

令和 2 年 7 月 13 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01827

研究課題名(和文) 生体情報・ES評価を用いたラボラトリ実験と最適化によるサービスシステムの設計

研究課題名(英文) Design of a service system through laboratory experiments and optimization using biometric data and ES evaluation

研究代表者

野中 朋美 (Nonaka, Tomomi)

立命館大学・食マネジメント学部・准教授

研究者番号：60644812

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：従業員による顧客要求・環境場のセンシングとそれに基づく作業計画の修正・更新を通じたサービスシステムとの相互作用を解明し、従業員の状態とESが生産性および品質に与える影響を明らかにすることを目的とする。(1)アンケート・現場観察による仮説モデル構築、(2)ラボラトリ実験によるモデル検証、(3)得られたモデルを用いたサービスシステムの設計(最適化・シミュレーション)を行った。労働集約的なサービス現場として、レストランサービスをパイロット現場として設定した。生体情報(心拍、NIRS脳計測)と主観評価(ES評価+その他主観評価)を統合した評価手法を構築し、生産性や品質との関係を分析した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

設計過程に人(従業員)を介させ、主観評価・生体情報を統合した評価手法による検証、得られた結果をサービスシステム設計につなげる一連のアプローチは、例が少ない。近年は、類似の目的でゲーミフィケーションやシリアスゲームのアプローチによる研究も増えているが、短時間の人の状態の変化やESを考慮し暗黙的な生産計画における人を起点としたアプローチは、本研究課題の独創である。また、実現場のデータ・従業員・顧客を用いることにより、計算機実験だけでは把握することが困難な課題や評価結果を得ることが可能となる。研究協力者の協力のもと実データによる有効性の検証および現場適用を目指す点に社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to evaluate the interaction between the service system and the employee's state through the sensing of customer requirements and environmental fields by the employees and the modification/update of the work plan based on them, and to clarify the impact of the employee's state and ES on productivity and quality. The following three tasks were carried out: (1) develop a model based on questionnaires and field observations, (2) model verification through laboratory experiments, and (3) design of a service system (optimization and simulation) using the model. As a labor-intensive service site, the restaurant service was set up as a pilot site. It is integrated assessment of biometric information (heart rate and NIRS brain measurement) and subjective assessment (ES assessment + other subjective assessment). The method was developed and its relationship with productivity and quality was analyzed.

研究分野：生産システム工学

キーワード：従業員満足 サービス工学

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

ES の増加は従業員のパフォーマンスを向上させ、より良いサービス提供につながることで顧客満足(CS)を高める (Schlesinger ら, 1991)(Heskett ら, 1994) ことが知られているが、従来研究では従業員は一律に扱われ、職種(担当作業)や属性は考慮されることが少なかった。そこで研究代表者らは、担当するサービスプロセスの特性に応じて顧客からの距離(顧客接点)や求められるスキル・技能が異なることに着目し、レストランサービスを対象に共分散構造分析による ES モデルを構築した。職種によって、ES から顧客志向性を通じて品質意識、CS 向上意欲・行動につながるモチベーションへのパスに差異があることを明らかにした(野中ら, 2016)。同時性を有する労働集約的なサービス現場では、ES の短期的な変動がサービス品質に影響する可能性がある。従業員は日によってあるいは一日の中でも需要変動などの環境要因や、あるいは顧客との相互作用の結果として、気持ちや状態が短期的な時間スケールで変化することが考えられるが、従来 ES 研究の多くは調査方法がアンケートであり、それら短時間での変動を包含して平均的な満足度をモデル化したに留まっていた(野中ら, 2016)(Nonaka et al., 2016)。そこで、一日単位での従業員の状態や ES、作業計画に関するヒアリング、現場観察を行った結果、従業員は、環境を通じて受動的・能動的にセンシングし、事前に頭の中に組み立てた自身の作業計画をリアルタイムに更新しながら仕事を行っていること、顧客の状態・要求や環境の変化をセンシングし、環境情報を自身の中に取り込み更新することで柔軟に適応し、結果として生産性が向上する。従来アンケート手法で対象とされていた中長期の ES ではなく、短期的な ES が生産性と品質に影響しているとの着想に至った。

関連研究として、行動計測 (Olguin ら, 2010)(福原ら, 2013)(三輪ら, 2015) や生体情報 (綿貫, 2010) を用いて、作業負荷や作業者の状態が評価されている。Ara らは ES を評価項目に加えているが、日単位のアンケート調査を用いており本課題が対象とする短期的な ES とは異なる (Ara ら, 2008)。

### 2. 研究の目的

本研究課題では、労働集約型のサービスシステムにおいて、従業員の状態(身体・認知能力や疲労)と満足度(従業員満足:ES)が生産性および品質に与える影響に着目する。サービス生産・提供プロセス内での短期的な ES の変化を生体情報と主観評価を統合して評価し、需要変動などの環境変動に対して人がどのように適応し対処するのか、顧客要求・環境場のセンシングとそれに基づく作業計画の修正・更新を通じたサービスシステムとの相互作用について、熟練度や年齢、雇用形態などの属性を考慮した上で、(1) アンケート・現場観察による仮説モデル構築、(2) ラボラトリ実験によるモデル検証、(3) 得られたモデルを用いたサービスシステムの設計(最適化・シミュレーション)を行う。

### 3. 研究の方法

本研究課題では、従業員による顧客要求・環境場のセンシングとそれに基づく作業計画の修正・更新を通じたサービスシステムとの相互作用を解明し、従業員の状態(身体・認知能力や疲労)と ES が生産性および品質に与える影響を明らかにする。熟練度や年齢、雇用形態などの属性を考慮した上で、(1) アンケート・現場観察による仮説モデル構築、(2) ラボラトリ実験によるモデル検証、(3) 得られたモデルを用いたサービスシステムの設計(最適化・シミュレーション)を行う。(1)は、労働集約的なサービス現場として、レストランサービスをパイロット現場として設定し研究を推進する。(2)は、現実世界を抽象化して模擬したゲーム形式で行う。仮説モデルにおける設計変数を、ゲームのルール設計(サービス生産・提供時の制約)とスコア設計に埋め込み、異なる条件設定下での実験によりモデルを検証する。また、生体情報(心拍、NIRS 脳計測)と主観評価(ES 評価+その他主観評価)を統合した評価手法を構築し、生産性や品質との関係を明らかにする。(3)では、得られた評価関数と制約条件を用いてシステム最適化・シミュレーション手法を構築する。設計した結果は、再度ラボラトリ実験を行い評価・検証する。加えて、実際のサービス現場を用いた実験や、実現場への適用検討、汎用化検討を行う。

### 4. 研究成果

#### (1) アンケート・現場観察による仮説モデル構築

国内和食レストランチェーンを主なパイロット現場として、レストラン現場とホテルサービス現場で従業員アンケート、現場観察を行った。生産計画策定、顧客要求・環境場のセンシングとそれに基づく作業計画の修正・更新を通じたサービスシステムとの相互作用に関するメンタルモデルを示す(図 1)。従業員や家庭における人をサービスシステムにおける生産設備と仮定すると、「インプット」や「アウトプット」、「センシング」を柔軟性および同時性をもって行っていると捉えられる。ここでいうインプットおよびアウトプットは、材と生み出される生産物・サービスである。人は、環境を通じて受動的・能動的にセンシングし、事前に頭の中に組み立てた自身の作業計画をリアルタイムに更新しながら仕事を行っている。そこで、顧客の状態・要求、家族の状況や要求、環境の変化をセンシングし、環境情報を自身の中に取り込み更新することで柔軟に適応し、結果として生産性が向上する。あるいは満足が向上する。このとき「作業者の状態(身体・認知能力、疲労)や ES は、センシングの感度や生産能力に影響し、その結果として品質や生産性(アウトプット)、満足に対するパフォーマンスが変化する」との仮説を立て、モ

デルを構築した. ES には, 計画通りに仕事が進まないことや, タイムプレッシャーなどによる焦り, 計画をやりきることに伴う達成感や満足などがある (Hart ら, 1998). 生産性には, 直接的だけでなくセンシングした顧客要求に基づく新たなサービス提案や, 工程設計, 改善につながる付加価値生産性も含まれる. サービスシステムでは, サービス提供者と顧客との距離が近く, アウトプットに対する顧客の評価 (CS) とそれをセンシングする時定数が短いことを考察した.

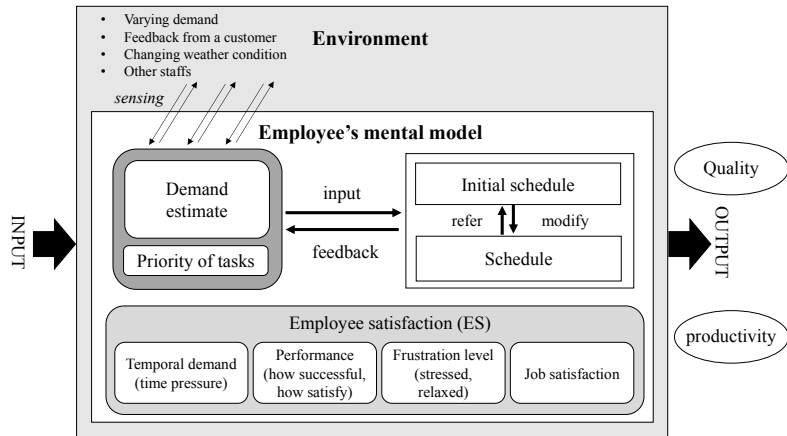


図 1. サービスシステムにおけるメンタルモデル

### (2) ラボラトリー実験によるモデル検証

レストランサービスを模擬した三角錐ゲームを用いたラボラトリー実験を実施した. 注文の多少や環境変動, 顧客の反応など異なる条件下において, 料理に見立てた三角錐の注文を受けた際に, 料理人としてゲームをプレイするプレイヤーが注文状況にどのように適応し対応するのか, その際の ES および生産性, 生体情報の変化を分析した.

評価手法の開発では, 生体情報(心拍, NIRS 脳計測)と主観評価(ES 評価+その他主観評価)を統合した評価手法を構築し, 生産性や品質との関係を分析した. まず主観

評価のみで, 焦りや達成感などの被験者の状態を分析した. その結果をもとに, 客観評価として NIRS での評価計測を導入した予備実験を実施したが, 当初研究計画立案時の想定よりも大幅にシンプルなタスクデザインが必要であることが判明した. そこで, 生体データを用いた実験のうち NIRS を用いた実験では, 従来研究で対象としていた調理作業から, いくつかのシンプルな作業を抜粋・再構成しタスクデザインを実施した. それを受けて, (1)の従業員メンタルモデルをサブモデルとして反映させ, 全体モデルを拡張した. 注文に対する生産計画を構成する行動を簡素化するように分割し, タスクデザインを実施した. 基本的な傾向を分析することはできたが, 生産計画全体の傾向を把握するに至るよう評価手法を発展, 構築させる課題が残った.

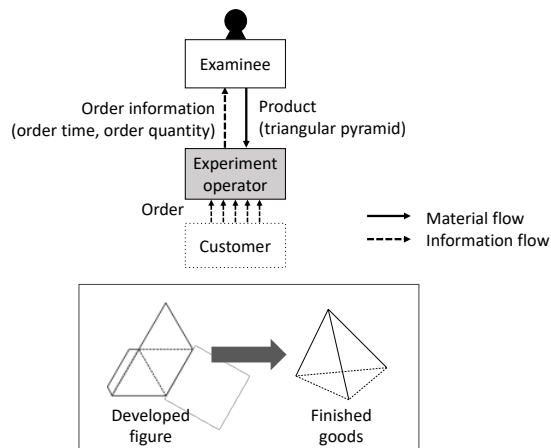


図 2. ラボラトリー実験ゲーム概要

### (3) 得られたモデルを用いたサービスシステムの設計(最適化・シミュレーション)

人の作業が多く介在する労働集約型のサービスシステムにおいて, 作業者が暗黙的に頭の中で計画する生産計画・スケジューリングに着目し, サービスシステムの設計を行った. サービス生産・提供プロセス内での生産計画と作業者の短期的な状態と満足の変化, および結果としての品質, 生産性, 満足(多指標)を評価し, 環境変動に対して人がどのように適応し対処するのか, 環境場のセンシングとそれに基づく作業計画の修正・更新を通じたサービスシステムとの相互作用を明らかにすることを目的に, 調理人の注文に対する料理の生産計画を例に, ロットまとめ問題としてモデル化した. 調理者が注文を受けて調理する際の生産計画(ロットまとめ問題)を対象とし, ラボラトリー実験から得られた典型的な被験者の振る舞いを目的関数としてモデル化した.

また, 別のアプローチとして, 労働集約的な人の手による調理工程に着目し調理レシピを作業指示書として捉え, 調理レシピのありようが料理の再現性や発展性に与える影響を分析した. 調理レシピにおける情報提示や作業指示の方法が, 調理者すなわち作業者の創意工夫や発想をどのように促すのか, ES や人の状態に影響を与えるのかを分析した.

(1)から(3)の結果は, 実現場のマネージャ・経営者らと議論し, 実現場適用と汎用化に向けた課題整理を行った. 学会等での発表を通じて各モジュールの精度向上を図り, 研究を総括した. 課題整理までで実適用に至らなかったため, 引き続き研究を継続して実施している.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tomomi Nonaka, Terumi Nobutomo, Hajime Mizuyama	4. 巻 535
2. 論文標題 A Model of Dynamic Scheduling of Restaurant Operations Considering the Order and Timing of Serving Dishes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems	6. 最初と最後の頁 336-341
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-319-99704-9_41">https://doi.org/10.1007/978-3-319-99704-9_41</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 野中朋美
2. 発表標題 過去・現在の料理レシピデータ分析からみる調理の発展性・変異性への寄与
3. 学会等名 人工知能学会全国大会（企画セッション）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野中朋美, 鎌谷かおる, 藤井信忠
2. 発表標題 江戸の料理レシピを用いたシステムエンジニアリング分析による自動調理・AI 活用の一考察
3. 学会等名 和食文化学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野中朋美, 鎌谷かおる, 藤井信忠
2. 発表標題 作業指示書としての調理レシピを対象としたシステムエンジニアリング分析
3. 学会等名 システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野中朋美, 藤井信忠, 新村猛
2. 発表標題 レストランサービスを模擬した三角錐ゲームを用いた分析 -サービスロボットの生産性に関する一考察-
3. 学会等名 人工知能学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomomi Nonaka, Shimmura Takeshi, Nobutada Fujii, and Hajime Mizuyama
2. 発表標題 A production planning game: employee training to flexibly adapt to environmental changes in service systems
3. 学会等名 Council of Engineering Systems Universities(CESUN)2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomomi Nonaka, Terumi Nobutomo, Hajime Mizuyama
2. 発表標題 A Model of Dynamic Scheduling of Restaurant Operations Considering the Order and Timing of Serving Dishes
3. 学会等名 IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems, APMS 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomomi Nonaka, Terumi Nobutomo, Hajime Mizuyama
2. 発表標題 A Simulation Model for Scheduling of Restaurant Operations Considering the Order and Timing of Serving Dishes
3. 学会等名 International Conference on Serviceology(ICServ2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野中朋美, 藤井信忠, 新村猛, 新井健治, 水山元
2. 発表標題 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
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2018 (SSI2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野中朋美, 藤井信忠, 新村猛, 新井健治, 水山元
2. 発表標題 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
3. 学会等名 日本機械学会生産システム部門研究発表講演会2017
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Takeshi Shimmura, Tomomi Nonaka, Satomi Kunieda (Eds.)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 190
3. 書名 Service Engineering for Gastronomic Sciences	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	藤井 信忠  (Fujii Nobutada)  (80332758)	神戸大学・システム情報学研究科・准教授   (14501)	