



## 第9回アドバンス・シミュレーション・セミナー2024 開催報告

東京科学大学 総合研究院

ゼロカーボンエネルギー研究所 特任教授 浅野 浩志 様

### 「スマートエネルギーマネジメントシステムのデザイン」

アドバンス・シミュレーション・ニュースは、アドバンスソフト株式会社が2021年度から、我が国における計算科学技術の振興を目的として、幅広い分野の最先端研究を対象として開催している「アドバンス・シミュレーション・セミナー」の開催報告と今後の開催予定をご案内するサービスです。

本セミナーで紹介される多種多様な最先端研究をきっかけに、企業の研究開発を担う技術者の方が新たな視点を持つこと、最先端研究を産業に応用する起点となること、長期的には計算科学シミュレーション分野の裾野が広がること等を期待しています。

#### 開催概要

- 日時：2024年12月17日（火）14:00～15:30
- 開催方法：オンラインセミナー（Zoomにて開催）
- 主催：アドバンスソフト株式会社 出版事業部
- 講演概要

内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第3期課題「スマートエネルギーマネジメントシステムの構築」では、従来の一建物や街区レベルにおけるエネルギーマネジメントの枠を超え、需給両面のセクター横断で主に再生可能エネルギーを起源とする電気・熱・水素・合成燃料を含むエネルギーの生産・変換・貯蔵・利用の各種情報を活用するサイバーフィジカル空間で高度なエネルギーマネジメントシステム（スマ



ートEMS）を実現することを目指している。セクターカップリングとP2Xを重視し、水素など新しいエネルギーキャリアを含む分散型エネルギーシステムの最適設計や運用シミュレーションも紹介する。

本稿は、2024年12月17日に開催した「アドバンス・シミュレーション・セミナー2024」において、浅野浩志様にご講演いただいた内容をアドバンスソフトがまとめたものです。

#### ご講演内容

##### 1. 講演内容

###### 1.1. ネットゼロエネルギーシステムに向けて

経年のGHG排出の状況を日本、アメリカ、EUと比較すると、日本は経済成長が伸び悩んでいることもあり、削減実績については、ほぼ計画通り進んでいる。2035年には60%、2040年には73%削減目標としている。アメリカとEUは計画通り進んでおらず、削減が足りない状況である。

ネットゼロに向かって世界のエネルギーシステムを変革する必要がある。その際には、原子力発電所、再

生可能エネルギー、CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage) などへの高額な投資が必要である。

## 1.2. エネルギーシステムのスマート化はなぜ必要か

上流のエネルギー生産から下流のエネルギー利用までを考えると、中流の石油精製、ガスパイプライン、電力の送配電網、などネットワーク部門がバラバラである。下流には家庭、業務、産業、農業、運輸用需要などがある。ゼロカーボンのエネルギーは電力だけでなく合成燃料、水素、再エネの熱利用などで置き換える必要があり、エネルギーの変換・貯蔵・輸送を統合したものがスマートエネルギーシステムである。実現のためには、エネルギーの間の相互変換とデータ連携がないと不可能であり、エネルギーの生産から利用までのデータ活用が必須になる。カギとなるのはセクターカップリング (シナジー) である。たとえば産業の排熱を民生利用したり、天然ガスから電力と熱を併産するなどがある。現在注目されているのはバッテリーで、特に停まっている EV の充放電の制御能力を一般送配電事業者に渡せば調整力にもなる。

現在のエネルギーマネジメントシステム (EMS) はビル (BEMS)、住宅 (HEMS)、工場 (FEMS) など建物単位はあるが、見える化と自分が使う分の制御にとどまっている。スマートエネルギーマネジメントシステムでは、電力のスマートメータ、車の走行データ、スマホの位置情報などのデータを活用して、部門横断・広域のエネルギーマネジメントを行うものである。太陽光や洋上風力などの出力をコントロールできない再エネは、2050 年に 5 割から 6 割になるが、これらの一部を熱や車の燃料などに変換する。スマート=サイバー×フィジカルと考え、エネルギーバリューチェーン全体で再生可能エネルギーを中心としたゼロエミエネルギーを使いこなす統合的なスマート EMS を構築する必要がある。風力発電、太陽光発電や燃料電池など分散型エネルギー資源 (DER) を連携して、大規模集中電源を代替するためにネットワーク化することが進められている。

## 1.3. スマートエネルギーマネジメントシステムの社会実装に向けて

エネルギーの生産、変換・貯蔵・輸送、利用の 3 段階のマネジメントを考えると、二次エネルギーの相互変換が肝になる。バイオマスでメタン発酵して水素を分離する、太陽光発電の電気です水を電気分解して水素をローリーで運ぶなどが始まっている。水素、アンモニアは熱にすることもできる。水素は液化の難しさや既存インフラが使えないなどの課題があるが、アンモニアは農業の肥料としても使われているため、扱いやすい。再エネが余っている北海道や九州

から東京に地域間のエネルギー融通するためには、現在では送配電網しか使っていないが、水素に変換してパイプラインや海上輸送を使うようにしないと、カーボンニュートラルの実現は難しい。

地域エネルギーシステムの構築は自治体の担当者レベルでできるものではない。SIP 第 2 期で内閣府の国プロの成果として地域エネルギー需給データベースを構築し、市町村に公開した。データベースではエネルギーフロー図として可視化することができ、簡易なシミュレータで予備的な検討もできる。

セクターカップリングとしてはエネルギーとモビリティが有望である。宇都宮市では LRT、電気バスなどのモビリティと再エネを連携し、余剰電力を地域内の交通で使うなどのセクターカップリングを進めようとしている。電力事業者と交通事業者の間の情報を共有して同時に最適化する。宇都宮市では協議会を作って 2027 年度まで実験を行っている。計算機シミュレーションで昼間の休憩時間に充電するなど充電スケジュールを最適化すると、太陽光の利用率を 2 割程度改善することがわかった。バスは運行スケジュールが決まっているが一般の自動車では決まっていないため、集約して統計的に行う必要がある。昼間のピーク時の太陽光を EV で吸収し、自然災害時などには住宅 (V2H) や職場 (V2B) での利用も可能になる。グリッドに戻す (V2G) はまだ電気事業法上の規制により難しいが、安全性が確保できれば可能になる。

車の買い替え時に 2 から 3 割が EV に置き換わると、2030 年代には数 100 万台が置き換わる。九州全域の車載蓄電池の容量を推測すると、現在のスマート充電 (V1G) では 37 万 kW、点灯時間帯に放電し昼間の余剰時に充電を行う (V2G) と、130 万 kW と見積もられる。実際は数十万 kW と考えられるが、これは揚水発電所 1 基分に相当する。

## 1.4. 内閣府戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) のサブ課題のテーマ

SIP 第 3 期「スマートエネルギーマネジメントシステムの構築」のサブ課題 A では、エネルギーとモビリティのセクターカップリングの開発を行っている。事業性を評価するシミュレータも開発している。宇都宮市の例では、東電パワーグリッドの送配電網と関東自動車の路線網の連携を行い、事業性が成り立つか、あるいはどのような規模で実施すればシステム開発コストが正当化されるかどうかを検証している。また、農村のバーチャルパワープラント (VPP) の開発を行っている。農山村では、エネルギー需要密度が低く、熱エネルギーの需要が多いことから、蓄熱システムを導入し、最大に利活用する熱供給システムを研究開発している。

サブ課題 B では、アンモニア・水素利用の推進、用

途によってエネルギーを使い分けるカーボンニュートラルモビリティシステムの構築、インテリジェントパワーエレクトロニクスシステムの開発が進められている。産業の高温プロセスでは化石燃料が使われることが多いのでゼロエミッション化が難しいが、それらも転換するために、水素およびアンモニアのサプライチェーンを構築することが必要である。

サブ課題 C では、自治体向けローカルエネルギープラットフォーム、熱 EMS、産業用 EMS の情報モデル開発が進められている。実現はかなり難しいがサプライチェーン全体で EMS を連携して最適化し、カーボンフットプリントを算出する研究も行っている。2035 年に 60%GHG 排出を削減するには、省エネ機器や電気自動車の普及では達成は不可能で、40 年から 50 年使われる建物のようなストックのエネルギー管理が必須である。

### 1.5. エネルギーシステムの設計と最適化問題

システム構成の設計を考える。構成機器の設備容量、出力が制御変数になる。目的関数はシステム運用コスト（短期的な経済性）、設備費（長期的な経済性）、エネルギー投入量、CO<sub>2</sub> 排出量などである。制約条件は需給バランス、機器の容量制約、変換効率などがある。このシステムの最適化を行う手法は数理計画法、またはメタヒューリスティクスで行われる。日本全体のような大規模な問題では変数が何 100 万あるため、計算時間を短くするため近似解法の準最適化を行う。エネルギー管理システムは最適運用を支援するものになる。

運用計画を決める問題（上位問題）と設備容量を決める問題（下位問題）をクーン・タッカーの方法で再定式化すると混合整数計画問題に帰着する。トイモデルによる数値実験では、卸電力市場価格が下限値にな時間帯が多いと、水素製造コストが安くなり水素蓄電システムが貢献できることがわかった。

### 1.6. エネルギー管理技術の今後

国の省エネルギー・非化石エネルギー転換技術戦略 2024 にもエネルギー管理技術が重要なものとして位置づけられている。送配電協議会による次世代電力ネットワーク構築のロードマップにおいても、グリッドのエネルギー管理システムが検討されている。実現のためには相互接続のための仕様の統一や、充電器に通信機能を付けるなどの課題がある。グリーントランスフォーメーションとデジタルトランスフォーメーションを掛け合わせた研究成果が海外に及び、日本の産業界が寄与できることを期待する。IEEJ による最適な再生可能エネルギーの比率予測では、2040 年・2050 年は 45% から 60% になり、エネルギー管理システムが必須となる。

### 【ご経歴】

1984 年 東京大学大学院 修了。博士（工学）。1993 年東京大学 工学部 助教授、2005 年 同大学院 教授を経て、現在、岐阜大学 地方創生エネルギーシステム研究センター 特任教授、（一財）電力中央研究所 研究アドバイザー、東京工業大学 ゼロカーボンエネルギー研究所 特任教授、内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) プログラムディレクター。専門：エネルギーシステム工学、電力経済

## 参加者のご意見

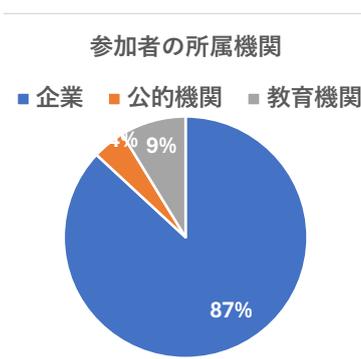
Q. 多目的最適化のパレート最適の中から一つを選ぶ基準は何でしょうか？

A. 何らかの評価基準が必要で、経済学で言う代替性と呼ばれるもので、環境性と経済性のウェイトを投票で決

めたりする。自治体レベルでは対話を通じて決める必要があるが現実には難しく、議会等で決めるための選択肢をエネルギー管理システムが与えるような使い方になる。

Q. エネルギー管理システムの最適化問題を解くための計算リソースはどれくらいか？

A. トイモデル（発電機 3 台、水素エネルギーシステムが 3 つの要素でできている）であればパソコンで実行可能であるが、1 時間単位で 8760 時間程度の計算するのであればパソコンでは足りない。実際の問題では制御変数や制約式が 10 万から 100 万になるので今の計算機では解けない規模になる。量子アニーリングなどを検討する必要がある。



## 公開資料

今回のご講演の YouTube 動画は非公開です。

ご講演の資料は、右の QR コードの「資料をダウンロードする」からログイン後、ダウンロードすることができます。ログインアカウントをお持ちでない方は、「資料をダウンロードする」から新規メンバー登録後、ログインしてダウンロードすることができます。

右の QR コードから過去のアドバンス・シミュレーション・セミナーの YouTube 動画をご覧ください。

## 今後の開催予定

アドバンス・シミュレーション・セミナー

2024 の開催要領

<https://www.advancesoft.jp/seminar/20299/>

No.	日程 受付状況	内容	テーマ
第1回	4月19日(金) 終了	「 <b>ロケットと宇宙機に関するいろいろな自由表面流</b> 」 東京大学大学院 工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授 姫野 武洋 様	自由表面流の予測 と管理
第2回	5月17日(金) 終了	「 <b>ペプチド創薬を加速する分子動力学シミュレーションと深層学習</b> 」 東京工業大学 情報理工学院 情報工学系 教授 秋山 泰 様	バイオ・計算科学
第3回	6月28日(金) 終了	「 <b>デトネーションエンジン開発状況とシミュレーション事例の紹介</b> 」 慶應義塾大学 理工学部 機械工学科 教授 松尾 亜紀子 様	航空宇宙エンジン
第4回	7月12日(金) 終了	「 <b>シミュレーションのための情報可視化</b> 」 お茶の水女子大学大学院 人間文化創成科学研究科(兼) 文理融合 AI・データサイエンスセンター長 教授 伊藤 貴之 様	可視化・AI
第5回	8月23日(金) 終了	「 <b>シミュレーション技術のリスク評価への適用</b> 」 東京大学大学院 工学系研究科 原子力国際専攻 教授 高田 孝 様	原子力・リスク評価
第6回	9月20日(金) 終了	「 <b>ポスト・エクサ、ポストムーア時代の HPC と AI</b> 」 神戸大学大学院 理学研究科 惑星学専攻 特命教授 牧野 淳一郎 様	HPC・AI
第7回	10月11日(金) 終了	「 <b>建築・都市の新たな風環境デザイン</b> 」 千葉工業大学 創造工学部 建築学科 元教授 森川 泰成 様	建築・都市の新たな 風環境デザイン
第8回	11月22日(金) 終了	「 <b>極低温超伝導コンピュータキテクチャ技術とその新展開</b> 」 九州大学大学院 システム情報科学研究院 情報知能工学部門 主幹教授 井上 弘士 様	計算機アーキテク チャ
第9回	12月17日(火) 終了	「 <b>スマートエネルギーマネジメントシステムのデザイン</b> 」 東京科学大学 総合研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所 特任教授 浅野 浩志 様	エネルギーシステ ム、GX
第10回	2025年 1月17日(金) 終了	「 <b>AI や電気自動車用半導体単結晶育成のための数値解析と実験</b> 」 東北大学 未来科学技術共同研究センター 特任教授 柿本 浩一 様	材料科学・AI

## 【お問い合わせ先】

アドバンスソフト株式会社 出版事業部  
〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台四丁目3番地 新お茶の水ビルディング17階西  
TEL: 03-6826-3971 FAX: 03-5283-6580 E-mail: office@advancesoft.jp  
<https://www.advancesoft.jp/>



当社では随時人材の募集も行っております。  
<https://www.advancesoft.jp/recruit/>



Copyright © 2025 AdvanceSoft Corporation. All right reserved.