

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月6日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22615011

研究課題名（和文） ヒューマンモデリングに基づく対話型サービスデザイン

研究課題名（英文） Interactive Service Design Based on Human Modeling

研究代表者

古田 一雄 (FURUTA KAZUO)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：50199436

研究成果の概要（和文）：ヒューマンモデルに基づいてサービスシステムの振舞いをシミュレーションし、結果を可視化することによって、現場の専門家に積極的にデザインに関与してもらう人間中心の対話型サービスデザイン手法を開発した。現場から知識を抽出するエスノグラフィックな分析手法と、サービス主体間の相互作用からサービスシステムの振舞いを経時的に再現するエージェントベースシミュレーションを組合せ、対話型サービスデザインプロセスとして確立した。提案手法を空港における航空旅客サービスに適用してその有効性、有用性を検証した。

研究成果の概要（英文）：We have developed a human-centered interactive service design method, where field experts actively participate in the design process by simulating behavior of the service system based on a human model and by visualizing simulation results. An interactive service design process has been established by combining ethnographical analysis, which is useful to extract field knowledge, and agent-based simulation, which can replicate chronological behavior of the service system from interactions among service agents. We demonstrated the effectiveness and the usefulness of the proposed method applying it to passenger service in an airport.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：時限

科研費の分科・細目：

キーワード：デザイン学

1. 研究開始当初の背景

近年、先進国を中心に産業構造のサービスへの傾倒が進展しており、サービスの生産性はこれらの国々の国際競争力を大きく左右するに至っている。そのような状況の中、サービスの科学的な分析、効率的マネジメント、

生産性を高めるための合理的設計手法を提供し、サービスに関する諸問題を科学的に解決して、サービスにおけるイノベーションを体系的に生み出すことを目的とするサービスサイエンスが提唱されている。他の産業と比較した場合、サービスは物理的実体がない無

形性、生産と消費の同時性、在庫が効かない消滅性、状況にその顧客価値が左右される異質性を特徴とし、さらに大概は人間による判断、行動に大きく依存している。そのようなサービスの特徴から、従来の製品デザインで培われた技術をそのまま適用することは難しく、新たな手法が必要とされている。

人間行動やその特性を工学設計に反映するための手法として、提案者らのグループはヒューマンモデリングの研究を長年行ってきた。ヒューマンモデリングとは、人々が人間行動について理解、予測する際に、人間行動のある重要な特徴を抽出して何らかの形式に表現する作業で、これにより人間行動について技術的に議論することが可能となる。こうしたヒューマンモデリングの研究成果は、人間行動に強く依存するサービスプロセスのモデル化と、サービスシステムの評価、設計にも有効であることが期待される。しかしながら、サービスにおいては、サービス提供者や顧客の暗黙知に頼る部分や、プロセスが状況に左右される程度がさらに大きい。そこで、単純にヒューマンモデリングに基づくシミュレーションを実行するだけでなく、関係者の暗黙知やサービスプロセスの状況依存性をうまく反映して、シミュレーションモデルを構築するための工夫がさらに必要と考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、ヒューマンモデルに基づいてサービスシステムの振舞いをシミュレーションし、さらにその結果を可視化することによって、現場の専門家に積極的にデザインに関与してもらい人間中心の対話型サービスデザイン手法を開発することを目的とする。サービスの実態に即して現場から行動規範を抽出するエスノグラフィックな分析手法と、ミクロなサービス主体間の相互作用からマクロなサービスシステムの振舞いを経時的に再現するエージェントベースシミュレーションを組合せ、対話型サービスデザインプロセスとして確立する。さらに、提案手法を空港における航空旅客サービスに適用してその有効性、有用性を検証する。

3. 研究の方法

(1) 対話型デザインプロセス

サービス提供者と顧客の経験知を抽出してサービスデザインに反映することが可能な、人間中心の対話型デザインプロセスを提案する。下図に示すように、当該プロセスは①サービスモデリング、②サービスシミュレーション、③サービスプランニングの3つのフェーズによって構成される。

① サービスモデリング

サービスモデリングでは、サービスの現場においてビデオによる撮影、録音、インタビューによるエスノグラフィックな現場観察を行い、サービスプロセスの実態を把握、分析し、関係者の暗黙知を抽出して、サービスプロセスのモデルを構築する。これによりサービスデザインにおいて重要な、サービスにおけるヒューマンファクターを考慮する。このフェーズでは、対象範囲の設定、サービスの把握、モデル要素の抽出、コミュニケーションなどの相互作用の記述の順で行う。モデルの構築過程において、暫定的なシミュレーションモデルを用いてシミュレーションを行い、その結果を可視化して関係者に見てもらい、得られたコメントに基づいて必要があればモデルを修正、拡張する。こうして関係者の暗黙知をモデル構築に反映する。

② サービスシミュレーション

サービスシミュレーションでは、上で構築したモデルに基づいてサービスシステム全体の挙動を再現するシミュレータを開発する。シミュレータにはシミュレーションの結果得られるさまざまな情報を提示することによって、設計者のみならず現場関係者がサービスシステムに潜在する問題を把握、共有しやすくするための可視化機能を実装する。本機能を使ってさまざまな部門の現場関係者に対してシミュレーション結果を提示することにより、問題解決に対する包括的な観点から解決策を引き出すことが期待でき、サービスデザインにおける意思決定に効果的である。

③ サービスプランニング

サービスプランニングでは、前フェーズで把握、共有した問題に対して、関係者から出された提案をくみ取りながらデザインプランを作成し、これに対するサービスシミュレーションを実施する。結果を再び各部門の関係者に提示して評価してもらい、その意見に基づいて徐々にデザインプランを改良する。このようなプロセスを経ることで、各部門におけるデザインの導入コストや潜在的な課題を踏まえた上での新たな提案を引き出すことができる。さらに、その提案を反映したプランを再提案し、最終的デザインに仕上げていく。

(2) 航空旅客サービスへの適用

空港における航空旅客サービスを適用対象に、上記デザインプロセスの有効性を検証する。民間航空会社の協力を得て空港（具体

的には羽田空港を予定している)における地上旅客サービスの現場に密着し、ビデオ録画、無線交信の録音、電子的に記録される旅客情報等を取得する。これらをプロトコルデータに書起した上で、サービスプロセスにおいて提供者や顧客が用いているサービス知およびプロセスが実行される状況を抽出し、記述する。特に、サービスは提供者と顧客との協調的価値創造プロセスという観点から、分散認知分析の手法を適用して相互作用分析を行う。さらに、さまざまな部署のサービス提供者へのインタビューを行い、抽出した知識が妥当なものであるかどうかを検討する。以上の分析結果に基づいて、空港内での乗客の移動や地上職員と乗客との相互作用など、航空旅客サービスのシミュレーションモデルを構築する。なお、現場観察と取得データの書起し、分析はマンパワーを要する作業であるために、大学院生に手伝ってもらう。連携研究者は人間の協調作業の分析、モデリングの専門家であり、サービスプロセスにおける関係者の相互作用のモデリングを担当する。

(3)シミュレーションシステムの開発

サービスシステムモデル化においては、エージェントベースアプローチを採用することで、抽出した現場の知識を効率的にモデル化する。このモデルに基づいて、サービスシステムの振舞いを予測、評価するためのシミュレーションシステムを開発する。開発には汎用のプログラミング言語 (Java を想定) と Windows PC 上の開発環境を用いる。特殊な計算機資源を必要としないようにすることによって、シミュレータをサービス現場に持込んでの出張デモを可能とする。

シミュレータには、グラフィカルインタフェースを用いて結果を可視化する機能を実装する。表現すべき結果には、エージェントの移動、内部状態、エージェント間のコミュニケーション、サービスプロセスの環境条件などが含まれる。シミュレーション結果を可視化して現場関係者に提示することによって、インタビューなどで聞き出せなかった重要事項を、現場関係者が感じる違和感として引き出せると期待している。そのような違和感を吸上げることにより、より現実的なシミュレーションができるようにモデルを改良する。また、現場では認識しにくい俯瞰的な視点からの問題の把握や、問題やその原因に対する部門を超えた共有にも、シミュレーション結果の可視化は有効であると考えられる。

(4)提案手法の検証

開発したシミュレーションシステムを用

いて、空港における地上旅客サービスの現状の条件におけるシミュレーションを実施し、サービスパフォーマンスの評価を行う。評価基準の設定、シミュレーション結果の解釈、現状における問題点の発見とその原因の把握などの作業は、現場関係者にシミュレーション結果を提示しながら対話的に実施する。さらに、発見された問題に対する解決としての代替案を考案し、これに対するシミュレーションを実施して評価する。評価結果を現状および複数の代替案の間で比較評価する。代替案に対するシミュレーション結果を再び現場関係者に提示し、評価指標に考慮されていない潜在的な問題がないかチェックし、問題がある場合にはそれを考慮して代替案を作り替える。これを新たな問題がなくなるまで繰り返す。

以上により、サービスプロセスにおけるヒューマンファクターを考慮し、現場実態や現場関係者の知識を反映できる人間中心のサービスデザイン手法の有効性、有用性を検証する。

4. 研究成果

(1)空港地表運用評価指標開発

空港地表面のサービス評価を行うために評価指標の開発およびサービス評価を行った。サービスモデルから管制官・運航管理者・航空機・乗客をステークホルダーとした。その中で運航管理者と航空機は航空会社の従事者であるため、両者をまとめステークホルダーを利用者・事業者・管制官とし、それぞれについて評価指標および評価基準の設定を行った。

①利用者評価指標

利用者に関するものとして定時性の指標を抽出した。評価指標として「所定からの遅延時間」を設定し、航空会社の協力を得て利用客のアンケート結果から評価基準を定めた。下表のように評価基準を設定し、合計点を評価スコアとした。

表 1 遅延時間の評価基準

国内線		国際線	
評点	評価基準	評点	評価基準
0 点	0～10 分	0 点	0～15 分
1	15～20 分	1	15～45 分
2	20 分以上	2	45 分以上

②事業者評価指標

つぎに、現役パイロットおよび元管制官の航空会社職員 4 名にインタビューを行い事業者としての評価指標を設定した。インタビュ

一によって評価指標として「地上走行所要時間」、「誘導路の形状」評価指標とした。前者については、出発時は出発から離陸まで、到着時は着陸から到着までの所要時間によって、表2に示す基準で評価した。後者については、評価対象とする時間帯の中で誤進入リスクのある誘導路の地点を通る航空機の機数で評価した。

表2 地上走行所要時間の評価基準

出発時		到着時	
評点	評価基準	評点	評価基準
0点	0～10分	0点	0～5分
1	10～20分	1	5～10分
2	20分以上	2	10分以上

③管制官評価指標

管制官に対するインタビューを元に管制官の評価基準を設定したところ、「管制合計所要時間」、「管制対象機の数による負荷」、「誘導路のバリエーション」を評価指標に設定した。そして、管制合計所要時間については管制対象である航空機の地上走行時間の合計で、管制対象機の数による負荷については表3の基準で付けた評点の時間積分で、誘導路のバリエーションについては異常事態に対応することが難しい誘導路の地点を通る航空機の機数で評価した。

表3 管制対象機の数による負荷の評価基準

評点	評価基準
0点	0～10機
1	11～20機
2	21機以上

(2) 拡張後完了後の評価結果予測

羽田空港においては2010年に再拡張事業により空港能力が強化されたため、拡張前は発着容量が年間35万回であったものを2014年度には発着回数を昼間時に年間40万回へ増加させる計画がされている。そこで、現行ダイヤ及び想定ダイヤに対してシミュレーションを行い、評価指標による評価を行った。北風時の評価結果を表4に示す。

この評価スコアは同一指標内で数値が大きいほどサービスとしては評価が低いため、このように想定ダイヤにおいては管制対象機の数に対する負荷の指標以外は全て増加していることからサービスが利用者・事業者・管制官全ての面から低下することが予想される。

表4 北風時ダイヤ別評価結果

指標	現行	想定
所定からの遅延時間	4	20
地上走行所要時間	43	59
誘導路形状	30	42
管制合計所要時間	38,819	53,118
管制対象機数負荷	0	0
誘導路	31	45

(3) 空港地表運用プラン提案・評価

空港地表運用プランの提案

今後予想される混雑およびそれによるサービス低下について、改善策となる空港地表運用プランを提案・評価した。プランを作成する上で、航空会社の協力のもと変更可能な要素を抽出した。その中で、離陸経路の変更、離陸間隔の短縮について検討を行った。

羽田空港再拡張後は出発・到着方面別使用する滑走路が分かれている方面別運用がされている。本研究では出発経路にできるだけ影響を与えない3プランを検討し、南紀白浜・徳島・南九州・沖縄、大阪・関西方面をC滑走路から離陸させるプランが優れていたため、採用した。

また、現行の羽田空港における離陸容量は北風のD滑走路で最大28回/時となっている。しかし、空港容量算定シミュレーションによると羽田空港における最大離陸可能数は32回/時であるため、本研究では離陸間隔を短縮し、この設定のシミュレーションも実行評価を行った。

(4) 改良プランの評価

専門家に提示するにあたり、離陸経路の変更・離陸間隔の変更・離陸経路および離陸間隔の変更の3つのプランを提案した。各プランのシミュレーションを行い可視化結果及び評価結果を提示した。

下図は北風時における変更を行わなかった場合と離陸経路の変更を行った場合の同時刻07:46における可視化結果である。

評価結果は本研究に馴染みのない専門家でも容易に判断できるように、各指標について順位付けすることで単純化したものを提示した。

専門家として現役パイロット及び管制官経験者である航空会社職員2名から意見を得た。先に想定ダイヤの混雑の可視化結果を提示し、想定ダイヤにおける混雑の認識や問題点を共有したのちに各地表運用プランの可視化結果および評価結果を提示し、意見を

ることで評価を行った。以下は専門家による意見である。

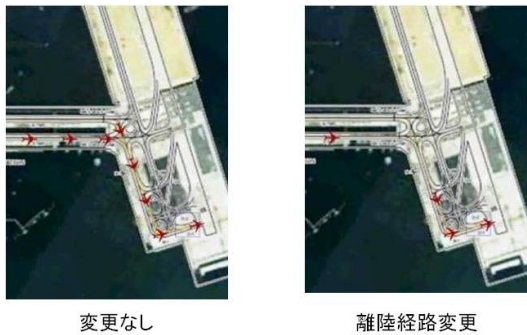


図1 提案プラン可視化結果

評価の結果、可視化結果および評価結果による提案で、実現可能性があるのは離陸経路の変更という結果となった。さらに、本研究は空港地表面を対象としているが、実際に離陸経路の変更を行う際には他の飛行経路との干渉を考慮する必要があるとの意見を得た。

(5) 結論

本研究により、エスノグラフィックな手法とエージェントベースシミュレーションを組合せた、人間中心の対話型サービスデザイン手法を開発した。提案手法を羽田空港拡張工事後の航空基地上運用に適用するため、空港地表面のサービス評価指標をインタビューや調査に基づいて開発した。開発した評価指標によって地表運用サービスの評価・比較を行うことができた。

拡張したシミュレーションおよび開発した評価指標を用いて空港の地表運用プランをデザインした。シミュレーションの可視化結果および評価結果を用いて専門家の評価を得たことにより、実現可能性の高いプランを提案し評価することができた。

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4件)

- ① Karikawa, D., Aoyama, H., Takahashi, M., Furuta, K., Wakabayashi, T., Kitamura, M., A visualization tool of en route air traffic control tasks for describing controller's proactive management of traffic situations, *Int. J. Cognition, Technology, and Work*, 15, 2, 2013, 207-218, DOI: 10.1007/s10111-

012-0222-y

- ② Inoue, S., Furuta, K., Nakata, K., Kanno, T., Aoyama, H., Brown, M., Cognitive process modelling of controllers in en route air traffic control, *Ergonomics*, 55, 4, 2012, 450-464, DOI: 10.1080/00140139.2011.647093
- ③ Soraji, Y., Furuta, K., Kanno, T., Aoyama, H., Inoue, S., Karikawa, D., Takahashi, M., Cognitive model of team cooperation in en-route air traffic control, *Int. J. Cognition, Technology, and Work*, 14, 2, 2012, 93-105, DOI: 10.1007/s10111-010-0168-x
- ④ Nonose, K., Kanno, T., Furuta, K., A team cognition model derived from an analysis of reflection about cooperation, *Int. J. Cognition, Technology, and Work*, 14, 1, 2012, 83-92, DOI: 10.1007/s10111-011-0179-2

[学会発表] (計6件)

- ① Furuta, K., Design of Ground Aircraft Operation Plan at Haneda International Airport by Simulation, 30th European Assoc. for Aviation Psychology (EAAP) Conf., 2012/09/28, Villasimius, Italy
- ② Furuta, K., Simulation of Team Cognitive Processes in En-Route Air Traffic Control Based on Mutual Belief Model, 30th JSST Annual Conf., 2011/10/22, Tokyo
- ③ 兼子貴憲, シミュレーションを用いた羽田空港地表運用の評価, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2011, 2011/9/15, 仙台
- ④ Furuta, K., Performance Indicators for Operations Management in an Airline, Service Research and Innovation Institute Global Conf. 2011/3/31, San Jose, USA
- ⑤ Furuta, K., Development of Service Performance Indicators for Operations Management in Airline, *Int. Symp. Innovating Service Systems*, 2010/11/18, Tokyo
- ⑥ 古田一雄, 羽田空港面全域を対象とした航空機地上運用のシミュレーション, 第29回シミュレーション学会大会, 2010/6/19, 米沢

[図書] (計1件)

- ① Furuta, K., Ohno, K., Kanno, T., Inoue, S., Simulation of Team Cooperation

Processes In En-Route Air Traffic Control, Advances in Air Navigation Services, InTech, ISBN 979-953-307-795-5, 2012, 69-86, DOI: 10.5772/48548

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古田 一雄 (FURUTA KAZUO)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：50199436

(2) 連携研究者

菅野 太郎 (KANNŌ TARO)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：60436524