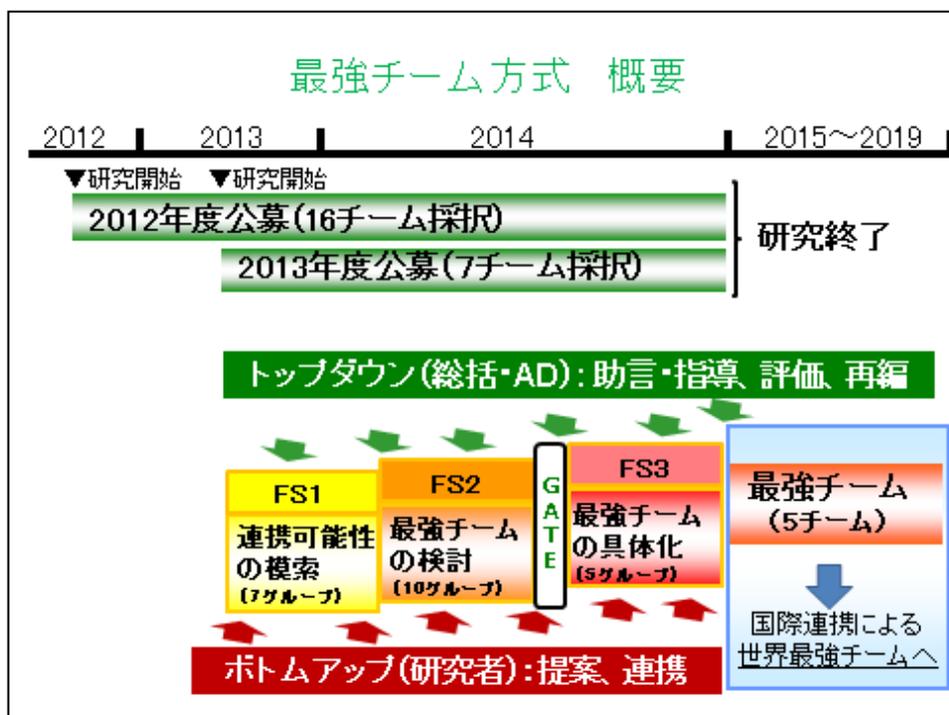


図4 最強チーム再編の概要

	2013年度						2014年度												
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
最強チーム							募集												
			FS第1フェーズ				FS第1フェーズ最終報告												
		FS第1フェーズ中間報告																	
サイトビジット																			

図5 最強チーム再編の日程

【FS第1フェーズ (FS1)】 実施期間：2013年10月～2014年3月

FS1は、全研究チームにおける「連携可能性の模索」を目的とした。ボトムアップ型アプローチとして、各チームの自主的な提案を募集した。但し、FSチームの代表者は、CREST研究課題の研究代表者に限定した。このFS1では異分野間の連携に必ずしも成功する必要はなく、むしろ連携できなかった結果が非常に重要な成果であることを領域会議等の場で研究者に説明した。FS1では7課題を実施した。

FS1では、幅広く連携の可能性を模索するため、同一の研究者が複数のFSグループに参加することを可能とした。また、FS第2フェーズへの移行を見据えてキックオフ報告会と最終

報告会の実施を求め、情報共有を進めた。具体的には、初年度(2012年度)の公募で採択された16チームをベースにグループを構成して開始した。FS1開始の段階では、2年目(2013年度)の公募が終了しており、2年目の公募で採択された7チームは、初年度採択チームを主体としたFS1に途中参加する形とした。FS1での連携検討は、ミーティングやメールでの議論などを重ねて進められた。FS1ではボトムアップ型アプローチを主としたため、担当アドバイザーには各FS1グループの打合せへの出席を1回程度とし、進捗の確認や助言を行った。

2014年4月のFS1最終報告会では、主に最強チーム再編に向けたテーマ検討や連携のための課題抽出の報告があった。具体例としては、電力需給システムと経済を融合するためのモデル検討や太陽光発電量予測に対して前日予測をターゲットにした「気象予測モデル」と超短時間予測をターゲットにした「非線形時系列予測」を融合する検討等、最強チームの進め方や研究チームの強みを活かす連携検討の発表があり、当初の目標は達成できたと考える。

#### 【FS第2フェーズ (FS2)】 実施期間：14年5月～14年9月

FS2ではFS1での経験を踏まえながら、本格的な最強チーム編成の場とし、「最強チームの研究提案」を募集した。FS2におけるグループ代表者が最強チームの代表者になることを想定し、FS2代表者は他のFS2グループへは参加不可とした。FS2提案に期待するポイントとしては、戦略目標の達成、異分野融合、国際展開、理論・数理モデルの新規性、社会実装への道筋とすることを募集時に周知した。FS2では、最終報告会がFS3への継続可否を判断するステージゲートとなることとした。FS2では10課題を実施した。

#### (iii) 研究総括・アドバイザー会議

最強チーム再編のトップダウン型アプローチとして、研究総括・アドバイザー会議を2013年10月から2015年1月までに8回開催し、最強チームの構成および再編方法について議論を行った。初回の会議では、CRESTは課題達成型基礎研究であること、本研究領域では出口を見据えた基礎研究を推進することから、以下の要素を重視することとした。以降は、FSチームの進捗を担当アドバイザーから報告を受け情報共有するとともに、FS2、FS3の実施方法や評価方法について議論をおこなった。

- 研究者の発想をベースとしたチーム編成
- 社会的課題の解決の視点からのトップダウン的チーム編成
- 理論・数理モデルから実証までを視野に入れた、複数の最強チームを編成

#### (iv) ステージゲート (FS2最終報告会)

FS2の最終報告会をステージゲート審査の場とし、「最強チームの研究提案」の提案について、研究総括、領域アドバイザー、JST事務局でFS3へ移行するグループの絞り込みについて議論した。

#### 【提案内容の審議】

領域アドバイザーの評点が上位となったFSグループから個別に議論し、FS2の報告内容や代表者のリーダーシップを重視して、FS2実施の10グループから5グループを次のFS3へ移行することとした。

#### (v) 編成会議 最終審査

FS3の実施期間で研究総括、アドバイザーからの助言、指導を反映させて最強チームの研究提案を報告するため、2015年1月25日に最強チーム編成会議を開催した。FS3代表者からブラッシュアップされた最強チームの目標、研究体制等の報告を受け、研究総括、領域アドバイザーに審議した。この最終審査において、FS3の全グループは、研究総括および領域アドバイザーから最強チームとして承認をした。

この結果を受けて、JSTでは研究主監会議への報告、決裁等の内部手続きを進め、2015年4月から表4の5チームが始動することになった。

表4 最強チームの課題名・研究代表者

課題	研究代表者
太陽光発電予測に基づく調和型電力系統制御のためのシステム理論構築	井村 順一
エネルギー需給システム構築のための経済モデルと物理モデルの融合に基づく設計理論及び実証・実装・提言	内田 健康
エネルギー消費行動の観測と分散蓄電池群の協調的利用に基づく車・家庭・地域調和型エネルギー管理システム	鈴木 達也
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	中島 孝
汎用的な実証基盤体系を利用したシナリオ対応型分散協調EMS実現手法の創出	林 泰弘

### ③国際連携の積極的な推進

本研究領域では、電力自由化や再生可能エネルギーの大量導入等で先進的な欧米に学ぶべき部分があるとともに、次世代エネルギーマネジメントシステムの目指すべき方向性は日欧米で大きな隔たりはないと思われることから、次に示す目的のため研究推進にメリットのある国際連携を力強く進めた。この国際連携により、今回再編した最強チームが「世界最強チーム」としてさらに進化することを目指す。

- ・国際レベルの先端研究者との異分野交流の促進
- ・最強チームとの連携・取込みの価値がある海外研究者の探索
- ・領域の研究チームの国際的なベンチマーキング
- ・他国ファンディング機関に対して、最強チームと相補的關係となる研究テーマの設定誘導

具体的な方策として、研究総括が調整等を実施し、「Distributed Energy Management System」と題した国際合同ワークショップをアメリカ国立科学財団(NSF)、ドイツ研究振興協会(DFG)と共に3回開催した。第2回目からは、新たにノルウェー研究会議(RCN)が加わり、4カ国のファンディング機関が主催する会議を開催した。

第1回目の国際合同ワークショップは、2014年1月11日～1月13日に米国ハワイ州にて開催した。本研究分野ではファンディング機関が共同研究を模索する初の国際合同ワークショップとなり、総勢100名以上が参加する大規模なワークショップとなった。各国のエネルギーマネジメントシステムの現状や研究対象について活発な議論が行われ、有効なネットワーキングの場となった。日本からは、本研究領域の取組みの発表に加え、これま

での領域活動で構築してきたネットワークを活用し、NEDO スマートコミュニティ実証事業見学(マウイ島)も実施した。

第2回目の国際合同ワークショップは、2015年4月20日～4月22日に米国バージニア州のNSF本部にて開催した。新たにRCNが参加し、より拡張したワークショップとなった。研究者の発表だけでなく、各国のファンディング機関から国際連携のための支援プログラムの発表を行った。RCNについては、国際合同ワークショップの後、日本のノルウェー大使館で、ワークショップのフォローアップ会議を通じたネットワーキングを実施した。

第3回目の国際合同ワークショップは、2016年5月23日～25日にドイツ ハイデルベルクにて開催した。国際共同研究の成果と今後の可能性について議論するセッションが設けられ、各国の共同研究の状況についての発表があった後、参加者からは、テストベッドの相互利用、各国のシミュレーションの比較やベンチマークの可能性など、今後の活動についての多くの提案が議論された。

これまでの国際合同ワークショップの結果、本研究領域の研究者はNSF：14件、DFG：2件、RCN：4件と共同研究や共同研究に向けた議論を進めている。一部は共著論文の執筆中でありトップジャーナルへの投稿を予定している。また、NSF のプログラムへ共同して応募し採択に繋がった事例もあり、確実に成果が生まれている。また、国際共同研究の成果を共有するため、第4回目の国際合同ワークショップを2017年6月に計画している。

#### ④社会実装に向けた活動事例

林教授らの研究チームと東京電力パワーグリッドは、一部地域の配電網を用いて、配電損失電力が最小となる配電網構成のための最適な運用方法の検討等を行うために実証試験を実施している。具体的には、早稲田大学は、配電損失電力を最小化する手法を活用して、電柱にセンサ内蔵開閉器などを設置した実際の配電網を用いて、電気の流れ方を最適にすることを検証する。東京電力パワーグリッドは、センサ内蔵開閉器で計測するデータを用いて、損失電力の削減効果を実測により評価・検証することで、電力の供給信頼度などへの影響を考慮し、配電損失電力が最小となる配電網構成の運用を検討する。



科学技術振興機構 (JST)  
 戦略的創造研究推進事業チーム型研究 (CREST)

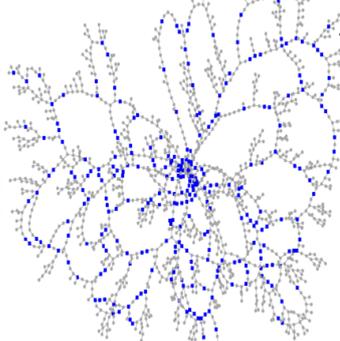


(東京電力パワーグリッド)



WASEDA University  
 早稲田大学

センサ内蔵開閉器  
 設置の実配電網



\* 青印はセンサ内蔵開閉器  
 (100個)

配電網の候補数：  
 $1.2 \times 10^{30}$  (1267650600228229401496703205376)個



配電制御所

計測電力情報  
 ← 開閉器の  
 オンオフ指令

計測電力  
 データ

配電損失最小  
 配電網構成

配電網構成  
 最適化システム



実装

実配電網(センサ内蔵開閉器設置)に対応した配電損失電力が最小となる配電網構成の計算システムの開発と配電損失電力削減効果の評価

配電損失最小配電網構成  
 計算プログラム



- ・配電損失計算機能
- ・配電網構成決定機能
- ・配電網構成評価機能

- ・配電損失最小となる配電網構成の算出
- ・配電網の配電損失削減効果の実測評価

図6 センサ開閉器制御による実配電網での配電損失電力最小化の実証実験概要

### (3) 研究課題の進捗状況の把握と評価

最強チーム再編前の計 23 チームに関しては、研究総括のサイトビジットを行い、研究進捗の把握と最強チーム再編に関する方針説明や質疑の対応を実施した。また、最強チーム再編にあたっては各 FS に対して、担当アドバイザー制を採用し、担当アドバイザーがより密着して指導、助言をすることとした。この担当アドバイザー制は最強チーム再編後も継続しており、各研究チームの会議に担当アドバイザーが出席し、状況の把握や指導を実施している。領域関係者が幅広く出席する領域会議に関しては、基本的に年間 2 回開催し、研究総括、アドバイザーで進捗を把握している。更に必要に応じて、研究総括やアドバイザーとの面談を実施し、研究方針等について助言や指導を実施している。

### (4) その他(人材育成等)

将来のエネルギー需給構造を見据えた最適なエネルギーミックスに向けたエネルギーの安定的な確保とエネルギー利用の効率化の重要性が指摘されている。その実現のためには、エネルギーの生成、貯蔵等に重要なデバイス技術と系統運用技術に代表されるようなエネルギーマネジメントシステム技術の融合が重要であると考えられる。そのため、JST 戦略的創造研究推進事業の「さきがけ」でデバイスの観点からエネルギーの高効率化をめざしている「エネルギー高効率利用と相界面」研究領域と本研究領域の各々の研究領域の若手研究者が共同して、将来のイノベーションを誘発する研究課題とは何か、そのために、今、取り組むべきことは何か、という視点で自由な議論を行い、今後のエネルギー問題の解決に有用な新たな研究領域を提案するワークショップを開催した。

本ワークショップでは、若手研究者からの提案を両研究総括、及び領域アドバイザー等がその場で採点し、採点内容についてコメントするという仕組みも取り入れ、緊張感を保ちつつ、真剣な議論ができる環境構築も実施した。

若手研究者らは約半年の間打合せやメールでの活発な意見交換を実施し、真摯な議論をすることで、ネットワーク作りや将来のデバイスとマネジメントの融合の必要性を確認し、将来の研究活動の視野を広げる機会となり、人材育成にも積極的に取り組んでいる。

## 6. 研究の経過と所見

### (1) 研究総括のねらいに対する研究の状況

先端的な基礎研究を要素技術開発に留まること無く、1つのシステムとして統合化する段階(もしくは統合化の道筋がみえる段階)までを目指すに当たり、広範な分野におけるトップクラスの研究者を集めた「最強チーム」を構築する領域運営を実施している。最強チーム再編にあたっては、ボトムアップの提案とトップダウンの指導の融合を目指し、試行錯誤しながら再編を纏めた。また、NSF、DFG、RCN 等とファンディング機関が主導する国際ワークショップを3回開催し、来年度に4回目も予定している。このワークショップを基にした国際連携も推進している。

### (2) 研究領域全体として見た場合の特筆すべき研究成果の見通し

研究領域の運営にあたっては、これまで述べた様にシステム科学の視点を取り入れ、異分野間の融合展開や国際連携に注力してきた。これらの取り組みは、全ての CREST 領域を代表する形で研究総括が下記において発表し、大きな反響を得ることができた。

- ・ U.S. - Japan Workshop on Effective Project Management

(July 13 2015 at IDA in Alexandria, VA)

このワークショップの目的は日米のプログラマネージャによる発表や議論を通して、プログラマネージャに必要となる素養及び行動原理・直面するマネジメント上の諸課題への対応を抽出し、効果的なプロジェクト・マネジメント手法について理解を深めることである。研究総括は CREST を代表して、それまでの研究領域の運営手法について発表し、DARPA をはじめとする米国を代表する研究機関のプログラマネージャと議論を深め、大きな反響を得ることができた。

- ・ 第3回 戦略的創造研究推進事業 国際評価委員会

(平成 28 年 1 月 28 日(木)、東京)

戦略的創造研究推進事業全体の総合的な評価を受けるとともに、今後 JST として取り組むべき提言・助言や、科学技術イノベーション創出に資するための提言・助言を得るために、戦略的創造研究推進事業の国際評価委員会が実施された。

研究総括は CREST を代表して、それまでの研究領域の運営手法について発表し、評価委員からの高評価を得ることができた。

### (3) 科学技術の進歩に資するという視点から見た研究成果の見通し

研究総括が「Distributed Energy Management System」という概念を打ち立て、「Distributed Energy Management System」を題した国際共同ワークショップを NSF、DFG、

RCN と連携し、ファンディング機関が主催する国際共同ワークショップを3回開催している。

- ・第1回「JST-NSF-DFG 国際合同ワークショップ」  
2014年01月11日～01月13日 米国ハワイ州
- ・第2回「JST-NSF-DFG-RCN 国際合同ワークショップ」  
2015年4月20日～4月22日 米国バージニア州
- ・第3回「JST-NSF-DFG-RCN 国際合同ワークショップ」開催  
2016年5月23日～25日 ドイツ ハイデルベルク

上記のワークショップを起点とした国際共同研究や国際共同研究に向けた議論が計20件進んでおり、一部では Top Journal に共著論文を投稿予定である。

更に、4回目となる国際共同ワークショップを2017年6月に日本で開催を予定し、研究成果の共有とこれからの研究開発動向の議論をする。



第1回(ハワイ)



第2回(ワシントン)



第3回(ハイデルベルク)

図7 国際合同ワークショップ風景

#### (4) 科学技術イノベーション創出に寄与する卓越した成果の見通し

先端的な基礎研究を要素技術開発に留まること無く、1つのシステムとして統合化する段階(もしくは統合化の道筋がみえる段階)までを研究領域の目標と定めて、研究マネジメントを実施している。更に、実際の国際共同研究に向けた連携にも有効なツールとなることも視野に入れている。

#### (5) その他特記事項

本研究によってもたらされた顕彰・受賞・基調／招待講演は多数ある。最強チーム再編以降、特筆すべきものとして、次のようなものがある。

##### 【国内】

- システム制御情報学会・論文賞、小池雅和、石崎孝幸、定本知徳、井村順一、  
2015年5月
- 環境経済・政策学会・学術賞、阪本浩章、2015年9月
- 永守賞・大賞、藤本博志、2016年9月

##### 【国外】

- IEEE Control System Magazine Outstanding Paper Award、Hideaki Ishii、2015/12
- ECOS2015 Second Place Best Paper Award、R. Ogata、A. Yoshida、Y. Fujimoto、  
N. Murata、S. Wakao、S. Tanabe、Y. Amano、2016/6

## 7. 総合所見

### (1) 研究領域のマネジメント(研究課題選考、研究領域運営)

本戦略目標を達成するため、先端的な基礎研究を要素技術開発に留まること無く、1つのシステムとして統合化する段階(もしくは統合化の道筋がみえる段階)までを目標とした。これまでのCRESTより広範な分野におけるトップクラスの研究者を集めた「最強チーム」を構築する領域運営を実施することと定めた。システム、制御、情報、通信、エネルギー、社会科学など様々な研究分野を横断した最強チームを公募の段階で編成することは非常に困難であると考え、これを解決する新しい手法として、要素技術を磨く小規模チームを公募し(スモールスタート)、一定期間後に複数チームを1つの「最強チーム」として統合・再編する計画を立て、遂行した。更に、国際連携の積極的な推進やシステム構築についてマネジメントしている。

### (2) 研究領域としての研究成果の見通し

CRESTの全領域を代表して、「U.S. - Japan Workshop on Effective Project Management」や「第3回 戦略的創造研究推進事業 国際評価委員会」に参加し、領域運営について高評を得た。これは本研究領域で積極的に推進した異分野融合や国際連携の重要性が認識されているためである。また、「Distributed Energy Management System」という概念を打ち立て、更に「Distributed Energy Management System」を題した国際共同ワークショップをNSF、DFG、RCNが連携し、ファンディング機関が主催する国際共同ワークショップを開催し、真の国際連携を推進していることも意義が大きい。

### (3) 本研究領域を設定したことの意義

2011年の東日本大震災以降の状況変化により、再生可能エネルギーの本格的に導入するようなエネルギー管理システムを構築することは緊急の課題となっている。この課題に取り組むためには、理論や数理モデルに基づいたシステムを構築する必要がある。そのことは、戦略目標に初めて「理論」、「数理モデル」という文言が含まれていることから明白である。エネルギー管理システムの構築を正面から捕らえるために、理学・工学のみならず社会科学をも巻き込んだ異分野融合や国際連携といった超領域的運営を推進することが必然であり、研究総括が積極的に運営し、着実に成果を得ている。このような点から、本研究領域を設定した意義は十分に大きいと考える。

### (4) 今後への期待、展望

#### ① 異分野融合+国際連携

本研究領域への参画によって、研究者は異分野融合と国際連携を推進している。通常の研究活動より負荷の大きい仕事や雑務が度々発生する可能性があるが、今後の科学技術イ

ノベーションの創出に向けて、必ず必要であると確信している。世界的にトップクラスの研究者と連携できる機会を設けているので、今後も国際連携を継続して、質の高い研究論文の執筆等に期待する。

## ②システム構築+国際連携

出口を見据えてシステム構築を進めているが、国際共同研究により海外の優れた知見を加えることも期待している。理論、数理モデルの研究は学会発表や研究論文執筆のみで終わる場合が多いが、本研究領域ではタンジブルな形でシステム構築へ立脚することを期待する。

## (5)所感、その他

これまでの CREST では例のない異分野融合を目的とする研究チームの再編やファンディング機関が主導する国際合同ワークショップの開催等、研究領域運営に関する様々な試みを実施してきた。おそらく、他の研究領域と比較し、研究総括、領域アドバイザー、研究者、JST スタッフの負荷は大きく、その負荷を乗り越えるための努力も大きかったと感じる。研究領域開始から現時点まで大きな問題もなく、運営を進めてきたコツは、研究総括、領域アドバイザー、研究者、JST スタッフが苦しくも、楽しく、情熱的に研究領域の運営に係わってきたためであると考える。今後の CREST 等のプログラムにも異分野融合や国際連携は必須であるため、研究領域運営に関する伝達が重要である。

以上