

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 29 日現在

機関番号：32601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26730159

研究課題名（和文）エネルギー消費モデルを用いたサービス生産システムの生産性向上と価値創出に関する研究

研究課題名（英文）Productivity improvement and value creation of service system using an energy consumption model

研究代表者

野中 朋美（Nonaka, Tomomi）

青山学院大学・理工学部・助教

研究者番号：60644812

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、サービスの生産性をエネルギー消費の観点から捉え、サービス提供者および設備の仕事単位のエネルギー消費パターンをエネルギーブロックとしてモデル化し、それらの組み合わせを考慮したエネルギー最適化モデルを構築した。特性解析より価値・生産性・消費エネルギーの関係を明らかにし、価値を下げずに生産性を向上し（短期的改善）、生産性を下げずに付加価値を創出する（中長期的改善）ためのエネルギー管理手法を提案した。今後の課題として、生産性と創出される付加価値に人の観点をさらに加え、従業員の状態や気持ちを考慮した人の情報を起点とした生産システム設計・管理手法への拡張が挙げられる。

研究成果の概要（英文）：In this research, the productivity of services is grasped from the viewpoint of energy consumption. We modeled energy consumption patterns of service providers and equipment in energy units as energy blocks and developed an energy optimization model considering combinations of them. Characteristic analysis was carried out using the constructed energy optimization model to clarify the relationship between value, productivity and energy consumption. Then, an energy management method consisting of short-term improvement and medium- to long-term improvement approach was proposed. Short-term improvement that improves productivity without lowering value and medium- to long-term improvement that creates added value without lowering productivity were proposed. Developing a more detailed model and verifying the effectiveness of the model to add a human's point of view to productivity and added value created are the next steps of this study.

研究分野：生産システム工学，サービス工学

キーワード：サービス工学 エネルギーシミュレーション 生産性 サービスシステム 従業員満足

1. 研究開始当初の背景

生産システム研究の分野では、シミュレーションにより消費エネルギーや生産性を事前に評価する研究や、環境配慮型スケジューリング研究により、エネルギー消費ピーク量とメイクスパンのトレードオフの関係が示されている。ただし、エネルギー消費量はジョブ単位の平均値としてモデル化され、ジョブ内の加工全体における消費エネルギー量の変化は考慮されていない場合が多い。他方で、設備の消費エネルギー量は、稼働状態や工程に応じて各時刻において均質で無いことが知られ、設備単位で消費量の変化を詳細に評価した研究は多い。しかしながら、複数の異なる設備が稼働する製造フロア全体のエネルギー消費を対象にした研究は、シミュレーションアプローチによるものが多く、スケジューリング問題として捉えた例は少ない。

ここで、サービス生産におけるエネルギー消費を考える。省エネ法では、一定規模の事業者を対象に年1%以上のエネルギー消費原単位の削減を求める。ここでいうエネルギー消費原単位は、単位生産量(額)あたりのエネルギー消費量を指すが、製造業では生産される財の価値は原則一定であり、生産効率を上げることで原単位を削減するアプローチが主である。一方、サービス産業においては、その特有の性質すなわち「非分離性」: 生産と消費、プロダクトとプロセスの非分離や、「主観性」: レシーバの満足度等を考慮すると、提供される価値は一定とは限らない。エネルギー生産性を単位エネルギー消費あたりに生産できるサービス価値最大化問題として定義することで、サービスの生産性を消費エネルギーの視点から議論することが可能となる。

2. 研究の目的

本研究課題では、サービスの生産性をエネルギー消費の観点から捉える。サービス提供者および設備の仕事単位のエネルギー消費パターンをエネルギーブロックとしてモデル化し、それらの組み合わせを考慮したエネルギー最適化モデルを構築する。特性解析より価値・生産性・消費エネルギーの関係性を明らかにし、ある条件下におけるエネルギー生産性目標値を導く。価値を下げずに生産性を向上し(短期的改善)、生産性を下げずに付加価値を創出する(中長期的改善)ためのエネルギー管理手法を提案することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) エネルギー消費モデルの構築

設備やサービス提供者ごとに異なる仕事単位のエネルギー消費傾向をエネルギーブロックとしてモデル化するエネルギー消費モデルを構築する。

(2) サービス生産における価値モデルの構築

図1に、サービス生産エネルギー生産性向上と付加価値創出ループを示す。本課題では、

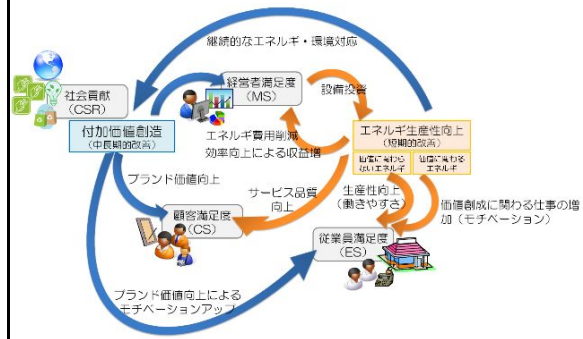


図1 サービス生産エネルギー生産性向上と付加価値創出ループ

一例として、レストランサービスを対象に、各職種(担当作業)におけるサービス生産プロセスを分析し、サービス生産におけるサービス価値と従業員満足および顧客満足構造のモデルを構築する。従業員アンケート調査から得られるデータを用いてモデルの有効性を検証する。

(3) エネルギー最適化モデルの構築と検証

サービス提供者や設備のエネルギー消費傾向の違いと仕事開始タイミングの組み合わせを考慮してモデル化したエネルギーブロックモデルを用いた環境配慮型スケジューリングモデルを構築する。計算機実験によりモデルの有効性を検証する。

(4) エネルギー最適化モデルの特性解析

計算機上に諸条件を考慮したシステムの適応性や柔軟性を評価するモデルを構築し、特性解析を行う。また、需要変動など環境変動が大きなサービスと小さなサービスでのエネルギー消費や生産性の違いについて検証する。

(5) エネルギー管理手法の提案

(1)から(4)までに得られた結果を用いて、サービス提供現場におけるエネルギー管理手法を提案する。

(6)従業員満足度と顧客満足度を考慮したモデルの拡張と被験者実験アプローチによる検証

(2)において構築したサービス生産における価値モデルを、従業員満足度と顧客満足度を考慮したモデルに拡張する。被験者実験アプローチにより、モデルの有効性を検証する。

(7) 考察・まとめ

研究の総括を行うとともに、残された問題点の洗い出しとその解決方法の模索を行う。

4. 研究成果

(1) エネルギー消費・価値モデルの構築

サービスの特徴である「非分離性」および「主観性」を考慮すると、単位エネルギー投入量あたりに提供される価値は一定とは限らない。そこで、サービスエネルギー生産性を、創出される価値に対する投入エネルギー量の商と定義し、サービスエネルギー生産モデルを

提案した。

サービスエネルギー生産性向上は、生産効率を上げることにより分母の投入エネルギー量を小さくすること、価値を上げるあるいは付加価値を創出することにより分子を大きくすること、生産効率を上げる以外の方法により分母の投入エネルギー量を減らすことによる3つのアプローチから実現することができることを示した。

(2) エネルギー最適化モデルの構築と検証

エネルギー消費は生産プロセスによって価値に貢献するか否かで可分であると見做し、エネルギー消費をモデル化した(図2)。例えば、小売業においては、店舗に顧客がいない間、あるいはいない領域の空間の照明や空調によるエネルギー消費は、提供価値に非貢献である。食品を保冷するための冷蔵に伴うエネルギー消費はその温度調整によって品質が変化するため価値に貢献するとして分類できると考えられる。価値に貢献するエネルギーは、価値を下げずにエネルギー消費量を減らすアプローチが必要であり、価値に非貢献なエネルギーはエネルギー消費量最小化を目指すことが求められる。これらのアプローチにより、エネルギーブロックの総面積を小さく、あるいはエネルギーブロックの凸部分におけるエネルギー消費ピーク量を小さくするよう工程改善や見直しを行う。ある条件下における仕事のエネルギーブロックの形状を規定する問題を、エネルギーブロック作成問題として定義した。

次に、作成されたエネルギーブロックモデルを用いて環境配慮型スケジューリングを行う。Weinert らのエネルギーブロック手法(Weinert, et al., 2011)を拡張し、箱詰め問題としてサービス提供者や設備のエネルギー消費傾向の違いと仕事開始タイミングを考慮しブロックを組み合わせるエネルギー最適化モデルを構築した。M 台の設備で構成される単一工程並列機械問題を対象とし、エネルギーピーク最大値 MaxPeak を制約として、J 個のジョブの納期遅れ時間の総量を最小化するスケジューリング問題として定式化した。

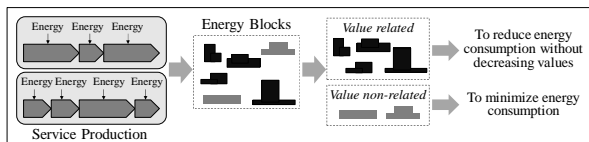


図2 エネルギーブロックとサービスエネルギー生産性向上に対するアプローチ

(3) エネルギー管理手法の提案

サービス生産におけるエネルギー消費の特徴を分析し、サービスの特徴である「無形性」・「消滅性」・「非均質性」・「同時性」を考慮したエネルギー管理手法要件を整理した(図3)。

食品サービスを例に、クックチル方式および

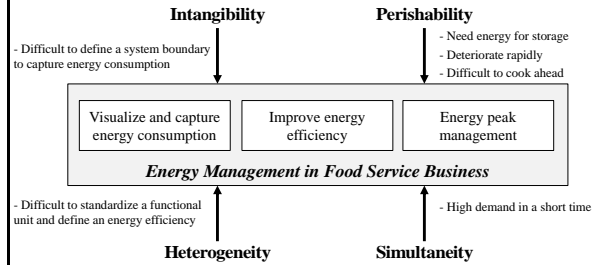


図3 食品サービスにおけるエネルギー管理概念図

クックチル方式のレストランサービス、調理済み食品提供サービス、ホームミールを対象とした4つのフードサービスカテゴリーを対象に、サービス提供プロセスとそのプロセスごとの入力进行分析し、サービス特性のひとつである同時性を考慮したエネルギー管理手法を提案した。

(4) 従業員満足度と顧客満足度を考慮したモデルの拡張と被験者実験アプローチによる検証

労働集約的なサービス提供現場を想定し、人を介するサービスシステムを対象に従業員満足と顧客満足の観点を加えてモデルを拡張した。具体的には、異なる職種(担当作業)における顧客接点と顧客志向性を考慮した従業員満足度モデルを構築した。レストランサービスを対象に従業員アンケート調査を実施し、共分散構造分析により顧客サービス向上と従業員満足の意識との関係構造をモデル化した(図4)。職種によって、サービス生産における役割や、顧客接点、顧客志向性、および必要とされるスキルや技能が異なることに着目し、それらによる従業員満足度構造の違いを共分散構造モデルのパスで示すことにより陽にモデル化した。職種による内部モデルの違いを明らかにし、次の知見を得た。

- 「従業員満足」と仕事への愛着・好きな仕事は全職種に共通してつながりが強い
- 「顧客満足へのつながり」と顧客満足向上意欲およびサービス品質意識は、全職種に共通してつながりが強い
- 「従業員満足」と職種の顧客満足との関係、および、「顧客満足へのつながり」と技能向上やスキル増加への意欲の関係は、職種によって異なる。各職種での担当作業における顧客接点の違いや、有する技能と提供品質の関係に対する意識の違いによる影響が大きいと考えられる

担当作業の変更やスキル獲得に伴う担当替えなど、業務変更に対する従業員満足の变化を分析し、本モデルを教育やサービスプロセス改善に役立てられるよう拡張することで、生産性・付加価値向上に寄与できると考えられる。

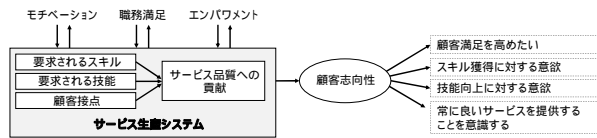


図4 顧客満足を考慮した従業員満足モデル

以上、本研究は、サービスの生産性をエネルギー消費の観点から捉え、サービス提供者および設備の仕事単位のエネルギー消費パターンをエネルギーブロックとしてモデル化し、それらの組み合わせを考慮したエネルギー最適化モデルを構築した。特性解析より価値・生産性・消費エネルギーの関係を明らかにし、価値を下げずに生産性を向上し（短期的改善）、生産性を下げずに付加価値を創出する（中長期的改善）ためのエネルギー管理手法を提案した。今後の課題として、生産性と創出される付加価値に人の観点をさらに加え、従業員の状態や気持ちを考慮した人の情報を起点とした生産システム設計・管理手法への拡張が挙げられる。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 3 件)

野中朋美, 清水香那, 水山元, 顧客の予測退店時間を考慮した飲食店における動的な座席割当てシステム, 日本機械学会論文集(C編), Vol.67, No.4, pp.303-313, 2017, 査読有.

([tp://doi.org/10.1299/transjsme.16-00166](http://doi.org/10.1299/transjsme.16-00166))

野中朋美, 藤井信忠, 新村猛, 高橋敏文, 貝原俊也, 顧客満足度を考慮した従業員満足度モデル - レストランにおける職種による差異の分析 -, 日本経営工学会論文誌, Vol.67, No.1, pp.60-69, 2016, 査読有.

(<http://doi.org/10.11221/jima.67.59>)

Tomomi Nonaka, Nobutada Fujii, An EQO Model for Reuse and Recycling Considering the Balance of Supply and Demand, International Journal of Automation Technology, Vol.9, No.3, pp.303-311, 2015, 査読有.

(https://www.fujipress.jp/ijat/au/ijat_e000900030303/)

〔学会発表〕(計 20 件)

野中朋美, 藤井信忠, 新村猛, 新井健治, 水山元, 生産計画ゲームにおけるプレイヤーのロット計画に関する一考察, 日本機械学会生産システム部門研究発表講演会 2017, pp.121-122, さいたま, March 2017, 査読無.

野中朋美, 藤井信忠, 新村猛, 水山元, 飲食店におけるスキル学習と従業員満足に

関する一考察, 第 59 回自動制御連合講演会, 北九州, November 2016, 査読無.

野中朋美, 藤井信忠, 新村猛, 高橋俊文, 水山元, 顧客満足とサービス品質を考慮したサービス生産に関する実験的検討, 日本機械学会 [No.16-37] 第 26 回設計工学・システム部門講演会 CD-ROM 論文集, 2113, 横浜, October 2016, 査読無.

Tomomi Nonaka, Kentaro Miki, Ryo Odajima, Hajime Mizuyama, Analysis of Dynamic Decision Making Underpinning Supply Chain Resilience: A Serious Game Approach, proc. of the 13rd IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems, September 2016, 査読有.

野中朋美, 藤井信忠, 新村猛, 高橋俊文, 水山元, サービス現場を対象にした生産計画教育のためのレストランゲームの開発, 日本経営工学会 2016 年春季大会, pp.222-223, 東京, May 2016, 査読無.

野中朋美, 藤井信忠, 新村猛, 高橋敏文, サービス提供プロセスにおける従業員満足と作業効率 - 事前計画と段取りに関する実験的検討 -, 2016 年度サービス学会第 4 回国内大会, pp.149-153, 神戸, March 2016, 査読無.

野中朋美, 藤井信忠, 新村猛, 高橋敏文, 飲食サービスにおける従業員満足に関する研究 - 需要変動に対する事前計画と段取り作業の影響 -, 精密工学会 2016 年度春季大会, pp.103-104, 野田, March 2016, 査読無.

野中朋美, 新村猛, 高橋敏文, 藤井信忠, 貝原俊也, 人を介するサービス現場における従業員従業員満足度モデル - レストランサービスにおける年齢の差を考慮した動機づけ要因に関する一考察 -, 第 58 回自動制御連合講演会, 2E4-4, 神戸, November 2015, 査読無.

Tomomi Nonaka, Takeshi Shimmura, Nobutada Fujii and Hajime Mizuyama, Energy Consumption in the Food Service Industry: A Conceptual Model of Energy proc. of the International Conference on Advances in Production Management Systems (APMS2015), Tokyo Japan, September 2015, 査読有.

野中朋美, 清水香那, 水山元, 顧客の予測退店時間を考慮した飲食店における動的な座席割当てシステム, 日本機械学会 [No.15-23] 第 25 回設計工学・システム部門講演会 CD-ROM 論文集, 3202, 信州, September 2015, 査読無.

野中朋美, 新村猛, 高橋敏文, 貝原俊也, 藤井信忠, 顧客満足度を考慮した従業員満足度モデル - レストランにおける勤続年数および年齢や経験の違いによる差異の分析 -, 日本経営工学会 2015 年春季大会, pp.22-23, 東京, May 2015, 査読無.

野中朋美, 藤井信忠, 小早川由紀, 水山元, 設備のエネルギー消費傾向を考慮したエネ

ルギブロックモデルによる環境配慮型スケジューリング - ブロックの形状による影響を考慮した考察 -, 2015 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集 (CD-ROM), pp.97-99, 東京, March 2015, 査読無.

野中朋美, 信友輝美, 水山元, 料理の提供順序とタイミングを考慮した顧客満足度向上のための動的スケジューリング, 2015 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集 (CD-ROM), pp.659-660, 東京, March 2015, 査読無.

野中朋美, 五十嵐充, 水山元, 顧客満足度モデルを用いたサービス店舗スタッフ配置シミュレーション, 日本経営工学会 2014 年秋季大会, pp.262-263, 広島, November 2014, 査読無.

Tomomi Nonaka, Mitsuru Igarashi, Hajime Mizuyama, A Customer Satisfaction Model for Effective Fast Fashion Store Service, Proc. of the International Conference on Advances in Production Management Systems (APMS2014), Ajaccio France, September 2014, 査読有.

Tomomi Nonaka, Toshiya Kaihara, Nobutada Fujii, Fang Yu, Takeshi Shimmura, Yoshihiro Hisano, Tomoyuki Asakawa, Employee Satisfaction Analysis in Food Service Industry - Resultant of Questionnaire to the Restaurant Staff -, Proc. of the second International Conference on Serviceology (ICServ2014) USB, pp.9-15, Yokohama, September 2014, 査読有.

Yoshiki Ito, Tomomi Nonaka, Masaru Nakano, Evaluation of Countermeasures for Low Birthrate and Aging of the Population in a Suburban New Town, Proc. of the second International Conference on Serviceology (ICServ2014) USB, pp.215-220, Yokohama, September 2014, 査読有.

野中朋美, 藤井信忠, 新村猛, 水山元, エネルギー消費モデルを用いたサービス生産システム評価モデルの提案, 日本機械学会 [No.14-27] 第 24 回設計工学・システム部門講演会 CD-ROM 論文集, 徳島, 3105, September 2014, 査読無.

Tomomi Nonaka, Toshiya Kaihara, Nobutada Fujii, Jiali Zhu, Reuse and Recycle EOQ Model for Reverse Logistics with a Marginal Reuse Rate, Proc. of 15th International Conference on Precision Engineering (ICPE2014), pp.460-465, Kanazawa, July 2014, 査読有.

Tomomi Nonaka, Toshiya Kaihara, Nobutada Fujii, Energy-Block Model based Energy Optimization in Production Systems considering Combination of Each Machine's Energy Consumption Pattern, Proc. of International Symposium on Flexible Automation (ISFA2014) (CD-R), Hyogo, July

2014, 査読有.

[図書](計 4 件)

Tomomi Nonaka, Toshiya Kaihara, Nobutada Fujii, Fang Yu, Takeshi Shimmura, Yoshihiro Hisano, Employee Satisfaction Analysis in Food Service Industry - Resultant of Questionnaire to the Restaurant Staff -, Serviceology for Designing the Future, Springer, Boston, pp.23-36, 2016, 査読有.

Yoshiki Ito, Tomomi Nonaka, Masaru Nakano, Evaluation of Countermeasures for Low Birthrate and Aging of the Population in a Suburban New Town, Serviceology for Designing the Future - Selected and Edited Papers of the 2nd International Conference of Serviceology, Springer, Boston, pp.389-401, 2016, 査読有.

Tomomi Nonaka, Takeshi Shimmura, Nobutada Fujii and Hajime Mizuyama, Energy Consumption in the Food Service Industry: A Conceptual Model of Energy Management Considering Service Properties, Advances in Production Management Systems: Innovative Production Management Towards Sustainable Growth Part II, Edited by S. Umeda, M. Nakano, H. Mizuyama, H. Hibino, D. Kiritsis, G.v. Cieminski, Springer, Boston, pp.605-611, 2015, 査読有.

Tomomi Nonaka, Mitsuru Igarashi, Hajime Mizuyama, A Customer Satisfaction Model for Effective Fast Fashion Store Service, Advances in Production Management Systems: Innovative and Knowledge-Based Production Management in a Global-Local World Part II, Edited by B. Grabot, B. Vallespir, S. Gomes, A. Bouras, D. Kiritsis, Springer, Boston, pp.587-594 2014, 査読有.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野中 朋美 (NONAKA TOMOMI)

青山学院大学・理工学部・助教

研究者番号: 60644812