

## 社会的に分布し変動する需要のもとにあるモジュール交換型システム群の統合的展開による環境優位性に向けた技術的課題に関する研究

大阪大学 大学院工学研究科 機械工学専攻  
栗山 裕, 野間口 大, 藤田 喜久雄

### 1 緒言

近年, 環境問題の解決のために, 環境優位性の高いシステムを生み出すことが求められている. 二酸化炭素の排出量で考えると, 排出量の削減を目指しているにもかかわらず家庭から排出される二酸化炭素の量は 2008 年度で 1990 年比 34.6 % の増加であり, その 64.9 % は電気やガスなどの家庭のエネルギー需要によるものである<sup>(1)</sup>. よって家庭用エネルギーシステムの効率を高めることには大きな意味がある.

本研究では, システム設計の対象の拡大によって環境優位性をより広い視点から捉えた大域的環境優位性について考え, その実現を目指すためのシステム設計論および手法の提案を行う. システム設計の例題として, モジュール交換型コージェネレーションシステムによる社会共有を考える.

### 2 システムと社会との関係に対する視点の拡大と環境優位性

**2.1 システム設計の視点の拡大** 本研究では設計対象を個別エネルギーシステムからエネルギーシステム群へと拡大する. 設計対象の拡大によってより優れた解が潜在的には期待できるものの, 問題の複雑性は増大することから, 期待される解を実際に獲得できるかどうかは抽象化や解導出の進め方などに依存することになる.

**2.2 大域的環境優位性** 環境優位性も従来個別エネルギーシステムを対象に考えられていたが, 本研究ではその視点を広げ, エネルギーシステム群による環境優位性を考え, それを個別の環境優位性と区別して, 大域的環境優位性と呼ぶことにする. エネルギーシステムの環境優位性を高める設計は環境優位性を高くするかわりにコストが高くなりがちだが, サービスや制度も含めて統合的にシステム群を設計することでコストと環境優位性の両立を目指すものである.

**2.3 モジュール交換型エネルギーシステムによる社会共有** 大域的環境優位性を目指すための具体案として, モジュール交換型エネルギーシステムによる社会共有を考える. これはエネルギーシステムを構成するモジュールを社会で共有し, 各利用者はその時々で最適なモジュールを選択し, 利用するというものである. 社会共有によって, 需要の変動に対してより細かく対応できるようになり, 高い最適性を保ちつつも, 社会全体のコストを低く抑えられる可能性があると考えられる.

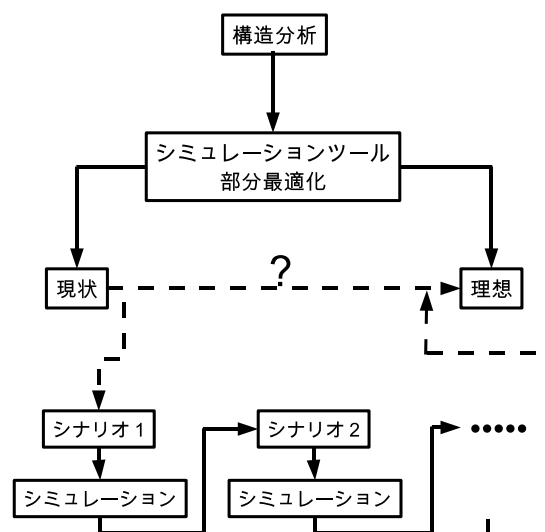


Fig. 1 システム設計論

### 3 モジュール交換型エネルギーシステム設計論

**3.1 システム設計論の基盤となる考え方** 提案するシステム設計論を Fig.1 に示す. 方針としては現状と理想点を比較し, どの程度の優位性があるかを評価し, その差を埋めるように設計を進めていくというものである. そのためにまず問題の構造分析をし, モデル化を行う. そして最適化が行える部分問題に対しては最適化を行い, シミュレーションによって, 現実と理想の評価を行う. そしてその差を埋めるように様々なシナリオを考え, 評価を繰り返し, 最終的には理想状態に近づけた解を得て, 設計を終了する. なおシミュレータとしてはマルチエージェントシミュレータである *artisoc*<sup>(2)</sup> を用いる.

**3.2 システム設計の流れ** 3.1 節の考え方をもとにしたシステム設計の流れを Fig.2 に示す.

### 4 モジュール交換型家庭用コージェネレーションシステム群による社会共有システムの先導設計事例

**4.1 社会共有の潜在的優位性の評価** 社会共有の潜在的優位性を評価するために, 理想状態として求めた解と, コージェネレーションシステムがほとんど普及していない現状とを比較する. その結果, コストで 1 世帯 1 年あたり 15,335 円, エネルギー効率が 16.6 % の改善であった. この値を今後の設計の目標として扱う.

**4.2 社会共有システムの設計** 理想状態ではない現実的な社会共有のシステム設計を行う. まずは社会共有に適した機器の種類数や交換のルールなどを決定するため

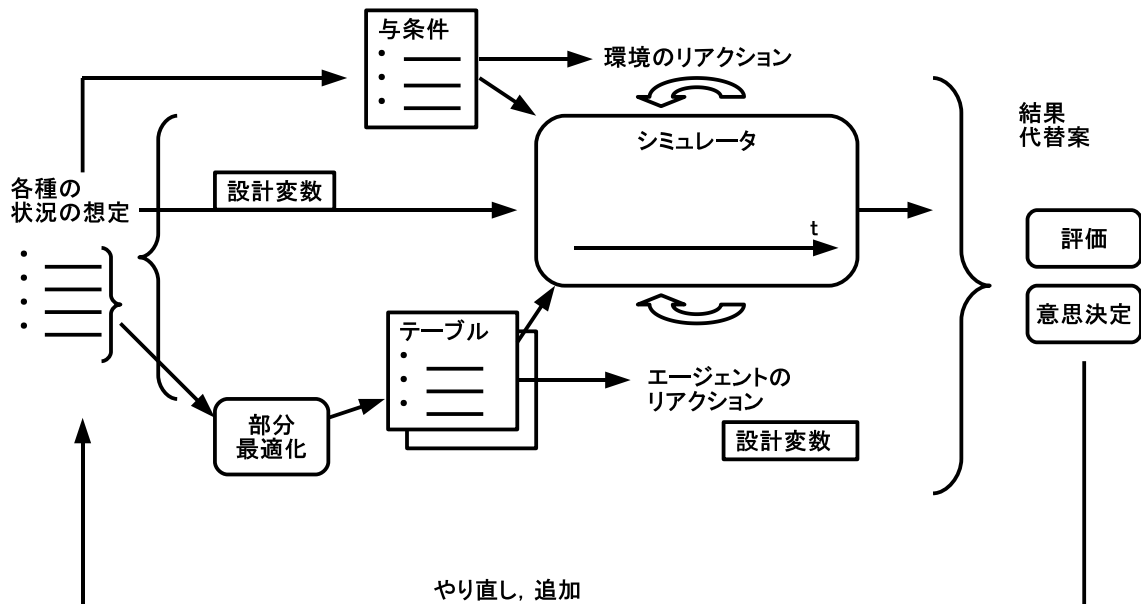


Fig. 2 システム設計の流れ

Table 1 社会共有システムの設計

	社会共有	共有単位の細分化	交換コスト	機器コストの低下	コスト	エネルギー効率
現状	×	-	-	-	¥200,176	61.0%
理想	◎	-	×	◎	¥184,841	77.6%
シナリオⅠ	○	-	○	○	¥198,472	76.3%
シナリオⅡ	○	○	○	○	¥195,159	77.4%

Table 2 社会共有の普及のシミュレーション

	補助金	開始時の年額	5年ごとの補助金の減額	コスト	エネルギー効率	平均の社会共有への参加割合
シナリオA	×	-	-	¥198,221	61.2%	1.9%
シナリオB	○	¥3,000	¥0	¥197,989	73.2%	72.9%
シナリオC	○	¥3,000	¥3,000	¥196,802	71.3%	66.1%
シナリオD	○	¥5,000	¥0	¥201,590	74.7%	89.1%
シナリオE	○	¥5,000	¥3,000	¥196,267	72.7%	74.6%
シナリオF	○	¥7,000	¥0	¥202,649	75.4%	93.5%
シナリオG	○	¥7,000	¥3,000	¥198,351	73.6%	79.0%

に、CGSが普及していると仮定した状態で、様々な条件別に社会共有システムの設計を行い、その評価を行った、その結果をTable 1に示す。その結果、シナリオⅡが優れていることがわかった。

**4.3 社会共有の普及し安定するかを検討** 次にシナリオⅡをもとに社会共有が普及していない状態から、社会共有が普及し、安定するかについてのシミュレーションを行った。Table 1では社会共有へ全世帯が参加するようにしていたが、このシミュレーションでの参加は、今回は各世帯に参加するかどうかを選択させた。シナリオⅡをそのまま用いたシナリオAでは社会共有が普及しなかったため、補助金の制度を新たに考え、シナリオB以降では補助金のシナリオごとに評価を行った。結果をTable 2に示す。

シナリオC、Dでは現状に比べて、コストは安く、エネルギー効率は高い。また社会共有への参加割合も高い。よってモジュール交換型エネルギーシステムの社会共有による共創型環境優位性が実現できる具体的な案だと考えられる。設定した目標に対しては、エネルギー効率は目標値に近いが、コストは目標値に遠い。

## 5 結言

本研究ではエネルギーシステム群を設計対象としたシステム設計を行い、大域的環境優位性の実現を目指した。そのシステム設計論と設計手順について述べ、大域的環境優位性の具体案としてモジュール交換型家庭用コージェネレーションシステムによる社会共有のシステム設計を行った。その結果、社会共有による大域的環境優位性を

実現できる案を求めた。今後の展望としては環境優位性の評価指標に二酸化炭素排出量を加えることや、今回示したシステム設計論および設計手順を他のシステム設計問題、例えばカーシェアリングやスマートバイクのシステム設計問題に適用することが考えられる。

本研究を進めるにあたり、artisoc academic を無償提供して頂いた(株)構造計画研究所に深く感謝いたします。なお本研究の成果の一部を、環境調和型設計に関する国際会議である 6th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (EcoDesign2009, 2009年12月)にて発表し<sup>(3)</sup>、同会議の最優秀論文賞を受賞したことを申し添える。

### 参考文献

- (1) 国立環境研究所, 日本国温室効果ガスイベントリ報告書, (2010).
- (2) 山影, 人工社会構築指南 artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門, (2007), 書籍工房早山.
- (3) Kikuo Fujita and Yutaka Kuriyama, “Technological Issues toward Environmental Excellence of Socially Exchangeable Artifacts for Fluctuating Distributed Demands,” *Proceedings of 6th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (EcoDesign2009)*, (Dec. 2009), pp. 607-612, Sapporo, Hokkaido, Japan.