

動的なセルフサービス技術
受容モデルに関する研究

筑波大学審査学位論文（博士）

2019

上田 圭一

筑波大学大学院
ビジネス科学研究科 企業科学専攻

概要

本研究はセルフサービス技術を活用したサービスオペレーション品質の維持向上を実現する科学的アプローチを検証した。少子高齢社会が進む中、経済交流の活発化に伴い世界規模でのサービス産業の発展が著しい。厳しい競争環境下でサービス現場のマネジメントは品質向上とコスト抑制の両立という難しい課題を抱えている。ITを活用した小売業のセルフチェックアウトや多機能キオスク、ホスピタリティ産業等におけるセルフサービス技術の拡充に見られる様に、消費者の多様なニーズへの対処と社会が直面するサービスの担い手不足への処方箋として、セルフサービス技術の活用が進んでいる。提供サービスが高度化・複雑化する中で、実際のサービス現場ではサービス品質低下への懸念やその定量把握の難しさから、試行錯誤によるサービスオペレーションの人と技術のベストミックスの探索は簡単ではない。これらを踏まえ、空港口ビーを対象に時間経過や状況変化を考慮した実際のサービスオペレーションを再現可能なモデル構築し、ベストプラクティスの探索を試みた。イノベーション採用とテクノロジー受容に必要な要因を整理し、エージェントベースモデルを用いて、周辺状況を認知するエージェントが自律的にサービスを選択するメカニズムを組み込んだ動的な実装モデルを構築した。航空会社システムの抽出データや実際の空港口ビーを写像し、探索したパラメータ最適値でシミュレーション実験を行い、異なる条件や状況でも集団の行動結果が観測データに近似することを確認した。更に、サービスオペレーションにおける個人を取り巻く周辺状況の現実近似を検証し、当該モデルの妥当性を補強した。当該モデルを用いて、シナリオ分析による実務的な問題への対処とモデルを協調ゲームに拡張した上でサービスオペレーションの戦略立案を試みた。シナリオ分析とゲーミングの実験結果から、コスト抑制とサービス品質のバランスが取れた生産財配置の検討や目標設定も可能であること、戦略立案に有効な手がかりが得られることが明らかになった。本研究は、空港口ビーを取り巻く様々な観測値や知見を取り込むことで、定量的に評価することが困難なサービスオペレーションの分析モデルを進化させ、実務的な問題への対処が可能であることを例示した。

目次

第 1 章	序論	1
1.1	背景	1
1.2	研究の目的	5
1.3	構成	6
第 2 章	関連研究	8
2.1	イノベーション普及研究	8
2.2	サービスマーケティングにおけるセルフサービス技術研究の系譜	11
2.3	エージェントベースモデル	14
2.4	ゲーミング研究	17
2.5	本研究の位置づけ	19
2.6	本章のまとめ	22
第 3 章	空港口ビーのサービスオペレーション動的再現モデルの構築	23
3.1	対象とする領域と利用データ, 前提条件	23
3.2	セルフサービス技術受容モデル	26
3.3	提案モデルの現実近似	32
3.4	本章のまとめと課題	49
第 4 章	サービスオペレーション動的再現モデルの検証方法	51
4.1	旅客データ分析と旅客タイプの分類	51
4.2	提案モデルの微修正と検証対象の絞り込み	53
4.3	提案モデルの現実近似の検証	54
4.4	本章のまとめ	58

第 5 章	提案モデルのサービスオペレーションの実務への適用	60
5.1	シナリオ分析から得る知見	61
5.2	ゲーミング枠組みから得る知見	67
5.3	本章のまとめと課題	78
第 6 章	結論	81
6.1	本論のまとめ	81
6.2	制限事項	84
6.3	今後に向けて	85
付録 A	実験空間の主要構成・パラメータ値および現実社会の観測値	87
A.1	実験空間の搭乗手続きオプション	87
A.2	実験空間の固定パラメータの設定値	87
A.3	現実社会の観測値	88
付録 B	現実社会の写像：旅客特性分析	89
B.1	自動機利用是非の影響因子分析	89
B.2	旅客特性のカテゴリ分け	90
付録 C	旅客データのセグメント化	91
付録 D	Programme code	93
謝辞		102
参考文献		103

目次

1.1	日本の年齢3区分別人口規模および構成の推移 (出典) 2015年まで:総務省「国勢調査」, 推計(年10月1日現在), 2016年以降: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4月出生中位・死亡中位推計)」	2
1.2	主要国の産業人口の推移	3
1.3	日本国の人口ピラミッド	5
2.1	Rogers(1983) Variable Determining Rate of Adoption	9
2.2	Davis, Bagozzi (2002) An attitudinal model of technology-based self-service: moderating effects of consumer traits and situational factors	13
3.1	実験空間の生産財と機能	24
3.2	旅客データ概要	25
3.3	再現モデル概念図	27
3.4	SST adoption model (2014) 意思決定メカニズム概念図	28
3.5	ファジールールの合成 (1)	31
3.6	再現モデルのプロトタイプ “mini-model”	32
3.7	抵抗感低減モデル	36
3.8	ファジールールの合成 (2)	39
3.9	モデル拡張と実験結果の推移	44
3.10	Dabholkar(2002) の概念を反映した拡張モデル	46
3.11	SST adoption model (2017) 意思決定メカニズム概念図	47
4.1	36区分化された旅客の自動機利用率	52

4.2	実験空間の複雑性の写像度合いの検証（概念図）	55
4.3	提案モデルの検証方法	57
5.1	シナリオ実験結果	64
5.2	多頻度自動機ユーザーと自動機利用率	66
5.3	協調ゲームのコアメカニク	68
5.4	ゲーム画面とコントロールパネル	69
5.5	旅客エージェント出現状況	73
5.6	Lobby-A オペレーションプロセス	74
5.7	Lobby-B オペレーションプロセス	74
5.8	コンピュータシミュレーション結果：“angry” 旅客数 * ¹	76
5.9	CC 稼働数が 3 の場合のシミュレーション結果	77
5.10	CC 稼働数が 2 の場合のシミュレーション結果	77
6.1	分析モデルの進化：データ～実装モデル	82
6.2	分析モデルの進化：データ～実装モデル～ゲーミング	85
B.1	旅客特性の 4 象限	90

表目次

2.1	Rand and Rust(2011)When is agent-based modeling appropriate? . . .	15
2.2	先行研究と本研究の位置づけ	19
2.3	関連研究の検討内容と本研究の対比	20
2.4	本研究における ABM 採用適用要素	21
3.1	旅客の行動様式と旅客係員への反応	26
3.2	Fuzzy Rules(1)	29
3.3	シミュレーション結果 (1)	35
3.4	Fuzzy Rules(2)	37
3.5	変数「抵抗感 (<i>hesit</i>)」と変数「自動機利用の動機付け (<i>M</i>)」の算出に用 いる諸変数	40
3.6	シミュレーション結果 (2)	43
3.7	シミュレーション結果 (3)	48
4.1	自動機利用意向に関する旅客カテゴリーと自動機利用確率	52
4.2	実験空間の現実近似検証の変数	56
4.3	ロジスティック回帰分析結果	58
5.1	シナリオ実験の結果	63
5.2	シナリオの総合評価	65
5.3	ゲームで設定したロビー毎の生産財と適用データ	70
5.4	ゲーミング実験結果: “angry” 旅客数	72
A.1	搭乗手続きオプション	87
A.2	固定パラメータび設定値	87

A.3	現実社会の観測値	88
B.1	自動機利用是非の影響因子の重回帰分析	89
C.1	最新自動機利用履歴, 搭乗頻度変数のクラス化	91
C.2	Distribution of trait toward SST of all passenger	92
C.3	Composition ratio of passenger trait toward SST use	92
C.4	Distribution of SST usage rate	92

第 1 章

序論

本章では、研究の背景とその対象となる航空業界の昨今の状況を概観した上で、研究の目的と本論の構成を説明する。1.1 では、サービス経済の進展を簡単に俯瞰し、サービス産業の近年の環境変化について述べる。1.2 では、航空会社にとって空港口ビーの効率的な運営に不可欠な構成物であるセルフサービス機器について説明し、本研究の目的や意義について述べる。1.3 では、本研究の構成について説明する。

1.1 背景

1.1.1 サービス経済の進展と少子高齢化社会：サービスの担い手不足の懸念

長期的に我が国の人口は減少し、少子高齢化が急速に進むことが予測されている。図 1.1 は、2060 年までの年齢三区分別人口を示している（[総務 17]）。労働力人口（働く意思のある 15 歳以上の人口）は 1998(平成 10) 年を境に既に減少に転じており、今後も減少し続けることが予測されている。その結果、人口に占める高齢者人口の比率が高まり、高齢者 1 人当たりの生産年齢人口（15～64 歳人口）は、2015 年現在で 2.3 人、2023 年には 2 人、2065 年には 1.3 人となるものと推計され、年金・医療・介護などの社会保障負担の増大が懸念される（[国立]）。2012 年にはかつて日本の経済成長を支え、社会の様々な側面に大きな影響を与えてきた団塊の世代が 65 歳を迎えている。この世代の労働市場からの退出は、人口構造から見た我が国の社会に大きくかつ幅広い影響を与えるものと考えられる。日常生活における「安心」「安全」「快適」の質的向上を目的として、人手不足を補うロボット技術の進歩もめざましいものがある一方で（[細田 06]）、単純労働者の担い手不足は様々な局面で顕著になっており、外国人労働者の受け入れに関しても議論が行われてい

る ([井田 05])。更にこの問題を深刻にしているのは、日本の人口減少期は、首都圏の高齢化と地方の過疎化に加え、未婚者割合の上昇や高齢単独世代の増加などの家族・世帯構造の転換も包含した複合的な課題が同時進行していることである ([石井 18])。労働人口の長期的な減退に対する諸課題は様々で複雑な社会問題をはらんでおり、これからの新たな経済成長に向けた取組が不可欠である ([総務])。

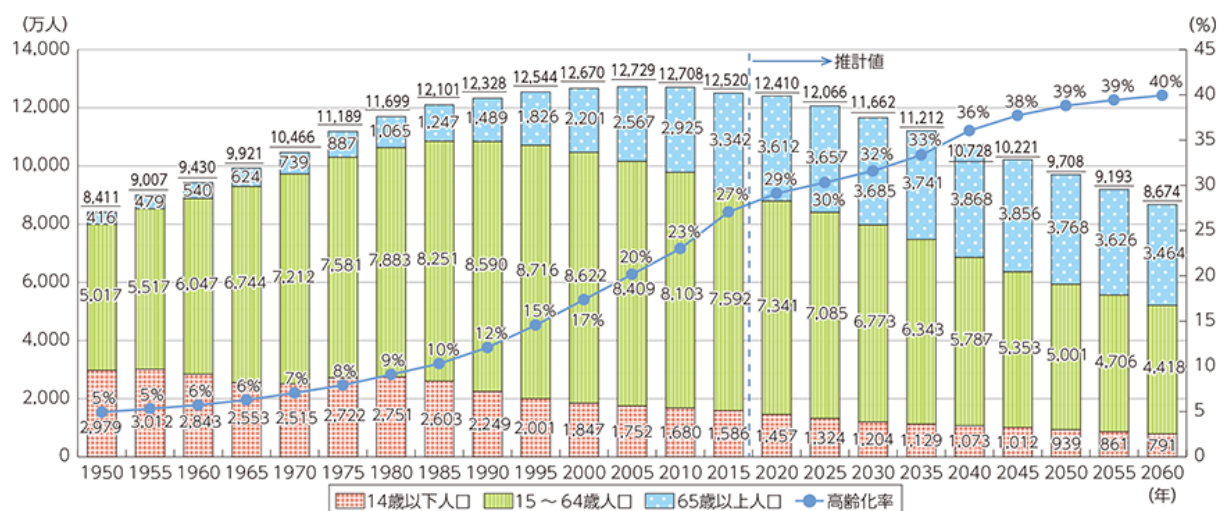
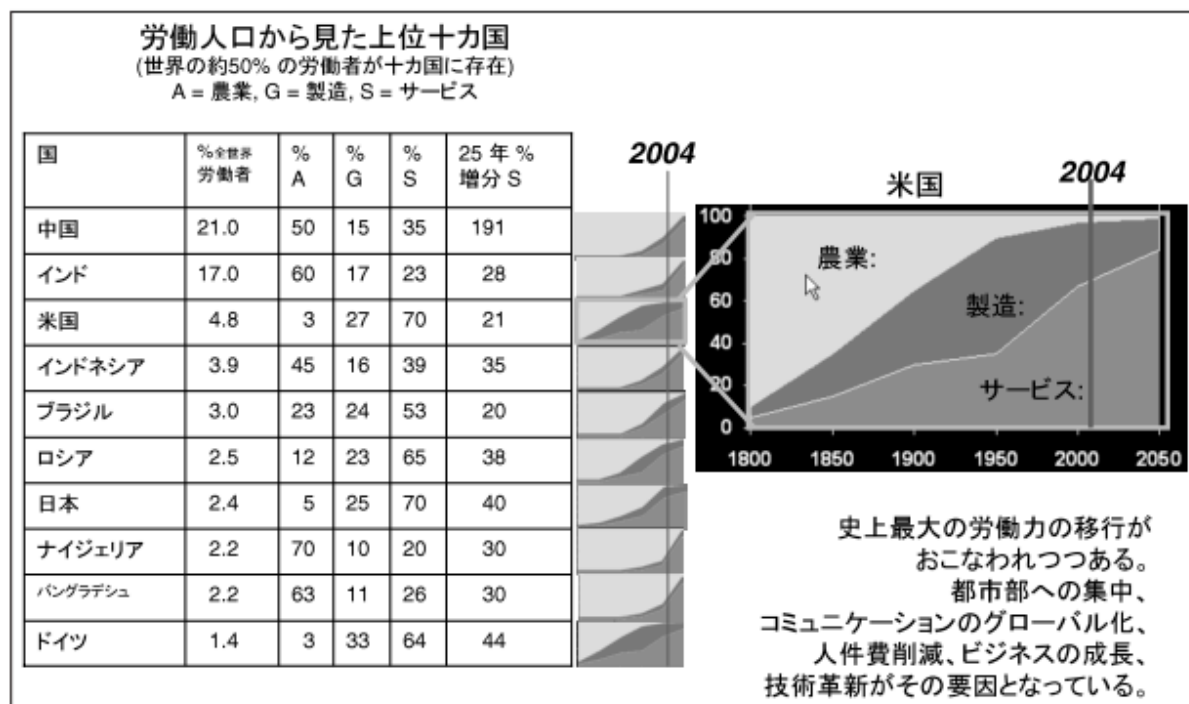


図 1.1 日本の年齢3区分別人口規模および構成の推移
(出典) 2015年まで：総務省「国勢調査」，推計(年10月1日現在)，2016年以降：国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成29年4月出生中位・死亡中位推計)」

産業別労働人口の推移に目を転じれば、世界的な現象の1つとしてサービス産業の労働人口が、大きく増えていることが報告されている。図1.2は世界の労働人口の多い上位10カ国の労働人口の推移を、200年前にさかのぼって整理したものである。欧米を中心とした先進諸国では、18世紀の後半の産業革命、19世紀後半の石油・電気的大幅な利用拡大により、第二次産業（製造業）の労働人口が大幅に伸びている。これらの諸国では20世紀の半ばになり、サービス産業が台頭してきた。中国・インドなど近年大きな成長を見せている国々は、第二次産業労働人口の台頭する時代を経ずに、農業の時代からサービスの時代へ急激に推移している。日本は、終戦後の高度経済成長を経て、製造業と並行して、あるいはそれ以上に、サービス産業^{*1}の労働人口が伸びている。サービス経済の発達背景には、個人所得の増加により自分の日常的業務をお金を払って業者に依頼するようになった

*1 ここで言うサービス業とは広義のサービス業、すなわち第三次産業のことを示す。



出典: <http://www.nationmaster.com>

図 1.2 主要国の産業人口の推移

たこと、共働き夫婦の増加や高齢化など社会環境の変化にともない新たな支援業務がビジネスとして出現したこと等があげられる [長松 16]。この潮流は経済活動の成熟度が高まるにつれて顕著であり、グローバルな観点で早晚サービスの担い手不足が懸念されるなか、いかに持続可能な経済活動を実現していくかが問われている ([白肌 17, 藤江 97])。

日本は他の先進諸国に比べ相対的にサービス産業化が進んでいない ([長松 16]) 現状を鑑みると、サービス業の成長余地が大きいことから、支援業務の産業化が更なるサービスの担い手不足を引き出すループに陥る可能性がある。小売業やホスピタリティ産業ではセルフチェックアウトの展開や多機能キオスクが配備されており、その他の業界でも店舗に足を運ばなくともインターネットを介したサービスが波及している。セルフサービス技術を労働力の代替だけでなくサービス向上につなげていくことが期待されている。少子高齢化とサービス経済の発展を「働き方改革の実現」という文脈の中で、諸々のイノベーションの実現により、成長と分配の好循環メカニズムを構築し、包括的に解決することが求められている ([内閣 a])。

1.1.2 本邦航空会社をとりまく競争環境

かつて自国の規制に守られていたベルギー、スイス、オーストリアの旧国営航空会社はドイツ企業に買収され ([SN, SR, OS]), 航空業界は国境を越えた熾烈な競争環境のまっただ中にある。航空業界の競争は先進的なサービス競争に勝ち残るためのシステム導入の歴史であり、多大な投資を伴う CRS^{*2}戦略や FFP^{*3}戦略、航空券販売チャネル戦略など、最先端の技術を駆使して、各社は顧客の囲い込みと顧客の獲得を目指し、様々なサービスやプロダクトの導入を行ってきた ([ANA 総 17])。これらはマーケティングや機内サービスにとどまらず、幅広く空港内サービスにも及び ([ANA 総 10])、空港はエアラインと旅客の重要な接点と位置づけられている。搭乗手続きは、座席販売の最大化を図る上で不可欠なプロセスであると同時に、多様なニーズに対応するサービスの側面があり、手続きの簡便化やストレス低減に向けて多数の施策が実施されてきた。

2010 年「国土交通省成長戦略」は、オープンスカイの推進、首都圏空港の強化、LCC^{*4}参入促進による利用者メリット拡大等を掲げ ([国土]), 2012 年に「日本再生戦略」が提案した「2020 年頃まで日本を発着する国内航空旅客輸送に占める LCC の割合を欧米並みに 2~3 割程度 ([内閣 b]) にする目標」が閣議決定された。同年、3 社の LCC が運航を開始し、2014 年 8 月には中国資本の LCC^{*5}が日本の国内線事業に参入した。LCC は新たな需要を創出する一方で、既存の航空会社と利用者を奪い合う熾烈な競争は避けられない ([村上 08, 石井 05, 遠藤 11])。これら一連の動きは、限られたプレイヤーが役割分担する日本の航空市場に新たな競争環境が生まれたことを意味している。

図 1.3 が示すように、日本の少子高齢化社会は中長期的には国内需要が徐々に縮小することを意味しており ([水田 17])、既存の航空会社は生き残りをかけて、国内外マーケットの需要を奪い合う競争を余儀なくされている。

^{*2} CRS(英語: computer reservations system) とは、航空機などの座席を予約するためのコンピュータシステムのこと。

^{*3} 航空会社が行う顧客への搭乗回数や距離に応じたポイントサービスのこと。日本語ではマイレージサービス、または、マイレージプログラムと呼称するのが一般的、英語では Frequent Flyer Program と呼称し、略称が FFP という。

^{*4} LCC:Low Cost Carrier のこと。サービス内容を絞り込み、コストを抑制することによって低運賃を提供する航空会社のこと。充実したネットワークや多様なサービスの充実などを競ってきた既存の航空会社とは違うビジネスモデル。LCC と対比する形で、既存の航空会社は FSC(Full Service Carrier) と呼ぶ。[高橋 06]

^{*5} 春秋航空 <https://jp.ch.com/>

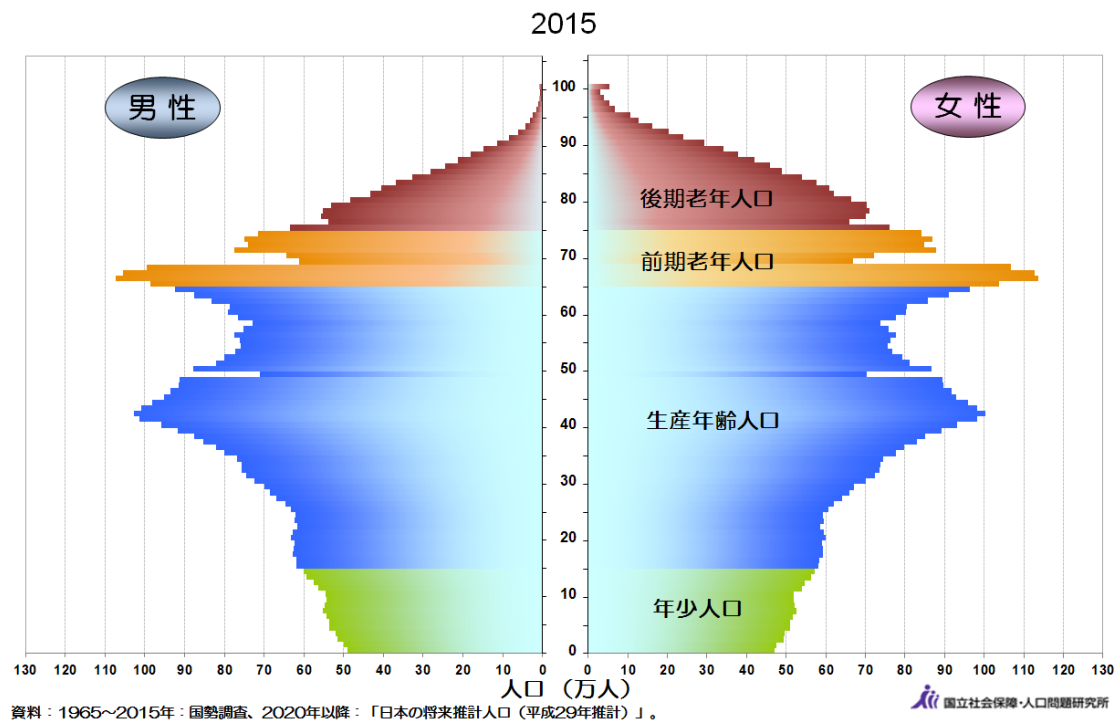


図 1.3 日本国の人口ピラミッド

グローバル競争環境において、本邦の全航空会社は、労働単価が日本より安価な国々と伍していく必要があり、より一層厳しい環境にさらされている ([野村 10])。セルフサービス技術のみで業務を完結することは現実的ではなく、それらと対面サービスを組み合わせ、サービスの担い手不足や熾烈な競争の環境下で、コスト抑制を考慮しつつサービスオペレーションの品質を高めていくことが求められている。

1.2 研究の目的

少子高齢化の進展とサービス経済の発展が相まって人手不足が予想され、省力化や代替労働力の確保が喫緊の課題となっている。旅客運送において労働力確保は深刻な問題であり、その解決策としてセルフサービス技術への期待が高まっている。一方、サービスは消費者の関与が大きく、無形のプロダクトは受け手の主観的評価によりその評価が大きく左右され、体験そのものが商品となるため ([ANA 総 17])、セルフサービス技術は単なる省力化ツールではなく、消費者のニーズを満たすソリューションとして捉える必要がある。刻々と変化する状況の中で、生産と消費の同時性、消滅性、困難な品質の標準化という特徴をもつサービス ([蒲生 08]) 選択の仕組みを明らかにすることは、コスト抑制、省力化、

サービス品質を同時に成立させる貴重な示唆になると考える。

本研究は消費者の自律的なセルフサービス技術選択メカニズムを組み込んだサービスオペレーションの再現性のある動的モデルを構築し、当該モデルを用いて生産財の最適配置やストレスの極小化を実現するベストプラクティスの探索を目的とする。時間経過の中で状況が継続的に変化する空港の出発ロビーを再現対象とし、モデルに組み込むセルフサービス技術（以下 SST）は自動チェックイン機とする。

1.3 構成

以下に研究の構成を示す。

「2 章 関連研究」

セルフサービス技術の受容の再現モデルを構築し、ベストプラクティスを検討する上で参考となる研究について概観する。本論ではイノベーション普及研究、サービスマーケティング領域におけるセルフサービス技術に関する研究、現実社会の様々な現象を再現するツールとしてエージェントベースモデルに関する研究、刻々と変化する状況への対処が可能なゲーミング研究を紹介する。

「第 3 章 空港ロビーのサービスオペレーション動的再現モデルの構築」

航空会社システムから抽出したデータを利用して、実在の空港ロビーを写像したサービスオペレーションを再現するモデルを構築する。プロトタイプを改修し、モデルの現実近似を高める過程を説明する。

「第 4 章 サービスオペレーション動的再現モデルの検証方法」

サービスオペレーションの再現モデルの妥当性を高めるには、複数の方法で現実近似を確認する必要がある。3 章とは異なるアプローチで、構築した再現モデルの現実近似を検証する。

「第 5 章 提案モデルのサービスオペレーションの実務への適用」

提案モデルを用いてコンピュータシミュレーションを行い、サービス品質とコスト抑制、セルフサービス技術の利用促進の観点で効果的なシナリオを検証する。人間の深い関与が必要とされる、時間の経過とともに変化する状況に応じたサービスオペレーション上

の対処やオペレーション戦略の手がかり抽出をゲーミング手法を用いて試みる.

「第 6 章 結論」

本研究のまとめを行う.

第 2 章

関連研究

本章では、イノベーション受容を個人の新しいプロセスの採択にとらえ、セルフサービス技術への態度形成とその採択の影響因子について、サービスマーケティング領域の研究の系譜を概観する。複雑な現実社会を動的に再現するエージェントベースモデル（ABM）の有用性とその検証方法について説明し、サービスオペレーションの特徴である時間の経過とともに変化する状況への対処や戦略抽出におけるゲーミング手法の有益性と ABM との親和性について説明する。そして、先行研究を俯瞰し課題を総括し、本研究の位置づけを整理する。

2.1 イノベーション普及研究

イノベーション普及過程とその要因

イノベーションは 20 世紀初頭に、経済発展論の概念として誕生し、生産拡大にむけて、労働力やその他の資源の組合せを従来と異なる形で「結合」する「新機軸」であった（[伊東 93, ヨー 77]）。

[Rog83] は、イノベーションを「個人もしくは他の採用単位として新しいものと知覚されたアイデア、行動様式、ものである」と定義している。イノベーションは潜在的採用者や採用の単位にとって新しい製品、施設、設備、スタイル、技術、行動様式、情報などを意味するものである。

イノベーションの採用者は、その不確実性を減少させる情報を保持しておらず、何らかのコミュニケーションチャネルを経てその情報を外部から得ることが必要となる。イノベーションについての情報を持つ人々や組織は、その提供者、またはセールスマンや店員

などのチェンジエージェント，そして既にイノベーションを採用している個人となる．イノベーションにかかわる情報が様々なコミュニケーション・チャネルを通じて流れることが，その普及過程にとって重要な意味をもっている．

[青池 07] は，イノベーションは観念要素 (Idea component) と物質的要素 (Material component) があり，すべてのイノベーションは観念要素を持つ ([KC70]) と紹介している．その普及過程の第一局面はイノベーションの知覚に始まり，情報段階，評価段階を経て，象徴的採用の可否に至るもので，第二局面は象徴的採用に始まり，試行段階を経て使用採用の可否の意思決定に至るモデルである．このモデルは，イノベーションの観念の受け入れが必ずしも物理的に採用に至るわけではないことを説明しており，イノベーション不採用の過程が明示可能となっている．サービスは生産と消費が同時に行われることから，第一局面では観念要素の採用是非が決定され，第二局面でその「異質性 (heterogeneity)」を消費者がどのように知覚するかがイノベーションの採用に影響すると考えられる．

[Rog83] は，イノベーションの属性を説明変数として捉え，図 2.1 のとおり，イノベーション普及速度を目的変数として説明している．これらの属性 (説明変数) はいずれも専門家などの他者により評価されたり，査定されたりするものではなく，イノベーションの潜在的採用者によって知覚される度合いと定義している．

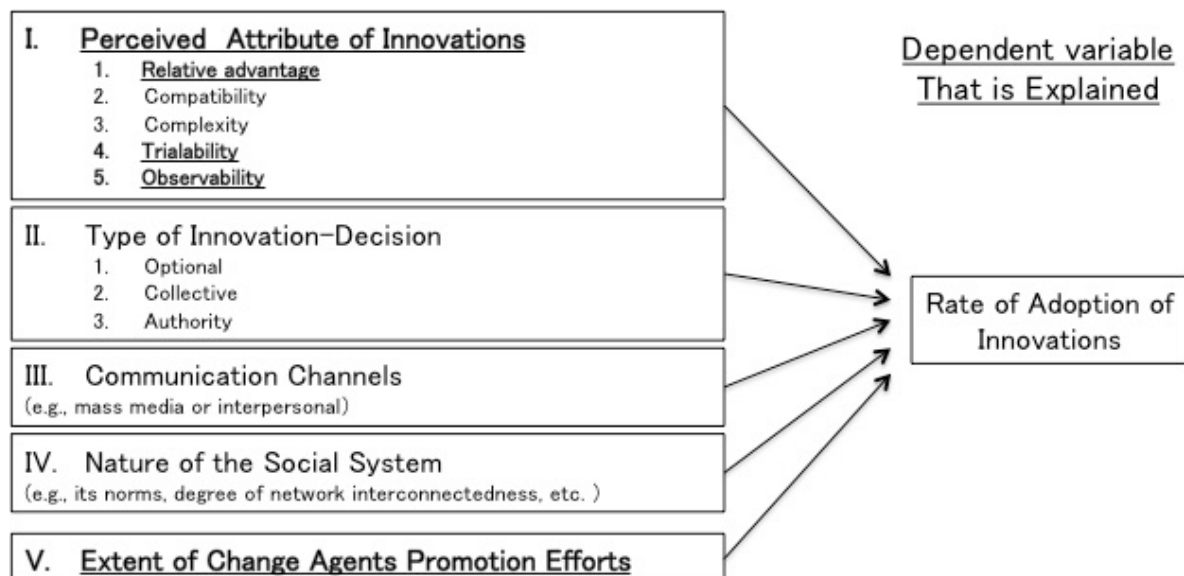


図 2.1 Rogers(1983) Variable Determining Rate of Adoption

相対優位性は，採択対象のイノベーションとそれが代替するアイデア（もの，行動様

式)と比べて、相対的に優れていると知覚される度合いで、経済的観点・社会的観点を含むものと定義されており、この属性と普及速度は正の相関関係があるとされている。両立性は、イノベーションが潜在的採用者の価値、過去の経験、欲求と一致していると知覚される度合いで有り、両立性が高いことにより、採択者にとって不確実性が小さいものとなる。両立性と普及速度の関連性については、正の相関があると言われている。複雑性は、イノベーションのわかりやすさ、使いやすさの相対的な知覚度合いで、この属性が高いと、普及速度は低いという負の相関をもっている。試行可能性は、イノベーションが限定的な範囲でためすことが出来る度合いである。試行を通じて、イノベーションの不確実性を減少する為の情報を取得が可能となるので、普及速度とは正の相関関係がある。観察可能性も、イノベーションの結果が他の人々の見える度合いであるため、不確実性を減少する情報を得られれば、おのずと普及速度があがるという正の相関をもつ属性と言える。

[Rog83] は、チェンジエージェントの普及努力が最も大きな成果をもたらすのは、オピニオン・リーダー達がイノベーションを採用する普及率が概ね 3 % から 16 % の間であると述べている。

普及モデル (微分方程式モデル)

耐久消費財の新規需要の普及過程を説明する代表的なものとして Bass モデルが挙げられる。このモデルはイノベーション普及を広告などの外部要因による採用者（革新者）と集団内のクチコミなどの内部要因による採用者（模倣者）によって引き起こされる過程として表現している ([MMB90])。

$$n(t) = \frac{dN(t)}{dt} = p(m - N(t)) + N(t)\frac{q}{m}(m - N(t)) \quad (2.1)$$

ここで $n(t)$ は時点 t における採用者数、 $N(t)$ は時点 t での累積採用者数を示しており、 m は潜在的な採用者数の上限を決める定数、 p を内部影響係数、 q を外部影響係数とする。式 2.1 の右辺第 1 項は口コミ等の内部的影響による採用をあらわし、第 2 項は広告等の外部的影響による採用をあらわしている。

多くの普及モデルと同様に社会を構成する個人がある程度均質であるという仮定をおき、消費者全体の行動を方程式によって集計化している。モデルを単純化することで数理的な分析を容易にすることが可能である一方、個人の消費者間の相互依存関係や周辺から受ける影響についての描写は難しい。

2.2 サービスマーケティングにおけるセルフサービス技術研究の系譜

1923 年の消費財の分類の中に Convenience goods という表現がすでに使われており、サービスマーケティング領域におけるセルフサービス技術研究は、利便性研究に系譜の発端をたどることができる。利便性の研究には大きく二つの潮流がある。一つは消費者の待ち時間に関する研究であり、待ち時間に対する消費者の反応や、会社が待ち時間をどの様に管理するかについて、他方は利便性に関する商品やサービスを消費者がどの様に選別していくかについて着目しており、いずれも商品の価格以外でその価値に影響を及ぼす要因の研究 ([BSG02]) と言えよう。

商品がサービスという形態をとる場合、サービス提供者に対する消費者の関与が大きく、それには形がなく（無形性:intangibility）、生産と消費が同時に発生し（同時性あるいは不可分性:simultaneity, inseparability）、品質を標準化することが困難で（異質性:heterogeneity）、保存もできない（消滅性:perishability）という特性がある（[蒲生 08, 近藤 10, 張淑 10]）。

本研究の対象である空港口ビーのサービスオペレーションは航空会社の提供するサービスの構成物として不可欠なものであり、テクノロジーを効果的に用いることで、顧客のサービス体験を改善し、満足度を高めることが可能である（[BBM00]）。[MORB00] は、SST をスタッフの関与がなくともサービスを生産し得る技術的なインターフェイスと定義し、目的およびインターフェース別に SST を分類をした上で、CIT 手法^{*1}を用いてヒアリング内容を分析し、SST 利用に関する顧客満足の原因を明示した。利用者を満足させる 3 要因の内訳は、相対優位性 (68 %)、機能発揮 (21 %)、喫緊ニーズの解決 (11 %) であり、相対有意性の中で一番多くのポイントを得たのが時間節約であったと論じている。[BOM02] は実在する企業の取り組みや顧客満足にインパクトのある施策を分析し、初めて SST を利用する顧客の SST 受容や試行を促進する要因に着目し、顧客視点で企業が考慮すべきガイドラインを提示している。

これらの定性的な要因探索に加え、統計モデルを用いた SST の受容是非の影響因子に

^{*1} Critical incident technique <http://www.usabilitybok.org/critical=incident=technique>

CIT 手法においては、アンケートの回答者は、自身の満足/不満足の原因を特定せず詳細に何が起きたのかを記述することが求められている

ついて検証した先行研究が多数存在する．[MOBR03] は、利用者のシステムツール使用時のネガティブな心理状態 (Technology Anxiety) は、他のデモグラフィック変数と比較してセルフサービス機器の利用是非の説明因子として安定しており、相対的に優れていると説明している．[MBOB05] はイノベーション採用に関する文献を参考にして、新たな選択肢の試行に影響を及ぼす技術的な準備状況 (Technology Readiness : TR) が選択局面での行動様式に効いており、採択対象の理解や動機付け、それを使いこなせることが TR に介在していると説明している．

ただし、消費者の行動様式を変容させるのは簡単ではなく、SST 利用促進を目指す企業は大きな労力を払う必要があり、態度変容には従業員が重要な役割を担っている ([CM07])．

統計モデルによる検証で TR が SST の満足度や利用意向に有意に影響しているという研究成果 ([LCP08, LH07]) がある一方で、エアラインの搭乗手続きに焦点を絞った研究において、TR は思いのほか SST 利用の態度形成や受容行動に小さなインパクトしか示していない ([LGGVR06])．[CMLV13] は、複数空港の航空利用者に対し、社会人口統計学的な要素や搭乗便の路便特性がどのような影響を及ぼしているかを調査した結果、高齢者よりも若年層が、男性より女性が SST 利用を好むこと、SST を選択しない原因のひとつは SST に対する信用が低いこと、これが教育レベルと関連し、技術に対する専門性が低さに起因していると報告している．

[Dav86] は、コンピュータ受容の要因分析を通じて “Technology Acceptance Model (TAM)” を提唱し、知覚された有益性と操作簡便性の二つが新システムの受容性を高めることや受容度の予測を実証的に説明している ([Dav89, DBW89])．

[DB02] は TAM を原型とする Attitudinal model of technology-based self-service (TBSS) を発展させ、SST 利用の態度形成は消費者個人が持つ特性と、サービス局面を取り巻く状況が影響することを実証的に確認し、同一の利用者が、場所や時間によって行動結果が違ふことが説明している．

[DB02] らは、実際にファストフード店舗で注文を行う際に、従来通り店員に注文を行う窓口に加え、セルフサービスで注文を行うキオスクの二つの選択肢を用意し、実証実験を通じて個人特性や周辺要因がどのように SST への態度形成と SST 利用意向に影響を及ぼしたかを検証している．

内的要因として、自己効力感を求めたり、新しいものの好きであったり、対面サービスを

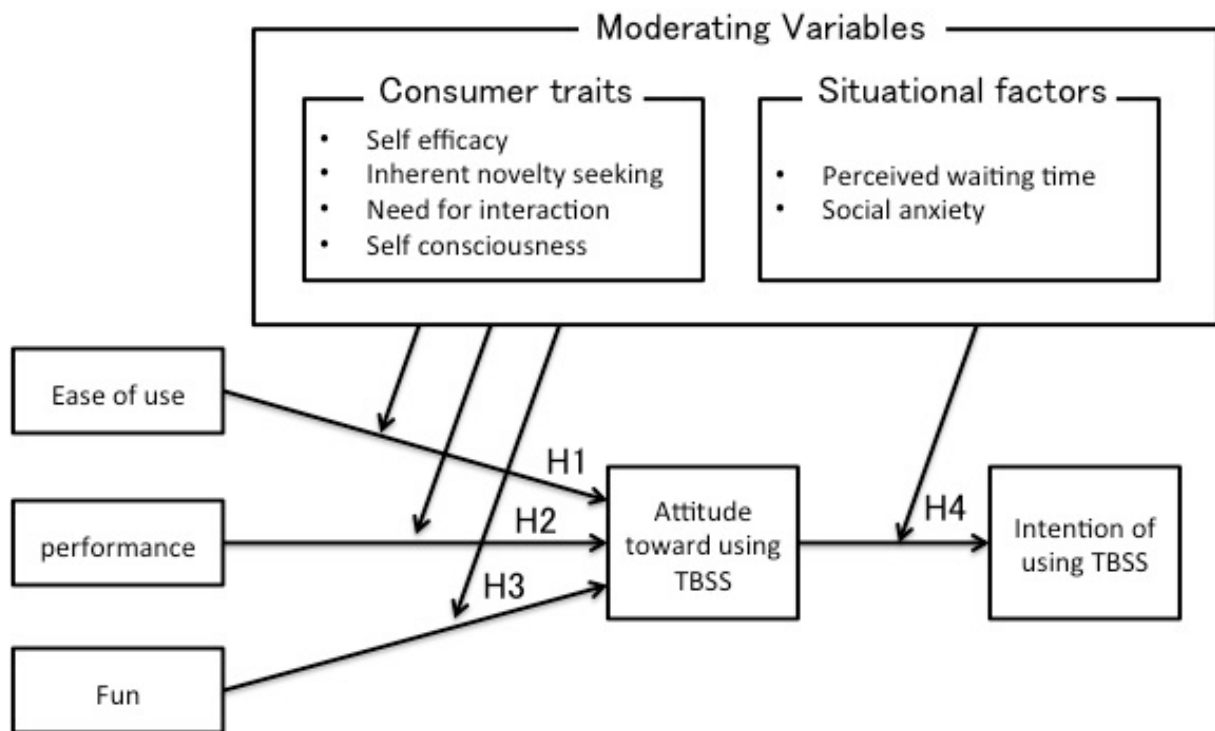


図 2.2 Davis, Bagozzi (2002) An attitudinal model of technology-based self-service: moderating effects of consumer traits and situational factors

好んだり、自意識の強さなどが SST への態度形成に影響し、周辺要因として、知覚された待ち時間の長短や他人から見られることに対する不安や恥じらいが SST 利用意向に影響を及ぼしていると説明している ([DB02]).

[GPVD⁺11, Liu12] らは、混雑度合いが SST 利用是非に関係があること、案内係員を配置することで SST 利用の阻害要因となる信頼感の欠如を緩和できると説明している。

これらのサービスマーケティング領域の関連研究を集約すると、利便性の知覚と選択肢へのアプローチが容易であるかが SST 利用選択に影響を与えること、個人の SST に対する態度は従業員サポートにより変容可能であると整理できる。関連研究の成果は、SST 利用に関する影響因子と、概念モデルを想定した上で、収集した情報を分析することで影響因子の効用の強さを明らかにしている。

しかしながら、これらの研究は探索的な定性調査や静的な統計モデルを用いた仮説検証に留まっており、刻々と変化するサービス局面における状況の考慮が課題である。時間の経過や周辺の状況変化を考慮した再現可能な意思決定メカニズム、つまり動的な消費者の SST 選択の行動の再現には至っていない。加えて、SST の利用促進に向けて、インセン

タイプを付加したり ([LGGVR06, MOBR03]) プロセス全体がスムーズに完了するように業務デザインを行うことや ([KC13]), 選択肢を絞り込むこと等 ([CY08]), 様々な改善策の示唆がなされているが, 実際にそれらの改善策が効果的であるかをいかに実証するかが課題である.

2.3 エージェントベースモデル

2.3.1 ABM 研究

エージェントベースモデル (ABM) は, マルチエージェントシステム (MAS) とも呼ばれており, その黎明期で著名なものは「分居モデル」である ([Sch69, Sch71]). 当モデルはミクロの社会心理学的設定とマクロの社会学的結果との乖離を明らかにしており ([山影 17]), ボトムアップ, 創発, 自己組織化などの特徴を盛り込んでいた ([Thom16]). この分野では政治や国家の統合や分裂なども扱われており ([Axe97, Ced97]), 実践的なモデル構築の指南書 ([Josh01, GT03, 山影 10]) が研究のすそ野を広げてきた.

エージェントベースモデルは, 自律的な意思決定によって行動するエージェント技術をベースに, これを社会や生態系などに適用し複数エージェントに拡張することで, エージェントベースシミュレーション (ABS) は発展してきた. 複数のエージェント間の相互作用を通じて分析指向をもつ社会科学的マルチエージェントシステムは, 複雑な社会システムの現象を解明しようとするものである ([倉橋 13, 寺野 10, 寺野 13]). [出口 04] は, オペレーションリサーチと比較する中で, ABM を用いた社会の問題解決を支援するアプローチについて説明している.

ABM はエージェントと呼ぶ内部状態と意思決定能力とを備えた複数の主体を用いたミクロな行動規則のモデル化とコンピュータシミュレーションに特徴付けられるボトムアップ方式で帰納的アプローチと演繹的アプローチを融合し, 現実社会の創発的現象の分析を担っており ([寺野 04, 寺野 13]), 社会システム科学の観点で複雑な現実社会の現象を解明するため, ABM は分析対象となる現象に応じて, モデルの解像度を使い分けることで活用されてきた ([倉橋 16, 倉橋 08, 高橋 13]). ABM の研究は幅広く, 文化資本の分析や歴史, エコロジー, 経済活動等, 様々な既存の理論では説明が困難な現象を示すツールとして, その適用範囲を広げている ([倉橋 08, YKK⁺09, GR13]).

[RR11] は ABM のガイドラインを提唱し, 他の分析手法と比較するなかでマーケティ

ング調査における ABM の価値を説明し、ABM に適した調査領域*²や ABM 適用が効果的な条件 (表 2.1) について説明している。

表 2.1 Rand and Rust(2011)When is agent-based modeling appropriate?

1. 中規模なデータ	扱う仕組みがごく少数の場合はゲーム理論，大規模なデータを扱う場合は統計的手法が効果的，その中間規模の数量を扱うのが適切
2. 局所的な複雑な相互作用	個々の相互作用が複雑かつ局所的になるにつれ有用に
3. 異質性	異なる特性や役割に着目したモデル化，行動様式が異なる場合に有用
4. 豊かな表現が必要な環境	表現する環境要素が多い場合も取り扱うことが可能．位置情報データ，ネットワークスペース等の複雑性を捉えるのに有効
5. 時系列要素	時間の経過と共に変化する複雑なシステムの分析に適合．動的ゲームの均衡状態が分析可能
6. エージェントの適応性	保有する経験値と認知情報を組合せ行動様式を変更するエージェントを用いる場合

航空機の航路のネットワーク分析や、グランドハンドリング部門での生産財配置の意思決定、および航空機内での円滑な着席を実現する搭乗案内方法に関しても ABM 手法は用いられている ([TA07, BS15, AHPO11])。

イノベーション普及に関しては、[北中 07] がクチコミのネットワークの働きを組み込んだシミュレーションモデルを構築し、クチコミの活性度を変化させて社会現象を説明している。現実社会をモデリングするには、観察データにもとづきモデル構造やパラメータを設定する必要があると同時に、複数のシナリオを想定し、公理系に基づいた定理や定義を採用することで、論理的に間違いのない仮定・係数を設計する必要性がある。その意味で、異質で自律的なエージェントが、分散した局所的な相互作用を通じて、マクロな社会秩序の創発を「生成的」に説明する社会シミュレーションは、帰納的手法と演繹的手法の性質を併せもっていると言えよう。

*² 情報やイノベーションの普及，購買場所の意思決定，企業間の関係性や戦略と競争，マーケティングミックスモデル，小売りとサービス現場

多くの普及モデルは微分(差分)方程式が使われるが、微分方程式を用いた普及モデルによる分析が社会および消費者における普及をある程度集計化した状態でしか描写できない点、社会を構成する個人の全てがほぼ均質であるという仮定をもとに、消費者全体の行動を単一の方程式で集計化している点が指摘されている。

その潜在的な欠点を補う方法として [河合 07] はエージェントベースモデルの活用を提言し、Bass(1969) が提案した微分方程式で記述する基本的な普及モデル ([Bas69]) を、システムダイナミックス (SD) モデルを利用し分析する利点と課題を挙げ、エージェントベースのモデルの分析のメリットを説明している。購買予備軍のエージェントを人工社会のセルにランダムに移動させ、他のエージェントと製品情報の交換を行い、一定の確率でマスメディアによる製品情報の影響を受け、個々のエージェントは一定量以上の製品情報を得ることによって、その製品購入の意思を固めるという形で現実社会の写像を行っている ([河合 07])。

SD モデルが設定した人工社会は、全ての購買者が、他者の購買行動情報を得ているということを暗黙的に仮定し、全ての未購買者の購買行動が一律であるという一方で、ABM では未購買者が得る情報を限定して与えることが可能である。エージェント毎に認知的距離を設定し、現実社会の未購買者の情報量のばらつきを写像している。つまりエージェントが情報を取得する条件を限定的にし、局面でエージェントは自分の周囲の採用状況だけを知覚する現実社会に近い姿を描写し、SD モデルとの比較の中で、普及現象に顕著な違いを見いだしている。

サービスは事前と事後の評価がいつも一致するとは限らない特徴があるが、[河合 09] は、耐久消費財にとどまらずサービスの普及現象についても ABM によるモデル化を試みている。

企業が提供するサービスの機能から、顧客がどれだけの効用を享受できるかは、顧客をとりまく社会的背景や顧客が有する個人的な価値観や経験によって大きく左右され、サービスは継続的に購入されるわけではない。そのような観点を考慮し、ミクロな行動規則を織り込んだ上で、現実社会に近い要素や環境を取り込みマクロ的なモデルを再構築することで、説得力の高い ABM 構築の可能性を示している。

2.3.2 ABM の検証方法

人工の金融市場を構築し、複数のシミュレーション結果を評価をするときに、市場の特性を表す統計的特徴である Stylized fact を利用することが一般的で ([Cri13, 岡田 12]), シミュレーションによってもたらされた結果の蓋然性は現実社会で観測されている特徴的な現象を再現することによって検証が可能と言われている ([GRB⁺05, Hir16, RG12]).

加えて, ABM を用いた実験空間の現実社会の再現度を検証方法で用いられる一般的な方法として, モデルの挙動からパターンを観察し, 現象のしくみを特徴づけるものを検出するパターン指向モデリング (Pattern-Oriented Modeling:POM) という手法が紹介されている ([GFJ⁺96, RH02, 倉橋 13]). POM ではモデルを現実を写し取るためのフィルターと考え, フィルターを通して抽出されたデータをパターンと呼ぶ. パターンは現実の現象よりもシンプルでわかり易い質的情報を指す ([倉橋 13]).

検出されたパターンには隠されたプロセスやしくみが包含されているので, POM の目的はパターンから逆引きしてそのしくみを解明することといえる ([WJHG03]). ABM はミクロの挙動やそれらに影響を及ぼす周辺環境の変数を場所や時間, その他の側面で変化させる「複雑」なモデルであることが伝統的な分析モデルと違いをもたらしている ([RG12]).

限定的な情報で複雑な現実社会を検証するには, 単一パターンのみでは高い説明力が得られない場合があり, POM は異なる階層で複数のパターンを検出することを可能としており, 通常ではモデルを検証するための仮説は 2~4 個程度で良いとされている ([GRB⁺05, RG12, 倉橋 13]). 複数のパターンが再現できることで, 「観測された実際のシステム動作を再現するだけでなく, 実際のシステムがこの動作を生み出す方法を真に反映している」と論じられている ([ZPK00]).

2.4 ゲーミング研究

コンピュータシミュレーションでは人間が折々の判断を下して対処する複雑な事象を扱うのは困難であるが ([SSS16]), ゲーミング枠組みは刻々と状況が変わる事象への対処を参加プレイヤーに委ねることが可能で, ロールプレイは複雑なしくみを複数の利害関係者が相互に関与して扱うことに適した方法と考えられている ([Duk74]). ゲームは実際の

体験でどのような反応があるかを知る貴重な機会であり ([Gre94]), 全てのゲームにおいて繰り返し操作が必要とされる「コアメカニク (Core mechanic)」が設定されており ([鈴木 16]), コアメカニクは参加プレイヤーの体験デザインそのものともいえる ([SZ04]).

[Gre88] は、自己報酬型の学習環境への参加や、ゲーミングやシミュレーションを通じて意識的にそれらを評価することが重要と考え、教え手に対して学び手に様々な側面を踏まえ行動する練習をさせるべきだと提唱している。[菱山 14] によると、ゲーミングはロールプレイを利用したマルチエージェントシミュレーションの一形態であり、[Gre88] の提唱する 5 段階のゲーム構築プロセスは ABM 構築と親和性が高い。

現実社会の側面をモデル化し、人や組織の相互作用に注目しながら問題解決にアプローチするマルチエージェントシミュレーションと、現実社会のフィールド研究と実験空間へと融合するゲーミングが、人の社会的行動や集団の関係性に関する研究に新たな切り口を提供すると考えられる ([小林 15])。ゲーミングと ABM の融合は、人間がエージェントとして参画することで、新たな相互作用に関する知見が得られ ([菱山 14])、ゲーミングによってエージェントや人に生じる現象を手がかりに、人の自然な認知や行動を担保しつつ、その行動を誘因・促進する要因の特定、個人や集団に生じる葛藤・共存関係、相互作用過程やコミュニケーションを考察する技法 ([小林 13]) として有用であると考えられる。

実世界の競争戦略を実装したコンピュータ上での試行実験やマルチエージェントシステムは意思決定支援システムとして有効とされ ([田中 03])、実際に企業や軍隊の訓練で複雑な現実社会にどう対処するかを学ぶツールとして、頻繁に用いられている ([Rie96])。

[越山 11] は、ビジネスゲーム学習者の行動プロセス分析はデータを用いたプロトコル分析より可視化に利点があることを検証している。

ゲームのデブリーフィングには、ゲームを通じたシステムの全体像の理解を現実問題の分析につなげるという方向性と ([Duk74])、行動基準や状況認識が人によってばらつきが生じる原因の考察に使う方向性がある ([広瀬 00])。前者はゲームで得た知見を活用し、新しい切り口で現実を分析するためのものであり、後者は学習者の内面的変化をうながし、解の選択肢が複数あるような問題との向き合い方を模索する場といえよう。[GK05] が示す戦略抽出の方法論としてゲーミングという手法の有効性を理解したうえで、ゲーム単体の結果から導かれる情報のみならず、シミュレーションに抽出ルールを適用することで、ゲーミングから得られた結果の解釈の幅を拡大できると [SSS16] は説明している。

2.5 本研究の位置づけ

本研究はサービスや新方式受容の影響因子や行動ルールの研究を基盤に，意思決定メカニズムを具備したモデルを構築し，現実社会のデータを適用することでサービスオペレーションの再現を試みるものである．先行研究と本研究の関係を表 2.2，表 2.3 の通り整理する．

表 2.2 先行研究と本研究の位置づけ

	概念モデル・受容要因分析	再現モデル・受容行動分析
メタ研究 探索型 定性調査	イノベーション普及促進要因 [Rog83] サービス利便性研究 [BSG02] SST 利用顧客満足分析 [MORB00] 空港 SST 利用に関する調査 [CMLV13]	新製品普及 [河合 07] 新サービス普及 [河合 09]
検証型 定量調査	テクノロジー受容モデル [Dav86][Dav89] SST 受容要因分析 [MOBR03][DB02][LH07] 航空旅客向け SST 受容要因分析 [LGGVR06][GPVD ⁺ 11]	SST 受容の動的再現モデル 実務への適用 (本研究)

[Rog83] によるイノベーション普及を促進する要因分析や，[BSG02] が示した SST 研究へとつながる利便性研究の潮流，これらに加えて消費者からのヒアリングや調査票回答内容に基づく SST 利用者の満足度の原因分析 ([MORB00]) や，実際の航空利用客に特化した SST 利用是非に関わるデモグラフィックや路線・エアライン形態の及ぼす影響度を探索的に示した定性調査 ([CMLV13]) の成果がある．

[Dav86] が提唱した TAM モデルを土台に，SST 利用是非の意思決定に至る要因分析を定量的に検証した研究が多数存在する．消費者の SST に対する準備状況や，ことさら技術的側面にフォーカスした Technology Anxiety ([MOBR03]) もしくは Technology

Readiness という内的状況が一般的に SST 利用に影響を及ぼし統計的にも有意である ([LH07]) としての研究成果がある一方、航空旅客の搭乗手続きを扱う研究においては、SST 利用の態度形成や受容行動に Technology Readiness は小さなインパクトしか観測できなかったという結果が報告されている ([LGGVR06]).

[DB02] は実証的に SST 利用に至る過程で個人特性に代表される消費者の内面状態に加え、混雑度合いや周りの人たちからの視線という外的状態、つまり周辺状況が態度形成や意思決定に影響を及ぼすことを確認しており、[GPVD⁺11] は空港における SST の選択は待ち列の長さが関係することや、SST 選択の阻害要因である信頼の低さは案内係員の働きかけで解消できると述べている。

表 2.3 関連研究の検討内容と本研究の対比

検討内容		SST 研究	[Rog83]	[河合 07]	本研究
大項目	小項目	†		[河合 09]	
対象領域	受容要因	✓	✓		✓
	受容行動			✓	✓
検証対象	概念モデル	✓	✓		✓
	再現モデル			✓	✓
異質性 考慮レベル	集団レベル	✓	✓		✓
	個人レベル			✓	✓
現実社会の収集データ		✓	✓		✓
動的な相互作用				✓	✓
実務への適用					✓

†[MOBR03] [DB02] [LH07] [LGGVR06] [GPVD⁺11]

これらの研究は、SST 利用選択の概念モデルや受容要因の分析を定性的、定量的におこなった成果であるが、再現性のある意思決定メカニズムは言及されていない。

河合の研究は公理系にもとづいた定理や定義の元に新しい製品やサービスの受容行動を時間の概念や認知的制限を考慮した上で動的に再現し、マクロ的な普及モデル構築の可能性を示している [河合 07, 河合 09]。しかしながら、実際の現実社会のデータを用いておらず、再現された現象は具体性に欠き、抽象的なものに留まっている。

本研究は、社会現象の概念的な再現にとどまらず、現実社会のデータを実験空間に写像し、SST 受容の概念モデルを時間の経過や周辺状況を考慮する動的な再現モデルに組み込

むことにより、サービスオペレーション実務における具体的な示唆や、品質向上の手がかりを与える仕組みの構築を目指すものである。

本研究の対象は、表 2.4 の示す通り、[RR11] の提唱する ABM 利用に適切な条件を備えている。空港ロビーにおける旅客のサービスオプションの選択を確率のみで定義することは妥当ではなく、現実社会の再現化には以下の二点の考慮が必須である。

- 旅客は目の前の状況を見て判断すること（認知モデルの具備）
- 旅客同士、旅客と係員の間で相互作用があること

個々の旅客の認知モデルや状況に応じて選択肢が変化する相互作用が考慮できない待ち行列理論に代表される OR 手法は本研究では扱わない。

表 2.4 本研究における ABM 採用適用要素

1. 中規模なデータ	おおよそ 100 前後エージェントを扱う。
2. 局所的な複雑な相互作用	空港ロビーに現れる旅客同士、および旅客と空港スタッフ間の相互作用が意思決定に影響を及ぼしている。
3. 異質性	エージェントとなる搭乗旅客は手荷物有無、SST に対する態度、空港ロビーにおける経験程度など様々である。かつ役割の違う係員エージェントも実装する。
4. 豊かな表現が必要な環境	旅客のロケーションは意思決定のタイミングとの組合せで決定的な違いをもたらす。
5. 時系列要素	絶え間なく状況は変化するため、状況に応じた適切な対処が求められる。
6. エージェントの適応性	局面毎の周辺状況の認知結果や旅客の内部状態の変化が行動選択に影響を及ぼす。

提案する再現モデルが現実社会に近似しているかは、実務的なサービスオペレーション検証の必要条件である。ABM を用いた動的再現モデルでは個人レベル（ミクロ）の行動が、集団レベル（マクロ）の現象を表出することを目指す。

意思決定の主体となる個人とそれを取り巻く環境の相互作用とを組み込んだ実験空間から、異なる階層かつ複数の尺度で現実社会と近似する特徴量の抽出が可能かを検証する。

2.6 本章のまとめ

本章では、関連研究としてイノベーション普及学とサービスマーケティング領域における SST 研究の交点と、動的に現実社会の再現を可能とするエージェントベースモデル、そして気づきや学びをもたらすことが期待できるゲーミングの枠組みについて概観した。

イノベーションや SST の研究領域では、新しい行動様式の促進要素や新サービス採択の影響因子、および消費者満足の原因について多く研究がなされている。それらを集約すると、SST 選択の態度形成や受容に当たり、相対的優位性が知覚され、かつアクセスが可能で簡便であること、消費者の内的要素や周辺状況も意思決定に影響を及ぼし、空港内の自動チェックイン機に対する不安感を低減することで行動変容が進むこと、その実現には従業員が大きい役割を担うとまとめられよう。

しかしながら、一連の関連研究は時間の経過が含まれない統計手法にもとづく静的な概念モデルの検証に留まっており、消費者の認知や相互作用を組み込んだ意思決定メカニズムが現実社会を再現できるかという課題が残されている。

新商品や新サービスの普及現象の分析にとどまらず、政治や国家の合従連衡、文化資本の分析や歴史、エコロジー、経済活動など、ABM 研究の裾野は広く、既存の理論では説明が困難な現象を再現するツールとしてその適用範囲を広げている。複雑な現実社会の再現を検証する方法として、Stylized fact やパターン指向モデリング (POM) という手法が提唱されており、モデルの挙動から抽出したパターンが現実社会のそれと複数階層で一致することで、再現度合いの説明力を高めることが可能とされている。

サービス選択の意思決定モデルに実際のデータを実装し現実社会を再現することや、サービスオペレーションの動的再現モデルにおいて、観測された所作の再現に留まらず、現実近似の説明力を高めることが求められている。

関連研究の成果として、SST の普及促進への示唆や消費者満足を高める施策が提言されている。サービスオペレーションの現場は、絶え間なく変化する状況への対処が求められるため、新たな施策はサービス品質低減のリスクをはらむ現実直面している。

一般化された助言に加え、具体的な効果の明示や、常に変化する状況に対処する手がかりを顧客サービスを劣化することなく探索可能な枠組みが求められる。

第 3 章

空港ロビーのサービスオペレーション動的再現モデルの構築

本章では、サービスオペレーションを動的に再現するモデルを構築する。実際の空港の出発ロビーと航空会社システムから得たデータをモデルに写像する。エージェントベースモデル (ABM) を用いて、実験空間の中でエージェントが相互作用を通じて自律的な意思決定を行うモデルの実際の観測データとの近似を検証する。

3.1 では、対象領域の生産財の各機能や特徴、航空会社システムから抽出したデータ群、およびサービス提供現場で観測された航空旅客の主な行動について説明する。

3.2 では、提案モデルの骨格となる実験空間、旅客エージェントの行動を決定づける指標の概念を述べた上で、モデルの精度向上の進め方と評価方法を説明する。

現実社会の再現モデルのプロトタイプの精度を高める過程を 3.3 で記述し、本章の成果と課題を 3.4 で説明する。

3.1 対象とする領域と利用データ、前提条件

対象とする領域

本研究で現実近似を行う領域は、航空利用旅客が搭乗手続きを行う空港の出発ロビーとする。当空間には 3 種類の搭乗手続きロケーションがあり、その役割は図 3.1 に示す。一般的に有人カウンタ (Interpersonal service) が旅客に好まれる傾向があり ([GPVD⁺11])、自動チェックイン機 (自動機) が選択される優先度は低い。有人カウンタでは、搭乗券の受け取り、手荷物預託が一つの搭乗手続きの中で完結する。一方、自動機利用の搭乗手続

きでは、搭乗券の受け取りのみが可能であり、預託手荷物は改めて手荷物預託カウンタ (Baggage Drop) で行う必要がある。

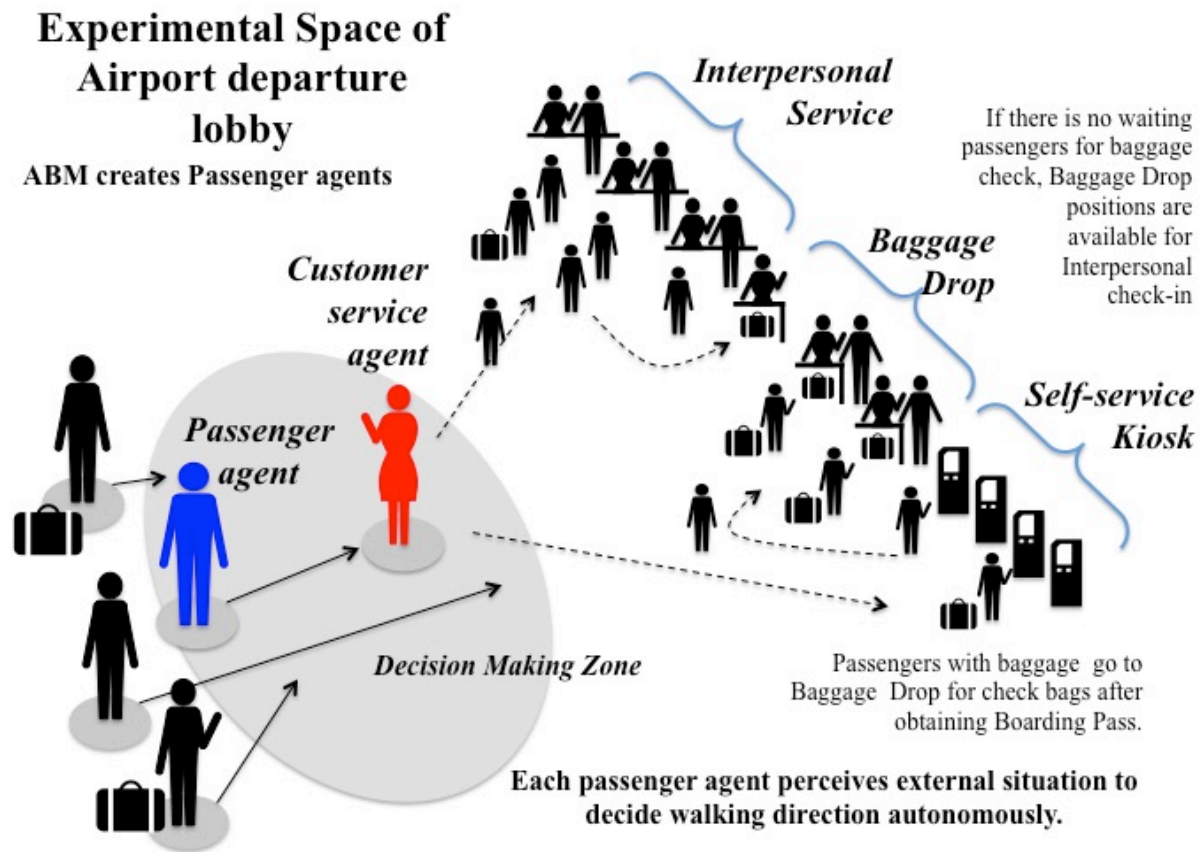


図 3.1 実験空間の生産財と機能

利用データ

搭乗手続き旅客の出発ロビーへの到着タイミングや預託手荷物の有無，選択した搭乗手続きオプション等の行動履歴は，航空会社システムから抽出したデータを利用する．抽出データの規模や旅客属性の概要は図 3.2 に示す．DatasetA， DatasetB， DatasetD は航空会社システムから抽出した任意の 1 週間の搭乗旅客のデータである．DatasetC は自動機利用旅客への簡易インタビューの結果である．DatasetA は搭乗旅客のデモグラフィック (性別，国籍，年齢) と旅行条件 (預託手荷物数，同伴者有無)，自動機利用是非，マイレージ会員 ID が含まれている．DatasetA 中のマイレージ会員 ID を有する旅客の搭乗履歴を整理し，搭乗頻度，最新搭乗機会，自動機利用頻度，最新自動機利用機会，利用搭乗クラス等の情報を付加したデータが DatasetB である．DatasetD はロビー到着タイミ

ングの代理変数として任意の5日間の搭乗旅客のチェックインタイミングとその人数を抽出している。

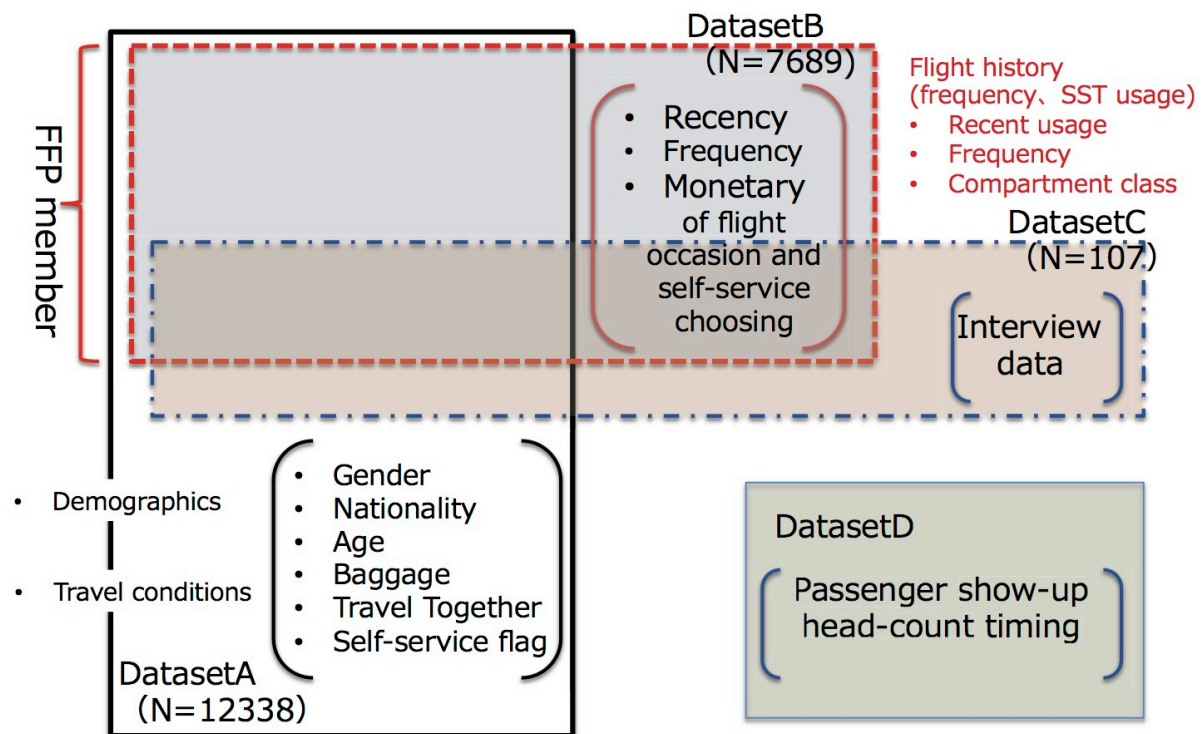


図 3.2 旅客データ概要

前提条件

航空会社の提供サービスやその運営方式は様々である。低価格運賃の提供をコミットするローコストキャリア（LCC）は、利用者に自動機利用を前提としたサービスポリシーがあるため、研究の対象外とする。本研究はセルフサービス技術の選択が利用者に委ねられていること、搭乗手続きオプションの選択にコストインセンティブがないことを前提とする。

3.1.1 観測された旅客行動

本邦内の国際空港の出発ロビーで、出発旅客数が一番多い時間帯を選択し、7日の定点観測に加え、様々な視点から9日間の行動観察を行った。これらの観察を通じて観測された旅客自身の行動様式と、航空会社係員の案内や誘導に対する旅客のリアクションを表 3.1 に示す。

係員のアプローチが能動的かつ積極的であれば、自動機利用率向上に大きく貢献していることが観察された。

なお、自動機利用率とは、自動機を利用して搭乗手続きを行った旅客数を搭乗手続きを行った全旅客数で除したものとする (式 3.1)。

$$Selfservice_usage_rate = \frac{Passenger_using_Selfservice}{All\ Passenger} \quad (3.1)$$

表 3.1 旅客の行動様式と旅客係員への反応

行動様式	案内や誘導への反応
迷わず自動機を利用する旅客 局面の利得を考慮したうえで自動機を利用する旅客 全く自動機に関心を払わない旅客	条件付きで応じる旅客 案内を拒絶する旅客

動的モデルの実験に際して、可能な限り現実社会を写像するために、航空会社システムから抽出したデータにもとづいて平均的な数値を設定した。特段断りがない場合は、付録表 A.2 に示した数値を用いて実験を行う。

3.2 セルフサービス技術受容モデル

3.2.1 モデル概要 (Agent-Based model)

実験空間の構成

モデルは実在する出発ロビーを模しており、三つのエリアに区分される (図 3.3)。出発ロビー (Contact area) に到着した旅客エージェントは、案内係員との確率的な接触を経て Decision area で搭乗手続きオプションを意思決定し、Check-in area 内の選択済み搭乗手続きオプションに進む。旅客エージェントは周辺状況を知覚した上で、3.2.2 で後述する「自動機利用意向 (“Self-service Preference Index”)」を算出し、意思決定を行う。

旅客エージェントの実験空間への出現タイミングは、航空会社システムから得た情報を写像する。入手したデータから有人カウンタのみに寄りつく旅客、頻繁に自動機を使う旅客の割合を求め、実験空間で同様の事象を確率的に再現するように設定する。

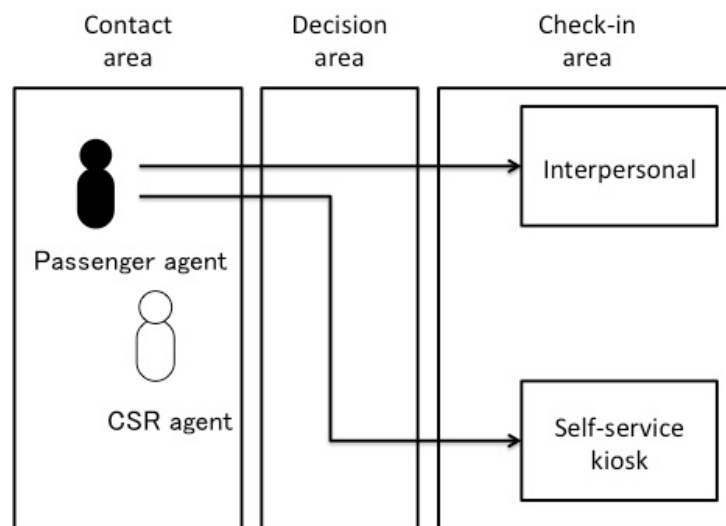


図 3.3 再現モデル概念図

意思決定メカニズム

自動機選択の意思決定メカニズムを図 3.4 に示す。実験空間に観測日と同様なタイミングで投入される旅客エージェントは、知覚した前方の外部情報とエージェント自身の内面状態を入力値とし、ファジー推論によって算出した数値にもとづき進行方向を決定する。外部情報とは二つの搭乗手続きオプション付近の状況であり、内面状態とは自動機利用に対する抵抗感に相当するものである。詳細は次節以降で説明する。

3.2.2 自動機利用意向 (Self-service Preference Index:SPI)

意思決定の聞き取りの難しさ

セルフサービス技術選択の影響因子や分析モデルについては多数の先行研究が存在する。イノベーション普及研究の研究成果とこれらを統合し、空港の自動機選択意思決定モデルの根幹となる自動機利用意向の定量化方法を説明する。

実際のサービス選択局面で、旅客は搭乗手続きオプションを決定するにあたり、何らかの取捨選択を短時間で行っているのが実態である。空港ロビーで自動機利用者約 100 名におこなった聞き取りは、[Zal03] の「人間の思考や判断が意識してなされるのは 5~20% 程度」との指摘とも符合し、明確な自動機選択理由を即座に得ることは希であった。

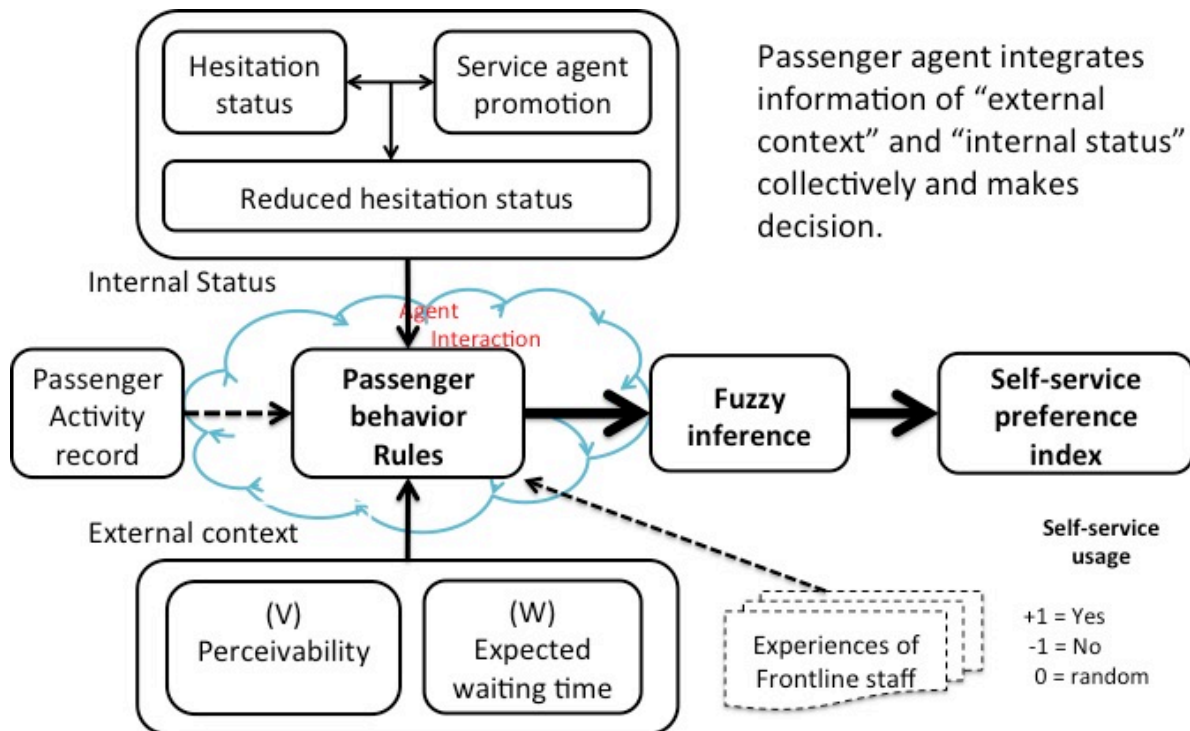


図 3.4 SST adoption model (2014) 意思決定メカニズム概念図

ファジー推論

人は五感を通じて収集した情報を処理して意思決定を行い、常識あるいは過去の経験や勘から創り出される判断規則に照らし合わせて総合的な判断を下していると思われる。この前提のもとで、本研究の自動機利用意向の判別方法として、クリスプな閾値で自動機利用是非を扱うのではなく、曖昧な情報を取り扱う手法であるファジー推論を選択する。

ファジー推論は在来の機械にないが、人間には殆ど誰にもある曖昧さを適切に処理する能力を積極的に採用している。境界領域やグレーゾーンの複雑さをファジーロジックによって一種の情報圧縮をしているとも考えられる ([中村 89])。サービス局面で取捨選択を行う旅客も同様に、きれいに割り切った思考回路を利用者アンケート調査等で明らかにすることは困難であろうと推察する。

[中村 89] はファジー理論の提唱者である Zadeh(1984) の「精密でないこと (Imprecision) の利点」を「コモンセンス的な思考では、人間はなにかあるシステムの働きを表すのに『数』よりむしろ『ことば』を用いる。ファジー集合によって、コモンセンスと呼ばれる人間の知の形態をコンピュータに入力できるようになる」と要約している。本研究では、個人の自動機選択メカニズムのコモンセンスの理解にあたり、空港ロビーで旅客の選択行動

を熟知しているエキスパートの知見と、観察された旅客の行動様式を参考にした。

行動規則と自動機利用意向 (Self-service Preference Index: *SPI*) の算出方法

旅客エージェントは外部環境を認知し、自動機利用選択の是非、つまり進行方向を決定する。自動機利用選択の是非を指標化するにあたり、人間の曖昧な評価を取り込むべく、ファジー推論の枠組みを利用する。行動選択の結果として表出した行動様式に着目し、エキスパートの経験則および行動観察結果から明らかになった行動規則 (Fuzzy rules) を表 3.2 に示す。

表 3.2 Fuzzy Rules(1)

Rule 1	IF <i>W</i> is short and <i>V</i> is low, THEN rather choose interpersonal service.
Rule 2	IF <i>W</i> is long and <i>V</i> is high, THEN rather choose self-service.

行動規則には二つの入力値「有人カウンタの予想待ち時間 (*W*)」「自動機の利用可能知覚性 (*V*)」があり、これらの組合せにより自動機利用意向 (*SPI*) を算出する。

「有人カウンタの予想待ち時間 (*W*)」を採用した三つの理由として、第一に、先行研究のセルフサービス技術 (SST) 利用における満足原因の中で一番重要視されている要素が「待ち時間」であること ([MORB00])、第二に混雑度合いが SST 利用選択に影響を及ぼすこと ([GPVD⁺11])、そして最後にサービス現場の行動観察でも有人カウンタ待ち列からの離脱旅客が自動機を利用することが散見されたことが挙げられる。「有人カウンタの予想待ち時間 (*W*)」算出の入力値 (*EQT*) の求め方は式 3.2 に示す。

$$EQT = \left(\frac{NCCQ}{CCPs} \right) \times p1 - \left(\frac{NSSQ}{SSUs} \right) \times p2 \quad (3.2)$$

この数式内の *NCCQ* とは有人カウンタ前の待ち列にいる旅客数を、*CCPs* とは稼働している有人カウンタ数を表す。*NSSQ* は自動機前の待ち列にいる旅客数を、*SSUs* は自動機数を示している。*p1*, *p2* は有人カウンタと自動機の嗜好性の重み付けを表すパラメータで、これらの設定方法は後述する。左項から右項の差が有人カウンタと自動機の相対的な待ち時間の知覚程度を表している。

「自動機の利用可能知覚性 (*V*)」の採用理由は、自動機を一顧だにせず有人カウンタに

向かう特徴的な旅客行動である。自動機が存在とそれが利用可能と知覚されない限り、旅客の選択肢の対象とならないと推察した。自動機近傍を旅客が通過する際に自動機利用旅客がいることで「自動機の利用可能知覚性 (V)」は高まり、配置数よりも多くの旅客が自動機を占有することで、自動機そのものの視認性が低くなることに着目した。

これらの算出値を用い、二つの行動規則から各々のファジー集合値を求めた結果を合成し、自動機利用意向 (SPI) を算出する（詳細は次項の図 3.5 参照）。

$SPI > 0$ の場合は、算出値を切り上げて $SPI = 1$ とし、旅客エージェントは自動機方向へ進行し、 $SPI < 0$ の場合は、算出値を切り下げて $SPI = -1$ とし、旅客エージェントは有人カウンタに向かい進行し、 $SPI = 0$ の場合は 50% の割合で確率的に自動機方向に進行するよう設定した。

3.2.3 ファジー推論による SPI 値の算出

図 3.5 で、 SPI の算出方法を説明する。図内の Rule-1, Rule-2 は各々ファジー推論の二つの行動規則を示している。各規則の左側は、「有人カウンタ予想待ち時間 (W)」、右側は「自動機利用知覚可能性 (V)」のメンバシップ値を求める関数を表している。

有人カウンタ予想待ち時間の算出

Rule-1 の A1 は「有人カウンタ予想待ち時間 (W)」が「短い」と感じるファジー集合を表しており、A2 は「長い」と感じるファジー集合を表している。例えば、図 3.5 で示す通り、入力値（横軸） $EQT = 4$ の場合、「有人カウンタ予想待ち時間 (W)」を「短い」と感じる度合いは $A1 = 0.25$ となり、「長い」と感じる度合いは $A2 = 0.75$ となる。

自動機の利用可能知覚性の算出

「自動機の利用可能知覚性 (V)」は、自動機を利用している旅客数によって算出する。自動機に寄りつく旅客数がない場合は自動機が存在が認知しにくい、旅客が自動機を操作している局面に接すれば、「自動機の利用可能知覚性 (V)」が高まると想定している。但し、設置台数を上回る旅客数が自動機に寄りつくと、自動機の視認性が低くなるとともに「自動機の利用可能知覚性 (V)」も低くなると設定とした。

図 3.5 の B1, B2 で示したグラフは、自動機が 4 台設置されている場合のメンバシップ関数である。例えば、自動機に 2 名の旅客エージェントが寄りついている場合、変数

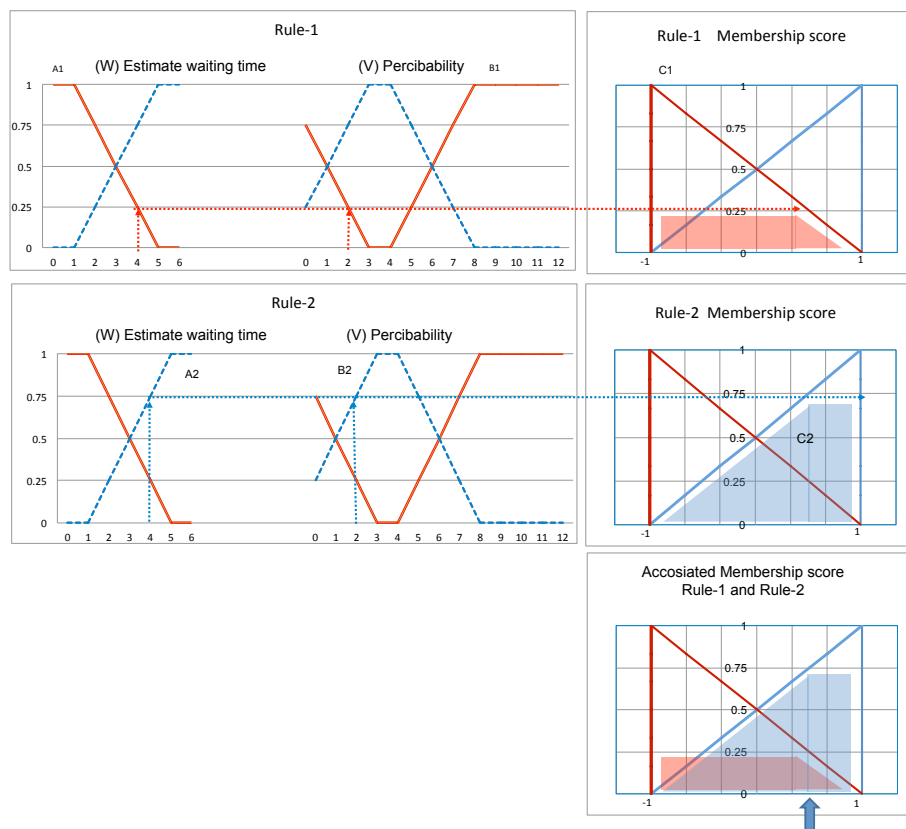


図 3.5 ファジールールの合成 (1)

V の入力値は 2 となり、「自動機の利用可能知覚性 (V)」を「低い」と感じる度合いは $B1 = 0.25$ となり、「高い」と感じる度合いは $B2 = 0.75$ となる。

算出値入力と二つの行動規則の合成

前述した算出値を各々の行動規則に入力し、それぞれの行動規則から得た値を合成することにより、 SPI を算出するプロセスを図 3.5 を用いて説明する。

Rule-1 にて二つの入力値から算出された結果を合成し、ファジー集合の積を求める。前述の例では $A1 \cap B1 = 0.25$ となり、「相対的に有人カウンタを選択する」ファジー集合 ($C1$) の値は 0.25 となる。Rule-2 では $A2 \cap B2 = 0.75$ となり、「相対的に有人カウンタを選択する」ファジー集合 ($C2$) の値は 0.75 となる。二つのファジー集合 ($C1$ 内面積と $C2$ 内面積) の重み付けを計算し、その代表値 ($SPI > 0$) より、「どちらかという自動機を選択」することになる。尚、実装モデルのプログラムの技術的な制約により、本研究ではファジー合成方法を簡素化しており、 $C1$ 、 $C2$ の重心を求めるかわりに、図 3.5 で各々示された台形の面積の差分、つまり、 $C2 - C1 = C3$ の値を求めている。

3.2.4 実験の進め方と評価方法

まずプロトタイプを作成し、モデルの挙動を確認した後、現実社会の写像をモデルに施し、モデルの課題を段階的に克服することで、実験空間の現実社会への近似を図る。モデルの妥当性評価については、現実社会で観測されたデータセット (付録表 A.3) の一つを用いてモデルパラメータをフィッティングし、次に複数の条件を変化させ観測された他のデータセットをモデルに投入することで、「自動機利用率」の再現性を観察し、評価を行う。実験に投入する 7 日 (各 60 分) の旅客のロビー到達タイミングの代替データ (手続き終了時刻) は航空会社システムより取得した。

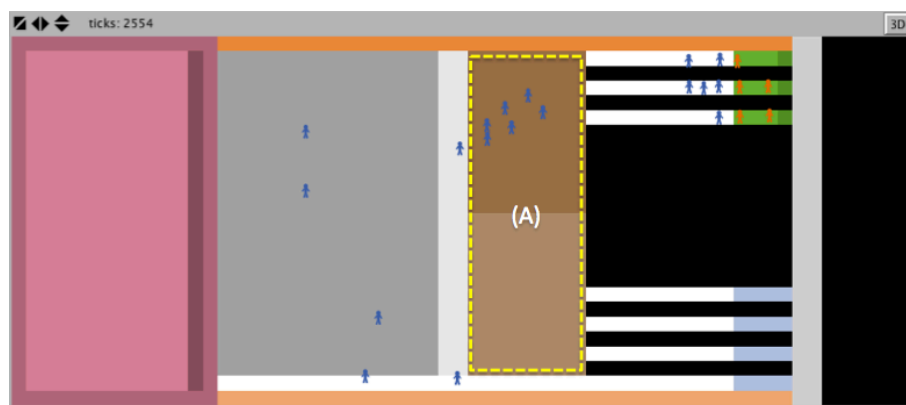


図 3.6 再現モデルのプロトタイプ “mini-model”

3.3 提案モデルの現実近似

3.3.1 モデルの挙動の確認（プロトタイプの提示）

「セルフサービス機器利用の意思決定モデル」のプロトタイプを構築し、その挙動の確認をおこなった。

実験空間は長方形のスペースで、図 3.6 の左手 (9 時の方向) から旅客エージェントが出現し、右側の上部にある有人カウンタもしくは、下部にある自動機を選択する。中央の (A) エリアの手前で旅客エージェントは周辺の状況を知覚し、進む方向を決定する。

検証の結果、モデルが設計意図の通りの所作を行い、パラメータ操作により概ね想定した傾向が得られた。プロトタイプ実験により、モデルの現実社会の観測データ近似に必要な課題を確認した。

- データ取得日の稼働環境の実験空間への写像
- 現実社会で観測可能なパラメータ値の写像
- 現実社会で観測不可能なパラメータ値の推定
- 旅客を自動機利用に促す働きかけの仕組みの導入

3.3.2 外形的条件の整合（生産財と観測可能なパラメータ値の写像）

本項では、データ取得日の稼働環境の実験空間への写像を行い、観測可能なパラメータ値の写像およびパラメータ値の探索をおこなった結果をプロトタイプに反映し、現実社会の観測データとの近似を図った結果について説明する。

データ取得日の稼働環境の実験空間への写像

図 3.1 に示した実際の出発ロビーと同じ様に、実験空間内で旅客エージェントが搭乗手続きを行えるよう Baggage Drop(図 3.7 の右手中段部分 (B) で示した部分) をモデルに組み込んだ。

現実社会で観測可能なパラメータ値 (1) の写像

更に、観測された手荷物所持率 (*baggage_holder_rate*), 多頻度自動機ユーザー比率 (*Frequent_Self - Service_User_Rate*) の値をモデル内に設定した。(設定値は付録表 A.2 のとおり.)

モデル内で自律的に動く旅客エージェントの移動速度は前方にエージェントがいない場合は移動速度上限値まで加速する。前方にエージェントがいる場合は追い越しは行わず、前方のエージェントと同じ速度で移動する。現実社会の全旅客の移動速度を写像することは困難であるので、実験空間において移動速度の上限値を変化させた実験を繰り返し、最も現実社会に近似するパラメータ値を探索した結果 (*speed-limit=0.25*) をモデルに反映した。

現実社会で観測不可能なパラメータ値 (2) の推定

前述のとおり、一般的に自動機よりも有人カウンタが好まれるが、人の内面状態である嗜好性の程度を定量的に測定するのは困難である。数式 3.1 で示したパラメータ $p1$ を変化させ、シミュレーションを繰り返し、現実社会の観測データに最も近似する $p1$ 値の探

索結果 ($p1 = 5.1$) をモデルに反映した.

モデルの改修結果 (1)

採用したパラメータ値と航空会社システムから抽出した各種変数の平均値を写像したモデルの実験結果を表 3.3 に示す. 実験は各々のデータセットに対して 50 回の試行を行いその結果の平均値を算出した. 尚, 前述したパラメータ値の推定にあたり, 旅客に対して係員の関与が殆ど無かった観測日のデータセット (date412) を用いた.

訓練データ (date412) のシミュレーション結果は, 実際の観測データとの平方根二乗誤差 (RMSE) が 0.027 となった. この数値は 60 分あたり 100 名程度の旅客が搭乗手続きをした場合, 自動機利用結果が 3 名差がある程度を意味しており, 実務の上では想定内の誤差と考えられ, 実験結果は観測データに概ね近似したと評価できる.

その他のデータセットを用いた実験結果の自動機利用率は実際よりも下回っているのが観測され, 誤差のばらつきも見られた.

表 3.3 シミュレーション結果 (1)

	Dataset	date406	date408	date409	date410	date411	date412	平均
自動機利用率	現実社会 (a)	0.351	0.375	0.364	0.446	0.496	0.272	
	実験平均 (b)	0.303	0.369	0.303	0.377	0.369	0.245	
誤差	(b)-(a)	-0.048	-0.006	-0.061	-0.069	-0.127	-0.027	
平方根二乗誤差	(RMSE)	0.048	0.006	0.061	0.069	0.127	0.027	0.056

3.3.3 旅客を自動機利用に促す働きかけの仕組みの導入（抵抗感低減モデル）

実際の空港ロビーでは、係員が自動機付近を通過する旅客に対し、自動機利用を促す案内を行っているが、前項で実験に用いたモデルは係員の誘導と旅客の反応を考慮していない。前項のシミュレーション実験結果と、実際の観測データとの差分にばらつきがある原因は、係員の案内効果をモデルに組み込んでないことと推測できる。

自動機へと誘導する係員と旅客の相互作用を考慮したモデル改修の内容と、精緻化を試みたモデルの実験結果について説明する。

抵抗感低減モデル (2014 モデル)

観測日のデータや参与観察において、係員が旅客に接触し積極的に自動機に案内誘導することで、自動機利用の確率が高まることが確認できている。先行研究の [MOBR03] が示したセルフサービス技術利用に影響を及ぼす因子である個人の属性の状態に着目し、旅客エージェントの生成時に新しい方式への「抵抗感」を意味する変数値 (*hesit*) を属性として各々のエージェントにランダムに与えた。

図 3.7 に示す実験空間の旅客エージェントの経路上のエリア (C) 内に係員エージェント (CSR) を投入し、これらが旅客エージェントに接触することで、ランダムに抵抗感を低減し自動機利用意向にプラスに働く仕組み緒を導入した。

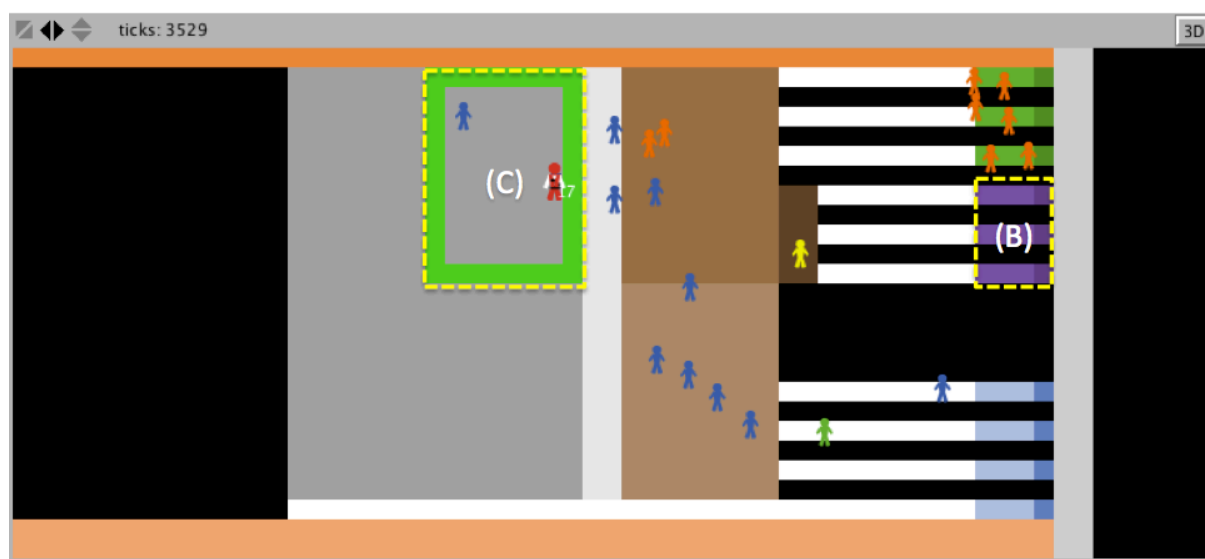


図 3.7 抵抗感低減モデル

尚, CSR と旅客エージェントの接触する際の *hesit* 値の低減方法は後述する実際の旅客案内業務の振る舞いを再現する工夫を施している.

表 3.4 Fuzzy Rules(2)

Rule 1	IF <i>W</i> is short and <i>V</i> is low, THEN rather choose interpersonal service.
Rule 2	IF <i>W</i> is long and <i>V</i> is high, THEN rather choose self-service.
Rule 3	IF <i>H</i> is low (consequently <i>M</i> is high), THEN rather choose self-service.

W: Waiting time for conventional check-in

V: Visibility of self-service kiosk

H: Hesitation for adopting new methodology

M: Motivation of using self-service kiosk

行動規則の追加と *SPI* の算出

自動機利用意向を算出するファジー推論ルールに新たに, 「自動機利用の動機付け (*M*) が高いと, どちらかという自動機を選択する」を加えた (表 3.4).

三つのファジールールの合成と自動機利用意向 (*SPI*) 算出の方法を説明する (図 3.8).

Rule-3 は関連研究で示された SST への態度形成や利用意向に影響を与える要因 (Consumer readiness, Technology Readiness, Technical Anxiety, Social Anxiety 等) の概念を包括的に捉え, 個人の持つ新たな行動様式を採用する抵抗感を表す変数 (*hesit*) を入力値とすることで後件部の重み付け (面積) が算出される. 導かれた数値を Rule-1, Rule-2 で合成された値に加えて *SPI* を求める.

Rule-3 の入力値である *hesit* 値が 5 の場合, 自動機を利用するモチベーションを表すメンバシップ関数「*D1*」により *M* 値は 0.5 となる. 前件部分で算出された値を元に, 旅客エージェントの「新しい方式を採用するに当たっての抵抗感」という内部状態を表す「*E1*」の面積を求める. 図 3.8 で示す通り, 抵抗感を十分に下げることが「どちらかという自動機を利用する因子」を増やすことになる. 三つの行動規則を合成する (*SPI*) 算出式は 3.3 の通り表せられる.

$$\begin{aligned}
SPI &= C2 - C1 + E1 \\
if \ SPI \geq 0 \quad SPI &= 1, \\
if \ SPI \leq 0 \quad SPI &= -1
\end{aligned}
\tag{3.3}$$

実験空間内の旅客エージェントと CSR エージェントの相互作用

案内係員エージェント (CSR) と接触した *hesit* 値の小さい旅客エージェントは自動機に寄りつく可能性が高くなる。 *hesit* 値は旅客エージェントが生成されたときにランダムに与えられ、係員との接触の有無とそのタイミング等の相互作用によっても変動する。

モデル改修で新たに加えた諸変数を表 3.5 に示し、実験空間内の二つの変数「抵抗感の度合い (*hesit*)」と「自動機利用のやる気度 (*M*)」のルールについて説明する。

旅客エージェント生成時点に変数 *hesit* はランダムに 0 から 20 までの値をとり、数値が高くなるほど、自動機利用を躊躇する可能性が高く、数値が低くなるほど、自動機利用を躊躇せず積極的に自動機を利用する可能性が高くなるものとする。これは、搭乗手続きを行う個々の旅客が様々なバックグラウンドをもち、新しいものの受容性がそれぞれ違うことを表している。

hesit 値が 10 未満で 0 に近づけば近づくほど、「自動機利用のやる気度 (*M*)」が増加する設定とし、「自動機利用のやる気度 (*M*)」と *hesit* の関係は次の一次関数で表される。

$$M = -0.1 \times hesit + 1 \tag{3.4}$$

このモデルでは、旅客エージェントは有人カウンタをまず選択するという前提があり、その意図が *hesit* の閾値 (10) に組み込まれている。各々の旅客エージェントが CSR エージェントとの接触機会の後に保持する *hesit* 数により、上記 (式 3.4) で算出された値を入力値にして、ファジー推論の後件部分の数値を計算する。

旅客案内業務の振る舞いの再現

案内係員と旅客の反応がモデルの中でどのように行われているかを説明する。

変数 *hesit* は、人の内面にある「抵抗感 (躊躇) の度合い」を表す数値であり、外部からの刺激を受けない限り変化しないが、CSR エージェントと接触し、自動機への案内を受

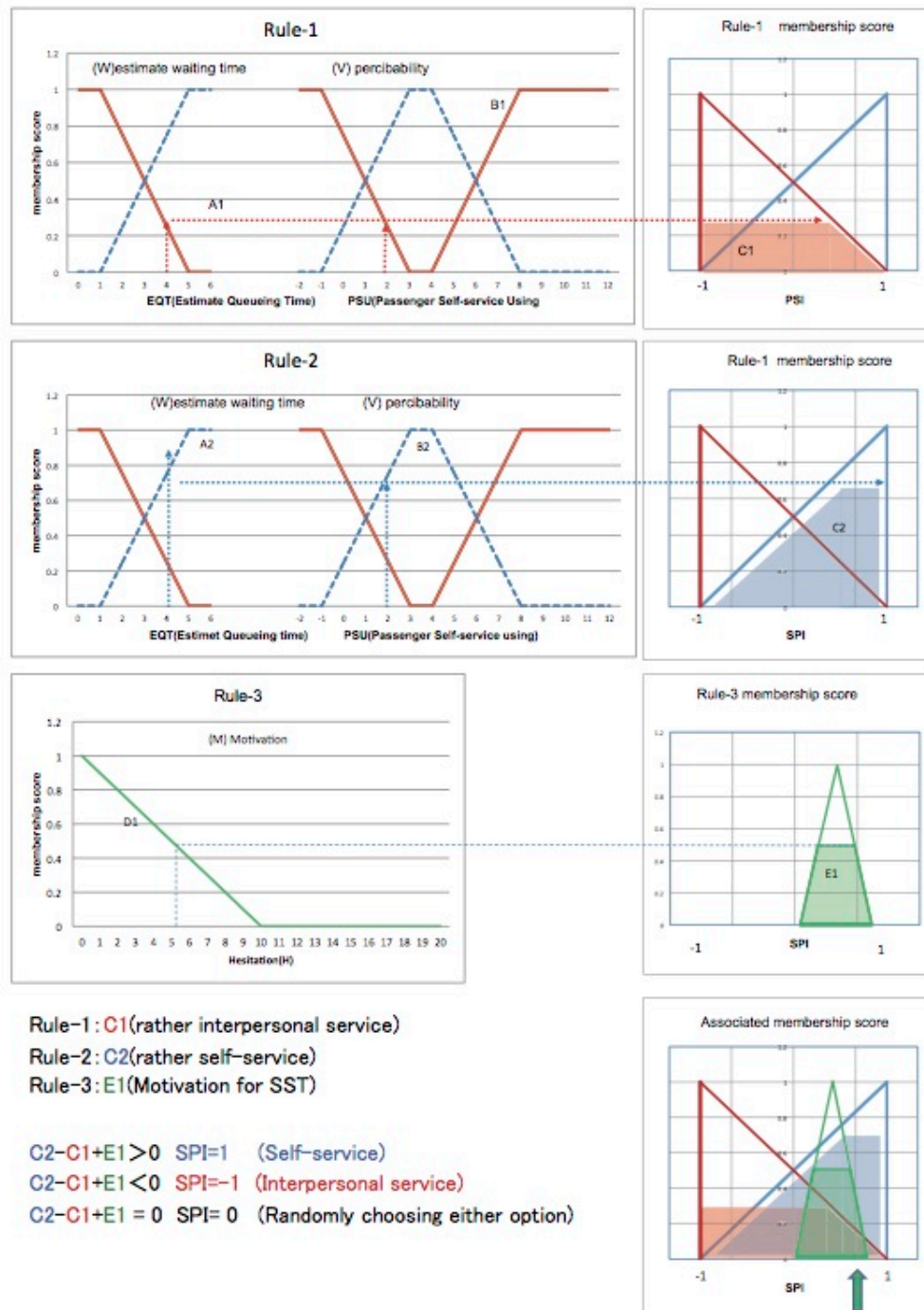


図 3.8 ファジールールの合成 (2)

表 3.5 変数「抵抗感 (*hesit*)」と変数「自動機利用の動機付け (*M*)」の算出に用いる諸変数

Variable name	Remarks	Value
<i>hesit</i>	hesitation status of passenger	-
<i>ht</i>	hesit threshold	10
<i>energy</i>	energy for supporting passenger	-
<i>ge</i>	giving effort	-
<i>fe</i>	energy of full effort	10
<i>CSfe</i>	Capable Status of giving full effort	15
<i>et</i>	energy threshold	10
<i>t</i>	tick	-

けた場合，働きかけの程度により「抵抗感 (躊躇) の度合い」が低減し *hesit* 変数が減少する．エージェントの相互作用と各変数の関係を以下のとおり数式で示す．

$$M = -0.1 \times hesit_t + 1 \quad \text{where } hesit_t \leq 10 \quad 0 \leq M \leq 1 \quad (3.5)$$

$$enegy_t = energy_{t-1} + 0.05 \times t \quad (3.6)$$

$$energy_{t+1} = energy_t - ge_t \quad (3.7)$$

$$hesit_{t+1} = hesit_t - ge_t \quad (3.8)$$

$$ge_t = fe_t \quad \text{where } energy \geq CSfe \quad (3.9)$$

$$ge_t = energy_t - et \quad \text{wherer } et \leq energy_t \leq CSfe \quad (3.10)$$

CSR エージェントとの接触機会を経て，変数 *hesit* の閾値 (*ht* : *hesitthreshold*) より旅客エージェントが保持する *hesit* 値が大きい場合は，何ら意思決定に影響を及ぼさないが，閾値 (*ht*) よりも *hesit* 値が小さくなった場合，メンバシップ値「自動機利用のやる気度 (*Motivation* : *M* 値)」は 0~1 の間で算出され (式 3.5)，Rule-1 および Rule-2 の合成結果に影響を与える．

CSR エージェントの旅客エージェントに対する働きかけの度合いは均質ではなく、CSR エージェントを取り巻く環境や、アプローチするタイミングなどにより様々である。拡張モデルにおいては、CSR エージェント生成時にランダムに与えられた変数 *energy* は時間の経過により上限値 20 まで増える設定としている (式 3.6)。

CSR エージェントは旅客エージェントとの接触時に *energy* を *ge* の値だけ消費し (式 3.7)、旅客エージェントは CSR エージェントが消費する *ge* と同等の数量の変数 *hesit* (この場合は *hesit* = 10) を減少させる (式 3.8)。CSR エージェントは *energy* を *et* 以上保持していないと、旅客エージェントにアプローチして *hesit* を低減することが出来ない設定とする。

例えば *energy* を 16 を保持する CSR エージェントは、旅客エージェントと接触すると、*energy* = 10 を使い、*fe* = 10 を旅客エージェントに与え、保持する *energy* は 6 となるが、次の瞬間、他の旅客エージェントと接触しても保持する *energy* 値が *et*(= 10) を超えるまでは、接触する旅客エージェントの *hesit* 値の減少は行わない。

これは CSR が旅客の接触の際に案内・誘導に必要とする時間や労力の考慮している。

CSR が旅客に対して自動機の案内・誘導をしている時間や、旅客をサポートして実際に自動機の操作説明を行っている間は、その旅客への対応に専ら従事するため、他の旅客に対するアプローチができないことを表している。

CSR エージェントが旅客エージェントに対して与えることができる *ge* 数は、CSR エージェントが保持する *energy* が *CSfe* 以上の場合は旅客エージェントに対して *fe* = 10 の *ge* を与え (式 3.9)、*CSfe* 未満 *et* 以上の場合は *et* を超える *energy* 値を *ge* として引き渡す設定とする (式 3.10)。

これは繁忙度合いにより CSR が旅客に対し連続して均質なサポートを提供することが難しいことを表しており、働きかけに揺らぎを与えるよう工夫した。つまり旅客係員にとって十分余裕がある場合に、係員は「しっかり」「丁寧に」旅客をサポートすることができ、旅客との接触頻度が高い状況では、「ちょっとした案内」しかできず、「係員の案内程度はばらばら」となることを意味している。

変数 *energy* と変数 *ge* の関係は、CSR の旅客とのコミュニケーションスキルと位置づけることが可能である。旅客エージェントの内部状況に働きかける *ge* 数に係数を乗じることで、消費する *energy* の CSR のスキルに応じて消費する *energy* に係数を乗じることで、変数 *ge* 値の増減を操作して CSR の熟練度を表現することが可能である。

モデルの改修結果 (2)

データセット毎に観測日の CSR 配置数と同数の CSR エージェント数を設定し、各々 50 回試行した自動機利用率の平均値を算出した実験結果を表 3.6 に示す。

データ観測日の実際に配置されていた係員相当数を CSR 数としてセットした結果、実際の観測データと実験結果の RMSE が 0.025 まで低くなった。シミュレーション結果の RMSE の分散も 0.017 から 0.006 と三分の一まで縮まったことから、提案モデルは概ね観測データに近似し、実務においても問題ない誤差レベルにまで妥当性が高まったと考えられる。

表 3.6 シミュレーション結果 (2)

CSR	Dataset	date406					date409					date410					date411					date412					平均
		設定数	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	
自動機利用率	観測データ (a)		0.351	0.375	0.364	0.364	0.446	0.272																			
2014 モデル	実験平均 (b)		0.361	0.422	0.364	0.364	0.452	0.245																			
誤差	(b)-(a)		0.010	0.047	0.000	0.000	0.005	-0.027																			
平方根二乗誤差	(RMSE)		0.010	0.047	0.000	0.000	0.005	0.027																			

図 3.9 はシミュレーション結果が実際の観測データに近似する推移を示している。空港ロビーの生産財や航空会社システムから抽出したデータの実験空間への写像の後，旅客エージェントの移動速度上限値 (Speed-limit) の最適値設定に加え，有人カウンタの嗜好性の重み付け ($p1$) の最適値を探索した結果，シミュレーション結果が実際の観測データ (real data) に近似し，更に係員との相互作用というモデルを拡張 (CSR_0-2) した結果，提案モデルが実際の現象を再現したと評価できる。

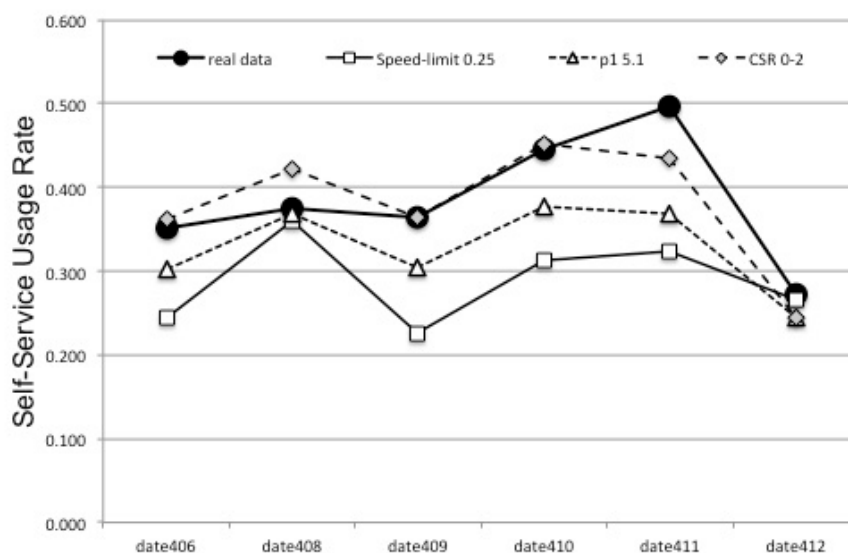


図 3.9 モデル拡張と実験結果の推移

3.3.4 モデルへの個人属性の取り込み

前項までのモデル拡張では，旅客エージェントはランダムに個人属性が与えられており，各々がもつ特徴やその分布は現実社会を反映していない．航空会社システムから抽出したデータを分析し，自動機利用是非と何らかの関係性の高い要因を抽出し，それらをモデルに反映することで更なる精度向上を試みた．

取得データの更なる活用

航空会社のフリークエントフライヤープログラム会員の搭乗履歴の集積データである DatasetB(図 3.2) を利用し，自動機利用是非の影響因子の分析をおこなった．DatasetB から自動機利用者，有人カウンタ利用者が同数含まれる 400 サンプルを無作為に抽出し，

重回帰分析を行った。被説明変数は自動機利用是非として、説明変数にはデモグラフィック情報、旅行条件、搭乗履歴および搭乗手続き状況を用いた (付録表 B.1)。

前回の自動機利用からの時間経過を意味する「最新 SST 利用履歴」および「搭乗頻度」が自動機利用是非の説明力が高い因子であること、手荷物個数や同行者の有無等の旅行条件は自動機選択是非に小さな影響しか与えないことが示された。加えて、出発ロビーの混雑度合いを示す変数 (*Density_within_15min*) が自動機利用是非に有意に影響していることが示された。この変数は旅客が搭乗手続きを行った時刻付近 (15 分区分) に搭乗手続きが行われた旅客総数を表したものである。

データ分析から、搭乗頻度が極めて高い旅客は自動機利用は殆ど無いことが示された。搭乗頻度が高い旅客は最優良顧客の特典として待ち時間がほぼないファーストクラス窓口で搭乗手続きが可能となるので、自動機を利用する動機付けが必然的に乏しくなる。分析結果はそれを反映したものと考えられる。重回帰分析に用いた変数を使いロジスティック回帰分析を行った結果を他のデータに適用し、70% の判定確率が得られた。

前述の自動機利用意是非の説明力の高い変数を用いて、旅客カテゴリー分けを行った。搭乗頻度 (Flight Frequency) の大小、SST 最新利用履歴 (SST Recency) の遠近によって、旅客属性を四象限に分類し、旅客属性を以下の三つのタイプに整理した (付録図 B.1)。

- SST 利用意向が殆ど無いタイプ (構成比:35.2%)
- SST 利用意向が強いタイプ (構成比:14.8%)
- 中立的で局面によって SST 利用是非を選択するタイプ (構成比:50%)

モデルの再拡張 (2017 モデル)

[DB02] の概念モデルを参考に、個人特性や周辺状況が自動機利用意向に作用する仮説 (図 3.10) にもとづき、提案モデルの拡張を行った。図 3.10 はセルフサービス技術利用の意思決定に影響を及ぼす二つの要因とその変数を整理している。自動機利用への態度形成を促す有用性 (Usefulness) や利用簡便性 (Ease of Use) は、図 3.11 で示す自動機周辺の状況を生み出す要素 (Perceivability, Expected waiting time) でもある。他方の影響因子である消費者特性は、DatasetB から抽出したデモグラフィック情報や搭乗履歴から推測する経験値、および出発当日の手荷物数や同伴旅客有無等の旅行条件によってカテゴリー化され、誘導係員との接触有無やその程度により自動機利用への躊躇度合いを決定する。

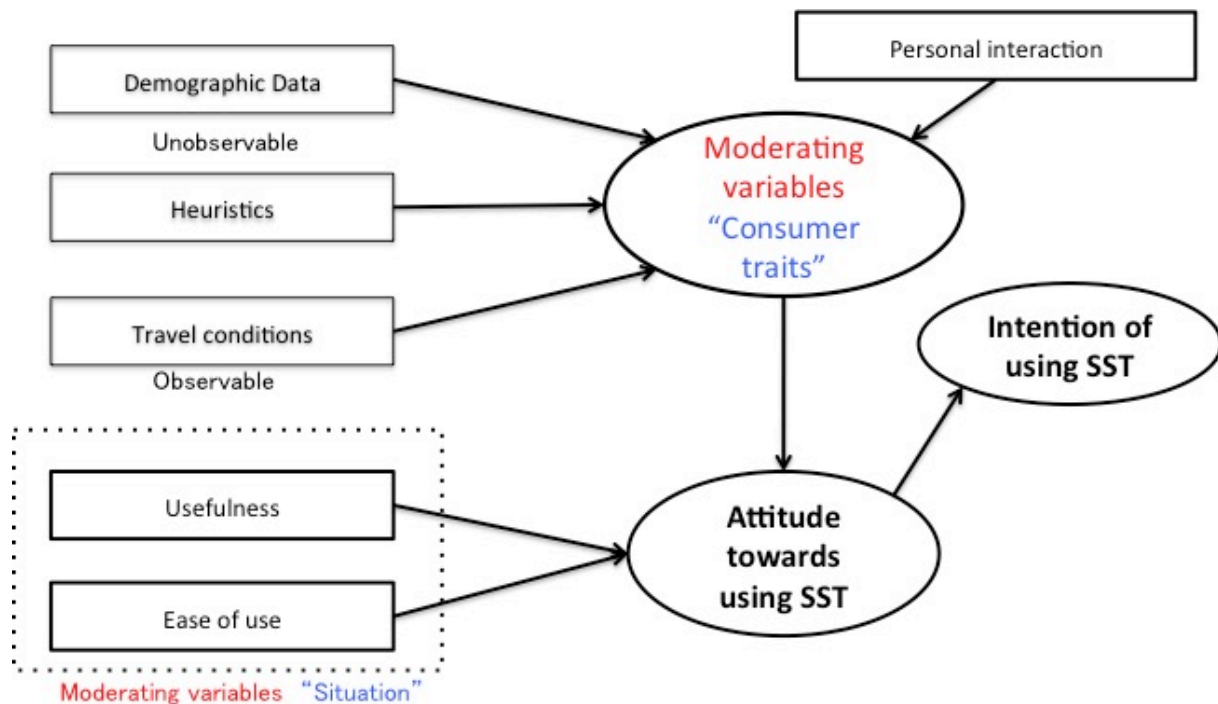


図 3.10 Dabholkar(2002) の概念を反映した拡張モデル

2017 モデルは旅客エージェント生成時に前項で示した三つの旅客タイプを確率的に個々のエージェントに与えるよう改修をおこなった。ランダムに与えていた SST 利用に対する抵抗感を意味する変数 (*hesit*) に閾値を設け、モデルが生成する乱数の値がどの区間に該当するかで属性を区別するよう設定した。

再拡張モデルの実験結果

前節と同様に、訓練データセットを用いて主要な二つのパラメータ値のカリブレーションを行い、もっとも現実社会の観測値に近似した値をモデルに組み込み、シミュレーションを行った。3.3.3 と同じデータセットを用いて、各々 50 回の試行した実験結果の平均値を表 3.7 に示す。

再拡張モデルの実験結果は、観測データとの平方根二乗誤差の平均は 0.039 となり、ほぼ空港ロビーを再現していると評価できる。但し、モデルの粒度を細かくした結果、精度がわずかではあるが低くなったことは、モデルの複雑性を高めても線形に再現正が高まるわけではないという、[GRB⁺05] らの主張と合致している。

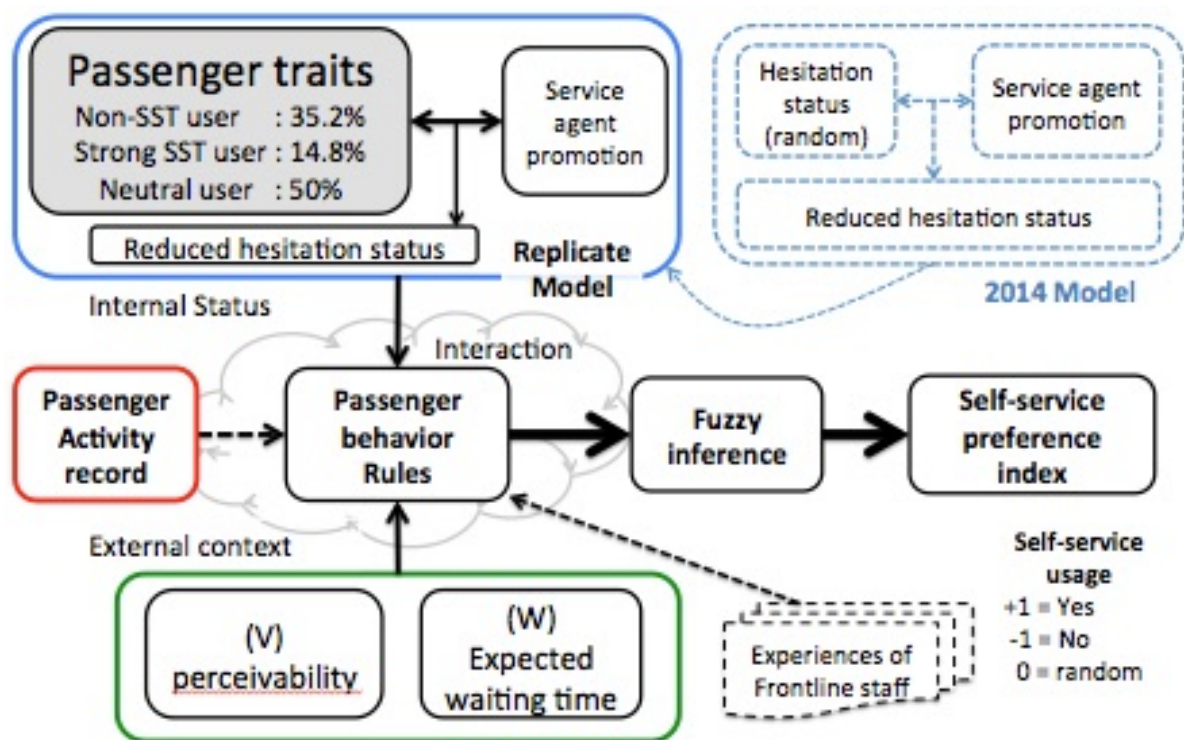


図 3.11 SST adoption model (2017) 意思決定メカニズム概念図

表 3.7 シミュレーション結果 (3)

Dataset		date406	date408	date409	date410	date411	date412	平均
CSR	設定数	2	2	2	3	3	0	
自動機利用率	観測データ (a)	0.351	0.375	0.364	0.446	0.496	0.272	
2014 モデル	実験 (2)	0.361	0.422	0.364	0.452	0.434	0.245	
2017 モデル	実験 (3)	0.373	0.417	0.350	0.419	0.409	0.285	
RMSE	実験 (2)	0.010	0.047	0.000	0.005	0.062	0.027	0.025
	実験 (3)	0.022	0.042	0.015	0.027	0.087	0.013	0.039

3.4 本章のまとめと課題

本章では実装モデルとして、ファジー推論を ABM に組み込んだ「セルフサービス技術採用の意思決定モデル（コアモデル）」を構築した。本節ではその成果を説明し、提案モデルの課題を述べる。

3.4.1 本章の成果

現場のエキスパートの知見を規則化し、参与観察により観測可能な行動ルールを確認し、先行研究で検証されたコンセプトを統合した空港口ビーを動的に再現するモデルを構築した。観測可能な仕組みやパラメータ値は現実社会から写像し、観測できないパラメータについてはシミュレーションを重ね推定値を探索し、観測データへの近似化を図った。

航空会社の搭乗システムから抽出したデータを用いることにより、シミュレーション結果と現実社会の実績値を比較し、提案モデルの妥当性について客観的かつ定量的に評価を行った。エージェントが曖昧な情報を取り扱うファジー推論をモデルに組み込むことで、実験空間内の情報を収集し、経験や勘等により行動を選択する認知モデルを組み込んだ。扱うデータは利用者の主観ではなく、現場のエキスパートの体得した経験と航空会社のシステムに記録されたデータという客観的な事実を用い、観測できないパラメータは実験を通じて帰納的に推定し、実在する現象への近似プロセスを示した。これらにより、セルフサービス技術採用の意思決定モデル（コアモデル）」の蓋然性を高めることができたと考える。

生産財の配置数と旅客のロビー到着タイミングを変化させた複数の実験結果が安定して実際の観測データに近似したことから、以下の二点が示唆された。

- 自動機利用の意思決定は旅客のデモグラフィクス因子に関係なく概ね説明が可能であること
- 自動機利用の意思決定メカニズムは、「有人カウンタの待ち時間」「自動機の利用可能知覚性」「新しい方式への抵抗感」の三要素を組合せた規則で概ね説明できること

3.4.2 本章の課題

本章で示した実装モデルとその拡張は、いずれも自動機利用率という尺度で現実社会に概ね近似し、「セルフサービス技術採用の意思決定モデル（コアモデル）」が現実社会を概ね写像していると評価できると考える。

しかしながら、航空会社データを分析した個人特性を加味したモデルが僅かながら精度が低い結果となったため、再現モデルに取り込む旅客特性の分析方法等に改善の余地がないか再吟味の必要がある。

現実社会近似の評価尺度である自動機利用率は、モデルを介して検知できた集団の行動結果を表すパターンの一つと考えられる。複数パターンの検証によって、モデルの複雑な現実社会の再現性の確からしさを高めることが期待できる。定量的に観測が可能な新たな評価尺度を示し、複雑な現実社会近似の説明力を増進させる必要があると考える。

第 4 章

サービスオペレーション動的再現モデルの検証方法

本章では、サービスオペレーションの動的再現モデルの検証方法について考察する。前章の生産財配置数や旅客の到着タイミングなどを変化させ、条件や環境を変化させた中でも安定的に現実近似を実現したモデルをベースに、異なる階層、異なる尺度で現実社会の特徴の写像を確認することを目指す。

4.1 では航空会社システムの抽出データを更に細分化し、既にサービスオプションを選択済みの集団を含む自動機利用率とは異なる階層に焦点を当てる。4.2 ではサービス選択の最終局面まで意思決定を留保する旅客の抽出を行う。4.3 では、空港に到着してから意思決定を行うユーザーの自動機選択行動を再現モデルで観測し、動的再現モデルの現実社会近似の説明力を高める検証手法について説明する。

4.1 旅客データ分析と旅客タイプの分類

本節では DatasetB(図 3.2) を細分化し、再現モデルの観測対象と実装する旅客カテゴリについて再考する。DatasetB からピーク時間帯かつ出発ロビーに立ち寄る旅客を抽出し ($n=4440$)、改めて重回帰分析から得た説明力の高い二つの変数を用いて、セグメント分けをおこなった。(付録表 C.2,C.3,C.4)

旅客セグメントの自動機利用率が 0.37 未満と 0.68 超の区間を設け、36 区分のセグメントを、表 4.1 の通り三つのグループにカテゴリ分けをおこなった。セグメント毎に、付録表 C.2 は分布数、付録表 C.3 は構成比、付録表 C.4 は自動機利用率を示している。

表 4.1 自動機利用意向に関する旅客カテゴリーと自動機利用確率

旅客カテゴリー	旅客数	構成比	自動機利用確率
Weak-SST-user	705	15.9%	22%
Neutral-SST-user	3450	77.7%	41%
Strong-SST-user	285	6.4%	78%

図 4.1(a) は横軸に SST の最新利用履歴クラスをとり、搭乗頻度クラス別に自動機利用率を表したものである。最新利用履歴が新しいほど、自動機利用率が高まることが観測された。図 4.1(b) は横軸に搭乗頻度クラスをとり、SST の最新利用履歴クラス別に自動機利用率を表したものである。搭乗頻度高くなると若干自動機利用率は高まるものの、その後は自動機利用率は減少していくことが観測された。SST の最新利用履歴が新しい旅客は搭乗頻度にかかわらず自動機を行う傾向があることが分かる。図 4.1(b) のグラフから搭乗頻度が高い旅客は、自動機利用に関しては二極化していることがわかる。多頻度利用顧客は待ち時間の殆ど無いファーストクラスカウンタが利用できる特典がある。自動機利用を積極的に利用し、自分の時間をコントロールしたい旅客と、なるべく自分の手間はかけないことを希望する旅客の嗜好の違いが現れたものと考ええる。

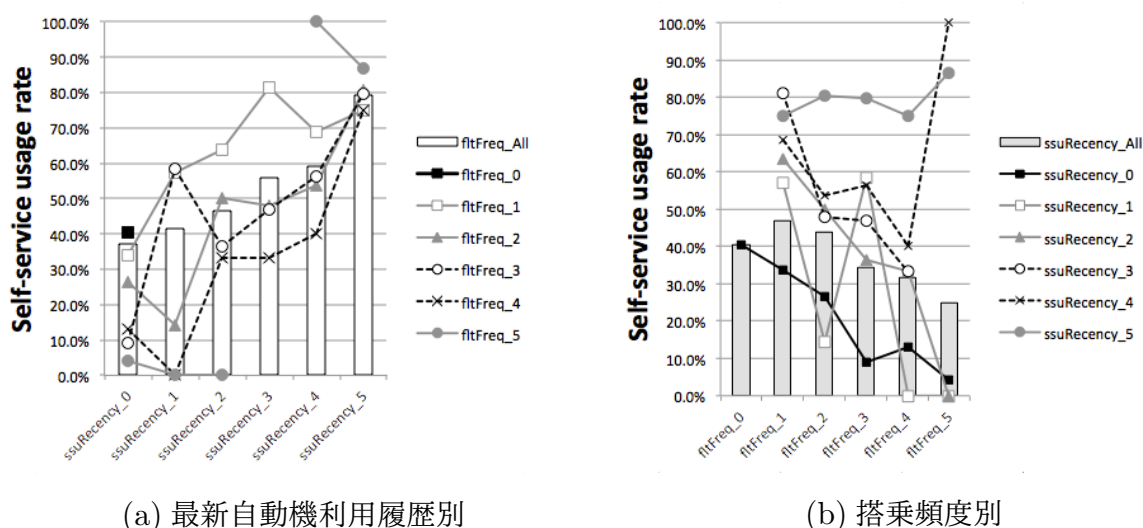


図 4.1 36 区分化された旅客の自動機利用率

自動機利用率が極端 (100% もしくは 0%) な旅客区分については、その集団の母数が小さいことを考慮すると、[KC70] が述べたとおり、空港外 (第一局面) で自動機利用を採用していたとしても、必ずしも空港内 (第二局面) でそれを実行に移すわけではなく、旅客カ

テゴリーによって、搭乗手続きの選択肢が一意には決まらないことが確認できた。

4.2 提案モデルの微修正と検証対象の絞り込み

本節では、再現モデルに前節の旅客データ分析結果の反映と、段階的な意思決定プロセスを反映したエージェントのふるまいの微修正について説明し、検証対象となる旅客セグメントを明示する。

4.2.1 段階的に選択する意思決定の反映

前章では再現モデル (2014 モデル) に、実験空間で旅客エージェントを生成する際に、各々に自動機利用意向にかかわる個人特性を与え、属性を確率的に与えるモデル (2017 モデル) への拡張をおこなった。二つの実験結果から、旅客エージェントへの属性の与え方はモデル精度を大きく影響するものではないことが確認できた。

前節で述べたとおり、特定の属性をもつ旅客であっても、高い確率で搭乗手続きオプションを選定する傾向はあるものの、一意に選択肢が特定されているわけではない。実際には特定の属性をもつ旅客であっても、全ての当該属性の旅客がロビー到着前にオプション選択が済んでいるとは考えにくく、自動機利用是非の意思決定は空港に到着後に行うと思われる。

これらを踏まえて、生成時に三つの特性を付与された旅客エージェントが、表 4.1 のとおり特性毎に確率的に搭乗手続きオプションを選択する様に再現モデルにマイナーな改修を加える。実験空間に現れた旅客エージェントの 15.9% が Weak-SST-user となり、6.4% が Strong-SST-user として生成される。Weak-SST-user が 78% の確率で有人カウンタを選択し、non-SST-user となり、同様に Strong-SST-user は 78% の確率で自動機を選択するよう微修正を加え、その他の旅客エージェントは自律的に行動するよう設定した。

4.2.2 分析対象の明確化

本章の検証対象は搭乗手続きオプションの選択が済んでいない、つまり、自動機利用に対して中立的な態度の旅客とする。個人は自動機の選択是非にあたり、個人特性と周辺状況の二つを影響因子として再現モデルは設計されている。周辺状況という影響因子の一つに絞り込み、個人の意思決定の結果に着目し、実験空間の再現性について検証を行う。

4.3 提案モデルの現実近似の検証

複雑なシステムの検証において、複数のスケールや階層レベルで現実社会と同様の特徴量を持つパターンが観測出来ることがモデル構造やパラメータ設定の不確実性の低減につながる。本節では、モデル設計上で考慮していないパターンが ABM を用いた動的モデルで創出され、そのパターンが現実世界のそれと統計的に類似していることを説明する。検証の概要は 4.3.1 で示し、実験の結果を 4.3.2 で説明する。

4.3.1 検証方法

前章では提案モデルを用いて条件や設定を変えた複数のシミュレーション結果である自動機利用率と実際の利用率との平方根二乗誤差を観測し、現実世界の状況に近似している結果が得られた。自動機利用率は各々が異なる特性を持つ集団の行動結果を表したものと考えることができる。当節では、自動機利用是非の選択をしていない個人の意思決定に着目し、実験空間が現実社会を写像できているかについて検証する。

検証方法のアウトライン

検証方法の概念を図 4.2 に示す。現実社会の観測データを用いて、二項ロジスティック重回帰分析を行い、個人の自動機利用予測結果の正解率を求める。実験空間においても、同様の観測データを収集し、分析結果の予測正解率を算出する。

実験空間が、現実社会の状況を再現することが出来ているかを、統計手法を用いた特徴量を算出し、それらを比較することで検証を行う。

検証実験の内容

ABM により現実社会を写像する実験空間を構築するにあたり、複雑なシステムの全てを網羅することは極めて困難である。航空会社システムは膨大な搭乗手続きに関するデータを蓄積しているが、航空旅客の全てのアクティビティを記録しているわけではない。現実社会の再現に必要な情報や提案モデルは再現すべきシステムを十分に構築できているかを実験を通じ検証する。

図 4.3 に示すように現実社会のデータから自動機利用旅客、有人カウンタ利用旅客を同数抽出し、400 人のデータセットを 3 セット構成した。観測データは個人 ID で紐付けら

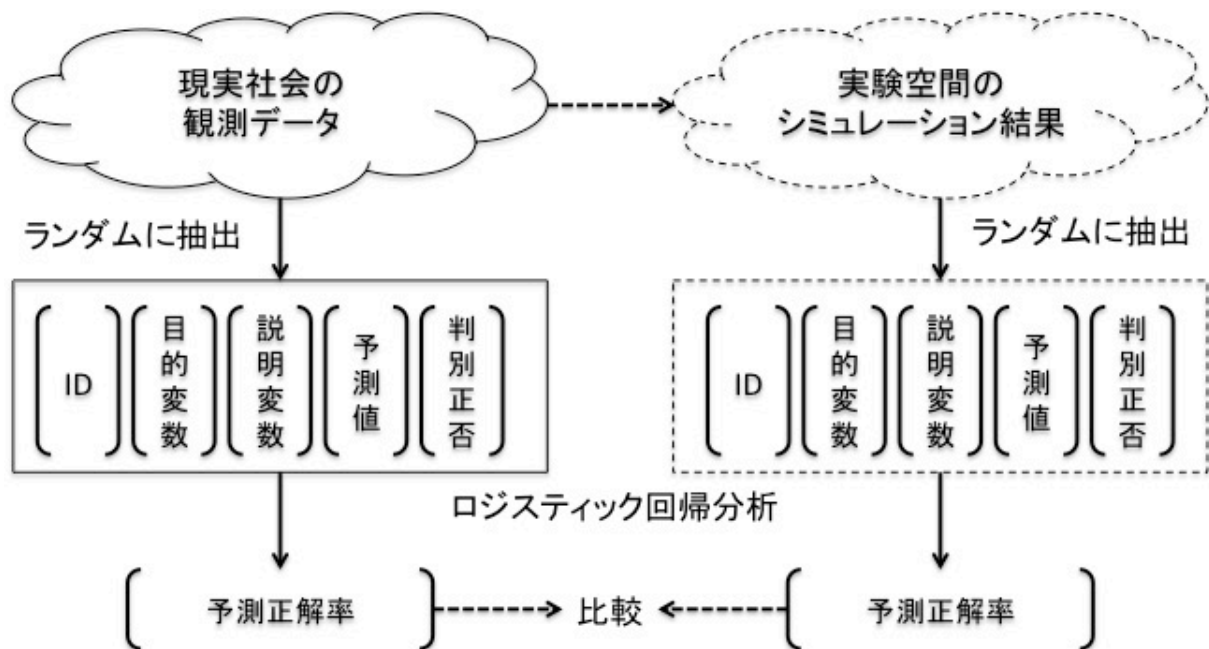


図 4.2 実験空間の複雑性の写像度合いの検証（概念図）

れた，旅行条件，個人特性，搭乗履歴，搭乗手続き状況が含まれている．提案モデルを具備する実験空間を使い，現実社会の旅客寄りつきデータを設定し，30 回のシミュレーションを実行し，旅客エージェントの活動記録を生成した．実験空間の活動記録から，現実社会の観測値と同様の変数を取り出し，自動機利用・有人カウンタ利用の旅客エージェントが同数含まれる 400 個のデータセットを 3 セット構成した．尚，データセットには，自動機利用是非を意思決定していない旅客エージェント (Neutral-SST-user) のみを抽出した．

現実社会の観測値および実験空間から抽出する変数を表 4.2 に示す．

自動機利用是非を目的変数とし，表 4.2 の変数を説明変数としてロジスティック回帰分析を行い，現実社会と実験空間シミュレーション結果のデータセット毎に数式 4.1 に示した自動機利用予測結果の正解率 (*Correct_rate*) を求め，比較検証を行う．

$$Correct_rate = \frac{Passenger_with_correct_predict}{All\ passenger} \quad (4.1)$$

4.3.2 検証実験と考察

表 4.3 に示すとおり，共通の変数を説明変数として，現実社会の観測データを用いた自動機利用是非の予測正解率 (0.549) と，実験空間の結果を用いた予測正解率 (0.537) が得

表 4.2 実験空間の現実近似検証の変数

変数	Dataset		説明・備考
	現実社会 (RW)	実験空間 (ABM)	
旅行条件	BagClass	Bag-bit	手荷物個数 †
個人特性	搭乗頻度*	旅客タイプ	*二つの変数を組み合わせ
	最新自動機利用履歴*		旅客タイプを分類 †
繁忙状況	CKIN_Density	TD	15 分区間の CKIN 旅客数 †
混雑度合い	—	TDave.	CKIN 待ち旅客数 ‡
自動機利用意向	—	PSPIave.	SPI 平均値 ‡

† 共通変数, ‡ABM 生成変数

られた。ロジスティック回帰分析によって、近似する統計的特徴が観測できた。実験結果は極めて僅かな差であり、比較した二つの空間は同じ程度の説明の難しさを有していると考えられる。

選択されたデータは自動機利用にいわば中立的な立場の旅客を抽出しており、確率的に一意に自動機利用是非の意思決定は行わない。よって、このモデルは搭乗手続きオプションの取捨選択を保留している旅客の意思決定の予測の難しさを現実社会とほぼ同じ程度まで再現できたとえよう。

前項で述べたとおり、現実社会で保管されているデータは限りがあり、本論で提示した再現モデルの意思決定の核心に影響及ぼす「周辺状況」は記録されていない。例えば、同一 15 分区間内の搭乗手続き人数は、当該時間帯の混雑状況の一部分しか説明できていない。ABM を実装した提案モデルは、実験空間内の事象を定量的に記録することが可能であり、各旅客エージェントが意思決定エリア内で、チェックインエリアに滞留する旅客エージェント数を認知し、記録することができる。

表 4.2 内の変数 “TDave” は、各旅客エージェントが意思決定エリア内で知覚した tick 当たりのサービスオプション前の旅客エージェント数の平均値を表したものである。表 4.3 に示すとおり、この変数を説明変数に加えることで、予測正解率は 0.763 に向上する。同表内の変数 “PSPIave” は、意思決定エリア内の tick 毎に各エージェントが算出した SPI（自動機利用意向）の平均値であり、この変数を説明変数に加えることで、予測正解率 (0.925) は著しく上昇することが観測された。

これらの変数は提案モデルに意図的に組み込まれたものであり、個々の旅客エージェ

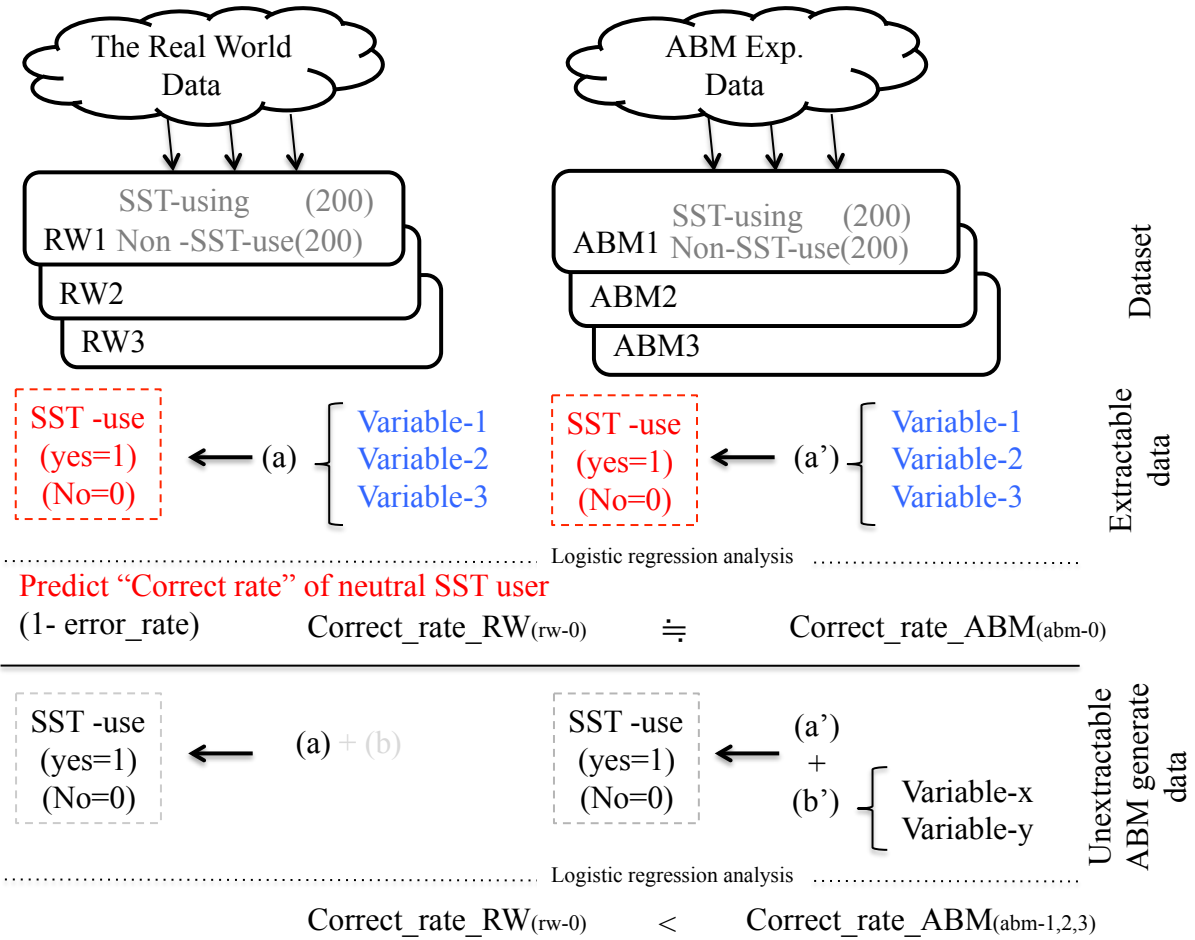


図 4.3 提案モデルの検証方法

ントの自動機選択是非の結果と高い相関を示すのは、想定できる結果である。しかしながら、中立的な立場の個々の旅客エージェントの選択結果が、現実社会で観測可能な変数とどのような関係にあるべきかは、モデル設計では意図していない。検証結果は、現実社会と実験空間が異なる階層で異なる尺度をもって、検出パターンが一致したといえるであろう。

当検証により提案モデルを具備した実験空間は、複雑な現実社会のシステムの全てを写像してはいないものの、個人の意思決定の仕組みやそれらを導く周辺状況を相応に反映し、再現性の確からしさを補強したと考えられる。

表 4.3 ロジスティック回帰分析結果

分析結果	Dataset	予測正解率	共通変数			ABM 生成	
			旅行条件	個人特性	繁忙度	混雑度合い	SPI
rw-0	RW	0.549	✓	✓	✓	—	—
abm-0	ABM	0.537	✓	✓	✓	—	—
abm-1	ABM	0.921	✓	✓	✓	✓	✓
abm-2	ABM	0.925	✓	✓	✓	—	✓
abm-3	ABM	0.763	✓	✓	✓	✓	—

4.4 本章のまとめ

本章では、前章で生産財配置数や旅客の到着タイミングなどを変化させ、条件や環境の違う中でも自動機利用率という尺度で現実近似を実現したモデルをベースに、異なる手法でサービスオペレーションの動的再現モデルを検証した。

航空会社の保有するデータ分析を深化させ、自動機利用是非を意思決定していない、いわば中立的な旅客タイプを抽出した上で、それを媒体として構築モデルが現実社会の複雑なシステムを写像しているかを検証した。

特定のユーザーの行動を抽出するために、旅客属性の与え方に微修正を加え、自動機利用是非の段階的な意思決定プロセスをモデルに織り込んだ。自動機利用に中立的な立場の旅客の行動結果と意思決定局面での周辺状況に着目し、現実社会と提案モデルのそれぞれから統計的な特徴量を算出し、異なる階層と尺度を用いて実験空間の現実近似の検証を行い、提案モデルの確からしさの説明力向上を試みた。

4.4.1 エアラインデータの分析深化とモデルの微改修

航空会社システムから抽出したデータを繁忙時間帯に搭乗手続きを行ったデータに絞り込み、自動機利用意是非に強い影響をおよぼす因子を用いて、SST 利用に対する旅客タイプを分別した。最新自動機利用履歴と搭乗頻度という影響因子を各々 6 つにクラス化し、36 区分化した旅客を、自動機利用意向の強さの尺度を三つの旅客タイプに分類した。意思決定最終局面まで取捨選択を留保する個々のエージェントの行動結果と各々の周辺環境の認知状況を記録する様にモデル改修をおこなった。

4.4.2 再現モデルの検証方法とその考察

第3章で確認できた「自動機利用率」を尺度にした再現モデルの現実近似に加え，本章では搭乗手続きオプションの選択を意思決定エリア内で行う SST に対して中立的な立場の旅客に着目し，旅行条件，個人特性，繁忙感が個々の自動機利用是非に影響を及ぼすかを二項ロジスティック回帰分析により，現実社会の観測値と実験空間のシミュレーション結果の双方から統計的な特徴量の抽出をおこなった．実験によって，二つの空間からランダムに算出されたデータセットの特徴量が僅差であり，提案モデルを実装した実験空間は同程度の現実社会の複雑性を再現していることが示された．

当該モデルを介して「集団行動の結果（第3章：自動機利用率）」と「個人の意思決定を取り巻く周辺環境（本章：自動機利用予測正解率）」の2種類のパターンが検知でき，複数のパターンが異なる階層で現実社会とほぼ一致した．これにより，3章で示した提案モデルの複雑な現実社会の再現性の説明力が高まるとともに，サービスオペレーションの動的再現モデルの検証方法を提示できたと考える．

第 5 章

提案モデルのサービスオペレーションの実務への適用

テクノロジー発展の結果，SST の導入により，コスト削減とともに潜在的な生産性向上やサービス品質の改善の扉が開かれた ([WRFS07]) のは既知のとおりであるが，いかに有効に SST を実務に取り込むかは常にビジネス実務における最大の関心事である．複数の学問領域の中で SST 利用是非に関わる膨大な先行研究があり，影響因子の探索や概念モデルの検証結果から，SST 利用の促進に向けての改善策が示唆されている．自動機の視認性を高めること，自動機のユーザーインターフェースの簡便化等や，テクノロジーに対する不安感の解消にむけて案内係員の配置など，自動機そのものの機能改善や運営の補強等，自動機単体の利用促進の方向性が示されている ([GPVD⁺11, Liu12]).

例えば，短期的な視野で SST 利用の拡大を進めるには，従来のやり方の魅力を相対的に低くしたり，SST 以外の選択肢を与えないという二つの方法がある ([RDF08])．前者は，有人カウンタで搭乗手続きの有料化，後者は有人カウンタでの取り扱いを自動機で扱えない特殊なケースに限定することであり，LCC のコスト抑制目的のオペレーション施策として，いずれも既に運用されている．しかしながら，総合的なサービスを期待して FSC^{*1}を利用する消費者もいることから，これらの施策は必ずしも全ての航空旅客に受容されるものではなく，顧客満足度を高める上で効果的であるとは限らない．SST 以外の選択肢を与えないことが，テクノロジーに対する不安感 (Technology Anxiety:TA) を増幅させ ([KZ87])，SST に対する満足度を低下させ ([MOBR03])，行動様式の選択に悪影響

^{*1} Full Service Carrier の略．LCC の対局にある従来型の航空会社を指し，複数のサービスクラスがあり，機内食や飲物などのアメニティや付帯サービスが運賃に含まれている．

を与える ([Liu12]) ことが先行研究で示されている。これらを踏まえると、サービス体験の向上がまさに必要であり、サービスリソース全体を最適に活用したスムーズなオペレーションを実現することが重要な関心事である ([KC13])。

本章の、5.1 では第3章で提示した再現モデル (2014 モデル) を用い、シナリオ実験を通じてサービス財の最適配置を検証し、5.2 では、局面が変化する中でオペレーション品質の維持向上に資する戦略をゲーミングの枠組みを用いて探索する。シナリオ分析とゲーミング分析の考察結果を 5.3 でまとめ、今後の課題を整理する。

5.1 シナリオ分析から得る知見

本節では実際の観測データとの差分が相対的に小さい 2014 モデルを用いてシナリオ分析を行う。

5.1.1 ではサービスレベルの維持とコスト抑制を両立しつつ自動機利用率を高めるベストプラクティスを検証する。5.1.2 では、自動機利用率を高める重要なパラメータである「多頻度自動機ユーザー」に着目し、当該ユーザーの増加推移と自動機利用率との関係性を検証する。

5.1.1 生産財最適配置のシナリオ分析

シナリオ作成の二つの観点

生産財の最適配置を検討する上で、前提とシナリオ作成の着眼点を次のとおり整理した。ベンチマークとなる要員配置を設定し、(1) サービスオプションを稼働させる要員配置数の増減と、(2) 要員の配置転換が、ベンチマークやシナリオ相互でどれほど効果的であるかに着眼し、7つのシナリオを策定した。

7つのシナリオ

(1) 要員配置数の増減のインパクト検証のためのシナリオ

Scenario 1: BagDrpp(BD) 1 減少

Scenario 2: 有人カウンタ (IPC) 1 減少

Scenario 3: BD 1 減少および IPC 1 減少

(2) 要員の配置転換の効果検証のためのシナリオ

Scenario 4: BD 要員 1 名を案内要員 (CSR) に配置変更

Scenario 5: IPC 要員 1 名を CSR に配置変更

Scenario 6: BD および IPC を各 1 減少し、そのうち 1 名を CSR に配置変更

Scenario 7: BD および IPC を各 1 減少し、2 名をともに CSR に配置変更

シナリオ実験の結果

シナリオ毎に稼働させた生産財の数量と要員総数，自動機利用率，待ち時間の代理変数として Check-in Area 内の手続き待ちの最大ピーク時の旅客エージェント数等，シナリオ実験の結果を表 5.1 に示す．

要員配置数の増減のインパクト検証においては，Scenario 1 の結果から，要員数を減ずることが必ずしも待ち時間増によるサービス品質低下を招かないことが示唆された．ベンチマークのケースでは流入する旅客エージェント数の処理に必要な作業量に対し，生産財の処理能力に余裕があったと考えられる．

要員の配置転換の効果検証において，Scenario 5 では有人カウンタ要員をロビーに配置し，自動機への誘導案内に転用することによって自動機利用率が著しく伸びることを観測した．Scenario 4 では BagDrop 要員をロビーに配置転換したことで，ベンチマークのケースに比べ待ち時間が減少している．ロビー係員による旅客エージェントの誘導が生産財の処理能力の効果的な活用に繋がったと推察される．

表 5.1 シナリオ実験の結果

Scenario	IPC	BD	CSR	SST	Num. of Staff	UR (signif.)	WP (peak)		Staff	
									Reducing	Replacing
(Benchmark)	3	3	0	4	6	0.306	—	12.6	—	—
Scenario 1	3	2	0	4	5	0.301		12.2	✓	
Scenario 2	2	3	0	4	5	0.357	***	13.3	✓	
Scenario 3	2	2	0	4	4	0.378	***	13.4	✓	
Scenario 4	3	2	1	4	6	0.320	*	12.2		✓
Scenario 5	2	3	1	4	6	0.372	***	12.8		✓
Scenario 6	2	2	1	4	5	0.382	***	13.1	✓	
Scenario 7	2	2	2	4	6	0.414	***	13.3		✓

- BD: BagDrop
- CSR: 案内係員（ロビーサービス要員）
- UR: 自動機利用率
- WP: 待行列内の旅客エージェンツ数（最大ピーク）
- Signif. codes : 有意性 ‘***’, 0.001 ‘**’, 0.01 ‘*’, 0.05 ‘.’, 0.1 ‘_’, 0

シナリオの評価と考察

策定したシナリオの結果は以下の三つの観点を総合的に評価した。

- 自動機利用率の向上施策となっているか
- コスト抑制に資する施策となっているか
- 「待ち時間」の増加幅は大きくないか

図 5.1 の棒グラフは自動機利用率を、折れ線グラフは最大手続き待ちエージェント数を示している。Scenario 6 はコスト抑制および自動機利用率で Scenario 4, 5 より相対優位であった。自動機利用率向上の観点で Scenario 7 が最も優れており、次点が Scenario 6 となった。コスト抑制の観点で、一番優れていたのは要員を 2 名削減した Scenario 3 であり、次点は要員 1 名減の Scenario 1, 2, 6 となる。

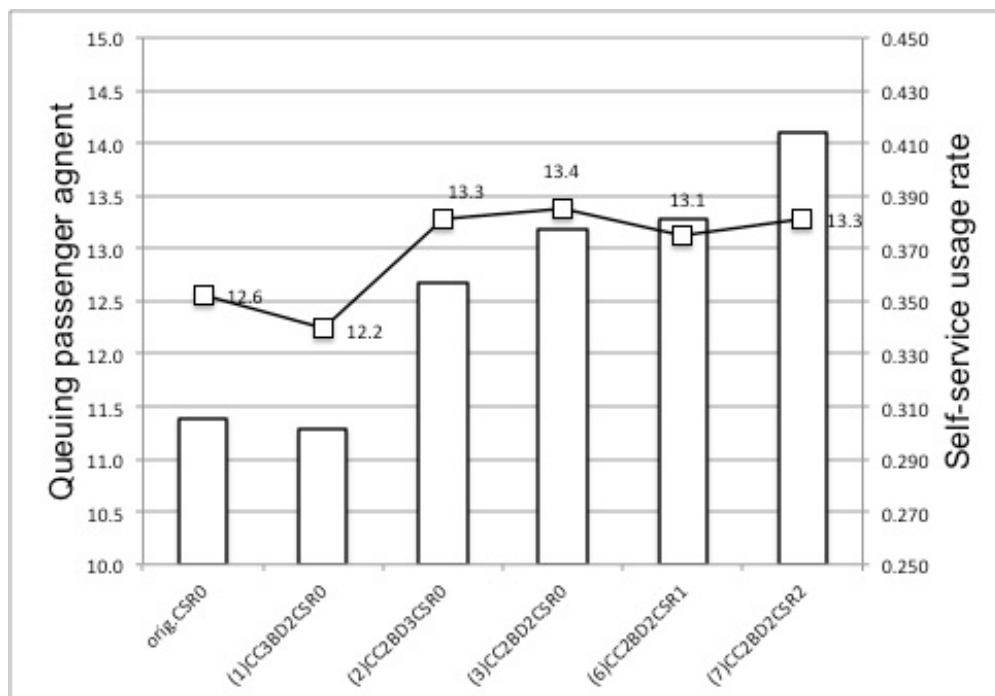


図 5.1 シナリオ実験結果

前述した観点のいずれかで一位、もしくはいずれの観点でも二位以上を獲得したものは Scenario 3, 6, 7 に絞りこまれた。これらのシナリオを三つ目の観点（待ち時間へのインパクト）を加味して相対的にランク付けをしたものを表 5.2 に示す。

待ち時間へのインパクトが最小であったのは Scenario 6 となり、三つの観点を総合的

に評価すると、相対的にバランスが一番優れているのは Scenario 6 であると考えられる。Scenario 6 では有人対応の二つの窓口を減じることで、搭乗手続きオプションを選択する旅客は有人カウンタの「予想待ち時間」増を知覚し、自動機を利用する旅客数が伸びたと考えられる。その結果、新たに空港ロビーに到着する旅客にとって「自動機の利用可能知覚性」が高い瞬間に接する機会が多くなり、旅客の搭乗手続きオプションの選択局面で、ロビーサービスとして配置転換された旅客係員と接触することにより、自動機を利用する「抵抗感」が低減し、自動機利用が促進されたと考えられる。加えて、これらの相互作用の結果、搭乗手続きオプションがバランス良く活用され、出発ロビー全体の待ち時間の総和も微増に留まったと推察する。

表 5.2 シナリオの総合評価

評価の観点	scenario 3	scenario 6	scenario 7
(1) 自動機利用率の向上	3	2	1
(2) コスト抑制	1	2	5
(3) 待ち時間増の抑制	3	1	2

5.1.2 自動機利用普及のシナリオ分析

有人カウンタの予想待ち時間の長さや自動機の利用可能知覚性が相まって、旅客の自動機利用意向が高まるというエキスパートの知見が、サービス現場の行動観察によって観測されている。本節では自動機の利用可能知覚性を高める、頻繁に自動機を利用する旅客の存在に着目し、生産財の稼働数を一定に保ち「多頻度自動機ユーザー」が自動機利用率に与える影響について考察する。

普及シナリオの着眼点

自動機利用旅客が出発ロビーに到着する旅客の自動機利用を促進することが、現実社会の行動観察で把握され、提案モデルの実験においても再現することができた。これを踏まえ、予め自動機に寄りつくことを意思決定している「多頻度自動機ユーザー」数の変化が自動機利用率に与える影響を計測した。

再現モデルにおいて、迷わず自動機を選択する属性は旅客エージェント生成タイミングで確率的に与えられる。当該属性が与えられる確率を 0 から 0.4 までの間で 0.05 刻みで

変化させ、各々 20 回のシミュレーションを行った。旅客エージェントの到着タイミングは前節と同じものを使用し、係員 6 名を配置方法が異なる次の三つのケースを比較した。

CC3BD3CSR0: 有人カウンタ (CC), BagDrpp(BD) に各々 3 名を配置 (基準ケース)

CC2BD3CSR1: 有人カウンタの 1 名をロビーサービス (CSR) に配置転換

CC2BD2CSR2: 有人カウンタ (CC), BagDrpp(BD) から各々 1 名をロビーサービスに配置転換

普及シナリオ分析結果とその考察

図 5.2 は横軸に多頻度自動機ユーザーの割合、縦軸に自動機利用率をとり、ケース別の実験結果を示している。いずれのケースも多頻度自動機ユーザーの割合が増えれば、線形に自動機利用率が伸びる結果となった。多頻度自動機ユーザーの割合が少ない場合、旅客を自動機に誘導案内するロビーサービス係員数 (CSR) が自動機利用率に影響を及ぼしているが、多頻度自動機ユーザーの割合が多くなるにつれて、その影響度合いが小さくなるのが観測できる。

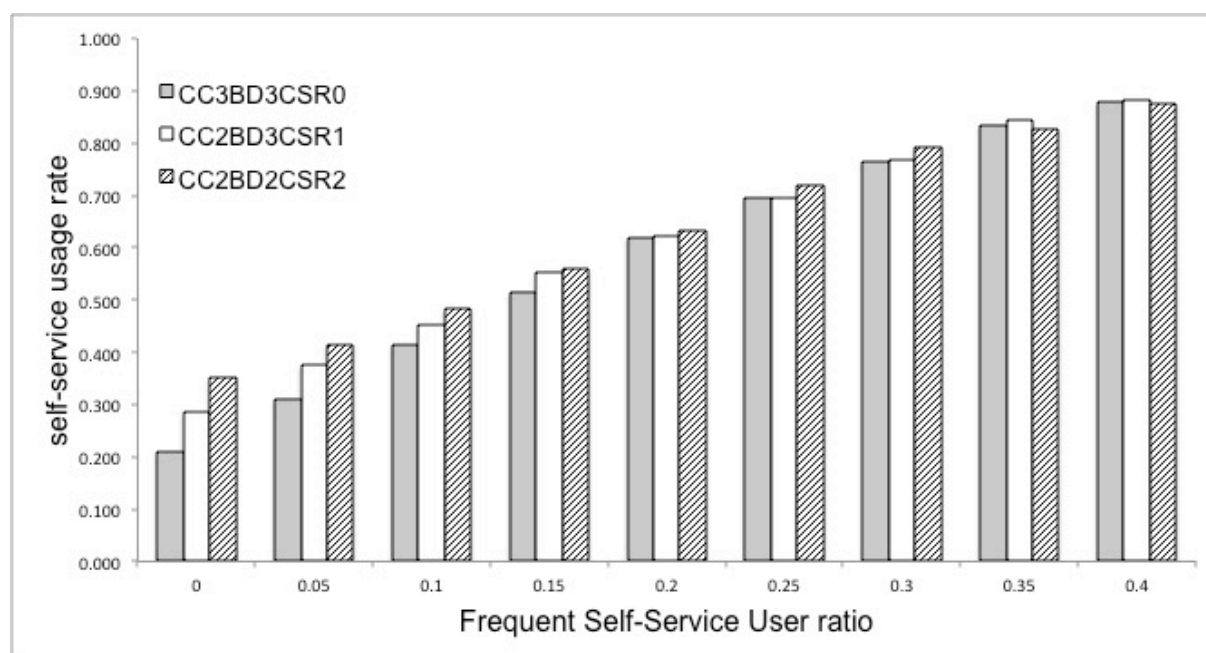


図 5.2 多頻度自動機ユーザーと自動機利用率

多頻度自動機ユーザーの割合が 0.2 に至ると、ロビーサービス係員の配置数による自動機利用率の差がほぼ無くなり、多頻度自動機ユーザーが更に増えると、ロビーサービス係員を配置しないケースが自動機利用率で他を凌駕する結果も出現した。

この結果から、多頻度自動機ユーザーの割合が 0.2 を超えると、自動機利用の案内誘導

を行う係員の配置の必要性が低くなることを考えることができる。条件面を限定した中で、自動機の利用普及の鍵となる多頻度自動機ユーザー数の目標値示すことができたと言える。空港内に配置された案内係員をチェンジエージェント、多頻度自動機ユーザーをオピニオンリーダーと見立てると、本研究が限定的な環境設定のもとで [Rog83] が示した「チェンジエージェントの努力が最も大きな成果をもたらすのがオピニオンリーダーのイノベーション採用率が3%から16%の間である」という点と概ね符合する点が興味深い。

5.2 ゲーミング枠組みから得る知見

本節では、サービスオペレーション動的再現モデルと同じプラットフォームを活用した協調ゲームを構築し、コンピュータシミュレーションでは扱いにくい、刻々と状況が変化することでどのような施策を講じることがサービスオペレーション品質の維持向上に効果的であるかを検証する。5.2.1 で、協調ゲームの仕組みとその設定を説明し、5.2.2 でゲーミングの実験結果とその考察を述べる。

5.2.1 ゲームの仕組みとその設定

人間の意思決定が深く関与する現象をコンピュータシミュレーションで扱うのは困難である。一方、ゲーミングは複雑な状況への対処を参加プレイヤーに委ねることで、連続的に刻々と変化する状況を扱う有効な方法の一つであり ([SSS16])、複雑なしくみを複数の利害関係者が相互に関与して扱うことに適したロールプレイ ([Duk74]) の活用が可能である。本節では、ゲーミングの枠組みを使い、局面が変化することで効果的な戦略が探索可能かを検証する。

コアメカニク

当ゲームの中核となる仕組みは、空港内の複数ロビーの状況が時系列に沿って変化することで、限られたサービスリソースをプレイヤー間で融通し合い、より良いサービス品質をロビー全体で実現することである。プレイヤー間のコミュニケーションや望ましい戦略の探索を通じ、(1) 他者の主体的経験と (2) オペレーションの打ち手と結果の因果を構造的に理解することがこのゲームの「コアメカニク (Core mechanic)」である (図 5.3)。

ゲームのプラットフォームには、既述の提案モデルを使い、各ロビーに出現する旅客の到着タイミングは航空会社システムから抽出した異なるデータを利用した。図 5.4 で示す

ように、二つのロビーに同数の設備を設定し、各ロビーに空港スタッフを用意した。各ロビーは各々のマネジャーによりコントロール可能とし、非稼働のスタッフはいずれのエリアでも活用可能な環境を整えた。各ロビーの部分最適が必ずしも全体最適とならない現実社会を写像するべく、ambivalent な仕組みをゲームの構造に組み込んだ。

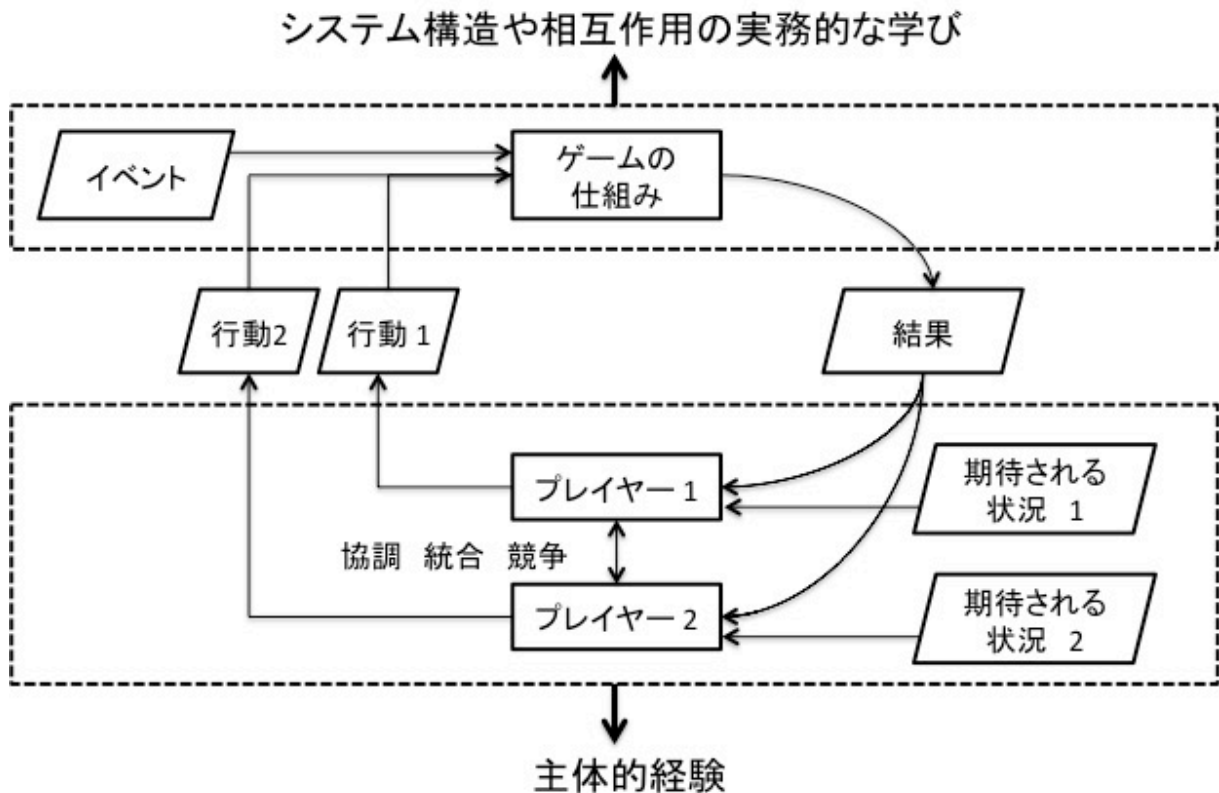


図 5.3 協調ゲームのコアメカニク

ゲームの設定

当ゲームは空港内の二つの出発ロビー (Lobby-A, Lobby-B) を 2 人のマネジャーが生産財の投入量や配置場所をアレンジし、協力してより良いオペレーション品質を目指すものである。Lobby-A には 9 名, Lobby-B には 6 名のスタッフが配置されており、各々のマネジャーがコントロールパネルを操作し、有人カウンタ, BagDrop の稼働窓口数およびロビー案内係員 (CSR) の配置人数を決定する。

図 5.4 が示すとおり、二つのロビーは同数の窓口数と自動機があり、各ロビーのマネジャーが状況に応じて係員を配置し、窓口の稼働数やロビーサービスの人数を決定する。いずれのロビーにも配置されない非稼働スタッフはプールされ、別ロビーのマネ

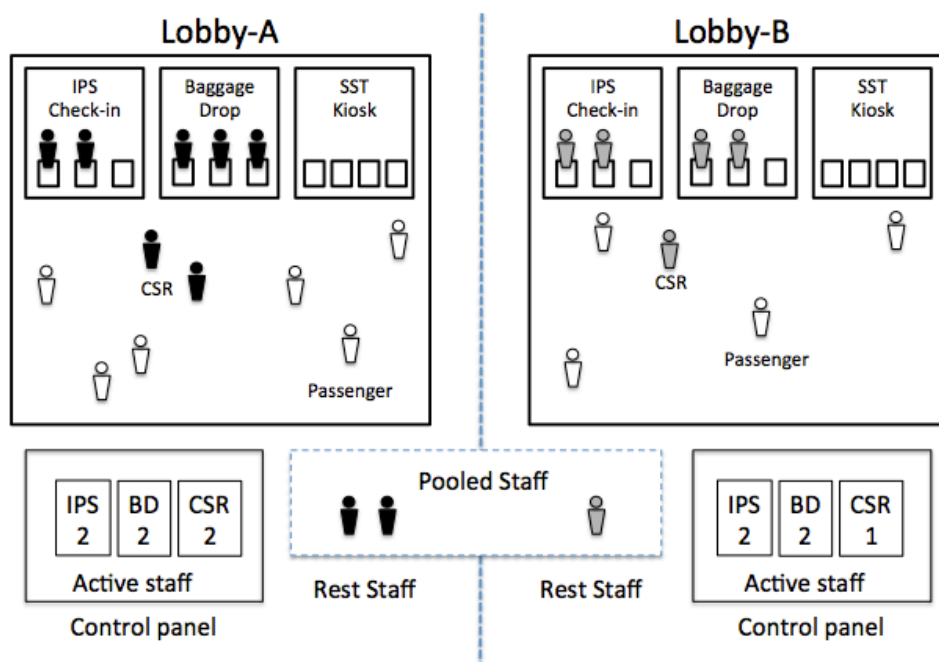


図 5.4 ゲーム画面とコントロールパネル

ジャーの要請に応じて他方のロビーに配置が可能である。但し、Lobby-A のマネジャーは Lobby-A スタッフをいつでも自エリアに呼び戻すことを可能とした。ロビー毎の旅客到着タイミングや人数は異なる現実社会のデータを用い、Lobby-A には手荷物所持率 30%、Lobby-B には手荷物所持率 70% に設定した (表 5.3)。

旅客エージェントの行動ルール

二つの空港ロビーに出現する旅客エージェントは自動機利用意向について各々異なる特性をもち、周辺状況を知覚して自律的に搭乗手続きオプションの選択を行う。CSR は旅客エージェントと接触することにより、旅客エージェントの自動機に対する抵抗感を減ずることが可能である。旅客エージェントは、待ち列に並んだ瞬間から搭乗手続きを完了させるまでの間、待ち時間を累積し、待ち時間がある閾値に到達した時点で “angry” 状態に変化する。“angry” 状態となった旅客エージェント (以下、“angry” 旅客) は、外形を赤色に変え、当該ロビーで搭乗手続きを終えた後、他方のロビーに現れて搭乗手続き窓口に変更して並び直す。この挙動は長時間待たされた旅客が予約便に乗り遅れることを誇張した形で模写している。予約便に乗り遅れた旅客は、搭乗便の手配と搭乗手続きをするために改めて搭乗手続き窓口並び直す必要があり、窓口での手続き時間が相対的に長くなる。当

ゲームではこのような状況が多数出現すると、他の旅客エージェントの待ち時間も増え、ロビー全体の待ち時間が増大する様に設定した。

表 5.3 ゲームで設定したロビー毎の生産財と適用データ

Area	IPS	BD	SST	CSR	Passenger Arrival	Baggage rate
Lobby-A	3	3	4	9	Date408	30%
Lobby-B	3	3	4	9	Date412	70%

5.2.2 ゲーミング実験とその考察

4人のプレイヤーが2名で構成される2チームに分かれゲームに参加した。サンプルデータを用いたゲームを数回実行し、参加プレイヤーのゲームのコンセプトの理解、コントロールパネルの操作の慣熟を促進した上で協調ゲームを行った。

各ロビーの旅客エージェントの出現タイミングは全く異なるため、プレイヤーは待ち時間を抑制するべくロビー混雑の状況や待ち時間に細心の注意を払い、生産財を増減させる必要がある。3回の協調ゲームを実行し、参加プレイヤーがどのように協力し合い、戦略を発展させるかを検証した。

ゲーミング実験結果の検証

図 5.5 は時間の経過と“angry”旅客数を表したグラフである。(a)(b)(c)は各々、第1回目、2回目、3回目の実験結果を表している。グラフの横軸は時間(tick数)を示しており、縦軸は各ロビーの旅客エージェント数の出現数と、ロビー全体の“angry”旅客の出現数を示している。図 5.6, 図 5.7 は、各ロビーの旅客エージェントの出現数と生産財の稼働数の推移を表したグラフである。

ゲームの結果は表 5.2.2 に示すように、大きく二つに分かれた。ゲーム 1, ゲーム 3 は“angry”旅客数が 20 以上出現した一方で、ゲーム 2 は“angry”旅客数は 10 にとどまった。

旅客エージェントの到着ピークが最大となる、Lobby-B の 1024tick 付近以降の生産財の配置数に着目し、二つの結果を比較することで、“angry”旅客数と BagDrop (BD) 稼働数に相関があることが次の三つのゲームの結果から観測された。

1 回目のゲームでは 1396(tick) 以降に“angry”旅客が 15 まで増大することが図 5.5(a)

に現れている。Lobby-B ではその直前の 1174(tick) から 1383(tick) の 210ticks の間、BD 稼働数が 3 から 2 に減少していることが示されている。同様に、3 回目のゲームでは 1381(tick) 以降に “angry” 旅客がほぼゲーム 1 と同程度まで増大しており (図 5.5(c)), Lobby-B の BD 稼働数は 1139 から 1308(tick) の 170ticks 間で 3 から 2 に減少しているのが分かる。一方、2 回目のゲームでは “angry” 旅客が増え始めるタイミングは 1465(tick) で、およそ 8 名ほどにしか増えていない。Lobby-B の稼働 BD 数は、1211 から 1250 の 40ticks の間のみ 3 から 2 に減じられているが、それ以降は BD 稼働数は 3 を維持しているのがグラフから読み取れる (図 5.7(c))。

加えて、実験の初期段階で “angry” 旅客が出現するタイミングに着目し、三つのゲームの結果を吟味することで、ロビーに配置した案内係員 (CSR) 数との相関が観測された。1 回目のゲームの “angry” 旅客が最初に現れるタイミングは 499(tick)、3 回目のゲームでは 683(tick) であることが図 5.5(a), 図 5.7(c) から読み取ることが出来る。このタイミングの直近 (ゲーム 1 : 374–424 tick, ゲーム 3 : 642–756 tick) で Lobby-B の CSR 数を 2 から 3 に増強しており、各々のチームが小規模な旅客エージェント到着ピークに対応していると推測される。一方、2 回目のゲームではその時点で CSR 数の増強を行わず 2 名の配置を維持していたことを図 5.6(b) は示している。ゲーム 2 の “angry” 旅客が最初に現れるタイミング (1126 tick) を見てみると、その直前 (1083–1106 tick) に CSR 稼働数を 3 名に増強しているのが観測できる。

ゲーミング実験結果の考察

協調ゲームでは旅客エージェントが搭乗手続きを完了するまでの間に待ち時間を累積し、ある閾値を超えると “angry” 状態になる設定となっている。自動機を利用する手荷物所持旅客エージェントの搭乗手続きは BagDrop に立ち寄ることで完了する。BagDrop の待ち時間が適切にコントロールされているかが、ロビー全体の待ち時間の抑制に効いてくる構造となっている。

Lobby-B に到着する旅客エージェントの手荷物所持率は 70% であり、Lobby-A の手荷物所持率 (30%) よりも相対高位であることから、Lobby-B の自動機寄りつき旅客の待ち時間を抑制する効果的な手立てが “angry” 旅客数に影響を及ぼしたと言える。

加えて、Lobby-A が Lobby-B よりも手持ちスタッフ数が多く、自スタッフに対して優先権を持っていることから、他エリアの旅客エージェントの待ち時間を考慮せず Lobby-A

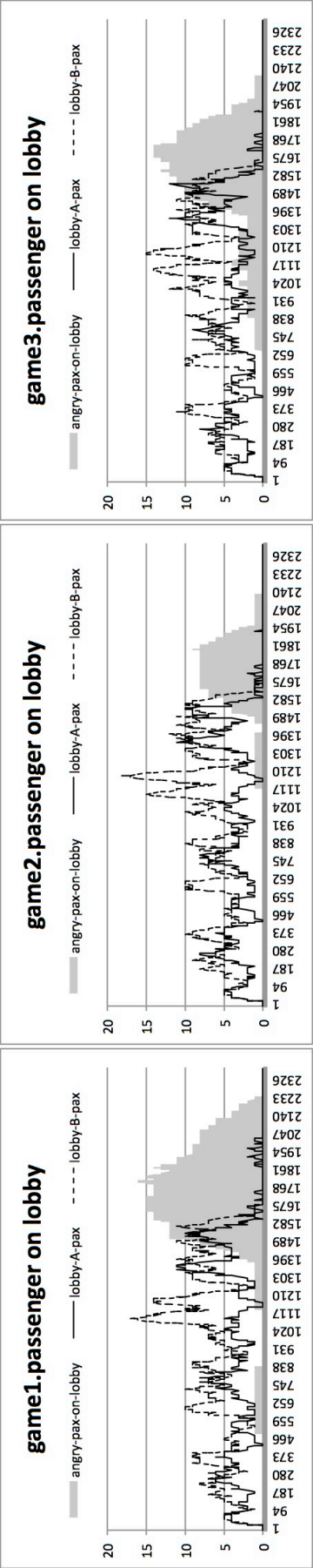
のみ手厚くカバーした場合は、Lobby-B のサービス品質が低下し、結果的に “angry” 旅客数が多数 Lobby-A に流れ込む事象が見受けられた。

前項で観測された事実は、ゲーミング実験を通じてゲームの目標と結果とそのプロセスを可視化することができ、ゲームの構造を理解する有効な以下の手がかりが示されたと考える。

- BD 稼働数が “angry” 旅客数の抑制に効果があること
- CC 稼働状況に次第で CSR 配置の効果にばらつきがあること

表 5.4 ゲーミング実験結果: “angry” 旅客数

Experiment	“angry”	BDb=2 (tick 数)	“angry” 出現期間 (tick 数)
game-1	25	210	1463
game-2	10	40	962
game-3	20	170	1427



(a)

(b)

(c)

図 5.5 旅客エージェント出現状況

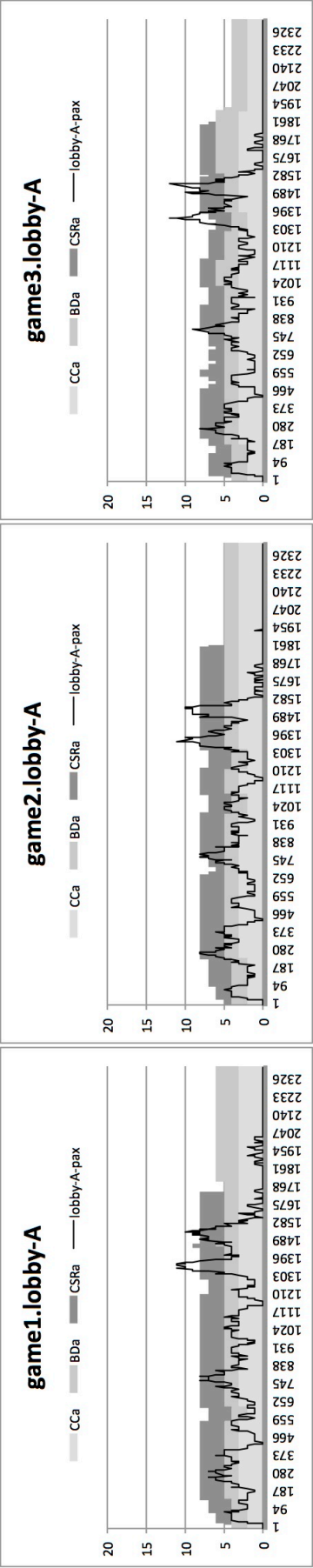


図 5.6 Lobby-A オペレーションプロセス

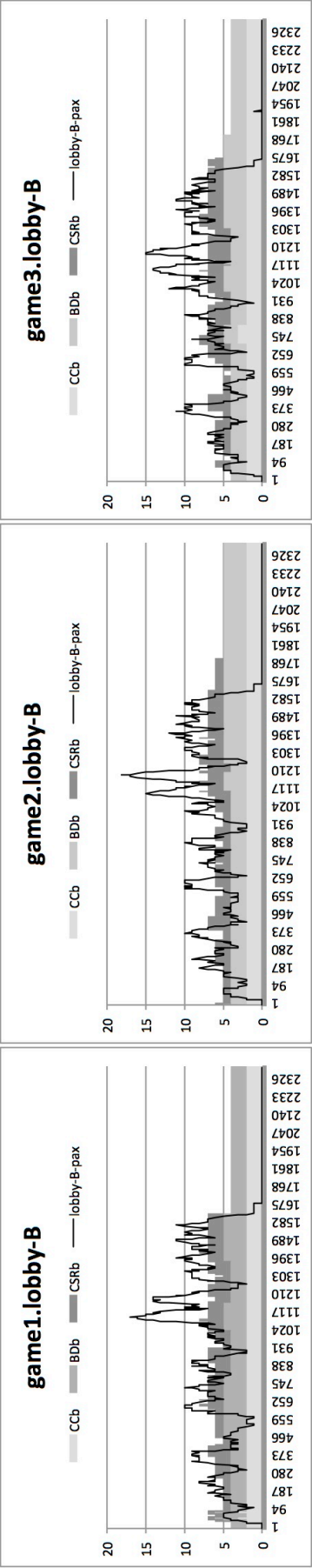


図 5.7 Lobby-B オペレーションプロセス

ゲーミングにおけるコミュニケーションの重要性

刻々と変化する状況下で、複数のプレイヤー間が協調してより良い成果を挙げるべく、生産財の投入数を操作するゲームを行った結果、コミュニケーションの質や頻度は結果に大きく影響を与えることが観察された。

1 回目のゲームでは、参加プレイヤーの間でコミュニケーションは殆ど無く、他ロビーの状況の把握は行われず、チーム間の協調行動は殆ど見られなかった。“angry” 旅客数が徐々に増えていく中で効果的な対処ができない状況であった。

2 回目のゲームでは、生産財の出し入れの頻度が少ないのが特徴的である。参加プレイヤーが自他のロビーを観察することができたこと、直感的に前回の経験を活かして局所的なコントロールを心がけた結果、1 回目のゲームより “angry” 旅客数を抑制することができている。チーム内でコミュニケーションを図ることができた一方、チーム間でのコミュニケーションが行われなかった。

3 回目のゲームは、2 回の経験を踏まえ、より良い結果を狙って積極的に生産財の出し入れを行っている。積極な生産財の操作が裏目に出て “angry” 旅客数がゲーム 2 より早いタイミングで出現した一方、旅客エージェント到着の最大ピーク後の対処では、効果的な戦略がとられた結果、ゲーム 1 と比較して “angry” 旅客数の出現数やロビー内での滞留時間が相対的に抑制することができた。ゲームを推移させる過程で “angry” 旅客数の出現後の対処はできているものの、その出現の予防について効果的な対処が行えない結果となった。チーム内でのコミュニケーションは成立し、他チームへの発信も行われているものの、チーム間のコミュニケーションが円滑ではなく、成立していないケースが多々見受けられた。

3 回のゲーム終了後に両チーム全員でデブリーフィングを行った。前述の事象を振り返り確認するとともに、以下の見解を得ることができた。

- 実際にチームの立場（管轄ロビー）を変えることで、更にゲームの理解が深まり、より良い成果を上げられる可能性がある。
- 役割分担し、内部分業することで判断基準や戦略の成否の確認が容易になる。
- 創意工夫やその考察が主体的にできることが重要
- コミュニケーションを成立させ、チーム内やチーム間の信頼関係を構築することの重要性

5.2.3 シミュレーションによる検証

前項のゲーミングの「構造を理解する手がかり」が“angry”旅客数の抑制に有効であることを，21通りのシナリオで検証した．ゲーミングと同じプラットフォームを使い，異なる数量の生産財の組合せをコンピュータシミュレーションで20回試行した平均値を図5.8に示す．

シナリオは英数字を組合せ ($CCa_nb_nBDa_nb_nCSR a_nb_n$)，各ロビーに配置した生産財とその数量を次の通り表している．

- $CCa_nb_n...$ ロビー毎の有人カウンタ稼働数 (a_n :Lobby-A, b_n :Lobby-B)
- $BDa_nb_n...$ BagDrop 稼働数 (a_n :Lobby-A, b_n :Lobby-B)
- $CSR a_nb_n...$ ロビー案内係員数 (a_n :Lobby-A, b_n :Lobby-B)

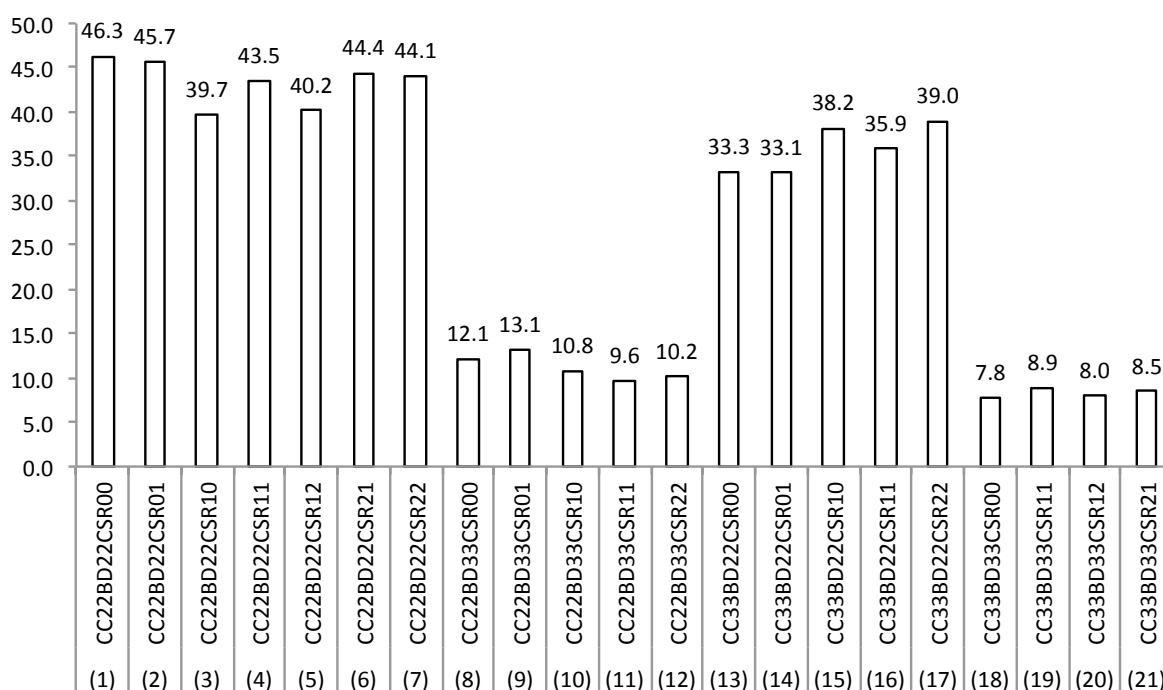


図 5.8 コンピュータシミュレーション結果：“angry”旅客数 *3

コンピュータシミュレーション結果

コンピュータシミュレーションの結果 (図 5.8) は，BD 稼働数を三つにすると“angry”旅客の抑制に効果的であることを示している．これに加え，CC の処理能力の状況によっ

て，CSR 配置の効果にばらつきがあることが観測された．

図 5.9 は CC 稼働数が 3 の場合，“angry” 旅客増と CSR 配置数には線形の関係があることを示している．流入する旅客エージェント量に対して余裕をもって処理できると，CC 経由で BD に流れ込むエージェント数はごく少量に留まる．CSR 配置数を増やすことでより多くの旅客エージェントが自動機に誘導され，自動機利用旅客エージェントの 7 割が手荷物を預けるために BD に並び直すことになる．この状況が BD の待ち列の混雑状況を作り出し，結果的に “angry” 旅客数が増加したと考えられる．

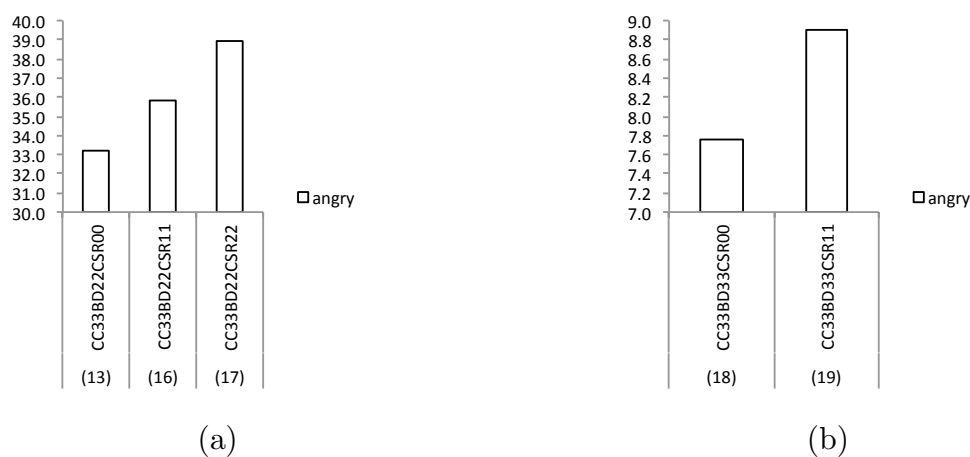


図 5.9 CC 稼働数が 3 の場合のシミュレーション結果

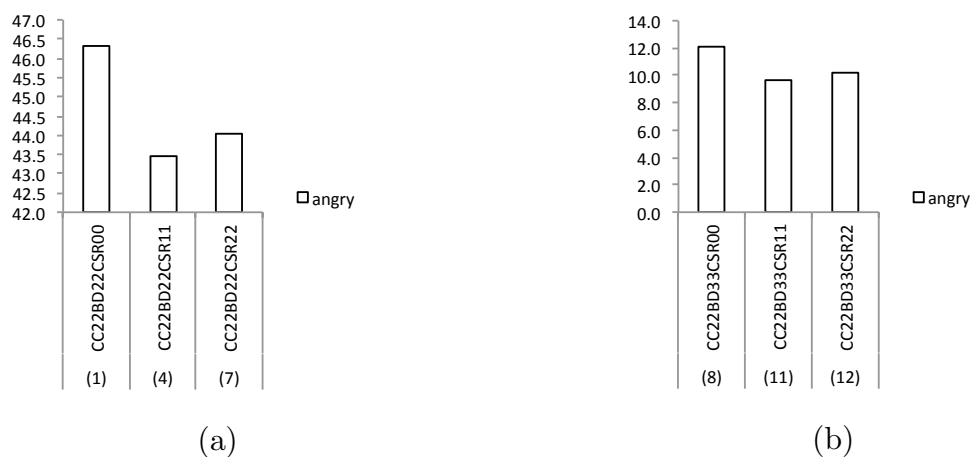


図 5.10 CC 稼働数が 2 の場合のシミュレーション結果

一方，図 5.10 は CC の稼働数が二つの場合，CSR 配置数と “angry” 旅客の非線形の関係を示している．旅客エージェントの BD への流入経路は二つあり（CC 経由と自動機経由），経路毎に BD での手続き時間が異なる．CC の待ち列内の旅客エージェントは，BD

の待ち時間がより少ないと知覚した場合は、BD の待ち列に流入する。その場合、BD では手荷物受託も含め一度に必要な手続きを完了させることができ、単純な手荷物預けの処理時間よりも手続き所要時間が長い。コンピュータシミュレーション結果は、CC の処理能力が小さい場合に継続的にオーバーフローした旅客エージェントが BD に流入し、このオーバーフローが結果的に“angry”旅客数を多く発生させたことを示唆している。

ゲーミング実験結果の考察

CSR 配置により SST に旅客エージェントをより多く誘導し、CC から BD へのオーバーフロー量を減らすことができれば、BD 内の待ち時間を削減し、“angry”旅客数を抑制が可能となると考えられる。CC がオーバーフローしている状況下において、CSR 配置増は CC から BD に流入する旅客エージェントの必要処理時間と自動機経由で BD に流入する必要処理時間の総和を減少させる効果があり、オーバーフロー状態が解消された状況下において、CSR 配置増は BD 内の必要処理時間の総和を増加させる効果があると考えられる。CSR が手荷物を所持しない旅客エージェントのみを自動機に誘導できれば、ロビー全体の待ち時間抑制が図られるであろう。

コンピュータシミュレーションによって全ての組合せのシナリオを吟味することは非現実的である。膨大な試行を繰り返すかわりに、プレイヤはゲーミングを通じてオペレーション戦略につながる重要な学びや気づきを得られることが示されたと考える。刻々と変化する複雑な状況にどの様に対処するかという点において、ゲーミングは建設的な手がかりを与えるものと言えよう。

5.3 本章のまとめと課題

5.3.1 シナリオ分析

5.1 では再現モデルを用いて、二つシナリオ分析を行い、所与のサービスリソースをもってサービス提供者と消費者間でどのような協調や統合が行われているかを検証した。

オペレーションの評価観点にそってシナリオを策定し、シミュレーションを行うことにより、待ち時間や自動機利用率が投入要員数と非線形な関係が示された。現場のマネジメントによる管理可能な生産財の適正配置の重要性と、再現モデルを用いたシミュレーションが現場のマネジメントの学びの着眼点を表出することが確認できた。

自動機利用の普及因子の検証においては、多頻度自動機ユーザーが増えることにより、自動機利用の促進に CSR が効果を発揮する限界が示された。シナリオ分析は自動機利用普及の到達目標を提示したとも言えよう。

5.3.2 ゲーミング分析

5.2 では、単一口ビーに留まらず、複数口ビーの生産財のコントロールを視野に入れ、継続的に変化する状況への効果的な対処方法をゲーミング手法を用いて探索した。

実験を通じて、所与の設定条件の下では「BD に流入する旅客の滞留時間を抑制する」戦略が有効であることが発見できた。ゲーミングの枠組みを用いることで、刻々と変化する状況下において優先的に着目すべき事項の発見や、プレイヤー間の主体的経験の振り返りや実施結果のデータ分析が戦略策定に至る重要な手がかりを供することが示された。

刻々と状況が変化するサービスオペレーション現場において、マネジメントが直面する「複雑な状況に対処する業務指示をいかに簡潔に伝えるか」「オペレーション改善の着目点をいかに見つけるか」という課題に対し、ゲーミング枠組みは有用であると考えられる。

5.3.3 本章のまとめと今後の課題

本章のまとめ

本章では再現モデルを用いたシナリオ分析や、再現モデルを拡張したゲーミング手法を用いて、動的なセルフサービス受容モデルが現実社会のサービスオペレーションに貢献可能かを検証した。複雑な現実社会において、生産財の配置数量とサービス品質は常に線形関係にあるわけではないこと、同数のスタッフを擁しても、状況に如何に対応するかによって結果が全く異なることを二つの分析手法を通じて例示した。サービス品質にインパクトを与える生産財に着目して影響度合いを明らかにし、必要な生産財を適切に配置し、係員が求められる行動様式を実行することによって、手持ちの生産財のポテンシャルを最大限に発揮することが可能である。刻々と変化する局面の状況に応じた生産財の操作が管理者によって行われることで、潜在的な能力を最大化することが可能であることが確認できた。

今後の課題

本章の検証では、ストレス低減に影響する待ち時間を評価尺度に採用し、シナリオ分析やゲーミングの手法がオペレーション品質の維持向上にどのように寄与するかを検討した。シナリオ分析や、ゲーミングを通じて、消費者と直に接する係員の行動様式に改善の余地があることや、状況に応じて生産財がサービス品質に与える影響は変化することが判明した。再現モデルをプラットフォームとしたゲームについては、“angry”旅客の出現タイミングや、適用すべき旅客到着カーブは十分に吟味はできておらず、誇張された事象を扱っており、今後ゲームを通じて学ぶべき事象の精査とそれらを適切に知覚可能な設定値を見つける必要があると考える。

検証に用いた再現モデルには、実験空間内で移動するエージェントが二つのエリアの予想待ち時間を認知するしかけが組み込まれているものの、係員の疲労度やコストの観点は未考慮であり、ゲームを構成する認知対象やその深さは改善の余地があると考ええる。

制約事項

オペレーション品質の維持向上の究極の目的は、提供サービスに対する消費者の満足度の向上である。企業は提供サービスを改善するため日々の努力を行っているが、全てのサービス体験が消費者を満足させているとは言えない。一般的にサービス障害^{*4}は不可避であり、リカバリーの失敗は直接的に顧客の流出に繋がっている。効果的なサービスリカバリーは、失敗によって低下した顧客満足や顧客ロイヤルティを回復させ、場合によっては以前よりもそれらを高めることもあり得る [HHS90]。本章で活用した再現モデルでは複数の変数が相互作用し出現した観測可能な現象のみを扱っている。提案モデルは可視化できない消費者の感情や満足度合いは考慮しておらず、サービス品質の評価尺度として、計測可能な待ち時間を採用している。

^{*4} Zeithaml et al. (2009) によると、サービスの失敗 (service failure) は「顧客の不満足につながる期待を下回るサービスのパフォーマンス (成果)」と定義され、サービス・リカバリーは「サービスの失敗に対応して組織が取る行動」と定義されている。 [WZBG12]

第 6 章

結論

本研究は、サービス経済の発展を支えるインフラの一端を担うセルフサービス技術 (SST) を包含したサービスオペレーションの動的再現モデルを軸にして 3 部構成で議論を進めてきた。本章では結びとして本研究の成果について述べる。

6.1 本論のまとめ

6.1.1 サービスオペレーションの動的再現モデルの構築

セルフサービス技術採用の意思決定モデル（コアモデル）

第 3 章では実在する空港ロビーを写像したサービスオペレーション再現モデルを構築した。イノベーション普及学と、サービスマーケティング領域の成果との交点から SST 受容を促進する内外の影響要因の発想を得た概念モデルを現場のエキスパートの経験則を織り込むことで実装モデルへ進化させた。

実装モデルは、自律的な意思決定を行う意思決定メカニズムと、意思決定に必要な入力値となる個人の内面状態と、その周辺状況で構成されている。

サービス現場の行動観察や、SST 利用者へのヒアリングを通じて得た知見から、曖昧さを処理できるファジー推論を個人の自律的な意思決定メカニズムの中枢に据えた。

統計モデルを用いて航空会社システムから抽出したデータから SST 利用の影響因子を整理し、生産財の数量および旅客流入量やタイミングを用いて実験空間の写像度を高めることを試みた。複雑な現実社会の再現ツールとして ABM を用いた実装モデルの試行実験を繰り返すことで、観測不能なパラメータの最適値を探索した。生産財の配置数や旅客流動量などの諸条件が異なる場合もモデルのシミュレーション結果が現実社会の観測データ

との差分が僅かに留まることから，ロバストな「セルフ サービス技術採用の意思決定モデル (コアモデル)」を具備したサービスオペレーションの動的再現モデルの提示ができたと考える．

分析モデルの進化：実装モデルの具現化

図 6.1 のとおり，本研究の分析プロセスを整理する．本研究は，定性調査から得た知見や統計モデルでデータ分析の裏付けされた情報をもとに概念モデルを構成し，動的な相互作用を考慮した意思決定メカニズムを組み込む実装モデルを構築することで，現実社会の再現とそれを生み出すシステムの解明に迫るものである．

The analytical development life cycle

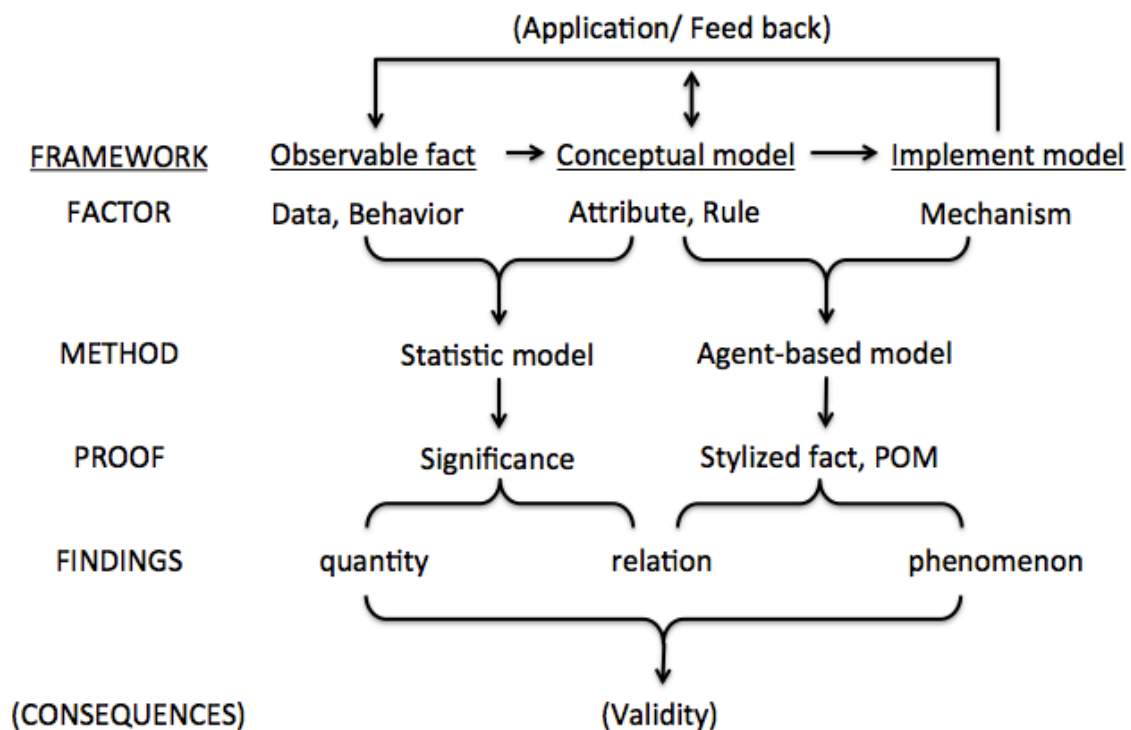


図 6.1 分析モデルの進化：データ～実装モデル

6.1.2 提案モデルを用いた現実社会近似の検証方法

第4章では観測された実際のシステム動作を再現するだけでなく、現実社会に組み込まれたシステムが生み出す異なる階層の特徴量(パターン)が実験空間においても表出するかを検証した。異なる条件下での試行でも観測データとの近似が確認できた自動機利用率は予めサービスオプションを選択済みの集団を含んでいる。これらを除外した、SST利用選択を留保している個人の意思決定の予測精度に着目し、実験空間が航空会社システムの記録データと同様のパターンを生成するかを検証した。

目的変数をSST利用是非とした二項ロジスティック回帰分析を用いて、実験空間と現実社会の双方から検出されたパターンが近似し、二つの空間で同程度の複雑性が出現することを確認した。観測された行動結果の再現に加え、個人の意思決定を取り巻く環境の複雑性を再現できたことは、実際の現象を生み出すシステムを提案モデルが反映することをPOM(Pattern-Oriented Modeling)によって確認できたと言えよう。

6.1.3 サービスオペレーションのベストプラクティスの探索

第5章では構築モデルを用いて、シナリオ分析とゲーミング手法の二つのアプローチでサービスオペレーションの品質向上に資する施策を検証した。

シナリオ分析

複雑な現実社会において、生産財の配置数量とサービス品質は常に線形関係にあるわけではないことを可視化した。サービスリソースの配置場所や数量が異なるシナリオを分析することで、コストと品質をバランス良く両立するシナリオ選択が可能なこと、多頻度自動機ユーザーの増加によって、ある時点で自動機に案内する係員配置の必要性が低くなることを説明した。

つまり、オペレーションの再現モデルを用いて所与のリソースでの最良策と将来の目標値の探索が可能なことを例示した。

ゲーミング

コンピュータシミュレーションが不得手とする人間が判断して対処する複雑な事象について、ゲーミング手法を用いて効果的な施策が抽出可能かを検証した。

構築モデルに ambivalent な構造を組み込み、複数プレイヤーが複数の空港ロビーを担当し、空港全体のサービスレベルを高めることを目的とする協調ゲームへと発展させた。

ゲーミング実験結果のデータの振り返りを通じて、待ち時間抑制の手がかりとその有効性をコンピュータシミュレーションで確認するとともに、その結果がもたらされるメカニズムを検証した。

ゲーム中の会話やデブリーフィングにおけるプレイヤー間のコミュニケーションから、ゲーミングの枠組みは異なる立場の主体的経験を提供し、簡潔で質の高いコミュニケーションの必要性や、サービスオペレーション改善のヒントを示唆できたと考える。

サービスオペレーション分析の発展的ライフサイクル

構築モデルはシナリオ分析等により実務へ適用が可能であること、ゲーミングに拡張した当該モデルはオペレーション戦略の手がかりを得ることができたことから、図 6.1 で述べた分析プロセスは、図 6.2 の通り拡張できる。

現象を生み出すシステムを再現する実装モデルはシナリオ分析による対処案の検討が可能であり、更にゲーミングという仕掛けを装備することで、意思決定を担うエージェントとして人間が関与でき、局面が継続的に変化する問題への対処の理解を深め、複数プレイヤー間に生じる葛藤や共存、相互作用過程やコミュニケーションの考察を促進することが可能であると考ええる。

分析の進化過程で得た知見やデータを既知のモデルにフィードバックすることで、それらに新たな可能性を与え、その営みを繰り返すことで分析の発展や進化が期待できる。

6.2 制限事項

サービスはその受益者の関与度が高く、その品質評価も利用者の尺度に負うところが多い。オペレーション品質の維持向上の究極の目的は、提供サービスに対する消費者の満足度の向上であるが、本研究では消費者の感情については触れず、客観的に観測が可能な要素のみを取り扱っている。消費者がどの様に思考し、評価するかという点においては本研究のスコープ外であり、記録として残された観測値を用いて、サービスオペレーションの分析モデルとその拡張、そして実務への適用について議論した。

The analytical development life cycle

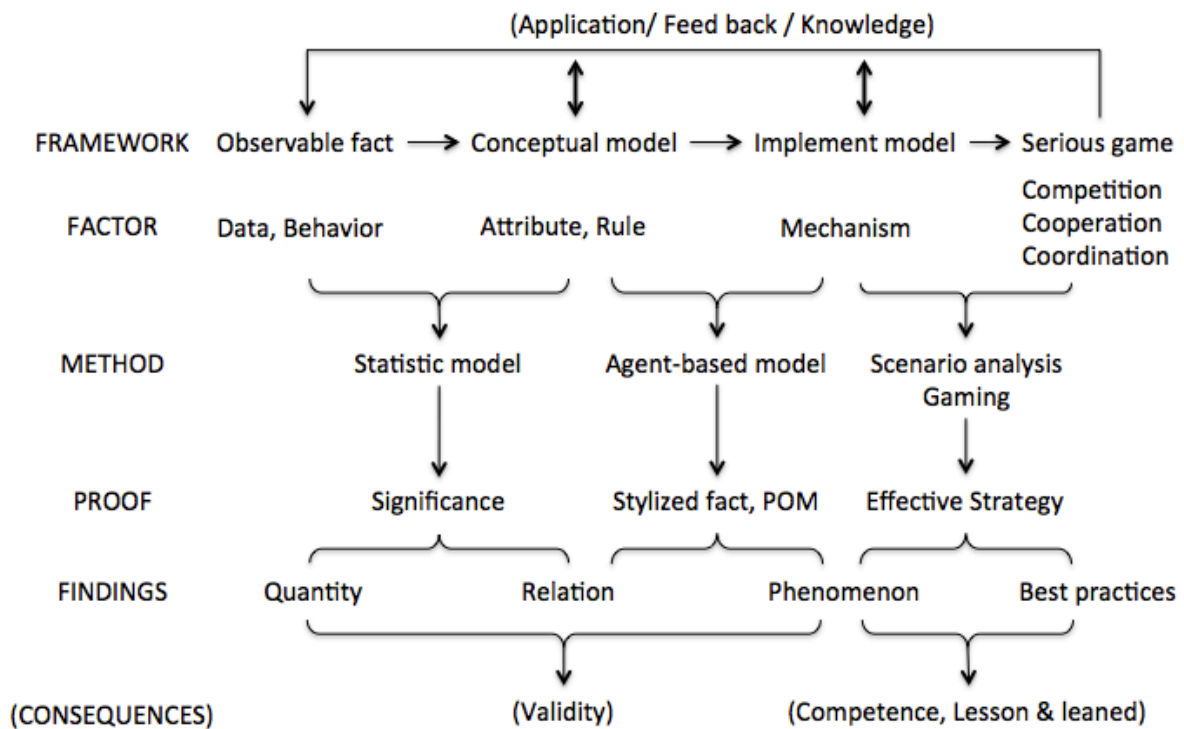


図 6.2 分析モデルの進化：データ～実装モデル～ゲーミング

6.3 今後に向けて

本研究はサービスオペレーションを支える対面サービスと SST を包括的にとらえ、動的な再現モデルについて議論した。入手データの活用，概念モデルの検証，動的モデルへの実装とゲーミングへの発展まで，対象テーマの分析モデルを発展，進化させた。

人や組織の相互作用に注目しながら問題解決にアプローチするマルチエージェントシミュレーションと，対象となる実問題のフィールド観察と実験空間と人の関与を融合するゲーミングが，人の社会的行動や集団の関係性の研究に新たな切り口を与えてものと考えられる。今回は対象外として扱わなかったサービス評価を下す消費者の感情や満足度をいかにモデルに取り込んでいくかは大きな課題である。

本研究で利用したデータは実際の現象のごく一部である。センシング技術で得られるデータを新たに組合せることにより，人の行動や刻々と変化する外的環境を定量的に捕捉し，サービスオペレーション解析に新たな展開が生まれることを期待したい。更に，バツ

クヤードも含めたサービスオペレーションの再現も視野に入れることで、実務的な問題解決に更に迫ることができる考える。領域の異なるサービスオペレーション再現モデルを連鎖・結合することで複雑な事象に対処する意思決定支援システムの可能性の模索も望まれる。

サービスオペレーションの本質は、限られた時間内で複数の利害関係者が相互に関与して局面の問題を解決することに集約できる。異なるサービスオペレーションのシーンに対してロールプレイの要素を組み込み、エージェントベースモデルで実装することで、新たな学びの機会が生まれることを期待したい。

付録 A

実験空間の主要構成・パラメータ値 および現実社会の観測値

A.1 実験空間の搭乗手続きオプション

表 A.1 搭乗手続きオプション

オプション	搭乗券	手荷物	問合せ	備考
有人対応	○	○	○	
セルフサービス	○	—	—	座席変更も可能
Baggage Drop	—※	○	○	※状況に応じ有人対応可

A.2 実験空間の固定パラメータの設定値

表 A.2 固定パラメータび設定値

パラメータ項目	数値	説明
<i>baggage holder rate</i>	0.7	預託手荷物所持率
<i>frequent self-service user rate</i>	0.05	多頻度自動機ユーザー比率
<i>non-self-service user rate</i>	0.2	有人カウンタのみ利用する旅客比率
<i>Interpersonal check-in speed</i>	0.02	有人カウンタ手続きスピード (手荷物預託含む)
<i>Self-service check-in speed</i>	0.03	自動機利用手続きスピード
<i>Baggage Drop speed</i>	0.035	手荷物預託手続きスピード

A.3 現実社会の観測値

表 A.3 は，図 3.2 Dataset D のデータ抜粋である．6 日間の出発ロビーの混雑ピーク時間帯で観測された搭乗手続きオプション選択結果と配備された生産財の数量を示している．各種問合せ対応，自動機利用の誘導や案内を行う係員 (CSR) は，実際に旅客に対して能動的に働きかけを行っていた数量となっている．

表 A.3 現実社会の観測値

Dataset	旅客の選択結果		生産財の稼働状況			
	有人対応	自動機利用	自動機	有人カウンタ	Baggage Drop	CSR
406	85	46	4	3	3	2
408	100	60	4	2	3	2
409	68	39	4	2	2	3
410	67	54	4	2	2	3
411	63	62	4	2	2	3
412	67	25	4	3	2	0

付録 B

現実社会の写像：旅客特性分析

B.1 自動機利用是非の影響因子分析

自動機利用是非の重回帰分析

DatasetB(n=7689) は 5 日間のフリークエントプログラム会員の基礎データや行動履歴とその搭乗履歴を約 2 年間遡ったものである。搭乗クラス・顧客ステータス，年齢・性別，自動機利用有無，預託手荷物個数，搭乗手続き時刻等が含まれており，各々のデータ項目はクラス化を施した。ここより 400 個のデータをランダムに抽出し，目的変数を自動機利用是非とした重回帰分析結果を図 B.1 に示す。尚，400 個のデータの半数は自動機利用者を，残りの半数は有人カウンタ利用者と構成されている。

表 B.1 自動機利用是非の影響因子の重回帰分析

説明変数	p 値	有意性	備考
ssuRecency	4.00e-13	***	搭乗日から遡り最新の SST 利用履歴
FlightFreqClass	7.51e-06	***	搭乗日から遡り最新の搭乗履歴
Density_within_15min	0.000142	***	同一 15 分区間内の搭乗手続き人数
同行者有無	0.018404	*	
手荷物	0.975814		
年齢 10 代	0.305965		
年齢 20 代	0.071137	.	
年齢 30 代	0.261556		
年齢 40 代	0.248775		
年齢 50 代	0.578555		
年齢 60 代	0.395330		
年齢 70 代	0.620636		
性別	0.392361		

有意性コード: 0 “***”, 0.001 “**”, 0.05 “.”, 0.1 “_”

分析結果から、預託手荷物数や同行者の有無や年齢等のデモグラフィックは、自動機利用是非にほぼ影響を与えていないことが観測された。自動機利用の最新履歴が搭乗日に近いことが最も高い説明力を示しており、搭乗頻度が次点となっている。

B.2 旅客特性のカテゴリー分け

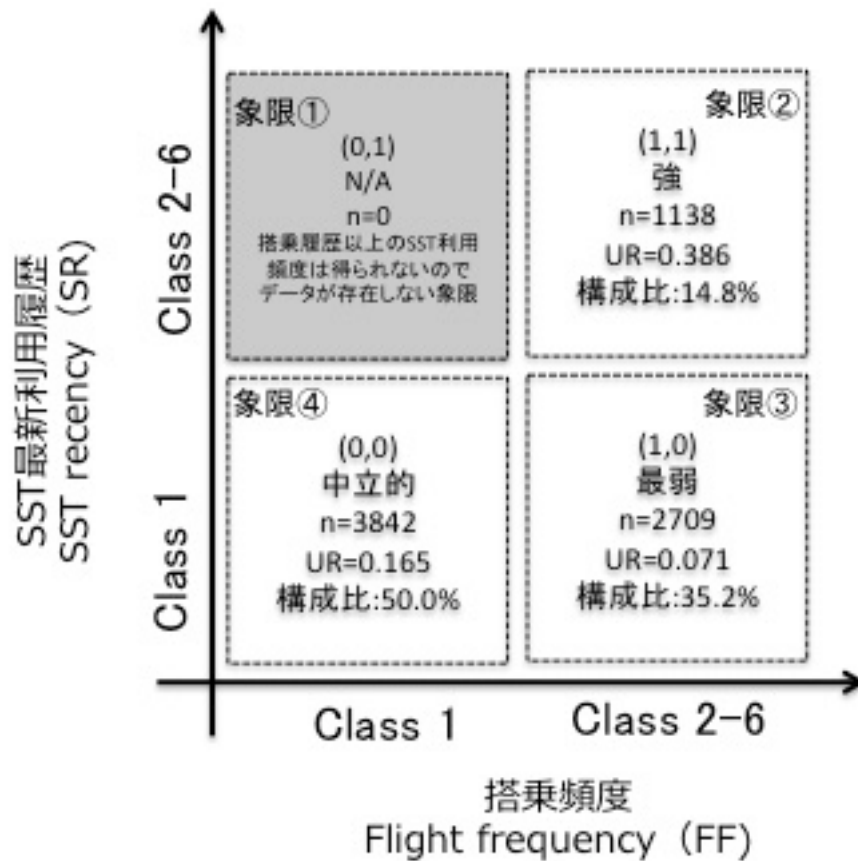


図 B.1 旅客特性の4象限

付録 C

旅客データのセグメント化

自動機利用是非の説明力の高い二変数を表 C.1 の通り各々 6 分割し，繁忙ピーク時間帯の出発ロビー立ち寄り旅客 (n=4440) を 36 区分のセルに分割した (付録表 C.2).

各区分の構成比を付録表 C.3 で，自動機利用率は付録表 C.4 に示している.

表 C.1 最新自動機利用履歴, 搭乗頻度変数のクラス化

Class	最新自動機利用履歴	搭乗頻度
5	Within 5 month	16 times and more
4	Within 10 month	11 to 15 times
3	Within 15 month	4 to 10 times
2	Within 20 month	2 to 3 time
1	21 month and more	1 time
0	No record	No record

表 C.2 Distribution of trait toward SST of all passenger

Flight frequency	SST recency					
	SR-0	SR-1	SR-2	SR-3	SR-4	SR-5
FF-0	3288					
FF-1	216	7	11	16	32	48
FF-2	177	7	16	23	39	72
FF-3	198	12	11	17	32	84
FF-4	38	1	3	3	5	16
FF-5	47	2	2		2	15

Total passenger = 4440

(weak = 705 , neutral = 3450, strong = 285)

表 C.3 Composition ratio of passenger trait toward SST use

Flight frequency	SST recency					
	SR-0	SR-1	SR-2	SR-3	SR-4	SR-5
FF-0	0.741					
FF-1	0.049	0.002	0.002	0.004	0.007	0.011
FF-2	0.040	0.002	0.004	0.005	0.009	0.016
FF-3	0.045	0.003	0.002	0.004	0.007	0.019
FF-4	0.009	0.000	0.001	0.001	0.001	0.004
FF-5	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003

Weak_SST_user=15.9% ,neutral_SST_user=77.7%, strong_SST_user=6.4%
22% of weak_SST_user selected SST. 78% of Strong_SST_user selected SST.

表 C.4 Distribution of SST usage rate

Flight ¹ frequency	SST recency ²					
	SR-0	SR-1	SR-2	SR-3	SR-4	SR-5
FF-0	0.406					
FF-1	0.338	0.571	0.636	0.813	0.688	0.750
FF-2	0.266	0.143	0.500	0.478	0.538	0.080
FF-3	0.091	0.583	0.364	0.471	0.563	0.798
FF-4	0.132	0.000	0.333	0.333	0.400	0.750
FF-5	0.043	0.000	0.000		1.000	0.867

¹ FF-0: No flight record, FF-5: more flight record

² SR-0: No SST use record, SR-5: Using SST most recently

Weak_SST_user use SST : usage_rate <0.37

Strong_SST_user use SST :usage_rate >0.68

付録 D

Programme code

```
;;#####  
;;##      Airport Self-service model      ##  
;;#####  
  
globals [  
  sample-pax  
  queue-pax-line-0 queue-pax-line-1  
  queue-pax-line -2 queue-pax-line -3  
  queue-total-classic queue-pax-line-s0 ; TTL waiting PSGR of IPS  
  queue-pax-line-s3 queue-total-ssu ; TTL waiting PSGR of SSU lane  
  queue-pax-line-b0 queue-pax-line-b1 ;  
  queue-pax-line-b2 queue-total-bagdrop ; TTL waiting PSGR of BagDrop lane  
  queue-total-overall ; TTL waiting PSGR  
  
  m ;; array m to define timing and quantity of turtle creation  
  
  ssu-pax ;ssu user TTL  
  cck-pax ;IPC user TTL  
  total-cck-pax  
  total-ssu-pax  
  total-ssu-usage-rate  
  
  CCPs ;the number of Classic-ckin-positions  
  SSUs ;the number of Selfservice-Units  
  NCCQ ;Number-of-classic-ckin-queue  
  NSSQ ;Number-of-selfservice-queue  
  EQT ;Estimate-Queue-Time(InputforVariable W)  
  PSU ;Percivability-of-selfservice-Usage(InputforVariableV)  
  p2 ;Weighting parameter for selfservice  
  A2 ;ms value A2 The degree of the expected waittime is "long"  
  A1 ;ms value A1 The degree of the expected time is "short"  
  B2 ;ms value B2 Perceivability of SST use 'High'  
  B1 ;ms value B1 Perceivability of SST "Low"  
  C2 ;ms value C2 rule-4 Intention to use SST "high"area  
  C1 ;ms value C1 rule-1 SST intention to use"low"area  
  E2 ;ms value D2 "motivation to use SST of the consequent section  
  ;derived from hesitation  
  mergeA2B2 ;Hits the synthesized ms value consequent part C 2.  
  mergeA1B1 ;Hits the synthesized ms value conclusion part C 1.  
  ;Initial value p1 = p2 = 3 *** p1 is defined in interface.  
  SPI ;Selfservice-Preference-Index  
]  
  
breed [wolves wolf] ;;This is CSR AGT  
breed [sheep a-sheep ] ;;This is arriving Paxs  
wolves-own [ ]  
sheep-own [hesit D2  
  ;Derive from the ms value D2 hesitation. The lower the number,  
  ;the higher the intention of using SSU.  
  ctc ;A variable that identifies the presence of contact with CSR.  
  ;Initially, it takes the same value as hesit and identifies in later  
  ;process whether hesit! = Ctc.]  
  
turtles-own [  
  speed speed-limit speed-min  
  ssu-bit cck-bit bag-bit; baggage retention indicator  
  energy ge ;giving-energy  
  PSPI ;Perceived SPI per turtle  
  hesit-org ;store the initial generated value of hesit  
  freq-ssu-user-bit non-ssu-user-bit  
  T-Density ; Congestion "queue-total-overall" value in DMband for Pax AGT  
  tickCount ; Num of ticks Pax stayed at DMbanc (=tickCend - tickCO + 1)  
  tickCO ; The 1st tick value that Pax Turtle entered into the DMband
```

```

tickCend ; Pax Turtle is the last tick value in DMband
PSPiAccum ; Cumulative number of PSPis Pax Turtle is staying at DMbanc
PSPiAve ; Pax Turtle is average of PSPis staying in DMbanc
TDaccum ; Cumulative TurtleDensity of Pax Turtle staying in DMbanc
TDave ; Pax Turtle is average of TurtleDensity staying in DMbanc
turtle-trait ; Pax-trait of ssu preference
; (1: weak, 2: neutral, 3: strong, -ssu-user)
def-ssu-use ; def-flag using, non-using to everyone
]

extensions [array ];
; ##### Description of setup procedure #####
; Add an arbitrary number of numbers, create an array, first set xx 0's.
; Then open the file
; Generate the local variable i and set the initial value to xx 0's.
; Repeat with the while statement Do the next task between 'end of file'.
; Fill in the number of the opened file to the local variable l.
; Retrieve the "i" th with "l" data in "m" of array and set it to "m".
; Then increase the number of "i" by 1 and return to the beginning
; of the while sentence. In the next routine, the "i + 1" th number
; stored in "l" is set to "m". In the while statement, numbers are
; inserted into array "m" until "not file-at-end?".
; array m -> {{array: "10" "20" "30" "40" .... "200" 0}}
; "m" is conscious of the order.
; Notice that what is stored is "string", not numbers.

to setup ;
clear-all reset-ticks
set m array:from-list n-values 4500 [0]
; Pax show-up timing... imported from text file.
file-open "./passengershowup406.txt"

;#### At this section layout of lobby is defined. ####

let i 0
while [ not file-at-end? ]
[
let l file-read-line
array:set m l l ; Set "i" to "l" of array "m".
set i i + 1
]
file-close
setup-paxs set cck-pax 0 set ssu-pax 0
set-default-shape wolves "person service"
create-wolves CSR-number
[
set color red set size 2.0
set energy random 10 + 10
setxy random -4 - 3 random 6 + 2
]
end

to separate-paxs
if any? other turtles-here [ fd 1 separate-paxs ]
end

; ##### Explanation of "go" procedure #####
; Generate turtle. The number of generations comes from array "m".
; pulling the number contained in the array "m" corresponding to
; the ticks number.
; If it is the 0th ticks, it brings the 0th object of array "m".
; In case the object reported from array: item is "string (string)",
; Use "read-from-string" to convert string to variable.

to go
create-sheep read-from-string array:item m ticks
[
set color blue set size 1.5
set xcor random 5 - 20 set ycor random 8 + 3
set heading 90
set hesit random-float 20
set hesit-org hesit
set ctc hesit
set speed 0.08 + random-float 0.02
set speed-limit speed-max
set speed-min 0
;; set bagbit on each sheep using randome-float
if random-float 1.0 < bagholder
[ set bag-bit 1 ]
set-turtle-trait set-non-freq-ssu-user-bit
separate-paxs
]
; if there is a pax right ahead of you, match its speed then slow down

ask sheep [
let pax-ahead one-of sheep-on patch-ahead 1
ifelse pax-ahead != nobody
[ set speed [speed] of pax-ahead slow-down-pax ]
;; otherwise, speed up
[ speed-up-pax ]
; don't slow down below speed minimum or speed up beyond speed limit
if speed < speed-min [ set speed speed-min ]

```

```

    if speed > speed-limit    [ set speed speed-limit ]
    fd speed
  ]

ask sheep[
  makequeue-for-ckin
  finish-ckin              ;send pax to pax pool
  select-servie            ;pax monitor waiting time to determin
  queue-classic-ckin       ;ckin process time for classic-ckin ex. 3min
  queue-selfservice        ;ckin process time for selfservice ex. 1min
  queue-bagdrop            ;baggage ckin process time for selfservece
  search-ckin-position     ;pax will rove and search ckin position
  search-smallest-queue
  distribute-pax-cc3 distribute-pax-bd3 distribute-pax-ssu4
  head-for-bagdrop sharing-cck-bagdrp-Dzone
  redirect-pax-for-ckin encouraged-and-decide-to-use-ssu
  set-PSPI set-T-Density set-PSPIave-TDave
]

; ##### fuzzy calcaution #####
estimate-queue-time-of-classic-ckin-positioin
output-membership-score-of-A2
output-membership-score-of-A1
estimate-percievability-of-SSU
output-memebership-score-of-B2
output-membership-score-of-B1
merge-membership-A1-B1
merge-membership-A2-B2
find-balance-of-SSU-preference
; ##### fuzzy end#####

tick
  if ticks > 4499      ; You can change it for longer timeframe.
  [ stop ]

ask sheep [
  count-ssu-pax count-cck-pax calc-ctc-success-rate
]

ask wolves [
  move
  stay-in-covering-area catch-and-guide-pax-to-SSU
  restore-energy          restore-ge
  fd speed               aim-for-pax
]

ask turtles [ stay-on-lobby ]
calc-total-ssu-usage-rate
accum-waiting-time
end      ; ##### end of " go procedure " #####

to slow-down-pax
  set speed speed - deceleration
end

to speed-up-pax
  set speed speed + acceleration
end

to makequeue-for-ckin
  ; if pax is on "path", pax heading 90 to make queue at IPS.
  if pcolor = white [ set heading 90]
end

to finish-ckin
  if pcolor = grey + 3 and cck-bit = 1[
    set total-cck-pax total-cck-pax + 1
    count-up-ctc-pax
    die]
  if pcolor = grey + 3 and ssu-bit = 1[
    set total-ssu-pax total-ssu-pax + 1
    count-up-ctc-pax
    count-guided-ssu-pax
    die ]
end

to head-for-bagdrop
  if (pcolor = blue + 1) and( bag-bit = 1 ) [setxy 9 2]
end

to select-servie
; * from this section...pax compare heads-count of pax in each area. *
if pcolor = 9 and pycor > -2 [
  if SPI = 1 [
    ifelse non-ssu-user-bit = 1
      [ set heading 90 ] ; yes
      [ set heading 180 ] ; no
  ]
  if SPI = -1 [ ]
  if SPI = 0 [ if random-float 1.0 < SPI-0-ssu-ratio [set heading 180] ]
  ] ; end of ifelse yes
end

```

```

to queue-classic-ckin ;ckin process time for classic-ckin ex. 3min
  if pcolor = green [set speed classic-ckin-speed ]
end

to queue-selfservice ;ckin process time for selfservice ex. 1min
  if pcolor = blue + 3 [set speed ssu-ckin-speed]
end

to queue-bagdrop ;bag ckin process time for selfservice Pax ex.1min
  if pcolor = violet [
    ifelse ssu-bit = 1
    [ set speed bagdrop-ckin-speed]
    [ set speed classic-ckin-speed]
  ]
end

to search-ckin-position
  if pxcor = -8 [
    if freq-ssu-user-bit = 1
    [set heading 180 ]
  ]
  if pxcor = -6 [
    if random 100 < 50
    [facexy 9 9 ]
  ]
end

;This part defines the area to count the PAX to count CKIN waiting Paxes.
;If the window is not open, PAX does not exist in the area defined by you.
;Therefore, this Procedure does not depend on the window number (cc, bd).

to search-smallest-queue ;;observer context
; #### Count the number of Paxes before CCK * 3 #####
set queue-pax-line-0 count turtles with [
  (pxcor >= 9) and (pxcor < 19) and (pycor > 10) and (pycor < 12)]
set queue-pax-line-1 count turtles with [
  (pxcor >= 9) and (pxcor < 19) and (pycor > 8 ) and (pycor < 10)]
set queue-pax-line-2 count turtles with [
  (pxcor >= 9) and (pxcor < 19) and (pycor > 6 ) and (pycor < 8)]
; Count the number of Paxes before SSU * 4 #####
set queue-pax-line-s0 count turtles with [
  (pxcor >= 9) and (pxcor < 19) and (pycor = -11)]
set queue-pax-line-s1 count turtles with [
  (pxcor >= 9) and (pxcor < 19) and (pycor = -9)]
set queue-pax-line-s2 count turtles with [
  (pxcor >= 9) and (pxcor < 19) and (pycor = -7)]
set queue-pax-line-s3 count turtles with [
  (pxcor >= 9) and (pxcor < 19) and (pycor = -5)]
; Count the number of Paxes before bagdrop * 3
set queue-pax-line-b0 count turtles with [
  (pxcor >= 9) and (pxcor < 19) and (pycor = 5)]
set queue-pax-line-b1 count turtles with [
  (pxcor >= 9) and (pxcor < 19) and (pycor = 3)]
set queue-pax-line-b2 count turtles with [
  (pxcor >= 9) and (pxcor < 19) and (pycor = 1)]
; ###Count the Ave. number of Paxes before CCK SSU
set queue-total-classic
(queue-pax-line-0 + queue-pax-line-1 + queue-pax-line-2)
set queue-total-ssu (queue-pax-line-s0 + queue-pax-line-s1
+ queue-pax-line-s2 + queue-pax-line-s3)
set queue-total-bagdrop
(queue-pax-line-b0 + queue-pax-line-b1 + queue-pax-line-b2)
set queue-total-overall
(queue-total-classic + queue-total-ssu + queue-total-bagdrop )
end

;; ##### Description of this component ##### turtle procedure #####
; In order for the PAX to be evenly aligned in the n CKIN counters,
; AGT is the least congested at a certain point
; It is necessary to line up in the CKIN counter wait queue.
; To that end, compare the number of Paxes in n rows
; You need to find the queue with the lowest PAX number.
; In this component, the queue with the least queue = k
; The number of PAXs = m and
; Create an LCL variable and specify one column out of multiple columns.
; Here, we create an array, which is LCL variable = l.
; The LCL variable l sets three values (assuming three queues are queued).

extensions [array] ;if you want to use array, this declaration is needed.

to distribute-pax-cc3
; ### Equal distribution of CC3 #####
let l array:from-list
(list queue-pax-line-0 queue-pax-line-1 queue-pax-line-2 )

let q array:item l 0
let k 0 set k 0 let i 0

while [ i < 2 ]
[
  set i i + 1

```

```

    ifelse ( q < array:item 1 i)
    [ ]
    [ set q array:item 1 i
      set k i
    ]
  ]

  if((pxcor = 2 ) and (pycor > 0)) or ((pxcor = 5 ) and (pycor > 0))
  [
    if k = 0 [ facexy 9 11 ]
    if k = 1 [ facexy 9 9 ]
    if k = 2 [ facexy 9 7 ]
  ]
end

to distribute-pax-bd3
  let lb array:from-list
  (list queue-pax-line-b0 queue-pax-line-b1 queue-pax-line-b2)
  let qb array:item lb 0
  let kb 0 set kb 0 let ib 0

  while [ ib < 2 ]
  [
    set ib ib + 1
    ifelse ( qb < array:item lb ib)
    [ ]
    [ set qb array:item lb ib
      set kb ib
    ]
  ]
  if(pxcor = 9) and (pycor >= 1) and (pycor <= 5 )
  [
    if kb = 0 [ facexy 11 5]
    if kb = 1 [ facexy 11 3]
  ]
end

to distribute-pax-ssu4
  let ls array:from-list (list queue-pax-line-s0 queue-pax-line-s1
                                queue-pax-line-s2 queue-pax-line-s3)
  let qs array:item ls 0
  let ks 0
  set ks 0
  let is 0
  while [ is < 3 ]
  [
    set is is + 1
    ifelse ( qs < array:item ls is)
    [ ]
    [ set qs array:item ls is
      set ks is
    ]
  ]
  if((pxcor > -1) and (pxcor < 2) and (pycor < 0)) or
  ((pxcor > 4) and (pxcor <= 6) and (pycor < 0))
  [
    if ks = 0 [ facexy 9 -11]
    if ks = 1 [ facexy 9 -9 ]
    if ks = 2 [ facexy 9 -7 ]
    if ks = 3 [ facexy 9 -5 ]
  ]
end

to distribute-pax ;; find adeqate pax-distribution
; #### step-1 CCK expected waiting time ($W$) = input value
; Percievability of automatic machine (v) = input value
; #### step-2 Find the ms value from the input value. ####
; estimate-queue-time "Long time"
; ... A2 The degree of the expected wait time is "long"
; estimate-queue-time "Short time"
; ... A1 The degree of the expected time is "short"
; percievability - of - SSU "low"
; ... B1 Percievability of automatic machine "low"
; percievability - of - SSU "High"
; ... B2 Percievability of automatic machine "High"
; #### step-3 Combine ms values ^e2^80^8b^e2^80^8bfor each rule.
; #### step-4 Apply the composition result of the ms given for
; each rule to the ms function of the consequent part.
; #### step-5 Find the emphasis by superimposing the ms
; values of the consequent part of each rule.
end

;### Step-1 ###
to estimate-queue-time-of-classic-ckin-posision ;; find EQT
  set CCPs 2
  set SSUs 4
  set p2 3
  set NCCQ queue-total-classic
  ; count turtles infront of classic-ckin-position
  set NSSQ queue-total-ssu ;count turtles infront of SSUs
  set EQT round((NCCQ / CCPs * p1 ) - (NSSQ / SSUs * p2 ))
end

to estimate-percievability-of-SSU ;; find PSU
; ; PSU is an input value for calculating the ms of "($V$)" of SSU

```

```

    set PSU
    2 + queue-pax-line-s0 +
      queue-pax-line-s1 +
      queue-pax-line-s2 +
      queue-pax-line-s3
end

;### Step-2
to output-membership-score-of-A2
;; EQT: Estimate Queue Time Estimated wait time for manned counters
;; A2 is a ms value representing "frequency of expected waiting time"

if (1 <= EQT) and (EQT <= 5) [ set A2 0.25 * EQT - 0.25 ]
if (1 > EQT) [set A2 0 ]
if (EQT > 5 ) [set A2 1 ]
end

to output-membership-score-of-A1
;; A1 is a ms value representing the freq of "waiting time is short"
if (1 <= EQT) and (EQT <= 5) [ set A1 -0.25 * EQT + 1.25 ]
if (1 > EQT) [set A1 1 ]
if (EQT > 5 ) [set A1 0 ]
end

to output-membership-score-of-B2
if PSU <= 1 [ set B2 0 ]
if PSU > 1 and PSU <= 5 [ set B2 -0.25 + 0.25 * PSU ]
if PSU > 5 and PSU <= 6 [ set B2 1 ]
if PSU > 6 and PSU <= 10 [ set B2 2.5 - 0.25 * PSU ]
if PSU > 10 [ set B2 0 ]
end

to output-membership-score-of-B1
if PSU <= 1 [ set B1 1]
if PSU > 1 and PSU <= 5 [ set B1 1.25 - 0.25 * PSU ]
if PSU > 5 and PSU <= 6 [ set B1 0 ]
if PSU > 6 and PSU <= 10 [ set B1 -1.5 + 0.25 * PSU ]
if PSU > 10 [ set B1 1 ]
end

;#### step-3 Combine ms values for each rule.
to merge-membership-A1-B1
; Find the ms value  $\cap A1B1$  of rule-1.
set mergeA1B1 0
if A1 >= B1 [ set mergeA1B1 B1 ]
if A1 <= B1 [ set mergeA1B1 A1 ]
end

to merge-membership-A2-B2
; Find A 2  $\cap$  B 2 of the membership value of rule-4.
set mergeA2B2 0
if A2 >= B2 [ set mergeA2B2 B2 ]
if A2 <= B2 [ set mergeA2B2 A2 ]
end

to output-membership-score-of-E2
; Area of the triangle of rule-3; inversely proportional to hesit number
; length of the base of the triangle (lower-base-length)
set E2 lower-base-length * D2 / 2
end

;#### step-4 Apply the composition result of the ms given for each rule
; to the ms function of the consequent part and find the ms value.
;#### step-5 Find the emphasis by superimposing the ms values of
; the consequent part of each rule.

to find-balance-of-SSU-preference
set C1 ((6 - 6 * mergeA1B1) + 6) * mergeA1B1 / 2
set C2 ((6 - 6 * mergeA2B2) + 6) * mergeA2B2 / 2
if C2 - C1 + E2 > 0 [ set SPI 1 ];Move to SSU
if C2 - C1 + E2 < 0 [ set SPI -1 ];Move to CCK
if C2 - C1 + E2 = 0 [ set SPI 0 ];Choose direction stochastically
end

to encouraged-and-decide-to-use-ssu
;* Calculate the basic value of the 3rd variable (height of the triangle) *
;Add hesit as input value to the calculated value of the two rules *
;* Based on the hesit value, it is divided into three attributes. *
;* probability attribute 1 = 35% (with intention to use),
; attribute 2 = 50% (neutral), attribute 3 = 15% (no intention to use)
; find D2 by hesit value

if hesit <= 7 [ set D2 1 ]
if hesit > 7 and hesit <= 17 [ set D2 0.5 ]
if hesit > 17 [ set D2 0 ]
output-membership-score-of-E2
end

to count-ssu-pax
if pcolor = 108 [ set ssu-bit 1 set color 45 ]
end

```

```

to count-cck-pax
  if pcolor = 55 [ set cck-bit 1 set color 25 ]
  if pcolor = violet - 1 and ssu-bit = 0 [ set cck-bit 1 set color 25 ]
  if (pcolor = violet and ssu-bit = 1) [ set color 45]
end

to count-cck-ssu-pax
if (pxcor = 22) and (pycor >= 1 ) and (cck-bit > 0 ) [
  set cck-pax cck-pax + 1 ]
if (pxcor = 22) and (pycor <= 5 ) and (ssu-bit > 0 ) [
  set ssu-pax ssu-pax + 1 ]
end

to-report ssu-pax-count
  report ssu-bit
end

to-report cck-pax-count
  report cck-bit
end

to sharing-cck-bagdrp-Dzone
;; to compare each queue, you need to count turtles in each lines

let q0 (count turtles with [ pxcor > 16 and pxcor < 19 and pycor = 11 ])
let q1 (count turtles with [ pxcor > 16 and pxcor < 19 and pycor = 9 ])
let q2 (count turtles with [ pxcor > 16 and pxcor < 19 and pycor = 7 ])

let qb0 (count turtles with [ pxcor > 16 and pxcor < 19 and pycor = 5 ])
let qb1 (count turtles with [ pxcor > 16 and pxcor < 19 and pycor = 3 ])
let qb2 (count turtles with [ pxcor > 16 and pxcor < 19 and pycor = 1 ])

;; from the top compare q0 and q1 when pax is in q0.
if pycor = 11 and pxcor = 16
[ ifelse q0 = 0
  [ set heading 90 ]
  [ if q0 > q1 and queue-pax-line-0 > q1
    [ set heading 180 ] ]
]

;; compere q1 and q0 when pax is in q1.
if pycor = 9 and pxcor = 16
[ ifelse (q1 = 0 or q1 < q0)
  [ set heading 90 ]
  [ if q1 > q0
    [ set heading 0 ] ]
]
; ##### when pax is in q1, pax also check q2 ###
; compare q1 and q2 when pax is in q1
if pycor = 9 and pxcor = 16
[
  ifelse (q1 = 0 or q1 < q2 )
  [ set heading 90 ]
  [ if q1 > q2
    [ set heading 170]
  ]
]
; ##### end of pax checking q2 when pax in q1. #####
;; above two steps equalize the queue between q0 and q1 and q2
;; From this section, pax are redirected to bagdrop when available
;; compere q2 and q1 when pax is in q2.
if pycor = 7 and pxcor = 15
[ifelse (q2 = 0 or q2 < q1)
  [ set heading 90 ]
  [ if q2 > q1
    [ set heading 0 ] ]
]
;; compare q2 and qb0 when pax is in q2.
if pycor = 7 and pxcor = 16
[ifelse (q2 = 0 or q2 < qb0 )
  [ set heading 90 ]
  [ ifelse qb0 = 0 ; queue-pax-line-b0
    [ set heading 170 ] ;let PAX go to qb 0,
    [ set heading 90 ] ]
]
;; compare qb0 and qb1 when pax is in qb0.
if pycor = 5 and pxcor = 16
[ ifelse qb0 > qb1
  [ set heading 170 ]
  [ set heading 90 ]
]
;; compare qb1 and qb2 when pax is in qb1.
if pycor = 3 and pxcor = 16
[ifelse ( qb1 <= qb0 or qb1 <= qb2 ) ;if qb1 vacant
  [ set heading 90 ] ;yes...let it go
  [ ifelse qb0 < qb2 ;no...if qb0 is less waiting Pax than qb2
    [ set heading 10 ] ;yes...let them go up
    [ set heading 170 ] ;no...let them go down
  ]
]
;; compare qb2 and qb1 when pax is in qb2.
;; ## don't need to delete even BD2 model bcz qb2 never exist.

```

```

if pycor = 1 and pxcor = 16
[ ifelse ( qb2 <= qb1 )
  [ set heading 90 ]
  [ set heading 10 ]
]
end

to redirect-pax-for-ckin
if pxcor >= 10 and pxcor <= 11 [
  if pcolor = 0 [
    ifelse random 10 < 6
      [ set heading 170 ]
      [ set heading 0 ]
  ]
]
end

to move
;; on the lobby CSR move right and left and back and forth.
if pxcor >= -13 and pxcor <= -4 and pycor >= 3 and pycor <= 9 [
  rt random 50
  lt random 50
  ;; set initial speed to be in range 0.1 to 1.0
  set speed 0.0008 ;+ random-float .9
  set speed-limit 0.020
  set speed-min 0
  fd 0.1
]
end

to restore-energy;
ask wolves [
  ifelse energy >= 20
  [set energy 20 ]
  [set energy energy + 0.05]
  set label round($energy$)
]
end

to restore-ge
ask wolves [
  if energy >= 15 [ set ge CSR-skill ]

  if energy >= (20 - CSR-skill ) and energy < 15 [ set ge energy - (20 - CSR-skill ) ]
  ; Here, hesit's threshold (hesit-threshold) is defined.

  if energy < (20 - CSR-skill ) [ set ge 0 ]
  set label round ($energy$)
]
end

to catch-and-guide-pax-to-SSU
let prey one-of sheep-here
if prey != nobody
[ if energy >= 15
  [set energy energy - ge
  ask prey [ set color lime
    set hesit hesit - [ge] of myself
    set color pink
    if hesit < 0 [ set hesit 0 ]
  ] ]

  if (energy > 10 and energy <= 15 )
  [ set energy energy - ge
  ask prey [ set color black
    ifelse ( hesit - [ ge ] of myself ) > 0
      [ set hesit hesit - [ge] of myself
      set color pink
      [ set hesit 0 set color pink ]
    ] ]
  ] ]
end

to calc-total-ssu-usage-rate
if total-cck-pax + total-ssu-pax != 0 [
set total-ssu-usage-rate total-ssu-pax / (total-cck-pax + total-ssu-pax)
]
end

to accum-waiting-time
set accum-queue-time-cck accum-queue-time-cck + queue-total-classic
set accum-queue-time-ssu accum-queue-time-ssu + queue-total-ssu
set accum-queue-time-bagdrop accum-queue-time-bagdrop + queue-total-bagdrop
set accum-queue-time-overall accum-queue-time-overall + queue-total-overall
end

to-report hesit-score
report hesit
end

to setup-ctc-indicator
if pcolor = 9 and ctc != hesit [
set ctc 100
]
]

```

```

end

to aim-for-pax ;CSR will approach pax to catch them.
ask wolves [
  let nearest-pax one-of sheep in-radius 4
  if nearest-pax != nobody [
    let prey-xcor [xcor] of nearest-pax
    let prey-ycor [ycor] of nearest-pax
    facexy prey-xcor prey-ycor ]
]
end

to stay-on-lobby
if pycor > 11 [ set heading 95 ]
if pycor < -11 [ set heading 85 ]
end

to set-PSPI
  if xcor > -2 and xcor < 1 [
    set PSPI SPI
  ]
end

to set-T-Density
  if xcor > -2 and xcor < 1 [
    set T-Density queue-total-overall
  ]
end

to set-PSPIave-TDave
if xcor > -2 and xcor < 1
[
  set tickCend ticks
  ifelse tickC0 = 0
  [ set tickC0 ticks ]
  [ set tickC0 tickC0 ]
  set tickCount tickCend - tickC0 + 1
  set PSPIaccum PSPIaccum + PSPI
  set TDaccum TDaccum + T-Density
  set PSPIave PSPIaccum / tickCount
  set TDave TDaccum / tickCount
]
end

to set-turtle-trait ;
;; "turtle-trait" has 3 class;
;; weak-ssu-user (1)... 0.159
;; neutral-ssu-user(2)... rest
;; strong-ssu-user (3)... 0.064

ifelse random-float 1 < 0.064 ;; strong-ssu-user rate
[set turtle-trait 3]
[ifelse random-float 1 > 0.841 ;; weak-ssu-user rate
[ set turtle-trait 1]
[ set turtle-trait 2]
]
end

to set-non-freq-ssu-user-bit
; def-ssu-use is activity of pax, def-ssu-use = 1; not-using-ssu,
; ; def-ssu-use = 2; unkonwn-using-ssu,
; ; def-ssu-use = 3; must-ssu-using
; according data (ref.note.20170625) 81\% of pax-trait 1 not use ssu.
; 76\% of pax-trait 3 use ssu.

if turtle-trait = 1 [
ifelse random-float 100 < 78
[ set non-ssu-user-bit 1 set color orange set def-ssu-use 1]
[ set def-ssu-use 2] ;;unkonwn-using-ssu
]

if turtle-trait = 3 [
ifelse random-float 100 < 78
[ set freq-ssu-user-bit 1 set color green set def-ssu-use 3]
[ set def-ssu-use 2] ;; unkonwn-using-ssu
]

if turtle-trait = 2
[ set def-ssu-use 2] ;; unkonwn-using-ssu
end

; Copyright 2017 Keiichi Ueda

```

謝辞

この論文の執筆にあたり、数多くの方から貴重なご指導・ご協力・ご意見をいただきました。ここにお世話になった皆様に深く感謝の意を表します。

修士課程から現在に至るまで、常に温かい目で見守っていただいた主指導教員である筑波大学大学院ビジネス科学研究科の倉橋節也教授には大変お世話になりました。研究テーマの方向性の設定から成果発表の選択、発表内容、論文指導に至るまで、長きにわたり数多くのご指導とご支援をいただきました。副指導教員の皆様には本論文に関して多岐にわたるご指導をいただきました。津田和彦教授には数多くの励ましのことばをいただくとともに、論文構成と成果物の整理についてご助言をいただきました。尾碕幸謙准教授には統計モデル分析の注意点やデータ整理についてご指導いただきました。

また、発表会や発表練習などでは筑波大学大学院ビジネス科学研究科の教員の皆様・大学院生の皆様から貴重なご意見をいただきました。倉橋ゼミの皆様にはゲーミング実験にご協力いただくとともに、貴重な示唆をいただきました。本研究に用いたデータ利用にご理解いただいた関係者の皆様や、家族の協力があったからこそ社会人として勤務しながら大学院生の研究を続けられたと思います。

皆様のお力添えなしには本論文を完成させることはできませんでした。心より感謝申し上げます。

参考文献

- [AHPO11] Pablo García Ansola, Andrés García Higuera, José Manuel Pastor, and F Javier Otamendi. Agent-based decision-making process in airport ground handling management. *Logistics Research*, Vol. 3, No. 2-3, pp. 133–143, 2011.
- [ANA 総 10] ANA 総合研究所. エアライン オペレーション入門. 株式会社ぎょうせい, 2010.
- [ANA 総 17] ANA 総合研究所. 航空産業入門 (第 2 版). 東洋経済新報社, 2017.
- [Axe97] Robert M Axelrod. *The complexity of cooperation: Agent-based models of competition and collaboration*. Princeton University Press, 1997.
- [Bas69] Frank M Bass. A new product growth for model consumer durables. *Management science*, Vol. 15, No. 5, pp. 215–227, 1969.
- [BBM00] Mary Jo Bitner, Stephen W Brown, and Matthew L Meuter. Technology infusion in service encounters. *Journal of the Academy of marketing Science*, Vol. 28, No. 1, pp. 138–149, 2000.
- [BOM02] Mary Jo Bitner, Amy L Ostrom, and Matthew L Meuter. Implementing successful self-service technologies. *The Academy of Management Executive*, Vol. 16, No. 4, pp. 96–108, 2002.
- [BS15] Henk A. P. Blom and Alexei Sharpanskykh. Modelling situation awareness relations in a multiagent system. *Applied Intelligence*, Vol. 43, No. 2, pp. 412–423, Sep 2015.
- [BSG02] Leonard L Berry, Kathleen Seiders, and Dhruv Grewal. Understanding service convenience. *Journal of marketing*, Vol. 66, No. 3, pp. 1–17, 2002.
- [Ced97] Lars-Erik Cederman. *Emergent actors in world politics: how states and nations develop and dissolve*. Princeton University Press, 1997.
- [CM07] James M Curran and Matthew L Meuter. Encouraging existing customers to switch to self-service technologies: put a little fun in their lives. *Journal of Marketing Theory and Practice*, Vol. 15, No. 4, pp. 283–298, 2007.

- [CMLV13] José I Castillo-Manzano and Lourdes López-Valpuesta. Check-in services and passenger behaviour: Self service technologies in airport systems. *Computers in Human Behavior*, Vol. 29, No. 6, pp. 2431–2437, 2013.
- [Cri13] Matthieu Cristelli. *Complexity in financial markets: modeling psychological behavior in agent-based models and order book models*. Springer Science & Business Media, 2013.
- [CY08] Hsin-Li Chang and Cheng-Hua Yang. Do airline self-service check-in kiosks meet the needs of passengers? *Tourism Management*, Vol. 29, No. 5, pp. 980–993, 2008.
- [Dav86] Fred D Davis. *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1986.
- [Dav89] Fred D Davis. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, pp. 319–340, 1989.
- [DB02] Pratibha A Dabholkar and Richard P Bagozzi. An attitudinal model of technology-based self-service: moderating effects of consumer traits and situational factors. *Journal of the academy of marketing science*, Vol. 30, No. 3, pp. 184–201, 2002.
- [DBW89] Fred D Davis, Richard P Bagozzi, and Paul R Warshaw. User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management science*, Vol. 35, No. 8, pp. 982–1003, 1989.
- [Duk74] Richard D.. Duke. *Gaming: the Future’s Language*. Wiley, 1974.
- [GFJ⁺96] Volker Grimm, Karin Frank, Florian Jeltsch, Roland Brandl, Janusz Uchmański, and Christian Wissel. Pattern-oriented modelling in population ecology. *Science of the Total Environment*, Vol. 183, No. 1-2, pp. 151–166, 1996.
- [GK05] Bruce C Greenwald and Judd Kahn. *Competition demystified: a radically simplified approach to business strategy*. Penguin, 2005.
- [GPVD⁺11] Cees J Gelderman, W Th Paul, Ronnie Van Diemen, et al. Choosing self-service technologies or interpersonal services? the impact of situational factors and technology-related attitudes. *Journal of Retailing and Consumer Services*, Vol. 18, No. 5, pp. 414–421, 2011.
- [GR13] Volker Grimm and Steven F Railsback. *Individual-based modeling and ecology*. Princeton university press, 2013.
- [GRB⁺05] Volker Grimm, Eloy Revilla, Uta Berger, Florian Jeltsch, Wolf M Mooij,

- Steven F Railsback, Hans-Hermann Thulke, Jacob Weiner, Thorsten Wiegand, and Donald L DeAngelis. Pattern-oriented modeling of agent-based complex systems: lessons from ecology. *science*, Vol. 310, No. 5750, pp. 987–991, 2005.
- [Gre88] Cathy S Greenblat. *Designing games and simulations: An illustrated handbook*. Sage Publications, Inc, 1988.
- [Gre94] Cathy S Greenblat. ゲームング・シミュレーション作法. 共立出版, 1994.
- [GT03] Nigel Gilbert and Klaus G Troitzsch. 社会シミュレーションの技法, 2003.
- [HHS90] Christopher W Hart, James L Heskett, and Jr WE Sasser. The profitable art of service recovery. *Harvard business review*, Vol. 68, No. 4, pp. 148–156, 1990.
- [Hir16] Daniel Hirschman. Stylized facts in the social sciences. *Sociological Science*, Vol. 3, pp. 604–626, 2016.
- [Josh01] Joshua M Epstein, Robert Axtell, 服部正太, 木村香代子. 人工社会. 共立出版, 2001.
- [KC70] Gerald E Klonglan and E Walter Coward. The concept of symbolic adoption: A suggested interpretation. *Rural Sociology*, Vol. 35, No. 1, p. 77, 1970.
- [KC13] Edward CS Ku and Chun-Der Chen. Fitting facilities to self-service technology usage: Evidence from kiosks in taiwan airport. *Journal of Air Transport Management*, Vol. 32, pp. 87–94, 2013.
- [KZ87] Giora Keinan and Moshe Zeidner. Effects of decisional control on state anxiety and achievement. *Personality and Individual Differences*, Vol. 8, No. 6, pp. 973–975, 1987.
- [LCP08] Shun Yin Lam, Jeongwen Chiang, and A Parasuraman. The effects of the dimensions of technology readiness on technology acceptance: An empirical analysis. *Journal of interactive marketing*, Vol. 22, No. 4, pp. 19–39, 2008.
- [LGGVR06] Veronica Liljander, Filippa Gillberg, Johanna Gummerus, and Allard Van Riel. Technology readiness and the evaluation and adoption of self-service technologies. *Journal of Retailing and Consumer Services*, Vol. 13, No. 3, pp. 177–191, 2006.
- [LH07] Jiun-Sheng Chris Lin and Pei-Ling Hsieh. The influence of technology readiness on satisfaction and behavioral intentions toward self-service technologies. *Computers in Human Behavior*, Vol. 23, No. 3, pp. 1597–1615, 2007.

- [Liu12] Shunzhong Liu. The impact of forced use on customer adoption of self-service technologies. *Computers in Human Behavior*, Vol. 28, No. 4, pp. 1194–1201, 2012.
- [MBOB05] Matthew L Meuter, Mary Jo Bitner, Amy L Ostrom, and Stephen W Brown. Choosing among alternative service delivery modes: An investigation of customer trial of self-service technologies. *Journal of marketing*, Vol. 69, No. 2, pp. 61–83, 2005.
- [MMB90] Vijay Mahajan, Eitan Muller, and Frank M Bass. New product diffusion models in marketing: A review and directions for research. *Journal of marketing*, Vol. 54, No. 1, pp. 1–26, 1990.
- [MOBR03] Matthew L Meuter, Amy L Ostrom, Mary Jo Bitner, and Robert Roundtree. The influence of technology anxiety on consumer use and experiences with self-service technologies. *Journal of Business Research*, Vol. 56, No. 11, pp. 899–906, 2003.
- [MORB00] Matthew L Meuter, Amy L Ostrom, Robert I Roundtree, and Mary Jo Bitner. Self-service technologies: understanding customer satisfaction with technology-based service encounters. *Journal of marketing*, Vol. 64, No. 3, pp. 50–64, 2000.
- [OS] AustrianAir OS. https://www.austrianairlines.ag/AustrianAirlinesGroup/Profil/OurHistory.aspx?sc_lang=en. OS History.
- [RDF08] Machiel J Reinders, Pratibha A Dabholkar, and Ruud T Frambach. Consequences of forcing consumers to use technology-based self-service. *Journal of Service Research*, Vol. 11, No. 2, pp. 107–123, 2008.
- [RG12] Steven F Railsback and Volker Grimm. *Agent-based and individual-based modeling: a practical introduction*. Princeton university press, 2012.
- [RH02] Steven F Railsback and Bret C Harvey. Analysis of habitat-selection rules using an individual-based model. *Ecology*, Vol. 83, No. 7, pp. 1817–1830, 2002.
- [Rie96] Lloyd P Rieber. Seriously considering play: Designing interactive learning environments based on the blending of microworlds, simulations, and games. *Educational technology research and development*, Vol. 44, No. 2, pp. 43–58, 1996.
- [Rog83] Everett M Rogers. *Diffusion of innovations*. Free Press, 1983.
- [RR11] William Rand and Roland T Rust. Agent-based modeling in market-

- ing: Guidelines for rigor. *International Journal of Research in Marketing*, Vol. 28, No. 3, pp. 181–193, 2011.
- [Sch69] Thomas C Schelling. Models of segregation. *The American Economic Review*, Vol. 59, No. 2, pp. 488–493, 1969.
- [Sch71] Thomas C Schelling. Dynamic models of segregation. *Journal of mathematical sociology*, Vol. 1, No. 2, pp. 143–186, 1971.
- [SN] BrusselsAirlines SN. <https://www.brusselsairlines.com/com/corporate/company/history.aspx>. SN History.
- [SR] SwissAir SR. <https://www.swissair.com/jp/ja/>. SR History.
- [SSS16] Hirotaka Sunaguchi, Hiroaki Shirai, and Ryo Sato. Evaluation of the business strategy design method using a combination of gaming and computer simulation. *Studies in simulation and gaming*, Vol. 26, No. 1, pp. 1–8, 2016. (in Japanese).
- [SZ04] Katie Salen and Eric Zimmerman. *Rules of play: Game design fundamentals*. MIT press, 2004.
- [TA07] Kagan Tumer and Adrian Agogino. Distributed agent-based air traffic flow management. In *Proceedings of the 6th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, p. 255. ACM, 2007.
- [Thom16] Thomas Schelling, 村井章子訳. ミクロ動機とマクロ行動. 勁草社, 2016.
- [WJHG03] Thorsten Wiegand, Florian Jeltsch, Ilkka Hanski, and Volker Grimm. Using pattern-oriented modeling for revealing hidden information: a key for reconciling ecological theory and application. *Oikos*, Vol. 100, No. 2, pp. 209–222, 2003.
- [WRFS07] Bert Weijters, Devarajan Rangarajan, Tomas Falk, and Niels Schillewaert. Determinants and outcomes of customers’ use of self-service technology in a retail setting. *Journal of Service Research*, Vol. 10, No. 1, pp. 3–21, 2007.
- [WZBG12] Alan Wilson, Valarie A Zeithaml, Mary Jo Bitner, and Dwayne D Gremler. *Services marketing: Integrating customer focus across the firm*. McGraw Hill, 2012.
- [YKK⁺09] Chao Yang, Setsuya Kurahashi, Keiko Kurahashi, Isao Ono, and Takao Terano. Agent-based simulation on women’s role in a family line on civil service examination in chinese history. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, Vol. 12, No. 2, p. 5, 2009.
- [Zal03] Gerald Zaltman. *How customers think: Essential Insights into the Mind of the Market*. Harvard Business Press, 2003.

- [ZPK00] Bernard P Zeigler, Herbert Praehofer, and Tag Gon Kim. *Theory of modeling and simulation: integrating discrete event and continuous complex dynamic systems*. Academic press, 2000.
- [ヨー 77] ヨーゼフ・シュンペーター, 塩野谷祐一, 東畑精一, 中山伊知郎. 経済発展の理論, 1977.
- [伊東 93] 伊東光晴, 根井雅弘. シュンペーター: 孤高の経済学者. 岩波書店, 1993.
- [井田 05] 井田敦彦. 少子高齢化と外国人労働者. 国立国会図書館調査局総合調査資料. 国立国会図書館調査及び立法考査局: 東京, pp. 242–251, 2005.
- [越山 11] 越山修, 國上真章, 吉川厚, 寺野隆雄. ビジネスゲーム学習者の行動プロセスの研究: 改良したパフォーマンスシートを用いて. シミュレーション&ゲーミング, Vol. 21, No. 2, pp. 86–95, dec 2011.
- [遠藤 11] 遠藤伸明, 寺田一薫ほか. ローコストキャリアにおける経営戦略と費用優位性についての分析. 東京海洋大学研究報告, Vol. 7, pp. 31–39, 2011.
- [岡田 12] 岡田勇, 遠藤薫, 佐藤哲也, 鳥海不二夫, 山本仁志, 水野誠, 寺野隆雄, 太田敏澄. 社会シミュレーション: モデルの粒度と現象の接合を探索. 日本社会情報学会学会誌, Vol. 23, No. 2, pp. 65–80, 2012.
- [河合 07] 河合勝彦ほか. 認知的な制限を取り入れた新製品普及モデルの考察: エージェントベースモデルによるアプローチ. オイコノミカ, Vol. 44, No. 2, pp. 89–104, 2007.
- [河合 09] 河合勝彦. イノベーション普及モデルの再考: サービス普及のモデル化を中心にして (特集 ネット時代の流行・普及). 日本情報経営学会誌, Vol. 30, No. 1, pp. 26–35, 2009.
- [蒲生 08] 蒲生智哉. サービス マネジメントに関する先行研究の整理. 立命館経営学, Vol. 47, No. 2, 2008.
- [近藤 10] 近藤隆雄. サービス・マーケティング, 2010.
- [広瀬 00] 広瀬幸雄. 招待論文 多元的現実を理解するメディアとしての仮想世界ゲーム. シミュレーション & ゲーミング, Vol. 10, No. 1, pp. 14–21, 2000.
- [高橋 06] 高橋広治. 東アジア航空市場とローコストキャリアの将来像. 国土交通政策研究』, 国土交通省国土交通政策研究所, No. 74, pp. 1–70, 2006.
- [高橋 13] 高橋真吾. 社会システムの研究動向 3-評価・分析手法 (1)-モデルの解像度と妥当性評価. 計測と制御= Journal of the Society of Instrument and Control Engineers, Vol. 52, No. 7, pp. 582–587, 2013.
- [国土] 国土交通省. 国土交通省成長戦略会議. <http://www.mlit.go.jp/common/000115366.pdf>.
- [国立] 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) 報告書. http://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2017/pp29_ReportALL.pdf.

- [細田 06] 細田祐司. ロボットビジネスへの取り組み 人間共生ロボットの開発への取り組み. 日本ロボット学会誌, Vol. 24, No. 3, pp. 296–299, 2006.
- [山影 10] 山影進. 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. 書籍工房早山, 2010.
- [山影 17] 山影進. 社会認識を変えたマルチエージェントシミュレーション (mas): 文系学生にもなぜ mas を体験させる必要があるのか (特集 mas コンペティション). オペレーションズ・リサーチ= Communications of the Operations Research Society of Japan: 経営の科学, Vol. 62, No. 8, pp. 481–486, 2017.
- [寺野 04] 寺野隆雄. エージェント・ベース・モデリング: その楽しさと難しさ. 計測と制御, Vol. 43, No. 12, pp. 927–931, 2004.
- [寺野 10] 寺野隆雄. なぜ社会システム分析にエージェント・ベース・モデリングが必要か. 横幹, Vol. 4, No. 2, pp. 56–62, 2010.
- [寺野 13] 寺野隆雄. 社会システムの研究動向 1—世界と日本の事情—計算機科学と社会科学のはざままで生きる社会シミュレーション. 計測と制御, Vol. 52, No. 7, pp. 568–573, 2013.
- [出口 04] 出口弘. エージェントベースモデリングによる問題解決—エージェントベース社会システム科学としての abm. オペレーションズ・リサーチ, Vol. 49, No. 12, pp. 161–167, 2004.
- [小林 13] 小林重人, 吉田昌幸, 橋本敬.ゲーミングとマルチエージェントシミュレーションによる地域通貨流通メカニズムの検討. シミュレーション, 2013.
- [小林 15] 小林重人, 吉田昌幸. 地域通貨の流通デザインにおける知見の統合手法としてのゲーミングとシミュレーション. 進化経済学会大会論集』 第 19 集, 2015.
- [水田 17] 水田美代子ほか. 本邦航空会社の人的サービスによる差別化について. 名古屋外国語大学論集, No. 1, pp. 151–164, 2017.
- [青池 07] 青池慎一. イノベーション普及過程論. 慶應義塾大学出版会, 2007.
- [石井 05] 石井伸一. 日本の航空市場における lcc ビジネスモデル生成の課題 (特集: 規制緩和後の航空市場). 運輸と経済, Vol. 65, No. 5, pp. 20–27, may 2005.
- [石井 18] 石井太. 特集 1 : 人口減少期に対応した人口・世帯の動向分析と次世代将来推計システムに関する総合的研究特集によせて. 人口問題研究, Vol. 74, No. 1, pp. 1–2, 2018.
- [倉橋 08] 倉橋節也. 歴史をシミュレーションする—中国における科学・家族・文化資本の関係. コンピュータ ソフトウェア, Vol. 25, No. 4, pp. 4_252–4_260, 2008.
- [倉橋 13] 倉橋節也. 社会システムの研究動向 4-評価・分析手法 (2)-モデル推定と逆シ

- ミュレーション手法. 計測と制御= Journal of the Society of Instrument and Control Engineers, Vol. 52, No. 7, pp. 588–594, 2013.
- [倉橋 16] 倉橋節也. 企業活動のモデル化とシミュレーション. 計測と制御, Vol. 55, No. 1, pp. 29–34, 2016.
- [総務] 総務省. 総務省 平成 24 年版 情報通信白書. <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h24.html>.
- [総務 17] 総務省. 情報通信白書平成 28 年版. [http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/\[online\]accessedat1stAugust, 2017](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/[online]accessedat1stAugust, 2017).
- [村上 08] 村上英樹. 日本の lcc 市場における競争分析–米国 lcc の事例を参考に (アメリカにおける規制緩和後の産業構造の変化). 日本大学経済学部経済科学研究所紀要, Vol. 38, pp. 83–95, mar 2008.
- [中村 89] 中村雄二郎ほか. ファジィ 新しい知の展開. 日刊工業新聞社, 1989.
- [張淑 10] 張淑梅ほか. サービス・イノベーション: その方向性と課題. 日本福祉大学経済論集, Vol. 40, pp. 77–100, 2010.
- [長松 16] 長松奈美江. サービス産業化がもたらす働き方の変化. 日本労働研究雑誌, No. 666, 2016.
- [田中 03] 田中宏和, 納富一宏, 村山陽介. 競争環境下における投資戦略を支援するマルチエージェントシミュレータの開発 (「エージェント・アプローチ–経営情報学の新しいパラダイムをめざして」特集号). 経営情報学会誌, Vol. 12, No. 3, pp. 37–53, dec 2003.
- [藤江 97] 藤江正克. 超高齢・少子化社会生活に支援してくれるロボット・メカトロ機器 (特集: 創立 100 周年記念 「これからの人間にかかわる技術-医療・福祉, 安全・防災」). 日本機械学会誌, Vol. 100, No. 944, pp. 750–754, 1997.
- [内閣 a] 内閣官房. 働き方改革の実現. <https://www.kantei.go.jp/jp/headline/ichiokusoukatsuyaku/hatarakikata.html>.
- [内閣 b] 内閣府. 日本再生戦略. <https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/npu/pdf/20120731/20120731.pdf>.
- [白肌 17] 白肌邦生. 持続可能なサービス価値共創モデルの実践的研究. Technical report, JAIST 学術研究成果リポジトリ, 2017.
- [菱山 14] 菱山玲子ほか. マルチエージェントシミュレーション: 4. マルチエージェントシミュレーションにおけるゲーミングの利用. 情報処理, Vol. 55, No. 6, pp. 557–562, 2014.
- [北中 07] 北中英明. イノベーションの普及と社会ネットワーク構造に関するエージェント・ベース・アプローチによる考察. 拓殖大学経営経営研究, Vol. 81, pp. 27–63, 2007.

- [野村 10] 野村宗訓, 切通堅太郎. 航空グローバル化と空港ビジネス: LCC 時代の政策と戦略. 同文館出版, 2010.
- [鈴木 16] 鈴木研吾. 分野融合的なエネルギーシステム教育のためのゲーミング設計. シミュレーション &ゲーミング, Vol. 26, No. 1, pp. 9–19, 2016.