

最適設計ループによるサービス工学研究とその展開

三輪 洋靖

日本のサービス産業は労働生産性が低いことが課題となっており、持続的なサービスの提供には労働生産性の向上が不可欠である。そこで、本稿では、サービス現場で行われる対人サービスに焦点を絞り、工学的、科学的アプローチによってサービス生産性の向上を目指す最適設計ループについて、介護サービスでの研究事例や今後のサービス工学における展開を交えつつ解説する。

キーワード：サービス工学、最適設計ループ、介護サービス、従業員、顧客、現場起点

1. はじめに

サービス産業は日本のGDP、雇用の7割を占める産業であるが、労働生産性が低いことが大きな課題となっている。その要因としては、中小企業の比率が高く、大規模化や標準化、効率化が行われていなかったことや、少子高齢化による人口構造の変化、製造業と比べて科学的、工学的な研究対象とはなっていないことが考えられる。また、将来的な労働人口の減少による人手不足も見込まれ、持続的なサービスの提供には労働生産性の向上が不可欠といえる。そこで、筆者らは、顧客接点があり地域密着型で中小事業者が多い、介護や小売り、飲食、観光、宿泊、美容といった対人サービスに焦点を絞り、工学的、科学的アプローチによって、サービスの品質や付加価値の向上とコスト削減の両立によるサービス生産性の向上を目指してきた。

これらのサービス業は、従業員や顧客といった人間を中心に、サービス現場で行われる対人サービスが特徴となっている。そこで、サービスを提供する事業者と連携し、サービスの起点となるサービス現場を実証フィールドとして、実サービスの中で研究を行う最適設計ループを考える [1]。最適設計ループは図1に示す、観測、分析、設計、適用の循環で構成される。最適設計ループでは、各種センサやIoTなどを用いたサービス現場の計測を通してサービスの状態を「観測」し、評価指標や計算モデルを構築するために、得られたデータを統計手法やAIなどを用いて「分析」する。そして、

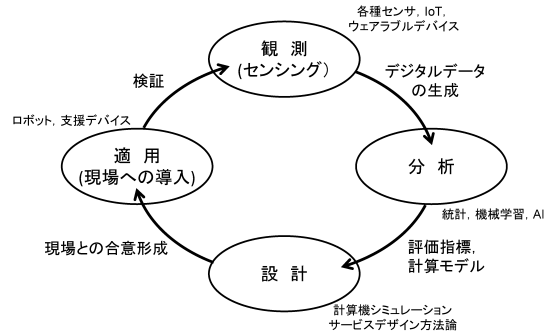


図1 最適設計ループ

計算機シミュレーションやサービスデザインなどを活用して新しいサービスを「設計」し、現場との合意形成を経て、それをサービス現場に「適用」する。さらに、新しいサービスの状態についても同様のループを繰り返すことで、効果の検証やサービスの持続的な改善を行っていく。筆者らはこの最適設計ループに基づいて研究を進めることで、実サービスと研究が結びつき、現場の経験と勘だけではなく、科学的なデータに基づいたサービスの社会実装を進めることができると考えている。本稿では、筆者が関わってきた介護サービスでの研究事例の紹介や、今後のサービス工学における展開を交えつつ、最適設計ループによるサービス工学について解説する。

2. 介護サービスにおけるサービス工学研究

現場起点のサービスで最適設計ループに基づいた研究事例として、筆者らが行ってきた研究を中心に、介護サービスにおける事例を以下に紹介する。

2.1 介護サービスにおける課題と背景

日本では人口における65歳以上の高齢者の割合を示す高齢化率が年々上昇しており、2021年には28.9%

みわ ひろやす

(国研)産業技術総合研究所人間拡張研究センター
〒277-0882 千葉県柏市柏の葉6-2-3 東京大学柏IIキャンパス内産業技術総合研究所柏センター
h.miwa@aist.go.jp

に達している [2]. 世界各国で高齢化が進む中, 日本の高齢化率は先進国の中でも最も高い. 今後もこの傾向は続き, 2065 年には 38.4% に達するという報告もある [3]. 高齢者サービスの一つである介護サービスでは, 一般に, 介護士や看護師, 介護支援専門員といった専門的な知識, スキルをもった複数の従業員が連携し, 顧客のニーズや身体状態に基づいて作成された介護計画に沿ってサービスを提供している. 今後, 需要の増加に対して, 労働人口は減少が見込まれ, 2025 年には 22 万人, 2040 年には 65 万人の介護人材が不足すると報告されており [4], 持続的にサービスを提供するには, 人材不足の解消が大きな社会課題となっている. これに対し, 介護人材の負担を抑えつつ, 現状のサービス規模を維持する方法として, 介護支援技術の活用やプロセスの見直しによる生産性の向上が期待されている.

すでに, 多くの企業や研究機関で介護者, 被介護者(高齢者)を支援する介護支援技術の開発や活用は進んでおり, 移乗介助や移動, 見守り, コミュニケーションを支援するロボットや機器が開発, 販売されている [5]. しかし, その導入と普及は進んでおらず, 見守り機器を除くと介護ロボットの導入率は 10% 以下であった [6]. その要因として, 技術導入のコストの高さが大きい, ニーズやサービスプロセスと技術の不整合, 技術に対する利用意向や受容性の低さなどの要因も考えられている. 本節では, これらの課題に対して, 最適設計ルールに沿って研究事例を紹介していく.

2.2 サービスプロセスの計測

サービス現場の理解を深めるためには, 従業員や顧客の状態の観察や分析が重要となる. 介護サービスの場合, 介護士や看護師といった介護スタッフが, いつ, どこで, 誰に, どんな業務を行っているかが一連のプロセス(以下, 介護プロセス)として計測されている. 具体的には, タイムスタディは行動計測に基づく介護プロセスの計測手法としても用いられ, 観測者が対象者となる介護スタッフに同行し, 目視で対象者の行動を観察することで, 介護スタッフの行動や場所, 時間といった一連の業務を記録していく. タイムスタディの特徴は, 計測環境や対象者に対して, 計測のための追加機器の設置, 装着が不要であること, 計測者が文脈や状況を踏まえて行動の判別を行うことで, 高精度, かつ, 詳細な計測を行えることである. しかし, 計測規模に比例して多くの人手を必要とするため, 大規模な計測は苦手としている. タイムスタディを効率的に実施するために, 介護スタッフの行動や計測場所の定義を事

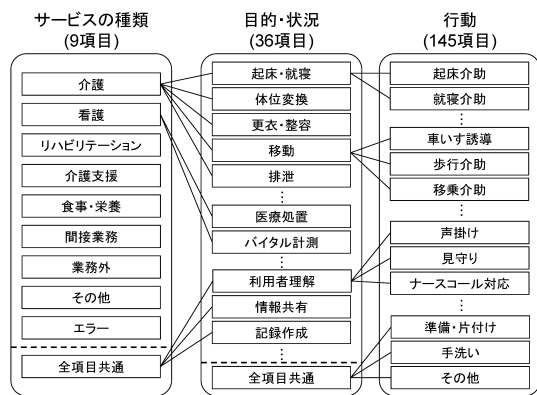


図2 介護施設従業員用の行動分類コード(文献 [7] より抜粋)

前に行っておくことが重要となる. そこで, 筆者らは介護スタッフに対する行動観察やヒヤリング, 文献調査に基づき, 145 種類の行動を抽出し, 図2のようにそれを3階層に分類した行動分類コードを構築している [7]. さらに, 従来は計測記録をノートなどに手書きで記録することが多かったが, スマートフォンおよびタブレット用の計測支援アプリ Quality Study [5, 8] を開発し, 計測およびデータ処理の効率化を実現している.

一方, 大規模な計測を行う方法としては, 屋内測位技術を使用した計測が挙げられる. 屋内測位技術とは, 建物内における計測対象者の位置を計測する手法である. Bluetooth ビーコンや RFID などの既知の場所を示す発信器から出力される信号の情報や強度とスマートフォンなどの計測対象者が携帯する受信機の組み合わせで位置を推定する方法のほか, 人工マーカや自然特徴点を計測対象者が携帯するカメラで認識する方法, 自蔵センサや慣性航法を用いた方法がある [9]. それぞれの手法ごとに, 得意とする計測範囲や精度が異なっており, 位置に加えて体の向きや姿勢を計測できるものもある. そのため, 計測環境や目的に合わせて技術を選択する. また, 複数種類の技術を組み合わせることで, 計測精度を向上させる場合もある. 屋内測位の特徴は, 計測者の介入が不要であるため, タイムスタディでは観察が困難な場所や状況でも計測ができ, 施設全体の介護プロセスを理解しやすいことである. 一方, 屋内測位だけでは介護スタッフの位置や向きはかわからず, 行動の判別まではできない. 将来的には, タイムスタディと屋内測位技術の長所を合わせたような技術開発が期待される.

ほかにも, 介護プロセスを把握する方法として, サ-

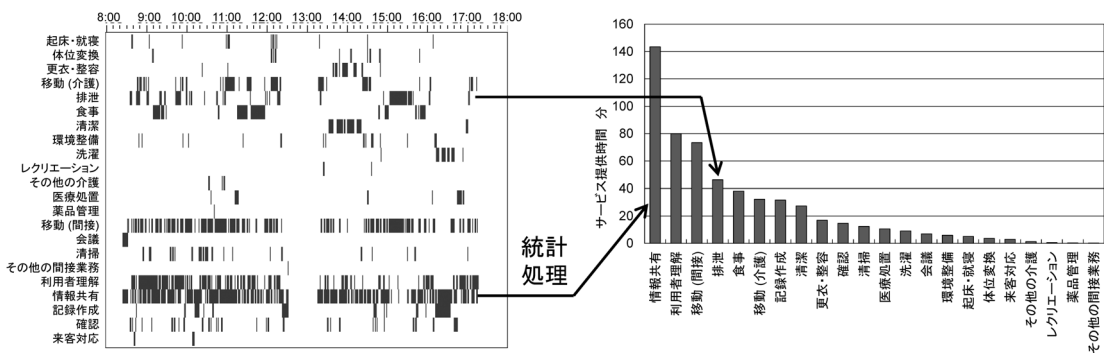


図3 タイムスタディ計測による介護プロセスの可視化 (文献 [7] を参考に著者が修正)

ビス利用者である施設入居者からのリクエストやアラート情報であるナースコールログも活用できる。本来、ナースコールは施設入居者が介護スタッフを呼ぶためのものであるが、これを施設に常設されたセンサの一種と捉え、ナースコールが発生した時間や場所、介護スタッフが対応してナースコールが解除された時間を収集する。ナースコールは緊急度が高い情報を含むため、介護スタッフからは通常業務を中断して対応する割り込み業務となる場合が多く、介護プロセスの理解に役立つ。

さらに、介護スタッフや入居者に対するヒヤリングやアンケート、ワークショップを通して、現場に関する気付きや情報など、センサでは計測しにくい情報を引き出すことができる。また、入居者に提供されたサービスの内容や入居者の健康状態、サービスを通じた気付きなど、さまざまな情報が記録された介護記録も、顧客接点や介護プロセス、サービス品質を理解するために有効である。ただし、個人情報保護の観点からはサービス提供者以外が介護記録を利用することは容易ではなく、本人同意や適切な情報管理が必要となる。

2.3 計測データの分析・可視化

現場から計測データを得られたら、統計手法や機械学習、AIなどを用い、サービス現場の評価やシミュレーションのための指標や計算モデルの構築など、さまざまな分析および可視化を行い、計測データに基づく現場の理解を深めていく。介護サービスの場合、介護スタッフに対するタイムスタディで計測したデータについては、図3のように可視化することで、介護スタッフの行動の時系列変化を把握できる。そして、行動ごとに要した時間を統計処理することで、介護スタッフがどの業務にどれだけの時間を費やしているかを、個人単位やシフト単位、施設単位で把握することができ、介護プロセスとして一連の業務の流れを記述すること

が可能となる [7, 10]。また、介護スタッフの行動を直接業務と間接業務に分類し、それぞれの業務時間を計算することで顧客接点の時間を客観的に評価したり、サービスを一連のプロセスとして分析することで業務の手順や段取りを可視化できる。さらに、屋内測位技術によって介護スタッフの動きを計測した場合、タイムスタディよりも高精度に位置情報を得られることを活かし、介護スタッフが施設内でどのように移動していたかを軌跡や動画で可視化したり、施設を一定間隔のグリッドに区切り、介護スタッフの滞在時間をヒートマップで可視化したり、軌跡から移動距離を算出することができる [10]。

一般に、介護スタッフはそれぞれ専門性をもっており、その専門を活かした本来業務に従事することが望ましい。これらの分析により、介護スタッフに対して、適正な業務内容や業務量が割り当てられているか、入居者に対して適切な介護サービスを提供できていたかなどを評価できる。

ほかにも、ナースコールログの分析事例として、著者らは15箇所の介護施設における7ヶ月間分のナースコールログを取得し、コール数の施設間、月次間、時間帯間の比較を行い、ナースコールの回数変動する要因について分析している。また、各居室より時間帯ごとにナースコールの回数を集計し、主成分分析を適用することで、施設入居者のナースコール呼出には、4種類のパターンがあることを明らかにしている [11]。

このような分析は、介護サービスの改善だけでなく、新しい介護機器や介護支援技術の導入、介護プロセスへの介入を行った場合に、その前後で行った計測データを比較することで、技術導入やプロセス改善の効果を客観的に評価することに用いられる。

2.4 サービスの設計・適用

新しい技術の開発や導入、プロセスの見直しなど、新

しいサービスを構築するためには、サービス現場で計測したデータの分析結果に基づいてサービスをデザインし、現場に適用していく。介護サービスで介護支援技術を導入する場合、現場で計測した介護プロセスから、省力化、自動化したい業務を抽出することで、支援技術の仕様が明確になる。さらに、単純に従来業務を置き換えるのではなく、設計段階から支援技術の利用を含めた新しい介護プロセスを設計し、そこに支援技術を埋め込んでいく。ここで、介護サービスのように複雑なサービスにおいては、現場参加型デザインのように、支援技術の利用者となる介護スタッフなどが開発やプロセスの設計に参加するようなデザイン手法が有効と考える。

現場参加型デザインを用いて設計した研究事例としては、申し送り業務支援システムの開発がある [12]。本研究では、介護施設でのタイムスタディや現場調査によって、介護記録の作成、確認業務に全業務の 20% の時間を費やしており、特に申し送りには紙媒体のノートが使用されていることに着目した。そこで、申し送り業務の実態調査、介護スタッフへのインタビュー調査、プロトタイプシステムによる評価実験、想定されるサービス現場での利用方法の調査を繰り返しながら、申し送り業務を効率化する支援システムを開発した。システム開発において、介護スタッフが参加したことで、利用場面についても想定でき、より詳細な現場情報に基づいたシステムとなった。本システムは、連携先の介護施設に導入され、改良を繰り返しながら、継続して運用されている。

また、新しい技術やサービスを現場に適用するには、そのサービス現場の従業員、顧客の理解や受容性について考慮することが望ましい。たとえば、筆者らは、新しい介護支援技術に対する受容性として、自身に介護が必要となった場合に介護士が利用してもよい介護支援技術について、アクティブシニア、家族間介護者、介護士を対象としたオンライン調査を行っているが、日本では 20% を越えるアクティブシニアが、介護支援テクノロジーの利用を受け入れなかった [13]。また、伊藤らは 40~79 歳の男女に対する入浴、着替え、排泄、移動、食事の介助における介助支援テクノロジーの利用意向に関するオンライン調査を行い、性別、教育歴、世帯収入、SNS の利用、介護が必要になったときの介護施設での生活の意欲が、介護支援技術の受容性と関係があることを報告している [14]。

設計段階から従業員や顧客が関わりをもつことで、新しい技術やサービスに対する理解や受容性を高める

ことが期待でき、それによって、導入に対する障壁は低下し、円滑な導入と運用が行えると考える。

3. これからのサービス工学の展開

現場起点のサービスにおける生産性向上に向け、最適設計ループに基づくサービスの構築について解説してきたが、持続可能なサービスの設計を考えるうえでは、最適設計ループ以外にも考慮すべき視点がある。その一つがサービスにおけるステークホルダとなる企業（経営層）、従業員、顧客の関係性についてである。サービスプロフィットチェーン [15] に基づくと、適切な給与や成長できる環境が提供されることにより、従業員満足度が向上し、生産性の向上、質の高いサービスの提供が行われる。それが、顧客の満足度、ロイヤリティを高め、利益をもたらす。従業員への投資へと一方向に循環していく。一方、価値共創の視点では、企業と従業員、従業員と顧客、顧客と企業のそれぞれの間における双方向の関係性によって、お互いの価値の向上が生み出される。今後は、このようなさまざまな視点からサービスにアプローチすることが大切と考える。さらに、技術面においても、現場を計測するセンサや付加価値を向上させるテクノロジー、新たな顧客の経験価値を創出するデザイン手法、テレワーク、メタバースといった時間や空間の制約を超えたサービスの提供など、革新的な技術や方法論が登場しており、サービス分野でも活用が期待されている。

これらを総合して考えると、これからのサービス工学では、今まで以上にサービス現場との連携が求められ、サービス現場に埋め込まれたセンサや IoT、IT、アンケートなどを通じて得られたデータに基づき、ステークホルダである企業、従業員、顧客に加え、より広く社会に関するモデルや評価指標を構築していくことになる。そして、得られたモデルや指標を通じて、サービスシステムの法則や知識を得るとともに、新たなサービスモデルや介入手法が設計され、サービス現場へとフィードバックされる。最終的には、このループの循環が、サービスの生産性を高め、持続的なサービスに繋がると考える。

4. まとめ

本稿では、サービス現場で行われる対人サービスに焦点を絞り、工学的、科学的アプローチによってサービス生産性の向上を目指す方法論の一つである最適設計ループについて解説した。最適設計ループでは、サービスを提供する事業者と連携し、サービスの起点とな

るサービス現場で、観測、分析、設計、適用のループを循環させることで、新しい技術やサービスを生み出しており、本稿では介護サービスにおける研究事例を紹介した。さらに、サービスプロフィットチェーンや価値共創といった複数の視点、新しい技術やデザイン手法を考慮した今後のサービス工学の展開を述べた。

参考文献

- [1] 持丸正明, “本格研究による人起点のサービス工学基盤技術開発事業の概要,” 電子情報通信学会技術研究報告, **111**, pp. 1-6, 2011.
- [2] 内閣府, 令和3年版高齢社会白書, pp. 2-6, 2022.
- [3] 国立社会保障・人口問題研究所, 日本の将来推計人口(平成29年推計), 2019.
- [4] 厚生労働省, 「第8期介護保険事業計画に基づく介護人材の必要数について」, https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000207323_00005.html (2022年12月12日閲覧)
- [5] 三輪洋靖, “介護サービスにおける現場理解に基づくテクノロジーの活用に向けて,” 計測と制御, **59**, pp. 250-254, 2020.
- [6] 福祉医療機構, 「社会福祉法人経営動向調査」, https://www.wam.go.jp/hp/wp-content/uploads/sh_survey_201906.pdf (2022年12月12日閲覧)
- [7] 三輪洋靖, 渡辺健太郎, 福原知宏, 中島正人, 西村拓一, “介護プロセスの計測と記述,” 日本機械学会論文集, **81**, 14-00207, 2015.
- [8] H. Miwa, K. Watanabe, Y. Fukuhara, Y. Nagao and T. Nishimura, “Proposal of quality study for nursing-care service,” *Advances in the Human Side of Service Engineering*, L. Freund and W. Cellary (eds.), AHFE Conference, pp. 442-449, 2014.
- [9] 西尾信彦, 「図解よくわかる屋内測位と位置情報」, 日刊工業新聞社, 2018.
- [10] H. Miwa and K. Watanabe, “Toward service process improvement in nursing-care services: Application of behavior measurement,” *Serviceology for Services: IC-Serv 2020*, T. Takenaka, S. Han and C. Minami (eds.), Springer, pp. 253-265, 2020.
- [11] H. Miwa and T. Fukuhara, “Analysis of nurse calls for residents and workers condition understanding in nursing homes,” *Journal of Robotics and Mechatronics*, **24**, pp. 699-705, 2012.
- [12] 福原知宏, 中島正人, 三輪洋靖, 浜崎雅弘, 西村拓一, “サービス現場における申し送り業務支援システム—情報推薦による記録業務の効率化—”, 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション, **2012-HCI-149** (16), pp. 1-8, 2012.
- [13] H. Miwa, K. Watanabe and M. Niemelä, “Classification of care assistive technology based on the relationship between users and technologies,” *Journal of Robotics and Mechatronics*, **33**, pp. 858-867, 2021.
- [14] S. Itoh, H. Miwa, V. X. Wu, A. Okuyama, K. Watanabe, T. Ikeuchi and T. Wakui, “Acceptance of care technologies to support activities of daily living by middle-aged and older adults in Japan: A cross-sectional study,” *International Journal of Nursing Studies Advances*, **3**, Article 100042, 2021.
- [15] J. L. Heskett and W. E. Sasser, “The service profit chain,” *Handbook of Service Science*, P. Maglio, C. Kieliszewski and J. Spohrer (eds.), Springer, pp. 19-29, 2010.