

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

## §1. 研究実施体制

### (1)「東京大学」グループ

① 研究代表者: 原 辰次 (東京大学大学院情報理工学系研究科、教授)

#### ② 研究項目

- ・3つの異なるエネルギーシステムに対する階層化モデリング
- ・上記エネルギーシステムに対する階層化モデル予測制御問題の設定
- ・動的蓄積要素の設計指針確立に向けた制御性能限界の検討

### (2)「東京ガス」グループ(研究機関別)

① 主たる共同研究者: 進士 誉夫 (東京ガス株式会社 基盤技術部 スマートエネルギー技術  
センター、所長)

#### ② 研究項目

- ・ガスエンジン(GE)のモデル化とそのパラメタの同定
- ・GE による太陽光発電(PV)出力変動補完システムのフィードバックモデル構築
- ・フィードバックモデルの制御性能評価の検討

### (3) アズビルグループ

① 主たる共同研究者: 総田 長生 (アズビル株式会社、課長)

#### ② 研究項目

- ・ビル群エネルギーシステムの具体事例の特定
- ・基本モデル構造の構築・定式化
- ・熱融通・蓄熱・未利用エネルギー活用のケーススタディ着手

#### (4) 富士通グループ

① 主たる共同研究者: 屋並 仁史 (富士通(株)TCソリューション事業本部、シニアリサーチャー)

#### ② 研究項目

- ・エネルギー蓄積要素を含む電力ネットワークシステムのモデル化と問題設定
- ・階層化方法と制御アルゴリズムの考案
- ・シミュレーションによる実験と検証

## §2. 研究実施内容

本研究は、自然環境の変動や様々なレベルでの需要変動に対して安定的に稼動し、かつ総エネルギーという視点で効率的な制御システム「地域統合エネルギー制御システム」(図1)を設計する系統的手法を与えるためのシステム制御理論の構築を目的としている。

対象システムの特性は、

- ・大規模階層化ネットワーク動的システム
- ・時空間的に様々な分解能・スケールを有し、質的・量的に異なった多くの要素から構成の2つにある。

この認識のもと、「グローバル制御」の考えに基づいて、異なるエネルギーシステムの構築を目指している3つの共同研究グループを構成し、エネルギーシステムに特化したシステム制御理論の枠組みを設定し、そのもとで目的を達成する解析・設計手法を開発することにより、系統的システム設計手法の開発に向けたシステム制御理論の確立を目指している。

本年度の主たる研究成果は、以下の2つである。

① 階層化モデリング: 3つの異なるエネルギーシステムに対して、

- ・階層間の縮約・分配に注目した階層化モデル化、
- ・階層毎の分解能の違いを明確化

② 制御問題設定:

- ・上記システムに対して、時間分解能を考慮した階層化モデル予測制御問題を設定
- ・動的蓄積要素の設計指針の確立に向け、制御性能限界に関する検討

以下、各研究グループの具体的研究成果と今後の展開を示す。

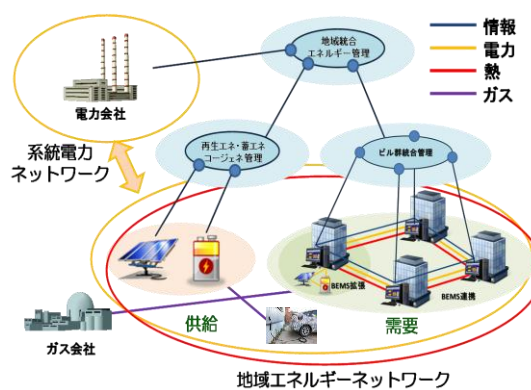


図1

### A: 東大+東京ガスグループ

本研究のねらいは、既存の GE を用いた PV 出力変動抑制システムの制御・設計方法の構築である。今年度の研究では、単一の GE による PV 出力変動抑制システムのフィードバックモデルを構築し、そのダイナミクスが、 $\tau$  と  $\kappa$  という 2 つのパラメタで表現できることを明らかにした。

$\tau := T_g / T_p$  ( $T_g$ : GE の時定数、 $T_p$ : PV の時定数)

$\kappa := k_g / k_p$  ( $k_g$ : GE の変動振幅、 $k_p$ : PV の変動振幅)

また、これらのパラメタと最適制御性能との関係

について基礎的な理論解析を行った。図2においては、最適制御性能の値が小さい方が望ましい。 $\tau$  が小さくなる(①)すなわち GE の時定数に対して PV の時定数が大きくなった場合、制御性能は改善される。一方、 $\kappa$  が小さくなる(②)すなわち GE の変動振幅に対して PV 出力変動の振幅が大きくなった場合、制御性能は悪化する。

今後は、実証システムとの比較によりフィードバックモデルを改良するとともに、グローバル制御の視点から、フィードバックモデルが多数組み合わせられた階層的 PV 出力変動抑制システムを構築する予定である。

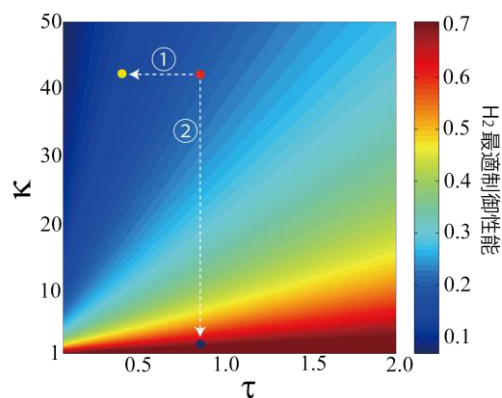


図2

### B: 東大+アズビルグループ

本グループでは、商用ビルおよびビル群統合管理におけるエネルギー需要ネットワークを中心とした統合エネルギー制御システムの設計を目的として研究活動を実施している。

昨年度は、熱源・蓄熱・熱融通配管・その他未利用エネルギー(井水など)を考慮した、ビル群のエネルギー需要ネットワークの最適運転計画モデルの基本構成を定義した。

今後、構築したモデルをベースに、様々なパラメタによるケーススタディを実施することにより、蓄熱・熱融通・未利用エネルギーの持つ機能が、ピークカット・ピークシフトによるエネルギー消費の平準化、ベースカットによる省エネルギーの実現にどのように寄与するのか整理することで、「階層性」や「多分解能性」というグローバル制御の特徴を有効に活用した

エネルギーシステム設計および制御設計を検討していく。また、並行して、本研究の制御対象となる実ビル群のシミュレーションモデルを構築し、シミュレーションモデルとグローバル制御の連成による効果検証の準備を実施する。

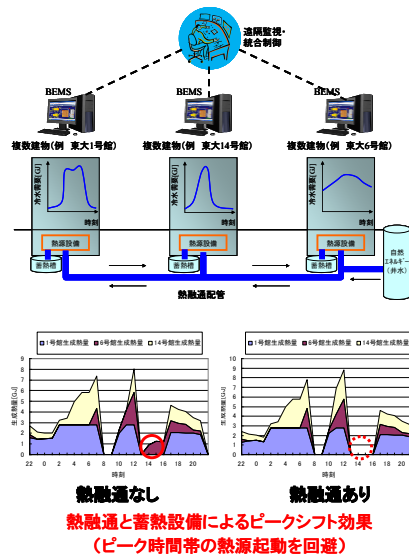


図3

### C: 東大+富士通グループ

研究チームが目指す「多分解能階層化分散制御」の実現のために、本グループでは、各種再生可能エネルギーや各種エネルギー蓄積要素を含む統合電力ネットワークシステムでの、適切な階層化と階層ごとの効率的な制御アルゴリズムの開発を研究目標としている。

ノートパソコンのバッテリーをエネルギー蓄積要素と捉え、ノートパソコンが多数あるオフィスで、ノートパソコンの駆動モードをネットワーク経由で制御することでオフィスのピーク電力削減を達成するシステムがある。本グループではこのシステムに階層構造を導入するにはどうすればよいか、そして、グローバル制御の視点から、階層ごとに適切な制御はどのようなものかを検討した。階層化により最適制御のための計算量が減らせることを示し、具体的な階層化と制御アルゴリズムを使ってシミュレーションを行い、消費電力平準化による電力ピーク削減を実現できることを示した。

階層化の方法は他にも候補があり、また、適切な制御は階層化の方法にある程度依存するようだということが明らかになったので、今後は、様々な階層化と制御アルゴリズムを比較する。さらに、システムに有効な階層化と制御アルゴリズムが、そのシステムの規模やネットワークの性質により特徴付けられるかどうかを検討する予定である。